

塩が和風出汁の旨味および香気成分に及ぼす影響

渡邊 義之

近畿大学工学部

概要 昆布や鰹節を用いた和風出汁作りは長年の経験により確立されたものであると言えるが、現在様々な科学的手法により品質改善などのための取り組みがなされている。一般的に出汁作りにはカルシウムおよびマグネシウム濃度の低い低硬度の水が適していると言われるが、体系的な知見は不足している。本研究では、昆布と鰹節から調製される出汁の旨味および香気成分に及ぼす水の硬度の影響について検討した。

昆布 5 g と硬度の異なる 8 種の水 300 mL を 60°C で 1 時間加熱した。昆布を取り除き、総量が 300 mL になるまで水を加えて昆布出汁試料を得た。次に、昆布出汁に鰹節 10 g を加え、85°C で 2 分間加熱した。出汁を濾し、ろ液に水を加えて 300 mL とした鰹出汁試料を調製した。これらの出汁試料の pH、濁度、色調、旨味成分量、アミノ酸組成および香気成分を測定した。

昆布および鰹出汁調製後の pH は、いずれも水の硬度が高いほど高くなる傾向が認められ、出汁の pH の硬度依存性は出汁原料によって異なることが示された。また、一定の硬度以下であれば昆布成分による汚濁の影響は小さく、高硬度になると鰹節の影響が無視できるほどの不溶性成分の溶出が生じることがわかった。鰹節出汁のろ液の明度低下は高硬度で抑えられ、彩度や色差も硬度に強く依存した。昆布出汁中のグルタミン酸は、硬度が高くなるにつれ僅かに低下する傾向が示された。

一方、鰹出汁中のイノシン酸およびグアニル酸濃度は硬度に依存せず、ほぼ一定の値を示した。鰹出汁のアミノ酸組成においては明らかな傾向は観察されなかったが、酸性および塩基性アミノ酸の溶出量は硬度の影響を受けることが示された。SPME 法による出汁揮発成分の分析から、昆布出汁では 4 つの化合物 (3-methylpyridine, 7-octen-4-ol, 2-nonen-1-ol および 1-dodecanol)、鰹出汁では 8 つの化合物 ((*E,E*)-2,4-heptadienal, 3-methylphenol, (*E,Z*)-2,6-nonadienal, azulene, (*E*)-2-octen-1-ol, 4-ethyl-2-methoxyphenol, hexadecanoic acid および tetradecanoic acid) が高い一致率で検出された。

いずれもその検出量に明白な硬度依存性は認められなかったが、一部を除いて概ね硬度の増大とともに面積比が僅かに低下する傾向が示された。出汁の濁度・色調といった外観や pH のような化学的性質は水の硬度の影響を強く受け、さらに旨味および香気成分量も硬度により若干の相違が生じることが明らかとなった。

1. 研究目的

昆布および鰹節を用いて作られた和風出汁は、古くから煮物や汁物など様々な料理に用いられ、日本料理になくはならない存在となっている⁽¹⁾。これらは、料理に関わる職人の長年の経験や感性によって確立されてきたと言えよう。一方で、科学的なアプローチを持って、出汁作りの場で生じた現象の解明に取り組む試みがなされて来

ている。出汁の旨味は、1908 年に池田菊苗によって昆布だしの中から発見されたグルタミン酸⁽²⁾、1913 年に小玉新太郎が鰹節から発見したイノシン酸⁽³⁾、1957 年に国中明が椎茸から発見したグアニル酸⁽³⁾が主な成分とされている。そして、今日においても出汁作りに関わる様々な研究がなされている。例えば、アミノ酸組成による出汁の味質の解析⁽⁴⁾、出汁旨味の官能試験⁽⁵⁾、鰹節および煮干し出汁

中の呈味成分の比較⁽⁶⁾、鰹節、昆布および煮干しにおける組み合わせ素材の呈味成分と食味⁽⁷⁾、また、昆布や鰹節といった原料の産地⁽⁸⁾や等級・種類⁽⁹⁾が出汁のおいしさに及ぼす影響などについても検討されている。また、近年はミネラルウォーターの販売により硬度の異なる水を手軽に入手できるため、水の硬度が料理へ及ぼす影響などにも関心が集まっている⁽¹⁰⁾。日本は原水の約7割が硬度60以下であるため、日本の水は比較的軟水であると言える。一般的に昆布および鰹節を原材料とした和風出汁には硬度の低い水が適していると言われているが、体系的な研究報告は不足しており、特にその香气特性に至っては知見の蓄積が大きく遅れている。そこで本研究では、昆布と鰹節から調製される和風出汁における旨味および香气成分に及ぼす水の硬度の影響について検討することを目的とする。旨味および香气成分は、出汁のおいしさに大きく貢献する因子であるため、いずれの知見も出汁作りにとって重要であると言える。また、同時に水の硬度が出汁の色調や濁度などの外観に及ぼす影響についても検討を進め、嗜好や感覚に寄与する要因を多面的に評価することを試みる。

2. 研究方法

2.1 試料

出汁の調製には、超純水(メルク・ミリポア, Direct-Q, 硬度0 mg/L)、水道水(東広島市, 硬度20.6 mg/L)および市販の水6種(硬度33.1, 40.3, 51.7, 96.1, 312および1,603 mg/L)の計8種の水を用いた。出汁原料には、市販の真昆布および鰹節を使用した。水の硬度測定に使用した0.01 M EDTA・2 NA 滴定液, 28%アンモニア水, エリオクロムブラック T 指示薬, NN 指示薬, 塩化アンモニウム, 塩酸ヒドロキシルアミン, 核酸量の測定に使用したイノシン酸, グアニル酸, イノシン, グアニン, ヒポキサンチン, アミノ酸分析に使用した多くのアミノ酸標品, およびその他の試薬は和光純薬工業より購入した。L-プロリンはペプチド研究所から購入した。

2.2 水の硬度の測定

水の硬度は、キレート滴定法を用いて測定された⁽¹¹⁾。すなわち、水50 mLを100 mL容の三角フラスコに採り、さらに10%(w/v)塩酸ヒドロキシルアミン溶液を1 mL, pH 10の塩化アンモニウム-アンモニア緩衝液を2 mL, エリオクロ

ムブラック T 指示薬を200 μL 加えた。スターラーで溶液を攪拌しながら、ビュレットから0.01 M EDTA 滴定液(f=1.000)を滴下し、溶液の赤みが消え青色となった点を終点とした。これを3回行い、その平均値と第1式から水の硬度を算出した。

$$\text{全硬度 [mg/L]} = 1.001 \times A \times f \times 1000 / 50 \quad (1)$$

ここで、Aは滴定値、fはEDTAのファクターを表す。

2.3 昆布および鰹出汁の調製

ステンレス鍋(内径14 cm, 深さ6 cm)に昆布(約5.5 cm × 5 cm)5 gと各種水300 mLを入れ、カセットコンロを用いて強火で60°Cまで加熱した。水温が60°Cになったら弱火にし、水温を60°Cに保持した。昆布を加えてから1時間後、昆布を取り除き、メスシリンダーを用いて総量が300 mLになるまで水を加えて昆布出汁試料とした。カセットコンロを用いて昆布出汁を85°Cに加熱し、鰹節を10 g 加え85°Cで2分間維持した。その後、キッチンペーパーを被せたステンレス製筥(直径15 cm)で出汁を濾し、ろ液に水を加えてメスシリンダー内で300 mLにメスアップした溶液を流水で冷やし鰹出汁試料とした。

2.4 pH測定

出汁のpHが、pHメーター(堀場製作所, D-72)およびフラット電極(堀場製作所, 0040-10D)にて測定された。測定は3回行い、その平均を測定値とした。

2.5 濁度測定

昆布および鰹節出汁を約15 mL採取し、濁度計(WTW, Turb 430T)を用いて濁度を測定した。測定は3回行い、その平均を測定値とした。

2.6 色差測定

鰹出汁調製後にろ紙にてろ過した鰹出汁15 mLをガラス製の角セル(光路長10 mm × 幅36 mm × 高さ55 mm)に採取し、測色色差計(日本電色工業, NE-2000)を用いて L^* 、 a^* および b^* を測定し、鰹出汁調製前後の差 ΔL^* 、 Δa^* および Δb^* と第2式から ΔE を算出した。

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (2)$$

ここで、 L^* は明度、 a^* は赤色(正值)と緑色(負値)の度合い、 b^* は黄色(正值)と青色(負値)の度合い、 ΔE は色差をそれぞれ示す。各3回の測定を行い、それらの値の平均を測定値とした。

2.7 旨味成分抽出量の測定

昆布出汁中のグルタミン酸濃度の測定には、F-グルタミン酸キット(JK インターナショナル)および分光光度計(波長 492 nm)を使用した。鰹出汁中のイノシン酸、グアニル酸、イノシン、グアノシン、ヒポキサンチンおよびグアニン濃度の測定には、ODS カラム(ケムコ, CHEMCO SORB 300-5C18, 4.6 mmφ×250 mm)および UV 検出器(島津製作所, SPD-10AVP, 波長 260 nm)を装備した高速液体クロマトグラフィー(島津製作所, LC-10ATVP)を用いた⁽¹²⁾。溶離液には 0.5 % (v/v)リン酸水溶液を用い、流量を 0.3 mL/min とした。

2. 8 アミノ酸組成の測定

鰹出汁に含まれるアミノ酸の定量分析には、遊離アミノ酸分析キット(島津ジーエルシー, EZ:faast)および水素炎イオン化検出器を装備したガスクロマトグラフィー(日立製作所, G-3500)を使用した。キャリアーガスにはヘリウムを用い、流量は 1.8 mL/min とした。インジェクションおよびディテクター温度は、それぞれ 280°C および 320°C とした。カラム温度は、80°C から 20°C/min で 320°C まで昇温後、1 分間保持された。

2. 9 香気成分の分析

水 10 mL と昆布または鰹節 0.166 g を褐色バイアルに採り、蓋をして密閉後に固相マイクロ抽出 (SPME) ファイバー(スペルコ, 75 μm Carboxen TM/PDMS) をヘッドスペースに装着し、昆布試料は 66 °C で 1 時間、鰹節試料は 76°C で 30 分間ヒートブロック(タイテック, DTU-1) にて加熱した。香気成分を吸着させたファイバーをガスクロマトグラフ質量分析計(島津製作所, GCMS-QP5000) に装着し、吸着した香気成分の分析を行った。キャピラリーカラム(ジーエルサイエンス, TC-1, 0.25 mmφ×30 m) を使用し、カラム温度は 45°C で 5 分間保持した後、10°C/min で 200°C まで昇温された。キャリアーガスにはヘリウムを用い、流量は 1.5 mL/min とした。また、スプリット比は 15, インジェクション温度は 200°C とした。イオン化室温度は 220°C, イオン化電圧は 70 eV, イオン化電流は 50 μA とした。

3. 研究結果

3. 1 出汁の pH に及ぼす硬度の影響

出汁調製過程の pH の推移と水の硬度との関係を Fig. 1 に示す。いずれの硬度の水でも中性付近であったが、昆布出汁調製後の pH は水の硬度に依存した。すなわち、

硬度が比較的低い水を用いた場合は pH が低下し、その低下の程度は硬度が低いほど大きくなる傾向が示された。一方、硬度が高い水を用いた場合は、出汁調製前よりも pH が增大する現象が観察された。次に、鰹出汁を調製した後の pH はいずれの場合も低下し、低下の程度は硬度が高いほど大きかった。昆布および鰹出汁調製後の pH は、いずれも水の硬度が高いほど高い傾向が確認された。したがって、出汁の pH は水の硬度に依存し、その依存性は出汁原料によって異なることが明らかとなった。このことは、出汁調製時の共存イオンの濃度により、pH に寄与する抽出成分やそれらの量が増えることを示している。

3. 2 濁度と色調に及ぼす硬度の影響

水の硬度と昆布および鰹出汁の濁度との関係を Fig. 2 に示す。いずれも硬度が 96.1 mg/L までは濁度変化が小

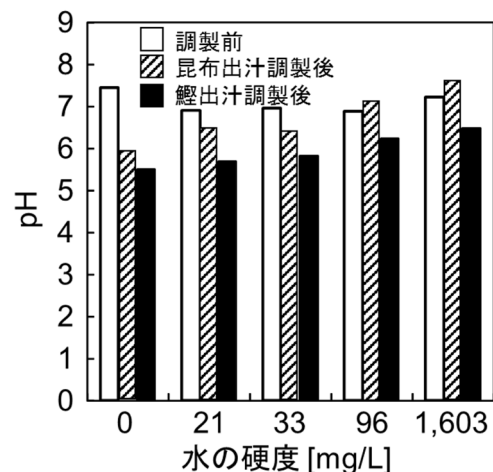


Fig. 1. 出汁調製過程の pH

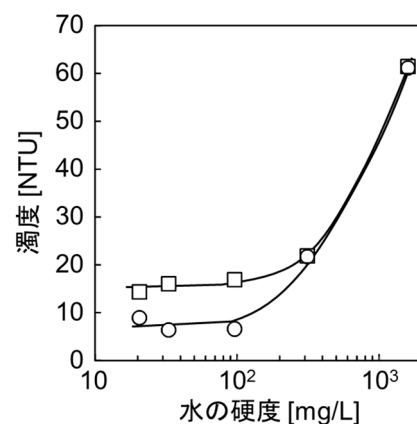


Fig. 2. 出汁の濁度と水の硬度の関係 (○) 昆布出汁, (□) 鰹出汁

さく、硬度が 312 mg/L 以上になると濁度が著しく増大する傾向が観察された。また、硬度が 96.1 mg/L よりも小さい場合は、鰹からの抽出による濁度の増加が示されたが、硬度が 312 mg/L 以上の場合は昆布出汁と鰹出汁の間で濁度の相違が観察されなかった。カルシウムやマグネシウムイオンの濃度が高くなると濁度を大きく増大させる成分の抽出が促されたか、または溶出した成分が高濃度の二価陽イオンにより不溶化するなどして汚濁性を示すようになったことを示すものである。また、これは昆布出汁調製時に生じた現象であることが示された。

次に、汚濁の影響を除くために鰹出汁調製後にろ過を行い、そのろ液の各種色調パラメーターに及ぼす水の硬度の影響について検討した (Fig. 3)。Fig. 3 中の点線は硬度 0 mg/L の場合の値を示す。明度 L^* の鰹出汁調製前後の変化量は、硬度が高いほど小さかった。一方、 a^* および b^* の変化量および色差 ΔE は、硬度が高いほど低下した。汚濁物質を除去して色調測定を行った結果、鰹出汁調製時の明度低下は高濃度二価陽イオンにより抑制されることが示された。さらに、彩度に関するパラメーターである a^* および b^* 値や総括的な指標である色差 ΔE が明確に硬度に依存したことは、鰹節からの成分溶出に共存イオンが大きく寄与したことを示している。

3.3 旨味成分量に及ぼす硬度の影響

昆布出汁中のグルタミン酸および鰹出汁中のイノシン酸、グアニル酸、イノシン、ヒポキサンチンおよびグアニン

濃度を Fig. 4 に示す。昆布出汁中のグルタミン酸は、硬度が高くなるにつれ僅かに低下する傾向が示された。他方、鰹出汁中のイノシン酸およびグアニル酸濃度は硬度に依存せず、ほぼ一定の値を示したが、グアニル酸濃度はイノシン酸に比べ著しく低かった。また、イノシン酸およびグアニル酸を構成する各化合物濃度を併せて測定した結果、いずれも硬度依存性を示さず、旨味成分の分解反応を解析するに至らなかった。グアニル酸を構成するグアニンは検出されなかった。

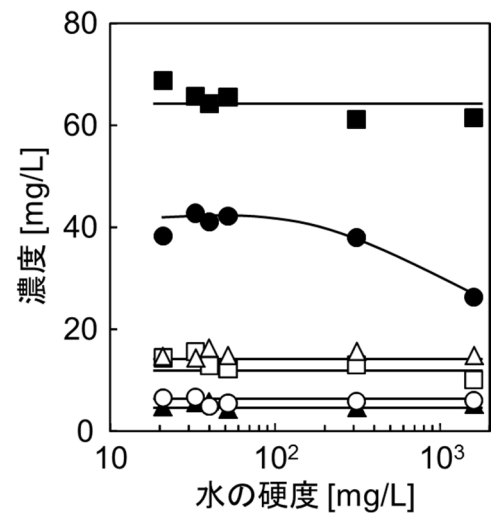


Fig. 4. 出汁旨味成分濃度の水の硬度の影響

(●)グルタミン酸, (■)イノシン酸, (▲)グアニル酸, (○)イノシン, (□)グアニン, (△)ヒポキサンチン

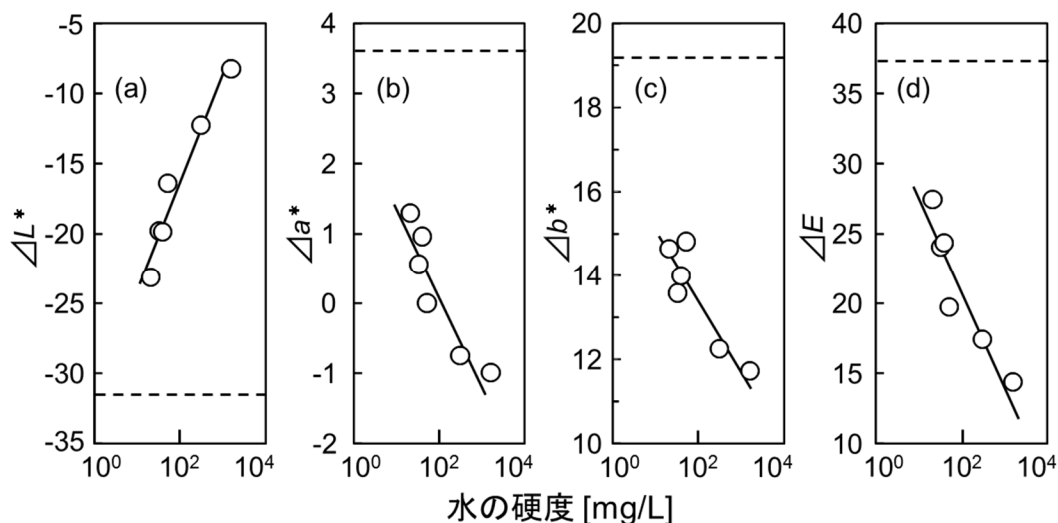


Fig. 3. 出汁の色調に及ぼす水の硬度依存性。点線は硬度 0 mg/L における結果を表す。

鰹出汁中の遊離アミノ酸組成(物質基準)を **Table 1** に示す。水の硬度による抽出アミノ酸組成の明確な傾向は認められなかったが、いずれの硬度においてもグルタミン酸およびアスパラギン酸といった酸性アミノ酸が多く、次に塩基性アミノ酸であるヒスチジンが多いことが確認された。また、グルタミン酸およびアスパラギン酸の量について

は硬度が高くなるほど小さくなり、ヒスチジン量については逆に大きくなる傾向が示された。

3. 4 香気成分に及ぼす硬度の影響

SPME 法により昆布および鰹出汁から検出された成分の中で、GC/MS による構造解析時の一致率が 80%以上の化合物を **Table 2** に示す。表中の面積比は、硬度 33.1

Table 1. 鰹出汁へ溶出したアミノ酸の組成

硬度 [mg/L]	溶出量 [mol %]										
	ALA	SAR	GLY	ABA	VAL	BAIB	LEU	ILE	THR	SER	
21	5.7	0.3	2.8	0.5	2.3	0.6	2.7	1.3	1.7	3.5	
40	7.9	0.4	3.3	0.4	2.7	0.4	3.3	1.5	2.3	3.2	
52	9.3	0.6	4.5	0.8	3.7	1.1	4.5	2.2	2.7	4.5	
1603	8.8	0.7	4.4	1.4	3.2	0.9	4.2	2.3	3.2	4.8	
	PRO	ASN	TPR	ASP	MET	GLU	PHE	LYS	HIS	TYR	
21	0.5	1.6	0.8	29.4	0.7	35.2	1.5	1.1	4.5	3.1	
40	0.7	5.1	1.4	20.2	1.1	29.9	1.9	1.4	8.8	4.1	
52	0.6	1.3	2.2	15.0	1.1	29.7	2.2	2.1	7.9	4.1	
1603	1.9	1.7	2.3	13.4	1.3	26.0	2.4	2.0	11.8	3.1	

Table 2. 昆布および鰹出汁の香気成分と水の硬度の関係

硬度 [mg/L]	昆布出汁成分とピーク面積比 ^{a)}			
	7-Octen-4-ol	2-Nonen-1-ol	1-Dodecanol	3-Methylpyridine
21	1.04	1.01	1.29	1.16
33	1.00	1.00	1.00	1.00
96	1.50	0.78		
312	1.01		0.88	2.68
1603		0.57		1.00
硬度 [mg/L]	鰹出汁成分とピーク面積比 ^{a)}			
	(E,E)-2,4-Heptadienal	(E,Z)-2,6-Nonadienal	(E)-2-Octen-1-ol	4-Ethyl-2-methoxyphenol
21	1.18	1.23	1.18	1.34
33	1.00	1.00	1.00	1.00
96	0.95	1.07	1.04	1.12
312	0.78	0.93	0.95	1.00
1603	0.82	0.97	0.77	0.96
	Hexadecanoic acid	Tetradecanoic acid	3-Methylphenol	Azulene
21		1.45	0.86	1.10
33	1.00	1.00	1.00	1.00
96	1.59	1.15	1.18	1.18
312	0.96		0.88	0.99
1603			0.72	0.83

a) 硬度33 mg/Lでの試料のGC/MSピーク面積を1とした面積比

mg/L の試料において測定されたピーク面積を基準にしたピーク面積の比を表す。昆布出汁では4つの化合物 (7-octen-4-ol, 2-nonen-1-ol, 1-dodecanol および 3-methylpyridine), 鰹出汁では8つの化合物 ((*E,E*)-2,4-heptadienal, (*E,Z*)-2,6-nonadienal, (*E*)-2-octen-1-ol, 4-ethyl-2-methoxyphenol, 3-methylphenol, hexadecanoic acid, tetradecanoic acid および azulene) が検出され、昆布からはアルコール類が、鰹節からはアルデヒド類、アルコール類およびカルボン酸類が主に同定された。いずれもその検出量に強い硬度依存性は認められなかったが、一部を除いて概ね硬度の増大とともに面積比が僅かに低下する傾向が示された。

4. 考察

水の硬度が高い場合、昆布出汁の調製時に昆布から溶出したアルギン酸がカルシウムイオンと結合して不溶性化合物となり灰汁を形成することが報告されている⁽¹³⁾。昆布出汁の pH の硬度依存性は、このことが影響している可能性があると考えられる。また、鰹出汁における高硬度での pH 低下については、有機酸などの酸性化合物の溶出量が増大したことが推察される。出汁の濁度変化については、前述の不溶性多糖の生成が寄与していると考えられる。水の硬度による煮汁の濁度変化においても同様な現象が報告されている⁽¹⁴⁾。本実験における昆布と水の使用量では、少なくとも硬度が 96.1 mg/L 以下であれば昆布成分による汚濁の影響は小さく、312 mg/L 以上になると鰹節の影響が無視できるほどの不溶性成分の溶出が起こることがわかった。鰹節出汁のろ液の明度低下が高硬度で抑えられたのも、多量のカルシウムイオンなどにより一部の多糖類成分が灰汁としてろ過により除かれたために出汁が薄まったことが原因と考えられる。着色成分の実態を示すことはできないが、色調変化の結果からこれらの溶出量が硬度に依存することが示唆された。旨味成分の溶出については、昆布からのグルタミン酸量が高硬度で僅かに低下したが、鰹節からのイノシン酸およびグアニル酸の溶出量は硬度の影響を受けなかった。高い硬度でのグルタミン酸溶出量の減少についても、酸性多糖類の不溶化の影響があるのかも知れない。アミノ酸組成においては明白な傾向が観察されなかったが、酸性および塩基性アミノ酸の溶出量は硬度の影響を受けることが示された。本試

験において合計 12 の揮発性化合物が同定され、これらの中には明らかな香気性を示すものがあり、特に昆布出汁の 2-Nonen-1-ol と鰹出汁の (*E,E*)-2,4-Heptadienal は、既報にてそれぞれ昆布および鰹節の香気成分として挙げられている^(15, 16)。以上の結果から、出汁の濁度・色調といった外観や pH のような化学的性質は水の硬度の影響を強く受け、さらに旨味および香気成分も硬度により若干の相違が生じることがわかった。昆布および鰹節を用いた出汁作りにおいて硬度の低い水が適しているという通説は、特に濁度や香気成分量の観点からは正しいと言えよう。

5. 今後の課題

検出された揮発成分の香気特性を、オルファクトメーターを装備したガスクロマトグラフ GC/O などを利用して明確にすることが挙げられる。また、香気成分の硬度依存性については、SPME 法でのファイバーの吸着容量が不足して、揮発成分がファイバー上で飽和状態となり蒸散量の相違が十分に確認できなかった可能性がある。したがって、香気成分分析条件を定量の観点から見直す必要があるかも知れない。そして、水の硬度が実際に出汁の食味にどの程度寄与するかを官能試験により検証する必要があると考えられる。

謝辞

本研究を行うにあたり、真昆布および鰹節を提供いただいた(株)潮家に深く感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 畑江敬子, 脇田美佳, 宮後恵美, 佐藤由紀, 島田淳子: 日本食品工業学会誌, **41**(11), 755-762 (1994).
- 2) 木村毅: Ajico News 食と健康の情報誌, **199**, 21-26 (2000).
- 3) 都甲潔: “味覚を科学する”, (2002), (角川書店).
- 4) 今井美子, 土田康晴, 渡辺毅巳: FFI ジャーナル, **217**(1), 30-37 (2012).
- 5) 河合美佐子: Ajico News 食と健康の情報誌, **209**, 1-6 (2003).
- 6) 山崎吉郎: 日本家政学会誌, **45**(1), 41-45 (1994).
- 7) 柴田圭子, 渡邊容子, 安原安代: 日本調理科学会誌, **5**, 304-321 (2008).

- 8) 前川隆嗣, 甘庶志帆乃, 石盛嘉浩, 榎原周平, 渡邊敏明: *Trance Nutrients Research* 微量栄養素研究, **24**, 191-197 (2007).
- 9) 松本仲子, 甲田道子, 菅原龍幸: *日本調理科学会誌*, **24**(3), 204-208 (1991).
- 10) 小川宣子: 飯島記念食品科学振興財団年報, **2000**, 111-115 (2002).
- 11) 上野景平: “キレート滴定法”, (1988), (南江堂).
- 12) 松下至: 岡山学院大学・岡山短期大学紀要, **28**, 29-33 (2005).
- 13) 奥嶋佐知子, 高橋敦子: *日本家政学会誌*, **60**(11), 957-967 (2009).
- 14) 鈴木弘子, 石田裕: *日本調理科学会誌*, **46**(3), 161-169 (2013).
- 15) 成瀬宇平, 角田文, 加藤真理, 秋田正治, 村松啓義: 鎌倉女子大学紀要, **10**, 141-145 (2003).
- 16) 鈴木敏博, 本杉正義: *日本食品工学会誌*, **43**, 29-35 (1996).

Effect of Salt on Umami and Flavor Components in Dashi from Kelp and Dried Bonito

Yoshiyuki Watanabe

Kindai University

Summary

The preparation of Dashi soup is a traditional Japanese process established over a long period of time by experienced craftsmen. Recent scientific studies have been used to improve Dashi quality and investigate phenomena occurring during the preparation. However, there is little information about the extraction of umami components, particularly for the production of flavor components, even though it is known that the components contribute to the palatability of Dashi. This study examines the effect of water hardness, defined as the total concentration of calcium and magnesium ions, on umami and flavor components in Dashi soup prepared by kelp and dried bonito.

To prepare Dashi, this study used commercial and tap waters of different hardness levels, as measured by a chelatometric titration. Five grams of kelp was heated at 60°C in 300 mL of each type of water for 1 h; the kelp was then removed, and the same type of water was added to bring the kelp-Dashi sample to a volume of 300 mL. Then, 10 g of dried bonito was added to the sample, and the mixture was heated at 85°C for 2 min to obtain the bonito-Dashi sample. The color difference, turbidity, and pH of these samples were measured, and the umami and flavor components in the samples were analyzed by HPLC and GC/MS.

We found that the color difference for bonito-Dashi samples decreased with increasing water hardness and that the turbidity of the samples rapidly increased at more than a specific hardness. Glutamic acid amounts in bonito-Dashi samples decreased marginally with increases in water hardness, whereas the extracted amounts of inosinic and guanylic acids remained unchanged. The levels of acidic amino acids, such as glutamic and aspartic acids, were the highest in bonito-Dashi samples, although the amount of most of extracted amino acids did not depend on water hardness. Using SPME analysis, four compounds in kelp-Dashi samples and eight compounds in bonito-Dashi samples were identified as volatile components. The chromatograms showed a weak dependence of the peak area of these compounds on water hardness. Accordingly, it was concluded that water hardness affected significantly the appearance of the Dashi but not so much the amounts of umami and other flavor components.