

講演 2

機能性食・飼料資源，医薬品開発素材としての“きのこ”

—その現状と将来性—

寺下 隆夫（近畿大学大学院農学研究科教授）

1) はじめに

農林水産省は平成13年度の食料品消費モニター定期調査報告で「きのこ類の消費動向」を発表した¹⁾。それによると、消費者がきのこを購入する回数は近年増加し、購入の動機は低カロリー、食物繊維等の健康食品イメージが強く反映していること、さらに価格より鮮度を強く求める要望の強いことが浮き彫りにされた。きのこを食する頻度でみると、約8割の人が週に2～3回以上は食べている結果（図1参照）が得られた。また、普段どのようなきのこをよく食べるかを選んでもらうと、エノキタケ、生シイタケ、ブナシメジが上位3位までを占めた。

また、健康指向の現在社会を反映して健康食品の市場における2001年度の売上高は1兆円の大台に迫っており、飛躍的な成長を遂げている。今後この市場は食品市場を牽引する一翼を担っていくものと考えられている。

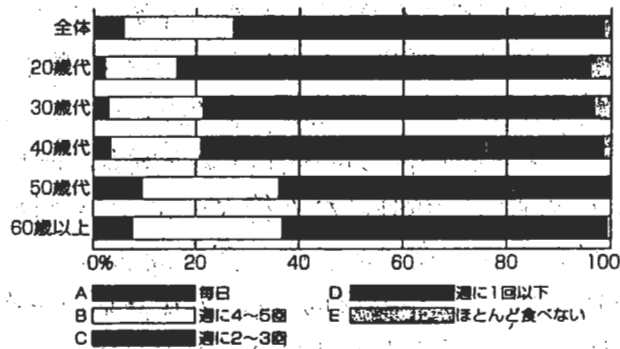
主な健康食品素材の国内売上高を表1にまとめた²⁾。健康食品素材としてのトップはローヤルゼリー（酸化防止やミネラルの追加のためよく用いられるビタミンCおよびカルシウムを除外）で約500億円にも達する。次いでクロレラが400億円台で続き、きのこ類は100億円台にアガリクス茸、50億円台に霊芝（マンネンタケおよびマイタケが登場している。しかし、また別の資料ではアガリクスきのこだけで300億円台に達するとする報告も見られる。

表1 主な健康食品天然素材の国内売上高

売上額（単位：億円）	天然素材名
500	ローヤルゼリー
400	クロレラ
100	アロエ
	高麗人参、ブルーベリー、プロポリス
	ビフィズス菌、酵母、イチョウ葉、スピルリナ
50	ノコギリヤシ
	ブルーベリー、ウコン、ガルシニア
	ブドウ種子、梅肉エキス、にんにく
	深海鮫エキス、発芽玄米

（2001年度）

水野：FFI Journal No. 198, 2-5 (2002)



（注）グラフは左からABCDEの順に並べている。

図1 きのこを食する頻度

食品の機能は第1次の機能としての栄養特性、第2次の嗜好特性に続いて、第3次機能としての生理機能（抗酸化、免疫等の生態防御、ホルモンなどの体調節、老化など生活習慣病に対する予防効果など）が追加認定され、食用きのことして調理され、食卓にのぼる（年間約3,500億円程度）ほかに、きのこが機能性食品として代表的な健康食品の一つに数えられるようになった（表2参

照) 3).

ところで、一般的にはきのこは低カロリーの健康食品としてのイメージが強く、料理においてもメインにはなれない存在であるが、 β -1,3 グルカン を主成分とするダイエタリーファイバーを多く含む(乾燥量の10~50%)嗜好食品・健康食品としての価値付けがなされている。しかし、一方ではセルロースやヘミセルロースを主要な生育基質として成長し、難分解物であるリグニンや環境ホルモンのダイオキシンですら、時間はかかるもののほぼ完全に分解する能力を備えている。従って、環境の浄化や廃棄物の再資源化の有力な担い手であり、細菌、酵母、カビに続く第4の微生物として食資源、飼料資源あるいは医薬品開発素材として興味深い微生物である。栽培したきのこ類は食用や薬用に利用され、子実体収穫後の菌糸体は栄養豊富な飼料や薬用開発資材への応用が期待される。そのままでは飼料になり得ないような植物や農・産業廃棄物、馬糞(マッシュルームがその例)などにきのこ菌を接種して一定期間菌糸体を生育させることで、成分分解が起こり、消化性の良い栄養豊富な家畜の飼料に変化する。

表2 きのこの食品機能

分類	特徴
第1の機能 栄養特性 [食品栄養化学]	栄養素供給源として タンパク質, 糖, 脂質, ミネラル, ビタミンなど食品本来の役割
第2の機能 嗜好特性 [食品加工, 食品化学]	摂食行動(食欲, 嗜好)に関係する色・香・味とテクスチャーなど
第3の機能 生理機能(生物活性) [医学, 薬学, 農学など]	摂食後に発現する生物活性 生体防御(免疫), 生体恒常性の維持, 体調リズム調節, 疾病回復能, 老化抑制, 成人病への効果, その他

そこで、本講演では総会後でもあり、きのこに馴染みの少ない方も多いと思われるため、まず“きのこ”とは、を概説し、食品としての機能的特徴を紹介し、食料・飼料資源としての開発の現状と将来性について述べる。また、医薬品開発素材としてのきのこについてもその将来性を考えてみたい。

2) “きのこ”とは

“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、分類学上はきのこを作る菌は子のう菌類の一部と大部分は担子菌類に属し、前者には薬用の冬虫夏草、美味なアマリガサタケ、珍味のトリフなどが含まれる。一方、きのこを作る菌の殆どは担子菌類で、シイタケやエノキタケ、エリンギ、マイタケ、ナメコ、マッシュルームなどがよく知られている。

きのこの種類は世界中で約15000種が分布するが、その中には致死的な猛毒(アマニタトキシン類)をもつきのこが数種類、また食用として美味なきのこが上述のものを含め100種類程度含まれると考えられているが、現在人工栽培され、市場に出回っているのはせいぜい十数種類に過ぎない⁴⁾。

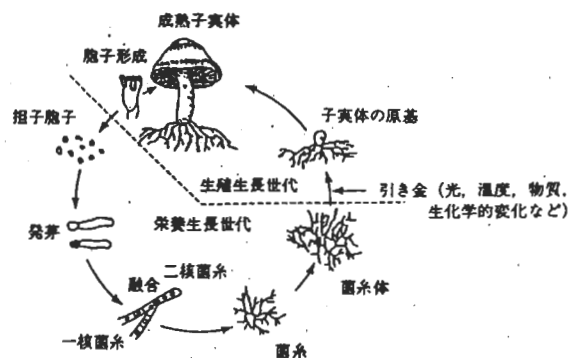


図2 きのこの菌の一般的な生活史 (life-cycle)。

図2は一般的なきのこの生活サイクルであるが、きのこの生活環は菌糸体が成長する栄養生長世代と刺激を受け子実体を発生させる生殖生長世代に大別される。しかし、この両世代間では栄養の要求性には質的・量的な違いがあり、栄養生長から生殖生長への転換の“からくり”については殆ど明らかにされていない。したがって、秋の味覚の王者であるマツタケも自然に採れたものと外国からの輸入品のみで、人工栽培には関心が強いがきのこの形成メカニズムについては今なお不明の部分が多く、人工栽培の成功には至っていない。

現在の食用きのこの類の市場生産はシイタケの原木栽培を除き、空調設備を用いた集約・周年栽培が大部分で、鋸屑と米糠を混合して水分65%程度に調整した培地をビンや袋につめて殺菌後、植菌して一定温度の室内で培養し、子実体を発生させる生産方法が取られている。

3) きのこの化学構造⁵⁾

図3に Wessels らの報告したスエヒロタケの細胞壁(菌糸壁)の構造を示した。主要構成成分はグルカンでそれにキチン、ヘテロ多糖、蛋白質などを含む。菌糸壁の外層はS-グルカン(α -1,3結合)で構成され、内層はR-グルカン(β -1,3結合と、この鎖のグルコース3つごとに β -1,6結合による分岐)とキチンの微細繊維で構成される。また、細胞と細胞を仕切る型孔隔壁はキチンで構成された板をR-グルカン/キチンの層が両側から挟んだ形になっている。細胞壁の成分比はグルカンが86.8%、キチン3.1%、蛋白質2.6%、灰分0.4%からなる。

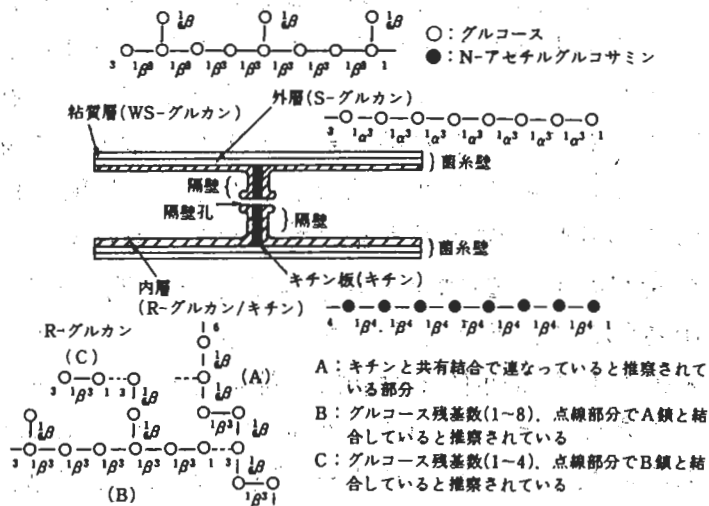


図3 きのこの細胞壁(菌糸壁)の構造(Wesselsら, 1978, 1979)⁴⁾

4) きのこの化学成分の特徴(一次および二次食品機能)⁵⁻⁷⁾

きのこの炭水化物については子実体形成の基質や収穫後における生理・化学的特性、また嗜好特性の観点から、トレハロース、グリコーゲン様多糖、キチンが挙げられる。低分子炭水化物の主要成分であるトレハロースは菌糖とも称されるきのこに特有の成分で、2分子のD-グルコースが α -1,1結合した非還元性の二糖類で、爽やかな甘味を示し、いずれのきのこにも乾物量の2~25%の範囲(エリシギ: 23%, クリタケ: 17%, ナメコ: 16%等で多い)で含有される。本糖はきのこ生育時の主要基質としてグリコーゲンから生成され、グルコースやグルコース-1-リン酸に分

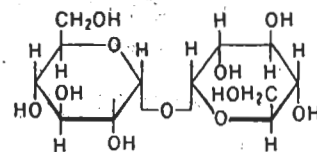


図4 菌糖(トレハロース)の構造

解されて多糖合成の成分として用いられるほか、呼吸基質としても機能する。また、トレハロースはストレスに対する保護物質としても作用することが報告されている。近年、酵素によるデンプンからの安価な製造法が確立されたことにより、種々の生理作用を利用した食品や化粧品への応用研究が盛んに行われている。

一方、キチンはきのこの形態を保持するために重要な物質で、きのこの乾物量の2～5%程度を占めるが、生育の基質としてもその一部が利用されることが、アミシグタケやエノキタケで報告されている。また、高分子炭水化物については食効、薬効の観点から多くの検討がなされており、水溶性多糖類としては α -D-グルカン(グリコーゲン様多糖)、 β -D-グルカン(抗腫瘍性多糖)、ヘテロガラクトサン、ヘテロマンナン、キシログルカンなどが知られており、 α -グルカンを除いた多糖成分は食物繊維と称され、エネルギー源にはならないが、食品栄養学的観点から注目される物質である。

きのこ類には古くからプロビタミン D₂ であるエルゴステロール⁶⁾ が多く含まれていることが知られている。エルゴステロールは波長が290～320nmの紫外線照射によりエルゴカルシフェロール(ビタミン D₂)に変換される。したがって、生シイタケでは少量でしかないが、乾シイタケでは極めて多量のビタミン D₂ が含有され、キクラゲやシロキクラゲでは12,000 IUと各種の食品中で最も高い値を示すが、ほぼきのこの種類を問わず多量に含有する。高村ら⁸⁾はビタミン D 欠乏のマウスにシイタケを投与し、D 欠乏が回復することを明らかにし、きのこの本成分が動物によく利用されることを示した。また、近年、シイタケのエルゴステロールをビタミン D に変換させる紫外線照射装置を開発した食品メーカーが現れた⁹⁾。

つぎに、きのこの二次食品機能についてみると¹⁰⁾、特有の香り、調理した時の歯切れの良さ、テクスチャーなどにかんがりの特徴が認められる。古来から“香りマツタケ、味シメジ”というが、マツタケの香気成分はマツタケオール(マシュルームの香り)とケイ皮酸メチル(シソ科精油中の主成分)が主体であるが、この二成分を中心に64種の香気成分が混合した香りである。また、シイタケに含まれる含硫黄化合物のレンチニン酸は無味無臭であるが、加熱、乾燥の際の酵素の作用で干しシイタケ特有の香気成分であるレンチオニンが生成する。このものには興味深いことに発茸活性が認められる。

1908年、池田は昆布だしの旨味成分グルタミン酸ソーダを、続いて1913年児玉は鰹節の旨味が5'-イノシン酸(5'-IMP)であることを発見した。シイタケの旨味成分が5'-グアニル酸(5'-GMP)であることは1960年に国中によって明らかにされた。5'-GMP(きのこのRNAが酵素分解により生成)と5'-IMPの化学構造は図5に示したように非常に類似しており、プリン塩基の一部がNH₂かHかで区別される。旨味は5'-GMPが最も強いが、きのこ類、とくにシイタケでは5'-GMPとL-Gluが相

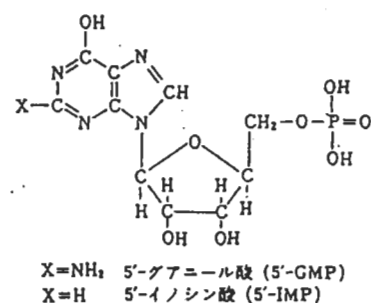


図5 シイタケと鰹節の旨味成分

乗的に作用し、旨味の主体をなすが、5'-GMP を殆ど含まないきのこでも味の良いものがあり、きのこの旨味はこの成分のみで決定されるとは言えない。これらの成分に低分子のペプチドや遊離糖（トレハロースなど）、糖アルコール（マンニトールなど）、さらには有機酸（リンゴ酸が最も多い）なども重要な旨味成分であると考えられる。なお、5-GMP は新鮮なシイタケにはあまり存在しないが、煮出し等の調理過程での酵素作用を経て、その汁中に蓄積する。

5) きこの化学成分の生理特性（三次機能の概説）

特有の香りと旨味、歯切れの良さが好まれ、飽食時代の今日、きのこは低カロリー健康食品の一つとして

その地位を築きつつある。

表3はきのこの薬効成分

について水野がまとめ

た結果である。個々の機

能成分の詳細については

紙面の関係で、水野・川

合編の成書³⁾をご覧頂

きたい。

薬効	成分	きのこ名
1. 抗菌作用	グリホリン, コリオリン, イルジンなど	各種キノコ
2. 抗ウイルス作用	タンパク質, β-グルカン	シイタケ, サルノコシカケ
3. 強心作用	ボルバトキシン フラムトキシン	フクロタケ エノキタケ
4. コレステロール低下作用	エリタデニン	シイタケ
5. 血糖降下作用	ガノデラン, ペプチドグリカン	マンネンタケ
6. 血圧降下作用	糖タンパク質	マイタケ, マンネンタケ
7. 抗血栓作用	レンチナシン, 5'-AMP, 5'-GMP	シイタケ, マッシュルーム
8. PHA 幼若化抑制作用	γ-GHB	マッシュルーム
9. 抗腫瘍作用	β-グルカン RNA-複合体	各種キノコ ヒメマツタケ

PHA: フィトヘマグルチニン, GHB: γ-L-グルタミル-4-ヒドロキシペンゼン

文献3

(1) 抗菌性物質

約60種類の抗生物質が単離されているが、そのいずれもが活性が弱く、実用化には至っていない。

(2) 抗ウイルス作用物質

抗ウイルス活性を持つ糖蛋白質がシイタケの胞子から分離されている。また、シイタケの子実体からは制癌作用を持つある種のβ-グルカンが報告されている。菌床栽培シイタケ菌糸体の自己消化産物から分離された可溶性のリグニン-糖蛋白質複合体にはエイズウイルス (HIV) に有効な成分が含まれることが報告されている。

(3) 強心作用物質

フクロタケ（東南アジア特産の食用きのこ）からボルバトキシン、エノキタケからフラムトキシンが報告されている。

(4) コレステロールの低下作用

シイタケから得られたエリタデニン（レンチナシン、レンチシン）にはラットの血中コレステロールおよび中性脂肪値を低下させる作用、さらに血圧降下作用が確認されている。また、熱帯産の食用きのこであるクロアワビ茸 (*Pleurotus ablonus*)

（和歌山県および岐阜県などで栽培されている）の水溶性多糖にもラットの血清コレステロール上昇抑制作用が報告^{11, 12)}されており、この物質は分子量175万で、主鎖にβ-1,3グルカンを有し、側鎖としてβ-キシロースおよびβ-グルクロン酸を持つ酸性多糖と、分子量49万で蛋白質を2.5%含む糖蛋白質で、糖鎖は主鎖にβ-1,3グルカン、側鎖としてβ-キシロースおよびβ-グルクロン酸を持つ酸性多糖の2種類

がある。最近、ハタケシメジ (*Lyophyllum decastes*) から同様の作用を持つ成分が報告¹³⁾されたが、効果を示す成分の同定には至っていない。

(5) 血糖降下作用物質

マンネンタケ (靈芝, *Ganoderma lucidum*) から本効果を持つ物質として多糖ガノデラン類およびその蛋白質複合体が報告^{14,15)}されている。また、他のきのこから Kino et al.¹⁶⁾, 藤野・何¹⁷⁾も降下作用物質を報告している。

(6) 血圧降下作用物質

マンネンタケの抽出液中に降圧と昇圧の両作用を調節し、血圧を正常に保つ成分として、テルペノイド成分のガノデリン酸類、ガノデラール A、ガノデロール類が単離されており、これらがアンジオテンシン I 変換酵素 (ACE) の阻害剤として働くことが報告されている。また、本菌のペプチドグルカン、フコフルクトグルカンなども同作用を示す。食用きのこの ACE 阻害活性は、この他ホウビタケ¹⁸⁾、ブナシメジ¹⁹⁾、エノキタケ¹⁹⁾、マイタケ²⁰⁾でも報告がある。さらにハタケシメジの ACE 阻害活性物質はペプチド成分の可能性の高いこと、市販食用きのこ 9 種類の内では表 4 に示したように、本菌が最も強い阻害活性を有することが卯川ら²¹⁾によって報告されている。アガリクス茸 (*Agaricus blazei*) で効果を示す成分は γ -アミノ酪酸との相乗作用で、より効果の増すことを渡辺ら²²⁾が示した。

表 4 食用きのこ類の冷水抽出物中の ACE 阻害活性

きのこ	ACE 阻害活性 (IC ₅₀ , mg protein/ml)
ハタケシメジ	0. 250
マイタケ	1. 03
シイタケ	1. 24
ヒラタケ	0. 432
ブナシメジ	0. 774
エノキタケ	2. 29
エリンギ	1. 98
ナメコ	1. 31
マッシュルーム	3. 21

卯川ら：日食科工誌 48(1), 58, 2001.から

(7) 抗血栓作用物質

水野³⁾はマンネンタケのヌクレオチド AMP と GMP にマウス血小板凝集阻止活性成分、シイタケのヌクレオチドやヌクレオチドの内、レンチナシン、5' - AMP, 5' - GMP に強い抗血栓活性の存在することを彼の著書に記述している。また岡村らはマスタケ (*Laetiporus sulphureus*)²³⁾ に強い抗血栓作用物質の存在すること、この作用成分がスエヒロタケを初め、エリンギ、マイタケ、エノキタケ、マツタケなど多数の食用きのこに存在することを報告している^{24,25)}。

(8) 抗腫瘍作用

サルノコシカケ科、シメジ科、ハラタケ科を初め、多数のきのこから Sarcoma 180/マウスに対し顕著な抗腫瘍活性を示す多糖体が明らかにされて来た。きのこが示す抗腫瘍活性は宿主の免疫機能を賦活化させるもので、抗原性が弱く、副作用の無いのが特徴とされ、その本体はいずれも β -1, 3-グルカンによることは良く知られているところである。

きのこの細胞壁はこの β -1, 3-D-グルカンが主成分であることから、殆どのきのこに抗腫瘍活性が存在すると考えられるが、活性発現の強弱は分子量の大きさや水に対する溶解性、分岐度とその形式、 β -1, 3 主鎖中への β -1, 6 結合の結合の仕方な

どによるところが大きい。日本では、現在までにカワラタケ菌糸体からクレスチン、シイタケの子実体からレンチナン、そしてスエヒロタケの培地生産物からシゾフィランと、3種のきのこからこのような多糖体制癌剤が開発・実用化されている。なお、その他多数のきのこ類の抗腫瘍性のスクリーニング結果やきのこ由来の単離多糖に関する報告は文献²⁶⁾をご覧ください。

また、きのこ中には発癌や変異原性を示すいくつかの物質が存在するが、抗変異原性を示す成分の報告もある²⁷⁾。さらに、発癌の予防という観点からはきのこが豊富に持つ食物繊維(ダイエタリーファイバー)も重要である。きのこのβ-グルカン、キチン質、ヘテロ多糖(ペクチン質、ヘミセルロースなど)などは乾物量当たり10~50%にも達する。これらの成分は前述のβ-グルカンのように制癌効果を期待出来るが、さらに物理的作用によって腸管内で発癌物質などの有害物質を吸着してその吸収を妨げ、排出を早める効果も大きいと考えられる。

6) 飼料資源としての“きのこ”とその廃培地の利用

家畜の飼料は海外からの輸入にたよっている部分が多く、生産コストの中で高い比率を占めることから、安価で自給可能な飼料資源の開発が望まれている。

犬塚ら²⁸⁾はきのこ類に脂肪やコレステロール含量を低減させる成分が含まれることから、きのこ残渣の養鶏飼料化を目的として、シイタケ残渣(出荷時に切除する柄の先端部分)粉末を市

販飼料の一部と代替して採卵鶏(RIR系)に給与し、卵質や血液成分などへの影響について調べている。その結果、表5に示したようにシイタケ飼料(8%および12%を代替)区では粗蛋白質と粗脂肪の含量が低くなり、粗繊維および粗灰分含量が増加することが明らかになった。産卵率は市販飼料に劣らない良い成績が得られ、12%代替区では卵重と卵殻厚が市販飼料に比較し、それぞれ小さく、薄くなる傾向が観察されたとしている。また、シイタケ残渣飼料給与区の鶏の血液成分ではTotal-cho, HDL-cho, Triglyceridesがいずれも19~24%の範囲で低下するなど、脂質の低減効果が認められたことが報告されている。

鈴木ら²⁹⁾はめん羊によるシイタケ栽培使用済みほだ木の栄養価について検討し、飼料化の検討を試みている。使用済みほだ木は自給粗飼料の不足している中で、流通粗飼料として商品化された例もあり、肉牛の肥育飼料に20%、搾乳牛では濃厚飼料中に20%を使用している例がある。また、蒸煎処理により使用済みほだ木の利用率を高め、黒毛和種繁殖雌牛の飼料に用いることが出来るという報告がある。さら

表5 Effects of feeding DSW diets to laying hens on egg production and egg characteristics

Performance	Control diet	Dietary level of DSW(%)	
		8	12
Egg production(%)	88.6 ± 8.4 ¹⁾	85.9 ± 10.1	85.7 ± 24.7
Egg size(g)	61.3 ± 3.4 ¹⁾	60.2 ± 2.9 ¹⁾	55.3 ± 1.7 ¹⁾
Egg shell thickness(mm)	0.336 ± 0.014 ¹⁾	0.334 ± 0.010 ¹⁾	0.318 ± 0.014 ¹⁾
Haugh Units	94.1 ± 3.8	94.7 ± 2.8	94.5 ± 3.5
Yolk score(fan 1-15) ²⁾	9.5 ± 0.4 ¹⁾	9.2 ± 0.2 ¹⁾	9.1 ± 0.1 ¹⁾

1) Means ± S.D.

犬塚ら：近畿大農紀要21, 14-(1988)

2) The visual yolk score was evaluated with a 15-blade Roche Color Fan.

¹⁾Means on the same lines bearing different superscripts differ significantly(P < 0.05).

²⁾Means on the same lines bearing different superscripts differ significantly(P < 0.01).

に、鈴木ら³⁰⁾は泥炭や大麦の外皮を培地に用いたヒラタケ栽培で、栽培後の廃培地をめん羊を用いてその栄養価を評価し、図6のような通常栽培に比べ高い栄養価を持つ栽培使用済み培地が調整可能なことを報告している。これらのきのこ栽培用培地は白色腐朽性きのこで、リグニンの分解が行われると高い消化率を示すようになる。また、野生化牛の行動調査において、腐朽材の採食が観察されており、多量の栄養菌糸を含む廃培地は蛋白質やミネラル、食物繊維、生理活性成分などを多く含有し、家畜等に対して栄養価に富んだ健康で病気にかかり難い好適な飼料と考えられ、今後の研究開発が期待される。

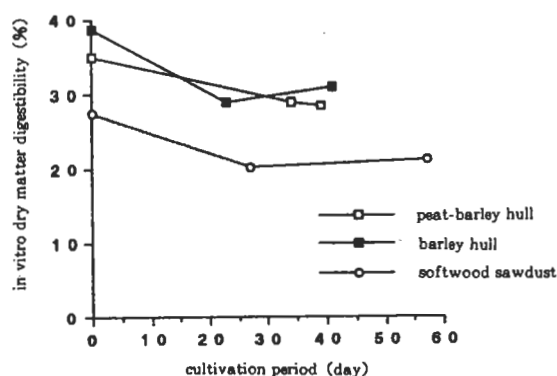


図6 Change in *in vitro* dry matter digestibility of various substrate in the cultivation of Hira-take, *Pleurotus ostreatus*.
鈴木ら：滋賀県立短大学術雑誌49, 23-1, 1996

7) きのこ機能性研究の最前線

きのこ新時代に向け、きのこ栽培企業最大手のホクト産業(株)は全国各地に工場を持ち、今期3月決算では306億円の売り上げを見込んでいる。同社ではエリンギやブナシメジに加え、新たにマイタケの生産が行われているが、無人管理システムを導入し、徹底した効率生産を行っており、毎年1~2カ所に世界最新の新工場を建設している³¹⁾。この企業に代表されるように、近年のきのこ栽培は大規模化が著しく、資金調達が難しい小規模栽培企業では経営が難しくなる傾向にある。

一方、新しい種類の食用きのこ類の栽培化研究も盛んで、長野県の農事法人シマダでは、廃培地を有効利用した独自の方法でササクレヒトヨタケ(*Coprinus comatus*, 商品名: コプリーヌ)の大規模栽培がスタートした³²⁾。また、栃木県のある町では中華料理の高級食材として珍重されているキヌガサタケ(*Dictyophora Indusiata*)の栽培化が開始された³³⁾。これなども、健康食品としてのきのこに一般の関心が高まる中で、その機能性効果への期待の現れと考えられる。

(1) 抗腫瘍作用

きのこ類の効用が改めて見直されたのは1970年代で、サルノコシカケ科のカワラタケの多糖体から悪性腫瘍に対する抗癌物質「クレスチン」が見つかったことで、一躍注目を集めることとなった。「PS-K」と名付けられたこの商品は胃癌や腸癌、肺癌などについて、化学療法のなかで併用されるもので、癌患者の痛みを和らげ、抑制効果がある薬として世界的な注目を集めた。以後きのこ類に含まれる多糖体が注目され、制癌効果に関する研究が一段と加速し、シイタケから抽出される「レンチナン」が1969年に認可され、次いでスエヒロタケの「シゾフィラン」が抗悪性腫瘍の薬として認可された。「クレスチン」³⁴⁾は生シイタケ100gの煮出し汁から精製品として200~300mg程度しか得られないため、高価であるが、現在手術不能な胃癌

患者や再発の胃癌患者を対象に、注射剤投与の形で年間5万人に使用されていると報告されている。

いずれもきのこ類に含まれる多糖体のβ-グルカンが癌を抑制するというもので、この成分は他のきのこ類にも多く含まれることが明らかになっている。表6は食用きのこの子実体熱水抽出物の抗腫瘍作用を比較した結果である。抗腫瘍作用で近年最も注目を集めているのがアガリクスきのこ (*Agaricus blazei*) である。本きのこはブラジル原産であるが、このきのこは三重県の岩出菌類研究所が約20年程前にヒメマツタケという名称で人工栽培されていたのを演者も見学させて頂いた記憶がある。

アガリクスが一躍注目されだしたのは5~6年前に静岡大学農学部の故水野卓教授が抗癌性を発表したことに始まる。以後健康食品として消費者の認知が高まり、現在年間300億円を越す需要が形成されるに至った。健康食品を医薬品の意味合いを含めて販売することについては問題点も多く、「まがい」商法などが横行し、商品の寿命を終えてしまう場合も多い。このようなことから、何故効果を示すのか、その生理作用メカニズムを明らかにすることが最も重要であることは皆承知している。しかし、これらの作用機作については複雑で、個体差も大きく解明には困難を極める場合が多い。アガリクスきのこの生理作用については桧垣の研究紹介記事³⁵⁾や江口・渡辺編著の成書³⁶⁾をご覧頂きたい。これらの内容はきのこの生理効果を科学的根拠に基づいて記述されているもので、お勧めしたい。

演者らも、近畿大学医学部にある腫瘍免疫等研究所との共同研究によって、きのこを含めたβ-1,3-グルカン成分が、どのようなメカニズムで抗癌作用を発揮するのかを、複数の種類の担癌マウスを用いて検討している。実験はまだ着手して1年余りであるが、β-1,3-グルカンの投与によって、マウス血液中のサイトカイン（インターフェロンγ、インターロイキン12など）レベルが上昇し、続いて癌細胞の増殖抑制あるいは縮小および消去を確認しているが、必ずしもそのように行かない場合があり、完全な解析にはまだまだ時間が必要である。しかし、実際に健康食品として癌末期患者への投与も行っており、完全治癒するケースも多い（30%程度）ことから、大きな期待が寄せられている。共同研究者である八木田旭邦教授は免疫療法による癌治療医として著名であり、詳細については教授の著書^{37,38)}をご覧頂きたい。

(2) 発酵・醸造食品製造へのきのこの利用

きのこ起源の酵素が食品の製造や加工に利用されている例は、プロテアーゼがチーズ製造時のスターターとして利用されている以外、極めて少ない。

無菌状態の原料米にアガリクスきのこの菌糸体を植え付け、水を加えて発酵させてアルコール8%含有の清酒が出来たこと、ヒラタケではワインを試作し（アルコール

表6 食用きのこ子実体の熱水抽出物の抗腫瘍作用

きのこ名	阻止率(%)
シイタケ	80.7
エノキタケ	81.1
ヒラタケ	75.3
カンタケ	72.3
ナメコ	86.5
マツタケ	91.8
キクラゲ	42.6
ツクリタケ (マッシュルーム)	12.7
ブナシメジ (やまびこほんしめじ)	100.0 72.0

腫瘍: Sarcoma 180 (腹水型一陽型)
 溶解: 精製水 投与: 腹腔内注射, Day 1
 ~10 動物: Swiss albino, 雌マウス
 2000年版きのこ年鑑より

12.2%含有), マツタケを用いたビール(同 4.6%)まで作ってしまったというニュースが話題を呼んでいる。しかも, これらのアルコール飲料にはきのこ由来のβ-グルカンを始め, 血栓症の予防に効果のある抗トロンビン活性(表7参照)が豊富に存在するという^{39,40)}。さらに, きのこを用いたチーズや味噌, 納豆の製造についても報告されている⁴¹⁾。これら一連の研究は松井らのグループによるもので, 市販可能なほどの商品化には至っていないものの, 面白いアイデアである。きのこ菌は一般に生育は遅いが, アミラーゼやプロテアーゼをはじめ, 多種・多様の酵素を生産する。抽出し, 酵素単独としての利用は他起源の微生物にはかなわないが, 菌糸体も含めた酵素利用(きのこの機能性)や他起源の微生物が生産出来ない新規酵素の開発は, 今後も続くものと思われる。

表7 Effect on Thrombin Time of Wine Produced by Using Mushrooms

Mushroom used	Thrombin time (sec)
<i>Agaricus blazei</i>	310.0±0.5
<i>Flammulina velutipes</i>	358.6±0.4
<i>Pleurotus ostreatus</i>	320.0±0.4
Control*	161.8±0.5

* Grape juice.

文献40より

(3) 進むきのこの生体機能性成分研究

ブナハリタケ(*Mycoleptodonoides aitchisonii*)の菌床栽培法が開発され最近注目を集めている。この食用きのこは血圧や血糖の降下作用, 抗癌作用を示すことが報告されている。また, アルツハイマー病(神経成長因子合成促進作用)に効果を示すとされるヤマブシタケの人工栽培も始まっている。ヒラタケは栽培きのことして古くから有名であるが, 河岸はこのきのこにレクチン活性(ガラクトース類に結合特異性)を有する摂食抑制物質が含まれていることを明らかにし, 美容, ダイエットとしての健康食品に注目が集まっている⁴²⁾。

信州大学医学部ではエリンギに肝臓傷害予防機能のあることを明らかにしている。エリンギに多く含まれる食物繊維が体内の過剰なコレステロールを排出して肝臓への脂肪沈着を抑制するという。この効果はマイタケでも報告されている。また, メシマコブやハナビラタケ菌糸体の抗腫瘍効果についても注目されている。コウタケからは抗アレルギー成分が精製されている⁴³⁾。冬虫夏草も古来から薬効をもつきのことして知られているが, この一種のハナサナギタケ(*Isaria japonica*)の人工栽培法が, 培地に昆虫の抽出液を添加することによって最近開発された⁴⁴⁾。興味深いところではマイタケ抽出物が抗白癬菌作用を示すことが, 今年の5月31日の第29回日本防菌防黴学会大会(東京)で檜山らによって発表される予定である。きのこに多量に含まれるトレハロースにマウスの発毛促進効果のあることが千葉ら⁴⁵⁾により報告されているが, このようなきのこの機能性成分の解明は今後もあくなき追及が続くと思われる。我々が120歳位まで生き, 100歳を過ぎてもなお生殖能力を有し, 休日には車のハンドルを握ることができるような究極の物質がきのこから発見されないだろうか。

なお, 現在私が会長を務めている「日本応用きのこ学会」の大会が本年の9月3日(火)と4日(水)の両日, 鳥取県民文化会館で開催されます。“きのこによる21世紀型生活習慣病への挑戦”というタイトルでシンポジウムを予定します。ま

た、引き続いて9月5日(木)から7日(土)までの3日間は、私共の学会の主催で同所において“極東アジア国際食用きのこ会議”を開催致します。きのこに関する話題にご興味をお持ち頂いた方は、是非ご参加頂きますよう宜しくお願い申し上げます(大会準備委員会事務局：郵便番号680-0011 鳥取市湖山町南4-101 鳥取大学農学部微生物工学研究室内 準備委員長 北本 豊, TEL 0857-31-5371, FAX 0857-31-5347)。

引用文献

1. 日特振編集部：特産情報4月号, 8-, (株)プランツワールド, 東京, 2002.
2. 水野瑞夫：Foods Food Ingredients J. Jpn. **198**, 2-, 2002.
3. 水野 卓：キノコの化学・生化学(水野・川合編), 学会出版センター, 東京, p. 3-(1992)。
4. 寺下隆夫：化学と教育50(1), 30-, 2002.
5. 寺下隆夫：きのこの生化学と利用(寺下編), 応用技術出版, 東京, p. 5-(1989)。
6. 吉田 博：キノコの科学(菅原編), 朝倉書店, 東京, p. 51-(1997)。
7. 菅原龍幸：きのこ; 日特振, 東京, p. 1-(2001)。
8. 高村一知：東邦医学会誌38, 669-, 1992.
9. 川副剛之・湯浅勝巳：日食科工誌42, 262-, 1995.
10. 寺下隆夫：特産情報9月号, 80-, 農村文化社, 東京, 1991.
11. 玉城康智ら：木材学会誌43(1), 90-, 1997.
12. 玉城康智ら：木材学会誌48(1), 44-, 2002.
13. 卯川裕一ら：日食科工誌48(7), 520-, 2001.
14. H. Hikino et al.: Pharm. Med. 51, 339-. 1985.
15. H. Hikino and T. Muzono: Planta Med. 55, 385-, 1989.
16. T. Kino et al: Pharm. Bull. 18, 1627-, 1995.
17. 藤野正行・何 普明：日食科工誌45, 618-, 1998.
18. K. P. Yip et al.: Neuroscience Letters Supplement 28, s59, 1987.
19. 池水昭一ら：日特公, 平8-99895(1996)。
20. 大鶴 勝ら：日食科工誌46(12), 806-, 1999.
21. 卯川裕一ら：日食科工誌48(1), 58-, 2001
22. 渡辺敏郎ら：日食科工誌49(3), 166-, 2002.
23. T. Okamura et al.: Mushroom Sci. Biotechnol. 8(3), 121-, 2000.
24. T. Okamura - Matsui et al.: J. Bioscience Bioengineering 92(1), 30-, 2001.
25. T. Okamura - Matsui et al.: Mushroom Sci. Biotechnol 9(3), 117-, 2001.
26. 水野 卓：キノコの化学・生化学(水野・川合編), 学会出版センター, 東京, p. 35-(1992)。
27. 横川洋子：キノコの科学(菅原編), 朝倉書店, 東京, p. 143-(1997)。

28. 犬塚澄雄ら：近畿大農紀要 21, 13-, 1988.
29. 鈴木雄一ら：滋賀県立短大学術雑誌 44, 18-, 1993.
30. 鈴木雄一ら：滋賀県立短大学術雑誌 49, 23-, 1996.
31. 特産情報編集部：特産情報 2月号, 23-, (株)プランツワールド発行 (東京), 2002.
32. 特産情報編集部：特産情報 1月号, 27-, (株)プランツワールド発行 (東京), 2002.
33. 特産情報編集部：特産情報 11月号, 21-, (株)プランツワールド発行 (東京), 2001.
34. 特産情報編集部：特産情報 11月号, 11-, (株)プランツワールド発行 (東京), 2001.
35. 桧垣宮都：J. Wood Sci. 45(6) 付録ウッドイエンス 47号, p. 1-, 1999.
36. 江口文陽・渡辺泰雄編著：「キノコを科学するーシイタケからアガリクス・ブラゼイまでー」, 地人書館, 東京, p. 31- (2001).
37. 八木田旭邦：「新免疫療法でガンを治す」, 講談社, 東京, p. 16- (2001).
38. 八木田旭邦：「さらに進化した新免疫療法ーガン細胞が消えた」, (株)二見書房, 東京, p. 18- (2001).
39. T. Okamura et al.: Mushroom Sci. Biotechnol. 8, 109-, 2000.
40. T. Okamura et al.: Biosci. Biotechnol. Biochem. 65, 1596-, 2001.
41. T. Okamura-Matsui et al.: J. Biosci. Bioengineering 92, 30-, 2001.
42. 特産情報編集部：特産情報 7月号, 10-, (株)プランツワールド (東京), 2001.
43. 建石耕一ら：日食科工誌 47 (12), 899-, 2000.
44. K. Yamanaka et al.: Mycoscience 39, 43-, 1998.
45. 千葉忠彦ら：香粧会誌, 69-, 1999.