

日本鉱物科学会賞

平成 27 年度日本鉱物科学会賞第 14 回受賞者

桂 智男 会員 (パイロイト大学バイエルン地球研究所)



1962年7月1日生まれ。1991年岡山大学大学院博士課程自然科学研究科物質科学専攻修了(学術博士)。1991年パイロイト大学バイエルン地球科学研究所客員研究員。1993年岡山大学地球内部研究センター助手。1997年岡山大学固体地球研究センター助教授。2007年岡山大学地球物質科学研究センター教授。2010年よりパイロイト大学バイエルン地球科学研究所教授。2012-2015年同研究所所長。

受賞題目:「主要マントル鉱物の高温高压物性と実験地球物理学」

受賞理由

桂智男会員は川井式マルチアンビル超高压発生装置の技術開発を強力に推し進め、それらを用いてマントル主要構成鉱物(カンラン石, ワズレアイト, リングウッドイト, ブリッジマナイト)の相平衡・熱弾性・電気伝導度・自己拡散係数・熱拡散率を、マントル深部に相当する高温高压下で決定した。この研究成果は128編の英文原著論文, および6編の英文の著書および総説として発表され, その多くは地球内部のダイナミクスを議論する上で不可欠な高インパクト論文となっている。また, 桂会員が岡山大学固体地球研究センターで活躍していた時期は, 第3世代放射光施設のSPring-8における大容量高温高压実験のビームラインの建設と実験開始と重なっており, 桂会員の高圧地球科学コミュニティーにおけるリーダーシップは, SPring-8を利用した高圧地球科学研究の世界的な成功に大きく貢献した。現在教授を務めているバイエルン地球研究所には, その開設もない時期に客員研究員として2年半滞在した。同研究所は現在, ヨーロッパ共同体の実験地球科学・鉱物物理学の研究拠点であるが, 桂会員はその所長を3年間務め, 世界的リーダーの一人として高圧地球科学を牽引している。

以下に, 桂会員の主な研究業績を列挙する。

1) 放射光 X 線その場回折による相平衡実験

ポストスピネル転移の相境界の勾配は, これまで考えられていたものよりはるかに小さく, この転移はマントル対流の障害にはならないことを示した。また, 二成分系におけるカンラン石-ワズレアイト転移の相平衡関係を高精度に決定することにより, 410 km不連続の厚みはカンラン石-ワズレアイト転移によって説明できることを示した。

2) 高压下での熱膨張率測定

カンラン石, ワズレアイト, リングウッドイトブリッジマナイトの熱膨張率をこれらの鉱物の安定領域で測定し, 各々の鉱物の熱膨張率は圧力とともに減少するが, 高压相転移により熱膨張率は上昇することを示した。また, 取得した熱膨張率データと上記のカンラン石-ワズレアイト転移の圧力から, 上部マントルと下部マントルの断熱温度勾配をそれぞれ0.5-0.3 K/kmと0.3-0.2 K/km, マントルのポテンシャル温度を1610 Kと見積り, マントルの断熱温度分布を明らかにした。

3) 高压高温条件下での電気伝導度の測定

ブリッジマナイトの電気伝導度を下部マントル最上部の温度圧力条件で測定し, 下部マントルの電気伝導度はブリッジマナイトで説明できることを示した。また, カンラン石単結晶のプロトン伝導を温度の関数として測定し, アセノスフェアの温度条件ではプロトン伝導はほぼ等方的であることと, アセノスフェアの電気伝導度はプロトン伝導では説明できないことを示した。同様にワズレアイトとリングウッドイトの電気伝導度測定から, マントル

遷移層の電気伝導度はホッピング伝導のみで説明可能であり, プロトン伝導は必要ないことを示した。更には, せん断応力下の溶融ペリドタイトの電気伝導度を測定し, 太平洋中央海嶺近傍で観測される電気伝導度の異方性は, 珪酸塩融体がせん断方向に配列することで説明できることを明らかにした。

4) 自己拡散係数の測定

カンラン石中のケイ素の格子拡散, および粒界拡散に与える水の効果を定量的に決定し, これら拡散係数は水の存在に大きく影響を受けないことを明らかにした。この結果は, 多くの研究者が信じているカンラン石の含水軟化現象の再考を促す重要な研究結果となっている。また, 1mmを超えるブリッジマナイトの単結晶を合成し, これを用いてケイ素とマグネシウムの体拡散係数の測定を行った。

5) 高压実験技術開発

大型放射光施設SPring-8のビームラインBL04B1において, 新しいマルチアンビル型高温高压X線その場観察装置(SPEED-MkII)の開発と設置を行った。この装置では, 当時約40 GPaであった焼結ダイヤモンドアンビルを装備したマルチアンビル装置の最高発生圧力を約100 GPaまで引き上げることを, 精密ガイドブロックにより可能にした。また, 粒成長のために超高温条件下では良質な粉末回折パターンを取得できなかったが, 揺動機能を高压プレスに装備することによりこの問題を克服し, より高温条件下でマントル鉱物の状態方程式を決定することを可能にした。また, 超硬マルチアンビルによる最高発生圧力を44 GPaまで引き上げた実験技術開発も特筆すべきものである。

桂会員が残された業績は, 以上の様にマントル全域にわたる温度構造や化学構造の不均質性, およびダイナミクスの解明に多大な貢献を果たした。また, 共同研究等を通じて, 多くの後進研究者を育成し続けている。これら世界的な高圧地球科学研究への貢献により, 桂智男会員は日本鉱物科学会賞にふさわしいと判断し, ここに受賞候補者として推薦する。

主要論文

1. Fei, H., Wiedenbeck, M., Yamazaki, D., and Katsura, T. Small effect of water on upper-mantle rheology based on silicon self-diffusion coefficients. *Nature*, 498, 213-215 (2013).
2. Katsura, T., Yoneda, A., Yamazaki, D., Yoshino, T. and Ito, E. Adiabatic temperature profile in the mantle. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 183, 212-218 (2010).
3. Yoshino, T., Manthilake, G., Matsuzaki, T. and Katsura, T. Dry mantle transition zone inferred from the conductivity of wadsleyite and ringwoodite. *Nature* 451, 326-329 (2008).
4. Shatskiy, A., Fukui, H., Matsuzaki, T., Yoneda, A., Yamazaki, D., Ito E. and Katsura, T. Growth of large MgSiO₃ perovskite single crystals (1mm): a thermal gradient method at ultra-high pressure. *American Mineralogist*, 92, 1744-1749 (2007).
5. Yoshino, T., Matsuzaki, T., Yamashita, S. and Katsura, T. Hydrous olivine unable to account for conductivity anomaly at the top of the asthenosphere. *Nature*, 443, 973-976 (2006).
6. Katsura, T. et al. Olivine-wadsleyite transition in the system (Mg,Fe)₂SiO₄. *Journal of Geophysical Research B: Solid Earth* 109, B02209 (2004).
7. Katsura, T. et al. Thermal expansion of Mg₂SiO₄ ringwoodite at high pressures. *Journal of Geophysical Research B: Solid Earth*, 109, B12209 (2004).
8. Katsura, T. et al. A large-volume high-pressure and high-temperature apparatus for in situ X-ray observation 'SPEED-Mk.II'. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 143, 497-506 (2004).
9. Katsura, T. et al. Post-spinel transition in Mg₂SiO₄ determined by high P-T in situ X-ray diffractometry. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 136, 11-24 (2003).
10. Katsura, T., Sato, K. and Ito, E. Electrical conductivity of silicate perovskite at lower-mantle conditions. *Nature*, 395, 493-495 (1998).