

現代熱力学の発展におけるプリゴジン哲学とベルクソン哲学の共鳴

丸岡敬和 (Hirokazu Maruoka)

京都大学基礎物理学研究所

Prigogine は非平衡論の創生に多大な貢献をした化学者・物理学者である一方、自然科学と哲学を架橋し、新たな科学観を提示した思想の人でもあった。しかし、この二つの側面は、それぞれ物理学者、人文学者からの評価は別れている。Prigogine の研究を分類すると、大きく三期に分けることができるⁱ。最初期は若き日の「線形領域の非平衡論ⁱⁱ」の基礎の立ち上げ、そして第二期は散逸構造に名高い「非線形領域の非平衡論ⁱⁱⁱ」を探究してきた時期であり、そして第三期は「熱力学第二法則を熱力学の基礎に据えることに注力してきた時期^{iv}」である。最初の二期は物理学の業績として名高く、それが認められ 1977 年にノーベル化学賞を受賞し、物理学者からの評価は概して確固としたものとなっている。それに対し第三期は哲学者と共著を出版し、それまでの物理学から、広く人文社会学、哲学の射程を含んだ、より哲学的な発言を展開する時期となる。この第三期に対する物理学者の評価は大きく分かれている一方で^v、人文学側からの Prigogine はこの第三期に限られる。彼自身は時間対称性の動力学と時間非対称性の熱力学の橋渡し、科学と哲学の橋渡しを試みてきたにも関わらず、彼自身の科学的業績と思想的業績の間の橋渡しはこれまで十分に試みられていなかったと言える。そもそも Prigogine の時間論の哲学とはなんであったのか、それが彼の化学物理学者としての業績とどのような関係にあったのかを俯瞰した議論は十分に顧みられることはなかった。本報告では、思想としての Prigogine とその業績との関連を示し、彼が至った時間論とは何であったのかを示し、その上でその視点が現代の物理学における哲学に通じるものであることを示したい。

Prigogine は青年時代、そもそも哲学に大きく感化されていた。そもそも、哲学の専攻を志向していたが、第二次世界大戦前夜のヨーロッパという不確実な情勢を鑑みて、より潰しのきく工学を選んだといわれている^{vi}。その中で、Bergson はとりわけ大きな影響を与えていることが窺える^{vii}。Bergson は時間の本性に関して独創的な研究を行なった哲学者であるが、そのアプローチは形而上学的、思弁的なものであり、対して Prigogine はそれを分析的な立場で進めていた^{viii}。しかし、その中でも次のような共通点がある。まず両者とも時間の本性に、離散的变化（状態変化）と連続的变化（time）の統一をみているということ。そして、生命の時間と物質的時間の間の連続性を意識しつつも、物質的時間では生命的時間を把握する上で不十分であると考えていること。そして、最後に不可知論的立場が両者の根底にあり、Prigogine も Bergson も自然はすべてを汲み尽くすことが原理的にできないという洞察が見出せる。そしてその汲み尽くせなさに時間の本性を見出し、それが Bergson においては「持続」に、そして Prigogine においては「熱力学第二法則」に対応している。

熱力学第二法則は、可逆過程と不可逆過程を区別するエントロピー生成 S_i が 0 以上

になることを主張する熱力学の法則である： $\dot{S}_i \geq 0$ 。エントロピー生成が 0 以上であると、不可逆過程であるため、これは不可逆過程の存在を主張していると解釈できる。この不可逆性の原因は主に、摩擦などの散逸過程であるが、このような散逸過程は動力学においては基本法則に含まれていない。このことが、動力学において散逸は非本質的で、補助的なものであるという認識をつくり、第二法則は現実を記述する上での近似、または観測者の知識不足に起因したものであるという主観的解釈の元となった。しかし、Prigogine は自ら非平衡論を立ち上げていく上で、この第二法則の建設的、本質的役割を認識していく。そうした中、この第二法則を物理の根本的な基本法則として格付ける試みとして第三期の研究につながっていったのである。これは第二法則の原因を観測主体の不完全さという主観的なものではなく、もっと物理の根本的な本性に基づくものとして位置付ける試みであり、これは Misra との共同研究における非ユニタリー変換の理論において展開された^{ix}。

この試み自身は現在の物理学において、大きく認められたとは言い難い。しかし、この根本の発想には、自然には本質的にすべてを汲み尽くすことができない本性が存在するというものが見出される。この汲み尽くせなさは、観測側の努力によって取り除くことが原理的にできないという意味において、それは主観的なものではなく原理的なものである。この汲み尽くせなさを本性とした時間は Bergson の「持続」に通じる。この不可知性を前提とした時間論は、技術的には不可能でも、原理的にはすべてを汲み尽くすことができるという前提に立つ客観科学としての自然科学の前提と根本的に異なったものである。しかしながら、この発想は近年においては、観測者までも自然の記述の中に含め、関係から出発して、関係のうちに物理現象を定式化を試みる Rovelli の関係論的解釈^xや、同じく物理パラメーターのスケールの局所性のうちに物理理論を位置付ける intermediate asymptotics の哲学^{xi}と通じるものである。このように Bergson、Prigogine、そして Rovelli、intermediate asymptotics の哲学には根源的な汲み尽くせなさが自然の本性に存在するという不可知論的発想が共鳴している。

ⁱ Kondepudi et al., Chaos, 2017.

ⁱⁱ 主に Introduction to Thermodynamics of Irreversible Process (Charles C. Thomas Publishers, 1957, John Wiley & Sons, 1967)

ⁱⁱⁱ 主に From Dissipative Structures to Order through Fluctuations (John Wiley & Sons, 1977) / Thermodynamics Theory of Structure, Stability and Fluctuations. (London: Wiley-Interscience. 1971)

^{iv} 主に From being to becoming (Freeman, 1980) / Order out of Chaos (Bantam, 1984) / The End of Certainty (The Free Press, 1997)

^v 田崎晴明 “書評：I. Prigogine 著，安孫子誠也，谷口佳津宏訳，确实性の終焉；時間と量子論，二つのパラドクスの解決，みすず書房，東京，1997，” . 日本物理學會誌（日本物理学会）54. (1999). / 大野克嗣『非線形な世界』東京大学出版会、2009年

^{vi} 北原 『プリゴジンの考えてきたこと』 科学ライブラリー

^{vii} とりわけ『創造的進化』において見出される。

^{viii} 「時間と創造」 InterCommunication No.23 Winter (1998).

^{ix} Misra, Prigogine, Courbage, Proc.Natl.Acad.Sci. USA, (1979).

^x Rovelli, Helgoland, Penguin Books (2022).

^{xi} Barenblatt, Scaling (CUP 2003) / Maruoka, Eur.Phys.J.E,2023 / Maruoka, arXiv:2310.06799