研究報文

北海道小樽市近郊朝里鉱山の鉄鉱床とその鉄鉱石について*

(鉄鉱石の研究-2)

On the iron ore and associated deposits of the Asari Mine,
environs of Otaru City, Hokkaido.

大町 北一郎 (Hokuichiro Omachi)**

Abstract : The iron deposits of the Asari mine, located about 15km south of Otaru city, Shiribeshi province, Hokkaido, are of hydrothermal origin.

In this area liparitic tuff and green tuff breccia sediments of the Miocene formation have been intruded by liparite and andesite, and later covered by flows of andesite lava.

The iron ores are generally irregular, massive deposits within the liparitic tuff and liparite. These ore bodies consist of brown iron ore and some blackish iron ore.

Ore and associated minerals are quartz, goethite, lepidocrocite, limonite and pyrite. The blackish iron ore is bluish black, and gives a reddish black streak.

In polished section, this iron ore consists of the zonal concentric texture of goethite and lepidocrocite.

It's x-ray powder pattern is very similar goethite and hydrohematite (turite), but the thermal differential analysis shows mixed characters of goethite and lepidocrocite.

1. 緒 言

従来本邦の褐鉄鉱鉱床についての研究は多くの人々によつてなされてきたが、¹⁾²⁾それらは主として産状と不要成分として入ってくる、カリ、磷及び砒素に関するものが多く、鉄石鉱物の組織と性質についての研究は全くないといつてもよい状態であつた。最近、向正夫³⁾、南部松夫⁴⁾による日本産褐鉄鉱の鉱物学的研究が行なわれ、とくに、硫化鉄及び

* 日本地質学会、北海道支部例会講演、1955、11月。

** 工業技術院地質調査所鉱床部

1) 鉱物新活用委員会編：褐鉄鉱鉱床にともなうカリ、磷及び砒素、1~161、1953。

2) 小出博：褐鉄鉱 地球科学、13、12~18、1953。

3) 向正夫：沼鉄鉱に関する研究(第1報)、(第2報)、日本鉱業会誌、66、123~128、202~207、1950。

4) 南部松夫：日本産褐鉄鉱の鉱物学的研究、東北大学選鉱製錬所彙報、11、35~66、1955。

第2図 朝里鉾山附近の地質図

(主として杉本良也による)

本鉾床 (第3図) の母岩をなす石英粗面岩は珪化作用著しく、灰黄白色で肉眼的にはやゝリソイタイト質で稀に 0.3cm 大の石英の斑晶がみられるが、顕微鏡下では主として細粒状の石英からなっている。次に鉄鉾床は、第3図でもわかる様に、 $N30^{\circ}W$, $SW 70^{\circ} \sim 80^{\circ}$ の小断層に沿つてやゝ脈状をなして生成されたようで、下盤に沿つて淡青紫色を呈する絹雲母質粘土の発達をみる。とくに地表に近い部分では第4図の如く、表土中に転石状をなして、大さ 0.60~0.50~0.30m 位の塊状の鉄鉾石となつて産出する。

裏山鉾床の母岩は本鉾床とやゝことなり、流理構造の顕著な黄白色の流紋岩質凝灰岩で、珪化作用をうけ、局部的には粘土化作用の行われたものもみられる。この流理構造を示す部分をよく観察すると、第5図の如く、流理構造に沿つて、黄鉄鉾の濃集せる部分がパッチ状 (4~8cm 大) をなし、その周辺部が漸次褐鉄鉾化し、所謂 zone by zone の縞状に両者の生成をみることは興味あることで、このような流理構造に対して、やゝ斜交する小裂隙~割れ目に沿つては黒青色の金属光沢を有する鐘乳石状の酸化鉄鉾が発達している。

とくに第5図の②の部分 (パッチ状硫化鉄鉾) についてこの部分をとくに鏡下で観察

第3図 朝里鉄山, 本鉄床の鉄床地質図

- (1) 鉄鉄床, (2) 粘土化せる部分,
(3) 母岩(石英粗面岩), (4) 断層

第5図 朝里鉄山, 裏山鉄床, 1号鉄床の地表近くに於ける産状

- (1) 酸化鉄鉱, (2) 硫化鉄鉱のパッチ,
(3) 褐鉄鉱化せる部分, (4) 流紋岩質凝灰岩
(模式図)

(1) 流紋岩質凝灰岩に鉄染した黄鉄鉱が2次的に酸化して所謂褐鉄鉱となつたものと、
(2) 前述のような産状の割れ目又は小断層に沿つて初生的に晶出したと思われる黒青色、金属光沢を有する樹枝状～鐘乳石状を呈する酸化鉄鉱石からなるものである、又これらの鉄鉱石が表土中に転石状をなして多く産出するところをみると露天化残留鉄床のようであつて、成因的には熱水性交代鉄床として生成されたものより生じたと見るのが最も適当であらう。

3. 鉄鉄石の性質について

本鉄山の各鉄床より産出する鉄鉄石は次のような2種類にわけられる。

(イ) 黄褐色塊状鉄鉄石

第4図 朝里鉄山, 本鉄床の地表部に於ける産状

- (1) 石英粗面岩, (2) 酸化鉄鉄石
(模式図)

すると、第6図の模式図の如くなつて
いる。即ち黄鉄鉱が酸化鉄鉄化(褐鉄鉄)
する過程がみられる。これは流紋岩質凝
灰岩中に黄鉄鉄の鉄染せる部分が局部的
に褐鉄鉄化したものであると考えられる。
このような産状は2次的な変質を示すも
ので、初生的な酸化鉄鉄は前述せる如く、
縞状を示す酸化鉄鉄帯の部分の切つて発
達している。

本鉄床ではこのようにして出来た産状
はみられず、むしろ初生的な酸化鉄鉄が
小塊状をなして表土中にみられる。

このような産状は北海道の鉄鉄床では
珍らしく、鉄鉄床の成因及鉄鉄石の性質に
ついても注目すべきものがある。即ち鉄
床及鉄鉄石の産状からして、本鉄床及裏山
鉄床の鉄鉄石は次の2種類にわけられる。

第 6 図 硫化鉄鉱が褐鉄鉱化する累帯模式図

これは肉眼的には灰黄色～黄褐色のや、珪質な鉄鉱石で一見すると良質な褐鉄鉱石に見えるけれど、分析すると鉄分 (Fe) が少く、珪酸 (SiO_2) 分の多いのが特徴的である。又顕微鏡下では黄赤褐色の褐鉄鉱と微粒 (0.01mm) の二次的石英粒から構成されている。このような鉄石は流紋岩質凝灰岩或は石英粗面岩中に鉍染した黄鉄鉱が二次的に褐鉄鉱化して生成されたものであろう。この種の鉄鉱石は Fe 30～45%, SiO_2 50～25% の低品位鉄にぞくするものである。

(ロ) 黒青色結晶質鉄鉱石

これは母岩に鉍染した黄鉄鉱が二次的に酸化した部分の割れ目及小断層に沿つて初生的に生成されと思われる酸化鉄鉱石で、一見すると鉄の如き産状を呈し (第7図, a), 硬度は一般の褐鉄鉱よりも硬く、条痕は黒赤色を示し、主として表土中に転石状をなして産出する場合が多い。この種の鉄鉱石は一般に硬質で品位も Fe 56～60%, SiO_2 5%± を呈し、良質の鉄鉱石である。

以上のように大別された鉄鉱石の中でもとくに、黒青色結晶質鉄鉱石はその産状からみて成因上興味あるものなので、その鉄石鉱物学的研究を行った。

(a) 顕微鏡的性質

この種の鉄鉱石を透過顕微鏡下でみると、酸化鉄鉱は黒色不透明の部分为主とし、まれに石英の細粒を交えることがあるが、一般に見られる様な赤褐色を呈する褐鉄鉱はみられなかった。次に研磨片を反射顕微鏡下で観察すると針鉄鉱 (goethite) と鱗鉄鉱 (lepidocrocite) は同心円的帯状組織を示して発達し、特徴的な構造を示している (第7図, b)。

鱗鉄鉱¹⁾の反射色は灰白色を示し、針鉄鉱より遥かに明るく、反射多色性は針鉄鉱より

1) 竹内常彦, 南部松夫: 青森県安部城鉍山産鱗鉄鉱について, 鉱物学雑誌, 2, 165～171, 1955.

第7図 a. 朝里鉍山産の goethite, lepidocrocite よりなる鉄鉍石

(実物 1/4)

第7図 b. 朝里鉍山産(研磨片)の goethite (gray) と lepidocrocite (white) の帯状組織

(×3)

顕著で、異方性も強い。又硬さもやゝ
鱗鉄鉍が硬く、腐蝕試験は標準試薬に
たいして、鱗鉄鉍、針鉄鉍ともに全く
犯されない。又後述の様に示差熱分析
及び X線解析等からみても、この黒青
色結晶質鉄鉍石は針鉄鉍、鱗鉄鉍及び
加水赤鉄鉍からなることが明らかにな
った。

(b) 化学組成

上述の結晶質の部分について不純物
の入らないように選別して化学分析を
行つた結果は第1表の如くである。そ
こでこの分析値について、この種の鉍
石に類似せる鉄鉍石と比較して検討す

るため、南部松夫¹⁾の行つた青森県大鰐鉍山及山梨県金峰山産の針鉄鉍、鱗鉄鉍、加水赤鉄鉍の化学分析値を掲載した。この第1表でみると Fe_2O_3 の量は大体近似値的であるが朝里鉍山産のものは SiO_2 2.05% を示すのは石英粒を少量含有するためと考えられるが、 MgO 1.04%, CaO 0.76%, Al_2O_3 0.99% を示すことについてはまだ十分説明出来ない。

次に水酸化鉄鉍についてもつとも問題となる結晶水について検討してみると、朝里鉍山産の場合は $\text{H}_2\text{O}(+)$ が 2.12% にして、大鰐鉍山産及び金峰山産の場合は $\text{H}_2\text{O}(+)$ が

1) 南部松夫：前出，1955。

第 1 表 朝里鉾山産酸化鉄鉾の化学組成

	(1)	(2) ¹⁾	(3) ¹⁾	(4) ¹⁾
Fe ₂ O ₃	87.85	86.75	82.75	89.73
FeO	0.79	—	—	—
Al ₂ O ₃	0.96	1.57	0.73	2.17
SiO ₂	2.05	1.96	3.50	3.89
MgO	1.04	—	—	—
MnO	0.20	—	—	—
CaO	0.76	—	—	—
H ₂ O(+)	2.12	9.24	11.48	2.75
H ₂ O(-)	1.78	0.03	0.81	1.20
Total	97.55	99.60	99.27	99.74
H ₂ O(+)/Fe ₂ O ₃	0.21	0.95	0.81	0.39
Occ.	Asari Mine, Hokkaido	Ohwani Mine Aomori Pref.	Kinposan, Yamanashi Pref.	Ohwani Mine Aomori Pref.
Analy.	Masaichi MON 1955.5.28	Matsuo NANBU 1955	Matsuo NANBU 1955	Matsuo NANBU 1955
Minerals	Goethite と Lepidocrocite	Goethite	Goethite, Lepidocrocite pseudomorphs after pyrite	Hydrohematite

9.24%, 及び 11.48% を示し, 第 1 表 (4) の大鰐鉾山産の初生的加水赤鉄鉾 (Hydrohematite) は H₂O (+) 2.75% を示し, 又 H₂O(+)/Fe₂O₃ の比に於ては朝里鉾山産の場合 0.21 で大鰐鉾山産の加水赤鉄鉾は 0.39 を示し, 他の場合 0.95, 0.81 (いずれも針鉄鉾及び鱗鉄鉾) を示す点より見て朝里鉾山産の黒青色酸化鉄鉾は化学分析値から考えると, 加水赤鉄鉾にぞくする事が認められる。

(c) 示差熱分析

化学分析に使用したものと同様の試料について, 示差熱分析を行つた結果は第 8 図に示す如くである。試料は -200 mesh のものを 0.5gr 用い, 温度は毎分 10°C 宛上昇せしめたが, その結果 320°C の顕著な吸熱ピークは鱗鉄鉾の結晶

第 8 図 北海道朝里鉾山産酸化鉄鉾の示差熱分析曲線

1) 南部松夫：前出，1955.

水の離脱に基くものであり、又 360°C^* の顕著な吸熱ピークは針鉄鉱の吸熱反応によるものと考えられる。このように示差熱分析にて結晶水の離脱に伴う吸着ピークの二重型は針鉄鉱と鱗鉄鉱の共存するため、南部松夫¹⁾の研究による福島県野木沢村塩沢産の針鉄鉱、鱗鉄鉱の示差熱曲線に類似している。又鱗鉄鉱の発熱ピークとして特徴的である 450°C が存在しないのは、南部松夫によると鱗鉄鉱の混入する量比によるのではないかと考えられている。又この他にその鉄物の結晶度の如何によつて発熱ピークを示さないこともあるといわれている。しかし本試料については反射顕微鏡下の構造と合せて考えると針鉄鉱と鱗鉄鉱の混合したものであると推察出来る。

(d) X線粉末写真

上述と同様の試料について X線粉末写真を撮影した。その結果からして廻折線の面間距離及びその強度を求めたものが、第2表及び第9図である。この表からみてもわかる如く、針鉄鉱と若干の赤鉄鉱の廻折線がみられ、鱗鉄鉱の存在は認められなかった。

第9図 朝里鉄山産酸化鉄鉱の X線粉末写真 (Fe K α)

以上の物理・化学的研究結果について吟味すると、先づ化学組成については針鉄鉱の一般式を $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (HFeO_2) で示し、鱗鉄鉱は $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ($\text{FeO}(\text{OH})$) で示されている。そして夫々の化学分析理論値は $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 89.86\%$, $\text{H}_2\text{O} = 10.14\%$ となっている。しかるに朝里鉄山産の場合は分析値からみると $\text{H}_2\text{O}(+) = 2.12\%$ で所謂加水赤鉄鉱といわれるものにぞくするかもしれない。ところが加水赤鉄鉱 (hydrohematite) については未だ十分な報告がなく、その一般式も $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ として示されその性質は赤鉄鉱と針鉄鉱の混合物であるといわれている。そこでこの hydrohematite (turite) について報告されているのは L. J. Spencer²⁾ の研究で英国の Nova Scotia 産の turite は黒色鉄物で亜金属光沢を有し、条痕は黒赤色で放射状～同心円殻状構造をもつた硬い、光沢ある乳頭状～腎臓状として産出し、とくに加水赤鉄鉱 (turite) と褐鉄鉱 (limonite) と比較すると加水赤鉄鉱は繊維状又は放射状構造よりむしろ、同心円的構造を示す場合が多いと報告しているが、このような産状を呈する朝里鉄山の黒色酸化鉄鉱も類似のものかもしれない。又先に報告した釜谷鉄山³⁾ の黒赤色結晶質酸化鉄鉱も加水赤鉄鉱 ($\text{Fe}_2\text{O}_3 = 88.40\%$, $\text{H}_2\text{O}(+) = 0.34\%$) に近いものと考えられ、結晶構造的には赤鉄鉱の構造を有し、これに若干の結合水を含むものを hydrohematite (加水赤鉄鉱) とした。

* 一般に鱗鉄鉱の吸熱反応は 350°C といわれている、又針鉄鉱の吸熱反応は 390°C と報告されている。

1) 南部松夫：前出，1955.

2) Spencer, L. J.: Mineralogical characters of turite (turgite) and some other iron ores from Nova Scotia, Min. Mag., **118**, 338~348, 1919.

3) 大町北一郎：北海道釜谷鉄山の鉄鉱床とその鉄石について：鉄鉱石の研究 (1) 鉄山地質, **5**, 241~247, 1955.

第2表 朝里鉍山産酸化鉄鉍の X線粉末廻析表

(1)		(2) ¹⁾		3) ¹⁾		(4) ¹⁾	
d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)	I
5.009	10	4.22	vs	4.23	s		
4.602	10						
4.180	45	3.94	s(b)	3.95	m(b)	3.95	m(b)
3.683	45						
2.975	25	3.39	vw	3.32	w	3.68	vw
2.766	10	2.98	vw			2.98	vw
2.697	100	2.71	vs	2.70	s	2.71	vs
2.580	10						
2.515	70	2.46	s(b)	2.44	vs	2.52	s
2.439	40						
2.246	10			2.24	vw		
2.198	40	2.19	s	2.18	w	2.20	m
2.020	10			1.93	w		
1.865	10						
1.838	30						
1.795	10	1.79	vw	1.80	vw	1.83	s
1.719	15	1.71	s	1.72	s		
1.691	70	1.68	m				
1.636	10					1.68	vs
1.600	20	1.60	m	1.60	vw	1.59	w
1.563	15	1.55	s	1.56	m		
1.509	10	1.50	w	1.50	w		
1.485	25					1.48	s
1.452	45	1.45	m	1.45	w	1.45	s
1.313	20	1.39	w	1.39	vw		
1.256	15	1.35	w(b)				
1.191	15	1.31	w	1.32	w	1.31	m(b)
1.164	15	1.26	w(b)	1.26	vw	1.25	w
1.140	15	1.24	vw			1.19	vw(b)
1.103	15	1.19	w			1.16	vw(b)
		1.14	vw	1.14	vw		
		1.12	w	1.13	vw	1.14	w(b)
		1.09	vw			1.10	w(b)
		1.05	s(b)	1.05	vw(b)		
		1.02	s(b)	1.02	s(b)	1.05	w(b)
		1.01	s(b)	1.01	m(b)		
Fe K, 45kv, 10mA, 60min, Camera : 114.6 mm 2hr. Filter, none.		Fe K, 35kv, 6mA, Camera : 35mm, 1hr.		"		"	
Asari mine Hokkaido		Ohwani mine Aomori Pref.		Shiozawa Fukushima Pref.		Ohwani mine Aomori Pref.	
Hokuichiro OHMACHI 1955		Matsuo NANBU 1955		Matsuo NANBU 1955		Matsuo NANBU 1955	
Goethite Lepidocrosite Hydrohema- tite		Goethite		Goethite Lepidocrosite		Hydrohematite	

1) 南部松夫：前出，1955.

ところが最近 hydrohematite (turite) の研究について M. S. Tochilin¹⁾ の報告によると、ソ聯の Lipetsk 産の hydrohematite についての示差熱分析結果は二重型ピークを示すもので、 $315^{\circ}\sim 323^{\circ}\text{C}$ と $350^{\circ}\sim 352^{\circ}\text{C}$ の 2 回の吸熱反応が存在し、これは針鉄鉱 (goethite) と加水針鉄鉱 (hydrogoethite) の混合したものであると発表しているが、一般には数種の水酸化鉄鉱 (hydrohematite, goethite, hydrogoethite) の混合せるもので、その結合水を $0 < n < 1$ ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) の範囲にあるものを加水赤鉄鉱と称することにしてしているようである。又南部松夫²⁾ は若干の附加水をもち、或程度結晶度が低くなつた赤鉄鉱の変種と再定義するのが妥当であると提案している。筆者は赤鉄鉱の結晶構造をもち、その結合水が $0 < n < 4$ の値を示す酸化鉄鉱を加水赤鉄鉱と称することにしたい。しかしこの結合水がどのような形式で結晶構造の中に入っているかが問題であるけれど、このことについては今後研究をつづけるつもりである。したがって現段階に於ては、朝里鉄山に産出する黒青色結晶質酸化鉄鉱は反射顕微鏡にも又示差熱分析の結果に於ても、針鉄鉱、鱗鉄鉱を主とすることが明らかにされている。然し X 線粉末法では針鉄鉱、赤鉄鉱の性質が解析されるので、この酸化鉄鉱物は針鉄鉱、鱗鉄鉱、赤鉄鉱から構成されているもので、このように混合したものについて、M. S. Tochilin が提案しているように turite とするか、或は南部松夫及び筆者の提案している如く赤鉄鉱の変種で若干の附加水をもつたもののみ turite (hydrohematite) と称するかということになるが、この朝里鉄山産のものについては 3 種類の混合した水酸化鉄物であつて、所謂 turite と称すべきものでないと考えている。

4. 成因的考察

朝里鉄山の鉄鉱床はその産状及鉄石の性質からみて、先づ熱水溶液によつて母岩である流紋岩質凝灰岩の流理構造に沿つて鉄染した黄鉄鉱の大部分が酸化し、次いで初生的な酸化鉄鉱として、前述の母岩の割れ目及び小断層に沿つて晶出したと考えられるのが、黒青色の鉄状を呈する酸化鉄鉱で、このようにして出来た鉄鉱石の一部は崩壊し残留鉄床の如く、表土中に転石状をなしている。この為に朝里鉄山の南西部約 1.5km の段丘堆積物層にある褐鉄鉱鉄床 (鉄函鉱山³⁾) と同種類の鉄床中と考えられていたが、今回の調査によつて多くの鉄鉱床中とくに褐鉄鉱鉄床と考えられているものについて朝里鉄山の鉄床がその産状及び鉄石の性質に於て著しくことなつている点は興味深い。

又この鉄床は所謂褐鉄鉱々床とことなり、層状～レンズ状を示すことなく、現在みられるところでは不規則な鉄床形態を有するため連続性に乏しく、鉄石品位も一定しないのが特徴的である。しかし釜谷鉄山⁴⁾ の酸化鉄鉱床は硫化鉄鉱床をとめない、その鉄鉱石は加水赤鉄鉱 (hydrohematite) にして、やゝ類似性をもつた成因を示すものと思われるが、その形態及び鉄石の性質はことなつていることは鉄床の生成期の差異か或は鉄液の性質によるものであるかもしれない。

1) Tochilin, M. S.: Existence of Turgite. Doklady Akad., Nauk, S. S. S. R. 81, 75~76, 1951. (Chem. Abst., 46, 6053, 1952)

2) 南部松夫：前出，1955.

3) 杉本良也：前出，1953.

4) 大町北一郎：前出，1953.

5. 総 括

朝里鉱山の鉄鉱床は新第三紀(中新世)の石英粗面岩類中に胚胎するやゝ不規則状~塊状を呈する熱水性交代鉄鉱床と考えられるもので、地表に近いところでは、残留鉄床となっている。鉄鉱石は産状を異にする(1)黄褐色塊状鉄鉱石と(2)黒青色結晶質鉄鉱石にわけられ、これら両者は従来単なる褐鉄鉱と考えられていたが、化学分析、示差熱分析、X線廻折等の結果特に(2)の鉄石鉱物は針鉄鉱、鱗鉄鉱、加水赤鉄鉱よりなる事が判明し、これらの酸化鉄鉱は熱水溶液から初生的に晶出せるもので、従来このような産状を呈するものは比較的まれで、最近南部松夫によつて発表された大鰐鉱山の鉄床に類似するものとして注目に値するものと思う。又従来新第三紀層又は第四紀層中に胚胎する鉄鉱床について、赤鉄鉱及び褐鉄鉱と記載されているものについてもその成因及鉄石鉱物の性質等について再検討する必要があると考えられる。

本研究に対して、色々と御指導を賜つた、鈴木醇教授、舟橋助教授に厚く謝意を表する。なほ又実験に協力された荻原友郎、針谷宥の諸氏に感謝する。又酸化鉄鉱の成因及資料について御助言をいただいた東北大学南部松夫助教授に深謝する。なほ本研究の一部は文部省科学研究費によつて行われたものであることを附記する。(本論文提出後筆者は工業技術院地質調査所鉄床部に転出す)

石 油 母 岩 の 研 究 (第 1 報)

新庄盆地北縁部の主として最上層群中に発達する
海成油母岩層について (その 2)

Studies on the resource-rocks of petroleum (1st report).

(Chiefly on the Mogami group developed in the northern margin
of the Shinjo basin, Yamagata Prefecture (2))

加 藤 磐 雄 (Iwao Kato)*

阿 部 正 宏 (Masahiro Abe)*

1. 油母岩の無機成分 —— 塩根川ルートについて

(1) **Sampling 及び試料の調整** 塩根川沿岸の真室川町栗谷沢から上流の釜淵、八敷代、大滝、旧及位(Kyu-Nozoki)を経て及位(Nozoki)に至るまでの間(塩根川ルート)に、緩い起伏をなして次第に下位に追跡される一連の油母岩相の累積状態は、前報告¹⁾第2図a, bにみる通りである。この柱状断面図に基いて、古口層から金山層に亘つて発達する黑色泥岩、硬質シルト岩の試料を採取した。古口層—草薙層—金山層の全層厚は釜

* 東北大学理学部岩石鉱物鉄床学教室

1) 加藤磐雄, 阿部正宏: 岩鉄, 40, 169~177, 昭 31.