

再生銑鉄の研究

(特に操業法と顕微鏡組織に就て)

養 田 実

A Study on the Regenerated Pig Iron.

Minoru YOHDA

The author repeated the study on the regenerated pig iron, using the same furnace reported in the previous investigation (Bulletin of Faculty of Engineering, Toyama University ; Vol. 1, No. 1, 1949.) The present investigation was carried out to see effect of the bed coke and of the coke ratio on the carbon content in the pig iron obtained, so as to determine the minimum limit of the bed coke and of the coke ratio. From the chemical analysis and the microscopic examination of the products, the author reached the following conclusions, namely, the propriety height of the bed coke is about 1,500mm and the coke ratio is desirable to be over than 60%, even in the case that the level of the bed coke is sufficiently high.

I 緒 言

実験に使用した炉は前回の報告【註：富山大学工学部紀要第1巻第1号】の際に示したものと大体同様であつてその構造の概要を示せば次の通りである。即ち羽口面炉内径 1,250mm 有効高さ 3,250mm 羽口比 64・8 尚操業は約17時間の連続操業であつて、操業中の風量、風圧及び熱風温度の値は夫々約 55m³/min 800mm 水柱及び 400°C 程度である。装入原料は略前回と同様なブリキ屑、鉄飯屑及び旋盤屑などであつて此等の原料を使用して初込コークスの高さ及びコークス比などを若干変化して実験を行つた場合の製品銑鉄の成分分析値、顕微鏡組織並びに機械的性質などの関係を茲に報告する。

II 原料及び実験方法

実験に使用した鉄原料、石灰石及びコークス等の分析値を第1表に示した。実験は前後5回行つたが現場の事情を考慮して次のような方法を採用した。即ち第1回は初込にAガスコークスを使用しその高さは羽口面上 3,250mm 即ち装入口面迄とし、追込としては、A、B及びCコークスを用い初めの6時間はこれらの配合を(1:1:2)の割合で行いその後はB及びCの2種を(1:1)又16時間頃から操業終了迄は(3:1)の割合で装入した。第2回以後の実験では初込としてDガスコークスを使用し追込としてはE製司コークスを用いた。又初込の高さは夫々 2,400mm 1,000mm 1,500mm 及び 1,500mm で行い地金に対する追込コークスの装入量は60%、70%及び時としては80%を採用した。石灰石の装入量は各回とも凡て地金に対して20%の割合で行つた。尚1回の装入は地金 75kg、石灰石 15kg これにコークスを夫々の割合即ち60%の場合ならば 45kg を何れも同時に約5~10分位の間隔で投入した。

III 実験結果

(1) 初込 3,250mm の場合

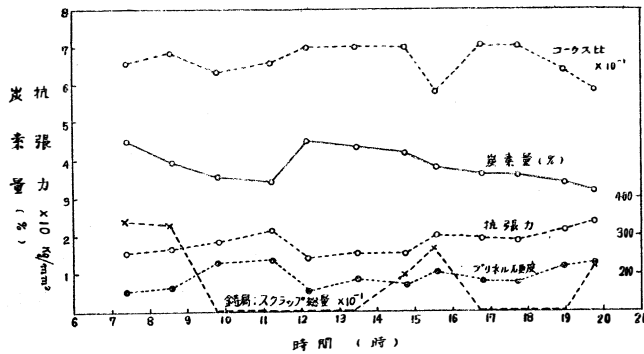
この場合のコークス比、製品銑鉄中の炭素量及びブリネル硬度並びに抗張力試験等の結果を第1

図に示す。図の横軸は時間であつて始めから順次試料番号をつけて行けば No. 1 は初湯として貯蔵時間も相当あるので C%が高い。No. 2, 3及び4と次第に低下している。これはコークス比の低下が原因であり尙又 Aガスコークスの消耗も考えられる。No. 4 で特に低いのは製司コークス不足の影響もあろう。No. 5 で再び C%が急増している。コークス比の増加並びにガスコークスの増加のためと思われる。No. 8 で稍急に C%が減少しているのはコークス比の激減の関係であろう。其後漸次低下の傾向にあり 最後はコークス比の減少と製司コークスの低下によつて一層 C%の低下が甚しい。この C%とブリネル硬度との関係を見る

第 1 表 原料分析値

項 目		T.C%	Si %	Mn%	P %	S %	Cr %	銹 %
地 金	ブリキ屑	0.08	0.06	0.29	0.095	0.076		17.30
	ダライ粉	0.17	0.11	0.40	0.075	0.019		3.15
	錆屑	0.89	0.29	0.43	0.045	0.015	1.41	
石 灰 石		SiO ₂	CaO		Al ₂ O ₃		Fe ₂ O ₃	
		1.86	54.03		0.37		0.27	
コ ー ク ス		固定炭素	灰 分	揮発分	水 分	発熱量		
	Aガスコークス	79.02	11.99	6.64	2.35			
	Bガスコークス	77.71	16.25	4.17	1.87			
	C製司コークス	76.80	19.18	2.52	1.50			
	Dガスコークス	74.27	15.23	7.75	2.75	6,519		
	E製司コークス	78.78	18.91	2.03	0.23	6,174		

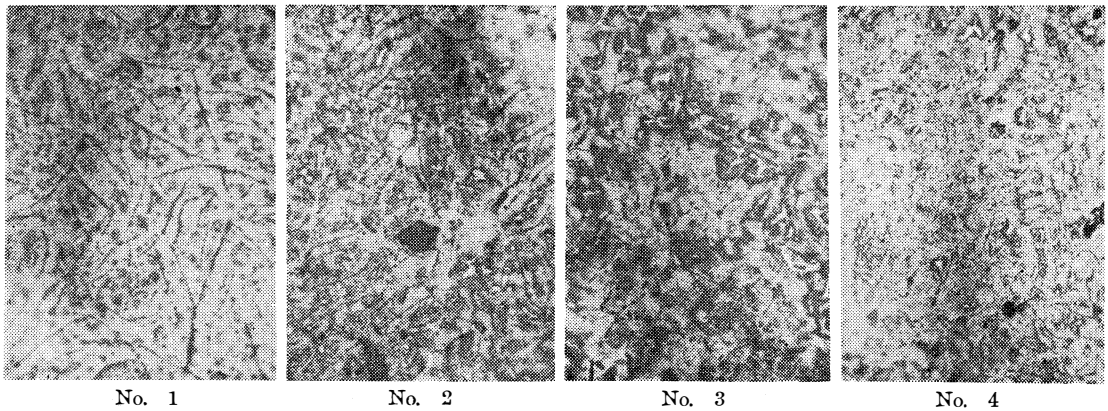
第 1 図

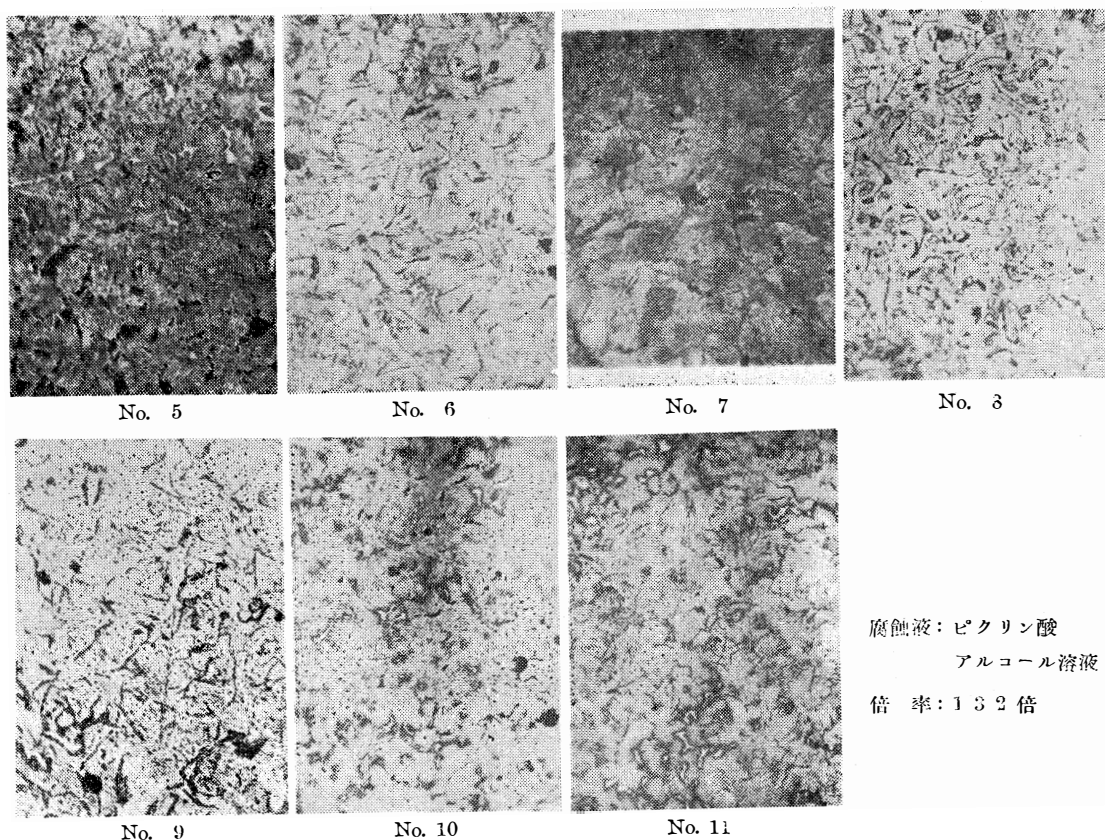


と図に示される通り反比例をしており抗張力も亦同様の関係にある。これらの各試料の顕微鏡組織及び分析値を第2図に示す。以下に示す顕微鏡写真はどれも腐蝕液はピクリン酸のアルコール溶液で倍率は132倍である。これら各試料の分析値を第2表に示す。C%も Si %も高い No. 1 はグラファイトが良く伸びている。

其後Cの最も低下した No. 4 ではレデブライトが現われている。次の No. 5 で再びグラファイトの良く伸びた状態にあることは分析値とよく一致している。試料が後になる程グラファイトも小さく C% 漸低の傾向と一致している。いずれも多少燐化合物が見られる。

第 2 図



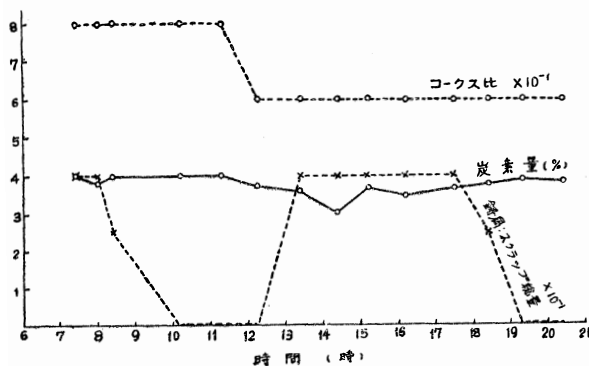


腐蝕液：ピクリン酸
アルコール溶液
倍率：132倍

(2) 初込 2,400mm の場合

この場合のコークス比及び製品鉄中の炭素量を第3図に示す。これで見ると No. 2 で C% が多少下つている。これは7時26分から7時40分迄に4回程製鋼取鍋屑を装入した変動によるためであろう。第4図の写真からも認められる。No. 6 以後 C% が漸次低下しているのはコークスが80%から60%に急減したためと考えられる。13時20分で地金中に鑄屑が40%も添加されて

第 3 図



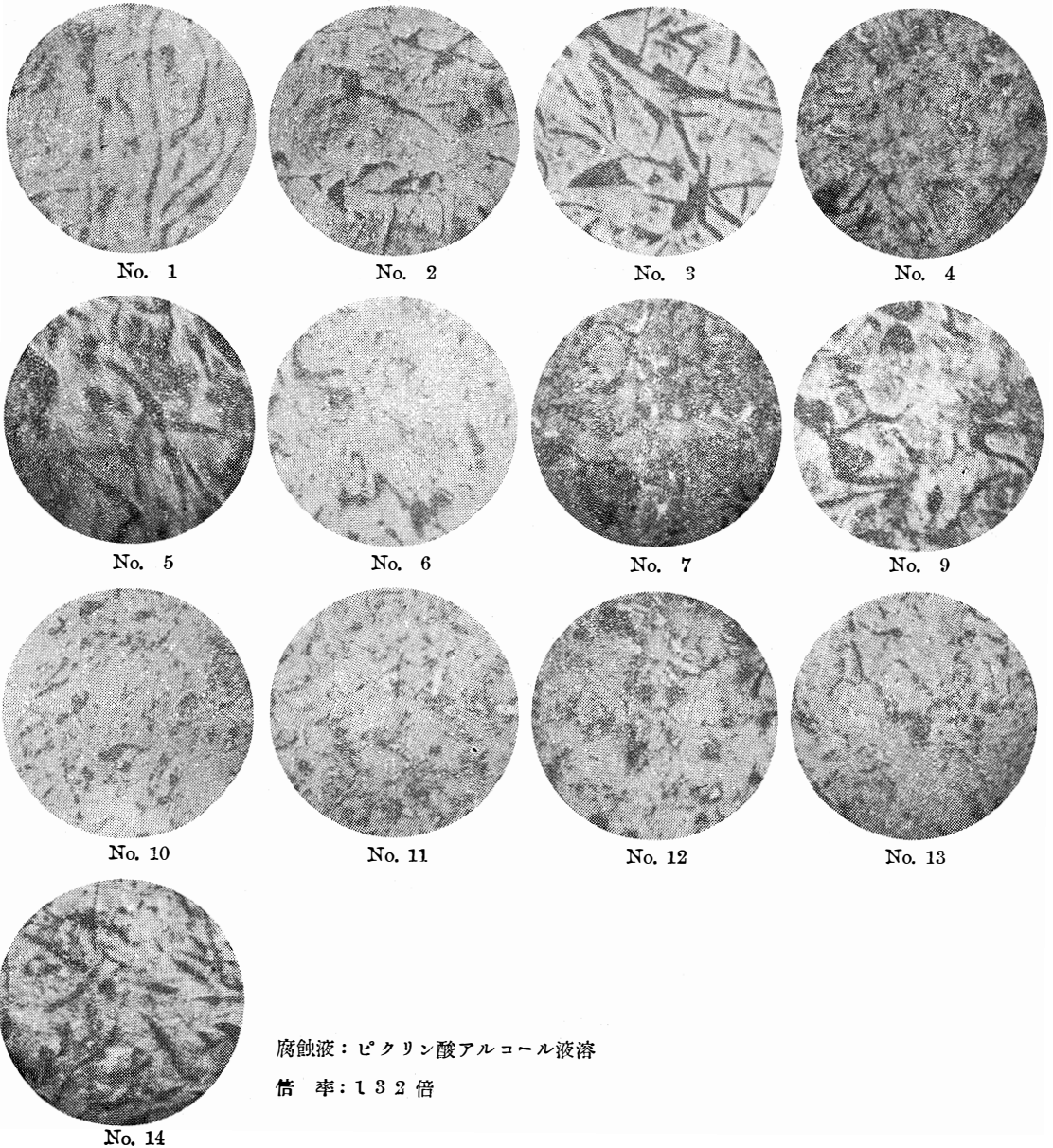
第 2 表 分 析 値

No.	T.C	Si	Mn	Cr	P	S
1	4.52	1.91	0.35	0.46	0.114	0.037
2	3.94	1.42	0.35	0.43	0.110	0.040
3	3.54	1.07	0.40	0.50	0.125	0.065
4	3.44	0.89	0.31	0.50	0.103	0.047
5	4.46	1.12	0.41	0.48	0.114	0.033
6	4.30	1.36	0.38	0.42	0.122	0.033
7	4.20	1.57	0.31	0.54	0.124	0.039
8	3.77	1.50	0.31	0.51	0.103	0.078
9	3.59	1.54	0.42	0.51	0.114	0.054
10	3.57	1.58	0.42	0.55	0.112	0.055
11	3.33	1.33	0.36	0.47	0.139	0.055
12	3.19	1.40	0.32	0.42	0.140	0.030
13	3.62	1.31	0.35	0.38	0.158	0.135
14	3.42	1.38	0.35	0.41	0.165	0.106

いるが C% は依然低く No. 8 で最小を示している。No. 8 は試料が硬くて旋盤にかからず写真も撮れなかつたがその前の No. 7 でもレデブライトが出ている。風圧も10時以後この

傾向低下して略C%と平行的である。No. 8 と No. 9 はコークス比其他装入条件は変つていないが炉内の侵蝕状況及び炉温などの関係によるものであろう。No. 8 がC%最小と共にSiも亦最小であつてこの前後はスラグ中の Al_2O_3 , MnO が極大を示しSが極小である。スラグの塩基度は低い方であるが熱風温度は $500^{\circ}c$ を越している。風圧も漸増の傾向にありC%の増加に稍比例的である。No. 9, 10 と次第にグラファイトも細かになり No. 13 では最も微細に密集した状態の部分があることは写真に認められる通りである。Cは3.9%であるがこの前後の極大値を示している。この時のスラグ中のSは最小であつてFeOは小さいがその他に特別な関係は見られない。第3表は各試料の分析値を示す。

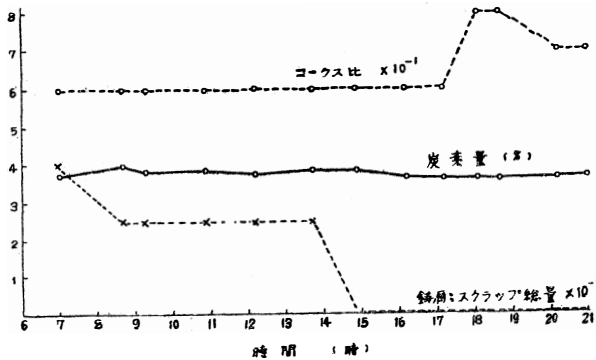
第 4 図



(3) 初込 1m の場合

この場合のコークス比及び製品銑鉄中の炭素量を第5図に示す。追込は 17 時過迄 60 %で一定である。この場合は C %が No. 1 より No. 2 が高い。Si も同様である。装入としてはむしろ No. 2 に於て鑄屑が減少しており地金の装入も変化はない。従つてこの原因は装入原料ではなくて風量風圧にあると考えられる。7 時半迄は送風機の調子が悪くここでベルトの調整を行つて風圧が急昇している。尙この場合は出銑時間に隔りがあり貯湯した関係も併せ考えられる。第6図に示される写真では No. 1 と No. 2 の差は殆ど大きく認められない。むしろ No. 1 及び No. 3 の方がグラファイトが大きく伸びて C%が多いように見られる。No. 4 は C%がその前後と余り変りなく 少々高い程度であるが Si は最大値を示している。此時スラッグ中の FeO は最小である。写真には余り明瞭に現われていない。No. 6 の前はスラッグ中の Al_2O_3 が最小値を示し FeO が最大のところである。C%に余り大きな差はないが風圧の低下した頃であつてグラファイトは写真で見る通り細かい粒状である。次の No. 8 から C%が少々大きく下つて来ているのは地金中の鑄屑添加が無くなり、コークス中に木炭を 25 %添加したため Si %で最小である。顕微鏡試料製作も困難であつた。

第 5 図



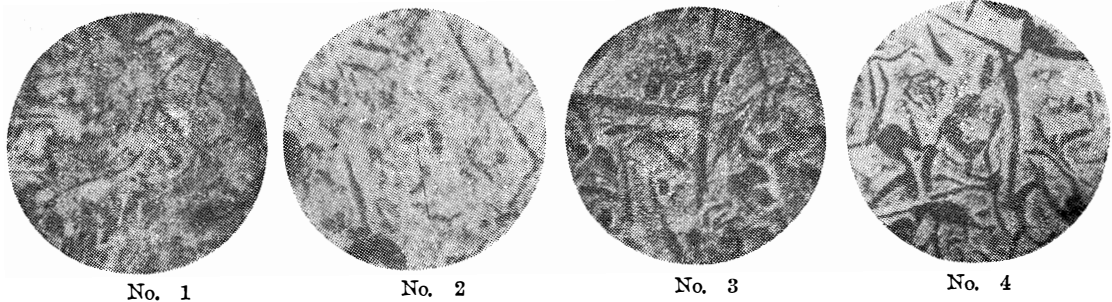
第 3 表 分 析 値

No.	T.C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni
1	3.96	2.05	0.37	0.162	0.030	0.56	0.311	0.155
2	3.83	2.19	0.40	0.158	0.027	0.53	0.303	0.149
3	3.95	2.40	0.36	0.160	0.023	0.52	0.294	0.176
4	3.97	1.88	0.38	0.135	0.031	0.36	0.445	0.117
5	3.98	1.89	0.36	0.125	0.037	0.40	0.501	0.157
6	3.72	1.42	0.27	0.111	0.061	0.43	0.415	0.117
7	3.56	0.93	0.26	0.128	0.071	0.41	0.322	0.151
8	3.00	—	0.26	0.149	—	0.39	0.634	0.263
9	3.64	1.40	0.34	0.149	0.074	0.38	0.519	0.275
10	3.45	1.65	0.27	0.206	0.113	0.51	0.544	0.208
11	3.64	1.51	0.32	0.166	0.072	0.35	0.623	0.216
12	3.75	1.58	0.35	0.156	0.075	0.43	0.441	0.223
13	3.91	1.75	0.37	0.156	0.054	0.54	0.311	0.267
14	3.82	1.74	0.38	0.137	0.096	0.75	0.562	0.333

むしろ No. 1 及び No. 3 の方がグラファイトが大きく伸びて C%が多いように見られる。No. 4 は C%がその前後と余り変りなく 少々高い程度であるが Si は最大値を示している。此時スラッグ中の FeO は最小である。写真には余り明瞭に現われていない。No. 6 の前はスラッグ中の Al_2O_3 が最小値を示し FeO が最大のところである。C%に余り大きな差はないが風圧の低下した頃であつてグラファイトは写真で見る通り細かい粒状である。次の No. 8 から C%が少々大きく下つて来ているのは地金中の鑄屑添加が無くなり、コークス中に木炭を 25 %添加したため Si %で最小である。顕微鏡試料製作も困難であつた。

No. 10 は木炭添加をやめた境界のところでコークスを80%に急増した。然し C%は図で見る通り変つていない。唯 Si %は増加している。グラファイトは依然粒状に散在している。コークス比増加にも拘らず C%が上昇しないのは風量及び熱風温度の低下の爲めか。No. 11 でも余りグラファイトは大きくない。その後コークス70%にしても C%は低下せず稍上り気味である。炉況の持ち直りのためであろう。

第 6 図

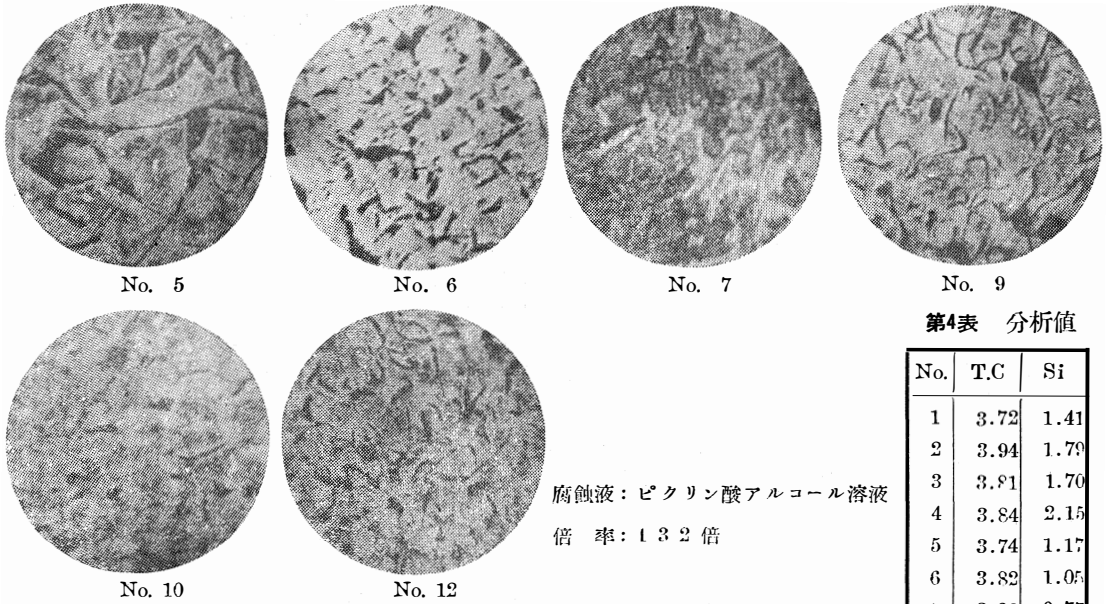


No. 1

No. 2

No. 3

No. 4



腐蝕液：ピクリン酸アルコール溶液
倍率：132倍

第4表 分析値

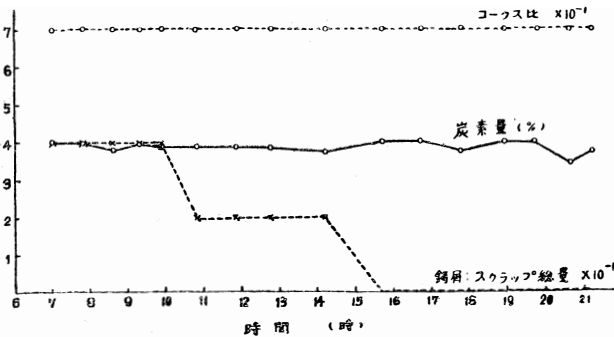
No.	T.C	Si
1	3.72	1.41
2	3.94	1.79
3	3.81	1.70
4	3.84	2.15
5	3.74	1.17
6	3.82	1.05
7	3.82	0.77
8	3.61	0.51
9	3.58	0.70
10	3.57	1.28
11	3.57	1.28
12	3.60	1.19
13	3.61	0.96

(4) 初込 1,500mm の場合 (その1)

コークス比及び炭素量の関係を第7図に示した。コークス比は70%で終始一定である。No. 3 のC%が低下しているのは装入物の降下が甚しいためであつて頻繁に出湯した関係であろうと考えられる。No.3ではC%が下つているがSiは漸増の過程にある。No. 4 のSi %が極大を示している。No. 5 より No. 8 迄はC%は殆ど変りない。地金中の鑄屑添加量減少によつて多少 No. 1 などより低いが甚しい低下ではない。第8図の写真でみると No. 5 及び No. 6 と較べて No. 7

その他の元素の分析は省略した。

第 7 図

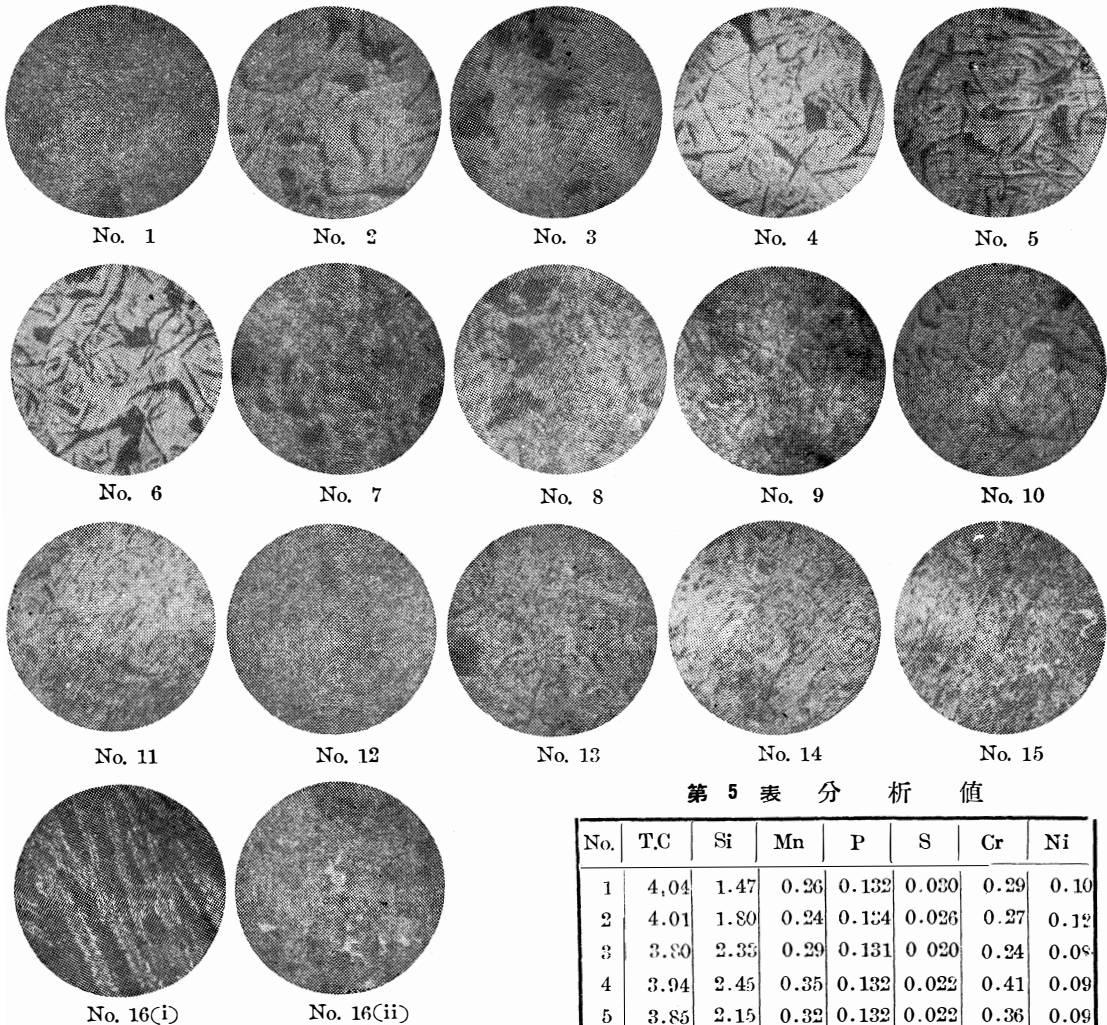


れない。スラグもFeOの漸低と云うようなこと位しか認められない。No. 9 で稍著しくC%が低下しているが写真とは必ずしも一致しているとは認められない。この時の装入物中ドライ粉が特に粗悪であつたこと及び風量、風圧及び熱風温度の低下の関係も考えられる。No. 10及び11でC%が上昇している。Siも高い。風量、風圧特に熱風温度が最も高い。これらの影響であろう。スラグの塩基度は

極小を示し又スラグ中の Al₂O₃ 及び S も極小であり FeO は極大を示している。No. 12 で再びC%が稍著しく低下している。この時の熱風温度の極小と此はよく一致している。スラグ中のFeO が極大、S が極小を示している。16時以後地金中の鑄屑添加中止の影響も全体として認められる。No. 13 及び 14 でC%が再び上昇している。熱風温度、風圧も上昇して炉内温度の上昇が考えられる。然し第8図の写真で余り判然としないのは Si の低下しているためであろう。レデブライトも見られる。No. 15 でC%の下つているのは風圧、熱風温度の低下とよく一致している。No. 16 はC%が稍上つているが全体としてみれば低い。スラグ中の S は最小である。Si はNo. 15より稍

上つている。第8図の写真No.16の(i)及び(ii)に見るようにレデブライトが現われている。

第 8 図



No. 16(i) No. 16(ii)

腐蝕液：ピクリン酸アルコール溶液
倍 率：1 3 2 倍

第 5 表 分 析 値

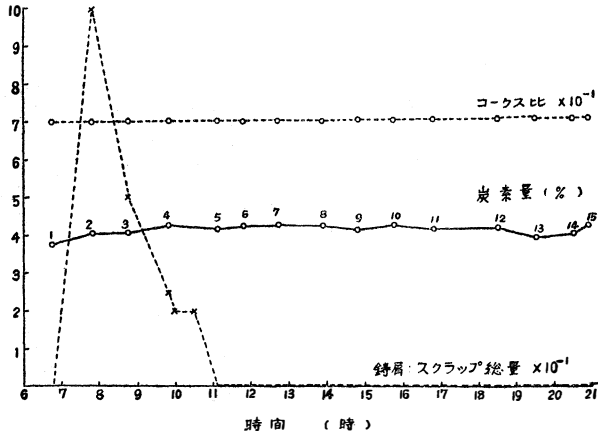
No.	T.C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
1	4.04	1.47	0.26	0.132	0.030	0.29	0.10
2	4.01	1.80	0.24	0.134	0.026	0.27	0.12
3	3.80	2.35	0.29	0.131	0.020	0.24	0.08
4	3.94	2.45	0.35	0.132	0.022	0.41	0.09
5	3.85	2.15	0.32	0.132	0.022	0.36	0.09
6	3.86	1.33	以下省略する。				
7	3.86	1.87					
8	3.78	2.10					
9	3.68	1.64					
10	3.97	2.08					
11	3.96	2.92					
12	3.72	1.87					
13	3.97	2.13					
14	3.97	1.66					
15	3.42	1.24					
16	3.72	1.47					

(5) 初込 1,500mm の場合 (その2)

第9図にコークス比及び炭素量を示した。この場合も追込コークス比は70%で一定であつて前回と同様である。但し初込を充填した後の炉内の空隙部に今迄は追込と配合と同比例の鑄屑を添加して装入口面迄炉内装入を行つておいて其後送風を開始し追込装入を始めたのであるが、此場合は炉内充填の際の鑄屑を全く除外して鋼屑のみで行う

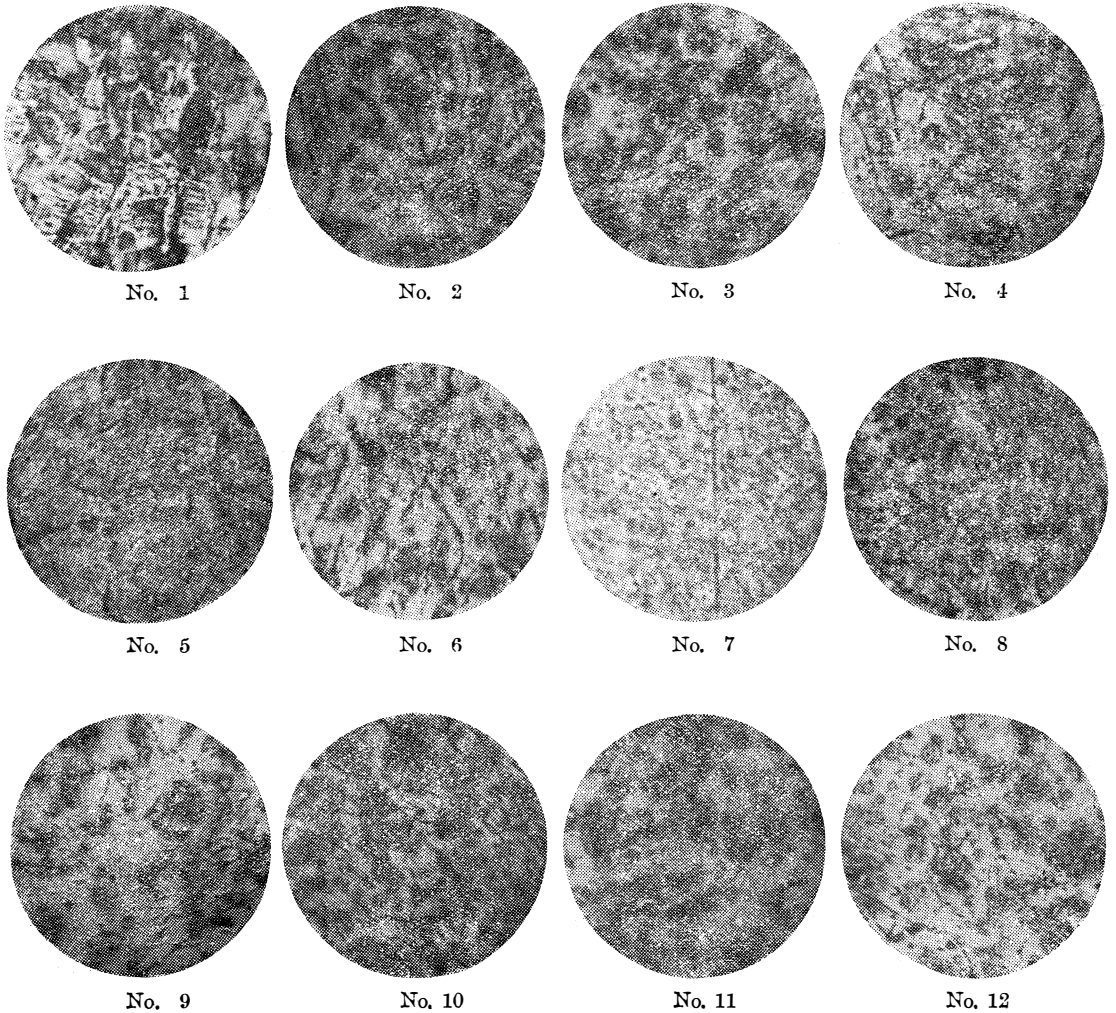
計画にした。然し鋼屑としてブリキ屑のみしか得られなかつたために嵩張る割に重量が伴わず初湯の調子が思わしくなかつたために予定変更して追込に鑄屑を暫らく多量に添加し10時過迄継続した

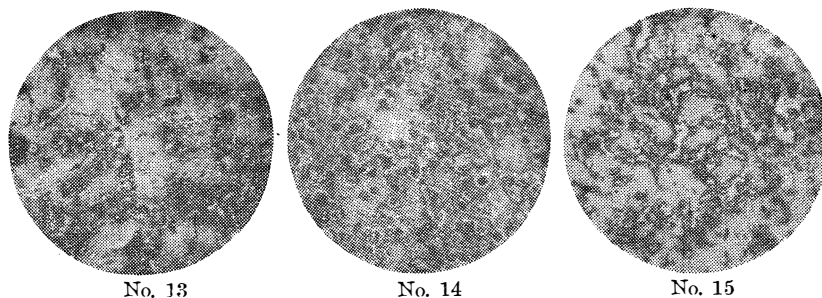
第 9 図



(第9図参照) その結果図で見る通りC%は4.2%程度の多量となり殆ど終期迄大差なく4%台を維持している。熱風温度も大体400°C以上で前回の結果と同様である。従つてNo. 1ではCもSiも稍低いが無. 2以後は4%以上になつている。15時から19時迄は風圧は低下しているが熱風温度が高いためにC%は依然低下せず熱風温度の低下した19時後にC%も亦低下している。其後風圧が急昇しC%も上昇している。これら試料の写真は第10図で見るとよ. 成分分析値第6表とよく一致している。

第 10 図





腐蝕液：ピクリン酸
アルコール溶液
倍率：132倍

Ⅲ 総 轄

以上の各実験に就いて初込コークスの高さ追込コークス比及び製品の炭素量の関係を極く概括的に眺めるならば次のような事が考えられる。即ち製品の炭素量を増すためには初込を高くするか追込コークス量を増すか此の何れかの方法の中で前者については装入口面迄詰めなくても充分成果を得られる事が(2)以下の実験で明瞭である。ところで其最低限として実験(3)の初込 1m では平均炭素量が3.71で最も低い値を示している。然し何れも 3.5%以上は保持している。但し初込 1m では一般キューボラ操業と余り変らぬ数値であるがそれだけに炉内温度も上らず従つて製品中の Si が低いと云う結果が現われている。そこで無難な操業としては最低限 1,500 mm と云うところであろう。後者の追込に就ては60%で相当の効果が顕われているが実験(2)の No. 8 のように初込 2,400mmでも C3% の低い値で旋盤加工も出来ないと云うこ

とも起る。実験(4)及び(5)の70%で初込 1,500mm では夫々平均炭素量 3.84及び4.12で満足出来る値が現われている。そこで初込が高くても追込は 60%以上が望ましいと云うことになる。これらは操業透現図を作製して初込レベルの状況判断を行つた結果でも判る。更に実験(1)と其他とではコークスの点が異なるが固定炭素多く灰分の少いコークスが有効である事が見られる。再先銑の熔製に於ては以上の結果からも判るように材料が粗悪で炉況の調整が困難であるので一寸した加減で全然品物にならない場合が多い。従つて無難な操業法を選んで炉況を順調に運び変動による後手を努めて避ける事が肝要であるが、茲では一応以上のような実験結果と得られた製品銑鉄の顕微鏡写真を併せて報告した次第である。

終りに臨み本実験に関して種々御指導を賜つた石原寅次郎森永卓一両先生に衷心より謝意を表し度い。

第 6 表 分 析 値

No.	T.C	Si	Mn	P	S
1	3.75	0.61	0.36	0.227	0.052
2	4.05	1.03	0.36	0.167	0.038
3	4.05	2.10	0.34	0.211	0.031
4	4.25	1.70	0.31	0.178	0.027
5	4.15	1.84	0.28	0.162	0.030
6	4.25	1.87	0.42	0.152	0.024
7	4.25	1.35	0.34	0.147	0.028
8	4.25	1.63	0.37	0.178	0.026
9	4.15	1.49	0.39	0.152	0.038
10	4.25	2.19	0.40	0.167	0.028
11	4.15	1.68	0.26	0.178	0.040
12	4.15	1.35	0.42	0.184	0.044
13	3.90	1.07	0.31	0.152	0.050
14	4.00	0.98	0.37	0.178	0.048
15	4.20	1.40	0.39	0.200	0.038