

平成 29 年度畜産物輸出特別支援事業（28 補正予算）

牛乳乳製品輸出促進関連事業

「冷凍技術を活用した牛乳乳製品の試行的提供」報告書

平成 29 年 10 月 31 日

一般社団法人日本乳業協会

仕様書

1. 事業名

「冷凍技術を活用した牛乳乳製品の試行的提供」

2. 目的

牛乳乳製品の風味を損なわずに冷凍し海外に輸出する技術等を検証し、日本からの牛乳乳製品の輸出を検討する乳業メーカーに提供することで、日本産牛乳乳製品の輸出促進を図ることとする。

3. 調査対象品目及び輸出先国

(1) 品目：牛乳、ナチュラルチーズ、カスタードプリン

(2) 輸出先国：シンガポール

4. 業務内容

(1) 実証

① 上記品目について、急速冷凍法（摂氏マイナス 40℃程度）により凍結し、海外への輸出を実証すること。その際、風味を損なわないようにするための条件設定が可能となるように取り組むこと。

② 輸出先国において、専門家による品質検査（細菌検査、官能検査等）を実施し、解凍後の製品の品質変化の有無等を検証すること。また、輸出先国において、現地バイヤー等向けの試食会を開催すること。

③ 輸出国における現地調査は 3～5 日間とし、その間に②に係る現地業務をすべて実施すること。

(2) 調査結果の取りまとめ

(1) で得た情報を取りまとめたうえで、事業実施者の独自の考察を入れ、多角的かつ専門的な見地から報告すること。

5. 期間

契約日から平成 29 年 10 月 31 日（火）まで

6. 成果品

評価結果報告書（A4 版カラー 30 ページ程度） 1 部

業務の全容

表 1. 業務実証一覧

日程	場所及び実証内容	報告書対応項目
5 月 8 日(月) ～5 月 12(金)	前川製作所 ・サンプル搬入 ・－40℃サンプル凍結 ・サンプル出荷	第 1 章 輸出サンプルの凍結
5 月 17 日(水) ～6 月 5 日(月)	東京豊海冷蔵冷凍倉庫 ・保管 ・バンニング 川西倉庫東京港 ・出港 川西倉庫シンガポール港 ・入港 SEO ENG JOO FOOD ・デバンニング	第 2 章 リーファーコンテナでの輸出
6 月 5 日(月) ～6 月 8 日(木)	SEO ENG JOO FOOD ・10℃リーファーコンテナ解凍 ・チルド冷蔵庫解凍	第 3 章 シンガポールでの解凍
6 月 8 日(木)	SMC FOOD ・理化学検査、微生物検査 ・専門家による官能評価 ・バイヤー含めた試食会	第 4 章 試食評価
6 月 6 日(火) ～6 月 7 日(水)	Fair Price Fair Price finest Fair Price Xtra 等 ・市場調査	

目次

冷凍技術を活用した牛乳乳製品の試行的提供 報告書

第1章 輸出サンプルの凍結

1. 概要	6
2. 実証方法	
(1) 凍結装置及び品目	6
(2) サンプル凍結の流れ	7
(3) 凍結曲線の調査	8
3. 結果	
(1) 各製品の凍結曲線	9
(2) 凍結後の状態	12

第2章 リーファーコンテナでの輸出

1. 概要	13
2. 実証方法	13
3. 結果	
(1) 荷の外観及び梱包の状況	14
(2) 各品目における輸送中の温度履歴	15

第3章 シンガポールでの解凍

1. 概要	16
2. 実証方法	
(1) サンプル	16
(2) 解凍設備	16
(3) 解凍方法	17
3. 結果	
(1) ダンボール解凍(10℃)	18
(2) バラ解凍(10℃)	18
(3) チルド冷蔵庫解凍(2～4℃)	21

第4章 試食評価

1. 概要	22
2. 実証方法	
(1) サンプル	22
(2) 検査項目	23
(3) 専門家による官能評価	23
(4) 現地バイヤーによる試食会	23

3. 結果	
(1) 外観及び微生物検査	25
(2) 官能評価	30

第5章 考察

1. 牛乳	
(1) 輸出サンプルの凍結	36
(2) リーファーコンテナでの輸出	36
(3) シンガポールでの解凍	36
(4) 品質・官能評価	39
(5) 現地バイヤーの意見	39
(6) その他	39
2. カスタードプリン	
(1) 輸出サンプルの凍結	40
(2) リーファーコンテナでの輸出	40
(3) シンガポールでの解凍	40
(4) 品質・官能評価	40
(5) 現地バイヤーの意見	40
(6) その他	41
3. クリームチーズ	
(1) 輸出サンプルの凍結	41
(2) リーファーコンテナでの輸出	41
(3) シンガポールでの解凍	41
(4) 品質・官能評価	41
(5) 現地バイヤーの意見	42
(6) その他	42
4. 総括	42

冷凍技術を活用した牛乳乳製品の試行的提供 報告書

第 1 章 輸出サンプルの凍結

1. 概要

産業用に販売されている凍結機(フリーザー)を用いて牛乳・乳製品の凍結を実施するため、エアブラスト式のサーモジャックフリーザーを使用した。庫内温度を -40°C に設定し、製品には風速およそ 15m/sec.の冷風が当たる環境を作り、ステンレスメッシュベルトにて製品の自動搬入と搬出を行って凍結した。その後、温度センサーにより凍結曲線を調査し、問題なく凍結されている事を確認した。

2. 実証方法

(1)凍結装置及び品目

・凍結装置

凍結装置はサーモジャックフリーザー(図1)を用いた。



図 1. 急速凍結に使用したサーモジャックフリーザー

・凍結品目

凍結した品目を図 2 及び表 1 に示す。



図 2. 使用した牛乳、乳製品

表1. 品目一覧表

品目	容量	種類別
① カスタードプリン	70g	洋生菓子
② クリームチーズ	100g	ナチュラルチーズ
③ 牛乳 1000ml	1000ml	牛乳
④ 牛乳 500ml	500ml	牛乳
⑤ 牛乳 PET	500ml	牛乳

※⑤牛乳 PET は協同乳業研究所のラボ試作品である。

(2) サンプル凍結の流れ

サンプル凍結の流れを図3に示す。牛乳、乳製品は10℃以下の保冷車で5月8日に前川製作所守谷工場へ搬入し、冷蔵コンテナにて一時保管。製品のほぼ中心に温度センサーを取り付け、保管と凍結の温度を計測。凍結にはサーモジャックフリーザーを使用。庫内を-40℃にセットし、製品を投入。凍結温度が-18℃以下になったことを確認して取り出し、凍結状態を確認。ダンボールに詰め替え恒温機で保管。製品は冷凍保冷車に積み替え、東京豊海冷蔵の倉庫に移して5月12日に搬出。搬出後、温度センサーにより、凍結曲線を作成し、潜熱帯通過時間を確認した。



① 冷蔵保冷車で搬入



② 冷蔵コンテナで保管



③ 温度センサーの取り付け



④ カスタードプリンの凍結



⑤ クリームチーズの凍結



⑥ 牛乳 1000ml の凍結



⑦ 牛乳 500ml の凍結



⑧ 牛乳 PET の凍結



⑨ 牛乳は漏れ防止処理



⑩ 段ボールへ梱包



⑪ 保管



⑫ 冷凍保冷車で搬出

図3. サンプル凍結の流れ

(3) 凍結曲線の調査

凍結曲線とは、製品の凍結温度履歴を示す。また、潜熱帯または最大氷結晶生成帯と呼ばれる水から氷へ状態変化する温度帯の通過時間を比較することで品質の差を予測することが出来る。

図4、図5に凍結曲線の見方を示す。氷結晶の成長は潜熱帯の通過時間で決まる。各サンプルの凍結曲線を作成することで、潜熱帯通過時間に問題がないか確認した。

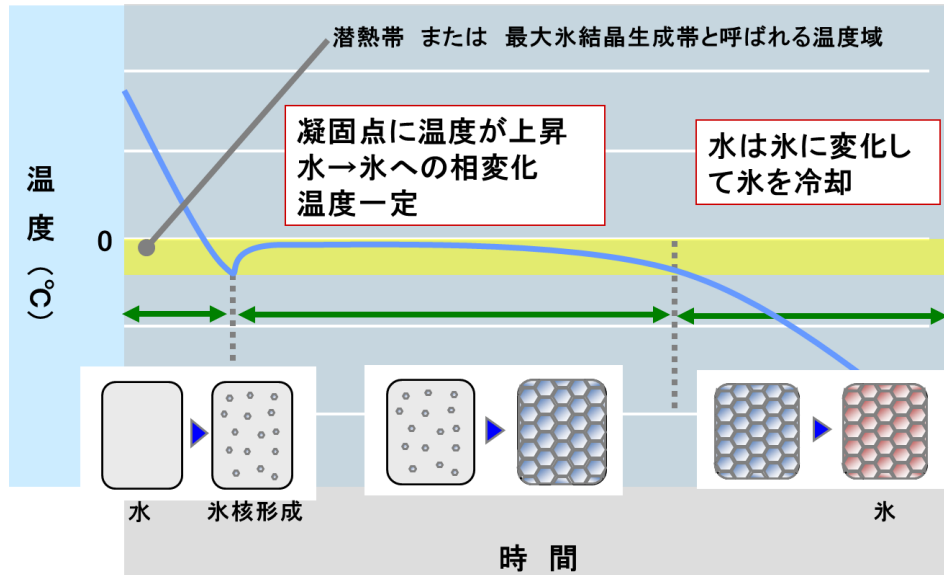


図4. 凍結曲線の見方

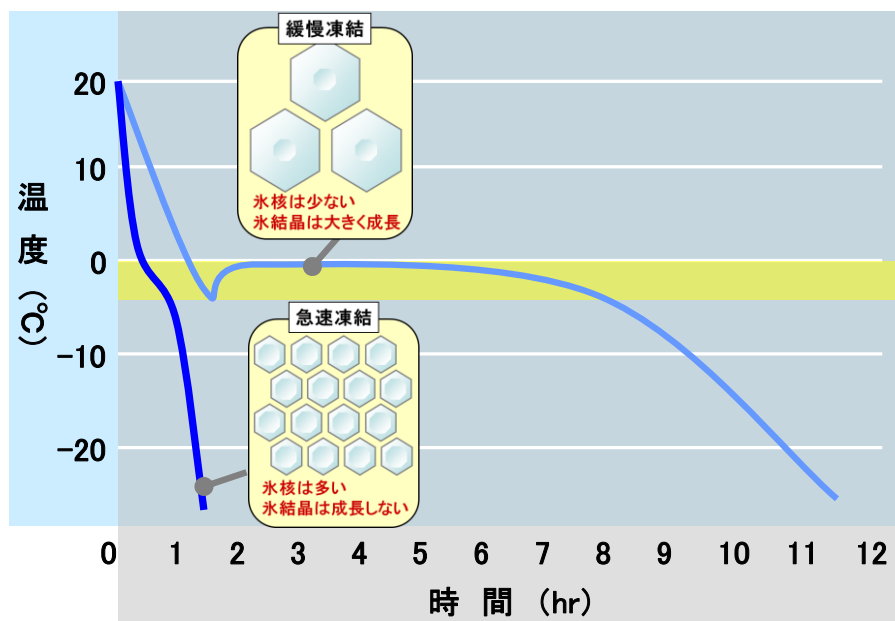


図5. 緩慢凍結と急速凍結のイメージ

3. 結果

(1) 各製品の凍結曲線

5 品目の凍結曲線を図 6～10 に示す。また、潜熱帯通過時間を表 2 に示す。各品目において、潜熱帯通過時間は十分短く、凍結時に問題がない事が確認された。

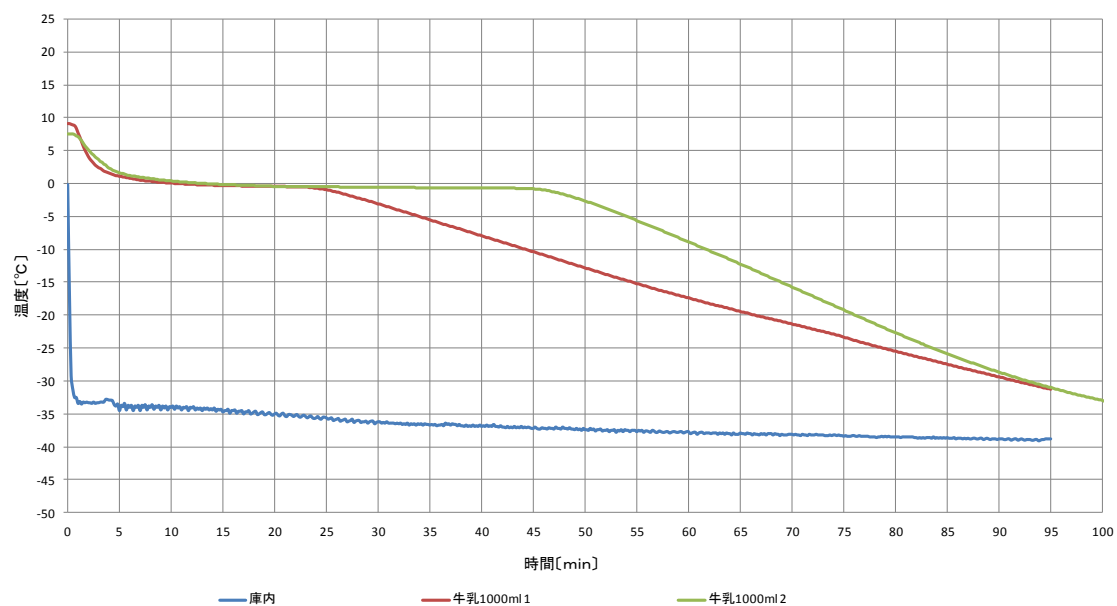


図 6. 牛乳 1000ml の温度履歴

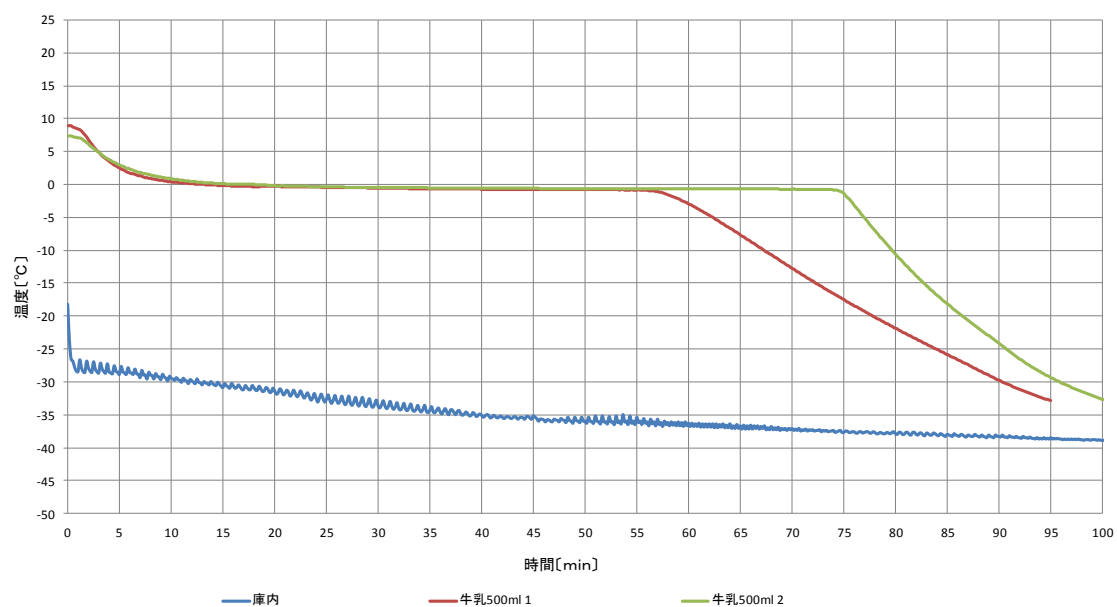


図 7. 牛乳 500ml の温度履歴

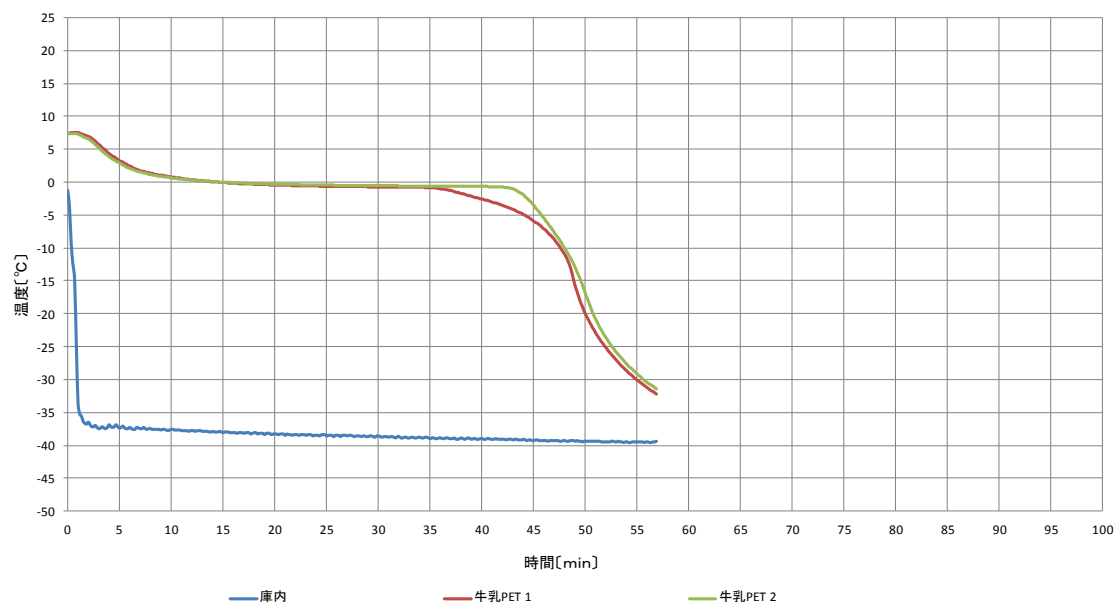


図 8. 牛乳 PET の温度履歴

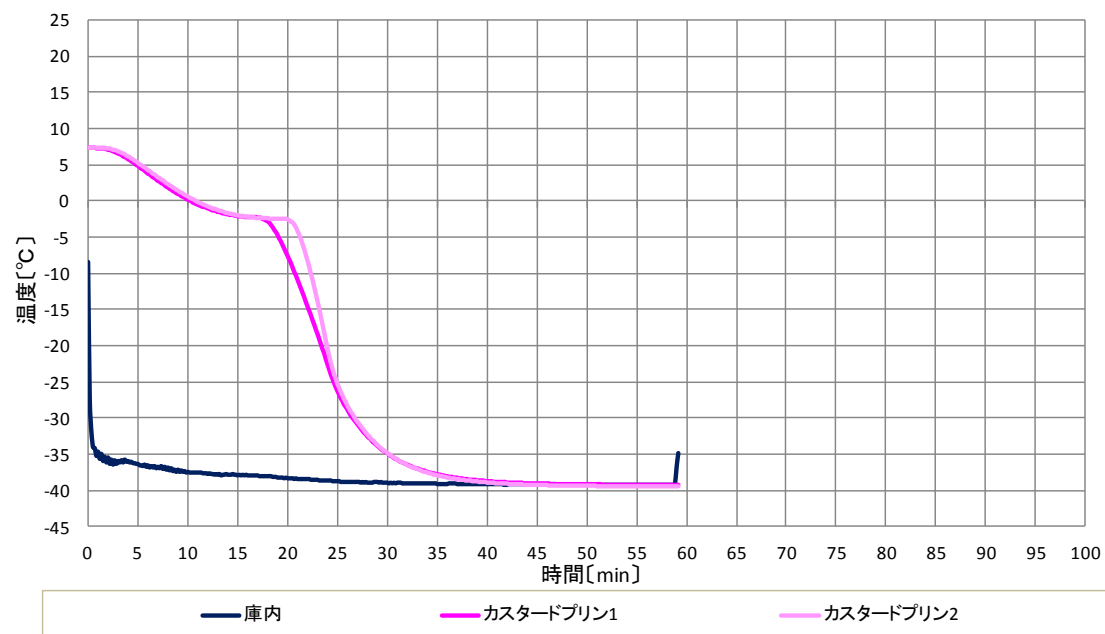


図 9. カスタードプリンの温度履歴

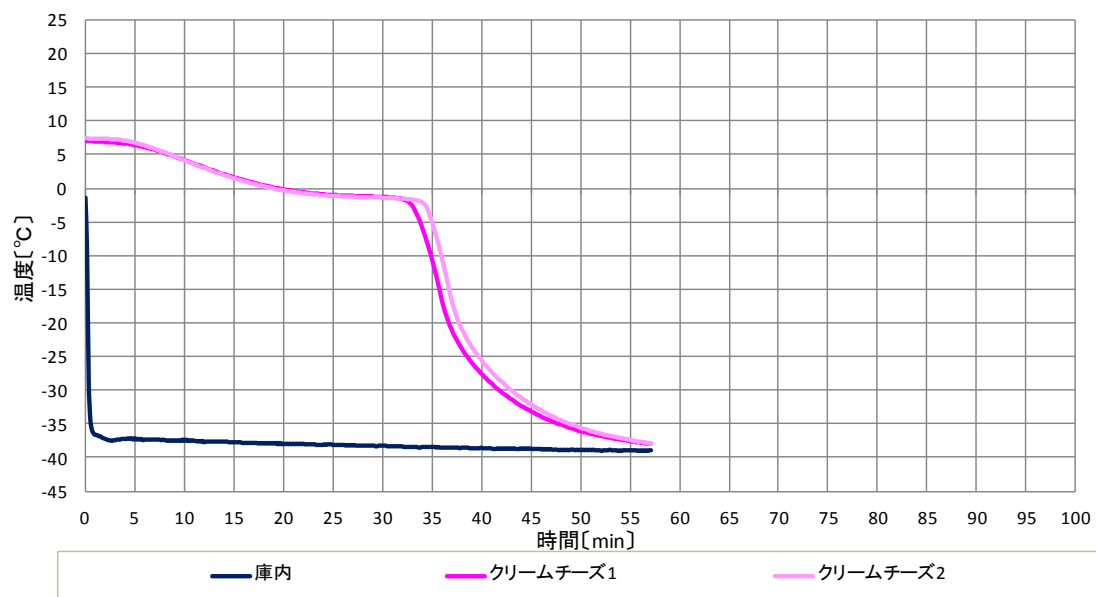


図 10. クリームチーズの温度履歴

表 2. 各品目のおおよその凍結時間

品目	10℃から潜熱帯通過	-20℃到達
カスタードプリン	20 分	25 分
クリームチーズ	35 分	40 分
牛乳 1000ml	50 分	80 分
牛乳 500ml	75 分	90 分
牛乳 PET	45 分	50 分

(2)凍結後の状態

凍結後の製品を確認したところ、図 11 のように、牛乳 1000ml で容器の膨張と一部破損が確認された。また図 12 のように、牛乳 PET は凍結前に比べてやや黄色く色調が変化した。(解凍後には色は戻った)。おそらく屈折率の違いによるものと考えられる。その他の品目については外観の大きな変化は見られなかった。



凍結後の膨張



凍結後の破損

図 11.牛乳 1000ml に見られた膨張と破損



凍結前



凍結後

図 12. 牛乳 PET の凍結前後の色調の違い

第2章. リーファーコンテナでの輸出

1. 概要

各品目の凍結サンプルを*リーファーコンテナに入れ、シンガポールへ輸出した。輸出したコンテナ及び製品外観を現地で確認。その後、製品に取り付けた温度センサーを確認し、輸出中に温度虐待がないか確認した。

(*リーファーコンテナ: 内部を一定温度に保つ設備を持つコンテナ)

2. 実証方法

シンガポールへの輸出の流れを図13に示す。5月12日に冷凍保冷車で出荷した製品は協同乳業(株)の指定倉庫(東京豊海冷蔵の倉庫)で5月17日まで一次保管した。その後、製品をリーファーコンテナにバンニングし、シンガポールへ輸出した。

シンガポールへ到着したコンテナはSEJ FOOD HUBへ搬入し、6月5日にデバンニングを行い、荷の外観、梱包の状況を確認した。その後、製品に取り付けた温度センサーより温度履歴を確認し、輸出工程において、温度がどのように変化しているかを確認した。



①リーファーコンテナの搬入

②輸出前の検品

③ラッピング



④搬入

⑤固定

⑥バンニング完了、輸出



⑦輸出先 SEJ FOOD 物流倉庫

⑧輸出後到着したコンテナ

図13 シンガポールへの輸出の流れ

3. 結果

(1) 荷の外観及び梱包の状況

図 14、15 に輸出後の荷及び梱包の状況を示す。荷の状況は日本でのバンニング状態と変わらず、外観上はダンボールに大きな破損は見られなかった。図 15 のように、各品目の梱包の状況も日本での状況と変わらず、輸出によって容器が破損することはなかった。



図 14. 輸出後の荷の状況



図 15. 輸出後の梱包の状況

(2) 各品目における輸送中の温度履歴

図 16 に輸送中の温度履歴を示す。輸送中はほぼ -18°C 以下を保っていたことが分かった。5月12日が守谷工場での保冷車への積み替え、5月17日が豊海冷蔵でのバンニング、6月1日がシンガポールでのコンテナ積み下ろしと推定される。カスタードプリンやクリームチーズのような容量の小さい品目は温度変化の影響を受けやすいため注意が必要である。

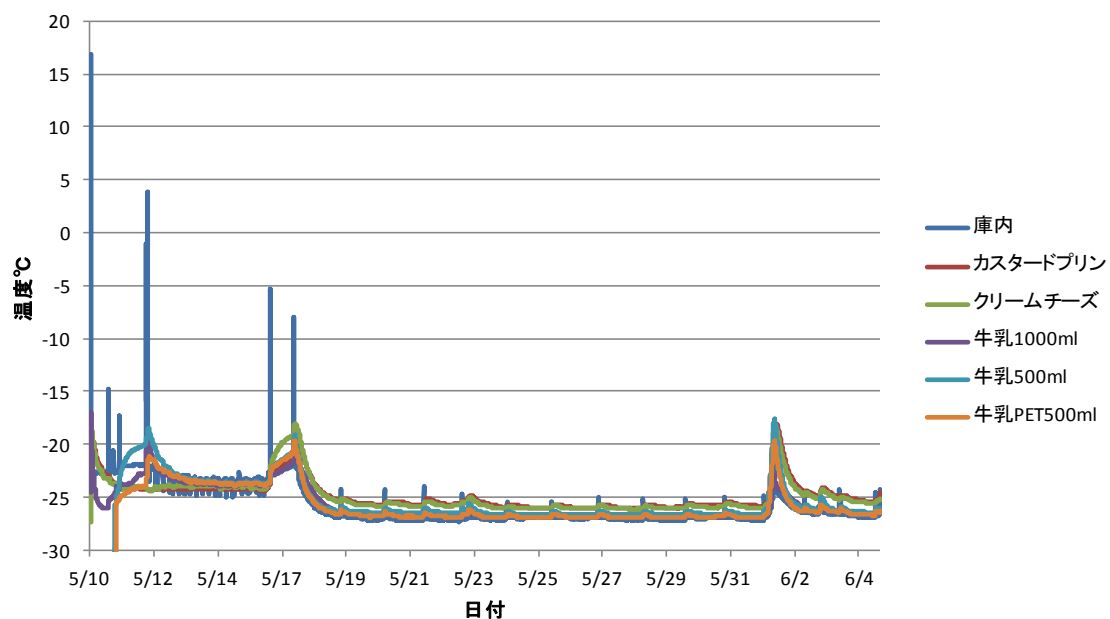


図 16. 日本からシンガポールまでの輸送中の温度履歴

第3章. シンガポールでの解凍

1. 概要

シンガポールでの解凍は 10℃に設定したリーファーコンテナと SEJ FOOD HUB のチルド帯冷蔵庫(2℃～4℃)の2箇所で行った。10℃のコンテナではダンボールのまま解凍するダンボール解凍と、ダンボールから容器を取り出して解凍するバラ解凍の2種類で行った。*解凍完了後、各品目の外観、温度履歴、解凍時間の調査を行った。

(*解凍完了:中心温度が0℃に到達し氷結晶がない状態)

2. 実証方法

(1) サンプル

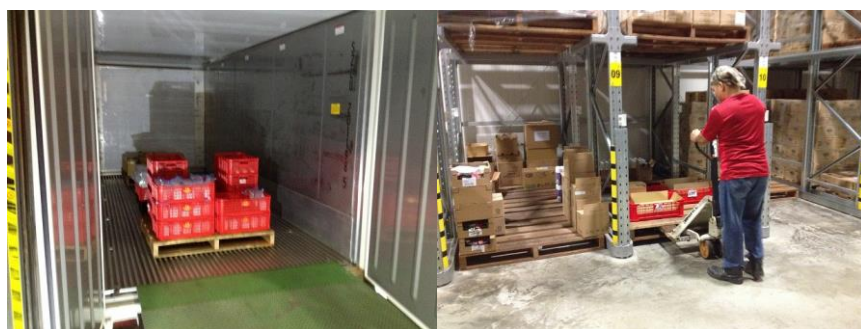
表 3 に解凍試験に使用したサンプルを示す。

表 3. 解凍サンプル一覧

品目	個数	解凍方法
牛乳 1000ml	4 ケース(6 本入り)	ダンボール解凍(10℃)
牛乳 1000ml	30 本	バラ解凍(10℃)
牛乳 1000ml	1 ケース(6 本入り)	チルド冷蔵庫解凍(2～4℃)
牛乳 500ml	4 ケース(12 本入り)	ダンボール解凍(10℃)
牛乳 500ml	60 本	バラ解凍(10℃)
牛乳 500ml	1 ケース(12 本入り)	チルド冷蔵庫解凍(2～4℃)
牛乳 PET	24 本	バラ解凍(10℃)
カスタードプリン	4 ケース(24 個入り)	ダンボール解凍(10℃)
カスタードプリン	92 個	バラ解凍(10℃)
カスタードプリン	1 ケース(24 個入り)	チルド冷蔵庫解凍(2～4℃)
クリームチーズ	4 ケース(24 個入り)	ダンボール解凍(10℃)
クリームチーズ	84 個	バラ解凍(10℃)
クリームチーズ	1ケース(24 個入り)	チルド冷蔵庫解凍(2～4℃)

(2) 解凍設備

解凍は、左リーファーコンテナ(10℃)と、右 SEJ FOOD HU チルド冷蔵庫(2～4℃)を使用。



10℃リーファーコンテナ

SEJ FOOD HUB チルド冷蔵庫

図 17. 解凍設備

(3)解凍方法 1 ダンボール解凍(10℃)

図 18 にダンボール解凍の状態を示す。ダンボールに梱包した状態のままパレットに置いて解凍した。なおリーファーコンテナは床吹き出しで風速が 5m/sec以上あるため通常の 10℃の冷蔵庫よりも解凍速度は速いと推定される。



図 18. ダンボール解凍の状態

(4)解凍方法 2 バラ解凍(10℃)

図 19 にバラ解凍の状態を示す。ダンボールからプラコンテナに移し、製品の間隔をあけて解凍した。なおこちらも風速が 5m/sec以上あるため通常の 10℃の冷蔵庫よりも解凍速度は速いと推定される。



図 19. バラ解凍の状態

(5)解凍方法 3 チルド冷蔵庫解凍(2～4℃)

図 20 にチルド冷蔵庫解凍の状態を示す。庫内温度は 1～2℃と低い。風はほぼなく自然対流程度。ダンボールに梱包した状態のままパレットに置いて解凍した。



図 20. SEJ FOOD HUB チルド冷蔵庫解凍の状態

3. 結果

(1) ダンボール解凍(10℃)

ダンボール解凍におけるサンプルの温度履歴を図 21 に示す。また、ダンボール解凍の解凍時間を表 4 に示す。センサーを付けたサンプルはすべての品目において 4 日間の解凍期間中に解凍した。牛乳 1000ml は一部で容器の破損が確認された。

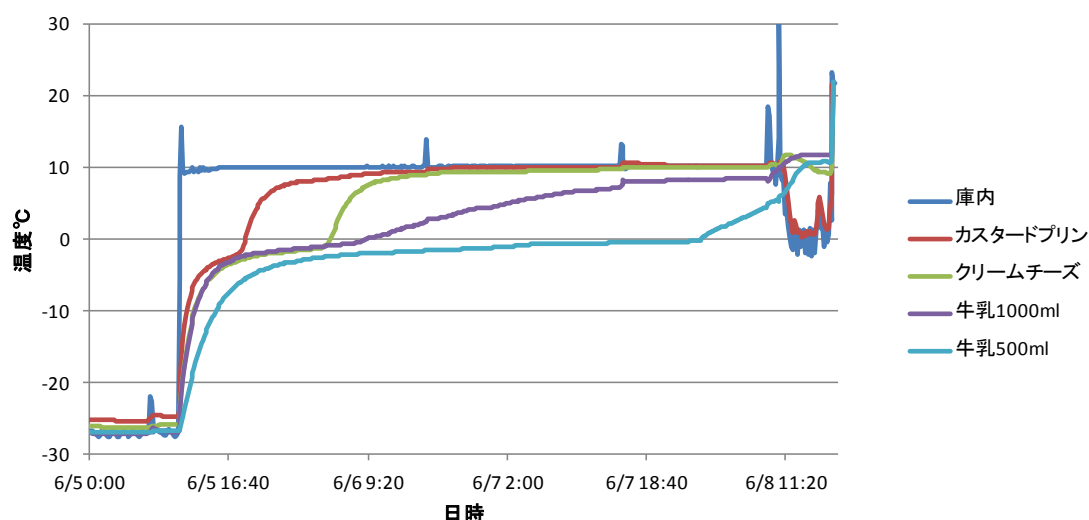


図 21. ダンボール解凍(10℃)の解凍温度履歴

表 4. ダンボール解凍の解凍時間

品目	0℃到達(解凍完了)	10℃到達
カスタードプリン	8 時間 10 分	32 時間 30 分
クリームチーズ	18 時間 20 分	53 時間 20 分
牛乳 1000ml	22 時間 30 分	71 時間 40 分
牛乳 500ml	62 時間 00 分	74 時間 10 分

(2) バラ解凍(10℃)

バラ解凍後のサンプルの状態を図 22 に示す。また、バラ解凍の温度履歴を図 23 に、解凍時間を表 5 に示す。全品目とも 3 日間の解凍期間中に解凍した。ダンボール解凍と同様に牛乳 500ml の解凍が遅い傾向だった。牛乳 1000ml は一部で容器の破損が確認された。牛乳 PET に関して、冷凍状態では黄色の色調に変化していたが、解凍後は白に戻っていた。



カスタードプリンは破損無し



クリームチーズは破損無し



牛乳 1000ml は一部破損が見られた



ビニールは破れず他への影響はなかった



牛乳 500ml は破損無し



牛乳 PET は破損無し

図 22. バラ解凍の状態

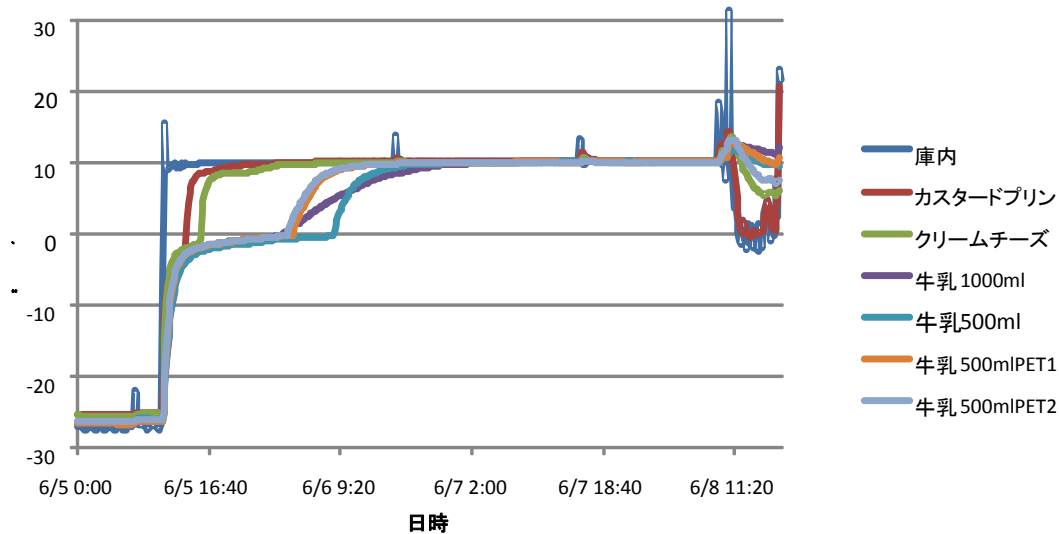


図 23. バラ解凍の温度履歴

表 5. バラ解凍(10°C)の解凍時間

品目	0°C到達(解凍完了)	10°C到達
カスタードプリン	3 時間 20 分	14 時間 30 分
クリームチーズ	4 時間 40 分	16 時間 40 分
牛乳 1000ml	15 時間 30 分	41 時間 00 分
牛乳 500ml	21 時間 30 分	38 時間 40 分
牛乳 PET1	16 時間 00 分	40 時間 30 分
牛乳 PET2	16 時間 40 分	33 時間 50 分

(3)チルド冷蔵庫解凍(2～4℃)

チルド冷蔵庫解凍の温度履歴を図 24 に、解凍時間を表 6 に示す。カスタードプリン は 3 日間 の解凍期間中に解凍した。クリームチーズは表 6 のように、データ上解凍していたが、試食してみると芯が残った状態のサンプルも散見された。表 6 より、牛乳は 1000ml も 500ml も期間内に解凍しなかった。

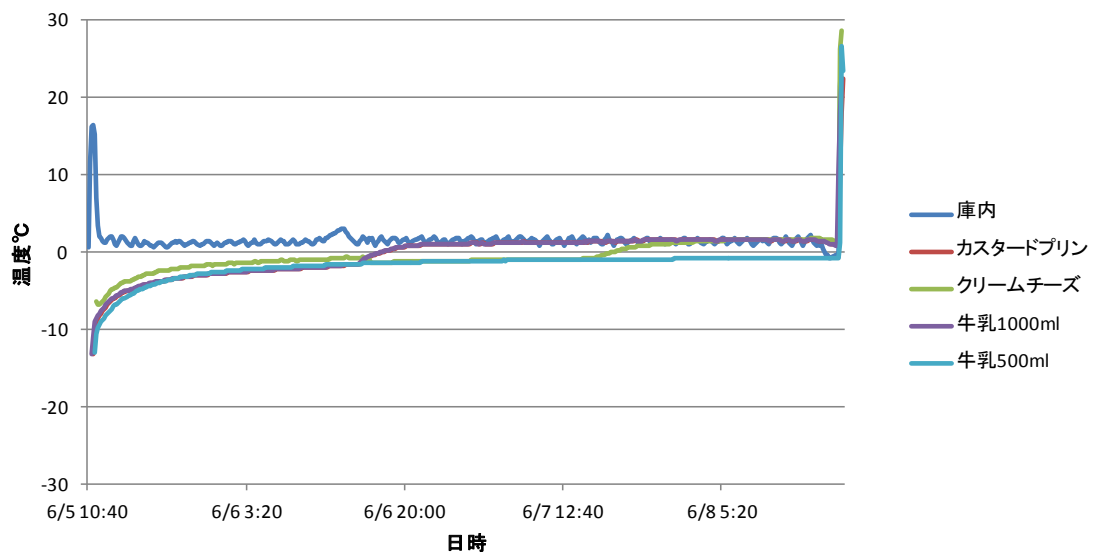


図 24. SEJ FOOD チルド冷蔵庫解凍(2～4℃)の温度履歴

表. 6 SEJ FOOD チルド冷蔵庫解凍(2～4℃)の解凍時間

品目	0℃到達(解凍完了)	室温到達
カスタードプリン	31 時間 10 分	56 時間 20 分
クリームチーズ	55 時間 30 分	69 時間 30 分
牛乳 1000ml	解凍せず(72 時間以上)	到達せず
牛乳 500ml	解凍せず(72 時間以上)	到達せず

第4章. 試食評価

1. 概要

6月8日に解凍した製品の検査(理化学検査、微生物検査)と官能評価を実施した。また、シンガポールで高いシェアをもつといわれる Fair Price 社バイヤーに依頼し、試食会を実施した。

2. 実証方法

(1) サンプル

SEJ FOOD HUB より、解凍したサンプルを SMC FOOD 社へ移送し、図 25 の一時保管庫で保管した。試食評価に使用したサンプルを表 7、図 26 に示す。

評価は現地での販売が多いと思われる商品をアベレージサンプルと定め(表7)官能評価の中央に置き、濃厚感、甘味、後味、舌触り、鼻に抜ける臭いの5項目について、強弱を±3の7段階とし実施した。

全体評価は「非常に好き」「好き」「やや好き」「普通」「やや嫌い」「嫌い」「とても嫌い」の7段階で実施した。

表 7. 試食評価に使用したサンプル

牛乳品目	洋生菓子品目	ナチュラルチーズ品目
牛乳 1000ml※1	カスタードプリン※1	クリームチーズ※1
牛乳 500ml※1	Milk pudding※2 (アベレージサンプル)	Fromage Sla crème※2 (アベレージサンプル)
牛乳 PET※1	Cream caramel※2	
パステライズド牛乳※2 (アベレージサンプル)		
100% FRESH MILK※2		

※1 は輸出サンプルのバラ解凍(10℃)品

※2 はシンガポールの市場品



図 25. 試験品保管冷蔵庫



図 26. 試験サンプル

(2) 検査項目

各品目について、以下の検査を実施した。

牛乳: 外観検査、沈殿量、粒度分布、大腸菌群、生菌数

カスタードプリン: 外観検査、大腸菌群、生菌数

クリームチーズ: 外観検査、大腸菌群、生菌数、カビ・酵母、リステリアモノサイトゲネス

(3) 専門家による官能評価

図 27、図 28 に官能評価の準備及び様子を示す。また、図 29 に評価シートを示す。SMC FOOD 社品質管理部門、商品開発部門、研究部門の協力をいただき、専門家による官能評価を行った。



図 27. 官能評価の様子



図 28. 官能評価テーブル

AROMA (smell, odor)

Very Nice	Nice	Slightly Nice	AVERAGE	Slightly Poor	Poor	Very Poor
PC						

(B) OVERALL ACCEPTABILITY

Please put a (v) mark on the space provided below which corresponds to your acceptability for each product.

7 points HEDONIC RATING	Le Gall Cream Cheese	Sample 1=Pc
LIKE VERY MUCH		✓
LIKE MODERATELY		
LIKE SLIGHTLY	✓	
NEITHER LIKE NOR DISLIKE		
DISLIKE SLIGHTLY		
DISLIKE MODERATELY		
DISLIKE VERY MUCH		

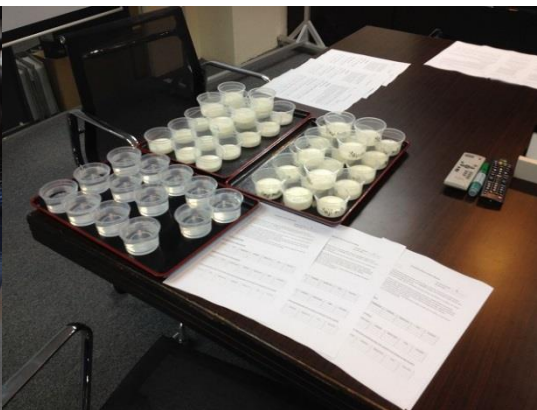
図 29. 評価シート(クリームチーズ)

(4) 現地バイヤーによる試食会

図 30 に Fair Price 社バイヤーによる試食会の様子を示す。SMC FOOD 社において、現地バイヤーによる試食会を実施した。評価は専門家による官能評価と同様に行った。また、官能評価終了後に、フリーディスカッションを行った。



試飲会の準備



サンプルと評価シート



バイヤーとスタッフによる試飲会



フリーディスカッション

図 30. 現地バイヤーによる試食会の様子

3. 結果

(1) 外観及び微生物検査

牛乳、カスタードプリン、クリームチーズの検査結果を図 31、32、33 に示す。また、牛乳の粒度分布の結果を図 34 に示す。すべてのサンプルにおいて外観、微生物結果に異常はなかった。牛乳の沈殿量、粒度分布にも異常は確認されなかった。

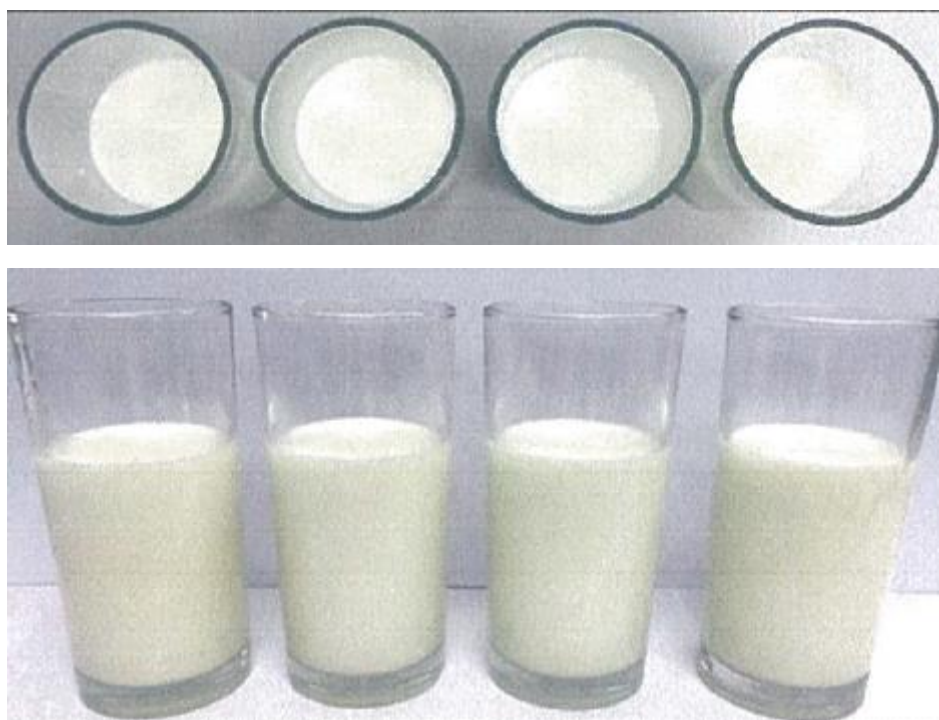


図 31 牛乳のバラ解凍後外観写真

※左から牛乳 500ml、牛乳 1000ml、牛乳 PET、パステライズド牛乳

表 8. 牛乳のバラ解凍後理化学検査及び微生物検査結果

	理化学検査		微生物検査	
	遠心分離 5 分 (ml)	遠心分離 10 分 (ml)	大腸菌群 CFU/ml	生菌数 CFU/ml
牛乳 1000ml	0.3	0.2	<1	1
牛乳 500ml	0.2	0.2	<1	<1
牛乳 PET	0.2	0.2	<1	<1
パステライズド 牛乳	0.2	0.2		

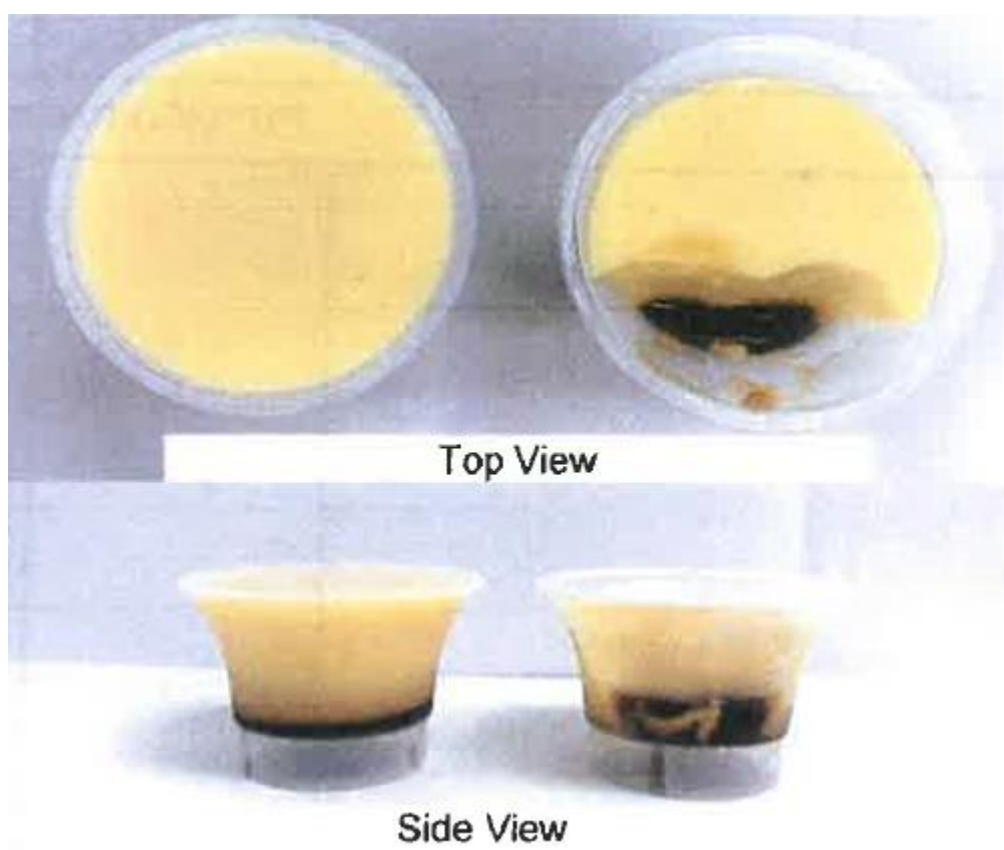


図 32 カスタードプリンのバラ解凍後外観写真

表 9. カスタードプリンのバラ解凍後微生物検査結果

	微生物検査	
	大腸菌群 CFU/ml	生菌数 CFU/ml
カスタードプリン	<10	<10

※10 倍希釈にて測定

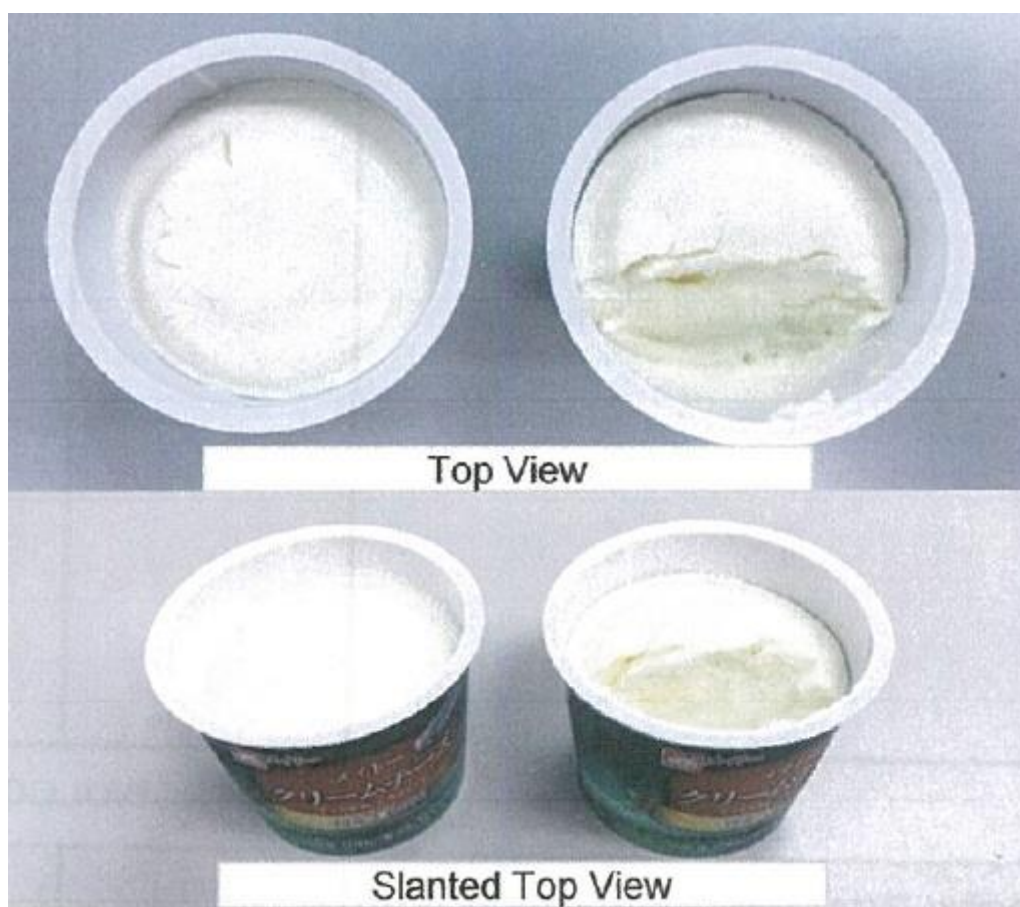


図 33 クリームチーズのバラ解凍後外観写真

表 10. クリームチーズの微生物検査結果

	微生物検査			
	大腸菌群 CFU/ml	生菌数 CFU/ml	カビ・酵母 CFU/ml	リステリアモノサ イトゲネス 検出/25g
クリームチーズ	<10	10	<10	検出なし

※10 倍希釈にて測定

表 11. 牛乳の粒度分布

粒子径(μ m)	粒子量 (Volume%)		
	牛乳500ml	牛乳1000ml	牛乳PET
0.02 ~ 0.12	21.48	22.04	22.06
0.12 ~ 0.219	19.66	20.46	20.47
0.219 ~ 0.319	6.7	7.31	7.34
0.319 ~ 0.418	1.25	1.71	1.77
0.418 ~ 0.518	0	0.02	0.1
0.518 ~ 0.618	0	0	0.03
0.618 ~ 0.717	0.13	0.34	0.44
0.717 ~ 0.817	0.71	1.14	1.27
0.817 ~ 0.916	1.48	2.07	2.21
0.916 ~ 1.016	2.24	2.89	3.02
1.016 ~ 1.116	2.96	3.47	3.58
1.116 ~ 1.215	3.29	3.79	3.87
1.215 ~ 1.315	3.51	3.87	3.92
1.315 ~ 1.414	3.56	3.76	3.79
1.414 ~ 1.514	3.48	3.53	3.53
1.514 ~ 1.614	3.31	3.23	3.21
1.614 ~ 1.713	3.08	2.9	2.97
1.713 ~ 1.813	2.82	2.57	2.52
1.813 ~ 1.912	2.56	2.25	2.19
1.912 ~ 2.012	2.3	1.95	1.8
2.012 ~ 2.112	2.05	1.89	1.63
2.112 ~ 2.211	1.83	1.4	1.39
2.211 ~ 2.311	1.62	1.25	1.18
2.311 ~ 2.41	1.42	1	1
2.41 ~ 2.51	1.26	0.91	0.85
2.51 ~ 2.61	1.1	0.77	0.72
2.61 ~ 2.709	0.96	0.66	0.8
2.709 ~ 2.809	0.84	0.56	0.5
2.809 ~ 2.909	0.74	0.47	0.42
2.909 ~ 3.008	0.63	0.39	0.36
3.008 ~ 3.108	0.55	0.33	0.29
3.108 ~ 3.207	0.48	0.27	0.24
3.207 ~ 3.307	0.41	0.22	0.19
3.307 ~ 3.406	0.36	0.18	0.15
3.406 ~ 3.506	0.3	0.15	0.12
3.506 ~ 3.606	0.26	0.12	0.09
3.606 ~ 3.705	0.22	0.09	0.07
3.705 ~ 3.805	0.17	0.07	0.05
3.805 ~ 3.904	0.13	0.04	0.03
3.904 ~ 4.004	0.09	0.03	0.02
4.004 ~ 4.104	0.05	0	0
4.104 ~ 4.203	0.04	0	0
4.203 ~ 4.303	0.03	0	0
4.303 ~ 4.402	0.03	0	0
4.402 ~ 4.502	0.02	0	0
4.502 ~ 4.602	0.02	0	0
4.602 ~ 4.701	0.01	0	0
4.701 ~ 4.801	0	0	0
4.801 ~ 4.9	0	0	0
4.9 ~ 5	0	0	0

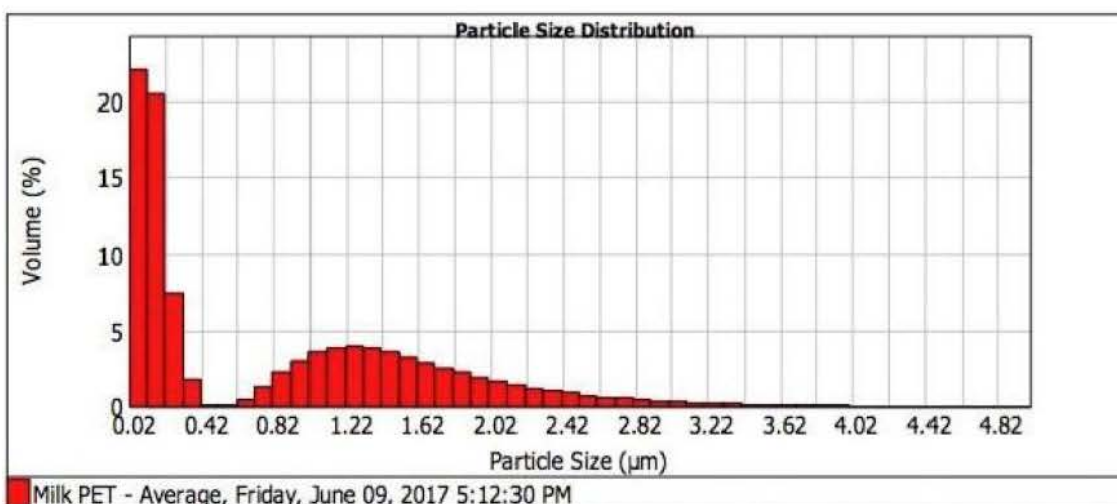
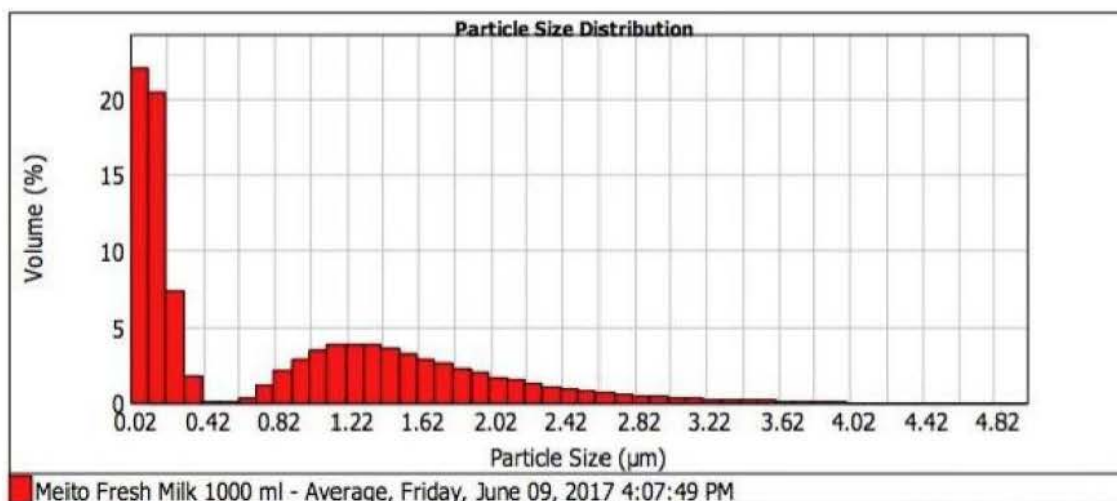
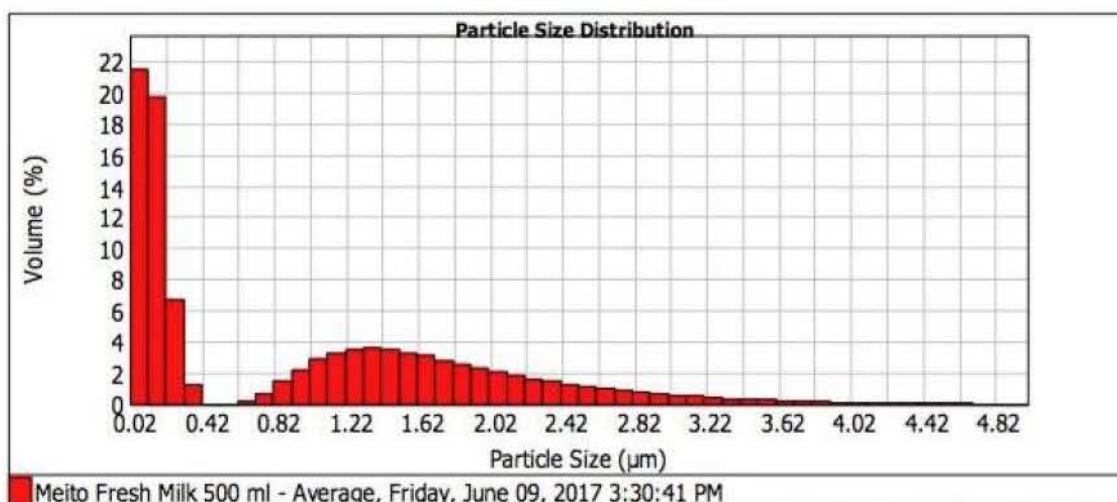


図 34 牛乳の粒子径分布(上から順に牛乳 500ml、牛乳 1000ml、牛乳 PET)

(2) 官能評価

① 専門家による官能評価

専門家による官能評価の結果を表 12～14、レーダーチャートを図 35～37 に示す。

今回冷凍輸出した牛乳、カスタードプリン、クリームチーズは全体的なおいしさの項目以外は、
現地のアベレージサンプルよりも良い結果であった。

表 12. 専門家による牛乳の官能評価結果

調査人数 10 名

サンプル	濃厚さ	甘み	後味	舌触り	鼻に抜ける香り	全体的なおいしさ
パステライズド牛乳 (アベレージサンプル)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	5.4
牛乳 PET (バラ解凍 10℃)	4.0	4.1	4.1	5.0	4.7	4.9
牛乳 500ml (バラ解凍 10℃)	4.8	4.4	5.1	4.8	5.0	6
牛乳 1000ml (バラ解凍 10℃)	5.4	4.5	5.2	4.7	4.7	5.7
100% FRESH MILK						1.9

表 13. 専門家によるカスタードプリンの官能評価結果

調査人数 9 名

サンプル	濃厚感	甘味	後味	なめらかさ	鼻に抜けるにおい	全体的なおいしさ
Milk pudding (アベレージサンプル)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	5.1
カスタードプリン (バラ解凍 10℃)	5.2	3.8	5.7	5.1	5.2	6.2
Cream caramel						4.4

表 14. 専門家によるクリームチーズの官能評価結果

調査人数 8 名

サンプル	濃厚さ	甘味	後味	なめらかさ	鼻に抜けるにおい	全体的なおいしさ
Fromage Sla crème (アベレージサンプル)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	4.6
クリームチーズ (バラ解凍 10℃)	4.3	3.3	4.6	4.5	5.3	5.1

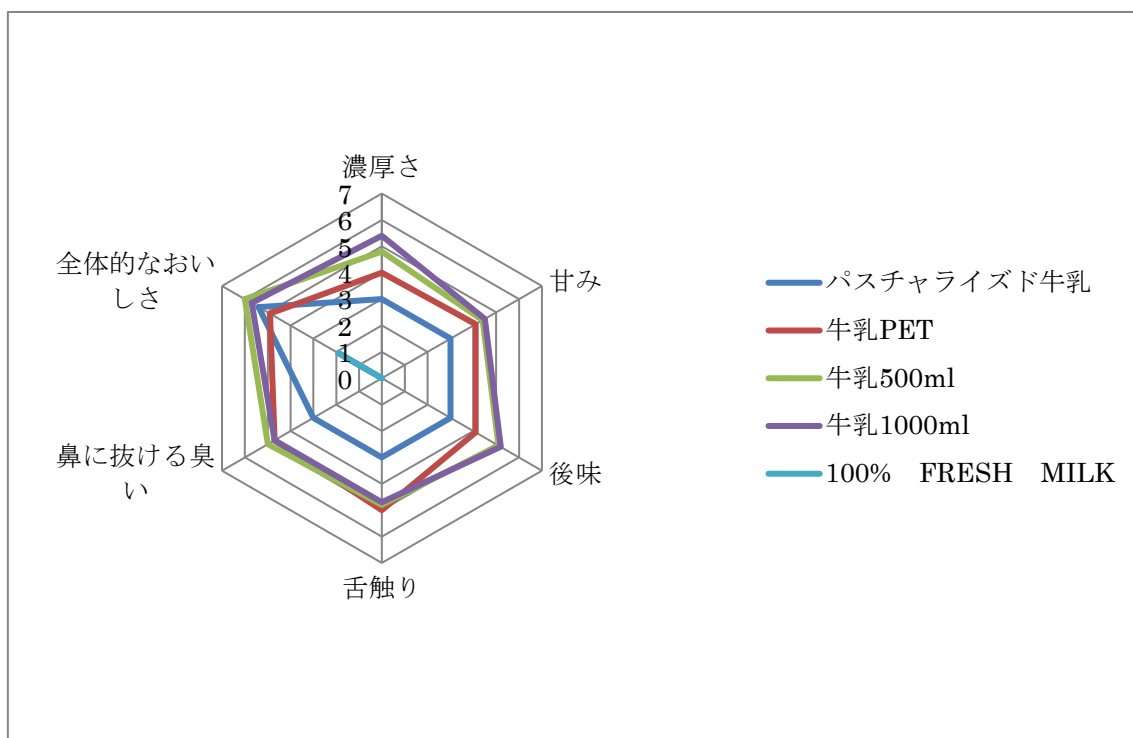


図 35. 専門家による牛乳の官能評価結果(10 名)

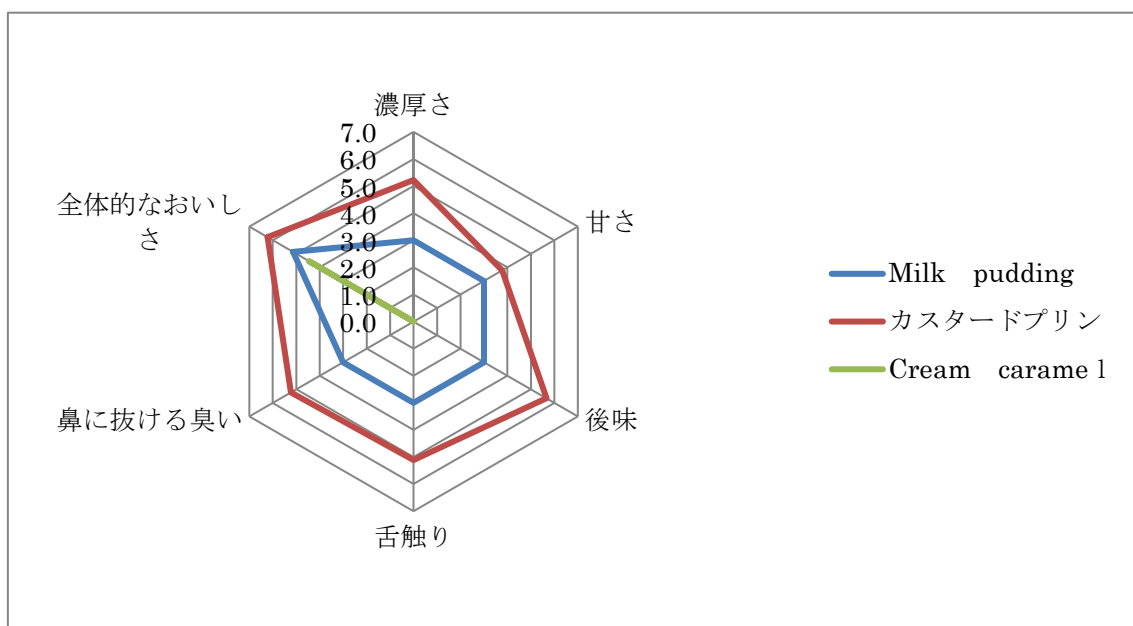


図 36. 専門家によるカスタードプリンの官能評価結果(9 名)

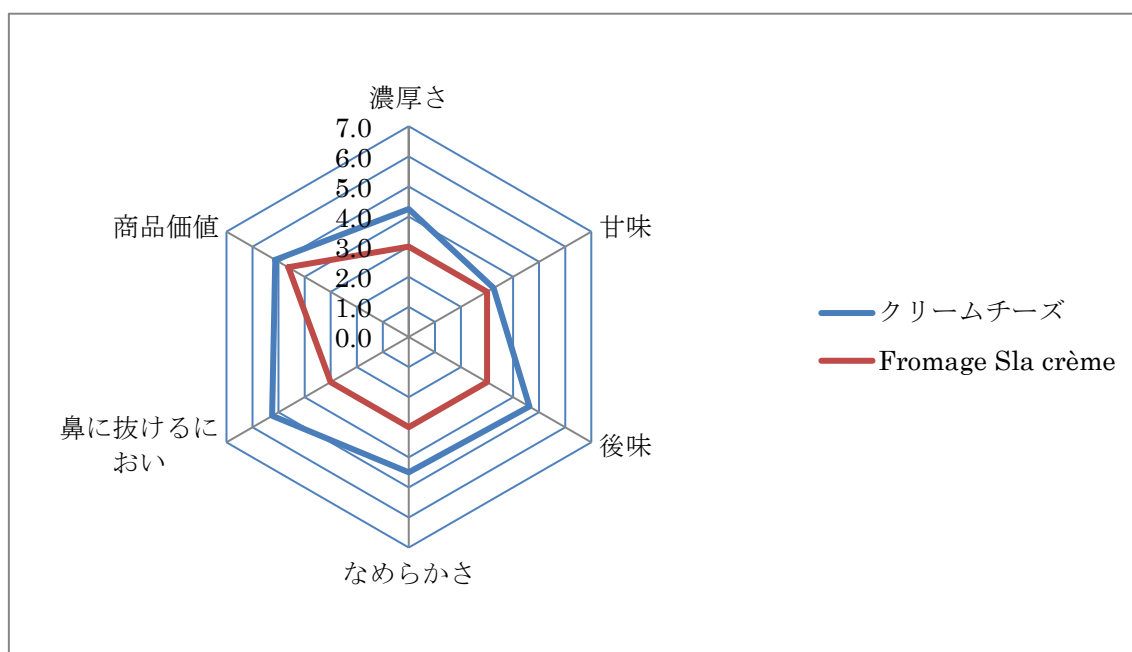


図 37 専門家によるクリームチーズの官能評価結果(8 名)

②現地バイヤーによる試食会評価結果

現地バイヤーによる官能評価の結果を表 15～17、レーダーチャートを図 38～40 に示す。

今回冷凍輸出した牛乳、カスタードプリン、クリームチーズは一部の項目を除き、現地のアベレージサンプルよりも良い評価結果であった。

表 15. 現地バイヤーによる牛乳の試食会評価結果

調査人数 15 名

サンプル	濃厚さ	甘み	後味	舌触り	鼻に抜ける臭い	全体的なおいしさ
パステライズド牛乳 (アベレージサンプル)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	5.3
牛乳 PET (バラ解凍 10℃)	5.0	4.7	4.6	4.4	4.6	5.4
牛乳 500ml (バラ解凍 10℃)	3.9	4.1	4.1	4.1	4.3	4.7
牛乳 1000ml (バラ解凍 10℃)	4.1	4.1	4.5	4.6	4.3	5.3
100% FRESH MILK						2.7

表 16. 現地バイヤーによるカスタードプリンの試食会評価結果 調査人数 13 名

サンプル		濃厚感	甘味	後味	舌触り	鼻に抜ける臭い	全体的なおいしさ
Milk pudding (アベレージサンプル)		3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	5.4
カスタードプリン (バラ解凍 10℃)		4.6	4.8	4.6	4.8	4.8	4.9
Cream caramel							3.2

表 17. 現地バイヤーによるクリームチーズの試食会評価結果
名

調査人数 13 名

サンプル	濃厚さ	甘味	後味	舌触り	鼻に抜ける臭い	全体的なおいしさ
Fromage Sla crème (アベレージサンプル)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	5.0
クリームチーズ (バラ解凍 10℃)	4.3	3.3	4.6	4.5	5.3	4.9

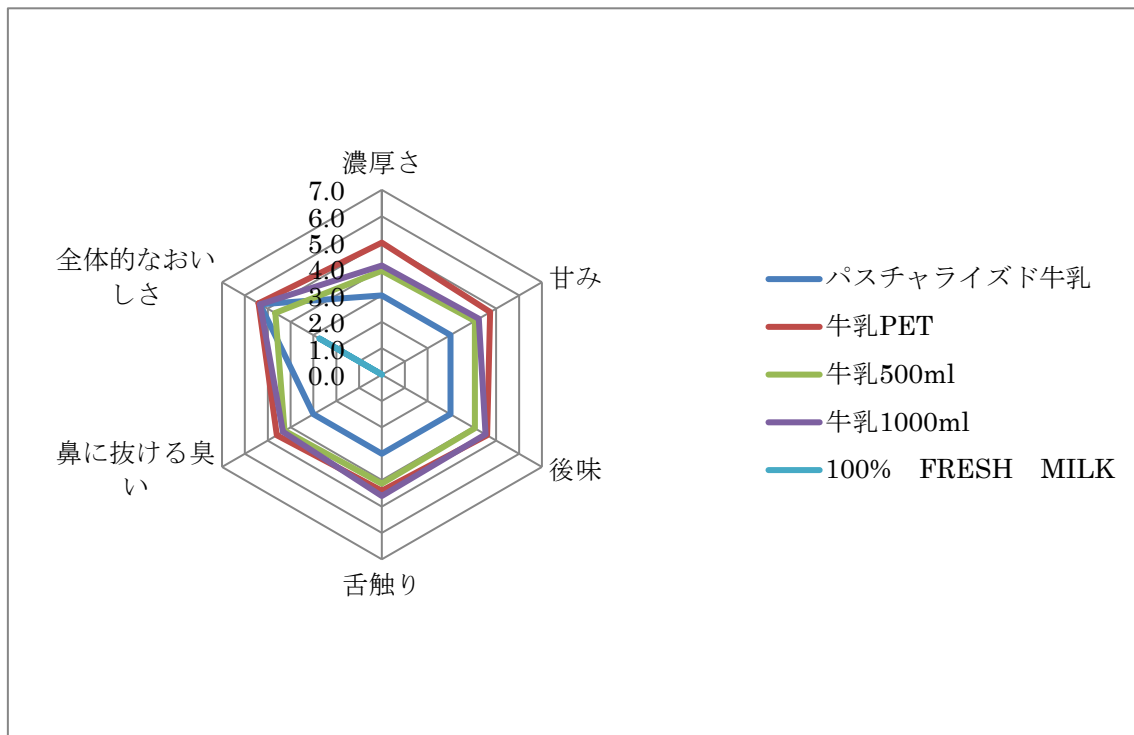


図 38. 現地バイヤーによる牛乳の試食会評価結果(15 名)

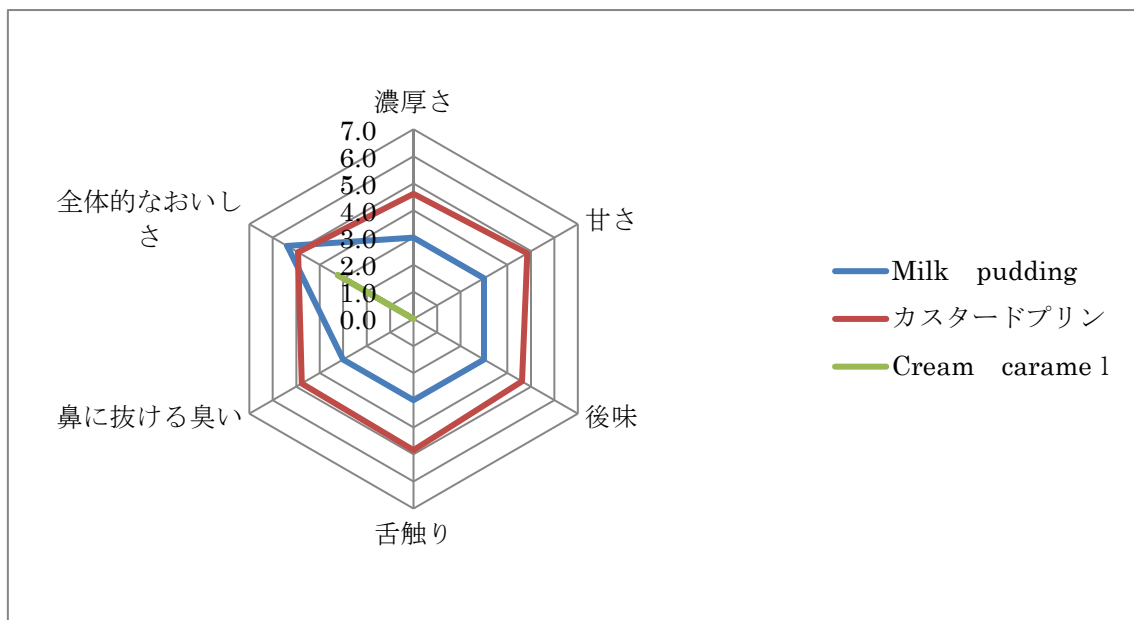


図 39 現地バイヤーによるカスタードプリンの試食評価結果(13 名)

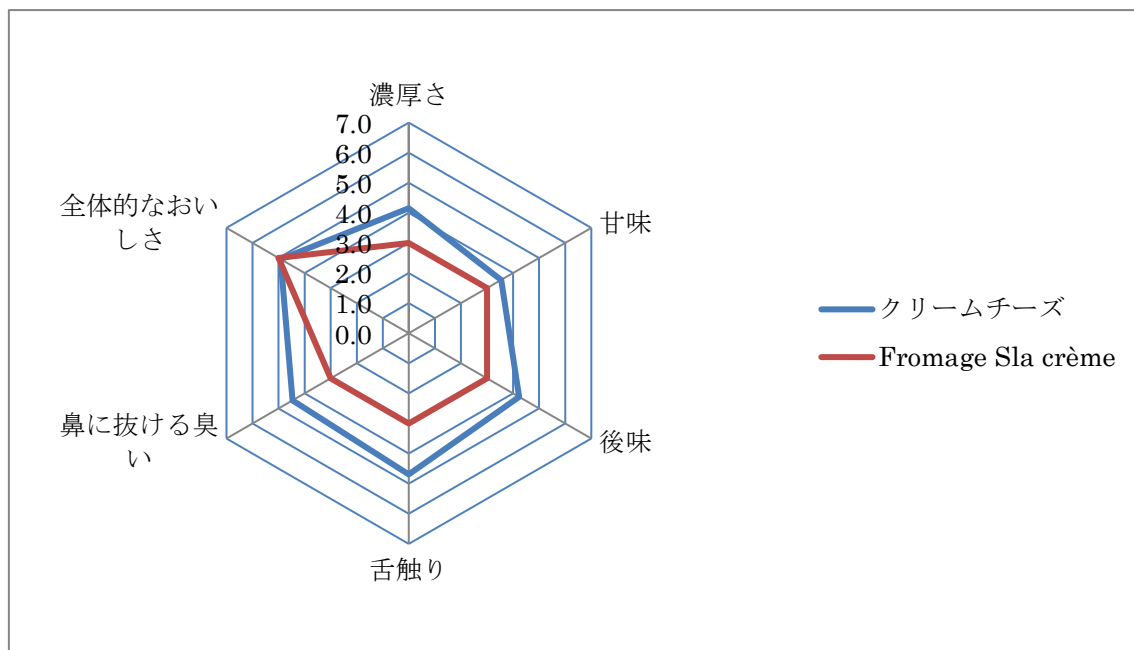


図 40. 現地バイヤーによるクリームチーズの試食会評価結果(13 名)

第5章. 考察

1. 牛乳

(1) 輸出サンプルの凍結

- ① p9、p10 図 6～8 の牛乳の温度履歴 より、中心部まで十分凍結されている事が確認できた。ただし、p12 図 11 の通り 1000ml の紙パック容器については、凍結膨張によって破損した。(59 本中 9 本破損)
- ② 凍結時間は牛乳 500ml より、牛乳 1000ml の方が早かった。理由として以下の事が推測される。

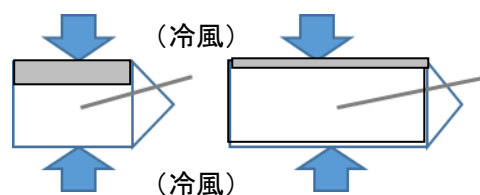


図 41. 冷凍時の冷風の当たり方と空気層の模式図

牛乳のヘッドスペース(図の三角の部分)は牛乳 500ml も牛乳 1000ml もほぼ同じである。サンプルを横にすると空気層(図の灰色部分)は、牛乳 1000ml の方が薄く、牛乳 500ml の方が厚くなる。空気層は断熱層となるため断熱層の厚い牛乳 500ml の方が上方からの冷却効率が悪く、凍結に時間がかかったのではないかと推測できる。

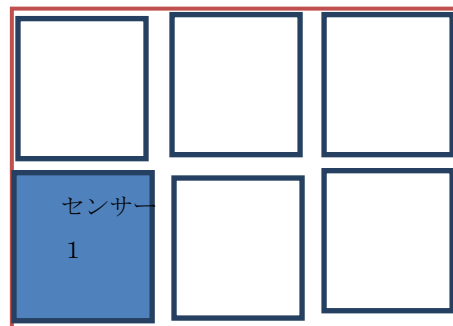
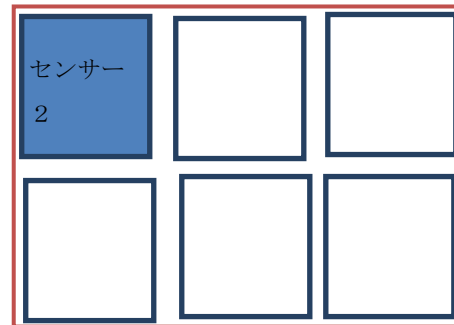
- ③ 今回の凍結方法では、p12 図 12 の通り PET ボトルのような膨張に強い容器にする必要があると分かった。(PET ボトルの外観上の破損は確認できなかった。)

(2) リーファーコンテナ*での輸出

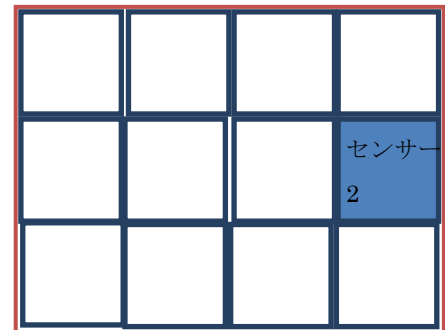
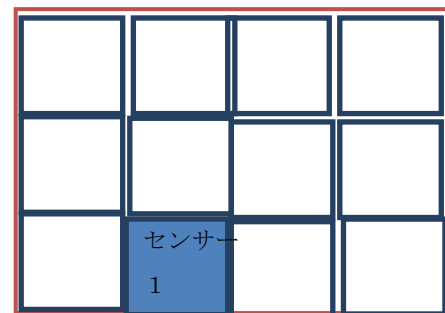
- ① p15 図 16 の結果より、ほぼ -18°C を保っていた事が確認された。輸出時の温度管理に問題はないと判断できる。また、保冷車積み替え、コンテナに荷物を積み替える作業などで一部温度が上昇してしまう事も確認されたので、注意が必要である。
(*リーファーコンテナ: 内部を一定温度に保つ設備を持つコンテナ)
- ② p14 図 14、15 の結果より、外観上輸出後の荷及び梱包は、輸出前と変わらず、破損はなかった。今回の検証では物量が少なく荷重が小さかった事も理由として推測できる。物量や輸送中の梱包状態、冷凍保管期間等の違いで、潰れなど外観の変化も発生する可能性もあるので注意が必要である。

(3) シンガポールでの解凍

- ① p18 図 21、表 4、p20 図 23、表 5 の結果の通り、 10°C 解凍でセンサーをつけたサンプルについては 62 時間以内に解凍完了*できた。
解凍時間は短いほうが好ましく、バラバラに解凍できるようなシステムや、ダンボールに入れたままでも短時間に解凍できるシステムの構築が必要である。
(*解凍完了: 中心温度が 0°C に到達し氷結晶がない状態)



牛乳 1000ml の入れ方



牛乳 500ml 入れ方

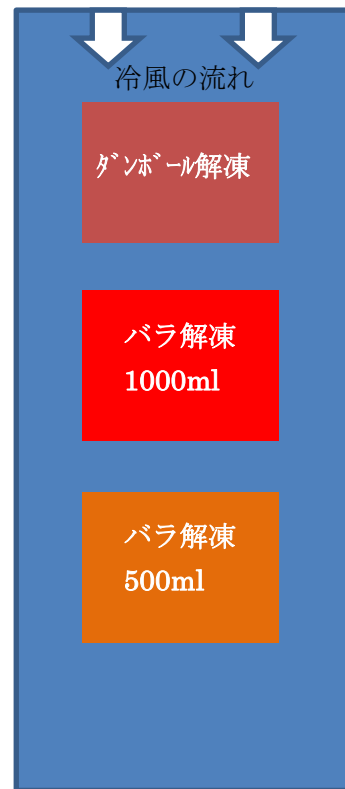
図 42. ダンボール中のセンサー入りサンプルの位置



1000ml は床に近い(風が通る)



500ml は床から高い(風が通りにくい)



コンテナ内のバラ解凍配置
500ml は冷風が当たりにくい
位置にある。

図 43 コンテナ内における解凍位置及び解凍の様子

- ②バラ解凍の 10℃到達を除いて、牛乳 500ml の方が牛乳 1000ml よりも解凍時間が長かった。理由として、以下の事が推測できる。
 - ・ダンボール解凍について、p37 図 42 のセンサー入りサンプルの位置を考えると、牛乳 500ml は牛乳 1000ml と比較して解凍を促進する面が少ない。そのため牛乳 500ml の方が解凍に時間がかかったと推測できる。
 - ・バラ解凍について、p38 図 43 コンテナ内の風の流れから考えると、牛乳 1000ml より牛乳 500ml の方が冷風は当たりにくい。又 500ml は図 43 の写真のように重ねて解凍したため、更に冷風が当たりにくくなった事が影響したと推測できる。
- ③バラ解凍の 10℃到達のみ 1000ml が 500ml より長く、解凍時間が逆転していた。この条件のみ逆転するという事は通常考え難い。要因としては解凍時にセンサーの位置が中心からずれてしまい、到達時間が短くなったと推測できる。
- ④ p21 図 24、表 6 の結果の通り、2～4℃解凍ではセンサーをつけたサンプルについて 1000ml、500ml とともに 72 時間でも解凍完了しなかった。シンガポールのコールドチェーンで解凍するのは長時間かかり実用的でないと判断できる。

(4) 品質・官能評価

- ① p25 図 31、表 8、p28 表 11、p29 図 34 の結果より、沈殿量、粒度分布、微生物検査で大きな異常は確認されなかった。今回の冷凍輸出においては品質には問題ないと判断できる。ただし、輸出量や冷凍期間、僅かな保管状態の違いで品質が変化することもあると考えられるので、注意が必要である。
- ② p30 表 12、p31 図 35 の専門家による官能評価及びp33 表 15、p34 図 38 現地バイヤーによる試食会評価では、パスチャライズド牛乳(アベレージサンプル)より設定した 5 項目において高い評価であった。今回と同一の方法で凍結、冷凍輸出、解凍を行う事ができれば、味については優位性があると判断できる。
- ③ 全体的なおいしさの項目では、パスチャライズド牛乳(アベレージサンプル)とほぼ同等、100%FRESH MILK より高い評価であった。牛乳に対するシンガポール人のおいしさの評価については以下の事が推測できる。
 - ・濃厚感、甘み、後味、舌触り、鼻に抜ける香り、以外に重要なファクターが存在する可能性がある。
 - ・シンガポールは非常に暑い気候である。そのため、全体的なおいしさの評価となると、さっぱりしている事が望まれ、濃厚感が強い事や、甘味や後味が強い事が評価されにくい可能性がある。

(5) 現地バイヤーの意見

- ① 容器の材質は紙が良い。しかし胴膨れは改善して欲しい。
- ② アベレージサンプルのみはプラスチック容器でも売れている。PET は人工的に見える。
- ③ 冷蔵温度帯の商品は、賞味期限の印字が必要。解凍後印字になる。
- ④ 冷凍輸出後のシンガポールでの倉庫管理、解凍管理、出荷管理を確実に行う必要がある。(新しい流通形態の構築が必要)
- ⑤ 解凍後の賞味期限について、しっかりとした検証が必要。(1 日毎のデータが欲しい)
- ⑥ 店舗到着後少なくとも賞味期限は 1 週間欲しい。シンガポール産は約 3 週間程度。
- ⑦ 価格設定はベンチマークをどこにするかが重要。

(6) その他

- ① 現段階では、冷凍した牛乳を解凍後に販売することについて、賞味期限設定などの明確な基準がなく、今後十分な調査が必要である。

また、賞味期限を製造時に印字すると、解凍日までの時間を予め決定しておかなければならないなど、運用がかなり難しくなる。

よって、解凍後に賞味期限を印字できる仕組みを構築することが望ましいと考えられる。

更には、解凍後に賞味期限を印字するような仕組みについては、輸出先国も含めたルール作りが必要である。

2. カスタードプリン

(1) 輸出サンプルの凍結

- ① p10 図 9 カスタードプリンの温度履歴より、問題なく凍結されている事が確認できた。

(2) リーファーコンテナでの輸出

- ① p15 図 16 の結果より、ほぼ -18°C を保っていた事が確認された。輸出時の保管状況に問題はないと判断できる。ただし、保冷車積み替え、バンニングなどで一部温度が上昇してしまう事も確認されたので、注意が必要である。また、輸出量や梱包状態、冷凍保管期間の違いで容器が破損する可能性もあるため注意が必要である。

(3) シンガポールでの解凍

- ① p18 図 21、表 4 の結果の通り、 10°C ダンボール解凍でも 8 時間程度で解凍完了していた。P21 図 24、表 6 の結果の通り困難と思われていた $2\sim 4^{\circ}\text{C}$ の解凍でも 31 時間程度で解凍完了していた。カスタードプリンは牛乳と比較すると解凍し易く、シンガポールのコールドチェーンでの解凍でも問題ないと考えられる。

(4) 品質・官能評価

- ① p26 表 9 の結果より、微生物検査について大きな異常は確認されなかった。今回の冷凍輸出においては品質には問題ないと判断できる。ただし、輸出量や冷凍期間、僅かな保管状態の違いで品質が変化すること考えられるので、注意が必要である。
- ② p30 表 13、p31 図 36 の専門家による官能評価及びp33 表 16、p34 図 39 現地バイヤーによる試食会評価では、アベレージサンプル(シンガポール産 ミルクプリン)より、設定した 5 項目において高い評価であった。今回と同一の方法で凍結、冷凍輸出、解凍が行う事ができれば、味については優位性があると判断できる。
- ③ 全体的なおいしさの項目では、Milk pudding(アベレージサンプル)とほぼ同等、フランス産キャラメルプリンより高い評価であった。プリンに対するシンガポール人のおいしさの評価について以下ことが推測される。
 - ・濃厚感、甘み、後味、舌触り、鼻に抜ける香り、以外に重要なファクターが存在する可能性がある。
 - ・シンガポールは非常に暑い気候である。そのため、全体的なおいしさの評価となると、さっぱりしている事が望まれ、濃厚感が強い事や、甘味や後味が強い事が評価されにくい可能性がある。

(5) 現地バイヤーの意見

- ① 容器が小さく見える
- ② 現時点ではプリンの市場は小さい

(6) その他

- ① 現段階では、冷凍したカスタードプリンを解凍後に販売することについて、賞味期限設定などの明確な基準がなく、今後十分な調査が必要である。
また、賞味期限を製造時に印字すると、解凍日までの時間を予め決定しておかなければならないなど、運用がかなり難しくなる。
よって、解凍時に賞味期限を印字出来るしくみを構築することが望ましいと考えられる。
更には、解凍後に賞味期限印字するような仕組みについては、輸出先国も含めたルール作りが必要である。

3. クリームチーズ

(1) 輸出サンプルの凍結

- ① p11 図 10 クリームチーズの温度履歴より、問題なく凍結されている事が確認できた。

(2) リーファーコンテナでの輸出

- ① p15 図 16 の結果より、ほぼ -18°C を保っていた事が確認された。輸出時の保管状況に問題はないと判断できる。また、保冷車積み替え、バンニングなどで一部温度が上昇してしまう事も確認されたので、注意が必要である。また、輸出量や梱包状態、冷凍保管期間の違いで容器が破損する可能性もあるため注意が必要である。

(3) シンガポールでの解凍

- ① p18 図 21、表 4 の結果の通り、 10°C カートン解凍でも 19 時間程度で解凍完了していた。p21 図 24、表 6 の結果の通り、困難と思われる $2\sim 4^{\circ}\text{C}$ の解凍でも 55 時間程度で解凍していたが、実際食してみると、芯が残った状態であったため、シンガポールのコールドチェーンでの解凍は困難であると思われる。

(4) 品質・官能評価

- ① p27 表 10 の結果より、微生物検査について大きな異常は確認されなかった。今回の冷凍輸出においては品質には問題ないと判断できる。ただし、輸出量や冷凍期間、僅かな保管状態の違いで品質が変化すること考えられるので、注意が必要である。
- ② p30 表 14、p32 図 37 の専門家による官能評価及びp33 表 17、p35 図 40 現地バイヤーによる試食会評価では、アベレージサンプル(フランス産 クリームチーズ)より、設定した 5 項目において高い評価であった。今回と同一の方法で凍結、冷凍輸出、解凍が行う事ができれば、味については優位性があると判断できる。
- ③ 全体的なおいしさの項目ではアベレージサンプルと同等の評価であった。クリームチーズに対するシンガポール人のおいしさの評価について以下の事が推測できる。
・濃厚感、甘み、後味、舌触り、鼻に抜ける香り、以外に重要なファクターが存在する可能性がある。

- ・シンガポールは非常に暑い気候である。そのため、全体的なおいしさの評価となると、さっぱりしている事が望まれ、濃厚感が強い事や、甘味や後味が強い事が評価されにくい可能性がある。

(5) 現地バイヤーの意見

- ① シンガポールでは、濃い味のクリームチーズを好む。
- ② オーストラリア産よりフランス産に対して高級なイメージを感じる。

(6) その他

- ① 現段階では、冷凍したクリームチーズを解凍後に販売することについて、賞味期限設定などの明確な基準がなく、今後十分な調査が必要である。
また、賞味期限を製造時に印字すると、解凍日までの時間を予め決定しておかなければならないなど、運用がかなり難しくなる。
よって、解凍後に賞味期限を印字できる仕組みを構築することが望ましいと考えられる。
更には、解凍後に賞味期限を印字するような仕組みについては、輸出先国も含めたルール作りが必要である。

4. 総括

- ① 今回の実証で、風味を損なわない冷凍方法、解凍方法の条件を示す事が出来た。
- ② 牛乳において、10℃ダンボール解凍では解凍時間に 62 時間以上かかる事が確認された。10℃バラ解凍であれば、解凍時間は 21 時間 30 分であり、約 40 時間短縮することが可能であった。
- ③ 10000 本程度の輸出と仮定すれば冷凍には 2 日間(1000ml で 750 本/h)、輸出手続き、輸入手続きに約1週間、輸出に約 2 週間、解凍(10℃)に 4 日間かかり、店頭到着までに最低でも 1 ヶ月はかかるかと推測される。
- ④ 今回の実証方法を使用すれば、冷凍する事により、日本の良質な牛乳乳製品の風味を落とさず輸出し、提供する事が可能であると判断できるが、以下⑤⑥の課題解決が必要となる。
- ⑤ シンガポールのコールドチェーンの温度帯 2～4℃における解凍や、ダンボール解凍(10℃)では解凍完了まで長時間かかるため、低温でありながら効率よく短時間で解凍完了できる設備の構築が課題となる。
- ⑥ 賞味期限の設定も課題である。解凍後の賞味期限の検証を十分実施し、解凍後に賞味期限を印字するような仕組みについては、輸出先国も含めたルール作りが必要である。

以上