

菌類にみる機能性と癒し効果

近畿大学 大学院 農学研究科
応用生命化学専攻 教授 寺下隆夫

1. はじめに

今回、「食とみどりの癒し効果を考える」というタイトルで第40回近畿アグリハイテクシンポジウムが開催されることになった。ストレスの多い現在の社会で毎日スケジュールに追いまわされ生活している私どもにとって、皆が求めているテーマである。小川 眞博士がとりまとめをされるとのことで、博士から直接お声を掛けていただき大変光栄を感じる一方、私はライフワークともいえる「きのこ」の研究以外余りつっこんだ研究をやっていないこともあり、お引き受けはしたものの、さて困ったことになったと思っているのも事実である。

広辞苑で「癒す」を調べてみた。病気や傷をなおす、飢えや

表1 「癒しフード・ドリンク」の各項目 (計 623 件)
(インターネットによる)

項目	件数	項目	件
魚介類	3	肉類	7
野菜・フルーツ	27	惣菜・加工食品	36
菓子・デザート	44	パスタ・麺類	4
米・穀類・シリアル	1	卵・乳製品	2
調味料・スパイス		製菓材料	5
アルコール	75	ドリンク	336

(例)ギャバリッチ梅酒 (720ml、1000円)

癒しのワタリガニキムチセット (大、5250円)

ドクターブレンドハーブティー&かふんクシュクシュ専茶 (3150円)

こころの悩みなどを解消する、とだけあった。

今回は和英辞典を引いた。「癒す」は mend, heal とあった。次にコンピュータで「癒し」を調べた。何か意味ありげな「癒しグッズ」という項目が気になったので調べると 26087 件であった。その中に「癒しフード・ドリンク」の項があり、表1の例など623の商品が出てきた。「癒し」は音楽、グッズ、フード、本、映画、ファッションなどあらゆる分野に及んでいる。今年の7月末には東京ビックサイトで第2回の「癒しフェア」が盛大に開催されたい。形が優雅で色の綺麗な神秘的きのこの絵や写真(図1)も私たちの気持ちを癒してくれる。ストレスが病気の原因とすれば「癒し」は治療薬といえよう。しかし、このな問答を繰り返していてもどうにもならない。そ



図1 優美なきのこの姿 (上:ベニテン
グタケ、下:キヌガサタケ)

ここで、この与えられた 40 分間に、かびや酵母などの菌類（細菌は含まれない）、とくに独断的に自身の専門とするきのこ類について、今日まで明らかにされた機能性成分について総括し、つぎに、私どもの研究室で進めているこの種の研究の紹介とこの分野に無理に入れれば入らないこともない「新規な機能性の付与と間伐材の利用を目的としたスギ原木によるシイタケ栽培研究」の途中経過について報告したい。また、マツタケ研究の大御所である小川博士がおられる数少ない機会でもあり、私どもが数年前から進めているマツタケの人工栽培を目的とした基礎研究、とくに、マツタケ菌の成長に必須の糖質基質の利用性を酵素生産面から検討し、これまでに解明できた結果と今後の展開などについてご紹介し、ご意見を頂ければと都合の良いことを考えている。

2. 真菌類の分類と酵母の機能性

高等微生物中の真菌類は図 2 のように分類される。鞭毛菌類は応用微生物学上の利用価値はほとんどない。主なカビ類は子囊菌類と接合菌類および不完全菌類に分類され、アルコール発酵酵母は子囊菌である。機能性成分としてはこの酵母がよく研究され、パン酵母やビール酵母

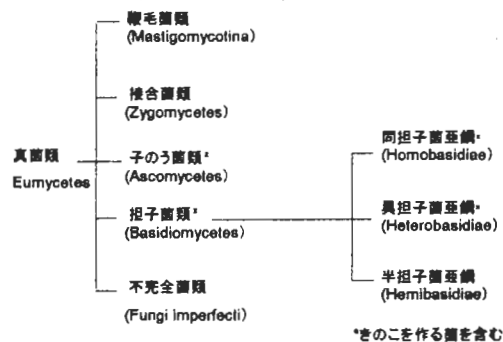


図 2 真菌類 (Eumycetes) の分類

の β -1,3 グルカンを経製し、免疫賦活作用や食物繊維として腸内細菌叢、生活習慣病の改善、化粧品素材としての開発などが進み、水産養殖・畜産分野で世界的に使用されている。

さらに、一般食品、スナック、菓子、飲料、加工食品などの栄養強化を目的に新たな用途開発が盛んである。また、最近乾燥ビール酵母による「肥満予防効果」、「酵母マンナンの抗アレルギーおよびミネラル吸収促進作用」など、新たな酵母の機能が発表され注目され

表 2 酵母の利用例 ホームページから

利用成分	用途	
菌体	食品、健康食品、機能性飼料、飼料、医薬品、肥料	
抽出	酵母エキス 食品(調味料等)、健康食品、医薬品、化粧品、ペットフード、飼料、肥料 植物・微生物培地	
菌体の利用 精製	アミノ酸類 健康食品、医薬品、飼料	
	酵母核酸(RNA) 食品(調味料等)、健康食品	
	糖類(トレハロース等) 食品(甘味料、保存料等)、化粧品(保湿等)	
	油脂・脂肪酸	
	ビタミン類(ビタミンB群等) 健康食品、医薬品	
	プロビタミン類(ステロイド等) 健康食品、医薬品	
	補酵素(NAD、CoA等) 医薬品(検査薬)、試薬、健康食品	
	グルタチオン 医薬品、化粧品、健康食品	
	生理活性物質	
酵素類(ラクターゼ等)	食品製造等工業用	
発酵・代謝	酒類(ビール、清酒、果実酒、ウイスキー等) 甘味料(エリスリトール等) エステル 有機酸 調味料(醤油、味噌、発酵調味料等) パン、パイ、クッキー	

ている。なお、酵母の利用例を表 2 に挙げた。

3. きのこの生活環と食用きのこの生産高

きのこという名称は分類学上の位置を示すものではなく、分類学上きのこを作る菌は子囊菌類の一部と大部分は担子菌類に属する。薬用の冬虫夏草、美味

なアマガサタケ、トリフなどは子囊菌類のきのこであり、大型のきのこを作る菌のほとんどは担子菌類に属する。

一般的なきのこの生活サイクルを図3に示した。生活環は菌糸体が成長する栄養成長世代と刺激（低温、水分、光、栄養の枯渇など）を受け子実体を発生

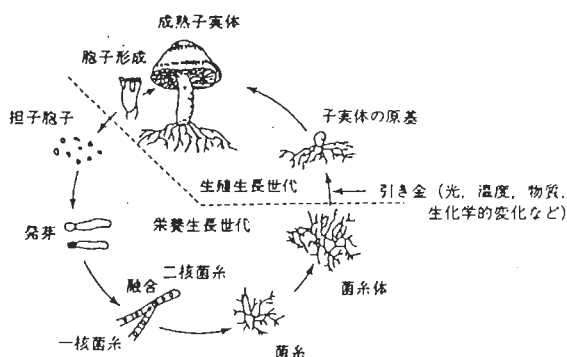


図3 きのこ菌の一般的な生活史 (life-cycle)。

させる生殖成長世代に大別される。この両世代では栄養の要求性にも質的・量的違いがあり、栄養成長から生殖成長への転換のからくりについては今なお不明な部分が多い。本講演の最後にご紹介を予定しているマツタケの人工栽培に関しても、転換のからくりは不明で、人工栽培には至っていない。表3

は世界のきのこ生産量をまとめたもので、マッシュルームが圧倒的に多く第一位である。金額に換算すると約1兆5千億円程度になる。シイタケは3千億円、フクロタケは数百億円と見込まれる。また、表4には日本のきのこ生産量の推移を示したが、意外にもエノキタケが第一位、ブナシメジおよびシイタケが

ほぼ10万トン

弱で第二位、

マイタケは4

位、以下エリ

ンギと続く。

表3 世界のキノコ生産量(きのこ年産2004を基に作成)

栽培種	生産量(1000t)	主な生産地
マッシュルーム	1400	アメリカ・フランス・中国
シイタケ	300	日本・中国・台湾
フクロタケ	155	中国・台湾・タイ
エノキタケ	150	日本・台湾
ブナシメジ	95	日本・中国
キクラゲ	80	台湾・中国
ヒラタケ	75	中国・EU・韓国
マイタケ	45	日本
エリンギ	20	日本・韓国
ナメコ	20	日本

表4 日本のきのこ生産量の推移(単位:トン、乾シイタケは生重換算)

種別	1960	1970	1980	1985	1990	1995	1997	1999	2001	2003	2005
乾燥シイタケ	27,448	63,976	108,632	96,552	89,904	64,560	46,288	44,656	39,720	32,864	32,576
生シイタケ	6,634	38,064	79,855	74,706	79,134	74,495	74,782	70,511	66,128	65,363	64,897
エノキタケ		10,914	52,565	69,530	92,255	105,752	109,324	113,713	108,444	110,185	114,613
ヒラタケ			12,060	26,211	33,475	17,166	13,243	9,944	6,796	5,210	4,658
ナメコ	2,267	8,448	16,776	19,793	22,083	22,858	24,522	25,771	23,775	25,068	24,771
ブナシメジ			1,600	9,157	29,757	59,760	72,024	84,330	86,551	84,356	99,824
マイタケ				1,501	7,712	22,757	31,135	39,996	44,042	45,805	45,072
エリンギ						*60	*1150	5,515	10,070	29,882	34,457
マツタケ	3,509	1,974	457	820	513	211	272	147	79	80	34
その他						822	1,766	684	1,262	1,821	2,215
合計	39,858	123,376	271,945	298,270	354,833	368,381	374,506	395,267	386,867	400,634	423,117

出典: 農林水産省 *山中勝次による推定

4. きのこ成分の利用面と生産される生理活性物質および生体調節機能成分

きのこの成分と利用については表5をご覧頂きたい。食品への利用に始まり、

特殊成分の消臭剤や化粧品への利用例、薬効成分(後述する)、生産酵素の利用、環境修復・保全への利用などが挙げられる。また、きのこの生理活性機能を要約したのが表6である。これまでに発見されたそれぞれの生理活性機能を項目別に分け、発見されたきのこの名で示した。なお、重複する部分もあるが表7には生体調節機能「抗酸化作用、血圧降下作用、血小板凝集抑制作用、血糖値降下作用、抗脂血症改善効果、コレステロール低下作用、抗血栓作用、強心作用、神経成長因子合成促進作用(アルツハイマー型痴呆症改善作用)、前立腺肥大抑制効果(抗男性ホルモン効果)、エストロゲン(女性ホルモン)様活性」について報告のあるきのこの名を示した。単離され構造決定された成分が報告されているものもあるが講演時間の関係で、詳細は文献をご覧ください。一例でしかないが伊澤・青柳はきのこ由来のACE阻害活性について興味ある報告を行っている。野

表5 きのこの成分と利用 Components and utilization of mushrooms
 きのこのさまざまな利用 山中勝次氏の資料による

食品としての利用
食品：生鮮品、乾燥品、加工品(水煮、塩蔵、冷凍、佃煮、味付けなど)
特殊成分の利用
消臭剤：マッシュルーム粉末、エキス
化粧品：シロキクラゲ、ニンギョウタケ、種不明担子菌類
薬効成分の利用(生理活性機能・生体調節機能)
医薬品・健康食品：液剤、乾燥品、粉末、顆粒、ドリンク剤など
きのこ酵素の利用
バイオレメディエーション(生物的環境修復技術)：木材腐朽菌きのこ
食品加工：ヒラタケ、マイタケ、シイタケ、ヒイロタケ、ツガサルノコシカケ、ウスバタケなど
診断試薬：エヒタケ、カワラタケ、ヒイロタケなど
パルプ工業：ヒラタケ、カワラタケなどの木材腐朽菌きのこ
糖化・アルコール発酵：ヒラタケ、フナシメジ
飼料化：木材腐朽菌きのこ、ヒトヨタケ属きのこ
菌根性きのこの利用
熟葉林の再生：ニセシヨウロ属、コツブタケ属きのこ
菌根性きのこの栽培化：トリュフ、ホンシメジ、アンズタケ、(マツタケ)
害虫防除への利用(天敵微生物)：冬虫夏草菌類
毒きのこ成分の利用：テングタケ属、ヒトヨタケ属きのこ
発光性きのこの利用：ヤコウタケ、シイノトモシビタケ、ナラタケ、ツキヨタケ

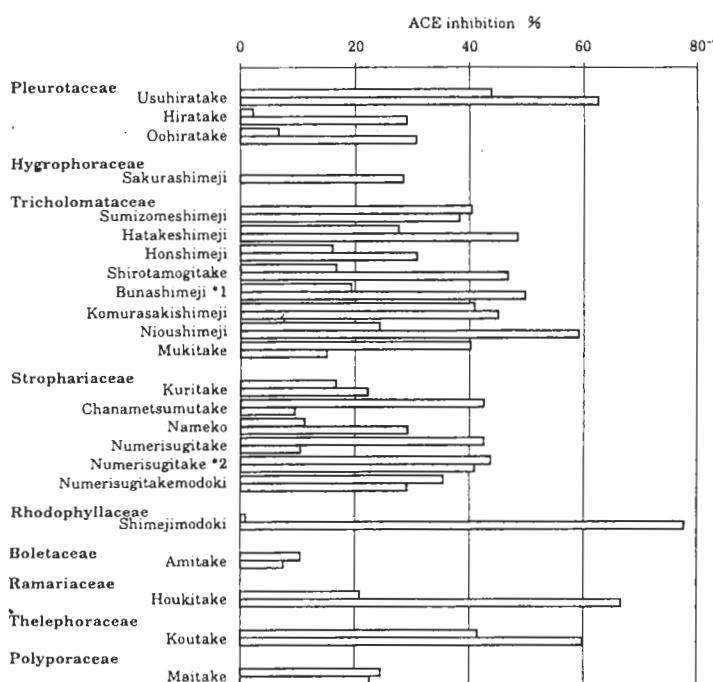
表6 きのこの生理活性機能

制ガン剤・抗腫瘍活性(シイタケ、カワラタケ、スエヒロタケ、フナシメジ、エノキタケ、マイタケ、ヒラタケ、メシマコブ、マツタケ、ナメコ、キクラゲ、ヤマブシタケ、ハタケシメジ、マンネンタケ、ヒメマツタケ、マッシュルームなど)	山中勝次氏の資料による
免疫賦活作用(シイタケ、エノキタケ、マイタケ、キクラゲ、ヤマブシタケ、ハタケシメジ、マンネンタケ、冬虫夏草菌類など)	
抗アレルギー作用(フナシメジ)	
肝臓障害抑制作用(シイタケ、エリンギ、マンネンタケ)	
抗菌作用(エノキタケ、フナシメジ、マイタケ、カワラタケ、クロウジなど)	
抗ウイルス作用(シイタケ、フナシメジなど)	
抗炎症作用(キクラゲ)	
抗糖尿病作用(ハタケシメジなど)	
抗変異原作用(メシマコブ)	

表7 きのこの生体調節機能

抗酸化作用(シイタケ、フナシメジ、ヒラタケ、冬虫夏草菌類、マンネンタケ、ヒトクチタケ、メシマコブ、ヒメマツタケ、マッシュルームなど)	山中勝次氏の資料による
血圧降下作用(シイタケ、ヒラタケ、マイタケ、マンネンタ、バイリング、ハタケシメジなど)	
血小板凝集抑制作用(シイタケ、ヒラタケ)	
血糖値降下作用(バイリング、メシマコブ、キクラゲ)	
脂血症改善効果(バイリング)	
コレステロール低下作用(シイタケ、フナシメジ、マイタケ、ヒラタケ、ヒメマツタケ、ハタケシメジ、マッシュルームなど)	
抗血栓作用(シイタケ、マンネンタケなど)	
強心作用(エノキタケ、フクロタケなど)	
神経成長因子合成促進作用(アルツハイマー型痴呆症改善作用)(ヤマブシタケ、キヌガサタケなど)	
前立腺肥大抑制効果(抗男性ホルモン効果)(マンネンタケ)	
エストロゲン(女性ホルモン)様活性(エリンギ)	

生を含めた 23 種のきのこを調査し、透析膜による分画からきのこの種類によって ACE 阻害活性を示す物質が低分子物質であったり高分子物質であったり、多様性を示し、この分子量分布と分類学上の科の違いに相関があること、また、シメジモドキなどから阻害物質としてニコチアナミンを同定している。とくに、きのこに関してだけなのかも知れないが、効果を示したという報告は実に多いが、成分の単離・精製および構造決定まで進めた研究は少ない。詳細は図 4 に示した。



Behaviors of ACE inhibitory substances of mushrooms in dialysis

□ : not dialyzable, ◻ : dialyzable
 Hot water extracts of mushrooms dialyzed to 1l of water for overnight 3 times
 The dialyzable and not-dialyzable solutes were concentrated to dryness respectively.
 These were dissolved in initial volumes¹⁾ of water and ACE inhibition ratio were determined.
 *1 : cultivar, *2 : commercial, *3 : see Table 2.

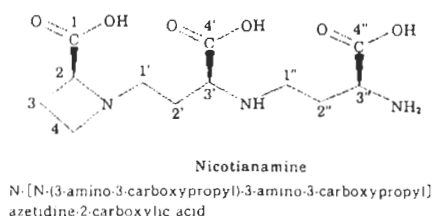


図 4 透析処理によるきのこ由来の ACE 阻害物質の挙動

(伊澤・青柳：日食科工誌 9、
 459-464、2006)

5. きのこと栽培への機能性成分の利用と機能性きのこの開発

1) きのこと栽培への低分子ヒアルロン酸添加の影響

ヒアルロン酸 (HA) は N-アセチルグルコサミンとグルクロン酸が直鎖状に結合した高分子 (分子量約 80 万程度) のムコ多糖類である。HA は医薬品・化

粧品原料や加工食品・機能性健康食品素材として注目されている成分である。きのこの培養への HA の利用はきのこの品質保持並びに新たな機能性の付与など、きのこの品質と機能性食品としての価値向上に期待が持たれる。そこで、私どもはまず生体への吸収・分解を容易にするため、ニワトリ鶏冠由来のヒアルロン酸を酵素で低分子化し、得られた HA の性状



図5 液体培養でのエノキタケの子実体発生の確認と栽培期間の比較的短い(28日程度)エノキタケへの本HA添加の影響について検討した。図5はエノキタケの培養の様子であり、図6はエノキタケ

エノキタケIFO 7777の菌糸体生育に及ぼすHAの影響

添加区	HA濃度	乾燥重量 (mg/フラスコ)	平均値 (mg/フラスコ)	標準偏差 A.V. ± S.D.
対照区	HA 0%	136.9	118.74	±15.8
		85.0		
		123.9		
		104.8		
		137.1		
		107.9		
HA添加14日区	HA 0.2%	124.9	196.31	±22.5
		181.8		
		164.3		
		278.0		
		160.9		
		206.3		
HA添加14日区	HA 0.5%	219.9	201.94	±14.1
		188.5		
		214.0		
		194.4		
		168.9		
		197.9		
HA添加14日区	HA 2.0%	186.0	178.40	±16.9
		207.9		
		224.5		
		171.1		
		175.0		
		185.2		

培地のpHは11N NaOHで調整、培養はPDL培地24℃、明所で14日間培養した。

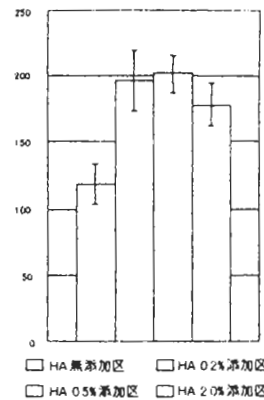


図6 菌糸体乾燥重量(mg/フラスコ)

図6 エノキタケの菌糸体生育に及ぼす低分子ヒアルロン酸の影響

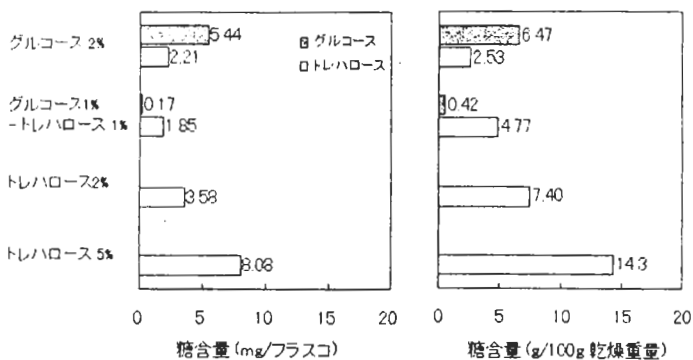


図7 シイタケ菌糸体中のグルコースおよびトレハロース含量

寺下：日本菌学会西日本支部会報15、2-17、2006

の菌糸体生育に及ぼす低分子ヒアルロン酸 HA 添加の影響を検討した結果である。本物質の添加で菌糸体収量は最大で 1.7 倍程度に増加したが、この促進効果は低分子 HA 中に含まれるデキストリン、タンパク質、遊離アミノ酸などの効果とも考えられ、さらに調べる必要がある。また、シイタケについても現在検討中であるが、菌糸体や子実体に低分子 HA がどの程度取り込まれたのか、興味もたれる。低分子 HA の分解物の一つである N-アセチルグルコサミン含量が菌糸体で 1.5 倍に増加したこともあり、培地に加えた HA の一部は菌糸体に移行したものと推察されるため、更に詳しく検討しているところである。また、低分子 HA の添加によって得られた菌糸

体や子実体の機能性については今後検討する予定である。

2) 菌株保存およびきのこの機能性付与へトレハロースの利用

きのこ栽培においては生育能力の旺盛な変異の少ない種菌の確保は重要である。研究者や栽培者が菌株を保存する場合、通常は冷蔵庫や室温での短期保存が一般的であるが、このよう

な保存では、雑菌汚染やきのこの発生不良がしばしば報告されている。そこで、きのこの菌糸培養時の培地にトレハロースを加えて培養し、冷蔵庫および冷凍保存後の菌糸体生育について検討した。その結果、トレハロース培地で培養した菌糸体では菌糸体の生存率が上昇し、低温、高温などのストレスに対する抵抗力も著しく向上した。そこで、菌糸体への本当の取り込みについて調べた。図7はその時の結果であるが、培地に添加したトレハロース濃度の増加に伴い菌糸体中のトレハロース含量が増加した。さらにシイタケの菌糸体トレハロース溶液に浸漬し、菌糸体へのトレハロースの移行量について調べた。図8に示した。菌糸体へのトレハロースの移行は浸漬24時間まではほぼ直線的に移行し、最大30%まで増加したが、その後はほとんど変化しなかった。

図9はトレハロース培地で培養した主な食用きのこ類の菌糸体トレハロース含有量と DPPH ラジカル消去活性および過酸化脂質生成抑制との関係を調べた。ラジカル消去活性とは相関は認められないが、過酸化脂質生成抑制とトレハロース含量との間には相関があり、対照に比較し、マイタケで1.6倍、ヒラタケでは約3.9倍の抑制が認められた。脂肪酸からヒド

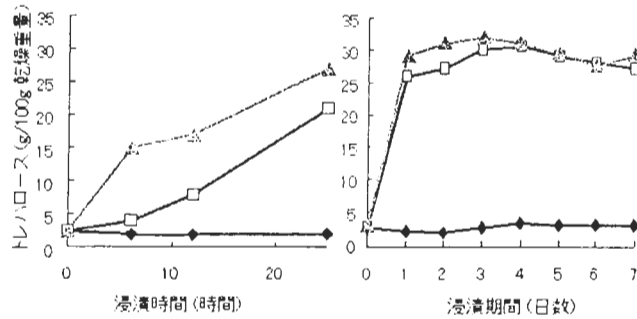


図8 シイタケ菌糸体のトレハロース溶液浸漬における細胞内トレハロース含量の変化

◆ : 対照区, □ : 0.5 M トレハロース / 0.85% NaCl, △ : 1.0 M トレハロース / 0.85% NaCl

Shirasaka et al. Mushroom Sci. Biotechnol.14,11-18(2006)

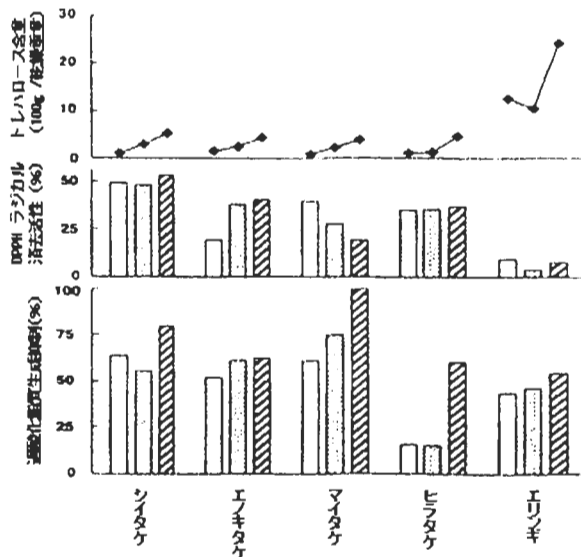


図9 試験きのこ類の菌体内トレハロース含量に及ぼす培地へのトレハロース添加の影響と DPPH ラジカル消去活性および過酸化脂質抑制

□ : ポテトデキストロース液体培地
 ■ : ポテトトレハロース (2%) 液体培地
 ▨ : ポテトトレハロース (5%) 液体培地

白坂ら：日本きのこ学会誌13：103-108，2005

ロペルオキシドが生成する酸化の初期反応をトレハロースが濃度依存的に抑制することが報告されており、本研究の結果は菌体内に取り込まれたトレハロースに依存することを強く示唆しており、実用栽培においても培地成分の工夫によってより機能性を強化することが可能であると考えられる。

6. 針葉樹スギ原木によるシイタケ栽培の研究

わが国に豊富に存在する針葉樹のスギを材料にシイタケの原木栽培を試みた。これは広葉樹が不足気味で高値傾向にあること、間伐材を含めた針葉樹スギ材の新たな利用面の開発、樹種を変えることによるシイタケの新たな機能性の付

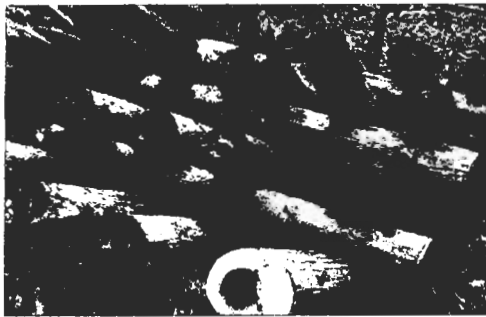


図10 本伏せ状態



原木切断面(原木中央部を18年6月9日に切断)、この切断した原木は、現在、13~22℃で菌床を仕立てている。写真撮影日、18年9月22日。接種材は菌床(40℃)に1週間乾燥させた後、菌床に接種している。

図10 ほだ場でのスギ原木の本伏せと接種シイタケ菌の菌廻り

与などを目的とする。また、農薬汚染の心配がなく、菌床栽培では得られない自然のシイタケが得られることも重要である。ただ、現在広く原木栽培に使用されているクヌギ、コナラ等の広葉樹に比較するとスギは、菌の生育を抑制する樹種成分やリグニン含量が高く、のこ屑を長時間雨水に晒して菌床栽培（ビン、袋栽培）に用いられている以外、原木での栽培例はほとんどない。また、スギののこ屑はヒラタケやエノキタケ栽培には使用できるが、シイタケやマイタケ栽培には利用できない。ところが、最近あるきのこの大手種菌メーカーがスギののこ屑で十分なシイタケを発生する菌株の開発に成功した。そこで、私どもはこの種菌メーカーと共同で、スギ原木によるシイタケ栽培の研究に本年2月に着手した。図10はほだ場での本伏せ状況、シイタケ菌の回り具合を示した写真である。今月末に菌糸の伸びたスギ原木を浸水処理し、きのこの発生を試みる予定であるが、広葉樹に比較すると菌回りも遅く、大きな期待はできないが、来春にはかなりの発生が見られるかも知れない。なお発生したきのこは官能検査と機能性の検討を行う予定である。

7. マツタケ人工栽培を目的とした基礎研究

マツタケのような菌根形成きのこは樹木の根に菌根を形成し、樹木が同化した養分を菌根を通じて貰い受け生長する。これは、この種の菌が生育に必要な高分子糖質基質を低分子化するための酵素活性が極めて弱く、極く限られた種

類の糖しか利用できないこと、また人工培地上での菌糸生育速度が極めて遅いことなどの理由から人工栽培が極めて困難とされている。ところが、1994年にマツタケと同種の菌根菌であるホンシメジの人工栽培成功が Ohta によって報告された。成功の要因は培養基として用いた大麦デンプンの資化性が高い野生菌株が自然界から入手でき、菌糸体生育に必要なグルコースが盛んにデンプン分解で供給できるため、培養基内の浸透圧の上昇を抑制できたことに加え、大麦粒使用による培養基内の通気性と保湿性の確保など、物理的環境改善効果が挙げられた。この成功を契機にマツタケの人工栽培への関心が高まり、研究は一層盛んになったが、科学的で再現性のある成功例は今なお報告がない。現在はむしろアカマツの感染苗木をマツタケ山に移植する方法やマツタケ山の環境整備が主流で、人工栽培は不可能とまで考えられている。さらに、近年の大規模なマツ枯れ被害やマツタケの乱獲による新たな“シロ”形成の減少から、近い将来の絶滅が懸念されている。

ところで、マツタケ菌はデンプンを分解するアミラーゼを生成できないとされていた。しかし、川合・阿部はマツタケが唯一利用できる多糖類としてデンプンを挙げ、Ohta は外生菌根菌の子実体形成にデンプンが重要な栄養基質であることを先の研究から実証した。

私どもは先ず Ohta が成功したホンシメジの子実体形成にどのような種類のアミラーゼが関与したのかを検討した。その結果、本菌の子実体生産にグルコアミラーゼが重要であることをつきとめ、この酵素がホンシメジの子実体生育に必要な大量のグルコースを能率良く供給する機能を果たしたものと推察した。すなわち、ホンシメジでは基質のデンプンを効率よくグルコースに分解する強いグルコアミラーゼ活性を持った野生菌株を選択できたことで人工栽培が実現したといえる。続いて、マツタケの人工栽培実現に不可欠なデンプンなど多糖類基質利用の観点から、高分子糖質基質の利用様式を明らかにする為、詳細な本菌の糖質分解酵素の生産性を検討した。

その結果、マツタケにおいてもデンプンをグルコースに分解する酵素の生産が認められ、デンプンに作用してオリゴ糖を生成する α -アミラーゼと生成したオリゴ糖をグルコースに分解する α -グルコシターゼの活性が確認できた。しかし、後者の活性は微弱で実用上のグルコース生成にはほとんど機能しないレベルであった。さらに、本菌にはホンシメジのようなグルコアミラーゼの生産は認められなかった。ところが、当初予想も出来なかった強い β -グルコシダーゼ活性を発見した。 β -1,4 グルコシド結合を持つセロオリゴ糖に作用するこの酵素の存在は、本菌の腐生的な側面を示唆しており、人工栽培への有力な知見と考えられる。しかし、このルートによるグルコースへの分解も、本酵素が高分子のセルロースには作用せず、エンド型のセルラーゼ活性が弱いとする

Terashita et al. の過去の報告 (1995) から判断して不十分なものであった。

したがって、マツタケでは、 α -アミラーゼはマルトオリゴ糖 (2-3 糖) までしか分解せず、 β -グルコシダーゼは高分子セルロースを分解しないなど、デンプンやセルロースを生育基質にするには不十分で、グルコースを効率良く菌体に供給するいずれのルートにも欠陥があり、高分子基質からグルコースを供給する経路が寸断されていることが判明した。そこで、我々の研究室保存の 20 菌株について、同様の検討を行い、このマツタケの酵素生産能力の欠如が、実験に用いたただ一株のみの特徴ではなく、菌株によって活性に差はあるが、マツタケ菌に共通であることを明らかにできた。つまり、私どもはマツタケにおいてはこの糖質分解酵素系の欠陥が、今なお人工栽培に至っていない原因の一つと推測した。これら一連の研究を通して私どもはマツタケの糖質基質利用上の問題点 (欠陥) を探り当てることができ、さらに、マツタケ菌の腐生性の一端を示す高い β -グルコシターゼ活性を発見したことから、自然界のマツタケ山“シロ”土壤中でのこの酵素の生育基質の分解に果たす役割について考察した。また、今回マツタケ菌が実用上十分な β -グルコシターゼ活性を持つことがわかったことから、自然界におけるマツタケ「シロ」内でも、セルロースを先ずリター分解菌の生産するエンド型セルラーゼによってセロオリゴ糖にまで分解され、その後本酵素の作用でセロオリゴ糖をグルコースに分解することが十分予測される。今後、セロオリゴ糖を生育基質にしたマツタケ人工栽培培地の開発や、自然界でのこの酵素系の基質供給を調べ、自然界でのマツタケ「シロ」内におけるリター分解菌由来のエンド型セルラーゼの関与を知ることが重要であると考えられる。また、逆に、宿主植物に強く依存するマツタケ菌が、何故これほど強い β -グルコシダーゼを生成する必要があるのかについても明らかにしたい。

本菌の人工栽培研究として、遺伝子工学的手法による活性の低い酵素の強化も考えられる。この方法が人工栽培化の実現に最も近いように思うが、遺伝子組み換え食品に対する消費者の理解にはまだまだ時間がかかると考えられる。そのため、酵素活性の高い野生菌株のスクリーニング、交配、変異株の作出が当面の得策と考えられる。論文として未発表の部分が含まれるため、この項については図表を示さず長々と文章で説明させていただいたことをお許し願いたい。