



環境のエネルギー的把握*

—太陽，地球，水，生物—

橋 本 奨*

緒 言

今日，資源，エネルギーの制約と不況，インフレの重圧から，わが国経済の構造的危機が強く懸念され，産業技術の省資源，省エネルギーへの転換は，より一層重要となっている．従って省資源，省エネルギー型技術の原点とは何か？ また，ここから出発して，我々は現在の苦境から脱却できる新しい技術を考え出せないものか？ という事について，多くの人々は，思い悩み，またその策を希求しているに違いない．

この命題は，今日我々にとって極めて大事なことであるが，これにとりくむためには，我々は先ずもって，我々の住んでいる宇宙船地球号における物質とエネルギーの循環，又その経路が，如何様になっているのであろうか？ という事について，原点にもどってより深く再認識せねばならないのではないかと思われる．そこで，これまで知悉されている，これに関する学術知識を整理し，その考え方をまとめてみることに，極めて意義があるのではないかと思われる．ここでは，専門外のことも含まれるので，内容に多少の誤りがあるかも知れないが，以下にその概要を述べ，更に，これと筆者の専門とする水処理技術との関聯についても言及したい．

1. エネルギー， エントロピー， 負エントロピーとは何か？

エネルギーとは，物質がもっている物理的な仕事の能力のことで，自然環境には種々の物理的状态に応じて，その大きさがきまる多くのエネルギー（例えば，位置のエネルギー，運動

エネルギー，歪のエネルギー，熱エネルギー，電磁エネルギー，光エネルギー等）がある．また，すべての物質は，外力の影響をうけないある量の物質内に保有されているエネルギー（例えば，化学エネルギー，原子エネルギー，核エネルギー等）を有し，これを内部エネルギーという．アインシュタインの特殊相対性原理によれば，物質の質量 (m) と内部エネルギー (E) の間には，光の速度を C とすると，次の相互変換式が成立する．

$$\Delta E = C^2 \cdot \Delta m \quad \dots\dots(1)$$

即ち，物質の質量が Δm だけ変化すれば，そのエネルギーが， $C^2 \cdot \Delta m$ だけ増し，物質が ΔE のエネルギーを増すと，その質量は $\frac{\Delta E}{C^2}$ だけ増したことに相当し，エネルギー粒子の集中固定化されたものが物質であるといえる．

今，エネルギー (E) が，ある仕事をするとき， E は仕事のために使われるエネルギー量即ちエネルギーの仕事関数 (A) と仕事のために役立てられないで，熱となって消失するエネルギー量 (q) に分かれ，次式で示される．

$$E = A + q \quad \dots\dots(2)$$

微小部分をとると

$$dE = dA + dq$$

$$dE = dA + T \cdot \frac{dq}{T} \quad \dots\dots(3)$$

ここで， T は温度で， $\frac{dq}{T}$ をエントロピーといい，エントロピー関数 dS で示される．即ち，

$$dE = dA + T \cdot dS \quad \dots\dots(4)$$

$$dS = \frac{dE - dA}{T} \quad \dots\dots(5)$$

従って，エントロピーとは仕事のために役立てられないエネルギーの度合で，ある系のエントロピーが増大するとき，エネルギーの仕事能

*橋本 奨 (Susumu HASHIMOTO), 工学部, 環境工学科, 教授, 医博, 工博

力の価値は劣化する。上式のエントロピーについては、次の事象を想起するとより容易に理解することができる。

いまここに、 100°C の熱湯 1 kg と 0°C の冷水 1 kg があり、これをただ、混合するだけでは、 50°C の水が 2 kg できるだけで、このとき総エネルギーは変わらず、何ら仕事をとり出すことができない。しかし、ここで 100°C の熱湯を熱源にして 0°C の冷水を冷却水に利用して熱機関（カルノーのサイクル）を運転すれば、そこから仕事をとり出すことができ、動力源を得ることができる。このように、 50°C の一樣の温水にしてしまったのでは、もはや動力源に使うことができない。総エネルギーは不変であるが利用価値は減ったことになる。この失われた利用価値を表わす物理的尺度がエントロピーである。 100°C の熱湯と 0°C の冷水を混合して 50°C の湯にすると、エントロピーは増大し、有用性は減少する。エントロピーは少ないときがよい状態で、増せば増すほど役に立たない状態になるので、これは貧乏の尺度といえる。資源として考えるときは、貧乏の尺度ではぐあいが悪いから、エントロピーの符号を変えたものが負エントロピーである。貧乏の逆は富であるから、富つまり資源の尺度として、エントロピーの符号を変えた負エントロピー（ネガティブエントロピー、略してネゲントロピーとも言う）は極めて便利である。

高い所にある水は、落下させることにより水力タービンを回転させて、電力を起こすことができるので高い所にある水は有用に使う。

もし高い所の水を単に滝として落下させると水は滝壺で泡立ち、渦巻くが、その運動エネルギーはやがて摩擦により失われ、水の温度がわずかばかり上昇するだけで、このわずかばかり温度の上昇した大量の水の有用性はきわめて小さい。この場合、水のポテンシャルエネルギーが運動エネルギーとなり、次いで熱に変わることによってエントロピーが増大する。放置すれば有用な状態は崩れて、しだいに有用性は失われる。エントロピーの増大は、負エントロピーの減少ということであって、有用性の尺度である負エントロピーはしだいに減少するものである。

2. 熱力学第1, 第2法則

第1法則：エネルギーは一つの形から他の形に転ずることだけが可能で、例えば運動エネルギーから熱エネルギーへというように形を変えるだけで、新しく創造することも、また消滅させることもできない。つまり、宇宙におけるエネルギーは一定不変である。

これを生態学的な言葉でいえば、エネルギー貸しの型（たとえば光等）から他の型（たとえば食物または化石燃料や食物の潜エネルギーなど）へ変化することができても、実質的には増えたり、減ったりしないということになる。

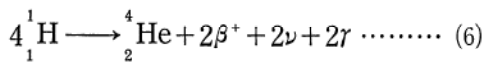
第2法則：時間は、過去から現在へ、現在から未来へと一つの方向にしか流れない。時間の一方向性と同様に、エネルギーは濃縮型から、分散型に向かって、そのかたむきの方向に流れるが、その過程でエントロピーは増大してエネルギーの仕事能力は減っていく。つまり、宇宙のエントロピーは絶えずその最大値に向かって増大して行く故、エントロピーとは時間の矢であるともいう学者もある。ここで、矢には的があり、この学者は恐らく的を価値とみたのだろう。第1法則では、エネルギーはつくられもしなければ、また破壊もされないで、その量は一定不変であることを述べている。第2法則では、エネルギーの流れからいかにして仕事を得られるかを説明している。技術、特に水処理技術の省エネルギー化を指向するためには、熱力学を通して、エネルギーの原点から、技術を透視せねばならないのではないだろうか。

3. 太陽と地球のエネルギー

太陽と地球はいつ生まれたのか？ 現在の天文学によれば、星の寿命は判っている。太陽が生まれてから、赤色巨星になるまでの時間は、学者によってかなりのひらきはあるが、大ざっぱに言って約 110 億年、太陽ができてから現在まで既に約 50 億年たっているとされているので、太陽が現在の明るさのままで輝いている期間は、後、およそ 60 億年といわれている。一方、地球は太陽の惑星で、その年齢は約 46 億年といわれているから、地球の誕生は太陽の誕生と同時かさもなくはごく僅か遅れたものと思われる。宇宙空間からいえば、太陽も 1 個の存

在で、太陽にエネルギーを与えたもの、また、宇宙空間にエネルギーを与えたものが存在するはずである。それは一体何だろうか？ 大昔の人は、それを神といったのであろう。

太陽エネルギー：地球環境の中で最も大きいエネルギーは、地球にふりそそぐ太陽エネルギーで、地球で行なわれているあらゆる営みの源は太陽であるといつてさしつかえない。この太陽は、 H_2 の圧縮、高温ガスのかたまで、この放射エネルギーは水素爆弾のように、 H の原子核から He の原子核ができるときに出る巨大な核融合エネルギーであり、その反応は次式で示される。



β^+ ：陽電子， ν ：中性子， γ ： γ 線

この核反応には、 $p-p$ 反応と CNO 反応の2つの反応経路がある。いずれの経路でも上式のように水素原子から、 He になるといわれるが、後者の CNO 反応では C 、 N 、 O が触媒作用をするので一名 CNO サイクルとも呼ばれている。これらの反応は、太陽の中心温度が、約2000万度 ($^{\circ}K$ 、ケルビン温度) 以上では、 CNO 反応が、又約1700~1800万度 ($^{\circ}K$) 以下では $p-p$ 反応が起こるといわれている。しかし、現在の太陽は、その中心温度が約1700万度か或は

それ以下とされているから、 $p-p$ 反応が主と思われる。従って、太古の始源の太陽は、その中心温度は約2000万度か或はそれ以上であったのであろう。現在、人類が手にしようとしている永久エネルギー源の核融合エネルギーは後者の反応を人工的に造出、利用しようとするもので、現在その研究に拍車をかけているもので、我が国が成功している最高造出温度は極微小時間とは云へ、約5000万度(阪大・超高温伊藤研究室)にも達しているといわれる。一般に、太陽エネルギーの大気上層面での量は太陽定数といわれ、地球全体で 5.5×10^{24} ジュール/年、 4.0×10^{21} cal/日である。この太陽エネルギーは第1図に示したように19%が大気によって吸収され、また47%が陸地面と海面によって吸収され、34%が雲、塵、地表面からの反射により宇宙空間に散乱されている。陸地と海面に吸収された47%のうち23%は水蒸気の潜熱となり、残りの24%は伝導、対流、放射のような熱輸送によって大気中へ移動する。大気に吸収された19%の中のごく一部分(0.2%)は風や対流、海流等の運動エネルギーや、摩擦熱になって再び大気に戻っている。海面と地面に吸収されたエネルギー(47%)と、大気へ移されるエネルギー(23%+24%)がつり合って地表面の温度が一定に保たれている。また、大気に吸収されたエネルギー(19%)と海面、地表面から大気へ移されるエネルギー(24%+23%)の和の66%が、熱放射によるエネルギー損失により、大気の温度を一定に保っている。また光合成によって植物により、有機物質となって植物体に固定されるエネルギーは太陽エネルギーの約0.1%といわれる。この0.1%のうち人類に食糧として利用されるエネルギーはその約1/300といわれる。また、この0.1%の中のエネルギーには自然界を豊かにする土壌有機物や腐植質、また、今日この頃の水環境を毒する水の有機汚染物や底質へドロ、更にまた、これらの太古からの化身即ち、化石燃料になって地球内に蓄積されるものもある。

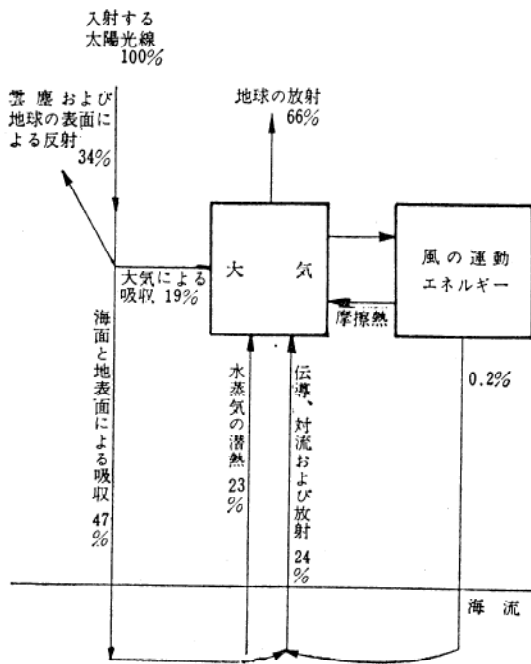


図1 エネルギーの循環

地球の内部エネルギー：地球は今から約46億年前宇宙空間に散らばっていたチリ、アクタが集まってエネルギー的に非常に高い位置から落

ちてきて、このとき放出されるべき位置のエネルギーが、地球創生時にその中に閉じこめられて、現在の地球の内部エネルギーになったのではないかという説もある。また、地球の創生時にウランやトリウム等の放射性元素が花崗岩中に内蔵され、この放射性元素の出す熱も地球の内部エネルギーになっている。この地球の内部エネルギーは、伝導と対流（マントル対流）、大陸移動、造山運動、火山、地震、温泉等によって、地球の表面へ熱として運ばれ、消費されているが、このエネルギーは太陽エネルギーに比べると約1/5000位だといわれている。

4. 地球環境におけるエネルギーの蓄積と消費の過程

エントロピー増大の原理は、閉じた系で成立するもので、地球は閉じた系ではなく、太陽から負エントロピーを絶えずうけとっている。地球は過去46億年前の創生以来、太陽エネルギーと創生初期とその後内封された地球内部エネルギーの両者の影響（エネルギーの蓄積と消費の過程）をうけて絶えざる進化を達成してきた。エネルギーの蓄積を伴う過程では、エントロピーが減少し、負エントロピーが増大する。この場合には物質が多様化し、分化複雑化する。しかしエネルギーの消費を伴う過程では、エントロピーが増大し、負エントロピーが減少する。この場合には物質が一様化し、単純化する。

4-1. 地球内部の物質とエネルギーの循環

造山運動や火山の爆発で地上に噴出した溶岩は、しだいに削りとられて第2図に示したように堆積岩、変成岩、マグマというように地殻内部で物質の大循環が行なわれている。この過程で、太陽エネルギーは、堆積岩の粘土鉱物や腐植質（地球表層での生物由来の有機物）また、石炭、石油の炭素質有機物、天然ガス等に蓄積され、地殻内での加熱、溶融、熱水反応に消費されて変成岩となる。変成岩は、地球内部の放射性元素崩壊エネルギーにより、再溶融されてマグマとなり、火成、晶出作用をうけて地球表層へ戻る。このように、地殻内部の物質循環の過程では、エネルギーは蓄積と消費の2つの過程を経るが、エネルギー蓄積の過程では、物質が多様化、分化、複雑化し、このときエントロピーは減少する。また、エネルギー消費の過程では物質が一様化、単純化し、このときエントロピーは増大する。

4-2. 地球表面での水とエネルギーの循環

太陽はエネルギーの根源、つまり負エントロピー源で、このエネルギーが動力源となって地球表面では、種々の物質とエネルギーの循環が行なわれ、これには特に生物と水が太陽の申し子のように、極めて重要な役割をになっている。地表面や海面の水分は、間断なく太陽エネルギーを吸収消費して蒸発し、大気の水蒸気となっ

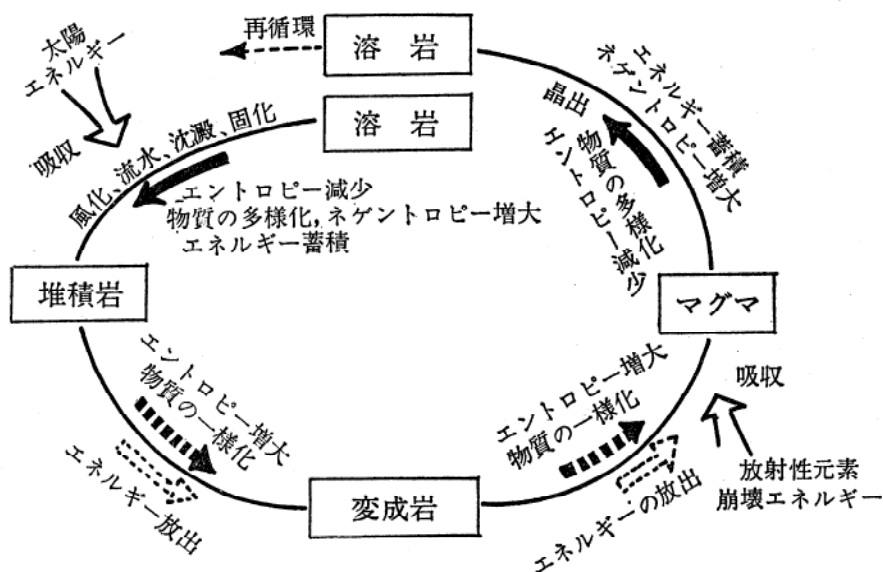


図2 太陽エネルギーと地球内部エネルギーとの相互作用
(ネグエントローは負エントロピーのこと)

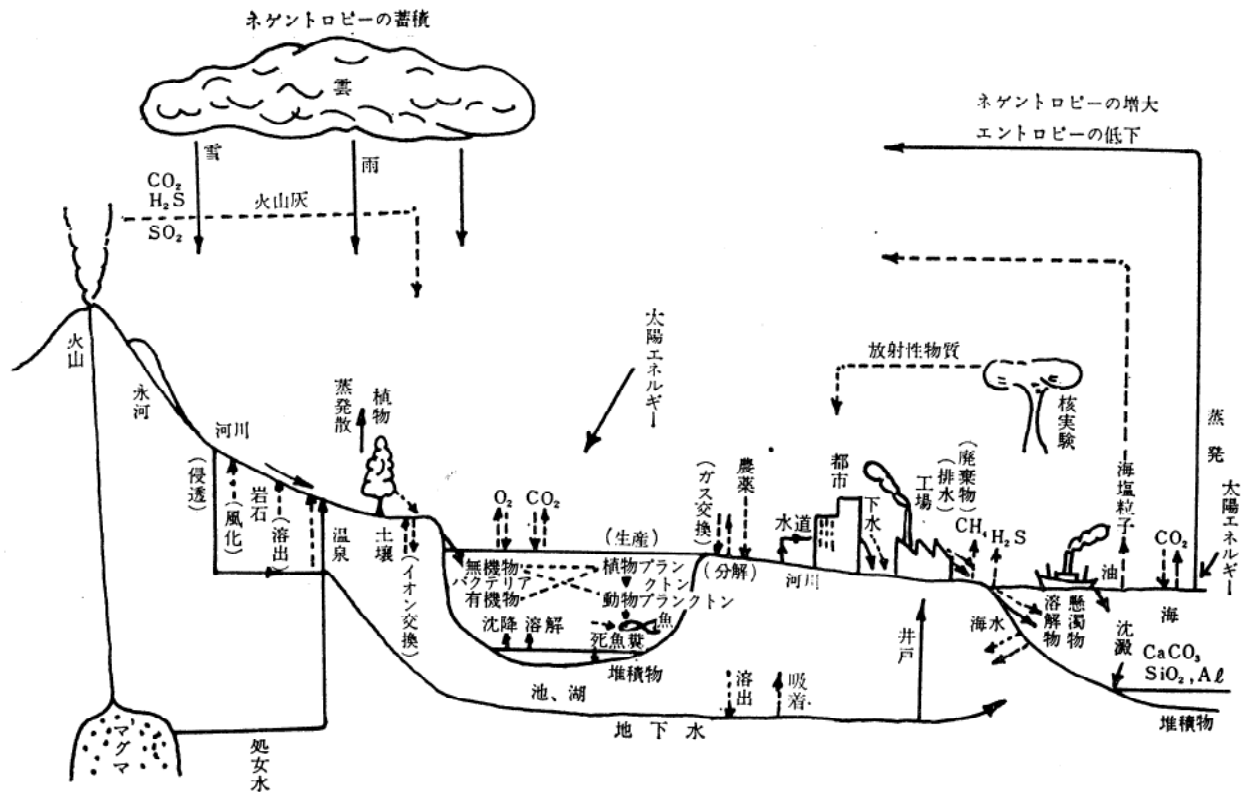


図3 水と物質、エネルギーの循環
(ネグントロピーは負エントロピーのこと)

てその中に太陽エネルギーが蓄積される。つまり水は水蒸気となって負エントロピーを獲得する一方、地表面やその地下近辺では、その水分蒸発で、水中の水溶性物質（例えば Na, Mg の塩化物、硝酸塩、Si, I, Br, Mo や各種の元素等）や無機難分解性物質（消石灰、石膏、炭酸カルシウム等）が濃縮分離され、鉱物として地表あるいは地下に析出される。これは水中の物質がエントロピーの増大即ち負エントロピーの低下をひきおこして、物質の単純化、一様化をおし進めたことになる。第3図は、水とエネルギーの循環を模式的に示したものである。

このように、負エントロピーを蓄積した大気中の水蒸気は、凝結して雨滴となり地表に降る。地表では、岩石等の固体の侵食、破壊を行ない、また、地表を洗滌して各種の有機、無機物質を溶解あるいは微粒子状に懸濁させながら、小川、大河となって湖沼や池を通じて、最後に海に戻る。雨滴から海水までの過程では、水の太陽エネルギーは各種の力学的仕事（侵食、破碎、運搬、輸送等）や化学的仕事（洗滌、稀釈、浸出、溶解、風化、懸濁）に消費される。また、地表の岩石のような固体物質の破

壊には、水の太陽エネルギーが消費され、破碎された砂や粘土の微細粒子やコロイドは、表面エネルギーを保有することになる。一般に固体の原子は強力な静電気力その他の束縛力によって固く結びつけられており、それを断ち切るにはエネルギーが必要で、コロイド状の微細粒子は、大きな固体よりも大きな表面エネルギーを保有している。地表面で、水が土壌中の粘土、泥炭、腐植、その他の微粒子状の吸着物質と出会えば、水に溶解された物質（Cu, Zn, Mn, Ba, Co, K, Ni, PO_4^{3-} , NH_4^+ , Cl, Fe の無機物質や種々の有機物質）がこれらに吸着されて、沈殿、堆積される。また、水環境では、これが底質汚泥となって沈殿、堆積される。即ち、底質泥は太陽エネルギーを蓄積、保有したことになる。また、太陽エネルギーは CO_2 と H_2O から、植物の葉緑素を触媒として、有機物に転化される。このとき生成される O_2 （強力な酸化剤）と有機物（還元剤）の中に太陽エネルギーが貯えられる。この光合成による有機物の生成とエネルギーの蓄積と並行して、地殻表層では、動物や微生物等は、この複雑な有機化合物を単純な化合物、例えば CO_2 , H_2O , NH_3 等

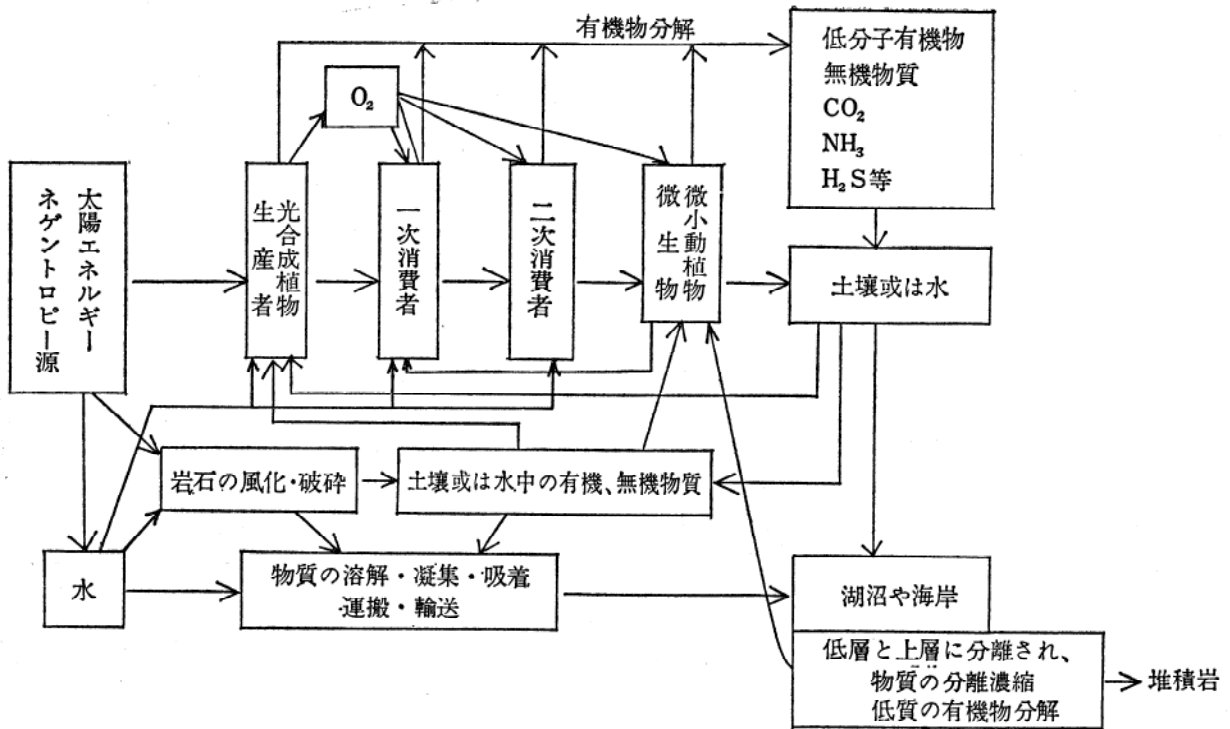


図4 太陽エネルギーの流れ

→はネグントロピーの減少，エンタロピーの増大を伴う。しかし，この→の傾向で，関与する生物と或る物質はネグントロピーの増大，エンタロピーの減少に働く。

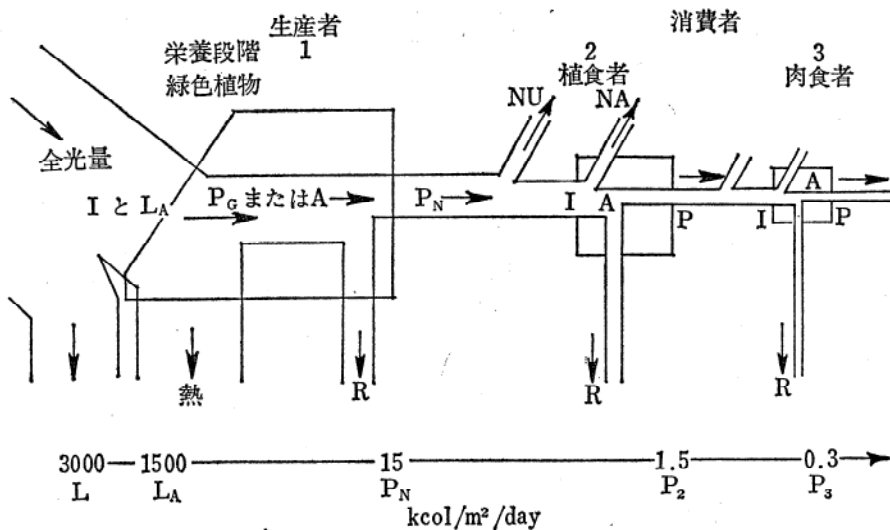


図5 食物連鎖とエネルギーの流れ*

*熱力学第1法則により，エネルギーの流入は流出に釣り合っており，また，第2法則によりそれぞれのエネルギー変換には，利用不可能な熱エネルギー（呼吸）への分散を伴う。

に分解して，太陽エネルギーを消費して，種々の仕事を行なっている。即ち，有機物の合成と分解は自然界における物質循環の起動力となっているものである。光合成と食物連鎖，また土

壤や水の中での粘土や腐殖質，有機物や微生物等による太陽エネルギーの流れは第4図，第5図のようである。有機物分解でできた CO_2 や低分子有機物 S, P, NH_3 は化学的に非常に

活性で、これらは水中に溶解込み、水に太陽エネルギーをひき渡し、水の活性化作用をたかめ、これが微生物の増殖をたすけ、また岩石の風化、変質に働いて土壌粒子となり、ここで風化層や堆積層ができる。また、水環境ではこれら微細な微粒子は先の有機物の分解生成物を凝集、吸着してコロイド状に懸濁したり、また、底質に汚泥状で沈殿、堆積することになる。自然界の環境つまり、光合成が盛んに行なわれている地上では、大気中に大量の O_2 があるので酸化であるが、湖沼など水環境の底質泥や土壌環境の地下深部（特に地下水層）では、大気中の O_2 にふれないので還元的となっている。

このように自然環境では、場所により酸化的であったり、還元的であったり、酸化、還元層状構造ができあがっている。太古の地球は還元的で、物質の化学進化と生命の進化による光合成生物の出現で酸化的になったといわれている。又、太陽を含め地球元素の先祖は H_2 原子であったとされている。従って H_2 を還元環境の元祖とすれば、還元環境から酸化環境に地球は進化してきたことになり、エントロピーは地球進化と共に増大してきた。即ち、還元環境はエントロピーが小で、酸化環境はエントロピーが大であると云へる。これらの環境では、いずれも太陽エネルギーを消費して総体的にエントロピーは増大傾向を示すが、ここで、生物や物質はこのエントロピー増大を減少させる方向に働き、物質の分化、多様化、また生物種の分化、多様化の方向に作用して、太陽エネルギーの蓄積傾向を示すものである。還元環境での生物、物質は酸化環境でのそれよりもエントロピー増大を減少させる度合が大きく、太陽エネルギーを蓄積する傾向が大きいものである。自然環境特に、水環境では、無価値になった太陽エネルギーの化物である汚染物質は、先に述べたように、底質の還元環境に移行して行く。これは、地球進化の原始に戻すプロセスであり、エントロピー増大を減少させ、ヘドロの中により多くの太陽エネルギーを蓄積するプロセスである。これらは、やがて腐植となり、泥炭へと移行していく。これが、万年単位の地質学的時間経過で石炭、石油に変質し、地球の内部に蓄積されるも

のである。従って人類は太陽エネルギーの地球内貯金を食い減らしてエントロピー増大を加速していることになる。

5. 水の利用、汚染、処理とは何か？

5-1. 水の利用、汚染

水は使ってもなくならない。我々が水を利用するということは、水を消費することではなく、水質即ち水の清浄さを消費することで、水を汚すことである。熱力学では、エントロピーは系の状態を表わす関数で、その系の状態の利用価値の減少に対応して、エントロピーの増大があるという。従って、水の不純物量をエントロピーとみると、水を使えば水に不純物質が加わって増え、水のエントロピーが増大して排出されることになる。即ち、水が汚れると水のエントロピーは増大することになる。きれいな水は負エントロピーに富み、水は負エントロピーの供給源として利用されるものである。我々人類社会は水のもっている負エントロピー食をって生きているともいえる。水の負エントロピー即ち水の価値は、水の利用によって低くなるが、それには次のような場合をあげることができる。即ち

1. 水を使えば負エントロピーが消費されて水の価値は低くなる。
2. 汚れた水は、きれいな水より価値は低い。
3. いろいろな物質で汚された水は、単一の物質で汚された水より価値は低い。
4. 量でも質でも時間的変動の大きい水は、小さい水より価値が低い。
5. 量でも質でも、分散している水は、集中している水より価値は低い。

但し、これらの事柄の中で、「水清ければ魚住まず」と云う諺のような事もあることを、銘記しておかねばならない。

また、一方、我々は水を利用すれば、水の中に有機、無機の微細な懸濁コロイド粒子やこれらの可溶性となった超微細粒子、また微生物等が混入して、水を汚染することになるが、これらの物質はもともと、太陽エネルギーの産物、即ち化身である。従って、水の汚濁とは、汚染物質からみれば、無価値になった太陽エネルギーの極地的な偏在を意味し、負エントロピー

の無価値になった化物の濃縮された姿であるともいえる。これらの汚染物質が微細であればあるほど、また、濃度が濃ければ濃いほど、無機物よりも有機物が多いほど、無価値になった太陽エネルギーをより多く蓄積したことになる。

5-2. 水処理

水処理とは、無価値になった太陽エネルギーの濃縮された化物である汚染物質を、無価値から価値に転じ完全に消散させることで、それがためには、無価値は価値の逆であるから、外界から太陽エネルギーを加えてやらねばならないことになる。今、水処理を物理化学処理と生物処理に分けて、以下にそのエネルギー的特質を考えてみる。汚染物質が、無価値になった太陽エネルギーを蓄積しているにもかかわらず、化

学処理のように太陽エネルギーに由来するエネルギー資材（例えば、凝集剤や酸化剤、熱、吸着剤、イオン交換材、電気、その他）を更に加えて、汚染物質を処理せねばならないということは太陽エネルギーの二重投資になり、極めてナンセンスではないだろうか？ また、処理後に副生する大量の汚泥は先の二重投資からくる太陽エネルギーの更に濃縮された化身であり、これの処分にも更にエネルギーを投資せねばならないとなると、本法は省エネルギーの昨今には、極めて好ましくないのではないか？ 微細或は、超微細粒子の除去を、エネルギーや資材をかけないで行なうことが水処理のポイントである。生物、特に活性汚泥微生物は、無価値の太陽エネルギーともいえる汚染物質を一部エネルギーとして消費し、一部、己の体内に取り込んで、自動触媒的に自己増殖することができるし、また、微細粒子の汚染物質を粗大粒子に変え、容易にこれを分離処理することもできる。しかし、生物処理では、活性汚泥法のような好気システムの場合には、空気あるいは酸素の吹き込みが必要である。O₂ はもともと太陽エネルギーの化身で、これの吹き込みに太陽エネルギー由来の動力を必要とするが、これに嫌気システムの活用を加えると、空気あるいはO₂ を最大限減少させることが可能である。この両システムの活用により、汚泥の発生も縮小できるはずである。生物処理と物理化学処理に要するエネルギー使用量を同程度の処理を行なうとして、比較すると第1表のようになる。即ち生物処理は物理化学処理に比べて圧倒的にエネルギー的に安価になることがよくわかる。

結語

地球環境におけるエネルギーの蓄積と消費の過程について、更に人間の水の利用、汚染、処理の行為について、それぞれエネルギー論的に考察した。

熱力学第2法則（エントロピー増大の原理）の意味は、自然は放置すれば、次第に混乱を加えてゆくということである。生物の生命も、人間社会の文明、文化も、つまりは一つの秩序（規則性）といえる。熱力学第2法則によれば、秩序はつねに崩壊の方向に進み、それにさから

表1 生物処理と物理化学処理におけるエネルギー使用量の比較*

| 単位操作 | エネルギー使用量 (KWhr) | |
|---------------|---|---|
| | 物理化学処理 1300×10 ² m ³ /日 | 生物処理 1300×10 ² m ³ /日 |
| 凝集 | 700 | — |
| 沈殿 | 3,000 | 1,680 |
| 複層ろ過 | 30,000 | — |
| 活性炭吸着 | — | — |
| 吸着塔 | 107,260 | — |
| 活性炭再生 | 1,046,200 | — |
| 活性炭輸送、脱水 | 31,790 | — |
| アンモニア・ストリッピング | 228,480 | — |
| 活性汚泥法 | — | — |
| エアレーション | — | 533,800 |
| 最終沈殿、汚泥圧送 | — | 20,060 |
| 脱硝 | — | 3,470 |
| 汚泥処理 | — | — |
| 汚泥圧送 | — | 900 |
| 重力式シクナー | — | 140 |
| 嫌気性消化 | — | — |
| 混合 | — | 3,820 |
| 保温 | — | 2,680 |
| 直接使用総合計 | 1,447,000 | 566,500 |
| 間接使用総合計 | 1,183,000 | -374,300* |
| 純使用量 | 2,630,000 | 192,200 |
| 一日あたり推定費用 | 52,600 | 11,100 |

*消化そうより発生するガスを換算

*Proceedings ASCE, J. Envi. Eng. Div. 101 No. EE3, 319~33, 319~332 (1975)

いつつ、生物や人間は新たな秩序を作ろうと努力している。閉じた系においては、エントロピーは増大するが、地球も生物の個体も、人間社会も閉じた系ではない。そこで生物はエントロピーの増大を防ぐために、いいかえれば負エントロピーの消耗を補うために、外界から負エントロピーを取り入れなければならない。それが所謂生物の物質代謝であるといえる。人類社会も外界から負エントロピーを取り入れなければならない。それを安価に供給するのが、我々に対する水の主要な役割といえる。

水の汚濁とは、汚染物質からみれば無価値になった太陽エネルギーの極地的偏在で、その濃縮された化物が、汚染物質でありヘドロである。水処理とは、無価値になった太陽エネルギーの濃縮された化物の汚染物質を、無価値から価値に転じて、完全に消散させることである。それがためには、無価値は価値の逆であるから、外界から太陽エネルギーを加えてやらねばならな

いが、この際、薬剤やその他を加える物理化学よりも、生物を用いる処理の方がより一層エネルギー的に安価である。

参考文献

- 1) W. J. Moore 著, 藤代亮一訳: 新物理化学 (上) 東京化学同人, P35~115
- 2) 島津廉男著: 地球の進化, 岩波書店 (1971) P67~88
- 3) 竹内 均, 長谷川洋著作: 地球生態学, ダイアモンド社 (昭49) P38~54
- 4) ベレリマン著, 竹内均訳: 生態と地球の進化, 東京図書 (昭49)
- 5) 橋本 奨: 下廃水処理の今日の問題点とその対策, 水処理技術, 17 (11), P1~11 (1976)
- 6) 菅原正己: 水の価格とネゲントロピー, 水 15 (7), P16~20 (1973)
- 7) 橋本奨: 活性汚泥法の動力学と高濃度活性汚泥法の実用化, 第5回水処理研究会 (水システム) の再編成とその戦略) テキスト, 大阪大学生産技術研究会 (水処理研究会) 主催, 於大阪科学技術センター, 昭51年11月17日, P16~31