

鐵 と 鋼 第十七年 第七號

昭和六年七月二十五日發行

論 說

鎔鑛爐用骸炭とその規格

黒 田 泰 造
伊 能 泰 治

ON THE COKE FOR BLAST FURNACES AND ITS SPECIFICATION.

by T. Kuroda & T. Iyoku

SYNOPSIS; We have herewith some discussion on the two main problems for coke; (A) the principal qualities of coke that affect its behaviour in blast furnaces and (B) the specification to blast furnace coke.

In the first, some chemical qualities of coke are briefly touched upon and for its physical qualities, many examples of coke in our Government Steel Works are quoted.

Among many qualities of coke, hardness and abrasability have been considered as most importance for blast furnace use. coke used in our Works for many years has generally been considered as too friable for such big plants as 500 or 1,000 tons furnaces, but from our recent tests and comparison of them with European and American data, it is found that the hardness and abrasability of our coke are not necessarily unfit for big furnaces.

Knowledge of those properties of coke that are of importance in blast furnace practice would naturally lead to define its specification. We, therefore, suggest that it would give encouragement to manufacturers and reflection to users to place a momentary value on each of the important properties of coke.

In determining specification, however, it is necessary to take the local condition into account. This would do much for both the cock manufacturers and its users.

鎔鑛爐當事者は操業の順調を計り仕事を容易ならしむる上より、使用鑛石及び骸炭の物理的並に化學的性質の成可く單一なるを望むは當然の事である。然るに製鐵工場の所在地は製品の市場、運輸の便、原料産地との關係を最大要件として決定することは勿論なるも餘程の天恵豊なる産業國に非ざる限り此の三者を具備することは望み難い。殊に原料に至りては之を産すると否とは全く天恵の然らしむる處に屬し人爲の以て之を補ひ得るは

只運輸機關の便を計りて其距離を幾分でも昔日のそれに比して短縮し得ることにあるのみ。我が國に於ては鐵鑛石に乏しく骸炭原料たる石炭に於ても亦好條件を備へたりとは云ひ難い。

鑛石は朝鮮、支那、南洋の諸鑛山に求め石炭は九州、北海道、樺太、支那の各地より持ち寄らねばならぬ状態にある。かゝる供給條件に對し性質均等なる鑛石、或は原料炭を求むるは蓋し容易な業でない。而しかゝるが故に諸原料又はそれより

生産せる骸炭等に規格を制定して之を律する必要も起る所以と思はれる。

鑛石のことは暫く措き鑛鑪用骸炭に就いて卑見を述べることにする。而し乍らいざ纏めて見るとデータの貧弱にして足らざる處を感ぜざるを得ない。只他日誰かの手により完成を期待しつつ敢て礎石を敷くの勞を採るものである。されば大方の叱正は喜んで之を待つものである。

抑々供給骸炭に對し規格を以て望まねばならぬ場合として次の4つを考へ得る。

- (1) 一特定地方の石炭のみにて製造せる骸炭は要求者の要求に不足にして他地方より骸炭の一部を移入をなす時。
- (2) 同一地方で製造するとしても使用原料石炭が雑多にして性質を異にする時。
- (3) 原料石炭は同一なりとするも骸炭鑪の爐式及び炭化條件異なる時。
- (4) 以上3項が交錯して起る時。

扱て然らば規格すべき性質如何と云ふに鑛鑪操作に影響する骸炭の性質は純度、硬さ及び燃燒性であり之等の性質を支配する條件として化學的性質、大きさと構造、單位容積の重さ(例へば 1 m^3) 眞・假比重、氣孔性、磨削度、耐壓度、墜落強度及び酸素・二酸化炭素に對する反應性が擧げられる。

以下順を追ふて少しく各項の解説をすることとする。

骸炭の分析 分析方法を述ぶるのが主意に非ざればこゝには凡て略す。只分析試料を作るに鐵製或は鋼製の乳鉢を用ふることは往々骸炭試料を粉末にする間に乳鉢材質の小破片を混入し來り灰中の鐵分に誤差を來たさしむる憂がある。

石炭を處理する場合にこの誤差少なく骸炭を取扱ふ場合にやゝ多く表はるゝのは石炭と骸炭との硬さの差從つて之等粉末が乳鉢に作用する削損の程度の差に原因すると思はれる。著者の試験した處によると次の如き例がある。

	灰中の Fe_2O_3		差
	磁製乳鉢 使用の場合	鐵製乳鉢 使用の場合	
石炭	6.83%	7.00%	+0.17
骸炭(A)	8.36	9.38	+1.02
骸炭(B)	8.74	10.52	+1.78

これより判ずるも骸炭の試料製作の完全を期するには磁製或は瑪瑙の乳鉢を用ふべきである。

但し灰中の Fe_2O_3 の含有量に對するこの程度の誤差は骸炭の全灰分量に影響する處小なれば單に骸炭の全灰分をのみ論ずる場合には乳鉢の選擇は餘り意を用ふるにも足るまい。

骸炭の純度即ち灰分量と鑛鑪内での消費量の増減に就ては規格の項で詳説する。

骸炭の大きさ 鑛鑪に適當なる骸炭の大きさは装入鑛石により多少差あるは勿論なるも一般的には尙ほ鑛鑪當事者の嗜好により支配さるゝ處大なりと想像される。概して歐洲就中英、獨は比較的大なる塊を用ひ、米國に於ては小である。嘗て米國の東部諸州鑛鑪及骸炭鑪技術者聯合會でルール地方の骸炭工場を視察して骸炭塊の大なるに驚いたことをウイルコックス¹⁾が述べて居るし、英國の骸炭技術者協會でルール、ベルギー、和蘭等の骸炭工場を視察しての報告中にはルールの骸炭は一般に塊が英國のものに比して小なることを特記してゐる²⁾。骸炭の塊の大小は原料石炭の性質及び爐幅により決定さるゝもので同一式の爐で燒

1) Willcox: I. C. T. R. Sept., 14, 1928

2) The Year Book of Coke Oven Managers Association 1927

けばウエストフアリア、サウスウエールス等の石炭を以て作る骸炭は塊の大なることを免れまいし、イリノイス州の石炭では縦割れの傾向多い骸炭を得ることも定つた運命と云はねばならぬ。

而し地方的の事情や嗜好はさて置いて鑄鑄爐當事者の概しての希望は拳大の骸炭を大さの理想として居る。最近英國の製鐵鋼業研究會 (Iron and Steel Industrial Research Council) の委員が色々試験の結果鑄鑄爐作業に適當なる骸炭の大きさは 3 吋にて粉骸は出来る丈け少きを可とすると云ふ様に決定した。之迄の英國鑄鑄爐當事者の考へ方よりすれば正に劃期的の轉換と思はるゝが之は先づ一般の場合に認容さるゝ處であると考へられる。粉骸炭なる言葉は觀念的の表現で各國各地方共に一定して居らぬ。バラスト、ダスト、ブリーズ等多少その間の區別はあるにしても決定的のものでない。故に之は將來共通的に一號二號……粉骸炭とでもして粒の區別を明瞭にする必要が起るのであらう。それ迄は 10 mm 粉骸或は 15 mm 粉骸と云ふ様に篩目を冠して區別せねばなるまい。

何れにしても鑄鑄爐用骸炭中に過量の粉骸炭の存在は通風を防げ引ては爐の出銑量を制限する。前記製鐵鋼業研究會の委員が英國の某所の鑄鑄爐にて試験した結果によれば 1¼ 吋以下の粉骸炭を篩分して使用したるに出銑量を増加したと云ふ。家庭用其他に粉骸炭の有利なる用途ある所に於ては 1 乃至 1½ 吋の處を其の方に向けて有効に利用出来るから幸である。

かゝる事は地方的に經濟事情を參酌して決定すべきにて出銑量を増したことが直ちに經濟的なりとは云ひ得ない。

骸炭の大きさに對する石炭の粘結性、石炭粒の大

さ、混炭の影響、裝入法、加熱法、裝入炭の水分の程度、積卸の具合、高爐中の磨削作用等に就いては尙幾多研究すべき問題が残されてゐる。然し鑄鑄爐内の磨削破損の量は寧ろ比較的輕微で取扱中粉骸炭の製出量は鑄鑄爐と骸炭爐間の運搬法及び積卸設備に關係する所大である。

骸炭の構造 開平、高島、土威等の骸炭は塊状にてやゝ矩形をなし切斷面又四邊形或はそれに近き形をなす。然るに夕張、大瀬、筑豊等の骸炭は切斷面不規則に頭部より脚部に全通する數條の罅裂がある。(第1乃至第6圖參照) 骸炭の外観は必ずしもその性質の規準とはなし難くビーハイブ爐又は支那土窯にて焙焼せし骸炭の勝れたる銀灰色を呈するのはその炭素分多くして堅牢なる骸炭たるの證左とはならぬ。二瀬、鹿町炭の配合よりなる骸炭は外観餘り美ならざれども鑄鑄爐に使用して結果良く又良骸炭として世界的に名聲あるサウス、ウエールスの骸炭は銀灰色の光澤と云ふ點で寧ろヨークシャーのものに一籌を輸す。

概觀するに中位又は高揮發分の石炭にて造りし骸炭の色澤は低揮發分の石炭のものに比し優良である。例へば高島、二瀬の骸炭が本溪湖、博山の骸炭に於ける様なものである。

骸炭の割れ目は取扱い中の粉骸炭の出来高を判斷する標準となる。又骸炭の割れ目多きものはシヤッター、インデクス或はドラム試験結果低い。本溪湖又は開平の骸炭と夕張の骸炭とを比較すればその外観よりして容易に何れが碎け易く粉骸炭出来易きかを判斷し得る。而し一般には骸炭の硬さ即ちシヤッター、インデクス又はドラム試験による潰裂強度の大小をその外観より知るとは素人ならずとも容易の業に非ず。

製鐵所に於て鑄鐵爐用骸炭を作るに當り同一石炭を用ひ同一爐式で同一加熱條件の下に爐頂装入及び搗固装入にて作りたる骸炭のシャッター、インデクスを見たるに第1表の如き結果を得た。

第 1 表

	A. S. T. 法によるシャッターインデクス (1½")		製鐵所式シャッターインデクス (1½")		製鐵所式ドラムテスト (1½")	
	%	%	%	%	%	%
筑豊、大瀬、松浦配合炭 { 爐頂装入	65	70	19			
50:30:20 { 搗固装入	51	59	11			
サウスヨー クシャー炭 { 爐頂装入	90	—	—			
{ 搗固装入	77	—	—			
カンバー ラント炭 { 爐頂装入	87.7	—	—			
{ 搗固装入	79.7	—	—			
ダービー シャー炭 { 爐頂装入	85.3	—	—			
{ 搗固装入	67.1	—	—			

ドラム試験の結果にも同様な傾向が表れる。

この場合骸炭の密度は搗固装入の方が大なれば骸炭の一小片を取りて判断すれば搗固装入の方が硬さも大なるべく想像さるゝわけなれども大塊(爐前での大きさ)の骸炭に就て些細に檢すれば搗固骸炭の割目は全長に通る而もその数が多い。

最近筑豊、大瀬、松浦(50:3):20の配合炭を搗固及び爐頂装入によりて製出せる骸炭に就て比較して見た。この際用ひたる篩目は凡て1½" 時である。参考の爲め英國の骸炭數種の試験結果をも併記する。

これ凡て骸炭の罅裂に原因することなれば骸炭の硬さを増す爲めには成生の過程に起る收縮の割れ目を少くする工夫を要する。

罅裂を防ぐ爲めに割れ目多き骸炭を生ずる高揮發炭に對しある種の弱粘結炭を混合して好結果を得ることあり。

而してかゝる弱粘結炭を交へし場合前述せし搗固と爐頂装入結果と反對なる結果を得ることがあり。即ち搗固することにより潰裂強度を増すことあり。

骸炭の眞比重、氣孔及び單位容積の重さ

製鐵所の鑄鐵爐用骸炭の眞比重は1.60—1.90にて平均1.70である。之は英、米、獨の骸炭の眞比重1.8~2.0なるに比しやゝ低い1)。搗固装入と爐頂装入との骸炭に就て之を比較すれば一般に前者の眞比重が大なれども其の差は僅少である。而し骸炭の比重と高爐作業との關係に就ては未だ餘り研究されてゐない。

氣孔は燃料の燃焼性に影響するものにて各氣孔が内部に於て連絡あるときは空氣との接觸全面積大なる理にて燃焼性大となる。

ザックリフ及びエバンズ氏2)等は直徑 1×10^{-3} cm以下の顯微鏡的氣孔が燃焼性を大ならしむるに最も都合よく最大なる燃焼度の燃料は單位容積に付きかゝる微細氣孔の多きを可とすると云ふてゐる。

顯微鏡的氣孔のよく發達せるものは肉眼的氣孔の多きものより硬さも大にしてよかる可しとは概念的にも肯定出来る。

筑豊炭、夕張炭にて焼きし骸炭は氣孔の個々の大きさ一般に大にして其の數多く發達不規則なれども之に若干の開平又は鹿町炭を混合すれば氣孔及び硬さ共に改善される。例へば筑豊炭のみにて造れる骸炭は氣孔率50~60%にて潰裂強度低きを以て開平又は松浦炭等を約30%配合して日常鑄鐵爐に使用するものとす。此の場合氣孔率は40~50%となる。

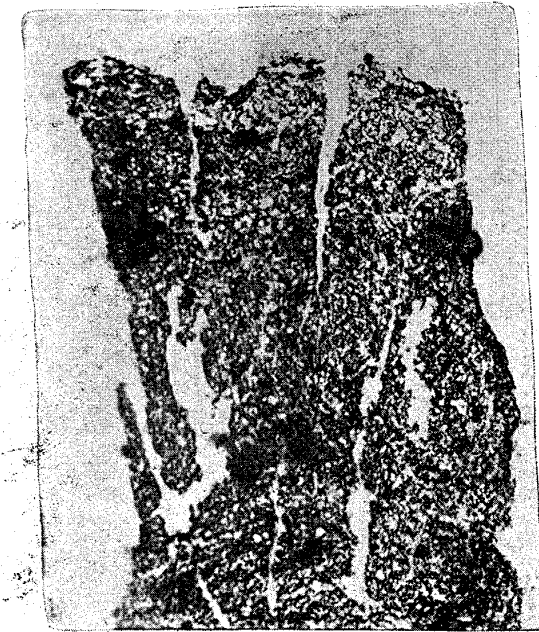
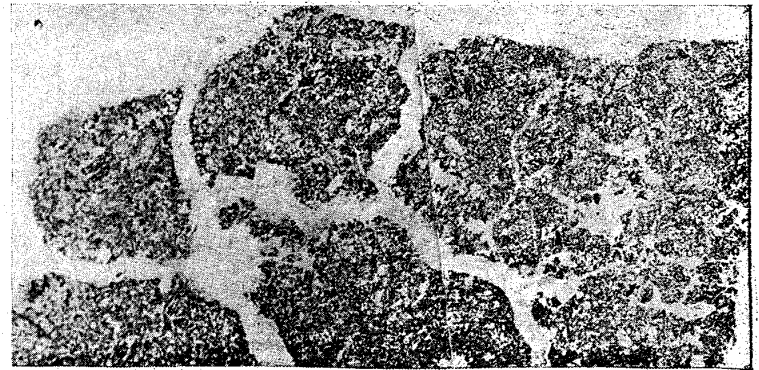
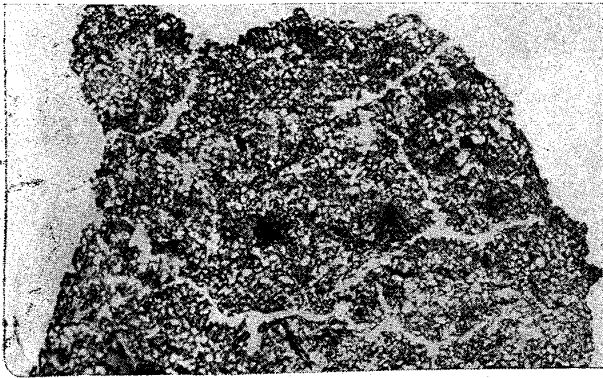
骸炭の單位容積當りの重量は他の固體燃料のそれに比し著しく低い。スピーアー氏3)によれば次

1) Simmersbach, Koks-Chemie p. 206 u. 214.

2) J. Soc. Chem. Ind, 1922. 41. 196T.

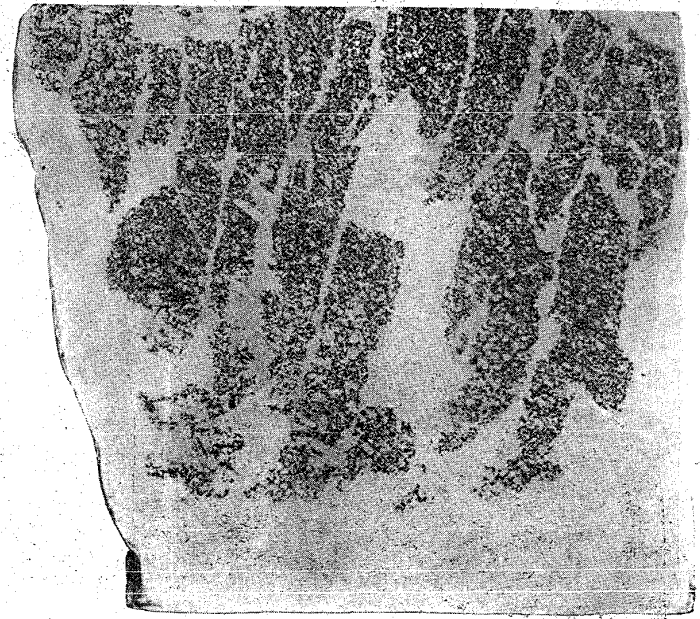
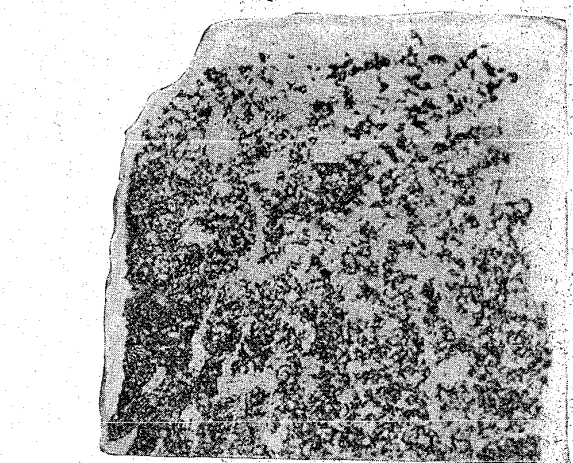
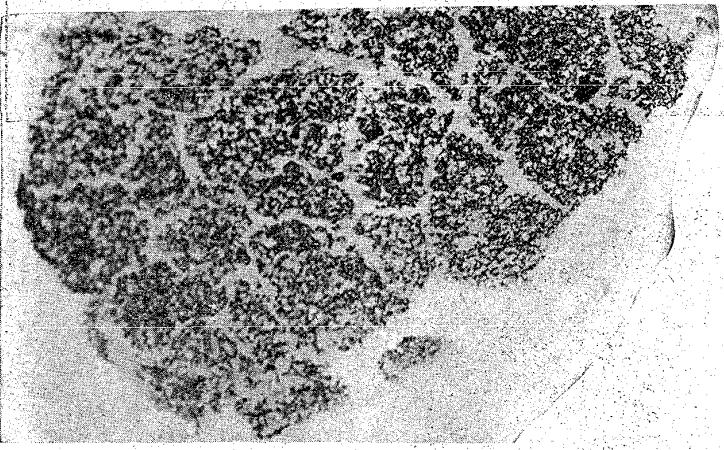
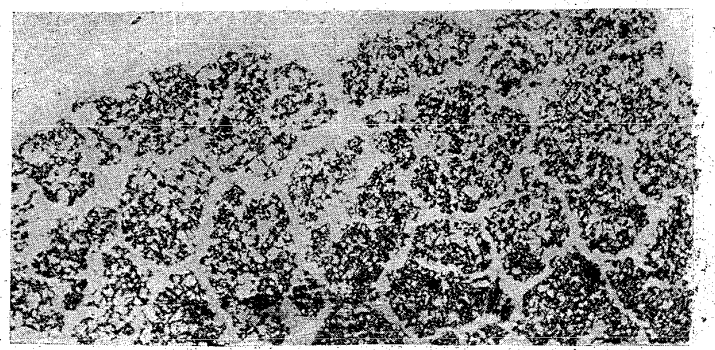
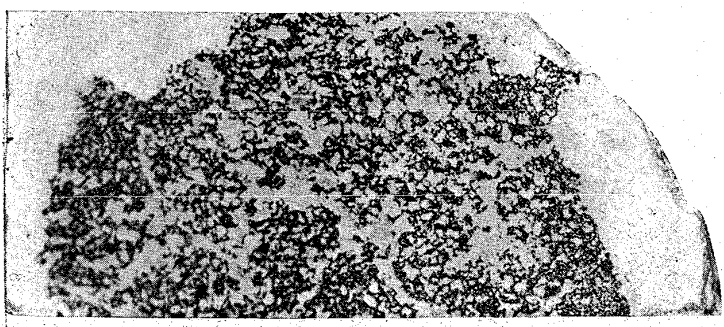
3) Technical Data on Fuel 1928 p. 171.

第 1 圖 開 十 骸 炭



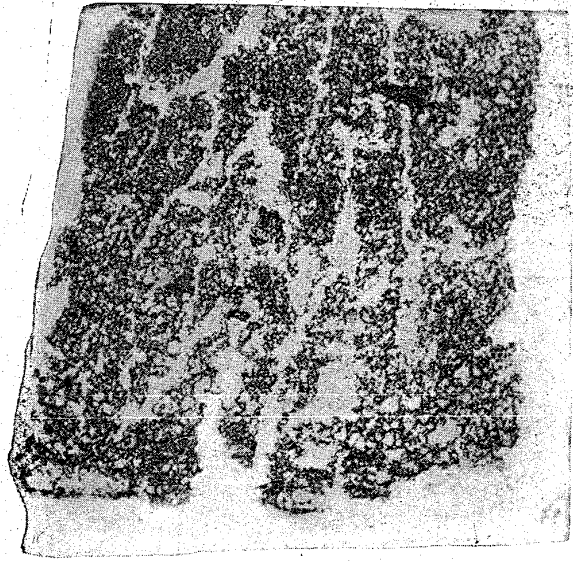
第 2 圖 土 威 骸 炭



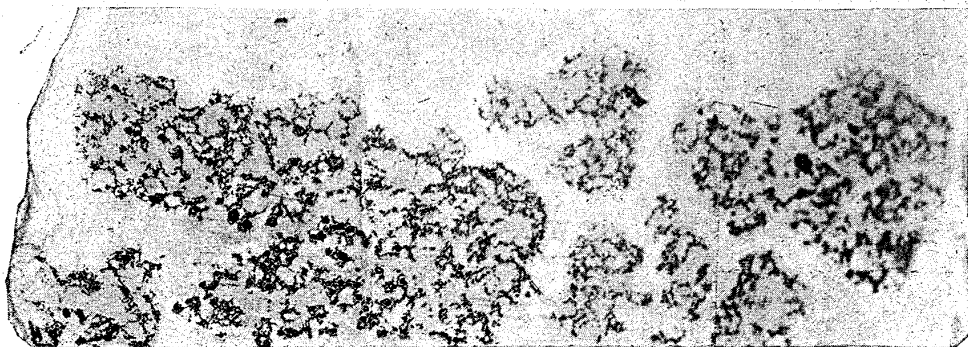


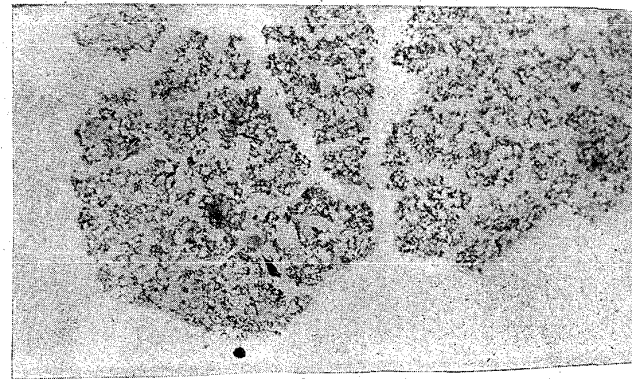
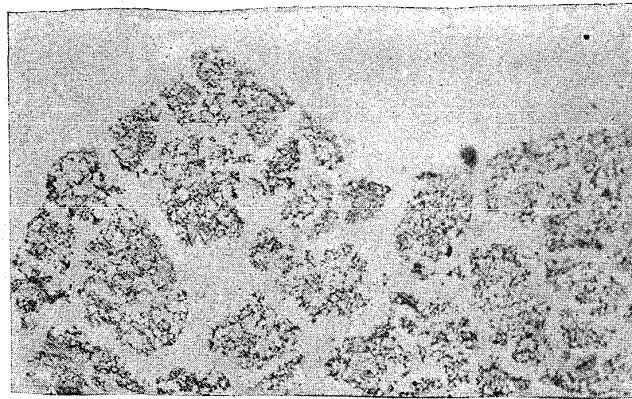
炭 骸 瀨 大 圖 第 4

第 3 圖 高 品 炭 骸



炭
骸
張
夕
圖
第 5





炭
骸
豐
筑
圖
6
第

の如し。

	1 m ³ の重さ
無煙炭	880—960 kg
瀝骸	800—880 "
炭	450—560 "

骸炭の單位容積の重さは骸炭の大きさ従つて焼成爐の式及び原料石炭の種類及び装入方法等により異なる。爐式、装入炭及び焼成時間を同一條件にして造りたる單位容積の骸炭の重量(乾量)を比較せるに搗固装入と爐頂装入との間に次の如き差を示した。

爐式	装入	装入炭	炭化時間	1 m ³ の重さ(無水)
ソルベ	搗固	原料 50% 大瀨 30% 鹿町 20%	30	420 kg
"	爐頂	同上	30	390 "

而して此の單位容積重量は爐前の骸炭に就て試験せるものにて之を運搬車に積込み鑄鑄爐内に装入する迄には相當碎かれる故鑄鑄爐内部での骸炭が此の條件にありとはもとより謂はれぬ。

鑄鑄爐内の骸炭と同一條件の骸炭として單位容積の重量を見るにドラム試験又はシャッターテストの後の1 m³の重量をとれば近似のものが得られる。

前述の表で明かなる如く製鐵所の鑄鑄爐用骸炭は英國の例に比し可成り軽い。ガーベルの目以下の粉骸炭(38 mm以下)のみをとれば略500kgあつて英國の骸炭の重さに匹敵する。

骸炭の硬さ 製鐵所に於ける鑄鑄爐當事者の骸炭に対する要求は爐の操業法の進歩、洗炭作業能率の向上、骸炭爐の改善等種々なる事由に影響されて變つて來た。骸炭の灰分や氣孔に第一義的要求を置いたのは一昔の前の事で現在では骸炭の硬さに非常なる重要性を認めて居る。而してこの事實は唯に我が製鐵所許りでなく歐米各國の鑄鑄

爐當事者の皆一致してゐる處と思はれる1)。産業界に於ける世界一般の傾向たる多量製産は鑄鑄爐にも及んで鑄鑄爐の容量は漸次増大されて來り従つて爐の高さを高くすればする程骸炭の硬さもより硬きを要するものであると云ふのが鑄鑄爐當事者の通念と信ぜられる。然る場合サウスウエールス炭やウエストフアリアヤ炭の如き硬骸炭を製出し得る原料に恵まれて居らぬ我が國としては持ち合せたる原料炭で需要者の要求に適ふ如き骸炭即ち英、獨のそれに餘り劣らぬものを造りたいと云ふのが骸炭製造者に必然的に起る問題である。

所謂骸炭の硬さに就ては廣義に之を解譯するとあらゆる外的機械力に對する抵抗と考へられるが本質的に考へて3通りに分つことが出来る。

即ち取扱ひ中或は鑄鑄爐内にて起る摩擦による磨削強度、高所より墜落又は衝擊に對する破壊度と荷重に對する耐壓力とである。斯の如くなれば各國、各所により硬さの試験法も違ふてゐる。強いて國際的のものと云へば後述する A. S. T. M の暫定法か或は Micum の法である。

今便宜上骸炭の磨削に對する抵抗の程度を表すのを磨削強度、墜落衝擊に對する抵抗を墜落強度、耐壓力を耐壓強度と呼ぶ事とする。

製鐵所で普通潰裂度の高低を表はすのは實質的に見て磨削強度と墜落強度との大小を併せ示すものである。

(1) 磨削強度 普通ドラム試験とて一定量の骸炭試料をドラム中に入れて廻轉し出來た粉骸炭中ある大きさ以上のもの、原試料に對する % を指數として示すものであるが、かくして計つた指數

1) E. C. Evance: The Fuel Economist, Jan. 1927. p. 207.

は骸炭の表面硬度を表し又ドラムの構造によりては衝撃強度をも表すこととなる。各國で用ゐられるドラムの大きさ、廻轉數等は千差萬別であるが例を擧ぐれば次の如きものがある。

第 2 表 ドラム試験器の種類

國別	發案者	ドラムの直径	長さ	廻轉數	指數決定の篩目	ドラムの内部の羽子の個數	備考	
英	Bell	—	—	1,000/時	1/8"	なし		
英	Cochranes	30"	18"	1,000/55分	1/8"	2		
英	Jarrow	26"	16"	1,000/時	1/8"	なし	ドラム内に20個の鑄鐵球あり	
米	Bureau of mine	30"	—	1,200/時	1/4"	なし		
米	Hoven	36"	18"	1,416/時	1", 1/8"	2		
米	A. S. T. M. 1)	36"	18"	1,400/時	1", 1/4"	2		
米	Curran	6' 2' 8"	—	100/10分	2", 1 1/2" 1", 1/2"	5	ドラムの周に1 1/2"の丸孔あり	
獨	Simmersbach	1m	0.5m	100/4分	40mm	—		
獨	Micum 2)	1m	1m	100/4分	40mm	4	聯合國に對する獨逸より賠償骸炭規格	
佛	Corton	550mm	150mm	600/15分	19mm	なし	鋼球を入れる	
日本	製鐵所	1.5m	1.5m	30/2分	15mm	6		
日本	日本製鋼所	Cochraneの方法に範る						
日本	釜石製鐵所	製鐵所と同様な方法を採用						

る。

製鐵所にて現在使用しつゝある方法は比較的簡單なれども、シンメルス・バツハ氏の廻轉ドラムの摩擦と墜落強度を知り得る故、銻鑛爐用骸炭を律する上に指針となすに足るものと思ふ。

第7圖、第8圖は共に製鐵所の銻鑛爐に就

て對し± 10 秒の誤差は許されてゐる。かくして40 mm 角孔の平篩上を2回通過せしめ篩上に留つたもの量を百分比で表して同一試料4回の試験を以て平均をとり、その率72%を標準として

磨削強度の標示法は Bell, Cochrane の如く1/8" 篩目に留るものゝ百分比で表はす處もあれば A. S. T. M. の如く1" 以上のものを安定率 (Stability factor) とし1/4" 以上を硬度率 (Hardness factor) とする處もあり、更に Curran 3) の法は2", 1 1/2" 1", 1/2" の篩にかけたる後やゝ複雑なる計算を用ひ強度 (Strength) 硬度 (Hardness)、脆度 (Brittleness) 及び燃料値 (Fuel value) を示すことゝして居る。

獨の Micum の法は少くも佛、白、獨間には認められたる國際的のものであるが約 50 kg 宛の試料を用ひ 45 分間に 100 回轉せしむ。但し 4 分間

て調べたる實績である 1)。

各國各所で用ふる篩目が區々である間は指數を表すにドラム試験 5/8" 目篩 85%、或は 40 mm 目篩 78% と云ふ様に記載せねばならぬ。

1 回のドラム試験に用ふる骸炭の量は各所を通じて 6 乃至 15 kg の範圍にあるが (シンメルス・バツハ法は 50 kg) 著者の手許でソルベー式骸炭爐製出の骸炭を以て試料を 5 kg、10 kg、15 kg、20 kg の4つの場合に分ち試験せるに第9圖の如くにて量に就ての影響は殆んどないことになる。黒田式骸炭爐の骸炭に就いても同様の結果を得た。

又試料の一塊の大きさによるドラム試験指數の變化を見る爲め爐前より常時潰裂度測定に用ふる試料と同様な大きさの骸炭 (一塊が約 2 kg 位のもの) 及び 2"—4" のものを採集して各々別々に試験せ

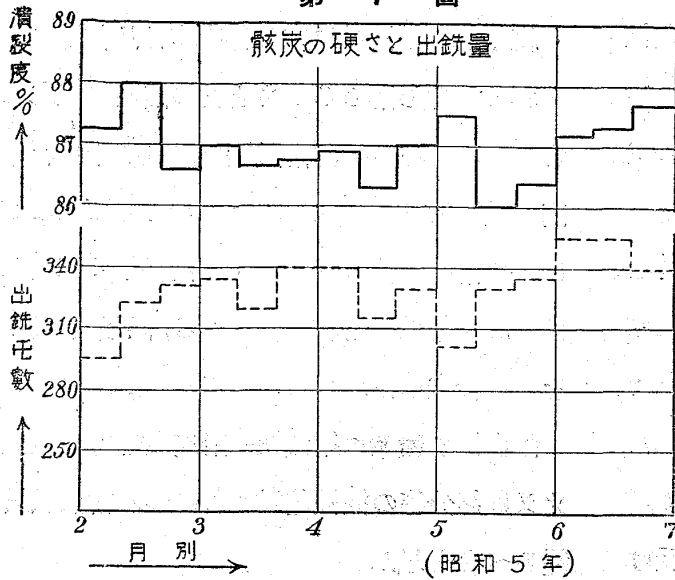
1) Coke Tumbler Test: Ind. Eng. Chem. 1928. 20. 725.

2) Stahl u. Eisen. 1927. 47. 1867. Fuel Economist, 1927. 3. 183.

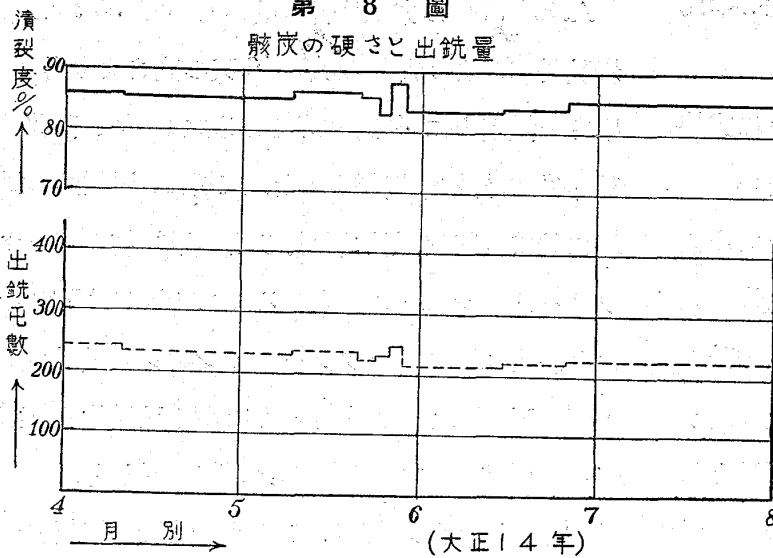
3) Wheeler and Mott: Coke For Blast Furnace. p. 78.

1) 伊能: 燃料協會誌 大正 14 年 p. 1021.

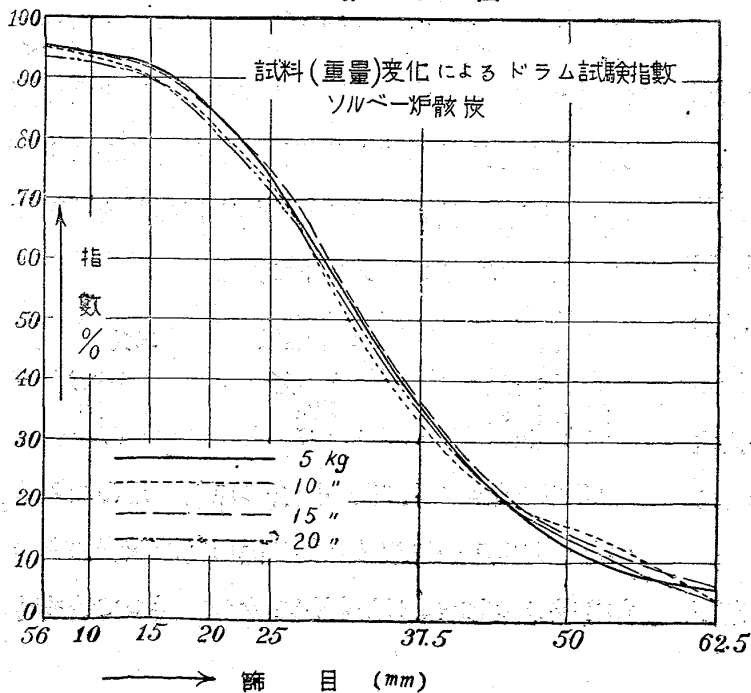
第 7 圖



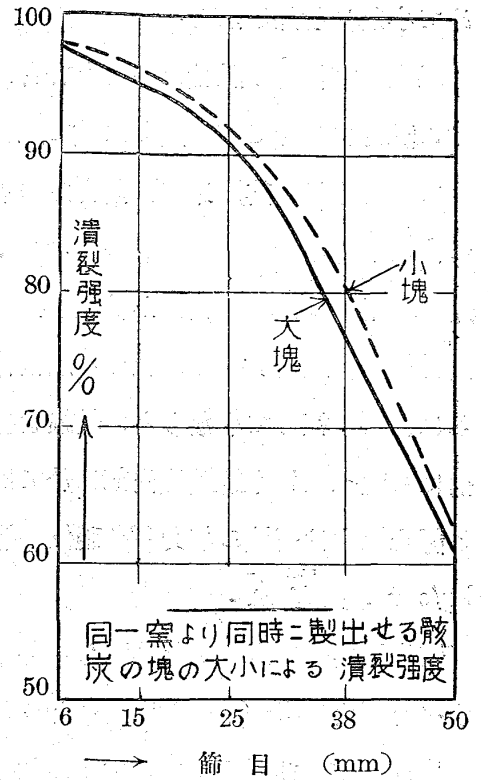
第 8 圖



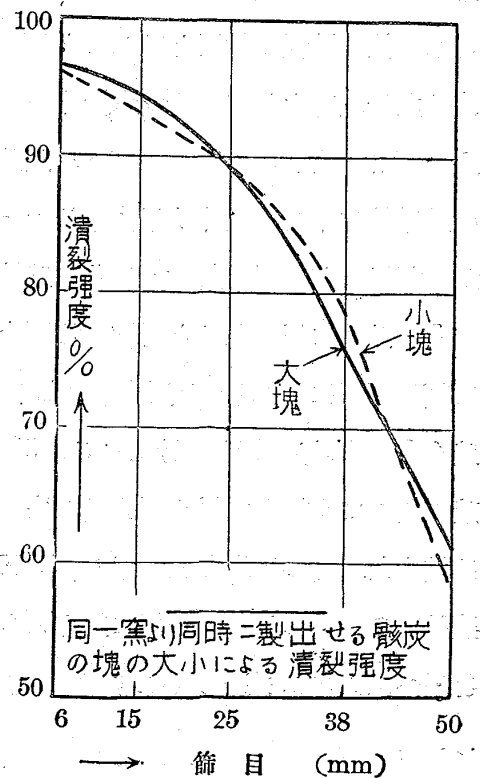
第 9 圖



第 10 圖



第 11 圖



るに第 10 圖及び第 11 圖に示す如く兩者の差極めて小なるを知る。

以上の実績及び試験結果より著者は製鐵所のドラム試験器を以てする限りに於て試料は比較的少くてもよく且つ其の採集は割合無頓着で宜敷き事の自信を得るに至つた。英國シェフィールドにて鎔鑛爐用骸炭研究委員會が約 100 種の骸炭に就き鎔鑛爐内を通過する間に受ける磨削作用を審べたるに、これは極めて小なりとの結論を得たと云ふ。前にも述べた如く鎔鑛爐内部に於ては骸炭が受ける靜止壓力は高爐の能力 350 噸位の爐で $2.5 \sim 3.0 \text{ kg/cm}^2$ に過ぎまい。

骸炭粒間の自由間隙を見込んでも毎 cm^2 に支持すべき壓力は $5 \sim 6 \text{ kg}$ を出ることあるまい。

磨削作用及び靜止壓力が如上の如く極めて小なりとすれば爐内の之等の作用には現在の骸炭で充分耐え得るのではあるまいか。我が國に 1,000 噸の鎔鑛爐を建設することに就て難色ある理由の説明として往々骸炭の軟弱と云ふことを重大因子とし或は之を全部として居るのを聞くが、ある程度以上の硬さを有する骸炭ならば 500 噸及び 1,000 噸の鎔鑛爐に不自由なく使用出来るのではあるまいか。製鐵所が洞岡に新設せる 500 噸鎔鑛爐は從來の 300 噸爐に用ゐると同様なる配合の骸炭を用ゐ頗る順調に作業し最高出銑量 617 噸及平均 540 噸 (10月) の好成绩を擧げている。500 噸が 1,000 噸になつても爐内の靜止壓力及び磨削作用の増加は僅少なるものに過ぎぬと思ふ。1,000 噸鎔鑛爐の建設難の理由の全部を骸炭に歸するものは一人之を唱へ萬人之に迎合するの類ならざれば幸である。

(口) 墜落強度 取扱ひ中骸炭の破損量は落下

の總高度及び回数に或る程度迄は比例すると考へられる。即ち落ちる高さとその度数に應じて破碎されるのである。墜落試験は取扱ひ中の粉の出來高を試験する爲に工夫されたもので A. S. T. M に於て落下の高度を 6 呎とし回数を 4 回としたのは一般に鎔鑛爐用骸炭の受くる落下距離及び度数をこの程度に豫想してのことである。

故に骸炭爐並に鎔鑛爐の附屬設備即ち運搬、消火又は篩分等の機械施設改善につれ當然試験法も變るべきと思ふ。

A. S. T. M の方法は暫定的のもので 50 lbs の骸炭試料 (2" より大なる塊) を 6 呎の高さより $1/2$ " 厚さの鐵板上に 4 回墜落せしめ之を 2", $1\frac{1}{2}$ ", $1\frac{1}{2}$ " の打抜鋼板製の篩を以て分つ。同種類の試料に就て 3 回反覆試験を行ひその平均値よりシャッター、インデクスを求めるのである。Mott 氏によれば 2" のシャッター、インデクス試料たる骸炭の形狀により影響さるゝ處多く又近代式急熱炭化爐の骸炭はこのインデクス特に低しと云ふ。Mott 氏は前者の例として塊狀の骸炭と極端に三角錐狀をなしたるものに就て例示してゐるが著者の經驗よりすれば三角錐狀骸炭は常に爐底に接する處に出来るもので、斯かる部は骸炭爐内にて壓力も溫度も比較的高き状態にて炭化されたことになる。著者の試験に於ても Mott 氏の説と一致する。即ち 2" インデクス下の如し。

製 出 爐	塊狀骸炭	三角錐骸炭
ソルバー爐	72.4%	55.6%
第一黒田式	71.6	55.6
第二黒田式	61.7	47.0

以上の骸炭は凡て同一配合の原料を用ゐたるものなれども第一黒田式と第二黒田式の骸炭に斯の如き差を生じたるは原料炭の水分差従つて焼成時

間の緩急に原因することと思ふ。

中部イングランドにて今迄骸炭の取引上 2" インデクスを以て商習慣となしたれども將來 1½" インデクスを一層信頼出来るものとして採用するらしい。

墜落試験を行ふ際 15cm インデクスが低きものは鑄鑛爐内にて通風に障害となる恐がある(鑄鑛爐内の通風障害物としては更に考ふべきものもあるが)。然るに A. S. T. M 法による 15 cm のシャッター、インデクスは本所の骸炭で第3表の如くである。

炭 別	インデクス	爐 式
開平炭	98.9%	ソルバー爐
開平、遼東炭(80:20)	97.0	同上
二瀨、松浦、遼東(60:30:10)	95.8	同上
二瀨、開平(70:30)	95.0	洞岡黒田式爐
二瀨、松浦(65:35)	94.8	戸畑黒田式爐
二瀨、大瀨、松浦(50:30:20)	94.6	ソルバー爐

之を英、獨の骸炭の同様な試験よりなる ½" インデクスと比較して決して遜色を認めぬ。

ザウスウェールス骸炭	96.0%
ダラム骸炭	92.7"
ウエストフアリア骸炭	93.5"

之等の事實より考へても日本の骸炭は軟弱だから大鑄鑛爐の建設は躊躇せねばならぬと云ふ漠然たる解説或は安易なる逃避は尙反省する必要ありと思ふ。

鑄鑛爐當事者としてシャッター、インデクスの低いものより高きものを望むことは當然であるがインデクスが一定の處に達するとそれ以上骸炭の硬さが増ても鑄鑛爐作業には變化がなく、この限界以上の硬さの骸炭を用ふる場合に在ては鑄鑛爐の爐況の如何は他の因子に影響されると見られてゐる1)。故にこの限度(未だ決定されて居らぬ)よ

1) E. C. Evans: The Purchase and Sale of Coke to Specification. p. 3.

り低きシャッター、インデクスの骸炭に就ては墜落強度は他の性質と共に考慮を拂ふべき有效なる規定である。

シャッター、インデクスの表し方は始め A. S. T. M 法に於て 2" 目篩に溜りしもの % を表したが最近英國のシェフールド、ニューガツスル、グラスゴウの骸炭試験委員會にて 2" 及び 1½" に溜るもの % で表すことが推稱された。かかる場合の表示法は例へばインデクス 74/86 の如くなる。D)。

而し更に 1½" 丈のシャッター、インデクスで示す方法も近頃英國にては Mott 氏等により強調されてゐる。

骸炭の反應性 英、米にてはピーハイブ骸炭は反應性劣れるに拘らず永年製鐵用骸炭として使はれてゐた 2)。

然るに近年反應性多く鑄鑛爐々底にて速に燃へ高温を出す如きものが歡迎されるに至つた。

反應性を決定するのに試験室で粉末試料を比較的低温度(900°C)で處理するのは鑄鑛爐の實際條件と非常な懸隔がある。米國の鑛山局法に範る方法は鑄鑛爐に用ふると同じ大きさの骸炭を高爐内の温度と同一の温度を得る如く衝風を以て試験するものである。爐は一平方呎の爐格面積を有し爐格上に水冷却瓦斯試料取管を 1½" 間隔に取付けて置く3)。この試験爐を以て Mott 氏が試験せる處に依れば羽口に於ける骸炭消費量は骸炭の質に關係少く塊の大きさ一樣なる場合主として風量に左

1) E. C. Evans: The Purchase and Sale of Coke to Specification p. 4.
2) Wheeler and Mott: Coke for Blast Furnace. p. 117.
3) Wheeler and Mott: Coke for Blast Furnace. p. 125.
U. S. Bureau of Mine: Tech. Paper No. 137. 1916.

右さると云ふ。故に燃焼の最高温度及び燃料層の平均温度はある程度迄空気供給量の増加に比例するものと見られる。この事實は最近製鐵所の銻鑛爐操業法が風壓をやゝ下げて風量を變へざる様に羽口の徑を大にして製銑上非常なる好成绩を挙げたことと照合して甚だ興味深い。骸炭の反應度は必ずしもその炭化温度により變化することに非ざることは新村氏¹⁾の研究結果よりも推知される。而し骸炭が酸素に對する燃焼性は原料炭により可なり差違を來すものゝ如く思はれる。例へば本所にて研究²⁾せる處によれば同じソルバー爐にて焙焼せる骸炭を略同一位置より採取せるものに就て試験せるに原料の差違により次の如き變化あることを知る。

骸炭種別	燃焼率
開平、單味	48.12%
二瀨、松浦、ピッチ(68:30:2)	57.00
二瀨、大瀨、無煙(50:45:5)	57.84
土威、單味	60.05
二瀨、松浦(70:30)	64.43

Mott 氏の研究によれば粘結性なき又は乏しき石炭を混じて造りたる骸炭は反應性大にして、堅硬なる骸炭となる。強粘結性炭より造れる骸炭は反應性小であり銻鑛爐用として名聲あるサウスウエールスの骸炭は反應性小であると報告してゐるが開平炭及び土威炭の骸炭の試験結果より知り得る處は必ずしも此の説と一致せざる如く思はれる。

製鐵所骸炭の反應性に就ては外に長谷川博士、武居氏等の協同研究もあり³⁾。之より見るも開平骸炭の CO_2 に對する反應率は著しく低く、二瀨、開平、淄川 (70:20:10) 配合骸炭は二瀨、開平、土

威 (60:30:10) 配合骸炭より反應率大である。此點 Mott 氏の説と一致する。

高爐々底にては風量一定なる限り骸炭の大きが温度を支配する要因であり同一種の骸炭に就て云へば大小なれば反應性大なるも燃焼熱低い。爐底で充分なる温度を得る爲には反應性低き骸炭がよいけれども骸炭の大きと硬さとは其の反應性以上銻鑛爐操業者に注意さるべき重大因子であると思考される。

骸炭の規格 地方的條件を充分考慮した上餘り空想的ならぬ範圍に骸炭の主要性質の各々に規格を設定することは製造者に對しては骸炭の性質を向上せしむる勇氣を與へる刺戟劑となり使用者には自ら業蹟を反省せしめて將來への指針となすことが出来る。

シムルスバツハ氏は銻鑛爐用及び鑄物用骸炭の規格として嘗て次の如き提案をなした¹⁾。

	銻鑛爐用		鑄物用	
			一級品	二級品
1. 灰分	9%以下	8%以下	9%以下	
2. 水分	5%以下	5 "	5 "	
3. 硫黄	1-1.25以下	1 "	1-1.25 以下	
4. ダスト	6 以下	6 "		
5. 氣孔	50 以下	40 "		
6. 耐壓強度	100kg/cm ²	100kg/cm ² 以上		

然るにコツパース博士は最近之をやゝ改變し耐壓強度の代りにドラム試験と墜落試験を用ゐるドラム試験結果 40 mm 目篩 65~70%、墜落試験結果 50 mm 目篩 75% 以上とした。

本邦に於ては現在高爐骸炭の規格としては八幡製鐵所及び兼二浦製鐵所に次の如き規定が設けられてゐる。其他の製鐵工場にては概ね骸炭の大きを規格するに過ぬ²⁾。

1) 新村、燃料協會誌 大正 15 年 p. 477.

2) 正井、安西 製鐵研究 昭和 4 年 7 月 p. 51.

3) 長谷川、武居：製鐵所研究所報告 Vol. VI. No. 8.

1) Simmersbach: Koks-Chemie p. 243.

2) 黒田 鐵と鋼 昭和 5 年 4 月號

	大 小	氣 孔 率 %	潰 裂 強 度 %	灰 分 %	固 定 炭 分 %	揮 發 分 %
八 幡 製 鐵 所	30mm以上	41以上	85以上	17.5~18.5	80以上	—
兼 二 浦 製 鐵 所	8分以上	35以上	85以上	21以下	—	2以下

試験法の統一は早晚問題となるべき事柄なるも一つの規格を設定して統一的に全國製鐵用骸炭を律することは現在の原料炭の供給状態と組織の下では困難なる問題である。

以下規格さる可き骸炭の主なる諸性質に就て述べる。

(1) 大 小 最大限度は大體爐幅により決定される故最小限度を定むるのが現在の普通なれども本溪湖及び釜石の製鐵所にては夫々10—120 mm又は25—121 mmの如く上下の範囲を限定してゐる。鑄鐵爐の作業上より見れば勿論かくする事が便利なれども骸炭爐の幅或は式を參酌してこの範囲を定むるか又は規格を豫想して骸炭爐を設計した場合に非れば非常な不經濟か然らざれば實行不可能に陥り易い。大さは最大限を云はずに暫定的に最小限度のみを定めることは最も可能なる方法にて少しく注意してガーベルにて積込むかローラーグリーズの如きを用ひ充分目的を達し得る。

(2) 氣 孔 率 本邦主要製鐵所の骸炭に就て見るに氣孔率は略38—45%にある。氣孔性が鑄鐵爐内の状態に如何に影響するかに就ての研究は發表されたるを見ないが骸炭の燃焼性を左右することは想像に難くない。本邦製鐵用は氣孔の點ではヨークシャー邊の骸炭と匹敵するのではあるまいか。

製鐵用としての中鞍山の骸炭が比較的氣孔率少きは、こゝでは原則として搗固装入による爲と思ふ¹⁾。

(3) 水 分 鑄鐵爐に使用するとき何等有效價値なきは勿論なるも大部分高爐々頂に於て蒸發される、故羽口に於ける燃料消費量に影響なしと考へられる。

而して水分蒸發による瓦斯容積の増加、骸炭運搬中の動力の増加及び消火用水の増大等考へられれば出来る丈水分は少きことを望むは當然である。近代式骸炭爐には必ず消火塔又は乾式消火法を採用する故消火後の水分含有量を3%以内に留めることは左程難事ではない。例へば無水又は極めて水分の少い骸炭を造り得たとしても空中屋外に相當時日放置すれば5~6%の水分含有状態になり易い。反對に爐前で比較的水分多い場合には運搬中又は貯藏中水分が減少する。中部イングランド地方で骸炭の規格に水分を考慮して之を評價の上下にも影響せしむる如くした處が爐前の試料と鑄鐵爐附近での試料との間に水分の差あり平均して後者の場合が3%高き爲め規格制定上困難が起つたと云ふ¹⁾のは第一例であり我が製鐵所の舊骸炭爐に於ける貯藏骸炭と爐前骸炭との水分關係は第2の例となる。獨逸邊では普通市場で取引するのに水分5%迄は認容する商習慣となつてゐる。

我が國では高爐用骸炭の規格に水分を入れて居らぬ。

(4) 灰 分 骸炭の灰は酸基可成りに大なる故鑄鐵爐内にてある程度迄鹽基の勝つたものとされ且つかくして成生した鑄滓は熔出されねばならぬ。今骸炭の灰は如何程の酸度にあるものかの概念を得る爲め各國の骸炭の灰の數例を示す。

1) E. C. Evans: The Purchase and Sale of Coke to Specification. p. 2.
(Zweite weltkraft Konferenz Bericht. Nr. 71)

1) 黒田・鐵と鋼 昭和5年4月號

第 4 表

灰 中 %

地方別	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	其他
八幡製鐵所	51	31.0	6.5	6.0	1.3	4.2
本溪湖煤鐵公司	50	41.0	6.5	1.0	0.8	0.7
鞍山製鐵所	50	34.0	11.0	2.0	0.7	2.3
兼二浦製鐵所	48	35.0	2.7	3.8	0.8	9.7
輪西製鐵所	45	28.0	9.0	8.0	2.5	7.5
釜石製鐵所	48	28.5	8.5	7.5	2.5	5.0
ルール骸炭	42	28.5	14.0	6.0	2.0	7.5
アーヘン骸炭	42	28.0	15.0	4.0	3.0	8.0
オーバー シレンヤ骸炭	30	14.0	25.0	18.0	8.5	4.5
ベルギー骸炭	59	24.5	12.0	3.0	2.0	9.5
ダラム骸炭	45	25.0	15.0	5.0	1.5	9.5
ウエストパー ジニヤ骸炭	42	24.0	28.0	1.7	0.5	3.8

灰の酸基を中和し更に之を鹽基化するに必要な石灰石の分解に要する熱及び成生鑛滓を熔すに要する熱は灰中の珪酸と石灰の割合及び鑛滓の鹽基度により違ふ。而しこゝには詳細なる計算を省略し、英國の鐵鋼協會の骸炭試験委員が提案した1%の骸炭の灰の増加に對し2%の骸炭を過剰に消費すると云ふ數字に依據して論を進める 2)。

鑛鑪操業に於て骸炭の灰に關する評價をなす場合當然熔劑として用ふる石灰石の價格及びその運搬費をも考慮せねばならぬ。

今骸炭の灰の規格を 18% (製鐵所現在 17.5~18.5%) としこの骸炭を用ふる時骸炭の消費量を銑鐵1 噸に付き1 噸とすれば前記の假定に従ひ灰分が 19% なる骸炭の消費量は 1,020 kg となる。然るにこの過剰骸炭中の灰を基準の鹽基度 (製鐵所にて現在 $\frac{CaO}{SiO_2} = 1.5$) の鑛滓となす爲めに過剰の石灰石を要するものにて、その量は製鐵所の條件を以てすれば骸炭の灰に付き石灰石の 1.2 の割合となる故に 20 kg の過剰骸炭に對し之は 3.8 kg の灰の過剰となる) 4.56 kg となりその概數をとり

5kgの石灰石の過剰を要求することゝなる、骸炭の灰 18% なる時を基準に置き同様な計算をなせば骸炭の灰の増減による骸炭及び石灰石の消費量の増減は次表の如くなる。

第 5 表

骸炭の灰 %	骸炭消費量 (銑1 噸に付き)	石灰石消費量 (銑1 噸に付き)	骸炭の灰 1% に付き裝入物の價格
17	980kg	A-5	-21.5錢
18	1,000	A	0
19	1,020	A+5	+21.5
20	1,040	A+10	+43.0
21	1,060	A+15	+64.5

骸炭1 噸の價格を 10 圓、石灰石を 3 圓とすれば骸炭の灰 1% の増減に對する主なる裝入物の價格の増減は第 5 表の 4 行に見る如く變る。

考察の範圍を狭くして之れ丈に留めて置けば規格より超過又は減少する灰の 1% に付き骸炭の價格を規定の 2.15% 上下すれば補償出来ることゝなる。

骸炭の灰 1% の上下に對し消費當量を實際鑛鑪作業に就て試験せる例として次の如きものがある。

ダークレー氏はオグレーマリエーに於て 6 年に亘り不洗炭の骸炭に洗炭の骸炭を代用して試験した。この試験に於て骸炭の灰 19% のものと 10.6% のものとを各 4 本の鑛鑪に使用した結果灰の低き方の骸炭により銑鐵1 噸に付き 203 kg の骸炭を減少し得たと云ふ。之れは灰 1% に付き 24 kg 強の骸炭減少に當る。そこでは灰分 19% の骸炭を使用した場合の Coke ratio が 1.24 になつてゐる。

又ギル氏の報告 1) に見るとニューカッスル附近にあるコンセト製鐵所では 12.15% と 9.8% との灰の骸炭に就て 5 週間に亘り試験して灰 1% の

1) Simmer sbach : Koks-Chemie p. 141.

2) Wheeler and Mott: Coke for Blast Furnace p.

1) Gill: Journ. Iron and Steel Inst. 1927. 116. 91.

減少が骸炭 23 kg 減じ得ることを知つたと云ふ。

英國の鐵鋼協會の鑄鐵爐委員會は最近の報告に特殊の富鑛を使用する處以外に於ては骸炭の灰 1% の増加は骸炭の炭素を置換する、この灰を鑄滓となして熔出する費用の加算を補ふ意味でその價格の 2% を減ずることが一般に認容されてゐることを報告してゐる¹⁾。

我が國各製鐵工場の骸炭は灰分比較的多い。之を外國なみにすることは骸炭の値段を極端に騰貴せしむることとなり到底經濟的に忍び得ぬ。

八幡、本溪湖、兼二浦等にて灰の規格を夫々 18.5%、20%、21%、以下の如く制定して居るのは原料炭の性質上鑄鐵爐當事者としても辛棒されたいものである。

(5) 硬 さ 英國にて鑄鐵爐、鑄銑爐及び石灰窯に實際的に燃料として使用した結果その消費量を比較して經濟的に之を批評すればヨークシャーの骸炭よりグラム骸炭が勝りグラム骸炭よりウエストファリヤ骸炭が勝つて居り、而してサウスウエルス骸炭が最上であると云ふ²⁾。それ等の骸炭のシャッター、インデクスは略次の如き範圍にある。

	1½" シャッターインデクス
ヨークシャー骸炭	69~86%
グラム "	90~95"
ウエストファリヤ "	約 96
サウスウエルス "	95~97"

灰分及び硫黄の含有量は骸炭を評價する上に大に關係あり昔より考慮せられたることなれども英國にては 1926 年の總罷業當時の經驗に基きて 1928 年の後半よりシャッター、インデクスに基く

賣買規格も一部地方に行はれた様である。

例へば 1½" シャッター、インデクス 80% のものをベースとして 1 吨 19 シリングとすれば硬さに應じてスライデング、スケールの支拂法により取引を行ふものである。

次の方法は現在ヨークシャーの鑄鐵爐骸炭に適用されてゐる。

第 6 表

シャッター インデクス	價 格	インデクス 2% の差に對し
86%	20s 4 ^a)	+5 ^a
84	19 11)	+6
82	19 5)	+5
80	19 0)	ベース
78	18 7)	-5
76	18 1)	-6
74	17 8)	-5

鑄鐵爐骸炭の性質規格に揮發分を加へることは必要ないことと思ふ。揮發分は水分や灰分の如く無價値なる性分でもなく且つ現在の製造法によれば高爐用骸炭の揮發分は 1~3% の範圍にある¹⁾。灰分量を規定し揮發分が以上の範圍に納まれば固定炭素量も自然制限を受けることとなる故敢えて性質規格に加ふる迄もあるまい。

規格の統一は理想としては望ましいが販賣品ならぬ自製の製鐵工場用の骸炭に迄で強ひて之を及ぼすことは若干の無理を伴ふ恐がある。

自家用骸炭に就ては其場所に於ける諸種の條件を參酌して製造當局と使用者側との了解による規格制定が最も實際的にて實行性がある。

但し市販の鑄物用骸炭の如きは供給者も多く勢ひ一つの需要者に對し販賣競争も免れ難きことなれば規格統一をなして不當なる競争を避くべきと思ふ。

以上骸炭の規格に就て説き來りたれどもさて骸炭製造者の立場として如何にして之に應すべきか問題となる。

原料石炭の性質、混炭の炭種の影響、装入石炭の粒度、装入方法、装入炭の水分の影響、消火、篩分等骸炭の性質を左右するに考慮すべき要因甚だ多岐である。之等は他日稿を新にして説くこととする。(6, 4, 1)

1) Evans: The Purchase and Sale of Coke to Specification. p. 5.

2) Wheeler and Mott: Coke for Blast Furnace p. 147.

1) 黒田: 鐵と鋼 昭和 5 年 4 月 p. 11.