

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) 加工技術の開発に関する研究 ① 通電加熱技術による新たな製造技術の開発		
予 算 区 分	県単 (利用試験費)		
試験研究実施年度・研究期間	令和元年度～令和5年度		
担 当	(主) 上田 智広、(副) 小野寺 宗仲		
協 力 ・ 分 担 関 係	株式会社フロンティアエンジニアリング		

### <目的>

通電加熱は食材に電気を流したときに発生する抵抗熱を利用した加熱法である。この加熱において、食材の熱分布に影響する電流の方向性は形状や成分の違いに依存することから、成分的に偏りがなく加熱時の形状を自由に整えることができる飲料等の液体や、魚肉すり身等の加工を中心に通電加熱技術が産業化されている。

食品を均一に加熱できる場合は、加熱温度は電力の制御により調整が容易であることから、当センターの過去の研究では、生の食感を残すために食材の熱変性を抑制しつつ、殺菌を同時に行う加熱条件を検討している。得られたノウハウはその後、主要な県産水産物であるイクラの硬化防止や生ウニの凍結中に起こる身崩れの防止に適用し、これらの製品の品質向上につながる結果が得られている。イクラの硬化は卵膜に内在するトランスグルタミナーゼ(TGase)が、同じく卵膜に存在するタンパク質分子に作用して、分子が相互に結合し卵膜の構造強化されることで起こる。過去に行った研究では、漁獲後に魚卵を速やかに加熱し TGase の作用を失活させることで貯蔵中に起こる硬化抑制が可能であり、バッチ式水槽あるいは大量生産を可能とする連続式パイプ型の通電加熱装置を用いた加工技術を開発している。特に、連続式で厚さ2cmのリング状の電極を12cm間隔で配置した設計のパイプ型の通電ユニットを用いた場合、加熱パイプに圧送する間に卵の潰れる割合が多くなると、卵の内容物が卵膜から漏出して、食材の導電率がリアルタイムで大きく変動を起こす。その結果、電圧を指標とした通電制御が不能となるため、一定温度での加熱が難しくなる。そのため、イクラを潰さずに圧送できるポンプの選定が重要な課題である。また、生ウニでは冷凍後に身崩れを防止し形状を極めて良好に保つためには、通電加熱前に水切りトレー上に最終包装形態に近い状態でウニを整列させてから加熱することが有効であることをラボスケールの試験により確認している。これらの技術を県内の水産加工企業に提案し現場導入を促進するために、今年度は企業の生産規模に合致した通電加熱システムを考案し、そのシステムによる試作を行って、得られた製品の品質確認して、その実現性を検証した。

### <試験研究方法>

#### 1 イクラの通電加熱による卵膜硬化抑制

県内での実用化に向けて、業者の都合によりポンプの選択範囲を拡大するために、ロックヒル型(B120TMBF-43M7;江口産業製)のポンプを用いて、装置の配管径の4Sからレジャーサ継手を直列に連結し配管径を絞りながら1S径のパイプ型通電ユニットの配管内にイクラを圧送、通過させながら、ユニットのリング電極と10kW電源装置(フロンティアエンジニアリング製)を接続し通電加熱を行った。加熱後のイクラは潰れの状態を確認するとともに、通電装置の加熱制御が可能か検証した。(令和元年度実験)

#### 2 生産規模で通電加熱処理したときの冷凍生ウニの身崩れ防止効果と保管中の品質変化

当所に設置しているイクラの加熱のために導入したバッチ式水槽型加熱装置(水槽容量22L)を用いて、水槽に2.5%食塩水を8リットルを入れた後、プラスチック製ウニざる上に水切りトレーを載せて、このざるを4段に積み重ねて水槽に沈め、手動によりコンテナを軽く振とうさせながら加熱試験を行った。通電加熱条件は、通電加熱による食塩水の水温が65℃あるいは70℃に達温後、1分間保温制御したのち、ざるを引き上げ極力トレー上に整列しているウニの位置が乱れないように、予め冷却しておいた2%塩水を注いだバットに浸漬し十分冷却したのち、トレーごとプラスチック容器に入れて密封し、-70℃で16時間冷却したの

ち、 $-40^{\circ}\text{C}$ の冷凍庫内に保管し製了とした。保管後1週間後、氷水中で解凍し身崩れを確認した。

また、ウニの脂質が酸化すると官能的にエグ味を呈することが知られており、R1年度に製造し、 $-40^{\circ}\text{C}$ に13ヵ月冷凍した生ウニと通電加熱ウニの脂質の酸化状態を調べるため、TBA（チオバルビツール酸価）及びCV（カルボニル価）を分析した。

## <結果の概要・要約>

### 1 イクラの通電加熱による卵膜硬化抑制

実験の様子を図1に示した。ロックヒル型 (B120TMBF-43M7;江口産業製) のポンプ (図中央上段) を用いて、処理量を装置仕様の流量下限値である7.2L/分に設定し、サケ卵を通電加熱ユニットの配管内に導入して加熱処理したところ、加熱後配管出口で回収した魚卵のうち (図中央下段)、潰れて卵膜のみとなった潰れ卵は少ない割合であった (図1左下)。加熱時の導電率は安定しており、加熱しても卵の白濁が認められずTGaseを失活させることができる $65\sim 75^{\circ}\text{C}$ の温度範囲に制御することは可能であった。この形式のポンプには、より小型の装置もあるが、クリアランスが狭くなると潰れ卵が増加する可能性もあることから、本装置の仕様であるクランクケースと攪拌羽のクリアランスが1cm以上かつローターとのクリアランスが3cm以上を確保できる装置が現時点では望ましいと考えている (右上図)。なお、既報のとおり、通電加熱処理した魚卵は、その後の保管中に硬化は起こらなかった。

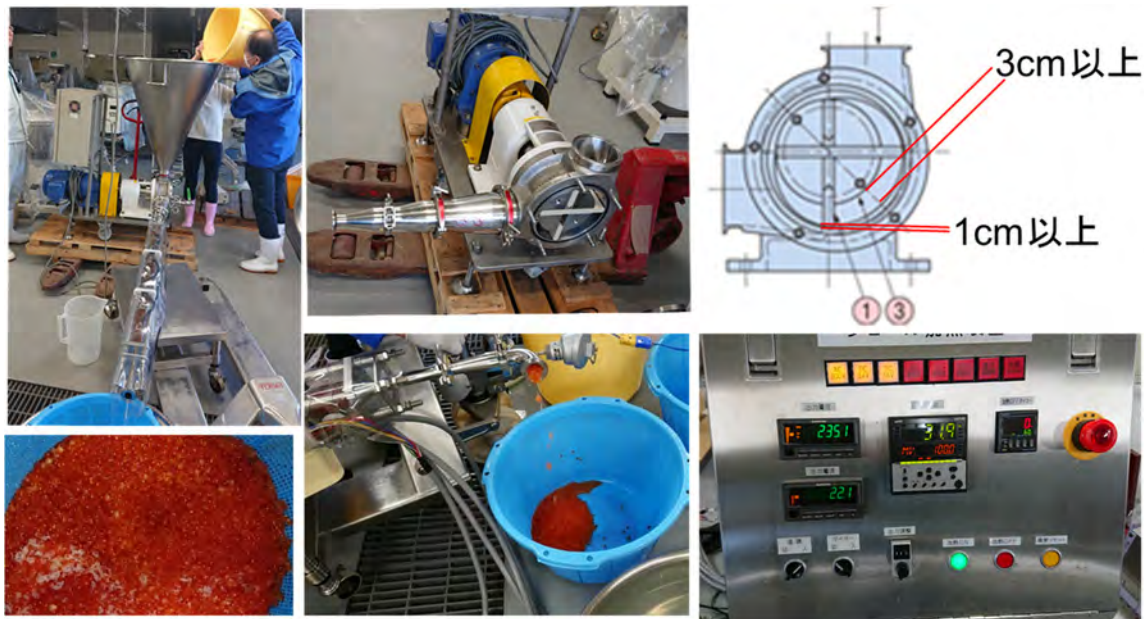


図1 ロックヒル型ポンプを用いた通電加熱試験の様子

左上：作業の様子、中央上：ロックヒルポンプ外観、右上：ロックヒルポンプ模式図

左下、通電加熱後の処理卵、中央下：加熱ユニットと配管出口部、右下：電源（トランス装置）

### 2 生産規模で通電加熱処理したときの冷凍生ウニの身崩れ防止効果と保管中の品質変化

塩水表面に浮く仕様のウニ用プラスチックざるの上に、ウニむき身 (約40g) を盛った88mm角の穴あきトレイを載せて加熱製造が可能であることを確認した。22Lコンテナには88mm角の穴あきトレイが最大9枚×4段収納できるので、1日に1バッチを15分サイクルで1日6時間生産作業を繰り返すことで、むき身35kgを加工処理することができ、商業規模での生産が可能と考えられた。

通電加熱後に、 $-40^{\circ}\text{C}$ に13ヵ月冷凍したウニと1ヵ月間同様に冷凍したウニを、酸化指標であるTBA（チオバルビツール酸）値及びCV（カルボニル価）値を分析して比較したところ、1年経過後も保管温度が $-40^{\circ}\text{C}$ では酸化状態はあまり進行しないことがわかった。また、 $-40^{\circ}\text{C}$ で3年経過した他の試験サンプルを

食味したところ、官能的（味覚）の見地からは可食の許容範囲にあることを確認した。



図2 バッチ式通電加熱装置（22L 水槽、生産機）による凍結ウニの試作の様子  
 左上：むき身を穴あきトレーに整列する様子  
 左下、ウニざるにトレーを載せたものを4つ作成し積み重ねて水槽で処理  
 右：処理装置全体



通電	温度			
加熱	時間	未加熱	60℃ 1分	65℃ 1分
				70℃ 1分

図3 トレーに整列させた生ウニを各種条件で通電加熱したのち凍結後、冷凍貯蔵した製品を解凍したときの様子  
 （凍結温度：-70℃、保管温度：-40℃、保管期間：8 ヶ月、解凍方法：氷水解凍）

<今後の問題点>

- ・イクラの連続製造システムの企業導入
- ・ウニ通電冷凍技術の実用化に向けた県内加工業者等への技術普及

<次年度の具体的計画>

通電加熱技術成果の企業への普及

<結果の発表・活用状況等>

1 研究論文・報告書等

上田智広：「通電加熱技術を用いた身溶けが少ない冷凍ウニの加工法について」いわて県漁連情報（令和2年6月号）