

全球凍結と Shaidurov 循環

はれほれ

要約

地球大気に初めてオゾン層が形成されて大気構造が変化し地表からの水分子が直接高層に送り込まれる Shaidurov 循環が始まった。この結果地球とりわけ低緯度地方のアルベドが増加し気候の寒冷化をもたらし、光合成の低下からオゾン層の消滅と Shaidurov 循環の終焉、再度のオゾン層形成という一連のサイクルが想定される。このサイクルは最終的に地表からの水分子が到達しない高度にオゾン層が形成されて終わり、原生代末に起こったとされる全球凍結の原因として考慮に値する。

Key words: 全球凍結 Shaidurov 循環 オゾン層

1. 全球凍結仮説

6 億年から 8 億年前の原生代末の氷河堆積物が多数現存している。これらは古地磁気学的研究によりいづれも低緯度で堆積したこと、またこの氷河堆積物の上下に温暖な海で堆積する炭酸塩岩が存在することが指摘され、この気候ギャップとこの時代に一致して縞状鉄鉱床が形成されていることは大きな謎とされていた。これらを合理的に説明するために当時地球全体が凍結しており氷が溶けた後に炭酸塩岩や縞状鉄鉱床が堆積したとする全球凍結仮説が提唱されているⁱ。以下簡単にまとめると次のようになる。

全球が凍結したため低緯度地域にも氷河が形成されたこと。全海表面が凍結したため火山より排出された二酸化炭素が海水に溶け込めなくなり大気中に貯留。その温室効果で氷が溶けた。その後は温室効果によって温暖な時期が続き大気中の大量の二酸化炭素が海水に溶け込み最終的に炭酸塩岩として堆積し大気中から除去された。また全球凍結期には光合成が停止し海水が低酸素状態となって二価の鉄イオンが海水中に蓄積。光合成が再開されると鉄イオンが酸化されて沈殿し、縞状鉄鉱床が形成された。以上がこの仮説のあらましであるが、全球凍結の原因については明示されていない。二酸化炭素濃度の低下が要因のひとつとして挙げられているものの、新生代第四期の氷期に二酸化炭素濃度が 180ppm にまで低下したにもかかわらず「全球」凍結状態には至っていないことや、この二酸化炭素濃度の低下は原因ではなく結果と考える研究者が多く、単独では説明できないことは明白である。

2. Shaidurov 循環

最近、Shaidurov は上部成層圏から中間圏を水分子が氷晶、水蒸気の状態を繰り返しながら長期間循環することによって地球のアルベドを増加させていたとする説を提唱しているⁱⁱ。図 1 の B 層に到達した水分子は A 層と B 層の間を長期間にわたって循環するというものだ。この高層の水分子循環を Shaidurov 循環と呼ぶことにする。Shaidurov 循環は低緯度上空で強くなり、ミランコビッチサイクルの地軸の傾きによる季節変化を増強、さらに現在の大気構造においては対流圏から供給される水蒸気の直接的な関与は小さく成層圏へ到達

したメタン由来の水分子がこの循環水分子の源と考えられることが指摘されているⁱⁱⁱ。

3. オゾン層の形成

オゾン層がいつ頃から形成されたのか定説はない。地球磁場の成立により浅海に生物が進出して光合成が盛んに行われるようになり縞状鉄鉱床が大量に形成された 27 億年前以降かつ生物が陸上へ進出し始めた 5 億年前以前と考えるのが常識的であろう。オゾン層形成以前の地球大気の構造は地表面から熱圏下部まで直線的に気温と気圧が低下し続ける構造、つまり図 1 からオゾン層による気温の上昇を除去した構造であったと考えられる。このような大気構造では地表面から上昇してきた水蒸気がある高度に達すると水滴、氷晶となって落下していたと考えられる。

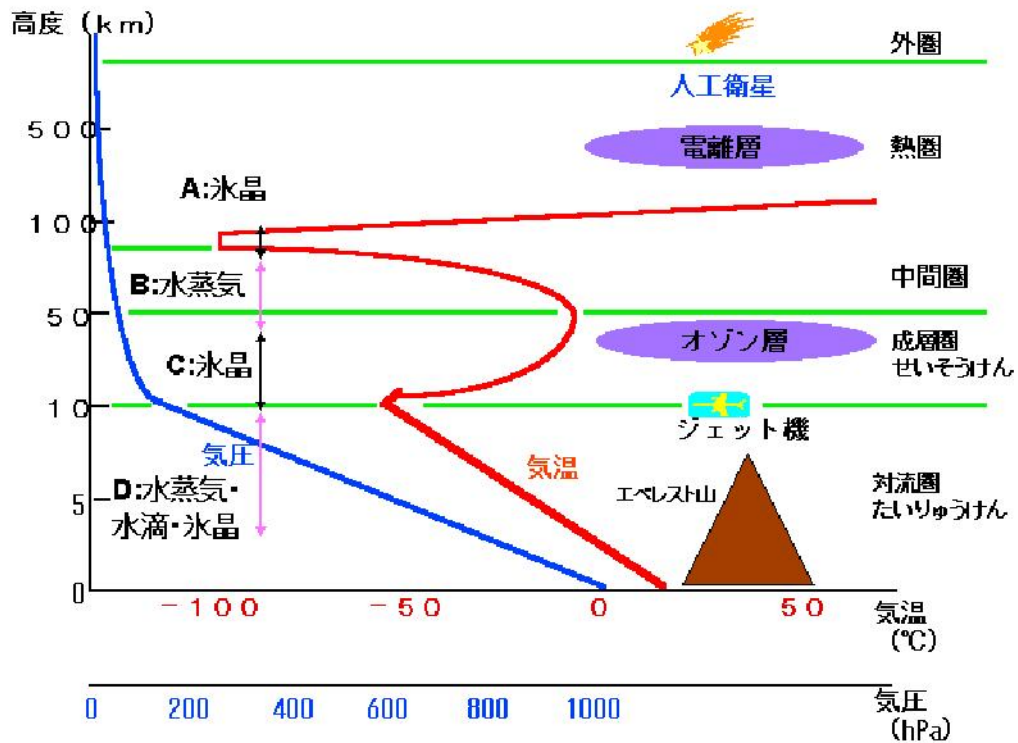


図 1：現在の大気構造と Shaidurov 循環

オゾン層が形成されるには大気中の酸素濃度がある程度上昇することが必要である。現在は約 0.21 気圧であるが最初にオゾン層が形成された時期はこれよりも低濃度だったと思われる。当時の太陽光度は現在より 6%ほど低下していたと推定されていて、紫外線も現在より弱かったことを考慮しても初期のオゾン層は現在よりもかなり低層、つまり現在で言えば対流圏の真っ只中に形成された可能性が高い。オゾン層付近では気温が急激に上昇するため地表面からその高度まで上昇してきた水蒸気はさらに上昇し、上空から落下してきた氷晶や水滴は再び水蒸気となって再上昇を始めることになる。すなわち Shaidurov 循環

の開始である。この時に循環を始める水分子は地表面から直接供給されたものであり極めて大量となる。オゾン層が形成され Shaidurov 循環に関わる氷晶が多くなると地球のアルベドが増加し地球全体の寒冷化を引き起こす。さらに長い時間経過と共に氷晶が低緯度上空に集中し低緯度地域の気温が高緯度地域よりも低下し低緯度地域を中心に氷河が形成される。この場合「全球」が凍結したかどうかは問題にしないし問題ではない。

地球全体の寒冷化は光合成の低下から大気中酸素濃度の低下をもたらす脆弱であった初期のオゾン層は消失し、Shaidurov 循環が回避される。それで再び低緯度域は暖かい気候にもどり、氷河堆積物を覆う炭酸塩岩が形成される。そして大気中酸素濃度が再上昇し再度のオゾン層形成が起こることになる。このサイクルはオゾン層がかなり上空、すなわち Shaidurov 循環に地表からの水分子をほとんど巻き込まない高度で形成されるまで繰り返されることになる。つまりこの時代の「全球凍結」は数回起こったのである。

4. 考察

全球凍結仮説とオゾン層形成時の Shaidurov 循環の関連を検討してきた。低緯度地方に氷河堆積物が偏っていること、炭酸塩岩が氷河堆積物を覆っていること、複数回の「全球」凍結期が存在したことなどはうまく説明できる。また低緯度に氷河堆積物が存在する原因が従来の説に比べて明確になった。従来の二酸化炭素の温室効果減少説は原因としては弱すぎる。また当時、地軸の傾きが非常に大きかったという説よりは現実的と考える。そしてこの仮説が従来のものよりも優れている点は川上自身が著作のなかで述べているように「なぜ原生代末なのか？」という疑問に明確に答えている点である。

Shaidurov 循環自体、太陽活動がもう少し低下しなければ確認の手段がない現状である。しかし上に述べたことの正否にかかわらず現在のオゾン層は絶妙の高度に存在していることだけは最低限認識しておく必要がある。(2006年10月25日)

上記の内容は「全球凍結と Shaidurov 仮説」と題して日本気象予報士会西部支部10月例会(通算100回)(2006年10月7日、於九州大学VBL)において報告したものを後日加筆修正したものです。

参考文献

ⁱ 川上紳一 全地球凍結 集英社新書 2003

ⁱⁱ Shaidurov, V Atmospheric hypotheses of earth's globalwarming
arxiv.org/PS_cache/physics/pdf/0510/0510042.pdf

ⁱⁱⁱ はれほれ 地球の気候制御機構に関する仮説

<http://climatechange.sonnabakana.com/hypothesis.pdf>