

## IV. 研究開発課題の明確化

本研究の目的のひとつである「本提案に基づく研究開発計画をもとにした競争的研究資金獲得への応募」として、平成23年度「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」へ「6次産業化推進のための未利用地域農産物の高付加価値化冷凍技術の開発」のテーマで応募することとなった。

上記テーマを選択した理由は以下のとおりである。

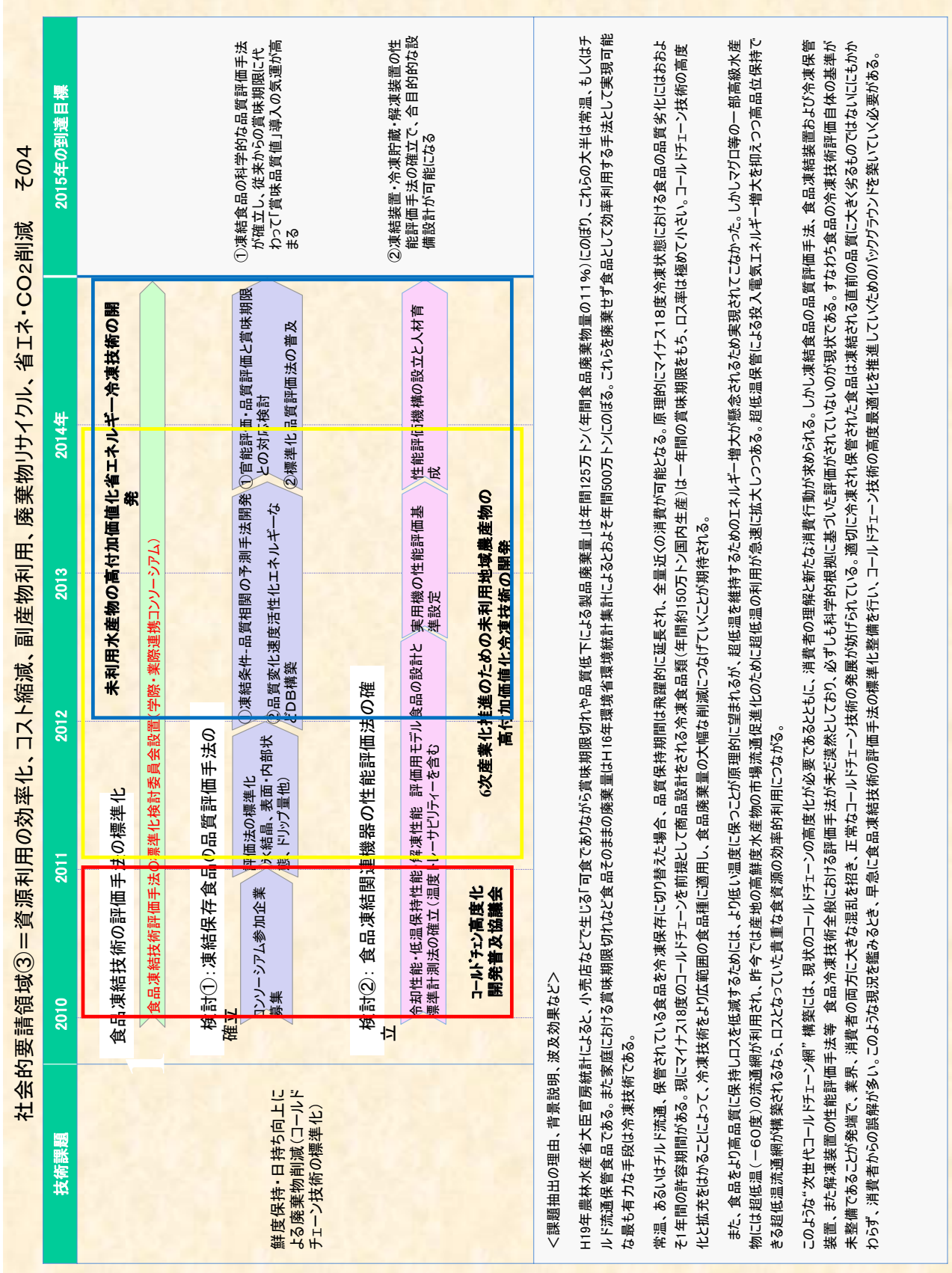
- ①農水畜産物は、一般的に生産地と消費地が地理的に離れており、時間的・空間的な需給のミスマッチは本質的な問題である。単に生産だけでなく、加工・販売も含めた6次産業化することによりミスマッチを無くし、食品ロスの低減につなげるため
- ②食品特性ごとに見ると、農産物だけは冷凍保存の適用が困難であり、生産、流通の高度化があまり進んでいない現状にあり、実用化の必要性が高い。従って、農水畜産物の中で農産物を対象として捉えた。
- ③設備・機器面ごとにみると、冷凍・保管・解凍の中で特に冷凍システムに関して、超低温・電磁場・超音波・冷気の流れ場などさまざまな手法が実用化され、客観的な指標確立の重要性・緊急性が高いため、冷凍システムに焦点を絞った。

また最終応募テーマとしてはもれたが、今後研究開発をすべき課題として「未利用水産物の高付加価値化のための冷凍技術開発」が考えられ、3月上旬に根室市にて東京海洋大学、省エネルギータイプ冷凍機器メーカーが協同でヒアリング調査を行う予定である。水産物に関してはマグロの $-60^{\circ}\text{C}$ 凍結の様に、超低温保管が品質向上に役立つことは既に知られており、いかに省エネルギー・省コストで品質を保持できるかがポイントとなる。大学と冷凍機器メーカーの協働により、高品質と省エネルギーの両立を図っていきたい。

最後に「食品産業ロードマップ」におけるコールドチェーン高度化開発普及協議会、次年度応募テーマ、今後研究開発をすべきテーマの位置付けを示す。

いずれも食品産業ロードマップにおける「社会的要請領域③資源利用の効率化、コスト縮減、副産物利用、廃棄物リサイクル、省エネ・CO<sub>2</sub>削減」の技術課題である「鮮度保持・日持ち向上による廃棄物削減」と関連するものである。コールドチェーン高度化開発普及協議会では概ね赤枠で示した議論を行った。次年度補助金申請は概ね黄枠で示す分野の研究開発を行う。今後開発すべきテーマとして考えている「未利用水産物の高付加価値化のための冷凍技術開発」は青枠の位置付けである。一部技術検討が数年遅れている点は、概ね食品産業ロードマップに沿った研究開発を行い、「鮮度保持・日持ち向上による廃棄物削減」の技術課題の解決を図ろうとしている。

1. 「食品産業ロードマップ」におけるコールドチェーン高度化開発普及協議会の位置付け



社会的要請領域③＝資源利用の効率化、コスト縮減、副産物利用、廃棄物リサイクル、省エネ・CO2削減 その5

技術課題	2010	2011	2012	2013	2014年	2015年の到達目標
鮮度保持・日持ち向上による廃棄物削減(ネオフリージング技術によるコールドチエーンの再構築)	コールドチエーン技術の最適化と新たな技術開発、その活用	コールドチエーン技術の最適化と新たな技術開発、その活用	コールドチエーン技術の最適化と新たな技術開発、その活用	コールドチエーン技術の最適化と新たな技術開発、その活用	コールドチエーン技術の最適化と新たな技術開発、その活用	超低温コールドチエーンの普及によるローカル食資源の利用効率の向上
	技術検討①：超低温コールドチエーン構築(地域特産物の高付加価値化、利用効率向上)	FSとモデル産品の選択	品質評価法の標準化	流通実証試験(コスト/効果)	結果のまとめ(普及への人材育成)	超低温コールドチエーン構築への実用技術確立(省エネ、二酸化炭素排出削減)
	技術検討②：チルド流通食品の冷凍保存技術の高度化	FS(現状分析ならびに経済効果、モデル品目等)	凍結・保存試験	実証試験	総括(コスト/効果)	チルド流通食品を冷凍保管流通網に切り替えることによる小売食品廃棄ロス(年間125万トン)および家庭での食品廃棄ロス(年間500万トン)の削減への指針の提言
	技術検討③：超低温凍結技術の高効率化・低コスト実用化	超低温冷凍装置の省エネ化・設備の小型化(特に断熱材)	超低温冷凍装置の省エネ化・設備の小型化(特に断熱材)	超低温冷凍装置の省エネ化・設備の小型化(特に断熱材)	超低温冷凍装置の省エネ化・設備の小型化(特に断熱材)	超低温コールドチエーン構築への実用技術確立(省エネ、二酸化炭素排出削減)
	技術検討④：高圧利用技術(圧力移動凍結)	高圧利用技術(圧力移動凍結)	高圧利用技術(圧力移動凍結)	高圧利用技術(圧力移動凍結)	高圧利用技術(圧力移動凍結)	微細氷結晶生成による高品質冷凍技術の確立とその実用化
	技術検討⑤：デハイドロフリージング	脱氷制御方法の検討・品質への影響把握	脱氷制御方法の検討・品質への影響把握	脱氷制御方法の検討・品質への影響把握	脱氷制御方法の検討・品質への影響把握	微細氷結晶生成による高品質冷凍技術の確立とその実用化
	技術検討⑥：凍結制御物質の利活用(不凍タンパク質等)	凍結制御物質の選択と利用法検討	凍結制御物質の選択と利用法検討	凍結制御物質の選択と利用法検討	凍結制御物質の選択と利用法検討	凍結制御物質を利用した氷結晶制御技術の実用化

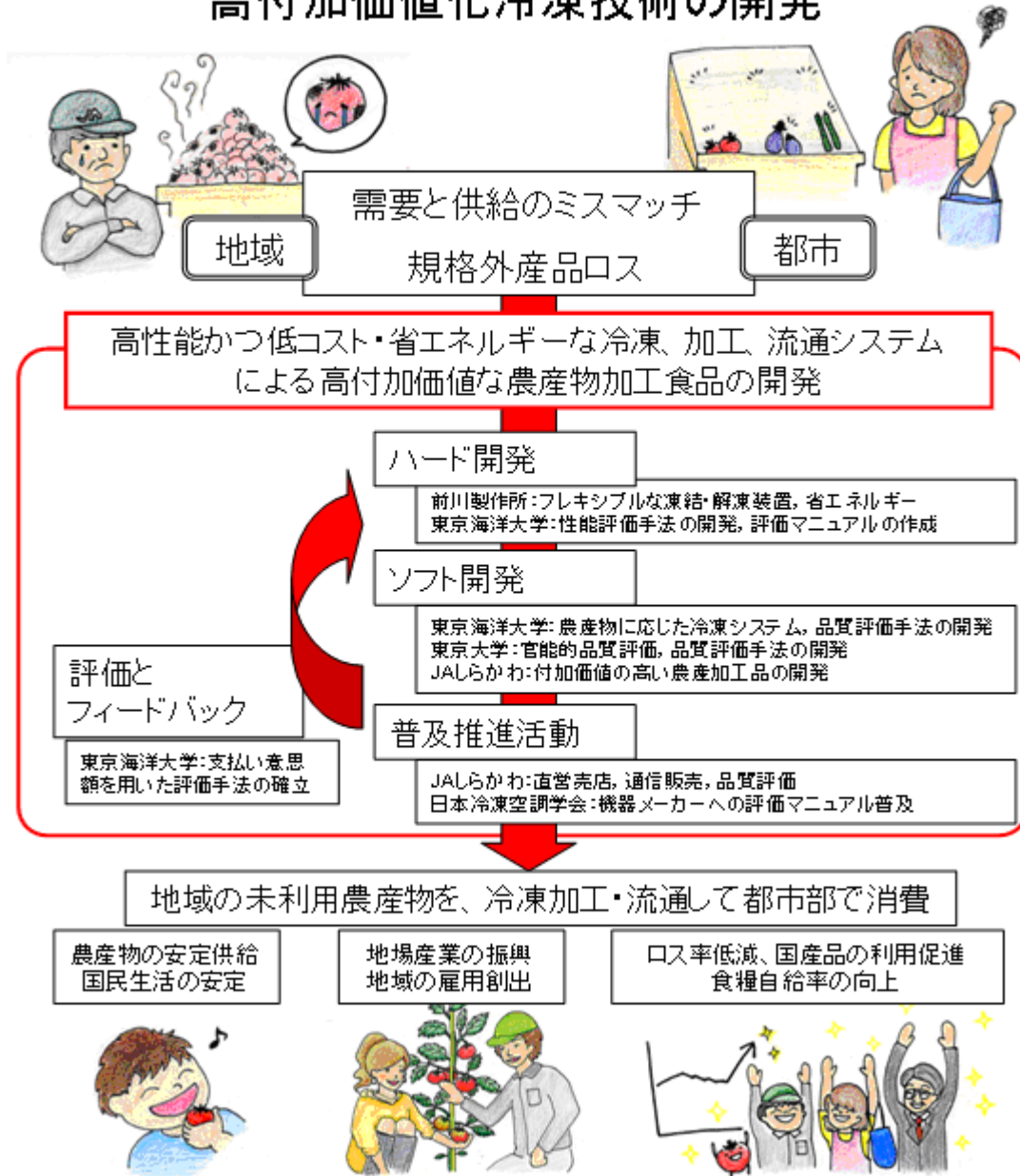
<課題抽出の理由、背景説明、波及効果など>

食品凍結技術の新評価手法をベースに コールドチエーン技術の高度最適化を推進し、食品廃棄ロス削減策をFSする。その第一の検討例として、①地域特産物の高付加価値化、利用効率の向上を目指した超低温コールドチエーン技術を開発した。また、②現状、小売店にて常温またはチルドにて流通されている食品の冷凍流通への切り替え、また2ndフロアゾーンによる商品寿命延長可能性を検討する。FSで経済的な意義が約束されれば、実証試験を経て、小売食品廃棄ロス削減への対策につなげていきたい。そこにおいては、「賞味期限」に代わって、「賞味品質」の概念が一般化することが前提となろう。

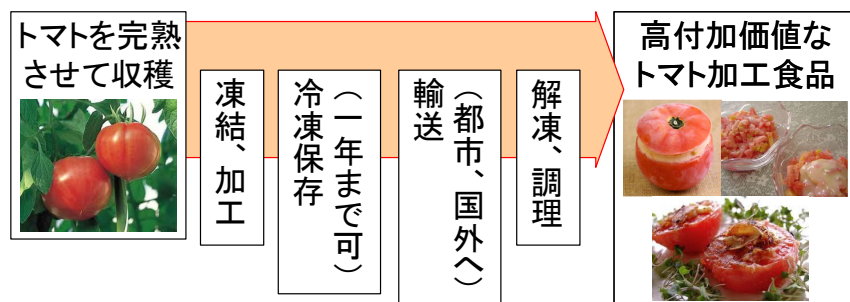
さらに、コールドチエーン技術の高度化・最適化に貢献する要素技術として4つの課題を加えた。③は超低温コールドチエーン構築を支える超低温冷凍装置、および超低温保管技術の効率化、低コスト化の技術開発であり、食品ロス削減と同時に省エネ、CO2排出量の削減にも貢献する重要な技術検討課題である。さらに冷凍技術をこれまでより広範囲の食品種に適用するため、また高品質化するために必要となるコア技術として④⑤⑥の課題を抽出した。何れも科学技術として有望視されているものの、技術の深化が進んでいない。コストダウンをはかりながら、実用化を促していく必要性が指摘される。

課 題 名	6次産業化推進のための未利用地域農産物の高付加価値化冷凍技術の開発
-------	-----------------------------------

## 6次産業化推進のための未利用地域農産物の高付加価値化冷凍技術の開発



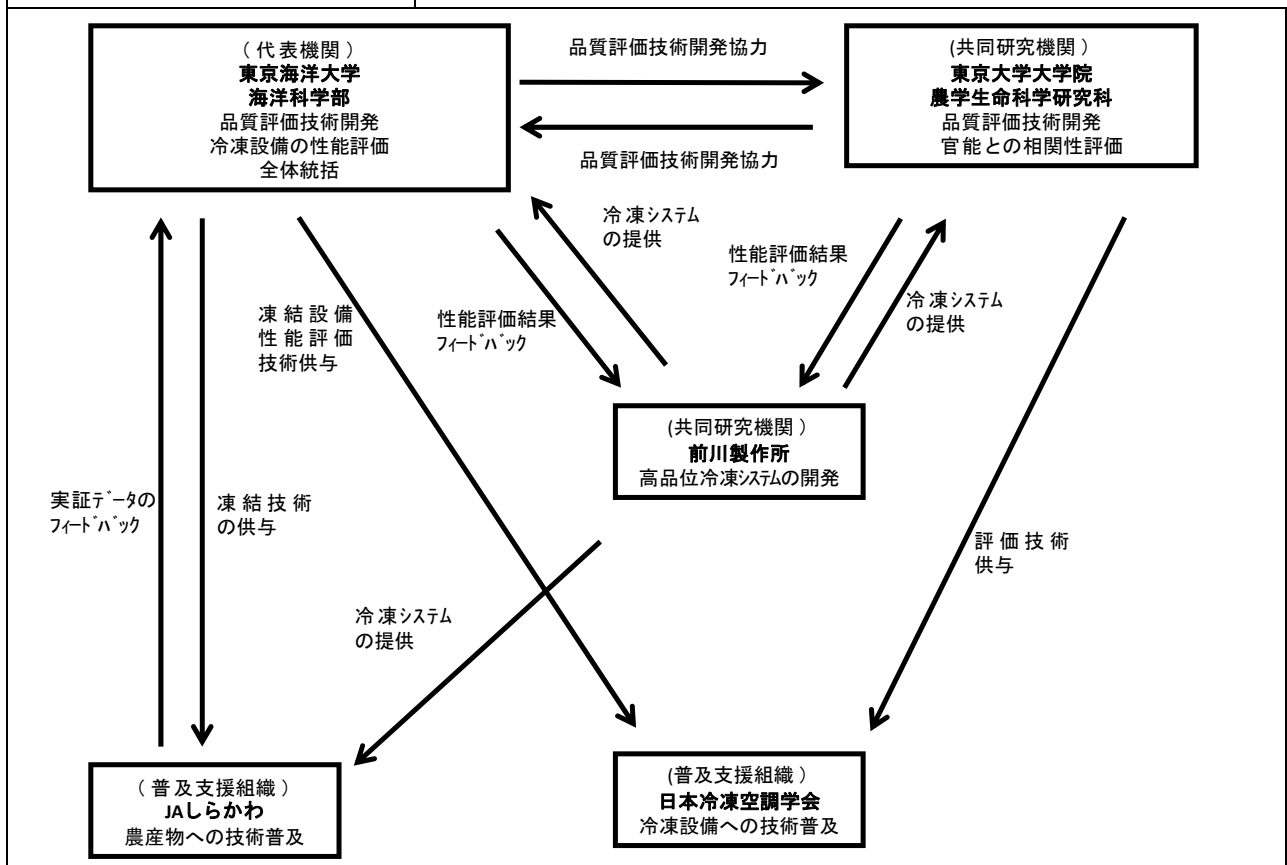
例えばトマトの場合



(研究グループの構成)

① 研究グループの構成			
—	セクター番号	機関名 (支所等名まで記載)	主な役割 (簡潔に記載)
代表機関	II	東京海洋大学 海洋科学部	品質評価技術開発 冷凍設備の性能評価技術開発
共同研究機関	II	東京大学大学院農学生命科学研究科	品質評価技術開発 官能評価との相関性評価
	IV	(株)前川製作所 食品ブロック	高品位冷凍システムの開発
普及支援組織	IV	J A しらかわ 営農経済部園芸課	農産物への技術普及
	IV	日本冷凍空調学会	冷凍設備への技術普及

② 研究グループの関係性



(研究課題内容)

課 題 名	6次産業化推進のための未利用地域農産物の高付加価値化冷凍技術の開発		
代表機関名 (研究管理運営機関名)	東京海洋大学	研究総括者名	鈴木 徹

## 1. 必要性について

### (1) 科学的・技術的観点からの研究目的

食品の保存法には乾燥、塩蔵、密封殺菌など様々な方法があるが、これらの方法ではタンパク質の変性が避けられないため、生鮮食品を生の状態では冷蔵以外に方法がない。このため、農水産物の保存には、古くから冷蔵が用いられてきた。保存温度を氷点下に向けて、凍結状態で保存することを冷凍保存と呼ぶが、魚介類、畜肉類では、この冷凍保存を用いることで1年以上におよぶ長期保存や大陸間海上輸送が可能となった。この技術は現代の豊かな食生活の大きな支えとなっている。しかし農産物だけは、冷凍保存の適用が困難であり、生産、流通の高度化、効率化が遅れている現状にある。

農産物の冷凍保存が難しい理由は、植物細胞組織の細胞膜が凍結過程で損傷し易く、それがテクスチャーの劣化を招くためである。しかし、テクスチャー以外の面に関しては収穫直後の状態を保つことができるため、そのメリットを生かした付加価値の高い加工食品の開発が可能であれば、単なる保存に留まらず、農産物生産現場での加工・流通まで含めた6次産業化の推進にも繋がると期待される

本研究課題では、高品質を要求される水産分野で培われた最先端の冷凍技術を応用発展させ、農産物を高付加価値で流通させるための冷凍加工技術の開発を目標とする。例えばトマトの場合、冷凍状態で保存・輸送を行えば、その間の追熟が抑制されるため、完熟状態で収穫することが可能となり、豊富なアミノ酸等の栄養成分を保持させることが可能となり、味、風味、栄養価の面で大きな付加価値が得られる。よって、単なる冷凍保存ではなく、凍結前処理として少々加工度を上げ、かつ解凍時には氷水低温解凍などを組み合わせるシステム冷凍技術を利用し、冷凍時のテクスチャーの劣化を補うことができれば、「一年中完熟の風味が楽しめるサラダ用トマト」のような、従来に無い特徴を持った新商品の創出が考えられる。またきゅうりならば、凍結することによって細胞膜の物質透過性が增大するが、これを制御し漬物加工原料として利用すれば、逆に加工期間の短縮や呈味性の向上などのメリットが得られる。このように、個々の農産物の特性に合わせたシステムとしての冷凍技術である最先端の冷凍加工技術を用いることにより、これまで規格外、冷蔵輸送に耐えない、供給過剰などの理由で出荷できなかった農産物の付加価値を高め、それらを全く新しい商品として流通させることが可能となる。これは農産物のロスの大きな要因である規格外製品のロス削減に繋がることが期待される。

一方で、現代の最新冷凍装置技術としては、超低温による凍結や保存、ガラス転移現象や過冷却現象の利用、電磁場や超音波の利用、冷気の流れ場の改良、新規の冷凍サイクルや制御方法、など様々な技術が提案されているが、これらの新技術は、概して冷凍装置のコストやエネルギー消費が大きい。よって、たとえ凍結食品の品質が向上しても、コストがそれ以上に増大すれば生産者のメリットには繋がらない。公的補助金を利用して設備を導入してきたとしても、その後、継続的利用には限界がある。冷凍加工による高付加価値化を真に有益な技術とするためには、凍結食品に求められる品質を保証した上で、できるだけ低コスト・省エネルギーである冷凍装置・保管装置が不可欠である。しかし現在のところ、水産・畜産分野においても、凍結食品の品質と冷凍装置の性能を、科学的根拠に基づいて定量的に評価する方法は確立していない。このため現状では、高品質、低コスト、省エネルギーを全て満足させる冷凍装置を、いかにして開発するかという筋道すら立てることができない。

以上より本研究課題では、以下の2つの技術的ブレークスルーを目的とする。第一は、農産物を冷凍加工することで、従来にない高付加価値の農産加工品を創出することである。第二は、凍結食品の品質と冷凍装置の低コスト性・省エネルギー性を、科学的かつ定量的に評価する技術を確立することである。具体的には、トマト、白桃、きゅうりを対象として、冷凍による高付加価値な加工品の開発を行う。また、それらの農産物の品質を、科学的根拠に基づいて定量的に評価する方法を確立する。その評価指標を利用して、冷凍装置の性能の定量評価を行い、高品質、低コスト、省エネルギーを全て満足する冷凍流通システ

ムを構築する。

これにより、3種の農産物の高付加価値冷凍流通システムの確立に成功すれば、この技術の有効性が広く世間に認められるところとなり、より多くの食材について同様の冷凍流通システムを開発しようという包括的研究プロジェクトの契機となり得るであろう。これが、我々が本課題研究を通じて目指す真の最終目的である。

## (2) 社会的・国民的観点からの研究目的

農水産物は、一般に生産地と消費地が地理的に離れており、また一年を通して収穫できるわけではないため、時間的・空間的な需給のミスマッチは本質的な問題である。実際、1960年以前には、冬になると野菜を摂ることができず栄養上の問題を抱える人々が少なくなかった。1965年にコールドチェーン勧告が出され、冷蔵流通のインフラ整備が進んだ結果、栄養不足という最悪の事態は解消した。しかし冷蔵では長くても数週間の保存しかできないため、より長期的な需給バランスの平準化を図るには、水産物で早くから実用されている冷凍保存が有効である。

農産物も、単に凍結するだけならば当然可能である。しかし(1)で述べたように、農産物を凍結するとテクスチャーが著しく劣化することが一般的で、そのままでは消費者に受け入れられない。そこで本研究課題がまず目指すのは、(1)で述べた完熟トマトのように、テクスチャーの劣化をそれ以外の面で補完できる高品質な冷凍農産物の開発である。すなわち、元の生鮮農産物に復元するのではなく、高次の加工を施した上での冷凍を行おうとするものである。何らかの付加価値を持たせることで冷凍品の利用が進めば、消費者側では供給と価格の安定というメリットが得られる。

生産者にとっては、旬の時期に大量に収穫した農産物を年間を通じて供給できるため、計画生産が確実になりリスクの低減が図れる。消費者側での安定供給という目的だけならば、他にも、輸入やハウス栽培などの手段が取り得るが、前者には安全性や食糧自給率の低下、後者には設備費用の増大やエネルギーの大量使用によるコスト増大と環境影響などの問題があるため、それらを勘案すれば、冷凍は生産者、消費者ともにメリットがあると思われる。

しかし、これらのメリットを得るためには製品価格が適正でなければならぬため、高品質であることに加えてハード面における冷凍システム全体の低コスト化が不可欠である。このため、食品製造業者が凍結品の高付加価値化のために新規に冷凍装置を導入する場合、高品質と省エネ性・価格のバランスの上で選定を行うが、(1)で述べた通り、食品冷凍技術の良し悪しを定量的に評価する手法が存在しないため、装置の導入の是非を判断することが困難となっている。仕方なく食品製造業者は、見た目の目新しさ、話題性、導入実績などのおよそ科学的とは言えない観点から評価を下さざるを得ない現状にある。

食品製造業者ばかりでなく、機械製造業者にとっても問題は切実である。例えば食品凍結装置メーカーの多くは中小企業であり、技術開発は経験によるところが多く、優れた技術であっても科学的裏付けが乏しく信用を得られない場合がある。その一方で、マスコミが取り上げた等の技術的優位性とは無関係の要因によって売上げを伸ばす場合もあり、公正な競争が行われているとは言い難い。かかる状況は健全な競争原理を妨げるものであり、今後の技術開発を誤った方向に導く恐れが大いにある。本技術開発により、冷凍装置の性能を科学的根拠に基づいて定量的に評価することが可能になれば、以上のような問題に対する根本的な解決策となる。

国家レベルで考えても、温暖化ガス排出量の削減は喫緊の課題であるため、凍結食品の品質向上の副作用としてエネルギー消費量が増大する事態は避けなくてはならない。本技術開発により、食品の品質と冷凍装置の性能を定量的に評価することができれば、国民生活の向上と温暖化ガス排出量削減の両立を可能たらしめ、持続的発展可能な社会の実現に大きく貢献できる。また、このような評価法によって、輸入、ハウス栽培などに比較して冷凍保存のメリットが定量的に明らかになれば、農産物の冷凍流通システムを有効活用することで、食品ロス削減、環境負荷低減などを合理的に実現することも可能になると考える。

## (3) 地域貢献的観点からの研究目的

地域の農産業者は、長年、産地と消費地での需給のミスマッチという問題を抱えている。すなわち、せっかく新鮮で高品質な農産物が大量に生産できたとしても、地域だけでは消費し切れず、かといって大消

費地である都市部へ輸送しても、品質が劣化するため価格が下落してしまう。1965年以降、コールドチェーンの整備が進んで数日間の保存・輸送が可能となったため、それ以前に比べればかなり状況は改善されたが、年単位で見れば農産物は収穫の時期が決まっているため、年間を通じた安定供給ということは本質的に不可能である。また、およそ10～20%近くにも及ぶとされる規格外産品は市場に出荷できず、農家の生産性を圧迫し、食品のロスの大きな因子となっている。消費者の立場から見れば、輸入やハウス栽培という手段もあるが、輸入では産地にメリットが無く、ハウス栽培はコスト、エネルギー消費が莫大になる。冷凍技術を利用すれば、1年以上シェルフライフを延長することができるため、年間の安定供給が可能となるが、これまで農産物は冷凍できないという考えが一般的であり、そのような試みはあまりなされなかった。

本研究課題は、高品質を限りなく追求してきた水産冷凍の豊富な知見を農産物に応用して、高品位な農産物の冷凍流通を実現することを目的とする。しかも単なる保存期間の延長ではなく、冷凍によって得られるメリットを生かした新たな加工食品を開発して、6次産業化の推進に繋げることを目標とする。また、このような新商品を普及させるためには、加工・流通工程のコストが適正でなくてはならないが、高性能を謳った現存の冷凍システムの多くは、装置の導入コスト、ランニングコスト共に高額で、公的補助金の援助無しには導入が進まない場合が少なくない。本研究課題では、食品の品質向上のみならず、冷凍システムのコストや省エネルギー性まで含めた冷凍システムの最適化を目的とするため、完成した技術の普及が自発的に進行することが期待される点が大きな特長である。

直接の対象としては、福島県白河市の主要産物であるトマト、白桃、きゅうりを取り上げる。例えばトマトならば、(1)で述べたような、完熟の風味を生かしたトマト加工品を、低コストかつ省エネルギーで製造できるような冷凍加工技術の開発を目指す。しかしこれはあくまでモデルケースであり、本研究課題の目的は、製品の品質と低コスト、省エネルギーをバランスよく満足させられるような冷凍システムの最適設計手法である。すなわち、本技術開発が成功すれば、科学的な手法によって農産物の高品質を実証し、それに掛かる適正なコストを見積ることができるようになるため、適正価格で地域の農産物を都市部へ輸送して、高付加価値商品として販売できるようになる。保存温度をより低下させ保存期間を延長すれば輸出も可能となる。この最適設計手法は他の地域の、別の産物にも即適用できるため、汎用性は極めて高いといえる。

これによって、地域の農業が活況を呈すれば、地域での雇用創出が促進され、都市部との人口格差の解消にも貢献するものと期待される。農産物のみならず、水産物、畜産物、加工食品に関しても、地域で生産した製品を都市部や国外へ輸送して販売する、というシステムは地場産業の振興に大いに有効である。農産物以外の場合でも、本技術開発で取り組む手法によって、高品質、適正価格、省エネルギーであることを定量的に証明することができれば、十分にビジネスとして成立させることができる。

## 1.2 行政施策等との関係について

### (1) 行政施策への貢献について

「食料・農業・農村基本計画」第3章には「食料、農業及び農村に関し総合的かつ計画的に講ずべき施策」のひとつとして「①フードチェーンにおける連携した取組の推進」が取り上げられており、卸売市場については「コールドチェーンシステム」の確立等生産・消費ニーズへの的確な対応や公正かつ効率的な取引の推進等により、その機能強化を図るとされている。

本研究ではコールドチェーンを流れる農産物の客観的な品質評価基準の確立、コールドチェーンを構成する冷凍設備の客観的な評価基準の確立を行う。これらの研究成果により、消費者のニーズに合致した高品位の農産物および農産物加工品を、低コストで効率的なコールドチェーンを通して消費者に提供することが出来る。

この技術が確立されて低コストで効率的なコールドチェーンが全国各地に普及すれば、本研究の主な普及先である福島県にとどまらず全国各地に高品位の農産物および農産物加工品を流通させることができる。また全国各地の6次産業化の成功事例を一地方にとどめず、日本全国に広めることも可能となる。この様に本研究の特徴は、点としての6次産業化に貢献するだけで無く、日本全国で面として6次産業化を推進するための契機となり得ることにある。

また、本課題提案書で開発する設備コスト・ランニングコストが低い「高品位冷凍システム」は「行政政策推進上課題解決を早急に図る必要性の高い課題」のひとつである農産物加工の製造現場に対応する食品産業用の機械・装置の開発とに合致する装置であると共に、「食品産業技術ロードマップ」記載の具体テーマのひとつである「鮮度保持・日持ち向上による廃棄物削減」に役立つものであり、重要性、緊急性の高いものといえる。なお、「食品産業技術ロードマップ集」は平成21年度農林水産省食農連携促進技術対策事業として作成された、5年後の日本の食品産業のあるべき姿を見据えたロードマップである。その中で5つの社会的要請領域があげられ、そのひとつである「資源利用の効率化、コスト縮減、副産物利用、廃棄物リサイクル、省エネ・CO<sub>2</sub>削減」の具体的テーマとして「鮮度保持・日持ち向上による廃棄物削減」があげられている。

さらにJA しらかわで実証試験を行い、完熟トマトのように栄養価の高い農産物、完熟白桃の様な香気にすぐれた農産物、漬け物の促成製造が可能なきゅうりの様に加工適性の高い農産物を供給する予定である。これは「食の健康志向に対応した技術開発」であり、国産野菜の高付加価値化を図ることにより「国産野菜の供給力の強化」にもつながるものといえる。

(2) 「食料・農業・農村基本計画」(平成22年3月改訂)の表1「生産数量目標と克服すべき課題」との関係について

「食料・農業・農村基本計画」(平成22年3月改訂)の表1「生産数量目標と克服すべき課題」において、「野菜」に関する克服すべき課題として「外食、中食や加工向けの国産野菜の安定供給体制の確立」「産地の生産技術、販売、人材育成等の能力の強化による産地の収益力の向上」があげられ、様々な施策が取られている。しかし「平成19年食品循環資源の再生利用等実態調査報告」(農林水産省統計部)の試算では約11%の食品ロスが発生しており、食品ロス相当分の野菜の供給量が減少し、安定供給体制の確立に悪影響を与えている。また食品ロス相当の収益減少により産地の収益力向上にも悪影響を与えている。

本課題提案書では、野菜についても客観的品質基準を明確にし、適切な冷凍条件を定める。従来冷凍保管が難しくロス発生率の高かった野菜を高付加価値のまま凍結する技術・装置の開発は、産地の生産技術の強化による産地の収益力の向上につながり、しいては天候に左右されない、国産野菜の安定供給体制の確立の一助となる。

(3) その他以下に示す施策・計画等との関係について

- ① 6次産業化法に基づき認定を前提とした「研究開発・成果利用事業計画」の概要及び研究の位置付け
- ② 農商工等連携促進法に基づき認定を受けた若しくは認定を前提とした「農商工連携等事業計画」の概要及び研究の位置付け
- ③ 地域再生法に基づき認定を受けた若しくは認定を前提とした「地域再生計画」の概要及び研究の位置付け
- ④ 「地域イノベーション戦略(仮称)の概要」及び研究の位置付け
  - ・計画又は取組の名称・概要
  - ・計画又は取組における研究の位置付け上記特になし

### 1.3 本研究における最終目標・技術的成果

本研究では、地域で生産される高鮮度農産物をその地域で高付加価値化加工し、流通販売するといった6次産業化を促進するための基盤技術として、高度な品質復元性をもち、かつ省エネルギー型の冷凍システムの開発を行う。その上で、福島県JA しらかわを地域サンプルとして抽出し、その技術の普及実証を行う。すなわち、この研究の最終目標は食品冷凍システム開発をもとにサンプル特定地域の農産物の高付加価値化による、経済効果、食品ロス率低減、雇用創出を生み出す冷凍技術開発先導型ビジネスモデルの創出にある。

特に重要な点は、地域で利用しようとする新冷凍システムが、十分な性能を保有し、かつ省エネルギー

および妥当なコストで稼働できることにある。これまでも高い品質保持性能を謳う冷凍装置は存在したが、高価でエネルギー効率が低く、公的補助金により地域に導入されても、その後の継続利用に困難を来す事例が散見される。本研究で開発を目指す、高性能と低コスト・省エネルギーを両立させた食品冷凍システムは、補助金に頼らない自立した持続的地域産業活性化を果たすための必須条件である。

これを実現するために、以下の4項目を具体的な目標とする。

#### (1) 農産物の客観的品質評価方法の確立

省エネルギー型高品位食品冷凍システムの開発にあたり、まず凍結された食品の品質および冷凍装置の性能を、科学的かつ定量的に評価する手法を確立することが不可欠である。そのために、まずは農産物から数種の食材を選定して、その食材の品質を科学的根拠に基づいて定量的に評価する方法を確立する。

選定する農産物としては普及支援組織の希望を考慮し、完熟トマト・完熟白桃、きゅうりの3種とする。グルタミン酸などの呈味栄養成分量、ドリップ発生量、レオメーターによるテクスチャー測定、氷結晶サイズの顕微鏡観察、MRIによる水分状態観察などの理化学的測定結果と、官能評価結果を比較することで、どの品質指標が農産物の評価に強い影響を及ぼしているか、明らかにする。また官能評価により支払い意思額を求め、総合的な品質評価を金額として表すことを試みる。これにより、農産物の品質評価を理化学計測だけで行うことができるようになれば、今後行う実験の大幅な効率化が図れる。

なお、この手法は3種の農産物に限定されるものではなく、広く食品一般に応用可能である。

#### (2) 品質、コスト、環境負荷を考慮した冷凍装置性能の評価方法の確立

(1)で得られた成果を活用して、冷凍装置性能の定量的評価方法を確立する。現在、食品冷凍の品質向上のために、超低温による凍結や保存、ガラス転移現象や過冷却現象の利用、電磁場や超音波の利用、冷気の流れ場の改良、新規の冷凍サイクルや制御方法、などの新技術が多くの大学や機械メーカーで研究されている。しかし、これらの新技術のほとんどは、従来の装置に比べて機器の製造コストや運転時のエネルギー消費が増大し、環境負荷も大きいことが多い。

本研究においては、農産物の品質が高品位で保持されるという1点のみの評価では無く、食品の品質に加えて設備コスト、運転コスト、環境負荷までを考慮したバランスのとれた評価を行うための手法を開発する。この評価手法を用いることにより、同等の凍結品質とするための冷凍システムの初期コストと運転コストを、共に1/2以下に低減させることを目標とする。

#### (3) 農産物各々の特性を生かした高品位冷凍システムの開発

(1)、(2)で得られた成果を元に、高品位農産物冷凍システムを開発する。この際、農産物各々の特性に合致した高品位冷凍システムとすることにより、費用対効果をより高いものとする。開発しようとする新たな冷凍システムは、従来の冷凍技術と比較して設備投資の負担が小さく、かつ生産効率とエネルギー消費量においてファクター4以上の効率を実現することを目標とする。

また、農産物の場合、どうしてもテクスチャーが生鮮品に比べて劣化してしまうため、それ以外の特長を生かした製品の提案が求められる。例えば、トマト、白桃などは、完熟状態で収穫後冷凍することで、生鮮状態よりもアミノ酸含有量や糖度を高めることができるため、これを生かした製品が考えられる。このように、加工品としての新しい利用法の提案まで含めた冷凍システムの開発を目指す。

#### (4) 高付加価値化冷凍農産物の実証試験

(2)で開発した高品位冷凍システム(ハード)と、(3)で開発した冷凍条件、加工法(ソフト)とを組み合わせ、福島県(JAしらかわ)で実証実験を行う。

実証実験に際しては、テクスチャーの劣化を補って高付加価値を付与するため、「夏季以外でも完熟の香りと風味が味わえるサラダ用トマト」、「高い香味を維持する完熟白桃」、「漬物用きゅうり」といった特徴を持った製品を試作して検証販売を行う。

また実証結果に関しては、支払い意思額で品質を評価し、それを冷凍、加工工程にフィードバックすることで、より適切で低コストな冷凍方法、加工方法の開発につなげることが出来る。

JA しらかわにおいては農産物生産高のおよそ 10%が規格外品として出荷されず利用されていない。トマト、ブロッコリー、きゅうりだけでも、あわせて年間 700 トンとなる。これらに付加価値を付けて食資源として有効に利用することで、ロス率を半減させることを目標とする。また、これまで出荷できなかった農産物を冷凍、加工して新商品として流通させることは、6 次化の推進に大いに有効である。

## 2. 効率性について

### 2.1 研究計画・方法等：

#### (1) 研究課題の構成及び年次計画

研究項目	2011 年度	2012 年度	2013 年度
ア. 凍結食品における官能評価と理化学指標の関連性の確立			
① 農産物およびその加工品に関する理化学指標の確立	←	① 農産物の理化学指標の確立 (東京海洋大学)	→
② 農産物およびその加工品に関する官能指標の確立	←	② 農産物の官能評価指標の確立 (東京大学)	→
イ. 凍結食品品質に与える影響要因の解明			
① 多目的凍結試験装置の開発	←	① 多目的凍結試験装置の開発 (前川製作所)	→
② 凍結条件が農産物品質に与える影響要因の解明 (主に理化学指標)	←	② 凍結が品質に与える影響要因の解明 (東京海洋大学)	→
③ 凍結条件が農産物品質に与える影響要因の解明 (主に官能評価指標)	←	③ 凍結が品質に与える影響要因の解明 (東京大学)	→
ウ. 実証実験用小規模冷凍流通システムの開発	←	システムの開発 (前川製作所)	→
エ. 凍結装置評価マニュアルの作成			
		←	マニュアルの作成 (東京海洋大学)
オ. 普及支援業務			
① 農産物生産現場における実証実験		←	① 高付加価値商品設計, 生産現場における実証試験 (JA しらかわ)
② 凍結装置メーカーへの評価マニュアル普及		←	② マニュアル普及 (日本冷凍空調学会)
所要経費 (千円)	千円 26,223	千円 18,003	千円 16,338

#### (2) 研究課題及び研究項目ごとの研究内容

本課題では農水産物全般を扱うが、普及支援組織の希望、普及の容易さを考慮して、普及支援組織における主力生産物である、トマト・白桃・きゅうりを中心に展開する。

#### ア. 凍結食品における官能評価と理化学指標の関連性の確立

##### ① 農産物およびその加工品に関する理化学指標の確立

農産物およびその加工品の中から普及支援組織である JA しらかわの希望を考慮し、完熟トマト・完熟白桃・きゅうりの 3 種を選定し、成分分析、組織観察などの理化学指標と、呈味・食感などの官能評価結果

の相関性を調べる。さらに、凍結温度・風速・磁場・電場・超音波などの影響などを確認し、適切な冷凍条件を見出す。なお、品質評価手法確立に当たっては、3種の農産物に限定されず、農産物一般に広く応用可能な品質評価方法とする様留意する。

ただし、植物細胞は冷凍による悪影響を受けやすいため、農産物を冷凍した場合、どうしても未凍結品に対して、特にテクスチャーの面で分が悪い。そこで本課題では、加工を行うことで付加価値を高め、需要を喚起する方法を模索する。具体的には、トマトの場合、冷凍状態で流通させれば、流通過程での追熟が抑制できるため、完熟させてから収穫することができて、アミノ酸等の栄養成分、呈味成分が増大する。ただし、生食ではテクスチャーが劣るため消費者に受け入れられない。これを普及させるためには、少し加工度を上げて、生トマトの新しい食べ方を提案することが必要である。きゅうりでは、一度冷凍することによって細胞の物質透過性が増大してしまうが、これを漬物加工原料として利用すれば、逆に加工期間の短縮、呈味性の向上などのメリットが得られる。このように加工まで含めて考えれば、冷凍による高付加価値化が実現可能と考えられる。

## ②農産物およびその加工品に関する官能指標の確立

理化学指標は単独では何ら意味を持たず、官能評価との相関性の確立が重要である。本研究においては水産物中心に理化学的指標測定に強みを持つ東京海洋大学と、農産物中心に官能評価測定に強みを持つ東京大学が互いの強みを生かし、農産物およびその加工品に関する官能指標を確立し、客観的データとしての理化学的指標との相関を取る。

## イ. 凍結食品品質に与える影響要因の解明（凍結温度・磁場・電場・超音波・解凍方法）

### ①多目的凍結試験装置の開発

凍結条件が食品の品質に及ぼす影響を詳細に調べるため、特殊な試験用の凍結装置を開発する。装置に求められる仕様は、まずはサンプル周りの温度、風速を正確に制御できることである。そのためには流れ場が一方向流れであることが望ましい。温度変動を極力小さくするためには、冷凍機はインバータによる容量制御や、ヒータによる温度制御が必要である。処理中に乾燥を防ぐための加湿機能も必要である。さらに、サンプル周りに電場、磁場、音波などを印加するデバイスが設置できるようになっていないとほならない。しかし、市販の凍結装置の中にはそのような装置は存在しないため、本課題のために特別に開発を行う。

### ②凍結条件が農産物品質に与える影響要因の解明（主に理化学指標）

①で開発した試験装置を用いて、様々な条件で農産物の凍結を行い、品質指標を測定する。ア①で確立した評価指針によって、各凍結条件での凍結品質を評価し、最適な凍結条件を明らかにする。特に、農産物の場合は、一般的な凍結食品の品質評価指標ではなく、加工工程まで考慮した品質評価指標を開発する必要がある。例えば、きゅうりを漬物原料に用いる場合、凍結時の氷結晶分布が漬物加工性、品質の向上に影響を及ぼすことが考えられる。そこで、氷結晶分布・状態を測定し、最適化指標としての利用を試みる。

### ③凍結条件が農産物品質に与える影響要因の解明（主に官能評価指標）

凍結条件を変えることによる品質への影響確認においても官能評価は重要な指標で、より客観性を持たせるため物理化学的指標との相関性の確立が重要である。

ア②で確立した官能評価方法を活用し、加工工程までを考慮した品質指標開発に当たっても理化学的指標との関連性を取り、客観性の高い理化学指標で評価できる様にする。

## ウ. 実証実験用小規模冷凍流通システムの開発

イで確立した最適冷凍条件を実現させるための小規模冷凍流通システムを開発する。試作した多目的凍結試験装置と加湿装置を用いて、ブランピング・凍結・保管・解凍の一連のシステムの最適化をおこなう。また加工が必要な場合、加工工程まで含めたシステムを開発する。

## エ. 凍結装置評価マニュアルの作成

イ, ウで得られた成果を元に, 凍結装置の客観的評価基準を作る. その際, 食品品質保持の面で十分な高性能を実現するとの機能面のみで無く, できるだけ低コストを望むユーザー要望, 環境負荷を低下させたいという時代の要請, といった異なる指標のバランスを考えた評価システムとする.

## オ. 普及支援業務

### ① 高品質農産加工品の開発および農産物生産現場における実証実験

本技術開発を成功させ, その普及を図るためには, 消費者の嗜好に合った農産物の冷凍加工品の開発が欠かせない. これには JA しらかわのノウハウが大いに有効となる. また, 試作品を JA しらかわの農産物直営店において試験販売し, 販売価格・販売動向よりどの程度の付加価値向上につながったかを評価・フィードバックし, より良い凍結, 加工条件設定につなげる.

### ② 凍結装置メーカーへの評価マニュアル普及

日本冷凍空調学会では, 作成した凍結装置評価マニュアルの会員への配布, 評価手法の学会発表, 凍結装置見学会実施などを通じて, 評価マニュアルの普及を図る.

## 2.2 共同研究体制

### (1) 参画機関(代表機関及び共同研究機関)の役割分担

#### ・代表機関: 東京海洋大学 海洋科学部

東京海洋大学海洋科学部は水産物を中心としつつも野菜, 氷菓, 加工食品の冷凍保存に関して, 広範な冷凍によるダメージの解明, 防止法等の研究課題に取り組んできた. 中でも, 凍結・保存・解凍の各プロセスにおける食品の挙動については, 過冷却解消予測制御, 氷結晶の生成・成長や凍結濃縮層が細胞組織に及ぼす影響から, 実食品の各種品質指標(ドリップ量, K値, タンパク質変性, テクスチャー, 色, 官能試験など)の測定までを一貫して行っている. また冷凍関連機器に関しては, エネルギー使用量まで含めた性能評価に取り組んでいる.

以上の研究実績を生かして, 本申請課題では, 農産物およびその加工品における理化学指標の確立, 冷凍食品品質に与える凍結時の各種影響要因の解明を担当する.

また, 冷凍実証試験への実施協力および地域での研究会(冷凍技術), 実施研修会などの実施を通じた技術普及を行う.

#### ・共同研究機関: 東京大学農学生命科学研究科

東京大学農学生命科学科では, 食品凍結プロセスのシュミレーションモデルの開発, 官能検査と物理化学的指標の相関性研究, 食品凍結乾燥の実験的研究等を行ってきた. 本申請課題では, 主に農産物に関して官能評価指標と理化学指標の関連性の確立を担当する.

また, 冷凍実証試験への実施協力および地域での研究会(冷凍技術), 実施研修会などの実施を通じた技術普及を行う.

#### ・共同研究機関: 前川製作所

前川製作所は創業以来さまざまな凍結装置の製造販売と共に, 磁場などを付与する多目的凍結装置の開発も行っている. 本申請課題では,  $-60^{\circ}\text{C}$ の超低温まで温度調整可能で, 磁場・電場・超音波などを併用できる凍結試験装置の開発を担当する.

### (2) 普及支援組織の役割分担

#### ・普及支援組織: JAしらかわ

JA しらかわはトマト, ブロッコリー, きゅうり, 白桃等中心に農産物の生産販売を行うと共に直売所なども保有している. 本申請課題においては, 冷凍食品の品質評価法・凍結装置の標準的的性能評価システム確立の際得られた知見を元に, サラダ用トマト加工品, 完熟白桃加工品, 漬物用きゅうり加工品など, 高付加価値の農産物の販売・普及を担当する.

・普及支援組織：日本冷凍空調学会

日本冷凍空調学会は、産学官共同の調査研究および試験研究をおこなうため常設の技術分科会を設置している。既に食品の凍結に対する磁場・電場凍結温度の影響を調査・研究し、科学的根拠に関する見解を示した。本申請課題においては、凍結装置の標準的性能評価システムを確立し、学会内で普及を目指す役割を果たす。

### 2.3. 研究成果により期待されるマクロ的な経済効果：

#### 福島県の農産物における経済効果

「平成 20 年青果物産地別卸売統計」におけるトマトの主要消費地域別・産地別の卸売数量及び卸売価格をみると、京浜市場における全都道府県合計の年間トマト卸売数量約 17 万 t、卸売価格 316 円/kg である。福島県は第 7 位、卸売数量約 1 万 t、卸売価格 251 円/kg と低い評価を受けている。年間 1 万 t 以上販売している 8 県の平均価格で見ると、高値で取引されている産地として、愛知 381 円/kg、熊本 307 円/kg、安値で取引されている産地としては青森 245 円/kg につぐのが福島県である。

仮に、トマトの高付加価値化に伴い、全国平均と同等の価格で取引されると仮定した場合は、 $(316-251) \times 1 \text{ 万} \times 1000 = 6.5$  億円の経済効果となる。

また、きゅうりの場合も同様に調べると京浜市場における全都道府県合計の年間きゅうり卸売数量約 16 万 t、卸売価格 282 円/kg である。福島県は第 3 位、卸売数量約 2.4 万 t、卸売価格 241 円/kg と低い評価を受けている。年間 1 万 t 以上販売している 5 県の平均価格で見ると、高値で取引されている産地として、宮崎 404 円/kg、千葉 302 円/kg、群馬 289 円/kg、埼玉 285 円/kg があり、福島県のみが平均価格より安値で取引されている。

仮に、きゅうりの高付加価値化に伴い、全国平均と同等の価格で取引されると仮定した場合は、 $(282-241) \times 2.4 \text{ 万} \times 1000 = 9.8$  億円の経済効果となる。

### 2.4 本研究課題に関連する既往の研究成果：

#### (1) 既往研究成果の概要：

2010年3月農林水産先端技術産業振興センターが作成した「食品産業技術ロードマップ」において「鮮度保持・日持ち向上による廃棄物削減」の課題に対し「コールドチェーン技術の高度化・標準化」が提案されており、「コールドチェーンの高度化・標準化」はいわば時代の要請とも考えられる。しかしコールドチェーンの現状に関して十分な調査がなされていないため、関連業界団体・学識経験者の講演・ヒアリングにより 4 回に渡り技術専門委員会を開催し、コールドチェーンの現状の課題および今後の方向性に関して議論を深めた。

その議論の中でコールドチェーンは、低温保管による食品の日持ち向上が廃棄物削減につながるという正の面と、流通・保管時にエネルギーを要するという負の面を合わせ持ち、国際的な競争力を持つ自立した地域農水産業を育てるには次世代のコールドチェーンは低温保管による食品の日持ち向上と使用エネルギーの削減の両立が必須となるとの共通認識が得られた。また個々の事業者の努力だけでは無く、コールドチェーンに関わる関係者全員が、日持ち向上と使用エネルギー削減の両者のバランスを認識しなくてはならない、ということが分かった。

しかるに、コールドチェーンに関わる研究を俯瞰すると①ごく一部の食品の品質評価手法は確立されているが、客観性があり系統だった品質評価研究がなされていないこと、②個々のコールドチェーン機器の性能評価はなされているが、機器類を比較しての客観的な評価がなされていないこと、が課題となり、低温保管による食品の日持ち向上と使用エネルギーの削減の両立を図る上で、最適点を客観的に評価出来ない現状である。

コールドチェーン高度化開発普及協議会においては、2011年度3月刊行予定の報告書で、コールドチェーンの現状の課題と今後の方向性に関して報告すると共に、今回の課題提案申請を行い、次世代コールドチェーンの確立を目指している。

(2) (1) に関連して活用した研究制度等

- ・研究制度名：農山漁村6次産業化対策事業補助金  
(1-1-イ(ア)農商工連携促進技術対策)
- ・研究課題名：① 全国食品産業技術開発戦略の作成
- ・研究実施期間（西暦）： 2010年度（1）年間
- ・研究費総額：3,504千円

(3) 先行特許等（本研究と関連する特許権等を既に出願、取得している場合、その概要）

●鈴木徹

測定新しさのための試薬キット，国際公開WO2010/044365 A1  
生鮮野菜・果実類の凍結ダメージの評価方法，特開2006-266950  
魚類の鮮度測定方法，特開2002-207025

●渡辺学

冷凍能力試験方法およびその装置，特開2003-075043，概要：冷蔵倉庫，凍結装置などに必須の要素機器である冷却器の性能を，簡便かつ正確に計測する方法およびその装置

●比留間直也

鮮度測定方法および鮮度測定装置 特開 2009-257785  
微生物の数または量を測定する方法および装置 特開2010-268792

## 2.5 地域施策との関連について

(1) 地域で推進すべき施策との整合性

JAしらかわは，福島県一位の生産量を誇ると共に，福島県のエコファーマー制度にも組織として300名を超える認定を受けるなど福島県の地域農業の振興を主軸とし，食と緑と水を守るとともに環境・文化・福祉への貢献を通じて，安心して暮らせる豊かな地域づくりに多大な貢献をおこなっている。

また「魅力ある農業」づくりを目標に基幹品目のトマト，きゅうり，ブロッコリーの生産拡大を図るとともに，市場や消費者ニーズの把握に努め，生産者・消費者共にメリットのある，新しい農業の提案を行っている。

その様な活動の中で，高品質だが輸送に耐えない完熟農産物の活用，規格外農産物の活用といった課題が発生し，従来より解決方法を検討してきた。

本課題提案書における省エネルギー型高品位冷凍システムの開発は，冷凍設備だけでは無く，適切な凍結条件を含む冷凍システムを提供することにより，産地で出荷できない地域の完熟農産物・規格外農産物を単なる加工原料としてではなく，カット，調味付けなど半加工して冷凍食品へと加工し消費者へ供給することをねらいとしたものであり，地域の農産加工品の販売拡大を通じて，魅力ある農業作りとの地域の施策と合致するものである。

(2) 研究課題について，研究グループとしての地域での活動状況

白河農業協同組合（JAしらかわ）は東京大学国際農学研究室より真空予備冷却システム・果実選別システムの導入に当たり技術的な支援を受けると共に，東京大学国際農学研究室の選果場効率的稼働へ向けた改良の研究にあたっては農産物・施設の提供を行うなど研究開発に関して協力を頂いてきた。この様に従来より深い交流があった両者が，「規格外農産物の有効利用」という地域での課題に対して，冷凍技術の専門家である東京海洋大学，冷凍設備機器メーカーなどとコンソーシアムを結成し，農産物の冷凍による有効活用を行おうとしている。

### 3. 有効性について

#### 3.1 目標とする成果により目指す効果及び普及の取組み：

(1) 当該技術の現場への導入・普及により目指す効果

① 3種以上の農産物の客観的品質評価方法を確立し、適切な冷凍条件を設定する。

まずは農産物から数種の食材を選定して、その食材の品質を科学的根拠に基づいて定量的に評価する方法を確立する。

選定する農産物としては普及支援組織の希望を考慮し、完熟トマト・きゅうりの・完熟白桃の3種とした。

グルタミン酸などの風味関与成分の変化、ドリップ発生の有無、レオメーターによるテクスチャー変化、氷結晶サイズの顕微鏡観察、MR Iによる水分状態観察などの物理化学的指標、テリ・ツヤ・食感などの官能評価結果の相関を取ると共に、凍結温度・磁場・電場・超音波などの影響、解凍条件の影響を確認し、適切な冷凍条件設定を行う。

なお、品質評価手法確立に当たっては、3種の農産物に限定されず、食品一般に広く応用可能な品質評価方法とする様留意する。

② 個々の農産物特性を生かす高品位食品冷凍システムを開発する。

凍結装置に関して品質、設備コスト、ランニングコスト、環境負荷までを考慮したバランスのとれた評価を行った後、個々の農産物の特性を生かす高品位食品冷凍システムを開発する。この際、個々の農産物の特性に合致した高品位冷凍システムとすることにより、費用対効果をより高いものとする。加えて品質面においても、従来型の技術では生鮮の状態と比較して品質の保持が困難であったり、短期間に冷凍変性したりするといった問題をクリアし新冷凍システムでは限りなく生原料に近い復元性を確保する。

③ 福島県で実証試験を行い、農産物の高付加価値化を図る。

①で開発した最適凍結条件（ソフト）と②で開発した省エネルギー型高品位冷凍システム（ハード）を組み合わせて、福島県（JA しらかわ）で実証実験を行う。

実証実験に際しては、高付加価値を付与するとの観点から、単なる冷凍解凍品で無く、「夏季以外でも完熟した香りと風味が味わえるサラダ用トマト」、「香味に優れ、食感の良い白桃」、「漬物用きゅうり」といった特徴を持った商品として販売を行う。

実証実験に際して、高品位の品質であることから平均価格より高価に取引されると考えるが、仮に京浜地区での全国平均取引価格と同等であると仮定しても、トマトの場合 251 円/kg/円から 316 円/kg、きゅうり 241 円/kg から 282 円/kg といずれも 20%程度の価格上昇が見込まれる。

（「平成 20 年青果物産地別卸売統計」における野菜の主要消費地域別・産地別の卸売数量及び卸売価格を参考）

(2) 当該技術の現場等への適応可能性を確認するための取組及び普及に向けた体制

実際に問題意識を持っている地域の現場（JA しらかわ）に協力を仰ぎ、現場の主力生産物（トマト、きゅうり、白桃）を対象としてテストケースのモデルとなってもらおう。

具体的には、冷凍技術を駆使した新たな商品開発として、白河フーズ（JA しらかわの直営店）において冷凍完熟トマト、冷凍きゅうりの漬物・完熟白桃を販売する。また、経済学的手法である支払い意思額を用いた評価を行い、この評価をフィードバックすることで凍結条件の改善を効率的に行う。研究期間終了後はここで作った成功例をもとに、他の地域にも適用していく。

従来の手法では、地域ごとに生産物は異なり、一から従品質評価法の確立からスタートする必要がある。しかし本課題終了時には、食品の官能評価と物理学的指標の関連性評価、凍結装置の客観的評価方法が既に完成しているので、食品品質特性確認の手間だけで、容易に他の地域、他の農水産物に適用範囲を広げることができる

### 3.2 期待される効果

今回の課題提案書で普及支援機関として参加頂く，JA しらかわはいずれも，新規技術の導入による地域活性化に積極的なところである。従って，テスト販売などで良好な成果が出た場合速やかな普及が見込まれる。

また，凍結食品の官能評価と物理化学的指標の関連性評価結果をしっかりとこなっているため，課題提案書記載の3アイテムにとどまらず，同様の確認により，地域ごとに必要とされる農産物について，容易に最適凍結条件の設定が可能となり，日本全国への普及が容易である。冷凍状態で長期保存が可能であることに着目すると，高品位農水産物加工品の輸出促進にもつながり，結果として日本の食糧自給率向上にも役立つ。

さらに農産物の冷凍システムの客観的評価マニュアルの作成により，今まで客観的評価基準が無く費用対効果がはっきりしなかった凍結設備においても，費用対効果の観点からと冷凍システム導入が図れるため，導入費用を安くすることができる。

### 3.3 国民生活への貢献

農産物のおいしさや新鮮さ等の品質に対する消費者のニーズが高まる中で，地域には流通が困難との理由で利用されていない農産物がある。これは農産物は熟して美味しさが最高に達する時には，柔らかく輸送耐性や歩留まりの低いものになるとの特性によるものである。

本研究で得られる技術を用いて，地域の農産物を高品位冷凍システムで凍結加工することにより，農産物およびその加工品を収穫時の美味しさ・食感・栄養価を保持したまま流通させることが出来る。また冷凍保管可能であるため，農産物および加工品を天候などの外部要因に左右されず，国民に安価に安定供給することが出来る。

また本研究では従前の研究とは異なり，単に品質のみでは無く初期コスト・運転コストなど継続性を考慮した凍結システムを確立させること，数種の農産物に限らず汎用性の高い品質評価手法を確立することから，一つの成功例にとどまらず，数多くの成功例を生み出し，広く国民生活に貢献が可能と考える。