

## ホテルがある都市の生態系が必要とする栄養素について

名古屋市立大学大学院芸術工学研究科

教授 岡村 穰

### 1. 津波限界とホテル生息地

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と言われている。筆者は、全国ホテルマップ<sup>1)</sup>に記された東北太平洋沿岸地域のホテ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) 同上閉伊郡大槌町大槌川及び小槌川流域、及び 4) 同宮古市閉伊(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<sup>2)</sup>。

1) 宮城県気仙沼市のホテ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、ホテ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た。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)。一方、3m程度下の段丘上にある市役所ワントン庁舎、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、当地はホテルの生息地がギリギリのところでは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



写真1.1. 気仙沼市役所前のホテル生息地  
(2011年7月撮影)



図1. 宮城県気仙沼市の津波被災範囲 (灰色) とホテル生息地 (○印)



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)

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月に再訪した際に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)。

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)。観察スポットである片津川沿いの唐丹駅から約1km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。

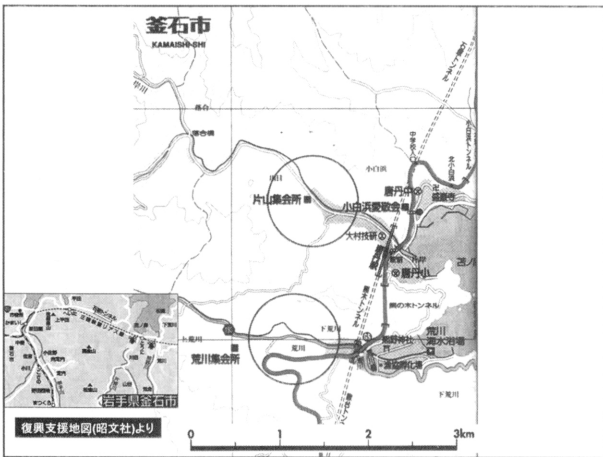


図2. 岩手県釜石市唐丹(とうに)町の津波被災範囲(灰色)とホタル生息地(○印)

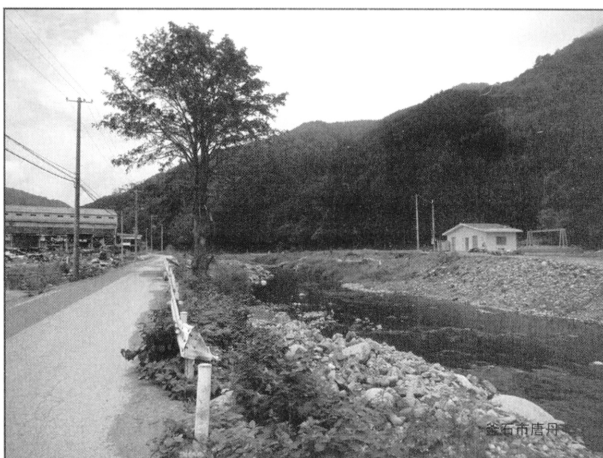


写真2.1. 釜石市唐丹町片山地区の片津川沿いのホタル生息地付近(2011年7月撮影)



写真2.2. 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であり、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)。小槌徳並地区がど

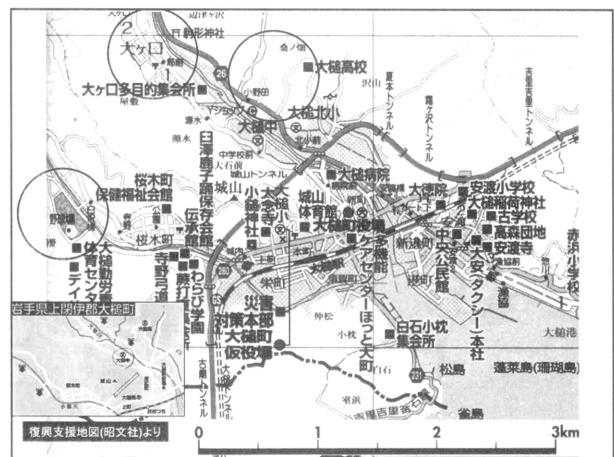


図3. 岩手県上閉伊郡大槌町大槌川及び小槌川流域の津波被災範囲(灰色)とホタル生息地(○印)

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、ホテ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



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)

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)。

4) 岩手県宮古市閉伊(へい)川河川敷のふれあい公園ほたるの里は、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月に宮古ほたるの里を作る会が



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)とホテル生息地(○印)

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、市内小学校のホテル飼育の支援活動も行われたとの報告がある<sup>3)</sup>。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、「ホテルコンサート」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、ホテ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テル再生活動は難しいと思われる。



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)

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<sup>4)</sup>。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<sup>5)</sup>。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. ゲンジボタル・ヘイケボタル・ヒメボタル

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<sup>6)</sup>。

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<sup>7)8)9)</sup>。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ルートを通った<sup>7)</sup>。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<sup>8)</sup>。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、体の大きさとの遺伝的関連性は認められていない<sup>9)</sup>。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<sup>10)</sup>。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)，NO<sub>2</sub>：限りなく0 (mg/L)，Ca：50～150 (mg/L)，Mg：5～15 (mg/L)，Fe：0.5 (mg/L)，PO<sub>4</sub>：限りなく0 (mg/L)，NH<sub>3</sub>：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<sup>11)</sup>。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<sup>12)</sup>。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ているのと異なり、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<sup>13)</sup>。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繭を育てる蛹化溝・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<sup>14)</sup>。

#### 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<sup>15)</sup>。土木分野では、日本DNAデータベース (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<sup>16)</sup>。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<sup>17)18)</sup>。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<sup>19)</sup>。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<sup>20)</sup>、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<sup>21)</sup>。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<sup>22)</sup>。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

太古の時代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、現在の名古屋城から熱田神宮にかけては半島になっており、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する(図5)。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

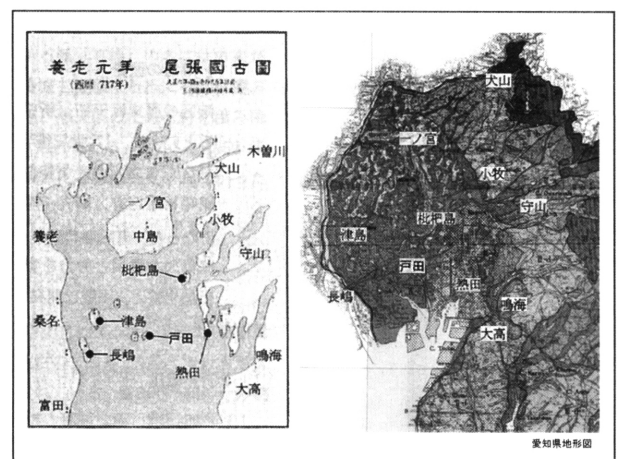


図5. 太古の尾張地域を想像して描かれた尾張国古図(左, 出典不明)及び現在の地形図(右)

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である。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？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。都会でのボ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。

## 6. 参考文献

- 1) NPOボタルの会（2004）全国ボタルガイドマップ，pp.122-125.
- 2) 昭文社編集部（2011）東日本大震災 復興支援地図
- 3) 佐々木剛（2010）水圏環境教育研究誌，第3巻，pp.61-109.
- 4) 穴倉正展ら（2007）活断層・地震研究報告，第7号，pp.31-46.
- 5) 岡橋久世ら（2000）日本地質学会学術大会講演要旨，第107号，p.204.
- 6) 藤井千春（2013）岩手県立博物館第64回企

## 画展示図録

- 7) 草桶秀夫，日和佳政（2002）昆虫と自然，第37巻，pp.16-22.
- 8) 日和佳政ら（2004）全国ボタル研究会誌，第35号，pp.37-41.
- 9) 日和佳政ら（2004）日本昆虫学会和文誌「昆虫ニューシリーズ」，第7巻，pp.11-20.
- 10) 草桶秀夫（2005）科学と生物，第43巻，pp.351-353.
- 11) 矢部加奈ら（2010）日本景観学会誌，第11巻，pp.29-31.
- 12) 大澤啓志ら（2005）日本緑化工学会誌，第31巻，pp.187-189.
- 13) 小俣軍平（2000）昆虫と自然，第35巻，pp.8-11.
- 14) 荒木辰彦・大久保章雄（2002）月刊建設，第46巻，pp.48-50.
- 15) 長谷川雅美ら（2008）日本生態学会誌，第7巻，p.89.
- 16) 矢内栄二（2007）実験力学，第7巻，p.183.
- 17) 松木吏弓（2008）農業電化，第61巻，pp.16-18.
- 18) 松木吏弓（2009）ランドスケープ研究，第73巻，p.45.
- 19) 星野裕子・長谷部亮（2005）環境バイオテクノロジー学会誌，第5巻，pp.43-53.
- 20) 加藤芳章ら（2010）環境バイオテクノロジー学会誌，第10巻，pp.109-114.
- 21) 竹内絵美ら（2010）環境バイオテクノロジー学会誌，第10巻，pp.115-119.
- 22) BAO Zhihua（2012）Microbes and environments，Vol.27，72-79.