HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	北海道産褐鐵鑛の磁化焙燒に就て
Author(s)	鵜野, 達二; 神原, 健二郎; 鈴木, 泰治
Citation	北海道大學工學部彙報, 7, 149-162
Issue Date	1952-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/40508
Type	departmental bulletin paper
File Information	7_149-162.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

北海道産褐鐵鑛の磁化焙燒に就て

鵜野達二
神原健二郎
故鈴木泰治

(May 19. 1952)

Study on the Magnetic Roasting of Limonite produced in Hokkaido

Tatsuji UNO
Kenjiro KANBARA
the late Taiji SUZUKI

Arsenic has a very bad effect on the properties of iron and steel except a few special cases. Therefore it is desirable to keep the arsenic content as low as possible.

In the blast-furnace iron making arsenic in iron ore is mostly reduced and absorbed in the pig iron and only insignificant amunt goes into the slag and the top gas. Further the affinity between arsenic and oxygen is less than between iron and oxygen, therefore it can not be removed during steel-making process which is in oxidizing condition and rather there existts the trend of concentration of arsenic due to the oxidation lost of iron.

From the above reasons it is absolutely necessary to remove the arsenic in iron ore prior to the smelting by a certain preliminary treatment if we want to produce arsenic free iron or steel.

The authors carried on this experiment with the aim to obtain iron rich and arsenic low concentrate from arsenic rich Limonite produced in Kimobetus, Hokkaido treated by magnetic dressing after roasted in the atomosphere of town gas.

The longer the roasting time, and the higher the roasting temperature, the higher the degree of elmination of arsenic becomes. However iron recovery shows a critical value at a certain temperature. We have found out that for the case 100% ore, the most suitable roasting condition is roasting at 600°C for 2 hours or at 500°C for 3 hours and for the case 10% $CaCO_3$ addition at 600°C for 2 hours.

I 緒 言

我が國製鐵業の原料關係をみるに，鐵鑛石を全面的に外國鑛石に依存する事は望み得ない事で國内鑛石の充分な利用を考えねばならないのである。この時北海道各地に産する褐鐵鑛は重要な資源となるのであるが，道内褐鐵鑛には屢々砒素含有量の高いものがあり，これを直ちに爐内に裝入する事はのぞましくなく製錬前に於ける何らかの處理が必要である。著者らは都市ガスを用いて還元焙燒を行い然る後磁選を行い鐵の品位を高め併せて脱砒効果をあげる事を目的として本實驗を行つた次第である。

砒素鑛物としては自然砒 (As)，鷄冠石 (AsS)，雄黄 (As_2S_3)，硫砒鐵鑛 ($FeAsS$)，砒毒砂 ($FeAs_2$)，白砒鐵鑛 (Fe_3As_4)，砒華 (As_2O_3) 等があり，これらは初成鑛物たる赤鐵鑛，磁鐵鑛，菱鐵鑛中に含まれることがあるが水成因酸化鐵鑛には上記砒素鑛物の風化を成物たる亞砒酸や砒酸或いはその鹽類が吸着され時には2％以上の砒素を含み，平均0.01～0.1％含んでいるから Clerk 數 0.00055に比べれば遙かに濃縮されていることになる。尙鑛石中の砒素含有量は同一鑛床中でも部分により著しく異ることがある。

熔鑛爐製銑に於て鑛石中の砒素は殆んど全部が還元されて熔鐵中に入るといわれており，Pattinson 及び Stead[1] の報告によると8種の鑛石を製錬した際砒素は90％銑鐵に入つたと言う。又赤熱する鐵の上に As，AsO_3，AsS_3 等の蒸氣を通ずると金屬鐵は砒素をよく吸收している。As，As_2O_3，Ae_2S_3 等は何れも揮發し易いものであるから熔鑛爐内では揮發してガス中に入つて爐外に出る様に思われるが鐵鑛石は比較的還元され易いから表面に金屬鐵が出來ると内部から出てくる砒素化合物はこの鐵に吸收されてしまうものと思われる。又分光分析による研究があるがこれによると鑛滓及熔鑛爐ガス中には砒素は極めて微量認め得たにすぎない。

以上より考えれば熔鑛爐内に裝入された鑛石中の砒素は高溫部分に於て揮發してその極めて僅かな部分が爐頂より出るかもしれないが大部分は爐の上部の低溫の裝入物の表面に凝固して再び下降する。その間に既に還元している金屬鐵があればそれに吸收されてしまい安定化するものであろう。石灰が存在すれば $CaO \cdot As_2O_5$ の如き化合物をつくるがこのものは低溫度では分解せずかなり高溫度ではじめて分解するものであるから熔鑛爐内では生成されるものと考えられ，これは熔鑛爐のかなり下部まで降下するからそこで分解すれば既に多量の金屬鐵があるから容易に鐵中に吸收されるものと思わねばならない。此の様にして一旦鐵中に吸收された砒素はもはや揮發せず熔銑に入つてそのまゝ殘る。

然るに砒素は鐵よりも酸素に對する親和力が小さい元素であるから酸化精錬たる製鋼作業では除くことが出來ない。むしろ鐵の酸化損失によつて却つて濃縮される傾向さえある。又鋼滓は鹽基度にかゝわらず脱砒能力を有していないとされている。

Skorcheletti と Schul[2] は As を鐵に不溶な Ca_3As_2 として除かんとして金屬 Ca，Si-Ca 合金 (Si 62.97％，Ca 27.79％，Fe 5.98％)，Si-Al-Ca 合金 (Si 54.27％，Ca 21.58％，Al 8.62％

Fe 12.58%) を熔銑に加えた實驗を行つているが之によると *As* 0.18%のものに*Ca* 0.1～1.47 、を添加すれば除去率は55.5%，*Si-Ca*を*Ca*0.1～1%の割合に添加すれば除去率16.6%，*Si-Al-Ca*を*Ca* 1%の割合に添加すれば55.5%の除去率を得ており又熔鋼に對しても CaC_2 を用いて好結果を得たと報告されているが効果が比較的少いことと經濟的な點とから實用上は疑問がある。

上述の如く鐵鑛石に含まれている砒素は殆どすべてが鋼にまで入つてくるから含砒素鐵鋼が市場に出れば屑鐵として廣い範圍に擴がり砒素を含有せる鋼が多くなりしかも砒素濃度は次第に高くなつてくることになる。從つて假に砒素含有量が許容し得る程度のものでも將來の事まで考えれば更に低砒素にする事が望ましいわけである。

それ故砒素を含まない鐵鋼を得んとするならば製鍊前に鑛石中の砒素を何らかの豫備處理によつて除いておく事が絶對に必要となつてくるのである。

鐵鋼に及ぼす砒素の影響については非常に多くの研究[3-14]がありその結論とする所は必ずしも一致していない様に思われる。Körber と Haupt[16] は過去に發表された文献51を示してそれ等から概ね次の如く總括している。

1) 鋼の抗張力には*As*0.3%までは著しい影響はない。硬度は*As*0.78%まで影響されない。

2) 衝撃値は*As* 0.46%まで減少する。

3) 曲げ試驗成績は一定しない。或者は*As* 0.19%以上で影響を認めているが，或者は1%を限界としている。

4) 壓延性，赤熱脆性，冷間脆性に關しても研究者の結果は一致しない。然し*As* 0.4%が限界と考えられる。

5) 高速度鋼は*As* 0.8%で相當の害を受ける。

9) *As* 0.3以上ではガス熔接は困難となるが，電氣熔接は2.8%まで可能である。

7) 腐蝕は砒素によつて減ずる。

8) 鑄鐵では*As*量と共に抗張力を減少し彈性係數は變化せず，硬度は增し衝撃曲げ强度を減ずる。又曲げの强さも*As*1%以上で減少する。しかしこれ等は燐，硫黄等の他の元素の影響がある。

9) 摩耗は0.32%までは大となるが，これ以上では減少する。

10) 鑄鐵の耐酸性は*As*により增大するが，耐アルカリ性は減ずる。

Körber と Haupt の總括は以上の如くであるが上に記した *As*%の限界は先に述べた如く研究者によつて區々であるから，これは他の元素によつて影響されるものと考えられる。

なお上の様な事項の他 Liedgens[16] は砒素を含む鋼の電磁的性質を研究し，この方面に特殊の用途があり得ると述べている。この方面として特に考えられるのは，ヒステリシス損失が少いことによる變壓器鐵心である。しかし多くの研究の結論によれば態々砒素を加える程のものではない様である。

以上の要約するに鐵鑛中に砒素が含まれれば改善される性質もあるが一般には悪い影響を及ぼすものと言える。しかしその程度は燐とか硫黄に比べれば比較的輕く，普通鋼ではまず0.4%位までは大したこともないと言えるのであろう。

II 鐵鑛石よりの脫砒に關する從來の研究について

鑛石より製錬前に砒素を除去する手段として考えられる方法は選鑛と焙燒と燒結とである。

選鑛による砒素の除去は褐鐵鑛の様な水成因酸化鐵鑛では砒素が富鑛部に多い傾向にあるため効果を期待することが出來ない。然し適當な方法によつて磁化焙燒を行い，然る後に磁力選鑛を行えば焙燒と選鑛の兩者相俟つてかなりの脫砒効果を期待してよいであろう。

焙燒による方法は夙に Pattinson と Stead が酸化焙燒及び還元焙燒を實驗し，その後 Mathesius が砒毒砂($FeAs_2$)に就いて實驗したが，これによれば還元焙燒によつては$FeAs$となり，それ以上の砒素は揮發しないがこのものを更に炭酸ガス中で酸化焙燒すると砒素蒸氣として揮發せしめ得たと言つている。この反應式を示せば

$$3FeAs+4CO_2=Fe_3O_4+4CO+3As$$

となる。然し酸素を含む雰圍氣中で焙燒すれば酸化作用が強く，そのため，一部は$FeAsO_4$となつて殘留すると言う。

Ruff と Scheil は砒酸鐵($FeAsO_4$)を一酸化炭素中で還元焙燒したところ，一部は$FeAsO_3$となつて揮發したが，一部は$FeAs$にまで還元されて殘留した。しかしこのものは更に炭酸ガスで酸化焙燒したところ砒素として揮散させ得た。即ち

$$FeAsO_4+CO=FeAsO_3+CO_2$$

$$FeAsO_4+4CO=FeAs+4CO_2$$

$$3FeAs+4CO_2=Fe_3O_4+4CO+3As$$

彼等は更に上記反應を同時に行わしめんとして還元性ガスと酸化性ガスを種々の割合に混合しこの混合ガス中にて焙燒した結果，40%COと60%CO_2，或いは13%H_2と87% H_2O の混合ガスが最良の脫砒効果を示したと言うが，このことは注目すべき實驗であると思う。

Luyken と Heller 及び Klärding 等はやはり還元焙燒，酸化焙燒及びそれらの組み合わせたものなどに就いて考察しているが工業的に實施する迄に難點が存在するであろうと述べ，磁化焙燒が半工業的に實施した結果から有効であろうとしている。

焙燒の際に添加物を加える試みでは，石炭とか黄鐵鑛を加えた報告がある。前者では石炭を加え混合し加熱したものに水蒸氣を送つて水素を發生せしめ，砒化水素として揮散せしめるのであるが，還元性が強きに過ぐれば金屬鐵が生成して砒素を吸收し脫砒を妨げることもあるであろう。又 As，As_2O_3 等は常溫では固體であるが，AsH_3 は猛毒氣體であるからその點でも砒素をAsH_3として除去する方法は好ましくない。後者では黄鐵鑛中の硫黄によつて硫化砒素

として脫砒せんとするものであるが，製鐵原料としては殘留硫黄の問題があるから實施には困難が多いであろう。

含砒素鐵鑛を燒結すれば一時還元性雰圍氣となり，後に酸化性空氣が通ずることになり溫度も高いから脫砒し易い筈である。しかし高溫度になる時間が極めて短かく通風が均一でない時はよく燒結しない部分が出來，この部分の脫砒は殆ど行われないから全體としてみる時の脫砒効果はそれ程著しいものではない。

以上要するに鐵鑛石の脫砒は砒素の存在狀態によつても異るであろうが，蒸氣壓の比較的高い單體砒素，亞砒酸及びその鹽類，硫化砒素或いは砒化水素として揮發させればよいわけである。しかし工業的にみれば比較的安價な鐵鑛石では單に脫砒のみを目的として特別の操作をすることは好ましくなく，出來れば他の工程に附隨させて行いたいものである。

III　本實驗裝置及試料

Fig 1　は裝置の概要を示したもので(A)よりガス溜(B)に都市ガスを導入充滿させ，鹽化カルシウムで清淨後毎分100ccの割合で反應管(G)に導く。試料はシリカボート(H)にとり反應管内の溫度均一部に挿入し一定時間焙燒したる後取り出しデシケーター内で冷却し，重量減をみたる後碰選を行い，鐵及び砒素の分析を行つた。

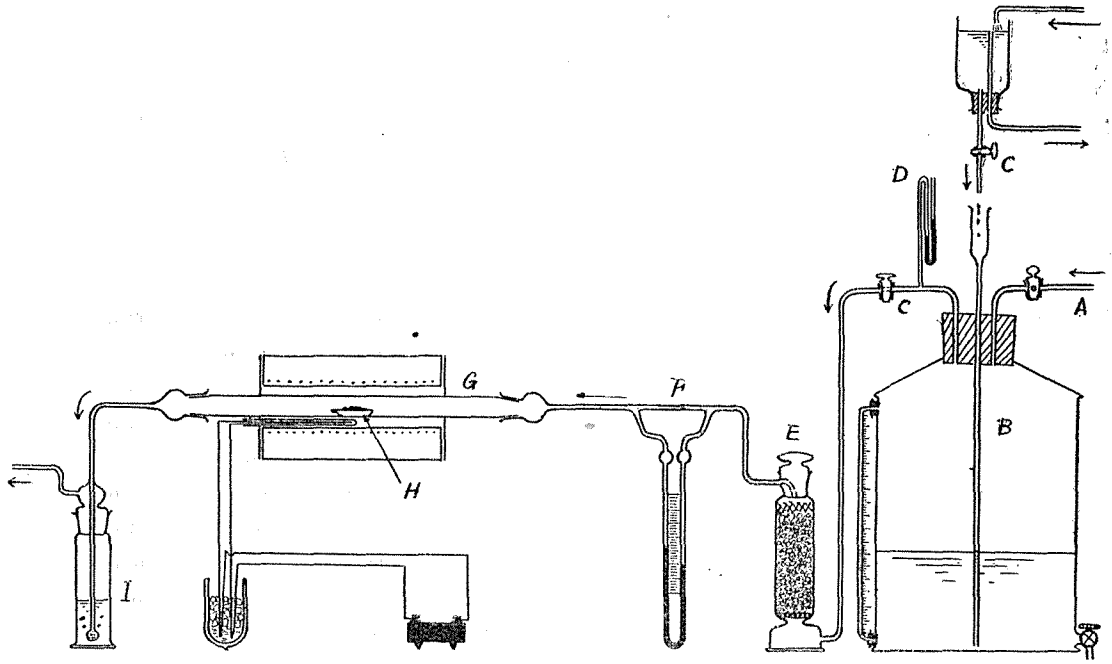

Fig　1

IV 實驗結果

a) 重量減及鐵回收率

都市ガスは還元性ガスであるからこの中で加熱すると酸化鐵は低位の酸化物を經て遂に金屬鐵にまでなる筈である。それ故磁選を目的として磁化焙燒するにはFe_3O_4を目標とすべきで金屬鐵にまで還元すればこれは海綿鐵となる。焙燒後酸化鐵がFe_3O_4となるためには適當な焙燒溫度と時間とが必要である。磁選を最も効果的にし且又良好なる脫硫効果を得るための適當なる條件を決定するため，200～800°Cの溫度範圍で，2時間及び3時間の焙燒による實驗を行つた。

Table 1～3は條件を異にし焙燒を行つた場合の重量減と焙燒した試料を磁力選鑛にかけ得たる精鑛につき原鑛に對する重量比及Fe%を求め更にこれらの値より鐵回收率を計算した結果をまとめたものである。

Fig2～4は重量減，Fig5～7は磁選精鑛中のFe%，Fig8～9は鐵回收率を示したものである。

Fig2～4からも知れる如く重量減は何れも溫度と共に增加し，この鑛石の灼熱減量（14.8%）より遙かに大となるがこれは勿論鑛石が還元されつつある事に因るものである。

添加物なき場合300°C附近では2時間焙燒と3時間焙燒の間に殆んど相違がなく400°C以上で僅かに1%程度の差が認められたにすぎない。Fig3の點線は比較のため添加物なき場合の結

Table 1

試料番號	焙燒條件			重量減	磁選精鑛		鐵回收率
	溫度(°C)	時間(hr)	添加物	(%)	重量比(%)	Fe (%)	(%)
1	300	2	なし	13.5	56.1	67.0	70.8
2	400	〃	〃	16.2	58.6	71.3	78.6
3	500	〃	〃	18.2	65.2	72.4	88.9
4	600	〃	〃	19.6	67.4	73.2	93.0
5	650	〃	〃	20.0	64.2	74.0	89.5
6	700	〃	〃	20.4	63.5	74.8	89.4
7	750	〃	〃	21.2	55.4	75.7	79.0
8	800	〃	〃	21.5	50.2	76.8	72.7
9	200	3	なし	8.1	45.6	62.8	54.0
10	300	〃	〃	13.8	64.6	68.2	83.0
11	400	〃	〃	17.0	66.5	72.6	91.0
12	500	〃	〃	19.0	68.7	73.8	95.5
13	600	〃	〃	20.3	67.6	74.2	94.5
14	650	〃	〃	20.6	63.5	74.8	89.5
15	700	〃	〃	21.0	59.4	75.5	84.5
16	800	〃	〃	22.3	46.5	74.4	67.8

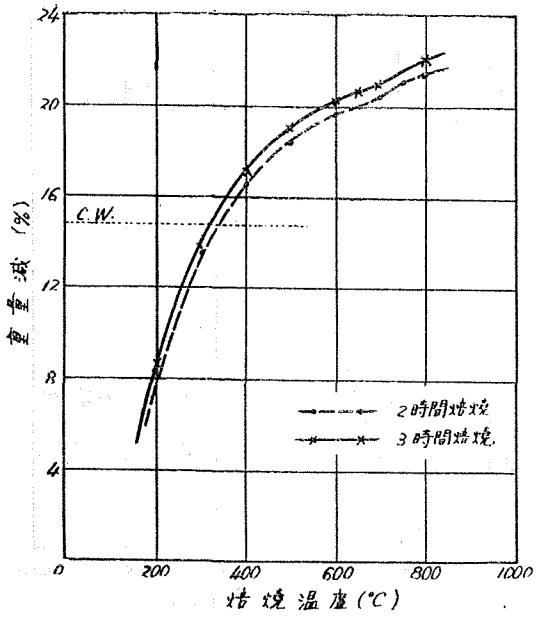

Fig　2

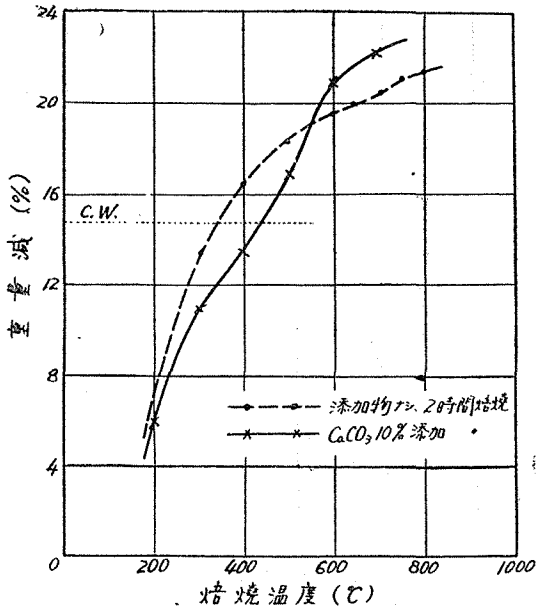

Fig　3

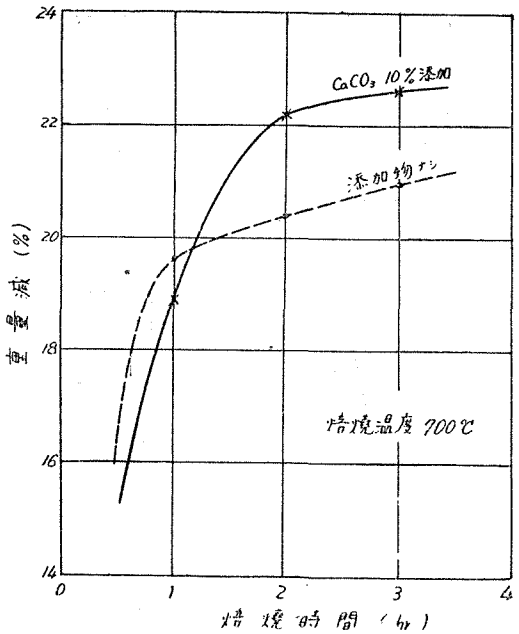

Fig　4

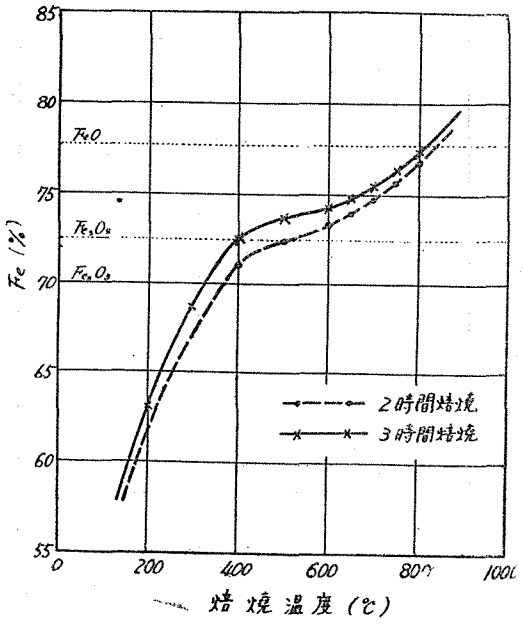

Fig 5

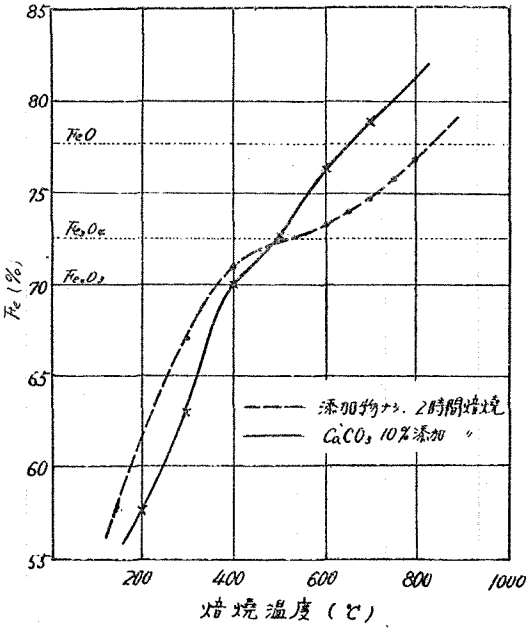

Fig 6

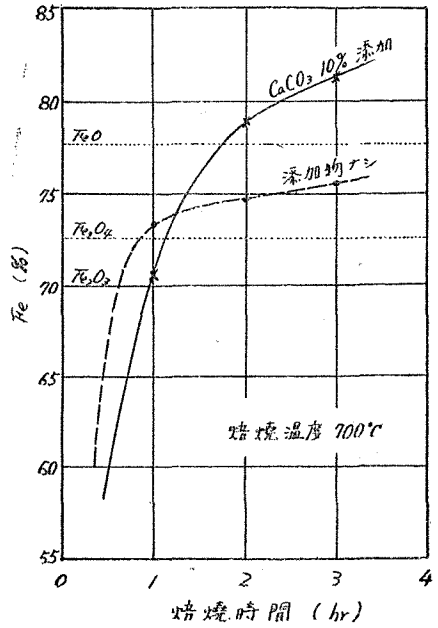

Fig 7

Table 2

試料番號	焙燒條件			重量減	磁選精鑛		鐵回收率
	溫度(℃)	時間(hr)	添加物	(%)	重量比(%)	Fe (%)	(%)
17	200	2	$CaCO_3$ 10%	6.0	63.2	57.5	68.5
18	300	〃	〃	11.0	68.7	63.0	81.6
19	400	〃	〃	13.6	69.2	70.2	91.5
20	500	〃	〃	17.0	68.0	72.8	93.3
21	600	〃	〃	21.1	67.3	76.3	96.8
22	700	〃	〃	22.2	58.4	79.0	87.0

Table 3

試料番號	焙燒條件			重量減	磁選精鑛		鐵回收率
	溫度(C°)	時間(hr)	添加物	(%)	重量比(%)	Fe (%)	(%)
23	700	1	なし	19.7	67.8	73.4	93.8
24	〃	2	〃	20.4	63.5	74.8	89.4
25	〃	3	〃	21.0	59.4	75.5	84.5
26	〃	1	$CaCO_3$ 10%	18.9	70.0	70.5	93.0
27	〃	2	〃	22.2	58.4	79.0	87.0
28	〃	3	〃	22.7	52.0	81.2	79.6

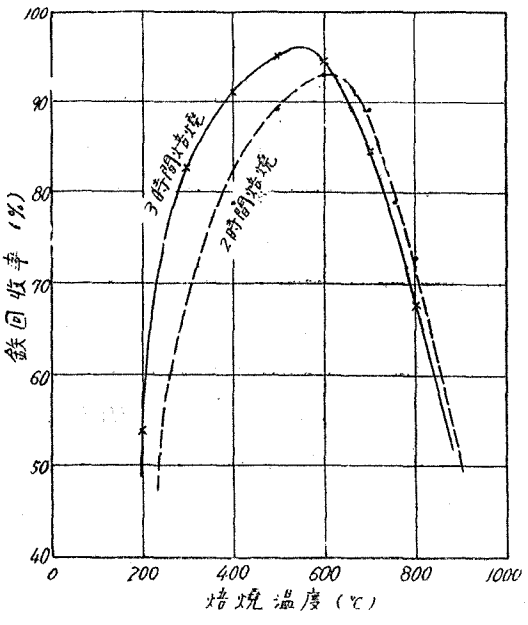

Fig 8

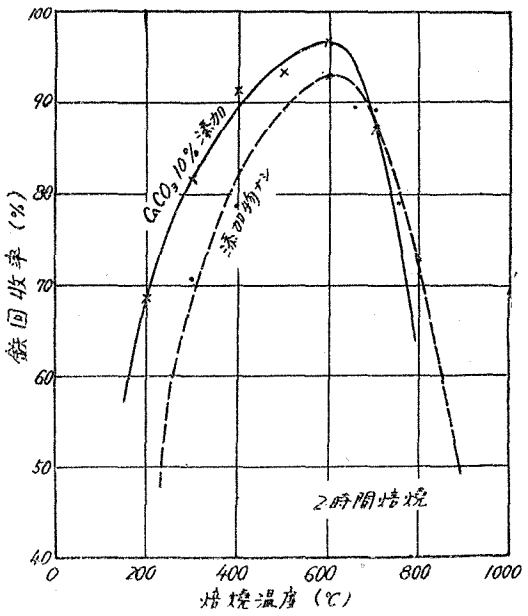

Fig 9

果を附記したものであるがこれによると550°C附近迄は $CaCO_3$ 10%加えたものは添加物なきものに比べ重量減は小さいがこの溫度を超えると結果が逆になつている。又之と同じ様な傾向が焙燒溫度を一定にし時間を變えた場合にもみられる。即ち Fig 4 に於て焙燒1時間では添加物のない方が重量減は大きいが2時間以上になると $CaCO_3$ 10%添加したものの方が重量減大となつている。

精鑛中の Fe% は重量減と同樣に焙燒溫度が高くなる程大きくなつている。圖中 Fe の各酸化物に相當する欄を示しておいたが，之により溫度が高い程還元が進んでいる事が分る。精鑛 Fe% と焙燒溫度，時間との關係は重量減の場合と殆んど同じ傾向を示している。

鐵回收率は前者の場合と傾向を異にし，Fig 8 に示す如く溫度により極大を示す點があり，2時間焙燒では600°C附近であり，3時間焙燒では 500°C～600°C で焙燒時間が長い方が少しく低溫度側に移り適當なる還元狀況に到達するに溫度と時間との二つの點から考えねばならぬ事を示している。尙最高の鐵回收率は3時間焙燒の方が2時間焙燒の場合より大となつている。又 $CaCO_3$ 10%添加した場合は稍良い結果を示している。

b) 脫 砒 効 果

Table 4 ～ 6 は條件を異にし焙燒せる鑛石の砒素を分析し，之より脫砒率を計算せる結果をまとめたものである。尙脫砒率は次式により算出した。

$$\text{見掛脫砒率}=\frac{\{(\text{生鑛の砒素\%})-(\text{焙燒鑛の砒素\%})\}}{(\text{生鑛の砒素\%})}\times 100\%$$

$$\text{眞 脫 砒 率}=\frac{\{(\text{生鑛重量}\times\text{生鑛の砒素\%})-(\text{焙燒鑛重量}\times\text{焙燒鑛の砒素\%})\}}{(\text{生鑛重量}\times\text{生鑛の砒素\%})}\times 100\%$$

砒素分析方法 ； 鐵鑛石或いは鐵鋼中の砒素分析方法に就いては若干の報告がなされているが，著者は2，3の方法を試驗して次の方法を採つた。

一般に砒素を含む試料を鹽酸に溶解すれば鹽化砒素 ($AsCl_3$) として溶解する。もし硫黃が存在すると硫化砒素を生ずる處があるから鹽素酸カリを加えて酸化溶解する。又試料が鹽酸に溶解し難い時は王水にて分解し蒸發乾涸して硝酸を除き，殘渣を鹽酸に溶解する。

$AsCl_3$ は沸點130.2°Cであるが108°C位より揮發し始め120°Cにては活潑となるから，鹽酸溶液を 120°C～125°C にて蒸溜すれば $AsCl_3$ は HCl と共に蒸溜されて出てくる。この際酸化して $AsCl_5$ とならぬ様に $CuCl$ 又は $FeSO_4$ を加えておく。又 Sb を含むときは125°C以上にては $SbCl_3$ が溜出してくるから，蒸溜溫度を120°C以下に止めねばならず，又 Fe が多いときに HCl の濃度が大であると $FeCl_2$ を溜出して滴定を妨げる處があるから約6N•HCl を溜出するがよい。蒸溜せる $AsCl_3$ の HCl 溶液を中和すれば加水分解して H_3AsO_3 を生ずるから，これを規定ヨード液で滴定して As を定量する。

$$AsCl_3+3H_2O=3HCl+H_3AsO_3$$

$$H_3AsO_3+H_2O+I_2=H_3AsO_4+2HI$$

而して生ずる $3HI$ を中和するため弱アルカリ性とするのであるが；苛性アルカリはヨードを

Table 4

試料番號	焙燒條件			焙燒鑛		脫砒率(%)	
	溫度(C°)	時間(hr)	添加物	重量比(%)	As (%)	見掛	眞
29	300	2	なし	86.5	1.510	24.5	34.7
30	400	〃	〃	83.8	1.414	29.3	40.8
31	500	〃	〃	81.8	1.380	31.0	43.6
32	600	〃	〃	80.4	1.136	43.2	54.3
33	650	〃	〃	80.0	0.908	54.6	63.7
34	700	〃	〃	79.6	0.716	64.2	71.5
35	750	〃	〃	78.8	0.600	70.0	76.4
36	800	〃	〃	78.5	0.544	72.8	78.7
37	300	3	なし	86.2	1.496	25.2	37.5
38	400	〃	〃	83.0	1.366	31.7	43.3
39	500	〃	〃	81.0	1.200	40.0	51.4
40	600	〃	〃	79.7	0.954	52.3	62.0
41	650	〃	〃	79.4	0.864	56.8	65.7
42	700	〃	〃	79.0	0.590	70.5	76.7
43	800	〃	〃	77.7	0.516	74.2	80.0

Table 5

試料番號	焙燒條件			焙燒鑛		脫砒率(%)	
	溫度(°C)	時間(hr)	添加物	重量比(%)	As (%)	見掛	眞
44	200	2	$CaCO_3$ 10%	94.0	1.828	8.6	14.1
45	300	〃	〃	89.0	1.650	17.5	26.6
46	400	〃	〃	86.4	1.432	28.4	38.1
47	500	〃	〃	83.0	1.234	38.3	48.8
48	600	〃	〃	78.9	0.996	50.2	60.7
49	700	〃	〃	77.8	0.662	66.9	74.2

Table 6

試料番號	焙燒條件			焙燒鑛		脫砒率(%)	
	溫度(°C)	時間(hr)	添加物	重量比(%)	As (%)	見掛	眞
50	700	1	なし	80.3	0.998	50.1	59.9
51	〃	2	〃	79.6	0.716	64.2	71.5
52	〃	3	〃	79.0	0.590	70.5	76.7
53	〃	1	$CaCO_3$ 10%	81.1	1.034	48.3	58.1
54	〃	2	〃	77.8	0.662	66.9	74.2
55	〃	3	〃	77.3	0.516	74.2	80.1

消費し滴定を妨げるから重炭酸ソーダを用いる。

試料は0.3～0.5gを採り30ccの濃鹽酸に溶解しその2/3以上を蒸溜し，更に10ccの濃鹽酸を追加し再び2/3以上を蒸溜した。濃鹽酸を用いたけれども $FeCl_3$ による失敗はなく約3時間で分析を行うことが出來た。

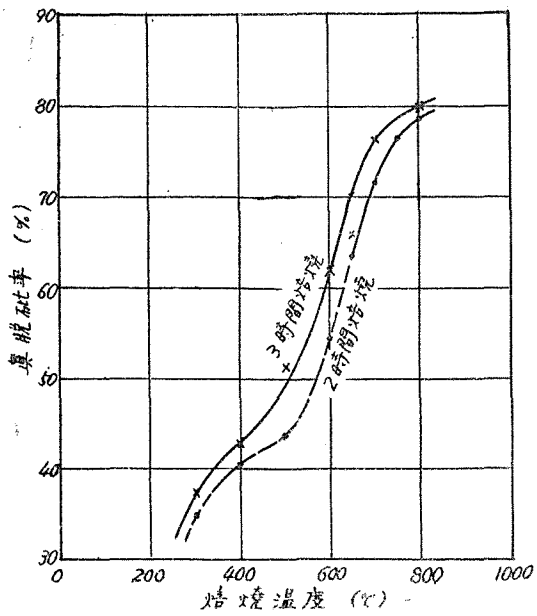

Fig 10

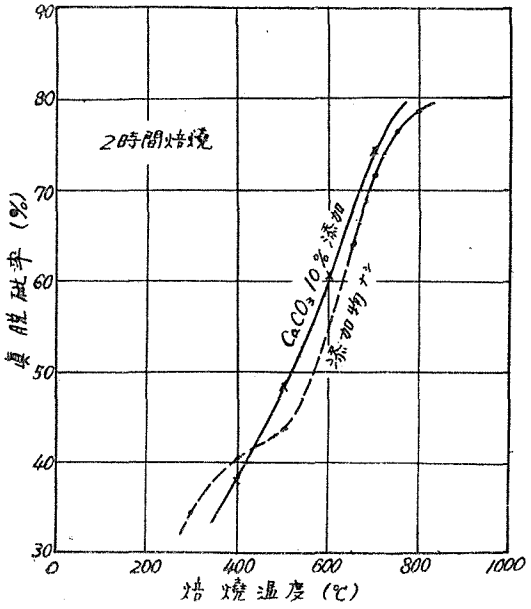

Fig 11

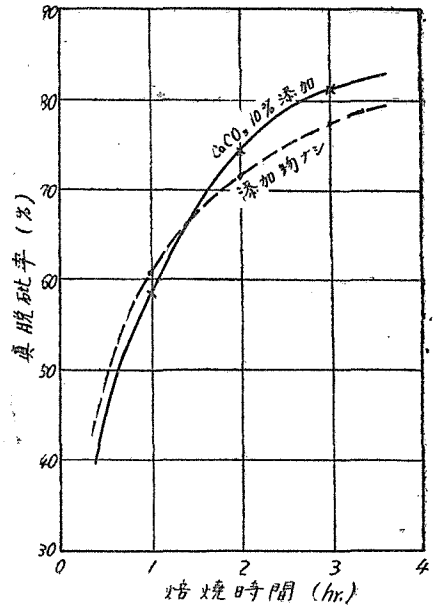

Fig 12

Fig10～12は眞脫硫率と溫度及び焙燒時間との關係を圖示したものである。

脫硫率は添加物の有無にかかわらず溫度と共に上昇しているがその增加の割合は緩徐で800°Cでもなほ80%程度で脫硫率としてはそれ程滿足すべきものではない。Fig 10より知れる如く3時間焙燒と2時間焙燒とでは前者の方が稍々良い結果を示している。焙燒時間を2時間として，$CaCO_3$ 10%添加による影響をみると，450°C附近まで添加物なき方がよい脫硫率を方しているがこれを超えると添加した方がよくなつている。

又焙燒溫度を700°Cに保ち焙燒時間を變えてみたところ，焙燒1時間では添加物なき方が脫硫率がよくなつているが焙燒2時間以上では$CaCO_3$を添加した方が好結果を得ている。

焙燒溫度が低い時或いは焙燒時間が短い時，$CaCO_3$ を添加したものが低い脫硫率を示しているのは，添加による反應の遲れのためであろう。

V 結　　言

上記の如く都市ガスを用い硫素含有量の多い北海道喜茂別産の褐鐵鑛について磁化焙燒實驗を行つた結果，鐵回收率の點からは添加物なき場合は，600°Cに2時間或いは500°Cに3時間保つべきで，鐵の歩留は極めてよくなり93～95.5%に達している。又 $CaCO_3$ 10%添加した場合600°C に2時間保つ事により97%の鐵の歩留りを得，添加物のないものより稍々良い結果を示している。何れにしても鐵の品位は極めてすぐれたものとなる。

脫硫の點では焙燒の溫度が高い程，又時間が長いもの程好結果が得られ $CaCO_3$ 10%添加する方が多少良くなつているが，なお充分とはいえず800°Cで80%程度である。使用した都市ガスは實驗當時5%前後の酸素を含んでいたのでこれによる影響も受けている事と思われる。

焙燒溫度を高くすると脫硫率も焙燒鑛中の Fe 含有率も高くなるが鐵の歩留が悪くなるから注意すべきである。

さきに著者の一人は炭酸ガス及び窒素の氣流中で焙燒實驗を行い[16]高度の脫硫率を得たのであるが都市ガスによる場合は本實驗結果に示す如く，焙燒溫度を高くする事により高脫硫率を得る事が出來るのであるが，鐵回收率は非常に悪くなつてくる。從つて實際操業としては鞍山の昭和製鋼所で採用していた焙燒爐上部で石炭ガスを燃燒し，高溫度で反應させ下部で冷い還元ガスを送る事により磁化する方式を利用する事が可能であると思われる。

本實驗の遂行に當り資材その他入手困難なりし時代にもかかわらず獨得の工夫をこらし研究に專心沒頭してこれを完成，しかも發表の機をまたずして幽明界を異にせる共同實驗者
故 鈴木泰治 君の靈に謹んで弔意と共に本稿を捧げたい。

本研究費の一部は東京大學宗宮尙之博士を代表者とする褐鐵鑛の脫硫研究に與えられたる文部省科學試驗研究費（昭和22年度）によつた。記して謝意を表する。

文　献

1) Pattinson & Stead ; Jour. of the Iron and Steel Inst. 1881. I 171～182
2) V. V. Skorcheletti, A. I. Shultin ; Soobsch Vessoyuznogo Institute of Metals 3～4. 1931 67～91
3) F. W. Harbord, A. E. Tucker ; Jour. of the Irhn and Steel Inst. 1881 I 183～187
4) F. Osmond ; Comptes renders. vol 110, 1890
5) J. O. Arnold · Jour, of the Iron and Steel Inst. 1894, I. 107～155
6) J. E. Stead ; Jour of the Iron and steel Inst. 1895. I 77～140
7) J. Marchal ; Bulletin de la Société d'Encouragement 1898, 1336～1340
8) F. Friedrich ; Metallurgie vol 4, 1907, 129～137
9) P. E. Mckinney ; Chemical and Metallurgical Eugineering vol 23, 1920, 294
10) H. E. Cameron, G. B. Waterhouse ; Jour. of the Iron and Steel Inst. 1926, I, 355～374
11) M. K. Burago ; Metaurg. 2, 1933 61～66
12) E. Piwowarsky, E. Söhnchen ; Stahl u. Eisen 55, 1935, 312～313
13) E. Houdremont, H. Bennek, H. Neumeister ; Archiv für das Eisenhuttenwesen, 12, 1938 91～101
14) C. Frick, ; Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure. 83, 1939 473～475
15) F. Köber, G. Haupt ; Archiv für das Eisenhuttenwesen 12, 1938, 81～89
16) 鵜野達二 ； 鐵と鋼 34年（昭和23年）10月 1頁