

積雪寒冷地における自然エネルギー利用技術の開発研究

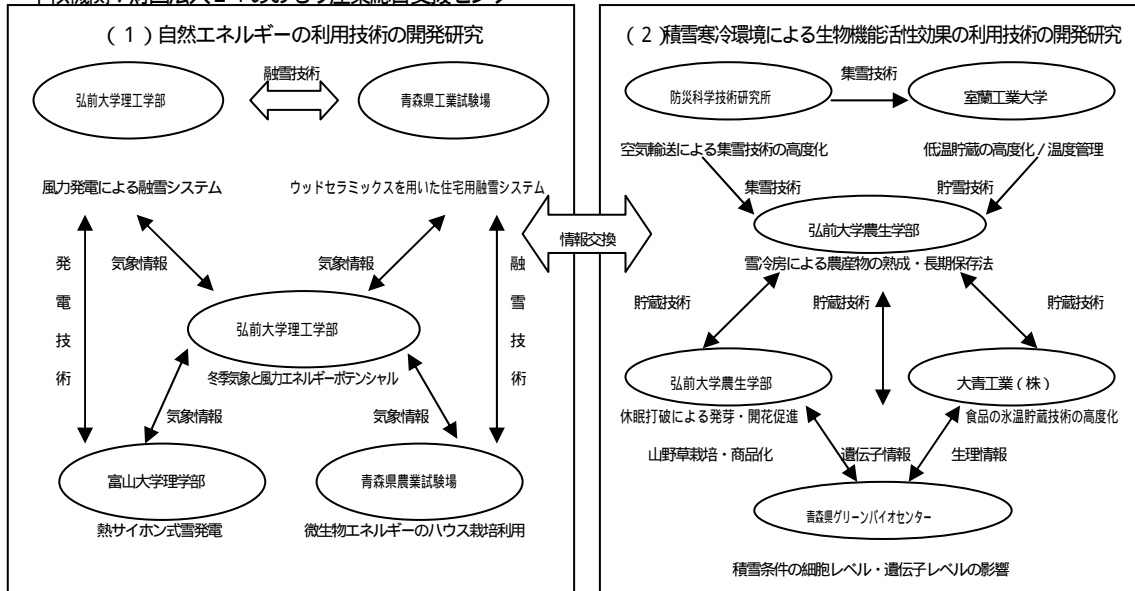
平成12年度～平成14年度

研究代表者 力石 國男（弘前大学理工学部教授）

研究の概要・目標	諸外国の現状	研究進展・成果がもたらす利点
<p>1. 何を目標しているのか</p> <p>青森県では、毎年平野部に多量に降る雪が住民の生活に支障をきたし、その克服が大きな課題となっている。本研究では雪を貴重な資源としてとらえ、風力等の豊富な自然エネルギーを雪対策に利用し、また雪や寒さが植物・食品等に及ぼす影響を科学的に解明して農産物や食品の付加価値を高め、産業の振興と地域の活性化に寄与する。</p> <p>《3年後の目標》</p> <p>冬季気象・風力エネルギーポテンシャルマップの作成 風力発電・ウッドセラミックス等を利用した融雪システムの実用化 雪冷房による農作物の長期貯蔵等による高付加価値化の応用</p> <p>2. 何を研究しているのか</p> <p>青森に存在する自然エネルギーである雪、風力、バイオマス等を活用して、雪問題の克服と利雪に向けた研究を行っている。</p> <p>また、農作物等の雪中貯蔵の効果解明と、貯蔵システムの高度化により、地域産業の活性化を目指した研究を行っている。</p> <p>3. 何が新しいのか</p> <p>豊富な積雪等地域特性を生かした自然エネルギー利用システムを構築する研究は例がない。</p>	<p>1. 現状</p> <p>我が国は大陸東方の島国に位置しているため、温帯南部には珍しく多雪国家である。このため人口の密集した地域に多量の雪が降り、雪問題が生じている。しかし世界的にみれば、豪雪地帯は人口の少ない高山地帯や北極圏にあり、先進国では日本のような雪問題が存在しない。このため、日本のような雪対策の研究の必要性がない。したがって、本研究の多くの研究課題は、諸外国にはほとんど例がない。</p> <p>2. 我が国の水準</p> <p>雪対策については、我が国の研究は諸外国に比べてかなり高い水準にあると思われる。しかし風力発電については、まだ十分に資源が活用されていない。また積雪条件や水温が生物に及ぼす作用については、一部のみに経験的に知られているだけで、科学的な解明がなされていない。今後の発展が期待される分野である。</p> <p>水温技術は鳥取県で開発されたものであるが、青森県は農産物や水産物に恵まれているので、水温貯蔵の応用範囲が非常に広いといえる。</p>	<p>1. 世界の水準との関係</p> <p>我が国は島国であるため、地価が一定しておらず、また冬季積雪・着氷の問題が生じる。このため風力発電については、経験を積んで独自の技術を開発しなければならぬ。また、フロストシーディングについても、北アメリカやカナダとは気候も栽培性も全く異なるので、独自の技術を開発しなければならぬ。未開拓の分野であるので、研究の意義が大きいといえる。</p> <p>2. 波及効果</p> <p>クリーンな風力発電とウッドセラミックスを併用した融雪システムが普及すれば、コミュニティ規模の雪処置が可能となり、地域住民の生活がかなり改善される。微生物の発酵エネルギーの利用が実用化されれば、農業施設への応用が見込まれ、冬季のハウス栽培が普及することが期待される。</p> <p>集雪技術が改良され雪貯蔵施設が普及すれば、青森県の豊かな農産物の長期保存が可能となり、農業の振興に著しく寄与する。</p> <p>持続的な低温状態が生物に与える影響が科学的に解明されれば、農作物や水産物、加工食品の付加価値を飛躍的に高めることが可能となり、関連産業の振興に著しく貢献する。また積雪条件による休眠打破のメカニズムが解明されれば、山野草の発芽や開花の促進が可能となり、園芸化と商品化が可能となる。</p>

研究実施体制及び研究内容

中核機関：財団法人21あおもり産業総合支援センター



個別研究テーマ

- 青森県の冬季気象および風力エネルギーポテンシャルの観測研究
- 冬季季節風を利用した風力発電による融雪システムの実用化に関する研究
- 熱サイホン式雪発電の基礎的研究
- 多孔質炭素材料ウッドセラミックスを用いた住宅用融雪システムの研究
- 微生物の発酵エネルギーを活用したハウス栽培の高度化

個別研究テーマ

- 雪冷房による食品素材およびその加工品の品質保持法に関する基礎研究
- 冬期積雪条件が青森県の特産作物に及ぼす細胞レベル・遺伝子レベルの影響調査
- 食品の氷温貯蔵技術の高度化に関する研究
- 雪氷を利用した植物種子の発芽および開花促進に関する研究
- 雪貯蔵施設への雪の集積技術に関する研究
- 農産物の低温貯蔵システムおよび低温維持管理システムの高度化に関する研究

所要経費一覧

(単位:千円)

研究項目	担当機関等	研究担当者	H12 年度	H13 年度	H14 年度	所要経費
1.自然エネルギー利用技術の開発研究	弘前大学 理工学部	力石 國男	22,360	29,384	24,299	76,043
(1)青森県の冬季気象および風力エネルギーポテンシャルの観測研究	弘前大学 理工学部	力石 國男	1,965	4,623	3,662	10,250
(2)冬季季節風を利用した風力発電による融雪システムの実用化に関する研究	弘前大学 理工学部	稲村 隆夫	6,767	10,435	3,193	20,395
(3)熱サイホン式雪発電の基礎的研究	富山大学 理工学部	対馬 勝年	6,092	2,858	2,957	11,907
(4)多孔質炭素材料ウッドセラミックスを用いた住宅用融雪システムの研究	青森県 工業試験場	岡部 敏弘	5,511	7,622	9,061	22,194
(5)微生物の発酵エネルギーを活用したハウス栽培の高度化	青森県 農業試験場	多田 久 H12 伊藤 秀則 H13 金谷 浩 H14	2,025	3,846	5,426	11,297
2.積雪寒冷環境による生物機能活性化効果の利用技術の開発研究	弘前大学 農学生命科学部	中村 信吾	41,701	37,862	38,054	117,617
(1)雪冷房による食品素材およびその加工品の品質保持法に関する基礎研究	弘前大学 農学生命科学部	中村 信吾	7,799	7,460	9,794	25,053
(2)冬期積雪条件が青森県の特産作物に及ぼす細胞レベル・遺伝子レベルの影響調査	青森県グリーン バイオセンター	長谷川 一	5,306	4,298	7,044	16,648
(3)食品の氷温貯蔵技術の高度化に関する研究	大青工業 株式会社	服部 國彦	6,319	9,142	2,592	18,053
(4)雪氷を利用した植物種子の発芽および開花促進に関する研究	弘前大学 農学生命科学部	杉山 修一	6,734	6,715	7,619	21,068
(5)雪貯蔵施設への雪の集積技術に関する研究	長岡雪氷防災研 究所	小林 俊市	7,492	5,520	5,434	18,446
(6)農産物の低温貯蔵システムおよび低温維持管理システムの高度化に関する研究	室蘭工業大学 工学部	媚山 政良	8,051	4,727	5,571	18,349
3.本研究の課題の推進管理	財団法人21あ おもり産業総合 支援センター		5,820	4,656	5,095	15,571
合計			69,881	71,902	67,448	209,231

1(6)の研究担当者は人事異動による交替

研究成果の概要

総括

青森県は全67市町村が豪雪地帯に指定されており、県庁所在地の青森市をはじめ、人口が集中する平野部に多量の降雪があることが大きな特徴である。この冬季の厳しい自然環境が地場産業の発展を阻害し、人口の減少を誘発している。しかし道路、屋根、住宅地の雪の排除や冬季交通確保などの雪対策技術の開発はほぼ限界に達していることから、私たちは雪の持っているマイナス面をプラスに変える科学技術の開発、すなわち積雪寒冷環境の長所を活用する技術開発に研究の焦点を絞った。それらは、1) **自然エネルギーの活用**、2) **雪の冷熱エネルギーの活用**、3) **積雪寒冷環境の活用**に要約することができる。具体的な研究の手法はバリエーションに富んでいるが、全ての研究課題は雪が持っているマイナス面をプラスに変えるという点に収斂している。いずれも農業、水産業などの第一次産業の振興に直結しており、地域振興に欠かすことのできない課題である。

本研究のほとんどの課題は新規に始められたものであったが、3年間の努力によりおおむね所期の目的を達成することができた。研究の重要性や今後の発展が見込めるところまで到達したので、今後は各課題が独自に発展してゆくことを確信している。本研究の実施によって新しい研究分野を開拓できたこと、県内に産官学の研究グループを育成し得たこと、とくに若い研究者の参加を得ることができたことなどは、今後の発展につながるものであり、地域先導研究の趣旨に沿うものであるといえる。

サブテーマ毎、個別課題毎の概要

サブテーマ1. 自然エネルギーの利用技術の開発研究」

青森県の豊富な自然エネルギー（風力エネルギー、地熱エネルギーなど）の有効利用は、住民の生活向上に資するばかりでなく、21世紀のエネルギー問題にも寄与する。サブテーマの「自然エネルギーの利用技術の開発研究」では、季節風を利用した融雪システムや人工構造物による風力エネルギーの集中化技術の開発を行い、微生物の発酵エネルギーの冬季ハウス栽培への利用、ウッドセラミックスの赤外線放射特性を利用した融雪システムの開発、雪の冷熱エネルギーを利用した温度差発電などの課題に取り組んだ。個別課題毎の研究概要は以下のとおりである。

青森県の冬季気象及び風力エネルギーポテンシャルの観測研究（弘前大学理工学部）では、青森県の積雪資源分布や局地的な降雪特性を明らかにした。陸奥湾海上や下北半島の鞍部地形で年平均風速7～8m/sもの強い風が吹いていることを観測し、将来の有力な風力発電基地であることを実証した。また鞍部地形に似せた人工構造物によって風力エネルギーを集中化させることにより効果的な風力発電が可能であることを示した。

冬季季節風を利用した風力発電による融雪システムの実用化に関する研究（弘前大学理工学部）では、津軽平野において季節風を利用した風力発電による融雪実験を行った。風車を取り囲む管状の構造物（風レンズ）がより多くの風を吸い込むことを室内実験と数値シミュレーションで実証した。また、ウッドセラミックスを混入した融雪面に凹凸面を設けることで融雪効率を向上させる高性能融雪面技術を開発し、風力発電を併用した融雪システムを提案した。

熱サイホン式雪発電の基礎的研究（富山大学理学部）では、高さ5.5m、上昇管太さ150mm、内部に液噴射装置を含む大型熱サイホン発電実験装置を試作した。5kwのヒーターで加熱し、雪で冷やした冷水を凝縮器に通して、25g/sの流れを得た。上昇管および膨脹缶を改造し、蒸気流の20倍の液相を含む気液混相流を実現し、上端に獲得される位置エネルギーを飛躍的に増大させた。復流液を本のノズルからタービンに噴射し、他励式発電機を回し、豆電球と発光ダイオードを60分間にわたって連続点灯させた。

多孔質炭素材料ウッドセラミックスを用いた住宅用融雪システムの研究（青森県工業試験場）では、高い赤外線放射特性を持つウッドセラミックスを融雪に利用する場合の技術的な問題点（強度、安定性、耐久性など）を調査研究した。最終的に表面に10～30%のウッドセラミックスを混入した融雪タイルを開発し、その性能を野外実験で実証した。また、同時に開発したソーラー電源・二重層コンデンサー・ウッドセラミックスを組み合わせた融雪システムが、住宅用に徐々に普及してゆくことが期待される。

微生物の発酵エネルギーを活用したハウス栽培の高度化（青森県農業試験場）では、青森県の主要農産物である米・リンゴの廃棄物（稲わら、米ぬか、果実搾汁残渣）と鶏糞を混ぜて発酵させ、温度を長期間（40～50日間）にわたって高温（60～60℃）に保つことに成功した。パワーヒートパイプに水を循環させて取り出した発酵エネルギーを実際のハウス栽培に利用して、葉物野菜の栽培で燃料を約30%節約できることを実証した。

サブテーマ2. 積雪寒冷環境による生物機能活性効果の利用技術の開発研究」

雪が持っている冷熱エネルギーは、環境にやさしい冷房設備を生み出すだけでなく、農産物や食品等を長期間保存することを可能にする。サブテーマ「積雪寒冷環境による生物機能活性効果の利用技術の開発研究」では、雪や氷温を利用した食品貯蔵方法の高度化や、積雪寒冷環境が植物細胞に与える低温耐性や休眠打破、生化学的活性作用等についての調査研究を行った。これらの研究を支えるものとして、低温貯蔵システムや雪輸送技術の高度化に取り組んだ。個別課題毎の研究概要は以下のとおりである。

雪冷房による食品素材およびその加工食品の品質保持法に関する基礎研究」(弘前大学農学生命科学部)では、雪室貯蔵の利点(および限界)を科学的に綿密に分析した。貯蔵品としては、農産物だけでなく加工食品、飲料等を用い、鮮度や栄養成分の保持、長期貯蔵に伴う微生物菌の発生を調査した。また電気冷蔵や各種形態の雪室の性能を相互比較して、最終的には安定した低温と高湿度が保たれる自然対流方式の雪室が食品貯蔵方法として最適であるとの結論に達した。

冬季積雪条件が青森県の特産作物に及ぼす細胞レベル、遺伝子レベルの影響調査」(青森県グリーンバイオセンター)では、北海道、青森、宮城、茨城、三重、鹿児島での比較栽培研究により、全国一のシェアを持つニンニク(福地ホワイト)が青森県の気象条件でのみ高品質の生産が可能であることを実証した。現在組織培養によって低温耐性をもつ細胞の探索を続けており、また積雪寒冷環境がアミロ酸代謝やニンニクの品質、低温耐性に及ぼす細胞レベルの影響についても調査を続けている。

食品の氷温貯蔵技術の高度化に関する研究」(大青工業株式会社)では、氷温貯蔵技術を青森県の主力生産物である米、リンゴ、ヒラメ、すし身(かまぼこ)に応用して、氷温貯蔵とCA貯蔵を併用することにより、新米やリンゴを翌年の6月以降に出荷することが可能であることを実証した。また酸素を封入することにより、ヒラメの無水状態の生存時間を24時間以上に延ばすことに成功した。氷温貯蔵による食味の向上、栄養素の保持についても科学的な分析を行った。

雪氷を利用した植物種子の発芽及び開花促進に関する研究」(弘前大学農学生命科学部)では、山野草の低温処理が種子の休眠を打破し発芽・成長を促進させることを実証した。ママウズラの葉切片由来カルスと菌根菌を共生培養することにより、植物体を再生させることに成功した。小麦の凍結耐性や雪腐病耐性は播種時期に依存していることを実証し、また植物体は細胞壁を増強することによりこれらの低温耐性を獲得していることを示した。

雪貯蔵施設への雪の集積技術に関する研究」(防災科学技術研究所長岡雪氷防災研究所)では、固気分離装置を組み込んだ吸引式雪輸送実験装置を試作して、時間当たり10トンの雪を30mの輸送管で集め、10mの排雪管で上方へ圧送することに成功した。さらに、4ト積トラックに積載可能な雪輸送装置を作成して、実際に雪貯蔵施設への雪輸送実験を行い性能を確認した。

農産物の低温貯蔵システムおよび低温維持管理システムの高度化に関する研究」(室蘭工業大学工学部)では、古い既設倉庫の雪利用低温貯蔵室(雪室)への改造技術の開発に取り組んだ。また、粉殻燻炭(粉炭)を大量に使用して倉庫内のエチレンガス(農産物の老化ガス)を除去する技術開発に取り組み、エチレンガスを90%吸着させることに成功した。

波及効果、発展方向、改善点等

本研究で得られた知見は青森県の行政に大きな影響を与え、本研究を発展させた事業が展開されている。例えば、平成13年に策定された「青森県雪対策基本計画」に雪を積極的に活用する施策が盛り込まれ、雪の冷熱エネルギーの活用の促進、普及啓発「自然エネルギーを活用した消融雪技術の開発」、雪の冷熱エネルギーを活用した産業の振興「積雪寒冷条件を活用した農業の振興」利雪、克雪に係る調査研究体制の整備などが重点施策として取り上げられている。また平成15年3月に立ち上げた「冬の農業推進プラン」では、「青森の冬の寒さを雪を活かした冬の農業の展開」、地域新エネルギー(太陽光、風力、地熱、バイオマスエネルギー、雪氷の冷熱エネルギーなど)の農業利用に向けた技術開発の促進、地域新エネルギーの利用による野菜、花卉、果樹の施設栽培の推進などが重点施策として掲げられている。青森県企画部は平成15年度に3カ年計画の「雪産業創造支援事業」を立ち上げ、雪氷の冷熱エネルギーを利用した新産業の創出に関わる研究課題(3件)を助成している。また青森県農業試験場では、平成15~17年度に「雪の冷熱エネルギーを利用した野菜・花卉生産技術の確立」とい研究課題に取り組む。そのなかで「簡易貯雪技術の確立」、「冷熱エネルギーを利用した夏秋野菜の栽培」、「冷熱エネルギーを活用した花卉の新作型の確立」、「融雪調整による野菜運出し技術の確立」、「風力エネルギー・地中熱応用のハウス支援システムの開発」(環境庁補助事業)を展開している。

このように、本研究の成果は、青森県の主要産業である農業、水産業、食品工業などの地域産業の振興に資するものである。反省点としては、多くの研究が新規にスタートしたために、また多くの実験観測が季節的に限られていたため、研究成果を印刷論文として公表するのが間に合わなかったことである。今後、研究成果を1日も早く印刷し、研究をさらに進展させて地域産業の振興に寄与したい。

研究成果公表等の状況

(1) 研究発表件数

	原著論文による発表	左記以外の誌上発表	口頭発表	合計
国内	平成12年度 4件	平成12年度 8件	平成12年度 11件	平成12年度 23件
	平成13年度 12件	平成13年度 10件	平成13年度 32件	平成13年度 54件
	平成14年度 19件	平成14年度 22件	平成14年度 33件	平成14年度 74件
国際	平成12年度 0件	平成12年度 0件	平成12年度 0件	平成12年度 0件
	平成13年度 2件	平成13年度 0件	平成13年度 0件	平成13年度 2件
	平成14年度 4件	平成14年度 0件	平成14年度 0件	平成14年度 4件
合計	平成12年度 4件	平成12年度 8件	平成12年度 11件	平成12年度 23件
	平成13年度 14件	平成13年度 10件	平成13年度 32件	平成13年度 56件
	平成14年度 23件	平成14年度 22件	平成14年度 33件	平成14年度 78件

(2) 特許等出願件数

平成12年度 1件 (うち国内1件、国外0件)

平成13年度 0件 (うち国内0件、国外0件)

平成14年度 0件 (うち国内0件、国外0件)

合計 1件 (うち国内1件、国外0件)

(3) 受賞等

平成12年度 0件 (うち国内0件、国外0件)

平成13年度 1件 (うち国内1件、国外0件)

1. 力石國男：東北雪氷賞(学術賞)、「社団法人日本雪氷学会東北支部,2001.5.18

平成14年度 1件 (うち国内1件、国外0件)

1. 長田恭一：日本栄養食糧学会奨励賞,2002.5.18

(4) 主な原著論文による発表の内訳

国内誌

1. 荒木喬 今村暁 力石國男 石田祐宣：「フラックスゲージ 磁力計を応用した風向計の開発」,電気学会論文誌 E, Trans.IEE of Japan, Vol.122-E, No.11, 544-545, (2002)
2. 力石國男 石田祐宣：「地形による風の加速作用」,第17回風工学シンポジウム論文集,161-166, (2002)
3. 中村信吾,長田恭一：「形態の異なる雪室を使用した食品素材の貯蔵」,日本食品科学工学会誌, 投稿中(2003)

国外誌

1. Aoyama, M. and Kumakura, N.: Quantitative and qualitative changes of organic matter in an Ando soil induced by mineral fertilizer and cattle manure applications for 20 years. Soil Sci. Plant Nutr., Vol. 47 p. 241-252 (2001)
2. Aoyama, M.: Characterization of water-soluble organic matter in soils by size exclusion chromatography and fractionation with polyvinylpyrrolidone. Soil Sci. Plant Nutr., Vol. 48, 475-481 (2002)
3. Tomita M. and Tomita M. (2002): 「In vitro germination of *Cypripedium debile* Rchb. f. in relation to

- culture media and seed maturity」, Propagation of Ornamental Plants, 2 (1); 22-24, (2002).
4. Sugiyama S., K. Yamaguchi and T. Yamada : 「Intraspecific phenotypic variation associated with nuclear DNA content in *Lolium perenne* L.」, Euphytica 128: 145-151, (2002).
5. Sugiyama S.: 「Geographical distribution and phenotypic differentiation in natural populations of *Dactylis glomerata* L. in Japan」, Plant Ecology (in press), (2003).

(4) 主要雑誌への研究成果発表

Journal	Impact Factor	サブテーマ1	サブテーマ2	合計
電気学会論文誌 E	0	4	0	4
風工学シンポジウム論文集	0	1	0	1
東北の雪と生活	0	3	0	3
寒地技術論文	0	2	2	4
エネルギー 資源学会研究発表講演論文集	0	2	0	2
日本雪工学会誌	0	2	0	2
地熱	0	1	0	1
雪氷北信越	0	2	0	2
Soil Sci. Plant Nutr.	0	2	0	2
日本腐植物質研究会講演要旨集	0	2	0	2
廃棄物学会研究発表講演論文集	0	2	0	2
日本土壌肥料学会講演要旨集	0	1	0	1
日本食品保蔵科学会誌	0	0	1	1
日本食品科学工学会誌	0	0	1	1
弘前大学農学生命科学部学術報告	0	0	2	2
日本作物学会東北支部会報	0	0	2	2
Society Combined Proceedings	0	0	2	2
Propagation of Ornamental Plants	0	0	3	3
Euphytica	0.765	0	1	1
日本草地学会誌	0	0	3	3
園芸学会雑誌	0	0	6	6
日本作物学会誌	0	0	1	1
人と国土	0	0	1	1
空気調和 衛生工学会論文集	0	0	3	3
空気調和 衛生工学	0	0	2	2
建築設備と配管工事	0	0	2	2
建築設備&昇降機	0	0	1	1
グリーンエネルギー	0	0	2	2
エネルギー・資源	0	0	1	1
農業土木学会誌	0	0	1	1
土木学会誌	0	0	1	1
化学工学	0	0	1	1