

第37回 CIS研究所パートナー会 議事録

日時 2014年5月26日(月) 13時 30 分 ~ 17時

場所 CIS会議室

- 1) サロン 講師 久米 健次 様
「地球環境問題」



会議風景

地球環境問題

人為起源の大気中二酸化炭素の増加による地球温暖化が問題となっており、二酸化炭素排出量削減に向けた国際的な取り組みも進んでいる。一方、IPCC の数次にわたる報告書やそれを受けた環境省は、人為排出 CO₂ が近年の温暖化の主因であるとの立場であるが、いまなお懐疑論を採る学者もいる。

地球の平均気温は 20 世紀の 100 年間で約 0.7℃ 上昇しているおり、大気中の温室効果ガス濃度は増加し続けているが、2000 年頃からは温暖化の傾向が鈍っており、ハイエイタスと呼ばれていて、その原因ははっきりしないが、気候モデルにはそのような詳細まで予見できる精度はない。

ここでは、このような論争からは一歩引き下がって、地球の歴史46億年の中で、地球という精妙なシステムがどのように複雑に応答してきたか、そこにCO2はどのように関わってきたかを概観する。

○不思議な地球の大気

惑星

水星、金星、地球、火星…地球型惑星(岩石惑星)

木星、土星…木星型惑星(巨大ガス惑星)

天王星、海王星…天王星型惑星(巨大氷惑星)

地球型惑星を比べてみる…水星には大気はほとんどない。

地球、金星、火星の環境の比較

		金星	地球	火星
	窒素	3.4%	78%	2.7%
	酸素	—	20.9%	—
	アルゴン	0.02%	0.93%	1.6%
	二酸化炭素	96%	0.036%	95%
大気圧		90気圧	1気圧	0.006気圧
全球平均温度		460℃	15℃	-60℃
水の存在形態		水蒸気	海洋	氷(極冠、永久凍土)

○金星や火星は、「二酸化炭素が多く」、「酸素はほとんどない」

○地球には「二酸化炭素が極めて少ない」、「酸素が多い」

○地球の大気には窒素の割合が多い

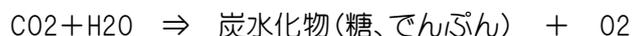
何故か??

地球が出来たころには、地球の大気も金星や火星と同じように、「二酸化炭素が多く」「酸素はほとんどなかった」

⇒ 二酸化炭素はどこからきてどこに行ったのか?? 酸素はどこからやってきたのか??

酸素の話

地球の大気中にはもともと酸素はほとんどなかった。光合成生物が生まれてから酸素が供給され始める



酸素は、反応性が強いので、そのままにしておくと、岩石中の鉄や硫黄の化合物あるいは火山ガス中の硫化水素や一酸化炭素と結びついて大気中から無くなってしまう。

22~24億年前くらいから酸素が大気中に少しずつ増えはじめたらしい。

数億年前になってようやく酸素は現在の濃度になった…40億年近くかかった。

ではなぜ今大気中に大量にあるのか？

光合成(二酸化炭素+水 \Rightarrow 炭水化物+酸素)で常に生み出されている。

酸素は化石燃料の燃焼や、酸化、などで消費されている。酸素の消費と生成がバランスしていて動的な平衡状態にある。

- * 最近の測定では、ほんの少しずつ(4ppm/年)大気中の酸素は減少しているという測定結果もある。

- 地球型惑星の中で、「地球」の大気は他の惑星ととても違っていて、二酸化炭素は極めて少なく、一方で他の惑星には存在しない酸素が大量に存在する。
- 酸素は、非常に長い年月の間に光合成生物(植物)による光合成で、現在の濃度になったのは数億年前から。つまり酸素の蓄積に40億年近くがかかった。

○大気中の二酸化炭素はどこからきて、どこにいったのか？

——二酸化炭素と超長期的な地球の気候変動

地球表面の温度を決める3大要素

- ① 太陽放射(太陽自体の強さ、太陽と地球との位置関係)
- ② 惑星アルベド(albedo)(地球全体としての太陽の光の反射率)
- ③ 温室効果ガス

地球が寒くなる \Rightarrow 極地域の氷面積が増える \Rightarrow 反射率が増える \Rightarrow さらに寒くなる
(アイスアルベド・フィードバック)

温室効果ガスは、水蒸気、二酸化炭素、メタン、…

?地球ができたときの二酸化炭素はどこからきたか?

宇宙の中の分子雲(水素とヘリウムガス、わずかに重い元素や固体微粒子)

- ⇒ 密度の濃いところが重力で集まってくる
- ⇒ 固体微粒子はぶつかって合体し、微惑星(直径10km程度か)ができる
- ⇒ それらの微惑星が衝突を繰り返して、原始の地球がつくられていったと考えられている【微惑星説】(地球の組成は、太陽の組成ではなく隕石の組成に近い)
- ⇒ 地球の大気は、微惑星のなかなかガスがしみでてきたもの(脱ガス)と考えられている

「連続脱ガス説」…地球が出来てから長い年月の間に、火山活動からでた二酸化炭素や水蒸気が徐々に蓄積され、大気や海洋になったものではないか。

「初期大規模脱ガス説」…地球が出来た初期に、大気や海洋は一気にその8割程度以上ができた ← 現在はこの説が支持されている。その後、徐々に火山からの CO₂ や水蒸気が追加されていった。

(後者が支持される理由…アルゴンの同位体比、マグマオーシャン仮説などにつながる)

初期に大規模な脱ガスが生じ、その後は連続的な脱ガスが生じたと考えられている。

太陽光とアルベドがかわらないとして、温室効果ナシだとすると

⇒地球は平均気温が -18℃になる

仮にそうなると、アイスアルベド・フィードバックでさらに温度は下がり平均温度は約 -40℃になる

最大の温室効果ガスは水蒸気…しかし、飽和水蒸気量がある(温度に依存)。また大気中の水蒸気量は自然で決まっていて人間が操作できない。

二酸化炭素はいくらでも大気中に存在できる。また、CO₂は邪魔者ではない!

現在の温暖な地球の気候や、植物、動物が生存は CO₂のお蔭。

「暗い太陽のパラドクス」地球が出来た初期の時代には、太陽活動は現在の7割程度で、徐々に活動が活発になってきた…惑星アルベドと温室効果ガスが現在と同じとすると、20億年前より以前では全地球は凍り付いていたはず。

実際には温室効果ガスである CO₂ のために、そうならなかった。

CO₂ がなかったら、海も凍結…生命も誕生していなかったかもしれない。

46 億年前、誕生したばかりの地球の大気は、高温・高圧の水蒸気が大部分を占め、その他に二酸化炭素、窒素などを含んでいたと考えられている。その後、数億年かけて地表が冷え、水蒸気が雨となって地表に降り注いで海ができると、大気の主成分は二酸化炭素と窒素になった。さらに、海に二酸化炭素が溶け込み (CO_2 は水に溶けると、ほとんどは CO_2 のままであるが、ほんの一部は炭酸 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ となって弱酸性を示す)、その一部がカルシウムイオンと結合して、石灰岩 (炭酸カルシウム: CaCO_3) として海底に堆積することにより、大気中の二酸化炭素は減少し、大気の主成分は窒素になった。

およそ 27 億年前、太陽の光エネルギーを利用して光合成を行うラン藻 (シアノバクテリア) が海中に誕生し、二酸化炭素と水から有機物と酸素が生成されるようになると、大気中の二酸化炭素はさらに減少し、酸素が増えはじめた。その後、生物が進化して陸上に進出し、多様な植物による光合成が活発に行われることで、酸素はさらに増え、大気は数十億年かけて、窒素と酸素を主成分とする現在の組成になった。

ウォーカーフィードバック

温度が上がると、反応が進んで大気中の CO_2 が減少する

- ⇒ 温度が下がる
- ⇒ 反応がおそくなって大気中の CO_2 が除かれる割合が遅くなる
- ⇒ CO_2 濃度が上がる

負のフィードバックになっている

これは超長期的な傾向であって、短期間に微調整されるわけではない。実際、 CO_2 濃度や気温はガタガタと複雑に変化している

(以下略)

3) 次回: 6月23日(月)

講師 生駒 篤一 様

テーマ: 「台湾における 日本統治の功罪 民主化等 歴史」

4) 次々回 7月27日(日)

講師 神田 忠起 様

以上