

平成16年度

高知県工業技術センター研究報告

REPORTS OF
KOCHI PREFECTURAL INDUSTRIAL TECHNOLOGY CENTER

No. 36 (2005)

平成17年11月

目 次

食品加工部

県産酒造好適米の高品質生産技術及び醸造技術の確立	1
海洋深層水を利用した高付加価値キノコ栽培に関する研究（第1報）	6
海洋深層水を利用したキノコ類の一般成分	
高知県特産柑橘の加工利用に関する研究	11
機能性成分オーラプテン・ノビレチン・有機酸の分析	

生産情報部

魚の高鮮度活メ装置の開発	15
油圧源集中型システムと分散型システムの実験による評価	19
5軸制御加工に関する研究	23

資源環境部

海洋深層水海藻を利用した高機能性健康製品の開発	25
海洋深層水培養の海藻成分	

食 品 加 工 部

県産酒造好適米の高品質生産技術及び醸造技術の確立

上東治彦 加藤麗奈

Fitness for Sake Brewing of The Material rice Cultivated in Kochi Prefecture

Haruhiko UEHIGASHI Reina KATOH

県産酒造好適米である風鳴子と吟の夢の品質向上と醸造技術を確立するため、最適な栽培条件と醸造特性を検討した。風鳴子の栽培技術の向上については施肥法と酒米品質の関連について検討した結果、側条施肥法でも収量、品質は充分であった。県産酒米の品質を調査した結果、産地間による品質格差が見られた。

小仕込試験により各品種の醸造特性を比較した結果、風鳴子は50%精白でも十分な発酵成績を示し、吟の夢は軽くきれいな酒質が得られる品種であった。また、高香気性吟醸酵母を用いることにより、風鳴子による玄米酒を開発した。

1. まえがき

県農業技術センターとのプロジェクト研究により、吟の夢、風鳴子といった酒造好適米を開発してきたが、これら県産米は量的には未だ他県産米を凌ぐ主要品種とはなり得ていない。その原因として産地間の品質のバラツキ、新品種である風鳴子においては本品種にあった醸造技術が未だ確立されていないことが挙げられる。そこで、県産米のさらなる利用拡大を図るため、酒米としての品質向上と酒造場での使用にあたり各品種に最適な醸造マニュアルを作成する。また、有色米或いは玄米を用いた清酒新製品を開発する。

2. 実験方法

2. 1 精米方法

農業技術センターにて栽培された風鳴子、山田錦、吟の夢を60kg張り精米機（佐竹製作所製、TDB2A全自動型）を用いて、精白歩合40~60%までの精米を行った。得られた白米の水分、千粒重、粗タンパク、カリウムを酒米統一分析法に従って測定した。

2. 2 Kg小仕込み試験

麴は県内酒造場にて製麴された40%精白の山田錦を使用した。仕込み配合は麴0.9kg、白米3.1kg、汲み水5.4L、80%乳酸1.2mlとし、発酵中は0.2Lの追

い水を全品種同時期に数回に分けて行った。酵母はC EL-19株2に対して熊本酵母KA1株1の割合の混合仕込みとした。醪最高温度は10℃とし、上槽は遠心分離により行った。

2. 3 酒造適性試験

酒造適性試験は酒米研究会統一分析法^{1) 2)}にしたがって、玄米の整粒千粒重、白米の真精米歩合、吸水性（20分、120分）、蒸米吸水率、消化性（Brix、ホルモール窒素）、粗タンパク、カリウムを測定した。

3. 結果及び考察

3. 1 風鳴子の高品質生産技術

早生の酒造好適米風鳴子は、平成13年度に奨励品種に採用され、平坦地域で作付けされている。これまで酒造好適米の施肥法としては、基肥+穂肥体系施肥が一般的であったが、風鳴子が平坦地域で普及している暖効性肥料を用いた側条施肥栽培法を採用できるかについて窒素溶出パターンの異なる肥料を用いて検討した。その結果、肥効調節型肥料を用いた側条施肥栽培が可能であること、また、収量及びタンパク質含有率から、速効性窒素割合が低く、肥効持続期間が長いリニア型溶出肥料が最も適することを明らかにした。また、風鳴子では玄米品質、酒造適正及び醸造適正に対する窒素施肥量、栽植密度

の影響は小さく、収量性、タンパク質含有率からそれぞれ9kg/10a、16.7株/m²が適すると判断された。

3. 2 県産酒米の品質調査

平成14～16年に県内各地の農家で栽培された吟の夢、風鳴子計380点を収集し、粗タンパク、中心重、粒度の変動率を分析し、その結果を表1に示す。

吟の夢の栽培目標は千粒重24g、粗タンパク7.5%以下と設定されており、平均値でみれば粗タンパクについては14、15年度はほぼ目標値をクリアしたが、16年度は台風が非常に多く、倒伏による穂発芽や脱粒により大幅な減収と共に品質が低下した。また、千粒重はいずれの年も23g前後と粒が小さくなっていった。

風鳴子は千粒重はほぼ目標値をクリアしているものの、粗タンパクは14、15年度で8%前後と高くなった。また、いずれの品種においても産地間の品質格差が相当見受けられ、品質のよくなかった地域のより一層の栽培技術の向上が望まれる。

3. 3 60kg精米試験及び4kg醸造試験

各年度の玄米、白米の性状と精米、醸造試験の結果を表2～5に示す。なお、醸造試験においては発酵中適時サンプリングし、経過を分析しているがデー

タは省略し、上槽酒のデータのみを示した。以下に各年度の傾向を示す。

【平成15年産】

玄米

千粒重：風鳴子、山田錦が大きく、品種毎には多肥区が大きい傾向。

心白発現率、心白率共に風鳴子>吟の夢>山田錦の順に高く、品種毎には多肥区で高くなる傾向。

白米

精米時間は、山田錦（多肥）（少肥）で例年より相当短く、吟の夢は例年並、風鳴子は少肥サンプルが少なく比較できない。

変動率：全体にやや高く、割れが多い。無効精米歩合が、風鳴子（少肥）と山田錦（少肥）で高い。

粗タンパク：農技産吟の夢が農技産山田錦より少ない。多肥区、少肥区の皮革では、山田錦で少肥区がやや少ない。風鳴子は少肥サンプルが少なく比較できない。

カリウム：農技産風鳴子、吟の夢で少ない。全体に農技産が現地産より低い傾向。

洗米、浸漬時の吸水性：例年より風鳴子の浸漬時間が長く、吟の夢は短い傾向。山田錦>風鳴子>吟の夢の順に短い。

表1 県産酒米の品質調査

吟の夢	平成14年度				平成15年度				平成16年度			
	サンプル数	粗タンパク (%)	中心重 (g)	変動率 (%)	サンプル数	粗タンパク (%)	中心重 (g)	変動率 (%)	サンプル数	粗タンパク (%)	中心重 (g)	変動率 (%)
A	20	7.2	23.8	7.9	16	7.4	23.5	9.1	12	7.8	22.9	8.1
B	9	7.0	22.9	9.2	8	6.9	23.1	9.1				
C	26	7.2	23.3	8.3	20	6.8	22.4	10.0	6	7.7	22.4	10.3
D	20	7.3	22.2	8.3	10	6.8	22.7	7.9	4	7.9	22.5	10.1
E	9	7.1	23.0	8.7	12	6.9	22.6	9.5				
F	5	7.3	23.6	8.2	9	6.8	24.2	7.7	7		22.6	10.2
G	19	7.3	23.3	8.1	24	7.0	22.8	9.1	13	7.7	23.1	8.8
H	7	7.2	23.4	7.9	8	6.9	22.6	9.9	6	7.5	22.6	9.1
計・平均	115	7.2	23.2	8.3	107	7.0	22.9	9.1	48	7.7	22.8	9.2

風鳴子	平成14年度				平成15年度				平成16年度			
	サンプル数	粗タンパク (%)	中心重 (g)	変動率 (%)	サンプル数	粗タンパク (%)	中心重 (g)	変動率 (%)	サンプル数	粗タンパク (%)	中心重 (g)	変動率 (%)
I	9	8.5	26.2	7.5	8	7.2	25.9	8.3	7	8.5	25.6	7.6
B	7	8.0	26.3	7.5								
J					7	7.5	26.1	7.8				
G					5	7.6	25.0	9.5	5	8.3	25.2	8.6
D	6	7.9	26.9	7.2	4	7.1	26.8	7.1	2	7.7	25.2	8.7
F	6	7.7	26.5	7.0	9	7.2	26.2	7.9				
K									3	8.1	26.5	7.5
L									28	7.6	25.9	7.9
計・平均	28	8.1	26.4	7.3	33.0	7.3	26.0	8.1	45.0	7.9	25.8	7.9

表2 平成15年産酒米の玄米、白米の性状

品種	産地(区分)	精米歩合	玄米				白米									
			中心重 (g)	変動率 (%)	水分 (%)	粗タンパク (%)	心白発現率 (%)	心白率 (%)	精米時間 (hr)	中心重 (g)	変動率 (%)	真精米歩合 (%)	浸漬 (min)	吸水率 (%)	水分 (%)	カリウム (ppm)
風鳴子農技セ(少肥)	50%	27.0	9.5	12.5	7.62	94.5	81.9	12:18	15.4	21.8	57.0	10:45	129.6	13.9	213	5.32
風鳴子農技セ(多肥)	50%	28.0	7.4	12.7	7.63	92.5	84.4	21:59	14.7	17.7	52.3	10:00	130.0	14.1	199	4.99
風鳴子	高知市	60%	26.1	10.1	13.3	8.92	93.0	19:37	16.2	16.6	62.1	12:30	129.0	13.9	289	5.39
風鳴子	高知市	55%	26.1	10.1	13.3	8.92	93.0	24:00	15.5	12.4	59.4	10:15	129.5	13.9	281	5.60
風鳴子	高知市	50%	26.1	11.6	13.5	8.74	94.5	32:08	14.2	12.9	54.4	10:00	129.7	14.0	283	5.57
吟の夢農技セ(少肥)	40%	23.4	11.4	12.1	7.85	75.5	58.6	64:22	10.5	14.8	44.7	10:35	128.0	14.4	204	4.31
吟の夢農技セ(多肥)	40%	24.0	12.9	12.4	7.99	80.5	62.8	56:04	10.4	16.3	43.3	11:30	130.2	14.2	191	4.37
吟の夢	入河内	60%	24.6	9.2	13.5	7.84	77.0	37:22	15.2	14.6	62.0	12:15	129.1	14.8	250	4.99
吟の夢	入河内	50%	24.6	9.2	13.5	7.84	77.0	56:00	12.9	17.2	52.3	12:00	129.5	13.9	248	5.18
吟の夢	入河内	40%	24.5	10.4	13.8	7.94	77.0	62:58	11.3	16.4	45.9	10:00	129.8	15.1	247	4.80
山田錦農技セ(少肥)	40%	25.1	12.4	12.5	7.11	60.5	41.3	38:04	12.3	14.3	49.0	8:30	129.3	14.8	258	4.71
山田錦農技セ(多肥)	40%	26.5	10.7	12.3	7.70	65.5	45.4	34:46	12.4	15.8	46.8	8:30	128.6	14.4	233	5.00
山田錦	兵庫	60%	26.3	8.6	14.2	7.66	76.0	16:09	16.0	12.5	60.9	12:40	129.5	13.9	278	5.70
山田錦	兵庫	50%	26.3	8.6	14.2	7.66	76.0	26:00	13.4	7.7	50.8	9:45	129.1	14.5	272	5.08
山田錦	兵庫	40%	26.3	8.6	14.2	7.66	76.0	58:26	11.7	10.7	44.4	9:00	128.8	14.3	288	4.44

醪

醪の溶解性：固形分率、純アルコール取得量からみて風鳴子、吟の夢、山田錦の順によく溶ける傾向。多肥区、少肥区ではほとんど差なし。

日本酒度の切れ易さ：山田錦の切れがやや早い(醪の溶解性が悪いため)。

酸度：風鳴子が精白歩合が50%であるためやや高い。山田錦、吟の夢はほぼ同じ。

アミノ酸度：風鳴子が精白歩合が50%であるためやや高い。山田錦、吟の夢はほぼ同じ。多肥区、少肥区ではほとんど差なし。

香気成分(酢酸イソアミル)：3品種、多肥区、

少肥区でほとんど差なし。

香気成分(カプロン酸エチル)：山田錦、吟の夢が高く、風鳴子がやや低い傾向がある。

官能評価：少肥区が多肥区より良好である。また、官能審査は精白歩合毎に行い、品種間で比較したが、60%精白区分では、風鳴子>吟の夢>山田錦、50%精白区分では、吟の夢>風鳴子(農技)>風鳴子(高知市)>山田錦、40%精白区分では、山田錦(少肥)>吟の夢(少肥)>吟の夢(入河内)=山田錦(多肥)=山田錦(兵庫)>吟の夢(多肥)の順に良好であった。

表3 平成15年産酒米による4kg小仕込試験

モロミ日数	品種	産地	精米歩合	日本酒度	アルコール (%)	純アルコール取得 (L/ton)	固形分率 (%)	グルコース (%)	酸度 (ml)	アミノ酸度 (ml)	OD 260	ヒルビン酸 (ppm)	酢酸イソアミル	i-アミルアルコール	カプロン酸エチル	官能評価
33	風鳴子農技セ(少肥)	50	6.5	17.53	277	36.8	0.71	2.05	1.20	328	7.3	7.07	123.9	9.47	1.36	
33	風鳴子農技セ(多肥)	50	3.9	17.32	272	37.5	0.88	1.96	1.15	318	7.4	6.57	121.9	9.68	1.43	
30	風鳴子	高知市	60	6.8	17.43	265	39.4	0.77	2.10	342	14.9	6.76	133.3	9.28	1.07	
30	風鳴子	高知市	55	6.2	17.52	267	39.3	0.83	2.15	347	15.4	6.10	134.8	9.20	1.86	
33	風鳴子	高知市	50	3.3	17.34	259	40.3	0.95	2.06	348	8.4	7.20	126.2	10.48	1.79	
33	吟の夢農技セ(少肥)	40	3.8	17.04	258	39.2	1.00	1.95	1.09	284	44.2	6.81	120.2	10.60	1.57	
33	吟の夢農技セ(多肥)	40	3.9	17.19	258	40.3	0.97	2.00	1.11	294	44.1	6.70	119.7	10.30	1.93	
30	吟の夢	入河内	60	8.9	17.39	260	39.1	0.77	2.01	302	62.6	6.84	125.0	9.90	1.50	
33	吟の夢	入河内	50	7.4	17.34	264	39.4	0.84	1.91	320	10.1	6.08	123.0	10.57	1.21	
33	吟の夢	入河内	40	2.7	17.12	254	40.8	1.11	1.97	300	24.7	6.98	120.7	10.99	1.71	
33	山田錦農技セ(少肥)	40	5.5	16.97	253	40.4	0.94	1.95	1.05	282	47.4	6.84	123.8	10.39	1.43	
33	山田錦農技セ(多肥)	40	7.0	16.94	255	40.1	0.89	2.02	1.30	293	55.9	6.93	124.1	10.18	1.71	
30	山田錦	兵庫	60	5.4	17.16	254	41.5	0.95	2.10	336	81.8	6.81	129.6	10.00	1.93	
33	山田錦	兵庫	50	1.9	16.99	252	41.0	1.08	2.10	322	57.5	6.98	125.8	10.67	1.93	
33	山田錦	兵庫	40	1.4	16.89	251	41.8	1.12	2.01	307	35.3	6.75	118.3	10.42	1.71	

【平成16年産】

風鳴子A2は暖効性肥料を用いた側条施肥栽培法、A9は基肥+穂肥体系施肥栽培法である。

玄米

千粒重：風鳴子、山田錦が大きく、吟の夢が小さい。

玄米粒度変動：農技産吟の夢、山田錦の変動が大きい。

粗タンパク：農技産吟の夢、風鳴子が少なく、高知市産風鳴子、農技産、兵庫県産の山田錦が多い。

風鳴子の心白の流れたタイプを未熟粒としてカウントしたため、前年度に比べ風鳴子の心白発現率は相当低くなった。県内で栽培された山田錦はこれまでもそうであったが、心白発現率は兵庫県産と比べ低くなる傾向がある。心白率は風鳴子>吟の夢=山田錦で高い。

白米

精米時間は例年並であった。

変動率：風鳴子A9でやや高くなったが、全体に低く抑えることができ、無効精米歩合も低くなった。

浸漬時間は3品種とも長くなり、特に山田錦は例年に比べ4分ほど延びた。

粗タンパク：農技産吟の夢、風鳴子が農技産山田錦より少なく、高知市産風鳴子が多くなった。

カリウム：風鳴子が相当高く、逆に農技産山田錦で相当低くなった。農技産山田錦レベルのカリウムでは発酵に影響がでる。

醪

醪の溶解性：固形分率、純アルコール取得量から

みて、風鳴子、吟の夢、兵庫県産山田錦の順によく溶ける傾向、農技産山田錦は溶解性が悪かった。

日本酒度の切れ易さ：風鳴子の切れがよく、山田錦の切れがやや悪かった。

酸度：吟の夢の酸度が低く、兵庫県産山田錦が高くなった。

アミノ酸度：風鳴子が精白歩合が50%であるが、40%精白の山田錦より低くなった。吟の夢はアミノ酸度、OD260とも低く、良好であった。

ピルビン酸：農技産山田錦はカリウムの低さが影響したためか、発酵期間中を通してピルビン酸が低く、発酵に異常を来したと考えられる。

香氣成分（酢酸イソアミル）：吟の夢で若干低くなったが、その他はほとんど差なし。

香氣成分（カプロン酸エチル）：高知市産風鳴子でやや低くなったが、その他はほとんど差なし。

官能評価：官能審査は精白歩合毎に行ったが、風鳴子ではA9、高知市産、A2の順に、40%精白では吟の夢、山田錦の順に評価が高かった。吟の夢は味のきれいさ、軽さを指摘するパネラーが多かった。山田錦は逆に重さを指摘された。

3. 4 玄米酒小仕込試験

一般に玄米酒や赤米酒では雑味やエグミがやすい。そこで、当研究室で開発した各種の吟醸酵母を用いてその雑味を軽減できないか検討した。各種玄米を用いた6種類の酵母による小仕込試験の結果を表6に示す。

表4 平成16年産酒米の玄米、白米の性状

品種	産地(区分)	精米歩合	玄米					白米									
			中心重(g)	変動率(%)	水分(%)	粗タンパク(%)	心白発現率(%)	心白率(%)	精米時間(hr)	中心重(g)	変動率(%)	真精米歩合(%)	浸漬(min)	吸水率(%)	水分(%)	カリウム(ppm)	粗タンパク(%)
風鳴子	農技セA2	50%	26.6	8.9	14.0	7.71	63.5	98.7	29:42	14.2	13.2	53.4	11:00	129.8	12.4	434	4.75
風鳴子	農技セA9	50%	27.3	9.3	13.7	7.77	60.0	98.2	26:01	15.0	15.0	54.8	13:00	131.2	11.9	425	4.52
風鳴子	高知市	50%	26.6	10.2	13.4	8.45	60.0	99.2	24:09	14.5	13.7	54.5	12:00	130.8	11.8	527	5.47
吟の夢	農技セ	40%	23.4	12.2	13.7	7.69	72.5	75.0	54:52	10.3	11.6	44.0	14:45	130.5	11.7	312	4.42
山田錦	農技セ	40%	25.7	12.0	13.3	8.81	60.0	75.8	53:16	11.2	11.2	43.7	13:30	130.2	11.8	150	5.03
山田錦	兵庫	40%	26.3	8.6	14.7	8.03	77.5	77.8	54:55	11.0	13.2	41.9	13:30	129.8	11.3	324	4.93

表5 平成16年産酒米による4kg小仕込試験

モロミ 日数	品種	産地	精米歩合	日本酒度	アルコール(%)	純アルコール取得(L/ton)	固形分率(%)	グルコース(%)	酸度(ml)	アミノ酸度(ml)	OD260	ピルビン酸(ppm)	酢酸イソアミル	i-アミルアルコール	カプロン酸エチル	官能評価
32	風鳴子	農技セA2	50%	2.5	17.32	235	44.2	1.14	2.07	1.07	265	28.9	9.19	147.3	7.81	2.13
32	風鳴子	農技セA9	50%	3.5	17.23	231	45.1	1.02	2.05	1.05	257	31.5	9.39	150.7	7.30	1.75
32	風鳴子	高知市	50%	7.0	17.50	236	44.5	0.80	2.06	1.18	273	21.0	9.32	154.5	6.81	1.94
32	吟の夢	農技セ	40%	2.0	17.17	224	46.6	1.21	1.96	1.09	239	46.1	8.32	139.3	7.67	1.50
33	山田錦	農技セ	40%	1.0	16.89	220	46.7	1.35	2.01	1.17	276	5.1	9.67	133.8	7.74	2.13
33	山田錦	兵庫	40%	1.0	17.13	224	46.4	1.34	2.20	1.20	282	51.7	9.58	146.1	7.54	2.13

表6 各種酵母を用いた玄米酒小仕込試験

試験区	酵母	日本酒度	アルコール (%)	純アルコール取得 (L/ton)	固形分率 (%)	酸度 (ml)	アミノ酸度 (ml)	酵母死滅率 (%)	全菌数 108	酢酸 エチル	酢酸 イソアミル	i-アミル アルコール	カブロン酸 エチル
玄米	クマ低酸	13.3	19.23	342	19.7	2.32	1.70	47.4	2.16	110.9	12.00	309	1.54
玄米	A-14	10.4	19.04	338	19.5	2.78	1.66	24.0	3.54	110.2	11.55	293	1.64
玄米	M-9	13.4	19.43	349	18.9	3.40	1.33	10.0	2.99	101.4	11.44	384	1.66
玄米	AC-17	13.4	19.51	349	19.2	2.30	1.40	12.4	2.56	87.6	8.08	272	2.88
玄米	CEL-19	10.9	19.19	343	19.2	2.70	1.29	5.7	2.29	113.8	9.76	283	4.76
玄米	CEL-24	8.4	18.87	330	19.7	2.95	1.52	6.8	1.38	75.4	5.15	221	14.69
朝紫	クマ低酸	-0.1	17.35	337	16.9	3.43	0.60	27.6	2.08	86.4	7.85	401	1.88
朝紫	A-14	-0.1	17.33	337	17.0	3.97	0.65	20.6	1.91	89.3	8.42	300	1.79
朝紫	M-9	-1.6	17.14	336	16.9	5.10	0.92	13.4	1.73	75.2	8.11	396	1.76
朝紫	AC-17	-1.6	17.14	333	16.7	3.75	0.72	19.5	1.38	66.9	5.99	269	2.75
朝紫	CEL-19	-2.1	16.85	326	17.0	4.25	0.56	4.2	1.93	75.6	5.98	297	4.43
朝紫	CEL-24	-2.1	17.02	331	15.9	4.10	0.62	4.1	0.91	67.7	4.50	244	11.44
オクホマレ	クマ低酸	7.9	18.23	315	23.0	2.85	1.10	23.1	2.68	92.7	8.60	315	1.77
オクホマレ	A-14	6.9	18.55	326	22.7	3.22	1.12	9.3	3.16	119.7	10.34	324	1.76
オクホマレ	M-9	7.9	18.69	326	22.1	4.05	1.30	4.3	2.04	94.9	10.26	417	1.84
オクホマレ	AC-17	4.9	18.56	324	22.3	2.90	1.01	6.8	1.76	90.0	8.21	298	2.78
オクホマレ	CEL-19	4.9	18.30	320	22.6	3.52	0.98	1.1	2.81	104.8	7.99	292	4.38
オクホマレ	CEL-24	5.9	18.40	326	21.6	3.52	0.98	2.8	1.10	89.0	6.00	248	11.87

酵母クマ低やA-14、M-9株は、酢酸イソアミルが高くなる酵母であるが、仕込試験の結果、これらの酵母ではやや有機溶媒的な香りのするイソアミルアルコールまでが高くなってしまい、官能的に不調和を感じた。AC-17、CEL-19株は、カブロン酸エチルの高い酵母であるが、玄米酒ではカブロン酸エチルがでにくく、CEL-19でも5ppm足らずであった。CEL-24株は、カブロン酸エチルは相当高いが、発酵力が弱く通常は低アルコール酒に使用する酵母であるが、玄米酒ではよく発酵し、カブロン酸エチルも14ppm程度生成し、官能的にも玄米の雑味をよくマスクしており、以後の試験にはCEL-24株を用いた。

さらに、玄米酒の雑味を軽減させる目的で、麴歩合を減らし、酵素剤で代替した小仕込試験を行い、その結果を表7に示す。

麴歩合0%では、発酵が不調でアルコール収量が悪くなり、麴歩合20%では、香气成分が高くなるものの、アミノ酸がやや高くなり、雑味も感じられた。麴歩合10%もしくは15%では、アルコール取得量や香气成分が高く、官能的にも雑味が少なく、スッキリとした玄米酒が得られた。これらの結果をもとに、県内酒造場にて玄米酒の実地醸造を行ったところ、よく熟成した白ワインを思わせる独特の風味を持った製品が仕上がった。しかし、赤米酒についてはこれらの方法を用いても、独特の薬品臭は軽減されず、品質改善には至らなかった。

4. 参考文献

- 1) 吉沢 淑：日本醸造協会誌、77 (10) (1982) 656-661
- 2) 吉沢 淑：日本醸造協会誌、77 (11) (1982) 798-805

表7 麴歩合を変えた玄米酒小仕込試験

	麴歩合	日本酒度	アルコール (%)	純アルコール取得 (L/ton)	固形分率 (%)	酸度 (ml)	アミノ酸度 (ml)	酵母死滅率 (%)	全菌数 108	ヒルビン酸 (ppm)	アセトアルデヒド	酢酸 エチル	酢酸 イソアミル	i-アミル アルコール	カブロン酸 エチル
玄米	0%	-19.7	15.33	252	31.8	3.05	0.30	0.6	1.14	78.4	34.1	56.0	1.25	226.0	8.00
玄米	5%	13.2	19.16	355	18.7	3.15	1.01	1.6	3.24	1.8	18.1	67.5	3.10	234.8	10.60
玄米	10%	9.5	18.81	344	19.6	3.15	1.28	1.8	3.51	1.6	20.8	63.1	3.47	228.6	11.78
玄米	15%	6.2	18.68	335	19.8	2.10	1.45	1.8	3.55	2.2	19.1	59.9	3.55	224.6	12.85
玄米	20%	2.2	18.01	314	21.3	3.02	1.43	1.7	3.46	2.0	20.4	60.9	4.07	224.6	14.46
朝紫	0%	-15.1	15.05	300	19.7	4.25	0.16	1.4	2.84	122.0	45.0	48.4	1.27	258.5	4.78
朝紫	5%	-4.4	16.48	335	17.3	4.70	0.25	1.1	2.14	86.0	36.2	54.8	2.21	272.6	5.88
朝紫	10%	-6.4	16.46	330	17.5	4.50	0.30	1.1	2.14	53.2	32.3	59.5	2.70	206.6	6.52
朝紫	15%	-10.4	16.03	314	17.7	4.27	0.41	1.0	1.91	45.0	28.4	58.2	2.92	281.2	6.35
朝紫	20%	-12.4	15.87	309	17.7	4.00	0.44	0.8	1.53	36.0	27.4	63.6	3.43	283.6	7.89

海洋深層水を利用した高付加価値キノコの栽培に関する研究（第1報）

海洋深層水を利用したキノコ類の一般成分

森山洋憲 市原孝志* 今西隆男*

Study of High Value-added Mushrooms Cultivated by Using Deep Sea Water (Part I)

Proximate Composition of Mushrooms Cultivated by Using Deep Sea Water

Hironori Moriyama Takashi Ichihara Takao Imanishi**

深層水を利用してエノキタケ、ヒラタケ、シイタケの栽培を行い、それらキノコの一般成分を分析した。エノキタケの場合、培地の深層水添加割合を増加させるに従い、水分量が減少し、水分以外の成分、すなわちタンパク質、脂質、灰分、炭水化物の各値は増加した。ヒラタケも培地への深層水添加率の増加に伴い水分は減少し、その他成分は増加する傾向が見られた。この傾向はエノキタケと比較して明確なものではなかった。シイタケについてはエノキタケやヒラタケのような傾向が見られず、深層水添加割合に対する一般成分の依存性は確認できなかった。

1. はじめに

1989年に海洋深層水を取水できる施設が高知県室戸市に設置されたことにより、県内の様々な分野で深層水の利用技術に関する研究開発が行われるようになった。例えば食品分野では発酵食品¹⁾、練り製品¹⁾、豆腐²⁾への応用技術が開発されたが、農林産物の栽培分野でも深層水の利用が最近検討されるようになった。森林技術センターは付加価値の高いキノコの生産を目的として、深層水を利用したエノキタケ (*Flammulina velutipes*) の栽培方法を確立した³⁾。この方法を用いることによって横田きのこ有限会社が深層水エノキタケの商品開発に成功し、特許も出願した⁴⁾。これまでの研究によって、エノキタケ栽培に適切な濃度で深層水を利用すれば味が良好で、日持ち性の高い品が得られることが明らかになっている。しかしながら深層水の添加がどのような成分の変化に影響したのかについては詳しく調査されてい

ない。そこで本研究では、様々な割合で深層水を添加した培地を利用することによって3種類のキノコ、すなわちエノキタケ、ヒラタケ (*Pleurotus ostreatus*)、シイタケ (*Leutinus edodes*) を栽培した。これらキノコの一般成分分析を行い、キノコの一般成分に対する深層水の影響について検討した。エノキタケとヒラタケについては脱塩水を用いた栽培を行い、同様の分析を試みた。

2. 試料

エノキタケの栽培方法は前報³⁾に従った。培地に含まれる全水分量に対して深層水を5、8、10、20、30、50%添加した試験区 (FG1~FG6)、脱塩水を10、20%添加した試験区 (FD1、FD2)、対照試験区 (FC) の合計9つの試験区を準備した。

ヒラタケの栽培方法は次の手順で行った。培地基材 (スギオガコ) と栄養剤 (米ぬか) を3:1の割合で混合し培地含水率を65%に調整した。培地中の全水分量に対する深層水の割合が5、10、15、20、25、30%の試験区 (PG1~PG6) を準備した。培地を850 ml栽培ビンに約530 g 詰めた後、殺菌、冷却、接種し、

* 高知県立森林技術センター

温度20℃、相対湿度70%の条件で培養した。菌糸が瓶全体に蔓延した後、菌かき・注水処理を行い、温度15℃、相対湿度90～95%の条件で発生させた。深層水試験区と同様に脱塩水10%と20%の試験区 (PD1、PD2) も準備し、対照 (PC) と合わせて9つの試験区を用意した。

シイタケの栽培方法は次の手順で行った。培地基材 (広葉樹オガコ) に栄養剤 (フスマ) を容積比で15%添加し含水率を65%に調整した。培地中の全水分量に対する深層水の割合が5、10、20、30%添加した試験区 (LG1～LG4) と対照試験区 (LC) を準備した。培地を培養袋に約1kg詰めた後、殺菌、冷却、接種し、温度20℃、相対湿度約70%で約90日間培養、その後、温度16℃、相対湿度約95%の条件で発生させた。

3. 分析方法

一般成分分析は定法に従い次のように行った。水分は減圧乾燥法により測定した。タンパク質はケルダール法によって定量した窒素量に窒素-タンパク質換算係数6.25を乗じて算出した。脂質はジエチルエーテルによるソックスレー抽出法によって測定した。灰分の測定には直接灰化法を用いた。各実験結果は湿重量当たり及び乾燥重量当たりの平均値±標準偏差で表示した。

4. 結果

4.1 エノキタケ

9試験区のエノキタケ試料について一般成分を分

析した (表1)。全試験区の試料 (n=37) の各成分平均値とその標準偏差は水分88.21±1.76%、タンパク質2.81±0.47%、脂質0.16±0.06%、灰分0.84±0.18%、炭水化物7.98±1.18%の値 (湿重量換算) であった。脱塩水試験区を除き、対照及び深層水試験区について各成分別に順位をつけたところ、水分: FC>FG1>FG3>FG2>FG4>FG5>FG6、タンパク質: FG6>FG5>FG4>FG3>FG2>FG1≒FC、脂質: FG6>FG5≒FG4≒FG2>FG3≒FG1≒FC、灰分: FG6>FG2>FG4≒FG3>FG5>FG1≒FC、炭水化物: FG6>FG5>FG4>FG2>FG3>FG1>FCの序列で並んだ。

37試料は乾物重量当たりタンパク質23.81±1.11%、脂質1.37±0.38%、灰分7.14±1.15%、炭水化物67.68±1.82%の各値を示した。乾物重量当たりの分析値についても順位をつけたところ、タンパク質: FG6>FC>FG5>FG4≒FG3>FG1>FG2、脂質: FG6>FG1>FG2>FG5≒FG4>FC>FG3、灰分: FG2>FG6≒FG3>FG4>FC>FG1>FG5、炭水化物: FG1>FG5>FG2≒FC>FG4>FG3>FG6となった。

脱塩水による2つの試験区 (FD1とFD2) の一般成分分析値とFCの値とを比較した。湿重量換算の値を比較したところ、FD試験区の水分、タンパク質、炭水化物の各分析値はFCの値に近似しており、脂質と灰分の値はFCの値よりも高かった。乾物重量換算の値も比較したところ、FCに比べてFDのタンパク質はほぼ等しく、脂質と灰分は高く、炭水化物は低い値を示した。

表1 エノキタケの一般成分分析値¹⁾

略記号	試験区 (区分; 測定数)	水分 (%)	タンパク質 (%)	脂質 (%)	灰分 (%)	炭水化物 (%)
FC	(対照; n=7)	89.6 ± 0.5	2.5 ± 0.1 (24.0 ± 1.1)	0.1 ± 0.0 (1.1 ± 0.1)	0.7 ± 0.1 (6.7 ± 0.5)	7.1 ± 0.3 (68.2 ± 1.4)
FG1	(深層水5%; n=4)	89.2 ± 0.2	2.5 ± 0.2 (22.9 ± 1.2)	0.1 ± 0.0 (1.4 ± 0.4)	0.7 ± 0.2 (6.0 ± 2.0)	7.5 ± 0.3 (69.7 ± 2.7)
FG2	(深層水8%; n=4)	88.1 ± 1.0	2.7 ± 0.3 (22.5 ± 0.5)	0.2 ± 0.0 (1.3 ± 0.3)	1.0 ± 0.1 (8.1 ± 0.1)	8.1 ± 0.7 (68.2 ± 0.6)
FG3	(深層水10%; n=3)	88.3 ± 0.6	2.8 ± 0.2 (23.7 ± 0.4)	0.1 ± 0.0 (1.0 ± 0.2)	0.9 ± 0.1 (7.9 ± 0.6)	7.9 ± 0.4 (67.4 ± 0.6)
FG4	(深層水20%; n=3)	87.4 ± 0.6	3.0 ± 0.1 (23.7 ± 0.7)	0.2 ± 0.0 (1.2 ± 0.2)	0.9 ± 0.1 (7.4 ± 0.2)	8.5 ± 0.4 (67.6 ± 0.9)
FG5	(深層水30%; n=5)	86.0 ± 0.8	3.3 ± 0.4 (23.9 ± 1.2)	0.2 ± 0.0 (1.2 ± 0.1)	0.8 ± 0.2 (5.9 ± 1.3)	9.7 ± 0.5 (69.0 ± 1.5)
FG6	(深層水50%; n=3)	84.6 ± 1.6	3.8 ± 0.3 (25.0 ± 0.7)	0.3 ± 0.1 (2.1 ± 0.6)	1.2 ± 0.0 (7.9 ± 0.7)	10.1 ± 1.2 (65.1 ± 1.3)
FD1	(脱塩水10%; n=3)	89.5 ± 0.1	2.5 ± 0.1 (24.0 ± 1.2)	0.2 ± 0.0 (1.4 ± 0.2)	0.9 ± 0.0 (8.2 ± 0.0)	7.0 ± 0.2 (66.4 ± 1.1)
FD2	(脱塩水20%; n=5)	89.6 ± 0.3	2.6 ± 0.1 (24.7 ± 0.7)	0.2 ± 0.0 (1.8 ± 0.2)	0.8 ± 0.0 (7.4 ± 0.3)	6.9 ± 0.2 (66.1 ± 0.8)

1) 湿重量当たりの百分率を平均値±標準偏差 (n=3～7) で示した。水分以外のデータについては括弧内に乾燥重量当たりのデータも表示した。

4. 2 ヒラタケ

9 試験区のヒラタケ試料について一般成分を分析した(表2)。全試験区試料(n=30)の各成分平均値(湿重量換算)とその標準偏差は水分86.08±2.79%、タンパク質4.74±0.96%、脂質0.12±0.03%、灰分1.16±0.16%、炭水化物7.90±1.83%であった。脱塩水試験区を除き、対照及び深層水試験区について各成分別の序列は、水分:PG2>PC>PG4>PG3>PG1>PG6>PG5、タンパク質:PG5>PG6>PG3>PG4>PG1>PG2>PC、脂質:PG5>PG6≒PG4≒PG3≒PG2≒PG1≒PC、灰分:PG5>PG1>PG6>PG4≒PG3≒PG2、炭水化物:PG5>PG6>PG1>PG3>PG4>PC>PG2の順番であった。

ヒラタケ全試験区の30試料は乾物重量当たりタンパク質34.21±3.49%、脂質0.85±0.14%、灰分8.46±0.77%、炭水化物56.49±3.72%の各値を示した。乾物重量当たりの分析値についても順位をつけた結果、タンパク質:PG2>PG3≒PG4>PG6>PC>PG5>PG1、

脂質:PG4>PG5≒PG3≒PC PG2≒PG1>PG6、灰分:PG1>PG2>PC>PG3>PG4>PG5>PG6、炭水化物:PG5>PG1>PG6>PC>PG4>PG3>PG2の序列で並んだ。

脱塩水を利用した2つの試験区(PD1とPD2)の一般成分分析値とPC区の値とを比較した。湿重量換算の値を比較したところ、PD試験区の水分、タンパク質、脂質、灰分の各分析値は対象試験区の値に近似しており、炭水化物の値はPCの値よりも高かった。乾燥重量当たりの結果を比較したところ、PCの分析値とPDの値との間に大きな差がなかった。

4. 3 シイタケ

5 試験区のシイタケ試料について一般成分を分析した結果(表3)、全試験区試料(n=35)は水分85.05±2.15%、タンパク質4.59±0.33%、脂質0.13±0.04%、灰分1.05±0.15%、炭水化物9.17±0.42%の値(湿重量換算)を示した。対照及び深層水試験区について各成分別に順位をつけると、水分:LG1>LG3>

表2 ヒラタケの一般成分測定結果¹⁾

試験区 略記号 (区分; 測定数)	水分 (%)	タンパク質 (%)	脂質 (%)	灰分 (%)	炭水化物 (%)
PC (対照; n=6)	87.9 ± 1.6	4.1 ± 0.6	0.1 ± 0.0	1.1 ± 0.1	6.8 ± 1.3
		(33.8 ± 5.1)	(0.9 ± 0.1)	(8.9 ± 0.7)	(56.4 ± 10.8)
PG1 (深層水5%; n=3)	86.2 ± 2.1	4.5 ± 0.6	0.1 ± 0.0	1.3 ± 0.1	8.0 ± 1.9
		(32.3 ± 4.7)	(0.8 ± 0.1)	(9.3 ± 1.0)	(57.6 ± 13.8)
PG2 (深層水10%; n=3)	88.2 ± 0.7	4.3 ± 0.2	0.1 ± 0.0	1.1 ± 0.1	6.3 ± 0.8
		(36.7 ± 1.5)	(0.8 ± 0.1)	(9.0 ± 0.6)	(53.5 ± 7.0)
PG3 (深層水15%; n=3)	86.3 ± 1.0	4.9 ± 0.4	0.1 ± 0.0	1.1 ± 0.1	7.6 ± 0.5
		(35.4 ± 3.2)	(0.9 ± 0.2)	(8.4 ± 0.6)	(55.4 ± 3.4)
PG4 (深層水20%; n=3)	86.8 ± 0.4	4.7 ± 0.2	0.1 ± 0.0	1.1 ± 0.0	7.3 ± 0.3
		(35.4 ± 1.7)	(1.0 ± 0.1)	(8.1 ± 0.3)	(55.5 ± 2.5)
PG5 (深層水25%; n=3)	80.3 ± 2.9	6.4 ± 1.4	0.2 ± 0.0	1.5 ± 0.2	11.6 ± 1.5
		(32.6 ± 7.1)	(0.9 ± 0.2)	(7.5 ± 1.1)	(59.0 ± 7.7)
PG6 (深層水30%; n=3)	82.8 ± 0.7	6.0 ± 0.5	0.1 ± 0.0	1.2 ± 0.1	9.8 ± 0.2
		(34.8 ± 2.6)	(0.7 ± 0.2)	(7.2 ± 0.3)	(57.3 ± 1.3)
PD1 (脱塩水10%; n=3)	87.0 ± 1.9	4.1 ± 0.7	0.1 ± 0.0	1.1 ± 0.2	7.7 ± 1.0
		(31.7 ± 5.6)	(0.7 ± 0.1)	(8.5 ± 1.8)	(59.1 ± 7.9)
PD2 (脱塩水20%; n=3)	87.4 ± 0.8	4.4 ± 0.4	0.1 ± 0.0	1.1 ± 0.1	7.0 ± 0.9
		(34.8 ± 2.9)	(1.0 ± 0.1)	(8.7 ± 0.7)	(55.5 ± 6.9)

1) 湿重量当たりの百分率を平均値±標準偏差(n=3~6)で示した。水分以外のデータについては括弧内に乾燥重量当たりのデータも表示した。

表3 シイタケの一般成分測定結果¹⁾

試験区分 略記号 (区分; 測定数)	水分 (%)	タンパク質 (%)	脂質 (%)	灰分 (%)	炭水化物 (%)
LC (対照; n=6)	85.0 ± 1.7	4.7 ± 0.4	0.1 ± 0.1	0.9 ± 0.1	9.2 ± 0.4
		(31.7 ± 2.5)	(0.9 ± 0.7)	(6.2 ± 0.4)	(61.3 ± 2.4)
LG1 (深層水5%; n=7)	86.2 ± 1.5	3.9 ± 0.2	0.1 ± 0.0	0.9 ± 0.0	8.9 ± 0.2
		(28.3 ± 1.2)	(0.6 ± 0.2)	(6.7 ± 0.3)	(64.3 ± 1.5)
LG2 (深層水10%; n=5)	84.5 ± 2.4	4.6 ± 0.2	0.1 ± 0.0	1.1 ± 0.1	9.7 ± 0.2
		(29.5 ± 1.4)	(0.9 ± 0.1)	(7.2 ± 0.8)	(62.4 ± 1.4)
LG3 (深層水20%; n=10)	85.3 ± 2.0	4.5 ± 0.4	0.1 ± 0.0	1.1 ± 0.2	9.0 ± 0.5
		(30.7 ± 2.5)	(0.9 ± 0.2)	(7.4 ± 1.3)	(61.0 ± 3.7)
LG4 (深層水30%; n=7)	84.0 ± 3.2	5.3 ± 0.5	0.1 ± 0.0	1.2 ± 0.3	9.4 ± 0.6
		(33.0 ± 3.0)	(0.9 ± 0.2)	(7.6 ± 1.6)	(58.5 ± 4.0)

1) 湿重量当たりの百分率を平均値±標準偏差(n=5~10)で示した。水分以外のデータについては括弧内に乾燥重量当たりのデータも表示した。

LC>LG2>LG4、タンパク質：LG4>LC>LG2>LG3>LG1、
灰分：LG4>LG3≒LG2>LG1≒LC、炭水化物：LG2>LG4
>LC>LG3>LG1であった。脂質は試験区間に差がな
かった。

シイタケ全試験区試料の乾物重量当たりの各成分
値はタンパク質 $30.68 \pm 2.71\%$ 、脂質 $0.85 \pm 0.34\%$ 、
灰分 $7.05 \pm 1.14\%$ 、炭水化物 $61.43 \pm 3.40\%$ であった。
乾物重量当たりの分析値についても順位をつけた
ところ、タンパク質：LG4>LC>LG2>LG3>、灰分：
LG4>LG3>LG2>LG1>LC、炭水化物：LG1>LG2>LC
>LG3>LG4の順位となり、脂質については最も低い
値のLG1区以外の試験区は同じ値を示した。

5. 考察

5.1 エノキタケ

五訂食品成分表⁵⁾によるとエノキタケの一般成分
分析値は水分88.6%、タンパク質2.7%、脂質0.2%、
炭水化物7.6%、灰分0.9%である。他方で倉沢らは
同キノコの各値を水分86.5~88.7%、タンパク質2.8
~3.2%、脂質0.7%、炭水化物6.9~8.5%、灰分0.9
~1.1%と報告している⁶⁾。本研究の対照試験区のエ
ノキタケ分析値（水分89.6%、タンパク質2.7%、脂
質0.1%、炭水化物7.1%、灰分0.7%）は倉沢らの報
告に比べると水分量が大きく、脂質と灰分の値は低い
が、食品成分表の値とは近似の結果を示していた。

湿重量当たりの一般成分分析値は深層水の濃度が
高い試験区ほど水分量が低く、水分以外の各成分量
が高くなる傾向が見られた。このような傾向は塩分
によって培地中からの水分吸収が抑制された結果、
相対的に水分以外の成分値が高くなったためであると
推察する。一方、乾物重量当たりの分析値につい
ては明確な順位が見られず、FG6が他の試験区に比べ
て概ね高い値を示しているものの、灰分値の高いFG2
あるいは炭水化物量の高いFG1のような試験区も存在
した。植物の場合、塩ストレスへの耐性を高めるた
めにプロリンやマンニトールを蓄積することが知ら
れている⁷⁾。一般成分を分析した結果だけで類似の現
象がエノキタケで生じているのかについて判断でき
ないが、乾物換算量が特に高い値を示す試験区等を
今後注目し、詳細な成分分析を試みることを考えら
れる。

本研究では、キノコの培養基に様々な濃度で海水
を添加し、異なる塩分負荷条件下での栽培を試みて
いる。これと類似の負荷条件を与えた研究として、
醤油粕を用いた例が挙げられる。漆原⁸⁾は慣行栽培

収量と同等の収量を得るには醤油粕の培地への配合
割合を10%以下にすることが必要であり、この条件
での培地中の塩分濃度は0.34%であると報告してい
る。今西ら³⁾の報告では、エノキタケの栽培日数や
収量に影響しない深層水の添加割合は培地水分当
り8%（培地中の塩水濃度は0.28%）であると報告
している。両報告によれば培地中の塩水濃度約0.3%
がエノキタケ栽培で収量に影響しない濃度であり、
本研究においてこの濃度に近似した条件の試験区は
FG2とFG3である。両試験区は対照区に比べて水分
量が低く、その他風味に関わる成分は高い値を示し
ていた。FG1もFG2あるいはFG3と同じく収量に影響し
ない塩分条件であるが、両試験区に比べると味に関
わる成分の変化量が小さい。一方、FG4~6は両試験
区よりも各成分の変化が著しいが、収量は減少する。
従って今回の結果は、収量と食味の観点からエノキ
タケ栽培における深層水の添加割合は8~10%が適
当であること、実用化された栽培条件が適切である
ことを裏付けるものと考えられる。

5.2 ヒラタケ

五訂食品成分表⁵⁾によるヒラタケの一般成分分析
値は水分89.4%、タンパク質3.3%、脂質0.3%、炭
水化物6.2%、灰分0.8%、倉沢ら⁶⁾の報告による各
値は水分86.6~88.6%、タンパク質2.6~3.5%、脂
質0.4~0.6%、炭水化物7.6~8.3%、灰分0.8~1.0
%である。本研究の対照試験区のヒラタケ分析値
（水分87.9%、タンパク質4.1%、脂質0.1%、炭水化
物6.8%、灰分1.1%）は両報告の値に比べると脂質
が低いものの、それ以外の分析値は近い値を示し
ていた。

ヒラタケの分析値（湿重量換算）についても培地
への深層水の添加割合が増加することによって水分
量が減少し、その他成分が増加する傾向が見られた。
先で述べたように、培地中からの水分吸収が塩スト
レスによって抑制されたために、相対的に水分以外
の成分値が高くなったためであると推察する。しか
しエノキタケの湿重量換算値に比べてヒラタケの同
データは深層水添加率に対する明確な依存性を示さ
なかった。

乾燥重量換算値については、タンパク質、脂質、
炭水化物の各成分に特徴的な傾向を見いだせなかつ
た。しかし灰分は培地の深層水濃度が高まることに
より減少する傾向が認められた。この結果は塩分
によって水分の吸収が抑制されてことにより、無機成

分の吸収も阻害されたものと考えられるが、再現性のある結果であるのかについて今後注目したい。その他成分についてはエノキタケと同様に特徴が見えなかった。

5. 3 シイタケ

五訂食品成分表によるとシイタケの一般成分分析値は水分91.0%、タンパク質3.0%、脂質0.4%、炭水化物4.9%、灰分0.7%である。本研究の対照試験区のシイタケ分析値（水分85.0%、タンパク質4.7%、脂質0.1%、炭水化物9.2%、灰分0.9%）は食品成分表の値に比べて水分と脂質が低く、それ以外の分析値は高い値を示している。

シイタケの一般成分分析値については、湿重量換算と乾物重量換算の両データともに深層水の添加率に対する依存性を確認できなかった。漆原⁸⁾はキノコ菌糸の耐塩性を調べた結果、ヒラタケ≧エノキタケ>シイタケの順番であると報告している。これと同様のキノコの耐塩性に関する結果が佐々原⁹⁻¹⁰⁾から報告されている。培地中の深層水添加率の一般成分に対する影響が、先で述べた2種類のキノコとシイタケとの間で異なる理由は、品種ごとの塩ストレスに対する耐性と関連する可能性が考えられる。

6. まとめ

深層水を利用して栽培されたキノコの一般成分を分析した。エノキタケの場合、培地の深層水添加割合を増加させるに従い、水分量が減少し、水分以外の成分、すなわちタンパク質、脂質、灰分、炭水化

物の各値は増加した。ヒラタケの一般成分分析値についてもエノキタケで見られた結果程度に明確ではないものの、深層水添加率の増加に伴う水分量の減少、その他4つの成分量の増加傾向が見られた。シイタケについてはエノキタケやヒラタケのような傾向が見られず、深層水添加割合に対する一般成分の依存性は見いだせなかった。

以上のようにキノコの種類によって深層水の影響が異なることを考慮し、その品種に適した栽培技術の普及が必要であると考えられる。

7. 文 献

- 1) 久武陸夫：海洋号外、22、(2000) 139-145
- 2) 田中幸彦：海洋号外、22、(2000) 146-150
- 3) 今西隆男・深田英久・横田慎二：高知県立森林技術センター報告
- 4) 横田きのこ有限会社：特願平15-220410 (2004)
- 5) 香川芳子：五訂食品成分表、(2001) 122-124
- 6) 倉沢新一・菅原龍幸・林淳三：日本食品工学会誌、29、(1982) 400-406
- 7) Bob B. Buchna・Wilhelm Gruijssem：植物の生化学・分子生物学、(2005) 1053-1065
- 8) 漆原栄治：日本醤油研究所雑誌、27、(2001) 27-29
- 9) 佐々原浩幸：香川県食品試験場報告、84、(1991) 49-53
- 10) 佐々原浩幸：香川県食品試験場報告、84、(1991) 6-13

高知県特産柑橘の加工利用に関する研究

機能性成分オーラプテン・ノビレチン・有機酸の分析

岡本佳乃

Study on the processing of citrus fruit Products

Determination of Auraptene, Nobiletin and Organic acids in Yuzu(Citrus junos), Ponkan(C.retliculata), buntan(C.grandis)

Yoshino Okamoto

高知県の柑橘類で生産量の多いユズ・ポンカン・ブンタンについて、オーラプテン、ノビレチン、有機酸を測定した。柑橘に特徴的に含まれているノビレチンを代表とするポリメトキシフラボン類やオーラプテンを代表とするクマリン類は日常的に摂取できる機能性成分として注目されている。オーラプテンは、ユズ果汁に4.4mg%、ブンタン果汁に1.6mg%含まれている。また、ノビレチンはポンカン果汁に5.5mg%含まれている。

1. まえがき

柑橘類は自然交雑しやすく多種多様な品種が存在するが、高知県ではミカン、ユズ、ブンタン、ヒュウガナツ、ポンカンなどが広く栽培されている。

近年、矢野らによる研究¹⁾で、柑橘の日本独自の健康機能性成分研究が進められた。その中から、みかんに含まれている β -クリプトキサンチンやシークワサーに含まれているノビレチンのガン抑制効果などが広く知られるようになり「柑橘を健康のために摂る」意識が広まっている。温暖な気候のため、高知県で生産される柑橘類は多品種におよび、特にユズを代表とする香酸柑橘類の生産量が多い。また、土佐ブンタン、立目ぼんかんなどのブランドをもつ柑橘類も生産されているが、ほとんどが青果で取引されている。

高知県特産柑橘の中でもブンタン、ポンカン、ユズについて、その加工品の消費拡大のため、健康増進に役立つ成分を調査した結果を述べる。

2. 実験方法

2.1 試料

柑橘類は、高知県内で路地栽培されているブンタン、ユズ、ポンカンを購入し、当センターのベルト

式搾汁機で果汁と果皮とに分けたものを冷凍保存し、分析試料とした。また、土佐香美農業協同組合よりハウス栽培のユズ（未熟果）の提供を受け、その果皮を分析試料として用いた。

柑橘を使用した加工品は、量販店にて購入して分析に用いた。

2.2 オーラプテン、ノビレチンの抽出とその含量の測定

柑橘中のオーラプテン、ノビレチンの定量はHPLCを使った小川の方法²⁾によった。果皮サンプルは凍結乾燥物1.000g又は生果皮10.00gを精秤し、アセトン15mlを加えホモジナイザーで粉碎後、容器をエタノールで共洗いし、ろ過する。ろ紙上の残留物をアセトン50mlで洗浄し、ろ液をエバポレーターで濃縮乾固し、乾燥物をメタノール/アセトン（1：1）にて溶解し定容した。果汁の場合は、100gを遠心分離し、上澄を回収し、分析ろうとを用い酢酸エチルで3回抽出した。一方、沈殿物については、超音波水槽中でエタノール抽出を行い、再度遠心し、上澄を回収した。酢酸エチル、エタノール抽出液を合わせてろ過後、エバポレーターにて濃縮した。残留物をメタノール/アセトン（1：1）にて溶解し定容

した。メンブランフィルター (0.45 μ m) にてろ過したろ液を分析した。なお、分析まで-20℃で保存した。

2. 3. オーラプテン分析条件

日本分光製HPLC装置により、ODSカラム Mightsil RP-18 (関東化学製) 250mm×4.6mm、移動相はメタノール-水 (75/25 V/V) を使用した。その他の条件はカラム温度40℃、注入量 5 μ l、流速1.0ml/min、検出波長325nmで行った。標準品としてオーラプテン (和光純薬工業) を用い、絶対検量線法で定量した。

2. 4 ノビレチン分析

日本分光製HPLC装置により、ODSカラム Mightsil RP-18 (関東化学製) 250mm×4.6mm、移動相はメタノール-10mMリン酸 (75/25 V/V) を使用した。その他の条件はカラム温度40℃、注入量 5 μ l、流速0.75ml/min、検出波長340nmで行った。標準品としてノビレチン (和光純薬工業) を用い、絶対検量線法で定量した。

2. 5 有機酸の抽出とその含量の測定

果汁50gに水40mlを加え、液温80℃で10分間抽出した。冷却後100mlに定容し、遠心分離後、上清みをメンブランフィルター (0.45 μ m) にてろ過したろ液を分析した。なお、分析まで-20℃で保存した。

分析はHPLC装置により、有機酸分析用カラム Rspak

KC-811 (昭和電工製) 300mm×8.0mm、移動相は3mM過塩素酸、反応液は3mMBTB溶液を使用した。その他の条件はカラム温度50℃、注入量10 μ l、流速は移動相1.0 ml/min、反応液1.5 ml/min、検出波長445nmで行った。標準品としてクエン酸 (和光純薬工業)、DL-リンゴ酸 (石津製薬) を用い、絶対検量線法で定量した。

3. 実験結果及び考察

果実についてのオーラプテン、ノビレチン測定結果を表1に示す。また、高知県内で生産された加工品についての測定結果を表2に示す。ユズ製品は「柚酢」として市販されているユズ果汁であり、ブント清涼飲料は果汁10%未満のジュース、ボンカン清涼飲料は果汁33%使用のジュースを分析した。

ユズ・ブントについてはノビレチンは含まれないがオーラプテンが多く含まれている事が確かめられた。また、ボンカンについてはオーラプテンは含まれていないが、ノビレチンが含まれている事が確かめられた。

また、既報³⁾によるとオーラプテンは、市販果汁ではグレープフルーツジュースに多く (1.8mg/L) 含まれている。オーラプテンは、柑橘果皮中に精油分として含まれており、ベルト式若しくはキャタピラ式の搾汁機の多い高知県産のユズ果汁は、搾汁作業中に精油分が果汁に溶けこむことにより49~57mg/Lと大量のオーラプテンを含んでいた。また、ユズ果

表1 機能性成分オーラプテン、ノビレチンの含有量

(n=3 \pm 標準偏差で表示。定量限界以下はn.dで表示した)

	果汁		果皮	
	オーラプテン mg/100ml	ノビレチン mg/100ml	オーラプテン mg/g (凍結乾燥物)	ノビレチン mg/g (凍結乾燥物)
ブント	1.6 \pm 0.1	n.d	0.2 \pm 0.1	n.d
ボンカン	n.d	5.5 \pm 2.6	n.d	4.1 \pm 0.4
ユズ* ¹	4.4	n.d		
ユズ (未熟果)* ¹			7.7 \pm 0.5 (mg/100g湿重量)	n.d

*¹ 参考としてユズ果汁 (n=1) を示した。また未熟果は通常の使用形態を考え乾燥していない果皮を分析した。

表2 市販の加工品に含まれている機能性成分の比較

	オーラプテン mg/100ml	ノビレチン mg/100ml
ユズ製品A	4.9	n.d
ユズ製品B	5.7	n.d
ブント清涼飲料	0.4	n.d
ボンカン清涼飲料	n.d	1.7

表3 柑橘果汁の有機酸含量

	クエン酸	リンゴ酸
	%	%
ブント	1.8	0.3
ボンカン	0.7	0.1
ユズ	5.1	0.5

汁は、表3に示したようにクエン酸を多く含み、高知県内では食酢の代わりに日常的に使われていることから、成分を摂取するのに有効な供給源であると思われる。ブンタン果汁はオーラプテン含量が高く、有機酸含量が少ないためジュースとして利用することで、一度に多量摂取できる。

ノビレチンはシークワサーに多く含まれる(21mg%可食部・乾燥重量)ことが知られている⁴⁾が、ボンカンでも果皮には406mg%乾燥重量と多く含まれていた。この成分は可食部よりも果皮に多く含まれており、その果汁での含量は搾汁方法により大きく変わり、果皮を圧搾するハンドプレス搾汁器による搾汁では機能性成分が多く果汁に移行することが報告されていた⁵⁾。高知県産果汁ではベルト式若しくはキャタピラ式搾汁機の使用が多いため、この成分含量が多いと思われる。

4. まとめ

ユズ果汁は有機酸が多いだけでなく、精油成分のガン抑制効果⁶⁾をもつといわれるd-リモネンなどや、美白・美肌効果のあるリモノイド類⁷⁾であるリモネンなどが多く含まれており、健康増進に役立つことが知られている。ユズ果汁に含まれる機能性成分は微量ではあるが多種多様であり、それらが総合的に健康増進に役立っており、オーラプテンもその一つである。

高知県での柑橘類の搾汁はベルト式若しくはキャタピラ式を採用している施設が多く、今回調べたオーラプテンやノビレチンといった成分を果汁に多く含むことが期待される。また、ユズ果汁を使用した加工品でも、機能性成分が摂取でき、市販ボン酢についてのオーラプテン分析結果では0.14mg/100g(湿重

量)との報告⁸⁾もある。高知県内ではユズを筆頭に柑橘類を使用した加工品が多く出回っており、それらを日常的に摂取する機会も多いため、これらの機能性成分も同時に摂取できていると思われる。

ただし、これらの精油成分に代表される機能性成分の多くは、浮遊物などのクレームを起こさないよう遠心分離やろ過などの処理を行なえば減少するためそのような処理をしていないものを摂取することが望ましい。

謝 辞

サンプルの提供をいただきました土佐香美農業協同組合に感謝いたします。

参 照

- 1) 矢野昌充：日本食品科学工学会誌、49(3)、139-144、2002
- 2) 小川一紀：食品機能性研究、光琳、332-335
- 3) A Murakami, W Kuki, Y Takahashi, H Yonei, Ynakamura, Y Ohto, H Ohigashi, K Koshimizu: Jpn. J. Cancer Res. vol. 88, 443-452p, 1997
- 4) S Kawai, Y Tomono, E Katase, K Ogawa, M Yano: J. Agric. Food Chem. 47, 3563-3571, 1999
- 5) 野方洋一：食品工業、45(18)、27-34、2002
- 6) 川井悟：AROMA RESEARCH No.14, Vol.4/No.2, 108-115p, 2003
- 7) 藍谷教夫, 下田博司：ジャパンフードサイエンス、2005-1, 58-63p
- 8) K Ogawa, A Kawaasaki, T Yoshida, H Nesumi, M Nakano, Y Ikone, M Yano: J. Agric. Food Chem. 48, 1763-1769p, 2000

生 產 情 報 部

魚の高鮮度活メ装置の開発

本川高男 村井正徳 刈谷 学 児玉 修*

*Development of equipment to keep fishes flesh
by instant killing and bleeding*

*Takao Hongawa Masatoku Murai Manabu Kariya Osamu Kodama**

魚は漁獲直後に即殺・脱血することにより、鮮度が長く維持される。そこで、土佐清水サバを対象とした半自動式の高鮮度処理装置を開発し、装置による即殺・脱血処理された魚と手メした魚の鮮度評価をK値を中心におこない、手メの魚と同等の鮮度であることがわかった。

残された課題は投入位置を下げる事と、処理速度の向上である。

1. はじめに

土佐清水市漁協では直径4mの水槽4つに清水サバを一時的に蓄養し、手メにより即殺、脱血処理して出荷している。多い時には一日800匹を処理するため、機械による活メ装置を必要としている。そこで本県の有力ブランド魚である「清水サバ」を対象とした陸上設置型活メ装置を開発して高鮮度処理されたサバの大量出荷や販路の拡大による漁業振興を図るとともに、即殺・脱血装置という新たな機械製品分野の開拓による工業振興を図る目的で開発に着手した。

高知県工業技術センターは、県内関連企業と協力して機械の開発を行い、高知県水産試験場は、開発された機械を用いて即殺・脱血処理された魚の鮮度・品質評価を担当した。

その結果、手メと同等の鮮度維持が可能な機械メ装置の開発ができた。後は使いやすさと即殺速度を向上させるのみである。

2. 開発方法と実験結果

2.1 ステップ1

即殺のコツは小脳と脊髄を繋ぐ延髄を刃物で刺す事とされているが、延髄は魚種によって大きさ位置が異なるので一般には延髄と脊髄の境界を刺す方法

がとられている。¹⁾

サバの即殺位置は、土佐清水漁協で手メしていただいたサバ数匹から即殺位置を測定して特定した。その結果、表面に現れた刃物キズの位置は吻端から92~99mmであった。

開発目標は4つの水槽を移動できる可搬タイプの装置で確実に活メができるものである。これまで開発されている活メ装置の魚の保持方法は横からバネや空気圧で押さえつける方法が多い。²⁻⁴⁾ これでは装置が大型化するため、本開発装置での即殺方法は、断面がU字形をした桶のような受け皿を傾斜し

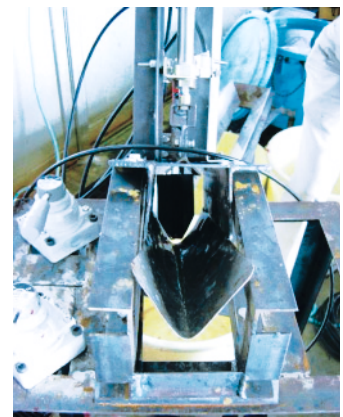


図1 試作1号機

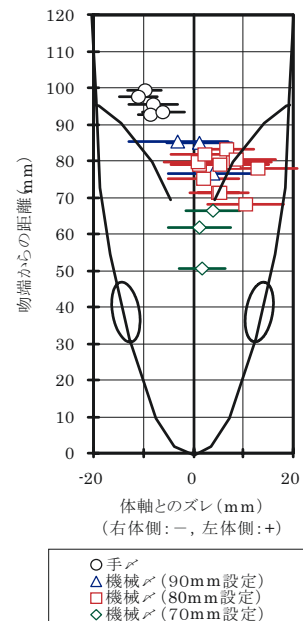


図2 傷の位置と傷幅 (1号機)

* 高知県水産試験場

て設置し、それにサバを投入→ストッパーに口先を当てて位置決めをおこなう→押さえ金具を上から下ろしてサバを固定→即殺位置に刃物を突き刺す→刃物を抜く→押さえ金具を上げる→ストッパーを開ける→即殺したサバを樋の先から前方に落とす事とした。

これら一連の動きを確認し即殺可能かを判断するために、エアシリンダ2台にそれぞれ押さえ金具と刃物を取り付け、切り換えバルブで各工程毎を手動操作で行う試作1号機を製作した。

これを用いて、即殺位置を吻端から70, 80, 90mmに設定して処理した。その結果を図2に示した。初めての試験でもあって、設定位置に対して10mm以上のずれが見られた。この原因はサバがストッパーに当たっていない状態で突き刺した事が原因であった。突き刺し位置と鮮度の関係を図3に示す。

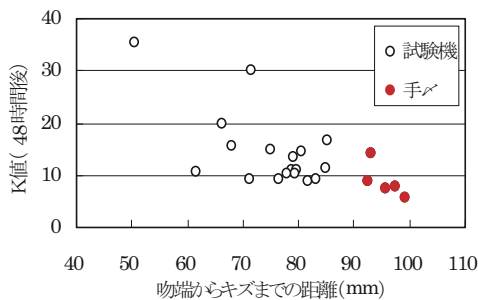


図3 吻端からナイフ傷までの距離とK値の関係

試作機では、吻端からナイフ傷までの距離が50～85mmの範囲内において、距離が大きいほど鮮度が良くK値が低い傾向($r=-0.66\sim-0.74$)が認められ、吻端からナイフ傷までの距離が85mm前後のものではわずかに手メに及ばないもののそれに近い鮮度が得られた。

手メの場合は、吻端からナイフ挿入位置までの距離が95mm前後であり、この傷位置で安定して良い鮮度を示した。試作機のナイフ挿入位置を手メの場合と同じ95mm前後に設定すれば更に鮮度が良くなると考えられる。また、味に影響すると言われていた脱血率は手メと機械メともに2.7%であった。⁵⁾

2. 2 ステップ2

1号機の欠点である即殺位置のバラツキを少なくするために、魚を樋に投入すると押さえ金具が下がり、刃物で突き刺し、魚を排出するまでを全自動で行う2号機を試作した。装置本体は(株)泉井鉄工所に製作していただき、制御は工業技術センターが担当

した。

位置決めストッパーの手前約50mmの位置に光りセンサーを取り付け、光りを遮ると魚が投入されたと判断し、押さえ金具で押さえつけ、刃物で突き刺し、押さえ金具をはずし、ストッパーを解放して樋前方の冷水の入ったポリバケツに魚を落下させるものである。押さえ金具や刃物を突き刺すタイミングはシーケンス制御でコントロールした。これら一連動作のサイクルタイムは約5秒に調整した。



図4 試作2号機

2号機での試験結果を図5にまた鮮度結果を図6に示す。

活メ処理(以下、機械メと呼ぶ)と手メによる活メ処理を行ったものおよび当日漁獲されて水水で野メされたゴマサバ(以下、野メと呼ぶ)を供試魚とした。なお、供試魚数は機械メと手メが9尾ずつで野メが10尾であり、供試魚の尾叉長は試験区別平均値で38.0～38.4cm、同様に体重は705～751gであった。

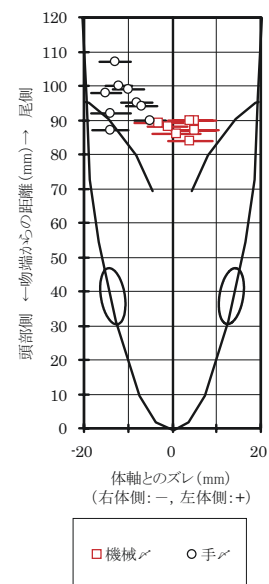


図5 傷の位置と傷幅(2号機)

機械メは、吻端からナイフ挿入位置までの距離を90mmの設定とし、刃物の刃先がサバの心臓まで到達しないように調整した。

手メによる活メ処理は同漁協で通常行われているのと同じの方法とし、サバの腹側から左体側の鰓孔に専用刃物を入れて右体側の頭頂部に向けてわずかに貫通させる方法で行った。なお、手メ作業は同漁協の熟練職員が行った。

活メ処理後の供試魚は、通常の出荷方法に準じて直ちに冷海水を入れた血抜き用のタル（水温2～4℃）に投入し、15分間放置した後に1尾ずつパチ袋に入れて砕氷を入れたクーラーボックスに収容した。

供試魚は、約3.5時間かけて水産試験場まで運搬し、パチ袋から取り出してトレイに並べた状態で5℃に設定した恒温高湿冷蔵庫に保管した。なお、運搬中の平均温度は1.3℃、恒温高湿冷蔵庫の平均庫内温度は4.5℃であった。

機械メと手メの供試魚については、活メ処理の24時間後、48時間後、72時間後および96時間後に鮮度測定用の肉片をサンプリングした。また、野メも同時にサンプリングしたが、これらは活メ処理の7時間前に漁獲されたものであるため、漁獲から31時間後、55時間後、79時間後および103時間後のサンプルである。

肉片のサンプリングは、供試魚の左右両側から背側筋肉をカッターで切り取る方法で行い、皮と血合を取り除いた後にビニール袋に封入して-80℃で凍結保存した。それらのサンプルは、鮮度計（セントラル科学社製KV-202）を用いて酸素電極法によるK値の測定を行った。

機械メと手メを行った供試魚の刃物傷の位置と傷幅を図5に示した。

機械メの場合は、吻端から刃物傷までの距離が設定距離とした90mm付近に集中しており、魚体正中線からのズレも少なかったため、手メと比較しても位置のバラツキは少なく、1号機に比べて大きく改善できた。

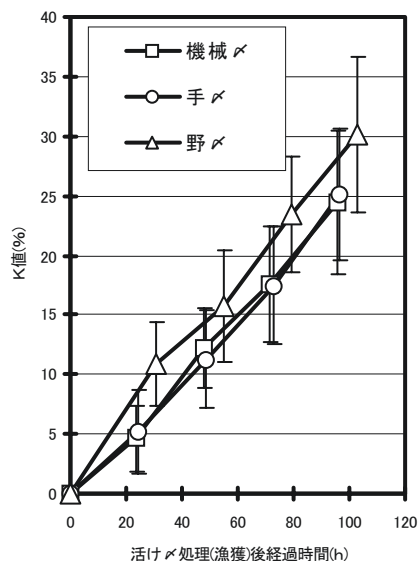


図6 K値の経時変化 (Aver. ±SD)

機械メの傷幅の平均値はナイフ幅と同じ10mmであり、刃物形状の変更により試作1号機の14mmよりも小さくなった。また、手メでは7mmであった。

次にK値の経時変化を図6に示した。

機械メと手メのK値は、何れの経過時間においても野メより高い値を示しており、機械メと手メの差はほとんどなかった。また、供試個体による鮮度のバラツキにも大きな差はみられなかった。

この結果から、機械メでも熟練者による活メと同じ鮮度保持効果が得られることを確認した。

2.3 ステップ3

試作2号機は重量が35kgあり、土佐清水市漁協の4つの水槽を移動させるには不便であり、軽量化の要望が出てきた。2号機は、重量の大部分が制御機器を収納していたテーブル部分であるため、自動化をやめてテーブル部分を除去して樋から上部を水槽の枠にネジで固定する構造にした。そのため、即殺した魚は前方に落とすのではなく、手前に引き上げる事とし、ストッパーは固定して、位置決め精度を落とさないようにストッパー形状をアングル型からコーン型に変更した。

その外観を図7に示す。駆動源はエアのみとなり、シリンダーは押さえ金具用と刃物用の2個として、上げ下げのタイミングは各シリンダーに取り付けた速度調整弁を用いて行い、一個の切り替え弁により押さえ金具で押さえつけた後刃物による即殺が可能となっている。これにより重量は人力による運搬可能な17kgになった。

3号機による即殺位置の繰り返し実験の結果、2号機と同等の精度が得られた。現在、投入口の高さを800mm程度まで下げる。天秤を置く引き出しを付けるなど、ユーザーの詳細な希望を聞き、装置を図面化して、ニーズがあれば即対応できる状態にある。



図7 試作3号機

3. まとめ

「清水サバ」のブランド化に必要な活メ装置の開発を水産試験場と共同して開発してきた。現場のニーズを取り入れながら試作を重ねて、活メ速度は手メに劣るものの、鮮度では手メと同等の持ち運び可能な装置を開発できた。

謝 辞

本研究を遂行するに当たり、何回も手メしていただいた、土佐清水市漁協の吉村貞俊氏、と2号機的设计製作、3号機的设计をいただいた(株)泉井鉄工所の大西拓氏と岩川三和氏に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 野口栄三郎、鈴木たね子：“生きしめ”のこつ（魚の延髓の位置）
- 2) 寺山誠人、特許第3127372号
- 3) 堀口光夫、特開2000-4775
- 4) 今西良二、特開2003-325100
- 5) 寺山誠人、山中英明：カツオの品質に及ぼす脱血の効果、Nippon Suisan Gakkaishi 66 (5) , 852-858 (2000)

油圧源集中型システムと分散型システムの実験による評価

刈谷 学 澤田卓矢* 川崎 修*

Experimental Evaluation Between Centralized and Distributed Hydraulic Power Source System

Manabu KARIYA Takuya SAWADA Osamu KAWASAKI**

1つの油圧源から複数の油圧アクチュエータを駆動する油圧源集中型の油圧システムと油圧源とアクチュエータを一体化若しくは近くに併設して、複数配置する油圧源分散型の油圧システムを実際に運転しその消費電力などの比較を行なった。比較した実験条件では、分散型システムは集中型システムに比べて66%の消費電力で運転可能であった。また、分散型システムではエネルギー効率を高めやすく、また各ユニットが独立となるため、複数使用した場合には、全体として高効率で自律分散性の高い柔軟なシステムの構築が可能な有用なシステムといえる。

1. はじめに

従来からの油圧システムでは、工場内の複数の場所に油圧アクチュエータを配置し、各アクチュエータが必要とするエネルギー（圧力・流量）を十分に供給可能な1つの油圧源を設け、アクチュエータと油圧源の間を配管により接続する油圧源集中型のシステムが多く用いられてきた。

これに対して、近年、環境問題や省エネルギーの観点から、油圧源である油圧ポンプと制御弁を一体化し、アクチュエータの直近に設置可能なものを工場内に複数設置する油圧源分散型の油圧システムが注目されている。^{例え(ば)}

集中型システムでは、配管距離に準じた管路損失を生むのみならず、複数のアクチュエータの運転を考慮したシステムとなり、油圧源となる油圧ポンプ等に多くの設計余裕が必要となる。そのため、負荷の運転状況によっては損失が大きくなる欠点がある。これに対して、分散型システムでは、油圧源である油圧ポンプと制御弁がアクチュエータと一対一となり、アクチュエータの要求エネルギーに応じて、油圧源側の運転が一意に決定できるため、油圧源の効率的な運転が行なえ、損失の発生も最小限に抑える

事が可能となる。また、油圧源がアクチュエータ直近に配置可能であり、油圧配管長も短く、管路損失も集中型のシステムと比べると小さくなる利点がある。

本稿では、油圧源集中型システムと(株)大進商工が開発した油圧源分散型システムであるモーションパックを、油圧プレス装置への適用を想定した場合の消費電力等について実験を行ったので報告する。

2. 実験システム

ここでは、油圧源集中型システムの一例として、可変吐出量型ポンプであるピストンポンプにカットオフ形の圧力補償を行い、3つの電磁切換弁を有する油圧回路を用いて、3本の油圧シリンダ（内径φ63、ストローク150(mm)）を駆動した。その構成を図1に示す。定格7.5kwの三相電動機により、ピストン

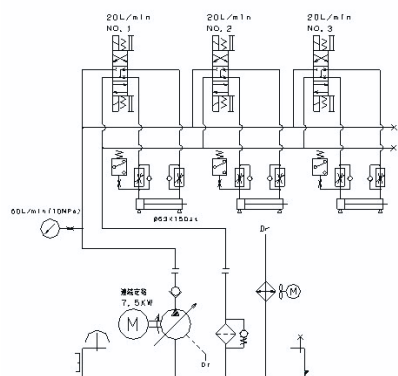


図1 油圧源集中型システム油圧回路

* 株式会社大進商工

ポンプ（KYB製PSV-37C1A、タンク容量200(L)）を駆動し、吐出圧10(MPa)、吐出量60(L/min)とした。ポンプから3連電磁切換弁マニホールドまでの配管長が1.5(m)、マニホールドから各油圧シリンダまでの配管長を1.5(m)である。各シリンダへの流量が均等に20(L/min)となるよう流量調整を行なった。油圧シリンダは油圧プレス機としての使用を想定し、プレス作業での動作フローを図2に示す。油圧シリンダのロッド側にリミットスイッチLS1を、キャップ側にLS2を付け、前進端と後退端の検出を行なっている。また、プレスでの保圧工程を確保するために、キャップ側の油圧管路に圧力スイッチ（10(MPa)設定）を付けている。想定するプレス作業では、前後のリミットスイッチをオンさせるまでのシリンダの前進後退は、移動のみで負荷はない。プレス作業における保圧工程は、リミットスイッチLS1をオンし、圧力スイッチのオン確認後、2(s)の保圧時間を確保している。以下このシステムを集中型システムとする。

次に、油圧源分散型システムであるモーションパック（㈱大進商工製 MPP-37Z16）の外観を写真1に示し、その構成を図3に示す。

モーションパックは、負荷感応形制御による省エネルギー化を目的として設計されたシステムであり、電磁比例流量制御弁の絞り前後の圧力差を一定に保つようピストンポンプを制御している。定格2.5(kW)の三相電動機により、ピストンポンプ（NACHI製PVS-16、タンク容量12.5(L)）を駆動し、吐出圧10(MPa)、吐出量20(L/min)で1本の油圧シリンダ（内径φ63、ストローク150(mm)）によるプレス作業を想定する。モーションパックでは、ポンプ、タンク、制御弁が一体化されており、油圧源であるモーションパックのマニホールドから油圧シリンダまでの配管長は集中型システムと同じ1.5(m)とした。プレス作業での動作フローを図4に示す。モーションパックでは、比例流量制御弁がシステム内に含まれているため、シリンダの前進後退に加減速区間を設けショックレス駆動が可能である。シリンダの状態を検知するリミットスイッチや圧力スイッチは図1、2と同構成とし、図4でも同様にリミットスイッチLS1をオンし、圧力スイッチオン確認後、2(s)の保圧時間を確保している。この保圧区間では、前述の負荷感応制御によりプレス圧を維持するよう流量調整が行なわれる。またシリンダがリミットスイッチLS2をオンし減速区間が終了し、後退後の停止状態においてはシャトル弁と切換弁を通じて圧油がタンクに戻るため、カッ

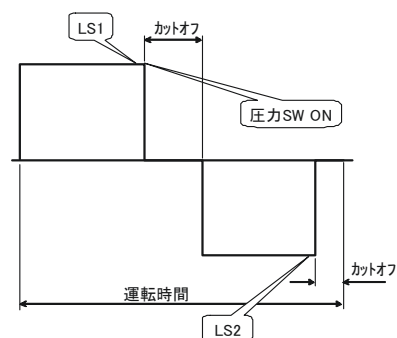


図2 油圧源集中型システム動作フロー

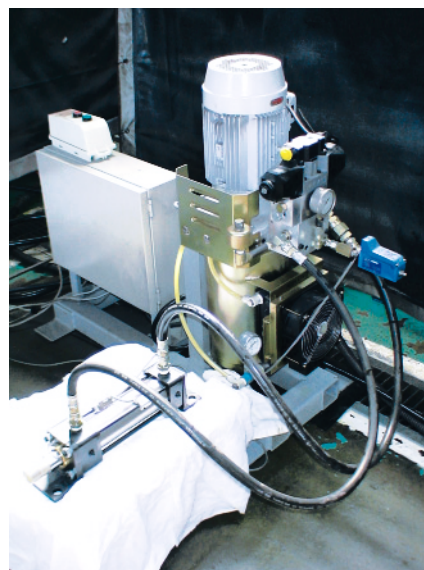


写真1 モーションパックを用いた実験装置

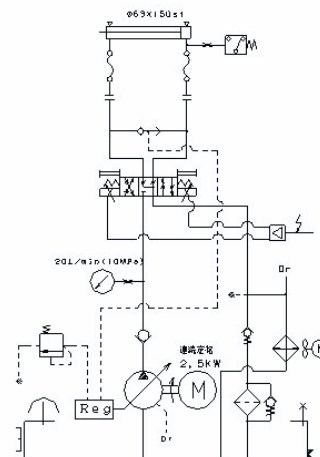


図3 油圧源分散型システム油圧回路

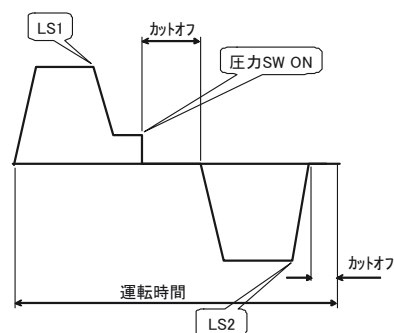


図4 油圧源分散型システム動作フロー

トオフとなり吐出量はほぼゼロとなる。以下このシステムを分散型システムとする。

3. 実験結果

通常、集中型システムでは、1つの油圧源で複数のアクチュエータを駆動するため、各アクチュエータの要求エネルギーが異なっている。今回は、この状態を図1の3本のシリンダが非同期でプレス作業を行なう場合とし、シリンダのプレス回数をそれぞれ10(回/min)、8(回/min)、6(回/min)として実験を行った。各シリンダへの供給流量は20(L/min)で等しいため、各シリンダのプレス保圧時間を含めた往復時間は約5(s)であった。この非同期作業では、3本のシリンダすべてが保圧状態、若しくは待機時間の場合にピストンポンプがカットオフの状態となる。

分散型システムでの実験条件を集中型システムの平均プレス回数である8(回/min)とした。ショックレス駆動のために加減速区間を設けているため、プレス保圧時間を含めた往復時間は約7(s)、待機時間が0.5(s)となった。

この2つの実験装置を連続で8時間運転し、消費電力を比較した結果を表1に示す。シリンダ1本換算で8時間運転する場合の消費電力は、集中型システムを非同期運転した場合が12.5(kWh)、分散型システムが8.2(kWh)となった。前者を100(%)とすると分散型システムでは66(%)の消費電力で1本のシリンダが8(回/min)のプレス作業を行なったとみなす事ができる。

油圧システムでは、運転時の油温上昇が損失の1つの重要な指標といえ、油温上昇が少ないほど油圧回路内での損失が少ないシステムといえる。次に、8時間運転時間の油温変化を図5、6に示す。なお、集中型システムには、200(L)のオイルタンクにドレンクーラとして33(W)の冷却ファンを、分散型システムでは12.5(L)のオイルタンクにドレンクーラとして50(W)の冷却ファンを設けている。

図5では、油温と周囲の温度差が徐々に拡大していき、運転終了時には約37(°C)の温度差となり、システム損失が油温上昇を招いている。図6では、運転開始後30分で温度差が約15(°C)となり、その後運転終了までほぼ一定であった。分散型システムでは温度差が定常に達するのも速く、その温度差も小さく、熱損失が小さいシステムであるといえる。

4. まとめ

集中型システムと分散型システムを、一般の製造現場で想定される運転条件で、実際に運転しその消費電力を測定した結果、分散型システムの方が消費電力が小さく、エネルギー効率が高い事が確認できた。

これまで油圧源集中型システムは、初期投資が安価なため、多くの製造現場に導入されてきた。油圧源側で接続される負荷の数に応じてポンプを多連化するなどの方策によりエネルギー効率を改善することも可能である。しかし、集中型システムでは、一般的に要求エネルギーの異なる複数のアクチュエータが接続される事が多く、時間単位で変化する各アクチュエータの要求エネルギーに対して、1つの油圧源で損失なく高効率で運用可能なシステムを設計することには限界がある。そのために、オイルタン

表1 消費電力比較

	油圧源集中型システム (3本シリンダ非同期運転)	油圧源分散型システム (モーションバック)
8時間積算電力(kWh)	37.6	8.2
シリンダ1本換算 消費電力(kWh/本)	12.5	8.2
比率(%)	100	66

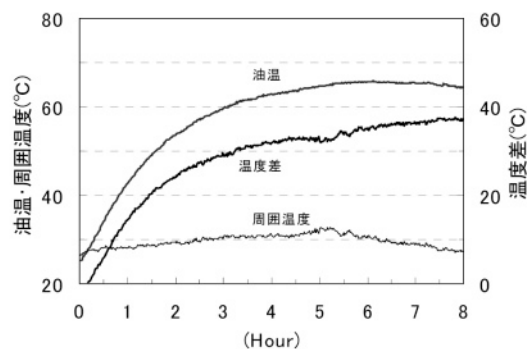


図5 集中型システムの非同期運転における油温変化 (タンク容量 200(L))

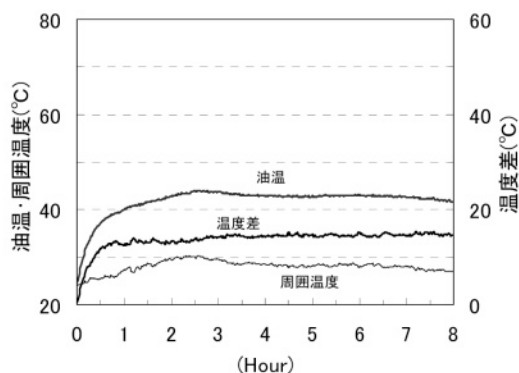


図6 分散型システム油温変化 (タンク容量 12.5(L))

ク容量や管路損失などを考慮して設計余裕が大きくなる必要があり、そこに大きなエネルギー損失が発生している。また、生産計画の変更に伴う各油圧アクチュエータの作業工程の見直しに対して、油圧源側の制御構造を柔軟に変更することが難しい。

しかし、油圧源分散型システムではアクチュエータと油圧源が一对一に対応しているため、アクチュエータの要求するエネルギーに対して、油圧源側で負荷感应制御などのエネルギー効率の高い制御構造が実現できる。また、制御構造が各システムごとに自律化されており、全体の生産計画の変更などにも柔軟に対応でき、集中型システムに比べ、高いエネルギー効率での運用を見込む事ができる。

現在、地球規模でのCO₂削減など地球温暖化防止を目的とした多くの条約や提言がなされている。産業界においても、改正省エネルギー法の施行など生産現場に求められる環境が変化しており、よりエネルギー効率の高いシステムの採用が必要となってきた。

今後は、このように小規模でエネルギー損失の少ない油圧源分散型システムを工程内に複数配置し、全体としてのエネルギー効率を高めた生産システムの導入が考えられる。

本報告の内容は、平成16年度高知県科学技術立県を支える人材育成事業において「モーションパックによる省エネ型油圧プレス装置の開発と評価」として実施したものである。

参考文献

- 1) 佐藤嘉一：機械設計、Vol.46 No.1 (2002)、pp. 34-35
- 2) 不二越ハイドロニクスチーム：新・知りたい油圧 基礎編、ジャパンマシニスト社、(1993)
- 3) 不二越ハイドロニクスチーム：新・知りたい油圧 活用編、ジャパンマシニスト社、(1996)

5 軸制御加工に関する研究

島本 悟 本川高男

Study on 5-axis Control Processing

Satoru SHIMAMOTO Takao HONGAWA

3次元CAD/CAM、4軸及び5軸制御マシニングセンタを使って試作加工を行った結果、企業への技術移転ができ、加工技術の向上につながった。5軸制御加工は、工具やワーク、テーブルとの干渉など加工ノウハウが必要であるが、ワンチャッキングで多くの加工ができるため、省力化の効果が大きいことがわかった。

1. はじめに

機械加工業においては、一般的な加工では加工単価が抑えられてきている。企業においても、現状に危機感を持ち、高度な技術を要する5軸制御加工を習得し、複雑形状部品の加工分野へ進出することを目指している。そこで、企業と5軸加工研究会を組織し、共同で3次元CAD/CAM技術や5軸制御加工技術の研究、試作加工を行った。

2. 実験方法及び実験結果

2. 1 実験装置

実験で使用した主な装置は、3次元CAD/CAMシステムと5軸制御マシニングセンタである。また、その他に研究会参加企業の3次元CAD/CAMシステムや多軸工作機械等を使用した。

2. 2 5軸割り出し加工

2次元で設計された、斜面や斜め穴の加工が必要な機械部品を5軸制御マシニングセンタで加工するために、斜面や位置データを変換するプログラムを作成し加工した。

その結果、掘削工具などの加工が可能となり、一例として、3軸制御のマシニングセンタでは治具製作費が約40万円、段取りを含めた加工時間が約8時間、5軸制御マシニングセンタでは治具製作費なし、段取りを含めた加工時間が3時間で可能であるとの結果が得られた。また、加工精度に影響を与えるテーブル回転中心のずれを補正する必要があることがわかった。

2. 3 傘歯車加工

船用クレーンの大型傘歯車の加工データを作成し、傾斜、回転テーブルを持つマシニングセンタで加工

実験を行った。図1にCAMシステムで作成したカットパス、写真1に加工実験の様子を示す。

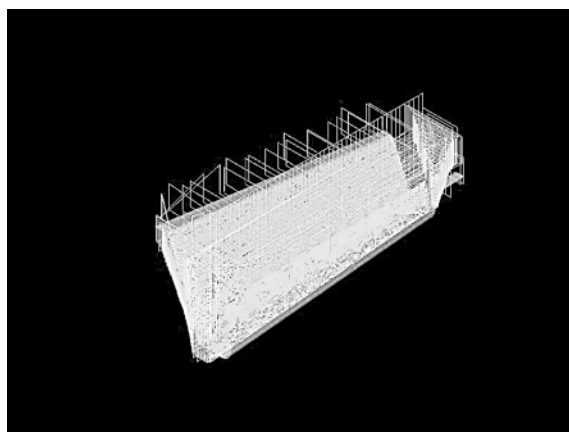


図1 傘歯車加工の工具軌跡

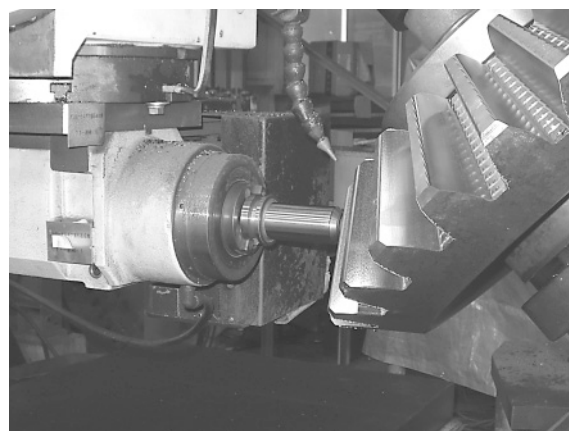


写真1 傘歯車加工実験

加工方法として、平行加工、等高線加工、スキヤロップ加工などを検討した。工具とワークとの干渉

や加工時間、仕上げ面粗さなどから、歯面は等高線加工、歯先及び歯底はシャロー加工が良い結果であった。

2. 4 自動車用内装部品加工

3次元CAD/CAMシステムを利用した自動車用内装部品の加工実験を行った。写真2にシフトノブの加工実験の様子、写真3に試作したシフトノブを示す。

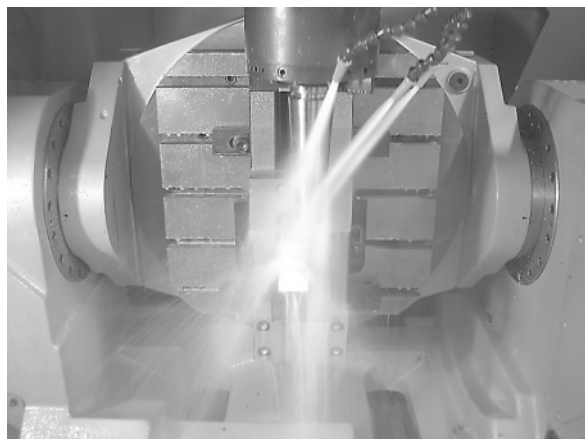


写真2 シフトノブ加工実験



写真3 シフトノブ



写真4 ハンドル加工実験

写真4にハンドル加工実験の様子を示す。

従来は金型を外注し、金型を倣い計測し加工して

いたが、納期短縮や加工精度向上のため、3次元CADデータから4軸制御マシニングセンタ用の加工データを作成し実験した。自由曲面を持ち、面の傾きの変化が大きいため、スキヤロップ加工で表面粗さを一定に近くすることが最も良い結果となった。データ変換はIGESを使用した。使用するCADにより変換効率が異なり、特に小さな曲面を多く張り合わせたデータの変換ができず、手作業で面を張る作業が必要であった。

また、金型を外注する場合と比較して、試作までの時間が9日から2日に短縮、外注費約50万円が不要となり、効果が大きいことがわかった。

2. 5 インペラ加工

インペラをモデル化し、試作加工した。写真5の左側は光造形装置で製作、右側は5軸制御マシニングセンタでアルミを加工したものである。

インペラは、形状が非常に複雑で工具とワークの干渉が起こりやすく、CAD/CAMシステムによってデータ作成の作業時間、加工形状に大きな差があることがわかった。

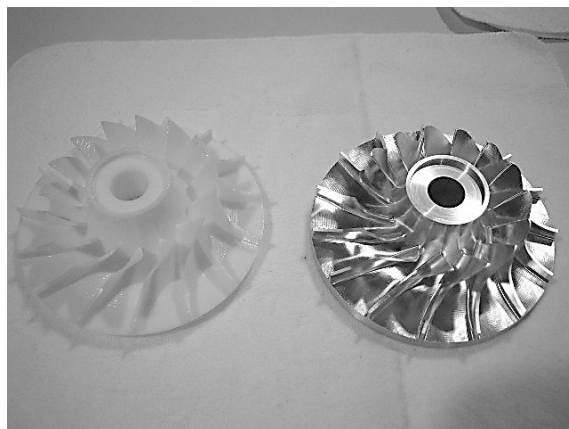


写真5 インペラ

3. まとめ

3次元CAD/CAM、4軸及び5軸制御マシニングセンタを使って、掘削工具などの5軸割り出し加工、傘歯車、自動車用内装部品の試作加工を行った結果、研究会参加企業への技術移転ができ、加工技術の向上につながった。インペラについては、CAD/CAMの作業時間や加工時間の短縮など今後の課題である。

また、5軸制御加工について以下のことがわかった。

- ・工具やワーク、テーブルなどとの干渉が起きやすいため、加工シミュレーションが必要である。
- ・テーブル中心のずれが加工誤差を大きくする。
- ・ワンチャッキングで多くの加工ができるため、省力化への効果が大きい。

謝 辞

本実験にご協力いただきました5軸加工研究会参加企業の方々に深く感謝いたします。

資源環境部

海洋深層水海藻を利用した高機能性健康製品の開発

海洋深層水培養の海藻成分

隅田 隆 岡崎由佳 浜田和秀

*Development of the highly efficient nature healthy products using
Deep Seawater seaweeds*

Elements of seaweeds cultured using Deep Seawater

Takashi SUMIDA Yuka OKAZAKI Kazuhide HAMADA

海洋深層水で培養した海藻類の組成を調べた。深層水培養と表層水培養の海藻比較では深層水培養のスジアオノリ、ハバノリがタンパク質成分が多い結果となった。主要成分では差が少なく、微量金属類ではばらつきが多い結果だった。熱水抽出は約半分以下の収率だった。熱水抽出では、塩類、炭水化物、タンパクが抽出され、微量金属類の抽出は少なかった。

1. はじめに

海洋深層水の活用では、海洋深層水そのものを使うのではなく、低温性、富栄養塩類性、清浄性といった特徴を持つ深層水により培養した海藻類の利用が考えられる。海藻を用いての新製品の開発では、機能性を持たせるための有効組成の把握が重要となる。本稿では、機能性食品開発への参考のため、海洋深層水で培養した海藻及びその抽出物の組成を調べた。

2. 実験方法

2.1 海藻試料

用いた海藻試料はスジアオノリ、ハバノリ、ホンメコン部、マクサ、ヤブレグサ、カヤモノリ、アマノリ、ミル、ミリンの9種である。これらの海藻は高知県海洋深層水研究にて深層水及び表層水にて培養した。

2.2 分析項目

調べた項目は、炭水化物、灰分、脂質、タンパク質、水分、Na、K、Ca、Mg、全炭素、全窒素、その他重金属類である。海藻中の成分、海藻抽出物の成分を比較評価した。

2.3 熱水抽出

海藻成分の多利用のため熱水抽出を行った。抽出方法は海藻に海藻10倍質量の水を加え、2時間煮沸した。その後ろ過して、ろ液を凍結乾燥した。海藻毎の収率は図1に示す。多くの海藻で収率は5割前後だった。

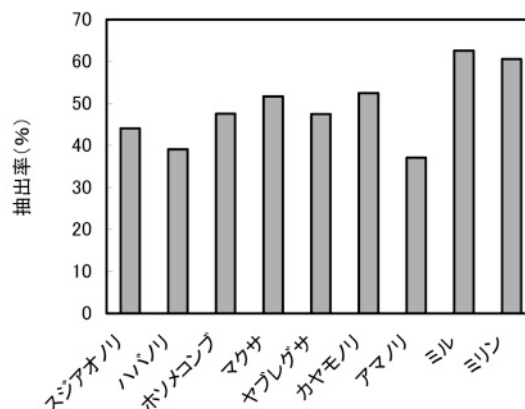


図1 海藻の熱水抽出収率

3. 結果と考察

3.1 海洋深層水で培養した海藻の一般成分

海洋深層水で培養した海藻の一般成分を調べた。その結果を図2及び表1に示す。マクサ、スジアオノリで炭水化物が多く、また、アマノリでタンパク質が多かった。

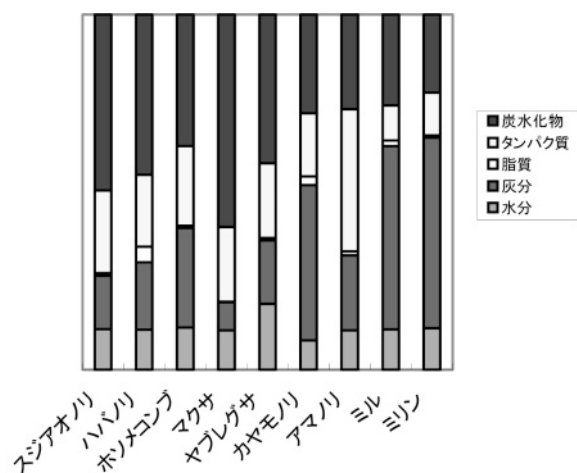


図2 深層水で培養した海藻の一般成分割合

3. 2 深層水と表層水培養海藻の元素成分比較

ハバノリ、スジアオノリ、ミルで深層水と表層水培養した海藻の元素成分比較を行った(図3、表2)。一般成分では、ハバノリ、スジアオノリでタンパク質が深層水培養の海藻で多かった。これは、深層水の富栄養性によるものと考えられる。主要成分では大きな違いは見られなかった。微量元素では、クロム、カドミニウムで両者の差が見られた。これらの原因については、繰り返しの培養試験など検討を要する。

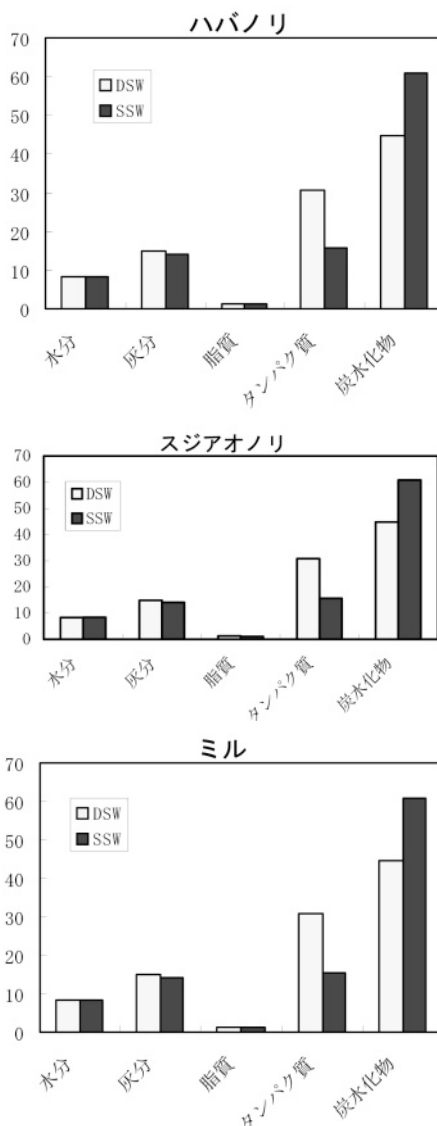


図3 深層水と表層水培養の一般成分比較 (%)

表1 深層水で培養した海藻成分の元素濃度(mg/kg)

試料		As	Pb	Cr	Cu	Cd	Hg	Se	Na	K	Ca	Mg
スジアオノリ	海藻	ND	0.5	1	5.2	4.9	ND	4.9	39600	18600	5620	13500
	抽出物	0.1	0.1	0.6	2.8	1.5	ND	6.6	74000	56500	7410	23600
ハバノリ	海藻	ND	0.9	0.4	1.5	9	ND	4.8	97800	18800	8860	6200
	抽出物	ND	0.1	0.3	2	4.8	ND	5.1	116000	34300	4490	8500
ホソメコンブ	海藻	0.9	0.4	0.5	3	3	ND	4.5	76000	23400	8080	6000
	抽出物	0.2	0.5	0.3	3	1.6	ND	5.6	148000	38900	3580	7300
マクサ	海藻	0.2	0.1	0.5	4.4	4.1	ND	4.2	33600	1360	3690	14400
	抽出物	ND	ND	0.3	1.5	1.7	ND	4.7	55800	2020	2010	18300
ヤブレグサ	海藻	ND	ND	1.3	3.5	10.3	ND	1.7	20066	7363	340	40098
	抽出物	ND	ND	1.3	0.7	6.4	ND	2.2	32085	17692	494	67500
カヤモノリ	海藻	0.1	0.2	1.5	4.8	6.1	ND	3.7	41174	34100	871	9500
	抽出物	ND	ND	1.8	1.9	1.2	ND	4.5	49314	68529	425	10980
アマノリ	海藻	ND	0.3	1	5.8	8.2	ND	3.1	25534	15490	135	4314
	抽出物	0.1	0.1	2.3	0.9	0.8	ND	4.4	36764	39500	204	6500
ミル	海藻	ND	ND	1.6	14.1	0.3	ND	5.7	43258	1443	1011	21981
	抽出物	0.1	0.1	1.4	3.5	0.4	ND	7.7	39168	2294	1404	27647
ミリン	海藻	ND	0.9	1	13.3	5.1	ND	3.5	46038	32692	564	18942
	抽出物	ND	ND	1	0.7	1.5	ND	4	46597	42353	607	20392

※分析値はすべて乾燥基準の値、検出限界 As:0.1mg/kg Pb:0.1mg/kg Cd:0.1mg/kg Hg:0.01mg/kg

表2 深層水及び表層水にて培養した海藻とその抽出物中の元素成分 (mg/kg)

海藻		As	Pb	Cr	Cu	Cd	Hg	Na	K	Ca	Mg
ハバノリ	DSW	38	ND	0.7	2.6	8.7	ND	4800	35300	11300	8300
	SSW	40	0.7	14.1	3.4	0.2	ND	5000	32500	12500	9000
スジアオノリ	DSW	3	0.1	0.5	8.2	14.6	ND	3200	19000	7300	14000
	SSW	3	0.2	14.6	10.7	0.3	ND	6700	22900	8100	20000
ミル	DSW	25	0.2	2.4	4.5	0.2	ND	68900	2000	4400	8000
	SSW	37	1.1	9.5	48.5	0.1	ND	62900	2200	4800	9000

抽出物		As	Pb	Cr	Cu	Cd	Hg	Na	K	Ca	Mg
ハバノリ	DSW	56	1.1	2	0.9	3.3	ND	12000	74000	6700	11000
	SSW	37	0.8	20	2.4	0.4	ND	12000	52000	6600	11000
スジアオノリ	DSW	0.4	0.1	0.7	0.8	5.9	ND	7000	33000	10000	25000
	SSW	2.3	0.1	8.6	1.2	0.3	ND	15000	50000	10100	30000
ミル	DSW	20	0.5	1.3	2.4	0.2	ND	230000	7000	13700	23000
	SSW	36	2.5	7.4	13	ND	ND	190000	6000	14200	26000

3.3 水洗時間の影響

スジアオノリを用い海藻の水洗いでの成分の変化を調べた。図4及び表3に水洗いなし、3分、5分洗った場合でのそれぞれの成分濃度を示した。図4及び表3より、洗いにより表面に付いている塩類が除去されていることがわかった。

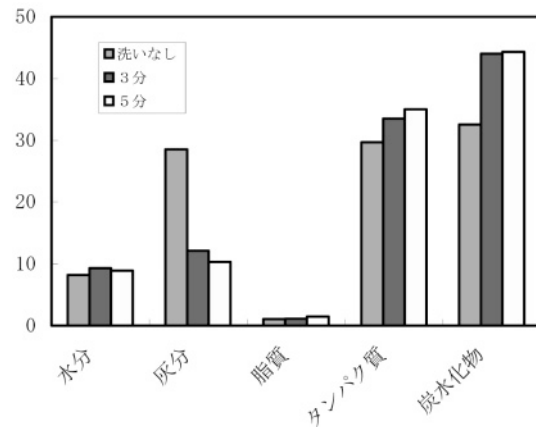


図4 スジアオノリ一般成分の水洗時間の比較 (%)

表3-1 スジアオノリ成分元素の水洗いの比較 (mg/kg)

海藻	As	Pb	Cr	Cu	Cd	Hg	K	Ca	Mg
洗いなし	6	0.5	2	4	6.5	ND	29000	6500	15500
3分	8	0.2	0.3	8	10.5	ND	19250	9750	15000
5分	13	ND	0.5	10.7	11.3	ND	12500	10000	11750

表3-2 スジアオノリ抽出物成分元素の水洗いの比較 (mg/kg)

抽出物	As	Pb	Cr	Cu	Cd	Hg	K	Ca	Mg
洗いなし	1.5	0.2	0.8	1.2	1.5	ND	41000	7500	20000
3分	2.5	0.1	0.7	0.8	1.9	ND	35000	12000	20000
5分	2.4	0.1	0.5	0.6	3	ND	25000	13300	19000

3. 4 海藻及び抽出物のC, N含量

図5に海藻とその熱水抽出物のC N量を示した。これによると、塩類、炭水化物、タンパク質が抽出され、微量元素が抽出しにくいのがわかった。先に図1で示した収率の影響を受けていると考えられた。

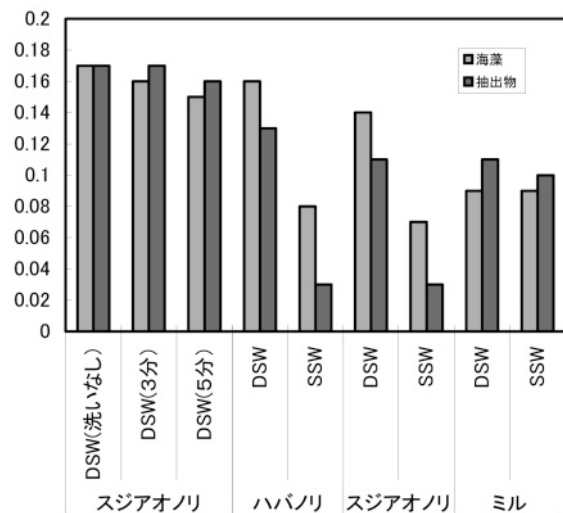


図5 海藻及び抽出物のC・N含量(mg)

4. まとめ

深層水培養と表層水培養の比較で、深層水培養のスジアオノリ、ハバノリがタンパク質成分が多い結果となった。一方、主要成分では差が少なく、微量元素類では、ばらついた結果だった。また、洗いでは、表面に付着する塩類の除去ができた。熱水抽出においては約半分以下の収率であり、塩類、炭水化物、タンパク質が抽出され、微量元素類の抽出は少なかった。

平成16年度高知県工業技術センター研究報告第36号
平成17年11月15日 印刷発行

〒781-5101 高知市布師田3992-3

編集兼 高知県工業技術センター
発行所

Kochi Prefectural
Industrial Technology Center

印刷所 西 富 膳 写 堂

この資料は再生紙を使用しています。

