



Nagoya City University Academic Repository

学位の種類	博士（経済学）
報告番号	甲第 1490 号
学位記番号	第 56 号
氏名	白石 暁子
授与年月日	平成 27 年 3 月 25 日
学位論文の題名	震災による電力供給制約が我が国の経済に与える影響に関する応用一般均衡モデルをいた分析手法の開発
論文審査担当者	主査： 板倉 健 副査： 三澤 哲也，川端 康

震災による電力供給制約が我が国の経済に与える影響に
関する応用一般均衡モデルを用いた分析手法の開発

平成 26 年度 博士論文

提出日

平成 27 年 1 月 15 日

名古屋市立大学大学院経済学研究科

経済学専攻

学籍番号 143604

氏名 白石 暁子

目次

第一章	はじめに	1
1 節	CGE モデルを用いた自然災害による電力供給制約の分析手法の開発	
2 節	貿易動向を考慮した自然災害による電力供給制約の分析	
3 節	GTAP-E モデルの構造の分析	
4 節	電力供給制約においてエネルギー財の代替効果が果たす役割に関する分析	
第二章	自然災害による電力供給制約が経済に与える影響に関する分析手法	5
1 節	自然災害による電力供給制約が経済に与える影響に関する先行研究	
2 節	電力供給制約に関連する実績データ	
第三章	GTAP-E モデルを用いた電力供給制約が経済に与える影響に関する分析手法	25
1 節	GTAP モデルの概要	
2 節	GTAP-E モデルの概要	
3 節	GTAP-E モデルにおけるエネルギー代替補完関係	
4 節	GTAP-E モデルを用いた電力供給制約の分析手法	
第四章	GTAP-E モデルのデータベースの構造	60
1 節	GTAP-E モデルのデータとパラメータ	
2 節	本論文における地域・産業分類	
3 節	GTAP-E モデルのデータベースに基づく我が国のエネルギー構造の分析	
第五章	災害による電力供給制約が経済に与える影響の分析	92
1 節	災害による電力供給制約が日本のマクロ経済に与える影響の分析	
2 節	災害による電力供給制約が日本の産業別生産高に与える影響の分析	
3 節	災害による電力供給制約が日本の民間消費に与える影響の分析	
4 節	災害による電力供給制約が日本の供給価格に与える影響の分析	
5 節	災害による電力供給制約が日本の産業別輸出に与える影響の分析	
6 節	災害による電力供給制約が日本の産業別輸入に与える影響の分析	
7 節	第五章のまとめ	
第六章	Systematic Sensitivity Analysis による代替パラメータに関する感応度分析	154
1 節	GEMPACK による Systematic Sensitivity Analysis	
2 節	資本とエネルギー財間の代替パラメータに関する感応度分析	
3 節	エネルギー財間の代替パラメータに関する感応度分析	
4 節	第六章のまとめ	

第七章	電力供給制約時におけるエネルギー代替効果の分析	189
1 節	日本のマクロ経済におけるエネルギー代替効果の分析	
2 節	日本の産業別生産高におけるエネルギー代替効果の分析	
3 節	日本の民間消費におけるエネルギー代替効果の分析	
4 節	日本の供給価格におけるエネルギー代替効果の分析	
5 節	日本の産業別輸出におけるエネルギー代替効果の分析	
6 節	日本の産業別輸入におけるエネルギー代替効果の分析	
7 節	第七章のまとめ	
第八章	結論	254
1 節	各章の内容	
2 節	本論文の結論	
3 節	今後の課題	
参考文献		260

第一章 はじめに

1 節 CGE モデルを用いた自然災害による電力供給制約の分析手法の開発

エネルギー資源を輸入に依存せざるを得ない我が国では、電力供給制約のリスクへの対応は重要な課題となってきた。また、エネルギー自給率の問題に加え、温暖化対策として CO2 排出量の削減が必要となるなど、我が国の資源・エネルギーを取り巻く環境は近年大きく変化してきた。そして 2011 年 3 月の東日本大震災以降、我が国では災害に対する安全性を中心として、エネルギー政策のさらなる見直しが不可欠となり、高まる電力供給制約のリスクへの対応の検討が緊急の課題となってきた。また、原子力発電の大幅な減少に伴う電源構成の変化、また電力料金の値上げなど、我が国の電力供給の状況には急激な変化が続いている。

このような情勢を受けてエネルギー政策の見直しに関する議論が進む中で、我が国では電力供給制約や電力使用量の減少が経済や産業に与える影響を検討することの必要性が増してきている。電力供給制約がもたらす電力使用量の減少が経済や産業に与える影響の度合は、各産業において資本とエネルギー財間で代替または補完がどの程度進むか、さらにはエネルギー財間で代替がどの程度進むかによって、差が生じるものと考えられる。ここでのエネルギー財とは、生産において使用される石炭、ガス、原油、電気、石油・石炭製品からなるエネルギー源の集計である。そのため、電力供給制約が経済に与える影響の分析を行うに当たっては、このような資本とエネルギー財間の代替または補完関係や、エネルギー財間の代替関係を考慮することが重要になると考えられる

電力供給制約が生じる原因としては、震災などの自然災害に加え、人災、また計画停電などの人為的な要因が考えられる。我が国では、特に近年は震災をはじめとする自然災害による電力供給制約が懸念されていることから、本論文は自然災害がもたらす電力供給制約が経済に与える影響について、分析を行うことを目的としている。

自然災害が経済に与える影響に関しては、震災や水害など過去に発生した大災害のデータ蓄積が行われ、分析に用いられてきた。我が国でも様々な自然災害が発生しており、そのデータが蓄積されてきたが、特に大震災が経済に与えた影響については、数多くの事例のデータの蓄積が行われている。このように蓄積されたデータを活用し、災害が経済に与える影響に関する計量分析手法の開発が進められ、これらの手法の開発は主に建造物などに関する災害の直接被害の分析に大きく貢献してきた。近年はさらに、災害が経済に与える間接被害の分析も進められてきており、電力供給制約もこのような間接被害の一つとして扱われるようになってきている。2000 年代に入ると、災害時における各種の交通関係設備、電力や水道、ガスなどのライフライン、建造物や資本ストックの損傷などが経済に与える影響など、直接被害と間接被害の双方について、産業別の分析を行うことができる産業連関分析や応用一般均衡モデル (Applied General Equilibrium Model、もしくは計算可能な一般均衡モデル Computable General Equilibrium Model : CGE モデル) を用いたシミュレーションが行われるようになってきている。

震災の多い我が国では、災害が経済に与える影響について分析が行われる場合には、震災の影響が対象とされることが多い。そして 2011 年 3 月の東日本大震災後は、東日本大震災が

経済に与えた影響について、阪神・淡路大震災などの過去の大震災時のデータを参考とした計量分析や、産業連関表やCGEモデルを用いたシミュレーションなどの研究が見られるようになってきている。また東日本大震災の影響は、計画停電や原子力発電所の停止にも至り、近年は震災による被害の中でも電力供給制約が経済に与える影響を主要なテーマとした研究も行われている。

このような動きの中で、本論文は特に震災などの自然災害の影響による電力供給制約が我が国の経済に与える影響について分析を行うために、中間投入を考慮し、生産要素間の代替構造も表現していると同時に、価格変化が経済に与える影響の分析を行うことができるCGEモデルを用いてシミュレーションを行い、その結果について検討していくことを目的とする。合わせて、CGEモデルの分析がどの程度まで実績値から大幅に乖離せず実態を再現できるかについて検証を行うために、東日本大震災後の各種データの実績値と試算結果の比較を行っていく。具体的には、電力産業における生産性の低下と、資本ストックの損傷という震災がもたらした二つの経路に着目し、東日本大震災が発生した2011年の電力供給量と資本ストックの変化量を外生条件としてモデルに与える。そして、2011年以降の日本経済の各種データの実績値とも比較を行い、実態から大きく乖離していないか、また実際に生じた傾向を再現できているかどうかについても検討を行いながら、シミュレーション結果の分析を行う。

2節 貿易動向を考慮した自然災害による電力供給制約の分析

1960年代から開発が進められているCGEモデルは、現在では様々な分野において分析に用いられている。本論文では、CGEモデルの中でも、世界全地域のマクロ経済・産業別データを包括するGTAP (Global Trade Analysis Project) モデルの枠組において構築されたGTAP-Eモデルを用いて、自然災害による電力供給制約が我が国の経済に与える影響について分析を行う。世界全体を分析対象とするモデルであることから、GTAP-Eモデルを用いたシミュレーションからは、貿易動向も考慮した各国のマクロ経済・産業別の試算結果を得ることができる。

標準GTAPモデルは関税引き下げ・撤廃の効果分析用の世界CGEモデルとして、1992年に米国のパデュー大学で開発され、当初は主にウルグアイ・ラウンドやAPECなどの貿易自由化の効果分析に用いられた。モデル内に様々な変数や方程式が整備されていることから、標準GTAPモデルは国際貿易にとどまらず、現在では生産性、各種税制、人口動態、環境・エネルギー動向の変化が経済に与える影響など、様々な分野で分析に用いられている。この標準GTAPモデルの枠組の中で、エネルギー財を中間財と同時に生産要素の一つとしても扱い、生産構造における資本とエネルギー財そしてエネルギー財間の代替効果や、消費におけるエネルギー財間の代替効果を取り入れて、GTAP-Eモデルは開発されている。

本論文では、このようなエネルギー財の動向の分析に適していると同時に、世界CGEモデルであるGTAP-Eモデルの長所を活用して、我が国において自然災害がもたらす電力供給制約が経済に与える影響の分析を行うための手法を開発し、シミュレーションを実施して、試算結果について分析を行う。GTAP-Eモデルを用いることにより、貿易における影響も考慮した上で、自然災害による電力供給制約という事態が我が国の経済にどのような影響を与え

るかについて、分析を行うことが可能となる。

3節 GTAP-Eモデルの構造の分析

GTAPモデルの大きな特徴の一つは、モデルの基本構造に変更を加えた複数のバージョンが存在するという点である。標準GTAPモデルの基本構造に変更を加えたCGEモデルとしては、エネルギー・環境分野の分析用に開発され、本論文でも用いるGTAP-Eモデルと、動学分析用に開発されたDynamic GTAPが広く知られた例としてあげられる。

GTAP-Eモデルは、既述のように標準GTAPモデルの構造において、エネルギー財を中間財としてだけでなく生産要素の一つとしても扱っていることから、資本とエネルギー財の代替または補完構造をモデル内に組み込むことができる。GTAP-Eモデルはさらに、標準GTAPモデルの枠組の中に生産や消費におけるエネルギー財間の代替効果も考慮し、CO2排出量や環境税に関する変数や方程式も加えた世界CGEモデルである。

標準GTAPモデルの枠組では、エネルギー財は中間財としてのみ扱われ、資本とエネルギー財や、エネルギー財間の代替構造は考慮されていない。本論文においては、GTAP-Eモデルの特徴である生産における資本とエネルギー財間の代替補完構造、またエネルギー財間の代替構造について検討し、各産業においてこれらの代替または補完関係がどのように決定されるかについて分析を行い、その構造を明確にしていくものとする。

GTAP-Eモデルのデータベースは、標準GTAPモデルのデータベースにGTAP-Eモデル特有のデータやパラメータを追加した構造となっており、標準GTAPモデルよりもさらにデータやパラメータの数が増えている。本論文ではGTAP-Eモデルのデータベースの構造について、標準GTAPモデルとの相違を明確にすることに留意しつつ分析を行う。また、GTAP-Eモデル特有のパラメータの数値は、各種の先行研究に基づいて決定されたものであるが、本論文では中でも重要な役割を果たす資本とエネルギー財間の代替パラメータについて感応度分析を行い、GTAP-Eモデルの頑健さについても検討を行う。

4節 電力供給制約においてエネルギー財の代替効果が果たす役割に関する分析

既述のように、同じ構造に基づくモデルで、資本とエネルギー財やエネルギー財間の代替構造が取り入れられているバージョンであるGTAP-Eモデルと、取り入れられていないバージョンである標準GTAPモデルの双方が開発されているということは、電力供給制約の分析にGTAP-Eモデルを用いることの長所の一つである。特に電力というエネルギー財の供給制約に関する分析の場合には、同じシナリオに基づいてシミュレーションを実施する場合にも、資本とエネルギー財やエネルギー財間の代替効果が働くかどうかで、試算結果に差が生じることが予想される。標準GTAPモデルとGTAP-Eモデルという二つのモデルを用いてシミュレーションを行い、試算結果の比較を行うことにより、生産における資本とエネルギー財の代替効果や、生産と消費におけるエネルギー財間の代替効果がマクロ経済や各産業に果たす影響の分析を行い、その効果を定量的に把握することが可能となる。

本論文では、自然災害がもたらす電力供給制約を背景とする電力使用量の減少というシナリオについて、まずGTAP-Eモデルを用いた分析手法を開発する。第七章では、ここで開発

された手法を用いて、震災等の自然災害の影響による電力供給制約により電力使用量が我が国全体で減少するというシナリオを設定し、その場合に我が国を中心にマクロ経済や産業にどのような影響が生じるかについて、GTAP-EモデルとGTAPモデルの双方に同じ外生条件を与え、シミュレーションを行う。そして、両モデルのシミュレーション結果を比較することにより、自然災害による電力供給制約が経済にもたらす影響において、資本とエネルギー財の代替または補完効果、またエネルギー財間の代替効果が果たす役割について、定量的に把握し、分析を行うものとする。

第二章 自然災害による電力供給制約が経済に与える影響に関する分析手法

1 節 自然災害による電力供給制約が経済に与える影響に関する先行研究

1. データ分析の蓄積

経済に影響を与える自然災害の例としては、震災や洪水、ハリケーンなどが挙げられる。その影響の範囲は、港湾・橋梁・鉄道・道路などの各種の交通関係設備、上下水道やガス、電力、通信などのライフライン、住宅や公共施設などの建造物、資本ストックなど多岐にわたるものとなる。経済に深刻な影響をもたらすような大災害は、特に震災などはその発生が予測できない場合が多く、データの収集も困難であった。しかし近年では、各国で大災害に関するデータ分析が進み、これらの大災害の被害額の推計については、先行研究が蓄積されるようになってきている。また、自然災害に加えて、紛争やテロ行為など、交通関係設備やライフライン、建造物、資本ストックなどの損壊をもたらして経済に影響を与える人災に関しても、近年ではデータ蓄積が行われ、自然災害と同様に被害額の推計が行われるようになってきている。

自然災害がもたらす経済的な被害は、建造物の損壊などの直接被害と、その後の経済活動の低迷や復旧支援などを目的とする財政支出増などの間接被害に分類される。直接被害に関しては、主に施設や建造物などのストックの被害と見ることができ、被災状況が確認できれば推計方法などには差は少ないと考えられる。しかし、直接被害を金額に換算する場合には、用いられる設定方法によって推計結果には差が生じることが多い。そして直接被害がストック面での被害であるのに対し、主にフローの影響と見ることができる間接被害に関しては、どこまでを被害に含めるかの範囲の設定や、用いられる推計方法によって、被害金額の推計値には差が生じてくる。

我が国の自然災害による被害に関するデータの蓄積に関しては、台風や洪水などの被害に関するデータも見られるが、震災が多い国という状況を反映して、中でも地震の被害に関するデータ分析とその活用が進められてきている。特に 1995 年の阪神・淡路大震災の被害状況に関しては詳細にデータの蓄積が行われ、人的被害や住居の損壊、交通関係やライフライン関係の被害などについて確定値が報告されている。これらのデータは、その後の研究においても参考とされることが多い。

阪神・淡路大震災の被害金額に関しては、各種のシンクタンクや金融機関なども推計額を試算しているが、推計方法が確認できる主要な推計としては、兵庫県（2005）と豊田・川内（1997）などが挙げられる。兵庫県（2005）はストックに関する直接被害額についてのみ推計を行っており、建造物、交通関係設備、ライフラインなどを 15 項目に分類し、これらの項目における被害額を積み上げて、直接被害額の推計を行っている。項目別に見ると、最も被害額が大きいのは建築物であり、それに続くのが港湾、商工関係、高速道路などである。

表 2-1 阪神・淡路大震災における被害総額（1995年4月5日推計）

	項目	被害額
1	建築物	約 5兆8,000億円
2	鉄道	約 3,439億円
3	高速道路	約 5,500億円
4	公共土木施設(高速道路を除く)	約 2,961億円
5	港湾	約 1兆円
6	埋立地	約 64億円
7	文教施設	約 3,352億円
8	農林水産関係	約 1,181億円
9	保健医療・福祉関係施設	約 1,733億円
10	廃棄物処理、し尿処理施設	約 44億円
11	水道施設	約 541億円
12	ガス・電気	約 4,200億円
13	通信・放送施設	約 1,202億円
14	商工関係	約 6,300億円
15	その他の公共施設等	約 751億円
	合計	約 9兆9,268億円

出所：兵庫県（2005）「阪神・淡路大震災の復旧・復興の状況について」より作成。

豊田・川内（1997）は直接被害と間接被害の双方について推計を行っている。まず直接被害については、上記の兵庫県の推計をベースとして、産業面の被害額についてのみ修正を行い、兵庫県の9兆9,268億円という推計値を3兆円以上上回る13兆2,682億円という推計値を出している。豊田・川内（1997）によれば、兵庫県の推計では産業部門の直接被害額は、「被災度別建築分布状況図」（震災復興都市づくり委員会）をベースに被災率を推計し、それに市町毎の固定資産税評価額を乗じることにより求められているが、それでは過小評価になるとしている。そして、神戸市商工会議所が1996年1月下旬～2月上旬に被災企業に対して行ったアンケート結果から、各業種・規模別の直接および間接の平均被害額を求め、この平均被害額に、被災地域における事業所数に阪神・淡路産業復興推進機構（1995）より得られる直接および間接被害の地区別被災率を乗じることにより求められる被災事業所数を乗じることにより、直接及び間接被害総額を求めている。すなわち、産業面以外では兵庫県の推計をそのまま使い、産業面の直接被害に関しては資本ストックの被害額だけではなく、アンケート結果に基づいて被害額を推計することにより、直接被害額を得るという手法が特徴となっている。

その結果、商工部門過小推計分は3兆3,874億円と推計されている。また、兵庫県の推計後に各個別鉄道会社が事後修正値を公表しており、兵庫県の推計値では鉄道部門で460億円が過大推計されていたことを反映させ、最終的には直接被害額は13兆2,6862億円という推計結果を出している。そして、同様に企業アンケートと被害率に基づいて推計を行い、震災後の1

年間の間接被害額は7兆2,300億円という推計結果を得ている。

2011年の東日本大震災に関する直接被害・間接被害状況の把握については、現在も更新が続けられている。東日本大震災の被害額に関しては各種の推計結果が発表されているが、手法が確認できる推計結果は、主に資本ストックに関するものが多い。各民間シンクタンクや金融機関などの推計値では、資本ストックの被害額は14兆円～20兆円程度となっており、このうち日本政策投資銀行（2011）では、アンケート調査による被害額の積み上げ、メッシュデータと航空写真による被害推計、人的被災率・建物被害率による被害率の推定による試算などの手法を組み合わせ推計を行い、エリア別の資本ストックの被害額は4県（岩手・宮城・福島・茨城）合計で16.4兆円程度としている。

内閣府（2011）も「東日本大震災によるストック毀損額の推計方法について」において、資本ストックの被害額に関する推計を行っている。内閣府（2011）では、まず、「都道府県別経済財政モデル（平成22年度版）」（内閣府政策統括官（経済財政分析担当）、2011）（平成12年価格）のデータベースのうち、都道府県別の民間企業資本ストック、社会資本ストック、住宅を用いて、対象地域である7道県のストック額を推計している。そして、これらの資本ストック額を建築物、電気・ガス・上下水道、社会インフラ、他の社会資本の4種類別に組み替えた後に、兵庫県（2005）が公表した阪神・淡路大震災の種類別ストック毀損（被害）額に基づいて計算されたストック種類別損壊率を用いて、被害額の推計を行っている。さらに、「津波被害のあった地区においては阪神・淡路大震災の損壊率の2倍程度」というケース1と、「津波被害のあった地区においては、建築物の損壊率が80%程度であった」とするケース2の二つのケースについて被害額の推計を行い、ケース1では約16兆円、ケース2では約25兆円という推計結果を得ている。

2. モデル分析による間接被害の推計

上記1. で見たように、自然災害の被害を金額ベースで推計する場合は、直接被害に関しては資本ストックなど対象も明確であり、推計方法にも差は少ない。しかし自然災害による経済活動の低迷という間接被害については、その内容や範囲も一定ではないことから様々な推計方法が見られ、試算結果にも幅が生じる場合が多い。近年は、そのような間接被害、あるいは直接・間接双方を含めた被害額の推計方法の一つとして、産業連関表やCGEモデルを用いて分析を行った研究が見られるようになってきている。このような産業連関表やCGEモデルは、ある地域に発生した特定の自然災害被害の効果を分析できるように、地域別のデータベースから作成されている場合が多い。

産業連関表やCGEモデルを用いる分析の長所の一つは、産業別の分析を行えることである。産業連関表やCGEモデルを用いることにより、自然災害の影響を受けてある特定の産業の生産高が減少した場合等のシナリオを設定し、シミュレーションを行うことができる。さらにCGEモデルを用いることにより、自然災害による特定産業の生産性の低下等の外生条件も設定することが可能となり、自然災害が経済に与える影響の分析シナリオに幅を持たせることができるようになる。

自然災害による間接被害の一つとして、発電設備やライフラインの損傷などによる電力供

給制約があげられる。東日本大震災においては、発電設備の損壊とそれに伴う電力供給制約が大きな問題となったことを受け、東日本大震災の発生後は自然災害が経済に与える影響の分析において、電力供給制約の影響は重要なテーマとなってきた。

電力供給が制約されるという事態が生じた場合、電力部門の生産量が減少し、その結果として産業部門また家計の電力使用量が減少していく。この波及効果は各産業に影響し合い、経済全体に影響が及んでいくこととなる。そして、国外の経済まで考慮する場合には、貿易、資本移動などを通じて、その効果はさらに波及していく。このように、ある産業の動向が他の産業、さらには貿易も含んだ国内外のマクロ経済全体に与える影響の分析を行うためには、中間投入を考慮し、また生産要素間の代替構造も表現している CGE モデルを用いることが有益である。

CGEモデルではさらに、価格と数量の関係がモデル内の各方程式において表現されており、価格変化が経済に与える影響の分析を行うことができる。たとえば電力供給制約に関する分析を行う場合には、CGEモデルを用いる場合には、電力産業や他の産業における数量ベースの変化と同時に価格変化を分析することができ、分析において重要な評価項目となる電力価格をはじめとする各産業における価格の変化をチェックすることが可能となる。

また CGE モデルは一般均衡理論に基づいた市場分析に立脚し、家計・企業などの各経済主体の経済合理性（最適化行動）に重点を置いて、経済行動の動きを説明する経済モデルである。CGE モデルは、外部環境の変化により価格を媒介として、家計や企業などの各経済主体がどのように自らの行動を調整するかに関する分析に適している。加えて CGE モデルでは、モデル内に生産性という変数を整備しているため、特に電力供給制約の分析においては、電力産業の生産性の低下という設定を置くことが可能であるという利点がある。

3. 電力制約供給に関する先行研究事例

これまでにCGEモデルを用いて、電源構成が変化した場合のCO2排出量の変化などに関するシミュレーションは数多く行われているが、電力供給が制約されるという事態に関する分析については、先行研究の数は少なくなってくる。一方、自然災害が経済に与える影響の分析においては、CGEモデルを用いた先行研究が蓄積されてきており、このような自然災害がもたらす被害の影響の一つとして、電力供給を扱う分析が見られるようになってきている。たとえば、自然災害時における電力供給用をはじめとするライフラインの損傷や、電力インフラを含む各種インフラ整備における損傷などが経済に与える影響の効果測定などにおいて、CGEモデルを用いた分析が行われている。

このような自然災害の経済への影響分析として、萩原(2001)は阪神・淡路大震災、土屋(2006)は新潟中越地震などの、実際に発生した大災害を分析対象として、CGEモデルによる分析を行っている。萩原(2001)では、神戸市と神戸市外からなる2地域22産業の神戸CGEモデルを開発し、震災による生産設備（資本ストック）損壊から生じる供給能力の減少により、神戸市内に対する需要の域外への漏出、また復興のための投資需要効果による経済効果を分析している。

土屋(2006)では、同様にSCGEモデル（Spatial Computable General Equilibriumモデ

ル：空間的応用一般均衡モデル)を用いて交通関係の被害に加え、企業の生産資本の損傷をシナリオとして取り入れ、資本ストック、業務トリップに関する旅客交通費用、輸送費用率に外生条件を与えて分析を行っている。

多々納・土屋・梶谷(2007)では、新潟中越地震における電力・水道・ガスのライフラインの機能損傷の経済被害の計量化を目的として、これらの3種類のライフラインがそれぞれ回復してくる段階に応じてライフライン途絶シナリオを設定し、各シナリオに応じた当該ユーティリティの生産キャパシティの低下率を設定して試算を行い、その結果について分析を行っている。また、ユーティリティ投入の代替弾力性をいくつかの数値に設定し、それぞれの場合の試算結果の差について分析を行い、ユーティリティ投入の代替弾力性が高い時ほど被害が小さいという結果を得ている。

海外でCGEモデルを用いて自然災害が経済に与える影響の分析を行った事例としては、ポートランドにおける地震などの自然災害による水道網の途絶の経済的影響について推計を行ったRose and Liao(2005)があげられる。RoseらはCGEモデルを用いた自然災害の経済への影響分析を数多く行っており、中には電力供給を主要な対象とする研究も見られる。

またRose and Guha(2004)やGuha(2005)では、労働と資本とエネルギーでの代替、またエネルギー間の代替構造を組み込んだテネシー州のShelby CountyのCGEモデルを開発し、地震時における電力のライフラインの損傷がもたらす経済的影響について各シナリオを設定し、自然災害時のエネルギー代替効果を考慮して推計を行っている。具体的には、マグニチュード7.5規模の地震の発生を想定し、先行研究事例などを参考にエネルギー代替パラメータを設定し、電力セクターの資本ストックに変化を与えて、影響の測定を試みている。

このように、自然災害時のライフラインの機能損傷等の影響について、CGEモデルを用いた分析の蓄積が行われてきており、2011年3月の東日本大震災の後は、我が国でも特に電力供給制約という事態を分析対象として、CGEモデルを用いた研究事例が見られるようになってきている。我が国における自然災害がもたらす電力供給制約に関するCGEモデルによるシミュレーションとしては、いずれも東日本大震災の影響に関するものであるが、以下の三つの先行研究が挙げられる。

(1) 「東日本大震災に伴う発電所被災がもたらす電力危機と波及的被害」(石倉・石川、2011)

石倉・石川(2011)は、東日本大震災に起因する発電所被災がもたらした電力供給不足ならびに電力需要抑制策がもたらしたであろう間接的被害について、SCGEモデルを用いて分析を行っている。同論文は基準均衡データとして「2005年47都道府県間産業連関表」を用いてSCGEモデルを構築している。また、特に首都圏経済への影響に着目していることから、地域分類に関しては、東京・神奈川・千葉・埼玉の4都県と、その他全都道府県との計二地域に集計している。産業分類については、45部門分類である元のデータを、42部門に集計している。

モデル内の生産者行動を見ると、生産要素は労働と資本に分類され、中間投入は電力と電力以外の2つに分類される。中間投入財間についてはレオンチェフ型の非代替性を仮定し、

各財の生産地間代替については、電力産業についてはCES（代替弾力性一定）型技術を、それ以外の財に関してはコブ・ダグラス型技術を仮定している。家計の効用関数に関しても、家計の選好においてはすべての財間でコブ・ダグラス型の代替関係を仮定し、生産地間代替については電力消費に関してのみCES型、それ以外の財についてはコブ・ダグラス型を仮定するなど、電力の生産地間代替については他の財と異なる仮定を行っている。

外生条件の設定については、首都圏経済への電力供給能力の低下を首都圏地域の電力部門における技術水準（全要素生産性）の変化としてとらえ、外生条件に設定している。外生条件の具体的な数値に関しては、最大電力需要に対して、電力供給能力が逼迫しているとき、実質的にどれだけの生産技術低下をもたらしているか正確に把握することが困難であるとしている。そこで、簡便な仮定を用い、25%の電力供給能力の不足を、首都圏地域の電力部門における付加価値生産効率性の25%の低下として表現している。また、被災による生産資本ストックの減少のような外生変化を与える場合には、産業に固有な生産資本を仮定し、これを減じることで生産能力低下を表現することが考えられるが、この場合には資本レントの上昇に資本量減少の効果が吸収されてしまうため、生産要素の変化としてではなく、生産関数における技術水準の変化として設定したとしている。加えて、電力産業におけるCES型技術で表された地域間代替の代替弾力性について、1未満の値の範囲において感度分析を行っている。

分析結果としては、首都圏においては商業、金融、保険、不動産、運輸、サービスなど、主として第三次産業において生産額の低下が見られ、電力供給力不足の直接影響がないその他地域においては、特に自動車部門で大きな生産額低下が確認されるとしている。また、同論文では電力供給不足に加えて計画停電の影響についても分析を行っている。この場合も、電力需要抑制の生産関数への定量的な設定は困難であるので、首都圏における運輸部門の付加価値生産効率性の10%低下、日本全国での自動車産業部門の付加価値生産効率性の10%低下、日本全国での商業部門の生産効率性の1%低下など、手法としては電力供給不足の場合と同様に、該当産業の生産効率性に外生条件の設定を行っている。

（2）「東日本大震災および関東地方における電力制約の経済影響—日本の多地域CGE（応用一般均衡）モデルによる分析」（山崎・落合、2011）

CGEモデルによる我が国における電力供給制約の影響に関するもう一つの分析事例としては、日本の多地域CGEモデルを用いて分析を行った、「東日本大震災および関東地方における電力制約の経済影響—日本の多地域CGE（応用一般均衡）モデルによる分析」（山崎・落合、2011）が挙げられる。同論文は、2011年3月に発生した東日本大震災の影響により東北地方で供給制約がある中で、関東地方で夏季に再度電力に供給制約が生じ、電力割当が実施された場合の日本経済への影響を分析したものである。ここで電力割当とは、家計と企業の電力利用量をそれぞれ何らかの基準に従い規制することを指す。

同論文のシミュレーション分析は、日本経済研究センターが開発した日本の多地域CGEモデルであるJCER地域CGEモデルに、同論文における電力不足の分析用に変更を加えたモデルを用いて実施されている。同論文で用いられているCGEモデルは、日本を8地域に集計し、

また産業分類については、17産業に集計している。そして、電力については発電割合に応じて、地域産業連関表における各地域の電力を、原子力・水力発電と火力発電の二つに電源別に分割して扱っている。

モデル内の生産者行動を見ると、各地域の生産関数は入れ子型のCES型関数で表現され、最下段のCES型関数では、①石油・石炭・天然ガス、②石油・石炭製品、③ガスが合成され、化石燃料に関する合成財が生産される。その上の段階のCES型関数では、化石燃料に関する合成財は電力と代替可能であることが表現され、エネルギーに関する合成財が生産される。エネルギーに関する合成財は、資本、土地、天然資源と代替可能であり、ここで生産されるエネルギー・資本等に関する合成財は、さらにその上の段階のCES型関数で、労働と代替可能である。生産要素であるこれらのエネルギー・資本・労働等に関する合成財は、その他の中間投入物に対して互いに代替不可能であり、常にその産業の生産量に比例して投入される。

JCER地域CGEモデルは電力を原子力・水力発電と火力発電に分けていることが特徴であり、同モデルでは、その地域の家計が一定量保有する原子力・水力発電に特殊な生産要素の存在を仮定し、生産量（発電量）が一定となるようにしている。一方、火力発電については電力の需給調整に利用されていることから、特殊生産要素の存在は想定せず、電力需要の変動に対して、火力発電の発電量が弾力的に変動するようになっている。原子力・水力発電と火力発電は、コブ・ダグラス型関数によって、全体的な電力に合成される。

消費の構造に関しては、家計は初期保有している生産要素(土地、天然資源、労働、資本)をその地域の各産業に供給し、要素所得を得ている。家計の効用関数も、入れ子型のCES型関数によって表現されている。まず家計は要素所得と中央政府からの所得移転の総額の一定割合を貯蓄に充て、残りを消費に充てる。モデルでは貯蓄と投資は等しいとされ、貯蓄額は投資支出となり、最終消費の一部を構成する。消費については、エネルギーに関する合成財（石油・石炭・天然ガス、石油・石炭製品、ガス、電力などのエネルギー財をCES型関数により合成した財）と非エネルギー合成財（エネルギー財以外の財をCES型関数により合成した財）を代替的に消費する。家計は所得制約のもとに、効用を最大化する消費量の組み合わせを選択する。

外生条件の設定については、東北地方の震災の影響と、関東地方の電力割当の影響の双方に関して行っている。東北地方の震災の影響については、東北地方の家計が保有する生産要素をすべて、個別産業に特殊な生産要素としてモデル化し、東北地方の各産業の生産量減少率を、家計が保有する生産要素保有量（資本量と労働量）を調整することで再現している。そして、取得できる各産業の資本ストックの損傷率が生産量減少率のどちらかを外生値として、家計の資本量と労働量に与えて、設定を行っている。たとえば、東北地方の化学産業の資本ストックが10%減少したという場合には、家計の化学産業に供給する資本と労働量を10%減少させることになる。また、生産量減少率が外生値として得られた場合には、やはり生産量減少率と同じ値を、家計が該当産業に供給する資本と労働量に与えて、外生条件を設定している。

関東地方の電力割当の影響に関しては、電力価格の上昇を抑えることを考慮して、関東地方の家計の資本保有量と労働保有量、家計の電力消費量を同じ比率で減少させるという方法

で外生条件を設定している。電力供給量でなく、生産要素の付与量を外生的に操作することの理由としては、通常のCGEモデルでは電力供給を制限した場合、電力価格が上昇し、需要が減少するという形で電力の需給調整が行われてしまうためであるとしている。

分析結果としては、2011年の夏に東北地方の震災による供給制約に加えて、関東地方の10%の電力不足を電力割当で対処した場合、関東地方の実質GDPは通年では約2.0%の減少となり、日本全体でも約2.0%の減少となる。産業別にみると、東北地方の震災のみであった場合には、農林水産業については東北地方の生産量が約38.2%減少し、これに伴い他地域の農林水産業は2~3%程度生産を増加させる。飲食料品、その他製造業、電気機械、運輸、その他サービスについても同様に他地域で生産が増加する傾向があるが、鉱業、化学、石油・石炭製品、鉄鋼、非鉄金属、一般機械、輸送機械、建築、電力、ガス、商業については、東北地方の震災の影響によって他地域でも生産量が減少する傾向にある。

また、東北地方の震災に加えて関東地方で電力割当が実施された場合の各産業への影響を見ると、関東地方の各産業は生産量を約3~10%減少させる。

(3) 「原子力発電全停止による地域・産業別影響の試算」(舘・落合、2011)

CGEモデルによる我が国における電力供給制約の影響に関する三つ目の分析事例としては、山崎・落合(2011)で使用された日本の多地域CGEモデルにさらに電力部門に変更を加えたモデルを用いて分析を行った、「原子力発電全停止による地域・産業別影響の試算—火力代替可能な中部・中国では影響軽微も、東北地方では打撃大きく—」(舘・落合、2011)が挙げられる。ここでは特に我が国で原子力発電がすべて止まった場合の経済への影響について分析を行うことを目的として、シミュレーションを行っている。

山崎・落合(2011)と舘・落合(2011)の設定で大きく異なる点は、山崎・落合(2011)では電力価格が変化しないことを考慮して外生条件を設定しているが、舘・落合(2011)では、原子力発電の全停止に伴う火力発電への代替は燃料コストの増大を招くため、電力供給制約による調整は電力価格の上昇を通じて行われるようにしている、という点である。

山崎・落合(2011)で用いられた日本の多地域CGEモデルからの主な変更点の一つは、電力部門の生産関数である。舘・落合(2011)では、原子力発電の全停止と火力発電による代替を考慮するために、山崎・落合(2011)で用いた原子力・水力発電に投入される特殊生産要素を火力発電に関しても設定し、原子力・水力発電と火力発電の双方に投入することで、それぞれの発電量をコントロールできるようにしている。すなわち、シミュレーションにおける外生条件の設定は、原子力・水力発電における特殊生産要素の投入を減らし、火力発電では投入を増やすという操作によって行われる。

また、原子力・水力発電と火力発電の間の代替の弾力性は、山崎・落合(2011)では1となっている。同様に原子力・水力発電と火力発電の間の代替の弾力性を1と設定すると電力価格が大幅に高騰するため、舘・落合(2011)では電力価格の上昇が化石燃料の輸入量の増加と整合的になるように、原子力・水力発電と火力発電の間の代替の弾力性を調整している。また、火力代替に伴う電力生産の増加が、エネルギー財の投入でなく資本や労働の増加によって行われることを防ぐため、火力発電における資本や労働などの代替の弾力性については、

ゼロに近い値に変更されている。

同論文のシミュレーションでは、原子力発電の停止により、地域別にみるとGDPは中部地方(+0.01%)のように僅かではあるが増加する地域が見られるものの、殆どの地域で減少し、最も減少率が大きい東北地方では▲1.27%の変化率となる。そして日本全体では、GDPは0.40%減少するという結果が得られている。地域別に試算結果にばらつきが生じるのは、地域ごとの発電量に占める原子力発電比率が異なることや、電力産業が地域経済に占める比重に差があることなどが影響していることが理由とされている。電力価格上昇率も地域別の差が大きく、北海道では38.52%、関東では14.73%に達するが、中国では▲2.11%、四国では▲0.36%と低下し、全国で見ると電力価格は18.12%上昇するという試算結果が得られている。

2節 電力供給制約に関連する実績データ

1. 電力需要量（販売電力量）の実績

本論文における震災による電力供給制約の分析では外生条件として、2011年3月の東日本大震災に関するデータを用いることを目的としており、本節で2011年以降の電力関係・経済データの動向を確認しておくこととする。

まず2011年前後の電力需要量の変化について、表2-2に電気事業連合会が公表している過去10年間の年間（年度）電力需要実績を示した。電力需要の合計は2003年度に▲0.9%と若干マイナス傾向になったが、その後はプラス成長を続けた。景気が低迷した2008年度、2009年度には3%台のマイナス成長となった後、2010年度には5.6%と大きく伸びたが、東日本大震災後の2011年度は▲5.1%と大きく落ち込んだ。続く2012年度も、▲1.0%と落ち込み幅は縮小したが、依然としてマイナス成長となった。このように近年の日本の状況を見ると、電力需要は経済情勢などを反映して増減が見られるが、東日本大震災が発生した2011年には▲5%を超えるほど大きく電力需要が減少し、電力需要に関して全国規模でその後数年にわたり、深刻な影響を与えたことが示される。

表 2-2 2003 年度～2013 年度の販売電力量

(単位：億 kWh, %)

用途別		期別		2013年度		2012年度		2011年度		2010年度		2009年度	
要 特 以 定 外 規 模 需 要	電灯	2,843.4	▲ 0.7	2,862.2	▲ 0.9	2,889.5	▲ 5.0	3,042.3	6.8	2,849.6	▲ 0.1		
	電力	427.8	▲ 2.1	436.9	▲ 2.8	449.3	▲ 5.3	474.5	5.0	451.7	▲ 3.4		
	電灯・電力計	3,271.2	▲ 0.8	3,299.1	▲ 1.2	3,338.8	▲ 5.1	3,516.8	6.5	3,301.4	▲ 0.6		
特 定 規 模 需 要	業務用	1,892.2	▲ 0.8	1,906.9	1.4	1,881.2	▲ 8.4	2,053.8	1.8	2,017.0	▲ 1.4		
	産業用その他	3,322.0	0.4	3,309.9	▲ 2.0	3,378.1	▲ 3.3	3,493.5	6.9	3,266.8	▲ 7.3		
	特定規模需要計	5,214.2	▲ 0.0	5,216.8	▲ 0.8	5,259.3	▲ 5.2	5,547.3	5.0	5,283.8	▲ 5.1		
販売電力量合計		8,485.4	▲ 0.4	8,515.9	▲ 1.0	8,598.1	▲ 5.1	9,064.2	5.6	8,585.2	▲ 3.4		

用途別		期別		2008年度		2007年度		2006年度		2005年度		2004年度	
要 特 以 定 外 規 模 需 要	電灯	2,852.8	▲ 1.5	2,897.2	4.1	2,783.1	▲ 1.1	2,812.9	3.2	2,725.5	5.0		
	電力	467.6	▲ 6.0	497.4	0.6	494.3	▲ 6.4	528.3	▲ 2.0	539.2	3.2		
	電灯・電力計	3,320.4	▲ 2.2	3,394.7	3.6	3,277.4	▲ 1.9	3,341.2	2.3	3,264.6	4.7		
特 定 規 模 需 要	業務用	2,045.5	▲ 0.6	2,058.6	3.3	1,993.2	0.6	1,981.7	2.3	1,936.3	3.9		
	産業用その他	3,523.4	▲ 5.8	3,742.2	3.3	3,623.7	3.5	3,502.8	1.4	3,453.3	2.8		
	特定規模需要計	5,569.0	▲ 4.0	5,800.8	3.3	5,616.9	2.4	5,484.4	1.8	5,389.7	3.2		
販売電力量合計		8,889.3	▲ 3.3	9,195.4	3.4	8,894.2	0.8	8,825.6	2.0	8,654.3	3.7		

用途別		期別		2003年度	
要 特 以 定 外 規 模 需 要	電灯	2,596.5	▲ 1.4		
	電力	522.3	▲ 6.0		
	電灯・電力計	3,118.8	▲ 2.2		
特 定 規 模 需 要	業務用	1,863.5	▲ 0.7		
	産業用その他	3,360.8	0.4		
	特定規模需要計	5,224.3	0.0		
販売電力量合計		8,343.1	▲ 0.9		

出所：電気事業連合会「2004年度分電力需要実績（確報）」・「2005年度分電力需要実績（確報）」・「2006年度分電力需要実績（確報）」・「2007年度分電力需要実績（確報）」・「2008年度分電力需要実績（確報）」・「2009年度分電力需要実績（確報）」・「2010年度分電力需要実績（確報）」・「2011年度分電力需要実績（確報）」・「2012年度分電力需要実績（確報）」・「2013年度分電力需要実績（確報）」より作成。

表2-3は10社別に電力販売量の対前年比伸び率を示したものである。2008年度、2009年度のように景気が大きく低迷している時には全国的に電力販売量が低下しているが、東日本大震災が発生した2011年度には全国的にも低下しているものの、特に東北・東京で大幅に低下するというように、影響の地域間の差が見られる。翌2012年度には、東北・東京では前年大幅に減少した後で若干増加に転じているものの、それ以外の地域では電力販売量の減少が続いて全国に影響が波及し、全国規模では▲1.0%と2011年度よりも減少率は小さいが、電力販

売量は減少していることが示される。2013年度には、再び東北・東京、また北海道で小規模ではあるが減少し、他の地域では小規模な増加や減少のどちらの傾向も見られ、全体としては▲0.4%という僅かな減少率となっている。

表 2-3 2003 年度～2013 年度の 10 社販売電力量の対前年比伸び率 (単位：%)

2013 年度

種別		会社別												
		北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州	9社計	沖縄	10社計	
対前年伸び率 (%)	要特定外規 模要需	電灯	▲ 1.9	▲ 1.3	▲ 0.7	▲ 0.6	▲ 0.7	▲ 1.3	▲ 0.2	▲ 0.1	1.0	▲ 0.7	3.6	▲ 0.7
		電力	▲ 3.5	▲ 5.8	▲ 3.4	▲ 2.3	▲ 5.8	▲ 1.5	▲ 2.4	▲ 1.1	1.7	▲ 2.5	2.6	▲ 2.1
		灯力計	▲ 2.2	▲ 2.0	▲ 1.0	▲ 0.9	▲ 1.4	▲ 1.4	▲ 0.4	▲ 0.2	1.1	▲ 0.9	3.1	▲ 0.8
	特定要規 模需	業務用	▲ 1.1	0.6	▲ 2.3	0.0	0.1	▲ 0.4	0.1	▲ 0.4	1.1	▲ 0.8	5.4	▲ 0.8
		産業用	▲ 1.6	0.3	0.3	1.4	1.1	▲ 0.8	1.6	▲ 1.5	0.2	0.4	3.8	0.4
		小計	▲ 1.4	0.4	▲ 0.8	1.0	0.8	▲ 0.7	1.1	▲ 1.0	0.6	▲ 0.1	4.7	▲ 0.0
	販売電力合計		▲ 1.8	▲ 0.5	▲ 0.9	0.4	0.0	▲ 0.9	0.6	▲ 0.7	0.8	▲ 0.4	3.3	▲ 0.4
	(大口)		▲ 1.7	0.5	0.7	1.7	0.9	▲ 0.9	1.9	▲ 2.2	0.0	0.5	3.0	0.5

2012 年度

種別		会社別												
		北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州	9社計	沖縄	10社計	
対前年伸び率 (%)	要特定外規 模要需	電灯	▲ 2.1	1.5	▲ 0.5	▲ 1.1	0.2	▲ 2.0	▲ 1.2	▲ 1.7	▲ 1.6	▲ 0.9	▲ 3.0	▲ 0.9
		電力	1.7	0.5	▲ 2.4	▲ 3.7	▲ 3.8	▲ 3.7	▲ 4.8	▲ 4.4	▲ 4.9	▲ 2.9	▲ 1.2	▲ 2.8
		灯力計	▲ 1.5	1.3	▲ 0.7	▲ 1.5	▲ 0.4	▲ 2.2	▲ 1.6	▲ 2.1	▲ 2.1	▲ 1.2	▲ 2.0	▲ 1.2
	特定要規 模需	業務用	▲ 2.0	7.2	3.7	0.3	▲ 0.0	▲ 0.7	▲ 0.7	▲ 2.8	▲ 1.8	1.4	2.1	1.4
		産業用	▲ 6.5	3.4	▲ 0.9	▲ 1.3	▲ 5.7	▲ 5.0	▲ 3.6	▲ 5.8	▲ 1.5	▲ 2.0	▲ 2.0	▲ 2.0
		小計	▲ 4.3	4.6	1.0	▲ 0.9	▲ 4.1	▲ 3.4	▲ 2.8	▲ 4.7	▲ 1.6	▲ 0.8	0.1	▲ 0.8
	販売電力合計		▲ 3.0	3.4	0.3	▲ 1.1	▲ 2.8	▲ 2.9	▲ 2.4	▲ 3.6	▲ 1.8	▲ 0.9	▲ 1.7	▲ 1.0
	(大口)		▲ 9.5	3.3	▲ 1.3	▲ 1.3	▲ 6.2	▲ 5.4	▲ 3.8	▲ 6.7	▲ 1.4	▲ 2.4	▲ 2.2	▲ 2.4

2011 年度

種別		会社別												
		北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州	9社計	沖縄	10社計	
対前年伸び率 (%)	要特定外規 模要需	電灯	▲ 0.4	▲ 5.8	▲ 7.4	▲ 3.7	▲ 1.6	▲ 4.4	▲ 3.4	▲ 3.3	▲ 3.7	▲ 5.1	▲ 1.8	▲ 5.0
		電力	5.8	▲ 6.7	▲ 8.3	▲ 5.0	▲ 4.9	▲ 5.9	▲ 5.6	▲ 5.2	▲ 4.8	▲ 5.6	▲ 1.2	▲ 5.3
		灯力計	0.7	▲ 5.9	▲ 7.5	▲ 3.9	▲ 2.1	▲ 4.6	▲ 3.7	▲ 3.6	▲ 3.9	▲ 5.1	▲ 1.5	▲ 5.1
	特定要規 模需	業務用	▲ 2.6	▲ 13.5	▲ 13.6	▲ 5.9	▲ 3.8	▲ 4.0	▲ 3.6	▲ 3.2	▲ 3.4	▲ 8.4	2.5	▲ 8.4
		産業用	▲ 0.3	▲ 9.4	▲ 6.0	0.2	▲ 1.6	▲ 1.7	▲ 3.8	▲ 0.1	▲ 0.0	▲ 3.3	▲ 0.4	▲ 3.3
		小計	▲ 1.4	▲ 10.7	▲ 9.3	▲ 1.5	▲ 2.2	▲ 2.5	▲ 3.7	▲ 1.3	▲ 1.4	▲ 5.2	1.0	▲ 5.2
	販売電力合計		▲ 0.5	▲ 8.9	▲ 8.6	▲ 2.3	▲ 2.2	▲ 3.3	▲ 3.7	▲ 2.3	▲ 2.4	▲ 5.2	▲ 1.1	▲ 5.1
	(大口)		▲ 0.3	▲ 10.1	▲ 6.1	1.0	▲ 1.6	▲ 1.3	▲ 4.1	0.2	0.4	▲ 3.2	0.7	▲ 3.2

2010 年度

種別		会社別												
		北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州	9社計	沖縄	10社計	
対前年伸び率 (%)	要特定 以外規 模要 需	電灯	2.1	5.1	7.6	6.4	8.3	7.1	7.1	7.0	6.8	6.8	2.6	6.8
		電力	5.9	5.4	6.9	4.3	7.8	6.3	4.7	2.6	3.7	5.5	▲ 0.2	5.0
		灯力計	2.7	5.2	7.5	6.0	8.3	7.0	6.8	6.3	6.3	6.6	1.1	6.5
	特定 要規 模需	業務用	1.7	2.2	1.1	2.4	3.9	1.7	4.3	3.3	1.6	1.8	2.0	1.8
		産業用	3.7	5.5	4.5	8.6	11.0	9.5	10.0	6.9	5.5	7.0	▲ 6.1	6.9
		小計	2.7	4.4	3.0	6.8	9.0	6.5	8.3	5.5	3.9	5.0	▲ 2.3	5.0
	販売電力合計		2.7	4.7	4.7	6.6	8.7	6.7	7.7	5.8	4.9	5.6	0.6	5.6
	(大口)		5.3	5.7	4.6	7.8	11.1	10.5	11.0	8.4	6.4	7.5	▲ 4.2	7.5

2009 年度

種別		会社別												
		北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州	9社計	沖縄	10社計	
対前年伸び率 (%)	要特定 以外規 模要 需	電灯	2.0	1.4	0.0	▲ 0.9	1.2	▲ 0.8	▲ 1.0	▲ 1.1	▲ 0.3	▲ 0.1	1.0	▲ 0.1
		電力	4.9	▲ 0.3	▲ 4.3	▲ 4.9	▲ 4.5	▲ 5.1	▲ 5.7	▲ 4.2	▲ 3.0	▲ 3.6	▲ 0.9	▲ 3.4
		灯力計	2.5	1.2	▲ 0.4	▲ 1.5	0.3	▲ 1.3	▲ 1.6	▲ 1.6	▲ 0.7	▲ 0.6	▲ 0.0	▲ 0.6
	特定 要規 模需	業務用	▲ 0.5	▲ 1.2	▲ 1.2	▲ 1.5	▲ 1.0	▲ 1.3	▲ 3.8	▲ 0.8	▲ 1.9	▲ 1.4	1.3	▲ 1.4
		産業用	▲ 7.5	▲ 6.3	▲ 7.1	▲ 9.2	▲ 7.0	▲ 5.6	▲ 9.0	▲ 9.0	▲ 6.1	▲ 7.3	▲ 0.4	▲ 7.3
		小計	▲ 4.1	▲ 4.7	▲ 4.6	▲ 7.1	▲ 5.3	▲ 3.9	▲ 7.5	▲ 6.0	▲ 4.4	▲ 5.1	0.4	▲ 5.1
	販売電力合計		▲ 1.2	▲ 2.6	▲ 3.0	▲ 5.3	▲ 3.5	▲ 2.9	▲ 5.4	▲ 4.2	▲ 2.9	▲ 3.5	0.0	▲ 3.4
	(大口)		▲ 9.7	▲ 6.8	▲ 7.2	▲ 9.1	▲ 7.0	▲ 4.9	▲ 9.3	▲ 10.1	▲ 6.7	▲ 7.4	0.0	▲ 7.4

2008 年度

種別		会社別												
		北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州	9社計	沖縄	10社計	
対前年伸び率 (%)	要特定 以外規 模要 需	電灯	▲ 1.3	▲ 1.6	▲ 1.6	▲ 2.2	▲ 0.1	▲ 1.9	▲ 0.8	▲ 0.9	▲ 1.0	▲ 1.5	▲ 2.0	▲ 1.5
		電力	▲ 1.5	▲ 6.2	▲ 6.9	▲ 7.6	▲ 6.3	▲ 7.2	▲ 5.8	▲ 5.1	▲ 6.6	▲ 6.5	0.8	▲ 6.0
		灯力計	▲ 1.4	▲ 2.2	▲ 2.2	▲ 3.1	▲ 1.1	▲ 2.6	▲ 1.5	▲ 1.6	▲ 2.0	▲ 2.2	▲ 0.5	▲ 2.2
	特定 要規 模需	業務用	▲ 1.5	▲ 1.5	▲ 0.2	▲ 1.0	▲ 0.2	▲ 1.8	2.0	▲ 0.6	▲ 0.5	▲ 0.6	▲ 0.6	▲ 0.6
		産業用	▲ 3.0	▲ 5.5	▲ 5.4	▲ 8.8	▲ 7.1	▲ 4.2	▲ 7.4	▲ 3.1	▲ 4.4	▲ 5.9	3.1	▲ 5.8
		小計	▲ 2.3	▲ 4.2	▲ 3.2	▲ 6.8	▲ 5.3	▲ 3.3	▲ 4.9	▲ 2.1	▲ 2.9	▲ 4.0	1.3	▲ 4.0
	販売電力合計		▲ 1.9	▲ 3.5	▲ 2.8	▲ 5.6	▲ 3.9	▲ 3.0	▲ 3.7	▲ 1.9	▲ 2.5	▲ 3.4	▲ 0.2	▲ 3.3
	(大口)		▲ 4.8	▲ 5.6	▲ 5.2	▲ 9.0	▲ 6.8	▲ 3.8	▲ 8.0	▲ 3.0	▲ 4.7	▲ 5.9	1.5	▲ 3.3

2007 年度

種別		会社別												
		北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州	9社計	沖縄	10社計	
対前年伸び率 (%)	要特定外規 模需要	電灯	1.3	3.2	4.7	3.9	5.3	3.8	4.2	3.5	4.8	4.1	2.2	4.1
		電力	5.8	1.0	1.2	▲ 0.8	▲ 0.4	▲ 0.3	▲ 1.3	▲ 0.5	1.2	0.6	1.7	0.6
		灯力計	2.0	2.9	4.3	3.1	4.4	3.2	3.4	2.8	4.1	3.6	1.9	3.6
	特定要規 模需	業務用	3.9	4.4	3.8	3.4	3.6	1.2	2.7	4.1	3.7	3.3	▲ 0.2	3.3
		産業用	3.5	4.4	2.2	4.0	3.8	1.6	4.5	5.1	5.0	3.3	▲ 0.4	3.3
		小計	3.7	4.4	2.9	3.8	3.7	1.5	4.0	4.7	4.5	3.3	▲ 0.3	3.3
	販売電力合計		3.0	3.9	3.4	3.6	3.9	2.1	3.8	3.9	4.4	3.4	1.6	3.4
	(大口)		4.8	5.7	2.8	5.2	4.9	2.3	5.6	6.8	6.4	4.2	▲ 1.0	4.2

2006 年度

種別		会社別												
		北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州	9社計	沖縄	10社計	
対前年伸び率 (%)	要特定外規 模需要	電灯	0.9	▲ 0.3	▲ 2.1	▲ 1.5	0.1	▲ 0.7	▲ 0.0	▲ 0.9	▲ 0.1	▲ 1.1	▲ 0.7	▲ 1.1
		電力	▲ 2.3	▲ 8.9	▲ 6.4	▲ 6.3	▲ 10.7	▲ 7.9	▲ 7.4	▲ 6.5	▲ 7.0	▲ 7.0	1.7	▲ 6.4
		灯力計	0.4	▲ 1.7	▲ 2.6	▲ 2.4	▲ 1.9	▲ 1.7	▲ 1.1	▲ 2.0	▲ 1.4	▲ 2.0	0.6	▲ 1.9
	特定要規 模需	業務用	4.2	1.4	▲ 0.3	1.6	0.8	▲ 1.0	1.2	1.6	2.7	0.6	2.3	0.6
		産業用	3.2	4.5	2.0	4.3	2.7	2.6	6.9	3.2	4.8	3.5	▲ 2.9	3.5
		小計	3.7	3.5	1.0	3.6	2.2	1.2	5.2	2.6	4.0	2.4	▲ 0.5	2.4
	販売電力合計		2.2	1.6	▲ 0.4	1.6	0.8	0.1	3.0	0.7	1.7	0.8	0.4	0.8
	(大口)		7.0	6.7	2.8	5.9	4.5	3.8	8.6	4.6	6.8	4.9	▲ 2.3	4.9

2005 年度

種別		会社別												
		北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州	9社計	沖縄	10社計	
対前年伸び率 (%)	要特定外規 模需要	電灯	1.2	3.1	2.8	3.6	4.9	4.1	3.8	2.6	2.8	3.2	3.2	3.2
		電力	1.9	1.4	▲ 2.1	▲ 1.8	0.2	▲ 8.1	▲ 3.4	▲ 1.3	▲ 0.2	▲ 2.3	1.8	▲ 2.0
		灯力計	1.3	2.9	2.2	2.5	4.0	2.3	2.7	1.8	2.3	2.3	2.5	2.3
	特定要規 模需	業務用	4.2	3.9	0.1	4.4	4.7	2.0	4.7	3.7	5.3	2.3	0.6	2.3
		産業用	1.5	2.8	▲ 0.4	3.0	3.9	0.5	1.1	3.3	3.6	1.4	▲ 0.0	1.4
		小計	2.8	3.1	▲ 0.2	3.4	4.1	1.1	2.1	3.5	4.3	1.8	0.3	1.8
	販売電力合計		2.1	3.0	0.7	3.1	4.1	1.5	2.3	2.8	3.4	2.0	2.1	2.0
	(大口)		1.6	3.9	▲ 0.6	3.8	5.1	0.6	1.2	4.6	4.6	1.8	0.3	1.8

2004 年度

種別		会社別												
		北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州	9社計	沖縄	10社計	
対前年伸び率 (%)	要特定外規 要需	電灯	1.3	3.6	6.5	4.8	4.3	4.8	4.8	3.5	4.4	5.0	0.0	5.0
		電力	1.6	3.5	4.2	2.3	2.5	3.1	3.3	2.4	1.6	3.1	1.4	3.1
		灯力計	1.4	3.5	5.4	3.5	3.4	4.0	4.1	3.0	3.0	4.1	0.8	4.1
	特定規模需要		4.6	4.0	1.7	3.8	6.9	2.3	5.9	4.7	5.3	3.2	▲ 0.6	3.2
	販売電力合計		2.2	3.7	3.9	3.6	4.9	3.3	4.9	3.6	3.8	3.8	0.5	3.7
	(大口)		0.1	2.4	1.7	2.9	6.1	2.6	5.8	3.7	3.1	2.8	2.6	2.8

2003 年度

種別		会社別												
		北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州	9社計	沖縄	10社計	
対前年伸び率 (%)	要特定外規 要需	電灯	1.3	▲ 0.5	▲ 2.7	▲ 1.0	▲ 0.2	▲ 2.1	▲ 1.1	▲ 0.9	0.2	▲ 1.5	3.8	▲ 1.4
		電力	0.2	▲ 0.1	▲ 1.5	▲ 0.9	▲ 0.8	▲ 1.0	▲ 1.0	▲ 0.3	0.7	▲ 0.8	3.9	▲ 0.8
		灯力計	0.7	▲ 0.3	▲ 2.0	▲ 0.9	▲ 0.6	▲ 1.5	▲ 1.0	▲ 0.5	0.5	▲ 1.1	3.9	▲ 1.1
	特定規模需要		2.9	2.7	▲ 2.2	▲ 0.1	2.7	▲ 0.2	▲ 0.1	2.9	2.0	▲ 0.3	8.5	▲ 0.3
	販売電力合計		1.0	0.4	▲ 2.1	▲ 0.7	0.1	▲ 1.1	▲ 0.7	0.1	0.8	▲ 0.9	4.0	▲ 0.9
	(大口)		▲ 1.2	2.3	▲ 0.2	▲ 0.0	1.2	▲ 0.8	▲ 0.3	2.2	1.3	0.2	4.3	0.2

出所：電気事業連合会「2004年度分電力需要実績（確報）」・「2005年度分電力需要実績（確報）」・「2006年度分電力需要実績（確報）」・「2007年度分電力需要実績（確報）」・「2008年度分電力需要実績（確報）」・「2009年度分電力需要実績（確報）」・「2010年度分電力需要実績（確報）」・「2011年度分電力需要実績（確報）」・「2012年度分電力需要実績（確報）」・「2013年度分電力需要実績（確報）」より作成。

表2-4では、2011年の販売電力量合計に関する暦年データを示した。暦年ベースにして12月の平均値を取ると、1月と2月は震災の影響を受けていないことを反映し、電力販売量の伸び率は▲4.57%と、年度ベースの▲5.1%よりはやや減少率は緩やかになる。

表2-4 2011年1月～12月の10社販売電力量の対前年比伸び率（単位：％）

	1月	2月	3月	4月	5月	6月
北海道	1.5	1.5	▲ 0.5	▲ 2.8	▲ 5.3	0.3
東北	2.8	4.3	▲ 14.0	▲ 20.3	▲ 14.9	▲ 13.0
東京	1.5	3	▲ 5.9	▲ 13.8	▲ 11.9	▲ 10.4
中部	2.9	4.2	1.2	▲ 2.3	▲ 4.4	▲ 2.5
北陸	5.7	6.1	5.2	0.9	▲ 0.1	▲ 0.1
関西	3.8	5.4	4.4	1.4	▲ 1.3	▲ 1.1
中国	4.1	6.6	3.7	0.7	▲ 2.3	▲ 1.6
四国	5.9	5.2	4.9	▲ 0.2	▲ 0.5	▲ 0.0
九州	4.5	9.2	4.7	0.4	▲ 0.5	1.5
9社計	3.0	4.6	▲ 1.4	▲ 6.6	▲ 6.6	▲ 5.1
沖縄	3.2	3.3	▲ 1.9	▲ 2.9	▲ 1.6	2.4
10社計	3.0	4.6	▲ 1.4	▲ 6.5	▲ 6.5	▲ 5.1

	7月	8月	9月	10月	11月	12月
北海道	▲ 3.6	▲ 4.5	▲ 2.9	▲ 0.6	▲ 2.2	2.1
東北	▲ 10.5	▲ 16.9	▲ 14.5	▲ 9.9	▲ 10.0	▲ 6.7
東京	▲ 11.0	▲ 16.8	▲ 16.4	▲ 10.6	▲ 7.7	▲ 4.8
中部	▲ 1.6	▲ 7.6	▲ 7.1	▲ 2.8	▲ 2.8	▲ 1.1
北陸	▲ 0.7	▲ 6.8	▲ 6.8	▲ 1.3	▲ 4.8	▲ 2.8
関西	▲ 0.6	▲ 9.5	▲ 9.2	▲ 4.9	▲ 3.7	▲ 2.9
中国	▲ 1.2	▲ 7.2	▲ 9.5	▲ 4.7	▲ 6.2	▲ 3.8
四国	▲ 1.5	▲ 7.5	▲ 8.0	▲ 2.5	▲ 1.5	▲ 2.5
九州	2.0	▲ 5.1	▲ 9.0	▲ 3.1	▲ 2.1	▲ 3.9
9社計	▲ 5.0	▲ 11.4	▲ 11.5	▲ 6.4	▲ 5.4	▲ 3.6
沖縄	2.3	▲ 2.1	▲ 4.5	▲ 3.6	▲ 1.7	4.2
10社計	▲ 5.0	▲ 11.3	▲ 11.4	▲ 6.3	▲ 5.4	▲ 3.5

出所：電気事業連合会「2011年1月分電力需要実績（確報）」・「2011年2月分電力需要実績（確報）」・「2011年3月分電力需要実績（確報）」・「2011年4月分電力需要実績（確報）」・「2011年5月分電力需要実績（確報）」・「2011年6月分電力需要実績（確報）」・「2011年7月分電力需要実績（確報）」・「2011年8月分電力需要実績（確報）」・「2011年9月分電力需要実績（確報）」・「2011年10月分電力需要実績（確報）」・「2011年11月分電力需要実績（確報）」・「2011年12月分電力需要実績（確報）」より作成。

2. 発受電電力量の実績

表2-5は10社計の発受電電力量¹の推移を示したものである。2011年以降原子力発電が大幅に落ち込み、火力発電が伸びているなど、発電内訳が大きく変化していることが示される。なお2013年下半年以降は全ての原子力発電が発電を停止しており、今後の電力供給確保は緊急の課題となっている。

¹電気事業連合会の定義によれば、発受電電力量とは電力会社の発電電力量に他社からの受電電力量および他電力との融通電力量（差引）を加え、そこから揚水式水力発電所の水を汲み揚げるときに消費した電力量を差し引いたものを指す。

表 2-5 2003 年度～2013 年度の発受電電力量実績 (単位：億 kWh, %) ²

		2013年度		対前年増加率		
		実績	対前年増加率	2012年度	2011年度	2010年度
発受電電力量		9,229.0	▲ 0.1	▲ 1.4	▲ 5.1	5.1
発電内訳	水力	588.4	3.2	▲ 9.2	▲ 0.1	9.0
	火力	6,730.2	0.9	9.2	25.8	6.3
	原子力	93.0	▲ 41.6	▲ 84.2	▲ 62.9	1.9
	新エネルギー等	25.4	▲ 1.0	▲ 0.6	6.3	▲ 9.8
他社受電		1,860.1	▲ 2.1	12.6	▲ 3.1	6.6
揚水動力		▲ 68.1	▲ 21.2	3.3	▲ 4.0	28.9
出水率		100.3	—	95.1	106.8	103.1
原子力設備利用率 (含む日本原電)		2.3	—	3.9	23.7	67.3

		対前年増加率				
		2009年度	2008年度	2007年度	2006年度	2005年度
発受電電力量		▲ 3.3	▲ 3.1	3.3	0.7	1.8
発電内訳	水力	2.2	▲ 1.3	▲ 13.3	9.9	▲ 15.4
	火力	▲ 9.8	▲ 6.0	15.7	1.2	1.0
	原子力	7.7	▲ 1.0	▲ 13.1	0.0	9.3
	新エネルギー等	4.9	▲ 6.5	▲ 1.1		
他社受電		▲ 2.4	▲ 0.1	4.2	▲ 3.7	▲ 0.7
揚水動力		▲ 13.0	▲ 35.6	13.9		
出水率		95.7	91.7	89.1	102.8	91.8
原子力設備利用率 (含む日本原電)		65.7	60.0	60.7	69.9	71.9

		対前年増加率	
		2004年度	2003年度
発受電電力量		3.7	▲ 1.1
発電内訳	水力	▲ 2.0	14.4
	火力	▲ 1.8	4.4
	原子力	19.0	▲ 20.0
他社受電		0.9	9.9
出水率		110.8	108.8
原子力設備利用率 (含む日本原電)		68.9	59.7

出所：電気事業連合会「2013年度の発受電速報」・「2012年度の発受電速報」・「2011年度の発受電速報」・「2010年度の発受電速報」・「2009年度の発受電速報」・「2008年度の発受電速報」・「2007年度の発受電速報」・「2006年度の発受電速報」・「2005年度の発受電速報」・「2004年度の発受電速報」・「2003年度の発受電速報」より作成。

3. 電力料金の実績

表2-6は、各電力会社の電力料金値上げの状況について示したものである。東日本大震災後の原子力発電所の長期停止に伴い、火力燃料費の大幅な増加等を理由に、2012年～2014年に

² 新エネルギー等と揚水動力に関するデータが得られるのは2007年度以降である。

各電力会社は電力料金値上げの実施に至っている。2012年9月の東京電力の電力料金値上げ以降、各電力会社は電力料金値上げを実施し、2014年11月時点で10社中値上げを行っていないのは北陸電力・中国電力・沖縄電力の3社のみとなっている。

表2-6 各電力会社の値上げ実施状況

電力会社名	規制部門値上げ率	自由化部門値上げ率	値上げ実施時
北海道	7.73%	11.00%	2013年9月1日
東北	8.94%	15.24%	2013年9月1日
東京	8.46%	14.90%	2012年9月1日
中部	3.77%	7.21%	2014年5月1日
関西	9.75%	17.26%	2013年5月1日
四国	7.80%	14.72%	2013年9月1日
九州	6.23%	11.94%	2013年5月1日

出所：各社プレスリリース等より作成。

4. 実質GDPの実績

表2-7には我が国の実質GDPの対前年比成長率の推移、表2-8には実質GDP（実額）の推移を示した。日本の実質GDP成長率は、近年は2008年、2009年に大きく落ち込んだが、2010年には4.7%と回復傾向を示していた。しかし、東日本大震災の影響を受け2011年には実質GDP成長率は▲0.5%となり、輸出は▲0.4%、輸入はマイナス成長にはならなかったが伸び率は前年の+11.1%から低下し、+5.9%となった。実質GDP成長率はその後2012年には+1.4%、2013年は+1.5%と、ほぼ同程度の緩やかな成長を続けている。

表2-7 我が国の実質GDPの対前年比成長率の推移 (暦年、単位：%)

	国内総生産 (支出側)	民間最終消費支出			民間住宅	民間企業 設備	民間在庫 品増加	政府最終 消費支出	公的固定 資本形成	公的在庫 品増加	財貨・サービス		
		家計最終 消費支出	除く持ち家 の帰属家賃	純輸出							輸出	輸入	
2000	2.3	0.4	0.6	0.2	0.8	6.5	***	4.6	-9.4	***	***	12.6	10.7
2001	0.4	1.6	1.6	1.4	-5.0	-0.4	***	4.2	-3.8	***	***	-7.0	0.9
2002	0.3	1.2	1.2	1.0	-3.4	-5.2	***	2.6	-5.1	***	***	7.9	0.3
2003	1.7	0.5	0.4	0.1	-1.3	4.9	***	1.9	-8.6	***	***	9.5	3.9
2004	2.4	1.2	1.1	1.0	1.7	3.5	***	1.5	-7.5	***	***	14.0	7.9
2005	1.3	1.5	1.5	1.4	-0.9	5.7	***	0.8	-10.1	***	***	6.2	4.2
2006	1.7	1.1	1.1	0.9	0.6	4.0	***	0.0	-5.1	***	***	9.9	4.5
2007	2.2	0.9	1.0	0.9	-9.8	4.9	***	1.1	-5.9	***	***	8.7	2.3
2008	-1.0	-0.9	-0.9	-1.4	-6.6	-2.6	***	-0.1	-7.4	***	***	1.4	0.3
2009	-5.5	-0.7	-0.8	-1.2	-16.6	-14.3	***	2.3	7.0	***	***	-24.2	-15.7
2010	4.7	2.8	2.7	3.0	-4.5	0.3	***	1.9	0.7	***	***	24.4	11.1
2011	-0.5	0.3	0.1	-0.1	5.1	4.1	***	1.2	-8.2	***	***	-0.4	5.9
2012	1.4	2.0	1.9	2.0	2.9	3.7	***	1.7	2.8	***	***	-0.1	5.3
2013	1.5	1.9	1.9	2.0	8.9	-1.6	***	2.2	11.4	***	***	1.6	3.4

出所：内閣府「国民経済計算」

表2-8 日本の実質GDPの推移 (暦年、単位：10億円)

	国内総生産(支出側)	民間最終消費支出	家計最終消費支出		民間住宅	民間企業設備	民間在庫品増加	政府最終消費支出	公的固定資本形成	公的在庫品増加	財貨・サービス			開差
			家計最終消費支出	除く持ち家の 帰属家賃							純輸出	輸出	輸入	
2000	474.8	274.4	269.2	228.1	20.0	64.7	-0.4	83.0	35.0	0.0	-0.7	54.2	54.9	-1.0
2001	476.5	278.7	273.5	231.4	19.0	64.4	0.2	86.5	33.6	-0.2	-5.0	50.4	55.4	-0.8
2002	477.9	282.1	276.8	233.8	18.4	61.1	-2.0	88.7	31.9	-0.1	-1.2	54.4	55.6	-0.9
2003	486.0	283.5	277.9	234.0	18.1	64.1	-0.3	90.4	29.1	-0.2	1.8	59.6	57.8	-0.5
2004	497.4	286.7	281.1	236.3	18.4	66.3	2.0	91.7	27.0	-0.1	5.5	67.9	62.4	-0.1
2005	503.9	291.1	285.3	239.7	18.3	70.1	0.6	92.5	24.2	0.0	7.1	72.1	65.0	0.0
2006	512.5	294.3	288.4	241.8	18.4	72.9	0.0	92.5	23.0	0.0	11.3	79.3	68.0	0.0
2007	523.7	297.1	291.3	243.9	16.6	76.5	1.6	93.5	21.6	0.0	16.6	86.2	69.6	0.2
2008	518.2	294.3	288.7	240.6	15.5	74.5	2.7	93.4	20.0	0.1	17.6	87.4	69.8	0.1
2009	489.6	292.3	286.4	237.7	12.9	63.9	-4.9	95.5	21.4	0.0	7.4	66.3	58.8	1.1
2010	512.4	300.4	294.1	244.9	12.3	64.1	-0.6	97.3	21.6	-0.1	17.1	82.4	65.3	0.2
2011	510.0	301.2	294.3	244.7	13.0	66.7	-1.8	98.5	19.8	0.0	12.9	82.1	69.2	-0.3
2012	517.4	307.3	299.9	249.7	13.3	69.2	-1.5	100.2	20.4	0.0	9.1	82.0	72.9	-0.5
2013	525.3	313.5	305.8	254.9	14.5	68.1	-3.0	102.2	22.7	0.0	8.0	83.4	75.4	-0.6

出所：内閣府「国民経済計算」

5. 資本ストックの実績

独立行政法人経済産業研究所（RIETI）は、日本の部門別・資産別実質純資本ストックの推計データを公表しているが、本論文作成時点で取得できるのは2010年までである。一方、既述のように内閣府（2011）では、兵庫県の推計による阪神・淡路大震災の毀損額及び損壊率を参照し、①ケース1：津波被害のあった地区においては、阪神・淡路大震災よりも被害が大きく、損壊率は阪神・淡路大震災時の約2倍、②ケース2：津波被害のあった地区においては建築物の損壊率がさらに大きく80%程度であった、という2つのケースを設定して、東日本大震災によるストック毀損額の推計を行っている。

ここでは、RIETIの「JIP2013」より得られる2010年の日本の資産別 実質純資本ストックデータと、内閣府「東日本大震災によるストック毀損額の推計方法について」（2011）から取得できる東日本大震災によるストック毀損額を用いて、東日本大震災による総資本ストックの毀損率を表2-9のように計算し、シミュレーションにおいて用いる外生変数値とした。

表2-9 ストック毀損額と総資本ストックに対する比率（単位：兆円、%）

資本ストック総額(2010年)		1449.2
毀損額	ケース1	16
	ケース2	25
毀損率	ケース1	1.10%
	ケース2	1.73%

出所：独立行政法人経済産業研究所（2013）「JIP2013」、内閣府(2011)「東日本大震災によるストック毀損額の推計方法について」より作成。

第三章 GTAP-E モデルを用いた電力供給制約が経済に与える影響に関する分析手法

1 節 GTAP モデルの概要

1. 一般均衡モデルと GTAP モデル

(1) 一般均衡モデルの発展の経緯

CGEモデルは、Walrasを始祖とする一般均衡理論に立脚する経済モデルである。ミクロ経済学には部分均衡分析と一般均衡分析がある。部分均衡分析とは、生産財市場、消費財市場、労働市場などの一つの市場を対象とする分析手法であり、対象となる市場以外の他の条件は一定として、当該市場における価格と取引量の関係について分析を行う。

これに対して、一般均衡分析では、全ての経済主体および市場は最終的には相互依存関係にあるので、その挙動を分析するには、あらゆる経済市場を同時に考慮していく必要があると考え、関係する複数の市場が分析において同時に扱われる。一般均衡モデルでは、このような全ての経済主体、市場の行動をモデル式として記述し、その均衡解の有無、安定性、あるいはショック時における解の挙動を研究していく。

最初に CGE モデルを用いて行われた分析は、1960 年に出版された Leif Johansen による *A Multisectoral Study of Economic Growth* である。Johansen は同書において、22 産業分類に基づくノルウェーの経済モデルを用い、同時代の経済モデルとは異なる、それぞれの経済主体の行動を明確にした分析を行った。1960 年代半ばに米国のエール大学の Scarf によるアルゴリズムが考案され、それまではその存在が示唆されるにとどまっていた Walras の一般均衡理論に基づく均衡解を有限回の反復計算で実際に解くことが可能になった。このような技術的な進歩を受け、応用一般均衡モデルの開発も進められていった。

1970 年代初期には、米国のスタンフォード大学の Shoven と、カナダのウェスト・オンタリオ大学の Whalley を中心に、租税に関する経済効果の分析を目的とした一般均衡分析が行われた。しかし、現在に至るまで政策決定において最も CGE モデルが活用されてきた国はオーストラリアとノルウェーであり、これら 2 国で開発された CGE モデルはその後も改良が重ねられ、現在でも分析に用いられている。

1975 年のオーストラリア政府の IMPACT プロジェクトは、MONASH プロジェクトとして継続され、Johansen の技術を採用して展開し、ヨハンセン・モデルのスタイルを他の国々に関して活用した ORANI モデルが開発された。ORANI モデルは、オーストラリア経済を 56 地域、112 産業に分類した静学 CGE モデルであり、税制の変更、関税削減、規制緩和や環境規制の影響などについて、評価に用いられた。ORANI モデルは、現在ではアジア・大洋州、また中南米や欧州も含む各国の一国経済モデルであり、動学モデルである ORANI-G モデルとして、オーストラリアのモナシュ大学を経て、ヴィクトリア大学で引き続き開発が継続されている。

またオーストラリア政府は他にも、SALTER (Sectoral Analysis of Liberalizing Trade in the East Asian Region) プロジェクトにおいて、16 地域、37 産業という区分で、アジア・太平洋地域における貿易自由化などの影響分析を主要な目的とした世界規模の CGE モデルを開発している。

ヨハンセン・モデルに始まるノルウェー政府の MSG (Multi-Sectoral Growth) プロジェ

クトは、更新を続けて現在ではMSG6にまで至っている。MSG6モデルは不完全競争の導入や、規模に関する収穫逓増などを設定に取り入れ、また詳細なマイクロシミュレーションモデルを取り込むなどの改良を行うに至っている。

このように開発から50年以上を経て、CGEモデルは現在では関税引き下げや国際貿易、税制改革などの従来扱ってきたテーマに加え、開発政策、企業投資、地方政策、環境・エネルギー、人口移動、財政・金融政策など、様々な分野における分析に用いられている。

(2) GTAPモデルの発展の経緯

1992年にOECD、UNCTAD、世界銀行、WTOなどをはじめとする国際機関や各国政府機関の協力を得て、米国パデュー大学のHertel教授を中心とする国際貿易分析センターと、各国の研究者や政府機関等のネットワークによる国際貿易分析プロジェクト(Global Trade Analysis Project: GTAP)はGTAPモデルの開発に至った。GTAPモデルは、上述のSALTERモデル、ORANIモデルなどの既存のCGEモデルの構造に基づいて開発されている。またGTAPモデルは地域・産業区分などのデータベースの構造に関しても、SALTERモデルの影響を強く受けている。

GTAPモデルはGATT/ウルグアイ・ラウンド交渉に当たって、特にその効果分析に用いられ、APEC経済委員会における貿易・投資自由化の経済効果の分析作業などにも用いられた。その後も国際貿易分析プロジェクトによるモデルの改良や、標準GTAPモデルの枠組を用いたCGEモデルの開発、パデュー大学におけるデータベースの更新は現在まで継続されている。このデータベースには、各国の産業連関表、貿易データ、関税と貿易障壁に関する関税相当分、移民、温室ガス排出量に関するものなど、広範囲にわたるデータが包括されている。

GTAPモデルは世界各国に普及が進み、ユーザー、データ提供者、毎年一度世界各地で開催されるAnnual Conference on Global Economic Analysisなどの会議での発表者などの数は増加を続けており、GTAPネットワークは今では世界中のほぼすべての国から1万人を数えるほどの規模に発展してきている。またGTAPモデルを用いた研究は、国際貿易、税制改革、開発政策、環境・エネルギー、人口移動をはじめ様々な分野にわたっている。

(3) GTAPモデルのデータベース

GTAPモデルのデータベースは、開発後も更新が続けられ、更新を重ねる度に地域・産業とも細分化が進められてきた。GTAPモデルのデータベースでは、データ取得が可能な国は独立した国として分類され、それ以外の場合は複数の国を包括する地域として分類される。

現在の最新のモデルのデータベースであるGTAP 8.1 Data Baseは第8版のデータベースであり、2007年の世界経済データに基づいている¹。GTAP 8.1 Data Baseでは、表3-1が示すように世界全地域は134地域に分類され、それぞれの地域に表3-2に示される57産業に関するデータが整備されている。分析者は、自分の目的に応じて自由に地域・産業分類を設定するこ

¹ 2015年にはGTAPモデルのデータベースはバージョンアップされ、GTAP9が公表される予定である。

とが可能であり、使用するソフトウェアであるGEMPACKのアグリゲート機能を用いて、自動的に設定した地域・産業分類に対応したデータベースを作成することが可能である。

表3-1 GTAP8.1における地域分類（1）

番号	略称	内容
1	AUS	Australia
2	NZL	New Zealand
3	XOC	Rest of Oceania
4	CHN	China
5	HKG	Hong Kong
6	JPN	Japan
7	KOR	Republic of Korea
8	MNG	Mongolia
9	TWN	Taiwan
10	XEA	Rest of East Asia
11	KHM	Cambodia
12	IDN	Indonesia
13	LAO	Lao People's Democratic Republic
14	MYS	Malaysia
15	PHL	Philippines
16	SGP	Singapore
17	THA	Thailand
18	VNM	Viet Nam
19	XSE	Rest of Southeast Asia
20	BGD	Bangladesh
21	IND	India
22	NPL	Nepal
23	PAK	Pakistan

番号	略称	内容
24	LKA	Sri Lanka
25	XSA	Rest of South Asia
26	CAN	Canada
27	USA	United States of America
28	MEX	Mexico
29	XNA	Rest of North America
30	ARG	Argentina
31	BOL	Plurinational Republic of Bolivia
32	BRA	Brazil
33	CHL	Chile
34	COL	Colombia
35	ECU	Ecuador
36	PRY	Paraguay
37	PER	Peru
38	URY	Uruguay
39	VEN	Venezuela
40	XSM	Rest of South America
41	CRI	Costa Rica
42	GTM	Guatemala
43	HND	Honduras
44	NIC	Nicaragua
45	PAN	Panama
46	SLV	El Salvador

番号	略称	内容
47	XCA	Rest of Central America
48	XCB	Caribbean
49	AUT	Austria
50	BEL	Belgium
51	CYP	Cyprus
52	CZE	Czech Republic
53	DNK	Denmark
54	EST	Estonia
55	FIN	Finland
56	FRA	France
57	DEU	Germany
58	GRC	Greece
59	HUN	Hungary
60	IRL	Ireland
61	ITA	Italy
62	LVA	Latvia
63	LTU	Lithuania
64	LUX	Luxembourg
65	MLT	MLT
66	NLD	Netherlands
67	POL	Poland
68	PRT	Portugal
69	SVK	Slovakia

表3-1 GTAP8.1における地域分類（2）

番号	略称	内容
70	SVN	Slovakia
71	ESP	Spain
72	SWE	Sweden
73	GBR	United Kingdom
74	CHE	Switzerland
75	NOR	Norway
76	XEF	Rest of EFTA
77	ALB	Albania
78	BGR	Bulgaria
79	BLR	Belarus
80	HRV	Croatia
81	ROU	Romania
82	RUS	Russian Federation
83	UKR	Ukraine
84	XEE	Rest of Eastern Europe
85	XER	Rest of Europe
86	KAZ	Kazakhstan
87	KGZ	Kyrgyzstan
88	XSU	Rest of Former Soviet Union
89	ARM	Armenia
90	AZE	Azerbaijan
91	GEO	Georgia
92	BHR	Bahrain

番号	略称	内容
93	IRN	Islamic Republic of Iran
94	ISR	Israel
95	KWT	Kuwait
96	OMN	Oman
97	QAT	Qatar
98	SAU	Saudi Arabia
99	TUR	Turkey
100	ARE	United Arab Emirates
101	XWS	Rest of Western Asia
102	EGY	Egypt
103	MAR	Morocco
104	TUN	Tunisia
105	XNF	Rest of North Africa
106	BEN	Benin
107	BFA	Burkina Faso
108	CMR	Cameroon
109	CIV	Cote d'Ivoire
110	GHA	Ghana
111	GIN	Guinea
112	NGA	Nigeria
113	SEN	Senegal
114	TGO	Togo
115	XWF	Rest of Western Africa

番号	略称	内容
116	XCF	Central Africa
117	XAC	South Central Africa
118	ETH	Ethiopia
119	KEN	Kenya
120	MDG	Madagascar
121	MWI	Malawi
122	MUS	Mauritius
123	MOZ	Mozambique
124	RWA	Rwanda
125	TZA	United Republic of Tanzania
126	UGA	Uganda
127	ZMB	Zambia
128	ZWE	Zimbabwe
129	XEC	Rest of Eastern Africa
130	BWA	Botswana
131	NAM	Namibia
132	ZAF	South Africa
133	XSC	Rest of South African Customs Union
134	XTW	Rest of the World

出所：Global Trade Analysis Project, (2014), *GTAP 8 Data Base: Region Listing*, <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/databases/v8/default.asp>

表3-2 GTAP8.1における産業分類

番号	略称	内容
1	PDR	Paddy rice
2	WHT	Wheat
3	GRO	Cereal grains nec
4	V_F	Vegetables, fruit, nuts
5	OSD	Oil seeds
6	C_B	Sugar cane, sugar beet
7	PFB	Plant-based fibers
8	OCR	Crops nec
9	CTL	Bovine cattle, sheep and goats, horses
10	OAP	Animal products nec
11	RMK	Raw milk
12	WOL	Wool, silk-worm cocoons
13	FRS	Forestry
14	FSH	Fishing
15	COA	Coal
16	OIL	Oil
17	GAS	Gas
18	OMN	Minerals nec
19	CMT	Bovine meat products

番号	略称	内容
20	OMT	Meat products nec
21	VOL	Vegetable oils and fats
22	MIL	Dairy products
23	PCR	Processed rice
24	SGR	Sugar
25	OFD	Food products nec
26	B_T	Beverages and tobacco products
27	TEX	Textiles
28	WAP	Wearing apparel
29	LEA	Leather products
30	LUM	Wood products
31	PPP	Paper products, publishing
32	P_C	Petroleum, coal products
33	CRP	Chemical, rubber, plastic products
34	NMM	Mineral products nec
35	I_S	Ferrous metals
36	NFM	Metals nec
37	FMP	Metal products
38	MVH	Motor vehicles and parts
39	OTN	Transport equipment nec

番号	略称	内容
40	ELE	Electronic equipment
41	OME	Machinery and equipment nec
42	OMF	Manufactures nec
43	ELY	Electricity
44	GDT	Gas manufacture, distribution
45	WTR	Water
46	CNS	Construction
47	TRD	Trade
48	OTP	Transport nec
49	WTP	Water transport
50	ATP	Air transport
51	CMN	Communication
52	OFI	Financial services nec
53	ISR	Insurance
54	OBS	Business services nec
55	ROS	Recreational and other services
56	OSG	Public Administration, Defense, Education, Health
57	DWE	Dwellings

出所 : Global Trade Analysis Project, (2014), *GTAP 8 Data Base: Sector Listing*, <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/databases/v8/default.asp>

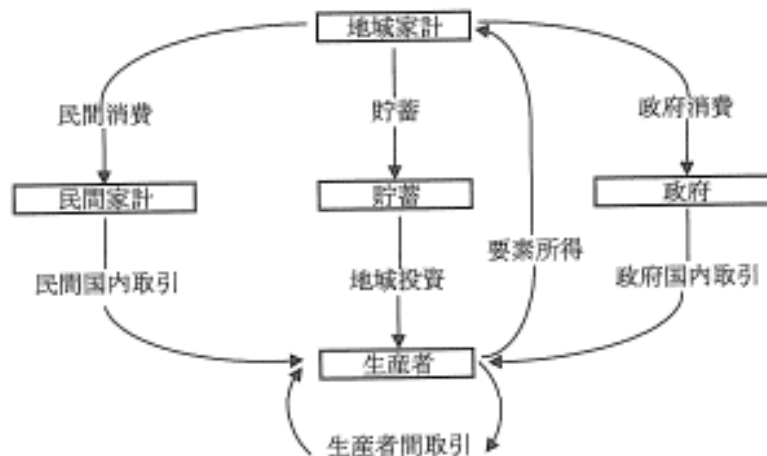
2. GTAPモデルの基本的な構造

GTAPモデルのデータでは、各国ごとに家計、産業別企業、政府などの経済主体が存在している。川崎（1999）また柴崎（2005）によれば、民間家計と政府は地域家計という広義の取引主体を形成し、地域家計の行動は民間消費・政府購入・貯蓄から構成される、集計された効用関数で表現される。

産業別企業は、規模に対して収穫一定の技術を持ち、国内財と輸入財から成る中間投入と生産要素投入を、費用最小化原則に基づいて決定する。生産要素としては資本と労働、また用いる産業は限定されるが、自然資源、土地も存在する。労働はさらに熟練労働と非熟練労働に分類することが可能である。既述のように、最新のGTAPデータベースは134地域・57産業に分類されていることから、これらの取引関係を扱うことでGTAPのモデル式は膨大なものとなり、扱うデータ量も非常に多くなる。

図3-1に、GTAPモデルの枠組の概要を示した。

図3-1 GTAPモデルの枠組



出所：川崎研一（1999）『応用一般均衡モデル』から転載

GTAPモデルでは、初期時点のデータセットの状態が均衡状態であるとし、シミュレーションはこの初期状態に、たとえばある製品の輸入関税率が変化する、またはある産業で生産性が上昇する等の変化が生じるという外生条件を与えることにより行う。

当初の均衡状態に生じた変化は、経済の各主体の各段階において様々な波及効果を生じさせていく。たとえば、ある製品の関税率が削減された場合、輸入価格が下落し、当該国の家計、企業、政府は他国企業からの購入量を増やす一方、輸出国の企業は輸出を増やすことにより生産を拡大し、家計からの労働投入や他産業からの財の購入が増加してさらに取引が拡大し、需要が増加し、同地域や他国にその効果が波及していく。しかし、一方ではこのような需要増大により、各商品の価格が上昇するため、需要の拡大には限界が生じる。そして、最終的には世界全体で需給が一致して、世界経済は新たな均衡状態に到達し、そこで当初のショックが収束することになる。シミュレーション結果は、この新たな均衡状態を初期の均衡状態と比較し、どのような変化が生じているかを示す。

3. GTAPモデルの方程式と変数

(1) GTAPモデルの方程式

GTAPモデルの開発者であるHertel教授による *Global Trade Analysis – Modeling and Applications* (1997) によると、GTAPモデルには全部で98の方程式群が用意されている。同書の出版後、GTAPモデルには改良が加えられ続け、若干変化は生じているが、基本的には同書で説明されている基本構造が現在も用いられている。

これらの方程式群は、全てが各国別に定義される上、方程式によっては、産業別（財別）に定義され、さらに輸出先別、輸入元別にも分類されるものもあり、全体の方程式数はさらに多くなる。

GTAPモデルは、大別すると以下の方程式群から構成される。

- －会計式 (1) ～ (14) : 取引高、所得などの定義式
- －価格式 (15) ～ (27) : 市場・取引価格が記述される
- －貿易式 (28) (29) : 貿易財の構成を示す
- －企業行動式 (30) ～ (36) : 生産関数（基本的にはCES型に統一）
- －家計行動式 (37) ～ (49) : ストーンゲリー型効用関数に基づく支出関数
- －初期賦存量式 (50) (51) : 家計が当初保有する資源式
- －投資関数 (52) ～ (60) : 投資、利益率、貯蓄などの関数式
- －輸送産業式 (61) (62) : 世界貿易における輸送価格・輸送量を記述する式
- －要約式 (64) ～ (98) : GDPなどのマクロ変化を算出する式

GTAPモデルの特徴の一つとして、方程式群を変化率ベースで表現し、線型化してモデルを解いていることがあげられる。金額ベースの非線形の方程式群を、価格の変化率と数量の変化率の和で表示することにより、線形方程式体系に記述し直していることから、価格や生産性に加えて、数量における変化を外生条件としてシミュレーションを行うことも可能である。標準のClosureで外生条件として設定されているのは、生産要素（土地・自然資源・熟練労働力・非熟練労働力・資本の5つ²⁾）や人口などであるが、内生変数と外生変数を入れ替えて標準のClosureを変更することにより、他の変数にも外生条件を与えることができる。

柴崎（2005）によれば、CGEモデルを線型化して解く場合には、その精度が問題とされることが多い。しかし、線形のCGEモデルの精度は、数回に分けて均衡条件を考慮し解を求めるといった外挿法の手法により、改善することができる。解を求めるために分ける回数が多くなれば、非線形モデルを解いた時の解に近づいていく。このような数回に分けて解を求める手法にはEuler法とGragg法があり、GTAPモデルでは標準的にはGragg法を用いている。

(2) GTAPモデルの変数

これらの方程式で用いられるGTAPモデルにおける変数群は膨大な数に及ぶが、大別する

²⁾ 生産要素に関しては、たとえば熟練労働力と非熟練労働力を統合して労働力全体とするなど、より小さな分類とすることも可能である。

と以下のような分類から構成される。

- ・数量変数：頭文字はQ
- ・価格変数：頭文字はP
- ・政策変数：頭文字はT（税率）
- ・技術変数：頭文字はA（技術変化に関する変数）
- ・ダミー変数
- ・スラック変数
- ・価値・所得変数：取引高、GDPなどの所得変数
- ・効用変数：頭文字はU（一人当たり効用）
- ・厚生に関する変数：等価変分
- ・貿易収支に関する変数：貿易バランスの変化率

これらの変数は各地域別のマクロ変数（各地域に一つ）から、各地域の産業別の変数（地域×産業）・さらに地域別の各産業における各財の動向（地域×産業×産業）、また貿易変数の多くは財別・地域別（地域×産業×輸出入先）にまで分類されている。そのため、GTAPの変数は方程式と同様に、非常に膨大な数にのぼる。

シミュレーションでは、これらの変数における変化率、また一部の変数では変化額が出力結果として得られる。出力結果には外生変数として設定される変数も含まれており、外生条件が与えられていない場合には、変化率はゼロとして示される。

GTAPモデルにおける出力変数リストは、表3-3に示される通りである。

表3-3 GTAPモデルで使用される出力変数（1）

	変数名	分類	内容
1	macros	世界全体に関する変数群	Scalar variables (just one element)
2	af	産業*産業*地域	composite intermediate input i augmenting technical change by j of r
3	afall	産業*産業*地域	intermediate input i augmenting technical change by j in r
4	afcom	産業	intermediate technical change of input i, worldwide
5	afe	生産要素*産業*地域	primary factor i augmenting technical change by j of r
6	afeall	生産要素*産業*地域	primary factor i augmenting technical change sector j in r
7	afecom	生産要素	actor input technical change of input i, worldwide
8	afereg	地域	factor input technical change in region r
9	afesec	産業	factor input technical change of sector j, worldwide
10	afreg	地域	intermediate technical change in region r
11	afsec	産業	intermediate technical change of sector j, worldwide
12	ams	産業*地域*地域	import i from region r augmenting technical change in region s
13	ao	産業*地域	output augmenting technical change in sector j of r
14	aoall	産業*地域	output augmenting technical change in sector j of r
15	aoreg	地域	output technical change in region r
16	aosec	産業	output technical change of sector j, worldwide
17	atd	地域	technical change shipping to s
18	atf	産業	technical change shipping of i, worldwide
19	atm	産業	technical change in mode m, worldwide
20	atpd	産業*地域	power of tax on domestic i purchased by private household in r
21	atpm	産業*地域	power of tax on imported i purchased by private household in r
22	ats	産業	technical change shipping from region r
23	au	産業	input-neutral shift in utility function
24	ava	産業*地域	cvalue added augmenting technical change in sector i of r
25	avareg	地域	value added technical change in region r
26	avasec	産業	value added technical change of sector j, worldwide
27	c1_ir	産業*地域	contribution of world price, px_i, to ToT
28	c1_r	地域	contribution of world prices for all goods to ToT
29	c2_ir	産業*地域	contribution of regional export price, px_ir, to ToT
30	c2_r	地域	contribution of regional export prices to ToT
31	c3_ir	産業*地域	contribution of regional import price, pm_ir, to ToT
32	c3_r	地域	contribution of regional import prices to ToT
33	cgdslack	地域	slack variable for qcgds(r)
34	CNTalleffir	(生産要素+産業)*地域	total contribution to regional EV of allocative effects

表3-3 GTAPモデルで使用される出力変数（2）

	変数名	分類	内容
35	CNTalleffr	地域	total contribution to regional EV of allocative effects
36	CNTcgdsr	地域	contribution to regional EV of changes in the price of cgds
37	CNTdpar	地域	contribution to EV of change in distribution parameters
38	CNTendwir	生産要素*地域	contribution to regional EV of changes in ENDW_COMM i
39	CNTendwr	地域	contribution to regional EV of changes in all ENDW_COMM
40	CNTkbr	地域	contribution to EV of changes to beginning period capital stock and depreciation
41	CNTpopr	地域	contribution to EV in region r of change in population
42	CNTqfdjir	産業*産業*地域	contribution to EV of changes in use of domestic intermediate i in industry j of region r
43	CNTqfdir	産業*地域	contribution to EV of changes in use of domestic i in all industries in r
44	CNTqfdr	地域	contribution to EV of changes in use of domestic intermediate in all industry in region r
45	CNTqfejir	生産要素*産業*地域	contribution to EV of changes in use of ENDW_COMM i in industry j of region r
46	CNTqfeir	生産要素*地域	contribution to EV of changes in use of ENDW_COMM i in all industries in r
47	CNTqfer	地域	contribution to EV of changes in use of all ENDW_COMM in all industries in region r
48	CNTqfmjir	産業*産業*地域	contribution to EV of changes in use of imported intermediate i in industry j of region r
49	CNTqfmir	産業*地域	contribution to EV of changes in use of imported intermediate i in all industries in r
50	CNTqfmr	地域	contribution to EV of changes in use of imported intermediate in all industries in region r
51	CNTqgdir	産業*地域	contribution to EV of changes in government consumption of domestic i in region r
52	CNTqgdr	地域	contribution to EV of changes in government consumption of domestics in region r
53	CNTqgmir	産業*地域	contribution to EV of changes in government consumption of import i in region r
54	CNTqgmr	地域	contribution to EV of changes in government consumption of imports in region r
55	CNTqimisir	産業*地域*地域	contribution to EV of changes in imports of i from source s to destination r
56	CNTqimr	地域	contribution to EV of changes in imports of all goods from all sources to destination
57	CNTqoir	(生産要素+産業)*地域	contribution to EV in region r of output changes
58	CNTqor	地域	world price of composite import i in region r

表3-3 GTAPモデルで使用される出力変数（3）

	変数名	分類	内容
59	CNTqpdir	産業*地域	contribution to EV of changes in consumption of domestic good i in region r
60	CNTqpdr	地域	contribution to EV of changes in consumption of domestic goods in r
61	CNTqpmir	産業*地域	contribution to EV of changes in consumption of imported good i in region r
62	CNTqpmr	地域	contribution to EV of changes in consumption of imported goods in r
63	CNTqxsirs	産業*地域* 地域	contribution to EV of changes in exports of i from source r to destination s
64	CNTqxsr	地域	contribution to EV of changes in exports of all goods from source r to all destinations
65	CNTtech_afejir	生産要素* 産業*地域	contribution to EV of primary factor i augmenting technical change in sector j
66	CNTtech_afer	地域	contribution to regional EV of primary factor augmenting technical change
67	CNTtech_afjir	産業*産業* 地域	contribution to EV of composite i input augmenting technical change in sector j
68	CNTtech_afr	地域	contribution to regional EV of composite intermediate input augmenting technical change
69	CNTtech_amsirs	産業*地域* 地域	contribution to EV of bilateral import augmenting technical change for TRAD_COMM
70	CNTtech_amsr	地域	contribution to EV of bilateral import-augmenting technical change
71	CNTtech_aoir	産業*地域	contribution to regional EV of output augmenting technical change in TRAD_COMM i
72	CNTtech_aor	地域	contribution to regional EV of output augmenting technical change
73	CNTtech_attr	地域	contribution to regional EV of technical change in transportation
74	CNTtech_avajr	産業*地域	contribution to EV of value added augmenting technical change in sector j
75	CNTtech_avar	地域	contribution to regional EV of value added augmenting technical change
76	CNTtechr	地域	contribution to regional EV of all technical change
77	CNTtotr	地域	contribution to regional EV of changes in its terms of trade
78	compvalad	産業*地域	composition of value added for good i and region r
79	del_indtaxr	地域	change in ratio of indirect taxes to INCOME in r
80	del_taxexp	地域	change in ratio of export tax to INCOME
81	del_taxrfu	地域	change in ratio of tax on primary factor usage to INCOME
82	del_taxrgc	地域	change in ratio of government consumption tax to INCOME
83	del_taxrimp	地域	change in ratio of import tax to INCOME

表3-3 GTAPモデルで使用される出力変数（4）

	変数名	分類	内容
84	del_taxrinc	地域	change in ratio of income tax to INCOME
85	del_taxriu	地域	change in ratio of tax on intermediate usage to INCOME
86	del_taxrout	地域	change in ratio of output tax to INCOME
87	del_taxrpc	地域	change in ratio of private consumption tax to INCOME
88	del_ttaxr	地域	change in ratio of taxes to INCOME in r
89	dpav	地域	average distribution parameter shift, for EV calculation
90	dpavev	地域	average distribution parameter shift, for EV calculation
91	dpgov	地域	government consumption distribution parameter
92	dppriv	地域	private consumption distribution parameter
93	dpsave	地域	saving distribution parameter
94	dpsum	地域	sum of the distribution parameters
95	DTBAL	地域	change in trade balance X - M, \$ US million
96	DTBALi	産業*地域	change in trade balance by i and by r, \$ US million
97	DTBALR	地域	change in ratio of trade balance to regional income
98	endwslack	生産要素* 地域	slack variable in endowment market clearing condition
99	EV	産業*地域	equivalent variation, \$ US million
100	EV_ALT	地域	regional EV computed in alternative way
101	EXPAND	生産要素* 地域	change in investment levels relative to endowment stock
102	fincome	地域	factor income at market prices net of depreciation
103	incomesslack	地域	slack variable in the expression for regional income
104	kb	地域	beginning-of-period capital stock in r
105	ke	地域	end-of-period capital stock in r
106	ksvces	地域	capital services = qo("capital",r)
107	p	地域	price index for disposition of income by regional household
108	pcgds	地域	price of investment goods = ps("cgds",r)
109	pcif	産業*地域* 地域	CIF world price of commodity i supplied from r to s
110	pdw	地域	index of prices paid for tradeables used in region r
111	pf	産業*産業* 地域	firms price for commodity i for use by j in r
112	pfactor	地域	market price index of primary factors, by region
113	pfactreal	生産要素* 地域	ratio of return to primary factor i to CPI in r
114	pfd	産業*産業* 地域	price index for domestic purchases of i by j in region s
115	pfe	生産要素* 産業*地域	firms price for endowment commodity i in ind. j, region r

表3-3 GTAPモデルで使用される出力変数（5）

	変数名	分類	内容
116	pfm	産業*産業*地域	price index for imports of i by j in region s
117	pfob	産業*地域*地域	FOB world price of commodity i supplied from r to s
118	pg	産業*地域	government consumption price for commodity i in region r
119	pgd	産業*地域	price of domestic i in government consumption in s
120	pgdp	地域	GDP price index
121	pgm	産業*地域	price of imports of i in government consumption in s
122	pgov	地域	price index for govt household expenditure in region r
123	pim	産業*地域	market price of composite import i in region r
124	piw	産業*地域	world price of composite import i in region r
125	piwcom	産業	price index of global merchandise imports by commodity
126	piwreg	地域	price index of merchandise imports, by region
127	pm	産業*地域	market price of commodity i in region r
128	pm_ir	産業*地域	imports price index for good i and region r
129	pmes	生産要素*産業*地域	market price of sluggish endowment i used by j in r
130	pms	産業*地域*地域	domestic price for good i supplied from r to region s
131	pop	地域	regional population
132	pp	産業*地域	private consumption price for commodity i in region r
133	ppd	産業*地域	price of domestic i to private households in s
134	ppm	産業*地域	price of imports of i by private households in s
135	ppriv	地域	price index for private consumption expenditure in region r
136	pr	産業*地域	ratio of domestic to imported prices in r
137	profitslack	産業*地域	slack variable in the zero profit equation
138	ps	産業*地域	supply price of commodity i in region r
139	psave	地域	price of savings in region r
140	psaveslack	地域	slack variable for the savings price equation
141	psw	地域	index of prices received for tradeables produced in r
142	pt	輸送業	price of composite margins services, type
143	ptrans	産業*地域*地域	cost index for international transport of i from r to s
144	pva	産業*地域	firms price of value added in industry j of region r
145	pw	産業	world price index for total good i supplies
146	pwu	産業	world price index for total good i supplies at user prices
147	px_i	産業	world export price index for commodity i
148	px_ir	産業*地域	export price index for good i and region r
149	pxw	産業*地域	aggregate exports price index of i from region r

表3-3 GTAPモデルで使用される出力変数（6）

	変数名	分類	内容
150	pxwcom	産業	price index of global merchandise exports by commodity
151	pxwreg	地域	price index of merchandise exports, by region
152	qcgds	地域	output of capital goods sector = $qo("cgds",r)$
153	qds	産業*地域	domestic sales of commodity i in r
154	qf	産業*産業*地域	demand for commodity i for use by j in region r
155	qfd	産業*産業*地域	domestic good i demanded by industry j in region s
156	qfe	生産要素*産業*地域	demand for endowment i for use in ind. j in region r
157	qfm	産業*産業*地域	demand for i by industry j in region s
158	qg	産業*地域	government household demand for commodity i in region r
159	qgd	産業*地域	government household demand for domestic i in region s
160	qgdp	地域	GDP quantity index
161	qgm	産業*地域	government household demand for imports of i in region s
162	qim	産業*地域	aggregate imports of i in region s, market price weights
163	qiw	産業*地域	aggregate imports of i into region s, CIF weights
164	qiwcom	産業	volume of global merchandise imports by commodity
165	qiwreg	地域	volume of merchandise imports, by region
166	qo	産業*地域	industry output of commodity i in region r
167	qoes	生産要素*産業*地域	supply of sluggish endowment i used by j in r
168	qow	産業	quantity index for world supply of good i
169	qowu	産業	quantity index for world supply of good i at user prices
170	qp	産業*地域	private household demand for commodity i in region r
171	qpd	産業*地域	private household demand for domestic i in region s
172	qpev	産業*地域	private household demand for commodity i in region r, for EV calculation
173	qpm	産業*地域	private household demand for imports of i in region s
174	qsave	地域	regional demand for NET savings
175	qsaveev	地域	total quantity of savings demanded, for EV calculation
176	qst	輸送業*地域	sales of m from r to international transport
177	qtm	輸送業	global margin usage
178	qva	産業*地域	value added in industry j of region r
179	qxs	産業*地域*地域	export sales of commodity i from r to region s
180	qxw	産業*地域	aggregate exports of i from region r, FOB weights
181	qxwcom	産業	volume of global merchandise exports by commodity
182	qxwreg	地域	volume of merchandise exports, by region
183	rental	地域	rental rate on capital = $ps("capital",r)$
184	rorc	地域	current net rate of return on capital stock in r
185	rore	地域	expected net rate of return on capital stock in r
186	tm	産業*地域	source-generic change in tax on imports of i into s

表3-3 GTAPモデルで使用される出力変数 (7)

	変数名	分類	内容
187	tms	産業*地域*地域	source-specific change in tax on imports of i from r into s
188	to	産業*地域	output (or income) tax in region r
189	tot	地域	terms of trade for region r: $tot(r) = psw(r) - pdw(r)$
190	tot2	地域	trade terms for region r, computed from components
191	tp	地域	commodity, source-generic shift in tax on private consumption
192	tradslack	産業*地域	slack variable in tradeables market clearing condition
193	tx	産業*地域	destination-generic change in subsidy on exports of i from r
194	txs	産業*地域*地域	destination-generic change in subsidy on exports of i from r to s
195	u	地域	per capita utility from aggregate household expend. in region r
196	uelas	地域	elasticity of cost of utility wrt utility
197	uelasev	地域	elasticity of cost of utility wrt utility, for EV calculation
198	uepriv	地域	elasticity of cost wrt utility from private consumption
199	ueprivev	地域	utility elasticity of private consumption expenditure, for EV calculation
200	ug	地域	per capita utility from government expenditure in region r
201	ugev	地域	per capita utility from government expenditure, for EV calculation
202	up	地域	per capita utility from private expenditure in region r
203	upev	地域	per capita utility from private expenditure, for EV calculation
204	valuew	産業	value of world supply of good i
205	valuewu	産業	value of world supply of good i at user prices
206	vgdp	地域	change in value of GDP
207	viwcif	産業*地域	value of merchandise regional imports, by commodity, CIF
208	viwcom	産業	value of global merchandise imports i, at world prices
209	viwreg	地域	value of merchandise imports, by region, at world prices
210	vxwcom	産業	value of global merchandise exports by commodity
211	vxwfob	産業*地域	value of merchandise regional exports, by commodity, FOB
212	vxwreg	地域	value of merchandise exports, by region
213	y	地域	regional household income in region r
214	yev	地域	regional household income in region r, for EV calculation
215	yg	地域	regional government consumption expenditure in region r
216	ygev	地域	government consumption expenditure in region r, for EV calculation
217	yp	地域	regional private consumption expenditure in region r
218	ypev	地域	private consumption expenditure in region r, for EV calculation
219	ysaveev	地域	NET savings expenditure, for EV calculation

出所 : GTAP 8.1 Data Baseより作成

(3) GTAPモデルのパラメータ

GTAPモデルにおけるパラメータは、生産関数における生産要素の代替パラメータ、生産関数における内外財及び財の輸入元の代替パラメータ、効用関数における選好パラメータなどである。GTAPモデルのパラメータの設定方法は、計量分析や先行研究から得られたパラメータを用いる方法と、カリブレーションとの2つに大別される。

計量分析や先行研究により特定化できないパラメータは、CGEモデルのパラメータの決定においてよく用いられるカリブレーションという手法により推計する。GTAPモデルでは、既述のようにモデルの全体系は既に決定されており、データセットも用意されている。カリブレーションとは、データセットで表現される経済状態を均衡状態と仮定して、これらの既に得られているデータや、計量分析や先行研究から得られたパラメータを制約条件として、残りのパラメータを特定化する方法である。

GTAPモデルにおけるパラメータのリストは、表3-4に示される通りである。

表3-4 GTAPモデルのパラメータ

	パラメータ名	分類	内容
1	DVER		Format of GTAP Data
2	DREL		GTAP data release identifier
3	SUBP	産業*地域	CDE substitution parameter
4	INCP	産業*地域	CDE expansion parameter
5	ESBT	産業	Elasticity of intermediate input substitution
6	SLUG	生産要素	Binary parameter for factor mobility: 1=sluggish 0=mobile
7	ETRE	生産要素	CET between sectors for sluggish primary factors
8	ESBV	産業	CES between primary factors in production
9	ESBD	産業	Armington CES for domestic/imported allocation
10	ESBM	産業	Armington CES for regional allocation of imports
11	RDLT		Investment allocation binary coefficient
12	RFLX	地域	Expected rate of return flexibility parameter

出所：GTAP 8.1 Data Baseより作成

4. GTAPモデルにおける動学分析と静学分析

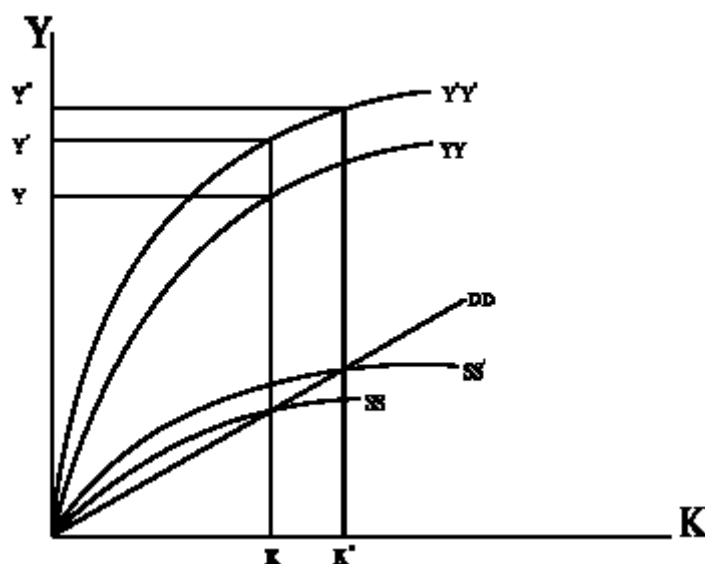
(1) 資本蓄積効果の導入

GTAPモデルは本来静学分析用に開発されたモデルである。その後動学分析の可能性が検討され、1996年に Francois らにより、GTAPモデルにもオプションとして資本蓄積効果を取り入れた分析を行う手法が開発された。例えば貿易の自由化など、経済の効率性が改善される変化が発生した場合には、同じ資源を用いながら生産関数 YY は上方へシフトし、また貯蓄関数 SS も上方へシフトする (図 3-2 参照)。

その結果、生産は図表の Y' まで増加する。短期的、あるいは資本ストックが増加しない静学分析の場合には、投資関数 DD と SS との交点で決定される資本ストックは K のままであるため、生産の増加も Y' でとどまる結果となる。しかし長期的には、ここで増加した所得の

一部は貯蓄に向けられ、さらに投資が行われることにより資本ストックは K' まで増加し、生産は Y' まで増加すると考えられる。この手法により、同じ GTAP モデルを用いて、静学分析の結果と、資本蓄積効果を取り入れた分析の結果を比較することが可能となる。

図 3-2 所得の変化の短期的・中長期的変化



出所：Francois, J.F., B.McDonald and H.Nordström (1996) “Liberalization and Capital Accumulation in the GTAP Model”. GTAP Technical Paper No.7 (July)より転載。

既述のような資本蓄積効果を導入する場合、貯蓄率の設定に注意する必要がある。所得の増加に応じて貯蓄率が変化しない場合には、貯蓄量の増加幅は現実よりも大きくなる可能性が強いと考えられる。そして貯蓄率が変化しない結果、投資量も一定の割合で増え続け、試算結果が過大となる可能性がある。GTAP モデルにおいては貯蓄率という変数が存在せず、所得の一定の割合で貯蓄が増加するという貯蓄率一定の設定となっている。

(2) Dynamic GTAP の開発

上記の資本蓄積効果を取り入れた分析は、貯蓄増加がもたらす新たな投資から資本が蓄積され、さらなる所得増加が行われていくという動的な過程を考慮しているが、明確な時系列の概念はない。近年は GTAP モデルの構造の枠組を拡張する形で、動学分析用の Dynamic GTAP が開発され、時系列の概念を明確にした動学分析に用いられている。Dynamic GTAP は、標準の静学分析用の GTAP モデルと同じ構造に基づいており、完全競争市場、収穫一定の生産技術などの特徴も同じであるが、投資と資本蓄積が逐次動的な過程として毎年決定されていく逐次動学(Recursive dynamic)CGE モデルである。

GTAP モデルにおいては、各国の貯蓄は世界規模の国際銀行セクター (global bank) に集められ、各国の収益率に応じて配分されていく。資本が完全に自由に移動するという設定を行う場合には、最終的には各国の収益率は一致することになるが、静学分析であるため、最終的に収益率が一致するまでの過程は示されない。Dynamic GTAP モデルでは長期的には資

本の自由移動が行われるものの、短期的には期待収益率のエラーが各国に生じることにより、期待収益率と収益率が一致せず、資本が完全には自由に移動しないという手法を用いている。期待収益率は、時間の経過と共に実際の収益率に近づくように修正されていき、また実際の収益率も資本ストックの増加に応じて変化していき、シミュレーションの過程で期待収益率と現実の収益率が一致して、長期において資本の完全な自由移動が実現される。

このようにDynamic GTAPモデルは、静学分析用のモデルである標準GTAPモデルの枠組を用いながら、人口や生産要素などに関して時間軸を明確にして設定し、資本蓄積の動学的効果を明示的に分析することを可能とした動学分析用CGEモデルである。分析の目的に応じて、同じ枠組に基づく静学分析用と動学分析用の双方のモデルを使うことができることは、GTAPモデルの長所の一つである。

2節 GTAP-E モデルの概要

1. GTAP-E モデルの開発の概要

(1) GTAP-E モデルの開発

本論文における分析に用いるGTAP-Eモデルは、GTAPモデルの基本構造にエネルギー代替構造や、CO₂排出量等に関する方程式や変数を導入したCGEモデルである。

GTAP-E モデルの内容は、Burniaux and Truong (2002)に詳細に記述されており、以下に簡単にその概要を示す。GTAP-E モデルは GTAP モデルの構造をそのまま用いているが、①資本とエネルギー財間、またエネルギー間財の代替効果を分析することを目的として、エネルギーの代替構造をモデル内に組み込んでいることと、②CO₂ 排出量に関する方程式や変数を導入し、経済変化が CO₂ 排出量に与える影響の分析を可能にしたことの二点が、GTAP モデルとの主な違いである。その結果として、GTAP-E モデルには特に CO₂ 排出量関係を中心として、新たな変数や方程式が追加されている。エネルギー部門を細分化して、資本とエネルギー財間、またエネルギー間財の代替構造を組み込んだことと、CO₂ 排出量関係の変数や方程式を加えたこと以外は、GTAP モデルと GTAP-E モデルの構造は同じである。GTAP モデル³、GTAP-E モデル⁴のプログラムは、いずれもパデュー大学の HP より無料でダウンロードすることが可能である。

エネルギー財とは、生産においてエネルギー源として用いられる財を示す。GTAP データベースにおいては、エネルギー財は石炭、ガス、原油、電力、石油・石炭製品の5つである。電力に関しては、GTAP モデルが参照したモデルである MEGABARE、GREEN などでも電源構成別の分類が試みられているが、世界全地域のデータを共通の項目に分類するというGTAP データベースにおいては、取得可能なデータの制約もあり、電源構成別には分類されていない。

GTAP-E モデルでエネルギー財を生産要素の一つと扱っているのは、資本とエネルギー財やエネルギー財間の代替または補完効果について分析を行うためである。標準 GTAP モデルでは、生産においてエネルギー財は他の財と同様に中間財としてのみ扱われる。中間財の代

³ <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/models/current.asp>

⁴ https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/res_display.asp?RecordID=923

替パラメータはゼロに設定され、中間財間では代替が行われなため、エネルギー財が中間財としてしか扱われない場合は、エネルギー財間の代替または補完関係について分析を行うことはできない。また標準 GTAP モデルでは中間財と生産要素の間では代替性は考慮されなため、資本とエネルギー財の代替効果について分析を行うこともできない。エネルギー財を生産要素の一つとして扱うことにより、資本とエネルギー財やエネルギー財間の代替または補完関係について分析を行うことが可能となる。

GTAP-E モデルでは、エネルギー財は生産におけるエネルギー源として、生産要素の一つとして扱われるが、石炭、ガス、原油などの原料であるエネルギー財のみ、中間財として扱われる場合がある。石炭、ガス、原油が中間財として扱われる場合は、これらのエネルギー財に含まれる化学成分が生産される財の構成に使用されるという場合である。例としては、天然ガスが肥料の材料として使用されたり、原油が石油製品の材料として使用されたりするような場合を示す。

エネルギー・環境分野では、従来から各産業における環境税などの環境政策の効果や、その国際的な波及効果の分析を行うことを目的として、多くのCGEモデルの開発が行われてきた。世界全地域のデータを包括するGTAPモデルやそのデータベースもしばしばエネルギー・環境分野の分析に用いられ、またGTAPモデルもIEAのエネルギーデータをデータベースに取り入れるなどの改良を行い、エネルギー・環境分野の分析を進めてきた。1990年後半には、パデュー大学は米国のDepartment of Energy (DOE)やEnvironmental Protection Administration (EPA)の要請を受け、GTAPモデルをエネルギー・環境分野の分析に特化させたモデル開発に着手した。

さらに OECD の研究者である Jean-Marc Burniaux 博士、またオーストラリアの New South Wales 大学の Truong 教授も加わり、GTAP モデルの枠組の中で、経済変化がもたらす価格変動に応じたエネルギー消費の行動をより詳細に扱い、経済要因の変動による CO2 排出量の変化の測定を可能とした GTAP-E モデルが 2002 年に開発された。GTAP-E モデルにエネルギー代替構造を取り込むに当たっては、Rutherford 教授らによる CETM モデル、ABARE (Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics)による MEGABARE モデル、OECD の GREEN モデル等の主要な環境モデルを参考にしている⁵。

GTAP-E モデルは、IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change : 気候変動に関する政府間パネル) における分析をはじめとする多くの研究にも用いられており、また世界経済モデルという特徴を活かして、京都議定書に関する排出権取引をはじめとして各種の排出権取引の分析にも用いられている。

CO2排出量は経済活動によってもたらされるものであるため、CO2排出量に関する各種

⁵ CETM モデル、MEGABARE モデル、GREEN モデルの GTAP-E モデルへの取り込み方は、*GTAP-E : An Energy-Environmental Version of the GTAP Model* に詳細に記載されている。開発者達による GREEN モデルの解説資料は現在も入手可能であるが、CETM モデルについては、開発者達による環境・エネルギー分析用の CGE モデルに関する資料は得られるが、直接 CETM モデルについて解説を行ったものは入手が困難になっている。ABARE の公式サイトでは、現在は環境・エネルギー分析用の動学 CGE モデルである GTEM モデルの解説資料を公開しているが、MEGABARE については掲載していない。

の方程式や変数の導入により、モデルの試算結果が直接に影響を受けることはない。したがって、GTAP-Eモデルは生産や消費においてエネルギー代替構造が導入されている以外はGTAPモデルとの構造上の違いはないため、GTAP-EモデルとGTAPモデルの双方に同じ条件を与えてシミュレーションを行い、試算結果の差分をエネルギー代替効果として測定することも可能となる。このようにしてエネルギー代替効果の測定を行うことができるのは、エネルギー代替構造が導入されているバージョンと導入されていないバージョンの2つが存在するGTAPモデルの大きな長所である。

(2) GTAP-E モデルの改良

GTAP-E モデルでは、GTAP モデルよりもエネルギーや CO2 排出量などに関するデータやパラメータが多くなっている。そのため、開発当初は分析者が新たに地域・産業分類を設定した場合、GTAP モデルのように GEMPACK のアグリゲート機能を用いて自動的に新たなデータベースを作成することはできなかった。2002 年の GTAP-E モデルの開発後は、CO2 排出量関係のデータなどは別途更新され、GTAP データベースのバージョンの更新に合わせて公表されてきたが、GTAP5.0 に基づく GTAP-E モデルのデータベース全体としては、更新されないままにとどまっていた。

GTAP-E モデルのプログラムに関しては、McDougall and Golub (2009)が、モデルの基本的な構造を維持しながら、主に推計における技術的な改良を行っている。2012 年末には、上記の改良されたプログラムに基づく改訂版の GTAP-E モデルが公開され、合わせて GTAP データベースの最新版である GTAP8.1 に基づいた GTAP-E モデルのデータベースの更新が行われた⁶。更新されたデータベースでは、データが新しくなると同時に、地域分類で以前は EU15 となっていた地域が EU27 になり、一つの地域として扱われていた中国とインドがそれぞれ独立した地域として扱われるなど、より現在の状況に即した地域分類となっている。

改訂後の GTAP-E モデルでは、GTAP モデルと同様に GEMPACK のアグリゲート機能を用いて、自動的に新たな地域・産業分類に対応したデータベースを作成することが可能となった。また、Higashi-Shiraishi (2014) では、GTAP-E モデルと改訂後の GTAP-E モデルの試算結果の差は極めて小さいことが指摘されている。

⁶ 改訂後の GTAP-E モデルのデモ版は GTAP 公式サイト上では公開されていない。

表 3-5 GTAP と GTAP-E モデルの共通点と GTAP-E モデルの特徴

GTAP モデルと GTAP-E モデルの共通点	GTAP-E モデルの特徴
<ul style="list-style-type: none"> ・ 同じソフトウェア (GEMPACK : オーストラリアのモナシュ大学で開発、現在はヴィクトリア大学で開発を継続) を使用。 ・ 世界全地域を扱う世界 CGE モデルである。 ・ ハーテル教授らの研究グループ (米国パデュー大学) が開発。 ・ 同じモデル構造 (方程式体系) を使用。 ・ エネルギー産業は電力と非電力 (石油・石炭製品・石炭・ガス) に分類することができる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ GTAP モデルではエネルギー産業は中間投入としてのみ扱われているが、GTAP-E モデルでは生産要素の一つとして扱われている。 ・ GTAP モデルはエネルギー財間や、エネルギー財と他の生産要素間の代替効果を分析できないが、GTAP-E モデルでは分析可能である (代替弾力性のパラメータを有している)。 ・ GTAP モデルは消費においてもエネルギー財は他の財とは区別していないが、GTAP-E モデルではエネルギー財には他の財とは異なる代替パラメータが適用され、区別されている。 ・ GTAP モデルのデータベースには CO2 排出量のデータは含まれていないが、GTAP-E モデルは各国・各産業の CO2 排出量のデータを有しており、CO2 排出量の推計が可能である。

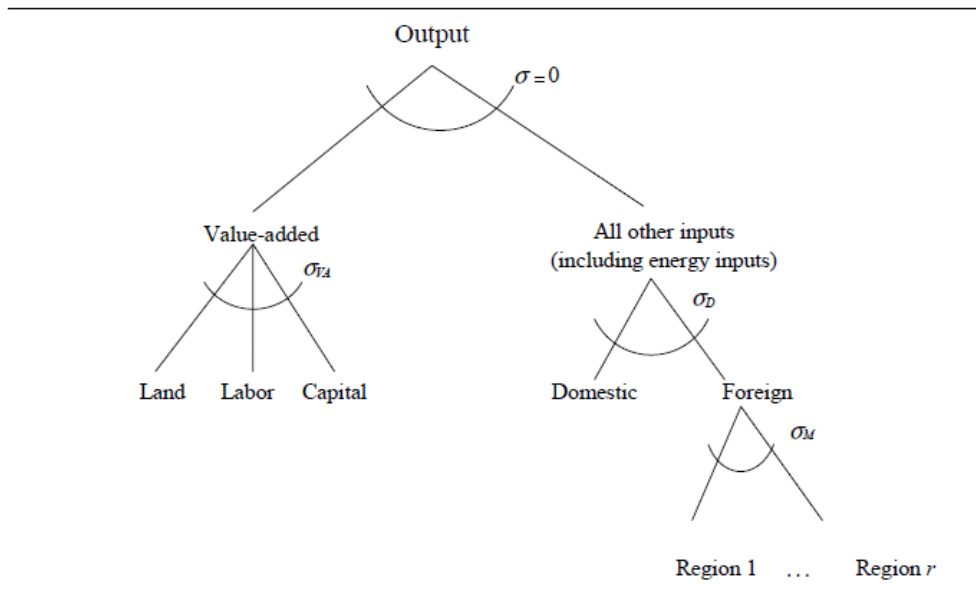
2. GTAP-E モデルの生産構造

GTAPモデルとGTAP-Eモデルの主要な相違点は、まず両モデルの生産構造に表れている。次頁の図3-3はGTAPモデルの生産構造、図3-4はGTAP-Eモデルの生産構造を示したものである。また図3-5には、GTAP-Eモデルの資本とエネルギー財の構造を示した。

図3-3に示されるように、GTAPモデルではエネルギー産業は中間投入としてのみ扱われ、エネルギー財と資本、またエネルギー財間の代替効果は考慮されていない。一方、図3-4に示されるように、GTAP-Eモデルではエネルギー財は生産要素のひとつとして付加価値部門で扱われ、エネルギー財と資本、また他の生産要素との代替構造や、エネルギー財間の代替構造を取り入れている。

図3-3 GTAPモデルの枠組みと生産構造

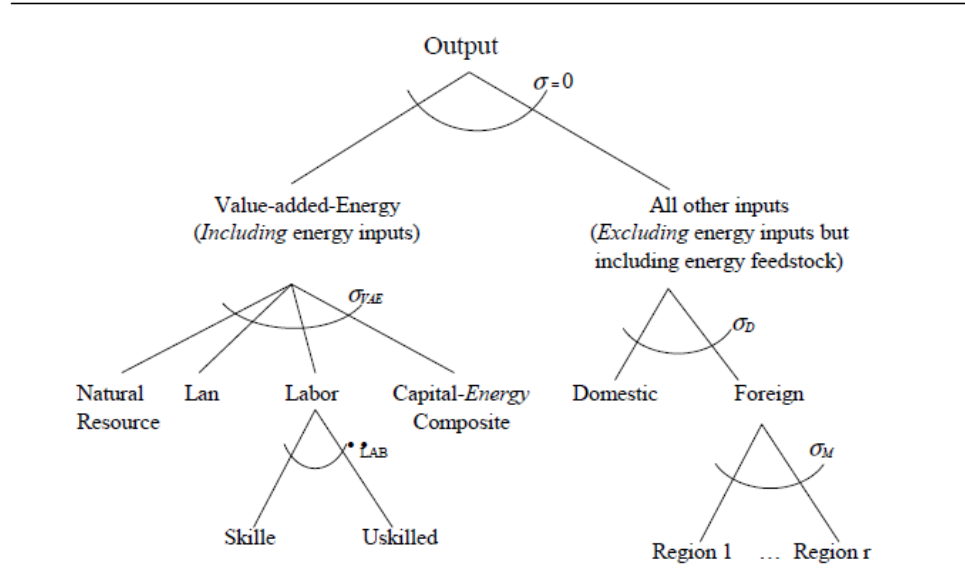
Figure 15 Standard GTAP Production Structure



出所 : Burniaux, Jean-Marc and Truong P. Truong (2002) “GTAP-E : An Energy-Environmental Version of the GTAP Model,” GTAP Technical Paper No.16, Center for Global Trade Analysis, Purdue University.から転載。

図3-4 GTAP-Eモデルの枠組みと生産構造

Figure 16 GTAP-E Production Structure



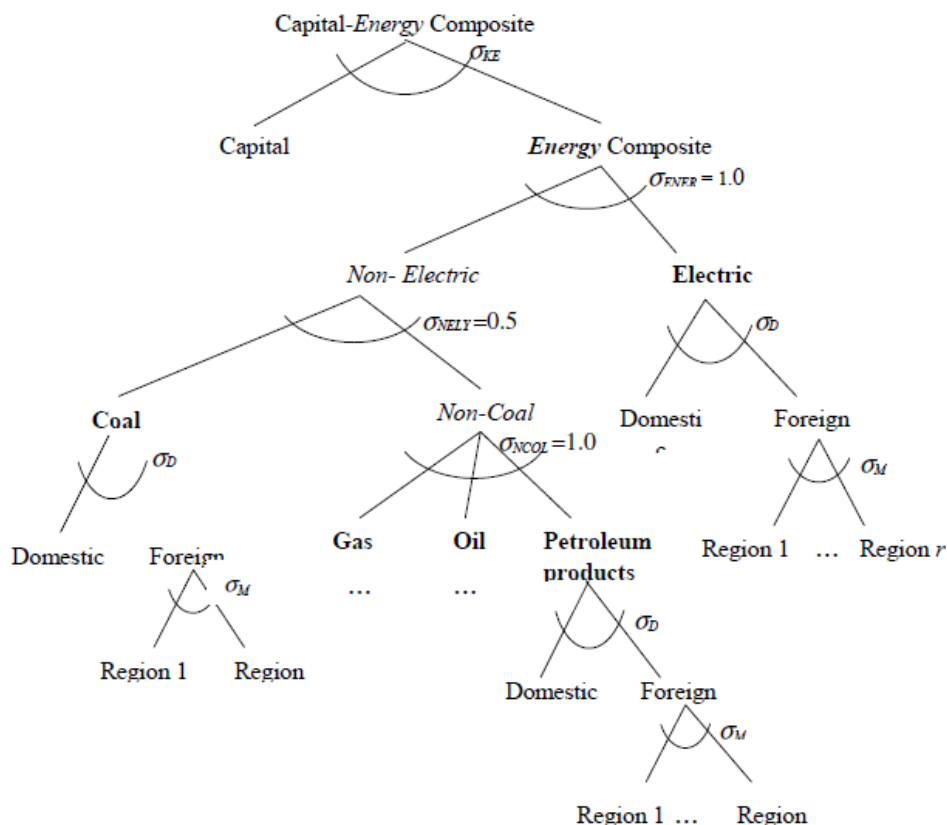
出所 : Burniaux, Jean-Marc and Truong P. Truong (2002) “GTAP-E : An Energy-Environmental Version of the GTAP Model,” GTAP Technical Paper No.16, Center for Global Trade Analysis, Purdue University.から転載。

図 3-5 に示されるように、GTAP-E モデルのエネルギー部門には、電力と非電力（原油、石炭、ガス、石油・石炭製品）が含まれる。非電力エネルギー部門はさらに、石炭と非石

炭に分類され、非石炭部門にはガス、原油、石油・石炭製品が含まれる。

図 3-5 GTAP-E モデルの資本とエネルギー財の構造

Figure 17 GTAP-E Capital-Energy Composite Structure



出所 : Burniaux, Jean-Marc and Truong P. Truong (2002) “GTAP-E : An Energy-Environmental Version of the GTAP Model,” GTAP Technical Paper No.16, Center for Global Trade Analysis, Purdue University.から転載。

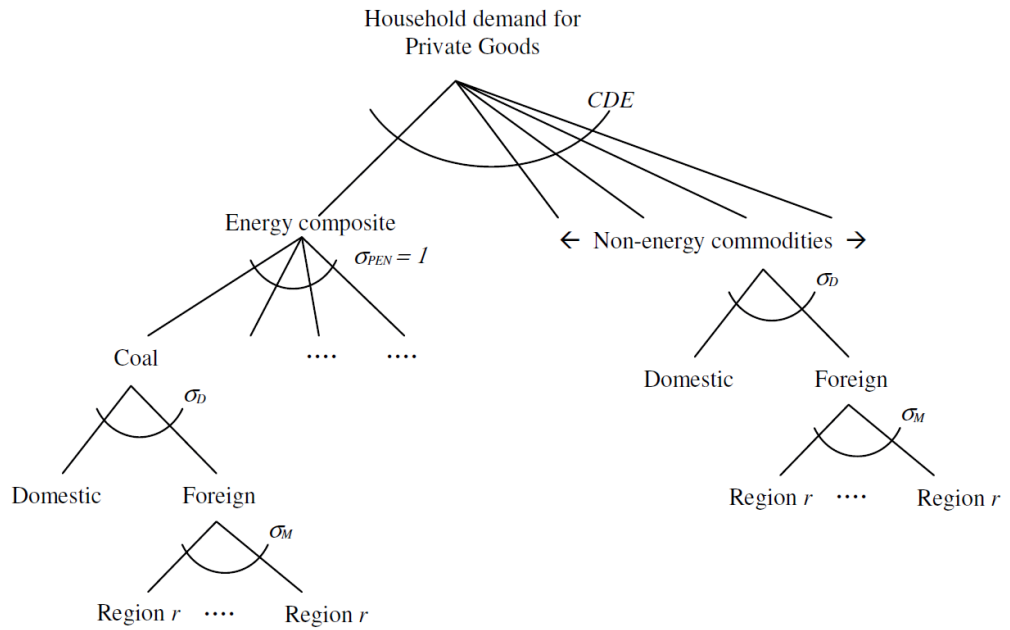
3. GTAP-E モデルの消費構造

GTAP モデルと GTAP-E モデルの消費構造は基本的には同じであるが、エネルギー財の扱いに関して相違が見られる。

GTAP モデル、GTAP-E モデルはともに、消費は民間消費と政府消費に分類されている。まず民間消費を見ると、図 3-6 に示されるように、GTAP モデルでは民間家計の各財に対する需要は CDE (Constant Difference of Elasticity) 型関数に基づいて推計される。そして、GTAP-E モデルでも民間消費は CDE 型関数に基づいて推計されるが、各財がエネルギー財とエネルギー以外の財の二つに分類されているのが特徴となっている。GTAP-E モデルの民間消費では、エネルギー財の需要は CES 関数に基づいて決定される。そしてエネルギー財はエネルギー合成財を形成し、CDE 関数で他の財と同様に扱われる。

図 3-6 GTAP-E モデルにおける民間消費の構造

Figure 19 GTAP-E Household Private Purchases

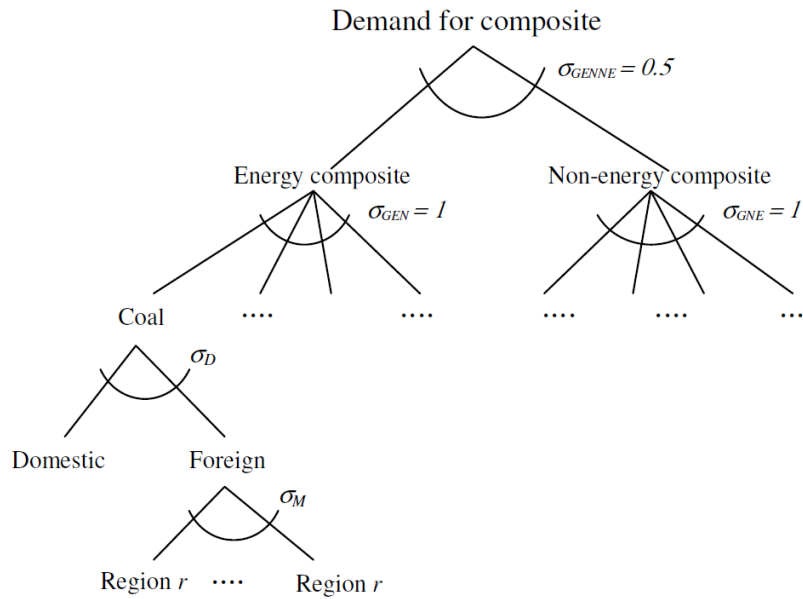


出所 : Burniaux, Jean-Marc and Truong P. Truong (2002) “GTAP-E : An Energy-Environmental Version of the GTAP Model,” GTAP Technical Paper No.16, Center for Global Trade Analysis, Purdue University.から転載。

政府消費については、GTAP モデルではすべての財に対してコブ・ダグラス型関数が適用されている。GTAP-E モデルでは、政府消費もエネルギー財と非エネルギー財に分類され、CES 型関数に基づいて各財への需要が決定される。エネルギー財間の代替パラメータ (図 3-7 の σ_{GEN} 、非エネルギー財間の代替パラメータと同じ値) とエネルギー財と非エネルギー財の代替パラメータ (図 3-7 の σ_{GENNE}) が異なる値を取るという点が、GTAP モデルとの違いである。図 3-7 に見られるように、エネルギー財の代替パラメータは 1 であり、エネルギー財と非エネルギー財との代替パラメータは 0.5 である。

図 3-7 GTAP-E モデルにおける政府消費の構造

Figure 18 GTAP-E Government Purchases



出所 : Burniaux, Jean-Marc and Truong P. Truong (2002) “GTAP-E : An Energy-Environmental Version of the GTAP Model,” GTAP Technical Paper No.16, Center for Global Trade Analysis, Purdue University.から転載。

4. GTAP-E モデルの変数

GTAP-E モデルのシミュレーションにより、基本的に GTAP モデルと同じ試算結果が得られる。しかし、GTAP-E モデルのデータベースには、エネルギー・CO2 排出量関係の変数が加えられているため、GTAP モデルでは出力されない出力変数が増えている。一方で、GTAP-E モデルでは最終財や中間投入財であるエネルギー財が生産要素の一つとしても扱われていることから、GTAP モデルで生産要素にのみ用いられていた技術変数などの変数は GTAP-E モデルでは使用されていないなどの違いが見られる。

GTAP-E モデル独自の出力変数は、表 3-6 に示される通りである。

表3-6 GTAP-Eモデル独自の出力変数（1）

	変数名	分類	内容
1	apen	エネルギー財 *地域	real energy price index
2	CNTco2trd	地域	contribution to regional EV of carbon trading
3	DBALCAR	地域	change in ratio of current account balance to regional income
4	del_ctaxr	地域	change in ratio of carbon tax to INCOME
5	del_ctgshr	地域	government share of carbon tax payments/permits revenue
6	del_tnctaxr	地域	change in ratio of carbon-exclusive taxes to INCOME in region r
7	DTBALCTRA	地域	balance on current account
8	DVCO2TRA	地域	net emissions trading revenue
9	gco2	地域*炭素税 適用財	carbon dioxide emissions
10	gco2fd	産業*産業*地 域	carbon dioxide emissions from firms usage of domestic product
11	gco2fm	産業*産業*地 域	carbon dioxide emissions from firms usage of imports
12	gco2gd	産業*地域	carbon dioxide emissions from government consumption of domestic product
13	gco2gm	産業*地域	carbon dioxide emissions from government consumption of imports
14	gco2pd	産業*地域	carbon dioxide emissions from private consumption of domestic product
15	gco2pm	産業*地域	carbon dioxide emissions from private consumption of imports
16	gco2q	地域	emissions quota
17	gco2t	地域	carbon dioxide emissions
18	gco2qb	排出権取引参 加地域	carbon dioxide emissions
19	NCTAXB	排出権取引参 加地域	nominal carbon tax rate (current USD per tonne of CO2)
20	pb	排出権取引参 加地域	income deflator
21	pemp	地域	power of emissions purchases
22	pempb	排出権取引参 加地域	power of emissions purchases
23	pft	産業*産業*地 域	firms price for commodity i for use by j in r
24	pgt	産業*地域	government consumption price for commodity i in region r
25	ppt	産業*地域	private consumption price for commodity i in region r

表3-6 GTAP-Eモデル独自の出力変数（2）

	変数名	分類	内容
26	qdem	エネルギー財 *地域	agents-prices-weighted energy usage quantity index
27	qft	産業*産業*地 域	demand for commodity i for use by industry j in region r
28	qgt	産業*地域	government household demand for commodity i in region r
29	qpt	産業*地域	private household demand for commodity i in region r
30	RCTAX	地域	real carbon tax rate (1997 USD per tonne of CO2)
31	RCTAXB	排出権取引参 加地域	real carbon tax rate (1997 USD per tonne of CO2)
32	tfd	産業*産業*地 域	tax on domestic i purchased by j in r
33	tfm	産業*産業*地 域	tax on imported i purchased by j in r
34	tgd	産業*地域	tax on domestic i purchased by government household in r
35	tgm	産業*地域	tax on imported i purchased by government household in r
36	tpd	産業*地域	commodity, source-specific shift in tax on private consumption of domestic goods
37	tpm	産業*地域	commodity, source-specific shift in tax on private consumption of imported goods
38	vdem	エネルギー財 *地域	money value of energy usage at agents prices

出所：GTAP-E 8.1 Data Baseより作成

5. GTAP-E モデルのパラメータ

GTAP-Eモデルにおいても、基本的にGTAPモデルと同じパラメータを使用する。しかし、GTAP-Eモデルではエネルギー代替構造をモデル内に取り込んでいるため、エネルギー代替に関するパラメータがGTAPモデルの場合よりも増えている。

GTAP-E モデル独自のパラメータは、表 3-7 に示される通りである。

表3-7 GTAP-Eモデル独自のパラメータ

	パラメータ名	分類	内容
1	EGEN	地域	Elasticity of substitution in government energy subconsumption (=1.0)
2	EGNN	地域	Elasticity of substitution in government non-energy subconsumption (=1.0)
3	EGUG	地域	Elasticity of substitution in the top of government consumption nest (=0.5)
4	EPEN	地域	Elasticity of substitution in household energy subconsumption (=1.0)
5	EFEN	産業*地域	Elasticity of substitution in energy subproduction (石炭、原油、ガス、石油・石炭製品、電力では0、それ以外の全産業で1.0)
6	EFKE	産業*地域	Elasticity of substitution in capital-energy subproduction (石炭、原油、ガス、石油・石炭製品では0、それ以外の全産業で0.5)
7	EFNC	産業*地域	Elasticity of substitution in non-coal energy subproduction (石炭、原油、ガス、石油・石炭製品では0、それ以外の全産業で1.0)
8	EFNL	産業*地域	Elasticity of substitution in non-electricity energy subproduction (石炭、原油、ガス、石油・石炭製品では0、それ以外の全産業で0.5)
9	EFVE	産業*地域	Elasticity of substitution in value-added-energy subproduction
10	TRBL	地域	Set TR_BLOCK emissions trading blocs
11	MAPB	地域	Mapping REGTOBLOC from REG to TRBL

出所：GTAP-E 8.1 Data Baseより作成

3節 GTAP-Eモデルにおけるエネルギー代替補完関係

電力供給制約が生じた場合、資本とエネルギーとの間に代替関係と補完関係のどちらがあるかによって、経済への影響には変化が生じることが予想される。代替関係にある場合には、代替のパラメータは正になり、一方の生産量が減少すれば他方の生産量は増加するが、補完関係にある場合には代替のパラメータは負になり、一方の生産量が減少（増加）すれば他方の生産量も減少（増加）する。

既に見たように、GTAP-Eモデルの生産構造ではエネルギー財は生産要素の一つとして扱われている。エネルギー財は電力と電力以外のエネルギー財（原油、石炭、ガス、石油・石油製品）に分類され、資本とエネルギー財は合成財を形成し、さらに他の生産要素との間にも代替補完関係が成り立っている。これらの代替パラメータの値は、各種先行研究から得られるパラメータのほぼ中間の値を取るよう設定されている。表3-7に示されるように、GTAP-Eモデルではこれらのパラメータはいずれも1.0または0.5の正の値を取っていることから、各財や要素は代替関係にあることが示される。

しかし、各産業における資本とエネルギー合成財の代替補完関係は、最終的には国内の生産構造全体の中で決定される。Burniaux and Truong (2002)では、GTAP-Eモデルの生産構

造全体における資本とエネルギー財の代替パラメータは、資本及びエネルギー財のコスト、また生産要素及びエネルギー財のコストが各産業における総コストに占める割合も考慮した Keller (1980)に基づく以下の式により決定されるとしている。

$$\sigma_{KE-outer} = [\sigma_{KE-inner} - \sigma_{VAE}] / S_{KE} + \sigma_{VAE} / S_{VAE}$$

$\sigma_{KE-outer}$: 生産構造全体における資本／エネルギー財の代替パラメータ

$\sigma_{KE-inner}$: 資本／エネルギー財の代替パラメータ

σ_{VAE} : 生産要素(資本＋エネルギー財を含む)間の代替パラメータ

S_{KE} : 資本／エネルギー財のコストシェア

S_{VAE} : 生産要素＋エネルギー財のコストシェア

出所：Burniaux, Jean-Marc and Truong P. Truong (2002) “GTAP-E : An Energy-Environmental Version of the GTAP Model,” GTAP Technical Paper No.16, Center for Global Trade Analysis, Purdue University.

Burniaux and Truong (2002)では、GTAP4.0 データベースに基づく開発当初の GTAP-E モデルにおける資本とエネルギー財の代替補完関係について解説を行っている。同論文によれば、GTAP-E モデルの資本とエネルギー財間の代替パラメータは正の値であるが、Keller (1980)に基づいて生産構造全体の中での代替補完関係を調べると、資本とエネルギー財間には補完関係が成立している場合が多い。その中で、表 3-8 が示すように、例外的に代替関係が成立しているのが米国の電力産業、日本の電力産業、鉄鋼産業、化学・ゴム・プラスチック産業である。

GTAP-E モデルにおいて、日本の電力産業や、鉄鋼産業、化学・ゴム・プラスチック産業などのエネルギー多消費型産業で代替関係が見られることの要因については、詳細な検討が必要であるが、鉱工業部門の産業に関しては、日本では第一次石油危機以降省エネ投資が進められてきたことが要因の一つとして考えられる。日本における第一次石油危機以降の省エネ投資は先行研究でも指摘されている。たとえば根本 (1984) はエネルギー多消費型産業である窯業土石製品製造業、紙・パルプ製品製造業と、第 1 次石油危機による生産の落ち込みが小さく、かつ比較可能な計測例が多数報告されている食料品製造業の三分類を対象に分析を行い、日本では第一次石油危機以前は資本とエネルギーの関係は補完的ないし独立的であるのに対し、危機以後は強い代替性があることを指摘している。また、経済企画庁 (1981) でも、鉱工業部門を対象に分析を行い、「企業の省エネルギー・省石油投資としては、素材型産業等のエネルギー多消費部門での省エネ投資が著しいとともに、その投資の内容が操業方法の変更や運転管理等の改善、設備の改善等資本設備の大幅な変更を伴わないものから転じて、生産設備の更新・新設を伴う大型なものへと変化して来た点に特徴がある」と指摘している。このように我が国では省エネ投資が進められてきたことが、資本とエネルギーとの代替関係の形成に大きな役割を果たしてきたという可能性が考えられる。

表3-8 Burniaux and Truong (2002)における日本と米国の生産構造全体の中での各産業の資本とエネルギー財の代替パラメータ

産業	(各国共通)		日本			USA		
	$\sigma_{KE-inner}$	σ_{VAE}	S_{VAE}	S_{KE}	$\sigma_{KE-outer}$	S_{VAE}	S_{KE}	$\sigma_{KE-outer}$
Coal	0.0	0.20	0.49	0.11	-1.50	0.67	0.16	-0.97
Crude Oil	0.0	0.20	0.64	0.24	-0.52	0.69	0.34	-0.30
Gas	0.0	0.84	0.97	0.95	-0.02	0.81	0.55	-0.49
Petroleum, coal products	0.0	1.26	0.68	0.59	-0.28	0.91	0.88	-0.04
Electricity	0.5	1.26	0.83	0.71	0.45	0.84	0.71	0.43
Ferrous metals	0.5	1.26	0.51	0.34	0.27	0.43	0.18	-1.35
Chemical, rubber, plastic products	0.5	1.26	0.42	0.26	0.05	0.50	0.30	-0.05
Other manufacturing; trade, transport	0.5	1.45	0.46	0.16	-2.65	0.51	0.18	-2.45
Agriculture, forestry and fishery	0.0	0.23	0.58	0.20	-0.77	0.46	0.26	-0.38
Commercial/public services, dwellings	0.5	1.28	0.62	0.30	-0.58	0.63	0.23	-1.41

出所：Burniaux, Jean-Marc and Truong P. Truong (2002) “GTAP-E : An Energy-Environmental Version of the GTAP Model,” GTAP Technical Paper No.16, Center for Global Trade Analysis, Purdue University.より作成。

表 3-9 は、GTAP 8.1 データベースから得られる企業のコスト構造のデータを用いて計算した、我が国の生産構造全体の中での各産業の資本とエネルギー財の代替パラメータを示したものである。産業分類は、本論文で用いる産業分類に従い、Burniaux and Truong (2002)の場合よりも詳細である 28 産業となっている。

表 3-8 は GTAP4.0 データベースに基づくものである。GTAP 8.1 データベースに基づく表 3-9 を表 3-8 と比較すると、データそのものが異なっていることに加え、生産要素（資本＋エネルギー財を含む）間の代替パラメータ（ σ_{VAE} ）の値が大きく変わっている産業（石炭、原油、ガス、その他鉱物など）があるなどの変化も大きく、表 3-8 と表 3-9 では生産構造全体の中での資本とエネルギー財の代替パラメータが大きく異なる産業も見られる。しかし、表 3-9 でも電力産業、鉄鋼産業、化学・ゴム・プラスチック産業で代替関係が見られることは、Burniaux and Truong (2002)と同様であることが確認できる。

表3-9 GTAP8.1に基づく日本の生産構造全体の中での各産業の資本とエネルギー財の代替パラメータ

	産業	(各国共通)	日本			
		$\sigma_{KE-inner}$	σ_{VAE}	S_{VAE}	S_{KE}	$\sigma_{KE-outer}$
1	農林水産業	0.5	0.24	0.54	0.22	1.61
2	石炭	0.0	4.00	0.49	0.09	-35.81
3	原油	0.0	0.40	0.51	0.14	-2.15
4	ガス	0.0	0.00	0.50	0.27	0.00
5	石油・石炭製品	0.0	1.26	0.94	0.93	-0.02
6	電力	0.5	1.26	0.72	0.62	0.53
7	その他鉱物	0.5	0.20	0.39	0.21	1.97
8	食料品・飲料	0.5	1.12	0.33	0.19	0.18
9	繊維・繊維製品	0.5	1.26	0.26	0.05	-11.39
10	化学・ゴム・プラスチック	0.5	1.26	0.38	0.25	0.29
11	窯業・土石	0.5	1.26	0.49	0.28	-0.15
12	鉄鋼	0.5	1.26	0.30	0.21	0.66
13	その他金属	0.5	1.26	0.21	0.11	-0.89
14	金属製品	0.5	1.26	0.42	0.12	-3.49
15	自動車・自動車部品	0.5	1.26	0.16	0.04	-12.94
16	その他輸送機器	0.5	1.26	0.28	0.09	-3.93
17	電子機器	0.5	1.26	0.26	0.08	-4.72
18	機械・設備	0.5	1.26	0.33	0.11	-3.30
19	その他製造業	0.5	1.26	0.40	0.17	-1.31
20	建設業	0.5	1.40	0.44	0.08	-8.79
21	商業	0.5	1.68	0.63	0.24	-2.18
22	陸上輸送	0.5	1.68	0.62	0.30	-1.18
23	海上輸送	0.5	1.68	0.48	0.27	-0.82
24	航空輸送	0.5	1.68	0.37	0.23	-0.61
25	通信業	0.5	1.26	0.55	0.33	0.00
26	金融・保険業	0.5	1.26	0.61	0.33	-0.23
27	その他サービス業	0.5	1.26	0.61	0.41	0.23
28	政府サービス	0.5	1.26	0.70	0.21	-1.82

出所：GTAP-E 8.1 Data Baseより作成

4 節 GTAP-E モデルを用いた電力供給制約の分析手法

1. 外生条件の設定方法

これまで検討してきた GTAP-E モデルの特徴を考慮して、ここでは本論文のシミュレーションにおける外生条件の設定の方法を決めるものとする。第二章で見たように、CGE モデルを用いた電力供給制約に関する先行研究では、特定の地域の電力産業に関する生産性や、家

計・企業が保有する資本等に外生条件を与えて、シミュレーションを行っている場合が多い。先行研究で用いられている CGE モデルと異なり、GTAP モデルは一国内を複数の地域にデフォルトでは分類できないことを考慮しつつ、本論文においてもこれらの先行研究を参考に適切な外生条件を設定することを検討する。そして、東日本大震災以降の実績データを参照しつつ、外生条件の設定を行い、シミュレーションを行うことを試みる。

本論文では、①災害による発電設備の生産性の低下がもたらす電力供給の低下、②災害による資本ストックの損傷、という2つの外生条件をGTAP-Eモデルに与えて、自然災害がもたらす電力供給制約の分析を行う。その後、同じ条件をGTAPモデルにも与えてシミュレーションを実施し、双方の試算結果について比較することにより、我が国における自然災害がもたらす電力供給制約時のエネルギー代替効果について把握することを試みる。

GTAPモデル、またGTAP-Eモデルの分析では、内生変数と外生変数の組み合わせが決められており、標準的な内生変数と外生変数の組み合わせはBasic closureと呼ばれる。GTAPモデルのBasic closureでは、生産要素（資本・労働・土地・自然資源）や各種の税変数や技術変数などが外生変数として設定されており、それ以外の変数はすべて内生変数である。通常は、これらの生産要素や税変数、技術変数などに外生条件を与えてシミュレーションを行う。

GTAP-EモデルのBasic closureにおける外生変数は、表3-10に示される通りである。

表3-10 GTAPモデルのBasic closureにおける外生変数

税関係の変数	tfd tfm tgd tgm tm tms to tpd tpm tp tx txs
技術関係の変数	afall afcom afreg afsec ams aoall aoreg aosec atd atf atm ats
分配に関するパラメータ	dpgov dppriv dpsave
効用関数における定数項	au
総人口	pop
スラック変数	psaveslack profitslack incomeslack endwslack cgdslack tradslack
排出権取引の収入における政府のシェア	del_ctgshr
実質炭素税率	pemp
排出権購入	RCTAXB
価格指数	pfactwld
生産要素	qo(ENDW_COMM,REG)

出所：RunGTAP：GTAP-Ev8 Closureより作成

このBasic closureの内生変数と外生変数は、同数だけ入れ替えを行うことも可能である。すなわち、通常はBasic closureでは内生変数として設定されている変数を外生変数として設定し、Basic closureでは外生変数として設定されている変数を同じ数だけ内生変数として設定し、シミュレーションを実施するというのも、技術的に可能である。この内生変数と外生変数の入れ替えという手法はGTAPモデルではよく用いられる手法であり、シナリオの内

容をより多岐にわたるものにすることが可能となる。

まず災害による発電設備の生産性の低下をもたらす電力供給の低下という外生条件の与え方であるが、生産性の低下に関する外生値を示すようなデータは、具体的に得られない。そこで、表2-4から得られる我が国全体の2011年の電力販売量の伸び率である▲4.57%という数値を、GTAP-Eモデルの「日本の電力産業の生産高」という変数に与え⁷、▲4.57%の電力供給量の低下をもたらす「電力産業の生産性」の低下率⁸をモデルの試算結果から得る。

「各産業の生産高」は Basic closure では内生変数であるため、ここで外生条件を与えた日本の電力産業の生産高という変数も、Basic closure では内生変数として設定されている。そして、「電力産業の生産高」を外生変数として、▲4.57%というショックを与えることにより得られた「電力産業の生産性」の低下率を外生変数とし、Basic Closure に戻してシミュレーションを実施した場合には、内生変数である電力産業の生産高が4.57%減少するという試算結果が得られる。この設定により、電力産業の生産性が低下して電力産業の生産高が4.57%減少するという動きを、モデルで表現することが可能となる。

資本ストックの損傷については、「日本の資本ストック⁹」という変数に、表2-9から得られる▲1.1%という外生値を与える。シミュレーションでは、以上の2つの外生条件をGTAP-Eモデルに与えて、分析を行う。

2. 投資配分の設定方法

世界CGEモデルであるGTAPモデルでは、世界の貯蓄総額と投資総額は一致する。そして、世界の貯蓄総額は世界的な規模の銀行セクター(global bank)に集められ、ここから各地域に配分されて投資が行われる、という設定となっている。各地域の投資配分に関しては、期待資本収益率が世界各地で一致するように投資配分が行われる場合と、世界の資本ストックの構成比率が変わらないように各地域に投資配分が行われる場合という、二つの設定のいずれかを選ぶことが可能である。

このような設定は、モデル内では以下の式で表現されている。

$$\begin{aligned} & \text{RORDELTA} * \text{rore}(r) + [1 - \text{RORDELTA}] * [[\text{REGINV}(r) / \text{NETINV}(r)] * \text{qcgds}(r) \\ & \quad - [\text{VDEP}(r) / \text{NETINV}(r)] * \text{kb}(r)] \\ & = \text{RORDELTA} * \text{rorg} + [1 - \text{RORDELTA}] * \text{globalcgds} + \text{cgdslack}(r); \end{aligned}$$

RORDELTA：地域間の投資配分メカニズムに関するダミー変数であり、0か1のいずれ

⁷ GTAPモデルでは qo ("Electricity", "JPN") という変数名である。図3-4では、一番上の段階で用いられる変数である。GTAPモデルでは需要と供給は一致し、電力産業の生産高は電力供給量であると考えることができる。

⁸ GTAPモデルでは aoall ("Electricity", "JPN") という変数名である。図3-4では、qo ("Electricity", "JPN") と同様に一番上の段階で用いられる。GTAPモデルでは aoall ("Electricity", "JPN") という変数名である。図3-4では、qo ("Electricity", "JPN") と同様に一番上の段階で用いられる。

⁹ GTAPモデルでは qo ("Capital", "JPN") という変数名である。図3-5の"Capital"に該当する。

れかに設定する。RORDELTA=0の時、現在の資本ストックの地域間構成比を変更しないように新規投資分も配分され、RORDELTA=1の時、地域間の投資配分比率は期待収益率 $r_{ore}(r)$ の変化に応じて変更される。

$r_{ore}(r)$: 地域 r における資本ストックの期待純収益率。

REGINV(r) : 地域 r における投資総額。

NETINV(r) : 地域 r における純投資額 (REGINV(r)から減価償却を除いたもの)。

VDEP(r) : 地域 r における減価償却支出総額。

kb(r) : 地域 r における期首の資本ストック。

qcgds(r) : 地域 r における資本財の総供給量。

rorg : 資本の世界収益率の変化率。

globalcgds : 新規投資の世界供給量の変化率。

cgdslack(r) : 需給誤差を扱うスラック変数。

上記の各地域の投資配分に関する二つの設定は、RORDELTA の値を 0 にするか、あるいは 1 にするかによって選択することとなる。

まず、RORDELTA=0 の時には、上記の式は

$$\text{globalcgds} = \left[\frac{\text{REGINV}(r)}{\text{NETINV}(r)} \right] * \text{qcgds}(r) - \left[\frac{\text{VDEP}(r)}{\text{NETINV}(r)} \right] * \text{kb}(r)$$

となり、各地域の純投資と世界純投資が同じように変動し、各地域における資本ストックの構成が完全に不変、という仮定に基づく設定となる。

また、RORDELTA=1 の時には、上記の式は

$$r_{ore}(r) = r_{org}$$

となり、すべての地域の期待収益率の変化率が等しくなるように各国間で資本が移動し、分配されることになる。

GTAP モデルを用いた分析では、自由な国際間の資本移動を想定し、RORDELTA=1 として期待資本収益率が世界各地で一致するという設定が取られることが多く、本論文においても RORDELTA=1 としてシミュレーションを行うものとする¹⁰。

¹⁰Higashi-Shiraishi (2014) では、日本の電力産業の生産高を外生変数とし、日本の資本ストックを内生変数として、RORDELTA=0 としてシミュレーションを行っている。このような設定の場合には、RORDELTA=1 とすると、期待資本収益率が世界各地で一致するために国際的な資本移動が大きくなる結果として、日本では投資が増加するという動きが生じ、RORDELTA=0 の場合よりも日本における電力供給制約の影響は、RORDELTA=0 の場合よりも穏やかなレベルにとどまる。一方 RORDELTA=0 とする場合には、世界の資本ストックの構成比率が変わらないように各地域に投資配分が行われるため、日本では資本と投資はいずれも減少し、RORDELTA=1 の場合よりもマイナスの影響が大きくなる。具体的な試算結果を見ると、RORDELTA=1 の場合には日本の実質 GDP は▲0.57%減少し、RORDELTA=0 の場合には▲0.51%減少するという結果が得られている。

第四章 GTAP-E モデルのデータベースの構造

1 節 GTAP-E モデルのデータとパラメータ

1. 開発当初の GTAP-E モデルの地域・産業分類

GTAP-E モデルと GTAP モデルは、基本的に共通のデータやパラメータを用いてシミュレーションを行う。しかし GTAP-E モデルには標準の GTAP モデルに新たな式や変数が多数追加されているため、独自のデータやパラメータが多くなっている。現在では GTAP モデルと同様に、GTAP-E モデルのデータやパラメータも、GEMPACK のアグリゲート機能を用いて自動的に作成することが可能であるが、GTAP-E モデル独自のデータやパラメータには、GTAP データベースに含まれているデータから作成できるものが多い。

現時点では、GTAP の公式サイトから Burniaux and Truong (2002)で行われた GTAP-E モデルのプログラムとデータセット（デモ版：GTAP Technical Paper No. 16 に基づくものであり、以下 TP16 版と記載）についてはダウンロードすることが可能である¹。ここでは世界全地域は 8 地域・8 産業に分類されており、ここで公開されているデータセットを参照することにより、GTAP-E モデルのデータセットがどのように作成されるかについて分析を行うことができる。

Burniaux and Truong (2002)の地域・産業分類は表 4-1 と表 4-2 に示される通りである。

表 4-1 Burniaux and Truong (2002)の地域分類

No.	名称	内容	含まれる産業
1	USA	アメリカ合衆国	United States
2	EU	EU15	Austria, Belgium, Denmark, Finland, France, Germany, United Kingdom, Greece, Ireland, Italy, Luxembourg, Netherlands, Portugal, Spain, Sweden
3	EEFSU	旧ソ連・東欧諸国	Hungary, Poland, Rest of Central European Assoc., Former Soviet Union
4	JPN	日本	Japan
5	RoA1	その他付属書 I 国	Australia, New Zealand, Canada, Switzerland, Rest of EFTA
6	EEx	エネルギー純輸出国	Indonesia, Malaysia, Viet Nam, Mexico, Colombia, Venezuela, Rest of Andean Pact, Argentina, Rest of Middle East, Rest of North Africa, Rest of Southern Africa, Rest of Sub-Saharan Africa, Rest of the World
7	CHIND	中国・インド	China, India
8	ROW	その他地域	Hong Kong, Korea, Taiwan, Philippines, Singapore, Thailand, Bangladesh, Sri Lanka, Rest of South Asia, Central America and Caribbean, Peru, Brazil, Chile, Uruguay, Rest of South America, Turkey, Morocco, Botswana, Rest of SACU, Malawi, Mozambique, Tanzania, Zambia, Zimbabwe, Uganda

出所：Burniaux, Jean-Marc and Truong P. Truong (2002) “GTAP-E : An Energy-Environmental Version of the GTAP Model,” GTAP Technical Paper No.16, Center for Global Trade Analysis, Purdue University.

¹現時点で GTAP ホームページ上で公開されている GTAP-E モデルの最新版のシミュレーション用のセット（プログラム・データベース）は、2006 年に公表されたものである。

表 4-2 Burniaux and Truong (2002)の産業分類

No.	名称	内容	含まれる産業
1	Agriculture	農林水産業	Paddy rice, wheat, cereal grains nec, vegetables, fruit, nuts, oil seeds, sugar cane, sugar beet, plant-based fibers, crops nec, bovine cattle, sheep and goats, animal products nec, raw milk, wool, silk-worm cocoons, forestry, fishing
2	Coal	石炭	Coal
3	Oil	原油	Oil
4	Gas	ガス	Gas, gas manufacture, distribution
5	Oil_Pcts	石油・石炭製品	Petroleum, coal products
6	Electricity	電力	Electricity
7	En_Int_Ind	エネルギー集約産業	minerals n.e.c., chemical, rubber, plastic products, mineral products n.e.c., ferrous metals, metals n.e.c.
8	Oth_Ind_Ser	その他産業	bovine cattle, sheep and goad, meat products, vegetable oils and fats, dairy products, processed rice, sugar, food products n.e.c., beverages and tobacco products, textiles, wearing apparel, leather products, wood products, paper products, publishing, metal products, motor vehicles and parts, transport equipment n.e.c., electronic equipment, machinery and equipment n.e.c., manufactures n.e.c., water, construction, trade, transport n.e.c., water transport, air transport, communication, financial services n.e.c., insurance, business services n.e.c., recreational and other services, public administration and defense, education, ownership of dwellings

出所：Burniaux, Jean-Marc and Truong P. Truong (2002) “GTAP-E : An Energy-Environmental Version of the GTAP Model,” GTAP Technical Paper No.16, Center for Global Trade Analysis, Purdue University.

GTAP-E モデルは 2012 年に改訂版が公表されており、TP16 版用の分析も GTAP8.0 に対応したバージョンアップが行われている。GTAP-E モデルが開発された 2002 年から、GTAP データベースの産業分類には変更が行われていないため、産業分類には変化がない。地域分類に関しては、バージョンアップ後は中国とインドが分割されて 9 地域となり、EU15 も EU27 に拡大されている。

2. GTAP-E モデルのデータの内容

GTAP 公式サイトからダウンロードできる TP16 版の GTAP-E モデルのデータ総数は 62 組である。2012 年に改訂が行われ、GTAP8.0 Data Base に対応した最新の GTAP-E モデル

では、プログラムにおける技術的な改良や、CO₂ 排出量や炭素税の推計方法に関する修正などが行われた結果、データも簡略化され、総数は 62 組から 54 組となっている。

これらのデータは、既に GTAP モデルのデータベースに含まれているデータと、GTAP データベース中の CO₂ 排出量に関するデータファイル中のデータを用いて作成されるデータと、その他のデータの 3 種類に分けられる。ここでは GTAP-E モデルのデータベースの構成を解明することを目的として、本論文のシミュレーションに用いる GTAP 8.1 Data Base に基づく GTAP-E モデルのデータを出所別に分類し、その内容を示すことにする。

(1) Gsdgdat.har から得られるデータ

GTAP-E モデルで使用するデータの多くは、GTAP データベースの基本となるデータファイルである Gsdgdat.har² に既に含まれており、GTAP モデルと同じデータが用いられている。

表 4-3 に Gsdgdat.har から作成できる GTAP-E モデルのデータを示した。Gsdgdat.har から作成できる GTAP-E モデルのデータ数は 45 組であり、このうちのいくつかは、同じ内容のデータ名称を変えて使用しているため、内容としては重複するものも含まれる。

表 4-3 Gsdgdat.har から得られる GTAP-E モデルのデータ (1)

データベース内の番号	名称	分類	合計	内容
32	ADRV	産業*地域* 地域	0	Protection - anti-dumping duty
40	DFNC	産業*産業* 地域	56,396,051 (百万米ドル)	Intermediates - Domestic Purchases at Agents' Prices Net of Carbon Tax (= VDFA)
41	DGNC	産業*地域	9,428,013	Government - Domestic Purchases at Agents' Prices Net of Carbon Tax (= VDGA)
42	DPNC	産業*地域	29,585,353 (百万米ドル)	Households - Domestic Purchases at Agents' Prices Net of Carbon Tax (=VDPA)
38	DPSM	地域	12	Sum of distribution parameters in household demand system
2	DREL	1		GTAP data release identifier
1	DVER	1	5	Format of GTAP data
16	EVFA	生産要素* 産業*地域	50,229,869 (百万米ドル)	Endowments - Firms' purchases at agents' prices
15	EVOA	生産要素* 地域	39,493,288 (百万米ドル)	Endowments - Output at agents' prices
28	FBEP	生産要素* 産業*地域	258,217 (百万米ドル)	Protection - Factor-based subsidies

² Har は GEMPACK のデータベース用のファイルの種類を指す名称である。

表 4-3 Gsdgdat.har から得られる GTAP-E モデルのデータ (2)

データベース内の番号	名称	分類	合計	内容
29	FTRV	生産要素* 産業*地域	5,073,766 (百万米ドル)	Taxes - Factor Employment Tax Revenue
43	IFNC	産業*産業* 地域	12,358,551 (百万米ドル)	Intermediates - Firms' Imports at Agents' Prices Net of Carbon Tax (= VIFA)
44	IGNC	産業*地域	167,260 (百万米ドル)	Government - Imports at Agents' Prices Net of Carbon Tax (= VIGA)
45	IPNC	産業*地域	3,818,191 (百万米ドル)	Private Households - Imports at Agents' Prices Net of Carbon Tax (= VIPA)
30	ISEP	産業*産業* 地域*地域	-839,315 (百万米ドル)	Protection - Intermediate Input Subsidies
36	MFRV	産業*地域* 地域	16,090 (百万米ドル)	Protection - MFA Export Tax Equivalent
31	OSEP	産業*地域	-2,053,869 (百万米ドル)	Protection - Ordinary Output Subsidies
6	POP	地域	6,620 (百万米人)	Population
34	PURV	産業*地域* 地域	0	Protection - Price Undertaking Export Tax Equivalent
3	SAVE	地域	6,902,966 (百万米ドル)	Savings - Net Expenditure at Agents' Prices
33	TFRV	産業*地域* 地域	341,650 (百万米ドル)	Protection - Ordinary Import Duty
5	VDEP	地域	5,929,564 (百万米ドル)	Capital Stock - Value of Depreciation
18	VDFA	産業*産業* 地域	56,396,051 (百万米ドル)	Intermediates - Firms' Domestic Purchases at Agents' Prices
20	VDFM	産業*産業* 地域	55,772,474 (百万米ドル)	Intermediates - Firms' Domestic Purchases at Market Prices
7	VDGA	産業*地域	9,428,013 (百万米ドル)	Government - Domestic Purchases at Agents' Prices
9	VDGM	産業*地域	9,410,465 (百万米ドル)	Government - Domestic Purchases at Market Prices
11	VDPA	産業*地域	29,585,353 (百万米ドル)	Private Households - Domestic Purchases at Agents' Prices
13	VDPM	産業*地域	27,853,124 (百万米ドル)	Private Households - Domestic Purchases at Market Prices

表 4-3 Gsdgdat.har から得られる GTAP-E モデルのデータ (3)

データベース内の番号	名称	分類	合計	内容
17	VFM	生産要素* 産業*地域	45,414,320 (百万米ドル)	Endowments - Firms' Purchases at Market Prices
19	VIFA	産業*産業* 地域	12,358,551 (百万米ドル)	Intermediates - Firms' Imports at Agents' Prices
21	VIFM	産業*産業* 地域	12,142,815 (百万米ドル)	Intermediates - Firms' Imports at Market Prices
8	VIGA	産業*地域	167,260 (百万米ドル)	Government - Imports at Agents' Prices
10	VIGM	産業*地域	163,700 (百万米ドル)	Government - Imports at Market Prices
22	VIMS	産業*地域* 地域	15,662,711 (百万米ドル)	Trade - Bilateral Imports at Market Prices
12	VIPA	産業*地域	3,818,191 (百万米ドル)	Private Households - Imports at Agents' Prices
14	VIPM	産業*地域	3,356,197 (百万米ドル)	Private Households - Imports at Market Prices
23	VIWS	産業*地域* 地域	15,321,062 (百万米ドル)	Trade - Bilateral Imports at World Prices
4	VKB	地域	148,239,119 (百万米ドル)	Capital Stock - Value at Beginning-of-Period
35	VRRV	産業*地域* 地域	0	Protection - VER Export Tax Equivalent
26	VST	輸送業*地 域	542,004 (百万米ドル)	Trade - Exports for International Transportation, Market Prices
39	VTSS	関税産業* 地域*地域	341,650 (百万米ドル)	Value of Imports including different tariff components (=TFRV)
27	VTWR	輸送業*産 業*地域*地 域	542,004 (百万米ドル)	Trade - Margins for International Transportation, World Prices
24	VXMD	産業*地域* 地域	14,627,746 (百万米ドル)	Trade - Bilateral Exports at Market Prices
60	VXWD	産業*地域* 地域	14,779,058 (百万米ドル)	Trade - Bilateral Exports at World Prices
37	XTRV	産業*地域* 地域	135,222 (百万米ドル)	Protection - Ordinary Export Tax

出所：GTAP 8.1 Data Base より作成

(2) Gsdgemiss.har から得られるデータ

GTAP モデルのデータベースには、CO₂ 排出量に関するデータを集めた Gsdgemiss.har というデータファイルも含まれる。以前は CO₂ 排出量に関するデータは GTAP 公式サイトより公表されており、この公表されているデータを Truong and Lee (2003)や Lee (2008)などに記載された方法に従って、GTAP-E モデルのデータベース用に換算し、データとして加えたが、現在では GTAP モデルのデータベースから一括して取得することが可能である。標準の GTAP モデルのシミュレーションでは CO₂ 排出量は扱われないので、Gsdgemiss.har のデータは推計には用いらず、参考データとして活用される。

Gsdgemiss.har に含まれるデータは、表 4-4 に示される通りである。

表 4-4 Gsdgemiss.har に含まれるデータ

名称	分類	合計	内容
MDF	燃料財 ³ *産業*地域	18,066 (百万二酸化炭素トン)	emissions from intermediate usage of domestic product, Mt CO ₂
MIF	燃料財*産業*地域	4,734 (百万二酸化炭素トン)	emissions from intermediate usage of imports, Mt CO ₂
MDG	燃料財*地域	0.043 (百万二酸化炭素トン)	emissions from government consumption of domestic product, Mt CO ₂
MIG	燃料財*地域	0.012 (百万二酸化炭素トン)	emissions from government consumption of imports, Mt CO ₂
MDP	燃料財*地域	2,979 (百万二酸化炭素トン)	emissions from private consumption of domestic product, Mt CO ₂
MIP	燃料財*地域	745 (百万二酸化炭素トン)	emissions from private consumption of imports, Mt CO ₂

出所：GTAP 8.1 Data Base より作成

表 4-5 には、Gsdgemiss.har に含まれるデータから作成できる、GTAP-E モデルの CO₂ 排出量に関する 7 組のデータを示した⁴。これらのデータは、Gsdgemiss.har から得られるデータを用いて作成することができる。

³ 電力以外のエネルギー財（石炭、原油、ガス、石油・石炭製品）。

⁴ TP16 の CO₂ 排出量の単位は炭素トンであるが、GTAP8.0 では Gsdgemiss.har のデータの単位は二酸化炭素トンとなっている。

表 4-5 Gsdgemiss.har から作成される GTAP-E モデルのデータ

データベース内の番号	名称	分類	合計	内容
48	CO2Q	地域	26,524 (百万二酸化炭素トン)	CO2 Emissions Quota, MtCO2 (49~54 の合計)
53	CODF	産業*産業*地域	18,066 (百万二酸化炭素トン)	Emissions from Firms' Usage of Domestic Product, MtCO2 (=MDF)
51	CODG	産業*地域	0.043 (百万二酸化炭素トン)	Emissions from Private Consumption of Domestic Product, MtCO2 (=MDG)
49	CODP	産業*地域	2,979 (百万二酸化炭素トン)	Emissions from Private Consumption of Domestic Product, MtCO2 (=MDP)
54	COIF	産業*産業*地域	4,734 (百万二酸化炭素トン)	Emissions from Firms' Usage of Imported Product, MtCO2 (=MIF)
52	COIG	産業*地域	0.012 (百万二酸化炭素トン)	Emissions from Private Consumption of Imported Product, MtCO2 (=MIG)
50	COIP	産業*地域	745 (百万二酸化炭素トン)	Emissions from Private Consumption of Imported Product, MtCO2 (=MIP)

出所：GTAP 8.1 Data Base より作成

(3) その他の出所から得られるデータ

表 4-6 には、GTAP-E モデルで使用するデータのうち、残りの NTAX と GSHR を示した。NTAX は全地域共通で 0、GSHR は全地域共通で 1 であり、容易に作成することができる。

表 4-6 その他の出所から得られる GTAP-E モデルのデータ

データベース内の番号	名称	分類	合計	内容
47	GSHR	地域	12	Government Share of Permits Revenue
46	NTAX	地域	0	Nominal Carbon Tax in USD per Ton of CO2

出所：GTAP 8.1 Data Base より作成

3. GTAP-E モデルのパラメータの内容

GTAP-E モデルと GTAP モデルは、基本的にはデータと同様に、共通のパラメータを用いているが、既述のように GTAP-E モデルにはエネルギー代替に関するパラメータなどが増え

ており、GTAP モデルよりもパラメータの数が増えている。GTAP-E モデルのパラメータは、既に GTAP モデルのデータベースに含まれているパラメータと、新たに GTAP-E モデル用に作成されるパラメータの2種類に分類される。

(1) Gsdgpar.har から得られるパラメータ

表 4-7 に、GTAP モデルのパラメータのファイルである Gsdgpar.har から得られる GTAP-E モデルのパラメータの内容を示した。まず SLUG は、エネルギー財以外の生産要素の移動性を決定するパラメータで、1に設定すれば移動せず、ゼロに設定すれば移動する。RDLT は第二章で述べた RORDELTA を指し、既述のように地域間の投資配分メカニズムに関するダミー変数として使われるパラメータであり、0 か 1 のいずれかに設定する。RORDELTA=0 の時、現在の資本ストックの地域間構成比を変更しないように新規投資分も配分され、RORDELTA=1 の時、地域間の投資配分比率は期待収益率 $r(r)$ の変化に応じて変更される。

SUBP は CDE 型支出関数に用いられる代替パラメータであり、INCP は CDE 型支出関数に用いられる所得の弾性値である。ESBD と ESBM は、産業別に設定されるアーミントン型の代替パラメータであり、全地域共通で同じ値となる。ESBD は国内財と輸入財の代替パラメータであり、ESBM は異なる地域からの輸入財に関する、輸入元間の代替パラメータである。

ETRE は CET 型生産構造における、移動が行われない生産要素に関する代替パラメータであり、全地域共通で同じ値となる。CET 型関数は基本的には CES 型関数と同じであるが、CES 型関数の代替パラメータとは符号が逆になる。RFLX は RORFLEX という各地域ごとに設定されるパラメータを指し、RORFLEX は資本ストックの期待純収益率の流動性に関するパラメータである。具体的には、該当地域の資本ストックが 1%増加した場合に期待される、資本の純収益率の減少率である。ESBT は生産における中間財間の代替パラメータであり、各地域で全産業に共通の値を取る。

表 4-7 Gsdgpar.har から得られる GTAP-E モデルのパラメータ

	名称	分類	内容
1	SUBP	産業*地域	CDE substitution parameter
2	INCP	産業*地域	CDE expansion parameter
3	ESBT	産業	Elasticity of intermediate input substitution
4	SLUG	生産要素	Binary parameter for factor mobility: 1=sluggish 0=mobile
5	ETRE	生産要素	Constant Elasticity of Transformation (CET) between sectors for sluggish primary factors
6	ESBD	産業	Armington CES for regional allocation of imports
7	ESBM	産業	Armington CES for regional allocation of imports
8	RDLT		Investment allocation binary coefficient
9	RFLX	地域	Expected rate of return flexibility parameter

出所：GTAP-E 8.1 Data Base より作成

(2) その他の出所から得られるパラメータ

その他の出所から得られるパラメータは、表 4-8 に示す 11 組のパラメータであり、GTAP-E モデル独自のパラメータである。大半は既に見たようにエネルギー代替のパラメータであり、EFVE 以外は 1 か 0.5 の値となる。

GTAP-E モデルにおいて付加価値部分における生産要素間の代替パラメータである EFVE は、GTAP モデルでは ESBV に該当する。EFVE は地域・産業別に設定されるが、ESBV は全地域共通で産業別に設定される。EFVE と ESBV を比較すると、農林水産業・石炭・原油・ガス以外の産業では、EFVE も全地域共通で産業別に設定されており、ESBV と同じ値である。農林水産業に関しては、EFVE は地域ごとに異なる値が設定されているが、0.24~0.25 程度となっており、ESBV の値とほぼ同程度である。石炭は、ESBV では 0.2 であるが、EFVE では 3.7~4.0 程度の値となっており、ESBV とは差が大きい。原油も ESBV では 0.2 であるが、EFVE では 0.37~0.40 程度と、ESBV の約二倍の値となっている。ガスは ESBV では約 0.6 であるが、EFVE では約 0.0~1.4 と、地域間の差も比較的大きく、ESBV よりも大きな値となっている。

表 4-9 に GTAP8.1 に基づく GTAP モデルの ESBV、表 4-10 に GTAP8.1 に基づく GTAP-E モデルの EFVE の値を示した。

表 4-8 その他の出所から得られるパラメータ

	名称	分類	内容
10	EGEN	地域	Elasticity of substitution in government energy subconsumption
11	EGNN	地域	Elasticity of substitution in government non-energy subconsumption
12	EGUG	地域	Elasticity of substitution in the top of government consumption nest
14	EPEN	地域	Elasticity of substitution in household energy subconsumption
15	EFEN	産業*地域	Elasticity of substitution in energy subproduction
16	EFKE	産業*地域	Elasticity of substitution in capital-energy subproduction
17	EFNC	産業*地域	Elasticity of substitution in non-coal energy subproduction
18	EFNL	産業*地域	Elasticity of substitution in non-electricity energy subproduction
19	EFVE	産業*地域	Elasticity of substitution in value-added-en. subproduction
20	TRBL		Set TR_BLOCK emissions trading blocs
21	MAPB		Mapping REGTOBLOC from REG to TRBL

出所：GTAP-E 8.1 Data Base より作成

表 4-9 GTAP モデルにおける ESBV

1	農林水産業	0.25	11	窯業・土石	1.26	20	建設業	1.40
2	石炭	0.20	12	鉄鋼	1.26	21	商業	1.68
3	原油	0.20	13	その他金属	1.26	22	陸上輸送	1.68
4	ガス	0.61	14	金属製品	1.26	23	海上輸送	1.68
5	石油・石炭製品	1.26	15	自動車・自動車部品	1.26	24	航空輸送	1.68
6	電力	1.26	16	その他輸送機器	1.26	25	通信業	1.26
7	その他鉱物	0.20	17	電子機器	1.26	26	金融・保険業	1.26
8	食料品・飲料	1.12	18	機械・設備	1.26	27	その他サービス業	1.26
9	繊維・繊維製品	1.26	19	その他製造業	1.26	28	政府サービス	1.26
10	化学・ゴム・プラスチック	1.26						

出所：GTAP 8.1 Data Base より作成

表 4-10 GTAP-E モデルにおける EFVE (1)

		日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出	その他ASEAN諸国	インド
1	農林水産業	0.24	0.25	0.25	0.24	0.24	0.25
2	石炭	4.00	3.84	3.85	4.00	3.71	4.00
3	原油	0.40	0.37	0.38	0.40	0.38	0.39
4	ガス	0.00	0.00	0.29	0.99	0.57	0.28
5	石油・石炭製品	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
6	電力	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
7	その他鉱物	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
8	食料品・飲料	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
9	繊維・繊維製品	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
10	化学・ゴム・プラスチック	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
11	窯業・土石	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
12	鉄鋼	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
13	その他金属	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
14	金属製品	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
15	自動車・自動車部品	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
16	その他輸送機器	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
17	電子機器	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
18	機械・設備	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
19	その他製造業	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
20	建設業	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
21	商業	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68
22	陸上輸送	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68
23	海上輸送	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68
24	航空輸送	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68
25	通信業	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
26	金融・保険業	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
27	その他サービス業	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
28	政府サービス	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26

表 4-10 GTAP-E モデルにおける EFVE (2)

		アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書 I 国	その他地域
1	農林水産業	0.25	0.25	0.25	0.25	0.24	0.25
2	石炭	3.99	3.97	3.99	3.77	3.89	3.98
3	原油	0.39	0.40	0.40	0.40	0.39	0.40
4	ガス	0.20	0.49	1.17	0.63	1.39	0.63
5	石油・石炭製品	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
6	電力	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
7	その他鉱物	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
8	食料品・飲料	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
9	繊維・繊維製品	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
10	化学・ゴム・プラスチック	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
11	窯業・土石	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
12	鉄鋼	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
13	その他金属	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
14	金属製品	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
15	自動車・自動車部品	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
16	その他輸送機器	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
17	電子機器	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
18	機械・設備	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
19	その他製造業	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
20	建設業	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
21	商業	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68
22	陸上輸送	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68
23	海上輸送	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68
24	航空輸送	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68
25	通信業	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
26	金融・保険業	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
27	その他サービス業	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
28	政府サービス	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26

出所：GTAP-E 8.1 Data Base より作成

2 節 本論文における地域・産業分類

本論文の分析の対象の中心は日本であり、外生条件を与える国は日本一国のみにとどまる。そのため、本論文で実施するシミュレーションにおける地域分類は、日本に近いアジア地域をいくつかに分類する以外は、公表されている GTAP-E モデルのシミュレーション事例で行われている 8 地域分類程度を目安とした。その結果、本論文の地域分類は表 4-11 に示す 12 分類⁵となっている。

⁵ GTAP8.1Data Base では、ベニン、ブルキナファソ、ギニア、トーゴ、ルワンダの 5 か国が新たに独立しているが、これらはいずれも改訂版 GTAP-E モデルのデータベースに基づいている GTAP8 Data Base では、その他西アフリカ諸国・その他東アフリカ諸国に含まれており、どちらも ROW に分類されている。

表 4-11 本論文における地域分類

	GTAP コード	内容	含まれる国／地域
1	JPN	日本	Japan
2	KOR	韓国	Korea
3	CHN	中国	China
4	AEEEx	ASEANエネルギー純輸出国	Indonesia, Malaysia, Viet Nam
5	OASN	その他ASEAN諸国	Cambodia, Lao People's Democratic Republic, Philippines, Singapore, Thailand, Rest of Southeast Asia
6	IND	インド	India
7	USA	アメリカ合衆国	United States of America
8	EU27	EU27	Austria, Belgium, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Poland, Portugal, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, United Kingdom, Bulgaria, Romania
9	OEEEx	その他エネルギー純輸出国	Mexico, Argentina, Bolivia, Colombia, Ecuador, Venezuela, Islamic Republic of Iran, Kuwait, Oman, Qatar, Saudi Arabia, United Arab Emirates, Egypt, Rest of North Africa, Nigeria, Central Africa
10	EEFSU	旧ソ連・東欧諸国	Albania, Belarus, Croatia, Russian Federation, Ukraine, Rest of Eastern Europe, Rest of Europe, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Rest of Former Soviet Union, Armenia, Azerbaijan, Georgia
11	RoA1	その他付属書 I 国	Australia, New Zealand, Canada, Switzerland, Norway, Rest of EFTA
12	ROW	その他地域	Rest of Oceania, Hong Kong, Mongolia, Taiwan, Rest of East Asia, Bangladesh, Nepal, Pakistan, Sri Lanka, Rest of South Asia, Rest of North America, Brazil, Chile, Paraguay, Peru, Uruguay, Rest of South America, Costa Rica, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panama, El Salvador, Rest of Central America, Caribbean, Bahrain, Israel, Turkey, Rest of Western Asia, Morocco, Tunisia, Benin, Burkina Faso, Cameroon, Cote d'Ivoire, Ghana, Guinea, Senegal, Togo, Rest of Western Africa, Central Africa, South Central Africa, Ethiopia, Kenya, Madagascar, Malawi, Mauritius, Mozambique, Rwanda, Tanzania, Uganda, Zambia, Zimbabwe, Rest of Eastern Africa, Botswana, Namibia, South Africa, Rest of South African Customs, Rest of the World

出所：筆者作成

産業分類については、既に見たように GTAP のホームページで公表されている GTAP-E モデルは、①農林水産業、②石炭、③原油、④ガス、⑤石油・石炭製品、⑥電力、⑦エネルギー集約産業、⑧その他産業、の 8 分類となっており、エネルギー集約産業とその他産業に多くの産業が含まれている。本論文では主に製造業を中心に、日本において重要と考えられる産業を独立させ、表 4-12 に示される 28 産業に分類した。

また、GTAPモデルでは生産要素についても分類を行うことが必要となる。生産要素には土地・その他自然資源・非熟練労働・熟練労働・資本の 5 種類が存在する。本論文ではこの分類をそのまま用いて、土地・その他自然資源・非熟練労働・熟練労働・資本の 5 分類とした。またこれらの生産要素は、各国間の移動が自由であるかどうかを決めることが必要となる。本論文では土地・その他自然資源は移動せず、非熟練労働・熟練労働・資本は自由に移動するという設定とした。

表 4-12 本論文における産業分類

	名称	内容	含まれる産業
1	AGR	農林水産業	Paddy rice, wheat, cereal grains nec, vegetables, fruit, nuts, oil seeds, sugarcane, sugar beet, plant-based fibers, crops nec, bovine cattle, sheep and goats, horses, animal products nec, raw milk, wool, silk-worm cocoons, forestry, fishing
2	Coal	石炭	Coal
3	Oil	原油	Oil
4	Gas	ガス	Gas, gas manufacture, distribution
5	Oil_Pcts	石油・石炭製品	Petroleum, coal products
6	Electricity	電力	Electricity
7	OMN	その他鉱物	Minerals nec
8	PFD	食料品・飲料	Bovine cattle, sheep and goat meat products, meat products, vegetable oils and fats, dairy products, processed rice, sugar, food products nec, beverages and tobacco products
9	TXL	繊維・繊維製品	Textiles, wearing apparel
10	CRP	化学・ゴム・プラスチック	Chemical, rubber, plastic products
11	NMM	窯業・土石	Mineral products nec
12	I_S	鉄鋼	Ferrous metals
13	NFM	その他金属	Metals nec
14	FMP	金属製品	Metal products
15	MVH	自動車・自動車部品	Motor vehicles and parts
16	OTN	その他輸送機器	Transport equipment nec
17	ELE	電子機器	Electronic equipment
18	OME	機械・設備	Machinery and equipment nec
19	OMF	その他製造業	Leather products, wood products, paper products, publishing, manufactures nec
20	CNS	建設業	Construction
21	TRD	商業	Trade
22	OTP	陸上輸送	Transport nec
23	WTP	海上輸送	Water transport
24	ATP	航空輸送	Air transport
25	CMN	通信業	Communication
26	OFR	金融・保険業	Financial services nec, insurance
27	OSP	その他サービス業	Water, business services nec, recreational and other services, ownership of dwellings
28	OSG	政府サービス	Public administration, defense, education, health

出所：筆者作成

3節 GTAP-E モデルのデータベースに基づく我が国のエネルギー構造の分析

1. 各国の産業別生産高

(1) 各国の産業別生産高の内訳

本論文では、GTAP-E モデルを用いて、我が国における電力供給制約のシミュレーション分析を行うことを目的としている。シミュレーション結果には、我が国の産業構造も影響してくることが考えられる。ここでは、他国と比較した我が国の産業構造の特徴を示すために、GTAP Data Base 8.1 から得られるデータを活用して、各国・各地域における財別の生産高が産業全体に占める割合について示した。

表 4-13 には各国・各地域別の産業別生産高の内訳と、表 4-14 にはその比率を示した。また表 4-15 には各国・各地域別の四分類（農林水産業・エネルギー産業・製造業・サービス業）の産業別生産高の内訳と、表 4-16 にはその比率を示した。

まず農林水産業について見ると、ASEAN エネルギー純輸出国やその他 ASEAN 諸国、またその他エネルギー純輸出国や旧ソ連・東欧諸国などでは農林水産業の比率が比較的大きく、インドでは 11%にも達しているが、日本を含めた先進諸国では農林水産業の比率が 1%台と、非常に小さくなっていることが示される。

次にエネルギー産業について見ると、各地域間の差が非常に大きいことが示される。その他エネルギー純輸出国、旧ソ連・東欧諸国、その他付属書 I 国ではエネルギー産業の生産高が産業全体に占める割合は 20%を超えており、エネルギー産業が重要な位置を占めていることが示される。次いで、中国では 7.2%、その他 ASEAN 諸国では 8.5%に達し、インドでは 9.3%、ASEAN エネルギー純輸出国では 11.1%にまで達する。一方、日本や米国、EU27 などではエネルギー産業の生産高が占める割合は低く、全産業の 5%にも満たないことが示される。

製造業に関しては、米国、その他エネルギー純輸出国、旧ソ連・東欧諸国、その他付属書 I 国では全生産高に占める比率は比較的低く、20%台となっている。韓国やASEANエネルギー純輸出国、その他ASEAN諸国では40%台、中国ではほぼ55%にも達しており、アジア地域では製造業が全産業に占める割合が大きいことが示される。日本において製造業の生産高が全生産高に占める割合は、インド、EU27と同程度の30%台である。

最後にサービス産業の生産高を見ると、全産業に占める割合は多くの国や地域で50%以下にとどまっているが、先進諸国では大きくなっており、最もサービス産業が全産業に占める割合が大きい米国では70%台に達している。日本はEU27、その他付属書 I 国と並んで、サービス産業が全生産高に占める割合は60%台に達しており、生産高においてサービス産業の重要性が高まっていることが示される。

表 4-13 各国の産業別生産高 (単位：百万米ドル)

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域	合計
農林水産業	101,611	40,178	584,961	106,853	62,975	267,444	325,642	533,312	283,487	220,034	126,431	560,550	3,213,477
石炭	52	202	76,393	15,053	568	8,026	48,173	21,114	4,995	20,431	25,872	11,948	232,828
原油	406	254	79,278	46,884	9,876	14,938	127,832	61,121	776,468	250,928	123,769	187,490	1,679,245
ガス	1,395	241	6,512	28,855	14,837	7,341	136,253	51,688	129,319	113,387	77,202	29,290	596,321
石油・石炭製品	210,739	123,803	275,608	52,280	67,494	108,918	518,136	707,811	278,149	203,915	109,511	226,731	2,883,094
電力	155,785	40,229	257,267	28,741	25,982	79,889	387,983	518,686	108,980	208,663	88,651	182,627	2,083,483
その他鉱物	8,222	2,683	122,628	21,586	5,901	16,436	44,697	94,976	56,712	28,612	77,392	146,871	626,717
食料品・飲料	295,733	72,681	464,222	124,004	80,760	149,709	787,813	1,546,083	332,092	200,236	240,232	607,024	4,900,588
繊維・繊維製品	40,717	36,786	471,597	45,848	34,853	74,793	234,943	451,332	76,783	23,534	28,535	268,567	1,788,286
化学・ゴム・プラスチック	395,021	158,124	691,487	106,799	90,438	116,437	888,652	1,492,244	193,516	83,697	215,271	427,245	4,858,933
窯業・土石	63,335	25,823	290,494	19,769	13,790	33,742	137,753	388,786	73,912	41,048	44,704	99,209	1,232,365
鉄鋼	251,539	102,005	472,472	13,203	11,483	58,720	165,836	370,450	78,653	90,501	52,331	155,888	1,823,081
その他金属	75,604	28,804	239,740	15,299	9,579	21,336	142,714	216,416	45,588	60,775	115,369	124,604	1,095,826
金属製品	117,049	52,432	215,701	33,883	15,838	45,946	342,412	703,132	55,188	23,963	75,689	124,353	1,805,586
自動車・自動車部品	494,214	125,487	268,404	20,870	39,407	32,487	565,003	1,110,539	136,898	41,052	134,256	166,011	3,134,626
その他輸送機器	47,650	25,641	90,809	13,219	10,368	19,578	270,013	329,331	22,534	16,579	45,986	41,366	933,074
電子機器	335,508	136,381	488,538	110,786	155,598	23,296	504,827	440,961	79,874	14,855	40,432	240,437	2,571,494
機械・設備	422,743	212,530	859,572	48,063	85,377	101,418	1,007,022	1,862,749	121,035	108,144	188,248	258,443	5,275,343
その他製造業	211,195	56,259	612,743	72,974	42,836	83,346	846,544	1,392,477	132,924	79,522	230,489	329,726	4,091,034
建設業	547,535	171,851	795,813	121,259	63,950	236,546	1,693,304	2,754,794	529,163	305,585	529,288	540,841	8,289,929
商業	1,075,534	179,038	456,386	157,460	143,335	226,538	2,894,724	2,509,168	504,331	406,275	710,839	1,038,976	10,302,604
陸上輸送	363,564	65,899	287,724	32,010	56,326	173,081	599,537	1,339,094	233,314	208,056	197,087	476,373	4,032,064
海上輸送	66,574	21,262	90,618	19,704	29,485	15,978	59,462	203,592	19,101	23,536	46,280	68,179	663,770
航空輸送	30,545	16,294	25,958	19,122	26,674	5,777	235,835	253,842	26,717	31,412	49,770	90,165	812,110
通信業	168,707	52,843	98,795	20,825	19,632	27,458	531,465	684,024	103,114	50,790	148,718	205,082	2,111,451
金融・保険業	360,606	102,387	227,303	44,918	54,827	98,042	2,098,686	1,424,059	139,859	70,957	338,126	427,596	5,387,365
その他サービス業	1,771,358	303,588	525,548	147,790	141,702	164,186	4,975,281	6,976,826	625,344	254,790	1,157,217	1,018,339	18,061,969
政府サービス	1,183,484	260,389	611,119	55,567	87,090	144,355	4,624,661	4,080,190	502,672	360,677	818,896	990,049	13,719,147
合計	8,796,422	2,414,093	9,687,690	1,543,626	1,400,980	2,355,760	25,195,199	32,518,795	5,670,722	3,541,954	6,036,593	9,043,979	108,205,813

出所：GTAP 8.1 Data Base

表 4-14 各国の産業別生産高が産業全体に占める割合 (単位：%)

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業	1.2%	1.7%	6.0%	6.9%	4.5%	11.4%	1.3%	1.6%	5.0%	6.2%	2.1%	6.2%
石炭	0.0%	0.0%	0.8%	1.0%	0.0%	0.3%	0.2%	0.1%	0.1%	0.6%	0.4%	0.1%
原油	0.0%	0.0%	0.8%	3.0%	0.7%	0.6%	0.5%	0.2%	13.7%	7.1%	2.1%	2.1%
ガス	0.0%	0.0%	0.1%	1.9%	1.1%	0.3%	0.5%	0.2%	2.3%	3.2%	1.3%	0.3%
石油・石炭製品	2.4%	5.1%	2.8%	3.4%	4.8%	4.6%	2.1%	2.2%	4.9%	5.8%	1.8%	2.5%
電力	1.8%	1.7%	2.7%	1.9%	1.9%	3.4%	1.5%	1.6%	1.9%	5.9%	1.5%	2.0%
その他鉱物	0.1%	0.1%	1.3%	1.4%	0.4%	0.7%	0.2%	0.3%	1.0%	0.8%	1.3%	1.6%
食料品・飲料	3.4%	3.0%	4.8%	8.0%	5.8%	6.4%	3.1%	4.8%	5.9%	5.7%	4.0%	6.7%
繊維・繊維製品	0.5%	1.5%	4.9%	3.0%	2.5%	3.2%	0.9%	1.4%	1.4%	0.7%	0.5%	3.0%
化学・ゴム・プラスチック	4.5%	6.6%	7.1%	6.9%	6.5%	4.9%	3.5%	4.6%	3.4%	2.4%	3.6%	4.7%
窯業・土石	0.7%	1.1%	3.0%	1.3%	1.0%	1.4%	0.5%	1.2%	1.3%	1.2%	0.7%	1.1%
鉄鋼	2.9%	4.2%	4.9%	0.9%	0.8%	2.5%	0.7%	1.1%	1.4%	2.6%	0.9%	1.7%
その他金属	0.9%	1.2%	2.5%	1.0%	0.7%	0.9%	0.6%	0.7%	0.8%	1.7%	1.9%	1.4%
金属製品	1.3%	2.2%	2.2%	2.2%	1.1%	2.0%	1.4%	2.2%	1.0%	0.7%	1.3%	1.4%
自動車・自動車部品	5.6%	5.2%	2.8%	1.4%	2.8%	1.4%	2.2%	3.4%	2.4%	1.2%	2.2%	1.8%
その他輸送機器	0.5%	1.1%	0.9%	0.9%	0.7%	0.8%	1.1%	1.0%	0.4%	0.5%	0.8%	0.5%
電子機器	3.8%	5.6%	5.0%	7.2%	11.1%	1.0%	2.0%	1.4%	1.4%	0.4%	0.7%	2.7%
機械・設備	4.8%	8.8%	8.9%	3.1%	6.1%	4.3%	4.0%	5.7%	2.1%	3.1%	3.1%	2.9%
その他製造業	2.4%	2.3%	6.3%	4.7%	3.1%	3.5%	3.4%	4.3%	2.3%	2.2%	3.8%	3.6%
建設業	6.2%	7.1%	8.2%	7.9%	4.6%	10.0%	6.7%	8.5%	9.3%	8.6%	8.8%	6.0%
商業	12.2%	7.4%	4.7%	10.2%	10.2%	9.6%	11.5%	7.7%	8.9%	11.5%	11.8%	11.5%
陸上輸送	4.1%	2.7%	3.0%	2.1%	4.0%	7.3%	2.4%	4.1%	4.1%	5.9%	3.3%	5.3%
海上輸送	0.8%	0.9%	0.9%	1.3%	2.1%	0.7%	0.2%	0.6%	0.3%	0.7%	0.8%	0.8%
航空輸送	0.3%	0.7%	0.3%	1.2%	1.9%	0.2%	0.9%	0.8%	0.5%	0.9%	0.8%	1.0%
通信業	1.9%	2.2%	1.0%	1.3%	1.4%	1.2%	2.1%	2.1%	1.8%	1.4%	2.5%	2.3%
金融・保険業	4.1%	4.2%	2.3%	2.9%	3.9%	4.2%	8.3%	4.4%	2.5%	2.0%	5.6%	4.7%
その他サービス業	20.1%	12.6%	5.4%	9.6%	10.1%	7.0%	19.7%	21.5%	11.0%	7.2%	19.2%	11.3%
政府サービス	13.5%	10.8%	6.3%	3.6%	6.2%	6.1%	18.4%	12.5%	8.9%	10.2%	13.6%	10.9%
合計	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

出所：GTAP 8.1 Data Base

表 4-15 各国の四産業分類による産業別生産高 (単位：百万米ドル)

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業産品	101,611	40,178	584,961	106,853	62,975	267,444	325,642	533,312	283,487	220,034	126,431	560,550
エネルギー財	368,377	164,729	695,057	171,813	118,758	219,112	1,218,377	1,360,420	1,297,911	797,324	425,007	638,086
製造業製品	2,758,528	1,035,635	5,288,408	646,305	596,226	777,245	5,938,228	10,399,475	1,405,709	812,518	1,488,935	2,989,744
サービス業	5,567,907	1,173,550	3,119,264	618,654	623,021	1,091,960	17,712,954	20,225,588	2,683,615	1,712,078	3,996,220	4,855,600
合計	8,796,422	2,414,093	9,687,690	1,543,626	1,400,980	2,355,760	25,195,199	32,518,795	5,670,722	3,541,954	6,036,593	9,043,979

出所：GTAP 8.1 Data Base

表4-16 各国の四産業分類による産業別生産高が産業全体に占める割合 (単位：%)

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業産品	1.2%	1.7%	6.0%	6.9%	4.5%	11.4%	1.3%	1.6%	5.0%	6.2%	2.1%	6.2%
エネルギー財	4.2%	6.8%	7.2%	11.1%	8.5%	9.3%	4.8%	4.2%	22.9%	22.5%	7.0%	7.1%
製造業製品	31.4%	42.9%	54.6%	41.9%	42.6%	33.0%	23.6%	32.0%	24.8%	22.9%	24.7%	33.1%
サービス業	63.3%	48.6%	32.2%	40.1%	44.5%	46.4%	70.3%	62.2%	47.3%	48.3%	66.2%	53.7%
合計	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

出所：GTAP 8.1 Data Base

(2) 各国のエネルギー産業における内訳

各国のエネルギー産業の生産高における内訳は表 4-17 と表 4-18 に示される通りである。

エネルギー産業に注目して、その生産高における内訳を見ると、まず石炭では中国(11.0%)や ASEAN エネルギー純輸出国(8.8%)で高くなっており、その他付属書 I 国でも 6.1%に達している。しかし日本では、韓国やその他 ASEAN 諸国と並んで石炭の生産高がエネルギー産業に占める割合は 1%に満たず、非常に低いことが示される。

原油がエネルギー産業全体の生産高に占める割合を見ると、その他エネルギー純輸出国では 59.8%を占め、旧ソ連・東欧諸国では 31.5%、その他付属書 I 国では 29.1%、ASEAN エネルギー純輸出国では 27.3%に達している。中国では 11.4%、その他 ASEAN 諸国で 8.3%に達し、米国でも原油がエネルギー産業全体の生産高に占める割合は 10.5%に達している。日本の原油がエネルギー産業全体の生産高に占める割合は 0.1%であり、最も低い水準となっている。

ガスがエネルギー産業に占める割合が最も大きいのはその他付属書 I 国で、18.2%に達する。ASEAN エネルギー純輸出国で 16.8%、その他 ASEAN 諸国で 12.5%と、ASEAN 諸国で比較的大きくなっている。日本は、韓国、中国と同様に、ガスがエネルギー産業に占める割合は 1%以下である。

石油・石炭製品がエネルギー産業に占める割合は大きい国が多く、最も大きい韓国では 75.2%であり、日本は 57.2%と、韓国に次いで大きい。その他 ASEAN 諸国でも 56.8%に達し、EU27 も 52.0%と割合が大きく、インドでも 49.7%とエネルギー産業全体のほぼ半分に達している。米国ではやや少なくなって 42.5%である。石油・石炭製品がエネルギー産業に占める割合が比較的小さい地域は、その他付属書 I 国(25.8%)、旧ソ連・東欧諸国(25.6%)、その他エネルギー純輸出国(21.4%)などである。

電力がエネルギー産業全体に占める割合は、日本が一番大きく 42.3%に達しており、重要なエネルギー財になっていることが示される。その次に大きいのが EU の 38.1%であるが、中国もほぼ同程度の 37.0%に達する。韓国は 24.4%と電力がエネルギー産業全体に占める割合はやや低くなり、その他 ASEAN 諸国で 21.9%、ASEAN エネルギー純輸出国で 16.7%程度にとどまる。

表4-17 各国のエネルギー産業の生産高の内訳 (単位：百万米ドル)

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出 国	その他 ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆 国	EU27	その他エネル ギー純輸出 国	旧ソ連・東欧 諸国	その他付属 書I国	その他地域
石炭	52	202	76,393	15,053	568	8,026	48,173	21,114	4,995	20,431	25,872	11,948
原油	406	254	79,278	46,884	9,876	14,938	127,832	61,121	776,468	250,928	123,769	187,490
ガス	1,395	241	6,512	28,855	14,837	7,341	136,253	51,688	129,319	113,387	77,202	29,290
石油・石炭製品	210,739	123,803	275,608	52,280	67,494	108,918	518,136	707,811	278,149	203,915	109,511	226,731
電力	155,785	40,229	257,267	28,741	25,982	79,889	387,983	518,686	108,980	208,663	88,651	182,627
合計	368,377	164,729	695,057	171,813	118,758	219,112	1,218,377	1,360,420	1,297,911	797,324	425,007	638,086

出所：GTAP 8.1 Data Base

表4-18 各国のエネルギー産業の生産高の内訳 (単位：%)

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出 国	その他ASEAN 諸国	インド	アメリカ合衆 国	EU27	その他エネル ギー純輸出 国	旧ソ連・東欧諸 国	その他付属書 I国	その他地域
石炭	0.0%	0.1%	11.0%	8.8%	0.5%	3.7%	4.0%	1.6%	0.4%	2.6%	6.1%	1.9%
原油	0.1%	0.2%	11.4%	27.3%	8.3%	6.8%	10.5%	4.5%	59.8%	31.5%	29.1%	29.4%
ガス	0.4%	0.1%	0.9%	16.8%	12.5%	3.4%	11.2%	3.8%	10.0%	14.2%	18.2%	4.6%
石油・石炭製品	57.2%	75.2%	39.7%	30.4%	56.8%	49.7%	42.5%	52.0%	21.4%	25.6%	25.8%	35.5%
電力	42.3%	24.4%	37.0%	16.7%	21.9%	36.5%	31.8%	38.1%	8.4%	26.2%	20.9%	28.6%
合計	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

出所：GTAP 8.1 Data Base

2. 各国の産業別輸入額

(1) 各国の産業別輸入額の内訳

エネルギー代替または補完効果の影響に関する分析を行うためには、エネルギー財を中心に各国の輸入動向を把握することが重要である。表 4-19 には各国・地域別の産業別の輸入額の内訳と、表 4-20 にはその比率を示した。また表 4-21 には各国・地域別の四分類（農林水産業・エネルギー産業・製造業・サービス業）の産業別輸入額の内訳と、表 4-22 にはその比率を示した。

農林水産業産品が輸入額に占める割合は、最も大きいその他エネルギー純輸出国で 4.1% であり、輸入額全体の中ではいずれの地域においても小さなものとどまっている。

エネルギー財が輸入額に占める割合は、アジア諸国では比較的高い傾向にある。中でも日本は 23.1% と、韓国 (21.0%)、その他 ASEAN 諸国 (17.0%) を上回り、インド (27.1%) に次いで輸入額に占めるエネルギー産業の割合が大きい。先進諸国では米国が 16.0%、EU27 が 10.0% と、いずれも日本よりも低い比率にとどまっている。また、エネルギー資源が豊富な国のエネルギー産業が輸入額に占める割合を見ると、その他エネルギー純輸出国では 4.2%、その他付属書 I 国が 6.3% と、小さなものとどまっていることが示される。

製造業製品はどの地域においても最も全輸入額に占める割合が大きく、中国、ASEAN エネルギー純輸出国、その他エネルギー純輸出国、旧ソ連・東欧諸国、その他付属書 I 国ではいずれも 70% 以上に達している。製造業製品が輸入額に占める割合は日本では 57.9% であり、インド (55.4%) に次いで低い。

表 4-19 各国の産業別輸入額 (単位：百万米ドル)

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域	合計
農林水産業	21,036	9,815	30,776	10,273	5,978	6,604	33,936	139,588	34,494	15,211	15,646	50,903	374,261
石炭	12,496	5,595	2,623	871	1,395	4,758	2,053	16,767	712	2,151	961	10,143	60,526
原油	102,651	63,022	78,242	9,095	51,472	66,706	242,551	288,149	1,316	21,464	22,435	98,507	1,045,610
ガス	24,877	8,765	947	630	3,960	3,015	32,133	87,596	5,429	20,256	3,045	15,830	206,482
石油・石炭製品	27,052	11,690	24,815	26,124	15,226	12,666	80,111	185,099	34,204	14,794	29,571	102,710	564,061
電力	2	2	356	179	396	364	3,116	25,473	764	5,669	3,955	5,699	45,974
その他鉱物	35,408	13,342	67,564	1,705	4,419	22,553	6,711	61,460	7,170	4,590	7,384	18,674	250,980
食料品・飲料	44,928	14,714	20,105	16,325	15,974	8,864	68,400	301,649	56,399	41,590	42,934	82,728	714,612
繊維・繊維製品	31,434	10,607	23,284	14,853	8,842	3,955	113,643	236,864	39,916	33,061	31,459	72,956	620,876
化学・ゴム・プラスチック	55,243	40,779	135,224	38,604	42,261	28,185	190,667	774,711	113,560	60,709	116,539	186,003	1,782,485
窯業・土石	4,995	5,465	5,094	2,650	3,602	1,622	22,859	68,974	13,860	11,485	11,024	20,627	172,257
鉄鋼	7,960	19,909	24,259	15,939	13,237	10,078	34,963	182,494	47,454	19,496	18,881	53,872	448,541
その他金属	26,100	17,731	45,956	12,318	12,696	22,562	53,846	166,108	30,214	7,914	47,775	44,810	488,031
金属製品	8,916	4,666	10,191	5,757	6,480	3,349	41,969	145,675	25,313	16,177	24,885	25,948	319,326
自動車・自動車部品	17,455	8,913	29,897	11,781	12,955	3,904	231,303	554,262	104,191	63,819	114,300	93,686	1,246,465
その他輸送機器	11,915	5,615	14,901	8,287	12,107	13,035	46,186	126,574	29,151	12,075	28,884	48,785	357,515
電子機器	61,163	45,729	194,893	55,077	64,754	16,367	240,043	346,771	60,805	24,131	51,095	112,931	1,273,760
機械・設備	72,791	56,305	188,027	47,952	58,863	34,282	302,023	751,663	179,887	92,363	144,326	209,905	2,138,387
その他製造業	39,653	12,290	29,698	13,139	13,873	10,304	192,749	383,090	56,776	37,309	71,987	72,799	933,667
建設業	8,759	2,115	3,388	3,079	1,359	893	2,821	35,978	10,288	14,046	983	7,368	91,078
商業	17,542	11,983	40,457	4,387	13,131	4,705	23,569	135,943	14,602	5,791	13,149	25,115	310,374
陸上輸送	6,102	9,043	10,308	3,682	8,255	3,038	40,815	129,576	17,246	12,550	19,173	21,800	281,589
海上輸送	9,585	5,758	626	1,250	4,448	2,682	1,830	42,713	2,741	1,693	11,537	13,117	97,980
航空輸送	13,057	7,442	5,195	3,956	6,725	3,775	33,196	101,561	13,814	6,510	17,749	25,660	238,642
通信業	1,971	1,560	1,966	2,199	2,268	1,190	10,708	55,917	5,317	3,025	6,067	7,289	99,476
金融・保険業	10,910	3,269	9,853	3,407	8,314	7,828	64,783	152,592	22,957	7,779	21,428	25,796	338,917
その他サービス業	40,621	22,081	23,186	17,174	28,742	23,376	97,465	493,509	49,004	31,460	65,199	79,692	971,510
政府サービス	7,741	5,598	5,111	2,277	3,931	2,436	34,925	55,334	31,962	6,166	13,702	20,148	189,331
合計	722,365	423,804	1,026,942	332,971	425,664	323,096	2,249,376	6,046,087	1,009,545	593,286	956,076	1,553,499	15,662,711

出所：GTAP 8.1 Data Base

表 4-20 各国の産業別輸入額が輸入額全体に占める割合 (単位：%)

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業	2.9%	2.3%	3.0%	3.1%	1.4%	2.0%	1.5%	2.3%	3.4%	2.6%	1.6%	3.3%
石炭	1.7%	1.3%	0.3%	0.3%	0.3%	1.5%	0.1%	0.3%	0.1%	0.4%	0.1%	0.7%
原油	14.2%	14.9%	7.6%	2.7%	12.1%	20.6%	10.8%	4.8%	0.1%	3.6%	2.3%	6.3%
ガス	3.4%	2.1%	0.1%	0.2%	0.9%	0.9%	1.4%	1.4%	0.5%	3.4%	0.3%	1.0%
石油・石炭製品	3.7%	2.8%	2.4%	7.8%	3.6%	3.9%	3.6%	3.1%	3.4%	2.5%	3.1%	6.6%
電力	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.4%	0.1%	1.0%	0.4%	0.4%
その他鉱物	4.9%	3.1%	6.6%	0.5%	1.0%	7.0%	0.3%	1.0%	0.7%	0.8%	0.8%	1.2%
食料品・飲料	6.2%	3.5%	2.0%	4.9%	3.8%	2.7%	3.0%	5.0%	5.6%	7.0%	4.5%	5.3%
繊維・繊維製品	4.4%	2.5%	2.3%	4.5%	2.1%	1.2%	5.1%	3.9%	4.0%	5.6%	3.3%	4.7%
化学・ゴム・プラスチック	7.6%	9.6%	13.2%	11.6%	9.9%	8.7%	8.5%	12.8%	11.2%	10.2%	12.2%	12.0%
窯業・土石	0.7%	1.3%	0.5%	0.8%	0.8%	0.5%	1.0%	1.1%	1.4%	1.9%	1.2%	1.3%
鉄鋼	1.1%	4.7%	2.4%	4.8%	3.1%	3.1%	1.6%	3.0%	4.7%	3.3%	2.0%	3.5%
その他金属	3.6%	4.2%	4.5%	3.7%	3.0%	7.0%	2.4%	2.7%	3.0%	1.3%	5.0%	2.9%
金属製品	1.2%	1.1%	1.0%	1.7%	1.5%	1.0%	1.9%	2.4%	2.5%	2.7%	2.6%	1.7%
自動車・自動車部品	2.4%	2.1%	2.9%	3.5%	3.0%	1.2%	10.3%	9.2%	10.3%	10.8%	12.0%	6.0%
その他輸送機器	1.6%	1.3%	1.5%	2.5%	2.8%	4.0%	2.1%	2.1%	2.9%	2.0%	3.0%	3.1%
電子機器	8.5%	10.8%	19.0%	16.5%	15.2%	5.1%	10.7%	5.7%	6.0%	4.1%	5.3%	7.3%
機械・設備	10.1%	13.3%	18.3%	14.4%	13.8%	10.6%	13.4%	12.4%	17.8%	15.6%	15.1%	13.5%
その他製造業	5.5%	2.9%	2.9%	3.9%	3.3%	3.2%	8.6%	6.3%	5.6%	6.3%	7.5%	4.7%
建設業	1.2%	0.5%	0.3%	0.9%	0.3%	0.3%	0.1%	0.6%	1.0%	2.4%	0.1%	0.5%
商業	2.4%	2.8%	3.9%	1.3%	3.1%	1.5%	1.0%	2.2%	1.4%	1.0%	1.4%	1.6%
陸上輸送	0.8%	2.1%	1.0%	1.1%	1.9%	0.9%	1.8%	2.1%	1.7%	2.1%	2.0%	1.4%
海上輸送	1.3%	1.4%	0.1%	0.4%	1.0%	0.8%	0.1%	0.7%	0.3%	0.3%	1.2%	0.8%
航空輸送	1.8%	1.8%	0.5%	1.2%	1.6%	1.2%	1.5%	1.7%	1.4%	1.1%	1.9%	1.7%
通信業	0.3%	0.4%	0.2%	0.7%	0.5%	0.4%	0.5%	0.9%	0.5%	0.5%	0.6%	0.5%
金融・保険業	1.5%	0.8%	1.0%	1.0%	2.0%	2.4%	2.9%	2.5%	2.3%	1.3%	2.2%	1.7%
その他サービス業	5.6%	5.2%	2.3%	5.2%	6.8%	7.2%	4.3%	8.2%	4.9%	5.3%	6.8%	5.1%
政府サービス	1.1%	1.3%	0.5%	0.7%	0.9%	0.8%	1.6%	0.9%	3.2%	1.0%	1.4%	1.3%
合計	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

出所：GTAP 8.1 Data Base

表 4-21 各国の四産業分類による産業別輸入額 (単位：百万米ドル)

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業産品	21,036	9,815	30,776	10,273	5,978	6,604	33,936	139,588	34,494	15,211	15,646	50,903
エネルギー財	167,078	89,074	106,983	36,899	72,449	87,509	359,964	603,083	42,424	64,334	59,968	232,889
製造業製品	417,961	256,066	789,093	244,387	270,064	179,060	1,545,363	4,100,293	764,696	424,719	711,474	1,043,723
サービス業	116,289	68,848	100,090	41,412	77,174	49,923	310,113	1,203,122	167,931	89,021	168,988	225,985
合計	722,365	423,804	1,026,942	332,971	425,664	323,096	2,249,376	6,046,087	1,009,545	593,286	956,076	1,553,499

出所：GTAP 8.1 Data Base

表4-22 各国の四産業分類による産業別輸入額が輸入額全体に占める割合 (単位：%)

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業産品	2.9%	2.3%	3.0%	3.1%	1.4%	2.0%	1.5%	2.3%	3.4%	2.6%	1.6%	3.3%
エネルギー財	23.1%	21.0%	10.4%	11.1%	17.0%	27.1%	16.0%	10.0%	4.2%	10.8%	6.3%	15.0%
製造業製品	57.9%	60.4%	76.8%	73.4%	63.4%	55.4%	68.7%	67.8%	75.7%	71.6%	74.4%	67.2%
サービス業	16.1%	16.2%	9.7%	12.4%	18.1%	15.5%	13.8%	19.9%	16.6%	15.0%	17.7%	14.5%
合計	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

出所：GTAP 8.1 Data Base

(2) 各国のエネルギー財輸入における内訳

表 4-23 (単位：百万米ドル) と表 4-24 (単位：%) に、各国のエネルギー産業の輸入額における財別の内訳を示した。

石炭の輸入額がエネルギー財の輸入総額に占める割合は、日本が 7.5% と最も大きく、次いで韓国が 6.3% と大きい。

原油の輸入額がエネルギー財の輸入総額に占める割合は、ASEAN エネルギー純輸出国では 24.6% にとどまっているが、韓国 (70.8%)、中国 (73.1%)、その他 ASEAN 諸国 (71.0%)、インド (76.2%) ではいずれも 70% を超え、アジア諸国では大きくなっていることが示される。日本における原油の輸入額がエネルギー財の輸入総額に占める割合は 61.4% に達しており、アジア諸国の中では比較的低い。また世界全体の中では、原油の輸入額がエネルギー財の輸入総額に占める割合は、その他エネルギー純輸出国では僅か 3.1% にとどまっており、原油の輸出国が同地域に集中していることが示される。

ガスの輸入額がエネルギー財の輸入総額に占める割合は、日本が 14.9% と、アジア諸国の中では最もエネルギー財の輸入総額に占める割合が大きく、EU27 (14.5%) とほぼ同程度である。他の地域では、旧ソ連・東欧諸国で 31.5% と、ガスの輸入額がエネルギー財の輸入総額に占める割合が最も大きい。

石油・石炭製品の輸入額がエネルギー財の輸入総額に占める割合は、ASEAN 純エネルギー輸出国で 70.8%、その他純エネルギー輸出国では 80.6% に達しエネルギー純輸出国で割合が大きくなる傾向がある。先進諸国では米国が 22.3%、EU27 が 30.7% 程度であり、日本は 16.2% と、韓国 (13.1%) に次いで小さな割合となっている。

電力は近隣諸国から輸入を行っているかどうかで、地域によって大きな違いが生じる。旧ソ連・東方諸国 (8.8%)、その他付属書 I 国 (6.6%)、EU27 (4.2%) などの地域では電力輸入の割合が比較的高くなっているが、アジア諸国では総じて比率が低く、日本や韓国などの国では 0% となっている。

表4-23 各国のエネルギー産業の輸入額の内訳 (単位：百万米ドル)

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
石炭	12,496	5,595	2,623	871	1,395	4,758	2,053	16,767	712	2,151	961	10,143
原油	102,651	63,022	78,242	9,095	51,472	66,706	242,551	288,149	1,316	21,464	22,435	98,507
ガス	24,877	8,765	947	630	3,960	3,015	32,133	87,596	5,429	20,256	3,045	15,830
石油・石炭製品	27,052	11,690	24,815	26,124	15,226	12,666	80,111	185,099	34,204	14,794	29,571	102,710
電力	2	2	356	179	396	364	3,116	25,473	764	5,669	3,955	5,699
合計	167,078	89,074	106,983	36,899	72,449	87,509	359,964	603,083	42,424	64,334	59,968	232,889

出所：GTAP 8.1 Data Base

表4-24 各国のエネルギー産業の輸入額の内訳 (単位：%)

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
石炭	7.5%	6.3%	2.5%	2.4%	1.9%	5.4%	0.6%	2.8%	1.7%	3.3%	1.6%	4.4%
原油	61.4%	70.8%	73.1%	24.6%	71.0%	76.2%	67.4%	47.8%	3.1%	33.4%	37.4%	42.3%
ガス	14.9%	9.8%	0.9%	1.7%	5.5%	3.4%	8.9%	14.5%	12.8%	31.5%	5.1%	6.8%
石油・石炭製品	16.2%	13.1%	23.2%	70.8%	21.0%	14.5%	22.3%	30.7%	80.6%	23.0%	49.3%	44.1%
電力	0.0%	0.0%	0.3%	0.5%	0.5%	0.4%	0.9%	4.2%	1.8%	8.8%	6.6%	2.4%
合計	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

出所：GTAP 8.1 Data Base

以上のデータを用いて、表4-25には各国のエネルギー生産高／エネルギー輸入額の比率を示した。この比率の数値が大きいほど、エネルギー輸入への依存度が低いと考えられる。

世界全体で見ると、その他エネルギー純輸出国では30.6とエネルギー輸入への依存度が低く、また旧ソ連・東欧諸国で12.4、その他付属書 I 国でも7.1に達している。一方アジア地域では、中国が最も高く6.7であり、次いでASEANエネルギー純輸出国が4.7であるが、日本は2.2と韓国（1.8）、その他ASEAN諸国は（1.6）をやや上回る程度であり、エネルギー輸入への依存が高いことが示される。

表4-25 各国のエネルギー生産高／エネルギー輸入額の比率

	エネルギー生産高総額	エネルギー輸入総額	エネルギー生産高総額／エネルギー輸入総額
日本	368,377	167,078	2.2
韓国	164,729	89,074	1.8
中国	695,057	106,983	6.5
ASEANエネルギー純輸出国	171,813	36,899	4.7
その他ASEAN諸国	118,758	72,449	1.6
インド	219,112	87,509	2.5
アメリカ合衆国	1,218,377	359,964	3.4
EU27	1,360,420	603,083	2.3
その他エネルギー純輸出国	1,297,911	42,424	30.6
旧ソ連・東欧諸国	797,324	64,334	12.4
その他付属書 I 国	425,007	59,968	7.1
その他地域	638,086	232,889	2.7

出所：GTAP 8.1 Data Baseより筆者作成

3. 各国の産業別輸出額

電力供給制約が生じる場合、産業別の生産高の動向は貿易動向に影響を与え、GDPなどマクロ経済全体にも影響が波及していく。ここでは輸入に加えて産業別の輸出動向を調べることを目的として、表4-26には各国・地域別の産業別の輸出額の内訳と、表4-27にはその比率を示した。また表4-28には各国・地域別の四分類（農林水産業・エネルギー産業・製造業・サービス業）の産業別輸出額の内訳と、表4-29にはその比率を示した。

農林水産業産品が輸出額に占める割合は、最も大きいその他地域で4.4%であり、輸出額全体の中ではいずれの地域においても小さなものにとどまっている。

エネルギー財が輸出額に占める割合は、その他エネルギー純輸出国で最も高く58.8%に達し、次いで旧ソ連・東欧諸国が45.8%に達する。その他付属書 I 国でも17.1%と比較的大き

く、ASEAN エネルギー純輸出国では 14.0%を占める。それ以外の地域を見ると、その他地域で 12.0%を占める以外は、インド (9.0%)、その他 ASEAN 諸国 (8.4%) などと比較的多いが、いずれも 10%以下にとどまり、日本は 1.5%と最も小さな割合である。

製造業製品が輸出額に占める割合は、日本と中国が最も多くてほぼ90%に達し、韓国も約 85%と割合が大きい。ASEANエネルギー純輸出国、その他ASEAN諸国も70%を超えるなど、アジア地域では製造業製品が輸出総額に占める割合が大きい国が多いことが示される。アジア地域の中でインドが56.7%と、比較的小さな割合にとどまっている。アジア諸国以外を見ると、製造業製品が輸出総額に占める割合が70%を超えるのはEU27のみである。

表 4-26 各国の産業別輸出額 (単位：百万米ドル)

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域	合計
農林水産業	732	630	11,445	8,610	5,348	6,303	52,046	93,677	30,451	17,770	29,238	63,551	319,801
エネルギー産業全体	11,044	20,558	25,515	52,352	39,872	18,996	64,893	188,711	733,728	245,779	170,398	173,862	1,745,709
その他鉱物	385	155	2,762	7,685	1,769	10,089	7,653	31,591	10,961	8,640	35,722	75,166	192,578
食料品・飲料	3,150	2,750	24,540	30,934	21,229	9,884	42,838	300,978	37,327	18,925	54,831	77,136	624,523
繊維・繊維製品	8,097	12,638	139,406	22,681	15,317	22,255	16,398	162,651	15,789	6,240	8,280	100,522	530,273
化学・ゴム・プラスチック	90,437	46,891	86,642	36,247	54,426	18,637	180,623	841,866	56,389	37,228	114,207	99,994	1,663,586
窯業・土石	7,370	1,992	20,955	2,770	2,980	2,048	8,858	73,410	6,863	3,857	4,362	11,756	147,221
鉄鋼	30,955	14,871	35,437	4,469	4,038	7,172	17,827	179,962	16,497	42,794	13,874	43,866	411,762
その他金属	18,899	9,173	15,592	10,302	7,482	7,307	33,960	127,892	22,171	30,264	92,231	94,701	469,974
金属製品	11,139	7,414	42,103	3,914	4,390	3,523	22,615	149,423	8,725	4,546	15,091	21,040	293,924
自動車・自動車部品	160,465	47,296	22,348	4,515	16,324	3,696	101,981	627,026	57,640	8,284	73,872	43,229	1,166,674
その他輸送機器	18,321	18,607	17,034	2,502	4,365	1,903	95,777	132,826	6,052	6,967	21,226	17,211	342,790
電子機器	100,165	101,300	267,090	84,929	128,593	1,831	92,935	259,090	52,237	1,979	16,602	126,047	1,232,799
機械・設備	197,482	73,292	206,205	31,862	57,880	10,237	225,027	912,887	65,711	19,222	106,178	113,170	2,019,153
その他製造業	12,785	6,830	169,437	36,862	16,315	20,912	58,024	356,475	21,315	18,264	61,815	69,049	848,083
建設業	9,432	8,714	5,292	2,808	1,407	777	6,161	42,514	4,329	4,237	1,049	4,359	91,078
商業	16,644	2,840	21,941	3,736	13,913	2,538	16,544	128,626	7,752	5,171	20,135	70,535	310,374
陸上輸送	3,813	2,620	12,478	3,115	11,927	7,240	30,344	106,089	23,936	13,765	16,260	50,002	281,589
海上輸送	3,006	1,404	1,342	2,004	5,056	1,712	1,683	51,660	3,234	3,758	8,492	14,630	97,980
航空輸送	7,441	3,524	4,188	6,557	10,099	1,037	27,089	112,899	9,328	7,258	15,509	33,712	238,642
通信業	989	796	2,141	2,674	2,088	2,279	11,093	49,429	8,749	3,481	6,026	9,732	99,476
金融・保険業	6,979	3,655	3,220	2,586	9,982	4,402	63,187	173,863	11,520	2,969	31,507	25,047	338,917
その他サービス業	18,165	14,218	23,306	9,179	34,261	44,500	121,352	505,796	30,024	21,417	64,530	84,760	971,510
政府サービス	4,168	3,259	6,765	1,941	3,090	1,539	64,465	52,440	8,009	3,895	14,916	24,845	189,331
合計	742,064	405,428	1,167,184	375,230	472,150	210,816	1,363,375	5,661,779	1,248,736	536,709	996,350	1,447,925	14,627,746

出所：GTAP 8.1 Data Base

表 4-27 各国の産業別輸出額が輸出額全体に占める割合 (単位：%)

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業	0.1%	0.2%	1.0%	2.3%	1.1%	3.0%	3.8%	1.7%	2.4%	3.3%	2.9%	4.4%
石炭	0.0%	0.0%	0.2%	3.1%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.3%	1.3%	1.9%	0.3%
原油	0.0%	0.0%	0.1%	5.5%	1.0%	0.0%	0.0%	0.4%	45.8%	26.4%	7.8%	8.4%
ガス	0.0%	0.0%	0.0%	3.7%	0.9%	0.0%	0.3%	0.2%	4.4%	6.8%	4.8%	0.3%
石油・石炭製品	1.5%	5.1%	1.8%	1.6%	6.5%	9.0%	4.0%	2.3%	8.2%	10.5%	2.1%	2.6%
電力	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.1%	0.5%	0.0%	0.9%	0.5%	0.3%
その他鉱物	0.1%	0.0%	0.2%	2.0%	0.4%	4.8%	0.6%	0.6%	0.9%	1.6%	3.6%	5.2%
食料品・飲料	0.4%	0.7%	2.1%	8.2%	4.5%	4.7%	3.1%	5.3%	3.0%	3.5%	5.5%	5.3%
繊維・繊維製品	1.1%	3.1%	11.9%	6.0%	3.2%	10.6%	1.2%	2.9%	1.3%	1.2%	0.8%	6.9%
化学・ゴム・プラスチック	12.2%	11.6%	7.4%	9.7%	11.5%	8.8%	13.2%	14.9%	4.5%	6.9%	11.5%	6.9%
窯業・土石	1.0%	0.5%	1.8%	0.7%	0.6%	1.0%	0.6%	1.3%	0.5%	0.7%	0.4%	0.8%
鉄鋼	4.2%	3.7%	3.0%	1.2%	0.9%	3.4%	1.3%	3.2%	1.3%	8.0%	1.4%	3.0%
その他金属	2.5%	2.3%	1.3%	2.7%	1.6%	3.5%	2.5%	2.3%	1.8%	5.6%	9.3%	6.5%
金属製品	1.5%	1.8%	3.6%	1.0%	0.9%	1.7%	1.7%	2.6%	0.7%	0.8%	1.5%	1.5%
自動車・自動車部品	21.6%	11.7%	1.9%	1.2%	3.5%	1.8%	7.5%	11.1%	4.6%	1.5%	7.4%	3.0%
その他輸送機器	2.5%	4.6%	1.5%	0.7%	0.9%	0.9%	7.0%	2.3%	0.5%	1.3%	2.1%	1.2%
電子機器	13.5%	25.0%	22.9%	22.6%	27.2%	0.9%	6.8%	4.6%	4.2%	0.4%	1.7%	8.7%
機械・設備	26.6%	18.1%	17.7%	8.5%	12.3%	4.9%	16.5%	16.1%	5.3%	3.6%	10.7%	7.8%
その他製造業	1.7%	1.7%	14.5%	9.8%	3.5%	9.9%	4.3%	6.3%	1.7%	3.4%	6.2%	4.8%
建設業	1.3%	2.1%	0.5%	0.7%	0.3%	0.4%	0.5%	0.8%	0.3%	0.8%	0.1%	0.3%
商業	2.2%	0.7%	1.9%	1.0%	2.9%	1.2%	1.2%	2.3%	0.6%	1.0%	2.0%	4.9%
陸上輸送	0.5%	0.6%	1.1%	0.8%	2.5%	3.4%	2.2%	1.9%	1.9%	2.6%	1.6%	3.5%
海上輸送	0.4%	0.3%	0.1%	0.5%	1.1%	0.8%	0.1%	0.9%	0.3%	0.7%	0.9%	1.0%
航空輸送	1.0%	0.9%	0.4%	1.7%	2.1%	0.5%	2.0%	2.0%	0.7%	1.4%	1.6%	2.3%
通信業	0.1%	0.2%	0.2%	0.7%	0.4%	1.1%	0.8%	0.9%	0.7%	0.6%	0.6%	0.7%
金融・保険業	0.9%	0.9%	0.3%	0.7%	2.1%	2.1%	4.6%	3.1%	0.9%	0.6%	3.2%	1.7%
その他サービス業	2.4%	3.5%	2.0%	2.4%	7.3%	21.1%	8.9%	8.9%	2.4%	4.0%	6.5%	5.9%
政府サービス	0.6%	0.8%	0.6%	0.5%	0.7%	0.7%	4.7%	0.9%	0.6%	0.7%	1.5%	1.7%
合計	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

出所：GTAP 8.1 Data Base

表 4-28 各国の四産業分類による産業別輸出額 (単位：百万米ドル)

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業産品	732	630	11,445	8,610	5,348	6,303	52,046	93,677	30,451	17,770	29,238	63,551
エネルギー財	11,044	20,558	25,515	52,352	39,872	18,996	64,893	188,711	733,728	245,779	170,398	173,862
製造業製品	659,649	343,211	1,049,550	279,670	335,108	119,493	904,517	4,156,075	377,677	207,211	618,290	892,888
サービス業	70,638	41,029	80,675	34,598	91,821	66,023	341,918	1,223,316	106,880	65,950	178,423	317,624
合計	742,064	405,428	1,167,184	375,230	472,150	210,816	1,363,375	5,661,779	1,248,736	536,709	996,350	1,447,925

出所：GTAP 8.1 Data Base

表 4-29 各国の四産業分類による産業別輸出額が輸出額全体に占める割合 (単位：%)

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業産品	0.1%	0.2%	1.0%	2.3%	1.1%	3.0%	3.8%	1.7%	2.4%	3.3%	2.9%	4.4%
エネルギー財	1.5%	5.1%	2.2%	14.0%	8.4%	9.0%	4.8%	3.3%	58.8%	45.8%	17.1%	12.0%
製造業製品	88.9%	84.7%	89.9%	74.5%	71.0%	56.7%	66.3%	73.4%	30.2%	38.6%	62.1%	61.7%
サービス業	9.5%	10.1%	6.9%	9.2%	19.4%	31.3%	25.1%	21.6%	8.6%	12.3%	17.9%	21.9%
合計	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

出所：GTAP 8.1 Data Base

第五章 災害による電力供給制約が経済に与える影響の分析

1節 災害による電力供給制約が日本のマクロ経済に与える影響の分析

1. 電力産業における生産性の低下と資本ストックの損傷（全体シナリオ）が日本のマクロ経済に与える影響の分析

日本において、第三章で設定したように、災害により全国の電力供給量が▲4.57%減少し、合わせて資本ストックが▲1.1%減少した場合に我が国と各国のマクロ経済に生じる影響について、GTAP-E モデルによる変化率表示のシミュレーション結果を表 5-1 に示した。また表 5-2 には、実額レベルでのシミュレーション結果を示した。

実質 GDP における影響を見ると、GTAP-E モデルによるシミュレーションでは▲0.65%という結果が示される。第二章で見たように、2011 年の日本の実質 GDP の成長率は、2010 年の+4.7%から大きく低下して約▲0.50%となり、2012 年は+1.4%、2013 年は+1.5%と、緩やかな成長を続けている。本論文で使用している GTAP-E モデルは動学分析用のモデルではなく、具体的な時系列の概念は明確にされていないが、電力供給制約という外生条件が発生してからおよそ数年程度程度の期間が対象になるものと考えられる。この期間の範囲で考慮し、またここでは外生条件は震災関係に限定され、2011 年に生じた他の事象は反映されてはいないことを考慮すれば、実質 GDP における▲0.65%の影響という試算結果は、実際に生じた▲0.50%という数値から大きくは乖離していないと言えるだろう。

GTAP-E モデルによるシミュレーションからは、実質輸入への影響は▲0.19%という試算結果が得られる。2011 年の日本の実質輸入成長率は、前年の+11.1%からは+5.9%に低下した後、2012 年は+5.3%、2013 年は+3.4%と、成長率としては低下を続けている。シミュレーション結果では実質輸入への影響は僅かなマイナスの変化率を示しており、2011 年の実績値よりもマイナスの影響が強く出ているが、2011 年以降数年程度の期間の傾向は再現していることが示される。

実質輸出に関しては、影響は▲1.26%という試算結果が得られる。2011 年の日本の実質輸入成長率は、前年の+24.4%からは▲0.4%と大幅に低下した後、2012 年に至っても成長率は▲0.1%と回復せず、2013 年に+1.6%のプラス成長となるというように、その後数年にわたって低迷が続いた。シミュレーション結果では、2011 年の実績値よりもやや大き目のマイナスの影響が得られているが、その後数年程度の期間の日本の実質輸出の傾向は再現していると見られる。

表 5-1 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が各国のマクロ経済に与える影響（全体シナリオ：GTAP-E モデル）（単位：％）

	実質GDP	実質輸入	実質輸出
日本	-0.65	-0.19	-1.26
韓国	0.00	-0.05	0.01
中国	0.00	-0.06	0.00
ASEANエネルギー純輸出国	0.00	-0.02	0.03
その他ASEAN諸国	0.00	-0.02	0.02
インド	0.00	-0.02	0.04
アメリカ合衆国	0.00	-0.05	0.07
EU27	0.00	-0.01	0.04
その他エネルギー純輸出国	0.00	-0.03	0.03
旧ソ連・東欧諸国	0.00	-0.01	0.02
その他付属書 I 国	0.00	-0.01	0.04
その他地域	0.00	-0.03	0.04

出所：筆者作成

表 5-2 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が各国のマクロ経済に与える影響（全体シナリオ：GTAP-E モデル）（単位：百万米ドル）

	実質GDP	実質輸入	実質輸出	等価変分
日本	-28,636	-1,313	-9,966	-20,058
韓国	-34	-208	61	-124
中国	-120	-605	-54	-331
ASEANエネルギー純輸出国	-27	-59	96	-104
その他ASEAN諸国	-19	-85	91	-103
インド	-9	-60	87	-26
アメリカ合衆国	-31	-1,078	1,031	-397
EU27	50	-441	2,465	-178
その他エネルギー純輸出国	-40	-272	397	-247
旧ソ連・東欧諸国	-11	-71	133	-59
その他付属書 I 国	-51	-105	451	-146
その他地域	-23	-376	549	-234

出所：筆者作成

2. 電力産業の生産性の低下（生産性低下シナリオ）が日本のマクロ経済に与える影響の分析

震災などの自然災害が日本の電力供給に影響を与える経路として、本論文では生産性の低下と資本ストックの損傷という二つの外生条件が同時に生じるというシナリオに基づき、シミュレーションで設定している。ここでは、この二つの経路をそれぞれ独立して GTAP-E モデルに与えてシミュレーションを行い、各経路がどのように我が国のマクロ経済に影響を与えるかについて、分析を行うものとする。

日本において、災害により発電設備などに影響が生じて電力産業の生産性が低下し、全国の電力供給量が▲4.57%減少する¹という外生条件を GTAP-E モデルに与えた場合の我が国と各国のマクロ経済に生じる影響について、変化率表示のシミュレーション結果を表 5-3 に示した²。また表 5-4 には、実額レベルでのシミュレーション結果を示した。ここでは、災害による資本ストックの損傷に関しては外生条件は与えていない。

実質 GDP における生産性低下の影響を見ると、GTAP-E モデルによるシミュレーションでは▲0.19%という結果が示され、生産性の低下と資本ストックの損傷の影響を合わせて分析を行った場合の▲0.65%という結果と比較すると、約 30%程度の大きさとなる。

生産性の低下のみを外生条件として与えた場合の大きな特徴は、全体シナリオの場合よりも輸入の減少率が大きくなり、輸出がプラスの傾向を示すということであり、輸入の変化率は▲0.32%、輸出の変化率は+0.84%という試算結果が得られる。このような傾向が見られる理由としては、日本において資本ストックにはマイナスの影響がないという状況で、電力産業の生産性のみが低下したため、電力産業で用いられていた資本が他の産業に向けられ、一部の産業では生産量が増加するということが理由になっていることが考えられる。国内全体で生産は減少し、民間消費も減るため輸入も減少する。このような中で一部の産業では生産が増加して輸出に向けられることにより、輸出量も増加するという動きが生じると見られる。

¹ ここで与える電力産業の生産性の低下率は、全体シナリオにおける低下率である。すなわち、資本ストックが 1.1%減少している場合に電力供給量の▲4.57%の減少をもたらす低下率である。生産性の低下率のみが影響して電力供給量が▲4.57%減少する場合には、電力産業の生産性の低下率はここで与える場合よりもさらに大きくなる。

² 第三章で述べたように、通常の Closure では外生変数である電力産業の生産性を内生変数とし、通常の Closure では内生変数である電力供給量を外生変数とすることにより、電力供給量の減少率を外生条件として与え、電力産業の生産性が低下することにより電力供給量が減少するという動きを、モデル内に取り込むことができる。また、この時得られた電力産業の生産性の低下率を外生条件として、電力供給量が内生変数であるという通常の Closure に戻してシミュレーションを実施しても、同じ試算結果が得られる。

表 5-3 災害による電力産業の生産性の低下が各国のマクロ経済に与える影響
(生産性低下シナリオ：GTAP-E モデル) (単位：%)

	実質GDP	実質輸入	実質輸出
日本	-0.19	-0.32	0.84
韓国	0.00	0.01	-0.02
中国	0.00	0.02	-0.02
ASEANエネルギー純輸出国	0.00	0.00	-0.04
その他ASEAN諸国	0.00	0.00	-0.02
インド	0.00	0.02	-0.04
アメリカ合衆国	0.00	0.04	-0.09
EU27	0.00	0.01	-0.05
その他エネルギー純輸出国	0.00	0.03	-0.04
旧ソ連・東欧諸国	0.00	0.02	-0.02
その他付属書 I 国	0.00	0.01	-0.05
その他地域	0.00	0.02	-0.04

出所：筆者作成

表 5-4 災害による電力産業の生産性の低下が各国のマクロ経済に与える影響
(生産性低下シナリオ：GTAP-E モデル) (単位：百万米ドル)

	実質GDP	実質輸入	実質輸出	等価変分
日本	-8,221	-2,236	6,690	-9,325
韓国	13	59	-95	6
中国	108	233	-274	151
ASEANエネルギー純輸出国	8	-1	-137	46
その他ASEAN諸国	10	-10	-109	14
インド	19	67	-100	32
アメリカ合衆国	22	889	-1,262	297
EU27	-64	491	-2,677	147
その他エネルギー純輸出国	46	322	-446	278
旧ソ連・東欧諸国	26	140	-125	105
その他付属書 I 国	60	123	-493	149
その他地域	37	303	-587	165

出所：筆者作成

3. 資本ストックの損傷（資本ストック損傷シナリオ）が日本のマクロ経済に与える影響の分析

ここでは、震災などの自然災害が日本の電力供給に影響を与える経路のうち、資本ストックの損傷という外生条件のみを GTAP-E モデルに与えてシミュレーションを行い、我が国および各国のマクロ経済にどのような影響を与えるかについて、分析を行う。

日本において、災害の影響により資本ストックの損傷が生じ、全国の資本ストックが▲1.1%減少するという外生条件を GTAP-E モデルに与えた場合の我が国と各国のマクロ経済に生じる影響について、変化率表示のシミュレーション結果を表 5-5 に示した。また表 5-6 には、実額レベルでのシミュレーション結果を示した。ここでは、災害による生産性の低下に関しては外生条件は与えていない。

実質 GDP における生産性低下の影響を見ると、GTAP-E モデルによるシミュレーションでは▲0.47%という結果が示され、生産性の低下と資本ストックの損傷の影響を合わせて分析を行った全体シナリオの場合の▲0.65%という結果と比較すると、約 70%程度の大きさとなる。

資本ストックの損傷のみを外生条件として与えた場合の特徴は、輸入がプラスの傾向を示し、全体シナリオの場合よりも輸出の減少率が大きくなるということであり、輸入の変化率は+0.13%、輸出の変化率は▲2.08%という試算結果が得られる。このような傾向が見られる理由としては、日本全体の資本ストックが減少したため、ほぼ全産業にわたって生産量が減少している³ことが理由になっていることが考えられる。全体的に国内の生産量が減少し、生産性の低下だけが生じた場合と異なり生産高が増える産業がないため、輸入量が増加し、輸出量は減少するという動きが生じると見られる。

自然災害がもたらす電力供給制約という事象においては、全産業に影響を与える資本ストックの損傷という経路と、特定の産業に影響をもたらす電力産業の生産性の低下という経路というように、二つの経路が生じると考えられる。試算結果からは、これらの二つの経路は、それぞれ異なる動きをモデルに与えることが示される。

³第三章で見たように、RORDELTA=1 とすると国際的な資本移動が大きくなる結果として、日本では投資が増加するという動きが生じ、建設業のみは生産高が増加傾向を示す。

表 5-5 資本ストックの損傷が各国のマクロ経済に与える影響 (資本ストック損傷シナリオ : GTAP-E モデル) (単位 : %)

	実質GDP	実質輸入	実質輸出
日本	-0.47	0.13	-2.08
韓国	0.00	-0.07	0.03
中国	-0.01	-0.08	0.02
ASEANエネルギー純輸出国	-0.01	-0.02	0.06
その他ASEAN諸国	0.00	-0.02	0.04
インド	0.00	-0.04	0.08
アメリカ合衆国	0.00	-0.09	0.16
EU27	0.00	-0.02	0.09
その他エネルギー純輸出国	0.00	-0.06	0.07
旧ソ連・東欧諸国	0.00	-0.04	0.04
その他付属書 I 国	0.00	-0.02	0.09
その他地域	0.00	-0.05	0.08

出所 : 筆者作成

表 5-6 資本ストックの損傷が各国のマクロ経済に与える影響 (資本ストック損傷シナリオ : GTAP-E モデル) (単位 : 百万米ドル)

	実質GDP	実質輸入	実質輸出	等価変分
日本	-20,487	931	-16,501	-10,804
韓国	-47	-266	155	-130
中国	-227	-832	218	-485
ASEANエネルギー純輸出国	-36	-58	232	-150
その他ASEAN諸国	-29	-74	198	-118
インド	-28	-126	186	-58
アメリカ合衆国	-52	-1,949	2,279	-690
EU27	112	-924	5,108	-327
その他エネルギー純輸出国	-86	-590	837	-525
旧ソ連・東欧諸国	-36	-209	256	-164
その他付属書 I 国	-111	-226	938	-295
その他地域	-59	-673	1,129	-398

出所 : 筆者作成

2節 災害による電力供給制約が日本の産業別生産高に与える影響の分析

1. 電力産業の生産性の低下と資本ストックの損傷（全体シナリオ）が日本の産業別生産高に与える影響の分析

日本において、全国の電力供給量が▲4.57%減少し、合わせて資本ストックが▲1.1%減少した場合に各国の産業別生産高に生じる影響について、GTAP-E モデルによる変化率表示のシミュレーション結果を表 5-7、実額レベルでのシミュレーション結果を表 5-8 に示した⁴。特に我が国の産業別生産高に生じる影響について、GTAP-E モデルによる変化率表示のシミュレーション結果を図 5-1、実額レベルでのシミュレーション結果を図 5-2 に示した。

試算結果を見ると、日本では原油以外の全産業で生産高が減少し、既に変化率が外生条件として与えられている資本と電力以外では、非鉄金属（▲1.68%）、鉄鋼（▲1.34%）、電子製品（▲1.11%）、化学・ゴム・プラスチック（▲1.08%）などで減少率が大きい。

シミュレーション結果の分析においては、実額の少ない産業では、僅かな変化であっても変化率が大きく表示される場合がある。逆に実額の大きい産業では、変化率としてはあまり大きくなくても、実額では他産業と比較して大きく変化している場合もあるため、変化率と実額ベースの双方における影響の度合を見るのが望ましい。たとえば原油産業は変化率表示で見ると生産高が増加しているが、もともと日本における生産額が少なく、実額ベースの結果を見ると変化は 115 万ドルと、他産業の変化額と比較すると小さなものにとどまっていることが示される。減少額が大きい産業は、その他サービス業（約 102 億米ドル）、商業（約 58 億米ドル）、政府サービス（約 57 億米ドル）などのサービス産業や、機械・設備（約 45 億米ドル）、化学・ゴム・プラスチック（約 43 億米ドル）、電子製品（約 37 億米ドル）、鉄鋼（約 34 億米ドル）などの製造業である。

日本以外の国に関しては、エネルギー産業・製造業の各産業において、日本で生産高が減少するのに対し、僅かではあるが生産が増加する国が多い。

表 5-9 には、GTAP-E モデルによるシミュレーション結果を 4 産業（農林水産業・エネルギー財・製造業製品・サービス業）に分類した結果を、変化率表示と実額表示の双方について示した。変化率表示で最も影響が大きいのはエネルギー産業であり、実額では製造業とサービス産業の双方でほぼ同程度のマイナスの影響が見られることが示される。

⁴資本以外の生産要素は変化しないため、表には掲載していない。

表 5-7 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が各国の産業別生産高に与える影響（全体シナリオ：GTAP-E モデル）
（単位：％）

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
資本	-1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
農林水産業	-0.35	-0.01	-0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01
石炭	-0.33	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.03	0.01	0.00	0.01
原油	0.28	-0.01	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00
ガス	-0.74	-0.02	-0.01	0.03	0.02	0.00	0.01	0.00	0.04	0.01	0.02	0.02
石油・石炭製品	-0.29	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01
電力	-4.57	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01
その他鉱物	-0.58	0.03	0.03	-0.12	-0.13	-0.01	-0.02	0.00	-0.05	0.03	-0.08	-0.09
食料品	-0.50	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
繊維・繊維製品	-0.60	-0.02	-0.04	-0.03	-0.03	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00
化学・ゴム・プラスチック	-1.08	0.08	0.04	0.08	0.08	0.03	0.04	0.04	0.06	0.05	0.06	0.06
窯業	-0.83	0.05	0.00	0.01	0.04	-0.02	0.00	-0.02	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01
鉄鋼	-1.34	0.16	0.07	0.28	0.31	0.07	0.08	0.08	0.10	0.11	0.12	0.14
非鉄金属	-1.68	0.09	0.06	0.05	0.10	0.07	0.06	0.06	0.08	0.06	0.13	0.11
金属製品	-0.73	-0.01	0.02	-0.01	-0.02	0.00	0.02	0.02	0.00	0.01	0.02	0.02
自動車・自動車部品	-0.58	0.00	0.00	0.02	-0.06	0.01	0.03	0.03	0.05	0.05	0.06	0.02
その他輸送機器	-0.92	-0.18	-0.04	-0.01	-0.09	0.00	0.02	0.02	0.03	0.01	0.03	0.01
電子製品	-1.11	0.05	0.04	0.10	0.10	0.05	0.09	0.12	0.17	0.05	0.12	0.14
機械・設備	-1.07	0.05	0.03	0.05	0.01	0.02	0.05	0.05	0.10	0.01	0.08	0.07
その他製造業	-0.77	0.00	-0.01	0.01	-0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
建設業	-0.25	-0.07	-0.04	-0.06	-0.10	-0.03	-0.05	-0.06	-0.06	-0.03	-0.05	-0.07
商業	-0.54	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
陸上輸送	-0.55	0.00	-0.01	0.00	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
海上輸送	-0.30	-0.07	-0.02	-0.01	-0.05	-0.05	-0.01	-0.05	-0.04	-0.01	-0.04	-0.04
航空輸送	-0.53	-0.03	-0.02	-0.01	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.01
通信業	-0.57	-0.01	0.00	0.00	-0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
金融・保険業	-0.58	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
その他サービス業	-0.58	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
政府サービス	-0.48	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

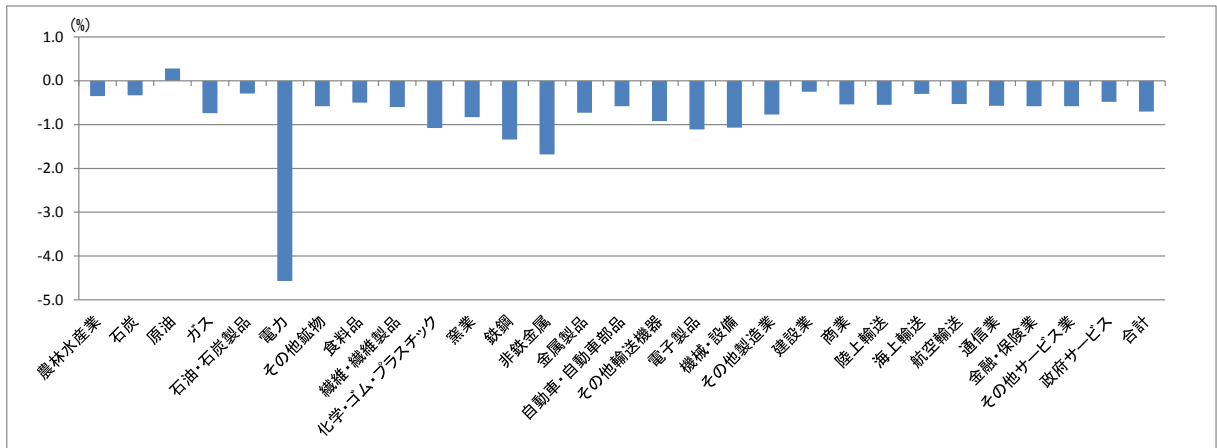
出所：筆者作成

表 5-8 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が各国の産業別生産高に与える影響（全体シナリオ：GTAP-E モデル）
（単位：百万米ドル）

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
資本	-18,241	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
農林水産業	-359	-3	-52	-5	-6	-3	-39	-26	-9	-10	-18	-47
石炭	0	0	4	-1	0	1	2	2	1	2	-1	1
原油	1	0	-19	-10	-1	-2	-6	-5	-75	-21	-8	-8
ガス	-10	0	-1	10	3	0	12	1	48	13	17	5
石油・石炭製品	-617	26	20	2	3	9	33	57	-3	21	4	23
電力	-7,119	10	30	5	3	6	21	57	11	33	17	27
その他鉱物	-48	1	41	-26	-8	-2	-10	-4	-27	10	-61	-134
食料品	-1,479	-3	-28	-5	-6	-1	-7	-19	1	-3	-5	-27
繊維・繊維製品	-246	-9	-186	-15	-10	5	25	27	14	3	4	0
化学・ゴム・プラスチック	-4,275	129	268	88	69	40	390	647	108	43	129	242
窯業	-523	13	-10	2	6	-6	-2	-61	-15	-6	-7	-6
鉄鋼	-3,370	160	311	38	36	38	137	278	81	104	63	221
非鉄金属	-1,267	25	145	8	10	15	91	133	35	38	145	133
金属製品	-849	-6	42	-4	-4	2	67	109	-1	3	15	21
自動車・自動車部品	-2,850	1	7	4	-22	2	147	347	72	21	87	30
その他輸送機器	-441	-46	-33	-1	-9	0	54	74	6	2	16	4
電子製品	-3,716	63	187	109	154	11	476	525	132	7	48	347
機械・設備	-4,533	107	295	26	8	24	505	932	124	13	153	191
その他製造業	-1,631	1	-32	4	-7	2	-8	72	8	7	26	9
建設業	-1,352	-125	-293	-76	-63	-69	-796	-1,626	-330	-91	-281	-375
商業	-5,810	-5	-11	2	-9	0	-52	34	-18	-1	-28	-2
陸上輸送	-1,988	3	-19	0	-13	-2	13	5	-5	-6	1	-11
海上輸送	-198	-15	-22	-1	-16	-8	-5	-102	-7	-3	-18	-25
航空輸送	-161	-5	-6	-2	-6	0	-4	-5	-1	-2	0	-9
通信業	-959	-3	-4	0	-2	1	-14	7	-3	-1	-3	0
金融・保険業	-2,078	-5	3	1	-6	1	-60	1	-1	4	-2	5
その他サービス業	-10,249	-37	-43	-15	-22	5	-60	-276	-17	-3	-52	-27
政府サービス	-5,725	-12	-47	-6	-11	-1	-98	-47	-22	-9	-28	-42
産業合計	-61,855	266	549	131	72	69	809	1,135	108	169	212	546

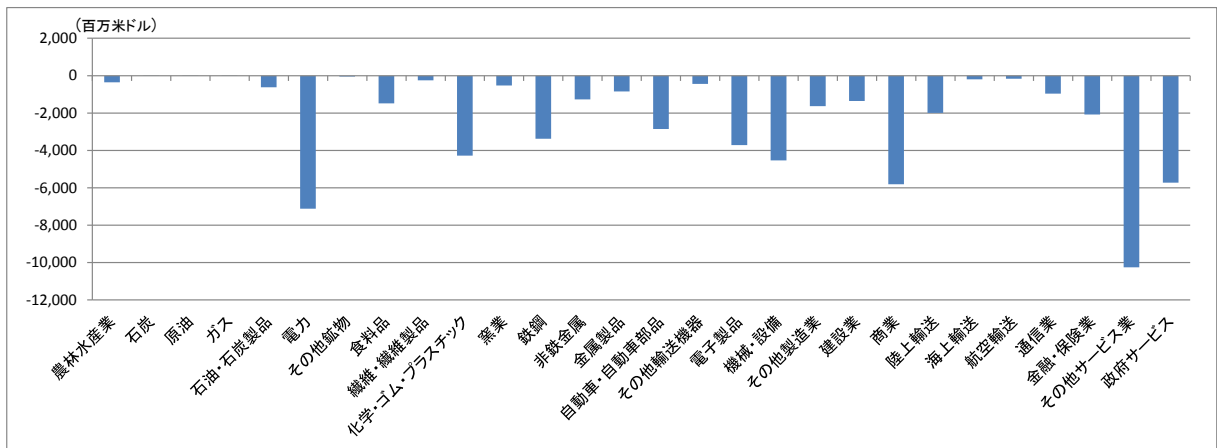
出所：筆者作成

図 5-1 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が日本の産業別生産高に与える影響（全体シナリオ：GTAP-E モデル）（単位：％）



出所：筆者作成

図 5-2 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が日本の産業別生産高に与える影響（全体シナリオ：GTAP-E モデル）（単位：百万米ドル）



出所：筆者作成

表 5-9 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が日本の産業別生産高に与える影響：4産業分類（全体シナリオ：GTAP-E モデル、単位：％、百万米ドル）

	変化率 (%)	変化額 (百万米ドル)
農林水産業合計	-0.35%	-359
エネルギー産業合計	-2.10%	-7,745
製造業製品合計	-0.91%	-25,229
サービス業合計	-0.51%	-28,521
合計	-0.70%	-61,855

出所：筆者作成

2. 電力産業の生産性の低下（生産性低下シナリオ）が日本の産業別生産高に与える影響の分析

日本において、災害の影響により電力産業の生産力が低下し、全国の電力供給量が▲4.57%減少する場合に各国の産業別生産高に生じる影響について、GTAP-E モデルによる変化率表示のシミュレーション結果を表 5-10、実額レベルでのシミュレーション結果を表 5-11 に示した⁵。特に我が国の産業別生産高に生じる影響について、GTAP-E モデルによる変化率表示のシミュレーション結果を図 5-3、実額レベルでのシミュレーション結果を図 5-4 に示した。

試算結果を見ると、日本では全体シナリオでは生産額は極めて小さい原油以外の全産業で生産高が減少していたのに対し、生産性の低下のみを外生条件として与えた場合には、生産高が減少する産業と増加する産業の双方が見られることが特徴としてあげられる。ここでは、電力産業は生産性が低下して電力供給量は減少し、電力を多く使用する産業は影響を受けるが、資本ストックは減少していない。そのため、これまで電力産業で使用されていた資本は他の産業に向けられ、一部の産業では生産高が増加すると考えられる。また、電力供給量が減少したため、電力以外のエネルギー財への需要が高まり、他のエネルギー財では生産高が増加するという傾向が示される。

生産高が減少する産業は、その他鉱物、窯業、鉄鋼、非鉄金属など、TP16 版ではエネルギー集約産業として分類されていた産業が多い。他にも、食料品、金属製品、その他製造業などの製造業、また建設業⁶、商業、陸上輸送、通信業、金融・保険業、その他サービス業、政府サービスなど、多くのサービス業においても生産高が減少する。

表 5-12 には、GTAP-E モデルによるシミュレーション結果を 4 産業（農林水産業・エネルギー財・製造業製品・サービス業）に分類した結果を、変化率表示と実額表示の双方について示した。エネルギー産業全体では電力産業の供給量の影響が大きいため生産高は減少し、またサービス産業全体でも生産高は減少する。その一方で、農林水産業や製造業では、電力産業における生産性が低下して電力供給制約が生じる場合には、一部の産業で生産高が増加し、全体としては増加傾向が示される。

⁵ 既述のように、ここで与える電力産業の生産性の低下率は、全体シナリオにおける低下率である。すなわち、資本ストックが 1.1%減少している場合に電力供給量の▲4.57%の減少をもたらす低下率であり、単独でこの外生値を条件としてモデルに与えた場合には、電力供給量の減少率は▲4.57%には至らない。電力産業の生産性の低下率のみが影響して電力供給量が▲4.57%減少する場合には、電力産業の生産性の低下率はここで与える場合よりもさらに大きくなる。

⁶ GTAP モデルでは建設業はサービス業に分類される。

表 5-10 災害による電力産業の生産性の低下が各国の産業別生産高に与える影響（生産性低下シナリオ：GTAP-E モデル）（単位：％）

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
資本	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
農林水産業	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	-0.02	0.00
石炭	1.38	0.03	0.02	0.09	0.03	0.00	0.00	0.00	-0.02	0.01	0.14	0.02
原油	1.20	0.07	0.03	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02
ガス	2.67	0.10	0.03	0.14	0.16	0.01	0.01	0.04	0.01	0.00	0.02	0.04
石油・石炭製品	0.23	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.01	-0.01	0.00	0.00
電力	-3.69	0.00	0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00
その他鉱物	-0.48	0.03	0.02	0.03	0.03	0.00	0.02	0.02	0.03	0.00	-0.01	0.01
食料品	-0.09	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	-0.02	0.00
繊維・繊維製品	0.38	0.00	-0.02	-0.01	0.04	-0.02	-0.02	-0.02	-0.04	-0.04	-0.03	-0.02
化学・ゴム・プラスチック	0.15	-0.02	-0.01	-0.03	0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.04	-0.04	-0.03	-0.02
窯業	-0.34	0.02	0.03	0.03	0.05	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.04
鉄鋼	-0.12	0.07	0.03	0.08	0.12	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.03
非鉄金属	-0.30	0.05	0.01	0.08	0.13	0.01	-0.01	0.00	-0.03	-0.02	0.01	0.04
金属製品	-0.18	-0.01	0.00	-0.01	-0.07	0.01	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00
自動車・自動車部品	0.52	-0.06	-0.03	-0.11	-0.06	-0.02	-0.06	-0.07	-0.11	-0.10	-0.12	-0.06
その他輸送機器	0.70	0.01	0.01	-0.04	0.02	-0.01	-0.04	-0.04	-0.05	-0.04	-0.06	-0.03
電子製品	0.32	-0.01	-0.05	-0.11	-0.08	-0.04	-0.06	-0.08	-0.15	-0.05	-0.09	-0.13
機械・設備	0.46	-0.06	-0.05	-0.17	-0.09	-0.02	-0.04	-0.04	-0.11	-0.02	-0.08	-0.07
その他製造業	-0.08	0.00	0.01	-0.03	0.01	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	-0.02	-0.01	0.00
建設業	-0.72	0.03	0.03	0.05	0.05	0.03	0.05	0.06	0.07	0.03	0.06	0.07
商業	-0.19	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
陸上輸送	-0.14	0.00	0.01	-0.01	0.02	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
海上輸送	0.24	-0.02	-0.01	-0.03	-0.01	-0.03	-0.01	-0.04	-0.03	-0.02	-0.03	-0.02
航空輸送	0.27	0.00	0.00	-0.02	0.00	-0.01	-0.01	-0.03	-0.03	-0.02	-0.02	-0.02
通信業	-0.11	0.00	0.00	-0.01	0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
金融・保険業	-0.03	0.00	0.00	-0.01	0.01	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	-0.01
その他サービス業	-0.11	0.00	0.00	0.00	0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00
政府サービス	-0.14	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

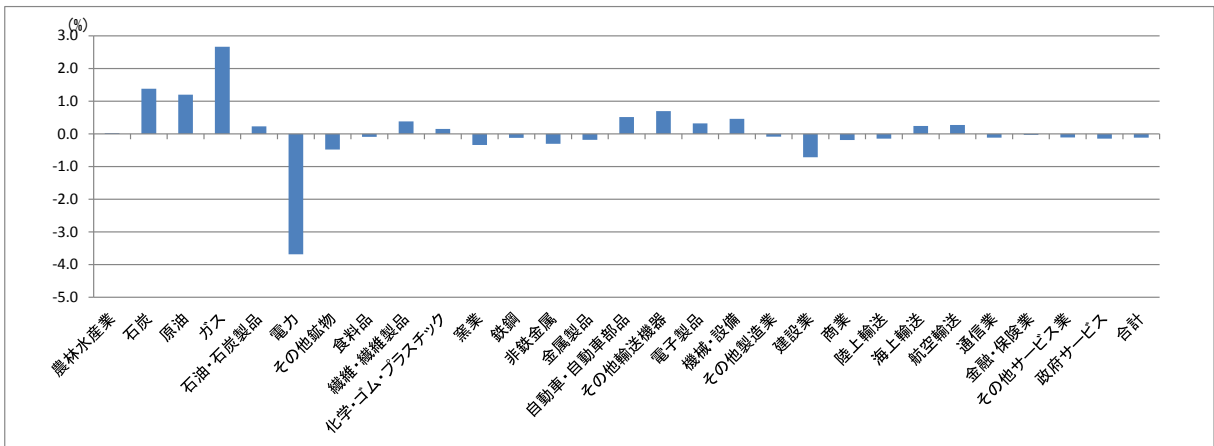
出所：筆者作成

表 5-11 災害による電力産業の生産性の低下が各国の産業別生産高に与える影響（生産性低下シナリオ：GTAP-E モデル）
（単位：百万米ドル）

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
資本	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
農林水産業	25	-1	-16	-5	-2	-5	-43	-21	-19	-12	-29	-5
石炭	1	0	13	14	0	0	1	0	-1	2	37	2
原油	5	0	27	7	2	2	14	6	65	9	13	38
ガス	37	0	2	41	24	1	18	19	8	-2	14	11
石油・石炭製品	482	0	22	-2	3	-1	-39	-93	24	-15	-3	-10
電力	-5,745	0	19	-2	1	1	-4	-20	-3	-12	1	3
その他鉱物	-40	1	23	6	2	0	8	19	20	-1	-6	16
食料品	-265	-3	-40	-8	-6	-7	-44	-66	-18	-13	-50	-21
繊維・繊維製品	155	1	-80	-6	14	-18	-45	-101	-28	-9	-9	-47
化学・ゴム・プラスチック	612	-29	-46	-36	20	-24	-170	-304	-69	-34	-66	-79
窯業	-215	6	81	6	6	9	29	123	24	6	13	43
鉄鋼	-297	73	120	11	14	12	-6	16	8	7	-1	51
非鉄金属	-228	15	22	13	12	2	-7	-3	-14	-14	9	48
金属製品	-211	-4	-9	-4	-11	3	-28	-22	-4	-3	-7	0
自動車・自動車部品	2,554	-75	-92	-22	-24	-8	-320	-780	-151	-40	-164	-101
その他輸送機器	334	2	7	-5	2	-3	-104	-122	-10	-6	-27	-14
電子製品	1,076	-13	-233	-119	-128	-9	-326	-367	-117	-7	-35	-311
機械・設備	1,950	-118	-410	-79	-77	-22	-378	-729	-131	-18	-148	-187
その他製造業	-175	1	41	-23	3	-6	25	-80	-15	-16	-31	-12
建設業	-3,929	51	275	61	34	73	837	1,711	355	98	310	375
商業	-2,002	-8	-33	-16	-9	4	59	-117	12	7	17	-50
陸上輸送	-526	1	17	-3	9	5	-17	-94	-7	0	-7	-7
海上輸送	161	-4	-11	-5	-2	-5	-3	-85	-6	-4	-13	-12
航空輸送	83	0	-1	-5	0	0	-34	-73	-8	-7	-11	-20
通信業	-191	0	4	-1	2	-2	7	-22	-1	-1	-1	-5
金融・保険業	-96	3	-3	-3	7	-2	5	-105	-10	-6	-10	-22
その他サービス業	-1,917	12	4	4	11	-23	-113	127	-8	-13	20	-20
政府サービス	-1,683	0	24	3	4	2	15	23	20	10	21	26
産業合計	-10,048	-89	-275	-179	-88	-20	-663	-1,161	-82	-95	-164	-310

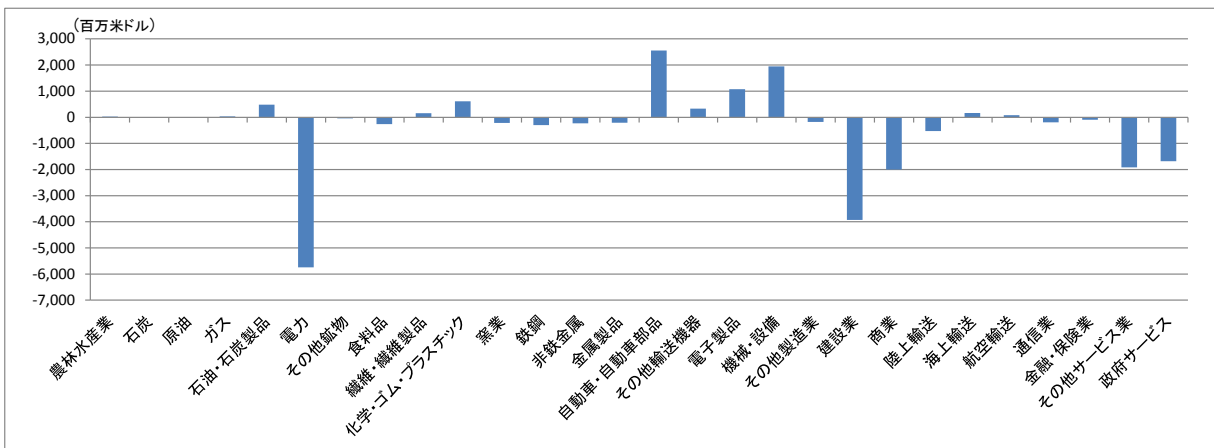
出所：筆者作成

図 5-3 災害による電力産業の生産性の低下が日本の産業別生産高に与える影響
(生産性低下シナリオ：GTAP-E モデル) (単位：%)



出所：筆者作成

図 5-4 災害による電力産業の生産性の低下が日本の産業別生産高に与える影響
(生産性低下シナリオ：GTAP-E モデル) (単位：百万米ドル)



出所：筆者作成

表 5-12 災害による電力産業の生産性低下が日本の産業別生産高に与える影響：4産業分類 (生産性低下シナリオ：GTAP-E モデル、単位：%、百万米ドル)

	変化率 (%)	変化額 (百万米ドル)
農林水産業合計	0.03%	25
エネルギー産業合計	-1.42%	-5,220
製造業製品合計	0.19%	5,248
サービス業合計	-0.18%	-10,102
合計	-0.11%	-10,048

出所：筆者作成

3. 資本ストックの損傷（資本ストック損傷シナリオ）が日本の産業別生産高に与える影響の分析

日本において、資本ストックが▲1.1%減少した場合に各国の産業別生産高に生じる影響について、GTAP-E モデルによる変化率表示のシミュレーション結果を表 5-13、実額レベルでのシミュレーション結果を表 5-14 に示した。特に我が国の産業別生産高に生じる影響について、GTAP-E モデルによる変化率表示のシミュレーション結果を図 5-5、実額レベルでのシミュレーション結果を図 5-6 に示した。

試算結果を見ると、日本では建設業⁷以外の全産業で生産高が減少し、変化率が大きいのは石炭（▲1.67%）、ガス（▲3.35%）などのエネルギー財や、化学・ゴム・プラスチック（▲1.23%）、鉄鋼（▲1.22%）、非鉄金属（▲1.38%）、自動車・自動車部品（▲1.08%）、その他輸送機器（▲1.60%）、電子製品（▲1.42%）、機械・設備（▲1.52%）などの製造業の産業である。日本で生産が減少する製造業の産業は、他の国では生産が増加している場合が多く見られる。

実額ベースでの結果を見ても、減少額が大きい産業は、石油・石炭製品（約 11 億米ドル）などのエネルギー財や、食料品（約 12 億米ドル）、化学・ゴム・プラスチック（約 49 億米ドル）、鉄鋼（約 31 億米ドル）、非鉄金属（約 10 億米ドル）、自動車・自動車部品（約 54 億米ドル）、電子製品（約 48 億米ドル）、機械・設備（約 64 億米ドル）、その他製造業（約 15 億米ドル）などの製造業の産業である。サービス産業では、商業（約 38 億米ドル）、陸上輸送（約 15 億米ドル）、金融・保険業（約 20 億米ドル）、政府サービス（約 41 億米ドル）であるが、その他サービス業では極めて減少額が大きく、約 84 億ドルにも達する。

表 5-15 には、GTAP-E モデルによるシミュレーション結果を 4 産業（農林水産業・エネルギー財・製造業製品・サービス業）に分類した結果を、変化率表示と実額表示の双方について示した。試算結果によると、資本ストックが▲1.1%減少した場合には、変化率表示・実額表示での双方で最も影響が大きく見られるのが製造業の各産業である。

このように、自然災害の影響による電力供給制約においては、電力産業の生産力低下と資本ストックの損傷の双方を要因とするというシナリオを設定しているが、シミュレーションの結果からは、これらの二つの影響はそれぞれ異なった発現の経路をたどることが示される。

⁷ 建設業で生産高が増加するのは、RORDELTA=1 とすると、期待資本収益率が世界各地で一致するために国際的な資本移動が大きくなる結果として、日本では投資が増加するという動きが生じるためである。

表 5-13 資本ストックの損傷が各国の産業別生産高に与える影響（資本ストック損傷シナリオ：GTAP-E モデル）

（単位：％）

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
資本	-1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
農林水産業	-0.38	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	-0.01
石炭	-1.67	-0.02	-0.01	-0.10	-0.02	0.00	0.00	0.01	0.04	0.00	-0.15	0.00
原油	-0.91	-0.08	-0.06	-0.04	-0.03	-0.03	-0.02	-0.02	-0.02	-0.01	-0.02	-0.02
ガス	-3.35	-0.12	-0.04	-0.11	-0.14	-0.01	0.00	-0.03	0.03	0.01	0.00	-0.02
石油・石炭製品	-0.52	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	-0.01	0.02	0.01	0.01
電力	-0.91	0.02	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01
その他鉱物	-0.11	0.00	0.02	-0.15	-0.16	-0.01	-0.04	-0.02	-0.08	0.04	-0.07	-0.10
食料品	-0.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00
繊維・繊維製品	-0.98	-0.03	-0.02	-0.02	-0.07	0.03	0.03	0.03	0.05	0.05	0.04	0.02
化学・ゴム・プラスチック	-1.23	0.10	0.05	0.12	0.05	0.06	0.06	0.06	0.09	0.09	0.09	0.07
窯業	-0.49	0.03	-0.03	-0.02	0.00	-0.04	-0.02	-0.05	-0.05	-0.03	-0.04	-0.05
鉄鋼	-1.22	0.09	0.04	0.20	0.19	0.05	0.09	0.07	0.09	0.11	0.12	0.11
非鉄金属	-1.38	0.04	0.05	-0.03	-0.03	0.06	0.07	0.06	0.11	0.08	0.12	0.07
金属製品	-0.55	0.00	0.02	0.00	0.05	0.00	0.03	0.02	0.01	0.02	0.03	0.02
自動車・自動車部品	-1.08	0.06	0.04	0.12	0.00	0.03	0.08	0.10	0.16	0.15	0.19	0.08
その他輸送機器	-1.60	-0.19	-0.04	0.03	-0.11	0.01	0.06	0.06	0.07	0.05	0.09	0.04
電子製品	-1.42	0.06	0.09	0.20	0.18	0.08	0.16	0.20	0.31	0.10	0.20	0.27
機械・設備	-1.52	0.10	0.08	0.22	0.10	0.05	0.09	0.09	0.21	0.03	0.16	0.14
その他製造業	-0.69	0.00	-0.01	0.04	-0.02	0.01	0.00	0.01	0.02	0.03	0.02	0.01
建設業	0.46	-0.10	-0.07	-0.11	-0.15	-0.06	-0.10	-0.12	-0.13	-0.06	-0.11	-0.14
商業	-0.36	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	-0.01	0.00	-0.01	0.00
陸上輸送	-0.40	0.00	-0.01	0.01	-0.04	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
海上輸送	-0.54	-0.05	-0.01	0.02	-0.05	-0.02	0.00	-0.01	0.00	0.00	-0.01	-0.02
航空輸送	-0.80	-0.03	-0.02	0.01	-0.02	0.01	0.01	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01
通信業	-0.46	-0.01	-0.01	0.01	-0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
金融・保険業	-0.55	-0.01	0.00	0.01	-0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
その他サービス業	-0.47	-0.02	-0.01	-0.01	-0.02	0.02	0.00	-0.01	0.00	0.00	-0.01	0.00
政府サービス	-0.34	0.00	-0.01	-0.02	-0.02	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01

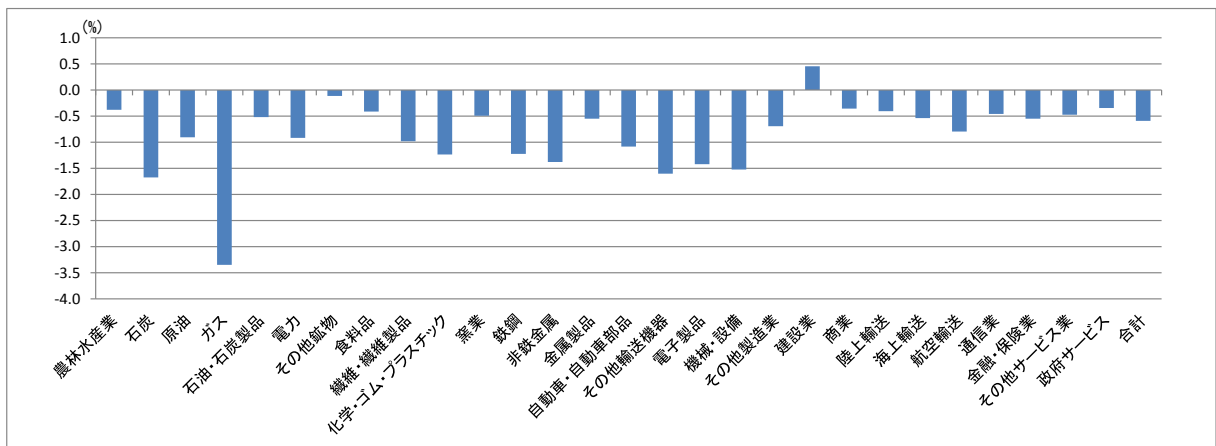
出所：筆者作成

表 5-14 資本ストックの損傷が各国の産業別生産高に与える影響（資本ストック損傷シナリオ：GTAP-E モデル）（単位：百万米ドル）

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
資本	-18,241	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
農林水産業	-385	-1	-35	0	-4	2	3	-5	10	1	11	-41
石炭	-1	0	-9	-15	0	0	1	2	2	0	-38	0
原油	-4	0	-45	-17	-3	-4	-20	-11	-140	-30	-21	-46
ガス	-47	0	-2	-30	-21	-1	-6	-17	40	16	3	-5
石油・石炭製品	-1,096	26	-2	4	0	10	72	149	-27	36	7	33
電力	-1,425	10	11	7	2	5	25	77	14	46	16	24
その他鉱物	-9	0	19	-33	-10	-2	-18	-23	-46	11	-55	-151
食料品	-1,217	0	12	3	0	6	37	48	18	10	45	-6
繊維・繊維製品	-399	-10	-106	-8	-24	23	69	127	42	12	12	46
化学・ゴム・プラスチック	-4,874	158	313	124	49	64	557	948	176	77	195	319
窯業	-312	7	-90	-4	0	-14	-31	-182	-39	-12	-20	-49
鉄鋼	-3,076	88	193	27	22	27	142	263	74	97	64	171
非鉄金属	-1,041	11	123	-5	-2	13	98	136	49	52	136	85
金属製品	-642	-2	50	0	7	-1	94	130	3	5	22	21
自動車・自動車部品	-5,361	75	97	26	1	9	463	1,117	221	61	249	129
その他輸送機器	-764	-48	-40	4	-11	3	155	192	16	8	42	17
電子製品	-4,770	77	416	226	279	19	797	886	248	14	83	654
機械・設備	-6,435	222	696	104	85	46	874	1,643	253	31	298	373
その他製造業	-1,461	0	-72	27	-10	8	-33	152	23	23	57	21
建設業	2,500	-175	-564	-136	-97	-141	-1,621	-3,314	-681	-188	-587	-745
商業	-3,834	3	21	17	0	-4	-110	150	-30	-7	-46	48
陸上輸送	-1,469	2	-36	4	-21	-7	30	98	3	-5	8	-4
海上輸送	-357	-10	-10	4	-14	-3	-2	-17	-1	1	-5	-13
航空輸送	-243	-5	-5	3	-6	0	30	67	7	5	11	11
通信業	-771	-3	-7	1	-4	3	-21	29	-2	0	-2	5
金融・保険業	-1,981	-7	6	4	-12	3	-64	105	9	10	7	26
その他サービス業	-8,358	-48	-46	-19	-32	28	54	-400	-10	11	-72	-6
政府サービス	-4,053	-12	-71	-9	-15	-3	-112	-70	-42	-19	-48	-67
産業合計	-51,885	353	817	308	158	88	1,461	2,280	189	263	374	851

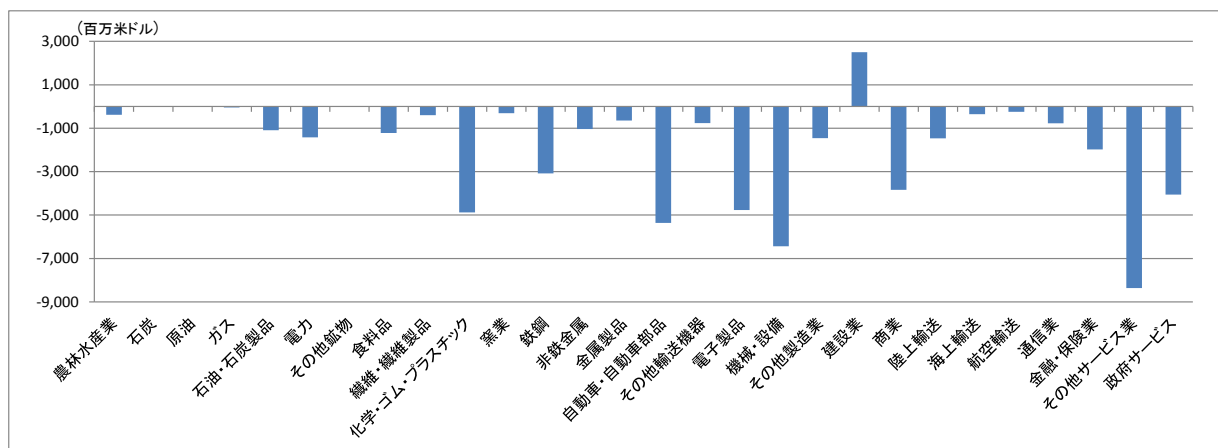
出所：筆者作成

図 5-5 資本ストックの損傷が日本の産業別生産高に与える影響（資本ストック損傷シナリオ：GTAP-E モデル）
（単位：％）



出所：筆者作成

図 5-6 資本ストックの損傷が日本の産業別生産高に与える影響（資本ストック損傷シナリオ：GTAP-E モデル）
（単位：百万米ドル）



出所：筆者作成

表 5-15 資本ストックの損傷が日本の産業別生産高に与える影響：4産業分類（資本ストック損傷シナリオ：GTAP-E モデル、単位：％、百万米ドル）

	変化率 (%)	変化額 (百万米ドル)
農林水産業合計	-0.38%	-385
エネルギー産業合計	-0.70%	-2,572
製造業製品合計	-1.10%	-30,361
サービス業合計	-0.33%	-18,566
合計	-0.59%	-51,885

出所：筆者作成

3節 災害による電力供給制約が日本の民間消費に与える影響の分析

1. 電力産業の生産性の低下と資本ストックの損傷（全体シナリオ）が日本の民間消費に与える影響の分析

日本において、全国の電力供給量が▲4.57%減少し、合わせて資本ストックが▲1.1%減少した場合に各国の民間消費に生じる影響について、GTAP-E モデルによる変化率表示のシミュレーション結果を表 5-16、実額レベルでのシミュレーション結果を表 5-17 に示した。特に我が国の財別民間消費に生じる影響について、GTAP-E モデルによる変化率表示のシミュレーション結果を図 5-7、実額レベルでのシミュレーション結果を図 5-8 に示した。

GTAP-E モデルによる分析の試算結果によると、日本では電力は▲5.0%と、供給量よりもさらに消費額の減少率は大きく、電力以外のエネルギー財（石炭、原油、ガス、石油・石炭製品）以外のすべての産業において、▲0.1～▲0.8%程度の範囲で消費が減少する。そして石炭、原油、ガス、石油・石炭製品に関しては、+0.1～+0.2%程度の範囲で、僅かに消費が増加する。

金額ベースで見ると、特に民間消費の場合はサービス産業の消費額への影響が大きい。最も減少額が大きいその他サービス業では、消費の減少額は約 45 億米ドルに達し、商業では約 29 億ドル減少することが示される。電力消費の減少額は約 21 億米ドルとなる。製造業品では、家計消費額が最も多い食料品が大きく減少し、減少額は約 9 億米ドルに達するという結果が示される。また、変化率表示で見た場合には増加傾向を示した電力以外のエネルギー財においても、金額で見た場合には石炭や原油ではゼロであり、ガスや石油・石炭製品の増加額も合計で約 3,900 万米ドルと、減少額に比較すると非常に小規模にとどまることが示される。

表 5-18 には、GTAP-E モデルによるシミュレーション結果を 4 産業（農林水産業・エネルギー財・製造業製品・サービス業）に分類した結果を、変化率表示と実額表示の双方について示した。変化率表示で最も影響が大きいのはエネルギー産業であり、次いで大きいのがサービス業である。実額ではサービス産業における減少額が、減少額全体の約 72%を占めるほどの割合に達する。

表 5-16 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が各国の民間消費に与える影響（全体シナリオ：GTAP-E モデル）
（単位：％）

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業	-0.13	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
石炭	0.21	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02	-0.01	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	-0.01
原油	0.22	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
ガス	0.14	-0.01	0.00	-0.02	-0.02	-0.01	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00
石油・石炭製品	0.10	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
電力	-4.99	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	-0.01	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	-0.01
その他鉱物	-0.61	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00
食料品	-0.42	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
繊維・繊維製品	-0.38	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00
化学・ゴム・プラスチック	-0.56	-0.03	-0.01	-0.02	-0.02	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.01	-0.01
窯業	-0.66	-0.08	-0.01	-0.02	-0.03	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.01	-0.01
鉄鋼	-0.76	-0.04	-0.06	-0.04	-0.07	-0.02	-0.02	0.00	-0.03	-0.01	-0.03	-0.02
非鉄金属	-0.53	-0.04	-0.02	-0.02	-0.02	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.01	-0.01
金属製品	-0.51	-0.03	-0.01	-0.02	-0.04	0.00	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
自動車・自動車部品	-0.48	-0.02	-0.01	-0.02	-0.04	0.00	-0.02	-0.01	-0.02	-0.02	-0.02	-0.01
その他輸送機器	-0.41	-0.03	-0.01	-0.02	-0.02	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
電子製品	-0.53	-0.03	-0.02	-0.02	-0.03	-0.01	-0.02	-0.01	-0.02	-0.01	-0.02	-0.02
機械・設備	-0.44	-0.03	-0.01	-0.02	-0.04	0.00	-0.01	-0.01	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01
その他製造業	-0.47	-0.02	-0.01	-0.01	-0.02	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.01	-0.01
建設業	-0.39	-0.02	-0.01	-0.02	-0.02	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.01	-0.01
商業	-0.52	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	-0.01
陸上輸送	-0.49	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00
海上輸送	-0.45	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00
航空輸送	-0.43	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.01	-0.01
通信業	-0.56	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00
金融・保険業	-0.53	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	-0.01
その他サービス業	-0.59	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	-0.01
政府サービス	-0.47	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00

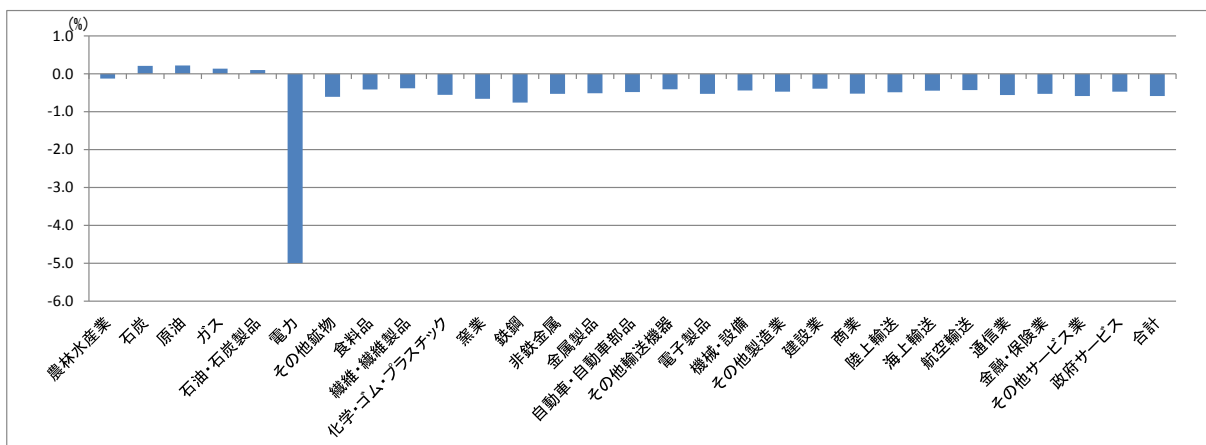
出所：筆者作成

表 5-17 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が各国の民間消費に与える影響（全体シナリオ：GTAP-E モデル）
（単位：百万米ドル）

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業	-39	0	-3	-2	-1	-1	0	0	-4	-1	0	0
石炭	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
原油	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ガス	3	0	0	0	0	0	-1	0	-1	-1	0	0
石油・石炭製品	36	0	0	-1	-1	0	1	5	-2	0	-1	0
電力	-2,108	-1	-4	-1	-1	-1	-4	-1	-3	-2	-1	0
その他鉱物	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
食料品	-909	-2	-7	-4	-3	-1	-6	-2	-12	-2	-3	0
繊維・繊維製品	-93	-2	-3	-1	-1	-1	-10	-6	-4	-1	-2	0
化学・ゴム・プラスチック	-173	-4	-2	-3	-2	0	-20	-8	-7	-1	-3	0
窯業	-14	0	0	0	0	0	-1	0	-1	0	0	0
鉄鋼	0	0	0	0	0	0	0	0	-2	0	0	0
非鉄金属	-5	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0
金属製品	-17	0	0	0	0	0	-2	-1	-1	0	0	0
自動車・自動車部品	-229	-3	-2	-3	-2	0	-46	-27	-13	-5	-14	0
その他輸送機器	-4	0	-1	-1	0	0	-3	-2	-2	0	-1	0
電子製品	-279	-4	-2	-1	-1	0	-17	-11	-5	0	-2	0
機械・設備	-56	-2	-2	-2	-1	0	-21	-10	-4	-1	-3	0
その他製造業	-117	-2	-3	-1	-2	0	-18	-8	-5	-1	-3	0
建設業	0	0	-1	-1	0	0	0	-1	-1	0	0	0
商業	-2,913	-11	-13	-7	-10	-2	-35	-18	-19	-7	-16	0
陸上輸送	-530	-2	-2	-1	-2	-1	-2	2	-7	-2	-2	0
海上輸送	-10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
航空輸送	-82	-1	0	-1	-1	0	0	0	-1	0	-1	0
通信業	-389	-2	-3	-1	-1	0	-8	-2	-3	-1	-2	0
金融・保険業	-552	-4	-5	-2	-2	-1	-20	-3	-5	0	-4	0
その他サービス業	-4,519	-13	-14	-11	-8	-2	-64	-12	-23	-4	-18	0
政府サービス	-1,081	-7	-10	-2	-2	-1	-42	-4	-7	-1	-6	0
合計	-14,079	-62	-80	-47	-42	-11	-318	-110	-133	-32	-85	0

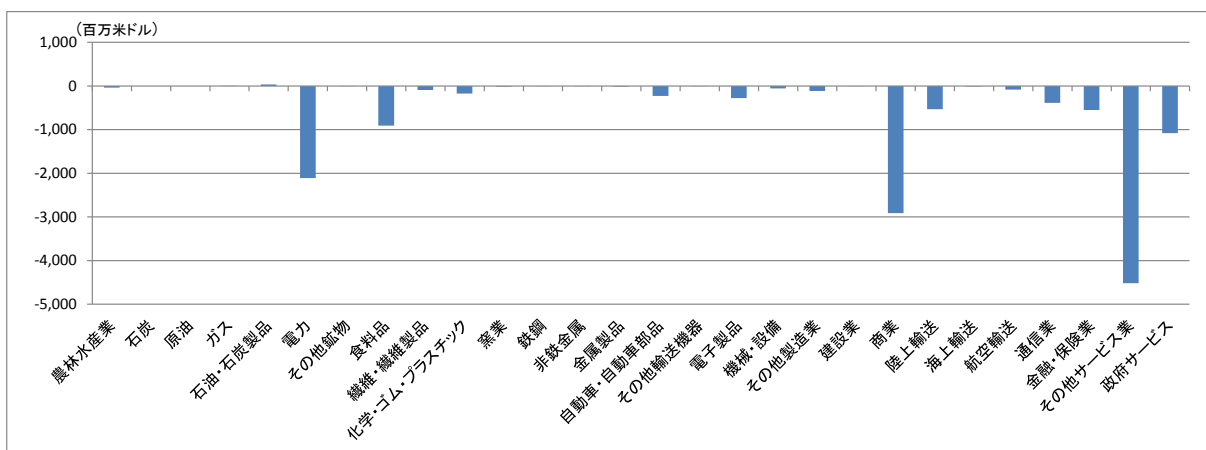
出所：筆者作成

図 5-7 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が日本の民間消費に与える影響（全体シナリオ：GTAP-E モデル）（単位：%）



出所：筆者作成

図 5-8 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が日本の民間消費に与える影響（全体シナリオ：GTAP-E モデル）（単位：百万米ドル）



出所：筆者作成

表 5-18 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が日本の民間消費に与える影響：4産業分類（全体シナリオ：GTAP-E モデル、単位：%、百万米ドル）

	変化率 (%)	変化額 (百万米ドル)
農林水産業合計	-0.13%	-39
エネルギー産業合計	-2.56%	-2,069
製造業製品合計	-0.45%	-1,895
サービス業合計	-0.54%	-10,076
合計	-0.59%	-14,079

出所：筆者作成

2. 電力産業の生産性の低下(生産性低下シナリオ)が日本の民間消費に与える影響の分析

日本において、災害の影響により電力産業の生産力が低下し、全国の電力供給量が▲4.57%減少する場合に各国の民間消費に生じる影響について、GTAP-E モデルによる変化率表示のシミュレーション結果を表 5-19、実額レベルでのシミュレーション結果を表 5-20 に示した。特に我が国の民間消費に生じる影響について、GTAP-E モデルによる変化率表示のシミュレーション結果を図 5-9、実額レベルでのシミュレーション結果を図 5-10 に示した。

GTAP-E モデルによる分析の試算結果によると、日本では電力は▲4.7%と、供給量とほぼ同程度に消費額が減少することが示される。電力以外のエネルギー財(石炭、原油、ガス、石油・石炭製品)以外のすべての産業において消費が減少するという傾向は、全体シナリオの場合と同じであり、▲0.1~▲0.6%程度の範囲で消費額は減少する。石炭、原油は+0.1%程度消費額が増加し、ガスの伸び率は全体シナリオの場合よりもやや高く+0.3%となり、石油・石炭製品の伸び率は0%である。

金額ベースで見ると、電力産業の生産力が低下する場合にもサービス産業の消費額は大きく減少するが、全体シナリオの場合よりも影響は少ない。全産業を通じて、最も消費の減少額が大きくなるのは電力であり、約 20 億米ドルに達する。次いで消費が大きく減少するのが商業(約 12 億米ドル)である。製造業品では、家計消費額が最も多い食料品が大きく減少し、減少額は約 5 億米ドルに達するという結果が示される。電力以外のエネルギー財においては、金額で見た場合には石炭や原油ではゼロであり、ガスの消費の増加額が全体シナリオよりも多く、700 万米ドル程度に達し、石油・石炭製品と合わせた増加額は約 2,100 万米ドルとなる。

表 5-21 には、GTAP-E モデルによる生産性低下シナリオのシミュレーション結果を 4 産業(農林水産業・エネルギー財・製造業製品・サービス業)に分類した結果を、変化率表示と実額表示の双方について示した。変化率表示で最も影響が大きいのはエネルギー産業であり、次いで大きいのは製造業製品である。実額ではサービス産業における減少額が最も大きい。減少額全体の約 51%を占めるほどの割合であり、全体シナリオの場合よりは比率は小さくなる。

表 5-19 災害による電力産業の生産性の低下が各国の民間消費に与える影響(生産性低下シナリオ：GTAP-E モデル) (単位：%)

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業	-0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
石炭	0.10	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
原油	0.09	-0.02	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01
ガス	0.28	-0.02	0.00	-0.01	-0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
石油・石炭製品	0.04	-0.02	-0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
電力	-4.65	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01
その他鉱物	-0.39	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00
食料品	-0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
繊維・繊維製品	-0.37	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00
化学・ゴム・プラスチック	-0.39	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00
窯業	-0.46	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00
鉄鋼	-0.55	-0.01	-0.01	0.00	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
非鉄金属	-0.48	-0.02	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
金属製品	-0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00
自動車・自動車部品	-0.28	0.01	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.01	0.03	0.03	0.03	0.01
その他輸送機器	-0.38	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
電子製品	-0.35	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01
機械・設備	-0.40	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01
その他製造業	-0.38	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00
建設業	-0.42	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
商業	-0.21	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
陸上輸送	-0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
海上輸送	-0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00
航空輸送	-0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
通信業	-0.14	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
金融・保険業	-0.12	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
その他サービス業	-0.13	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
政府サービス	-0.22	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00

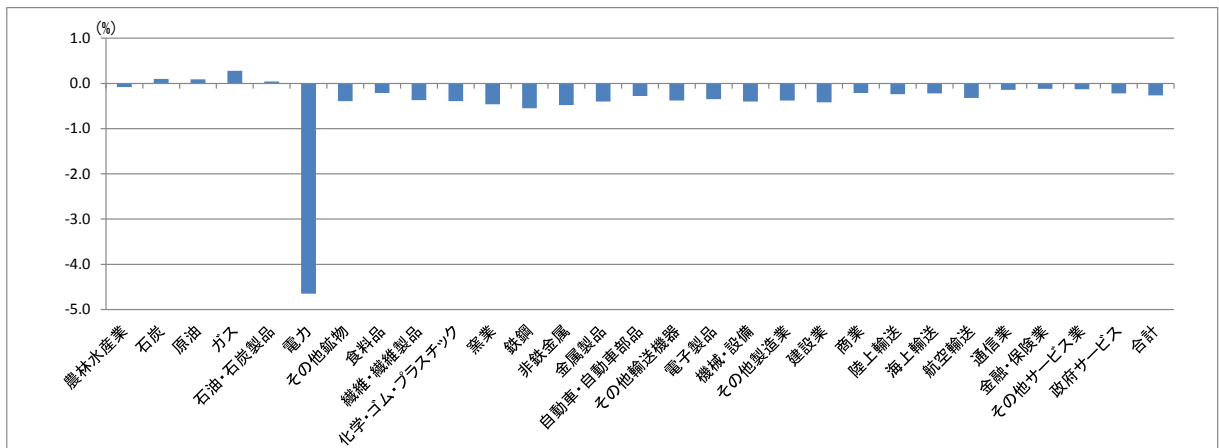
出所：筆者作成

表 5-20 災害による電力産業の生産性の低下が各国の民間消費に与える影響(生産性低下シナリオ：GTAP-E モデル) (単位：百万米ドル)

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書1国	その他地域
農林水産業	-23	0	5	2	0	3	1	1	7	3	1	0
石炭	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
原油	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ガス	7	0	0	0	0	0	0	-1	0	1	0	0
石油・石炭製品	14	-2	-2	0	-1	0	-10	-9	3	1	0	0
電力	-1,963	0	3	1	0	1	2	1	3	4	1	0
その他鉱物	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
食料品	-457	0	7	3	0	2	15	7	17	7	7	0
繊維・繊維製品	-90	0	2	1	0	1	10	9	6	3	3	0
化学・ゴム・プラスチック	-122	0	1	1	0	0	7	2	7	2	2	0
窯業	-10	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
鉄鋼	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
非鉄金属	-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
金属製品	-13	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
自動車・自動車部品	-133	1	1	2	1	0	60	35	18	9	19	0
その他輸送機器	-4	0	0	0	0	0	3	2	2	0	1	0
電子製品	-183	1	1	1	0	0	11	8	4	0	2	0
機械・設備	-50	0	1	1	0	0	14	8	4	2	3	0
その他製造業	-95	0	2	1	0	0	13	7	6	2	4	0
建設業	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
商業	-1,161	3	10	4	2	4	25	22	23	11	17	0
陸上輸送	-262	0	2	0	0	2	-1	-4	9	3	2	0
海上輸送	-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
航空輸送	-61	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1	0
通信業	-96	1	2	0	0	0	6	2	4	1	2	0
金融・保険業	-121	1	4	1	0	1	17	6	7	1	5	0
その他サービス業	-1,027	3	10	5	2	3	52	16	28	7	18	0
政府サービス	-492	1	7	1	0	2	28	4	8	3	7	0
合計	-6,353	9	58	23	5	21	253	118	161	62	94	0

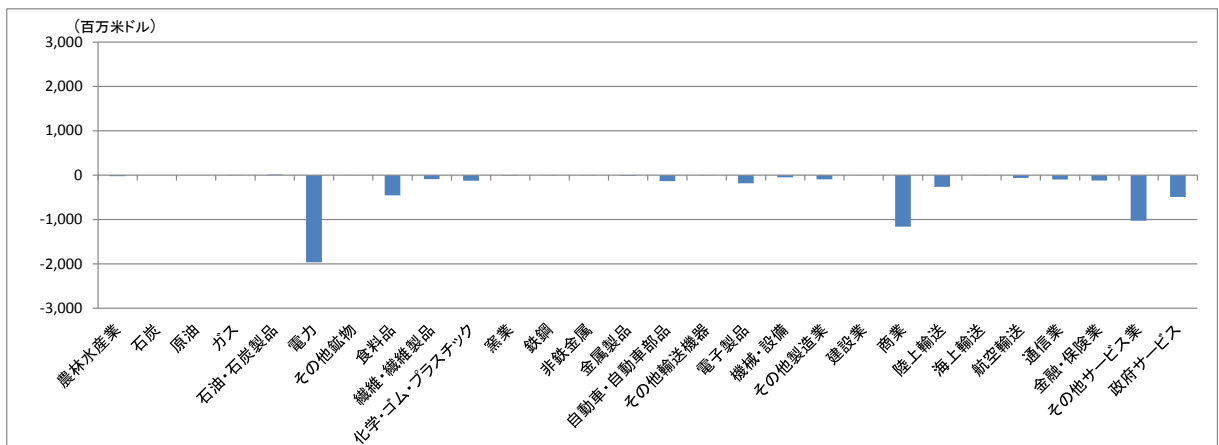
出所：筆者作成

図 5-9 災害による電力産業の生産性の低下が日本の民間消費に与える影響(生産性低下シナリオ：GTAP-E モデル) (単位：%)



出所：筆者作成

図 5-10 災害による電力産業の生産性の低下が日本の民間消費に与える影響(生産性低下シナリオ：GTAP-E モデル) (単位：百万米ドル)



出所：筆者作成

表 5-21 災害による電力産業の生産性低下が日本の民間消費に与える影響：4産業分類(生産性低下シナリオ：GTAP-E モデル、単位：%、百万米ドル)

	変化率 (%)	変化額(百万米ドル)
農林水産業合計	-0.08%	-23
エネルギー産業合計	-2.40%	-1,943
製造業製品合計	-0.28%	-1,161
サービス業合計	-0.17%	-3,226
合計	-0.27%	-6,353

出所：筆者作成

3. 資本ストックの損傷（資本ストック損傷シナリオ）が日本の民間消費に与える影響の分析

日本において、資本ストックが▲1.1%減少した場合に各国の民間消費に生じる影響について、GTAP-E モデルによる変化率表示のシミュレーション結果を表 5-22、実額レベルでのシミュレーション結果を表 5-23 に示した。特に我が国の民間消費に生じる影響について、GTAP-E モデルによる変化率表示のシミュレーション結果を図 5-11、実額レベルでのシミュレーション結果を図 5-12 に示した。

電力産業に特別の外生条件を設定していない資本ストック損傷シナリオでは、日本の民間消費に関しても生産性低下シナリオとはやや異なる傾向が示される。ほぼすべての産業で消費額は減少するが、日本において電力の民間消費の落ち込みは▲0.4%と、他の財とほぼ同程度の減少率で消費額が減少することが示される。電力以外のエネルギー財に関しては、石炭、原油、石油・石炭製品では消費額は増加傾向を示すが、ガスは他の産業と同様に消費額は減少する。

金額ベースで見ると、資本ストック損傷シナリオの場合は、サービス産業の消費額が大きく減少することが特徴である。全産業を通じて最も消費の減少額が大きくなるのはその他サービス業であり、約 35 億米ドルに達する。他に消費が大きく減少するのが商業（約 12 億米ドル）、政府サービス（約 6 億米ドル）などのサービス産業であり、製造業品では食料品（約 5 億米ドル）の減少額が最も大きい。

表 5-24 には、GTAP-E モデルによる資本ストック損傷シナリオのシミュレーション結果を 4 産業（農林水産業・エネルギー財・製造業製品・サービス業）に分類した結果を、変化率表示と実額表示の双方について示した。電力消費の減少率は他のシナリオの場合よりも低く、変化率表示・実額表示の双方で最も影響が大きいのはサービス産業である。実額ではサービス産業における減少額は、減少額全体の約 90%を占めるほどの割合に達する。

表 5-22 資本ストックの損傷が各国の民間消費に与える影響（資本ストック損傷シナリオ：GTAP-E モデル）

（単位：％）

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業	-0.05	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00
石炭	0.11	-0.01	-0.02	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	-0.02	-0.01	0.00	-0.01
原油	0.13	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	-0.01	0.00	0.00	0.01
ガス	-0.14	0.01	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	-0.02	-0.01	0.00	0.00
石油・石炭製品	0.06	0.02	0.00	-0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00
電力	-0.36	-0.01	-0.02	-0.02	-0.02	-0.01	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
その他鉱物	-0.22	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	-0.02	-0.01	-0.01	0.00
食料品	-0.21	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
繊維・繊維製品	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	-0.02	-0.01	-0.02	-0.01
化学・ゴム・プラスチック	-0.17	-0.03	-0.02	-0.02	-0.03	-0.01	-0.01	0.00	-0.02	-0.01	-0.02	-0.01
窯業	-0.20	-0.07	-0.01	-0.02	-0.03	-0.01	-0.01	0.00	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01
鉄鋼	-0.21	-0.03	-0.04	-0.03	-0.05	-0.02	-0.02	0.00	-0.03	-0.01	-0.03	-0.02
非鉄金属	-0.05	-0.02	-0.02	-0.03	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	-0.03	-0.01	-0.01	-0.01
金属製品	-0.12	-0.03	-0.02	-0.03	-0.03	-0.01	-0.01	0.00	-0.02	-0.01	-0.02	-0.01
自動車・自動車部品	-0.20	-0.03	-0.02	-0.04	-0.06	-0.01	-0.04	-0.02	-0.05	-0.04	-0.05	-0.03
その他輸送機器	-0.03	-0.04	-0.01	-0.02	-0.02	-0.01	-0.02	-0.01	-0.03	-0.01	-0.03	-0.02
電子製品	-0.19	-0.04	-0.03	-0.03	-0.03	-0.01	-0.04	-0.02	-0.04	-0.02	-0.04	-0.03
機械・設備	-0.05	-0.03	-0.02	-0.04	-0.05	-0.01	-0.02	-0.01	-0.03	-0.02	-0.03	-0.02
その他製造業	-0.09	-0.02	-0.01	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01
建設業	0.03	-0.02	-0.01	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01
商業	-0.32	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	-0.01	0.00	0.00	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01
陸上輸送	-0.25	-0.01	-0.01	-0.02	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
海上輸送	-0.23	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01
航空輸送	-0.12	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01
通信業	-0.42	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
金融・保険業	-0.42	-0.01	-0.02	-0.02	-0.02	-0.01	0.00	0.00	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01
その他サービス業	-0.45	-0.01	-0.02	-0.02	-0.02	-0.01	0.00	0.00	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01
政府サービス	-0.26	-0.01	-0.01	-0.02	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01

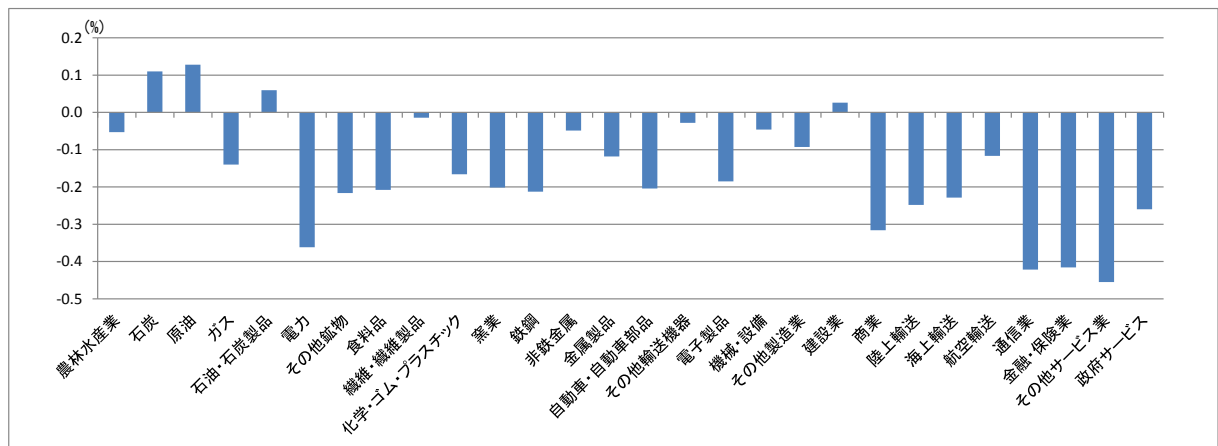
出所：筆者作成

表 5-23 資本ストックの損傷が各国の民間消費に与える影響 (資本ストック損傷シナリオ：GTAP-E モデル) (単位：百万米ドル)

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業	-16	0	-9	-3	-1	-4	-1	0	-11	-4	-1	0
石炭	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
原油	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ガス	-3	0	0	0	0	0	-1	1	-1	-1	0	0
石油・石炭製品	22	2	1	-1	0	0	11	14	-5	-1	0	0
電力	-153	-1	-7	-2	-1	-2	-6	-2	-5	-6	-2	0
その他鉱物	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
食料品	-454	-2	-14	-7	-3	-3	-20	-8	-28	-9	-11	0
繊維・繊維製品	-3	-2	-5	-2	-1	-2	-20	-14	-10	-4	-5	0
化学・ゴム・プラスチック	-51	-3	-3	-4	-2	-1	-27	-11	-14	-4	-5	0
窯業	-4	0	0	0	0	0	-1	-1	-2	-1	0	0
鉄鋼	0	0	0	0	0	0	0	0	-2	0	0	0
非鉄金属	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0
金属製品	-4	0	-1	0	0	0	-2	-1	-2	0	0	0
自動車・自動車部品	-96	-4	-3	-5	-3	0	-105	-62	-30	-14	-32	0
その他輸送機器	0	0	-1	-1	0	0	-6	-4	-4	0	-2	0
電子製品	-97	-6	-3	-2	-1	-1	-28	-19	-9	-1	-4	0
機械・設備	-6	-2	-3	-2	-2	0	-34	-18	-8	-3	-6	0
その他製造業	-22	-2	-5	-2	-2	-1	-30	-15	-11	-4	-7	0
建設業	0	0	-2	-1	0	0	0	-1	-2	-1	0	0
商業	-1,762	-14	-23	-11	-12	-6	-59	-40	-41	-18	-32	0
陸上輸送	-270	-2	-4	-1	-2	-3	-2	5	-16	-4	-4	0
海上輸送	-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0
航空輸送	-20	-1	0	-1	-1	0	0	-1	-3	-1	-2	0
通信業	-294	-3	-4	-1	-1	0	-13	-4	-8	-1	-4	0
金融・保険業	-432	-4	-9	-3	-3	-2	-36	-9	-12	-1	-9	0
その他サービス業	-3,503	-16	-24	-16	-10	-5	-115	-27	-51	-10	-36	0
政府サービス	-593	-9	-17	-3	-2	-2	-69	-8	-15	-4	-13	0
合計	-7,767	-70	-136	-70	-47	-33	-565	-225	-292	-93	-177	0

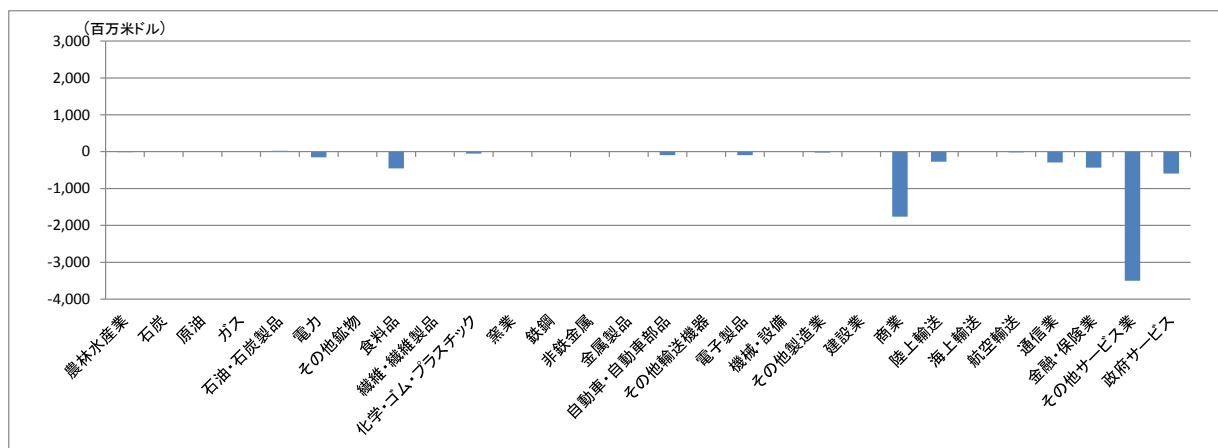
出所：筆者作成

図 5-11 資本ストックの損傷が日本の民間消費に与える影響（資本ストック損傷シナリオ：GTAP-E モデル）
（単位：％）



出所：筆者作成

図 5-12 資本ストックの損傷が日本の民間消費に与える影響（資本ストック損傷シナリオ：GTAP-E モデル）
（単位：百万米ドル）



出所：筆者作成

表 5-24 資本ストックの損傷が日本の民間消費に与える影響：4産業分類（資本ストック損傷シナリオ：GTAP-E モデル、単位：％、百万米ドル）

	変化率 (%)	変化額 (百万米ドル)
農林水産業合計	-0.05%	-16
エネルギー産業合計	-0.17%	-134
製造業製品合計	-0.18%	-739
サービス業合計	-0.37%	-6,878
合計	-0.32%	-7,767

出所：筆者作成

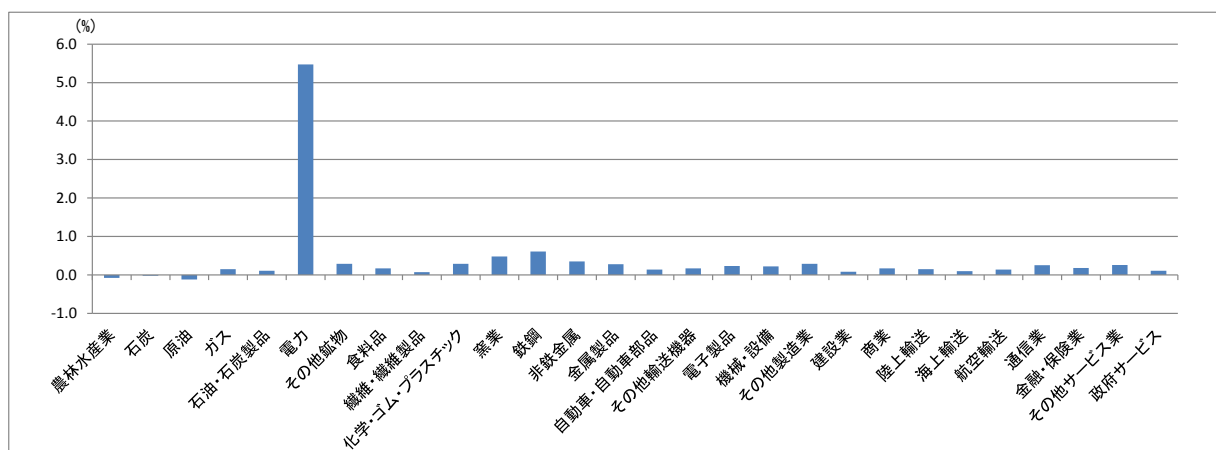
4節 災害による電力供給制約が日本の供給価格に与える影響の分析

1. 電力産業の生産性の低下と資本ストックの損傷（全体シナリオ）が日本の供給価格に与える影響の分析

日本において、全国の電力供給量が▲4.57%減少し、合わせて資本ストックが▲1.1%減少した場合に、特に我が国の産業別供給価格に生じる影響について、GTAP-E モデルによる変化率表示のシミュレーション結果を図 5-13 に示した。また、各国の供給価格に生じる影響について、GTAP-E モデルによる変化率表示のシミュレーション結果を表 5-25 に示した。

GTAP-E モデルによる分析の試算結果によると、我が国では農林水産業と原油において▲0.1%と僅かに価格が低下する以外は、すべての産業で供給価格は上昇する。特に生産性が低下する電力産業において価格の上昇率は+5.5%と、他の産業を大きく上回っていることが示される。他の産業では、+0.1%～+0.6%程度という緩やかな範囲で価格は上昇するという試算結果が得られる。

図 5-13 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が日本の供給価格に与える影響（全体シナリオ:GTAP-E モデル）（単位:%）



出所：筆者作成

表 5-25 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が各国の供給価格に与える影響（全体シナリオ:GTAP-E モデル）
 (単位：%)

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
資本	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00
農林水産業	-0.08	-0.02	-0.01	-0.01	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
石炭	-0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00
原油	-0.12	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01
ガス	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
石油・石炭製品	0.11	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
電力	5.47	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00
その他鉱物	0.29	0.00	0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.01	-0.01
食料品	0.17	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00
繊維・繊維製品	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00
化学・ゴム・プラスチック	0.29	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00
窯業	0.48	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00
鉄鋼	0.61	0.05	0.01	0.02	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
非鉄金属	0.35	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00
金属製品	0.28	0.02	0.01	0.03	0.05	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
自動車・自動車部品	0.14	0.02	0.01	0.02	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
その他輸送機器	0.17	0.03	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
電子製品	0.23	0.03	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
機械・設備	0.22	0.02	0.01	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
その他製造業	0.29	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00
建設業	0.08	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00
商業	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00
陸上輸送	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00
海上輸送	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00
航空輸送	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00
通信業	0.25	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00
金融・保険業	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00
その他サービス業	0.26	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00
政府サービス	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00

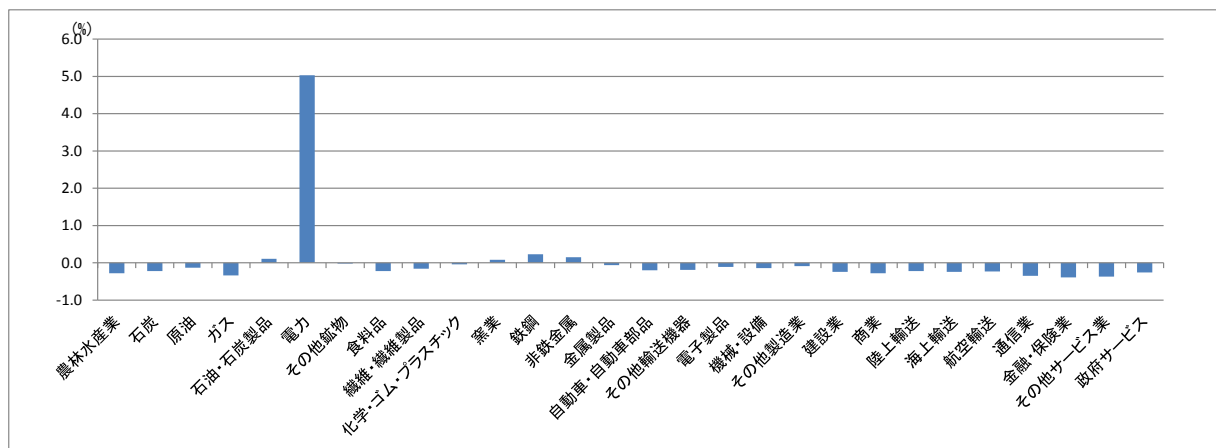
出所：筆者作成

2. 電力産業の生産性の低下(生産性低下シナリオ)が日本の供給価格に与える影響の分析

日本において、災害の影響により電力産業の生産力が低下し、全国の電力供給量が▲4.57%減少する場合に、特に我が国の産業別供給価格に生じる影響について、GTAP-E モデルによる変化率表示のシミュレーション結果を図 5-14 に示した。また、各国の供給価格に生じる影響について、GTAP-E モデルによる変化率表示のシミュレーション結果を表 5-26 に示した。

GTAP-E モデルによる分析の試算結果によると、日本では電力価格は+5.0%と大幅に上昇するが、他の産業では▲0.4~+0.2%程度の範囲で価格が変化することが示される。このシナリオにおいては、資本ストックの損傷の影響は反映されておらず、電力産業で生産性が低下する以外には他産業には影響は生じていない。電力産業で使用されていた資本は他産業で使用されることとなり、全体シナリオでは資本価格が上昇していたが、生産性低下シナリオでは資本価格が低下しているという差が生じる。全体としては供給価格が低下傾向を示している産業が多く、価格の上昇傾向が見られる主な産業は窯業、鉄鋼、非鉄金属など、図 5-3 などに示されたように生産性低下シナリオにおいて生産高が減少しているエネルギー集約産業である。

図 5-14 災害による電力産業の生産性低下が日本の供給価格に与える影響 (生産性低下シナリオ:GTAP-E モデル) (単位:%)



出所：筆者作成

表 5-26 災害による電力産業の生産性の低下が各国の供給価格に与える影響(生産性低下シナリオ:GTAP-E モデル) (単位:%)

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
資本	-0.56	0.02	0.03	0.03	0.01	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.03
農林水産業	-0.28	0.02	0.03	0.03	0.02	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04
石炭	-0.22	0.02	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.04
原油	-0.13	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
ガス	-0.34	0.04	0.04	0.06	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.04
石油・石炭製品	0.11	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
電力	5.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04
その他鉱物	-0.02	0.02	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04
食料品	-0.22	0.02	0.03	0.03	0.02	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.03
繊維・繊維製品	-0.16	0.02	0.03	0.03	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03
化学・ゴム・プラスチック	-0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04
窯業	0.08	0.03	0.03	0.04	0.02	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04
鉄鋼	0.23	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04
非鉄金属	0.15	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04
金属製品	-0.06	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04
自動車・自動車部品	-0.20	0.02	0.02	0.02	0.00	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
その他輸送機器	-0.19	0.03	0.02	0.03	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03
電子製品	-0.11	0.01	0.02	0.02	0.01	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03
機械・設備	-0.14	0.02	0.02	0.03	0.01	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03
その他製造業	-0.09	0.02	0.03	0.03	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03
建設業	-0.24	0.02	0.03	0.03	0.02	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.03
商業	-0.28	0.02	0.03	0.03	0.02	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.03
陸上輸送	-0.22	0.03	0.03	0.04	0.02	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04
海上輸送	-0.24	0.02	0.03	0.04	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04
航空輸送	-0.23	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04
通信業	-0.35	0.02	0.03	0.03	0.02	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.03
金融・保険業	-0.39	0.02	0.03	0.03	0.02	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.03
その他サービス業	-0.37	0.02	0.03	0.03	0.02	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.03
政府サービス	-0.26	0.02	0.03	0.03	0.02	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.03

出所：筆者作成

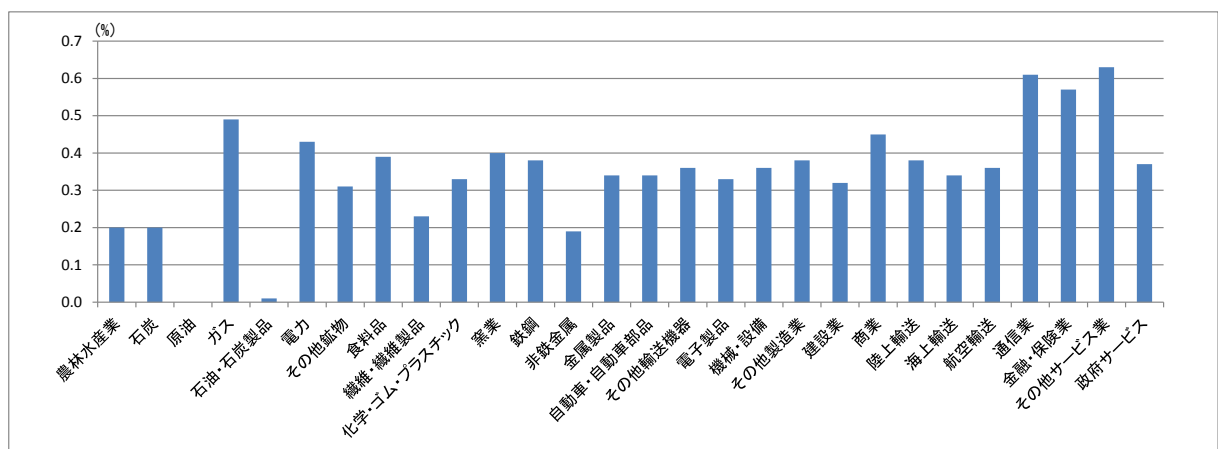
3. 資本ストックの損傷（資本ストック損傷シナリオ）が日本の供給価格に与える影響の分析

日本において、災害の影響により資本ストックが▲1.1%減少した場合に、特に我が国の産業別供給価格に生じる影響について、GTAP-E モデルによる変化率表示のシミュレーション結果を図 5-15 に示した。また、各国の供給価格に生じる影響について、GTAP-E モデルによる変化率表示のシミュレーション結果を表 5-27 に示した。

資本ストック損傷シナリオにおける日本の価格の動向は、生産性低下シナリオとは異なった特徴を示す。資本ストック損傷シナリオの試算結果によると、日本では電力価格の変化率は+0.4%であり、他産業と比較しても大幅には上昇していない。他の産業では 0.0~+0.6%程度の範囲で価格が変化することが示される。資本ストック損傷シナリオでは、電力産業の生産性低下の影響は反映されておらず、全体シナリオにおける電力価格の上昇は、主に電力の生産性の低下によってもたらされるということが示される。

電力産業の生産性低下シナリオにおいて、図 5-8 のように電力の民間消費が大幅に落ちているのは、価格の大幅な上昇がもたらした結果であると考えられる。自然災害の後に電力産業の生産性が低下し、その後数年程度にわたって電力供給に影響するような場合には、電力価格の上昇を回避することは困難になると見られる。

図 5-15 資本ストックの損傷が日本の供給価格に与える影響（資本ストック損傷シナリオ：GTAP-E モデル）
(単位：%)



出所：筆者作成

表 5-27 資本ストックの損傷が各国の供給価格に与える影響 (資本ストック損傷シナリオ:GTAP-E モデル) (単位:%)

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書1国	その他地域
資本	1.06	-0.02	-0.02	-0.04	-0.01	-0.04	-0.04	-0.05	-0.06	-0.05	-0.05	-0.04
農林水産業	0.20	-0.03	-0.04	-0.04	-0.04	-0.05	-0.05	-0.04	-0.06	-0.05	-0.04	-0.04
石炭	0.20	-0.03	-0.02	-0.05	-0.03	-0.05	-0.04	-0.04	-0.06	-0.05	-0.06	-0.04
原油	0.00	-0.05	-0.04	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.07	-0.06	-0.06	-0.06
ガス	0.49	-0.04	-0.04	-0.06	-0.04	-0.05	-0.05	-0.05	-0.06	-0.05	-0.05	-0.05
石油・石炭製品	0.01	-0.06	-0.04	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.07	-0.06	-0.06	-0.06
電力	0.43	-0.03	-0.02	-0.04	-0.03	-0.05	-0.05	-0.04	-0.06	-0.05	-0.05	-0.04
その他鉱物	0.31	-0.02	-0.02	-0.05	-0.03	-0.05	-0.05	-0.05	-0.07	-0.05	-0.05	-0.05
食料品	0.39	-0.03	-0.03	-0.04	-0.03	-0.05	-0.05	-0.04	-0.06	-0.05	-0.05	-0.04
繊維・繊維製品	0.23	-0.02	-0.02	-0.02	-0.01	-0.04	-0.04	-0.04	-0.05	-0.04	-0.04	-0.03
化学・ゴム・プラスチック	0.33	-0.01	-0.02	-0.03	-0.01	-0.04	-0.04	-0.04	-0.05	-0.05	-0.04	-0.03
窯業	0.40	-0.01	-0.02	-0.03	-0.02	-0.05	-0.05	-0.04	-0.06	-0.05	-0.05	-0.04
鉄鋼	0.38	0.00	-0.02	-0.02	0.00	-0.05	-0.04	-0.04	-0.05	-0.05	-0.04	-0.03
非鉄金属	0.19	-0.02	-0.02	-0.03	-0.02	-0.04	-0.04	-0.04	-0.05	-0.05	-0.05	-0.04
金属製品	0.34	-0.01	-0.02	-0.01	0.01	-0.04	-0.04	-0.04	-0.05	-0.05	-0.04	-0.03
自動車・自動車部品	0.34	0.00	-0.01	0.00	0.04	-0.04	-0.03	-0.04	-0.03	-0.03	-0.03	-0.02
その他輸送機器	0.36	0.00	-0.01	-0.02	0.00	-0.04	-0.04	-0.04	-0.05	-0.04	-0.04	-0.03
電子製品	0.33	0.02	0.01	0.00	0.01	-0.03	-0.03	-0.03	-0.05	-0.04	-0.04	-0.02
機械・設備	0.36	0.00	-0.01	-0.01	0.01	-0.04	-0.04	-0.04	-0.05	-0.05	-0.04	-0.03
その他製造業	0.38	-0.02	-0.02	-0.03	-0.01	-0.04	-0.04	-0.04	-0.05	-0.05	-0.05	-0.04
建設業	0.32	-0.01	-0.02	-0.02	0.00	-0.05	-0.05	-0.04	-0.05	-0.05	-0.05	-0.03
商業	0.45	-0.02	-0.02	-0.03	-0.02	-0.05	-0.05	-0.04	-0.06	-0.05	-0.05	-0.04
陸上輸送	0.38	-0.03	-0.02	-0.04	-0.02	-0.05	-0.05	-0.05	-0.06	-0.05	-0.05	-0.04
海上輸送	0.34	-0.02	-0.03	-0.04	-0.02	-0.04	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.04
航空輸送	0.36	-0.02	-0.03	-0.05	-0.03	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.04
通信業	0.61	-0.02	-0.02	-0.03	-0.01	-0.04	-0.04	-0.04	-0.06	-0.05	-0.05	-0.04
金融・保険業	0.57	-0.02	-0.02	-0.04	-0.02	-0.05	-0.05	-0.04	-0.06	-0.05	-0.05	-0.04
その他サービス業	0.63	-0.02	-0.02	-0.03	-0.01	-0.05	-0.04	-0.04	-0.06	-0.05	-0.05	-0.04
政府サービス	0.37	-0.02	-0.02	-0.03	-0.02	-0.05	-0.05	-0.04	-0.06	-0.05	-0.05	-0.04

出所：筆者作成

5節 災害による電力供給制約が日本の産業別輸出に与える影響の分析

1. 電力産業の生産性の低下と資本ストックの損傷（全体シナリオ）が日本の産業別輸出に与える影響の分析

日本において、全国の電力供給量が▲4.57%減少し、合わせて資本ストックが▲1.1%減少した場合に各国の産業別輸出に生じる影響について、GTAP-E モデルによる変化率表示のシミュレーション結果を表 5-28、実額レベルでのシミュレーション結果を表 5-29 に示した。特に我が国の産業別輸出に生じる影響について、GTAP-E モデルによる変化率表示のシミュレーション結果を図 5-16、実額レベルでのシミュレーション結果を図 5-17 に示した。

既に見たように、災害の影響により全体シナリオでは各産業で生産高が減少し、供給価格も上昇する。試算結果によると、日本では主に製造業製品において輸出が減少し、減少率が高いのは窯業（▲2.2%）、鉄鋼（▲2.8%）、非鉄金属（▲2.8%）などのエネルギー集約産業が多い⁸。金額ベースで見ると、変化率表示では増加傾向を示している原油・石炭でも変化額はゼロであり、唯一輸出額が増加している農林水産業においても、増加額は 200 万米ドルと非常に小さい。輸出の減少額が特に大きいのは機械・設備（約 30 億米ドル）、電子製品（約 17 億米ドル）、化学・ゴム・プラスチック（約 14 億米ドル）、自動車・自動車部品（約 10 億米ドル）などである。

表 5-30 には、GTAP-E モデルによる全体シナリオのシミュレーション結果を 4 産業（農林水産業・エネルギー財・製造業製品・サービス業）に分類した結果を、変化率表示と実額表示の双方について示した。変化率と金額表示の双方で最も影響が大きいのは製造業製品であり、輸出額全体としては▲1.26%減少するという結果が得られるが、そのうち製造業製品が占める割合は約 94%に達する。

⁸ 電力産業の輸出の減少率は変化率表示では▲25.8%と高いが、日本では電力の輸出は行っていないため、金額ベースで見ればゼロである。

表 5-28 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が各国の産業別輸出額に与える影響（全体シナリオ:GTAP-E モデル）
（単位：％）

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業	0.27	-0.30	-0.11	-0.04	-0.03	-0.02	-0.07	-0.01	-0.01	-0.04	-0.06	-0.03
石炭	0.10	0.01	-0.06	-0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.03	0.00	-0.01	0.01
原油	1.10	-0.04	-0.14	-0.05	-0.03	-0.04	-0.02	-0.02	-0.01	-0.02	-0.01	-0.01
ガス	-4.57	-0.03	-0.16	0.05	0.04	-0.03	0.06	-0.01	0.07	0.01	0.03	-0.01
石油・石炭製品	-0.47	-0.03	-0.06	-0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	-0.02	0.00	0.00	0.00
電力	-25.81	0.01	-0.04	-0.01	-0.01	0.01	0.03	0.01	0.04	0.02	0.01	0.01
その他鉱物	-0.36	-0.25	-0.20	-0.34	-0.43	-0.03	-0.12	0.00	-0.10	0.01	-0.25	-0.18
食料品	-0.82	-0.04	-0.05	-0.01	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01	0.02	0.00	0.00	-0.02
繊維・繊維製品	-0.50	-0.05	-0.07	-0.05	-0.05	0.02	0.03	0.01	0.05	0.02	0.02	0.00
化学・ゴム・プラスチック	-1.60	0.06	0.03	0.11	0.07	0.12	0.10	0.06	0.14	0.09	0.09	0.10
窯業	-2.22	0.11	0.09	0.18	0.18	0.06	0.12	0.02	0.08	0.01	0.06	0.09
鉄鋼	-2.79	0.14	0.31	0.39	0.22	0.27	0.32	0.11	0.21	0.20	0.22	0.26
非鉄金属	-2.53	0.06	0.05	-0.02	0.09	0.15	0.12	0.08	0.12	0.08	0.13	0.11
金属製品	-1.81	0.01	0.01	0.02	-0.12	0.08	0.10	0.05	0.05	0.04	0.08	0.05
自動車・自動車部品	-0.65	0.02	0.02	0.01	-0.08	0.09	0.10	0.05	0.09	0.09	0.09	0.04
その他輸送機器	-1.37	-0.21	-0.07	-0.06	-0.10	0.06	0.05	0.05	0.10	0.04	0.08	0.01
電子製品	-1.66	0.04	0.00	0.10	0.10	0.22	0.26	0.16	0.21	0.16	0.21	0.21
機械・設備	-1.49	0.05	0.02	0.04	-0.01	0.13	0.16	0.09	0.16	0.06	0.13	0.13
その他製造業	-1.84	0.01	-0.03	0.01	-0.03	0.03	0.05	0.02	0.05	0.03	0.04	0.01
建設業	-0.33	-0.10	-0.07	-0.08	-0.13	-0.04	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.04
商業	-0.62	-0.02	-0.03	-0.01	-0.01	0.02	0.01	0.01	0.03	0.01	0.02	0.00
陸上輸送	-0.57	-0.01	-0.04	-0.02	-0.02	0.00	0.00	-0.01	0.01	-0.01	0.00	-0.01
海上輸送	-0.19	-0.08	-0.08	-0.05	-0.07	-0.07	-0.06	-0.06	-0.05	-0.05	-0.06	-0.07
航空輸送	-0.40	-0.05	-0.06	-0.02	-0.03	0.00	-0.02	-0.01	-0.01	-0.02	0.00	-0.03
通信業	-0.95	-0.02	-0.04	-0.01	-0.03	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	-0.01
金融・保険業	-0.70	-0.01	-0.04	-0.01	-0.01	0.00	0.00	-0.01	0.02	0.00	0.01	-0.01
その他サービス業	-0.98	-0.01	-0.03	-0.01	-0.02	0.01	0.01	0.00	0.03	0.01	0.02	0.00
政府サービス	-0.42	-0.04	-0.07	-0.02	-0.06	0.01	-0.04	-0.01	0.01	-0.01	0.00	-0.02

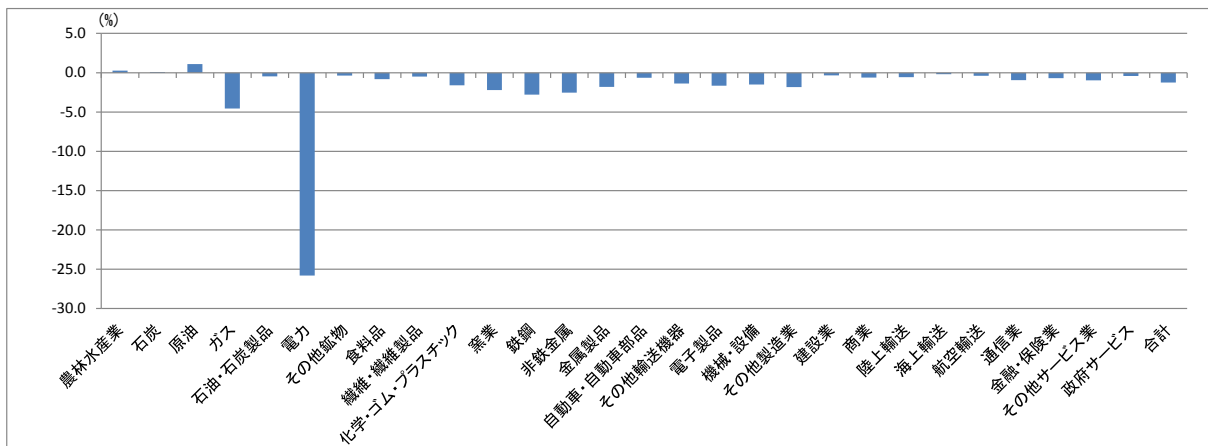
出所：筆者作成

表 5-29 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が各国の産業別輸出額に与える影響（全体シナリオ:GTAP-E モデル）
（単位：百万米ドル）

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業	2	-2	-13	-3	-2	-1	-37	-13	-3	-6	-17	-20
石炭	0	0	-2	-2	0	0	0	0	1	0	-3	0
原油	0	0	-1	-11	-2	0	0	-4	-74	-42	-9	-13
ガス	0	0	-1	6	2	0	2	-1	39	5	14	0
石油・石炭製品	-51	-6	-13	-3	2	0	1	8	-16	0	0	1
電力	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	1	0
その他鉱物	-1	0	-6	-26	-8	-3	-9	0	-11	1	-88	-135
食料品	-26	-1	-13	-2	-4	-1	-4	-18	7	-1	-2	-13
繊維・繊維製品	-40	-6	-121	-12	-7	4	4	13	7	1	2	0
化学・ゴム・プラスチック	-1,444	27	28	42	36	24	188	500	80	35	101	105
窯業	-164	2	19	5	5	1	11	18	6	0	3	11
鉄鋼	-865	21	117	17	9	22	57	202	35	87	30	115
非鉄金属	-477	6	8	-2	7	13	40	101	26	26	121	100
金属製品	-201	1	6	1	-5	3	23	70	5	2	12	11
自動車・自動車部品	-1,048	8	5	0	-13	4	103	312	54	8	68	19
その他輸送機器	-251	-40	-12	-2	-4	1	50	66	6	2	16	2
電子製品	-1,660	46	13	81	126	4	243	420	110	3	34	269
機械・設備	-2,951	38	39	12	-7	14	357	856	104	12	140	146
その他製造業	-235	0	-48	2	-5	7	30	56	10	6	28	9
建設業	-31	-9	-4	-2	-2	0	-1	-10	-1	-1	0	-2
商業	-103	-1	-7	0	-1	0	1	10	2	1	4	0
陸上輸送	-23	-2	-5	-1	-6	0	0	-14	3	-2	-1	-8
海上輸送	-91	-15	-25	-3	-14	-8	-6	-102	-6	-3	-16	-25
航空輸送	-47	-5	-5	-1	-5	0	-10	-13	-1	-2	0	-11
通信業	-9	0	-1	0	-1	0	1	0	2	0	1	-1
金融・保険業	-49	0	-1	0	-1	0	-2	-9	2	0	4	-3
その他サービス業	-178	-2	-8	-1	-7	4	11	16	9	2	10	-4
政府サービス	-17	-1	-5	0	-2	0	-26	-3	1	0	0	-5
合計	-9,964	61	-54	96	91	87	1,031	2,465	397	133	451	549

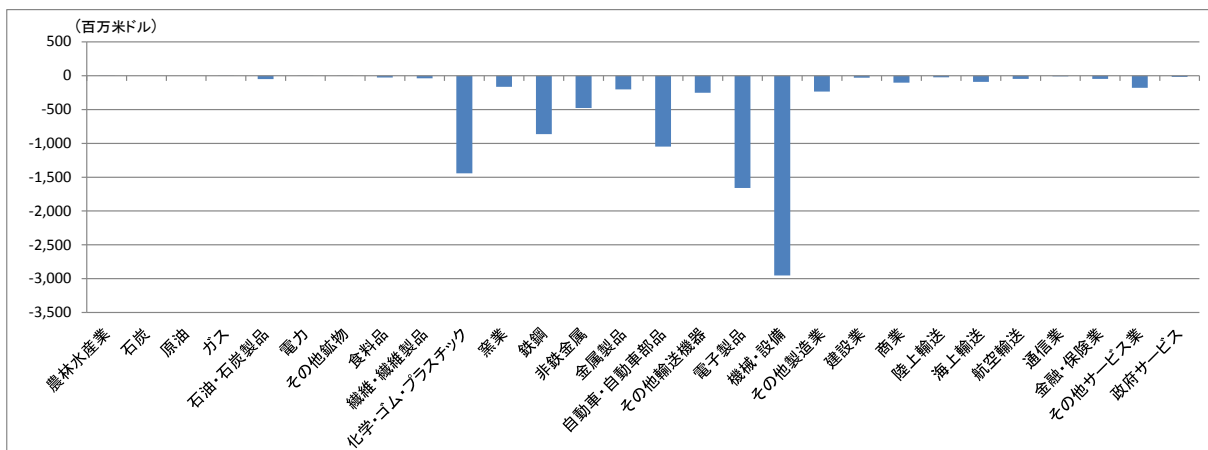
出所：筆者作成

図 5-16 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が日本の産業別輸出額に与える影響 (全体シナリオ:GTAP-E モデル) (単位: %)



出所: 筆者作成

図 5-17 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が日本の産業別輸出額に与える影響 (全体シナリオ:GTAP-E モデル) (単位: 百万米ドル)



出所: 筆者作成

表 5-30 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が日本の産業別輸出額に与える影響: 4 産業分類 (全体シナリオ: GTAP-E モデル、単位: %、百万米ドル)

	変化率 (%)	変化額 (百万米ドル)
農林水産業合計	0.27%	2
エネルギー産業合計	-0.47%	-52
製造業製品合計	-1.42%	-9,364
サービス業合計	-0.46%	-550
合計	-1.26%	-9,964

出所: 筆者作成

2. 電力産業の生産性の低下(生産性低下シナリオ)が日本の産業別輸出に与える影響の分析

日本において、災害の影響により電力産業の生産力が低下し、全国の電力供給量が▲4.57%減少する場合に各国の産業別輸出に生じる影響について、GTAP-E モデルによる変化率表示のシミュレーション結果を表 5-31、実額レベルでのシミュレーション結果を表 5-32 に示した。特に我が国の産業別輸出に生じる影響について、GTAP-E モデルによる変化率表示のシミュレーション結果を図 5-18、実額レベルでのシミュレーション結果を図 5-19 に示した。

生産性低下シナリオの場合は、全体としては供給価格が低下傾向を示している産業が多いという結果が得られたが、このような価格の動向により日本では多くの産業で輸出価格も低下傾向を示す。そのため、石油・石炭製品、電力、また窯業や鉄鋼、非鉄金属などのエネルギー集約産業以外では輸出価格も低下傾向に向かい、輸出額も増加するという試算結果が得られる。変化率表示で見ると、輸出額が減少するのは供給価格が上昇している石油・石炭製品、電力、窯業、鉄鋼、非鉄金属である。

金額ベースで見ると、日本では石油・石炭製品、窯業、鉄鋼、非鉄金属では輸出額は減少するが⁹、他には輸出額が増加する産業が多く、輸出総額の増加につながる。

表 5-33 には、日本の輸出額に関する GTAP-E モデルによるシミュレーション結果を 4 産業（農林水産業・エネルギー財・製造業製品・サービス業）に分類した結果を、変化率表示と実額表示の双方について示した。エネルギー産業以外の産業では輸出額が増加し、全体としては輸出額は増加傾向を示すという試算結果となる。

⁹ 電力産業の変化額はゼロである。

表 5-31 電力産業の災害による生産性の低下が各国の産業別輸出額に与える影響(生産性低下シナリオ：GTAP-E モデル) (単位：%)

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業	1.27	-0.24	-0.07	-0.01	-0.02	-0.03	-0.06	-0.01	-0.05	-0.05	-0.05	-0.02
石炭	1.45	0.12	0.25	0.12	0.08	0.04	0.03	0.01	-0.02	0.05	0.20	0.03
原油	1.80	0.12	0.14	0.04	0.04	0.05	0.05	0.03	0.01	0.01	0.02	0.03
ガス	12.50	0.26	0.25	0.30	0.49	0.09	0.24	0.11	0.02	0.00	0.03	0.14
石油・石炭製品	-0.24	0.07	0.08	0.08	0.01	0.01	0.01	-0.01	0.04	0.00	0.02	0.01
電力	-23.84	0.06	0.07	-0.01	0.04	-0.01	0.01	0.00	-0.05	-0.03	-0.01	0.01
その他鉱物	0.12	0.00	0.01	-0.02	-0.03	0.00	0.00	0.01	-0.01	0.01	-0.03	0.00
食料品	1.20	-0.12	-0.14	-0.02	-0.03	-0.06	-0.09	-0.02	-0.05	-0.06	-0.08	-0.02
繊維・繊維製品	1.26	0.01	-0.01	0.00	0.07	-0.06	-0.06	-0.04	-0.09	-0.06	-0.06	-0.03
化学・ゴム・プラスチック	0.41	0.00	0.02	-0.03	0.04	-0.06	-0.04	-0.03	-0.08	-0.07	-0.04	-0.03
窯業	-0.20	0.07	0.07	0.03	0.08	0.03	0.01	0.03	-0.01	0.00	0.01	0.04
鉄鋼	-0.89	0.14	0.16	0.13	0.15	0.06	0.08	0.02	0.01	0.02	0.04	0.10
非鉄金属	-0.88	0.10	0.14	0.12	0.14	0.02	0.03	0.01	-0.04	-0.03	0.02	0.05
金属製品	0.62	-0.04	0.01	-0.13	-0.15	-0.04	-0.04	-0.01	-0.08	-0.04	-0.04	-0.03
自動車・自動車部品	1.07	-0.10	-0.17	-0.24	-0.09	-0.19	-0.17	-0.10	-0.18	-0.18	-0.17	-0.12
その他輸送機器	1.79	0.02	-0.02	-0.06	0.01	-0.09	-0.10	-0.07	-0.14	-0.08	-0.12	-0.05
電子製品	1.01	-0.01	-0.03	-0.11	-0.08	-0.18	-0.21	-0.12	-0.19	-0.16	-0.16	-0.20
機械・設備	1.23	-0.07	-0.09	-0.19	-0.09	-0.14	-0.15	-0.08	-0.16	-0.07	-0.13	-0.13
その他製造業	0.84	0.02	0.02	-0.05	0.00	-0.05	-0.05	-0.02	-0.06	-0.06	-0.06	-0.02
建設業	1.05	-0.34	-0.10	-0.11	-0.42	-0.41	-0.22	-0.08	-0.21	-0.15	-0.13	-0.13
商業	1.13	-0.10	-0.13	-0.04	-0.03	-0.08	-0.13	-0.06	-0.11	-0.09	-0.09	-0.09
陸上輸送	0.93	0.01	0.00	-0.01	0.02	-0.03	-0.04	-0.01	-0.05	-0.02	-0.02	-0.01
海上輸送	0.29	-0.02	-0.03	-0.04	-0.01	-0.04	-0.04	-0.04	-0.05	-0.05	-0.04	-0.03
航空輸送	0.71	0.00	-0.01	-0.05	0.00	-0.04	-0.05	-0.04	-0.06	-0.07	-0.06	-0.04
通信業	1.47	0.00	-0.03	-0.01	0.05	-0.02	-0.05	-0.02	-0.06	-0.05	-0.03	-0.02
金融・保険業	1.61	0.04	-0.02	-0.02	0.03	-0.04	-0.07	-0.04	-0.09	-0.07	-0.04	-0.04
その他サービス業	1.53	-0.03	-0.06	-0.03	0.02	-0.04	-0.13	-0.03	-0.10	-0.07	-0.06	-0.04
政府サービス	1.09	0.03	0.00	0.00	0.04	-0.04	-0.04	-0.02	-0.07	-0.06	-0.04	-0.02

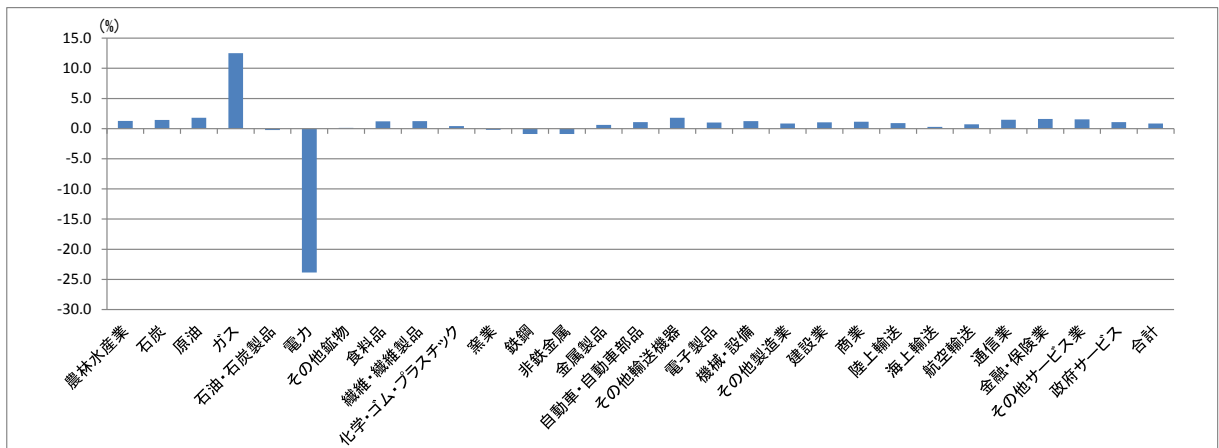
出所：筆者作成

表 5-32 災害による電力産業の生産性の低下が各国の産業別輸出額に与える影響(生産性低下シナリオ：GTAP-E モデル)
(単位：百万米ドル)

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書1国	その他地域
農林水産業	9	-1	-8	-1	-1	-2	-33	-9	-15	-8	-16	-10
石炭	0	0	7	14	0	0	1	0	-1	3	37	1
原油	0	0	2	8	2	0	0	6	48	23	14	38
ガス	0	0	1	43	22	0	11	11	12	1	16	7
石油・石炭製品	-26	14	18	5	5	3	8	-10	37	-3	4	4
電力	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	-1	0
その他鉱物	0	0	0	-2	-1	0	0	4	-1	1	-11	-3
食料品	38	-3	-35	-7	-7	-6	-38	-46	-20	-11	-43	-18
繊維・繊維製品	102	1	-19	0	11	-13	-11	-65	-13	-4	-5	-27
化学・ゴム・プラスチック	373	1	16	-13	19	-12	-77	-227	-47	-25	-49	-30
窯業	-15	1	16	1	2	1	1	20	-1	0	1	5
鉄鋼	-276	21	61	6	6	5	15	34	2	9	5	42
非鉄金属	-166	9	23	12	11	2	9	7	-10	-9	14	43
金属製品	69	-3	4	-5	-7	-2	-9	-18	-7	-2	-6	-5
自動車・自動車部品	1,712	-46	-38	-11	-15	-8	-178	-658	-105	-15	-126	-53
その他輸送機器	328	4	-4	-2	0	-2	-92	-99	-9	-5	-25	-9
電子製品	1,012	-10	-91	-92	-109	-3	-196	-304	-98	-3	-26	-254
機械・設備	2,425	-50	-193	-60	-53	-15	-335	-724	-108	-14	-138	-151
その他製造業	107	2	28	-20	0	-11	-29	-72	-13	-12	-34	-15
建設業	99	-30	-5	-3	-6	-3	-13	-35	-9	-7	-1	-6
商業	189	-3	-28	-1	-4	-2	-21	-81	-9	-4	-18	-61
陸上輸送	37	2	0	0	6	-2	-15	-21	-14	-7	-5	-9
海上輸送	138	-4	-10	-2	-2	-5	-4	-80	-6	-4	-12	-11
航空輸送	85	0	-1	-4	0	0	-23	-59	-7	-6	-9	-15
通信業	15	0	-1	0	1	0	-5	-8	-5	-2	-2	-2
金融・保険業	113	1	-1	-1	3	-2	-45	-62	-10	-2	-13	-9
その他サービス業	279	-4	-14	-3	6	-19	-158	-174	-30	-15	-37	-37
政府サービス	46	1	0	0	1	-1	-23	-9	-6	-2	-6	-4
合計	6,693	-95	-274	-137	-109	-100	-1,262	-2,677	-446	-125	-493	-587

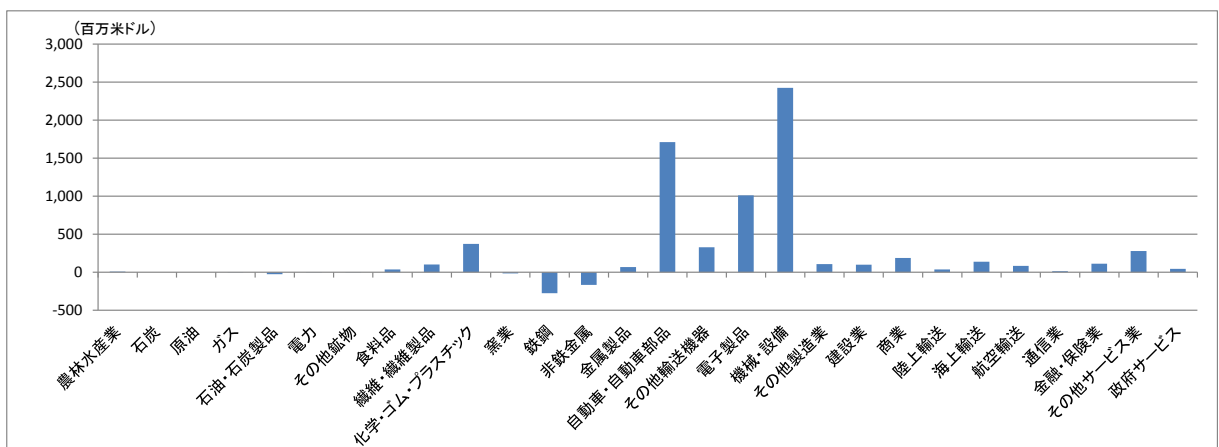
出所：筆者作成

図 5-18 災害による電力産業の生産性の低下が日本の産業別輸出額に与える影響(生産性低下シナリオ：GTAP-E モデル) (単位：%)



出所：筆者作成

図 5-19 災害による電力産業の生産性の低下が日本の産業別輸出額に与える影響(生産性低下シナリオ：GTAP-E モデル) (単位：百万米ドル)



出所：筆者作成

表 5-33 災害による電力産業の生産性低下が日本の産業別輸出額に与える影響：4産業分類(生産性低下シナリオ：GTAP-E モデル、単位：%、百万米ドル)

	変化率 (%)	変化額 (百万米ドル)
農林水産業合計	1.27%	9
エネルギー産業合計	-0.24%	-26
製造業製品合計	0.87%	5,710
サービス業合計	0.83%	999
合計	0.84%	6,693

出所：筆者作成

3. 資本ストックの損傷（資本ストック損傷シナリオ）が日本の産業別輸出に与える影響の分析

日本において、資本ストックが▲1.1%減少した場合に各国の産業別輸出に生じる影響について、GTAP-E モデルによる変化率表示のシミュレーション結果を表 5-34、実額レベルでのシミュレーション結果を表 5-35 に示した。特に我が国の産業別輸出に生じる影響について、GTAP-E モデルによる変化率表示のシミュレーション結果を図 5-20、実額レベルでのシミュレーション結果を図 5-21 に示した。

資本ストック損傷シナリオでは、すべての産業で供給価格が上昇している。そのため、輸出価格もすべての産業において上昇し、産業別輸出額は生産高の場合と同様に、建設業以外の全産業で減少する。変化率表示の試算結果を見ると、変化率が大きいのはガス（▲15.14%）、その他輸送機器（▲3.10%）、電子製品（▲2.64%）、機械・設備（▲2.69%）、その他製造業（▲2.65%）などである。

実額ベースでの結果を見ると減少額が大きい産業は、機械・設備（約 53 億米ドル）、自動車・自動車部品（約 27 億米ドル）、電子製品（約 26 億米ドル）、化学・ゴム・プラスチック（約 18 億米ドル）などである。

表 5-36 には、GTAP-E モデルによる産業別輸出額に関するシミュレーション結果を 4 産業（農林水産業・エネルギー財・製造業製品・サービス業）に分類した結果を、変化率表示と実額表示の双方について示した。試算結果によると、資本ストックが▲1.1%減少した場合には、製造業の各産業で輸出額が減少し、輸出額全体としても大きく減少する。

このように産業別輸出額についても、電力産業の生産力低下と資本ストックの損傷の影響は、それぞれ異なった発現の経路をたどることが示される。

表 5-34 資本ストックの損傷が各国の産業別輸出額に与える影響（資本ストック損傷シナリオ：GTAP-E モデル）（単位：％）

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業	-0.98	-0.06	-0.04	-0.02	-0.01	0.01	-0.01	-0.01	0.04	0.01	0.00	-0.02
石炭	-1.31	-0.11	-0.31	-0.14	-0.06	-0.03	-0.02	-0.01	0.05	-0.05	-0.21	-0.03
原油	-0.69	-0.16	-0.28	-0.09	-0.07	-0.09	-0.07	-0.05	-0.02	-0.04	-0.03	-0.04
ガス	-15.14	-0.29	-0.41	-0.25	-0.44	-0.12	-0.18	-0.12	0.05	0.01	0.00	-0.15
石油・石炭製品	-0.23	-0.09	-0.14	-0.13	-0.01	-0.02	-0.01	0.01	-0.05	0.00	-0.02	-0.01
電力	-2.58	-0.05	-0.11	0.00	-0.05	0.02	0.01	0.01	0.09	0.04	0.03	0.00
その他鉱物	-0.48	-0.25	-0.21	-0.31	-0.40	-0.03	-0.12	-0.01	-0.09	0.01	-0.22	-0.18
食料品	-2.00	0.08	0.09	0.02	0.01	0.05	0.08	0.01	0.07	0.05	0.07	0.01
繊維・繊維製品	-1.74	-0.06	-0.06	-0.05	-0.12	0.08	0.09	0.05	0.13	0.08	0.09	0.03
化学・ゴム・プラスチック	-2.00	0.06	0.01	0.15	0.03	0.17	0.15	0.09	0.22	0.16	0.13	0.13
窯業	-2.02	0.04	0.02	0.15	0.11	0.03	0.11	0.00	0.10	0.01	0.05	0.05
鉄鋼	-1.92	0.00	0.15	0.26	0.08	0.21	0.24	0.09	0.20	0.18	0.18	0.17
非鉄金属	-1.66	-0.04	-0.09	-0.14	-0.05	0.13	0.09	0.07	0.16	0.11	0.12	0.06
金属製品	-2.42	0.05	0.01	0.15	0.03	0.13	0.14	0.06	0.13	0.08	0.12	0.08
自動車・自動車部品	-1.70	0.11	0.19	0.24	0.01	0.28	0.27	0.15	0.27	0.27	0.26	0.16
その他輸送機器	-3.10	-0.24	-0.05	0.00	-0.10	0.15	0.15	0.12	0.24	0.11	0.19	0.06
電子製品	-2.64	0.05	0.04	0.20	0.18	0.39	0.47	0.28	0.40	0.32	0.36	0.41
機械・設備	-2.69	0.12	0.11	0.22	0.08	0.26	0.30	0.17	0.32	0.13	0.26	0.26
その他製造業	-2.65	-0.02	-0.04	0.06	-0.03	0.08	0.10	0.04	0.11	0.09	0.10	0.04
建設業	-1.37	0.24	0.03	0.03	0.28	0.37	0.20	0.06	0.19	0.13	0.11	0.09
商業	-1.73	0.08	0.10	0.03	0.02	0.10	0.13	0.07	0.14	0.10	0.11	0.09
陸上輸送	-1.49	-0.03	-0.04	0.00	-0.05	0.03	0.04	0.00	0.06	0.02	0.02	0.00
海上輸送	-0.47	-0.05	-0.04	-0.02	-0.06	-0.03	-0.02	-0.01	0.00	0.01	-0.02	-0.04
航空輸送	-1.10	-0.06	-0.05	0.03	-0.03	0.04	0.03	0.04	0.05	0.05	0.05	0.01
通信業	-2.38	-0.01	-0.01	0.00	-0.08	0.02	0.06	0.02	0.09	0.06	0.04	0.01
金融・保険業	-2.27	-0.04	-0.02	0.01	-0.05	0.04	0.07	0.03	0.11	0.07	0.05	0.02
その他サービス業	-2.47	0.02	0.03	0.02	-0.04	0.05	0.14	0.04	0.13	0.08	0.07	0.04
政府サービス	-1.49	-0.07	-0.07	-0.02	-0.09	0.05	-0.01	0.01	0.08	0.04	0.04	0.00

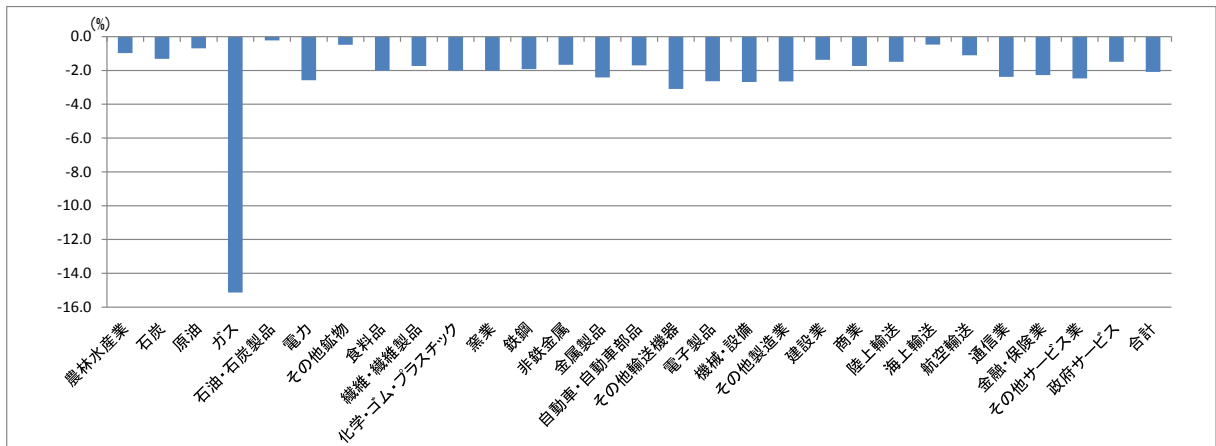
出所：筆者作成

表 5-35 資本ストックの損傷が各国の産業別輸出額に与える影響（資本ストック損傷シナリオ：GTAP-E モデル）（単位：百万米ドル）

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業	-7	0	-5	-2	-1	1	-4	-5	11	2	-1	-10
石炭	0	0	-8	-16	0	0	-1	0	2	-3	-40	-1
原油	0	0	-3	-19	-3	0	0	-10	-122	-65	-23	-51
ガス	0	0	-2	-36	-20	0	-8	-12	27	4	-2	-7
石油・石炭製品	-25	-19	-30	-8	-3	-3	-7	18	-52	3	-4	-3
電力	0	0	-1	0	0	0	0	2	1	2	1	0
その他鉱物	-2	0	-6	-24	-7	-3	-9	-4	-10	0	-77	-133
食料品	-63	2	22	5	3	5	35	28	26	10	41	5
繊維・繊維製品	-141	-7	-102	-12	-18	17	15	77	21	5	7	27
化学・ゴム・プラスチック	-1,810	26	12	54	17	36	264	724	127	60	150	134
窯業	-149	1	4	4	3	1	10	-2	7	0	2	6
鉄鋼	-594	0	57	12	3	17	42	168	34	78	25	73
非鉄金属	-315	-4	-14	-14	-4	11	31	94	36	35	107	58
金属製品	-269	3	2	6	1	5	32	88	11	4	18	16
自動車・自動車部品	-2,730	54	43	12	2	12	279	962	158	23	192	71
その他輸送機器	-568	-44	-8	0	-5	3	141	163	14	8	40	11
電子製品	-2,647	55	104	172	233	7	437	719	207	6	60	520
機械・設備	-5,312	87	230	72	45	29	687	1,566	210	25	276	293
その他製造業	-339	-1	-75	22	-5	18	59	128	24	18	62	25
建設業	-129	21	2	1	4	3	12	25	8	6	1	4
商業	-288	2	21	1	3	2	22	91	11	5	21	60
陸上輸送	-60	-5	-5	0	-12	2	15	6	17	4	5	1
海上輸送	-227	-10	-14	-1	-11	-3	-2	-22	0	1	-4	-14
航空輸送	-131	-6	-5	2	-5	0	13	47	6	4	9	5
通信業	-24	0	0	0	-2	0	6	9	8	2	2	1
金融・保険業	-159	-1	-1	0	-5	2	43	52	13	2	16	6
その他サービス業	-449	3	6	2	-13	23	169	189	38	16	47	34
政府サービス	-62	-2	-5	0	-3	1	-3	6	7	2	6	-1
合計	-16,500	155	218	232	198	186	2,279	5,108	837	256	938	1,129

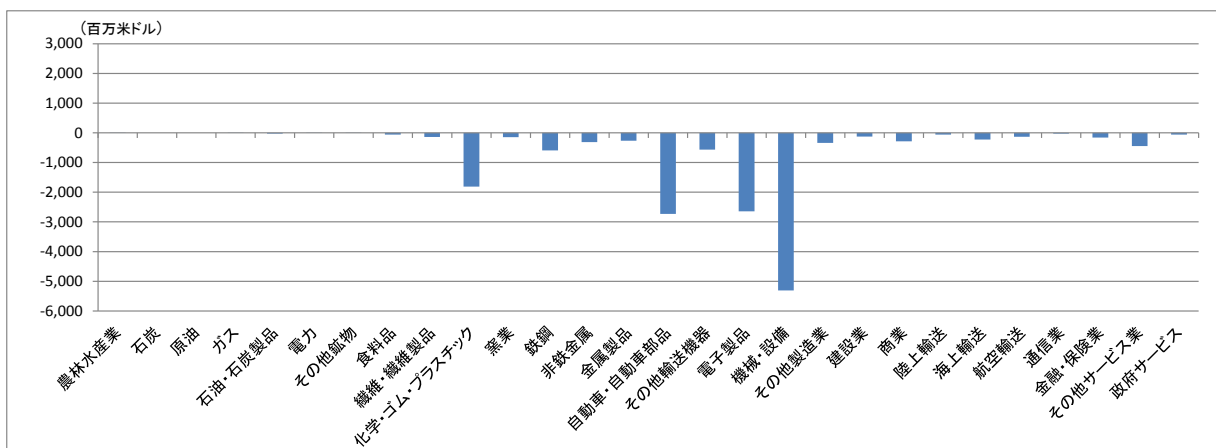
出所：筆者作成

図 5-20 資本ストックの損傷が日本の産業別輸出額に与える影響（資本ストック損傷シナリオ：GTAP-E モデル）
（単位：％）



出所：筆者作成

図 5-21 資本ストックの損傷が日本の産業別輸出額に与える影響（資本ストック損傷シナリオ：GTAP-E モデル）
（単位：百万米ドル）



出所：筆者作成

表 5-36 資本ストックの損傷が日本の産業別輸出額に与える影響：4産業分類（資本ストック損傷シナリオ：GTAP-E モデル、単位：％、百万米ドル）

	変化率 (%)	変化額 (百万米ドル)
農林水産業合計	-0.98%	-7
エネルギー産業合計	-0.23%	-25
製造業製品合計	-2.26%	-14,939
サービス業合計	-1.27%	-1,529
合計	-2.08%	-16,500

出所：筆者作成

6節 災害による電力供給制約が日本の産業別輸入に与える影響の分析

1. 電力産業の生産性の低下と資本ストックの損傷（全体シナリオ）が日本の産業別輸入に与える影響の分析

日本において、全国の電力供給量が▲4.57%減少し、合わせて資本ストックが▲1.1%減少した場合に各国の産業別輸入に生じる影響について、GTAP-E モデルによる変化率表示のシミュレーション結果を表 5-37、実額レベルでのシミュレーション結果を表 5-38 に示した。特に我が国の産業別輸入に生じる影響について、GTAP-E モデルによる変化率表示のシミュレーション結果を図 5-22、実額レベルでのシミュレーション結果を図 5-23 に示した。

災害の影響により我が国では各産業で生産高が減少し、また民間消費も減少する結果、輸入額も減少する産業が多い。しかし、その一方で、ガスなどのエネルギー財や、窯業や鉄鋼などのエネルギー集約財、また金属製品や電子製品、機械・設備、その他製造業などの製造業では、輸入額は増加する。試算結果によると、日本で輸入が増加するのは、いずれも小規模ではあるがガス (+0.19%)、窯業 (+0.64%)、鉄鋼 (+0.63%)、金属製品 (+0.37%) 電子製品 (+0.05%)、機械・設備 (+0.06%)、その他製造業 (+0.13%) などである。それ以外の産業では輸入額は減少するが、いずれも▲0.7%よりも小さい減少率にとどまる。

表 5-39 には、GTAP-E モデルによる全体シナリオの産業別輸入額に関するシミュレーション結果を 4 産業（農林水産業・エネルギー財・製造業製品・サービス業）に分類した結果を、変化率表示と実額表示の双方について示した。すべての分野において輸入額は減少し、輸入総額では▲0.19%減少するという結果となる。

表 5-37 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が各国の産業別輸入額に与える影響（全体シナリオ：GTAP-E モデル）
（単位：％）

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業	-0.63	-0.01	-0.01	-0.01	-0.03	0.00	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00
石炭	-0.09	0.03	0.03	0.02	0.03	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02
原油	-0.28	0.02	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-0.01	0.01	0.01	0.01
ガス	0.19	0.02	0.06	0.05	0.02	0.03	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01
石油・石炭製品	-0.34	0.03	-0.01	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.02	-0.01	0.00
電力	10.71	-0.02	0.04	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.01	-0.01	0.01	0.01	0.00
その他鉱物	-1.44	0.11	0.05	0.03	0.07	-0.01	0.03	0.00	-0.02	0.04	0.06	0.02
食料品	-0.14	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	-0.02	0.00	-0.01	-0.01
繊維・繊維製品	-0.37	-0.01	-0.05	-0.03	-0.03	-0.02	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.01	-0.01
化学・ゴム・プラスチック	-0.04	-0.12	-0.09	-0.03	-0.03	-0.02	-0.05	0.01	-0.02	0.00	0.01	-0.03
窯業	0.64	-0.26	-0.38	-0.19	-0.22	-0.08	-0.06	-0.04	-0.08	-0.03	-0.03	-0.09
鉄鋼	0.63	-0.30	-0.42	-0.08	-0.11	-0.16	-0.05	0.02	-0.06	0.00	-0.04	-0.04
非鉄金属	-0.43	0.01	-0.09	-0.04	-0.01	0.02	0.02	0.03	0.00	0.03	0.07	0.03
金属製品	0.37	-0.10	-0.22	-0.07	-0.08	-0.09	-0.09	-0.01	-0.04	-0.01	-0.01	-0.04
自動車・自動車部品	-0.12	-0.07	-0.09	-0.08	-0.10	-0.10	-0.10	-0.02	-0.05	-0.04	-0.03	-0.06
その他輸送機器	-0.16	-0.05	-0.01	-0.06	-0.09	-0.02	-0.10	-0.04	-0.04	-0.03	-0.04	-0.05
電子製品	0.05	-0.03	-0.04	0.02	0.05	-0.05	-0.07	-0.02	-0.03	-0.03	-0.04	-0.03
機械・設備	0.06	-0.12	-0.14	-0.05	-0.07	-0.08	-0.13	-0.04	-0.04	-0.04	-0.03	-0.08
その他製造業	0.13	-0.06	-0.06	-0.03	-0.04	-0.02	-0.04	-0.01	-0.03	-0.01	-0.02	-0.03
建設業	-0.14	0.00	-0.04	-0.03	-0.09	-0.05	-0.04	-0.07	-0.07	-0.05	-0.04	-0.07
商業	-0.22	-0.06	-0.02	-0.02	-0.05	-0.05	-0.02	-0.01	-0.03	-0.01	-0.02	-0.02
陸上輸送	-0.20	-0.03	0.00	0.00	-0.02	0.00	-0.01	-0.01	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01
海上輸送	-0.24	-0.07	0.01	0.01	-0.04	-0.01	-0.01	-0.01	-0.03	-0.01	-0.02	-0.03
航空輸送	-0.34	-0.02	0.00	-0.01	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
通信業	-0.11	-0.04	-0.01	-0.01	-0.01	0.01	-0.01	0.00	-0.03	-0.01	-0.01	-0.01
金融・保険業	-0.27	-0.01	-0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.03	0.00	-0.02	0.00	-0.01	0.00
その他サービス業	-0.07	-0.04	0.00	-0.02	-0.01	-0.02	-0.02	-0.01	-0.03	-0.01	-0.02	-0.01
政府サービス	-0.65	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.01	0.00	0.00

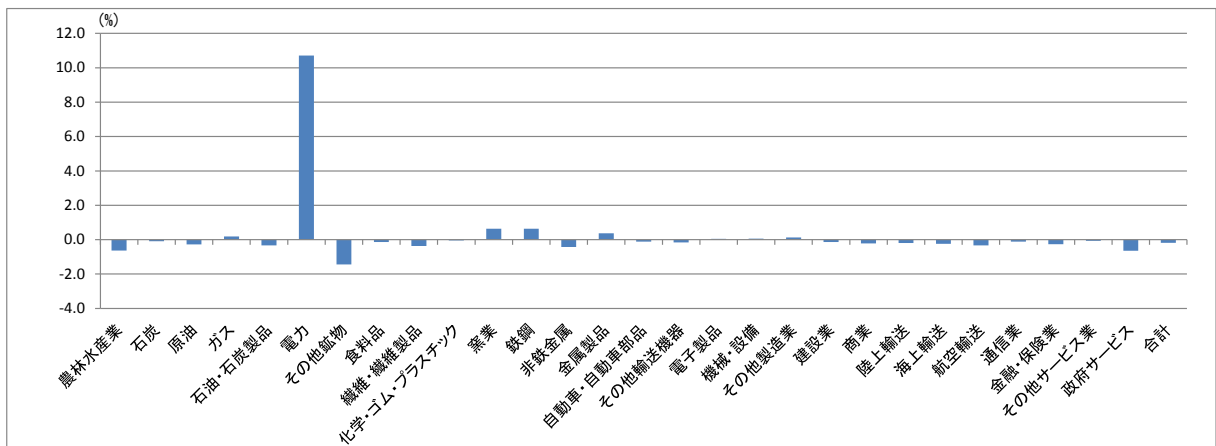
出所：筆者作成

表 5-38 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が各国の産業別輸入額に与える影響（全体シナリオ：GTAP-E モデル）
（単位：百万米ドル）

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業	-132	-1	-3	-1	-2	0	-4	2	-4	-1	-1	0
石炭	-11	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	2
原油	-289	13	29	1	3	8	30	28	0	2	1	12
ガス	46	1	1	0	1	1	2	12	0	4	0	2
石油・石炭製品	-92	3	-1	0	-2	0	0	5	-2	2	-2	5
電力	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
その他鉱物	-511	14	34	1	3	-3	2	2	-2	2	5	4
食料品	-64	-2	-1	-2	-2	-1	-8	2	-9	-2	-3	-4
繊維・繊維製品	-115	-2	-12	-4	-2	-1	-21	-7	-7	-2	-3	-7
化学・ゴム・プラスチック	-22	-49	-127	-11	-12	-6	-100	50	-20	-1	10	-47
窯業	32	-14	-20	-5	-8	-1	-13	-30	-10	-3	-3	-19
鉄鋼	50	-60	-102	-13	-15	-16	-17	42	-28	1	-7	-24
非鉄金属	-113	1	-41	-5	-2	5	12	54	1	2	34	12
金属製品	33	-5	-23	-4	-5	-3	-38	-21	-10	-1	-3	-10
自動車・自動車部品	-20	-6	-28	-9	-13	-4	-222	-96	-49	-24	-32	-60
その他輸送機器	-19	-3	-1	-5	-10	-3	-44	-47	-10	-4	-11	-23
電子製品	29	-16	-79	14	31	-8	-166	-73	-17	-8	-22	-29
機械・設備	45	-65	-262	-26	-40	-28	-387	-271	-70	-34	-50	-159
その他製造業	50	-7	-18	-4	-6	-2	-71	-44	-16	-3	-15	-20
建設業	-12	0	-1	-1	-1	0	-1	-25	-7	-7	0	-5
商業	-39	-7	-7	-1	-6	-2	-4	-18	-4	-1	-2	-4
陸上輸送	-12	-3	0	0	-2	0	-4	-7	-4	-1	-3	-3
海上輸送	-23	-4	0	0	-2	0	0	-6	-1	0	-3	-3
航空輸送	-44	-1	0	-1	-1	0	-4	-1	-2	0	-1	-2
通信業	-2	-1	0	0	0	0	-1	0	-1	0	0	-1
金融・保険業	-29	0	-1	0	-1	0	-17	-3	-5	0	-1	-1
その他サービス業	-28	-9	0	-3	-2	-4	-22	-43	-14	-3	-10	-11
政府サービス	-51	0	0	0	0	0	-1	1	-6	0	0	-1
合計	-1,342	-219	-663	-80	-97	-68	-1,099	-488	-296	-81	-122	-395

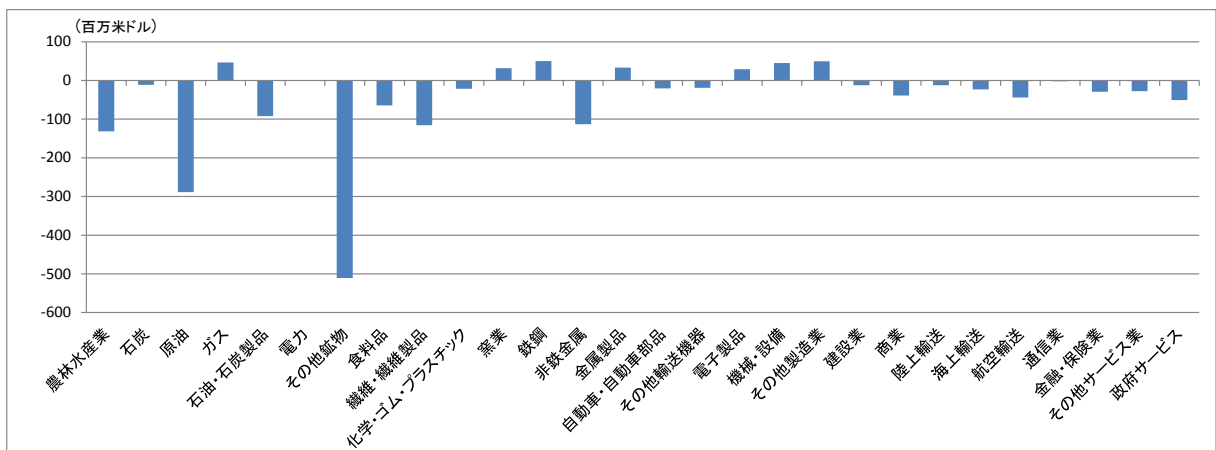
出所：筆者作成

図 5-22 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が日本の産業別輸入額に与える影響（全体シナリオ：GTAP-E モデル）（単位：％）



出所：筆者作成

図 5-23 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が日本の産業別輸入額に与える影響（全体シナリオ：GTAP-E モデル）（単位：百万米ドル）



出所：筆者作成

表 5-39 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が日本の産業別輸入額に与える影響：4産業分類（全体シナリオ：GTAP-E モデル、単位：％、百万米ドル）

	変化率 (%)	変化額 (百万米ドル)
農林水産業合計	-0.63%	-132
エネルギー産業合計	-0.21%	-345
製造業製品合計	-0.15%	-625
サービス業合計	-0.21%	-240
合計	-0.19%	-1,342

出所：筆者作成

2. 電力産業の生産性の低下(生産性低下シナリオ)が日本の産業別輸入に与える影響の分析

日本において、災害の影響により電力産業の生産力が低下し、全国の電力供給量が▲4.57%減少する場合に各国の産業別輸入に生じる影響について、GTAP-E モデルによる変化率表示のシミュレーション結果を表 5-40、実額レベルでのシミュレーション結果を表 5-41 に示した。特に我が国の産業別輸入に生じる影響について、GTAP-E モデルによる変化率表示のシミュレーション結果を図 5-24、実額レベルでのシミュレーション結果を図 5-25 に示した。

生産性低下シナリオの場合は、資本ストックの損傷という影響は生じていないことから、生産高の落ち込みも他の 2 つのシナリオよりは大きくない。そして一部の産業では生産高が増加することから、輸入財への依存はむしろ低下し、輸入は減少傾向を示す。一方で、生産高が減少するのはエネルギー集約産業が多く、エネルギー財の輸入の増加が増えるという傾向が明確になるという特徴が見られ、輸入額全体としては▲0.32%の減少率となる。

表 5-42 には、日本の輸入額に関する GTAP-E モデルによるシミュレーション結果を 4 産業（農林水産業・エネルギー財・製造業製品・サービス業）に分類した結果を、変化率表示と実額表示の双方について示した。エネルギー産業以外の産業では輸入額が減少し、輸入総額は減少するが、エネルギー産業では輸入が増加するという試算結果が得られる。

表 5-40 災害による電力産業の生産性の低下が各国の産業別輸入額に与える影響(生産性低下シナリオ：GTAP-E モデル) (単位：%)

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書1国	その他地域
農林水産業	-0.61	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.01	-0.01	0.01
石炭	0.57	0.00	-0.02	0.01	0.01	0.00	-0.01	-0.01	0.01	0.01	0.04	0.00
原油	0.25	0.00	-0.02	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.02	0.02	0.00	-0.01	-0.01
ガス	0.66	-0.02	-0.06	0.06	-0.01	-0.04	-0.03	-0.02	0.05	0.00	0.05	-0.03
石油・石炭製品	0.46	-0.03	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	-0.01	-0.02	0.00	0.00	-0.01	-0.01
電力	10.22	-0.06	-0.04	0.03	-0.02	0.01	-0.01	-0.01	0.02	0.01	0.01	0.00
その他鉱物	-0.21	0.05	0.02	0.05	0.09	0.02	0.00	0.02	0.05	0.00	0.02	0.02
食料品	-0.65	-0.01	0.00	0.00	-0.01	0.03	0.01	0.00	0.03	0.02	0.01	0.01
繊維・繊維製品	-0.41	0.00	0.08	0.01	0.03	0.05	0.02	0.00	0.03	0.01	0.01	0.01
化学・ゴム・プラスチック	-0.18	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	-0.01	0.02	0.01	-0.01	0.00
窯業	-0.17	-0.04	-0.03	0.01	-0.01	0.05	0.02	0.04	0.06	0.04	0.03	0.02
鉄鋼	0.51	-0.09	-0.16	-0.04	-0.08	-0.02	-0.03	-0.01	0.00	0.00	-0.04	-0.02
非鉄金属	0.25	-0.03	-0.10	-0.04	-0.03	0.00	-0.02	-0.02	0.00	0.00	-0.02	-0.03
金属製品	-0.63	0.01	0.06	0.07	0.05	0.06	0.04	0.01	0.05	0.02	0.01	0.03
自動車・自動車部品	-0.66	0.08	0.16	0.09	0.09	0.15	0.13	0.01	0.06	0.06	0.03	0.08
その他輸送機器	-0.53	0.08	0.02	0.06	0.06	0.03	0.10	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04
電子製品	-0.66	0.02	0.01	-0.04	-0.05	0.05	0.05	0.02	0.03	0.04	0.04	0.01
機械・設備	-0.82	0.09	0.12	0.03	0.02	0.09	0.10	0.04	0.04	0.05	0.04	0.07
その他製造業	-0.63	0.00	0.02	0.01	0.01	0.02	0.03	0.01	0.04	0.02	0.02	0.02
建設業	-1.22	0.02	0.10	0.06	0.16	0.10	0.08	0.11	0.12	0.11	0.06	0.12
商業	-0.76	0.07	0.03	0.03	0.05	0.09	0.02	0.02	0.04	0.03	0.03	0.03
陸上輸送	-0.52	0.01	0.01	-0.01	-0.01	0.01	0.01	-0.01	0.02	0.02	0.00	0.01
海上輸送	0.09	-0.02	0.00	-0.01	-0.01	0.02	0.00	-0.01	0.01	0.03	-0.01	0.00
航空輸送	-0.53	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.02	0.01	0.01
通信業	-0.80	0.04	0.02	0.00	-0.01	0.00	0.01	0.00	0.04	0.02	0.01	0.01
金融・保険業	-0.75	-0.01	0.05	0.00	-0.01	0.02	0.03	0.01	0.04	0.02	0.01	0.02
その他サービス業	-0.90	0.01	0.00	0.01	0.00	0.03	0.03	0.01	0.04	0.03	0.02	0.02
政府サービス	-0.29	0.00	0.01	0.00	-0.02	-0.01	0.01	0.00	0.03	0.02	0.01	0.01

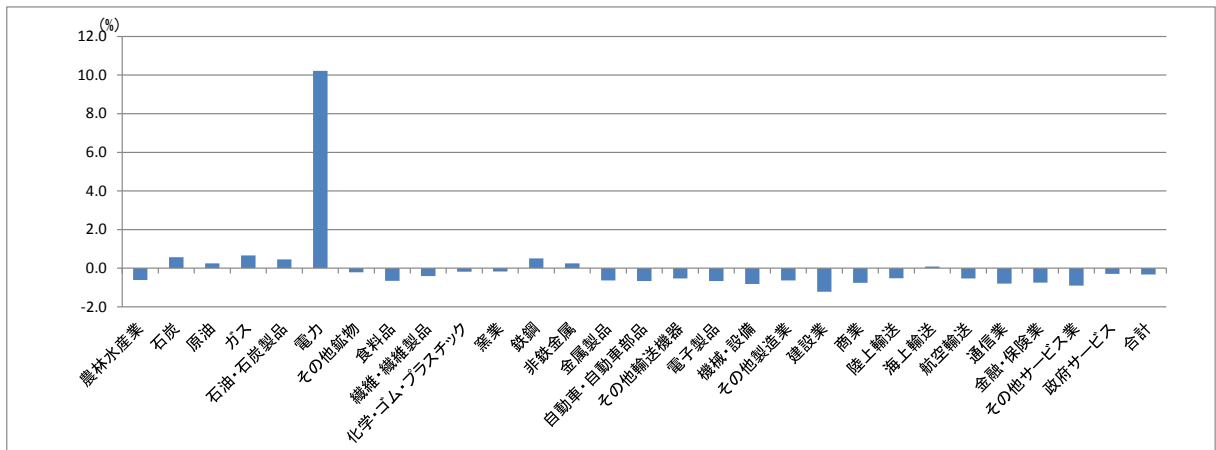
出所：筆者作成

表 5-41 災害による電力産業の生産性の低下が各国の産業別輸入額に与える影響(生産性低下シナリオ：GTAP-E モデル) (単位：百万米ドル)

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書1国	その他地域
農林水産業	-129	-1	-4	-1	0	2	-2	2	9	2	-1	4
石炭	71	0	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0
原油	255	0	-13	0	2	-3	-42	-44	0	-1	-1	-8
ガス	164	-2	-1	0	-1	-1	-11	-17	3	0	1	-5
石油・石炭製品	124	-3	-6	-4	-1	-1	-10	-28	2	0	-4	-7
電力	0	0	0	0	0	0	0	-2	0	0	0	0
その他鉱物	-75	7	11	1	4	5	0	15	3	0	1	3
食料品	-292	-2	-1	0	-2	3	7	2	15	6	2	9
繊維・繊維製品	-128	0	18	2	2	2	25	12	11	4	4	9
化学・ゴム・プラスチック	-98	6	19	-1	1	4	27	-43	21	5	-9	7
窯業	-8	-2	-1	0	0	1	5	24	9	4	3	4
鉄鋼	41	-19	-38	-7	-10	-2	-9	-18	-2	0	-7	-9
非鉄金属	65	-5	-44	-5	-4	1	-12	-31	0	0	-8	-14
金属製品	-56	1	6	4	3	2	16	13	14	3	2	8
自動車・自動車部品	-115	7	47	11	12	6	306	80	65	36	34	79
その他輸送機器	-64	5	3	5	7	4	45	46	11	4	11	21
電子製品	-405	9	17	-24	-35	8	121	84	18	9	21	17
機械・設備	-595	50	221	17	10	29	316	271	81	44	54	156
その他製造業	-249	0	5	1	1	2	59	47	20	7	17	15
建設業	-107	0	4	2	2	1	2	40	12	15	1	9
商業	-133	8	13	1	6	4	4	32	6	2	4	8
陸上輸送	-32	1	1	0	-1	0	3	-15	4	2	0	1
海上輸送	8	-1	0	0	0	1	0	-6	0	0	-1	0
航空輸送	-69	0	0	0	0	1	5	3	3	1	2	3
通信業	-16	1	0	0	0	0	1	0	2	1	1	1
金融・保険業	-82	0	5	0	-1	2	23	11	8	2	2	5
その他サービス業	-367	3	1	2	0	6	26	66	21	8	13	14
政府サービス	-22	0	0	0	-1	0	5	0	10	1	1	2
合計	-2,312	62	262	3	-6	76	909	544	347	156	142	331

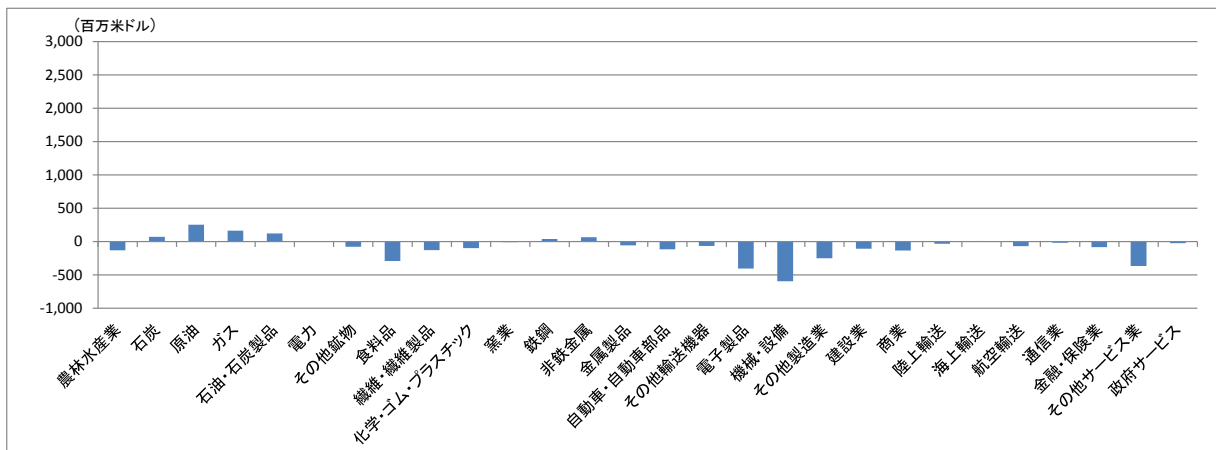
出所：筆者作成

図 5-24 災害による電力産業の生産性の低下が日本の産業別輸入額に与える影響(生産性低下シナリオ：GTAP-E モデル) (単位：%)



出所：筆者作成

図 5-25 災害による電力産業の生産性の低下が日本の産業別輸入額に与える影響(生産性低下シナリオ：GTAP-E モデル) (単位：百万米ドル)



出所：筆者作成

表 5-42 災害による電力産業の生産性低下が日本の産業別輸入額に与える影響：4産業分類 (生産性低下シナリオ：GTAP-E モデル、単位：%、百万米ドル)

	変化率 (%)	変化額 (百万米ドル)
農林水産業合計	-0.61%	-129
エネルギー産業合計	0.37%	614
製造業製品合計	-0.47%	-1,979
サービス業合計	-0.70%	-819
合計	-0.32%	-2,312

出所：筆者作成

3. 資本ストックの損傷（資本ストック損傷シナリオ）が日本の産業別輸入に与える影響の分析

日本において、資本ストックが▲1.1%減少した場合に各国の産業別輸入に生じる影響について、GTAP-E モデルによる変化率表示のシミュレーション結果を表 5-43、実額レベルでのシミュレーション結果を表 5-44 に示した。特に我が国の産業別輸入に生じる影響について、GTAP-E モデルによる変化率表示のシミュレーション結果を図 5-26、実額レベルでのシミュレーション結果を図 5-27 に示した。

資本ストック損傷シナリオでは、すべての産業において生産能力の低下が生じることとなる。そのため輸入財への需要が高まり、輸入が増加する傾向が見られる。資本ストック損傷シナリオの特徴の一つは、すべての産業において生産能力が低下し、生産高を増やす産業がないことから、生産においてエネルギー財への需要が減少し、エネルギー財の輸入が減少しているということであり、生産性低下シナリオとは反対の傾向が示される。そして、輸入総額全体は増加するという点でも、輸入総額が減少する生産性低下シナリオとは逆の特徴が見られる。

表 5-45 には、GTAP-E モデルによる産業別輸入額に関するシミュレーション結果を 4 産業（農林水産業・エネルギー財・製造業製品・サービス業）に分類した結果を、変化率表示と実額表示の双方について示した。資本ストックが▲1.1%減少した場合には、農林水産業とエネルギー産業では輸入額が減少するが、製造業とサービス業では輸入が増加し、輸入総額としては増加するという試算結果が得られる。

このように、GTAP-E モデルによる試算からは、自然災害により電力供給制約が生じる場合、生産力低下シナリオと資本ストック損傷シナリオで見られるような異なる二つの動向が、我が国の経済に影響を与えていくという結果が示される。

表 5-43 資本ストックの損傷が各国の産業別輸入額に与える影響（資本ストック損傷シナリオ：GTAP-E モデル）（単位：％）

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書1国	その他地域
農林水産業	-0.01	0.00	0.00	0.01	-0.02	-0.02	-0.01	0.00	-0.04	-0.02	0.00	-0.01
石炭	-0.66	0.03	0.05	0.01	0.02	0.00	0.02	0.02	-0.01	0.00	-0.04	0.01
原油	-0.53	0.02	0.05	0.01	0.00	0.02	0.03	0.02	-0.03	0.01	0.01	0.02
ガス	-0.47	0.03	0.11	-0.01	0.04	0.07	0.04	0.03	-0.05	0.02	-0.04	0.04
石油・石炭製品	-0.80	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	-0.01	0.02	0.01	0.01
電力	0.45	0.04	0.07	-0.03	0.01	0.00	0.01	0.02	-0.03	0.00	0.01	0.00
その他鉱物	-1.23	0.05	0.03	-0.02	-0.02	-0.03	0.02	-0.02	-0.07	0.04	0.05	0.01
食料品	0.51	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.04	-0.02	0.00	-0.04	-0.02	-0.01	-0.02
繊維・繊維製品	0.04	-0.02	-0.13	-0.04	-0.05	-0.07	-0.04	-0.01	-0.04	-0.02	-0.02	-0.02
化学・ゴム・プラスチック	0.14	-0.14	-0.11	-0.03	-0.03	-0.03	-0.07	0.01	-0.04	-0.01	0.02	-0.03
窯業	0.80	-0.23	-0.36	-0.20	-0.20	-0.13	-0.08	-0.08	-0.14	-0.06	-0.05	-0.11
鉄鋼	0.12	-0.21	-0.27	-0.04	-0.04	-0.14	-0.02	0.03	-0.05	0.01	0.00	-0.03
非鉄金属	-0.68	0.03	0.00	0.00	0.02	0.02	0.04	0.05	0.01	0.03	0.09	0.06
金属製品	1.00	-0.11	-0.28	-0.14	-0.12	-0.15	-0.13	-0.02	-0.09	-0.03	-0.02	-0.07
自動車・自動車部品	0.54	-0.14	-0.25	-0.17	-0.19	-0.25	-0.23	-0.03	-0.11	-0.09	-0.06	-0.15
その他輸送機器	0.38	-0.13	-0.03	-0.12	-0.14	-0.05	-0.19	-0.07	-0.07	-0.06	-0.07	-0.09
電子製品	0.71	-0.05	-0.05	0.07	0.10	-0.10	-0.12	-0.04	-0.06	-0.07	-0.08	-0.04
機械・設備	0.88	-0.20	-0.25	-0.09	-0.08	-0.17	-0.23	-0.07	-0.08	-0.08	-0.07	-0.15
その他製造業	0.75	-0.06	-0.07	-0.04	-0.05	-0.04	-0.07	-0.02	-0.06	-0.03	-0.04	-0.05
建設業	1.08	-0.02	-0.14	-0.09	-0.24	-0.15	-0.12	-0.18	-0.19	-0.16	-0.09	-0.19
商業	0.54	-0.12	-0.05	-0.05	-0.10	-0.14	-0.03	-0.04	-0.07	-0.04	-0.04	-0.05
陸上輸送	0.33	-0.04	-0.01	0.01	-0.01	-0.01	-0.02	0.01	-0.05	-0.02	-0.01	-0.02
海上輸送	-0.33	-0.05	0.02	0.02	-0.03	-0.03	-0.02	0.00	-0.04	-0.04	-0.02	-0.03
航空輸送	0.19	-0.02	0.01	-0.02	-0.03	-0.02	-0.03	0.00	-0.03	-0.03	-0.02	-0.02
通信業	0.69	-0.08	-0.03	0.00	0.00	0.00	-0.02	0.00	-0.06	-0.03	-0.01	-0.03
金融・保険業	0.48	0.00	-0.06	0.00	0.00	-0.02	-0.06	-0.01	-0.06	-0.02	-0.02	-0.02
その他サービス業	0.84	-0.05	0.00	-0.02	0.00	-0.04	-0.05	-0.02	-0.07	-0.04	-0.04	-0.03
政府サービス	-0.36	0.00	0.00	-0.01	0.01	0.01	-0.02	0.00	-0.05	-0.03	-0.01	-0.02

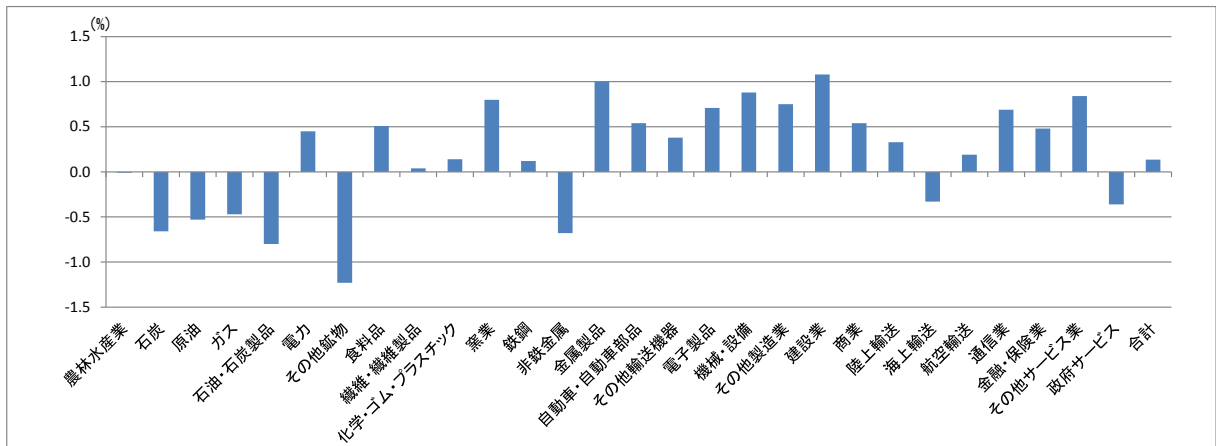
出所：筆者作成

表 5-44 資本ストックの損傷が各国の産業別輸入額に与える影響（資本ストック損傷シナリオ：GTAP-E モデル）（単位：百万米ドル）

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業	-3	0	1	1	-1	-1	-3	0	-13	-3	0	-4
石炭	-82	2	1	0	0	0	0	3	0	0	0	1
原油	-542	13	42	1	1	11	72	71	0	3	2	20
ガス	-117	3	1	0	1	2	13	29	-3	5	-1	7
石油・石炭製品	-215	6	5	3	-1	1	10	33	-4	3	3	12
電力	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0
その他鉱物	-436	7	23	0	-1	-8	1	-13	-5	2	3	1
食料品	228	0	0	-1	0	-3	-15	-1	-25	-8	-6	-13
繊維・繊維製品	12	-2	-30	-6	-4	-3	-45	-19	-18	-5	-6	-15
化学・ゴム・プラスチック	77	-55	-146	-10	-13	-10	-126	92	-41	-6	19	-54
窯業	40	-12	-18	-5	-7	-2	-18	-54	-19	-7	-6	-23
鉄鋼	10	-41	-65	-6	-5	-14	-8	60	-26	1	0	-15
非鉄金属	-177	6	2	0	2	4	24	84	2	2	42	26
金属製品	90	-5	-29	-8	-8	-5	-53	-33	-23	-5	-4	-18
自動車・自動車部品	95	-13	-74	-20	-25	-10	-523	-174	-113	-60	-66	-138
その他輸送機器	45	-7	-5	-10	-17	-7	-88	-93	-21	-8	-22	-43
電子製品	435	-24	-96	37	65	-16	-284	-155	-36	-16	-43	-45
機械・設備	640	-114	-478	-43	-50	-57	-695	-537	-150	-77	-103	-312
その他製造業	298	-7	-22	-5	-7	-4	-129	-90	-36	-10	-31	-34
建設業	94	0	-5	-3	-3	-1	-4	-65	-19	-22	-1	-14
商業	94	-15	-20	-2	-13	-6	-8	-49	-10	-2	-6	-12
陸上輸送	20	-4	-1	0	-1	0	-7	8	-8	-3	-2	-4
海上輸送	-31	-3	0	0	-2	-1	0	0	-1	-1	-2	-3
航空輸送	24	-2	0	-1	-2	-1	-9	-4	-5	-2	-3	-5
通信業	14	-1	-1	0	0	0	-2	0	-3	-1	-1	-2
金融・保険業	53	0	-6	0	0	-2	-39	-14	-13	-2	-3	-6
その他サービス業	340	-11	-1	-4	-1	-10	-47	-108	-34	-11	-23	-25
政府サービス	-28	0	0	0	0	0	-6	1	-16	-2	-1	-3
合計	977	-280	-919	-82	-90	-144	-1,988	-1,023	-639	-235	-262	-720

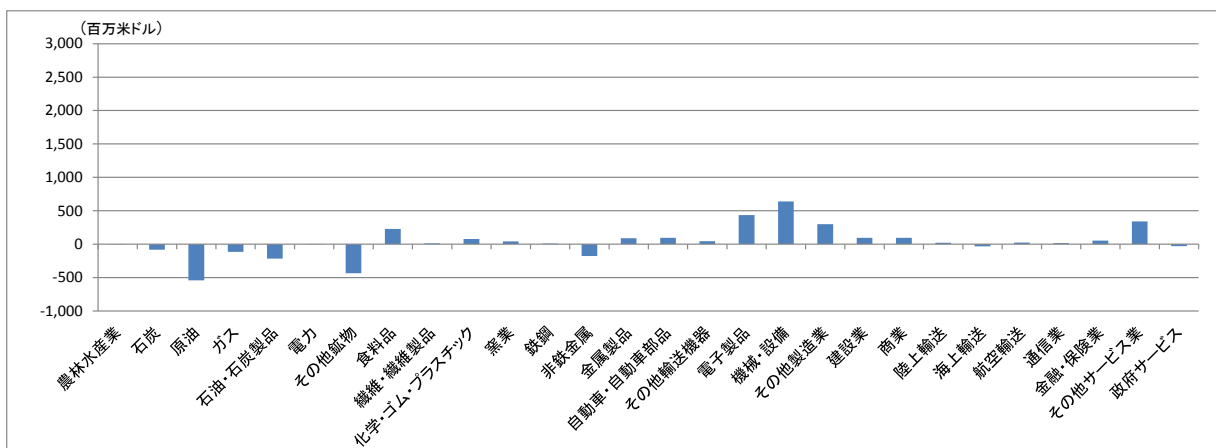
出所：筆者作成

図 5-26 資本ストックの損傷が日本の産業別輸入額に与える影響（資本ストック損傷シナリオ：GTAP-E モデル）
（単位：％）



出所：筆者作成

図 5-27 資本ストックの損傷が日本の産業別輸入額に与える影響（資本ストック損傷シナリオ：GTAP-E モデル）
（単位：百万米ドル）



出所：筆者作成

表 5-45 資本ストックの損傷が日本の産業別輸入額に与える影響：4産業分類（資本ストック損傷シナリオ：GTAP-E モデル、単位：％、百万米ドル）

	変化率 (%)	変化額 (百万米ドル)
農林水産業合計	-0.01%	-3
エネルギー産業合計	-0.57%	-955
製造業製品合計	0.32%	1,355
サービス業合計	0.50%	580
合計	0.14%	977

出所：筆者作成

7節 第五章のまとめ

第五章におけるシミュレーション結果の分析から、電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷という二つの経路は、異なった影響を経済に与えることが示された。

マクロ経済における結果を見ると、電力産業の生産性低下の影響は、GDP 変化全体の約30%程度であり、資本ストックの損傷の影響は約70%程度に相当し、規模としては資本ストックの損傷が経済に与える影響がより大きいことが示された。また、電力産業の生産性の低下により輸入は減少に向かい、輸出の変化率はプラスの方向を示すが、資本ストックの損傷により輸入は増加し、輸出の減少率は高くなるという逆の傾向を示す。これら双方の動きの総計として、日本の実質 GDP 成長率は▲0.65%、実質輸入の変化率は▲0.19%、実質輸出の変化率は▲1.26%というシミュレーション結果が得られた。

産業別生産高における結果では、電力産業の生産性が低下した場合には、生産高が減少する産業と増加する産業の双方が見られた。これは、電力産業では生産性が低下して電力供給量は減少し、電力を多く使用する産業は影響を受けるが、資本ストックは減少していないため、これまで電力産業で使用されていた資本は他の産業に向けられ、一部の産業では生産高が増加することによると考えられる。また、電力供給量が減少したため、電力以外のエネルギー財への需要が高まり、電力以外のエネルギー財では生産高が増加するという傾向が示された。資本ストックの損傷が外生条件として与えられた場合には、ほぼ全産業で生産高は減少した。これらの二つの経路の双方が影響し合い、全体としては日本では原油以外の全産業で生産高が減少し、既に変化率が外生条件として与えられている資本と電力以外では、非鉄金属、鉄鋼、電子製品、化学・ゴム・プラスチックなどで減少率が大きくなった。減少額が大きい産業は、その他サービス業、商業、政府サービスなどのサービス産業や、機械・設備、化学・ゴム・プラスチック、電子製品、鉄鋼などの製造業であった。

民間消費に関する試算結果では、電力産業の生産性低下の場合には、電力以外のエネルギー財（石炭、原油、ガス、石油・石炭製品）を除いてすべての産業において消費が減少した。資本ストックの損傷が外生条件として与えられた場合にも、石炭、原油、石油・石炭製品などのエネルギー財以外のほぼすべての産業で消費額は減少するが、日本において電力の民間消費の落ち込みは▲0.4%と、他の財とほぼ同程度の減少率で消費額が減少することが示された。そして、電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷の双方が外生条件として与えられる全体シナリオでは、日本では電力は▲5.0%と消費額の減少率は大きく、電力以外のエネルギー財を除くすべての産業において消費が減少した。そして、電力以外のエネルギー財（石炭、原油、ガス、石油・石炭製品）に関しては、僅かに消費が増加するという結果が示された。

供給価格における結果を見ると、電力産業の生産性が低下した場合には、電力価格が他産業の価格よりも大幅に上昇し、電力以外の産業では▲0.4～+0.2%同程度の範囲で、価格が上昇する産業と低下する傾向を示す産業に分かれた。資本ストック損傷シナリオの場合は、電力価格は上昇するものの、他産業と比較しても大幅には上昇せず、他の産業では0.0～+0.6%程度の範囲で、ほぼすべての産業で価格が上昇する傾向を示す。これら二つの経路の影響を総合した全体シナリオでは、農林水産業と原油において▲0.1%と僅かに価格が低下する以外

は、すべての産業で供給価格は上昇した。

産業別輸出額の試算結果には、供給価格の変化が大きく影響する。生産性低下シナリオの場合は、全体としては供給価格が低下傾向を示している産業が多いため、多くの産業で輸出価格も低下傾向を示し、このような産業では輸出額も増加するという試算結果が得られた。一方、資本ストック損傷シナリオの場合は、すべての産業で供給価格が上昇しているため、輸出価格もすべての産業において上昇し、産業別輸出額はほぼ全産業で減少する。このような二つの動きを総合すると、全体としてはほぼ全産業で供給価格が上昇し、日本では主に製造業製品において輸出が減少した。減少率が高い産業としては窯業、鉄鋼、非鉄金属などのエネルギー集約産業が多く、輸出の減少額が特に大きいのは機械・設備、電子製品、化学・ゴム・プラスチック、自動車・自動車部品などであった。

産業別輸入額の試算結果では、生産性低下シナリオの場合は、資本ストックには影響は生じていないことから、生産高の落ち込みも資本ストック損傷シナリオよりも大きくない。一部の産業では生産高が増加していることから、輸入財への依存はむしろ低下し、輸入は減少傾向を示す。エネルギー財に関して輸入は増加するが、他の産業における輸入額の減少の影響がより強く、輸入額全体としては▲0.32%の減少率となる。資本ストック損傷シナリオでは、すべての産業において生産低下が生じるため輸入財への需要が高まる。そして生産を増やす産業がないことから、エネルギー財への需要が減少し、エネルギー財輸入が減少する一方で、輸入総額全体は増加するという点で、生産性低下シナリオとは逆の特徴が見られた。これら二つの経路の影響を総合した全体シナリオでは、窯業や鉄鋼などのエネルギー集約財や一部の製造業では輸入額は増加するが、他の産業における輸入の減少額の方が大きく、輸入総額では▲0.19%減少するという結果となった。

このように、電力産業の生産性低下のように特定の産業に影響が生じる場合と、資本ストック全体に影響が生じる場合では、経済に与える影響には規模や影響の形態に差が見られた。震災が経済に与える影響は複数の経路を経て生じるものであり、二つの経路を外生条件として与えた GTAP-E モデルによるマクロ経済変数の結果を実績値と比較すると、規模や傾向において大きくは乖離していなかった。

第六章 Systematic Sensitivity Analysisによる代替パラメータに関する感応度分析

1節 GEMPACKによるSystematic Sensitivity Analysis

1. Systematic Sensitivity Analysisによる感応度分析

第三章で見たように、GTAP-E モデルには資本とエネルギー財、またエネルギー財間の代替パラメータが導入されている。表 6-1 には、GTAP-E モデル、GREEN モデル、Rutherford モデルにおける資本とエネルギー財間の代替パラメータと、エネルギー財間の代替パラメータを示した。

GREEN モデルでパラメータにばらつきがあるのは、同モデルにおける動学効果によるものである。まず資本に関しては、他の生産要素との代替効果が低く、産業間の移動も行われにくい古い資本と、他の生産要素との代替効果が高く、産業間を移動しやすい新規資本に分類される。そのため、古い資本に対しては小さな値のパラメータが適用され、たとえばパラメータの値が 0.0 の場合は代替はまったく行われぬ。新しい資本に対しては大きな値のパラメータが適用される。

またエネルギー財間の代替パラメータに関しては、分析の対象となる期間が短期か、中期か、長期であるかに応じて設定する値が変わる。たとえば短期間を考慮した分析であれば代替効果は低く、パラメータの値は 0.25 程度であるが、中期間であれば 1.0、長期間であれば 2.0 程度という値が適用される。

GTAP-E モデルは GREEN モデル、Rutherford モデルなどの各種の先行研究を参考にし、先行研究で設定された数値の中間程度の値となるように、資本とエネルギー財、またエネルギー財間の代替パラメータの値を設定している。GTAP-E モデルのパラメータは、資本とエネルギー財間の代替パラメータについては 0.5 と Rutherford モデルと同じ値であり、ほぼ GREEN モデルのパラメータの中間の値である。エネルギー財間のパラメータについては、GREEN モデルは 0.25～2.0 の範囲であり、Burniaux and Truong (2002)によれば、Rutherford et al (1997)や Babiker et al (1997)、Bohringer and Pahlke (1997)などによる他の先行研究においてもこの範囲内におさまっている。GTAP-E モデルでは、これらの値は表 6-1 に示されるように、1.0 または 0.5 という値となっている。

表 6-1 GTAP-E モデルとその他のモデルにおけるエネルギー関係の代替パラメータ

セクター	Capital-Energy (K-E)			Inter-Fuel			
	GTAP-E	GREEN	Rutherford	GTAP-E			GREEN
				Electric vs Non-electric	Coal vs other non-electric	between non-coal, non-electric	
Coal	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Crude Oil	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Gas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Petroleum, coal products	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Electricity	0.5	0.0 - 0.8	-	1.0	0.5	1.0	0.25 - 2.0
Ferrous metals	0.5	0.0 - 0.8	0.5	1.0	0.5	1.0	0.25 - 2.0
Chemical, rubber, plastic products	0.5	0.0 - 0.8	0.5	1.0	0.5	1.0	0.25 - 2.0
Other manufacturing; trade, transport	0.5	0.0 - 0.8	0.5	1.0	0.5	1.0	0.25 - 2.0
Agriculture, forestry, and fishery	0.0	0.0 - 0.8	0.5	1.0	0.5	1.0	0.25 - 2.0
Commercial/public services, dwellings	0.5	0.0 - 0.8	0.5	1.0	0.5	1.0	0.25 - 2.0

注：GTAP DataBase 8.1 では、電力産業におけるエネルギー財間の電力と非電力間の代替パラメータは 0.0 である。

出所：Burniaux, Jean-Marc and Truong P. Truong (2002) “GTAP-E : An Energy-Environmental Version of the GTAP Model,” GTAP Technical Paper No.16, Center for Global Trade Analysis, Purdue University.より作成。

GTAP-E モデルでは、独自に推計を行い資本とエネルギー財間の代替パラメータを 0.5 という値に設定したのではなく、先行研究に基づいてパラメータの値を設定している。そのため、パラメータの違いによって、試算結果にどの程度差が出るかを調べておくことは重要と考えられる。本章では、資本とエネルギー財間の代替パラメータとエネルギー財間のパラメータが変化した場合、試算結果にどの程度の差が生じるかについて感応度分析を行う。

パラメータに関する感応度分析を行う場合には、パラメータに様々な値を与えてシミュレーションの回数を重ね結果を比較するという方法が考えられるが、このような方法を用いると行うべきシミュレーションの回数が非常に多くなる。ここでは、GTAP モデル分析に特化した GEMPACK のソフトウェアである RunGTAP に整備されている Systematic Sensitivity Analysis という機能を用いて、パラメータ値の変更に対するモデルの頑健性について検証を試みる。

Systematic Sensitivity Analysis は、Systematic という用語が示すように、パラメータの値がモデルに及ぼす影響を調べるために、体系的に感応度分析を行う手法である。Systematic Sensitivity Analysis では、基本として設定されているパラメータ値から上下に一定の幅を取り、その範囲内でパラメータ値が特定の分布に従って変化する場合に、各変数の試算結果の平均と標準偏差を効率的に計算する。

Systematic Sensitivity Analysis の具体的な手順としては、まず基本となるシミュレーションを実施する。そして、選定したパラメータを基本となるシミュレーションで用いた値から変化させる区間（例：上下 50%）を設定した後に、再度シミュレーションを複数回実行し、指定した区間における各変数の平均値（ここで平均値は基本となるシミュレーションから得

られた試算結果)と標準偏差が計測される。

Systematic Sensitivity Analysis では、パラメータ値を設定した範囲内で変化させた場合の各変数の平均値と標準偏差を用いて、変数の分布は連続分布であるとして、各変数の試算結果がどの程度の範囲で変化するかを調べる。そして、得られた試算結果の平均値と標準偏差をチェビシェフの不等式に適用し、各変数がどの程度の範囲で変化するかを調べる。

チェビシェフの不等式では、下限を「平均値 $-\sqrt{20}\times$ 標準偏差」、上限を「平均値 $+\sqrt{20}\times$ 標準偏差」とする範囲内に、95%以上の確率で値が存在することが知られている。このチェビシェフの不等式を活用し、本章では対象とするパラメータを上下 50%の範囲で変化させ、対象とする変数の試算結果について 95%以上の信頼区間を計算することにより、モデルの頑健性についての検討を行う。

2. 本論文で行う感応度分析の内容

本論文では、GTAP-E における資本とエネルギー財間の代替パラメータと、エネルギー財間のパラメータについて **Systematic Sensitivity Analysis** による感応度分析を行い、各変数がどの程度変化するかを調べる。分析対象とする変数は、第五章で扱った各国のマクロ変数（実質 GDP、実質輸出入）、生産高、民間消費、供給価格、産業別輸出と産業別輸入の変化率である。

資本とエネルギー財間の代替パラメータは **ELFKEN** という名称のパラメータであり、既述のように先行研究を参考に GTAP-E モデルでは非電力エネルギー財（石炭、原油、ガス、石油・石炭製品）を除く全産業で 0.5 という値に設定されている。ここでは、0.5 から上下 50%の範囲で **ELFKEN** の値を変化させ、**ELFKEN** がこの範囲内で変動した場合、各変数がどのように変化するかについて調べた。具体的には、**ELFKEN** は 0.5 を平均値として 0.25~0.75 の範囲で変動することになる。そして、本章における感応度分析では、電力産業のみにおいて資本とエネルギー財間のパラメータが変化した場合と、全産業（もともとゼロとして設定されている非電力エネルギー財を除く）において資本とエネルギー財間のパラメータが変化した場合という 2 通りについて、シミュレーションを実施する。

GTAP-E モデルではエネルギー財間の代替パラメータには、電力と非電力エネルギー財間の代替パラメータ (**ELFENY**)、非電力エネルギー財における石炭と非石炭エネルギー財間の代替パラメータ (**ELFNELY**)、非石炭エネルギー財における原油、ガス、石油・石炭製品間の代替パラメータ (**ELFNCOAL**) の 3 種類が存在する。ここでも **ELFKEN** の場合と同様に、上下 50%の範囲でこれら 3 つのエネルギー財間の代替パラメータの値を変化させ、各変数がどのように変化するかについて調べた。GTAP-E モデルの **ELFENY** と **ELFNCOAL** は 1.0、**ELFNELY** は 0.5 である。したがって、**ELFENY** と **ELFNCOAL** は 1.0 を中心として 0.5~1.5 の範囲で変動し、**ELFNELY** は 0.5 を中心として 0.25~0.75 の範囲で変動することになる。

エネルギー財間の代替パラメータに関しても、電力産業のみにおいてエネルギー財間のパラメータが変化した場合と、全産業（もともとゼロとして設定されている非電力エネルギー財を除く）においてエネルギー財間のパラメータが変化した場合という 2 通りについて、シ

シミュレーションを実施する。なお、電力産業では ELFENY はゼロとして設定されているため、電力産業のみにおいてエネルギー財間のパラメータについて感応度分析を行う場合は、ELFNCOAL と ELFNELY の 2 つのパラメータを対象とする。

表 6-2 本章における Systematic Sensitivity Analysis の内容

		ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
対象とする産業	電力産業のみ	○		○	
	全産業		○		○
対象とするパラメータ	ELFKEN(0.5)	○	○		
	ELFENY(1.0)				○
	ELFNELY(0.5)			○	○
	ELFNCOAL(1.0)			○	○

出所：筆者作成

2 節 資本とエネルギー財間の代替パラメータに関する感応度分析

1. ケース1：電力産業における資本とエネルギー財間の代替パラメータに関する感応度分析

(1) マクロ経済における感応度分析結果

電力産業において資本とエネルギー財間の代替パラメータが 0.25～0.75 の範囲で変動した場合について、各国の実質 GDP の変化率に関する試算結果を表 6-3、実質輸入の変化率に関する試算結果を表 6-4、実質輸出の変化率に関する試算結果を表 6-5 に示した。

第三章で触れたように、GTAP-E モデルの生産構造全体における資本とエネルギー財の代替パラメータの値は、資本＋エネルギー財、また生産要素＋エネルギー財が各産業における総コストに占める割合なども考慮して決定されている。そのため、各産業における資本とエネルギー財の代替パラメータの値の変化が各変数の試算結果に与える影響も、最終的には生産構造全体の中で決定されていくことになる。マクロ経済における感応度分析の結果を見ると、日本の実質 GDP に関する標準偏差は 0.00003 と非常に小さく、95%の確率で基本となるシミュレーションの結果である▲0.65 と同じ結果となることが示される。実質輸入に関しては標準偏差は 0.00045 となり、95%以上の確率で変化率は▲0.19～▲0.18%の範囲内に存在することが示される。実質輸出に関しては標準偏差が 0.00175 とやや大きくなり、95%以上の確率で変化率は▲1.27～▲1.25%の範囲内に存在するという試算結果が得られ、いずれの場合もモデルの試算結果はパラメータの変化に対して頑健であることが示される。

表 6-3 電力産業における資本とエネルギー財間の代替パラメータの上下 50%の変化に対する試算結果（実質 GDP 変化率）
（単位：％）

	平均値	標準偏差	下限(95%の確率)	上限(95%の確率)
日本	-0.65	0.00003	-0.65	-0.65
韓国	0.00	0.000	0.00	0.00
中国	0.00	0.000	0.00	0.00
ASEANエネルギー純輸出国	0.00	0.000	0.00	0.00
その他ASEAN諸国	0.00	0.000	0.00	0.00
インド	0.00	0.000	0.00	0.00
アメリカ合衆国	0.00	0.000	0.00	0.00
EU27	0.00	0.000	0.00	0.00
その他エネルギー純輸出国	0.00	0.000	0.00	0.00
旧ソ連・東欧諸国	0.00	0.000	0.00	0.00
その他付属書 I 国	0.00	0.000	0.00	0.00
その他地域	0.00	0.000	0.00	0.00

出所：筆者作成

表 6-4 電力産業における資本とエネルギー財間の代替パラメータの上下 50%の変化に対する試算結果（実質輸入変化率）
（単位：％）

	平均値	標準偏差	下限(95%の確率)	上限(95%の確率)
日本	-0.19	0.0005	-0.19	-0.18
韓国	-0.05	0.000	-0.05	-0.05
中国	-0.06	0.000	-0.06	-0.06
ASEANエネルギー純輸出国	-0.02	0.000	-0.02	-0.02
その他ASEAN諸国	-0.02	0.000	-0.02	-0.02
インド	-0.02	0.000	-0.02	-0.02
アメリカ合衆国	-0.05	0.000	-0.05	-0.05
EU27	-0.01	0.000	-0.01	-0.01
その他エネルギー純輸出国	-0.03	0.000	-0.03	-0.03
旧ソ連・東欧諸国	-0.01	0.000	-0.01	-0.01
その他付属書 I 国	-0.01	0.000	-0.01	-0.01
その他地域	-0.03	0.000	-0.03	-0.03

出所：筆者作成

表 6-5 電力産業における資本とエネルギー財間の代替パラメータの上下 50%の変化に対する試算結果（実質輸出変化率）（単位：%）

	平均値	標準偏差	下限(95%の確率)	上限(95%の確率)
日本	-1.26	0.0018	-1.27	-1.25
韓国	0.01	0.000	0.01	0.01
中国	0.00	0.000	0.00	0.00
ASEANエネルギー純輸出国	0.03	0.000	0.02	0.03
その他ASEAN諸国	0.02	0.000	0.02	0.02
インド	0.04	0.000	0.04	0.04
アメリカ合衆国	0.07	0.000	0.07	0.07
EU27	0.04	0.000	0.04	0.04
その他エネルギー純輸出国	0.03	0.000	0.03	0.03
旧ソ連・東欧諸国	0.02	0.000	0.02	0.02
その他付属書 I 国	0.04	0.000	0.04	0.04
その他地域	0.04	0.000	0.04	0.04

出所：筆者作成

（２）産業別生産高における感応度分析結果

電力産業において資本とエネルギー財間の代替パラメータが 0.25～0.75 の範囲で変動した場合について、日本の産業別生産高の変化率に関する試算結果を表 6-6 に示した。資本に関しては、外生変数として設定されているため、感応度分析による変化は計測されない。

標準偏差の値は全産業にわたって 0.000～0.003 の範囲内であり、モデルの試算結果はパラメータの変化に対して比較的頑健である。また、石炭・ガスなどのエネルギー財では 0.003、原油や石油・石炭製品で 0.002、その他の財では 0.000～0.001 の範囲となり、エネルギー財で他の産業よりもやや大きくなるという特徴が示される。

表 6-6 電力産業における資本とエネルギー財間の代替パラメータの上下 50%の変化に対する試算結果（産業別生産高）
（単位：％）

	平均値	標準偏差	下限(95%の確率)	上限(95%の確率)
農林水産業	-0.35	0.000	-0.35	-0.35
石炭	-0.33	0.003	-0.34	-0.31
原油	0.28	0.002	0.27	0.29
ガス	-0.74	0.003	-0.75	-0.72
石油・石炭製品	-0.29	0.002	-0.30	-0.29
電力	-4.57	0.001	-4.57	-4.57
その他鉱物	-0.58	0.000	-0.58	-0.58
食料品	-0.50	0.000	-0.50	-0.50
繊維・繊維製品	-0.60	0.001	-0.61	-0.60
化学・ゴム・プラスチック	-1.08	0.001	-1.09	-1.08
窯業	-0.83	0.000	-0.83	-0.83
鉄鋼	-1.34	0.001	-1.34	-1.34
非鉄金属	-1.68	0.001	-1.68	-1.67
金属製品	-0.73	0.000	-0.73	-0.72
自動車・自動車部品	-0.58	0.001	-0.58	-0.57
その他輸送機器	-0.92	0.001	-0.93	-0.92
電子製品	-1.11	0.001	-1.11	-1.10
機械・設備	-1.07	0.001	-1.08	-1.07
その他製造業	-0.77	0.000	-0.77	-0.77
建設業	-0.25	0.001	-0.25	-0.24
商業	-0.54	0.000	-0.54	-0.54
陸上輸送	-0.55	0.000	-0.55	-0.55
海上輸送	-0.30	0.000	-0.30	-0.29
航空輸送	-0.53	0.001	-0.53	-0.53
通信業	-0.57	0.000	-0.57	-0.57
金融・保険業	-0.58	0.000	-0.58	-0.58
その他サービス業	-0.58	0.000	-0.58	-0.58
政府サービス	-0.48	0.000	-0.48	-0.48

出所：筆者作成

（3）民間消費における感応度分析結果

電力産業において資本とエネルギー財間の代替パラメータが 0.25～0.75 の範囲で変動した場合について、日本の民間消費の変化率に関する試算結果を表 6-7 に示した。標準偏差の値は全産業にわたって 0.0000～0.0005 の範囲内であり、生産高の場合よりもさらに小さなものとなり、モデルの試算結果はパラメータの変化に対して頑健であると言える。また民間消費においても、石炭、原油では 0.0005、石油・石炭製品では 0.0004、その他の財では 0.0000～0.0003 の範囲となり、石炭、原油、石油・石炭製品などのエネルギー財で他の産業よりもやや大きくなるという特徴が示される。

表 6-7 電力産業における資本とエネルギー財間の代替パラメータの上下 50%の変化に対する試算結果（民間消費）（単位：%）

	平均値	標準偏差	下限(95%の確率)	上限(95%の確率)
農林水産業	-0.13	0.0000	-0.13	-0.13
石炭	0.21	0.0005	0.21	0.21
原油	0.22	0.0005	0.22	0.22
ガス	0.14	0.0002	0.14	0.14
石油・石炭製品	0.10	0.0004	0.10	0.10
電力	-4.99	0.0000	-4.99	-4.99
その他鉱物	-0.61	0.0001	-0.61	-0.61
食料品	-0.42	0.0001	-0.42	-0.41
繊維・繊維製品	-0.38	0.0002	-0.38	-0.38
化学・ゴム・プラスチック	-0.56	0.0002	-0.56	-0.56
窯業	-0.66	0.0001	-0.66	-0.66
鉄鋼	-0.76	0.0001	-0.76	-0.76
非鉄金属	-0.53	0.0003	-0.53	-0.53
金属製品	-0.51	0.0002	-0.51	-0.51
自動車・自動車部品	-0.48	0.0001	-0.49	-0.48
その他輸送機器	-0.41	0.0002	-0.41	-0.41
電子製品	-0.53	0.0001	-0.53	-0.53
機械・設備	-0.44	0.0002	-0.44	-0.44
その他製造業	-0.47	0.0002	-0.47	-0.47
建設業	-0.39	0.0003	-0.39	-0.39
商業	-0.52	0.0000	-0.52	-0.52
陸上輸送	-0.49	0.0001	-0.49	-0.49
海上輸送	-0.45	0.0001	-0.45	-0.45
航空輸送	-0.43	0.0002	-0.43	-0.43
通信業	-0.56	0.0000	-0.56	-0.56
金融・保険業	-0.53	0.0000	-0.53	-0.53
その他サービス業	-0.59	0.0001	-0.59	-0.59
政府サービス	-0.47	0.0000	-0.47	-0.47

出所：筆者作成

（４）供給価格における感応度分析結果

電力産業において資本とエネルギー財間の代替パラメータが 0.25～0.75 の範囲で変動した場合について、日本の供給価格の変化率に関する試算結果を表 6-8 に示した。標準偏差の値は全産業にわたって 0.0001～0.0005 の範囲内と、ほぼ民間消費の場合と同じであり、モデルの試算結果はパラメータの変化に対して頑健である。供給価格の場合は、標準偏差が比較的大きいのはガスと、通信業、通信業、金融・保険業、その他サービス業などのサービス業であり、電力価格の標準偏差は他の製造業やサービス業と同程度の 0.0003 である。

表 6-8 電力産業における資本とエネルギー財間の代替パラメータの上下 50%の変化に対する試算結果（供給価格）
（単位：％）

	平均値	標準偏差	下限(95%の確率)	上限(95%の確率)
農林水産業	-0.08	0.0002	-0.08	-0.08
石炭	-0.02	0.0001	-0.02	-0.02
原油	-0.12	0.0002	-0.12	-0.12
ガス	0.15	0.0004	0.15	0.15
石油・石炭製品	0.11	0.0001	0.11	0.11
電力	5.47	0.0003	5.47	5.47
その他鉱物	0.29	0.0003	0.29	0.29
食料品	0.17	0.0003	0.17	0.17
繊維・繊維製品	0.07	0.0002	0.07	0.07
化学・ゴム・プラスチック	0.29	0.0003	0.29	0.29
窯業	0.48	0.0003	0.48	0.48
鉄鋼	0.61	0.0003	0.61	0.61
非鉄金属	0.35	0.0002	0.34	0.35
金属製品	0.28	0.0003	0.28	0.28
自動車・自動車部品	0.14	0.0003	0.14	0.14
その他輸送機器	0.17	0.0003	0.17	0.17
電子製品	0.23	0.0003	0.23	0.23
機械・設備	0.22	0.0003	0.22	0.22
その他製造業	0.29	0.0003	0.29	0.29
建設業	0.08	0.0003	0.08	0.08
商業	0.17	0.0004	0.17	0.17
陸上輸送	0.15	0.0003	0.15	0.16
海上輸送	0.10	0.0003	0.10	0.10
航空輸送	0.14	0.0003	0.13	0.14
通信業	0.25	0.0005	0.25	0.25
金融・保険業	0.18	0.0004	0.18	0.19
その他サービス業	0.26	0.0005	0.26	0.26
政府サービス	0.11	0.0003	0.11	0.11

出所：筆者作成

（5）産業別輸出における感応度分析結果

電力産業において資本とエネルギー財間の代替パラメータが 0.25～0.75 の範囲で変動した場合について、日本の産業別輸出の変化率に関する試算結果を表 6-9 に示した。最も標準偏差が大きいガスでは標準偏差が 0.015 に達しているが、他の産業ではエネルギー財、非エネルギー財の双方において、0.000～0.003 程度の範囲内で変化しており、変化の幅は小さい。このことから、産業別輸出額に関する試算結果は、パラメータの変化に対して頑健であるが、第三章 3 節で見たように石炭産業では生産構造全体における資本とエネルギー財の代替パラ

メータの値が大きく、他の産業よりも感応度分析の試算結果が大きく計測されることが示される。

表 6-9 電力産業における資本とエネルギー財間の代替パラメータの上下 50%の変化に対する試算結果（産業別輸出）（単位：%）

	平均値	標準偏差	下限(95%の確率)	上限(95%の確率)
農林水産業	0.27	0.001	0.27	0.27
石炭	0.10	0.001	0.09	0.11
原油	1.10	0.001	1.10	1.10
ガス	-4.57	0.015	-4.63	-4.50
石油・石炭製品	-0.47	0.000	-0.47	-0.47
電力	-25.81	0.001	-25.82	-25.81
その他鉱物	-0.36	0.000	-0.36	-0.36
食料品	-0.82	0.002	-0.83	-0.82
繊維・繊維製品	-0.50	0.002	-0.50	-0.49
化学・ゴム・プラスチック	-1.60	0.002	-1.60	-1.59
窯業	-2.22	0.002	-2.23	-2.22
鉄鋼	-2.79	0.001	-2.80	-2.79
非鉄金属	-2.53	0.001	-2.53	-2.52
金属製品	-1.81	0.002	-1.82	-1.80
自動車・自動車部品	-0.65	0.002	-0.66	-0.65
その他輸送機器	-1.37	0.003	-1.38	-1.36
電子製品	-1.66	0.002	-1.67	-1.65
機械・設備	-1.49	0.002	-1.50	-1.48
その他製造業	-1.84	0.002	-1.85	-1.83
建設業	-0.33	0.001	-0.34	-0.33
商業	-0.62	0.001	-0.63	-0.61
陸上輸送	-0.57	0.001	-0.58	-0.57
海上輸送	-0.19	0.000	-0.19	-0.19
航空輸送	-0.40	0.001	-0.40	-0.39
通信業	-0.95	0.002	-0.96	-0.94
金融・保険業	-0.70	0.002	-0.71	-0.70
その他サービス業	-0.98	0.002	-0.99	-0.97
政府サービス	-0.42	0.001	-0.43	-0.41

出所：筆者作成

（6）産業別輸入における感応度分析結果

電力産業において資本とエネルギー財間の代替パラメータが0.25～0.75の範囲で変動した場合について、日本の産業別輸入の変化率に関する試算結果を表 6-10 に示した。最も標準偏差が大きいガスでは 0.009、次いで大きい石炭では 0.008 となり、エネルギー財以外では標準偏差は 0.000～0.001 という小さな範囲内で変化していることが示される。

表 6-10 電力産業における資本とエネルギー財間の代替パラメータの上下 50%の変化に対する試算結果（産業別輸入）（単位：%）

	平均値	標準偏差	下限(95%の確率)	上限(95%の確率)
農林水産業	-0.63	0.000	-0.63	-0.62
石炭	-0.09	0.008	-0.13	-0.05
原油	-0.28	0.002	-0.29	-0.27
ガス	0.19	0.009	0.15	0.23
石油・石炭製品	-0.34	0.001	-0.35	-0.34
電力	10.71	0.000	10.71	10.72
その他鉱物	-1.44	0.001	-1.45	-1.44
食料品	-0.14	0.001	-0.15	-0.14
繊維・繊維製品	-0.37	0.000	-0.37	-0.37
化学・ゴム・プラスチック	-0.04	0.000	-0.04	-0.04
窯業	0.64	0.001	0.63	0.64
鉄鋼	0.63	0.000	0.63	0.63
非鉄金属	-0.43	0.000	-0.43	-0.43
金属製品	0.37	0.001	0.37	0.38
自動車・自動車部品	-0.12	0.001	-0.12	-0.11
その他輸送機器	-0.16	0.001	-0.16	-0.16
電子製品	0.05	0.001	0.04	0.05
機械・設備	0.06	0.001	0.06	0.07
その他製造業	0.13	0.001	0.12	0.13
建設業	-0.14	0.001	-0.14	-0.13
商業	-0.22	0.001	-0.23	-0.22
陸上輸送	-0.20	0.001	-0.20	-0.20
海上輸送	-0.24	0.000	-0.24	-0.24
航空輸送	-0.34	0.000	-0.34	-0.34
通信業	-0.11	0.001	-0.12	-0.11
金融・保険業	-0.27	0.001	-0.27	-0.26
その他サービス業	-0.07	0.001	-0.07	-0.06
政府サービス	-0.65	0.000	-0.65	-0.65

出所：筆者作成

2. ケース 2：全産業における資本とエネルギー財間の代替パラメータに関する感応度分析

(1) マクロ経済における感応度分析結果

資本とエネルギー財間の代替パラメータの値がゼロである非電力エネルギー財を除く産業において、資本とエネルギー財間の代替パラメータが 0.25～0.75 の範囲で変動した場合について、各国の実質 GDP の変化率に関する試算結果を表 6-11、実質輸入の変化率に関する試算結果を表 6-12、実質輸出の変化率に関する試算結果を表 6-13 に示した。

電力産業においてのみ資本とエネルギー財間の代替パラメータが 0.25～0.75 の範囲で変動

した場合よりも、日本の実質 GDP に関する標準偏差は 0.0011 とやや増加するが、95%以上の確率で変化率は▲0.66～▲0.65%の範囲内に存在するという結果が示される。実質輸入に関しては標準偏差が 0.0036 となり、95%以上の確率で変化率は▲0.20～▲0.17%の範囲内に存在することが示される。実質輸出に関しては標準偏差が 0.0306 であり、95%以上の確率で変化率は▲1.39～▲1.12%の範囲内に存在するというように、やや存在する範囲が広がるという結果が得られる。

この分析では、非電力エネルギー財以外のすべての産業において資本とエネルギー財間の代替パラメータが 0.25～0.75 の範囲で変化するというように、ケース 1 よりも変化の規模はかなり大きくなっており、これに伴ってモデルの試算結果の標準偏差も拡大する。しかし、平均値からの乖離を見ると、パラメータの変化に対してモデルの試算結果は比較的頑健であることが示される。

表 6-11 全産業における資本とエネルギー財間の代替パラメータの上下 50%の変化に対する試算結果（実質 GDP 変化率）
（単位：%）

	平均値	標準偏差	下限(95%の確率)	上限(95%の確率)
日本	-0.65	0.0011	-0.66	-0.65
韓国	0.00	0.0000	0.00	0.00
中国	0.00	0.0001	0.00	0.00
ASEANエネルギー純輸出国	0.00	0.0001	0.00	0.00
その他ASEAN諸国	0.00	0.0001	0.00	0.00
インド	0.00	0.0000	0.00	0.00
アメリカ合衆国	0.00	0.0000	0.00	0.00
EU27	0.00	0.0000	0.00	0.00
その他エネルギー純輸出国	0.00	0.0001	0.00	0.00
旧ソ連・東欧諸国	0.00	0.0001	0.00	0.00
その他付属書 I 国	0.00	0.0001	0.00	0.00
その他地域	0.00	0.0000	0.00	0.00

出所：筆者作成

表 6-12 全産業における資本とエネルギー財間の代替パラメータの上下 50%の変化に対する試算結果（実質輸入変化率）（単位：%）

	平均値	標準偏差	下限(95%の確率)	上限(95%の確率)
日本	-0.19	0.0036	-0.20	-0.17
韓国	-0.05	0.0006	-0.05	-0.05
中国	-0.06	0.0008	-0.06	-0.06
ASEANエネルギー純輸出国	-0.02	0.0002	-0.02	-0.02
その他ASEAN諸国	-0.02	0.0002	-0.02	-0.02
インド	-0.02	0.0001	-0.02	-0.02
アメリカ合衆国	-0.05	0.0007	-0.05	-0.05
EU27	-0.01	0.0000	-0.01	-0.01
その他エネルギー純輸出国	-0.03	0.0015	-0.03	-0.02
旧ソ連・東欧諸国	-0.01	0.0008	-0.02	-0.01
その他付属書 I 国	-0.01	0.0004	-0.01	-0.01
その他地域	-0.03	0.0003	-0.03	-0.02

出所：筆者作成

表 6-13 全産業における資本とエネルギー財間の代替パラメータの上下 50%の変化に対する試算結果（実質輸出変化率）（単位：%）

	平均値	標準偏差	下限(95%の確率)	上限(95%の確率)
日本	-1.26	0.0306	-1.39	-1.12
韓国	0.01	0.0002	0.01	0.01
中国	0.00	0.0003	-0.01	0.00
ASEANエネルギー純輸出国	0.03	0.0016	0.02	0.03
その他ASEAN諸国	0.02	0.0008	0.01	0.02
インド	0.04	0.0011	0.03	0.04
アメリカ合衆国	0.07	0.0023	0.06	0.08
EU27	0.04	0.0011	0.04	0.05
その他エネルギー純輸出国	0.03	0.0013	0.03	0.04
旧ソ連・東欧諸国	0.02	0.0006	0.02	0.02
その他付属書 I 国	0.04	0.0015	0.04	0.05
その他地域	0.04	0.0011	0.03	0.04

（2）産業別生産高における感応度分析結果

非電力エネルギー財を除く全産業において、資本とエネルギー財間の代替パラメータが 0.25～0.75 の範囲で変動した場合について、日本の産業別生産高の変化率に関する試算結果を表 6-14 に示した。

全産業で資本とエネルギー財間の代替パラメータが変動すると、エネルギー産業における試算結果への影響も電力産業のみで変動する場合よりも大きくなる。標準偏差の値は、最も

大きい電力で 0.089 となり、平均値が▲4.57 である場合、95%以上の確率で変化率は▲4.97～▲4.17%の範囲内に存在するという分析結果が得られる。標準偏差はエネルギー財では石炭が 0.062、ガスが 0.068 と比較的大きく、石炭の生産高の変化率は 95%以上の確率で▲0.60～▲0.05%の範囲内に存在する。エネルギー財以外の産業では、標準偏差は 0.02 以下に留まり、パラメータの変化の大きさに比較してモデルの試算結果は比較的頑健であることが示される。

表 6-14 全産業における資本とエネルギー財間の代替パラメータの上下 50%の変化に対する試算結果（産業別生産高）
（単位：%）

	平均値	標準偏差	下限(95%の確率)	上限(95%の確率)
農林水産業	-0.35	0.003	-0.37	-0.34
石炭	-0.33	0.062	-0.60	-0.05
原油	0.28	0.036	0.12	0.45
ガス	-0.74	0.068	-1.04	-0.43
石油・石炭製品	-0.29	0.034	-0.44	-0.14
電力	-4.57	0.089	-4.97	-4.17
その他鉱物	-0.58	0.003	-0.59	-0.57
食料品	-0.50	0.003	-0.51	-0.49
繊維・繊維製品	-0.60	0.012	-0.66	-0.55
化学・ゴム・プラスチック	-1.08	0.016	-1.15	-1.01
窯業	-0.83	0.003	-0.84	-0.81
鉄鋼	-1.34	0.015	-1.41	-1.27
非鉄金属	-1.68	0.018	-1.75	-1.60
金属製品	-0.73	0.004	-0.74	-0.71
自動車・自動車部品	-0.58	0.014	-0.64	-0.51
その他輸送機器	-0.92	0.021	-1.02	-0.83
電子製品	-1.11	0.018	-1.19	-1.03
機械・設備	-1.07	0.020	-1.16	-0.98
その他製造業	-0.77	0.007	-0.80	-0.74
建設業	-0.25	0.013	-0.30	-0.19
商業	-0.54	0.001	-0.55	-0.53
陸上輸送	-0.55	0.003	-0.56	-0.53
海上輸送	-0.30	0.009	-0.34	-0.26
航空輸送	-0.53	0.010	-0.57	-0.49
通信業	-0.57	0.003	-0.58	-0.56
金融・保険業	-0.58	0.006	-0.60	-0.55
その他サービス業	-0.58	0.003	-0.59	-0.56
政府サービス	-0.48	0.002	-0.49	-0.48

出所：筆者作成

(3) 民間消費における感応度分析結果

非電力エネルギー財を除く全産業において、資本とエネルギー財間の代替パラメータが0.25～0.75の範囲で変動した場合について、日本の民間消費の変化率に関する試算結果を表6-15に示した。全産業で資本とエネルギー財間の代替パラメータが変動すると、電力産業のみにおいて変化を与えた場合よりも、エネルギー産業における民間消費の変化率に関する試算結果への影響も大きくなる。しかし、民間消費の実額は石炭、原油に関してはゼロであり、実際に家計が消費している財では石油・石炭製品で標準偏差は最も大きくなり、0.0059に達する。それ以外の産業では、標準偏差が比較的大きいのは建設業(0.0044)、繊維・繊維製品(0.0036)、非鉄金属(0.0036)、その他輸送機器(0.0035)などであるが、繊維・繊維製品以外は家計消費におけるシェアは非常に少なく、繊維・繊維製品も0.3%程度である。このことから、民間消費における分析結果も、パラメータの変化の大きさに比較して頑健であることが示される。

表 6-15 全産業における資本とエネルギー財間の代替パラメータの上下 50%の変化に対する試算結果（民間消費）（単位：％）

	平均値	標準偏差	下限(95%の確率)	上限(95%の確率)
農林水産業	-0.13	0.0004	-0.13	-0.13
石炭	0.21	0.0065	0.18	0.24
原油	0.22	0.0070	0.19	0.25
ガス	0.14	0.0027	0.13	0.15
石油・石炭製品	0.10	0.0059	0.07	0.12
電力	-4.99	0.0005	-5.00	-4.99
その他鉱物	-0.61	0.0006	-0.61	-0.60
食料品	-0.42	0.0004	-0.42	-0.41
繊維・繊維製品	-0.38	0.0036	-0.40	-0.37
化学・ゴム・プラスチック	-0.56	0.0019	-0.56	-0.55
窯業	-0.66	0.0013	-0.66	-0.65
鉄鋼	-0.76	0.0014	-0.77	-0.75
非鉄金属	-0.53	0.0036	-0.54	-0.51
金属製品	-0.51	0.0023	-0.52	-0.50
自動車・自動車部品	-0.48	0.0010	-0.49	-0.48
その他輸送機器	-0.41	0.0035	-0.42	-0.39
電子製品	-0.53	0.0014	-0.54	-0.53
機械・設備	-0.44	0.0034	-0.46	-0.43
その他製造業	-0.47	0.0027	-0.49	-0.46
建設業	-0.39	0.0044	-0.41	-0.37
商業	-0.52	0.0005	-0.52	-0.52
陸上輸送	-0.49	0.0004	-0.49	-0.48
海上輸送	-0.45	0.0009	-0.45	-0.44
航空輸送	-0.43	0.0025	-0.44	-0.42
通信業	-0.56	0.0017	-0.57	-0.55
金融・保険業	-0.53	0.0015	-0.54	-0.53
その他サービス業	-0.59	0.0018	-0.59	-0.58
政府サービス	-0.47	0.0001	-0.47	-0.47

出所：筆者作成

（４）供給価格における感応度分析結果

非電力エネルギー財を除く全産業において、資本とエネルギー財間の代替パラメータが 0.25～0.75 の範囲で変動した場合について、日本の供給価格の変化率に関する試算結果を表 6-16 に示した。電力産業のみにおいて資本とエネルギー財間の代替パラメータが変化した場合と同様に、標準偏差が大きいのはガス、通信業、金融・保険業、その他サービス業などであるが、これらの産業においても標準偏差は 0.008 程度に留まり、産業別供給価格の試算結果もパラメータの変化の大きさに対して比較的頑健であると言える。

表 6-16 全産業における資本とエネルギー財間の代替パラメータの上下 50%の変化に対する試算結果（供給価格）（単位：％）

	平均値	標準偏差	下限(95%の確率)	上限(95%の確率)
農林水産業	-0.08	0.004	-0.10	-0.06
石炭	-0.02	0.004	-0.04	0.00
原油	-0.12	0.003	-0.13	-0.11
ガス	0.15	0.007	0.12	0.18
石油・石炭製品	0.11	0.001	0.11	0.12
電力	5.47	0.005	5.45	5.50
その他鉱物	0.29	0.005	0.27	0.31
食料品	0.17	0.006	0.15	0.20
繊維・繊維製品	0.07	0.004	0.06	0.09
化学・ゴム・プラスチック	0.29	0.004	0.27	0.31
窯業	0.48	0.006	0.45	0.50
鉄鋼	0.61	0.005	0.59	0.64
非鉄金属	0.35	0.003	0.33	0.36
金属製品	0.28	0.005	0.26	0.31
自動車・自動車部品	0.14	0.005	0.12	0.16
その他輸送機器	0.17	0.005	0.15	0.20
電子製品	0.23	0.005	0.21	0.25
機械・設備	0.22	0.005	0.19	0.24
その他製造業	0.29	0.006	0.26	0.31
建設業	0.08	0.005	0.06	0.10
商業	0.17	0.007	0.14	0.20
陸上輸送	0.15	0.005	0.13	0.18
海上輸送	0.10	0.005	0.08	0.12
航空輸送	0.14	0.005	0.11	0.16
通信業	0.25	0.008	0.21	0.29
金融・保険業	0.18	0.008	0.15	0.22
その他サービス業	0.26	0.008	0.22	0.30
政府サービス	0.11	0.006	0.08	0.13

出所：筆者作成

（５）産業別輸出における感応度分析結果

非電力エネルギー財を除く全産業において、資本とエネルギー財間の代替パラメータが 0.25～0.75 の範囲で変動した場合について、日本の産業別輸出の変化率に関する試算結果を表 6-17 に示した。電力産業のみにおいて資本とエネルギー財間の代替パラメータを変化させた場合よりも標準偏差は大きくなり、特にガスで 0.248 と標準偏差が大きいという傾向は同様である。ガス産業の変化率の試算結果は 95%以上の確率で▲5.67～▲3.46%の範囲内に存在することが示され、範囲は比較的広くなる。また石炭では試算結果が 95%以上の確率で▲

0.02～+0.22%の範囲内に存在するというように、符号が変わる例も見られる。しかし表 6-17 に見られるように、他の産業では標準偏差は 0.05 以下であり、産業別輸出額に関する試算結果もパラメータの変化に対して比較的頑健であることが示される。

表 6-17 全産業における資本とエネルギー財間の代替パラメータの上下 50%の変化に対する試算結果（産業別輸出）（単位：%）

	平均値	標準偏差	下限(95%の確率)	上限(95%の確率)
農林水産業	0.27	0.019	0.19	0.36
石炭	0.10	0.027	-0.02	0.22
原油	1.10	0.005	1.08	1.12
ガス	-4.56	0.248	-5.67	-3.46
石油・石炭製品	-0.47	0.002	-0.47	-0.46
電力	-25.81	0.025	-25.92	-25.70
その他鉱物	-0.36	0.008	-0.40	-0.32
食料品	-0.82	0.029	-0.95	-0.69
繊維・繊維製品	-0.50	0.028	-0.62	-0.37
化学・ゴム・プラスチック	-1.60	0.028	-1.72	-1.47
窯業	-2.22	0.028	-2.35	-2.10
鉄鋼	-2.79	0.025	-2.91	-2.68
非鉄金属	-2.53	0.023	-2.63	-2.42
金属製品	-1.81	0.036	-1.97	-1.64
自動車・自動車部品	-0.65	0.026	-0.77	-0.54
その他輸送機器	-1.37	0.046	-1.58	-1.17
電子製品	-1.66	0.039	-1.83	-1.48
機械・設備	-1.49	0.040	-1.67	-1.32
その他製造業	-1.84	0.038	-2.01	-1.67
建設業	-0.33	0.022	-0.43	-0.24
商業	-0.62	0.025	-0.73	-0.51
陸上輸送	-0.57	0.022	-0.67	-0.47
海上輸送	-0.19	0.007	-0.22	-0.16
航空輸送	-0.40	0.016	-0.47	-0.32
通信業	-0.95	0.032	-1.09	-0.80
金融・保険業	-0.70	0.031	-0.84	-0.56
その他サービス業	-0.98	0.033	-1.13	-0.83
政府サービス	-0.42	0.023	-0.52	-0.31

出所：筆者作成

（6）産業別輸入における感応度分析結果

非電力エネルギー財を除く全産業において、資本とエネルギー財間の代替パラメータが 0.25～0.75 の範囲で変動した場合について、日本の産業別輸入の変化率に関する試算結果を

表 6-18 に示した。石炭、ガス、電力などのエネルギー産業で標準偏差は大きくなり、石炭の変化率の試算結果は 95%以上の確率で▲0.37～+0.19%の範囲内に存在し、ガスでは 95%以上の確率で▲0.21～+0.59%の範囲内に存在することが示される。また、電子製品では 95%以上の確率で▲0.02～+0.12%の範囲内に試算結果が存在し、機械・設備では▲0.02～+0.14%の範囲内に試算結果が存在することが示されるなど、産業別輸入では符号が変わる例もいくつか見られるようになる。

表 6-18 全産業における資本とエネルギー財間の代替パラメータの上下 50%の変化に対する試算結果（産業別輸入）
（単位：%）

	平均値	標準偏差	下限(95%の確率)	上限(95%の確率)
農林水産業	-0.63	0.005	-0.65	-0.60
石炭	-0.09	0.062	-0.37	0.19
原油	-0.28	0.036	-0.44	-0.12
ガス	0.19	0.089	-0.21	0.59
石油・石炭製品	-0.34	0.027	-0.46	-0.22
電力	10.72	0.298	9.38	12.05
その他鉱物	-1.44	0.015	-1.51	-1.37
食料品	-0.14	0.011	-0.19	-0.09
繊維・繊維製品	-0.37	0.004	-0.39	-0.35
化学・ゴム・プラスチック	-0.04	0.004	-0.06	-0.02
窯業	0.64	0.016	0.57	0.71
鉄鋼	0.63	0.003	0.61	0.64
非鉄金属	-0.43	0.008	-0.47	-0.40
金属製品	0.37	0.020	0.28	0.46
自動車・自動車部品	-0.12	0.012	-0.17	-0.06
その他輸送機器	-0.16	0.009	-0.20	-0.12
電子製品	0.05	0.016	-0.02	0.12
機械・設備	0.06	0.019	-0.02	0.14
その他製造業	0.13	0.015	0.06	0.19
建設業	-0.14	0.023	-0.24	-0.03
商業	-0.22	0.012	-0.27	-0.17
陸上輸送	-0.20	0.008	-0.24	-0.16
海上輸送	-0.24	0.005	-0.26	-0.22
航空輸送	-0.34	0.007	-0.37	-0.31
通信業	-0.11	0.012	-0.17	-0.06
金融・保険業	-0.27	0.008	-0.30	-0.23
その他サービス業	-0.07	0.014	-0.13	-0.01
政府サービス	-0.65	0.004	-0.67	-0.63

出所：筆者作成

3節 エネルギー財間の代替パラメータに関する感応度分析

1. ケース3：電力産業におけるエネルギー財間の代替パラメータに関する感応度分析

(1) マクロ経済における感応度分析結果

電力産業においてエネルギー財間の代替パラメータが上下 50%の増減の範囲で変動した場合について、各国の実質 GDP の変化率に関する試算結果を表 6-19、実質輸入の変化率に関する試算結果を表 6-20、実質輸出の変化率に関する試算結果を表 6-21 に示した。

電力産業では、他のエネルギー財と同様に電力と非電力エネルギー財間の代替パラメータがゼロであるため変化は与えず、非電力エネルギー財における石炭と非石炭エネルギー財間の代替パラメータ (ELFNELY) は 0.25~0.75 の範囲で変動し、非石炭エネルギー財における原油、ガス、石油・石炭製品間の代替パラメータ (ELFNCOAL) は 0.5~1.5 の範囲で変動する。

マクロ経済における感応度分析の結果を見ると、日本の実質 GDP に関する標準偏差は 0.00002 と非常に小さく、小数点以下第二桁までの表示では 95%以上の確率で基本となるシミュレーションの結果である平均値と同じ結果となることが示される。実質輸入に関しては標準偏差は 0.00011 となり、95%以上の確率で変化率は▲0.19~▲0.18%の範囲内に存在することが示される。実質輸出に関しては標準偏差は 0.00016 と実質輸入の場合と大きく変わらず、95%以上の確率で基本となるシミュレーションの結果と同じという分析結果が得られ、いずれの場合もモデルの分析結果はパラメータの変化に対して頑健であることが示される。

表 6-19 電力産業におけるエネルギー財間の代替パラメータの上下 50%の変化に対する試算結果 (実質 GDP 変化率) (単位：%)

	平均値	標準偏差	下限(95%の確率)	上限(95%の確率)
日本	-0.65	0.00002	-0.65	-0.65
韓国	0.00	0.00000	0.00	0.00
中国	0.00	0.00000	0.00	0.00
ASEANエネルギー純輸出国	0.00	0.00000	0.00	0.00
その他ASEAN諸国	0.00	0.00000	0.00	0.00
インド	0.00	0.00000	0.00	0.00
アメリカ合衆国	0.00	0.00000	0.00	0.00
EU27	0.00	0.00000	0.00	0.00
その他エネルギー純輸出国	0.00	0.00000	0.00	0.00
旧ソ連・東欧諸国	0.00	0.00000	0.00	0.00
その他付属書 I 国	0.00	0.00000	0.00	0.00
その他地域	0.00	0.00000	0.00	0.00

出所：筆者作成

表 6-20 電力産業におけるエネルギー財間の代替パラメータの上下 50%の変化に対する試算結果（実質輸入変化率）（単位：%）

	平均値	標準偏差	下限(95%の確率)	上限(95%の確率)
日本	-0.19	0.00011	-0.19	-0.18
韓国	-0.05	0.00000	-0.05	-0.05
中国	-0.06	0.00000	-0.06	-0.06
ASEANエネルギー純輸出国	-0.02	0.00001	-0.02	-0.02
その他ASEAN諸国	-0.02	0.00001	-0.02	-0.02
インド	-0.02	0.00000	-0.02	-0.02
アメリカ合衆国	-0.05	0.00000	-0.05	-0.05
EU27	-0.01	0.00000	-0.01	-0.01
その他エネルギー純輸出国	-0.03	0.00001	-0.03	-0.03
旧ソ連・東欧諸国	-0.01	0.00001	-0.01	-0.01
その他付属書 I 国	-0.01	0.00000	-0.01	-0.01
その他地域	-0.03	0.00000	-0.03	-0.03

出所：筆者作成

表 6-21 電力産業におけるエネルギー財間の代替パラメータの上下 50%の変化に対する試算結果（実質輸出変化率）（単位：%）

	平均値	標準偏差	下限(95%の確率)	上限(95%の確率)
日本	-1.26	0.00016	-1.26	-1.26
韓国	0.01	0.00000	0.01	0.01
中国	0.00	0.00000	0.00	0.00
ASEANエネルギー純輸出国	0.03	0.00004	0.03	0.03
その他ASEAN諸国	0.02	0.00001	0.02	0.02
インド	0.04	0.00000	0.04	0.04
アメリカ合衆国	0.07	0.00000	0.07	0.07
EU27	0.04	0.00000	0.04	0.04
その他エネルギー純輸出国	0.03	0.00001	0.03	0.03
旧ソ連・東欧諸国	0.02	0.00001	0.02	0.02
その他付属書 I 国	0.04	0.00001	0.04	0.04
その他地域	0.04	0.00000	0.04	0.04

出所：筆者作成

（2）産業別生産高における感応度分析結果

電力産業においてエネルギー財間の代替パラメータが上下 50%の増減の範囲で変動した場合について、日本の産業別生産高の変化率に関する試算結果を表 6-22 に示した。

標準偏差の値は、石炭（0.001）とガス（0.001）、石油・石炭製品（0.002）においてのみ計測され、資本とエネルギー財間の代替パラメータの変動の場合よりも小さく、モデルの試算結果はパラメータの変化に対して頑健である。

表 6-22 電力産業におけるエネルギー財間の代替パラメータの上下 50%の変化に対する試算結果（産業別生産高）（単位：％）

	平均値	標準偏差	下限(95%の確率)	上限(95%の確率)
農林水産業	-0.35	0.000	-0.35	-0.35
石炭	-0.33	0.001	-0.33	-0.32
原油	0.28	0.000	0.28	0.28
ガス	-0.74	0.001	-0.74	-0.73
石油・石炭製品	-0.29	0.002	-0.30	-0.28
電力	-4.57	0.000	-4.57	-4.57
その他鉱物	-0.58	0.000	-0.58	-0.58
食料品	-0.50	0.000	-0.50	-0.50
繊維・繊維製品	-0.60	0.000	-0.60	-0.60
化学・ゴム・プラスチック	-1.08	0.000	-1.08	-1.08
窯業	-0.83	0.000	-0.83	-0.83
鉄鋼	-1.34	0.000	-1.34	-1.34
非鉄金属	-1.68	0.000	-1.68	-1.67
金属製品	-0.73	0.000	-0.73	-0.72
自動車・自動車部品	-0.58	0.000	-0.58	-0.58
その他輸送機器	-0.92	0.000	-0.92	-0.92
電子製品	-1.11	0.000	-1.11	-1.11
機械・設備	-1.07	0.000	-1.07	-1.07
その他製造業	-0.77	0.000	-0.77	-0.77
建設業	-0.25	0.000	-0.25	-0.25
商業	-0.54	0.000	-0.54	-0.54
陸上輸送	-0.55	0.000	-0.55	-0.55
海上輸送	-0.30	0.000	-0.30	-0.30
航空輸送	-0.53	0.000	-0.53	-0.53
通信業	-0.57	0.000	-0.57	-0.57
金融・保険業	-0.58	0.000	-0.58	-0.58
その他サービス業	-0.58	0.000	-0.58	-0.58
政府サービス	-0.48	0.000	-0.48	-0.48

出所：筆者作成

（3）民間消費における感応度分析結果

電力産業においてエネルギー財間の代替パラメータが上下 50%の増減の範囲で変動した場合について、日本の民間消費の変化率に関する試算結果を表 6-23 に示した。標準偏差の値は、表 6-23 に示されるように、一部の産業で 0.0001 と小さな値で計測されるにとどまり、モデルの試算結果はパラメータの変化に対して頑健であることが示される。

表 6-23 電力産業におけるエネルギー財間の代替パラメータの上下 50%の変化に対する試算結果（民間消費）（単位：％）

	平均値	標準偏差	下限(95%の確率)	上限(95%の確率)
農林水産業	-0.13	0.0000	-0.13	-0.13
石炭	0.21	0.0001	0.21	0.21
原油	0.22	0.0000	0.22	0.22
ガス	0.14	0.0001	0.14	0.14
石油・石炭製品	0.10	0.0001	0.10	0.10
電力	-4.99	0.0000	-4.99	-4.99
その他鉱物	-0.61	0.0000	-0.61	-0.61
食料品	-0.42	0.0000	-0.42	-0.42
繊維・繊維製品	-0.38	0.0001	-0.38	-0.38
化学・ゴム・プラスチック	-0.56	0.0000	-0.56	-0.56
窯業	-0.66	0.0000	-0.66	-0.66
鉄鋼	-0.76	0.0000	-0.76	-0.76
非鉄金属	-0.53	0.0001	-0.53	-0.53
金属製品	-0.51	0.0000	-0.51	-0.51
自動車・自動車部品	-0.48	0.0000	-0.48	-0.48
その他輸送機器	-0.41	0.0001	-0.41	-0.41
電子製品	-0.53	0.0000	-0.53	-0.53
機械・設備	-0.44	0.0001	-0.44	-0.44
その他製造業	-0.47	0.0000	-0.47	-0.47
建設業	-0.39	0.0001	-0.39	-0.39
商業	-0.52	0.0000	-0.52	-0.52
陸上輸送	-0.49	0.0000	-0.49	-0.49
海上輸送	-0.45	0.0000	-0.45	-0.45
航空輸送	-0.43	0.0000	-0.43	-0.43
通信業	-0.56	0.0000	-0.56	-0.56
金融・保険業	-0.53	0.0000	-0.53	-0.53
その他サービス業	-0.59	0.0000	-0.59	-0.59
政府サービス	-0.47	0.0000	-0.47	-0.47

出所：筆者作成

（４）供給価格における感応度分析結果

電力産業においてエネルギー財間の代替パラメータが上下 50%の増減の範囲で変動した場合について、日本の供給価格の変化率に関する試算結果を表 6-24 に示した。標準偏差の値は、最も大きい石炭において 0.00005 であり、パラメータの変化に対して頑健であることを示す分析結果となっている。

表 6-24 電力産業におけるエネルギー財間の代替パラメータの上下 50%の変化に対する試算結果（供給価格）（単位：％）

	平均値	標準偏差	下限(95%の確率)	上限(95%の確率)
農林水産業	-0.08	0.00003	-0.08	-0.08
石炭	-0.02	0.00005	-0.02	-0.02
原油	-0.12	0.00004	-0.12	-0.12
ガス	0.15	0.00003	0.15	0.15
石油・石炭製品	0.11	0.00001	0.11	0.11
電力	5.47	0.00001	5.47	5.47
その他鉱物	0.29	0.00003	0.29	0.29
食料品	0.17	0.00003	0.17	0.17
繊維・繊維製品	0.07	0.00002	0.07	0.07
化学・ゴム・プラスチック	0.29	0.00002	0.29	0.29
窯業	0.48	0.00003	0.48	0.48
鉄鋼	0.61	0.00002	0.61	0.61
非鉄金属	0.35	0.00001	0.35	0.35
金属製品	0.28	0.00003	0.28	0.28
自動車・自動車部品	0.14	0.00003	0.14	0.14
その他輸送機器	0.17	0.00003	0.17	0.17
電子製品	0.23	0.00003	0.23	0.23
機械・設備	0.22	0.00003	0.22	0.22
その他製造業	0.29	0.00003	0.29	0.29
建設業	0.08	0.00003	0.08	0.08
商業	0.17	0.00003	0.17	0.17
陸上輸送	0.15	0.00003	0.15	0.15
海上輸送	0.10	0.00002	0.10	0.10
航空輸送	0.14	0.00003	0.14	0.14
通信業	0.25	0.00003	0.25	0.25
金融・保険業	0.18	0.00003	0.18	0.18
その他サービス業	0.26	0.00003	0.26	0.26
政府サービス	0.11	0.00003	0.11	0.11

出所：筆者作成

（5）産業別輸出における感応度分析結果

電力産業においてエネルギー財間の代替パラメータが上下 50%の増減の範囲で変動した場合について、日本の産業別輸出の変化率に関する試算結果を表 6-25 に示した。標準偏差が最も大きいのはガス産業の 0.0024 であり、他の産業では 0.0001~0.0003 程度であることから、産業別輸出額に関する分析結果もケース 3 におけるパラメータの変化に対しては頑健であることが示される。

表 6-25 電力産業におけるエネルギー財間の代替パラメータの上下 50%の変化に対する試算結果（産業別輸出）（単位：%）

	平均値	標準偏差	下限(95%の確率)	上限(95%の確率)
農林水産業	0.27	0.0001	0.27	0.27
石炭	0.10	0.0002	0.10	0.10
原油	1.10	0.0003	1.10	1.10
ガス	-4.57	0.0024	-4.58	-4.56
石油・石炭製品	-0.47	0.0000	-0.47	-0.47
電力	-25.81	0.0001	-25.81	-25.81
その他鉱物	-0.36	0.0001	-0.36	-0.36
食料品	-0.82	0.0001	-0.82	-0.82
繊維・繊維製品	-0.50	0.0002	-0.50	-0.49
化学・ゴム・プラスチック	-1.60	0.0001	-1.60	-1.60
窯業	-2.22	0.0001	-2.22	-2.22
鉄鋼	-2.79	0.0001	-2.79	-2.79
非鉄金属	-2.53	0.0001	-2.53	-2.53
金属製品	-1.81	0.0002	-1.81	-1.81
自動車・自動車部品	-0.65	0.0001	-0.65	-0.65
その他輸送機器	-1.37	0.0002	-1.37	-1.37
電子製品	-1.66	0.0002	-1.66	-1.66
機械・設備	-1.49	0.0002	-1.50	-1.49
その他製造業	-1.84	0.0002	-1.84	-1.84
建設業	-0.33	0.0001	-0.33	-0.33
商業	-0.62	0.0001	-0.62	-0.62
陸上輸送	-0.57	0.0001	-0.58	-0.57
海上輸送	-0.19	0.0001	-0.19	-0.19
航空輸送	-0.40	0.0001	-0.40	-0.40
通信業	-0.95	0.0001	-0.95	-0.95
金融・保険業	-0.70	0.0001	-0.70	-0.70
その他サービス業	-0.98	0.0001	-0.98	-0.98
政府サービス	-0.42	0.0001	-0.42	-0.42

出所：筆者作成

（6）産業別輸入における感応度分析結果

電力産業においてエネルギー財間の代替パラメータが上下 50%の増減の範囲で変動した場合について、日本の産業別輸入の変化率に関する試算結果を表 6-26 に示した。標準偏差の値はエネルギー産業において他産業よりも大きく計測され、最も標準偏差が大きいガスでは 0.0087、次いで大きい石炭では 0.0034 である。ガスと石炭を除けば、標準偏差の値が大きいのは石油・石炭製品における 0.0009、原油における 0.0007 であり、95%以上の信頼区間において符号が変わるような例も見られず、産業別輸入高の試算結果もパラメータの変化に対して頑健であることが示される。

表 6-26 電力産業におけるエネルギー財間の代替パラメータの上下 50%の変化に対する試算結果（産業別輸入）（単位：%）

	平均値	標準偏差	下限(95%の確率)	上限(95%の確率)
農林水産業	-0.63	0.0001	-0.63	-0.62
石炭	-0.09	0.0034	-0.10	-0.07
原油	-0.28	0.0007	-0.28	-0.28
ガス	0.19	0.0087	0.15	0.23
石油・石炭製品	-0.34	0.0009	-0.34	-0.34
電力	10.71	0.0001	10.71	10.71
その他鉱物	-1.44	0.0001	-1.44	-1.44
食料品	-0.14	0.0001	-0.14	-0.14
繊維・繊維製品	-0.37	0.0000	-0.37	-0.37
化学・ゴム・プラスチック	-0.04	0.0000	-0.04	-0.04
窯業	0.64	0.0001	0.64	0.64
鉄鋼	0.63	0.0000	0.63	0.63
非鉄金属	-0.43	0.0000	-0.43	-0.43
金属製品	0.37	0.0001	0.37	0.37
自動車・自動車部品	-0.12	0.0001	-0.12	-0.12
その他輸送機器	-0.16	0.0001	-0.16	-0.16
電子製品	0.05	0.0001	0.05	0.05
機械・設備	0.06	0.0001	0.06	0.06
その他製造業	0.13	0.0001	0.12	0.13
建設業	-0.14	0.0001	-0.14	-0.14
商業	-0.22	0.0001	-0.22	-0.22
陸上輸送	-0.20	0.0001	-0.20	-0.20
海上輸送	-0.24	0.0000	-0.24	-0.24
航空輸送	-0.34	0.0001	-0.34	-0.34
通信業	-0.11	0.0001	-0.11	-0.11
金融・保険業	-0.27	0.0001	-0.27	-0.27
その他サービス業	-0.07	0.0001	-0.07	-0.07
政府サービス	-0.65	0.0000	-0.65	-0.65

出所：筆者作成

2. ケース 4：全産業におけるエネルギー財間の代替パラメータに関する感応度分析

(1) マクロ経済における感応度分析結果

全産業において、エネルギー財間の代替パラメータが上下 50%の増減の範囲で変動した場合について、各国の実質 GDP の変化率に関する試算結果を表 6-27、実質輸入の変化率に関する試算結果を表 6-28、実質輸出の変化率に関する試算結果を表 6-29 に示した。

電力産業においてのみエネルギー財間の代替パラメータが上下 50%の増減の範囲で変動したケース 2 の場合よりも、日本の実質 GDP に関する標準偏差は 0.0015 と大きくなるが、95%の確率で変化率は▲0.66～▲0.65%の範囲内に存在するという、ほぼケース 2 の場合と

同程度の結果が示される。実質輸入に関しては標準偏差が 0.0077 となり、95%以上の確率で変化率は▲0.22～▲0.15%の範囲内に存在し、実質輸出では標準偏差は 0.0177 であり、95%以上の確率で変化率は▲1.34～▲1.18%の範囲内に存在するという分析結果が得られる。

この分析結果からは、2 節において非電力エネルギー財以外の全産業において資本とエネルギー財間の代替パラメータを変化させたケース 2 よりも、実質輸出入に関しては信頼区間の範囲に差は生じるが大きな変化は見られない。マクロ経済関連の変数に関しては、エネルギー財間のパラメータの変化の大きさに対してもモデルの分析結果は比較的頑健であることが示される。

表 6-27 全産業におけるエネルギー財間の代替パラメータの上下 50%の変化に対する試算結果（実質 GDP 変化率）（単位：%）

	平均値	標準偏差	下限(95%の確率)	上限(95%の確率)
日本	-0.65	0.0015	-0.66	-0.65
韓国	0.00	0.0001	0.00	0.00
中国	0.00	0.0000	0.00	0.00
ASEANエネルギー純輸出国	0.00	0.0001	0.00	0.00
その他ASEAN諸国	0.00	0.0000	0.00	0.00
インド	0.00	0.0001	0.00	0.00
アメリカ合衆国	0.00	0.0000	0.00	0.00
EU27	0.00	0.0001	0.00	0.00
その他エネルギー純輸出国	0.00	0.0001	0.00	0.00
旧ソ連・東欧諸国	0.00	0.0001	0.00	0.00
その他付属書 I 国	0.00	0.0000	0.00	0.00
その他地域	0.00	0.0000	0.00	0.00

出所：筆者作成

表 6-28 全産業におけるエネルギー財間の代替パラメータの上下 50%の変化に対する試算結果（実質輸入変化率）（単位：％）

	平均値	標準偏差	下限(95%の確率)	上限(95%の確率)
日本	-0.19	0.0077	-0.22	-0.15
韓国	-0.05	0.0007	-0.05	-0.05
中国	-0.06	0.0003	-0.06	-0.06
ASEANエネルギー純輸出国	-0.02	0.0002	-0.02	-0.02
その他ASEAN諸国	-0.02	0.0003	-0.02	-0.02
インド	-0.02	0.0004	-0.02	-0.02
アメリカ合衆国	-0.05	0.0001	-0.05	-0.05
EU27	-0.01	0.0002	-0.01	-0.01
その他エネルギー純輸出国	-0.03	0.0014	-0.03	-0.02
旧ソ連・東欧諸国	-0.01	0.0007	-0.02	-0.01
その他付属書 I 国	-0.01	0.0001	-0.01	-0.01
その他地域	-0.03	0.0001	-0.03	-0.03

出所：筆者作成

表 6-29 全産業におけるエネルギー財間の代替パラメータの上下 50%の変化に対する試算結果（実質輸出変化率）（単位：％）

	平均値	標準偏差	下限(95%の確率)	上限(95%の確率)
日本	-1.26	0.0177	-1.34	-1.18
韓国	0.01	0.0007	0.01	0.02
中国	0.00	0.0001	0.00	0.00
ASEANエネルギー純輸出国	0.03	0.0008	0.02	0.03
その他ASEAN諸国	0.02	0.0004	0.02	0.02
インド	0.04	0.0004	0.04	0.04
アメリカ合衆国	0.07	0.0010	0.07	0.08
EU27	0.04	0.0005	0.04	0.04
その他エネルギー純輸出国	0.03	0.0011	0.03	0.04
旧ソ連・東欧諸国	0.02	0.0005	0.02	0.02
その他付属書 I 国	0.04	0.0008	0.04	0.05
その他地域	0.04	0.0005	0.03	0.04

出所：筆者作成

（２）産業別生産高における感応度分析結果

全産業において、エネルギー財間の代替パラメータが上下 50%の増減の範囲で変動した場合について、日本の産業別生産高の変化率に関する試算結果を表 6-30 に示した。

非電力エネルギー財を除く全産業でエネルギー財間の代替パラメータが変動すると、エネルギー産業における試算結果への影響は、資本とエネルギー財間の代替パラメータが変動するケース 2 の場合よりも大きくなる。標準偏差の値は、最も大きい電力で 0.137 となり、平

均値が▲4.57である場合、95%以上の確率で変化率は▲5.18～▲3.96%の範囲内に存在するという分析結果が得られる。また、石炭の生産高の変化率における95%以上の信頼区間は▲1.14～+0.49%というように符号が変わり、石油・石炭製品の場合は▲0.58という負の値から0.00%の間の範囲となる。

しかしエネルギー財以外の産業では、ケース4における標準偏差はケース2の場合をやや下回る程度となり、パラメータの変化の大きさに対してモデルの分析結果は比較的頑健であることが示される。

表 6-30 全産業におけるエネルギー財間の代替パラメータの上下50%の変化に対する試算結果（産業別生産高）（単位：%）

	平均値	標準偏差	下限(95%の確率)	上限(95%の確率)
農林水産業	-0.35	0.002	-0.36	-0.34
石炭	-0.33	0.182	-1.14	0.49
原油	0.28	0.037	0.12	0.45
ガス	-0.74	0.081	-1.10	-0.37
石油・石炭製品	-0.29	0.065	-0.58	0.00
電力	-4.57	0.137	-5.18	-3.96
その他鉱物	-0.58	0.001	-0.59	-0.58
食料品	-0.50	0.002	-0.51	-0.49
繊維・繊維製品	-0.60	0.008	-0.64	-0.57
化学・ゴム・プラスチック	-1.08	0.010	-1.13	-1.04
窯業	-0.83	0.003	-0.84	-0.81
鉄鋼	-1.34	0.011	-1.39	-1.29
非鉄金属	-1.68	0.011	-1.72	-1.63
金属製品	-0.73	0.003	-0.74	-0.71
自動車・自動車部品	-0.58	0.009	-0.62	-0.54
その他輸送機器	-0.92	0.013	-0.98	-0.87
電子製品	-1.11	0.012	-1.16	-1.06
機械・設備	-1.07	0.013	-1.13	-1.02
その他製造業	-0.77	0.003	-0.78	-0.76
建設業	-0.25	0.006	-0.27	-0.22
商業	-0.54	0.001	-0.55	-0.53
陸上輸送	-0.55	0.001	-0.55	-0.54
海上輸送	-0.30	0.004	-0.31	-0.28
航空輸送	-0.53	0.005	-0.55	-0.50
通信業	-0.57	0.001	-0.57	-0.56
金融・保険業	-0.58	0.000	-0.58	-0.58
その他サービス業	-0.58	0.000	-0.58	-0.58
政府サービス	-0.48	0.001	-0.49	-0.48

出所：筆者作成

(3) 民間消費における感応度分析結果

全産業において、エネルギー財間の代替パラメータが上下 50%の増減の範囲で変動した場合について、日本の民間消費の変化率に関する試算結果を表 6-31 に示した。全産業でエネルギー財間の代替パラメータが変動するケース 4 では、ケース 2 よりも電力で僅かに標準偏差が大きくなるが、信頼区間内で符号が変わるような例は見られない。他の産業の標準偏差はケース 2 よりもやや小さくなるが、同程度となることが示される。

石炭、原油に関する標準偏差が比較的大きく計測されるが、民間消費の実額は石炭、原油に関してはゼロであり、実際に家計が消費している財では石油・石炭製品で標準偏差は最も大きく、0.0035 に達する。それ以外の産業では、標準偏差が最も大きいのは建設業やその他サービス業の 0.0016 程度であり、全産業においてエネルギー財間の代替パラメータが変化した場合の民間消費における Systematic Sensitivity Analysis の結果は、パラメータの変化に対して頑健であることが示される。

表 6-31 全産業におけるエネルギー財間の代替パラメータの上下 50%の変化に対する試算結果（民間消費）（単位：％）

	平均値	標準偏差	下限(95%の確率)	上限(95%の確率)
農林水産業	-0.13	0.0001	-0.13	-0.13
石炭	0.21	0.0018	0.20	0.22
原油	0.22	0.0045	0.20	0.24
ガス	0.14	0.0008	0.13	0.14
石油・石炭製品	0.10	0.0035	0.08	0.11
電力	-4.99	0.0009	-5.00	-4.99
その他鉱物	-0.61	0.0010	-0.61	-0.60
食料品	-0.42	0.0005	-0.42	-0.41
繊維・繊維製品	-0.38	0.0012	-0.39	-0.38
化学・ゴム・プラスチック	-0.56	0.0005	-0.56	-0.55
窯業	-0.66	0.0009	-0.66	-0.65
鉄鋼	-0.76	0.0014	-0.77	-0.75
非鉄金属	-0.53	0.0012	-0.53	-0.52
金属製品	-0.51	0.0006	-0.51	-0.51
自動車・自動車部品	-0.48	0.0006	-0.49	-0.48
その他輸送機器	-0.41	0.0011	-0.41	-0.40
電子製品	-0.53	0.0004	-0.53	-0.53
機械・設備	-0.44	0.0010	-0.45	-0.44
その他製造業	-0.47	0.0007	-0.48	-0.47
建設業	-0.39	0.0016	-0.40	-0.39
商業	-0.52	0.0012	-0.53	-0.52
陸上輸送	-0.49	0.0009	-0.49	-0.48
海上輸送	-0.45	0.0004	-0.45	-0.45
航空輸送	-0.43	0.0009	-0.43	-0.43
通信業	-0.56	0.0015	-0.57	-0.55
金融・保険業	-0.53	0.0015	-0.54	-0.53
その他サービス業	-0.59	0.0016	-0.59	-0.58
政府サービス	-0.47	0.0012	-0.48	-0.47

出所：筆者作成

（４）供給価格における感応度分析結果

全産業においてエネルギー財間の代替パラメータが上下 50%の増減の範囲で変動した場合について、日本の供給価格の変化率に関する試算結果を表 6-32 に示した。供給価格の標準偏差が大きいのは石炭、原油、ガスなどのエネルギー財であり、最も標準偏差が大きい石炭では 0.012 という結果が観測される。エネルギー財以外では商業、通信業、金融・保険業、その他サービス業、政府サービス業などで比較的大きな標準偏差となるが、これらの産業においても標準偏差は 0.004 程度に留まることが示される。

表 6-32 全産業におけるエネルギー財間の代替パラメータの上下 50%の変化に対する試算結果（供給価格）（単位：%）

	平均値	標準偏差	下限(95%の確率)	上限(95%の確率)
農林水産業	-0.08	0.002	-0.09	-0.07
石炭	-0.02	0.012	-0.07	0.03
原油	-0.12	0.005	-0.15	-0.10
ガス	0.15	0.004	0.13	0.17
石油・石炭製品	0.11	0.002	0.10	0.12
電力	5.47	0.002	5.46	5.48
その他鉱物	0.29	0.003	0.28	0.30
食料品	0.17	0.003	0.16	0.18
繊維・繊維製品	0.07	0.002	0.06	0.08
化学・ゴム・プラスチック	0.29	0.003	0.27	0.30
窯業	0.48	0.003	0.46	0.49
鉄鋼	0.61	0.004	0.60	0.63
非鉄金属	0.35	0.001	0.34	0.35
金属製品	0.28	0.003	0.27	0.30
自動車・自動車部品	0.14	0.003	0.13	0.15
その他輸送機器	0.17	0.003	0.16	0.19
電子製品	0.23	0.003	0.21	0.24
機械・設備	0.22	0.003	0.20	0.23
その他製造業	0.29	0.003	0.27	0.30
建設業	0.08	0.003	0.07	0.09
商業	0.17	0.004	0.15	0.18
陸上輸送	0.15	0.003	0.14	0.17
海上輸送	0.10	0.002	0.09	0.11
航空輸送	0.14	0.003	0.12	0.15
通信業	0.25	0.004	0.23	0.27
金融・保険業	0.18	0.004	0.17	0.20
その他サービス業	0.26	0.004	0.24	0.28
政府サービス	0.11	0.004	0.09	0.13

出所：筆者作成

（5）産業別輸出における感応度分析結果

全産業においてエネルギー財間の代替パラメータが上下 50%の増減の範囲で変動した場合について、日本の産業別輸出の変化率に関する試算結果を表 6-33 に示した。最も標準偏差が大きいガス産業では標準偏差は 0.137 と計測され、ガスの輸入額の変化率の試算結果は 95%以上の確率で▲5.18～▲3.95%の範囲内に存在することが示される。

ガスに次いで標準偏差が大きくなるのは石炭（0.062）、原油（0.030）であり、石炭では 95%以上の確率の信頼区間内で符号がマイナスからプラスに変わる。他の産業では符号が変

わる例も見られず、標準偏差は 0.02 以下であり、産業別輸入額に関する試算結果もパラメータの変化に対して比較的頑健である。

表 6-33 全産業におけるエネルギー財間の代替パラメータの上下 50% の変化に対する試算結果（産業別輸出）（単位：％）

	平均値	標準偏差	下限(95%の確率)	上限(95%の確率)
農林水産業	0.27	0.009	0.23	0.31
石炭	0.10	0.062	-0.18	0.37
原油	1.10	0.030	0.97	1.24
ガス	-4.57	0.137	-5.18	-3.95
石油・石炭製品	-0.47	0.000	-0.47	-0.46
電力	-25.81	0.012	-25.87	-25.76
その他鉱物	-0.36	0.004	-0.38	-0.34
食料品	-0.82	0.015	-0.89	-0.75
繊維・繊維製品	-0.50	0.016	-0.57	-0.42
化学・ゴム・プラスチック	-1.60	0.019	-1.68	-1.51
窯業	-2.22	0.017	-2.30	-2.15
鉄鋼	-2.79	0.018	-2.87	-2.71
非鉄金属	-2.53	0.013	-2.58	-2.47
金属製品	-1.81	0.021	-1.90	-1.71
自動車・自動車部品	-0.65	0.015	-0.72	-0.59
その他輸送機器	-1.37	0.026	-1.49	-1.26
電子製品	-1.66	0.023	-1.76	-1.56
機械・設備	-1.49	0.023	-1.60	-1.39
その他製造業	-1.84	0.022	-1.93	-1.74
建設業	-0.33	0.013	-0.39	-0.28
商業	-0.62	0.014	-0.68	-0.56
陸上輸送	-0.57	0.013	-0.63	-0.52
海上輸送	-0.19	0.004	-0.21	-0.17
航空輸送	-0.40	0.009	-0.44	-0.36
通信業	-0.95	0.016	-1.02	-0.87
金融・保険業	-0.70	0.016	-0.77	-0.63
その他サービス業	-0.98	0.016	-1.05	-0.91
政府サービス	-0.42	0.014	-0.48	-0.35

出所：筆者作成

（6）産業別輸入における感応度分析結果

全産業においてエネルギー財間の代替パラメータが上下 50% の増減の範囲で変動した場合について、日本の産業別輸入の変化率に関する感応度分析の結果を表 6-34 に示した。

標準偏差はエネルギー産業において他の産業よりも大きくなり、中でも石油・石炭製品は標準偏差が 0.149 と比較的大きく、95%以上の確率で変化率は▲1.01～+0.32%の範囲内に存

在するというように、信頼区間内で符号が変わるという分析結果が得られる。他にも石炭、ガスなどのエネルギー財で、信頼区間内で符号が変わるという例が見られる。

エネルギー産業以外では、最も標準偏差が大きい金属産業で 0.011 に留まり、産業別輸入高の分析結果もパラメータの変化に対して比較的頑健であると言える。

表 6-34 全産業におけるエネルギー財間の代替パラメータの上下 50% の変化に対する試算結果 (産業別輸入) (単位: %)

	平均値	標準偏差	下限(95%の確率)	上限(95%の確率)
農林水産業	-0.63	0.002	-0.63	-0.62
石炭	-0.09	0.044	-0.28	0.11
原油	-0.28	0.055	-0.53	-0.04
ガス	0.19	0.071	-0.13	0.50
石油・石炭製品	-0.34	0.149	-1.01	0.32
電力	10.71	0.593	8.06	13.37
その他鉱物	-1.44	0.010	-1.49	-1.40
食料品	-0.14	0.005	-0.17	-0.12
繊維・繊維製品	-0.37	0.002	-0.38	-0.36
化学・ゴム・プラスチック	-0.04	0.003	-0.05	-0.03
窯業	0.64	0.009	0.60	0.68
鉄鋼	0.63	0.004	0.61	0.65
非鉄金属	-0.43	0.005	-0.45	-0.41
金属製品	0.37	0.011	0.32	0.42
自動車・自動車部品	-0.12	0.005	-0.14	-0.09
その他輸送機器	-0.16	0.004	-0.18	-0.14
電子製品	0.05	0.007	0.02	0.08
機械・設備	0.06	0.008	0.03	0.10
その他製造業	0.13	0.008	0.09	0.16
建設業	-0.14	0.010	-0.18	-0.09
商業	-0.22	0.006	-0.25	-0.19
陸上輸送	-0.20	0.005	-0.22	-0.18
海上輸送	-0.24	0.002	-0.25	-0.23
航空輸送	-0.34	0.004	-0.35	-0.32
通信業	-0.11	0.007	-0.14	-0.08
金融・保険業	-0.27	0.006	-0.29	-0.24
その他サービス業	-0.07	0.008	-0.11	-0.03
政府サービス	-0.65	0.002	-0.66	-0.64

出所：筆者作成

4 節 第六章のまとめ

第六章では、資本とエネルギー財間とエネルギー財間での 2 種類の代替パラメータが上下 50% の範囲で変化した場合、試算結果にどの程度の差が生じるかについて感応度分析を行っ

た。それぞれの場合について、電力産業のみにおいてパラメータを変化させるケースと、全産業においてパラメータを変化させる場合の 2 ケースを扱い、合計 4 ケースの感応度分析を実施した。

これらの 4 ケースの感応度分析からは、パラメータの変化がマクロ経済変数の試算果に与える影響は小さく、パラメータの変化に対してモデルの試算結果は頑健であることが示された。また産業別の各変数に関しても、電力産業のみにおいてパラメータを変化させた場合には試算結果には大きな影響は見られなかった。全産業においてパラメータを変化させた場合にも、エネルギー産業以外の産業ではパラメータの変化に対してモデルの試算結果は比較的頑健であった。

しかし全産業においてパラメータを変化させた場合には、エネルギー財に関する産業別の変数の試算結果に生じる影響は大きくなった。特に第三章で見たように、生産構造全体の中での資本とエネルギー財間の代替パラメータの値が大きい石炭では、95%以上の確率の信頼区間内で各変数の試算結果の符号が変わるような場合が散見されることが確認された。

第七章 電力供給制約時におけるエネルギー代替効果の分析

1節 日本のマクロ経済におけるエネルギー代替効果の分析

1. 日本のマクロ経済におけるエネルギー代替効果の分析：電力産業の生産性の低下と資本ストックの損傷（全体シナリオ）

第五章では、日本において自然災害により全国の電力供給量が▲4.57%減少し、合わせて資本ストックが▲1.1%減少した場合に我が国のマクロ経済・産業別生産高・民間消費・供給価格・産業別輸出・産業別輸入に生じる影響について、GTAP-E モデルによる変化率表示と実額表示のシミュレーション結果を示した。第七章では、GTAP モデルを用いて同じシナリオについてシミュレーションを実施し、その結果について分析を行うと同時に、GTAP-E モデルから得られる試算結果と比較を行う。エネルギー財が生産要素の一つとして扱われる GTAP-E モデルとは異なり、GTAP モデルではエネルギー財は中間財としてのみ扱われ、資本とエネルギー財間の代替効果や、エネルギー財間の代替効果の動きは取り入れられていない。そのため、GTAP-E モデルの試算結果と GTAP モデルの試算結果を比較することにより、エネルギー代替効果を測定することができる。

日本において、災害により全国の電力供給量が▲4.57%減少し、合わせて資本ストックが▲1.1%減少した場合に我が国と各国のマクロ経済に生じる影響について、GTAP-E モデルと GTAP モデルの双方による変化率表示のシミュレーション結果を表 7-1 に示した。また表 7-2 には、実額レベルでの両モデルのシミュレーション結果を示した。

実質 GDP における影響を見ると、GTAP-E モデルによるシミュレーションでは▲0.65% という結果が得られたのに対し、GTAP モデルを用いた場合には、減少率は▲1.36%と、約 2 倍近くの値となる。2011 年以降の日本の実質 GDP の成長率の実績値と比較した場合、GTAP-E モデルによる結果よりも乖離幅が大きくなることが示される。

実質輸入に関しては、GTAP-E モデルによるシミュレーションからは影響は▲0.19% という試算結果が得られる。GTAP モデルによるシミュレーションからは▲0.13% という結果が得られ、実質輸入に関しては両モデルの結果の規模には大きな相違はない。

実質輸出に関しては、影響は GTAP-E モデルによるシミュレーションからは▲1.26% という試算結果が得られるが、GTAP モデルによるシミュレーションからは+0.45%と、増加傾向を示すという試算結果が得られる。GTAP モデルによるシミュレーションからは、実質輸出に関しては 2011 年以降の実績値とは異なった動きが見られ、マクロ経済における影響を見ると、実質輸出において両モデルの差が大きく表れることが示される。

表 7-1 災害による生産性低下と資本ストックの損傷が各国のマクロ経済に与える影響(全体シナリオ) : GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果の比較 (単位 : %)

	実質GDP		実質輸入		実質輸出	
	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP
日本	-0.65	-1.36	-0.19	-0.13	-1.26	0.45
韓国	0.00	-0.01	-0.05	-0.05	0.01	0.05
中国	0.00	0.00	-0.06	-0.05	0.00	-0.02
ASEANエネルギー純輸出国	0.00	0.00	-0.02	-0.04	0.03	-0.10
その他ASEAN諸国	0.00	0.00	-0.02	-0.05	0.02	-0.02
インド	0.00	0.00	-0.02	-0.03	0.04	0.01
アメリカ合衆国	0.00	0.00	-0.05	-0.02	0.07	-0.06
EU27	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.04	-0.02
その他エネルギー純輸出国	0.00	0.01	-0.03	0.11	0.03	-0.08
旧ソ連・東欧諸国	0.00	0.01	-0.01	0.10	0.02	-0.03
その他付属書 I 国	0.00	0.00	-0.01	0.02	0.04	-0.07
その他地域	0.00	0.00	-0.03	0.00	0.04	-0.02

出所 : 筆者作成

表 7-2 災害による生産性低下と資本ストックの損傷が各国のマクロ経済に与える影響(全体シナリオ) : GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果の比較 (単位 : 百万米ドル)

	実質GDP		実質輸入		実質輸出		等価変分	
	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP
日本	-28,636	-59,698	-1,313	-928	-9,966	3,534	-20,058	-53,759
韓国	-34	-69	-208	-192	61	232	-124	-446
中国	-120	80	-605	-469	-54	-307	-331	-334
ASEANエネルギー純輸出国	-27	-17	-59	-129	96	-371	-104	186
その他ASEAN諸国	-19	3	-85	-221	91	-95	-103	-148
インド	-9	-16	-60	-79	87	29	-26	-184
アメリカ合衆国	-31	-57	-1,078	-422	1,031	-858	-397	-682
EU27	50	-452	-441	-704	2,465	-1,293	-178	-1,189
その他エネルギー純輸出国	-40	174	-272	1,053	397	-1,077	-247	2,165
旧ソ連・東欧諸国	-11	210	-71	565	133	-159	-59	955
その他付属書 I 国	-51	141	-105	220	451	-685	-146	722
その他地域	-23	9	-376	-55	549	-306	-234	-21

出所 : 筆者作成

次に、電力以外の産業についてもまったく同様に、該当産業で生産高が▲4.57%減少し、合わせて資本ストックが▲1.1%減少するという全体シナリオに基づいてシミュレーションを行い、結果の比較を行った。表 7-3 は、マクロ経済に関する各産業の全体シナリオの結果を示したものである。電力産業の結果と比較することを目的として、ここでは変化率表示の結果のみ示した。

電力以外の産業では、GTAP-E モデルと GTAP モデルのマクロ経済に関する試算結果には、大きな差は見られない。実質 GDP の変化の大きさは殆ど同じである場合が多く、電力以外で差が比較的大きいのは、エネルギー財である石油・石炭製品（GTAP-E モデルを用いた場合の実質 GDP に関する試算結果は、GTAP モデルを用いた場合の 83%程度）である。石油・石炭製品では輸入に関して GTAP モデルと GTAP-E モデルの試算結果では符号が逆転しており、電力では既述のように輸出に関して符号が逆転していることが注目される。

特定の産業に外生条件を与える場合、エネルギー財の代替効果を取り入れていない GTAP モデルとエネルギー財の代替効果を取り入れている GTAP-E モデルでは、マクロ経済に関する試算結果は多くの産業では差は少ないが、電力や石油・石炭製品などのエネルギー財では比較的大きな差が見られることが示される。

表 7-3 災害による各産業の生産性低下と資本ストックの損傷が我が国のマクロ経済に与える影響：(全体シナリオ)：GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果の比較
(単位：%)

	農林水産業		石炭		原油		ガス		石油・石炭製品	
	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP
実質GDP	-0.63	-0.63	-0.47	-0.47	-0.47	-0.47	-0.47	-0.47	-0.69	-0.83
実質輸入	0.48	0.49	0.13	0.10	0.13	0.10	0.13	0.10	-0.24	0.27
実質輸出	-1.31	-1.18	-2.08	-1.96	-2.08	-1.96	-2.08	-1.95	-1.29	-0.03

	電力		その他鉱物		食料品		繊維・繊維製品		化学・ゴム・プラスチック	
	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP
実質GDP	-0.65	-1.36	-0.50	-0.50	-0.80	-0.80	-0.48	-0.48	-0.62	-0.62
実質輸入	-0.19	-0.13	0.07	0.06	0.51	0.52	0.13	0.11	-0.13	-0.09
実質輸出	-1.26	0.45	-1.76	-1.64	-1.31	-1.18	-2.03	-1.90	-1.70	-1.56

	窯業		鉄鋼		非鉄金属		金属製品		自動車・自動車部品	
	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP
実質GDP	-0.55	-0.55	-0.66	-0.65	-0.49	-0.48	-0.61	-0.60	-0.58	-0.57
実質輸入	-0.06	-0.05	-0.47	-0.40	0.04	0.03	-0.16	-0.12	-0.22	-0.20
実質輸出	-1.50	-1.37	-1.41	-1.24	-2.04	-1.91	-1.04	-0.90	-2.13	-2.00

	その他輸送機器		電子製品		機械・設備		その他製造業		建設業	
	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP
実質GDP	-0.48	-0.47	-0.55	-0.55	-0.57	-0.57	-0.70	-0.69	-0.98	-0.97
実質輸入	0.10	0.08	-0.09	-0.07	-0.30	-0.26	0.21	0.27	-1.59	-1.45
実質輸出	-2.05	-1.92	-1.71	-1.57	-1.61	-1.45	-0.63	-0.49	3.26	3.43

	商業		陸上輸送		海上輸送		航空輸送		通信業	
	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP
実質GDP	-2.29	-2.29	-1.77	-1.76	-0.54	-0.54	-0.49	-0.48	-1.03	-1.02
実質輸入	-1.90	-1.67	-1.26	-0.99	0.06	0.05	0.13	0.11	-0.15	-0.12
実質輸出	1.99	2.18	1.66	1.88	-2.28	-2.15	-2.07	-1.94	-1.64	-1.50

	金融・保険業		その他サービス業		政府サービス	
	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP
実質GDP	-1.62	-1.61	-3.41	-3.45	-1.82	-1.81
実質輸入	-0.65	-0.47	-1.91	-1.53	-0.37	-0.31
実質輸出	-0.34	-0.19	1.89	2.21	-1.46	-1.35

出所：筆者作成

2. 日本のマクロ経済におけるエネルギー代替効果の分析：電力産業の生産性の低下（生産性低下シナリオ）

震災などの自然災害が日本の電力供給に影響を与える経路として、本論文では生産性の低

下と資本ストックの損傷という二つの外生条件が同時に生じるというシナリオに基づき、シミュレーションを設定している。ここでは日本において、災害により発電設備などに影響が生じて電力産業の生産性が低下し、全国の電力供給量が▲4.57%減少するという外生条件を与えた場合に我が国と各国のマクロ経済に生じる影響について、GTAP-E モデルと GTAP モデルの双方による変化率表示のシミュレーション結果を表 7-4 に示した。また表 7-5 には、実額レベルでの両モデルのシミュレーション結果を示した。この生産性低下シナリオでは、資本には変化は与えていない。

実質 GDP における影響を見ると、GTAP-E モデルによるシミュレーションでは▲0.19%という結果が得られたのに対し、GTAP モデルを用いた場合には、減少率は▲0.90%と、5倍程度にも達する値となる。GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果の差は、主に電力産業の生産性の低下に関する影響によるものであるということが示される。

実質輸入の試算結果を比較すると、GTAP-E モデルによるシミュレーションでは▲0.32%、GTAP モデルを用いたシミュレーションからは、影響はやや少なくなり▲0.22%という結果が得られる。実質輸出に関しては、影響は GTAP-E モデルによるシミュレーションからは、第五章で見たように+0.84%と、増加傾向を示すという試算結果が得られる。GTAP モデルによるシミュレーションからも、試算結果は+2.45%と正の符号となり、GTAP-E モデルを用いる場合よりも増加傾向はさらに大きくなるという試算結果が得られる。

このように、電力産業の生産性の低下に関する同じシナリオに基づいて GTAP-E モデルと GTAP モデルを用いてシミュレーションを行った場合、双方の試算結果の符号は同じであるが、GTAP モデルの方が試算結果の規模が大きくなるということが示される。

表 7-4 災害による電力産業の生産性の低下が各国のマクロ経済に与える影響(生産性低下シナリオ)：GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果の比較 (単位：%)

	実質GDP		実質輸入		実質輸出	
	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP
日本	-0.19	-0.90	-0.32	-0.22	0.84	2.45
韓国	0.00	0.00	0.01	0.02	-0.02	0.03
中国	0.00	0.01	0.02	0.03	-0.02	-0.04
ASEANエネルギー純輸出国	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.04	-0.15
その他ASEAN諸国	0.00	0.01	0.00	-0.03	-0.02	-0.05
インド	0.00	0.00	0.02	0.01	-0.04	-0.06
アメリカ合衆国	0.00	0.00	0.04	0.06	-0.09	-0.21
EU27	0.00	0.00	0.01	0.00	-0.05	-0.10
その他エネルギー純輸出国	0.00	0.01	0.03	0.17	-0.04	-0.15
旧ソ連・東欧諸国	0.00	0.01	0.02	0.14	-0.02	-0.07
その他付属書 I 国	0.00	0.01	0.01	0.05	-0.05	-0.15
その他地域	0.00	0.00	0.02	0.04	-0.04	-0.09

出所：筆者作成

表 7-5 災害による電力産業の生産性の低下が各国のマクロ経済に与える影響(生産性低下シナリオ) : GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果の比較 (単位: 百万米ドル)

	実質GDP		実質輸入		実質輸出		等価変分	
	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP
日本	-8,221	-39,473	-2,236	-1,570	6,690	19,400	-9,325	-43,058
韓国	13	-22	59	71	-95	115	6	-339
中国	108	295	233	337	-274	-462	151	90
ASEANエネルギー純輸出国	8	16	-1	-68	-137	-579	46	331
その他ASEAN諸国	10	32	-10	-139	-109	-267	14	-42
インド	19	11	67	35	-100	-135	32	-146
アメリカ合衆国	22	-10	889	1,416	-1,262	-2,981	297	-84
EU27	-64	-552	491	177	-2,677	-6,034	147	-952
その他エネルギー純輸出国	46	260	322	1,654	-446	-1,930	278	2,792
旧ソ連・東欧諸国	26	250	140	785	-125	-416	105	1,161
その他付属書 I 国	60	245	123	436	-493	-1,583	149	1,021
その他地域	37	67	303	594	-587	-1,350	165	350

出所: 筆者作成

3. 日本のマクロ経済におけるエネルギー代替効果の分析: 資本ストックの損傷 (資本ストック損傷シナリオ)

ここでは、震災などの自然災害が日本の電力供給に影響を与える経路のうち、資本ストックの損傷という外生条件のみを GTAP-E モデルと GTAP モデルに与え、そのシミュレーション結果の比較を行った。

日本において、災害の影響により資本ストックの損傷が生じ、全国の資本ストックが▲1.1%減少するという外生条件を与えた場合に我が国と各国のマクロ経済に生じる影響について、GTAP-E モデルと GTAP モデルの双方による変化率表示のシミュレーション結果を表 7-6 に示した。また表 7-7 には、実額レベルでの両モデルのシミュレーション結果を示した。ここでは、災害による生産性の低下に関しては外生条件は与えていない。

実質 GDP における生産性低下の影響を見ると、GTAP-E モデルによるシミュレーションでは▲0.47%という結果が示され、生産性の低下と資本ストックの損傷の影響を合わせて分析を行った全体シナリオの場合の▲0.65%という結果と比較すると、約 70%程度の大きさとなる。GTAP モデルによるシミュレーション結果も、実額ベースで見ると若干の差は見られるが、変化率表示で見た場合には GTAP モデルの場合と同じ▲0.47%となり、全体シナリオの場合の▲1.36%という結果と比較すると、約 34%程度の大きさにしか達していない。このことから、エネルギー財が中間財としてのみ扱われ、エネルギーと資本の間や、エネルギー間の代替構造が取り入れられていない GTAP モデルによるシミュレーションの場合は、電力産業における生産性の低下の影響が強く計測されるということが示される。

GTAP-E モデルを用いたシミュレーションの場合は、資本ストックの損傷のみを外生条件として与えた場合の特徴は、輸入がプラスの傾向を示し、全体シナリオの場合よりも輸出の減少率が大きくなるということであり、輸入の変化率は+0.13%、輸出の変化率は▲2.08%という試算結果となった。GTAP モデルを用いたシミュレーションの場合も、GTAP-E モデルの試算結果と傾向は変わらず、輸入の変化率は+0.10%、輸出の変化率は▲1.96%と、変化率の規模にも大きな差は見られない。

これらの試算結果から、資本ストック損傷シナリオにおけるマクロ経済への影響に関しては、GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果には大きな差はないことが示される。

表 7-6 資本ストックの損傷が各国のマクロ経済に与える影響(資本ストック損傷シナリオ):
GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果の比較 (単位: %)

	実質GDP		実質輸入		実質輸出	
	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP
日本	-0.47	-0.47	0.13	0.10	-2.08	-1.96
韓国	0.00	0.00	-0.07	-0.06	0.03	0.03
中国	-0.01	-0.01	-0.08	-0.08	0.02	0.01
ASEANエネルギー純輸出国	-0.01	0.00	-0.02	-0.02	0.06	0.05
その他ASEAN諸国	0.00	0.00	-0.02	-0.02	0.04	0.03
インド	0.00	0.00	-0.04	-0.04	0.08	0.07
アメリカ合衆国	0.00	0.00	-0.09	-0.08	0.16	0.15
EU27	0.00	0.00	-0.02	-0.01	0.09	0.08
その他エネルギー純輸出国	0.00	0.00	-0.06	-0.06	0.07	0.07
旧ソ連・東欧諸国	0.00	0.00	-0.04	-0.04	0.04	0.04
その他付属書 I 国	0.00	0.00	-0.02	-0.02	0.09	0.09
その他地域	0.00	0.00	-0.05	-0.04	0.08	0.07

出所: 筆者作成

表 7-7 資本ストックの損傷が各国のマクロ経済に与える影響(資本ストック損傷シナリオ):
GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果の比較 (単位: 百万米ドル)

	実質GDP		実質輸入		実質輸出		等価変分	
	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP	GTAP-E	GTAP
日本	-20,487	-20,421	931	729	-16,501	-15,505	-10,804	-10,881
韓国	-47	-47	-266	-261	155	120	-130	-112
中国	-227	-211	-832	-798	218	156	-485	-436
ASEANエネルギー純輸出国	-36	-33	-58	-61	232	203	-150	-143
その他ASEAN諸国	-29	-28	-74	-82	198	170	-118	-107
インド	-28	-26	-126	-113	186	163	-58	-42
アメリカ合衆国	-52	-47	-1,949	-1,806	2,279	2,106	-690	-599
EU27	112	96	-924	-875	5,108	4,692	-327	-261
その他エネルギー純輸出国	-86	-84	-590	-585	837	838	-525	-610
旧ソ連・東欧諸国	-36	-39	-209	-212	256	254	-164	-200
その他付属書 I 国	-111	-102	-226	-211	938	884	-295	-295
その他地域	-59	-58	-673	-639	1,129	1,032	-398	-371

出所: 筆者作成

2 節 日本の産業別生産高におけるエネルギー代替効果の分析

1. 日本の産業別生産高におけるエネルギー代替効果の分析: 電力産業の生産性の低下と資本ストックの損傷 (全体シナリオ)

日本において、全国の電力供給量が▲4.57%減少し、合わせて資本ストックが▲1.1%減少した場合に各国の産業別生産高に生じる影響について、GTAP モデルによる変化率表示のシミュレーション結果を表 7-8、実額レベルでのシミュレーション結果を表 7-9 に示した。特に我が国の産業別生産高に生じる影響について、GTAP-E モデルと GTAP モデルの双方による変化率表示のシミュレーション結果を図 7-1、実額レベルでのシミュレーション結果を図 7-2 に示した。

試算結果を見ると、GTAP-E モデルでは日本では原油以外の全産業で生産高が減少していたが、GTAP モデルを用いる場合には、電力以外のエネルギー財(石炭、原油、ガス、石油・石炭製品)や、繊維・繊維製品、自動車・自動車部品、その他輸送機器、機械・設備などの製造業、海上輸送、航空輸送などのサービス業では生産高は増加傾向を示し、その他の産業では生産高は減少する。変化率の増減の幅は GTAP-E モデルを用いたシミュレーション結果よりも大きくなり、増加率が高いのはガス(+5.55%)、原油(+5.20%)などのエネルギー財である。減少率が大きいのは、既に減少率が外生条件として与えられている資本と電力以外では、非鉄金属(▲3.49%)、鉄鋼(▲2.24%)、窯業(▲1.60%)、などのエネルギー集約産業である。

実額ベースでの結果を見ると、変化率が大きいガスや原油は、元来日本での生産高が少な

いこともあり、ガス産業における増加額は 7700 万ドル、原油産業における増加額は 2100 万ドルと、比較的小さな規模にとどまる。一方で、第七章 4 節で見られるように、GTAP モデルの試算では電力価格が大幅に上昇するという影響を受けて、一部の産業では供給価格は低下する傾向を示す。供給価格が低下する産業の一つである自動車・自動車部品産業では増加額は約 52 億ドルとなり、このように生産が増加する産業もあることを受けて、石油・石炭製品では増加額は約 18 億ドルに達する。減少額は実額ベースではサービス産業で大きくなり、その他サービス業では約 124 億ドル、政府サービスでは約 103 億ドルに達し、製造業でも鉄鋼産業で約 56 億ドル、化学・ゴム・プラスチック産業で約 46 億ドルに達するという試算結果が得られる。

日本以外の国に関しては、日本で生産高が増加する自動車・自動車部品産業やその他輸送機器産業などで、他の国では生産が減少する傾向が見られる。

表 7-10 には、GTAP モデルによるシミュレーション結果を 4 産業（農林水産業・エネルギー財・製造業製品・サービス業）に分類した結果を、変化率表示と実額表示の双方について示した。変化率表示で最も影響が大きいのはエネルギー産業であり、実額ではサービス産業において、最もマイナスの影響が強くと見られることが示される。

表 7-8 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が各国の産業別生産高に与える影響（全体シナリオ：GTAPモデル）
（単位：％）

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
資本	-1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
農林水産業	-0.30	-0.01	-0.02	-0.05	-0.05	-0.01	-0.04	-0.01	-0.04	-0.03	-0.11	-0.02
石炭	3.66	0.61	0.24	1.08	0.42	0.34	0.11	0.21	0.27	0.46	2.20	0.43
原油	5.20	0.58	0.15	-0.25	0.02	0.17	0.12	0.11	0.09	0.06	-0.01	0.18
ガス	5.55	1.28	0.12	1.64	1.93	0.51	0.34	0.82	0.32	0.21	0.07	0.56
石油・石炭製品	0.87	0.03	0.07	-0.11	0.00	-0.01	-0.04	-0.04	-0.02	-0.04	-0.02	0.00
電力	-4.57	0.04	0.04	-0.04	0.02	0.01	0.00	0.02	-0.04	-0.04	0.01	0.02
その他鉱物	-1.37	0.17	0.12	-0.14	-0.13	0.02	0.03	0.06	-0.02	-0.08	-0.14	-0.09
食料品	-0.90	-0.02	-0.03	-0.05	-0.06	-0.02	-0.02	-0.01	-0.03	-0.03	-0.07	-0.01
繊維・繊維製品	0.78	-0.03	-0.11	-0.25	0.01	-0.04	-0.03	-0.03	-0.18	-0.24	-0.11	-0.07
化学・ゴム・プラスチック	-1.16	0.03	0.08	-0.09	0.17	-0.03	0.05	0.06	-0.18	-0.31	-0.01	0.05
窯業	-1.60	0.18	0.06	0.04	0.17	0.02	0.06	0.05	0.01	-0.04	0.03	0.09
鉄鋼	-2.24	0.60	0.18	0.56	0.93	0.17	0.17	0.19	0.04	0.05	0.16	0.36
非鉄金属	-3.49	0.41	0.14	0.15	0.53	0.24	0.19	0.21	-0.21	-0.17	0.17	0.36
金属製品	-0.85	-0.01	0.00	-0.14	-0.28	0.00	0.01	0.02	-0.17	-0.17	-0.05	0.00
自動車・自動車部品	1.05	-0.20	-0.14	-0.36	-0.36	-0.10	-0.16	-0.19	-0.41	-0.35	-0.34	-0.21
その他輸送機器	1.20	-0.26	-0.08	-0.25	-0.19	-0.05	-0.08	-0.07	-0.31	-0.30	-0.21	-0.13
電子製品	-0.41	0.20	-0.05	-0.32	-0.10	-0.05	-0.02	-0.02	-0.49	-0.29	-0.11	-0.15
機械・設備	0.20	-0.02	-0.12	-0.58	-0.30	-0.06	-0.02	-0.03	-0.45	-0.18	-0.19	-0.15
その他製造業	-0.84	0.03	0.02	-0.20	-0.04	0.01	0.01	0.01	-0.13	-0.16	-0.06	-0.02
建設業	-1.10	-0.10	0.00	0.02	-0.06	0.00	0.03	0.02	0.07	0.03	0.05	0.02
商業	-0.94	-0.03	-0.03	-0.06	-0.05	-0.01	0.00	-0.01	0.00	0.02	0.00	-0.02
陸上輸送	-0.75	0.01	0.01	-0.06	-0.03	-0.01	-0.01	-0.03	-0.03	-0.01	-0.01	-0.01
海上輸送	0.66	-0.10	-0.04	-0.15	-0.05	-0.04	-0.01	-0.16	-0.16	-0.06	-0.11	-0.05
航空輸送	0.27	-0.01	-0.02	-0.21	-0.06	0.03	-0.05	-0.11	-0.13	-0.08	-0.10	-0.04
通信業	-0.85	-0.01	0.00	-0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.02	0.00	0.00
金融・保険業	-0.35	0.01	0.00	-0.05	0.02	-0.01	0.00	-0.01	-0.03	-0.04	-0.01	-0.01
その他サービス業	-0.71	-0.01	-0.02	0.00	-0.02	-0.02	-0.01	0.00	-0.01	-0.03	0.00	-0.01
政府サービス	-0.87	-0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.04	0.02	0.01

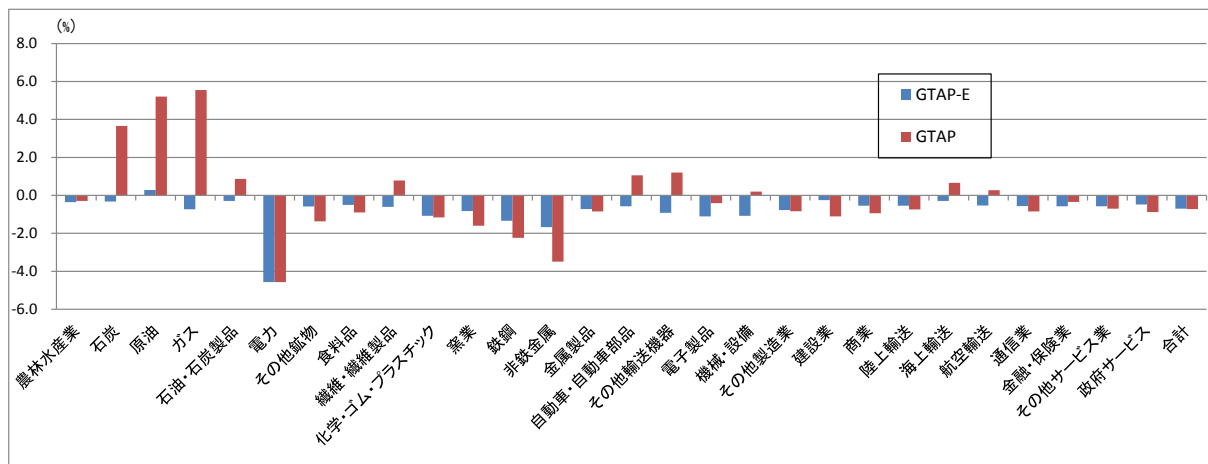
出所：筆者作成

表 7-9 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が各国の産業別生産高に与える影響（全体シナリオ：GTAPモデル）
（単位：百万米ドル）

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
資本	-18,241	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
農林水産業	-300	-6	-123	-51	-30	-27	-139	-41	-117	-73	-144	-92
石炭	2	1	183	162	2	28	51	43	13	94	569	51
原油	21	1	120	-119	2	25	156	66	686	159	-9	338
ガス	77	3	8	474	286	38	458	424	413	237	53	165
石油・石炭製品	1,839	43	185	-60	3	-6	-213	-280	-58	-89	-25	7
電力	-7,119	18	113	-12	4	5	-6	87	-40	-93	6	40
その他鉱物	-113	4	143	-31	-8	3	13	59	-13	-22	-111	-130
食料品	-2,674	-16	-151	-67	-46	-27	-118	-131	-94	-63	-172	-74
繊維・繊維製品	319	-13	-496	-113	3	-29	-60	-125	-141	-57	-30	-183
化学・ゴム・プラスチック	-4,602	45	546	-94	151	-30	410	905	-345	-256	-25	200
窯業	-1,012	47	179	7	23	6	85	185	7	-15	13	86
鉄鋼	-5,630	616	855	74	106	102	287	711	34	49	84	558
非鉄金属	-2,641	117	339	23	51	51	264	462	-95	-105	194	454
金属製品	-996	-7	10	-48	-45	1	29	123	-94	-40	-40	-4
自動車・自動車部品	5,194	-250	-372	-75	-141	-33	-909	-2,056	-566	-142	-456	-346
その他輸送機器	572	-68	-70	-33	-19	-10	-206	-232	-69	-50	-95	-55
電子製品	-1,378	268	-263	-360	-160	-11	-113	-89	-390	-42	-44	-372
機械・設備	836	-36	-1,005	-277	-257	-59	-205	-509	-545	-193	-359	-398
その他製造業	-1,767	18	143	-145	-15	5	94	159	-173	-124	-135	-52
建設業	-6,045	-167	-28	26	-40	-5	496	581	391	81	267	114
商業	-10,163	-45	-145	-94	-74	-23	-66	-362	-9	76	16	-206
陸上輸送	-2,709	6	15	-20	-15	-11	-73	-430	-77	-31	-27	-41
海上輸送	439	-20	-33	-29	-16	-6	-8	-322	-30	-15	-51	-33
航空輸送	83	-2	-4	-40	-16	2	-130	-268	-35	-26	-51	-39
通信業	-1,427	-7	2	-12	-1	-1	-11	-14	-8	-8	-3	-10
金融・保険業	-1,251	6	-3	-22	10	-10	-78	-207	-42	-25	-40	-58
その他サービス業	-12,495	-35	-82	-2	-27	-25	-488	-259	-61	-78	-31	-107
政府サービス	-10,341	-25	-6	19	-2	3	-89	94	243	146	174	78
産業合計	-63,279	496	60	-920	-269	-45	-568	-1,424	-1,215	-709	-475	-110

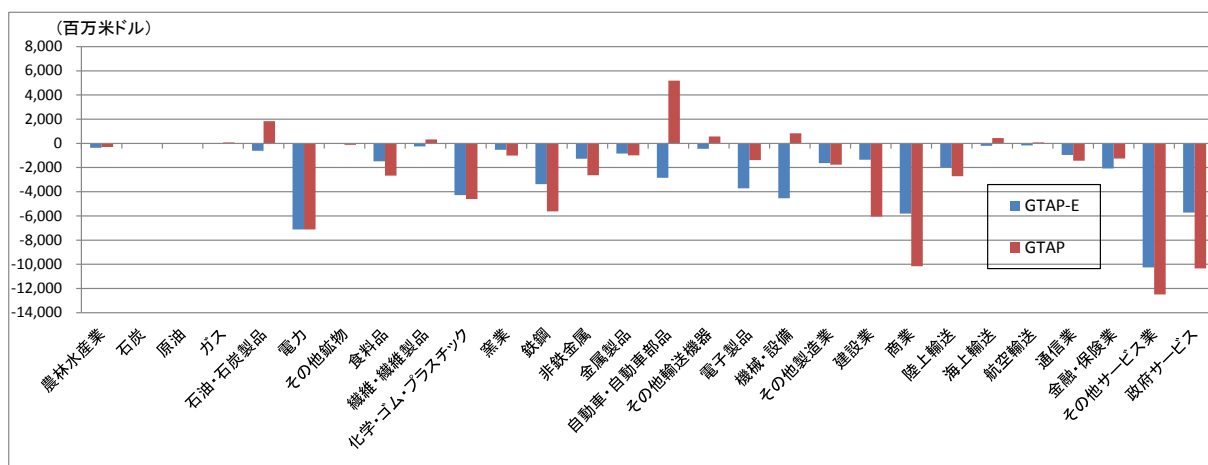
出所：筆者作成

図 7-1 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が日本の産業別生産高に与える影響（全体シナリオ：GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果の比較）
（単位：％）



出所：筆者作成

図 7-2 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が日本の産業別生産高に与える影響（全体シナリオ：GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果の比較）
（単位：百万米ドル）



出所：筆者作成

表 7-10 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が日本の産業別生産高に与える影響：4産業分類（全体シナリオ：GTAP モデル、単位：％、百万米ドル）

	変化率(%)	変化額(百万米ドル)
農林水産業合計	-0.30%	-300
エネルギー産業合計	-1.41%	-5,180
製造業製品合計	-0.50%	-13,891
サービス業合計	-0.79%	-43,909
合計	-0.72%	-63,279

出所：筆者作成

2. 日本の産業別生産高におけるエネルギー代替効果の分析：電力産業の生産性の低下（生産性低下シナリオ）

日本において、災害の影響により電力産業の生産力が低下し、全国の電力供給量が▲4.57%減少する場合に各国の産業別生産高に生じる影響について、GTAP モデルによる変化率表示のシミュレーション結果を表 7-11、実額レベルでのシミュレーション結果を表 7-12 に示した。特に我が国の産業別生産高に生じる影響について、GTAP-E モデルと GTAP モデルの双方による変化率表示のシミュレーション結果を図 7-3、実額レベルでのシミュレーション結果を図 7-4 に示した。

生産性低下シナリオの GTAP-E モデルの試算結果では、日本では生産高が減少する産業と増加する産業の双方が見られた。GTAP モデルを用いた場合も同じ傾向が示され、多くの産業で生産高が減少するが、一部の産業では生産高が増加する。GTAP-E モデルの場合と同様に、電力産業は生産性が低下して電力供給量は減少することから電力を多く使用する産業は影響を受けるが、資本は減少していないため、これまで電力産業で使用されていた資本は他の産業に向けられることが、GTAP モデルの試算結果において生産高が増加する産業が見られる理由であると考えられる。電力供給量が減少したため、電力以外のエネルギー財への需要が高まり、他のエネルギー財では生産高が増加するということも、GTAP-E モデルを用いたシミュレーションの場合と同じ傾向である。

生産高が減少する産業は、その他鉱物、窯業、鉄鋼、非鉄金属など、TP16 版ではエネルギー集約産業として分類されていた産業が多い。エネルギー集約産業以外では、食料品、金属製品、その他製造業などの製造業や、また建設業、商業、陸上輸送、通信業、金融・保険業、その他サービス業、政府サービスなど、多くのサービス業においても生産高が減少しており、生産高が減少する産業も GTAP-E モデルの場合と同じ産業である。

GTAP-E モデルを用いたシミュレーションと比較した場合の GTAP モデルを用いたシミュレーションの特徴は、変化の規模がより大きいということである。たとえば、変化率で見た場合には、電力産業以外では最も変化が大きいガス産業は GTAP-E モデルの試算結果では変化率は+2.67%であるが、GTAP モデルの試算結果では+8.76%に達する。また実額で見ると、最も増加額が大きい自動車・自動車部品の増加額は GTAP-E モデルの試算結果では約 26 億米ドルであるが、GTAP モデルの試算結果では約 104 億米ドルに達する。

表 7-13 には、GTAP モデルによるシミュレーション結果を 4 産業（農林水産業・エネルギー財・製造業製品・サービス業）に分類した結果を、変化率表示と実額表示の双方について示した。GTAP-E モデルの試算結果と同様に、産業別に変化の大きさや符号には差が見られるが、農林水産業や製造業では全体としては生産高は増加する。またエネルギー産業全体では電力産業の供給量の影響が大きいいため生産高は減少し、サービス産業全体でも生産高は減少する。

表 7-11 災害による電力産業の生産性の低下が各国の産業別生産高に与える影響（生産性低下シナリオ：GTAP モデル）（単位：％）

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
資本	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
農林水産業	0.07	-0.01	-0.01	-0.05	-0.04	-0.01	-0.04	-0.01	-0.04	-0.03	-0.12	-0.01
石炭	4.65	0.65	0.25	1.13	0.43	0.35	0.11	0.21	0.25	0.48	2.32	0.42
原油	5.94	0.68	0.21	-0.23	0.05	0.20	0.14	0.13	0.11	0.08	0.02	0.20
ガス	8.76	1.41	0.13	1.72	2.10	0.54	0.35	0.89	0.28	0.20	0.04	0.59
石油・石炭製品	1.37	0.03	0.08	-0.11	0.01	-0.01	-0.05	-0.06	-0.01	-0.06	-0.03	0.00
電力	-4.00	0.02	0.03	-0.06	0.01	-0.01	-0.01	0.00	-0.05	-0.07	-0.01	0.01
その他鉱物	-1.25	0.17	0.10	0.01	0.02	0.04	0.07	0.09	0.05	-0.12	-0.08	0.01
食料品	-0.50	-0.02	-0.03	-0.05	-0.06	-0.02	-0.02	-0.01	-0.03	-0.04	-0.09	-0.01
繊維・繊維製品	1.75	-0.01	-0.08	-0.22	0.07	-0.07	-0.05	-0.05	-0.24	-0.30	-0.15	-0.08
化学・ゴム・プラスチック	0.01	-0.07	0.04	-0.19	0.12	-0.08	-0.01	0.00	-0.27	-0.41	-0.10	-0.02
窯業	-1.12	0.16	0.09	0.05	0.17	0.06	0.08	0.09	0.06	-0.01	0.07	0.13
鉄鋼	-1.08	0.53	0.14	0.38	0.76	0.13	0.09	0.13	-0.05	-0.06	0.05	0.26
非鉄金属	-2.21	0.38	0.09	0.19	0.56	0.19	0.13	0.16	-0.32	-0.27	0.06	0.31
金属製品	-0.30	-0.01	-0.02	-0.14	-0.33	0.00	-0.02	0.00	-0.18	-0.20	-0.08	-0.02
自動車・自動車部品	2.11	-0.25	-0.17	-0.47	-0.36	-0.13	-0.24	-0.28	-0.58	-0.50	-0.52	-0.28
その他輸送機器	2.80	-0.09	-0.04	-0.28	-0.09	-0.06	-0.13	-0.13	-0.39	-0.37	-0.30	-0.18
電子製品	0.97	0.15	-0.13	-0.51	-0.27	-0.13	-0.17	-0.21	-0.80	-0.39	-0.31	-0.41
機械・設備	1.69	-0.11	-0.20	-0.77	-0.40	-0.10	-0.10	-0.11	-0.67	-0.22	-0.34	-0.29
その他製造業	-0.17	0.04	0.04	-0.23	-0.01	0.00	0.01	0.00	-0.15	-0.19	-0.08	-0.02
建設業	-1.50	0.00	0.06	0.12	0.08	0.05	0.12	0.13	0.20	0.08	0.15	0.15
商業	-0.59	-0.03	-0.04	-0.07	-0.05	-0.01	0.00	-0.02	0.00	0.02	0.01	-0.02
陸上輸送	-0.35	0.01	0.02	-0.07	0.01	0.00	-0.02	-0.04	-0.03	-0.01	-0.02	-0.01
海上輸送	1.18	-0.05	-0.02	-0.16	-0.01	-0.02	-0.01	-0.15	-0.15	-0.07	-0.10	-0.03
航空輸送	1.05	0.02	0.01	-0.23	-0.04	0.03	-0.07	-0.13	-0.16	-0.10	-0.13	-0.05
通信業	-0.40	-0.01	0.01	-0.06	0.02	-0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.02	0.00	-0.01
金融・保険業	0.19	0.01	0.00	-0.05	0.04	-0.01	0.00	-0.02	-0.04	-0.05	-0.01	-0.02
その他サービス業	-0.24	0.00	-0.01	0.01	0.00	-0.03	-0.01	0.00	-0.01	-0.03	0.00	-0.01
政府サービス	-0.53	0.00	0.01	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00	0.06	0.05	0.03	0.02

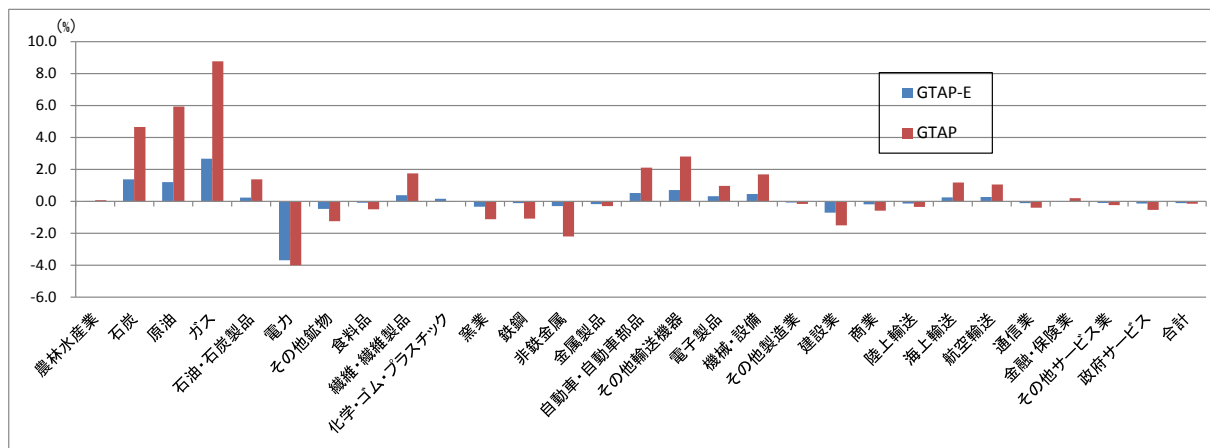
出所：筆者作成

表 7-12 災害による電力産業の生産性の低下が各国の産業別生産高に与える影響（生産性低下シナリオ：GTAP モデル）
 （単位：百万米ドル）

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
資本	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
農林水産業	75	-4	-87	-50	-26	-30	-139	-32	-127	-75	-155	-50
石炭	2	1	191	170	2	28	51	43	12	97	601	50
原油	24	2	164	-107	5	30	183	80	854	206	19	382
ガス	122	3	8	497	311	40	477	458	356	221	34	173
石油・石炭製品	2,894	32	213	-60	10	-12	-281	-393	-20	-122	-30	-11
電力	-6,231	7	83	-19	2	-5	-44	17	-57	-145	-13	12
その他鉱物	-102	5	126	1	1	6	31	83	30	-34	-58	13
食料品	-1,490	-16	-161	-67	-46	-34	-153	-170	-112	-74	-213	-65
繊維・繊維製品	711	-3	-387	-102	25	-50	-127	-242	-186	-71	-42	-228
化学・ゴム・プラスチック	28	-112	270	-200	107	-93	-108	49	-528	-345	-205	-96
窯業	-707	42	264	11	24	19	116	361	43	-4	32	132
鉄鋼	-2,723	544	676	51	87	78	157	479	-40	-51	24	403
非鉄金属	-1,668	109	226	29	54	41	179	348	-147	-162	66	381
金属製品	-357	-3	-39	-48	-52	2	-59	5	-102	-47	-61	-24
自動車・自動車部品	10,442	-320	-468	-98	-143	-42	-1,359	-3,128	-788	-204	-695	-472
その他輸送機器	1,335	-22	-34	-37	-9	-12	-358	-420	-87	-61	-138	-73
電子製品	3,238	209	-643	-563	-421	-30	-876	-933	-642	-58	-124	-994
機械・設備	7,136	-237	-1,689	-372	-338	-105	-1,041	-2,077	-809	-233	-648	-761
その他製造業	-353	20	222	-167	-6	0	126	30	-202	-151	-190	-72
建設業	-8,235	0	492	151	53	126	2,035	3,707	1,040	260	819	814
商業	-6,330	-47	-165	-107	-74	-21	37	-504	25	86	63	-248
陸上輸送	-1,258	5	50	-23	5	-5	-106	-537	-81	-26	-34	-36
海上輸送	782	-10	-22	-32	-2	-2	-6	-305	-29	-16	-46	-19
航空輸送	320	3	1	-44	-11	1	-160	-337	-42	-31	-62	-45
通信業	-671	-4	9	-13	3	-4	9	-38	-5	-8	-1	-13
金融・保険業	683	14	-9	-24	22	-13	-15	-300	-50	-35	-45	-81
その他サービス業	-4,302	13	-38	20	5	-48	-541	143	-45	-89	42	-95
政府サービス	-6,310	-12	64	29	13	6	21	182	301	174	229	153
産業合計	-12,946	217	-682	-1,175	-399	-130	-1,952	-3,431	-1,437	-1,000	-832	-868

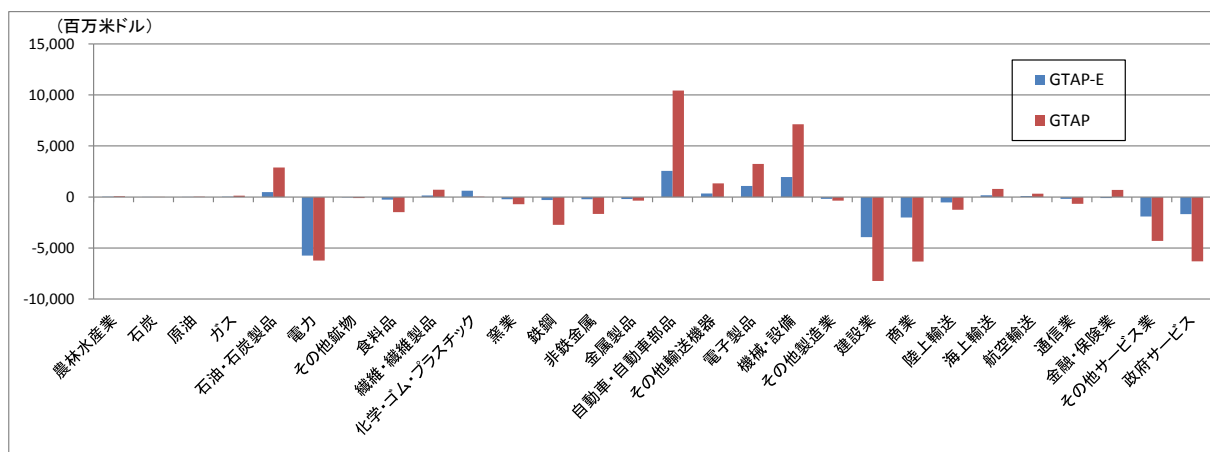
出所：筆者作成

図 7-3 災害による電力産業の生産性の低下が日本の産業別生産高に与える影響(生産性低下シナリオ：GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果の比較) (単位：%)



出所：筆者作成

図 7-4 災害による電力産業の生産性の低下が日本の産業別生産高に与える影響(生産性低下シナリオ：GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果の比較) (単位：百万米ドル)



出所：筆者作成

表 7-13 災害による電力産業の生産性低下が日本の産業別生産高に与える影響：4産業分類(生産性低下シナリオ：GTAP モデル、単位：%、百万米ドル)

	変化率(%)	変化額(百万米ドル)
農林水産業合計	0.07%	75
エネルギー産業合計	-0.87%	-3,188
製造業製品合計	0.56%	15,489
サービス業合計	-0.45%	-25,321
合計	-0.15%	-12,946

出所：筆者作成

3. 日本の産業別生産高におけるエネルギー代替効果の分析：資本ストックの損傷（資本ストック損傷シナリオ）

日本において、資本ストックが▲1.1%減少した場合に各国の産業別生産高に生じる影響について、GTAPモデルによる変化率表示のシミュレーション結果を表7-14、実額レベルでのシミュレーション結果を表7-15に示した。特に我が国の産業別生産高に生じる影響について、GTAP-EモデルとGTAPモデルの双方による変化率表示のシミュレーション結果を図7-5、実額レベルでのシミュレーション結果を図7-6に示した。

GTAPモデルの試算結果を見ると、日本では建設業以外の全産業で生産高が減少するという傾向はGTAP-Eモデルの試算結果と同じであり、変化率の規模もGTAP-Eモデルの試算結果よりもやや小さめになるが、大きくは変わっていない。変化率が大きいのはガス(▲3.12%)などのエネルギー財や、化学・ゴム・プラスチック(▲1.17%)、鉄鋼(▲1.17%)、非鉄金属(▲1.31%)、その他輸送機器(▲1.53%)、電子製品(▲1.36%)、機械・設備(▲1.46%)などの製造業の産業である。日本で大きく生産が減少する製造業の産業に関しては、他の国では生産が増加している場合が多く見られる。

実額ベースでの結果を見ても、減少額が大きい産業はGTAP-Eモデルの場合に類似しており、石油・石炭製品(約10億米ドル)などのエネルギー財や、食料品(約12億米ドル)、化学・ゴム・プラスチック(約46億米ドル)、鉄鋼(約29億米ドル)、非鉄金属(約10億米ドル)、自動車・自動車部品(約51億米ドル)、電子製品(約46億米ドル)、機械・設備(約62億米ドル)、その他製造業(約14億米ドル)などの製造業の産業である。減少額が大きいサービス産業では、商業(約39億米ドル)、陸上輸送(約15億米ドル)、金融・保険業(約19億米ドル)、政府サービス(約40億米ドル)などが見られ、特にその他サービス業では減少額が大きく、約82億ドルにも達する。

表7-16には、GTAPモデルによるシミュレーション結果を4産業(農林水産業・エネルギー財・製造業製品・サービス業)に分類した結果を、変化率表示と実額表示の双方について示した。試算結果によると、資本ストックが▲1.1%減少した場合には、変化率表示・実額表示での双方で最も影響が大きく見られるのが製造業の各産業である。

生産性低下シナリオの場合は、生産高への影響についてGTAP-EモデルとGTAPモデルの試算結果を比較すると、傾向は同じであるが変化の規模には比較的大きな差が見られた。しかし資本ストック損傷シナリオについて比較すると、GTAP-EモデルとGTAPモデルの試算結果は変化の規模にも傾向にも大きな差は見られず、ほぼ類似した結果が得られることが示される。

表 7-14 資本ストックの損傷が各国の産業別生産高に与える影響（資本ストック損傷シナリオ：GTAP モデル）

（単位：％）

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
資本	-1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
農林水産業	-0.37	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	-0.01
石炭	-0.96	-0.04	-0.01	-0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	-0.01	-0.11	0.01
原油	-0.72	-0.10	-0.05	-0.03	-0.04	-0.04	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02
ガス	-3.12	-0.12	-0.01	-0.07	-0.14	-0.03	-0.01	-0.06	0.05	0.01	0.03	-0.02
石油・石炭製品	-0.49	0.01	-0.01	0.00	-0.01	0.01	0.01	0.02	-0.01	0.02	0.00	0.01
電力	-0.58	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01
その他鉱物	-0.15	0.00	0.01	-0.15	-0.16	-0.02	-0.04	-0.02	-0.08	0.04	-0.07	-0.10
食料品	-0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00
繊維・繊維製品	-0.94	-0.03	-0.02	-0.02	-0.06	0.03	0.03	0.03	0.06	0.05	0.04	0.02
化学・ゴム・プラスチック	-1.17	0.10	0.04	0.10	0.05	0.05	0.06	0.06	0.09	0.10	0.08	0.07
窯業	-0.50	0.02	-0.03	-0.02	0.00	-0.04	-0.02	-0.04	-0.05	-0.03	-0.04	-0.05
鉄鋼	-1.17	0.07	0.04	0.19	0.18	0.04	0.08	0.06	0.10	0.11	0.11	0.10
非鉄金属	-1.31	0.03	0.05	-0.04	-0.02	0.05	0.06	0.05	0.11	0.09	0.11	0.06
金属製品	-0.55	-0.01	0.02	0.00	0.04	0.00	0.03	0.02	0.01	0.03	0.03	0.02
自動車・自動車部品	-1.03	0.05	0.03	0.11	0.00	0.03	0.08	0.09	0.16	0.14	0.17	0.07
その他輸送機器	-1.53	-0.18	-0.04	0.02	-0.10	0.01	0.05	0.05	0.08	0.06	0.09	0.04
電子製品	-1.36	0.04	0.08	0.18	0.16	0.08	0.15	0.19	0.31	0.10	0.19	0.25
機械・設備	-1.46	0.09	0.08	0.19	0.09	0.04	0.08	0.08	0.21	0.03	0.15	0.14
その他製造業	-0.67	0.00	-0.01	0.03	-0.02	0.01	0.00	0.01	0.02	0.03	0.02	0.01
建設業	0.37	-0.10	-0.06	-0.10	-0.14	-0.05	-0.09	-0.11	-0.12	-0.06	-0.10	-0.13
商業	-0.36	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	-0.01	0.00	-0.01	0.00
陸上輸送	-0.40	0.00	-0.01	0.01	-0.03	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
海上輸送	-0.51	-0.05	-0.01	0.02	-0.05	-0.02	0.00	-0.01	0.00	0.00	-0.01	-0.02
航空輸送	-0.76	-0.03	-0.02	0.02	-0.02	0.00	0.01	0.03	0.02	0.01	0.02	0.01
通信業	-0.45	-0.01	-0.01	0.00	-0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
金融・保険業	-0.53	-0.01	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
その他サービス業	-0.46	-0.02	-0.01	-0.01	-0.02	0.01	0.00	-0.01	0.00	0.00	-0.01	0.00
政府サービス	-0.34	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01

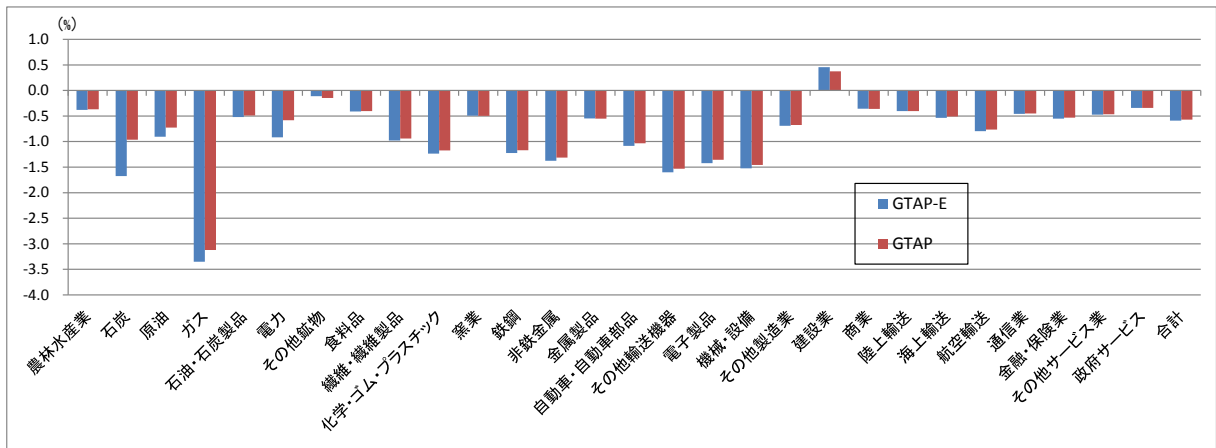
出所：筆者作成

表 7-15 資本ストックの損傷が各国の産業別生産高に与える影響（資本ストック損傷シナリオ：GTAP モデル）（単位：百万米ドル）

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
資本	-18,241	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
農林水産業	-376	-2	-35	0	-4	2	0	-8	10	2	10	-41
石炭	-1	0	-7	-7	0	0	1	0	1	-2	-29	1
原油	-3	0	-42	-12	-4	-5	-25	-14	-161	-45	-28	-41
ガス	-44	0	-1	-21	-21	-2	-15	-30	58	17	20	-6
石油・石炭製品	-1,030	11	-26	-1	-7	6	66	112	-39	32	5	18
電力	-904	11	30	6	3	9	37	70	17	51	19	27
その他鉱物	-12	0	18	-32	-9	-3	-18	-23	-43	12	-53	-144
食料品	-1,192	0	10	1	0	7	36	41	17	10	41	-9
繊維・繊維製品	-383	-9	-110	-11	-23	21	66	117	43	13	12	42
化学・ゴム・プラスチック	-4,629	157	279	105	45	63	517	862	180	86	178	296
窯業	-316	6	-83	-3	0	-13	-30	-172	-35	-11	-19	-45
鉄鋼	-2,945	76	186	25	20	25	131	237	75	100	60	158
非鉄金属	-993	9	114	-6	-2	11	86	118	51	56	129	77
金属製品	-645	-4	48	-1	7	-1	87	116	6	7	21	19
自動車・自動車部品	-5,113	67	92	23	1	9	436	1,046	215	59	233	121
その他輸送機器	-729	-47	-37	3	-11	2	145	178	17	10	40	16
電子製品	-4,554	61	371	198	255	18	750	830	246	15	78	611
機械・設備	-6,157	195	657	91	77	44	813	1,524	255	37	281	350
その他製造業	-1,423	-1	-77	21	-10	6	-30	133	28	26	54	19
建設業	2,043	-166	-516	-123	-92	-129	-1,518	-3,093	-641	-176	-545	-692
商業	-3,877	2	19	12	-1	-2	-102	140	-33	-9	-46	41
陸上輸送	-1,459	1	-34	2	-20	-6	32	105	3	-5	7	-5
海上輸送	-339	-10	-11	3	-14	-4	-2	-16	-1	1	-5	-14
航空輸送	-233	-5	-5	3	-5	0	30	68	6	5	11	6
通信業	-759	-3	-7	0	-4	3	-20	24	-3	0	-2	3
金融・保険業	-1,923	-8	6	2	-12	3	-62	92	7	10	5	22
その他サービス業	-8,227	-48	-44	-22	-31	23	55	-396	-16	11	-73	-11
政府サービス	-4,035	-13	-68	-10	-15	-3	-108	-86	-55	-27	-53	-73
産業合計	-50,255	281	727	246	126	83	1,359	1,972	211	283	349	745

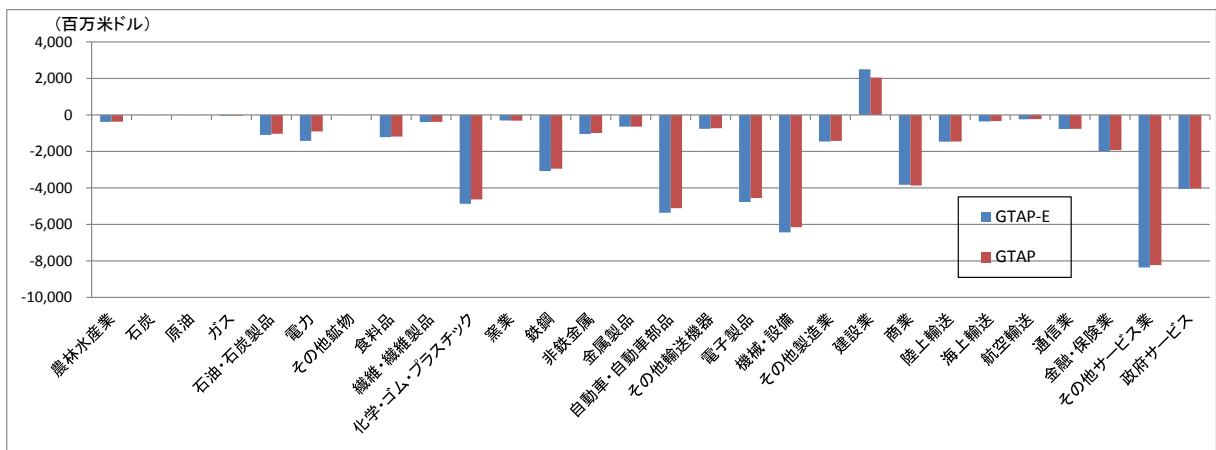
出所：筆者作成

図 7-5 資本ストックの損傷が日本の産業別生産高に与える影響（資本ストック損傷シナリオ：GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果の比較）（単位：％）



出所：筆者作成

図 7-6 資本ストックの損傷が日本の産業別生産高に与える影響（資本ストック損傷シナリオ：GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果の比較）（単位：百万米ドル）



出所：筆者作成

表 7-16 資本ストックの損傷が日本の産業別生産高に与える影響：4産業分類（資本ストック損傷シナリオ：GTAP モデル、単位：％、百万米ドル）

	変化率(%)	変化額(百万米ドル)
農林水産業合計	-0.37%	-376
エネルギー産業合計	-0.54%	-1,982
製造業製品合計	-1.05%	-29,090
サービス業合計	-0.34%	-18,808
合計	-0.57%	-50,255

出所：筆者作成

3節 日本の民間消費におけるエネルギー代替効果の分析

1. 日本の民間消費におけるエネルギー代替効果の分析：電力産業の生産性の低下と資本ストックの損傷（全体シナリオ）

日本において、全国の電力供給量が▲4.57%減少し、合わせて資本ストックが▲1.1%減少した場合に各国の民間消費に生じる影響について、GTAPモデルによる変化率表示のシミュレーション結果を表7-17、実額レベルでのシミュレーション結果を表7-18に示した。特に我が国の産業別生産高に生じる影響について、GTAP-EモデルとGTAPモデルの双方による変化率表示のシミュレーション結果を図7-7、実額レベルでのシミュレーション結果を図7-8に示した。

GTAP-Eモデルによる分析の試算結果では、日本では電力は▲5.0%と、供給量よりもさらに消費額の減少率は大きく、電力以外のエネルギー財（石炭、原油、ガス、石油・石炭製品）以外のすべての産業において、▲0.1～▲0.8%程度の範囲で消費が減少し、石炭、原油、ガス、石油・石炭製品に関しては、+0.1～+0.2%程度の範囲で僅かに消費が増加していた。GTAPモデルによるシミュレーション結果を見ると、まず電力消費の変化率が▲17.52%と、大幅に電力消費が減少することが示される。そして、エネルギー財も含めたすべての産業の消費が減少し、民間消費全体にマイナスの影響が大きく出るという結果となる。

金額ベースで見ると、特に民間消費の場合はサービス産業の消費額への影響が大きい。最も減少額が大きいその他サービス業では、消費の減少額は約93億米ドルに達し、商業では約71億ドル減少することが示される。電力消費の減少額は約74億米ドルとなる。製造業品では、家計消費額が最も多い食料品が大きく減少し、減少額は約26億米ドルに達するという結果が示される。

表7-19には、GTAPモデルによるシミュレーション結果を4産業（農林水産業・エネルギー財・製造業製品・サービス業）に分類した結果を、変化率表示と実額表示の双方について示した。電力消費量の減少が大きいため、変化率表示で最も影響が大きいのはエネルギー産業であり、次いで大きいのがサービス業である。実額ではサービス産業における減少額が、減少額全体の約61%を占めるほどの割合に達する。GTAPモデルの試算結果では民間消費全体の減少額は約371億米ドルと、GTAP-Eモデルの試算結果の約2.6倍の値に達する。

表 7-17 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が各国の民間消費に与える影響（全体シナリオ：GTAPモデル）（単位：％）

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業	-0.39	-0.01	0.00	0.03	-0.02	-0.01	0.00	0.00	0.04	0.03	0.01	0.00
石炭	-2.17	-0.23	-0.08	-0.10	-0.12	-0.10	-0.15	-0.16	-0.03	-0.03	-0.40	-0.17
原油	-1.89	-0.21	-0.07	-0.03	-0.12	-0.07	-0.20	-0.18	0.02	0.01	-0.15	-0.06
ガス	-1.53	-0.25	-0.06	-0.11	-0.14	-0.03	-0.04	-0.12	0.02	0.03	-0.11	-0.06
石油・石炭製品	-2.16	-0.22	-0.07	-0.04	-0.10	-0.07	-0.17	-0.15	0.00	0.00	-0.12	-0.08
電力	-17.52	-0.14	-0.02	-0.02	-0.08	-0.03	-0.04	-0.03	0.02	0.04	-0.03	-0.03
その他鉱物	-2.14	-0.12	-0.03	0.00	-0.05	-0.03	-0.06	-0.06	0.06	0.05	-0.02	-0.02
食料品	-1.19	-0.04	0.00	0.02	-0.02	-0.01	0.00	-0.01	0.05	0.04	0.03	0.00
繊維・繊維製品	-1.57	-0.06	0.00	0.03	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01	0.08	0.07	0.04	0.00
化学・ゴム・プラスチック	-1.98	-0.14	-0.02	0.02	-0.06	-0.03	-0.03	-0.03	0.07	0.06	0.01	-0.02
窯業	-2.38	-0.24	-0.02	0.00	-0.09	-0.02	-0.03	-0.02	0.06	0.06	0.01	-0.02
鉄鋼	-2.87	-0.17	-0.16	-0.04	-0.21	-0.07	-0.06	-0.03	0.02	0.05	-0.05	-0.05
非鉄金属	-2.21	-0.19	-0.05	-0.01	-0.09	-0.03	-0.03	-0.03	0.08	0.06	0.00	-0.05
金属製品	-1.87	-0.11	-0.02	-0.01	-0.09	-0.02	-0.02	-0.01	0.07	0.06	0.02	-0.01
自動車・自動車部品	-1.44	-0.06	0.00	0.05	0.02	-0.02	0.03	0.01	0.13	0.12	0.09	0.02
その他輸送機器	-1.64	-0.06	-0.01	0.02	-0.03	-0.02	0.00	0.00	0.10	0.07	0.05	0.01
電子製品	-1.75	-0.07	-0.01	0.04	-0.03	-0.02	-0.01	0.00	0.10	0.08	0.04	0.00
機械・設備	-1.74	-0.07	-0.01	0.04	-0.03	-0.02	-0.01	-0.01	0.10	0.07	0.04	0.00
その他製造業	-1.78	-0.08	-0.01	0.03	-0.04	-0.02	-0.01	-0.01	0.08	0.07	0.03	0.00
建設業	-1.73	-0.06	-0.01	0.02	-0.04	-0.02	0.01	-0.01	0.07	0.06	0.02	0.00
商業	-1.27	-0.03	0.00	0.04	-0.02	-0.02	0.00	0.00	0.07	0.06	0.03	0.00
陸上輸送	-1.34	-0.08	-0.01	0.02	-0.04	-0.03	-0.05	-0.05	0.05	0.04	-0.01	-0.02
海上輸送	-1.23	-0.09	-0.02	0.01	-0.04	-0.02	-0.03	-0.05	0.05	0.04	-0.01	-0.01
航空輸送	-1.51	-0.10	-0.02	0.00	-0.05	-0.03	-0.08	-0.06	0.06	0.04	-0.03	-0.02
通信業	-1.18	-0.03	0.00	0.03	-0.02	-0.01	0.00	0.00	0.06	0.05	0.03	0.00
金融・保険業	-1.03	-0.03	0.00	0.04	-0.02	-0.02	0.00	0.00	0.08	0.06	0.03	0.00
その他サービス業	-1.21	-0.03	0.00	0.03	-0.02	-0.02	0.00	0.00	0.07	0.07	0.03	0.00
政府サービス	-1.18	-0.03	0.00	0.04	-0.02	-0.01	0.00	0.00	0.07	0.06	0.03	0.00

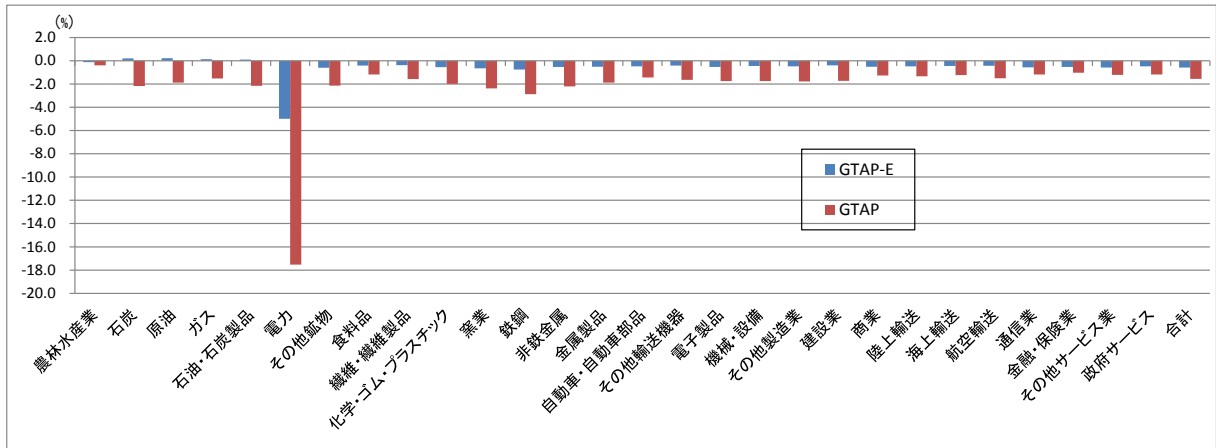
出所：筆者作成

表 7-18 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が各国の民間消費に与える影響（全体シナリオ：GTAP モデル）
（単位：百万米ドル）

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業	-119	-1	-5	9	-3	-15	0	-7	55	28	2	0
石炭	0	0	-2	0	0	0	0	-1	0	0	0	0
原油	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ガス	-35	-6	-1	0	0	0	-12	-33	0	4	-4	0
石油・石炭製品	-784	-23	-19	-7	-9	-17	-255	-201	2	0	-28	0
電力	-7,397	-8	-7	-2	-5	-5	-49	-48	8	23	-8	0
その他鉱物	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0
食料品	-2,595	-18	-7	15	-8	-15	-25	-85	133	58	31	0
繊維・繊維製品	-382	-10	-3	3	-2	-6	-11	-18	43	22	11	0
化学・ゴム・プラスチック	-615	-14	-3	3	-5	-5	-73	-76	46	17	4	0
窯業	-49	-1	0	0	-1	0	-3	-8	7	3	0	0
鉄鋼	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
非鉄金属	-23	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
金属製品	-61	-1	-1	0	-1	0	-3	-4	5	3	1	0
自動車・自動車部品	-680	-8	-2	6	-2	-1	81	22	79	39	53	0
その他輸送機器	-17	0	-1	1	0	-1	1	0	16	2	3	0
電子製品	-916	-8	-2	2	-1	-1	-8	-3	23	2	4	0
機械・設備	-222	-4	-4	2	-1	-1	-8	-10	24	15	8	0
その他製造業	-439	-10	-3	3	-5	-2	-28	-43	45	21	15	0
建設業	-1	0	-1	1	0	0	0	-3	6	4	1	0
商業	-7,075	-33	-5	19	-12	-17	-23	-74	188	112	103	0
陸上輸送	-1,468	-18	-3	1	-7	-17	-63	-144	60	23	-4	0
海上輸送	-26	0	-1	0	0	-1	-2	-7	1	1	-1	0
航空輸送	-291	-5	0	0	-4	-1	-9	-57	10	3	-6	0
通信業	-819	-6	-1	2	-1	-1	-2	-6	34	9	12	0
金融・保険業	-1,068	-10	-1	5	-3	-4	13	5	57	5	35	0
その他サービス業	-9,316	-37	-7	26	-9	-12	-73	-20	234	64	114	0
政府サービス	-2,693	-22	-6	5	-3	-7	-24	-2	77	26	46	0
合計	-37,090	-246	-85	93	-84	-129	-579	-824	1,158	482	394	0

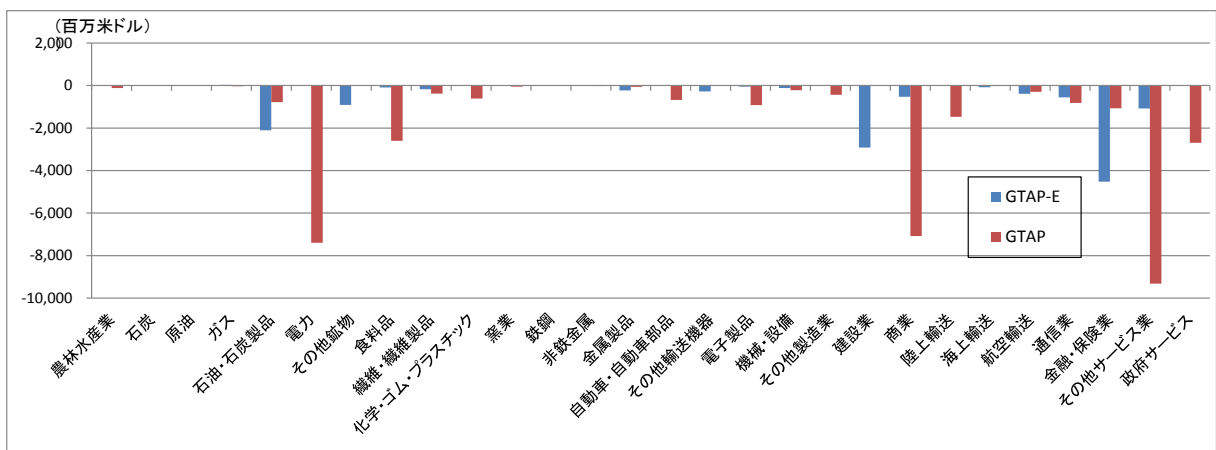
出所：筆者作成

図 7-7 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が日本の民間消費に与える影響（全体シナリオ：GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果の比較）
（単位：％）



出所：筆者作成

図 7-8 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が日本の民間消費に与える影響（全体シナリオ：GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果の比較）
（単位：百万米ドル）



出所：筆者作成

表 7-19 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が日本の民間消費に与える影響：4産業分類（全体シナリオ：GTAP モデル、単位：％、百万米ドル）

	変化率(%)	変化額(百万米ドル)
農林水産業合計	-0.39%	-119
エネルギー産業合計	-10.16%	-8,215
製造業製品合計	-1.43%	-5,997
サービス業合計	-1.22%	-22,758
合計	-1.55%	-37,090

出所：筆者作成

2. 日本の民間消費におけるエネルギー代替効果の分析：電力産業の生産性の低下（生産性低下シナリオ）

日本において、災害の影響により電力産業の生産力が低下し、全国の電力供給量が▲4.57%減少する場合に各国の民間消費に生じる影響について、GTAPモデルによる変化率表示のシミュレーション結果を表7-20、実額レベルでのシミュレーション結果を表7-21に示した。特に我が国の産業別生産高に生じる影響について、GTAP-EモデルとGTAPモデルの双方による変化率表示のシミュレーション結果を図7-9、実額レベルでのシミュレーション結果を図7-10に示した。

生産性低下シナリオにおいても、GTAP-EモデルとGTAPモデルの民間消費に関する試算結果には、影響の規模に大きな差が生じる。全体シナリオでは、民間消費全体の減少額は約371億米ドルであったが、生産性低下シナリオでは民間消費全体の減少額は約295億米ドルと、全体シナリオの80%近くに達し、民間消費に関しては電力産業の生産性の低下が大きく影響していることが示される。

エネルギー財も含めた全産業に関して民間消費は減少し、最も大きく消費が落ちる電力では、減少率は▲17.28%にも達し、全体シナリオとほぼ同程度の減少率となる。金額ベースで見ると、全体シナリオと同様にサービス産業の消費額への影響が大きい。しかし、全体シナリオでは最も減少額が大きいその他サービス業では、消費の減少額は約93億米ドルに達して電力消費の減少額を上回っていたが、生産性低下シナリオではその他サービス業の消費の減少額は約59億米ドルとなり、電力産業の減少額（約73億米ドル）を下回るなど、サービス産業への影響は全体シナリオの場合よりは少なくなる。

表7-22には、GTAPモデルによるシミュレーション結果を4産業（農林水産業・エネルギー財・製造業製品・サービス業）に分類した結果を、変化率表示と実額表示の双方について示した。電力消費量の減少が大きいことを受けて、全体シナリオと同様に変化率表示で最も影響が大きいのはエネルギー産業であり、次いで大きいのがサービス業となる。実額ではサービス産業における減少額が、減少額全体の約54%程度の割合に達する。

表 7-20 災害による電力産業の生産性の低下が各国の民間消費に与える影響(生産性低下シナリオ：GTAP モデル)

(単位：%)

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業	-0.33	-0.01	0.00	0.04	-0.01	-0.01	0.00	-0.01	0.05	0.04	0.02	0.00
石炭	-2.22	-0.24	-0.08	-0.09	-0.12	-0.11	-0.16	-0.17	-0.02	-0.02	-0.42	-0.18
原油	-1.94	-0.23	-0.07	-0.03	-0.13	-0.08	-0.22	-0.21	0.04	0.01	-0.17	-0.06
ガス	-1.37	-0.27	-0.06	-0.10	-0.14	-0.03	-0.04	-0.13	0.03	0.04	-0.11	-0.07
石油・石炭製品	-2.17	-0.24	-0.07	-0.03	-0.10	-0.07	-0.19	-0.17	0.01	0.00	-0.13	-0.08
電力	-17.28	-0.14	-0.01	-0.01	-0.07	-0.03	-0.04	-0.04	0.03	0.05	-0.03	-0.03
その他鉱物	-1.93	-0.13	-0.02	0.01	-0.05	-0.02	-0.06	-0.06	0.08	0.06	-0.02	-0.02
食料品	-0.98	-0.04	0.00	0.03	-0.01	-0.01	0.00	-0.01	0.06	0.05	0.03	0.00
繊維・繊維製品	-1.54	-0.05	0.01	0.05	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.10	0.09	0.06	0.01
化学・ゴム・プラスチック	-1.81	-0.12	-0.01	0.04	-0.04	-0.03	-0.02	-0.03	0.09	0.07	0.03	-0.01
窯業	-2.18	-0.19	0.00	0.02	-0.06	-0.02	-0.02	-0.02	0.09	0.07	0.03	-0.01
鉄鋼	-2.66	-0.15	-0.13	-0.01	-0.17	-0.05	-0.05	-0.03	0.06	0.06	-0.02	-0.04
非鉄金属	-2.15	-0.18	-0.04	0.01	-0.08	-0.03	-0.02	-0.03	0.11	0.07	0.01	-0.04
金属製品	-1.75	-0.09	0.00	0.02	-0.06	-0.02	-0.01	-0.01	0.09	0.08	0.04	0.00
自動車・自動車部品	-1.23	-0.03	0.02	0.09	0.07	-0.01	0.07	0.02	0.18	0.16	0.14	0.05
その他輸送機器	-1.59	-0.02	0.01	0.04	-0.02	-0.01	0.02	0.01	0.13	0.08	0.07	0.02
電子製品	-1.56	-0.03	0.02	0.07	0.00	-0.01	0.02	0.02	0.14	0.11	0.08	0.02
機械・設備	-1.68	-0.04	0.01	0.07	0.02	-0.01	0.02	0.00	0.14	0.09	0.07	0.02
その他製造業	-1.67	-0.06	0.00	0.05	-0.02	-0.02	0.00	-0.01	0.10	0.08	0.04	0.00
建設業	-1.74	-0.05	0.00	0.04	-0.02	-0.02	0.02	0.00	0.09	0.07	0.03	0.00
商業	-0.95	-0.02	0.01	0.06	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.09	0.07	0.04	0.01
陸上輸送	-1.10	-0.08	0.00	0.03	-0.04	-0.02	-0.05	-0.06	0.07	0.05	0.00	-0.01
海上輸送	-1.00	-0.09	-0.01	0.02	-0.03	-0.01	-0.03	-0.05	0.07	0.05	0.00	-0.01
航空輸送	-1.39	-0.09	-0.01	0.01	-0.05	-0.02	-0.08	-0.07	0.09	0.06	-0.02	-0.01
通信業	-0.76	-0.02	0.01	0.04	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.08	0.06	0.03	0.01
金融・保険業	-0.62	-0.01	0.02	0.06	0.00	-0.02	0.01	0.00	0.10	0.08	0.04	0.01
その他サービス業	-0.77	-0.02	0.01	0.05	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.09	0.08	0.04	0.01
政府サービス	-0.92	-0.02	0.01	0.06	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.08	0.07	0.04	0.01

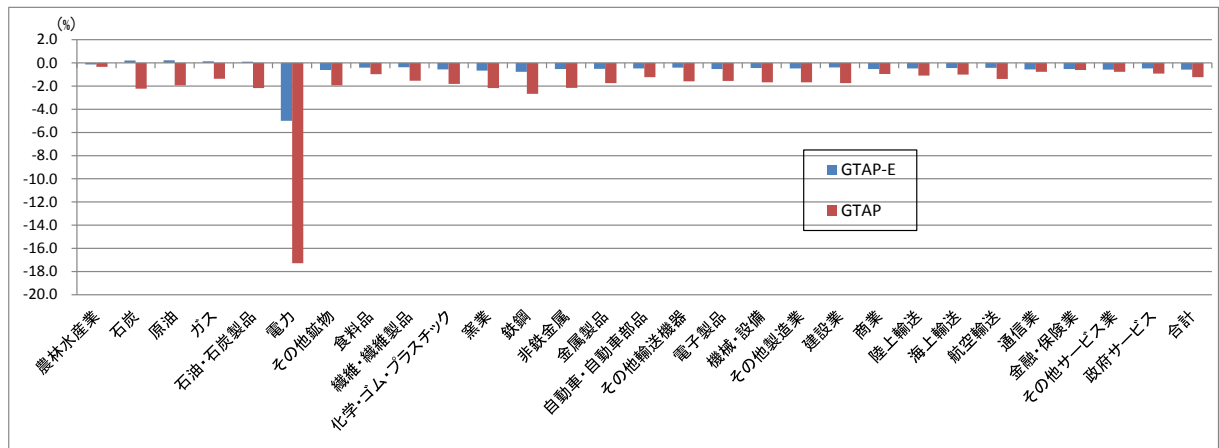
出所：筆者作成

表 7-21 災害による電力産業の生産性の低下が各国の民間消費に与える影響(生産性低下シナリオ：GTAP モデル) (単位：百万米ドル)

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業	-103	-1	2	12	-3	-12	0	-7	69	33	3	0
石炭	0	0	-2	0	0	0	0	-2	0	0	0	0
原油	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ガス	-31	-6	-1	0	0	0	-12	-36	0	5	-4	0
石油・石炭製品	-786	-25	-19	-6	-9	-18	-283	-228	7	1	-30	0
電力	-7,294	-9	-4	-1	-5	-5	-49	-51	13	29	-7	0
その他鉱物	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0
食料品	-2,140	-16	5	21	-6	-13	-9	-82	167	70	42	0
繊維・繊維製品	-374	-9	2	5	-1	-5	7	-6	56	27	16	0
化学・ゴム・プラスチック	-563	-11	0	7	-3	-5	-51	-70	63	21	9	0
窯業	-45	-1	0	0	0	0	-2	-7	9	3	1	0
鉄鋼	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0
非鉄金属	-22	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0
金属製品	-57	-1	0	0	-1	0	-1	-3	7	3	1	0
自動車・自動車部品	-581	-5	1	11	0	-1	180	80	112	54	85	0
その他輸送機器	-17	0	0	2	0	-1	7	4	21	2	5	0
電子製品	-815	-3	1	4	0	0	19	15	32	3	8	0
機械・設備	-214	-3	-2	4	1	-1	25	7	33	19	13	0
その他製造業	-414	-8	2	5	-3	-2	-1	-31	58	26	22	0
建設業	-1	0	0	2	0	0	0	-2	8	4	1	0
商業	-5,328	-21	16	30	-1	-12	32	-38	240	136	138	0
陸上輸送	-1,199	-17	0	2	-5	-15	-66	-160	79	28	-1	0
海上輸送	-21	0	0	0	0	-1	-2	-7	2	1	0	0
航空輸送	-269	-4	0	1	-3	-1	-9	-61	14	4	-4	0
通信業	-533	-4	3	3	0	-1	10	-2	44	10	17	0
金融・保険業	-645	-6	7	8	-1	-3	48	14	72	7	45	0
その他サービス業	-5,907	-23	15	43	0	-8	30	9	299	77	154	0
政府サービス	-2,097	-14	9	7	-1	-6	41	6	96	31	61	0
合計	-29,455	-189	34	160	-43	-110	-87	-658	1,508	595	574	0

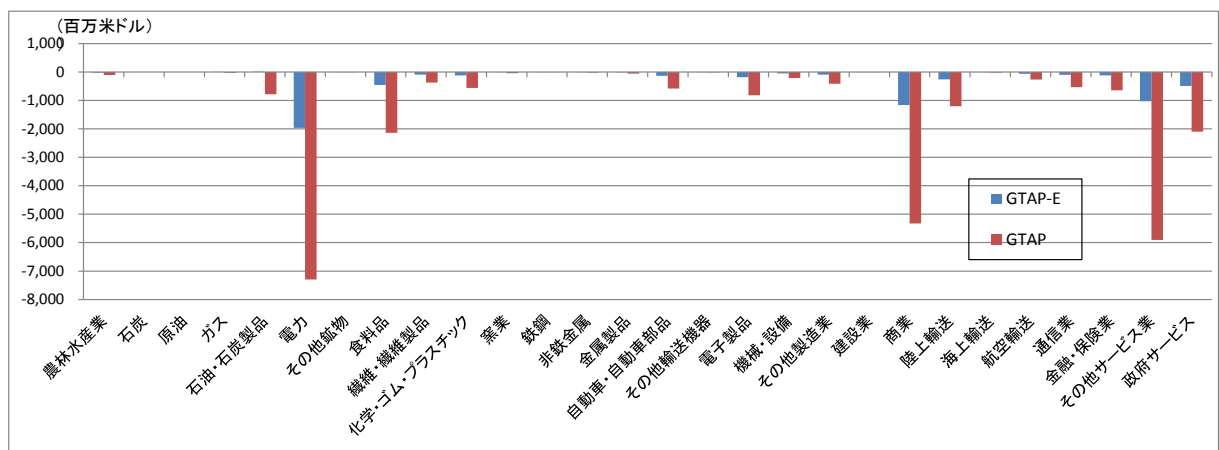
出所：筆者作成

図 7-9 災害による電力産業の生産性低下が日本の民間消費に与える影響(生産性低下シナリオ：GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果の比較) (単位：%)



出所：筆者作成

図 7-10 災害による電力産業の生産性低下が日本の民間消費に与える影響(生産性低下シナリオ：GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果の比較) (単位：百万米ドル)



出所：筆者作成

表 7-22 災害による電力産業の生産性低下が日本の民間消費に与える影響：4 産業分類 (生産性低下シナリオ：GTAP-E モデル、単位：%、百万米ドル)

	変化率 (%)	変化額(百万米ドル)
農林水産業合計	-0.33%	-103
エネルギー産業合計	-10.03%	-8,110
製造業製品合計	-1.25%	-5,241
サービス業合計	-0.86%	-16,002
合計	-1.23%	-29,455

出所：筆者作成

3. 日本の民間消費におけるエネルギー代替効果の分析：資本ストックの損傷（資本ストック損傷シナリオ）

日本において、資本ストックが▲1.1%減少した場合に各国の民間消費に生じる影響について、GTAPモデルによる変化率表示のシミュレーション結果を表7-23、実額レベルでのシミュレーション結果を表7-24に示した。特に我が国の産業別生産高に生じる影響について、GTAP-EモデルとGTAPモデルの双方による変化率表示のシミュレーション結果を図7-11、実額レベルでのシミュレーション結果を図7-12に示した。

電力産業に特別の外生条件を設定していない資本ストック損傷シナリオでは、GTAPモデルによるシミュレーションでは、日本の民間消費に関しては生産性低下シナリオよりも影響の規模はずっと小さなものとなる。石油・石炭製品、建設業など、民間消費が非常に少ない産業に関しては変化率はゼロであり、それ以外のすべての産業で消費は減少するが、最も減少率が高いその他サービス業でも減少率は▲0.4%程度にとどまる。また、生産性低下シナリオでは▲17.28%にも達していた電力消費の減少率は、資本ストック損傷シナリオでは▲0.3%となり、民間家計の電力消費の減少は主に電力産業の生産性の低下に起因するものであるという結果が示される。

金額ベースで見ると、資本ストック損傷シナリオの場合は、他産業と比較してサービス産業の消費額が大きく減少する。最も消費の減少額が大きくなるその他サービス業であり、約34億米ドルに達する。他に商業（約18億米ドル）、政府サービス（約6億米ドル）などで消費が大きく減少し、製造業品では食料品（約5億米ドル）の減少額が最も大きい。

表7-25には、GTAPモデルによる資本ストック損傷シナリオのシミュレーション結果を4産業（農林水産業・エネルギー財・製造業製品・サービス業）に分類した結果を、変化率表示と実額表示の双方について示した。生産性低下シナリオの場合よりも電力消費の減少率が少ないことを反映して、変化率表示・実額表示の双方で最も影響が大きいのはサービス産業となる。特に実額ではサービス産業における減少額は、減少額全体の約90%を占めるほどの割合に達し、GTAP-Eモデルの試算結果とほぼ同程度となる。

表 7-23 資本ストックの損傷が各国の民間消費に与える影響 (資本ストック損傷シナリオ：GTAP モデル)

(単位：%)

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業	-0.05	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00
石炭	0.05	0.01	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	-0.01	-0.01	0.02	0.01
原油	0.05	0.02	0.00	-0.01	0.01	0.00	0.02	0.02	-0.01	0.00	0.01	0.00
ガス	-0.14	0.02	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	-0.02	-0.01	0.00	0.00
石油・石炭製品	0.00	0.02	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.02	0.02	-0.01	0.00	0.01	0.01
電力	-0.30	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00
その他鉱物	-0.22	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.01	0.00	0.00
食料品	-0.21	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00
繊維・繊維製品	-0.03	-0.01	-0.01	-0.02	-0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.02	-0.02	-0.02	-0.01
化学・ゴム・プラスチック	-0.17	-0.03	-0.02	-0.02	-0.02	0.00	-0.01	0.00	-0.02	-0.01	-0.02	-0.01
窯業	-0.21	-0.06	-0.01	-0.02	-0.02	0.00	-0.01	0.00	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01
鉄鋼	-0.22	-0.02	-0.04	-0.03	-0.04	-0.01	-0.01	0.00	-0.04	-0.01	-0.03	-0.02
非鉄金属	-0.06	-0.02	-0.01	-0.02	-0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.03	-0.01	-0.01	-0.01
金属製品	-0.13	-0.03	-0.01	-0.03	-0.03	0.00	-0.01	0.00	-0.03	-0.02	-0.02	-0.01
自動車・自動車部品	-0.21	-0.03	-0.02	-0.04	-0.06	-0.01	-0.04	-0.01	-0.05	-0.04	-0.05	-0.03
その他輸送機器	-0.05	-0.03	-0.01	-0.02	-0.02	0.00	-0.02	-0.01	-0.03	-0.02	-0.03	-0.02
電子製品	-0.19	-0.04	-0.03	-0.03	-0.03	-0.01	-0.03	-0.02	-0.04	-0.02	-0.04	-0.02
機械・設備	-0.06	-0.03	-0.02	-0.03	-0.04	-0.01	-0.02	-0.01	-0.04	-0.02	-0.03	-0.02
その他製造業	-0.11	-0.02	-0.01	-0.02	-0.02	0.00	-0.01	0.00	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01
建設業	0.00	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	0.00	-0.01	0.00	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01
商業	-0.32	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01
陸上輸送	-0.25	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01
海上輸送	-0.23	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01
航空輸送	-0.13	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.01	0.00	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01
通信業	-0.42	-0.01	-0.01	-0.02	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01
金融・保険業	-0.41	-0.01	-0.02	-0.02	-0.02	-0.01	0.00	0.00	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01
その他サービス業	-0.45	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	-0.01	0.00	0.00	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01
政府サービス	-0.26	-0.01	-0.01	-0.02	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01

出所：筆者作成

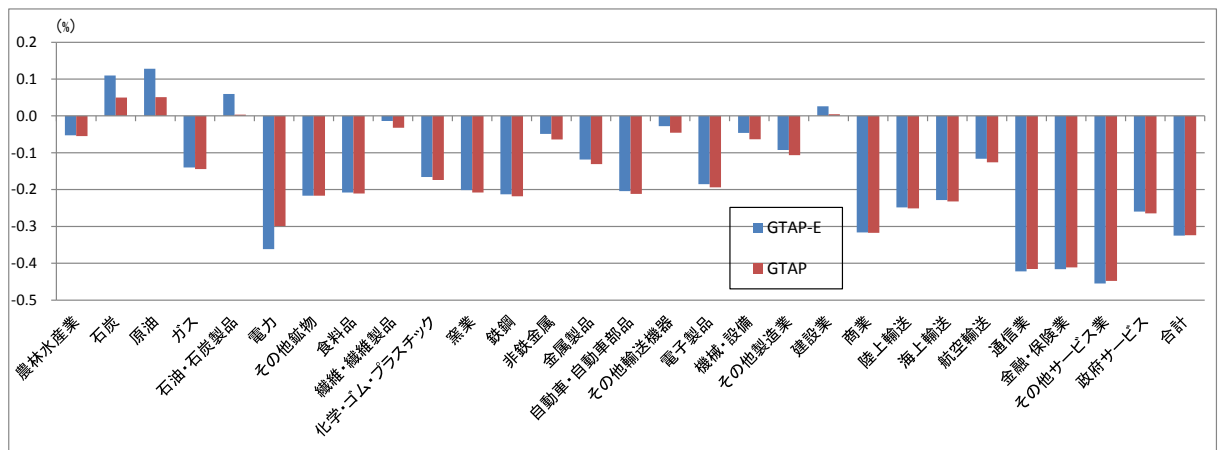
表 7-24 資本ストックの損傷が各国の民間消費に与える影響 (資本ストック損傷シナリオ：GTAP モデル)

(単位：百万米ドル)

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業	-17	0	-7	-3	-1	-3	-1	0	-13	-5	-1	0
石炭	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
原油	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ガス	-3	0	0	0	0	0	0	3	-1	-1	0	0
石油・石炭製品	1	2	0	-1	0	1	26	25	-5	-1	2	0
電力	-126	0	-4	-1	0	0	-1	3	-5	-6	-1	0
その他鉱物	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
食料品	-460	-2	-12	-7	-3	-2	-16	-4	-33	-11	-10	0
繊維・繊維製品	-8	-2	-5	-2	-1	-1	-18	-13	-12	-5	-5	0
化学・ゴム・プラスチック	-54	-3	-2	-4	-2	0	-22	-6	-16	-4	-5	0
窯業	-4	0	0	0	0	0	-1	0	-2	-1	0	0
鉄鋼	0	0	0	0	0	0	0	0	-2	0	0	0
非鉄金属	-1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0
金属製品	-4	0	0	0	0	0	-2	-1	-2	-1	0	0
自動車・自動車部品	-100	-3	-3	-5	-2	0	-97	-57	-31	-14	-31	0
その他輸送機器	0	0	-1	-1	0	0	-6	-4	-5	0	-2	0
電子製品	-102	-5	-3	-2	-1	0	-26	-18	-9	-1	-4	0
機械・設備	-8	-2	-2	-2	-2	0	-32	-16	-9	-4	-5	0
その他製造業	-26	-2	-5	-2	-2	0	-27	-13	-13	-4	-7	0
建設業	0	0	-1	-1	0	0	0	-1	-2	-1	0	0
商業	-1,770	-12	-20	-11	-11	-5	-54	-35	-49	-22	-34	0
陸上輸送	-273	-1	-3	-1	-1	-2	3	14	-18	-5	-3	0
海上輸送	-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0
航空輸送	-22	-1	0	-1	-1	0	1	3	-4	-1	-1	0
通信業	-289	-3	-4	-1	-1	0	-12	-4	-9	-2	-5	0
金融・保険業	-427	-4	-8	-3	-2	-1	-34	-9	-14	-1	-10	0
その他サービス業	-3,447	-14	-22	-16	-9	-4	-102	-29	-62	-13	-39	0
政府サービス	-604	-8	-15	-2	-2	-2	-64	-9	-18	-5	-14	0
合計	-7,748	-58	-118	-65	-41	-20	-486	-169	-336	-108	-175	0

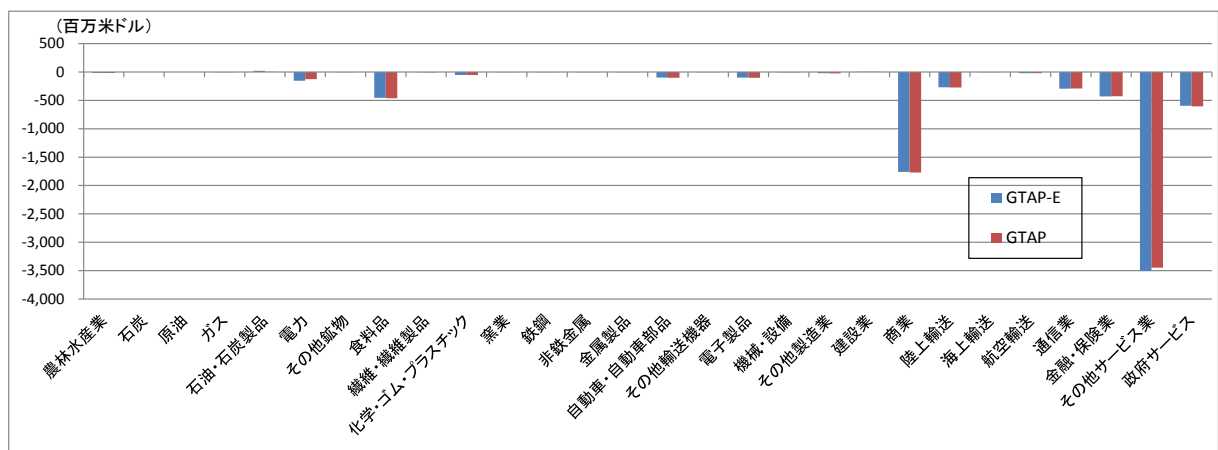
出所：筆者作成

図 7-11 資本ストックの損傷が日本の民間消費に与える影響（資本ストック損傷シナリオ：GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果の比較）（単位：％）



出所：筆者作成

図 7-12 資本ストックの損傷が日本の民間消費に与える影響（資本ストック損傷シナリオ：GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果の比較）（単位：百万米ドル）



出所：筆者作成

表 7-25 資本ストックの損傷が日本の民間消費に与える影響：4産業分類（資本ストック損傷シナリオ：GTAP-E モデル、単位：％、百万米ドル）

	変化率(%)	変化額(百万米ドル)
農林水産業合計	-0.05%	-17
エネルギー産業合計	-0.16%	-128
製造業製品合計	-0.18%	-767
サービス業合計	-0.37%	-6,837
合計	-0.32%	-7,748

出所：筆者作成

4 節 日本の供給価格におけるエネルギー代替効果の分析

1. 日本の供給価格におけるエネルギー代替効果の分析：電力産業の生産性の低下と資本ストックの損傷（全体シナリオ）

日本において、全国の電力供給量が▲4.57%減少し、合わせて資本ストックが▲1.1%減少した場合に、我が国の産業別供給価格に生じる影響について、GTAP-E モデルと GTAP モデルの双方による変化率表示のシミュレーション結果を図 7-13 に示した。また、各国の供給価格に生じる影響について、GTAP モデルによる変化率表示のシミュレーション結果を表 7-26 に示した。

GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果を比較すると、まず電力価格の変化率が大きく異なることが示される。いずれの場合も電力価格は上昇するが、GTAP-E モデルでは変化率は+5.5%であるのに対し、GTAP モデルでは+26.6%にまで達する。この電力価格の上昇率の差は、両モデルにおける電力産業の扱いによって生じていると考えられる。

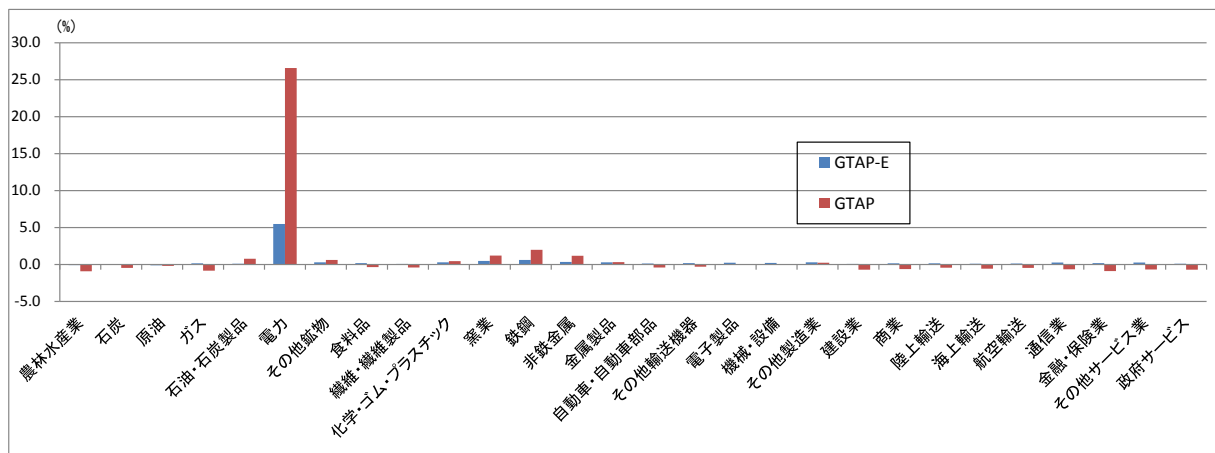
電力産業の生産性の変化率は具体的なデータとしては得られないため、数値として電力産業の生産性の変化率を得るためには、電力供給量の変化率の実績値をモデルに与えてシミュレーションを行い、電力産業の生産性の低下率を試算結果として得ることが必要になる。ここで、GTAP モデルのように電力が中間投入としてのみ扱われているか、GTAP-E モデルのように生産要素として扱われているかによって、生産性の低下率の数値には差が出てくる。GTAP モデルにおいては、中間財と生産要素との間には代替性はなく、電力供給量の減少は中間投入としての電力の減少としてのみ扱われる。そのため、所与の電力供給量の減少率に対する電力産業の生産性の低下率は、GTAP モデルを用いたシミュレーションの方が大きくなる¹。このような電力価格の変化率の差が、GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果の差をもたらすものと考えられる。

GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果を比較した場合、さらに GTAP-E モデルでは農林水産業と原油（いずれも▲0.1%）以外のすべての産業で価格が上昇するが、GTAP モデルではエネルギー財やエネルギー集約産業の財以外では価格が低下する傾向を示す財も多く見られる、という点も指摘される。

¹本論文のシミュレーションでは、全体シナリオにおける電力産業の生産性の低下率は GTAP-E モデルでは▲4.79%、GTAP モデルでは▲20.31%である。

図 7-13 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が日本の供給価格に与える影響（全体シナリオ: GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果の比較）

(単位:%)



出所：筆者作成

表 7-26 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が各国の供給価格に与える影響（全体シナリオ:GTAP モデル）（単位：％）

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
資本	-0.68	0.00	0.08	0.15	0.06	0.09	0.10	0.10	0.20	0.20	0.13	0.10
農林水産業	-0.92	0.03	0.09	0.09	0.08	0.09	0.09	0.12	0.17	0.16	0.12	0.12
石炭	-0.46	0.25	0.32	0.74	0.49	0.36	0.28	0.32	0.41	0.39	0.81	0.38
原油	-0.20	0.26	0.31	0.43	0.37	0.31	0.30	0.32	0.37	0.33	0.34	0.33
ガス	-0.83	0.23	0.27	0.54	0.32	0.16	0.14	0.21	0.33	0.26	0.31	0.24
石油・石炭製品	0.77	0.32	0.29	0.38	0.33	0.32	0.30	0.30	0.34	0.31	0.31	0.31
電力	26.59	0.18	0.14	0.31	0.22	0.17	0.14	0.14	0.28	0.23	0.20	0.19
その他鉱物	0.61	0.07	0.16	0.24	0.15	0.17	0.16	0.17	0.24	0.23	0.20	0.18
食料品	-0.36	0.05	0.09	0.12	0.09	0.12	0.10	0.11	0.18	0.18	0.13	0.11
繊維・繊維製品	-0.42	0.07	0.09	0.12	0.08	0.11	0.11	0.11	0.17	0.16	0.12	0.11
化学・ゴム・プラスチック	0.46	0.17	0.12	0.18	0.13	0.16	0.13	0.13	0.22	0.23	0.15	0.14
窯業	1.21	0.13	0.12	0.22	0.16	0.13	0.12	0.13	0.21	0.21	0.15	0.14
鉄鋼	1.98	0.23	0.15	0.24	0.23	0.14	0.12	0.13	0.22	0.22	0.16	0.16
非鉄金属	1.18	0.17	0.14	0.23	0.17	0.14	0.12	0.13	0.21	0.20	0.16	0.15
金属製品	0.33	0.13	0.13	0.24	0.24	0.13	0.11	0.11	0.21	0.19	0.14	0.14
自動車・自動車部品	-0.41	0.08	0.10	0.13	0.09	0.11	0.10	0.10	0.15	0.16	0.11	0.10
その他輸送機器	-0.30	0.13	0.11	0.17	0.11	0.11	0.10	0.10	0.18	0.17	0.12	0.11
電子製品	0.06	0.06	0.10	0.13	0.10	0.12	0.11	0.10	0.18	0.18	0.12	0.11
機械・設備	-0.07	0.08	0.11	0.16	0.11	0.12	0.11	0.11	0.19	0.18	0.13	0.12
その他製造業	0.23	0.07	0.10	0.15	0.11	0.11	0.11	0.11	0.19	0.18	0.13	0.12
建設業	-0.70	0.07	0.12	0.16	0.13	0.11	0.10	0.11	0.19	0.19	0.13	0.12
商業	-0.61	0.03	0.09	0.13	0.07	0.09	0.10	0.10	0.19	0.19	0.13	0.10
陸上輸送	-0.42	0.10	0.11	0.19	0.14	0.14	0.16	0.17	0.22	0.21	0.17	0.15
海上輸送	-0.57	0.13	0.13	0.21	0.12	0.10	0.13	0.18	0.22	0.20	0.18	0.15
航空輸送	-0.45	0.13	0.14	0.25	0.16	0.13	0.20	0.19	0.22	0.21	0.21	0.16
通信業	-0.64	0.02	0.09	0.14	0.07	0.10	0.10	0.10	0.19	0.19	0.13	0.10
金融・保険業	-0.90	0.01	0.08	0.14	0.06	0.09	0.10	0.10	0.19	0.19	0.13	0.10
その他サービス業	-0.66	0.02	0.09	0.14	0.07	0.09	0.10	0.10	0.20	0.19	0.13	0.10
政府サービス	-0.69	0.01	0.09	0.13	0.07	0.09	0.10	0.10	0.19	0.19	0.13	0.10

出所：筆者作成

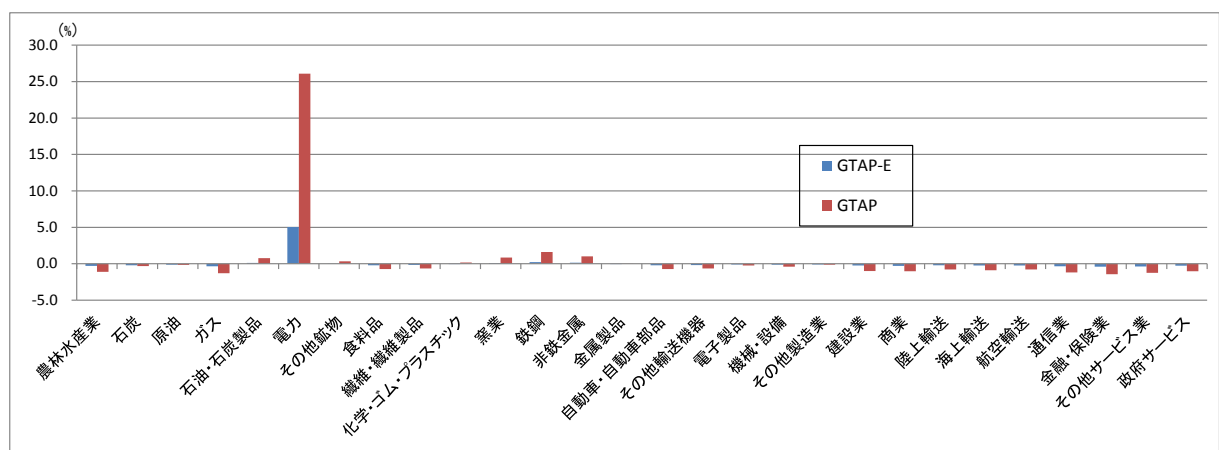
2. 日本の供給価格におけるエネルギー代替効果の分析：電力産業の生産性の低下（生産性低下シナリオ）

日本において、災害の影響により電力産業の生産力が低下し、全国の電力供給量が▲4.57%減少する場合に、我が国の産業別供給価格に生じる影響について、GTAP-E モデルと GTAP モデルの双方による変化率表示のシミュレーション結果を図 7-14 に示した。また、各国の供給価格に生じる影響について、GTAP モデルによる変化率表示のシミュレーション結果を表 7-27 に示した。

生産性低下シナリオにおいても、GTAP-E モデルによるシミュレーションと GTAP モデルによるシミュレーションでは、電力価格の上昇率に大きな差が見られる。GTAP-E モデルでは電力価格の上昇率は+5.5%であるが、GTAP モデルでは+26.1%に達し、全体シナリオにおける両モデルの電力価格の上昇率の差に、電力産業の生産性の低下が大きく影響していることが示される。

他の産業においても、GTAP モデルにおける変化率の規模が GTAP-E モデルにおける変化率の規模を上回るが、価格が上昇するか低下するかに関しては、産業によって結果が異なる。電力以外の産業に関しては、GTAP-E モデルを用いたシミュレーションでは▲0.4~+0.2%同程度の範囲で価格が変化し、GTAP モデルを用いたシミュレーションでは▲1.4~+1.6%同程度の範囲で価格が変化することが示される。生産性低下シナリオでは、資本ストックの損傷の影響は反映されておらず、電力産業では生産性が低下するが他産業には影響は生じていない。生産性低下シナリオでは資本価格も低下し、全体としては供給価格が低下傾向を示している産業が多くなる。価格の上昇傾向が見られる主な産業は窯業、鉄鋼、非鉄金属など、GTAP モデルによるシミュレーションの場合も生産性低下シナリオにおいて生産高が減少しているエネルギー集約産業である。

図 7-14 災害による電力産業の生産性低下が日本の供給価格に与える影響（生産性低下シナリオ：GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果の比較）（単位：%）



出所：筆者作成

表 7-27 災害による電力産業の生産性の低下が各国の供給価格に与える影響(生産性低下シナリオ:GTAP モデル)

(単位: %)

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
資本	-1.66	0.02	0.10	0.18	0.07	0.13	0.14	0.14	0.26	0.25	0.17	0.13
農林水産業	-1.10	0.06	0.12	0.13	0.13	0.14	0.13	0.16	0.23	0.21	0.16	0.16
石炭	-0.33	0.29	0.37	0.83	0.56	0.42	0.33	0.38	0.48	0.46	0.90	0.46
原油	-0.15	0.32	0.37	0.51	0.45	0.38	0.37	0.39	0.45	0.41	0.42	0.41
ガス	-1.29	0.28	0.32	0.61	0.37	0.20	0.18	0.26	0.40	0.31	0.37	0.29
石油・石炭製品	0.78	0.39	0.35	0.45	0.40	0.39	0.37	0.37	0.42	0.38	0.38	0.38
電力	26.09	0.22	0.17	0.36	0.26	0.22	0.19	0.19	0.35	0.28	0.25	0.24
その他鉱物	0.33	0.10	0.19	0.29	0.18	0.22	0.20	0.22	0.31	0.29	0.25	0.23
食料品	-0.72	0.07	0.12	0.15	0.12	0.16	0.15	0.15	0.24	0.23	0.17	0.15
繊維・繊維製品	-0.64	0.09	0.11	0.14	0.10	0.15	0.15	0.14	0.23	0.21	0.17	0.14
化学・ゴム・プラスチック	0.16	0.19	0.14	0.20	0.14	0.21	0.17	0.17	0.27	0.29	0.19	0.18
窯業	0.84	0.13	0.14	0.25	0.18	0.18	0.16	0.17	0.26	0.26	0.19	0.18
鉄鋼	1.62	0.23	0.17	0.26	0.23	0.19	0.16	0.17	0.28	0.27	0.20	0.19
非鉄金属	1.00	0.19	0.16	0.26	0.18	0.18	0.16	0.17	0.26	0.26	0.21	0.18
金属製品	0.01	0.13	0.14	0.25	0.23	0.17	0.15	0.15	0.26	0.24	0.18	0.17
自動車・自動車部品	-0.72	0.08	0.11	0.13	0.05	0.15	0.13	0.14	0.18	0.19	0.13	0.12
その他輸送機器	-0.64	0.12	0.12	0.18	0.11	0.15	0.14	0.14	0.22	0.22	0.16	0.13
電子製品	-0.25	0.04	0.09	0.13	0.09	0.15	0.14	0.13	0.22	0.22	0.16	0.13
機械・設備	-0.41	0.08	0.12	0.16	0.10	0.16	0.14	0.14	0.24	0.23	0.17	0.15
その他製造業	-0.13	0.09	0.12	0.17	0.12	0.15	0.15	0.15	0.24	0.23	0.17	0.15
建設業	-1.01	0.08	0.13	0.18	0.14	0.15	0.14	0.14	0.24	0.24	0.17	0.15
商業	-1.03	0.04	0.11	0.15	0.09	0.14	0.14	0.14	0.25	0.24	0.17	0.14
陸上輸送	-0.77	0.13	0.13	0.22	0.16	0.19	0.21	0.21	0.28	0.26	0.22	0.19
海上輸送	-0.88	0.15	0.16	0.25	0.15	0.14	0.18	0.23	0.27	0.26	0.23	0.19
航空輸送	-0.79	0.16	0.17	0.30	0.19	0.17	0.25	0.24	0.28	0.27	0.26	0.20
通信業	-1.20	0.03	0.10	0.17	0.08	0.13	0.14	0.14	0.25	0.24	0.17	0.13
金融・保険業	-1.43	0.02	0.10	0.17	0.08	0.13	0.14	0.14	0.25	0.24	0.17	0.13
その他サービス業	-1.25	0.03	0.11	0.17	0.08	0.13	0.14	0.14	0.25	0.24	0.17	0.14
政府サービス	-1.03	0.03	0.11	0.15	0.08	0.13	0.14	0.14	0.25	0.24	0.17	0.13

出所: 筆者作成

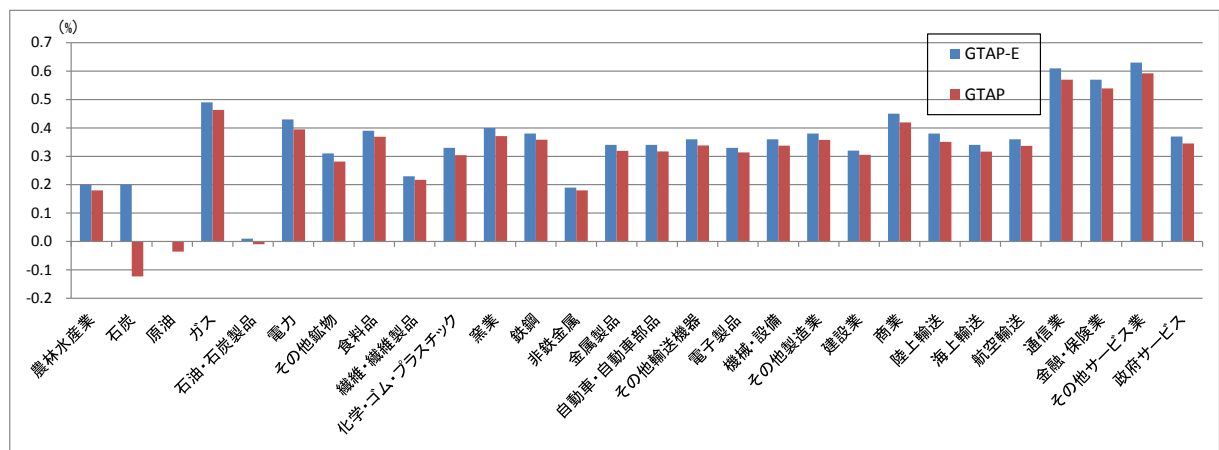
3. 日本の供給価格におけるエネルギー代替効果の分析：資本ストックの損傷（資本ストック損傷シナリオ）

日本において、災害の影響により資本ストックが▲1.1%減少した場合に、我が国の産業別供給価格に生じる影響について、GTAP-EモデルとGTAPモデルの双方による変化率表示のシミュレーション結果を図7-15に示した。また、各国の供給価格に生じる影響について、GTAPモデルによる変化率表示のシミュレーション結果を表7-28に示した。

GTAPモデルによるシミュレーションの場合も、資本ストック損傷シナリオにおける日本の価格の動向は、生産性低下シナリオとは異なった特徴を示す。資本ストック損傷シナリオの試算結果によると、日本では電力価格の変化率はGTAP-EモデルとGTAPモデルの双方の試算結果において+0.4%であり、他産業と比較しても大幅には上昇していない。GTAPモデルでは石炭などのエネルギー財において僅かに価格が低下する傾向を示すが、他の産業では双方のモデルの試算結果において0.0～+0.6%程度の範囲で価格が上昇することが示され、生産要素である資本ストック損傷シナリオにおける供給価格の試算結果に関しては、GTAP-EモデルとGTAPモデルのシミュレーション結果には大きな差は見られないという結果が得られる。

GTAPモデルを用いるシミュレーションでも、資本ストックの損傷の影響により資本の価格は上昇し、多くの産業で価格は上昇する。しかし、特にGTAPモデルを用いたシナリオの場合は生産性低下の影響の規模の方がより大きいいため、全体シナリオでは一部の産業では価格が低下するという試算結果になると考えられる。

図7-15 資本ストックの損傷が日本の供給価格に与える影響（資本ストック損傷シナリオ：GTAP-EモデルとGTAPモデルの試算結果の比較）（単位：%）



出所：筆者作成

表 7-28 資本ストックの損傷が各国の供給価格に与える影響 (資本ストック損傷シナリオ:GTAP モデル)

(単位: %)

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
資本	0.99	-0.01	-0.02	-0.03	-0.01	-0.04	-0.04	-0.04	-0.06	-0.05	-0.04	-0.03
農林水産業	0.18	-0.03	-0.03	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.06	-0.05	-0.04	-0.04
石炭	-0.12	-0.04	-0.05	-0.08	-0.07	-0.06	-0.06	-0.06	-0.07	-0.06	-0.09	-0.07
原油	-0.04	-0.06	-0.06	-0.08	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.08	-0.07	-0.07	-0.07
ガス	0.46	-0.05	-0.05	-0.06	-0.04	-0.05	-0.05	-0.05	-0.06	-0.06	-0.06	-0.05
石油・石炭製品	-0.01	-0.07	-0.06	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.08	-0.07	-0.07	-0.07
電力	0.39	-0.04	-0.02	-0.05	-0.04	-0.05	-0.05	-0.04	-0.06	-0.05	-0.05	-0.05
その他鉱物	0.28	-0.02	-0.03	-0.05	-0.03	-0.05	-0.05	-0.05	-0.07	-0.05	-0.06	-0.05
食料品	0.37	-0.02	-0.03	-0.03	-0.03	-0.05	-0.04	-0.04	-0.06	-0.05	-0.04	-0.04
繊維・繊維製品	0.22	-0.02	-0.02	-0.02	-0.01	-0.04	-0.04	-0.04	-0.05	-0.04	-0.04	-0.03
化学・ゴム・プラスチック	0.30	-0.02	-0.02	-0.03	-0.01	-0.04	-0.04	-0.04	-0.06	-0.05	-0.04	-0.03
窯業	0.37	-0.01	-0.02	-0.03	-0.02	-0.04	-0.04	-0.04	-0.06	-0.05	-0.04	-0.04
鉄鋼	0.36	0.00	-0.02	-0.02	0.00	-0.04	-0.04	-0.04	-0.05	-0.05	-0.04	-0.03
非鉄金属	0.18	-0.02	-0.02	-0.03	-0.02	-0.04	-0.04	-0.04	-0.05	-0.05	-0.05	-0.04
金属製品	0.32	-0.01	-0.02	-0.01	0.01	-0.04	-0.04	-0.04	-0.05	-0.05	-0.04	-0.03
自動車・自動車部品	0.32	0.00	-0.01	0.00	0.03	-0.04	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.02	-0.02
その他輸送機器	0.34	0.01	-0.01	-0.02	0.00	-0.04	-0.04	-0.03	-0.05	-0.04	-0.04	-0.02
電子製品	0.31	0.02	0.01	0.00	0.01	-0.03	-0.03	-0.03	-0.04	-0.04	-0.04	-0.02
機械・設備	0.34	0.00	-0.01	-0.01	0.01	-0.04	-0.04	-0.04	-0.05	-0.04	-0.04	-0.03
その他製造業	0.36	-0.02	-0.02	-0.03	-0.01	-0.04	-0.04	-0.04	-0.05	-0.05	-0.04	-0.03
建設業	0.31	-0.01	-0.02	-0.02	0.00	-0.04	-0.04	-0.04	-0.05	-0.05	-0.04	-0.03
商業	0.42	-0.02	-0.02	-0.03	-0.02	-0.04	-0.04	-0.04	-0.06	-0.05	-0.04	-0.03
陸上輸送	0.35	-0.03	-0.02	-0.04	-0.03	-0.05	-0.05	-0.05	-0.06	-0.05	-0.05	-0.04
海上輸送	0.32	-0.02	-0.03	-0.04	-0.03	-0.04	-0.05	-0.05	-0.06	-0.05	-0.05	-0.04
航空輸送	0.34	-0.03	-0.03	-0.05	-0.03	-0.05	-0.05	-0.05	-0.06	-0.05	-0.05	-0.04
通信業	0.57	-0.01	-0.02	-0.03	-0.01	-0.04	-0.04	-0.04	-0.06	-0.05	-0.04	-0.03
金融・保険業	0.54	-0.02	-0.02	-0.03	-0.02	-0.04	-0.04	-0.04	-0.06	-0.05	-0.04	-0.03
その他サービス業	0.59	-0.01	-0.02	-0.03	-0.01	-0.04	-0.04	-0.04	-0.06	-0.05	-0.04	-0.03
政府サービス	0.35	-0.02	-0.02	-0.03	-0.02	-0.04	-0.04	-0.04	-0.06	-0.05	-0.04	-0.03

出所: 筆者作成

5節 日本の産業別輸出におけるエネルギー代替効果の分析

1. 日本の産業別輸出におけるエネルギー代替効果の分析：電力産業の生産性の低下と資本ストックの損傷（全体シナリオ）

日本において、全国の電力供給量が▲4.57%減少し、合わせて資本ストックが▲1.1%減少した場合に各国の産業別輸出に生じる影響について、GTAPモデルによる変化率表示のシミュレーション結果を表7-29、実額レベルでのシミュレーション結果を表7-30に示した。特に我が国の産業別輸出に生じる影響について、GTAP-EモデルとGTAPモデルの双方による変化率表示のシミュレーション結果を図7-16、実額レベルでのシミュレーション結果を図7-17に示した。

GTAPモデルを用いた場合の生産高における試算結果からは、災害の影響により全体シナリオでは各産業で生産高が減少するが、電力以外のエネルギー財（石炭、原油、ガス、石油・石炭製品）や、繊維・繊維製品、自動車・自動車部品、その他輸送機器、機械・設備などの製造業、海上輸送、航空輸送などのサービス業など、一部の産業では生産高は増加傾向を示すという傾向が見られた。また、供給価格に関するGTAPモデルのシミュレーションからは、全体シナリオではエネルギー集約産業以外の製造業やサービス業では、価格が低下する産業も見られるという試算結果が得られた。供給価格の低下は輸出価格の低下をもたらし、また国内では民間消費も大きく落ち込んでいるため、生産高が増加した産業では輸出を増やす傾向を示すと考えられる。特に自動車・自動車部品作業、その他輸送機器、電子機器などの製造業において、GTAP-EモデルとGTAPモデルの試算結果の差が大きい。

表7-31には、GTAPモデルによる全体シナリオのシミュレーション結果を4産業（農林水産業・エネルギー財・製造業製品・サービス業）に分類した結果を、変化率表示と実額表示の双方について示した。製造業、サービス業においては、産業によって差はあるが全体としては輸出額が増加し、輸出全体では+0.45%程度の増加となる。

表 7-29 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が各国の産業別輸出額に与える影響（全体シナリオ:GTAP モデル）
（単位：％）

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業	4.23	-1.00	-0.35	-0.14	-0.17	0.04	-0.24	-0.02	-0.29	-0.29	-0.29	-0.08
石炭	6.12	1.79	4.77	1.43	1.33	1.27	1.21	0.76	0.29	1.50	3.12	0.71
原油	5.64	0.99	0.64	-0.33	0.03	0.49	0.60	0.23	0.13	0.15	-0.01	0.25
ガス	40.38	2.59	0.76	3.42	6.25	3.67	4.89	2.11	0.87	0.66	0.20	1.68
石油・石炭製品	-1.71	0.14	0.23	-0.04	0.02	0.04	0.09	-0.01	0.04	-0.01	0.04	0.05
電力	-73.01	0.04	0.27	-0.70	-0.23	-0.01	0.20	0.11	-0.54	-0.28	-0.20	-0.04
その他鉱物	-0.38	-0.25	-0.23	-0.60	-0.72	0.00	-0.13	0.06	-0.21	-0.02	-0.45	-0.26
食料品	2.19	-0.25	-0.44	-0.17	-0.16	-0.09	-0.18	-0.02	-0.33	-0.30	-0.26	-0.06
繊維・繊維製品	3.50	-0.03	-0.14	-0.27	0.04	-0.07	-0.10	-0.05	-0.50	-0.43	-0.21	-0.11
化学・ゴム・プラスチック	-1.79	-0.01	0.19	-0.08	0.19	-0.04	0.15	0.09	-0.33	-0.46	0.00	0.11
窯業	-4.89	0.61	0.48	0.12	0.51	0.23	0.39	0.16	-0.14	-0.18	0.10	0.29
鉄鋼	-8.12	0.90	1.12	0.85	0.83	0.78	0.98	0.33	0.16	0.17	0.49	0.82
非鉄金属	-7.45	0.55	0.67	0.16	0.56	0.46	0.46	0.30	-0.21	-0.19	0.21	0.39
金属製品	-1.25	0.10	0.04	-0.61	-0.64	0.06	0.14	0.09	-0.51	-0.40	-0.09	-0.01
自動車・自動車部品	2.38	-0.26	-0.51	-0.88	-0.50	-0.43	-0.39	-0.26	-0.68	-0.62	-0.46	-0.36
その他輸送機器	3.29	-0.27	-0.24	-0.67	-0.27	-0.15	-0.15	-0.11	-0.71	-0.54	-0.35	-0.19
電子製品	0.30	0.22	-0.05	-0.33	-0.11	-0.14	-0.14	-0.03	-0.62	-0.63	-0.19	-0.23
機械・設備	1.28	0.02	-0.25	-0.69	-0.33	-0.20	-0.11	-0.05	-0.65	-0.46	-0.28	-0.24
その他製造業	-0.76	0.23	0.04	-0.31	-0.07	0.02	0.03	0.03	-0.45	-0.42	-0.16	-0.05
建設業	3.02	-0.80	-0.39	-0.57	-1.21	-0.94	-0.52	-0.23	-0.77	-0.65	-0.43	-0.39
商業	2.60	-0.19	-0.42	-0.26	-0.16	-0.11	-0.30	-0.15	-0.52	-0.44	-0.28	-0.25
陸上輸送	2.07	0.02	0.06	-0.17	-0.02	0.04	-0.12	-0.06	-0.28	-0.18	-0.09	-0.04
海上輸送	0.71	-0.11	-0.12	-0.22	-0.06	-0.06	-0.10	-0.17	-0.23	-0.22	-0.16	-0.09
航空輸送	1.69	-0.02	-0.04	-0.39	-0.06	0.11	-0.22	-0.16	-0.27	-0.27	-0.23	-0.08
通信業	2.83	0.14	-0.08	-0.17	0.07	0.04	-0.07	0.00	-0.37	-0.35	-0.11	-0.04
金融・保険業	3.84	0.26	-0.06	-0.24	0.04	-0.02	-0.15	-0.07	-0.48	-0.40	-0.16	-0.12
その他サービス業	2.92	0.09	-0.18	-0.24	-0.01	-0.01	-0.27	-0.05	-0.48	-0.41	-0.19	-0.12
政府サービス	3.01	0.23	-0.05	-0.13	0.04	0.04	-0.06	0.00	-0.41	-0.37	-0.14	-0.04

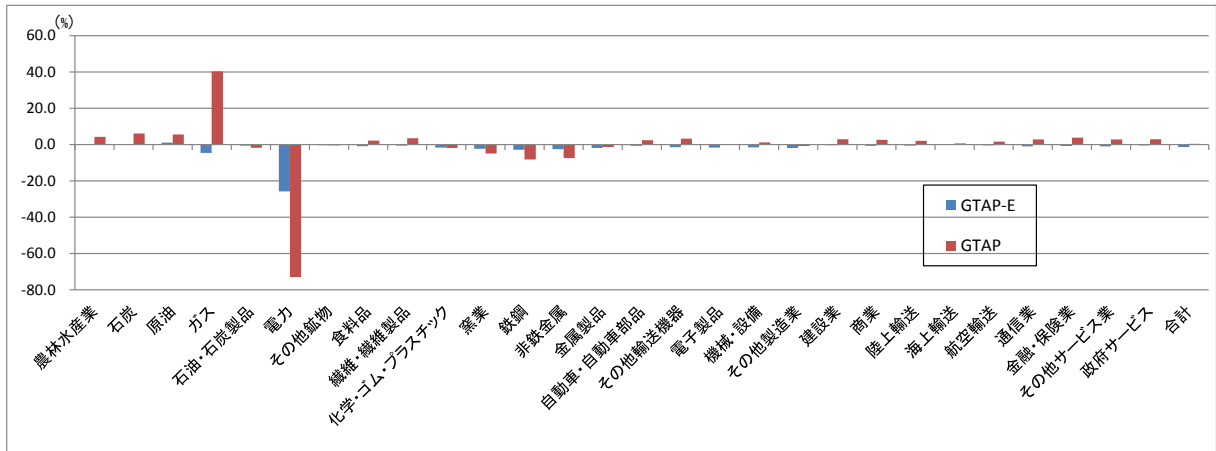
出所：筆者作成

表 7-30 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が各国の産業別輸出額に与える影響（全体シナリオ:GTAP モデル）
（単位：百万米ドル）

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業	31	-6	-41	-12	-9	2	-125	-19	-88	-52	-85	-49
石炭	0	0	129	165	1	1	45	10	12	103	579	28
原油	0	0	7	-70	1	0	2	46	732	271	-6	310
ガス	0	0	4	487	282	0	217	223	481	355	96	80
石油・石炭製品	-189	29	49	-3	7	9	47	-7	37	-5	8	19
電力	-1	0	3	-1	0	0	3	31	-3	-13	-11	-2
その他鉱物	-1	0	-7	-47	-13	0	-10	18	-23	-2	-162	-198
食料品	69	-7	-107	-52	-34	-9	-76	-51	-123	-57	-145	-48
繊維・繊維製品	283	-3	-221	-62	7	-15	-16	-84	-79	-27	-18	-110
化学・ゴム・プラスチック	-1,616	-5	173	-30	101	-8	267	768	-185	-177	5	112
窯業	-360	12	108	3	15	5	35	115	-10	-7	4	35
鉄鋼	-2,515	134	418	38	34	62	174	590	27	75	69	362
非鉄金属	-1,409	51	110	16	42	39	158	388	-48	-59	192	376
金属製品	-139	7	18	-24	-28	2	33	128	-45	-19	-13	-3
自動車・自動車部品	3,814	-124	-118	-42	-84	-18	-398	-1,612	-395	-53	-339	-158
その他輸送機器	602	-50	-42	-17	-12	-3	-145	-150	-43	-38	-73	-34
電子製品	305	225	-136	-277	-139	-3	-135	-78	-323	-13	-31	-287
機械・設備	2,518	16	-536	-223	-190	-22	-253	-425	-430	-90	-295	-278
その他製造業	-97	16	77	-116	-12	4	19	94	-96	-84	-96	-34
建設業	285	-70	-21	-16	-17	-7	-32	-98	-33	-28	-5	-17
商業	433	-5	-93	-10	-22	-3	-49	-190	-40	-23	-56	-178
陸上輸送	83	4	8	-6	-4	3	-42	-110	-81	-49	-21	-23
海上輸送	343	-20	-39	-11	-13	-7	-10	-304	-28	-16	-46	-33
航空輸送	201	-2	-4	-29	-10	1	-92	-206	-31	-25	-38	-31
通信業	28	1	-2	-4	1	1	-7	1	-32	-12	-7	-4
金融・保険業	268	9	-2	-6	4	-1	-94	-125	-55	-12	-50	-30
その他サービス業	530	13	-41	-22	-5	-4	-331	-248	-143	-87	-122	-99
政府サービス	126	8	-3	-3	1	1	-42	2	-33	-15	-21	-11
合計	3,591	232	-307	-373	-95	29	-858	-1,293	-1,078	-160	-687	-306

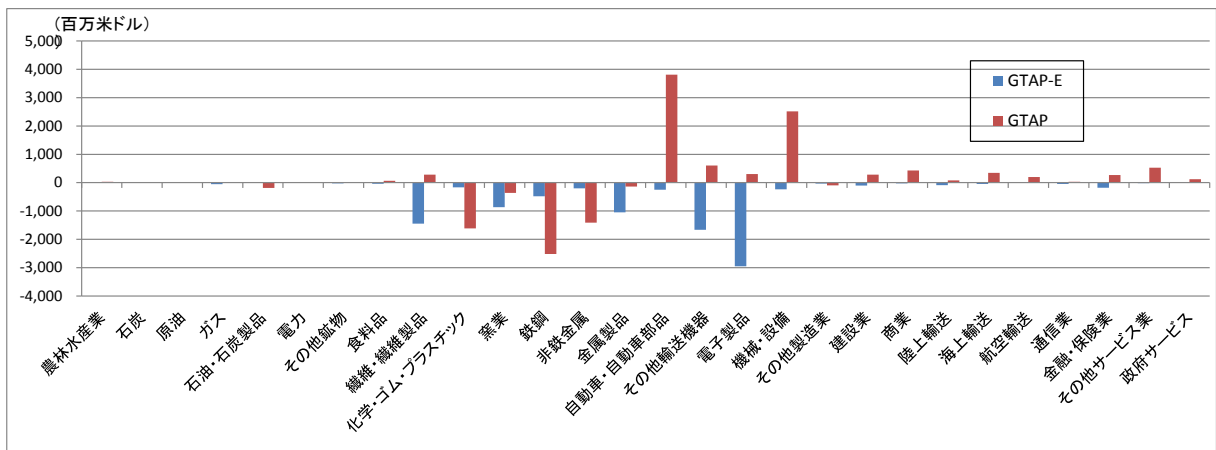
出所：筆者作成

図 7-16 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が日本の産業別輸出額に与える影響（全体シナリオ：GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果の比較）
（単位：％）



出所：筆者作成

図 7-17 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が日本の産業別輸出額に与える影響（全体シナリオ：GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果の比較）
（単位：百万米ドル）



出所：筆者作成

表 7-31 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が日本の産業別輸出額に与える影響：4産業分類（全体シナリオ：GTAP モデル、単位：％、百万米ドル）

	変化率(%)	変化額(百万米ドル)
農林水産業合計	4.23%	31
エネルギー産業合計	-1.72%	-190
製造業製品合計	0.22%	1,454
サービス業合計	1.90%	2,296
合計	0.45%	3,591

出所：筆者作成

2. 日本の産業別輸出におけるエネルギー代替効果の分析：電力産業の生産性の低下（生産性低下シナリオ）

日本において、災害の影響により電力産業の生産力が低下し、全国の電力供給量が▲4.57%減少する場合に各国の産業別輸出に生じる影響について、GTAP モデルによる変化率表示のシミュレーション結果を表 7-32、実額レベルでのシミュレーション結果を表 7-33 に示した。特に我が国の産業別輸出に生じる影響について、GTAP-E モデルと GTAP モデルの双方による変化率表示のシミュレーション結果を図 7-18、実額レベルでのシミュレーション結果を図 7-19 に示した。

GTAP-E モデルを用いたシミュレーションにおいても、生産性低下シナリオでは供給価格が低下し、輸出価格も低下する結果として、輸出額が増加する産業が見られた。

表 7-34 には、日本の輸出額に関する GTAP モデルによるシミュレーション結果を 4 産業（農林水産業・エネルギー財・製造業製品・サービス業）に分類した結果を、変化率表示と実額表示の双方について示した。製造業において輸出額の増加傾向が大きく GTAP モデルを用いた生産性低下シナリオのシミュレーションの場合は、供給価格の低下傾向や、一部の産業における生産増の傾向は、GTAP-E モデルよりもさらに強くなる。多くの産業で輸出が増加し、特に金額ベースで見ると機械・設備（約 77 億米ドル）や自動車・自動車部品（約 65 億米ドル）、電子製品（約 29 億米ドル）などの輸出額の増加が大きい。輸出総額で+2.46%の増加となるという試算結果が示される。

表 7-32 災害による電力産業の生産性の低下が各国の産業別輸出額に与える影響(生産性低下シナリオ：GTAP モデル) (単位：%)

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業	5.19	-0.92	-0.31	-0.13	-0.16	0.04	-0.23	-0.01	-0.33	-0.31	-0.29	-0.06
石炭	5.83	1.98	5.14	1.51	1.40	1.39	1.29	0.81	0.26	1.59	3.31	0.71
原油	6.01	1.20	0.89	-0.27	0.10	0.61	0.69	0.29	0.15	0.20	0.03	0.29
ガス	64.16	2.89	0.96	3.61	6.77	3.99	5.23	2.30	0.80	0.66	0.17	1.84
石油・石炭製品	-1.49	0.24	0.37	0.10	0.04	0.06	0.10	-0.01	0.10	-0.01	0.07	0.06
電力	-72.34	0.07	0.38	-0.73	-0.20	-0.02	0.19	0.11	-0.65	-0.34	-0.23	-0.05
その他鉱物	0.07	-0.01	-0.02	-0.30	-0.34	0.02	-0.02	0.07	-0.13	-0.03	-0.25	-0.10
食料品	4.14	-0.30	-0.51	-0.18	-0.17	-0.14	-0.25	-0.02	-0.41	-0.36	-0.33	-0.07
繊維・繊維製品	5.21	0.03	-0.07	-0.22	0.15	-0.14	-0.18	-0.10	-0.65	-0.52	-0.30	-0.14
化学・ゴム・プラスチック	0.08	-0.08	0.19	-0.21	0.16	-0.21	0.01	0.01	-0.56	-0.63	-0.12	-0.01
窯業	-3.04	0.58	0.47	-0.02	0.41	0.20	0.29	0.16	-0.24	-0.20	0.06	0.25
鉄鋼	-6.43	0.91	0.98	0.62	0.77	0.59	0.77	0.25	-0.04	-0.01	0.33	0.67
非鉄金属	-5.97	0.60	0.76	0.30	0.62	0.35	0.39	0.24	-0.38	-0.31	0.10	0.34
金属製品	1.04	0.07	0.03	-0.75	-0.67	-0.06	0.01	0.03	-0.66	-0.50	-0.20	-0.09
自動車・自動車部品	4.03	-0.37	-0.68	-1.10	-0.52	-0.70	-0.65	-0.40	-0.96	-0.89	-0.71	-0.51
その他輸送機器	6.37	-0.05	-0.20	-0.67	-0.18	-0.29	-0.29	-0.23	-0.96	-0.66	-0.53	-0.26
電子製品	2.85	0.18	-0.08	-0.51	-0.28	-0.51	-0.59	-0.29	-1.02	-0.96	-0.54	-0.62
機械・設備	3.89	-0.08	-0.35	-0.90	-0.40	-0.45	-0.40	-0.21	-0.98	-0.61	-0.53	-0.49
その他製造業	1.77	0.26	0.09	-0.36	-0.04	-0.06	-0.06	-0.01	-0.58	-0.53	-0.25	-0.08
建設業	4.36	-1.00	-0.41	-0.59	-1.45	-1.27	-0.69	-0.28	-0.96	-0.79	-0.53	-0.47
商業	4.30	-0.26	-0.51	-0.28	-0.18	-0.19	-0.42	-0.21	-0.66	-0.55	-0.38	-0.33
陸上輸送	3.51	0.05	0.12	-0.16	0.03	0.02	-0.16	-0.06	-0.34	-0.20	-0.10	-0.03
海上輸送	1.16	-0.05	-0.07	-0.20	0.00	-0.03	-0.08	-0.16	-0.23	-0.23	-0.15	-0.05
航空輸送	2.76	0.04	0.02	-0.42	-0.03	0.08	-0.25	-0.19	-0.33	-0.31	-0.28	-0.08
通信業	5.17	0.17	-0.06	-0.15	0.14	0.03	-0.12	-0.01	-0.47	-0.42	-0.15	-0.05
金融・保険業	6.10	0.31	-0.04	-0.23	0.09	-0.06	-0.21	-0.10	-0.59	-0.48	-0.21	-0.14
その他サービス業	5.36	0.09	-0.19	-0.24	0.02	-0.05	-0.40	-0.08	-0.61	-0.49	-0.26	-0.15
政府サービス	4.48	0.31	0.02	-0.10	0.13	0.00	-0.06	-0.01	-0.51	-0.43	-0.18	-0.04

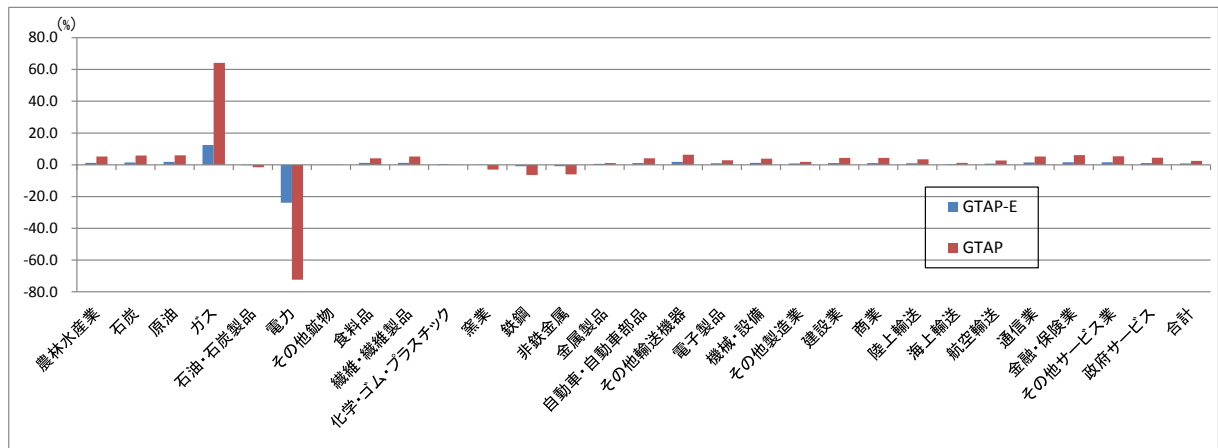
出所：筆者作成

表 7-33 災害による電力産業の生産性の低下が各国の産業別輸出額に与える影響(生産性低下シナリオ：GTAP モデル)
(単位：百万米ドル)

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業	38	-6	-36	-11	-9	3	-119	-13	-101	-55	-84	-39
石炭	0	0	138	174	1	1	48	11	11	109	614	28
原油	0	0	10	-57	5	0	2	58	873	354	22	358
ガス	0	0	5	514	306	0	232	243	442	355	84	88
石油・石炭製品	-165	50	80	6	12	14	58	-19	100	-4	14	25
電力	-1	0	4	-1	0	0	2	31	-4	-16	-12	-2
その他鉱物	0	0	-1	-23	-6	2	-2	22	-14	-3	-89	-73
食料品	130	-8	-126	-56	-37	-14	-106	-72	-152	-68	-182	-50
繊維・繊維製品	422	4	-119	-49	24	-31	-30	-155	-102	-33	-25	-136
化学・ゴム・プラスチック	76	-36	167	-76	87	-43	25	116	-315	-246	-132	-12
窯業	-224	12	106	-1	12	5	26	119	-17	-8	3	30
鉄鋼	-1,991	136	367	28	31	47	137	443	-6	-5	46	297
非鉄金属	-1,129	55	125	31	46	29	132	311	-85	-97	92	327
金属製品	116	5	15	-29	-29	-3	3	49	-57	-23	-30	-18
自動車・自動車部品	6,465	-175	-158	-53	-86	-29	-665	-2,532	-553	-76	-524	-226
その他輸送機器	1,168	-9	-35	-17	-8	-5	-280	-309	-58	-47	-113	-45
電子製品	2,852	185	-221	-431	-356	-10	-552	-761	-533	-19	-89	-779
機械・設備	7,682	-61	-755	-287	-233	-50	-905	-1,912	-647	-119	-561	-561
その他製造業	227	18	157	-134	-7	-12	-36	-18	-123	-104	-155	-57
建設業	412	-87	-22	-16	-20	-10	-43	-119	-42	-33	-6	-20
商業	715	-7	-111	-10	-25	-5	-69	-275	-51	-28	-77	-233
陸上輸送	141	9	15	-6	7	1	-57	-119	-100	-54	-25	-22
海上輸送	561	-10	-23	-10	-1	-3	-7	-283	-28	-17	-41	-18
航空輸送	329	4	1	-32	-5	1	-105	-252	-37	-29	-47	-32
通信業	51	1	-1	-4	3	1	-13	-6	-41	-14	-9	-5
金融・保険業	426	11	-1	-6	9	-3	-134	-172	-68	-14	-66	-35
その他サービス業	973	12	-45	-22	8	-22	-485	-417	-184	-106	-166	-129
政府サービス	187	10	2	-2	4	0	-37	-3	-41	-17	-27	-9
合計	19,459	115	-462	-581	-268	-135	-2,982	-6,034	-1,933	-417	-1,586	-1,350

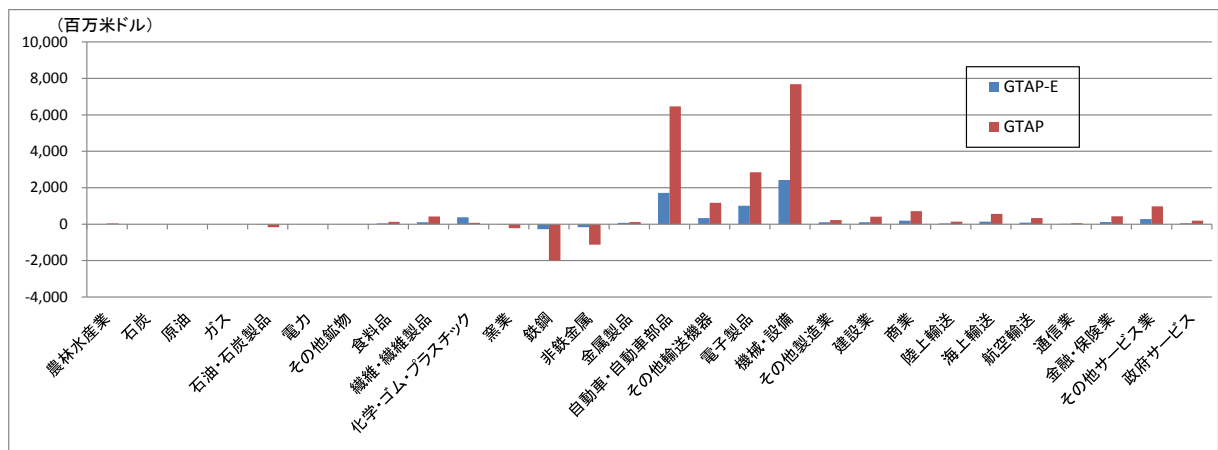
出所：筆者作成

図 7-18 災害による電力産業の生産性低下が日本の産業別輸出額に与える影響（生産性低下シナリオ：GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果の比較）（単位：％）



出所：筆者作成

図 7-19 災害による電力産業の生産性低下が日本の産業別輸出額に与える影響（生産性低下シナリオ：GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果の比較）（単位：百万米ドル）



出所：筆者作成

表 7-34 災害による電力産業の生産性低下が日本の産業別輸出額に与える影響：4産業分類（生産性低下シナリオ：GTAP モデル、単位：％、百万米ドル）

	変化率(%)	変化額(百万米ドル)
農林水産業合計	5.19%	38
エネルギー産業合計	-1.50%	-166
製造業製品合計	2.39%	15,792
サービス業合計	3.15%	3,795
合計	2.46%	19,459

出所：筆者作成

3. 日本の産業別輸出におけるエネルギー代替効果の分析：資本ストックの損傷（資本ストック損傷シナリオ）

日本において、資本ストックが▲1.1%減少した場合に各国の産業別輸出に生じる影響について、GTAPモデルによる変化率表示のシミュレーション結果を表7-35、実額レベルでのシミュレーション結果を表7-36に示した。特に我が国の産業別輸出に生じる影響について、GTAP-EモデルとGTAPモデルの双方による変化率表示のシミュレーション結果を図7-20、実額レベルでのシミュレーション結果を図7-21に示した。

資本ストック損傷シナリオでは、日本の電力価格の変化率はGTAP-EモデルとGTAPモデルの双方の試算結果において+0.4%と、同程度の結果が得られた。また、GTAPモデルでは石炭などのエネルギー財において僅かに価格が低下する傾向を示すが、他の産業では双方のモデルの試算結果において0.0~+0.6%程度の範囲で価格が上昇することが示され、GTAP-EモデルとGTAPモデルのシミュレーション結果には大きな差は見られなかった。このことから、GTAPモデルのシミュレーションにおいても輸出価格もほぼ全ての産業において上昇し、産業別輸出額は変化率表示の試算結果を見ると、全産業で減少する。変化率が大きいのはガス（▲14.46%）、その他輸送機器（▲2.91%）、機械・設備（▲2.53%）、その他製造業（▲2.49%）、電子製品（▲2.48%）などであり、GTAP-Eモデルの場合と同様の傾向を示す。

実額ベースでの結果を見ると減少額が大きい産業は、機械・設備（約50億米ドル）、自動車・自動車部品（約26億米ドル）、電子製品（約25億米ドル）、化学・ゴム・プラスチック（約17億米ドル）などである。

表7-37には、GTAPモデルによる産業別輸出額に関するシミュレーション結果を4産業（農林水産業・エネルギー財・製造業製品・サービス業）に分類した結果を、変化率表示と実額表示の双方について示した。試算結果によると、資本ストックが▲1.1%減少した場合には、製造業の各産業で輸出額が特に大きく減少し、輸出額全体としても大きく減少する。

このように産業別輸出額についても、全産業に共通の影響を与える資本ストック損傷の影響の場合には電力産業の生産力低下とは発現の経路をたどり、またGTAPモデルの試算結果とGTAP-Eモデルの試算結果は同じ傾向を示し、規模も大きく変わらないことが示される。

表 7-35 資本ストックの損傷が各国の産業別輸出額に与える影響（資本ストック損傷シナリオ：GTAP モデル）

（単位：％）

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業	-0.90	-0.07	-0.04	-0.02	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	0.04	0.01	0.00	-0.02
石炭	0.25	-0.18	-0.32	-0.07	-0.06	-0.11	-0.07	-0.04	0.02	-0.08	-0.17	0.00
原油	-0.42	-0.19	-0.24	-0.06	-0.07	-0.12	-0.08	-0.06	-0.02	-0.05	-0.04	-0.04
ガス	-14.46	-0.27	-0.19	-0.17	-0.45	-0.27	-0.29	-0.17	0.07	0.00	0.03	-0.14
石油・石炭製品	-0.22	-0.10	-0.14	-0.14	-0.02	-0.02	-0.02	0.01	-0.06	0.00	-0.03	-0.01
電力	-2.42	-0.03	-0.10	0.02	-0.03	0.02	0.02	0.00	0.11	0.05	0.03	0.01
その他鉱物	-0.44	-0.25	-0.20	-0.30	-0.38	-0.03	-0.11	-0.01	-0.08	0.01	-0.21	-0.17
食料品	-1.87	0.06	0.08	0.01	0.01	0.05	0.07	0.01	0.08	0.06	0.07	0.00
繊維・繊維製品	-1.63	-0.05	-0.06	-0.06	-0.11	0.07	0.08	0.04	0.14	0.09	0.08	0.02
化学・ゴム・プラスチック	-1.88	0.07	0.01	0.13	0.03	0.17	0.13	0.08	0.23	0.17	0.12	0.12
窯業	-1.90	0.03	0.01	0.14	0.10	0.03	0.10	0.00	0.10	0.02	0.04	0.05
鉄鋼	-1.80	-0.01	0.14	0.24	0.07	0.19	0.22	0.08	0.20	0.18	0.16	0.15
非鉄金属	-1.56	-0.04	-0.09	-0.14	-0.05	0.12	0.08	0.06	0.16	0.12	0.11	0.05
金属製品	-2.27	0.03	0.01	0.13	0.03	0.12	0.13	0.05	0.14	0.09	0.11	0.07
自動車・自動車部品	-1.60	0.10	0.17	0.21	0.01	0.26	0.26	0.14	0.27	0.26	0.24	0.15
その他輸送機器	-2.91	-0.23	-0.05	-0.02	-0.10	0.13	0.14	0.11	0.24	0.12	0.18	0.06
電子製品	-2.48	0.04	0.03	0.18	0.16	0.37	0.44	0.26	0.39	0.33	0.34	0.38
機械・設備	-2.53	0.10	0.10	0.19	0.07	0.24	0.28	0.16	0.32	0.14	0.24	0.24
その他製造業	-2.49	-0.02	-0.04	0.05	-0.03	0.07	0.09	0.03	0.12	0.10	0.09	0.03
建設業	-1.29	0.20	0.02	0.02	0.24	0.33	0.17	0.05	0.18	0.13	0.10	0.08
商業	-1.63	0.07	0.09	0.02	0.02	0.08	0.12	0.07	0.14	0.10	0.10	0.08
陸上輸送	-1.40	-0.03	-0.05	-0.01	-0.04	0.02	0.04	0.00	0.06	0.02	0.02	0.00
海上輸送	-0.45	-0.05	-0.05	-0.02	-0.06	-0.03	-0.02	-0.01	0.00	0.01	-0.02	-0.04
航空輸送	-1.04	-0.06	-0.05	0.03	-0.03	0.02	0.03	0.03	0.05	0.04	0.05	0.00
通信業	-2.23	-0.02	-0.02	-0.02	-0.07	0.01	0.05	0.01	0.09	0.07	0.04	0.01
金融・保険業	-2.14	-0.05	-0.02	0.00	-0.05	0.03	0.06	0.03	0.11	0.07	0.05	0.02
その他サービス業	-2.32	0.01	0.02	0.00	-0.04	0.04	0.13	0.03	0.13	0.08	0.07	0.03
政府サービス	-1.40	-0.07	-0.07	-0.03	-0.09	0.04	-0.01	0.01	0.09	0.05	0.04	-0.01

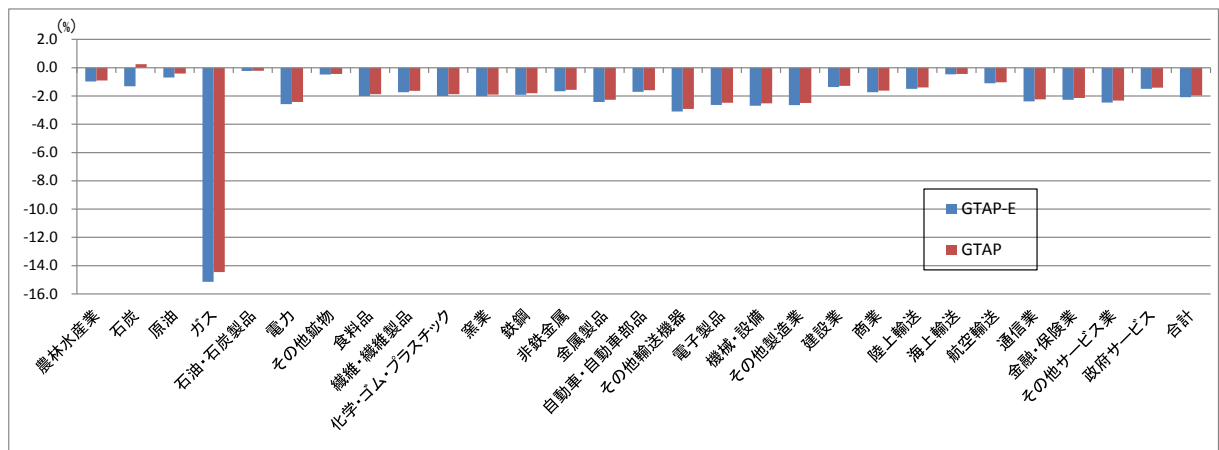
出所：筆者作成

表 7-36 資本ストックの損傷が各国の産業別輸出額に与える影響（資本ストック損傷シナリオ：GTAP モデル）（単位：百万米ドル）

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業	-7	0	-5	-1	-1	0	-6	-6	13	3	-1	-11
石炭	0	0	-9	-8	0	0	-3	-1	1	-5	-31	0
原油	0	0	-3	-13	-3	0	0	-11	-134	-81	-28	-45
ガス	0	0	-1	-25	-20	0	-13	-18	41	2	13	-7
石油・石炭製品	-24	-21	-30	-8	-5	-5	-11	12	-63	-1	-6	-5
電力	0	0	-1	0	0	0	0	1	1	3	1	0
その他鉱物	-2	0	-6	-24	-7	-3	-9	-4	-9	1	-75	-127
食料品	-59	2	19	4	3	5	31	22	29	10	38	2
繊維・繊維製品	-132	-7	-101	-13	-17	15	14	71	22	5	7	25
化学・ゴム・プラスチック	-1,697	31	7	46	15	35	243	657	128	67	137	124
窯業	-140	1	3	4	3	1	9	-3	7	1	2	6
鉄鋼	-558	-1	54	11	3	15	39	152	33	80	23	68
非鉄金属	-295	-4	-14	-15	-4	10	27	81	37	37	101	51
金属製品	-253	2	3	5	1	5	29	79	12	4	17	15
自動車・自動車部品	-2,566	49	40	10	1	11	262	900	154	22	180	66
その他輸送機器	-534	-42	-8	0	-4	3	131	151	15	8	38	10
電子製品	-2,487	43	82	150	213	7	411	673	206	6	57	485
機械・設備	-4,993	75	210	62	40	27	641	1,453	210	27	259	275
その他製造業	-318	-2	-77	17	-5	16	55	114	26	20	58	23
建設業	-121	18	1	1	3	3	11	21	8	6	1	3
商業	-271	2	19	1	3	2	20	84	11	5	20	55
陸上輸送	-56	-5	-7	0	-11	1	14	9	18	5	4	-1
海上輸送	-216	-10	-15	-1	-11	-4	-2	-21	0	1	-5	-15
航空輸送	-124	-6	-5	3	-5	0	13	46	6	4	9	1
通信業	-22	0	0	0	-2	0	6	7	8	2	2	1
金融・保険業	-149	-2	-1	0	-5	2	40	47	13	2	15	5
その他サービス業	-422	1	5	0	-13	18	157	170	39	18	43	29
政府サービス	-59	-2	-5	-1	-3	1	-5	5	7	2	6	-2
合計	-15,505	120	156	203	170	163	2,106	4,692	838	253	884	1,032

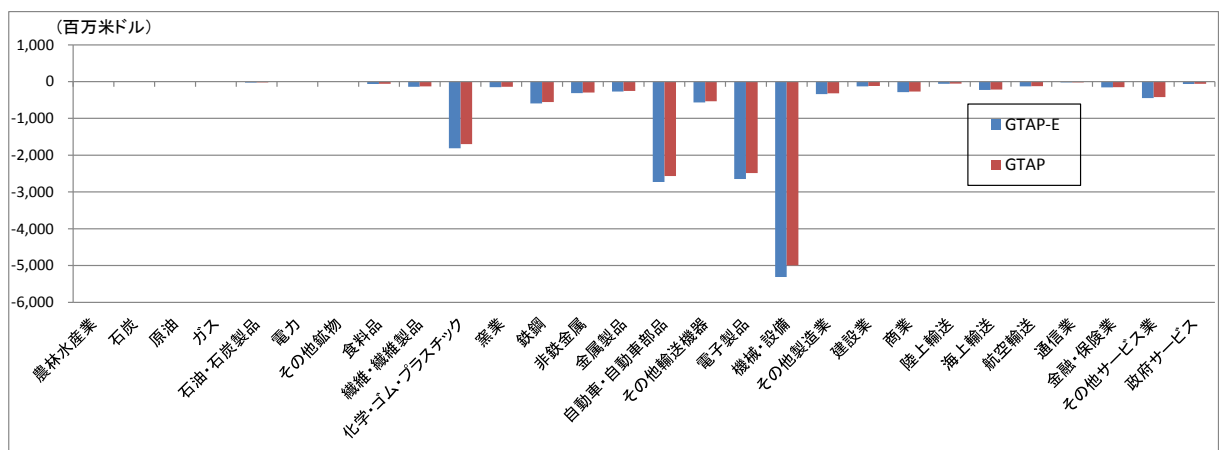
出所：筆者作成

図 7-20 資本ストックの損傷が日本の産業別輸出額に与える影響（資本ストック損傷シナリオ：GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果の比較）（単位：％）



出所：筆者作成

図 7-21 資本ストックの損傷が日本の産業別輸出額に与える影響（資本ストック損傷シナリオ：GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果の比較）（単位：百万米ドル）



出所：筆者作成

表 7-37 資本ストックの損傷が日本の産業別輸出額に与える影響：4産業分類（資本ストック損傷シナリオ：GTAP モデル、単位：％、百万米ドル）

	変化率(%)	変化額(百万米ドル)
農林水産業合計	-0.90%	-7
エネルギー産業合計	-0.22%	-24
製造業製品合計	-2.13%	-14,034
サービス業合計	-1.19%	-1,440
合計	-1.96%	-15,505

出所：筆者作成

6節 日本の産業別輸入におけるエネルギー代替効果の分析

1. 日本の産業別輸入におけるエネルギー代替効果の分析：電力産業の生産性の低下と資本ストックの損傷（全体シナリオ）

日本において、全国の電力供給量が▲4.57%減少し、合わせて資本ストックが▲1.1%減少した場合に各国の産業別輸入に生じる影響について、GTAPモデルによる変化率表示のシミュレーション結果を表7-38、実額レベルでのシミュレーション結果を表7-39に示した。特に我が国の産業別輸入に生じる影響について、GTAP-EモデルとGTAPモデルの双方による変化率表示のシミュレーション結果を図7-22、実額レベルでのシミュレーション結果を図7-23に示した。

GTAP-Eモデルによる試算結果からは、災害の影響により我が国では輸入額が減少する産業が多いが、ガスなどのエネルギー財や窯業や鉄鋼などのエネルギー集約財、また金属製品や電子製品、機械・設備、その他製造業などの製造業では、輸入額は増加するという傾向が示された。GTAPモデルでも、多くの産業では輸入額が減少し、エネルギー財やエネルギー集約財では輸入額が増加するという傾向が見られる。GTAPモデルでは、エネルギー財は総じて輸入額が増加し、変化率もGTAP-Eモデルの場合よりも大きくなる。GTAPモデルでは石炭の増加率は+10.1%、ガスの増加率は+11.1%に達する。

またGTAP-Eモデルでは一部の製造業品では輸入額が増加したが、GTAPモデルでは輸入額が増加するのはエネルギー財と、化学・ゴム・プラスチック製品を除くエネルギー集約財と、海上輸送のみとなる。増加率は窯業では+1.78%、鉄鋼では+3.80%に達する。

表7-40には、GTAPモデルによる全体シナリオの産業別輸入額に関するシミュレーション結果を4産業（農林水産業・エネルギー財・製造業製品・サービス業）に分類した結果を、変化率表示と実額表示の双方について示した。農林水産業・製造業製品・サービス業において輸入額は減少するが、エネルギー財では輸入額が増加し、輸入総額では▲0.16%という、GTAP-Eモデルの場合とほぼ同程度の結果となる²。

²七章1節で示したマクロの実質輸入はCIF価格で表示され、産業別輸入額は市場価格で表示されるため、マクロの実質輸入と産業別輸入額の変化率は一致しない場合もある。

表 7-38 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が各国の産業別輸入額に与える影響（全体シナリオ:GTAP モデル）
（単位：％）

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業	-2.59	-0.09	-0.07	-0.08	-0.06	-0.05	-0.07	-0.01	0.12	0.06	-0.01	0.00
石炭	10.10	0.04	-0.90	0.14	-0.01	-0.53	-0.31	-0.19	-0.25	0.06	1.39	-0.16
原油	1.78	0.03	-0.01	0.11	0.02	-0.04	-0.13	-0.05	0.06	-0.02	-0.06	-0.02
ガス	11.14	-0.05	-0.06	1.73	0.27	-0.99	-0.70	-0.22	0.86	0.00	1.16	-0.41
石油・石炭製品	0.80	-0.01	-0.10	-0.02	-0.01	-0.03	-0.07	-0.06	0.01	-0.01	-0.06	0.00
電力	87.56	-0.11	-0.11	0.41	-0.02	-0.04	-0.16	-0.03	0.21	0.11	0.13	0.04
その他鉱物	-2.73	0.44	0.12	0.29	0.35	0.02	0.05	0.07	0.07	-0.05	0.12	0.09
食料品	-1.91	-0.11	-0.06	0.01	-0.06	-0.02	-0.03	-0.02	0.15	0.12	0.03	0.00
繊維・繊維製品	-1.54	-0.05	0.19	-0.07	0.02	0.04	0.00	-0.01	0.14	0.07	0.04	0.01
化学・ゴム・プラスチック	-0.14	-0.15	-0.17	-0.09	-0.08	0.01	-0.09	-0.01	0.07	0.08	-0.01	-0.05
窯業	1.78	-0.64	-0.87	-0.21	-0.44	-0.08	-0.11	-0.02	0.13	0.13	0.02	-0.15
鉄鋼	3.80	-0.87	-1.30	-0.34	-0.49	-0.44	-0.24	0.00	-0.18	-0.05	-0.23	-0.17
非鉄金属	0.68	-0.03	-0.51	-0.26	-0.16	-0.01	-0.09	0.01	-0.03	-0.03	0.03	-0.07
金属製品	-0.33	-0.17	-0.18	0.12	0.02	-0.05	-0.12	-0.03	0.18	0.09	0.00	0.01
自動車・自動車部品	-1.73	0.10	0.35	0.19	0.09	0.26	0.21	-0.01	0.15	0.15	0.04	0.13
その他輸送機器	-1.34	0.13	0.07	0.10	-0.02	0.03	0.10	0.01	0.14	0.09	0.05	0.02
電子製品	-1.16	0.04	-0.04	-0.17	-0.10	0.02	-0.02	0.00	0.05	0.08	0.03	-0.02
機械・設備	-1.51	0.10	0.14	-0.01	-0.10	0.07	0.03	0.01	0.12	0.14	0.05	0.06
その他製造業	-0.96	-0.16	-0.08	-0.03	-0.07	-0.05	-0.02	-0.01	0.15	0.12	0.05	0.00
建設業	-2.83	0.03	0.25	0.20	0.36	0.20	0.17	0.17	0.34	0.35	0.14	0.21
商業	-2.41	0.05	0.07	0.13	0.09	0.15	0.00	0.04	0.23	0.20	0.09	0.07
陸上輸送	-1.70	-0.07	-0.05	-0.02	-0.06	-0.06	-0.01	-0.05	0.11	0.11	-0.03	-0.01
海上輸送	0.24	-0.10	-0.03	-0.01	-0.06	-0.04	-0.05	-0.05	0.03	0.08	-0.04	-0.02
航空輸送	-1.92	-0.06	-0.05	0.06	-0.03	-0.05	0.03	-0.02	0.09	0.07	0.02	-0.01
通信業	-2.09	-0.03	0.03	0.05	-0.04	-0.04	-0.02	-0.02	0.19	0.16	0.04	0.01
金融・保険業	-2.07	-0.11	0.11	0.05	-0.03	0.00	0.05	0.01	0.17	0.16	0.06	0.05
その他サービス業	-2.06	-0.06	0.01	0.06	0.00	0.01	0.04	0.00	0.18	0.19	0.06	0.04
政府サービス	-1.25	-0.05	0.03	0.10	-0.05	-0.02	0.04	-0.01	0.22	0.20	0.06	0.05

出所：筆者作成

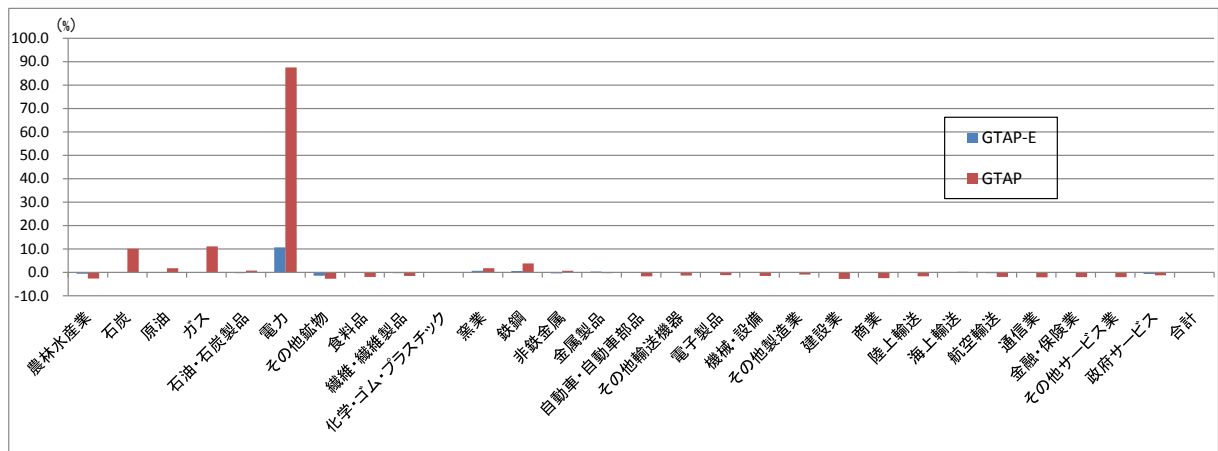
表 7-39 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が各国の産業別輸入額に与える影響（全体シナリオ:GTAP モデル）
（単位：百万米ドル）

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業	-544	-9	-22	-8	-3	-3	-25	-8	41	10	-2	-1
石炭	1,262	2	-24	1	0	-25	-6	-31	-2	1	13	-16
原油	1,827	21	-7	10	10	-29	-306	-148	1	-4	-13	-22
ガス	2,771	-4	-1	11	11	-30	-224	-196	47	0	35	-65
石油・石炭製品	218	-1	-25	-5	-1	-4	-56	-103	3	-2	-19	-3
電力	1	0	0	1	0	0	-5	-8	2	6	5	2
その他鉱物	-967	58	84	5	15	5	3	45	5	-2	9	18
食料品	-857	-16	-11	2	-9	-1	-23	-47	87	50	15	-2
繊維・繊維製品	-484	-6	43	-10	2	2	-4	-18	56	24	11	9
化学・ゴム・プラスチック	-79	-62	-233	-36	-32	2	-173	-82	74	46	-15	-92
窯業	89	-35	-44	-5	-16	-1	-24	-15	18	15	2	-31
鉄鋼	303	-172	-316	-54	-65	-45	-83	0	-84	-11	-43	-93
非鉄金属	177	-5	-233	-33	-20	-3	-48	17	-9	-2	13	-32
金属製品	-30	-8	-18	7	1	-2	-50	-49	44	15	-1	3
自動車・自動車部品	-303	9	104	22	12	10	488	-70	157	95	41	123
その他輸送機器	-159	7	11	8	-3	4	47	15	40	11	15	12
電子製品	-711	16	-71	-94	-64	3	-40	17	28	19	16	-21
機械・設備	-1,097	54	258	-4	-59	25	79	50	207	133	66	124
その他製造業	-383	-19	-23	-4	-10	-5	-39	-37	85	45	38	1
建設業	-248	1	9	6	5	2	5	61	35	49	1	15
商業	-423	7	28	6	12	7	0	51	33	12	12	18
陸上輸送	-104	-7	-5	-1	-5	-2	-6	-67	19	14	-5	-3
海上輸送	23	-5	0	0	-3	-1	-1	-21	1	1	-4	-3
航空輸送	-251	-4	-2	2	-2	-2	11	-19	12	5	3	-2
通信業	-41	-1	1	1	-1	0	-2	-12	10	5	2	1
金融・保険業	-225	-4	11	2	-3	0	32	14	40	12	12	13
その他サービス業	-838	-12	1	11	0	2	35	24	89	61	37	29
政府サービス	-97	-3	2	2	-2	0	13	-7	71	12	9	9
合計	-1,170	-199	-485	-156	-230	-94	-402	-644	1,112	621	253	-10

出所：筆者作成

図 7-22 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が日本の産業別輸入額に与える影響（全体シナリオ：GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果の比較）

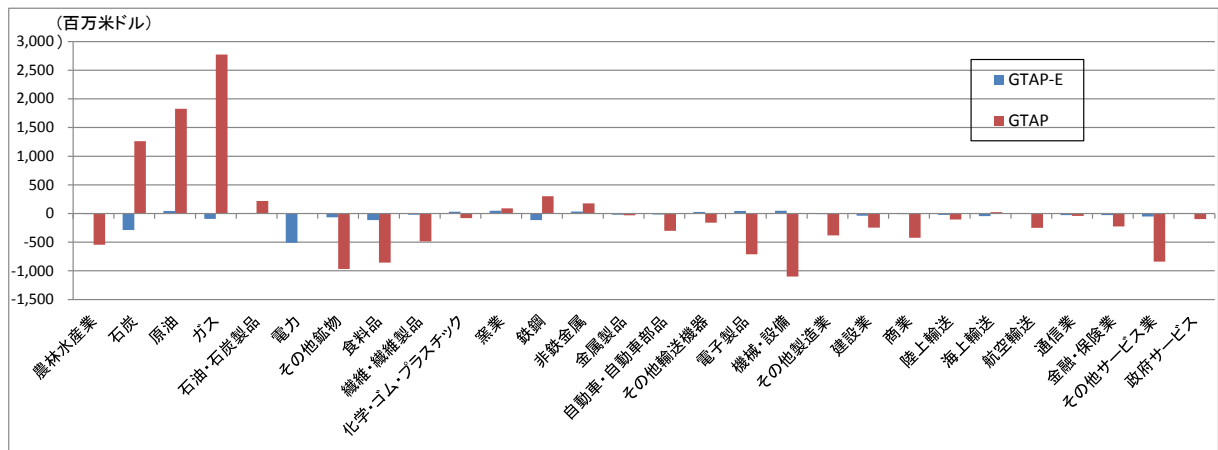
（単位：％）



出所：筆者作成

図 7-23 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が日本の産業別輸入額に与える影響（全体シナリオ：GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果の比較）

（単位：百万米ドル）



出所：筆者作成

表 7-40 災害による電力産業の生産性低下と資本ストックの損傷が日本の産業別輸入額に与える影響：4産業分類（全体シナリオ：GTAP モデル、単位：％、百万米ドル）

	変化率(%)	変化額(百万米ドル)
農林水産業合計	-2.59%	-544
エネルギー産業合計	3.64%	6,079
製造業製品合計	-1.08%	-4,501
サービス業合計	-1.90%	-2,204
合計	-0.16%	-1,170

出所：筆者作成

2. 日本の産業別輸入におけるエネルギー代替効果の分析：電力産業の生産性の低下（生産性低下シナリオ）

日本において、災害の影響により電力産業の生産力が低下し、全国の電力供給量が▲4.57%減少する場合に各国の産業別輸入に生じる影響について、GTAPモデルによる変化率表示のシミュレーション結果を表7-41、実額レベルでのシミュレーション結果を表7-42に示した。特に我が国の産業別輸入に生じる影響について、GTAP-EモデルとGTAPモデルの双方による変化率表示のシミュレーション結果を図7-24、実額レベルでのシミュレーション結果を図7-25に示した。

生産性低下シナリオの場合は、GTAPモデルを用いたシミュレーションではGTAP-Eモデルによるシミュレーションの場合よりも電力価格の上昇率が非常に高くなる。資本ストックには損傷がない状況で、電力価格が大幅に上昇するため、他のエネルギー財への需要が高まる結果、エネルギー財の輸入への需要が強まる。生産性低下シナリオの結果は全体シナリオとほぼ同様の傾向を示し、各産業における輸入額の変化率は全体シナリオの場合よりもやや大きくなる。すなわち、エネルギー財と、化学・ゴム・プラスチック製品を除くエネルギー集約財と、海上輸送では輸入額が増加するが、それ以外の産業では輸入額が減少する。石炭の増加率は全体シナリオの場合をやや上回る+10.74%となり、ガスの増加率も全体シナリオの場合を上回る+11.60%に達する。変化額を見ると、主に製造業品で輸入額が減少し、最も減少額が大きい機械・設備では輸入額は約17億米ドル減少する。

表7-43には、GTAPモデルによる生産性低下シナリオの産業別輸入額に関するシミュレーション結果を4産業（農林水産業・エネルギー財・製造業製品・サービス業）に分類した結果を、変化率表示と実額表示の双方について示した。農林水産業・製造業製品・サービス業において輸入額は減少するが、エネルギー財では輸入額が増加し、エネルギー財の輸入の増加額は全体シナリオの場合を上回る。しかし、主に製造業品での輸入の減少額が全体シナリオの場合よりも大きくなり、輸入総額では▲0.26%という、全体シナリオの場合よりも大きい減少率となる。

表 7-41 災害による電力産業の生産性の低下が各国の産業別輸入額に与える影響(生産性低下シナリオ：GTAP モデル)

(単位：%)

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業	-2.55	-0.10	-0.08	-0.08	-0.04	-0.04	-0.07	-0.01	0.16	0.08	-0.01	0.00
石炭	10.74	0.01	-0.99	0.15	-0.01	-0.57	-0.35	-0.21	-0.24	0.06	1.48	-0.17
原油	2.29	0.02	-0.04	0.13	0.03	-0.06	-0.16	-0.07	0.09	-0.03	-0.07	-0.03
ガス	11.60	-0.07	-0.11	1.76	0.24	-1.11	-0.77	-0.26	0.92	-0.03	1.24	-0.46
石油・石炭製品	1.63	-0.05	-0.11	-0.02	0.01	-0.04	-0.08	-0.07	0.02	-0.03	-0.07	-0.01
電力	85.94	-0.15	-0.18	0.45	-0.03	-0.05	-0.17	-0.05	0.25	0.11	0.13	0.04
その他鉱物	-1.57	0.39	0.09	0.31	0.37	0.05	0.03	0.09	0.13	-0.09	0.08	0.09
食料品	-2.35	-0.11	-0.06	0.02	-0.06	0.02	-0.01	-0.02	0.20	0.14	0.05	0.01
繊維・繊維製品	-1.55	-0.04	0.31	-0.03	0.07	0.10	0.03	0.00	0.19	0.09	0.06	0.03
化学・ゴム・プラスチック	-0.25	-0.02	-0.07	-0.07	-0.05	0.04	-0.03	-0.02	0.10	0.09	-0.03	-0.02
窯業	1.06	-0.43	-0.54	-0.02	-0.25	0.04	-0.03	0.05	0.27	0.19	0.07	-0.05
鉄鋼	3.72	-0.68	-1.07	-0.30	-0.46	-0.32	-0.22	-0.03	-0.13	-0.06	-0.23	-0.15
非鉄金属	1.35	-0.05	-0.52	-0.27	-0.18	-0.03	-0.13	-0.04	-0.03	-0.06	-0.06	-0.13
金属製品	-1.23	-0.07	0.09	0.25	0.14	0.09	0.00	-0.01	0.27	0.12	0.01	0.08
自動車・自動車部品	-2.20	0.24	0.59	0.35	0.27	0.49	0.43	0.02	0.26	0.24	0.09	0.27
その他輸送機器	-1.65	0.25	0.11	0.21	0.11	0.08	0.29	0.08	0.21	0.16	0.12	0.11
電子製品	-1.78	0.09	0.01	-0.23	-0.19	0.11	0.10	0.05	0.10	0.14	0.11	0.02
機械・設備	-2.28	0.29	0.38	0.08	-0.02	0.23	0.25	0.07	0.20	0.23	0.11	0.20
その他製造業	-1.64	-0.10	-0.01	0.01	-0.02	-0.02	0.04	0.01	0.22	0.15	0.09	0.04
建設業	-3.78	0.05	0.39	0.28	0.59	0.33	0.29	0.34	0.53	0.50	0.23	0.39
商業	-2.88	0.17	0.12	0.18	0.18	0.27	0.03	0.07	0.30	0.25	0.14	0.12
陸上輸送	-1.98	-0.04	-0.04	-0.03	-0.05	-0.05	0.00	-0.06	0.16	0.14	-0.02	0.00
海上輸送	0.55	-0.05	-0.05	-0.03	-0.03	-0.02	-0.04	-0.05	0.06	0.12	-0.02	0.00
航空輸送	-2.08	-0.04	-0.06	0.08	0.00	-0.03	0.06	-0.02	0.12	0.10	0.03	0.01
通信業	-2.71	0.04	0.06	0.05	-0.04	-0.04	0.00	-0.02	0.26	0.19	0.05	0.04
金融・保険業	-2.49	-0.11	0.17	0.05	-0.03	0.02	0.11	0.02	0.24	0.18	0.07	0.07
その他サービス業	-2.81	-0.01	0.01	0.08	0.01	0.05	0.08	0.03	0.26	0.24	0.09	0.07
政府サービス	-0.90	-0.05	0.03	0.11	-0.06	-0.03	0.05	-0.01	0.28	0.24	0.08	0.06

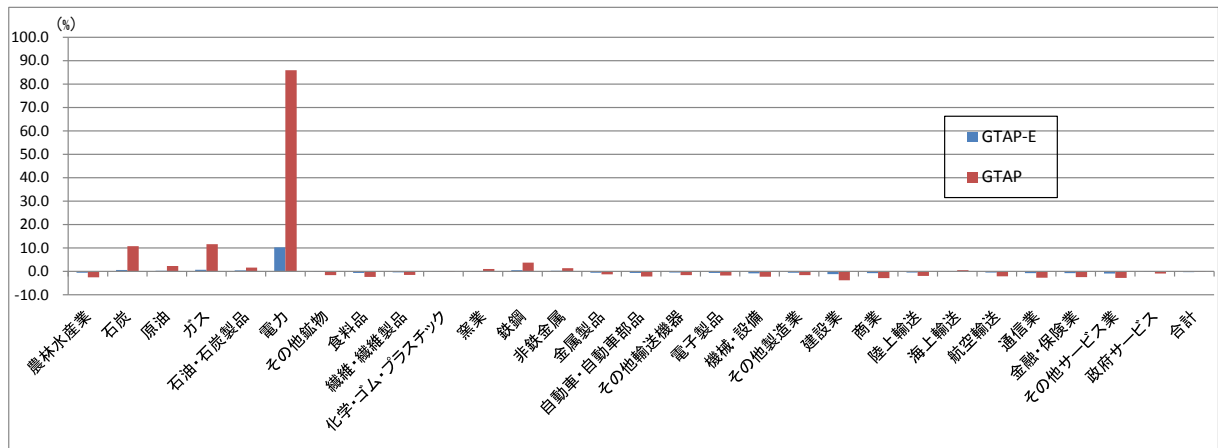
出所：筆者作成

表 7-42 災害による電力産業の生産性の低下が各国の産業別輸入額に与える影響(生産性低下シナリオ：GTAP モデル) (単位：百万米ドル)

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業	-537	-10	-24	-8	-2	-3	-23	-9	54	12	-2	1
石炭	1,342	1	-26	1	0	-27	-7	-36	-2	1	14	-17
原油	2,351	15	-32	12	15	-39	-381	-204	1	-6	-16	-32
ガス	2,886	-7	-1	11	9	-33	-246	-227	50	-5	38	-73
石油・石炭製品	441	-6	-26	-6	2	-5	-65	-127	7	-4	-22	-6
電力	1	0	-1	1	0	0	-5	-13	2	6	5	2
その他鉱物	-556	52	63	5	16	12	2	58	9	-4	6	17
食料品	-1,058	-16	-12	3	-9	1	-10	-49	114	60	21	9
繊維・繊維製品	-489	-4	73	-4	6	4	38	-1	75	30	18	23
化学・ゴム・プラスチック	-137	-10	-101	-27	-20	11	-58	-169	117	55	-33	-43
窯業	53	-23	-28	-1	-9	1	-8	35	37	22	7	-10
鉄鋼	296	-135	-259	-48	-60	-32	-77	-57	-61	-12	-44	-81
非鉄金属	351	-10	-238	-33	-22	-7	-72	-62	-10	-5	-27	-57
金属製品	-110	-3	9	15	9	3	-1	-19	68	20	3	20
自動車・自動車部品	-384	22	175	41	35	19	990	94	269	155	103	254
その他輸送機器	-196	14	16	18	14	11	133	103	62	19	35	53
電子製品	-1,090	42	24	-126	-124	18	232	164	63	35	56	23
機械・設備	-1,659	165	721	36	-11	80	744	559	355	211	163	421
その他製造業	-649	-13	-2	1	-3	-2	82	46	123	57	68	32
建設業	-331	1	13	9	8	3	8	123	54	71	2	29
商業	-506	20	47	8	24	13	8	99	44	14	18	30
陸上輸送	-121	-3	-4	-1	-4	-2	1	-75	28	18	-3	1
海上輸送	53	-3	0	0	-1	-1	-1	-21	2	2	-2	1
航空輸送	-272	-3	-3	3	0	-1	20	-17	17	7	6	2
通信業	-53	1	1	1	-1	0	0	-12	14	6	3	3
金融・保険業	-272	-4	16	2	-3	1	71	29	54	14	16	18
その他サービス業	-1,139	-2	2	14	2	11	82	127	126	74	60	53
政府サービス	-70	-3	2	2	-3	-1	19	-8	89	15	10	12
合計	-1,856	78	405	-72	-133	35	1,476	332	1,762	867	504	684

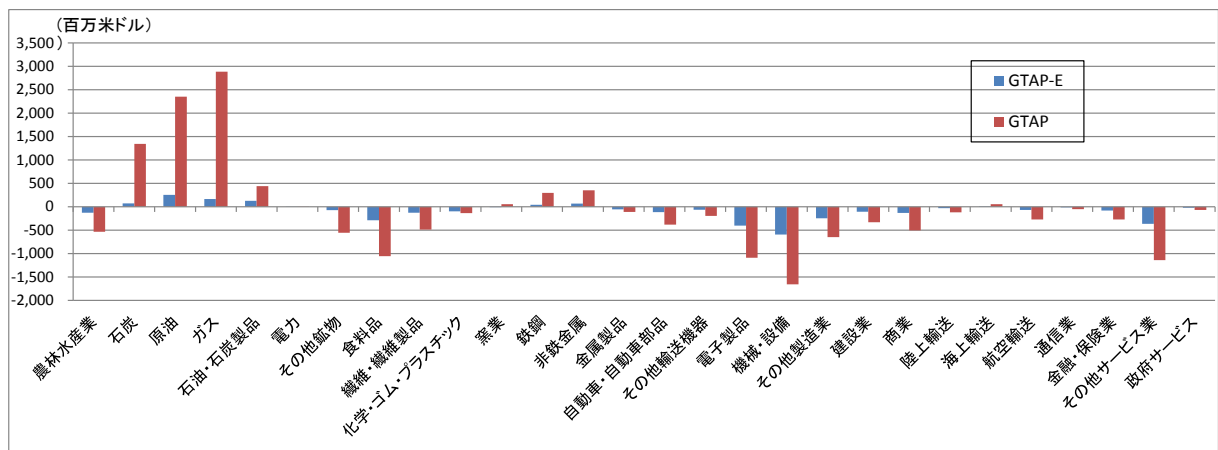
出所：筆者作成

図 7-24 災害による電力産業の生産性の低下が日本の産業別輸入額に与える影響(生産性低下シナリオ：GTAP モデル) (単位：%)



出所：筆者作成

図 7-25 災害による電力産業の生産性の低下が日本の産業別輸入額に与える影響(生産性低下シナリオ：GTAP-E モデル) (単位：百万米ドル)



出所：筆者作成

表 7-43 災害による電力産業の生産性低下が日本の産業別輸入額に与える影響：4産業分類 (生産性低下シナリオ：GTAP モデル、単位：%、百万米ドル)

	変化率(%)	変化額(百万米ドル)
農林水産業合計	-2.55%	-537
エネルギー産業合計	4.20%	7,020
製造業製品合計	-1.35%	-5,628
サービス業合計	-2.33%	-2,710
合計	-0.26%	-1,856

出所：筆者作成

3. 日本の産業別輸入におけるエネルギー代替効果の分析：資本ストックの損傷（資本ストック損傷シナリオ）

日本において、資本ストックが▲1.1%減少した場合に各国の産業別輸入に生じる影響について、GTAPモデルによる変化率表示のシミュレーション結果を表7-44、実額レベルでのシミュレーション結果を表7-45に示した。特に我が国の産業別輸入に生じる影響について、GTAP-EモデルとGTAPモデルの双方による変化率表示のシミュレーション結果を図7-26、実額レベルでのシミュレーション結果を図7-27に示した。

資本ストック損傷シナリオでは、GTAPモデルとGTAP-Eモデルの試算結果には大きな差は見られず、すべての産業において生産能力の低下が生じる。そのためGTAPモデルを用いた試算の場合も輸入財への需要が高まり、輸入が増加する傾向が見られる。そして、すべての産業において生産能力が低下し、生産高を増やす産業がないことから、生産においてエネルギー財への需要が減少し、エネルギー財の輸入が減少しているという、生産性低下シナリオとは反対の傾向が示される。GTAPモデルのシミュレーションからも輸入総額は増加し、輸入総額が減少する生産性低下シナリオとは逆の傾向が見られる。

表7-46には、GTAPモデルによる産業別輸入額に関するシミュレーション結果を4産業（農林水産業・エネルギー財・製造業製品・サービス業）に分類した結果を、変化率表示と実額表示の双方について示した。資本ストックが▲1.1%減少した場合には、農林水産業とエネルギー産業では輸入額が減少するが、製造業とサービス業では輸入が増加し、輸入総額としては増加するという試算結果が得られる。GTAPモデルの試算結果では、輸入総額は0.11%増加し、GTAP-Eモデルから得られた+0.14%という試算結果に近い値となる。

表 7-44 資本ストックの損傷が各国の産業別輸入額に与える影響（資本ストック損傷シナリオ：GTAP モデル）

（単位：％）

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業	-0.04	0.01	0.00	0.00	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	-0.04	-0.02	0.00	-0.01
石炭	-0.57	0.02	0.08	-0.01	0.01	0.03	0.03	0.02	0.00	0.00	-0.08	0.01
原油	-0.49	0.01	0.03	-0.01	-0.01	0.01	0.03	0.02	-0.04	0.01	0.01	0.01
ガス	-0.38	0.03	0.05	-0.03	0.04	0.11	0.06	0.03	-0.06	0.03	-0.07	0.05
石油・石炭製品	-0.81	0.04	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.01	0.01	-0.01	0.02	0.01	0.00
電力	0.88	0.04	0.08	-0.03	0.01	0.01	0.01	0.02	-0.04	0.00	0.01	0.00
その他鉱物	-1.18	0.05	0.03	-0.02	-0.01	-0.03	0.02	-0.02	-0.06	0.05	0.04	0.01
食料品	0.46	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.03	-0.02	0.00	-0.05	-0.02	-0.01	-0.01
繊維・繊維製品	0.01	-0.01	-0.12	-0.04	-0.05	-0.06	-0.04	-0.01	-0.05	-0.02	-0.02	-0.02
化学・ゴム・プラスチック	0.11	-0.13	-0.10	-0.03	-0.03	-0.03	-0.06	0.01	-0.04	-0.01	0.01	-0.03
窯業	0.72	-0.21	-0.33	-0.19	-0.19	-0.12	-0.07	-0.07	-0.13	-0.06	-0.05	-0.10
鉄鋼	0.08	-0.20	-0.25	-0.04	-0.04	-0.13	-0.02	0.03	-0.05	0.01	0.00	-0.03
非鉄金属	-0.66	0.03	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.05	0.01	0.03	0.08	0.05
金属製品	0.90	-0.10	-0.26	-0.13	-0.12	-0.14	-0.12	-0.02	-0.09	-0.03	-0.02	-0.06
自動車・自動車部品	0.48	-0.13	-0.23	-0.16	-0.18	-0.23	-0.21	-0.03	-0.10	-0.09	-0.05	-0.14
その他輸送機器	0.32	-0.12	-0.03	-0.11	-0.13	-0.05	-0.18	-0.07	-0.07	-0.06	-0.07	-0.08
電子製品	0.63	-0.05	-0.05	0.06	0.09	-0.09	-0.11	-0.04	-0.06	-0.07	-0.08	-0.04
機械・設備	0.78	-0.19	-0.24	-0.08	-0.08	-0.15	-0.21	-0.07	-0.08	-0.08	-0.07	-0.14
その他製造業	0.68	-0.05	-0.07	-0.04	-0.05	-0.03	-0.06	-0.02	-0.07	-0.03	-0.04	-0.04
建設業	0.95	-0.02	-0.13	-0.08	-0.23	-0.14	-0.12	-0.17	-0.18	-0.15	-0.09	-0.18
商業	0.48	-0.11	-0.05	-0.04	-0.09	-0.12	-0.03	-0.03	-0.07	-0.05	-0.04	-0.04
陸上輸送	0.29	-0.04	0.00	0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.01	-0.05	-0.03	-0.01	-0.02
海上輸送	-0.31	-0.05	0.02	0.02	-0.03	-0.02	-0.01	0.00	-0.04	-0.04	-0.02	-0.02
航空輸送	0.16	-0.02	0.01	-0.02	-0.02	-0.01	-0.03	0.00	-0.03	-0.02	-0.01	-0.02
通信業	0.63	-0.07	-0.03	0.00	0.00	0.00	-0.02	0.00	-0.07	-0.03	-0.01	-0.02
金融・保険業	0.43	0.00	-0.05	0.00	0.00	-0.02	-0.06	-0.01	-0.06	-0.02	-0.02	-0.02
その他サービス業	0.76	-0.05	0.00	-0.02	-0.01	-0.04	-0.05	-0.02	-0.07	-0.04	-0.03	-0.03
政府サービス	-0.35	0.00	0.00	-0.01	0.01	0.01	-0.02	0.00	-0.05	-0.04	-0.01	-0.01

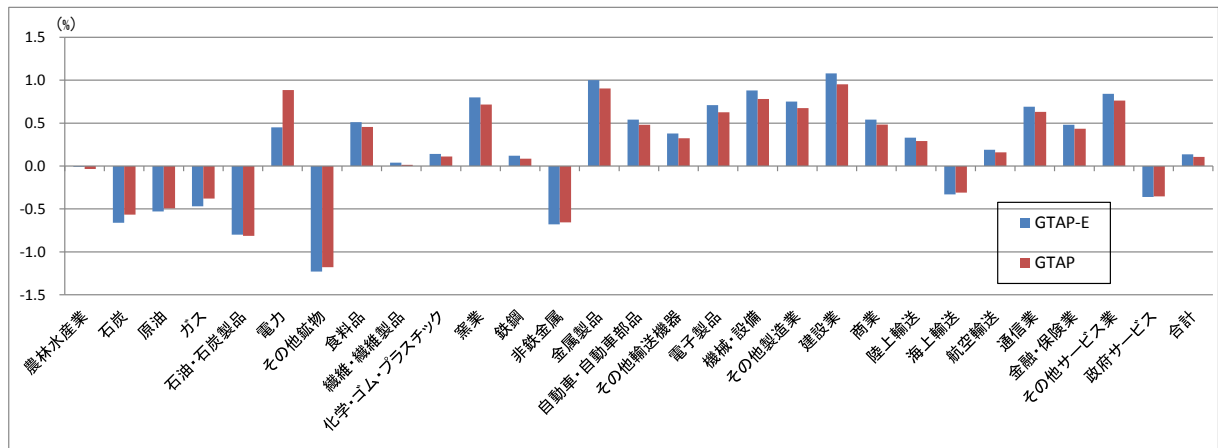
出所：筆者作成

表 7-45 資本ストックの損傷が各国の産業別輸入額に与える影響（資本ストック損傷シナリオ：GTAP モデル）（単位：百万米ドル）

	日本	韓国	中国	ASEANエネルギー純輸出国	その他ASEAN諸国	インド	アメリカ合衆国	EU27	その他エネルギー純輸出国	旧ソ連・東欧諸国	その他付属書I国	その他地域
農林水産業	-8	1	1	0	-1	-1	-2	1	-13	-3	0	-3
石炭	-71	1	2	0	0	1	1	4	0	0	-1	1
原油	-506	6	25	-1	-5	10	72	55	0	2	3	10
ガス	-94	2	0	0	1	3	20	30	-3	5	-2	7
石油・石炭製品	-220	5	1	1	-3	0	9	23	-4	2	3	3
電力	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0
その他鉱物	-417	6	22	0	-1	-7	1	-12	-4	2	3	1
食料品	205	0	0	-1	0	-3	-13	2	-26	-9	-6	-11
繊維・繊維製品	5	-1	-28	-6	-4	-3	-42	-17	-19	-6	-6	-14
化学・ゴム・プラスチック	62	-53	-134	-10	-12	-9	-117	85	-41	-8	17	-50
窯業	36	-12	-17	-5	-7	-2	-16	-50	-19	-7	-5	-21
鉄鋼	7	-39	-61	-6	-5	-13	-7	55	-24	1	0	-14
非鉄金属	-172	5	2	0	2	4	24	77	2	2	40	24
金属製品	81	-5	-27	-7	-8	-5	-49	-31	-23	-5	-4	-17
自動車・自動車部品	84	-12	-69	-18	-23	-9	-490	-162	-109	-57	-61	-129
その他輸送機器	39	-7	-4	-9	-16	-6	-82	-86	-21	-7	-20	-40
電子製品	383	-24	-94	31	59	-15	-267	-145	-34	-16	-40	-43
機械・設備	569	-109	-449	-39	-48	-53	-648	-502	-144	-76	-96	-291
その他製造業	268	-7	-20	-5	-6	-4	-120	-83	-37	-11	-30	-31
建設業	83	0	-5	-3	-3	-1	-3	-60	-19	-22	-1	-13
商業	85	-14	-18	-2	-12	-6	-7	-46	-10	-3	-6	-11
陸上輸送	18	-3	0	0	-1	0	-6	8	-8	-3	-2	-3
海上輸送	-30	-3	0	0	-1	-1	0	0	-1	-1	-2	-3
航空輸送	21	-1	1	-1	-2	0	-9	-2	-5	-2	-3	-4
通信業	12	-1	-1	0	0	0	-2	0	-4	-1	-1	-2
金融・保険業	47	0	-5	0	0	-1	-37	-14	-14	-2	-3	-5
その他サービス業	310	-10	0	-3	-1	-9	-46	-101	-35	-13	-22	-24
政府サービス	-27	0	0	0	0	0	-6	1	-18	-2	-1	-3
合計	770	-275	-879	-84	-97	-129	-1,844	-967	-632	-237	-245	-684

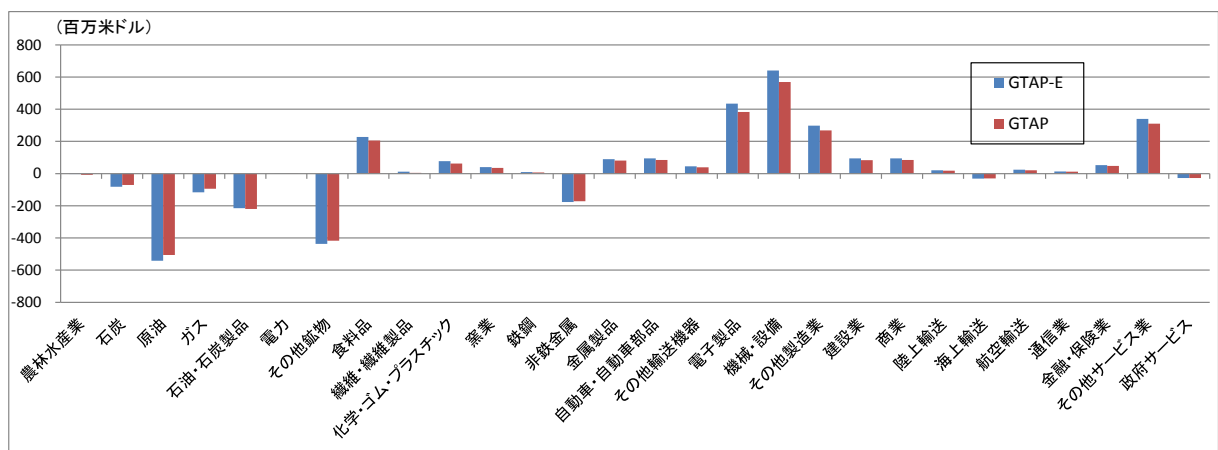
出所：筆者作成

図 7-26 資本ストックの損傷が日本の産業別輸入額に与える影響（資本ストック損傷シナリオ：GTAP モデル）
（単位：％）



出所：筆者作成

図 7-27 資本ストックの損傷が日本の産業別輸入額に与える影響（資本ストック損傷シナリオ：GTAP モデル）
（単位：百万米ドル）



出所：筆者作成

表 7-46 資本ストックの損傷が日本の産業別輸入額に与える影響：4産業分類（資本ストック損傷シナリオ：GTAP-E モデル、単位：％、百万米ドル）

	変化率(%)	変化額(百万米ドル)
農林水産業合計	-0.04%	-8
エネルギー産業合計	-0.53%	-891
製造業製品合計	0.27%	1,148
サービス業合計	0.45%	520
合計	0.11%	770

出所：筆者作成

7節 第七章のまとめ

第七章におけるシミュレーションでは、GTAP-E モデルと GTAP モデルに同じ外生条件を与え、二つのモデルにおける試算結果の違いについて分析を行った。

マクロ経済における結果を見ると、GTAP-E モデルの場合では電力産業の生産性低下の影響は全体の約 30%程度、資本ストックの損傷の影響は全体の約 70%程度に達していたのに対し、GTAP モデルの場合には電力産業の生産性低下の影響は全体の約 66%程度、資本ストックの損傷の影響は全体の約 34%程度と、生産性低下の影響が大きくなることが示された。電力産業での生産性低下と資本ストック損傷の総計として、実質 GDP における影響を見ると、GTAP モデルからは減少率は▲1.36%という試算結果が得られ、GTAP-E モデルを用いた場合の約 2 倍近くの値となる。実質輸入に関しては両モデルの試算結果の規模には大きな相違はなく、実質輸出に関しては、GTAP-E モデルによるシミュレーションでは▲1.26%という結果が得られたのに対し、GTAP モデルによるシミュレーションからは+0.45%と、増加傾向を示すという結果が得られた。

産業別生産高における結果では、電力産業の生産性が低下した場合には、GTAP-E モデルでは、エネルギー集約財や一部の産業では生産高が減少するが、電力以外のエネルギー財では生産高が増加するという傾向が示された。GTAP モデルでも GTAP-E モデルを用いたシミュレーションと同じ傾向が示されるが、変化の規模はより大きくなる。資本ストックの損傷が外生条件として与えられた場合には、GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果は変化の規模にも傾向にも大きな差は見られず、ほぼ類似した結果が得られる。これらの二つの経路の双方が影響し合い、GTAP モデルでは電力産業の生産性の低下の影響が GTAP-E モデルよりも強くなるため、電力以外のエネルギー財（石炭、原油、ガス、石油・石炭製品）や、繊維・繊維製品、自動車・自動車部品、その他輸送機器、機械・設備などの製造業、海上輸送、航空輸送などのサービス業では生産高は増加傾向を示し、他の産業では生産高は減少した。

民間消費に関する試算結果では、二つの経路の影響が総合された全体シナリオでは、GTAP モデルでは電力産業の生産性低下の影響が強くなり、民間消費全体の減少額は約 371 億米ドルと、GTAP-E モデルの試算結果の約 2.6 倍の値に達した。

供給価格における試算結果を見ると、GTAP モデルによる全体シナリオのシミュレーション結果では、電力産業の生産性低下の影響が強く見られ、電力価格は大幅に上昇し、電力以外では価格が増加するエネルギー集約産業のような産業と、価格が減少傾向を示す産業の双方に分かれた。

産業別輸出額の GTAP モデルによる試算結果では、全体シナリオの試算結果では、電力産業の生産性低下の影響が強く示され、輸出全体では+0.45%程度の増加となり、GTAP-E モデルの試算結果とは符号も異なることが示される。

産業別輸入額に関しては、GTAP モデルを用いた生産性低下シナリオのシミュレーションでは、GTAP-E モデルによるシミュレーションの場合よりも電力価格の上昇率が非常に高くなる。資本ストックには損傷がない状況で、電力価格が大幅に上昇するため、他のエネルギー財への需要が高まる結果、エネルギー財の輸入への需要が強まる。そして、エネルギー財と、多くのエネルギー集約財や海上輸送では輸入額が増加するが、それ以外の産業では輸入

額が減少し、輸入総額では減少した。しかし、エネルギー財の輸入が比較的大きく増加するため、産業別輸入総額の減少率は GTAP-E モデルによるシミュレーションの場合よりもやや小さくなる。電力産業の生産性の低下と、資本ストックの損傷という二つの経路を外生条件として取り入れた全体シナリオは、多くの産業では輸入額が減少するが、エネルギー財やエネルギー集約財では輸入額が増加するという傾向を示し、輸入総額では▲0.16%という、GTAP-E モデルの場合とほぼ同程度の結果となった。

第七章におけるシミュレーションからは、GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果は資本ストック損傷シナリオではあまり差は出ないが、電力産業の生産性低下シナリオでは両モデルの電力価格の上昇率が大きく異なり、その結果として大きな差が生じることが示される。両モデルの電力価格の上昇率の差は、両モデルにおける電力産業の扱いによって生じていると考えられる。具体的なデータが得られない電力産業の生産性の変化率を数値として得るためには、電力供給量の変化率の実績値をモデルに与えてシミュレーションを行い、電力産業の生産性の低下率を試算結果として得ることが必要になる。ここで、GTAP モデルのように電力が中間投入としてのみ扱われているか、GTAP-E モデルのように生産要素として扱われているかによって、生産性の低下率の数値には差が出てくる。GTAP モデルにおいては、中間財と生産要素の間には代替性はなく、電力供給量の減少は中間投入としての電力の減少としてのみ扱われる。そのため、所与の電力供給量の減少率に対する電力産業の生産性の低下率は、GTAP モデルを用いたシミュレーションの方が大きくなり、電力価格の上昇率もより大きくなる。このような電力価格の変化率の差が、GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果の差をもたらすものと考えられる。

生産性の低下と資本ストックの損傷という、ここで行ったシミュレーションと同じ設定を他の産業でも行い、GTAP モデルと GTAP-E モデルの試算結果を比較すると、たとえばマクロ経済関係の指標に関しては多くの産業では差は少ないが、電力や石油・石炭製品などの原料でないエネルギー財において生産性を減少させた場合には、比較的大きな差が見られる。このことから、エネルギー財を分析の対象とする場合には、エネルギー財を生産要素として扱う GTAP-E モデルを使用することが望ましいという結論が得られた。

第八章 結論

1節 各章の内容

第一章では、本論文の目的を大きく四つに分けて提示した。本論文の第一の目的は CGE モデルを用いた自然災害による電力供給制約の分析手法の開発である。日本でも緊急の課題となってきた電力供給制約が経済に与える影響の分析について、本論文では産業別の分析が可能であり、価格変化が経済に与える影響の分析ができるなど、CGE モデルのメリットを活用して分析を行うことを目的としている。

第二に、本論文では我が国における自然災害による電力供給制約が経済に与える影響に関して、国内の動向だけでなく貿易動向を考慮し、世界経済全体の枠の中での分析を行うことを試みている。その結果として、世界 CGE モデルである GTAP-E モデルを用いてシミュレーションを行い、マクロ指標・産業別生産高・民間消費・供給価格・産業別輸出入などの試算結果について分析を行う。また実績値が得られるマクロ経済に関する試算結果については、実績値との比較を行い、試算結果が実態から大幅に乖離していないかどうかについても検証を行う。

第三に、本論文ではシミュレーションに使用する GTAP-E モデルについて十分に検討したうえで分析を行うことを目的としている。したがって、本論文においては、GTAP-E モデルについて解明することも目的の一つとする。

第四に、エネルギー財を中間財と生産要素の双方として扱う GTAP-E モデルと、エネルギー財を中間財としてのみ扱う GTAP モデルの試算結果の比較分析を行うことにより、電力供給制約において資本とエネルギー財間の代替効果、またエネルギー財間の代替効果が果たす役割に関する分析を行うことを目的とする。

第二章では、災害が経済にもたらす影響全般に関する先行研究について調べた後に、特に自然災害による電力供給制約が経済に与える影響に関する分析手法に関して、先行研究・データ実績について分析を行った。ここでは本論文で実施するシミュレーションの参考とすべく、自然災害による電力供給制約が経済に与える影響に関する分析手法の先行研究について調査を行い、また東日本大震災前後の我が国の電力関係・マクロ経済データの整理を行った。

自然災害には震災をはじめとして様々な種類があり、これらの災害が経済に与える影響に関するデータ蓄積は国内外で進んできており、これらのデータ蓄積を活用した研究が進められてきている。しかし建造物などへの影響を中心とする直接被害についてはデータ蓄積が進んでいるが、災害の後の経済活動の低迷などを中心とする間接被害に関してはデータ蓄積が少ない。電力供給制約などの経済活動への影響は間接被害と位置付けられ、近年では自然災害がもたらす電力供給制約などの被害が経済に与える影響に関しては、経済モデルを用いてシミュレーションを行い、その直接・間接の効果を測定することが多くなっている。このような被害の推計においては、産業間の波及効果や生産要素間の代替効果、また価格変化が経済に与える影響を分析することが可能である CGE モデルを用いた研究も見られるようになってきている。

第三章では、GTAP-E モデルを用いた電力供給制約が経済に与える影響に関する分析手法を扱った。ここではまず、使用するモデルである GTAP-E モデルについて、その開発の経緯や特徴やモデルの構造について解説を行った。GTAP-E モデルは、国際的に普及している世界 CGE モデルである GTAP モデルの枠組を用いたモデルであるため、まず GTAP モデルの解説を行った後に、GTAP-E モデルの特徴と構造を明らかにしていく。GTAP モデルではエネルギー財は中間財としてのみ扱われるが、GTAP-E モデルにおけるエネルギー財は中間財と同時に生産要素の一つとして扱われることが、大きな特徴である。

エネルギー財が生産要素の一つとして扱われる場合、資本とエネルギー財の間には代替関係が成立しているか、あるいは補完関係が成立しているかによって、シミュレーションに影響が生じる。ここでは先行研究も参考にしつつ、GTAP-E モデルの各種の代替パラメータについて分析を行った。資本とエネルギー財の代替補完関係は、GTAP-E モデルでは Keller (1980) の方程式に基づいて決定されている。開発当初の GTAP-E モデルでは各国で資本とエネルギー財の間には補完関係が成立している産業が多いが、日本の電力産業など一部の産業では代替関係が成立していることが指摘されている。第三章では、シミュレーションで使用する GTAP-E モデルの最新データベースである GTAP Data Base 8.1 において、日本の産業別の資本とエネルギー財の代替補完関係について検証を行った。

そして、東日本大震災が発生した 2011 年の電力供給量を GTAP-E モデルに与え、同年の電力生産性の低下率の数値を得るという手法を開発した。次に、ここで得られた電力生産性の低下率と、データから得られる資本ストックの減少率の二つを外生条件として設定し、震災がもたらす電力供給制約が経済に与える影響の分析を行う手法を開発した。

第四章では、GTAP-E モデルのデータベースの構造について分析を行った。

GTAP-E モデルは GTAP モデルのエネルギー分野をさらに詳細に扱ったモデルであるため、GTAP モデルと共通のデータやパラメータがあると同時に、GTAP-E モデル独自のデータやパラメータがある。これらのデータやパラメータの作成方法は、いくつかに分類することが可能である。ここでは GTAP-E モデルのデータやパラメータについて分類を行い、GTAP-E モデルのデータベースの特徴を明確にした。また第四章では、本論文のシミュレーションにおけるデータベースの地域・産業分類について明記した。

GTAP モデルと同様に、GTAP-E モデルのデータベースは、マクロレベル・産業別に様々なデータを有しており、データベースとしても利用価値が大きい。ここでは我が国と世界各地の生産高や輸出入額において、エネルギー財がどの程度のシェアを占めているかについてデータ分析を行い、各国と比較した我が国のエネルギー動向の特徴を示した。

第五章では、災害による電力供給制約が経済に与える影響について、GTAP-E モデルのシミュレーション結果を用いて分析を行った。第三章で見たように、ここでは東日本大震災が発生した 2011 年の電力生産性の低下率と資本ストックの変化量を外生条件として与え、震災により発電設備等に被害が生じて電力産業の生産性が低下し、資本ストックが損傷したというシナリオに基づくシミュレーションを行った。

シナリオ分析は、電力産業の生産性の低下と資本ストックの損傷の双方が生じる全体シナリオに加えて、電力産業の生産性の低下のみが生じる生産性低下シナリオ、資本ストックの損傷のみが生じる資本ストック損傷シナリオの 3 種類に分けてシミュレーションを実施した。まず全体シナリオでは、電力産業の生産性の低下と資本ストックの損傷という二つの条件の双方を与え、自然災害による電力供給制約が経済に与える影響の定量的な評価を行った。特にマクロ指標に関しては、我が国のマクロ経済の各指標の実績値と比較を行い、シミュレーション結果が実態から大幅に乖離していないかどうか、傾向を把握できているかについて、検討を試みた。GTAP-E モデルは動学モデルではないことから、明確な時間の概念はないが、対象とする期間は数年程度と考えて実績データとの比較を行った。

次に生産性低下シナリオでは、電力産業の生産性低下という経路のみを設定して個別に分析を行い、資本ストック損傷シナリオでは、資本ストック損傷の影響のみを外生条件として与え、経済に与える影響について分析を実施した。

これらの 3 つのシナリオのそれぞれにおいて、マクロ指標・産業別生産高・民間消費・産業別供給価格・産業別輸出・産業別輸入に関してシミュレーション結果の分析を行った。

第六章では、GTAP-E モデルのシミュレーションで用いるソフトウェアである GEMPACK 内の RunGTAP の機能の一つである Systematic Sensitivity Analysis を用いて、GTAP-E モデルの資本とエネルギー財間の代替パラメータと、エネルギー財間の代替パラメータが変化した場合に、試算結果にどのような影響が生じるかを調べるために、感応度分析を実施した。第三章で調べたように、GTAP-E モデルのエネルギー財に関する各種の代替パラメータは先行研究に基づいて設定されており、ここでパラメータが別の値を取った場合にどのように試算結果が変化するかについて、検証を行った。

第六章では、資本とエネルギー財間の代替パラメータと、エネルギー財間の代替パラメータ（電力と非電力エネルギー間、非電力エネルギーの中の石炭と非石炭エネルギー財間、非石炭エネルギー財間の 3 つ）について感応度分析を実施した。Systematic Sensitivity Analysis では、設定しているパラメータの値を体系的に変化させ、各変数の試算結果の平均値と標準偏差を計算する。この平均値と標準偏差をチェビシェフの不等式に適用して、設定した範囲内でパラメータの数値を変化させた場合、試算結果がどの程度の範囲内に存在するかについて信頼区間を確認でき、パラメータの変化に対するモデルの頑健性を調べることができる。

ここでは設定している値の上下 50% の範囲でパラメータを変化させ、第五章で扱った各変数について感応度分析を行った。分析においては、資本とエネルギー財間の代替パラメータと、エネルギー財間の代替パラメータの双方について、それぞれ電力産業のみで変化させた場合と、全産業において変化させた場合の 2 つの場合について感応度分析を行った。

第七章では、GTAP モデルを用いてシミュレーションを実施し、その結果について分析を行い、GTAP-E モデルから得られる試算結果と比較を行った。エネルギー財が生産要素の一つとして扱われる GTAP-E モデルとは異なり、GTAP モデルではエネルギー財は中間財とし

てのみ扱われ、資本とエネルギー財間の代替効果や、エネルギー財間の代替効果の動きは取り入れられていない。そのため、GTAP-E モデルの試算結果と GTAP モデルの試算結果を比較することにより、エネルギー代替効果を測定することができる。

第七章で実施したシミュレーションは、第五章で GTAP-E モデルを用いて行ったシミュレーションをすべて同じ条件で GTAP モデルを用いて実施し、両モデルの試算結果の差をエネルギー代替効果として、シナリオ別に分析を行った。そして、どのような経路でエネルギー代替効果が生じるかについて分析を行った。

2 節 本論文の結論

本論文では、特に震災などの自然災害がもたらす電力供給制約が経済に与える影響について分析を行うために、東日本大震災という実際に発生した災害から得られるデータを外生条件として GTAP-E モデルに与え、シミュレーションを実施した。外生値の設定のために、我が国における電力関係のデータやマクロ経済の動向を分析し、2011 年を境に我が国の電力需要量、電源構成、電力価格などの動向が大きく変化してきていることを確認した。

そして本論文では、自然災害による電力供給制約の分析手法として、電力産業における生産性の低下と資本ストックの損傷という二つの経路を考え、GTAP-E モデルの特徴や構造を明確にした上で、それぞれの経路の外生条件としてのモデル内への取り込み方の手法を開発した。GTAP-E モデルの構造を分析する過程で、GTAP-E モデルにおける資本とエネルギー財の代替効果について考察を行い、本論文で使用する GTAP Data Base8.1 のデータを用いて、生産構造全体の中で決定される産業別の資本とエネルギー財の代替補完関係について分析を行った。その結果、2007 年の世界経済のデータに基づく GTAP Data Base8.1 においても、先行研究に示されるように日本の電力産業などの一部の産業では、資本とエネルギー財の間には代替効果があることが確認された。

本論文における GTAP-E モデルの試算結果は、実績値と比較可能であるマクロ経済指標に関しては、実績値の規模や傾向と大幅に乖離しておらず、ここで開発した手法は電力供給制約が経済に与える影響に関する分析に活用できることを示した。また、電力産業における生産性の低下と資本ストックの損傷という二つの経路をそれぞれ個別にモデル内に取り入れてシミュレーションを行うと、この二つの経路の影響は規模においても、また産業別に生じる動向に関しても、異なった傾向を示すことが明確になった。本論文の試算結果は、自然災害がもたらす電力供給制約という事象においては、発現の仕方が異なる二つの経路の双方が影響し合い、経済に影響を与える可能性があることを示した。

さらに本論文では、GTAP-E モデルの資本とエネルギー財間の代替パラメータと、エネルギー財間のパラメータについて、それぞれ電力産業に限定した場合と全産業の場合の 2 ケースの感応度分析を行い、これらのパラメータの値の変化によってモデルの各変数の試算結果がどの程度変化するかについて調べた。感応度分析の結果からは、GTAP-E モデルにおける各変数の試算結果は、これらのパラメータの変化に関しても比較的頑健であることが示された。

本論文では最後に、エネルギー財を中間財と生産要素の一つとして扱っている GTAP-E モ

デルと、エネルギー財を中間財としてのみ扱う GTAP モデルに同じ条件を与えてシミュレーションを行い、試算結果を比較して、両モデルの試算結果の差をエネルギー代替効果として測定し、規模や傾向の違いについて分析を行った。マクロ経済の変化率に関する試算結果を見ると、実質 GDP では GTAP モデルの試算結果は GTAP-E モデルの試算結果のほぼ 2 倍程度、実質輸入では GTAP モデルの試算結果は GTAP-E モデルの試算結果のほぼ 1.5 倍程度と計測され、実質輸出では符号が逆になるなどの違いが見られた。

電力産業における生産性の低下と資本ストックの損傷という二つの経路をそれぞれ個別にモデル内に取り入れてシミュレーションを行うと、全産業に共通の影響を与える資本ストックの損傷という経路に関しては、両モデルの試算結果の差はあまり大きくないことが示される。GTAP モデルの試算結果と GTAP-E モデルの試算結果の差が大きくなるのは、電力産業における生産性の低下という経路の場合である。電力を中間財としてのみ扱っている GTAP モデルでは、電力供給量の低下を外生条件として与えると、GTAP-E モデルの場合よりも電力生産性が著しく低下し、電力価格の大幅な上昇をもたらす、経済に影響を与えていく。GTAP-E モデルの場合では、電力は中間財と同時に生産要素の一つとしても扱われ、さらに資本とエネルギー財間、またエネルギー財間で代替効果があることから、電力生産性の低下は GTAP モデルの場合より穏やかな値にとどまり、電力価格の上昇率もより低くなる。両モデルのシミュレーション結果の比較は、GTAP-E モデルと GTAP モデルにおける電力の扱い方の違いが両モデルの試算結果の差をもたらしていることを示した。

他の産業において同様に資本ストックと該当産業の生産高の二つに外生条件の設定を行い、GTAP-E モデルと GTAP モデルの試算結果の比較を行うと、非エネルギー財では両モデルの結果には殆ど差が見られず、また最も顕著に差が生じるのは電力産業であることが示される。特に我が国における電力のように資本との代替効果が見られるエネルギー財を対象とする場合には、GTAP-E モデルのようにエネルギー財を生産要素の一つとして扱うモデルを使用し、分析を行うことが望ましいという結論が得られる。

3 節 今後の課題

本論文の試算結果の検討は、ここで開発した手法は自然災害による電力供給制約が経済に与える影響を分析するためのツールとして活用できることを示した。先行研究の調査を継続し、自然災害による電力供給制約が経済に与える影響の経路について分析を深め、さらなる外生条件の取り入れ方を開発していくことで、シミュレーション結果をより精緻化していくことは、今後の課題である。そのためには、産業別のデータなど、データ分析を詳細に行い外生条件としての与え方を検討していくことも重要である。

GTAP-E モデルを用いることにより、貿易動向も考慮した世界経済全体の中での分析を行うことが可能になるという大きな利点があるが、国内を複数地域に分割することができないという点は、電力供給制約が我が国の経済に与える影響についてより詳細に分析する上での制約の一つである。今後分析を深めていくためには、国内の各地域の詳細な情報を把握し、GTAP-E モデルの試算結果の分析に適用していくことが重要であると考えられる。

我が国、また各国の電力・エネルギー動向の変化は早く、GTAP-E モデルのデータベース

にも今後のバージョンアップに伴い、電力・エネルギーに関する新たな動向が反映されていくと考えられる。常に電力・エネルギー動向の最新の情報を把握して分析を行っていくことが、今後の重要な課題である。

参考文献

- 芦屋恒憲・地主敏樹（2001）「震災と被災地産業構造の変化：被災地域産業連関表の推定と応用」、『国民経済雑誌』第183巻1号、79-97.
- 石倉智樹・石川良文（2011）「東日本大震災に伴う発電所被災がもたらす電力危機と波及的被害」、『産業連関イノベーション&I-Oテクニク』第19巻3号、51-59.
- 板倉健（2009）「RunGTAPによるシミュレーション—日韓FTAを題材に—」、『三田学会雑誌』99巻2号。
- 市岡修（1991）『応用一般均衡分析』、有斐閣。
- 稲田義久・入江啓彰・島章弘・戸泉巧（2011）「東日本大震災による被害のマクロ経済に対する影響—地震、津波、原発の複合的被害—」、関西社会経済研究所。
- 岩城秀裕・是川 夕・権田 直・増田幹人・伊藤久仁良（2011）「東日本大震災によるストック毀損額の推計方法について」（経済財政分析ディスカッション・ペーパーDP/11-01）、内閣府政策統括官室。
- 上田孝行編（2010）『Excelで学ぶ地域・都市経済分析』、コロナ社。
- 上野山智也・荒井信幸（2007）「巨大災害による経済被害をどう見るか—阪神・淡路大震災、9/11テロ、ハリケーン・カトリーナを例として—」（ESRI Discussion Paper Series No.177）、内閣府経済社会総合研究所。
- 大野拓行（1982）「エネルギーを含むCES生産関数による代替弾力性の測定」、『香川大学経済論叢』volume55 issue2、98-130。
- 大山達雄（1983）「トランスログモデルによるわが国の1次エネルギー消費分析」、佐和隆光・中島清三・大山達雄・森 俊介・和合 肇・片岡正憲・Dale J.Poirier共著『エネルギー需給の計量分析』（経済研究所研究シリーズ第40号）、経済企画庁経済研究所。
- 川崎研一（1999）『応用一般均衡モデルの基礎と応用』、日本評論社。
- 関西電力株式会社（2013）「電気料金値上げの認可について」、プレスリリース 2013年4月2日。
- 九州電力株式会社（2013）「電気料金値上げの認可について」、プレスリリース 2013年4月2日。
- 経済企画庁（1981）『年次経済報告』。
- 経済企画庁調整局編（1997）『APEC貿易自由化の経済効果』。
- 経済産業研究所（独）（2013）『JIP2013』。
- 経済産業省（2010）『エネルギー基本計画』。
- 経済産業省 資源エネルギー庁（2013）『エネルギー白書 2013』。
- 小池淳司・太田垣聡（2006）「スマトラ沖地震の経済被害評価」、『土木計画学研究・論文集』Vol.23、273-280.
- 河野龍太郎・白石洋（2011）「東日本大震災の被害額と復興費用の推計」、『BNP PARIBAS Weekly Economic Report』 No.430.
- 四国電力株式会社（2013）「電気料金値上げの認可について」、プレスリリース 2013年8月

6日。

- 柴崎隆一（2005）「応用一般均衡モデルを用いた東アジア地域における経済・交通連携政策が国際海上コンテナ輸送にもたらす影響の試算 付録A GTAPモデルの構造」、『国総研資料』No.258、17-52.
- （2005）「応用一般均衡モデルを用いた東アジア地域における経済・交通連携政策が国際海上コンテナ輸送にもたらす影響の試算 付録B GTAPモデルで用いられる記号・変数」、『国総研資料』No.258、53-64.
- （2005）「応用一般均衡モデルを用いた東アジア地域における経済・交通連携政策が国際海上コンテナ輸送にもたらす影響の試算 付録C GTAP ver.6で修正された地域家計モデルの概要」、『国総研資料』No.258、65-68.
- 下田充・藤川清史（2012）「産業連関分析モデルと東日本大震災による供給制約」、『産業連関イノベーション&I-Oテクニク』第20巻2号、133-146.
- 消防庁（2006）「阪神・淡路大震災について（確定報）平成18年5月19日」。
- 白井大地・武田史郎・落合勝昭（2011）「温室効果ガス排出規制の地域間CGE分析」（MPRA (Munich Personal RePEc Archive) Paper No. 35273), Munich University.
- 高島正典・林春男(1999)「広域地震災害における復旧・復興状況の時空間的な推移—阪神・淡路大震災を事例として—」, 『地域安全学会論文集』No.1、1-8.
- （1999）「電力消費量時系列データを利用した復旧・復興状況の定量的把握手法—阪神・淡路大震災への適用—」, 『自然災害科学』第176巻2号、355-367.
- 武田史郎・川崎泰史・落合勝昭・伴金美（2009）「日本経済研究センターCGEモデルによるCO2削減策の分析—「中期目標検討委員会」で用いたモデルと試算の解説—」（JCER Discussion Paper No.121）、日本経済研究センター。
- 武田史郎・鈴木晋・有村俊秀（2012）「温暖化対策における国境調整措置の動学的応用一般均衡分析」（RIETI Discussion Paper Series No. 08-J-053）、内閣府経済社会総合研究所。
- 多々納裕一・土屋哲・梶谷義雄（2007）「ライフラインの機能損傷が及ぼす経済被害の計量化に関する研究」, 『京都大学防災研究所年報』第50号B、143-154.
- 館祐太・落合勝昭（2011）「原子力発電全停止による地域・産業別影響の試算」（JCER Discussion Paper No.138）、日本経済研究センター。
- 館祐太・小林辰男・落合勝昭（2012）「環境・エネルギー政策を評価する動学的CGEモデル—その特徴と分析手法に関するノート—」（JCER Discussion Paper No.132）、日本経済研究センター。
- 中部電力株式会社（2014）「電気料金値上げの認可について」、プレスリリース 2014年4月18日。
- 土屋哲・多々納裕一・岡田憲夫（2005）「新潟中越地震による経済被害の計量化」, 『京都大学防災研究所年報』第48号B。
- 土屋哲・多々納裕一・岡田憲夫（2003）「空間応用一般均衡アプローチによる東海地震の警報宣言時の交通規制に伴う経済損失の評価」, 『地域安全学会論文集』No.5、2003.11、

319-325.

- (2005) 「新潟中越地震による経済被害の計量化」, 『京都大学防災研究所年報』第48号B、117-124.

電気事業連合会 (2005) 『2004年度分電力需要実績 (確報) 』。

- (2005) 『2004年度の発受電速報』。
- (2006) 『2005年度分電力需要実績 (確報) 』。
- (2006) 『2005年年度の発受電速報』。
- (2007) 『2006年度分電力需要実績 (確報) 』。
- (2007) 『2006年度の発受電速報』。
- (2008) 『2007年度分電力需要実績 (確報) 』。
- (2008) 『2007年度の発受電速報』。
- (2009) 『2008年度分電力需要実績 (確報) 』。
- (2009) 『2008年度の発受電速報』。
- (2010) 『2009年度分電力需要実績 (確報) 』。
- (2010) 『2009年度の発受電速報』。
- (2011) 『2010年度分電力需要実績 (確報) 』。
- (2011) 『2010年度の発受電速報』。
- (2012) 『2011年度分電力需要実績 (確報) 』。
- (2012) 『2011年度の発受電速報』。
- (2013) 『2012年度分電力需要実績 (確報) 』。
- (2013) 『2012年度の発受電速報』。
- (2014) 『2013年度分電力需要実績 (確報) 』。
- (2014) 『2013年度の発受電速報』。

東京電力株式会社 (2012) 「電気料金値上げの認可について」、プレスリリース 2012年7月25日。

東北電力株式会社 (2013) 「電気料金値上げの認可について」、プレスリリース 2013年8月6日。

豊田利久(1996) 「阪神大震災の経済的諸問題」, 『国民経済雑誌』第173巻5号、1-11.

- (2001) 「地震と経済学 —地震工学との接点を求めて—」, 『国民経済雑誌』第183巻1号、1-12.

豊田利久・川内朗 (1997) 「阪神・淡路大震災による産業被害の推計」, 『国民経済雑誌』第176巻2号、1-15.

内閣府 (2011) 『月例経済報告等に関する関係閣僚会議震災対応特別会合資料—東北地方太平洋沖地震のマクロ経済的影響の分析—』 2011年3月23日。

- (2011) 『地域の経済2011 —震災からの復興、地域の再生—』。
- (2012) 『社会資本ストック推計の方法と部門別・都道府県別の結果の概要』。

内閣府 (防災担当) (2011) 『東日本大震災における被害額の推計について』 2011年6月24日。

中野論 (2011) 『東日本大震災が雇用に与えるマクロ的影響の試算』、独立行政法人労働政策

- 研究・研修機構。
- 永松伸吾・林敏彦(2003) 「間接被害概念を用いた復興政策評価指標の開発」, 『地域安全学会梗概集』 No.13、89-90.
- 日本銀行 (2014) 『物価関連統計 企業物価指数 (2010年基準) 』
http://www.boj.or.jp/statistics/pi/cgpi_2010/index.htm/
- 日本政策投資銀行 (2011) 『東日本大震災資本ストック被害金額推計について』。
- 日本エネルギー経済研究所 (独) (2011) 『原子力発電の再稼働の有無に関する2012年度までの電力需給分析』。
- (2013) 『エネルギー・経済統計要覧 2013』。
- 根本二郎(1984) 「エネルギーと非エネルギー生産要素の間の代替可能性について—多重CES型生産関数による計量分析」, 『季刊理論経済学』 第35巻No.2、139-158.
- 萩原泰治 (1998) 「阪神・淡路大震災の経済的損失と政策効果の評価のための神戸CGEモデルの開発」, 『国民経済雑誌』 第177巻3号、61-72.
- (2001) 「神戸CGEモデルによる阪神・淡路大震災の影響に関する分析」, 『国民経済雑誌』 第183巻1号、71-78.
- 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会 (1998) 『阪神淡路大震災調査報告書』。
- 東暁子 (2007) 『貿易自由化が経済と環境に与える影響 (日-ASEAN間FTA) 』 (MRIエコノミック・レビュー2007年2月)、三菱総合研究所。
- (2007) 『貿易自由化が経済と環境に与える影響 (2) (ASEAN域内FTA) 』 (MRIエコノミック・レビュー2007年4月)、三菱総合研究所。
- (2012) 「GTAPモデル及びGTAP-Eモデルを用いた電力供給制約のシミュレーション分析」 (環太平洋産業連関分析学会第23回(2012年度)大会論文抄録集)。
- 久武昌人・山崎清 (2006) 「独占的競争を取り入れた多地域CGE モデル」 (RIETI Discussion Paper Series No. 06-J-046)、独立行政法人経済産業研究所。
- 兵庫県 (2005) 『阪神・淡路大震災の復旧・復興の状況について』。
- 細江宣裕・我澤賢之・橋本日出男 (2004) 『テキストブック 応用一般均衡モデリング』、東京大学出版会。
- 北海道電力株式会社 (2013) 「電気料金値上げの認可について」、プレスリリース 2013年8月6日。
- 三菱東京UFJ銀行 (2011) 『経済レビュー No.2011-1』。
- 山崎雅人・落合勝昭 (2011) 「東日本大震災および関東地方における電力制約の経済影響—日本の多地域CGE (応用一般均衡) モデルによる分析—」 (JCER Discussion Paper No.131)、日本経済研究センター。
- 米元清・菅野玲 (2012) 「福島県浜通り地方の産業連関・輸移出入構造と東日本大震災・原発事故」, 『産業連関イノベーション&I-Oテクニク』 第20巻3号、215-227.
- ABARE (2007), *Global Trade and Environment Model (GTEM)*, Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics.
- Arndt, Channing (1996), "An Introduction to Systematic Sensitivity Analysis via

- Gaussian Quadrature,” GTAP Technical Paper No.2, Center for Global Trade Analysis, Purdue University.
- Arndt, Channing and K. R. Pearson (1998), “How to Carry Out Systematic Sensitivity Analysis via Gaussian Quadrature and GEMPACK,” GTAP Technical Paper No.3, Center for Global Trade Analysis, Purdue University.
- Babiker, Mustafa H., Keith E. Maskus and Thomas F. Rutherford (1997), “Carbon Taxes and the Global Trading System,” Seminar Paper 97-08, Center for International Economic Studies, University of Adelaide.
- Ballard, Fullerton, Shoven and Whalley (1985), *A General Equilibrium Model for Tax Policy Evaluation*, University of Chicago Press.
- Böringer, Christoph and Thomas F. Rutherford (2008), “Combining Bottom-up and Top-down”, in *Energy Economics*, vol.30, No.2, pp.574-596.
- Bram, Jason, James Orr and Carol Rapaport (2002), “Measuring the Effects of the September 11 Attack on New York City”, *FRBNY Economic Policy Review*, pp.5-20.
- Burfisher, Mary E. (2011), *Introduction to Computable General Equilibrium Models*, Cambridge University Press.
- Burniaux, Jean-Marc, Nicoletti, G. and J. Oliveira-Martins (1992), “GREEN: A Global Model for Quantifying the Costs of Policies to Curb CO2 Emissions,” *OECD Economic Studies* No.19, Winter, 49-92.
- Burniaux, Jean-Marc and Truong P. Truong (2002), “GTAP-E : An Energy-Environmental Version of the GTAP Model,” GTAP Technical Paper No.16, Center for Global Trade Analysis, Purdue University.
- Congressional Budget Office (2005), *CBO TESTIMONY : The Macroeconomic and Budgetary Effects of Hurricanes Katrina and Rita*.
- de Melo and Tarr (1992), *A General Equilibrium Analysis of US Foreign Trade Policy*, MIT Press.
- Dixon, Peter B. and Dale W. Jorgenson (eds.) (2012), *Handbook of Computable General Equilibrium Modeling. Volumes 1A and 1B.*, North Holland.
- Francois, Joseph F., Bradley J. McDonald and Håkan Nordström (1996), “Liberalization and Capital Accumulation in the GTAP Model,” GTAP Technical Paper No.7, Center for Global Trade Analysis, Purdue University.
- Ginsburgh, Victor and Michiel Keyzer (1997), *The Structure of Applied General Equilibrium Models*, MIT Press.
- Guha, Gauri Shankar (2005), “Simulation of the Economic Impact of Region-Wide Electricity Outages from a Natural Hazard Using a CGE Model”, *South western Economic Review*, Vol. 32, pp.101-124.
- Harrison, W. Jill and K.R. Pearson (1993), “Implementing Levels Models Directly using GEMPACK,” GEMPACK document GPD-4 (First edition), Impact Project, Monash

- University.
- Hertel, Thomas W.ed. (1997), *Global Trade Analysis Modeling and Applications*, Cambridge University Press.
- Higashi-Shiraishi, Akiko (2014), “Impacts of electric supply shortage in Japan simulated by the GTAP, GTAP-E, and revised GTAP-E models”, *Journal of Business and Economics*, issue 4, 550-571.
- Horridge, Mark (2000), “ORANI-G : A General Equilibrium Model of the Australian Economy”, *Preliminary Working Paper* No. OP-93, Monash University.
- Horridge, Mark and Ken Pearson (2011), “Systematic Sensitivity Analysis with Respect to Correlated Variations in Parameters and Shocks”, GTAP Technical Paper No. 30, Center for Global Trade Analysis, Purdue University.
- Ianchovichina, Elena and Robert McDougall (2000), “Theoretical Structure of Dynamic GTAP”, GTAP Technical Paper No.7, Center for Global Trade Analysis, Purdue University.
- Ianchovichina, Elena and Terrie L.Walmsley ed. (2012), *Dynamic Modeling and Applications for Global Economic Analysis*, Cambridge University Press.
- International Energy Agency (2012), *World Energy Outlook 2012*.
- (2011), *World Energy Outlook 2011*.
- (2010), *World Energy Outlook 2010*.
- (2010), *Energy Balances of OECD Countries*.
- Keller, Wouter J. (1980), *Tax Incidence*, North-Holland.
- Lee, Huey-Lin (2008), “The Combustion-based CO2 Emissions Data for GTAP Version 7 Data Base”, GTAP Resource No.1143, Center for Global Trade Analysis, Purdue University.
- Light, Miles K., Charles D. Kolstad and Thomas F. Rutherford (1999, “Coal Markets, Carbon Leakage and the Kyoto Protocol”, Working Paper No. 99-23, Center for Economic Analysis, University of Colorado at Boulder.
- Lofgren, Hans, Rebecca Lee Harris, Sherman Robinson with assistance from Marcelle Thomas and Moataz El-Said (2002), *A Standard Computable General Equilibrium (CGE) Model in GAMS*, International Food Policy Research Institute.
- McDougall, Robert (2003), *A New Regional Household Demand System for GTAP (Revision 1)* (GTAP Technical Paper No.20), Center for Global Trade Analysis, Purdue University.
- McDougall, Robert (2009), “Elasticities of Substitution in Nested CES Systems”, GTAP Research Memorandum No.16, Center for Global Trade Analysis, Purdue University.
- McDougall, Robert and Alla Golub (2009) “GTAP-E : A Revised Energy-Environmental Version of the GTAP Model,” GTAP Resource No.2959, Center for Global Trade Analysis, Purdue University.

- New York State Senate Finance Committee (2002), *Financial Impact of World Trade Center Attack Prepared by DRI-WEFA*.
- Paltsev, Sergey, John M. Reilly, Henry D. Jakoby, Richard S. Eckaus, James McFarland, Marcus Sarofim, Malcolm Asadoorian and Muatafa Babiker (2005), *The MIT Emission Prediction and Policy Analysis (EPPA) Model : Version 4.*, MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change, Report No. 125, MIT.
- Pearson Ken and Mark Horridge (2010), *Systematic Sensitivity Analysis Help*.
- Rose, Adam and Gauri-Shankar Guha (2004), "Computable General Equilibrium Modeling of Electric Utility Lifeline Losses from Earthquakes," in Y. Okuyama et al. (eds.), *Modeling Spatial and Economic Impacts of Disasters*, Springer-Verlag.
- Rose, Adam and Shu-Yi Liao (2005), "Modeling Regional Economic Resilience to Disasters : a Computable General Equilibrium Analysis of Water Service Disruptions," *Journal of Regional Science*, Vol 45, pp.75-112.
- Rose, Adam, Shu-Yi Liao and Gbadebo Oladosu (2007), "Business Interruption Impacts of a Terrorist Attack on the Electric Power System of Los Angeles: Customer Resilience to a Total Blackout," *Risk Analysis*, Vol. 27, pp.513-531.
- Shoven, John B. and John Whalley (1992), *Applying General Equilibrium*, Cambridge University Press. (小平裕訳 (1993) 『応用一般均衡分析—理論と実際』、東洋経済新報社。
- Viñals, Jose M. (1984), "Energy-Capital Substitution, wage flexibility and aggregate output supply," *European Economic Review*, Vol. 26, pp.229-245.