

展 望

最近のコークス製造技術*

城 博**

Recent Production Technique of Coke

Hiroshi JOH

1. 緒 言

高炉技術におけるようなはやかさはないが、コークス技術においても地道に研究開発が進められ、独自のコークス製造法もやがてわが国において実を結ぶ可能性も出てきつつある。新しいコークス製造法の生まれる共通の基盤は、石炭固有のコークス化性をいかにたくみに活用するかにあると思われる。石炭のコークス化性は石炭を乾留するときに良質のコークスとなりうるか否かの石炭の性状を示すものと今日では一般に理解され、石炭の粘結性とははつきりと区別されている。新製造法の実際上の目標は常にコークスの品質改善、強粘結炭の節減、使用石炭の炭種拡大、コークス炉生産性の向上にあるようである。

多数のコークス製造法が生まれては消えたが今日なお話題を提供しているおもな方法について概要を述べるとともに、その特徴を石炭のコークス化性の面から眺めてみた。

このほかに現在、生産現場で試みられているコークス炉作業の機械化、自動化についてもある程度論述し、コークス技術の動向を概括した

2. 石炭のコークス化性に関する基本的概念²⁾

石炭のコークス化性は何によつて左右されるかについてはいろいろの見解もあるが、昭和20年(1945)頃まではコークス強度をきめる最大因子は石炭に含まれる粘結成分量の大小によるとの BITUMEN 説³⁾が支配的であつた。この説のみでは納得のゆかない多くの現象に出会ひ、研究の結果、石炭のコークス化性について1つの基本的概念をつかむことができた。この概念は後述するコークス製造技術とも関係があり、今日の室炉式コークス炉による通常操業においても格別の矛盾はないと了承しているので、この基本的概念の骨子についてふれてみる。

無煙炭、弱粘結炭、非粘結炭などの石炭からはなぜよいコークスを製造できないかの原因究明が研究の動機である。コークス製造の立場から石炭の構成々分を繊維質

部分と粘結成分とに大別して研究の展開をはかつた。今日よく引用されている石炭組織学的見方をすれば上述の成分はそれぞれ *inerts* と *reactives* とに対応しているとみなされる。得られた基本的概念を第1図に掲げた。

図の黒い部分が粘結成分量をあらわし、まず目が細かいほど繊維質部分の強度は大になると表現する。現在では粘結成分量の多い少ないは粘結力の大小に置き換えたほうがむしろ適切でないかと考えている。

強粘結炭からよいコークスが得られるのは、粘結力が適正で繊維質部分の強度も高いことによると解する。このように解釈すると強粘結炭以外の石炭、たとえば無煙炭、弱粘結炭、非粘結炭は繊維質部分の強度は高いが粘結力が不足しているとか、あるいは粘結力は十分であるが繊維質部分の強度が弱いとかいうように、全く均衡を得ていないとの見方が成立する。これらの結果から帰納して原料石炭の配合に当たつては石炭の主構成々分である繊維質部分の強度を高めることが先決問題で、これとともに粘結力が過不足なく、すなわちかかる状態でよく均衡のとれた状態に原料石炭を配合することが良質コークス製造のための必要条件であるとみなされた。数年前アメリカの N. SCHAPIRO など⁴⁾によつてこの概念は石炭組織学の面からも正しいことが立証されている。石炭の合性、配合をこの概念で取り扱つてまず間違いはあるまい。

3. 最近のコークス製造上のおもな新法

3.1 成型法⁶⁾

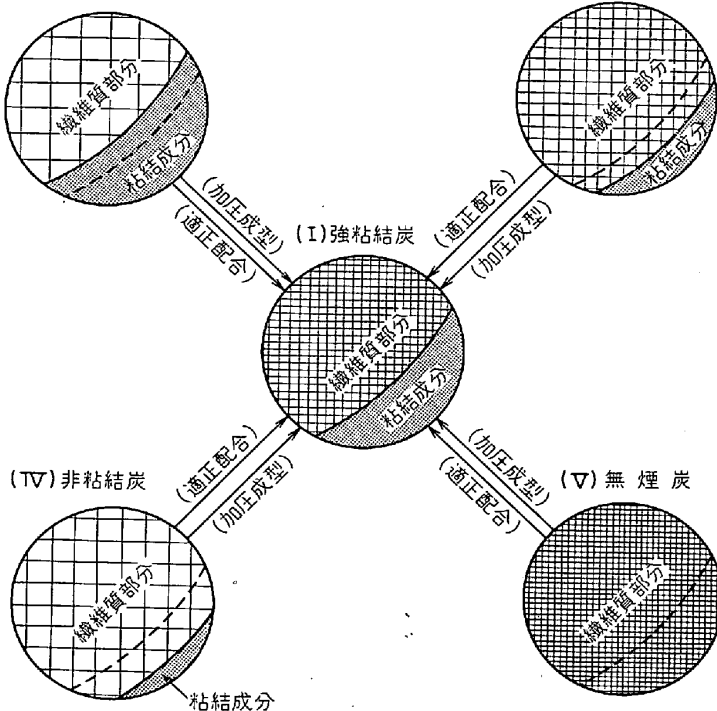
コークス製造の立場からは劣質炭と考えられている無煙炭、弱粘結炭、非粘結炭などの石炭を直接に主原料にして、通常の豆炭製造の要領で原料を1度加圧成型して成型炭となし、これを高温乾留して冶金用成型コークスを製造せんとするのが本法である。前述の劣質炭から冶金用コークスを製造せんとする研究⁷⁾には多数あるが、これらの方法は揮発分の高い原料石炭を一度 500~600°C の温度で1度低温乾留して、しかる後にこの低温乾留

* 昭和43年7月2日受付(依頼展望)

** 八幡製鉄(株)技術研究所

(II) 粘結成分の多い弱粘結炭

(III) 通常の弱粘結炭



備考：ます目の疎密は繊維質部分の強弱を表わし、
密なるほど強度は大なることを意味す

図1 石炭配合の基本的概念

物をもう一度 1000°C 前後の高温で高温乾留する、いわゆる2段の乾留工程をたどるをたてまえとしているが、これらの方法は冶金用コークス製造の目的ではことごとく失敗に帰している。劣質炭を直接主原料にしてただ1回の高温乾留過程を経るのみで、冶金用コークスを製造する方法は現在のところ筆者らの方法以外には見当たらない。

ない。

3.1.1 成型炭のコークス化機構⁸⁾

コークス化機構を明らかにするため次の諸点を吟味した。

(1) 成型圧力と石炭のコークス化性

この関係を表1に示した。

この関係は表に見るとおり、石炭を 200 kg/cm²程度に、すなわち通常の豆炭成型機程度の成型圧力で加压成型すると、石炭のコークス化性は見かけ上相当に改善されている。もちろん加压成型の手段によって石炭固有のコークス化性が本質的に変化向上するはずはないが、石炭に加压成型という事前処理をほどこせば石炭のコークス化性が乾留過程において見かけ上大幅に改善されることになる。

(2) 成型圧力と石炭の膨張度

この関係を K.B.S. 装置を用いて吟味した。結果は図2に見るとおりである。

成型圧力の増大につれてコークス化過程における石炭の収縮ははなはだしく減少して膨張度が大きくなっている。このように加压成型時には 400~500°C 間における石炭の収縮が小となり、かつ膨張度が大きくなっているがこのことは石炭を加压成型すると石炭の粘結作用が好ましい方向に進展していることを意味している。

(3) 成型圧力と石炭粒子間隔

この関係を E. DAUB の方法によつて調べた。表2がこの結果で、圧力の増大とともに成型炭の石炭粒子間隔は小となつていく。

(4) 成型圧力と α -ピコリン抽出量

石炭を加压成型しない場合と加压成型したときとでは

表1 成型圧力と石炭コークス化性

炭 種		銘 柄		コークス化性		繊維質部分の強度 (kg/cm ²)				粘結成分量の比較指数 ⁹⁾ (%)			
				成型圧力 (kg/cm ²)		成型しないとき	100	200	300	成型しないとき	100	200	300
強 粘 結 炭		鹿 米 町 炭		17・7 19・1		30・1 30・4		91・6 90・9	92・6 91・6	93・6 92・8	94・1 93・6		
弱 粘 結 炭		大 中 神 田 炭 ノ 央 田 川 炭		7・8	11・4	19・6	21・3	72・8	77・7	90・1	92・1		
				6・5	10・2	18・3	20・1	71・4	76・0	87・2	72・4		
				6・5	9・7	17・7	18・9	71・5	77・8	88・0	91・0		
				8・4	10・3	19・1	20・8	64・2	74・2	88・6	92・0		
非 粘 結 炭		高 豊 赤 中 炭 松 国 池 鶴 炭		6・2	8・6	15・1	16・8	42・9	71・9	82・0	89・9		
				5・1	5・8	14・4	15・4	40・8	59・6	76・3	86・9		
				6・1	8・6	16・2	17・1	48・8	64・0	78・6	89・8		
				4・8	5・4	13・7	14・9	20・2	57・9	74・1	86・1		
褐 炭		小 太 倉 平 炭		2・3 2・4	3・5 3・6	6・3 6・4	8・2 8・4	2・3 0	10・4 9・5	42・1 40・7	49・9 48・1		

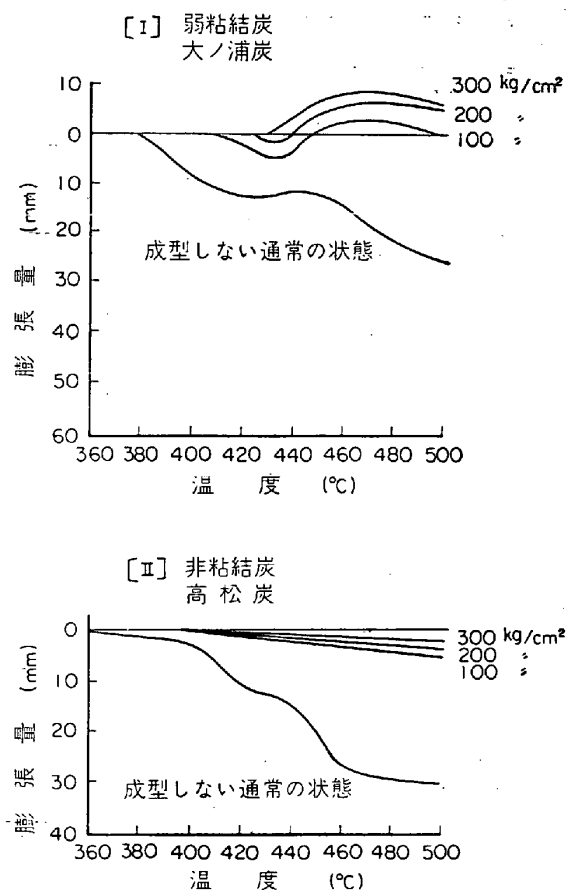


図2 成型炭のコールス化過程における膨張収縮曲線

表2 成型圧力と成型炭の石炭粒子間隔

試料	成型圧力 (kg/cm ²)	成型炭全面に存在する 平均粒子間隔(mm)
高松炭90% ピッチ10%	100	0.0101
	200	0.0095
	300	0.0075
田川炭90% ピッチ10%	100	0.0078
	200	0.0075
	300	0.0063

石炭の軟化溶融時における α -ピコリン抽出量に差があるかを調べた。図3はその一例である。

抽出量は成型圧力の増大に伴い増加している。このことは石炭を加圧成型すると、コールス化過程において粘結成分と繊維質部分とが反応して繊維質部分の一部が α -ピコリン可溶のものとなつたことによると推断される。

なお抽出物の性状について β , γ 分の分離定量法、粘性試験、caking power 測定法を適用して調べてみたが、加圧成型時の抽出物は加圧成型しないときの抽出物に比べてわずかではあるが質が向上しているのが見受けられた。

以上の結果を考察し、成型炭のコールス化機構を次のごとく推定した。石炭を加圧成型すると成型しないとき

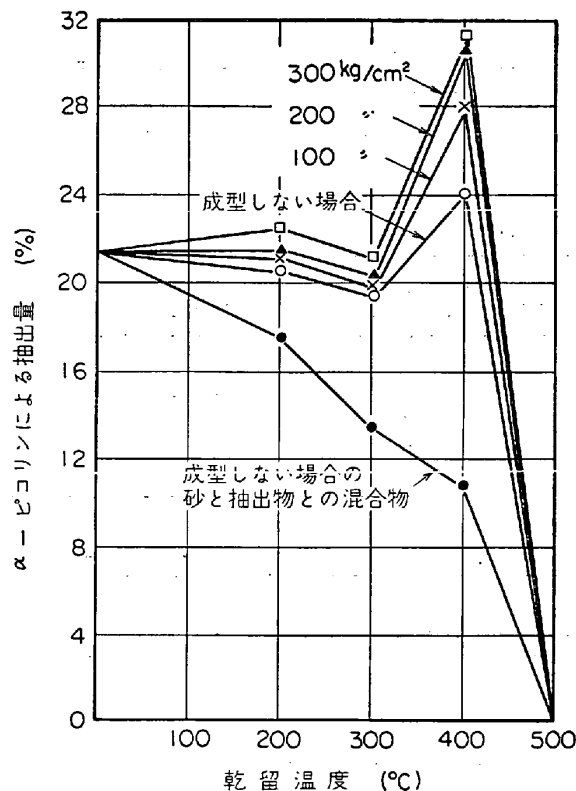


図3 成型炭のコールス化過程における α -ピコリン抽出量

に比べて石炭粒子間隔は小となる。その結果、石炭のコールス化過程における石炭粒子の収縮状態ははなはだしく減少し、また石炭粒子間の粘結作用が大となつてくる。

さらに石炭の粒子間隔が小となつたために、石炭の繊維質部分と粘結成分とのコールス化過程における反応もより活発になり、結果的に繊維質部分の一部が粘結成分に変質して粘結成分の増量を招来する。その上質も多少改善される。かくして軟化溶融時における粘結作用がより助長され、生成コールスの質がはなはだしく改善されると推定される。

(5) 製造実績

一例を表3に示した。これを見ると、コールスの灰分は原料石炭の都合で高いが潰裂強度も高く、特に耐摩性を示すタンブラー強度の > 6 mm 指数では通常の冶金用コールスの 66~68% に比べるとかなり高く、本法による成型コールスは摩耗に対して相当に堅牢であることを示している。

この方法では石炭の配合に当たり、配合原料の粘結力指数を適正範囲に収めることが特に重要である。その後低灰分の劣質炭も入手することができて、低灰分でしかも強度は現在の水準をはるかに越す成型コールスを製造しうることが判明したが、これは今回はつごうにより割愛する。要するに本法は図1の基本的概念に基づいて劣質炭に加圧成型という手段を適用して目的を達成した方法であり、基本的概念の1つの展開と見てよからう。

表 3 非粘結炭を主原料とする成型コークスの製造実績
(1/4t 試験用コークス炉使用)

No	原料の配合割合 (%)	成型コークスの性状 (%)			
		灰 分	潰裂強度 D ₁₀ 指数	タンブラー強度	
				>25 mm	>6 mm
1	中鶴炭 (非粘) 70, 神田炭 (弱粘) 15 米 炭 5, ピッチ 10	21.0	92.8	40.1	76.9
2	高松炭 (非粘) 60, 大峯炭 (弱粘) 25 無煙炭 5, ピッチ 10	15.0	92.2	48.6	74.3
3	高松炭 (非粘) 60, 田川炭 (弱粘) 25 無煙炭 5, ピッチ 10	14.1	93.3	45.4	71.5
4	高松炭 (非粘) 72, 大ノ浦炭 (弱粘) 15 米 炭 5, ピッチ 8	15.9	92.8	44.3	79.7
5	赤池炭 (非粘) 77, 大峯炭 (弱粘) 10 米 炭 5, ピッチ 8	18.5	92.4	38.3	73.7

備考：加焼成型法

表 4 ソ連における低粘結性石炭ブリケットのコークス化試験

No	配 合 割 合 (%)						配合炭性状		ブリケットからの コークス強度		ブリケットしない場 合のコークス強度	
	Koosomo- Lats G6	Baidaevski uklony G17	Ziminka SS	Kirov G6	Koksovaya K ₂	Ziminka OS	V.M (%)	プラスチック Y 指数 (mm)	M ₄₀ (%)	M ₁₀ (%)	M ₄₀ (%)	M ₁₀ (%)
1	クズネック製鉄コンビナートの配合原料										83.4	7.4
2	70	—	20	—	10	—	37.5	12	73.0	6.6	62.5	11.3
3	20	20	60	—	—	—	28.3	11	80.0	5.4	67.6	12.9
4	50	—	—	—	20	30	33.1	9	81.2	6.6	78.8	12.7
5	—	—	—	60	—	40	35.6	8	85.5	7.4	77.5	18.8
6	—	—	30	50	20	—	33.9	10	90.4	3.4	74.4	12.8
7	—	20	—	20	35	25	28.7	10	88.6	6.0	74.2	18.8

(E. M. TAITs et al.: Coke and chemistry USSR, 10 (1966), p. 19~21 出典)

備考: (1) ブリケットは結合剤として石油ピチューメン(BN-Ⅲ) 7%を添加し, 180~200 kg/cm²で成型.

(2) ブリケットの大きさは 45×35×55 mm, 65~70 g/1コ.

(3) 焼成方法は 200 kg 試験炉で乾留.

ごく最近ソ連¹⁴⁾でも良質の成型コークスを作業的実験規模において製造しているが, その一例を表 4 に掲げた.

この表から明らかなように今日世界各国で製造されているコークスの強度をはるかに越す成型コークスをソ連でも製造している. この方法の原理は筆者らの方法と全く同様でソ連自体もこの方法の原理は自らの手で見出したとは述べていない. アメリカでも劣質炭から直接に冶金用成型コークスを製造する方法を最近見出したとのニュースもあるが詳細はまだ明らかにされていない.

高炉用コークスとしては粒度が整っているのが望まれる状況にもあり, 使用石炭の炭種拡大の意味からも本法の本格的開発を必要とする時期がくることは予測される.

ソ連, アメリカ, ドイツ, カナダを中心に成型コークスの製造, 特に炉の開発¹⁵⁾に相当の力を注いでいるのは事実であり, 各種の炉が提案されているが, その炉の規模は現在のところ 5t/day 程度で小規模である. しかしその開発速度が意外に早いことは注目しておかねばなるまい. 本法の開発にはいろいろの問題点があるが原料を成型炭にするためにコークスの押出作業上現在の室炉式コークス炉が使用できず, 特殊のコークス炉を開発せねばならぬ. これが最大の問題点で各国ともこれが解決に主眼を置いているのが実情である. ほかに適正にして低廉な原料炭の探査も問題点であるがこの点は研究の進展につれて解決されていくと見ても大過あるまい. 原料費の低下およびコークス品質の向上, コークス炉の生産性の向上で原料炭の成型費を補うことが本法では必要条件である.

3.2 Hot-Briquetting¹³⁾

石炭を乾留すると 400~500°C 付近で石炭は軟化熔融する。本法はこの plastic zone において、石炭を成型する高温成型法である。

この着想は 1856 年頃すでにイギリスで特許になっている。今日資源技術試験所が国内炭の有効利用を目的として力を入れており、アメリカなどでも研究が進められている。

石炭を plastic zone まで予熱する手段としては、流動乾留法、あるいは rotary kiln が対象になっている。資源技術試験所の見解によると、本法には次の特色がある。

- (1) 成型炭を造る場合、ピッチなどの結合剤を必要としない。
- (2) 強粘結炭を使用しない。
- (3) 採算の悪化した副産物を回収しない。
- (4) コークス化時間を大幅に短縮できる。
- (5) 作業が連続式で自動化が容易である。

他方では次の点が懸念される。

(1) 石炭の plastic zone は炭種によつて異なるので、銘柄、粒度を異にする配合炭の場合、plastic zone における最も適正な成型時期をどうして決め、しかもこの成型条件を常に理想の状態に維持できるか。

(2) hot-briquetting の場合、成型機の消耗がどうしても激しいが、これをどうして防止するか。

(3) 石炭の有する粘結成分は成型炭を成型製造する段階ですでにほとんど消費されてしまつており、後で成型炭を乾留するときに果たして生成する成型コークスの強度を向上させる力を保有しているか。

(4) 成型コークスの強度はまだ希望の線とはかなり開きが見受けられる。

しかし、本法についてはわが国のほかドイツ、アメリカでも研究が進められており、既述の問題点も漸次改善されていくことを期待し、折角の発展を祈念する。

3.3 FMC コークス¹⁴⁾

これも一種の成型コークスで FMC Corp. で 1955 年頃から研究に着手し、1960 年には成型コークス 250 t/

day の工場を Kemmerer, Wyoming に設備を完成している。この方法は従前から知られている 2 段乾留式コークス製造法の範疇に属すべき方法であり、原料は褐炭である。原料を一度低温乾留して、その生成物を原料にして成型炭を造り、これを再び高温で乾留して成型コークスを製造する工程をたどる。本法の工程はすこぶる煩雑であるがとにかく生産技術をここまで確立したことは全く敬服に値する。本法で生産される成型コークスは現在、電気炉による憐鉍石の還元で使用されている。将来高炉用にも振向けたい意向のようであるが、本製造法の特徴からして得られる成型コークスは反応性が異常に高く、かつ摩耗に対して弱いのは避けられないから、前述の目的達成は無理であろうと考えられる。このほかに石炭のペレット化¹⁵⁾も見受けられる。

3.4 生ブリケット配合コークス製造法¹⁶⁾

八幡技研で開発した成型法においては既述のとおり良質の無煙炭、非粘結炭の入手のほかに、特殊なコークス炉の開発を必要とするので、この問題解決のために成型法の着想を現在の室炉式コークス炉に適用する方策なきやについて研究を進めた。

その結果生まれたのが本法である。これの特徴は装入炭の一部に成型炭（生ブリケット）が存在する状態で装入炭を乾留するところにある。結果の一例を表 5 に掲げた。

これによるとコークスの品質の向上、コークス 1 かま当たりの装入量の増加（生産性の向上）が期待される。

本法のコークス化機構に関しては既述の成型炭コークス化機構からおよその見当がつくので省略する。

本法と前後して、かつ無関係にドイツ¹⁷⁾では装入炭全量を“ヒレ”の付いている特殊な形状の成型炭に成型してコークス炉に装入する方法が開発され、すでに実用化されている。

装入炭中に成型炭が存在するという点では両者は一致しているが、成型炭の製造に当たり、ドイツでは結合剤にピッチ、タールなどを使用せず、いわゆる no-binder の成型法を採用している。これに対して八幡技研の方法はピッチ、タールなどの結合剤を使用して豆炭製造時の

表 5 生ブリケット配合コークス製造法によるコークス製造実績
(1/4 t 試験用コークス炉使用)

装入炭の配合割合 (%)	生ブリケットの配合量 (%)	1 かま当たりの装入量 (kg)	装入炭の増加率 (%)	コークス化性 (%)		生成コークスの強度 (%)		
				揮発分	粘結成分量指数	D ₁₀ ³⁰	D ₁₀ ¹⁵⁰	T ₆
M 米 16	0	250	100.0	31.6	89.5	93.4	82.1	67.0
M' 米 11								
L 米 9	40	320	128.0	〃	〃	93.6	83.5	70.1
豪強 12	50	330	132.0	〃	〃	93.7	83.7	71.6
豪準強 7	80	〃	〃	〃	〃	〃	〃	72.6
豪準弱 6								
西九州 30	100	305	121.5	〃	〃	93.8	83.6	71.2
筑豊 9								

ような加熱成型によつて成型炭を製造することにむしる重点を置いている。八幡技研の方法もコークスの品質向上、1かま当たりの装入量の増加(生産性の向上)、強粘結炭の節減などに有効な方法である。

成型炭製造に当たり、binder を使用したときと使用しないときとは成型炭(生ブリケット)の強度が相当に相違し、ひいては本法の効果にかなり影響する。これまでの経験¹⁸⁾からすると binder を使用して成型炭を製造するのが適切ではなからうかと思つている。

コークス炉の生産性の向上は装入量増加率の約半分とみて大過ないと判断¹⁹⁾される。本法は装入炭のコークス化性の向上と、装入炭の水分低下(加熱成型のため成型炭の水分低下)とを可能ならしめる力をも具備している。

本法についてはいろいろの問題点の解明につとめているが、これについては割愛したい。

3.5 Dry-charging²⁰⁾(preheating)²¹⁾ 法

この2つの方法は共によく似た方法で、装入炭をコークス炉に装入する前に乾燥して装入炭の水分を取り除く装入炭の事前処理を特徴とするコークス製造法である。

石炭を乾燥してコークス炉に装入するいわゆる dry-charging 法あるいは preheating 法の始まりは 1920 年頃であり、その後欧米各国で試験研究²²⁾が行なわれ、現在でもフランス²³⁾、ドイツ²⁴⁾、米国²⁵⁾、英国²⁶⁾、ソ連²⁷⁾、チェコスロバキヤ²⁸⁾などにおいて研究されている。

最初に実用化したのは 1958 年フランスロレーヌ地方のアゴンダンジュのコークス工場である。これは CERCHAR の指導によるものである。このアゴンダンジュの工場はその後もとの湿炭操業に帰つたと伝えられているが、アメリカでは本法の実用化に熱意を入れているとも報じ²⁹⁾られている。そのほか、カナダ、中共でも関心があるようである。

わが国でこの問題を最初に取り上げてその実体を調べたのは八幡技研であるが、最も熱意を示しその後この方法の発展に力を尽しているのは石炭技術研究所であり、同所は基礎研究を資源技術試験所と共同で進めるとともに実がま試験を北海道汽船(株)の協力を得て夕張市の北炭化成工業所³⁰⁾で実施している。

なおわが国鉄鋼会社の一部では本法に相当の熱意を示しているものの本法についての全貌はやがて明らかになるであろう。

八幡技研の結果³¹⁾を引用し図 4 に掲げた。

これはソ連式プラストメーターによる石炭の乾燥に伴う X, Y 指数の変化状況である。装入密度は ASTM 法で測定した。

X 指数は石炭を乾留するときの収縮度を示し指数が大になるほど収縮は大である。Y 指数は石炭の粘結度を示す。これも指数が大であるほど石炭の粘結力は大である。図 5 にコークス強度の実施例を載せた。

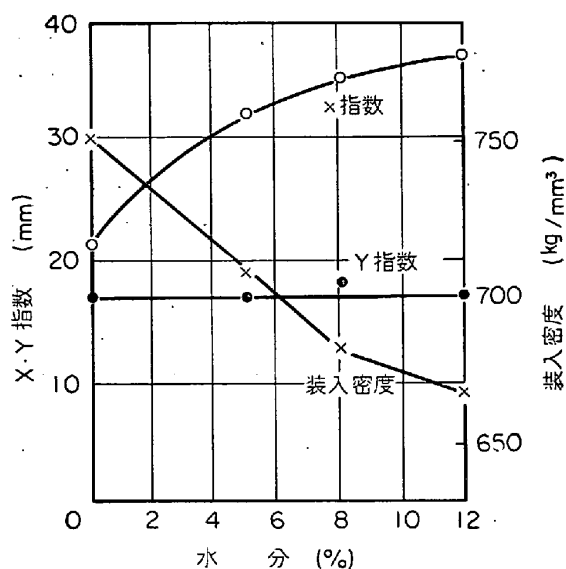


図 4 ソ連式プラストメーターによる試験結果

図 5 より明らかであるように水分の低下につれてコークスの強度は向上している。これらの結果からもわかるように本法も①装入炭の嵩密度の向上、②装入炭単位当たりの乾留時間の短縮、③コークスの強度向上などの特色が認められる。

ただ一般に本法実施について装入炭の乾燥あるいは予熱を効率よく経済的に実施しうるか、完全な発塵防止、あるいは乾燥炭の炭塵爆発、あるいは装入炭を乾燥するときの石炭の損失をなくすることが可能であるかなどいろいろ懸念される問題が残されている。

本法のコークス化機構についてはすでに燃協誌に発表しているが結論だけを述べると、本法による石炭のコークス化性向上の原因は装入炭の乾燥、予熱による装入密度の向上が石炭のコークス化性の見かけ上の向上にはね返つてくるとの見解を持つている。

装入炭の水分を低下せしめることは確かに価値あることであるが、どこまで水分を落とすのが適切であるかが問題である。装入炭水分が 5% 以下になると石炭が流動化していろいろの困難な問題が派生してくる。この水分の限界については私見としては約 6% に留めるのが妥当であろうと考えている。この場合にはこの方法はすでに dry-charging 法、preheating 法とは別の事前処理法と見るのが適切であろう。

3.6 SOVACO 法³²⁾

本法はフランスの E. BURSTLEIN の発明になる方法である。本法は周知のとおりコークス製造のための装入炭に粉碎と同時に篩い分け方式を取り入れて 4 mm 以上および 0.2 mm 以下をなるべくなくし、全体として中間粒度のものを多くするように粒度調整管理の徹底を期し、これによつてコークスの品質向上をはかるコークス製造法である。

No	配合割合 (%)						強粘結炭の使用割合 (%)	工業分析 (%)			燃料比	ボタン指数	粘結成分量指数 (%)
	M米	L米	豪強	豪弱	西九州	筑豊		灰分	揮発分	固定炭			
1	24	12	14	10	16	24	50	7.09	31.24	61.68	1.97	6.5	89.3
2		40			60		40	7.31	33.48	59.21	1.77	6.0	88.6
3		30			70		30	7.00	34.78	58.22	1.67	5.0	87.5

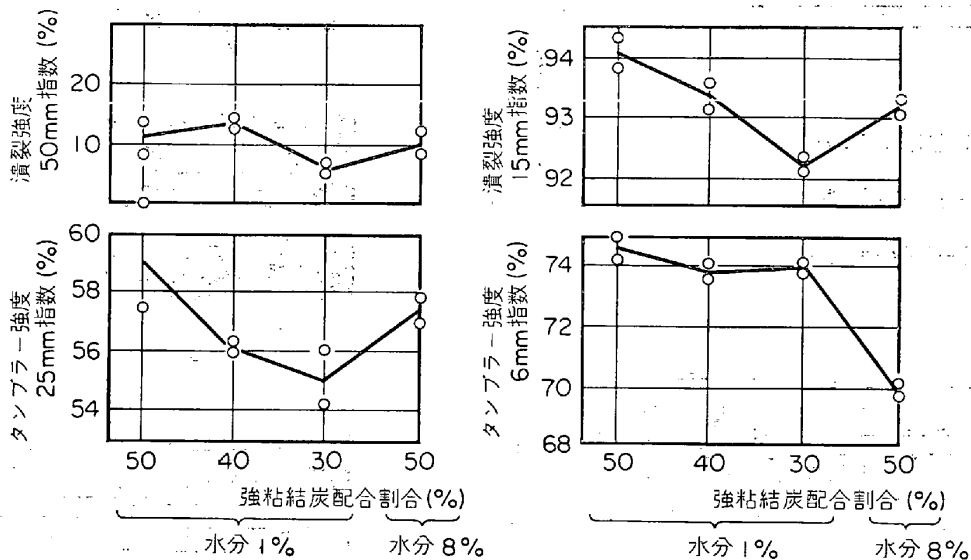


図5 Dry-charging 法の実施例 (1/4 t 試験用コークス炉使用)

表6 SOVACO 法を適用したときのコークス製造実績

製 造 法	工業分析 (%)			ボタン 指 数	イオウ (%)	粘結成分 量 指 数 (%)	生成コークスの性状 (%)				
	灰分	揮発分	固定炭素				灰 分	潰 裂 強 度	タンブラー強度		反応性
通常のコークス製造法	7.93	32.47	59.90	4.5	0.59	88.8	10.88	93.0	>25 mm	>6 mm	
SOVACO 法	7.58	32.50	59.92	5.0	0.60	89.3	10.80	93.5	60.2	66.1	45.7
									60.9	65.8	43.9

石炭を一律に粉砕すると石炭中の活性に富む vitrit は粉砕されやすいので細粒部分に vitrit は集中してくる傾向をたどる。したがって通常の一律粉砕方式では vitrit は過粉砕される懸念が多いので、この粉砕方式を防止する目的で SOVACO 法では石炭の事前処理に粉砕と篩別方式とを併用し、vitrit の活性度をなるべく高く保持することを狙っている。換言すると石炭中の粘結成分は SOVACO 法の場合には通常の場合よりも有効に活用されることになる。

本法を現場の装入炭に適用した一例を表6に掲げた。

SOVACO 法の適用によつて生成コークスの品質はある程度向上しているが、その向上度合はそれほど顕著とはいえない。

3.7 Oiling 法³³⁾

本法は装入炭に各種の油を添加する方法であり、その目的には次のとおり2つある。

(1) 約5%という多量の油の添加による副産物歩留の向上。

(2) 0.5% 以下程度の油を添加して1かま当たりの装入密度の向上。

(2)の方法はここ数年来わが国コークス界で急速に普及し、コークスの増産対策に大きく寄与してきている。この際の油としては石油系の油がタール系の油よりすぐれている。油の添加量は一般には0.2~0.3%が多いようで、0.3% 添加時の1かま当たりの装入炭の装入量増加は4%位が一般の動向のようである。

3.8 コークス炉の大型化³⁴⁾

表7 日本におけるコークス炉の大型化の概況

項目 会社名	コークス炉名	操業開始 および予定 (年月日)	炉式	炉寸法(mm) (幅×長さ×高さ)	炉室数	1窯当たり 装入量 t(day)
八幡化学	君津 No 1	A 43.12.1 B 44.1.1	日鉄アンダーゼット 〃	420/480×15700×5500 〃 〃 〃	90	25・000
富士製鉄	室蘭 No 3	36.3.6	日鉄単式	385/435×13200×4600 〃 〃 〃	73	16・659
	〃 4	40.12.3	〃	〃 〃 〃	80	16・808
	〃 5	44.5	日鉄複式	400/460×14200×5000	100	19・600
	広畑 No 4	39.6.16	D. K. H	450×13590×5000	70	19・662
	名古屋 〃 1	A B 39.9.14 C D 39.8.20	〃	420/480×13590×5000	100	19・960
	〃 2	北 42.5.10 南 42.9.14	〃	〃 〃 〃	110	19・710
	〃 3	北 43.9.1	カールスチル式	435×15750×5910	45	26・500
日本鋼管	水江 No 1	37.6.19	オットー複式	400×13770×4500	86	16・180
	福山 〃 1	A 41.7.30 B 41.10.13	ウィルブット式	430×14540×5100	94	21・020
	〃 2	A 43.4.1 B 43.2.4	〃	〃 〃 〃	120	20・700
川鉄化学	千葉 No 5	A-I 39.11.1 A-II 40.2.7 B-I 41.4.1	カールスチル式	420/480×15000×6000	69	25・480
	水島 〃 1	B-II 未定	〃	〃 〃 〃	23	26・100
		A 42.3.18	カールスチル式	388/452×15900×6550	78	29・460
		B 42.11.21	〃	〃 〃 〃	86	28・780
	〃 2	A 44.2.1 B 44.9.1	〃	〃 〃 〃	〃	〃
住金化工	和歌山 No 3	40.3.31	コッパース単式 C 専	420/480×14620×5000	76	20・897
	〃 4	42.3.1	〃	〃 〃 〃	〃	〃
	〃 5	A 42.8.1 B 43.5.8	〃	〃 〃 〃	46	〃
	〃 6	A 44.4.1 B 44.8.1	コッパース複式	420/480×15560×6000	53	21・390
		〃	〃	〃 〃 〃	〃	27・200
中山製鋼	船町 No 2	B 43.1.22	オットー複式単煙道 ガンタイプ	420×12400×4500	32	14・800
尼崎コークス	扇町 No 1	41.10.27	コッパース循環単式	420/480×14620×5000	40	21・900
	〃 2	41.11.14	〃	〃 〃 〃	35	〃
	〃 3	43.11.1	〃	〃 〃 〃	〃	21・700
大阪ガス	堺 No 1	39.2.1	大阪ガスオットー式	425/475×13700×4500	100	17・600
	2	A 41.9.30 B 41.12.12	〃	〃 〃 〃	〃	〃
	〃 3	A 43.11 B 43.7	〃	420/480×13700×5000	54	19・100
		〃	〃	〃 〃 〃	45	〃
三菱化成	黒崎 2 期炉	42.4	ニューオットー単式 単煙道	380/420×12750×4500	50	14・500
	3 〃	42.6		〃 〃 〃	30	〃

(燃料協会誌 vol. 47, No 493(1968)出典)

コークス炉を高さの方向に高くして炉の有効内容積を大にしてコークス炉の生産性を高める動きがわが国において最近特にめだつてきた。

大型化の基準としては欧米では炉高 5 m 以上を指しているようである。従前のコークス炉は炉高おおむね 4 m 以下であつた。コークス炉の大型化はドイツで発達し、1927 年にはすでに高さ 6 m のもの (Carl-Still) を建設している。

大型化の型式の中では炉高 5 m 程度の D.K.H. と炉高

6 m 前後の Carl-Still 方式とが日本では有名であるが、アメリカでは炉高約 5 m の Wilputte 式が普及している。このほかにも日本式のものが 1, 2 開発途上にある。

日本では富士製鉄(株)室蘭製鉄所が高さ 4 m の従来のものを改造して、これを 4・6 m に改造したのが始まりで昭和 36 年 3 月のことである。その後、D.K.H. および Carl-Still がぞくぞく新設されつつあり、1 つのブームを呼んでいる。

コークス炉を大型化すると、装入量および嵩密度が向

上し、結果的には装入炭のコークス化性がよくなり、コークスの品質向上を招来するわけである。

コークス炉の炉高を高くするには燃焼室の高さの方向に熱を効かす必要がある。D.K.H. および Carl-Still を例にとり、燃焼機構を示すと図 6 のとおりである。

D.K.H. では燃焼室の上部に弓形のビンダーを設けると共にバーナーの高さを交互に変え、目標として燃焼熱の輻射熱の有効利用をはかっている。Carl-Still では多段燃焼方式を採用している。

詳細は省略するが日本におけるコークス炉大型化の状況を表 7 に載せた。川鉄化学の炉高 6.5m のものが現在世界最高であるとされている。

どこまで大型化することが可能であるか、これも 1 つの大きな研究課題であろう。コークス炉の大型化とともに燃焼室と炭化室との仕切煉瓦に "dense brick" を使用³⁵⁾して熱伝導の向上によつて、コークス炉のより一層の効率化を期しているのがコークス界の最も一般的動向である。

3.9 コークス炉の機械化、自動化³⁶⁾

現在の室炉式コークス炉の完全自動化は本炉の特質から不可能であるが、作業環境の改善、要員の節減による作業効率の向上の観点から部分的な機械化、自動化が各所で行なわれているのも最近の 1 つの大きな動きであろう。

おもなものを列挙してみると次のとおりである。

- (1) 装入作業の自動化、炉上清掃の機械化。
- (2) 無煙装入法。
- (3) 押出作業の自動化および清掃の機械化。
- (4) 装入炭および戻り炭装入の自動化。
- (5) 消火車運転の無人化。
- (6) コークス切出装置の機械化。
- (7) ガス切替機の自動化。
- (8) コークス消火設備の効率化。

現在これらの設備がどこでも実施され、また完全に巧くいき目的を達成しているとはいえないが上述の機械化自動化の各課題はさらに集積され、究極には部分自動化は体系化、合理化され、一段と進展の過程をたどるであろう。

4. 結 言

最近開発され、あるいは開発途上にあるおもなコークス製造方法を紹介するとともに、これらの方法についてその特徴、問題点を石炭のコークス化性の面から若干論述した。さらに生産現場における技術進歩上の動向に関しても多少論及した。

文 献

- 1) ①新村唯治: 燃研報告, 13 (1932), p. 1~78
- ②吉田雄次: 燃協誌, 29 (1950), p. 173~182
- ③城 博: 製鉄研究, (1965) 253, p. 1~8
- 2) ①城 博: 燃協誌, 26 (1947), p. 1~10

- ②城 博: 燃協誌, 26 (1947), p. 89~107
- ③城 博, 他: 燃協誌, 41 (1962), p. 441~449
- 3) ①A. H. CLARK et al.: J. Chem. Soc., 103 (1913), p. 1704
- ②R. V. WHEELER et al.: ibid., 700 (1927), p. 854 (1931)
- ③新村唯治: 燃研報告, 14 (1932)
- 4) ①新村唯治: 富士鉄技報, (1955) 10, p. 108~127
- ②城 博: 製鉄研究, (1965) 253, p. 1~8
- 5) N. SCHAPIRO et al.: Blast Furnace, Coke Oven and Raw Materials Committee, Proc., 20(1961), p. 89~119
- 6) ①城 博, 他: 日本特許, 公告番号 30-6678, (1955)
- ②城 博: 鉄と鋼, 42 (1956), p. 226~228
- ③前出 2 ①
- 7) ①W. REERINK: "Chemical Engineering in the Coal Industry", (1956), p. 40~51
- ②浅井一彦, 他: 燃協誌, 35 (1956), p. 279~287
- ③J. E. BARKER et al.: Gas World, Coking Sect., 157 (1963), p. 81~84
- 8) ①井田四郎: 燃協誌, 42 (1963), p. 580~593
- ②城 博, 他: コークス・サーキュラー, 13 (1964), p. 29~37
- 9) 城 博, 他: コークスの研究, 4 (1953), p. 27~50
- 10) H. FREUND: "Hand buch der Mikroskopie in der Technik" Band II, (1952), p. 340~342
- 11) H. M. TATTS et al.: Coke and Chemistry USSR, (1966) 10, p. 19~21
- 12) ①J. B. TRAGGART: AIME Annual Meeting, New York, Feb., (1962)
- ②G. N. MAKAROV et al.: Coke and Chemistry USSR, (1962) 11, p. 27~33
- ③H. SCHENK et al.: International Congress "Coke in Iron and Steel Industry" Charleroi, Belgium, Sept., (1966)
- ④T. G. CALLCOTT: International Congress "Coke in Iron and Steel Industry" Charleroi, Belgium, Sept., (1966)
- ⑤W. PETERS: ibid,
- 13) ①L. M. SAPOZNIKOV (館充訳): 燃協誌, 39 (1960), p. 127~134
- ②H. C. NANDI et al.: J. Inst. Fuel, 36 (1963), p. 118~122
- ③H. H. LOWRY: "Chemistry & Coal Utilization" Suppl. vol., (1963), p. 741~753 [John Wiley & Sons Inc.]
- ④吉田雄治, 他: 燃協誌, 45 (1966), p. 575~584
- ⑤吉田雄治, 他: 燃協誌, 46 (1967), p. 610~618
- 14) ①ANON: Chemical Week, 86 (1960) 3, p. 40
- ②T. P. FORBATH: Chemical Engineering, 67 (1960) 2, p. 43~44
- ③J. WORK: 23rd Electric Furnace Conference AIME, Pittsburgh Pa., Nov., (1965)

- ④D. E. WOLFSON: Iron and Steel Engineer, 45 (1968) 3, p. 69~75
- 15) ①P. W. WOOLF: Bureau of Mines Rept, (1965)
- ②前出 12) ⑤
- ③前出 14) ②, ④
- 16) ①H. JOH et al.: Symposium on Preparation and Properties of Coals, Division of Gas and Fuel Chemistry, American Chemical Society, Preprints of Papers, vol. I (1960), p. 117~123
- ②城 博, 他: 日本特許, 公告番号 35-16484 (1960)
- 17) ①H. HOFFMANN: Fuel Abstract, 3 (1962) 4
- ②A. GUTTE: Freiburger Forschung, 246 (1963), p. 83~93
- 18) ①城 博, 他: 日本特許, No 275402 (1960)
- ②辻畑敬治, 他: コークス技術年報, 14 (1965), p. 65~91
- ③日本鉄鋼協会: 燃協誌, 45 (1966), p. 543~561
- 19) 榎野泰三, 他: 燃協誌, 46 (1967), p. 590~609
- 20) ①R. CHERADAM: Coke and Gas, 16 (1954), p. 143~149
- ②城 博, 他: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 384~386
- 21) ①熊井順二郎, 他: コークス技術年報, 12 (1963), p. 21~30
- ②佐藤春三, 他: 燃協誌, 44 (1965), p. 239~244
- 22) H. H. LOWRY: "Chemistry of Coal Utilization" (1947), p. 848~859
[John Wiley & Sons Inc.]
- 23) ①R. LOISON et al.: Revue de La Extrait de L'Industrie Minerale, 43 (1960), p. 164~195
- ②J. MISCAULT et al.: ibid, 44 (1961), p. 713~724
- 24) ①W. BAUMANN et al.: Brennstoff Chemie, 43 (1962), p. 321~324
- ②D. BREIDENBACH: Erdöl u. Kohle, Erdgas, Petrochemie, 17 (1964), p. 276~278
- 25) ①M. PERCH et al.: Blast Furn. Steel Pl., 47 (1959), p. 591~597
- ②J. D. DOHERTY et al.: ibid, 50 (1962), p. 248~260, 266
- 26) ①D. A. HALL et al.: Gas World, Coking Sect., (1958) 6, p. 103~113
- ②D. A. HALL et al.: J. Inst. Fuel, 36 (1963), p. 3~11
- 27) ①P. I. TURCHENKO et al.: Coke and Chemistry USSR, (1961) 12, p. 6~10
- ②B. N. ZHITOU et al.: ibid, (1964) 2, p. 15~21
- 28) ①J. HOLUB: Paliva, 43 (1963), p. 249~251
- ②J. HOLUB: ibid, 43 (1963), p. 268~271
- 29) 酒井 甫: 第3回石炭鉄鋼技術懇談会, (1965)
- 30) ①佐藤春三, 他: 燃協誌, 44 (1965), p. 239~244
- ②佐藤春三, 他: ibid, 44 (1965), p. 751~758
- 31) 前出 20) ~②
- 32) ①E. BURSTLEIN: Glückauf, 92 (1956), p. 606
- ②城 博, 他: コークス技術年報, 11 (1961), p. 149~156
- 33) ①C. W. STAHL et al.: Iron and Steel Engineering, 28 (1951), p. 93~101
- ②W. OHME: Brennstoff Chemie, 34 (1953), p. 338~340
- ③H. ECHTERHOFF: Glückauf, 94 (1958) p. 110
- ④片岡次夫: 第27回コークス特別会, (S.34.3)
- ⑤辻畑敬治, 他: 第29回コークス特別会, (S. 35. 3)
- ⑥城 博: コークス・サーキュラー, 9 (1960), p. 7~14
- 34) ①西尾 醇: コークス・サーキュラー, 10 (1961), p. 5~10
- ②松沢真太郎: ibid, 10 (1961), p. 123~128
- ③松沢真太郎: ibid, 11 (1962), p. 99~103
- ④W. ボッホマン, 他: コークス技術年報, 11 (1962), p. 170~179
- ⑤F. ヘルト: ibid, 11 (1962), p. 180~193
- ⑥西尾 醇: 燃協誌, 41 (1962), p. 942~954
- ⑦R. V. MORDUKHOVICH et al.: Coke and Chemistry USSR, (1962) 12, p. 17~20
- ⑧L. N. COLLINS: Blast Furnace, Coke Oven and Raw Materials Proceeding, (1962), p. 391~403
- ⑨J. DINGLE: Gas World (Gas and Coke), (1964) 159, p. 858~861
- ⑩堤 正文: コークス技術年報, 14 (1965), p. 158~167
- ⑪W. C. RUECKEL: J. Metals, 19 (1967), p. 65~69
- ⑫S. MATSUZAWA et al.: ibid., 19 (1967), p. 70~75
- ⑬W. GRUMM et al.: ibid, 19 (1967), p. 76~80
- ⑭E. J. HELM: ibid, 19 (1967), p. 91~85
- 35) ①D. C. MCCREIGHT et al.: Blast Furnace and Steel Plant, 51 (1963), p. 34~38
- ②R. G. MORLOCK et al.: ibid, 53 (1965), p. 1027
- ③林 武志: 燃協誌, 46 (1967), p. 568~581
- 36) ①Gas & Coke, 25 (1963) 287, p. 148~152
- ②T. J. RADCLIFFE: Blast Furn. Steel Pl., 52 (1964), p. 611~620
- ③宮川一男, 他: コークス・サーキュラー, 14 (1965), p. 153~160
- ④桐谷義男: コークス・サーキュラー, 15 (1966), p. 35~42
- ⑤宮原正元: 燃協誌, 45 (1966), p. 527~542
- ⑥M. MEUMIER et al.: International Congress "Coke in Iron and Steel Industry Charleroi, Belgium, Sept. (1966)
- ⑦第39回三社コークス会議資料, (1968)