

四国の高 P/T 型マンガン鉱床および鉄・マンガン鉱床産 howieite-taneyamalite 系鉱物

皆川鉄雄・松田博幸

Howieite and taneyamalite series minerals from the high P/T type manganese ore deposits and iron-manganese ore deposits in Shikoku, Japan.

Tetsuo Minakawa and Hiroyuki Matsuda

Abstract

Howieite and taneyamalite, manganese rich analogue, were newly found from thirteen manganese ore deposits and iron-manganese ore deposits in Shikoku which belongs to Mikabu belt, Northern Chichibu belt and Kurosegawa tectonic belt, and have been metamorphosed into the blueschist facies to actinolite-pumpellyite facies. Howieite and ferroan taneyamalite with greenish black in color occurs as fibrous aggregate in hematite + greenalite + riebeckite + andradite + stilpnomelane + quartz metachert. On the other hand Fe poor taneyamalite with yellowish green to yellow in color occurs as fibrous or stellate aggregates in braunite + caryopilite ore, associated with ganophyllite, talc and rhodochrosite. Howieite-taneyamalite series minerals contain up to 8.6wt% MgO and 4wt% Al₂O₃. Yonoyama taneyamaite has the highest Mn content, and Hachi howieite is the highest Fe content.

1. はじめに

Howieite は Agrell et al. (1965) によりフランスカン屈群中の高圧低温型の層状マンガン鉱床から deerite:Fe²⁺, Fe³⁺, Si₆O₂₀(OH)₅, zussmanite:K(Fe²⁺, Mg, Mn)₁₃(Si, Al)₁₈O₄₂(OH)₁₄, riebeckite などと共に初めて報告された hybrid-type の鎖状珪酸塩鉱物である。その後同様の産状をなす howieite あるいは taneyamalite (原記載では Manganoan howieite) が Schreyer and Abraham (1977), Wood (1979) によって次々と報告され、藍閃片岩相程度の変成作用を受けた鉱床における特徴的な鉱物として知られるようになった。本邦におけるこの

系の鉱物の発見は howieite Mn 置換体である taneyamalite が最初であり、種山鉱山 (Aoki, et al. 1981), 岩井沢鉱山 (Matsubara, 1981) から同時に新鉱物として報告された。その後 howieite が加藤ら (1984) によって高知県黒瀬川構造帯の榎, 加田鉱床から、また Matsubara and Kato (1989) によって同構造帯の三谷から報告された。著者らは西南日本外帯に分布する高圧-低温タイプのマンガン, 鉄・マンガン鉱床群の鉱物学的検討を現在進めているが、今回、四国に分布する高 P/T 型鉱床からこれまでに報告されている鉱床以外にも howieite-taneyamalite 系鉱物が普遍的に産することを確認した。このため本報告では四国産 howieite-taneyamalite 系鉱物を中心に化学的特徴, 産状, 共生鉱物の記載を行った。

* 愛媛大学理学部地球科学教室

** 愛媛大学理学部地球科学教室研究生

2. 四国の高 P/T 型マンガン鉱床および鉄・マンガン鉱床

四国外帯に分布する高 P/T 型マンガン鉱床および鉄・マンガン鉱床は三波川帯、御荷鋳帯、北部秩父帯、黒瀬川帯、南部秩父帯、北部四万十帯に広く分布している。各帯の鉱床は高圧型の広域変成作用を被っており、三波川帯の変成相は中温高圧～高温高圧の緑色片岩相から緑礫石角閃片岩相、一部はエクロジャイト相にまで達している。御荷鋳帯は低温高圧型の藍閃片岩相～パンペリー石-アクチノライト相、北部秩父帯も同様のパンペリー石-アクチノライト相程度の変成作用を受けている。南部秩父帯、北部四万十帯はブドウ石-パンペリー石相程度と考えられる(鈴木ら, 1991)。鉄・マンガン鉱床を胚胎する黒瀬川構造帯伊野層は、藍閃片岩相～パンペリー石-アクチノライト相程度の変成作用を受けた異地性岩体と考えられている(Maruyama, 1981)。

マンガン鉱床は①braunite, ②braunite + caryopilitite, ③caryopilitite + rhodochrosite, ④rhodochrosite タイプに大きく分類される。これらの主要鉱石の中で、初生 caryopilitite は四万十帯、秩父帯、御荷鋳帯の広域変成条件では安定に存在しているが、三波川帯の緑色片岩相に達した鉱床では rhodonite が安定になり、初生 caryopilitite は認められない。Braunite は fO_2 分圧の高い条件下では三波川帯まで安定に存在している。しかしながら、マンガン鉱床の鉱物共生は同一鉱床内においても局部的に大きく異なる。これは広域変成作用の T, P 条件が caryopilitite あるいは braunite の安定領域にあって、熱水流体に伴う fO_2 , fH_2O また fCO_2 分圧などの物理化学的条件が局部的に異なるためである。これらの変化は広域変成作用の後退変成作用や火山活動などの広域変質作用(例えば石鏡第三紀火山活動)に起因する可能性がある(皆川, 1992)。

鉄・マンガン鉱床の多くは御荷鋳帯および黒瀬川

帯伊野層の緑色岩層に層状～レンズ状をなし分布する赤色放散虫チャート中に伴われる。鉱石鉱物により①hematite, ②magnetite タイプに分かれるが、黒瀬川帯三谷鉱床(magnetite)を除くと、ほとんどの鉱床が hematite + quartz からなる酸化的条件化の海底熱水沈殿物と推定される。両タイプとも caryopilitite や manganoan greenalite と密に共生しており、一般に鉄・マンガン鉱床のバルク組成は SiO_2 10-30, Fe_2O_3 10-40, MnO 10-30wt% の範囲を示している(吉村, 1967)。

3. Howieite-taneyamalite 系鉱物の産地と共生鉱物

Fig. 1-A に四国における howieite-taneyamalite 産地を示している。6-17は黒瀬川帯伊野層に分布する鉱床群であり、詳細な分布図を B に示している。Table 1 にその鉱床および確認された鉱物種(Ho:howieite, Ta:taneyamalite)を表している。

四国産 howieite-taneyamalite 系鉱物は御荷鋳帯、秩父帯、黒瀬川帯に分布する緑色岩中に挟まれた層状チャートや塊状チャート中の高圧低温型のマンガン鉱床そして、鉄・マンガン鉱床から見出された。三波川帯に分布する高圧中温～高圧高温鉱床からは確認されていない。北部四万十帯高知県安芸地方や徳島県牟岐地方にも多くの hematite を主とする鉄・マンガン鉱床が分布している。X 線による鉱物相の検討を進めているが現在のところ howieite-taneyamalite 鉱物は見出していない。以下マンガン鉱床と鉄・マンガン鉱床に分けて産状、共生鉱物について記す。

(1) マンガン鉱床産 Taneyamalite 系鉱物

秩父帯北帯北縁部に分布するマンガン鉱床である愛媛県用ノ山、高知県梶ヶ森、同穴内鉱山(フキノロ坑)からは taneyamalite が見出された。これら

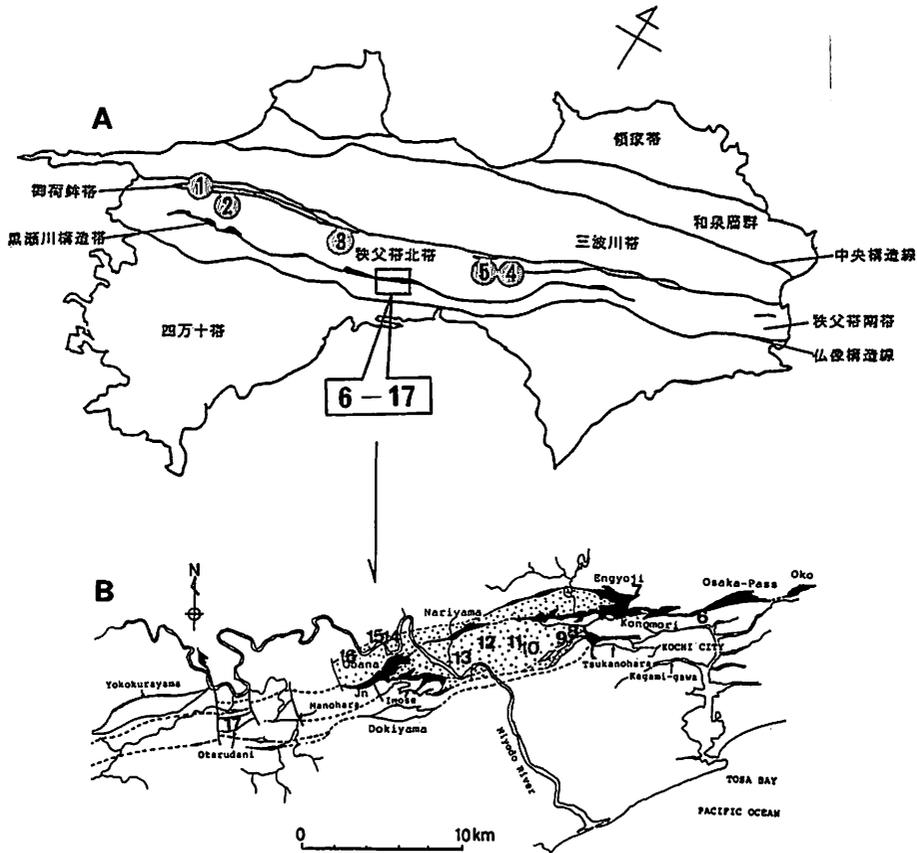


Fig. 1 Location map of howieite - taneyamalite bearing manganese ore deposits and iron-manganese ore deposits in Shikoku (A), lower map (B) shows localities in Ino formation of Kurosegawa tectonic belt. (modified from Hada and Yoshikura, 1991). Numbers of locality are shown as same number in Table 1

Table 1 List of howieite and taneyamalite bearing high P/T type manganese ore deposits and iron-manganese ore deposits in Shikoku.

No. in Fig.1	Locations	Minerals
1	御荷鉢帯 藤ノ川鉱山 Fujinokawa mine	Ho, Ta
2	秩父帯北帯 用ノ山鉱山 Yonoyama mine	Ta
3	中津鉢鉱山 Nakatsu-Hachi mine	Ho
4	梶ヶ森鉱山 Kajigamori mine	Ta
5	穴内鉱山 Ananai mine	Ta
6	黒瀬川構造帯 三谷 Mitani	Ho, Ta
7	円行寺 Engyoji	Ta
8	宗安寺 Soanji	Ho
9	八代 Yashiro	Ta
10	枝川 Edagawa	Ho
11	中村 Nakamura	Ho
12	槇 Maki	Ho, Ta
13	加茂山 Kamoyama	Ho
14	加田 Kata	Ta, Ho
15	加田西 Kata-Nishi	Ta, Ho
16	江尻 Ejiri	Ho
17	大樽 Odaru	Ho

Numbers of locality are shown as same numbers in Fig. 1

の鉱床はすべて緑色岩中の層状～塊状チャートに胚胎する braunite + caryopilite 鉱床である。

Taneyamalite は鉱床縁辺部の珪質帯、あるいは鉱石帯に葉片状～繊維状の脈をなし生成しており、ganophyllite-bannisterite 系鉱物と密に共生している。やや巾のある繊維状～葉片状集合体をなしており肉眼的には黄緑色～黄色を呈する。鏡下では黄色～黄褐色の多色性を示す。Mn 含有量が増加するに連れて黄色味が増す傾向が認められる。

Fig.2-1 に用ノ山鉱山産 taneyamalite の写真、Fig.2-2 に偏光顕微鏡写真 (crossed nicol) を示している。Taneyamalite は hematite bearing metachert の割れ目を充填し、また鉱石を切る脈状鉱物として生成している。かつて宮久 (1964) が報

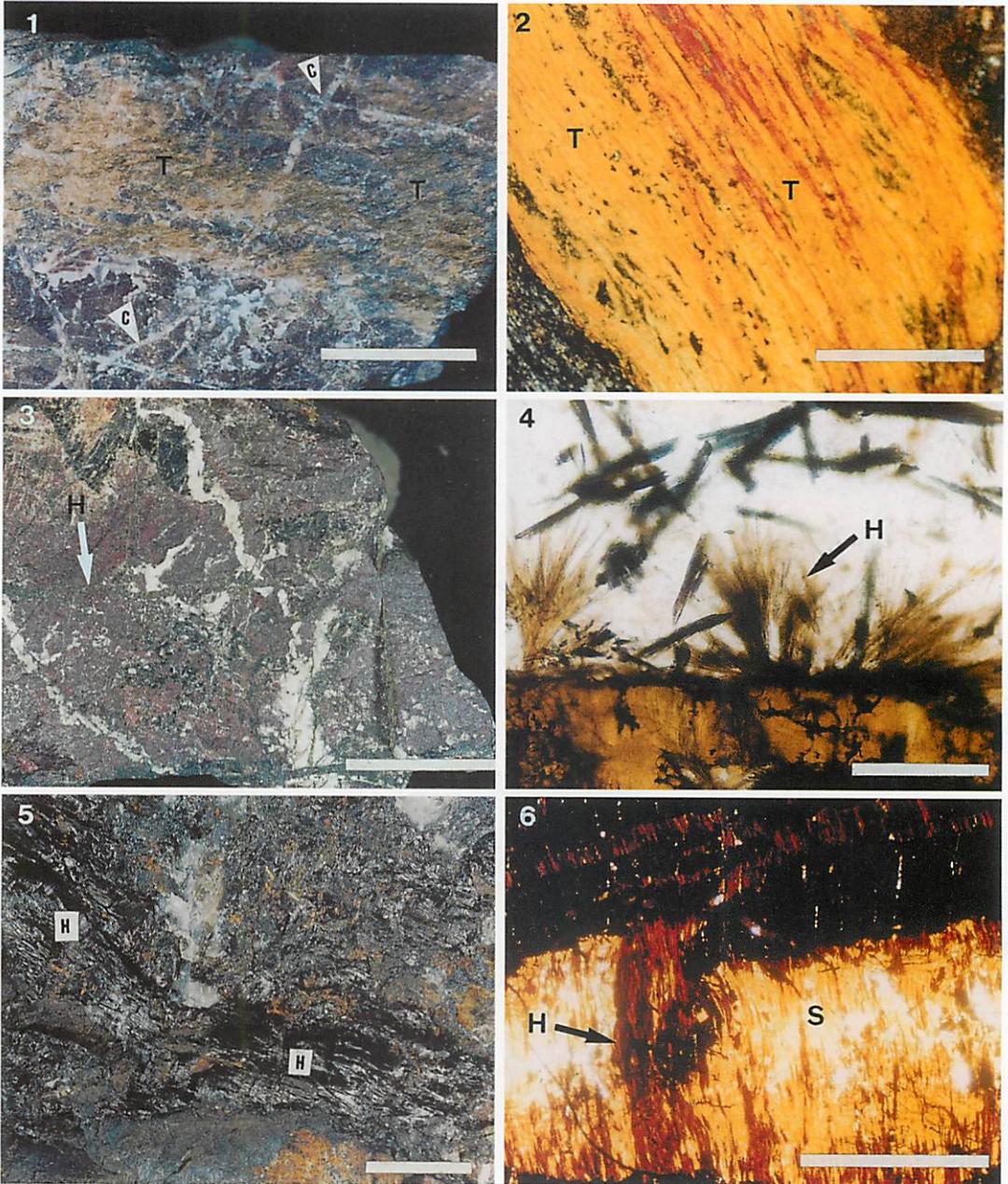


Fig. 2 Photographs of howieite and taneyamalite.

1 : Taneyamalite from Yonoyama mine. Scale bar: 4cm, 2 : Photomicrograph(crossed nicol) of taneyamalite from Yonoyama mine, Scale bar: 1mm, 3 : Howieite from Nakatsu-Hachi mine, Scale bar : 2cm, 4 : Photomicrograph of howieite from Nakatsu-Hachi mine, → : howieite, Scale bar:2cm, 5 : Photomicrograph of howieite from Edagawa mine, Scale bar: 3cm, 6 : Photomicrograph(open nicol) of howieite and stilpnomelane from Maki mine, Scale bar: 1mm. H: howieite, T: taneyamalite, C: calcite, S: stilpnomelane.

告した繊維状タイプの ganophyllite 鉱物を再検討した結果, taneyamalite に相当する事が分かった。本鉱床産の braunite + caryopilite 鉱石は部分的に

rhodonite またソーダ南部石 (natoronambulite) によって交代されている。また, hausmannite 化 (チョコレート鉱), ganophyllite 化, そして炭酸

塩化作用を広く被っている。脈状鉱物の生成順序は産状や共生関係の観察から、hausmannite → ganophyllite → taneyamalite → rhodochrosite → talc と判断される。Taneyamalite は ganophyllite と密に共生しており、この関係は穴内鉱床や梶ヶ森鉱床においても同様である。穴内鉱山フキナロ坑産の taneyamalite は ganophyllite 化、炭酸塩化の著しい braunite + caryopilite 鉱石を切る黄緑色葉片状集合体脈をなす。梶ヶ森鉱床産 taneyamalite は braunite + ganophyllite + pyroxemangite + rhodonite 鉱石を切る黄色繊維状集合体をなす。両鉱山共に脈状鉱物として bannisterite の雲母様巨晶集合体が見出されているが taneyamalite より早期の生成である。円行寺産は黒瀬川帯珪質片岩中に胚胎する径数 m ほどのレンズ状 caryopilite + rhodonite 鉱体から緑黒色繊維状集合体をなし見出された。

(2) 鉄・マンガン鉱床産 Taneyamalite-howieite 系鉱物

鉄・マンガン鉱床からは taneyamalite, howieite の両鉱物が産出する。ほとんどの場合 hematite + caryopilite ~ greenalite 鉱床であり、唯一、三谷鉱床は magnetite + caryopilite 組み合わせを持つ。Howieite-taneyamalite 系鉱物は鉱床の縁辺帯に層状～脈状をなすが、hematite に富む中心鉱体にも細脈をなす。Fe に富むものは黒緑色～緑色を呈し、鏡下では淡黄色～灰緑色であるが、酸化： $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$ (風化?) が著しい試料は肉眼的には黒褐色を呈し、鏡下では濃褐色である。ほとんどの鉱床で stilpnomelane 系鉱物と密に共生している。

御荷鉾帯愛媛県藤ノ川鉱床は manganoan actinolite, stilpnomelane, andradite, aegirine を伴う hematite + greenalite 鉱石を切る細脈をなす。秩父帯北帯の愛媛県中津鉱床産は hematite + riebeckite + greenalite 鉱石を切る巾数 mm 以下の

灰緑色繊維状脈 (Fig.2-3), あるいは針状結晶集合体をなす (Fig.2-4 実体鏡写真)。高知県伊野町を中心に分布する黒瀬川帯鉄・マンガン鉱床の多くは伊野層の緑色岩体中に伴われ、ほとんどの鉱床から howieite-taneyamalite 系鉱物が見出されている。三谷産 howieite は magnetite + ilvaite + aegirine + quartz 鉱石を切り、最大巾 2cm をこえる灰緑色繊維状をなす。最も多産するのは枝川、中村、加田鉱床でありやや片状組織のある hematite + riebeckite + andradite + stilpnomelane + ilvaite + apatite 鉱石 (森岡, 1999) を切るロウ状光沢の強い、長さ数 cm 以上に達する黒緑色繊維状集合体をなす。特に枝川産 howieite は黒瀬川帯を代表する産地と思われ hematite + aegirine + andradite + quartz 鉱石中に長繊維状をなす (Fig.2-5)。いずれの鉱床も stilpnomelane と密接に共生し Fig.2-6 の偏光顕微鏡写真 (槇産) に示しているように howieite は鏡下では濃褐色を呈し、stilpnomelane を切り、あるいは交代する産状をなす。

4. 化学的特徴

(1) Howieite-taneyamalite の化学的特徴

日本電子製 JXM-5400 を使用し、ZAF 法によって行った分析結果を Table 2 に示している。全 Fe を FeO として表しているが、一部は 3 価として存在している可能性が高い (Wood, 1979)。Howieite-taneyamalite の理想化学式は $NaM_{12}Si_{12}(O,OH)_4$ であり、M サイトは Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Mg, Al から成る。 Fe^{2+} タイプが howieite であり、 Mn^{2+} タイプが taneyamalite であるが、Al の固溶は一般に少なく 3wt% 以下であり、Mg 量は 2-8.6wt% のやや幅広い値を示す。この結果は既に報告されている化学的特徴とほぼ同様である。本系列鉱物で Mg 端成分は見出されていないが、用ノ山産は 6-8wt% と高い値を持ち、実験式は $Na_{0.83}K_{0.02}(Fe_{1.42}Mn_{1.29}Mg_{3.28})$

Table 2 Chemical compositions of howieite and taneyamalite

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
SiO ₂	41.18	40.29	39.09	40.33	40.31	44.62	41.22	41.43	40.59	40.66	40.32	
TiO ₂	0.00	0.03	0.04	0.23	0.17	0.01	0.04	0.20	0.06	0.21	0.20	
Al ₂ O ₃	0.50	0.47	0.77	1.03	2.12	2.84	1.74	1.65	1.97	1.28	0.65	
FeO	21.01	21.43	26.47	6.55	6.67	6.37	12.22	22.70	19.70	19.18	24.39	
MnO	21.84	20.36	17.93	32.02	27.77	27.92	30.78	22.92	21.43	22.21	21.56	
MgO	3.80	3.90	1.88	5.74	8.62	8.20	3.02	1.20	3.26	2.22	1.50	
CaO	0.05	0.01	0.02	0.03	0.05	0.00	0.19	0.17	0.07	0.07	0.08	
Na ₂ O	1.74	1.81	1.86	1.87	1.84	1.62	1.21	1.47	1.70	1.37	1.63	
K ₂ O	0.04	0.00	0.03	0.02	0.00	0.07	0.12	0.05	0.27	0.02	0.00	
H ₂ O	9.84	11.70	11.91	12.18	12.45	8.35	9.46	8.21	10.95	12.78	9.67	
Total	90.16	88.30	88.09	87.82	87.55	91.65	90.54	91.79	89.05	87.22	90.33	
Si	11.850	11.825	11.723	11.675	11.772	11.869	11.766	11.815	11.747	11.993	11.809	
Ti	0.000	0.006	0.009	0.052	0.037	0.001	0.008	0.051	0.012	0.034	0.051	
Al	0.173	0.177	0.289	0.348	0.731	0.895	0.583	0.549	0.661	0.461	0.211	
Fe	5.051	5.260	6.637	1.618	1.628	1.422	2.916	5.416	4.768	4.730	5.966	
Mn	5.328	5.066	4.563	7.865	6.869	6.294	7.444	5.539	5.255	5.616	5.350	
Mg	1.643	1.730	0.848	2.508	3.751	3.275	1.228	0.514	1.427	0.992	0.669	
Ca	0.017	0.003	0.007	0.009	0.014	0.000	0.051	0.051	0.017	0.018	0.017	
Na	0.969	1.024	1.082	1.045	1.044	0.831	0.686	0.823	0.940	0.779	0.915	
K	0.018	0.000	0.010	0.006	0.000	0.022	0.034	0.017	0.102	0.007	0.000	
	12	13	14									
SiO ₂	42.76	42.19	42.11									
TiO ₂	0.13	0.17	0.58									
Al ₂ O ₃	1.65	1.70	0.87									
FeO	17.67	18.20	23.07									
MnO	24.72	23.56	18.75									
MgO	3.92	3.87	5.76									
CaO	0.02	0.22	0.05									
Na ₂ O	1.66	1.53	1.59									
K ₂ O	0.01	0.00	0.00									
H ₂ O	7.46	8.56	6.37									
Total	92.54	91.44	92.78									
Si	11.831	11.807	11.636									
Ti	0.033	0.036	0.116									
Al	0.532	0.572	0.299									
Fe	4.088	4.255	5.328									
Mn	5.800	5.584	4.382									
Mg	1.628	1.632	2.390									
Ca	0.006	0.064	0.017									
Na	0.897	0.841	0.863									
K	0.002	0.000	0.000									

Cations on the basis of O=36.5

- 1: Fujinokawa mine (Mikabu belt)
- 2: Fujinokawa mine (Mikabu belt)
- 3: Nakatsu-Hachi mine (Northern Chichibu belt)
- 4: Kajigamori mine (Northern Chichibu belt)
- 5: Ananai mine (Northern Chichibu belt)
- 6: Yonoyama mine (Northern Chichibu belt)
- 7: Engyoji mine (Kurosegawa tectonic belt)
- 8: Mitani mine (Kurosegawa tectonic belt)
- 9: Maki mine (Kurosegawa tectonic belt)
- 10: Yashiro mine (Kurosegawa tectonic belt)
- 11: Nakamura mine (Kurosegawa tectonic belt)
- 12: Kata mine (Kurosegawa tectonic belt)
- 13: Kata-nishi (Kurosegawa tectonic belt)
- 14: Soanji (Kurosegawa tectonic belt)

Al_{0.90}Σ_{11.89}Si_{11.87}O_{36.5} であり、最大 Mg-howieite (仮想名) 成分は 28mol% (Mg/Mg+Fe+Mn+Al) に達する。本邦産としては最大値であり、Pinchi Lake 産 (Ghent et al.1990) とほぼ同量の Mg 固容量を持つ。今回検討した中で、最も howieite 成分に富む試料は中津鉱山鉢床産であり、実験式は Na_{1.08} (Fe_{6.64}Mn_{4.56}Mg_{0.85}Al_{0.29})Σ_{12.34}Si_{11.72}O_{36.5}、howieite 成分は Fe/Mg+Fe+Mn+Al=54mol% であり、

Kato, et al (1984) とほぼ同様の値を持つ。今回検討した四国産 howieite-taneyamalite 系鉱物の分析値と、これまでに報告された国内外産の代表的産地のデータを Fe-Mn-Mg ダイアグラムに示している (Fig. 3)。この結果 howieite-taneyamalite 系鉱物は明らかに連続固溶体をなすことが確認された。さらに、マンガン鉢床産試料は Mn 端成分に近い taneyamalite であり、全体的にやや Mg に富む傾

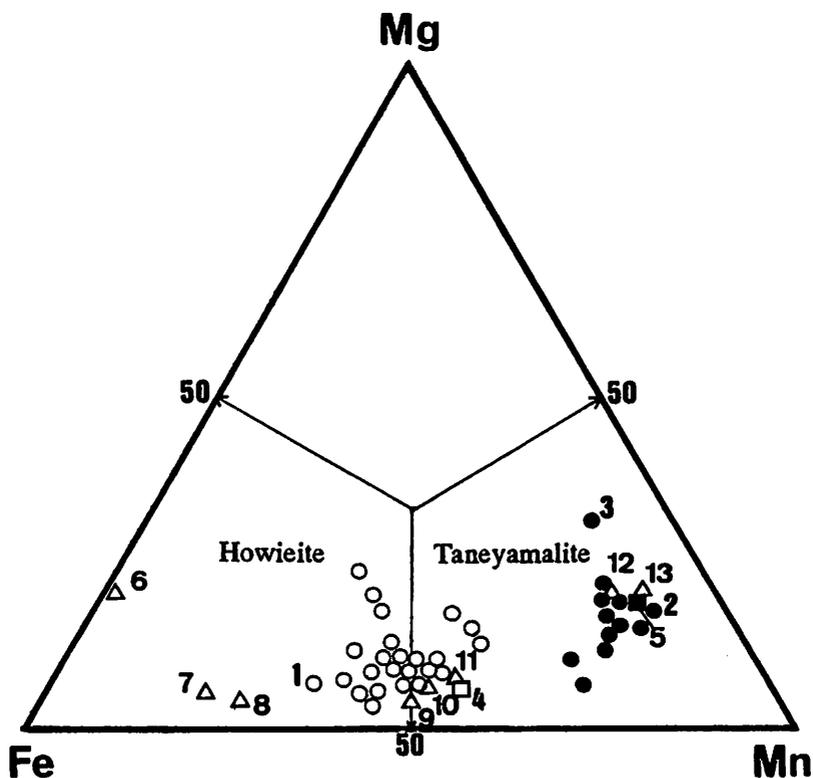


Fig. 3 Fe-Mn-Mg diagram for howieite and taneyamalite from the manganese ore deposits and iron manganese ore deposits in Shikoku.

- : from Iron-manganese ore deposits, ●: from Manganese ore deposits,
 1: Hachi, 2: Kajigamori, 3: Yonoyama, 4: Taneyama mine (Aoki, et al.1981),
 5: Iwaizawa (Matsubara, 1981), 6: Pinchi Lake (Ghent et al.1990)
 7: Powers Quarry (Wood, 1979), 8: Laytonville Quarry (Wood, 1979)
 9: Brezovica (Wood, 1979), 10: Brezovica (Schreyer and Abraham, 1977)
 11: Ward Creek (Wood, 1979), 12: Russian River (Wood, 1979)
 13: Pacheco Pass (Wood, 1979)

向があり、また鉄・マンガン鉱床産はほぼ howieite-taneyamalite の中間組成を有する特徴を持つことが分かった。このような化学的特徴は鉱床のバルク組成の強い影響によると推定される。この結果は、Mg に富む高圧低温型マンガン鉱床から、howieite の Mg-置換体が見出される可能性を示唆している。

(2) 共生鉱物の化学的特徴

Howieite-taneyamalite 系鉱物と密接に共生している鉱物は鉄マンガン鉱床においては stilpnomelane, hematite, マンガン鉱床では ganophyllite,

braunite である。Stilpnomelane は $(K, Na, Ca)(Fe^{2+}, Mg, Fe^{3+})_8(Si, Al)_{12}(O, OH)_{27}$ の一般化学組成を持ち、その Mg 置換体は lennilenapeite, Mn 置換体は Franklinphillite である。一方 ganophyllite は $(K, Na, Ca)_2(Mn, Al, Mg)_8(Si, Al)_{12}O_{29}(OH)_7 \cdot 8-9H_2O$ の理想化学組成を持っている。他に Mn に富み ganophyllite と同様の産状、鉱物学的性質を持つ鉱物として bannisterite, eggletonite, parsettensite, tamaite $\{Ca_4Mn_2(Si, Al)_{40}(O, OH)_{112} \cdot 21H_2O\}$ (Masubara et al.2000) が知られている。今回検討した stilpnomelane や ganophyllite 系鉱物は、ほとんどの場合 K-Fe タイ

ブ、K-Mn タイプであるが、Ca>K タイプ（例えば藤ノ川産 SiO₂ 40.77, Al₂O₃ 2.40, FeO 38.44, MnO 0.45, MgO 0.56, CaO 2.02, Na₂O 0.37, K₂O 0.53wt%）や Mg>Fe（例えば加田西:SiO₂ 36.31, Al₂O₃ 16.20, FeO 16.52, MnO 3.91, MgO 14.20, CaO 0.28, Na₂O 0.17, K₂O 3.07wt%）などの化学的特徴を持つ種も認められ、複雑な化学組成を持っていることが分かった。また宮久（1964）が用ノ山鉱床から報告した ganophyllite は SiO₂ 35.41, Al₂O₃ 1.75, MnO 38.53, MgO 1.23, CaO 5.25, K₂O 0.32, Na₂O 0.09wt%（少量の caryopilite, rhodochrosite 混入）の化学的特徴を持っており、tamaite の可能性もある。しかしながらこれらの共生鉱物に関する詳細な結晶学的性質は現在検討中であり、今後の課題としたい。

5. ま と め

今回検討した四国産 howieite-taneyamalite 系鉱物は御荷鉾帯、秩父北帯北縁部、黒瀬川帯のマンガン鉱床および鉄・マンガン鉱床から見出された。これらは藍閃片岩相～パンペリー石-アクチノライト相の高圧低温型鉱床である。高圧中温型の三波川鉱床からは確認できなかった。この結果はこれまで報告されている産状と一致する（Schreyer and Abraham, 1977）。今回検討した howieite-taneyamalite 系鉱物は stilpnomelane や ganophyllite 系鉱物と密接に共生し、これらを切る脈状あるいは層状をなす場合が多く、鉱床構成鉱物の中ではやや晩期の生成である。本邦産は Manganoan howieite～ferroan taneyamalite に属する中間領域と taneyamalite 端成分に近い領域にプロットされ、howieite 端成分に近い組成領域には存在しない。これは本邦産がマンガン鉱床、鉄・マンガン鉱床からの発見であり、母岩に著量の Mn が存在しているためである。今回、howieite 以外の鉄・マンガ

ン鉱床産特徴的鉱物の一種である deerite (Agrell et al. 1965) の産出を期待したが見出されなかった。Deerite は 20-25kb, 550-600°C, Ni-NiO buffer 下で合成されている (Langer et al., 1977)。一方 howieite は 15kb, 520-530°C で amphibole + pyroxene, amphibole + fayalite へ分解する。Deerite および howieite 系鉱物は同様の産状を示しているが、deerite がより高圧、還元的な条件下で安定と推定され、その産出は御荷鉾帯や、三波川帯の magnetite+riebeckite+andradite 鉱床に期待されるかもしれない。

謝 辞

本研究を行うに当たり、黒瀬川帯の鉱床を案内して頂いた田村芳信氏に心から感謝致します。

文 献

- Agrell, S.O., Bown, M. G. and Mckie, D. (1965) Deerite, howieite and zussmanite, three new minerals from the Franciscan of the Laytonville district, Mendocino County, California. *Amer. Min.*, 50, 278.
- Aoki, Y., Akasako, H. and Ishida, K. (1981) Taneyamalite, a new manganese silicate mineral from the Taneyama mine, Kumamoto Prefecture, Japan. *Min. J.*, 10, 385-395.
- Ghent, E. D., Stout, M. Z. and Erdmer, P. (1990) Howieite in blueschists, Pinchi Lake, British Columbia. *Can. Min.*, 28, 855-858.
- 波田重熙・吉倉伸一（1991）四国中央部の秩父地帯と黒瀬川地帯. 日本地質学会第98年学術大会見学旅行案内書. 63-83.
- Kato, A., Matsubara, S. and Saito, Y. (1984) Howieite in the Kurosegawa tectonic zone in

- Shikoku, south-western Japan. Proc. Jap. Acad., 60, ser. B, 65-68.
- Maruyama (1981) The Kurosegawa melange zone in the Ino district to the north of Kochi City, Shikoku. Jour. Geol. Soc. Japan, 87, 569-583.
- Matsubara, S. (1981) Taneyamalite, $(\text{Na}, \text{Ca})(\text{Mn}^{2+}, \text{Mg}, \text{Fe}^{3+}, \text{Al})_{12}\text{Si}_{12}(\text{O}, \text{OH})_4$, a new mineral from the Iwaizawa mine, Saitama Prefecture, Japan. Min. Mag., 44, 51-53.
- Matsubara, S., Miyawaki, R. Chiba, T. and Imai, H. (2000) Tamaite, the Ca-analogue of ganophyllite, from the Shiromaru mine, Okutama, Tokyo, Japan. J. Min. Petr. Sci., 95, 79-83.
- 松山地学会 (1979) 松山市付近の地質図, トモエヤ商事.
- 森岡北水 (1999) 四国の広域変成鉄・マンガン鉱床産ざくろ石の固溶関係-Spandite 系列のざくろ石について. 愛媛大学理学部修士論文, 1-174.
- 宮久三千年 (1964) 愛媛県用ノ山マンガン鉱山のブラウン鉱-ガノフィリ石共生鉱石 (変成鉄・マンガン鉱石の研究 II). 愛媛大学紀要第二部 (自然科学) D シリーズ (地学), 5, 17-25.
- Schreyer, W. and Abraham, K. (1977) Howieite and other high-pressure indicators from the contact aureole of the Brezovica, Yugoslavia, peridotite. Neues Jahrb. Min., Abh., 130, 114-133.
- 鈴木堯志 (1991) 日本の地質, 四国地方. 共立出版, 116-118.
- Wood, R. M. (1979) The iron-rich blueschist facies minerals: 2 Howieite. Min. Mag., 43, 363-370.
- 吉村豊文 (1967) 日本のマンガン鉱床補遺. 九州大学理学部研究報告, 9 特別号, 1-485.