

2. 山口県東部、ジュラ紀玖珂層群中のマンガニ鉱床の種類と 土生花崗閃緑岩の岩石学的特徴

Manganese Deposits in the Kuga Group, Eastern Yamaguchi Prefecture,
and Petrologic Characteristics of Habu Granodiorite.

○秋本悠作, 秋本啓佑, 永島真理子, 大和田正明(山口大学)

1. はじめに

日本の層状マンガニ鉱床は、海底のマンガニ団塊やマンガニクラストを含む珪質堆積物が沈み込み帯の付加プロセスで変成作用を受け、マンガニ鉱石が形成されると考えられている (Nakagawa et al. 2011). こうした Mn 鉱床は、その成因に基づいて、熱変成を受けていない Type I, 白亜紀花崗岩の接触変成作用を受けた Type II, 緑色岩や赤色チャートに伴う Type III の 3 つのタイプに分類される (Nakagawa et al. 2011).

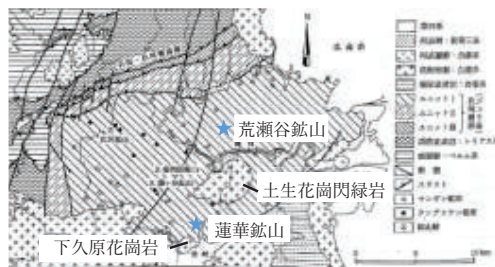


図 1. 玖珂層群のユニット区分と鉱床群の分布 (高見 2009; 西村ほか 1980 に加筆)

山口県東部玖珂層群には、多くの層状マンガニ鉱床のほかにタングステン鉱床が胚胎する。玖珂層群はジュラ紀の付加体で、泥質岩や砂質岩を主体とし、少量のチャート、石灰岩および緑色岩から構成される。形成年代の古い順にユニット III→II→I と区別され (高見ほか, 1993), 鉱床群は主にユニット I に胚胎する (図 1)。本地域の層状マンガニ鉱床について、宮本 (1953) は、鉱石の品位や構成鉱物に基づき炭酸マンガニ鉱型、珪酸マンガニ鉱型そして酸化マンガニ鉱型の 3 種類に区分した。本調査地域のマンガニ鉱床は、炭酸マンガニ鉱型が初生的に形成され、その後の後期白亜紀の花崗岩類の接触変成作用を受け、珪酸マンガニ鉱型に変化するとされた (宮本, 1953)。玖珂層群の南北には、後期白亜紀に活動した下久原花崗岩と土生花崗閃緑岩が貫入し (図 1)、本地域の層状マンガニ鉱床の形成に影響を与えたと推定される。

本研究は、マンガニ鉱床の形成に関わった可能性のある土生花崗閃緑岩について、岩石学的に検討する。その上で花崗岩類とマンガニ鉱床の形成過程を明らかにするため、炭酸マンガニ鉱型鉱床として荒瀬谷鉱山、珪酸マンガニ鉱型鉱床として蓮華鉱山を対象とし、マンガニ鉱床の鉱物組合せや化学的特徴に基づき形成過程や条件を議論する。

2. 土生花崗閃緑岩の岩石学的特徴と定置過程

土生花崗閃緑岩は玖珂層群中に分布する東西約 5km, 南北 4km の花崗岩体で、母岩の構造と緩く斜交したラコリス状の岩体として産する (図 2)。本岩体は角閃石を含む優黒質相と角閃石を欠く優白質相から構成される。これまで同位体を用いた起源マグマや年代の検討が行われてきた (大和田ほか, 1995; Tsuboi and Suzuki, 2003)。一方、構成鉱物の記載的特徴、モード組成、鉱物化学組成は議論されておらず、マグマ過程の解明には至っていない。

優黒質相と優白質相との明瞭な境界はこれまでのところ観察できていないが、優黒質相は優白質相よりも標高の高いところに分布する。優黒質相は主に斜長石、黒雲母そして角閃石から

なる暗色包有物を普遍的に含む。鉍物量比から、優黒質相は角閃石黒雲母トータル岩～花崗閃緑岩で、優白質相は黒雲母花崗閃緑岩～花崗岩である。

優黒質相の構成鉍物は、自形～半自形の角閃石と黒雲母、半自形の斜長石そして他形のアルカリ長石と石英で、主岩相のそれは、自形～半自形の黒雲母、半自形の斜長石および他形の石英とアルカリ長石である。優黒質相の角閃石は黒雲母を包有することがある。このことから、黒雲母は角閃石の晶出と同時期もしくは

それ以前であると考えられる。また優白質相と優黒質相の両方で汚濁帯の伴う斜長石を含む。このような産状は、固結しつつある優白質相に優黒質相が貫入し、両マグマの接触部でマグマ混交したことを示唆する。ハーカー図では、優白質相と優黒質相が一連のトレンドを形成することから、両岩相のマグマは同一の親マグマに由来したと考えられる。

優白質相と優黒質相の産状、記載岩石学的特徴および全岩化学組成から、土生花崗閃緑岩は、地下のマグマ溜り上位でやや分化した優白質相のマグマが最初に上昇し、ラコリス状に定置、その後、マグマ溜まり下位の優黒質相マグマが優白質相の固結前に構造的上位へ貫入・定置し、固結後玢岩層群と共に北へ緩く傾動したと推察される。

3. 層状マンガン鉍床

各鉍床の鉍石構成鉍物および量比を表1に示す。

<荒瀬谷鉍山> 荒瀬谷鉍山産鉍石は構成鉍物から A-I～A-III の3タイプに分類をした。A-I、-II 鉍石は主に菱マンガン鉍+バラ輝石、A-III はハウスマン鉍+アレガニー石+菱マンガン鉍で構成される。菱マンガン鉍は $(\text{Mn}_{0.77-0.85}\text{Ca}_{0.10-0.21}\text{Fe}_{0.00-0.03}\text{Mg}_{0.01-0.03})_{\Sigma 1.00}\text{CO}_3$ の組成を示す。A-I、-II 鉍石中の菱マンガン鉍はバラ輝石に一部置換されており、菱マンガン鉍の形成後の温度上昇が示唆される(吉永, 1958)。鉍石鉍物は自形～半自形のリンネ鉍、コバルトペントランド鉍といった含 Co 硫化鉍物が主で少量の黄銅鉍、方鉛鉍、閃亜鉛鉍を含む。含 Co 硫化鉍物の多くは黄銅鉍に包有されている。Co の供給源はマンガン鉍床の原物質であるマンガン団塊やマンガングラスト(臼井ほか, 1994)と推定される。

<蓮華鉍山> 蓮華鉍山産鉍石は構成鉍物が大きく変化しないため、ザクロ石の粒径によって R-I～R-IV の4タイプに分類した。主にざくろ石、準輝石(パイロクスマンガン石>バラ輝石)、Mn-Fe に富む角閃石、ピロファン石からなり、菱マンガン鉍が副成分鉍物として産する。ざくろ石は Fe を含むスベサルティンで、粒径変化が顕著である(R-I > II > III > IV)。パイロクスマンガン石はバラ輝石よりも相対的に Fe に富み、菱マンガン鉍 $[(\text{Mn}_{0.78}\text{Fe}_{0.10}\text{Ca}_{0.08}\text{Mg}_{0.03})_{\Sigma 0.99}\text{CO}_3]$ は少量の Fe を含むことで特徴づけられる。鉍石鉍物は磁硫鉄鉍が卓越し、黄鉄鉍、黄銅鉍、閃亜鉛鉍がみられる。さらに自然ビスマスを含むことが特徴である。この鉍石鉍物組み合わせは、チタン鉄鉍系花崗岩の関与により形成された Bi 鉍床の特徴と一致するため(石橋, 1955)、本鉍床の Bi は花崗岩類由来と考えられる。



図2. 土生花崗閃緑岩の分布

<炭酸マンガン鉱型と珪酸マンガン鉱型鉱床の比較>

本研究で検討した結果、菱マンガン鉱を主とする荒瀬谷鉱山産鉱石には主に含 Co 硫化鉱物が存在するが、ざくろ石および準輝石を主とする蓮華鉱山産鉱石中には磁硫鉄鉱と自然ビスマスが多く含まれ、主要構成鉱物だけではなく、鉱石鉱物組み合わせに顕著な違いがみられることが明らかになった。これは金属元素を供給源の違いや形成条件を反映していると考えられる。主要構成鉱物組み合わせから蓮華鉱山鉱石が相対的に高温で形成されたことは明らかであり、さらにスペサルティンや含 Fe 珪酸塩鉱物が多く産することから相対的に Al, Fe, Si に富む傾向がみられる。

表 1. マンガン鉱床の構成鉱物とその量比

鉱物名	化学式	蓮華鉱山				荒瀬谷鉱山		
		R- I	R- II	R- III	R- IV	A- I	A- II	A- III
ザクロ石(スペサルティン)	$Mn_3Al_2Si_3O_{12}$	++	++	++	+++			
バラ輝石	$(Mn,Ca,Fe)_5Si_8O_{15}$	+		+		++	+++	+
パイロクスマンガン石	$(Mn,Fe)_7Si_7O_{21}$	+++	+++	+++				
菱マンガン鉱	$(Mn,Ca,Fe)CO_3$			+		+++	++	+++
ハウスマン鉱	$Mn^{2+}Mn^{3+}_2O_4$							+++
アレガニー石	$Mn_5Si_2O_8(OH)_2$							+++
Mn-Fe角閃石	$Mn_7Fe_5Si_8O_{22}(OH)_2$	++	++	++	+++			
ピロファン石	$(Mn,Fe)TiO_3$	+	++	+		+		
石英	SiO_2	+	++	++	++	+	++	
鉱石鉱物								
黄鉄鉱	FeS_2			+				
磁硫鉄鉱	$Fe_{1-x}S$	++	+++	++	+++			
黄銅鉱	$CuFeS_2$	+	+	+	++	+	++	
輝コバルト鉱	$CoAsS$	+		+				
ゲルスドルフ鉱	$NiAsS$			+				
リンネ鉱	$Co^{2+}Co^{3+}_2S_4$			+		+++	+++	
コバルトベントランド鉱	Co_9S_8					+		
方鉛鉱	PbS					+	+	
テルル鉛鉱	$PbTe$					+		
閃亜鉛鉱	ZnS	+	+	+			+	
自然ビスマス	Bi	+	+	+	++			
輝蒼鉛鉱	Bi_2S_3				+			

(Abundant) +++ < ++ < + (Absent)

4. 層状マンガン鉱床と花崗岩類の関係

Brusnitsyn et al. (2017) によると、荒瀬谷鉱山産鉱石のハウスマン鉱を主とする A-III 鉱石は、菱マンガン鉱とバラ輝石を含む鉱石 (A-I, -II) に比べ相対的に低温もしくは低 CO_2 分圧下で形成する。そのため、同鉱床内で形成環境に違いがあったと考えられる。より高温での形成が推定される A-I, -II 鉱石は A-III に比べて花崗岩類からの熱の影響を強く被ったと解釈できる。さらに準輝石およびスペサルティンを主とする蓮華鉱山産鉱石は、A-I, -II よりもさらに高温もしくは長い期間、花崗岩類からの熱の影響下に置かれたと考えられる。

荒瀬谷鉱山産鉱石の周囲には脈状の Mn を含んだ緑泥石が観察される。このような脈状の緑泥石については、渡辺(1957)によって野田玉川鉱山や加蘇鉱山などから報告され、熱変成帯の鉱床の末期の熱水活動に由来するとされた。したがって、荒瀬谷鉱山についても熱水鉱床の可能性が高い。また、マンガン鉱床には W, Mo, Zn, Cu, Fe, Pb などの金属類を含んだ鉱物がよくみられ、これら金属元素は花崗岩の貫入の際に鉱床に供給された(渡辺, 1957)。荒瀬谷鉱山でも

閃亜鉛鉱，方鉛鉱，黄銅鉱などの金属元素を含む鉱物が産することから，Zn, Cu, Fe, Pb は花崗岩の貫入によって供給された可能性が高い．一方で，含 Co 硫化鉱物は黄銅鉱に包有されていることから，黄銅鉱の形成以前，すなわち花崗岩の影響を受ける前に形成されたと考えられる．蓮華鉱山鉱石にはザクロ石などの珪酸塩鉱物が多くみられる．南部(1980)は，北部北上帯の緑色岩が多い地域に鉄マンガン鉱床が分布し，緑色岩が少ない地域にはマンガン鉱床が産するとした．緑色岩は玖珂層群中にブロックとしてしばしば含まれる．珪酸塩鉱物が多産することと鉄を含むマンガン鉱石を伴うことから，蓮華鉱山の形成は隣接する土生花崗閃緑岩，あるいは下久原花崗岩の関与の他にも緑色岩も影響した可能性がある．

引用文献

- Brusnitsyn, A.I., Starikova, E.V., and Zhukov, I.G. (2017) Mineralogy of low grade metamorphosed manganese sediments of the Urals: Petrological and geological applications *Ore Geology Reviews*, **85**, 140-152
- 石橋正夫 (1955) 日本鉱産誌 Ia 主として金属原料となる鉱石. VI. 蒼鉛. 地質調査所, 205-223.
- 宮本弘道 (1953) 山口縣玖珂地方マンガン鉱床調査報告. 地質調査所月報, **4**, 657-663.
- Nakagawa, M., Santosh, M., and Maruyama, S. (2011) Manganese formations in the accretionary belts of Japan: Implications for subduction - accretion process in an active convergent margin. *Journal of Asian Earth Sciences*, **42**, 208-222.
- 南部松夫 (1980) 北上山地の層状マンガン鉱床ならびに層状含マンガン鉄鉱床の成因とその問題点について. 鉱山地質, **30**, 323-343
- 西村祐二郎・鈴木盛久 (1980) 須佐-高山地域の接触変成岩類. 名勝及び天然記念物「須佐湾」緊急調査報告書, 山口県教育委員会, 1-24.
- 大和田正明・田中忍・柚原雅樹・加々美寛雄 (1995) 山口県東部，土生花崗閃緑岩の Rb-Sr 全岩年代. 岩鉱, **90**, 358-364.
- 高見美智夫・磯崎行雄・西村祐二郎・板谷徹丸 (1993) 弱変成付加体の K-Ar 年代測定における碎屑性白雲母の混入と接触変成作用の影響—山口県東部ジュラ紀付加体の例—. 地質学雑誌, **99**, 545-563.
- 高見美智夫 (2009) 玖珂層群. 日本地質学会編：日本地方地質誌 6 中国地方 朝倉書店 東京 77-81.
- Tsuboi, M. and Suzuki, K. (2003) Heterogeneity of initial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios within a single pluton: evidence from apatite strontium isotopic study. *Chemical Geology*, **199**, 189-198.
- 白井朗・飯笹幸吉・棚橋学 (1994) 北西太平洋海底鉱物資源分布図. 特殊地質図シリーズ 33, 地質調査所
- 渡辺武男 (1957) 日本の層状含銅硫化鉄鉱鉱床ならびに層状マンガン鉱床の成因について, 鉱山地質, **7**, 87-97.
- 吉永真弓 (1958) 熱変成における二三のマンガン鉱物の平衡に関する熱力学的考察 鉱物学雑誌, **3**, 406-417.