

氏 名	リトゥ マトゥア RITU MATHUR
学位(専攻分野)	博 士 (エネルギー科学)
学 位 記 番 号	論エネ博第 47 号
学位授与の日付	平成 19 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	STUDY ON COAL UTILIZATION IN INDIA — A SPATIAL MODELING FRAMEWORK TO EXAMINE OPTIMAL COAL UTILIZATION POLICY IN THE POWER AND CEMENT SECTORS IN INDIA (インドにおける石炭利用に関する研究—電力およびセメント部門における 最適石炭利用政策に関する空間モデル分析の枠組み)
論文調査委員	(主 査) 教 授 手 塚 哲 央 教 授 中 込 良 廣 助教授 前 田 章

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、インドの発電部門における低品質石炭利用のコストおよび環境負荷低減のための方策を論じた結果をまとめたもので、5章からなっている。

第1章は序論で、本研究の背景と目的について述べている。まず、インドにおける石炭利用の問題点として、石炭消費量が今後大幅に増加すること、生産地と需要地が偏在していること、灰分含有率の高い低品質石炭が多いこと、石炭の取引が古くからの慣習に依存していること、今後環境負荷に対する規制がより厳しくなる可能性の高いことなどを指摘している。そして、本論文において石炭需給システムの改善（コスト、環境負荷の低減）のための制度検討を目的とすることを説明するとともに、本論文の構成について述べている。

第2章では、インドにおける石炭利用の現状分析と将来予測の結果に基づき、インドの石炭利用の問題点を整理している。まず、将来のインドにおけるエネルギー需給予測を行い、少なくとも今後数十年は石炭が主要なエネルギー源として重要な役割を果たすこと、供給の安定化のためには国産エネルギーの有効利用を検討する必要があること、そのためには需要と供給の双方の特徴を考慮した総合的分析が必要であることを指摘している。さらに、インドの石炭利用に関わる広範な文献調査やヒヤリング調査に基づき、石炭生産と石炭の主要な用途である発電やセメント生産のための石炭消費が地理的に偏って分布していること、および灰分含有率の高い石炭を利用しなければならないことに伴う経済的、環境的問題点を整理することにより、石炭利用システム改善方策の検討のためには石炭の品質と石炭需給の地理的分布を考慮することが重要であり、そのための品質別石炭需給および輸送に関わるデータ整備と石炭利用総合評価モデルの開発が不可欠であることを指摘している。

第3章では、第2章における考察結果をふまえて、インドにおける発電用石炭利用システム改善のための方策について検討している。まず、インドにおける石炭の生産、消費の品質別分布、鉄道とトラックによる石炭輸送ネットワーク（地点間距離と輸送費用）、および送電ネットワーク（地点間距離と送電設備費用）に関するデータベースを整備した。そして、そのデータベースに基づき、総費用が最小となる石炭輸送経路と石炭利用技術の組合せを求める発電用石炭利用最適化モデル（Coal Linkage (COLINK) Model）を構築した。このインドを対象とした石炭需給データベースとネットワーク型石炭利用モデルの構築の試みは今まで存在しなかったものであり、構築したデータベースと最適化モデルは現在もインドにおける石炭政策の策定に継続して利用されている。このモデルのシミュレーション分析を通して現状の石炭の取引状況について考察し、長年の慣習に基づいた長期相対取引契約が石炭輸送を非効率にしていることと、その取引形態を改めることにより23%の輸送コストの削減が期待できることを明らかにした。また、高灰分含有率に起因する発電所周辺での粉塵（SPM）問題の軽減のために導入が検討されている選炭プラントについては、現行の規制、制度と選炭技術特性の下では経済的にみ

て導入のメリットが小さく、高品質輸入炭の利用が有利であることを定量的に示した。そして、国内炭の利用促進のためには、インド石炭に適した選炭プロセス技術の開発、環境規制や高品質石炭に対する優遇措置が必要であることが示された。また、その優遇措置の一つとして石炭の品質別輸送料金制度を提案し、その有効性をモデルシミュレーションにより確認した。現在、技術開発が進められている石炭ガス化複合発電などのクリーンコールテクノロジーに関しては、設備投資費用の低減が必要であり、CDM（クリーン開発メカニズム）などを含め国際技術協力の対象として有力な候補となりうることを指摘している。

第4章では、発電部門で生成した石炭灰分の、セメント産業における利用可能性について検討している。経済成長を続けるインドにおいては建築目的のセメント需要が急速に増大している。一方、発電所周辺での環境規制が強化されつつあることから、発電部門から排出される灰分をセメント生産用に利用することが有効な方策の一つと考えられる。そこで、第3章で開発された COLINK MODEL とそのデータベースをセメントプラントの分布と灰分の道路輸送経路を考慮できるように拡張した COPLAN（Coal Planning）MODEL を開発し、セメント産業における石炭灰分利用の可能性について検討した。現状ではセメント産業が発電部門から生成される灰分を有償で回収、再利用することはなされておらず、発電事業者にとって灰分を輸送することのメリットは存在しない。しかし、モデル分析の結果、セメント産業にとっても灰分を1トンあたり500ルピー（約1300円）程度で購入しても灰分利用による利益が発生することが示され、輸送費用が灰分1トンあたり200ルピー程度である場合には、発電事業者とセメント業者の双方にとって石炭の灰分輸送費用を分担するインセンティブの生じることが示された。そして、その適切な灰分の利用のためには灰分に適正な価格を付与できる市場の形成が必要であることを指摘している。

第5章は結論であり、本論文で得られた結論を整理すると共に、今後検討すべき課題について述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、インドの発電部門における低品質石炭利用システムのコストおよび環境負荷低減のための方策について研究した成果をまとめたものであり、得られた主な結果は以下の通りである。

まず、インドにおける将来エネルギー需要についての計量経済モデルによる予測結果に基づき、インドにおける将来の石炭需要が大幅に増大する可能性の高いこと、および環境規制の強化に伴い石炭利用のコストや環境負荷の低減が不可欠であることを指摘した。そして、種々の文献調査やヒヤリング調査の結果に基づき、その方策策定のためには品質別石炭需給の地理的分布を考慮した石炭利用システムの定量的検討が必要であることを指摘した。

次に、その定量的検討のために、インドにおける石炭の生産、消費の品質別分布、鉄道とトラックによる石炭輸送ネットワーク関連データ（地点間距離と輸送費用）、および送電ネットワーク関連データ（地点間距離と送電設備費用）に関するデータベースを新規に構築した。そして、そのデータベースに基づき、総費用を最小とする石炭利用技術と石炭輸送経路の組合せを求める発電用石炭利用最適化モデルを開発した。このモデルにより、長年の慣習に基づく生産地と消費地との間の長期取引契約の是非、および選炭や石炭ガス化複合発電などのクリーンコールテクノロジー技術の導入効果について、コスト、環境負荷の両面から分析し、生産地と消費地との間の長期契約の見直しが有効であること、選炭プロセスの導入のためには石炭輸送の可変料金制などの新たなインセンティブ方策が有効であることなどを定量的に示した。

さらに、石炭の灰分の有効利用のための発電プラントとセメントプラントとの協調運用の可能性の検討を目的として、セメントプラントの分布と灰分の道路輸送経路を考慮できるように前述のモデルを拡張し、その協調の効果を定量的に推定した。そして、モデル分析の結果、輸送費用が灰分1トンあたり200ルピー（約550円）程度に留まる場合には、発電事業者とセメント業者の双方にとって石炭の灰分輸送費用を分担するインセンティブの生じことを示した。また、その適切な灰分の利用のためには灰分取引に適正な価格を付与できる枠組の形成が必要であることを指摘した。本研究で開発されたデータベースおよび石炭利用最適化モデルは、すでにインドにおける石炭政策策定にも活用されている。

以上の研究は、インドの発電部門における低品質石炭利用のコストや環境負荷の低減方策について、新規に構築した石炭利用に関わるデータベースおよび石炭利用最適化モデルにより定量的に評価した結果を提言としてまとめたものであり、今後のインドにおけるエネルギー政策策定に資する多くの有用な知見を提供するものである。

よって、本論文は博士（エネルギー科学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成18年11月10日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。