

惑星の気候における海の影響：古火星への応用

The Role of Ocean on Planetary Climate: An Implication for Ancient-Mars

木村 春奈[1], 阿部 豊[2], 阿部 彩子[3]

Haruna Kimura[1], Yutaka Abe[2], Ayako Abe-Ouchi[3]

[1] 東大・理・地球惑星, [2] 東大・理・地球惑星科学, [3] 東大・気候センター

[1] Earth and Planetary Sci., Tokyo Univ, [2] Earth Planetary Sci., Univ. Tokyo, [3] CCSR, Univ. Tokyo

現在の火星表面には多くの流水地形が残っており、過去に活発な水循環が起こっていたことが示唆される。特に初期火星にその多くが形成されたと考えられる。Valley network は、継続的な水の供給があったことを示唆するものである。

Valley network の形成は表面での流水・地下水の流出の両方の可能性があるが、いずれにせよ水源域に継続的な水の供給を必要とする。最も効果的な水の供給方法は降水である。Valley network は全球的に分布しているので、火星にはかつて全球的に降水があったと考えられる。

大気大循環モデルで海を持たない惑星の降水分布を検討した研究によると、低緯度域で降水がある条件は極めて限られており、全球的な凍結が起こらない程度に温暖で、かつ自転軸傾斜が大きい(約30度以上)場合である。全球凍結が起こると水循環は殆ど停止するし、温暖であっても自転軸が立っていると大気運動によって高緯度に水が運ばれて低緯度は乾燥する(Abe and Numaguchi, 2001)。

ところで、火星の北緯30度付近にかつて海岸線だったと考えられる地形が存在することから、北半球の低地にはかつて海洋が存在していたとする説がある(Baker et al., 1991)。海洋が低緯度地方にまで連続していると、大気によって高緯度地方に輸送された水を循環し低緯度地方を湿潤に保つことができる。しかしながら、北半球だけに海洋が存在する状況において、海洋の存在や大きさが惑星大気の水循環にどのような影響を与えるかについては、現在までの研究では詳しくわかっていない。

本研究では、海洋の存在が惑星の気候に及ぼす影響の検討を目的として、特に低緯度で降水がある条件と全球凍結する条件を大気大循環モデルを用いて調べた。

古火星環境の再現には多くの困難がある。例えば、実際に存在した海洋の大きさ、表面温度、大気の組成や量は分からない。そこで以下の2つの方針でモデル化した。火星では北極周辺が低地であるので、北極を中心とした円形の海を考え、海岸線を北緯0度から北緯60度まで変化させてその影響を調べた。また、大気組成・量がわからないため、地球大気を用いて実験し、温室効果を変える代わりに太陽定数を現在の地球の値を標準として、+7%と、-20%に変えて計算した。

大気大循環モデル(CCSR/NIES AGCM 5.4g)を用いて、地球軌道・地球サイズ・地球大気で地形なしの仮想惑星で実験を行った。自転軸傾斜は23.5度に固定した。

初期状態の影響を除くために、地面の蒸発係数を1に固定しほぼ定常状態になるまで20年間計算させた。その後、地面に一樣に20cmの水を与えて実験を行い、10年目の結果を解析した。

低緯度に降水がある条件は、海洋の南限が30福mより低緯度にある場合である。これは、ハドレーセルと海洋の相対位置が重要であることを意味する。つまり海洋がハドレー領域に存在する場合に、低緯度の降水は多くなる。また、海洋の南限が15福mより低緯度の場合は、降水があるだけでなく地面の水が豊富に存在することが分かった。

次に全球凍結する条件を調べた結果、海洋が大きいほど、地面が湿っているほど全球凍結しやすいことが分かった。北緯30度より低緯度に海洋が存在すると現在の地球の太陽定数の70-80%で全球凍結することが分かった。

古火星においてValley networkに水を供給するには、まず全球凍結しないことが必要である。全球凍結しない場合に、自転軸を23.5度に固定し、海洋による効果だけでの条件を考える。ハドレー領域(30度)より低緯度に海洋が存在する場合に低緯度での降水が可能になる。また、北緯15度より低緯度に海洋が存在する場合には豊富な降水と地面が湿潤に保たれることが可能となる。

1気圧の地球大気を持つ場合、太陽定数が現在の地球の70-80%であれば全球凍結する。一方で、初期火星では現在の地球の太陽定数の30%であることから、初期火星で全球凍結を避けるためには、海洋がある場合現在の地球のおよそ2.5倍以上の強力な温室効果が必要であると言える。