

論 說

コークス強度に及ぼす洗炭度の影響に就て

(日本鐵鋼協會第 28 回講演大會講演 昭和 17. 10 於東京)

勝 屋 彊\*

EFFECT OF THE COAL WASHING DEGREE ON COKE STRENGTH

Tutomu Shōya

SYNOPSIS:— The efficiency of blast furnace is very much effected by the strength of the cokes used, so that the coal washing degree at iron works should be determined not only by the factor of cleaning coal ash which has been obtained by the washability-curve, but by the relation between the cleaning coal ash and strength of the coke produced from the coal. The author investigated these relations for five kinds of coking coal, and plotted them on same figure, recognizing that every coking coal has peculiar characteristic in the relation of "ash-strength"; and concluded that these characteristics have been caused by the distribution of their grains and ash particles.

目 次

- I. 緒 言
- II. 豫 備 試 験  
(箱燒コークス, 標準度決定試験)
- III. 本 試 験  
1. 試験方法 2. 試験結果  
i 試料炭工業分析結果 ii 篩別試験結果 iii 比重別試験結果(洗炭曲線) iv 灰分-潰裂強度の關係 v 灰分-潰裂強度-歩留の關係
- IV. 考 察
- V. 結 論

I. 緒 言

熔鑛爐内に於てコークスは其の内容積の 60~70% を占めるのが普通であつて、コークスの品質の良否は熔鑛爐操業上甚大な影響を與へる。一般に熔鑛爐の作業能率は 50% がコークスの品質に依つて左右せられ、30% が鑛石の良否、20% が操業技術の適否優劣に依ると考へられてゐるのである。このコークスの品質とは灰分、強度、反應性、其の他灰の熔融點等であるが、現在最も重要視されてゐるのは灰分と強度である。然してこれ等の品質は原料炭のコークス化性に依つて大部分決定せられ、同一原料炭に就て見るに實際問題として其の灰分含有率如何に依つて製成コークスの強度に著しい影響が有る。斯るが故に製鐵所に於

て洗炭作業を行ふについては單に灰分、強度の關係のみならずこれ等に歩留の關係を明かにし洗炭度を決定すべきなりとの見地より數種の原料炭を試料とし、先づ洗炭曲線より灰分-歩留の關係を求め次で手洗法に依つて各種指定灰分のを調製、箱燒にてコークスを製造し、灰分-潰裂強度の關係を求めこれ等を合して灰分-歩留-潰裂強度の 3 者の關係を各炭種別に明かにし、併せて各炭種により灰分-裂強度に特異性の生ずる原因につき若干考察を加へたり。

II. 豫 備 試 験

箱燒法にて本試験を行ふに當り其の製成コークスとコークス爐コークスとの品質を比較し、其の標準度を決定し置く必要あり。この目的の爲にコークス爐裝入時に於て裝入車より試料を採取し、これを試験箱に詰めコークス爐裏側(押出機側)の底部に裝入、火落後、コークス爐コークスと

第 1 表 イ) 裝入炭工業分析

總水分	灰分	揮發分	固定炭分
%	%	%	%
14.34	12.17	34.43	53.40

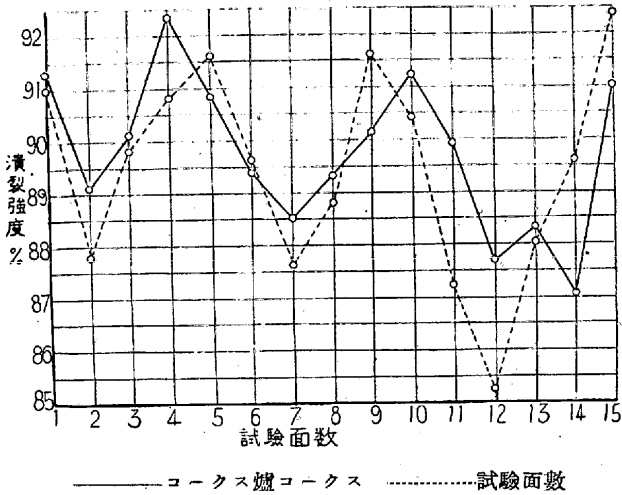
ロ) コークス爐コークスと箱燒コークスとの比較

試験別種別	灰分 %	揮發分 %	固定炭分 %	比重 %	氣孔率 %	潰裂強度 %
コークス爐コークス	16.93	1.29	81.86	1.85	39.30	89.67
箱燒コークス	16.93	1.26	81.85	1.83	36.74	88.87

\* 日本製鐵廣畑製鐵所

箱燒コークスの品質を比較試験せり。試験箱は同一試料につき2個使用、箱の大きさは 330×240×270mm<sup>3</sup> とし同一試験を 15 回行ひ、次の平均値を得たり。(第1表)

製成コークスの品質は大體兩者一致し潰裂強度は第1圖の如く多少箱燒コークスは小なる値を示せども同一傾向を



第1圖 コークス爐、箱燒コークスの潰裂強度の比較圖

示す。即ちコークス化試験方法として箱燒法は適當なるものと認めたり。

### III. 本 試 験

コークス用原料炭中、開平、中興、黒山、六河溝、塔路の5種粉炭を試料とし灰分-歩留-潰裂強度の3者の關係を求めたり。

1) 試験方法 試料は着船毎に1回につき約1t採取、これにつきi工業分析、ii 篩別試験、iii 比重別試験を行ひ次に手洗法にて各指定灰分試料4又は5種を調製し粉碎機にて1.5mm以下70%程度に粉碎、水分14%一定になる如く加水、前記箱燒試験法にてコークス爐に装入炭化せしむ。製成コークスにつき潰裂強度を測定し、装入炭灰分と潰裂強度の關係を求めたり。本試験は各炭種毎に10回宛行ふ。

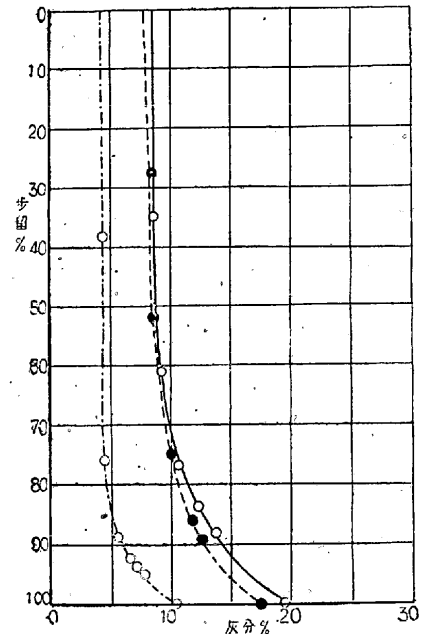
2) 試験結果 (10回の平均値を示す) i 試料炭工業分析結果(第2表) ii 篩別試験結果(考察の項參煙) iii 比重別試験結果(第3表)。

第2表 試料炭工業分析結果

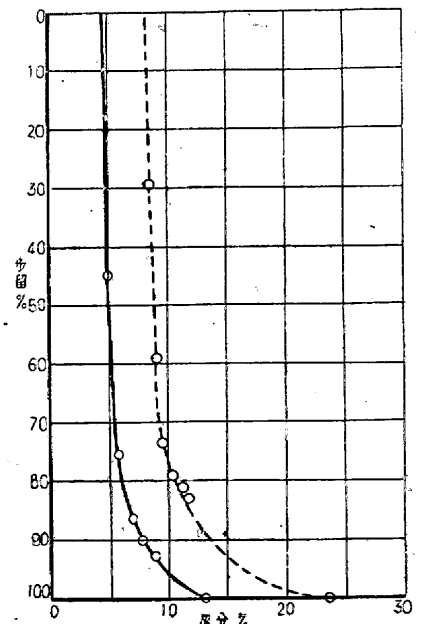
炭名	水分 %	灰分 %	揮發分 %	固定炭分 %
開平粉炭	0.97	19.49	28.43	51.11
塔路粉炭	1.71	10.69	34.20	53.40
中興粉炭	0.86	12.97	27.47	58.70
黒山粉炭	0.74	18.46	19.44	61.36
六河溝粉炭	0.47	24.03	21.48	54.02

第3表 比重別試験結果

炭名	種別 %	篩目						
		1.3下	1.3-1.4	1.4-1.5	1.5-1.6	1.6-1.7	1.7-1.8	1.8上
開平粉炭	歩留	35.54	25.58	15.68	7.52	4.14	11.54	—
	灰分	8.94	10.96	17.36	26.59	36.24	63.77	—
塔路	歩留	76.44	12.70	3.96	2.14	1.16	3.60	—
	灰分	4.64	14.87	26.64	37.29	48.81	72.01	—
中興	歩留	44.86	31.84	10.62	3.16	2.00	7.52	—
	灰分	5.33	7.34	14.97	26.08	36.84	66.46	—
黒山	歩留	26.80	27.00	22.80	9.60	3.40	10.40	—
	灰分	8.02	8.53	15.24	24.48	34.36	64.89	—
六河溝	歩留	29.58	29.88	14.60	4.22	3.12	1.52	17.08
	灰分	7.53	8.53	14.03	26.53	38.05	47.53	81.25



第2圖 (イ) 洗炭曲線



第2圖 (ロ) 洗炭曲線

比重別試験結果より各粉炭の洗炭曲線を求めれば、第2圖(イ)及び(ロ)となる。

### IV. 灰分-潰裂強度の関係

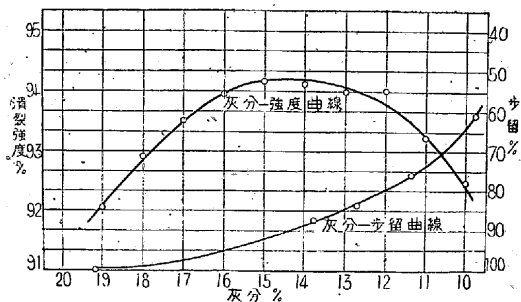
各粉炭につき 4~5 の指定灰分の試料を手洗に依りて調製、製成コークスの潰裂強度を測定せり。各 10 回の試験結果を同一圖上にプロットシこれより圖的に平均値を求めたり。(第 4 表参照)

第 4 表 (灰分-強度の関係)

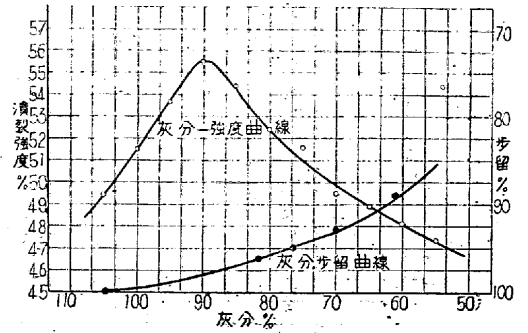
(イ) 開平粉炭													
灰分%	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10		
潰裂強度%	91.7	92.1	92.9	93.5	93.9	94.2	94.1	94.0	94.0	93.3	92.5		
(ロ) 塔路粉炭													
灰分%	10.5	10	9.5	9.0	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5		
潰裂強度%	49.5	51.5	53.6	55.6	54.4	52.4	51.7	49.5	48.9	48.2	47.5		
(ハ) 中興粉炭													
灰分%	14	13	12	11	10	9	8	7	6				
潰裂強度%	88.2	89.2	90.2	91.2	91.9	92.6	93.2	93.5	93.9				
(ニ) 黒山粉炭													
灰分%	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10			
潰裂強度%	92.0	92.3	92.8	93.4	93.8	93.9	94.1	94.3	44.6	94.9			
(ホ) 六河溝粉炭													
灰分%	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11
潰裂強度%	71.0	75.8	80.5	84.6	86.7	88.4	90.1	91.4	92.6	93.6	94.0	94.0	94.6

### V. 灰分-潰裂強度-歩留の関係

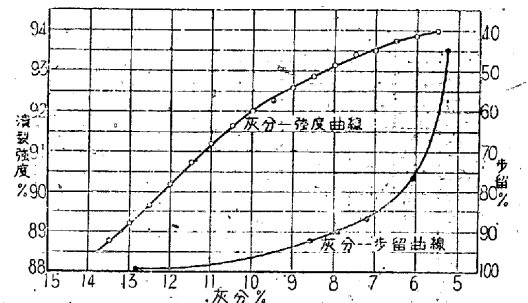
上記洗炭曲線及 iv) の灰分-潰裂強度の関係よりこれ等を同一圖上にプロットシ三者の関係を圖示せり。(第 3, 4, 5, 6, 7 圖参照) 開平粉炭は灰分を減少せしむるときは漸次潰裂強度は上昇を示し灰分 14~15% 程度を限界とし夫れ以上灰分を減少せしむるときは潰裂強度は減少を示す。塔路粉炭につきてもこの傾向は同様にして灰分 9% 程度の點に限界點有り。然るに中興、黒山、六河溝各粉炭につきては前記 2 者に於けるが如く限界點無く、灰分の減少と共に強度は大體直線的に上昇を示す。



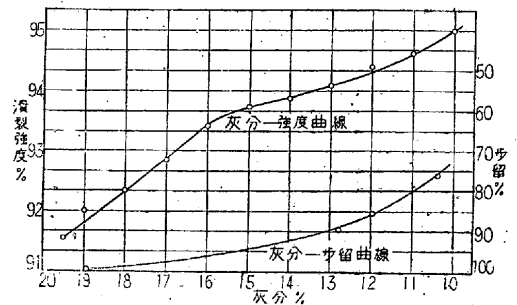
第 3 圖 開平粉炭, 灰分, 強度, 歩留關係圖



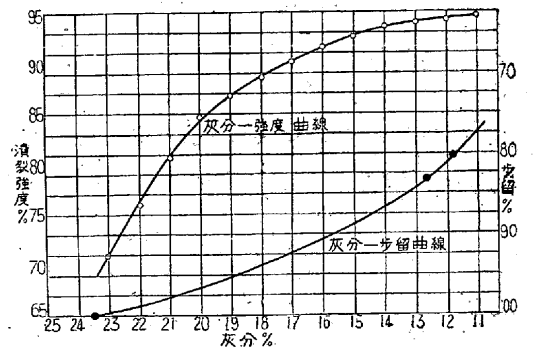
第 4 圖 塔路粉炭 灰分, 強度, 歩留關係圖



第 5 圖 中興粉炭, 灰分, 強度, 歩留關係圖



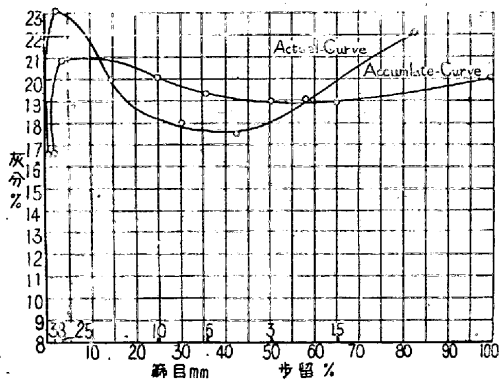
第 6 圖 黒山粉炭, 灰分, 強度, 歩留關係圖



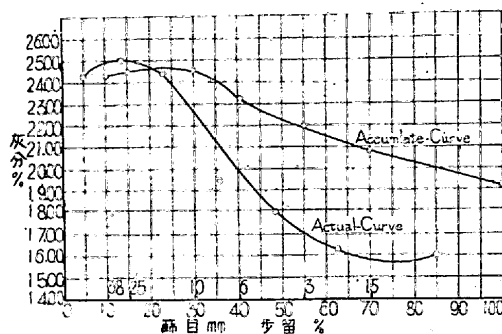
第 7 圖 六河溝粉炭, 灰分, 強度, 歩留關係圖

### VI. 考 察

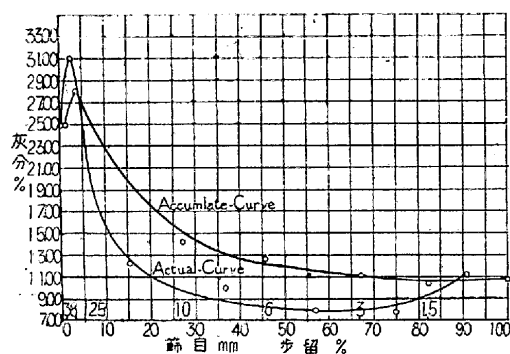
V に於て、5 種粉炭につき灰分-強度-歩留の 3 者の関係を求めしに灰分強度の關係に、開平、塔路粉炭の如き限界點を有するもの及び中興、黒山、六河溝の如く限界點なき



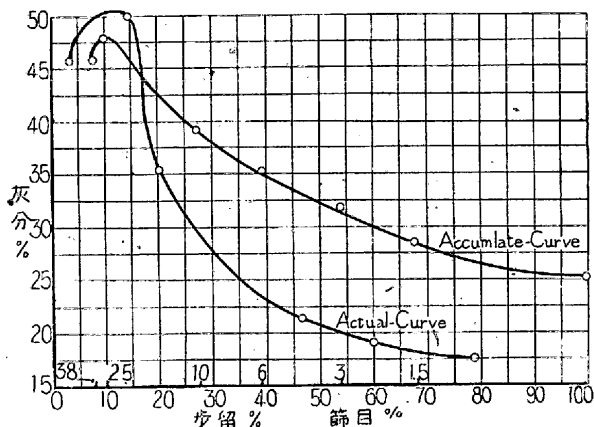
第8圖 開平粉炭，粒度，灰分關係圖



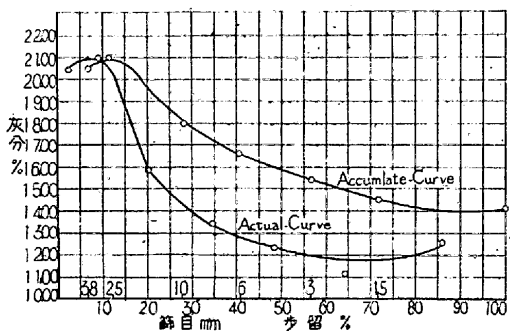
第11圖 黑山粉炭，粒度，灰分關係圖



第9圖 塔路粉炭，粒度，灰分關係圖



第12圖 六河溝粉炭，粒度，灰分關係圖



第10圖 中興粉炭，粒度，灰分關係圖

2種あるを認めたり。これ等異なる傾向を生ずる原因につき若干考察を加へん。上記5種粉炭につきて篩別及びその

第5表

炭名	篩目種別	篩目						
		38上	38-25	25-10	10-6	6-3	3-1.5	1.5下
開平粉炭	歩留%	0.79	3.75	20.18	11.51	14.74	15.18	33.88
	灰分%	16.88	23.27	19.97	17.92	17.63	19.15	22.10
塔路粉炭	歩留%	1.47	1.96	24.73	18.29	20.94	15.29	17.32
	灰分%	25.18	30.14	12.54	10.19	7.73	7.59	11.16
中興粉炭	歩留%	7.22	4.96	16.40	12.41	15.99	14.95	28.07
	灰分%	20.40	21.97	15.82	13.39	12.37	11.37	12.61
黑山粉炭	歩留%	10.93	5.20	14.98	10.28	14.37	14.19	30.05
	留灰%	24.30	25.06	24.51	19.48	17.99	16.17	15.99
六河溝粉炭	歩留%	8.16	4.76	14.86	11.68	14.69	13.95	31.90
	灰分%	45.86	49.95	33.59	25.14	21.34	17.97	17.42

灰分を試験せる結果は第5表及び第8~12圖に示す。

(備考) 本試験の試料はIIIに使用せし粗炭にして各粉炭10回の平均値なり。

開平粉炭、塔路粉炭につきて篩別及び其の灰分結果を見るに第8、9圖に示せる如く双方共に粒の大なる部分より小なる部分に向つて漸次灰分は減少するが最小粒に至つて其の灰分は急激に上昇を示す。特に開平粉炭は高し。中興、黑山、六河溝各粉炭につきて見るに第10、11、12圖に示せる如く中興は大粒より小粒に向つて灰分は減少し、1.5粒以下に於て多少灰分は上昇するもその actual 灰分は accumulate 灰分より低し、この傾向は黑山及び六河溝粉炭につきてても同様なり。即ち洗炭する際に開平、塔路粉炭に於ては洗炭度低き場合はボタ中に大粒の灰分高きものが混入し、小粒のものは大部分洗炭中に残るが或程度以上洗炭度を高むるときは漸次、小粒の部分がボタ中に混入し来り。洗炭中の小粒の含有量は著しく減少し行くなり。然るに中興、黑山、六河溝粉炭は小粒部分の灰分低き爲に洗炭度を高むるも、小粒のボタ中に除去さるる割合は極めて少なし。

即ち洗炭度如何に依り潰裂強度に變化を生ずる原因とし

第6表 (イ) 開平粉炭

種別歩留 mm	装入炭分析			製成コークス性状			比重	気孔率 %	潰裂強度 %
	灰分 %	揮発分 %	固定炭分 %	灰分 %	揮発分 %	固定炭分 %			
25~10	18.88	27.50	53.62	24.23	1.91	73.86	1.94	42.00	81.00
10~6	18.33	27.20	54.47	22.50	1.91	75.59	1.94	38.99	89.40
6~3	19.28	27.60	53.17	27.48	2.43	70.01	1.95	38.33	91.40
3~1.5	18.83	26.55	54.62	25.44	1.70	72.86	1.90	40.49	92.00
1.5~1.0	16.95	26.87	56.18	22.55	2.00	75.45	1.94	39.78	92.80
1.0~0.5	16.52	26.80	56.68	21.46	2.05	76.49	1.91	39.84	92.40
0.5以下	21.68	25.70	52.62	29.00	1.64	69.36	1.90	39.04	94.60

第6表 (ロ) 中興粉炭

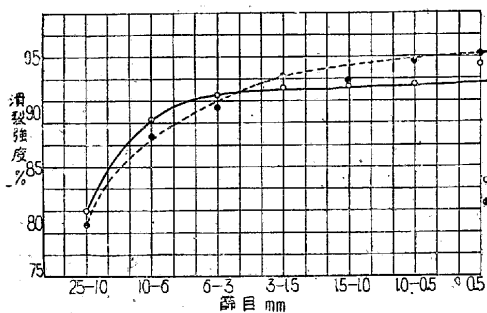
種別歩留 mm	装入炭分析			製成コークス性状			比重	気孔率 %	潰裂強度 %
	灰分 %	揮発分 %	固定炭分 %	灰分 %	揮発分 %	固定炭分 %			
25~10	16.55	21.85	61.60	20.25	0.57	79.18	1.90	37.54	79.20
10~6	12.51	22.00	65.49	15.95	0.60	83.45	1.84	38.01	87.90
6~3	11.27	22.20	66.53	15.49	0.55	83.96	1.90	40.01	90.40
3~1.5	10.92	23.00	66.08	14.10	0.55	85.35	1.91	37.27	93.20
1.5~1.0	9.95	23.75	66.30	14.58	0.70	84.72	1.91	39.70	92.40
1.0~0.5	11.75	22.05	66.20	14.85	1.10	84.05	1.89	38.57	94.80
0.5以下	11.55	22.33	66.12	15.10	0.58	84.32	1.87	39.29	95.20

備考 1.5mm 以上のものは 1.5mm 以下に粉碎す。

て、各粉炭の粒度の分布状態及び其の灰分含有率如何が影響するものと一應考察されるなり。

然らば粒子の細かき部分が果して潰裂強度に良き影響を與ふるやにつきて検討すべく大體同一粘結性を有する開平、中興粉炭につきて其の粒度別に依るコークスの強度を試験せし結果は第6表の如し。

第6表を圖示すれば第13圖となる。これ等圖に示せる如く、双方共に小粒の部分程潰裂強度は高きを示し、0.5mm

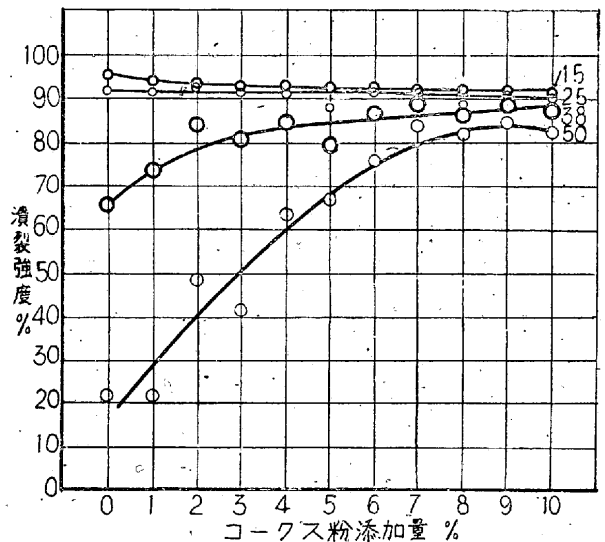


第13圖 粒度別コークス潰裂強度圖

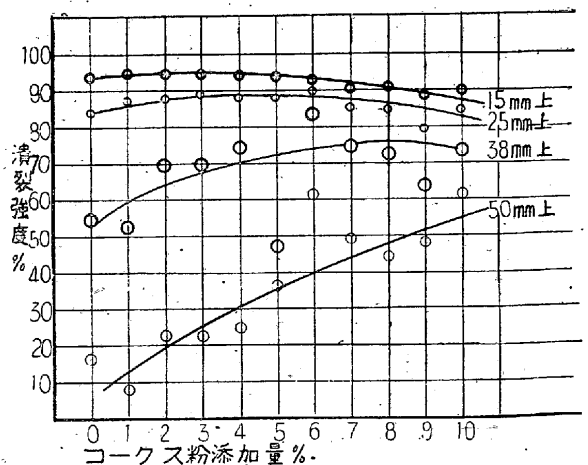
以下に於ては灰分相當高きに拘らず最高を示せり。然して小粒部分のものが何故高き強度を示せるやに就きて A. Kircher (Glückauf; 34, 1938. 725~32) は粒度の變化は見掛比重に變化を來し見掛比重如何は強度に影響すと稱せり。又 G. A. Dumett (Gas World Co king. Sect. 101. 1934. 8~17) 高桑健 (燃協 14, 昭 10, 959~971) は石炭が粉碎する場合、デューレンは比較的大粒中に集中し、クラレン、

ヴァイトレンは小粒中に又フェーゼンは主に微粒中に集る傾向ありと稱せり。而して Dumett は各のコークス化性を試験し、デューレンは最も劣り。ヴァイトレン、フェーゼン混合物最も優れ、クラレンを混ざるものは其の中間ありと述べたり。

この見解を正しきものとせば上記試験に於ては 0.5mm 以下にフェーゼンが適當に混入してゐるが爲に強度に良き影響を與へてゐると考察し得。フェーゼンは炭化が木炭程度に進みたるものと考へらるるが故に、フェーゼンの代りにコークス粉を 0.5mm 以下に粉碎せるものを、開平及び中興粉炭に添加し製成コークスの強度を試験せり。第7表に結果を示す。双方共潰裂強度指數たる 1.5mm 篩上の歩留は稍減少せるも 10% 程度迄添加する事は其の篩目の大なる部分の歩留は著しく上昇を示してゐるのである。(第14, 15圖参照)



第14圖 コークス粉添加に依る強度變化



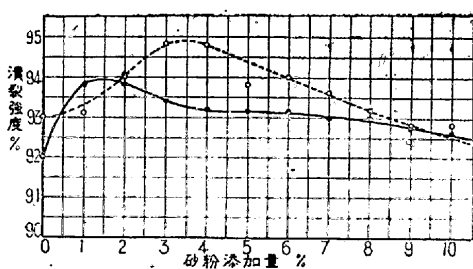
第15圖 中興粉炭コークス粉添加に依る強度の變化

第 7 表

コークス 粉添加量 (%)	潰裂強度指數					
	50mm上	38上	25上	15上	12.5上	6上
0	21.40	65.40	91.20	94.40	96.20	97.60
1	21.60	73.20	91.20	94.40	95.00	96.20
2	48.60	84.00	92.20	93.20	95.60	96.80
3	41.60	81.20	91.80	93.00	95.00	96.00
4	63.00	84.20	91.00	92.80	93.80	95.00
5	66.80	80.00	88.00	92.40	94.00	95.60
6	75.20	86.20	91.00	92.20	93.80	95.20
7	83.60	89.60	91.20	92.00	94.80	95.60
8	82.60	86.40	88.60	91.80	92.40	93.60
9	84.40	89.00	90.80	91.80	92.40	93.40
10	82.20	87.20	90.00	91.40	92.20	93.40

備考 開平, 中興粉炭は手洗炭なり

又, 不活性物質たる砂粉を 0.5mm 以下に粉碎, 開平及び中興粉炭に添加せしめしに 4~5% 程度混ずる事は, 製成, コークスの潰裂強度を増加せしめ得る事を認めたり。(第8表及び第16圖参照)



○——開平粉炭 ●-----中興粉炭

第 16 圖 砂粉添加に依る強度の變化圖

上記試験結果の如くコークス粉及び砂粉等がコークスの強度を増加せしむる原因は恐らく不活性物質たるこれ等

第 8 表

炭粉 添加 %	潰裂強度		炭粉 添加 %	潰裂強度	
	開平粉炭	中興粉炭		開平粉炭	中興粉炭
0	92.00	93.00	6	93.20	94.00
1	93.80	93.10	7	93.00	93.60
2	93.80	94.00	8	93.00	93.20
3	93.40	94.80	9	92.80	92.80
4	93.20	94.80	10	92.60	92.80
5	93.20	93.80			

備考 開平, 中興粉炭は手洗炭を試料とす。

の少量の存在は石炭が炭化される際, 熔融せる石炭のために膠着されて収縮の際の龜裂防止の効果ある爲ならんと思へ得らる。

### V. 結 論

1) 本試験の目的はコークスの強度が高爐出銑量に及ぼす影響の大なるに鑑み, コークス用原料炭の洗炭度の決定は洗炭曲線より得らるる灰分-歩留の關係のみにて決定するは妥當ならず, これに強度の關係を入れ3者の關係より決定すべきなりとの考への下に原料炭5種につきこれ等の關係を求めたり。而して高爐用コークス原料炭の眞の經濟的洗炭度はコークスの灰分及び強度が單位出銑量に及ぼす影響に關聯するものなるため本關係圖より直ちに決定するは不可能なるも或程度の參考に資し得べし。

2) 灰分-強度の關係は各粉炭につき特異性あるものにして此等は各粉炭の粒度の分布狀態及び其の灰分含有率に起因するものなるべし。

3) 本試験は各原料用炭, 單味の試験結果にして實際作業に於けるが如く數種のを混炭せる場合の結果に非ざるも, 單味につきの最適なる洗炭度は恐らく混炭に於ける場合にも又最適なる洗炭度なりと推考さるるも, 尙検討の要あり。又強度に及ぼす微粉の粒度及び其の含有率につきても今後の研究に俟つ處多しと考察さる。

終りに臨み綾部コークス課長殿の懇切なる御指導に對し衷心より感謝の意を表す。