

## 海洋深層水を利用したシイタケ菌床栽培

誌名	高知県立森林技術センター研究報告 = Bulletin of Kochi Prefectural Forest Technology Center
ISSN	13486004
著者	今西, 隆男 市原, 孝志 森山, 洋憲 隅田, 隆 浜渦, 貴資
巻/号	32号
掲載ページ	p. 46-53
発行年月	2007年3月

# 海洋深層水を利用したシイタケ菌床栽培 Cultivation of *Lentinula edodes* Using Deep Sea Water

今西隆男、市原孝志

森山洋憲・隅田隆（高知県工業技術センター）

浜渦貴資（中芸地区商工支援センター）

Takao IMANISHI, Takashi ICHIHARA,

Hironori MORIYAMA\*, Takashi SUMIDA\*, Takatsugu HAMAUZU\*\*

(Kochi prefectural Forest Technology Research Center, \*Kochi prefectural Industrial Technology Center, \*\*Chugei area Commerce and Industry society)

**概要：**菌床シイタケの高品質化により地域産業の活性化を図ることを目的に、海洋深層水原水及び脱塩水の子実体に与える効果を検討した。菌床培地への原水 10%、脱塩水 50%までの添加で収量や一般成分、糖類には試験区間の差はみられなかったが、無機成分が増加する傾向がみられた。海洋深層水原水を培地水分の 5%添加することで無機成分に富んだシイタケを栽培することが期待できる。

キーワード：シイタケ、菌床栽培、海洋深層水、無機成分

## 1. 緒言

高知県では平成元年より室戸市沖の水深約 320m の海中から海洋深層水が採取されている。海洋深層水は低温安定性、富栄養性などの特性があることが知られている<sup>1-3)</sup>。その利用は、飲料水をはじめ加工食品などの各種製品のほか、トマトやナス栽培の農業や水産業など多岐にわたる。きのこ栽培においては、取水施設を有する地域でこの菌糸伸長や栽培に関する研究が行われており<sup>4-6)</sup>、エノキタケ栽培では海洋深層水の添加により子実体のミネラルや糖分が増加し、美味しいきのこが生産できることなどが報告されている<sup>7)</sup>。

一方、高知県の東部に位置し、室戸市からは比較的近距離にある中芸地区では地域経済の活性化を図るための取り組みの一つとして菌床シイタケの高付加価値化のため海洋深層水を取り入れる試みを行ってきている。シイタケ栽培は価格の低迷や産地間競争の激化により、生産技術の向上や他産地との差別化を図ることが重要となっている。

本研究は、海洋深層水をシイタケ菌床栽培へ利用することによって、子実体の含有成分などの品質向上を図ることによるブランド化や競争力の向上とともに、海洋深層水を利用した栽培技術の確立を図るため、平成 17 年度科学技術立県を支える人材育成事業で実施した。

## 2. 試験方法

### 2.1 培地調整

培地基材は広葉樹オガコ(1mm 程度)と広葉樹チップ(5~10mm)を 5:5 の割合とし、培地基材に対し栄養剤(フスマ)を 15% 配合し、水道水又は海洋深層水及び RO 脱塩水を添加して含水率(湿量基準)を 65% に調整した。試験区分及び海洋深層水の主な成分の分析値を表 1,2 に示す。海洋深層水原水の添加量は、多用すると収量が減少することが懸念されるため、最大添加率を培地水分量の 10% とした<sup>8)</sup>。培地含水率は

原材料に含まれる水分量を予め測定し、菌床培地の全水分量に対する値とした。調整した培地は、強化ポリエチレン製の 1.2kg 用培養袋(株式会社シナノポリ、ST-12-25)に約 1.0kg ずつ詰め、培地中央に直径 10mm の孔を 2 箇所あけた。

表 1 試験区分

区分	添加した水の種類	添加割合	供試個数
対照区	水道水	—	21
原水 5%	海洋深層水原水	5%	21
原水 10%		10%	15
脱塩 10%	RO 脱塩水	10%	15
脱塩 50%		50%	15

表 2 海洋深層水的主要成分分析値

	EC	pH	Na	K	Ca	Mg	Cl
			mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
海洋深層水原水	52.4 mS/cm	7.7	11,200	409	426	1,300	19,100
RO 脱塩水	510 $\mu$ S/cm	6.4	82.7	3.6	1.3	3.9	139

注) 海洋深層水研究所分析

## 2.2 殺菌・接種

高圧滅菌器(三浦工業株式会社製)で 121℃、60 分間殺菌し、冷却後、おが菌北研 607 号を培地表面に約 15ml 接種し、袋上部をシールした。

## 2.3 培養

温度 20℃、相対湿度 70% の条件で、培養開始後約 60 日間は暗黒とし、62 日目以降は約 30Lux の明培養とした。培養期間は 90 日間とし、培養完了前の 3 日間、25℃ で芽数調整のための高温処理を行った。また、培養開始後 62 日目に袋内に溜まった二酸化炭素を排出するため培養袋のフィルター部分が下方となるように菌床を横向けた。

## 2.4 子実体の発生及び栽培管理

培養が完了した菌床は、11 月 10 日に田野町にある発生ハウスに移動した。培養袋を全て取り除いた菌床を栽培棚に並べた。一通り発生が終わると試験区分と同じ濃度の水に約 3 時間浸水処理し、約 2 ヶ月間に 3 回採取した。栽培管理中の 11 月 10 日～21 日のハウス内の温湿度変化を図 1 に示す。最高温度 22.6℃、最低温度 9.2℃ で夜間から早朝にかけて温度が下がり、日中は温度が上昇した。ハウス内には空調施設はないが、夜間等の低温時には温風式加温機により加温を行った。相対湿度は午後には下がる傾向があったが概ね高湿度であった。ハウス内が乾燥すると、地面に散水して湿度の上昇を図った。

## 2.5 採取

子実体の採取は概ね内皮膜が切れた時点とした。各菌床毎に発生個数と総重量を測定した。また、発生 2 回目までは、成分分析に供するため、子実体は重量測定したあと冷凍保存した。

## 2.6 成分分析

### 2.6.1 水分量

冷凍保存した子実体を凍結乾燥機で乾燥した後、生重量との差から算出した。

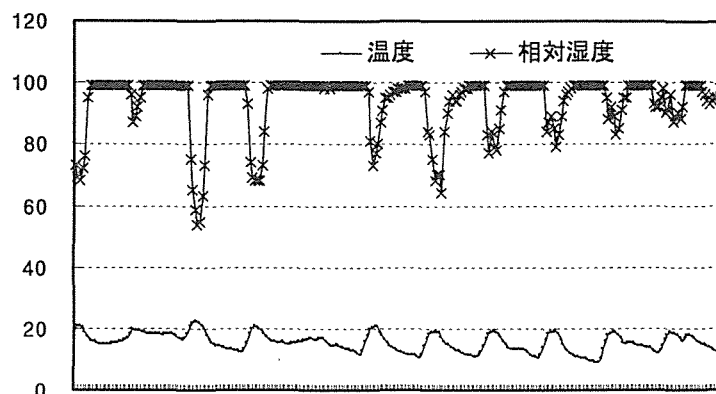


図1 栽培ハウス内の温湿度変化（11月10日～11月21日）

### 2.6.2 一般成分

数個の子実体を細かく粉砕し混合したものを分析に供した。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。炭水化物は水分、タンパク質、脂質、灰分の量を差し引いた値とした。

### 2.6.3 無機成分

上記の試料をミキサーにて細かく粉砕し、0.10gを正確に測りとりマイクロウェーブ分解装置（マイルストーンゼネラル社製）にて溶解した。分解後メスフラスコ 100ml に定容し、K、Na はフレイム原子吸光分析法（パリアン社製）で、Cu、Fe、Mn はグラファイト炉原子吸光分析法（パリアン社製）で、その他は ICP 発光分析装置（パリアン社製）により ICP-AES 法により測定した。

### 2.6.4 糖類

上記の試料を 80%エタノールで 80℃、1 時間、還流抽出した後、Waters Sep-Pak(C18)で前処理し、HPLC(Waters2690)で、シイタケに含まれる主要な糖類であるアラビトール、マンニトール、トレハロースを定量した。

## 3. 結果と考察

### 3.1 子実体発生量

子実体の発生量及び対照区の平均値を 100 とした時の各試験区の指標を表 3 に示す。総発生量が最も多かったのは脱塩 10%区の  $268.7 \pm 65.6g$  (平均値±標準偏差)で、一番少なかったのは原水 10%区の  $201.9 \pm 62.6g$  であった。脱塩区の発生量は対照区よりも多く、原水区では添加割合が高くなるに従い減少する傾向があったが、各試験区間に有意差は認められなかった。1菌床当り子実体発生個数は、脱塩 10%区が最も多く  $19.3 \pm 6.7$  個であった。いずれの試験区も対照区よりも多かったが各試験区間に有意差は認められなかった。子実体 1 個当りの重量が最も重いのは対照区の  $20.5 \pm 6.2g$ 、最も軽いのは脱塩 10%区で、原水区では添加割合が高くなるに従い小さくなる傾向があったが、各試験区間に有意差はなかった。発生回数別の子実体発生量を図 2 に示す。各試験区とも初回発生が最も多く 60% (対照区)～69% (原水 10%区)であった。原水区は添加割合が高くなるに従い早い時期に発生する傾向がみられた。きのこの生育にはリン、カリウム、ナトリウム、イオウなどの無機塩類が比較的少量に必要で、カルシウムとホウ素はシイタケ菌糸の生長を抑制するといわれている<sup>9-10)</sup>。海洋深層水にはきのこの生長促進物質と抑制物質の双方が含まれるが、本試

験条件では、子実体の発生量や1個当たり生重量には影響を与えないといえる。海洋深層水の子実体収量に与える影響は、脱塩水の添加により発生量が多くなった報告があるが<sup>4)</sup>、脱塩水の場合はその製法により成分が大きく異なり、脱塩水の種類により影響も異なると考えられる。また、ヒラタケの瓶栽培において原水10%の添加で系統により影響に差がでたという報告もあり<sup>5)</sup>、栽培するきのこの種類や系統により、海洋深層水の影響が異なるものと考えられる。

表3 子実体発生量

試験区分	1 菌床当たり発生生重量	1 菌床当たり発生個数	子実体重量
	平均値±標準偏差 (g/菌床)	平均値±標準偏差 (個/菌床)	平均値±標準偏差 (g/個)
対照区	247.1±53.2 (100)	13.0±4.6 (100)	20.5±6.2 (100)
原水 5%	228.7±45.4 (93)	14.0±4.7 (108)	18.0±5.9 (88)
原水 10%	201.9±62.2 (82)	13.2±5.0 (102)	16.0±3.4 (78)
脱塩水 10%	268.7±65.6 (109)	19.3±6.7 (148)	15.5±6.4 (76)
脱塩水 50%	253.0±84.3 (102)	14.3±6.8 (110)	18.9±4.9 (92)

注)カッコ内の数字は対照区の平均値を100とした時の指標。

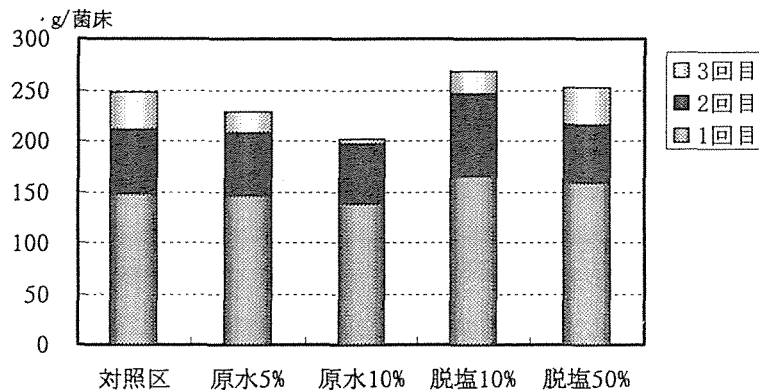


図2 発生回数別の子実体発生量

### 3.2 一般成分

子実体100g当たりの一般成分の量及び1回目の対照区の分析値を100とした時の各試験区の指標を表4に示す。五訂食品成分表による生シイタケの一般成分分析値は水分91.0%、たんぱく質3.0%、脂質0.4%、炭水化物4.9%、灰分0.7%であるのに対して、1回目の対照区の値は水分89.4%、たんぱく質3.16%、脂質0.14%、炭水化物6.37%、灰分0.93%で水分と脂質が少なく、炭水化物と灰分が多かった。この傾向は他の試験区でもほぼ同様であった。成分別にみると、水分量は試験区間での差は小さかった。エノキタケやヒラタケは海洋深層水の添加濃度が高くなると、培地からの水分吸収が塩ストレスにより抑制されるため水分量が減少すると推察されているが<sup>11)</sup>、シイタケの場合は顕著な傾向はみられなかった。塩ストレスに対する挙動はきのこの種類により異なると考えられる。たんぱく質は原水5%区で増加し脱塩水では減少傾向がみられた。脂質は1回目よりも2回目が増加する傾向があったが、全般に対照区よりも小さな値であった。炭水化物は2回目で増加する傾向があり、2回目では何れの区も対照区より大きい値を示した。灰分は1回目では対照区よりも小さな値を示したが、2回目は原水区で大きな値を示した。全体的に一定した傾向はみられなかったが、2回目は1回目と比較して、原水では炭水化物と灰分が、脱塩水では脂質と炭水化物が増加し、両者ともたんぱく質は減少する傾向があった。

表4 試験区別の一般成分(100g当たり)

発生回数	試験区分	水分(g)	たんぱく質(g)	脂質(g)	炭水化物(g)	灰分(g)
1回目	対照区	89.40(100)	3.16(100)	0.14(100)	6.37(100)	0.93(100)
	原水 5%	89.60(100)	3.36(106)	0.13( 94)	6.03( 95)	0.88( 95)
	原水 10%	89.40(100)	3.19(101)	0.12( 88)	6.50(102)	0.78( 84)
	脱塩 10%	90.90(102)	2.25( 71)	0.11( 80)	5.99( 94)	0.75( 81)
	脱塩 50%	90.10(101)	2.92( 92)	0.14(100)	5.96( 94)	0.88( 95)
2回目	対照区	90.60(101)	2.81( 89)	0.17(122)	5.63( 88)	0.78( 84)
	原水 5%	88.10( 99)	3.34(106)	0.05( 37)	7.42(117)	1.08(117)
	原水 10%	87.79( 98)	2.44( 77)	0.15(110)	8.80(138)	0.82( 89)
	脱塩 10%	90.61(101)	2.15( 68)	0.18(126)	6.33( 99)	0.73( 79)
	脱塩 50%	90.15(101)	2.42( 77)	0.15(107)	6.51(102)	0.77( 83)

注)カッコ内の数字は1回目の対照区を100とした時の指標。

### 3.3 無機成分

子実体100g当たりの無機成分の量及び1回目の対照区の分析値を100とした時の各試験区の指標、試験区別の2回目の1回目に対する比を表5~7に示す。五訂食品成分表による生シイタケの無機成分はNa 2mg、K 280mg、Ca 3mg、Mg 14mg、P 73mg、Fe 0.3mg、Zn 0.4mg、Cu 0.05mg、Mn 0.23mgであるのに対して、1回目の対照区を例にとると、Na 1.8mg、K 183.0mg、Ca 0.4mg、Mg 12.9mg、P 70.2mg、Fe 0.27mg、Zn 0.57mg、Cu 0.16mg、Mn 0.22mgで、CuとZn以外は五訂食品成分表の値よりも小さかった。しかし、発生回数、試験区分により大きな差があった。成分別にみると、Kは1回目は全ての区が対照区よりも多かったが、2回目は原水5%区以外で対照区が多かった。2回目は1回目よりも対照区と原水区は増加し脱塩区は減少した。Pは1回目の原水5%区以外は対照区よりも少なく、2回目は全ての区で1回目よりも減少した。Mgは1回目は全ての区で対照区よりも多かったが、2回目では原水5%区以外は少なかった。また2回目は1回目よりも全般に減少した。Naは原水10%区が最も多く脱塩10%区以外は対照区よりも大きな値を示した。特に原水区の値は大きく、原水に含まれる成分が子実体に吸収されたと考えられる。Caは1回目は対照区よりも原水区は少なく脱塩区が大きな値を示した。2回目は全ての区が対照区よりも大きな値を示し、原水区では対照区の3.6~4.9倍の値を示した。2回目は1回目よりも大きな値を示し、特に原水5%区は45倍と著しく増加した。原水、脱塩水ともCaを増加させる効果があり、それは発生1回目よりも2回目の方が大きいと考えられる。Cuは全般に対照区よりも少なく、1回目と比較すると2回目は減少する傾向にあった。Feは1回目は全ての区が対照区よりも小さな値を示したが、2回目は全般に増加し、深層水区は対照区よりも大きな値を示した。Mnは1回目は原水10%区以外で対照区よりも多く脱塩50%区が最も大きな値を示した。2回目は全般に1回目よりも多く、全ての区で対照区よりも大きな値を示した。Znは1回目は脱塩50%区以外は対照区よりも少なかった。2回目は対照区と脱塩50%区以外は1回目よりも増加し、対照区と比較すると原水区が大きな値を示した。

海洋深層水利用によるシイタケ子実体に含まれる無機成分の挙動は、海洋深層水の種類や発生回数により大きく変化し、原水区では1回目はMg、Na、2回目はNa、Ca、Fe、Mn、Znが、脱塩区では1回目はK、Ca、Mn、2回目はNa、Caが増加した。試験区別では最も大きな値を示したのは2回目の原水5%区で、一般成分の灰分の分析結果とも一致する。原水5%区の2回の平均値を対照区に対する割合で図3に示す。Cu以外で対照区を上回り、特にNaとCaの値が大きかった。

表 5 試験区別の無機成分 (100g 当たり)

発生回数	試験区分	K (mg)	P (mg)	Mg (mg)	Na (mg)	Ca (mg)	Cu (mg)	Fe (mg)	Mn (mg)	Zn (mg)
1回目	対照区	183.0	70.2	12.9	1.83	0.37	0.16	0.27	0.22	0.57
	原水 5%	279.0	77.8	15.3	3.64	0.25	0.13	0.24	0.23	0.55
	原水 10%	185.2	65.0	14.9	4.17	0.31	0.12	0.25	0.14	0.51
	脱塩 10%	244.8	53.6	14.1	1.41	0.78	0.06	0.23	0.29	0.42
	脱塩 50%	298.5	68.2	14.8	2.25	2.92	0.12	0.26	0.32	0.59
2回目	対照区	283.5	60.3	13.5	1.50	2.25	0.10	0.45	0.28	0.42
	原水 5%	284.1	51.6	15.6	5.49	11.06	0.10	0.58	0.47	0.68
	原水 10%	231.4	47.1	12.1	6.34	8.01	0.08	0.50	0.34	0.56
	脱塩 10%	221.7	51.7	12.4	3.83	3.37	0.07	0.45	0.37	0.43
	脱塩 50%	210.4	43.8	11.3	1.88	2.85	0.06	0.47	0.29	0.40

表 6 試験区別無機成分の指標

発生回数	試験区分	K	P	Mg	Na	Ca	Cu	Fe	Mn	Zn
1回目	対照区	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	原水 5%	152	111	119	199	67	80	88	103	98
	原水 10%	101	92	115	228	84	73	92	63	91
	脱塩 10%	134	76	109	77	213	38	83	133	75
	脱塩 50%	163	97	115	123	793	75	97	145	105
2回目	対照区	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	原水 5%	100	86	116	366	491	105	129	168	165
	原水 10%	82	78	89	423	356	88	112	122	135
	脱塩 10%	78	86	92	255	150	69	100	134	104
	脱塩 50%	74	73	84	125	127	66	105	105	97

注) 1回目、2回目それぞれの対照区を 100 とした時の指標。

表 7 試験区別無機成分の 2 回目の 1 回目に対する比

試験区分	K	P	Mg	Na	Ca	Cu	Fe	Mn	Zn
対照区	1.5	0.9	1.0	0.8	6.1	0.6	1.7	1.3	0.7
原水 5%	1.0	0.7	1.0	1.5	44.6	0.8	2.4	2.1	1.2
原水 10%	1.2	0.7	0.8	1.5	25.9	0.7	2.0	2.4	1.1
脱塩 10%	0.9	1.0	0.9	2.7	4.3	1.1	2.0	1.3	1.0
脱塩 50%	0.7	0.6	0.8	0.8	1.0	0.5	1.8	0.9	0.7

注) 1回目を 1 とした時の 2 回目の指標。

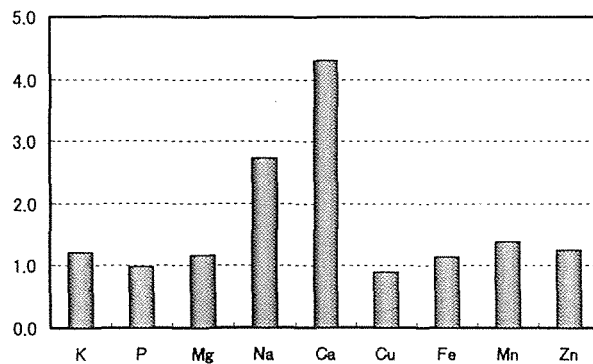


図 3 原水 5% 区の対照区に対する無機成分の割合  
(発生 1~2 回の平均値。対照区を 1 とする)

### 3.4 糖類

文献によるシイタケ乾物 100g 中に含まれる主な低分子炭水化物の量は、グリセロール 0.1g、アラビトール 7.7g、マンニトール 4.6g、グルコース 0.4g、フルクトース 0.1g、トレハロース 6.4g 等である<sup>12)</sup>。今回の分析で明らかになったピークを示したのはこれらの中で量が多いアラビトール、マンニトール、トレハロースであった。またマンニトールとアラビトールの保持時間は非常に接近しており同じピークとして表れた。そこで、ここではトレハロースとマンニトール・アラビトールの 2 種類について比較検討する。乾燥試料 100g 当たりの糖類の量及び 1 回目の対照区の分析値を 100 とした時の各試験区の指標を表 8 に示す。1 回目の原水 5% 区は目的とする成分と思われる大きなピークを検出したが、ピーク位置が微妙に異なったため除外した。成分別にみると、トレハロースは 2 回目の脱塩 10% 区が最も多く、2 回目も 1 回目よりも大きな値を示した。マンニトール・アラビトールは 2 回目対照区が最も多く、2 回目は対照区と原水区で増加した。合計では脱塩 50% 区以外で 2 回目が必要な値を示したが、殆どの試験区が対照区の値を下回った。本試験条件では、海洋深層水を添加することによる糖類の増加や一定の傾向はみられなかったと考える。

表 8 乾燥試料 100g 当たりの糖類の含有量 (g/100g (dry weight))

発生回数	試験区分	トレハロース	マンニトール・アラビトール	計
1回目	対照区	3.80 (100)	5.93 (100)	9.73 (100)
	原水 5%	—	—	—
	原水 10%	3.54 ( 93)	5.72 ( 97)	9.26 ( 95)
	脱塩 10%	3.11 ( 82)	5.86 ( 99)	8.97 ( 92)
	脱塩 50%	3.82 (101)	5.94 (100)	9.77 (100)
2回目	対照区	4.09 (108)	6.73 (114)	10.82 (111)
	原水 5%	4.26 (112)	6.49 (109)	10.75 (111)
	原水 10%	4.06 (107)	6.26 (106)	10.32 (106)
	脱塩 10%	4.87 (128)	5.61 ( 95)	10.47 (108)
	脱塩 50%	4.05 (107)	5.03 ( 85)	9.08 ( 93)

注) カッコ内の数字は1回目の対照区を 100 とした時の指標。

### 4 おわりに

海洋深層水をシイタケの菌床培地調整時に添加し、発生終了後浸水処理する栽培方法において、子実体の 3 回目までの総発生量は、原水では 10% 以下で添加割合が増大すると減少、脱塩水では増加するものの有意差はなかった。発生回数別では初回発生が最も多く、その後は減少した。一方、子実体に含まれる成分は、全般的に 1 回目よりは 2 回目の方が増加する傾向があった。一般成分や糖類では試験区間での一定の傾向や大きな差は見られなかったが、無機成分では Na、Ca などが増加する効果が認められた。菌床の培地調整時に海洋深層水原水を添加する栽培方法では、培地水分量の 5% 添加することで無機成分の増大による子実体の品質向上が期待できると考えられる。しかしながら、エノキタケなど他のきのこ類の多くが 1 回の収穫であるのに対して、シイタケの発生期間は長期にわたるため、採取時ごとに成分の変動が想定されることや、海洋深層水の効果的な添加時期の検討などの課題が残されていると考えられる。

### 謝辞

海洋深層水を提供していただいた高知県海洋深層水研究所及びシイタケの栽培に協力していただきました中芸地区の農家の皆様に感謝いたします。



## 文献

- 1)川北浩久,田村光政,澤村淳二,山口光明,上野幸憲,岡村雄吾:「海洋深層水利用のための基礎調査(第1報)」,高知県工業技術センター研究報告, No.25, p.6-10, 1994
- 2)川北浩久,田村光政,澤村淳二,上野愛理,山口光明,上野幸憲,岡村雄吾:「海洋深層水利用のための基礎調査(第2報)」,高知県工業技術センター研究報告, No.26, p.8-12, 1995
- 3)田村愛理,隅田隆,岡崎由佳,浜田和秀,河野敏夫,竹内宏太郎,川北浩久,田村光政,関田寿一:「室戸海洋深層水の特性把握および機能解明(主要成分の特性把握)」,高知県工業技術センター研究報告, No.32, p.91-102, 2001
- 4)藤堂千景,鳥越茂:「脱塩海洋深層水添加培地でのシイタケ菌床栽培(I)ー菌糸伸長と発生量についてー」,兵庫県立農林水産技術総合センター研究報告森林林業編, 51, p.22-25, 2004
- 5)西井孝文:「海洋深層水の有効活用に関する試験」,三重県科学技術振興センター林業研究部業務報告書, 43, p.26, 2006
- 6)高島幸司:「深層水を利用したきのこ栽培」,富山県林業技術センター業務報告, P.46, 2006
- 7)今西隆男,深田英久,横田慎二:「海洋深層水を利用したエノキタケ栽培」,日本応用きのこ学会第3回大会講演要旨集, 42, 2002
- 8)今西隆男,市原孝志:「海洋深層水を利用した高付加価値きのこ栽培に関する研究」,高知県立森林技術センター平成16年度試験研究実績報告書, p.14-15, 2005
- 9)田島俊雄:キノコの事典,朝倉書店, p. 76, 1989
- 10)中村克哉:キノコの事典,朝倉書店, p. 228, 1989
- 11)森山洋憲,市原孝志,今西隆男:「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)海洋深層水を利用したキノコ類の一般成分」,高知県工業技術センター研究報告, No.36, p.6-10, 2005
- 12)吉田博:キノコの科学,朝倉書店, p.51-56, 1997