

gas producers by J. K. Clement, L. H. Adams and C. N. Haskins, 1909.  
 Bulletin No. 30. Tests of a suction gas producer, by C. M. Carland and  
 A. P. Kratz, 1911.

R. Fernald; Operating Details of gas producers. U. S. Bureau of Mines

Bull. 109 (1916)  
 Clements, Adams and Haskins;  
 Essential Factors in the Formation of producer gas U. S. Bureau of  
 Mines, Bull. No. 7. 1911. (完)

## 低磷銑の電氣製煉に就て

久能寅夫  
 稻川四郎

低磷銑の電氣製煉と云ふことは兵器の獨立上可成重大な問  
 題では迄幾多の研究或は試験が繰り返された事と思ひますが  
 それにも拘らず其詳細を發表されたものが餘り見當らないの  
 は甚だ遺憾に思ふ所であります。茲に私共の試みしました二三  
 の試験の結果を纏めて今後本問題に就て研究せんとせらるる  
 諸君の御參考に供したいと思ふのであります。

### 低磷銑の規格

近頃折々新聞紙上などで低磷銑とか又は純鐵とか云ふ文字  
 を見受ける様になりましたが此の低磷銑なる文字の意味が甚  
 だ明瞭を缺いて居る、或人は瑞典銑を直ちに低磷銑なりと解  
 譯し、又或所では磷分萬分の三以下と唯單に磷分の少いのを  
 低磷銑と定めたものもある、本邦で最も多量に低磷銑を使用せ  
 らるる海軍工廠では大約左表の如き成分を有する鼠銑を標準  
 とせらるゝ様に聞いて居る。

炭素 三・五% 硅素 〇・七——一・一

滿 俺 〇・三一〇・九 硫 黃 〇・〇一五以下  
 磷 〇・〇二五以下 銅 〇・〇三 以下

左表は本邦産並に外國産低磷銑の成分を擧げた者である。  
 (大倉鑛業山陽製鐵所報告より拔萃)

種別	成分%	全炭素	硅素	滿 俺	磷	硫 黃	銅
山陽純銑鐵	三〇〇以上	〇七〇以上	〇五以上	〇〇三五以下	〇〇五以下	〇〇五以下	痕 跡
特 一 號	三〇〇〇〃	〇七〇〃	〇五〃	〇〇三〇〃	〇〇一〇〃	〃	〃
特 二 號	三〇〇〇〃	〇七〇〃	〇五〃	〇〇三〇〃	〇〇一〇〃	〃	〃
特 三 號	三〇〇〇〃	〇七〇〃	〇五〃	〇〇三〇〃	〇〇一〇〃	〃	〃
木炭低磷銑	二六〇〃	〇七五	〇一三	〇〇一〇	〇〇一〇	〇〇一〇	〃
白 銑	二六〇〃	一四〇	〇七〇	〇〇四〇	〇〇一〇	〇〇一〇	〃
瑞 典 銑	三〇〇〃	〇七〇以上	〇三〇以上	〇〇三五以下	〇〇一五以下	〇〇三以下	〇〇三以下
英國優良ヘマタイ ト銑カンホースス ベシアル	三〇〇〃	三五〇〃	—	〇〇三五〃	〇〇一〇	—	—
カンホース 一號	四〇〇〃	一七五	〇五〃	〇〇三一	〇〇一〇	—	—
同 二 號	四〇〇〃	一七〇	〇五〃	〇〇三〇	〇〇一〇	—	—
同 三 號	四〇〇〃	一七〇	〇五〃	〇〇三〇	〇〇一〇	—	—
米國低磷銑 標準成分	—	一〇〇	—	〇〇三	〇〇一	—	—

シヤトーゲ	≧0.00以上	≧0.00	0.00	0.00	0.00	—
瑞典白銑	≧0.00	0.10	0.10	0.10	0.10	—
海軍規格	≧0.00以上	0.05以上	0.05以上	0.05以下	0.05以下	0.05以下

本表でも明白なる如く外國でも各其標準が異つて居る、又同じ瑞典銑と稱するものも種々あつて本邦に輸入せられて居るものには燐分が〇・〇五%位のものも珍くない、製鐵獎勵法中には低燐銑の規格として燐分萬分の四以下と云ふ限定を設けてあるが他の成分に就ては何等言及して無い。

私共の行つた試験製造では常に海軍規格を目標として研究を續けたのであります。

電氣爐による低燐銑の製造法に次の四方法がある。

- 一、屑鐵を精製するもの
- 二、鑛石より直接製造するもの
- 三、電爐により普通銑を造り更に之を精製するもの
- 四、平爐、轉爐等と連續作業によるもの

(一) 屑鐵を精製する方法

本方法は歐洲大戰中盛に利用せられた方法で大戰の開始と同時に瑞典銑の供給を遮斷せられた英佛兩國は兵器の製造上非常な窮地に陥り百方之が代用品に就て苦心した。丁度其頃(一九一五年)漸く實用の域に達した電氣爐に就て種々研究の結果各種の屑鐵を熔解精製する事により遂に其目的を達し得たのである、其方法の概要は成る可く上等の屑鐵を撰んで之を電氣製鋼爐に投入熔解した後を除硫、除燐作業を行ひ優良

な鋼下地を作り之に適當量の炭素、滿俺、硅素を添加して合成的に低燐銑を造るのである故に一名合成銑鐵とも云つて居る。

此方法は最も簡單な方法で使用電力も僅少で足り生産費も低廉であるけれども原料に屑鐵を使用するのが缺點である、電氣爐によれば燐硫黃の除去は殆んど完全に行はれるけれども銅分のみは如何ともする事が出来ない原料中の銅分は全部製品中に含有せらる(最近岡貞三氏は小坂鑛山に於て電氣爐を使用して銑鐵中の銅分を低下する方法に成功せられたとの事であるが不幸詳細を知るに至らない)。然るに前表にもある如く低燐銑中の銅分は萬分の三以下と限定されてあるから原料とする屑鐵中の銅分は又必然的に萬分の三以下でなければならぬ、現在我國の状態に於て銅分萬分の三以下の屑鐵を多量に且つ正確に供給し得るかは頗る疑問に屬し私は是迄の經驗から見ても恐らく不可能なりと思ふのである、我共が東京工業試験所分析課在勤中試みた各種の鋼又は銑鐵等の分析表並に大正六年以來引續き試みた電氣銑の試験結果から見ると屑鐵中の銅分は〇・〇四——〇・三%の間にある、屑鐵中の銅含有量が斯く多量であるのは鋼の原料たる銑鐵中(殊に本邦産のもの)に既に多量の銅分を含有して居る爲めでもあるが又屑鐵の取扱が不注意である爲め銅屑、砲金屑を混入して居るのが主なる原因である。外國製インゴットの切斷屑、造船所のポンチ屑等は含銅分僅かに〇・〇一%内外で立派に、低燐

銑の原料とする事が出来るけれども相當數量を纏める事が困難である。上述の如く本方法は原料の關係上獨立せる製銑法として經營するのは困難であるが屑鐵のある工場等で電氣鑄鋼の隙を利用して小仕掛の製造には頗る適當した方法である。精製に用ふる電爐は普通の電氣製鋼爐を利用するのである。電氣製鋼爐は其種類が甚だ多く各其特徴があるが精製用として近來多く用ひられる様になつたのはグリーブスエッチェル及エレクトロメタル等の爐底傳導式のものである。我國では造幣局及私共の工場(東信電氣株式會社小海工場)でグリーブス爐を使用して居ります。

私共が試験製造に使用したのはエルー式三噸爐及グリーブスエッチェル式三噸爐で、エルー式はT工學士の設計になるもの又グリーブス爐はアメリカン電爐築造株式會社の設計原圖に多少修正を加へ内地にて建造せるものである其の概要は

エルー式爐

樣式 三相廻轉爐  
寸法 八尺×八尺×四尺五寸  
容量 三噸 一二〇〇K.V.A.  
電壓 一次 三三〇〇  
二次 九〇

電極

六〇サイクル  
十四吋炭素電極三本を△形に排置す  
電極の調整はチェンブロックによる

廻轉裝置 チェンブロックによる  
ライニング 燒過ドロマイト  
グリーブスエッチェル式爐

樣式 三相廻轉爐  
寸法 九尺×七尺×六尺  
容量 三噸 一〇〇〇K.V.A.  
電壓 一次 三三〇〇  
二次 高 一一〇  
低 七八

二次電壓は高低二通りありスウキチにより自由に切替ゆ

電極 一〇吋黒鉛電極二本

調製は直流シヤントモーター

廻轉裝置 直流五馬力モーター

ライニング 燒マグネサイト

但し本爐は實際使用の際變壓器の都合上止むを得ず單相式とし容量も一噸三〇〇K.V.A.に縮少せり。

操業の概要

本方法に依る製造法は全く電氣製鋼法と同一で唯最後に加炭法を行つて鋼を銑に更へるのみである。電氣製鋼爐の操業法に於ては既に工學士青山長榮氏(電氣學會雜誌第三八四號)並に工學士荒木彬氏(同氏著電氣製鐵法)が發表されたるものと大同少異なれば此の所では唯操業中の經過に就て略記す。

午前十一時十分 原料投入始め

同 四十分 同 終り

十二時〇分 通電

三時十五分 熔解

同 二十分 第一回試料 スラグ播出

五時三十分 第二回試料 同

六時十分 第三回試料 同

六時五十分 第四回試料 同

七時三十分 第五回試料 同

加炭劑及脱硫鏝投入

八時三十分 第六回試料 脱酸劑投入

八時五十分 第七回試料

九時 出銑

酸化劑には適當の酸化鐵なかりし爲め砂鐵を磁撰せるものを石灰にて團鑛とせるものを用ふ。加炭劑は黒鉛及ピッチの混合物なり。

### 同上試料分析結果

#### 鐵の部

番號	成分	燐	炭素	硫黃	硅素	滿俺	銅	記 事
一	0.002	0.01	0.011	0.03	0.03	0.04		熔解下記
二	0.011	0.021						除燐ノ一
三	0.005	0.011						除燐ノ二
四	0.005	0.011						除燐ノ三
五	0.010	1.31	0.013					加炭

低燐銑の電氣製煉に就て

番號	成分	燐	硫黃	硅酸	アルミナ	酸化鐵	石灰	苦土	記事
六	0.002	三.52	0.011						
七	0.010	三.56	0.011	0.62	0.66	0.04			脱酸ノ後

#### スラグの部

本試験は電氣爐操業中の模様を知る爲め特に行へるものなる故實際の操業とは多少の相異あり。

本試験に使用せる鐵屑は全部手撰せるものにして少しも銅屑又は砲金屑を含有せず然るに分析結果にても明白なる如く銅分過多なり。精煉の経過より見れば鐵屑を原料とする場合には除燐は一回にて充分なり。

#### (一) 鑛石より直接に製造する方法

鑛石より直接に低燐銑を得んとする方法で最も理想に近いものである、然し此の方法は除硫又は除硫作用が完全でないため勢ひ原料も此等不純分の少い良鑛石を撰ばねばならぬ、普通銑鐵一噸に對して鑛石二噸を要するから銑鐵の燐分を〇・〇二五%以下に保つ爲めには鑛石中の燐分は〇・〇一二%以下でなければならぬ。尙此の外木炭、石灰石、電極等の燐分を考へに入れる時は更に一層此の限度を低下せしめなければならぬ。

本邦産鐵鑛石に就て見るに燐分の少きものは、

産地	鐵	硅酸	硫黄	燐	銅	記	事
赤谷鑛山 谷花	六七三	三〇八	〇〇六六	〇〇六六	〇〇二	赤	鐵鑛
仙人鑛山 不動	六五二	二五九	〇一八	〇〇五五	—	赤	鐵鑛
大日向鑛山 長野縣	六五五	二八〇	一六七六	〇二八	〇〇三三	磁	熔燒セルモノ
相木鑛山 //	六八七	三四〇	〇〇三六	〇〇三四	〇〇〇一	磁	鐵鑛
本溪湖 山陽製鐵	六九二	〇六六	〇〇一一	〇〇〇六	〇〇〇六	撰	鐵鑛團塊
秩父鑛山 高田商會	六四三	五七六	〇〇三	〇〇三六	〇〇〇三	磁	鐵鑛
蛇田	六五五	四四三	〇〇三	〇〇一四	〇〇〇四	沼	鐵鑛
大東 千葉縣	六三八	六八四	〇〇〇八	〇〇三二	〇〇〇一	砂	鐵鑛撰
釜石新山	六四三	四七七	一一二	〇〇三	〇〇一八	磁	鐵鑛
朝鮮屈山	六三六	七〇八	〇〇二	〇〇一	〇〇〇一	赤	鐵鑛
朝鮮安岳	五五六	二二二	〇〇三	〇〇三九	〇〇〇一	赤	鐵鑛
朝鮮載寧	四九	九八四	〇〇〇九	〇〇一	〇〇一	褐	鐵鑛

大體右表の如きもので此の中燐分〇・〇一二%以下のものは僅に赤谷、仙人、本溪湖の三種に過ぎない。私共の試験に於ても本溪湖の鑛石を使つて見たいと思ひましたが買入交渉が不調に終つたので止むを得ず大日向鑛石(燒鑛)を使用しました。

操作の大様

焙燒せる鑛石に對し二七—三〇%の木炭と適當量の石灰石を調合しカバーを有する低爐型三相五〇〇キロ爐に投入し三時間毎に一回抽出した。製品分析の結果燐分は大體良好で〇・〇三%内外なるも硫黄分不良なりし故に石灰石を増加し且つ操業の順序を變化して試験をした所が次の様な成分のものを得た。

成分	燐	硫黄	炭素	滿庵	硅素	銅
%	〇・〇一九	〇・〇〇九	三・九六	〇・三〇	一・〇五	〇・〇一一

本試験は八回之を行つた、右の分析表は其中の良成績のものである。試験の結果は可成不同で一概に良成績であると云へないけれども其結果から推定して見るに燐分〇・〇二%以下の鑛石を使つて熟練な職工をして操業させれば大體規格に合格する製品を得られる事と思ふ。

(二) 電爐により普通銑鐵を作り更に之を精製する方法  
鑛石とコークスから普通の白銑を造り更に之を精製するのである、方法として甚だ愚な様であるが鑛石は如何なる成分のものでも使へると木炭の代りにコークスを利用する事が出来ること云ふ事は良鑛と木炭に乏しい我國では研究に値する方法と考へたので専ら力を本方法の研究に注いだ。

鑛石から白銑の製造は全く第二法と同様である。

鑛石の還元を使用した電爐は低爐型固定爐にして一號二號の二爐を有す、第一號爐は八尺角正四角形にて基礎は赤煉瓦、上部は耐火煉瓦を以て築造し爐蓋を有せず。ライニングは炭素電極末をコールドタルにて練り固め固くスタンプせるもの、電極は十四吋炭素電極を△形に吊下く、容量五百キロ電壓六〇ボルトなり、第二號爐は七尺×十二尺の長方形にして下部は耐火煉瓦スラグ線以上及爐蓋は硅石煉瓦を用ふ。ライニングは最初マグネサイトを使用せるも後に素灰床に改めた電極は黒鉛製十吋のもの三本を一列に排置す、容量一〇〇〇キロ(實際使用したのは五百キロなり)電壓七四ボルトとした固定爐の操業法は頗る簡易にして一回二百貫乃至三百貫の

鑛石と此れに對應するコークス石灰石を調合し之を全部裝入し終りたる時湯を抜くのである、普通四時間毎に一回の割合である。使用鑛石は銅分 $0.01\%$ 以下であれば如何なる種類のものでも使用を妨げない試験的に燐分多きもの $(0.77\%)$ 又は硫黄分多きもの $(3.65\%)$ 等を使用せるも多少精製に手間取るのみで製品の品質には何等の差支へを認めない、又還元劑として木炭、塊コークス、(灰 $12\%$ )粉末コークス(灰分 $42\%$ )小玉コークス(灰分 $27\%$ )新木炭(亞炭乾溜殘物灰分 $10-17\%$ )等を試みたるに皆満足なる結果を得た、但し電力消費量は灰分の多少により甚だしい相違を示した。

白銑製造成績

(1) 使用鑛石 秋田縣大鰐産 赤鐵鑛

還元劑 木炭

噸當電力 $3270$ キロ時

分析結果

種別	成分	燐	硫黄	炭素	硅素	硅酸	鐵	銅
鑛石	白	$0.0980$	$0.035$	—	—	$5.0661$	$20.01$	—
白銑		$0.1550$	$0.022$	$2.672$	$3.0$	—	$0.015$	—

(2) 使用鑛石 長野縣大日向鐵山 含硫磁鐵鑛

本鑛石は多量の硫化鐵を含み甚しきものは硫黄分 $15\%$ に及ぶ、故に使用に先立ち一回又は二回の焙焼を行ふ鑛石に對し約 $8\%$ の燃料を消費す。

還元劑 木炭

噸當電力  $3450$  キロ時  
歩留り  $50.7\%$

分析結果

種別	成分	燐	硫黄	炭素	硅素	硅酸	鐵	銅
鑛石	白	$0.0181$	$0.67$	—	—	$2.8$	$67.5$	$0.008$
白銑		—	$1.0$ 以下	$0.16$	—	—	$0.018$	—

(3) 使用鑛石 第二回に同じ、

還元劑 コークス(灰分 $25\%$ )

噸當電力  $4095$ キロ時

歩留り  $48.0\%$

(4) 使用鑛石 埼玉縣秩父鐵山 含硫磁鐵鑛

本鑛石は硫化鐵並に硅石を夾雜する事多く撰鑛するを要す。

還元劑 新木炭(灰分 $15\%$ )

噸當電力  $3420$ キロ時

歩留り  $51.1\%$

(5) 使用鑛石 千葉縣大東産 砂鐵團塊

砂鐵を水撰し糊を以て固めたるもの。

還元劑 粉末コークス(灰分 $42\%$ )

噸當電力  $4830$ キロ時

歩留り  $45.1\%$

分析結果

種別	成分
白	銑 〇、〇四四 〇、〇二
	燐 一、八
	硫黃 〇、一三
	炭素 痕
	硅素 跡
	鐵 銅

(6) 使用鑛石 前回に同じ、粉狀砂鐵

還元劑 粉末コークス

噸當電力 四九八〇キロ時

歩留り 三七・六%

(7) 使用鑛石 群馬縣小坂鑛山 硬磁鐵鑛

本鑛石は甚だ硬くして破碎するに困難を感ず爐内にて溶解し難く電力消費大なり。燐硫黃等は多量なるも銅分少し。

還元劑 粉末コークス(灰分四二%)

噸當電力 四七六〇キロ時

歩留り 四三%

分析結果

種別	成分
鐵	石 〇、七七
白	銑 〇、一七 〇、〇五 一、二五
	燐 四、四五 六、八、九 〇、〇〇四
	硫黃 炭素 硅素 硅酸 鐵 銅

以上七種の結果は甚だ不同にて何等據り處なき如きも之は各試験方法を異にせると試験回数少なかつた結果にして(4)及(7)を除く他の五種は各十噸宛溶解したのに過ぎないから未だ充分ノーマルコンポジションに達しない内に既に原料が盡きて中止するため充分研究改良の餘地のなかつた爲めである。實驗第(4)及第(7)は約百噸宛を溶解した爲め稍實際

に近い結果を得た。

實驗第(4)は比較的良い鑛石と燃料を使つて良質の白銑を製造し同時に成る可く電力消耗を少くするを目的とする試験で他の電力會社より電力を購入して製造する場合の研究である。

實驗第(7)は之と反對に電力會社が自營する場合で不定時の過剩電力を一時的に且つ多量に消化するを目的とするもので電力の消費よりも安價なる鑛石及燃料を利用する事に重きを置いたのである。

實驗第(4)及第(7)施行の當時は冬期の湯水期に屬し電力に餘裕の少なかつたのと變壓器容量の關係上爐の全容量の半分以下の電力を使用したに過ぎなかつたため噸當り電力消費量に就て豫期の成績を擧げる事が出来なかつたけれども一爐千キロ以上を使用し得らるとすれば噸當り電力三、〇〇〇キロ時以下で連續作業し得る事は明かである、現に實驗第(4)の施行中電力供給充分なりし際には二、七一〇キロ時平均なる成績を示した。

白銑から低燐銑にする方法は全く第(一)方法と同一にして白銑を鐵屑の代りに用ふるに過ぎないから再び繰り返さず、唯鐵屑に比べて炭素を多量に含むが故に除燐作業が長時間を要するのみである、斯くして得たる試作品四十噸の平均及良劣の分析表は左表の如きもので前掲の規格に合格す可きものである。

種別 / 成分

良品	燐	硫黃	硅素	滿庵	炭素	銅
劣品	〇、〇〇九	〇、〇〇七	一、〇二〇	七〇	三、五九〇	〇、〇一〇
平均	〇、〇二九	〇、〇一五	〇、七八〇	〇、六五三	二、八〇〇	〇、二五五
	〇、〇一七	〇、〇二一	一、〇四〇	〇、六八三	三、五六〇	〇、二一

尙ほ固定爐から抽出した白銑を直ちに製鋼爐に注入し連続作業をなす時は白銑を再び熔解するに要する熱と時間を省略し得らる、故に甚だ利益であるが其の實行方法が一寸困難な點があるので目下種々試験中である。

(四)平爐轉爐等との連續操業方法

電氣製鋼爐で白銑又は鐵屑を精製する時に最も費用のかゝるのは電氣の消費とスタートから全電流が通り始めるまでに空費せられる時間とである、特に白銑を熔す場合に炭素を完全に除去する爲め多量の酸化劑を使用するから電極の消費が著しく多い。之等の不便を防ぐには平爐又は轉爐等で熔解し脱炭作用を終りたる熔鋼を電爐に装入すれば良いのである、然し此處に一つ面倒なのは鐵屑より精製する場合に述べた銅分の問題である、此の問題さへ解決出来れば此の方法が一層經濟的に操業出来るのである。

生産費に就て

第一方法に依る場合

本方法は多くは鑄鋼所に於て鑄型の準備が出来る間の時間を利用して製造する方法であるから其生産費を明確に區別し得ざるも今假りに一噸で一日三回熔解するものとして計算す

る、但し爐は自働調査器其他を完備せる正式のものとする。

原料費

鐵屑	一、一噸	六六、〇〇〇
石灰	〇、一	一、九〇〇
酸化鐵	〇、二	三、〇〇〇
加炭劑	〇、〇八	七、〇〇〇
脱酸劑	〇、〇三	九、〇〇〇

電極費

電極	〇、〇七	二二、〇〇〇
----	------	--------

導線

導線	二、〇〇〇
----	-------

電力費

電爐	一五〇〇 <small>キロ時</small>	三〇、〇〇〇
動力	五〇 <small>キロ時</small>	一、〇〇〇

作業費

職工賃金	七人	三、七〇〇
現場員給料	二人	二、〇〇〇
分析費		三、三〇〇
消耗費		一、〇〇〇
修繕費		五、〇〇〇
營業費		
利子		二、五〇〇
給料		三、〇〇〇



雜費 三、五〇〇  
合計 一六五、九〇〇

第二方法による場合

使用電力一、〇〇〇キロ、一日六噸生産とし電爐は甲乙二  
爐を交互使用す。

原料費		
鑛石	二、〇 <small>噸</small>	六〇、〇〇〇
木炭	〇、六	三七、〇〇〇
石灰石	〇、四	三、六〇〇
滿俺鑛		一、〇〇〇
電力費	三〇〇〇 <small>キロ時</small>	三〇、〇〇〇
電極費		二〇、〇〇〇
作業費		八、五〇〇
營業費		五、〇〇〇
合計		一六五、一〇〇

第三法の場合

本表は不定時電力の消化法として經營する時の計算で、使

電氣事業用鐵線に就て

用電力三、〇〇〇キロ、一日十噸生産とす。

原料費		
鑛石	二、二 <small>噸</small>	三〇、〇〇〇
コークス	〇、八	八、〇〇〇
石灰石	〇、五	四、五〇〇
石灰	〇、二	三、九〇〇
酸化鐵	〇、二五	七、五〇〇
加炭劑	〇、〇八	七、〇〇〇
脫酸劑	〇、〇三	九、〇〇〇
電力料	四五〇〇 <small>キロ時</small>	三一、五〇〇
電極費	〇、二二	四八、〇〇〇
作業費		九、一〇〇
營業費		五、五〇〇
合計		一六四、〇〇〇

大體右表の如きものである、現在瑞典銑市價横濱沖渡し百五十圓見當とすれば大約相似た數字である。(完)

木村 介次

私は電氣試驗所に於きまして電信電話用材料のことに携つ

て居るもので御座います、従つて電氣事業用鐵線と申しましても、私の眼に觸れましたものは電信電話の導線としての鐵