

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 6 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究（B）海外学術調査

研究期間：2009～2012

課題番号：21404015

研究課題名（和文） アジア・オセアニア地域褐炭の高効率改質技術開発のための調査研究

研究課題名（英文） Survey Research for Developing Highly-Efficient Upgrading Technology of Brown Coals Mined in Asia and Oceania

研究代表者

三浦 孝一（MIURA KOUICHI）

京都大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：40111942

研究成果の概要（和文）：低品位だが豊富な資源である褐炭は自然発火性を有するため輸送、貯蔵が難しく、褐炭を日本で利用するためには事前改質処理を採炭地にて実施する必要がある。より高効率で現地の環境にも配慮した改質技術を開発するためには、採炭地における採掘、前処理、環境対策の現況と課題を詳細に把握する必要があるという考えのもと、本研究では、アジア、オセアニア地域の複数の炭鉱、研究施設を訪れ、採掘、前処理、環境対策等の現況を調査し、今後の技術開発にとって有用な情報を得た。

研究成果の概要（英文）： Low rank coals such as brown coals are abundant but it is generally difficult to transport and store due to their high spontaneous combustibility. Therefore, it is necessary to develop upgrading processes of brown coals which will be utilized at the coal mines so that Japan can use such an abundant resource. In order to develop highly-efficient and environmentally-friendly processes, we have to understand current situations of mining, pretreatment, and environmental measure at the coal mines. In this research, we visited several brown coal mines in Asia and performed a survey on mining method, pretreatment method, and environmental measure.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
2010 年度	3,000,000	900,000	3,900,000
2011 年度	3,000,000	900,000	3,900,000
2012 年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
年度			
総計	13,200,000	3,960,000	17,160,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：プロセス・化学工学・触媒・資源化学プロセス

キーワード：褐炭、改質、炭鉱、採掘、前処理、環境対策、自然発火

1. 研究開始当初の背景

石炭の確認可採埋蔵量は約 9000 億トンと言われ、可採年数は約 150 年にも上る。これは石油の可採年数約 40 年をはるかに上回る。また、政情が不安定な中東に集中している石油とは異なり、世界各地に広く分布しているために日本にとって安定供給可能な貴重な

資源のひとつであると言える。

現在、日本では、年間約 1 億 7000 万トンの石炭を使用しているが、そのほぼ全量を海外からの輸入に頼っており、今後も継続して石炭資源を安定的に確保していくことが国としての重要な課題と言える。しかし、近年、中国、インドなどの経済成長にともなう、石

炭需要の大幅な増加から、石炭価格が高騰している。特に、日本で使用される石炭の4割近くにあたる、鉄鋼業用原料炭（強粘結炭）の価格が、2008年度には前年比3倍、5年前の2003年度の実に6倍超にまで暴騰したというニュースは記憶に新しい。それに呼応するかのように発電用一般炭の価格も上昇している。このような需給の逼迫からくる石炭価格の高騰は今後も持続すると考えられ、資源をあまり持たない日本は、他国が使わないような質の悪い豊富な資源をうまく使っていくことが、資源のセキュリティを守る最大の鍵であると言える。

石炭の可採埋蔵量のうち約半分は、褐炭、亜瀝青炭と呼ばれる低品位の石炭で占められている。高品位な瀝青炭が火力発電や鉄鋼用コークス製造に多く用いられているのに対して、褐炭のような低品位の石炭は豊富な埋蔵量にもかかわらず、そのほとんどが未利用である。その理由の一つは、低品位な石炭は多くの酸素原子を含む化合物から成るために親水性が非常に高く、水分を多量に含んでいるためである。例えば、オーストラリアビクトリア州褐炭では、約6割が水分であり、仮にこのまま輸送するとすれば半分以上は水を運ぶに等しくなってしまう上に、燃焼時の発熱量も非常に小さい。仮に輸送前に乾燥したとしても、乾燥した褐炭は自然発火性が非常に高く、輸送は困難を極める。これらの理由から褐炭の利用は採炭地での発電という限られた利用にとどまっている。しかし、褐炭のような低品位の石炭は、非常に安価で、豊富な埋蔵量を持ち、しばしば灰分が少なくクリーンであるといった利点も持ち合わせていることから、わが国の資源のセキュリティの観点からも、このような低品位炭を高効率に改質する転換法を開発することが、我々石炭研究者に課された使命であると考えている。

前述のように、褐炭の輸送は非効率的なだけでなく、乾燥時には困難でもあるから、褐炭転換プロセスは当然、採炭地にてオンサイトで実施されなければならない。その意味から、採炭地現場における採掘、前処理の状況を詳細に把握することが、よりよいオンサイト転換法を開発する上で欠かせないと考えられる。また、自国で使用する資源を、他国で転換する以上、現地における環境負荷を最小限にする義務がある。従って、採掘現場における環境対策の現況と課題を知っておき、周囲の環境にも配慮した改質技術の提案につなげなければならない。

このような背景のもと、研究代表者らは、科学研究費補助金基盤研究B(海外学術調査)「オーストラリアにおける褐炭の前処理およびクリーン化技術に関する調査研究(H15～H17年度)」、「オーストラリア褐炭の長距

離輸送技術に関する調査研究(H18～H20年度)」において、オーストラリアでの褐炭利用技術に関する調査研究を実施した。この調査研究は、日本が現在、最も石炭を多く輸入しているオーストラリアを調査地に絞り、日本は褐炭を利用する技術だけでなく、採炭地での環境問題などの現地の問題について配慮しなければいけないという考えで実施した。これまでの調査研究において、オーストラリアの褐炭利用の現状や課題がかなりの部分把握できただけでなく、今後、実際に褐炭利用技術を開発する上で重要になるであろう、オーストラリアの褐炭研究者、技術者と日本の褐炭研究者たちのコネクションを築くことができた。本研究では、これまでの調査研究から得た経験と知識を生かし、調査の対象を、アジア地域に広げ、褐炭の高効率転換プロセス開発のための調査を進めた。

2. 研究の目的

本研究は、豊富な埋蔵量にもかかわらず、高含水率、低発熱量、自然発火性などの欠点のため、そのほとんどが未利用である褐炭の産炭地オンサイト型の高効率改質プロセスを開発する上で重要な、褐炭産炭地における採掘、前処理、環境対策の現況を調査することを目的とした。特に、褐炭を豊富に有し、日本から見た地理的優位性のあるアジア・オセアニア地域の諸国において、調査を実施することとした。

3. 研究の方法

(1) タイ訪問調査

2009年度に、研究代表者、分担者に加え、他大学研究連携者、企業研究者らが、約1週間タイに滞在し、タイ最大の褐炭炭鉱、Mae Moh炭鉱において、調査を実施するとともに、海外研究協力者が複数所属するタイの大学院大学JGSEEにおいて、ミニシンポジウムを開催し、褐炭研究に関する情報交換、研究討議を行った。

(2) インドネシア訪問調査

2010年度に、研究代表者、分担者に加え、他大学研究連携者、企業研究者らが、インドネシアの主要な褐炭炭鉱のひとつであるBerau炭鉱において調査を実施した。

また、神戸製鋼所がインドネシア南カリマンタンの炭鉱で実証試験中の褐炭前処理プラント(UBCプロセス)を、同年度に研究代表者、分担者、他大学研究連携者が視察し、前処理技術の課題などについて調査を行った。

(3) ベトナム訪問調査

2011年度に、研究代表者、分担者に加え、他大学研究連携者、企業研究者らが、ベトナム北部のRed River Delta BasinにあるNa Dong Brown Coal Mine社を訪れ調査を行った。

また、石炭研究者が在籍するハノイ工科大学を訪れ、低品位炭利用技術について情報、意見交換を行った。

(4) モンゴル訪問調査

2012年度には、研究代表者、分担者に加え、他大学研究連携者、企業研究者らが、モンゴルのバガヌール (Baganuur) 炭鉱、およびシベオボ (Shivee-Ovoo) 炭鉱を訪れ調査を行った。

また、石炭研究者が在籍するモンゴル国立大学を訪れ、低品位炭利用技術について情報、意見交換を行った。

(5) 海外研究協力者との共同研究

褐炭利用における大きな問題のひとつである自然発火に関して、オーストラリアの Monash 大学において同大学のグループと研究代表者のグループが共同実験を行った。

タイの JGSEE の研究協力者とは、タイの褐炭を用いた前処理に関する研究を共同で実施した。2009年度には JGSEE の研究協力者1名を約2週間の日程で研究代表者の大学に招聘し、タイの褐炭を用いた前処理やガス化実験を共同で実施し、それらの方法の課題について議論を重ねた。

ベトナムの研究協力者からは、日本の大学、企業などに低品位利用技術開発に関する協力が要請され、まずはベトナムで産出する石炭の詳細分析を日本側の大学で実施した。

(6) 海外研究協力者の招へい

2012年度に、石炭に関する日本で最も大きな学会、石炭科学会議に合わせモンゴル国立大学の研究協力者を招き、日本の多くの石炭研究者と情報交流する機会を設けた。

本報告書では、(1)～(4)のタイ、インドネシア、ベトナム、モンゴルの炭鉱訪問調査による成果の一部を紹介する。

4. 研究成果

(1) タイ訪問調査

タイ最大の褐炭炭鉱、Mae Moh 炭鉱は東南アジア最大の露天掘り炭鉱であるが非常に炭層が深いのが特徴であり、剥土した大量の



図1 タイ Mae Moh 炭鉱を調査するメンバー

表層土を貯めておく集積場が設けられていた。採掘では、ダイナマイトの施工後、ショベルを使って77 tの大型ダンプに積み込み、石炭破砕機に運びこまれていた。石炭破砕機はダンプでの運搬時間を短くするために採炭場所の近くに移動型のもので設置されており、粉砕後にはベルトコンベアでストックヤードに運ばれていた。

産出する褐炭は、鉄物質や硫黄分を非常に多く含んでいるが、特に選炭設備などは設けられていなかった。採掘された場所で性状が大きく異なるので、ブレンディングで品質を一定にしていた。それでも発電工程における灰のトラブルは大きな問題となっている。燃焼後に生成する多量のSO₂に対しては、排煙脱硫装置 (FGD) を設けて、環境への排出を避ける努力がなされていた。

(2) インドネシア訪問調査

インドネシアの主要な褐炭炭鉱のひとつである Berau 炭鉱は東カリマンタンに位置する露天掘りの炭鉱である。同炭鉱では、パワーシャベルで採炭された石炭が大型ダンプで輸送され、粉砕された後、貯炭場へさらに陸上輸送されていた。

雨水を含む採炭場に溜まった水を排出する際、厳しい規制が設けられており排水処理を要することがわかった。露天掘りの跡地を池として利用し魚やアヒルを放して環境保全対策を PR したり、炭鉱として使用された



図2 インドネシア Berau 炭鉱



図3 インドネシア Berau 炭鉱を調査するメンバー



図4 神戸製鋼所 UBC 実証プラントの調査

土地にアカシアやココアを植林して環境回復に努めたりと、環境への配慮を重要視していた。

この炭鉱でも出荷に問題が生じて貯炭期間が長くなると自然発火が発生することと、硫黄含有量が多い石炭でかつ湿度が高い時に発生しやすいという情報を得た。

また、別途、神戸製鋼所がインドネシア南カリマンタンの炭鉱で実証試験中の褐炭前処理プラント（UBC プロセス）を視察し、現地技術者から前処理技術の課題について詳細な話を伺った。

(3) ベトナム訪問調査

ベトナム北部の Red River Delta Basin にある Na Dong Brown Coal Mine 社を訪れ調査を行った。Red River 地域の石炭埋蔵量は 2100 億トンと豊富で、炭層は 100 シームあるが、そのうち工業的には 21 シームが採炭可能である。ベトナムでは、石炭は発電用およびセメント製造用などに使用されている。同社の炭鉱の石炭埋蔵量は約 1 億トンで、年間生産量は約 55 万トンである。露天掘りの炭鉱であり、産出する石炭は高硫黄分であるため脱硫が大きな課題とされている。タイの褐炭炭鉱などと同様に選炭を行っていないことが一因と考えられる。

生産した石炭は隣接する 110 MW の発電所



図5 ベトナム Na Dong Brown Coal Mine の高硫黄分とみられる石炭



図6 ベトナム Na Dong Brown Coal Mine に隣接する発電所



図7 ベトナムハノイ工科大学でのワークショップ

に供給し消費されている。発電装置には循環流動層ボイラ（CFB）が用いられ、 CaCO_3 を添加して乾式脱硫を実施しているが、高硫黄分のため課題が多いという。また、廃水が高い酸性となることも問題視されている。

(4) モンゴル訪問調査

モンゴルのバガヌール（Baganuur）炭鉱、およびシベオボ（Shivee-Ovoo）炭鉱を訪れ調査を行った。石炭埋蔵量はそれぞれ 7 億トン、27 億トンと推定され、石炭品質は、いずれも褐炭に分類される。露天掘りが行われ、いずれもその場では使用せず、ウランバートルの発電所に鉄道で供給されていた（シベオボ炭鉱、ウランバートル間は 260 km）。いずれも定常生産ではなく受注生産で、採炭即出荷によって自然発火を避けていた。

前処理としては、褐炭の自然乾燥に時間がかかるため、シベオボ炭鉱で最近、モンゴルで初めて褐炭を乾燥するロータリードライヤーが導入された程度であった。

両炭鉱とも、炭層に存在する地下水を抜いた後採掘を行うが、その地下水に含まれる鉄分を除去し人口湖に送るといった環境への配慮がなされていた。しかし、環境モニタリングの結果、周辺の水質、土壌、大気、動植物に影響を及ぼすガス、粉塵、騒音等の問題が見られ、環境対策を強化しようとしているところであった。



図 8 モンゴル Baganuur 炭鉱を調査するメンバー



図 9 モンゴル Shivee-Ovoo 炭鉱で列車の貨車に石炭を積み込む様子



図 10 モンゴル Shivee-Ovoo 炭鉱に導入された褐炭乾燥設備



図 11 モンゴル研究協力者と開催したセミナーの様子

ウランバートルの発電所も訪れ調査を行ったところ、排ガス処理は PM 対策のみで、NO_x、SO_x 対策はしていないとのことであった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 0 件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

三浦 孝一 (MIURA KOUICHI)

京都大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号: 4 0 1 1 1 9 4 2

(2) 研究分担者

河瀬 元明 (KAWASE MOTOAKI)

京都大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号: 6 0 2 3 1 2 7 1

中川 浩行 (NAKAGAWA HIROYUKI)

京都大学・環境保全センター・准教授

研究者番号: 4 0 2 6 3 1 1 5

蘆田 隆一 (ASHIDA RYUICHI)

京都大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号: 8 0 4 0 2 9 6 5

長谷川 功 (HASEGAWA ISAO)

京都大学・地球環境学堂・助教

研究者番号: 2 0 3 4 6 0 9 2

(3) 連携研究者

菅原 勝康 (SUGAWARA KATSUYASU)

秋田大学・工学資源学部・教授

研究者番号: 6 0 1 5 4 4 5 7

林 順一 (HAYASHI JUN-ICHI)

関西大学・環境都市工学部・教授

研究者番号: 6 0 2 4 7 8 9 8

大木 章 (OHKI AKIRA)

鹿児島大学・工学部・教授

研究者番号: 2 0 1 2 7 9 8 9

二宮 善彦 (NINOMIYA YOSHIHIKO)

中部大学・工学部・教授

研究者番号: 1 0 1 6 4 6 3 3