

## 食用としての利用の少ない地域水産資源のすり身化技術開発

内山 智幸, 松嶋 景一郎, 浦 晴雄, 鎌田 樹志  
蛸谷 孝司\*, 武田 浩郁\*\*, 宮崎 亜希子\*\*\*

### Technology for Production of Surimi from Underutilized Local Marine Resources as Food

Tomoyuki UCHIYAMA, Keiichiro MATSUSHIMA, Haruo URA, Tatsuyuki KAMADA  
Kohji EBITANI\*, Hirofumi TAKEDA\*\*, Akiko MIYAZAKI\*\*\*

#### 抄 録

本研究では、食用としての利用の少ない魚から、スケトウダラの代替となるすり身製造技術の開発を行い、加熱ゲル物性の改善を目的に湿式粉碎および加熱方法に関する検討を行った。

湿式粉碎処理システムは、コロイドミル、モノポンプ、試料ホッパー、攪拌機から構成され、高粘性試料を安定かつ連続的に供給し、粉碎時の品温を15℃以下に抑制することが可能となった。本システムを、冷凍ウロコメガレイ塩ずり肉に適用し、①直加熱、②2段加熱、の2種類の方法でゲルを作製し物性評価を行った。その結果、食塩濃度1.5%の2段加熱ゲルにおいて粉碎処理品の凹みは、原料塩ずり肉と比較し顕著に向上した。

ジュール加熱法による加熱ゲル物性は、ボイル加熱法と比較し、オオナゴでは破断強度を2倍以上に、オクカジカでは破断強度と凹みを、ウロコメガレイでは凹みを増加させることができた。

**キーワード：**コロイドミル、湿式粉碎、ジュール加熱、未低利用魚、ゲル物性、冷凍すり身

#### Abstract

In this study, we develop the technology for production of surimi, that is substituted the pollock with underutilized fish as food, and discuss the wet grinding and the heating method for the purpose of improvement of heat-induced gel properties.

Grind-processing system is constituted from a colloid mill, mo-no pump, hopper and stirrer. It has become possible to feed highly viscous sample continuously and stably, sample temperature is suppressed to below 15 degree C during grinding. We prepared the gel from scalveve plaice frozen surimi on various salt concentration in this system, evaluated physical properties of the gels in two heating-methods, ①direct heating and ②2-step heating. As a result, the indentation length of break of 2-step heating gel on 1.5% salt concentration was remarkably improved, compared to the indentation length of break of the gel by general process.

The gel properties by Joule-heating method is increased, compared to by the boiled- heating method. The breaking strength is increased more than twice on Japanese sand eel, on plain sculpin, both of the breaking strength and the indentation length of break are increased, and the indentation length of break is significantly increased on scalveve plaice.

**KEY-WORDS :** Colloid-mill, Wet grinding, Joule-heating method, Underutilized marine resources, Gel property, Frozen surimi

\* 中央水産試験場, \*\* 釧路水産試験場, \*\*\* 網走水産試験場

事業名：重点研究 課題名：食用としての利用の少ない地域水産資源のすり身化技術開発

## 1. はじめに

水産加工業界では、加工原料不足が深刻になっており、特に、すり身業界ではスケトウダラの漁獲量の低迷により、慢性的な原料魚不足となっている。

スケトウダラは、1970年台には100万トンを超える漁獲量の年もあったが、200海里規制後は、70万トン前後の漁獲量となり、漁業海面の減少等による大幅な減船、さらに沿岸資源の減少から、20万トン前後まで激減しており、1985年以降、国産すり身が減少する中、輸入すり身が年々増加している。

近年、国産と輸入による国内でのすり身需要は40万トン程度と考えられるが、水産白書によると欧米諸国での白身魚フィレの需要増大による、すり身原料魚の不足が懸念されている。こうした状況の下、水産業における食用利用の少ない地域資源の活用が関係業界から要望されており、沖合底びき網漁業で漁獲される、ウロコメガレイ、大型イカナゴ（以下オオナゴ）、カジカ類のすり身化技術に関する研究を実施した。ウロコメガレイは道北日本海域のスケトウダラ魚等で、カジカ類は道東沿岸のシシャモ魚等により混獲され、その推定資源量はウロコメガレイが300トン/年、カジカ類では5000トン/年程度と考えられている。一方、オオナゴは道北地域で主に養魚用餌料として、1万～1万5000トン/年が漁獲されている。

本研究では、これら3魚種を対象として、スケトウダラの代替となるすり身製造技術の開発を行い、加熱ゲル物性の改善を目的に湿式粉碎および加熱方法に関する検討を行った。

## 2. 試料および実験方法

### 2.1 試料

試料には、ウロコメガレイ、オオナゴ、オクカジカの3魚種の冷凍すり身を用いた。表1に冷凍すり身の基本性状を示した。なお、湿式粉碎処理に関する評価においては、冷凍ウロコメガレイ（高野冷蔵試作製造）を用い、加熱方法に関する評価においては、ウロコメガレイ（布川加工所試作製造）、オオナゴ（草地商店製造）、オクカジカ（釧路水産試験場製造）の3魚種の冷凍すり身を用いた。

表1 魚肉の性状

	水分 (wt%)	粗たんぱく質 (wt%)	粗脂肪 (wt%)	灰分 (wt%)	その他 (wt%)
ウロコメガレイ (高野冷蔵)	75.5	10.9	4.2	0.8	8.5
ウロコメガレイ (布川加工所)	81.3	11.3	1.0	0.4	6.0
オオナゴ (草地商店)	73.8	16.6	3.3	0.5	5.8
オクカジカ (釧路水試)	74.7	15.9	1.5	0.6	7.4

### 2.2 実験方法

#### 2.2.1 加熱ゲル調製方法

冷凍すり身を用いた加熱ゲルの調製方法を図1に示す。

冷凍すり身は、通常3.0wt%の食塩を添加し、サイレントカッターで塩ずり後、ポリ塩化ビニリデン製チューブに充填し、温水中のボイル加熱にて加熱ゲル（蒲鉾）となる。ボイル加熱には、直加熱と2段加熱があり、直加熱は90℃で30分間の処理であるが、2段加熱は坐り工程にて約20℃、

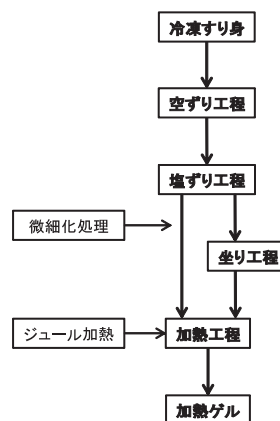


図1 加熱ゲルの調製方法

16時間処理後に90℃、30分間処理する方法である。

また本研究では、塩ずり工程後の湿式粉碎処理、加熱工程のジュール加熱の適用により、物性改善を検討した。

#### 2.2.2 加熱ゲルの物性評価

加熱ゲルの物性評価<sup>1)</sup>は、冷凍すり身品質検査基準（水産庁）に準じて、レオメータ（FUDOH RT-2010 j-CW）による破壊試験法にて行い、ゲルが切断される際の破断強度（g）と凹み（mm）を測定した。破断強度は噛んだ時のかまぼこゲルの硬さに対応し、凹みは噛んだ時のしなやかさに良く対応すると見なして水産加工業界で重用されてきた。なお、加熱ゲル物性の品質は、1級では破断強度320g以上、凹み11mm以上、2級ではそれぞれ220g、10mmである。

#### 2.2.3 湿式粉碎処理

##### (1)湿式粉碎処理システム

本研究で構築した湿式粉碎処理システムを図2に示す。本システムは、繊維質な魚肉等の粉碎が可能な①コロイドミル（Labor Pilot, IKA 社製）、高粘性物質の安定供給が可能な②モノポンプ、③原料ホッパーから構成され、粉碎時のタンパク質の熱変性を抑制するために、ホッパー、コロイドミルには冷却機構が付与されている。なおコロイドミルは、上部より高粘性のスラリー（懸濁液）状の被粉碎物を供給し、シャフトとステータ間の摩擦および剪断作用によって、連続的に微粉碎され、同時に精密混合が行われる。

##### (2)試験方法

本実験には、ウロコメガレイ冷凍すり身を半解凍後、食塩を1.5、3.0wt%の2水準で添加して、小型サイレントカッター（花木製作所）にて5分間塩ずりした試料5kgを使用した。なお、塩ずり肉（肉糊）のすり上がり温度は5℃前後であった。

湿式粉碎処理の際には、起動時の空運転に起因する装置負荷を低減するために、冷水800gをホッパー内に投入し、その後5kgの魚肉を投入した。本システムによる複数回の処理は、

品温を15℃以下に制御するため、1回毎にホッパー内で十分に冷却後（10℃以下）、再度処理するサイクル運転とした。なお、操作因子としてはラジアルギャップ（0.2, 0.6mm）、シャフト周速（10.4m/s）、モノポンプ供給速度（2 kg/min）とした。

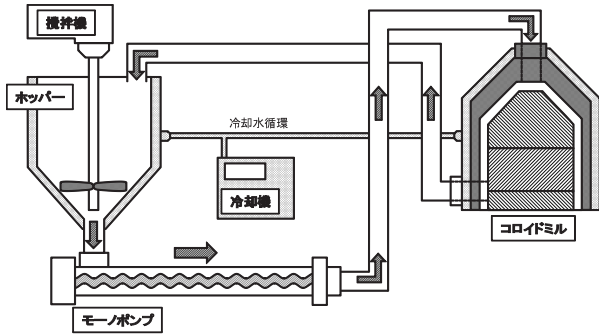


図2 湿式粉碎処理システムの概略図

### (3)評価方法

#### ①粒度評価

本システムにより得られた試料の粒度分布は、レーザ回折散乱法（マイクロトラックHRA、㈱日機装製）にて測定し、循環回数と平均粒子径D<sub>50</sub>（体積基準による50%径）に関する評価を行った。なお粒度測定は各循環回数の試料を採取後、蒸留水にて希釈し、超音波分散処理後実施した。

#### ②色調評価

本システムにより得られた試料の色調は、色彩色差計（CR-200、㈱ミノルタ製）にて測定し、L, a, b値から白色度を算出し、循環回数との関係について評価を行った。

#### ③加熱ゲル物性評価

各種試料は、ボイル加熱（直加熱、2段加熱）により加熱ゲルを調製し、破断強度、凹みに関する評価を行った。

#### ④電気泳動による評価

粉碎処理による加熱ゲルの魚肉たんぱく質成分の重合や低分子化等の組成変化を、SDSポリアクリルアミドゲル電気泳動（SDS-PAGE）により分析<sup>2)</sup>した。なお染色は、Coomassie Brilliantblue R-250により行った。

### 2.2.4 ジュール加熱法

#### (1)ジュール加熱の原理と有用性

すり身の加熱ゲル調製法において、加熱方法は外部加熱方式と内部加熱方式に分類される。一般的には外部加熱方式（ボイル加熱）が使用されるが、図3に示した内部加熱方式であるジュール加熱は通電加熱とも呼ばれ、対象物に電気を通電することにより、短時間での均一加熱が可能である。

加熱ゲルの調製においては、ゲル構造に関与するタンパク質を分解する酵素反応の温度域を短時間で通過することが物性改善に繋がるといわれており、ジュール加熱はボイル加熱と比較し物性改善には有効な方法と期待される。

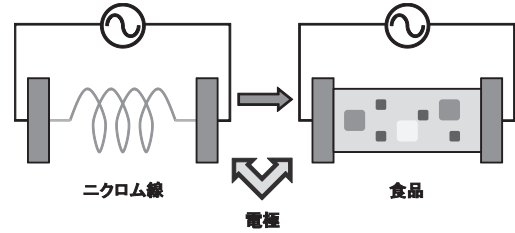


図3 ジュール加熱の概念図

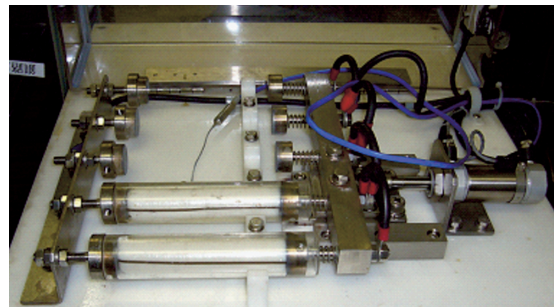


図4 ジュール加熱試験装置

#### (2)試験方法

本実験には、表1に示したウロコメガレイ、オオナゴ、オクカジカの冷凍すり身を用い、3.0wt%の食塩を添加し、サイレントカッターで塩ざりした試料を用いた。

#### (3)加熱ゲルの調製方法

加熱ゲルの調製は、ボイル加熱と図4に示したジュール加熱（㈱フロンティアエンジニアリングFHO-1）とした。ジュール加熱は円筒状の透明なケーシング内にすり身を充填後、140V、80℃にて1 minと3 minの処理を行った。また、ボイル加熱は直加熱を用いた。

## 3. 実験結果と考察

### 3.1 湿式粉碎処理

#### 3.1.1 湿式粉碎処理品の基本性状

冷凍ウロコメガレイの塩ざり肉（食塩濃度1.5wt%）を原料とした、各循環回数の処理品の基本性状を以下に示した。

#### (1)温度制御

図5に循環回数とコロイドミルの入口品温、出口品温の関係を示した。操作条件を、ラジアルギャップ（0.6mm）、シャフト周速（10.4m/s）、モノポンプ供給速度（2 kg/min）とした場合、コロイドミルの入口品温を12℃以下に制御することにより、出口品温を目的の15℃以下に制御することが可能となった。

#### (2)白色度

図6に循環回数と白色度の関係を示した。白色度は循環回数1, 2回で顕著に増加し、その後原料塩ざり肉と同様の値を示した。

本システムにおける塩ざり肉処理品の白色度の増加は、食

塩の精密混合による効果と考えられた。なお循環回数2回以後の白色度減少の原因は、処理回数の増加に伴うタンパク質の局所的な熱劣化に由来することと推察した。

(3)粒子径評価

図7に循環回数と平均粒子径の関係を示した。一般的には循環回数の増加に伴い、平均粒子径は減少するが、本試料に関しては、粒子径の減少は認められなかった。

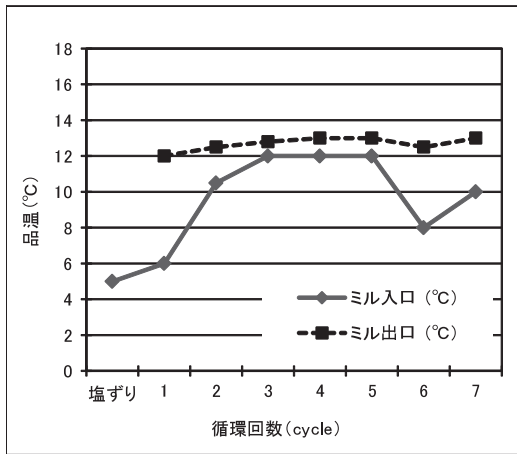


図5 循環回数と品温の関係

以上の結果より、本システムにおける魚肉タンパク質の熱劣化を抑制する操作条件においては、粉碎の進行は認められなかった。

(4)電気泳動による評価

図8に循環回数と電気泳動 (SDS-PAGE) による分析結果を示した。魚肉たんぱく質低分子化等の組成変化に関する評価を行ったが、粉碎処理による差違は認められなかった。

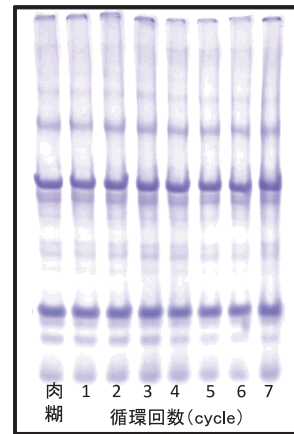


図8 循環回数と分子量の関係

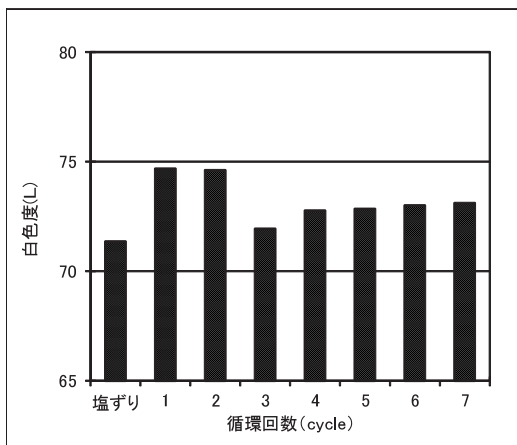


図6 循環回数と白色度の関係

3.1.2 湿式粉碎処理品の加熱ゲル物性

ウロコメガレイの塩ずり肉 (1.5, 3.0wt%添加) を原料とした各循環回数の処理品から加熱ゲルを調製し、物性評価を行い、以下の知見を得た。

(1)循環回数と加熱ゲル物性の関係 (食塩濃度1.5wt%)

図9に循環回数と破断強度の関係、図10に凹みの関係を示した。

直加熱ゲルにおける粉碎処理品の破断強度は、塩ずり肉と同等であり、凹みは循環回数2まで向上し、その後平衡状態

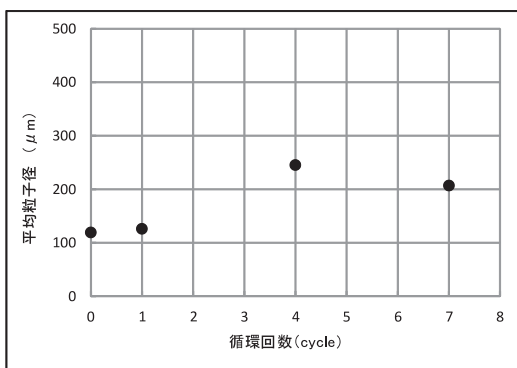


図7 循環回数と平均粒子径の関係

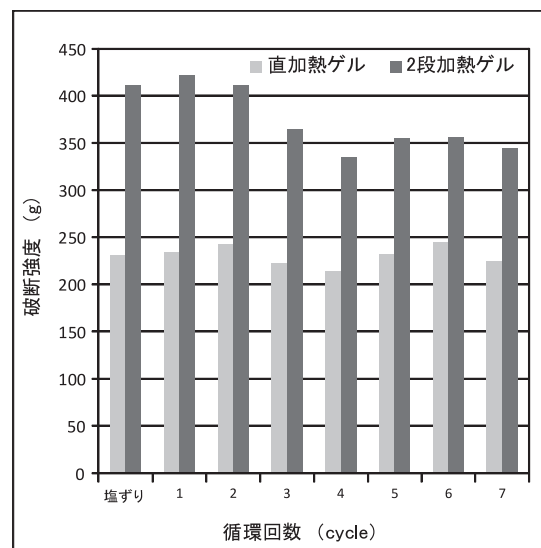


図9 循環回数と破断強度の関係

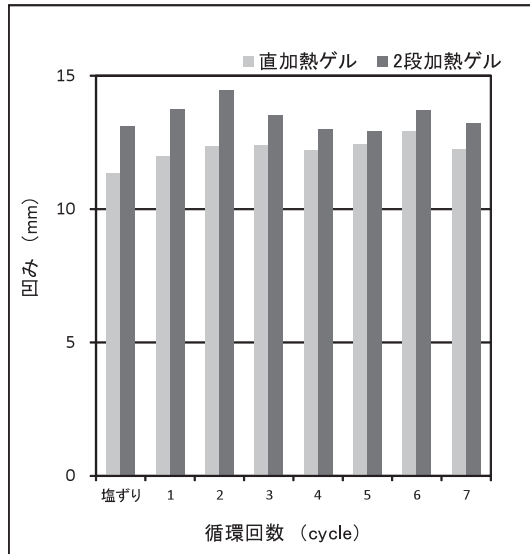


図10 循環回数と凹みの関係

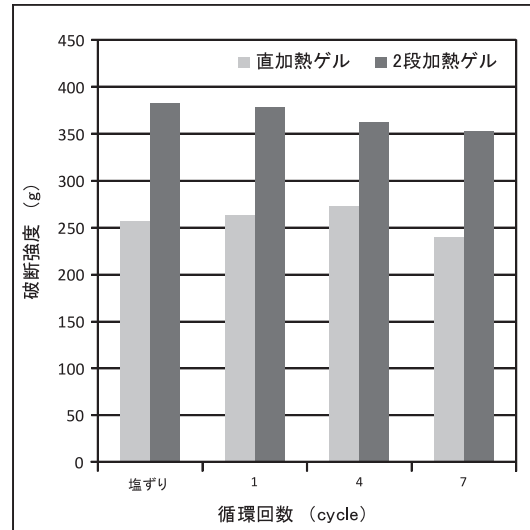


図11 循環回数と破断強度の関係

となった。

2段加熱ゲルにおける粉碎処理品の破断強度は、循環回数2までは、塩ずり肉と同等であったが、その後低下した。凹みは循環回数2まで顕著に増加し、最大値14.4mmを示した。なお、以後の循環回数では、塩ずり肉と同等の値を示した。

(2)循環回数と加熱ゲル物性の関係 (食塩濃度3.0wt%)

図11に循環回数と破断強度の関係を、図12に凹みとの関係を示した。

直加熱ゲルにおける粉碎処理品の破断強度は、塩ずり肉と同等であり、凹みは循環回数の増加に伴い僅かに増加する傾向を示した。

2段加熱ゲルにおける粉碎処理品の破断強度は、循環回数の増加に伴い僅かに低下した。また、凹みは塩ずり肉と同等であった。

以上の結果より、本システムの処理品は最適条件下 (食塩濃度1.5wt%, 循環回数2回, 2段加熱) において、塩ずり肉と比較し、凹みに関する物性を向上させることが明らかとなった。この効果は、粉碎処理品の基本性状にも記載した添加食塩の精密混合による効果と推察された。

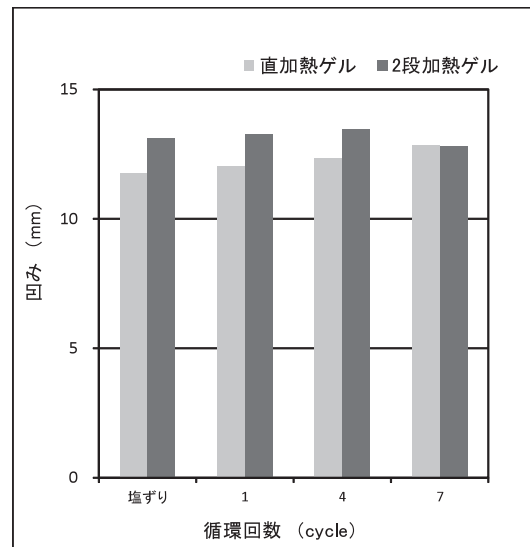


図12 循環回数と凹みの関係 (塩濃度3.0wt%)

3.2 加熱処理による物性改善

3魚種の冷凍すり身を用い、ボイル加熱 (直加熱) とジュール加熱にて各種加熱ゲルを調製し、破断強度、凹みに関する物性評価を行い以下の知見を得た。

3.2.1 ウロコメガレイ

図13に、ボイル加熱およびジュール加熱にて得られた加熱ゲルの物性を示した。破断強度は差違が認められないが、凹みはジュール加熱により、有意に増加した。なお、ウロコメガレイはボイル加熱においても良好な物性であることが確認された。

3.2.2 オオナゴ

図14に、ボイル加熱およびジュール加熱にて得られた加熱ゲルの物性を示した。ジュール加熱はボイル加熱と比較し、凹みに関しては効果が認められないが、破断強度に関しては3分処理にて、ボイル加熱の2倍以上に増加した。

3.2.3 オクカジカ

図15に、ボイル加熱およびジュール加熱にて得られた加熱ゲルの物性を示した。ジュール加熱はボイル加熱と比較し、凹み、破断強度を共に増加した。

3.2.4 加熱ゲル組織

オオナゴではジュール加熱法の適用により、ボイル加熱法と比較し大幅な物性改善が認められた。図16に、オオナゴのボイル加熱とジュール加熱の低真空SEMによるゲル組織を示した。図に示される様に、ジュール加熱品はボイル加熱品と比較し、組織の緻密化が示唆された。

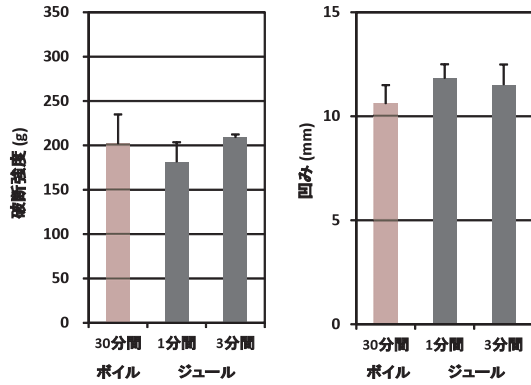


図13 加熱方法と加熱ゲル物性の関係（ウロコメガレイ）

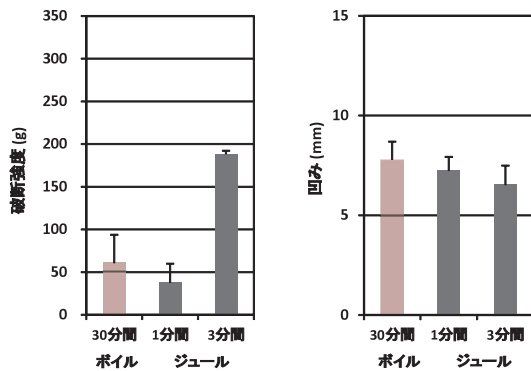


図14 加熱方法と加熱ゲル物性の関係（オオナゴ）

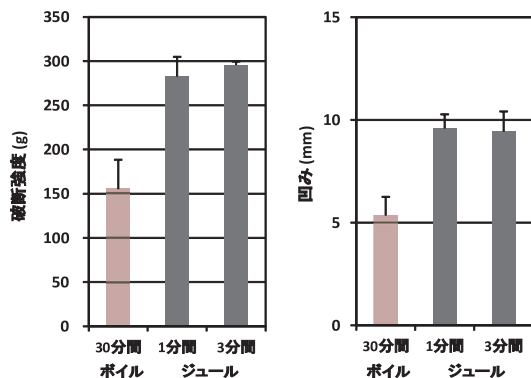
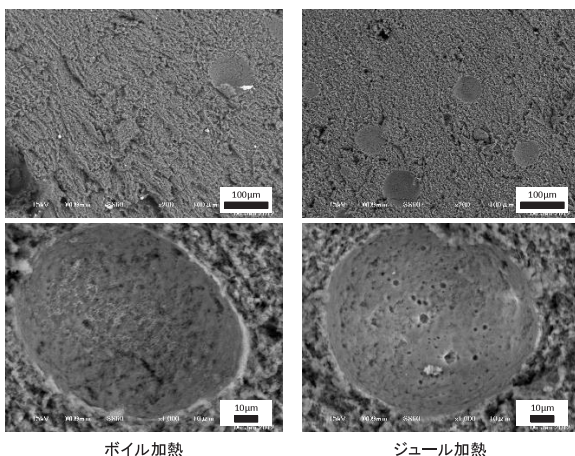


図15 加熱方法と加熱ゲル物性の関係（オクカジカ）



ポイル加熱                      ジュール加熱

図16 加熱ゲル組織評価

#### 4. まとめ

食用として利用が少ない魚から、スケトウダラの代替となるすり身製造技術の開発を行い、加熱ゲル物性の改善を目的に湿式粉碎および加熱方法に関する検討を行い、以下の知見が得られた。

##### 湿式粉碎処理について

- (1) 本システムにおける塩ずり肉（食塩濃度1.5wt%）の白色度は、サイクル数1および2で顕著に増加した。
- (2) 上記粉碎処理品の加熱ゲル物性は、未処理品（塩ずり肉）と比較し、破断強度に関しては差違が認められないが、凹みに関しては、適正な処理条件にて顕著に増加した。
- (3) 本システムの凹みに関する物性改善効果は、添加食塩の精密混合に起因するものと推察された。

##### 加熱方法について

- (1) ウロコメガレイは、ポイル加熱、ジュール加熱、共に良好な物性を示すが、ジュール加熱の適用により、凹みを有意に増加させることができた。
- (2) オオナゴは、ジュール加熱を適用することにより、ポイル加熱に比べ、破断強度を2倍以上に増加させることが可能となった。また、ジュール加熱ゲルは、ポイル加熱ゲルと比較し、組織の緻密化が示唆された。
- (3) オクカジカは、ジュール加熱を適用することにより、ポイル加熱に比べ、凹み、破断強度を共に増加させることができた。

#### 謝辞

本研究で使用したレーザー回折式粒度分布測定装置は財団法人JKAの機械振興補助事業により整備されました。記して感謝いたします。

#### 引用文献

- 1) 北上誠一ほか，スケトウダラ冷凍すり身のゲル形成能とその加熱温度依存性，日本水産学会誌，pp.354-364，70(3)，(2004)
- 2) 北上誠一ほか，スケトウダラ冷凍すり身タンパク質のゲル形成能とその濃度依存性，日本水産学会誌，pp.957-964，71(6)，(2005)