

冷蔵トラックの冷熱源としての雪エネルギーの有効利用に関する研究

～ 未利用エネルギーによるレジリエンスな地方創生 ～

松林 賢司¹・桶屋 士渡²・清水 光祐³・

¹正会員 金沢工業大学教授 経営情報学科 (〒921-8501 石川県野々市市扇が丘7-1)

E-mail: kenji.matsubayashi@neptune.kanazawa-it.ac.jp

^{2,3}金沢工業大学 経営情報学科

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。地方創生の一環として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、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）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、2020年に本学会で雪輸出に関する「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」の成果として北陸電力の富山新港火力発電所が積出港として最も適切であること、及び輸送船は雪の状態を可能な限り保ったまま、揚陸港まで届けるために必要な情報である雪輸送中の融解損失率を推測する計算式により雪は夏季まで保存でき季節ギャップを克服して冷熱利用できる可能性を報告した。今回も地方創生を目的に特色ある地方のレジリエントなエネルギーとして夏季まで保存した雪を「雪冷蔵トラック」として配送などで使用される冷蔵トラックの冷蔵機能を雪で代用することにより二酸化炭素削減を実現する為の実証実験をモデルと実車を用いて実施した。その結果、実用に向けた有用な知見が得られたので報告する。

Key Words : Snow, Unutilized energy, Cold heat system, refrigerated truck

1. 背景

「冷凍トラックの冷熱源としての雪エネルギーの有効利用に関する研究」は日本の未利用エネルギーである雪を大規模に暗所で夏まで保存して冷熱源、具体的には冷蔵食品等の輸送に宅配業者、食品の小売店、コンビニエンスストア等で広く活用されている冷蔵トラックの冷熱源として使用することによって冷熱発生に使用されている化石燃料の使用量を削減、即ち温暖化ガスの排出量を削減して新規の地球温暖化対策としので可能性を明らかにすることを目標としている。本研究成果は、日本の化石燃料は輸入に依存している為に日本が管理できない地政学的なリスクによる不安定なエネルギーであるのに対して雪エネルギーは、安定して供給される日本が管理可能である未利用エネルギーであることよりレジリエンスなエネルギーとしての役割も期待できる。

(1) SDGs達成への貢献（目標7、9、11、13）

SDGsの目標13では、気候変動に具体的な対策を打つことを課題として明示しており、温室効果ガスの排出を原因とする気候変動やその影響を軽減することを目指している。SDGs（sustainable development goals: 持続可能な開発目標）とは、2015年9月の国連サミットにおいて全会一致で採択された、2030年を年限とする国際目標で誰一人取り残さず、持続可能で多様性と包括性のある社会を実現するために、SDGsでは17個の国際目標の下に、169のターゲットと232の指標が定められている。SDGsは発展途上国だけではなく、日本を含む先進国も取り組まねばならない人類共通の目標である。本研究が解決しようとする課題である気候変動に関する世界全体の取り組みとしては、2015年に開催されたCOP21ではパリ協定が採択され、2016年11月4日から発効されている。パリ協定は、1997年に定められた京都議定書の後継となるもので、「世界の平均気温上昇を産業革命以前に比べて2℃より十分低く保ち、1.5℃に抑える努力をする」「そのため、

できるかぎり早く世界の温室効果ガス排出量をピークアウトし、21世紀後半には、温室効果ガス排出量と森林などによる吸収量のバランスをとる」ことが目標として掲げられた。パリ協定では、途上国を含むすべての参加国に排出削減の努力が求められ、各国の自主的な取り組みによって、目標を達成するボトムアップ・アプローチが採用されている。各国の取り組みによってどの程度温室効果ガスを削減することができたのかという進捗状況に関する情報は定期的に提供され、専門家によるレビューを受けることになっている。これにより、気候変動問題に関する世界の取り組みの透明性を高め、実施状況を確認することが可能となった。日本では温室効果ガスの排出量を2030年時点で2013年比46.0%減とする削減目標案が正式に決定され、国連の気候変動枠組み条約事務局に提出された。これに加えて、2016年5月には、地球温暖化対策計画が策定され、先述の中期目標と併せた長期目標として、2050年までに2013年比80%の温室効果ガスの削減を目指すという意欲的、かつ困難を伴うも目標となった¹⁾。この解決には既存の温暖化ガス削減策に加えて新たな有効な方策を探索、実用化することの重要性が増している。本研究では主に13、加えて7、9、11の目標達成に貢献することを目指す。

(2) 運輸部門の二酸化炭素排出量

国土交通省が公表した運輸部門における二酸化炭素排出量によると、2019年度における日本の二酸化炭素排出量（11億800万トン）の各部門の二酸化炭素排出量を図1に示す。運輸部門からの排出量（2億600万トン）は産業部門の34.7%に次いで第2位で18.6%を占めている²⁾。

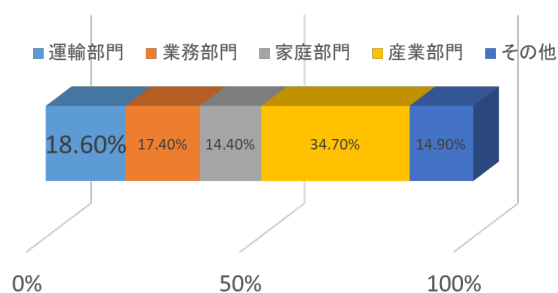


図-1 日本の各部門のCO₂排出量（2019年）

日本の部門別の二酸化炭素排出量で大きな割合を示す運輸部門の温室効果ガス削減に向けては運輸業界各社が積極的に省エネルギーと創エネルギー施策を組み合わせ、取り組んでおり、その主な取り組みとして「太陽光発電システム」「LED照明」「ノンフロン（CO₂冷媒）冷凍・冷蔵システム」の設置などがある。加えて配送トラ

ックに関しても二酸化炭素削減に向けた取り組みが行われており、主な取り組みは以下の3方法である³⁾。

配送回数の見直し合理化：日用品や加工食品、冷凍食品の配送回数の見直しなどを行い、1店舗1日当たりに到着する納品車両の平均台数を削減する。

エコタイヤ導入：タイヤの形状とゴムの配合を変え、タイヤが転がるときのエネルギーロスを低減させることで燃料の消費を少なくしている。エコタイヤの導入により燃費を改善する。

運行管理システム：商品の温度状況や店着・配送状況をリアルタイムで確認することができるため、より確かな品質管理を行うことができる。急な加減速、速度超過などの運行状況も把握することができ、効率的な走行管理が可能となる。

このように物流各社の積極的な取り組みににも関わらず削減量は頭打ちとなり、2050年の80%の削減目標への更なる貢献には運輸部門に適用できる新しい二酸化炭素削減策の創出が求められている。



図-2 日本のガソリン価格の推移（1990-2022年）

(3) 大きく変動する化石燃料（ガソリン）価格

図2に資源エネルギー庁・給油所小売価格調査⁴⁾による1990年から2022年までのレギュラーガソリンの日本全国平均価格の推移を示す。2020年末から2022年中にかけてレギュラーガソリン価格が120円から170円と42%値上がりしているおとがわかる。この理由としては2020年に感染拡大が始まった新型コロナウイルスに対するワクチンが2021年には普及し、国際的に経済活動が活発に動きだしつつあり、原油の需要が高まったことに加えてロシアが2022年2月にウクライナに侵攻して世界的なエネ

ルギー危機が発生したことが挙げられる。過去にも大きくガソリン価格が高騰しており、2018年には180円台を記録した。この原因は「OPEC(石油輸出国機構)による協調減産」産油国が協調して世界の原油産出量を減らす取り組みや、「アメリカによるイランへの経済制裁」イラン産石油が減ることへの懸念などが主として挙げられる。また2013年から2014年の高騰は、世界情勢の不安定からくる原油価格の高止まり、石油石炭税の増税、ガソリンスタンド向けの卸売価格の決め方の変更、輸入原油代などコストを十分に反映させた卸売価格の方式への切り替えなどが理由として挙げられる。2008年にはガソリン価格185円と最高値を記録した。この原因は新興国・中国他の経済成長による旺盛な需要と同年に発生したサブプライムローン問題によるリーマンショックによる原油市場への大量の投資マネーの流入によるものであった。それぞれの時代に於いて高騰の理由は異なるが、本研究の対象となる日本の運輸部門が依存しているエネルギーであるガソリンの価格は過去30年間で91円から185円の間で大きく変動(変動率:100%以上)しており、代替となるレジリエントなエネルギーの探索や創出が必要である。

(4) 雪エネルギー有効利用に関する研究成果

筆者らは、2020年より本学所在地である金沢市に江戸時代から受け継がれている冬季の雪を夏まで保存して利用する風習である氷室⁵⁾から着想を得た雪エネルギーの利用に関する研究を行っている。氷室の外観は図3に示す。



図-3 氷室の外観

江戸時代には氷は非常に貴重であったため、加賀藩は冬になると「氷室」と呼ばれる貯蔵庫に雪を詰め、保管し旧暦6月1日を「氷室の朔日」と呼び、保管していた雪氷を切り出して徳川家に氷を献上していた。雪エネルギー冷熱利用の実例である。筆者らは雪の冬季から夏季までの保存の可能性を科学的に検証する為にモデル実験を行

ったところ雪の融解量(x)と時間(y)に線形相関が観察されたので一次近似したところ良好な相関性($R^2=0.9915$)を示す以下の近似式(1)が得られた。

$$y(\text{分}) = 0.2687x(\text{g}) - 16.153$$

$$x(\text{g}) = 3.7216y(\text{分}) + 60.115$$

$$\Rightarrow X(\text{トン}) \doteq 0.005367Y(\text{日}) \quad (1)$$

この式に基づいて実際の氷室の2月の貯蔵から7月の使用(氷室開き)までの期間の雪の融解率(損失率を計算したところ38%となった。この値は氷室開きの際に計測された実際の雪の融解率44%に近い概ね良好な結果であった。雪は融けやすいという一般的な概念を覆すモデル装置を用いた本研究成果に基づく「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」⁶⁾では、具体的な成果として豪州、東南アジアと日本を結ぶ火力発電所向けの石炭輸送船に雪をバックカーゴとして積載し富山新港から東南アジアのジャカルタ、並びに富山新港から北半球のシドニーまで輸送した場合の損失がシドニーまで運んでも石炭船の1ハッチの積載量0.01%にも満たないと推測されることが明らかになった。これにより最高30℃にもなる海水温の海域を輸送するにも関わらず、雪の輸送中の損失は経済的に考慮する必要がないほど少量であること、その為、使用予定の石炭船に雪の融解量を減少させるために特別な設備投資が必要ないことを明らかにした。

本研究では、前述した①SDGsの目標13の達成、②日本の運輸部門が多量の二酸化炭素を排出している。③不安定な化石燃料価格の課題に対する筆者らの雪の長期保存の可能性を示した研究成果による解決策として冷蔵トラックのガソリンに代替する冷熱源として未利用な再生可能エネルギーである雪エネルギーの利用可能性を検討した。具体的には雪を大規模に暗所で夏まで保存して冷蔵トラックの冷熱源として使用することによって冷熱発生に使用されている化石燃料の使用量を削減、即ち温暖化ガスの排出量を削減できる新規の地球温暖化対策の創出を目標としている。本研究成果は、雪エネルギーは、日本が管理可能である未利用エネルギーであることよりレジリエンスなエネルギーとしての役割をも期待される。

2. 二酸化炭素削減量の試算

本研究は配送などで使用される冷蔵トラックの冷蔵機能を未利用エネルギーである雪で代用することにより、燃費効率の向上、即ち二酸化炭素削減効果を狙う。物流部門で使用されている冷凍トラックからの二酸化炭素

削減には燃費の向上が重要課題となる。冷蔵トラックの冷蔵装置はエンジンのファンベルト等を回転させ冷蔵機のコンプレッサーを作動させることにより稼働している。その際の負荷として通常の燃費よりも3割程度悪化すると考えられており、実際に冷蔵トラックを業務使用している石川県の大手食品卸会社であるカナカン株式会社に運航データ分析に基づいて考察を依頼したところ、2t冷蔵車で通常11.0km/Lの平均燃費が冷蔵時は7.7km/Lになることが確認できた。図4に得られた冷蔵時、非冷蔵時の燃費を基にして算出⁷⁾した100,000km走行した場合のそれぞれの二酸化炭素排出量を示す。

燃費	冷蔵時 7.7 km/L	非冷蔵時 11.0 km/L
$1\text{km走行でCO}_2\text{排出量 (kg-CO}_2\text{/km)} = \frac{2.32(\text{kg-CO}_2\text{/L})}{\text{燃費 (km/L)}}$		
二酸化炭素排出係数 2.32		
CO ₂ 排出量		
1km走行した場合	0.30129kg	0.2109kg
100,000km走行した場合	約300,000kg	約210,000kg

図4 冷蔵時と非冷蔵時の二酸化炭素排出量比較

図4より冷蔵トラックを冷蔵状態で100,000km走行させた場合の二酸化炭素排出量は約300,000kg、非冷蔵状態で100,000km走行させた場合のCO₂排出量は約210,000kgであることが分かった。冷蔵トラックが1年間で100,000km走行すると仮定した場合に冷蔵時、非冷蔵時の二酸化炭素排出量の差を杉の木1年間の二酸化炭素吸収量に換算した数値を図5に示す。

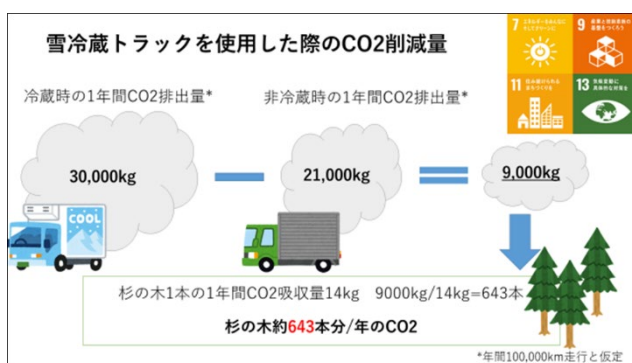


図5 冷蔵時と非冷蔵時の二酸化炭素排出量比較

雪冷蔵トラックは荷室の冷却にコンプレッサーを作動させる必要がなく非冷蔵時と同じ状態であると仮定する。雪冷蔵トラック1台で1年間走行した場合、冷蔵時の冷蔵トラックと比べ、二酸化炭素を約9,000kg削減可能となる。

この二酸化炭素排出量9,000kgは杉の木の1年間の二酸化炭素吸収量に換算した場合643本分に相当する。これを太陽光発電による二酸化炭素削減量に換算すると約30kwh（必要な設置面積は約400m²）の太陽光発電設備を導入した場合の削減量と同等となり、他の温暖化対策と比較しても、そのポテンシャルの高さが推察される。

3. 雪冷蔵室モデルによる実験

実車での実験を行う前に、クーラーボックスを実車に見立てて実車をスケールダウンさせた実験を行った。実験時期が8月と夏であり季節の関係上、雪を調達することが困難であったため、融解挙動が雪と類似しているクラッシュアイスで代用した。クラッシュアイスの量はそれぞれ0.5kg、0.9kg、1.2kg、1.5kgと4回に分けて実験を行った。測定時間は実験開始から90分間の測定を行った。実験は室内で行い、季節は夏を想定し室内温度をエアコンで30℃と一定に保った。冷蔵室温を効率的に低下させるためには空気の循環が重要である為、空気の循環を目的として模型内にファンを設置し、クラッシュアイスが融解した際に発生する水はクラッシュアイスを詰めた網目状の容器から、模型の下部に溜まるように設計した。室温データの採取方法として、温度変化の様子がグラフとして正確にわかるようにデジタル温度ロガーを使用した。冷蔵室の温度を5℃以下に保つことが目標であり、暖かい空気は上に溜まる性質があるためデジタル温度ロガーは模型内上部に設置した。これらを踏まえたうえで、クーラーボックス内にクラッシュアイス、ファン、デジタル温度ロガーを設置し時間経過による室温変化の様子をデータ化した。図6に実験装置を示す。



図6 雪冷蔵室モデル装置

実験の結果を図7に示す。目標の5℃以下に到達したクラッシュアイスの量は1,500g以上であり、クラッシュアイス1,200g以下では5℃以下に到達しなかった。1,500gで

5℃以下に到達したのは実験開始から30分後であった。測定したグラフを見ると4回とも実験開始10分後までは急激に室温を低下させたがその後、徐々に緩やかになり、実験開始30分後に温度が一定になり変化しなくなった。図7より、本実験装置では1,500g以上の雪の冷熱により冷蔵室温度を5℃以下まで冷却維持できることが分かった。

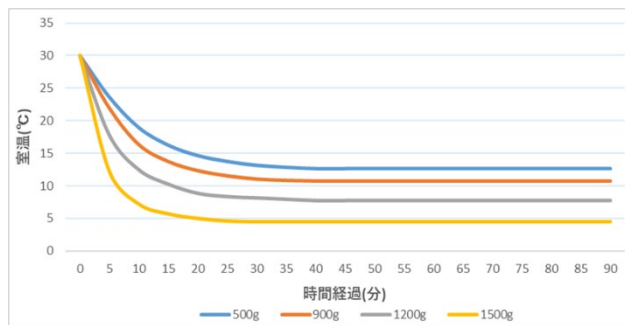


図-7 雪冷蔵室温度の継続変化

4. 冷蔵トラック実車による実験

雪冷蔵室モデルによる予備実験にて雪により冷蔵室の温度を5℃以下を達成できるという実験結果に基づき、冷蔵トラック実車による実験を実施した。実験用の冷蔵トラックを調達するため複数のレンタカー会社に確認を取ったが、コンビニエンスストア等のの配送で使用される3t冷蔵車「二室式二温度管理車輛」は特殊な車両の為に取り扱いが無いということが分かった。3t冷蔵車「二室式二温度管理車輛」の荷台の仕切りを調節し冷蔵室を最大限まで広くした際の寸法は、荷台長3.2m、荷台幅1.8m、荷台高1.9m、容積11.2m³であるのに対し、2t冷蔵車の荷台は、荷台長3.1m、荷台幅1.71m、荷台高2m、容積10.6m³であることから、3t冷蔵車「二室式二温度管理車輛」の冷蔵室の容積と2t冷蔵車の荷台の容積の差は



図-8 実験に使用した冷蔵トラック

0.61m³であり、容量にはあまり差がないため、3t冷蔵車「二室式二温度管理車輛」の代わりに2t冷蔵車（図8）をレンタルして実験を行うこととした。実車での実験の際に必要な大量のクラッシュアイスは、本研究の協力企業であるクラモト氷業に協力を依頼し調達した。クラッシュアイスは空気と触れる表面積が大きくなり、融解した水が下に落ちるように網コンテナに詰めて設置した。また、ドレインホースによって融解して下に落ちた水が荷室の外に排水されるようにした。模型の実験の際に使用したファンの役割として、荷室内の空気循環を活発にするため扇風機を2台設置した。網コンテナに詰めたクラッシュアイスを荷台に積み上げて設置した場合（図9）と、平置きにした場合（図10）、冷蔵装置のみで冷却した場合の3通りの状態で測定を行った。



図-9 雪冷媒を縦に積上げて設置した状態



図-10 雪冷媒を床に平置き設置した状態

網コンテナに詰めたクラッシュアイスを荷台に積み上げて設置した場合と、平置きにした場合、冷蔵装置のみで冷却した場合の3回に分けて測定しグラフを図11に

示す。クラッシュアイスの量は80kgで測定を行った。結果として5℃以下を達成することが出来なかった。最低到達温度は、縦に積み上げた場合で11.3℃、床に平置きした場合で9.5℃であった。測定したグラフから、クラッシュアイスを積み上げておいた場合と比較して、平置きした場合のほうが室温の冷え方が早く、最低到達温度も低くなることが明らかになった。

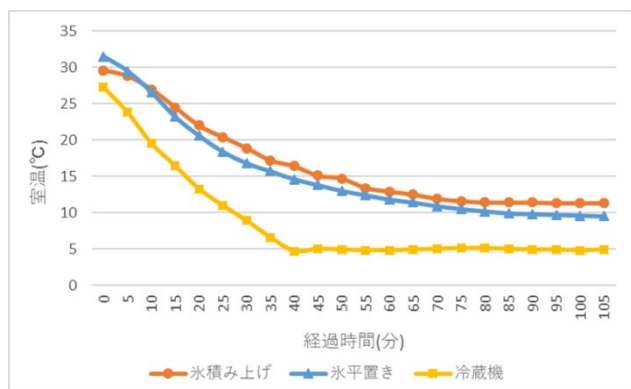


図-11 冷蔵トラック実車の冷蔵室温度の経時変化

測定後クラッシュアイスの融け方を確認したところ扇風機の風に触れている表面の一部分しか融けていなかった。このことから、空気の流れがうまく行われておらず、熱交換効率が低いと考えられる。更なる実験で目標の室温5℃以下を達成するには可能な限り雪冷媒と空気が熱交換できる表面積を大きくする必要がある。その為、理論的に室温25℃から5℃以下まで雪冷媒で温度を低下させるために必要な熱交換表面積を式（2）によって計算した^{8) 9)}。

$$A = MC\Delta T / K\Delta T \text{ (LMTD)} \quad (2)$$

計算結果から、実験に使用する冷蔵トラックの荷室体積10.64m³の空間の室温を0℃の氷80kgで25℃から5℃まで低下させるために必要な理論的な伝熱面積は23.4m²以上であることが予測された。これは、円周が0.4m、長さが2mのアルミ管30本を設置することで伝熱面積23.4m²以上である24m²を実現することが可能であることが分かる。図12に改良した雪冷熱設備のモデルを示す。クラッシュアイスとファンを荷台上部に設置することで冷気が上部から下部に移動し、より効率的に室温を低下させることが可能である。加えて雪冷媒の冷却温度を更に低下させて冷蔵室の冷熱交換を効率的に行う為に添加剤として安価な食塩を5%添加することとした。

$$\Delta T_f = K_f \cdot m \quad (3)$$

（3）の式により、食塩の添加によって実験に使用する雪冷媒の温度を理論的に0℃から-1.6℃に低下できることが分かる。

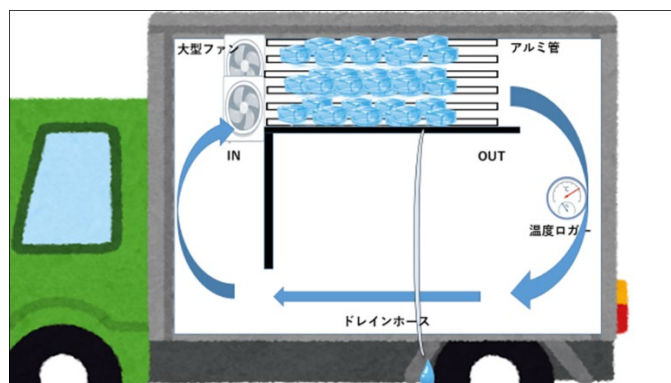


図-12 冷蔵トラック実車の改良した雪冷熱設備概要

図13に冷蔵トラック実車に設置した雪冷熱装置を示す。雪とアルミ製の熱交換パイプ30本が偏りなく接するように調整の上、冷蔵室上部に設置して送風機で熱交換パイプ内の空気が一方に流れる様に工夫した。設置に必要なスペースは冷蔵室の約25%であった。



図-13 冷蔵トラック実車に設置した雪冷熱装置

図13のように雪冷熱装置を設置して冷蔵室の温度へかを測定した結果を図14に示す。冷却開始から44分経過したところで床温度は5℃以下となり、47分経過

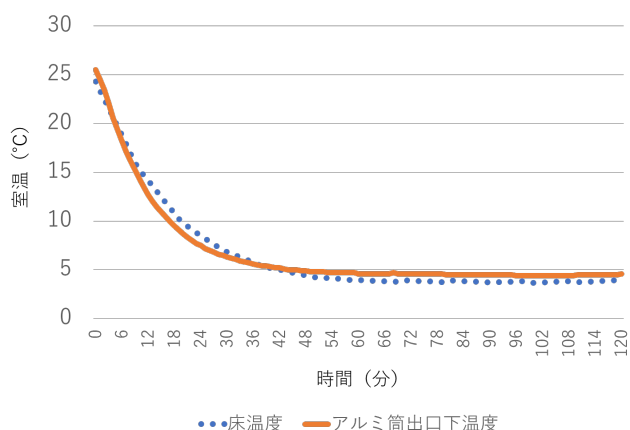


図-14 改良・冷蔵トラック実車の冷蔵室温度の継時変化

したところでアルミ筒出口下温度も5℃以下となり、その後、実験時間が終了する120分間5℃以下を維持することができた。実験時間中の制定温度は床温度で3.8℃を記録した。本実験結果から一般的にコンビニエンスストア等の冷蔵配送車として使用される冷蔵2tトラック（冷蔵室容積：10.6m³）の通常は化石燃料で稼働する冷蔵装置の代替として熱交換面積を最適化して冷却温度の降下の為に食塩4kgを添加した雪冷熱装置（雪量：80kg）の使用により通常の冷蔵装置稼働時と同様に冷蔵室の温度を5℃以下に降下させ、少なくとも2時間は5℃以下を維持できることが明らかになった。その為に必要な雪冷熱設備容量は冷蔵室の約25%であった。本研究成果により、雪冷熱の活用により冷蔵トラックの冷蔵室の25%を使用して雪冷熱設備を導入すれば、これまでに研究実績のない新規の方法により二酸化炭素排出量を30%程度削減できる高い可能性を示すことができた。

5. 結論

本研究の背景は、①SDGsの目標13の達成、②日本の運輸部門が排出している大量の二酸化炭素、③不安定な化石燃料価格という3つの社会的課題に対して地元、金沢市の伝統行事である氷室に着想を得た筆者らの雪の有効利用に関する研究成果により、解決策を提案することにある。本研究の目的は、その具体的な解決策として降雪地帯の雪を大規模に暗所で夏まで保存してコンビニエンスストア等で広く用いられている冷蔵トラックの冷蔵装置に使用されているガソリンに代替する冷熱源として未利用な再生可能エネルギーである雪エネルギーを使用することによって冷熱発生に使用されている化石燃料の使用量を削減、即ち温暖化ガスの排出量を削減できる新規の地球温暖化対策の創出である。前述の背景と、目的に沿った一連の調査・考察と実験により、①雪冷蔵トラック1台で1年間走行した場合、通常冷蔵時の冷蔵トラックと比べ、二酸化炭素を約9,000kg削減可能となり、こ

の二酸化炭素排出量9,000kgは杉の木の1年間の二酸化炭素吸収量に換算した場合643本分に相当すること。②モデルを使用した実験により筆者らが設計した雪冷熱装置が通常の冷蔵設備として要求される性能である室内温度5℃以下を同等に達成できること。③実車を使用した実験により筆者らが設計・製作した雪冷蔵トラックが通常の化石燃料による冷蔵装置と同様に冷蔵室温度を5℃以下に降下させて一定時間維持する性能を発揮すること。の3つの研究成果を得ることができた。これにより雪を大規模に暗所で夏まで保存して冷蔵トラックの冷熱源として使用することによって冷熱発生に使用されている化石燃料の使用量を削減、即ち温暖化ガスの排出量を削減できる新規の地球温暖化対策の創出の可能性を示すとともに雪エネルギーが日本が管理可能である未利用エネルギーであることより新規のレジリエンスなエネルギーとしての活用できる可能性を示すことができた。今後は、本研究成果に基づいて冷蔵トラックを使用している関係企業とも連携の上、実社会への応用を目指した実証研究にも取り組む。

謝辞：本研究の実験における機材準備、及び現場でのご指導等で多大なるご協力いただきました桶屋家、並びに清水家の皆様に感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 外務省, 日本の排出削減目標,
[https://www.mofa.go.jp/mofaj/ic/ch/page1w_000121.html\(2022/1/22\)](https://www.mofa.go.jp/mofaj/ic/ch/page1w_000121.html(2022/1/22)).
- [2] 国土交通省, 運輸部門における二酸化炭素排出量,
[https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html\(2022/1/22\)](https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html(2022/1/22)).
- [3] LAWSON, ホームページ, 脱酸素への取り組み,
[https://www.lawson.co.jp/company/activity/environment/preservation/saving/logistics/\(2022/1/22\)](https://www.lawson.co.jp/company/activity/environment/preservation/saving/logistics/(2022/1/22)).
- [4] 資源エネルギー庁・給油所小売価格調査
https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/petroleum_and_lpgas/pl007/results.html
- [5] 湯桶温泉観光協会, ホームページ
[https://yuwaku.gr.jp/himuro/\(2022/1/22\)](https://yuwaku.gr.jp/himuro/(2022/1/22)).
- [6] 松林賢司, 松田雄大, 「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～ グローバルビジネス学会 2020 年度「研究発表会」発表論文
- [7] 車の燃費・二酸化炭素排出量高精度計算方法論
[https://keisan.casio.jp/exec/system/1161228708\(2022/1/22\)](https://keisan.casio.jp/exec/system/1161228708(2022/1/22)).
- [8] 吉田善一, “酒井佐保の熱学教科書”
富山房インターナショナル, pp. 46-48, 2007
- [9] 石原顕光, “おもしろサイエンス熱と温度の科学”,
日刊工業新聞社, pp90-91, pp96-99, pp122-125, 2019

2022年9月24日 受稿

2022年9月30日 受理

STUDY ON EFFECTIVE USE OF SNOW ENERGY AS COLD HEAT SOURCE FOR REFRIGERATED TRUCKS

~ Regional revitalization with resilience through unused energy ~

Kenji MATSUBAYASHI, Shido OKEYA, Kosuke SHIMIZU

A large amount of snow falls and accumulates in the winter, mainly on the Sea of Japan side of northern Japan. As part of regional revitalization, the establishment of a method to effectively use the snow as a resource is expected. Until now, studies have been conducted mainly by local governments in snowfall areas and researchers to use the cold energy of snow. For example, research is being conducted on how to store snow in the winter and use it as a cold heat source in the summer in the same area, and how to use the temperature difference between the snow and other heat sources to generate electricity. Due to the problem of the need for facilities, there have been no examples that have remained at the experimental level and have been put to practical use on a commercial scale. Under these circumstances, in 2020, the results of the "Study on Effective Utilization of Snow Energy Based on International Trade Theory" related to snow exports at this academic society were that Hokuriku Electric Power Company's Toyama Shinko Thermal Power Station was the most suitable shipping port, and that transport ships were Snow can be stored until summer by calculating the melting loss rate during transport, which is the information necessary for delivering snow to the port of discharge while maintaining the state of snow as much as possible. reported gender. This time as well, with the aim of regional revitalization, snow is stored until the summer as a resilient energy source for a distinctive region, and is used as a "snow refrigerated truck." A demonstration experiment was conducted using a model and an actual vehicle to realize this. As a result, useful knowledge for practical use was obtained, which is reported here.