

## 資料

# 魚鱗ゼラチンの性状

岡村 浩・秋山久美子・榎本美子

## Properties of Fish Scales Gelatin

Hiroshi OKAMURA, Kumiko AKIYAMA and Yoshiko ENOMOTO

### 1. はじめに

一般にゼラチンは、骨や皮のようなコラーゲンを主とする結合組織から非コラーゲン成分を除去し、水酸化カルシウムや酸で前処理した後、60～100℃の熱水で抽出して製造される。したがって、ゼラチンにはアミノ酸組成の異なるペプチド鎖と分子量の異なるペプチド鎖が混在するので物性が複雑である<sup>1)</sup>。ゼラチンは多機能性であり、他の高分子との相溶性が良好で天然高分子として、その物性が評価され、食品をはじめ医療用、マイクロカプセル等、広い用途で需要が増大している<sup>2)</sup>。魚鱗タンパク質はコラーゲンが主体であり、ゼラチンの原料としての利用が考えられる。

魚鱗は魚の年齢鑑定に利用されるため、その研究は鱗相や鱗の成長といった形態に関するものが多く<sup>3)</sup>、魚鱗の成分についての検討は比較的少ない<sup>4)</sup>。

本資料では、マイワシの乾燥魚鱗より調製した魚鱗ゼラチンの性状を検討した結果につきとりまとめる。

### 2. 実験

#### 2.1 試料の調製

##### (1) 魚鱗タンパク質

マイワシ *Sardinops melanosticta* の乾燥魚鱗を使用した。乾燥魚鱗には微細なもの、魚体の一部等が混入しているため、あらかじめ篩別により、これらを取り除いた。魚鱗は表面に覆われ

ている粘質成分が乾燥により固化され、単なる水洗によっては殆ど除去されない。したがって、植物タンニン分析用皮粉の調製方法に準じ図1に示す方法で精製を行った<sup>5)</sup>。すなわち、水漬を2日間行い、0.1%非イオン界面活性剤を含む2%水酸化カルシウム混液（石灰乳）中に3日間浸漬した。水洗後、2%塩化アンモニウム溶液中に2時間浸漬し、吸着したカルシウムを除去した。更に流水で洗浄し、10%塩化ナトリウム溶液中に1日間浸漬した。蒸留水で十分洗浄後、冷アセトンで脱脂・脱水を行い夾雑物を除去し魚鱗試料を得た。

次に魚鱗試料を蒸留水中に6時間浸漬後、300倍量の1%塩酸溶液中に6時間浸漬し、魚鱗中のカルシウム塩を除去した。なお、浸漬は15℃で行った。更に蒸留水で十分洗浄した後、冷アセトンで脱水を行い魚鱗タンパク質とした。

##### (2) 豚コラーゲン

鮮度の良好な豚皮（ヨークシャー・ランドレース、一代雑種、6ヶ月齢、皮重量5kg）を使用した。剥離後、ただちに水洗、機械的に肉塊、皮下脂肪および皮下組織を除去した。次いで常法により脱毛石灰漬、再石灰漬（2日間）および脱灰処理を行い、流水で2時間水洗した。その後、裸皮は遠心脱水し冷アセトンに浸漬し脱脂・脱水を行った。ベンズ部を3×10cm<sup>2</sup>の短冊型に切り、銀面に平行に3層に分割して中間層のみを採取した。さらに5mm程度の皮片に裁断後、10%塩化ナトリウム溶液で、5℃、24時間

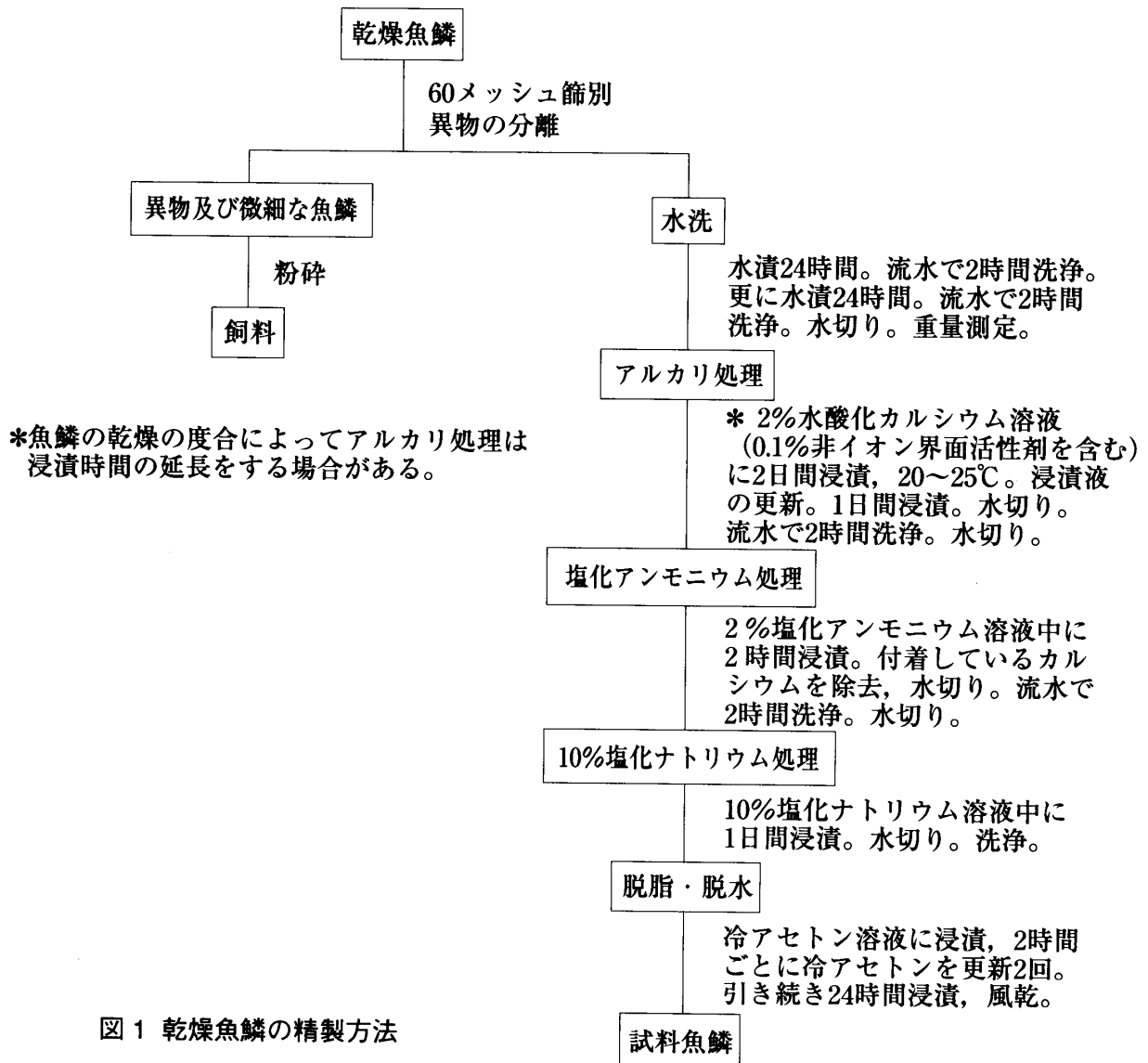


図1 乾燥魚鱗の精製方法

表1 試料の一般分析値

試料	水分	全灰分	粗脂肪	粗タンパク質
魚鱗タンパク質	17.44	0.24	0.15	98.02
豚コラーゲン	18.26	0.17	0.22	98.94

水分：採取試料に対する%・全灰分，粗脂肪，粗タンパク質：無水物に対する%。  
分析値は測定3回の平均で示す。(食品分析法により行った)

の抽出を2回繰り返し、十分蒸留水で洗浄後、冷アセトンにより脱水し豚コラーゲンとした<sup>6)</sup>。

以上、調製された魚鱗タンパク質および豚コラーゲンの一般分析値を表1に示す。

## 2.2 魚鱗タンパク質および豚コラーゲンのアルカリ処理とゼラチンの抽出

2.1で調製した魚鱗タンパク質および豚コラーゲンを水酸化カルシウム溶液で前処理した後、熱水でゼラチンを抽出した。

### (1) アルカリ処理によるコラーゲン溶脱率の測定

魚鱗タンパク質および豚コラーゲンを約2g精秤採取し、蒸留水中に6時間浸漬して吸水させた後、吸引濾過し1%水酸化カルシウム溶液(石灰乳)100mlで浸漬処理した。浸漬温度は15~17℃、浸漬期間は3, 7, 14および21日間とした。振とうは最初の10時間までは、1時間ごとに5分間、その後は24時間ごとに10分間行った。浸漬処理を終了したものは濾別後、十分蒸留水で洗浄し、濾洗液中の全窒素含有量をマイクロケルダール法で測定し、魚鱗タンパク質および豚コラーゲンの全窒素量に対する比率を算出し、アルカリ処理によるコラーゲン溶脱率<sup>\*1</sup>とした。

### (2) ゼラチンの抽出量の測定

魚鱗タンパク質および豚コラーゲンの各100gを2.1の(1)に記載した条件に準じ、アルカリ処理を行った。次いで1%塩化アンモニウム溶液、希塩酸溶液の順に浸漬しpH5.6に調製した。更に塩素イオンが消失するまで蒸留水で洗浄し、冷アセトンにより脱水後、風乾しアルカリ処理試料を得た。

アルカリ処理試料約10mgを精秤し、6N塩酸溶液を用い110℃、24時間加水分解した後、常

\*1 純粋な不溶性コラーゲンではないが、魚鱗タンパク質および豚コラーゲンの主体はコラーゲンと見なしコラーゲン溶脱率とした。

法通りアミノ酸自動分析装置(日本電子社製、JLC-300)によりアミノ酸組成を測定した。

アルカリ処理試料に、その50倍量の蒸留水を加え、60℃で加温しゼラチンを抽出した。抽出液をNo.4ガラスフィルターで濾別し、再び同量の蒸留水を加え75℃で加温抽出し、次いで同様の方法で95℃で抽出した。抽出時間はいずれも1時間とした。抽出液は一部を採取し窒素含有量をマイクロケルダール法で測定した。アルカリ処理試料の全窒素含有量に対する比率を求め、ゼラチン抽出率とした。なお、ゼラチン抽出液の残部は濃縮後、凍結乾燥しゼラチン試料とした。(以降、魚鱗ゼラチンおよび豚ゼラチンと記載する。)

## 2.3 ゼラチンの性状の比較

魚鱗ゼラチンおよび豚ゼラチンの性状を次の方法により比較した。

### (1) ゲル濾過による分子量分布の比較<sup>6)</sup>

1M塩化カルシウム・0.2M酢酸ナトリウム溶液に1%ゼラチン濃度になるように溶解し、その溶液5mlをSephacrose 4Bのカラム(25mmφ×900mm)を使用し同じ溶液で展開した。得られたそれぞれ5mlの画分について、波長230nmでの吸光度による検出を行った。

### (2) 固有粘度の測定

比粘度( $\eta_{sp}$ )をオストワルド粘度計を用いて測定した。0.15~1.10%の濃度範囲内で濃度を5種類に変えたゼラチン溶液の比粘度を測定し、常法により還元粘度( $\eta_{sp}/c$ )の濃度に対するプロットから濃度0に外挿して固有粘度 $[\eta]$ を求めた。ただしpH4.7緩衝溶液(0.1M酢酸~酢酸ナトリウム)を使用した。

### (3) ゼリー強度の測定

5%濃度のゼラチン溶液を直径2.75cm、高さ4.10cmの円筒ガラスカップに入れ、10℃の水浴中に12時間以上放置してゲル化させ、飯尾電気

表2 魚鱗タンパク質試料および豚コラーゲン試料のアルカリ処理によるコラーゲン溶脱率の経日変化

アルカリ処理日数	3	7	14	21
魚鱗タンパク質	9.44±0.87	21.47±2.15	38.24±4.53	43.24±4.01
豚コラーゲン	2.47±0.52	4.78±0.81	8.16±1.28	12.01±1.57

試料全窒素含有量に対するアルカリ処理で溶脱した窒素量の比率 (%) で示す。数値は測定5回の平均値±SDで示す。

表3 アルカリ処理日数の異なる魚鱗タンパク質試料および豚コラーゲン試料のゼラチン抽出率の比較

試料	アルカリ処理日数		熱水抽出温度 (°C)		
			60	75	95
魚鱗タンパク質	未処理	測定値	30.24±0.73	25.58±1.04	10.46±0.49
		累計	—	55.82	66.28
	3	測定値	42.98±1.04	15.23±0.52	9.82±0.37
		累計	—	58.21	68.03
	7	測定値	44.43±1.18	11.55±0.58	11.21±0.41
		累計	—	56.00	67.21
	14	測定値	46.68±1.22	18.36±0.61	10.12±0.29
		累計	—	65.04	75.16
	21	測定値	43.12±1.08	15.08±0.76	16.56±1.31
		累計	—	58.20	74.76
豚コラーゲン	未処理	測定値	29.12±0.76	9.34±0.44	9.43±0.38
		累計	—	38.46	47.89
	3	測定値	29.77±0.84	11.25±0.57	5.33±0.40
		累計	—	41.02	46.35
	7	測定値	30.82±1.02	10.10±0.43	10.02±0.58
		累計	—	40.92	50.94
	14	測定値	31.95±1.14	10.60±0.65	10.72±0.66
		累計	—	42.55	53.27
	21	測定値	37.13±1.02	6.77±0.52	9.70±0.66
		累計	—	43.90	53.60

アルカリ処理試料の全窒素含有量に対する熱水抽出液中の窒素量の%で示す。数値は測定5回の平均値±SDで示す。

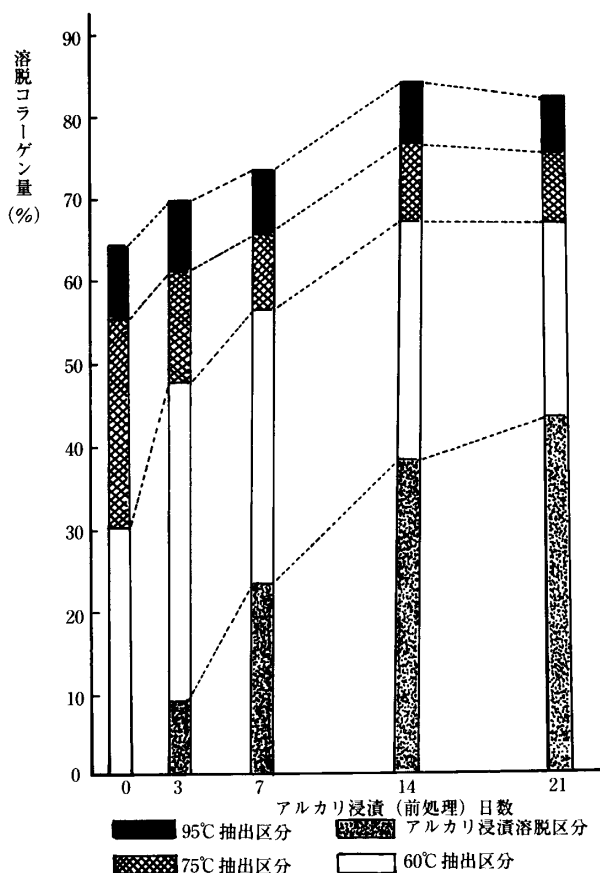


図2 魚鱗タンパク質のアルカリ浸漬処理日数のゼラチン抽出量(溶脱コラーゲン量)におよぼす影響

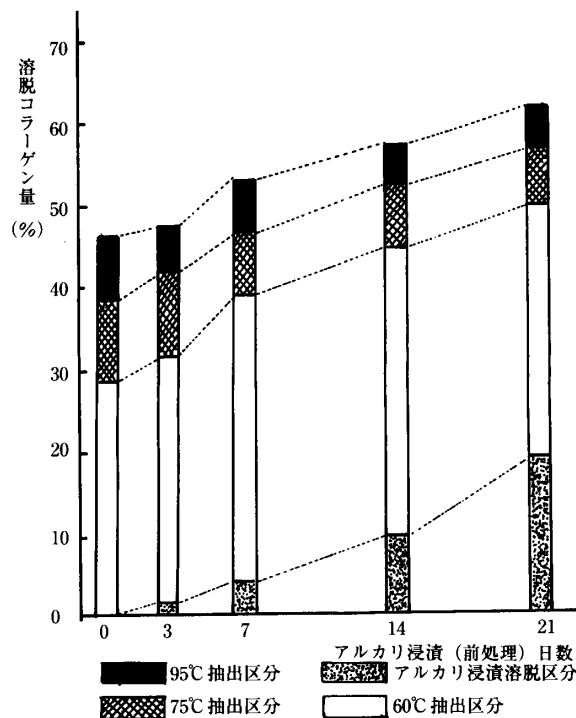


図3 豚タンパクのアルカリ浸漬処理日数のゼラチン抽出量(溶脱コラーゲン量)におよぼす影響

製カードメーターによりゲルの破断力を測定した。感圧軸は直径2mm, 重量100gのものを使用した。

### 3. 結果および考察

#### 3.1 魚鱗タンパク質および豚コラーゲンのアルカリ処理によるコラーゲン溶脱率の比較

魚鱗タンパク質および豚コラーゲンを1%水酸化カルシウム溶液に浸漬した場合のコラーゲン溶脱率の経日変化を表2に示す。豚コラーゲンを基準にすると, 3日間浸漬: 3.82倍, 7日間浸漬: 4.55倍, 14日間浸漬: 4.69倍および21日間浸漬: 3.60倍と, いずれも魚鱗タンパク質のコラーゲン溶脱率が多い。7日間浸漬では20%

以上, 21日間浸漬では43%も溶脱され, 既報<sup>6)</sup>の豚皮および牛皮, 加齢の差異によるコラーゲン溶脱率の違いには見られない著しいものである。

#### 3.2 ゼラチン抽出率の比較

アルカリ浸漬日数の異なる魚鱗タンパク質および豚コラーゲン試料を60℃, 75℃および95℃で1時間の抽出を行いゼラチン抽出率を算出し, 結果を表3に示した。

魚鱗タンパク質, 豚コラーゲンともに, アルカリ浸漬処理日数の増加と共にゼラチン抽出率も高くなるが, 表2のようにアルカリ浸漬処理によりコラーゲン溶脱率が増大し, 特に魚鱗タンパク質では著しい。したがって, ゼラチンの

回収効果を考える場合には表2および表3を総合して検討しなければならない。すなわち、魚鱗タンパク質および豚コラーゲンの全窒素含有量に対し、アルカリ浸漬処理の溶脱窒素量および熱水抽出時（ゼラチン化）の溶脱窒素量を併せ図2および図3に示すような結果を得た。

一般にゼラチンは、60℃抽出区分（低温抽出）の物性および品質が良好とされ、この区分の抽出量が検討の対象となっている<sup>8)</sup>。

魚鱗タンパク質では、アルカリ浸漬処理3日間で、60℃抽出：38.9%，全ゼラチン抽出率：71.6%となり、ゼラチン抽出率が最大となる。7日間以上のアルカリ浸漬処理では、むしろゼラチン収量は低下する。豚コラーゲンでは、14日間のアルカリ浸漬処理により、60℃抽出：29.4%，全ゼラチン抽出率：48.3%となり、ゼラチン収量が良好であった。この結果より両者の間にコラーゲンの構成状態の差異があるものと考えられる。

魚鱗タンパク質および豚コラーゲンのアルカリ浸漬に伴うアミノ酸組成の変化を表4に示す。コラーゲンのアミノ酸組成の特徴は、Glyが1/3、ProおよびHypが1/4を占め、芳香族アミノ酸や大きな側鎖のアミノ酸が少ないことである<sup>1)</sup>。本実験に使用した魚鱗タンパク質および豚コラーゲンは純粋な不溶性コラーゲンではないが、豚コラーゲンの各アミノ酸残基数を1.00として比較した。魚鱗タンパク質では、Thr, Ser, Met, Tyr, Phe, Hyl, Hisの含有量が多く、Val, Hyp, Proの含有量が少なかった。また、Cysは1アミノ酸残基が含まれているが、夾雑タンパク質由来のものか、魚鱗のコラーゲンのものかは不明である。コラーゲンの特徴であるHypのアミノ酸残基数を1.0とし、Gly, AlaおよびProの比を計算すると、魚鱗タンパク質1.0：3.4：1.1：1.1、豚コラーゲン1.0：2.9：0.9：1.1となり、この比率にも多少の差異が認められた。

魚鱗タンパク質は、アルカリ浸漬処理によりVal,

Met, His, Hylは減少し、Ala, Hyp, Proは増加するがアミノ酸組成の変化は顕著なものではない。表3の溶脱コラーゲン量を併せ考えると、アルカリ浸漬処理により魚鱗タンパク質の溶脱が行われる。魚鱗タンパク質は、アルカリ浸漬処理3～7日間で、豚コラーゲンのアルカリ浸漬処理21日間に相当するタンパク質（コラーゲン）が溶脱されている。アミノ酸組成の変化を見るとコラーゲンの特徴であるGly, Ala, Hyp等の増加があり、コラーゲンの純化が認められた。

アルカリ未処理、3日間および21日間浸漬処理後、60℃抽出区分の魚鱗ゼラチンおよび豚ゼラチンのアミノ酸組成を表5に示す。また、浜田、熊谷<sup>9)</sup>による魚鱗を熱水で50時間抽出を行った抽出物のアミノ酸組成の測定結果を参考のため記載した。

魚鱗ゼラチンの場合、アルカリ未処理および3日間浸漬処理のゼラチンにCysの1アミノ酸残基が含まれ、豚ゼラチンには全く含まれていない。浜田、熊谷による魚鱗の熱水抽出物にもCysは含まれていない。豚コラーゲンはコラーゲンI型であり、両ゼラチンのSDS-PAGEパターンの比較を行ったが、明らかな差異を認める知見は得られなかった。本実験で使用した魚鱗タンパク質および豚コラーゲンの精製条件では、純粋な不溶性コラーゲンとは考え難い。したがって、魚鱗ゼラチンに少量のCysを含むのは、夾雑タンパク質、またはコラーゲンI型にIII型の混在とも考えられるが、詳細は今後の検討に待ちたい。

### 3.3 ゼラチンの性状

魚鱗タンパク質および豚コラーゲンをアルカリ浸漬処理後、ゼラチン各抽出区分の固有粘度とゼリー強度を測定し図4および図5に示す。

固有粘度およびゼリー強度は、アルカリ浸漬、抽出条件により異なる。魚鱗ゼラチンの両測定値は、ゼラチン調製条件が同一な場合に豚ゼラチン

## 魚鱗ゼラチンの性状

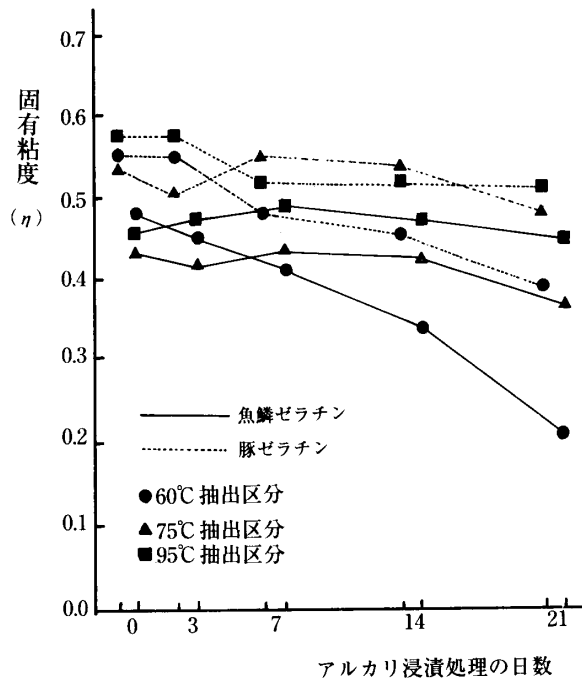


図4 アルカリ浸漬処理の日数および抽出温度がゼラチンの固有粘度におよぼす影響

より低い値を示していた。60°C抽出区分のゼラチンの物性値は、魚鱗タンパク質ではアルカリ浸漬処理3日間以上、豚コラーゲンではアルカリ浸漬14日間以上で低下が著しかった。

ゼラチンの物性値は、当然アルカリ浸漬によりゼラチン分子量分布の変化が影響するものと考えられる。したがって、アルカリ浸漬日数および抽出温度の異なるゼラチンのゲル濾過パターンを測定した。この結果を図6に示す。魚鱗タンパク質より調製されたゼラチンの分子量分布をみると、アルカリ未処理60°C抽出区分の場合、 $\alpha$ 鎖より高分子の成分が多く、アルカリ浸漬3日間、7日間で高分子は減少し $\alpha$ 鎖成分の分布が大きくなっている。その後のアルカリ浸漬処理により低分子成分が生成され、その結果として14日間および21日間浸漬処理により、図3および図4に見られるように固有粘度、ゲル強度の低下が起こるものと考えられる。75°Cおよび95°Cの抽出ゼラチンは、両ゼラチンとも60°C抽出ゼラチンに比較してブロードで

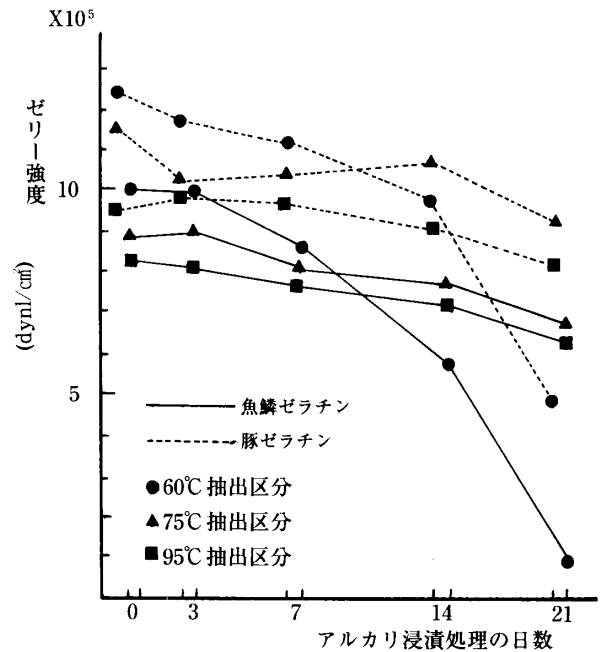


図5 アルカリ浸漬処理の日数および抽出温度がゼラチンのゼリー強度におよぼす影響

あり、特に95°Cでは高分子成分の割合が多く、アルカリ浸漬による分子量分布に著しい差異が認められず、また固有粘度およびゼリー強度の変化もまた少ない。

以上の結果を総合すると、魚鱗タンパク質の場合、3日間程度の短期間のアルカリ浸漬処理後、低温熱水抽出 (60°C) することにより分子量分布の比較的均一な、しかも豚ゼラチンの物性値と類似したゼラチンを調製できるものと推察される。

## 4. まとめ

マイワシの乾燥魚鱗より調製した魚鱗タンパク質より抽出された魚鱗ゼラチンの性状につき検討し、次のような結果を得た。

(1) 魚鱗タンパク質および豚コラーゲンを1%水酸化カルシウム混液に浸漬した場合、両試料を比較すると魚鱗タンパク質のコラーゲン溶脱率が多く、7日間浸漬：20%、21日間浸漬：43%の溶脱が認められた。

表4 魚鱗タンパク質および豚コラーゲンのアミノ酸組成におよぼすアルカリ浸漬処理の影響

アミノ酸組成	魚鱗タンパク質のアルカリ浸漬処理						豚コラーゲンのアルカリ浸漬処理								
	未処理 比 <sup>*1</sup>	3日間 比 <sup>*2</sup>	7日間 比 <sup>*2</sup>	14日間 比 <sup>*2</sup>	21日間 比 <sup>*2</sup>	未処理	3日間 比 <sup>*2</sup>	7日間 比 <sup>*2</sup>	14日間 比 <sup>*2</sup>	21日間 比 <sup>*2</sup>	未処理	3日間 比 <sup>*2</sup>	7日間 比 <sup>*2</sup>	14日間 比 <sup>*2</sup>	21日間 比 <sup>*2</sup>
Asp	48	43	42	47	48	45	44	43	44	45	44	44	43	44	45
Thr	26	27	25	26	25	16	17	17	16	16	17	16	17	16	16
Ser	44	44	49	44	42	35	35	32	32	35	32	32	32	32	30
Glu	70	69	61	69	66	71	69	70	68	71	68	68	70	68	68
Gly	334	332	321	322	331	332	337	345	341	332	341	341	345	345	345
Ala	103	107	104	107	108	98	98	97	102	98	102	102	97	102	102
Cys	1	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Val	15	14	16	14	11	21	21	19	18	21	18	19	19	18	19
Met	13	16	16	15	9	5	5	4	3	5	3	4	4	3	3
Ileu	11	11	10	10	10	12	11	12	11	12	11	12	12	11	11
Leu	22	22	21	20	21	24	24	23	22	24	22	22	23	22	22
Tyr	8	5	7	5	3	5	5	4	4	5	4	4	4	4	3
Phe	16	17	17	15	17	12	14	12	13	12	13	12	12	13	12
His	9	9	8	8	8	7	6	6	7	7	7	6	6	7	6
Hyl	7	5	6	5	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Lys	24	24	26	25	24	29	28	27	27	29	27	27	27	27	26
Arg	45	45	46	43	45	47	43	41	41	47	41	41	41	41	40
Hyp	97	100	103	107	106	113	120	126	127	113	127	126	126	127	127
Pro	107	109	121	118	120	123	118	117	119	123	119	117	117	119	119

数値はアミノ酸残基/1000残基で示す。比<sup>\*1</sup>: 豚コラーゲン (アルカリ未処理) のアミノ酸残基に対する比を示す。  
 比<sup>\*2</sup>: 魚鱗タンパク質および豚コラーゲンのアルカリ未処理の各アミノ酸残基に対する比を示す。  
 魚鱗タンパク質および豚コラーゲンともTrpは含まれていない。



表5 アルカリ浸漬処理日数の異なる魚鱗ゼラチンおよび豚ゼラチンのアミノ酸組成 (60°C抽出区分)

アミノ酸組成	魚鱗タンパク質のアルカリ浸漬処理				豚コラーゲンのアルカリ浸漬処理				魚鱗熱水抽出物 <sup>*3</sup>
	未処理	3日間	21日間	比 <sup>*2</sup>	未処理	3日間	21日間	比 <sup>*2</sup>	
Asp	47	45	43	0.91	45	45	43	0.96	47.1
Thr	27	25	24	0.89	17	18	17	1.00	25.9
Ser	41	40	42	1.02	32	35	31	0.97	40.4
Glu	78	77	74	0.95	72	72	71	0.99	74.4
Gly	326	338	331	1.02	349	347	349	1.00	319.9
Ala	109	114	112	1.03	112	108	111	0.99	112.1
Cys	1	1	—	1.00	—	—	—	—	—
Val	16	15	17	1.06	20	22	20	1.00	20.9
Met	8	6	6	0.75	5	4	5	1.00	13.5
Ileu	8	7	8	1.00	9	7	8	0.89	9.7
Leu	21	20	21	1.00	23	25	22	0.96	20.2
Tyr	4	5	2	0.50	3	4	2	0.67	4.7
Phe	12	14	17	1.42	14	15	13	0.93	14.8
His	7	7	7	1.00	8	7	9	1.13	8.9
Hyl	6	5	6	1.00	6	6	7	1.17	7.2
Lyl	27	28	28	1.04	30	33	32	1.07	23.3
Arg	49	47	45	0.92	47	46	42	0.89	46.4
Hyp	96	98	97	1.01	94	93	96	1.02	98.9
Pro	117	108	120	1.03	114	113	122	1.07	111.7

数値はアミノ酸残基/1000残基で示す。比<sup>\*1</sup>：豚ゼラチン（アルカリ未処理）のアルカリ未処理に対する比を示す。

比<sup>\*2</sup>：魚鱗ゼラチンおよび豚ゼラチンのアルカリ未処理の各アミノ酸残基に対する比を示す。

魚鱗ゼラチンおよび豚ゼラチンともTrpは含まれていない。

\*3 熱水で50時間の抽出物 浜田盛承 熊谷洋：日本水産誌 54 1987~1992 (1988) より引用

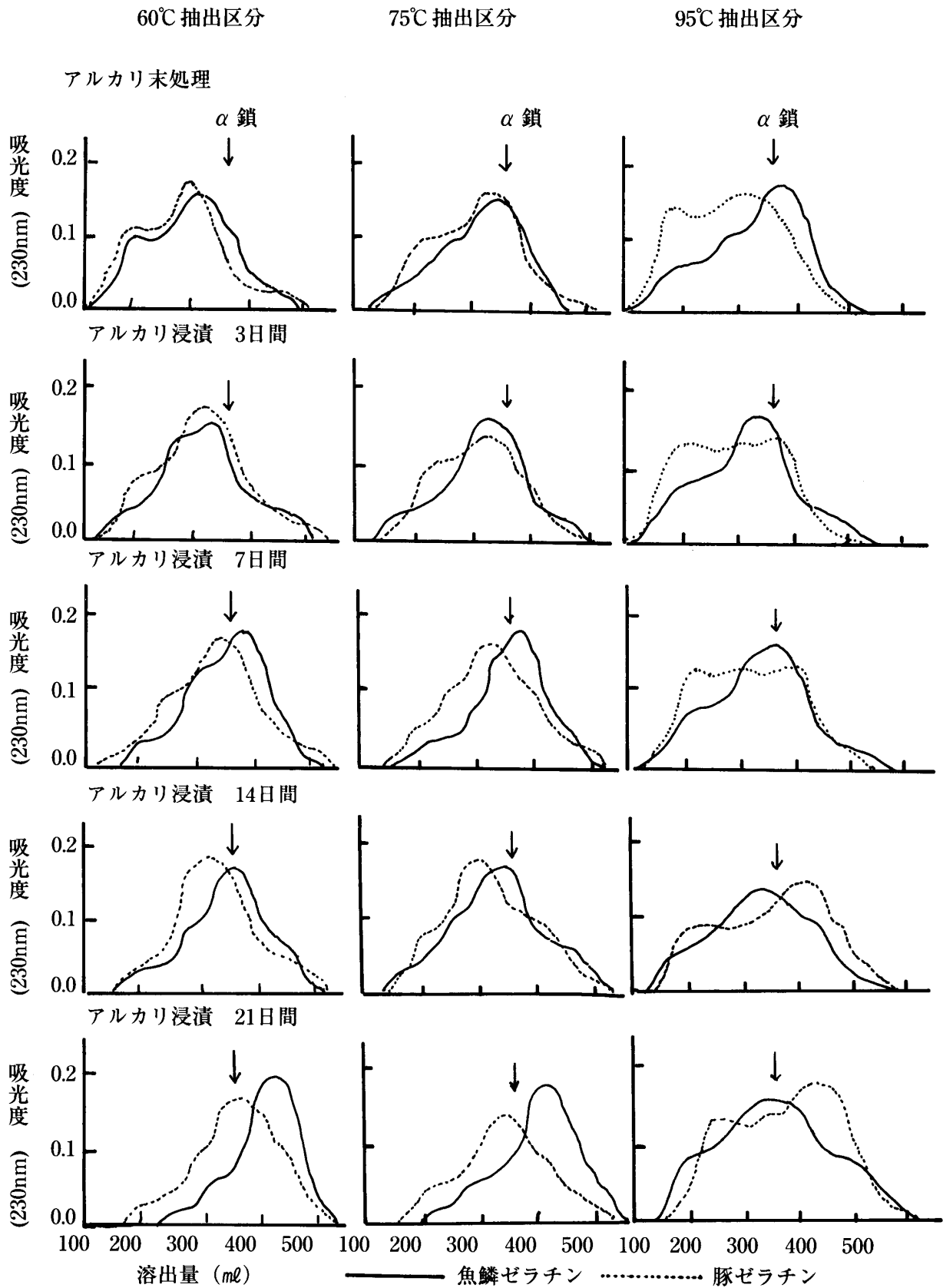


図6 アルカリ浸漬処理の日数および抽出温度が異なるゼラチンのゲルクロマトグラム

(2) 魚鱗タンパク質では、アルカリ浸漬3日間で、60℃抽出:38.9%、全ゼラチン抽出:71.6%となりゼラチン抽出率が最大となる。豚コラーゲンでは、14日間アルカリ浸漬により、60℃抽出:約30%、全ゼラチン抽出:約48%となる。

(3) 魚鱗タンパク質よりアルカリ浸漬処理後、ゼラチンを抽出しゲル濾過による分子量分布を比較した。低温抽出画分(60℃)はアルカリ浸漬日数の影響を受けやすく、3日間の短時間の浸漬処理により、分子量分布の均一なゼラチンが得られる。それ以降、アルカリ浸漬処理により低分子成分の生成が認められた。豚コラーゲンより抽出されたゼラチンの分子量分布とは差異が認められ、これがゼリー強度および固有粘度に影響し、魚鱗ゼラチンの物性値は豚ゼラチンに比較し、同じアルカリ浸漬処理および抽出条件では低い値を示していた。

(4) 魚鱗タンパク質をアルカリ浸漬処理(水酸化カルシウム1%溶液)を3日間行った後、60℃で熱水抽出することにより分子量分布の比較的均一な、しかも豚ゼラチンの物性値と類似したゼラチンを調製することができた。

岡村浩, 榎本美子: 学苑(昭和女子大学紀要) No.644, 95~104 (1993)

岡村浩, 秋山久美子, 榎本美子: 学苑(昭和女子大学紀要) No.654, 1~10 (1994)

5) 岡村浩, 菅野英二郎, 川村亮: 皮革化学 12, 76~84 (1966)

岡村浩, 田中伸子, 秋山久美子: 学苑(昭和女子大学紀要) No.574, 83~90 (1987)

6) 宝山大善, 久保和義, 岡村浩: 皮革化学 36, 1~12 (1990)

7) 白井邦郎, 池ノ上坊, 和田敬三, 川村亮: 日畜会報 50, 217~222 (1979)

8) 白井邦郎: 皮革工業 No.1, 15~21 (1988)

9) 浜田盛承, 熊谷洋: 日水産誌 54, 1987~1992 (1988)

本研究の一部は平成4~6年度文部省科学研究費補助金(04680088)により行われたものである。

## 文 献

1) 高橋幸資, 鈴木敦, 和田敬三: 日食工試 36, 538~542 (1989)

高橋幸資: 皮革化学 40, 121~132 (1994)

2) 宮田暉夫: 家政誌 40, 725~731 (1989)

3) 山口由二, 平山信夫, 小池篤, H.A.Adam: 日水産誌 56, 437~443 (1990)

橋本博明, 貝島健二, 角田俊平: 日水産誌 57, 1457~1462 (1991)

木村俊雄, 中山善登, 森浩一郎: 日水産誌 58, 811~817 (1992)

4) 一井太郎, 麦谷泰雄: 日水産誌 49, 1039~1044 (1983)

浜田盛承, 三国彰: 日水産誌 56, 947~951 (1990)