

### 3魚種から混成したすり身の坐り加熱ゲル形成能

佐藤繁雄\*<sup>1</sup>, 弓削 渉\*<sup>1</sup>, 後藤慶一\*<sup>2</sup>, 故加藤 登\*<sup>3</sup>, 新井健一\*<sup>4</sup>

#### Heat-induced set-gel forming ability of composite surimi made from three species of fish

Shigeo SATO, Wataru YUGE, Keiichi GOTO, the late Noboru KATO, Ken-ichi ARAI

#### Abstract

Heat-induced set-gel forming ability of composite surimi made from three species of fish.

Frozen surimis of walleye pollack (WP), white croaker (WC), yellowback seabream (YS) were defrosted and mixed in different weight ratios; WP:YS:WC were 8:1:1 (H1), 4:2:4 (H2), and 2:2:6 (H3). The composite surimi was ground with 2.5% NaCl, and prepared directly heated (90°C, 30 min) and two-step heated gel (25~45°C, 15~360 min and 90°C, 30 min). The breaking strength (BS) and breaking strain (bs) were measured, and gel stiffness (Gs=BS/bs) was calculated. The preheating-time dependent increase in BS vs Gs plots of two-step heated gel was used for evaluation of heat-induced set-gel forming ability.

Suitable preheating-temperature for inducing the set-gel formation was found to be dependent on the composite ratio of surimis. It was suggested to be around 25 ~ 30°C for H1, 30 ~ 35°C for H2, and 35 ~ 40°C for H3, respectively. Naturally, rheological characteristics of the set-gel were largely dependent on major fish species in composite surimi. The bs value of the set-gel rised in the order of that made from H1>H2>H3 surimi, as compared between the set-gels at an identical value of BS. It was also found that the maximum values of BS and Gs of the set-gel were in direct proportion to the protein concentration in the composite surimi, which fell in the order of that made from H1<H2<H3.

**key word** : Walleye pollack, White croaker, Yellowback seabream, Composite surimi, Heat-induced set-gel forming ability

#### 諸言

ねり製品の原料としてスケトウダラの冷凍すり身が大量に使用されていることは周知の事実であるが、日本近海における漁獲量は減少する傾向にあり、海外で生産される製品を含めてもなお、その需給が充たされない状況になることがありうる。ねり製品は日本における水産加工食品のほぼ31%に相当する重要な動物性タンパク質食品であり、その原料の安定供給を得ることは大切な課題である。一方、スケトウダラ以外の多種にわたる魚種についても冷凍すり身の製造が行われており、ねり製品の製造原料としての適

性に関わる検討が既になされている(志水, 1993; 岡田, 1999; 野口, 1990; 柴, 2003)。著者らも、先に各種の魚類の冷凍すり身について塩ずり後、肉糊の加熱履歴と各種物性パラメーターの関係について比較検討を行った。その結果として、坐り加熱ゲルを形成する望ましい温度はすり身の原料魚種によって異なり、温帯性の魚類の場合は相対的に高温側にあり、寒帯性の魚類の場合はより低温側にあることを示した。また、坐り加熱ゲルの形成に伴って起こる物性パラメーターの増加率を便宜上坐りの強さ(または坐りゲル形成反応の強さ)と仮定し、また、坐り加熱ゲル化反応が十分に進行したときの最大物性値を坐りの大きさ(または坐り効果の大きさ)と仮定して、すり身の原料魚

2015年9月19日受付 2015年10月31日受理

\* 1 (株)紀文食品 商品・技術開発室(〒273-0014 千葉県船橋市高瀬町44)

\* 2 東海大学海洋学部水産学科食品科学専攻(〒424-8610 静岡県静岡市清水区折戸3-20-1)

\* 3 東海大学海洋学部客員教授(〒424-8610 静岡県静岡市清水区折戸3-20-1)

\* 4 元・酪農学園大学酪農学部食品科学科(〒069-8501 北海道江別市文京台緑町583)

種による相違を明らかにした(佐藤ほか, 2014)。これらの諸事実は、一般に、冷凍すり身からねり製品を製造するときに、原料魚種が異なる冷凍すり身を使う場合には、肉糊の加熱条件をその魚種に応じて適切に調節することが必要であることを示唆している。すなわち、スケトウダラの冷凍すり身からねり製品を製造するときに採用している加熱条件をそのまま採用することは必ずしも好ましくないことが明らかである。このような問題は、さらに、原料魚種の異なる冷凍すり身を混成してねり製品原料としたり、或いは、予め異魚種を混成した冷凍すり身からねり製品を製造するようなどきにも考慮しなければならないので、必要な検討課題であると考えられる。

原料魚種の異なる冷凍すり身から調製した塩ずり肉(肉糊)の加熱ゲル形成能については、先に著者らはスケトウダラとパシフィックホワイティングのすり身、およびスケトウダラとホッケのすり身を混成した場合について検討を行い、成果を報じたが(鈴木ほか, 2008; 加藤ほか, 2004)、これらの研究は、坐り加熱ゲルを形成し難い魚種と形成し易い魚種のすり身間で混成し、ゲル化機能改良を意図したものである。本研究は、いずれも坐りゲルを形成する魚類である冷凍すり身(スケトウダラ、レンコダイ、およびシログチ)を混成して、それぞれのすり身のゲル化機能間の協調作用の有無について調べた。すなわち、温帯性の魚類と寒帯性の魚類のすり身を混成した場合、坐り加熱ゲルを形成させるのに適した温度域にどのような影響があるのか、また、坐りゲル形成能は混成したすり身原料の魚種や量比によってどのような影響があるのかを明らかにすることを目的としたものである。スケトウダラの冷凍すり身に比べれば、その他の魚類の冷凍すり身は生産量が少ない上、生産地が世界各地に散在しているため、ねり製品の製造原料として混成して利用する機会が多く、また、魚種によってねり製品のテクスチャー、味、匂いなどにも差があるため、混成利用によって製品の質的な改良を目指すことにもつながると考えられる。

## 実験方法

**試料**：混成のため使用した冷凍すり身の原料魚種は、ス

ケトウダラ(Walleye pollack, *Theragra chalcogramma*)、レンコダイ(Yellowback seabream, *Dentex tumifrons*)、およびシログチ(White croaker, *Pennahia argentata*)であるが、すり身の成分組成とpHはTable 1に示した。また、Table 2に示すような重量比で混成し、加熱ゲル形成能の検討に供した。なお、混成すり身の成分組成とpHはTable 3に示した。

**加熱ゲルの調製**：-30℃に保管した冷凍すり身は前日に5℃の冷蔵庫に移して解凍し、サイレントカッター(花木製作所社製)で細切りした。すり身はそれぞれ単独、またはTable 2に示した重量比で混成した後、NaClを2.5% (w/w) 加えて搗潰した。すり上がりの肉糊の温度は9℃以下になるように調節した。なお、すり身には塩ずり後に15~42% (v/w) の加水を行った。調製した肉糊を折径48mmの塩化ビニリデンチューブに充填し、加熱温度を25~45℃の間の一定温度において15~360分間にわたって予備加熱し、経時的にその一部を取り出し、90℃で30分間本加熱した。これを二段加熱ゲルとし、予備加熱をすることなく、直ちに90℃で30分間加熱したものを直加熱ゲルとした。

**加熱ゲルの物性の測定**：調製した加熱ゲルは、25℃の恒温水槽中に2時間以上保管した後に、直径30mm×高さ25mmの円柱状試験片としてレオメーター((株)サン科学社製, CR-200D)を使用し、直径5mmの球状プランジャーにより、進入速度6 cm/minで破断時における応力と変形を破断強度(BS; g)、破断凹み(bs; mm)として測定した。また、破断時におけるゲル剛性(Gs=BS/bs; g/cm)を算出した。

**二段加熱ゲルのレオロジー的特徴の検討**：原料魚種の異なる冷凍すり身、またはこれらから混成した冷凍すり身が形成する二段加熱ゲルのレオロジー的な特徴を検討した。すなわち、予備加熱に伴って増加する二段加熱ゲルの破断強度(BS)とゲル剛性(Gs)の関係を走査すると、これらの値の間には一定の比例関係が認められるので、この関係を直線で表して図中で比較した。なお、これらの直線を同じ図中で比較することによって形成される二段加熱ゲル

**Table 1** Proximate composition and pH of frozen surimis used for making composite surimi

Frozen surimi (Grade)	Moisture (%)	Protein (%)	pH
Walleye pollack(FA)	78.9	12.8	7.2
Yellowback seabream	77.1	13.6	7.2
White croaker (a) (SA)	78.2	13.9	7.3
White croaker (b) (SA)	80.5	12.4	7.0

FA: Fresh A grade < SA: Special A grade  
(a), (b): Different lots

**Table 2** Composite ratio of surimis

Frozen surimi	Composite ratio		
	H1	H2	H3
Walleye pollack	8	4	2
Yellowback seabream	1	2	2
White croaker	1(a)	4(b)	6(b)

(a), (b): Different lots

**Table 3** Proximate composition and pH of composite surimis

Composite surimi	Moisture (%)	Protein (%)	pH
H1	81.3	11.4	7.2
H2	79.7	12.6	7.1
H3	78.5	13.4	7.1

のレオロジー的特徴を評価する方法については、既に報じた(北上ほか, 2004; 北上ほか, 2005)。

### 実験結果および考察

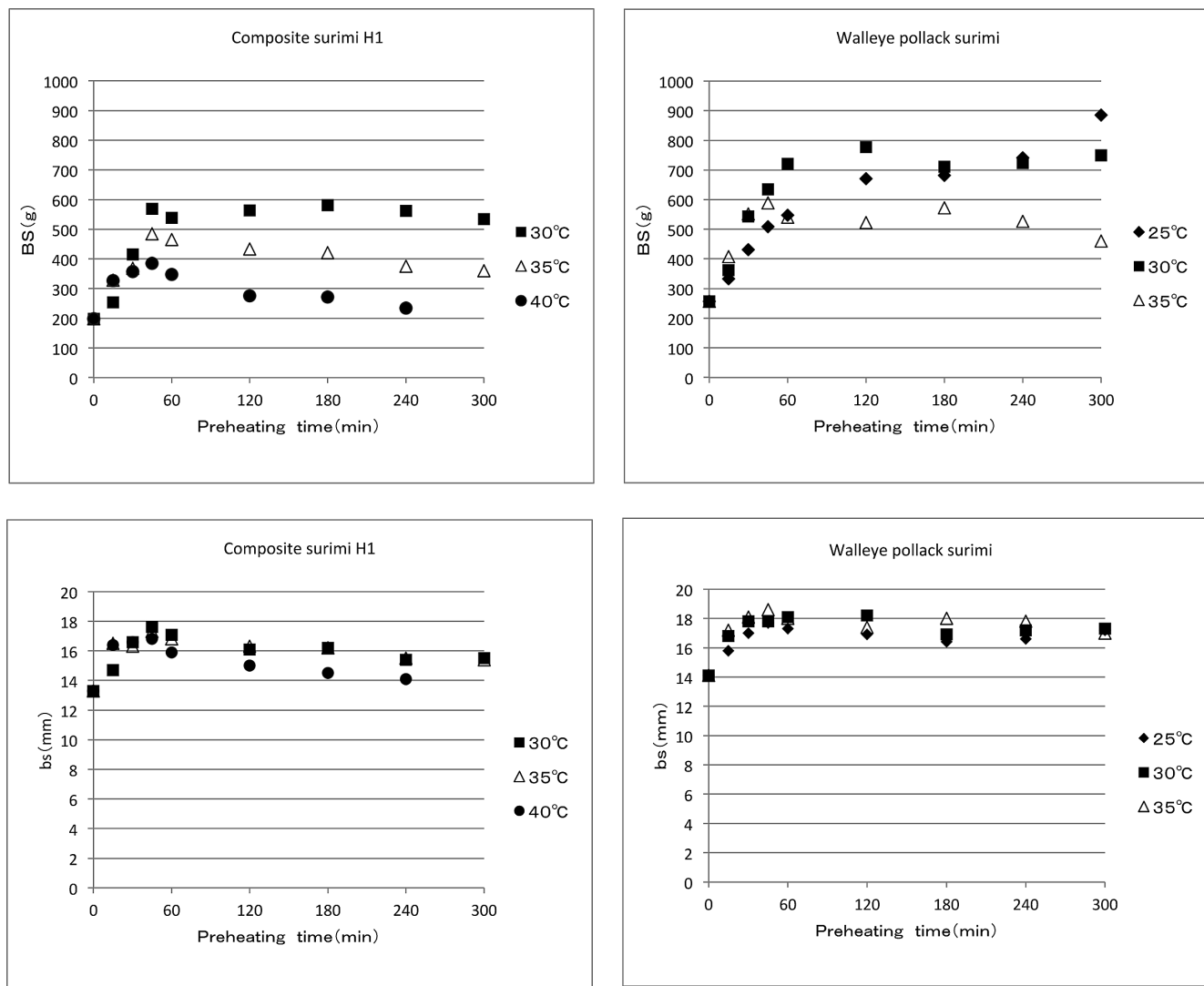
**坐り加熱形成に及ぼす予備加熱温度の影響:** 冷凍すり身が坐り加熱ゲルを形成するとき、原料魚種によって好ましい予備加熱温度域が異なることは既に知られている(福田, 2001; 佐藤ほか, 2014)。すなわち、温帯性の魚類のすり身は相対的に高温域で、また、寒帯性の魚類のすり身は低温域で坐りゲル化反応が進行し易く、そこで二段加熱ゲルの物性値は高いレベルの値に達する。それゆえ、生息水域の温度が異なる魚類のすり身を混成すると、坐り加熱ゲルを形成する予備加熱温度を改めて検討しなければならない。本研究では、Table 2に示した3種の重量比の異なる混成すり身について、坐りゲル形成能に対する予備加熱温度の影響を調べた。結果はFig. 1~3に示した。

これによると、予備加熱に伴う二段加熱ゲルの破断強度(BS)と破断凹み(bs)の経時的な増加は、混成すり身(H1)とスケトウダラ単独のすり身の場合に良く似ており、予備加熱温度が30℃においてほぼ1~2時間後に最大値に達した。また、35℃においては特にBSが高いレベルの値に達することなく、ほぼ30分後には減少する傾向に転じた。なお、25℃では経時的な増加が極めて遅いことはスケトウダラすり身の例から予知される(佐藤ほか, 2014)。これは、おそらく、混成すり身(H1)の80%がスケトウダラのすり身であることに起因しており、残りの20%を占めるシログチとレンコダイのすり身の混在は大きな影響を及ぼしていないことを示している。

次いで、混成すり身(H3)とその主構成成分であるシロ

グチのすり身の予備加熱に伴う二段加熱ゲルの物性値の経時変化を比べた。混成すり身(H3)は(H1)の場合とは異なり、より高温度の35℃においてほぼ2時間後に最大値に達すること、また、40℃ではより速やかに高値に達することが示された。ただし、40℃における二段加熱ゲルの物性の中、特にBSの最大値は35℃での値には及ばず、低い値に留まった。また、シログチのすり身の場合は、予備加熱温度が35℃と40℃において両物性値が速やかに増加し、特にBS値は35℃では2時間後に、40℃ではやや早く1~2時間後に、ほぼ同じ最大値に達することを示した。それゆえ、混成すり身(H3)で、予備加熱温度が40℃の時のBS値がやや低い値に留まるのは、主たる構成成分がシログチすり身ではあるが、その他40%がレンコダイとスケトウダラすり身であることに起因すると考える。レンコダイのすり身の坐りゲル形成能は、スケトウダラのすり身に比べればより高い温度域で起こり易く、その物性値は35℃において1~2時間後に最大値に到達する。ただし、40℃での物性値は35℃の場合ほどの高値には達せず、60分を過ぎると減少傾向に転じて低い値に留まるが、このことはシログチのすり身の場合ほど、高温域では坐りゲル化反応が進まないことを反映している(佐藤ほか, 2014)。したがって、混成すり身(H3)の坐りゲル形成には40℃の予備加熱温度が好ましくないことは当然の結果であると考えられる。

続いて、混成すり身(H2)とシログチのすり身単独の坐りゲル形成能と予備加熱温度との関係をFig. 3に併記した。これによると、予備加熱に伴う二段加熱ゲルのBSとbsの経時変化は、いずれの場合もよく似ており、予備加熱温度が35℃においてほぼ1~2時間後に最大値に達することを示した。ただし、混成すり身(H2)の場合は、40℃で予備加熱したときのBS値は35℃の場合ほどの高い



**Fig. 1** Preheating-time dependent changes in physical properties of two-step heated gel from composite surimi H1 and walleye pollack surimi.

Frozen surimi was thawed and ground with 2.5% NaCl (w/w). The salt-ground meat was preheated at a constant temperature in the ranges between 25-40°C. The breaking strength (BS) and breaking strain (bs) were measured with a rheometer by using a spherical plunger at  $\phi 5$  mm.

Preheating temperatures: 25°C (◆), 30°C (■), 35°C (△), 40°C (●).

Water added to salted paste: 42% (v/w) for composite surimi H1, 30% (v/w) for walleye pollack surimi.

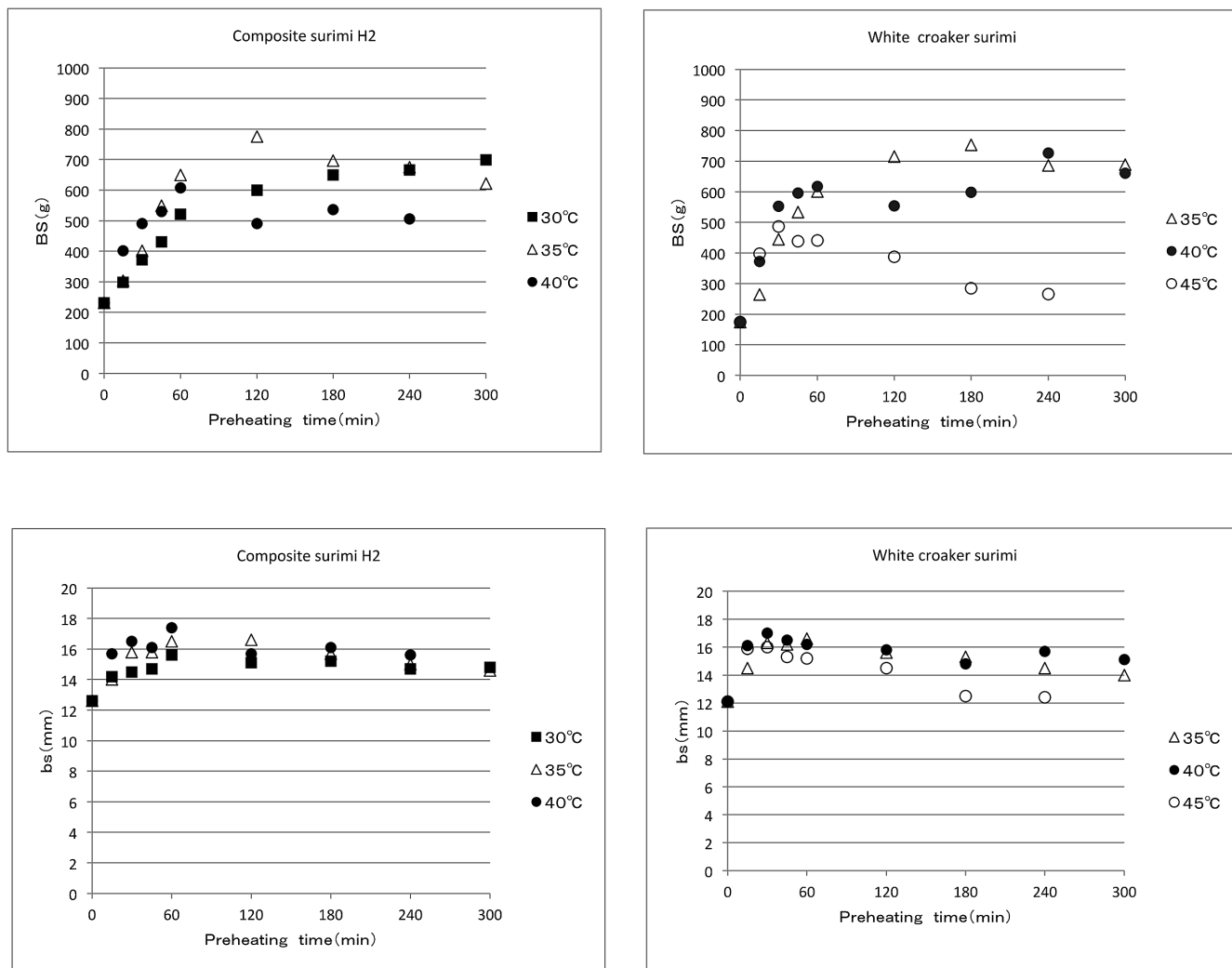
値に達しなかった。すなわち、ほぼ1時間後には増加しなくなり、そのまま低値に留まったが、この点は混成すり身(H3)の場合と全く同じであった。なお、30°Cで予備加熱するときは、BS値は数時間後でもなお増加の傾向が続くことが示されたが、30°CにおけるBSやbs値の増加は、混成すり身(H3)の場合よりもやや速やかに起こる点が僅かに異なっていた。これは、混成すり身中のシログチのすり身が占める割合が減って、代わりに比較的低温度域で坐りゲルを形成するスケトウダラのすり身の占める割合が増えたことが影響したためと思われる。

なお、シログチのすり身単独の坐りゲル形成能を Fig. 2 と Fig. 3の両方に図示したが、この中、前者は坐りゲル形

成の際の混成すり身への加水量が30%、後者は加水量が22%の場合である。両者を比較すると、タンパク質濃度が異なるため加熱ゲルの物性値レベルは両者間でかなり異なるが、両物性値の経時変化と予備加熱温度との関係は、全く同じであることが示された。それゆえ、Fig. 1~3に示した混成すり身3種、原料魚種の異なるすり身3種の坐りゲル形成はすり身に対する加水量が22~42% (v/w)の間でそれぞれ異なるが、これらの相違は以上の結果に関わる評価になんら影響しないことが確かめられた。

**形成される坐り加熱ゲルのレオロジー的な特徴：**坐りゲルが形成される時、予備加熱に伴って増加する二段加熱





**Fig. 2** Preheating-time dependent changes in physical properties of two-step heated gel from composite surimi H2 and white croaker surimi.

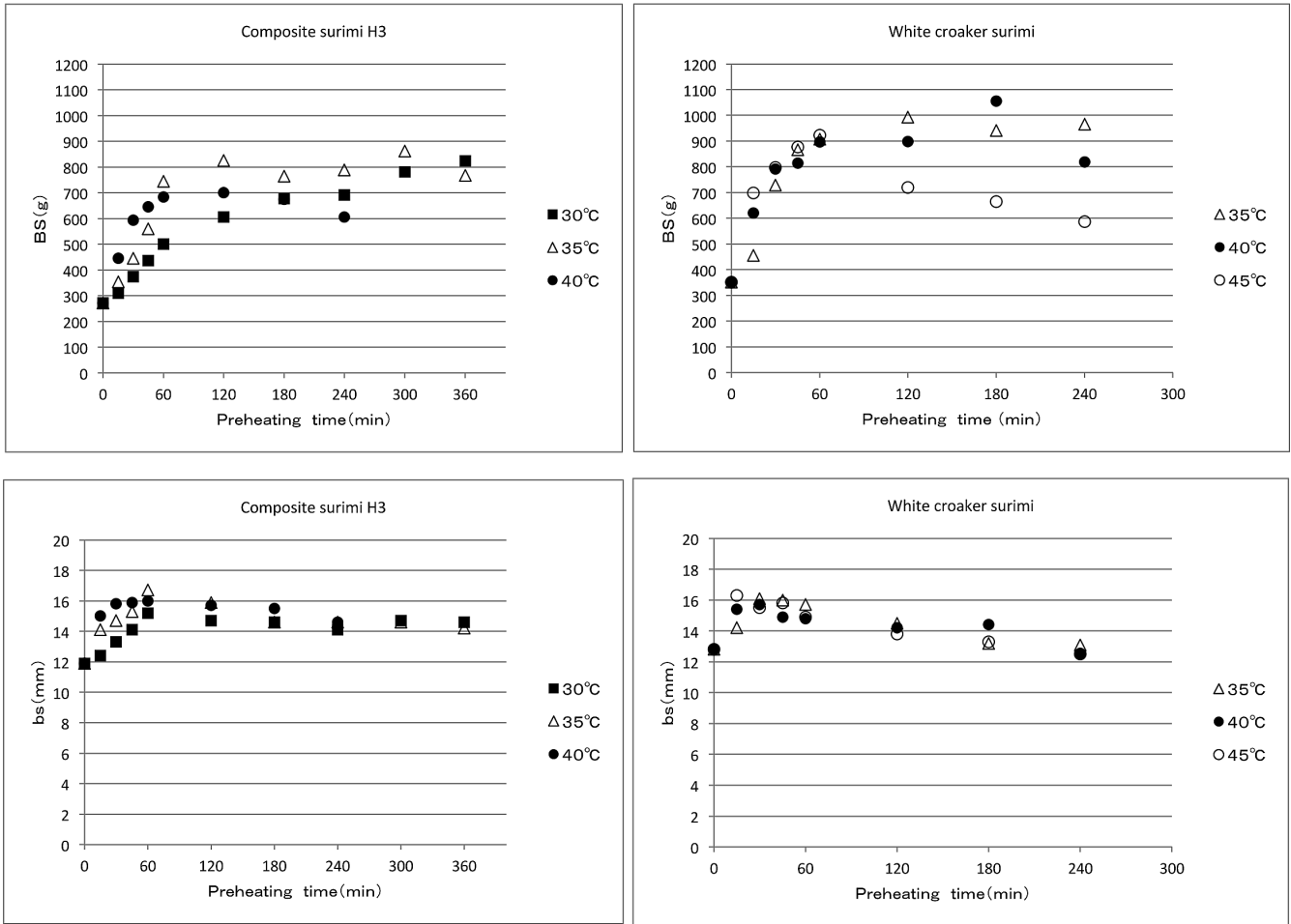
Frozen surimi was thawed and ground with 2.5% NaCl (w/w). The salt-ground meat was preheated at a constant temperature in the ranges between 30-45°C. The breaking strength (BS) and breaking strain (bs) were measured with a rheometer by using a spherical plunger at  $\phi 5$  mm.

Preheating temperatures: 30°C (■), 35°C (△), 40°C (●), 45°C (○).

Water added to salted paste: 30% (v/w) for composite surimi H2, 30% (v/w) for white croaker surimi.

ゲルの物性パラメーターの中、BS値とGs値の間には一定の比例関係があり、一次関数式、 $BS = a \times Gs - b$  (aとbは定数)で表されることが既に知られている(北上ほか, 2004; 北上ほか, 2005; 加藤ほか, 2011)。a値は坐りゲル化の際のBS/bsの増加率に相当するので、著者らは先に坐りの強さ(または坐りゲル形成能の強さ)と見做し比べたが、すり身の原料魚種によって、また、同種の魚種の中でもすり身の品質(等級)によってそれぞれ僅かに異なることを知った。一方、b値は同じすり身原料でも加水量の多少によって(北上ほか, 2005; 加藤ほか, 2011)、また、重合リン酸塩の添加によって変化することを見出した。すなわち、加水によってa値は変わらないが、b値は低値となる傾向を示し、また、重合リン酸塩の添加によ

てもb値は同じように低値となることを見出された(山口ほか, 2000; 加藤ほか, 2012)。そこで、混成すり身(H1)~(H3)についても、坐りゲル形成時の両物性値の動的な変化を調べ、両値の関係を解析した。Fig. 4 (A)は混成すり身(H1)について得られた結果である。混成すり身(H1)はその80%がスケトウダラのすり身から成り、坐りゲルの形成は30°C前後で進行しやすいことは既にFig. 1に示したが、ここでは30と35°Cで予備加熱したときの二段加熱のBSとGsの動的変化を示した。これによると、形成される二段加熱ゲルのBSとGs、両値間の相関関係は予備加熱温度の差に関わりなく同じで、同一の関係直線となることが示された。このような関係は原料魚類が単独のすり身について既に良く知られていることである



**Fig. 3** Preheating-time dependent changes in physical properties of two-step heated gel from composite surimi H3 and white croaker surimi.

Frozen surimi was thawed and ground with 2.5% NaCl (w/w). The salt-ground meat was preheated at a constant temperature in the ranges between 30-45°C. The breaking strength (BS) and breaking strain (bs) were measured with a rheometer by using a spherical plunger at  $\phi 5$  mm.

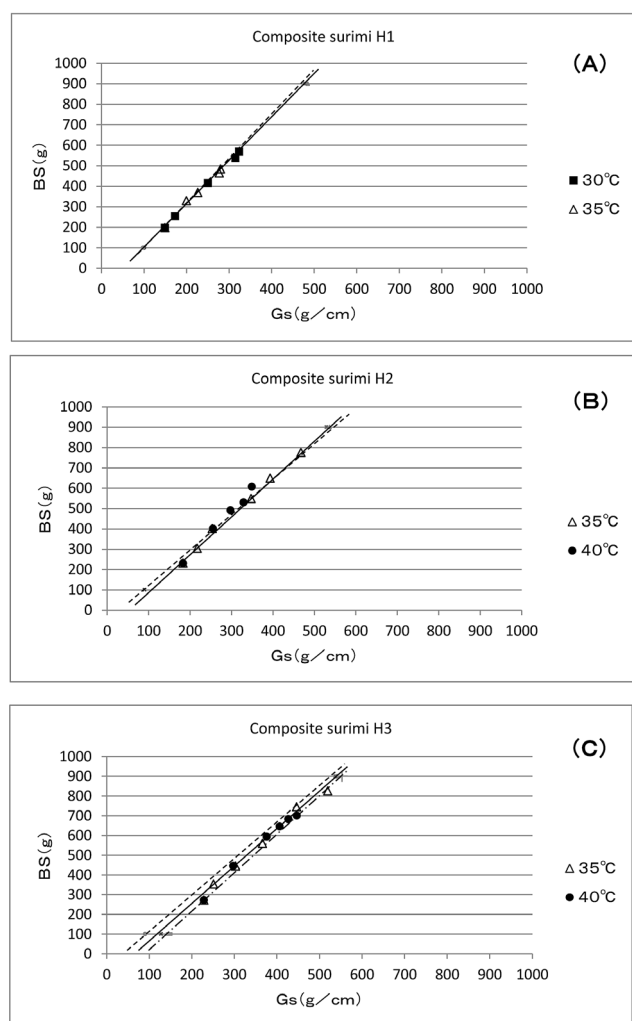
Preheating temperatures: 30°C (■), 35°C (△), 40°C (●), 45°C (○).

Water added to salted paste: 22% (v/w) for composite surimi H3, 15% (v/w) for white croaker surimi.

が、混成すり身においても同様な相関が成り立つことがわかった。また、比較対照するために、スケトウダラ単独のすり身について求めた二段加熱ゲルのBSとGsとの比例関係を同じ図中に併記したが、両値間の関係直線は混成すり身(H1)のそれとほとんど一致することが示された。なお、スケトウダラすり身では、予備加熱温度を25と30°Cにした場合の結果であるが、35°CでもBSとGs、両値の関係プロットは同じ直線上に位置することが既に知られている。この結果は、混成すり身(H1)が形成するすり加熱ゲルのレオロジー的特徴は、BSとGs値の比例関係から見る限り、スケトウダラのそれとほとんど同じであり、混在している20%のレンコダイとシログチのすり身の影響は見られなかった。しかし、Table 4に示したように、混成すり身(H1)に対する加水量が42%であるのに、一方、スケトウダラすり身に対する加水量は30%である。そ

れゆえ、異魚種原料すり身の混在による影響の他に、加水量の多少による影響がこの結果に反映していると考えられる。

次に、混成すり身(H3)について、同様にBSとGsの動的変化を調べた結果をFig. 4 (C)に示した。混成すり身(H3)は、シログチのすり身60%とレンコダイのすり身20%が混在しており、予備加熱温度が35と40°Cにおいて増加するBSとGs、両値間の関係直線をここに示した。また、混成すり身の主構成成分であるシログチ単独のすり身について同様に求めたBSとGsの関係も同図中に示したが、得られた関係直線は混成すり身(H3)のそれに比べて同図中で僅かに右側に位置した。この事実は混成すり身(H3)から形成される二段加熱ゲルのレオロジー的特徴はシログチ単独のすり身から得られるものと僅かに異なるものであり、同じBS値の加熱ゲル間で比べる



**Fig. 4** Preheating-time dependent increases in BS vs Gs plots of two-step heated gels from composite surimis.

The same data shown in Fig. 1-3 are cited for illustrating a linear relation.

- (A) Preheating at 30°C (■) and 35°C (△).  
 Composite surimi H1: a full line.  
 Walleye pollack surimi: a dotted line.
- (B) Preheating at 35°C (△) and 40°C (●).  
 Composite surimi H2: a full line.  
 White croaker surimi: a dotted line.
- (C) Preheating at 35°C (△) and 40°C (●).  
 Composite surimi H3 with 22% water added: a full line.  
 White croaker surimi with 30% water added: a dotted line.  
 White croaker surimi with 15% water added: a broken line.

と、混成すり身 (H3) からのものは Gs が低い値 (すなわち、bs は高値) であることを示している。なお、坐りゲル形成の際の混成すり身に対する加水量は22%であったが、シログチすり身の場合は加水量が15%であるから、この量の相違が影響していることが予期される。そこで、シログチすり身に対する加水量を30%にした場合について、同様に求めた BS と Gs 間の関係直線と比べると、混成すり身 (H3) のそれよりもやや左側に位置することが示さ

れた (Fig. 4 (C) 中に併記した)。それゆえ、上記した予測はおそらく正しいと考えられる。

続いて、混成すり身 (H2) について予備加熱に伴う坐りゲル形成における物性値の動的变化を調べ、結果を Fig. 4 (B) に示した。混成すり身 (H2) はシログチとスケトウダラのすり身がそれぞれ40%で、残りの20%はレンコダイのすり身であるが、坐りゲルを形成し易い予備加熱温度は、混成すり身 (H3) の場合とほとんど同じであるので、予備加熱温度が35と40°Cにおける坐りゲル形成時の BS と Gs、両値の間の関係直線を示した。また、シログチ単独のすり身について、同様に求めた BS と Gs の関係直線も示したが、シログチの関係直線は混成すり身 (H2) のそれとほとんど重なるので、形成される二段加熱ゲルのレオロジー的な特徴は、両坐り加熱ゲル間で極めて良く類似していることが示された。なお、坐りゲル形成時の加水量はいずれの場合も30%であるから、加水量の影響についてはここでは考慮しない。ただし、加水量が同じ30%のスケトウダラ単独のすり身が形成する坐り加熱ゲルと比べると、スケトウダラの坐りゲル形成における BS と Gs 間の関係直線は、混成すり身 (H2) のそれに比べてかなり離れた左側に位置することが示されたので、両坐りゲルのレオロジー的な特徴は明らかに異なることがわかった (ここには図示しない)。

#### 混成すり身から形成される加熱ゲルの物性に影響する各種要因

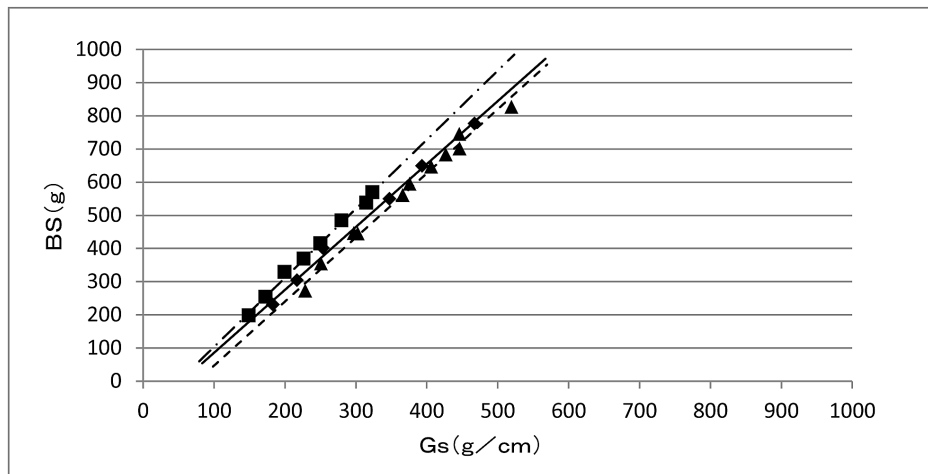
原料魚種の異なる冷凍すり身を種々の組成比で配合した混成すり身について、坐りゲル形成能を、予備加熱に伴って起こる二段加熱ゲルの BS と Gs の動的变化から比較した。すなわち、Fig. 5には、配合組成が異なる3種の混成すり身について求めた坐りゲル形成能の際の BS と Gs の相関を表す関係直線を併せて示したが、これによると、混成すり身 (H3) の示す関係直線は、混成すり身 (H2) の関係直線よりも僅かに右側に位置するように見えるが、ほとんど近い位置にある。また、混成すり身 (H1) の示す関係直線はかなり左側に離れて位置しており、前2者とは明らかに異なった。因みに、関係式は混成すり身 (H1) では、 $BS = 2.08 \times Gs - 107.8$  ( $r^2 = 0.999$ )、混成すり身 (H2) と (H3) では、それぞれ  $BS = 1.90 \times Gs - 103.5$  ( $r^2 = 0.996$ )、 $BS = 1.93 \times Gs - 146.4$  ( $r^2 = 0.989$ ) となった。

混成すり身 (H1) の示す関係式が同図中で他の混成すり身からのそれらに比べて左側に離れているのは、混成すり身中の主要な原料魚種がスケトウダラで、他の二者と相違していることに起因しているが、坐りゲル形成時の加水量の多少も影響を及ぼしている可能性も考えられる。混成すり身の坐り加熱ゲル形成時の加水量は Table 4 に示したように、22~42%の間でそれぞれ異なっているが、これは新規商品を開発するために試作を繰り返して得た結果から設定された配合組成である。なお、同じすり身原料に対して0~150% (v/w) の加水をして坐りゲル形成能を比較

**Table 4** Preparative conditions for heat-induced gel formation and physical parameters of heated gel products with their protein concentration

Composite surimi	Preparative conditions for heat-induced gel			Products					
	Preheating temperature (°C)	Water added to salted paste (%)	Protein concentration (%) <sup>*</sup>	Two-step heated gel			Directly heated gel		
				Maximum values					
				BS (g)	bs (mm)	Gs (g/cm)	BS (g)	bs (mm)	Gs (g/cm)
H1	30	42	8.0	538	17.1	315	178	13.3	149
H2	35	30	9.7	776	16.6	467	231	12.6	183
H3	35	22	11.0	826	15.9	519	272	11.9	229

<sup>\*</sup>Protein concentration was calculated on the basis of protein content in composite surimi and amount of water added into salted meat (paste).



**Fig. 5** Comparison of linear relations between BS vs Gs plots of two-step heated gels formed from composite surimis.

The same data shown in Fig. 4 were referred.

- Composite surimi H1.  
Preheating at 30 and 35°C: a broken line.
- ◆ Composite surimi H2.  
Preheating at 35°C: a full line.
- ▲ Composite surimi H3.  
Preheating at 35 and 40°C: a dotted line.

検討した結果（加藤ほか，2011）によると，加水によって加熱ゲルのタンパク質濃度が低下し，水分量は増加するが，このとき，予備加熱に伴って増加する二段加熱ゲルのBS vs Gsプロット間に成立する関係直線は，水分量の増加に伴って同図中で左側にほぼ平行に移動することが知られている。しかし，すり身に対する加水量が30%と45%の場合には，両直線の位置はかなり近接した（加藤ほか，2011）。また，加水量を30%とした時のスケトウダラとシログチの加熱ゲルが示す関係直線はほとんど合致することも知られている（佐藤ほか，2014）。それゆえ，（H1）から形成された坐り加熱ゲルの関係直線が他の二者と離れて

いるのは，スケトウダラのすり身を主体としているせいであると結論される。また，加水によってタンパク質濃度が変わるときは，形成される加熱ゲルの示す関係直線（ $BS = a \times Gs - b$ ， $a$ と $b$ は定数）の中，坐りの強さ（ $a$ ）は変わらないが，坐りの大きさ（物性の最大値）は著しく変化する事実が既に知られているが（北上ほか，2005；加藤ほか，2011），実際に（H1）から形成される加熱ゲルの物性の最大値は，他の二者と比べてかなり低値に留まった。そこで，混成すり身に加水して調製した加熱ゲルのタンパク質濃度を計算して求めると，Table 4に示すように， $H3 > H2 > H1$ からの製品の順となった。また，水分量（測定



値)はタンパク質濃度と反比例することも示された。そこで、混成すり身が形成した直加熱ゲルと二段加熱ゲルの物性値をここに引用して比べた。これによると、BS及びGs値はタンパク質濃度が高い程、高値となることが明らかであった。それゆえ、混成すり身の調製に当たっては、配合するすり身の原料魚種に配慮するだけでなく、混成後のタンパク質濃度が望ましいレベルになるように計画設定することが必要である。混成すり身は、原料魚種の異なるすり身をそれぞれ別に冷凍貯蔵し、加熱ゲルを製造するに当たって、加水量をも含めてその配合組成を設定して作るが、混成する前の原料魚種の異なるそれぞれのすり身の品質(等級)が、混合後の坐りゲル形成能を定める。本研究においては、坐りゲル形成能(坐りの強さと大きさ)が近似した原料魚種のすり身を使用して混成を試みたが、特に品質上優劣の差がある冷凍すり身を使用する時には、配合組成を工夫することによってすり身原料のより有効な利用ができるようになると思われる。

## 文献

- 岡田 稔 (1999)：主な原料魚，「かまぼこの科学」，成山堂，東京，99-116。  
 加藤 登，及川 寛，安永廣作，矢野 豊，北上誠一，新井健一 (2004)：Pacific whiting とスケトウダラの混合肉糊のゲル化特性と牛血漿粉末の影響，東海大紀要海洋学部「海—自然と文化」，2, 45-53。  
 加藤 登，阿部洋一，安永廣作，中川則和，佐藤繁雄，新井健一 (2011)：加熱ゲル形成能からみたスケトウダラ冷凍すり身の品質に関する研究の展開，東海大紀要海洋学部

- 「海—自然と文化」，9, 1-11。  
 加藤 登，中川則和，佐藤繁雄，國本弥衣，鈴木康宏，奥村知生，齊藤 寛，阿部洋一，新井健一 (2012)：冷凍すり身の加熱ゲル形成の耐凍性に及ぼすソルビトールと重合リン酸塩の協調作用，東海大紀要海洋学部「海—自然と文化」，10, 1-10。  
 北上誠一，村上由里子，小関聡美，阿部洋一，安永廣作，新井健一 (2004)：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，日水誌，70, 354-364。  
 北上誠一，村上由里子，安永廣作，加藤 登，新井健一 (2005)：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，日水誌，71, 957-964。  
 佐藤繁雄，北條健一，弓削 渉，加藤 登，新井健一 (2014)：坐りゲル形成において見られる冷凍すり身の魚種特異性，東海大紀要海洋学部「海—自然と文化」，12, 13-21。  
 柴 眞 (2002)：水産ねり製品の原料，「水産ねり製品入門」，日本食糧新聞社，東京，44-54。  
 志水 寛 (1993)：ねり製品・原料魚，「水産食品学」，恒星社厚生閣，東京，261-265。  
 鈴木 潤，藤井陽介，小関聡美，加藤 登，北上誠一 (2008)：ホッケとスケトウダラおよび混合肉糊から調製した加熱ゲルの品質に対する乾燥卵白の添加効果，東海大紀要海洋学部「海—自然と文化」，6, 27-35。  
 野口 敏 (1990)：魚肉すり身の新展開 原料事情，食品加工技術，10, 55-63。  
 福田 裕 (2001)：原料魚のゲル化特性，「魚介肉構成タンパク質と酵素の役割」，恒星社厚生閣，東京，51-63。  
 山口敦子，阿部洋一，石下真人，鮫島邦彦，新井健一 (2000)：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，日水誌，66, 481-488。

## 要 旨

スケトウダラ (WP)，シログチ (WC)，及びレンコダイ (YS) の冷凍すり身を解凍し，異なる重量比で混成した。すなわち，WP：YS：WC の重量比は 8：1：1 (H1)，4：2：4 (H2) 及び 2：2：6 (H3) とした。混成すり身を 2.5% NaCl と塩ずりし，直加熱ゲル (90℃，30分) と二段加熱ゲル (25～45℃，15～360分後，90℃，30分) を調製し，破断強度 (BS) と破断凹み (bs) を測定し，ゲル剛性 ( $G_s = BS / bs$ ) を算出した。また，坐り加熱ゲル形成能は予備加熱に伴って増加する BS vs  $G_s$  プロットを定量して，評価した。

坐り加熱ゲルを形成する適切な予備加熱温度は，混成すり身の組成に依存しており，H1からの場合は25～30℃，H2からは30～35℃，及びH3からは35～40℃であることが示唆された。形成される加熱ゲルのレオロジーの特徴は，当然，主要な原料魚種に大きく依存し，bs 値はBS 値が同値の加熱ゲル間で比べると，すり身がH1 > H2 > H3からのものの順に高くなった。また，BS と  $G_s$  の最大値は，混成すり身のタンパク質濃度と正比例しており，すり身がH1 < H2 < H3からのものの順に低くなった。

キーワード：スケトウダラすり身，シログチすり身，レンコダイすり身，混成すり身，坐り加熱ゲル形成能