水産研究・教育機構 機関リポジトリ
FRA Japan Fisheries Research and Education Agency Institutional Repository

高鮮度冷凍クジラ肉の解凍方法の開発

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2024-08-06 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 村田, 裕子, 荻原, 光仁, 舟橋, 均, 上野, 久美子, 岡崎, 恵美子, 木村, 郁夫, 福田, 裕 メールアドレス: 所属:
URL	https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2010447

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

原著論文

高鮮度冷凍クジラ肉の解凍方法の開発

村田裕子[*1]・荻原光仁[*2]・舟橋　均[*2]・上野久美子[*2]・岡﨑恵美子[*1]・
木村郁夫[*1]・福田　裕[*3]

Development of Thawing Method for Frozen Whale Meat with High Concentration of ATP

Yuko MURATA, Mitsuhito OGIWARA, Hitoshi FUNAHASHI, Kumiko UENO,
Emiko OKAZAKI, Ikuo KIMURA and Yutaka FUKUDA

Frozen whale meat, which was frozen before rigor mortis, contains a high concentration of ATP. Such frozen whale meat contracts by using ATP as energy when it thaws, thus the quality of the meat declines. In this study, a method of thawing frozen whale meat with a high concentration of ATP was examined. Frozen whale meat with more than 60% of ATP was stored at −1~ −15˚C for 1~10days before thawing. ATP% and pH of the meat before and after thawing, and volume of drip after thawing, were determined. After storage at −3~ −5˚C for 3~10days, the ATP% of the frozen meat was less than 10% and the volume of drip from quick thawed meat was less than 10%. Pre-treatment under frozen storage at a high-temperature close to 0˚C before quick thawing was a suitable thawing condition for frozen whale meat with a high concentration of ATP.

2008 年 5 月 1 日受付，2008 年 7 月 14 日受理

従来より，冷凍クジラ肉は解凍時に大量のドリップを排出するため問題となっていた。近年，冷凍技術の発達や硬直前の高鮮度の状態で凍結されるクジラ肉が増加しているため，解凍ドリップの問題は大きくクローズアップされ防止技術の開発が特に強く求められている。

高鮮度のクジラ肉は，捕獲・調査・加工処理後に大量の ATP（アデノシン－5’－3 リン酸）が残存し，さらに急速凍結後，－30℃以下で貯蔵されることにより，残存した ATP のほとんどが解凍時まで保持されている。このように大量の ATP が存在する肉は，ATP による筋肉タンパク質の冷凍変性抑制効果により，品質の保持が期待される[1)]。一方，このような高 ATP 含量の冷凍肉は，適切な解凍方法で処理をしないと解凍時に解凍硬直を起こし，大量のドリップの流出，肉の硬化と変形（いわゆるちぢれ）が起こり，食品としての品質劣化につながる[2,3)]。

クジラ肉の解凍ドリップの流出を防止するため，クジラ料理店などクジラ肉取扱い業者はそれぞれ経験に基づいた独自の解凍技術を用いているのが現状である。

一方，尾藤は，高鮮度のマイワシ肉，カツオ肉を用い，冷凍貯蔵中の ATP および NAD（ニコチンアミドアデニン ジヌクレオチド）の分解と解凍肉のドリップ量との関係を調べ，解凍前に－2℃～－10℃の温度帯で一定期間保持することにより ATP あるいは NAD の分解とともに解凍硬直によるドリップ流出が抑制されることを報告した[4,5)]。高鮮度のクジラ肉についても，このような解凍前の温度処理と ATP 等の濃度変化を明らかにすることにより，解凍硬直を回避する解凍方法の提示が期

[*1] 独立行政法人水産総合研究センター　中央水産研究所　〒 236-8648　横浜市金沢区福浦 2-12-4
National Research Institute of Fisheries Science, Fisheries Research Agency, 2-12-4 fukuura, Kanazawa-ku, Yokohama, 236-8648, Japan
betty@affrc.go.jp
[*2] 共同船舶株式会社
[*3] 独立行政法人水産大学校

待された。

そこで，本研究では，解凍前に各種凍結貯蔵温度に保管した場合の解凍前後の ATP 含量の変化と解凍硬直との関係に着目し，科学的な知見に基づく解凍方法の検討を行った。

材料と方法

試料　平成 18 年度北西太平洋鯨類捕獲調査の副産物であるミンククジラ（*Balaenoptera acutorostrata*）の冷凍肉を用いた。この試料は調査後，急速凍結を行い試験に供試まで－30℃下で保存した。この試料の ATP ％は 60 ～ 70％であった。

実験方法

1. 実験 1　冷凍クジラ肉試料（250 ～ 300g）の肉を－5，－10，－15℃で 5 日間あるいは 10 日間保管後，それぞれ以下に示す急速および緩慢解凍方法で処理を行った。サンプリングは解凍前後に ATP 関連化合物分析用および pH 測定用として採取した。解凍後のドリップ量，解凍前後の ATP 関連化合物量と pH について測定を行った。コントロールは，－30℃貯蔵の冷凍クジラ肉を用いた。

2. 実験 2　冷凍クジラ肉試料（150g）の肉を－3℃および－1℃で 1，2，3，5，7 日保管後，それぞれ急速解凍を行い，実験 1 と同様に解凍前後の ATP 関連化合物分析用および pH 測定用を採取した。また，2℃で 24 時間放置して解凍した試料についても ATP 関連化合物分析用および pH 測定用の試料を採取した。コントロールおよび測定項目は実験 1 と同様に行った。

解凍方法

1. 急速解凍　25℃の恒温室に放置，中心温が 2℃になった時点で解凍とした。

2. 緩慢解凍　－5℃ の低温室で 8 時間放置後 2℃の低温室に放置し，2℃になった時点で解凍とした。

3. 2℃，24 時間解凍　2℃の低温室に 24 時間放置した。

分析および測定方法

1. ドリップ量　解凍硬直の指標として試料の解凍前後の重量を測定し，以下の式で求めた。

$$\text{ドリップ量（\%）} = (\text{解凍前の重量} - \text{解凍後の重量}) / \text{解凍前の重量} \times 100$$

2. ATP 関連化合物中の ATP 濃度　Murata[6] らの方法に準じて行った。試料 5 g に 10％過塩素酸 10 mℓ を加え，ホモジナイズ後，遠心分離（7500 × g で 10 分）し，上清をエキスとした。沈殿について 5％の過塩素酸を 10 mℓ 加え同様にホモジナイズ，遠心分離し上清を先に得られたエキス（上清）に加えた。エキスは 10 N および 1 N の水酸化カリウムで中和し，ろ過（No.2 のろ紙を使用）により沈殿を除去した濾液に蒸留水を加えて 50 mℓ とし，分析用エキスとした。分析は Shodex GS-320HQ（昭和電工㈱製 4.5 ϕ × 300 mm）カラムを用い，移動相は 0.1M リン酸緩衝液 (pH=2.98)，流速 0.8 mℓ /min，検出は 250 nm の条件で行った。

ATP％は以下の式により計算した。

$$\text{ATP\%} = \text{ATP(nmol/mg)} / \text{ATP 関連化合物総量 (nmol/mg)} \times 100$$

3. pH 試料 5 g に 0.02M モノヨード酢酸ナトリウム水溶液 25 mℓ を加えホモジナイズした溶液の pH を測定した。

食味試験　解凍前に－3℃で 1 ～ 7 日間処理したクジラ肉について共同船舶㈱の社員 7 名による食味試験を行い，肉の固さ，舌触り，臭いなどを品質指標として自由記述法により評価した。

結　果

実験 1

各温度処理後の ATP 含量　冷凍クジラ肉試料を－5，－10，－15℃で 5 日間あるいは 10 日間保管後，それぞれ急速解凍および緩慢解凍を行った際の解凍前後の ATP ％を図 1 に示した。解凍前の ATP％は低温保管処理前（コントロール）では 60％であった。5 日間の低温処理

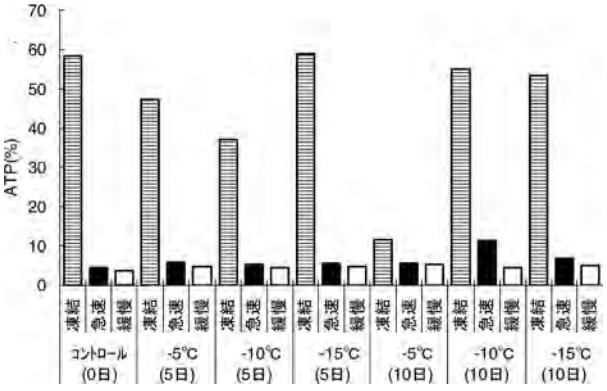

図 1. 解凍前に，－5，－10，または－15℃で処理した冷凍クジラ肉の解凍前後のＡＴＰ含量変化
（　）は，解凍前の各処理温度での保管日数を示す

により，ATP 濃度は－5℃および－10℃保管でわずかな減少が見られたが，－15℃保管ではほとんど減少しなかった。10 日間では，－10℃および－15℃でわずかな減少が見られたが，－5℃では約 10％まで減少した。解凍後の ATP％は，いずれのサンプルにおいても急速解凍および緩慢解凍のどちらの場合でも 10％以下であった。

各温度処理後の pH　冷凍クジラ肉試料を－5，－10，－15℃で 5 日間，10 日間保管後それぞれ急速解凍および緩慢解凍を行った際の解凍前後の pH を図 2 に示した。コントロールの解凍前の pH は 6.2 であった。ATP％と同様に，解凍前の肉 pH は－5℃で 10 日間保管後に 5.8 まで低下した他は，各処理温度で 5 日間および 10 日間

保管後の変化はわずかであり，解凍後はすべての試料において 6 以下となった。

各温度処理後のドリップ量　冷凍クジラ肉試料を－5，－10，－15℃で 5 日間および 10 日間保管後，それぞれ急速解凍および緩慢解凍を行った際の解凍ドリップ量（%）を図 3 に示した。

急速解凍では，－5℃で 10 日間保管した肉のドリップが 10%以下であったが，コントロールおよび他の保管温度と日数処理条件の肉では 15 ～ 25%であった。すなわち，高濃度の ATP を含有する冷凍クジラ肉を急速解凍すると 25%ものドリップが流出し，著しい解凍硬直が発生すること，またこの冷凍クジラ肉を解凍前に－5 ～－15℃で処理したものについても ATP 濃度の高い場

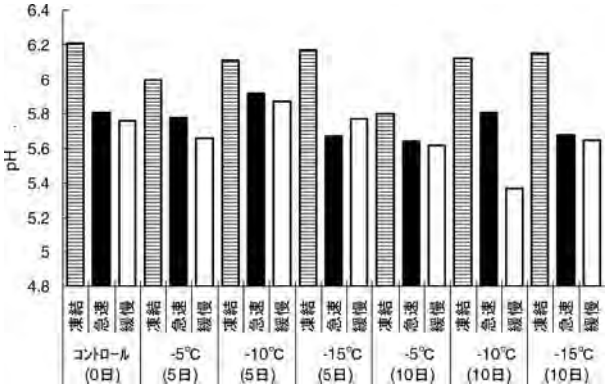

図 2. 解凍前に－5，－10 または－15℃で処理した冷凍クジラ肉の解凍前後の pH 変化
（　）は，解凍前の各処理温度での保管日数を表す

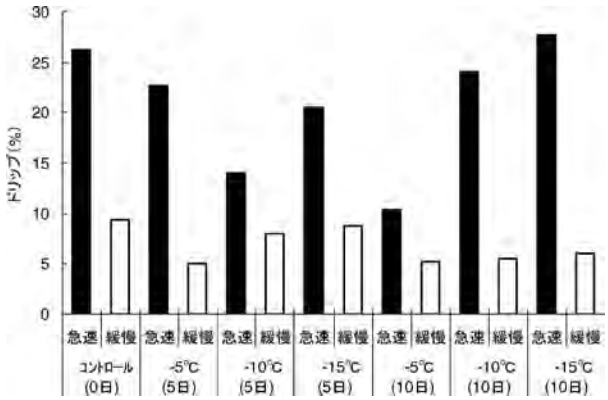

図 3. 解凍前に－5，－10，または－15℃で処理した冷凍クジラ肉の解凍時のドリップ量（%）
（　）は，解凍前の各処理温度での保管日数を表す

合は解凍硬直によるドリップ発生を抑制できないことが確認された。

一方，緩慢解凍ではどの試料もドリップは 10%以下であり，ATP 濃度の高い冷凍クジラ肉であっても緩慢解凍すれば解凍硬直の発生がわずかであることが確認された。

実験 2

各温度処理肉における解凍前後の ATP%の変化　冷凍クジラ肉試料を－3℃および－1℃で保管した場合の ATP%の変化および 2℃，24 時間放置後の ATP%を図 4 に示した。解凍前の ATP%は低温保管処理前（コントロール）では 70%であった。解凍前の ATP 含量は，－3℃，1 日処理では減少がわずかであり，2 日目で 20%，3 日目以降 10%以下となった。－1℃では 1 日目ですでに 10%以下に減少していた。解凍後の ATP 含量は実験 1 と同様にすべての試料において 10%以下となった。

各温度処理における肉の pH の変化　冷凍クジラ肉試料を－3℃および－1℃で保管したものの解凍前後の pH を図 5 に示した。コントロールの解凍前の pH は 6.5 であった。2℃，24 時間放置後および－3℃ 1 日放置後の解凍前後の pH が他の試料に比べやや高いが，いずれも 5.8 ～ 6.1 に低下した。コントロール以外は解凍前後で pH に大きな変化は見られなかった。

各温度処理後のドリップ量　ドリップ量については図 6 に示した。コントロールでは，25℃の室温による急速解凍後で 44%，2℃ 24 時間解凍で 35%，－3℃ 1 日処理後コントロールと同様の急速解凍で 20%であったが，その他の解凍前に－ 3℃あるいは－1℃で保管処理をした

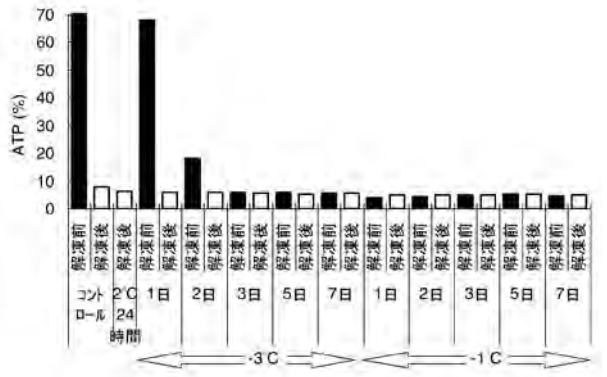

図 4. 解凍前に－1 または－3℃で処理した冷凍クジラ肉の解凍時の ATP 含量変化

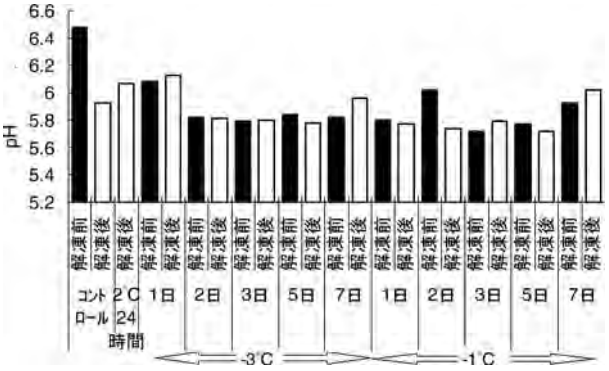

図 5. 解凍前に－1 または－3℃で処理した冷凍クジラ肉の解凍時の pH 変化

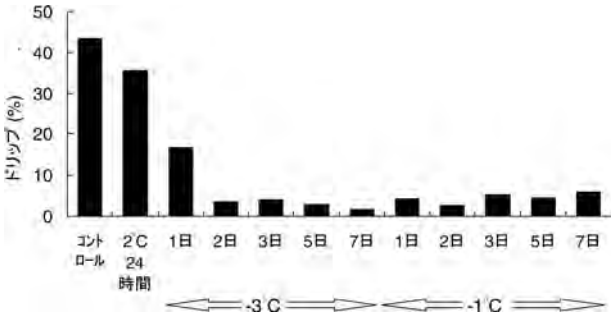

図 6. 解凍前に－1 または－3 度で処理した冷凍クジラ肉の解凍時のドリップ量（%）

表 1. 高鮮度冷凍クジラ肉の解凍前の－3℃保管処理による食味変化

−3℃保管	品質評価
コントロール（2℃、24H）	肉が少し固い、ドリップに臭いあり。
−3℃（1日間）	肉が一番固く、美味しくない。
−3℃（2日間）	しっとりしている。後味で臭いが少し残るが、2日間以降のものと差はほとんどない。
−3℃（3日間）	2日間との差はほとんどない。
−3℃（5日間）	熟成されてしっとりしている。臭みを感じない。
−3℃（7日間）	臭みがなく美味しい。舌ざわりが良い。

試料では急速解凍処理でも 10%以下である。解凍前に－3℃で 3 日間以上，あるいは－1℃で 1 日以上処理したクジラ肉ではドリップ流出がほとんどなく，解凍硬直の発生を防止できることが確認された。

食味試験　解凍前に－3℃で保管処理をし，25℃の室温で解凍したクジラ肉の食味変化を表 1 に示した。

解凍前の－3℃での保管 2 日目では臭いが少し残るものの刺身として食する品質状態となり，さらに保管 5 日目以降のものは熟成と考えられる食味の向上およびしっとり感があり刺身品質として最適であると評価された。

考　察

冷凍クジラ肉の解凍硬直とドリップに関する研究は 1950 年代に南氷洋産冷凍クジラ肉に関しての報告がある[7,8]。その中で，天野ら[7]は解凍硬直によるドリップ流出を防ぐには，低温下での解凍が有効であると指摘している。

しかし，クジラ肉の解凍については，各業者の経験による独自の解凍技術で行われてきたのが現状である。一方，現在では ATP 関連化合物の分析技術も発展し，高速液体クロマトグラフィーによる迅速で精度の高い ATP 濃度分析が可能となった。本研究では解凍前後の ATP 含量に着目し，－15℃～－1℃の温度帯での解凍前保管処理を用いた解凍方法について検討を行った。

実験 1 および 2 から解凍ドリップ量は解凍前の ATP 濃度と関係していることがわかった。したがって，解凍時のドリップ流出を防ぐためには，解凍前に ATP 含量を減少させることが有効であることが明らかとなった。

なお，データには載せていないが，クジラ肉には捕獲時にすでに ATP の消耗した個体もあり，このような低 ATP 含量のクジラ肉については，急速解凍してもドリップの流出はわずかで，解凍時の硬直も見られなかったため，解凍方法で品質が左右されにくいと考えられる。

実験 1 では－5，－10，－15℃で 5 日および 10 日保管したときの ATP，pH，ドリップ量の変化を見たが，－5℃ 10 日間保管で著しい ATP の減少と解凍ドリップ量の減少が見られた。このデータをもとに実験 2 として－1℃および－3℃で保管試験を行ったが，－3℃では 2 日で，－1℃では 1 日で ATP が減少し，ドリップ量も 10%以下に抑えることができた。－1℃保管では 1 日で ATP の 10%以下への消失が見られたが，保管中に肉表面に氷の膜が現れたことから品質的には－3℃保管のほうが良いと判断した。また，食味試験では 3 日目以降で臭いが消失し，解凍した刺身の品質としては，解凍前の－3℃保管 3 日目以降に良好となった。さらに 5 日目以降は熟成と考えられる更なる食味の向上が見られた。

肉の熟成や食味の向上については今後の課題であるが，本研究の結果，ATP 含量の高い冷凍クジラ肉を解凍前に－3℃で 3 ～ 7 日間保管を行うことにより，ATP 濃度を低下させ，急速解凍しても解凍硬直を抑制することが可能となり，ドリップ発生の少ない食味の良好な解凍クジラ肉とするための条件が明らかにされた。

すなわち，高鮮度のクジラ肉は，捕獲後の漁船内保管，流通中，あるいはその後の長期冷凍保管時においては－30℃以下で ATP 含量の高い状態で保存することによって筋肉タンパク質の冷凍変性を抑制し，解凍前における－3℃付近での温度処理を行い ATP 濃度を下げることが食味の良好な高品質の解凍クジラ肉を得るために有効であることが明らかとなった。

本技術が，高鮮度冷凍クジラの高品質な流通加工技術として応用され，クジラ肉の消費拡大に寄与することを期待する。

謝　辞

本研究を進めるにあたり，御協力いただきました㈶日本鯨類研究所　畑中寛顧問，藤瀬良弘理事，㈳海洋水産システム協会　長島徳雄専務理事に御礼申し上げます。本研究は水産庁補助事業として㈳海洋水産システム協会が平成 18，19 年度に交付を受けた水産業振興型技術開発事業「ブランドニッポン」漁獲物生産システム開発事業の 1 課題である「漁獲物の解凍硬直防止技術の開発」により行われたことをここに付記します。

文　献

1) 吉岡武也，新井健一（1986）ミオシン Ca-ATPase の熱変性におよぼす ATP の保護効果，日水誌 , **52**, 1829-1836.
2) 山中英明（1984）コイ筋肉の解凍硬直ならびに解糖に及ぼす凍結速度の影響。冷凍 , **59**, 11-16.
3) 山中英明，中川西剛，菊池武昭，天野慶之（1978）コイの硬直に関する研究―Ⅰ　死後硬直ならびに解凍硬直の顕著な差異，日水誌 , **44**, 1123-1126.
4) 尾藤方通（1978）カツオ肉の凍結貯蔵中における NAD, ATP 両レベルおよび pH 変化のドリップ量への影響 , 日水誌 , **44**, 897-902.
5) 尾藤方通（1980）イワシ肉の凍結貯蔵中における NAD, ATP 分解と解凍肉の pH およびドリップ量，東海水研報, **103**, 65-72.
6) MURATA Y, HENMI H and NISHIOKA F (1994) Extractive Components in the Skeletal Muscle from Ten Different Species of Scombroid Fishes, Fisheries Sci., **60**, 473-478.
7) 天野慶之，富谷章子，木下良雄，樽見みつ（1952）南氷洋産冷凍鯨肉に関する研究報告（1951 ～ 1952 年度），235-256.
8) 田中和夫，饗場　清，田中武夫（1952）南氷洋産冷凍鯨肉に関する研究報告（1951 ～ 1952 年度），85-206.

高鮮度冷凍クジラ肉の解凍方法の開発

村田裕子・荻原光仁・舟橋　均・上野久美子・
岡崎惠美子・木村郁夫・福田　裕

高 ATP 含量の冷凍クジラ肉の解凍方法について検討を行った。解凍前に -5℃で保管した場合は 10 日間で ATP % が 60% から 10% 以下まで低下した。-3℃保管では 2 日目に ATP 含量が 70% から 10% 以下まで低下し，急速解凍後のドリップの流出も 5% 以下に抑えることができた。このことから，-5 ～ -3℃の温度帯での保管処理により ATP を 3 ～ 10 日間で低下させ，急速解凍時のドリップの流出および解凍硬直を抑制し，食味の良い解凍クジラ肉を得る条件を明らかにした。

水産技術，**1**(1)，37-41，2008