

エウロパ岩石コア表面領域における粘性散逸

Viscous dissipation in the upper part of rock core in Europa

木村 淳[1], 栗田 敬[2]

Jun Kimura[1], Kei Kurita[2]

[1] 東大・理・地球惑星, [2] 東大・地球惑星

[1] Earth and Planetary Sci., Tokyo Univ., [2] Dep. Earth & Planet. Phys., Univ. of Tokyo

<http://www-sys.eps.s.u-tokyo.ac.jp/>

木星の衛星エウロパは、地表下に液体の水の層(内部海)を有していると強く考えられている。この内部海は木星との潮汐相互作用で生じる発熱によって、現在まで固化を免れてきたと考えられているが、その具体的な発熱機構に関する詳細な議論は行われていない。

本研究では内部海 - 岩石コア界面に注目し、周期的な潮汐力によって界面近傍の多孔質岩石に液体水が出入りする現象を考えた。それによって発生する熱量を数値的に見積もった結果、ある条件下では有意な発熱が生じる可能性を見出した。

探査機ガリレオによる表面地形や木星磁場の観測から、エウロパには氷のリソスフェアの下に液体の水の層(内部海)が存在していると示唆される。この内部海の生成・維持に関しては、内部熱収支計算に基づく熱的構造進化のシミュレーションによる議論が数多く行われている。

内部熱収支における熱源は、集積形成時や内部分化時に得られる重力エネルギー、岩石中の放射性核種の壊変によるエネルギー、そして木星から受ける潮汐力により生じるエネルギーである。エウロパのような惑星近接衛星においては、潮汐による加熱が非常に重要であり、これによって内部海が固化を免れると考えられている。しかし潮汐加熱に関するこれまでの研究では、衛星全体での平均的散逸パラメータを用いた発熱率の見積もりしか行われておらず、さらに散逸パラメータには非常に大きな不確実性があり、そのパラメータの与え方によって発熱率が大幅に変化してしまう。そのため現在は、内部海の維持について決定的なモデルが存在していない。近年は探査機による重力場観測などから内部構造に関する制約が与えられていることから、潮汐作用がもたらす具体的な発熱機構を、内部構造に従って細かく見出すことが極めて重要である。

そのような観点から本研究では、周期的な潮汐力で引き起こされる、岩石コア表面付近の領域での粘性散逸による発熱量を見積もることを目指した。

エウロパの重力は小さいために、岩石コア表面付近は多孔質の岩石で構成されていると考えられる。エウロパは、公転運動に伴い木星から受ける潮汐力によって氷地殻が周期的な変形を起こし、内部海厚さも周期的に変化する。それによって内部海 - 岩石コア界面にかかる圧力が変化することで、界面近傍の岩石中の空隙に液体水が出入りする現象を考える。この流体運動と岩石との摩擦および流体中の粘性散逸により発生する熱量を、数値計算によって見積もった。多孔質岩石への液体水の流入出には円管流れを仮定し、粘性率の温度依存性に伴う応力場や温度場の不均質を考慮して熱バランス方程式を数値的に解いた。様々な空隙率を想定して計算を行ったところ、ある条件下では岩石中の放射性核種壊変による発熱に匹敵する熱量が発生することが分かった。

特にこのメカニズムでは、液体層下部を直接熱する点が重要である。Yamagishi and Kurita(1999)は、エウロパ岩石コア表面では高圧氷が析出しないことを示し、この場合岩石コア表面での温度が内部海の寿命を大きくコントロールすることを示した。このような点からも岩石コア表面付近の発熱量を支配する本メカニズムは、エウロパ内部海の維持に大きく寄与する。