

地球惑星科学のシミュレーターとしての湯葉

Yuba as a simulator for the dynamics in Earth and planetary interior

柳澤 孝寿[1], 山岸 保子[2], 熊谷 一郎[3], 小川 佳子[4], 栗田 敬[5]

Takatoshi Yanagisawa[1], Yasuko Yamagishi[1], Ichiro Kumagai[2], Yoshiko Ogawa[3], Kei Kurita[4]

[1] IFREE, JAMSTEC, [2] 固体フロンティア、海洋科学技術センター, [3] 東工大・院理工・地惑・ほんまもん厨房, [4] 東大・理・地球惑星, [5] 東大・地震研

[1] IFREE, JAMSTEC, [2] Honmamon Kitchen, EPS, TITECH, [3] Earth and Planetary Sci., Univ. of Tokyo, [4] ERI, Univ. of Tokyo

湯葉は中国から禅僧により日本に伝えられた伝統的食材であり、植物性たんぱく源として近年健康食品としても注目が集まっている。家庭では豆乳を準備し、加熱することで比較的簡単に作ることができるが、しかしながら制御された均質な湯葉を作るためには熟練も必要である。湯葉は豆乳の原材料である大豆のグリシニンというタンパク質成分が加熱だけより固化することでつくりだされる。この湯葉の生成過程を観察していると地球・惑星科学上の様々な現象との密接な類似点が想起され、一時楽しむことができる。本講演では湯葉の生成過程で生じる現象の観察を通して、地球惑星科学における類似現象とのつながりを紹介したい。

1) プレートテクトニクスのシミュレーターとしての湯葉

豆乳表面に形成される湯葉層は弾性板として挙動する。制御された液温と時間をかけることで湯葉層は成長していくが、これはマントル最上部のプレートと見なすこともできる。形成された湯葉層表面にはさまざまなしわ模様が観察される。下部の液体の流動場を反映している比較的薄い「膜」的状態から固有の弾性をもった厚い「板」的状態ではそれぞれ特徴的なしわ模様が形成されている。さらに湯葉に強制的に切り込みを入れることによって内部の流体の運動を受けた移動が生じる。この切り込みを入れるタイミングが前述の「膜」的状態の時か「板」的状態の時かで、湯葉の移動速度、方向に大きな変化が生じうる。このことからプレートの挙動が、プレートテクトニクス開始時のタイミングとプレートの状態とにどのように依存するのか議論することが出来る。

2) マグマオーシャンのシミュレーターとしての湯葉

マグマオーシャンや氷衛星での内部海の熱的進化は表層部に伝導層がどの程度形成されるかによって大きく異なってくる。表層部の熱輸送効率が全体の冷却モードを支配しているからである。湯葉の生成過程においては、薄い「膜」的状態では内部の対流場の影響を受けて形成された層は容易に破壊され、新たな液相が表面に現れ、再び「膜」形成が起きる。一方ある程度よりも厚くなると「板」的挙動に移行し、対流場の影響を受けずに、伝導層としての役割を果たす。またこの表層に出来た湯葉を適宜取り外していくことで、豆乳の冷却度は早まり、次々と新しい湯葉を形成していく。一方で出来た湯葉をそのままにして熱源から離れた場合、その冷却はゆるやかとなる。このことにより氷衛星のように内部より軽い安定地殻が形成される場合と、地球のように重くて不安定な常にリサイクルされてしまう地殻が形成される場合とで、マグマオーシャンの冷却の進行度合いが大きく変化しうることを示唆する。

3) 氷衛星表層部のシミュレーターとしての湯葉

氷衛星は外惑星に固有な氷・水を主要な成分として持つ衛星である。いくつかの氷衛星では過去、あるいは現在内部に液体の水層(内部海)が存在したと考えられている。表層の氷層は初期の高温状態の液相が冷えて形成されたリゾスフェアと見なすこともできる。ガニメデやエウロパなどではこの氷層にはさまざまなしわ構造が存在していることがガリレオ探査機によって明らかにされてきた。しかしながらそのしわ構造は内部活動の痕跡として位置づけられてはいるが、形成の具体的な過程は明確になっていない。湯葉層に形成されるしわ模様は氷衛星に見られるものと極めて高い類似点を持っている。湯葉層の厚さとしわ模様の間にも特徴的な関係が存在し、氷衛星の氷リゾスフェアの成長段階を議論することができる。