

## 神居古潭帯のオフィオライト質クロミタイトの成因 Origin of ophiolitic chromitites in the Kamuikotan Belt, Hokkaido

古江良治

Ryoji Furue

基礎地盤コンサルタンツ株式会社 北海道札幌市

Kiso-Jiban Consultants Co., Ltd. Kikusui 7-2, Shiroishi-Ku, Sapporo, 003 Japan

新井田清信

Kiyoaki Niida

北海道大学理学研究科地球惑星物質科学教室 北海道札幌市

Department of Earth and Planetary Material Sciences, Hokkaido University, Kita-10, Nishi-8, Sapporo, 060 Japan

加藤孝幸

Takayuki Katoh

アースサイエンス株式会社 北海道札幌市

Earth Science Co., Ltd. Kita-39, Nishi-3, Kita-Ku, Sapporo, 001 Japan.

### Abstract

Chromitites in ophiolitic peridotites of the Kamuikotan Belt were examined to understand petrological signature and origin of the chromitites. They commonly occur as lens, veins, and dykes within dunites surrounded by the host tectonized harzburgites. In some cases, the chromitites and dunites are closely associated with clinopyroxenites. Characteristically, they contain euhedral grains of spinel and display a cumulate texture, suggesting an origin as cumulates from magmas channeled within the host harzburgites.

The  $Cr^{\#}$  value ( $Cr^{\#} = 100 Cr / (Cr + Al)$ ) of spinels varies from 94.3–60.3 in chromitites, 93.9–44.6 in dunites, to 84.4–41.3 in harzburgites. The extremely high range of  $Cr^{\#}$  around 95–80 is comparable to that of high-Mg andesites, high-Mg basalts, and boninites, indicating an island-arc setting for magmas fractionated the chromitites. The variation trend of  $Cr^{\#}$  of spinels from chromitite to harzburgite through dunite also indicates that the dunite was produced by reaction between the magmas and the harzburgitic host peridotites.

### I はじめに

クロミタイトは、かんらん岩や蛇紋岩中のスピネルに富んだ岩石である。Thayer (1960) はクロミタイトを2つのタイプに分類した。まず1つは、Bushveld や Stillwater に代表される層状塩基性貫入岩体に伴うクロミタイトで、成層構造に平行に産する。2つ目はオフィオライトに伴うクロミタイトで、その不規則な産状からポディフォーム型と呼ばれている。

オフィオライトに伴うクロミタイトは、鎖状、網状, nodular (Thayer, 1964, 1969), orbicular (Green-

baum, 1977), あるいは塊状などの産状を示し、層状塩基性貫入岩体よりも小規模で、連続性に乏しいと言われている。また、鉍体はオフィオライト最下部メンバーのかんらん岩中に産し、ダナイトに囲まれ、その周りをハルツバージャイトに囲まれている。Cassard *et al.* (1981) は、母岩とクロミタイトの変形の程度の調和性から3つのタイプに分類した。調和的なものを concordant deposits, 不調和的なものを discordant deposits, 中間的なものを subconcordant deposits と呼んだ。

クロミタイトは、一般に、マントルの中で上昇してきたマグマの結晶作用やマグマとかんらん岩の相

相互作用によってつくられる。Roberts and Neary (1993) は、沈み込み帯や拡大速度の速い拡大軸において生じたクロミタイトがオプダクションによって定置するまでの一連の過程を議論した。また、Lago *et al.* (1982) は、玄武岩質マグマが上部マントル中のクラックを上昇するときにスピネルを濃集するというモデルを考え、ポディフォーム型の産状を説明した。Arai and Yurimoto (1994) は、ハルツバージャイトのクラックを通過するマグマが母岩と反応し、斜方輝石の融解によってダナイトがつくれ、マグマは Si と Cr に富み、初生的なマグマと混合してクロムスピネルを沈殿するというモデルを考えた。

神居古潭帯の塊状蛇紋岩中には、多数のオフィオライト質クロミタイトが知られている。加藤ほか (1986)・Katoh *et al.* (1988) は、富内鉱山のクロミタイトとそれに伴うダナイト・単斜輝石岩を検討し、ハルツバージャイトやレルゾライトの部分融解によってできた Cr や Ca に富むソレライト質マグマの結晶集積によって生成したと述べた。

ここでは、神居古潭帯のオフィオライト質クロミ

タイトに注目し、クロミタイトを生成したマグマの性質やマグマと母岩の関係について検討した。

## II 神居古潭帯の蛇紋岩とクロミタイト

神居古潭帯は、蛇紋岩をはじめとするオフィオライト質岩石の出現と低温高压タイプの変成岩の随伴で特徴づけられる。新井田 (1987) は、神居古潭構造帯が(1)高压タイプの変成岩ブロックを含む蛇紋岩メランジュの進入帯であり、これを被覆して、(2)塊状蛇紋岩とメランジュ状付加体の複合地質体が南西方向に衝上してナップを形成した地帯であると述べている。

神居古潭帯の蛇紋岩の原岩は、主としてハルツバージャイトとダナイトからなり、上部マントルの部分融解による溶け残りかんらん岩であると考えられている。新井田・加藤 (1978) は、神居古潭帯に産する塊状蛇紋岩の原岩タイプには2種類あり、ダナイト-ハルツバージャイト質タイプ(Hシリーズ)とこれにレルゾライトを伴うタイプ(HLシリーズ)に区分した。前者の例は、ペラルリ山岩体・沙流川岩体・鷗川岩体・鷹泊岩体および幌加内オフィオライ

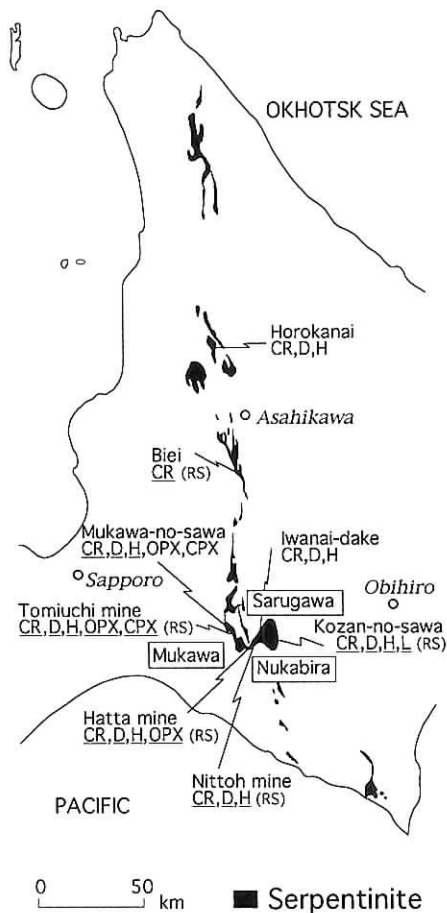


Fig. 1 蛇紋岩の分布とサンプリング地点。下線を引いた岩石試料について EPMA 分析を行った。(RS) は転石のみをサンプリングした地点を示す。CR: クロミタイト, D: ダナイト, H: ハルツバージャイト, L: レルゾライト, OPX: 斜方輝石岩, CPX: 単斜輝石岩

Fig. 1 Map showing distribution of serpentinites in the Kamuiokotan Belt with locations of samples examined. Rock types: CR=chromitite, D=dunite, H=harzburgite, L=lherzolite, OPX=orthopyroxenite, CPX=clinopyroxenite. Underlined rock types are samples analyzed with EPMA. Samples with labels (RS) are rolling stones at the old chromite mines.

トの最下部メンバーにあたる犬牛別岩体である。後者は、新冠岩体・額平岩体・ニニウ小岩体・美瑛小岩体などである。加藤・中川(1986)は、超苦鉄質テクトナイトの鉱物モード組成や超苦鉄質キウムレイト(かんらん石単斜輝岩)の随伴頻度の違い、塊

クロム鉱床の有無から、地域的に4つのテクトナイトに区分した。塊クロム鉱床の産出は神居古潭峡谷以南に限られ、峡谷以北の地域では漂砂鉱床のみ知られている。また、超苦鉄質キウムレイトの産出も主に神居古潭帯南部にかぎられ(Niida, 1975; 新井

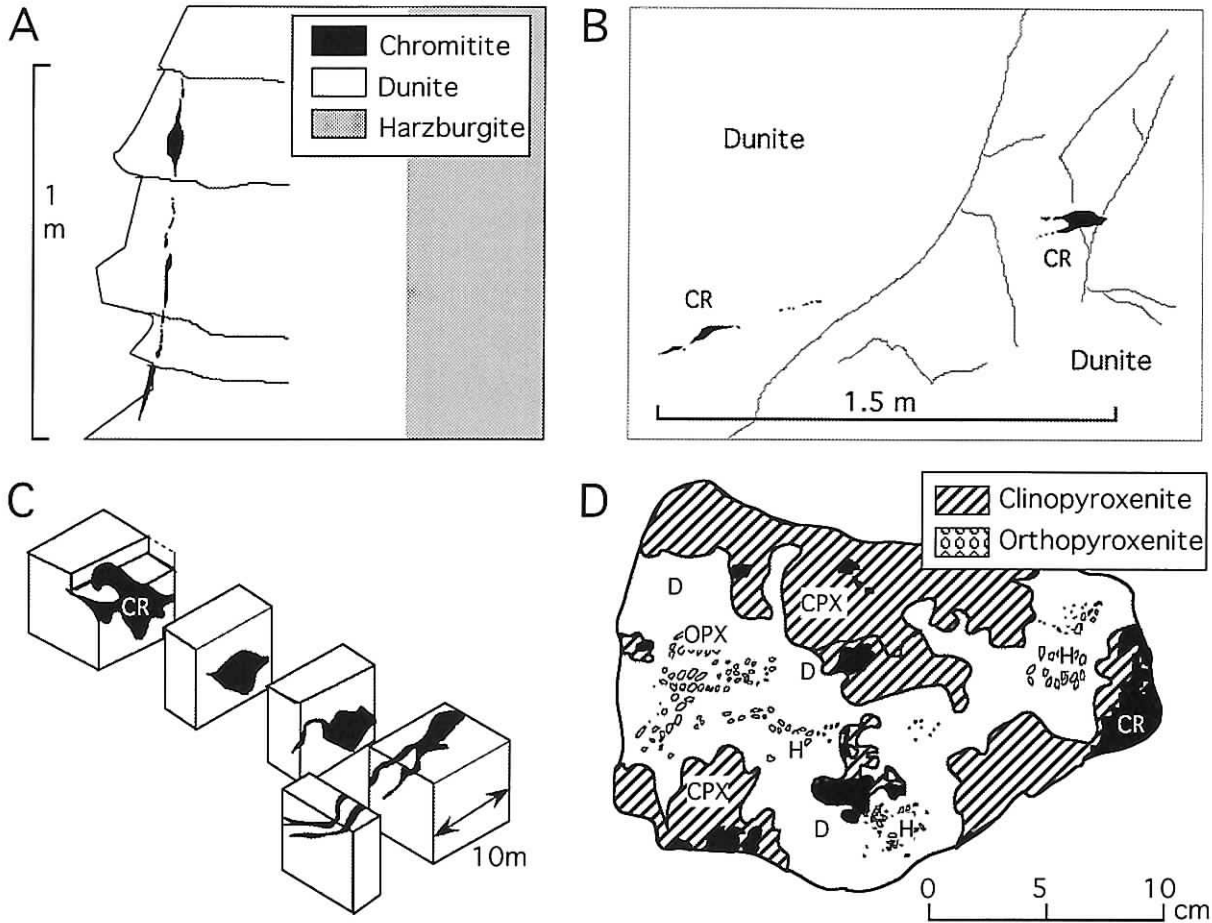


Fig. 2 クロミタイトの産状. CR:クロミタイト, D:ダナイト, H:ハルツバージャイト, OPX:斜方輝石岩, CPX:単斜輝石岩.

A) 鷲川の沢で観察された脈状クロミタイト(長さ1m, 厚さ1cm, 奥行2cm). クロミタイト脈はダナイト中にあり, その外側にハルツバージャイトがある.

B) 岩内岳かんらん岩体の採石場でダナイト中に観察された細脈状~レンズ状クロミタイト(長さ約1.5m).

C) 日東鉱山のクロミタイト(長さ30m, 幅10m, 厚さ2-3m). スケッチはBamba(1984)による. 周りはダナイト.

D) 富内鉱山に産したクロミタイト試料断面のスケッチ(Katoh et al., 1988). クロミタイトは単斜輝石岩に直接し, 周囲にダナイト, その外側をハルツバージャイト・斜方輝石岩がある.

Fig. 2 Simplified sketches A, B, C, and D, showing modes of occurrence of the chromitites, all of which are closely associated with dunites surrounded by the host harzburgites.

A: Chromitite vein, 2cm in maximum width, and 1m in traceable length, observed in dunite surrounded by harzburgite, at the exposure along the southwestern branch of Mukawa River (Mukawa-no-sawa).

B: Chromitite (CR) lens with veinlets in dunite, at the exposure of the Dunite Quarry on the eastern flank of Mt. Iwanai-dake.

C: Massive chromitite of the Nittoh mine (Bamba, 1984). Note that the large size of chromitite body (CR) attains approximately up to 10m wide, 30m long, and 2-3m in thickness of the major ores.

D: Sketch of the polished surface of chromitite slab from the Tomiuchi mine (Katoh et al., 1988). The chromitite (CR) occurs in close association with clinopyroxenite (CPX), orthopyroxenite (OPX) and dunite (D), of which outer portions are composed of harzburgite (H) as residual host rocks.

田・加藤, 1978), クロミタイトを生成したマグマと母岩の超苦鉄質テクトナイトの成因関係が注目される。

本論文では, 主に神居古潭帯中央部に位置する鷓川岩体の鷓川の沢および富内鉱山, 沙流川岩体の岩内岳, 振内八田鉱山, 日東鉱山, 糠平岩体の鉱山の沢, 美瑛小岩体および幌加内の犬牛別岩体の超苦鉄質岩サンプルを検討した。神居古潭帯の蛇紋岩分布図 (Fig. 1) に, サンプル地点およびサンプルの岩石タイプを示した。図中の下線を引いた岩石は, EPMA 分析を行った岩石である。

### III クロミタイトの産状

神居古潭帯のオフィオライト質クロミタイトは, ハルツパーチャイト中のダナイトに密接に伴われ, 細脈状~レンズ状の産状を示す (Fig. 2)。クロミタイト鉱体の産状が周囲のかんらん岩の構造と一般的に調和的であること (Bamba, 1984; Katoh *et al.*, 1988) から, Cassard *et al.* (1981) による concordant~subconcordant deposits タイプと言える。クロミタイトは, 観察されるかぎり常にダナイトに随伴し, クロミタイト脈の方向とダナイトの構造はほぼ調和的である (Fig. 2A)。また, 日東鉱山や富内鉱山などでは, クロミタイトと単斜輝石岩が密接に関わって産出される (Fig. 2D)。

#### 鷓川蛇紋岩体の鷓川の沢 (穂別町の鷓川本流):

鷓川塊状蛇紋岩体 (新井田・福井, 1987) のハルツパーチャイト中のダナイトに, 長さ 1 m, 厚さ 1 cm, 最厚部の奥行 2 cm の脈状クロミタイトが観察される (Fig. 2A)。クロミタイト脈はダナイト中にあり, その外側にハルツパーチャイトがある。ハルツパーチャイトは暗緑色の斜方輝石を含み, ダナイトとの境界は明瞭ではない。クロミタイト脈とハルツパーチャイトの距離は, 約 1 m ほどである。また, クロミタイト脈の方向とダナイト~ハルツパーチャイトの境界面はほぼ調和的である。同一露頭内で, クロミタイトを含まないダナイトのスピネル含有量はさまざま, 明瞭なダナイト~ハルツパーチャイト境界も認められる。

#### 岩内岳かんらん岩体の採石場:

沙流川岩体 (加藤, 1978; 加藤・中川, 1986) の岩内岳かんらん岩体 (番場, 1955) の採石場のダナイト中に, 長さ約 1.5 m の細脈状~レンズ状クロミ

タイトが観察される (Fig. 2B)。この採石場の露頭は, 主にダナイトとハルツパーチャイトからなる。かんらん岩は, 蛇紋岩化作用の影響をほとんど受けておらず, 極めて新鮮である (番場, 1955; 加藤, 1978)。山崎 (1993 MS) によれば, クロミタイトはレンズ状~岩脈状ダナイト中に出現し, ハルツパーチャイトがその外側を囲んでいる。また, クロミタイト脈の方向とレンズ状~岩脈状ダナイトはほぼ調和的である。

#### 日東鉱山:

沙流川岩体 (加藤, 1978; 加藤・中川, 1986) のハルツパーチャイト中のダナイトに大規模なクロミタイトの鉱体が多数知られている (番場, 1957; Bamba, 1984)。鉱体の 1 つのスケッチを Fig. 2C に示す。長さ 30 m, 幅 10 m, 鉱体中心部の厚さ 2-3 m である。

#### 振内八田鉱山:

沙流川岩体 (加藤, 1978; 加藤・中川, 1986) の塊状蛇紋岩中に大規模なクロミタイトの鉱体が多数知られている (番場, 1957)。鉱体は, 最大で長さ 10~20 m, 幅 10 m, 厚さ 20 m である。

#### 富内鉱山:

鷓川塊状蛇紋岩体 (新井田・福井, 1987) のハルツパーチャイト中に, 厚さ最大 5 m, 幅 10 m, 長さ 20 m のレンズ状クロミタイト鉱体が知られている (Katoh *et al.*, 1988)。Fig. 2D に富内鉱山に産したクロミタイトの産状の一例を示す。このクロミタイトは単斜輝石岩 (キウムレイト) に直接し, 周囲にダナイト, その外側をハルツパーチャイトと斜方輝石岩 (溶け残り岩石) が囲んでいる。

### IV 岩石記載

サンプルのモード組成を, Fig. 3A のかんらん石-単斜輝石-斜方輝石モード組成図にプロットした。クロミタイト周辺のかんらん岩は単斜輝石に乏しく, 涸渇しており, レッドライト 1 試料をのぞきハルツパーチャイト, ダナイトの領域に入る。スピネル-かんらん石-輝石モード組成図 (Fig. 3B) によると, スピネルのモード組成は 4% 以下のものと 50% 以上のものがある。岩内岳かんらん岩体のクロミタイトのスピネルのモード組成は 14.7~27.3% (山崎, 1993 MS) で, 幌加内オフィオライトのクロ

ミタイトのスピネルのモード組成は 13.7~28.0% (早川, 1994 MS)である。本論文では、かんらん岩の分類は IUGS (Streckeisen, 1973) に従い、かんらん石 90%以上のかんらん岩をダナイトと呼ぶ。クロミタイトの分類に関しては、スピネルを 10%以上含むダナイトをクロミタイトと総称する。

**クロミタイト：**

クロミタイトの構成鉱物は、主にスピネルとかんらん石である。かんらん石が変質した蛇紋石を含む。塊状クロミタイトには、スピネルに付随してクロム緑泥石(董泥石)、ウヴァロバイト(灰クロムざくろ石)などの二次的変質鉱物が形成されている。スピネルは、鏡下で赤褐色~暗褐色を示し、特徴的に自形~半自形粒状で、粒径 0.3 mm~1.5 cm。割れ目が多数入っており、変形作用の影響を受けたと思われる。スピネルの粒間をかんらん石が埋めており、そのほとんどが蛇紋石化している。唯一、岩内岳かんらん岩体のクロミタイトのかんらん石だけが蛇紋石化を受けておらず、自形スピネルの周囲を再結晶かんらん石が埋めている (Fig. 4 A)。岩石組織は、ア

ドキュムレイト~ヘテラドキュムレイト組織である。

**ダナイト：**

主にかんらん石、スピネルからなる。わずかに単斜輝石や斜方輝石を含むこともある。二次的変質鉱物として蛇紋石、ブルース石、磁鉄鉱を含む。かんらん石は、ほとんどが蛇紋石化し、網状組織を示す。初生的なかんらん石の最大粒径は、3 cm を越える。再結晶かんらん石の粒径は、最大約 1 mm。スピネルは一般に自形~半自形粒状である (Fig. 4 B)。虫食い状スピネルも認められる。粒径は 0.1 mm~2 mm。鏡下では赤褐色~暗赤褐色。単斜輝石の粒径は、約 0.2 mm。

**ハルツバージャイトおよびレルゾライト：**

かんらん石、斜方輝石、単斜輝石、スピネルからなる。かんらん石は他形粒状、一般に粒径 1 mm 以下。斜方輝石は半自形~他形粒状で、粒径 0.3 mm~2 mm。スピネルは、粒径の小さいものは自形で、大きいものは半自形~他形粒状 (Fig. 4 C)。虫食い状

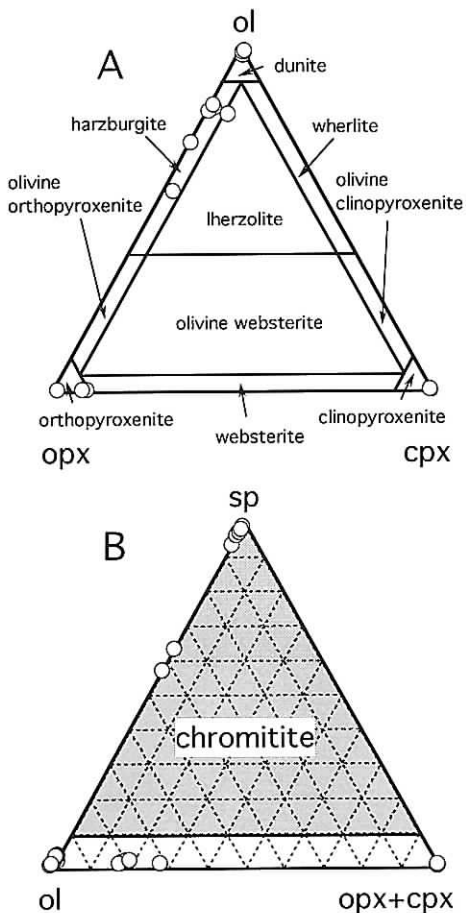


Fig. 3 超苦鉄質岩サンプルのモード組成図。  
A) かんらん石-単斜輝石-斜方輝石モード組成図。クロミタイト周辺のかんらん岩は単斜輝石に乏しく、過剰しており、レルゾライト 1 試料をのぞきハルツバージャイト、ダナイトの領域に落ちる。  
B) スピネル-かんらん石-輝石モード組成図。スピネルを 10%以上含むダナイトをクロミタイトと総称する。

Fig. 3 Modal compositions of the ultramafic rocks examined.  
A: Plots of olivine (ol)-orthopyroxene (opx)-clinopyroxene (cpx) compositions in modal %. The compositional fields for peridotitic and pyroxenitic rock types are based on the IUGS classification (Streckeisen, 1973). Note that the modal % of clinopyroxenes are extremely poor in the host peridotites (harzburgite-lherzolite), indicating a highly depleted signature of mantle peridotite.  
B: Plots of spinel (sp)-olivine (ol)-pyroxenes (opx+cpx) compositions. The ultramafic peridotites and pyroxenites containing more than 10% spinels are called as chromitite in this report.



ないし柞状のスピネルも認められる。粒径0.3 mm～1 mm。鏡下で赤褐色～暗赤褐色。レルゾライトに含まれる単斜輝石は、他形で、粒径およそ0.5 mm。

**斜方輝石岩：**

富内鉱山および日東鉱山で斜方輝石岩を採取した。斜方輝石、単斜輝石、かんらん石、およびスピ

ネルからなる。斜方輝石は、半自形～他形で、粒径は最大6 mm。単斜輝石は、他形で、粒径は最大2 mm。スピネルは半自形で、粒径は4～8 mm。かんらん石は自形で粒径は最大3 mm。

**単斜輝石岩：**

富内鉱山のクロミタイトに随伴する単斜輝石岩を

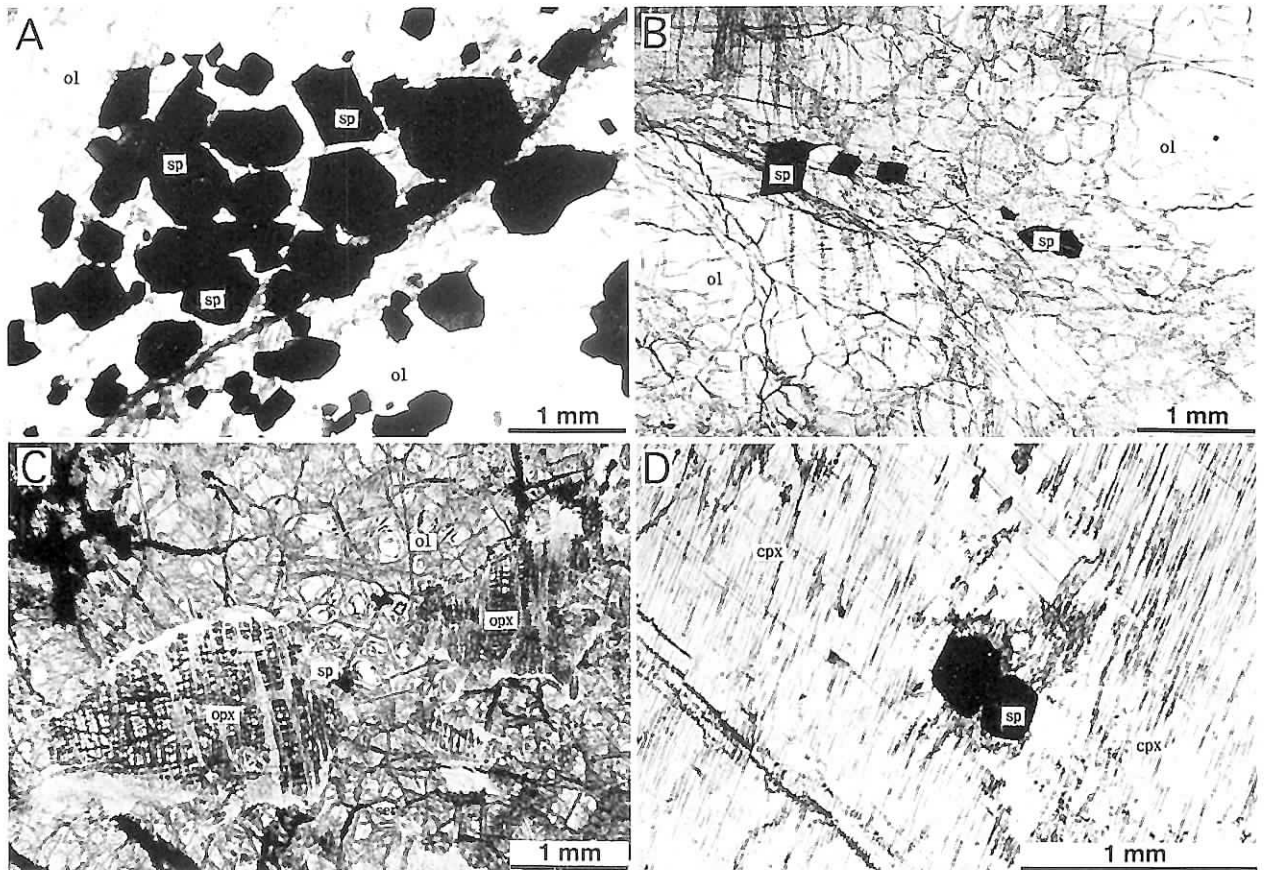


Fig. 4 超苦鉄質岩サンプル薄片の顕微鏡写真。スピネルの形態を示す。sp：スピネル、ol：かんらん石、opx：斜方輝石、cpx：単斜輝石。

- A) 脈状クロミタイト (岩内岳：サンプル No. 74711-B-1)。自形スピネルの粒間をかんらん石が埋めている。
- B) ダナイト (岩内岳：No. 74711-B-2)。自形～半自形のスピネルと他形のかんらん石。
- C) ハルツバージャイト (鉱山の沢：No. 1023-5)。半自形～他形スピネルとかんらん石と他形の斜方輝石。
- D) 単斜輝石岩 (富内鉱山：No. P-1)。粒径2 cmの単斜輝石中に自形スピネルが含まれる。

Fig. 4 Photomicrographs showing textural relationships for the chromitite (A), dunite (B), harzburgite (C), and clinopyroxenite (D), all in plane-polarized light. Legend for this figures as follows: sp=spinel, ol=olivine, opx=orthopyroxene, cpx=clinopyroxene.

- A: Chromitite vein in dunite from the Dunite Quarry of Mt. Iwanai-dake (Sample No. 74711-B-1). Euhedral grains of spinel (sp) are contained in matrix of recrystallized olivines (ol).
- B: Spinel dunite from the Dunite Quarry of Mt. Iwanai-dake (Sample No. 74711-B-2) contains euhedral to subhedral grains of spinel (sp) in association with olivine grains (ol).
- C: Spinel harzburgite from the Kozan-no-sawa (Sample No. 1023-5), containing subhedral to anhedral spinels (sp) surrounded by olivines (ol) and orthopyroxenes (opx).
- D: Clinopyroxenite from the Tomiuchi mine (Sample No. P-1). Euhedral grains of spinel (sp) are contained in large grains of clinopyroxene (cpx).

採取した。単斜輝石，スピネルからなる。単斜輝石は，離溶ラメラが多数みられ，粒径は1 cm~2 cm。スピネルは自形粒状で，粒径は約0.3 mm 前後(Fig. 4 D)。

V 構成鉱物の化学組成

クロミタイト 8 試料, ダナイト 5 試料, ハルツバー

ジャイト 4 試料, レルゾライト 1 試料, 単斜輝石岩 1 試料, 斜方輝石岩 2 試料について主要構成鉱物(スピネル, かんらん石, 斜方輝石, 単斜輝石)を EPMA 分析した。分析装置には北海道大学理学研究科の日本電子波長分散型 EPMA (JCMA-733 型) を使用した。測定条件は, 加速電圧 15 kV, 試料電流 0.02  $\mu$  A, ビーム径 1-2  $\mu$ m, 補正計算には ZAF を使用し

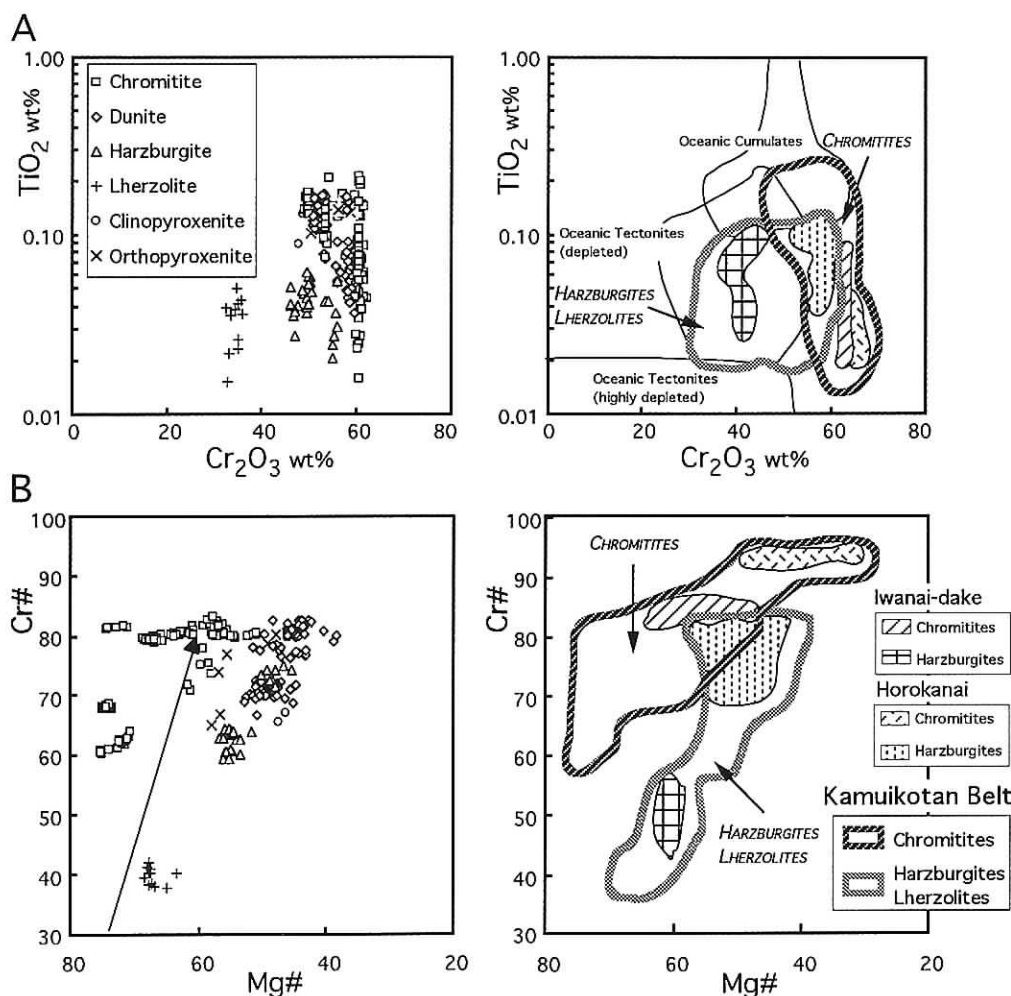


Fig. 5 スピネルの化学組成。分析サンプルは Fig. 1 に下線で示す。岩内岳は山崎 (1993 MS), 幌加内は早川 (1994 MS) による。A) スピネルの Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiO<sub>2</sub> (wt%) 組成変化図。実線で囲まれた領域は, Herbert (1985) による Oceanic Cumulates, Oceanic Tectonites (depleted), Oceanic Tectonites (highly depleted)。

B) スピネルの Mg#-Cr# 組成変化図。Mg# = 100 Mg / (Mg + Fe + 2), Cr# = 100 Cr / (Cr + Al)。矢印はかんらん岩の部分融解トレンド。

Fig. 5 Chemical composition of spinels in chromitites, dunites, and the host peridotites from the Kamuiokotan Belt. Samples analyzed with EPMA are shown as underlined rock types of Fig. 1. Data source for the Iwanai-dake chromitites and harzburgites after Yamazaki (1993MS), and the Horokanai chromitites and harzburgites after Hayakawa (1994MS).

A: Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiO<sub>2</sub> (wt%) correlations for spinels. Compositional fields circled with solid line are those for the Oceanic Cumulates, Oceanic Tectonites (depleted), Oceanic Tectonites (highly depleted) after Herbert (1985).

B: Mg# (100Mg/(Mg+Fe+2))-Cr#(100Cr/(Cr+Al)) correlations for spinels. Solid line with arrow show compositional change with proceeding of partial melting of upper mantle peridotites.

Table 1.

Locality	Mukawa-no-sawa															
	H-4-1										H-4-1				H-4-2	
	Sample No	CR		CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	D	D	D	D	D	D
Rock type	CR		CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	D	D	D	D	D	D	
No	26	29	31	95	125	45	54	122	124	55	103	115	121	129	8	
SiO <sub>2</sub>	0.01	0.00	0.00	0.02	0.03	0.04	0.01	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	
TiO <sub>2</sub>	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.04	0.05	0.06	0.08	0.06	0.09	0.07	0.05	0.08	0.05	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.08	9.99	10.02	9.26	9.77	10.27	9.16	9.89	10.39	8.55	10.06	9.36	8.94	9.88	11.71	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	60.90	60.49	61.88	61.28	60.12	60.16	59.25	59.54	57.74	59.88	55.87	58.57	58.72	58.86	56.25	
NiO	0.03	0.04	0.02	0.06	0.06	0.01	0.02	0.05	0.06	0.04	0.08	0.08	0.08	0.07	0.03	
FeO*	16.20	15.08	15.19	16.56	18.19	18.68	22.20	19.86	21.53	21.84	24.97	23.10	22.47	21.43	22.12	
MnO	0.30	0.28	0.29	0.26	0.33	0.35	0.39	0.37	0.39	0.38	0.45	0.49	0.41	0.40	0.35	
MgO	12.47	13.12	12.76	12.04	11.26	11.06	8.85	10.40	9.52	9.70	7.60	7.88	8.57	9.15	9.54	
Total	100.01	99.05	100.20	99.54	99.82	100.62	99.93	100.19	99.72	100.48	99.15	99.57	99.26	99.89	100.08	
Ti	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	0.001	
Al	0.386	0.385	0.383	0.359	0.379	0.395	0.362	0.384	0.407	0.335	0.402	0.373	0.356	0.388	0.454	
Cr	1.562	1.558	1.582	1.588	1.559	1.549	1.565	1.548	1.512	1.568	1.493	1.562	1.565	1.547	1.460	
Fe+3	0.050	0.056	0.033	0.050	0.058	0.054	0.071	0.065	0.077	0.094	0.101	0.062	0.076	0.061	0.083	
Fe+2	0.389	0.355	0.378	0.404	0.441	0.455	0.549	0.481	0.520	0.511	0.604	0.590	0.557	0.535	0.524	
Mn	0.008	0.008	0.008	0.007	0.009	0.010	0.011	0.010	0.011	0.011	0.013	0.014	0.012	0.011	0.010	
Ni	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	
Mg	0.603	0.637	0.615	0.588	0.551	0.537	0.440	0.509	0.470	0.479	0.383	0.396	0.431	0.453	0.467	
Mg#	60.77	64.21	61.92	59.28	55.55	54.14	44.51	51.45	47.50	48.37	38.78	40.16	43.60	45.85	47.11	
Cr#	80.16	80.20	80.51	81.57	80.45	79.67	81.23	80.11	78.80	82.41	78.80	80.73	81.46	79.94	76.28	

Locality	Tomiuchi mine																	
	H-4-2			512-12						P-1					P-3		P-4	
	Sample No	D	H	H	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CPX	CPX	OPX	OPX	OPX	OPX		
Rock type	D	H	H	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CPX	CPX	OPX	OPX	OPX	OPX			
No	19	66	67	7	13	15	19	47	48	24	26	52	53	66	69			
SiO <sub>2</sub>	0.02	0.02	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
TiO <sub>2</sub>	0.04	0.03	0.05	0.14	0.14	0.14	0.17	0.21	0.15	0.09	0.13	0.16	0.14	0.14	0.10			
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.04	12.92	12.68	11.20	9.15	8.43	12.56	15.03	9.28	16.83	16.22	10.61	9.86	13.46	18.21			
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	58.31	55.06	56.11	59.13	61.55	62.31	57.60	54.46	61.19	47.95	49.27	58.05	59.25	56.76	50.61			
NiO	0.04	0.00	0.00	0.17	0.20	0.15	0.19	0.25	0.17	0.21	0.19	0.17	0.17	0.16	0.21			
FeO*	19.32	21.04	20.96	17.62	17.86	17.85	17.66	17.24	18.02	24.73	24.82	21.45	21.27	18.07	18.45			
MnO	0.33	0.37	0.37	0.28	0.31	0.32	0.27	0.21	0.32	0.31	0.38	0.35	0.31	0.31	0.28			
MgO	10.35	9.68	9.43	12.29	11.62	11.79	12.15	12.92	11.60	9.80	9.62	9.99	9.70	11.88	12.27			
Total	99.44	99.11	99.67	100.82	100.82	100.99	100.58	100.33	100.73	99.91	100.62	100.77	100.70	100.78	100.13			
Ti	0.001	0.001	0.001	0.003	0.003	0.004	0.004	0.005	0.004	0.002	0.003	0.004	0.003	0.003	0.002			
Al	0.430	0.503	0.492	0.425	0.352	0.324	0.475	0.561	0.357	0.638	0.613	0.410	0.383	0.507	0.674			
Cr	1.519	1.433	1.458	1.500	1.583	1.603	1.457	1.359	1.574	1.216	1.246	1.500	1.540	1.431	1.254			
Fe+3	0.050	0.063	0.047	0.069	0.059	0.066	0.060	0.070	0.062	0.143	0.134	0.083	0.070	0.055	0.067			
Fe+2	0.483	0.516	0.529	0.404	0.427	0.419	0.413	0.385	0.428	0.520	0.530	0.503	0.515	0.427	0.417			
Mn	0.009	0.010	0.010	0.008	0.008	0.009	0.007	0.006	0.009	0.009	0.010	0.010	0.009	0.008	0.007			
Ni	0.001	0.000	0.000	0.004	0.005	0.004	0.005	0.006	0.005	0.005	0.005	0.004	0.005	0.004	0.005			
Mg	0.508	0.475	0.462	0.587	0.563	0.571	0.579	0.608	0.562	0.468	0.458	0.486	0.475	0.564	0.573			
Mg#	51.29	47.92	46.61	59.25	56.88	57.67	58.39	61.21	56.75	47.36	46.39	49.16	47.98	56.95	57.89			
Cr#	77.95	74.03	74.75	77.94	81.82	83.17	75.42	70.80	81.52	65.59	67.03	78.54	80.08	73.83	65.02			

Locality	Nittoh mine															
	514-4-1						514-4-2					514-4-3				
	Sample No	CR	CR	CR	CR	CR	CR	D	D	D	D	D	D	H	H	H
Rock type	CR	CR	CR	CR	CR	CR	D	D	D	D	D	D	H	H	H	
No	8	9	20	28	30	37	104	123	129	138	146	151	55	67	72	
SiO <sub>2</sub>	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.03	0.03	0.01	0.00	0.02
TiO <sub>2</sub>	0.09	0.07	0.09	0.06	0.07	0.07	0.13	0.13	0.11	0.12	0.17	0.15	0.15	0.06	0.06	0.04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.44	10.10	10.62	10.70	10.33	10.50	13.78	13.37	13.96	13.80	13.75	13.55	19.01	19.13	19.64	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	61.75	61.03	61.11	60.66	61.02	60.73	51.33	51.15	51.51	51.48	50.08	51.06	50.36	50.17	50.03	
NiO	0.14	0.09	0.11	0.06	0.06	0.14	0.08	0.08	0.10	0.07	0.06	0.10	0.05	0.00	0.05	
FeO*	13.52	14.41	14.03	14.64	14.93	14.62	23.77	24.73	23.69	23.28	26.20	24.90	18.45	19.68	18.18	
MnO	0.25	0.20	0.18	0.23	0.20	0.20	0.31	0.34	0.34	0.26	0.35	0.35	0.27	0.31	0.21	
MgO	13.95	13.57	14.33	13.84	13.17	13.92	10.30	10.10	10.37	10.45	9.30	9.78	11.62	10.92	11.99	
Total	100.15	99.50	100.49	100.20	99.80	100.18	99.70	99.91	100.09	99.45	99.93	99.92	99.84	100.26	100.17	
Ti	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.001	0.001	0.001	
Al	0.395	0.386	0.399	0.405	0.395	0.397	0.528	0.513	0.533	0.529	0.529	0.521	0.707	0.712	0.725	
Cr	1.564	1.560	1.538	1.534	1.559	1.537	1.316	1.313	1.315	1.321	1.290	1.313	1.253	1.249	1.235	
Fe+3	0.037	0.050	0.059	0.058	0.043	0.062	0.150	0.169	0.147	0.143	0.172	0.159	0.038	0.037	0.038	
Fe+2	0.326	0.340	0.315	0.334	0.361	0.329	0.495	0.503	0.492	0.489	0.541	0.518	0.448	0.481	0.436	
Mn	0.007	0.005	0.005	0.006	0.005	0.005	0.009	0.009	0.009	0.007	0.010	0.010	0.007	0.008	0.006	
Ni	0.003	0.002	0.003	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.003	0.001	0.000	0.001	
Mg	0.666	0.654	0.680	0.660	0.634	0.664	0.498	0.489	0.499	0.505	0.452	0.474	0.545	0.512	0.558	
Mg#	67.16	65.81	68.35	66.41	63.75	66.88	50.16	49.29	50.34	50.84	45.47	47.78	54.87	51.57	56.12	
Cr#	79.83	80.17	79.38	79.13	79.80	79.46	71.37	71.91	71.17	71.40	70.90	71.60	63.93	63.70	63.02	

FeO\* is total iron expressed as FeO. Atomic numbers are based on O=4. Mg# = 100 Mg / (Mg + Fe). Cr# = 100 Cr / (Cr + Al).



Table 1. (continue)

Locality	514-4-3			Hatta mine									513-9				
	Sample No			513-5			513-7			513-9			513-9				
	Rock type	H	H	H	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	CR	D	D	D	D	
	No	75	85	86	105	115	43	47	50	52	56	58	8	12	20	28	
	SiO <sub>2</sub>	0.00	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04
	TiO <sub>2</sub>	0.05	0.04	0.05	0.15	0.16	0.14	0.16	0.15	0.17	0.15	0.16	0.08	0.16	0.14	0.16	
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.80	21.48	19.04	21.50	21.94	21.01	19.22	20.51	20.34	20.38	20.14	15.61	15.56	15.14	15.53	
	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	50.61	48.13	51.06	50.44	50.32	49.59	51.11	49.84	50.02	50.19	50.54	53.27	52.80	53.07	53.70	
	NiO	0.02	0.00	0.02	0.27	0.24	0.22	0.19	0.20	0.22	0.20	0.16	0.05	0.17	0.13	0.18	
	FeO*	18.63	19.00	18.13	12.15	11.40	13.44	14.11	13.48	13.55	13.25	13.68	19.60	21.26	21.05	19.57	
	MnO	0.23	0.24	0.23	0.25	0.28	0.27	0.30	0.31	0.26	0.27	0.29	0.35	0.40	0.38	0.41	
	MgO	11.87	11.49	11.72	16.45	16.81	16.02	15.44	15.80	15.74	15.88	15.62	10.90	9.95	10.12	10.62	
	Total	100.22	100.39	100.26	101.22	101.18	100.71	100.54	100.29	100.32	100.35	100.60	99.88	100.33	100.06	100.22	
	Ti	0.001	0.001	0.001	0.003	0.003	0.003	0.004	0.003	0.004	0.004	0.004	0.002	0.004	0.003	0.004	
	Al	0.696	0.788	0.705	0.758	0.771	0.748	0.692	0.734	0.729	0.730	0.721	0.591	0.591	0.577	0.588	
	Cr	1.254	1.181	1.265	1.190	1.184	1.180	1.231	1.194	1.200	1.202	1.211	1.350	1.342	1.353	1.361	
	Fe+3	0.048	0.030	0.028	0.045	0.038	0.066	0.069	0.064	0.063	0.061	0.060	0.055	0.059	0.064	0.044	
	Fe+2	0.440	0.464	0.447	0.259	0.245	0.272	0.290	0.277	0.280	0.275	0.287	0.470	0.512	0.504	0.481	
	Mn	0.006	0.006	0.006	0.006	0.007	0.007	0.008	0.008	0.007	0.007	0.007	0.010	0.011	0.010	0.011	
	Ni	0.001	0.000	0.000	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.004	0.001	0.004	0.003	0.005	
	Mg	0.554	0.531	0.547	0.732	0.745	0.719	0.701	0.713	0.712	0.717	0.705	0.520	0.477	0.486	0.507	
	Mg#	55.73	53.40	55.01	73.88	75.23	72.51	70.73	72.02	71.75	72.31	71.09	52.52	48.20	49.12	51.33	
	Cr#	64.30	59.99	64.20	61.08	60.55	61.23	64.02	61.92	62.20	62.23	62.67	69.55	69.42	70.11	69.82	

Locality	513-9			513-8			Kozan-no-sawa				1023-4				
	Sample No			513-8			1023-3				1023-4				
	Rock type	D	D	H	H	H	H	CR	CR	CR	CR	D	D	D	D
	No	29	39	5	40	41	47	111	112	115	119	59	61	63	67
	SiO <sub>2</sub>	0.03	0.04	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.01	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03
	TiO <sub>2</sub>	0.17	0.12	0.04	0.02	0.02	0.04	0.21	0.21	0.20	0.20	0.14	0.09	0.14	0.16
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.37	17.12	13.46	13.96	14.02	14.59	9.26	9.17	9.23	9.34	11.44	11.29	11.49	10.65
	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	53.34	50.73	55.63	54.68	54.89	54.31	60.47	60.50	60.45	60.71	57.96	57.99	58.28	57.87
	NiO	0.15	0.18	0.05	0.06	0.05	0.04	0.22	0.22	0.25	0.23	0.09	0.08	0.09	0.12
	FeO*	20.84	20.53	19.95	20.11	20.22	20.64	14.24	14.18	13.45	13.56	20.84	20.74	19.22	20.53
	MnO	0.37	0.39	0.39	0.37	0.37	0.39	0.26	0.28	0.25	0.25	0.45	0.48	0.43	0.41
	MgO	9.80	10.48	10.22	9.76	9.93	9.80	14.71	14.83	15.36	15.12	8.92	8.55	10.17	9.53
	Total	100.08	99.59	99.73	98.98	99.52	99.84	99.40	99.41	99.19	99.43	99.86	99.24	99.81	99.30
	Ti	0.004	0.003	0.001	0.001	0.000	0.001	0.005	0.005	0.005	0.005	0.003	0.002	0.003	0.004
	Al	0.586	0.648	0.518	0.541	0.540	0.560	0.353	0.349	0.350	0.354	0.447	0.446	0.446	0.418
	Cr	1.361	1.284	1.431	1.418	1.415	1.394	1.540	1.540	1.535	1.541	1.517	1.532	1.512	1.521
	Fe+3	0.044	0.062	0.049	0.040	0.045	0.045	0.097	0.101	0.105	0.095	0.029	0.018	0.035	0.053
	Fe+2	0.519	0.488	0.494	0.512	0.507	0.515	0.286	0.281	0.256	0.269	0.548	0.561	0.492	0.517
	Mn	0.010	0.011	0.011	0.010	0.010	0.011	0.007	0.008	0.007	0.007	0.013	0.014	0.012	0.011
	Ni	0.004	0.005	0.001	0.002	0.001	0.001	0.006	0.006	0.006	0.006	0.002	0.002	0.002	0.003
	Mg	0.471	0.500	0.495	0.477	0.482	0.474	0.706	0.711	0.735	0.723	0.440	0.425	0.497	0.472
	Mg#	47.62	50.63	50.09	48.24	48.78	47.89	71.16	71.71	74.16	72.92	44.53	43.12	50.26	47.70
	Cr#	69.90	66.47	73.44	72.38	72.38	71.35	81.37	81.53	81.42	81.31	77.23	77.46	77.24	78.43

Locality	1023-5				1023-6						Biei				
	Sample No				1023-6						95903				
	Rock type	H	H	H	L	L	L	L	L	L	CR	CR	CR	CR	CR
	No	90	98	101	110	4	16	18	28	51	58	66	70	73	77
	SiO <sub>2</sub>	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	TiO <sub>2</sub>	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.02	0.02	0.04	0.04	0.02	0.09	0.09	0.10	0.09
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20.69	20.57	21.18	21.36	36.06	35.55	35.74	35.14	33.39	34.80	16.79	16.85	16.66	16.92
	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	47.29	47.02	46.09	46.51	32.63	33.18	32.79	34.45	36.06	35.07	53.41	53.46	53.25	53.18
	NiO	0.09	0.10	0.08	0.09	0.15	0.09	0.18	0.13	0.10	0.12	0.17	0.237	0.23	0.20
	FeO*	19.84	19.70	19.86	20.12	15.78	15.00	15.33	13.93	14.33	13.94	13.24	12.85	13.07	13.04
	MnO	0.34	0.33	0.39	0.33	0.21	0.21	0.24	0.24	0.28	0.24	0.16	0.19	0.19	0.17
	MgO	11.65	11.77	11.91	11.85	15.08	15.58	15.48	15.84	15.57	15.67	15.86	16.24	16.12	15.97
	Total	99.92	99.54	99.55	100.32	99.95	99.62	99.77	99.76	99.76	99.86	99.72	99.91	99.63	99.57
	Ti	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.002	0.002	0.002	0.002
	Al	0.763	0.761	0.780	0.782	1.224	1.209	1.214	1.194	1.144	1.184	0.613	0.612	0.608	0.617
	Cr	1.166	1.163	1.136	1.139	0.741	0.755	0.745	0.783	0.826	0.798	1.304	1.300	1.300	1.299
	Fe+3	0.070	0.075	0.082	0.078	0.033	0.036	0.041	0.021	0.028	0.016	0.078	0.083	0.088	0.079
	Fe+2	0.448	0.441	0.435	0.444	0.347	0.325	0.328	0.313	0.319	0.319	0.264	0.247	0.250	0.258
	Mn	0.009	0.009	0.010	0.009	0.005	0.005	0.006	0.006	0.007	0.006	0.004	0.005	0.005	0.004
	Ni	0.002	0.003	0.002	0.002	0.003	0.002	0.004	0.003	0.002	0.003	0.004	0.006	0.006	0.005
	Mg	0.541	0.549	0.553	0.547	0.646	0.668	0.663	0.679	0.672	0.673	0.730	0.744	0.742	0.735
	Mg#	54.71	55.45	55.96	55.21	65.06	67.25	66.92	68.41	67.80	67.80	73.47	75.08	74.79	74.06
	Cr#	60.46	60.46	59.29	59.29	37.71	38.44	38.03	39.61	41.94	40.27	68.03	67.98	68.14	67.78

Abbreviations: CR=chromitite, D=dunite, H=harzburgite, L=lherzolite, OPX=orthopyroxenite, CPX=clinopyroxenite.

← Table 1 スピネルの代表的 EPMA 分析値. CR: クロミタイト, D: ダナイト, H: ハルツパージャイト, L: レルゾライト, OPX: 斜方輝石岩, CPX: 単斜輝石岩

← Table 1 Representative chemical compositions of spinels in the chromitite, dunite, harzburgite, lherzolite, and pyroxenite from the localities of Fig. 1.

た. ここでは, 初生的な組成を保持していると考えられる初生鉱物のコアの分析値のみを検討する.

### スピネル:

Table 1 に, スピネルの EPMA 分析値を示す. 全鉄 (Total iron) は  $\text{FeO}^*$  として示す.  $\text{Fe}^{+3}$  は, スピネルの stoichiometry ( $\text{ROR}_2\text{O}_3$ ) にもとづき算出した.

Fig. 5 A は,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ - $\text{TiO}_2$  (wt%) 組成変化図である. 実線で囲まれた領域は, Herbert (1985) による Oceanic Cumulates, Oceanic Tectonites (depleted), Oceanic Tectonites (highly depleted) のそれぞれの組成領域である. Ti は液相濃集元素であり, マグマから晶出したスピネルは, 溶け残りかんらん岩のスピネルよりも Ti に富むと考えられる. この図では, Cumulate のスピネルの方が Tectonite のスピネルよりも  $\text{TiO}_2$  含有量に富むことが示され, スピネルの組成はマグマが関与するほど Ti に富むといえる. 神居古潭帯のオフィオライト質クロミタイトのスピネルの  $\text{TiO}_2$  含有量は,  $\text{TiO}_2=0.02$  wt% (鷗川の沢) ~  $0.21$  wt% (鉱山の沢) である. ダナイトのスピネルでは,  $\text{TiO}_2=0.03$  wt% (鷗川の沢) ~  $0.17$  wt% (振内八田鉱山) である. ハルツパージャイトとレルゾライトのスピネルは Ti に乏しく,  $\text{TiO}_2=0.06$  wt% 以下である. 山崎 (1993 MS) によれば, 岩内岳かんらん岩体のクロミタイトのスピネルは  $\text{TiO}_2=0.02\sim 0.08$  wt%, ハルツパージャイトのスピネルは  $\text{TiO}_2=0.11$  wt% 以下である. 早川 (1994 MS) によれば, 幌加内オフィオライトのクロミタイトのスピネルは  $\text{TiO}_2=0.01\sim 0.04$  wt%, ハルツパージャイトのスピネルは  $\text{TiO}_2=0.11$  wt% 以下である. クロミタイトを産出する地域のハルツパージャイト・レルゾライトのスピネルは,  $\text{TiO}_2$  含有量が  $0.11$  wt% を越えないのに対して, クロミタイト・ダナイト・輝石岩のスピネルは  $0\sim 0.2$  wt% である.  $\text{TiO}_2$  含有量から, ハルツパージャイトとレルゾライトは溶け残りかんらん岩であり, クロミタイトはマグマから晶出したスピネルを含む岩石であることが示唆される.

Fig. 5B は, スピネルの  $\text{Mg}^{\#}$  値 ( $\text{Mg}^{\#}=100 \text{Mg}/$

( $\text{Mg}+\text{Fe}^{2+}$ ) と  $\text{Cr}^{\#}$  値 ( $\text{Cr}^{\#}=100 \text{Cr}/(\text{Cr}+\text{Al})$ ) の組成変化図である. 上部マントルかんらん岩中のスピネルは, 部分融解の進行に伴って  $\text{Cr}^{\#}$  が増加すると考えられている. 神居古潭オフィオライトのクロミタイトのスピネルは,  $\text{Mg}^{\#}=50.9$  (鷗川の沢) ~  $75.2$  (振内八田鉱山),  $\text{Cr}^{\#}=60.3$  (振内八田鉱山) ~  $81.7$  (鷗川の沢) である. また, 山崎 (1993 MS) によれば, 岩内岳かんらん岩のクロミタイトのスピネルは  $\text{Cr}^{\#}=85$  前後,  $\text{Mg}^{\#}=47.6\sim 62.3$  で, 早川 (1994 MS) によれば, 幌加内オフィオライトは  $\text{Mg}^{\#}=31.6\sim 61.1$ ,  $\text{Cr}^{\#}=73.9\sim 94.3$  である. 幌加内のクロミタイトのスピネルは  $\text{Cr}^{\#}$  が非常に高いが, それ以外の地域のクロミタイトのスピネルは  $\text{Cr}^{\#}=60\sim 85$  で, 岩体の違いなどの地域差はない. ダナイトのスピネルも高い  $\text{Cr}^{\#}$  値をもち,  $\text{Mg}^{\#}=38.3$  (鷗川の沢) ~  $52.5$  (振内八田鉱山),  $\text{Cr}^{\#}=68.5$  (鷗川の沢) ~  $82.5$  (振内八田鉱山) である. 一方, ハルツパージャイトのスピネルは  $\text{Cr}^{\#}$  値が低く,  $\text{Mg}^{\#}=38.32$  (鷗川の沢) ~  $56.0$  (鉱山の沢),  $\text{Cr}^{\#}=54.7$  (鉱山の沢) ~  $74.8$  (鷗川の沢) である. 鉱山の沢のレルゾライトのスピネルは,  $\text{Mg}^{\#}=70$  弱,  $\text{Cr}^{\#}=40$  前後で,  $\text{Cr}^{\#}$  値が明瞭に低い. 富内鉱山の単斜輝石岩のスピネルは,  $\text{Mg}^{\#}$  = 約 65,  $\text{Cr}^{\#}$  = 約 50, 富内鉱山の斜方輝石岩のスピネルは,  $\text{Mg}^{\#}=60$  弱,  $\text{Cr}^{\#}=65\sim 80$  である. 神居古潭帯の溶け残りかんらん岩 (ハルツパージャイトとレルゾライト) のスピネルは, 一般に知られる上部マントルかんらん岩のスピネルよりも  $\text{Mg}^{\#}$  値が低い. また, ハルツパージャイトのスピネルの  $\text{Cr}^{\#}$  値は 60 を越えるものもあり, Dick and Bullen (1984) による深海底かんらん岩のスピネルに類似せず, むしろ Type II alpine-type peridotite のスピネルに類似する. クロミタイトのスピネルは, 溶け残りかんらん岩のスピネルよりも明瞭に  $\text{Mg}^{\#}$ ,  $\text{Cr}^{\#}$  が高い. 神居古潭帯のクロミタイトのスピネル ( $\text{Cr}^{\#}=60\sim 95$ ) は, Arai (1994) がコンパイルした High-Mg Basalt, High-Mg Andesite, Boninite のスピネルに類似している.

Fig. 6 は, スピネル  $\text{Cr}^{\#}$  値の空間組成変化図で, クロミタイト脈に直交する方向に露頭オーダーの組成変化を確かめた. 鷗川の沢のクロミタイトと隣接す

るダナイト中のスピネルの化学組成, 10 cm ほど離れたダナイト中のスピネルの化学組成, その壁岩になっているハルツバージャイト中のスピネルの化学組成変化を検討した。スピネルの Cr# 値は, クロミタイトからハルツバージャイトに向かって Cr# = 83 から Cr# = 72 まで徐々に減少する。

**かんらん石:**

今回検討したクロミタイト中の初生的かんらん石はすべて蛇紋石化していた。ここでは, クロミタイトの壁岩であるかんらん岩のかんらん石を検討した。Table 2 に, かんらん石の EPMA 分析値を示す。

Fig. 7 は, Mg<sup>#</sup>-NiO (wt%) 組成変化図である。実線で囲まれた組成領域は, Takahashi et al. (1987) による上部マントルかんらん石の組成領域 (mantle olivine array) で, Mg<sup>#</sup> 値の高いかんらん石を含むかんらん岩ほど玄武岩質メルト成分に過剰している。Ni はコンパチブル元素であり, 初生マグマから早期に分別したかんらん石ほど NiO (wt%) に富む。

神居古潭帯のハルツバージャイトとレルゾライトのかんらん石は, Mg<sup>#</sup> = 91.4 (日東鉱山) ~ 92.9 (振内八田鉱山), NiO = 0.22 wt% (鷗川の沢) ~ 0.40 wt% (鉱山の沢) である。これらは, 岩内岳かんらん岩体のハルツバージャイトのかんらん石 (山崎, 1993 MS : Mg<sup>#</sup> = 91.2 ~ 92.4, NiO = 0.28 ~ 0.41

wt%) や幌加内オフィオライトのハルツバージャイトのかんらん石 (早川, 1994 MS : Mg<sup>#</sup> = 92.1 ~ 93.7, NiO = 0.23 ~ 0.48 wt%) に類似する。今回検討したかんらん石の NiO 含有量は, いずれも上部マントルかんらん石に近いが, 多くは mantle olivine array の組成領域より低いことから, 分化した玄武岩質マグマの影響をかなり受けていることが示唆される。また, クロミタイトのかんらん石の Mg<sup>#</sup> 値は著しく高い。山崎 (1993 MS) の岩内岳かんらん岩体のクロミタイトは Mg<sup>#</sup> = 93.8 ~ 95.8, 早川 (1994 MS) の幌加内オフィオライトのクロミタイトは Mg<sup>#</sup> = 92.8 ~ 93.4 である。クロミタイトのかんらん石は, ハルツバージャイトのかんらん石よりも Mg<sup>#</sup> 値が高い。

**斜方輝石:**

神居古潭帯のハルツバージャイト~レルゾライトおよび斜方輝石岩 (キユムレイト) に含まれる斜方輝石の化学組成を検討した。Table 3 に, 斜方輝石の EPMA 分析値を示す。

ハルツバージャイトとレルゾライトの斜方輝石の Mg<sup>#</sup> 値は, Mg<sup>#</sup> = 91.6 (鉱山の沢) ~ 93.1 (振内八田鉱山) である。岩内岳かんらん岩体のハルツバージャイトの斜方輝石 (Mg<sup>#</sup> = 91.6 ~ 93.1 : 山崎, 1993 MS) や幌加内オフィオライトのハルツバージャイトの斜方輝石 (Mg<sup>#</sup> = 92.3 ~ 93.9 : 早川, 1994 MS) も

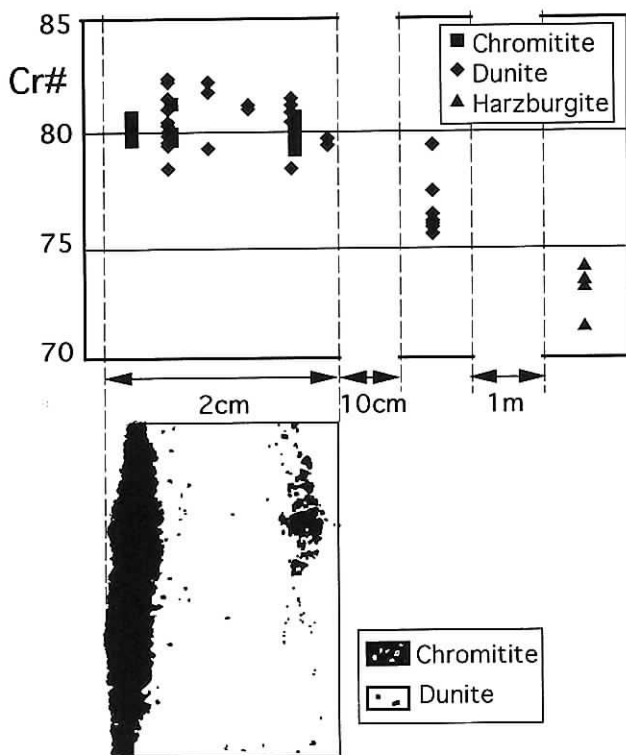


Fig. 6 スピネル Cr# 値の空間組成変化図。横軸にクロミタイト脈に直交する方向の距離を示す。下図はクロミタイトの薄片のスケッチで上図の組成変化図に対応する。

Fig. 6 Spatial compositional variations in Cr# (100 Cr/(Cr+Al)) of spinels, examined from chromitite to harzburgite through dunite along the line perpendicular to the chromitite vein, at the peridotite exposure of Fig. 2A.

Table 2 かんらん石の代表的 EPMA 分析値.

Table 2 Representative chemical compositions of olivines in the dunite, harzburgite, and lherzolite from the localities of Fig. 1.

Locality	Mukawa-no-sawa		Nittoh mine											514-4-3		
Sample No	512-12		514-4-2													
Rock type	H	H	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	H	H
No	88	89	107	108	119	120	125	128	130	131	139	141	143	48	54	
SiO <sub>2</sub>	40.57	41.21	41.26	41.10	41.26	40.87	40.99	41.02	40.99	41.07	41.15	41.12	40.93	40.98	41.05	
NiO	0.22	0.24	0.23	0.23	0.22	0.26	0.21	0.23	0.20	0.22	0.22	0.20	0.24	0.26	0.30	
FeO*	8.07	7.77	8.06	8.29	8.66	9.12	8.69	8.62	8.96	8.74	8.87	8.36	8.60	8.11	7.82	
MnO	0.04	0.03	0.04	0.01	0.04	0.07	0.03	0.04	0.04	0.08	0.09	0.05	0.04	0.04	0.06	
MgO	50.58	50.49	50.47	50.10	49.69	50.02	49.28	49.84	50.03	49.83	50.31	49.83	49.64	50.31	50.35	
CaO	0.00	0.00	0.08	0.10	0.10	0.14	0.11	0.08	0.10	0.09	0.11	0.10	0.08	0.00	0.00	
Total	99.47	99.75	100.14	99.83	99.98	100.47	99.32	99.82	100.31	100.02	100.75	99.65	99.53	99.70	99.58	
Si	0.993	1.003	1.002	1.002	1.005	0.995	1.006	1.002	0.998	1.001	0.997	1.004	1.002	1.000	1.001	
Ni	0.004	0.005	0.004	0.005	0.004	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.005	0.005	0.006	
Fe+2	0.165	0.158	0.164	0.169	0.176	0.186	0.178	0.176	0.182	0.178	0.180	0.171	0.176	0.165	0.160	
Mn	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	
Mg	1.844	1.831	1.826	1.820	1.805	1.815	1.802	1.814	1.815	1.811	1.817	1.813	1.812	1.829	1.830	
Ca	0.000	0.000	0.002	0.003	0.003	0.004	0.003	0.002	0.003	0.002	0.003	0.003	0.002	0.000	0.000	
Mg#	91.78	92.05	91.78	91.51	91.09	90.72	90.99	91.16	90.87	91.04	90.99	91.39	91.14	91.70	91.98	

Locality	514-4-3									Hatta mine						513-8
Sample No										513-9						
Rock type	H	H	H	H	H	H	H	H	H	D	D	D	D	D	D	H
No	64	65	73	74	78	83	84	84	99	11	18	23	24	29	42	7
SiO <sub>2</sub>	40.99	41.06	41.33	40.93	41.28	41.40	41.17	41.04	41.31	41.01	41.14	41.11	41.05	41.20	41.20	40.92
NiO	0.26	0.28	0.28	0.26	0.26	0.25	0.30	0.29	0.44	0.41	0.40	0.41	0.43	0.40	0.40	0.32
FeO*	8.57	8.30	7.95	7.96	7.71	8.17	8.35	8.46	7.78	7.44	7.25	7.22	7.56	7.53	7.88	7.88
MnO	0.03	0.04	0.05	0.04	0.00	0.06	0.01	0.04	0.15	0.15	0.13	0.13	0.13	0.14	0.14	0.04
MgO	50.26	50.22	50.57	50.41	50.78	50.41	50.08	50.35	50.18	50.70	50.76	50.74	51.14	50.84	50.42	50.42
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	
Total	100.12	99.90	100.18	99.60	100.04	100.28	99.92	100.17	99.87	99.74	99.68	99.61	100.31	100.11	99.58	
Si	0.998	1.001	1.002	0.999	1.001	1.004	1.003	0.998	1.005	0.999	1.001	1.001	0.995	0.999	0.999	
Ni	0.005	0.005	0.006	0.005	0.005	0.005	0.006	0.006	0.009	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.006	
Fe+2	0.175	0.169	0.161	0.162	0.156	0.166	0.170	0.172	0.158	0.152	0.148	0.147	0.153	0.153	0.161	
Mn	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.001	
Mg	1.824	1.824	1.828	1.834	1.836	1.821	1.818	1.825	1.820	1.840	1.840	1.841	1.847	1.838	1.834	
Ca	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Mg#	91.26	91.52	91.89	91.86	92.15	91.67	91.44	91.39	92.00	92.39	92.58	92.61	92.34	92.32	91.93	

Locality	513-8									Kozan-no-sawa				1023-6		
Sample No										1023-5						
Rock type	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	L	L	
No	8	22	28	36	37	46	58	64	77	95	96	105	7	31	33	
SiO <sub>2</sub>	41.11	40.87	41.05	40.86	40.95	40.80	41.14	41.04	40.73	41.06	40.91	40.21	40.72	40.87	41.11	
NiO	0.28	0.29	0.32	0.27	0.31	0.29	0.35	0.30	0.34	0.30	0.37	0.35	0.33	0.40	0.33	
FeO*	7.63	7.91	7.88	7.73	7.70	7.66	7.49	7.54	8.00	8.01	7.61	8.00	8.54	7.87	8.07	
MnO	0.09	0.07	0.03	0.06	0.10	0.04	0.04	0.08	0.13	0.07	0.13	0.09	0.12	0.10	0.13	
MgO	50.92	50.43	51.10	50.70	50.82	51.00	50.67	51.31	50.55	50.88	50.95	51.98	50.27	50.82	50.48	
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Total	100.03	99.56	100.38	99.61	99.87	99.79	99.68	100.27	99.75	100.32	99.98	100.62	99.98	100.05	100.12	
Si	0.998	0.998	0.994	0.996	0.996	0.993	1.001	0.994	0.994	0.996	0.995	0.975	0.994	0.994	0.999	
Ni	0.005	0.006	0.006	0.005	0.006	0.006	0.007	0.006	0.007	0.006	0.007	0.007	0.006	0.008	0.006	
Fe+2	0.155	0.161	0.160	0.158	0.157	0.156	0.152	0.153	0.163	0.162	0.155	0.162	0.174	0.160	0.164	
Mn	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.003	0.001	0.003	0.002	0.002	0.002	0.003	
Mg	1.842	1.835	1.845	1.843	1.843	1.850	1.838	1.852	1.839	1.839	1.846	1.879	1.829	1.842	1.828	
Ca	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Mg#	92.24	91.91	92.04	92.12	92.16	92.23	92.34	92.38	91.85	91.88	92.27	92.05	91.30	92.00	91.76	

FeO\* is total iron expressed as FeO. Atomic numbers are based on O=4. Mg# = 100 Mg/(Mg+Fe).  
 Abbreviations: D=dunite, H=harzburgite, L=lherzolite.



同様の  $Mg^{\#}$  値を示す。斜方輝石岩の斜方輝石は  $Mg^{\#}=89.9$  (富内鉱山) ~  $91.6$  (振内八田鉱山) である。斜方輝石岩の斜方輝石の  $Mg^{\#}$  が 92 を越えないことから、溶け残りかんらん岩の斜方輝石とマグマから晶出した斜方輝石とを明瞭に区別できる。斜方輝石岩の斜方輝石は  $Cr^{\#}=15$  以上で、溶け残りかんらん岩の斜方輝石は  $Cr^{\#}=0 \sim 35$  であり、斜方輝石岩の斜方輝石は Cr-rich なマグマから晶出したことが示唆される。また、かんらん岩の斜方輝石の  $Al_2O_3$  は 3.0 wt% 以下である。Dick et al. (1984) がコンパイルした海洋底のかんらん岩の斜方輝石の組成と比較すると、神居古潭帯のかんらん岩と斜方輝石岩はかなり過剰している。

**単斜輝石：**

ダナイト(振内八田鉱山)、ハルツバージャイトと斜方輝石岩(富内鉱山)、単斜輝石岩(富内鉱山)の単斜輝石の化学組成を検討した。Table. 4 に、斜方輝石の EPMA 分析値を示す。

溶け残りかんらん岩のハルツバージャイトとレルゾライトの単斜輝石の  $Mg^{\#}$  値は、 $Mg^{\#}=94 \sim 95.6$ 、キウムレイト質単斜輝石岩の単斜輝石は  $Mg^{\#}=92 \sim 94.7$  である。また、斜方輝石と同様に、溶け残

りかんらん岩の斜方輝石は  $Cr^{\#}=5 \sim 25$  であるのに対し、マグマから晶出した単斜輝石岩の単斜輝石は  $Cr^{\#}=20 \sim 40$  である。

**VI 議 論**

**(1) クロミタイト形成に関与したマグマ**

神居古潭帯のオフィオライト質クロミタイトは、その産状や岩石組織、スピネルの化学組成の特徴から、マグマから晶出してできた岩石(キウムレイト)であると考えられる。このクロミタイトは脈状ないしレンズ状の形態を示し、ダナイトおよび稀に単斜輝石岩を伴って、主に過剰度の高いハルツバージャイト質かんらん岩中に生じている。

神居古潭帯のクロミタイト形成に関与したマグマは、クロミタイトのスピネルが高い  $Cr^{\#}$  値を示す ( $Cr^{\#}=60 \sim 95$ ) こと、およびかんらん石の高い  $Mg^{\#}$  値をもつ ( $Mg^{\#}=92 \sim 95$ ) ことから、著しく過剰した上部マントルかんらん岩を起源とするマグマであったと推定される。そのようなマグマは、ボニナイトや高 Mg 安山岩~玄武岩のスピネルの  $Cr^{\#}$  が高いこと (Arai, 1994) から、ボニナイトないし高 Mg 安山岩~玄武岩質マグマであったと考えられる。このようなマグマの活動環境が島弧にかざられていることが

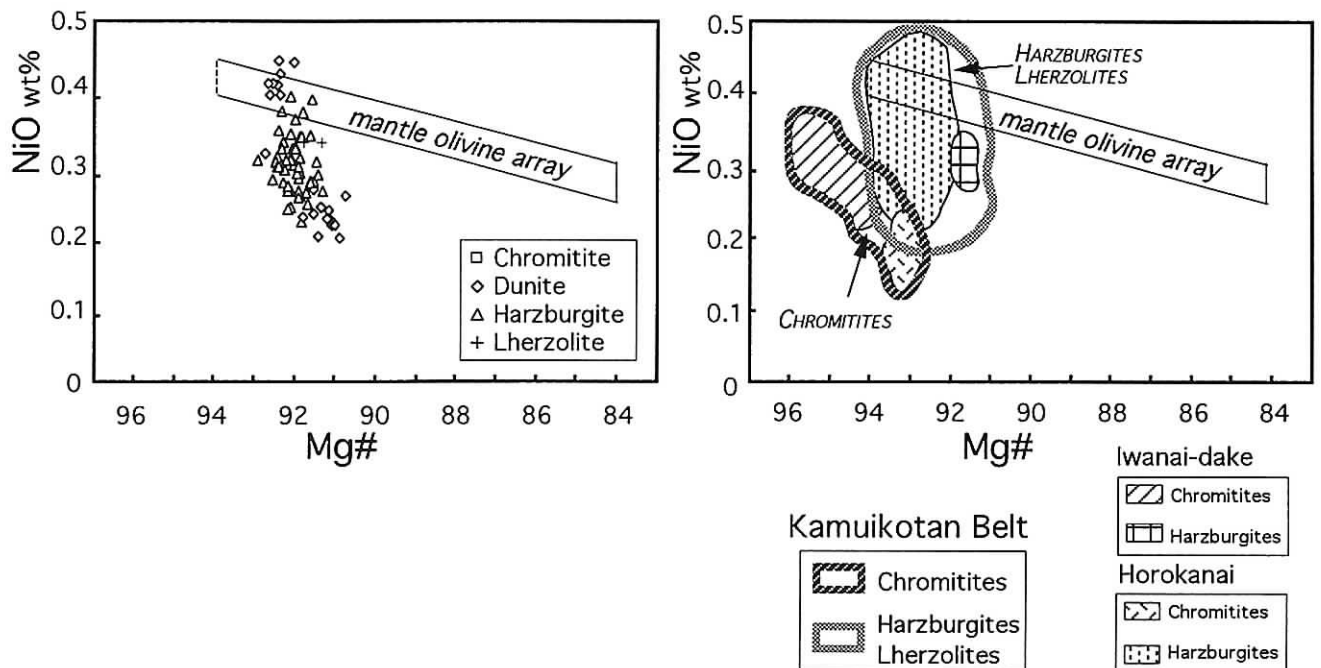


Fig. 7 かんらん石の  $Mg^{\#}$ -NiO (wt%) 組成変化図。実線で囲まれた領域は Takahashi et al. (1987) によるマントルかんらん石の組成領域。岩内岳は山崎 (1994 MS)、幌加内は早川 (1994 MS) による。

Fig. 7  $Mg^{\#}$ -NiO (wt%) correlations for olivines. Data source for the Iwanai-dake and the Horokanai chromitites and harzburgites is same as Fig. 5. Plots for olivines in the chromitites are mostly separate from those in the host peridotites.

Table 3 斜方輝石の代表的 EPMA 分析値.

Table 3 Representative chemical compositions of orthopyroxenes in the harzburgite, lherzolite, and pyroxenite from the localities of Fig. 1.

Locality Sample No Rock type No	Tomiuchi mine					Nittoh mine					Hatta mine				
	P-4					514-4-3					513-8				
	OPX 76	OPX 80	OPX 81	OPX 84	OPX 87	H 43	H 52	H 80	H 94	H 101	H 17	H 24	H 26	H 35	H 39
SiO <sub>2</sub>	56.92	56.50	56.68	56.95	56.80	57.12	57.01	57.40	56.91	56.96	57.43	57.40	57.66	57.54	57.55
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.69	1.03	1.19	0.76	0.77	1.20	1.40	1.35	1.41	1.16	0.87	0.83	0.75	0.75	0.82
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.30	0.32	0.34	0.32	0.32	0.22	0.38	0.31	0.41	0.21	0.26	0.27	0.13	0.19	0.13
NiO	0.07	0.06	0.07	0.08	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO*	6.54	6.53	6.36	6.02	6.31	5.24	5.32	5.58	5.06	5.38	5.19	5.03	4.69	5.14	5.09
MnO	0.12	0.06	0.10	0.11	0.09	0.02	0.03	0.04	0.02	0.07	0.05	0.06	0.07	0.10	0.03
MgO	33.73	33.82	33.51	34.04	33.93	34.11	34.35	34.34	34.39	34.80	34.87	34.79	35.54	34.88	35.19
CaO	0.64	0.38	0.51	0.35	0.35	1.12	0.48	0.49	0.60	0.49	0.62	1.17	0.33	0.65	0.46
Na <sub>2</sub> O	0.06	0.06	0.05	0.05	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	99.06	98.76	98.80	98.67	98.71	99.02	98.96	99.52	98.80	99.05	99.30	99.54	99.16	99.25	99.28
Si	1.985	1.975	1.979	1.987	1.984	1.980	1.976	1.980	1.974	1.974	1.983	1.980	1.987	1.988	1.985
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.028	0.042	0.049	0.031	0.032	0.049	0.057	0.055	0.058	0.047	0.036	0.034	0.030	0.031	0.034
Cr	0.008	0.009	0.009	0.009	0.009	0.006	0.010	0.009	0.011	0.006	0.007	0.007	0.004	0.005	0.004
Ni	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe+2	0.191	0.191	0.186	0.176	0.184	0.152	0.154	0.161	0.147	0.156	0.150	0.145	0.135	0.148	0.147
Mn	0.003	0.002	0.003	0.003	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.003	0.001
Mg	1.753	1.762	1.744	1.770	1.766	1.762	1.774	1.765	1.778	1.797	1.795	1.788	1.825	1.796	1.809
Ca	0.024	0.014	0.019	0.013	0.013	0.042	0.018	0.018	0.022	0.018	0.023	0.043	0.012	0.024	0.017
Na	0.004	0.004	0.004	0.003	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg#	90.18	90.22	90.38	90.97	90.54	92.07	92.01	91.65	92.37	92.02	92.29	92.50	93.10	92.36	92.49
Cr#	22.55	17.46	15.92	21.71	21.55	10.89	15.33	13.43	16.13	10.61	16.43	17.71	10.37	14.33	9.75

Locality Sample No Rock type No	Kozan-no-sawa					Kozan-no-sawa					Kozan-no-sawa				
	1023-5					1023-5					1023-6				
	H 45	OPX 60	OPX 72	OPX 73	OPX 78	H 76	H 85	H 86	H 89	H 126	L 5	L 13	L 14	L 26	L 34
SiO <sub>2</sub>	57.55	57.38	57.16	57.56	57.36	56.67	56.56	56.92	56.67	57.59	56.59	55.56	55.55	55.87	56.19
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.79	0.56	0.63	0.63	0.62	1.37	1.59	1.42	1.51	1.60	2.37	2.87	2.73	2.74	2.57
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.15	0.29	0.45	0.37	0.43	0.36	0.51	0.49	0.51	0.55	0.44	0.66	0.62	0.64	0.48
NiO	0.00	0.10	0.09	0.12	0.09	0.03	0.02	0.03	0.03	0.05	0.00	0.06	0.02	0.02	0.04
FeO*	4.89	6.32	6.06	6.15	5.94	5.48	5.13	5.27	5.01	5.51	5.58	5.33	5.44	5.35	5.47
MnO	0.08	0.19	0.22	0.14	0.19	0.16	0.12	0.09	0.10	0.12	0.10	0.10	0.10	0.11	0.13
MgO	35.36	34.77	34.44	34.33	34.38	34.56	34.44	34.64	34.51	33.74	34.35	33.99	34.36	34.17	34.08
CaO	0.51	0.46	1.04	0.77	0.79	0.60	0.72	0.62	0.76	0.66	0.65	0.44	0.72	0.43	0.83
Na <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05
Total	99.33	100.07	100.08	100.07	99.79	99.25	99.09	99.48	99.10	99.84	100.07	99.01	99.54	99.34	99.82
Si	1.984	1.979	1.974	1.985	1.982	1.964	1.961	1.966	1.964	1.981	1.945	1.930	1.923	1.934	1.938
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.032	0.023	0.026	0.025	0.025	0.056	0.065	0.058	0.062	0.065	0.096	0.118	0.112	0.112	0.105
Cr	0.004	0.008	0.012	0.010	0.012	0.010	0.014	0.013	0.014	0.015	0.012	0.018	0.017	0.018	0.013
Ni	0.000	0.003	0.003	0.003	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001
Fe+2	0.141	0.182	0.175	0.177	0.172	0.159	0.149	0.152	0.145	0.158	0.160	0.155	0.158	0.155	0.158
Mn	0.002	0.005	0.006	0.004	0.006	0.005	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004
Mg	1.816	1.788	1.772	1.764	1.771	1.785	1.780	1.783	1.782	1.730	1.760	1.760	1.773	1.763	1.752
Ca	0.019	0.017	0.038	0.029	0.029	0.022	0.027	0.023	0.028	0.024	0.024	0.016	0.027	0.016	0.031
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003
Mg#	92.80	90.74	91.01	90.87	91.17	91.83	92.29	92.14	92.47	91.61	91.64	91.92	91.84	91.92	91.74
Cr#	11.12	26.00	32.36	28.48	31.64	15.13	17.69	18.62	18.40	18.80	10.98	13.40	13.09	13.58	11.02

FeO\* is total iron expressed as FeO. Atomic numbers are based on O=6. Mg# = 100 Mg / (Mg + Fe). Cr# = 100 Cr / (Cr + Al).

Abbreviations : H=harzburgite, L=lherzolite, OPX=orthopyroxenite.

Table 4 単斜輝石の代表的 EPMA 分析値.

Table 4 Representative chemical compositions of clinopyroxenes in the dunite, harzburgite, lherzolite, and pyroxenite from the localities of Fig. 1.

Locality Sample No Rock type No	Tomiuchi mine										P-2					
	P-1		CPX								CPX					
	22	23	27	28	29	30	31	32	33	107	112	118	122	127	129	
SiO <sub>2</sub>	54.43	54.23	54.45	53.92	53.93	53.75	53.42	53.66	53.57	53.75	53.62	53.60	53.51	54.16	53.44	
TiO <sub>2</sub>	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.01	0.71	0.72	1.11	1.01	1.51	1.61	1.25	1.02	1.37	1.55	0.90	1.36	0.80	1.13	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.89	0.44	0.74	0.65	0.78	0.69	0.70	0.65	0.69	0.67	0.65	0.49	0.69	0.57	0.64	
NiO	0.05	0.00	0.04	0.02	0.03	0.05	0.05	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.00	0.02	
FeO*	1.72	2.07	1.90	2.17	1.89	2.38	2.26	2.51	2.17	2.37	2.27	2.27	2.22	2.18	2.23	
MnO	0.05	0.04	0.07	0.06	0.04	0.03	0.05	0.06	0.08	0.03	0.06	0.05	0.02	0.05	0.04	
MgO	16.68	17.30	17.55	17.31	17.30	17.02	16.96	17.22	16.96	16.94	17.12	17.12	17.31	17.26	16.98	
CaO	23.59	24.59	24.29	23.89	24.31	23.58	23.51	23.66	23.71	23.64	23.42	23.87	23.91	23.91	23.90	
Na <sub>2</sub> O	0.59	0.38	0.27	0.33	0.35	0.32	0.39	0.33	0.39	0.41	0.45	0.30	0.38	0.32	0.33	
Total	99.03	99.76	100.03	99.45	99.63	99.32	98.96	99.37	98.59	99.20	99.18	98.61	99.41	99.26	98.70	
Si	1.992	1.978	1.978	1.971	1.968	1.967	1.962	1.966	1.976	1.970	1.964	1.976	1.959	1.982	1.970	
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Al	0.043	0.031	0.031	0.048	0.044	0.065	0.070	0.054	0.044	0.059	0.067	0.039	0.059	0.035	0.049	
Cr	0.026	0.013	0.021	0.019	0.022	0.020	0.020	0.019	0.020	0.019	0.019	0.014	0.020	0.017	0.019	
Ni	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	
Fe+2	0.053	0.063	0.058	0.066	0.058	0.073	0.069	0.077	0.067	0.073	0.069	0.070	0.068	0.067	0.069	
Mn	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	
Mg	0.910	0.941	0.950	0.943	0.941	0.928	0.928	0.940	0.932	0.925	0.935	0.941	0.944	0.941	0.933	
Ca	0.925	0.961	0.946	0.936	0.951	0.925	0.925	0.929	0.937	0.928	0.919	0.943	0.938	0.938	0.944	
Na	0.042	0.027	0.019	0.023	0.025	0.023	0.028	0.024	0.028	0.029	0.032	0.021	0.027	0.023	0.023	
Mg#	94.53	93.70	94.27	93.42	94.24	92.73	93.05	92.45	93.31	92.73	93.09	93.09	93.29	93.38	93.15	
Cr#	37.10	29.18	40.61	28.03	33.92	23.39	22.54	25.74	31.18	24.63	21.98	26.76	25.36	32.33	27.46	

Locality Sample No Rock type No	P-3			Nittoh mine 514-4-3		Hatta 513-9	Kozan-no-sawa 1023-6								
	OPX		OPX	H		D	L			L			L		
	57	58	62	93	102	128	19	20	22	23	24	35	36	42	44
SiO <sub>2</sub>	53.89	54.09	53.96	54.36	54.62	54.48	53.67	53.87	53.61	52.88	52.96	52.92	53.40	53.15	52.76
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.89	0.94	0.59	0.93	1.05	0.75	2.10	1.87	1.78	2.78	2.97	2.13	2.01	2.36	3.11
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.80	0.72	0.61	0.32	0.35	0.65	0.66	0.90	0.62	1.02	1.09	0.58	0.55	0.66	1.16
NiO	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.03	0.02	0.00
FeO*	1.97	1.84	1.63	1.71	1.56	1.46	1.73	1.54	1.43	1.70	1.94	2.08	1.78	1.88	1.87
MnO	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.11	0.07	0.07	0.05	0.07	0.06	0.09	0.08	0.08	0.04
MgO	17.07	17.03	17.54	17.70	17.97	17.60	17.31	17.30	17.36	16.94	16.98	18.71	17.94	17.50	16.84
CaO	23.43	23.51	24.03	23.62	24.30	23.61	23.30	24.11	24.64	23.53	23.15	22.64	23.31	23.06	22.94
Na <sub>2</sub> O	0.72	0.44	0.36	0.07	0.04	0.25	0.43	0.30	0.23	0.36	0.38	0.26	0.32	0.33	0.41
Total	98.82	98.62	98.73	98.72	99.90	99.00	99.28	99.95	99.73	99.28	99.55	99.43	99.41	99.04	99.12
Si	1.981	1.988	1.983	1.990	1.978	1.990	1.957	1.955	1.951	1.932	1.930	1.930	1.946	1.944	1.929
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.039	0.041	0.026	0.040	0.045	0.032	0.090	0.080	0.077	0.120	0.128	0.092	0.087	0.102	0.134
Cr	0.023	0.021	0.018	0.009	0.010	0.019	0.019	0.026	0.018	0.030	0.031	0.017	0.016	0.019	0.033
Ni	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000
Fe+2	0.061	0.057	0.050	0.052	0.047	0.045	0.053	0.047	0.044	0.052	0.059	0.063	0.054	0.057	0.057
Mn	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.004	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.001
Mg	0.935	0.933	0.961	0.965	0.970	0.958	0.941	0.935	0.942	0.923	0.922	1.017	0.974	0.954	0.918
Ca	0.923	0.926	0.946	0.926	0.943	0.924	0.910	0.937	0.961	0.921	0.904	0.885	0.910	0.904	0.899
Na	0.051	0.031	0.026	0.005	0.003	0.018	0.030	0.021	0.016	0.026	0.027	0.018	0.023	0.024	0.029
Mg#	93.91	94.28	95.05	94.85	95.36	95.55	94.69	95.24	95.58	94.68	93.99	94.13	94.73	94.33	94.13
Cr#	37.67	33.90	40.93	18.57	18.12	36.64	17.45	24.42	18.92	19.76	19.70	15.35	15.55	15.83	19.94

FeO\* is total iron expressed as FeO. Atomic numbers are based on O=6. Mg# = 100 Mg / (Mg + Fe).  
Cr# = 100 Cr / (Cr + Al).

Abbreviations: D=dunite, H=harzburgite, L=lherzolite, CPX=clinopyroxenite, OPX=orthopyroxenite.

ら、クロミタイトを形成したマグマが壁岩のハルツパージャイト質かんらん岩に侵襲した場所は、中央海嶺ではなく、島弧的環境であったと考えられる。

## (2) クロミタイトを形成したマグマと壁岩かんらん岩との反応

神居古潭帯のオフィオライト質クロミタイトは、ハルツパージャイト質かんらん岩中に産し、一般に周囲にダナイトを随伴する。まれに、ダナイトとともに単斜輝石岩を随伴することもある(富内鉱山)。

クロミタイトに伴われるダナイトの成因としては、マグマの結晶分別作用で形成されたキュムレイト(例えば、Takahashi, 1991), あるいはマグマの注入により置換された溶け残りかんらん岩(例えば、Kelemen et al., 1995)などの生成論が議論されている。ダナイトは、しばしばクロミタイトキュムレイトをレンズないし脈状に含み、ハルツパージャイト質のかんらん岩壁岩との間に産出することから、クロミタイトを形成したマグマと既存の固体かんらん岩壁岩との間のメルト-固体反応が予想される。Fig. 6では、固体かんらん岩と通過マグマの反応関係を検出するために、クロミタイト脈に直交する方向に構成鉱物の化学組成変化を検討した。ダナイトのスピネルは、クロミタイトのスピネルとハルツパージャイトのスピネルの中間組成を示し、とくにスピネルの $Cr^{\#}$ 値はクロミタイトからハルツパージャイトまで連続的に減少することがわかった。このことは、ダナイトがクロミタイトを作ったマグマと壁岩かんらん岩との間の反応によって形成されたことを示唆し、クロミタイトに近いダナイトほどマグマの関与が強かったことを意味している。また、通過したマグマのチャネルの中心部に生じたキュムレイト質クロミタイトは、Arai and Yurimoto(1994)のモデルのように、開放系で形成されたかもしれない。スピネルのモード組成比が100%近いクロミタイトがあることから、スピネルだけを晶出するマグマがハルツパージャイト質壁岩中を通過したことは十分に考えられる。このようなマグマは、マグマ混合を引き起こしていた可能性(Irvine, 1977; Arai and Yurimoto, 1994)もある。

クロミタイトを囲む単斜輝石岩の単斜輝石は、最大数 cm におよぶ粒径を示すことや自形スピネルを含むことから、クロミタイトを形成したマグマと同じマグマから晶出したと考えられる。単斜輝石岩の単斜輝石の化学組成を溶け残りかんらん岩であるハ

ルツパージャイト~レルゾライトの単斜輝石の化学組成と比べると、明らかに $Cr^{\#}$ が高い。また、クロミタイトのスピネルの $Cr^{\#}$ 値も高いことから、クロミタイトを形成したマグマと同じマグマから形成されたと考えて矛盾はない。

## Ⅶ ま と め

(1) 神居古潭帯のオフィオライト質クロミタイトは、脈状~レンズ状の形態を示し、ダナイト・単斜輝石岩を伴ってハルツパージャイト質かんらん岩中に生じている。クロミタイトの岩石組織とスピネルの化学組成の特徴から、クロミタイトはハルツパージャイト中を通過したマグマの結晶分別によってできたキュムレイトであると考えられる。

(2) クロミタイト形成に関与したマグマは、クロミタイトのスピネルが高い $Cr^{\#}$ 値を示すこと( $Cr^{\#}=60\sim95$ ) およびかんらん石の高い $Mg^{\#}$ 値( $Mg^{\#}=92\sim95$ )から、著しく涸渇した上部マントルかんらん岩に由来するマグマであったと推定される。そのような高い $Mg^{\#}$ や $Cr^{\#}$ で特徴づけられるマグマとしては、ボニナイトマグマや高Mg安山岩質~高Mg玄武岩質マグマが考えられる。したがって、その形成場としては島弧的環境が予想される。

(3) キュムレイト質のクロミタイトは常にダナイトに伴われる。クロミタイトや単斜輝石岩を伴うダナイトは、クロミタイトや単斜輝石岩を生じたマグマとハルツパージャイト質の壁岩かんらん岩との反応帯を形成していると考えられ、ダナイト中のスピネルは両者の間で明瞭な化学組成勾配を示す。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり、北海道開発コンサルタント(株)の塩谷由美さん、田子義章さんに有意義なご意見をいただいた。北海道大学の桑島俊昭、野村秀彦両技官には薄片制作でご指導・ご助力いただいた。また、寺田省一技官にもEPMA分析においてご指導いただいた。以上の諸氏に、深く感謝いたします。

## 引用文献

- Arai, S., 1994, Compositional variation of olivine-chromian spinel in Mg-rich magmas as a guide to their residual spinel peridotites. *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.*, 59, 279-293.



- Arai, S. and Yurimoto, H., 1994, Podiform chromitites of the Tari-Misaka ultramafic complex, Southwestern Japan, as mantle-melt interaction products. *Econ. Geol.*, 89, 1279-1288.
- 番場猛夫, 1955, 岩内岳橄欖岩体. 北海道地質要報, 第29号, 7-14.
- 番場猛夫, 1957, 北海道のクロム鉄床. 地質調査所報告, 第176号, 60 P.
- Bamba, T., 1984, A model illustrating the formative process of the podiform chromite deposits in some alpine orogenic terrains. In: A. Wauschkuhn et al. eds., *Syngeneses and Epigenesis in the Formation of Mineral Deposits*. Springer Verlag, Heidelberg, 507-518.
- Cassard, D., Nicolas, A., Rabinovitch, M., Moutte, J., Leblanc, M. and Prinzhofer, A., 1981, Structural classification of chromite pods in southern New Caledonia. *Econ. Geol.*, 76, 805-831.
- Dick, H. J. B., and Bullen, T., 1984, Chromian spinel as a petrogenetic indicator in abyssal and alpine-type peridotites and spatially associated lavas. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 86, 54-76.
- Dick, H. J. B., Fisher, R. L. and Bryan, W. B., 1984, Mineralogic variability of the uppermost mantle along mid-ocean ridges. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 69, 88-106.
- Greenbaum, D., 1977: The chromitiferous rocks of the Troodos Ophiolite Complex, Cyprus. *Econ. Geol.*, 72, 1175-1194.
- 早川智也, 1994, 幌加内オフィオライトのかんらん岩と層状キユムレイト, 北海道大学理学部卒業論文.
- Herbert, R., 1982, Petrography and mineralogy of oceanic peridotites and gabbros: some comparisons with ophiolite examples. *Ophioliti*, 7, 299-324.
- Irvine, T. N., 1977, Origin of chromitite layers in the Muskox intrusions and other stratiform intrusions: A new interpretation. *Geol.*, 39, 273-277.
- 加藤孝幸, 1978, 神居古潭帯の沙流川超塩基性岩体について. 地球科学, 32, 273-279.
- Katoh, T., Nakagawa, M., Bamba, T. and Kokubu, H., 1988, Podiform chromite-bodies associated with clinopyroxenite-cumulates in the Tomiuchi Mine, Hokkaido, Japan. *Mining Geology, Special Issue*, 12, 127-140.
- 加藤孝幸・中川充, 1986, 神居古潭構造帯超苦鉄質岩類の由来. 地団研専報, 31, 119-135.
- 加藤孝幸・中島正博・国分英彦, 1986, 穂別町富内鉄山のクロム鉄鉱石-かんらん石単斜輝岩類の重要性一. 穂別町立博物館研究報告, 3, 8-14.
- Kelemen, P. B., Whitehead, J. A., Aharonov, E., and Jordahl, K. A., 1995, Experiments on flow focusing in soluble porous media, with applications to melt extraction from the mantle. *Jour. Geophys. Res.*, 100, 475-496.
- Lago, B. L., Rabinowicz, M. and Nicolas, A., 1982, Podiform chromite ore bodies: a genetic model. *Jour. Petrol.*, 23, 103-125.
- Niida, K., 1975, Olivine clinopyroxenite in serpentinized dunite-harzburgite masses of the Kamukotan zone, Hokkaido. *Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Ser IV*, 17, 517-525.
- 新井田清信, 1987, 神居古潭構造帯の構成. 松井愈教授記念論文集, 203-214.
- 新井田清信・加藤孝幸, 1978, 北海道中軸帯の超苦鉄質岩類. 地団研専報, 21, 61-81.
- 新井田清信・福井敏之, 1987, 北海道富内北方地域の堆積性蛇紋岩. 穂別町立博物館研究報告, 4, 33-47.
- Roberts, S. and Neary, C., 1993, Petrogenesis of ophiolitic chromitite. In: H. M. Prichard et al., eds., *Magmatic Processes and Plate Tectonics*, Geological Society Special Publication, 76, 257-272.
- Streckeisen, A., 1973, Plutonic rocks. Classification and nomenclature recommended by IUGS Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks. *Geotimes*, 18, 26-30.
- Takahashi, E., Uto, K. and Schilling, J. G., 1987, Primary magma compositions and Mg/Fe ratio of their mantle residues along Mid Atlantic Ridge 29°N to 73°N. *Technical Report of ISEI, Okayama Univ.*, 1-4.
- Takahashi, N., 1991, Origin of three peridotite suites from Horoman peridotite complex, Hokkaido, Japan: Melting, melt segregation and solidification processes in the upper mantle. *Jour. Min. Petr. Econ. Geol.*, 86, 199-215.
- Thayer, T. P., 1960, Some critical differences between alpine-type and stratiform peridotite-gabbro

complexes. *21st Intern. Geol. Congress, Copenhagen, XIII*, 247-259.

Thayer, T. P., 1964, Principal features and origin of podiform chromite deposits, and some observations on the Guleman-Soridag district, Turkey. *Econ. Geol.*, 59, 1497-1542.

Thayer, T. P., 1969, Gravity differentiation and magmatic-re-emplacment of podiform chromite deposits. *Econ. Geol. Mon.*, 4, 132-146.

山崎大輔, 1993, 神居古潭帯岩内岳の上部マントルかんらん岩中にみられるマグマティックプロセス. 北海道大学理学部卒業論文.

(地名表)

Kamuikotan Belt 神居古潭帯, Sarugawa 沙流川, Mukawa 鶺川, Nukabira 糠平, Horokanai 幌加内, Iwanai-dake 岩内岳, Mukawa-no-sawa 鶺川の沢, Biei 美瑛, Tomiuchi mine 富内鉱山, Kozan-no-sawa 鉱山の沢, Hatta mine 八田鉱山, Nittoh mine 日東鉱山, Asahikawa 旭川, Sapporo 札幌, Obihiro 帯広.