

平成 19 年度日本鉱物科学会賞第 2 回受賞者

平井 寿子 会員 (筑波大学大学院生命環境科学研究科)

受賞題目:「炭素系物質とガスハイドレートに関する鉱物科学的研究」

受賞理由

平井寿子氏は 1980 年代において、天然ザクロ石の光学異常に関し光学干渉実験や透過型電子顕微鏡、X線回折を用いて原因解明に重要な成果をあげる一方、マントル起源のかんらん石中の流体包有物に関連し電顕岩石学ともいえる分野を開拓した。このような鉱物学・岩石学的バックグラウンドを基盤とし、衝撃圧縮法やダイヤモンドアンビル装置による超高压実験と、分析電子顕微鏡やX線回折、ラマン分光法などの分光学的手法により、様々な物質の超高压下での挙動を世界に先駆けて明らかにした。

特に 1990 年代には、C₆₀ フラーレンなど種々の炭素材料について、衝撃圧縮実験と分析電顕、EELS、SIMS などの鉱物科学的手法を組み合わせ、ダイヤモンド転換機構を明らかにした。この転換機構を利用して透明ナノダイヤモンドの合成も行い、鉱物科学や材料科学分野において大きな注目を集めた。これら一連の研究が重要な契機となり、種々の手法を用いたナノダイヤモンド合成実験が行われ、最近では、マルチアンビル装置による大型ナノ多結晶ダイヤモンドの合成もおこなわれ、その工業的利用や超高压装置への応用にも結びついている。

一方、メタンハイドレート、水素ハイドレートをはじめとするガスハイドレートは、化石燃料に代わる次世代のエネルギー資源や地球温暖化に関連した物質として、また、新しい水素貯蔵物質、惑星や衛星の主要構成物質といったさまざまな面から近年大きな注目を集めている。しかしながら資源利用を目的とした物性や、探掘・探査に関連したガスハイドレートの研究は多く行われていたが、惑星科学や物性科学の観点にたった高压挙動に関する研究は、ほとんど未開拓であった。

2000 年代に入り一連のガスハイドレートについて高压実験を行い、光学観察、X線回折、ラマン分光などの鉱物学的手法を用いて、それぞれの物質の安定性や相転移などの挙動を系統的に明らかにすることに成功した。従来このようなガスハイドレートはすべて比較的低压で分解すると思われていたが、メタンハイドレートや水素ハイドレートは 80GPa を越す超高压領域まで安定に存在することを初めて明らかにし、いくつかの新しい相転移も発見した。またそれぞれの結晶構造やゲストの振動モードなどから、安定性を生み出す機構やホスト-ゲスト間の相互作用に関する考察などを展開している。これらの結果は、巨大惑星や衛星の内部構造を議論する上で重要な情報となるとともに、近年物性物理で大きな話題となっているケージ構造物質におけるラットリングの問題とも関連して、今後のさらなる展開が期待される。

このように平井寿子氏は鉱物科学的手法をその研究手段としながら、地球科学の枠内にとどまらず、多様な物質の様々な条件下での新規な特性の解明において世界を先導する先駆的な業績をあげており、日本鉱物科学会賞にふさわしいと判断される。尚、これらの成果は Nature 誌、Science 誌をはじめとした一流の国際誌を中心に 78 編の査読論文として発表されている。またこのうち 53 編の論文において申請者が筆頭著者であることも、その高い独創性と研究能力の証明として特筆に値する。

主要論文

1. Hirai, H., Sueno, S. and Nakazawa, H. (1982) A lamellar texture with chemical contrast in a grandite garnet from Nevada. *Amer. Mineral.*, 67, 1242-1257.
2. Hirai, H. and Nakazawa, H. (1986) Grandite garnet from Nevada; Confirmation of origin of iridescence by electron microscopy and interpretation of a moire-like texture. *Amer. Mineral.*, 71, 123-126.
3. Hirai, H. and Kondo, K. (1991) Modified phases of diamond formed under shock compression and rapid quenching. *Science*, 253, 772-774.
4. Hirai, H. and Kondo, K. (1995) Changes in structure and electronic state from C60 fullerene to amorphous diamond. *Phys. Rev. B*, 51, 15555-15558.
5. Hirai, H., Tabira, Y., Kondo, K., Oikawa, T. and Ishizawa, N. (1995) Radial distribution function of a new form of amorphous diamond shock induced from C60 fullerene. *Phys. Rev. B*, 52, 6162-6165.
6. Hirai, H., Terauchi, M., Tanaka, M. and Kondo, K. (1999) Band gap of essentially fourfold-coordinated amorphous diamond synthesized from C60 fullerene. *Phys. Rev. B*, 60, 6357-6361.
7. Hirai, H., Uchihara, Y., Fujihisa, H., Sakashita, M., Katoh, E., Aoki, K., Nagashima, K., Yamamoto, Y. and Yagi, T. (2001) High-pressure structures of methane hydrate observed up to 8 GPa at room temperature. *J. Chem. Phys.* 115 [15], 7066-7070.
8. Hirai, H., Tanaka, T., Yamamoto, Y., Kawamura, T., Yagi, T., (2003) Retention of filled ice structure of methane hydrate up to 42 GPa. *Phys. Rev. B*, 68 [17], 172102-1 - 172102-4.
9. Hirai, H., Machida, S., Kawamura, T., Yamamoto, Y. and Yagi, T. (2006) Stabilizing of methane hydrate and transition to a new high-pressure structure at 40 GPa. *Amer. Mineralogist*, 91, 826-830.
10. Hirai, H., Ohno, S., Kawamura, T., Yamamoto, Y., Yagi, T. (2007) Changes in vibration modes of hydrogen and water molecules and in lattice parameters with pressure for filled-ice hydrogen hydrates. *Phys. Chem. B*, 111, 312-315.