

地球温暖化を抑制するために¹

雪冷房導入促進のための政策提言

関西大学 林宏昭研究会 環境

平井達 石丸秀樹 鈴木耕平 角井遊 井上拓哉
川井明由美 村上莉恵

2009年12月

¹本稿は、2009年12月12日、13日に開催される、ISFJ日本政策学生会議「政策フォーラム2009」のために作成したものである。本稿の作成にあたっては、林教授（関西大学）をはじめ、多くの方々から有益且つ熱心なコメントを頂戴した。ここに記して感謝の意を表したい。しかしながら、本稿にあり得る誤り、主張の一切の責任はいうまでもなく筆者たち個人に帰するものである。

要約

現在、地球温暖化は全世界において深刻な問題となっている。特に、ここ数年では気温の上昇、記録的な豪雨や大型ハリケーン・台風などの異常気象、海面の上昇などの影響が顕著に見られるようになってきている。日本国内においては、それらの影響の中でも最もわかりやすいものが気温の上昇だが、これによって熱中症患者が年々増加しているのが現状である。最近では、茨木市の高等学校で体育の授業でサッカーをしている最中に熱中症によって生徒が亡くなるといった大変悲しい事故も起きるなど、熱中症による死亡事故のニュースも頻繁に耳にするようになった。このような痛ましい事故をできるだけ減らすためにも、また地球環境を守るためにも温暖化対策は解決すべき重要課題なのである。もともと、このような被害をもたらした原因は自動車の排気ガスや発電時における二酸化炭素の発生などのいわゆる人為的な温室効果ガスの排出だとされている。人間が自ら引き起こした問題は、人間が自分たちで解決しなければならない。

地球温暖化抑制のために 1997 年には京都で行われた第三回気候変動枠組条約締約国会議によって京都議定書が議決された。この京都議定書では、先進国における削減率を 1990 年を基準として各国別に定め、共同で約束された期間内に削減率の目標値を達成することが定められた。日本は 1990 年比で 6% の削減が目標値であったが、2007 年度の国内の排出量は逆に基準年比で 9% の増加となっている。先日の衆議院解散総選挙での圧倒的勝利を飾り、政権を獲得して与党となった民主党の総裁、鳩山首相は国連気候サミットで日本は 2020 年までに温室効果ガスを 1990 年比で 25% 削減することを明言した。実際に鳩山首相が言うとおりにこの課題をクリアできるかどうかはわからないが、それほどのことをしなければ地球環境は悪化する一方であるというのが現実なのである。

地球温暖化を抑制するためには、多くの対策が必要とされている。現在では、エコカーの減税や補助金、エコポイントなどの対策が講じられているが、25% 削減の目標を達成するには他にも様々な対策が考えられる必要があるのではないだろうか。そこで私たちは「雪冷房」に注目した。理由は、2008 年に行われた洞爺湖サミットの国際メディアセンターで実際に使用されていたのが 1 つと、もう 1 つは毎年雪国では雪の除雪コストがかかっているため、ただ雪を排除するのにお金をかけるなら有効に使った方がいいと考えたからである。そもそも雪冷房とは、冬に降って積もった雪を夏まで保存し、夏になると倉庫などに保存しておいた雪を貯めて、その雪を溶かして冷水とし、その冷水を循環させて冷房機器と同じ役割を果たすシステムである。雪冷房という言葉は、それほど馴染みのある言葉ではないが、先程も述べた洞爺湖サミットで使用された例の他にも施設やマンションなど少数ではあるが実際に使用され始めてはいる。

雪冷房を導入するにあたって、ではどういったところに導入するかを考えた時に、やはり一般家庭に導入することは難しいと私たちは考えた。そうすると導入先としてまず考えられるのは企業や学校となる。しかし、雪冷房の導入には、それ相応のコストがかかるためこの不景気の中で自主的に導入してくれる企業は恐らく数えるほどであるだろう。そこで私たちはどのような制度が存在すれば雪冷房の導入を活発化できるかを考えた。雪冷房の導入に伴って発生する資金をどのように捻出するかということが最大の焦点である。私たちは当

初、どうにかしてできるだけ資金面による負担を軽くする方法はないかと考えていた。しかし、それは難しかったため、最終的に環境税を導入することで落ち着いた。この年々深刻となってきた温暖化を抑制し、良い方向へと持っていくためには国民全体で協力することが不可欠であると私たちは考えた。

地球温暖化問題は年々深刻化しているが、私たち温暖化抑制に少しでも貢献できる対策がもっと講じられるべきだと考えている。その1つとして雪冷房導入の政策提言を本稿ではさせていただく。私たちは実際に雪冷房が導入されやすい環境が作られ、それによって地球温暖化の抑制に少しでも貢献できることを期待している。

目次

はじめに

第1章 現状・問題意識

- 第1節 (1. 1) 地球温暖化の現状
- 第2節 (1. 2) 地球への影響
- 第3節 (1. 3) 雪冷房の現状
- 第4節 (1. 4) 問題意識

第2章 先行研究及び本稿の位置づけ

- 第1節 (1. 1) 先行研究
- 第2節 (1. 2) 本稿の位置づけ

第3章 分析

- 第1節 (1. 1) 北海道沼田町の雪冷房導入例
- 第2節 (1. 2) 空知支庁の雪冷房導入例
- 第3節 (1. 3) 美唄市の雪冷房導入例
- 第4節 (1. 4) まとめ

第4章 政策提言

- 第1節 (1. 1) 消費税増税による環境税の徴収
- 第2節 (1. 2) 道路特定財源制度を利用した資金調達

先行論文・参考文献・データ出典

はじめに

私たちが今回の ISFJ 日本政策学生会議に参加させていただくにあたって、まずゼミ内で環境問題について興味がある 7 人が集まった。その後、環境をテーマにした政策提言を考えた結果、地球温暖化を抑制するための政策提言を考えようという意見でまとまった。

その理由としては、現在、地球温暖化は年々進行し続け日本だけでなく全世界にとって深刻な問題となっている。地球温暖化の影響によって世界各地ではエルニーニョ現象やハリケーンなどの異常気象の増加、熱中症患者の増加、感染症の増加など様々な問題が多発するようになった。このまま地球温暖化が進行し続ければ、このような被害、またはそれ以上の被害がこれまでよりもさらに多く見られるようになるだろう。1997 年に、地球温暖化を抑制し、被害が大きくなるのを防ぐために京都議定書が議決され、参加国がそれぞれ地球温暖化の主な原因である温室効果ガスの削減目標値を定めた。しかし、参加国の 1 つである日本では 1990 年比で 6%の温室効果ガスを削減しなければならないにもかかわらず、実際は基準年比で 9%増加している。こんなことを続けていけば、そう遠くない未来に人類は滅亡してしまうだろう。先日、鳩山首相が 2020 年までに温室効果ガス 25%削減を全世界に明言したが、それぐらいのことをしなければならぬところまで来ているのである。そのために、なにか早急に対策を考える必要がある。

現在の地球温暖化を抑制し、温室効果ガスの排出量を 1990 年ごろと同じくらいの排出量にするために最も効果的な方法は、自動車や冷房機などの使用を一切禁止することである。しかし、私たちの生活において自動車や冷房機は無くしてはならないものであり、それらの使用を禁止するというのは非現実的な考えだろう。また、使用を禁止することで他産業にも大きな影響を与えてしまうため、そういった意味でも難しい。そこで私たちは、地球温暖化を抑制するための対策の 1 つとして「雪冷房」に注目した。理由は、2008 年の洞爺湖サミットの国際メディアセンターで実際に使用されていたにもかかわらず、その後はあまり導入例を聞かなかったこと。もう 1 つは、毎年積もっては費用をかけて除雪されている「雪」という資源を有効に使い、さらに地球温暖化抑制に貢献できるため効率的だと考えたからである。また、雪冷房はこれまでの ISFJ の論文では取り上げられていないテーマだということも大きな要因であった。最後に、私たちが予想していたように資金をどのように捻出するかというところがこの論文における 1 番の争点となったが、最終的に環境をよくするためにお金がかかってしまうのは仕方がないという結論に達した。では、最後に本稿の流れを説明する。

本稿では、まず第 1 章では地球温暖化の現状やそれによる影響を詳しく書き、次に雪冷房とはそもそもどのような冷房で、どのような仕組みのものなのかなどを書いている。そして、これらを踏まえたうえで私たちがどの部分を問題意識として持っているかを記している。

第 2 章では、私たちが取り上げた雪冷房に関する先行研究について説明し、その中で本稿がどの部分に焦点をしばって分析につなげているかを記している。

第 3 章では分析として、実際に雪冷房を導入した例の中から 3 つの事例を抜粋し、導入時におけるイニシャルコストやランニングコストなどのコスト関係や二酸化炭素や電気使

用量の削減値を調べた。その中で、3つの導入例を参考にして全体としてはどれだけの効果を期待することができ、どれをどの費用がかかるのかを簡単な計算で割り出している。

第4章では、雪冷房の導入推進するために、必要な財源は税として徴収することとし、どのような税を利用することで資金調達を行うのか、その方法を政策提言として挙げている。

第1章 現状・問題意識

第1節 地球温暖化の現状

地球温暖化は現在、全世界において重要な問題となっている。その温暖化の原因は人間による人為的な温室効果ガスの排出によるところが大きいとされており、種々の地球温暖化の要因のうちで、人為的制御が可能なものは、温室効果ガス削減が最も効果的であると言われている。その温室効果ガスの排出量が年々増加した発端は、18世紀から19世紀にかけてイギリスで起こった産業革命というのが一般的な見解である。CO₂濃度は、産業革命以前は安定していたが、産業革命以降、化石燃料の大量使用や技術、産業の発展も伴ってその後、現在までに3割も増加している。産業革命以前では、二酸化炭素の濃度が280ppm前後で維持できていたのが、2005年には、379ppmと数値からも明らかである。IPCC 1（2007年）によると、温室効果ガス濃度安定化のためには、排出量を、今後自然吸収量と同等まで減らす必要がある。自然界が、CO₂を吸収できるのは、2000～2005年の推計で31億炭素トン/年となっている。それに対し、人間が出しているCO₂排出量は、2000～2005年平均で72億炭素トン/年となっており、現在の排出量は自然吸収量の約2倍以上にも達しているのが現状である。これにより地球温暖化の対策は国際問題とてますます取り上げられる問題となっている。

第2節 地球への影響

地球温暖化によって様々な問題が生じている。地球温暖化による影響は自然環境から人間社会にまで幅広く及んでいき、多くの被害を起こすと考えられている。地球温暖化による影響は次のものが挙げられる。

I 気温の上昇

スウェーデン人科学者の Svante Arrhenius によると「二酸化炭素の排出が地球の温暖化に影響を及ぼしている。二酸化炭素は赤外線 $2.5 \sim 3 \mu\text{m}$ 、 $4 \sim 5 \mu\text{m}$ の波長帯域に強い吸収帯を持つため、地上からの熱が宇宙へと拡散することを防ぐ。そのため地球の気温は上昇する。」と記している。つまり二酸化炭素の排出量の増加によって地球の平均気温が上昇しているのである。1906年～2005年までの100年間で世界平均気温は 0.74°C 上昇している。IPCCによるSRESシナリオを前提に将来の温室効果ガス排出量を推計すると21世紀末までに、世界平均気温は $1.8 \sim 4.0^{\circ}\text{C}$ 上昇すると予測される。

II 海面の上昇

前記で述べたように気温が上昇すると海水の熱膨張や南極氷床の誘拐によって海面が上昇する。20世紀の100年間で世界平均海面水位は17センチ上昇した。海面上昇によって、ヴェネツィアなどの都市、オセアニアなどの小さな島国などで、深刻な問題となっており、仮に海面が1m上昇するとマーシャル諸島は国土の80%が沈没すると予測されている。日本の場合、1mの上昇によって海面下となる土地面積は2,339平方kmにもなる。つまりそこに住む人口は約410万人の人間が住む場所を失うことになる。バングラデシュでは、1mの海面上昇で国土の18%にあたる26,000平方kmが海面下となってしまうためデルタ地域にある人口密集地域では難民の増加も問題となるだろう。

III 異常気象の発生

短期集中型の豪雨等の異常気象が多くなっている。例をあげると、太平洋赤道域の日付変更線付近から南米のペルー沿岸にかけての広い海域で海面水温が平年に比べて高くなる状態が約1年続くエルニーニョ現象やその逆に同じ海域で海面水温が低い状態が続くラニーニャ現象などがある。これらの現象の影響によって干ばつや洪水が世界各地で頻繁に起こった。WMO（世界気象機関）によると97～98年のこれらの現象によって1億人以上の被災者が発生したと報告されている。最近ではアメリカでのハリケーン「カトリーナ」によって1836名の死者と705名の行方不明者を出している。これらの異常気象の原因は明らかになっていないが地球温暖化による影響である可能性が高いとみられている。

IV 山岳氷河の減少

温暖化によって、北極や南極の氷床、海水などの減少が広範囲で進んでいる。1978年からの衛星データによると、北極の海水範囲の年平均値は10年ごとに約2.7%減少しており、夏季は約7.4%とより大きく減少している。またAR4では、1993年から2003年にかけて、南極やグリーンランドの氷床の減少は、IIで述べた海面水位の上昇に寄与した可能性が非常に高いと指摘している。また最近の研究では、グリーンランド氷床の気候変動に対する応答が、従来考えられていたよりも早い可能性が指摘されている。

V 熱中症患者の増加

熱中症とは高温の環境によって引き起こされる身体の異常全般をさし、主な症状は、熱射病（熱性発熱）、熱疲労、熱痙攣などがある。人口動態統計（厚生労働省統計情報部）によれば熱中症による死亡者数は増加傾向にあり、熱中症患者数についても、救急患者数は増加傾向にあり1994年から2001年の間で3年間移動平均150人～300人程度増加している。2007年夏には東京都および17政令市の2007年の合計患者数は5012名を記録した。熱中症環境保健マニュアルによると日最高気温が30度を超えるあたりから、熱中症による死亡が増え始めその後、気温が高くなるにつれて死亡率が高くなっている。また、真夏日（最高気温が30℃以上の日）、熱帯夜（夜間の最低気温が25℃以上の日）の日数が多い年ほど熱中症死亡数が多くなることから真夏日や熱帯夜が熱中症死亡者数と相関があることがわかる。Iで挙げたように地球温暖化により気温が上昇すれば真夏日や熱帯夜の日数が増え全国的に熱中症による死亡率が高まると予想される。

VI 感染症の増加

温暖化により感染症媒体生物の分布、生態に影響を及ぼしている。すでにヒトスジシマカ（デング熱、チクグニャ熱の媒介蚊）の分布域の北限が1950年代の北関東から2000年代には東関東へと北上していることが確認されている。強い毒をもつセアカゴケグモなど冬季の低温に弱いと言われていた生物の分布も北上している。また、コレラ菌はプランクトンと共

生しているため、海水温が上昇しプランクトンが増殖すると、コレラ菌も増加することが予測される。バングラデッシュや南米では、エルニーニョなどで海面水温が上昇した年に多数のコレラ患者が発生したことが明らかになっている。環境省の予測によると、さらにこれ以上温暖化が進行すると1月の平均気温が10℃以上の地域で分布する可能性があるネッタイシマカ（デング熱の媒介蚊）が2100年には九州南部から千葉南部までの広範囲にわたって分布可能になるとされており感染リスクが高まることが考えられる。

VII 農業への影響

日本の食料自給率は約40%と先進国の中で最も低いため温暖化で国民の生活において最も影響を受けるものとして挙げられる。2006年のオーストラリアで起こった大干ばつで小麦粉の生産量が前年の60%も減少し輸入小麦粉の約2割をオーストラリアに頼っている日本にも大きな影響があった。また、IVで挙げた温暖化による山岳氷河の減少によって寒冷化が進んでしまうと日本が食料の輸入を受けている多くの国がヨーロッパであるため日本にも影響が出てくるのは間違いないだろう。環境省・地球環境局によると世界全体の地域平均気温が3℃を超えて上昇すると、潜在的食料生産量は低下すると予想される。

VIII 生態系への影響

陸上や海、淡水などのさまざまな生物、生態系にも影響現れ始めている。陸上生物では、春の鳥の渡りや産卵などの現象の早まり、動植物の生息域の極地方向や高地への移動などが、水生生物では、高緯度の海洋における生物の生息域・生息数の変化や、河川の魚類の回遊の時期の早まりなどが確認されている。1.5~2.5℃の気温上昇により、動植物の約2~3割で絶滅リスクが増加すると言われている。また、大都市のサクラの開花が郊外に比べて早くなっており、春先の気温がサクラの開花の決定的な影響を与えていることはソメイヨシノについて多くの研究が示しているため、都心で早く咲き始める主な原因がヒートアイランド現象であるともされている。

IX 経済格差

今後2世紀にわたる温暖化が原因の気候変動による影響とリスクにかかる総被害総額は、世界の1人あたり消費額の平均を少なくとも5~20%減少させる額に相当する。また二酸化炭素換算500~550ppmでの安定化に伴う年間コストは、2050年まで、GDPのおよそ1%と予測される。

X 森林への影響

温暖化の影響によりブナの分布に適した地域が、将来減少すると予測される。2000年~2005年の森林面積の変化をみると、特に熱帯地域で森林減少が進んでいることが確認できる。森林減少に伴う温室ガスの排出量は、世界全体の排出量の約2割を占めているため、この減少を止めることが、温暖化対策としてきわめて重要になってくる。また森林火災も増加しておりアメリカ西部では大規模な森林火災が1980年代半ばから急増している。1970年~1986年の平均と比べて、森林火災の頻度が約4倍焼失面積は6.5倍以上となっている。原因はいろいろ考えられるが春から夏の気温上昇と春の雪解けの早まりに強く関連しているとされている。

第3節 雪冷房の現状

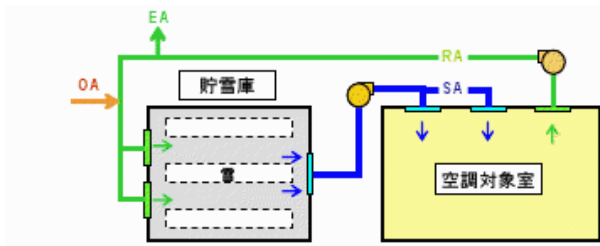
I 雪冷房とは

そもそも雪冷房とは、強制的に雪を溶かすことで冷水とし、それを循環させることで従来の冷房機器と同じ効果をもつ空調機のことである。雪冷房が実際に用いられた有名な例は2008年7月7日から7月9日の期間に開催された第34回主要国首脳会議、いわゆる北海道洞爺湖サミットである。洞爺湖サミットでは、北海道の産学官でつくるプロジェクトの提案により、首脳会見場やプレスセンター・国際メディアセンターで実際に雪冷房が使用された。国際メディアセンターの地下に7000トンちかくの雪を詰めた施設を作ったことによって実現したのである。他にも施設やマンションなど数えるほどではあるが雪冷房は徐々に用いられつつある。

II システムの違い

雪冷房には大きく3つに分けられる。一つ目は全空気循環方式、二つ目は直接熱交換冷風循環システム、三つ目は熱交換冷風循環システムである。

① 全空気循環方式



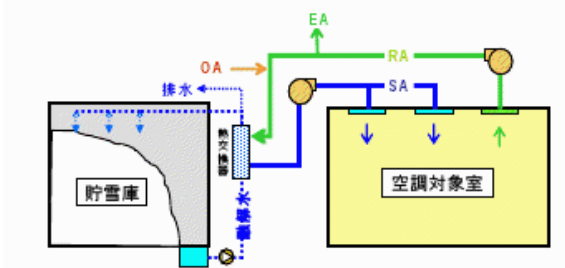
(www.mlit.go.jp/kisha/kisha07/14/141227/02.pdfより出典)

これは空気を雪に直接させることにより冷却する方法であり、送風機を用いて空調対象室と貯蔵庫との間で空気を強制循環させる方法である。

特長は大きく6つ上げられる。1つめは冷風輸送ダクトの配置により大空間の空調が容易に行えること。2つめは集中制御が容易で、システムが簡単であること。3つめはシステムの簡単な拡張により、かなり広い範囲で温度とともに湿度の制御も可能であること。4つめは融解しつつある0℃の雪表面で水溶性ガスや塵埃を吸収、吸着するフィルター効果が期待できること。5つめは水を使用しないことにより、システムの維持、管理が容易であること。6つめはマイナスイオンが発生し、生活環境の快適度が高まることである。しかし、問題点もあり、大きく5つ挙げられる。1つめは冷風を輸送する共通のダクトを通して、音、声が伝播し、プライバシーを保護することが設計上の課題となっていること。2つめは、他の部屋との空気の混合、循環があり、これを防ぐために、空気を全量排気する必要があること。3つめはそのために冷房に必要な雪の量は2倍となり貯雪庫の容量も大きくなること。4つめは個々の部屋の細かな温度調整が難しいこと。5つめは単位断面積当たりの冷熱輸送能力は冷水の1/20であることである。

②熱交換冷風循環システム

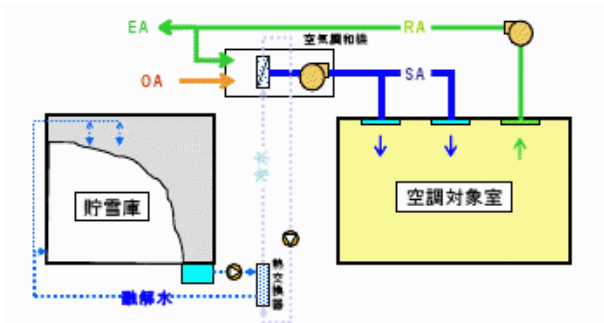
これは、貯蔵した雪の融解水の冷熱を、熱交換器を用いて空気と間接的に接触させ、冷房に使用する方法である。



(www.mlit.go.jp/kisha/kisha07/14/141227/02.pdfより出典)

③熱交換冷水循環システム

これは、貯蔵した雪の融解水の冷熱を、熱交換器を用いて空気と間接的に接触させ、冷房に使用する方法である。熱交換冷風循環システムに加えて、空気と融解水との間に冷水を循環させる。



(www.mlit.go.jp/kisha/kisha07/14/141227/02.pdfより出典)

特徴は大きく6つ挙げられる。1つめは直接熱交換冷風循環方式の特長を引き継ぎ、また前述した問題点の多くを解決できること。2つめは音や臭いなどに関するプライバシーを保護することができること。3つめは小規模で利用時間の定まっていない負荷が多い場合に適すること。4つめは個々の部屋の細かな温度調整が容易であること。5つめは空気の非循環が可能であること。これにより、病院等に設置しても院内感染等の防止対策が簡単となります。6つめは冬期間の集中暖房系統との接続が容易となることである。問題点は、大きく4つ挙げられる。1つめはシステムが若干複雑となること。2つめは水を使用することによりシステムの維持、管理に手間が掛かること。3つめは湿度の制御に工夫を必要とすること。4つめは水溶性ガスや塵埃を吸収するフィルター効果を期待できないことである。

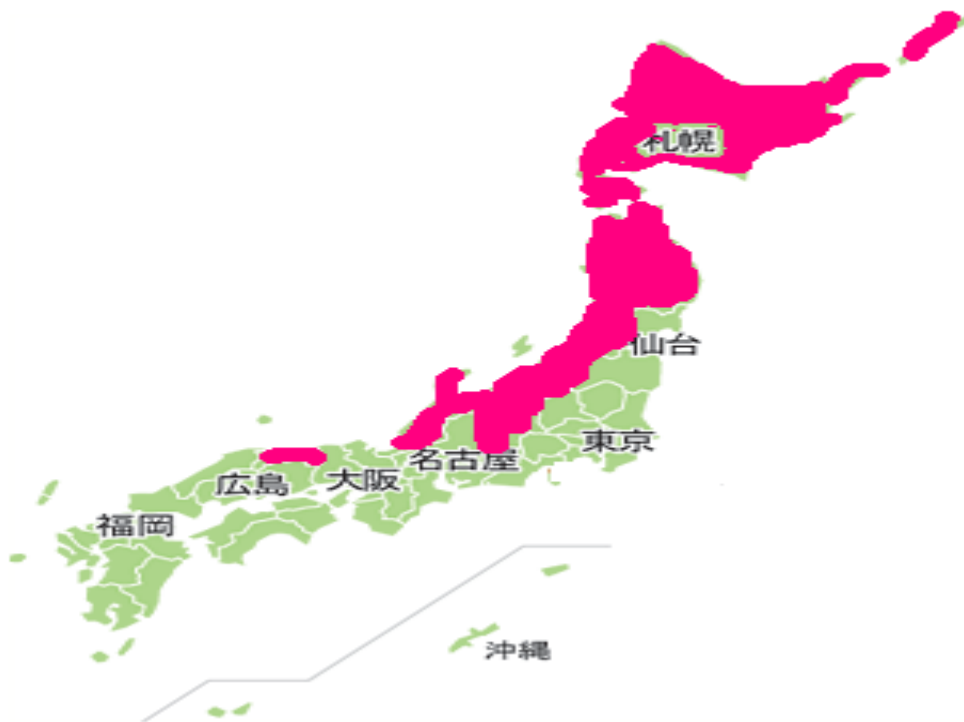
Ⅲ 導入地域

雪冷房を実際に導入するには、以下の条件が必要である。

1. 夏期最高気温が 28℃以上
2. 夏期の日中最高気温 25℃以上の日が 30 日以上
3. 降雪の深さの合計値が 200 cm以上

(先行研究より)

以上の条件を満たす地域は、以下の濃い塗りつぶしの地域である。



(先行研究を参考にグループで作成)

しかし、温暖化がこのまま進行し続ければ、今後導入できなくなる地域が増えてくる可能性がある。また、この後の分析でその効果についても記しているが、実際に私たちの期待通りに採算がとれるかは分からない。そこで私たちは、温暖化の影響を日本で1番受けにくいと考えられ、企業や学校だけでなく農家なども多い北海道だけに絞って導入を推進することにした。

第4節 問題意識

・温暖化を抑えるためには最低でも鳩山首相が先日の国連気候サミットで断言した「2020年までに温室効果ガス 25%削減」を達成することが必要であるが、その 25%削減を達成するためには少しでも多くの温暖化対策が講じられる必要がある。その 1 つとして雪冷房の導入を私たちは提案する。また、今後温暖化が進行した場合の影響や資金面のことを考え、雪冷房の導入地域を当初は北海道だけに限定し、北海道全土に雪冷房を導入した場合にどれだけの二酸化炭素を削減することができ、地球温暖化抑制に貢献することができるのか具体的な数値を計算する。

・雪冷房を導入することによって得ることができる二酸化炭素の削減量を計算し、それらの効果を期待するためには、どれだけの資金が必要となるのかも計算によって割り出す。具体的な資金の数値がわかった後は、その資金調達をどのような方法で行うかを考察する。基本的にまず考えられるのは租税による徴収だが、環境税という新たな名目の税を作ることによって徴収するのか、既存の税を増税することで徴収するのか、そのあたりもグループで議論し最も社会にとって良い税の徴収方法を政策提言の 1 つとして取り上げる。

第2章 先行研究及び本稿の位置づけ

第1節 先行研究

本稿では、媚山政良氏の「雪資源の石油エネルギー換算と二酸化炭素削減効果」、国土交通省の「官庁内における雪冷房システム計画指針」の2つを先行研究として取り扱わせていただいた。先行研究には以下のことが書かれている。

日本では年間約500億トンから900億トンの雪が降りこの雪対策経費は年間4000億円と言われている。この雪と折り合いをつけながら生活している雪国は、国土面積の50%以上を占め、人口は20%に達しており、農業を基盤とする経済基盤は大きい。

先行研究の「雪資源の石油エネルギー換算とCO₂低減効果」では冷房に雪を用いると従来のシステムよりどの程度二酸化炭素を減らし、省エネルギーできるかを分析している。例えば1トンの雪を利用することにより、約10リットルの石油を節約することができ、約30kgの二酸化炭素を抑制することができる。毎年の排雪される雪を利用するだけでも、省エネルギー、環境保全に大きく効果を期待できるだけでなく、少なからず経済効果を見込めるため、「雪に利用」は21世紀の雪国の発展の大きな起爆剤になると述べている。

また、国土交通省「官庁内における雪冷房システム計画指針」は未利用エネルギーのなかでも官庁施設に導入が見込まれ、かつ、温室効果ガス削減効果が比較的高いと想定される雪氷熱を活用した「雪冷房システム」について、その導入を促進し地球温暖化対策や省エネルギー対策のさらなる推進に資するため、計画手法、設計手法、効果の評価手法などを分析している。この先行研究によるとこのシステムの導入には、

期間冷房負荷の算定 → 年間積雪量の確認 → 雪冷房依存率の設定 → 必要貯雪量の算定 → 貯雪の算定 → 貯雪スペース（貯雪容量の算定） → 集雪面積の算定 → 貯雪スペースの確保及び集雪は計画上可能か → 導入効果の試算といったフローを経て雪冷房を導入すること

が好ましいと述べている。この雪冷房を実際に取り入れた先行研究としては、「雪で冷房気持ちいい暮らし」で、平成18年から3年間実際に雪冷房を取り入れ、人が暮らしている状態の報告を行っている。その家では雪冷房を行っているのは3室でダイニングキッチンと和室（10帖と8帖）2室である。雪室は30tの雪が保存可能であり冷風循環方式では比較的大きな配管スペースが必要となる。残雪の高さは春先に270センチで雪冷房を使用すると8月中ごろには0センチになる。雪冷房により外気温30度以上でも26度前後、相対湿度50%程度の快適な状態を維持できる。雪冷房では埃の除去も可能、消臭効果も期待できるが食事や喫煙などの強いレベルの臭いには効果は薄い。

第2節 本稿の位置づけ

これらの研究により本稿では、地球の温暖化と都市部のヒートアイランド化が確実に忍び寄っている現代に今まで邪魔とされていた雪を有効活用し、温暖化の原因となっている二酸化炭素を削減する一歩として「雪冷房」というシステム導入を促進させたいと考える。また、雪冷房を導入する際に発生するコストをいかにして解決するかも本稿では述べる。

第3章 分析

第1節 北海道沼田町の雪冷房導入例

分析方法として、まず実際に雪冷房を導入した北海道沼田町の零音米穀貯蔵施設を例とする。そこから従来の電気冷房と雪冷房を導入した後の消費電力量・消費原油量を比較し、その後雪冷房を導入することで削減した省原油量から二酸化炭素排出量がどれだけ削減されたかを割り出す。その次に電気冷房を使用していた時のコストと雪冷房導入後のコストを比較することで、雪冷房導入による二酸化炭素削減の効果とそれに伴うコストを考察する。

○消費電力量・消費原油量・二酸化炭素削減量

零音米穀貯蔵施設（北海道沼田町） 【冷房面積：1098 m²、雪：1500 t】

等価の電気冷凍機を使用した場合の消費電力量(年間)=43245kWh/年=10.5kL 原油/年①
 雪冷房の消費電力量(年間)=14906kWh/年=3.6kL 原油/年②
 雪冷房での重機運用消費燃料(雪投入経費)=1.5kL 原油/年③
 → 雪冷房導入による省原油量=①-②+③=5.4kL 原油/年④
 → ④によるCO₂ 抑制量=④×2.65kg CO₂=572kg CO₂/年
 (室蘭大学 媚山助教授、北海道経済産業局試算より)

※1 等価の電気冷房を使用した場合の消費電力(消費原油量)から省エネルギー量および二酸化炭素削減量を推定

※2 1kWh=0.2432L の原油使用

※3 1L 原油=2.65kg のCO₂ 発生

この結果を見ると、電気冷房を使用した場合と雪冷房を使用した場合の消費電力量には年間で約3000kWhもの違いがあることがある。30000kWhの消費電力量という、例を挙げれば一般家庭の平均消費電力量量=年間約4482kWh¹というデータを考えればまさに4年半分の全消費電力量を削減できていることになる。さらに消費原油量は年間5.4kLも節約できている。長期に渡って雪冷房を使用すれば原油不足の問題にも良い影響を与えるだろう。最後に二酸化炭素削減量だが、この施設では年間で572kgの二酸化炭素排出量を削減できた。電化製品、自動車などすべてを含めた1世帯当たりの二酸化炭素排出量が年間で約5600kgと言われているため、つまりその約10分の1を雪冷房だけで削減できることがわかった。

これらの結果から、雪冷房を導入することによって地球温暖化を抑制する大きな効果を期待できることがわかった。

¹ <http://www.dds-inc.co.jp/index.php>より

○コスト比較

最初にコストの名称の説明をすると、イニシャルコストとは何かを新規導入する時、または何かを始めるときに発生するコストのことである。ここでは、電気冷房・雪冷房を導入する時にかかるコストで、具体的には送風機やダクトなどにかかるコストである。次にランニングコストとは、機器やシステムを継続的に使うための保守・管理に必要なコストのことである。具体的には電気代のことであり、雪冷房の場合には雪投入費もこのランニングコストに打ち分けられる。最後にトータルコストとはイニシャルコストとランニングコストを合計した値のコストである。

(表1) 従来の電気冷房と雪冷房のコスト比較

零温米穀貯蔵施設(北海道沼田町) 【冷房面積：1098 m² 雪：1500 t】

項目	電気冷房 (万円/年)	雪冷房 (万円/年)	比率
イニシャルコスト	267.2	472.6	1.77 倍
ランニングコスト	90.8	55.3	0.61 倍
トータルコスト	358	527.9	1.47 倍

(第8章 新エネルギー導入プロジェクトより作成)

コスト内訳(万円/年)

イニシャルコスト				ランニングコスト			
従来の電気冷房		雪冷房		従来の電気冷房	雪冷房		
空調機	14.5	貯雪庫	186.4	電気代	90.8	電気代	31.3
エアハンドリング ユニット	21.4	送風機	22			雪投入費	24
送風機	22	ダクト	92.7				
ダクト	92.7	電気、制御、計装	33.4				
電気、制御、計装	47.3	労務費、経費	138.1				
労務費、経費	69.3						
計	267.2	計	472.6	計	90.8	計	55.3

(第2回新エネルギー部会資料、室蘭工業大学 媚山政良より作成)

※耐用年数 電気冷房 14年 雪冷房 21年
 ※運転期間 5月～8月(123日)

図のとおり、雪冷房を導入した場合、従来の電気冷房の場合と比較するとトータルコストで約 1.5 倍のコストがかかってしまうことがわかった。やはり雪を保存するための貯雪庫の設置に費用がかかってしまうのと労務費・経費も電気冷房と比べるとコストがかかってしまうことが内訳からもわかる。しかし、耐用年数を見ると電気冷房が 14 年なのに対し雪冷房は 21 年と 7 年もの差があるため、長期的な視野で考えると雪冷房の方がコストはかからないと考えられる。

第2節 空知支庁の雪冷房導入例

日本のエネルギー自給率は4%、原子力を合わせても19%しかない。したがって、冷熱エネルギーは貴重なエネルギー源であり、今後一層の拡大をしていく必要がある。

2005-06 年度、空知支庁では、夏季の庁舎の冷房に雪を利用する試験を行った。表9-3はその結果をまとめたものである。一般の電気冷房は設備の設置・撤去に48万8850円かかる一方、雪冷房はコンテナや雪山造成費用などで133万1930円の費用がかかっている。電気料金は電気冷房が5426円に対して雪冷房は524円と費用が10分の1に抑えることが可能になっている。しかし、ランニングコストで圧倒的に優位にありながら、イニシャルコストが大きいために、短期的に総費用は電気冷房に大きく差をつけられてしまうのである。しかも、この実験では、パーク材の代金と運搬費用について昭和マテリアルの、SCSコンテナとファンコイルユニットについて伊藤組の無償協力を得ている。そのため、両者のイニシャルコストの差はさらに大きくなる。

また、空知支庁では、上記試験の結果を参考にして、雪冷房と電気冷房のライフサイクルアセスメントを行っている。その結果は表9-4に示したとおりだが、イニシャルコストの影響で、長期的にも電気冷房に対してコストで劣位にあることが示されている。

今後の対策として、雪を保存するスペースの小型化など、イニシャルコストのさらなる削減とともに、イニシャルコストに対する助成等の措置が必要となってくる。

表9-3 雪冷房と電気冷房のコスト比較①

①設置・撤去費用等

雪冷房		電気冷房	
資材	293,753	エアコン(22畳用)	257,000
重機使用	295,050	エアコン(8畳用)	147,000
雪山造成等費用	225,225	設置費用(22畳用)	19,800
雪冷房配管等設置・撤去費用	344,652	設置費用(8畳用)	15,800
JRコンテナ使用料	173,250	撤去工事	35,600
		法定リサイクル料金	7,350
		運搬料金	6,300
合計	1,331,930	合計	488,850

②電気料金

雪冷房		電気冷房	
期間消費電力量	48.1		497.8
電気料金	524		5426
1日あたりの電気料金	27.6		285.6

※運転日数19日・1日の稼働時間を8時間として計算。

出典：空知支庁他（2007）

表9-4 雪冷房と電気冷房のコスト比較②

①設置・撤去費用等

雪冷房		電気冷房	
資材	32,198	エアコン(22畳用)	257,000
重機使用	96,600	エアコン(8畳用)	147,000
雪山造成等費用	0	設置費用(22畳用)	19,800
雪冷房配管等設置・撤去費用	344,652	設置費用(8畳用)	15,800
JRコンテナ使用料	0	撤去工事	35,600
パーク材(30㎡)	15,000	法定リサイクル料金	7,350
SCSコンテナ	500,000	運搬料金	6,300
ファンコイルユニット	120,000		
パーク材廃棄料	157,500		
合計	1,265,950	合計	488,850

②電気料金

雪冷房		電気冷房	
耐用年数	21		14
総運転時間	10,080		6,720
期間消費電力量	3,185		22,008
電気料金	34,717		239,865
1日あたりの電気料金	28		286

※1日の稼働時間を8時間として計算。

③総費用・1年当たりの費用

雪冷房		電気冷房	
総費用	1,300,667		728,715
1年当たりの費用	61,937		52,051

パーク材を再利用した場合

雪冷房	
総費用	1,108,450
1年当たりの費用	52,783

出典：空知支庁他（2007）

第3節 美唄市の雪冷房導入例

まず、参考施設として美唄の雪冷房マンション「ウエストパレス」を参考にした。施設諸元等はNEDOのHPに掲載されている「IEA（国際エネルギー機関）データベース CADDET 事業 情報先進諸国省エネルギー・新エネルギー事業例 プロジェクト番号JP-2003-024」及び「美唄市地域新エネルギービジョン」を参考にしている。

雪冷房システムと電気冷房システムのシステム概要として、雪冷房システムは、ウエストパレスでは、24戸（地上6階、各階4戸）の居間に雪冷房を利用している。冬期に駐車場から除雪された雪を、春先に貯雪庫（貯雪容量約100トン）に投入して冷熱源を確保し、7月初旬～8月中旬の冷房に対して利用を行っている。この期間中に外気温度が一定温度を超えると、室温24℃、湿度55%に保つよう冷房を行う。電気冷房システムは熱交換（冷水循環）方式である。冬の暖房期には、2次循環系は真空式温水ヒータに接続され、暖房に活用されている。

雪冷房の比較対象として、各部屋にルームエアコンを設置した場合を想定した。ルームエアコンは省エネタイプの製品で、消費電力、価格等はメーカーカタログ及び電気店聞き取りの数値を参考にした。年間維持費を見てみると電気冷房と比べるとかなり低く抑えられることがわかる。

表IV-15 雪冷房と電気冷房のシステム概要

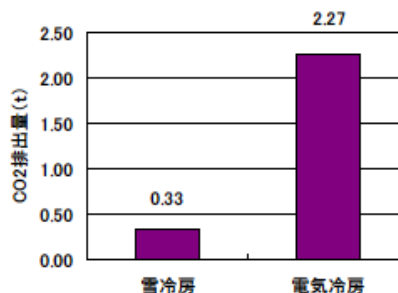
項目		雪冷房		電気冷房	
設定条件	温度	24～25℃		25℃	
	湿度	55～60%		-	
	施設利用期間	7月初旬～8月中旬（150時間）		7月初旬～8月中旬（150時間）	
施設諸元	冷房面積	600m ² （25m ² /戸×24戸）		600m ² （25m ² /戸×24戸）	
	貯雪量	100t		-	
	機械設置台数	ポンプ（0.25kW×4機） FCU（0.054kW×24機） 合計：1.3kW		ルームエアコン 24機 （消費電力1.21kW・冷房能力4.0kW） 合計：29.04kW	
電力使用	使用方法	外気が一定温度を超えると稼働		雪冷房と同条件で使用	
	使用量(kWh/年)	629		4,356	
建設費 工事費	(千円)	貯雪庫建設費	19,120	ルームエアコン	3,720
		設備費（熱交換器、ポンプ、FCU、計装設備）	7,650	電気工事費	360
		配管工事費	1,080		
		合計	27,850	合計	4,080
年間 維持費	(千円/年)	電力料金	14	電力料金	100
		雪投入費	50		
		合計	64		100

(<http://www.mai-net.jp/gyosei/newenergy2/vision041.pdf>より出典)

次に年間CO₂排出量を電気冷房と比較した場合、雪冷房では1.94 t/年のCO₂ 排出量を削減できると見込まれる。

表IV-16 年間CO₂排出量

項目	単位	計算式	雪冷房	電気冷房
年間電力使用量	kWh/年	A	629	4,356
CO ₂ 排出係数	kg-CO ₂ /kWh	B	0.52	
年間CO ₂ 排出量	t-CO ₂ /年	C=A×B/1000	0.33	2.27

図IV-15 雪冷房と電気冷房のCO₂排出量の比較

(<http://www.maoi-net.jp/gyosei/newenergy2/vision041.pdf>より出典)

雪を利用した施設冷房におけるコスト試算では、年間コストは、年間の電気使用量、雪投入費、建設費を耐用年数で除した減価償却費の合計とする。雪冷房と電気冷房の年間コストは、それぞれ474 千円と508 千円となり、補助を使用した場合、雪冷房のほうが低くなる。

表IV-19 年間コスト

項目	単位	計算式	雪冷房	電気冷房
建設費・設備費	千円	A	27,850	4,080
補助 ^{※1}	千円	B	50%	-
補助使用での施設建設費	千円	C=A×B	13,925	4,080
施設耐用年数 ^{※2}	年	D	34	10
減価償却費	千円	E=C÷D	410	408
年間電気料金	千円	F	14	100
雪投入費	千円	G	50	-
年間コスト	千円	K=E+F+G	474	508

※1 「バイオマス等未活用エネルギー実証試験事業」(NEDO)等を想定

※2 雪冷房の耐用年数は、各設備の平均値

(<http://www.maoi-net.jp/gyosei/newenergy2/vision041.pdf>より出典)

第4節 まとめ

以上が、私たちがいくつかの導入例から抜粋した3つの例である。3つの導入例に共通しているのは、二酸化炭素の削減はそれなりの効果が期待できる。しかし、電気冷房と比較するとイニシャルコストがかかってしまうため、結果的にトータルコストも雪冷房のほうがかかってしまうことがわかった。

では、北海道のすべての事業所で雪冷房を導入した場合、どれほどの二酸化炭素削減量が期待でき、どれほどのコストがかかって、どれだけの資金を必要とするのかを計算する。

期待できる二酸化炭素削減量

- $\{1.94\text{t (美唄市の削減量)} + 0.57\text{t (沼田市の削減量)}\} \div 2 = 1.25\text{t/年}$
- $1.25\text{t} \times 238,838 \text{ (平成 16 年度の北海道の事業所数)} = 298,538.75\text{t}$

つまり北海道の事業所すべてで雪冷房を導入した場合、倉庫の大きさなどに違いはあるものの約 **298,538.75t** もの二酸化炭素の削減を期待できる。すべての事業所に雪冷房を導入することは非現実であるため、実際はこれよりも削減量は小さくなるだろうが、それでも地球温暖化の抑制には大きな貢献を果たすことができる。

予想されるコスト

- $\{472.6 \text{ 万円 (沼田市のイニシャルコスト)} + 133.1 \text{ 万円 (空知支庁のイニシャルコスト)} + 2785 \text{ 万円 (美唄市のイニシャルコスト)}\} \div 3 = \text{約 } 1130 \text{ 万円}$
- $1130 \text{ 万円} \times 238,838 \text{ (平成 16 年度の北海道事業所数)} = 269,886,940 \text{ 万円}$

実際に、北海道のすべての事業所に対して雪冷房を導入することは不可能であると思われるため、これほどまでの資金を捻出する必要はない。さらに雪冷房を実際に導入することになれば、電気冷房と比較して償却年数が長いうえに電気代も大幅に抑制できるため、資金の一部は導入者側の負担とする。しかし、それでも多大な費用を捻出しなければならないであろう。

第4章 政策提言

第1節 消費税増税による環境税の徴収

分析の結果からもわかるとおり、雪冷房の導入によって二酸化炭素の削減に関する効果は期待できるが、導入の際に多額の資金を必要とする。分析の結果から、雪冷房の導入に際して約 2 兆 6 千億円もの資金を用意しなければならない。そこで私たちは消費税を増税し、その増税分を環境税として使用するという政策を提言する

現在、日本では消費課税が 4%に定められていて、消費税 4%の徴収額は平成 19 年度で国税の約 10 兆円¹である。つまり単純計算すると、消費税を 1%引き上げることで約 2.5 兆円の増収を見込むことができる。その増収分を環境税という名目で雪冷房の導入資金の一部として充てる。

確かに、消費税というのは消費全般に対して課税される為、低所得者ほど税に対する負担割合が大きくなる、いわゆる逆進性を持っているので、消費税の増税というのは所得に対する負担率の割合をさらに大きくすることを意味する。しかし、消費税というのはその徴収分で所得再分配や貧富の格差是正を行い、機会均等や社会的公正を実現する制度であり、今回の場合は、二酸化炭素の削減による地球温暖化の抑制という、国民全員が恩恵を受けられるため、私たちはこういった形で資金調達を行うことにした。また、北海道だけに雪冷房を導入するのに日本国民全員がその負担をするのはおかしいという意見もあるかもしれないが、北海道の二酸化炭素削減量は日本の二酸化炭素削減量ということになる。つまり、日本全体での二酸化炭素排出量削減につながるため問題ないと私たちは考えている。

消費税の増税による資金調達は、負担者や受益者など総合的に見た場合、最も効果的な方法の 1 つだと思い、私たちはこれを政策提言とした。

第2節 道路特定財源制度を利用した資金調達

ガソリン税、自動車取得税などの道路特定財源制度を雪冷房導入を始めとした地球温暖化抑制を用途とする形で復活させ、その徴収分を雪冷房の導入資金の一部に充てることを 2 つ目の政策提言とする。

2008 年いっぱいまで廃止された道路特定財源制度は、ガソリン税以外にも揮発油税、地方道路税、自動車取得税、自動車重量税、軽油取引税に課せられていた。これらにかかっている本来の税率と暫定税率は以下に示すとおりである。

¹ 国税庁 HP より

税目		本則税率	現行暫定税率
自動車取得税		3%	(除く営業用・軽)5%
ガソリン税		28.7 円/リットル	53.8 円/リットル
	(揮発油税)	24.3 円/リットル	48.6 円/リットル
	(地方道路税)	4.4 円/リットル	5.2 円/リットル
軽油引取税		15.0 円/リットル	32.1 円/リットル
自動車重量税		2,500 円/0.5t	6,300 円/0.5t

(国税庁 HP より作成)

※自動車重量税は法律上は一般財源だが、実行上道路特定財源とされている。

◎現在適用されている暫定税率は 2008 年 3 月末（自動車重量税は 4 月末）までのもの。

この道路特定財源によって国と地方合わせて約 5 兆円の税収が見込めていた。実際には、5 兆円もの資金は必要でないため、もう少し税率を下げて約 1 兆円の税収が見込めれば十分であろう。道路の一般財源化や暫定税率の是非は現在も議論されているが、その暫定率を道路のためではなく環境のための用途として復活させようというのが私たちの提言である。

廃止された暫定税率が復活することになれば、国民の生活をさらに圧迫することが予想される。しかし、地球温暖化の進行が全世界で深刻な問題となっている現在の世の中で、環境を良くするためにお金がかかるのは仕方ないことだと私たちは考えた。また、ガソリン税の値上がりによって自動車の利用が減り、それによる排気ガスの削減もこの政策では期待できる。1 つ目の政策提言の消費税増税の場合と同様に若干の不公平さはあるが、受益者は日本国民全体のため問題ないであろう。

先行論文・参考文献・データ出典

《先行論文》

媚山政良(2003)「雪資源の石油エネルギー換算と二酸化炭素低減効果」
国土交通省(2008)「官庁内における雪冷房システム計画指針」

《参考文献》

- ・環境省ホームページ
- ・環境省地球環境局「地球温暖化の影響・適応情報資料集」
- ・熱中症環境保健マニュアル
- ・環境省地球環境局 STOP THE 温暖化 2008
- ・国税庁ホームページ

《データ出典》

- ・新エネルギー導入プロジェクト

http://gyosei.vill.hakuba.nagano.jp/somu/plan/new_energy/new_energy_08.pdf#search
2009年9月29日

- ・徳田拓也 第9章利雪事業の導入条件とは何か

<http://www.asa.hokkyodai.ac.jp/research/staff/kado/08ch9.pdf#search>
2009年10月6日

- ・長沼町新エネルギービジョン <http://www.maoi-net.jp/gyosei/newenergy2/vision041.pdf>

2009年10月6日