スケトウダラ冷凍すり身構成成分が 加熱ゲルの物性に及ぼす影響

北上 誠一,^{1*} 村上由里子,¹ 小関 聡美,² 加藤 登,² 新井 健一¹

(2007年6月11日受付, 2007年10月25日受理)

¹社団法人全国すり身協会, ²東海大学海洋学部

Contribution of walleye pollack frozen surimi components to
physical properties of heat-induced gel formed from it

SEIICHI KITAKAMI,^{1*} YURIKO MURAKAMI,¹ SATOMI KOSEKI,²
NOBORU KATO² AND KEN-ICHI ARAI¹

¹National Surimi Manufacturers Association, Abashiri, Hokkaido 093-0057, ²School of Marine Science and Technology, Tokai University, Shimizu, Shizuoka 424-8610, Japan

The contribution of components in walleye pollack frozen surimi to the heat-induced gel formed from it was investigated. The proximate composition and breaking strength (BS) and breaking strain (bs) of the two-step heated gel formed were measured. The results were as follows: (1) On addition of water (0–125%) or sugar (0–50%) to the surimi, the maximum values of BS and Gs (BS/bs) of the heated gel formed were decreased, although the rate of decrease with sugar was larger than that with water. (2) When the protein concentration in the heated gels was fixed, the increase in sugar concentration from 6.1 to 24.5% caused the decrease in the maximum value of BS while that of Gs was unchanged. (3) When the concentrations of protein together with moisture in the heated gels were fixed, the reduction in the sugar concentration from 7.7 to 3.7% in the heated gel did not change the maximum values of BS and Gs. These results indicate that the physical properties of the two-step heated gel can be designed by regulating its proximate composition.

キーワード：加熱ゲル, ゲル物性, 水分, スケトウダラすり身, タンパク質, 糖

著者らは、先に水産ねり製品の製造における肉糊の水伸ばし処理が、ゲル化製品のテクスチャーに及ぼす影響について知見を得るため、すり身タンパク質の濃度と肉糊の加熱ゲル形成能の関連について詳細に検討した。またその成果として加熱ゲルの物性値のタンパク質濃度依存性を調べることによって冷凍すり身の加熱ゲル形成能を正確に評価できることを明らかにした。^{1,2)}

水伸ばしは、塩ずり時の肉糊に対して15～30%の水分または氷を加える工程であるが、加えられた水分は加熱ゲル中に取り込まれ、結果として製品は変形に際して壊れにくいゲル物性となることが知られた。¹⁾なお、水伸ばし処理の際には、タンパク質だけにとどまらず、すり身に含まれるその他の各種成分（水分、糖質、重合リン酸塩）の濃度にも変化をもたらすため、これらの変化が肉糊の加熱によるゲル化に影響を及ぼす可能性が考

えられる。これまで既に、冷凍すり身の一般構成成分としてタンパク質、¹⁾水分、³⁻⁵⁾また添加成分として糖質⁶⁾および重合リン酸塩^{7,8)}などが、加熱ゲルの物性値に及ぼす影響について別々に研究がなされている。本研究では、形成される加熱ゲル中に含まれる一般構成成分の濃度と同加熱ゲルの物性値との関係を詳細に検討した。

材料および方法

試料 本研究では数種のスケトウダラ *Theragra chalcogramma* の冷凍すり身を供試した。Tables 1, 2, 3, 4, および6ではSA級の冷凍すり身を使用しているが、Tables 1, 2の製品は水分が74.5%, タンパク質が16.7%, 糖質が7.9%, pHは7.25, Table 3の製品は水分が74.5%, タンパク質が17.3%, 糖質が7.6%, pHは7.32, またTables 4, 6の製品は水分が74.6%, タンパ

ク質が16.7%, 糖質が8.1%, pHは7.35の組成およびpHである。またTable 5ではA級の製品を使用した, 水分が74.4%, タンパク質が17.2%, 糖質が7.9%, pHは7.38で, SA級の製品と良く近似するものを供試した。なお, 調製した二段加熱ゲルの一般成分組成は, それぞれ結果の項において示した。また塩ずり肉(肉糊)に糖質および重合リン酸塩を追加混合するときはショ糖(日本甜菜製糖株)およびピロリン酸Naとトリポリリン酸Naの等量混合物(商品名ポリリン酸2-D, 武田薬品工業株)を使用した。

すり身の水伸ばし(加水)処理 前報¹⁾において述べたように, 冷凍すり身を半解凍した後10~125%の水を添加し, サイレントカッター(SCP-2型, 容量14 L, 刃(3枚)回転数1450 rpm, 容器回転数6 rpm, 株花木製作所)で3.0% (w/w)のNaClと共に15分間塩ずりした(すり上がりの温度は8℃以下)。また肉糊中の各種成分の濃度を調節するために水の代わりに粉末状の糖質, 8%糖質水溶液, または0.3%重合リン酸塩溶液を添加した。

加熱ゲルの調製 肉糊を折径48 mmのポリ塩化ビニリデン製チューブに充填し, 25℃の恒温水槽中でゲルの物性値が最大値に至る数時間にわたって予備加熱した。この間経時的に一部をとり出し, 90℃で30分間加熱(恒温水槽中)して二段加熱ゲルを調製した。また, 直接90℃で30分間加熱して得たゲルは直加熱ゲルとよぶ。

加熱ゲルの物性と一般成分組成の測定 調製された二段加熱ゲルは流水で冷却後25℃で一夜保管後, 直径30 mm×高さ25 mmの円柱状試験片として, レオメーター(不動工業株製NRM2002J)を使用し, 直径5 mmの球形プランジャー(進入速度60 mm/min)で破断強度(BS; g)と破断凹み(bs; cm)を測定し, これからゲル剛性(Gs=BS/bs; g/cm)を算出した。そして予備加熱に伴うBSとGsの経時的な変化を両値の相関関係から論ずる方法を採用した。^{2,9)} また, 調製した二段加熱ゲルについて, 水分, タンパク質, 食塩および灰分の量とpHを測定した。^{10,11)} また糖質は, 全体から水分, タンパク質および灰分量を差し引いて概算した。

結果および考察

加水によるすり身の加熱ゲル形成能の変化 半解凍した冷凍すり身を塩ずりするとき加水して肉糊中のすり身タンパク質の濃度を変化させ, それらの加熱ゲル形成能を検討した研究成果は先に報じた。¹⁾ ここでは先ずSA級の冷凍すり身に対して加水するときの配合組成, およびこれから調製した二段加熱ゲルの一般成分組成とpHをTable 1に示す。前報¹⁾においては, 同じSA級の冷凍すり身を使用して, 肉糊の予備加熱(25℃)に伴う

Table 1 Mixing ratio of materials for preparation of salt-ground meat with large amount of water, and proximate composition and pH of two-step heated gel formed from it

Mixing ratio of materials (%)		Concentration in heated gel*2 (%)			pH
Surimi	Water	Moisture	Protein	Sugar*1	
100	0	72.6	16.0	7.8	7.09
100	13	75.3	14.3	7.1	7.07
100	29	78.0	12.6	6.1	7.08
100	50	80.6	11.0	5.0	7.09
100	80	83.2	9.5	4.0	7.07
100	125	85.2	8.6	3.0	7.07

*1 Sugar content was roughly estimated as 100-(moisture + protein + ash) by weight.

*2 The concentration of each component was expressed as the content (%) on the basis of wet weight of the heated gel.

二段加熱ゲルの物性値(BS, bsおよびGs)のそれぞれの経時的変化を図示したが, 本実験の場合も, ほとんど同じ結果になったので, あらためて図示しない。ここでは, 加水した肉糊について, 予備加熱(25℃)に伴う二段加熱ゲルのBSとGsの関係の変化をFig. 1(A)に, さらに調製したタンパク質濃度が異なる二段加熱ゲルのBSとGsの最大値の関係をFig. 1(B)に示した。Table 1に示すように, SA級すり身に水分を13~125%添加して塩ずりし, 調製した二段加熱ゲル中の水分は72.6から85.2%に至る間で増加し, タンパク質濃度は16.0から8.6%に至る間で減少し, また糖質濃度は7.8から3.0%まで減少した。ただしpHは7.06~7.09の間で, ほとんど一定していた。一方, Fig. 1(A)を見ると加水でタンパク質濃度が減少すると肉糊の加熱ゲル形成能は低下すること, すなわち予備加熱に伴って二段加熱ゲルのBSとGsは増加するが両値は高い値に達し難くなる傾向が見られる。なおBSとGs値の間には常に良い正の相関が成立するが, 両値の相関を表す関係直線はタンパク質濃度の減少に伴って同図中において左方に移動する傾向が認められた。以上の事実は, 配合した水分は全て二段加熱ゲル中に取り込まれ, また加熱ゲル中の水分量の増加に伴ってそのゲル物性が変わり, 硬さは減ずるが, 変形により壊れにくい物性になる傾向があることを示している。また, タンパク質濃度の異なる二段加熱ゲルのBSとGsの最大値の間にも正の良い相関が成り立つことを, Fig. 1(B)に示したが, この関係直線は原料とした冷凍すり身の等級(格付け)および加熱ゲルの種類(二段加熱ゲルと直加熱ゲル)などによって相違することは既に報じた。¹⁰⁾ ただし本実験で調製した二段加熱ゲルは, 加水によってタンパク質濃度ばかりでなく, その水分と糖質の濃度もまた相違しているので, これらの要因の中のどれが加熱ゲルの物性に最も大きく

Fig. 1 Change in BS vs Gs plots of two-step heated gels with increasing moisture concentration and relation between maximum values of BS and Gs of heated gels.

(A) Change in BS vs Gs plots. The frozen surimi was thawed and ground with 3.0% NaCl upon mixing with 0–125% water as shown in Table 1. The salt-ground meat was preheated at 25°C for several hours, followed by heating at 90°C for 30 minutes at appropriate intervals. The two-step heated gel thus formed was subjected to measurement of physical properties (breaking strength (BS) and breaking strain (bs)) with a rheometer using a spherical plunger of 5 mm in diameter. The moisture concentrations of heated gels were 72.8 (○), 75.3 (●), 78.0 (△), 80.6 (▲), 83.2 (□), and 85.2 (■) %. The protein concentrations of the same gels as above were 16.0 (○), 14.3 (●), 12.6 (△), 11.0 (▲), 9.5 (□), and 8.6 (■) %. Maximum values of BS and Gs of the heated gels are shown by arrows in the figure.

(B) Relation between maximum values of BS and Gs. Maximum values of BS and Gs of the heated gels are quoted from the data in (A). The moisture concentrations of the two-step heated gels were 72.8 (○), 75.3 (●), 78.0 (△), 80.6 (▲), 83.2 (□), and 85.2 (■) %.

Table 2 Mixing ratio of materials for preparation of salt-ground meat with large amount of sugar (ca. 8–53%), and proximate composition and pH of two-step heated gel formed from it

Mixing ratio of materials (%)		Concentration in heated gel (%)			pH
Surimi	Sugar*1	Moisture	Protein	Sugar*2	
100	0	72.6	16.0	7.8	7.09
100	13	64.5	14.3	17.8	7.12
100	29	57.5	12.8	26.5	7.16
100	50	50.2	11.2	35.2	7.16
100	80	42.0	9.4	45.4	7.20
100	125	36.5	7.6	52.8	7.20

*1 Sucrose powder was used.

*2 Sugar content was estimated as in Table 1.

寄与しているかはここでは断定することができない。

糖質によるすり身の加熱ゲル形成能の変化 SA級の冷凍すり身に糖質(ショ糖)粉末を添加するときの配合組成およびこれから調製した二段加熱ゲルの一般成分とpHをTable 2に示した。加糖した肉糊から25°Cの予備加熱で二段加熱ゲルを調製したが、形成される二段加

熱ゲルの物性値は糖質濃度の増加に伴い激減したので、ここでは添加量が50%までの加熱ゲルに限って、予備加熱に伴う二段加熱ゲルのBSとGsの関係の変化、またタンパク質濃度の異なる加熱ゲルのBSとGsの最大値と糖濃度の関係をFig. 2(A)と(B)に示した。Table 2の配合によると、二段加熱ゲルの糖質濃度は7.8から52.8%に至る間で増加し、水分は72.6から36.5%に至る間で減少し、またタンパク質濃度も16.0から7.6%に至る間で減少した。pHは7.09~7.20の間でほとんど変わらなかった。一方、Fig. 2(A)を見ると糖の添加によって肉糊の加熱ゲル形成能は低下し、BSとGsの最大値は糖質濃度が高くなるほど低値となる傾向を示した。また両値の間には、いずれの場合も、良い正の相関が成り立つが、BSとGsの関係直線は糖質濃度が高くなるほど同図中で右方に移動する傾向を示している。また糖質濃度の異なる二段加熱ゲルのBSとGsの最大値の間にも正の良い相関が成立するが、この関係直線も加水した加熱ゲルが示した同じ関係直線に比べて同図(Fig. 2(B))中で右側に位置している。これらの結果は、調製した二段加熱ゲルの物性が糖質濃度の増加に伴って変形に際して壊れ易い(いわば脆い)ものになるこ

Fig. 2 Change in BS vs Gs plots of two-step heated gels with increasing sugar concentration (4.8→35.2%) and relation between maximum values of BS and Gs of heated gels.

(A) Change in BS vs Gs plots. The two-step heated gel was prepared as in Fig. 1, except that 0–125% sucrose powder was mixed with surimi in place of water as shown in Table 2. The physical properties of the heated gel were measured as also in Fig. 1. The sugar concentrations in the heated gels were 7.8 (○), 17.8 (●), 26.5 (△), and 35.2 (▲) %. Maximum values of BS and Gs of the heated gels are shown by arrows in the figure.

(B) Relation between maximum values of BS and Gs. Maximum values of BS and Gs are quoted from the data in (A). The sugar concentrations of heated gels were 7.8 (○), 17.8 (●), 26.5 (△), and 35.2 (▲) %. The dotted line shows the relation of maximum values of BS and Gs as a function of moisture concentration (transferred from Fig. 1(B)).

とを示しており、加水による変化とは逆の現象を示した。加熱ゲル中の構成成分組成 (Table 1 と 2) を比べると、すり身に対して添加混合する水分または糖質 (粉末) が増加するに伴って、いずれの場合も形成される加熱ゲル中のタンパク質濃度は減少する傾向を示している。しかしすり身に対して添加する水分が多いほど加熱ゲル中の水分は増加するのに、添加する糖質が多いほど加熱ゲル中の水分は逆に減少する傾向を示している。従って、水分または糖質の添加に伴って形成される加熱ゲルの物性の最大値が、添加量に比例するように減少するのはおそらくタンパク質濃度の減少に強く依存しているように見える。一方、水分が増加したときに起こる加熱ゲルの物性変化と糖質を増加したときに起こる加熱ゲルの物性変化の様相が相違している (すなわち糖質の濃度を増加する場合の方がGsの減少度合がBSの減少度合に比べて相対的に大きい) 事実、水分に強く関連しているように見える。ただし調製した加熱ゲル中では、糖質、水分とタンパク質の濃度が同時に変動しているので、どれが大きく影響を及ぼしているのかまだ特定できない。

SA 級のすり身に対して水分と糖質粉末を添加するときの配合組成および調製された二段加熱ゲルの一般成分組成と pH を Table 3 に示した。また 25°C での予備加

Table 3 Mixing ratio of materials for preparation of salt-ground meat with large amount of sugar (ca. 6–25%), and proximate composition and pH of two-step heated gel formed from it

Mixing ratio of materials (%)			Concentration in heated gel (%)			pH
Surimi	Water	Sugar ^{*1}	Moisture	Protein	Sugar ^{*2}	
75	25	0	78.3	12.4	6.1	7.18
75	20	5	73.9	12.4	10.4	7.18
75	15	10	68.7	12.4	15.6	7.18
75	10	15	64.1	12.4	20.4	7.21
75	5	20	59.1	12.4	25.4	7.21

^{*1} Sucrose powder was used.

^{*2} Sugar content was estimated as in Table 1.

熱に伴う二段加熱ゲルの BS と Gs の関係の変化を Fig. 3(A) に示した。Table 3 に示したように、ここではすり身に対して 1/3 量の水分を添加した場合を対照とし、この水分量の一部をショ糖粉末で代替する配合組成とした。これによると、肉糊中のすり身タンパク質濃度は、糖質濃度に関わりがなく同値となり、形成された加熱ゲルのタンパク質濃度も一定で、12.4% になった。しかし水分は 78.3 から 59.1% に至る間で減少し、また糖質濃度は 6.1 から 25.4% に至る間で増加した。なお pH は 7.18~7.21 で大きな変動は見られなかった。一

Fig. 3 Change in BS vs Gs plots of two-step heated gels with increasing sugar concentration (6.1→25.4%) under a fixed protein concentration and sugar concentration dependence of maximum values of BS and Gs of heated gels.

(A) Change in BS vs Gs plots. The two-step heated gel was prepared as in Fig. 1, except that the water was replaced with sucrose powder as shown in Table 3. The physical properties of the heated gel were measured as also in Fig. 1. The sugar concentrations in the heated gels were 6.1 (○), 10.4 (●), 15.6 (△), 20.4 (▲), and 25.5 (□) %. The protein concentration was fixed to 12.4% of all the heated gels. Maximum values of BS and Gs of the heated gels are shown by arrows in the figure.

(B) Sugar concentration (6.1–25.4%) dependence of maximum values of BS (—) and Gs (·····). Maximum values of BS and Gs are quoted from the data in (A). The moisture concentrations of two-step heated gels were 78.3 (○), 73.9 (●), 68.7 (△), 64.1 (▲), and 59.1 (□) %, respectively.

方、予備加熱に伴って形成される二段加熱ゲルのBSとGsの変化の関係はFig. 3(A)に示したが、これによるとBSとGs値の間には加熱ゲル中の糖質濃度に関わりない正の強い相関が成立した。またBSの最大値は糖質濃度が高いほど低い値になる傾向を示したが、Gsの最大値は糖質濃度に関わりなく、ほぼ一定の値となる事実が認められた。なおBSとGsの関係直線は、糖質濃度が高いほど同図中の右側に移動して位置する傾向を示したが、この結果は、先に示した糖質粉末を添加した実験結果と同じである。それゆえ、糖質を加えた加熱ゲルのBSが減少するのは、加熱ゲル中のタンパク質濃度の減少にのみ依存しているのではなく、水分の減少、または糖質濃度の増加のいずれかの影響をも受けた結果であると推定される。実際に二段加熱ゲルのBSの最大値と糖質濃度との間にはFig. 3(B)に示すように負の強い相関が見られる。しかし加熱ゲル水分量と糖質濃度との間にも良い負の相関が認められる（ここには図示しない）ので、物性変化の直接の原因は未だ特定できない。なお、先にFig. 2に示した実験においては、形成された二段加熱ゲル中の糖質濃度が増加するに伴ってBSの最大値ばかりでなくGsの最大値もまた減少する事実が示されているが、これはFig. 3の実験の場合と異なり、糖質濃度の増加に伴って加熱ゲル中のタンパク質濃度が同時に減少する場合である。従って糖質を追加して調製する加熱ゲルでは、Gsの最大値は、タンパク質濃度に

依存して定まり、糖質濃度には関わりがないが、一方BSの最大値は糖質濃度または水分にも影響されていることが確認される。しかし、そのいずれであるかは未だ不明である。

タンパク質濃度を一定にした本実験の場合、添加する糖質の単位濃度、1%当たりBSとして20gの減少(損失)が起こるという結果となった。Table 2および3に示した配合組成の肉糊から調製される二段加熱ゲルでは、糖質濃度が10%から30%に及ぶが、この濃度は通常の冷凍すり身の糖質濃度に比べればかなりの大過剰に相当する。そこで、すり身に対してあらたに添加する糖質量を減らして、加熱ゲル中の濃度が8~12%となるような配合組成を工夫した。Table 4には、その配合組成と調製された二段加熱ゲルの一般成分組成と性状を示した。また肉糊から25℃の予備加熱で形成される二段加熱ゲルのBSとGsの関係の変化をFig. 4(A)に示した。Table 4によると、形成される二段加熱ゲルのタンパク質濃度はほぼ一定で15.2~15.5%、糖質濃度は7.7から12.1%の間、水分量は73.7~69.1%の狭い範囲内のものになった。またpHも7.24~7.27でほとんど同じになった。一方、予備加熱に伴い形成される二段加熱ゲルのBSとGs値の変化の関係(Fig. 4(A))を見ると、その関係直線の同図中での位置は、糖質濃度が高いほど右側に移動する傾向があることを認めたが、その差は極めて小さかった。また糖質濃度の異なる加熱ゲル

のBSとGsの最大値と加熱ゲル中の糖質濃度の関係をFig. 4(B)に示したが、この濃度範囲では形成される二段加熱ゲルの物性は極めて良く近似することが示された。この事実は、冷凍すり身の等級（格付け）による糖質濃度の差（5～8%）や、水伸ばし（1/3～1/2量の加水）によって生ずる肉糊の糖濃度の差異が、肉糊の加熱ゲル形成能に対して及ぼす影響は大きなものでないことを示すものである。

糖質の濃度減少によるすり身の加熱ゲル形成能の変化水伸ばし処理においては、肉糊中の糖質濃度は1/3～1/2に希釈されることになる。そこで添加する水分の代わ

りに8%シロ糖溶液を添加すれば形成される加熱ゲル中のタンパク質濃度と水分には大きな差を生ずることなく、糖質濃度だけが異なるような配合になる筈である。そのための配合組成と調製された加熱ゲル中の一般成分組成と性状をTable 5に示した。また25℃での予備加熱に伴う二段加熱ゲルのBSとGs値の関係の変化をFig. 5に示した。Table 5によると、調製された加熱ゲルはタンパク質濃度と水分がほぼ同じで糖質濃度が5.8と7.7%、また3.7と7.6%と異なる加熱ゲルが調製されたが、25℃での予備加熱に伴う二段加熱ゲルのBSとGsの関係の変化、およびBSとGsの最大値は極め

Table 4 Mixing ratio of materials for preparation of salt-ground meat with large amount of sugar (ca. 8–12%), and proximate composition and pH of two-step heated gel formed from it

Mixing ratio of materials (%)			Concentration in heated gel (%)			pH
Surimi	Water	Sugar*1	Moisture	Protein	Sugar*2	
100	5	0	73.7	15.2	7.7	7.24
100	4	1	72.5	15.2	8.9	7.25
100	3	2	71.8	15.2	9.4	7.26
100	2	3	70.9	15.2	10.2	7.27
100	1	4	69.9	15.2	11.4	7.25
100	0	5	69.1	15.2	12.1	7.25

*1 Sucrose powder was used.

*2 Sugar content was estimated as in Table 1.

Table 5 Mixing ratio of materials for preparation of salt-ground meat with small amount of sugar, and proximate composition and pH of two-step heated gel formed from it

Mixing ratio of materials (%)			Concentration in heated gel (%)			pH
Surimi	Water	Sugar*1	Moisture	Protein	Sugar*2	
100	0	0	72.3	16.5	7.5	7.18
75	25	0	78.1	12.5	5.8	7.18
75	0	25	76.4	12.3	7.7	7.18
50	50	0	84.2	8.7	3.7	7.14
50	0	50	80.6	8.4	7.6	7.14

*1 8% sucrose in aqueous solution was used.

*2 Sugar content was estimated as in Table 1.

Fig. 4 Change in BS vs Gs plots of two-step heated gels with increasing sugar concentration (7.7→12.1%) under a fixed protein concentration and sugar concentration dependence of maximum values of BS and Gs of heated gels.

(A) Change in BS vs Gs plots. The two-step heated gel was prepared as in Fig. 1, except that the water was replaced with 30% sucrose solution as shown in Table 4. The physical properties of the heated gel were measured as also in Fig. 1. The sugar concentrations in the heated gels were 7.7 (○), 8.9 (●), 9.4 (△), 10.2 (▲), 11.4 (□) and 12.1 (■) %. The protein concentration of all heated gels was fixed to 15.2–15.5%.

(B) Sugar concentration dependence of maximum values of BS (—) and Gs (----) of two-step heated gel under a fixed protein concentration. Maximum values of BS and Gs are quoted from the data in (A). The moisture concentrations of the heated gels were 73.7 (○), 72.5 (●), 71.8 (△), 70.9 (▲), 69.9 (□) and 69.1 (■) %.

Fig. 5 Change in BS vs Gs plots of two-step heated gel with reducing sugar concentration (7.7→3.7%). The two-step heated gel was prepared as in Fig. 1, except that the water was replaced with 8% sucrose solution as shown in Table 5. The physical properties of the heated gel were measured as also in Fig. 1. The sugar concentrations in the heated gels were 7.7 (○), 5.8 (●), 7.6 (△), 3.7 (▲) and 7.5 of original (---□---) %. The protein concentrations in the heated gels were 12.5 (○), 12.3 (●), 8.7 (△) and 8.4 (▲) %. Maximum values of BS and Gs are shown by arrows in the figure.

て良く近似することが確かめられた。これによって水伸ばしによる肉糊の加熱ゲル形成能の低下は、すり身タンパク質濃度の減少による影響が極めて大きく、糖質濃度の減少にはほとんど影響されないことが明らかである。なお肉糊に糖質粉末を添加する場合は加熱ゲル中の水分（水分の相対的な濃度）が減少する。また高濃度の糖質溶液を添加する場合も加熱ゲル中の水分は、やはり減少することになる。そして低濃度の糖質溶液を添加する場合だけは、水分が多い加熱ゲルを調製することが可能であり、またこのときは、予備加熱に伴う二段加熱ゲルのBSとGsの変化に関わる関係直線は同図中で左側に位置するようになることを認めた。これは、加熱ゲル中の水分とタンパク質の濃度の両方の調節が製品のゲル物性に強い影響を及ぼすこと、両成分の濃度が設定されていれば、糖質（特に8%以下の低濃度域）の影響は極めて小さく無視できるほどであることを示すものである。

重合リン酸塩の濃度減少によるすり身の加熱ゲル形成能の変化 肉糊を水伸ばしするときは、すり身に含まれている糖質ばかりでなく、重合リン酸塩（PP塩）の濃度も減少する。そこでPP塩濃度の減少がすり身の加熱

Table 6 Mixing ratio of materials for preparation of salt-ground meats with small amount of Na-PP, and proximate composition and pH of two-step heated gel formed from it

Mixing ratio of materials (%)			Concentration in heated gel (%)			pH
Surimi	Water	Na-PP ^{*1}	Moisture	Protein	Na-PP ^{*2}	
75	25	0	78.3	12.2	(0.20)	7.18
75	0	25	78.4	12.2	(0.30)	7.18
50	50	0	84.8	8.1	(0.13)	7.14
50	0	50	84.7	8.1	(0.30)	7.14

^{*1} Aqueous solution of 0.3% Na-polyphosphate (pH 7.0 with HCl) was used.

^{*2} Concentration of Na-polyphosphate (Na-PP) mixed into salt-ground meat is shown.

Fig. 6 Change in BS vs Gs plots of two-step heated gel with reducing Na-polyphosphate concentration. The two-step heated gel was prepared as in Fig. 1, except that the water was replaced with 0.3% Na-polyphosphate (pH 7.0 with HCl) as shown in Table 6. The physical properties of the heated gel were measured as also in Fig. 1. The Na-polyphosphates concentrations in the salt-ground meat were 0.30 (○), 0.20 (●), 0.30 (△), and 0.13 (▲) %. The protein concentrations in the heated gels were fixed to 12.2 (○, ●) or to 8.1 (△, ▲) %. Maximum values of BS and Gs are shown by arrows in the figure.

ゲル形成能に及ぼす影響についても調べた。ここでは市販のPP塩製剤を供試したが、肉糊のpHが異常に上昇することを防ぐために少量のHClを加えてpHを7に調節した0.3%水溶液を使用した。すり身と水分およびPP塩溶液の配合組成、およびこれから調製した二段加熱ゲルの一般成分組成とpHをTable 6に示した。また25℃での予備加熱に伴う二段加熱ゲルのBSとGsの関

Table 7 Proximate composition (and pH) of frozen surimi and two-step heated gel formed from it

	Frozen surimi (Grade)				Two-step heated gel			
	Moisture%	Protein%	Additive*2	pH	Moisture%	Protein%	Additive*2	pH
(SA)*1	74.5	16.7	8.8	7.25	72.6	16.0	8.4	7.09
	74.5	16.9	8.6	7.32	72.3	16.2	8.5	7.13
	74.6	16.7	8.7	7.35	72.4	16.2	8.4	7.20
(A)*1	74.4	17.2	8.4	7.38	72.3	16.5	8.3	7.18

*1 (SA), (A) : Grade of frozen surimi on the market

*2 Additive : Sugar + Na-polyphosphate

係の変化を Fig. 6 に示した。すり身中の PP 塩は、塩ずりおよび加熱ゲル化の過程で酵素分解されるので、その成分組成を分析することは余り意味がない。^{12,13)} そこで、ここではすり身との配合組成のみを明示した。Table 6 によると、調製された加熱ゲル中の水分量とタンパク質濃度はほとんど同じなので、PP 塩の添加濃度が 0.20 と 0.30%，および 0.13 と 0.30% と異なる製品を比べたことになった。一方肉糊の 25℃ での予備加熱に伴う二段加熱ゲルの BS と Gs の間には良い正の相関があるが、両値の関係直線は PP 塩の濃度に関わりなく、全ての加熱ゲルで良く合致した。かつ、加熱ゲルの BS と Gs の最大値も両加熱ゲルの間で近似することを認めた。加熱ゲル中に配合される PP 塩の濃度はすり身に対して 1/3～1/2 量の加水をしたときに相当しているが、この差異は加熱ゲル形成能に対して大きな影響を及ぼしていないことを示す結果であった。

冷凍すり身と加熱ゲル中の一般成分組成と性状 本研究では、加熱ゲル中の水分、タンパク質、糖質、および重合リン酸塩の濃度（および pH）と、当該加熱ゲルの物性との関係から冷凍すり身各構成成分の加熱ゲル形成に及ぼす影響を検討したが、そのためすり身に対して水分、糖質などの成分を追加、または加水により希釈して加熱ゲルを調製した。実験に使用した冷凍すり身は SA 級と A 級であるが、これらから調製した加熱ゲルと冷凍すり身原料の間で比較すると、Table 7 に示すように、加熱ゲル中の成分含量は、3.0% の食塩を加えた結果として水分で 1.9～2.2%，タンパク質濃度で 0.5～0.7%，糖質など添加物で 0.1～0.4% 低値となり、pH も 0.16～0.20 低値となっていた。また Table 1 から 6 に示した配合組成の原料から形成された加熱ゲル中の一般成分組成は、いずれも、その配合からほぼ計算で求められるとおりの値になることを認めた。すなわち本研究で使用した SA 級（一部 A 級）の冷凍すり身から、水分は 59.0～85.0%，タンパク質濃度は 8.6～16.0%，糖質濃度は 3.0～35.2%（52.8% まで検討）、重合リン酸塩濃度は 0.13～0.3% にわたる組成の加熱ゲルが調製さ

れ、本研究における比較検討の対象となっている。それゆえ、加熱ゲル中の一般成分組成と pH は、冷凍すり身に添加する水分や各種成分（糖質など添加物）の配合組成を基に計算によって求められるので、その結果から加熱ゲル化製品のテクスチャーを設計する技術の開発に利用できると思われる。

文 献

- 1) 北上誠一, 村上由里子, 安永廣作, 加藤 登, 新井健一. 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 2005; **71**: 957-964.
- 2) 北上誠一. スケトウダラ冷凍すり身のゲル形成能に関わる基礎的研究. 博士論文, 酪農学園大学, 江別. 2006; 89-103.
- 3) Chen HH, Lee YC. Effects of water content and chopping method on the physical properties of surimi and kamaboko. *Fish. Sci.* 1997; **63**: 755-761.
- 4) Chen HH. The effect of setting on the physical properties of surimi and kamaboko under various water content and chopping methods. *Fish. Sci.* 1997; **63**: 762-768.
- 5) 山澤正勝, 戸谷精一, 杉本勝之, 村瀬 誠, 加藤丈雄, 志賀一三. 坐りに及ぼす原料肉水分および pH の影響について. 愛知県食工試年報 1982; **23**: 75-82.
- 6) 船津保浩, 細川 一, 南部正一, 新井健一. スケトウダラ肉糊のゲル形成能とミオシン重鎖の多量化に及ぼすソルビトールの影響. 日本水産学会誌 1993; **59**: 1599-1607.
- 7) 松川雅仁, 平田史生, 木村省二, 新井健一. スケトウダラ坐り一加熱ゲルのゲル物性に及ぼすピロリン酸塩の効果. 日本水産学会誌 1996; **62**: 94-103.
- 8) 山口敦子, 阿部洋一, 石下真人, 鮫島邦彦, 新井健一. 凍結貯蔵中のスケトウダラ冷凍すり身のゲル形成能に及ぼす重合リン酸塩の効果. 日本水産学会誌 2000; **66**: 481-488.
- 9) 北上誠一, 阿部洋一, 村上由里子, 安永廣作, 加藤登, 新井健一. 水産物製品の製造における坐りと戻りの効用. *New Food Industry* 2003; **45**: 24-32.
- 10) 西岡不二男. 冷凍すり身の品質検査基準. 日本水産学会誌 1994; **60**: 282-283.
- 11) 柴 真. 水産物製品の製造. 「水産物製品入門」日本食糧新聞社, 東京. 2002; 126-130.
- 12) 松永明信, 大泉 徹, 山本 敦, 川崎賢一, 水上英一. 魚肉製品製造工程におけるポリリン酸塩の消長. 日本水産学会誌 1990; **56**: 2077-2082.
- 13) 松永明信. 魚肉中のリン酸化化合物及びリン酸塩の分析並びに食品製造工程における挙動に関する研究. 食衛生学 2000; **41**: 267-270.