

—— 論 說 ——

各地産鐵鑛石の組織及び性質に就て

(昭和 24 年 10 月本会講演大会にて講演)

佐々木 茂弼*

STUDIES ON CHEMICAL ANALYSIS, MICROSTRUCTURE,
MINERAL-COMPOSITIONS AND PHYSICAL
PROPERTIES OF SOME IRON ORES

Shigeichi Sasaki

Synopsis:

Studies were made on several sorts of iron ore, sintered ore and other raw materials for charging into a blast furnace concerning their chemical analysis, chief mineral compositions, mechanical strength, porosity, water-absorption degree, bulk density, and permanent contraction or expansion and dehydration respectively by heating. Especially microscopic inspection was made on minerals of iron oxide, the form of crystals of iron oxide as well as their compositions and structure.

I. 緒 言

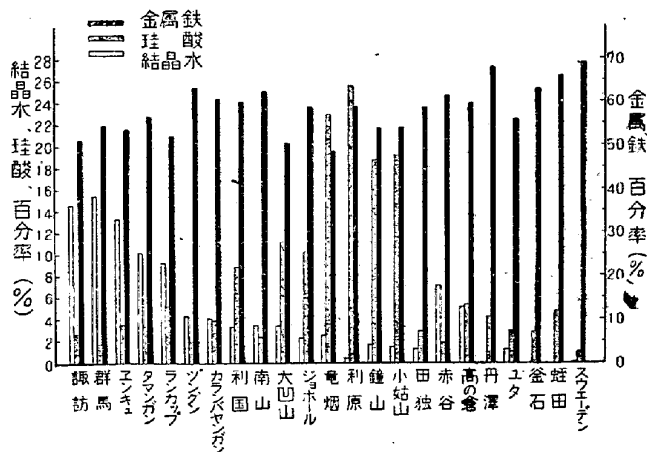
熔鉄炉装入用としての各地の天然産鉄鉱石及び焼結鉄質等の化学組成, 主な鉄物組成, 強度, 気孔率, 吸水率, 嵩比重, 加熱による永久収縮膨脹性及び加熱脱水性状等の諸性質を調べた. 又特に検鏡により酸化鉄鉱物, 酸化鉄晶の形態及び組織構造等に関して検討した.

II. 供試料の種類及び完全化学分析結果

供試した天然産鉄鉱石の種類は第1表の如く, 褐鉄質が4種, 赤鉄質が17種, 磁鉄質が2種, 計23種であり, その他に焼結鉄2種, 鉄滓及び硫化中塊の各1種等を試料とした. 今回の天然産鉄鉱石の試料には岩漿分化鉄床産出のものが1種も含まれず, 接触変質交代鉄床, 交代鉄床, 成層後に動力変質作用をうけた鉄床, 露天化作用による鉄床, 並びに岩漿分化作用以後に於ける高温, 中温, 低温等の溶液から形成されたと考えられる鉄床等から産出したものが主である.

各試料の完全化学分析結果を第1表に示す. 同表は1, 2の試料を除き, 塊鉄の成分を示すもので平均成分を示すものでない. 後述する如く鉄鉱石は Quartz を含むものが多く, 殊に赤鉄質試料では多少の Quartz 或は無定形珪酸を随伴しているものが多かつた. 又磁鉄質の場合には珪酸を一成分とするスカム鉄物を随伴してお

り, この点から特に鉄分, 珪酸分及び結晶水の三成分を第1図の如く図示した. 鉄分は珪酸及び結晶水の高いものほど小さいことを明瞭にうかがうことが出来る. 珪酸分は, 太平鉄床産赤鉄質に高いものが多く, 又竜畑及び利原の両赤鉄質では 23~25% に及ぶ. 結晶水は赤鉄質の場合にも約 4% 以内の含量を示すものがあり, Hydrous-hematite を含むためであると考えられる. 水分は諏訪及び群馬の両鉄を例外として, 大凹山鉄が最高であり, エンキュー, 南山, 鐘山等がこれに次いで高い. ユタ鉄も高い. 全般的にみて太平鉄床中の各鉄は高



第1図 各種鐵鑛石の T. Fe, SiO₂, C.W の含有割合.

* 日本鋼管 K. K. 川崎製鐵所

第1表 供試鐵鑛石類の種類及び化學組成

鑛石名	T. Fe	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	MnO	Al ₂ O ₃	CaO	MgO
諏訪	51.46	—	73.58	1.70	0.03	3.18	0.10	0.09
群馬	55.06	0.48	79.82	2.58		0.26	tr	0.10
ニューカレドニア	52.70		75.36	1.18	0.47	5.30		
マンガン	57.32		81.96	3.40	1.99	1.28	tr	0.18
エンキユン	53.78		76.89	3.54	1.02	2.94	0.09	0.27
ラカツブ	52.48		75.03	5.20	3.10	6.71	0.10	0.18
龍烟	48.61		69.50	22.95	0.48	0.72	0.63	0.03
小姑山	54.35		77.71	19.10	0.10	0.65	0.15	0.16
鐘南山	53.81		76.94	18.74	0.16	0.74	0.38	0.49
南原	62.69		89.63	2.26	0.25	0.64	0.47	0.43
利治	49.19		70.33	25.61	0.05	0.48	tr	tr
大和	61.86	1.80	86.44	4.70		2.09	0.41	
和國	60.12	3.31	82.28	8.82	0.25	0.64	0.47	0.43
ツグン	63.76	2.48	88.40	1.88	0.14	1.59	0.04	0.32
ランバン	60.81	3.76	82.76	3.84	Mn=0.10	2.17	1.76	0.94
ジヨール	58.95		84.29	10.19	0.07	2.38	tr	0.26
ユタ	47.89~	0.59~	64.01~	3.96~	0.05~	0.26~	3.19~	1.02~
	55.62	14.10	78.39	18.98	0.239	2.30	10.95	4.56
	51.88~	2.44~	71.54~	2.90~	0.77~	0.27~	0.10~	0.14~
田獨	65.34	7.82	84.73	14.28	1.05	1.02	0.16	
大凹山	51.24	6.27	66.30	11.42	0.12	1.36	4.10	1.23
高の倉	56.72~	18.91~	61.78~	0.47~			0.63~	
	59.71	20.85	62.78	9.95			0.87	
丹澤	67.99	4.87	91.79	1.38~	1.90~	1.47	2.95~	7.19
野尻	40.16	3.83	53.66	7.06		0.98	5.13	
蛭田	66.05	28.95		4.74~	0.17		0.45	
				14.68				
釜石	39.66~	12.82~	36.45~	17.42~	0.06~	0.32~	0.70~	0.01~
	63.21	27.44	59.48	1.07	0.33	2.82	11.10	2.78
D.L 式燒結鐵	45.31	29.64	31.62	10.69	0.63	8.73	7.11	2.17
G 式	45.61	29.23	32.38	14.91	2.02	6.75	8.77	1.14
鐵滓	72.26	67.82	26.25	2.20				
硫中塊	56.56	11.09	68.54	5.60		7.20	0.01	
スウェーデン	69.02	10.44	87.08	0.96		0.63	0.26	

合燐である。

硫黄、満俺、礬土、石灰その他の特殊元素の含有程度は第1表に示す如くである。

III. 顯微鏡組織、酸化鐵鑛物組成及び同形態並びに主な從鑛物

透過及び反射の兩偏光顯微鏡を用い各試料の組織特に酸化鐵鈹物組成及び同形態に就いて検索し、又主な從鑛物を決定した。

(A) 顯微鏡組織及び主な鑛物組成

檢鏡結果を第1表に、又2, 3の試料の顯微鏡組織を第2図に示す。

1) 諏訪鉄鈹: 本鈹に就いては別報りした如く多種多様の外觀を示すものがあり、黄褐、赤褐、褐或は黒褐の各色の多孔性塊から緻密なもの、或は又黄褐、黄白等の粉末状のものがあるが、檢鏡に供したものはそれ等の中の鉄含量が高い濃褐及び黄褐色の鈹塊2種である。前者は上層鈹であり、後者は Jarosite 層の上位にあるコン

バクトな塊鈹である。前者の場合は、Amorphous-limonite である褐色無定形の $Fe_2O_3 \cdot xH_2O$ と隱微結晶質部が多くみとめられる。又淡緑或は淡褐色の約1~2mm 大の不定形隱微晶 ($a Fe_2O_3 \cdot b P_2O_5 \cdot xH_2O$; $a Fe_2O_3 \cdot b P_2O_5 \cdot c SO_3 \cdot xH_2O$) が散点する。後者の場合は、褐赤の隱微晶質部が大部分を占め、この部分に特に鱗状構造らしものも多く見受けられる。Coagel から凝固し結晶化したものと考えられ、単なる Limonite ではないようである。又白色透明な板状、菱面体状、或は立方体状、纖維状の小結晶が晶洞周縁にみとめられる。Jarosite 及び Alunite と考えられる。

檢鏡によつて認められる気孔は多数であつて、大きさは約0.01~0.03mm のものから0.30~1.50mm 程度の長形状気孔が多く点在し、相互に脈絡している。

2) 群馬鉄鈹: 諏訪鉄鈹の場合と大体同じとみて差支ない。唯異なる点と言えば同心円的な鱗状部分が諏訪鈹の場合に比較して多いようである。

3) ニューカレドニア褐鉄鈹: 本鈹に関しては良く知

S	P	K ₂ O	Na ₂ O	Cu	As ₂ O ₃	V ₂ O ₅	C.W	備考
1.220	0.752	0.02~ 5.03	0.03~ 1.09	—	~ 0.443~ 0.164	~ 0.70~	14.68	Or=2.89, Ni=0.38 (Zn=tr)
1.126	0.178						15.45	
0.039	0.270						13.38	
0.011	0.079	tr					10.19	
0.148	0.242	(tr)					11.90	
0.128	0.052	(tr)					9.33	
0.020	0.072	(少~微)	(少~微)			(tr)	2.47	
0.036	0.129	(tr)					1.42	
0.016	0.150						1.66	
0.396	0.205					(少~微)	3.45	
0.052	0.158	(微)	(微)			(tr)	0.45	
							3.74	Ni=tr~0.08,
0.396	0.205					(少~微)	3.45	
0.036	0.116	(tr)	(tr)			(tr)	4.34	
0.59	0.12	(tr)	(少~微)	0.08		(tr)	4.35	
0.004	0.048						2.28	
0.011~	0.009~					(tr)	2.49~	
0.073	0.475			(tr)			2.90	
0.006~	0.020~						3.24~	
0.112	0.065			(tr)			3.71	
0.136	1.075					(少~微)	3.38	
0.03~	0.039~			~1.20			~5.55	
0.06	0.066			tr~				
0.005~	0.014~			1.08				
0.117	0.122							
0.360~	tr~							Zn=0.102, Co=0.004
1.832	0.020							
0.07~	0.03~							
5.43	2.73							
0.51	1.454	0.14	1.52	0.30				ZnO=0.62,
0.42	0.211	0.06	0.50	0.50				ZnO=0.56,
0.67	0.20	0.044						
2.41	0.074							
							0.18	磁鐵鑛質

られておるが、黒褐色及び黝色部の錯綜する塊から数個の薄片を作製し検鏡してみた。概畧次ぎの通りである。

本鉄は主に Limonite から成るが、コロイド様状態から結晶質状態に変つている結晶も多くみとめられ、薄片の色は前者が黄或は黄褐色を呈するのに対し後者は褐赤、赤或は又稍濃い黄褐色を呈する。この褐赤~赤の部分は Goethite と Hydrous-hematite 質と考えられる。本鉄に含まれる Ni 及び Cr は Garnierite ((Ni, Mg)O·SiO₂·nH₂O) 及び Chromite (FeO·Cr₂O₃) として介在するものとされているが、本検鏡では Chromite 晶を認めることが出来たが前者は微量のために検出できなかった。気孔は一部相互に脈絡して多数分散し、Goethite は気孔周縁に特に多くみられる。

4) タマンガン褐鉄鉄：タマンガン鉄床は、ツングステン鉄床と共に接触変質による初成鉄床(交代作用による)と南方特有の強烈な風化作用をうけた二次的な転石鉄床から成立つと言われる。

検鏡に供試したのは表面褐色を呈する多孔性の黝色腎

臓状塊であつて局部的に赤褐部分を認めるものであつた。検鏡下、黄褐色の隠微晶部分と黒色不透明な部分の集合体であり、Goethite, Limonite 及び Hematite 等から成る赤鉄褐鉄鉄質と考えられる。マンガン鉄物は明瞭でないが、晶洞の一部に結晶質の膠着物が認められ、Picro-tephroite 系 ((Mn, Mg) SiO₄) として介在するのでないかと思われる。気孔は不規則な形状を示し黄褐色部に特に多く、大きさ約 0.02~2.00mm 程度である。

5) ツングステン赤鉄鉄：表面黄褐色を呈する粉末を附着する粒状塊から薄片を作製し検鏡した。検鏡下、大形の不定形 Hematite を黄褐色の隠微晶質部 (Goethite) が膠結し、又 Quartz が膠着しているのを認める。又小晶点在しているが明らかでない。大体タマンガン鉄に類似している。気孔は Hematite 部に点在するが少い。

6) ランカップ赤鉄鉄：濃褐多孔性にして黄褐色粉末を多数附着せしめる脆い塊鉄を供試した。隠微晶質の褐色の Limonite 及び Hematite への結晶化が進んでいると考えられる半透明赤色の Hematite から成る。鉄

質は赤鉄鉱に近い褐鉄赤鉄鉱質とみなされる。Picrotrophite らしい小晶が点在し、0.05~0.10mm 程度大の無数の気孔を認める。

7) エンキュー赤鉄鉱: 試料は黄褐色の粗鬆性海綿状部分と鋼色の粒状部分をもとめる塊である。検鏡下、隠微晶質の黄褐~赤褐を呈する不定形集合体 (Goethite, Hydrous-hematite) にして、不透明な Hematite が埋まっている。ランナップ鉱と同様に褐鉄赤鉄鉱質と称すべきものである。大形の約 0.01~0.09mm の円状気孔が相互に脈絡なく多数みとめられる。晶洞の一部を Tephroite らしい小晶が充たし点在する。

8) 大凹山赤鉄鉱: 試料は粒集合体にして脆く、粒は剝脱し易い、白色半透明な部分の緻密に充填するものであつた。検鏡下、多角形状、短柵状、板状或はそれに近い形状の Hematite 晶が認められ、それ等晶間を無色透明な円形の Apatite が充たし分布している。又 Quartz が Apatite 粒晶間に点在する。多角形晶には Magnetite も混在しているものと考えられる。気孔は割合に少い。

9) 利国赤鉄鉱: 試料は黒褐から黝色の緻密な塊から撰んだ。肉眼で樹枝状晶が認められるものがあつた。検鏡下、Hematite の粒晶及び不定形晶を褐色隠微晶質 (Goethite) が膠結し、又 Quartz が気孔周縁に主に認められる。僅かに Magnetite とみられる多角形晶が混じている。約 0.01~1.00mm の大きさの気孔が点在する。

10) 南山赤鉄鉱: 表面褐色、破面が鋼色、白色、黒褐色、黄褐色乃至褐色部が層状をなしている岩石様の硬い塊である。検鏡下、不定形、板状及び柱状の Hematite が僅かな黄褐~赤色の隠微晶質の Goethite 及び Hydrous-hematite で膠着されている。又 Hematite 晶間を Quartz が多量に充填している。円状、虫状の大きさ約 0.01~0.03mm の気孔が多数に認められ、又 Apatite が点在している。

11) 竜烟赤鉄鉱: 約 1mm 以内の円形粒の集合体にして、層状の方向性ある配列をなしている。成因が水成作用によるためであると思われる。粒部分は鋼色を呈し赤褐色の塊である。検鏡下では鱗状構造をなす同心円状の球類集合体の Hematite が認められ、同心円の内部及び球類粒間を Quartz 粒晶が充填結合している。球類は半透明赤色を呈している。鱗状赤鉄鉱の代表的構造である。気孔は球類粒間に僅かにみとめられる。

12) 鐘山赤鉄鉱: 塊表面は黒褐色の粉末で覆われる鋼色の粉粒晶の緻密な塊である。検鏡下では、多角形状板状或は柱状の Hematite 晶が黄褐色の隠微晶 (Goe-

thite と Hydrous-hematite) で膠結され、Quartz が多く介在する。気孔は球形或は虫喰状で点在し、その大きさは約 0.01~0.40mm である。多角形晶には Magnetite が混じているのが認められ、又 Apatite が僅かにみとめられる。

13) 小姑山赤鉄鉱: 塊表面は淡褐或は黄褐粉末で被われ、鋼色を呈する硬い塊鉱である。樹枝状結晶が肉眼で認められる。検鏡下、短柵状、柱状及び不定形粒状の Hematite 晶を黄褐色の隠微晶 (Goethite) が膠着している。Quartz が多量に充填し、又 Apatite をみとめる。

14) 利原赤鉄鉱: 塊表面褐色を帯びる鼠色を呈し、内部は黝色の粒状集合体である。検鏡下、0.03~1.00mm 程度の球状 Quartz の集合体をなし、Quartz 粒晶周縁に長さ 0.10mm 程度の柱状 Hematite 晶が明瞭に交錯分布しているのを認める。

15) カロンバヤンガン赤鉄鉱: 塊表面は赤褐或は黄褐部分に被われた、内部が紫黒乃至褐黒色を呈するか、又は黄褐色の薄層をみとめる硬い塊鉱である。検鏡下、Hematite の粒晶及び大形の不定形晶を赤~黄褐色の隠微晶 (Goethite と Hydrous-Hematite) が膠着しているのを認める。その他に未知鉱物の小結晶存す。又 Quartz が点在する。気孔は大きさ 0.01~0.03mm の円状或は長い不定形状として点在する。

16) ジョホール赤鉄鉱: 表面が褐色を呈する小豆色岩石状の塊鉱である。多孔質の海綿状 Hematite 晶集合体にして、多くの晶洞を Quartz が充填している。

17) 野尻赤鉄鉱: 黒褐色の塊鉱の組織は細粒の Hematite とみられる集合体に Limonite を混じ、石英が層状に或は粒間を充たしている。

18) ヌタ赤鉄鉱: 表面紫褐色の堅い粗粒質の塊鉱で、白色の脈石が層状にみとめられる。不定形状、粒状の Hematite 晶の集合体にして Quartz が認められず Calcite が介在している。粒状 Hematite は FeO を固溶するものと考えられる。

19) 田独赤鉄鉱: 表面赤褐色を呈する濃鼠色粗粒質の塊鉱で、不定形状、粒状の Hematite 晶の粒間に、Quartz が認められる。粒状 Hematite は FeO を固溶するものと考えられる。

20) 高の倉赤鉄鉱: 黒色と褐色の2部から成り、表面或は層状に Malachite を介在する塊鉱であり、酸化鉄晶は不定形或は多角形状の集合体をなし角閃石族鉱物が膠着している。Hematite 晶の一部は FeO を固溶するものと考えられる。

21) 釜石磁鉄鉱: 釜石鉄について約 15 種の薄片

を作製し検鏡したが、酸化鉄晶に主眼をおいて述べると次ぎの通りとなる。Magnetite 晶は多角形或は不定形状を呈し、一部は Fe₂O₃ を固溶して Oxymagnetite となっているものと考えられる。主な従鑛物は、Calcite, Garnet, Epidote, Diopside-Hedenbergite, Pyrite 及び Chalcopyrite 等である。

22) D.L 式焼結鉄：黒色結核状塊にして、破面は黝色、表面の一部褐色を呈する、FeO を約 29% 含む多孔性塊を試料とした。検鏡下で不透明黒色の不定形及び 4, 5 角の多角形なる酸化鉄晶間を Fayalite を主とした珪酸塩質物が充填膠結している。気孔周縁に長さ約 0.10~0.20mm の無色透明な針状結晶がよく発達し、Ca-Silicate 及び Ca-phosphate と考えられる。又 Fe₃O₄ の Dendrite 晶をみとめる。点在する気孔の大きさは約 0.02~0.60mm 範囲の球状孔が多く、脈絡していない。

23) G 式焼結鉄：塊表面黒褐色を呈し、結核状多孔性塊にして破面黝色を呈する FeO 約 29.2% 含むもの

を試料とした。検鏡下、樹枝状、4 角状の Magnetite 晶の他に菱面体状或は柱状の Hematite 晶が認められ、それ等の酸化鉄晶間を淡褐色透明なる Fayalite 質硝子が充填膠結している。上記の D.L 式焼結鉄と共に焼結鉄全般の組織を代表するものではないが、天然産鉄鑛の場合と対照する時に組織構造が類似しており、その妙なるのに驚く。天然産に比較して晶形の種類も多くみられ明確な形態を示すものが多い。

24) 鉄滓：円形孔のみとめられる硬い黝色塊を試料とした。検鏡下、黒色不透明な多角形の酸化鉄晶(Fe₃O₄ と FeO の固溶体)が珪酸鉄によつて膜状に膠結されており、気孔は約 0.05~0.30mm の円形、長形のもものが点在する。

25) 硫化中塊：塊表面はこきいろ、内部黒色を呈する塊鉄である。検鏡下、不透明及び半透明の赤色~黒色の無定形酸化鉄に、硫黄化合物の分散逸散によると思われる無数の気孔を認める。

(B) 酸化鐵晶の形態

第2表 各鐵鑛石の酸化鐵鑛物及び同形態並びに主な従鑛物

鑛石名	酸化鐵鑛物	主な従鑛物	備考
褐鐵鑛 諏訪馬 = ユーカレドニア	Hydrous-Hematite, Goethite, Limonite, Limonite, Goethite, Hydrous-Hematite,	{ Koninckite, Diadochite, Jarosite, Alunite, Chromite, Garnierite,	主に Amorphous-Limonite,
赤鐵鑛 タマシ エンキ ランカツ ツンゲン カラバヤン ジヨホル 利國 大凹山 南山 鐘山 小利姑 龍原 高畑 ユ倉 田夕 丹獨 澤	Limonite, Goethite, Hematite, Goethite, Hydrous-Hematite, Hematite, Limonite, Hematite, Goethite, Hematite, Goethite, Hydrous-Hematite, Hematite, Hematite, Hematite, Magnetite, Hematite, Hydrous-Hematite, Goethite, Hematite, Hydrous-Hematite, Goethite, Hematite, Goethite, Hematite, Hematite, Hematite, Hematite, Hematite, Hematite, Hematite,	Tephroite ? Tephroite ? Picro-tephroite ? Quartz, Quartz, Quartz, Quartz, Apatite, Quartz Quartz, Quartz, Apatite, Apatite, Quartz, Quartz, Malachite, Amphibole, Quartz, Malachite,	赤鐵褐鐵鑛質, 褐鐵赤鐵鑛質, 褐鐵赤鐵鑛質, 不定形状 Hematite 晶, 粒状, 不定形状 Hematite 晶, 海綿状 Hematite, 粒状 Hematite 晶, 短柵状, 板状 Hematite 晶, 不定形, 柱状, 板状 Hematite 晶, 不定形, 柱状, 板状 Hematite 晶, 短柵状, 板状, Hematite 晶, 短柵状, 柱状, Hematite 晶, 鱗状, Hematite, 不定形状, Hematite 晶 FeO 固溶 不定形状, 粒状 Hem. FeO 固溶, 不定形状, 粒状 Hem. FeO 固溶, 不定形状, 粒状 Hem. FeO 固溶,
磁鐵鑛 蛭田 釜石	Magnetite, Oxymagnetite, Magnetite, Oxymagnetite	Epidote, Diopside-Hedenbergite, Calcite, Garnet, Pyrite, Chalcopyrite	多角形, 不定形状 Magnetite, Fe ₂ O ₃ 固溶,

鐵鑛石類の組織構造——酸化鐵の形態例 (透過光線) 倍率×100 (2/3縮寫)



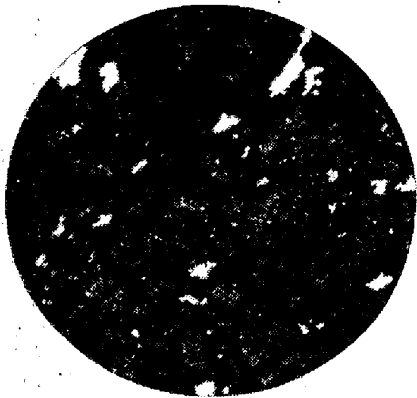
龍烟赤鐵鑛



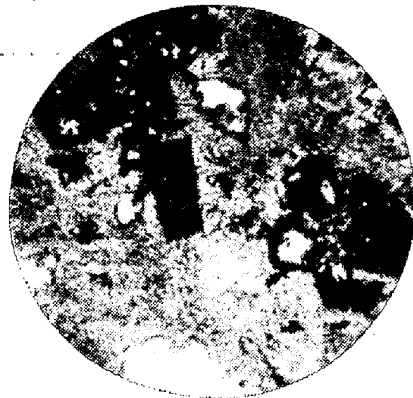
利原赤鐵鑛



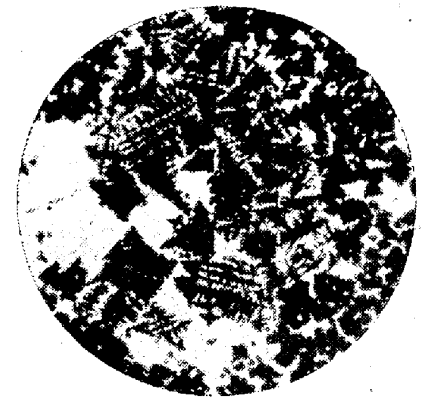
カランバヤンガン赤鐵鑛



ランカupp褐鐵赤鐵鑛



鑛山赤鐵鑛



燒結鑛 (G式)

第3表 鐵鑛石類の主酸化鐵の形態

	Limonite		Hematite							Magnetite	
酸化鐵の主形態	[無定形]	[纖維狀]	[コンパクト]	[鰐狀]	[海綿狀]	[柱狀]	[短棚狀]	[多角形狀]	[粒狀]	[多角形狀]	[6・8面體狀]
FeO含有の有無	無	無	無	無	無	無	無	有	有	有	有
主酸化鐵の含水	有	有	有(少)	有(少)	有(少)	無	無	無	無	無	無
鐵鑛石の種類	=ユーカレドニア 諏訪, 群馬 エンキュー, ランカupp		龍烟, ジョホール		利原	ツングン, タマンガ カランバヤンガン		釜石, 蛭田		鑛山, 大凹山, 小姑山, 南山 ユタ, 田獨, 高の倉 燒結鑛	

褐鉄鉍質の鉍石では主に Amorphous な Limonite に纖維状の Goethite 晶を少量認める程度で結晶度は低い、赤鉄褐鉄鉍質、褐鉄赤鉄鉍質、赤鉄鉍質の順に結晶度は高くなり、Hematite 晶の形態も明瞭となつてくる。Hematite 晶の形態は第2表の如く不定形状、鱗状、海綿状、柱状、短柵状、多角形状、粒状等が主なるものとして挙げられる。磁鉄鉍質鉍石では、Magnetite 晶は多角形状か6及び8面体状を呈する。又赤鉄鉍の Hematite 晶は、FeO を含有する鉍石の場合に多角形状か粒状を呈するものが多いようであり、結晶水を含有する鉍石では海綿状か鱗状かコンパクト状を呈し概して形態としては明瞭でない。柱状、短柵状、多角形状或は粒状の形態は結晶水を含まない鉍石の場合に多い。人工産鉄鉍石と見做せる焼結鉍の場合、多角形状か8面体状の Magnetite 晶、その骸晶、並びに菱面体状の Hematite 晶を認めるものが多い。稀に柱状の Hematite 晶を認めるものがある。海綿状、コンパクト状等は全くとめられぬ。

酸化鉄晶の形態と FeO 及び結晶水、並びに褐鉄鉍、赤鉄鉍及び磁鉄鉍の各鉍質との間の関係をまとめ、又該当する鉍石を示すに第3表の如くなるものと思う。同表は考えられる全般的な傾向を示すものである。

なお同じく動力変質をうけた成層鉍床とされる利原鉍及び竜烟鉍の両者間で利原鉍の方が酸化鉄晶のみならず珪酸の結晶化が顕著であり注意を惹く点である。

IV. 常温に於ける氣孔率、嵩比重、眞比重 耐壓強度及び熔融點

鉄鉍石の氣孔率の大小とガス被還元性の關係に就ては T.L. Joseph, F.W. Scott 及び M.H. Kalina 等²⁾ によつて報告されており、氣孔性の高低及び存在状態は高炉内の還元ガスによる被還元性を支配する一因子と見做される性質である。氣孔が開口状、閉口状或は毛細管状である割合によつて、同一氣孔率の場合でもその影響程度には相異がみられるのでないかと思われるが、この点を考慮外において眞氣孔率を各試料について求めてみた。又高炉の容量を高めるためには装入鉍石の嵩比重が大きいほど有利となるが、各試料について嵩比重を眞比重とともに求めてみた。又常温に於ける耐壓強度は、高炉内で加熱還元を蒙りつつ上方の装入物による荷重を受ける實際の条件下で要求される強度と異なるが、一応の目安となり得るものとして、又鉍石の一性質として測定し各鉍石間の差異を比較した。又高炉内降下中の鉄鉍石の熔融状態は単に大氣中で測定された熔融点を以つて判断で

き難いが一性質として耐火度測定方法を応用し測定してみた。測定結果を第4表に示す。特に氣孔率、嵩比重及び耐壓強度の三性質を図示したのが第2図である。

第4表及び第2図の如く、天然産鉄鉍石の氣孔率は褐鉄鉍質のものが高い。一般に赤鉄鉍と称されているランカップ及びエンキューの両鉍は赤鉄褐鉄鉍質のもので赤鉄鉍質の他の鉍石に対比して氣孔率が大きい。焼結鉍2種の氣孔率の數値は焼結鉍の氣孔率を代表するものでなく、多数の焼結鉍について調査したところによれば、22~40%の広範囲にわたる場合が多く、配合原料の種類と配合割合、焼結方式の相異と焼結操業条件等によつて一定せず、又ベットの接したものと上層部のものとは相当な差が見られるのが普通である。氣孔の存在状態は大きい氣孔が個々孤立しているのが特徴である。

常温耐壓強度は、全般からみて氣孔率の高いもの程低いという關係を示し、又嵩比重は氣孔率が小さく眞比重が大きいほど高い傾向を示す。強度の高い赤鉄鉍類はゾングン鉍を除き多くは高珪酸質であり、石英で酸化鉄晶が膠結されている組織を有つものに多い。

V. 加熱永久膨脹收縮

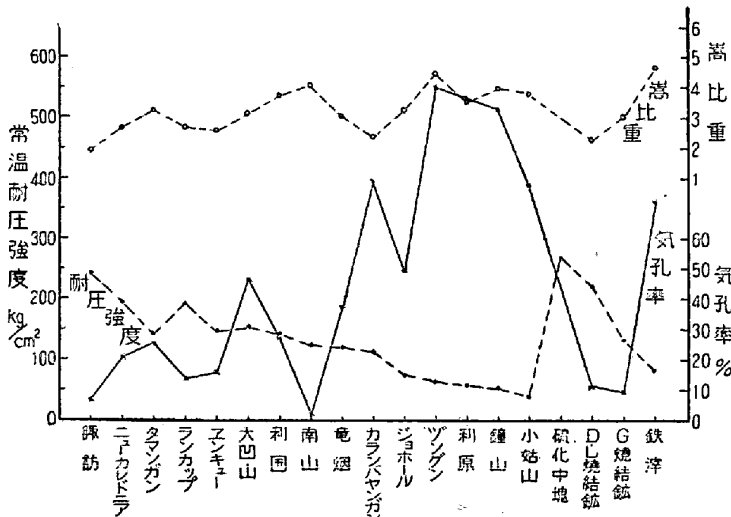
實際の高炉内に於ける鉄鉍塊の変化の有様は物理化学的に複雑な変遷を経るものであるが、加熱による鉄鉍特有の收縮又は膨脹の程度如何は高炉の型状寸法及び装入速度を決める上、又操業上から大切な一性質である³⁾。本試験では、高炉内ガス雰囲気とは無關係に各鉍種の加熱温度と永久收縮膨脹との關係を検索した。

試験方法は、各鉍石を粉碎し JIS 20 Mesh 篩以下の細かさとして 300kg/cm² の成形圧で 25×25×80mm の長方体試片を加工成形し、夫々の試片をエレマ電気炉により所定加熱条件にて加熱した。加熱温度は 800, 900, 1000, 1100, 1200°C、同保持時間を 2hrs とした。加熱冷却後に線收縮及び膨脹を測定した。

第3図の如く、諏訪、ニューカレドニアの両鉍の收縮は特に大きく、800°C 加熱により約 2.0%、900°C で 3~4%、1000°C に至ると急激に増し 9~10% となる。結晶水の多いエンキュー、タマンガン、ランカップ等の各鉍も收縮の大きい鉍種である。次いで小姑山、竜烟、ゾングンの各鉍となり、大凹山、ジョホール、南山、利原、カランバヤンガンの各鉍の如き赤鉄鉍群は同程度の收縮を示し、1200°C でさえ 1.0~1.5% の範囲内にあるに過ぎない。利原、鐘山の両赤鉄鉍は 1000°C 迄は却つて膨脹する傾向を有し 1100°C に至り收縮を始め、その程度は 1200°C で僅かに 0.4% である。挾雜する珪

第4表 供試料の物理的諸性質

鐵石名	眞比重	嵩比重	氣孔率(%)	熔融點(°C)	常溫耐壓強度(kg/cm ²)
諏訪	3.716	1.920	48.29	1280	32.03
ニューカレドニア	4.311	2.620	39.21	1435	103.20
タマンガン	4.467	3.195	28.47	1460	126.41
エンキユ	3.577	2.516	29.65	1160	68.48
ランカップ	4.238	2.617	38.23	1410	79.74
南大	5.406	4.068	24.75	1380	
利國	4.456	3.096	30.51	1435	234.50
龍岡	5.188	3.702	28.63	1435	126.35
カランバヤン	4.027	3.052	24.19	1230	189.81
ジョホール	3.003	2.332	22.32	1480	395.32
ズン	4.932	4.201	14.81	1460	247.52
ズン	5.054	4.421	12.52	1460	553.60
利原	4.026	3.569	11.33	1160	534.22
鐘山	4.426	3.957	10.59	1300	513.39
小高	4.253	3.774	7.38	1140	389.85
鐵	5.583	3.846~4.888			
D.L式燒結	4.108	4.661	16.51	1435	364.63
G式燒結	4.103	2.266	44.83	1140	55.20
硫中塊	4.997	3.006	26.75	<1100	47.23
		5.418		1435	



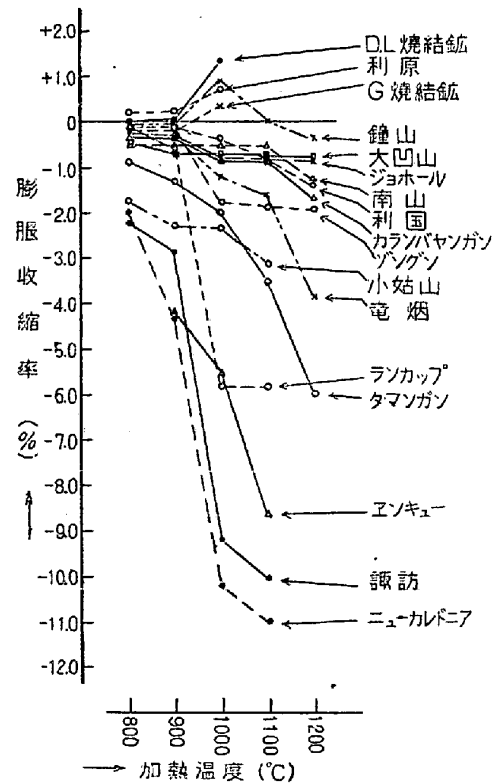
第2圖 各試料の氣孔率及嵩比重と耐壓強度の關係

酸が結晶質の Quartz として、又その量が多いものによるものと考えられる。同じく珪酸量の高い電煙鉍の場合に大きな収縮を示すのは珪酸が無定形で含まれているためであると思われる。

上記つ如く、結晶水の含量の高い鉍種の収縮は一般に大きく、組織の上からみて石英量の高い鉍種に収縮の小さいものが多いようである。

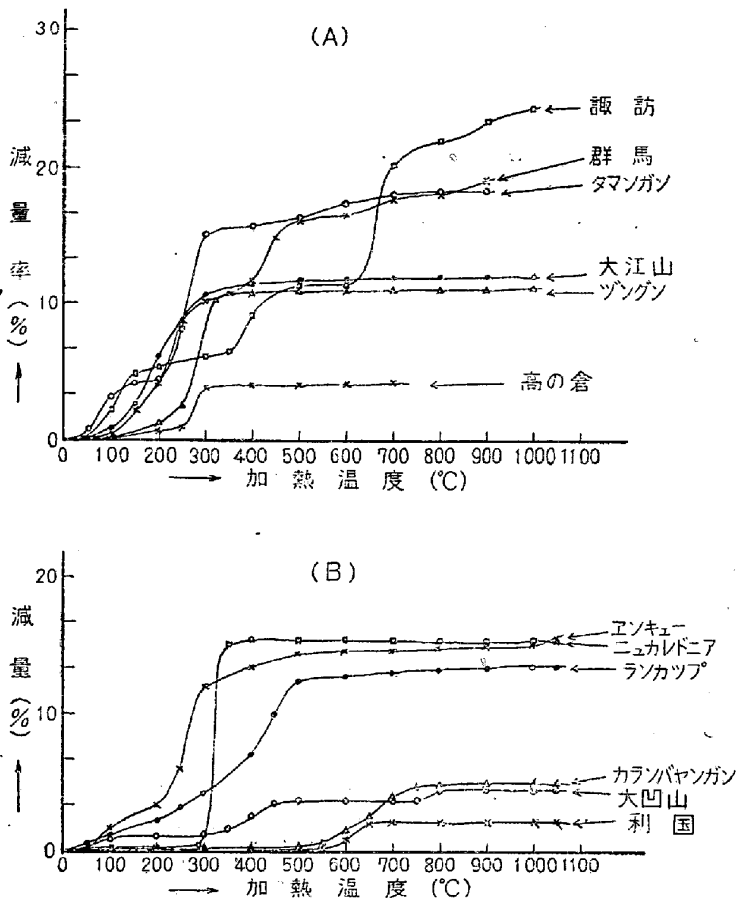
VI. 加熱脱水性状

限られた高炉設備で最高の出鉄量を実現するためには種々の因子が考えられるが、富鉍を装入することが絶対条件である。湿分及び結晶水、その他の水分を予め除去し富鉍化することもそのための一方法であると考えられる。しかし、米國で Mesabi の含水赤鉄鉍或は褐鉄鉍を、



第3圖 加熱による永久膨脹収縮性

又 Marquette の褐鉄鉍等の粉塊鉍を大型高炉に多量に装入し良成績が得られていることが文献にみられる如く一概に予め水分を除去することが有利であるとばかり言うことが出来ない。附着水、吸着水及び結晶水等の全水分が除去されるだけ炉頂温度が高く、且つ装入鉄鉍石の加熱による脱水性状がそれに沿うておれば炉頂近くで水分が除かれることとなり、この場合に予備処理による水分除去の必要を左程重視せずともよいように思われ



第4圖 各鐵鑛石の加熱減量性状

る。

実験上の都合で全試料の中 2, 3 の試料に限られたが本多式熱天秤を使用して脱水性状を調べてみた。供試料はすべて $110 \pm 5^\circ\text{C}$ の空気浴で乾燥し湿分を除去した。試験結果を第4図の(A), (B)に示す。

加熱温度 $50 \sim 500^\circ\text{C}$ 範囲に於ける減量は、附着水、吸着水、結晶水等として含まれている水分放出に因り附着水は約 $50 \sim 120^\circ\text{C}$ 、吸着水は約 $120 \sim 250^\circ\text{C}$ 、結晶水は約 250°C 以上で夫々放出或は分解するものと考えられる。第4図の如く鉄鉱石に含有される水分は含有状態により相異を示すが約 $500 \sim 550^\circ\text{C}$ 以内の加熱で大部分を除き得るものと考えられる。

VII. 結 言

以上各地産鐵鉱石及びその他の原料の微組織、酸化鉄鉱物組成及び同形態、並びに 2, 3 の物理化学的性質に就いて記した。紙面の都合上十分に説明出来なかつた個所或は省畧した事項もあるが参考となれば甚だ幸せである。

終りに本研究の発表を許可した技術研究所菊池浩介所長に厚く感謝の意を表す。

(昭和 28 年 8 月寄稿)

文 献

- 1) 菊池, 佐々木: 鐵と鋼, 第 35 年, 7, 1~, 1949.
- 2) T.L. Joseph: A.I.M.E. Iron & St. Inst. Div. Vol. 20, 72, 1936
- 3) T. L. Joseph, F. W. Scott & M.H. Kalina: Blast Furnace. St. Plant. Oct, 1940, 975, Nov, 1940, 1073
- 4) F. Hartmann: St. u. Ei. 1940, 60. Jahrg. Nr. 46, 1024/1027.