

12. 地球と人間

12-1 システムとしての地球

システム 要素がありそれらの物質的・エネルギー的・力学的な相互作用によって全体が振舞っている系。要素はサブシステムともいう。

サブシステムの取り方には任意性がある。

地球をシステムとして理解する場合は、サブシステムはほぼ一様な物質からなり、その内部で特有の物質輸送とエネルギー輸送の仕組みを持つものとするのが一つのやりかた。

サブシステムとしての物質圏 地球の各物質－大気・海・生物圏・大陸地殻・海洋地殻・マントル・外核・内核－はサブシステムとしての要件を備えている。

システムとしての振る舞いの結果の一つに、地球の表層環境の恒常性がある。

暗い太陽のパラドックス 太陽はHからHeができる核融合反応によって輝いている。そのため核融合反応のおきている太陽の中心部の元素組成が変化し、太陽は少しずつ明るくなる。40億年前には太陽は現在の75パーセントの明るさしかなかった。もしも地球の大気組成が変化しなかったとすると地球は最初の20億年間は氷に閉ざされていなくてはならない。しかし実際には地球に氷河期が訪れたのはごく限られた期間。

地球の気温の恒常性 地球大気の温室効果の強さは二酸化炭素が決めている。二酸化炭素はサブシステム間を循環している。大気と海をめぐる水循環と風化作用の強さの温度依存性(気温が高いほど活発になる)によって、大気中の二酸化炭素量は水循環が適度に起こる気温が実現するレベルに保持される。

12-2 サブシステムとしての人間圏

人間圏の誕生と進化 約1万年前に狩猟採集型の生活から農耕牧畜型へ。これにより独自の物質(個体としての人間+農耕地・居住地・都市・人工林・交通路など)と物質とエネルギーの輸送の仕組みを持ったあらたなサブシステムが登場したと見なせる。さらに産業革命以降の工業化によってその質は急激に変化。

人間圏の特徴 物質とエネルギーの循環のタイムスケール(速さ)に着目

個体数の急増 西暦0年頃は1億人，1000年頃は2億，1900年に15億人，現在は65億人．1900年以降の伸びが大きい．

仮に100年で4倍のペースが続くとおよそ2200年後に人間全体の重さは地球の重さにほぼ等しくなる．

岩石圏からの物質輸送 化石燃料の利用によって毎年約 50×10^{14} molの CO_2 が放出．これは化学的風化による除去量(6×10^{12})の約100倍．また新たな化石燃料の生成速度(有機物の埋没率)に比べて圧倒的に大きい．

多くの鉱物資源はこの百年で埋蔵量の半分近くかそれ以上が採掘されている．プレート運動による岩石圏の循環時間(約1億年で一周：鉱物資源の形成時間の目安)と比較すると，人間は資源物質を岩石圏の物質輸送速度の10万倍から100万倍の速さでとりだしている．

生物圏への影響 生物種の絶滅速度が一日あたり100種以上と見積もられている(熱帯雨林の減少速度からの推定)．一方，過去の生物の絶滅速度は大量絶滅時も年あたり10~100種とされる．ちなみに現在の大型多細胞生物は約1千万種と見積もられている．

人間圏は現在も膨張を続けている(平衡状態に達していない)．他のシステムとの相互作用による負のフィードバックはまだ十分には働いていない．

現在のような膨張は続かないのも明らか．ストック依存型からフロー依存型へ人間圏を変える思想・技術を模索する必要がある．

ちなみに現在はインターネットの出現によって模索に必要な情報を入手するための手間はかからなくなっている．

問題

問題番号に★が一つ付けてあるものは難しいが現在の知識でもきちんと考えれば解ける問題．★が二つのものは現在の知識+アルファが必要な挑戦問題．

12.1 100年で4倍の人口増加が続くと何年後に人間の重さが地球の重さに等しくなるか計算せよ．平均の体重など必要な数値は適宜仮定すること．

12.2 ★ 化石燃料の利用による CO_2 の放出について以下の問いに答えよ．

(1) 文中の数値をもとに地球表面で発生している単位面積単位時間当たりの燃焼熱量を求めよ．ここでは1molの CO_2 を発生させる燃焼熱を500kJとせよ．

(2) この数値と，地殻熱流量および太陽から受け取る平均放射熱量とそれぞれ比較せよ．後者二つの値については適宜調査・推算すること．

(3) エネルギー源として太陽光発電を用いた場合を考える．現在化石エネルギーから得ている燃焼熱を賄うためには，最低限どれだけの広さの太陽電池パネルが必要か求め，日本の国土面積と比較せよ．