

北海道穂別町富内鉍山産の含クロムハイドログロシュラーについて

—クロム鉄鉍鉍床を貫くペクトライト脈に関連して—

中川 充*

Study on chrome-bearing hydrogrossular from the Tomiuchi
mine, Hobetsu-cho, Hokkaido

—in relation to the pectolite vein cutting the podiform
chromite deposits—

Mitsuru NAKAGAWA

Abstract

The Tomiuchi chromite mine located westside of the Mukawa River in the Kamuikotan tectonic belt, southern part of central Hokkaido, was discovered in 1984, and has been developed. Chromite deposits of the mine which are typical podiform type, are composed of intermittent lenticular orebodies of small sizes in host rock of serpentinite, and high chromium ore occurs. Above characteristics of the mine consist with already known that of chromite ore deposits in the same metallogenic province. In the mine, many pectolite veins associated with hydrogrossular, wollastonite and serpentine, cut chromite orebodies. Thus the genetic condition of the pectolite veins is interpreted definitely; relatively high temperature (Ca. 400 °C) and low pressure. On the process to form the pectolite veins, metasomatic reaction with diffusion of Cr from chromite to hydrothermal solution occurred autochthonously.

I はじめに

北海道中軸部の神居古潭構造帯は大量の蛇紋岩の分布によって特徴づけられ、その南部は日本最大の high-chromium, podiform 型クロム鉄鉍鉍床を胚胎している。これらのクロム鉄鉍鉍床は1940-1960年にかけて稼行され、約40万トンを出鉍した。これまでに、個々の鉍山におけるクロム鉄鉍鉍床の産状と鉍石の記載および総括的な成因考察が行なわれている(鈴木, 1950; 斎藤・番場, 1953; BAMBА, 1984; など)。BAMBА (1984)は podiform 型クロム鉄鉍鉍床の成因について従来の諸説を概括し、正マグマ期から熱水期に到る各過程においてのクロム鉄鉍の生成メカニズムおよび変質の産物を議論している。すなわち、熱水作用の産物として、クロム緑泥石、クロムザクロ石、ferritchromit をあげている。一方、鉍体母岩の変質ハローの可能性も示唆された(舟橋ほか, 1960; 番場, 1963)。また、

1985年12月16日 受理

* 北海道大学理学部地質学鉍物理学教室 札幌市北区北10西8

Department of Geology and Mineralogy, Faculty of Science, Hokkaido University,
Sapporo, 060 Japan

ペクトライトは古くより本構造帯の超苦鉄質岩に伴れて産することが知られている (HARADA, 1934)。これらのうち、特に日高町千栄や富良野市野沢産のものが詳しく記載され、超苦鉄質岩が蛇紋岩化された後の Ca・Na に富む熱水溶液によって形成されたと考えられた (YAGI *et al.*, 1967)。また、ペクトライトの生成に関連して、緑泥石・グロシュラー・ブドウ石などが形成されるロジン岩のような交代岩の記載がある (KATOH and NIIDA, 1983)。しかし、クロム鉄鉱床の成因とペクトライトなど含水珪酸塩鉱物の形成条件および相互の関連性については必ずしも明らかとはいえない。

1984年秋、穂別町において現在唯一稼行されている富内鉱山 (第1図) を調査する機会に恵まれた。本鉱山の中島正博氏によれば、本鉱山ではペクトライト脈の出現が著しく、

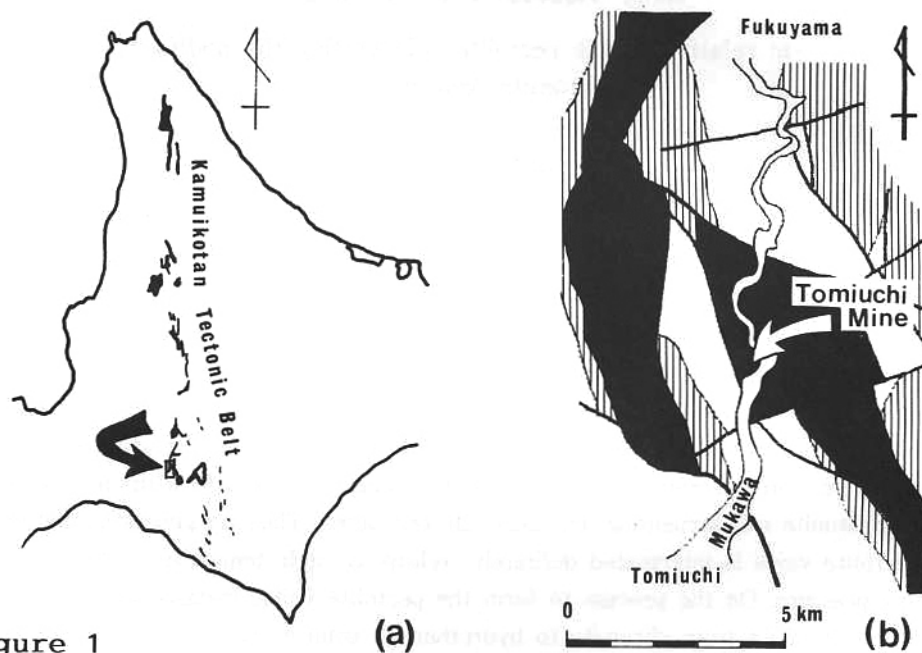


Figure 1

Index map of the Tomiuchi Mine

simplified from Takahashi
and Wada (1985)

□ Area referred to (b)

■ Ultramafic rocks
▨ Mesozoic sediments
□ Miocene sediments

第1図 富山鉱山の位置図

高橋・和田 (1985) を簡略化

Ultramafic rocks: 超苦鉄質岩類

Mesozoic sediments: 中生代堆積岩類

Miocene sediments: 中新世堆積岩類

Kamuikotan Tectonic Belt: 神居古潭構造帯

Tomiuchi: 富内, Fukuyama: 福山

Mukawa: 鶴川, Tomiuchi Mine: 富内鉱山

それはクロム鉄鉾体の付近に多いという。本論では、クロム鉄鉾、ペクトライトおよびこれらに付随する 2, 3 の鉾物を記載し、それらの形成条件を議論する。

II ペクトライト脈の産状

富内鉾山の坑道には、緻密塊状のクロム鉄鉾体、淡緑色の単斜輝岩と、両者を切る白色のペクトライト脈が見出される(図版 Ia)。これらのうちペクトライト脈は幅 1 cm 以下のことが多いが、場所によっては直径 10 cm 以上のプールの作る。本鉾山で採取された標本には径数 10 cm のペクトライト塊もある。

ペクトライト脈は、一般的には塊クロム鉄鉾体の中に不規則脈状をなすが、一部ではクロム鉄鉾を取り込む(図版 Ib)。クロム鉄鉾体との接触部では、白色のペクトライト脈の中に肉眼的に鮮やかな翠緑色部分が識別される。以下にペクトライトがクロム鉄鉾を取り込む場合と、単斜輝岩と接する場合とについて述べる。

ペクトライト脈中にクロム鉄鉾を取り込んでいる場合、ペクトライトは一般に長柱状～針状の自形結晶束状集合体をつくり、結晶個体は b 軸に沿って 3 cm にも達するものがある。結晶は粘着力に富みハンマーで叩いても容易に破壊されることがない。クロム鉄鉾体の周囲では、ペクトライトは他形粒状結晶(径 0.01 mm)の集合体である。これがクロム鉄鉾の周辺で翠緑色を呈するのは、ペクトライトに微粒(5 μm)の含クロムザクロ石(ハイドログロシュラー)が伴われるためである(図版 Ic)。このハイドログロシュラーはクロム鉄鉾の輪部に沿って分布し、クロム鉄鉾から離れるにしたがってその量を減少する。クロム鉄鉾にはカタラスティック組織が著しいが本来の自形晶癖は保存されている。クロム鉄鉾は薄片で中心部が濃赤カッ色、周縁部が赤カッ色を呈する(図版 Id)。

ペクトライト脈が単斜輝岩と接する場合は、両者の境界は鮮明である。両者の間には、珪灰石、蛇紋石と少量の磁鉄鉾からなるドメインが形成されることがある。珪灰石は汚濁した微粒結晶の集合体で蛇紋石と共生する。また両者を切って幅 1 ~ 2 mm の珪灰石脈が発達する。前述のドメインにはクロム鉄鉾を含んでいる場合もあり、一部は明らかに単斜輝石を置換している。

III 鉾物の化学組成

クロム鉄鉾：ペクトライト脈に取り囲まれた直径約 0.4 mm の自形クロム鉄鉾について EPMA 分析を行った。結晶の中心部から周縁部に向かっての組成変化は、Al/Cr+Al 比の増加によって特徴づけられる(第 1 表)。Fe/Mg+Fe 比はそれにもなって減少する傾向が見られる。クラックに沿う不透明部分の組成変化は認められない。塊状クロム鉄鉾体を構成するクロム鉄鉾は粗粒他形結晶の集合で、これは BAMBAL (1984) によって *adcumulus* 結晶とされたものに一致する。

ペクトライト：ペクトライトは、針状の自形結晶も、クロム鉄鉾周辺の細粒他形結晶もほぼ同じ組成である。また、結晶の中心部と周縁部とにおいて組成上有意な差は認められない。ペクトライトは $\text{NaCa}_2\text{Si}_3\text{O}_8(\text{OH})$ の化学式で示される鉾物で、Ca の位置を Mn が置換するセラндаイト；Serandite ($\text{Mn}_2\text{NaSi}_3(\text{OH})$) との間で固溶体系列をつくることが知られている (SCHALLER, 1955)。しかし、本地域に産するペクトライトは Mn をほとんど含まないほぼ純粋なペクトライトである(第 2 表)。

ハイドログロシュラー：ペクトライト脈中に分布する問題の翠緑色の鉾物は、非常に微粒なため EPMA で直接分析することはできなかった。ペクトライトと共に EPMA で分析

第1表 クロム鉄鉱の化学組成

1-7, 8, 9はそれぞれ径0.4mm, 0.5mmの単結晶で前者はペクトライト脈中に取り込まれているもの、後者は塊状鉱中のもの。1はクラック近傍, core: 中心部, rim: 周縁部, 数字は μ 単位で分析ポイント間の距離を表す。

	core←		40	40	40	30	30	rim	core←250		rim
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Al ₂ O ₃	14.81	13.99	15.90	18.72	22.37	23.80	22.07	10.73	22.97		
Cr ₂ O ₃	55.11	53.96	51.62	52.80	47.24	46.83	47.31	58.68	48.05		
FeO*	18.40	18.92	18.88	18.31	16.24	16.86	16.74	20.51	17.01		
MgO	11.21	12.01	12.06	12.49	13.60	12.83	13.41	10.29	13.07		
total	99.53	98.88	98.46	102.32	99.67	100.32	99.51	100.21	101.10		
Atomic proportions, O = 32											
Al	4.503	4.272	4.832	5.424	6.493	6.851	6.418	3.322	6.582		
Cr	1.240	11.054	10.523	10.263	9.198	9.043	9.229	12.188	9.237		
Fe ³⁺	0.204	0.538	0.515	0.249	0.246	0.084	0.282	0.390	0.143		
Fe ²⁺	3.765	3.562	3.556	3.515	3.098	3.359	3.172	4.115	3.315		
Mg	4.311	4.639	4.636	4.578	4.993	4.672	4.933	4.030	4.738		
Al/Cr+Al	0.286	0.279	0.315	0.346	0.414	0.431	0.410	0.214	0.416		

FeO* means total iron as FeO.

Fe³⁺ is calculated from total Fe by assuming spinel stoichiometry.

Table 1 Chemical compositions of chromites from the Tomiuchi Mine

	1	2	3	4	5	6	av.
SiO ₂	53.51	53.23	54.21	52.87	53.76	53.77	53.56
TiO ₂	-	-	-	-	0.04	-	-
Al ₂ O ₃	-	0.02	0.02	0.02	0.04	0.18	-
Cr ₂ O ₃	-	-	0.07	0.12	-	0.02	-
FeO*	0.08	0.02	0.10	0.07	0.06	0.13	0.08
MnO	0.08	0.04	0.02	0.02	-	-	-
MgO	0.03	-	0.07	-	0.03	0.01	-
CaO	35.07	34.82	35.20	35.04	35.11	36.45	35.28
Na ₂ O	7.75	8.23	8.01	8.26	7.97	8.18	8.07
K ₂ O	0.01	0.03	-	0.02	0.01	0.03	-
H ₂ O*	-	-	-	-	-	-	2.94
total	96.53	96.39	97.70	96.42	97.02	98.77	99.95
Atomic proportions, (O, OH) = 18							
Si							6.003
Fe							0.007
Ca							4.082
Na							1.690
OH							2.118

Table 2 Chemical compositions of pectolites

第2表 ペクトライトの化学組成

- 1: クロム鉄鉱と接する他形結晶
 - 2: クロム鉄鉱から0.1mm離れた自形結晶
 - 3: クロム鉄鉱から2mm離れた自形結晶
 - 4, 5: 自形結晶の中心部(4)と周縁部(5)
 - 6: 自形結晶の中心部
- av.: 1-6の平均値
理想化学式より, Na₂Oが少なめなのはEPMA分析の際ビームを固定したためと思われる。

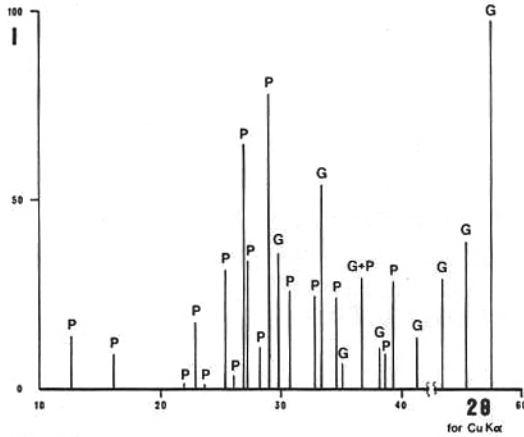


Figure 2
X-ray diffraction pattern of the pectolite and hydrogrossular
P: pectolite G: hydrogrossular

第2図 ペクトライトとヒドログロシュラーのX線粉末回析パターン

P: ペクトライト
G: ヒドログロシュラー
I: X線強度
2θ: 回析角度 (CuKα)

	Wo(d)	Wo(v)	Cpx
	1	2	3
SiO ₂	46.30	50.34	52.98
TiO ₂	-	-	0.05
Al ₂ O ₃	0.01	-	1.50
Cr ₂ O ₃	0.01	-	0.64
FeO*	0.14	0.01	2.92
MnO	0.04	-	0.12
MgO	0.07	0.03	17.09
CaO	42.38	46.92	24.53
Na ₂ O	0.79	0.52	0.20
K ₂ O	-	0.05	-
total	89.74	97.87	100.03
Atomic proportions, O = 6			
Si	1.998	1.993	1.939
Al	-	-	0.065
Ti	-	-	0.001
Cr	-	-	0.018
Fe	0.005	-	0.089
Mn	0.001	-	0.004
Mg	0.004	0.002	0.933
Ca	1.959	1.990	0.962
Na	0.066	0.040	0.014
K	-	0.002	-

FeO* means total iron as FeO.

第3表 珪灰石、単斜輝石の化学組成

Wo(d): 汚濁部の珪灰石
Wo(v): 脈状部の珪灰石
Cpx: 単斜輝岩脈の単斜輝石

Table 3
Chemical compositions of
wollastonite and clinopyroxene

Wo(d): dusty wollastonite
Wo(v): wollastonite vein
Cpx: clinopyroxene

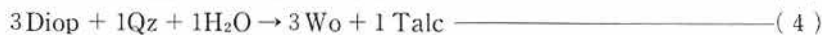
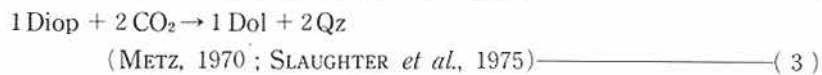
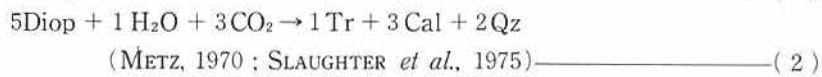
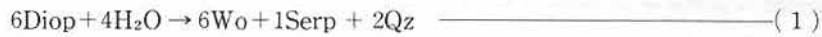
した結果、0.2wt%のCr₂O₃が検出された。この試料のX線粉末回析の結果(第2図)、ハイドログロシュラーの存在することがわかった。以上のことからこの翠緑色の微粒鉱物は、正確な化学組成は不明であるがCrをわずかに含むハイドログロシュラーであると推定された。

珪灰石：脈状のものは微量のFe, MgおよびNa₂Oを0.52 wt%含むが、珪灰石化学式(CaSiO₃)に近い組成を持つものと考えられる(第3表)。

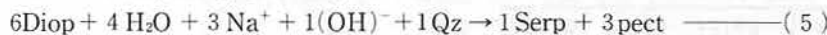
単斜輝石：粗粒自形～半自形の単斜輝石はMgに富むディオプサイドで、Al₂O₃を1.5wt%含む。累帯構造は認められない。

IV 反応関係の検討と変質条件

単斜輝石が熱水条件下で変質する場合、透閃石、珪灰石、方解石、苦灰石、滑石などの鉱物の出現が知られている(例えばSLAUGHTER *et al.*, 1975)。これについては以下に示すような反応式が考えられている。



前述のように、本地域の輝岩の単斜輝石はペクトライト脈と接する部分の一部で珪灰石+蛇紋石に置換されており、(1)式が適応されると考えられる。(1)式では反応後石英が形成されることになるが、実際には石英は存在しない。そこで、ペクトライト脈の形成にこの余った石英が使われたと考えるのが産状とも一致し自然である。そこで、量的な問題を別にすると次の反応式(5)が考えられる。



初生的にNaを含む鉱物は存在しないため、(5)式の左辺のNaは系外より供給されたと考えられる。しかし、実際の産状はペクトライトと蛇紋石が共生せず、クロム鉄鉱と輝岩の境界部に出現するペクトライトは境界部で細粒・脈の中央部で粗粒である。したがって、Ca・Naに富む熱水と反応して単斜輝石の一部が珪灰石+蛇紋石に分解し、余ったSiOを熱水中に溶かし、その後ペクトライトが結晶したと考える方が自然であろう。

単斜輝石には1.5wt%程のAl₂O₃が含まれており、珪灰石・蛇紋石のいずれもAlを含まないため、この変質の過程で熱水中にAlが吐き出されることは十分考えられる。この熱水中に少量含まれたAlを消費してハイドログロシュラーが形成されたと思われる。しか

Diop : CaMgSi₂O₆ ; 単斜輝石

Wo : CaSiO₃ ; 珪灰石

Serp : Mg₃Si₄O₁₀ (OH)₈ ; 蛇紋石

Qz : SiO₂ ; 石英

Tr : Ca₂Mg₅Si₈O₂₂ (OH)₂ ; 透閃石

Cal : CaCO₃ ; 方解石

Dol : CaMg (CO₃)₂ ; 苦灰石

Talc : Mg₃Si₄O₁₀ (OH)₂ ; 滑石

し、このハイドログロシュラーはわずかに Cr を含み、これはクロム鉄鉍周辺にのみ分布する。この現象は次のように説明される。すなわち、熱水がクロム鉄鉍に接することによって Cr を熱水中に拡散させる。これが含クロムハイドログロシュラーの形成を導いたと考えることができる。

次に、熱水の影響による変質作用の条件を検討する。反応式(1)においての温度の上限は蛇紋石の分解によって決められる。EVANS (1977)によれば、1 Kb, 500°Cで蛇紋石はカンラン石+滑石+水に分解する。一方、温度の下限は珪灰石生成の下限とみることができ、0.2 Kbで350°C, 0.5 Kbで390~400°Cという合成実験結果がある (KALININ, 1967)。また、これに関連してゾノトライト→珪灰石+水の反応は、2 Kbで430°C, 0.3 Kbで400°Cで起こる (BUCKNER *et al.*, 1960)。圧力に対して適当な指標がないため厳密ではないが、(1)の反応は400°C以上500°C以下の熱水としてはきわめて高温の条件下で進行したと考えられる。一般にこのような温度条件下では(2)(3)の反応が起こりやすい (METZ, 1970; SLAUGHTER *et al.*, 1975)。本地域でこのような反応が進まなかったのは、 f_{CO_2} が低く(2)(3)、反応系内に SiO_2 の余剰が無い(4)という条件下であったためであろう。

Hsu (1980)の合成実験によれば、ハイドログロシュラーを含む鉍物組合せは420°C, 2 Kb以下の条件で形成される。Crを少量含むことの影響については今のところ明らかではない。また、ペクトライトは熱水性鉍物として知られており、適当な組成さえ与えられれば0.3 Kb・300°C±50°Cで形成される (YAGI *et al.*, 1968)。

以上をまとめると、単斜輝石が珪灰石+蛇紋石に分解されるのとハイドログロシュラーが形成されるのは400°C程度であったと予想される。ペクトライトの生成は共生関係からこれとほぼ同時と考えてよい。

神居古潭構造帯には低温高压型の結晶片岩類が出現し、典型的なラン閃変成帯としての性格を持つ。これらの結晶片岩には、アラレ石・ローソン石・ヒスイ輝石+石英というような低温高压条件下で再結晶した鉍物を含んでいる (GOUCHI and BANNO, 1974; 柴草, 1974; 合地, 1983; など)。本構造帯の蛇紋岩もこの低温高压型変成作用を受けたとする見解が出されている (加藤, 1979; MAEKAWA, 1983)。一方、フレンチアルプスの高压型変成作用を受けたハンレイ岩体からは、比較的低温高压条件下で生成するヒスイ輝石・ローソン石・パンペリー石の Al の位置を Cr が置換したものが見出されている (MEVEL and KIENAST, 1980)。本地域では Cr を含めてこうした鉍物が生成されてもよい化学組成があるにもかかわらずこれらの鉍物は見出されていない。このことから、神居古潭構造帯の低温高压型変成作用とは別はかなり低压条件下で一連の交代作用を伴う変質が進行したと考えられる。

V クロム鉄鉍床とペクトライト脈の関係

番場 (1963) は、含クロムザクロ石が縞状あるいは細粒斑状鉍には存在せず、主として塊状鉍に出現することから、Crを含む熱水溶液の作用の重要性を指摘し、この熱水作用は分化脈岩の活動にひき続くもので、熱水溶液は移動の過程でCrを取り込んだと述べている。また、BAMBA *et al.* (1969) は額平川支流の蛇紋岩を切るロジン岩から含クロムザクロ石を見出し、ザクロ石のCrの起源は正マグマ期のクロム鉄鉍から獲得されたもので、Crを含む熱水溶液と既存のグロシュラーや輝石との反応によって含クロムザクロ石が生成されたと考えた。

本地域のペクトライト脈およびハイドログロシュラーの形成に関与した熱水変質作用は、

前述の通り熱水の生成段階から熱水中にCrが含まれていたとは考えにくい。さらに、クロム鉄鉱の中心部にCrが富み周縁部はAlに富むという累帯構造は、熱水に接することによってCrが拡散したとする考えに調和的である。

含クロムハイドログロシユラーがペクトライト脈の中でも特にクロム鉄鉱との接触部に限定的に出現することは、含クロムハイドログロシユラーがCrを含んだ熱水溶液からの直接の生成物とは考えられず、現地生成物 (autochthonous product) と考えざるをえない。すなわちクロム鉄鉱と熱水溶液間の交代反応の生成物と考えられた。

VI ま と め

穂別町富内鉱山のクロム鉄鉱鉱体を切るペクトライト脈とそれに伴われる含クロムハイドログロシユラー、珪灰石、蛇紋石の形成は、低圧で400℃前後の熱水条件としてはきわめて高温の条件下で、クロム鉄鉱+単斜輝石+(カンラン石)という特殊な総化学組成の岩石と熱水溶液との交代反応が、低い f_{CO_2} のもとで進行した結果として実現した。特に含クロムハイドログロシユラーの生成は、クロム鉄鉱からごくわずかのCrの拡散が起ったことによる。すなわち、含クロムハイドログロシユラーは autochthonic の生成物である。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、北海道大学の番場猛夫教授ならびに加藤孝幸博士には終始御指導いただき、原稿を校閲していただいた。富内鉱山の中島正博氏には坑内を案内していただき貴重な標本を分けていただいた。坑内調査の際は上記の方々の他北海道大学理学部の国分英彦氏に協力していただいた。鉱物のEPMA分析には新潟大学理学部のJEOL JXA-5Aを使用させていただき、同大学の小松正幸助教授にお世話になった。岩石薄片作製にあたっては北海道大学理学部森林和良・桑島俊昭両技官にお世話になった。また、穂別町立博物館の地徳力氏には、本報告を書く機会を与えていただいた。以上の方々に心から感謝いたします。

文 献

- BAMBA, T. (1984) A model illustrating the formative process of the podiform chromite deposits in some Alpine orogenic terrains. In: *Syngeneses and Epigenesis in the Formation of Mineral Deposits*. A. WAUSCHKUHNS *et al.* (eds.) Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 507-518.
- BAMBA, T., YAGI, K. and MAEDA, K. (1969) Chrome garnet from the vicinity of Nukabira Mine, Hidaka Province, Hokkaido, Japan. *Proc. Japan Acad.*, **45**, 109-114.
- BUCKENER, D. A., ROY, D. A. and ROY, R. (1960) Studies in the system $CaO-Al_2O_3-SiO_2-H_2O$, II: The system $CaSiO_3-H_2O$. *Amer. Jour. Sci.*, **258**, 132-147.
- EVANS, B. W. (1977) Metamorphism of alpine peridotite and serpentinite. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, **5**, 397-447.
- 合地信生 (1983) 旭川市西方の神居古潭変成岩類, 岩鉱, **78**, 383-393.
- GOUCHI, N. and BANNO, S. (1974) Find of aragonite from Kamuikotan metamorphic rocks. *Proc. Japan Acad.*, **50**, 481-486.
- HARADA, Z. (1934) Unber einen neuen Pektolithfund in Japan. *Jour. Fac. Sci.*,

- Hokkaido Imp. Univ., Ser. IV, 4, 355-359.
- HSU, L. C. (1980) Hydration and phase relations of grossular-spessartine garnet at $P_{H_2O} = 2\text{Kb}$. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **71**, 407-415.
- 舟橋三男・鈴木淑夫・清滝昌三郎 (1960) 日高国シキシヤナイ岳山麓クロム鉄鉾床調査報告. 特殊地帯地下資源開発調査日高地域調査報告, 13-33.
- KALININ, D. V. (1967) Lower temperature limits of formation of tremolite, diopside and wollastonite under hydrothermal conditions (experimental date). *Trans. from: Geologiya i Geofizika*, No. 1, 123-126.
- 加藤孝幸 (1979) 神居古潭構造帯の超苦鉄質岩類にみられる蛇紋岩化作用. *MAGMA*, **56**, 1-7.
- KATOH, T. and NIIDA, K. (1983) Rodingites from the Kamuikotan Tectonic Belt, Hokkaido. *Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ.*, Ser. IV, **20**, 151-169.
- MAEKAWA, H. (1983) Submarine sliding deposits and their modes of occurrence of the Kamuikotan metamorphic rocks in the Biei area, Hokkaido, Japan. *Jour. Fac. Sci., Univ. Tokyo*, Sec. II, **20**, 489-507.
- METZ, P. (1970) Experimentelle untersuchung der metamorphose von kieselig dolomitischen sedimenten. II. Die bildungsbedingungen des diopsids. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **28**, 221-250.
- MEVEL, C. and KIENAST, J. R. (1980) Chromian jadeite, phengite, pumpellyite, and lawsonite in a high-pressure metamorphosed gabbro from the French Alps. *Mineral. Mag.*, **43**, 979-984.
- 斎藤昌之・番場猛夫 (1953) 北海道日東クロム鉾山の鉾床形態. *鉾山地質*, **3**, 30-39.
- SCHALLER, W. T. (1955) The pectolite-schizolite-serandite series. *Amer. Mineral.*, **40**, 1022-1031.
- 柴草英彦 (1974) 神居古潭変成帯幌加内地域の藍閃石片岩類. *地質雑*, **80**, 341-353.
- SLAUGHTER, J., KERRICK, D. M. and WALL, V. J. (1975) Experimental and thermodynamic study of equilibria in the system $\text{CaO-MgO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O-CO}_2$. *Amer. Jour. Sci.*, **275**, 143-162.
- 鈴木 醇 (1950) 本邦超塩基性岩類に附随する諸鉾床の生成型式. *科学*, **20**, 16-24.
- 高橋功二・和田信彦 (1985) 穂別町の地質. 穂別町立博物館研究報告, **2**, 1-15.
- YAGI, K., BAMBA, T. and OKEYA, M. (1968a) Pectolites from Chisaka, Hidaka Province and Nozawa Mine, Furano, Hokkaido. *Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ.*, Ser. IV, **14**, 89-95.
- YAGI, K., KIKUCHI, T. and KAKUTA, H. (1968b) Thermal decomposition of pectolite and its hydrothermal synthesis. *Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ.*, Ser. IV, **14**, 123-133.

図版の説明

- Ia 塊状クロム鉄鉱鉱体を切るペクトライト脈と単斜輝岩。富内鉱山坑内堀下り。
 Chr: massive chromite orebody ; 塊状クロム鉄鉱鉱体
 Pec: pectolite vein ; ペクトライト脈
 Cpx: clinopyroxenite ; 単斜輝岩
 Uv: uvarovite ; ウヴァロバイト
- Ib ペクトライト脈に接するクロム鉄鉱, 写真の長辺は約 9 cm。
 Pec: pectolite ; ペクトライト
 Gar: Cr-bearing hydrogrossular ; 含クロムハイドログロシュラー
 Chr: chromite ; クロム鉄鉱
 Cpx: clinopyroxene ; 単斜輝石
- Ic 自形ペクトライトとハイドログロシュラーの顕微鏡写真。オープンニコル。長辺約 1 mm。
 Pec: pectolite ; ペクトライト
 Gar: hydrogrossular ; ハイドログロシュラー
- Id ペクトライト脈に取り込まれたクロム鉄鉱の顕微鏡写真。オープンニコル。長辺約 3 mm。
 Pec: pectolite ; ペクトライト。クロム鉄鉱の周辺は細粒である。
 Chr: Chromite ; クロム鉄鉱。カタクラスティック組織で、周縁部が中心部に比べて淡色である。

図版 I (中川 充)

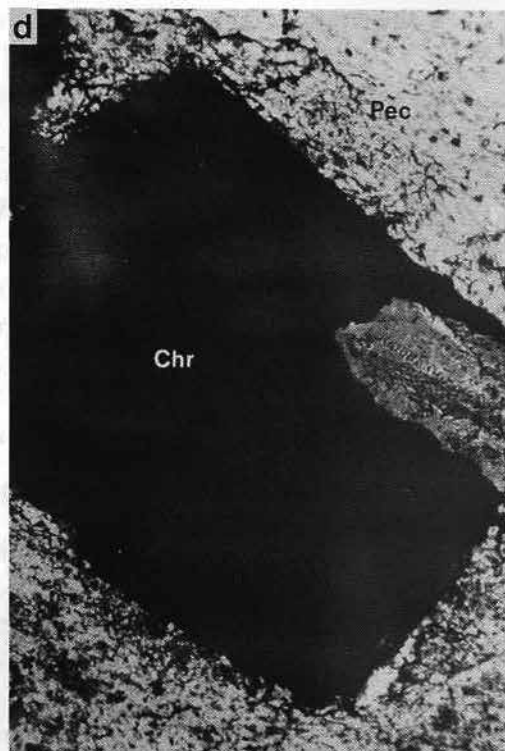
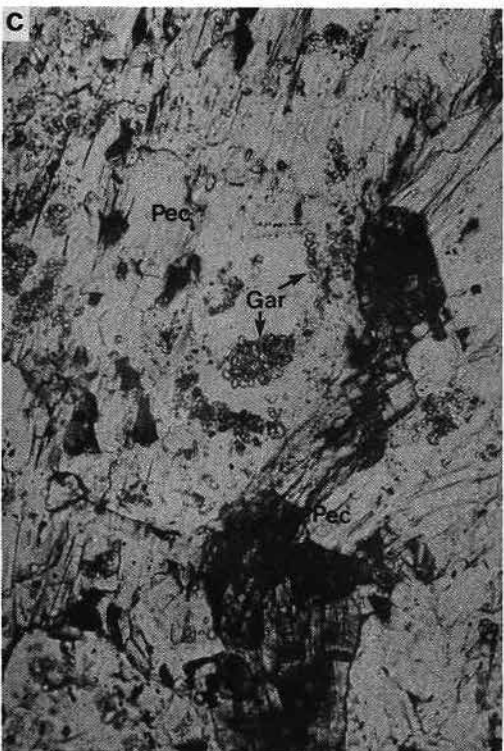
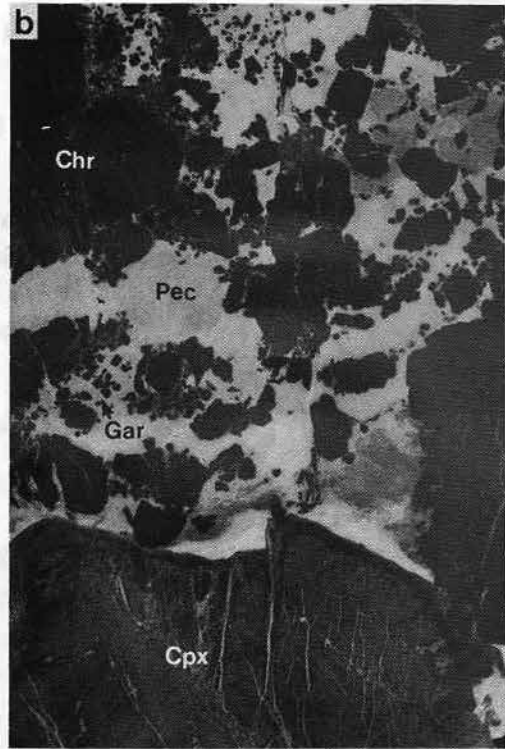
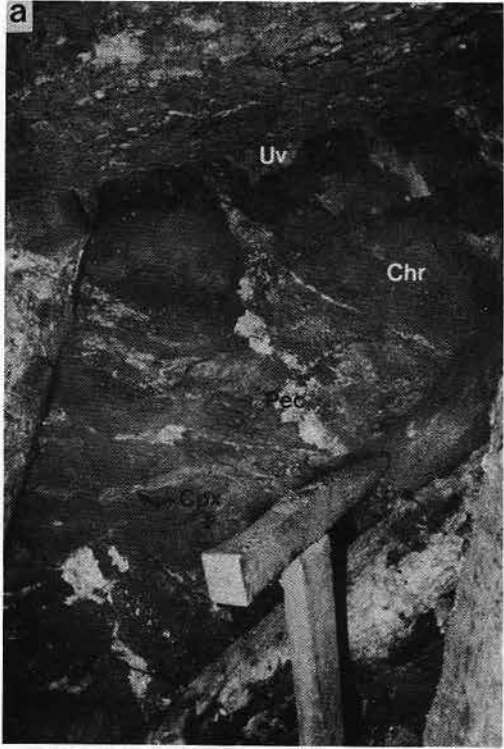


Photo. Museum, University of Tokyo, Tokyo, Japan