

自然と人間

「人は自然の中にあり、自然の法則（神の摂理）を超えることはできない。21世紀、人は目に見えないエネルギーを通して自然を学ぶ」

〔神の摂理：R. デカルト著「方法序説（1637）」、「省察（1941）」〕

（財）祈月書院理事長、東京工業大学名誉教授 安部明廣

個と全体 – 不思議な関係

「人（個）にして人でなくば、国（全体）は何で国たり得ようか」は、著書「一読書人の節操」（梁巨川遺言録、景嘉撰、池田篤記訳、アジア問題研究会）の帯に記載されている銘文である。常識であるようにも、そうでないようにも思えるが、一見理にかなっている。これを「個と全体」の問題と捉えてもよい。社会を構成する一人一人に一定の「良識」があれば、人らしい社会となることは自明である。実情はどうだろう？ここで一遍上人（1239-1289）の句「いにしえは心のままにしたがいぬ、今は心よ我にしたがえ」を思い出そう。人は学ぶことによって、人格が備わり、国家よりも大きく成長することもできる。心とは妙なものである。人を個として捉えてはいけないのであろう。

今では誰も、生命はすべて物質からできていることを知っている。物がものであるためには、構成素子（分子）が互いに絶妙な連携を保っていなければならない。その素子もまたそれより小さな素子、すなわち原子、その原子もまたより小さな素子（原子核、電子、中性子など）から出来ている。これを物質の階層構造と呼ぶ。当然のことながら、物質の素子は「心」はもたない。物を観察していて感心することは、全体の中で個は平等であり、外力でもかからない限り、どこかに極端に無理を強いたりすることはなく、あらゆる可能性がすべての個に許されている。「個と全体」の関係においては分子や原子の方が人間より賢いようにも見える。

斥力と引力のバランス

化学の授業で教わるように、分子や原子には一定の大きさがあり、互いに体積排除の関係にある。これは排除体積効果と呼ばれる（強い）斥力である。全体の大きさや、およその形をきめるのは、斥力であるが、ものの性質を決めるのは、弱いが遠くまで影響を及ぼす引力である。

物質を構成する分子は引力と斥力とのバランス（図1）の下で、外部から供給されるエネルギーを使って、できるだけ自由に振舞っている。

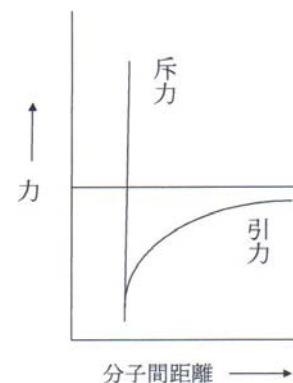


図1. 斥力と引力の釣合

分子の運動を支えるエネルギーの大小は、温度という尺度で測られる。外部温度が上昇すると与えられるエネルギーが大きくなり、分子の運動が激しくなって、やがて固体は融解して液体に、さらに進むと蒸発して気体になる。常温、常圧下で気体として存在するため嫌われものとなっている炭酸ガスも、温度が下がり $-79\text{ }^{\circ}\text{C}$ になると、液体を通らないで、固体（ドライアイス）になる。

さてこうみえてくると、人の社会も物の世界もよく似ている。隣人、隣国同志は境界を巡ってよく争う。社会を社会たらしめるのは、人間同士の連帯感（弱い引力）である。あまり引力が強いと自由度が失われて、硬直化が進むが、逆に競争が激しくなり過ぎると社会秩序が損なわれる。物の世界も、人間社会もこのようにして“ほどほど”の秩序と自由度が保たれる時が最も安定である。物の場合には、斥力も引力も原子や分子に備わった資質であるが、人の場合には心が経験を積み、知力と相俟って常識や良識を育てる。

人の社会の場合には、秩序と無秩序のバランスを決めるのは人間である。これも物質に学ぶところが多い。ただし、このためにはエントロピーという概念が必要であり。この話題に入る前に、エネルギーの役割について考察しておくことにしよう、

物が変化することを利用して人は生き、仕事をする

「エネルギー」、それは「仕事をする能力」である。方向を定めてエネルギーが変化する時の坂の勾配が「力」である。（能力と力は違う！）生物も、無生物も時間とともに変化する。これは何かが動いている証拠である。物の変化はエネルギーの出入りを伴う。エネルギーの流れに沿って物の状態が変化する。

身近なところで、人の生命活動は物の変化（物質代謝）のように見えるが、一方でエネルギーの流れの一形態（エネルギー代謝）と見ることも出来る。エネルギーの流れが止まると生は死に至る。エネルギーは量的に測ることのできる物理量であり、高低とか、大小で表現されるが目には見えない。

これらのエネルギーを取り扱う学問は熱力学と呼ばれる。熱力学第一法則（エネルギー保存則）と第二法則（エントロピー則）はエネルギーが従う法則である。前者は、閉じた系の中で、無からエネルギーを創り出したり、余剰なエネルギーを無にしたりはできない、エネルギーはただ移動するだけだ、と云い、後者は、物には乱れる傾向があり、自由に放置されると、より無秩序になって行く、という経験則である。「無から有は生じない」、「覆水盆に帰らず」という格言は、それぞれの核心を見事に云い当てている。ここで認識しておかなければならないことは、物の変化や人の仕事には常にエネルギーが関わっているということである。

人間は、自然の中で活かされている存在であり、自然の中を循環しているエネルギーを可能な範囲で利用して、生活を楽にしているだけである。エネルギーはすべて自然の中にあり、それを「自然エネルギー」と「不自然エネルギー」に仕分けたりはできない。今流行の「自然エネルギー」という表現は全く意味をもたない。

物の拡散、エネルギーの拡散

第二法則の表現の一つは、“孤立系のエントロピーは、一定であるか、増加するかであり、減少することはない”である。こんな自然法則は他にない。A. アインシュタインの「私は、この大法則に深い感銘を受ける。この法則が依って立つ概念が覆ることはないと信じる」を始め、S. ロイドの「この世で定かなものは何もない、死、税金と、この法則を除いて・・・」など、多くの人がこの法則に感想を残している。一方で、この法則は小さな子供のいる人にとっては当たり前の経験でもある。物には可能な限り乱れようとする傾向があり、そうさせないためには努力が必要である！物理学者は、与えられた系の乱れの度合いをエントロピーという量 (S) で定量的に記述する。

乱れは、一見エネルギー（仕事をする能力）とは関係のない現象のように思えるが、物の持つこのような傾向を利用して電池を組み立てて発電ができれば、誰しもこれがエネルギーの法則であることに納得するであろう。実際に、混合し易い A/B 系の濃度差を利用してエネルギーを取り出すことができる（図2）。濃淡電池はよく知られた実例である。エネルギーを注入して乱れを減らし、純 A と純 B に戻すことも、逆に混合 (A+B) を進めてエネルギーを取り出すこともできる。この原理は、身近なところでは、血液の人工透析に使われている。

厳密には、乱れの尺度であるエントロピーに温度 (T) が加かるとエネルギーの単位 (TS) になることで両者は結びつく。このことは、乱れの影響が、温度によって増幅されることで理解できる。与えられるエネルギーが大きいほど構成分子の運動が激しくなると理解してもよい。

我々がエネルギーを仕事に使う際には、仕事に寄与しないで拡散して行く部分が付随することも考慮して置く必要がある。両者を含めて、仕事の前後でエネルギーの総量は変わらない（エネルギー保存則）。

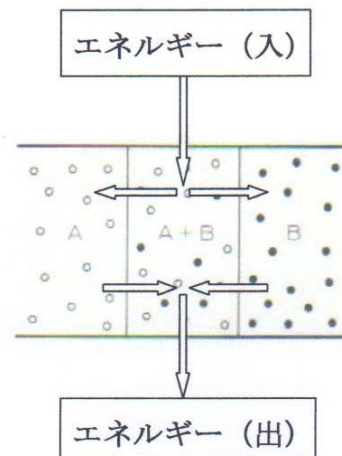


図2. 乱れとエネルギー

持続性とエントロピーの法則

無秩序が増え続けるという法則は恐ろしい。乱れが増えると、それを片付けるのに、またエネルギーが必要になる。社会が持続的であるためには、エント

ロピーを増やさない努力と、増えたエントロピーを片付けるエネルギーの手当てが必要である。目指すべきは**低エントロピー社会**である。GDP で測られる日本の経済成長は、エネルギー消費量と密接に関わっていたことが 1970 年以降のデータで示されている。今後エネルギー消費を抑えながら GDP を伸ばして行くことを望むならば、エネルギーの使用効率を上げる（無駄を助長する文化の修正！）ことが何にも増して重要である。ドイツの最近のデータではそれが可能であることを示唆している。「無駄も経済の内」という乱暴な考え方は、エネルギーの視点ではもつてのほかである。

自然のエネルギー循環に加わる人工的な負荷

地上で最大のエネルギー供給源は太陽 (17.4×10^{16} ワット) である。太陽から受ける光エネルギーの約半分が地表に達し、しばらく形を変えて地上に留まり、最終的には赤外線などとして宇宙へ再放射される。地表を覆う温室効果ガスの働きがなければ、地表の温度は平均 -18°C とも推定されている。地球の平均気温約 15°C との差 (約 33°C) を支えているのは、大気を構成する分子の熱運動である。図 3 (Wikipedia http://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_cycle) は、気候変動に関する政府間パネル (略称: IPCC) が公表した地表の炭素 (炭酸ガス) 循環の模式図である。物質の変化や運動には必然的にエネルギーの出入りが伴う。生命の存在は、地表におけるエネルギー収支の絶妙なバランスによって支えられているのである。

植物の光合成によって利用されている太陽エネルギーは、 4×10^{13} ワット (0.023%) 程度と言われている。人間のエネルギー消費は、化石燃料や核燃料を含めて、すでに 1.75×10^{13} ワット (0.01%) と推定されており、人工的なエントロピー増加分を自然の処理に付け回す訳には行かなくなっている。自然からエネルギーをどのように取り出すか、どのように利用するかによって社会の仕組みは大きく変わる。再生可能エネルギーへの回帰の動きが切っ掛けとなって、自然の循環を尊重したより高い文明が拓かれることを願っておこう。大気問題は、目には見えないエネルギーの振る舞いに関して全人類が正しい認識を共有することが、必要であることを示唆している。そのための鍵は教育にある。

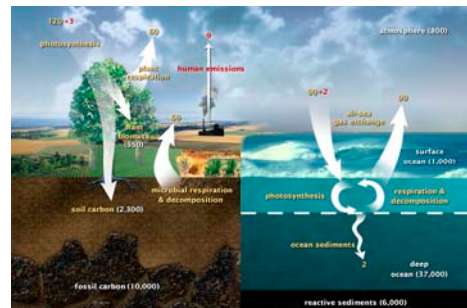


図 3 速い炭素サイクルの収支
Wikipedia {2012}, IPCC

おわりに

17 世紀、科学の黎明期にあつて、有限で不完全な人間と無限で完全な自然との関係に神の摂理を見た R. デカルト (1596 - 1650) 「我思う故に我あり」や B. パスカール (1623 - 1662) 「人は考える葦である」の先見性に改めて思いが至るのである。