

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 14 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23656546

研究課題名(和文) 海底熱水鉱床開発の社会受容性と事業性評価に関する研究

研究課題名(英文) A study on social acceptance and business feasibility for development of seafloor massive sulfide

研究代表者

多部田 茂 (Tabeta, Shigeru)

東京大学・新領域創成科学研究科・准教授

研究者番号：40262406

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円、(間接経費) 900,000円

研究成果の概要(和文)：海底熱水鉱床開発の社会受容性に関してアンケート調査を行ない、非専門家は専門家より開発による波及的なリスクをより大きく感じていることなどを明らかにするとともに、環境影響と経済性を統合的に評価する指標を用いて許容しうる環境影響の大きさを求めた。また、環境リスクを専門家アンケートに基づいて定量化し、開発事業のリスクを定量的に分析した。さらに、リアルオプション分析により、意志決定の柔軟性を考慮した事業性評価が有効であることや、環境調査を早い段階で行い不確実性を減少させた場合のほうがより事業が継続する確率が高いことを示した。

研究成果の概要(英文)：A questionnaire survey was conducted about the environmental risks due to the development of seafloor massive sulfide. The results show that the non-specialists feel greater environmental risks than the specialists. The sustainability of the development is investigated by using an inclusive impact index considering both the environmental and the economic factors, and the requirements of the sustainable development are shown for the damaged area and the ratio of species extinction. The business feasibility of a SMS development project is studied, in which the uncertainty of environmental risk is taken into account by quantifying of experts' opinions. The real options valuations considering decision-making options of abandon and deferment were carried out for development scenarios. It is clarified that the options values are significant and that the business will be established more easily when the baseline survey for environmental impacts is carried out in earlier stage of the project.

研究分野：海洋環境工学

科研費の分科・細目：船舶海洋工学

キーワード：海底熱水鉱床 社会受容性 環境リスク Triple-I 事業価値 リアルオプション

1. 研究開始当初の背景

わが国は陸上資源に乏しく現在では大部分を輸入に頼っているが、近年の世界的な需要増加により、価格高騰や権益競争の激化が生じている。一方、海底熱水鉱床をはじめとした排他的経済水域内の海底資源が世界的にも有数の賦存量を有している可能性が判明し、資源の安定供給や経済効果の面からそのポテンシャルが注目されている。海洋基本計画や海洋エネルギー・鉱物資源開発計画においても、今後 10 年程度を目途とした海底熱水鉱床開発の商業化実現が目標として掲げられており、開発に向けた機運が高まっている。しかし、科学的調査については具体的な取組がなされているものの、現実には商業開発までの道のりは決して近いとは言えない。

わが国の海底熱水鉱床の開発が進まない主要な要因として次の 2 点が考えられる。ひとつには、開発に伴う環境や生態系への影響への懸念である。熱水活動域周辺には、特殊な生態系が存在することが知られており、その保全が重要視されている。もう 1 点は、フロンティアにおける開発であるが故に、資源の賦存量や開発に関する法制度など不確定要因が大きいため、事業としてのリスクが大きいことである。

2. 研究の目的

海底熱水鉱床開発推進のボトルネックであると考えられる社会受容性と事業性に着目し、これらに関して新たなアプローチでの評価を行うことによって、環境と経済を考慮した持続可能性および様々なリスクを考慮した事業性を定量的に評価することを目的とする。具体的には、専門家の意見の分析によるリスクの定量化を行い、その結果に基づいて包括的環境影響評価指標による持続可能性の検討および金融工学手法を適用した事業性の評価を行う。

社会受容性に関しては、開発に伴う経済的ベネフィットと生態系への影響のトレードオフを考慮して社会的な合意形成をはかることが必要である。特に早期の事業化を実現するためには、限られた情報のもとでのベネフィットとリスクの評価が必要であり、そのためには専門家の判断などを合理的な方法で意志決定に反映させていく手法が重要であると考えられる。そこで、海底熱水鉱床開発に伴う生態系影響に関する専門家の意見を調査分析してリスクを定量化し、その結果を用いて行政や一般市民にもわかりやすい指標で開発の持続可能性を示すことによって、意志決定の判断材料を提供する。事業性に関しては、リアルオプション等の金融工学手法を事業性の評価にとり入れることによって、リスクの大きい事業への投資に関する意志決定手法について検討する。

3. 研究の方法

(1) 海底熱水鉱床開発に伴う様々なリスクを整理し、その定量化を行う。特に定量化が難しい生態リスクに関しては、事象の生起確立と因果関係について、専門家へのヒアリングやアンケートを実施し、開発に伴う生態系影響に関する専門家の意見を調査し、その分析結果に基づいてリスクの定量化を行う。

(2) 社会受容性の評価に関しては、日本船舶海洋工学会・IMPACT 研究会が提案している包括的環境影響評価指標 Triple I を適用する。Triple I は、開発に伴う環境影響と経済効果を総合的に判断することができる定量的指標であり、エコロジカル・フットプリント (EF: 現在の環境負荷を表す)、生態リスク (ER: 将来の環境リスク)、コスト・ベネフィット (C-B: 現在の経済価値)、人間・社会リスク (HR: 将来の経済的リスク) をそれぞれ定量化し、それを統合して行政や一般市民にもわかりやすい物差しを提示する。

(3) リスクの高い事業への投資の意志決定を支援する方法として、金融工学手法のリアルオプション法を適用する。リアルオプション法は、金融工学のオプション価格を算出する手法をプロジェクト価値の評価に応用した手法であり、不確実性の高い事業に対して柔軟な対応を考慮した評価が可能である。海底熱水鉱床開発に伴う様々なリスクを定量化して、それらを考慮したリアルオプション法による評価を行うことによって、国や企業の事業への投資の意志決定を支援する手法について検討する。

4. 研究成果

(1) 熱水鉱床開発に伴う生態系への影響のハザードマップを作成した (図 1)。ハザードマップに基づいて、熱水鉱床開発の社会受容性に関してアンケート調査を行った。アンケート調査の結果、非専門家は専門家より開発による波及的なリスクをより大きく感じていることが明らかになった (図 2)。したがって、専門家が非専門家に対して、適切に説明などを行うことで、社会受容性の向上に寄与できる可能性があるといえる。

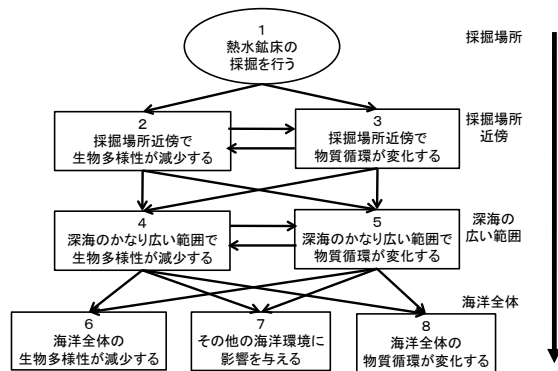


図 1 熱水鉱床開発に伴う生態系への影響のハザードマップ

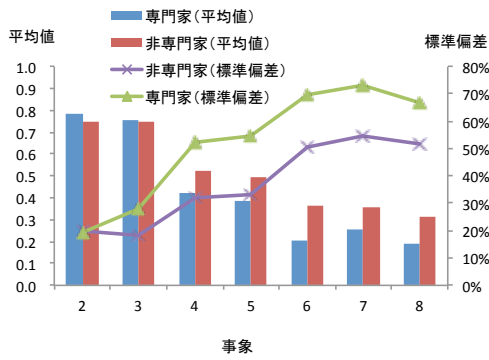


図2 開発による生態系への影響の生起確率に関するアンケート調査結果

(2) 専門家のリスク認知を利用して熱水鉱床開発による生態リスク ER を定量化し、環境影響と経済性を統合的に評価する指標である Triple I を計算した。ER としてローカル影響のみを考慮する場合の Triple I 評価は、十分な持続可能性を示したが、影響範囲の広さや広範囲影響の深刻さにより、評価結果は変わる。また、Triple I が負(持続可能)となる条件より、許容しうる環境影響の大きさを求めた(図3)。これらの結果は、現時点の非常に限られた知見に基づいているが、現在蓄積されつつある生態系や経済性に関する情報を取り入れることによって、より確度の高い推定が可能になると考えられる。

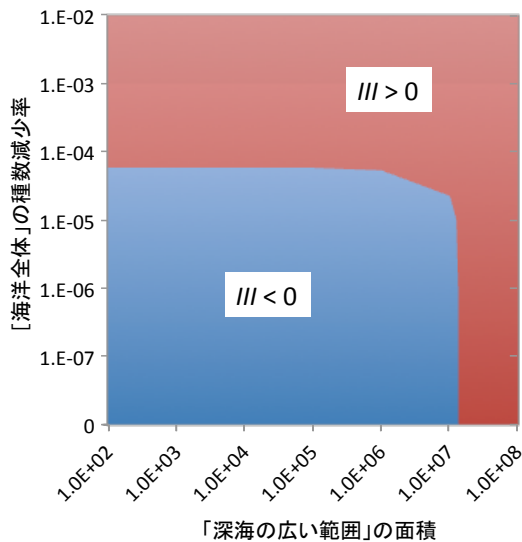


図3 「深海の広い範囲」の面積と「海洋全体」の種数減少率に対する Triple I の感度解析

(3) 鉱量・品位・金属価格・環境リスクを不確定要因として考慮したモンテカルロ DCF によって、海底熱水鉱床開発事業の NPV を算出した(図4)。その際、従来考慮されていなかった環境リスクによる費用を、専門家へのアンケート結果に基づいて定量化した。NPV の期待値は正となったがばらつきが非常に大きく、NPV が負になる確率も 50%であったことから、熱水鉱床開発における事業リスク

が大きいことが定量的に明らかになった。

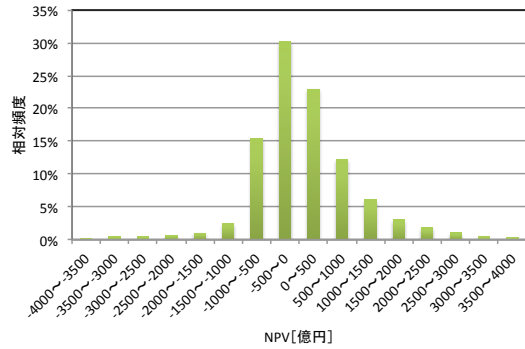


図4 モンテカルロ DCF 法による NPV の分布

(4) 熱水鉱床開発事業における投資として、探査費用・事前環境調査費用・開発準備費用を考え、2段階の投資シナリオを設定してリアルオプション分析を行った。事業の延期や撤退のオプションを考慮することにより、事業価値が大きく増加することが示され、意志決定の柔軟性を考慮した事業性評価が有効であることがわかった。また、事前環境調査を行うタイミングによって2ケースを想定して分析を行い、環境調査を早い段階で行い環境リスクの不確実性を減少させた場合(Case 2)のほうが、より事業が継続する確率が高いことを示した(表1)。

表1 事業継続確率に対する環境リスクの感度分析

		(a) Case 1			(b) Case 2		
		標準偏差			標準偏差		
		100%	300%	500%	100%	300%	500%
期待値[億円/年]	10	100%	98%	98%	100%	100%	100%
	20	98%	84%	82%	99%	99%	98%
	40	52%	41%	39%	84%	80%	55%
	60	30%	28%	27%	44%	39%	35%
	80	12%	13%	12%	11%	11%	12%
	100	2%	1%	1%	5%	4%	3%

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2件)

- ① 多部田茂、笠島優希、不確実性を考慮した海底熱水鉱床開発の事業性評価、日本船舶海洋工学会論文集、査読有、第17号、2013、143-148
- ② 笠島優希、多部田茂、海底熱水鉱床開発の社会受容性に関する研究、日本船舶海洋工学会論文集、査読有、第15号、2012、167-17

〔学会発表〕(計1件)

- ① 笠島優希、多部田茂、海底熱水鉱床開発

の社会受容性と事業性評価に関する研究、
第 22 回海洋工学シンポジウム、2011 年 8
月 3 日、東京

6. 研究組織

(1) 研究代表者

多部田 茂 (TABETA, Shigeru)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・

准教授

研究者番号：40262406