

## 陸惑星の完全蒸発限界：1次元EBMを用いた検討 The Complete Evaporation Limit for Land Planets: A Study with 1D EBM

高尾 雄也<sup>1\*</sup>, 玄田英典<sup>1</sup>, 小玉貴則<sup>1</sup>, 阿部豊<sup>1</sup>

TAKAO, Yuya<sup>1\*</sup>, Hideori Genda<sup>1</sup>, Takanori Kodama<sup>1</sup>, Yutaka Abe<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地球惑星科学専攻

<sup>1</sup> Department of Earth and Planetary Science, the 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性を求め、射出限界の存在について議論した。海惑星では、射出限界を上回る太陽放射を受けると、それに釣り合うエネルギーを射出することができず、地面の水が全て蒸発するまで表面温度が上がり続ける。彼らの結果では、射出限界の値は、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123%相当であると見積もられた。

一方、阿部ら(2005)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し、低緯度が乾燥し高緯度に水が集中する水の局在化が起こることがわかった。水の分布が大気の水蒸気輸送によって支配され、乾燥した低緯度地域と、液体の水を保持する高緯度地域がある惑星を陸惑星と呼ぶ。陸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)を計算すると、陸惑星の完全蒸発限界は、惑星が持つ初期水量に依存せず、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(阿部ら2011)。

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、完全蒸発限界のメカニズムを定性的に理解する為の第一歩として、水量が少ない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、水蒸気量、惑星放射の関係を調べ、水がごく少量含まれる大気についての温室効果を考慮したモデルを作成した。そしてNorth(1981)が用いた南北1次元EBM(Energy Balance model)に水の潜熱の効果を加え、地表での水輸送の効率をパラメータとして与えた実験を行った。

その結果、水が低緯度まで張り出す場合、完全蒸発限界は海惑星の射出限界と一致した。また水が高緯度に局在化するにつれて、完全蒸発限界は連続的に大きくなっていくことがわかった。したがって、完全蒸発限界は、水がどこまで張り出すかで決まっている。水が張り出す範囲は、大気中の水蒸気輸送の効率と地表の水輸送の効率とのバランスから決まっており、水量が多く水輸送の効率が良い場合、低緯度まで水が張り出し、海惑星的な気候状態になる。

また、完全蒸発限界のメカニズムを検討するために、地面が乾燥している領域と水のある領域で分けて、二つの領域間をエネルギーが輸送されるという簡単なモデルでの地表面温度の定常解について解析を行った。その結果、完全蒸発限界の付近では、地面が濡れている領域の惑星放射が射出限界より少し小さい時点で、安定な定常解が存在できなくなることがわかった。