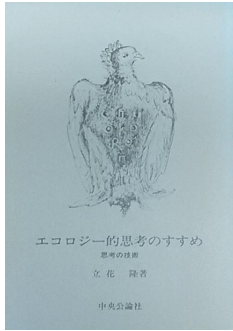


「エコロジー的思考のすすめ」(1/2)

思考の技術



立花 隆 著

中公文庫

中央公論社 1990年12月初版発行

1998年4月10版発行

今年の4月30日、ご逝去されました。

享年80歳でした。

なお、政治活動家の立花孝志とは全然無関係です。

著者についての詳細は

<https://ja.wikipedia.org/wiki/立花隆>

はしがき

本書は技術書ではない。現代の危機と「ものの見方、考え方に」を考えたものである。工業社会的思考は「技術の思考」である。「技術の思考」を批判し、「思考の技術」を考え直さなければならない。

第1回は前半についてお送りします。

プロローグ—思考法としてのエコロジー

I 人類の危機とエコロジ

- 1 エコロジーの登場
- 2 閉ざされた地球—エコシステム
- 3 生命と環境
- 4 文明と自然は調和しうるか
(ページ数を調整のため次回にします)

II エコロジーは何を教えるか

- 5 システムのエコロジー
- 6 適応のエコロジー
- 7 倫理のエコロジー
- 8 生存のエコロジー

エピローグ—自然を恐れよ

プロローグ—思考法としてのエコロジー

人類の危機と思考革命

公害問題の深刻化とともに、にわかに生態学が注目を浴び始めた。しかし、生態学それ自体は何も救うことは出来ない。必要なのは生態学的なものの見方である。

問い

次の人物のうち、生態学的なものの見方を身につけていると思われる人物に○印をつけよ。

- | | |
|------------------|-------------|
| 1 佐藤栄作 | 6 毛沢東 |
| 2 糸川英夫 | 7 カポネ |
| 3 若杉末雪(元・三井物産社長) | 8 ワーグナー |
| 4 十返舎一九 | 9 レオンチェフ |
| 5 田村魚菜 | 10 ドフトエフスキー |

答え

佐藤栄作は政治家の中では人事において抜群の生態学者である。糸川英夫はシステムエンジニアとして生態学的思考の体得者である。若杉末雪(元・三井物産社長)は小麦の輸入から食品コンビナートまでの情報を生態学的に応用した。十返舎一九は「東海道膝栗毛」の中で、「風が吹けば桶屋が儲かる」という話を生態学的に応用したといえる。田村魚菜は料理の技術として包丁さばき、味付け、食材選びは生態学的な思考をしている。毛沢東のゲリラ戦術は敵進我退、敵駐我攪、敵疲我打、敵退我追、これは生態学的な戦術といえる。カポネ、禁酒運動家の考えは、生態学的思考のアンチテーゼである。ワーグナーは「無限旋律」という様式を作り、音の世界を生態学的に眺めた。レオンチェフは計量経済学に生態学的思考を持ち込んだ。ドフトエフスキーは「各人はすべてのことについて、万人に責任がある。」といった。これは生態学的思考の真髄を示す言葉でもある。

I 人類の危機とエコロジ

1 エコロジーの登場

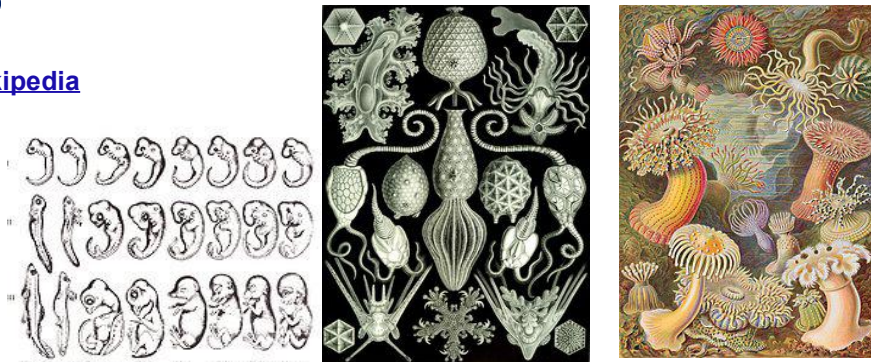
関係の科学

観察学にとどまっていた生物学から生態学へ。E・ヘッケルは生態学を「生態学は生物と、環境および共に生活するものとの関係を論ずる科学である、と定義した。

科学が科学であるための条件はいくつかある。論理的であること。客観性を持っていること。実証性を持っていること。などである。科学の特質をひと言でいえば、「こうすれば、こうなる。」という理論を作ることといえる。化学、物理学はこうした科学の備えるべき要件を持っていたが、生物学となると事情は違っていた。対象となる現象があまりにも複雑で、観察し記述することが精一杯だった。原理的な探求にまで進むことが出来なかった。 [エルンスト・ヘッケル - Wikipedia](#)

(ルイス・サリバンのForm follows function, function follows material の発想の原点ともなっと思われるのがヘッケルの「自然の芸術的形態」(原題:Kunstformen der Nature, 英訳"Art Forms of Nature" 邦訳「生物の驚異的な形」)

[ルイス・サリヴァン - Wikipedia](#)



生物学の分極化

環境無知が生む公害

環境を口にするのはやさしいが、環境の何たるかを知るのは、そう容易なことではない。環境に関してはその内容があまりにも複雑であるので、人類は驚くほど無知なのである。生態学は環境について知らない。無知のうちにとどまっている人間は、驚くほど無謀なことをやすやすとやっけてのけることができる。

文明のソフトウェアを教えるもの

生態学は技術ではない。ハードウェアを与えることはできない。生態学を学んでも、生産力や事務能力が向上するわけではない。生態学が教えるものは、技術をいかに使うべきか、いかなる技術を発展させるべきかというソフトウェアである。ここで問題なのは、現代文明においてはハードウェア、ソフトウェアともに巨大化したことである。出刃包丁のソフトウェアもハードウェアも単純至極であるが、コンピューターとなるとそのソフトウェアもハードウェアもきわめて複雑である。コンピューターの使用目的が善悪の区別がはっきりしている場合はいいが、現実には判断がつきにくいもののほうが多い。モータリゼーションには良いことも悪いことも、両面を持つ。

自然界の全体的把握

いかに追求する

生態学が他の分野の科学ときわだった特徴を持つのは、それが「いかに」(how)を一貫して追求してきたという点においてである。他の科学はこれに対して「いかに」から出発して、「なぜ」(why)を追求する。

科学の局部主義

科学はいつも局部しか問題にしない。現実の事象はあまりにも複雑で絡み合った関係であるため、部分が全体を構成しているのだから、部分をバラバラにして単純化して考察するとした。部分において真であることが全体において真とは限らない。部分を全部知っても、全体を知ったことにはならない。科学は人間も含む自然を対象にする。しかも、自然のきわめて狭い範囲しか対象にしない。生態学は常に全体を対象とする。

知識よりチエ

生態学者たちが、自然のあちこちで発見する相関関係は、まだ普遍的で客観的な法則化できるものではない。"朝照りの姑婆のニコニコ顔は油断するな"といった古老のチエの言葉に近いかもしれない。科学ももとをただせば帰納に発しているように、経験の集積である。精密化に集中しすぎて一面で局部的な経験だけを取り上げる。生態学のチエは経験全体からにじみ出てくるようなものである。

2 閉ざされた地球—エコシステム

エコシステムの発見

生態学の教える第一のチエは自然全体が一つの有機的なシステムになっていることの確認である。すべての科学は因果関係を追求し、自然のシステムの解明を目指している。自然は単純なシステムでなく複合システムになっている。自然全体の複合システムをトータルシステムとすれば、個別科学が探求するシステムはサブシステムである。人間の文明は、知りえたサブシステムを技術によって”改良”することで成立してきた。しかし、サブシステムでは有効に働く技術が、しばしば、トータルシステムの中では弊害をもたらす。サブシステムの下手法改良はトータルシステムを破壊してしまう恐れがある。だからといって、サブシステムの改良はすべて悪というわけではない。

閉鎖システムと開放システム

人間が文明を生み出して数千年の間、我々は自然のトータルシステムを考えに入れる必要がなかった。なぜ、今日になって突然問題になってきたのか。それを理解するには、システムには閉鎖システムと開放システムがあることを知らねばならない。閉鎖システムとは家庭マージャンである。家庭内での勝ち負けは家庭内ではプラス、マイナスが同じでゼロであるのに対し、開放システムは家庭内マージャンに家庭の外からの人が加わり、結果として、家庭としてはプラス、マイナスが出てくることと同じ。

質量不変(保存)の法則

企業は人の流れからいえば開放システムである。新入社員があり、退職者がいる。金の流れから見ても開放システムである。物質の動きの上でも開放システムである。自然の根底にある法則は、エネルギー保存・質量不変則である。無から有は生じないし、有が無に帰することもないということだ。開放システムのインプットとアウトプットが等しいということは、開放システムが終局的なトータルシステムではありえないということだ。

宇宙システム・地球システム・エコシステム

考える最大のシステムとして宇宙システムが考えられる。このシステムについては人間は、まだほとんど何も知らない。宇宙の構造について、膨張する宇宙、膨張と収縮を交互に繰り返す宇宙、膨張する一方で、絶えざる物質創創生が続けられて定常状態を保つ宇宙など、いくつかのモデルが提唱されているが、どれが正しいと確認することはできない。

地球システムは、より高次の太陽系システム、宇宙システムなどに対して開かれている。地球システムを動かす動力源はその大部分を太陽光線にあおいでいる。地球システムは、非常に複雑な複合システムである。

生態学はその全体像を生態系(エコシステム)としてとらえる。エコシステムとは、生物群集と非生物環境の総合された物質系である。エコシステムはエネルギーにおいて開放系、物質においては閉鎖系として地球をとらえる。

「自然」に開かれた人間社会

文明史は、人間が自己の活動範囲として考える閉鎖系システムの拡大の歴史である。だが、そのつとらえた閉鎖システムは真正の閉鎖システムではない。たとえば、鎖国時代の日本がその好例である。当時の日本という社会システムは、長崎の出島という小さな窓をつけた閉鎖システムと考えられるかも知れない。しかし、鎖国日本の漁業を成り立たせて魚群はどうだろうか。農業を成り立たせていた気候の変化は何によっていたか。

人間はこれまで、社会のシステムに自然をその一環として取り入れることをしなかった。どんな社会も一見閉ざされているように見えても、自然というファクターに着目すれば、必ず地球システムに開かれている。

地球システムと人類

驚くべき人類の繁殖力

地球システムの中における人間の占める位置は量的にはきわめて小さいものである。地球上の全生物を地表に均一に並べると、その厚みは1.5cm二しかならない。動物だけの厚みは1.5mmしかない。現在、陸上動物の中で量的に最も繁栄している種族は人間である。個体数の数だけとれば地球上にはバクテリア、微生物など人類よりはるかに個体数の多い種もあるが、重さまで含めて考えると、やはり、人間が一番である。

システムは管理されねばならない

人間が作り出したシステムに関する限り、人間はそれが管理されなければ円滑に働かぬことを知っていた。法体系には法の番人として、司法官、弁護士の司法組織と警察が必要である。国家というシステムには、行政組織が必要である。企業というシステムには経営者、管理職者が、労働組合には執行委員会が必要なのである。

有史以来の自然誤解

有史以来人間は、自然に対して一貫して習慣性の誤解をいだけ続けてきた。それは、自然が無限であるという誤解である。自然からは代価を払わずに恩恵を受け付けることができるという誤解である。たしかに自然は無料で物や作用を与えてくれる。自然の管理している地点まで行けば、ダイヤモンドでも金でもすべて無料で与えてくれる。自然の産物が有料になるのは人手を介してからである。

こわれにくい自然システム

スケールの問題とならんで人間の自然に対する誤解の原因になったものに、自然システムのこわれにくさがある。こわれにくさシステムに組み込まれている緩衝作用によるものだ。よくできたシステムにはすべて、フィードバック機構、遅延回路などによって緩衝力を備えているものである。

エコシステム文明圏を

過去の文明を作った人間たちを見ると、文明圏といった閉鎖システム、あるいはそれは長崎の出島やシルクロードという小さな窓の開いた開放システムかもしれない。その閉鎖性の中のシステムを精緻に効率よく作り上げることに努力してきた。しかし、その実、自然に対しては、そのシステムの底が抜けていることには意を介さなかった。現代においても、この傾向はそのまま引き継がれている。

今日、各国家がお互いに一切の交渉を持たないということは不可能である。情報においても、経済においても世界は一体化しつつある。情報は翻訳によって交換され、経済は金、ドル、ポンドの世界通貨を媒体にして互いに結び合っている。強制力はないながら、国際法というものも一応存在する。

自然からの報復

エコシステムの四要素

エコシステムはエネルギーの流れを除けば閉鎖系である。

- ①非生産的環境……水、空気、土壌などあらゆる物質に、太陽光線を加えたもの。
- ②生産者……… 無機物から有機物を作り出すもの、植物。
- ③消費者……… 草食動物、肉食動物。
- ④還元者……… バクテリア、菌類、小動物。

このうち、どれが欠けてもエコシステムは崩壊する。

ゴミに埋まる地球

もし、自然が人工システムから廃棄されたものを自然に還元することを拒否すれば、地球は人工システムの廃棄物で埋まってしまう。そうしなくては、人間が100%還元者の役割を果たさなければならない。廃棄物処理には想像以上の費用がかかる。東京都の清掃局が処理するゴミだけで1日9,600トン、これを焼却と埋め立てで半々で処理している。(東京23区・令和3年5月のデータでは1日6,983トン)

プラスチックの恐怖

人間の愚かしさを典型的に示しているのは、プラスチックの問題である。人間の手だけで廃棄物を処理するのは効率が悪いし、コストがかかり過ぎる。エコシステムにのらないプラスチックの量が年々増大している。現存容積でいうと、主要産業のうち鉄の2/3、紙の1/4。木材の1/3がプラスチックにとって代わっている。我が国のプラスチックの総生産量は年間420万トン(令和2年・960万トン)。これは世界の全生産量の15%にあたり、世界第2位である。東京では重量でゴミの5%、容積では15%を占めている。

エコシステムの破壊は、その一員である人間にも命取りである。プラスチックによる材料革命といって喜んでいる間に、人間は、自分の手で自分の首を締めているのである。

(近年、マイクロプラスチックが問題視され対策として2018年6月にカナダで開かれたG7シャルルボワ・サミットでは、「海洋プラスチック憲章」が提示されました。参考のURL: [海洋プラスチック問題について | WWFジャパン](#))

化学肥料の大量使用が招くもの

同じような愚かしさが化学肥料の無定見な大量使用にも見られる。

土壌生物が植物に供給する栄養は自然の見事なシステム設計によって、ほどよくバランスがとられて、化学肥料の場合はそのバランスを無視して大量に使用される。その結果として収穫量は増大するが、自然の目から見れば、背伸びした収穫増大なのである。

3 生命と環境

海から生まれた生物

生命の起源と水

エコシステム内において、物質は、無機物質⇒生産者⇒消費者⇒還元者⇒無機物質という単純なサイクルを描いているだけではない。これを主流とするなら、いたるところに、支流、傍流があり、無数のサイクルがある。生物にとって、一番大切な環境といえば水である。水が生物にとって重要であるのは、生命の起源が海にあったことによる。あらゆる生物の体内に最も多く含まれている物質は水である。人間なら体重の半分は水、両生類のカエルで77%、海中に住むクラゲだと99%は水である。

水の自然還流

日本列島に例をとって、水のサイクルを数量的に述べてみる。雨、雪によって日本列島には年間約6000億トンの水が降ってくる。この6000億トンは3分される。2000億トンが降水後そのまま海に流出してしまう。一方2000億トンがいたるところで蒸発して空中に戻り、残りの2000億トンの内人間が利用しているのは1/3の700億トン(1965)である。農業用水500億トン、工業用水130億トン、都市用水70億トンである。

生物の地理的分布の範囲を示す概念として、バイオーム(biome)という言葉がある。ツンドラ、砂漠、草原、落葉樹林帯、針葉樹林帯がそれである。バイオームは水の供給だけで決まるものではない。最低・最高気温、季節変化、太陽光線量、土壌の性質などがバイオームを決定する別の要因である。

バイオームの概念は、人間の社会的システムにも持ち込めるだろう。

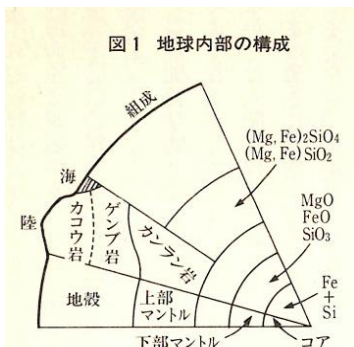
生命原料を運ぶ水

水の主な機能の一つに運搬作用がある。エコシステムのサイクルは水による物質の移動なしには成立しない。生物のからだはさまざまな元素によって構成されている。炭素、水素、酸素であるがそれだけではなく、多くの種類の無機物質(ミネラル)が必要とされる。カルシウム(Ca)がなければ骨は出来ず、リン(P)がなければ筋肉を動かすことができない。マグネシウム(Mg)やナトリウム(Na)が欠けると成長がとまる。……

これらの無機物質(ミネラル)は自分でうごくことが出来ない。風に運ばれる、動物に運ばれるということもある。なんといっても、水に溶けて運ばれることが一番多い。水に溶けた形(イオン状態)でなければ吸収されないのである。

億単位の地質学的サイクル

生命を作る無機物質がどこから出てくるかといえば、元をたせば、岩石と火山ガスである。その岩石といえば地球内部にあるマグマ(岩漿)が、火山から流出してきて固まった物である。



地球化学サイクルのうち、水の循環と大気の循環によっておこなわれるサイクルを外部サイクルと呼び、マンテル⇒マグマ⇒陸地⇒海洋⇒マンテルという地質学的サイクルを内部サイクルという。

海水全部が一回りするのに4万3000年しかかからないが、内部サイクルの方は何十億年という単位で動いている。

自浄作用を失いつつある河川

水の流れがなくなれば機能は運搬作用だけではない。水は多くの植物、水棲動物、両棲類などに住む場所を提供する。それらの生物群がエコシステムの最も重要な一環を占めている。生物系としての河川の重要な働きの一つは自浄作用である。川には有機物を食べるバクテリアがいる。そのおかげで枯れ木、朽葉や働きの一つは自浄作用である。川には有機物を食べるバクテリアがいる。そのおかげで、枯れ木、朽葉や動物の糞尿、死骸が流れ込んでも、バクテリアがこれを食べて自然をきれいな水になる。しかし、これには限度がある。バクテリアの能力以上に有機物が流れ込んだり、人工の有機物・プラスチックや中性洗剤が流れ込んだ場合は浄化されない。

窒素・炭素循環

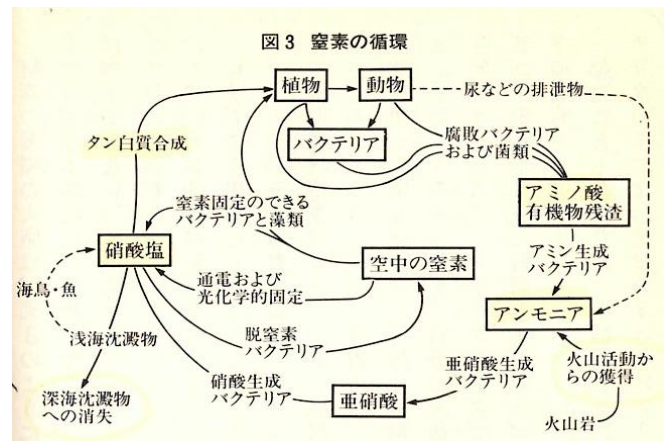
タンパク質合成になう窒素循環

水蒸気を除く大気の構成は、78%が窒素、21%が酸素、0.03%が炭酸ガスということが標準である。このほか大気にはアルゴンガス、ネオンなどの希ガスが含まれているがあまり重要でない。重要なのは前記の3物質である。窒素はタンパク質の合成に、酸素は生物の呼吸に不可欠であり、炭酸ガスは緑色植物がそれを原料として光合成により有機物を生産するためである。

窒素(N₂)の循環の大略は図3のようになる。窒素を炭水化物と化合させてタンパク質を作るのは基本的には植物の働きである。ところが、植物は空気中の窒素をそのままでは利用できない。硝酸塩という窒素化合物の形で、水に溶け、根から吸収されてきたものでなければ利用出来ない。窒素のサイクルを成立させるためには、なにものかが窒素を硝酸塩に変えてやる必要がある。そのプロセスを窒素固定と呼ばれる。

自然界で窒素固定ができるのは、生物ではマメ科の植物に寄生している根粒バクテリアと特別な種類の藻だけである。雷雨の時、空中電気の放電の助けを借りて、窒素は水と化合して硝酸(HNO₃)になる。硝酸塩は植物に吸収されてタンパク質に合成される。タンパク質がなければ、あらゆる生物が生物たりえない。

動物に食べられなかった植物性タンパク質は、やがて枯死し、これまた還元者であるバクテリアによってアンモニ(NH₃)に変えられる。一方、火山活動からもアンモニ(NH₃)が供給される。



エントロピー増大の原則

酸素(O₂)と炭酸ガス(CO₂)の循環については、「炭素の循環」という形であとめて考えて見る。生物的自然における最も基本的な物質循環は炭酸ガス(CO₂) + 水(H₂O) ⇒ 炭素化合物 + 酸素(O₂)、炭素化合物 + 酸素(O₂) ⇒ 炭酸ガス(CO₂) + 水(H₂O)という形をとるからである。

自然界には、エントロピー増大という大原則がある。エントロピーとは無秩序を表す尺度である。自然は放っておけばどんどん無秩序になっていくものだという事を意味する。逆にいえば、どんなものでも無秩序にするには何の苦勞もいらぬが、秩序を保つにはそれなりのエネルギーが必要とすることを意味する。

水の安定した状態は個体の氷で、溶けて流動的な水になり、さらに蒸発してさらに流動的な気体となる。氷、水の安定した状態を保つには、保冷・冷却(エネルギー)とか、容器が必要となる。

低エントロピー生物人間

生物とは、物質が驚くほど秩序ある状態にまとまったものである。その秩序を維持していくことが生きることにはほかならない。生物は低エントロピーの状態を保持し続けなければならないのである。エントロピーを低く保つために、エネルギーが必要となる。

自然界で一番簡単な分子は水素分子(H₂)で、分子量は2である。タンパク質、炭水化物などの生体を構成する分子は生体高分子と呼ばれ、その分子量は1万から100万以上に及ぶ。こういった分子が細胞1立方ミクロンの中に、約400億個も含まれている。

細胞の数だけを比較すると、クジラの細胞は10京(1万兆×10)もの細胞を含んでいるからクジラの方がエントロピーが低いように思われるかも知れないが、それでも人間の方がエントロピーが低いのは人間は情報を持つ動物だからである。情報は高度な情報ほどエントロピーが低い。コンピューターを電子計算機としてしか知らない人と、コンピューターのプログラミングのできる人とは、後者の方がコンピューターについてははるかに秩序だった知識を持っているわけで、それだけエントロピーが低いといえる。人間の文明史は人間の持つ情報のエントロピーを減少させる歴史であったとも言える。

炭素循環とエントロピー

生体を構成する有機物質以外の無機物質は、H₂O、CO₂といった単純な分子構造でわかるとおり、エントロピーが高い(不安定)。エントロピーの高い物質から、炭素化合物のようなエントロピーの低い(安定した)有機物質を作るために植物は太陽エネルギーを利用する。動物は植物よりもっとエントロピーの低い生体高分子を体内で作らなければならない。炭酸ガス(CO₂) + 水(H₂O) ⇒ 炭素化合物 + 酸素(O₂)というプロセスはエントロピー減少のプロセスであり、炭素化合物 + 酸素 ⇒ 炭酸ガス + 水というプロセスはエントロピー増大のプロセスといえる。

炭素循環がこの地球で生物を生むことが出来たのは、炭素原子の特別な性格(高分子を作れる)による。水素や酸素は二つの原子が結合しただけで安定した分子になってしまう。炭素は炭素原子が長い、大きい分子を作ることができる。水素ガスはH₂、酸素ガスはO₂、窒素ガスはN₂。炭素は無限に結合して、黒鉛やグラファイト、ダイヤモンドを作ることができる。また、水素と化合して石油や天然ガス、プラスチックを作る。

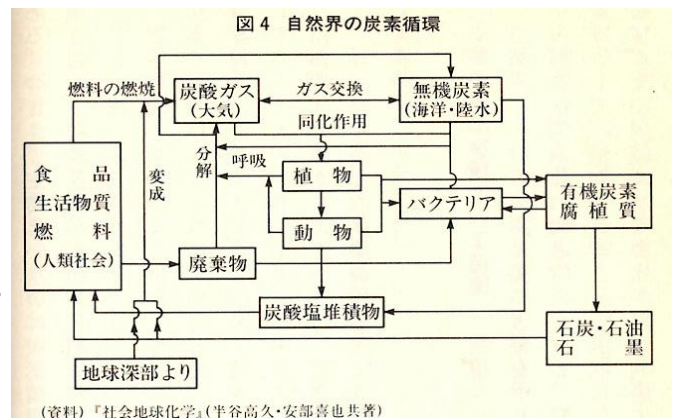
炭素の自然循環と人工循環

炭酸ガスと水から植物が炭素化合物を作る。酸素は空気中に戻っていく。動物は炭素化合物を食べ、酸素で呼吸する。これが自然本来のサイクル。これに対し、人間は新たなサイクルを作り始めた。人間が炭素、化合物を食料だけでなく、燃料にも、工業材料としても使いだした。その結果、大量の炭素が循環し始めた。

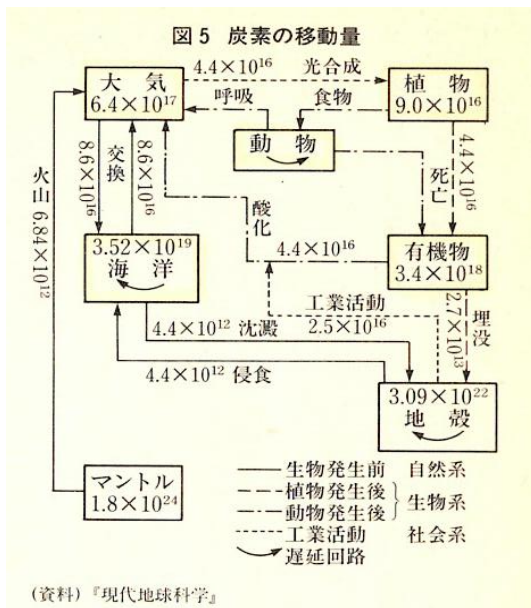
太古に帰る地球？

地球の初期状態の大気は、炭酸ガスを主成分としていたと言われる。そこへ植物が生まれ、光合成をどんどん行い、炭酸ガスを吸収し、酸素を生産していった。そのままの状態が続けば、炭酸ガスは消費し尽くされたはずである。酸素を吸って炭酸ガスを吐き出す動物の出現によって、炭酸ガス⇒酸素の一方通行が炭酸ガス⇒酸素⇒炭酸ガスのサイクルになることができたのである。

人間が石油、石炭を利用し始めるまでは、このサイクルはバランスが取れた回転を続けていた。しかし、現在は植物が光合成に使用する炭酸ガスの量よりも、大気中に放出される炭酸ガスのほうがはるかに多い。図6は、過去1世紀間の大気中の炭酸ガスの濃度変化を示している。炭酸ガス濃度の測定は局地的には簡単だが、測定地点が十分でないので、地球規模で精密にやることは難しい。

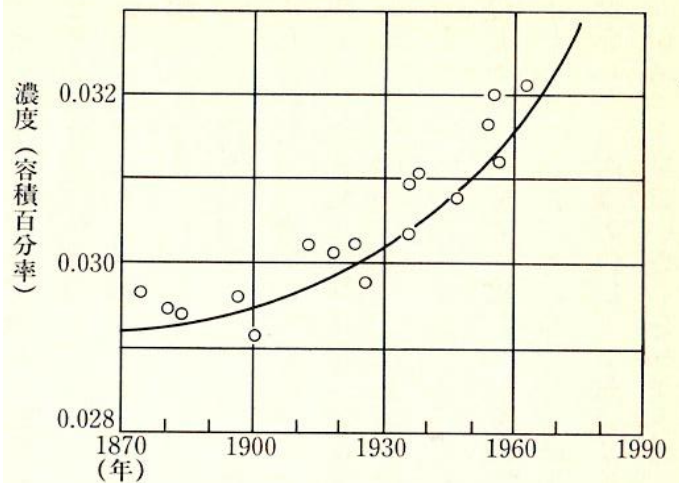


(資料)『社会地球化学』(半谷高久・安部喜也共著)



(資料)『現代地球科学』

図6 過去1世紀のCO₂濃度の変化



(資料)『Tellus』1958年10月号より

自然システムをはみ出す化学燃料

現在の化学燃料の使用度からみると、もっと急速に炭酸ガスが増加してもよさそうだが、自然のシステムには緩衝機構が働いている。大気中に炭酸ガスが増加すると、それだけ植物の光合成が刺激を受け手、一層さかんになる。もう一つは海が炭酸ガスを溶解することである。海の炭酸ガス溶解にも限界がある。限界を超えると、海水中のカルシウム、マグネシウムと化合して、炭酸カルシウム、炭酸マグネシウムとなって海底に沈殿する。これだけうまい緩衝システムがあっても、大気中の炭酸ガスが増加し続けるということは、化石燃料使用の規模の過大さを示すものであろう。

恐ろしい気候破壊

大気は宇宙線放射能の防護装置

大気には窒素と炭素の循環の一環をになう以外に、生物にとって重要な機能がいくつかある。一つは、宇宙から降りそそぐ宇宙線、太陽風、紫外線などを防いでくれることである。宇宙空間は放射能で満ち満ちている。牡牛座のカニ星雲は大爆発の名残りだが、その爆発の強さは水爆の1億個を同時に爆発させたその1億倍の強さがあった。1942年の末に発見されたトモ座の新星は2ヶ月の間に、太陽が1万8300年かかって出すのと同じだけのエネルギーを放出している。

地球にいる人間は宇宙線にやられない。大気が宇宙放射能を防いでくれるからである。大気が薄いところではそれだけ宇宙線も強い。高度が1500mあがるたびに宇宙線の強さは2倍ずつ上がっていく。宇宙線のほかに、太陽から飛び出してくる高エネルギー粒子群があり、太陽風と呼ばれている。その大部分は地球の磁力線によって跳ね飛ばされるが、それでも侵入してくる粒子から守ってくれるのは大気である。

(スーパーカミオカンデでニューロリノを観測し、ノーベル賞を受賞された小柴昌俊、梶田隆章。理論では益川敏英…)

紫外線から生物を守っているのは酸素O₂、オゾンO₃である。大気中に酸素が少なかった太古代には、生物は海中にしか住めなかった。陸上動物にとって、大気中の酸素を失うことは、呼吸ができなくなるだけでなく、紫外線によって細胞破壊、遺伝子・DNAの破壊の脅威にさらされることになる。

重要な大気の保温効果

大気のもう一つの機能は、地球の保温である。

大気のない月の表面温度は太陽光の当たっている面では暑い陰の面では冷たく、平均温度は零度以下である。地球も大気がなければ平均温度は零下23度であるはずだ。この温室効果がなければ、生物にとってあまりにも冷たい環境であっただろう。

地球には氷河期と間氷期が交互に繰り返されてきた。現在は氷河期に向かいつつあるとするも、化石燃料の燃焼によって炭酸ガスやメタンガスCH₄、フロンガス(メタンガスの水素3個の代わりに塩素、フッ素、臭素などが)のCF₂HClなどの温暖化ガスが増大し、氷河期に向かって気温の低下する以上に温暖化が進んでいる、というのが多くの学者の定説になっている。1970年代から気温上昇が見られ、1990年代に温室ガスによる気温上昇、海面上昇が問題化されるようになった。

冷える地球

自動車、飛行機の排気ガス、工場からの排気ガス、住宅、ビルからの排気ガスには一酸化炭素CO、亜硫酸ガスSO₂、などの有害ガスのほかに浮遊粉塵と呼ばれるミクロン単位の微粒子が含まれている。ガソリンの中にアンチノック剤として添加された4H鉛がエンジンの中で燃焼し、臭化鉛PbBr₂、塩化鉛PbCl₂ガといったものが0.5ミクロン程度の微粒子になって排出される。(PM2.5は2.5ミクロン以下の浮遊粉塵particulate matter)

東京都では石油系燃料だけから排出される微粒子が3万トンにもおよぶ。太陽光線のエネルギーは、主として可視光線だが、かなりの光線は反射されてしまう。その反射率はアルベドと呼ばれる。地表のアルベドは10%~30%だが、雪や氷だと30%~90%になる。大気上層の雲のアルベドは60%もある。

温室効果は地表に太陽エネルギーが到達して赤外線が放射されてからはじめて意味を持つ。大気上層でのアルベド増大によって地表に到達する光線が少なくなっているのは、いくら炭酸ガスが増加して温室効果が強くなっても意味がない。大気中の微粒子は、降雨気候をも乱している。最近世界各地で集中豪雨による大洪水が頻発しているが、大気中の微粒子が雨の核となり大量の水蒸気を雨に変えることが原因といわれる。

気候形成の混乱

最近、人間のエネルギー使用が気候におよぼすほどの影響を与え始めたことが問題である。すでに工業地帯や大都市では地表が受ける太陽熱エネルギーの2倍を超えるエネルギーを使用している。そうすると、これまで太陽熱の受け方によって決まっていた熱帯、温帯、寒帯、それを結ぶ空気の流れ以外に人為的エネルギー使用過多による、熱帯、温帯、寒帯、それにとまなう空気の流れが生じ、地球上の気候現象に想像を絶するほどの混乱をもたらすだろうとも言われている。

燐とエネルギー

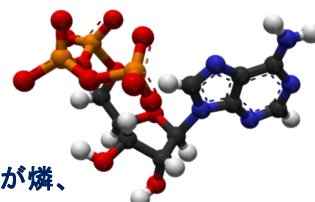
生物の"エネルギー通貨"ATP

燐がなぜ生体に不可欠なのかというと、ATP(アデノシントリリン酸C₁₀H₁₆N₅O₁₃P₃)という燐を含む炭素化合物が、あらゆる生体内にあって、エネルギーの受け渡しを演じているのである。

ありとあらゆる生物はすべて摂取した食物を体内で燃焼させることでエネルギーを得る。そのエネルギーでATPを合成し、エネルギーが必要な時に、ATPを分解させることでエネルギーを得る。

エネルギー論的にはATP生産能力を持ったもの

出現をもっての出現をもって生物の発生と見なしている。(ATPの分子構造:黄色が燐、赤が炭素、白が水素、黒が酸素、青が窒素)



燐鉱石採集がもたらすもの

人間や動物は食物から燐を摂取することができるが、植物は燐が不足しがちである。地中の燐は水に溶けやすく流れやすい。海に流れ込んだ燐は海底に沈殿していき、地上には燐が亡くなってしまふ。しかし、流れとは逆の流れがある。その一つが海のしぶきが風に運ばれて陸上に戻ってくる。アメリカ大陸の中央部にも風によって海のしぶきが運ばれる。地上の塩分の2/3は海から運ばれたものだという。

海底に沈殿した燐は何万年もの長い時間をかけて、地質学的に移動し、地表に現れる。南米ペルーには海鳥の燐を多く含んだ排泄物が堆積した物をグワノと呼び、採集されて肥料に利用される。

一般に陸上よりも海中の方が燐分が豊富で、そのため魚類には燐が多い。鳥類も人間も燐の循環には貢献している。こうした自然の回路を利用するだけでは、燐の量は農業には十分ではない。そこで燐鉱石を年間1億トン近く掘り出され、2000万トンのリン酸肥料が生産されている。自然の循環スピード以上に燐鉱石を掘り出せば、やがて枯渇の危機が来るのは目に見えている。

食物連鎖と自然バランス 複雑な”食いつ食われつ”のしくみ

食物の種類によって、動物は草食、肉食、雑食に分けられ、特別に死体だけを食う腐食動物もいる。また、食物の種類が多寡によって、広食性と狭食性の動物に分けられる。

人間はあらゆる動物の中で、最も典型的な広食性の雑食動物である。海草と魚と野菜と肉を同時に食う動物は人間のほかにはいない。これだけ食物の対象が広いことが、動物界での人間の繁栄と一つである。

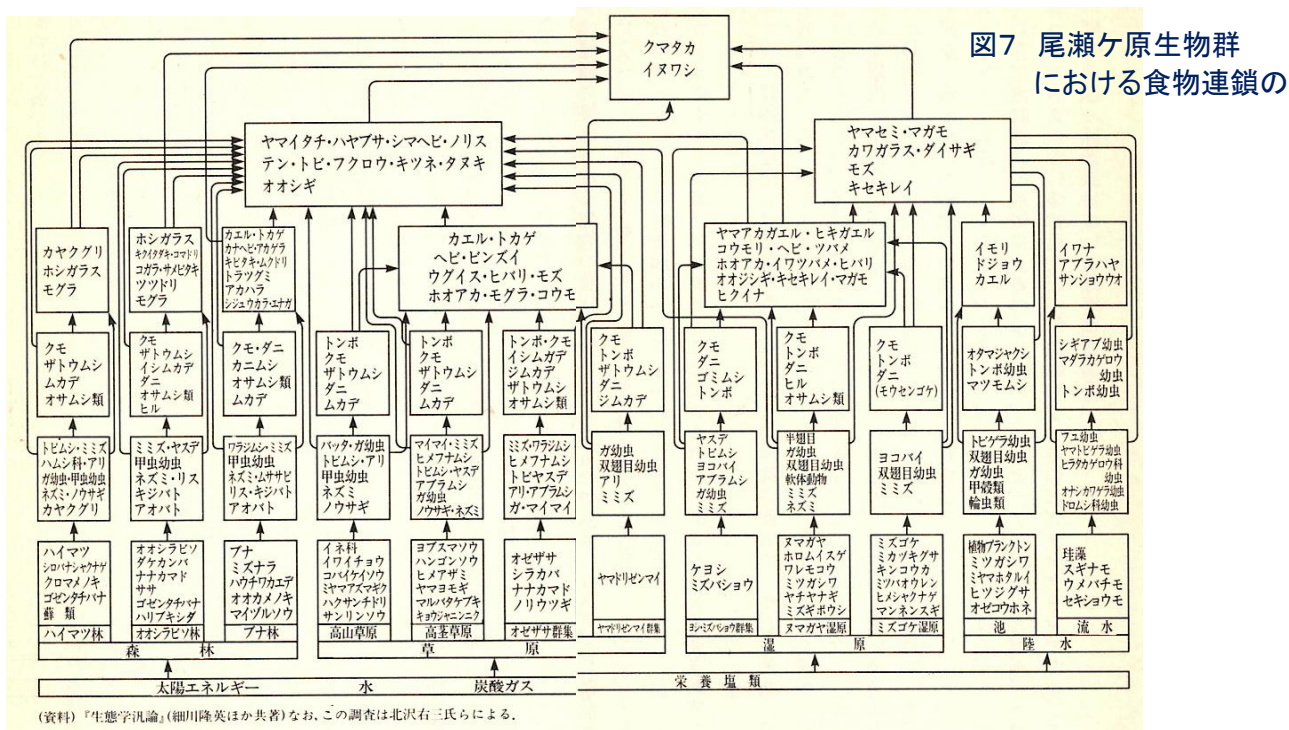


図7は尾瀬ヶ原における生物の食物連鎖を示した物である。環境が少し異なるだけで生息する動物も違い、それぞれの間に独特の食物連鎖があることが分かる。

底辺動物ほど数が多い

食物連鎖関係には一つの法則がある。それは”数のピラミッド”と呼ばれる法則で、食うものよりも食われるものの方が数が多いというもの。自然は、原則として種の存続に必要な個体数以上の余分の分だけを上位の捕食者に与えようとしている。また、食われるものは食うものよりも体が小さい。

図8 食物連鎖におけるエネルギーの流れ

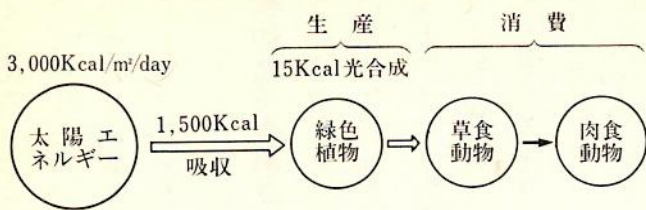


図8は食物連鎖におけるエネルギーの流れを単純に模式化したものである。

1日1平方mあたり3000キロカロリーの太陽エネルギーが降りそそぐものとする、その半分が植物に受け取られ、その1%が光合成に使われる。食物連鎖の階段を1段上がるたびにエネルギーは1/10ずつ減少していくと推定されている。

”貧乏人はムギを食え”は正しい？

人間が食物連鎖の上位にいながら、これほど個体数が多いのは、大部分が第一次消費者にとどまっているからである。人間が純肉食者であったなら、現在の1/10にならなければならない。肉類の値段が重量比で穀物・野菜より10倍は高いのも、食物連鎖上当然なのである。”貧乏人はムギを食え”の故池田首相の発言は穀物・野菜より10倍は高いのも、食物連鎖上当然なのである。”貧乏人はムギを食え”の故池田首相の失言も、政治的背景を無視すれば卓言といえる。クジラの肉がマグロよりも安いのは、マグロが第3次消費者であるのに対し、クジラ(シロナガスクジラ)はオキアミを食べている第2次消費者だからだ。

”貧乏人の子沢山”

食物連鎖を下にたどるほど一つの種の量が多くなるということは、同時に繁殖率が高いということの意味する。イワシは1匹が1回に2万～10万の卵を生む。卵から帰ったばかりの幼生は動物性プランクトンに数えられる。 ”貧乏人の子沢山”は、生物界全体に通用する真理である。 ”貧乏人の子沢山”なるがゆえに、上位捕食者は食事にありつける。

食物連鎖を破壊すると

食物連鎖は自然が長い時間をかけて作り上げた巧妙な機構である。それは、それぞれの土地で独自の構造を持っている。そこにうっかり人為的な手を加えると、とんでもないことが起きる。たとえば、オーストラリアの毛皮と肉をとるため、捕食者のいない野ウサギの放し飼いの結果、異常繁殖し、牧草地が砂漠化した。またアルゼンチンの小動物ヌートリア、ベネズエラの水生植物ホテイアオイなどの異常繁殖の例もある。

中国のスズメ退治

外来種の大発生は食物連鎖のなかに入れなかったことによって起こるのだが、逆に連鎖の中の一つが失われることによっても起こる大発生もある。イギリス南東部のリンゴ園で、1922年、カイガラムシの駆除のため油類を使った。そのとき他のハナカメムシやテントウムシまで殺してしまい、結果リンゴハダニが大発生カイガラムシの被害以上の被害をうけた。似た例として、中国のスズメ駆除によって、穀物の被害を減らそうとした結果、スズメは減ったがスズメが捕食していた害虫が大発生してスズメ以上の被害を出した。

産業の食物連鎖とシステム産業

食物連鎖と同じような構造は、人間社会にも見出すことができる。産業界がそうだ。原料・資材連鎖は食物連鎖と同じような構造をもっているが、その特性も同じだろうか。 ”数のピラミッド”、 ”エネルギーのピラミッド”が構成されているだろうか。一見そうではないように見える。売上高、従業員数など、必ずしも基幹産業だから企業規模が大きいとはいえない。資材のフローを金額だけでなく、重量で表してみる。そうすると、いかなる産業も原材料の重量よりは、製品の重量の方が軽く、 ”数のピラミッド”が成り立つことがわかる。そして、食物連鎖のピラミッドでも、上位にいる動物ほど高級であったように、産業のピラミッドでも上位にあるものの方が、より加工度が高く、それだけ高級である。一番上位には単品の製品を組み合わせるシステム産業がくる。

工業製品の部品の数を考えてみると、ミシンは100個台、テレビ、工作機械は1000個台、自動車は1万個台、ジェット機は10万個台、宇宙ロケットは100万個台、さらに大きなものとしてはコンピューター利用の教育システムには、1000万個台、住宅、運輸、消防、警察を含む都市システムとなると億単位の部品が必要になる。

システムエンジニアの繁殖率は低い

産業界の製品連鎖においても、上位者は下位者の存在を脅かしてはならない。一番下のあるものが崩れれば、上部全体も崩れる。鉄鋼業にしても、石油化学工業にしても、そこで行われている仕事はきわめて単純で、しかも、現場の作業比率が高い。上位の産業においては、より高級な技術労働者を必要とする。労働予備軍の存在量を比較すると、食物連鎖における繁殖率と似た現象が見られる。肉体労働者よりシステムエンジニアの繁殖率が低いというようなことが言えるのではないか。ほかに食うか食われるかの代わりに、搾取非搾取の階級関係。支配非支配の権力構造にも見られる。

(1回目は以上・T.K)

参考資料

日本での生態系については南方熊楠(1867年5月18日～1941年12月29日)が先達。

[南方熊楠 - Wikipedia](#)

日本の公害問題の先達としては田中正造(1841年12月15～1913年9月4日)が先鞭を切った。

[田中正造 - Wikipedia](#)

小説で食料、エネルギーを題材の一部としたのは井上ひさし(1934年11月16日～2010年4月9日)の「吉里吉里人」。

[井上ひさし - Wikipedia](#)

[吉里吉里人 - Wikipedia](#)

(T.K.)