

「エントロピーと人間活動」その2 エントロピーから見た人間活動

内山 洋司 (うちやま ようじ) 一般社団法人 日本エレクトロヒートセンター 会長

要約 エントロピーは、熱力学、統計力学、情報理論など様々な分野で使われている。それは、「無秩序の度合いを示す物理量」であり、エントロピーの増大は無秩序な度合いが大きくなることである。文明や国家、あるいは社会資本や制度が崩壊していく様は、自然に変化が起こる方向性を示す「エントロピー増大則」と似ている。逆に、新たな文明や国家の誕生とその繁栄、また技術や産業を発展することで社会資本や制度を維持・改良する活動は、エントロピーを低減していく行為と似ている。本稿では、エントロピー理論の概要を説明し、社会の発展と衰退をエントロピーの概念に当てはめて考察する。二回にわたる連載で、第二回目は人類社会の発展と衰退をエントロピーの概念に当てはめて「非平衡とエントロピー」「エントロピーと社会共通資本」「産業革命以降の技術と産業のグローバル化」「エントロピーと戦争」について考察し、最後に「おわりに」を述べる。

3. 非平衡とエントロピー

熱力学では、ピストン内部の気体など、対象となるシステムを系と呼び、系の外側を外界と呼んでいる。一般に、系は外界とエネルギーや粒子のやり取りをするが、時間がしばらく経つと系内の温度、圧力、体積などの状態は一定になる。この状態を平衡状態という。しかし、自然界には大気や水の循環のように平衡状態に達しきっていない状態がある。また、極めて小さな系を考えると、生物の細胞のゆらぎのように、平衡状態からの僅かなずれを無視できない状態もある。このように、平衡に達していない系の状態を非平衡状態という。

非平衡についての研究は、熱力学の分野では数多く行われてきている。非平衡熱力学は、平衡状態から大きく離れたシステムのエネルギーや物質の流れ、エントロピーの変化を理論的に研究する学問である。非平衡熱力学では、系のエントロピーは時間とともに増大するか一定のままであるというエントロピー増大の法則が成り立つ。非平衡熱力学の基本理論としては、非平衡状態における熱力学的法則、非平衡統計力学、巨視的に見た非平衡熱力学などがある。それらは、非平衡系を完璧に記述する理論体系としてまだ完成されていないが、完成に向けて挑戦すべき物理学のフロンティアである。

非平衡熱力学の基礎的な理論に線形非平衡熱力学がある。その理論は、局所的平衡を基本としており、局所的に平衡熱力学の理論と熱力学変数の関係式が成り立つと仮定している。仮定の一つに、熱力学的な力と流れの間には比例関係が成り立っており、両者の積が局所エントロピー生成となる理論がある。イリヤ・プリゴジンは、「流れによるエントロピー生成が極小である」という条件であれば、流れの様子は時間変化しない定常状態になることを示している。さらに、プリゴジンは、「散逸構造論」など非線形の領域に拡張された非平衡熱力学を研究している。非平衡熱力学の理論解析についての詳細は、参考文献^{1)~4)}に記述されている。

非平衡の概念は、エネルギーの流れやエントロピーの変化がシステムの挙動を決定するということが重要な生物系や環境問題などにも応用されている。本稿では、非平衡の概念を地球の営みや人類の活動にまで、その範囲を思い切って広げて考察を試みる。

地球が閉じた系で外界との作用が無ければ平衡な状態になる。そのとき地球を構成する物質は、すべてがバラバラに分散する。物質を構成する要素を組合せる「場合の数」は極めて大きくなり、エントロピーが増大した状態となる。しかし、実際には地球表面においては大気や水の循環があり平衡状態が維持できていない。それは、宇宙から降り注ぐ太陽光、地下のマグマや大陸・海洋プレートの動きといった系の外側の外界の活動が影響して