

学 位 論 文 題 名

石炭の脱灰性に関する研究

学位論文内容の要旨

近年、酸性雨、地球温暖化など、地球環境をめぐる看過できない問題が深刻化しており、石油、石炭などの化石燃料の使用に際しては、よりクリーンなものに対する要望が高まってきている。そのため、石炭処理の分野においては、従来からの選炭技術の向上とともに、一度山元で選炭された石炭から良質の石炭を得る高度石炭精製技術が注目を集めている。この精製技術として種々の方法が提唱されているが、実用的な観点からは物理的選別法が優れている。石炭中の鉱物質を物理的選別法により効率的に除去し、低灰分炭、低硫黄炭を得るうえで、鉱物質の存在状態と脱灰プロセスにおける挙動を明らかにする必要があるが、従来、この問題を系統的に研究した例はない。本論文は、この物理的選別法による石炭の脱灰性を定量的に把握するため、国内外6種類の石炭を対象に、石炭中の鉱物の種類、量、粒度分布、単体分離性、脱灰性評価試験法などについて基礎的な研究を行ったものであり、各鉱物の諸性状と選別における除去性との関係を明らかにし、脱灰性の評価と精炭灰分の予測を可能にした。

本論文は8章で構成した。以下に、各章の概略を述べる。

第1章では、本研究の背景および目的、従来の関連する研究の概要と当面する課題、本論文の構成について述べた。

第2章では、本研究で用いた大同、Illinois、Wandoan、Battle River、太平洋、Wyomingの6種類の石炭試料の基本的性質を明らかにするため、工業分析、元素分析、浮沈試験、密度測定を行い、この結果に基づき浮遊性指数、純炭密度、総発熱量を求めた。また、比重選別で得られる精炭中の最も低比重炭の灰分を示す限界灰分を、可選曲線から求めた。限界灰分値は、大同炭、Illinois炭、Wandoan炭、Battle River炭、太平洋炭、Wyoming炭の順に高くなった。

第3章では、各石炭試料についてJIS法によりマセラル分析を行うとともに画像の濃淡レベルを比較的簡単に測定できる画像解析装置を用いて微粉炭マセラル分析を試みた。5炭種の中で、ビトリナイトグループの量が最も多いのはBattle River炭、少ないのは大同炭であった。エクジナイトグループについては最大は太平洋炭、最小は大同炭、イナーチナイトグループに

については最大は大同炭，最小は太平洋炭であった。また比重で分けした石炭試料では比重が高くなるほど，イナーチナイト グループが多くなる傾向が認められた。画像解析装置によりビトリナイト グループ，エクジナイト グループとイナーチナイト グループとの判別が可能であった。これに基づき石炭中のイナーチナイト グループの面積率の測定法として面走査法を提案し，本法により微粉炭についても精度よく，簡便に測定できることを確かめた。

第4章では，顕微鏡下で石炭中の鉱物質を外観の性状により，A，B，C，Dの四つのグループに分類し，各グループの鉱物質の粒度分布を測定した。顕微鏡観察の結果とX線マイクロアナライザによる元素分析結果，低温灰化試料のX線回折結果から，各グループに属する鉱物質について，主にAグループは石英，Bグループは黄鉄鉱，Cグループはカオリナイトなどの粘土鉱物，Dグループは鉄酸化鉱物であることを明らかにした。

いずれの石炭試料の場合も粒度-20meshの試料中で最も細粒側に分布しているのはAグループ鉱物質であり，B，C，Dグループ鉱物質の順に粗粒側に分布した。A，Bグループの鉱物質はCグループの鉱物質に比べ硬く，石炭粒子中に存在する粗粒のものは粉碎時にあまり粉碎されないで石炭粒子から単体分離される傾向が認められた。一方，Cグループの鉱物質は，石炭表面に薄く広がっている場合が多く，石炭粒子の粉碎時に石炭表面に付着したままの状態では粉碎され細粒化していくものが多かった。また，比重分離した試料についての測定結果より，粗粒のCグループの鉱物質は比重選別により高比重産物として容易に除去できることを明らかにした。

第5章では，各石炭について高温灰化試料のICP発光分析を行い，高温灰化過程で生ずる鉱物分解に関する知見を基に，分析結果から石炭中の各鉱物の重量%を計算した。石炭中の鉱物の種類と量は炭種により異なり，各石炭の特徴は次のようであった。Wyoming炭を除く5炭種では，石英，カオリナイトが石炭中の鉱物重量の約2/3を占めており，これらが石炭中の鉱物質の主要成分となっている。大同炭，Illinois炭は黄鉄鉱が多く，Wandoan炭は石英が少なく，Wyoming炭はバッサナイト，方解石を多く含んでいる。

また，浮沈試験により得た各比重区間の試料について，同様な方法で試料中に含まれている鉱物の種類と量を求めた。石炭中の石英，カオリナイト，黄鉄鉱及び鉄酸化鉱物は，比重選別により高比重鉱物として比較的容易に除去することができるが，方解石などの鉱物は除去困難であった。またバッサナイトは炭種によっては除去困難な場合があった。各石炭について，除去困難な鉱物の重量からこれに相当する灰分値を求めると，この相当灰分値と限界灰分値との間には直線関係が認められた。このことから，限界灰分値が炭種によって異なる原因は，炭種毎に除去困難な鉱物の種類と量が異なるためであることを明らかにした。

第6章では、第4章の結果を基に各グループの鉱物質の粒度、硬度、粉碎特性などを考慮した鉱物質単体分離モデルを作成し、シミュレーションにより石炭の粉碎粒度と鉱物質の単体分離度との関係について調べた。単体分離度の計算値と実測値はよく一致しており、本章に述べた方法で石炭中の各鉱物質の単体分離性をおおよそ把握できることを示した。

第7章では、まず、微粒及び超微粒石炭試料の脱灰性を評価する方法を確立するため、脱灰試験に Release Analysis 試験法と水中造粒試験法を用い、両方法について比較検討した。この結果、水中造粒試験法は微粒及び超微粒の石炭の脱灰試験法として Release Analysis 試験法より優れた方法であることを明らかにした。次に、選別プロセスで単体分離している鉱物が精炭中へ紛れ込む量を補正するため選別補正係数を定義し、水中造粒における各鉱物の選別補正係数を各石炭試料について求めた。黄鉄鉱の選別補正係数の値は石英、カオリナイトなどに対する値より20%以上大きくなった。これは、黄鉄鉱が他の鉱物より疎水性であるため水中造粒では精炭中へ紛れ込みやすいことを示している。この選別補正係数と第6章で示した単体分離度の計算法に基づき、精炭中の各鉱物の重量及び精炭灰分を予測する方法を導き、この予測法による計算値が水中造粒試験による実測値とよく一致することを実証した。

第8章は、結論であり、本研究で得られた成果を総括した。

学位論文審査の要旨

主査	教授	中島	巖
副査	教授	佐藤	寿一
副査	教授	田中	威
副査	助教授	恒川	昌美

近年、酸性雨、地球温暖化など、地球環境をめぐる問題が深刻化しており、石油、石炭などの化石燃料の使用に際しては、よりクリーンなものに対する要望が高まってきている。そのため、石炭処理の分野においては、石炭中の鉱物質を物理的選別法により効率的に除去し、超低灰分を得る高度石炭精製技術が注目を集めている。本論文は、この物理的選別法による石炭の脱灰性を定量的に把握するため、国内外6種類の石炭を対象に、石炭中の鉱物の種類、量、粒度分布、単体分離性、脱灰性評価試験法などについて研究した結果をまとめたものであり、8章で構成して

いる。以下に、各章の概略を述べる。

第1章では、本研究の背景および目的、従来の関連する研究の概要と当面する課題、本論文の構成について述べている。

第2章では、本研究で用いた石炭試料の基本的性質を明らかにするため、工業分析、元素分析、浮沈試験、密度測定を行い、この結果に基づき浮遊性指数、純炭密度、総発熱量を求めた。また、比重選別における限界灰分を求めている。

第3章では、JIS法によりマセラル分析を行い、各石炭のマセラルの特徴を把握するとともに、比重分離した石炭試料についての測定結果から、高い比重区分の試料中ではイナーチナイトグループが多くなることを明らかにしている。また、従来法では測定困難である微粒炭について画像解析装置によるマセラル分析を検討している。この結果、石炭中のイナーチナイトグループの面積率測定法として提案した面走査法により簡便に精度よく測定できることを確かめている。

第4章では、顕微鏡下で石炭中の鉱物質を外観の性状により四つのグループに分類し、粉碎及び比重分離に伴う各鉱物質の挙動を明らかにしている。まず、顕微鏡観察の結果とX線マイクロアナライザによる元素分析結果、低温灰化試料のX線回折結果から、四つのグループに属する鉱物質は、それぞれ石英、黄鉄鉱、カオリナイトなどの粘土鉱物及び及び鉄酸化鉱物であることを確かめている。次に、粒度の異なる試料についての測定結果から、石炭中の石英、黄鉄鉱グループの鉱物質は粉碎時にあまり粉碎されずに石炭粒子から粗粒のまま単体分離され、一方、カオリナイトグループの鉱物質は、石炭とともに粉碎され細粒化していくものが多いことを見いだしている。

第5章では、各石炭について高温灰化試料のICP発光分析を行い、高温灰化過程で生ずる鉱物分解に関する知見に基づき、分析結果から石炭中の各鉱物の量を求め、石炭中の鉱物質の主要成分は石英、カオリナイトであることを確かめている。また、浮沈試験により得た各比重区間の試料について、同様な方法で試料中に含まれている鉱物の種類と量を求めた。石炭中の石英、カオリナイト、黄鉄鉱及び鉄酸化鉱物は、比重選別により高比重産物として比較的容易に除去することができるが、方解石などの鉱物は除去困難であること、またバッサナイトは炭種によっては除去困難な場合があることを指摘している。炭種によって比重選別における限界灰分が異なるのは、炭種毎に除去困難な鉱物の種類と量が異なるためであることを明らかにしている。

第6章では、第4章の結果を基に各グループの鉱物質の粒度、硬度、粉碎特性などを考慮した鉱物質単体分離モデルを作成し、シミュレーションにより石炭の粉碎粒度と鉱物質の単体分離度

との関係について調べている。単体分離度の計算値と実測値はよく一致しており、本章に述べた方法で石炭中の各鉱物質の単体分離性を把握できることを述べている。

第7章では、まず、脱灰性評価試験法について検討し、水中造粒試験法は微粒及び超微粒の石炭試料に対して Release Analysis 試験法より優れた方法であることを明らかにしている。次に、選別プロセスで単体分離している鉱物が精炭中へ紛れ込む量を補正するため選別補正係数を定義し、水中造粒における各鉱物の選別補正係数を各石炭試料について求めている。この選別補正係数と第6章で示した単体分離度の計算法に基づき、精炭中の各鉱物の重量及び精炭灰分を予測する方法を導き、この予測法による計算値が水中造粒試験による実測値とよく一致することを実証している。

第8章は、結論であり、本研究で得られた成果を総括している。

これを要するに、著者は石炭中の鉱物質の存在状態を調べ、各鉱物の諸性状と選別プロセスにおける除去性との関係を明らかにし、石炭の脱灰性の評価と精炭灰分の予測を可能にしている。この成果は、鉱物処理工学の発展に寄与するところ大である。よって、著者は、博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。