

---

 随 想
 

---



## エントロピー思考

池田 稔\*

先日、鉄鋼協会主催で、Case Western Reserve 大の、Bela GOLD 氏の講演を聞かせていただいた。時宜を得た企画で、本当に有益であったと思う。

「鉄鋼業における過去 20~30 年の技術革新の成果は、端的に言えば、主として、鉄を作るための原燃料・労力のインプット削減につきと思われるが、一方そのような成果にも拘わらず、各要素コストの価格上昇があり、インフレ分を補正しても、鉄鋼価格面では、技術革新が現われていない向きもある。」と言う。この経済学者の言葉を大切にしたい。その理由を、原燃料の事前処理と、製品品質の2点に関して考えてみる。鉱石を例にとると、かつて塊鉱で使用されたものが、浮選、磁選、ペレット化、焼結化を行うようになり、つまり、それだけ事前の加工経費を伴うわけであるが、鉄鋼成品についても、品質面では、Tonnage ベースの統計には、表われてこない材料強度の変化があろう。巨視的に、この20年間で、材料強度は2倍になったと考えると、それに相当するエネルギー、労力、資金の必要があった点を見逃せない。(もっともこれは、冶金家としての発言では、問題があるが) これは省エネルギー、エネルギー開発の時代には、改めて考えてみたい点である。

ところで、生産活動というものは、基本的には、機械的なものと考えより、エントロピー的なプロセスと考えるべきだと GEORGESCU-ROEGEN (ハーバード大) らは述べている。人間の経済活動は、決して自然を含めた再生循環のプロセスではなく、自然の消耗、品位低下の一方通行であるという見方である。

機械の運動を観察して、そのアナロジイから、この宇宙も消耗していると考えた人がいた。つまり、エネルギーには2種類あり、利用可能な部分と、もはや人間の手の届かない形になってしまった部分があり、この宇宙の活動は、湖に流れ込む水のように、この再復帰のないエネルギーが、増加するように展開されると考える。Rudolf CLAUSIUS (ドイツの理論物理学者) が、これをエントロピー (Entropy) と名付けて、熱力学の第2法則を公式化したのは、1世紀前である。着想としては、まことに偉大と言わざるを得ない。

エントロピーとは？

オーストリアの Ludwig BOLZMANN は、エネルギーは、原子の攪乱運動と考え、この不規則性を組合わせ、確率の式から、あっさり——まことにあっさり—— $S = K \log W$  と導いた。(S=エントロピー、K=ボルツマン定数、W=状態の確率) エントロピーは、不規則性の確率であるという。これは全く華麗にして驚愕すべき概念である。もっとも、物質の究明においては、20世紀はまさに想像力において不滅の金字塔が建てられた時代であると思う。MENDELEEV が、トランプのカードを切り、J. J. THOMSON が、このカードをめくり、RUTHERFOLD が、ギリシャの原子論を、太陽系のモデルで表現し、Niels BOHR が、その正当性を実証し、更に、CHADWICK が中性子を発見し、FERMI が、それをういて核の扉を開くという。これらは決して偶像崇拜者の、なしうる業ではない。まさに、傑出した想像力豊かな人々の成果である。

\*本会理事 川崎製鉄(株)取締役技術開発部長

宇宙が、不規則性、つまりエントロピー増加の方向に進化（この言葉は適当でない）とした時、我々の存在する確率は、どう解釈すべきだろうか。その創造の確率はまさに、想像を絶する無限小にしかならないと考えられる。しかし、無限小は零ではない。統計的な立場からは、もちろん可能性はある。しかし、野菊の花びらは、なぜ対称なのだろうか。その規則性を生む確率は、あまりにも、小さいのではなからうか。さて、その回答として、宇宙の運行のパターンは、一気呵成ではないらしいと考えて、自然が段階的に進化することに注目した BRONOWSKI は *stratified stability*（層状の安定）と呼ぶ梯子を、一步一步登るがごとく発展のパターンを言及している。原子から分子、分子から塩基物、塩基物からアミノ酸、アミノ酸から蛋白、原生細胞から、より複雑な生物への進化である。遅々とした、しかし、確実な勃興である。物質の場合も、宇宙のプラズマから水素原子の形成、水素からヘリウムの合成、炭素、酸素という、*discrete* な状態をステップとして 92 の元素を形成したと考える。もっとも人間には、数億度の温度をもつ星の進化をまねる器量はない。そうだろうか。いやそうでもないらしい。現在のプラズマ物理は、*Oak Ridge* において、初めて水素の核融合に成功している。人為的な宇宙の再構成の仕事に挑戦していると考えべきだろう。この宇宙のエントロピー増加に、どれ位抗しきれるだろうか。

約 22% 鉄分を含む貧鉄のタコナイトを浮選し、磁選し、ペレット化し、高炉で還元し、不純分を、百万分の数パーセントに精錬純化することは、まさに近代の冶金技術を駆使して可能になるか。この（規則性）エントロピー低下をもたらすために、廃熱の形で、粉塵の姿で、スクラップの形で、関連する生産要素のあらゆる分野で、エントロピー増加を招いていることも事実である。（金属の純化の過程は、経済価値上の要求には違いないが、得られる生活上の便益と、正しく対比されるべきではなからうかといった、センチメンタリズムである。）

BOLZMANN は、情熱家だったという。奇妙な話であるが、1900 年頃、まだ原子の实在を疑った学者が多数いた。彼らとの論争に巻きこまれ、生命をかけて争い、孤立し敗れたと錯覚した彼は、ついに自殺によって精算する。墓石には、 $S = K \log W$  と刻まれているという。この人生は感激である。一握の砂に、また、一輪の野菊に喜びをもつ感性を大切にしたいと思う昨今である。