

研 究 分 野	5 いわてブランドの確立を支援する水産加工技術の開発	部 名	利用加工部
研 究 課 題 名	(1) 高次加工を目指した加工技術開発に関する研究 ① 通電加熱技術等による省エネ・省力化型加工製造技術開発及び実証研究		
予 算 区 分	国庫 (先端技術展開事業費)		
試験研究実施年度・研究期間	平成 24～30 年度		
担 当	(主) 上田 智広 (副) 藤嶋 敦		
協 力 ・ 分 担 関 係	国立大学法人東京海洋大学、国立研究開発法人水産研究・教育機構、(株)フロンティアエンジニアリング、北海道工業技術センター、日本大学		

## <目的>

通電加熱技術は精密な温度制御能に優れ、製造工程のシステム化により大量生産に適した技術であり、導入運用次第で高品質化やコスト削減につながる。カマボコ製造の加熱用機械として主流となっているが、水産加工業の大半が中小企業で占められ、伝統的な手法へのこだわりが多い水産加工にはあまり活用されていない。そこで通電加熱技術の利活用を推進するため、処理機械の小型化を図り、ソフト技術開発として様々な地域の水産加工品製造に合致した製造条件の確立並びに生産用機械開発を行う。県内企業が生産販売試験を行い本技術のメリットであるエネルギーやコストの削減による収益の向上を実証して、企業への導入を促進する。

## <試験研究方法>

### (1) 通電加熱による物性改善

性成熟が進んだシロザケから採卵した通称「バラコ」は、未成熟の卵に比べて採卵後の経過時間に応じて硬化が進行しやすい。通常製品としたときの食感は弾力が強く、口中で潰すと卵膜が硬化により異物感を呈する。そのため、一般に市場では価値が低い原料として扱われている。硬化は酵素反応により卵膜内のタンパク質同士が結合することで起こるため、酵素を通電加熱により失活させ、その後の卵硬化を防ぐ技術開発を進めている。今年、技術普及から岩手県内の加工業者が独自にバッチ式イクラ通電加熱装置（生産機）を導入した。29年度より生産を開始する予定としている。従来の小規模の実験結果と同様に、本機器により卵硬化を抑制した製品が得られているか検証した。当日水揚げされた卵を洗浄後、速やかに約3倍量の3%食塩水とともに攪拌しながら150Vで印加し、70℃以上で1分間加熱した。加熱した卵は飽和食塩水で8分間攪拌し塩漬、液切後一晚熟成、包装して、-30℃で凍結し製品とした。品質評価は解凍後1粒を15mm円柱状ブランジャーを用いて1mm/秒の速度で圧縮して破断強度を測定した。またイクラ卵膜中のタンパク質分子間に共有結合が生成するとSDS、尿素、メルカプトエタノールを含有するSDS溶液に溶けなくなることから、8粒の卵膜をSDS溶液中で粉碎後20h溶解して可溶性率および電気泳動によるタンパク質組成を分析し、結合の生成を推定した。なお、イクラ製品のほかに採卵直後並びに通電加熱処理直後に凍結保存しておいた卵を解凍後、併せて評価分析した。また硬化の原因となるトランスグルタミナーゼ(TGase)活性を測定し、通電加熱処理が酵素活性に与える影響について検討した。活性の測定は卵ホモジネートをモノダンシルカダベリン(MDC)及びジメチルカゼイン(DMC)と25℃で60分間反応させ、MDCのDMCへの取込量を蛍光法により測定し活性値とした。

### (2) 通電加熱によるウニの凍結耐性付与技術

凍結中の貯蔵による影響を検討するため、27年度から引き続き、各温度で通電加熱後、-20℃に凍結貯蔵しているウニをブアン固定後、HE染色による組織切片を作成し構造の変化を観察した。

## <結果の概要・要約>

### (1) 通電加熱による物性改善

図1にイクラを調製した通電処理中の物理的条件の推移を示した。イクラは初期温度25℃から設定温度の75℃まで達するまで約5分間かけて加熱上昇させた。図2には通電加熱処理により調製したイクラの硬さの違いについて示した。通常無印製品の原料卵(バラコ)は図2の下部に示す市販製品のように破断荷重が250g程度まで硬化した製品となるが、成熟度がまだ進んでいない2特原料卵を用いると製品の破断荷重は120g程度に留まる。塩漬前に通電加熱処理を行うと、バラコを用いても、製品の破断荷重は2特原料卵と同等の120g程度に留まり、軟らかい食感のイクラ製品を得られた。

図3には卵膜の高分子化の様子を示すSDS可溶化率、図4には遠心分離後の沈殿を生成が生成している写真を示した。無印製品の原料卵(バラコ)を貯蔵すると卵膜の可溶化率の低下が徐々に進み、15℃貯蔵で24時間後では50%以下となった。2特卵では貯蔵しても卵膜の可溶化率は100%近い。原料卵を通電加熱したものは、成熟度が進行した無印卵(バラコ)であっても塩漬から翌日までの熟成中に可溶化率は低下せずほぼ100%を維持した。図4に示すように無印原料卵(バラコ)に不溶化した沈殿が認められ、可溶化率が若干低下しているが、分析までのあいだ未加熱のまま冷凍貯蔵したために、硬化に関与する酵素が作用し卵膜が若干硬化反応を示したものと推察される。なお通電加熱を経た塩イクラ、塩漬前冷凍卵についてはほぼ100%可溶化した。

図5はSDS電気泳動を行い、タンパク質組成を調べた図である。無印原料卵(バラコ)を用いて通電処理後調製した塩イクラ(a)は通電処理していない無印製品(e)と比較して、本来イクラの卵膜に存在する主要なタンパク質である47kDa成分の減少が少なく、図示しないが過去のデータから2特製品とほぼ同程度の量が維持されていた。

図6に各加工処理を行ったTGaseの酵素活性の比較と写真を示した。写真に示すように活性がある場合、蛍光物質であるMDCがDMCに取り込まれて紫外線により光る。通電により原料卵を70℃以上で加熱処理すると蛍光値による活性が著しく減少していた。

以上のことから、スケールアップによる影響を受けず、生産機においても通電加熱により成熟卵(無印卵)で起こりやすい卵膜硬化を抑制できることが検証された。

この通電処理後、通常の製品と同様の塩漬時間で調製したイクラは塩味を著しく強く感じたことから、経時的にサンプリングして分析したところ、塩漬の効果が無処理のものに比較して著しく起こることが示された。そのため塩漬時間を適度な塩分となるように短く調整する必要がある。

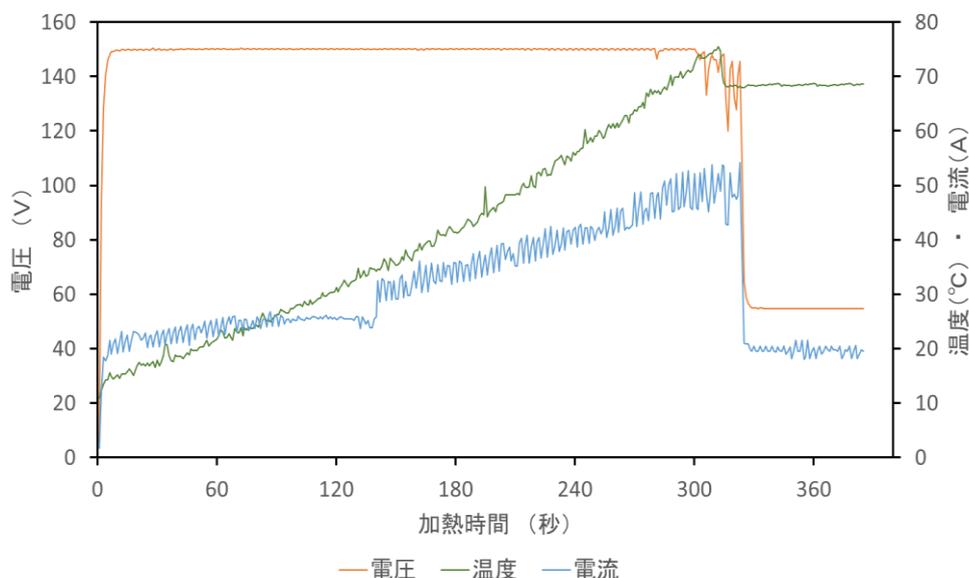


図1 イクラ通電加熱装置によるイクラ加熱中の物理条件の変化

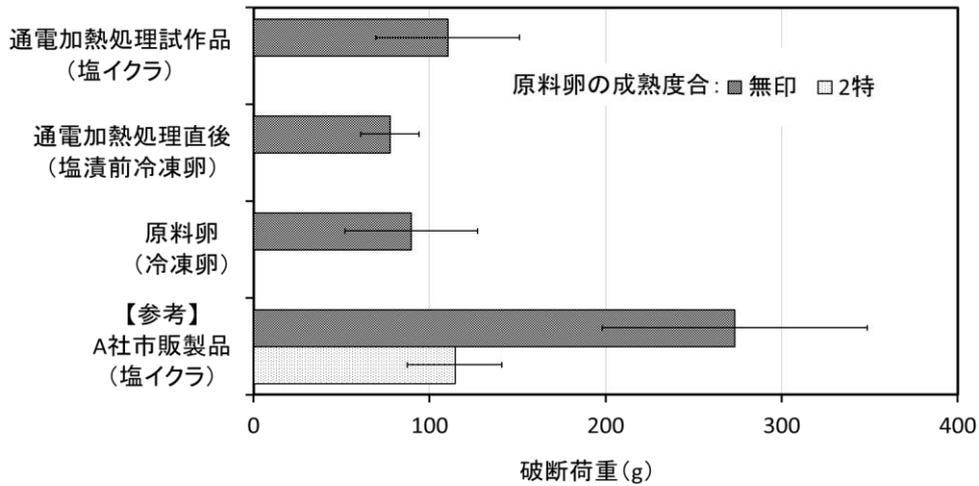


図2 通電加熱処理によるイクラの硬さの違い  
 ※通電加熱及び塩漬条件：75°C達温後1分保持—8分飽和食塩水攪拌塩漬  
 通電加熱装置：バッチ式ボイル用通電加熱装置 FJB10KW (NF)

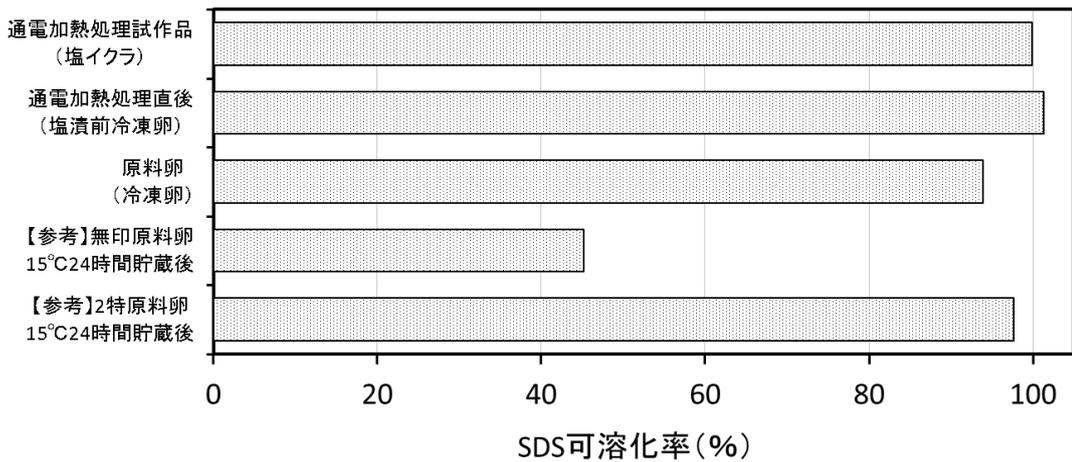


図3 通電加熱処理による卵膜の SDS 可溶化率の違い  
 ※通電加熱及び塩漬条件：75°C達温後1分保持—8分飽和食塩水攪拌塩漬  
 通電加熱装置：バッチ式ボイル用通電加熱装置 FJB10KW (NF)

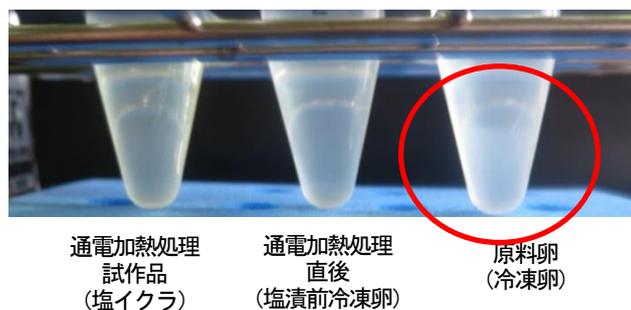


図4 SDS 溶液に溶解しない卵膜の沈殿物 (遠心分離後)

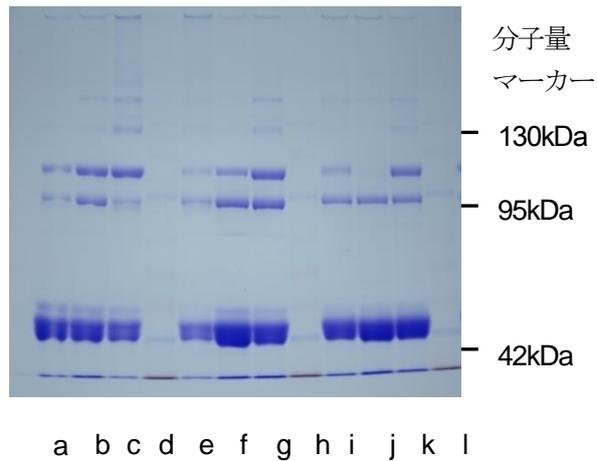


図5 通電加熱処理した卵膜の SDS 電気泳動図  
 ※通電処理 a: 塩イクラ, b: 加熱直後, c: 採卵後 (通電未処理)  
 無印原料卵 e: 未加熱 15°C24 時間貯蔵, f: 70°C通電処理直後,  
 g: 採卵後. d, h, l: 分子量マーカー

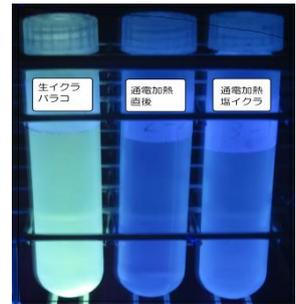
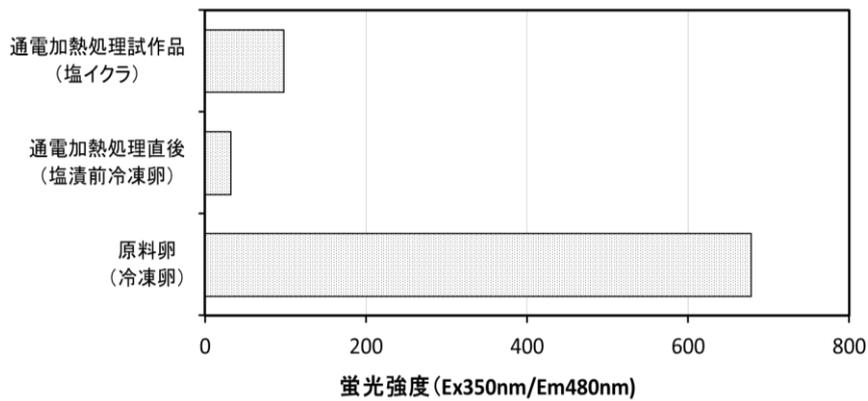


図6 通電加熱処理によるトランスグルタミナーゼの活性変化

(2) 通電加熱によるウニの凍結耐性付与技術

組織構造の顕微鏡写真を図7に示した。生ウニに比較して凍結3カ月、6カ月では組織内に空隙が多く生成していることが観察されたが、貯蔵期間や通電処理温度の違いにより組織構造における明確な違いは認められなかった。

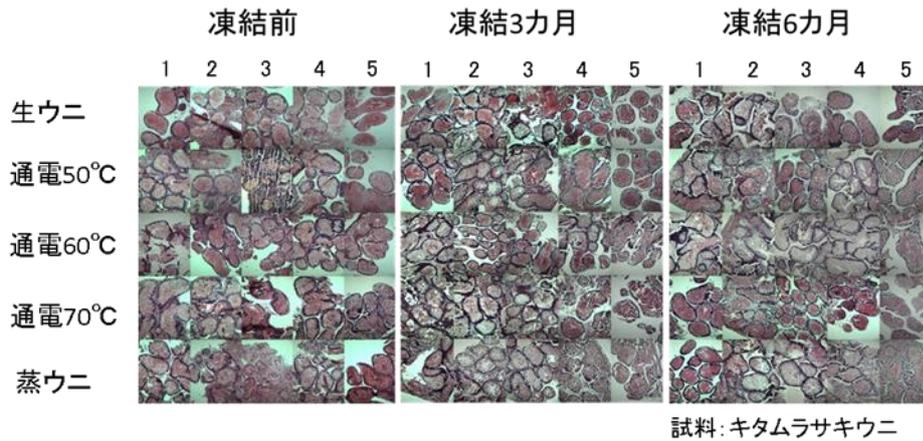


図7 通電加熱処理によるトランスグルタミナーゼの活性変化

<今後の問題点>

通電加熱処理するとイクラの塩分の浸透が早まるため、塩漬時間の調整が必要である。

<次年度の具体的計画>

凍結ウニ、イクラの商品化について実証先である地域企業を支援する。

<結果の発表・活用状況等>

平成28年度 食料生産地域再生のための先端技術展開事業「地域資源を活用した省エネ・省コスト・高付加価値型の水産業・水産加工業の実用化・実証研究」研究成果報告書（平成29年3月）

研究発表「成熟度の異なるイクラ原料卵のトランスグルタミナーゼ活性」（近畿大学H28.9.9）H28年度日本水産学会秋季大会講演要旨集P.51

研究発表「通電加熱による成熟度が異なるイクラ卵膜硬化抑制効果とトランスグルタミナーゼの関係」（近畿大学H28.9.9）H28年度日本水産学会秋季大会講演要旨集P.52