岩石礦物礦床學會誌

第二十九卷 第二號

(昭和十八年二月一日)

研 究 報 文

クロム鐵礦々床生成に關する一考察

A contribution to the knowledge of the origin
of chromite ore deposits

理學博士 鈴 木 醇 (J. Suzuki)

クロム鐵礦々床が常に橄欖岩又は蛇紋岩の如き超鹽基性火成岩中に胚胎して居る事は言を俟たない事であつて、その成因に關しても從來は、總てのものは單に火成時代に生じた所謂岩漿分化礦床に屬するものとして取扱はれて居た。即ち一般に見られるクロム鐵礦床の大部分は超鹽基性岩中に於て、橄欖石その他の火成礦物と前後して品出した初生のクロム鐵礦(chromite)が特に一部分に集積して礦體を形成するに至つたものと見做されて居た。従つて以前はクロム鐵礦々床に關しては、その性質に於ても、成因に於ても、比較的單純なものとして詳細な研究は久しく等閑に附せられて居た感があつた。然るに漸次同礦體自身の性質、クロム鐵礦と母岩の構成礦物との關係、礦體に沿ふ特殊礦物等に關する研究が進むに従ひ、礦體を構成するクロム鐵礦は全部を簡單に正岩漿時代に生成せられたものとのみせず、その一部には母岩たる超鹽基性火成岩が生成せられたる後の產物であらうとの見方をなす者が出で、更にその後は主要なる礦體を形成するクロム鐵礦の大部は一般の硫化礦々床に見らるる如く所謂熱水時代に生成せられたものが多いであらうと迄唱へらるゝに至り、現在ではこの説を支持

する者が少ない様に思はれる。

従来單に岩漿分化礦床とのみ信ぜられて居たクロム鐵礦床の生成に對して、これを後期のものであらうとの説をたて、成因的考察の上に劃期的の一石を投じたのは恐らく E. Sampson¹⁾ であつて、その後彼自身²⁾の外、J. T. Singewald³⁾, L. W. Fisher⁴⁾, F. E. Keep⁵⁾, C. S. Ross⁵⁾, V. John⁷⁾, P. A. Schafer⁸⁾, L. A. N. Iyer 及び M. A. Madras⁹⁾ 等により種々の論議が行はれ、現今世界各地のクロム鐵礦々床の生成に關しては、正岩漿時代の初期並びに末期に屬するもの及び熱水時代に於けるもの等に分ちて考ふる事を適當とし、殊に大なる礦體を形成するものには、熱水時代に生成せられたものが多いであらうとの考へに傾く者が漸次増加して來た。

但し超鹽基性火成岩の代表たる橄欖岩と蛇紋岩との關係に就いても今尙種々の議論あり、特に蛇紋岩化作用の機構又は時期等に關しては、古くは W. N. Benson¹⁰⁾ より近くは H. H. Hess¹¹⁾ 等に至るまで種々の解釋が行はれ、未だ遽かに解決さるべきものの様にも見えない。從つて超鹽基性火成岩特に蛇紋岩に最も密接な關係を有して居るクロム鐵礦々床の生成の根本問題に關しても未だ幾多の疑點が残されて居る事は當然である。殊に蛇紋岩の大部は造山運動の著しかつた特殊の地體構造線に沿うて迸入して居るもので、種々の變質作用を蒙つて居る部分が多い爲その内に生じたクロ

1) E. Sampson: Econ. Geol., **24** (1929), pp. 632~641.

2) E. Sampson: Econ. Geol., **26** (1931), pp. 833~839; **27** (1932), pp. 113~144. Am. Inst. Min. Metall. Eng., XIX. Ann. Meeting (1939), pp. 13~16.

3) J. T. Singewald: Econ. Geol., **24** (1929), pp. 642~649.

4) L. W. Fisher: Econ. Geol., **24** (1929), pp. 691~721.

5) F. E. Keep: Econ. Geol., **25** (1930), pp. 219~221.

6) C. S. Ross: Econ. Geol. **26** (1931), pp. 540~545.

7) V. John: Econ. Geol. **26** (1931), p. 629.

8) P. A. Schafer: Mem. Montana, Bureau of Mines, **18** (1937), p. 1.

9) L. A. N. Iyer & M. A. Madras: Rec. Geol. Surv. India. **74** (1937), pp. 372~385.

10) W. N. Benson: Am. Jour. Sci., **46** (1918), pp. 693~731.

11) H. H. Hess: Econ. Geol., **28** (1933), pp. 634~657, Econ. Geol. **30** (1935), pp. 320~325, Am. Jour. Sci., **35** (1938), pp. 321~344. Am. Mineralogist, **24** (1939), pp. 275~276.

ム鐵礦々床自身も亦可成り複雑化されて居る事が普通であり、成因的考察をなす上に一層の困難を感じしむる場合が少くない。

本邦に於ては北海道を初めとして、中部、近畿、中國、四國、九州等に多數のクロム鐵礦々床が分布して居つて¹⁾、これ等の主要なものに就いて研究された結果を綜合すれば、それ等の産狀及び性質等に関しては大體世界各地に於ける一般のものに略々一致して居る事を示して居る。唯本邦に於けるクロム鐵礦々床地帯には地質並に岩石の關係が複雑である所が多いので、これ等相互の研究の結果が從來クロム鐵礦々床に關して審かて無かつた諸點に或る種の解決の鍵を與へて居る事も少くないと信ずる。

今本邦各地に分布する多數のクロム鐵礦々床に關して觀察した産狀、礦石の性質、母岩との關係等を通覽するのに、その性狀は大體、(I) 超鹽基性火成岩中に於てクロム鐵礦が局所的に多量に集結して礦體を形成したもの、及び (2) 超鹽基性火成岩の進入に引き續き後火成作用として上昇した熱水溶液によつて著しい影響を蒙つて居る部分にクロム鐵礦が礦體を形成したものの二つに分つ事が出来る。此等二つの形式のものは、地域的に全然別個の礦體を形成して居る事が多いが、時には同一地域内に相接近し、或は混じて發達して居る場合も存在する。

上述の二型の内前者は母岩の性質及びクロム鐵礦自身の性質より見て、明かに所謂岩漿分化礦床に屬するものと見做されるものである。從來本邦に於てもクロム鐵礦々床の大部分はこれに屬するものと考へられて居た。然し各地の礦床に就いての性質に對する研究の結果によれば、この種に屬するものと見られる礦床は比較的少く、且礦體自身も比較的小規模なるものが多い。同礦床は母岩が新鮮な橄欖岩又は輝石橄欖岩或は輝石岩である時によくその特徴を表はして居るもので礦床を構成するクロム鐵礦は上記の岩石中に斑狀、綫狀或は集粒斑狀をなして存在する事が常である²⁾。散

1) 鈴木 醇：本邦の格魯謨礦床，日本學術振興會第二小委員會報告(印刷中)。

2) 石川俊夫：岩石礦物礦床學會誌，25(昭和16年)，133頁，26(昭和16年)，28頁。

鈴木 醇：同上，27(昭和17年)，121頁。

點するクロム鐵礦粒は斑狀をなす時には比較的大きな結晶粒を示して居るが、縞狀をなすものは細粒又は微粒である事が多い。本礦床に於て最も特徴とする事はクロム鐵礦粒が母岩中の新鮮な橄欖石又は輝石と直接相接して居る事である。但しこの種の岩石が其後何等かの理由で全部又は一部蛇紋岩化作用を蒙つた場合には、後次的に貫入し、且附近に熱水溶液の影響を

第 壹 圖

細粒斑狀礦(福井縣和田礦山)

×16.5

O=橄欖石, S=蛇紋石, C=クロム鐵礦(石川學士原圖)

蒙つて居る場合に存在する礦體と區別し難い事がある。新鮮な岩石中に礦床の存在する時、クロム鐵礦の晶出の時期はこれに接する珪酸鹽礦物との相互關係にて略々推定する事が出来る。即ちクロム鐵礦が最も初期に晶出したと思はれる場合には、橄欖石又は輝石がクロム鐵礦粒の間隙を満した形跡を示し、特にクロム鐵礦が單體として、まばらに散點する時には正八面

體の自形を呈して居る事が多い。但し此等も非常に多數集合して居る場合には一般に正確なる結晶形を示さず、周邊が丸味を帶び或は又周邊が不規則に角ばつた形態を示す事がある。單體のものが自形を呈する事は明かに早期の品出を示すものである事は勿論であるが、丸味を帶びたものは一部融蝕せられた事を示すものであらう。又角ばつたものの集合を示す部分は結晶の途中或は結晶後に於て壓碎作用の影響を受けて破壊せられたものと

第 貳 圖

縞狀クローム鐵礦石(愛媛縣赤石礦山産) 1/2
(加藤教授原圖)

考へられる。この種の礦床は鳥取縣若松及び日高國靜内礦山の一部に見る事が出来る。

超鹽基性岩石中にクローム鐵礦が稍々多數に含有せらるる場合、これ等の細粒が規則正しく排列し、外見縞狀を呈し、特に同礦物粒が非常に微細な時は所謂「墨流し」の性質を示すもので、この種のものには比較的早期に晶出したものが多い。縞狀を呈する礦石は愛媛縣赤石礦山¹⁾に於けるものが

1) T. Kato: Jour. Geol. Soc. Tokyo, 28 (1921), p. 13.

代表であるが、この外兵庫縣關宮礦山¹⁾、静岡縣朝日奈礦山²⁾、日高國靜內礦山³⁾、長野縣大日礦山等の一部より産出して居る。

鹽基性又は超鹽基火成岩の造岩礦物或はその内に含まれる特殊の金屬礦物の縞狀構造を呈する原因に關しては古くより多數の研究があり⁴⁾、岩漿貫入に際して局所的に不均質な分離が起るとなすもの、岩漿固結に際して溫度及び壓力の周期的變化に據るとなすもの、岩漿の流動によつて生ずるとなすもの、或は岩漿分化作用の結果として初生の珪酸鹽礦物と金屬礦物との沈降に差異があつた事によるとなすもの等の説明が與へられて居る。勿論これ等の各説は個々の問題に就いて論ぜらるべきものであるが、本邦に於て見らるるクロム鐵礦の縞狀礦は、その性質より見て岩漿の流動により縞狀の構造を呈するに至つたものが多い様に信ぜられる。唯クロム鐵礦粒の分布排列の狀態が非對稱のものに於ては、岩漿固結の途中に於て重力により沈積して層狀をなしたものと見られて居る。要するにこの種のクロム鐵礦の生成は、共存する珪酸鹽礦物との關係又は産狀より見て初生的のものである事は言を俟たない。唯縞狀のものが著しい趨曲を示すものは更に其の後の地殻變動による影響を蒙つた結果と見るべきものも少くない様である。

超鹽基性火成岩が冷固するに當り比較的末期に晶出したクロム鐵礦が稍

- 1) 石川俊夫：岩石礦物礦床學會誌，**25** (昭和 16 年)，169 頁。
- 2) 木下龜城：地學雜誌，**52** (昭和 15 年)，55 頁。
- 3) 增淵三郎：北大保存手記，No. 72 (昭和 16 年)。
- 4) A. Harker: Mem. Geol. Surv. Gr. Britain (1904), pp. 90~92, The Natural History of Igneous Rocks, (1909), pp. 138~40.
F. F. Grout: Jour. Geol. **26** (1918), pp. 441~41.
N. L. Bowen: Jour. Geol. **25** (1917), p. 211, Jour Geol. **26** (1918), p. 486.
The Evolution of the Igneous Rocks, (1928), pp. 164~65.
T. Kato: Jour. Geol. Soc. Tokyo, **28** (1921), pp. 16~17.
P. A. Wagner: Geol. Surv. So. Afr. Mem. **21** (1924), pp. 80~81.
A. Daly: Igneous Rocks and the Depths of the Earth. (1933), p. 354.
A. L. Hall: Geol. Surv. So. Afr., Mem. **28** (1931), pp. 266~67.
R. R. Coats: Jour. Geol. **44** (1936), pp. 407~419.
木下龜城：地學雜誌，**52** (昭和 15 年)，pp. 58. 其他。

と多量に集合して礦床をつくる場合は、從來各種のものに就いて觀察した結果に於ては早期のものの場合よりはその量が多い様である。母岩たる超鹽基性火成岩が固結する末期に於て若し蛇紋岩化作用が行はれて、その全部完全な蛇紋岩となつた部分の内にクロム鐵礦粒が散點して居た場合には、それ等が早期又は晩期の晶出によるものか、又後述せんとするクロム鐵礦粒を含む流動體が貫入しその際同礦物粒を斑狀に散點したものか往々區別し難い事があるが、母岩が比較的新鮮なる時はクロム鐵礦は不規則な形を以て橄欖石粒又は輝石粒に直接し、それ等の間隙を充填し、時にはその一部分を包含して居る。この場合にはクロム鐵礦と珪酸鹽礦物との間には何等特殊の蛇紋岩化作用は行はれて居ないのが常である。

要するに超鹽基性火成岩中初生的に生じたクロム鐵礦は共生する珪酸鹽礦物との關係より見て早期より晩期にかけて引續き晶出が行はれた事を物語つて居る。即ちその性質から推察すれば同岩中に於て最も初期に晶出するのが一般であらうが、岩石固結に際して働いた礦化瓦斯によりその晶出が末期まで行はれたものと解せられる。

以上はクロム鐵礦粒が斑點狀、綫狀或は集粒斑狀をなすものに就いて述べたが、超鹽基性火成岩中には塊狀礦が比較的大塊をなして存在し、往々極めて大規模な礦床を構成して居る事がある。北海道のものを初め重要な礦床の大部分はこの礦に屬するものである。この塊狀礦よりなる礦體は前述の斑狀礦を主體とするものに比して種々の差異を示すものであるがその特徴とする所を挙げれば次の如くである。

(1) 礦體が主として塊狀礦よりなる時は、脈狀、棒狀、板狀、囊狀或は連球狀をなす事。

(2) 礦體は多くの場合破碎されたクロム鐵礦粒の集合よりなり、且礦物粒の或物には十字ニコル下に於て部分的に幽かな複屈折を示す事があるが同礦物粒が獨立して正確なる結晶形を示す事の少い事。

(3) 塊狀礦を構成するクロム鐵礦粒は顯微鏡下に於て透明なる礦物粒

の周縁及び内部には二次的生成を暗示する黑色不透明な部分が細脈狀に發達して居る事¹⁾。

(4) 塊狀礦よりなる礦體の周縁部には往々斑狀礦を伴ふ事。

(5) 礦體附近の母岩には蛇紋岩化作用が著しく進んで居る事が普通であり、又礦體と母岩との間には滑石又は粘土を夾んで居る事が多い事。

(6) 礦體中に往々大小の蛇紋岩の岩片を包含して居る事。

(7) 礦體中或はその周縁の母岩中には更に其後に貫入した霏石、方解石、苦灰石、重泥石、クロム柘榴石、黝簾石、水滑石、水爆石、溫石綿、硬蛇紋石、直閃石、陽起石等の細脈の發達して居る事が少くない事²⁾。

尙この種の礦體の發見された地點の分布状態を見るのに、從來北海道に於て知られた例に従へば、礦體が多くの場合大なる蛇紋岩體の周縁部又は小さき或は細き岩體中に存在して居る傾向が認められる。然し大礦體の周縁部中特に地形的急傾斜をなす部分や細小な岩體には表土薄き爲め、礦體の露頭が發見され易いのに對し、大岩體の中央部は一般に表土厚く探礦が困難である事實等より推せば、現在知られて居る礦體の位置を以て、直に礦床分布上の共通性とは認め難い。況や現今示されて居る蛇紋岩體中には礦體を含んだまゝ形態上に種々の大規模な變化を蒙つた形跡が各所に於て見られるから、現在礦床の存在する位置は、直に礦床の生成せられた當時の眞の位置を意味するものでない事を考慮すれば、分布に對する概念は一層複雑なものであらう。

又北海道各地に於ける例を見るに、礦體の發達する地域には、多くの場合、曹長岩或はこれに類似する優白岩或は其他の分化脈岩の貫入して居る事が注意される³⁾。同事實は、これ等脈岩と礦床との間に何等かの因果關

1) 橄欖岩又は蛇紋岩中に比較的早期に生成したと思はれる單體として存在するクロム鐵礦粒には周縁まで透明であり、黑色不透明な部分を缺くものが少くない。

2) 原田準平：岩石礦物礦床學，24 (昭和 15 年)，176 頁，鈴木 醇：同上，26 (昭和 16 年)，207 頁及 265 頁。

3) 鈴木 醇：岩石礦物礦床學，23 (昭和 15 年)，65～80 頁及 124～142 頁。

係が存するものの如く見えるが、これ等兩者は極めて接近して存在すると同時に、稍々距つて存在する事もあり、時には脈岩の存する所に必ずしも礦床の存在を見ない事もある點より徴すれば、これ等兩者の直接關係に就いては未だ遽かに斷ずる事は出来ない。唯筆者の知り得た唯一箇の例ではあるが、こゝに興味ある事は、日高國新日東礦山瑞東坑に於て礦體が直接優白

第 參 圖

優白岩に接するクローム鐵礦礦石 1/2
(日高國新日東礦山瑞東坑産)

A=曹長岩, C=緻密塊狀クローム鐵礦礦石

岩脈に相接して産出し¹⁾、この場合礦體は優白岩を貫き且前者中に後者の破片を包含して居り、少くとも同所の礦體は同岩脈より遅れて生成せられたものなる事を示して居る事である。

(1) 日高國新日東礦山瑞東坑に於ける優白岩質脈岩は白色の曹長岩 (albite) で、これを貫く礦體は緻密塊狀礦で、その成分は次の如きものである。 $\text{Cr}_2\text{O}_3=53.26$, $\text{FeO}=13.09$, $\text{MgO}=10.53$, $\text{SiO}_2=13.13$, $\text{Al}_2\text{O}_3=6.53$, $\text{CaO}=4.01$, $\text{H}_2\text{O}(+)=0.35$, 合計 100.903 (北大, 中山忠照氏分析) (第參圖參照)。

以上塊狀礦よりなる稍々大なる礦體に關する一般的な性質に就いて述べたが、その内特に重要な點は、礦體が脈狀、板狀或は互に連絡した塊狀を示し、且礦體が主として破碎せられた礦物粒よりなる事と、礦體に沿ひ熱水作用によると思はれる影響が顯著である事である。

近年この種の礦體が熱水溶液により生じたものと信ぜらるるに至つた所にも上述の諸事實中の一部の理由に基いたものと思はれる。然るにクロム鐵礦自身が一般に超鹽基性火成岩中に初生的に生成せらるべき性質を有する點及び大なる塊狀礦體を構成する主要なるクロム鐵礦粒に多くの場合に破碎作用を蒙つた形跡が著しい點等より見れば、これ等のクロム鐵礦粒を直接熱水溶液より晶出したものと斷ずる事は適當ではない。この種の礦體の大部分は、その産狀より推して、何れも母岩たる超鹽基性火成岩中に貫入し、略々現今示されて居る様な形態を形成したものと認められるが、その内に含まれるクロム鐵礦自身は寧ろ母岩の固結した際に已に火成礦物として晶出して居たものと見るべきである。換言すれば、超鹽基性火成岩々漿に結晶作用が開始せらるるや、その間に於て結晶したクロム鐵礦粒は何等かの理由により一部に蓄積され所謂粥狀流動體 (crystal mush) として存在して居たが、その後の地殻變動に伴ひ母體たる超鹽基性火成岩體中の弱所に沿ひ貫入し、脈狀その他の形態をとるに至つたものであらう。流動體移動に際しその内に多量に混じて居たクロム鐵礦粒は互に相接し又は衝突して破壊粉碎せられたものと見る事が適當であらう。

この種の礦體に沿ふては多くの場合、蛇紋岩作用が進み且熱水溶液の影響を蒙つた形跡の著しい部分が存在して居る事が常であるが、これ等は流動體が上昇する場合に熱水溶液が伴はれた事を示すものと見られる。この意味に於て、主要なる鑛床を形成する塊狀のクロム鐵礦の礦體は、近來一般に唱へられて居る如き單なる熱水性礦床とは稱し難く、熱水溶液は火成時代に晶出したクロム鐵礦粒を含む流動體の貫入に前後して、礦體並にこれに接する母岩中に影響を與へたに過ぎぬものと見る事が適當である。但し

クロム鑛の鑛體の間隙に沿ひ發達して居る堇泥石、クロム柘榴石等の含クロム鑛物は熱水作用によつて生じたものであるから熱水溶液は上昇に當つて或程度少量のクロムを溶し込んで居た事は想像に難くない。

尙超鹽基性火成岩々漿が固結するに當り、同岩漿は分化作用により殘漿は優白岩質岩漿 (leucocratic magma) と優黒岩質岩漿 (melanocratic magma) とに分れたものの如く、これ等兩端の岩漿が、各々種々の脈岩として、已に固結した母體たる超鹽基性火成岩中或はこれに附帶する地域に貫入したものと信ぜられる。クロム鐵鑛粒を多量に含有する流動體と、これ等各種の脈岩類との一般關係に就いては未だ審かでは無いが、既述した新日東礦山瑞東の例によれば、少くとも流動體の一部には、脈岩固結の後まで活動を續けたものの存在した事は認められる。

以上クロム鐵鑛々床の生成に關して一考察を行つたが、筆者の見解と略々類似のものに就いて、最近 J. E. Allen¹⁾ が述べて居る事は注目に値する。但し彼は彼が取扱つた大部分のものの生成個所を斷層に結びつけて居る様であるが、北海道に於ける多數のものの例に就いて見れば、必ずしもこれが適當であるや否や疑問である。尙北海道のものに就いては、唯一例ではあるが、優白岩脈と鑛體との關係が明かにされて居る點は、カリフォルニア州のものに比して、鑛體生成機構の一部が稍々明瞭にせられた感がある。

要するに超鹽基性火成岩中に胚胎するクロム鐵鑛々床は、粗粒、細粒、又は微粒として散布し斑狀鑛又は綫狀鑛をなすものも、緻密又は集粒塊狀鑛をなすものも、超鹽基性岩漿中に於て、何れも火成鑛物として、橄欖石又は輝石と前後して晶出したものであるが、その一部は他の珪酸鹽鑛物と相混じて大體晶出した位置にその儘鑛床となつたものであり、他の一部は火成時代に晶出の途次移動し一部に集積し粥狀の流動體となり、これが地殼變動に伴ひ固結しつゝある母體中に流れこみ、或は已に固結した母岩中の

1) E. J. Allen: Cal. State Min. Report., **37** (1941), pp. 101~167 (F. G. Wells: Review on Allen's Report: Econ. Geol., **37** (1941), pp. 666~667).

弱線に沿ひ貫入して特殊の部分に礦床を構成したものと見られる。流動體の貫入に際しては多くの場合熱水溶液が伴はれた形跡が顯著である。又母岩の蛇紋岩化作用は流動體による礦床生成と相前後して行はれたと見る事が適當であらう。

因に超鹽基性火成岩を中心とする四近の沖積地或は洪積地の砂礫層中には往々多量のクロム鐵礦粒を混じて居り特に天鹽、北見、石狩北部等に於ては良好な砂礦床を形成して居るが¹⁾、これ等はその分布狀態並に結晶粒の性質より推して、大なる塊狀礦體より誘導せられたものよりも、寧ろ微量な造岩礦物として超鹽基性岩中に含有せられて居たものが、岩石崩壞後に蓄積せられたものの多い事が認められる。

擱筆するに當りクロム礦床生成に關する諸問題に就き有益なる助言を賜はりたる加藤武夫教授、渡邊萬次郎教授、渡邊武男教授に對し、又種々興味ある資料を提供せられたる石川助教授に對し衷心感謝の意を表するものである。

(北海道帝國大學理學部地質學礦物學教室)

本研究に要したる費用の一部は、日本學術振興會第二小委員會よりの補助及び文部省科學獎勵費に據るものなる事を明記し茲に深謝するものである。

トリディマイトの研究 (第五報)

(無水珪酸礦物の蒸氣壓に就て)

Studies on tridymite: Fifth report
(Vapour pressure of anhydrous silica minerals)

理學士 犬塚英夫 (H. Inuzuka)

無水珪酸の蒸氣壓に就て

筆者は今年の聯合學會總會の講演に於て、石英ガラスの蒸氣壓の測定結果に就て述べたが、今は石英ガラス、水晶、クリストバライト及びトリディ

1) 鈴木 醇: 岩石礦物礦床學會誌, 27(昭和 17 年), 239 頁。