

第258回地質調査所研究発表会講演要旨*

特集 オマーンオフィオライトと海洋地殻

オフィオライト問題の本質

荒井章司*

オフィオライトや海洋底の岩石ほど各研究者の立場の違いが明らかな研究対象は少ない。例えば、海洋底の諸過程に関する情報をもっぱらオフィオライトから得る立場と、もっぱら現在の海洋底そのものから得る場合とがある。これらの複雑な背景はオフィオライトの素性が一筋縄では理解できないことに起因しているといつてよい。両者の情報量のアンバランスにも注意が必要である。オフィオライトは地殻～マントルまで十分に露出している場合があり、各構成要素にわたって十分な物質的情報が得られる。一方、実際の海洋底では物質的情報は深度とともに指数関数的に乏しくなる。オフィオライトで確実に言えることは、その構成要素が複数の生成環境を示唆しているものが多いことである。したがって、一つの構成要素のみから生成環境を論ずることは本質的に誤りである。また、特にスーパサブダクション帯 (SSZ) の環境を示唆する岩石を含むことが多い。拡大中心を示唆する平行岩脈群の存在と合わせて、オフィオライトは縁海で生成されたものであるとされることが多い。しかしオマーンオフィオライトなどでは中央海嶺 (MOR) → SSZ という複数の環境での生成も考えることができる。ある種の海洋底地殻～マントルがオフィオライトとして陸上に現れるためにはプレートの obduction が必要である。subduction は obduction と対となるものであり、オフィオライト化の最終段階としての SSZ 環境はむしろ不可避であろう。したがって、特に大規模なオフィオライトの場合、最後に SSZ 段階を経験する可能性が高い。オフィオライト問題の解決にはその特性 (形成のプレート・テクトニック環境、平行岩脈の有無、噴出岩の性格付けなど) の系統的理解とともに、海洋底への超深層掘削が必要である。

(*金沢大学)

Keywords: ophiolite, mid-ocean ridge, supra-subduction zone

オマーンオフィオライト研究の意義と課題

宮下純夫*

アラビア半島の北西端に位置するオマーンオフィオライトは、世界最大で典型的なオフィオライト層序を有している。本オフィオライトに関しては、多数の研究者による様々な視点からの研究が精力的に行われている。こうして、本オフィオライトは世界でもっともよく理解されたオフィオライトとなった。にもかかわらず、いくつかの基本的な不一致が残されたままとなっている。成因を巡っては、高速拡大海嶺起源とする Nicolas などの見解 (Nicolas, 1989, 1995) と、沈み込み帯上のオフィオライトとする Alabaster *et al.* (1983) や Lippard *et al.* (1986) とが対立している。成因を巡る相違は、オフィオライトのエンプレースメントにいたる構造的プロセスやマグマチェンバーの形態、後期貫入岩類の貫入時期の設定とそれらの成因などに関しても異なる考えをもたらしている。また、斑れい岩の層状構造の成因に関しても、クリスタルセットリングを重視したものから、一枚一枚の層が貫入シートである、あるいは貫入関係であったものが剪断変形された結果であるとするものまで異なった考えが提案されている。オマーンオフィオライトは海嶺における様々な地質プロセスを3次的に解析できる場として極めて貴重な研究材料を提供しているが、オフィオライトの起源を解明していくうえでも試金石となっている。こうした様々な諸問題を解決していくうえで、精度の高い地質調査と系統的な岩石学的・地球化学的研究を総合的に行っていくことの重要性についていくつかの例を示した。例えば、海嶺軸と斑れい岩層の層状構造との関係を解明することで、マグマチェンバーモデルに関する論争に決着をつけられること、新鮮な岩石や鉱物を精度よく分析することにより、本オフィオライトの生成場に関する重要な制限を与えることが可能であることを紹介した。

(*新潟大学)

Keywords: ophiolite, Oman, ocean ridge, genesis

*平成11年2月18, 19日 本所 (つくば市) において開催

海嶺セグメント境界における海洋地殻の改編： オマーン北部地域の例

宮下純夫* 足立佳子*

オマーンオフィオライトでは海嶺セグメント境界における地殻深部-上部マントルでの地質プロセスを観察できる。昨年の調査により海嶺軸方向に沿った斑れい岩層の岩相変化が明らかになり、セグメント中心部も特定するにいった。今回は主に本オフィオライト北部のワジフィズ地域の海嶺伝播に伴う海洋地殻の改編現象と海嶺軸にそった斑れい岩の鉱物組成変化について報告する。

海嶺伝播先端部で形成された斑れい岩層は以下の特徴を示す。斑れい岩層の厚さが1 km以下と異常に薄く、モホ漸移帯も10m前後と極めて薄い。また、メラノクラティック層の出現頻度が少なく、鉱物線構造の発達も極めて弱い。斜長石には上部マントルで晶出したと思われるlow-An patchがしばしば含まれる。岩脈群には塊状斑れい岩の細脈によって更に貫かれており、アグマタイト化しているものがある。一方、多数のドレライト岩脈群によって貫入されている斑れい岩ブロックは、死滅しつつあるマグマチェンバーで形成されたとみなされる。これらには多様な岩相のものが認められるが、比較的分化した斑れい岩ノーライトが卓越している。以上の特徴は、重複海嶺における海嶺伝播の先端部付近において、別の海嶺セグメントで形成された海洋地殻を破壊して、まず岩脈群が貫入し、引き続いてマグマチェンバーが前進していったこと、後退しつつある海嶺下ではマグマ供給が絶ち切れ、分化した斑れい岩ノーライトが形成されたことを示している。一方、海嶺セグメントの中心部と見られる地域では、モホ漸移帯が厚く、斑れい岩中の鉱物線構造もよく発達している。メラノクラティック層の出現頻度も高い。マフィック鉱物の組成は、海嶺セグメントの先端部から中心へ向って、次第により未分化な値へと変化しており、海嶺軸方向に沿ったマグマ供給システムの変化を示している。 (*新潟大学)

Keywords: Oman, ophiolite, along ridge variation, ocean ridge, segmentation

斑れい岩の層状構造の特徴と垂直的鉱物組成変化

足立佳子* 宮下純夫*

オマーンオフィオライトの層状斑れい岩層にみられる層状構造は、鉱物量比の違い、粒度の違い、鉱物の定向配列の組み合わせで定義づけられる。鉱物量比の違いによる層状構造の厚さは、数mmから数10mまで多様である。層状斑れい岩体の全ての層準でこれらの記載を定量化す

ることは困難なため、代表的なルートで岩相柱状図を作成しサンプリングを行った。その結果、大きな単位では、数10m規模の優白質層、優黒質層の卓越するユニットが認識された。優白質層の卓越するユニットでは、比較的均質なかんらん石斑れい岩、斑れい岩に、かんらん石に富んだ層がリズムックに伴われる。これらの層状構造の成因を明らかにするために、層状構造と層序に対する主要鉱物の組成変化パターンを検討した。

Wadi Fizzh地域のモホ面直上300mの範囲の主要構成鉱物組成は、かんらん石Fo%, 斜長石An%, 単斜輝石Mg#が調和的に未分化から徐々に分化し、再び未分化へと急激に変化するパターンを示し、このパターンから11のユニットが識別された。このことはメルトの流入が何度もある定常的なマグマチェンバーが存在したことを示している。Wadi Sudum地域で得られた岩相柱状では、優黒質層卓越ユニット、優白質層卓越ユニットの関係が見られる。得られたサンプルの組成変化パターンは、ユニット境界部で単斜輝石のCr₂O₃含有量のギャップが見られるが、ユニット内部ではFizzh地域同様のジグザグとした変化パターンを示す。また、Fizzh地域の優白質卓越ユニットで得られたパターンからは、隣り合った鉱物量比の違う層ごとの組成の違いは、ジグザグとしたパターンで定義されるユニットの変化よりも小さいことが明らかとなった。以上のことから、優黒質層、優白質層それぞれが卓越するユニットは、分化程度の異なるメルトから形成されたことが予想される。 (*新潟大学)

Keywords: Oman, ophiolite, layered gabbro, layering, cryptic variation

斑れい岩中の斜長石組成累帯構造から推定される マグマの上昇・固結プロセス

足立佳子* 宮下純夫*

オマーンオフィオライト北部のFizzh地域の下部層状斑れい岩の斜長石には、二重の逆累帯構造が発達している。内部の逆累帯構造は、著しい組成のギャップを持つAn組成の低いパッチによって示される。このAn組成の低いパッチは、周囲に比べAn組成が20%低く、自形-半自形の比較的シャープな境界を持つ。一方、外側の逆累帯構造は、北部の斑れい岩層中において普遍的に観察される。両地域の斜長石は、均質なコアから大部分が構成されており、リム部で累進的にAn組成が3~5%高くなる組成変化パターンを示す。一方上部斑れい岩はリム部で著しい正累帯構造を示す。この組成累帯構造から、上部マントル-海嶺下マグマチェンバーでのプロセスがどのように追跡できるか検討した。

リム部の逆累帯構造の成因は、その組成変化パターン

から斜長石リム部の逆累帯構造は、物理・化学条件の変化により、斜長石ループの形が変化した結果生じたと思われる。水に不飽和なマグマでは、圧力が增大するとAn組成が減少し、水に飽和していたマグマでは、圧力が增大すると逆にAn組成が著しく上昇していく。このことから、リム部でのAn組成の上昇は間隙液中の水が増加したためと考えられる。それに対しAn組成の低いパッチは、約20%の組成ギャップを持つことから、周囲の斜長石よりも10kb程度高压の上部マントル中で晶出したことが予想される。

これらの斜長石の累帯構造から考えられる海嶺下のメルト上昇・固結プロセスは、上部マントルでのAnの低い斜長石の晶出とマグマチェンバーへの急激な上昇、上昇過程とチェンバー内でのAnの低い斜長石の溶解、チェンバー内下部でのAn組成の高い斜長石の晶出、結晶作用の最終段階では、間隙液中の水の増加に伴う逆累帯構造が形成される。一方チェンバー上部では、冷却速度が大きいため正累帯構造が形成された。

(*新潟大学)

Keywords: Oman, ophiolite, gabbro, plagioclase zoning, magma process

オマーンオフィオライトと海洋地殻の岩石磁気

木川栄一*

オマーンオフィオライトにおいて採取した岩石試料及びODP Leg 176, Hole735Bにおいて掘削された岩石試料について磁化測定を行なった。オマーンオフィオライトの結果から述べると、岩脈群のNRM強度の平均値は1.2A/mで、層の厚さが約1km程度であるので、磁気異常に寄与している層として考慮する必要がある。マッシュギャブ、レイヤードギャブの平均値は0.3A/m, 0.7A/mで、ギャブ層の厚さは約3~5kmであるので、磁気異常に寄与している可能性は高い。マントルペリドタイトはハルツバーグタイト1.8A/m, ダナイト12.2A/m, トロクトライト3.7A/mと高磁化強度で、磁気異常に寄与している可能性はやはり高い。また、Hole735BギャブのNRM強度は3.2A/mで、オフィオライト試料のギャブよりさらに高磁化強度である。以上のことより、縞状磁気異常の原因層としては、海洋地殻全層のみならず、上部マントルまで考える必要があるようである。オマーン・オフィオライト試料の安定磁化方位の偏角には3つの大きな傾向がみられた：1) 北向きを示す北ブロック、2) 90度東向きを示す中央ブロック、3) 南向きを示す南ブロック。この磁化方位を単純に説明するには、90度、180度の回転運動を想定しなければならないが、地質構造とは調和的でない。次に考えられるのは傾動運動であるが、古地磁気方位を説明するだけの傾動運動があったことを

示す地質学的構造はみられない。偏角が180度回転を示す南ブロックについては、磁化獲得時南半球にあり、その時の地球磁場が逆転していたとすれば説明できるが、北、南ブロックがそれぞれ、北半球、南半球で形成されたとすることや白亜紀のスーパークロンに逆磁極を想定することは一般的でない。得られた古地磁気方位を統一的に説明するには、今後さらに研究を進めることが肝要である。

(*海洋科学技術センター)

Keywords: magnetic anomaly, oceanic crust, ODP

モホの形成過程—オマーンオフィオライト北部、Wadi Fizh地域の例—

森下知晃* 荒井章司* 松影香子** 阿部なつ江**

オフィオライト層序の形成場、その後の改変過程を明らかにしたい。そこで、モホ面を超マフィック岩層とガブロ層の境界と定義し、モホの形成過程に注目した。モホ付近は下位よりハルツバーグタイト層、遷移帯層、層状ガブロ層によって構成されている。オマーンオフィオライト北部、Wadi Fizh地域の露頭観察をもとにモホ形成の1例を提案し、Wadi Hilti地域の予察的考察と合わせて、モホ形成の多様性を示す。Fizh地域の遷移帯の厚さは比較的薄く、20m弱である。層状ガブロ層、遷移帯層、ハルツバーグタイト層中の岩石の構造はほぼ平行で、モホ面の方向と調和的である。モホ下部及び直上のガブロの一部から眼球構造が観察され、塑性変形を受けたことが示唆される。また、モホ面上下においてネットワーク状のガブロが連続的につながっている。遷移帯の成因と観察事実を総合的に検討し、次のようなモホ形成モデルを提案する。かんらん岩中にマグマが上昇し、ネットワーク状のダナイトーガブロ・ダイクが形成される。ネットワーク状のダナイトーガブロ・ダイクがマントルの流動とともに変形を受け横倒しに伸張され、ガブロの多い部分(モホ直上)と少ない部分(モホ直下)が形成される。一方、Hilti地域では、モホ面がFizh地域と比べると入り組んでいる。モホ直上のガブロ層に、超マフィック岩の薄層が多産する。また、遷移帯層に相当する超マフィック岩層の中に、層状ガブロがレンズ状に点在している。オマーンの地殻セクションには、しばしばwehrlite intrusionとよばれる貫入岩体が存在する。Hilti地域のモホはwehrlite intrusionに関連したマグマティズムによって形成された超マフィック岩と、それ以前にすでに形成されていた層状ガブロとの境界とみなすことができる。

(*金沢大学 **東京工業大学)

Keyword: moho, Fizh, Hilti, transition zone, wehrlite intrusion

北部オマーンオフィオライトから読み取れる火成作用はどこで起きたものか? マントル, モホ遷移帯からの考察

松影香子* 荒井章司** 阿部なつ江* 坂本尚義*

マグマの初期形成過程を明らかにするために, マントル起源のハルツバーガイト, レルゾライトとモホ遷移帯のかんらん岩, ガプロ類の記載岩石学及び鉱物の主要元素, 単斜輝石の微量元素組成の検討を行った. その結果, 次の二点が明らかになった. (1) マントル部はスピネルのCr/(Cr+Al)原子比(Cr#)=0.15のレルゾライトから0.8のハルツバーガイトまで存在し, 非常に岩相, 組成変化に富む. そして非調和ダナイトや後期貫入岩がすくないセクションではかんらん岩は単純な部分熔融による普通の溶け残り岩(ガーネット安定領域で数%から10%, さらにスピネル安定領域で15%程度分別熔融した)の性質を示すが, 非調和ダナイトや後期貫入岩が多い部分では単斜輝石を含むにもかかわらず高Cr#のスピネルを含む“異常なハルツバーガイト”が見られる. これはMg/(Mg+Fe)原子比, 微量元素からみるとメルトの流入を受けつつ再熔融した可能性がある. 前者は海嶺, 後者は島弧などのマグマ活動に対応していた可能性がある.

(2) Hilti地域のモホ遷移帯(MTZ)のハルツバーガイトはマントルセクションの枯渇したハルツバーガイト(上記の溶け残り岩の一番枯渇した岩相)とは対照的にメルト成分に富み, MTZのガプロ類と似たREEパターンを持つ. これはメルトが付加したことを示唆する. またこの付加したメルトの組成(単斜輝石の微量元素から計算された)を見るとN-MORBによく似ている. 以上の結果から, 北部オマーンオフィオライトの基本的な火成岩的, 化学的構造は海嶺などN-MORBに関係するような拡大中心で形成され, その後, 島弧的なマグマ(メルト)の流入による二次的な組成改変を受け, 現在に至ったものと考えられる. (*東京工業大学 **金沢大学)

Keywords: moho transition zone, mantle, mid-ocean ridge, island arc, melting process

海洋性マントルの部分熔融とその深度の考察

高澤栄一*

1998年の調査で北部オマーンオフィオライトのマントルセクションの基底から2種類のレルゾライトを発見した. 第一のタイプ(これよりType I とする)は, Wadi Sarfahにおいて, マントルセクションの基底から200メートル上位に見い出された. 一方, 第二のタイプ(Type II とする)は, Wadi SarfahとWadi Rayyにおいて, マントルセクションとメタモフィックソールの境界のすぐ

上位で見つかった. Type I は塊状で面構造が発達するが, Type II は板状でハルツバージャイトとダナイトの層を伴う. かんらん石のFo組成は両タイプとも90.6-91.1の組成範囲にはいる. スピネルのCr/(Cr+Al)モル比はType I で0.26-0.30, Type II で0.14-0.16の組成範囲を示す. Type I とType II ともに全岩のMgO組成範囲は一致する(Type I のMgO41.1-42.3wt.%; Type II のMgO41.2-41.8wt.%)が, 単斜輝石の組成の違いを反映して, Type II の全岩のNa₂OとTiO₂量はType I よりも明らかに高い. すなわち, Type I がNa₂O 0.02wt.%, TiO₂ 0.02wt.%であるのに対し, Type II はNa₂O 0.12wt.%, TiO₂ 0.07wt.%である. Type I レルゾライトとハルツバージャイトは, Naに極度に枯渇していることから, スピネル安定領域におけるMORBソースマントルの部分融解にともない形成された溶け残りかんらん岩であると考えられる. 一方, Type II レルゾライトの形成として, 次のようなモデルが考えられる.

(1) 大陸下マントル断片の捕獲, (2) メルトとの反応によるType I レルゾライトへのNaとTiの付加, あるいは, (3) 通過するメルトから輝石が晶出し, ハルツバージャイトを再肥沃化などである. (*新潟大学)

Keywords: Oman, ophiolite, lherzolite, melting

オマーンオフィオライトはどの程度, どの様に非海洋的か?

荒井章司* 角島和之* 森下知晃*

オマーンオフィオライトの生成環境を正しく理解する必要がある. Nicolasらは本質的に中央海嶺(MOR)起源であるとしており, Pearceらはスブラサブダクション帯(SSZ)起源であるとしている. 同オフィオライトの噴出岩だけをみると, 下位のMORB的なものと上位の島弧マグマ的なものがあり, その複数の環境での生成は確実である. より深部に位置する岩石ではどうであろうか? 上部マントル部分について調べるために, 北部オマーンオフィオライトの現世のワジ堆積物中の碎屑性クロムスピネルを検討した. ここではワジはほぼ西から東に下位から上位に流れている. その10ヶ所のワジのモホ遷移帯の下位すなわち上部マントルの最上部で砂を採集した. これらの堆積物には地殻部部分からの由来物をほぼ欠くことが期待される. また, 碎屑性クロムスピネルはワジの流域に露出する岩石からほぼ一様に供給されることが期待されるため, 碎屑性スピネルの吟味はマントル部分のクロムスピネルの組成範囲を概観するのに極めて簡便な優れた方法である. 詳細は角島・荒井の報告を参照されたい. 碎屑性クロムスピネルはCr/(Cr+Al)原子比(=Cr#)がほぼ0.4~0.8の範囲を示す. 半数以上の粒子が0.6以上のCr#を有することが注目される. また, TiO₂含有量

は1.2wt%以下であるが、Cr#0.4~0.6のもので高くなる傾向がある。クロムスピネルのは島弧のかんらん岩では0.6を越えることが普通であり、しばしば0.8を越える。一方、海洋底より得られるかんらん岩およびトロクトライトでは0.6を越えることが極めて希である。したがって、クロムスピネルの組成でみるかぎり、オマーンオフィオライトのマンテルは極めて非海洋的であると言える。予察的な露頭観察により、非調和性ダナイトおよびその周囲のみが高い(>0.6) Cr#のスピネルを有することが判明した。これによりMOR—SSZの環境変化が読みとれる。

(*金沢大学)

Keywords: Oman, ophiolite, upper mantle, detrital chromian spinel, supra-subduction zone, mid-ocean ridge

砕屑性クロムスピネルの重要性 —オマーンオフィオライトでの例—

角島和之* 荒井章司*

現世の河川堆積物中のクロムスピネル(砕屑性クロムスピネル)は、かんらん岩体の岩石学的性質の指示者として有用である。このことをリザードオフィオライトとオマーンオフィオライトの例から検証する。本研究では堆積物中のクロムスピネルを分離するために磁石を用いている。これは、クロムスピネルに磁鉄鉱やフェリットクロマイトなどの細脈やリムが見られるためである。

イギリス・コーンウォール半島最南端、リザードオフィオライトでは、Cr# (=Cr/[Cr+Al] 原子比) が0.1~0.6という広い組成範囲を示す砕屑性クロムスピネルが分離された。このことは磁気による分離においても低Cr#のものが得られるということを示している。またオマーンオフィオライトでは、高Cr#のものが多く得られているので、高Cr#の砕屑性クロムスピネルの分離にも適した手法であると言える。つまり広い組成範囲を概観することができる。さらにオマーンの砕屑性クロムスピネルの化学組成範囲と非調和性ダナイトの規模には相関があるということが明らかになった。

オマーンオフィオライトでの本研究の問題点は、砕屑性クロムスピネルの量比から露頭でのダナイト/ハルツバージャイトの量比が見積もれるかどうかである。各岩相でクロムスピネルの粒形、サイズ、モードが違うこと、またクロムスピネルの化学組成の違いによって変質・破壊に対する強度が違うことなどの要因が複雑に絡み合っているために、現時点では見積もれない。しかしながらスピネルの化学組成と強度との関係が実験などで明らかになれば、砕屑性クロムスピネルからさらに多くの情報を読みとることが出来るようになる。 (*金沢大学)

Keywords: detrital chromian spinel, ophiolite, Oman, Lizard, peridotite

オマーンオフィオライトの 上部マンテルかんらん岩の多様性

角島和之* 荒井章司*

オマーンオフィオライトのマンテルセクションはハルツバージャイト、調和性および非調和性ダナイトより構成される。調和性ダナイトは、しばしば非調和性ダナイトに連続している。また非調和性ダナイトは、かんらん石中の包有物やスピネルラメラのために露頭で黒ずんで見えることが多い。後期貫入岩体を構成するダナイトとは、単斜輝石を含まないことで明瞭に区別できる。

ハルツバージャイト中のクロムスピネルは、Cr#が0.5から0.6であるのに対して、調和性および非調和性ダナイト中のクロムスピネルはそれぞれ、Cr#が0.4~0.6、0.5~0.8と比較的広い組成範囲を有する。また調和性ダナイト、ハルツバージャイト、大部分の非調和性ダナイトの順でかんらん石のFo値は減少する。しかしながらネットワーク状の非調和性ダナイトの一部にはCr#0.8、Fo値93に達するような、ハルツバージャイトよりもメルト成分に枯渇した特徴を示すものも存在する。鏡下においてはほとんど区別が付かないが、非調和性ダナイトがほとんど見られなかったWadi Thuqbarでは、Cr#が0.6を越えるようなスピネルを含む岩相が存在せず、もっとも海洋的な性質を示したマンテルセクションを見ていると考えられる。

以上のことからダナイトは少なくとも3種類存在し、調和性ダナイトが形成された後に非調和性ダナイトが形成されたこと、非調和性ダナイトには化学組成で明瞭に分けられる2種類があることがわかった。各岩相を形成したプロセスを明らかにするには露頭スケールでのさらに詳細な検討が必要であろう。 (*金沢大学)

Keywords: Oman, ophiolite, peridotite, discordant dunite, concordant dunite

オマーンオフィオライトのマンテル・セクション から得られた単斜輝石の微量元素

阿部なつ江* 荒井章司** 角島和之**
松影香子* 森下知晃** 塚本尚義*

オマーンオフィオライトのマンテルかんらん岩は、スピネル(以下Sp)のCr#が0.15 (Iherzolite) ~0.72 (harzburgite) まで、幅広い組成変化を示す。松影ら(本

講演)は、その構成鉱物の主要元素組成から、これらのマントルかんらん岩は、lherzoliteからSpのCr#が0.5程度のharzburgiteまでは海洋拡大軸下のような条件でほぼ単純なメルト抽出により形成されるが、SpのCr#が0.5以上のharzburgiteは単純なメルト抽出では形成されないことを示した。また角島・荒井(本講演)及び荒井ら(本講演)では、同地域から得られた碎屑性クロムスピネルの組成や、かんらん岩中のduniteの多様性から、このマントル物質が海洋底で形成された後に島弧的な火成活動により岩石学的に変化している可能性を指摘した。そこで微量元素組成から、このような二段階のかんらん岩形成過程を同定する試みを行った。試料は、松影ら(本講演)によって構成鉱物の主要元素組成が示された物を用い、微量元素濃度は、SIMS(二次イオン質量分析法)を用いて試料中の単斜輝石について測定した。更に得られたデータを、Abe(1997)による様々なテクトニックセッティングから得られるかんらん岩中のCpxデータと比較した。その結果、やはりlherzolite(Sp Cr#=0.15)からharzburgite(Sp Cr#=0.55)までは、ほぼ単純なメルト抽出(多くの海洋底かんらん岩形成と同様な)により形成され、Sp Cr#=0.55以上の枯渇したharzburgiteは、単純なメルト抽出では形成されないことが明らかになった。後者はAbe(1997)が示す島弧産かんらん岩捕獲岩(ウエッジマントル物質)中の単斜輝石と同様な微量元素組成変化を示すことから、沈み込むスラブの上のマントル条件下で、スラブから放出されたメルト/流体とマントルかんらん岩との相互作用によって形成されたことが示唆される。

(*東京工業大学 **金沢大学)

Keywords: Oman, ophiolite, mantle peridotite, wedge mantle, MORB source

オマーンオフィオライトにおける後期貫入岩体の岩石学的性質

上杉次郎* 松影香子** 荒井章司*

オマーンオフィオライトでは、ほぼ全域にわたり、地殻部を貫き後期貫入岩体、いわゆるウェールライト・イントルージョンが存在している。この貫入岩体は、off-ridgeでの活動により形成されたと考えられている。地表に露出しているオフィオライトから海洋での火成活動の様子を読み取るためには、その形成から地表にのし上げるまでに受けた改変の様子を知る必要がある。Juteau *et al.*(1988)は、ウェールライトなどの後期貫入岩体がオマーンオフィオライトの地殻部に占める割合は20-40%に及ぶと報告している。これは、ウェールライト・イントルージョン形成によりオマーンオフィオライトが大きな改変を受けたことを示唆しており、オマーンオフィオライトの発達

史を解説するうえで、ウェールライト・イントルージョンの起源は非常に重要であるといえる。Juteau *et al.*(1988), Ernewein *et al.*(1988), Benn *et al.*(1988)は、野外観察から、ウェールライト・イントルージョンをモホ遷移帯に存在したマグマが上昇したものと考えた。なかでもBenn *et al.*(1988)は、ウェールライトマグマは、“impregnated dunite”(ダナイトの粒間にマグマが浸入したもの)が流動化して出来たクリスタル・マッシュであると考えた。ウェールライト・イントルージョンは島弧的な環境を示す噴出岩とつながっている。また、今回Wadi Hiltiの斜長石ウェールライトからCr#=0.6~0.7のスピネルが普遍的に確認された。このようなCrに富むスピネルは海洋底の岩石からはこれまで報告されておらず、むしろ島弧の岩石中のスピネルに近い。ウェールライト・イントルージョンの起源マグマは島弧的な環境においてもたらされた可能性が高い。

(*金沢大学 **東京工業大学)

Keywords: Oman, ophiolite, wehrlite intrusion, crystal mush, spinel, island arc

斑れい岩層における高温剪断帯

小原友弘* 宮下純夫* 足立佳子*

オマーンオフィオライト、モホ付近の層状はんれい岩体中には、著しく剪断変形を被ったN-Sトレンドを持ったマイロナイト帯が分布する。これらマイロナイト帯の情報を得ることにより、オマーンオフィオライトの形成テクトニクスに制約を与えることが可能となる。本講演では、Wadi Sudum, Wadi Fizh, Wadi Zabin地域に分布するマイロナイト帯の構造要素、剪断センス、形成時期を報告する。

マイロナイト帯は主にはんれい岩、超苦鉄質岩を原岩として幅数10m~数mの規模で発達する。Wadi Sudum, Wadi Fizh地域のマイロナイト帯はともに層状はんれい岩の層状構造を高角度に切って発達する。Bat(Wadi Zabin)地域の野外観察結果から、マイロナイト化は、少なくとも塊状はんれい岩固結後に行われた細粒はんれい岩、普通角閃石斑状細粒はんれい岩の貫入後に行われた。普通角閃石斑状細粒はんれい岩はマイロナイト化を被っており、含有される斑状普通角閃石ポーフィロクラストは淡褐色を呈し、マイロナイト化に伴う後退変成作用により単斜輝石を置換して形成された淡緑色角閃石ポーフィロクラストとは化学組成が異なるものと考えられる。この褐色普通角閃石を含有する岩石は海嶺ステージの火成活動では報告されておらず、より後期ステージのカルク・アルカリックな火成活動を示唆するものと考えられる。よって、モホ付近のはんれい岩体中に発達するマイロナ

イト帯はそれ以後のテクトニックイベントに関連して形成された可能性がある。

これらマイロナイト帯は、ほぼN-S走向で、西に急～中程度傾斜する面構造とは、ほぼN-S方向水平で走向方向にほぼ平行な線構造を持つ。野外および鏡下による剪断センスの検討の結果、ほぼ全てのマイロナイト帯において左ずれの剪断センスを示すマイロナイトが卓越する。

(*新潟大学)

Keywords: Oman, ophiolite, mylonite zone, sinistral sense shear

オマーンオフィオライト火山岩類の地球化学的特徴

石川剛志* 永石一弥* 海野 進*

オマーンオフィオライトの火山岩類は層序的に下位よりGeotimes volcanics, Alley volcanics, およびSalahi volcanicsの3つに大別される。これらのうち、Geotimes volcanicsが中央海嶺起源か背弧海盆起源かについては未だ意見の一致をみておらず、また、Alley volcanicsがどのような「島弧」で形成されたのかについてもほとんど理解されていない。その最大の理由はオマーンオフィオライトの火山岩の大部分が熱水変質を受けており、当初の化学組成を完全には保っていないことにある。この問題を打開する方策として、(1) Alley volcanicsのごく一部に見られる新鮮な試料に対して多角的な分析を徹底して行うこと、および(2) 未変質のまま残されている単斜輝石斑晶の化学組成を用いて熱水変質を受ける前の火山岩の組成を推定することを提案する。本研究におけるAlley volcanicsの新鮮な試料の化学分析からは、層序的に下位にある安山岩溶岩がRb, B, Kに著しく富んでいながらPb, Sr, Baに比較的乏しい島弧火山岩としては特異な組成を示すこと、一方、層序的に上位にある流紋岩溶岩はRb, Ba, B, K, Pb, Srに富む、島弧火山岩一般に見られる組成を示すことがこれまでに明らかになってきている。このことはAlley volcanicsのマグマ形成に関与した水を主体としたフルイドの形成過程が時間とともに変化したことを示している可能性がある。また、第四紀火山岩中の単斜輝石斑晶を用いて予備実験を行った結果、単斜輝石の微量元素組成と単斜輝石/メルト間の分配係数を用いて単斜輝石と平衡に共存していたメルトの微量元素(6元素)組成を推定することが技術的に可能であることがわかった。今後この手法をオマーンオフィオライトの火山岩に適用していく予定である。

(*静岡大学)

Keywords: Oman, ophiolite, volcanic rock, geochemistry, trace element

オマーンオフィオライト形成に関連した海洋底衝上断層の運動像

釘宮康郎* 溝上周作* 山浦洋平* 増田俊明*

アラビア大陸の先端にあるオマーン王国には、世界で最も大規模なオマーンオフィオライトが幅100km、長さ400kmにわたって分布する。このオフィオライト下底には、メタモフィックソールと呼ばれる変成岩が存在する。海洋プレート内で起こった海洋底衝上断層運動により、衝上しつつある海洋プレートのマンツルの熱が、もう一つの海洋プレート上の堆積物に変成作用をおよぼして出来たダイナモサール変成岩がメタモフィックソールである。この変成岩は、上位のマンツルかんらん岩に向かって変成度が高くなる逆温度構造を特徴とし、さらに地温勾配が最大4000°C/kmという異常なものであることが知られている。そして岩石の流動方向を示す鉱物の配列線構造があるとされている。この変成岩に残された変形構造が海洋底衝上断層運動の運動像を解明するために重要な手掛かりを与えてくれるものと考えられる。

オマーン山脈北西部、アルワシット地域のメタモフィックソールには、かんらん岩に向かって低変成度から高変成度のメタチャート塩基性角閃岩が分布している。このメタチャート・角閃岩には、フィッシュ組織を示す鉱物、ブーディン構造、斜長石ポーフィロクラストシステムなど様々な変形組織が残されている。また、低変成度の角閃岩の片理面上には、鉱物配列線構造が認められるが、高変成度の角閃岩には、鉱物配列線構造がほとんど認められない特徴を示す。現時点でのアルワシット地域の地質と岩石組織から、オマーンオフィオライト形成に関連した海洋底衝上断層を考えると、これまでの、この変成岩が約2000kmも移動したという最近の研究による海洋底衝上断層モデルでは都合が悪く、何か別のモデルを考へることを示している。

(*静岡大学)

Keywords: metamorphic sole, Al Wasit area, deformation, mineral lineation, boudin

メタモフィックソールの変形様式、特に線構造について

増田俊明* 釘宮康郎* 青島逸子*
原由生子* 伊計秀明*

メタモフィックソールの変形様式は、海洋底衝上断層運動に伴って起こったと考えられている。従って、その岩石に記録されている変形現象は海洋底衝上断層運動のキネマティクスやダイナミクスを反映しているはずである。本報告では、ワジタイン地域で得られたメタモ

フィックソールの岩石, 特にメタチャートに見られる線構造についての構造岩石学的研究を紹介する. 線構造として面構造に平行な面上で次の5つのものが識別できる.

(1) 石英粒子の長軸の配列による線構造, (2) 柱状鉱物(紅簾石など)の長軸の配列による線構造, (3) プレッシャーフリンジによる線構造, (4) 編構造に高角な破断面と面構造が構成する交叉線構造, (5) バブルプレーンの交叉線構造. これらの線構造は互いに平行ではなく, この地域のメタチャートが受けた変形現象が単純ではないことを示している. (*静岡大学)

Keywords: metamorphic sole, lineation, intraoceanic thrusting, Wadi Tayin, metachert

鉱物線構造の認定法

—オマーンの変成岩を例として—

増田俊明* 釘宮康郎* 青島逸子*

原由生子* 伊計秀明*

変形変成岩には, 面構造や線構造が普遍的に見られるが, その科学的解析法についてはまだ十分に検討されていない. ここでは, オマーンの変成岩の鉱物線構造を例として, 線構造を統計的方法で検討した結果について紹介する. この方法はフォンミーゼス分布の確率密度関数を利用して, 面構造上での柱状鉱物の長軸の方向をデータとして, 方位の分布を確率密度関数でフィッティングすることで, 平均方位, 方位集中度パラメーターなどを求めることが出来る. これらは, ある危険率(例えば5%)で, 方位のエラーバーを求めることが出来る. また, 分布がランダムであるかどうかを検定することにより, 積極的に線構造を持っていないことを示すこともできる.

(*静岡大学)

Keywords: mineral lineation, metamorphic sole, Oman, von Mises distribution

オマーンオフィオライトのシート状岩脈群構造とセグメンテーション

—北部オマーン山脈・ソハール周辺について—

海野 進* 中目 大* 当山奈々美*

杉山佳子* 堀田史子*

アラビア半島東縁のオマーンオフィオライトのうち, オマーン北部ソハール周辺の延長60kmに及ぶシート状岩脈群の構造とセグメンテーションについて調査した.

岩脈は上位の溶岩層と貫入関係と断層で接し, 両者の境界は鉛直方向に100m以上の起伏がある. 深成岩体—岩

脈群の遷移帯は厚さ30m足らずで, 100%岩脈から同化された岩脈の捕獲岩に富む葉片状ガプロを経て, ドレライト組織を持ったガプロに移り変わる. さらに下位には葉理構造を有するガプロが現れることがある. 2526枚の岩脈のうち99.3%が単純岩脈で, 重複岩脈は稀である. 1m以下のものが64%を占め, 20cm以下の薄い岩脈も27%に達している. 多くは無斑晶質で, シート状岩脈群の上部では細粒~粗粒の玄武岩組織を有するが, 中部から下ではドレライト組織を示す. 岩脈群最下部からガプロへの遷移帯にかけては粗粒化が顕著で, マグマ溜り直上の高い温度勾配と調和的である. 岩脈は概ね南北走向で西に急傾斜するが, 局地的には40-60度と緩傾斜であったり, 東傾斜の場合がある. Wadi Jizi以北の岩体はWadi Khabiyat-Wadi FizhとWadi Haylにある左ずれの脆性剪断帯で区切られる. 褶曲を戻し, 元の構造を復元すると, 岩脈群は, Wadi Bani Umar al Gharbi付近で屈曲する延長10kmと15kmの2つのセグメントからなる. セグメント境界では岩脈は徐々に折れ曲がったり, 走向の異なる岩脈が互いに貫入する. また, 地殻が薄く, 岩脈の平均層厚がやや厚く, 分化した岩脈が現れる. これは拡大軸の折れ曲がりや, 小規模なオフセットに相当するものと思われる. 岩脈の平均層厚は北に向かって厚くなる傾向が認められる. これは南方のWadi Farfarにマグマの供給中心があり, 北方のWadi Fizh付近に伝播性拡大軸の先端があったとする考えと調和的である. (*静岡大学)

Keywords: Oman, sohar, sheeted dike, segmentation, ophiolite

熱水変質作用は海洋地殻のどの深さまでおよんでいるのか?

石塚英男*

海嶺近傍の熱構造を考慮した従来のモデルでは, 海底熱水活動に因る海洋地殻の変質作用はだいたいどの海域でも同じような深さ(ハンレイ岩層の上位部)で消滅するとされていた. ところが, 非常に変質の程度の進んだ, あるいは温度の高い変質ハンレイ岩の記載があることも事実である. そこで, 海底熱水活動の影響はどれくらいの深度まで認められるか, という観点から海洋底から採取された変質岩(主に, 変質ハンレイ岩)を再検討した. 特に, 潜水艇「しんかい6500」により調査・試料採取の行なわれた大西洋中央海嶺のケーン・トランスフォーム断層西部地域について詳しく検討した. その結果, 試料採取海域により熱水の活動度がかなり異なることが明らかになった. とりわけ変質の程度や温度が高い試料(角閃石グラニュライト相まで達している)は, トランスフォーム断層沿いや第2~3次のセグメント境界付近から

採取される傾向が認められた。これらの試料はいずれも変質ハンレイ岩である。他の海域からは非常に新鮮なハンレイ岩が採取・報告されている。ただし、前述のトランスフォーム断層やセグメント境界付近からも新鮮なハンレイ岩は報告されている。これらのことは、海底熱水活動のおよぶ深さは海域によってかなり変化があること、さらに一つに海域内でも構造的要素（トランスフォーム断層やセグメント境界の有無など）によって異なることを示している。このことより、構造的要素の顕著な海洋地殻では、熱水が深部まで循環していることが考えられ、その程度や温度も深部ほど高くなっていることが予想される。熱水活動の強弱を示す指標として変質鉱物の鑑定とモード測定をオフィオライトの上位から下位への複数ルートで行なうことにより、オフィオライト分布地域内に過去の構造的要素（トランスフォーム断層やセグメント境界）を見出すことができるかも知れない。

(*高知大学)

Keywords: hydrothermal alteration, transform fault, segment boundary, metagabbro

オマーンオフィオライト地殻部分の熱水変質作用

長谷部佐智子*

オマーンオフィオライトの地殻部分（枕状玄武岩・ドレライト岩脈・plagiogranite・ハンレイ岩）に認められる変質作用について、変質鉱物の出現・消滅関係とモード測定による変質程度の解析からその岩石学的な特徴を明らかにすることを試みた。鏡下観察から、オフィオライト上部から下部へ向かって次の様な鉱物組み合わせの変化が認められた：(1) エピドート+緑泥石+沸石類、(2) エピドート+緑泥石+プレーナイト、(3) プレーナイト+角閃石+エピドート+緑泥石、(4) 角閃石+エピドート+緑泥石、(5) 角閃石+緑泥石。パンペリー石は観察されなかった。これらのことから、調査地域のオマーンオフィオライトは、火山岩層から深成岩層に向かって、沸石相からプレーナイト・アクチノ閃石相、緑色片岩相、角閃岩相に分類され、上位から下位へ向かって温度が上昇したことが推定される。また、プレーナイト・アクチノ閃石相の出現は、この変成相が低圧型変成帯の低変成度域に特徴的に出現することから、このオフィオライトの変質作用が極めて圧力の低い条件下で起きたことを示している。また、脈の出現様式の観察から、次の様な脈の出現順序が明らかになった：(1) 角閃石、(2) エピドート、(3) プレーナイト+エピドート、(4) 方解石。このことから、オフィオライトが拡大軸から遠ざかるにつれて、より低温の熱水循環によって二次的、あるいは三次的な熱水の影響を受けたことが考えられる。

一方、モード分析によって得られた変質鉱物の量を変質の程度としてストロンチウムおよび酸素同位体比との比較を行なったところ、変質の程度は深さと共に強くなる傾向があり、両同位体比ともよい相関が認められた。しかし、一部においては非調和的なこともあり、これについては、熱水循環によるものだけではなく、後の貫入岩（ウェールライト）の影響があるものと思われる。

(*高知大学)

Keywords: Oman Ophiolite, prehnite-actinolite facies, hydrothermal alteration, alteration degree, isotope ratio

DSDP/ODP掘削孔504Bの最近の知見

石塚英男* 綾木查知*

掘削孔504Bの最新の二つの知見について報告する。一つ目は、Seismic Stratigraphyの変更についてである。従来、504B孔ではlayer-2/3の境界はsheeted dike swarmと下位に存在するであろうgabbroの境界がそれにあたりとされてきた。しかし、最新のLeg148のloggingにより、504B孔ではsheeted dike complexの中ほど（深さ約1250m）でVpがlayer-3を特徴付ける約6.5km/sに到達し、それより深部では深さに対するVpの増加がそれより上部のものより小さくなる事実が見いだされ、その位置がlayer-2/3の境界であるとの見解が発表された。その原因として、変質鉱物のモード量、すなわち、下位に向かって緑泥石が減少し、角閃石が増加することが提案された。Vpは緑泥石の方が角閃石よりはるかに遅い。この境界はプレーナイト・アクチノ閃石相から緑色片岩相への境界反応、プレーナイト+緑泥石=アクチノ閃石+緑簾石、が生じていると思われる位置ともほぼ一致しており、いわゆるmetamorphic frontがlayer-2/3の境界であるとの見解を指示する。二つ目は、Leg148で得られた試料により明らかになった504B孔の最深部域（2000-2111m）の変質作用についてである。同部分では角閃石と緑泥石と変成斜長石は全ての試料で安定に存在するが、緑簾石は上部～中部でのみ安定であり、下位部では出現しない。これらから、504B孔の最下部は緑簾石-角閃岩相から角閃岩相に相当する変成度に達していると考えられる。一方、モード測定による変成の割合は最下部に向かって減少しており、このことはSr同位体比の下位減少傾向とも調和的である。これらのことから、504B孔は下位に向かって変成度は上昇しているが、変成の割合は減少しているものと考えられる。

(*高知大学)

Keywords: Site 504B, seismic layer-2/3 boundary, metamorphic front, hydrothermal alteration

軽元素の安定同位体比から見た オマーンオフィオライト中の熱水循環

千葉 仁*

オマーンサマイルオフィオライト中の熱水循環の深さと物質移動を知るために、Wadi Fizh沿いの海洋底からモホまでの連続試料の酸素同位体比、イオウ濃度、イオウ同位体比を測定した。オフィオライトのユニットごとに見ると、枕状溶岩のユニットは、200°C以下の低温の熱水が大きな水-岩石比で最終的に循環したことが酸素同位体比から推察される。シート状岩脈部では、水-岩石比を1と仮定すると最も高温の斑レイ岩相との境界部付近では、350°Cを越える温度で熱水が循環していたと推定できる。変質した斑レイ岩は、変質温度を500°Cと仮定すると水-岩石比が0.1で熱水と反応していたことが推測される。なお、全岩の酸素同位体比は、ストロンチウム同位体比と正の相関を示す。イオウの濃度は、酸素同位体比やストロンチウム同位体比と相関を示さない。枕状溶岩のユニットでは、イオウの溶脱が激しく起きたためイオウ濃度の低くなっていることが観察される。シート状岩脈部の試料では、溶脱のためにイオウ濃度が低下しているものと、もともとの火成岩起源のイオウより高濃度を持つものが存在する。イオウ同位体比の測定結果から、高濃度のイオウを含む変質試料は熱水からの硫化物の沈殿の結果、イオウの濃度が上昇していることが明らかとなった。斑レイ岩中では、変質していない試料ではイオウ濃度、イオウ同位体比とも火成岩起源のイオウの値に近いものも存在している。斑レイ岩ユニットの下部までは、イオウの溶脱が起きていないことが示唆される。シート状岩脈部の平均イオウ濃度と火成岩の平均的なイオウ含有量を用い、熱水対流セルの大きさを仮定して溶脱したイオウの量を見積もると、現在陸上で見つかった熱水成鉱床を作るのに十分な量のイオウが溶脱されていることがわかった。

(*岡山大学固体地球研究センター)

Keywords: ophiolite, oxygen isotope, sulfur isotope, hydrothermal circulation

ストロンチウム同位体に基づく オマーンオフィオライトにおける熱水変質

川幡徳高* 野原昌人*

海嶺における高温の熱水活動は、熱と物質の輸送に関して大きな役割を果たしている。海洋地殻全体にわたる熱水活動の情報はドレッジ、掘削の他にオフィオライト岩体から得ることができる。特に、オマーンオフィオラ

イトおよびトルードスオフィオライトはほぼ完全な乱されない層序を保っており、海洋地殻全体の岩石-海水の化学反応について考察するには最もよい情報を提供してくれると考えられる。オマーンオフィオライトのWadi Fizhに沿って、当時のモホ面から海底面までの断面について、連続的に岩石を採取した。海水がどの位の深度まで浸透していたのかを知るには、ストロンチウムの同位体比が最も適している。未変質のハンレイ岩の同位体比(ストロンチウム87/86比)は0.70340という値を示しており、Wadi Fizh付近の海洋地殻のオリジナルの組成を表していると考えられる。他の試料はほとんどは海水起源の高いストロンチウム同位体の汚染を受けていることを示している。水/岩石比は反応系の組成を表す指標である。もし、岩石中と海水中のストロンチウム濃度を50ppmと8ppm、オリジナルの岩石と海水の同位体比を0.7033と0.7077、ストロンチウムの同位体比が交換反応であったと仮定すると、シート状岩脈中の玄武岩とダイアベースでは水/岩石比は約3、ハンレイ岩層中の石英に富む脈やエピドート脈の場合はそれぞれ4と3、また、シート状岩脈中の完全に変質した岩石は4であった。これらのことは、ハンレイ岩層あるいはシート状岩脈まで到達した熱水の組成は、水/岩石比が3-4で反応した組成をもっており、極めて組成の類似した熱水が海洋地殻深所まで到達していたことが示唆される。

(*海洋地質部)

Keywords: hydrothermal circulation, strontium isotopic composition, Oman, ophiolite

オフィオライトの形成とテクトニクス —特にオマーン北部のモホ周辺の地質—

小川勇二郎* 藤岡換太郎** 石井輝秋***
柴田次夫† 佐藤 暢*** 平野直人*

オマーンオフィオライト中で、モホ面付近が最もよく観察される、Fizh blockのいくつかのwadiを中心に、その地質を観察し、従来の見解に加えていくつかの新しい知見を得た。調査したwadiは南から、Wadi Sudum, Wadi Hilti, Wadi Jizi, Wadi FizhおよびWadi Zabinである。モホはいわゆるseismic mohoとpetrologic mohoとがある。seismic mohoの境界は岩相から、上位のgabbroic rockと下位のultramafic rock(双方ともcumulate)の間に引けるため明瞭であり、その広域的マッピングも容易である。ただし、その境界が極めてシャープな場合と漸移的な場合とがある。一方petrologic mohoはultramafics内部のcumulateと下位のresidueとの境界であり、そこには各種のintrusiveが存在する。seismic mohoはgabbroのsillやcumulateが急に出現する部分にシャープに引ける。layered gabbroにはあたかも堆積岩のようなgrading, cross

bedding, growth fault, slumpなどが普通に見られる。また、所々に褶曲や逆断層も発達する。それらはしばしば東フェルゲンツとなり、一般に信じられているOman Ophioliteの西方へのobductionのセンスとは逆である。特にWadi ZabinのBat周辺ではそのような構造が典型的に発達し、下位にultramafic rockを持つドーム状構造がある。東方へ向かう一大shear zone (幅約2m) が発達し、周辺のlayered gabbroは片状となり、まさしく結晶片岩である。これはおそらく西方へのobduct時の東方へのback thrustに関連するものと考えられる。従来ridge形成時期の水平圧縮と考えられたが、そのようなことが、この地域の東方にあったと考えられるridgeの西側で起きるとは、考えにくい。

(*筑波大学 **海洋科学技術センター ***東京大学海洋研究所 †岡山大学)

Keywords: moho, obduction, back thrust, schist, gneiss

オマーンオフィオライト構成岩石の音波速度、岩石組織、異方性とテクトニクス

藤岡換太郎* 北村圭吾**
石川正弘** 小川勇二郎***

Oman Ophiolite岩石中のdolerite, gabbro, peridotite, plagioclase graniteについて弾性波速度を測定した。サンプルはOphiolite岩帯を東西に切るwadiに沿って様々な層準から得られた。この研究の目的は弾性波速度のばらつきや異方性がどのようなfactorによって影響を受けるかを知ることであった。海洋地殻は海底下2,111mまでしか連続的に知られていないので、それ以降の部分があるどのような岩石から成っているのかを弾性波速度を手がかりとして探ることも目的であった。得られたVp, Vsの値は岩石の密度に比例するがperidotiteのdensityとVsの値は、主として変質, serpentinizationによって大きくばらつくことがわかった。岩石の異方性についてperidotite, gabbro, chromititeで10%以上の異方性を持つことがわかった。特にchromititeの異方性は驚くべきことである。もともとは等方体であるchromititeがこのように大きな異方性を持つことは、この岩石がemplacする時にまたはそれ以降に大きなshearを受けたものであると考えられる。何故なら海洋底で観測される異方性はせいぜい8%程度であるからである。chromititeの異方性の解析からどこでどのようなshearを受けたかを知ることが今後の課題である。また岩石の組成, 鉱物組成, 変質, 変成, porosity, crackなどのfactorによって弾性波速度がどのように変化するかを今後調べていきたい。

(*海洋科学技術センター **横浜国立大学 ***筑波大学)

Keywords: velocity, moho, obduction, oceanic crust

オマーンオフィオライト・海洋性地殻 第2層相当層にみられる地震波速度異方性

海宝由佳* 岸本清行**
田中明子** W.E. K. Warsi***

シーテッドダイク構造に起因すると思われる速度異方性を、露頭での簡易人工地震観測により検出した。室内実験では第2層の岩石にはあまり系統的な速度異方性がみられない。一方、海洋観測ではこの層からしばしば異方性が報告されている。その異方性の原因の一つにシーテッドダイク構造が考えられているが、実測報告はこれまでなかった。この異方性は、地表ではクラックのオープン、水と空気の置き換えなどにより海底よりも増幅されると考えられる。しかし、地表の露頭で異方性を定性的にでも観測することは、ダイクの方向との対応の確認、ダイクに直交するクラックや変質、接合面の再固着の影響が少なく、本来期待される異方性が優位であることの確認となる。ここでは、人工震源も地震計もすべて同一のシーテッドダイク岩体上に配置したので、構造決定をしてはぎとるべき地表の堆積層がない。測線の半分～測線端付近であまり変化しなくなった見かけ速度を岩体の速度の近似値として使用した。適当な代表値を直交側線同士と比較すると、観測の行われた2地点においてそれぞれ、約14%と17%の異方性が認められた。海底の第2層では圧力の効果でこれより少なめの異方性が期待される。第2層は薄く、速度勾配も大きいため、特に海底地形が変化する方向では、屈折波を安定して観測することは難しい。直交方向の測線の構造を使用し、面の形のみを決める場合は、屈折波が見えれば第2層の上面が地震計の両わきで傾き、見えなかった場合は、第3層の上面が深めに決定される危険があるので、海嶺軸付近でのプレート内部構造の進化など、精密な構造を求める場合は、第2層の異方性の効果を考慮することを提案する。

(*海洋科学技術センター **研究調査官 ***Sultanate Quaboos Univ.)

Keywords: seismic velocity, anisotropy, oceanic layer 2, Oman ophiolite, sheeted dike

海溝-島弧-背弧海盆系の地殻断面と オマーンオフィオライトの比較

石井輝秋* 佐藤 暢*

西太平洋には、縁海を伴う島弧海溝系が発達しており、

現在の陸上オフィオライトの始源的な地質体 (=プロトオフィオライト) と考えられる *in situ* の地質体が存在する。

(A) 伊豆-小笠原-マリアナ前弧域には、蛇紋岩ダイアピル海山が海溝に平行に多数分布している。この海山の構成岩石はダナイトを伴うハルツバーガイトが主体で、ガプロ、ドレライト、火山岩をも含み、所謂、ディスメンバードオフィオライトの産状を呈する。これらの超塩基性岩は全岩と鉱物化学組成から、部分融解度の高い島弧火成活動の融け残りカンラン岩と予想され、レムナント・マントルダイアピルの可能性も考えられる。

(B) 南部マリアナ海溝陸側斜面は落差 5 km、東西 600 km の急崖から成り、西マリアナ海嶺 (第三紀の古島弧)、マリアナトラフ (現在も拡大中の背弧海盆)、マリアナ弧 (古第三紀の古島弧に第四紀の活動的島弧が重複) 及びマリアナ前弧域、各々の地質体の上部から下部地殻、更に上部マントルに至る横断地質断面の露出が期待される。この急崖の数地点から採取された、蛇紋岩海山産超塩基性岩類似の源岩化学組成を持つメタペリドタイト、及び斜長石含有レルズライトとハルツバーガイトは、各々島弧及び背弧海盆の上部マントル由来のカンラン岩と考えられる。

(C) 南北 1000 km 以上に渡る、トンガ海溝前弧域中深部から深部には、火山岩、ドレライト、ガプロ、カンラン岩がこの順に層状に露出しており、これらの岩石 (特に火山岩) 及び構成鉱物の化学組成幅は大変広く、前弧、島弧、背弧海盆の火成活動由来の火成岩が混在しているらしい。

ここで、上記 (A) と (C) は、各々キプロス及びオマーンオフィオライトのモダン・アナログだという作業仮説を提案する。海域 (B) での調査・研究が問題解決の鍵となる。

(*東京大学海洋研究所)

Keywords: serpentinite diaper, proto-ophiolite, mantle peridotite, forearc, ophiolite

深海潜水船アルビンに搭載された精密スワスマッピングソナーによる南部東太平洋海膨長期モニターサイトの海底地形について <Moai'98航海による>

岸本清行* 浦辺徹郎** 他Moai'98航海乗船者

米国の潜水調査船アルビン号 (母船アトランティス号) には、ペンシルベームとも俗称される高周波 (675 KHz) でビーム幅の狭い (約 1.7 度、すなわち空間分解能が高い) 音源を用いたスワス型の測深機 (メソテックソナー) が搭載されている。科学技術振興調整費による「リッジフラックスの研究」の最後の航海として実施された Moai'98 航海では、特に '97 年から '98 年にかけて長期海底モニター装置を集中的に設置した南部東太平洋海膨の RM24 サイト

周辺で、このソナーによるボックスサーベイ (約 200 m × 200 m の範囲) を実施することができた。またこの航海中全ての潜航調査 (10 回) において、同ソナーを用いた精密地形調査を実施しデータを取得した。このソナーは、潜水船直下の 60 度ないし 120 度の範囲を、8 秒ないし 16 秒で掃引しながら、0.9 度刻みで水深値を測定する。従って、このソナーが一回の掃引でカバーできる海底面の幅は潜水船の海底からの高さに依存する。海底での試料採取や機器回収作業中以外の移動時やボックスサーベイ時は、ソナーの海底被覆率を上げるため、海底上数メートルないし十メートルから観測を行い、潜水船の移動測線に沿って 20 メートル程度の幅の精密な地形データを得ることができた。スワス型の測深といっても、掃引速度が遅いため、実際には潜水船の測線に沿ってジグザグ状に海底地形を得たことになる。得られた地形の分解能は非常に高く、数センチ以下 (計算上最小 2.3 センチ) の起伏を区別でき、掃引方向の空間分解能も 15 センチ程度と精密である。実際、陥没した溶岩湖やそのなかに残るピラー構造を示すプロファイルが得られており、今後潜水船による観測ビデオや目視観察によるデータと合わせた精密な地形、地質ルートマップ作成の基本データとして活用が期待される。

(*研究調査官 **主席研究官)

Keywords: Alvin, Mesotech Sonar, EPR, bathymetry, Ridge-Flux

Validation of the [TAMU]² side-scan sonar bathymetry by comparison with the bathymetry along Shinkai 6500 track

T. Tonnerre*, K. Kisimoto*, T. Urabe*,
A. Tanaka* and T. Hilde**

The SeaBeam bathymetric maps, with a resolution of c.a. 200 m × 200 m are valuable for large-scale interpretations, but provide only a general depth range for studies at the submersible scale. The [TAMU]² sidescan sonar derived bathymetry provides a resolution of up to 12 m × 12 m which may reveal topographic features at submersible scale. In order to know whether these features are real or not, the [TAMU]² bathymetry is compared to the bathymetry along Shinkai 6500 tracks (resolution of c.a. 0.1 m × 0.1 m), the Shinkai 6500 bathymetry being its depth added to its altitude. Longitude, latitude and depth shifts have to be taken into account since measurements occurred at different times under different navigation systems and bathymetry tools.

The comparison is done for two location on the SEPR axis: 17°5'S where an axial dome occurs (RM24), i.e. where the bathymetry is gentle and hammocky, and at 18°6'S where there is an axial summit graben (RM28), i.e. where the bathymetry is rougher. We compare the Shinkai 6500 bathymetry from 6 dives of the RidgeFlux 1994 Expedition and from 15 dives of the RidgeFlux 1997 Expedition to the [TAMU]² bathymetry from the 1995 FAST Ridge Expedition. For each case, the shift maps of the correlation coefficient r^2 and of the bisector slope s enabled us to select one, and only one, best-fit area by shifting longitude, latitude and depth for a reasonable amount. For both RidgeFlux 1994 and RidgeFlux 1997 data sets, the results for RM28 are very similar. The shift maps of r^2 and s display the axial graben pattern and the best-fit areas are very close to the areas where both r^2 and s are close to their best values. For the RidgeFlux 1994 data set, r^2 and s are 0.72 and 1.04 respectively for a shift of 611m, 244m and 21m in longitude, latitude and depth respectively. For the RidgeFlux 1997 data set, r^2 and s are 0.83 and 1.03 respectively for a shift of 11m, 100m and 14.5m in longitude, latitude and depth respectively. For RM24/RidgeFlux 1997, the shift maps of r^2 and s display the gentle and hammocky pattern. However, the best-fit area is far away from the area of the best r^2 . Still, at the best-fit area, r^2 and s are 0.73 and 1.04 respectively for a shift of 244m, 300m and 51m in longitude, latitude and depth respectively.

(*Geological Survey of Japan, **Texas A&M University)

Keywords: [TAMU]² = Texas A&M University Topography and Acoustic Mapping Undersea System, Shinkai 6500, ridge

からなる鉱石, 2. 塊状な黄鉄鉱を主とする鉱石から漸移的にその破碎した組織の鉱石, 3. 主に鉄石英をマトリックスとした自形黄鉄鉱集合体からなる鉱石から構成されている。鉱物組合せは塊状鉱では、黄鉄鉱が非常に多く、それに伴う黄銅鉱と少量の閃亜鉛鉱、赤鉄鉱、磁鉄鉱と脈石鉱物として石英が見られる。赤鉄鉱と磁鉄鉱は鉱体の上部及び側方で見られる。網状鉱は黄鉄鉱、黄銅鉱、閃亜鉛鉱、細脈状の石英からなり、閃亜鉛鉱は塊状鉱より多い。下盤の変質鉱物は主に緑泥石と緑簾石からなり少量の絹雲母を伴う。石英中の流体包有物の均質化温度は塊状鉱中では鉱化中心において260°C、鉱体側方部では約230°Cである。さらに、網状鉱中では鉱化中心で約260°C、鉱体側方部で約240°Cである。黄鉄鉱中の微量元素Co, Se等をEPMA分析し、下盤から鉱体最上部までの上下変化及び鉱石組織との関係について検討した。No. 2 鉱体の鉱化中心、塊状鉱最下部に沈殿した微細な黄鉄鉱中のCo, Seは、非常に高い値を示す(最大Co : 1.01wt% Se : 0.33wt%)。他には高いCo, Se値は確認されず、鉱石の組織の違いによる黄鉄鉱中の含有量の違いも確認されていない。また、塊状鉱中の黄鉄鉱は鉱化中心では平均Co : 0.12wt%, Se : 0.056wt%含むのに対し、鉱体側方で平均はCo : 0.061wt%, Se : 0.044wt%と比較的低い値を示す。鉱化中心の黄鉄鉱のCo, Se含有量と鉱石中の銅品位は正の相関を呈しているが、鉱体側方部では、はっきりとした関係は確認できない。比較的高温のゾーンに、高銅品位かつ高Co, Se含有黄鉄鉱が分布する。副産物としてのCo, Seの賦存状況の把握とその起源の解明が、鉱床学的に重要である。

(*秋田大学)

Keywords: Ghuzayn, Cyprus-type, VMSSD, pyrite, cobalt, selenium

オマーン、グゼイン地区に分布する塊状含銅化鉄鉱 鉱床の鉱化作用—鉱石組織および黄鉄鉱中の コバルト及びセレン含有量—

水田敏夫* 宮池周作*

オマーン、グゼイン地区塊状硫化物鉱床は主に黄鉄鉱、黄銅鉱からなる塊状鉱と鉱染状の黄鉄鉱、黄銅鉱と石英からなる網状鉱によってつくられている典型的なキプロス型塊状硫化物鉱床である。オフィオライト上部の枕状溶岩中のサマイル火山岩類下部噴出岩と上部噴出岩の境界に胚胎されている。網状鉱の上位に位置する塊状鉱は組織から3つに分類でき、下位より1. 極細粒な黄鉄鉱

地質調査所最近の出版物

- 1 : 5万地質図幅 木曾福島, 巖島, 岐阜, 海田市, 敦賀, 田島
1 : 20万地質図幅 金沢, 村上
- 数値地質図 G-3 20万分の1地質図幅集(画像)
- 海洋地質図 no.49 豊後水道南方海底地質図(1:20万)
- 構造図 no.12 兵庫県南部地震に伴う地震断層ストリップマップ(1:1万)
- 活構造図 no.8 東京(第2版)(1:50万)
- 火山地質図 no.4 阿蘇(3刷)(1:5万)
no.10 伊豆大島(1:2.5万)
- 水理地質図 no.41 鹿児島県奄美諸島(1:5万)
- 重力図 no.11 帯広(1:20万)
no.12 旭川(1:20万)
- 鉱物資源図 no.3 関東甲信越(1:50万)
- 特殊地質図 no.35 Hydro-environmental maps of the Muus Desert and its surroundings,
China(1:500,000)
no.37 東海沖海底音響画像図(1:40万)
- 物理探査・調査研究一覧 第41集
100万分の1日本重力図(ブーゲー異常)
- Cruise Report No.24 Marine Geological Investigations of the Tokai Offshore Area (GH97 and
GA97 Cruises)
- CCOP Technical Bulletin vol. 26
地質調査所年報 平成9年度
日本地質文献目録 1997年