

# 海洋深層水を利用した食用きのこ生産

## －栽培・加工・流通への利用－

富山県林業技術センター林業試験場

高畠幸司<sup>たかばたけこうじ</sup>

### 要 旨

食用きのこ生産の栽培・加工・流通の各分野で海洋深層水の有効利用を検討しました。栽培では、海洋深層水を500～5000倍に希釈してエノキタケ菌床栽培の注水処理液に用いると子実体収量が増加しました。加工では、ヤマブシタケを海洋深層水で水煮処理すると抗酸化能が保持されました。流通では、ヤマブシタケを海洋深層水由来の酸性電解水で噴霧処理すると鮮度が保持されました。

### はじめに

食用きのこは、生産者によって栽培、収穫され、そして包装されて市場やスーパーを流通して消費者に届けられます。また、過剰に生産されたものは水煮、乾燥による加工を施して消費者に届けられます。食用きのこの栽培・加工・流通の各分野では、それぞれ課題があり、栽培では単位培地当たりの収量増加、生産性の向上が求められており、加工では安価な外国産品が輸入されており、それらに対する差別化が求められており、流通では生鮮きのこの鮮度保持、即ち、日持ちの改善、店持ちをよくすることが求められています。

ところで、富山県では1995年に水深321mからの海水（以下、海洋深層水とします。）の汲み上げ施設を設置し、2000年に商業用分水が開始されてから非水産分野（食品、医薬品、健康産業、農業分野）での用途開発、製品化が本格的に始まりました。海洋深層水の特長は、水深300m以下の光の届かない処から海水を汲み上げるため、1年を通じて水温が2～3℃と低温で安定していること、表層水（水深15m）に比べて窒素、リン酸、珪素、マグネシウム等が豊富であることから富栄養性であること、バクテリアがほとんど存在せず清浄であることです。そこで、食用きのこ生産の栽培、加工、流通の各分野の課題に対して海洋深層水の利用性を検討しました。

### 1. 食用きのこ栽培への利用

食用きのこ栽培には、エノキタケ菌床栽培並びにシイタケ菌床栽培への利用性を検討しました。

#### (1) エノキタケ菌床栽培への利用

エノキタケ菌床栽培の工程を図-1に示します。ビン詰めした培養基に種菌を接種後、16℃で4週間培養します。その後、菌掻きを行います。菌掻きは接種した種菌を取り除き、新鮮な培地が露出するように培地表面を掻き取る工程です。その後、芽出しが揃うように注水処理を行います。この注水処理には、通常、水道水を用います。注水処理は室温にて3時間行い、その後、処理液を捨て、発生操作を経て子実体を収穫します。今回、注水処理液に表層水、海洋深層水を用いました。表層水並びに海洋深層水は水道水で50, 100, 500, 1000, 3000, 5000倍に希釈して用いました。

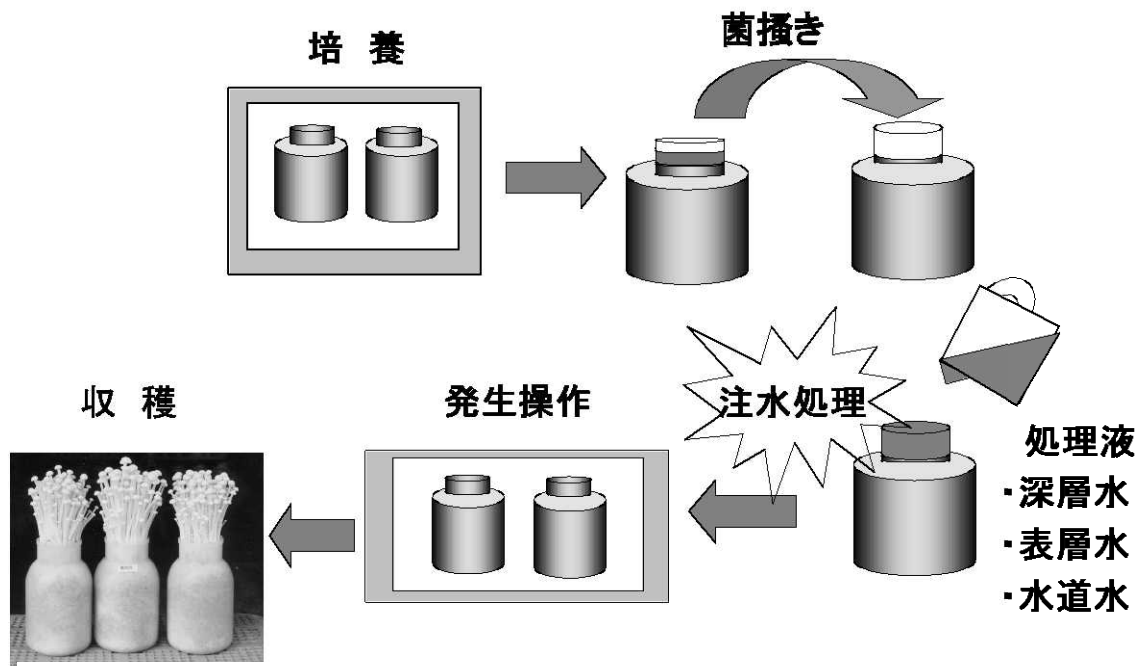


図-1 エノキタケ菌床栽培の工程

種菌を接種してから子実体を収穫するまでの栽培所要日数の結果を図-2に示します。対照区である水道水は61日間でした。表層水では50, 100, 500倍および5000倍では対照区と有意差がありませんでした。しかし, 1000, 3000倍液では57~58日間となり, 対照区に対して5%レベルで有意に短くなりました。海洋深層水では, 50, 3000倍希釈液で水道水と有意差がありませんでした。しかし, 100, 500, 1000, 5000倍希釈液では57~58日間となり, 5%レベルで有意に短くなりました。

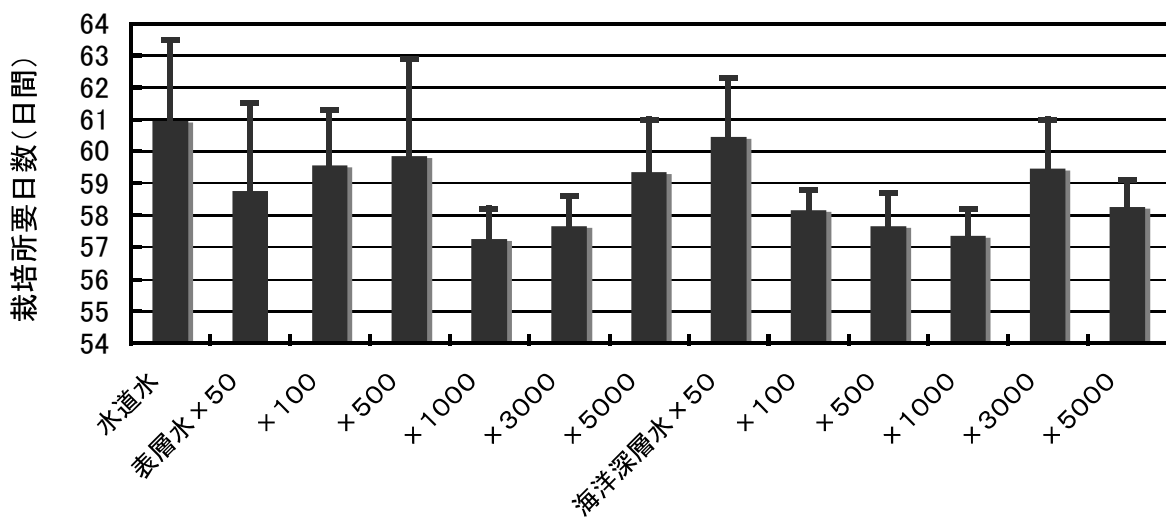


図-2 エノキタケ菌床栽培における水道水並び表層水, 海洋深層水希釈液による栽培所要日数に及ぼす影響

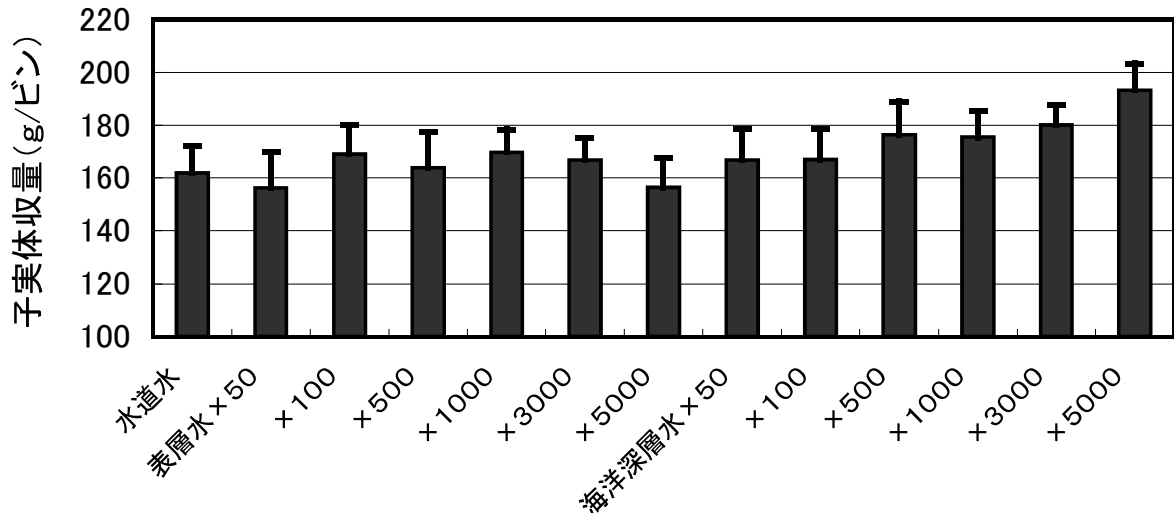


図-3 エノキタケ菌床栽培における水道水並び表層水，海洋深層水希釈液による子実体収量に及ぼす影響

1ビン当たりの子実体収量の結果を図-3に示します。対照区である水道水で1ビン当たり162gでした。表層水では50～5000倍希釈液において、いずれの処理液においても水道水と有意差がありませんでした。一方、海洋深層水では50,100倍希釈では有意差がありませんでした。しかし、500,1000,3000倍では175-180gと水道水に対して1割前後、5000倍希釈液では195gと約2割、それぞれ5%レベルで有意に増加しました。

このようにエノキタケ菌床栽培では、海洋深層水の希釈液を注水処理液に利用することで栽培期間が短くなり、子実体収量が増加することが明らかになりました。

### (2) シイタケ菌床栽培への利用

シイタケ菌床栽培の栽培工程を図-4に示します。22℃で100日間の培養を終了後、培養基を袋からだし、16℃、RH90%の条件下で子実体形成を促

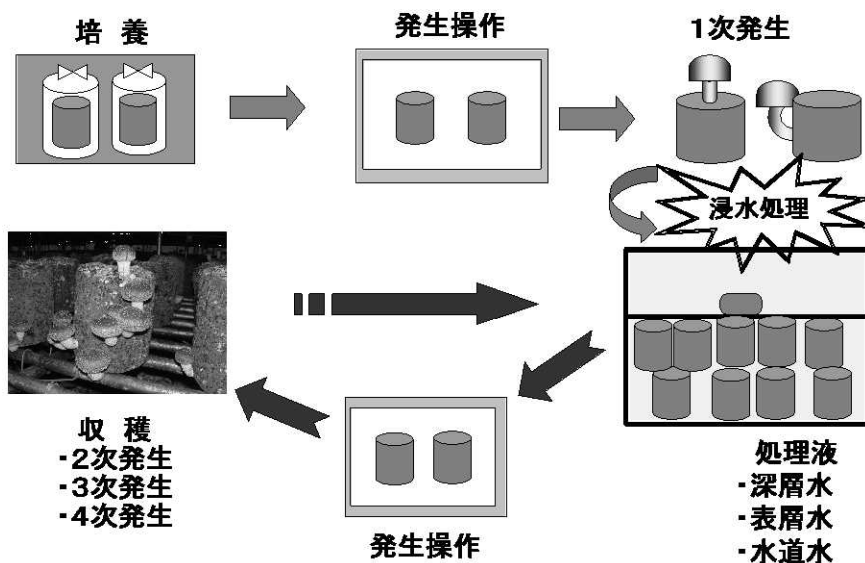


図-4 シイタケ菌床栽培の工程

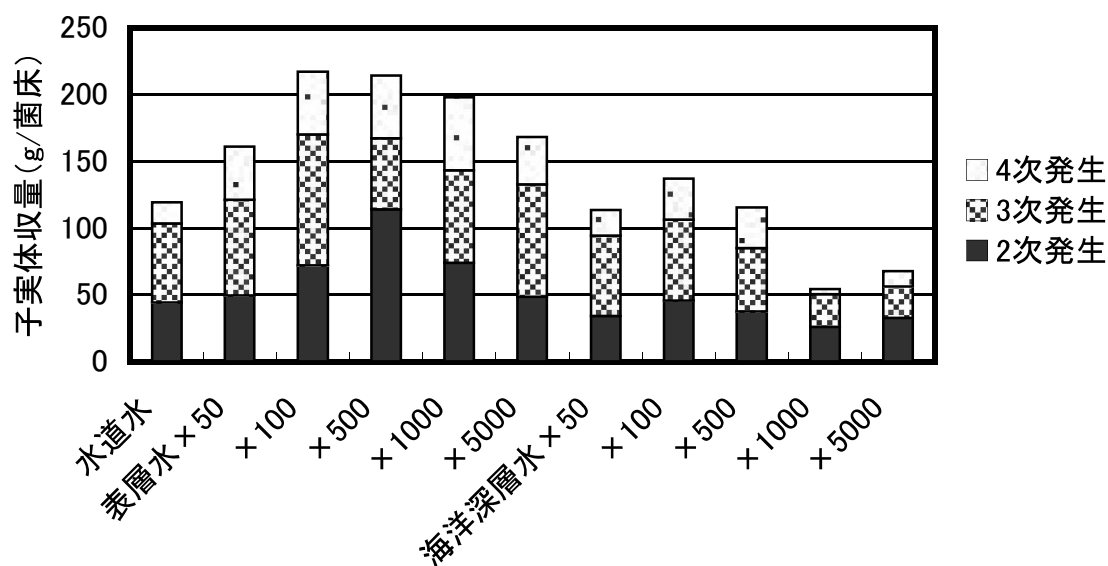


図-5 シイタケ菌床栽培における水道水並びに海洋深層水、表層水希釈液による浸水処理が子実体収量に及ぼす影響

します。これが1回目の発生、1次発生です。次に浸水処理を行います。この浸水処理液に「(1) エノキタケ菌床栽培への利用」で供試した注水処理液と同様の表層水、深層水を用いました。浸水処理は、室温にて4時間とし、その後、子実体形成を促して2次発生を収穫し、さらに浸水処理、発生操作と繰り返し、3次発生、4次発生を収穫しました。試験区間で1次発生量に差が生じないように培養基を分け、2～4次発生までの子実体収量、発生個数を調査しました。

子実体収量の結果を図-5に示します。対照区である水道水では1ブロック当たり120gの収量になりました。これに対して海洋深層水では、50、100、500倍希釈液では顕著な増減は認められませんでした。1000、5000倍希釈液では50～60gとなり、水道水に対して半分以下の収量になりました。3次発生以降で培養基表面に害菌が生じ、培地の損傷が著しくなったことが、3次発生、4次発生での収量低下に影響したと考えられます。一方、表層水では50～5000倍希釈液で子実体収量が増加する傾向を示しました。特に100、500倍希釈液では一ブロック当たり約220gと水道水に対して約8割増加しました。表層水では、水道水に比べて2次発生と4次発生の収量が増加しました。

シイタケでは傘径の大きな子実体は市場で高く評価されます。傘径の大きな子実体が多く占めれば収益性が向上します。そこで、規格別の子実体発生個数を調査しました。規格をL：傘径>6cm，M：4cm<傘径<6cm，S：3cm<傘径<4cmとしました。規格別子実体発生個数の結果を図-6に示します。対照区の水道水は、海洋深層水の50、500倍希釈液と同様な分布傾向を示しました。100倍、1000倍、5000倍希釈液では、規格Lの割合が高くなりました。表層水では、水道水に比べて規格Lの発生個数が50～5000倍希釈液

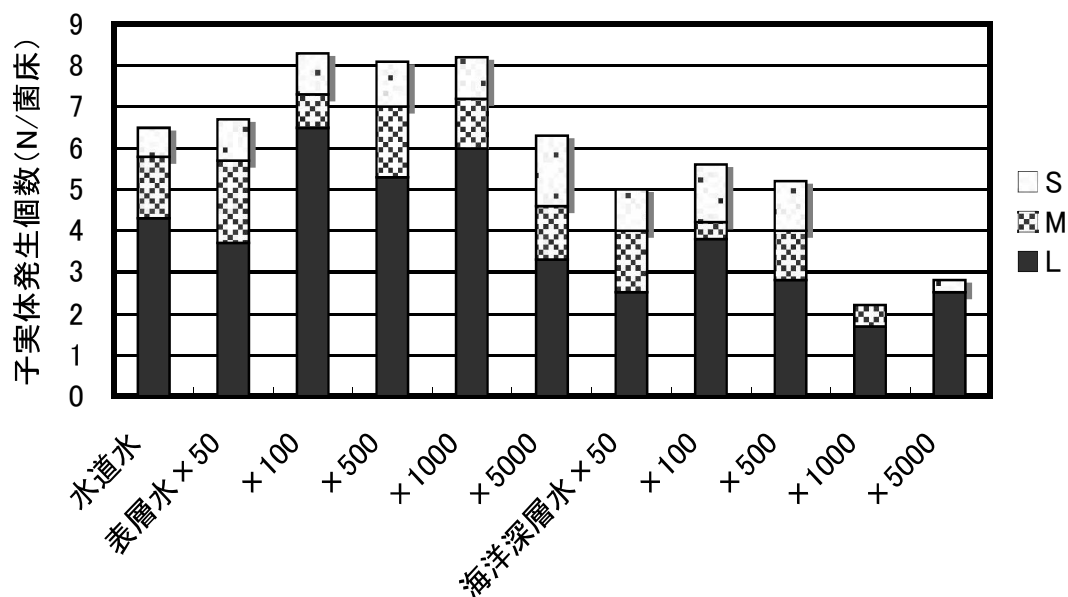


図-6 シイタケ菌床栽培における水道水並びに表層水、海洋深層水希釈液による浸水処理が規格別子実体発生個数に及ぼす影響

で多くなりました。また、100、500、1000倍希釈液では、規格Lの割合が水道水に比べて高くなりました。

これらのことから、シイタケ菌床栽培に海洋深層水を浸水処理液と利用することは不適と考えられます。しかし、表層水は浸水処理液として利用すると子実体収量が増加し、規格Lの子実体が増加することから、表層水は浸水処理液として有用であることが明らかになりました。

## 2. 食用きのこの加工への利用

ヤマブシタケはサンゴハリタケ科サンゴハリタケ属の食用きのこです。ビン栽培での発生状況を写真-1に示します。子実体は針の塊のような形態をし、山伏の篠懸衣の飾りに似ていることから、和名では山伏茸と命名されています。



写真-1 ビン栽培におけるヤマブシタケの発生状況

乾燥品は猴頭菇 (Houtouku) と呼ばれ、生薬として取り扱われています。消化不良・神経衰弱等に薬効があるとされています。近年では、神経合成誘導促進物質や免疫調整機能成分など様々な機能性成分が豊富であると報告され、特に神経細胞合成誘導物質であるヘリセノン類、エリナシンが存在することで認知症に効くのではないかと期待され、健康志向の現代にマッチした食用きのこであり、現在、栽培の普及に取り組んでいるところです。

ヤマブシタケはこのように機能性の観点から素晴らしいきのこですが、

子実体形成には高い湿度条件を必要とします。子実体の内部は海綿状組織であるため、湿気を多く吸収し、子実体の含水率が高くなります。そのため、ヤマブシタケは日持ちの悪いきのこです。したがって、余剰栽培されたヤマブシタケは簡易な加工を行う必要があります。簡易な加工の一つに水煮処理があります。そこで、海洋深層水による水煮処理を検討しました。

蒸留水で食用きのこを水煮処理すると子実体を構成する細胞成分が細胞内腔から外部に直接浸出すると考えられます。海洋深層水にはCa, Mg, Zn等の2価のミネラルを多く含みますが、子実体の細胞壁を構成するキチンは2価のイオンを吸着する作用があります。海洋深層水できのこを水煮処理すると細胞壁に2価のイオンが吸着されることで、細胞内腔の成分が浸出しにくくなることが予想されます。即ち、海洋深層水で食用きのこを水煮処理することにより機能性成分の浸出を抑えることが期待できます。

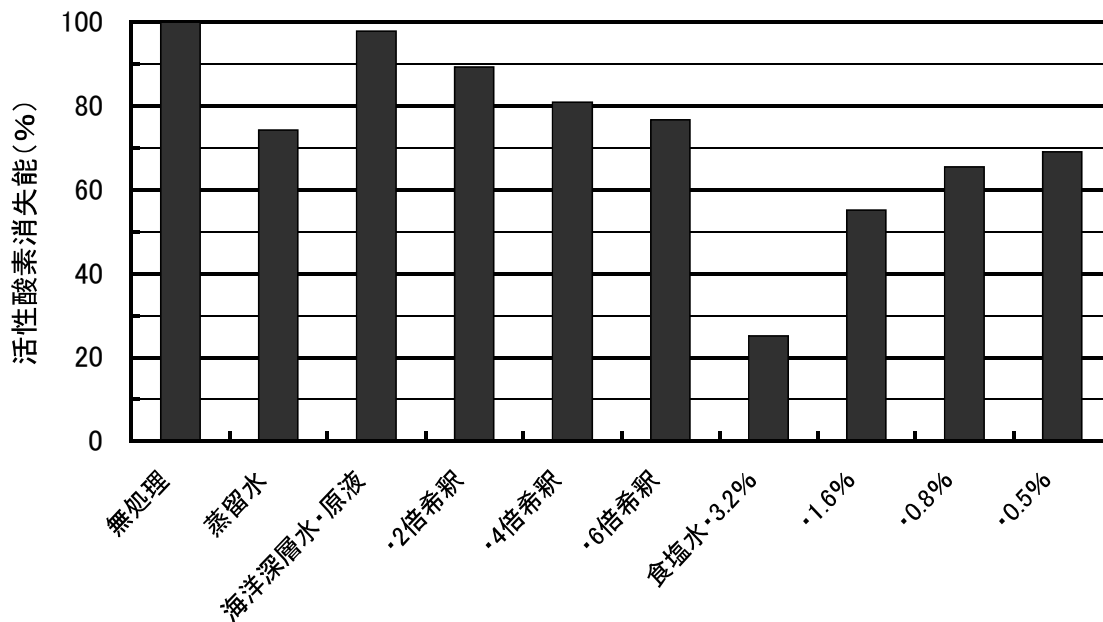


図-7 蒸留水並びに海洋深層水，食塩水の水煮処理がヤマブシタケ子実体の活性酸素消失能に及ぼす影響

様々な機能性能の中で活性酸素消失能は、老化防止作用、生活習慣病の予防、抗癌作用に関連する重要な機能性の一つです。そこで、海洋深層水、食塩水で水煮処理したヤマブシタケ子実体の活性酸素消失能について検討しました。結果を図-7に示します。無処理子実体は100%の消失能を示し、最も高い値を示しました。蒸留水では73%となりました。深層水の原液では97%、2倍、4倍、6倍希釈と薄くなるにつれて消失能は低下しましたが、海洋深層水の試験区では蒸留水より高い値を示しました。一方、食塩水では海洋深層水原液と同じ食塩濃度の3.2%において活性酸素消失能は25%と最も低く、海洋深層水の2倍希釈、4倍希釈、6倍希釈に相当する食塩濃度1.6%、0.8%、0.5%では、食塩濃度が低くなるにつれて活性酸素消失能は高くなりますが、食塩水の試験区では蒸留水より低い値になりました。この様に海

洋深層水で水煮処理すると食塩水で水煮処理した場合より活性酸素消失能が高くなりました。

前述のように海洋深層水できの子実体を水煮処理すると子実体成分の浸出が抑制されることが予想されます。そこで、海洋深層水の水煮処理が子実

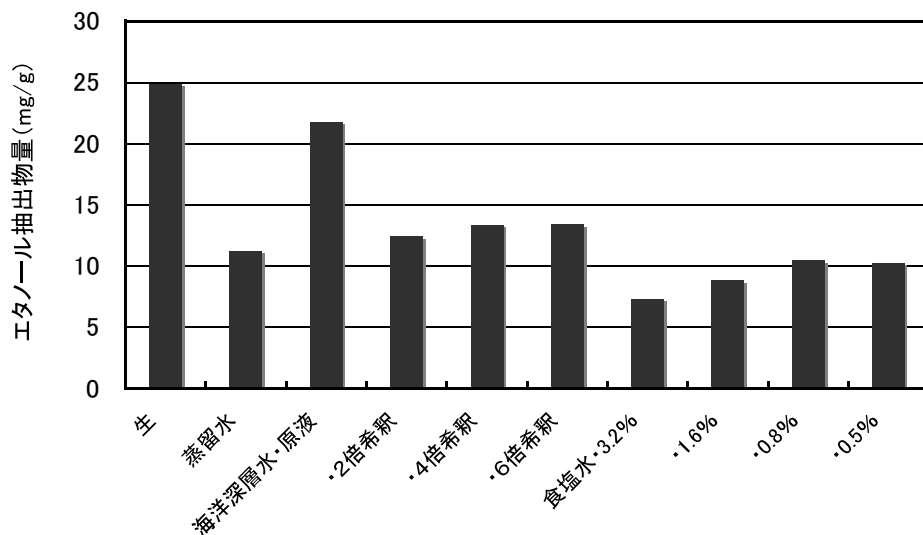


図-8 蒸留水並びに海洋深層水，食塩水の水煮処理がヤマブシタ子実体のエタノール抽出物に及ぼす影響

体のエタノール抽出物量に及ぼす影響を検討するために新鮮なヤマブシタケ子実体並びに蒸留水，深層水，食塩水で水煮処理したヤマブシタケ子実体のエタノール抽出物量を測定しました。結果を図-8に示します。生鮮品が25mg/gと最も高い含有量を示し，蒸留水は11mg/gになりました。海洋深層水で水煮処理した場合，いずれも蒸留水より高い含有量を示しました。特に原液が高い値になりました。一方，食塩水ではいずれの濃度においても蒸留水より含有量が低くなりました。特に食塩水3.2%が最も低くなりました。このように海洋深層水で水煮処理すると子実体中の抽出成分が保持されることが明らかになり，このことが機能性の保持に関与していると推察されます。



あぐりくらぶ)が商品化されました(写真-2)。

この様に海洋深層水でヤマブシタケを水煮処理すると蒸留水，食塩水の水煮処理に比べて子実体の機能性能が保持できることが明らかになりました。これらの結果に基づいて，ヤマブシタケ子実体と海洋深層水を含むレトルトお粥「生き活きがゆ」(製造・販売：NPO法人

写真-2 ヤマブシタケ，海洋深層水入りのお粥「生き活きがゆ」

3. 食用きのこの流通への利用  
食用きのこの流通分野で課題になっているきのこの鮮度保

持への海洋深層水の利用について検討しました。

海洋深層水を電気分解した電解深層水は、陰極側で採取するとアルカリ性電解水となり、洗浄作用、抗菌作用があります。一方、陽極側で採取する酸性電解水では殺菌作用、脱臭作用があります。鮮度保持は、言い換えると腐敗を防止することです。そこで、酸性電解水の殺菌作用に着目しました。

ヤマブシタケは収穫後、トレイに入れてラップ包装されます。そこで、トレイに子実体を入れた後に酸性電解水で噴霧処理することによる鮮度保持への影響を検討しました。噴霧量は子実体重量の10分の1量としました。子

表-1 鮮度指数と子実体の状態

6	□□□□□□□□□□
4	□□□□
2	□□□□□□□□ □□□□□□□□
1	□□□□
0	□□□□

実体の鮮度状態を示す鮮度指数を表-1示します。鮮度指数8は収穫時、鮮度指数6はやや鮮度が低下した状態（褐色のシミが生じた状態）、鮮度指数4は鮮度低下（所々に褐色のシミが生じた状態）、鮮度2は商品性限界（商品として限界状態）、鮮度1は可食限界（どうにか食べることが出来る状態）、鮮度指数0は利用不能（食べられない状態）、としました。

無処理子実体、蒸留水、酸性電解水の有効塩素濃度1, 5, 10, 20, 30, 50ppm（以下、酸性電解水1, 5, 10, 20, 30, 50ppmとします。）および次亜塩素酸の有効塩素濃度50ppm（以下、次亜水50ppmとします。）で噴霧処理し、ポリ塩化ビニリデンでラップし10℃で貯蔵しました。結果を表-2に示します。酸性電解水20, 30ppmでは、貯蔵7日目で鮮度4以上、他は鮮度4未満でした。貯蔵10日目では酸性電解水1~50ppm処理区では商品性を保持していましたが他の処理区では商品性がなく、貯蔵14日目では酸性電解水10, 20, 30ppm処理区のみで可食状態でした。

表-2 貯蔵温度10℃における無処理並びに蒸留水、酸性電解水、次亜水で噴霧処理したヤマブシタケ子実体の貯蔵日数と鮮度指数との関係

	□□□□	□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	
	□□□□	□□□	□0ppm	1ppm	5ppm	10ppm	20ppm	30ppm	50ppm	50ppm
1□	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
2□	6.4	6.6	6.8	6.6	7.0	7.0	7.0	7.2	6.6	6.6
3□	5.6	5.6	6.0	6.0	6.2	6.2	6.8	6.6	5.6	5.6
5□	4.4	5.0	5.2	5.2	5.6	5.4	5.6	5.8	5.0	5.0
7□	2.4	2.8	3.6	3.8	3.8	4.4	4.2	3.8	2.8	2.8
10□	1.0	1.8	2.4	2.6	2.8	2.4	2.2	2.0	1.6	1.6
14□	0.2	0.8	0.6	0.6	1.6	1.2	1.0	0.2	0.4	0.4



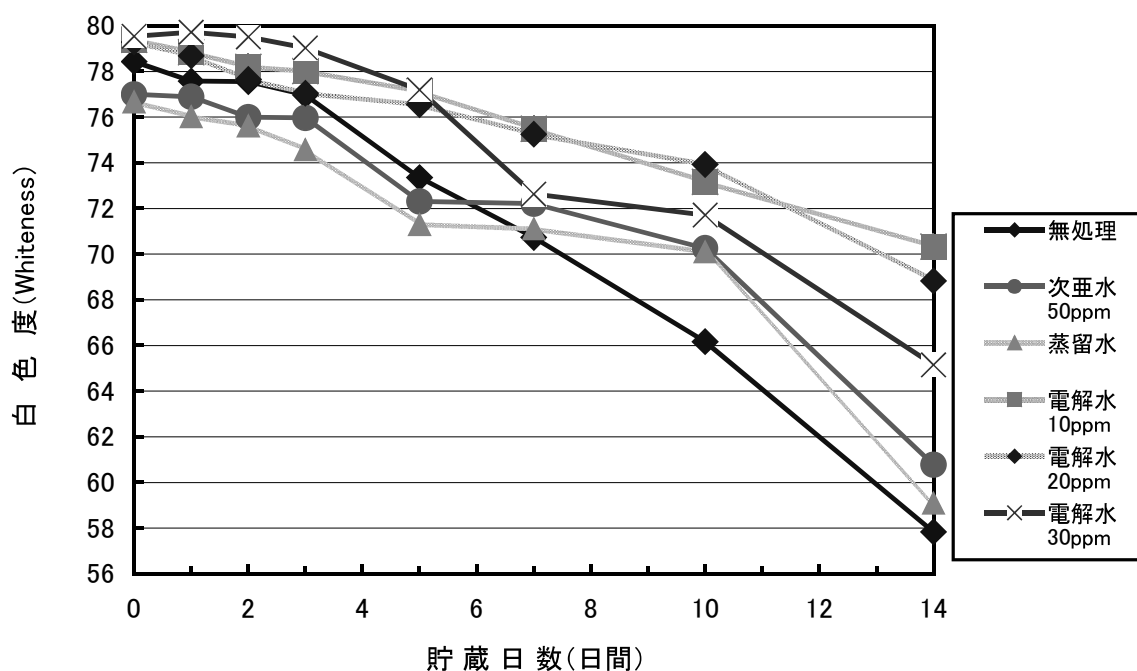


図-9 貯蔵温度10℃における無処理並びに蒸留水，酸性電解水，次亜水で噴霧処理したヤマブシタケ子実体の貯蔵日数と白色度との関係

ヤマブシタケ子実体の白さ，即ち，白色度は鮮度保持の目安になります。そこで、噴霧処理したヤマブシタケ子実体の10℃で貯蔵した場合の白色度の変化と貯蔵日数との関係を図-9に示します。無処理，次亜水50ppm，蒸留水，電解水10，20，30ppmで検討しました。無処理，次亜水50ppm，蒸留水の白色度は3日目以降著しく低下し，電解水10ppm，20ppmでは白色度の低下が緩やかで，高い白色度を保ち、子実体の白さを保ちました。

酸性電解水，次亜水で噴霧処理したヤマブシタケ子実体の商品性限界期間，即ち，商品として陳列に耐えられる期間との関係を検討しました。貯蔵温度は25，20，15，10，5℃としました。結果を図-10に示します。貯蔵温度が低くなれば商品限界期間は長くなる傾向を示します。いずれの貯蔵温度においても酸性電解水で噴霧処理すると商品限界期間が長くなる傾向を示しました。商品限界期間が長くなる傾向は貯蔵温度が低下するに伴い顕著に現れました。特に10℃（スーパーの野菜などが置かれている温度）では，無処理，蒸留水区で商品性限界期間が8日間に対して酸性電解水10ppm，20ppmでは12日間となり，4日間長くなりました。5℃（家庭内冷蔵庫の温度）では，無処理，蒸留水区で商品性限界期間が12日間に対して酸性電解水10ppm，20ppm，30ppm処理区では17日間となり，5日間長くなりました。市場関係者の話では，店持ち期間が2日間長くなれば，金曜日で商品として耐えられなくなるものが日曜日まで延びることになるので，2日間以上商品性限界期間が延びれば，現場で実施を検討する要件になるとのことでした。

このように酸性電解深層水10，20ppmで噴霧処理することにより，鮮度指数が保持され、子実体の白さが保持され、商品限界期間が長くなり、ヤマブシタケ子実体の鮮度を保持できることが明らかになりました。

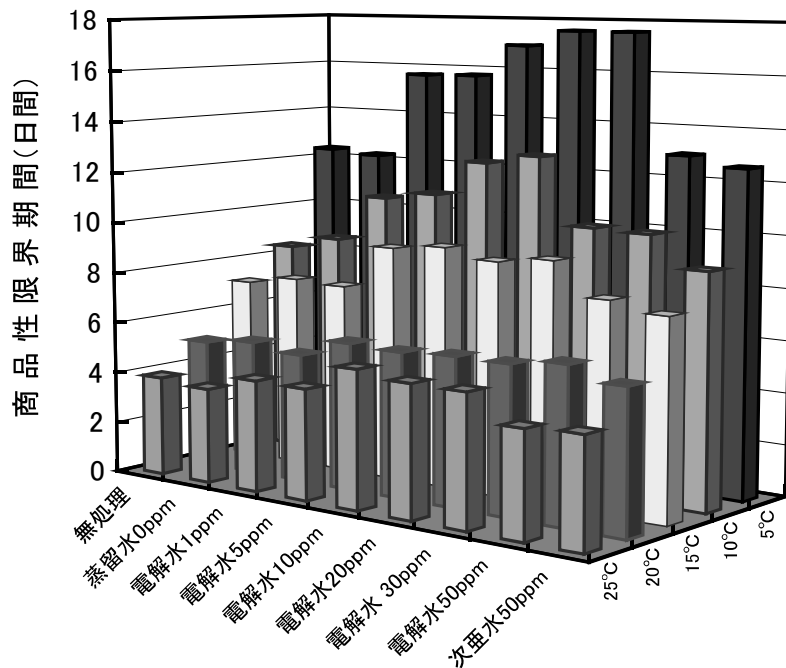


図-10 貯蔵温度 10℃における無処理並びに蒸留水，酸性電解水，次亜水で噴霧処理したヤマブシタケ子実体の商品性限界期間

### おわりに

海洋深層水の食用きのこ生産への用途を開発するために食用きのこ生産の栽培，加工，流通の各分野への海洋深層水の利用性を検討しましたが，食用きのこ生産に海洋深層水を有効利用できることが明らかになりました。

今後，富山県産きのこ生産の振興に，あるいは富山ブランドのきのこ生産の確立に食用きのこ生産に海洋深層水を利用することが少しでも寄与することを願っています。そのためには，特に栽培関係の実験データを積み重ねていく必要性を感じています。

本研究を遂行するために格別のご配慮を賜った富山県商工企画課新産業科学技術班，（財）富山県新世紀産業機構に深甚より感謝の意を表します。