

生態系思考—アマモから見た水界—

相生啓子*

Keiko AIOI: Thought on Aquatic Ecosystem from Seagrass, Zosteraceae

はじめに

水草研究会第14回全国集会(1992年8月20日・21日)では、2日目のエクスカージョンで山中湖、忍野八海、桂川流域の水草相見学が行われた。折しも6月にブラジルで開催された地球環境会議、NGOワークショップで「種多様性の保全」が論議され、内容は不十分ながら日本も条約に調印したばかりである。しかし、日本列島の水生植物の25%が、絶滅ないしは絶滅に瀕している今も、絶滅へのスピードは緩む気配も無い。この2日間の研究発表とエクスカージョンに、様々な形で問題点が凝縮されていたように思う。

以前にも、全国集会の開催地、裏磐梯の五色沼のひとつ、毘沙門沼に本来いるはずのない鯉が放されていて、観光客が買った餌を与えるようになっていたことがある。五色沼に生息している魚類は、アブラハヤとウグイである(山本護太郎他、1975)。しかも五色沼の殆どは、貧栄養湖でしかも酸性湖沼であり、一次生産者の植物プランクトンの量は、極めて少ない非調和型酸性湖沼と言われている(Yamamoto, 1972)。鯉や鮒のような雑食性の魚は、富栄養湖に生息している魚である。

山中湖の取水口では、ブラックバスの死骸が確認された。ブラックバスの他に、ブルーギルも人為的に入れられたという話である。湖岸の景色の変貌ばかりでなく、湖の生態系も相当変わってしまったという印象である。忍野八海の観光地化は、池の上の土産店を、芝居小屋と見間違えたほどである。屋根と縁の下から、滝のように水が流れ落ちる仕掛になっていて、湧き出たばかりの清冷な水をたたえた池には、鯉や虹鱒が泳いでいた。木下順二の戯曲「夕鶴」は、自分の羽を抜いて、反物を織って恩返しをする鶴の話である。芝居小屋のような土産店には、反物を売って儲けたお金の魅力にとりつかれた、主人公の与ひょうを演じる、人間の姿があった。忍野の

人の心には、昔の人が抱いた、富士山の大自然に対する「畏敬の念」は、もう無いのだろうか。

忍野八海には「銘水百選」と認定された看板が立てられていた。かなり以前にマスコミでも取り上げられたが、神奈川県内の秦野市内の銘水百選は、上流域にあるハイテク産業工場からの廃棄物、トリクロロエチレンが許容量を越え、飲料水としての使用を禁止されている。地下水からの混入と言われている。富士山麓には、既にハイテク産業の工業団地が建設されていて、規制される以前に使用され、廃棄されたエチレン系有機溶剤が、柿田川でも検出されているということである。

スイッチひとつで電気がつき、蛇口をひねれば、水は幾らでも出てくる。便利な生活と、科学技術万能の価値観を背景に、カネ、モノ、チカラを神のごとく崇拝し、昔の、山岳信仰、池沼の神への信仰は、形式だけのものになってしまっている。しかし、富士山に積もった雪は、昔と変わることなく、今も伏流水となって湧き出ているのである。昔の人が抱いた、大自然に対する畏敬の念は、間違いだったのだろうか? 富士山麓の伏流水が、産業廃棄物で汚染されたら、どれほどの影響がでるであろうか? 予測すらつかないであろう。山頂から海岸線までの距離は、急激に下って、大陸のそれとは比べようもなく短い。海に影響が出るのも遥かに早いことであろう。富士山麓水系は海ともつながっているのである。

湖の生活史

保坂三継氏(東京都水道局水質センター)の資料「山中湖の水質及びプランクトン調査結果」によると、山中湖の水質は、湖岸水域で生活排水からの汚濁による富栄養化の進行が懸念されている。海拔982メートルという高地の湖であるのに、透明度は2.3から3.1と大変低い値である。吉村信吉(1976)の「湖沼学」には、5.5と記

* 東京大学海洋研究所・海洋生物生態部門 Division of Marine Ecology, University of Tokyo

されていて、急速に透明度が落ちてきていることが伺える。一見、美しい観光地・山中湖も、周囲の人為的な生態系の変化に伴って、見えない水の中でも急激な変化が起きているのである。

山中湖の無機質な自然環境の変化は、生物の変化に比べると桁違いに遅いものである。しかし、この大変ゆっくりした変化が、人間の活動によって加速されることがある。エクスカージョンの案内をしてくださった地元会員の杉浦忠睦氏の話では、山中湖の水利権は東京電力が持っているということである。ダムばかりでなく、天然の湖沼でも水位変動が人工的に行われている。

湖沼の遷移は、貧栄養湖から中栄養湖、富栄養湖を経て、湿原、湿地帯へと移行する。忍野盆地は、延暦19年(800年)の富士山の大噴火の前まで、宇津湖とよばれ、山中湖とつながっていたという。その後湿地へと移行し、人間の手が入り、農地や住宅地が変わっていった。

Forel (1901)は、自然状態での湖の変化の過程を、人間の一生に例え、次のように分けた。

- (1) 青年期：湖盆形態の原形に変化が少ない。
 - (2) 壮年期：湖岸に湖棚が形成され、粗大な砂れきが河口前面に三角洲を作る。湖底は細かい泥土で平坦化するが、湖盆原形の全部は沖積物に被われない。
 - (3) 老年期：湖底平原が発達し、湖盆原形の全部が沖積物に被われる。
 - (4) 沼：中央の湖底平原は、湖棚と同じ深さとなる。全水面を沿岸植物が被う。
 - (5) 沼沢：ますます浅くなり、全面を挺水植物被う。
- (以上の説明は、山岸・沖野(1974)を参照)

このような変化は、地質年代的变化で、大変な年月がかかる。湖水中で生物生産が行われるようになり、大型の水草が、湖底に侵入し始めることにより、この変化が加速されるのである。このような生物を中心にして変化していく様子を図示したものがあ(山岸・沖野、1974)(図1)。河川から運びこまれる各栄養塩類は、こ

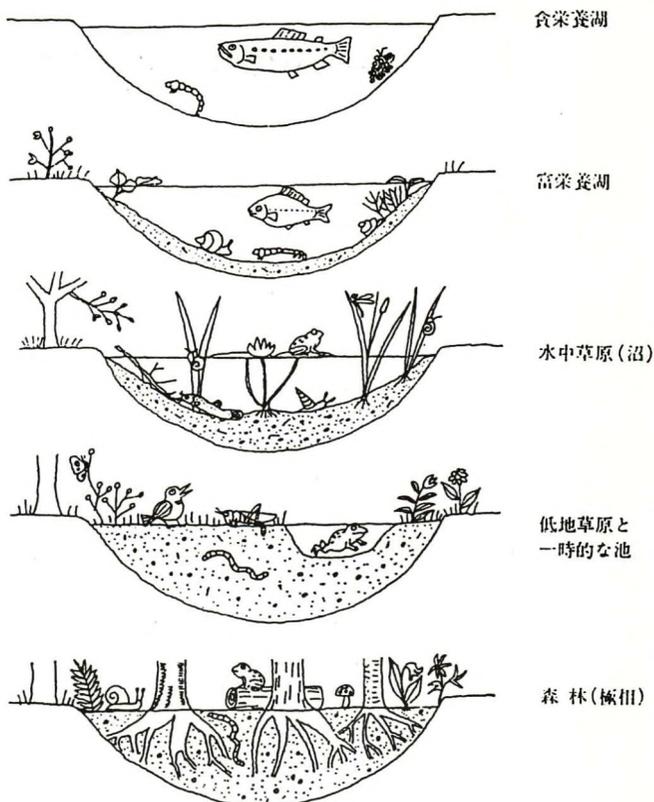


図1. 水生遷移系列
Clarke(1954)を改変したもの(山岸、1973より)

の量に見合った植物プランクトンの生産によって、有機化合物として生物体に組み込まれる。プランクトンの遺骸は湖底に沈澱し、バクテリアによって分解され、再び湖水中に回帰される。このような生物による取り込みと回帰、新しい流入が繰り返されることにより、湖水の富栄養化が進行する。生物による生産量も増加し、湖底への有機物の堆積が促進される。湖底は次第に浅くなりやがて沼沢になる。

湖が中栄養湖から富栄養湖に進むと、水草は、沈水植物から浮葉植物へと移行する(山岸・沖野、1974)。エクスカージョンで観察された山中湖の水草は、クロモ、セキショウモ、ホザキノフサモ、センニンモ、コカナダモ、エビモとセンニンモの雑種であった。これらは全部沈水植物である。これらの沈水植物のなかには、センニンモのように中栄養湖に繁茂するもの、クロモ、セキショウモのように中栄養湖から富栄養湖に巾広く繁茂するものが見られるが、水草相の動態を見ていけば、現在の山

中湖が中栄養湖から富栄養湖に移行する様子を知ることができるであろう。更に、ブラックバスやブルーギルの放流により、湖の生物生産が加速され、富栄養湖への進行が加速されていることになる。

生態的ピラミッド

湖における生態系内の生物の種の間には、食う、食われるという関係があるが、この構造を栄養構造 (trophic structure) と呼ぶ。生態系の中の食う、食われるという関係は、食物連鎖 (food chain) と呼ばれるが、諏訪湖の場合、植物プランクトン—動物プランクトン—ワカサギ—ナマズという関係がなりたち、各々の捕食の段階は栄養段階 (trophic level) と呼ばれる。この食物連鎖は、単純な一本の鎖ではなく他の鎖とも絡みあって、複雑な食物網 (food web) となる (山岸、1973) (図2)。

生態系における生物的要素間の数量的関係を示すための、栄養段階の下から上へ、即ち一次生産者から高次消費者へと、その生産量を積み上げると、上へいくほど小さくなるピラミッド形になる。これが生態的ピラミッド (ecological pyramid) である (図3)。諏訪湖の魚の63%はワカサギであり、1年で成熟、産卵期の終る5月頃に、殆ど漁獲されてしまう。このような量的なとらえかたは解りやすいが、この中には、食物連鎖の中で、草食性魚類とされているものも、一段上の魚類に入れられてしまっている点に、注意する必要がある。

生物群集の現存量は、栄養段階が上に行くに従って小さくなっていく。捕食者の現存量に対する被食者の現存量の比が、利用効率として表わされる。諏訪湖では、約18%が、第1次消費者に利用されている。北海のアマモ (アジモ) 場生物群集は、25%で水界の生物群集の中では、最も高い利用効率を示している。諏訪湖も北海も、漁獲された魚は、人間が食べている。諏訪湖の場合は、

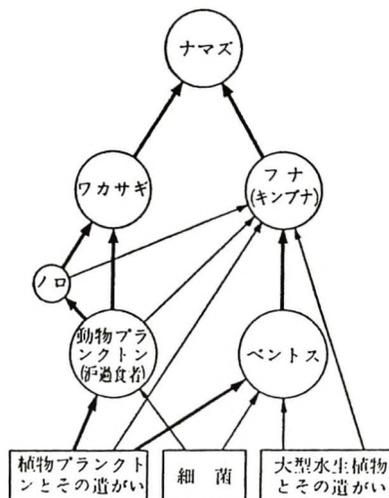


図2. 主要魚類を中心にして見た諏訪湖の食物連鎖。太い矢印は強い関係を、細い矢印は弱い関係を表す (山岸、1973より)。

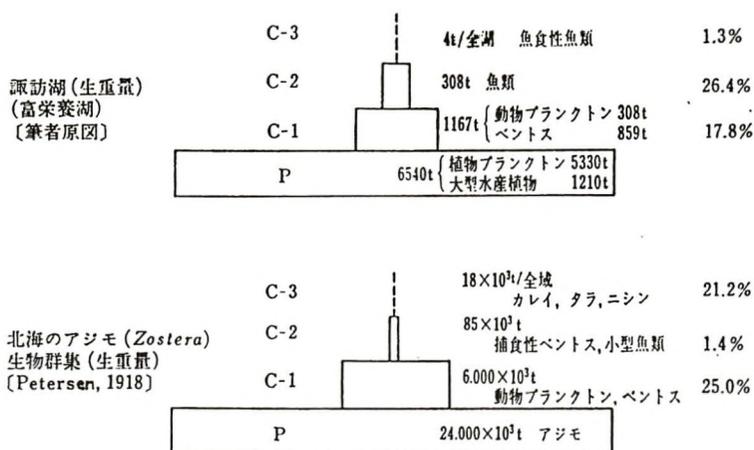


図3 諏訪湖および北海のアジモ場における生態系の生物群集の現存量のピラミッド。P : 生産者、C : 消費者、%は栄養段階間の現存量の利用効率 (山岸、1973より)。

年間漁獲量を1日当りに換算すると、約1トンとなり、人間がこの生態系の外から流入させても生物的に消化できる能力は、約1トンの生物量と考えられる。生物群集内の有機物の循環を、様々な仮定を置いた計算通りに管理することは、実際には非常に難しいことである。しかし生態系内の生物群集の問題をトータルに捉える上で、一番解りやすい構図である。

アマモから見た水界生態系

アオコで有名な諏訪湖の水は、天竜川から静岡県の子民の飲料水となり生活排水となって海に下る。日本の干潟やアマモ場は、沿岸の開発のため、埋め立てや護岸工事によって消失の憂き目にあっているが、藻場が消失すると藻場生物群集も消失し、生物的分解能力が全部失われることにより、内湾の海の汚染が加速される。湖のアオコや、海の赤潮の大量発生は、人間の経済活動による工業廃水や、生活排水の流入による富栄養化が生物群集の分解能力を越え、生態系のバランスが崩れてしまった状態なのである。一次生産者としての水草の役割は、栄養塩の吸収による水の浄化ばかりでなく、その生態系における生物群集全体の、微妙なバランスを保つうえでも、重要な役割を演じている。

山中湖からアマモ場まで、話が飛んでしまったが、オゾン層の破壊、地球温暖化の問題だけが、現在人類が直面している環境破壊の問題ではない。たった一種の種の生命が、地球全体の命と繋がっているのである。1930年代に、北大西洋の藻場では、粘菌によって引き起こされる wasting disease (Rasmussen, 1977)によって、アマモが大量弊死した記録がある。現在、北太平洋では、世界共通種であるアマモ (*Zostera marina* L.)に、この粘菌 (*Labyrinthula zosterae*) のコロニーのスポットが確認されている (Short et al., 未発表)。これも内湾の富栄養化が原因と考えられている。陸水から海へと、その生息域を広げ進化していったアマモが病んでいる。そして生態系が病み、地球が病んでいる。人間だけが病まずにいられるはずがない。

雪解け水が伏流水となって、何十年もかかって湧き出す富士山水系は、富士五湖、緑の貯水池と言われる青木ヶ原を含む山麓の伏流水、そして河川から海へとつながる。日本列島の地形的特徴は、山から海までの距離が短いことである。エチレン系溶剤などによる地下水の汚染がどのように波及するか全く解らない状態である。海ま

で即効的に波及する可能性は高い。更に、ゴルフ場に散布されている農薬が、地下水に入り、複合的にどのように生物に影響するのか、全く予測ができない。

人間も生物である。水系全体が環境問題にされるのも、そう遠くないであろう。昔の人々が富士山を信仰し、自然との調和に根ざした生活をしてきた事が正しかったことを、認めざるを得なくなる日が来るであろう。自然は「夕鶴」のようなものである。気がついた時には、二度と姿を現してはくれない。我々の現在のライフスタイルを、全部見直さなければならぬ時がきている。「鎮守の森の木を切ると、害虫が増え、農民は米がとれなくなり、漁師は魚が捕れなくなる。村の共同体は崩壊し人心は荒廃する」と、現在のカオスの訪れを予言し、そして「地球はひとつ、されど己が棲むところにおいてそれを捉えよ」と言った南方熊楠 (1867-1941)の言葉を思い出さずにはいられない。

引用文献

- Clarke, G. L., 1954. (市村俊英ほか訳) 生態学原論. 396p., 岩崎書店(1965)
- Forel, F. A., 1901. Handbuch der Seenkunde.
- Petersen, C. G. J., 1918. The sea bottom and its production of fish-food. A survey of the work done in connection with the valuation of the Danish waters from 1883-1917. Rep. Dan. Biol. Stn. 25: 1-62.
- Rasmussen, E., 1977. The wasting disease of eelgrass (*Zostera marina*) and its effects on environmental factors and fauna. In: Seagrass Biology (ed. C. P. McRoy and C. Helfferich). pp.1-51, Marcel Dekker Inc. New York. Basel.
- Short, F. T., H. Iizumi and K. Aioi (投稿中). Occurrence of the eel-grass pathogen, *Labyrinthula zosterae*, in Japan. Diseases of Aquatic Organismus.
- 山岸 宏、1973. 現代の生態学. 232p., 講談社.
- 山岸 宏・沖野輝夫、1974. 湖沼の汚染. 142p., 築地書館.
- Yamamoto, G., 1972. Trophic structure in Lake Tatsu-numa, an acidotrophic lake in Japan, with special reference to the

importance of the terrestrial community. Proc. IBP-UNESCO Symp. on Productivity Problems of Fresh-waters. Warsgawa-Krakow: 405-419.

山本護太郎、1975. JIBP-PF 裏磐梯湖沼群研究グループ、裏磐梯湖沼群の研究. 169p., 福島県.
吉村信吉、1976. 湖沼学 (増補版). 439p., 生産技術センター.

<文献リスト1992—(2)>

- 有馬 進・田中典幸・原田二郎・松本和夫・窪田文武.
トウビシの生育と収量成立に関する研究. 第1報 収量および収量構成要素と葉冠数の変化の関係. 日作紀 61 : 223-228.
———・原田二郎・田中典幸. 同 第2報 立葉群落の形成, 開花および精果実数の関係. 同上 61 : 229-234.
萩原 寛. オニバスが茨木市竹ヶ池で開花. 近畿植物同好会会報 (57) : 18-20.
浜島繁隆. 岩藤新池(愛知県日進町)集水域の小湿地の環境・植物季節と植生. ため池の自然(16) : 1-4.
濱谷修一. オオオニバス属の花の構造について. 広島市植物公園栽培記録(13) : 9-11.
稲村達也. 除草剤連用によるクログワイ地上部の生育抑制の判定指標と塊茎の形成. 雑草研究 37 : 105-112.
———. 除草剤連用によるクログワイ地上部の生育抑制と塊茎の萌芽および生存との関係. 同上 37 : 113-120.
———. 除草剤処理によるクログワイ地上部の生育抑制と根茎および塊茎の形成との関係. 同上 37 : 204-212.
井上隆司・岡村大一郎. 水草ホテイアオイの利活用について—紙製造工場計画. 環境技術 21 : 185-188.
磐田南高校生物部・桶ヶ谷沼班. 桶ヶ谷沼と鶴ヶ池におけるタヌキモ類の再検討. 桶ヶ谷沼を考える会会報(11) : 9-11.
糟谷真宏・浜島繁隆・大野 徹・鈴木 淳・鈴木達夫. 愛知県下山村の三つの池の水質, 水草とトンボ. ため池の自然(16) : 11-12.
木下慶二. 田原湿地(和歌山県古座町)の植生について補遺. 南紀生物 34 : 120.
本橋敬之助. ホテイアオイ植栽圃場における水質の経時変化—手賀沼を例にして— 水処理技術 33 : 185-192.
大庭俊司. 桶ヶ谷沼の植物 5. タヌキモの話. 桶ヶ谷沼を考える会会報(10) : 6-7.
笠井貞夫. 印旛沼の水草めぐり. 千葉県立中央博物館友の会ニュース(15) : 2-3.
片桐義昭. ムジナモの発芽. 長岡市立科学博物館研究報告 (27) : 7-10.
千葉和夫・川島長治. コウキヤガラ塊茎からの自然条件下での発生生態. 雑草研究 37 : 129-133.
———・———. コウキヤガラ塊茎からの発生に及ぼす耕種操作の影響. 同上 37 : 134-139.
———・———. コウキヤガラ種子の発芽生態と各種除草剤による抑制効果. 同上 37 : 140-145.
辻井達一. 湿原の保全—その賢明な利用のために— 土と基礎 40(4) : 1-4.
吉田 宏. 竹ヶ池のオニバス, その後……. 奈良植物研究会会報(48) : 6.
Momonoki, Yoshie S. Effects of ethylene and carbon on seed germination of *Monochoria vaginalis* var. *plantaginea*. Weed Res., Japan 37 : 121-128.
Yamanaka, M., N. Sasaki & S. Ishikawa. Fossil pollen grains of the genus *Nuphar* found in the late Holocene deposits from the Komatsubara Moor in Mt. Naeba, Niigata Prefecture. J.Jpn. Bot. 67 : 88-91.
Yamasaki, S., M. Kimura & T. Yoneyama. Early withering of lower leaves of *Phragmites australis*(Cav.) Trin. ex. Steud. in a eutrophic stand : role of oxygen concentration, fate of nitrogen and nitrogen uptake by the plants. Aquat. Bot. 42 : 143-157.