2版

様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９　（共通）

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　３年　２月２５日現在

機関番号：３３３０２
研究種目：挑戦的萌芽研究
研究期間：2016～2018
課題番号：１６Ｋ１２６５２
研究課題名（和文）国際貿易理論による雪エネルギー有効利用に関する研究

研究課題名（英文）Creating New Energy Source by Snow Trading

研究代表者
松林　賢司（Kenji, Matsubayashi）

金沢工業大学・情報フロンティア学部・教授

研究者番号：５０７４８２３３

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　2,000,000円

研究成果の概要（和文）：雪資源の活用方法として有望分野である雪の輸出、即ち日本の雪資源を降雪期間と同時期に冷熱資源を必要とする常夏地域である東南アジア、並びに夏季地域である南半球の豪州に輸出し、有効利用することに関する技術的問題の解決、並びに経済性の有無を明らかにした。加えて再生可能冷熱エネルギー利用に伴う付加価値（炭素税、排出権取引等）の創出の可否も評価対象として具体的に最適な日本側の雪資源供給元、積出港、海上輸送方法（船種、輸送規模等）、及び需需要地の陸揚港、使用者の選定を技術的、及び経済的な観点より実施してその経済性を評価し、実現に向けた方法論が明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義
日本の豊富な雪資源を大規模に海外に輸出して有効利用しようとする過去の研究例は全くなく申請者の三菱商事㈱で培った貿易技術の研究成果に基づいた独創的な発想による本研究により、新規の未利用再生可能エネルギーの利用に関する研究分野を創出することが期待される。このような新エネルギーバリューチェーンの構築に関する研究は学術的にも意義があり、雪の物流構築におけるオペレーションマネージメント、雪の輸送船の最適化検討における造船工学、雪の冷熱利用におけるエネルギー物理工学、及び地球温暖化防止に向けた新規の再生可能冷熱エネルギーとしての付加価値創出という環境学等における幅広い分野の研究者が興味を持つと予想される。

研究成果の概要（英文）：Export of snow, a promising field as a method of utilizing snow resources, that is, exporting Japan's snow resources to Southeast Asia, an ever-summer region requiring cold energy during the snowfall period, and Australia in the southern hemisphere, summer region. It clarified the solution of the technical problem about making effective use, and the existence of economics. In addition, whether or not to create value-added (carbon tax, emission trading, etc.) associated with the use of renewable cold energy is specifically the Japanese snow resource supplier, shipping port, ocean transportation method (ship type And the scale of transport, the port of demand and demand, the selection of users from the technical and economic viewpoints to evaluate its economics, and the methodology for realization was clarified.

研究分野：新エネルギー・国際貿易

キーワード：雪エネルギー　国際貿易　南半球　冷熱利用　新しい再生可能エネルギー源

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９、ＣＫ－１９（共通）

１．　研究開始当初の背景

日本の北部日本海側を中心に冬季に大量に降り積もる雪。その雪を資源として有効利用する方法の確立が期待されている。これまでも降雪地域の自治体、または研究者を中心に雪の冷熱を利用しようとする研究が実施されている。例えば、冬場の雪を保存して同地域で夏場の冷熱源として利用する方法や、雪と他熱源の温度差による発電利用などの研究が実施されているが、降雪地域が人口密集地域ではない為、夏場の冷熱源としての利用が限定的であるという問題（需給ギャップ）、夏まで雪を保存する為の施設が必要であるという問題（季節ギャップ）、及び温度差発電向けの熱源を一般的な化石エネルギーの燃焼によって供給する必要がある等の問題により、試験レベルに留まり商業規模にて実用化に至っている事例はない。かかる中、申請者はこれまでに貿易技術に関する実務的な研究開発を通じて貿易理論の適用により需給ギャップを解消する方法を見出しており、雪の輸出に関してこれらの成果を応用する。

２．研究の目的

本研究は、日本の未利用エネルギーである“雪資源”を需要地へ輸出し、再生可能“冷熱”エネルギーとして利用する為、技術的問題の解決、並びに経済性の評価に取り組み、得られた成果に基づいた実証提言を目指す。申請者が前職の三菱商事㈱にてこれまで２５年間実際に研究に取り組んだ貿易技術、冷凍船輸送技術、大規模な冷熱利用技術、及び再生可能エネルギー開発技術に基づき本研究を起案実施するもの。日本の降雪量は毎年５００～９００億トンにも上り、この有効利用は降雪地域の悲願である。仮にその１％を輸出、有効利用するだけでも日本の２０１２年の石炭輸入量(ＪＣＯＡＬ統計：１．８億トン)の２倍以上の規模となる。申請者はこの雪資源を東南アジア、及び豪州に保冷船、または冷凍船等により輸送し、地域冷房施設、または冷蔵倉庫の冷熱源として使用した場合の優位性を既存化石エネルギーと比較・検討の上、明らかにする。

３．研究の方法

以下の段階ごとに研究を進めた。

＜Level １＞　雪資源の積出港と輸送方法の技術的、及び経済的な評価とその最適化
日本海側、東北、及び北海道地区の雪資源の積出可能な最適港の選定。
雪資源の最適な輸送方法の選定。陸揚港までの経済性の評価、及び研究。

＜Level ２＞　雪資源の陸揚港と需要者の技術的、及び経済的な評価とその最適化
東南アジア、及び豪州の雪資源の陸揚可能な最適港の選定。
雪資源の最適な需要者の選定。陸揚から利用までの経済性の評価、及び研究。

＜Level ３＞　雪資源の輸出利用に関する総合的バリューチェーンの構築、並びにその環境価値を考慮した経済合理性の評価、及び提言

＜Level １＞　雪資源の積出港と輸送方法の技術的、及び経済的な評価とその最適化
まずは、日本海側、東北、及び北海道地区の積雪量が多く大規模な輸送船（国際的に汎用船の標準規格とされるパナマックス級船舶とする。）が寄港可能な港である国際拠点港湾、及び重要港湾である室蘭港、青森港、秋田港、新潟港、伏木富山港、金沢港、及び敦賀港等が雪資源の積出港として機能するか否かを政府統計資料、港湾関係資料、並びに地方自治体の刊行物調等を調査の上、最適港候補を３港ほどに絞り込んで現地自治体、並びに研究機関の協力も得ながら適宜、フィールド調査、関係者からのヒアリングを経て最適港候補の技術的、並びに経済的な評価（雪資源量、雪質、使用可能期間、雪置場面積、内陸からの雪資源輸送利便性、積出設備、雪輸出に関する法規制、自治体の協力体制等）により更なる順位付けを実施した。本件に関しては、関係する専門家として商社、船会社、港湾業務委託会社等にも手続きと経済的な観点より調査委託、並びにヒアリングを実施した。また輸送方法に関しては、学内の造船工学の研究者の協力を得て通常のバラ積船舶（保温材なし。）、断熱船（保温材あり。）、及び冷蔵船（冷蔵設備あり。）の３種について雪の輸送に関して文献による技術調査、及び適合調査を行い、最適な輸送船種の選定を行った。尚、本件に関しても関係する専門家として商社、造船会社、船会社、港湾業務委託会社等に技術的、及び経済的な観点より委託調査、及びヒアリングを実施の上、研究成果に反映した。経済的な試算に当たっては、①積雪量が多い地域にて雪資源の輸出を行なった場合に支出する必要がなくなる通常の雪処理費用に関しても考慮することに加え②一般的な既存の化石エネルギー資源（石炭、石油、天然ガス等）の発生する単位当たりの冷熱量、及び同じく輸送費と雪の単位冷熱量と研究によって推察される輸送費を比較検討することにより、より実現に向けた問題点が明らかになるように得られたデータの整理を工夫した。

＜Level ２＞　雪資源の陸揚港と需要者の技術的、及び経済的な評価とその最適化

雪資源の輸送先は輸送期間が比較的短い東南アジアと豪州に限定した。常夏の東南アジアでは冷熱需要が旺盛でその需要地である都市部に近い港としてバンコック港（タイ）、及びタンジュンプリオク港（インドネシア）、南半球で日本の降雪時期に夏季である豪州では、同じくケアンズ港、シドニー港に関して陸揚港として機能するか否かを関係先資料を調査の上、最適港候補を３港ほどに絞り込んだ。尚、並行して同じく関連文献検索を通じて陸揚港、及び冷熱利用の需要地であるタイ、インドネシア、並びに豪州における本研究への協力が依頼できる研究者の探索を実施の上、次年度のフィールド調査先の選定、準備を進めた。前年度の積出港の研究手法と同様に陸揚港としての適性が確認された３港に関してフィールド調査を実施した。現地訪問の上、自治体、並びに前年度に予め協力先として選定された研究機関との意見交換を経て最適港候補の技術的、並びに経済的な評価（使用可能期間、雪置場面積、内陸への雪資源輸送利便性、陸揚設備、雪輸出に関する法規制、自治体の協力体制等）により更なる順位付けを実施した。本件に関しても関係する専門家として商社、船会社、港湾業務委託会社等に手続きと経済的な観点よりヒアリングを実施した。需要者に関しては大規模な雪資源の冷熱利用を前提として地域冷房施設、並びに冷蔵倉庫を想定の上、陸揚港としての適性が高い地区の需要者候補を政府、及び自治体資料により調査の上、リストアップの後、有望先のフィールド調査を現地研究者の協力も得て実施した。雪資源利用による需要者の冷熱供給設備（大型ショッピングセンター、大型ホテル、大型冷蔵倉庫向けを想定。）に関する技術的問題の有無に関しては適宜、空調設備会社、並びにエネルギーサービス会社から専門的な意見を聴取の上、研究対象とした。経済的な試算に当たっては、本件においても一般的な既存化石エネルギー資源（石炭、石油、天然ガス等）の発生する単位当たりの冷熱量、及び同じく輸送費と雪の単位冷熱量と研究によって推察される冷房費用を比較検討することにより、より実現に向けた問題点が明らかになるように得られたデータの整理を工夫した。

＜Level ３＞　雪資源の輸出利用に関する総合的バリューチェーンの構築、並びにその環境価値を考慮した経済合理性の評価、及び提言
前述の Level １と２で得られた積出、輸送、陸揚、冷房利用に関する一連の技術的な問題、並びに経済性のデータを基に日本の雪資源の輸出利用に関する総合的バリューチェーン構築して全体的な事業性を評価の上、提言にまとめた。尚、提言に当たっては雪資源の有効利用が再生可能エネルギーの利用であり、温暖化ガスの削減に寄与するものであることより、その環境価値（炭素税、排出権取引等）も輸出国、並びに輸入国の政策に沿って研究の上、一般的な既存化石エネルギー資源（石炭、石油、天然ガス等）を使用した冷房設備と比較した。

４．研究成果

一連の以下の研究成果により、日本海側の雪を石炭船のバックカーゴとして東南アジア、豪州に輸送した場合にその冷熱利用には一定の経済性が見込めることが明らかになった。

① 雪資源の積出港と輸送方法の技術的、及び経済的な評価とその最適化、並びに日本海側、東北、及び北海道地区の雪資源の積出可能な最適港の選定、雪資源の最適な輸送方法の選定や陸揚港までの経済性の評価ができた。

② 雪資源の陸揚港と需要者の技術的、及び経済的な評価とその最適化、並びに東南アジア、及び豪州の雪資源の陸揚可能な最適港の選定、雪資源の最適な需要者の選定や陸揚から利用までの経済性の評価ができた。

③ 雪資源の輸出利用に関する総合的バリューチェーンの構築、並びにその環境価値を考慮した経済合理性の評価ができた。

５．主な発表論文等
グローバルビジネス学会の学会にて発表

〔学会発表〕（計　１　件）
国際貿易理論による雪エネルギー有効利用に関する研究
～ 未利用エネルギーによるグローバルな地方創生 ～
https://s-gb.net/site/wp-content/uploads/2020/12/14matsuda.pdf

〔産業財産権〕
○出願状況（計　　件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：

番号：
出願年：
国内外の別：

○取得状況（計　　件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

６．研究組織

(1)研究分担者
研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：
研究者番号（8 桁）：

(2)研究協力者
研究協力者氏名：
ローマ字氏名：

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。