

平成 18 年度

北海道農水産品高度生産流通システム
検討調査業務

(抜 粋)

平成 20 年 1 月 16 日 資料

抜 粹 版 目 次

業務目的	1
新冷凍保存技術を活用したコールドチェーンの実証実験	3
実験結果	8
1．スイートコーン	8
2．鶏肉	10
3．羊肉	12
4．サケ	13
5．サンマ	16
6．カキ	18
7．毛ガニ	19
8．保冷車等による輸送	21
9．実験結果の考察	22
新たなコールドチェーンに対応した産地のあり方等の検討調査	24
1．スイートコーン（伊達市）	24
2．羊肉（土別市）	26
3．サンマ（釧路市）	27
4．カキ（釧路町）	29

業務目的

北海道の農水産品の需要拡大を図るため、生鮮品の高鮮度維持を可能とする「新冷凍保存技術」を活用することにより、北海道の農水産品を高鮮度に維持したままでの年間を通じた安定供給の実現、商品の高付加価値化、加えて総流通コストの低減を通じて、生産者から消費者までにメリットを及ぼすことが可能な高度な生産流通システムの構築に資する調査・検討を行うことを目的としている。

表 業務内容

項目	内容
基礎調査	北海道の農水産品のうち、主に生鮮品（生食用）の中から、新冷凍保存技術の導入により産地の経済効果が期待できる産品を抽出するとともに、これらの産品の生産・流通状況などを調査し、新冷凍保存技術を導入する上で必要となる情報を整理する。
コールドチェーンの立案	基礎調査で抽出した産品のうち主なものについて、新冷凍保存技術と消費地ニーズなどを組み合わせた新たなコールドチェーンを立案し、現状のコールドチェーンとの比較や導入の可能性を検討する。
実証実験	立案したコールドチェーンを考慮し、実際に産地での産品の冷凍、産地から消費地への輸送、長期保管等を行い、新たなコールドチェーンの有効性などを検討する。
産地のあり方の検討	基礎調査で抽出した産品で、農産品、畜産品、水産品それぞれからモデルとなるものを選定し、新冷凍保存技術を活用した新たなコールドチェーンを導入する際の産地のあり方などについて、また、生産・出荷方法および出荷調整機能や加工の必要性などを検討し、産地の構造変革の可能性について調査する。
検討委員会	新冷凍保存技術を活用した高度生産流通システムを構築する上で、生産地や流通過程、消費地など川上から川下までを俯瞰し、総合的に検討する必要があることから、各段階の関係者や学識経験者を委員とする検討委員会を設置し、新たなコールドチェーンの導入や産地のあり方に関する検討を行う。
生産地ワーキンググループ	実際に生産地における導入に向けた検討を行うために、生産地ワーキンググループを設置し、導入時の課題の抽出などを行う。

使用した新冷凍保存技術について

本業務で用いる新冷凍保存技術は、次の3つの機能を有するものとして、TdS (Thermodynamic System) Group によって開発された新型冷凍・冷蔵技術を選定した。

- a. エアブラスト方式、かつ、二段圧縮方式の冷凍機を使用し、冷凍品の高品質化を図ることから、庫内温度 -70 程度の急速冷凍が可能なもの。
- b. 省エネルギー化を図るため、外気温の低下に伴う凝縮圧力の低下(最低値が 0.5MPa 以下)および冷媒温度と庫内温度の差の極小化(最小値が 5 以内)が可能なもの。
- c. 冷凍能力を維持するため、冷気の吹き出し口の着霜を極力抑制することが可能なもの。

これまで超々低温(-60 以下)の庫内温度を安定的に保つには、窒素凍結や二元冷凍方式など特殊な冷凍システムを使用しなければならなかったが、本技術は、伝熱工学を駆使した設計と、庫内温度だけでなく外気温も考慮した緻密な制御システムなどを組み合わせることにより、一般的な二段圧縮方式の冷凍機を使用して、低凝縮圧力での運転、ならびに冷媒と庫内の温度差の極小化を実現した。これにより、超々低温(-70)での急速冷凍、省エネルギーでの稼働、着霜の抑制を可能にした。

上記の3つの機能に関連した、新冷凍保存技術(TdSシステム)の特徴は以下のとおりである(TdS Groupパンフレットより)。

a. に関連する特徴

一般的な二段圧縮方式の冷凍機器で超々低温(-70)を実現している。

冷凍食材の品質は、細胞内の水分が氷結する温度帯(最大氷結晶生成温度帯 $-1\sim-5$)の通過速度によって左右されるが、この冷凍システムでは冷凍能力が高く、凍結時間が極めて短くなるため、冷凍食材の高品質化が可能となる。

b. に関連する特徴

冬季などのように外気温が低下した場合は最低凝縮圧力(0.3Mpa)でも運転できるため、省エネルギー効果が高い。

冷媒と庫内の温度差が $2\sim5$ 以内となるよう制御可能である。

c. に関連する特徴

冷媒と庫内の温度差が $2\sim5$ 以内となるよう制御されるため、着霜が抑制される。

着霜の抑制により、デフロスト回数が低減し、庫内温度が安定するため、昇華(冷凍焼け)が起こりにくく、高品質での長期保管が可能となる。

その他

低凝縮圧力での稼働により、機械的負荷が低減しオーバーホールサイクルが延長され、機械的寿命が延びる。

新冷凍保存技術を活用したコールドチェーンの実証実験

産地において新冷凍保存技術を用いて冷凍した産品を新たなコールドチェーンを活用し、産地から消費地まで下記(A)、(B)および(C)の流通実験を行った。最も経済効果が見込まれる地域として、人口が多く、市場規模の大きい首都圏を消費地（出荷先）とした。

(A)については、新冷凍保存技術を用いて首都圏まで超低温を保ち、品質をどの程度保ったまま輸送できるか検証するために行った。また、(B)については、出荷調整を行うことを想定し、品質を保ったまま長期間保管が可能か検証するために行った。

このほか、新冷凍保存技術で凍結・保管したものを、保冷車や従来型冷凍トラックで輸送する実験(C)も合わせて行い、新たなコールドチェーンへの移行段階として、保冷車や従来型冷凍トラックが有効であるかを検証した。

表 実験概要

対象産品	農産品：スイートコーン 畜産品：鶏肉、羊肉 水産品：サケ、カキ、サンマ、毛ガニ
産地	スイートコーン：胆振支庁 カキ：釧路支庁 鶏肉：胆振支庁 サンマ：釧路支庁 羊肉：上川支庁 毛ガニ：釧路支庁 サケ：根室支庁
消費地	首都圏
流通実験の方法	(A) 収穫(漁獲)期に新冷凍保存技術で冷凍し、新冷凍保存技術を用いて輸送し、消費地へ出荷する。また、比較のため、既存の冷凍保存技術で冷凍し輸送する方法についても実施する。 (B) 収穫(漁獲)期に新冷凍保存技術で冷凍し、冷凍庫保管により出荷時期を調整した後、新冷凍保存技術を用いて輸送し、消費地へ出荷する。また、比較のため、既存の冷凍保存技術で冷凍し、保管・輸送する方法についても実施する。 (C) 漁獲期に新冷凍保存技術で冷凍し、保冷車 ¹⁾ および従来型冷凍トラックで消費地へ出荷する。

1)チルド温度帯（設定温度：5℃）に設定した従来型冷蔵トラックを使用した。

以下、実験全体の流れ、凍結方法の概要、保管方法の概要、流通経路の概要、化学分析の概要、官能試験の概要について図表に記す。

図 実験全体の流れ

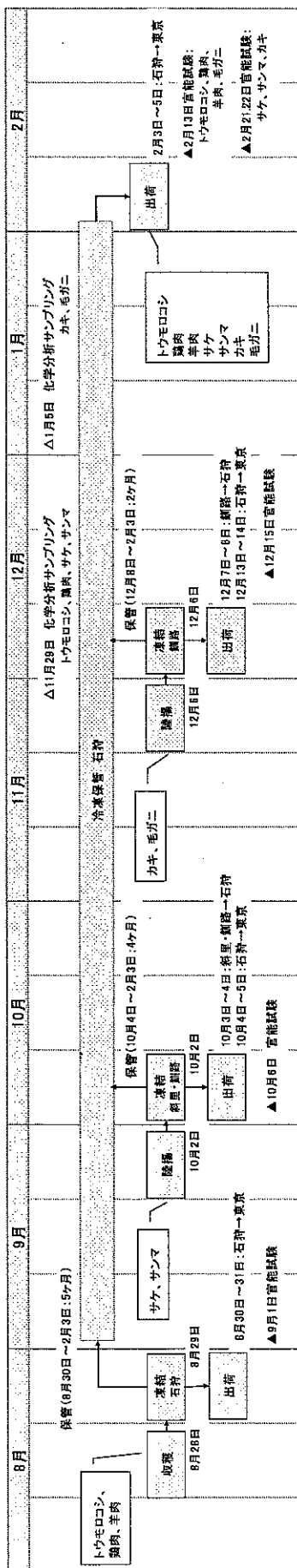


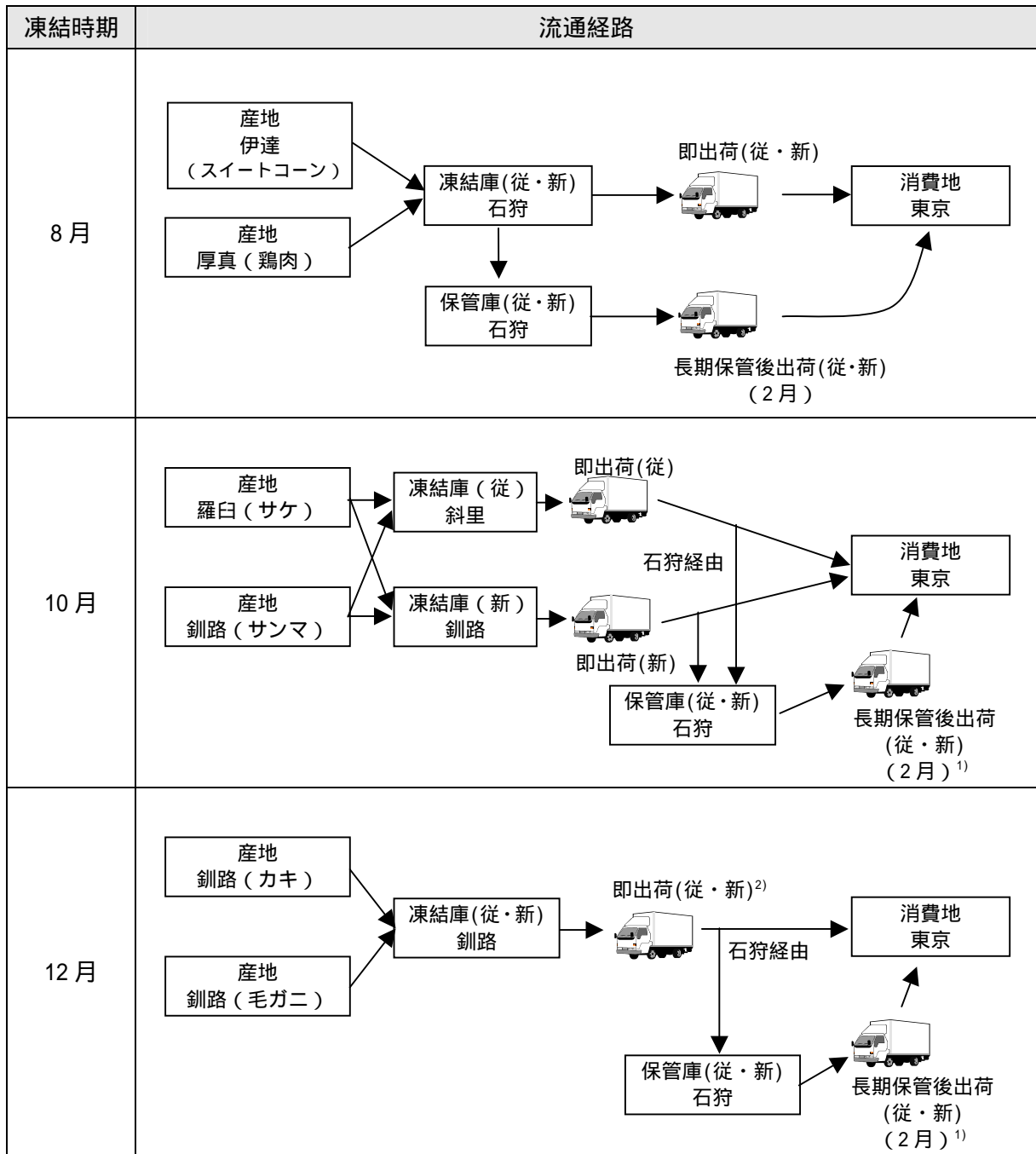
表 凍結方法の概要

産品	実施時期	凍結場所	庫内設定温度
スイートコーン	8月	従来型：石狩市内 A 社 新型：石狩市内 B 社	従来型：-40 新型：-70
鶏肉	8月	従来型：石狩市内 A 社 新型：石狩市内 B 社	従来型：-40 新型：-70
羊肉	8月	従来型：石狩市内 A 社 新型：石狩市内 B 社	従来型：-40 新型：-70
サケ	10月	従来型：斜里町内 C 社 新型：釧路市内 D 社	従来型：-40 新型：-70
サンマ	10月	従来型：斜里町内 C 社 新型：釧路市内 D 社	従来型：-40 新型：-70
カキ	12月	従来型：釧路管内生産団体 新型：釧路市内 D 社	従来型：-40 新型：-70
毛ガニ	12月	従来型：釧路管内生産団体 新型：釧路市内 D 社	従来型：-40 新型：-70

表 保管方法の概要

産品	保管期間	保管場所	庫内設定温度	保管中の荷姿
スイートコーン	5ヶ月	従来型：石狩市内 E 社 新型：石狩市内 B 社	従来型：-22 新型：-50	段ボール箱
鶏肉				段ボール箱
羊肉				発泡スチロールケース
サケ	4ヶ月			段ボール箱
サンマ				発泡スチロールケース
カキ	2ヶ月			発泡スチロールケース
毛ガニ				発泡スチロールケース

表 流通経路の概要



1) 長期保管後の輸送において、サンマとカキについては、新冷凍保存技術で凍結・保管したものを、従来型冷凍トラックで運ぶ実験も行った。

2) 12月の輸送において、カキについては、新冷凍保存技術で凍結したものを、保冷車(従来型冷蔵トラック)で運ぶ実験も行った。

表 化学分析の概要

項目	産品
ビタミンC 高速液体クロマトグラフ法	「スイートコーン」
糖度 ブリックス糖度計	「スイートコーン」
K値 カラムクロマトグラフ法	「鶏肉」 _、 「サケ」 _、 「サンマ」
揮発性塩基窒素 微量拡散法	「カキ」
水分 常圧加熱乾燥法	「鶏肉」 _、 「サケ」 _、 「サンマ」 _、 「カキ」 _、 「毛ガニ」

表 官能試験の概要

実施月	産品	試験方法
9月	スイートコーン 鶏肉 羊肉	どれがどの方法による凍結かわからない状態で、流通・小売店のバイヤー、外食チェーンメニュー開発担当者など専門家をパネルとして、以下の項目について5段階で評価を行った。 1)色・外観
10月	サケ サンマ	2)におい 3)歯ごたえ・舌触り
12月	カキ 毛ガニ	4)味 5)鮮度
2月	スイートコーン 羊肉 鶏肉 毛ガニ	和洋女子大学 家政学部 畑江教授の協力のもと官能試験を行った。凍結直後と同様に専門家のパネルのほか、大学関係者のパネルでも行った。従来型と新型どちらかわからない状態で試食し、色、味、歯ごたえ、ジューシーさなどの項目について、どちらが好ましいかで評価を行った。
	サケ サンマ カキ	東京海洋大学 海洋科学部 白井助教授の協力のもと、官能試験を行った。試料を新型1個+従来型2個の計3個1組にし、試食等により1個のものを選択(識別)、さらにどちらが好ましいか(嗜好)回答する方法(3点嗜好法)で行った。 有意水準(p)について 統計的にどの程度有意な差があるかの基準を示すもの(「 $p < \text{数値}$ 」という表記を行う)であり、当該官能試験においては、この数値が低いほど「新型冷凍と従来型冷凍との間で違いがあることが明らかである」ことを意味する。 なお当試験の場合、 $p < 0.05$ であれば、「95%の信頼度で、新型冷凍と従来型冷凍の間に確かな差が認められる」ということができる。



和洋女子大学での官能試験(2007年2月)



東京海洋大学での試験(2007年2月)

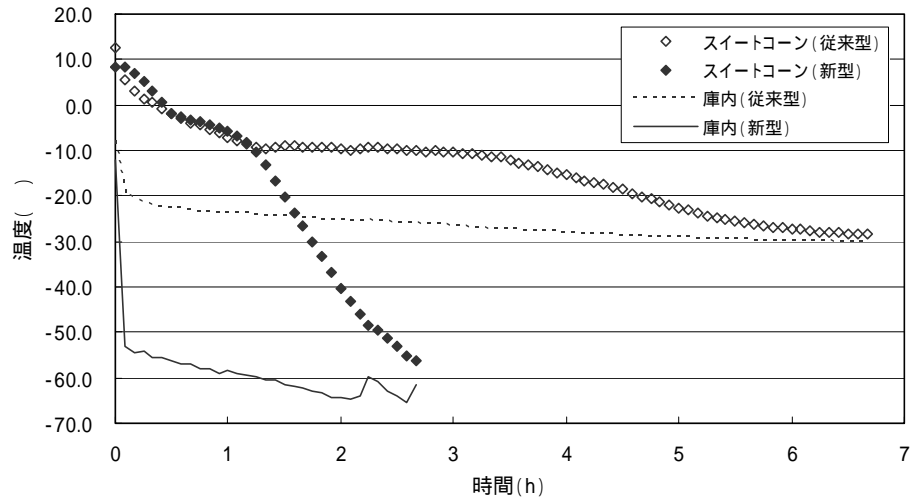
実験結果

1. スイートコーン

(1) 製品の冷凍

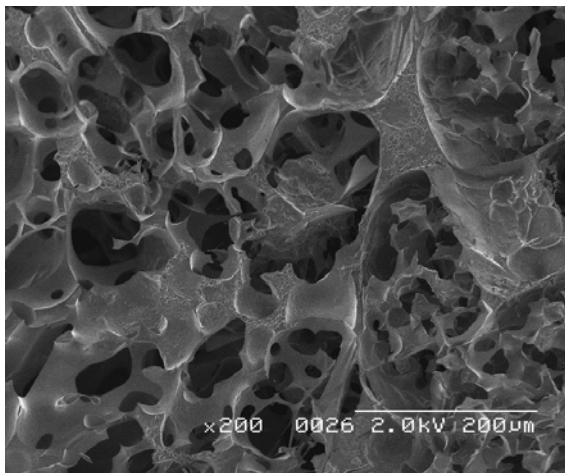
サンプルを冷凍庫に入れた後、従来型では6.5時間で約-28℃まで下がっていた。一方、新型は2時間程度で-30℃に達しており、そのまま温度が低下し続け、開始後3時間を待たずに約-57℃まで下がっていた。

図 凍結時の温度履歴 (スイートコーン)

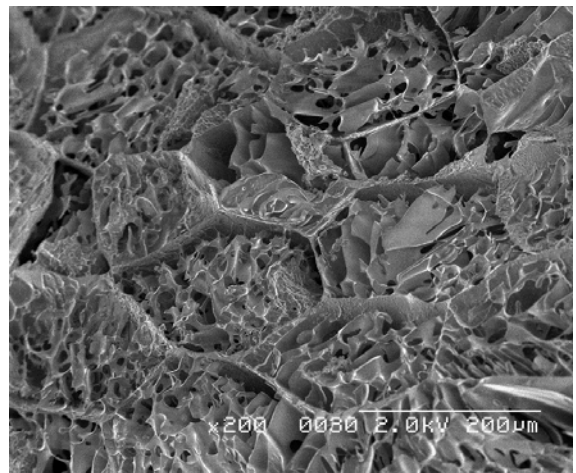


(2) 電子顕微鏡画像

電子顕微鏡画像を比較すると、従来型では氷結晶が大きく、細胞が壊れているのが確認できた。一方、新型では氷結晶のサイズが小さくなっており、細胞へのダメージがほとんどない状態であった。



電子顕微鏡 従来型 (2007年2月6日撮影)



電子顕微鏡 新型 (2007年2月6日撮影)

(3) 総括

表 実験結果の概要(スイートコーン)

項目	評価	概要
凍結温度		新型のほうが急速かつ超低温で凍結されている。
保管温度		従来型は約-21 で、新型は約-50 で保管されている。
輸送温度		従来型は-16~-24 で、新型は-36~-40 で輸送されている。
化学分析		従来型と新型を比べてほとんど差は見られない。
官能試験(凍結直後)		新型のほうの評価が高い項目が多い。
官能試験(長期保管後)		専門家パネルでは新型のほうの評価が高い項目が多い。
電子顕微鏡観察		新型では細胞へのダメージが少なかった。

- : 新型のほうはかなり優位である。
- : 新型のほうが優位である。
- : 従来型と新型で同等もしくは従来型のほうが優れている。

本実験では、もぎたての状態、高鮮度のものを出荷することを想定し、軸つきのコーンで実験を行った。

凍結直後の官能試験では新型の評価が高く、長期保管後の官能試験では、専門家による評価で新型のほうの評価が高かった。

電子顕微鏡観察の結果から、長期保管後も新型のほう細胞の破壊が少ないことが確認され、あわせて化学分析の結果からも、従来型と新型との差は見られなかったものの、長期保管後の分析値は、冷凍前の生の分析値とほぼ同じ値を示しており、高鮮度での長期保管が可能であることが確認された。

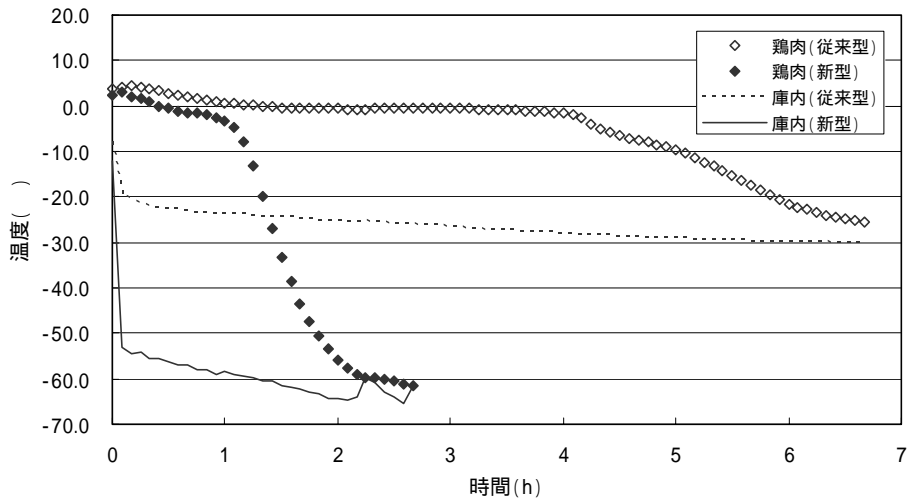
なお、官能試験の際、従来型と新型いずれも、歯ごたえは、生のものと比較すると落ちるとの意見も多くあげられていた。

2. 鶏肉

(1) 製品の冷凍

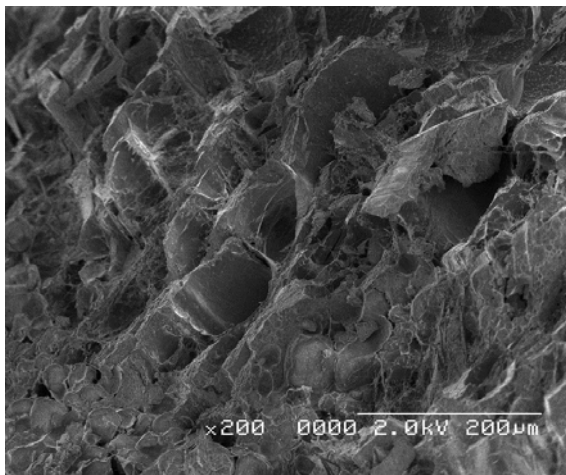
サンプルを冷凍庫に入れた後、従来型では0 付近の状態が約4時間続いた後に温度が下がり始め、6.5時間で約-25 まで下がっていた。一方、新型は1.5時間程度で-30 に達しており、そのまま温度が低下し続け、開始後2.5時間を待たずに約-60 まで下がっていた。

図 凍結時の温度履歴（鶏肉）

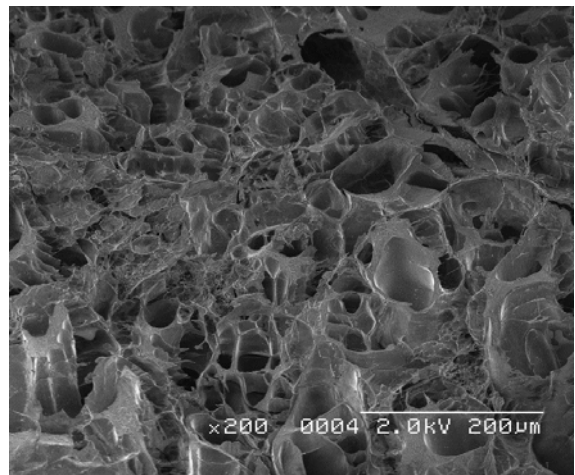


(2) 電子顕微鏡画像

電子顕微鏡画像を比較すると、従来型では氷結晶が大きく、細胞が壊れているのが確認できた。一方、新型では氷結晶のサイズが、従来型に比べてやや小さくなっており、細胞へのダメージがやや少ない状態であった。



電子顕微鏡 従来型（2007年2月6日撮影）



電子顕微鏡 新型（2007年2月6日撮影）

(3) 総括

表 実験結果の概要(鶏肉)

項目	評価	概要
凍結温度		新型のほうが急速かつ超低温で凍結されている。
保管温度		従来型は約-21 で、新型は約-50 で保管されている。
輸送温度		従来型は-16~-24 で、新型は-36~-40 で輸送されている。
化学分析		K値において、凍結日から2日を過ぎてから新型のほうが低い値を示している(鮮度が高い)。
官能試験(凍結直後)		従来型と新型を比べて差は見られなかった。
官能試験(長期保管後)		新型のほうの評価が高い項目が多い。
電子顕微鏡観察		やや新型のほう細胞へのダメージが少なかった。

: 新型のほうはかなり優位である。

: 新型のほうが優位である。

: 従来型と新型で同等もしくは従来型のほうが優れている。

凍結直後での官能試験では、従来型と新型を比べて差は無かったが、長期保管後の官能試験では、新型のほうの評価が高い項目が多く、特に専門家の評価での「におい」については有意に新型の評価が高かった。

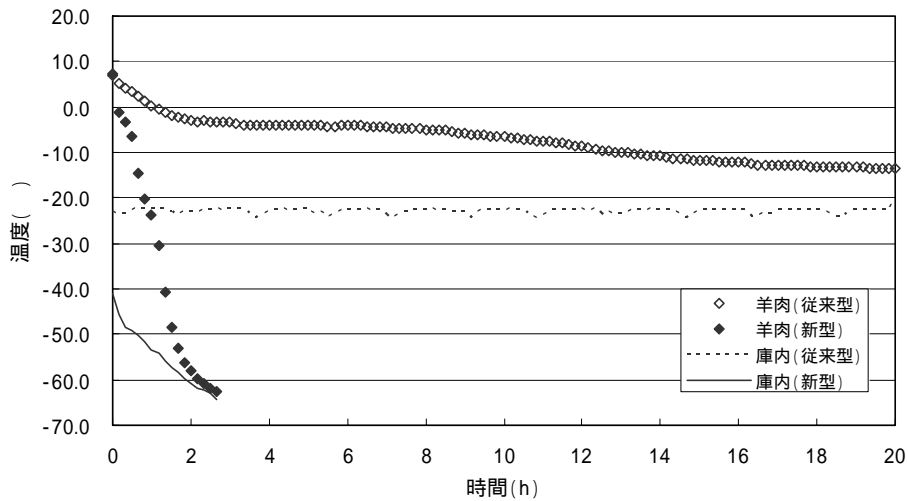
電子顕微鏡観察の結果から、長期保管後も新型のほう細胞の破壊が少ないことが確認され、あわせて、化学分析のK値の結果からも、新型のほう低い値を示しており、高鮮度での長期保管が可能であることが確認された。

3. 羊肉

(1) 製品の冷凍

サンプルを冷凍庫に入れた後、従来型では20時間で約-13℃まで下がっていた。一方、新型は1時間程度で-20℃に達しており、そのまま温度が低下し続け、開始後2時間で-60℃まで下がっていた。

図 凍結時の温度履歴（羊肉）



(2) 総括

表 実験結果の概要（羊肉）

項目	評価	概要
凍結温度		新型のほうが急速かつ超低温で凍結されている。
保管温度	-	
輸送温度		従来型は-20~-24℃で、新型は-32~-40℃で輸送されている。
化学分析	-	
官能試験（凍結直後）		新型のほうの評価が全項目で高い。
官能試験（長期保管後）		新型のほうの評価が高い項目が多い。
電子顕微鏡観察	-	

- : 新型のほうがかかなり優位である。
- : 新型のほうが優位である。
- : 従来型と新型で同等もしくは従来型のほうが優れている。

凍結直後の官能試験、および、長期保管後の官能試験いずれにおいても、新型のほうの評価が高く、特に長期保管後の官能試験では、肉の色の明るさやジューシーさで有意に新型のほうの評価が高かった。

なお、畜産品の場合は、凍結速度が速すぎると、過度に筋肉が縮む寒冷短縮や、筋原線維間に緩み、裂傷を起こしてしまうこともあり、凍結条件に留意する必要がある。

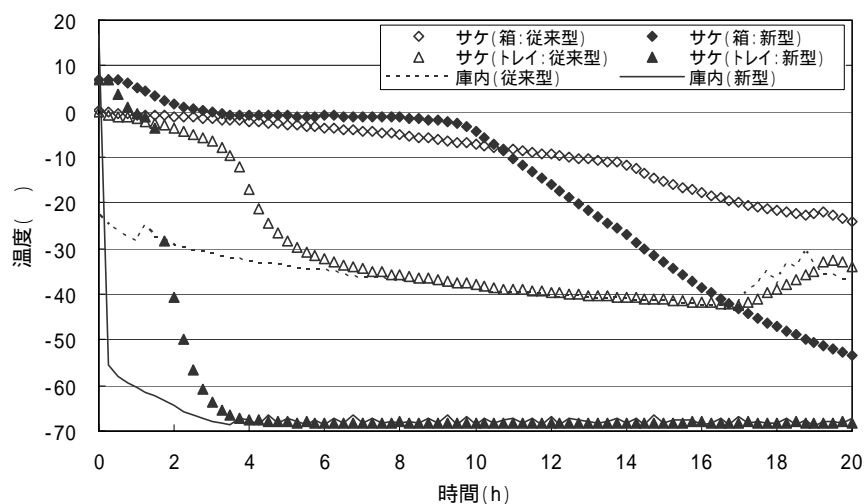
4. サケ

(1) 製品の冷凍

サンプルを冷凍庫に入れた後、段ボール箱に入れた従来型では20時間で約-25まで下がっていた。一方、新型は約10時間後から温度が下がり始め、14時間程度で-25に達しており、そのまま温度が低下し続け、20時間後では-53まで下がっていた。

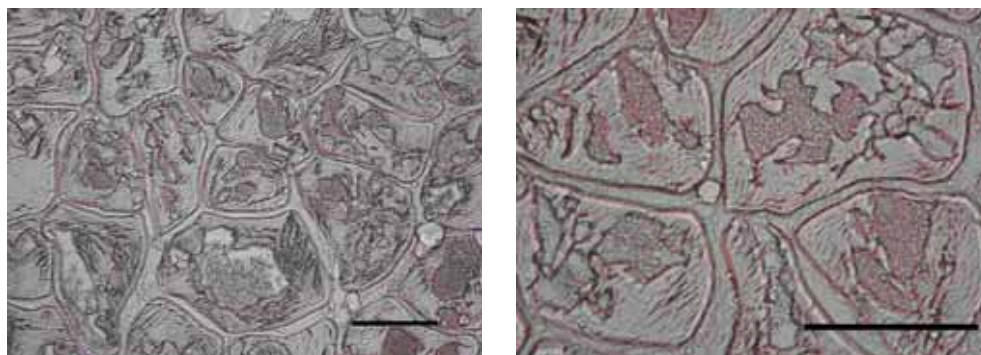
一方、アルミトレイを用いた試験では、従来型は約4時間で-20、新型は約2時間で-40に達しており、それぞれ凍結までの時間が短縮されていた。

図 凍結時の温度履歴(サケ)



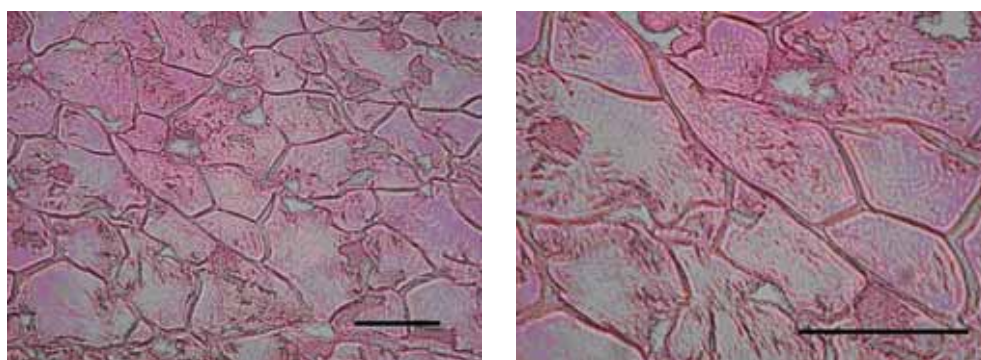
(2) 顕微鏡画像

顕微鏡画像をみると、従来型では細胞外で水分の凍結がみられ、細胞へのダメージが確認された。一方、新型では細胞外の水分の凍結が少なく、細胞へのダメージがほとんどない状態であった。



各写真右下の線の長さは、100 μm を表す。

図 顕微鏡 従来型 (2007年3月2日撮影)



各写真右下の線の長さは、100 μm を表す。

図 顕微鏡 新型 (2007年3月2日撮影)

(3) 総括

表 4 実験結果の概要 (サク)

項目	評価	概要
凍結温度		新型のほうが急速かつ超低温で凍結されている。 ただし段ボール箱につめて凍結した場合は、凍結時間にあまり差は無かった。
保管温度		従来型は約-21 で、新型は約-50 で保管されている。
輸送温度		従来型は-21~-27 で、新型は-31~-40 で輸送されている。
化学分析		従来型と新型を比べてほとんど差は見られない。
官能試験 (凍結直後)		従来型のほうの評価が高い項目が多い。
官能試験 (長期保管後)		有意に新型の評価が高かった。
電子顕微鏡観察		新型では細胞へのダメージが少なかった。

- : 新型のほうがかかなり優位である。
- : 新型のほうが優位である。
- : 従来型と新型で同等もしくは従来型のほうが優れている。

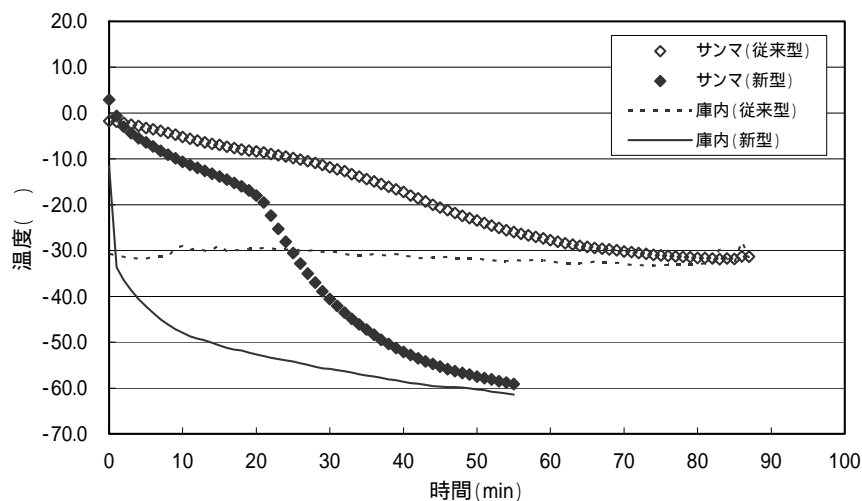
凍結直後の官能試験では、従来型のほうの評価が高い項目が多く、短期間では新冷凍保存技術の優位性はみられなかった。しかし、長期保管後の官能試験では有意に新型の評価が高く、また、K 値および水分の分析結果では、従来型と新型との差は見られなかったものの、長期保管後であっても、冷凍前の生の状態の値とほとんど変化がないことから、鮮度を保ったままでの長期保管が可能であることが確認できた。

5. サンマ

(1) 製品の冷凍

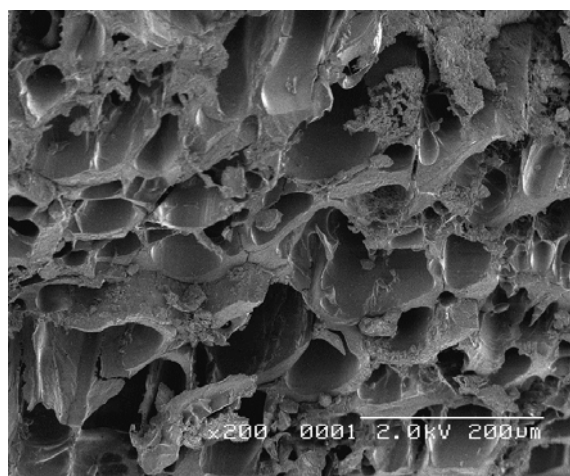
サンプルを冷凍庫に入れた後、従来型では約70分後に-30℃まで下がっていた。一方、新型は約25分で-30℃に達しており、そのまま温度が低下し続け、開始後55分で-60℃まで下がっていた。

図 凍結時の温度履歴（サンマ）

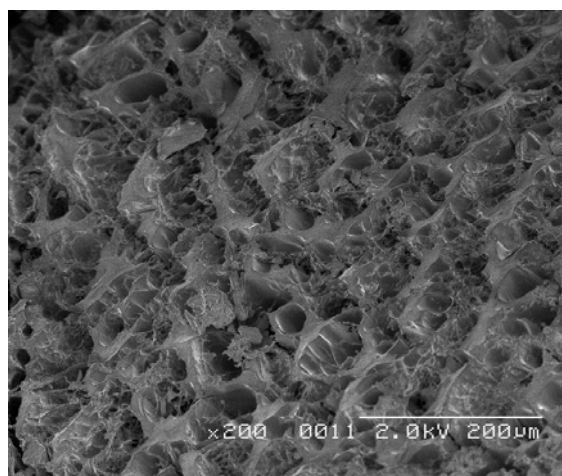


(2) 顕微鏡画像

電子顕微鏡画像を比較すると、従来型では氷結晶が大きく、細胞が壊れているのが確認できた。一方、新型では氷結晶のサイズが小さくなっており、細胞へのダメージがほとんどない状態であった。



電子顕微鏡 従来型(2007年2月6日撮影)



電子顕微鏡 新型(2007年2月6日撮影)

(3) 総括

表 実験結果の概要 (サンマ)

項目	評価	概要
凍結温度		新型のほうが急速かつ超低温で凍結されている。
保管温度		従来型は約-21 で、新型は約-50 で保管されている。
輸送温度		従来型は-20~-26 で、新型は-31~-40 で輸送されている。
化学分析		K値において、保管期間が2ヶ月を過ぎてから新型のほうが低い値を示している(鮮度が高い)。
官能試験(凍結直後)		新型のほうの評価が高い項目が多い。
官能試験(長期保管後)		有意に新型の評価が高かった。
電子顕微鏡観察		新型では細胞へのダメージが少なかった。

- : 新型のほうはかなり優位である。
- : 新型のほうが優位である。
- : 従来型と新型で同等もしくは従来型のほうが優れている。

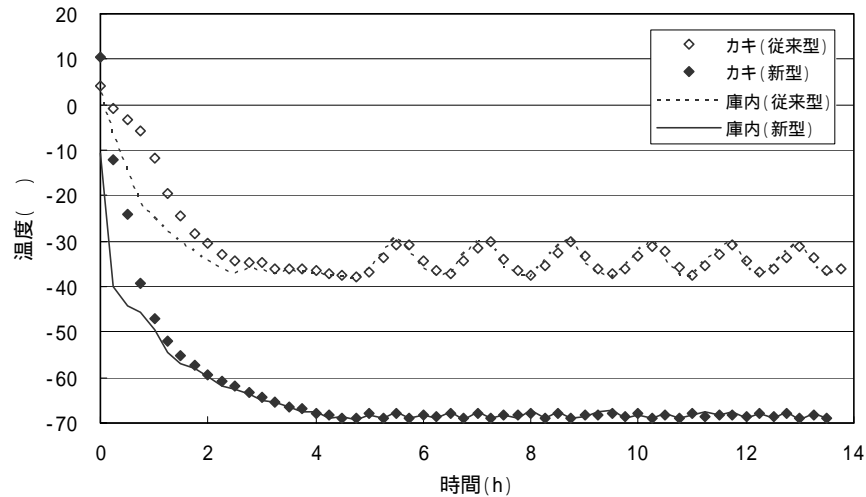
凍結直後の官能試験では、新型のほうの評価が高い項目が多く、また、長期保管後の官能試験では有意に新型の評価が高かった。電子顕微鏡観察の結果から、長期保管後でも新型のほうで細胞の破壊が少ないことが確認された。また、K値については、一般的に20%以下であれば生食が可能といわれているが、本実験では長期保管後でも10%以下を示しており、高鮮度のまま長期保管が可能であることが確認された。

6 . カキ

(1) 製品の冷凍

サンプルを冷凍庫に入れた後、従来型では約5時間で約-38 まで下がっていた。一方、新型は約1時間で-40 に達しており、そのまま温度が低下し続け、開始後4時間で約-67 まで下がっていた。

図 凍結時の温度履歴 (カキ)



(2) 総括

表 実験結果の概要 (カキ)

項目	評価	概要
凍結温度		新型のほうが急速かつ超低温で凍結されている。
保管温度		従来型は約-21 で、新型は約-50 で保管されている。
輸送温度		従来型は-10~-26 で、新型は-30~-40 で輸送されている。
化学分析		従来型と新型を比べてほとんど差は見られない。
官能試験 (凍結直後)		従来型のほうの評価が高い項目が多い。
官能試験 (長期保管後)		有意に新型の評価が高かった。
電子顕微鏡観察	-	

- : 新型のほうがかかなり優位である。
- : 新型のほうが優位である。
- : 従来型と新型で同等もしくは従来型のほうが優れている。

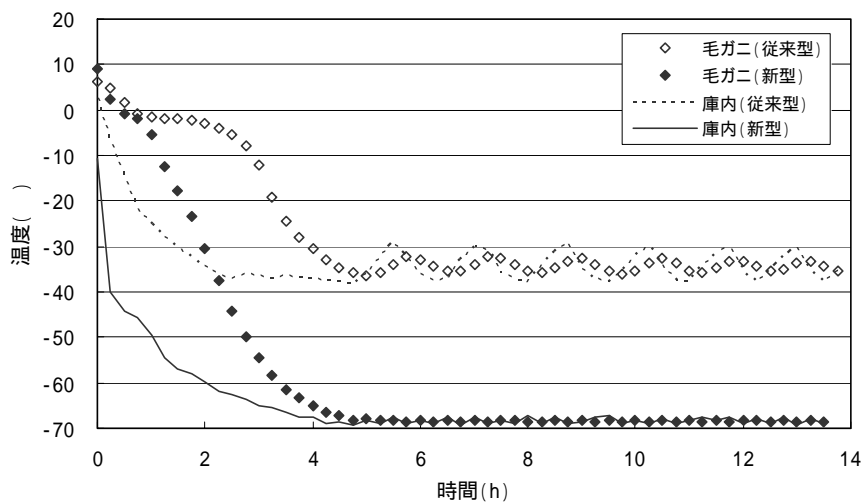
冷凍直後の官能試験 (外観観察) では従来型のほうが評価が高く、凍結直後の時点では新型の優位性は見られなかった。しかし、長期保管後の官能試験では新型のほう有意に評価が高く、また、揮発性塩基窒素および水分の分析結果において、従来型と新型との差は見られなかったものの、長期保管後であっても冷凍前の生の状態とほぼ同じ値を示しており、高鮮度での長期保管が可能であることが確認された。

7. 毛ガニ

(1) 製品の冷凍

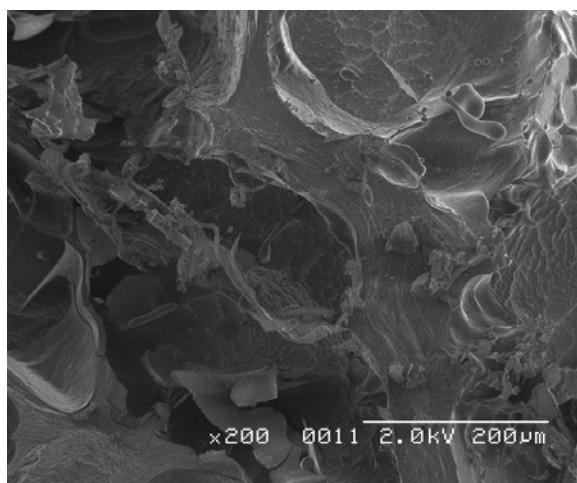
サンプルを冷凍庫に入れた後、従来型では約5時間で約-36℃まで下がっていた。一方、新型は約2時間で-30℃に達しており、そのまま温度が低下し続け、開始後5時間で約-68℃まで下がっていた。

図 凍結時の温度履歴（毛ガニ）

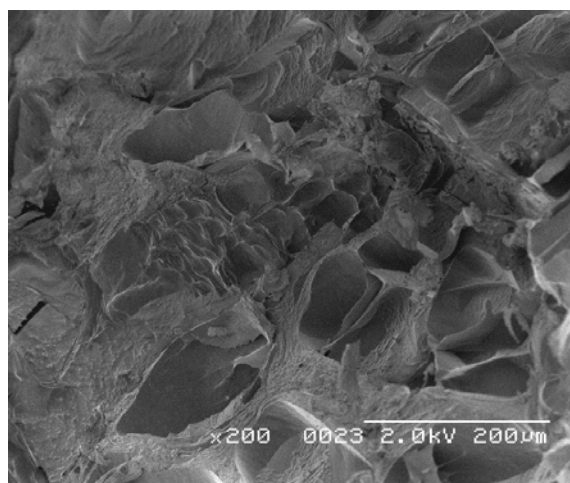


(2) 電子顕微鏡画像

電子顕微鏡画像を比較すると、従来型では氷結晶が大きく、細胞が壊れているのが確認できた。一方、新型では氷結晶のサイズが、従来型に比べてやや小さくなっており、細胞へのダメージがやや少ない状態であった。



電子顕微鏡 従来型（2007年2月6日撮影）



電子顕微鏡 新型（2007年2月6日撮影）

(3) 総括

表3 実験結果の概要(毛ガニ)

項目	評価	概要
凍結温度		新型のほうが急速かつ超低温で凍結されている。
保管温度		従来型は約-21 で、新型は約-50 で保管されている。
輸送温度		従来型は-10~-26 で、新型は-31~-40 で輸送されている。
化学分析		従来型と新型を比べてほとんど差は見られない。
官能試験(凍結直後)		新型のほうの評価が全項目で高い。
官能試験(長期保管後)		専門家パネルでは新型のほうの評価が全項目で高い。
電子顕微鏡観察		やや新型のほうが生細胞へのダメージが少なかった。

- : 新型のほうがかかなり優位である。
- : 新型のほうが優位である。
- : 従来型と新型で同等もしくは従来型のほうが優れている。

凍結直後の官能試験での評価は新型のほうが高い傾向にあり、長期保管後の官能試験では、専門家の評価で新型のほうの評価が高かった。また、水分の分析結果では、従来型と新型との差は見られなかったものの、長期保管後であっても、冷凍前の生の状態とほとんど変化がないことから、冷凍保管中の乾燥もなく、品質を保ったままでの長期保管が可能であることが確認された。

8．保冷車等による輸送

新たなコールドチェーンでは、新冷凍保存技術を搭載したトラックによる輸送を想定しているが、この新型冷凍トラックが普及するには、多くの時間がかかると考えられるため、普及するまでの代替手段として、既存の保冷車等での輸送が可能か検証した。

鮮度の劣化が早く、衛生管理が難しいとされるカキを対象産品とし、12月に実施した実験と合わせて、新冷凍保存技術で凍結したものを従来型冷蔵トラック（設定温度：5℃）で東京まで輸送した。

また、2月の輸送時において、カキと合わせて、脂分が多く、長期保管により冷凍焼けが起こりやすいサンマについて、新冷凍保存技術で凍結・保管したものを従来型冷凍トラック（設定温度：-25℃）で東京まで輸送し、新型冷凍トラックとの比較を行った。

（1）専門家等による評価

12月に保冷車（従来型冷蔵トラック）輸送したカキについての専門家等の評価では、解凍が進みすぎており、少し生臭く、見た目にも悪い状態で、生食として出すことは難しいとの意見があげられた。

2月の従来型冷凍トラックで輸送したサンマおよびカキについての専門家の評価では、新型冷凍トラックで輸送したものとほとんど差は無く、従来型冷凍トラックで輸送したのもでも、新型冷凍トラックで輸送したものと同等に取り扱うことができるとの意見があげられた。

（2）総括

カキの12月の保冷車での輸送については、東京へ到着した際に、ちょうど解凍された状態となることを想定し、チルド温度帯（5℃）に設定した従来型冷蔵トラックで輸送したが、実際には8時間程度で約-5℃まで上昇しており、東京到着よりもかなり早い段階で解凍が進み、東京までの輸送においては、適切な輸送条件ではないことが確認された。

このことを踏まえて、より低い温度帯での輸送が必要であるとの判断から、2月に従来型冷凍トラックで輸送を試みた。この方法で輸送したものと、新型冷凍トラックで輸送したものを比較すると、化学分析の結果および専門家の評価からも、ほとんど同等な状態で輸送できたことが確認された。

9. 実験結果の考察

(1) 温度管理

凍結時において、最大氷結晶生成温度帯である-1~-5 では、氷結晶の成長による細胞の破壊を起こしやすく、この温度帯をいかにすばやく通過するかが、冷凍品質を決める上で重要となってくる。

いずれの産品においても、新型のほうが最大氷結晶生成温度帯を速く通過していることが確認できた。また、保管中の温度も新型のほうが低く推移しており、保管中の氷結晶の成長も抑えられていると考えられる。このほか、電子顕微鏡の画像からも細胞破壊の程度が抑えられていることが合わせて確認されたため、新冷凍保管技術による低温保管は、冷凍品質の向上において有効であると考えられる。

(2) 輸送コスト

トラックに搭載されている冷凍機は、エンジンによる発電によって稼動しているため、冷凍機の稼動効率は、エンジンの燃料である軽油の消費量に影響を与える。

輸送中のトラックの燃費は、従来型冷凍トラック、新型冷凍トラックいずれも約2~3km/l程度で、輸送中のコストに大きな差は見られなかった。ただし、輸送中の庫内温度は、新型冷凍トラックの方が低く推移していることから、新型のほうが効率よく低温で輸送していると考えられる。

表 輸送時の平均走行総距離と平均燃費

区間	平均走行距離	トラック	平均燃費
釧路 石狩	358 km	従来型	2.78 km/l
石狩 東京	1,112 km	新型	2.50 km/l

(3) 保管コスト

従来型保管庫と新型保管庫における、電気量および省エネルギー率についてのグラフを次項に示す。新型保管庫とまったく同じスペックである従来型の保管庫が存在しないため、従来型保管庫の電気量については、同じ冷凍機で稼動する保管庫をシミュレーションして算出した。シミュレーションの際の、外気温は2006年度気象庁統計データのうち、石狩地方のデータを使用し、庫内の室温は、新型保管庫の実測値（月ごとの平均）を使用した。また、シミュレーションは新型についても行い、新型保管庫の実測値と比較したところ、ほぼ一致した値となったことから、従来型のシミュレーション値も妥当であると思われる。

保管期間中の電力量を見ると、最大で約60%の省エネルギー率（電力換算）を達成しており、電気料金を抑えて、なおかつ高品質での保管が可能となっている。新冷凍保存技術は、外気温が低いときにエネルギー効率が良くなるため、11月から1月にかけて効率が良くなり、この期間の省エネルギー率は50%を超えている。このことから、新冷凍保存技術による冷凍保管庫は北海道の気候に適していると思われる。また、電力量の削減に伴うCO₂排出量の削減量を算出したところ、1ヶ月当り最大で、約6,900kgとなり、2006年8月から2007年1月までの合計は、約24.6t

にのぼる。この量は、樹齢 40 年のヒノキ約 1,000 本が 1 年間に吸収する量に相当する（参考：にっぽんのカーボンオフセット <http://www.carbonoffset.jp/gifu/kyusyu.htm>）。

図 保管期間中の電力量および省エネルギー率

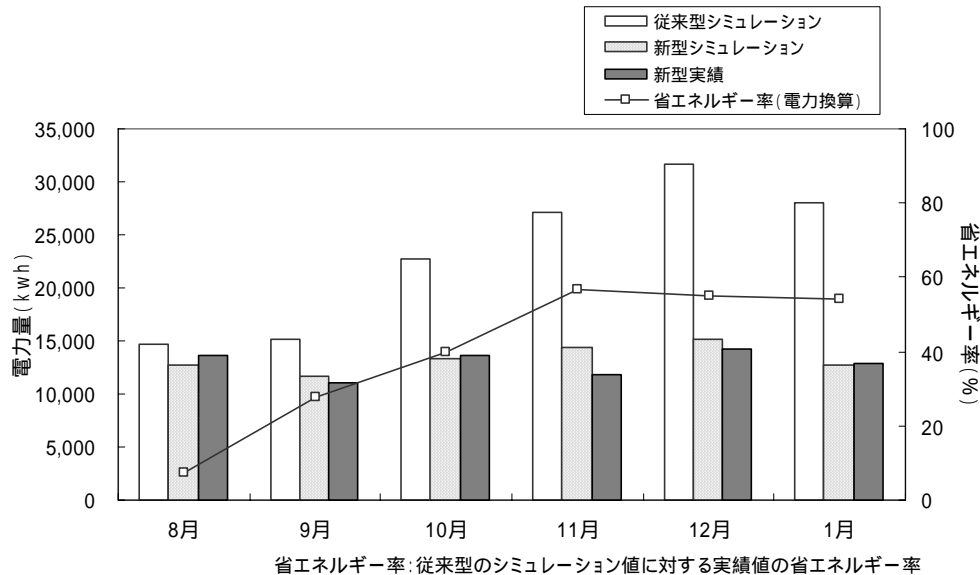


表 保管期間中の電力量・省エネルギー率および CO₂ 削減量

項目	8月	9月	10月	11月	12月	1月
従来型シミュレーション (kwh)	14,704	15,210	22,748	27,108	31,671	28,092
新型シミュレーション (kwh)	12,737	11,659	13,375	14,362	15,138	12,776
新型実績 (kwh)	13,608	11,021	13,681	11,782	14,219	12,934
平均室温 ()	-32.1	-33.9	-44.8	-48.6	-51.0	-49.3
省エネルギー率 (電力換算) (%)	7.5	27.5	39.9	56.5	55.1	54.0
CO ₂ 削減量* (kg)	433	1,655	3,581	6,054	6,894	5,987

*CO₂ 排出係数を 0.395kg-CO₂/kwh(環境省「2003 年度(平成 15 年度)の温室効果ガス排出量増減の要因について」)とし、従来型の電力量のシミュレーション値、新型保管庫の電力量の実績値を基に CO₂ 削減量を算出した。
 CO₂ 削減量 (kg) = (従来型シミュレーション電力量(kwh) - 新型実測電力量(kwh)) × CO₂ 排出係数(kg-CO₂/kwh)

表 シミュレーションで前提とした機器

従来型保管庫	冷凍機	MSA-SP370A (50HZ)	2 台
	ユニットクーラー	EFR-155S-FP10	2 台
新型保管庫	冷凍機	MSA-SP370A (50HZ)	2 台
	ユニットクーラー	HRAC-299S	2 台

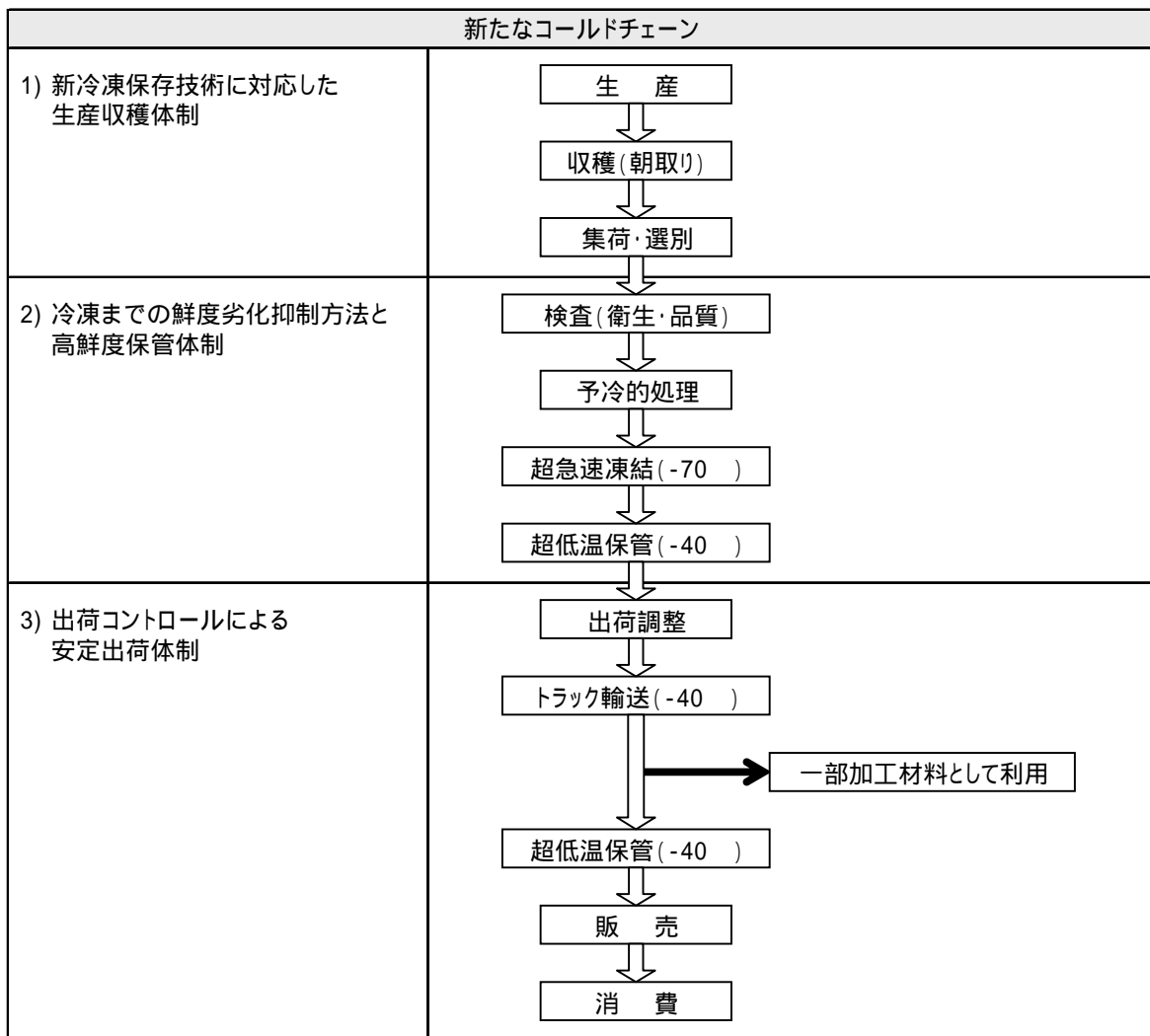
新たなコールドチェーンに対応した産地のあり方等の検討調査

新冷凍保存技術を活用した新たなコールドチェーンを導入する際の産地のあり方等について、「スイートコーン」、「羊肉」、「サンマ」、「カキ」を対象に検討を行った。

1. スイートコーン（伊達市）

スイートコーンは寒暖温度差が大きいほど糖度が増すことから、北海道産は甘味が強く、伊達市では早くからブランド化に取り組んでいる主要作物である。

図 スイートコーンにおける新たなコールドチェーン



新たなコールドチェーンの導入による地域振興

新冷凍保存技術を活用し、新たなコールドチェーンを導入することで、これまで困難とされていた生鮮スイートコーンの長期凍結保存が可能となれば、予冷システムが不要となるなど生産コストの大幅な低減、さらに、出荷調整による産地での収入の安定・増加が見込まれる。また、スイートコーン以外の農産品との相乗効果により、伊達市産の農産品のブランド力が高まることも期待できる。このことで、雇用の安定化や、生産者の担い手の確保につながると考えられる。

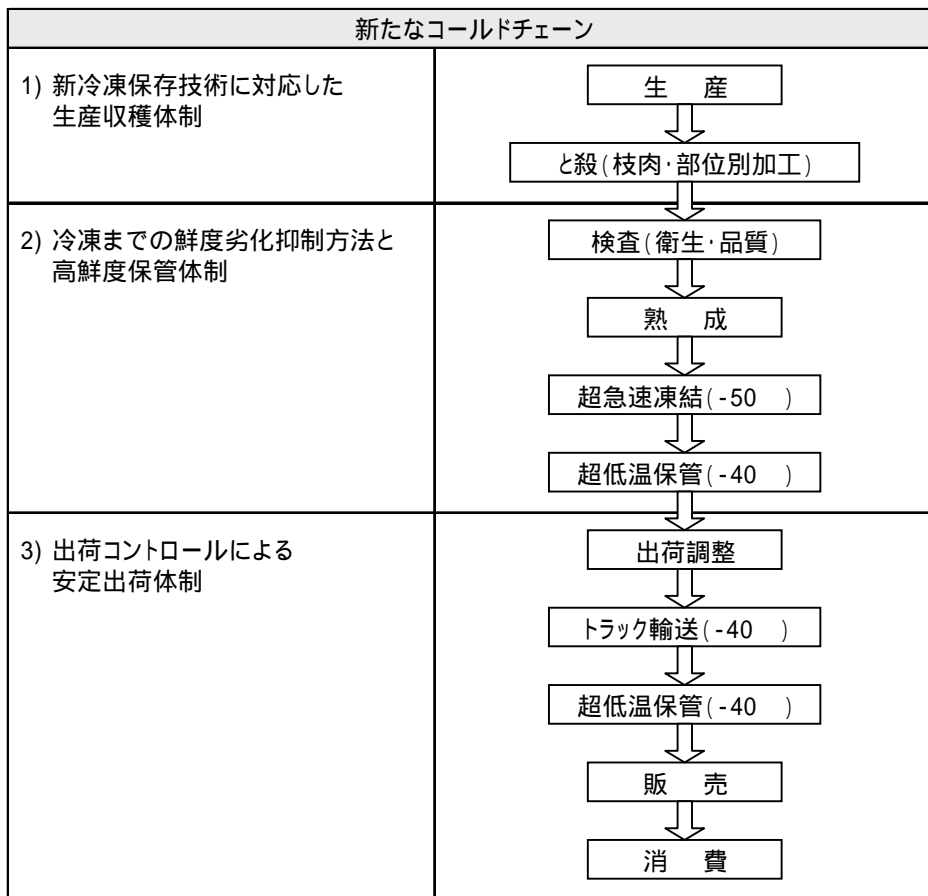
また、加工用の原材料として安定・安価供給が可能となり、新たな市場開拓や、高品質、安全・安心な食材を用いた加工業が生産地に起業されるなど、産地の構造改革の可能性があり、新規雇用機会や産業の創出が見込まれる。

2. 羊肉（土別市）

土別市では、近年、高品質な生ラム肉の生産・ブランド化に取り組んでいるが、生ラム肉としての品質のピークは8月頃であるが、現状での生ラム肉中心の供給体制では周年提供が不可能であり、生産量の増加・市場拡大が図れていない。また、経営効率を向上させるために10月までに出荷を終えたいという生産者の意向がある。

しかしながら、現状の真空包装(冷凍)では食味が数ヶ月で低下するなど品質の低下が見られ、産地では新冷凍保存技術を活用した新たなコールドチェーンを構築したいと考えている。

図 羊肉における新たなコールドチェーン



新たなコールドチェーンの導入による地域振興

新たなコールドチェーンの導入により、生ラム肉に近い高品質なラム肉の周年供給が可能となれば、市場の拡大、冬季の需要期での高価格が望め、産地での収入の安定・増加が図られる。また、ラム肉としてよい時期にまとめて出荷が可能であるため、10月以降に飼育する必要がなくなり、経営効率を向上させることができる。これらのことから、雇用の安定化や、生産者の担い手の確保につながると考えられる。

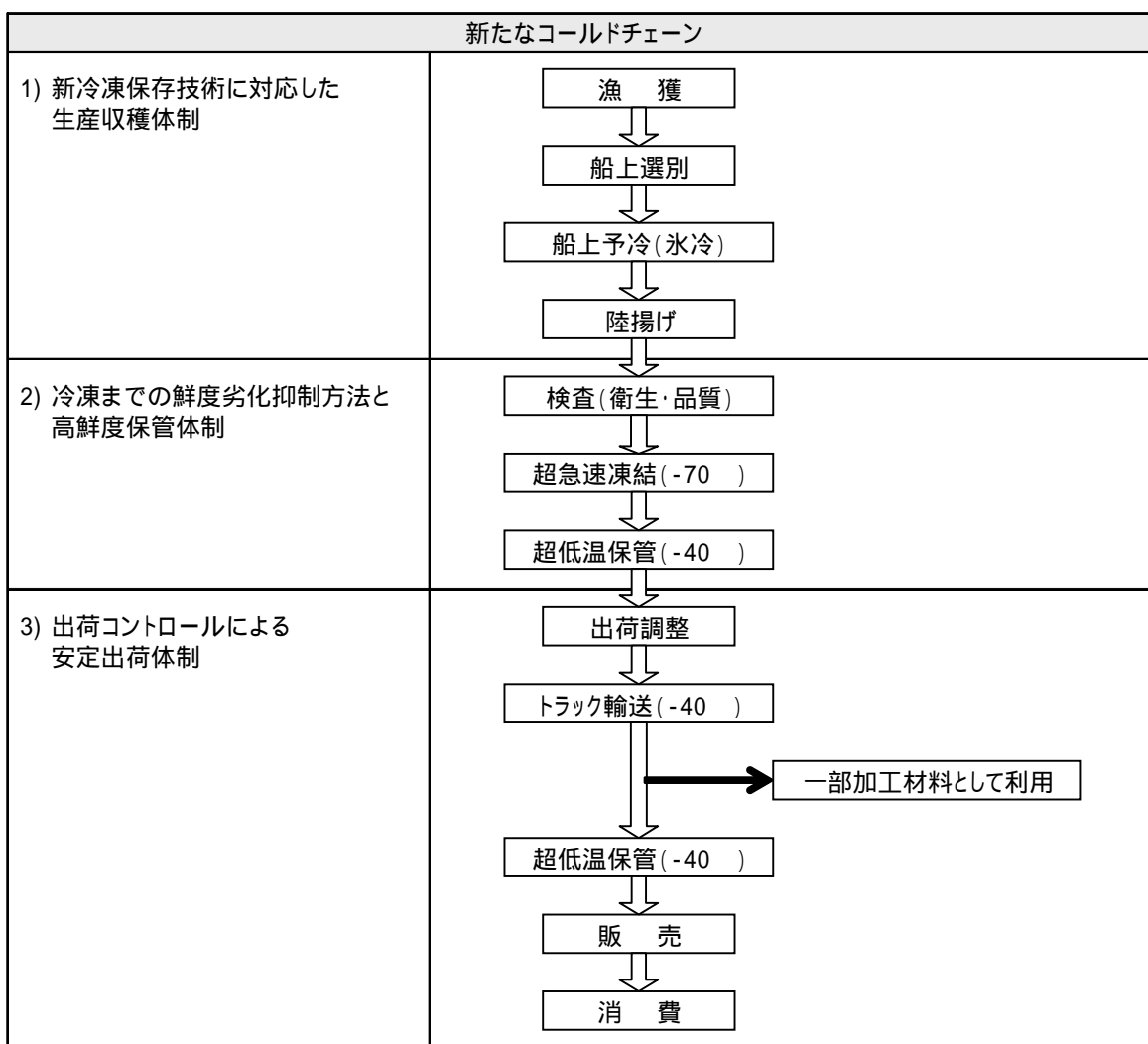
このほか、羊肉を全国にアピールし、産地の知名度を上げることで、観光客の入込み数をさらに増加させるなど、観光産業をはじめとした他の産業の活性化や、これに伴う雇用の創出も期待できる。

3. サンマ（釧路市）

サンマは多獲性の魚種であり、漁獲初期の頃は価格が高いが、大量に漁獲される時期は極めて安価となるなど、鮮魚利用では価格変動が大きく、漁家経営を不安定としている。

また、サンマ資源は高水準にあるにもかかわらず、現状の冷凍保管技術では長期にわたる高品質が維持できないので、周年を通じた鮮魚利用（刺身）や、昨今の高品質を望む消費者ニーズに対応した加工材料としての市場拡大が難しく、関連産業を含めた水産資源の有効活用が図られていない。

図 サンマにおける新たなコールドチェーン



新たなコールドチェーンの導入による地域振興

新冷凍保存技術によって、鮮魚サンマと同じ高品質で、より安全・安心な状態での周年を通じた出荷調整が可能となり、生産者の収入増加・安定化が期待される。年々、漁業者の減少と高齢化が進んでいるが、このようなことを通じて、雇用の安定化、担い手の確保が期待される。

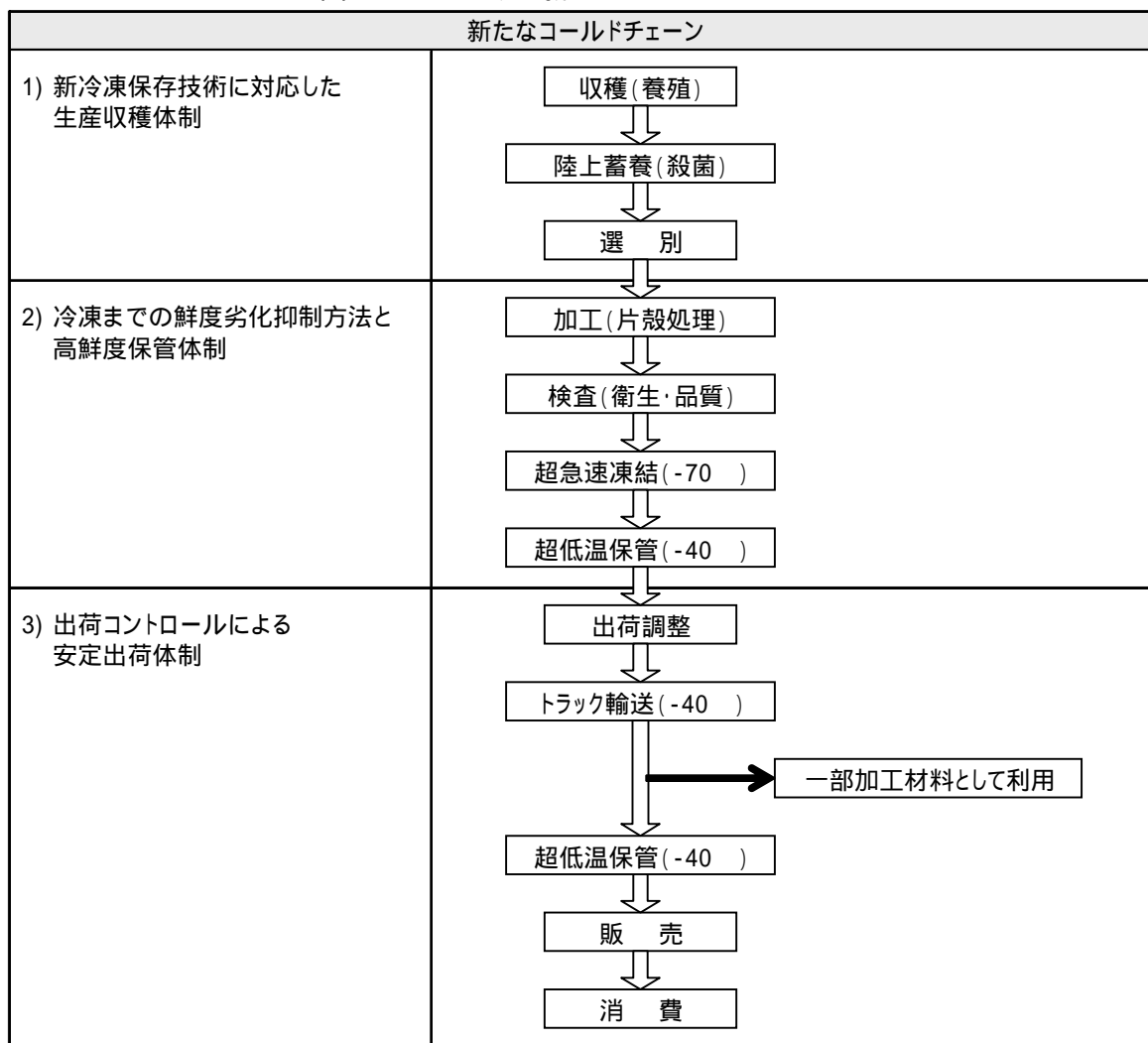
また、新たなコールドチェーンの導入により、高品質な原材料として安定供給が可能となり、高品質な加工材料などのような新たな利用方法の開発などによって、産地に加工業が起業されるなど関連産業の活性化が図られる。ただし、サンマの場合は、多脂肪性であり、すり身などの加工が難しいといわれているため、あらゆる分野の技術者、研究者の協力が必要となるが、新たな商品の開発では、公的試験研究機関や大学との共同開発など、産学官の連携の活性化が期待される。

さらに、このような活動によって新たな製品が開発されれば、新たな産業の創出に繋がり、雇用機会の増加などが見込まれる。

4. カキ（釧路町）

食の多様化により夏場でのカキ需要が増加し、釧路町では周年出荷を行っているが、夏カキは品質が良くないことや、貝毒や海況などによって安定出荷が困難であるため収入が安定していない。また、夏カキは貝毒発生やノロウイルス汚染の危険性があるなど、衛生管理に注意が必要である。そこで、新冷凍保存技術を導入することによって、旬の高品質で、貝毒の無い安全なカキを夏の観光シーズンに提供することができれば産地の収入の増加・安定が期待される。

図 カキにおける新たなコールドチェーン



新たなコールドチェーンの導入による地域振興

新冷凍保存技術によって、冷凍カキを旬の活カキと同じ高品質で、さらに安全・安心な状態で夏季出荷が可能となれば、生産者の収入増加が期待される。年々、漁業者の減少と高齢化が進んでいるが、このようなことを通じて、雇用の安定化、担い手の確保が期待される。

釧路町近くには、釧路湿原をはじめとした観光資源が豊富に存在しており、夏の観光シーズンに合わせて、カキを中心としたプロモーションにより、今まで以上の観光客の入込み数が狙える。

また、道外への出荷以外でも、地域内での消費拡大が可能となり、レストランなどの地域関連産業の活性化が期待され、新たな産業の創出や雇用機会の増加に繋がる。