

後の1944年7月、東條内閣は総辞職する。

このころ既に、戦局打開のための新兵器の検討が始まっていた。それは、東條英機がかつて抱いた夢想とはまったく異なるものだった。航空機や舟艇が爆弾を積んだまま目標に体当たりする「特別攻撃兵器」の運用が、現実の遂行課題として上層部に認識されたのは、サイパン陥落が不可避となった同年6月末の元帥会議の場だったという¹¹。断末魔の帝国は、既存の力学の中で、残酷な運命を人々に強いた。身を挺して死地におもむく人を渴望した。「超越」は科学技術のなかにはなく、人倫のなかに求められた。

敗戦から60年を経て、かつて父親から難題をふっかけられた首相の次男は、こう述懐している。

「父、東條英機は常に信念の人、無私の人だった。私はそう思っています」「学校を出てから人生の大半を航空機の世界で過ごしてきたわけですが、父の影響はほとんどありませんでした。しかし、大学の進路選びで悩んでいたときに、父が航空機の世界に進むことを後押ししてくれたことが、その後の私の人生を決定づけたとは今でも思っております」¹²。

その人、東條輝雄は戦後、国産旅客機YS-11やC1輸送機の設計に携わった。彼の飛行機は父の世代の夢想を断ち切って飛んだ。彼は三菱重工副社長を経て三菱自動車工業社長、会長を歴任した。私たちは超越のかわりに、経済成長と技術立国を手に入れた。

そして今、その繁栄と信頼を、失いつつある。

「私は軍事の専門家だが、往往にして軍事的の事柄が軍事の専門に囚はれて、時として軍人以外の方が大きな立派な案を教へて呉れることがある」「あなた方も立派な政治家である、政治家でもそれに囚はれてしまふと、寧ろ吾々見たいな政治などは一向知らない男が場合に依つて偶には良いことを言ふこともある、それだから技術者ばかりは責められない」¹³。

この言葉の裏を返せば、専門家は信じられないということだ。国家・国民レベルで専門性への信頼が失われ、何が起きているのかわからない混

沌を、国難という。

日本を滅ぼしかけた1943年の首相の言葉のなかには、国難が問わず語りに露呈していた……さて2011年の私たちは？

文献

- 1—中谷宇吉郎：科学と社会，岩波書店(1949)
- 2—「諦め」は必勝の敵だ 飛行機珍問答で志気鼓舞(1943年2月6日付朝日新聞)
- 3—「戦時行政特例法案外二件委員会議録(速記)第三回」(国立国会図書館)。原典では片仮名の地の文を平仮名に，また旧字体を新字体にするなど表記を一部改めた
- 4—同上
- 5—同上
- 6—ガリレオ・ガリレイ：天文対話 下，青木靖三訳，岩波文庫(1961)
- 7—文献1「科学と社会」
- 8—東晃：雪と氷の科学者・中谷宇吉郎，北海道大学図書刊行会(1997)
- 9—文献3「戦時行政特例法案外二件委員会議録(速記)第三回」
- 10—文献1「科学と社会」
- 11—半藤一利：昭和史1926-1945，平凡社(2004)
- 12—東條輝雄・談「父・東條英機に渡した青酸カリ」(『文藝春秋』2005年2月号)
- 13—文献3「戦時行政特例法案外二件委員会議録(速記)第三回」

コラム 分子で地球を読む No.2

琵琶湖の富栄養化と生態系の変化

大河内直彦 おおこうち なおひこ

小川奈々子 おがわ ななこ

カ石嘉人 ちからいし よしと

独立行政法人海洋研究開発機構(生物地球化学)

前回紹介した「アミノ酸の窒素同位体比を用いた新しい生態系解析法」¹⁾の応用例についてひとつ紹介したい。

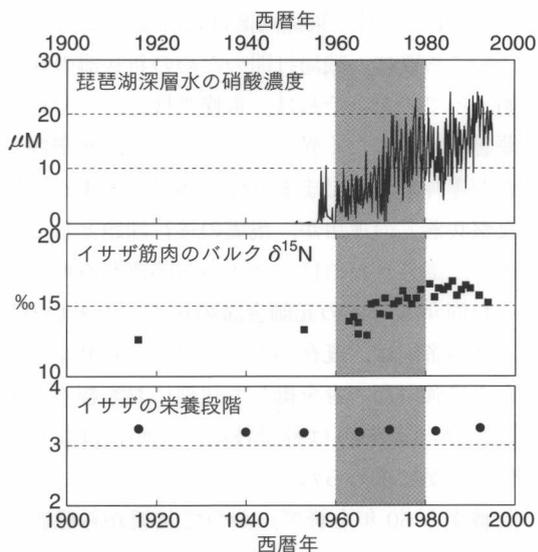
生態系の破壊は、地球温暖化問題と並んで、人類の活動の影響が自然環境に与えた最大の悪影響である。環境の変化が生態系に及ぼす影響は長らく論じられ、その診断法としてさまざまな方法論が用いられてきた。とはいえ、生態系に関連する諸問題は総じて定量化が難しい。生物多様性を定義するための「種数」というパラメーターでさえも、地球上の種数推定値が500万~3000万種と

大きな幅がある。個々の種のバイオマスを重量として推定することも、ほとんどの場合容易ではない。生態系研究に関わるこういった側面が、平均気温や二酸化炭素濃度などといった定量的な数値によって記述できる地球温暖化問題と決定的な違いを生み出してきた。生態系の保全に関わる問題が、とかく定性的かつ情緒的な言説に流れやすいのは、こういった側面がはたらいっているように筆者らには感じられる。

そういった中でも、島嶼や湖沼は「小さな宇宙」として生態系研究の重要な対象になっている。日本各地の湖沼についてみると、高度成長期から現在にかけて多少なりとも富栄養化問題に直面してきた。湖沼という小規模な生態系において、人類活動の影響を知ることは、地球全体のことを考えるうえでのミニチュア版として重要な役割を果たしてきたのである。

たとえば琵琶湖では、富栄養化の典型例をみることができる。1960年代後半から1970年代にかけて、人口密集地から比較的離れた琵琶湖北湖においても深層水中の硝酸濃度が大幅に上昇し、富栄養化が進んだ²(図上)。琵琶湖では、この時期の前後を含めてハゼ科魚類のイサザ(*Gymnogobius isaza*)が、奈良女子大学の名越誠名誉教授らの尽力によって継続的に採取されてきた³。現在は、ホルマリン固定試料として京大学生態学研究センターに保存されている。

10年ほど前の研究によると、イサザの筋肉組織のバルク(全体の)窒素同位体比は、1960年代後半から1970年代にかけて大きく上昇したことが明らかになった^{4,5}(図中)。富栄養化が進んだ湖水中では、溶存酸素の減少にともなって脱窒が起こる。それが湖水中に溶存している硝酸の窒素同位体比を上昇させ、食物連鎖を通してイサザの筋肉の窒素同位体比を上昇させたと解釈された⁴。ただし、窒素同位体比は食性によっても変化する可能性があるため、富栄養化にともなう生態系の変化によってイサザの食性が変化した(より高次捕食者になった)ために、その窒素同位体比が上昇したのだという解釈も否定はできない。



図—20世紀における(上)琵琶湖北湖における深層水(水深75m以上)中の硝酸濃度², (中)イサザ(*Gymnogobius isaza*, 体長58±7mm, 1歳魚)の筋肉全体の(バルク)窒素同位体比⁴, (下)イサザ筋肉のグルタミン酸とフェニルアラニンの窒素同位体比から推定した栄養段階

推定の原理と式については文献1を参照のこと。影をつけた部分は、富栄養化が進んだ時期を示す。

今回新たに同じイサザの筋肉試料からアミノ酸を抽出し、その窒素同位体比を測定して栄養段階*を推定した⁶。図下はその結果を示したものが、20世紀を通してイサザの栄養段階は3.2~3.3で横ばい状態にあったことがわかる。つまり、富栄養化は進んだものの、イサザは栄養段階が2.2~2.3にあたる生き物(主に動物プランクトンやヨコエビと考えられる)を主食とし続けたことを示唆している。そしてやはり、富栄養化にともなう脱窒がイサザの筋肉の窒素同位体比を上昇させた犯人だったのである。

ちなみに「ホルマリン固定」とは、ホルムアルデヒドがアミノ基に架橋する反応であるが、アミノ酸のアミノ基をはじめ生体中の窒素の安定同位体比は基本的には変質しない⁶。したがって、ホルマリン固定試料といえども、栄養段階の記録媒体として使うことができる。

*—栄養段階とは一次生産者が1、植食者は2、植食者だけを食する動物は3というように定義される数値である。植物と植食者を同量食べる動物などの場合は2.5と小数になる。

琵琶湖では、水質汚染にともなってプランクトン種がごっそり入れ替わるとともに⁷、ほぼそれと同時期にブルーギルやブラックバスなどの移入種の増加も確認されている。さらにそれにもなつて、琵琶湖におけるイサザの水揚げ量から推定されるそのバイオマスは、大きく減じたと推定されている⁸。いくつかの影響が重なつて事情は複雑とはいえ、イサザの栄養段階が一定を保つたという結果は、今後環境と生態系の関係を定量的に論じる際に重要なアンカー・ポイントになるだろう。

日本の湖沼において富栄養化が顕著に進行したのは、多くの場合高度成長期のことである。だから富栄養化が生態系に及ぼした影響を知るには、もはや過去の記録を辿るしかないケースが多い。その一方で博物館や大学などには、琵琶湖のイサザのように継続的に採取され、ホルマリン固定試

料として長年保存されている魚類などが膨大な種類と数にのぼる。その意味で、過去に採取された生物試料が利用できることの意義は大きい。そういった保存試料を用いて、さまざまな魚種について正確な栄養段階が調べられていけば、富栄養化が生態系に及ぼしてきた影響が、これまで以上にクリアに見えてくるだろう。栄養段階は数ある生態系パラメーターの一つに過ぎないが、定量性の向上は今後の議論に大きく貢献するに違いない。

文献

- 1—大河内直彦・石石嘉人：科学，81，201(2011)
- 2—滋賀県水産試験場：研究報告 1-46(1950-1997)
- 3—M. Nagoshi: Res. Popul. Ecol., 8, 20(1966)
- 4—N. O. Ogawa et al.: Limnol. Oceanogr., 46, 1228(2001)
- 5—T. Nakazawa et al.: ProsONE, 5, e9120(2010)
- 6—N. O. Ogawa et al.: in prep.
- 7—N. Tsugeki et al.: Limnology, 4, 101(2003)
- 8—M. Yuma et al.: Environ. Biol. Fish., 52, 92(1998)

資料 3(p.640)補足説明

※1—上記の数値は設備容量(kW)単位であり、再生可能エネルギーによって標準的な設備利用率も異なるため、異なるエネルギー間で単純な比較はできない。※2—上記の数値は既開発分を含んだものとして推計した。但し既開発分は事業採算性以外の観点で導入されているものが少なくなく、単純な比較はできない。※3—補助シナリオとして、本表では事業費1/3の補助金導入を想定したシナリオ(熱水資源開発のみ調査費100%補助を含む)を掲載した。※4—太陽光発電の耕作放棄地は、21年度調査では「低・未利用地」の一区分にしていたが、他の低・未利用地と導入可能量の推計方法等が異なるため、別途区分した。※5—風力発電は地域偏在性が極めて強く、電力系統に与える影響等を別途検討する必要がある。※6—中小水力における上下水道・工業用水道の値は、21年度調査における推計値を引用した。なお、今回の調査で使用した賦存量等の推計方法については、比較的規模が大きいものでは過小評価となっている可能性が強い。このことへの対応は今後の課題となる。※7—地熱発電のうち温泉発電は、53~120℃の低温域を活用したバイナリー発電の一部になるが、自然湧出温泉又は既開発温泉を活用するためイニシャルコストが低減できるので、シナリオ別導入可能量等においては外数となる。

賦存量 設置可能面積、平均風速、河川流量等から理論的に算出することができるエネルギー資源量。現在の技術水準では利用することが困難なものを除き、種々の制約要因(土地の傾斜、法規制、土地利用、居住地からの距離等)を考慮しないもの。

導入ポテンシャル エネルギーの採取・利用に関する種々の制約要因による設置の可否を考慮したエネルギー資源量。賦存量の内数。**シナリオ別導入可能量** 事業収支に関する特定のシナリオ(仮定条件)を設定した場合に具現化が期待されるエネルギー資源量。導入ポテンシャルの内数。対象エネルギーごとに建設単価等を仮定した上で事業収支シミュレーションを行い、税引前のプロジェクト内部収益率(PIRR)が概ね8.0%以上となるものを集計したもの(※年次は特定していない)。概して実際の導入量はシナリオ別導入可能量を下回る予想されるが、経済的要因以外の要因で導入される場合もあるため、実際の導入量がシナリオ別導入可能量を上回ることもあり得る。

シナリオ別導入可能量推計における基本シナリオは、「再生可能エネルギーの全量固定価格買取制度」(Feed-in Tariff, 以下FITと略す)の導入や技術開発によるコスト縮減を想定して、以下のように設定し、事業性の観点から具現化が見込まれる量を推計した。

- ①**基本シナリオ1(FIT対応シナリオ)**…現状のコストレベルを前提とし、2011年3月に閣議決定された「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法案(FIT法案)」において想定されている制度開始時点の買取価格及び期間で買取が行われる場合。
- ②**基本シナリオ2(技術革新シナリオ)**…技術革新が進んで、設備コスト等が大幅に縮減し、かつ、FIT法案において想定されている制度開始時点の買取価格及び買取期間が維持される場合。
- ③**参考シナリオ**…補助制度導入や対象エネルギーで固有的に考えられる諸条件の変更等を想定したシナリオを追加的に設定し、それに対する導入ポテンシャルや導入可能量の変化についても分析を行った。