

宇宙線と気候変動・マクスウェルの悪魔・iPS細胞

情報ゼミ生(3年生) レポート発表

宇宙線と気候変動

森本恭将

太陽活動と気候変動

- 太陽活動の変動には11年の周期がある
- 従来の太陽・地球間の関係記述では、これに同期した地表温度の変化量(±0.1[°C])を説明するには足りない

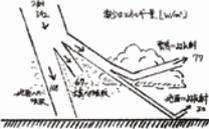


図1. 地球のエネルギー収支

- 雲量の変化が地表温度に与える影響は大きい
- ⇒太陽活動が雲量を操作する仕組みがあると考えられる

雲粒の成長

- 雲は水蒸気が凝結して水滴となったもの
- 雲を構成する水滴や氷の結晶を雲粒という
- 不純物を含まない水は湿度が100%を超えてもすぐには凝結しない
- 実際の大气中ではエアロゾル(浮遊する微粒子)が凝結核となって雲粒の成長を助ける
- エアロゾルの例: 地表から舞上がった土埃、海水の飛沫が蒸発して残った海塩粒子、火山噴火によって放出された火山灰等の粒子、自動車や工場から排出された汚染粒子等
- 凝結核として適したエアロゾルは、吸湿性の高いものや水に溶けやすいもの
- ⇒大気中にエアロゾルが多ければ雲はできやすい

スベンスマルクの説(1997)

- スベンスマルクの説とは、太陽活動が直接的な放射強度の増減以外に、雲を介して気候を変えるという仮説
- 1. 太陽風が激しくなると太陽圏全体の磁場が強化され、太陽系外からの宇宙線の流入を防ぐ
- 2. 地球に降り注ぐ宇宙線量が減り、雲の生成が抑制されて太陽光の地表への入射が増える
- 宇宙線量と雲の生成量の関係を説明するための原理として、大気中のイオン同士が電気力で引き合い、エアロゾルの形成が進むという旨のイオン誘起核生成仮説がある
- 雲粒の成長にはエアロゾルの存在が欠かせないが、そのエアロゾルもまた一定の大きさまで育たないと安定しないために、このような仮説が必要

SKY実験(2005)とCLOUD実験(2011)

- 仮想大気を充滿した箱に放射線を浴びせて核生成の様子を見る、SKY実験がアンマークで行われた
- その検証としてスイスで行われたのがCLOUD実験
- SKY実験の結果、生成される安定な大きさをしたエアロゾルの個数が、仮想大気中のイオン密度に比例することが確認された
- CLOUD実験の結果、イオン誘起核生成仮説適用の条件が得られた
- 1. 温度(-25[°C]から5[°C]の環境で、平均地表温度の19[°C]に対し、宇宙線によるエアロゾル生成率が10倍)
- 2. 化学物質の存在(アンモニアを加えると、あらゆる温度下で10倍以上のエアロゾル生成率を確認)
- ⇒宇宙線が雲生成に影響するための条件を明らかにした

ティンズレーの説(2009)

- 空中電気の影響でイオンが移動し、雲に吸収されることによって雲の中に溜まった電荷が周囲の雲粒を吸引寄せ、雲を大きくする

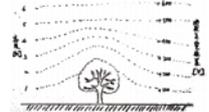


図2. 空中電気

- イオン生成を担う宇宙線量が増えれば雲量も増えて気候を変えるかもしれない
- ⇒地球の電流系と雲の関係について、今後の検証に期待

マクスウェルの悪魔

川船美帆

マクスウェルの悪魔とは?

- 分子の動きを観察することができ、分子だけを通す小さな窓の開閉のみを行う想像上の生物。
- マクスウェルの悪魔が実在すると永久機関を作れると考えられている。

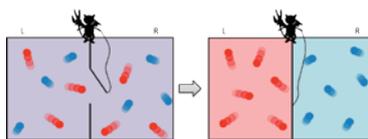


図1. マクスウェルの悪魔

エントロピーとは

- エントロピー「乱雑さ」の度合い。秩序が保たれた状態→エントロピーが低い 無秩序な状態→エントロピーが高い
- 熱力学第二法則 エネルギーの高さに関する法則。
- エントロピー増大の法則 「エントロピーは常に増大し続け、外から故意に仕事を加えないとエントロピーが減少することはない」

日本の悪魔

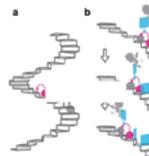


図2. 日本の悪魔 (引用: マイアヒューズ)

- らせん階段のステップを上下する粒子の動きを考える。
- 階段には勾配があるので通常であれば粒子は階段を下る。
- だが、粒子が下るときには粒子の後ろに壁を置くことで階段を登らせることができる。
- フィードバック操作により情報をエネルギーに変換
- 熱力学第二法則を破っている?
- フィードバックする際に熱を放出しているため、熱力学第二法則は破っていない。

T. Sagawa and M. Ueda, "Generalized Jarzynski Equality under Nonequilibrium Feedback Control", Physical Review Letters 92 (2010)

アメリカの悪魔

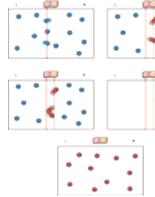


図3. アメリカの悪魔

Mark G. Raizen, "Demons, Entropy, and the Quest for Absolute Zero", SCIENTIFIC AMERICAN (2011)

- アメリカの悪魔は2種類のレーザーと、赤と青2つの状態を持つ原子によって実現された。
- レーザーによって、装置の片側に原子を集めることで原子が装置内に占める体積は半分となる。
- この状態からレーザーを切ることで装置の片側に集められていた原子は膨張して元の体積に戻っていく。
- この時、膨張に従って装置内の気温は下がる。
- ⇒ひとりでに気温が下がり、熱力学第二法則を破っているかのように思える。
- だが光子の動きによって熱力学第二法則は守られていた。

結論

- 日米どちらの悪魔も熱力学第二法則を破ることはなかった。
- 熱力学第二法則は熱力学の根幹をなす法則でありながら、未だに経験則でしかなく未だ証明はされていない。
- マクスウェルの悪魔を研究し、それを否定することができれば熱力学第二法則の証明に1歩近づくことになる。

iPS細胞

大串美沙

iPS細胞とは

- iPS細胞...2006年に京都大学の山中教授が発見し、命名した新しい多能性幹細胞。
- 多機能幹細胞...様々な組織や臓器の細胞が分裂する際に構造や機能が特殊化する(=分化)する能力を持ち、ほぼ無限に増殖する機能を持つ。
- iPS細胞の研究を進めることにより新薬の開発や医療の発展が期待されている。



山中教授

iPS細胞の作製方法



- この体細胞が多機能幹細胞になる技術は再現性が高く、比較的容易である。
- 他にも3つの遺伝子だけでの作製にも成功しているなど、他の作成方法も存在している。

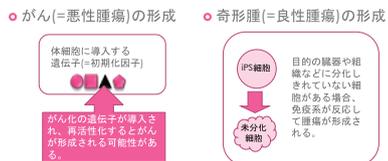
iPS細胞とES細胞

2006年に発見 iPS細胞	1981年に発見 ES細胞
患者由来の体細胞から作られる。 →生命倫理○ →拒絶反応○	受精卵を壊して作られる。 →生命倫理× →拒絶反応×

iPS細胞と同じ多能性幹細胞であるES細胞には、倫理的問題や拒絶反応が起こる問題があったが、iPS細胞はその問題を回避する多能性幹細胞となった。

iPS細胞の安全面での課題

iPS細胞は、移植後に2種類の腫瘍を形成する可能性があるため、それが課題とされている。



iPS細胞今後の課題

- 悪性腫瘍(がん)の形成を防ぐために、最適な初期化因子を探索しなければならない。
- 畸形腫(良性腫瘍)の形成を防ぐには安全な細胞を樹立・選別する方法の確立が必要。
- iPS細胞の作製法が異なったまま研究を進めると、混乱を招く危険があるため、標準的なiPS細胞の基準を決めることも重要な課題。