

地域の諸現象を結びつける モノとシクミ

松 永 勝 彦

外洋といえども実際は非常に陸域と結びついています。だいたい北緯42度くらいから北の方は冷たい水、南は暖かい水に2つに別れます。現在日本はおよそ鮭稚魚を20億尾放流しています。回帰する鮭の体長が5, 6センチ小さくなっている。それは勿論日本だけではなくてアラスカもソ連もそうです。それで日本が放流し過ぎではないかという話がいま出ておりますが、餌が不足しているという意見は間違いないんです。北部北太平洋には、グリーンランドで冬期に潜ってきた深層水が表層に上がってきます。180度ライン、すなわち太平洋の真ん中を切って、それを横から眺めてみますと、深いところには珪素や窒素、燐といった栄養塩が多いのですが、光がプランクトン（餌）は増えません。従って、100mより浅い方でないといけません。函館付近ですと、水深400mでは栄養塩濃度が高いのですが、光が届かないので魚の餌を造ることはできません。しかしサハリンぐらいになると、深層水は100m以浅の表層に上がってきます。サハリン付近では、常に深層から栄養塩が供給されているということになります。栄養塩だけではプランクトンは増えません。鉄が一番肝心な元素です。そこで鉄を見るわけですが、東経180度のサハリン付近の海域を見ると、表層の栄養塩は、鉄が制限因子になって、栄養塩が残ってしまっている。プランクトンはまず鉄を取り込んでからでないと窒素を取り込めない、すなわち増殖できないということです。プランクトンを分析すると、海水中の鉄濃度よりも100倍高い鉄濃度になっている。海水中鉄濃度がその100分の1しかない、ということはすなわち鉄が制限因子になることを示している。鉄は粒子であって、海底に全部除かれてしまう。他の栄養塩は深層から供給されても鉄は供給されないから、鉄が不足して窒素とか燐というプランクトンを造る栄養素が100m以浅で残ってしまう、すなわち鮭が食べる餌が作れないという環境だということです。そこで、15年程前から栄養塩を測定してます。それを見ましても既に15年前から表層に栄養塩が残ってますから、その時点で既に鉄が不足して鮭の餌は作れなかったと考えてさしつかえないと思います。

ではどこから鉄が来るかということですが、これは中国の黄砂がエアロゾルとして運ばれてくる。しかし180度以東の海域には、中国からの黄砂がきていない。おそらく黄砂のもとというのは森林ではなかったかと考えられます。森林の腐植土からは窒素、燐という栄養塩と同時にフルボ酸鉄というものが出てきます。フルボ酸鉄の化学構造は有機鉄錯体、有機態鉄と表現をしたほうが分かりやすいかも知れません。鉄錯体は溶解度が高いため、非常に生物に利用されやすい。もう一つは昆布類に対する効果はどうかということで、フルボ酸鉄を昆布がどれく

らの早さで取り込むか、アイソトープを使って実験すると、普通の鉄に比べて10倍以上早く取り込む。河口域の昆布は非常に生育が早く、1ヵ月も早いといわれていますが、これは鉄等を充分吸収して窒素や、リンの吸収も促進される効果です。この効果は勿論森林からくる栄養素に起因しているということになります。

植物プランクトンの生産量がエスチュアリーでどれくらいかということで、函館湾の久根別川河口からからだいたい600mくらいのところの生産力を測りました。結果を見ると、単位平方メートル当たりの1年間の炭素固定量は全然河川の影響がないところと比べまして、だいたい50倍から100倍、それほどプランクトンを増やす能力がある、すなわち魚が多いということになるわけです。もう一つ、仙台近くの気仙沼湾のデータを見ると、大川という流入河川の影響のない外側と影響のある内側で、プランクトンを増やす能力はだいたい10倍以上違います。この気仙沼湾ではだいたい数十億円くらいの昆布や牡蠣の養殖が行われていますが、何も餌を与えずとも森林地帯から流れてくるこの大川という河川によって栄養分が運ばれて、だいたい数十億の水揚げがあるということです。仮にこういう河川がなければおそらくこの水揚げは10%くらいにしかならないだろうと考えられます。湾内の河川の影響する海水と、影響のない外海海水に窒素とかリンを加えて、鉄あり、鉄なしということでプランクトンが増えるかどうかを見ると、外洋の方は鉄を加えないと全くプランクトンは増えませんが、そこに鉄を加えますとプランクトンは一様に増えるということで、外洋は鉄が不足してプランクトンが増えないということがこの結果から分かります。内湾の方、すなわち河川の影響してるところは鉄を加えようが加えまいが増えるということで、内湾には鉄は充分に存在するということがいえます。

外洋の水に、フルボ酸鉄を加えた場合と、普通の鉄を加えた場合、さらに、オートクレーブ処理で鉄を酸化して、溶解しづらい、すなわち光合成生物が摂取しにくいような鉄に、一旦変えてしまいます。この実験でプランクトンがどう増えるかを見ました。すると鉄を加えてもオートクレーブで粒状鉄、結晶形をもつ鉄に変えてしまうとプランクトンは全く増えない。しかしフルボ酸鉄という即ち腐食土からくるような有機鉄の場合は、全く同じように増えるということで、有機物が絡んだ鉄が大きな役割を果たしているということが分かります。さらに、湾内の河川水が影響している水に、紫外線照射をしてフルボ酸鉄のフルボ酸を分解します。そうすると普通の鉄に変わってしまいます。この場合、プランクトンは全く増殖しません。しかし、ここで紫外線を照射しないものは、従来の結果と一緒です。ということで気仙沼湾というのは、上流に森林をもつ大川という河川を通して、窒素やリンという栄養塩と同時にフルボ酸鉄が運ばれて、プランクトンが増える、海藻が増えるというメカニズムを持っていることが分

かったわけです。

次に日本海を見ましょう。日本海を対馬暖流が流れてきて、津軽海峡に入ってくる部分とそのまま北海道西岸を抜ける部分があります。同じ対馬暖流でありながら海藻が生えてる地帯（津軽海峡側）とない地帯（日本海側）の、プランクトンを増やす能力を毎月観測して比較したわけですが、10倍以上も違います。ではこの違いはどういうことで生ずるのかを考えました。日本海の対馬暖流はだいたい6～7割が津軽海峡側に入ってくるんです。水温を比較したんですが、ほとんど変わりません。それで10倍も生産力が違うというのは一体どういうことだろうかということです。

日本海側は、白い石灰藻という海藻がはびこっている。数十年前はここに一面に昆布等の海藻が生えていたのですが、いまはこのように石灰藻という主成分が炭酸カルシウムから成る珊瑚のようなもの、珊瑚は動物ですがこれは植物です、それが全部覆ってしまいました。昆布が生えない不毛の地帯が広がっています。これは北海道だけではなくて、青森にも広がって本州でも見られます。この石灰藻の地帯ですとウニの実の部分はほとんどありません。従って漁師はこれを探っても、商品価値がないので、そのまま放置しているというのが現状です。

海峡側の海底の状況ですが、2年生昆布を採ってしてしまって、1年生昆布だけ残っている海底の岩場を見ますと、小さな海藻が生えてますから、これは普通状態の岩盤であるといえます。同じ暖流水でありながら、日本海側は真っ白の世界、しかし海峡側は岩場に昆布が生えています。この違いがどこから来るかというところが、この石灰藻が広がった原因をを解くカギではないかと考えられます。

日本海側すべてが、このような状態ではありません。例えば後志利別川、あるいは白別川、それから見市川という河川が流れています。その岸から50から100mのところの岩場、水深3～4mの状況を見ますと、各河川域や利別河河口から1km沖にある岩礁は、昆布等の海藻地帯です。海峡側はこのように非常に山が迫っておりまして、こういうところから無数に沢水が流れており、ここが日本海側と全く違う点だと私は感じています。

結局、いまの状況証拠から、どういうことがいえるかというと、非常に遠くの山から河川水が流れてくると、その河口近郊には海藻地帯があるということです。平地の森があるところには沢水が流れるはずですが、そうすると昔はこういう状態で一面のいわゆる海藻地帯であったと考えてまず間違いないだろうと思います。それがだんだんこの森林がなくなってから海藻が減ってきて、そして現在はここの河口部分にしか海藻は残らなかったと考えられるわけです。

淡水と海水は密度が違いますから淡水は単に表面を流れて拡散するだけです。昆布は4m、

5 mと深い方に根を張りますから、全く上と下の関係はない。だから私は河川水の成分が何らかの形で下に沈降することが必要ではないかと考えました。鉄分は粒子だといいましたから、鉄が関与しているということは間違いないでしょう。

次に、石灰藻の胞子はフルボ酸やその関連物質によって生長が阻害されます。完全に無機的な条件、単に炭酸カルシウムという結晶で実験した結果があります。フルボ酸は炭酸カルシウムの結晶を作らせないから結晶毒として働くという論文が78年にありました。そういうところから我々の実験を考えますと、フルボ酸ということで説明がつくだろうというふうに考えてきました。フルボ酸がある濃度で維持されて、それが海に入ってこないと海水中で凝集しません。フルボ酸鉄の濃度でいうと $0.5\mu\text{mol}/\ell$ よりも低いと海水にそのまま溶けてしまって凝集を起こさないで、仮に森林があっても、河川の上流に例えばダムなんかがあると、そのダムで、まずフルボ酸鉄が沈積し、それから栄養塩も沈積してしまいますから、蒸留水をいくら海に流しても何の効果もないということがこの結果からいえます。

私はタイに5回行っています。そしてタイではあらゆる水産資源が食卓に出てまいります。最近では乱獲が原因だといわれ、かなり資源が減ってきているということなんですが、それでもあれほど大きな水産資源は、餌がないと育たないわけですから、私はそれは河川水の流入によるものだと考えられます。今後森林がタイ湾にどのような貢献をしているのかというところを研究していきたいと考えております。

コメント

井 上 真

全く教わることばかりで私の力量では議論に持っていか、本当の意味でのコメントというのが正直いってできないと思います。『地域の諸現象を結びつけるモノとシクミ』という題で主に地域の諸現象を結びつけるモノについてのお話だと思っています。それでモノとシクミということに関して私のフレームで若干話を展開しまして、特にシクミの方に関して松永さんの考えを逆に後でお聞かせ願えたらと思っています。

まず森の恵みということについて、お話の中から感じたことがあります。一つは鉄を通して森と海が密接に繋がっているということを示されました。そういう内容で『森が消えれば海も

死ぬ』という本をブルーバックスから出されてますが、森が消えれば海も死ぬということ、あるいは舞根浦でしたか、あそこの動き、森は海の恋人とかいうことをそれまでは私は考えたことがなくて、このお話をブルーバックスの本で初めて知りました。要するにそれが科学的に証明された、科学的なメスが入った、というふうに受けとることができるのではないかと思います。

一方昔から例えば魚付き保安林がありました。それは科学的というよりも経験による知恵で政策にも組み込まれてきたと思います。室田武さんの本によると、山の変化に対して海は敏感に反応する様子が昔からいわれていて、一つの例を出してみます。80年以上前に足尾銅山の鉍毒事件に後半生をかけた田中さんという人がいますが、その人が宮城県の石巻周辺の状況について「牡鹿半島山の影尽きて魚来ず」と書いています。そういう意味で人々の生活に根ざした知恵というのは昔からあって、それはすでにその時点で森と海を結びつけていたんです。ところがそのずっと後で生まれた私などは、そういうことは全然知らずに科学のメスが入ってから、そういうお話を聞いたり本を読んで初めて知ることだだと思います。いまになって科学的に証明されたと考えますといかに先人の智恵、あるいは生活の智恵が重要であるかがわかります。また各地に水源林基金があります。例えば、矢作川流域など水源基金があって上流の山村と下流の市町村、都市が手を結びあって森を守っていくという形が全国でいくつか出ています。森が水を蓄えるという民間信仰ともいえる確信が基本となっているわけで、数値的にあるいはサイエンスとして証明されているわけではないと思います。そういう民間信仰とか人々の確信がもとになって上流と下流で自然に結びついてできたものが水源基金です。それに対して、数年前水源税の確立ということでいろいろ議論があったのですが結局失敗しています。そこでは森林はいろいろな機能があるという科学的な根拠がある程度示されたのですが、政治的な力関係によって潰れた事実が一方であります。

松永さんの話を考えますと、森林の持つたくさんの機能を分割して、それぞれの科学的な根拠を示すことにどういう意味があるのか、もう一度考えてみる必要があると思っています。森の持つ働きを分割して調べることによって確かに科学というものは発展します。それが森の大切さをアピールする根拠として利用もできます。しかしながら、逆の面もあるのではないかと、要するにその時点で科学的に証明されていない機能は、政策上、あるいは社会的に重視されなくなり、下手をすると切り捨てられる。まさに松永さんのお仕事それがそれを証明しているわけですが、まだ証明されていない機能があって、新たに証明されるということがあるわけです。ところが同時に科学的に分析的に自然を見る。あるいはもっと狭めて森を見てしまうと、逆に気づ

かれていないものが切り捨てられるということで、森林そのものの価値というのがむしろ低くなってしまふ可能性もあるのではないかと思います。森の恵みというものを丸ごと捉えるということが求められるのはこの点にあると思います。

富山和子さんの本に面白いことが書いてあります。緑と森を分割して見ることによって、緑は欲しいけれども落ち葉は困る、蝶々は欲しいけれども毛虫は困るという見方になってしまうと。要するに自然から自分に都合のよい必要な機能だけを引き出そうとする人間の勝手さが出てしまいます。ですから、やはり丸ごと森林を捉えることがとにかく大切なんだということです。我々はそこに関わって生活しているんだという捉え方が大事なのだということです。だからといって分析的見方が無駄というのではなくて、分析的な科学の限界は認識した上で、その分割された機能からむしろ森林の持つ全体的、総合的なものへ展開していくような科学の関わり方が必要ではないかと思います。それが森の恵みに関しての意見です。

次は、物質の循環を保つための仕組みについて若干考えたところを申し上げたいと思います。私の学生時代、林政学の先生が林政というのは自然の抑制、それともう一つ人間の欲望の制御の両方を両立させることなんだというふうにっていました。まず自然の制御とは技術であるということです。そして人間の欲望の抑制というのは、これは儲けるという欲望のままに自然に対するのではなくて、節度ある行動をとるように規制することです。欲望の制御は、社会的規制であるといえます。その規制には3つあるということです。1つは法令による規制、制御、例えば、留め木制度とか木一本首一つといわれたようなもの。2番目は利用者の共同制御、これは入り会い林の山の口開け、例えば、インドネシアのマルクのサシ制度もそうだと思います。3番目はタブーによる制御、これは例えば神が住む森、あるいは天狗の住む森というような形で制御される。これらが近代化によってどんどん変化してきてるわけです。

まず自然を制御する技術はどう変わったかといいますと、いままでは物質循環の中で調和が保たれていたのが、その物質循環を切断した形の技術になってしまったと思います。欲望を制御するための法令は例えば森林でいいますと、森林法による保安林制度という形に変わっています。2番目の共同制御、これは入り会いを典型とするようなコモンズ、サシもそうですが、そういった共的な管理を崩して、それを私的な管理と公的な管理に分離させていったと捉えられます。3番目のタブーというのは、神様の住む何となく恐ろしいところとか森を切ると祟りがあるという形がなくなって、科学が君臨する。そしてその科学がどうかというのは先ほどいった通りです。では、今後どういうふうにしていったらいいのかというところからいろいろ研究のテーマも出てくると思います。

今後の方向として、まず技術、つまり自然の制御、これは物質循環を重視する方向へやはりいかなければならないでしょう。それは有機農法とか、林業では天然林施業のような試みがあります。次に人間の欲望の制御です。まず法令については私は全然論じる能力がありません。タブーについてですが、これは例えば熱帯では、現在もそういうタブーがあるわけですから、それを重視していくということです。日本の場合ですと森、あるいは自然そのものへ総体としての理解を深めていくところに宗教、あるいは信仰があった。それが崩れて科学になって分析的になってきた。それで、逆にそういう分析的な科学の一つ一つの努力からまた総体的なものとして森林を捉える方向があるのではないかと思います。最後に共的な管理、コモンズの話ですけれども、熱帯ではコモンズが現在どんどん崩れつつあります。崩壊をくい止めるには、そういう共有地、入り会い地がどう管理されて、どういう形で社会に組み込まれているかを調べていく必要がある。調べた上で、それを尊重し、大切にしていく。日本の場合はずでに共的な管理が崩れて、例えば森林ですと市町村有林になっています。その場合の公有林は、いわば公的市町村が持つ私有林なのです。ですからコモンズとは違う。日本の場合、手取り早い方法は、もともと入り会的な考えや慣行があったので、市町村林を住民のものにしていくという方向が必要になると思うわけです。そこでは人々の主体的な関わりが重要となってくるわけで住民参加とか、あるいは住民主体の方法、またアセスメントという話が出てくるわけです。舞根浦の牡蠣の森を慕う会が室根山へ植林をしたという話はまさに住民の主体的な関わりの事例ではないかと思います。全然コメントになりませんでした。発表が非常に興味深い内容だったので、それをヒントにして、私なりに自分のフレームでちょっと展開してみました。

質疑応答

阿部 松永さんへの質問は、自然の諸現象が科学的に証明されてしまうことによって、それが人間の自然に対する高慢さに繋がる危惧ということですか。

井上 地域を結びつけるモノとシクミの内、モノの方は分かりましたが、社会的なシクミに捉えたものですから、ちょっと誤解があっ

たのかも知れませんが、シクミの方に関してご意見をいただきたい。

松永 最近の地球環境問題の中で、一例を挙げると、いま、炭酸ガスが放出した量と計算量が合わないといわれています。最近ではやっぱり森林が吸収してると考えられています。そういうことで私の立場はやはり地球環境全

体を見なければいけないということです。そのときに植林は地球環境という点から考えると非常に大切なことです。しかし、地球を救うために植林しましょうといっても、人々はなかなか動きません。タイでは国王が先頭に立って、一斉に植林を始めました。日本ではとてもそこまでいきません。植林が水産に役立つということで北海道は100の漁業組合が動き始めました。本州もそうです。自分達の利益を守ることが地球を守ることなのだ、ということを書べながら地球全体を守ろうというその方向が大事です。

阿部 事実確認の質問を受けたいと思います。どなたかおられますか。

増田 鉄が腐食土から海に行くということはよく分かるんですが、その腐食土にある鉄はどこから来たのでしょうか。

松永 岩石から出る鉄はやはり酸化型ですが、フルボ酸そのものが光がなくても鉄を還元する能力を持っています。フルボ酸とくっついた鉄は還元型で河川から海に入っていきます。生物は一般に酸化型よりも還元型の方がより摂取しやすい。生物にとっては非常に都合のいいものを運んでいると考えています。

桜井克年 広域の風性塵が中国からどんどん飛んで行くことによって漁場のプランクトンが増殖し、それがまた鮭を育てるという話と次に水系に森があるか、ないかによって、そこに昆布が住めるか、住めないかという話でしたが、レスが供給されたとしたら、そのと

きの鉄源は日本海側の森のなくなったところの鉄と、そう形は変わらないのではないかと思います。

松永 いわゆる岩石が単に風化しただけというふうに捉えていいですね。その鉄はほとんど水には溶解しません。

桜井 それでは、どうしてレス由来というか、風性塵由来の鉄は溶解するのかがいま一つわかりません。

松永 従来森林とか、有機物が絡んでいると思います。

桜井 私は土壌学者です。レスの中にある有機物なんてものすごく少ないと思います。フルボ酸が中国から飛んで来る風性塵に、そんなにたくさんあるとは考えにくい。

松永 外洋種というのは、内湾種と違って、鉄の要求量が、おそらく二桁か三桁低いんです。そういう意味で内湾よりは低い量でプランクトンは成長できます。

桜井 そうするとレスが供給されている方が少しでも可能性が高いということですね。

中村尚司 森は海の恋人ということの意味を解明する手がかりを報告して頂いたと思いますが、逆に海は森林に貢献するのでしょうか。

松永 例えば、鮭ですが、いまは河口域で全部捕獲してしまいますが、従来は全部それが山にいった熊やフクロウの餌となって、それがまた糞として山に返るという、一つの物質循環は成り立っていたわけです。鉄はそれよ

りもっと陸の方が多いので、鉄はあまり関係
ないでしょうが、窒素や磷については、物質

循環が成り立っていたと思います。