

## まえがき

著者	荒井 章司, 前田 仁一郎, 小山内 康人, 新井田 清信
雑誌名	地質学論集
巻	47
ページ	1-6
発行年	1994-04-27
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2297/7074">http://hdl.handle.net/2297/7074</a>

## まえがき

マグマ活動とはマグマの発生から上昇・噴出までの種々のプロセスより成り立っている。その間には融け残り岩、結晶集積岩、交代岩、噴出岩など種々の岩石が形成されうる。したがって、その全体像の理解にはこれらの岩石をすべて含むような地質体を総合的に研究する必要がある。このような地質体の典型的なものとしてオフィオライトがあり、オマーンやトルドス（キプロス）などではさまざまな視点から活発な研究が行われてきた。オフィオライトはプレート拡大中心（多少の島弧的要素はあるにせよ）のマグマ活動を再現するのに最適である。しかるに島弧または大陸地域のマグマ活動に関しては上述の条件を満たすような地質体そのものがあまり存在せず、その総合的理解は十分とは言い難い。そのなかで北海道の日高帯（いわゆる日高変成帯）はパキスタンのコヒスタン帯とならんで島弧的（または大陸的）地殻～上部マントル物質が露出しており、絶好のフィールドを提供している。

日高帯を構成する岩石の研究は1910-20年代に開始されているが（例えば、大平、1926）、本格的に研究が始められたのは1940年代の後半以降である。この時期のパイオニア的とも言える地域地質学的研究は、1960年代以降の地質図幅調査の進展とともに全域に拡大され、岩石記載や岩相の分布がほぼ明らかにされた。この間の主要な成果は舟橋・橋本（1951）、酒匂（1963）、Kizaki（1964）、Hashimoto（1975）や多くの地質図幅に示されている。この時代の研究の主要な関心は、かんらん岩を含む深成岩類については地向斜造山論の骨組みの中で種々の岩石がどのように位置づけられるかにあり（Hashimoto, 1975）、変成岩類や花こう岩類については、造山帯の中核と位置付けられた花こう岩類の成因、つまり花こう岩化作用（Kizaki, 1964）にあった。

1970年代後半以降の特筆すべき進展は、日高変成帯は2つの異なった地質ユニット、西帯と主帯、の接合体であり、西帯は変成オフィオライト（幌尻オフィオライト：宮下、1983）からなる海洋地殻、主帯は厚さ約20数kmに達する大陸性地殻の断面であるという小松らの指摘（小松ほか、1979, 1981；Komatsu et al., 1983）である。これは日高変成帯の地域地質・造構論、変成岩や深成岩研究の、現在に直接つながる大きな転換点・出発点であった。この指摘はまさにそれ以前の地向斜造山論からプレートテクトニクスへの日高における転換点にも当たっている。

変成岩類の研究ではまず、グラニュライト相変成岩類の分布が確認され（Hashimoto, 1975；在田ほか、1978）、変成度は東から西に向かって高くなり、西帯との境界付近が最高変成条件を示すという考えが出された。1980年代以降は、上述の小松らの提案に基づき、これらを検証するために詳細な研究が行われ、初期の段階で中部地域で、その後主帯全域において、変成岩層序・変成分帯・変形作用と変成作用の関連などが明らかにされた（Osanai et al., 1981；小松ほか、1982；Komatsu et al., 1983；小山内、1985など）。引き続いて、変成作用の温度・圧力条件と変成履歴の詳細な検討も行われるようになり（Osanai et al., 1986, 1991；Shiba, 1988；Komatsu et al., 1989, 1994など）、典型的ないわゆる時計まわりの変成プロセスを経た低圧/高温型の変成帯であることが明らかにされた。また近年、放射年代測定も精力的に行われるようになり（Owada et al., 1991；Arita et al., 1993；佐伯ほか、1995；Owada et al., 本論集など）、変形作用の詳細な解析（Komatsu et al., 1989；Toyoshima, 1991；志村、1992；Toyoshima et al., 1994；豊島ほか、本論集など）と併せてP-T-t-D pathが描かれるようになった。これらは日高地殻の形成史を議論する上で極めて重要な意義を持っている。本論集で扱われるマグマ活動と変成作用の関連では、1980年代後半以降、SタイプおよびIタイプトータル岩等の花崗

岩質岩の成因が詳しく議論されるようになり、グラニュライト相条件下での変成岩類の部分熔融に伴って花崗岩質マグマの形成過程が明らかにされてきた(大和田, 1989; Tagiri et al., 1989; Osanai et al., 1992; 志村, 1992; Shimura et al., 1992; 高橋, 1992; 小山内・大和田, 1994; Komatsu et al., 1994 など)。本論集でも、志村ほか、田切、小山内ほかの論文でこれらの問題が扱われている。

マフィック～超マフィック深成岩類の研究で1960年代を代表するのは野地・小松(1967)である。彼らは斑れい岩体の岩石学的検討を行い、さらにマントルかんらん岩体との岩石学的関係を追求した。1970年代末以降の深成岩の研究は、まず、形成環境を明らかにする目的で、深成岩類/地殻の水平的な性質の解析から着手された。深成岩体の岩相分布や化学的特徴が記述され、火成弧の衝突(Ishihara and Terashima, 1985)や火成弧としてのその場の火成作用(前田ほか, 1986; Maeda, 1990)という解釈が提案された。その後、地殻断面の垂直的な変化が強く意識され、まず地殻下部に相当する部分から未分化マグマの組成を保持する岩石が見出された(前田・加々美, 1989; Maeda and Kagami, 1994)。Sr・Nd同位体比と微量元素などの地球化学的性質の検討によって未分化マグマはN-MORBおよびHMORB類似のものとなされ、2つの起源マントルが想定された(前田・斎藤, 本論集)。また、未分化マグマがN-MORB的であることなどから、日高帯の生成に関する海嶺沈み込みモデルが提案された(Maeda and Kagami, 1996; 前田・斎藤, 本論集)。日高帯の未分化マグマの性質が判明したため、地球化学的に地殻内での火成作用の検討が可能となり、Maeda and Kagami(1996)は著しい同化作用(AFC)の存在を提案した。日高地殻の深成岩体は不均質な産状を示すことが多く、その観察はマグマ溜りの内部のプロセスを知る上で重要である(末武, 本論集; 本間, 本論集)。特に、末武(本論集)はマグマ・マグマ接触、マグマ・壁岩反応などの野外産状の詳細な観察・記載と解釈を行った。これらの研究は日高地殻斑れい岩類の今後の研究方向を示唆する点で極めて重要である。

変成岩類や深成岩類からなる日高地殻の見かけ下位に分布するマントルかんらん岩体は、極めて新鮮であり顕著な層状構造を示すことから、古くから多くの研究者に注目されてきた。日高帯の地域地質学的観点から重要なのは小松(1977)によるかんらん岩体の2区分で、これは後の日高帯の西帯・主帯のかんらん岩体に対応するものである。Komatsu(1975)はまたウエンザル岩体の温度・圧力史を示し、マントルかんらん岩体の上昇を論じた。最近のかんらん岩体の研究は幌満岩体を舞台にして極めて活発に行われている。幌満岩体の研究は1910-20年代に開始された先駆的な調査(山根, 1911; 大平, 1926; 竹内, 1937; 舟橋・猪木, 1956)の後、産状や構造などに関する記載岩石学的・地質学的研究(小松・野地, 1966; Niida, 1974, 1975b)がなされ、上部マントルで再結晶作用や変形作用を受けた固体進入型かんらん岩体であることが明らかにされた(Niida, 1984)。岩体が上昇過程で受けた変形履歴については本論集でもSawaguchi and Takagiと滝沢によってさらに詳細に議論されている。1980年代後半以降の幌満岩体研究の最大の進展は、異なった起源を有する上部マントル物質(MHL系列, SDW系列, BDH系列)の複合岩体であることが明らかになった(Takahashi, 1991; Arai and Takahashi, 1986)ことであろう。幌満岩体の主要部分を構成するMHLは部分熔融とメルト分離を経た溶け残りかんらん岩であり、MHL中に挟在するSDWは通過したメルトからの集積岩、そしてBDHはHMA的マグマからの集積岩であるとされた(Takahashi, 1991)。この研究によって幌満岩体の研究は新しい時代に突入したといっても過言ではない。MHLとSDWによって示される層状構造の成因論は、玄武岩質-ピクライト質マグマの分別結晶作用モデル(Onuki, 1965; Nagasaki, 1966; 小松・野地, 1966; Niida, 1977, 1984)や枯渇したかんらん岩中のメルトの疎密波動的浸透流モデル(Obata and Nagahara, 1987)を経て、Takahashi(1992)による高温マグマの通過によるかんらん岩壁岩の部分融解メルトしぼりだ

しモデルが提唱され、現在も活発な議論がおこなわれている（高橋，1996，本論集；松影・荒井，本論集）。層状構造の成因についての変形の役割に関する寅丸（本論集）のアプローチはユニークであり今後の発展が期待される。また、マントル物質の部分熔融体およびその中のメルトの振る舞いについては渡辺（本論集）が参考になる。幌満岩体における層状構造の生成に関連したメルト分離過程は単純ではなく、例えば refractory な岩相ほど Sr・Nd 同位体比や微量元素組成において enrich している。このことはマグマがかんらん岩中を通過する際に壁岩と通過メルト／フルイドとの相互作用を伴ったことを示唆している。この相互作用の検出が、精力的に試みられている（Frey et al., 1991；Takazawa et al., 1992；Yoshikawa and Nakamura, 1996；塩谷・新井田，本論集；新井田・塩谷，本論集）。また、幌満岩体に記録されている最も後の事件、マントルメタソマティズムの検討は、フログパイトの産出とその周囲のかんらん岩の検討によって進められてきた（Niida, 1975a；Arai and Takahashi, 1989；高橋ほか，1989）。これらの問題は芳川・中村（本論集）によってまとめられている。幌満かんらん岩体の上昇プロセスを解明する研究は、主に岩体の圧力-温度履歴の解析とかんらん岩の組成変更の履歴の解析に要約される。幌満岩体の MHL レルソライトがざくろ石安定領域にあったことは、シンプレクタイトの存在に基づいて、高温高圧実験の結果から Kushiro and Yoder (1966) や Tazaki et al. (1972) が先駆的に主張した。その後もシンプレクタイトは多くの研究者に注目されている（Takahashi and Arai, 1989；森下ほか，1995；森下・荒井，本論集；小畑ほか，本論集）。温度履歴の検討は Niida (1984) などによって行われたが、最近の Ozawa and Takahashi (1995) や Ozawa (本論集) の圧力-温度履歴の研究によって、飛躍的に解析精度があがった。その結果、比較的高温の岩体上部がコアに、低温の岩体下部が縁辺に相当するマントルダイアピルモデルが提唱された。

現状での最大の問題の一つは地殻とマントルの関係である。Takahashi (1991) の幌満の MHL 系列のレルソライトは  $841 \pm 36$  Ma の Sm-Nd 年代を示す（Yoshikawa and Nakamura, 1996）。Maeda and Kagami (1994, 1996) は曲り沢かんらん岩体中の斑れい岩層の Sr・Nd 同位体比を測定し、地殻内未分化 N-MORB マグマの起源マントルである可能性に言及した。また、前田・斎藤（本論集）は日高地殻内での HMA マグマの活動を明らかにしたが、幌満岩体にも同マグマの活動の痕跡がある（Takahashi, 1991；Arai and Takahashi, 1986）。しかし、Yoshikawa and Nakamura (1996) の得たかんらん岩の年代は日高帯のマントルかんらん岩と地殻部分の成因的な関連を強く否定している。幌満岩体に産出する斜長石（Ozawa and Takahashi, 1995；高橋，1996）や斑れい岩層（塩谷・新井田，本論集）は幌満岩体から分離した地殻物質の重要な検討材料である。また、幌満岩体に記録されているマントルメタソマティズムの年代、 $23.0 \pm 1.2$  Ma（Yoshikawa et al., 1993），はどのような地殻プロセスと関連があるのだろうか（佐伯ほか，1995参照）。Tagiri et al. (1988) の発見したかんらん岩中の部分融解した変成岩捕獲岩に端を発する、かんらん岩類の地殻内の変成作用、火成作用の熱源としての役割（Ozawa and Takahashi, 1995；柴・添田，1996）の解明も今後の課題であろう。今後は、地殻断面が連続的に露出しているという日高地殻のメリットを最大限に生かすことによって、地殻深部（あるいは上部マントル）から地殻上部までのマグマプロセスの全貌の解明が可能であるかもしれない。また変成作用やアナテクシスなどを総合的に理解することによる大陸地殻形成史の実証的解明も期待できる。Maeda and Kagami (1996) や前田・斎藤（本論集）はマントル由来未分化マグマと地球表成岩類の相互作用が大陸地殻形成の有力なモデルであるという見解を述べている。

本論集は、上記のような日高帯主帯のマグマ活動に関連する内容を主としているが、日高帯の背景を理解するためにいくつかの論文が収められている。日高西帯の幌尻オフィオライトのかんらん岩は鈴木・

新井田によって論じられている。また、第Ⅲ部では、日高帯のテクトニクス、堆積作用、緑色岩の形成が様々なスケールで豊島ほか、七山・鴈澤、木村・楠、宮下ほかによって論じられている。

本論集刊行の経緯は以下のようなものである。1993年度から3年間、文部省科学研究費補助金の重点領域研究として「マグマ」(代表者 久城育夫教授)が行われた。このうち第2班(研究課題名 島弧火山の深部構造;代表者 高橋栄一教授)の重要なターゲットとして日高帯が取り上げられ集中的な研究が行われた。その間、分野・スクール異なる人々の相互の理解を深めるため二つのシンポジウムが開催された。一つは1993年12月18、19日に金沢大学辰口研修センターにおいて開催された「島弧深部におけるマグマ供給系」である。このシンポジウムでは16件の発表がなされ、40人を超える参加者があった。また、二つめは日本地質学会第101年学術大会の折、1994年9月25日に課題別討論会として開催された「日高帯の火成作用—島弧深部におけるマグマのふるまい—」である。ここでは12件の発表があり、多くの参加者を得て白熱した議論が展開された。本論集は後者のシンポジウムの内容をもとに企画され編集されたものである。本論集でも議論されているように、日高帯で認められる火成作用が典型的な島弧深部のものでないにせよ、日高帯の理解は島弧火山深部の理解(例えば、マグマと地下深部物質の相互反応)を促進することは間違いのないところである。両シンポジウムの参加者の皆様には深く感謝する次第である。また、多様なスクールと専門領域の執筆者の参加により、このような論集の刊行に至ったことも大変意義が深いと思っている。今まで、北海道の地質を総括し多くの人に利用されたものとして地団研専報21号「北日本中生代以降の造山運動の諸問題」(1978)、同31号「北海道の地質と構造運動」(1986)がある。本論集が、火成作用を中心に日高帯を多方面から論じたものとして、上述のような地殻深部のマグマの振る舞いの理解とともに、北海道ひいては日本列島の地質・テクトニクスの理解の一助にもなればさいわいである。

重点領域研究「マグマ」、特に第2班「島弧火山の深部構造」の皆様の深い理解と援助がなければ本論集の刊行は不可能であった。編集の段階では、金沢大学の学生諸君に手伝っていただいた。また、本論集の刊行は種々の事情で予定より大幅に遅れてしまった。著者の方々および日本地質学会には多大なるご迷惑をおかけしたことを深くお詫びしたい。

なお、原稿の査読には編集委員があたったが、われわれのカバーできない部分を下記の皆様をお願いした。ここに記してご協力をご感謝したい。

金川久一(千葉大学理学部)、君波和雄(山口大学理学部)、木村 学(大阪府立大学総合科学部)、森下知晃(金沢大学自然科学研究科)、西山忠男(九州大学理学部)、小畑正明(熊本大学理学部)、小澤一仁\*(東京大学理学研究科)、小澤大成(鳴門教育大学)、佐野 栄(愛媛大学教育学部)、志村俊昭(新潟大学理学部)、田切美智雄\*(茨城大学理学部)、高木秀雄(早稲田大学教育学部)、高橋奈津子(千葉大学理学部)、竹内 章(富山大学理学部)、滝沢 茂(筑波大学地球科学系)、寅丸敦志\*(金沢大学理学部)、豊島剛志\*(新潟大学理学部)、土谷信高(岩手大学教育学部)(\*印の方には複数の論文の査読をお願いした)。

1997年1月

荒井 章司・前田仁一郎・小山内康人・新井田清信

引用文献(本論集収録論文を除く)

- Arai, S. and Takahashi, N., 1986, *Ann. Rep. Inst. Geosci., Univ. Tsukuba*, 12, 76-78.
- Arai, S. and Takahashi, N., 1989, *Contrib. Mineral. Petrol.*, 101, 165-175.
- 在田一則・森 裕・岡崎正次・小倉清春・本吉洋一, 1978, 地団研専報, no. 21, 27-41.
- Arita, K., Shingu, H. and Itaya, T., 1993, *Jour. Mineral. Petrol. Econ. Geol.*, 88, 101-113.
- Frey, F.A., Shimizu, N., Leinbach, A., Obata, M. and Takazawa, E., 1991, *Jour. Petrol., Special Lherzolite Issue*, 211-227.
- Hashimoto, S., 1975, *Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ., Ser. IV*, 16, 367-420.
- 舟橋三男・橋本誠二, 1951, 地団研専報, no. 6, 38p.
- 舟橋三男・猪木幸男, 1956, 5万分の1地質図幅「幌泉」および説明書, 地質調査所, 64p.
- Ishihara, S. and Terashima, S., 1985, *Bull. Geol. Surv. Japan*, 36, 653-680.
- Kizaki, K., 1964, *Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ., Ser. IV*, 12, 111-169.
- Komatsu, M., 1975, *Jour. Geol. Soc. Japan*, 81, 11-28.
- 小松正幸, 1977, 海洋科学, 9, 65-70.
- 小松正幸・野地正保, 1966, 地球科学, 87, 21-29.
- 小松正幸・在田一則・宮下純夫・前田仁一郎・本吉洋一, 1979, 日本地質学会第86年学術大会講演要旨集, 289.
- 小松正幸・小山内康人・豊島剛志, 1981, 総合研究B「下部古生界-上部原生界」研究報告(代表, 加納 博), 79-84.
- 小松正幸・宮下純夫・前田仁一郎・小山内康人・豊島剛志・本吉洋一・在田一則, 1982, 岩鉱特別号, no. 3, 229-238.
- Komatsu, M., Miyashita, S., Maeda, J., Osanai, Y. and Toyoshima, T., 1983, *Accretion tectonics in the Circum-Pacific regions*. Terra Pub., Tokyo, 149-165.
- Komatsu, M., Osanai, Y., Toyoshima, T. and Miyashita, S., 1989, *Geol. Soc. London, Spec. Pub.*, no. 43, 487-493.
- Komatsu, M., Toyoshima, T., Osanai, Y. and Arai, M., 1994, *Lithos*, 33, 31-49.
- Kushiro, I. and Yoder, H.S., Jr., 1966, *Jour. Petrol.*, 7, 337-362.
- Maeda, J., 1990, *Tectonophysics*, 174, 235-255.
- 前田仁一郎・加々美寛雄, 1989, 日本地質学会96年学術大会講演要旨, 563.
- Maeda, J. and Kagami, H., 1994, *Jour. Geol. Soc. Japan*, 100, 185-188.
- Maeda, J. and Kagami, H., 1996, *Geology*, 24, 31-34.
- 前田仁一郎・末武晋一・池田保夫・戸村誠司・本吉洋一・岡村康成, 1986, 地団研専報, no. 31, 223-246.
- 宮下純夫, 1983, 地質雑, 89, 69-86.
- 森下知晃・荒井章司・高橋奈津子, 1995, 岩鉱, 90, 93-102.
- Nagasaki, H., 1966, *Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo, Sec. II*, 16, 313-346.
- Niida, K., 1974, *Jour. Geol. Soc. Japan*, 80, 31-44.
- Niida, K., 1975a, *Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ., Ser. IV*, 16, 511-518.
- Niida, K., 1975b, *Jour. Japan. Assoc. Min. Petr. Econ. Geol.*, 70, 265-285.
- Niida, K., 1977, *Jour. Japan. Assoc. Min. Petr. Econ. Geol.*, 72, 152-161.
- Niida, K., 1984, *Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ., Ser. IV*, 21, 197-250.
- 野地正保・小松正幸, 1967, 地球科学, 21, 11-26.
- Obata, M. and Nagahara, N., 1987, *Jour. Geophys. Res.*, 92, 3467-3474.
- 大平 安, 1926, 地質雑, 35, 105-147.
- Onuki, H., 1965, *Sci. Rep. Tohoku Univ., Ser. III*, 9, 217-276.
- 小山内康人, 1985, 地質雑, 91, 259-278.
- Osanai, Y., Toyoshima, T. and Komatsu, M., 1981, *Tectonics of paired metamorphic belts*. Tanishi Print, Hiroshima, 11-18.
- Osanai, Y., Arita, K. and Bamba, M., 1986, *Jour. Geol. Soc. Japan*, 92, 793-808.
- Osanai, Y., Komatsu, M. and Owada, M., 1991, *Jour. Metamorphic Geol.*, 9, 111-124.
- Osanai, Y., Owada, M. and Kawasaki, T., 1992, *Jour. Metamorphic Geol.*, 10, 401-414.
- 小山内康人・大和田正明, 1994, 地質ニュース, no. 478, 34-44.
- 大和田正明, 1989, 地質雑, 95, 227-240.
- Owada, M., Osanai, Y. and Kagami, H., 1991, *Jour. Geol. Soc. Japan*, 97, 751-754.
- Ozawa, K. and Takahashi, N., 1995, *Contrib. Mineral. Petrol.*, 120, 223-248.
- 佐伯圭右・柴 正敏・板谷徹丸・大貫 仁, 1995, 岩鉱, 90, 297-309.
- 酒匂純俊, 1963, 北海道立地下資源調査所報告, 30, 1-49.
- Shiba, M., 1988, *Jour. Metamorphic Geol.*, 6, 273-296.
- 柴 正敏・添田三博, 1996, 三鉱学会講演要旨集(金沢), 106.
- 志村俊昭, 1992, 地質雑, 98, 1-20.
- Shimura, T., Komatsu, M. and Iiyama, J.T., 1992, *Trans. Roy. Soc. Edinburgh. Earth Sci.*, 83, 259-268.
- Tagiri, M., Suzuki, H., Suzuki, K., Inazawa, T., Tosaki, K. and Shiba, M., 1988, *Jour. Mineral. Petrol. Econ. Geol.*, 83, 388-399.
- Tagiri, M., Shiba, M. and Onuki, H., 1989, *Geochem. Jour.*, 23, 321-337.
- 高橋 浩, 1992, 地質雑, 98, 295-308.
- Takahashi, N., 1991, *Jour. Mineral. Petrol. Econ. Geol.*, 86, 199-215.
- Takahashi, N., 1992, *Nature*, 359, 52-55.
- 高橋奈津子, 1996, 科学, 66, 428-436.
- Takahashi, N. and Arai, S., 1989, *Sci. Rep. Inst. Geosci. Univ. Tsukuba, Sec. B*, 10, 45-55.