

津波限界とホタル類の生息地との関連性について

岡 村 穰

2011年3月11日に発生した巨大津波を伴った東日本大震災によって、東北太平洋沿岸地域の生物の生息環境が大きく変化した。全国ホタルガイドマップ(2004)に記された東北太平洋沿岸の4地域のホタル生息地の震災後の状況を調査し、津波被災地域と照合した。その結果、自然発生しているホタルの生息地は東日本大震災の津波限界付近あるいはその上流にあり、飼育・放流を繰り返していた場所は津波被害を受けたことが認められた。水質を良くしてカワニナを育て幼虫の放流を繰り返しても自然発生しない場所では、地中の津波堆積物や太古の海水の影響を再検討する必要があると思われる。

キーワード：津波限界・ホタル・自生地

1. 津波限界とホタル生息地

2011年3月11日の日本観測史上最大となるマグニチュード9.0の平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震に伴って発生した東日本大震災によって、岩手県三陸南部・宮城県・福島県浜通り北部では巨大津波の高さが8m-9mと、関東・東北地方の太平洋沿岸の各地に甚大な被害をもたらした。2014年1月10日時点で、震災による死者・行方不明者は18,524人、建築物の全壊・半壊は合わせて39万9,284戸が公式に確認されている。日本政府は震災による直接的な被害額を16兆から25兆円と試算し、世界銀行の推計では、自然災害による経済損失額の大きさでは史上第1位とされている¹⁾。また、東北太平洋沿岸地域の生物の生息環境も大きく変化したと言われている¹⁾。

筆者は、全国ホタルマップ²⁾に記された東北太平洋沿岸地域のホタル生息地の震災後の状況を調査するために、2011年7月に、1) 宮城県気仙沼市役所前、2) 岩手県釜石市唐丹(とうに)町、3) 岩手県上閉伊郡大槌町大槌川及び小槌川流域、及び4) 岩手県宮古市閉伊(へい)川河川敷ふれあい公園ほたるの里の4か所を訪問し、津波被災地域と照合した³⁾。

1) 宮城県気仙沼市のホタル生息地は面瀬川流域・鹿折川上流・八瀬川流域と記載されており、ホタルマップの地図に記された観察スポットである気仙沼市役所前の清龍寺境内の森は、周辺に清流や圃場が見られなく記述されたゲンジボタルやヘイケボタルの生息地ではなくてヒメボタルの生息地であると思われる。当地は津波被害を受けた様子が見られなかった気仙沼市役所本庁舎、市立気仙沼小学校や市立気仙沼中学校などと同じ段丘面にある(図1)。

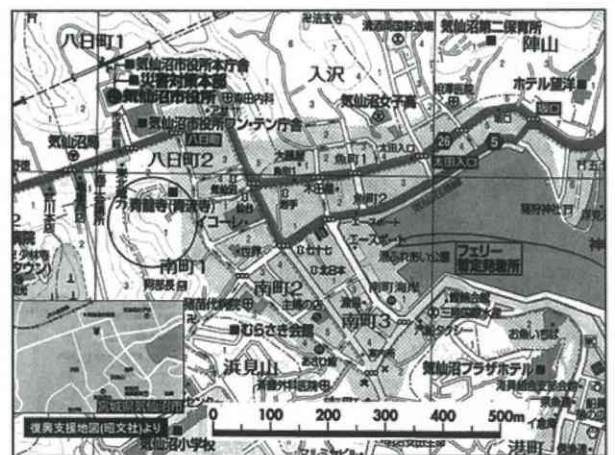


図1. 宮城県気仙沼市の津波被災範囲(灰色)と全国ホタルマップ²⁾に記されたホタル生息地(○印)

一方、3 m程度下った下面の段丘上にある市役所ワンテン庁舎、市役所前を通る東浜街道及び街道沿いの八日町商店街付近は、1 階部分が軒並み津波の被害を受けており、当地はホタルの生息地がギリギリのところまで津波被害に遭わなかった例である(写真－1.1)。なお、東日本大震災の津波によって魚浜町の港から北に 750mも離れた場所に運ばれてきた 330 トンの巻き網船の第十八共徳丸は、市役所から約 1.3km 北東の位置にあり、2015 年 7 月に再訪した際も既に瓦礫が片づけられた鹿折地区にまだ残されていた(写真－1.2)。

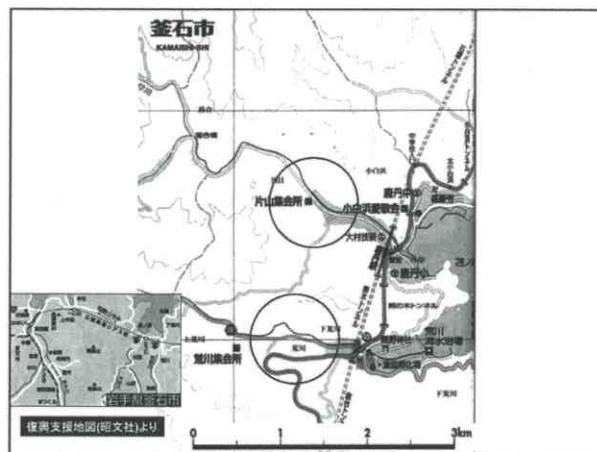


写真－1.1. 気仙沼市役所前のホタル生息地 (2011 年 7 月撮影)



写真－1.2. 気仙沼市鹿折地区に打ち上げられた漁船 (2013 年 7 月撮影)

2) 岩手県釜石市唐丹町のホタル生息地は、三陸鉄道南リアス線唐丹駅を挟んで、北側を東に流れる片津川流域及び南側を東に流れる熊野川流域の水田地帯にあり、多くのヘイケボタルに混じってゲンジボタルも見られるとの記載がある (図 2)。

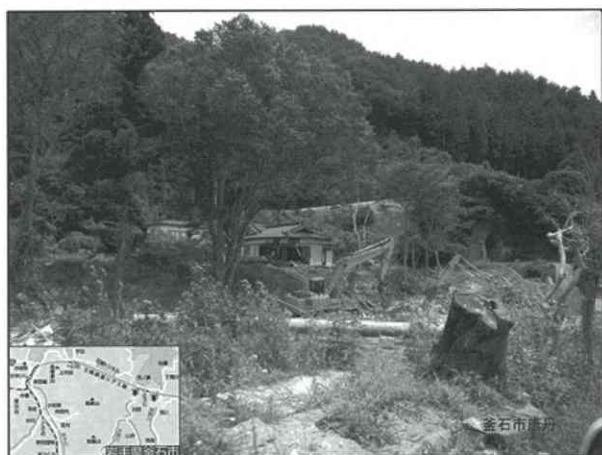


図－2. 岩手県釜石市唐丹(とうに)町の津波被災範囲 (灰色) と全国ホタルマップ²⁾ に記されたホタル生息地 (○印)

観察スポットである片津川沿いの唐丹駅から約 1 km 上流の片山地区(写真－2.1)及び熊野川沿いの南リアス線熊の木トンネル南口から数百 m 上流の荒川地区(写真－2.2)はそれぞれ津波被害に遭っていたが、両地点とも数十 m 上流にはそれぞれ「津波限界」を示す標識が見られた。

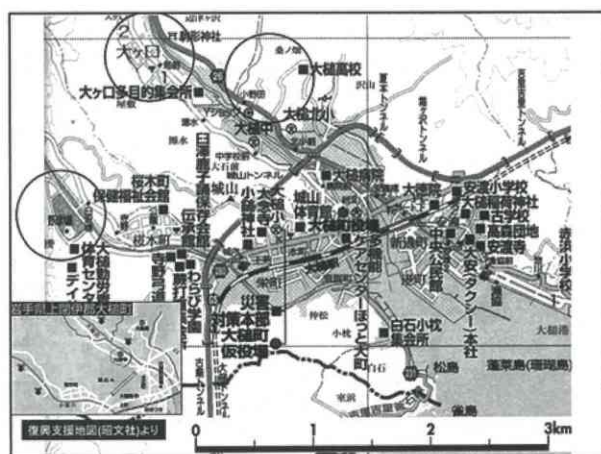


写真－2.1. 釜石市唐丹町片山地区の片津川沿いのホタル生息地付近 (2011 年 7 月撮影)



写真－2. 釜石市唐丹町荒川地区の熊野川沿いのホタル生息地付近 (2011 年 7 月撮影)

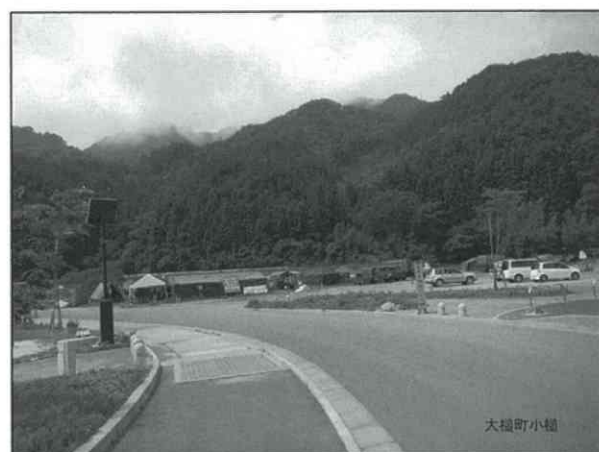
3) 岩手県上閉伊郡大槌町大槌川及び小槌川流域のホタル生息地は、城山を挟んで北側を南東に流れる大槌川沿い及び南側を東南東に流れる大槌川沿いにあり、ヘイケボタルは町内各地に生息しており、ゲンジボタルは小槌徳並地区に生息していると記されている (図3)。



図－3. 岩手県上閉伊郡大槌町大槌川及び小槌川流域の津波被災範囲 (灰色) と全国ホタルマップ²⁾ に記されたホタル生息地 (○印)

小槌徳並地区がどこなのか見つけられなかったが、野球場のある「ふれあい運動公園」周辺にゲンジボタルの生息地がある。当地は津波限界から約 1 km 上流にあり、訪問

した 2011 年 7 月は、陸上自衛隊の救援基地になっており仮設浴場などのあるテントが張り巡らされていた (写真－3.1)。大槌町役場と書かれた駐車中の車に乗員二名がおり、ホタル生息地の話を尋ねたが、神戸市から派遣されてきたので分からないとのことであった。公園に孫と散歩に来ているお年寄りにも同様に尋ねたが、海岸近くからの避難者なので分からないとの回答であった。一方、大槌川流域のヘイケボタルが生息するという水田地帯は、津波被害を免れており、小槌地区と同様に早々に仮設住宅が建設されていた (写真－3.2)。



写真－3. 1. 岩手県上閉伊郡大槌町小槌川流域のホタル生息地 (2011 年 7 月撮影)



写真－3. 2. 岩手県上閉伊郡大槌町小槌川流域のホタル生息地 (2011 年 7 月撮影)

4) 岩手県宮古市閉伊(へい)川河川敷のふれあい公園ほとるの里は、宮古市の中心市街地近くの津波被害を受けた閉伊川右岸河川敷内にある(図4)。2003年6月に宮古ほとるの里を作る会が中心となって、宮古市の市街地にある閉伊川河川敷公園にふれあいビオトープが完成し、その年の冬にビオトープに鮭が遡上して産卵したことが東京の教科書に取り上げられ、観察会やコンサートやシンポジウムも開催し、市内小学校のホタル飼育の支援活動も行われたとの報告がある⁴⁾。

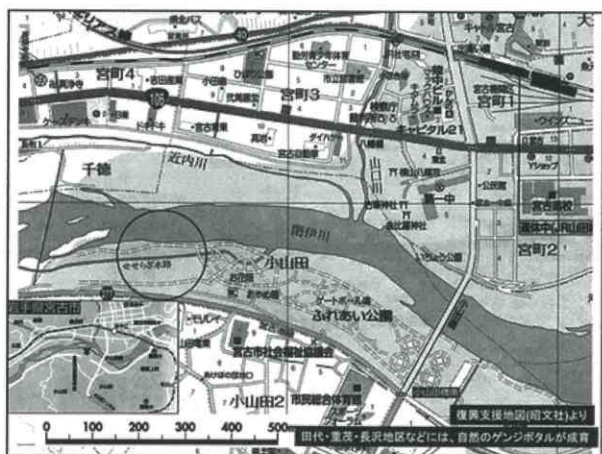


図4. 岩手県宮古市閉伊川ふれあい公園の津波被災範囲(灰色)と全国ホタルマップ²⁾に記されたホタル生息地(○印)



写真4. 岩手県宮古市閉伊川ふれあい公園のホタル生息

地(2011年7月撮影)

当該ビオトープにはゲンジボタルの餌となるカワニナは生息していたが、ゲンジボタルの自然発生は行われておらず、「ホタルコンサート」の記録も2010年9月から途絶えている。宮古市内でも山間部の田代・重茂・長沢の各地区にはゲンジボタルの自然発生が認められている。2011年の訪問時は、ホタルの里を示す石碑は残されていたが、木製の看板は壊れ、水路は泥に埋まって、ビオトープらしきものは見つからなかった(写真4)。津波被害を受けた閉伊川河川敷ふれあい公園ビオトープでの自然発生を目指すホタル再生活動は難しいと思われる。

地震が連動して生じた巨大津波による被害について、仙台平野や石巻平野で生じることは予測されていた⁵⁾。隣り合う地震が連動して巨大地震及び巨大津波になることは2004年のスマトラアンダーマン地震で生じており、869年の貞観地震が連動型の巨大地震で、仙台平野で当時の海岸線から2~3km内陸まで浸水し、石巻平野でも西部で内陸約3km及び東部で同約2.5kmの浸水域があったことが認められ、その他、14世紀及び1611年の慶長地震による石英に富む津波堆積物は約1km内陸までそれぞれ及んでおり、河川による洪水被害が及ばない場所では地下深さ50cm以内に分布していることが報告されている。津波堆積物は不淘汰な中粒~粗粒の砂からなり、貝殻片や有孔虫を含み、下位の地層を侵食して覆うという特徴があることを示す⁶⁾。東日本大震災による津波被害は869年の貞観地震による津波被害に匹敵すると言われており、貞観地震による津波限界の位置もおそらく東日本大震災による津波限界と同等で、石英砂や海生生物遺骸に富む津波堆積物が三陸地方の各地に残されており、海岸近くのホタル自生地と津波限界とは無関係でないと思われる。

2. 日本に生息するホタルの系統

世界のホタルは、亜種も含めて2,795種がおり、熱帯・温帯地方の湿潤な地域に分布して、そのほとんどが陸生の

ホタルで、幼虫期を水中で過ごす水生のホタルは 16 種しかいない。わが国には約 54 種が生息しており、そのほとんどが陸生で、水生ホタルとしてゲンジボタル(*Luciola cruciata*)、ヘイケボタル(*Luciola lateralis*)及びクメジマボタル(*Luciola owadai*)の 3 種類が知られている。また、陸生のホタルで日本固有種として九州、四国、本州の平地から山地にかけて生息するヒメボタル(*Luciola parvula*)が一般によく知られている⁷⁾。

ホタルの分子系統と遺伝的分化について、比較的進化速度の速いミトコンドリア DNA 内の NADH 脱水素酵素サブユニット 5 遺伝子の塩基配列を用いて分子系統解析を行い、遺伝的類縁関係が調べられている^{8),9),10)}。水生ホタルとして日本に生息するゲンジボタル、ヘイケボタル及びクメジマボタルの 3 種は台湾産水生ホタル(*Luciola ficta*)と同じクラスターに分類され、日本を始め朝鮮半島やシベリアに広く分布するヘイケボタルとは異なり、ゲンジボタルは台湾産水生ホタル→クメジマボタル→ゲンジボタルの順に分化し、東南アジアから分布が広がり、日本列島では北九州から遺伝的分化が始まり、北九州から本州へ北上しフォッサマグナ地帯で西日本型と東日本型に分化したルート及び北九州から南九州へ分化したルートの 2 ルートを辿った⁸⁾。北海道から九州まで日本全国に分布するヘイケボタルは北海道と本州の遺伝的分化が見られず、進化の経路も不明であるが、地理的に異なった地域毎にそれぞれ進化した⁹⁾。一方、ヒメボタルは北海道を除く本州から九州まで分布し、水生ホタルに比べて約 3～4 倍の遺伝的変異を示し、体の大きさと遺伝的関連性は認められていない¹⁰⁾。ヒメボタルはシベリアまたは朝鮮半島から日本列島に侵入し、まず東北から近畿までの地域に分布を広げ、さらに中国・四国・九州へと分化しており、南方から分布を広げたゲンジボタルの遺伝的経路とは異なると推論されている¹¹⁾。津波被害を免れた三陸沿岸地方のホタルは、北海道を除く本州から九州までの地域に生息するホタルと同じ遺伝的性質を持つ種である。

3. ホタルの生息環境

ゲンジボタルの生息環境条件について、簡易水質測定器パックテスト®(株共立理化学研究所)を使って調べた理想的な川の水質は、pH: 7.2～8.2、COD: 限りなく 0 (mg/L)、NO₂: 限りなく 0 (mg/L)、Ca: 50～150 (mg/L)、Mg: 5～15 (mg/L)、Fe: 0.5 (mg/L)、PO₄: 限りなく 0 (mg/L)、NH₃: 限りなく 0 (mg/L)、残留塩素: 限りなく 0 (mg/L)で、9-10 月の現地調査での測定時の水温は 18.0℃で、流速は 19.5cm/sec であった¹²⁾。ヘイケボタルの生息環境条件について、5 月下旬から 9 月上旬までと発生期間が長いために発生場所が季節的に推移し、多様な水辺環境が存在することが活発な個体群を維持する要因となり、具体的な水質条件は不明であるが、1. 湧水による通年の湿地状態の維持、2. 人工照明が届きにくい、3. 湿地として利用される複数の谷筋がある、4. 湿田・水路・放置水田など多様な水辺環境があること、の 4 条件を挙げている¹³⁾。ヒメボタルは、水生ホタルが生息場所を種によって棲み分けしているのとは異なり、いくつかの種と混在して生活しており、餌である貝類の種類を食べ分けている¹⁴⁾。また、水生ホタルの生息環境整備手法として水環境・水際環境・周辺環境・生物環境を整備することが必要で、さらに中詰土があるホタルブロック・柔らかい土を確保して土蔵を育てる蛹化溝・カワニナの餌になる珪藻を育てる SB ライトの使用が推奨されている¹⁵⁾。

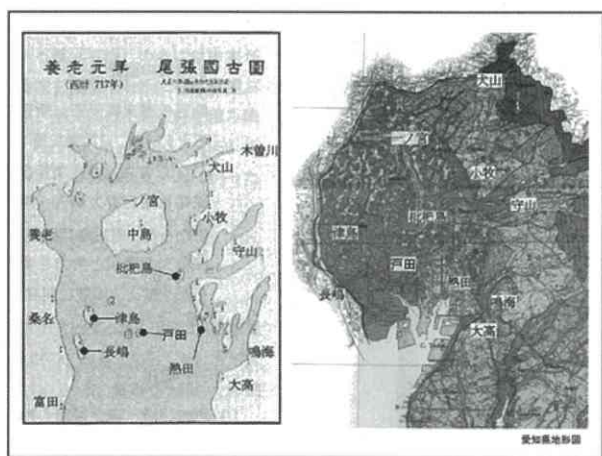
4. 環境 DNA とホタル

近年、DNA の特定領域の塩基配列をデータベース化して、生物の検索・同定ツールとして用いられるようになった DNA バーコーディング技術が急速に普及している。動植物の個体群動態や繁殖生態の研究ばかりでなく、多種間の生物間相互作用扱う群集生態学などにおいて、被食者―捕食者、寄種―寄生者など種間関係を種レベルで網羅的に同定できるようになった¹⁶⁾。土木分野では、日本 DNA デ

ータバンク(DDBJ)内のデータベースを用いて、突然越冬を始めた海藻を対象に、東京湾内の干潟で採集されたアオサの種の同定に用いられた¹⁷⁾。野生動物による農作物被害の防止対策調査や環境アセスメントの生態系調査にもDNA バーコーディング技術が用いられるようになった。野外で採取したノウサギの糞から個体の識別や雌雄の判定もでき、餌植物の推定も可能で、同様の方法で哺乳類だけでなくバッタなどの昆虫の糞からも餌植物が同定できる^{18), 19)}。また、土壌中から細菌や糸状菌のDNAを抽出して土壌中の微生物群集の解析方法が詳しく総説されている²⁰⁾。土壌汚染対策に土壌微生物を使うバイオレメディエーションにも、各種の土壌DNA抽出用の市販キットの性能を比較し²¹⁾、市販キットで抽出困難な火山灰由来土壌のDNA抽出法も提案されている²²⁾。近年は、土壌の種類や肥沃度の違いによって土壌中の細菌・糸状菌・線虫の構成比が異なることも報告されている²³⁾。特にヒメボタルの若齢幼虫の餌や幼虫の居場所について不明な点が多く、生息地における環境DNAの分析が待たれている。

5. 名古屋のホタル事情

太古の尾張平野はほとんど海で、枇杷島・津島・長島などが点在し、名古屋城から熱田神宮にかけては半島になっていたと後世の人が描いた資料がある(図5)。



図ー5. 太古の尾張地域を想像して描かれた尾張國古図(左、出典不明)及び現在の地形図(右)

熱田神宮は海に浮かぶ蓬莱島と称され、名古屋城は京都から熱田神宮の左に見えるので蓬左城と称されている。

名古屋城外堀は全国的に有名なヒメボタルの自生地で、名古屋市の東半分にあたる尾張東部丘陵地域にもヒメボタルの自生地が多く点在する。東北端の守山区東谷山周辺にはゲンジボタルも自生している。また、守山区の小幡緑地では、当初は放流していたゲンジボタルが自生できるようになった。一方、海水が入る新堀川の掘削土を使った鶴舞公園は、かつて何度もゲンジボタルの放流を試みたが自生しなかった。海に近い熱田神宮でも同様で、現在は放流を中止している。三河湾に浮かぶ佐久島(最高地点 38m)・日間賀島(同 30m)・篠島(同 48m)にヘイケボタルは生息しているが、ヒメボタルは篠島のみに生息する²⁴⁾。日本固有種のゲンジボタルとヒメボタルは、太古の津波情報を感知しているのではないかと。現在、日本各地でゲンジボタルを放流した観賞会が行われているが、水質を良くしてカワニナを育て放流を繰り返しても自生しない場所では、地中の津波堆積物や太古の海水の影響を再検討する必要があると思われる。昔はどこにでもいたヘイケボタルは、名古屋市内では絶滅したと言われている。都会でのホタルの絶滅は乾燥化や水質悪化のみが原因なのか？伊勢湾台風(1959)の高潮被害の影響は？土木工事などで海岸部から大量に運ばれてきた土砂の影響は？都市の生態系は絶滅の危機に瀕しているが、その再生には地中や構造物内の海成堆積物の影響についても考える必要があると思われる。

参考文献

- 1) <http://ja.wikipedia.org/wiki/東日本大震災>
- 2) NPO ホタルの会(2004) 全国ホタルガイドマップ, pp. 122-125.
- 3) 昭文社編集部(2011) 東日本大震災 復興支援地図
- 4) 佐々木 剛(2010) 平成 21 年度シンポジウム開催報告「水圏環境リテラシーと地域振興」,「大学における社会連携」, 水圏環境教育研究誌, 第 3 巻, pp. 61-109.

- 5) 宋倉正展、澤井祐紀、岡村行信、小松原純子、Tan Tin Aung、石山達也、藤原 治、藤野滋弘(2007) 石巻平野における津波堆積物の分布と年代、活断層・地震研究報告, 第7号, pp. 31-46.
- 6) 岡橋久世、吉川周作、三田村宗樹、兵頭政幸、内山 高、内山美恵子(2000) 三重県鳥羽市相違の歴史津波堆積物、日本地質学会学術大会講演要旨, 第107号, p. 204.
- 7) 藤井千春(2013) 光る生きものを取り巻く環境, 岩手県立博物館第64回企画展示図録, pp. 13-26.
- 8) 草桶秀夫、日和佳政(2002) ホタルの分子系統と遺伝的分化, 昆虫と自然, 第37巻, pp. 16-22.
- 9) 日和佳政、馬場弘孝、草桶秀夫(2004) 遺伝子から見たヒメボタルの変異と分化, 全国ホタル研究会誌, 第35号, pp. 37-41.
- 10) 日和佳政、吉川貴浩、井出幸介、草桶秀夫(2004) ミトコンドリアND5遺伝子の塩基配列から推定されたヘイケボタルの種内変異と分子系統, 日本昆虫学会和文誌「昆蟲ニューシリーズ」, 第7巻, pp. 11-20.
- 11) 草桶秀夫(2005) ホタルの発光と系統進化—系統的遺伝子解析から種分化の足跡を探る, 科学と生物, 第43巻, pp. 351-353.
- 12) 矢部加奈、草間淳平、永田良美、藤沢 和(2010) 飛森谷戸におけるホタルの生息環境についての研究, 日本景観学会誌, 第11巻, pp. 29-31.
- 13) 大澤啓志、勝野武彦、世良和浩(2005) 都市域の谷戸におけるヘイケボタル・クロマドボタルの生息環境について, 日本緑化工学会誌, 第31巻, pp. 187-189.
- 14) 小俣軍平(2000) 陸生ホタルの現状について, 昆虫と自然, 第35巻, pp. 8-11.
- 15) 荒木辰彦、大久保章雄(2002) ホタルの生息環境に関する調査, 月刊建設, 第46巻, pp. 48-50.
- 16) 長谷川雅美、梨本 真、松木吏弓、伊藤元己(2008) エンドユーザーからみたDNAバーコードプロジェクトの将来展望, 日本生態学会誌, 第58巻, p. 103.
- 17) 矢内栄二(2007) DNA解析と土木, 実験力学, 第7巻, p. 183.
- 18) 松木吏弓(2008) DNA解析を利用した野生動物調査法, 農業電化, 第61巻, pp. 16-18.
- 19) 松木吏弓(2009) 糞DNAを利用したノウサギの個体数推定, ランドスケープ研究, 第73巻, p. 45.
- 20) 星野裕子、長谷部亮(2005) 土壌からのDNA抽出法, 環境バイオテクノロジー学会誌, 第5巻, pp. 43-53.
- 21) 加藤芳章、内田真理子、青木智子、野村暢彦、中島敏明、内山裕夫(2010) 各種市販キットを用いた土壌の抽出DNAおよび細菌叢解析結果の比較, 環境バイオテクノロジー学会誌, 第10巻, pp. 109-114.
- 22) 竹内絵美、内田真理子、小野里奈、野村暢彦、中島敏明、内山裕夫(2010) DNA抽出が困難な土壌の細菌叢解析およびその問題点, 環境バイオテクノロジー学会誌, 第10巻, pp. 115-119.
- 23) Zhihua BAO, Yoko IKUNAGA, Yuko MATSUSHITA, Sho MORIMOTO, Yuko TAKADA-HOSHINO, Hiroaki OKADA, Hirosuke OBA, Shuhei TAKEMOTO, Shigeru NIWA, Kentaro OHIGASHI, Chika SUZUKI, Kazunari NAGAOKA, Makoto TAKENAKA, Yasufumi URASHIMA, Hiroyuki SEKIGUCHI, Atsuhiko KUSHIDA, Koki TOYOTA, Masanori SAITO, and Seiya TSUSHIMA(2012) Combined Analyses of Bacterial, Fungal and Nematode Communities in Andosolic Agricultural Soils in Japan, Microbes and environments, Vol.27, pp. 72-79.
- 24) ヒメボタルサミット in 愛知実行委員会(2002) ヒメボタルってどこにいるの? 愛知県内, 第一回ヒメボタルサミット in 愛知—自然が身近でピカッ! 報告書, p. 57