

炭素循環による環境安定化のパラメータ依存性

Dependence of Environment Stabilization on Parameters by Carbon Cycle

渡辺 周吾[1]; 阿部 豊[2]

Syugo Watanabe[1]; Yutaka Abe[2]

[1] 東大・理・地球惑星; [2] 東大・理・地球惑星科学

[1] Earth and Planetary Sci., Univ. of Tokyo; [2] Earth Planetary Sci., Univ. Tokyo

系外惑星の環境進化を考える上で生物が生存可能な惑星というのはひとつの指標となる。生物が生存可能であるための条件として地表に水が安定に存在できること、そして地表温度及び大気温度が適切な温度で安定していることがある。Tajika and Matsui (1990) (1)は炭素循環によって太陽進化に伴う放射増に対して地表温度の安定性が生じることを示した。また Kasting et al. (1993) (2)は太陽の増光を考えた上で水が安定に存在できる惑星軌道半径を求めた。

大気温度は入射エネルギー流量と大気中の温室効果とで決まる。重要な温室効果気体である二酸化炭素の大気存在量は地表に固定される量と脱ガスによって供給される量との釣り合いから求まる。このため脱ガス量が多ければ温室効果は強まり、少なければ温室効果は弱まる。温室効果気体として考えている大気中の二酸化炭素は脱ガス量が低下することにより徐々に減っていく。そして脱ガス量の低下が地表温度に及ぼす影響は太陽の増光よりも大きいので地表温度は徐々に低下する。ところで脱ガス量及びその変遷は惑星の内部熱史によって決まる。そして熱史は惑星の大きさや物性で大きく異なる。このことは惑星の大きさや物性が大気温度の進化に大きな影響を及ぼすことを示している。しかしこの影響について十分に検討したものは少ない。

今回は地表の液体の水が凍らないでいられる時間を求めることによって水が安定に存在できる条件を調べる。凍らないという条件の具体的な基準温度として現在の地球の全球平均気温である 15C をとる。この基準温度以上を保っていられる時間を『寿命』と呼ぶことにして、これを求める。簡単のために大気温度と地表温度とが等しいとした。まず、熱史及び脱ガス量、炭素固定量、温室効果を簡単なモデルを用いてあらわした。特に熱史モデルは Breuer and Spohn (2003) (3)の Stagnant Lid Model を改良して用いた。ここで惑星の大きさや物性による量（密度・粘性・定圧比熱等）をパラメータとする。『寿命』がこれらのパラメータにどのように依存するかをモンテカルロ法を用いて検討した。

以上の結果、寿命は惑星半径、コア・惑星半径比、大陸面積と脱ガス効率、粘性及び入射エネルギー流量に強く依存することがわかった。依存性の強いパラメータには選択できる範囲が限定されているものがある。これらのうちひとつでもこの範囲を外れたパラメータを選んでしまうと他のパラメータの取り方によらず『寿命』がすぐに尽きてしまう。一方地殻生成物質含有量及び密度・定圧比熱などにはあまり依存しないこともわかった。これにより種々のパラメータのうち、重要なパラメータを定性的に理解することができた。ただし、モデル依存性や対流モード依存性についても更に検討していかなければならない。

(1)Tajika, E. and Matsui, T. (1990):The evolution of the terrestrial environments. In 'Origin of the Earth' (Newsoms, M. E. and Jones. H. eds.), Oxford Univ.

Press, pp.347-370

(2)Kasting, J. F., Whitmire, D. P., Reynolds, R. T. (1993):Habitable Zones around Main Sequence Stars, Icarus, 101, 108-128, 1993

(3)Breuer, D. and Spohn, T. (2003):Early plate tectonics versus single-plate tectonics on Mars:Evidence from magnetic field history and crust evolution,

Journal of Geophys. Res. 108, 5072, 200