

ノート

焙焼温度と時間が焼海苔の品質に及ぼす影響

永木 利幸*1

Effect of heating temperature and heating time on the quality of Roasted Laver “Yaki-Nori”

Toshiyuki NAGAKI*1

キーワード：焼海苔，焙焼温度，焙焼時間，水分，色調，遊離アミノ酸

東日本大震災以降，宮城県では，6次産業化や産地直売など，生産者が消費者に直接販売する機会が増加している。また，養殖漁場を消費者に見学させたり，IT機器を活用して漁業の現場を画像や動画を配信したり，若い漁業者が学校で食育の講師をするなどの取組が広まりつつある。

県内各浜で海苔を養殖する漁業者の中にも，「乾海苔まで加工して漁協の共販に出すだけ」ではない取組が広まりつつある。自ら生産した乾海苔を焼海苔にまで加工し，消費者に直接販売するための商品を幅広く入手することができたため，前回は，焼海苔に含まれる遊離アミノ酸を中心に定量結果を報告した（永木・須藤 1）。この中で，焙焼し過ぎのために遊離アミノ酸が著しく減少したと考えられる商品も見られ，焙焼条件は焼海苔加工を専門に行う委託業者に任せっきりの生産者が多いということもわかった。

今回は，焼海苔のより良い焙焼条件を探るために，焙焼時間と温度を変化させて遊離アミノ酸含有量，色調等の変化を定量したので報告する。

材料と方法

平成27年1月26日に宮城県七ヶ浜町の漁場で摘採された「冷凍一番摘み」の原藻から製造された同一ロットの乾海苔10帖を生産者から入手した。

乾海苔に含まれる水分は一般的には8~10%程度であるが，「火入」と呼ばれる二次乾燥処理を行い，3~4%

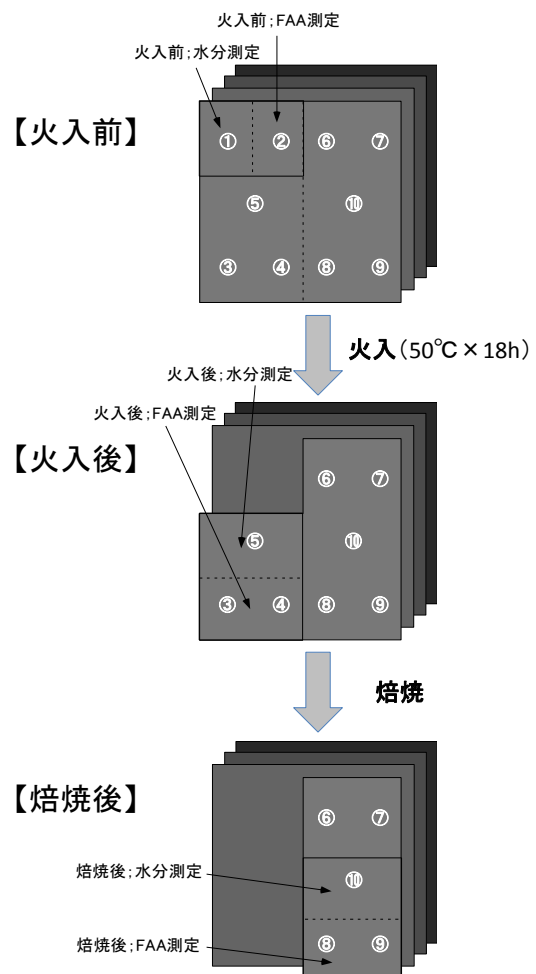


図1 乾海苔焙焼試験の手順

図中の丸数字は，分光測色計による測定位置を示す。

*1水産技術総合センター

程度にまで水分を落としてから焙焼される（日本食品標準成分表²⁾、木村ら³⁾、岩城ら⁴⁾）。このことを踏まえ、①火入前の乾海苔、②火入後の乾海苔、③焙焼後の焼海苔の3段階について、水分、色調、遊離アミノ酸（以下「FAA」という。）を測定した（図1）。

乾海苔は、低温インキュベーター(yamato;IJ101W)を用いて50℃で18時間の処理を行うことで火入処理を行った。また、ホットプレート(AS ONE; EHP-400N)上に厚さ約2mmのガラス板を置き、デジタル温度計(AS ONE; WT-100)で各試験区の温度に達したことを確認してから、ホットプレートとガラス板の間に火入後の乾海苔1枚を挿入することで焙焼処理を行った。

焙焼条件は、温度・時間を変化させて18通りの試験区を設定した(表1)。焙焼試験は、各試験区とも1回ずつ行った。また、180℃、200℃では、20秒の焙焼で明らかに焼き過ぎであることが認められたため、それ以上の試験は行わなかった。

表1 焙焼条件

○：試験区を設定，－：試験区の設定なし

時間 温度	5秒	10秒	15秒	20秒	30秒
140℃	○	○	○	○	○
160℃	○	○	○	○	○
180℃	○	○	○	○	－
200℃	○	○	○	○	－

1 水分

水分は、ハロゲン水分計(メトラートレド;HR73)を用い、105℃・15分の設定で自動測定した。1回の水分測定には、約0.32g(0.262~0.380g)の試料を使用した。

2 色調

分光測色計(コニカミノルタ;CM600d)を用い、海苔の分光反射率およびL*a*b*表色系のL*値、a*値、b*値を測定した。分光反射率については、波長400~700nmの範囲で、10nm毎のデータを得た。なお、測定結果が、実験台の反射光の影響を受けないよう、4枚の海苔を重ねた状態で測定を行った。

測定位置は、図1の丸数字の部分とした。すなわち、火入前の乾海苔で10測点、火入後の乾海苔で8測点、焙焼後の焼海苔で5測点とした。

3 FAA

試料の前処理は、H. Noda⁵⁾の方法に準じた。試料を約0.3g精秤・粉碎し、永木・須藤¹⁾に記載の手順でHPLC分析用試料を作成した。

アミノ酸の誘導体化は、Agilent 1260 Infinity オートサンプラーの自動プレカラム誘導体化機能を用いた。OPAで1級アミノ酸を誘導体化した後、逆相カラムで分離し、フォトダイオードアレイ検出器および蛍光検出器を用いて定量した。

表2 FAA 測定時の HPLC の設定

カラム	Agilent Poroshell 120 EC-C18 (3.0×100 mm 2.7 μm)
カラム温度	40℃
移動相	グラジエント分析 A) 20 mM Na ₂ HPO ₄ (pH 7.6) B) アセトニトリル/メタノール/水 (5:5:1)
移動相流量	0.85 mL/min
検出器	DAD Sig 338.0 nm ; 10 nm , Ref 390 nm ; 20 nm FLD Ex 230 nm , Em 450 nm

市販スタンダードを用いた絶対検量線法により、アラニン(Ala)、アルギニン(Arg)、アスパラギン酸(Asp)、グルタミン酸(Glu)、グリシン(Gly)、ヒスチジン(His)、イソロイシン(Ile)、ロイシン(Leu)、リシン(Lys)、メチオニン(Met)、フェニルアラニン(Phe)、セリン(Ser)、スレオニン(Thr)、チロシン(Tyr)、バリン(Val)、およびタウリン(Tau)を定量した。

結果

1 水分

火入前の乾海苔の水分は約8%であった。火入処理を行った乾海苔は、水分が約4%にまで減少した。火入後の乾海苔を焙焼した結果を図2、表3に示す。

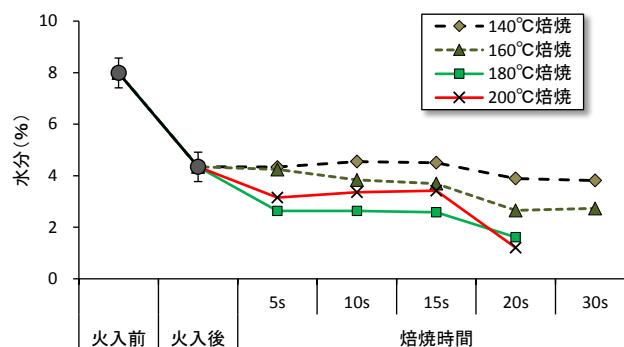


図2 火入前・後と焙焼後の水分

火入前：n=3，火入後：n=18，焙焼後：n=1

140°C試験区では、30秒焙焼してもほとんど変化が見られなかった。また、160°C試験区では、水分3%に達するまで20秒を要した。

180°C試験区および200°C試験区では、5秒の焙焼で一般的な焼海苔の水分に近い約3%にまで減少し、20秒で1%台になった。

2 色調

火入前、火入後の乾海苔の分光反射率を図3に示す。L*値はやや増大し、色調が明るくなったが、スペクトルには大きな変化は見られなかった。

火入後の乾海苔を焙焼したところ、焙焼温度および焙焼時間による色調の変化に差が見られた(図4)。

L*値は、5秒の焙焼により、180°C試験区・200°C試験区の値が140°C試験区・160°C試験区よりも大きくなった。また、焙焼時間が長くなると、焙焼温度が高い試験区ほどL*値が高くなる傾向、すなわち海苔色が明るくなる傾向が認められた。

a*値は、140°Cで30秒焙焼してもほとんど変化が認められなかった。これに対して160°C試験区・180°C試験区・200°C試験区では、長時間の焙焼によりa*値が減少した。5秒の焙焼により、140°C試験区・160°C試験区よりも180°C試験区・200°C試験区でa*値が小さくなり、肉眼でも認識できるほど顕著な緑変が認められた。

b*値は、10秒まで各試験区間での有意差は認められなかったが、15秒、20秒の焙焼により160°C試験区・180°C試験区・200°C試験区の数値が増大した。

3 FAA

火入前、火入後、焙焼後の各ステージにおけるFAA等の含有量を表3に示す。

本試験に用いた乾海苔には、既報と同様、Ala, Tau, Glu, Asp酸が多く含まれていた。

各ステージの海苔の水分が異なるため、乾燥重量ベースで、火入後の数値を「100」とした相対値に換算してFAA等の含有量を比較したところ(図5)、火入前・後では、各成分とも変化は見られなかった。

140°C試験区・160°C試験区では、焙焼により若干の増減は見られたものの各成分の含有量はほぼ一定で、焙焼温度・時間による顕著な増減は確認できなかった。

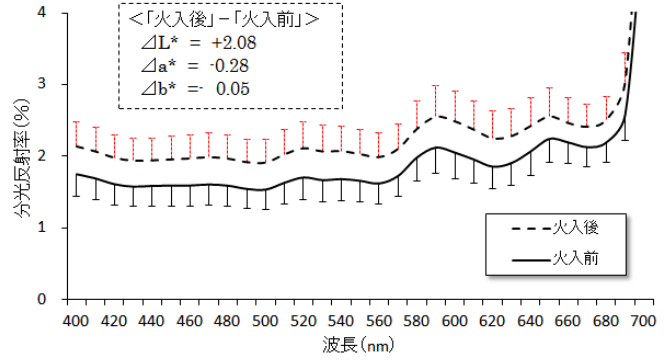


図3 火入前・後の乾海苔の分光反射率スペクトル
火入前の乾海苔 (n=60) と火入後の乾海苔 (n=144) の10nm 毎の分光反射率の平均値。
エラーバーは標準偏差を示す。

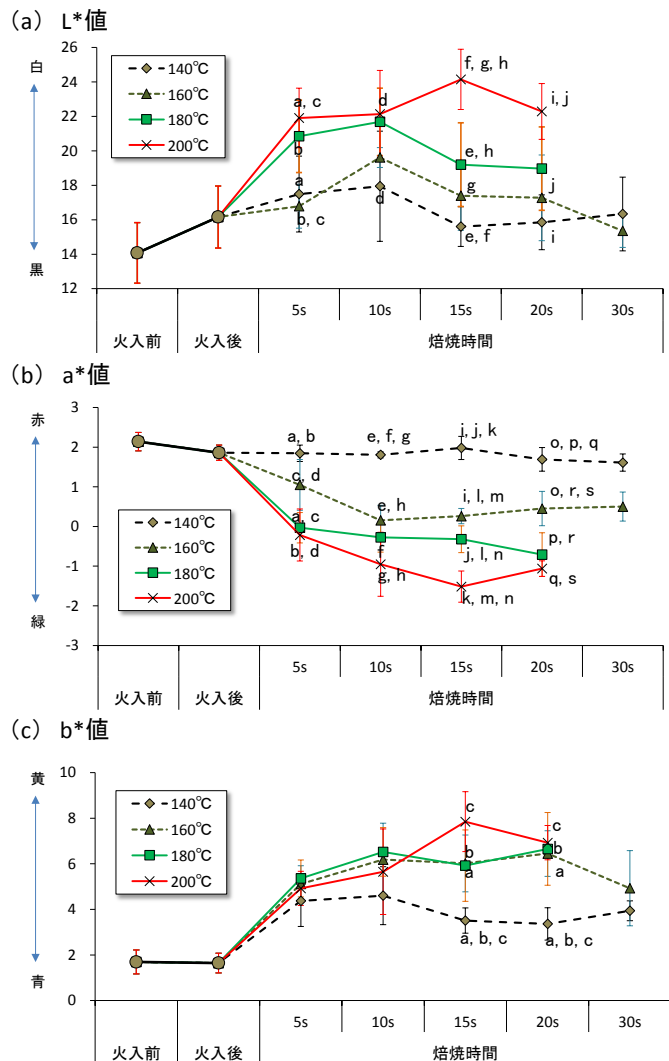


図4 焙焼による海苔の色調の変化
焙焼時間によるL*値、a*値、b*値の推移を示す。
図中のアルファベットは、有意差のあることを示す。
火入前：n=60、火入後：n=144、焙焼後：n=5
(p<0.05; Tukey-Kramer 多重比較)

表3 火入前, 火入後, 焙焼後の海苔の水分と FAA 等含有量

火入前, 火入後のサンプル数は, それぞれ3サンプル, 18サンプルで, 平均値および標準偏差を示す。
焙焼後のサンプル数は, 各試験区とも1サンプルの測定結果を示す。

	火入前		火入後		焙焼後(各n=1)																		
	(n=3)		(n=18)		140°C					160°C					180°C				200°C				
	平均値	SD	平均値	SD	5s	10s	15s	20s	30s	5s	10s	15s	20s	30s	5s	10s	15s	20s	5s	10s	15s	20s	
水分(%)	7.99	0.58	4.34	0.57	4.33	4.55	4.50	3.89	3.81	4.24	3.83	3.69	2.65	2.73	2.63	2.63	2.58	1.61	3.15	3.36	3.42	1.21	
FAA等(mg/100g)																							
Ile	46	4	41	10	37	41	38	36	36	44	46	49	0	38	44	45	42	36	38	38	51	40	
Leu	34	1	37	1	36	36	37	34	35	40	38	35	36	37	36	32	35	29	32	30	30	35	
Lys	17	0	43	39	25	25	27	78	84	66	57	16	121	0	13	0	13	0	13	14	14	82	
Met	55	4	49	18	54	53	59	50	0	59	57	56	51	53	55	54	52	48	52	50	54	0	
Phe	26	6	49	41	21	21	22	84	86	24	29	22	85	146	21	20	20	127	20	19	25	84	
Tyr	46	46	57	37	22	20	20	60	58	24	18	117	98	62	94	105	16	65	21	15	99	70	
Thr	31	3	62	45	32	32	31	25	80	34	34	40	139	28	38	40	36	91	33	31	32	93	
Val	52	6	53	18	43	60	51	34	77	57	49	73	63	34	52	61	48	37	42	40	62	40	
His	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	31	49	0	0	50	0	46	0	36	32	0	0	
Arg	5	9	8	9	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	
Ala	1,858	74	1,959	60	1,936	1,939	1,932	1,855	1,946	1,962	1,942	1,942	1,961	2,043	2,024	1,975	1,801	1,895	1,831	1,759	1,856	1,882	
Asp	210	13	224	31	239	275	254	185	184	272	266	243	172	218	252	241	279	319	224	219	244	382	
Glu	971	29	1,013	35	999	946	969	965	984	969	956	938	962	946	947	798	800	698	829	654	383	587	
Gly	31	21	43	15	20	54	19	50	46	19	20	55	0	18	25	25	22	34	31	20	23	0	
Ser	21	2	19	11	24	26	25	23	21	25	25	25	0	23	25	24	24	23	21	21	22	0	
Tau	1,657	62	1,685	78	1,688	1,688	1,674	1,490	1,511	1,731	1,700	1,668	1,554	1,643	1,748	1,657	1,580	1,550	1,598	1,525	1,612	1,583	
合計 (Tau除く)	3,403	72	3,656	145	3,490	3,526	3,499	3,480	3,637	3,624	3,569	3,660	3,688	3,645	3,673	3,420	3,233	3,403	3,225	2,960	2,895	3,296	

Alaについては, 180°C試験区は, 140°C試験区・160°C試験区と同様に推移した。200°C試験区では, 5秒の焙焼で元の乾海苔に含まれていた量の90%程度に減少した。

Aspについては, 180°C試験区・200°C試験区で, 20秒の焙焼により, それぞれ1.8倍, 1.5倍増加した。

Gluについては, 180°C試験区で, 5秒の焙焼では140°C試験区・160°C試験区とほとんど差はなかったが, 10秒以上の焙焼で減少が顕著であった。200°C試験区では, 5秒の焙焼で減少が顕著で, 15秒の焙焼では元の乾海苔に含まれていた量の40%以下に減少した。

Tauについては, 180°C試験区では, 140°C試験区・160°C試験区と同様に推移した。200°C試験区では, 5秒の焙焼で元の乾海苔に含まれていた量の85%前後にまで減少した。

考察

今回の試験では, ①保存性の観点から見た一般的な焼海苔と同程度の水分, ②焼海苔に不可欠な鮮やかな緑色, ③焼海苔の味を左右する遊離アミノ酸, 特に旨味成分として重要なGluの量, ④できるだけ短時間の焙焼という4つの条件をバランス良く満たすことができた焙焼条件は, 「180°Cで5秒間」という結果であった。

本試験では, 焙焼条件のコントロールを容易にする

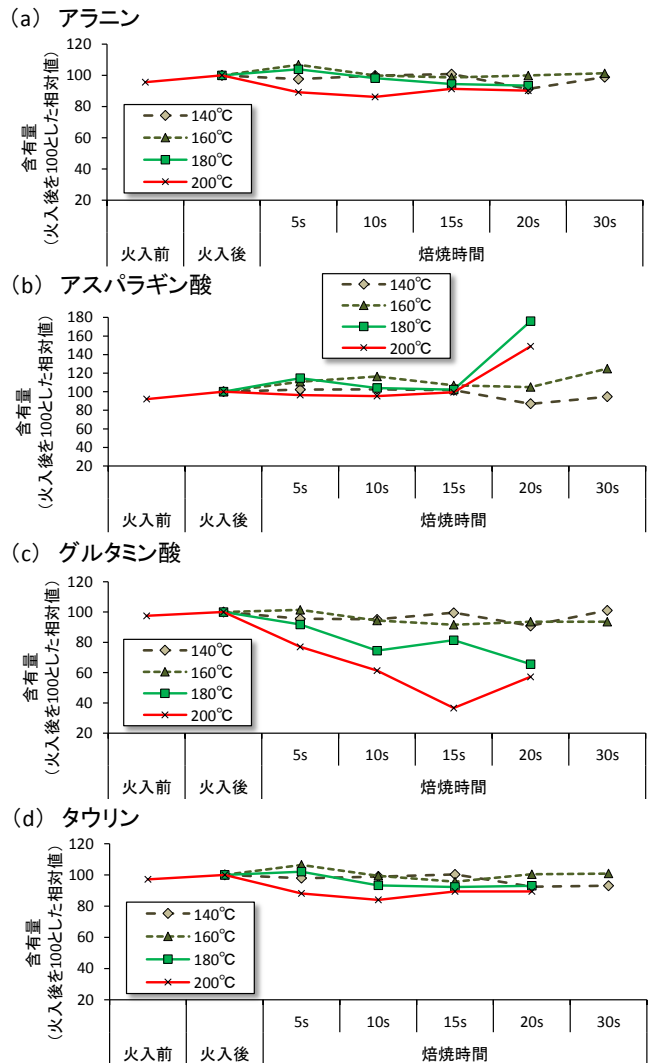


図5 4種類の FAA 等の含有量の推移
水分を差し引いた乾燥重量をベースに, 火入後の FAA 含有量を「100」とした相対値を示す。

ため、ホットプレートを用いた直接焙焼とした。柘植ら⁶⁾は、自然対流式オーブンをを用いた焙焼試験を行い、加熱温度250℃として加熱時間を10秒から60秒まで変化させ、遊離アミノ酸含量の消長を報告している。Gluは、20秒の焙焼によりその量が低減し、60秒後の値は未焙焼品に比して約11%にまで減少していることを報告している。また、他のアミノ酸についても焙焼50秒以後よりその量が減じる傾向にあるとしている。本試験ではホットプレートによる直接焙焼を行っているため、自然対流式オーブンをを用いた結果と単純に比較することはできないが、旨味成分として重要なGluが他の遊離アミノ酸より早期に減少し始める結果は変わらない。また、含有量が多く、甘味成分として重要なAlaは、Gluに比べて加熱による減少が遅いことも共通している。なお、本試験では、180℃試験区・200℃試験区において、20秒の焙焼でAspの量が顕著に増加した。柘植ら⁶⁾の結果では、長時間焙焼することによりAsp含量が単純減少していること、本試験の焙焼後のデータは1サンプルのみであり統計的な議論ができないこと等から、今後追試が必要である。

5秒の焙焼による各試験区の分光反射率スペクトルを図6に示す。180℃試験区と200℃試験区とでは、同様のスペクトルを示している。火入後の乾海苔と比較して、フィコエリスリンが吸収極大をもつ波長域で反射率が大幅に増大している。岩本ら⁷⁾の報告のとおり、フィコエリスリンが著しく減少もしくは消失した結果であると考えられる。しかし、焼海苔を用いて巻き寿司を作ると、海苔の緑色が短時間に赤褐色に変化する「色戻り」について、天野ら⁸⁾が報告している。海苔の色戻り現象は、フィコエリスリンの変性に密接に関連し、加熱が不十分な焼海苔は、寿司に巻いた後に赤変するという。本試験では、焙焼直後の色調についてのみ言及したが、「180℃で5秒間」焙焼した焼海苔が色戻りしやすくないか、保存性についてさらに検討を加える必要がある。

今回は、焼海苔の価値に大きく影響する要素である

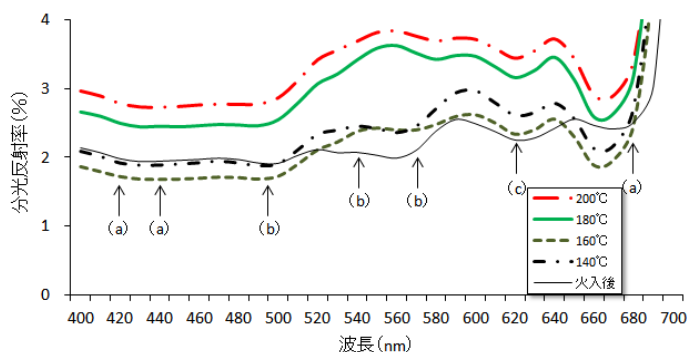


図6 各試験区で5秒焙焼時の分光反射率スペクトル
火入後の乾海苔と、140℃、160℃、180℃、200℃で5秒間焙焼した焼海苔の分光反射率。図中矢印は、下記の色素の吸収極大波長を示す。(岩本ら⁷⁾)
(a)クロロフィル a (420, 440, 680nm)
(b)フィコエリスリン (495, 540, 570nm)
(c)フィコシアニン (620nm)

香氣成分については、検討を行わなかった。笠原ら⁹⁾は、焼海苔香氣に及ぼす加熱温度の影響について、報告している。加熱温度に依存して香氣成分が検出されているが、ホットプレートで「180℃で5秒間」焙焼した時の香氣成分についても確認が必要である。

一般的な海苔焼き機では、遠赤外線ヒーター等が庫内に配置され、ベルトコンベアに乗せられた乾海苔が高速で移動しながら連続的に焙焼されていくので、本試験の焙焼温度・時間と、海苔焼き機の設定値を直接比較することはできないが、焙焼後の香氣成分も含めてバランスの取れた最適な焙焼条件を探るにあたって本報告の結果は、最初の端緒となるものであり、震災からの復興に全力で取り組む海苔養殖業者の一助になれば幸いである。

謝 辞

宮城県漁業協同組合七ヶ浜支所の齋藤吉勝運営委員長には、本試験の趣旨に賛同いただき、第67回奉獻乾海苔品評会における優賞ロットと同等の乾海苔を提供いただきました。この場を借りて御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 永木利幸・須藤篤史 (2015) 宮城県産の海苔に含まれる遊離アミノ酸の産地間比較. 宮城水産研報, **15**, 47-53
- 2) 日本食品標準成分表2015年版 (七訂) アミノ酸成分表編, 文部科学省科学技術・学術審議会 資源調査分科会
- 3) 木村進・亀和田光男 (2008) 乾燥食品を作る. 食品と乾燥, 184-185, 東京, 光琳選書8, 270pp.

- 4) 岩城美智代・福田則郎・松井かほる・野田宏行・天野秀臣（1983）乾のりの保存法. 日水誌, **49**(6), 933-938
- 5) H. Noda, Y. Horiguchi, and S. Araki（1975）Studies on the Flavor Substances of ‘Nori’, the Dried Laver *Porphyra* spp. – II. Free Amino Acids and 5’-Nucleotides. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **41**(12), 1299-1303
- 6) 柘植圭介・吉村臣史・鶴田裕美・小金丸和義（2008）食品素材の高品質乾燥技術に関する研究. 佐賀県工業技術センター研究報告, 35-39
- 7) 岩本康三・有賀祐勝・大藪健（1972）乾海苔の焼き色及びその他の変色. 東水大研報, **58**, 1-7
- 8) 天野秀臣・野田宏行・堀口吉重（1980）焼のりの色戻りの研究. 日水誌, **46**(10), 1279-1282
- 9) 笠原賀代子・西堀幸吉（1987）焼海苔香気に及ぼす加熱温度の影響. 日水誌, **53**(4), 673-67