

## 学位論文題名

## 冶金用コークスの強度発現機構とその制御に関する研究

## 学位論文内容の要旨

わが国の冶金用コークスの生産量は年間3000万トン以上にのぼり、その品質は高炉の生産性を大きく左右する。年間5000万トン近くにおよぶコークス用原料炭の全量を輸入に頼るわが国において、石炭性状面からのコークス品質の精密な制御は高炉製鉄法の合理化を図るうえでの最重要課題のひとつである。

本論文は、冶金用コークスの強度の指標であるドラム指数を、石炭性状面から、より精密に制御することを目的とした。そのためにドラム指数の精密な解析を行ない、その制御を可能とするために解明すべき3つの課題、すなわち、(1)ドラム指数を支配するコークス構造、(2)コークス構造の形成機構、(3)形成機構を規定する石炭性状の解明について行った研究を纏めたものである。

第1章は序論であり、これまでのコークスに関する研究の概要、未解決な分野の抽出および本研究の学問的背景などを示した。

第2章では、石炭性状と乾留挙動およびコークス性状の関係について検討し、粘結炭については活性成分の元素構成比によって、そのコークス化性が評価できることを明らかにするとともに、粘結炭、非粘結炭、風化炭のコークス用炭としての評価を同じ手段で行う方法として、石炭の熱分解物の発生挙動によるコークス化性評価方法を開発した。

コークスのドラム指数は、石炭の活性成分のH/C値が0.62~0.67、O/C値が0.03~0.04の試料で最も高くなり、この範囲よりも高O/C値の試料ではコークス基質の過度の異方性のため、低O/C値の試料ではコークス基質の強度不足のために、高H/C値の試料では高气孔率のため、低H/C値の試料では加熱時の石炭粒子間の接着性不良のためにそれぞれ、ドラム指数は低くなる。

この結果は石炭の粘結性を基礎において求めたものであるが、つぎに、非粘結性の石炭についても、活性成分の元素構成比にかえ、加熱時の減量、発生ガス組成によって、そのコークス用炭としての評価が、粘結炭と同じ尺度によって行えることを明らかにした。

第3章では、工業規模のコークス炉内におけるコークスの形成機構を明らかにするべく乾留途中のコークスに直接、散水して急冷し、その内部を調査して、コークス強度の支配因子である気孔壁の分布がどのような機構で形成され、その形成状況が何によって支配されているかという点について検討した。

工業規模のコークス炉におけるコークス層の形成は、従来いわれていたように、均一なものではなく、局所的なコークス層厚のバラツキが随所にみられる著しく不均一

なものであり、その原因が未乾留の石炭部分で発生する水蒸気がコークス層を経てコークスケーキ外に流出する際の冷却作用にあることを明らかにした。

また、工業規模のコークス炉における気孔壁分布の形成機構について検討し、コークス層の形成に対して、軟化熔融層の石炭側のガス透過性が支配的な影響をおよぼしていることを示した。

第4章では、コークスのドラム指数とコークス性状の関係を明らかにするためドラム試験時のコークスの粉化機構を明らかにするとともに、従来、定性的にしか述べられなかったコークス性状とドラム指数の定量的な関係を明らかにした。

ドラム試験時におけるコークスの粉化挙動は、コークス塊の分裂にともなう粉化（体積破壊）と衝撃による塊表面の気孔壁の剥離（表面破壊）という異なった二つの機構によってコークス粉が発生することを示し、それぞれの粉化機構により発生するコークス粉量の評価指標を提案した。併せてそれらの指標と石炭性状との関係を論じた。

さらに、コークス品質を評価するに際してより重要と考えられる、表面破壊による粉化量と気孔壁性状との関係について検討し、回転強度試験時に発生するコークス粉の大部分が、強度試験時に受ける衝撃によってコークスの気孔壁が破壊され脱落したものであることを示し、コークス強度を精密に制御するためには、気孔壁の基質強度とともに、その厚さについても制御する必要があることを明らかにした。炉内への石炭の充填密度やイナートの量などを操作した場合の気孔壁の厚さの変化についても論じた。

第5章では、第4章までにえられた結果をもとに、石炭性状面からのコークスのドラム指数制御方法についてはじめに設定した3つの課題について解明した。

#### (1) ドラム指数を支配するコークス構造

ドラム指数は、気孔壁の厚さと光学的異方性組織によって決まる気孔壁の破壊のされやすさと破壊された場合の気孔壁重量の積であらわされる。つまり、ドラム指数を支配するコークス構造とは気孔壁の厚さと基質の光学的異方性組織の発達程度である。

#### (2) コークス構造形成機構

基質の光学的異方性組織の発達程度は石炭性状に大きく依存する。気孔壁の厚さは、乾留時における軟化熔融層の石炭側のガス透過性によって規定される軟化熔融層の内部ガス圧によって支配される。

#### (3) 形成機構を規定する石炭性状

基質の光学的異方性組織は、活性成分中の酸素量が少ない石炭ほど発達する。軟化熔融層の石炭側のガス透過性は、軟化熔融時の粘性が高い石炭ほどまた軟化熔融温度範囲が広い石炭ほど小さくなり、活性成分中の酸素量が同じ石炭では、水素量の多い石炭ほどガス透過性は小さくなる。

以上の結果、コークスのドラム指数は、加熱時の減量、発生ガス組成をもとにしてその気孔壁の厚さ、基質強度を操作することにより制御できることを明らかにした。これらの知見をもとに、その工業化を計り、微粘結炭配合率を約10%増加させること、また、20%程度の風化炭の使用を可能とした。

第6章は総括であり、本研究を総括し、その成果を要約するとともに、今後の課題について取りまとめた。

# 学位論文審査の要旨

主 査 教 授 真 田 雄 三  
副 査 教 授 石 井 邦 宜  
副 査 教 授 伊 藤 博 徳  
副 査 教 授 千 葉 忠 俊  
副 査 教 授 篠 原 邦 夫

## 学位論文題名

### 冶金用コークスの強度発現機構とその制御に関する研究

冶金用コークスの品質は高炉の生産性を大きく左右する。石炭性状面からのコークス品質を精密に制御することは高炉製鉄法の合理化を図るうえでの最重要課題のひとつである。

本論文は、冶金用コークスの強度の指標であるドラム指数を、石炭性状面から、より精密に制御することを目的として行った研究を纏めたものである。

第1章は序論であり、これまでのコークスに関する研究の概要、解決なすべき分野の摘出および本研究の学問的背景などを示している。

第2章では、石炭性状と乾留挙動およびコークス性状の関係について検討し、粘結炭については活性成分の元素構成比によって、そのコークス化性が評価できることを明らかにするとともに、粘結炭、非粘結炭、風化炭のコークス用炭としての評価を同じ手段で行う方法として、石炭の熱分解物の発生挙動によるコークス化性評価方法を提案している。これは非粘結炭をコークス用にむけるにあつての有効な尺度となる。

第3章では、工業規模のコークス炉内におけるコークスの形成機構を明らかにするべく乾留途中のコークスに直接散水して急冷し、その内部を調査して、コークス強度の支配因子である気孔壁の分布の形成機構とその支配因子について検討している。

工業規模のコークス炉におけるコークス層の形成は、均一なものではなく、コークスの層厚は著しく不均一なものであり、その原因が未乾留の石炭から発生する水蒸気がコークス層を経てコークスケーキの外に流出する際の冷却作用にあることを明らかにしている。

また、コークス炉における気孔壁分布の形成機構について検討し、コークス層の形成に対して、軟化熔融層の石炭側のガス透過性が支配的な影響をおよぼしていることも併せて示している。

第4章では、ドラム試験時のコークスの粉化機構を詳細に調べ、従来、定性的にしか述べられなかったコークス性状とドラム指数の定量的な関係を明らかにした。

ドラム試験時におけるコークスの粉化挙動は、コークス塊の分裂にともなう粉化

(体積破壊)と衝撃による塊表面の気孔壁の剥離(表面破壊)という異なった二つの機構によってコークス粉が発生することを示し、それぞれの粉化機構により発生するコークス粉量をもって評価の指標とすることを提案している。併せてそれらの指標と石炭性状との関係を論じた。

第5章では、第4章までにえられた結果をもとに、石炭性状面からのコークスのドラム指数の制御方法について以下の結論をえている。

#### (1) ドラム指数を支配するコークス構造

ドラム指数は、気孔壁の厚さと光学的異方性組織によって決まる気孔壁の破壊のされやすさと破壊された場合の気孔壁重量の積であらわされる。つまり、ドラム指数を支配するコークス構造とは気孔壁の厚さと基質の光学的異方性組織の発達程度である。

#### (2) コークス構造の形成機構

基質の光学的異方性組織の発達程度は石炭性状に大きく依存する。気孔壁の厚さは、乾留時における軟化溶融層の石炭側のガス透過性によって規定される軟化溶融層の内部ガス圧によって支配される。

#### (3) 形成機構を規定する石炭性状

基質の光学的異方性組織は、活性成分中の酸素量が少ない石炭ほど発達する。軟化溶融層の石炭側のガス透過性は、軟化溶融時の粘性が高い石炭ほど、また軟化溶融温度範囲が広い石炭ほど小さくなる。活性成分の中の酸素量が同じ石炭では、水素量の多い石炭ほどガス透過性は小さくなる。

以上の結果、コークスのドラム指数は、加熱時の減量、発生ガス組成をもとにしてその気孔壁の厚さ、基質強度を操作することにより制御できることを明らかにした。これらの知見をもとに、微粘結炭配合率を約10%増加させうること、また、20%程度の風化炭の使用を可能としたことなど生産コストを低減できることを示した。

第6章は総括であり、本研究を総括し、その成果を要約するとともに、将来展望を述べている。

これを要するに著者は冶金用コークスの強度とコークスの構造との関連性を明らかにし、コークス強度が原料炭の性状から制御出来ることを示した。これらの有益な知見は、冶金工学、石炭化学の進歩に寄与するところ大なるものがある。

よって著者は北海道大学博士(工学)の学位論文を授与される資格あるものと認める。