

N61c ポリトロープ気体の熱力学的保存量と熱力学関係

早崎 公威 (北大理)、兼古 昇 (北大理)、森田 一彦 (道薬科大)

Emden (1907) 以来、天体物理学にポリトロープ則 (圧力と密度の関係式 $P = K\rho^\Gamma$; Γ はポリトロープ指数) が応用されてきた。また、近年における数値シミュレーションにおいても、ポリトロープ則がエネルギー式の代用として多くの計算に用いられている。しかし、単なる数学的近似という認識が強く、その熱力学的理解は不十分のままである。そこで、ポリトロープ則を再検討して熱力学としての枠組みを構築した。

内部自由度から決定される比熱比 γ と Γ を明確に区別することによって、ポリトロープ則に従う状態変化は、 Γ で特徴づけられる熱力学過程 (ϖ -プロセス) として解釈される。その際、換算エントロピー $\varpi = s - C_\varpi \ln T$ が系全体で保存される。ここで、 s は比エントロピーを表し、 $C_\varpi = (\Gamma - \gamma)C_V/(\Gamma - 1)$ が ϖ -プロセスにおける比熱として定義される。

ϖ -プロセスにおける比熱の特性によって、内部エネルギーなどの基本となる熱力学量は全て、断熱系との対応によって、換算熱力学量として定義できる。換算内部エネルギーは $\tilde{e} = e - C_\varpi T$ 、換算エンタルピーは $\tilde{h} = h - C_\varpi T$ であり、換算比熱比が Γ として定義される。ここで、 e と h は比内部エネルギー、比エンタルピーを表す。 ϖ -プロセスにおける熱力学量が断熱系へと換算された量として記述できるため、熱交換の効果は換算熱力学量に内包される。結果として、見かけ上は熱の吸収、放出の効果が表れない。すなわち、 ϖ -プロセスの系は換算系への移行によって、断熱系と形式的に似た取り扱いが可能になる。 ϖ -プロセスにおける流体力学の基礎方程式系が導出される。特にエネルギー式は著しい特徴を示す。さらに、天体物理学への応用の可能性が議論される。