

博士（理学）廣瀬 敬氏の「マントル最
深部の物質とダイナミクスに関する研
究」に対する授賞審査要旨

廣瀬 敬氏は、地球のマントル最深部（深さ約二六〇〇キロメートル）に相当する圧力・温度下において、マントル下部の主要鉱物である $MgSiO_3$ 組成のペロフスカイトがより密度の大きな鉱物（ポストペロフスカイト）に相転移することを発見した。この発見は、 $MgSiO_3$ ペロフスカイトが発見された一九七四年以来の、固体地球科学におけるマントルに関する最も重要な発見である。さらに廣瀬氏は、そのポストペロフスカイトの物理的性質を明らかにし、それがマントルのダイナミクス、特に対流運動に重要な役割を果たしていること、また地球の自転にも影響を及ぼす可能性を示すなど、近年のマントルの研究を大きく進展させた。

廣瀬氏は、ダイヤモンドアンビル超高压装置とレーザー光を組み合わせた実験方法を改良し、地球のマントル最深部へ金属コアの圧力・温度を発生させ、その条件下で放射光X線を用いた構造解析その他の物性測定法を併用して、マントル深部物質の状態を調べる研

究を続けて来た。同氏はこの実験方法を用いて、 $MgSiO_3$ 組成のペロフスカイトが一二〇万気圧以上の圧力、約二五〇〇ケルビンの温度において、より密度の大きな構造の鉱物へ相転移することを発見し、その鉱物をポストペロフスカイトと呼んだ。同氏によるポストペロフスカイトの発見がなされるまでは、マントル下部全域でペロフスカイトが存在するとされていたため、この発見は世界の地球科学の研究者に極めて大きなインパクトを与えた。同氏のこの発見により、マントル最下部に約三〇〇キロメートルの厚さのポストペロフスカイト層が存在することが明らかになり、マントルの成層構造についての認識が新たにされた。

廣瀬氏は更に、ポストペロフスカイトの弾性波速度を第一原理計算により決定した。その結果に基づき、それまで未解決であったマントル最下部における横波速度の上昇や偏光異方性などの異常の問題が解決された。同氏はまた、ペロフスカイト・ポストペロフスカイトの相転移境界の圧力／温度勾配を決定し、この相転移がマントルの熱対流を促進させていることを示した。すなわち、マントル中を沈み込む冷たいプレート中では周囲のマントルよりも浅い部分でポストペロフスカイトへの相転移が起こって密度がさらに大きくなり、一方上昇する高温部分はより深いところで軽いペロフスカイトに相転移することでさらなる浮力を得ることにより、マントル下部

の対流運動が促進される。また同氏は高压高温下における電気伝導度測定法を開発し、その方法を用いた測定結果からポストペロフスカイトの電気伝導度がペロフスカイトよりも三桁も高いことを発見した。この発見により、マントルの最下部は高電気伝導層であることが明らかになり、磁場の変化に伴ってマントルにローレンツ力が働き、その結果、地球の自転速度の変動や自転軸のふらつきが起きる可能性が示された。同氏はその他にも、ポストペロフスカイトの熱膨張率や元素分配などについても実験を行い、マントル最深部の物理的性質を次々に明らかにしつつある。マントル最下部は高温の熔融金属コアと接している重要な境界である。同氏のポストペロフスカイトに関するこれら一連の研究は、これまで想像の域を出なかったマントル人金属コア境界の状態を具体的に明らかにし、それがマントルのダイナミクスに予想外の重要な役割を果たしていることを示した。同氏の研究に刺激され、現在、世界の地震学、地球化学、鉱物学、地球ダイナミクスなどの分野の研究者によるポストペロフスカイトに関する研究が活発に行われつつある。

また廣瀬氏は実験方法をさらに改良し、地球の中心の圧力三六四万気圧と温度五五〇〇ケルビンの条件を達成することに世界で初めて成功した。それによって地球の金属コア全域の圧力温度条件下での実験が可能となり、未解決の大きな問題である、コアの物質およ

びその状態の解明への道が開かれた。同氏は最近この方法により、地球中心の圧力・温度条件下における金属鉄の構造が六方最密充填(hcp)構造であることを示した。すなわち固体コア(内核)の主要構成物質はhcp相であり、このことは内核の地震波速度構造、ダイナミクス、成長史などに関して重要な意味を持っている。同氏の開発したこの超高压高温実験方法は、地球よりさらに大型の惑星の内部の研究にも大きく貢献するものと期待される。同氏の上記の研究の多くは指導する大学院生らと共に行われたものであるが、同氏はこれらの研究の着想、実験方法の開発、研究の遂行において中心的役割を果たしている。廣瀬氏は上記の業績により、井上学術賞、日本学術振興会賞、日本IBM科学賞、Thomson Scientific Research Front Award、およびEuropean Association of Geochemistry, Science Innovation Awardを受賞し、また米国地球物理学連合学会のフェローに選ばれている。

関連論文

1. K. Hirose, Y. Fei, Y. Ma and H. Mao, The fate of subducted basaltic crust in the Earth's lower mantle, *Nature*, 397, 53-56, 1999.
2. M. Murakami, K. Hirose, K. Kawamura, N. Sata and Y. Ohishi, Post-perovskite phase transition in MgSiO₃, *Science*, 304, 855-858, 2004.
3. T. Itaka, K. Hirose, K. Kawamura and M. Murakami, The elasticity of MgSiO₃

- post-perovskite phase in the Earth's lowermost mantle. *Nature*, *430*, 442–445, 2004.
4. K. Hirose and Y. Fujita, Clapayron slope of the post-perovskite phase transition boundary in CaIrO_3 . *Geophysical Research Letters*, *32*, L13313, 2005.
 5. K. Hirose, R. Simmyo, N. Sata and Y. Ohishi, Determination of post-perovskite phase transition boundary in MgSiO_3 using Au and MgO internal pressure standards. *Geophysical Research Letters*, *33*, L01310, 2006.
 6. K. Hirose, Post-perovskite phase transition and its geophysical implications. *Reviews of Geophysics*, *44*, RG3001, 2006.
 7. K. Hirose and T. Lay, Discovery of post-perovskite and new view on the core-mantle boundary region. *Elements*, *4*, 183–189, 2008.
 8. K. Ohta, S. Onoda, K. Hirose, R. Simmyo, K. Shimizu, N. Sata, Y. Ohishi and A. Yasuhara, The electrical conductivity of post-perovskite in Earth's D" layer. *Science*, *320*, 89–91, 2008.
 9. S. Tateno, K. Hirose, Y. Ohishi and Y. Tatsumi, The structure of iron in Earth's inner core. *Science*, *330*, 359–361, 2010.
 10. K. Hirose, Y. Nagaya, S. Merkel and Y. Ohishi, Deformation of MnGeO_3 post-perovskite at lower mantle pressure and temperature. *Geophysical Research Letters*, *37*, L20302, 2010.