

ポディフォームクロム鉍床の岩石学的探査法 —日本最大の多里地域クロム鉍床群の記載—

松本一郎¹⁾

1. はじめに

平成2年の夏のことであった。島根大学の大学院2年であった私は、当時、博士課程に進学するか就職するかの道を模索しながら、広島県吉舎町（現在の三次市）にある白亜紀の火山岩である吉舎火山岩の研究に没頭していた。なぜなら、珪長質火成岩の卓越する中国地方において、安山岩質の火山岩から高マグネシア安山岩を発見、記載したからだった（松本, 1990; 松本ほか, 1994）。つまり、マグネシウム含有量が玄武岩のそれに匹敵するか高く、クロムやニッケルも高含有量を示したその岩石は、深部マントルでの初生的なマグマ活動の情報をもたらしてくれると期待されたからであった。同時に、クロムスピネルという鉍物の重要性、つまりその化学組成はマントルの様々な状態・状況を明らかにする指標者であることを認識した。それは金沢大学の荒井章司先生の研究成果（例えばArai, 1975, 1987など多数）を拝読したからであった。私は100枚近い白亜紀火山岩の岩石薄片の中から、クロムスピネルを丹念に探した。しかし、クロムスピネルを見つけることはできなかった。当時、私の指導教官の澤田順弘先生は、白亜紀火山岩は変質を被っていることの多い岩石だから消失・分解したのかもしれないと慰めて(?)くれたのを覚えている。ただ、この時の高マグネシア安山岩の発見は、丹念にフィールド調査を行い、現地でも岩石を識別・採取する力、そして岩石薄片上で丁寧に記載することを教えられたことが大きな要因であった。この学生時代に養ったフィールドを調査する力は大きな自信にもなった。ただ、クロムスピネルは見つからなかった。

そのような中、同和工営株式会社（現ジオテクノス株式会社）の増淵和芳部長が、島根大学の島田昱郎教授（鉍床学）のもとを訪れていた。私が同和工営の

親会社である同和鉍業に入社希望の手紙を送ったからであった。すぐに呼ばれて、部屋に伺うと「中国地方の地質に詳しい歩ける地質屋が欲しい」と言われた。同時に、通商産業省（現経済産業省）が金属鉍業事業団（現独立行政法人石油天然ガス・金属鉍物資源機構（JOGMEC））に委託しているレアメタル調査（希少金属鉍物資源の賦存状況調査）のうちクロム鉍床の調査が発注されるかもしれないとの話も伺った。もしかしたら顕微鏡で探し回ったクロムスピネルを、今度は肉眼で、しかも大きな濃集物として足を使って探し回るのであるかと思ひ、その可能性に大変興奮した。また、その短時間で同和工営への入社を疑うことなく即断した。クロム鉍床の調査業務が発注・受注されるとは限らず、また、私が任される保証もないのである。今からすれば、この無謀とも思える決断が人生の大きな岐路であったように思う。

2. レアメタル調査「道後山地域」により開花した鉍床成因論と探査法

無事に同和工営への就職を平成3年度に果たした私は、新入社員研修も終わるか終わらないかの頃、増淵部長から若松鉍山を中心とした鳥取、広島、岡山への出張を命じられた。中国地方のクロムを主な対象としたレアメタル調査業務が民間に委託・発注されるにあたり、新入社員としての教育をかねて事前に視察・調査を行ったのである。このレアメタル調査は「道後山地域」という件名で呼ばれたものであり、平成2年度から開始されていた。初年度の平成2年度は金属鉍業事業団が独自に資料調査・予備調査を行い、まとめたものであり、実に詳細で丁寧な報告書（通商産業省資源エネルギー庁, 1992）であった。これは事業団担当者であった迫田昌敏氏の丹念な仕事に

1) 島根大学 教育学部

キーワード: クロム鉍床, クロミタイト, 蛇紋岩, 資源探査, 記載岩石学

より完成したもので、後々の調査、そして研究にとって重要な基礎資料となった。また、その後の金属鉱業事業団の担当者であった、山内英夫氏、原田 武氏、及びその上司であった宮内東洋氏、納篤氏ほか、多くの関係者に支えられて「レアメタル調査・道後山地域」はその成果を着実に上げていくことになる。

平成3年度、幸運にも同和工営がこの委託業務を受注することができた。この平成3年の春に、初めて会社の諸先輩、同僚とともに若松鉱山を訪問した。この時に探鉱の担当であった若松鉱山の山根俊夫氏と出会った。新入社員である私に、それは丁寧に鉱山を案内、説明してくれたのを感謝の気持ちとともに覚えている。また、その時にクロム鉱山を初めて目にした。大きな感動であった。顕微鏡で探すまでもなく、数cm～十数cm程度にクロムスピネルの濃集した塊状岩石が貯鉱場だけでなく、運搬道にまで転がっていたのである。また、その数日後にはさらに興奮する出来事が起きた。調査のベースキャンプ地であった岡山県新見駅前の山城屋旅館に、何と金沢大学の荒井章司先生をクロム鉱床と超苦鉄質岩の講習講師として増淵部長がお呼びしていたからであった。旅館に戻り、荒井先生がおられる部屋に案内されると、論文や資料に目を通しておられたところであった。私は挨拶も早々に、学生時代に読んだ荒井先生の論文について、恐れも知らずに論文内容を伺ったり、自分が勉強していたことを紹介した。その後、荒井先生に直接フィールドでの蛇紋岩の見方、つまり、ダナイト、ハルツバークイト、及びクロミタイトといった初生的な岩石の識別方法をご教授頂いたのである。ただし、フィールドで、しかも蛇紋岩化したそれらの岩石をある程度の高い精度で鑑定できるまでには、毎日フィールドでハンマーを振るうこと、数ヶ月を要した。また、その後数年にわたり、荒井先生からは現地にて、また研究室にて様々な指導を受けていくこととなる。

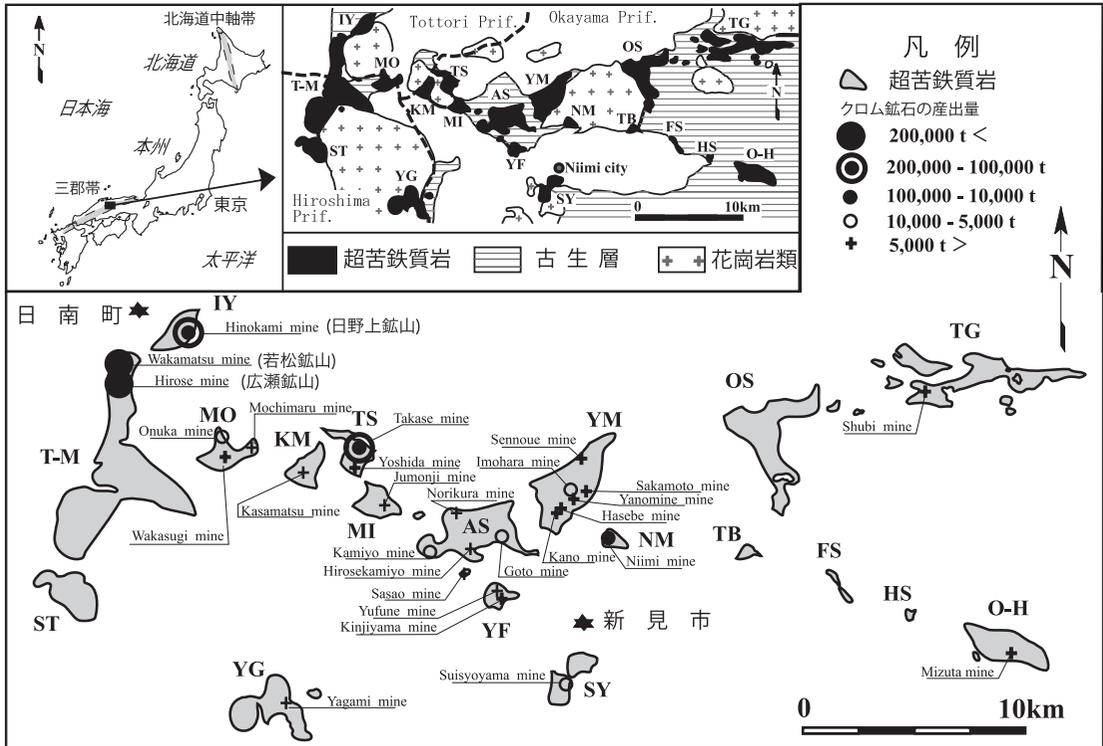
さて、このレアメタル調査「道後山地域」であるが、その成果は次項でやや詳しく述べるが、平成3年度には、中国地方に広く分布する蛇紋岩(超苦鉄質岩)の概況調査を行い、数多くの岩体から、クロム鉱床の賦存可能性の高い岩体・地域を抽出することに成功した。また、平成4年度には精査岩体として若松鉱山のある多里-三坂岩体を含めて3岩体を調査した。平成5年度には、それまでの調査結果から、若松鉱山鉱区内が最もポテンシャルが高いと評価し、ボーリング調

査で新規クロム鉱床の捕獲を試みた。しかし、残念なことに僅かなクロム鉱床の徴候は捉えられたものの大きな鉱床を発見するには至らなかった。これら、レアメタル調査全般を通して、新たな鉱床の捕獲は実現しなかったものの、クロム鉱床の成因論や探査・調査については荒井章司先生の理論を広く取り入れて、フィールド調査を行い、以降のクロム鉱床探査にとって大きな学術上・鉱床探査上の成果を残すことになった。

3. クロム鉱床・クロミタイトのこと

クロム鉱床・クロミタイトについては本特集号の荒井先生の稿(荒井, 2009)に詳しいが、ここでも少し触れておく。クロム鉱床となり得る唯一の鉱物(経済価値のある含クロム鉱物)がクロムスピネル(クロム鉄鉱: chromite もしくは Chromian spinel)である。化学式は一般に $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})(\text{Cr}, \text{Al}, \text{Fe}^{3+})_2\text{O}_4$ で表される。クロムスピネルは、塩基性～超塩基性の火成岩中に含まれる副成分鉱物の一つであり、未分化な玄武岩や、かんらん岩中には1～3%程度のモールド比で含まれていることが一般的である。また、隕石やマントル起源の変成岩にも含まれていることがある。一般に、クロムスピネルが20%程度以上濃集した岩石をクロミタイト(クロム鉄鉱岩)と呼ぶが、クロムスピネルの濃集率から塊状クロミタイト(ほとんど全てがクロムスピネルからなる: 塊状鉱)と斑状クロミタイト(クロムスピネルと他鉱物が種々な割合で混合: 斑状鉱または若松鉱山ではメッチャ鉱とも呼称)に分けられる。

クロム鉱床はその成因と産状から、大きく大陸地域に産する層状型クロミタイトと造山帯に産するポディフォーム型クロミタイトに分けられる。なお、これら以外にも少量ではあるが、岩体中のクロミタイトが浸食剝削を受け、クロムスピネルが河床中に堆積濃集した砂クロム鉱床も存在する。層状型クロミタイトは連続性の良い集積岩(層状貫入岩)の一部として産し、かんらん岩、パイロキシナイト及びアノーソサイトなどに伴う。主な鉱床としては、ブッシュフェルト(南アフリカ)、グレートダイク(ジンバブエ)、スティールウォーター(アメリカ)などが挙げられる。中でもブッシュフェルトは世界最大の規模と鉱量を誇る(例えばCameron, 1964; 松本, 1994)。一方、ポディフォーム型クロミタイトは鉱床(鉱体)としての連続性が乏しく、極めて不規則にオ



第1図 中国地方の超苦鉄質岩(蛇紋岩)の分布、クロム鉱山の位置及び産出量。

日南町の若松鉱山、広瀬鉱山、日野上鉱山の産出量が多いことがわかる。

T-M: 多里-三坂岩体, IY: 稲積山岩体, ST: 白滝岩体, MO: 持丸岩体, KM: 笠松岩体, TS: 高瀬岩体, MI: 三室岩体, AS: 足立岩体, YF: 湯舟岩体, YM: 矢の峯岩体, NM: 新見岩体, SY: 水晶山岩体, OS: 大佐(山)岩体, TB: 田治部岩体, FS: 布施岩体, HS: 原茂岩体, O-H: 落合-北房岩体

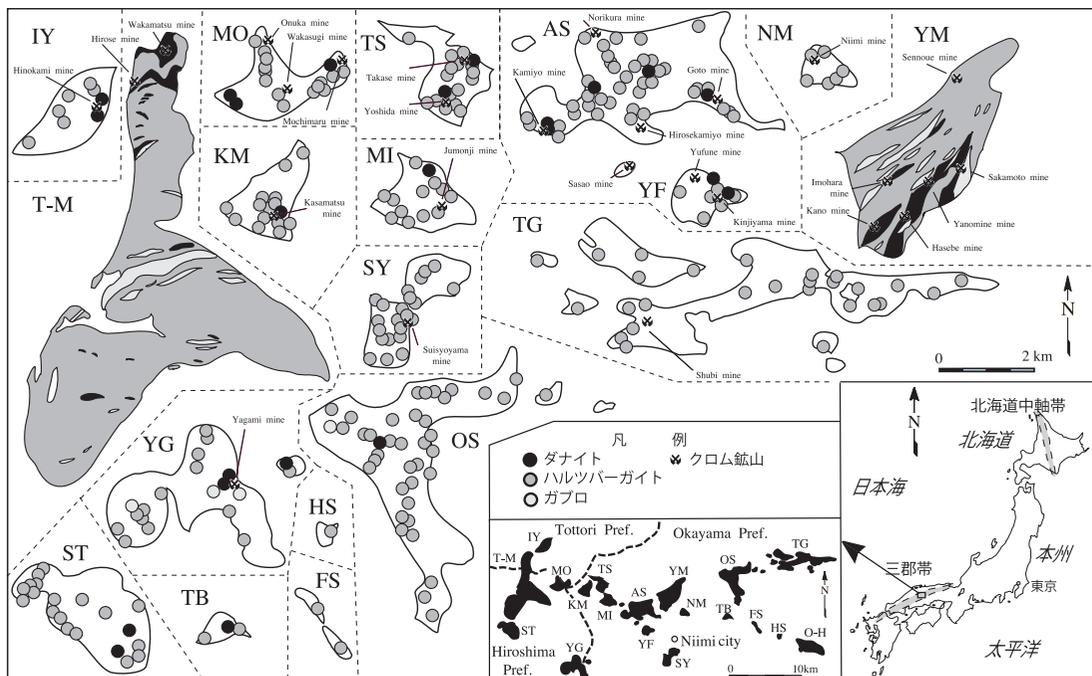
フィオライトなどのマントルかんらん岩中に産する、ポディフォーム型クロミタイトは一つの鉱体としての連続性は乏しいものの、大規模なものが存在した場合は、探鉱上も生産上も大きな強みになる(若松鉱山7号鉱体やカザフスタンのケンピルサイ岩体の鉱体など)。主な産地として、カザフスタン、ウラル、トルコ、フィリピン、アルバニアそして日本などが挙げられる。特にカザフスタンのケンピルサイ岩体には一つの鉱体として世界最大のポディフォーム型の鉱床が存在することで有名である(例えば中山, 1995)。

4. 多里地域の地質とクロム鉱床の概説

日本に産するクロミタイトであるが、日本には大小様々なクロム鉱床(ポディフォーム型クロミタイト)が存在した。ただし、クロミタイトはかんらん岩(多くは蛇紋岩に変化している)中に限って存在するために、これ

らの地質体がまとまって分布する地域に鉱床も集中する。日本では、中国地方の三郡帯及び北海道中軸帯の2地域(第1図)にて、日本のクロム産出量のほとんどを占めた(本特集号の平野(2009)を参照)。中国地方のクロム鉱床は、日本最大の産出量を記録した若松鉱山をはじめ、広瀬鉱山、日野上鉱山など、産出量の多い鉱山が多く存在した(第1図)。これらのクロム鉱床の鉱物学的及び鉱床学的な研究は、「レアメタル調査・道後山地域」の調査までは、主に記載を中心に行われていた(例えば、番場, 1952; 北原1955, 1958)。また、これら蛇紋岩体は白亜紀後期に貫入した花崗岩類により様々な程度に接触變成作用を被っている(Arai, 1975; 松本ほか, 1995)のが特徴である。また、放射年代としてMatsumoto and Suzuki (2002)により、クロミタイト中のクロムスピネルからの 322 ± 12 MaのRe-Osアイソクロン年代値が得られている。

平成3年度から本格的な中国地方のレアメタル調査



第2図 中国地方超苦鉄質岩の岩相図。

岩体の凡例は第1図に同じ。ほとんど全てのクロム鉱山はダナイトの存在比率の高い箇所に存在していることがわかる。

が始まったが、これは荒井先生の最新のクロム鉱床の成因仮説に立脚したものであり、惜しげもなくその理論や探査方法の素案を披露された。つまり、ポディフォームクロム鉱床は、必ずダナイトといかんらん石に富んだ岩相によって取り囲まれている事実を諸外国の記載と自身の調査経験から読み取り、フィールド調査ではダナイトの抽出こそが鉱床探査にとって重要とされ、大がかりな調査を開始したのである。また、平野ほか(1978)は、その理論からさかのぼること13年も前に若松鉱山周辺の地表踏査や若松鉱山・広瀬鉱山の坑内調査で、クロム鉱床のまわりにはダナイトが卓越することを確認、記載していた。その平野氏は、レアメタル調査「道後山地域」に荒井先生とともに検討員として参加されることになる。

5. クロミタイト成因論に立脚したクロム鉱床探査法の提唱

平成3年度、いよいよ中国地方のクロム鉱床の現地調査(レアメタル調査)が開始された。とにかく、蛇

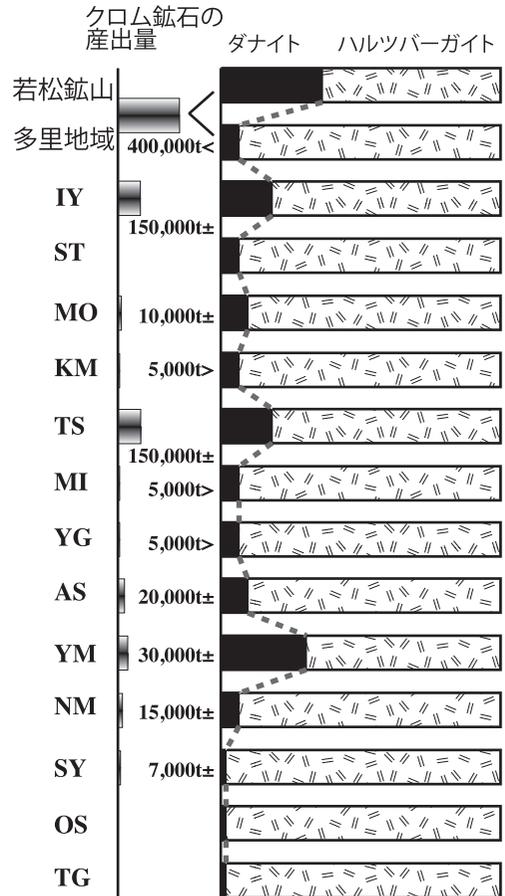
紋岩に対する観察能力を磨き、ひたすら踏査を続けるという大変地味な調査の日々が続いた。なお、大変幸運なことに新入社員であった私は、基本的に本調査の主担当を命じられたのである。ただし、その喜びとは裏腹に、蛇紋岩は大変手強い相手であった。つまり、初生的な岩相の解読を拒むべく、花崗岩により様々な程度に熱変成作用を受け二次的なかんらん石や輝石類が生じ、さらにそれらが蛇紋岩化を被っていたからであった。ここでも、大変役にたったのがArai(1975)の研究成果であった。この研究は若松鉱山周辺にて花崗岩の熱による蛇紋岩の変成の程度を、鉱物の組み合わせから記載したものであった。調査では、1,000個に及ぶ岩石試料から研磨薄片を作製し、丁寧な記載を行った。また、地表踏査の記載と照合しながら蛇紋岩体に初生岩石名であるダナイト、ハルトツバーグイトといった岩相をあてはめていった(通商産業省資源エネルギー庁, 1992, 1993; 松本ほか, 1995) (第2図)。また、初生岩石の記載・識別に必要な変成鉱物の組み合わせにより蛇紋岩体に対する花崗岩体の接触変成の程度を全ての岩体で明らかにし

たことは岩石学的な大きな成果につながった(松本ほか, 1995)。

完成した岩相マップはクロム鉱床探査上、重要な戦略マップとなった。また、この調査を始め、これまでの調査・研究から中国地方の大部分の蛇紋岩体が初生的には主としてダナイトとハルツバーガイトから構成されていることが明らかになっていった(例えば平野ほか, 1978; Arai, 1980; 通商産業省資源エネルギー庁, 1992, 1993; Arai and Yurimoto, 1994; 松本ほか, 1995; Matsumoto and Arai, 1997)。さらにこの事実記載、つまりダナイト比率の高い岩体もしくは箇所に、既存のクロム鉱床が多く存在していたことは、荒井先生のクロム鉱床成因論の仮説と整合するものであり、また同理論構築・確立(荒井, 本特集号参照)に向けての大きな事実記載の一つとなった。そして、Arai and Yurimoto (1994)によりポディフォームクロム鉱床の成因モデルが完成した。同論文は、レアメタル調査の期間中に発表されたものであり、調査に携わった関係者の驚きを誘ったとともに、同理論に立脚した本調査に対する期待感もふくらんだ。

Arai and Yurimoto (1994)は、ポディフォーム型クロミタイトの成因についても基本的に層状型のクロム鉱床と同様な2種類のマグマの混合により説明が可能であることを示した。つまり、混合させる2種類のマグマのうち、分化したマグマをマグマとマントルかんらん岩との相互反応(マグマ-マントル相互反応)により形成可能であることを明確に示したのである。ポディフォーム型クロミタイトは、相互反応により生じた比較的シリカに富むマグマと続いて供給された未分化マグマとの混合により、クロムスピネルが晶出・濃集するというプロセス(成因)が見事に説明された。

一方、松本ほか(1995)は探査的側面から、ダナイトの各岩体に占める存在比率を記載し(第2図、第3図)、またMatsumoto *et al.* (1997)及びMatsumoto and Arai (2001a, b)は岩相ごとのクロムスピネルの化学的特徴や形態を明らかにし、クロミタイト周辺に存在するダナイト及びハルツバーガイト中のクロムスピネルの特徴(鉱床周辺のクロムスピネルは比較的高Cr# ($Cr/(Cr+Al+Fe^{3+})$)で低V(バナジウム)量を示す)を見いだした(第1表)。これにより、クロムスピネルの化学組成や形態を用いた鉱床探査法が提唱されるに至った(Matsumoto *et al.*, 1997; Matsumoto and Arai, 2001a, b)。つまり、同探査法ではメルトの影響



第3図 ダナイト/ハルツバーガイトの存在割合とクロム鉱石の産出量との関係。

ダナイトの存在比率の高い岩体から高いクロム鉱石の産出量が認められるのがわかる。岩体の凡例は第1図と同じ。

を受けたハルツバーガイト及び置換性のダナイトが広く分布する地域(岩体)がクロム鉱床賦存の有望地域として抽出されることが示された。この成果によって、従来は全ての蛇紋岩体に対して比較的均等に行われてきた物理探査やボーリング探査が、コスト的に大幅に縮小することに成功した。すなわち、ポディフォームクロム鉱床の探査では、岩相分布やクロムスピネルの化学組成、及び形態という岩石学的な情報が決め手になることが示された。この技術は、後にアルバニアやモンゴルでのクロム鉱床の調査や研究(例えばMatsumoto *et al.*, 2002; Matsumoto and Tomurtoogoo, 2003)に生かされ、それぞれに成果を上げること

第1表 ダナイト、ハルツバーガイト及びクロミタイト中のクロムスピネルの化学組成及び形態の関係。

クロミタイトの存在する周辺のダナイト及びハルツバーガイトには漸移的な岩相が特徴的に含まれていることが明らかになった。すなわち、クロミタイトの存在しない箇所には漸移岩相はほとんど認められない。クロム鉱床探査にあたっては、漸移岩相の抽出を目指せば良いことになる。漸移岩相とは、マンテールメルト相互反応により影響を受けたハルツバーガイト及び、置換性ダナイトを示す。

	ハルツバーガイト		ダナイト		ミクロタイト
	残留岩石	漸移的岩相		沈積岩	沈積岩
		相互作用に影響を受けた岩石	置換性岩石		
Ti	低Ti	低-高Ti	高-低Ti	高Ti	高Ti
Fe #	低Fe #	低-高Fe #	高-低Fe #	高(低) Fe #	高Fe #
Cr #	(*)	高Cr #	高Cr #	(*)	(*)
V	(*)	低V	低V	(*)	(*)
クロムスピネルの形態 (DR #)	ぜん虫状 (低)	ぜん虫状~他形 (低-高)	他形~ぜん虫状 (高-低)	自形 (高)	自形~半自形

(*) : 岩体ごとの化学的特徴に依存する。Fe # = $Fe^{3+} / (Cr + Al + Fe^{3+})$ 原子比, Cr # = $Cr / (Cr + Al)$ 原子比, DR # はクロムスピネルの円形度を表しており, 値が高いほど円形に近い。

につながった。また、松本ほか(2002)はこれらのクロム鉱床の鉱床成因論や探査法について、若松鉱山におけるクロムの総収支量を計算することにより、以上に述べてきた成因論や探査法が確からしいことを示した。

6. おわりに

鉱床は、鉱床ばかりを見ていると、なぜ濃集したのかわかりにくい時がある。濃集するには訳があり、濃集していない場所と比較することによりその訳が明瞭になることがある。このことは、若松鉱山を中心とする中国地方のクロム鉱床と超マフィック岩の調査で学んだことであり、また荒井先生から教わったことでもある。クロム鉱床以外にも、たくさんの経験を積ませて頂くと同時に大変多くの方々のお世話になった。中でも特に、金沢大学の荒井章司先生、元若松鉱山の山根俊夫氏には、研究指導をはじめ様々な励ましを受けてきた。感謝に堪えないことだと感じている。若松鉱山を中心とした多里地域のクロム鉱山群が、産業遺産への登録のチャンスを頂いたことを知った時に、関係の方々に、また日南町の皆様に恩返しをしなくてはと思った。微力ではあったが登録へのお手伝いができたことを嬉しく感じている。

日本は鉱物資源の少ない国である。だが、高度に

その産業や文化を発展させてきたその背景の一端として数多くの鉱山があったことを忘れてはならない。また、多くの鉱山は、都市部を離れた地方に存在しており地域経済に大きく寄与してきた。今後、地域の発展の一つとして、産業遺産登録(経済産業省, 2009)を受けた若松鉱山をはじめとする多里地域のクロム鉱山群が、後世にその遺産としての価値が語り継がれるとともに、地域教材として活用されていくことを願っている。また、そのために今後とも尽力させて頂くことができれば幸いである。

文 献

- Arai, S. (1975) : Contact metamorphosed dunite-harzburgite complex in the Chugoku District, western Japan, *Contrib. Mineral. Petrol.*, 52, 1-16.
- Arai, S. (1980) : Dunite-harzburgite-chromitite complexes as refractory residue in the Sangun-Yamaguchi zone, western Japan, *Jour. Petrol.*, 21, 141-165.
- Arai, S. (1987) : An estimation of the least depleted spinel peridotite on the basis of olivine-spinel mantle array. *N. Jb. Miner. Mh.*, 1987, 347-354.
- 荒井章司 (2009) : 若松鉱山とクロム鉱床成因論, *地質ニュース*, no.664, 28-32.
- Arai, S. and Yurimoto, H. (1994) : Podiform chromitites of the Tami-Misaka ultramafic complex, southwestern Japan, as mantle-melt interaction products. *Econ. Geol.*, 89, 1279-1288.
- 番場猛夫 (1952) : 中国地方脊梁の超塩基性岩及びクロム鉄鉱床について-中国地方脊梁の超塩基性岩について(第2報)-, *地質雑*, 58, 101-110.

- Cameron, E. N. (1964) : Chromitite deposits in the eastern part of the Bushveld Complex, In; Haughton, S.H. (Eds.) The Geology of Some Ore Deposits in South Africa, II. Geol. Soc. S. Africa, 131-168.
- 平野英雄 (2009) : クロマイト鉱床調査-1970年代の鳥取県多里地域-, 地質ニュース, no.664, 33-36.
- 平野英雄・東元定雄・神谷雅晴 (1978) : 鳥取県多里地域の地質とクロム鉄鉱床, 地調月報, 29, 61-71.
- 経済産業省 (2009) : 近代化産業遺産群続33. 経済産業省「近代化産業遺産群続33」報告書, 127p.
- 北原順一 (1955) : 鳥取県多里地方のクロム鉄鉱並びに母岩の光学的及び化学的研究 (1), 地質雑, 61, 329.
- 北原順一 (1958) : 鳥取県多里地方のクロム鉄鉱と産状に関する研究 (第1報), 岩鉱, 42, 1-9.
- 松本一郎 (1990) : 広島県吉舎町周辺の白亜紀火成活動, 島根大学地質学研究報告, 9, 55-63.
- 松本一郎 (1994) : プッシュフェルト複合岩体のクロム鉱床, 地質ニュース, 479, 41-46.
- 松本一郎・沢田順弘・加々美寛雄 (1994) : 白亜紀吉舎火山岩類および周辺花崗岩類のRb-Sr アイソクロン年代とその地質学的意義, 地質学雑誌, 100, 399-407.
- 松本一郎・荒井章司・村岡弘康・山内英生 (1995) : 三郡帯のダナイト-ホルツバージャイト-クロミタイト複合岩体の記載岩石学的特徴, 岩鉱, 90, 13-26.
- Matsumoto, I. and Arai, S. (1997) : Characterization of chromian spinel as a tool of petrological exploration for podiform chromitite. Resource Geol., 47, 189-199.
- Matsumoto, I., Arai, S. and Yamauchi, H. (1997) : High-Al podiform chromitites in dunite- harzburgite complexes of the Sangun zone, central Chugoku district, Southwest Japan. J. Asian Earth Sci. 15, 295-302.
- Matsumoto, I. and Arai, S. (2001a) : Petrology of dunite/harzburgite with decimeter-scale stratification in a drill core from the Tari-Misaka ultramafic complex, southwestern Japan, Jour. Mineralogical and Petrological Sciences, 96, 19-28.
- Matsumoto, I. and Arai, S. (2001b) : Morphological and chemical variation of chromian spinels in dunite-harzburgite complexes from the Sangun zone (SW Japan): implications for mantle/melt interaction and chromitite formation processes, Mineralogy and Petrology, 73, 305-323.
- 松本一郎・荒井章司・山根俊夫 (2002) : クロミタイトの規模からみたマグマ/かんらん岩反応の重要性 - 若松クロム鉱山の例 - 資源地質, 52, 135-146.
- Matsumoto, I. and Suzuki K. (2002) : Re-Os Age and Isotopic Constraints on Genesis of Tari-Misaka Ultramafic Complex, of the Sangun zone, Southwest Japan, Abstract of 4th International Workshop on orogenic Lherzolite and Mantle Processes (Samani, Hokkaido).
- Matsumoto, I., Arai S. and Blaceri Fatmir (2002) : Petrological characteristics of chromitite-bearing Shebenik ultramafic complex, Mirdita ophiolite, Albania. 4th International Workshop on orogenic Lherzolite and Mantle Processes (Samani, Hokkaido).
- Matsumoto, I. and Tomurtogoo, O. (2003) : Petrological characteristics of the Hantaishir ophiolite complex, Altai region, Mongolia: coexistence of podiform chromitite and boninite. Gondwana Research, 6, 161-169.
- 中山 健 (1995) : 世界最大のクロム鉱山「カザフスタン共和国 Donskoy クロム鉱山」, 資源地質 45, 67-72.
- 通商産業省資源エネルギー庁 (1992) : 平成3年度希少金属鉱物資源の賦存状況調査報告書・道後山地域, 140p.
- 通商産業省資源エネルギー庁 (1993) : 平成4年度希少金属鉱物資源の賦存状況調査報告書・道後山地域, 204p.
- 通商産業省資源エネルギー庁 (1994) : 平成5年度希少金属鉱物資源の賦存状況調査報告書・道後山地域, 113p.
-
- MATSUMOTO Ichiro (2009) : Method of petrological exploration for Podiform chromitite. Petrology of Wakamatsu chromite mine, Tari area, Tottori prefecture, as most largest chromite mine of Japan.

<受付: 2009年10月20日>