

地域企業・産業資料デジタルアーカイブについて

- (1) このデジタルアーカイブは、東京大学経済学図書館が所蔵する地域企業・産業資料のうち、印刷物および近代の文書類について順次デジタル化をすすめているものです。
- (2) このデジタルアーカイブの利用に際しては「[東京大学経済学図書館電子資料利用規則](#)」に同意したものとみなされます。
- (3) 印刷物など他媒体への使用については、東京大学経済学図書館までお問合せください。
- (4) 画像は白黒です。画像の撮影には文字が視認できるよう十分な注意を払っていますが、資料の欠損、変色、褪色等の劣化や、ノド部分の状態によっては、原本の文字が全て写っていないものがあります。これらについては資料の原形を保ちつつ、出来る限りの範囲で撮影したものととして了解下さい。写りの悪い資料については、東京大学経済学部資料室にて、所定の手続きにより原本の閲覧をお願いします。
- (5) 本アーカイブに関する質問等については、東京大学経済学部資料室までお問い合わせ下さい。
- (6) 本デジタルアーカイブの一部は、独立行政法人日本学術振興会平成 27 年度科学研究費補助金（研究成果公開促進費）課題番号 15HP8021 の交付を受けて作成しています。

野本技師殿

最近拾年間に於ける
銑鐵製造法の發達

日本製鐵株式會社理事
工學博士

平川良彦

謹呈

Y. Komoto

最近拾年間に於ける
銑鐵製造法の發達

日本製鐵株式會社理事
工學博士 平川良彦

一、緒言

最近拾年間に於ける銑鐵製造法の發達は實に顯著であつて、特に熔銑爐の内形に革命的變化を來し、從來の學說では説明全く不可能と云はれて居る所謂ローボツシユ・ワイド・ハース(朝顔部を低く、湯溜の徑を大にする)の形を取る様になり、内容積を擴大して出銑量の増加に努め、最近に於ける新設又は改修等の熔銑爐は一日の出銑量一、〇〇〇噸以上を標榜し、既に今日獨逸に於ては一日の出銑量一、四〇〇噸にも達して居る熔銑爐があり、裝入方法等に於ても從來の骸炭、鑛石等を混合して裝入する方法を止め、骸炭と鑛石類は別々に層的に裝入し、層の厚さを

を厚くする傾向があり、最近獨逸の大形熔銑爐に於ては、一回の裝入量が骸炭一二噸、鑛石二五噸にも達して居る程である。我國に於ても爐の内形は勿論、出銑量に於ても上述の傾向を取りつゝある事は周知の事實である。然るに熔銑爐の研究は今日まで、歐米に於ても主として化學的方面の研究に限られて居る様であるが、我國に於ては裝入物の熱に依る物理的變化の研究を行ひ、裝入物の降下は全く朝顔部に限られて生ずる軟化體の變形度に依つて起り、從つて朝顔部と湯溜との形狀に依つて、軟化體及熔解層の位置を決定する事が出来る譯で、ローボツシユ・ワイド・ハースの原理を明かにする事が出来る様になつた。それで軟化體及熔解層を羽口の層、即ち熱源に接近せしむる方法に依り、灰分が獨・米に比し二倍にも達する我國の軟骸炭を使用しても、其の製造殆ど不可能と考へられて居た鹽基性製鋼用銑、即ち低珪素銑を、理論的にも又實際にも製造する事が出来る様になり、加ふるに日本の骸炭を使用しては、大形熔銑爐の作業は不可能と考へられて居たにも拘らず、八幡製鐵所に於ては漸次大形熔銑爐を建設し、最近に於ては千趣熔銑爐をも實現せしむる事が出来る様になつた事は、實に劃期的の進歩であると考へて居る。其の他、今日迄歐米に於ても猶困難として居る熔銑爐の長壽法並に羽口破損の豫防法等に於ても、特殊の方法に依つて其の目的を達する事が出来る様になつた。

二、原料

鐵鑛石は赤鐵鑛及褐鐵鑛が主であつて、磁鐵鑛は稀に使用されて居る。彼の有名な米國シユール・オリル湖附近の鑛床は、其の九〇%位迄は褐鐵鑛であつて、加奈陀產の鑛床、ブラジルの鑛床、獨・佛に産するミネツト鑛床、スペインのピルバオ鑛床、其の他濠洲、支那、南洋等の鑛床は其の大部分が赤鐵鑛である。瑞典のキルナバラ鑛床は磁鐵鑛で品質も優良である。我國産の釜石鐵鑛及砂鐵は共に磁鐵鑛である。鐵鑛石の鐵分は國に依り差があり、米國シユール・オリル湖附近のものは鐵分約五五%位で、一二%内外の結晶水を含むして居る。獨・佛産のミネツト鑛は鐵分約三〇%、石灰分二〇%内外、尙外に、燐分〇・六%を含む特殊鑛であつて、其の他のものは何れも鐵分五〇—六〇%位のものである。我國に於て使用するものは鐵分五八%位が平均品位になつて居る。大體世界の鐵鑛使用量は最近億數千萬噸にも達して居るのであるが、現在知られて居る鑛床だけで尙百年位の壽命があると云はれて居る。併し、未開發地として殘されて居る南洋は別として、内地、朝鮮、支那、滿洲等に於ける鐵鑛資源の現状より

考へ、其の開発と貧鐵の處理とは實に國家的重大問題であると考へて居る。貧鐵の處理と關聯して、硫酸製造、銅製錬に於けるラメーン法、其の他種々の化學工業等より生ずる殘滓は、目下我國に於て六〇萬噸以上にも達して居る。之等を燒結すると總て鐵礦資源になるのであるから、是非燒結して利用しなければならぬ。

燒結法は最近歐米共にダウンドラフト法のモデファイケーション即ちドワイトロイド式、A・I・B式、グリナワルド式等が採用されて居る。我國に於ても從來輪西製鐵所はグリナワルド式、釜石製鐵所はドワイトロイド式、八幡製鐵所はA・I・B式、昭和製鐵所は釜石と同様でドワイトロイド式を採用して居る。上述の工場は最近何れも擴張工事を實施し、既に作業を開始して居るが、昭和製鐵所を除き、輪西、釜石、八幡製鐵所戸畑工場等は何れもグリナワルド式である。

骸炭

骸炭は硬くて而も氣孔を有し、灰分の少ないもの、良い事は周知の事實であるが、歐米のものは我國のものに比し遙に優良で、獨逸のものも最も良く、灰分八一九、氣孔五〇%以上、硬さも一寸ハンマーにても割れない位である。次は我國のもので灰分一〇一二%、氣孔四八%、硬さも相當硬いのであるが、我國のものは灰分一六一八%、氣孔四五%位で前二者に比し遙に軟く、従つてケーキング・パワーの強き石炭を二割乃至三割も配合して硬さを増す事に苦心して居る。此點は我國に於ける製鐵作業上、實に残念な事である。

熔劑

熔劑としては主として石灰石が使用され、珪酸分少く、結晶質でないものが好んで使用されて居る。歐米に於ては地方により苦灰石に近いものが混用されて居る所がある。我國に於ても、熔劑として石灰石を使用する事は勿論であつて、八幡製鐵所に於ては大正十年より鹽基性平爐製鐵用の熔劑には鐵分、滿俺分等の回收、竝に石灰石代用の目的で平爐滓を使用し初め、昭和二年末酸性轉爐製鋼法を廢し、製鋼法が鹽基性平爐製鋼法に統一されてからは總ての熔劑に平爐滓を使用し、種々研究の結果、熔劑に装入する場合骸炭は其のまゝとし、平爐滓を使用鐵量約一二一三%位迄増加しても尚、爐況には殆ど變化なく、而も低珪素製鐵の一要素である事が明かになつた。それで從來、鹽基性平爐製鋼法よりの廢物として投棄されて居た平爐滓が、平時に於ても一應拾數圓の價値があるわけ、經濟的方面から考へても、又製鐵作業の方面から考へても、熔劑の原料として平爐滓を使用する事は一大進歩であると考へて居る。

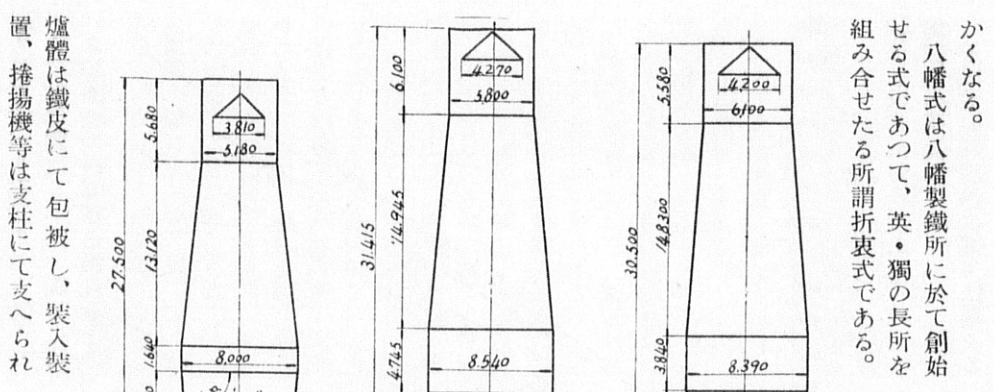
三、銑鐵

銑鐵は歐米に於ては勿論、我國に於ても其用途に依り異り、鑄物用としては鑄物銑を、又製鋼用としてはローカル・コンデイションに依り種々の銑鐵が製造されて居り、獨逸に於ては、トーマス製鋼用としては燐分(二%)高く、珪素分(〇・四%)非常に低きトーマス銑を、又鹽基性平爐用としては珪素分〇・八一%、滿俺分四%にも達する低珪素銑を製造して居るのである。我國に於ても、鹽基性製鋼用としては多年低珪素銑が要望されて居たのであるが、我國の如く使用骸炭の灰分が非常に多い場合、その製造は殆ど不可能であると考へられて居たにも拘らず、羽口の徑又は其の數を増加し、低速低壓にして送風し、下部に熱を集注して漸次鑄石及平爐滓等を増し、朝顔部に生ずる軟化體及熔解層をなるべく下けて操業し、熔銑の温度を一、四〇〇℃位にすると從來の熔銑爐並に原料を使用しても尚、低珪素銑を製造する事が出来る様になつた。

四、設備

爐體の構造は大別して英國式、獨逸式、八幡式の三種に分つ事が出来る。英國式は主として英・米に採用されて居る式で、支柱を有せず、

裝入装置、捲揚機等は爐體を包被せる鐵皮に依り支へられて居り、所謂鐵皮式であつて、其の長所は簡單にして明い外觀を有し、煉瓦壁の外周が鐵皮にて被はれて居るから上昇瓦斯の漏洩を防止する事が出来、従つて爐壁浸蝕の一原因たるカーボン・デポジションの影響を緩和する事が出来、例へば古くなり、爐壁が薄くなつてもシャフトが傾斜したり壓縮される、恐れが無い。短所としては、改修の場合、爐の内形や内容積を變へて爐を擴大する事が困難である。獨逸式は主として獨・佛に採用されて居る式であつて、爐體はバンドにて締めつけ、裝入装置、捲揚機等は支柱にて支へられて居り、従つて改修の場合、爐の内形や内容積を變へて爐を擴大する事が容易である。短所としては、爐體がバンド式であるから、煉瓦壁の目地から瓦斯の漏洩、熱の移動等を來し、外壁の温度を高めてカーボン・デポジションを助長し、爐壁が薄くなるとシャフトは傾斜するが壓縮されて、爐の壽命は短



第一圖 英國に於ける熔銑爐の内形
 (A) — ジョン・ラフリン工場第五、1,000t 熔銑爐、内容積 1,000m³ (1927年)
 (B) — カーネギー・オハイオ工場第二、1,000t 熔銑爐、内容積 1,200m³ (1929年)
 (C) — 同建設中の、1,000t 熔銑爐、内容積 1,200m³ (1930年)

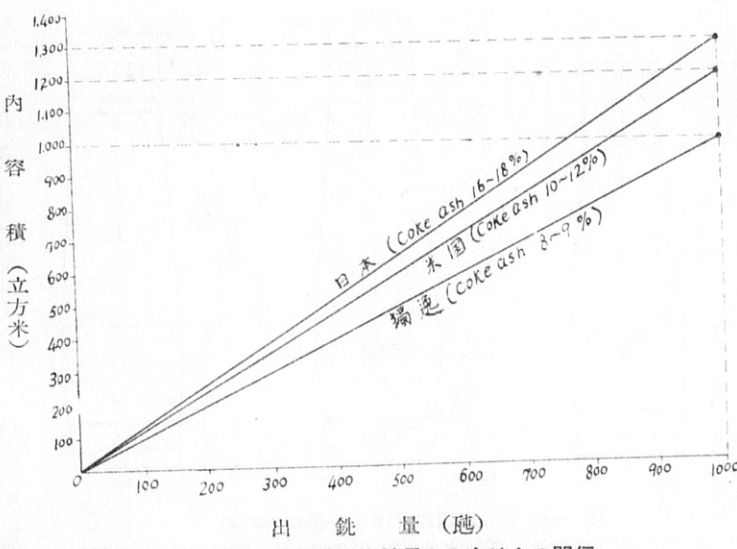
て居る。獨逸に於ても最近八幡式を採用する様になつた。爐の内形は第一圖に示せる通り朝顔部を低くし、湯溜の徑を大にして所謂ローボツシユ・ワイドハースの形を取る様になつた。此傾向は英國に於ても、實験の結果に依り發達して來たものである。然るに理論的には、最近に至る迄も尙不可解であると考えられて居たにも拘らず、實驗の結果は如何ともする事が出来ず、今日では獨逸

などに於ても漸次英國式に接近して來て居る。我國に於ても最近は殆ど總ての熔銑爐がローボツシユ・ワイドハースの形を取る様になり、骸炭の節約は勿論、出銑量の點に於ても格段の成績を擧げて居る。

爐の内容積は主として原料の性質、殊に骸炭の性状に依つて決定するのが普通である。熔銑爐の出銑量は裝入物の降下時間により増減する事が出来るのであるが、降下時間には原料の性状に依り極限があり、歐米に於ける最も成績の良い熔銑爐で、其の降下時間は八時間乃至九時間位に極限されて居る様である。それで出銑量を増加するには内容積の擴大が根本問題である。生産費遞減の目的で、最近の熔銑爐は新設又は改修の場合其の内容積を擴大して、一日の出銑量一、〇〇〇噸以上を標榜し、既に今日獨逸に於ては一日の出銑量一、四〇〇噸にも達して居る熔銑爐があるほどである。我國に於ても漸次上述の傾向を取り、八幡

製鐵所に於ては四〇〇噸より五〇〇噸、五〇〇噸より七〇〇噸を標榜し、洞岡工場に於ける新設の熔鑪は二基共に一日の出銑量一〇〇〇噸を標榜して居る。銑一噸に對する熔鑪の内容積は獨逸が最少であつて、〇・八五乃至一・〇立方米と云はれて居るが、一年間の平均は一・〇立方米位になつて居り、米國のものは一・二立方米位になつて居る。之は主として其の原料、即ち骸炭の灰分に支配されて居るわけである。獨逸の骸炭は灰分八・九%であるが、米國のものは一〇・一二%位であつて我國のものは獨逸の約二倍、即ち一六・一八%位である。それで我國に於ける熔鑪の内容積は、少くとも米國以上に取るべきであつて銑一噸に對し、一・三立方米位に取るのが至當であると考へて居る。如斯すれば、灰分の多き我國の骸炭を使用しても標榜噸數を實現せしむる事が出来、骸炭の節約をも出来るものと考へて居る。

熔鑪の内容積は出銑量標榜の基礎になるのであるから、設計家の



關係を示したわけである。
熔鑪の長壽法
熔鑪の長壽法に就ては種々の

最も注意すべき點であると考へて居る。第二圖は日・米・獨等に於ける熔鑪の内容積と出銑量との

方法が實施されて居るが、筆者は多年熔鑪に就ての基礎的研究と實際の熔鑪に就ての研究とによ

り、爐頂部の保護法としては、裝入物からの衝撃と保護金物の酸化を緩和する目的で、小形鑄物板の代りに大型の鑄物板を煉瓦壁の内側に設置し、爐腹部の保護法としては、荷重に依る爐壁の軟化と裝入物からの摩擦とに對する抵抗力を増加する目的で、クレーン・ボックスは全く使用せず、爐壁を従来のものより二五〇—三五〇程だけ厚くして外皮はバンダ式のものに鐵皮式に改め、朝顔部の保護法としては爐壁にクーリ

ング・ボックスを挿入して水にて冷却し、爐底部の保護法としては鑄鐵製の外皮を鋼板製に改め、尙煉瓦の目地を傳ふて流出して來る熔銑が外皮の鋼板に接觸せざる様に目的で、爐底の大形煉瓦と鋼板製外皮との間には初めより七〇—一〇〇程位の隙隙を設け、其間に骸炭からのレトルト・カーボンをスタンプする事とし、外皮はよく水で冷却して、八幡製鐵所の舊工場に於ける五基の熔鑪に實施して實驗した。其の結果は、熔鑪の壽命を獨逸の場合の殆ど二倍位に達せしむる事が出来たから、爾來新設の熔鑪には上述の保護法を實施して居る。

捲揚機及裝入裝置
捲揚機及裝入裝置は捲揚機の方は直立、傾斜の二式に大別する事が出来、最近殆ど總てが傾斜式に變つて居り、裝入裝置の方はスキップ式とバケット式とがあり、米國に於てはスキップ式が多く、獨逸に於ては其の大部分はバケット式である。スキップ式は裝入される迄の間に、裝入物の投下され

る回數がバケット式に比し多いので、軟骸炭を使用する場合にはバケット式の方がよいと云はれて居る。本溪湖並に昭和製鋼所の舊熔鑪は共にバケット式であるが、八幡製鐵所の熔鑪は總てスキップ式である。

熱風爐
熱風爐は昔は鐵管式のものもあつたが、今日ではカウパー式(二パス)とマツクルアー式(三パス)とに限られ、獨逸に於てはカウパー式を使用し、米國に於ては好んでマツクルアー式を使用して居る。最近熱風爐の研究は非常に盛になり、格子煉瓦の厚さ及形状と、格子目の形状及大きさ等を變へ、加ふるにフォースト・ドラフトを使用して能率の増進を計つて居る。カウパー式とマツクルアー式との優劣に就ては種々の意見もあるが、カウパー式は煉瓦積、取扱等至極簡單であり、マツクルアー式は遙かに複雑である。能率の點に於てはマツクルアー式の方が理論的でよいと云はれて居るが、最近カウパー式も其の徑や高さを

増し、非常に改良されて居る。八幡製鐵所に於ては初めカウパー式を使用し、新設のものはマツクルアー式に限られて居るが、熔鑪が漸次大きくなり、風壓、風速等が大になると困る點があるので、新設の千應熔鑪に對してはカウパー式を採用して居る。

瓦斯清淨裝置
瓦斯を清淨する事は熱經濟の點から是非必要であつて、乾式除塵法と濕式除塵法とが共用されて居る。乾式法は瓦斯の通路を擴大して急激に其速度を落し、荒目の塵埃を沈下せしむるのであつて、濕式法はヘッドル、タイセン等を使用し、微粉状のものを水にて洗滌する方法である。最近コツレルの電氣除塵法が非常に進歩して各所に於て採用せられ、歐米に於ては勿論、我國に於ても釜石、八幡等の熔鑪に於て既に實施され、好結果を擧げて居る。従つて八幡製鐵所に於ける千應熔鑪に對しては、總てコツレル式電氣除塵法を採用して居る。

送風機は、初めは主として蒸氣エンジンが使用されて居たのであるが、獨逸に於ては歐洲大戰開始頃迄に殆ど總ての送風機が瓦斯エンジンに變り、米國に於ては好んでタービン式ターボ・ブロワーを使用して居る。瓦斯エンジンとタービン式ターボ・ブロワーとの優劣に就ては一長一短はあるが、最近佛國に於て比較研究された例に依れば、殆ど優劣が無い事になつて居る。八幡製鐵所に於ても送風機は蒸氣エンジンより瓦斯エンジンに變り、千應熔鑪に對してはタービン式ターボ・ブロワーを採用して居る。

五、操業法

裝入物の大きさに就ては米國に於て研究され、鑄石を小さくした結果は爐況を良くし、石灰石を小さくした結果はかへつて爐況を悪くしたと報告して居り、骸炭に於ても大塊のものは割りて裝入すると爐況を良くし、其節約をも出来ること報告して居る。鑄石を小さくすると加熱面が大となり、還元、軟化等を助長し、骸炭を割りて使用するると燃焼速度を増し、下部に熱を集計し得るから爐況を良くし、骸炭の節約をも出来るのであつて、石灰石を小さくすると爐の上層部に於てCO₂を放出し、粉末状になるから風壓を高めて爐況を悪くするのであると考へて居る。今日迄、裝入物の大きさと送風壓力との關係に就ては歐米に於ても殆ど研究されて居ないので、筆者は粒の大きさと送風壓力との關係を研究し、送風壓力は送風量と裝入物の層の厚さに正比例し、粒の大きさにかへつて反比例する。殊に粉状になれば双曲線状を呈して急激に増加し、粉と塊との混合状態に於ける送風壓力は、微粉の量が二〇%位より急に増加し、五〇%になる場合最大となり、粉のみの場合に比して約一倍半となる事を知つた。語をかへて云へば、例へば粒は小さくても、粒の大きさを等しくすれば送風壓力は低下し、爐況を良くする譯で、此原理を最近露西亞に於て初めて裝入裝置並に裝入

方法に利用する様になつた。結局
装入の場合、粉と塊とを別々に、
所謂層的に装入すればよい譯であ
る。それで製鉄作業は今後装入物
のサイジングに依り進歩するもの
と考へて居る。

装入物の降下状態

装入物の降下状態に就ては、今
日迄歐米に於ても殆ど研究されて
居ないので、装入物の降下状態並
にローボツシユ・ワイドハースの
原理等は全く不可解であると云は
れて居た。然るに筆者は装入物の
熱に依る物理的變化の研究を行ひ
實際の熔鑪操作と關連して、装
入物の降下は朝顔部に限られて生
ずる軟化體の變形に依つて起る
事を知つた。従つて朝顔部の形状
並に湯留の直径によりて軟化體の
位置を決定する事が出来る譯で、
ローボツシユ・ワイドハースの原
理を明かにする事が出来た。それ
で熔鑪の三大故障と云はれるロ
ーガンク、ハンギング、羽口破損
等は、たゞ一時、送風量を減じて
装入物の降下時間を長くし、軟化
體を完全ならしむる方法に依り除

去する事が出来る様になつた。

羽口破損

羽口の破損は我國の如く灰分の
多き軟炭を使用する場合、急速
操作をすればやる程増加し、其破
損を防ぐ事は殆ど不可能であると
考へられて居た。羽口破損の豫防
法に就ては歐米に於ても種々研究
されて居るのであるが、破損の原
因を明かにする事が出来なかつた
爲に、羽口の製作方法並に形状等
の研究に止まり、其の根本問題で
ある熔鑪の操作法に就ては全く
文獻が無い様である。筆者は多年
熔鑪の研究と關連して羽口の研
究を続け、破損の原因を明かにす
る事が出来た。現今、羽口は總て
鋼製に限られて居るにも拘らず、
筆者はアルミニウムの特性を利
用して羽口を製作し、熔鑪に使用
して鋼製のものに比し耐久力大
なる事を知り、羽口の數又は徑を
増して風速を一秒間一〇〇米位、
即ち低速低壓にして操作する時
は、下部に熱を集注する事が出来
て爐況を良くし、羽口の破損を防
ぐ事が出来る事を知つた。目下八

幡製鐵所に於ては、小は三百噸熔
鑪より大は千噸熔鑪に至る
迄、總てアルミニウム製の羽口
を使用して居る。

出鉄及出滓

出鉄及出滓の方法は、獨逸に於
ては其回数も多くし、米國に於て
は非常に少くして居る。米國に於
ては大形熔鑪でも獨逸の半數位
にして居る所もある。之はローカ
ル・コンデイションにも依るので
あるが、爐の内形がワイドハース
になつた事も一因であると考へて
ゐる。經濟的には回数を減する程
有利であるから、八幡製鐵所に於
ても従來一日八回であつたものを
目下六回にして居る。出滓は出鉄
後なるべく早く且つ絶えず流出せ
しめるがよい。獨逸に於ては出鉄
の直前迄も流出せしめて居る。爐
内に鑪滓が少いほど、熱風は軟炭
によく接觸して燃焼するから有利
である。

六、結 言

以上述べた通り、最近拾年間に
於ける製鐵製造法の發達は歐米に

於ては勿論、我國に於ても顯著で
あつて、内形を變へて爐の能率を
高め、内容を擴大して一日の出
鉄量を増加し、生産費の遞減に努
めて居るのみならず、殊に我國に
於ては歐米に比し灰分非常に多
く、物理的性質に於ても遙に劣つ
て居る軟炭を使用して低珪素鉄
の製造に成功し、製鋼作業の躍進
の發達の基礎を成して居る事は周
知の事實である。最早我國に於け
る製鐵製造法は、設備上の研究に
於ても又理論的研究に於ても、歐
米に比して劣つて居ない様に考へ
て居る。それで今後我國に於ける
新設又は改修等の熔鑪は大形に
して、鉄一應に對する内容を少
くとも米國の場合以上に取、装
入物の降下時間を長くし、内形は
ローボツシユ・ワイドハースにし
て軟化體及熔解層を羽口の層、即
ち熱源に接近せしめ、羽口の數又
は徑を増して所謂低速低壓にし、
下部に熱を集注して軟炭の節約に
努め、結局、良質にして而も安價
なる鉄鐵の増産に邁進しなければ
ならないと考へて居る。目下我國

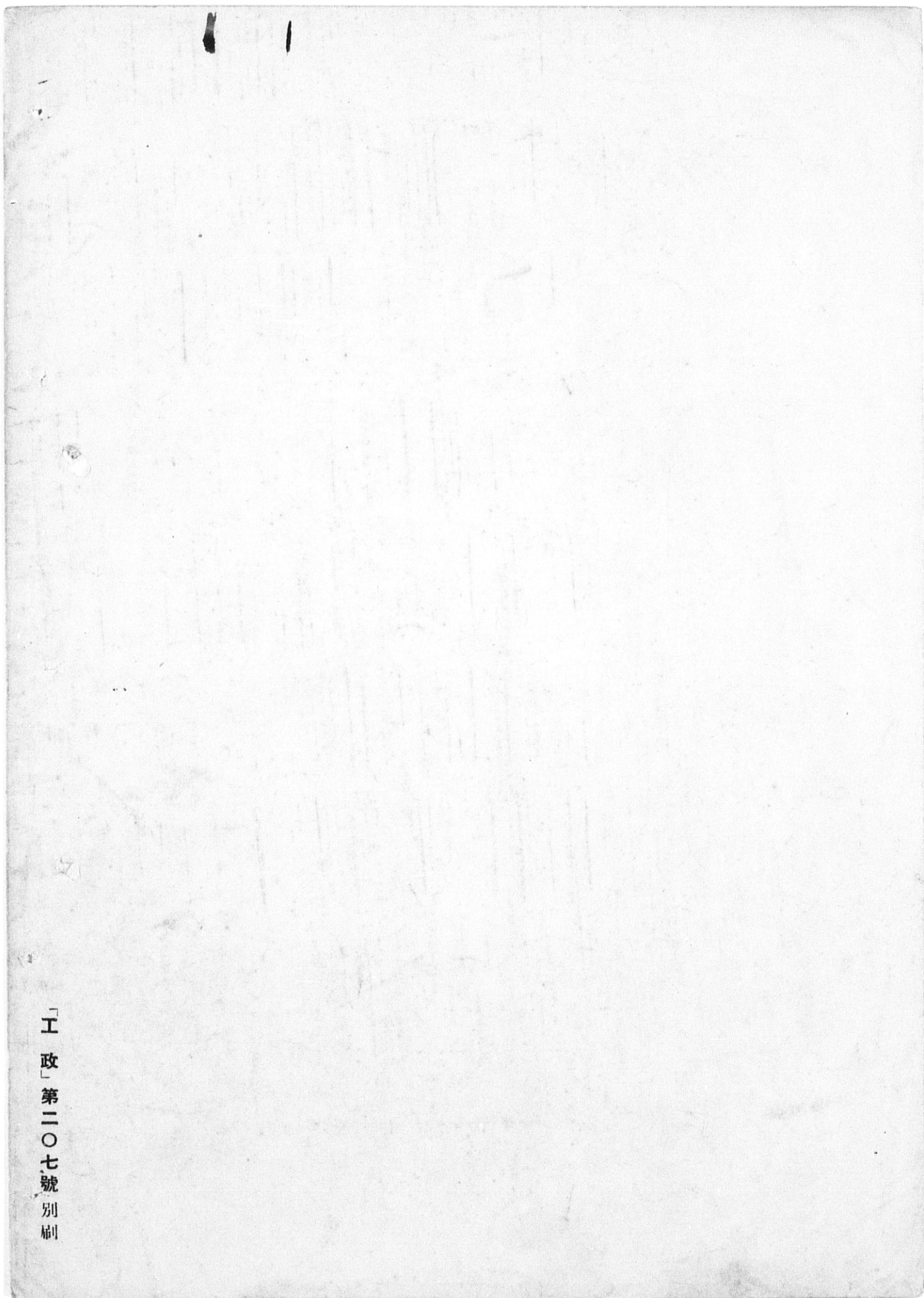
重工業の躍進的發展に伴ふ製鐵製
造用原料の激増を思ふ時、軟炭資

源の開發と鐵鑛資源の開發とは、
共に國家的重大問題であつて、此

點に就ては特に官民一致協力され
て、邦家の爲最善の努力を御拂ひ

下さる様希望してやまない次第で
ある。

0000 0874



「工政第二〇七號別刷」