

## 日本鉱物科学会賞

平成 27 年度日本鉱物科学会賞第 15 回受賞者

西山忠男 会員 (熊本大学)



1955年3月4日生まれ。1984年九州大学大学院博士後期課程修了(理学博士)。1982年九州大学理学部助手。1988年米国ジョンスホプキンス大学文部省在外研究員。1990年九州大学理学部助教授。1998年熊本大学理学部教授。現在に至る。

受賞題目: 「岩石学における非平衡過程の速度論的研究」

### 受賞理由

西山忠男会員は、変成岩および火成岩におけるパターン形成、反応と変形の連結現象、反応・拡散・流動といった物理化学プロセスを一貫して研究してきた。その最大の特色は、速度論にもとづいた理論の展開により、岩石の成因に動的な描像を与えた点にある。野外調査や顕微鏡観察といった岩石学の基礎を重視する一方、他分野の理論を積極的に導入しながら取り扱いの難しい非平衡開放系や不可逆過程の問題にも果敢に挑戦し、平衡論を主軸とした従来の岩石学とは一線を画する成果を上げてきたことは特筆に値する。現在では、西山会員が先鞭をつけた「動的な岩石学」は地球惑星科学分野のフロンティアのひとつになりつつある。多岐にわたる研究業績のうち、受賞題目に関連した主要なものを抜粋して以下に記す。

#### 1) 変成岩・火成岩におけるパターン形成ならびに不可逆過程の解析

縞状構造、粒径分布、複合脈、反応帯および反応縁は、変成岩におけるパターン形成の代表的な例である。その成因は多くの人々の興味をひく問題だが、背景にある物理化学プロセスの解明は必ずしも容易ではない。その多くが不可逆過程で形成された非平衡組織だからである。西山会員は、綿密な野外調査と観察により変成岩中の非平衡組織を多数記載し、不可逆過程の熱力学にもとづいてパターン形成に速度論的解釈を与えることに成功している。具体的には、縞状構造のセル力学系モデリング(CDS)モデリング、変成鉱物の粒径分布の時間発展、蛇紋岩に伴う反応帯や複合脈の成因などが挙げられる。また、熱水合成実験でできた反応組織の速度論的解析でも成果をあげている。これらの研究は、拡散などの動的プロセスがパターン形成に本質的な役割を果たしていることを理論的に明らかにした。

また特筆すべき研究として変成ハンレイ岩中のカンラン石-斜長石反応縁への定常拡散モデルの適用が挙げられる。定常拡散モデルは、非平衡組織に対して不可逆過程の熱力学を応用したもので、1970年代に理論的枠組みが構築された。西山会員は、世界で初めて定常拡散モデルを天然の岩石に適用し、反応縁の累帯配列の安定性を拡散の現象論係数比で表すことに成功した。

珪酸塩メルト中の特異な現象として知られるアップヒル拡散の重要性に注目し、それが3成分以上の系における一般的な現象であることを、拡散係数の違いによる拡散流の補償効果(カーケンダール効果)の観点から明らかにした研究も重要である。この研究では、不可逆過程の熱力学に基づき、拡散係数の濃度依存性を導き、アップヒル拡散を記述する新しい非線形拡散方程式を導出し、その摂動解を求めた。

#### 2) 花崗岩のサブソリダス反応組織と冷却過程

火成岩におけるパターン形成に関して特筆すべき業績が、花崗岩のサブソリダス反応組織の研究である。西山会員は、共同研究者とともに大崩山花崗岩体と土岐花崗岩体においてパッチパーサイトやミルメカイトといったサブソリダス反応組織を詳細に観察した。その結果、岩体内の相対的な冷却速度および3次元的な冷却様式の推定に成功した。この研究は、岩石組織の観察から珪長質貫入岩体の冷却過程を動的に描像した点を高く評価され、平成24年度日本鉱物科学会論文賞を受賞した。

#### 3) 反応と変形の連結現象

変成岩における反応と変形の研究は、それぞれ変成岩岩石学と構造地質学という個別の分野として発展してきた。西山会員は、それらを統一的に取り扱う視点の重要性を指摘し、反応と変形の連結現象に関する先駆的な研究を行った。その端緒となったのは、結晶質石灰岩と変成塩基性岩脈の反応帯から派生する複合脈の解析である。この複合脈は、反応の進行に伴う間隙水圧の上昇と水圧破碎の結果と解釈された。西山会員は、反応の進行に伴う間隙水圧の低下に誘起される反応促進型延性変形を含めて、速度論的な視点から反応と変形の連結様式の概念的区分を示した。

#### 4) 超高压変成岩と相転移の速度論

超高压変成岩は、ザクロ石斑状変晶中にコース石(石英の高圧相)の包有物が見いだされたことから認識された岩石である。西山会員は、コース石の包有物が部分的に石英に相転移していることに着目し、相転移の速度論を組み込んだ弾性体モデルにもとづいて超高压変成岩の上昇過程に拘束条件を与えた。議論はやや定性的であるが、包有物というマイクロな岩石組織と変成岩の上昇というマクロな現象を理論的に結びつけ、従来の地質温度圧力計とは異なる視点から変成岩のダイナミクスを論じた点が注目される。なお、この研究で用いられた弾性体モデルは名古屋大学との共同研究であるザクロ石斑状変晶中の石英の包有物の応力推定に応用され、顕微ラマン分光法による残留応力推定法の確立にも寄与している。

以上の研究業績は、JMPSをはじめGCAやGeologyなど国内外の学術雑誌に多くの論文として公表され、国際的にも高く評価されている。また、西山会員は「動的な岩石学」を志す多くの研究者を育成したほか、日本岩石鉱物鉱床学会および日本鉱物科学会などにおいて評議員や編集委員を歴任するなど、岩石学や鉱物学の発展に大きく貢献してきた。このように、西山会員は日本鉱物科学会賞にふさわしい人物と認められ、ここに受賞候補者として推薦する。

### 主要論文

1. Nishiyama, T. (1983) Steady diffusion model for olivine-plagioclase corona growth. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 47, 283-294.
2. Nishiyama, T. (1989) Kinetics of hydrofracturing and metamorphic veining. *Geology*, 17, 1068-1071.
3. Nishiyama, T. (1990) CO<sub>2</sub>-metasomatism of a metabasite block in a serpentine melange from the Nishisonogi metamorphic rocks, southwest Japan. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 104, 35-46.
4. Nishiyama, T. (1994) CDS modeling of chemical pattern formation due to uphill diffusion in a mineral-fluid system. *Proc. 29th Int'l. Geol. Congr., Part A*, 7-16.
5. Nishiyama, T. (1998) Uphill diffusion and a new nonlinear diffusion equation in ternary non-electrolyte system. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 107, 33-51.
6. Nishiyama, T. (1998) Kinetic modeling of the coesite-quartz transition in an elastic field and its implication for the exhumation of ultrahigh-pressure metamorphic rocks. *Island Arc*, 7, 70-81.
7. Fukuyama, M., Nishiyama, T., Urata, K., Mori, Y. (2006) Steady-diffusion modelling of a reaction zone between a metamorphosed basic dyke and a marble from Hirao-dai, Fukuoka, Japan. *Jour. Metamorph. Geol.*, 24, 153-168.
8. Nishiyama, T., Tominaga, A., Isobe, H. (2007) From an initial transient-state to a steady-state in metamorphic reactions: An experimental approach in the system dolomite-quartz-H<sub>2</sub>O. *Island Arc*, 16, 16-27.
9. Enami, M., Nishiyama, T., Mouri, T. (2007) Laser Raman microspectrometry of metamorphic quartz: A simple method for comparison of metamorphic pressures. *American Mineralogist*, 92, 1303-1315.
10. Yuguchi, T., Nishiyama, T. (2008) The mechanism of myrmekite formation deduced from steady-diffusion modeling based on petrography: Case study of the Okueyama granitic body, Kyushu, Japan. *Lithos*, 106, 237-260.