

1. コークス製造法の沿革

近代的製鉄業の開幕はコークスを燃料として高炉で銑鉄製造が行われるようになった時期に初まるといわれている。以来鉄の製造には良質コークスの製造が不可欠の要件となっており、今後においてもコークス品質の維持確保が高炉の大型化や操業技術のうえから益々その重要性を増していくものと思われる。

当初コークスの製造は、野焼法といわれる原始的な方法で始められたが、室炉式乾留法がコークス品質や作業性のうえから有利であることが判り、これが現在でも基本的な方法となっている。また近代化学の発達に伴って、石炭乾留（蒸し焼きのことを乾留という）時に発生するガス、タール、軽油、アンモニアなどの副産物を回収し、これらが化学工業、薬品工業の発達に大きな貢献をはたした。さらにコークス炉の熱効率の向上、生産性の向上、付帯設備の改善などによって、現在の近代的コークス製造設備が完成するに至っている。

近代的コークス工場の具備すべき要件としては以下の通りであろう。

- ① 大量安定生産が確保できること、(設備大型化、設備保全管理の高度化など)
- ② 労働生産性が良好であること、(機械化、自動化)
- ③ 生産コストが低廉であること、(低建設費、高熱効率など)
- ④ 原料炭情勢に対応しうること、(成型炭配合法、石炭調湿法など)
- ⑤ 環境対策が十分であること、(粉じん、排水、騒音対策設備など)
- ⑥ 管理体制が近代化されていること、(作業標準化、情報のシステム化など)

これらのうち、今後益々重要となるものは、資源対応力、環境対応力、労働環境、コークス炉寿命問題等であろう。

大きな発展をとげた近代的コークス製造設備も、今まさに変革の時に来ていると言える。

2. コークス製造工程の概要

コークスの製造工程は図1-1にその1例を示すとおり、原料荷役貯蔵、石炭処理、乾留、コークス処理、化成品処理の各工程より成り立っている。

原料荷役貯蔵工程は、船舶等で入荷した石炭をアンローダなどで揚陸し、積付機（またはスタッカという）で貯炭場に石炭を積み上げる工程である。最近船舶の大型化に伴なって、3000～5000t/hの能力を有するものが使用されている。貯炭場では石炭の銘柄別に区別して積み付けを行う。貯炭場能力は需給状況、船舶の大きさなどによって変るが、通常日本では35～50日分を持っている製鉄所が多い。

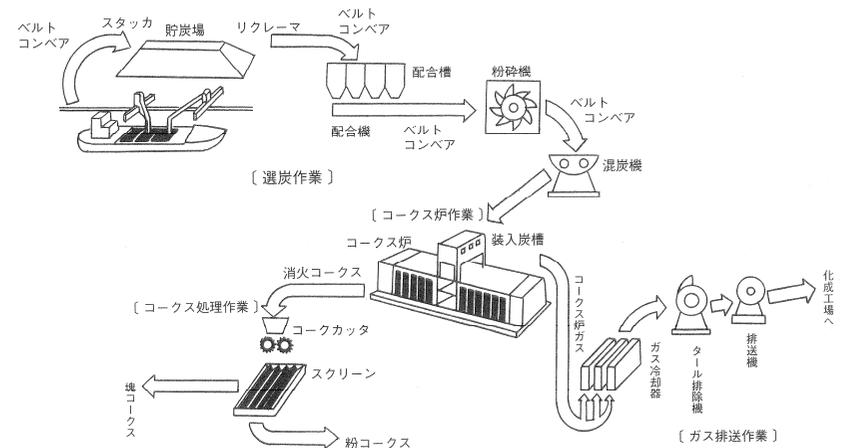


図1-1 コークス設備の概略

石炭処理工程は、各種銘柄の石炭を良質コークスが得られるように適量ずつ配合し、粉砕する工程である。この工程では配合と粉砕の工程を種々の形に組み合わせられたものがある。また最近ではコークス強度を高める目的や、安価な非微粘結炭を多く使用する目的で調湿炭製造設備や予熱炭設備をそなえている工場もある。

乾留工程はコークス炉を中心とした工程であり、この中には石炭の装入、コークスの押出しなどを行う付属機械設備が含まれている。コークス製造工程のうち最も重要な工程である。

コークス処理工程は、コークス炉より押出された赤熱コークスを消火し、コークカッタや篩分装置で整粒するとともにコークス炉と高炉とを繋ぐ需給調整の役割をはたす工程でもある。赤熱コークスの消火には、省エネルギーやコークス強度向上の観点から、乾式消火法を採用しているところが非常に多くなっている。

化成品1次処理工程はコークス炉から発生するガスやタールを冷却し、ガス中よりタールや安水を分離するとともに、ガス中に含まれるアンモニア、軽油、硫化水素などを除去し、さらに精製ガスを各部門へ圧送する工程である。

これらの各工程について、以下それぞれ説明をする。

第2章

石炭・コークスの性質

1. 原料炭の性質

(1) 粘結性とコークス化性

ある瀝青炭を、空気を断って加熱する（乾留する）と、まず軟化溶解し、続いてガス、タール、安水などを発生しながら膨張したのち、さらに温度の上昇に伴って凝固し、次第に焼き締って堅い塊コークスとなる。このように粘結して塊コークスとなる石炭を粘結炭、粘結しない石炭を非粘結炭とよび、粘結するか否かの性質を粘結性（Caking Property）という。粘結性は、膨張性、流動性、粘着性などの性質を測定することによって知ることができる。

一方堅牢なコークスとなるかどうかの性質をコークス化性（Coking Property）と呼び、粘結性とは区別して考えられている。すなわちコークス化性は粘結性によって大きく影響されるものではあるが、石炭化度など石炭自体の内的要因や、乾留条件、石炭粉碎粒度、装入密度などの外的要因によっても変る。そのためコークス化性は缶焼、試験炉、実窯などで実際にコークスを作って、その強度を測定することによって定量化されている。

また原料炭というのは、高炉用コークスの原料となる粘結炭のことである。近年ではコークス製造技術の進歩に伴って、コークス製造原料の一部に非粘結炭も使用されるようになったが、いかに灰分や硫黄分などが低くて好ましいものであっても、粘結しないものは原料炭とは云わない。

今日では鉄鋼の大量生産が要求される時代であり、これにともなって高炉の大型化が図られるとともに、経済的な操業を達成するために、高炉の1日単位容積当りの出銑量（これを出銑比（ $t/m^3 \cdot d$ ）という）をできるだけ多くし、また、コークスや微粉炭の使用量（コークス比 $Kg \text{ coke}/t \text{ pig}$ 、または pc 比 $Kg \text{ pc}/t \text{ pig}$ という。この両者を合わせて還元材比という）を極力少なくするよう努力が払われている。そのためコークスの使用条件はますます苛酷となっており、固くて強度の高いコークスが要求されるので、高炉用コークス製造には粘結性およびコークス化性は極めて重要な要因となっている。

(2) 粘結現象

先にものべたとおり、石炭を蒸し焼きした場合に軟化溶解して固まる性質を粘結性というが、この粘結現象を物理・化学的に究明しようとする試みは古くから行われて来た。しかし石炭が複雑な構造をした有機高分子化合物であるため、合成樹脂や繊維などに較べると、その化学構造や反応機構が十分に解明されているとは云えない。しかし最近では、石油代替燃料として石炭の利用開発技術が進み、そのような観点からも石炭構造についてかなりの部分が明らかとなってきた。

a. 粘結機構

まず石炭の化学構造を簡単に説明する。図2-1に石炭の化学構造の推定例を示す。石炭は2〜5環の多環芳香族（芳香族縮合環）を単位構造とし、それらが脂肪族直鎖（-CH₂- など）やエーテル鎖（-O-）などの共有結合や、水素結合などの非共有結合により架橋化された凝集構造体であると考えられている。また、この架橋構造の間には、図2-1において点線で囲まれた部分のように、周囲と結合していない低分子成分が存在していると仮定されている。

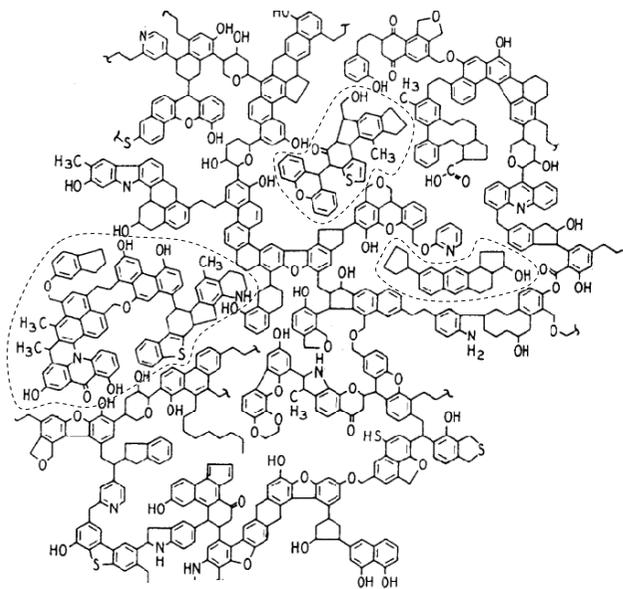
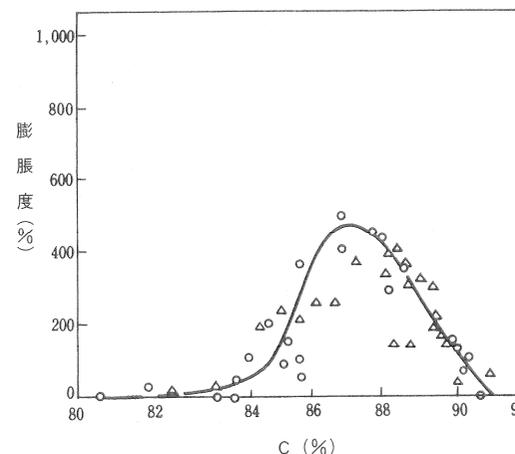


図2-1 石炭の推定構造の一例 (Shinnのモデル)

このような構造をもつ石炭が乾留され300℃以上になると、まず比較的結合力の弱い低分子部分が溶解しはじめ、同時に架橋部分の分子が切断されて、高分子部分間の拘束力が弱まり、また一部の高分子は熱分解のために低分子化される。このようにして生成し溶解した低分子部分が高分子部分に作用して、全体が軟化溶解して流動性を呈するようになる。この際石炭中に酸素原子が多いと、酸素の結合力が強いために低分子化反応が阻害されるので軟化溶解しにくくなると考えられている。炭化度が低い石炭の粘結性が劣る原因の1つには、炭化度が低いほど酸素含有量が多くなることにもよるものと思われる。

次に軟化溶解した石炭の温度がさらに上昇すると次第に活発に熱分解反応が始まり、メタンと水素を主体としたガスや1次タール（未分解タール）を放出するので石炭全体が膨張現象を示すようになる。溶解し、液状化した石炭質の中では熱分解が進行するに従って炭素分子の環状化反応が進んで環状炭素を主体としたいわゆる液晶メソフェーズ (Mesophase) が形成され、これが発達して次第に凝固物となる。ほとんどの石炭は500℃以下で固化が完了し、多孔質状のセミコークス (Semi-Coke) となる。

以上が粘結過程（軟化溶解過程）での大よその変化を述べたものであるが、では具体的にどのような石炭が粘結性を有するかというと、図2-2と図2-3に示すとおり、C (%) が大よそ82~90%の石炭が粘結性を示し、86%~88%で粘結性は最高となる。



2-2 膨張度と石炭化度との関係

この図を揮発分になおすと、無水無灰ベース (d. a. f-dry ash freeの