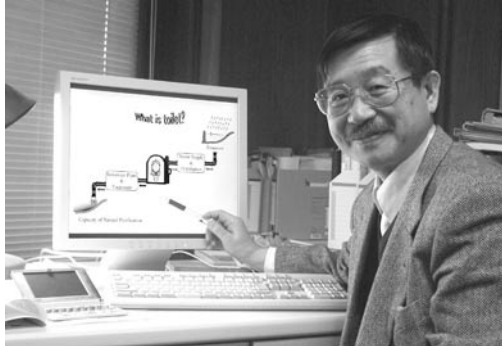




環境科学の新たな視点

石川 忠晴 研究室～環境理工学創造専攻



石川 忠晴 教授

科学の発展により得たものは非常に大きい。しかし、それにより失ったものもまた、非常に大きかった。その一つが自然環境の喪失である。

環境問題の原因は言うまでもなく人間の活動であるが、その背景には科学の発展が関わっていたことは否定できない。近年の環境問題の関心の高さゆえに、それに関わる研究は多い。だが、科学の発展により引き起こされた環境問題を、科学のさらなる発展によって本当に食い止められるのであろうか。今回ご紹介する石川先生の環境研究は、このような疑問から出発している。



科学の専門性が引き起こした問題

産業革命以降、科学技術は未曾有の発展を遂げ、人類は今日の豊かさを手に入れた。しかし一方で、永久不変とも思えた自然環境に変化が現れ始めていた。環境ホルモンのような分子レベルのものから地球温暖化のような地球規模のものまで、実にさまざまな変化が起こり、それらが環境問題として表面化した。

そこで、これらの問題を解決ないし軽減するため、環境科学の必要性が強まった。今日ではその環境科学によって、人類は、二酸化炭素やメタンなどの温室効果ガスの発生や挙動の解明、環境ホルモンがもたらす生態系や人類への影響の把握など数々の業績を挙げている。それに伴い、人々は次第にこのような研究に関心を示すようになっていった。

しかし近年それらの研究が盛んに行われるようになった結果、問題の解決はおろか、逆にその解決を遅らせる要因となっていることがある。たとえば、水俣病やイタイイタイ病などでは、現象の因果連鎖を科学的に解明することに多大な時間を要し、環境保全や被害者救済が遅れる結果となってしまった。そこでは、ごく常識的に見て、原因

として疑わしい工場は特定されていたのであり、その操業を、とりあえず停止ないし縮小することはあり得たはずだ。だが実際は、因果連鎖の科学論争がさまざまな立場の学者によって代る代る行われ、問題を改善するための現実の行動がなかなか起こされなかった。

このような結果が引き起こされる原因について、石川先生は、科学者が専門に特化してしまったためであると考えている。つまり、人間の活動を含む今現在の目の前にある環境についての問題が、抽象的で科学的な問題に定義しなおされ、科学者はそれぞれの問題の範疇で詳細な思考の展開に終始してしまった。そして科学者の目的が、温室効果ガスの発生源や運動をできるだけ詳細に計算・計測することや、環境ホルモン物質を一つ一つ洗い出し、その性状をできるだけ克明に記述することのように“自己目的化”されているということだ。

では、なぜ科学者は自身の問題の範疇で思考し、科学者の目的が自己目的化されてしまうのであろうか。先生は、これは科学の思考形式に起因することが大きいと言う。科学は、ものごとを区

分けして、その分けの枠組みの中で精密に思考する性質を持っている。一方、環境は、人間が勝手に作った分けと関係なく、全体として存在している。その意味で、「環境科学」という言葉は、大きな矛盾をはらんでいるといえる。このため少し油断すると、科学者は、区分された科学の世界（つまり自分の世界）に引きこもり、本来の

問題を見失ってしまうのである。

科学的見方だけで環境を捉えることは難しい。そのように考えた先生は、分けされたものごとを統合し、科学的見方とは異なる包括的な視点を持って、自身の研究のそもそもの目的を見失わない「環境科学」を行う科学者として、研究を続けている。



現実世界と抽象世界の往復的思考

前章で述べたように、環境科学ではそもそもの問題を包括的に捉えることが重要だが、それだけではまだ環境を捉えることは難しいと先生はいう。科学はともすると、対象物を抽象的に思考しがちだ。そのため、現実の世界から思考を遊離させないことが肝心となる。

人類が科学を発達させた根本には、現実世界の仕組みや法則についてより深く知りたいという欲求があった。しかし、現実世界は非常に複雑であるから、一度に全てを理解し記述することは難しい。そこで現実をできるだけ単純化し、その抽象世界の中でものごとを理解しようとした。たとえば、炭を燃やす場合、常温常圧の条件のもと、炭に含まれる成分は炭素のみで、これが空気中に存在する酸素のみと完全に反応するなど単純化することで、生じる物質は二酸化炭素のみと記述したのだ。

ところで、私たちは学校でこうして先人たちが考え発見した原理や法則を最初に教わり、それからいろいろな応用問題を教わってきた。そのため、私たちはこのような原理や法則ありきで勉強を進めている。しかし考えてみると、このような原理や法則は、炭や空気中に障害物質が多少あるというような現実を“単純化し抽象化”した後に導かれたものである。私たちは、そのような現実をあまり見ることなく、ひたすら勉強していることが多い。その結果、私たちはそのような原理や法則で構成された抽象世界で思考することに慣れすぎている感がある。

しかし、現実の環境では、個々の原理・法則がむき出しのまま存在することはない。そこには、気温や気圧の条件の変化があるし障害物質があるし、その他のさまざまなことが複合的に存在する。つまり、現実はもともと複合的であり包括的であ

り、抽象世界だけで考えていると必ず見落としが生じるのだ。炭を燃やす場合でも、炭の中に含まれていた硫黄によって、硫黄酸化物が生じることもあるだろう。あるいは、ある工場で有用な物質を作り出すために生じる廃棄物が、まだ知られていない現象によって環境に害を及ぼすというように、環境問題を引き起こす原因となっていることも多い。見落とさなければいいではないか、と考えられるかもしれないが、科学の抽象的思考に慣れすぎると、現実上の複雑な事柄に目が行かなくなる可能性が高くなるのだ。

石川先生は、環境科学が科学の一種である以上、抽象的な思考をするということは、ある程度仕方ないことだと考えている。それだからこそ、現実世界から思考を遊離させないように努力することが、環境科学者に要求されるのだという。このことを先生の言葉を借りて言えば、「現実世界と抽象世界の往復的思考」が必要であるということだ。

ではそれは、どのようにして可能となるか。方法は研究者や研究対象によってさまざまだが、先生の場合は「現地観測」と「数値シミュレーション」の繰り返しだそう。まず現地観測で実態を何かしら捉えて、それを生じさせる（目には見えない）原因や条件をできるだけ考える。だが自然環境の中の計測は実験室などとは違うので、観測できることは限られている。その意味では観測したものは断片的情報でしかない。そこで次に数値シミュレーションを行う。ここでは、現象の原因や条件をコンピュータの中に仮定し、結果としてどのような現象が生じるかを見る。だが、これは仮定の上の計算だから、必ずしも現実と同じではない。そこでまた、現地観測によってそれを確かめる。

ここで前者は、現象から原因を探るという回

帰的思考であり、これを通して現実世界から抽象世界に入っていく。一方後者は、演繹的思考で抽象世界から現実世界に戻っていくものである。このような回帰的思考と演繹的思考の繰り返しによ

り、環境現象の仕組みをより良く理解できると先生は言う。次章でこのことの具体的な例として、先生の行った研究を紹介しよう。

小川原湖におけるヤマトシジミの保全

先生の元来の専門は流体力学である。この流体力学を軸に化学的知識や生物学的知識を組み合わせ、川や湖で行われる公共事業などが環境に及ぼす影響をできるだけ少なくすることを目的にした研究を行っている。先生の研究のほとんどは、具体的なフィールドを対象としている。これは現実の世界から思考を遊離させないために必要なものである。先生が対象として選ぶフィールドは、日本はもとより時には海外にまで及ぶ。昨年度(2005年度)に行われた研究だけでも、中国・東北部の湿地におけるタンチョウヅルの保全の研究、インドネシア・バンドンのスラムにおけるトイレの研究、石垣島の干潟における砂ガニの生息条件に関する研究、茨城県の霞ヶ浦に流入する汚濁負荷の研究、宮城県の追波湾における低塩分濁水の研究がある。ここでは、小川原湖のヤマトシジミに関する研究を紹介しよう。シジミとは味噌汁によく入っているあのシジミである。

小川原湖は、右の地図に示すように青森県東部の海岸近くに位置する湖である。高瀬川という川を通してときどき海水が遡るので、塩分を含んだ汽水湖となっている。ここはヤマトシジミで有名で、全国第3位の漁獲高がある。この湖では、水害を防ぐために、地図の○で示す場所の地形を改変する計画があり、その公共事業がシジミに及ぼす影響について研究をしたものだが、ここでは先



生が一番苦労したシジミの産卵条件に関する部分を中心に紹介する。

まず小川原湖のシジミの産卵について先生が研究を始めたのは、別の種類の現象を小川原湖で計測しているときに、舟に乗せてくれた地元の漁師さんから、シジミの大きさや量が湖の中で非常に偏っているという話を聞いたのがきっかけである。もしそうであるなら、シジミの産卵場所が偏りがあるはずであり、その場所を保全することが重要になるだろうと考えた。それまで先生はシジミの研究をしたことがなかったのでシジミについては詳しくなかったが、文献や資料から、産卵には水温、溶存酸素(水中の酸素濃度)、塩分の三

小川原湖北東部(右上地図の円内)の塩分濃度変化 3時間で広範囲が3psu(*注)以上になる。

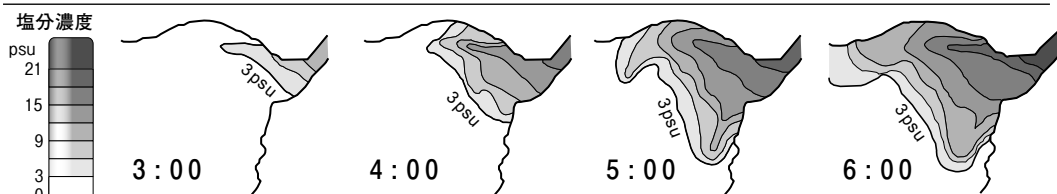


図1 汽水領域の状況シミュレーション(3時から6時)

*注 水中に含まれる塩分の比率を表す単位の一つ。海水は約35psuである。

湖口浅瀬 (北東部 A・B地点) における塩分濃度の観測結果

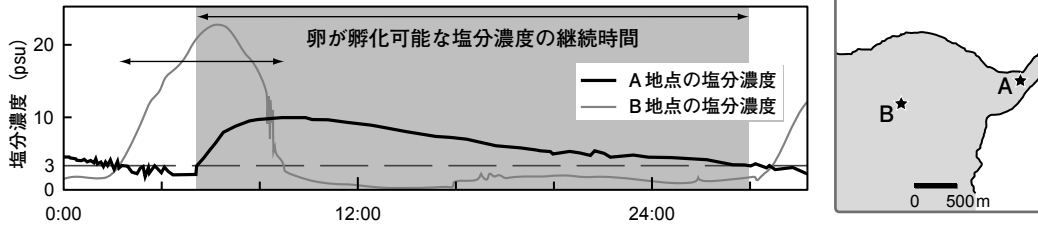


図2 湖口浅瀬部における塩分変化 (A、B地点)

つが関わっていることを知り、それぞれの調査を行った。その結果、始めの二つの条件は湖内のどこでもシジミにとって良好であることがわかったが、塩分については奇妙な結果が得られた。それはシジミが息をする浅い部分の塩分がどこでも 1 psu (*左ページ脚注) しかなかったのである。

塩分は、シジミが卵から孵るときに大きな影響を及ぼす。薄すぎれば浸透圧の関係で卵が水を吸い破裂してしまうし、逆に濃すぎれば中の水が外に押し出されてつぶれてしまうのだ。文献によれば、シジミの卵が孵るには、3 psu ~ 27 psu の状態が丸一日程度続くことが必要である。つまり、本来この湖では、塩分が薄すぎてシジミが繁殖できないことになるが、実際にはたくさん暮らしている。なぜであろうか。

先生は、この疑問を解くために、子供の貝の多い湖の北東部に焦点を当てて調査を行った。この調査結果については図1を見てほしい。これは夏のある日の明け方における塩分濃度を計測した結果をもとに、先生がコンピュータでシミュレーションしたものである。この図からわかるように、湖と川が接する「湖口」では、3 psu 以上の塩分濃度になる範囲がこれほど広がっていたのである。しかし、この付近の海域の潮汐の卓越周期は12時間なので、3 psu 以上の塩分が一日続くかどうかが問題となる。そこでさらにコンピュータによる解析を進めてみた。すると、ここでも面白いことがわかった。

図2を見てほしい。このグラフは右に示したAおよびBの2地点における塩分濃度の時間変化を示している。湖口付近にあるA地点は海に近いので、塩分濃度は高い値まで上昇するがすぐに低下してしまい、卵が孵るのに必要な時間は続かない。一方A地点から少し湖の中に入ったB地点では、最大塩分濃度はそれほど高くないが、3 psu 以上の状態がほぼ一日継続しているのがわかる。したがって、海に近いA地点よりも湖に入ったB地点の周辺のほうがシジミの産卵に適しているのである。

ではB地点ではどうして高塩分濃度が継続するのであろうか。その詳しいところも先ほどのシミュレーションからわかった。それは湖の底の微妙な傾斜が関係していたのである。つまり、引き潮になって湖水が海に流れ出すときにも、湖水より重い塩水は斜面に沿って湖の中に浸入しようとし、両者が微妙に均衡をとる結果、塩分の高い水が長時間とどまっているということだ。したがって、公共事業などで湖の底の傾斜をあまりにも変えてしまうと、シジミの生態に大きな影響を及ぼす可能性があり、この点に気をつけて工事を行う必要がある。

先生は今年度もまた環境保全のための現地調査に行く予定だ。先生の研究室は「環境研究の原点はフィールドにある」をモットーとしている。このことを旨に、先生と研究員と学生たちは今日もまたフィールドへと出かけていく。

科学の発展によって見失われてしまったもの、そのことを先生は強く主張されていた。一向に環境問題がなくならない今、石川先生のような人材がもっと多く必要なのではないだろうか。先生の

今後のご活躍を心より期待しております。

最後に、度重なる取材に快く応じていただいた石川先生にお礼を申し上げます。

(中原 庸裕)