

生物指標論〈上〉

四竈安正

目次

- 1—はじめに
- 2—生命と生物に対するわれわれの認識
 - 2-1 生命、生きているという感じ
 - 2-2 生命の根底にある第1のものは水である
 - 2-3 生命は物理学的にもある程度とらえることができる
 - 2-4 生命は化学的にもある程度とらえることができる
 - 2-5 生命は生物学的にもある程度とらえることができる
- 3—生物指標
 - 3-1 非生物指標〈計器指標〉と生物指標
 - 3-2 生物指標はどのような生命の場に現われるのか？
- 4—指標生物
 - 4-1 指標生物とは
 - 4-2 指標生物の実用例
- 〈以上本号〉
- 4-3 指標生物を用いての環境の生物試験
- 5—おわりに

都市の環境と生物指標という課題の中で、「生物指標論を生物を主としてまとめてみる」というのが私に与えられた仕事のようなものである。私はこのような問題を特別深く研究した経験を持ち合わせる者ではないので、はたしてどれほどのことが書けるか見当がつかない。それを承知であえて筆をとつたのは、むしろ私自身の勉強のためである。読者には甚だ御迷惑かもしれない。もし何かお役に立つ点があったなら、それは全くの俸せである。

正直のところ、平生何となく生物指標などという言葉の口にはいるものの、あらたまって生物指標とは何かなどと考えてみると、だんだん自分の考えのあいまいさがはっきりしてくるだけで、なかなかしっかりした概念など浮かんで来ない。しかし、また一方では、日常茶飯事として、或いはきわめて自然的として見過ごしていることの中に、生物がある環境を指標している、すなわちある環境を指し示す目印になっている場合が数えきれないほどあることも事実である。いや、数えきれないほどあるなどというものではなくて、ほんとうはすべて生物は環境を示しているのに、われわれが、時にはそれをよく理解しているが、時にはほとんど或いは全く理解していないというだけのことであると云った方がよいのであろう。これは、本来、生物と環境とは、一体不可分、相互限定的な存在であることに由来している。それは地球上における生物の発生の根源において、混沌たる状態から生物が生物として顕現しはじめた時に、同時に環境が環境として顕現しはじめたのであるということ*に端を発している。したがって、一方において生物が長い進化の道程を歩んできたのと同様に、環境も長い進化の道程を歩んできたのであるということを見のがしてはならない。われわれの貧弱な知恵ではそのどちらについ

* 沢瀉久敬 1949：医学概論第2部
生命に就いて 創元社

でも、ごく僅かきり見定めることはできないにしても、1個の生物のみめかたち、或いは1個の生物の1つのしぐさには、ほとんど無限の時間と空間の中にひろがりをもつ環境と個体の相互限定がうつし出されているのであろう。例えば、雄鶏が時を告げるということは、幾億年にも亘る進化の結果であり、同時に地理的環境の影響下で、食や性の関係に左右されながら、夜・昼・朝を感じてのことである。コケコッコウという声はこれだけのことを指標しているというわけである。化石と古気候にはじまる生物季節、生物地理、はてはわれわれの日々の元氣と天気——「私の鼻がつまると低気圧が来る」というようなことを自信をもって云う人は決して少なくない——など、生物が環境の指標となっている例は枚挙にいとまがない。このようなわけで、生物指標ということ、すなわち生物が或る一定の環境を指し示すある一定の目印をもっている或いは示しているという論は成立するであろう。いふなれば、生物とその環境には、鍵と鍵穴にも比すべき関係があって、鍵<生物>をよく見れば、鍵穴<環境>が推察されようというわけである。ところで、実際問題に関しては、生物の方も環境の方も決してそう簡単ではない。たしかに生物は環境を示す指標になるにはなるわけであるが、現代の都市においては、生物もまたその環境も、未だかつて人類が経験したことのないほど極端な状態、それは異常な状態と呼んでもよいし、不自然な状態と呼んでもよい状態に押しやられている。街路樹は枯れ、野犬は移住し、小児は喘息に悩み、成人が己を失う等々。人間は社会的動物であるという。たしかに人間は永いことポリスの形成*をめぐして努力してきた。それは今後も続けなければならない。しかし、現実においては、犬も見捨てた汚れた街に、

* 四竈安正 1968：ポリスの人間形成のために 鎌倉市民 No. 107

最も自由であることを以て誇りとしている筈の人間が縛りつけられているのである。われわれは現代の都市を、せめて街路樹の育つ、そして野犬に見捨てられない程度の環境にまで引き上げなければならない。今の様相はかって絶滅した巨大爬虫を想い出させるものがある。人類はこれから、もう一つの大きな仕事である ポリスの人間的形成に努力しなければならない。都市を、あたかも1人の美しく、清く、強い人間のように育てなければならない。この仕事は人間に最もふさわしい仕事のように思われる。それを実現するためには、まず皆がそう決心しなければならない。そして人間の形態や機能を模範として、都市の在り方を反省し、是正しなければならない。もちろん都市の在り方にはそれぞれ個性があって然るべきであろう。しかし如何なる都市においても、そこで人間が生きる環境は良いものでなければならない。それを保全するために、微生物から人間までひろがるあらゆる生物が指し示してくれる環境標示——生物指標——を存分に利用することはこの上なく大切なことであろう。

2———生命と生物に対するわれわれの認識

生物指標を問題にする前に、一応ではあるが、生命と生物に対するわれわれの認識を反省しておきたい。

2-1 生命、生きているという感じ

平生、われわれはたえず生きている物に接しているのに、——いや、接しているのでと云うべきかもしれないが——生きているという感じを切実にもつことはほとんどない。それが切実に、最も強烈に感じられるのは死に直面した時であろう。大事な鉢植えの花が一晚のうちにしおれてしまったとか、可愛い小鳥が籠の床にかたくなって死んで

いたというような悲しい思い出の1つ2つは誰にでもあるものである。そうした経験がその人の生命観を培い、或いは左右するというのも稀ではないであろう。

ジェット機で砂漠の上を飛んでいると、ほんの僅かでも水気があれば、大地は何となく緑を帯び、生気をただよわせる。その瞬間、われわれは云うに云われぬ安心感に包まれる。そして、再び灰色に変わると名状しがたい不安に落ち込む。昔、歩いて旅した人々が身を以て地・水・火・風を感得したのはまことに自然の成り行きであったと思われる。

2-2 生命の根底にある第1のものは水である

水は地球の表面を蔽って、すべての生あるものの内奥深く滲透している。比熱が最大であることと、最もよく物を溶かすということがその特徴とされる水は、生物に無限に複雑な合成への道を開いた。生物にとって、完全な脱水は死を意味する。そこでまた、しばしば生物は最少量の水分を確保して強固な殻の内にこもり、困難な時期を耐えることがある。孢子や種子はその代表的なものであり、彼らは一定の条件下で水を得さえすれば発芽して再び活発な生活に戻ることは誰でも知るとおりである。生物体の構成単位であり、また機能の単位でもある細胞の内部に見られる原形質流動は正に細胞内の物質が水に乗って流転しつつあるすがた、すなわち細胞が生きて働いているすがたと見做されるであろう。この水は外界に通じている。それは生物をめぐる数多くの元素、すなわちC, H, O, N, P, S, K, Na, Ca, Mg, Cl, Fe, ……の循環系であり、蒸発して雲となり、雨となり、川、海となり、そしてまた生物にめぐってくる。生物化学は生体を構成している元素の主要なものはC, H, O, N, Pなどであることを教えたが、これらはまず地球の表面に顔を

出したCが地表付近のH, O, N, Pなどと結合したということの現われなのであろう。そしてこれらの結合は生物の環境を構成していた多くの微量の元素——括して塩類と呼ばれるような——すなわち, S, K, Na, Ca, Mg, Cl, Fe, Si, …との交渉の中で、無限に複雑な展開をなしとげたものと解してよいのであろう。植物の肥料或いは栄養における“ミニマム ロウ”を思い出して欲しい。そしてこの交渉を可能にしたのは水 H_2O であった。因みに水生植物は体の95~99%, 魚は約80%, 人体は約70%, 陸生植物は50~75%の水を含む。もし仮に、生物体から完全に水を取り去ってしまったならば、私と貴方も、私と魚も、私とアミーバも、私とかぼちゃも、そう簡単には見分けられないほど近い みめかたち になってしまうはずである。食物成分表を思い浮かべて欲しい。

2-3 生命は物理学的にもある程度とらえることができる

生命の研究で大切なことは、何と云っても、生きている状態を研究することであって、観察、実験、測定などいずれも、この点について特に多くの努力がはらわれてきた。生物体の大きさ、重さ、弾力、比重、形、色、発熱、発光、発電、発音、運動、神経の刺激伝達、血圧、滲透圧、電気伝導度、脳波、嗅覚、視覚、味覚、聴覚、触覚、睡眠等についてのいわゆる生理学的研究なるものはいずれも生物体について物理的方法で研究したものである。グラスファイバーの応用によって胃鏡・膀胱鏡・気管支鏡はおろか、血管の内までのぞけるようになり、X線は骨格の観察に始まって、造影剤の工夫で消化管や血管まで精査し得るようになり、さらに軟線を用いて軟体部の構造を読みとれるようになった。

さらに生理学と心理学の協同の結果、かつては魚

に聞いてみなければわからないと云われた感覚の問題、例えば魚に色や音や味や臭がわかるかというようなことも解明できるようになった。

要するに、これら物理的手段を用いることによって、生体内で起っている変化を数量的に測定できるようになって、ずい分多くのことがわかったと云ってよいであろう。

生物体の基本的な構造としての細胞の生命ある基質は原形質と呼ばれるものであるが、これは蛋白質或いは他の物質が蛋白質に結びついて、いわゆる膠質系をなしている。そこに分散している粒子は5~200 μ の直径をもつ巨大分子や分子の集団である。細胞内の条件によってゾル~ゲル転化が起る。すなわちこれらの膠質粒子は周囲に水分子を多数吸着しているが、奪われれば不可逆的沈澱をおこす。例えば酸、アルカリ、中性塩等の電解質、重金属イオン、または種々の非電解質でも起る。生きた細胞の原形質では細胞質皮質には蛋白質のほかには磷脂質があって複雑な膜を作り、半透過性を示す。細胞が害されると、透過性は増えたり、減ったり、またはなくなったりする。

このように生命の“機械論的な”解明が進んできたにもかかわらず、さらに生命現象を個体そのものについて追究してゆくと、従来の物理学や化学では説明のつかない法則性や力が存在すると考えざるを得なくなった。それは最近大いに進んだ分子生物学の中に多くの実を結ばせることになった。その一つは遺伝子の恒常性という問題である。遺伝子は染色体の中に細い帯状に見られる。それは原子の集まりのようなものであると思われるが、それがばらばらにならず非常に安定なものであるということは、遺伝子が単なる原子の集団ではなく、原子同士が化学的に結合した1つの巨大分子<高分子>をなしているのであろう、高分子ならばその安定性は量子論で説明が付き、何ら物理法則に反するものではないというわけで

ある。

2-4 生命は化学的にもある程度とらえることができる

まず植物によってつくられる一番簡単な有機物が含水炭素である。それは炭素<C>に水素<H>と酸素<O>が水<H₂O>の比率で化合したもので、たいていはCとOでつくられた環にHとOHの形で結びついてできる。糖類はその簡単なもの。貯蔵用には澱粉*のように長い鎖状結合をなし、数千個の葡萄糖が結合しているグリコゲン¹は動物澱粉。葡萄糖はあまねく細胞に見出されるが、どちらかと云えば、生活のためのエネルギーを供給するための燃料で、生体の構成要素とは云えない。

次は脂質。よく知られているのは脂肪で、脂肪酸グリセリド、すなわち3価アルコールの代表とも云うべきグリセリンと3分子の脂肪酸とから3分子の水を分離して生じる化合物。これは主として貯蔵燃料であるが、脂肪組織として生体の基本的性質としても重要。水に不溶のため小滴として存在することが多い。磷脂質は細胞膜・ミトコンドリア・神経組織などの構成にあずかり、代謝過程にも重要。グリセリンに2個の脂肪酸と窒素塩基と結びついた磷酸1個とが結びついた化合物である。脂質に入れられるステロイドには、動物細胞の通常成分であるコレステロールやカルシフェロール<ビタミンD₁₂>、種々の性ホルモンなどがある。

何と云っても生きた細胞の主成分をなし、且つ重要な機能を果している物質は蛋白質と呼ばれる高分子の含窒素有機化合物である。前述の含水炭素や脂質との基本的な差は窒素を含むこと。蛋白質分子の大きさは他とは段違いで、電子顕微鏡で見

* [C₆H₁₀O₅]_n

られる程度に達する。化学的にはそれは比較的簡単な、通常約20種余りのアミノ酸の結合によって構成されるが、細胞内での組み合わせで無数と云ってよい種類の蛋白質が生じる*。動物の種ごと、組織ごと、個体ごとの特異性さえ生じる。材料になるアミノ酸は食物たる蛋白質から摂るわけであるが、究極においては植物が太陽エネルギーを利用して無機物からつくりあげたものである。

なお、特別なカテゴリーに属する蛋白質は酵素である。すべて細胞内で作られ、到る処で反応促進役すなわち触媒の働きをしている**。

さらに圧倒的に重要視される含窒素有機化合物に核酸がある。これは蛋白質の合成を支配し、遺伝情報の伝達を受けもつ。核酸にはデオキシリボ核酸<DNA>とリボ核酸<RNA>とあり、DNAは核構成成分<染色体の重要成分、遺伝子すなわち遺伝情報の担い手>、RNAは主に核外細胞質にある<遺伝情報の発現役、蛋白質の合成を引き受けている>。DNAは細胞成分のうちで安定なものだが、酸に弱く、変化の際アルデヒドを遊離し、これが亜硫酸で白色にしたフクシンすなわちシッフ氏試薬を赤紫色に着色する。これは組織化学で有名なフォイルゲン反応。RNAは蛋白質合成のさかんな細胞の核の仁および細胞質内顆粒に含まれ、組織標本ではチオニン、トルイジン青、ピロニンなどでよく染まる。

さらに、化学的には特性で一括できない種々の物質で、細胞に不可欠でありながら動物自身がつくることができないものたちの一群がある。ビタミン類である。それらは補酵素の前身であるもの

* 1人の人間の中には恐らく50,000の異なる蛋白質がある。ポーリング著・関・千原・桐山訳 増訂一般化学下 p 536 岩波書店

** 人体にはおそらく2万あるいは3万ぐらいのちがう種類の酵素があって、それぞれが生体にとって有用なある特定の化学反応に対して有効な触媒として作用するように構成されている。一般化学下 p 540<なお酵素にはまだ構造の解明されたものは1つもない>

が多い。動物はそれらを植物からもらっている。以上は生命を化学的にとらえることの中で、いわゆる有機物——複雑なからくりを有し、昔は人工的には全く作ることはできない物と考えられた物質、生体を構成している物質——を大把握にしたものであるが、生命はこのほかにまだまだたくさん物質と不可分の関係を結んでいる。それを最も簡単に表現しているのは、植物の肥料或いは栄養に必要な元素である。それは、C, H, O, N, S, Pなどの主要な生体構成元素として知られるもののほかに、K, Mg, Ca, Na, Cl, Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Co, I, Si, Al, Nb, Wなど。そしてさらに研究が進むに従って、次第にその種類を増すばかりである。後者は多くの場合、植物体にとって、微量ではあるが刺激的に効果があるというような関係をもっている。

動物についても、このような微量有効元素は次第に究明されてきた。すでに単細胞の原生動物において、C, H, O, Nのほかに、Ca, Co, Cu, Fe, Mg, Mn, P, K, Si, Na, S, Vが挙げられている*。また、動物が単細胞から多細胞になり、さらにその体が大きくなるためには、体内の物質循環が良くなければならない。外界の海水を摂り入れて、体内を循環させる脈管系が発達し、血液が進化する。血液が海水に似ているのはむしろ当りまえであろう。いま血液と海水の含有する主要な塩類の組成を示せば表1のようである。なかなか十分な比較をなし得るところまで行ってはいないが、ともかく人間ほど進化したものでも、その血液は海水との間にこのような類似を示しており、魚ではもっと著しい類似を、そしてウニなどではほとんど海水と区別し難いほどの強い類似を示すことが知られている。このことは生物が海——現在の海水より塩分が低く、各種元素の

* Hall, R. P. 1961: Protozoology Modern Asia Edition, Tokyo

表1—血液と海水の塩類の組成

〈塩分全量を100とした場合〉

	血液 * 〈血漿または血清〉	海水 ** 〈塩素量19‰の海水〉
Na	32.9	30.61
Mg	0.208	3.69
Ca	1.04	1.16
Sr	—	0.06
K	1.79	1.10
Cl	38.0	55.04
So ₄	0.354<Sとして〉	7.68
Co ₃	23.5	0.30
Br	—	0.19
Bo ₃	—	0.07

量比も多少現在と異っていたと考えられているが——に発生し、外界の海水を摂り入れて、進化して来たことを裏書きしているものと理解されている。そして、それぞれの生物においては血液の主要塩類の組成はかなり安定したもので、もし何らかの原因で大きく変動するようなことが起これば、生理は著しい動揺に陥らざるを得ない。戦時中二等兵が最後まで塩ぶくろを身につけていたのはこの意味である。

以上は限りなく複雑な生命現象の一端を化学的にのぞきみたわけであるが、ここにも一群の生命のすがたが認められるということだけは云えるであろう。

なお、ここでちょっとふれておきたいことがある。現在生きているというのではなくて、かつて生きていたという意味の印として化石があり、その環境との関係が古くから研究されたことはよく知られた事実である。最近では化石の中に残存する有機物〈アミノ酸など〉についての知見が増してきたので、生物と環境との相互限定のすがたが一層深く探究されるようになるであろう。そうなれば、生物指標というものに時間的な厚みが加わって来よう。

2—5 生命は生物学的にもある程度とらえることができる

およそ生物学はさまざまな方法をとるにせよ、究極において生命がどのようなものであるかを知ろうとするものであるから、生物学によって得られた生命の知識は非常に多い。地球における生物の出現、その後現在までの変化〈進化、複雑化、それに伴って生じた夥しい種類、それらの系統など〉、形態〈解剖〉、機能〈生理〉、生化学〈組成・構造・反応……内部での、および外界との関係において〉、遺伝、生殖、発生、分布、生態等多くの分科を通じていわゆる科学的知識が集積されるとともに、環境と生物との幾重もの相互限定や全体的統一に関して考究されてきた。それらすべては成書にゆづらなければならないが、すでに本文のはじめにふれたように、生物とその環境との一体不可分の関係は地球上における生物の発生の根源においてすでに存在し、その後生物が長い進化の道程を歩むのに伴って、環境もまた同じように長い進化の道程を歩んできたことについてだけ、もう少し考えてみたい。

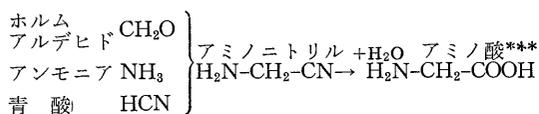
まず地球表面に最初の大気らしいものが出現した時は大気はまだ酸素を含まず、アンモニア・メタン・水・水素、それに少量の硫化水素からなっていたと考えられている。多分すごいスモッグ時代だったろう。分光器でいろいろな星を比較研究して大気の化学組成を明らかにすることができるわけであるが、もっと前の、したがってもっと高温〈20,000~28,000°C〉では、すべての物質はばらばらの原子の状態を示すだけで、いかなる化合物もつくらない。星の表面温度が1,200°Cに下ると最初の化合物として炭化水素が見られる。まったくの無生物時代である。従ってまた、有機物〈炭化水素〉は無生物的合成によってつくられたものである。水は水蒸気としてたくさん存在した。水蒸気に地中から顔を出した炭化物〈主に鉄

* 世界大百科辞典 ケツセイ 平凡社 1958

** 海洋の事典 カイスイ 東京堂 1967

の炭化物>が反応して炭化水素ができた。今ではとても考えられないような悪気の世界であった。出来た炭化水素が水の分子*と結合することによって炭化水素の酸化物、例えばアルコール、アルデヒド、ケトン、酸、そのほかたくさん有機物を生じた。また、地中の深い所から噴出した金属の窒化物が水蒸気と反応してアンモニアを生じた**。そして炭化水素の酸化物とアンモニアとの反応によって、アンモニア塩・アミド・アミンその他が出来、地表を蔽う太古の海水の中に溶けた。

このような海水の中で、アンモニア、ホルムアルデヒド、青酸が縮合し、アミノニトリルを経て簡単なアミノ酸ができる。



たくさんアミノ酸を結合して蛋白質を合成する仕事は、たしかに現存の高度に組織化された生体内では日常行われている。これは大量のエネルギーを必要とする仕事であるが、必要な仕組みをもつ現存の生物には可能である。しかし、原始海洋中ではこのような発熱反応がなかった。そこで無生物的の蛋白質は、最初にアミノ酸がそろってからできたのではなく、簡単なアミノ酸とポリグリシン****連鎖とができ、そこに外側からいろいろのアルデヒドまたは不飽和炭化水素が縮合して側鎖ができたと考えられる。このような反応は太

* 水の分子と有機物との相互作用はすべての生命過程の基礎になっている。

** 星間物質<宇宙塵>にもメタンやアンモニアが含まれている。

*** アミノ酢酸, glycineまたはglycocolともよばれる。水に溶けて甘い。

**** <—OC—CH₂—NH—>n. 簡単なアミノ酸の1つであるグリシン H₂N—CH₂—COOHが多数連なった鎖で、簡単な蛋白質の1つである。

古の入江の静かな水底に堆積した粘土の表面で起った。粘土の表面の分子構造が格子状で物を吸着する性質があるので、HCNOやHCNやNH₃も格子状にならび、ポリグリシンとなったが、さらにそのポリグリシンの水にさらされた上側にだけ、他の炭化水素や窒素化合物が付着して結合していた。ポリグリシンの片側にだけ。現在の生物の蛋白質を組みたてているアミノ酸は例外なくL型であってD型はないということと関連して重要である。

このような始原の蛋白も現在の蛋白同様、巨大な分子量をもち、化学的に大きな力をもち、物質の進化のある一定の条件*では、生物に進化する可能性をもっていた。ただ大多数の始原蛋白粒子は水中にバラバラに散らばっていて、生物特有の構成をもつものではなかった。

やがて、蛋白分子はたがいに集まりあって、分子群をつくり、ついには水中を泳ぐ液滴——コアセルヴェート——の形で溶液から析出し、顕微鏡で見えるようになり、さらにまわりの溶液からいろいろな有機物を摂り、大きさも重さも増す。すなわち生長する。あるものでは生長が早く、あるものでは遅い。早いものの内部構造は複雑になり、増大し、増殖するようになる。

液滴で特にはっきりした特徴はまわりの溶液中にあるいろいろな物質を吸収する能力である。とくにまわりの液体に色素をいれて、それが液滴へ移行するのをはっきり見ることができる。吸収によって液滴が増大するだけでなく、化学組成が変り、また一定の化学的変化が起る。その変化過程の特性や速度は、ある程度液滴の物理化学的構造によって異なる。このような性質は生物の原形質についてよく見慣れたこと、すなわち液滴を通じて、生物にまで運びこまれた性質なのである。こ

* これこそ環境と生物個体とを顕現したものと考えられる。

のように見てくると、液滴の形成は原始の有機物の進化に、また生命の起源にあたって、きわめて重要な段階であった。

以上、始原の海洋の中で、アンモニア、ホルムアルデヒド、青酸などから簡単なアミノ酸ができたり、さらに簡単な蛋白質ができたり、さらにそれらが集まって液滴ができたりしたというような有機物のいろいろな変化は、無機物界における変化にくらべると、何と云っても著しくゆっくりと行われた。おのおのの反応は始原海洋水に多量に存在していた無機の触媒<Ca, Fe, Cuなどの塩>の働きのおかげで促進されはしたけれども。これら無機の触媒は類似の反応は選り好みなく促進してくれたが、その速度はゆっくりでしかなかった。やがて、少しずつではあったが、触媒作用のある物質と、この作用をきわめて強いものにする特異蛋白とが結びついた化合物であるところの酵素が無機の触媒におきかえられていった。酵素は一つ一つの一定の反応にだけ働く特異的な性質をもっている。有機物の合成や分解の反応が速かになり、しかも数多くの酵素反応の間に一定の調整と調和がつくられたものだけが、環境に適応して進化の道を前進することができた。云いかえるならば、より動的でしかも安定な仕組みをそなえるものになっていったのである。

このような動的安定性を土台として、生物の原形質の自己再生能力が築き上げられた。現代の生物は細胞構造を示している。それには核がある。核の重要性は有機体の動的安定性を保証する遺伝子と呼ばれる酵素の夥しい数の見本をもっていることである。

以上、生物とその環境との一体不可分の関係を気にしながら、生物の発生の大すじを復習して、やっと生物学で聞きなれた細胞とか核とかいう姿をもつものの所までやってきた。

始原の海水の中であって、はじめて細胞の形をそ

なえた——もちろん、どれもこれも単細胞であったが——生物は、栄養として海水中に散らばっている有機物の粒子を摂るだけであった。しかし時と共に有機物の粒子は減り、自滅するか、さもなければ無機物を利用する道を開くかどちらかを選ばなければならぬ苦境に立たされた。一部の生物が太陽光線のエネルギーを吸収する能力を獲得し、このエネルギーでそれまでに大気中に蓄積された炭酸ガスを分解して、その炭素から体の中に有機物をつくりあげる能力をもつようになった。それは最も簡単な植物である藍藻であった。従来どおり有機物食を続けた生物が藻類を食べる動物へと進んで行った。もちろんそのどっちも単細胞或いはせいぜいその寄り合いに過ぎないものであった。しかし、ともかくも植物の出現によって大気は初めて酸素を大量に含むようになり、海水中にも溶存して、海洋生物は多種多様に、もちろん多細胞という、ぐっと進んだ状態にも進むものが簇出して、ほとんど測り知れない変化を展開するに至った。海綿動物、腔腸動物<クラゲ>、棘皮動物<ウニ>、脊椎動物<魚から人間まで>、それぞれが進化して姿をなすには、いつもそれなりの背景<環境>があったわけである。しかし、その間の環境と生物との関係はまだ満足できるほど十分に把握されているわけではない。しかもそれは、今われわれが現代における環境と生物との相互限定を一層深く追究する必要に迫られてみて、ことさらのように知りたく思うことなのである。

上述のように、生命と生物に対するわれわれの認識は種々の角度からなされて、多くの成果が得られているわけであるが、これらの認識はとりもなおさず生物という鏡に映った環境の像であるとも云えよう。

3-1 非生物指標〈計器指標〉と生物指標

普通、環境の計測と云えば、地文学的乃至水文学的方法を思いつくであろう。温度、湿度、気圧、風速、風向、雨量、照度など気象学的、また、水温、流速、流向、比重など海洋学的計測は結構日用にも供されている。温度計、湿度計、気圧計、風速計、雨量計、照度計などの計器がそれぞれ環境のある1つの性質の量的変化の度を示す計器であり、きわめて有用であることは誰でも知っている。このような計器はまだまだたくさんある。気圏、水圏、地圏に亘る夥しい数の性質や状態が計測の対象となる上に、いわゆる自然的な性質や状態ばかりでなく、人工的な産物としてのいろいろな性質や状態が少なからず加わるようになってきた最近の地球では、このような計器は多種多様化の一途を辿るのみである。また対象は生物学のものばかりとは限らない化学的なものもある。殊に最近のいわゆる公害問題に関連しては、大気、水、大地をはじめわれわれ自身の前身ともいふべき食物——その主体は生物である——の化学的性質が計測の重要な対象となりつつある。

ところで、これらの計器は、云うまでもなく、生物ではない。それでも稀には毛髪湿度計のように生物体の一部を使って作ったものがある。多くの非生物計器による環境の計測に当って、時には器具の破損を、また時には人体に対する障害を、赤信号を以って指示する。もちろん、この範囲内では安全ですということも指示している。環境の非生物指標或いは計器指標と呼んでもよいかも知れない。見る目さえあれば、石材の風化や鉄材の腐蝕で建築物の健康診断が可能であろう。石や鉄のような非生物も立派に指標の役を果しているはずである。

生物指標とは上述のような非生物指標に対して作

られた言葉である。生物はその長い進化の過程を環境との相互限定の下に歩んできた。従って見る目さえあれば、生物を見て、その背景である環境を洞察することが可成の程度まで可能である。生物は人間の作った計器に比べると、比較にならぬほど複雑な機構をもっている、それが指標している環境を洞察することは必ずしも容易ではない。しかし、実際の環境というものは、また、決してそう単純なものではないのであるから、その複雑さに対応することは生物の複雑さを以てして初めて可能なはずである。

非生物指標〈計器指標〉と生物指標は長短有無、相補うべきものである。その一般的なことを列挙すると、およそ次のようである。

3-1-1 ある生物を指標として環境を測っていた* ところが、環境が次第に悪化してある程度に達した時、生物が死んでしまった。もうそれ以上環境が悪化しても、その生物を指標として測り続けることはできない。しかし、環境はその後一層悪化しているというような場合には“計器”でその程度を測るよりほかに仕方がない。

3-1-2 逆に、ある生物が生きられないような非常に悪い環境が、何らかの改善によって生物が生きられるようになり、その後は改善の進行を健康度などで測り得るようになる場合もある。

3-1-3 ある環境条件に特に敏感な生物種を選べば計器に現われるよりもずっと前に、環境条件の悪化を予知し得る場合がある。

3-1-4 計器指標では一般に計測の対象が1種類の物質とか、1種類の運動とかに限定されていて、それ以外のものは看のがされてしまう。そんな場合でも、生物指標では、生物体がきわめて複雑な反応系であるおかげで、計器の看のがしたものをとらえて示すことが多い。しかも生物の種類が多いことによって、張りめぐらされる網は著しく大きく、しかもその中には問題の中心である人

* 新田忠雄 1969：増補改訂水質保護論 p. 224

間の網も含まれている。

3-2 生物指標はどのような生命の場に現われるのか？

大別して次の3つの場であると考えられる*。

3-2-1 生物指標は生物個体の環境との物理学的或いは化学的平衡の場に現われる。それは生物個体の生活史の中で起り生物個体の上に事件発生の時期が記録されることがある。

このことは生物に関して、生物個体と環境とが相互限定的であることを認めれば、至極当然のことである。生物個体と環境との間には物理学的にも化学的にも1種の動的平衡が保たれていて、もし何らかの原因によって、個体か環境かのどちらか一方が著しい変化を現わすことがあれば、その影響で他方もそれ相応の変化を起して、次の動的平衡に達しようとする。

人間での実例を少し語ろう。体に物理的な力を加えている結果として多くの“獲得性質”が生じることは周知の事実である。もちろん、この場合、化学的な作用も同時に働いている。鍛冶屋、相撲、バレリーナ、女形役者、それに種々の坐業者らは年期に応じた獲得性質の保持者であろう。昔、中国の婦人の間で美人の表徴とされた纏足<てんそく>という習慣などはその極端な例と云えるかもしれない。これはできるだけ幼いうちに足を緊縛して、足の発達を阻むのである。立っただけでも平衡をとるのに苦労に見える。これで山上の御寺参りをし、三拝九拝する。腰が異常に発達するという事も聞く。とにかく“生まれが違う。深窓に育って労働などとは無縁である”ということのシンボルなのであろう。今、これが行なわれないことは云うまでもない。逆に、変化の僅微な例をあげれば、われわれが日常経験するいわゆる違和感というものである。はっきりした

* 門奈仁之 1970: 化学公害 pp. 47-64 新時代社

病気とは思われないが、何だかすっきりしない、どこかなにか変だという感じである。OKと云いきれない感じである。これは計器の針には感じないが、生物には感じられるという例である。そして、両極端の間にある様々な例は実に無限であって一々例をあげるわけにはいかない。いわゆる自覚症状、種々の臨床所見、病理解剖所見、病理組織像等と呼ばれるものは皆一種の生物指標と見做される。いわゆる異臭魚なるものも同じである*。生物指標が生物個体の上に時期記録を刻むことも、決して稀ではない。例えば、いま、あなたの手の爪を見て、それに横すじが現われているなら、それは縦軸の成長に乱れが起ったことの表現と理解してほばまちがいが無いであろう。そのすじの位置によって、成長の乱れがおよそ3カ月位前に起ったとか6カ月位前に起ったとか判断がつこう。因みに、爪根<足>の外傷などで爪1枚が抜け替ってほば原形に復するには約1年かかる。毛髪についても同じようなことが認められる。急に白髪になったとか、完全に脱毛したとか、またそれがもとに戻ったとかいう例もそう珍しくはない、浦島太郎の物語も、彼が環境を認識した途端に、生物である彼が、環境を指示した——環境の指標となった——ということ表現していると解することもできる。要するに、こういう事実は昔から人々がよく経験し認識していることを示している。

なお、動物発生学的に見れば、人間の爪は外胚葉起源であるが、成長の乱れはいうまでもなくはるかに全身的に起る現象であろうから、探索すれば、まだ広範に指標を認めることができよう。魚類の脊椎骨や耳石や鱗、さらに貝殻、樹木の年輪などについても云われよう。

序に一言ふれておけば、人為的に環境に変化を与

* 加藤 竜夫・田中 晋 1971: 水質および魚介類汚染に対するガスクロマトグラフの分析技術 安全工学 Vol. 10, No. 4

えて、その時期を生物体に記録することである。例えば金魚に少量の醋酸鉛を注射すると、それは直ちに骨や鱗に沈着するので、さらに成長後検査すると、骨や鱗の断面の時期的に相応の位置に、その沈着が明示されるというものである。

3—2—2 生物指標は生物遺伝学的平衡の場に現われることがある。生物は生物から生まれるということ、子は親に似るということ、しかし一方で生物は進化してきたということは誰にでも認められているとよからう。子が親に似るということは、親の性質がよく安定していることである。また一方で進化してきたということは、その安定の間にも、時々突然何らかの変化が起って、子供のあるものは死に、あるものは生きながらえて、親とは何らか変った子孫を残すことになったということである。突然何らかの変化が起ったというのはそこに働いた何らかの外力、すなわち大小はともかく何らかの環境の変化があったことを意味している。環境の変化が生物の遺伝の仕組みに働きかけてこれを狂わせた。これを突然変異と呼ぶ。突然変異の方向はさまざまで、往々病的と解されるものを生じる。遺伝病がそれである。人間の遺伝病として色盲、血友病、兔唇、白子、色素性乾皮症、フェニールケトン尿症、鎌状赤血球性貧血などが知られている。それらが遺伝病であるということは、かって人間の系統発生の途上で何らかの発生攪乱が起り、遺伝の仕組みに影響してそれが成立したということは疑い得ないことである。そうになると、そのような発生攪乱を惹き起した当の環境の変化がどのようなものであったかということになるが、それは全く解明されていないようである。ただそれについて云えることは、生物体の中で非常に安定度の高いものと考えられている遺伝の仕組みに変化を起させるほど強力なものであったということだけである。

金魚は誰が見ても美しい魚である。しかし金魚の

原種であるフナから見れば、なんとも気持ちのよくない病的存在であろう。それは正にフナの“突然変異者の集い”なのである。体色と云い、体形と云い、生理と云い、ともかく常軌を逸した連中であることだけはまちがいない。それらの間における交配実験は驚くほど深く研究され、見事に解明されている。しかし、どのようにしてあの黒いフナが赤くなったか、あの尾の短いフナが琉金のような長い尾をもつようになったか、ランチュウのような背鱗の欠如と脊柱の短縮が起ったのか等々に関してわれわれは何も知らない。この明らかにフナにおける遺伝病の病理発生に関するわれわれの知識はほとんどゼロに近い。何か環境の変化がフナに響いてそれなりの遺伝学的平衡の攪乱が起ったことに端を発したはずではあるが、原因となった環境の変化がどのようなものであったかは何も知られていない。私が聞き及んでいることは、中国の舟山列島産のフナには著しく高率に真の緋鮒、すなわち体形は全く正常のフナで体色だけが黒さを完全に失って橙赤色に変わったフナ、が多いということと、スマトラには鱗の著しく延長したコイが多いということである。後者は中国人が移植したものと云われている。金魚は中国でつくられたと云われていることと関連して、環境との関係を研究する今後のために忘れておきたい。金魚の病理解析というテーマは怖いほど魅力的である。

一方、人為的に起された突然変異、すなわち環境を変化させることによって生物の遺伝の仕組みを狂わせた実験はすでにいろいろ行なわれている。X線その他の放射線やコルヒチンその他の化学物質が用いられている。核実験からの放射線や家庭や工場からの廃水中の化学物質も別ではない。

3—2—3 生物指標は生態学的平衡の場に現われることがある。“幾年故郷来てみれば、咲く花鳴く鳥そよぐ風。門辺の小川のささやきも、なれに

し昔に変わらねど、荒れたる吾が家に住む人絶えて無く”。古今東西の如何を問わず、自然の変らぬすがたは人の心を打つ。これは生物の生態がある一つの地域ではその地域なりの平衡を保っているからのことであろう。

しかし、また、一方で四季の目立つ日本でこそ、春先に溯河する白魚<曙や白魚しろきこと一寸…松尾芭蕉、白魚や海苔は下辺の買合せ…榎本其角>、はつらつとした初夏の鯉<目に青葉山ほととぎす初鯉……>、炎暑を避ける古井戸の魚<古井戸や蚊に飛ぶ魚音くらし…与謝蕪村>、そして秋風たてばハゼ<沙魚釣るや水村山廓酒旗の風…服部嵐雪、瀬田降つて志賀の夕日や江蛙…与謝蕪村、悲しきや釣の糸吹く秋の風…同上>、そして冬は魚屋の店先も閑散とする<塩鯛の歯ぐきも白し魚の店…松尾芭蕉>と移り変わる。これも一つの地域では、年によって多少の差はあれ、その地域なりの平衡を保っている。

何にせよ、ふるさとの味というものはこうした生態学的平衡として感得されているとよいであろう。一つの地域で、大地や水系は1人の人間の命を標準にすると、動きが目立たない。同じ山、同じ川のほとりに住んで、働き、年老いて、死んで行く。花鳥虫魚、ふるさとのそれは皆なつかしい。人に人相や手相が認められるように、地域には地域の生物相が認められる。何人も人間が集まってふるさとの生物の名前を片っ端しからあげてみれば、同郷であるかどうかはすぐ判る。それが生物種類相、或いは簡単に生物相と呼ばれるものである。細分して、動物相、植物相、細菌相等々である。云うなれば、生物一覧表に表わされた地域の顔であろうか。腸内細菌相から海洋細菌相までさまざま。それらが一応は生態学的平衡を保っているというわけである。

強い薬を服むと、腸内細菌相はその平生の生態をゆすぶられて変貌する。それは至極当然なことと

云わなければならない。すなわち、ある化学物質が加った結果、腸内細菌相がその生態学的平衡を破られて変化したというわけである。

海水に工場廃水が流れ込むと、海洋生物相が変わる。これを云いかえるならば、環境が変わることによって、生物の生態学的平衡が変わるという形で、生物が環境の変化を指し示すということである。赤潮、すなわちプランクトン<浮遊生物>の爆発的増殖はその好例である。

また最近、自動車の増加と関連してか、沿道のタンポポが日本の在来種から外来種に置換されつつある。三浦半島観音崎では、道路際はセイヨウタンポポで占められ、内へ10mも入ると在来種である。横須賀はやはり米軍の基地があるため渡来の機会が多いのであろうか。

4——— 指標生物

4-1 指標生物とは

上述した所から、生物が環境を示しているということは一応認めてよいであろう。結局、観察力さえすぐれていれば、ほとんどあらゆる生物が環境を解く鍵になり、或いは測るバロメーターになり得るであろう。本来、指標生物という独特の生物があるわけではない。ただ、環境を指標するという点において、観察し易い生物、さらに説明するならば、1つの生物を観て、その環境を察し易いような生物を、便宜上、指標生物と呼ぶのである。コレラ菌、結核菌、マラリヤ原虫、赤痢アメーバ、蛔虫、日本住血吸虫、その他の病原生物なるものは、見ようによっては正に、それらが因って起っている環境<原因的環境>、或いはそれらに因って起っている環境<結果的環境>を指し示している指標生物と見做されてよいであろう。

表2——指標生物の種類とそれによって察せられる環境

指標生物の種類	環境	
	指標生物発現の原因となっている	指標生物発現の結果現われる
コレラ菌 結核菌 マラリア原虫 赤痢アメーバ 蛔虫 日本住血吸虫	高温、高湿、尿尿処理の不完全 陰湿、過労、栄養不良 高温、高湿、媒介者としての蚊の存在 高温、高湿、食事の不衛生 処理不完全の人糞肥料、食事の不衛生 稲田作業、中間宿主としてのミヤイリガイの存在、処理不完全の人糞肥料	患者の発生と対策

カビが稲を枯らし、赤潮が魚介を殺し、マツクイムシが松を枯らす場合も本質的にはこれと変りはない。ただ、現象が人間自身のことでないので、とかく疎じられがちで、究明されない部分が多いというだけであろう。そのような例は無限にあるはずである。例えば表3のごとくである。

表3——指標生物の種類とその環境

指標生物の種類	環境	
	指標生物発現の原因となっている	指標生物発現の結果現われる
イモチ病病原体<不完全菌類の1種> Piricularia Oryzae	山麓や溪谷など、たえず冷水が流入または滲出する水田。長期土を乾燥させたりすること	稲熱病<イモチビョウ>の発生と対策
やくみず<厄水・役水・薬水>生物<沿岸性ケイ藻> Chaetoceros その他	三陸沖などで、春、雪どけ河川水の流入が多かったり、親潮が強かったりして、栄養がよい時、水温6~7°C。最近東京湾などでは長期継続の傾向が強まった。水温も時に20°Cをこえる	一時的に沿岩魚の不況
あかしお<赤潮>渦鞭毛虫 <鞭藻>Gonyaulax その他	むしろ内湾で、春から夏にかけ、雨の後、晴天無風がつづいた時など、水底に有機物の堆積多い所、また水中にも異常に有機、無機の物質が多い場合など、最近ではやくみずと重複の傾向	魚介類の大量斃死、養殖水産における大問題
にがしお<苦潮>夜光虫 Noctiluca その他	一般に夏、多量の降雨で低鹹度の水塊が海の表層を占め、沿岸生物を殺し<磯やけ>、その死体の分解によって酸素欠乏。	魚介藻類の大量斃死、養殖水産における大問題
ヒトデ Asterias amurensis	原因は確定されるに至らなかったが、1953—1954、東京湾内奥部で	アサリ、ハマグリ、バカガイなどが大量に食尽された。
イナゴ	早魃<高温、乾燥>	大繁殖し、成群移動して緑を食尽す。
二化メイガ	2~3月の気温が高く、日照が少く、雨が少くない年<また成虫の飛来は夜間高温高湿の時>	イネの食害
スギカミキリ、マツクイムシ	スギ、マツ。土地の排水不良<根ぐされ>で、水分の吸収不全に陥り、樹勢が衰えた時	スギ、マツがその形成層を穿孔・食害されて枯死
ハエ	高温、便壺の不備によるハエ培養器化、ゴミ捨場、設備不良の養豚、養鶏場、工場。人、犬、猫の尿尿処理不完全等	大腸菌、病原菌、寄生虫卵のまきちらし
ゴキブリ	高温、台所のゴミ、食物の放置などによるゴキブリの食物の存在	食物、衣類、糊づけ表装などの汚染損壊
シラミ、ノミ、ダニ	動物の皮膚の清潔保持の不足	刺される痒痒、病原体の伝播
ネズミ	ネズミの食、住を満たす人家	家屋、家具の毀損、食物の汚染
野犬	動物との共同生活の習慣の浅い社会<日本は農耕民社会の色彩が強く、遊牧民に比べると犬との馴染が浅い>や特殊の信仰など	人、畜、禽の咬傷害、狂犬病

4-2 指標生物の実用例

上にあげた種々の指標生物はいずれも、これを早期発見して善処すれば、人間社会に役立てることができる。その意味でこれらはすべて実用例と見做してかまわない。しかし、更にはっきりした例をあげれば指標生物の重要性は一層明確になろう。

4-2-1 大腸菌の数を算えて水の汚染度を測る例。大腸菌は必ずしも人間由来ではない。豚も、犬も、鶏も、魚も、多少の種類差はあっても、それぞれの大腸菌をもち、毎日大量に排出している。都市廃水による汚染を細菌学的に測る場合に最も重視される指標生物は人間臭さの代表である人間の大腸菌であるが、遠藤赤変菌<大腸菌>として算定される細菌の中には多少なり人間以外の動物に由来するものが含まれていることは考えておいてよい。ともあれ大腸菌で環境<上水道、飲食物、手、ふきん、食器、下水道、浴場、プール、海水浴場、日本の汽車のガラス窓など>を示すことは、簡単に言えば、人糞混入度を示すことである。もちろんこれは非常に乱暴な言い方をしている話である。コレラ、チブス、赤痢等の消化器伝染病の病原菌は大腸菌の大群に伴って現われる極めて少数派ではあるが、大腸菌の多い所にその危険も多いということだけは否定できない。尤も海にはいった大腸菌は速かに死なないまでも、繁殖するようなことはほとんどない。病原菌に至ってはなおさら短命のことが多い。因みに、水道法に基づく水質基準<昭和35年6月>では、一般細菌数は1cc中100をこえてはならないということと、大腸菌群は50cc中に検出されてはならないということが定められている。

4-2-2 “水の花” *Microcystis* <藍藻の1種>を指標としてウナギを活かす例。ウナギを養殖するに当たって餌料の重要なことは自明である。しかしどんなに良い餌を与えても、水が良くなければ、ウナギが食べてくれない。それは水というもの

が、前にもすでに生物個体<ここではウナギ>と環境<ここでは水>とは相互限定的であると云ったように、ウナギと一体不可分のものであるからである。水が良くない、水が病的であるということは、ウナギが病的であるということである。だから魚を養おうとする者は、まず水作りに全力をつくす。この時用いられる指標生物が“水の花”と呼ばれている藍藻の1種 *Microcystis* である。これが繁殖して池水を緑にしている限りウナギはたいてい御機嫌である。*Microcystis* 繁殖の濃淡を細心の注意を払って調節する。といっても、その条件が完全に分っているわけではない。水の至適 pH 8~9. Ca の量が重要らしい。それでもむずかしいウナギの機嫌を取るよりかは、*Microcystis* の機嫌をとる方が、いくらかやさしいということであろう。植物が独立栄養を営み、従って水質の影響も直接的だから。

4-2-3 “梅花藻”<バイカモ>、またの名梅鉢藻<ウメバチモ> *Ranunculus aquatilis* L. var. *flacidus* Maxim. forma *Drouetii* Maxim. <キツネのボタン科の1種>を指標としてニジマス養魚場築造の適地を選定する例、山を歩いて清流を求め、そこにウメバチモを発見できたら池を掘ってニジマスを活かすことができると云われている。少くとも水質に関する限り、それは信頼のおける指標生物と認められている。清澄で、有機物の含有が少なく、酸素多く、夏季の水温が不当に上らないという環境を示しているわけであるが、精確な値はわからない。大体10—15°C

4-2-4 養殖魚介藻の大量死を検して環境悪化を知る例。愚かな話ではあるが、現状がそうなのだからしかたがない。毎日のように、川や海や湖や養魚池で魚などの大量斃死が起って報道される。特に最近では海での養殖がさかんになってきたので被害も大型である。浜名湖周辺のウナギ、瀬戸内海のハマチ等。ウナギも1930年代ごろでは養

殖量も少く、甲殻類のイカリムシ寄生による被害や、細菌性疾病による被害が主であった。最近の莫大な被害は鰓腎炎などとして注目されているが原因の究明は研究中というところであろう。瀬戸内海のハマチ大被害は赤潮が原因のこともあり、また種々の急性或いは慢性の病原生物に起因していることもある。いずれも魚医学、魚病学の研究対象である。水の溜滞しやすい所では、家庭や工場の排水或いは農薬などが流入する場合、特に夏など高温によって有機物の分解が促進され、酸素不足、 H_2S や CH_4 の発生が高まって、被害を拡大することが多い。中性洗剤〈ABS〉、CN、重金属〈Hg, Cr, Pb, Ni, Cd, Zn, Cu〉、農薬〈有機燐系、有機塩素系および除草剤PCP〉の混入が目立つことは確かだが、有機物の過剰蓄積〈漁場の老朽化〉が特に注意されなければならない。

人間の世界でも、伝染病や戦争による大量斃死が繰り返されてきたが、その根底には常に環境の悪化を認めることができる。

4—2—5 魚、草木、人などの病状を目撃して〈診て〉環境悪化を察し危惧する例。研究が追いつかないので、実際には不気味に思われているものが少くない。オバケハゼ〈全国的に見られるマハゼの“表皮増生症”で、多くは良性腫瘍であるが稀に悪性〉、ヒレナシ魚〈田子の浦で種々の海魚に、またいわき市小名浜沿岸でマコガレイに多発〉、ボラ、コノシロ、マフグ、ハマチ、タップミノーその他の脊柱彎曲症のあるもの、スズキその他の水俣病〈有機水銀による神経障害〉など。

街路樹の葉が時ならぬ黄変や病斑を示して落ち、老人や子供が“光化学スモッグ”の被害を受け、或いは成人が種々なる職業病に悩まされ〈ビル病、硅肺、農薬中毒、 SO_2 ・Benzol・PCB・有機水銀・Pb・Cd・Zn等による中毒、放射能障害など〉さらにはサリドマイド、キノフォルムなどによる医療障害という奇禍まで、まことに物騒な病

状が巷に満ちている。

4—2—6 動植物のあるものが姿を消したことから環境の悪化をさとする例。湧水池は自然状態では水温や水質がよく安定していることが多い。従って、生態的に特別な条件が保たれている。緑藻のシャジクモやフラスモ、顕花植物のホザキノフサモ、タヌキモなどが見られたり、スナヤツメ〈円口類〉やトゲウオ、ホトケドジョウ、ミヤコタナゴなどが冷く清澄な水に命を托している。それを人工で堰き止め、池の面積をひろげ、ボートを浮かべると、途端に水の動きが鈍ることと相俟って原住民は姿を消し、新しい生物相がとって代る。まず自然保護の原点とも云える問題がここにあり、カワウソ・トキ・オオサンショウウオ・ハリヨ・スナヤツメ、そして延いては都会化の波に襲われて、カワセミもセキレイも、ヘビも、カエルも、フナもメダカも、セミもトンボも、イトミミズもミジンコも、そして終には野犬さえもその姿を消してしまう。田畑は緑一色に塗り変えられて声無く、不気味な静寂の中に異様な刺激臭が充ち満ちている。文字どおり不気味な沈黙である。

4—2—7 世界における人の新生児1年間の死亡率は一般文化社会環境をかなり正直に反映している。これは魚の新生児すなわち人工孵化種苗生産における仔魚についても同じである。

4—2—8 水底を棒で突いて嫌気性の程度を察し、汚染度を測る例。水底に多量の有機物が堆積すると、よほど特別な手段を講じない限り、堆積物内の酸素は完全に消費され、それ以後はもっぱら嫌気性細菌の生息をゆるすのみとなる。泥は還元状態となる。そこでは H_2S や CH_4 が有機物分解の結果発生し、水底を棒で突くと気泡となって浮上する。棒の先にはべっとりとした黒い腐泥がつく。硫化鉄〈FeS 黒色〉を含んでいる未分解の有機物を多量に含んでいる泥である。

4—2—9 汚水処理場で繁殖する微生物の種類を

検して汚水処理能力すなわち浄化力を推測する例。これは活性汚泥の活性度の判定とも云え、汚水という環境を知る助けとなるものである。少し説明すると、汚水処理場の曝気槽内に浮いている活性汚泥なるものは細菌や原虫の寄り集りで、下水中の汚物はこれに吸着されて数時間で分解される。分解の主役は細菌であるが、こうして増殖した細菌を食べて水の透明度を上げるのが原虫。ところが、原虫の種類によって仕上げの能力が大変違う。固着性の繊毛虫類に属するツリガネムシ〈固着用の柄に収縮性あり〉や、オペルクラリア〈収縮性なし〉が多いと水は著しく透明になるが、浮游性の繊毛虫類であるゾウリムシやコルポータ或いは根足虫類のアメーバなどが多い場合にはあまり透明度が上らないらしい。尤もこれも最近のように、水の汚染の内容が複雑になってくると、細菌にせよ原虫にせよ、生物と環境との相互限定の姿が、従来の例に比べて、甚だ極端なものになりがちであろう。それでは固着性の原虫が多くなったり、浮游性の原虫が多くなったりするのを支配する条件は何かというと、それは今のところまだ分っていない。

4-2-10 人の味覚や嗅覚で水道水の適否を判別する例。フランスのパリ市水道局では、もちろん充分科学的な方法で水道水の水質管理を行っているが、それでもなお、最も精密に僅微な差異を判別し得るのは人間の感覚であって、市ではそのために、特に敏感な水の味きき専門家をかかえているという。最近K市の一部の水道水がひどく藍藻臭をもって飲む気になれなかったことがあった。旅行中の経験なので、まったく一時的な事件だと思いが、近年取水口のある琵琶湖畔に水質汚染が急速に進み、オッシラトリアなど藍藻の繁殖が目立ってきたという話も耳にしているので、早急に善処を要する。

一次号につづく—

〈観音崎水産生物研究所長・東海大学教授〉