

鐵 と 鋼 第十七年 第六號

昭和六年六月二十五日發行

論 說

砂鐵及酸化鑛石の接觸的還元

(日本鐵鋼協會 第6回講演大會講演)

岩 瀨 慶 三

I. 緒 言

砂鐵の還元が一つの化學反應である以上は、この反應の接觸劑の探求は當然吾々の着手すべき問題で、已に一昨年砂鐵の還元實驗開始と同時にこの方面の研究も行はれ、今尙これを續行しつつある。接觸反應の機構如何に就ては稿を改めてこれを報告することとし、茲にはアルカリ又はアルカリ土金屬の酸化物又は炭酸鹽を接觸劑とする時の實驗結果の内、固態炭素材又は一酸化炭素のみを還元劑とせる場合を報告し、次報に於いて固態炭素材の存在に於いて一酸化炭素、炭酸瓦斯及び窒素瓦斯を反應室に送入せる場合を報告せらる。尙これらの接觸反應は被還元物が砂鐵である場合のみでなく、一般の酸化物を還元する場合にも適用せられる。尙本報告中固態炭素材のみを使用せる實驗は著者の一人福島の擔當せるところであり、一酸化炭素による實驗は同じく齋藤の擔當せるものである。

II. 實 驗

固態炭素材による還元實驗の裝置及び方法等は

第2報¹⁾に於けると同様であり、一酸化炭素による實驗は第1報²⁾に於けると全く同様で、これは熱天秤を使用した。

使用した接觸劑はアルカリ又はアルカリ土金屬の酸化物、水酸化物又は炭酸鹽(何れも Kahlbaum 製の最純品)或はこれらの鹽類を含むもので、これらの接觸劑を之等の酸化物と炭素材の混合物によく混合して使用した。

還元率の算出は普通は第2報に於けると同様であるが、接觸劑中には CO 又は CO_2 を發生する(單獨にて、或は炭素材との共存状態に於て加熱せられて)ものがあるから、計算又は空試験によつて補正を施したり、又は第5報³⁾に於ける如く、一度還元せる後に、試料中に殘存せる酸化鐵中の酸素を $1,100^\circ$ で驅逐して、逆に還元率を求めたりした。空試験の結果は第1表の如くである。

表中計算値と一致せないものがあるが、その還元率の算出は此實驗値に由つた。

1) 金屬の研究 7(1930). 12 2) 金屬の研究 7 (1930). 4

3) 金屬の研究 7(1930). 317

第 1 表 接觸劑空試驗

加熱溫度 1,000°C 油煙(-200 眼) 1 gr N_2 100 cc/分、平的值
 の下の()内は接觸劑中の酸素の $\frac{2}{3}$ に當る計算 gr 數

接觸劑	實驗値(gr)					計算値(gr)	
	加熱時間(分)	接觸劑gr數	CO_2	I_2O_5 に依て酸化せられたる CO_2	CO	發生したる $CO+CO_2$ 中の全 O_2	その平的
Li_2CO_3	30	1	0.1719	0.8388	0.533	0.430	0.430 (0.433)
Na_2CO_3	15	"	0.1032	0.9556	0.608	0.422	0.432 (0.302)
"	30	"	0.1432	0.9296	0.592	0.442	0.299 (0.232)
K_2CO_3	15	"	0.0940	0.6550	0.417	0.306	0.299 (0.232)
"	30	"	0.0320	0.7380	0.470	0.291	0.321 (0.321)
$CaCO_3$	15	"	0.3307	0.2221	0.141	0.326	0.321 (0.321)
"	30	"	0.2605	0.3490	0.222	0.316	0.015 0.060 (0.064)
$BaCO_3$		0.1					0.039 0.158 (152)
"		0.4					0.031 0.125 (0.087)
$MgCO_3$		0.1					1.268 1.298 1.281
"		0.4					0.1282
$SrCO_3$		0.1					
"		0.4					
後藤寺石灰	50	4.0	1.4132	0.6609	0.421	1.268	
石(45~65眼)	30	4.0	1.4523	0.6656	0.424	1.298	
半成骸炭 2 gr	15	4.0	1.4218	0.6799	0.433	1.281	

接觸劑の分量は使用せる炭素材に對する%で、炭素材の分量は E 以外は被還元試料の 40% である。

實驗 A-I 油煙(活性炭素 B)

先づ接觸劑の作用を判り易くする爲に、なるべく灰分が少く、接觸劑ともよく混ざるものとして富士炭素と稱する市販の活性炭素 B を使用した、このものは 0.2% の灰分を含むにすぎず、一見油煙と見做しうるのである。

接觸劑としては無水 Na_2CO_3 、 $CaCO_3$ 、 CaO 曹達石灰、

III. 結果の I、固態炭素材を用いた場合

この場合に於ても固態炭素材の種類を變へたり、還元溫度を變へたり、反應室に窒素瓦斯を通じたり、その他種々に實驗條件を變へて、廣く一般の場合の推定に資することとした。主として久慈黑色砂鐵 65~80 眼¹⁾を使用したのであるが、氣仙沼砂鐵その他の酸化物を使用した場合もある。簡單の爲に實驗條件を次の様に分類して述べるとする。

還元溫度	試料	窒素量	炭素材	混合狀態
實驗A 1,000°	久慈砂鐵 5 gr	100cc/min	-200眼, 2gr	三者よく混合
B 950°又は1,000°	同上	0cc/min	同上	同上
C 種々に變更す	同上	同上	同上	同上
D 同上	砂鐵以外	同上	同上	同上
E 實驗條件を種々に變更せる場合				

木炭灰等である。

A-I-1, Na_2CO_3 (第 1 圖 A, 第 2 表)

混合する Na_2CO_3 の分量は油煙 2 gr の 2、5 及び 20% の 3 通りである。第 1 圖 A の結果が示す如く、還元能力の弱い油煙に Na_2CO_3 を混ぜるとその還元率は著しく増進し、その程度は Na_2CO_3 の分量の多い程著しいが油煙のみに比し 2% Na_2CO_3 の時の能率はその後 Na_2CO_3 を増加した場合よりも大である。 Na_2CO_3 を油煙の 20% 即ち砂鐵の 8% 加へることによつて、還元

が 3 倍も早められる。

A-I-2 $CaCO_3$, CaO 及曹達石灰(第 1 圖 B, 第 3 表)

使用した CaO は封印せるものであつたが、この中の CO_2 及び H_2O の分析は行はなかつ

1) その分析は第 2 報、金屬の研究 7(1930)、13 にある。

た又曹達石灰に就ても空實驗を行はなかつた、こ

の爲に來る誤差は極く少なく大勢に影響ないものと考へられる。

第1圖 B の結果が示す如く 5% の CaO を加へることによつて還元は著しく促進せられ、20% CaO にては更に可なり進み、その上更に 30% を増して 50% CaO とするもその割には促進の増加が少ない。5% CaO に比し 5% CaCO_3 は接觸能更に強く (CaCO_3 から發散する CO_2 の分量は前述の如く還元率の算出に際して引いてある) 20% CaO に匹敵し、曹達石灰の 20% は 50% CaO に匹敵してゐる。

A-I-3 アルカリ及アルカリ土金屬炭酸鹽の比較

(第2圖 A 第4表) 前記の實驗で同一接觸劑の分量の多少による還元率増大の程度に就ては多少明かとなつたから、次には種々の炭酸鹽類を油煙の 5% 宛混ぜてその接觸能を比較した、實驗の結果は第2圖 A に示す如く、接觸能の順位は最高より K , Na , Li , Sr , Ca , Ba 及 Mg 鹽の順であつて、 MgCO_3 に到つては接觸能は至つて微弱である。この結果は前記の如く何れも、油煙の 5% の分量を加へた場合であつて、所謂化學當量的ではないが、當量宛を使用しても順位は略同じであると想像せられる。

砂鐵に對し僅かにその 2% の接觸劑を加へることによつて、その還元が斯様に著しく促進せられ、 K_2CO_3 に於て約 4 倍の増進となつてゐることは興味あることである。

A-I-4 固態炭素材中に含まれる灰分 (第2圖 B 第5表) 第2報に於て木炭の還元能が油煙よりも著しく大なることを述べ、等しく非晶性炭素であり乍ら斯様にその還元能に相違のあることの原因の一つについては見當のついてゐることを述

べた。¹⁾原因の一つとは使用せる木炭中に含まれてゐる灰分の分析表を見れば判る如く、その中の CaO , K_2O の爲である。

木炭灰 CaO $\text{K}_2\text{O}(\text{K}_2\text{CO}_3)$ MgO Fe , Al oxides, SiO_2
分析(%) 49.60 19.90(29.20) 0.56 5.03 2.18
木炭中の灰分は松炭に於て 1.56%、楡炭に於て 2.02% で上記の分析表は楡炭に就てある。

本實驗ではこの灰分を油煙の 10 及 30% 使用し、これを木炭のみで還元した場合と比較した。その結果は第2圖 B に示す如く木炭灰 10% を加へることによつて油煙による還元が著しく増進し、30% の場合には木炭を用ひるよりも稍良好である。木炭中の灰分は松炭に於て 1.56%、楡炭に於て 2.02% であつたから、以上の結果は木炭の還元力の大きなることがその中にある灰分のみよるものではないことをも示してゐる。

半成骸炭の灰分は 14.69% であつて、その成分中には餘り接觸劑が含まれてゐないから、殆ど接觸能なく、むしろこれに加へることは有害であることが知られた、第2圖 B の右下の曲線は實驗の結果である。丁度砂利を加へた場合に似てゐる。²⁾

實驗 A-II 半成骸炭 以上實驗 A-I に於て還元劑として油煙を用ひたのは已記の理由の外に、なるべく接觸能の比較等を明瞭にする爲であつた。A-I と等しく 1,000° に於て油煙よりも還元能の大なる炭素材を用ひてこれに接觸劑を加へれば、接觸劑の機能を發揮する餘地が少ないから、接觸劑の効果は少なく現はれるに相違ない、本實驗では油煙の代りに半成骸炭を用ひてみた、その他の實驗條件は前同様である。半成骸炭は第2報

1) 金屬の研究 7 (1930), 30

2) 金屬の研究 7 (1930), 524

同様可溶性分及び揮發分を除いて使用した。

A-II-1 CaO 及 CaCO_3 (第3圖 A 第6表)

實驗の結果は豫想の如く接觸劑の効果は油煙の場合に比し遙かに小である。但しこれは還元率の差を基礎とした見方であつて、嘗つて焙燒鑛の還元の際にも論じた如く、¹⁾100%還元率に要する時間を比較すれば、この場合にも著しい効果が認められる、即半成骸炭のみを用ふる時はこの所要時間は油煙に20%の CaO を加へたる時と等しく4時間以上を要するのであるが、半成骸炭に20%の CaO 又は CaCO_3 を加へればこの時間は1.5時間に短縮される。この短縮は工業上注目し値するものである。

5%では CaCO_3 の方が CaO よりも僅かに接觸能が大であるが、20%となれば兩者の間に殆ど能力の相違が現はれない。A-I-2の實驗に比し CaO 、 CaCO_3 の差が小となつてゐるのは、半成骸炭のみの還元力が油煙に比し可なり大であるからである。

A-II-2 各種接觸劑の優劣 (第3圖 B 第7表)

次にはこの100%還元率に達する時間の短縮を目標として、各種接觸劑の分量を變え又は2種を混合して還元を行つてみた。その結果は第3圖 B に示す如く、20%木炭灰の時が最大で1時間以内で100%に達する。

尙第3圖 B 中には骸炭(-200眼)2grに木炭灰10%を加へた場合の結果をも示してある、骸炭のみの場合に比し著しい還元率の増進であるが、尙これは半成骸炭のみの場合には及ばない。

實驗 B 配合接觸劑の優劣比較 A-II-2 に於て半成骸炭を還元劑とする場合に100%還元率に

達する時間を短縮する目的で、數種の接觸劑に就き、その單獨又は混合の場合を比較したのであつたが、本實驗では接觸混合と單獨との優劣を使用、分量を變へて調べ、進んで最良の結果を示す配合の割合を探求してみた、但し還元劑の種類及び還元溫度によつてこれらの事柄も結論が違つて來るに相違ないが、茲には二、三の實驗結果を報告するに止める。

實驗の溫度は半成骸炭使用の場合は 950° 、黒鉛使用の場合は $1,000^\circ$ である。

B-I-1 半成骸炭、 950° (第4圖 第8表) 實驗

A 同様65~80眼の久慈砂鐵にその40%半成骸炭-200眼を加へ、接觸劑としては10% CaO 、1.5% Na_2CO_3 、10% MgO 、1.5% SrCO_3 及び1%、2.5%の K_2CO_3 を各單獨に、又は二者を混合して用いた。單獨の場合と配合せる場合との接觸能を見るに第4圖に示す如く、 $\text{MgO}-\text{CaO}$ の組合せ以外は、配合せる場合の還元率が各單獨の場合のそれらよりも常に大であることが判る。殊に CaO に對し K 又は Na 鹽を用ひた場合には配合の効果が大きい。この結果は一般の接觸劑の例によく一致するものである。

B-I-2 黒鉛 $1,000^\circ$ (第5圖 第9表) 次に黒鉛

-200眼を炭素材として同様の實驗を行つてみた。黒鉛の還元力は可なり弱いから實驗は $1,000^\circ$ で行つた。その結果は第5圖に示す如く配合劑の接觸能は Na 又は K 鹽と CaO との配合の場合には單獨の場合の中間に、 $\text{Sr}-\text{Ca}$ 鹽の配合に於ては單獨の場合の何れよりも劣つてゐることが知られた。前實驗と併せ考ふればアルカリ鹽と土アルカリ鹽の配合はよいが、土アルカリ鹽同士の配合は反つて單獨よりも好ましくないこととなる。

1) 金屬の研究 7 (1930)、653

何れにしても黒鉛を用ひる場合は配合の必要のないことが上記の結果で判るが、この結論を一般に押し擴めうるか否かを知り且は最良の接觸劑配合を知る爲に次の實驗に移つた。

B-II-1 配合による優良接觸劑の探求

半成骸炭 950° (第6圖 A~E 第10表)

以上の様に配合の割合及び炭素材の種類によつて或時は配合する方が單獨の場合より優り、或時は劣り或時は中間に来る、これらの関係を知る爲に、還元時間を何れも30分間として配合を種々に變へてみた。30分間に於ける優劣がその後數時間還元をつゞけても矢張り變化せない事は他種の接觸劑を使用せる場合に確め得たのであるが、これは鹽類の種類が違ふから後に於て述べることにし、茲には30分間に於ける比較によつて目的を充分に達し得ることを記するにとどめる。

實驗の結果は第6圖 A~E に示す通りである。A 圖は Na_2CO_3 のみを 0~10% 加へた場合(點線曲線)及び 10% CaO (實線の直線) に更に 0~10% の Na_2CO_3 を加へた場合(實線の曲線)の Na_2CO_3 の分量と還元率との關係を示すもので、 Na_2CO_3 のみの場合還元率と分量とは略直線的の關係を有し、10% に於て 77% の還元率に達し 0% の 23% よりも著しい増進である。10% CaO に Na_2CO_3 を加へる場合は Na_2CO_3 の少ない内は各單獨の場合よりも大となつてゐるが、 Na_2CO_3 、55% 位からは反つて Na_2CO_3 のみの場合よりも僅かながら劣つてゐる。D 圖は同様のことを CaO と K_2CO_3 とに就て行つた實驗の結果でその左半分は A 圖と全く等しく K_2CO_3 0~10% (點線曲線) 及び 10% CaO に K_2CO_3 0~10% (實線曲線) を加へた場合の比較圖で、配合接觸

劑の場合に還元率の極大及び極小點が存在し極大點は 10% CaO に 3% K_2CO_3 に當りこの配合の場合には單獨の場合に比し配合の効果が最も著しいが、還元率は 6% 以上の K_2CO_3 のみの場合に及ばない。A 圖に比し 10% CaO 、10% K_2CO_3 が K_2CO_3 のみ 10% の場合よりも還元率が上位に来てゐる點が異つてゐる。D 圖の右半分は 0~10% の CaO (實線曲線) と 10% K_2CO_3 に更に 0~10% CaO を加へた場合(實線直線)とを示し、10% K_2CO_3 、1% CaO の時に極大點に達し 94% の還元率を示してゐる、一般に 10% K_2CO_3 に CaO を加へることは常に K_2CO_3 のみよりもよい結果を表はしてゐる。

半成骸炭のみの場合 23% の還元率のものが配合接觸劑によつて一躍 94% にも達するのは注目に値する現象である。

C 圖は同様のことを CaO と $SrCO_3$ との配合に就て行つた實驗結果で、圖に明かなる如く特筆すべき結果を與へてゐない、土アルカリ同士であるからである。

B 圖は 5% K_2CO_3 に 0~5% Na_2CO_3 、2.5% Na_2CO_3 に 0~5% K_2CO_3 を加へた場合で何れも單獨の場合よりも優良な結果を示し、A、C、D 圖の如き 10% CaO に更に他のものを配合せる場合よりも優良なる傾向を示してゐる。

E 圖は B 圖と同様のことを CaO を加へて行つたので、 CaO の加つてゐるだけに B 圖の場合よりも多少還元率加大となつてゐることを示し、3 種の配合の優良性を示してゐる。

B-II-2 配合による優良接觸劑の探求、黒鉛 1,000°

(第7圖第11表) 次に黒鉛を還元劑として 1,000° に於て同様の實驗を行つた、第7圖 A は

0~10% の CuO 、0~10% の Na_2CO_3 、10% CuO に 0~10% Na_2CO_3 、及び 10% Na_2CO_3 に 0~10% の CuO の場合の 30 分間に於ける還元率と接觸劑の分量との關係を示し、第 6 圖 D とよく似てゐるが配合せる場合の方が Na_2CO_3 單獨の場合よりも劣つてゐる場合が多いことが違つた點である。第 7 圖 B は還元時間を長くした場合であつて、A 圖の各種の配合による還元率の優劣が 30 分以上の時間に於ても變はりのないことを示すものである。黒鉛のみの場合に比し何れも 100% 到達時間が著しく短縮されてゐるのは注目すべき事柄である。

實驗 C 各溫度に於ける接觸効果の比較 (第 8 圖 第 12、13 表) 以上に述べた各種の實驗は油煙及び黒鉛の場合は $1,000^\circ$ 、半成骸炭の場合は 950° であつて、接觸能の比較には便利であつたが、還元溫度と接觸能の關係を知る方便としての結果は一つもない。本實驗では溫度の影響を調べた。第 1 報以來の實驗結果より推論すれば接觸劑の効果は或溫度に於て最大に現はれそれより高溫度でも低溫度でも小さく現はれるものと豫想せられる。第 8 圖は實驗の結果を示し A 圖は砂鐵 28~48 眼、還元劑は半成骸炭—200 眼 40%、接觸劑は 20% CuO である。豫想通り接觸劑の効果は 950° に於て最大となり 900° も之に近く $1,000^\circ$ 、 $1,050^\circ$ と漸減し 800 に於ても著しく効果が小となつてゐる。

B 圖は接觸劑として 10% Na_2CO_3 を加へた場合で砂鐵は 65~80 眼である、この場合には 20% CuO よりもその作用が強力であり砂鐵粒の大きさが小であるから 900° に於て効果が最大となつてゐるのである。

因にこれらの圖に於て接觸劑を加へず半成骸炭

のみを以つて還元せる點線曲線は第 3 報の實驗に基くもので平均 90~100 眼のものであるから、もしこれを 28~48 又は 65~80 眼の曲線と比較すれば更に接觸劑の効果はより大に現はれるであらう。

これらの圖から明かなる通り $1,050^\circ$ 、 $1,000^\circ$ の如き高溫度に於て還元する場合にも、100% 所要時間の著しい短縮をみるのであつて、低溫度に於ける還元に於て接觸劑の効果の大なることが知られる。

實驗 D 一般酸化鑛石の接觸的還元 (第 9 圖 第 14、15 表) 砂鐵の還元に対する接觸劑の研究としては後述する如く尙多くの事柄に就て實驗したのであるが、その内には久慈砂鐵以外の鑛石を試料としたものもあるので、それを述べるに先立つて、茲に一般鑛石及酸化物に對し前述の接觸劑が同様の作用を有することの實驗結果をのべる。

接觸作用の機構に就ては前述の如く後報に於て述べるがとにかくこの接觸的還元は砂鐵にのみ限らるべきではない。普通の鐵鑛は勿論一般酸化物に就ても同様のことが成立すべきである。本實驗では便宜上種々の酸化金屬をとつてこれに半成骸炭—200 眼を加へ更にその 20% の CuO を加へて還元を行つてみた、その結果は第 14 表に示す如くである。

即第 14 表に見る如く CuO 及 WO_3 以外に對しては接觸作用のあることが知られる、尙表中最下段の二つは還元鐵 2gr をも追加して CuO の接觸能を更に増進せしめた結果である。

尙又第 9 圖 第 15 表は氣仙沼砂鐵の還元に對する CuO の効果である。この砂鐵は難還元性砂鐵であるだけに CuO の効果が大きい。普通の鐵

第 14 表 酸化物の接觸的還元

CaO 0.4 gr 半成骸炭 2 gr N₂ 0 cc/min

酸化物	還元		實測値 (gr)				計算値 (gr)			
			CO ₂		CO→CO ₂		CO		還元量(酸素量)	
			+CaO	CaOなし	+CaO	CaOなし	+CaO	CaOなし	+CaO	CaOなし
Fe ₂ O ₃ (3gr)	900°	20 ^m	0.2172	0.2280	0.1814	0.1812	0.115	0.115	0.224	0.232
	"	30 ^m	0.2099	0.1687	0.4419	0.3788	0.281	0.241	0.314	0.261
	"	40 ^m	0.4180	0.4071	0.6049	0.4085	0.385	0.260	0.524	0.445
Ni ₂ O ₃ (3gr)	880°	10 ^m	0.7243	0.5720	0.0293	0.0154	0.019	0.010	0.538	0.422
	1,000°	50 ^m	0.7768	0.7849	0.2283	0.1917	0.145	0.120	0.648	0.639
	1,100°	20 ^m	0.7453	0.7495	0.3976	0.3181	0.253	0.202	0.687	0.661
Co ₂ O ₃ (3gr)	850°	10 ^m	0.6506	0.5229	0.1025	0.1436	0.065	0.091	0.510	0.432
	1,050°	40 ^m	0.8102	0.6983	0.4954	0.4985	0.315	0.317	0.769	0.689
Ti ₂ O ₃ (3gr)	1,000°	1 ^h	0.0520	0.0615	0.2400	0.1539	0.153	0.123	0.125	0.115
	1,000°	2 ^h	0.0629	0.0670	0.2720	0.1325	0.173	0.084	0.145	0.097
Mn ₂ O ₃ (2gr)	1,075°	1 ^h	0.2110	0.2094	0.5678	0.4611	0.370	0.293	0.360	0.320
Cr ₂ O ₃ (3gr)	1,000°	1 ^h	0.0191	0.0035	0.0870	0.0965	0.055	0.061	0.046	0.038
	1,100°	1 ^h	0.0334	0.1260	0.4338	0.2410	0.276	0.153	0.223	0.180
ZnO (2gr)	900°	1 ^h	0.0245	0.0295	0.1127	0.0485	0.072	0.031	0.059	0.040
	1,000°	10 ^m	0.0555	0.0446	0.3364	0.2318	0.214	0.143	0.162	0.116
WO ₃ (3gr)	950°	1 ^h	0.1610	0.2529	0.5402	0.6354	0.344	0.436	0.316	0.433
	1,000°	30 ^m	0.1496	0.2947	0.5560	0.7478	0.354	0.476	0.311	0.486
	1,000°	1 ^h	0.1445	0.3086	0.6080	0.9893	0.390	0.630	0.326	0.584
CuO (5gr)	700°	15 ^m	0.7101	0.8235	0.0099	0.0180	0.006	0.011	0.520	0.606
	900°	20 ^m	0.4005	0.8603	1.1889	0.3470	0.757	0.221	0.723	0.720
Cr ₂ O ₃ (3gr)										
Fe (2gr)	1,000°	1 ^h	0.0206	0.0138	0.2783	0.0647	0.1771	0.0412	0.116	0.033
Fe なくし									0.046	0.038
Mn ₂ O ₃ (2gr)										
Fe (2gr)	1,000°	1 ^h	0.1848	0.0895	0.8130	0.7135	0.5173	0.4540	0.431	0.324
Fe なくし	1,075°								0.360	0.320
上坡赤鐵鑛 (14,220 眼)	1,000°	30 ^m	0.7612	0.7287	2.3687	1.6405	1.542	1.044	1.415	1.126

(還元率 102.2 81.4)

鑛石に就ては後に述べる。

實驗 E 實驗條件を種々に變化せる場合

E-I 接觸劑の混合の仕方の影響 (第10圖 第16、17表) 上記の實驗では常に砂鐵と接觸劑及炭素材とを充分によく混合して還元を行つて見たのであるが、本實驗ではその混ぜ方を變へて影響を調べた。その結果は第 10 圖 A で、曲線 a は CaO を加へざるもの、b は砂鐵及半成骸炭混合物を入れたポート上に約 4 眼大の CaO 1 個をおきたるもので、c は -200 眼の CaO を上記の混合物の上層に撒布せるもの、d は兩者を充分に混合せるもので、混合の仕方によつて可なり還元率が相違

してゐることが判る。還元温度は 1,000° である。反應開始後 30 分に於ける還元率及 100% 所要時間の短縮に於て著しい効果が見える。第 2 報に於ける炭素材の混合の仕方、影響に就ての實驗とこれを對照すると面白い。

第 10 圖 B は石灰乳の中に -200 眼の半成骸炭を浸して蒸發乾涸し次で脱水して CuO としたるものを砂鐵に混ぜて見たのであるが、1,000° では殆どその差なく、950° にて多少差が現はれた。即 CuO の混ぜ方をより密接にしたのであるがその効果は顯著ではない、因こ CuO の分量は

1) 金屬の研究 7 (1930)、29.

何れの場合も 10% である。砂鐵に石灰乳を浸した場合も同様であつた。

第 10 圖 C は接觸劑として 10% Na_2CO_3 を用ひ 920° に於て還元を行ひその混合の仕方を次の様に變へたのである。

- (a) Na_2CO_3 を砂鐵及半成骸炭混合物の上層におく、
- (b) Na_2CO_3 を前記混合物の下層におく、
- (c) Na_2CO_3 を混合物の中間におく、
- (d) Na_2CO_3 の溶液に混合物を浸して乾燥する
- (e) 普通の如くよく混合する、

即圖に明かなる如く、混合の仕方によつて可なり効果が相違するのであるが、普通のよく混合する仕方以上によきものはない。

次に同様のことを炭素材及び還元溫度を變へて實驗してみたが、第 17 表に示す如く普通の混合法に比し特に勝つてゐる混合法もないことが判つた。

E-II 石灰石の粒の大きさの影響 (第 11 圖 第 18 表) 次には接觸劑の粒の大きさの影響を見る爲に石灰石を使つた、第 1 表に示す如くこの石灰石は空試験によれば 4 gr に就き平均 0.1282 gr の O_2 を發生するからこの値を引いて還元率を算出した。第 11 圖はこの結果を示し粒の大きさによつて可なりの相違があることが判り、65 眼以下に碎くことの必要を感じる、因にこの場合三者はよく混合してゐる。

E-IV 鑛石粒の大きさの影響 (第 12 圖 第 19、20 表) 次には厚板滓を使用しその粒の大きさを變へて見た、半成骸炭は -20 眼で石灰石と共によく混合して加熱した。その結果は第 12 圖 A に示す如く接觸劑の効果は率に於ては厚板滓 48~90 眼

に於て最大に現はれ、次で 14~20 眼、-100 眼の順となり 6~8 眼の如き大なるものでは 1.5 時間頃から漸く効果があらはれるに過ぎない。即鑛石も可なり小でないに接觸劑の効果が少ない。

第 12 圖 C は釜石磁鐵鑛に就ての同様の實驗結果である。

E-IV 砂鐵の焙燒效果と接觸劑の効果との比較

(第 13 圖 第 21 表) 砂鐵を焙燒すれば生鑛に比して還元し易くなることは第 11 報に述べた通りであるが、斯様に焙燒によつて還元を容易ならしむると、接觸劑を加へて還元を促進せしむると何れが勝つてゐるであらふか、又焙燒せるものに更に接觸劑を加へるの效果如何に就て久慈砂鐵に就て實驗せる結果は第 13 圖及第 21 表に示す通りである。圖の g 曲線は生鑛のみ還元率曲線で、これに 20% の $CuCO_3$ を加へると f 曲線となり著しく還元が速くなり、1,000° に 1 時間焙燒せる d 曲線に比して遙かに還元が大であるが、1,000° に 2 時間焙燒せる b 曲線よりは少しく劣つてゐる、即 1,000° 2 時間の如き焙燒は餘り行ひ難いのであるから、焙燒するよりは接觸劑を加へる方がよいこととなる。又焙燒せるものに更に 20% の $CuCO_3$ を加へた場合の曲線 c 及 e は略生鑛に 20% の $CuCO_3$ を加へた f 曲線に一致してゐるが、1,000° 2 時間焙燒せるものに 20% $CuCO_3$ を加へた a 曲線は更にこれらよりも勝つてゐる、即焙燒せるものに $CuCO_3$ を加へる事は接觸劑の効果を著しく小ならしむるものであるが、その傾向は矢張り還元を多少なりとも早めるものである。

之を要するに接觸劑の存在に於ては焙燒はその

1) 金屬の研究 7 (1930)、653

手間を償ふて餘りある程の利益を齎らさないと云ふことが出来る、但これは砂鐵の如き粉鑛に就てである。塊鑛の場合には焙焼はその細碎をも齎らすから有効であらふ。

IV. 結果の II. 一酸化炭素のみを用ひて還元する場合

以上の實驗結果は何れも固態炭素材を還元剤として用ひた場合であつたが、次には熱天秤を用ひて CO を還元剤として砂鐵を還元し、接觸劑の作用を調べて見た。熱天秤による實驗では試量の分量が 0.1~0.3gr の如き少量であるから、固態炭素材のみを用いた前記の諸實驗に比しデリケートであるから、兩者の比較をなすには多少この點を考慮に入れる必要がある。茲には K_2CO_3 を加へたる一例を擧げるに止める。

K_2CO_3 は一酸化炭素の分解を促進せしむるものであるから、その分離によつて生ずる炭素が天秤の皿の重量を増す、従つて斯様な現象の殆どみとめ難い 1,000° で毎分 75 cc の CO を通じて還元を行つた、 K_2CO_3 を加へるには砂鐵 10gr に對し $K_2CO_3 \cdot 2H_2O$ を 0.01, 0.1 及 0.5gr 加へ更に水 50 cc を加へて溶解し攪拌したる後湯煎上にて蒸發乾涸し、これを 0.2gr 計りとつて熱天秤により CO にて還元を行つた、斯くすれば各試料は 0.1, 1.0 及 5% の $K_2CO_3 \cdot 2H_2O$ を含むことになり加熱によつてその約半分の重量を失ふことになる、即接觸劑に基づく減量は夫々 0.000, 0.001 及 0.005gr となり、實驗による砂鐵脱酸量 0.0043~0.047 に對し最大 10% となるからこれを補正することとした、第 14 圖及次表はその結果である。

即著しく還元が促進することが判る。

	アルカリを入 れざる試料		アルカリを添 加せざる試料		
	燒鑛	生鑛	0.1%	1.0%	5.0%
試料中にある 砂鐵 (gr)	0.200	0.200	0.2000	0.198	0.190
試料中にある アルカリ (gr)	—	—	0.0002	0.002	0.010
アルカリの 揮發分 (gr)	—	—	0.0000	0.001	0.805
試験減量 (gr)	0.047	0.039	0.0430	0.045	0.047
還元による 減量 (gr)	0.647	0.039	0.0430	0.044	0.042
試料中の 酸素 (gr)	0.052	0.046	0.0460	0.0460	0.044
還元率%	93.700	85.000	93.4000	95.700	95.7%

V. 總 括

以上各種の實驗にとつてアルカリ又は土アルカリ酸化物又は炭酸鹽が酸化金屬の還元に對し如何に接觸作用を及ぼすかを明かにしたのであるが、實驗の條件が種々多岐に變化してゐる爲に茲にこれを總括して論じて見たい。

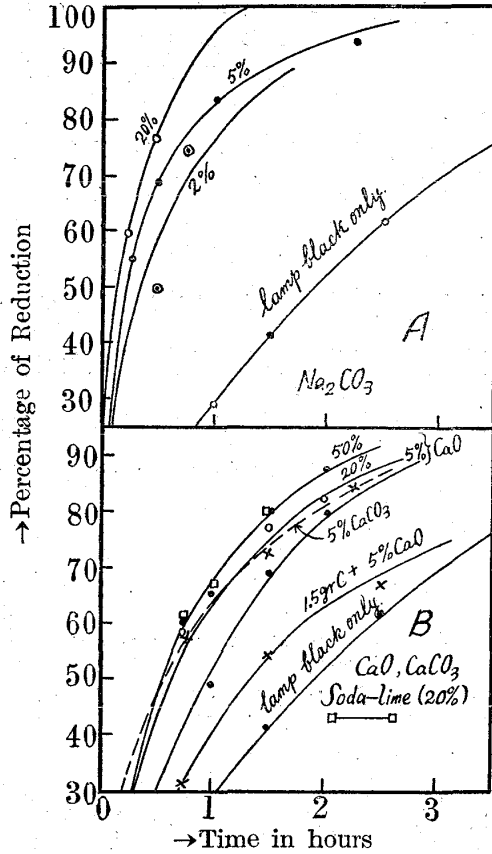
1. 一二の酸化金屬 (WO_3 , CuO) を除けば、一般に酸化金屬を炭素で還元する時にアルカリ又は土アルカリの炭酸鹽又は酸化物を加ふれば、還元が接觸的に促進せられる。
2. 接觸劑が 1 種の時、その効果は略分量に正比例する。
3. 接觸劑が 2 種以上の時には、その効果には配合割合の過當なる時に著しい効果があらはれ、或配合割合の時には反つて單獨の場合より効果が劣る、この場合等は炭素材によつても異なる。一般にアルカリ土金屬同士の混合は餘り効果がない、反つて悪い場合が多い。
4. 接觸劑の効果はその粒の小なる程、鑛粒の小なる程大である。
5. 接觸劑の効果は温度に左右せられる。
6. 還元條件の中庸の時に接觸劑の効果が大きく現はれる。
7. 焙焼するよりも接觸劑を加へる方が粉鑛に

對しては有效である。

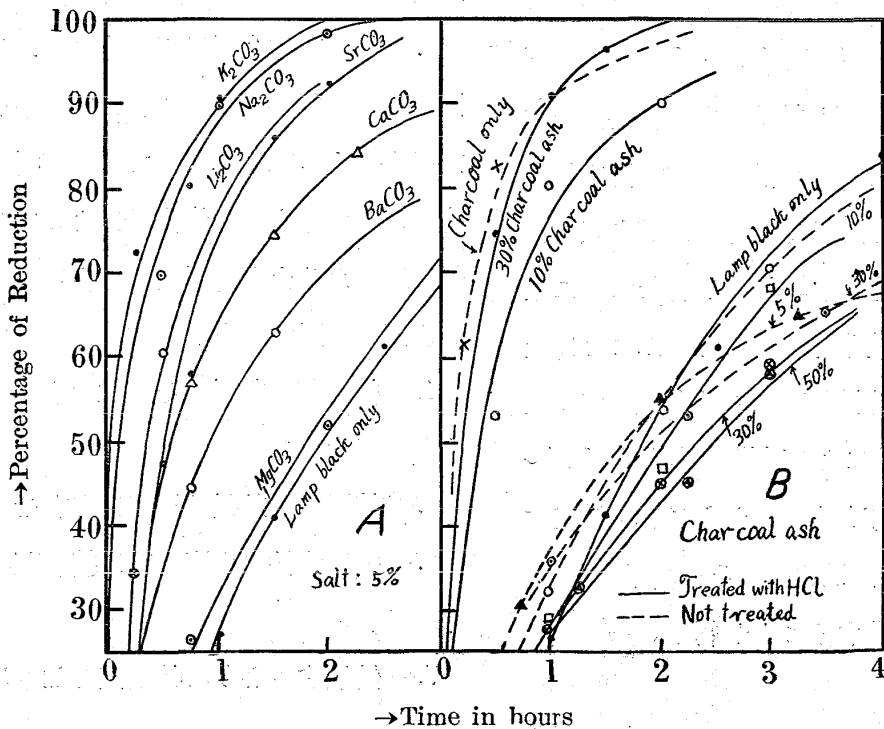
8. 接觸劑の添加によつて100%還元率に要する時間が著しく短縮せられる。

第1圖

A. Na_2CO_3 の影響
B. CaO , CaCO_3 , 曹達石灰の影響



第2圖 A. 炭酸鹽の比較

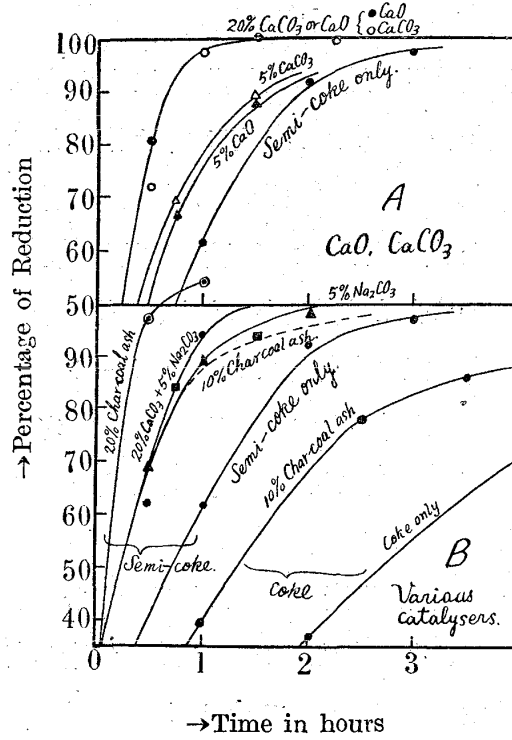


B. 木炭灰、半成骸炭灰の影響

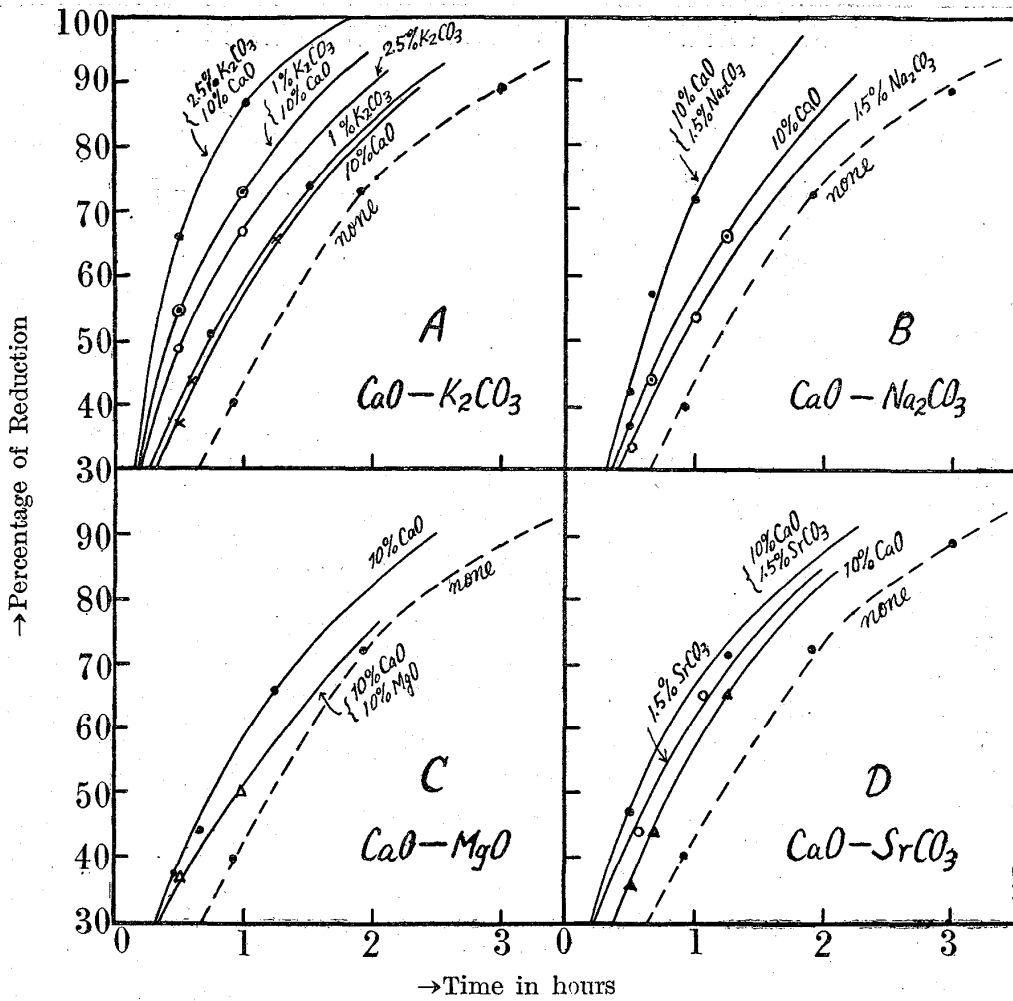
9. CO による還元にも促進作用が認められる
終に臨み著者等は本實驗を指導せられたる本多所長に感謝の意を表す。

第3圖

A. CaO , CaCO_3 の影響
B. 種々の接觸劑比較

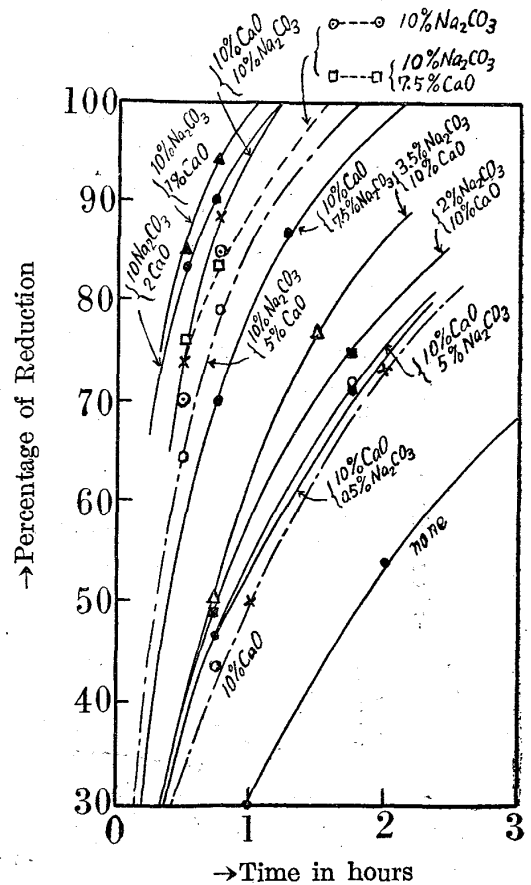
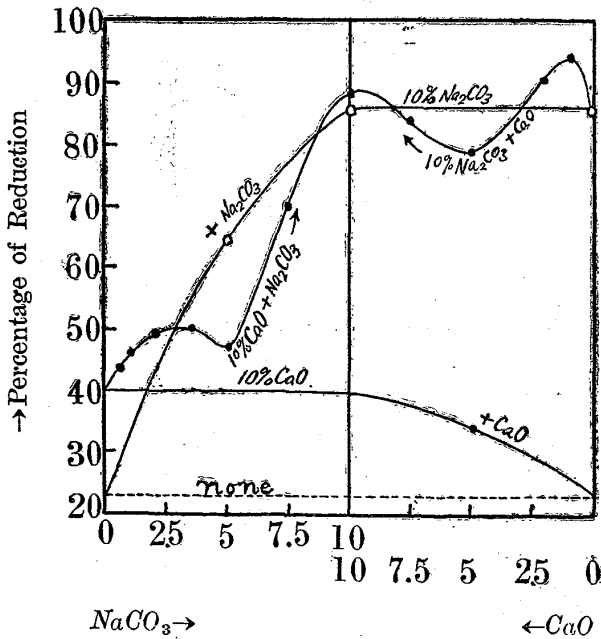


第 4 圖 接觸劑配合の影響、半成炭 950°

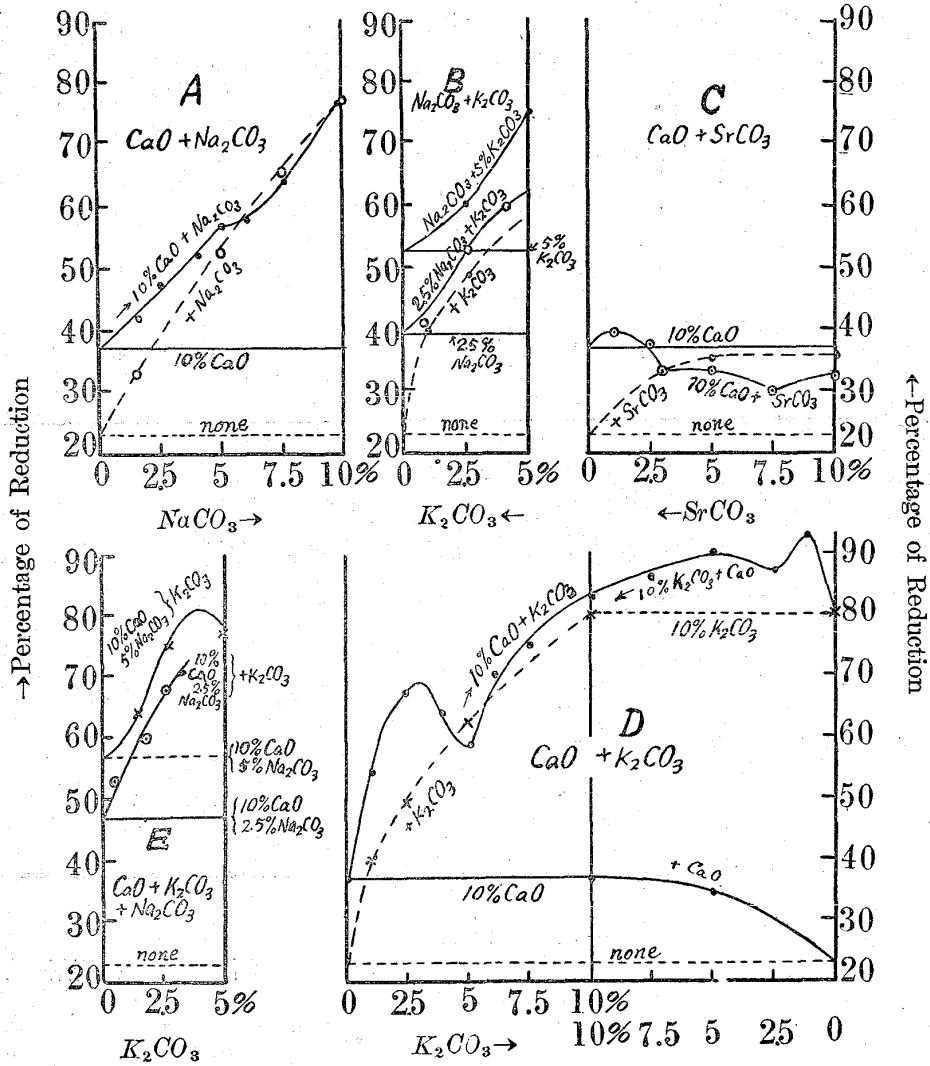


第 7 圖 B 接觸劑配合の影響

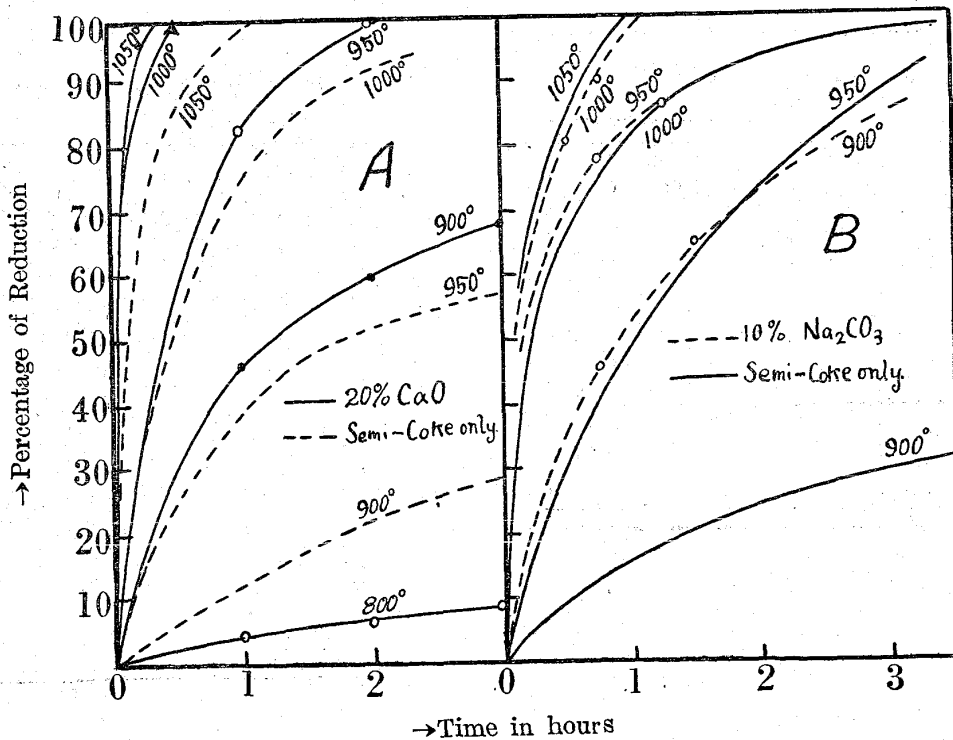
第 7 圖 A 接觸劑配合の割合と 30 分間の還元率 黒鉛 1,000°



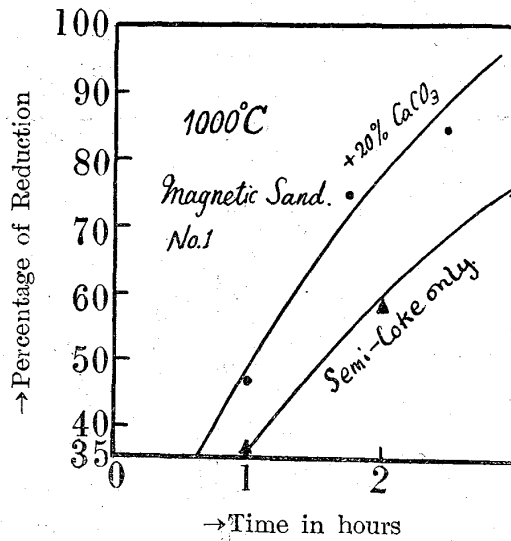
第 6 圖 接觸劑配合の割合と 30 分間の還元率 半成骸炭 950°



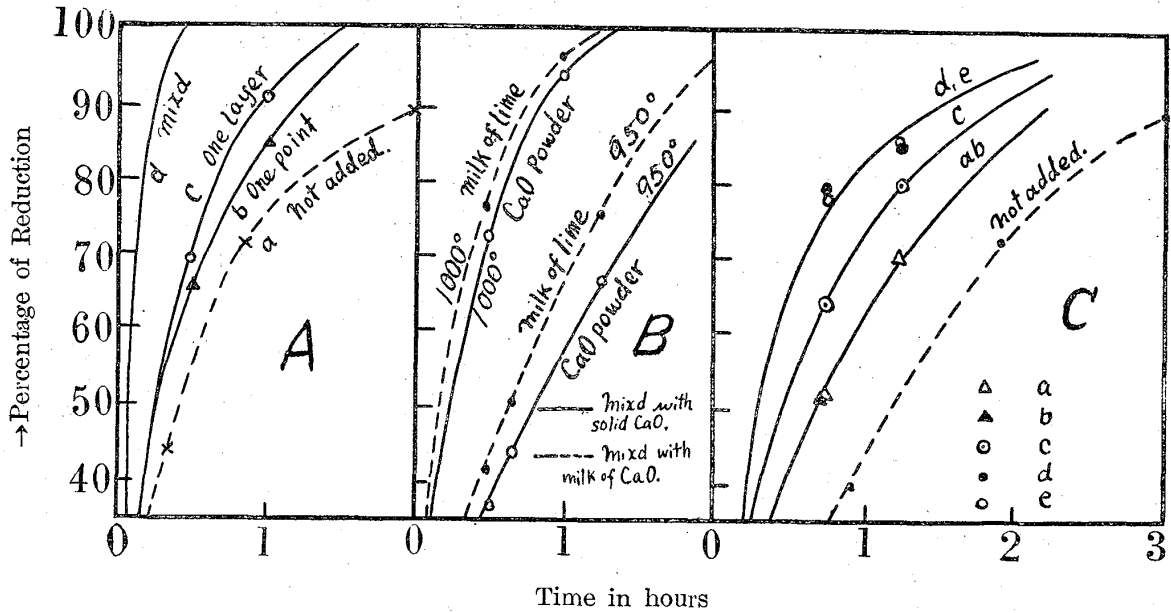
第 8 圖 接觸效果と温度の關係



第 9 圖 難還元性砂鐵の接觸還元

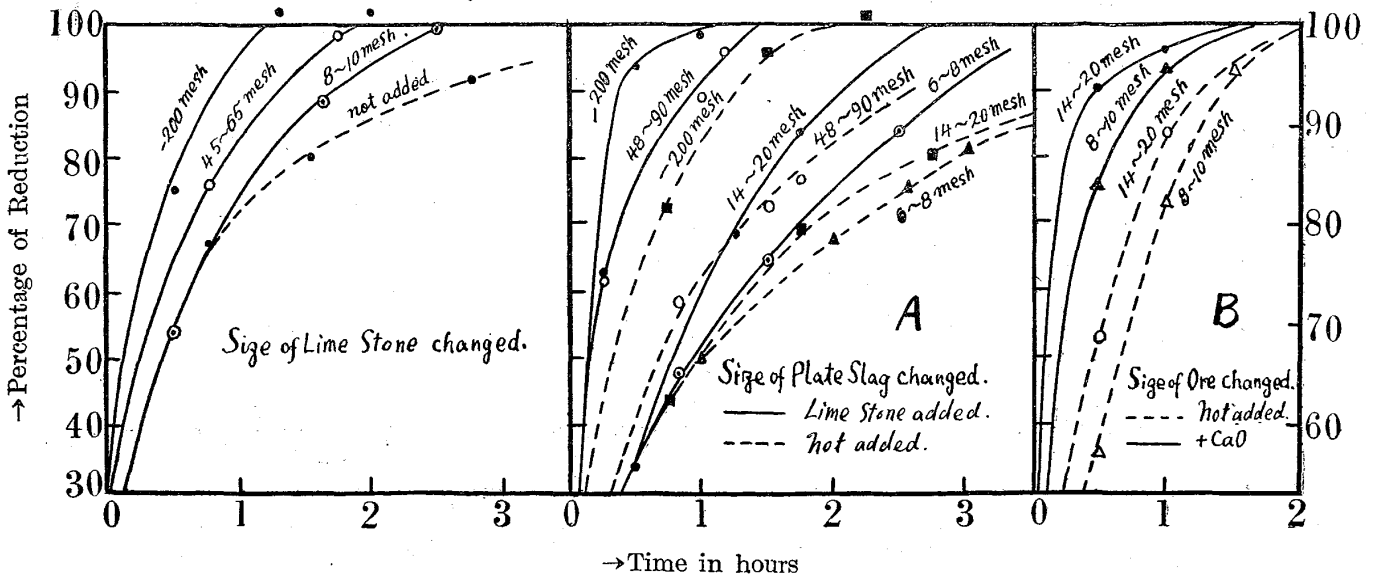


第 10 圖 接觸劑混合の仕方の影響

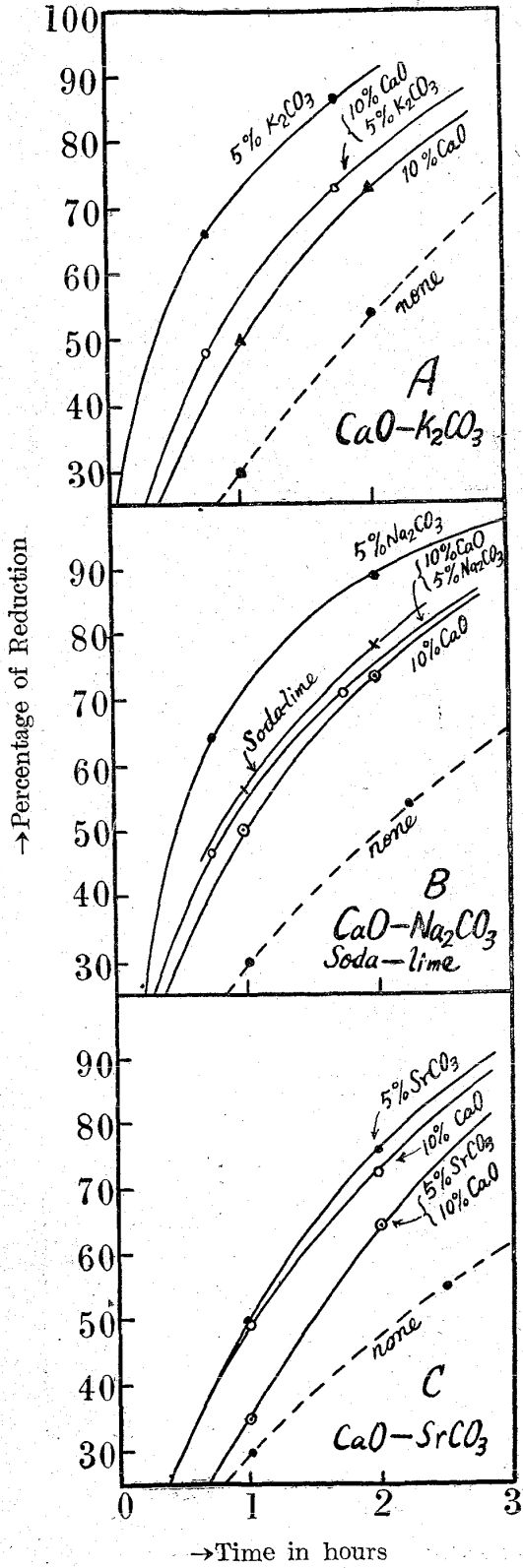


第 11 圖 石灰石粒の大きさの影響

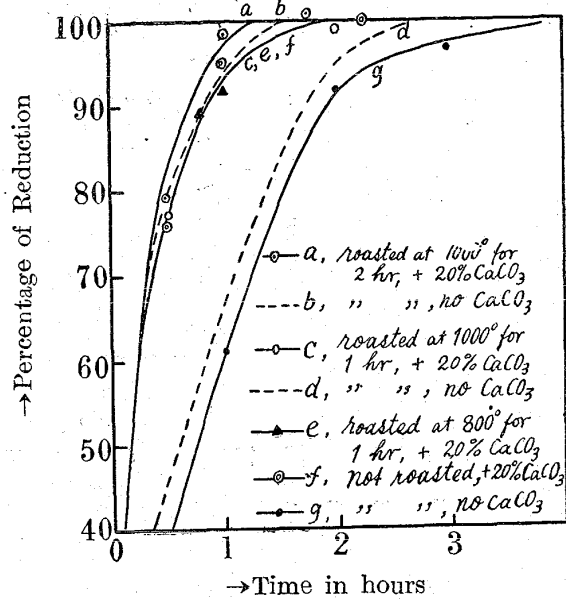
第 12 圖 鑛石粒大きさの影響



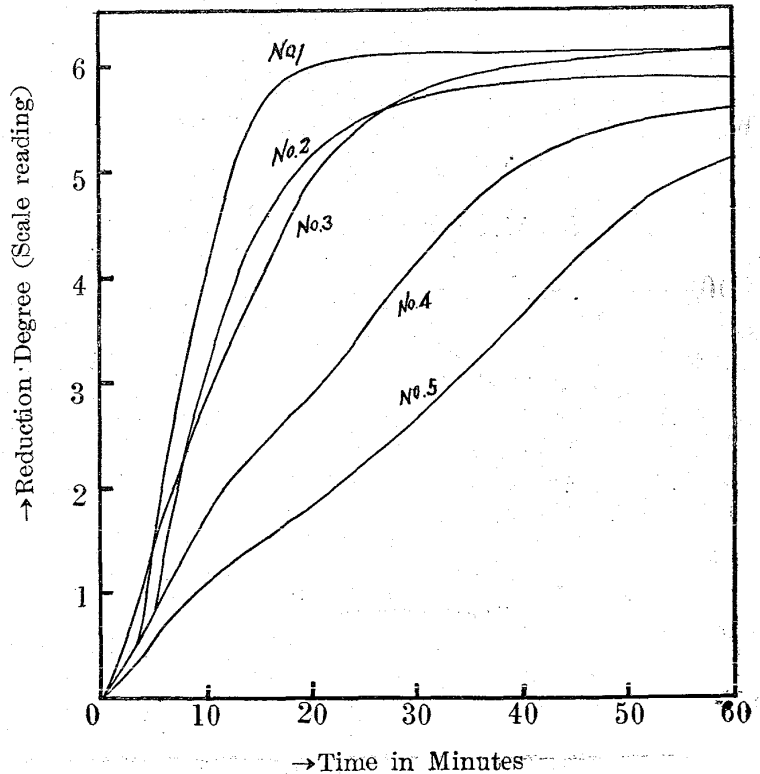
第 5 圖
接觸劑配合の響影、黒鉛 1,000°



第 13 圖
焙燒と接觸劑の比較



第 14 圖
1:1:3 還元溫度 1,000 瓦斯 75cc/min
No.1 5% K_2CO_3 + 砂鐵
No.2 1.0% " " "
No.3 燒 鑛 (1,000°-120')
No.4 0.1% K_2CO_3 + 砂鐵
No.5 生 鑛



第 2 表 油煙と Na_2CO_3 (第 1 圖 A)

久慈砂鐵 (65~80 眼) 5 gr 油煙 (-200 眼) 1,000°C N_2 100cc/分

接觸劑の炭素劑に對する分量(%)	還元時間	實驗値(gr)		計算値(gr)			還元率(%)
		CO_2	I_2O_5 に依つて酸化せられたる CO_2	CO	發生したる $CO+CO_2$ 中の全 O_2	接觸劑空試験値を引去りたる O_2	
2%	30 ^m	0.1913	1.2515	0.797	0.577	0.570	50.0
	45 ^m	0.2066	2.0230	1.288	0.869	0.852	74.7
5%	15 ^m	0.1293	1.7035	1.085	0.670	0.627	55.0
	30 ^m	0.1255	2.1385	1.362	0.825	0.782	68.6
	1 ^h	0.1128	2.6315	1.039	0.996	0.953	83.6
	2 ^h 15 ^m	0.1548	2.8612	1.821	1.110	1.067	93.6
20%	15 ^m	0.122)	2.8100	1.642	0.854	0.681	59.7
	30 ^m	0.1353	3.1000	1.973	1.052	0.879	77.1

第 3 表 油煙と CaO , $CaCO_3$ 曹達石灰 (第 1 圖 B)

久慈砂鐵 (65~80 眼) 5 gr 油煙 (-200 眼) 2 gr (又は 5 gr). 1,000°C. N_2 100cc/min

炭素劑	接觸劑	還元時間	實驗値(gr)		計算値(gr)			還元率(%)
			CO_2	I_2O_5 によつて酸化せられたる CO_2	CO	發生したる $CO+CO_2$ 中の全 O_2	接觸劑空試験値を引去りたる O_2	
2 gr	5% CaO	1 ^h	0.1015	1.3175	0.839	0.553		48.6
		1 ^h 30 ^m	0.1727	1.8185	1.157	0.787		69.8
		2 ^h	0.2050	2.0340	1.295	0.889		79.8
"	20% CaO	50 ^m	0.1405	1.5390	0.980	0.662		58.1
		1 ^h 30 ^m	0.2313	1.9510	1.242	0.878		77.1
		2 ^h	0.2225	2.1180	1.348	0.932		81.8
"	50% CaO	45 ^m	0.1562	1.5689	0.998	0.684		60.0
		1 ^h	0.204)	1.6280	1.036	0.741		65.0
		1 ^h 30 ^m	0.2402	1.9878	1.294	0.915		80.3
		2 ^h	0.1540	2.3005	1.464	0.992		87.0
"	5% $CaCO_3$	45 ^m	0.2596	1.4635	0.930	0.343	0.654	57.4
		1 ^h 30 ^m	0.2210	1.9932	1.268	0.428	0.824	72.3
		2 ^h 15 ^m	0.3155	2.1820	1.399	0.495	0.958	84.0
1.5 gr	20% 曹達石灰	45 ^m	0.1750	1.5620	0.994	0.696		61.1
		1 ^h	0.1530	1.7740	1.129	0.757		66.4
		1 ^h 30 ^m	0.2325	2.0500	1.305	0.915		80.3
1.5 gr	5% CaO	45 ^m	0.687	0.8282	0.527	0.351		30.8
		1 ^h 30 ^m	0.1836	1.3169	0.838	0.612		53.7
		2 ^h 30 ^m	0.2091	1.6865	1.073	0.765		67.1

第 4 表 油煙と各種アルカリ、土アルカリ鹽 (第 2 圖 A)

久慈砂鐵 (65~80 眼) 5 gr. 油煙 (-200 眼) 2 gr. 1,000°C. N_2 100cc/分.

接觸劑	還元時間	實驗値(gr)		計算値(gr)			還元率(%)
		CO_2	I_2O_5 に依つて酸化せられたる CO_2	CO	發生したる $CO+CO_2$ 中の全 O_2	接觸劑空試験値を引去りたる O_2	
5% K_2CO_3	15 ^m	0.3382	1.7515	1.115	0.853	0.823	72.2
	45 ^m	0.2967	2.0790	1.321	0.942	0.912	80.0
	1 ^h	0.3794	2.2468	1.423	1.063	1.033	90.6
5% Li_2CO_3	15 ^m	0.0255	1.3150	0.8369	0.437	0.394	34.6
	30 ^m	0.0545	2.0625	1.313	0.730	0.687	60.3

5% SrCO ₃	30 ^m	0.1136	1.4294	0.916	0.572	0.541	47.5
	45 ^m	0.1165	1.7527	1.115	0.691	0.660	57.9
	1 ^h 30 ^m	0.1324	2.6021	1.618	1.011	0.980	86.0
	2 ^h	0.1355	2.7939	1.819	1.084	1.053	92.4
5% BaCO ₃	45 ^m	0.1263	1.1911	0.758	0.520	0.505	44.3
	1 ^h 30 ^m	0.2036	1.6567	1.054	0.735	0.720	63.2
5% MgCO ₃	45 ^m	0.1324	0.0826	0.434	0.343	0.304	26.7
	2 ^h	0.2324	1.2620	0.803	0.628	0.589	51.7

第 5 表 油煙の半成骸炭及び木炭灰の混合 (第 2 圖 B)

久慈砂鐵 (65~80 眼) 5 gr. 油煙(-200 眼) 2 gr. 1,000°C. N₂ 100cc/分

接觸劑	ash の量	還元時間	實測値 (gr)		計算値 (gr)		還元率 (%)
			CO ₂	I ₂ O ₅ に依つて酸化せられたる CO ₂	CO	發生したる CO+CO ₂ 中の全 O ₂	
Semi-coke ash HCl にて treat せず	1 gr (50%)	45 ^m	0.1630	0.6389	0.407	0.351	30.8
		2 ^h	0.2805	1.1783	0.750	0.635	55.7
		3 ^h 15 ^m	0.3135	1.4229	0.905	0.746	65.5
" " "	0.6 gr (30%)	1 ^h 15 ^m	0.1899	0.7418	0.472	0.408	35.8
		2 ^h 15 ^m	0.2287	1.2170	0.774	0.607	53.2
		3 ^h 30 ^m	0.2600	1.5323	0.975	0.746	65.4
" " "	0.2 gr (10%)	1 ^h	0.1646	0.6775	0.431	0.366	32.1
		2 ^h	0.2316	1.1669	0.743	0.592	51.9
		3 ^h	0.2250	1.7695	1.126	0.807	70.8
" HCl にて treat せしもの	1 gr (50%)	1 ^h 15 ^m	0.0986	0.8427	0.536	0.376	33.0
		2 ^h 15 ^m	0.2147	0.9913	0.634	0.515	45.2
		3 ^h	0.1898	1.3819	0.859	0.629	55.2
" " "	0.6 gr (30%)	1 ^h	0.0801	0.7076	0.440	0.309	27.1
		2 ^h	0.2118	1.0606	0.675	0.514	45.1
		3 ^h	0.1823	1.4855	0.945	0.673	59.0
" " "	0.2 gr (10%)	1 ^h	0.1073	0.6978	0.444	0.329	28.9
		2 ^h	0.1712	1.1301	0.719	0.536	47.0
		3 ^h	0.2104	1.7311	1.102	0.782	68.6
Charcoal ash "	0.6 gr (30%)	30 ^m	0.2611	1.3257	1.162	0.853	74.8
		1 ^h	0.2300	2.8820	1.520	1.035	90.8
		1 ^h 30 ^m	0.2032	2.7293	1.737	1.118	95.8
Charcoal ash "	0.2 gr (10%)	30 ^m	0.1835	1.3026	0.829	0.607	53.3
		1 ^h	0.2820	1.9372	1.233	0.911	80.0
		2 ^h	0.3151	2.1985	1.400	1.029	90.3

第 6 表 半成骸炭と CaO, CaCO₃ (第 3 圖 A)久慈砂鐵 (65~80 眼) 5 gr. 半成骸炭 (-200 眼) 2 gr. 1,000°C. N₂ 100cc/分

接觸劑	還元時間	實驗値 (gr)		計算値 (gr)			還元率 (%)
		CO ₂	I ₂ O ₅ に依つて酸化せられたる CO ₂	CO	發生したる CO+CO ₂ 中の全 O ₂	接觸劑空試験値を引去りたる O ₂	
5% CaO	45 ^m	0.2793	1.5453	0.983	0.765		67.1
	1 ^h 30 ^m	0.2476	2.2836	1.453	1.010		88.6
20% CaO	30 ^m	0.2750	1.7790	1.132	0.920		80.7
	1 ^h 30 ^m	0.2367	2.2875	1.456	1.004		88.1
5% CaCO ₃	45 ^m	0.2997	2.5601	1.629	1.145		100.3
	1 ^h 30 ^m	0.3140	1.6375	1.043	0.822	0.790	69.3
20% CaCO ₃	45 ^m	0.3426	2.0050	1.337	1.013	0.981	83.3
	30 ^m	0.4280	1.7865	1.137	1.143	0.822	72.1
20% CaCO ₃	1 ^h	0.4268	2.5751	1.639	1.437	1.116	97.9
	2 ^h 30 ^m	0.4205	2.6290	1.673	1.454	1.133	99.4

第 7 表 半成炭又は炭と種々の配合接觸劑 (第 3 圖 B)

久慈砂鐵 (65~80 眼) 炭素劑 (-200 眼) 2 gr. 1,000°C. N_2 100 cc/分

炭素劑	接觸劑	還元時間	實測値 (gr)		計算値 (gr)			還元率 (%)
			CO_2	I_2O_5 に依 て酸化せら れたる CO_2	CO	発生したる $CO+CO_2$ 中の全 O_2	接觸劑空試 驗値を引去 りた O_2	
Semi-coke	10% Charcoal ash	15 ^m	0.2415	0.9779	0.622	0.531		46.6
		45 ^m	0.3628	1.7746	1.210	0.956		83.9
		1 ^h 30 ^m	0.4370	2.0792	1.323	1.074		94.2
"	5% Na_2CO_3	30 ^m	0.2940	1.8245	1.161	0.834	0.791	69.4
		1 ^h	0.3734	2.2970	1.462	1.064	1.021	89.6
		2 ^h	0.3270	2.6560	1.690	1.161	1.118	98.1
"	20% $CaCO_3$ +5% Na_2CO_3 +5% K_2CO_3	30 ^m	0.4216	2.0532	1.307	0.878	0.704	61.8
		1 ^h	0.3978	2.8232	1.996	1.144	1.072	94.0
		30 ^m	0.4112	1.5930	0.999	0.714	0.556	48.8
"	20% Charcoal ash	30 ^m	0.3930	2.2664	1.442	1.110		97.4
		1 ^h	0.3143	2.6386	1.679	1.189		104.3
Coke	10% Charcoal ash	1 ^h	0.2648	0.7056	0.449	0.449		39.4
		2 ^h 30 ^m	0.4474	1.5621	0.994	0.894		78.4
		3 ^h 30 ^m	0.4696	1.7629	1.122	0.989		86.8
		4 ^h 30 ^m	0.3968	1.8884	1.202	0.975		85.5

第 8 表 2 種の接觸劑混合の影響 (第 4 圖)

久慈砂鐵 (65~80 眼) 5 gr. 半成炭 (-200 眼) 2 gr. 溫度 950°C. N_2 0 cc/min

A $CaO+K_2CO_3$

混合接觸劑 の量 (%) 及び種類	還元時間	實測値 (gr)		計算値 (gr)			還元率 (%)
		CO_2	I_2O_5 に依 て酸化せられ たる CO_2	CO	発生したる $CO+CO_2$ 中の全 O_2	接觸劑の空 試験値を除 いた O_2	
1% K_2CO_3	45 ^m	0.3365	0.9441	0.601	0.588	0.582	51.1
	1 ^h 30 ^m	0.3964	1.5591	0.992	0.855	0.849	74.6
2.5% K_2CO_3	30 ^m	0.2983	0.9781	0.621	0.572	0.557	48.9
	1 ^h	0.3688	1.4140	0.900	0.782	0.767	67.3
10% $CaO+1%$ K_2CO_3	30 ^m	0.3114	1.1102	0.706	0.631	0.625	54.8
	1 ^h	0.3705	1.5455	0.983	0.831	0.825	72.4
10% $CaO+2.5%$ K_2CO_3	30 ^m	0.3714	1.5701	0.872	0.765	0.753	66.1
	1 ^h	0.4141	1.9403	1.236	1.007	0.992	87.0

B $CaO+Na_2CO_3$

1.5% Na_2CO_3	30 ^m	0.2297	0.6158	0.391	0.391	0.378	33.2
	1 ^h	0.3454	1.0442	0.664	0.631	0.618	54.2
10% $CaO+1.5%$ Na_2CO_3	30 ^m	0.2421	0.8184	0.521	0.489	0.476	41.8
	40 ^m	0.3620	1.5664	0.997	0.833	0.820	71.9
	1 ^h	0.3528	1.1202	0.713	0.664	0.651	57.1

C. $CaO+MgO$

混合接觸劑 の量 (%) 及び種類	還元時間	$CaO+LiCO_3$		計算値 (gr)			還元率 (%)
		CO_2	I_2O_5 に依 て酸化せられ たる CO_2	CO	発生したる $CO+CO_2$ 中の全 O_2	接觸劑の空 試験値を除 いた O_2	
10% $CaO+10%$ MgO	30 ^m	0.2222	0.7265	0.462	0.426		37.4
	1 ^h	0.2882	1.0096	0.642	0.577		50.6
10% $CaO+1.5%$ $LiCO_3$	1 ^h	0.3876	1.4812	0.943	0.821	0.808	70.9

D $CaO+SrCO_3$

1.5% $SrCO_3$	35 ^m	0.2612	0.8650	0.550	0.504	0.495	43.4
	1 ^h 05 ^m	0.3690	1.3185	0.839	0.747	0.738	64.7
10% $CaO+SrCO_3$ 1.5%	30 ^m	0.2740	0.9579	0.610	0.547	0.538	47.2
	1 ^h 15 ^m	0.3882	1.4957	0.946	0.822	0.813	71.3

第 9 表 2 種の接觸劑混合の影響 (5 圖)

久慈砂鐵 (65~80 眼) 5 gr. 黒鉛 (-200 眼) 2 gr. 温度 1,000°C. N_2 0 cc/min

混合接觸劑 の量(%) 及び種類	還元時間	實測値(gr)		計算値(gr)			還元率 (%)
		CO_2	I_2O_5 に依つて酸化せられたる CO_2	CO	発生せし $CO+CO_2$ 中の全 O_2	接觸劑の空試験値を除いた CO_2	
接觸劑なし	{ 1 ^h 2 ^h	0.2558 0.3958	0.4080 0.8887	0.260 0.566	0.334 0.611		29.3 53.6
A $CaO+K_2CO_3$							
10% CaO	{ 1 ^h 2 ^h	0.3156 0.4008	0.9335 1.5029	0.594 0.956	0.569 0.838		49.9 73.5
5% K_2CO_3	{ 45 ^m 1 ^h 45 ^m	0.4639 0.4626	1.2267 2.2386	0.779 1.424	0.782 1.140	0.752 1.110	66.0 86.6
10% $CaO+5%$ K_2CO_3	{ 45 ^m 2 ^h	0.3418 0.4636	0.8923 1.4419	0.568 0.917	0.573 0.861	0.543 0.831	47.6 72.9
B $CaO+Na_2CO_3$ $CaO+Soda-lime$							
5% Na_2CO_3	{ 45 ^m 1 ^h	0.3094 0.3560	1.4979 2.1884	0.953 1.394	0.770 1.055	0.727 1.012	63.8 88.8
10% $CaO+5%$ Na_2CO_3	{ 45 ^m 1 ^h 45 ^m	0.3445 0.4020	0.8902 1.5374	0.566 0.978	0.575 0.851	0.532 0.808	46.7 70.9
15% 遭達石灰	{ 1 ^h 2 ^h	0.3030 0.4730	1.1472 1.5047	0.730 0.958	0.637 0.891		55.9 79.2
C $CaO+SrCO_3$							
5% $SrCO_3$	{ 1 ^h 2 ^h	0.2945 0.4216	1.0723 1.6136	0.682 1.027	0.604 0.894	0.573 0.863	50.3 75.7
10% $CaO+5%$ $SrCO_3$	{ 1 ^h 2 ^h	0.2535 0.3840	0.6645 1.3536	0.423 0.861	0.426 0.771	0.395 0.740	34.7 64.9

第 10 表 2 種以上の接觸劑混合の影響 (第 6 圖)

久慈砂鐵(65~80 眼) 5 gr. 半成骸炭 (-200 眼) 2 gr. 還元温度 950°C. 還元時間 30min N_2 0 cc/min

接觸劑の量と種類		實測値(gr)		計算値 (gr)			還元率 (%)
CaO (%)	Na_2CO_3 (%)	CO_2	I_2O_5 に依つて酸化せられたる CO_2	CO	発生したる $CO+CO_2$ 中の全 O_2	接觸劑の空試験値を除いたる CO_2	
A $CaO+Ca_2CO_3$							
0	1.5	0.2297	0.6158	0.391	0.391	0.378	33.2
0	5	0.3072	1.1455	0.729	0.640	0.597	52.4
0	7.5	0.3110	1.6016	1.019	0.808	0.743	65.2
0	10	0.3324	1.9688	1.253	0.958	0.872	76.5
10	1.5	0.2621	0.8184	0.521	0.489	0.476	41.8
"	2.5	0.2654	1.0128	0.644	0.561	0.539	47.3
"	4	0.2866	1.1959	0.761	0.643	0.609	53.4
"	5	0.3141	1.2812	0.815	0.694	0.651	57.1
"	6	0.2750	1.4241	0.906	0.717	0.666	58.4
"	7.5	0.3009	1.5856	1.009	0.795	0.730	64.0
"	10	0.3605	1.9227	1.218	0.961	0.875	76.7
B $Na_2CO_3+K_2CO_3$							
Na_2CO_3 (%)	K_2CO_3 (%)						
2.5	1	0.2775	0.8164	0.520	0.499	0.471	41.3
"	2.5	0.3008	1.1666	0.742	0.643	0.606	53.2
"	4	0.3052	1.3802	0.878	0.724	0.678	59.5
5	2.5	0.3150	1.4020	0.892	0.739	0.681	59.7
"	5	0.3045	1.9494	1.240	0.930	0.857	75.2

G $CaO+SrCO_3$

CaO(%)	SrCO ₃ (%)						
0	5	0.2300	0.7195	0.458	0.429	0.398	34.9
0	10	0.2274	0.8338	0.531	0.468	0.406	35.6
10	1	0.2328	0.7872	0.501	0.455	0.449	39.4
"	2.5	0.2254	0.7650	0.487	0.442	0.426	37.4
"	3	0.2042	0.6662	0.425	0.391	0.372	32.6
"	5	0.2110	0.7223	0.460	0.416	0.385	33.8
"	7.5	0.1849	0.6930	0.441	0.387	0.340	29.8
"	10	0.2068	0.7997	0.509	0.441	0.379	32.4

D $CaO+K_2CO_3$

CaO(%)	K ₂ CO ₃ (%)						
5	0	0.2025	0.6886	0.436	0.397		34.8
10	"	0.2255	0.7048	0.449	0.420		36.8
0	2.5	0.2983	0.9781	0.621	0.572	0.557	48.9
"	5	0.3190	1.4279	0.888	0.739	0.709	62.2
"	10	0.3062	2.0496	1.304	0.968	0.908	79.7
10	1	0.3114	1.1102	0.706	0.631	0.625	54.8
"	2.5	0.3714	1.3701	0.872	0.768	0.753	66.1
"	4	0.3329	1.4137	0.900	0.756	0.732	64.1
"	5	0.3357	1.0503	0.796	0.697	0.667	58.5
"	6	0.3425	1.6012	1.019	0.831	0.795	69.7
"	7.5	0.3560	1.7701	1.126	0.903	0.858	75.3
"	10	0.3322	2.1003	1.336	1.006	0.946	83.0
7.5	"	0.3325	2.1942	1.396	1.040	0.980	86.0
5	"	0.3358	2.3022	1.465	1.081	1.021	89.6
2.5	"	0.3026	2.2877	1.456	1.052	0.992	87.0
1	"	0.2926	2.4538	1.562	1.105	1.045	91.7

E $CaO+Na_2CO_3+K_2CO_3$

CaO(%)	Na ₂ CO ₃ (%)	K ₂ CO ₃ (%)						
			0.3142	1.0484	0.667	0.619	0.594	52.1
10	2.5	6.5	0.2874	1.3894	0.858	0.757	0.671	58.9
"	"	1.5	0.3340	1.5649	0.996	0.812	0.775	68.0
"	"	2.5	0.3182	1.4902	0.948	0.773	0.721	63.3
"	5	1.5	0.3552	1.8722	1.191	0.939	0.878	77.0
"	"	3	0.2966	2.0350	1.295	0.956	0.883	77.5
"	"	5						

第 11 表 2 種の接觸劑混合の影響 (第 7 圖 A、B)

久慈砂鐵 (65~80 眼) 5 gr. (Na_2CO_3+CaO)、黒鉛 (-200 眼) 2 gr. 溫度 1,000°C N_2 0 cc/min

接觸劑の量及び種類		還元時間	實測値 (gr)		計算値 (gr)		還元率 (%)
CaO(%)	Na ₂ CO ₃ (%)		CO ₂	I ₂ O ₅ に依つて酸化されたる CO ₂	CO	發生したる CO+CO ₂ 中の全 O ₂	
5	0	45 ^m	0.2205	0.6526	0.415	0.397	34.0
0	10	30 ^m	0.3476	1.7141	1.091	0.876	69.3
		45 ^m	0.4158	2.0764	1.321	1.057	85.3
10	0.5	45 ^m	0.2774	0.8205	0.522	0.500	43.5
		1 ^h 45 ^m	0.3990	1.4704	0.936	0.825	82.1
10	1	45 ^m	0.3116	0.8464	0.539	0.535	46.2
		1 ^h 30 ^m	0.4500	1.5259	0.971	0.882	87.4
10	2	45 ^m	0.3171	0.9505	0.605	0.577	49.1
		1 ^h 30 ^m	0.3942	1.5959	1.016	0.867	85.0
10	3.5	45 ^m	0.3349	0.9992	0.636	0.607	50.6
		1 ^h 30 ^m	0.4629	1.5701	0.999	0.908	87.8
10	7.5	45 ^m	0.4172	1.5348	0.977	0.861	69.8
		1 ^h 30 ^m	0.4194	2.0860	1.328	1.063	99.8
10	10	45 ^m	0.3132	1.9725	1.255	0.929	84.3
		1 ^h 15 ^m	0.4093	2.1963	1.396	1.096	1.010
7.5	10	30 ^m	0.4800	1.6592	1.056	0.952	86.6
		45 ^m	0.3598	2.1375	1.360	1.039	0.953

5	10	{	30 ^m	0.4292	1.3969	0.889	0.820	0.734	64.4
		45 ^m	0.4700	1.9646	1.123	0.984	0.898	78.8	
2	10	{	30 ^m	0.4618	1.9444	1.237	1.035	0.949	83.6
		45 ^m	0.4340	2.2042	1.403	1.118	1.032	90.5	
2	10	{	30 ^m	0.4235	2.0500	1.305	1.053	0.967	84.8
		45 ^m	0.4140	2.3638	1.504	1.160	1.074	94.2	

第 12 表 温度の影響 (CaO) (第8圖 A)

久慈砂鐵 (28~48 眼) 5 gr. 半成骸炭 (-200 眼) 2 gr. CaO 0.4 gr. N₂ 0 cc/min

温度	還元時間	實測値(gr)		計算値(gr)		還元率 (%)
		CO ₂	I ₂ O ₅ に依つて酸化せられたる CO ₂	CO	発生したる CO+CO ₂ 中の全 O ₂	
1,050°	{	0.2243	2.3820	1.516	1.029	96.3
	15 ^m	0.1832	2.7161	1.728	1.121	104.9
	30 ^m	0.1881	2.7390	1.742	1.133	106.0
1,000°	{	0.2978	2.3490	1.495	1.066	99.8
	30 ^m	0.2805	2.5600	1.629	1.135	106.2
	1 ^h 30 ^m	0.2875	2.5568	1.627	1.139	106.6
950°	{	0.2691	1.9036	1.211	0.880	82.4
	1 ^h	0.3569	2.2478	1.398	1.059	99.1
	2 ^h	0.3573	2.2976	1.463	1.095	102.5
900°	{	0.2754	0.7881	0.502	0.487	45.6
	1 ^h	0.2424	1.2649	0.805	0.036	59.5
	2 ^h	0.2960	1.3838	0.881	0.718	67.2
800°	{	0.0305	0.0766	0.049	0.050	4.7
	1 ^h	0.0390	0.1041	0.066	0.066	6.2
	2 ^h	0.0652	0.1170	0.074	0.088	8.2

第 13 表 温度の影響 (Na₂CO₃) (第8圖 B)

久慈砂鐵 (65~80 眼) 5 gr. 半成骸炭 (-200 眼) 2 gr. N₂ 0 cc/min. Na₂CO₃ 0.2 gr.

還元温度	還元時間	實測値(gr)		計算値(gr)		還元率 (%)	
		CO ₂	I ₂ O ₅ に依つて酸化せられたる CO ₂	CO	発生せる CO+CO ₂ 中の全 O ₂ (a)		接觸劑の空試験値を除いた CO ₂
900°	{	0.2848	1.0985	0.699	0.606	0.520	45.6
	45 ^m	0.4115	1.4432	0.918	0.824	0.738	64.8
950°	{	0.2846	2.1212	1.350	0.978	0.892	78.2
	45 ^m	0.3617	2.2146	1.409	1.068	0.982	86.2
1,000°	{	0.3170	2.0866	1.328	1.000	0.914	80.2
	30 ^m	0.3348	2.3958	1.525	1.115	1.029	90.3

第 15 表 (第 9 圖)

氣仙沼砂鐵 (65~80 眼) 10 gr. 半成骸炭 4 gr. 温度 1,000°C. N₂ 100cc/min

接觸劑	還元時間	實測値(gr)		計算値(gr)		還元率 (%)	
		CO ₂	I ₂ O ₅ に依つて酸化せられたる CO ₂	CO	発生したる CO+CO ₂ 中の全 O ₂		接觸劑の空試験値を除いた CO ₂
20% CaCO ₃	{	0.1162	1.0275	0.654	0.459	36.4	
	1 ^h	0.1385	1.7355	1.104	0.732	58.0	
	2 ^h	0.1733	2.2970	1.462	0.961	76.1	
	3 ^h	0.3950	2.2355	1.423	0.844	46.6	
	2 ^h 45 ^m	0.3980	3.2183	2.054	1.203	0.947	75.0
	2 ^h 30 ^m	0.4225	3.5007	2.228	1.321	1.065	84.3
	4 ^h	0.4236	3.4795	2.215	1.317	1.061	84.0

第 16 表 CaO の混合の仕方影響 (第10圖 A)

A 久慈砂鐵 (20~48 眼) 5 gr. 半成骸炭 (-200 眼) 2 gr.

備考	還元温度	還元時間	實測値(gr)		計算値(gr)		還元率 (%)
			CO ₂	I ₂ O ₅ に依つて酸化せられた CO ₂	CO	発生したる CO+CO ₂ 中の全 O ₂	
(a) CaO を塊のまま上層におく場合	1,000°C	30 ^m	0.0860	1.3524	0.361	0.700	65.5
		1 ^h	0.3515	1.7850	1.136	0.905	84.7
(b) CaO を中間に 1 層とせる場合	"	30 ^m	0.2929	1.4463	0.920	0.737	69.1
		1 ^h	0.3602	1.9387	1.234	0.967	90.5
(c) 混合せる場合	"	30 ^m	0.2978	2.3490	1.495	1.071	100.2
		1 ^h	0.2805	2.5600	1.629	1.135	106.2

B 久慈砂鐵(65~80 眼) 5 gr. 半成骸炭(-200 眼) 2 gr. N₂ 0 cc/min. CaO=0.2 gr.

備考	還元温度	還元時間	實測値(gr)		計算値(gr)		還元率 (%)
			CO ₂	I ₂ O ₅ に依つて酸化せられたる CO ₂	CO	発生したる CO+CO ₂ 中の全 O ₂	
CaO を其の儘混合した 場合	1,000°	30 ^m	0.3163	1.6289	1.036	0.822	72.1
		1 ^h	0.3107	2.3097	1.471	1.066	93.5
	950°	30 ^m	0.2255	0.7048	0.449	0.420	36.8
		40 ^m 1 ^h 15 ^m	0.2093 0.3110	0.9572 1.4532	0.609 0.925	0.500 0.754	43.9 66.1
石灰乳を砂鐵及び炭素材 と混合してこれを乾燥し た場合	1,000°	30 ^m	0.2652	1.8436	1.173	0.863	75.7
		1 ^h	0.3022	2.3980	1.526	1.091	95.7
	950°	30 ^m	0.2031	0.8703	0.554	0.464	40.7
		1 ^h 1 ^h 15 ^m	0.2257 0.2956	1.1155 1.7577	0.710 1.118	0.570 0.854	50.0 75.0

C 久慈砂鐵 (65~80 眼) 5 gr. 半成骸炭 (-200 眼) 2 gr. 還元温度 950°C. N₂=0cc/min. Na₂CO₃=0.2 gr.

備考	還元時間	實測値(gr)		計算値(gr)			還元率 (%)
		CO ₂	I ₂ O ₅ に依つて酸化せられたる CO ₂	CO	発生したる CO+CO ₂ 中の全 O ₂	接觸劑の空試験値を除いた CO ₂	
a) Na ₂ CO ₃ を上層に敷いた場合	45 ^m	0.3855	1.1048	0.706	0.684	0.598	52.5
	1 ^h 15 ^m	0.4180	1.5840	1.008	0.880	0.794	70.0
b) Na ₂ CO ₃ を下層に敷いた場合	45 ^m	0.3693	1.1227	0.714	0.677	0.591	51.9
c) Na ₂ CO ₃ を中間層に敷いた場合	45 ^m	0.4023	1.4428	0.918	0.818	0.732	64.2
	1 ^h 15 ^m	0.4323	1.8767	1.194	0.996	0.910	79.8
d) Na ₂ CO ₃ の溶液を砂鐵及び炭素材を乾燥した場合	45 ^m	0.3939	1.9235	1.224	0.986	0.900	79.0
	1 ^h 15 ^m	0.3238	2.2708	1.445	1.061	0.975	85.5
e) Na ₂ CO ₃ を固態の儘混じた場合	45 ^m	0.2346	2.1212	1.350	0.978	0.892	78.2
	1 ^h 15 ^m	0.3617	2.2146	1.409	1.068	0.982	86.1

第 17 表 混合の仕方を變へ、炭素材を變へた場合

久慈砂鐵 (65~80 眼) 5 gr. 炭素(-200 眼) 2 gr. $N_2 = 0$ cc/min表中 (a) Na_2CO_3 を固態のまま砂鐵及び炭素材と混合す(b) Na_2CO_3 を溶液として砂鐵と混合す(c) Na_2CO_3 溶液として炭素と混合す

還元温度	還元時間	備考	實測値(gr)		計算値(gr)			還元率 (%)
			CO_2	I_2O_5 に依つて酸化せられたる CO_2	CO	發生したる $CO+CO_2$ 中の全 O_2	接觸劑の空試験値を除きたる O_2	
A 炭素材 半成骸炭								
1,000° ($Na_2CO_3 = 0.2$ gr)	30 ^m	a	0.3417	2.0866	1.328	1.000	0.914	80.2
		b	0.3660	2.0200	1.285	1.000	0.914	80.2
		c	0.3182	2.0759	1.321	0.986	0.900	79.0
	45 ^m	a	0.3348	2.3958	1.525	1.115	1.029	90.3
		b	0.4358	2.2306	1.420	1.128	1.042	91.4
		c	0.2790	2.5172	1.602	1.118	1.032	90.5
1,000° ($Na_2CO_3 = 0.08$ gr)	30 ^m	a	0.3271	1.7439	1.110	0.872	0.888	73.5
		c	0.3385	1.7509	1.114	0.883	0.849	74.5
	1 ^h	a	0.3892	2.1141	1.345	1.052	1.018	89.2
		c	0.3116	2.2138	1.412	1.034	0.100	87.7
900° ($Na_2CO_3 = 0.2$ gr)	45 ^m	a	0.2848	1.0985	0.699	0.606	0.520	45.6
		b	0.3336	1.0081	0.641	0.610	0.524	46.0
		c	0.2869	1.0394	0.661	0.587	0.501	44.0
	1 ^h 30 ^m	a	0.4115	1.4432	0.918	0.824	0.738	64.8
b	0.4652	1.4976	0.953	0.883	0.797	69.9		
B 炭素材 = 油煙								
900° ($Na_2CO_3 = 0.1$ gr)	1 ^h	a	0.1720	1.0548	0.671	0.509	0.466	40.9
		c	0.1574	1.1328	0.721	0.527	0.483	42.4
	1 ^h 45 ^m	a	0.3480	1.5376	0.978	0.812	0.769	67.5
		c	0.2546	1.6996	1.082	0.803	0.760	66.7
C 炭素材に黒鉛								
1,000° ($Na_2CO_3 = 0.1$ gr)	30 ^m	a	0.2988	0.9882	0.629	0.576	0.533	46.8
		c	0.2396	1.0386	0.661	0.552	0.509	44.7
	1 ^h	a	0.5214	1.6625	1.058	0.983	0.940	82.5
		c	0.4702	1.8592	1.174	1.013	0.970	85.1

第 18 表 石灰石の大きさの影響 (第 11 圖)

久慈砂鐵 (20~48 眼) 5 gr. 半成骸炭 (-200 眼) 2 gr. 後藤寺石灰石 0.4 gr. 1,000°C. $N_2 = 0$ cc/min

石灰石 (眼)	還元時間	實測値 (gr)		計算値 (gr)			還元率 (%)
		CO_2	I_2O_5 に依つて酸化せられたる CO_2	CO	發生したる $CO+CO_2$ 中の全 O_2	石灰石空試験値を除いたる O_2 a-0.1282	
8~10	30 ^m	0.4284	1.0970	0.098	0.711	0.582	54.51
	1 ^h 40 ^m	0.5169	1.9204	1.222	1.074	0.946	88.54
	2 ^h 30 ^m	0.4776	2.3204	1.476	1.191	1.629	99.48
45~65	45 ^m	0.4723	1.6586	1.056	0.946	0.818	76.58
	1 ^h 45 ^m	0.5425	2.1628	1.376	1.181	1.053	98.56
	2 ^h 45 ^m	0.5480	2.3488	1.495	1.253	1.125	105.20
-200	30 ^m	0.4316	1.7019	1.083	0.933	0.805	75.30
	1 ^h 20 ^m	0.4836	2.4146	1.537	1.230	1.102	103.10
	2 ^h	0.4600	2.4566	1.563	1.230	1.101	103.00
	45 ^m	0.3606	1.2727	0.810	0.725		67.86
	1 ^h 35 ^m	0.3946	1.8386	1.170	0.856		80.07
	2 ^h 45 ^m	0.4445	1.6361	1.041	0.918		85.93

第 19 表 (第 12 圖 A)

厚板滓 5 gr. 半成骸炭 (-200 眼) 2 gr. 後藤寺石灰石 (-200 眼) 4 gr. 1,000°C. N₂ 0 cc/min

鑛粒 大小 (眼)	還元時間	實測値(gr)			計算値(gr)		還元率(%)
		CO ₂	I ₂ O ₅ に依つて酸化せられたる CO ₂	CO	發生したる CO ₂ +CO 中の全 O ₂	接觸劑の空 試驗値を除きたる O ₂	
6~8	1 ^h	0.1855	1.1170	0.859	0.626		50.2
	2 ^h	0.2454	1.8344	1.168	0.846		67.8
	2 ^h 35 ^m	0.2975	1.9831	1.262	0.948		76.0
	3 ^h	0.2904	2.2119	1.408	1.016		81.5
	50 ^m	0.3178	1.3502	0.859	0.722	0.594	47.7
	1 ^h 30 ^m	0.3212	1.9271	1.226	0.934	0.806	64.7
	2 ^h 30 ^m	0.3811	2.4806	1.579	1.180	1.051	84.4
14~20	45 ^m	0.2146	1.0977	0.699	0.555		44.6
	1 ^h 45 ^m	0.3180	1.7558	1.117	0.870		69.8
	2 ^h 45 ^m	0.3650	2.0398	1.298	1.007		80.8
	30 ^m	0.2668	0.9814	0.625	0.551	0.423	33.9
	1 ^h 15 ^m	0.3119	2.0722	1.319	0.980	0.852	68.4
	1 ^h 45 ^m	0.4446	2.3518	1.497	1.179	1.050	84.3
	50 ^m	0.3222	1.3590	0.865	0.729		58.5
48~90	1 ^h 30 ^m	0.3688	1.7672	1.125	0.911		73.1
	1 ^h 45 ^m	0.3813	1.8576	1.182	0.953		76.5
	2 ^h 30 ^m	0.4079	2.9760	1.334	1.059		85.0
	15 ^m	0.3116	1.8513	1.178	0.900	0.772	61.9
	1 ^h	0.4424	2.5360	1.614	1.243	1.115	89.4
	1 ^h 30 ^m	0.5336	2.5861	1.645	1.328	1.200	96.3
	45 ^m	0.4153	1.6534	1.052	0.903		72.5
-200	1 ^h 30 ^m	0.4422	2.4121	1.535	1.199		96.2
	2 ^h 15 ^m	0.4714	2.5405	1.616	1.366		101.6
	15 ^m	0.6357	1.3062	0.851	0.937	0.809	63.5
	30 ^m	0.8110	1.9538	1.243	1.300	1.172	94.1
	1 ^h	0.7506	2.2300	1.420	1.357	1.228	98.6

第 20 表 CaO の鑛石の大きさに及ぼす影響 (第 12 圖 B)

釜石(佐比内) 磁鐵鑛 5 gr. 半成骸炭 (-200 眼) 2 gr. 1,000°C N₂ 0 cc/min

粒の 大小 (眼)	CaO	還元時間	實測値(gr)		計算値(gr)		還元率 (%)
			CO ₂	I ₂ O ₅ に依つて酸化せられたる CO ₂	CO	發生したる CO+CO ₂ 中の全 O ₂	
14~20	0.4 gr	30 ^m	0.3439	2.3528	1.497	1.105	93.8
		45 ^m	0.3504	2.4690	1.571	1.153	97.9
		30 ^m	0.4825	1.2603	0.802	0.809	68.7
		1 ^h	0.4675	1.9484	1.240	1.049	89.0
8~10	0.9 gr	30 ^m	0.2583	2.2452	1.429	1.004	84.0
		1 ^h	0.2861	2.5963	1.652	1.152	96.1
		30 ^m	0.3677	1.1627	0.740	0.690	57.7
		1 ^h	0.4325	1.8380	1.170	0.988	82.2
		1 ^h 30 ^m	0.5337	2.1897	1.393	1.178	96.3

第 21 表 焙燒せるものに接觸劑を加へたる影響 (第 13 圖)

久慈砂鐵 (65~80 眼) 5 gr. 半成骸炭 (-200 眼) 2 gr. CaCO₃ 0.4 gr 1,000°C. N₂ 100cc/min.

焙燒 溫度	焙燒 時間	還元時間	實測値(gr)			計算値(gr)		還元率 (%)
			CO ₂	I ₂ O ₅ に依つて酸化せられたる CO ₂	CO	發生したる CO+CO ₂ 中の全 O ₂	接觸劑の空 試驗値を除いたる CO ₂	
1,000°	2 ^h	30 ^m	0.6185	1.8357	1.168	1.117	0.989	78.8
		1 ^h	0.7283	2.2349	1.454	1.361	1.233	98.3
		1 ^h 45 ^m	0.6790	2.5235	1.606	1.412	1.284	102.3
		30 ^m	0.4625	1.9915	1.267	1.060	0.932	75.5
"	1	1 ^h	0.4020	2.5470	1.620	1.218	1.090	88.3
		2 ^h	0.5010	2.7185	1.730	1.352	1.224	99.1
800°	"	45 ^m	0.5214	2.2035	1.402	1.180	1.052	89.5
		1 ^h	0.4524	2.4128	1.536	1.207	1.079	91.8