

1次元EBMを用いた陸惑星の完全蒸発限界について A suggestion for complete evaporation limit on land planet using 1-dimensional energy-balance model

高尾 雄也^{1*}, 木原直哉¹, 玄田 英典¹, 小玉 貴則¹, 阿部 豊¹
Yuya Takao^{1*}, Kihara Naoya¹, Hidenori Genda¹, Takanori Kodama¹, Yutaka Abe¹

¹ 東京大学

¹ University of Tokyo

地球型生命の存在や進化を考える上で、液体の水の存在は重要だと考えられる。中島ら(1992)は、液体の水が豊富にあり全球的に分布している惑星(海惑星と呼ぶ)について、1次元放射対流平衡灰色大気モデルを用いて、大気構造を解くことによって地表面温度と惑星放射の関係を求め、射出限界の存在について議論した。彼らの結果では、射出限界は、アルベドを0.3に固定した場合、1AUでの現在の太陽放射の122%相当であると見積もられた。

一方、阿部ら(2011, submitted)は、3次元大気大循環モデルを用いて、惑星表面の水量がごく少量の仮想的な惑星(陸惑星と呼ぶ)の気候について検討した。その結果、降雨と蒸発が局所的にバランスすることによって、水の局在化が起こり、低緯度が乾燥し、高緯度に水が集中することがわかった。そのような惑星の表面に存在する液体の水が全て蒸発する太陽放射(完全蒸発限界)を計算し、陸惑星の完全蒸発限界は1AUでの現在の太陽放射の170%程度になると見積もられ、海惑星の射出限界を大きく上回ることがわかった。

完全蒸発限界を考える上で、水の分布と局在化は重要である。しかし、阿部らが用いたモデルでは惑星表面での水輸送は考慮されていない。そこで我々は、水量が少ない惑星について、惑星表面での水輸送を考慮した場合の惑星気候への影響を簡単なモデルを用いて検討した。

我々は、中島らの大気モデルを拡張し、地表面温度、水量、惑星放射の関係を調べ、North(1975)が用いた南北1次元EBM(Energy Balance model)に水の潜熱の効果を加え、水輸送効率をパラメータとして計算した。その結果、水輸送効率が良い場合(大気の水蒸気輸送の1/10)は、太陽放射を大きくしていても、低緯度まで液体の水が存在することができ、完全蒸発限界が、1AUでの現在の太陽放射の122%であることがわかった。この値は、海惑星の完全蒸発限界と一致し、水量が少ない惑星でも海惑星的な振る舞いをする事がわかった。一方、輸送効率が悪い場合(大気中の水蒸気輸送の1/500)、水は高緯度付近に局在化し、陸惑星的になることがわかった。そのときの完全蒸発限界は太陽放射の130%程度になり、海惑星の射出限界の値を上回った。

ここで仮定している水量の少ない惑星での水輸送は、海惑星の水輸送とは大きく異なることが予想できる。もしそのような少量の水が陸惑星に存在していたとすると、地表に存在していた液体の水は、土壤に吸い込まれ、地下水のような様子で輸送されることが考えられる。Darcy 則を用いて、水輸送の拡散係数を見積もったところ、大気中の水蒸気輸送の 10^{-10} 倍であることがわかり、やはり、水量が少ない惑星は、陸惑星的な気候状態をとることが確認できた。