

## 内地産鐵鑛石の燒結及び熔融溫度

(昭和 20 年 4 月日本鐵鋼協會講演大會講演)

田 鍋 力\*

## SINTERING AND FUSING TEMPERATURES OF DOMESTIC IRON ORES.

Tsutomu Tanabe.

## SYNOPSIS:—

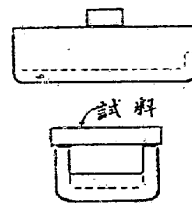
The author measured the sintering and fusing temperatures of 23 kinds of domestic iron ores. These ores were respectively crushed into fine powders of 150 mesh and small briquettes were made of each powdered ore. Heating the briquette for 2 minutes at each temperature between 1100 and 1450°C at intervals of 50°C, sintering and fusing temperatures of the ores were measured and relatively reliable results were obtained notwithstanding its extremely simple method. The results were as follows. 1) The ores of Aki, Aso, Kamaishi and Matsuo districts have relatively low fusing temperatures and good sintering properties at relatively low temperature. 2) The ores of Ino, Tosu, Suwa, Kurohime and Akasaka districts are difficultly sintered. 3) By adding Kamaishi, Aso and Akatani ores respectively to Ino ore which is extremely infusible, the mixtures become fusible and good sintering properties are obtained.

The effects of mixing blast furnace dust, lime and blast furnace slag with each ore, on the sintering and fusing temperatures were also observed.

内地各地に産する鐵鑛石は多種多様にて此等を利用するに當り豫めその性質が解かれれば都合がよい。本報告は内地産鐵鑛石その他 23 種に就て主として燒結及び熔融溫度を見た結果である。實驗方法は極めて簡單で迅速を目的としたので不満の點も多いが割合に面白い結果を得たと思つたので發表することにした。

## 1. 試料及び實驗方法

試料は第 1 表に示した。各鑛石を 150 メツシュ程度に粉碎し適量の水を加へて壓縮して 18×5×3 mm の小なる圓鑛を作り之を 150°C に熱して乾燥した後その重量及び長さを測定し之を第 1 圖のような人造黒鉛電極製支臺に乗せ電氣爐の加熱管の一端に入れて豫熱し置き爐の溫度が目的の溫度になつた時試料を乗せた支臺を加熱管の中央部に押し込み 2 分間加熱した後試料を取り出し冷却後重量及び長さを測定し重量減及び收縮率を測つた。又加熱中加熱管内を覗き試料の變化の模様を観察した。加熱管は長さ 600 内徑 20 mm の磁製管である。加熱時間を 2 分間としたのは實際鐵鑛石の燒結に於て最高溫度にさらされるのは 2 分間位でこの間に燒結が行はれる爲めである。加熱管



第 1 圖

の兩端を開放した場合を酸化雰囲気とし、その一端を密閉し他端は小孔にし空氣が餘り入らぬ様にした場合を還元雰囲気と稱することにした。

## 2. 重量減率

1100°C より 50°C 置きに 1450°C 迄の溫度に於ける重量減率を測つた。1100°C に於ける重量減率の特に大なるものは第 2 表に示した。化合物の多い褐鐵鑛は著しく大であるがその他のものは一般に小である。唯高井及び染料滓は雰囲気により著しく異なる結果を得た。1100°C 以上の溫度では重量減率の變化は染料滓、高井及びガス灰を除くと他は餘り變化は無い。又雰囲気の影響もこの三者を除くと他は小である。ガス灰は溫度上昇と共に重量減は著しく増し且他のものと異り酸化雰囲気の方は却つて大である。これは炭素含有量多く酸化雰囲気中で燃焼する爲めである。第 2 圖に重量減率と溫度との關係曲線を例示した。

## 3. 燒結及び熔融溫度

各鑛石の燒結溫度及び熔融溫度を見た。第 3 圖にその例を示した。圖の如く溫度と長さの收縮率の關係

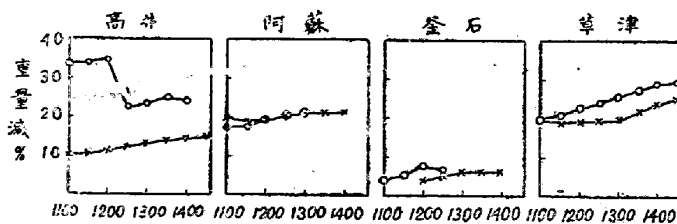
\* 東京大學第一工學部鐵冶金實驗室

第 1 表

鐵 石	C.W %	T.Fe %	FeO %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Mn %	SiO <sub>2</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	CaO %	MgO %	P %	S %	C %
赤坂(褐鐵鐵)	12.1	47.1			0.40	11.2	7.63	0.57		0.17	0.14	
赤谷(赤鐵鐵)	2.3	33.7	5.21	49.5	0.52	29.0	8.00	1.33	1.61	0.10	0.29	0.73
安藝(褐鐵鐵)												
阿蘇												
井野		35.7			4.30	28.60	8.80	1.18		0.32	0.040	
大倉												
大島					3.67	13.5	5.0	4.90		0.34	1.00	
大嶽(赤鐵鐵)												
釜石(磁鐵鐵)	0.45	33.6 50.5	23.6	46.0	0.43	9.40	4.16	8.84	1.80	0.078	0.25	CO <sub>2</sub> 4.00
上北(褐鐵鐵)												
神島(硫酸滓)												
草津(褐鐵鐵)												
黒姫												
諏訪												
仙人(赤鐵鐵)												
染料滓												
高井(褐鐵鐵)	13.30	53.0 50.9			0.17 0.41	3.28 12.8	4.14 5.28	0.11 2.00		0.150 0.150	1.33 0.40	
秩父(磁鐵鐵)												
戸崎(褐鐵鐵)	14.36	37.9			1.82	22.4	5.74	0.77		0.140	0.070	
新濱(硫酸滓)												
松尾(褐鐵鐵)	14.6	49.0			0.27 MnO	10.2	2.96	0.74		0.080	0.190	
八幡ガス灰		36.8			0.56	12.5	5.67	7.46	2.01		0.17	14.6
米子(褐鐵鐵)	15.7	46.9			0.17	7.62	7.02	4.92		0.12	1.74	

第 2 表

鐵 石	重 量 減 %	化合水 %
赤	21	12.2
阿	20	
大	16	
上	18	
草	23	
黒	19	
姫	23	13.0
諏	-10 (酸化) 14 (還元)	
訪	10 ( " ) 33 ( " )	
料		
高	19	13.3
戸	20	14.4
松	20	14.6
尾	25	15.7
米		
子		



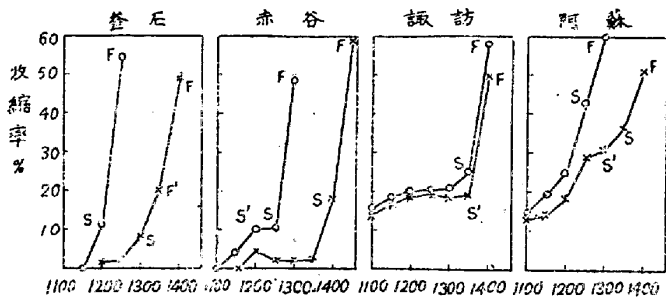
第 2 圖

を以て示した。圖に於て S 點は燒結完全な溫度, S' は燒結不完全な溫度を示した。又 F 點は熔融せる溫度, F' は半熔融溫度を示した。第 3 表に各鐵石の燒結及び熔融溫度を示した。

第 3 表

鐵 石	燒結溫度		熔 融 溫 度	
	酸化氣	還元氣	酸化氣	還元氣
赤	△	1300	1450	1400以上
坂	1400	1250	1450	1300
谷	1250	1250	1450	1450
安	1350	1250	1400	1300
藝	燒結セズ	1400	×	×
阿	1450	1350	×	1450 (半熔)
井				
大				
大	島	1400	1250	×
嶽	1200	1200	1450	1400
石	1300	1200	1400	1250
釜	1450	1250	1450 (半熔)	1400
石	神島	1450	1400	×
北	硫酸滓	1450	1400	×
津				
草				
黒	姫	△	1350	1450
諏	訪	△	1300	1400
訪	料	1450	1350	×
人	1300	1300	1450	1450
津	1400	1300	×	1450
井	1400	1250	1450 (半熔)	1450
父				
戸	新濱	△	1400	1300
新	硫酸滓	1400	1300	1450 (半熔)
濱	1300	1250	1450	1400
松	尾	△	1300	1450
尾	1300	1300	1450	1400
米	子	△	1300	1450
子	ガス灰	燒結セズ	燒結セズ	×
ガ				
ス				
灰				

△ 燒結不完全で溫度を上げると急に熔融する。  
× 1450 で熔融せざるもの。



第 3 圖

燒結溫度は還元雰囲気では低く酸化雰囲気では高い。本實驗では黒鉛製支臺を使用せる故に高溫度になる程酸化雰囲気は還元雰囲気に近づくわけである。若この影響が無いならば酸化雰囲気の場合は燒結溫度はもつと高くなるものと考へられる。第 3 表からわかることだが次の如く分類して見た。

1) 還元、酸化雰囲気共に燒結溫度の低いものは安藝、阿蘇、大嶽、釜石、染料滓、松尾。 2) 還元雰囲気では燒結溫度が低いが酸化では可なり高いものは赤谷、大倉、大島、仙人、高井、秩父、新瀨硫酸滓。 3) 還元、酸化雰囲気共に燒結溫度は高いがよく燒結するものは神島硫酸滓、草津。 4) 還元雰囲気では燒結溫度は低い酸化ではよく燒結せずして熔融するものに赤坂、上北、黒姫、諏訪、米子。 5) 還元ではよく燒結すれど酸化では燒結せざるものは井野。 6) 還元、酸化共に燒結しないものは戸壽、ガス灰。

同様に熔融溫度に就て分類して見ると 1) 還元、酸化雰囲気共に熔融點の低いものは釜石、阿蘇。 2) 酸化雰囲気では 1450°C で半熔融又は熔融せざるものは大倉、大島、上北、神島及び新瀨硫酸滓、草津、仙人、高井。 3) 還元、酸化雰囲気共に熔融せざるものは井野、ガス灰。 4) その他のものは酸化雰囲気中でも 1450°C 以下で熔融する。

4. 二種の鑛石を混合した場合

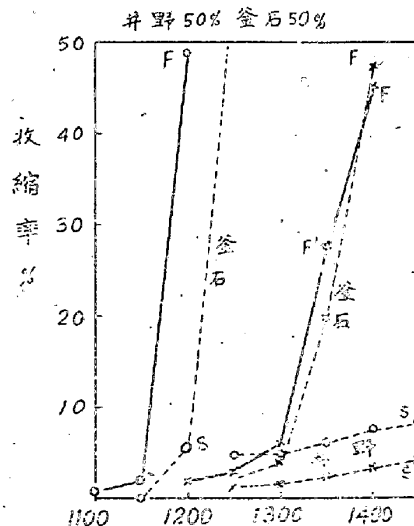
實驗結果を第 4 表に示した。

A) 井野・釜石混合。井野は極めて燒結熔融し難くこれに反し釜石は極めて燒結、熔融し易い。この 2 種の混合の場合の實驗結果は第 4 表に示した。又第 4 圖は等量混合の場合である。還元雰囲気では釜石單味の場合よりも熔融し易く 1200°C でも完全に熔融する。酸化雰囲気では熔融溫度は釜石單味と同じである。燒結溫度は釜石單味の場合よりも 50~100°C 低下する。釜石鑛石の配合を 10% 及び 20% に減じた場合は燒結溫度は酸化、還元雰囲気共に釜石 50% 配合の場合と同様であるが熔融溫度は高い。井野鑛石は珪酸含有量甚だ高く等量混合の場合に熔融溫度が釜石

第 4 表

	燒結溫度		熔融溫度	
	酸化	還元	酸化	還元
井野 (單味)	1450	1400	1450	1450
釜石 (〃)	1350	1250	1400	1250
井野 50%・釜石 50%	1250	1200	1400	1200
〃 80%、〃 20%	1250	1200	1450	1450
〃 90%、〃 10%	1250	1200	1450	1450
釜石、珪酸 20%	—	1250	—	—
〃 〃 30%	1300	1200	1350	1200
井野 (單味)	1450	1400	1450	1450
阿蘇 (〃)	1350	1250	1400	1300
井野 50%、阿蘇 50%	1450	1250	1450	1400
井野 (單味)	1450	1400	1450	1450
赤谷 (〃)	1400	1250	1450	1300
井野 50%、赤谷 50%	1350	1250	1450	1450

單味よりも低くなるのはこの珪酸の爲めと考へられるので釜石鑛石に珪酸を添加して見た。珪酸 30% 添加の場合は井野・釜石等量の場合と同様の結果を得た。



第 4 圖

B) 井野・阿蘇等量混合。熔融溫度は兩者の中間になるが燒結溫度は酸化雰囲気では 1450°C で極めて高いが還元雰囲気では阿蘇單味の場合と同じく 1250°C である。

C) 井野・赤谷等量混合。赤谷は釜石と同様燒結及び熔融溫度は比較的低い鑛石である。井野・赤谷等量混合の場合は何れの雰囲気にかつても釜石鑛石と同様に燒結、熔融溫度が低下する。燒結溫度は還元雰囲気

では赤谷單味の場合と同じであるが酸化雰囲気では赤谷單味の場合よりも低くなる。

5. ガス灰の配合

各礦石にガス灰を配合せる場合の實驗結果は第5表に示した。阿蘇にガス灰の配合は10%でも20%でも同様の結果を得た、燒結及び熔融温度共に低下するが酸化雰囲気の場合は著しい。新濱硫酸滓にガス灰20%配合せる場合は酸化・還元雰囲気共に燒結及び熔融温度は低下する。而して雰囲気の影響は甚だ少なくなる。これはガス灰中に含まれてゐるコークスの爲めである。秩父・戸壽・神島硫酸滓等に10%のガス灰を配合した場合も前と同様で燒結・熔融温度は低下し且雰囲気の影響は少なくなる。染料滓單味の場合は加熱を急激に行ふと試料の表面から剝離し崩壊するがガス灰を配合するとかゝることはなく單味の場合に比し一般に收縮率は少なく燒結温度は少し上昇する。

第 5 表

	燒結温度		熔融温度	
	酸化	還元	酸化	還元
阿蘇 (單味)	1350	1250	1400	1300
阿蘇 10% ガス灰	1250	1250	1250	1250
〃 20% 〃	以下 1250	以下 1250	1250	1250
新濱硫酸滓 (單味)	1400	1350	1450	1450
〃 20% ガス灰	1300	1300	1400	1350
秩父 (單味)	1400	1250	1450	1450
〃 10% ガス灰	1250	1250	1350	1350
戸壽 (單味)	1400	1250	1450	1250
〃 10% ガス灰	以下 1250	以下 1300	1300	以上 1300
神島硫酸滓 (單味)	1450	1400	1450	1450
〃 10% ガス灰	1400	1350	1450	1450
染料滓 (單味)	1300	1250	1450	1450
〃 10% ガス灰	1400	1300	1450	1450

6. 石灰並に高爐滓の配合

各礦石に石灰並に高爐滓を配合した實驗結果は第6表に示した、草津及び赤坂にそれぞれ5%の石灰を配合した結果は燒結及び熔融温度は低下しない、井野に石灰を添加すると酸化・還元雰囲気共に釜石を等量配合した場合と同様に燒結温度は低くなる。石灰の代

第 6 表

	燒結温度		熔融温度	
	酸化	還元	酸化	還元
草津 (單味)	1450	1400	1450	1450
5% 石灰附加	1450 以上	1400	〃 以上	〃
赤坂 (單味)	1450	1300	1450	1450
5% 石灰附加	以下 1400 以上	〃	—	—
井野 (單味)	1450	1400	1450	1450
5% 石灰附加	1250	1200	以上	以上
9% CaCO <sub>3</sub> 〃	1200	1150	—	—
10% 高爐滓 〃	1150	1150	—	—
阿蘇 (單味)	1350	1250	1400	1300
5% 高爐滓附加	1300	1200	1450	1450
2% 石灰 〃	1400 以下	1200	1400	1400
諏訪 (單味)	1400	1300	1400	1400
5% 高爐滓附加	以下 1350	1250	1450	1450
			以上	以上

りに炭酸石灰を附加すると石灰の場合よりも低くなる、又高爐滓を配合すると一層低くなる。阿蘇及び諏訪の場合も同様の結果を得る。石灰の影響は造滓成分として作用する外に炭素の存在の下に(本實驗では黒鉛製の試料支臺を用ゐた)還元作用を促進する觸媒作用が認められた。上記の如く石灰としてよりもこれに相當する炭酸石灰を附加すると燒結温度は一層低下する。炭酸石灰は石灰よりも觸媒作用の強いことは周知の事實である。井野鐵の如く珪酸分の高いものには石灰は造滓成分としての作用は著しいが、この場合は相當多量に附加せねばならないが、觸媒作用は僅か1%の附加でも明かに影響が認められる。

7. 結 言

極めて簡単で且迅速な方法を用ひて内地産鐵礦石及びその他23種の燒結及び熔融温度を測つて見た。その結果勿論不満な點があるが割合面白い結果が得られた。この方法は現場的に迅速に大體の性質を知るに適するものと考へる。

終に實驗試料を送附された日本製鐵株式會社技師鈴木淳友氏に對し厚く御禮申上げる次第である。

(昭和23年8.12日寄稿)