

研究者の地域貢献

山口大学大学院 理工学研究科 教授 関根雅彦

1. はじめに

2009年に日本国際賞を受賞されたメドウズ博士をご存じだろうか。博士は70年代にローマクラブの依頼を受けてMITでシステムダイナミクスモデルを用いて地球の行く末をシミュレーションし、有名な「成長の限界」を著した。「宇宙船地球号」や「持続可能」といった、今では誰でも知っている「エコ」な考え方の嚆矢こうしとなった方である。筆者は大学院の授業「環境システム工学特論」の1コマで博士の研究について講義を行っていることから、博士が70年代に計算した結果と、現在の地球環境問題の様相が大変類似していることに気づいた。

博士の計算によれば、人間は資源を浪費して環境汚染を引き起こし続け、21世紀の半ばに人口がピークに達したのち、急激に人口を減らしてしまう。たとえ資源が実際より豊富にあったとしても、この結末はほとんど変わらない。資源を節約・再利用し、土地の生産性を高め、環境問題に対処し、人口を抑制してはじめて、急激な人口減の起こらない「持続可能」な解に達することができる。

先に述べたように、この計算は70年代に行われたものである。私はそうした計算結果があることは知っていたものの、その後世界各地で様々な環境に対する取り組みがなされ、事態が少しは好転したのではないかと思ひ込んでいた。

しかしながら、近年のCO₂の増加曲線、人口の増加曲線を見ると、博士の計算そのままではないかと思われた。博士の計算は今も重要性を失っていないとの観点で、数年前に博士を日本国際賞に推薦しておいたところ、審査委員会でもそのように判断されたとみえて、先の受賞となったのである。

何人の方が博士を推薦したのかは知らないが、私も推薦者の一人として、天皇陛下の臨席される授賞式に出席する機会を得た。この受賞記念講演会で、博士は、やはり件の計算くだんは今も有効である、今後30年やそらのうちに、急激な人口減の時代がやってくる、と述べられた。静まり返る会場……。しかし、そのあと博士は、「科学者は、この時代に生きられることを喜びなさい」と続けた。なぜならば、誰も経験したことのない未曾有の災厄の中、科学者の助言が最も重視される時代が来るのだから。だから科学者は、その時に備え、しっかり研究を重ねておかないといけない、というのである。

それが一昨年いっさねんの春のこと。そして、噴火と鳥インフルエンザで始まり、地震、津波、原発事故へと続く今年の災厄を考えると、21世紀半ばを待たずして、既に災厄の時代に突入した感がある。今まさに、科学者の真価が問われていると言えるだろう。

翻って本稿である。実は本稿は、水環境学会誌平成23年3月号企画「豊かな地域社会・水環境づくりへの大学研究者の技術・人材貢献」に掲載した記事に加除修正を加えたものである。本稿の依頼を受けたころ、水環境学会の執筆依頼もほぼ同時に受けた。筆者が関わってきたふしのがわ樞野川におけるホテルの再生プロジェクトを中心に、筆者の地域貢献活動の経験について書いてほしいということである。この2つの依頼をうまく組み合わせれば手間が省けるといふ不埒な思いで稿を進めてきた。しかし、本稿締切直前、大震災が東北を襲い、終息の見えない原発事故を目の当たりにするに及んで、科学者の貢献や責任というものについて再度考えさせられることとなった。早い話、本稿で取り扱っているホテル再生

という「地域貢献」の重大性について、自信が持たなくなったのである。

筆者の研究室の前々任教授で、当協会理事でもあった中西弘教授は、「環境は平和なときの学問だ」としばしばおっしゃっていた。福島原発では、より大規模な被害を避けるため、「微量」の（しかし平時から見れば大量の）放射性物質を環境に放出しながら、海水の注入が続けられている。平時に行われている、微量の汚染物質を対象とした研究や、「豊かな」環境づくりのための研究は、災厄の時代にはどこかに吹っ飛んでしまう。我々は、本当に必要な研究をしてきたのだろうか？

言い訳はいくつもある。環境研究はもともとニーズドリブンなものであるから、その時々の問題に真摯に取り組むしかない、とか、みんなが同じ方向を向いた研究をしてもしかたがない、とか……。しかし、公害の時代の初期にも、環境研究者は移流拡散ばかり研究していて、公害問題の爆発を予見し、問題を未然に防ぐような研究に目を向けてこなかった、といった批判が聞かれた。災厄の時代を前に、現在も同じことを繰り返しているのではないか？

自分自身が得心できる答えはすぐには見つかりそうもない。最悪の事態を常に頭に置き、目前の問題と長期的な課題の関係を意識しながら今後の研究を考えていくことが必要なのだと思う。

前置きが長くなった。私の「小さな」地域貢献の話を始めよう。

2. 事業の背景

山口県は、古くは室町時代の大内氏の時代から、ゲンジボタルが人々に親しまれてきた。現在でも県内の3水系25河川が国の天然記念物指定河川となっており、中でも山口市の一の坂川ホタル護岸は、わが国最初のホタル護岸の成功例として知られている。しかしその一方で、山口市の中心を流れる樫野川では、過去にホタルが大量発生していた（図1）と伝えられている中流域において、戦後の強力な農薬の出現、河川改修、洗剤の普及などにより急激にホタルが減少し、事業開始時にはまったく見られな



図1 ホタル発生を伝える記事
(昭和16年6月5日防長新聞)

くなっていた。

山口県では、この樫野川中流域にホタルの自生地を再生することを目標に、平成11年～15年にかけて「夢戦略推進調査事業ホタルプロジェクト」、「ほたる飛び交うきららかな川づくり調査事業」を実施した。筆者は平成11年からたまたま一の坂川のホタル護岸の有効性調査を開始していた。この調査結果を行政と山口大学でかねてより実施していた「山口県における河川問題に関する勉強会（官学勉強会河川部門）」で報告したことが、これらの事業に関わるきっかけとなった。

3. 最初のホタル水路の挫折

「夢戦略推進調査事業ホタルプロジェクト」では、平成11年中に、樫野川堤外地でかつてホタルが乱舞していたとされる付近の洲に、ホタル生息場となることを企図した水路を掘削したものの、平水時の流量不足や増水時に河床礫が流されること、滞留とフラッシュの繰り返しによる水質の不安定さ、そしてなにより、ゲンジボタルの唯一の餌料であるカワニナが定着しないなどの問題があった。

筆者は本水路に対してアドバイスを述べる立場にあったが、現場見学の際に水量不足問題に対して思

いつきのように話した、水路横の河岸から河道内に排出される排水路の水を導水したらどうかという意見が、わずかの間に実現されてしまったことに衝撃を受けた。水質や流量など、事前に必要な情報確認をまったく行っていなかったからである。研究者の言葉の重みとでも言うか、行政に対して不用意に発言してはいけないことを痛感した。また同時に、愛好家が多く知見が蓄積されているホタルに比べ、カワナナの生息環境についての情報は極めて少なく、適切なアドバイスがほとんどできないことにも気づかされた。研究者としての無力感を味わうことになったのである。本水路は、改善努力の甲斐もなく平成13年には放棄されることになる。

4. ホタル・カワナナの生息環境の研究

平成13年、「夢戦略推進調査事業ホタルプロジェクト」が「ほたる飛び交うきららかな川づくり調査事業」へと展開するにあわせ、筆者も懸案であるカワナナの生息環境を明らかにすべく、山口県との共同研究を実施することとなった。2年間にわたる榎野川流域を中心とした県内河川の調査を経て、カワナナの生息環境をおおむね明らかにし、HSI(生息場適性指数)としてまとめることができた¹⁾。HSIはHEP(Habitat Evaluation Procedure)²⁾やPHABSIM(Physical Habitat Simulation System)³⁾などの生息場評価ソフトウェアで生息場の質を表すために使用される指標である。

また同時に、文献情報と山口県内の調査をもとにホタル幼虫の水中でのHSIと、ホタル成虫の空間でのHSIを定めた^{1,4)}。

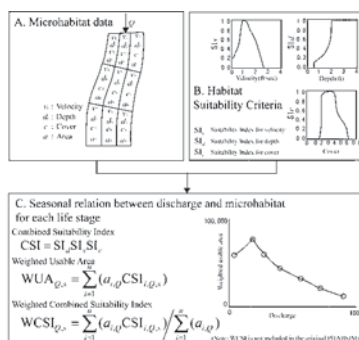


図2 PHABSIMの計算方法
(図中でHSIはHabitat Suitability Criteriaと表記されている)

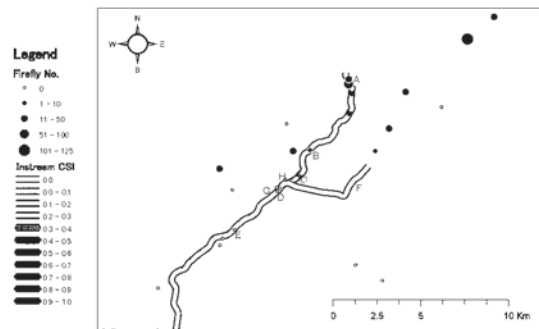


図3 榎野川中流域(E~H)にはホタルの生息適地はほとんどない

このHSIとHEPやPHABSIMと同様の計算手法(図2)を用いて榎野川本川のホタル生息場としての価値を計算したところ、榎野川本川中流部はもはやホタルの生息場として適していないことが明らかになった(図3)⁵⁾。

5. ホタル水路建設地の選定

以上の研究結果を受け、行政では榎野川本川流路内でのホタルの再生は放棄し、榎野川堤外地の高水敷にホタル水路を建設し、別途導水することで、榎野川堤外地内にホタルを飛翔させる方針をとることとした。この方法であれば、流量も河道形状も比較的自由に制御でき、ホタルの生息に良好な環境を創造できる可能性がある。平成15年、この方針に基づきホタル水路建設適地の選定が始まった。筆者としても、これまでの調査の経験から、最適と思われる候補地の心当たりがあり、その地での水路設計がコンサルタントにより行われた。設計にあたっては、筆者らのHSIの情報が参考にされた。

プロジェクトもこうした具体的な段階に進んでくると、地域住民との連携を考えなければならない。当時でも、多自然川型づくりで住民と十分合意をとらないまま草の生えやすい川づくりを行い、竣工後誰も草刈などの管理作業を行わずに荒れてしまう河川があるといった問題が指摘されていた。筆者は多自然型川づくりに関する文章⁶⁾を書いたり、土木学会環境システム委員会で住民参加に関する研究に触れる機会が多かったりした経験から、地域住民に早目に話をするよう行政には伝えていたが、残念ながら十分実行されなかったようだ。設計の終わったホ



上：平成16年2月



下：平成17年3月

写真1 ホタル水路建設前後

タル水路は、いよいよ着工に向けて具体的準備を進める段階で、地域住民に関わる問題にぶつかり、平成15年の秋には頓挫してしまったのである。

土木事業には常に予算と締切が伴う。本事業は平成16年度中に竣工する必要があった。平成15年初冬、水質や水量に対する十分な調査も行われないうまま、急きょ第二の建設候補地が図3のE点付近に選定された(写真1上)。

水路は農業用水の余水吐きからの流水によって堤外地の高水敷に自然に形成されたものを利用している。水路の水源は榎野川本川の1.2km程上流から取水されており、流量は、農業用水の需要の少ない冬期には $0.02\text{m}^3/\text{sec}$ 程度まで低下し、夏期には $0.8\text{m}^3/\text{sec}$ を超えることもあった。流量の低下する冬季には河床にシルトの堆積や枯死した藻類の付着が見られ、ホタルやカワニナにとって良好な環境とは言えなかった。しかし、流量を適切に調節できればシルトの堆積を制御できると判断した。水質については

限られた回数の調査からは問題は発見されなかったが、原水が農地を通過してくるため、農薬の混入についての懸念は残った。しかし、余水吐き直上流部の農業用水路でいくらかホタルの発生が見られたこと、また同じ堰から取水された別の水路で大量のカワニナが発生している地点があることなどから、ホタルが生息できる可能性はあると判断した。

6. ホタル水路の建設

平成15年度冬期は、ホタル水路予定地の環境調査を進める一方、本水路では流量を適切に調整できることが不可欠であるため、行政担当者とともに用水路の水利権者を訪ねて協力を依頼した。この時点で地域住民への説明を十分行っておくことが必要であると考えられたが、この段階ではもはや事業を先に進めることが第一に求められており、ホタル水路竣工時には比較的自由にホタル水路の流量を調節してよい、という約束を水利権者から得たことで満足せざるを得なかった。ただし、この時の水利権者の反応は、「また物好きなこと、無駄な事をするなあ」といったものであり、決して好意的なものとは言えなかった。住民説明を十分行っていなかったツケは竣工後に明らかになる。6月には、コンサルタントがホタル水路予定地の流況計算などをまとめる一方、筆者らは水温調査結果やPHABSIMによるホタル水路現況生息場計算結果を提示し、現況の平水流量の問題点や望ましい流量などを指摘。8月にはプロジェクト会議において最適流量の設定や流速緩和策としての堰の設置など、設計が固まった。平成17年3月には予定通り、水路本体が竣工した(写真1下)。2か所の堰の設置、産卵場を期待した詰め杭の打設、一部高流速区間への自然石護岸の設置などを除けば、水路自体の改変は最小限にとどめられた。

7. モニタリング

完成した水路に対して、コンサルタントによるモニタリングと並行して、筆者らも幼虫上陸調査、羽化調査、成虫飛翔数調査などを実施した。先述のとおり、もともとホタル水路の直上流部分で若干のホ

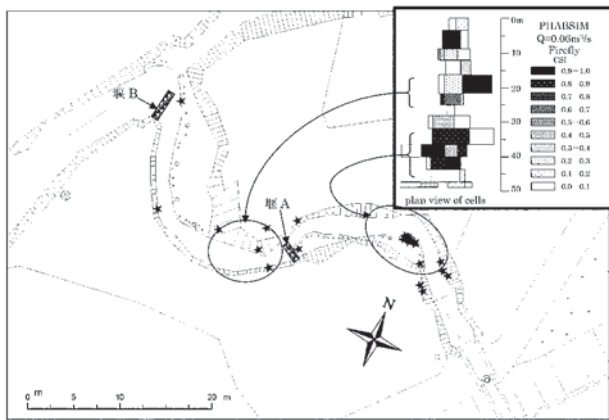


図4 PHABSIM 評価結果とホタル幼虫上陸地点 (★)

タルの飛翔が見られたこと、河床や水衝部以外の土羽河岸が残されたことから、平成17年中にもホタル幼虫の上陸が観察された。またその分布は、PHABSIMにより予測されたものとほぼ一致しており、生息場計算の妥当性が示された(図4)⁵⁾。竣工のその年から、いくぶんかでもホタルの飛翔が榎野川堤外地で見ることができるようになったことは上出来であったと言える。

一方で、カワニナの生息密度が予想以上に少ないことが明らかとなった。筆者らの調査の結果、田植え時期に数日に渡って水路の水が切れる場合があったこと、降雨時には流量が増えすぎ、カワニナ成体がフラッシュされてしまうこと、原水取水堰の滞水部で水温が30度を超え、その水がそのままホタル水路にも流入することなどが原因と推測された。

また同時に、現場の土壌は栄養豊かな河川の堆積物でできあがっているため、竣工後半年たらずの平成17年の夏には、水面を見るのも困難なほど植生に覆われてしまったことも大問題であった。植生に覆われてしまったのは、日射が少なくカワニナの餌となる付着藻類の成長に悪影響があること、ホタルの飛翔空間が確保されないことなどの他、人間が鑑賞できないという致命的な問題が発生する。ホタル保護の意義はいろいろあるが、水生生物には珍しく人目に付きやすく、人々に環境保護の意識を思い出させてくれることがもっとも重要な点だと筆者は考えている。従って、水面が見えないほど草に覆われた状態ではホタル水路の機能を果たしているとは言

ない。このホタル水路の建設については、地域住民にまったく認知されておらず、一部の水利権者が水を流す際に気にかけてくれているだけである。その水の制御についても、上述のとおり当然のことながら農業優先である。水量の最適制御や地元による草刈の実施など望むべくもなかった。本来、多自然(型)川づくりのように必然的に植生繁茂につながるような河川改修であれば、地域住民の方々に愛着を持っていただき、自発的に管理していただけるような川づくりを行うのが常道である。そのプロセスを怠った結果が早くも現実のものとなった。水切れ問題については水利権者が注意してくれることとなったが、草刈りと流量が多すぎる場合の対策が問題として残った。

8. 地域との連携

平成18年4月、水路周辺の遊歩道の施工と同時に、前年度のモニタリング調査結果を受け、高水量時にもホタル水路の流量が適正に保たれるよう、バイパス放水路が掘削された。また、下流部の流速を低減するために石積みによるせきあげが設置された。これによって、ホタル水路の水回りはほぼ納得できる形に完成された。筆者らは平成18年度も上陸調査、生物調査を継続したが、常にまず草刈りを行ってから調査する必要に迫られた。あまりの草の生え方に、平成18年度後半には、なんとしても地元の方々にホタル水路を認知していただく必要があると考えるようになった。

そんな中、現地調査中に近接する堤内地の稲刈り後の田んぼで地域の子供を集めて野外活動しているグループを見かけ、声をかけたのがYさんだった。偶然ながらYさんも水利権者の一人であり、堰の操作を行うこともあるというお話をうかがった。以後、なんとかしてYさんにもホタル水路に興味をもっていただけないか考えるようになった。

平成19年度となり、前年度の雑草の繁茂状況から計画的な草刈りが必要であると判断し、研究室の学生とともに毎月1回日曜日に草刈り清掃活動を行うことを決めた。水回りが完成した時点でもはやあ

まり研究テーマがないなかで学生に作業してもらうため、バーベキューなどのアトラクションと組み合わせることとした。4月に第一回の草刈りを行い、バーベキュー時に再会したYさんに対し、5月の草刈りはYさんの活動フィールドの整備もあわせて行うことを提案し、地元の方とのはじめての共同作業が実現することとなった。

このころ、山口大学学長の出席するシンポジウムで筆者がホタル水路について報告したことが元で、学生の活動を主体としてホタルを学内の水路で飛翔させる計画が持ち上がり、筆者も学生指導に協力することになった。またホタル水路の現状と管理作業の実態を行政の方にも知っていただきたいという想いもついていた。これらすべてに対応するため、6月のホタルのシーズンに、ホタルに興味のある住民、行政、大学生、教員すべてに対してホタルについて知っていただくイベント、「ホタルの夕べ」を企画した。山口市内の山口大学吉田キャンパス内で、ホタル生息条件とホタル水路のポイントについて勉強会を開き、そのあとみんなでホタル水路に移動して清掃活動を行った。清掃後はバーベキューとホタル観察会を実施した（写真2）。



写真2 ホタルの夕べ

筆者らは40km離れた宇部市の常盤キャンパスに勤務しているため、バーベキューの準備は宇部で行い、降雨の場合のテントや清掃用具もあわせて2トントラックで山口市の現場まで運ぶという大事業であったが、行政から30名近く、地元から10名以上、吉田キャンパスの学生・教員10名程度、宇

部からの学生・教員をあわせて総勢70名に上の参加者を得、盛会裏に終えることができた。観察会では、「ホントにホタルがいるんだ〜」という声が聴かれた。竣工後足かけ3年を経て、ようやくホタル水路の存在が認知された瞬間であった。

9. おわりに

平成19年7月には、このホタル水路の活動で「川の日」ワークショップグランプリをいただくことができた。その後も、洪水に見舞われたり、指揮系統が乱れたり、平坦な道とは言えなかったが、なんとか現在も活動は続いている。また、山口大学吉田キャンパスのホタル水路も完成し、光害などの問題はあつもののホタルが発生していることや、宇部市の常盤公園で高校生といっしょにホタル水路を作ったことなど、この研究活動から派生した成果がいくつかある（図5）。



図5 本研究から派生した成果

研究活動と地域貢献は両立できるかと問われれば、答えは、イエスでもありノーでもある。ホタル水路に関係して、全文査読論文5編、学会発表15件、卒業論文11編、修士論文3編、博士論文1編の成果を得た。かけた年数11年という期間で見れば、決して効率よく研究できたとは言えないのだろうが、ホタルの研究は、自分自身が成長でき、学生が現場を知ることができ、地域の環境が改善された上に、研究成果まであがったのであり、筆者としては満足している。

本報告を終えるにあたって、研究を通じて地域貢献するために必要と思われる要素をまとめておきた

い。

まず、研究にスピードが求められる。もちろん重大な問題では、研究成果を待って事業を進めてくれる場合もある。しかし地域の小さな事業は、ほとんど常に締切と予算の制約の下で動いている。必要な時に必要なアドバイスができないと、努力も水の泡となる。本事例では、ホテル水路の用地選定後直ちに自発的に現状評価結果などを提出していったことが、設計に生息場評価結果を反映していった理由だと考えている。

次に、研究成果をできるだけシンプルに具体的に説明することが求められる。研究者としては、より普遍的な研究成果を出したい。従って、評価法ができた、設計法ができた、メカニズムがわかった、といった段階で研究を止めてしまいがちである。筆者としても、例えばカワニナとホテルの HSI を作成した時点で研究は終了していると言っても良かったのかもしれない。しかし事業者側から見れば、新しい研究成果であればあるほど、高度な理論に基づくものであればあるほど、研究成果をどう利用すればよいのかわからないのである。研究成果を実際に現場に適用し、この場所にこれだけの高さの堰をつくれればよい、流量をこうすればよい、そうすればこれだけの環境改善が期待できる、といった具体的なレベルまで噛み砕いて伝えることではじめて、実施する価値があるかどうか判断してもらえるのである。

最後に、真摯さが求められる。少しでも地域環境の改善に貢献したいという真摯な気持ちが、行政や住民の行動に波及していくのだと思う。ホテルで言えば、義務もないのに草刈りを続けたことだろうか。こうした自由な活動は、大学の研究者の特権かもしれない。大学の研究者は、この点で大きな影響力を発揮できる立場にいることを認識すべきである。

環境の仕事は、最終的には人間の利益につながることを目的としている。環境の研究に携わる者は、研究の意味を見極める広い視野を養うことを忘れてはいけない。地域貢献を意識した研究は、広い視野を養うトレーニングとして最適であると考えられる。

謝 辞

本稿で述べたようなプロジェクトには、研究者のほか、行政や地域住民をはじめとした多くの方々が、それぞれの立場、それぞれの想いで関わっている。本稿はプロジェクト記録のように物事を公平に記述したものではなく、あくまでも筆者個人の目から見たプロジェクトの一断面であることを強調しておきたい。誤解や記憶違い、記載漏れも多々あると思う。関係者の方々に不快な思いをさせる部分もあるかもしれない。それらはひとえに筆者の至らなさのためである。

最後に、お世話になった多くの皆さんに、等しくお礼を申し上げたい。どうもありがとうございました。今後もよろしくお願いいたします。

参考文献

- 1) 後藤益滋, 関根雅彦, 金尾充浩, 羽原正剛, 高杉昌司, 浮田正夫 (2004) ホテルが生息する河川を創造するためのカワニナ生息条件の研究, 河川技術論文集, 10, 453-458.
- 2) 田中章 (2006) HEP 入門, 266pp., 朝倉書店, 東京.
- 3) アメリカ合衆国内務省/国立生物研究所 原著作・発行 中村俊六, テリーワドウル訳 (1999) IFIM 入門, 197pp., (財) リバーフロント整備センター, 東京.
- 4) 井上倫道, 関根雅彦, 金尾充浩, 後藤益滋, 浮田正夫 (2003) GIS によるホテル生息適地の探索, 第 31 回環境システム研究論文発表会講演集, 525-530.
- 5) 関根雅彦, 後藤益滋, 伊藤信行, 田中浩二, 金尾充浩, 井上倫道 (2007) 生息場評価手法を用いたホテル水路の建設, 応用生態工学, 10(2), 103-116.
- 6) 関根雅彦 (2000). 各地で進む多自然型川づくり. 日本の水環境 6 中国四国編, (社) 日本水環境学会編, 技報堂出版, pp.172-184.
- 7) 岡部勝一, 関根雅彦, 浮田正夫, 今井剛, 樋口隆哉, 朝位孝二, 佐藤秀樹 (2004) 山口湾におけるアマモ分布可能域の探索, 環境工学研究論文集, 41, 359-365.