

学位論文題名

Genesis of stratabound deposits in the Tokoro belt,
eastern Hokkaido—with special reference to formation
processes of bedded manganese deposits on seamount

(北海道東部、常呂帯の層準規制型鉱床の成因論的研究
—特に海山における層状マンガング鉄床の形成について—)

学位論文内容の要旨

北海道北東部、常呂帯仁頃層群は、ジュラ紀後期～白亜紀前期に形成された海山の付加体であり、本層群中には含銅硫化鉄鉱床・層状含マンガング鉄鉱床(以下、単に層状鉄鉱床と呼ぶ)・ブラウン鉄卓越型層状マンガング鉄床・赤白珪石鉱床の4種の層準規制型鉱床が含まれる。含銅硫化鉄鉱床および層状鉄鉱床は、常呂帯北部に分布が限られるのに対して、層状マンガング鉄床は、常呂帯全域にわたって広く分布する。母岩の放散虫化石によると、層状鉄鉱床の鉱化時期は、ジュラ紀中～後期と白亜紀前期中葉の2期あり、一方層状マンガング鉄床は、大局的には白亜紀前期中葉のほぼ同時期に形成された。東亜鉄床では、ハイアロクラスタイトを下盤とする層状鉄鉱床の約8m上位の赤色層状チャート中に層状マンガング鉄床が胚胎する。本鉄床では、両タイプの鉄床から白亜紀前期中葉の放散虫化石が得られているが、両者は同一層準に胚胎していないことが明らかである。従って、常呂帯のすべての層準規制型鉄床は厳密には同時に形成されたものではない。

含銅硫化鉄鉱床は、緑色岩中に胚胎し、レンズ状の形態をなすものと脈状の形態をなすものに分けられるが、前者の武士鉄床には、現世の海底熱水性硫化物鉄床に普遍的に見いだされるコロフォーム状組織や再堆積組織などが認められることから、海底熱水活動に伴う硫化物鉄床であると考えられる。

層状鉄鉱床は、下盤を枕状溶岩、上盤を赤色層状チャートとして走向延長約100m、厚さ最大約2-3mのマウンド状の形態をなす。鉄石は主として微粒の赤鉄鉱と微生物起源の石英からなり、その鏡下組織は、鉄床が初生的には微細な鉄・マンガング水酸化物として堆積したことを示す。本鉄床は、火山活動の末期に放散虫チャートの堆積場で形成され、熱水噴出口付近の海底に放出した熱水から沈殿したマウンド状の重金属堆積物であると考えられる。

層状マンガング鉄床は、走向延長約100m、厚さ最大約2-3mのレンズ状の形態をなす。鉄床は上盤・下盤をともに赤色チャート-ミクライト質石灰岩互層または赤色層状チャートとする。鉄体内に挟まれる放散虫チャートは、規則的に泥岩やミクライトを挟まないが、鏡下では母岩のチャート層に類似し、加えて、縞状鉄石のチャート縞とマンガングに富む縞との関係は、マンガングに富む縞が放散虫チャートを切ったり、放散虫チャートの間に注入している産状が観察される。鉄床の下位側には多くの場合放散虫化石を認めることができない特殊なチャートが観察される。若佐鉄床では、下盤側に膨縮に富む不連続な白色チャートが産し、これは縞状鉄石の放散虫チャート縞やマンガングに富む縞とは不調和で、より後期の形成であるが、産状から考え

ると放散虫チャートが固化する以前に形成された。北海道鉱床の場合、下盤赤色塊状チャートは不均質な岩石で、赤鉄鉱に富む縞をしばしば含み、また局所的に多数の石英細脈と角礫状の赤色チャートから構成される赤白珪石となる。

層状マンガン鉱床の鉱石は、一般にブラウン鉱と石英を主とし、赤鉄鉱、方解石、重晶石、パイロルース鉱などを伴う。鉱石中のブラウン鉱またはその露天酸化鉱物であるパイロルース鉱などのマンガン鉱物からなる初生的な組織は、大きく結晶の集合形態とその内部組織に分類される。結晶の集合形態は、マンガン鉱物からなる Growth (Mn-rich band, Micronodule-shell-like, and Replacement or adhere growth of radiolarians), Nodule, Globular, Sea urchin-likeの各組織に分けられる。このうち、Growth textureの内部組織は、micronodule, shell-like, colloformに分けられる。初生組織の産状は、本組織が放散虫の遺骸が堆積・埋没してからあまり時間を置かずに形成されたものであることを示す。鉱床の下盤をなす塊状チャートは、鏡下で放散虫化石の痕跡がしばしば認められること、赤鉄鉱に富む縞や泥岩を不規則に挟むことから、本来母岩をなす互層であったものが、熱水の影響により再結晶・無構造化したチャートであると考えられる。

常呂帯の層状マンガン鉱床に認められる成長組織は、次のような特徴をもつ。(1)鉱体内で水平的にも垂直的にも多くの場合、層序的下位側に向かって成長している(Downward growth)。(2)鉱体内で水平的にも垂直的にもその大きさおよび形態の変化は認められない。(3)内部組織は、常にmicronodule→shell-like→colloform textureへと連続的に変化する。Downward growthは、美濃帯舟伏山地域のベルム紀前期～中期に形成された海山の付加体中に産する層状マンガン鉱床でも確認される。現世海底熱水性マンガングラスと常呂帯や美濃帯の層状マンガン鉱床を比較検討した結果、この特徴的なDownward growthは、鉱床がその場("in-situ")の熱水活動により、海底面直下の未固結堆積物中で、下方から上昇してきた熱水によって形成したことを示唆する証拠であると考えられる。

以上述べた特徴を考慮すると、ブラウン鉱卓越型層状マンガン鉱床の形成プロセスは、以下のように推定される。基盤玄武岩中を循環する間に恐らく低温(<100°C)で玄武岩と反応し、鉄に乏しくマンガンを富む組成を有する熱水溶液が、基盤中の割れ目を通して上昇し、未固結の堆積物中に流入する。堆積物中に入った熱水溶液は、堆積物中に広く拡散してさらに上昇し、海底面直下の酸化面に達すると、酸化的な海水と接して透水性の高いチャート・ミクライト互層のミクライトを、または層状チャートの赤色泥岩挟みに浸透してマンガン酸化物を沈殿させた。マンガン酸化物は、赤色チャートとミクライトまたは赤色泥岩挟みの境界部から熱水(マンガ)が供給される方向、つまり下位の堆積物に向かって成長する。堆積物表層に層状のマンガン鉱体が形成されれば、鉱体が後期の熱水に対してcap rockの役割を果たすので、後期の熱水はマンガン鉱体の下部に比較的長く滞留することになる。従って、母岩が再結晶・塊状無層理化し、鉱床下盤の塊状チャートが形成されたと考えられる。北海道鉱床で認められる赤白珪石は、層理面と直交する方向に2-3mの幅をもって発達しており、熱水の主要な上昇帯を示す可能性がある。このプロセスで形成された層状マンガン鉱床は、海底硫化物鉱床のチムニーのような明瞭な熱水噴出口を持たないという特徴を持ち、層状マンガン鉱床に対して従来漠然と考えられていた、熱水噴出口付近に沈殿し、マウンドを形成するというモデルとは全く異なる。

海山における層準規制型鉱床の形成場は含銅硫化鉄鉱床から層状鉄鉱床、層状マンガン鉱床の順で熱源である海山本体から離れる傾向にあると考えられる。これらの鉱床は、それぞれ異なる熱水系で生じた鉱床であり、同一の熱水噴出口から放出された重金属が、熱水噴出口からの距離に伴う化学的挙動の違いによって分離し、沈殿した鉱床ではないと結論される。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 石 原 舜 三
副 査 教 授 藤 野 清 志
副 査 助 教 授 松 枝 大 治
副 査 講 師 三 浦 裕 行

学 位 論 文 題 名

Genesis of stratabound deposits in the Tokoro belt,
eastern Hokkaido—with special reference to formation
processes of bedded manganese deposits on seamount

(北海道東部、常呂帯の層準規制型鉱床の成因論的研究
—特に海山における層状マンガング鉄床の形成について—)

近年、日本の中古生層は微化石層序などの進歩によって大きく改められた。特に、中古生層の主要岩相である層状チャートは遠洋性の堆積物で、その縞状構造は古海洋のグローバルな環境変化と密接に関係している可能性が指摘されている。しかし、層状チャート中に胚胎される層状マンガング鉄床の近代的手法および発想による研究は充分とは言えず、ここにおいて北海道および中部地方の成因論的研究を実施した。

北海道北東部、常呂帯仁頃層群はジュラ紀後期～白亜紀前期の海山付加体であり、含銅硫化鉄鉱床・層状含マンガング鉄鉱床・ブラウン鉱卓越型層状マンガング鉄床・赤白珪石鉱床の4種の層準規制型鉱床が含まれる。

含銅硫化鉄鉱床は、レンズ状の形態をなして緑色岩中に胚胎し、現世の海底熱水性硫化物鉱床に相当する。

層状含マンガング鉄鉱床は、下盤を枕状溶岩、上盤を赤色層状チャートとして走向延長約100 m、厚さ最大約2-3 mのマウンド状の形態をなす。鉱石は主として微粒の赤鉄鉱と石英からなり、その鏡下組織は鉱床が初生的には微細な鉄・マンガング水酸化物として堆積したことを示す。本鉱床は火山活動の末期に放散虫チャートの堆積場で形成され、熱水噴出口付近の海底に堆積した重金属マウンドである。

層状マンガング鉄床は、走向延長約100 m、厚さ最大約2-3 mのレンズ状の形態をなす。鉱床は上盤・下盤をともに赤色チャート—ミクライト質石灰岩互層または赤色層状チャートとし、その胚胎層準は基盤のハイアロクラスタイトの上位10m以内である。鉱石は縞状を呈し、縞状鉱石の放散虫チャート縞とマンガングに富む縞には、マンガングに富む縞が放散虫チャートを切ったり、放散虫チャートの間に注入している関係が観察される。鉱体の下位側には放散虫化石の痕跡に乏しい特殊なチャート(塊状チャート・赤白珪石)が観察される。これらは母岩の層状チャートや鉱石のマンガングに富む縞とは不調和で、より後期の形成であるが、産状から考えると放散虫チャートが固化する以前に生じた。

層状マンガング鉄床の鉱石は一般にブラウン鉱と石英を主とし、赤鉄鉱、方解石、重晶石などを

伴なう。鉱石中の主としてブラウン鉱からなる初生的な組織は、Growth, Nodule, Globular, Sea urchin-likeの各組織に分けられる。初生組織の産状は、本組織が放散虫の遺骸が堆積・埋没してからあまり時間を置かずに形成されたものであることを示す。Growth組織は、(1)鉱体内で水平的にも垂直的にも多くの場合、層序的下位側に向かって成長している(Downward growth)、(2)鉱体内で大きさおよび形態の水平的・垂直的变化は認められない、という特徴を示す。現世海底熱水性マンガクラストと常呂帯や美濃帯のペルム紀海山中に産する層状マンガン鉱床を比較検討した結果、この特徴的なDownward growthは鉱床がその場("in-situ")の熱水活動により、海底面直下の未固結堆積物中で、下方から上昇してきた熱水によって形成したことを示唆する証拠であると考えられる。

以上述べた特徴から、層状マンガン鉱床の形成プロセスは以下のように推定される。海水が基盤玄武岩中を循環する間に恐らく低温($< 100^{\circ}\text{C}$)で玄武岩と反応し、鉄に乏しくマンガンに富む組成を有した熱水溶液が生じ、それが基盤中の割れ目を通して上昇し、未固結の堆積物中に流入した。堆積物中に入った熱水溶液は堆積物中に広く拡散してさらに上昇し、海底面直下に達すると、酸化的な海水と接して透水性の高いミクライト挟みまたは赤色泥岩挟みに浸透してマンガン酸化物を沈殿させた。マンガン酸化物は赤色チャートとミクライト挟みまたは赤色泥岩挟みの境界部から熱水(マンガン)が供給される方向、つまり下位の堆積物に向かって成長した。堆積物表層に層状のマンガン鉱体が形成されれば、鉱体が後期の熱水に対してcap rockの役割を果たし、後期の熱水はマンガン鉱体の下部に比較的長く滞留することになる。従って、母岩が再結晶・塊状無層理化し、鉱床下盤の塊状チャートが形成された。

海山における層準規制型鉱床の形成場は含銅硫化鉄鉱床から層状含マンガン鉄鉱床、層状マンガン鉱床の順で熱源の海山本体から離れる。これらの鉱床は、従来同一の熱水噴出口から放出された重金属が熱水噴出口からの距離に伴う化学的挙動の違いによって分離し、沈殿した鉱床と説明されていたが、本研究によってそれぞれ異なる熱水系で生じた鉱床であることが実証され、全く新しい成因モデルが提案された。

本研究で明らかになった層準規制型鉱床の形成場・形成プロセスは、他の付加体の鉱床にも適用することが可能であり、かつ鉱床胚胎母岩の層状チャートの形成場を推定する上で役立つと考えられる。本研究は、鉱床成因論のみならず、付加体の構造発達史の解明に貢献するところ大である。よって著者は北海道大学博士(理学)の学位を授与される資格あるものと認める。