

氏名（本籍）	Mohammad Rahman Ardhiansyah（モハammad ラーマン アルディアンシャ）（インドネシア）
専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	国博甲第 15 号
学位授与の日付	令和 4 年 9 月 29 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻	国際資源学研究科・資源学専攻
学位論文題目（英文）	鉱山開発プロジェクトの評価における経済的、地質的および技 術的不確実性を結合させたリアルオプション分析 (Combining Economic, Geological and Technical Uncertainties in Mining Projects Valuation Using Real Options Analysis)
論文審査委員	(主査) 教授 安達 毅 (副査) 教授 今井 忠男 (副査) 教授 柴山 敦 (副査) 北海道大学教授 川村 洋平

論文内容の要旨

本研究の目的は、鉱山開発プロジェクトの経済性評価をより高度化することを目指して、従来の NPV 等の DCF(Discounted Cash Flow)法では十分考慮されてこなかった不確実性を経済性評価に組み入れる手法を開発したものである。資源開発プロジェクトには考慮すべき不確実性が存在し、鉱床の金属品位分布は探査段階では推定値であるため不確実性を伴う点、出荷する金属は価格変動が伴うため価値の不確実性を有する点、また採掘する費用も変動し技術的な不確実性が存在する。本研究ではこれら 3 つの不確実性を一連の方法で同時に評価し、最終的にリアルオプション法を用いて経済性を示す手法を提案している。また複数の不確実性を組み込んだ計算を行うため SSA 法を改良した MSSA(Multi-stage Stratified State Aggregation)法を適用している。ケーススタディとしてインドネシアの錫鉱山のデータを用いた計算結果を示した。これまでの研究では個々の不確実性に対する評価が個別に行われていたのが現状であり、本研究のオリジナリティは 3 つの不確実性を一度に評価する点にある。

第 1 章では、研究の背景と導入について、過去の研究のレビューをもとに、現状の課題をまとめ、研究の目的を述べている。その上で、研究のオリジナリティを明確化している。第 2 章では、従来実施されているプロジェクトの経済性評価について、探査、埋蔵量評価、採鉱計画、プロジェクト評価の各段階の手法を簡潔にまとめ、ケーススタディとした錫鉱山の評価を行っている。第 3 章では、リアルオプション法についてその理論的展開と応用例についてまとめており、資源開発プロジェクトの経済性評価にリアルオプション法がどのように適用できるかを示している。第 4 章では、複数の不確実性を考慮したリアルオプション分析を行うために、通常の計算手法では

対応できないため、SSA 法を改良した MSSA 法を用いた。MSSA 法について詳細に解説するとともに、経済的、地質的、技術的不確実性のモデル化を行い、定量的に評価する手法を提案している。経済的な不確実性には錫価格の変動に対してリアルオプション法で一般的な幾何ブラウン過程を適用した。地質的な不確実性には、クリギングによるボーリングデータからの品位推定の際にコンディショナルシミュレーション法を適用し、不確実性の定量化を行っている。技術的な不確実性には、平均回帰過程の当てはまりが良いことを示し、この過程を適用した。最後に、ケーススタディのインドネシアの錫鉱山のデータを用いて、実際に 3 つの不確実性を複合的に組み入れた計算を行い、結果の評価を行っている。第 5 章では、博士論文全体のまとめと考察、今後の課題について明快に述べている。

これらの研究成果により、経済、地質、技術の 3 つの不確実性を同時に考慮したリアルオプション分析の手法とモデル化の開発に成功しており、その手法と結果は博士論文にふさわしいオリジナリティが認められる。以上の研究は、資源学および資源経済学への意義と役割は非常に大きいものであるため審査の結果、合格とする。

論文審査結果の要旨

本学位審査委員会は、令和 4 年 7 月 25 日（月）16 時 00 分から 16 時 45 分にかけて、国際資源学部 1 号館 S310 号教室で論文公聴会開催した。安達毅 審査委員会主査、今井忠男 審査委員、柴山敦 審査委員、川村洋平 審査委員（Zoom 参加）の出席のもと、論文の関連事項に関する詳細な質疑応答ならびに口頭による学力確認が行われた。

特に、博士論文で述べられていた 3 つの不確実性のモデル化とリアルオプション分析について、

- (1) 鉱山開発プロジェクトの経済性評価において最も困難な点は何か。
- (2) リアルオプション法が従来の手法と異なる点と優れている点について述べよ。
- (3) この研究のオリジナリティと鉱山開発にどのような影響を与えることができるかをより詳細に説明せよ。
- (4) 将来的に、技術進歩がなされ生産がより効率化した場合、本モデルではどのように対応できるのか。
- (5) 本モデルの手法を他の採掘方法をとる鉱山や他の金属種を生産する鉱山にも適用できるのか。
- (6) どの不確実性が最も影響が大きく出たのか。また、割引率の影響は本モデルでどのように扱われているのか。
- (7) ケーススタディではなぜ月次データを用いおり、また何をオプションとして定義したのか。

などの質問・コメントが出されたが、申請者からは学術的考察にもとづいた明確な回答が示された。

よって公聴会の後に開催した学位審査委員会は、**Mohammad Rahman Ardhiansyah**（モハammad ラーマン アルディアンシャ）氏が最終試験に合格し、博士（工学）として十分な資格があるものと判断した。