

ファジィ数を用いた植物生産環境システムの研究周辺 (第2報)

——システムの現状の検討——

松山正彦

Circumference on Fuzzy Number Analysis of Plant Production Environment Systems (Part 2)

— Examination of the Present Systems to Product H. Marmoreus —

Masahiko MATSUYAMA

緒 言

近頃、コンピュータ制御システムなどの近代的設備と巨大資本投入による企業参入型の植物生産環境システムが注目されている。一方、システムの考え方は露地生産にくらべて新しく、経済的、技術的な理論的根拠の裏付けが確立されているとは未だ言えず、試行錯誤による運営状態にある。しかし、システムの中でもきのこ生産環境システムは、個々の業者の長年の経験的判断から採算がとれそうだとのことと、他の果菜類に先駆け早くからシェアの多くを占めるに至った。しかしきのこ生産技術の研究は、生産量がトップであるシイタケを初めとしヒラタケ、ナメコ、マツタケなどの品種については多くの研究がされてるが、ブナシメジに関しては河野のシイタケ廃ほだの培地利用における子実体発生量の比較¹⁾、岩戸らの商品包装における気中菌糸発生防止策の検討²⁾、津々見の人工培地のほだつき率に関して野生種の市販種に対する劣等性³⁾、天野らの菌床栽培中の子実体形成における繊維分解酵素の多発性⁴⁾、衣田の栽培室換気時間を求めるための接種から収穫までの酸素消費量変動⁵⁾、渡辺の培地添加剤としての鹿沼土や海草による子実体発生量と酸素呼吸量の増加⁶⁾、渡辺らの成育過程におけるO₂暴露の化学成分的影響⁷⁾、天野らの菌床栽培中に作られる繊維分解酵素やプロテアーゼの影響⁸⁾など、その生産量がシイタケ、エノキタケについて多いにもかかわらず少ない。

目 的

本研究シリーズでは、上記に述べたような現状にある植物生産環境システムの経済的、技術的な理論的根拠を確立するために、具体的にはシステムの経済分析^{9～14)}、生産技術^{15～19)}、環境制御技術^{20～23)}などの研究を進めるにあたり、きのこ(ブナシメジ)のシステムを取り上げ研究を行って来た。しかし、ブナシメジは開発経緯が企業特許に関わるためか開発歴史が浅いためか研究報告例は少なく、特定な地域と社会における閉鎖的環境の中で、工場の設計者や経営者が個々の経験と考えに基づいて設計や経営を行っているのが現状である。そこで本研究では、ブナシメジの開発経緯と生産量推移、および生産工場と工程の仕組みなどを明らかにすると共に、現状の生産システムが抱える問題点を明確にすることでシステムの検討を行い、この分野における今後の研究方向を示唆することを目的とした。

研究方法

研究方法は、ブナシメジ生産のための特許権を長野県経済連が独占契約していることと、ブナシメジ生産工場の数多くが長野県に集中し全国市場の85%ほどを生産しているため、長野県在住の小松きのご園(豊科町)、星野きのご園(長野市)、伊藤きのご園(伊那市)などをはじめとする多くのきのご園や工場経営の指導や相談を行っている長野電波技術研究所などに1994年から1998年まで度々出向き、開発の経緯、生産量の推移、工場の設計方法、生産工程などについて生産現場で直接メモし聞き取り調査を行った。その時の様子を写真1~3に示す。また、これとは別に上記項目に関する市販の事典、年鑑、ハンドブック類および研究文献なども調査し、現場での聞き取り調査と合わせ以下の結果を得た。なお、文献については結果の該当箇所右肩に括弧書きで示した。

結 果

1. 開発と生産量の推移

本報で研究対象として取り上げたきのこは、1972年に宝酒造KKがほんしめじから潜在腐生性を顕化させる人工栽培に成功し²³⁾、長野県経済連がこの宝酒造KKと特許権を独占的に契約したやまびこほんしめじにより代表される²⁴⁾。このきのこは形や歯ごたえなどが野生種のほんしめじに似ておりほんしめじの名称で市場に登場したが、実際はほんしめじでなくブナシメジであった。ブナシメジはシロタモギタケと呼ばれることもあったが²⁵⁾、傘の斑点の有無など多少形態が異なり、長沢らにより今では全く別種のきのことして分類されている²⁵⁾。ブナシメジは現在では食用きのこの中で最も肉質がしまり、歯ごたえ・味ともに優れた品種であると言われる^{26, 27)}。1973年から本格的生産が開始され、種菌開発、栽培技術、および生産計画から販売に至るまで全てを長野県経済連により管理され、1979年に年間生産量が1千トンを超えた。その後、先の論文²⁸⁾にも示したようにブナシメジの生産量は年々50%前後も増え1986年には1万トンを超えた。

ブナシメジの主な需要先は1989年頃までは高級業務店がほとんどであったが、この年に品種が従来の「宝1号菌」から、短期栽培、色沢の良さ、可食部が多いなどの特徴を持つ²⁹⁾「宝2号菌」に切り替えられると一般家庭でも多く消費されるようになり、1992年には年間生産量が3.67万トンに達しヒラタケの生産量をしのぐようになった。その後、「宝1号菌」の特許期間の終了にともない新潟県や富山県でも大量に栽培されるようになり、長野県の市場占有率は1992年には87%までに低下した。

ブナシメジ生産工場が抱える重要課題の1つとして、近頃の企業参入型の大規模経営によって生産量は拡大したが、逆に市場価格の低下を招いていることが上げられる。また、長野県産の卸売り市場価格は、他県のものにくらべ100gあたり1.5円ほど高いといわれている²⁹⁾。

2. 工場の設計

工場の構造と設計、機器の配置、作業の流れなどを1サイクル15万本レベルの標準的規模のきのご工場を例に述べる。きのご工場の栽培室には培養・熟成室と芽だし・生育室とがあるが、培養・熟成室については別に述べたので¹³⁾、ここでは図1に示す芽だし・生育室の設計方法について述べる。

芽だし・生育室は芽だしと生育を別室に設計することもあるが、同室で行われることが通常多い。上記クラスの芽だし・生育室には約4.5万本の栽培瓶を収容できる広さが求められる。図

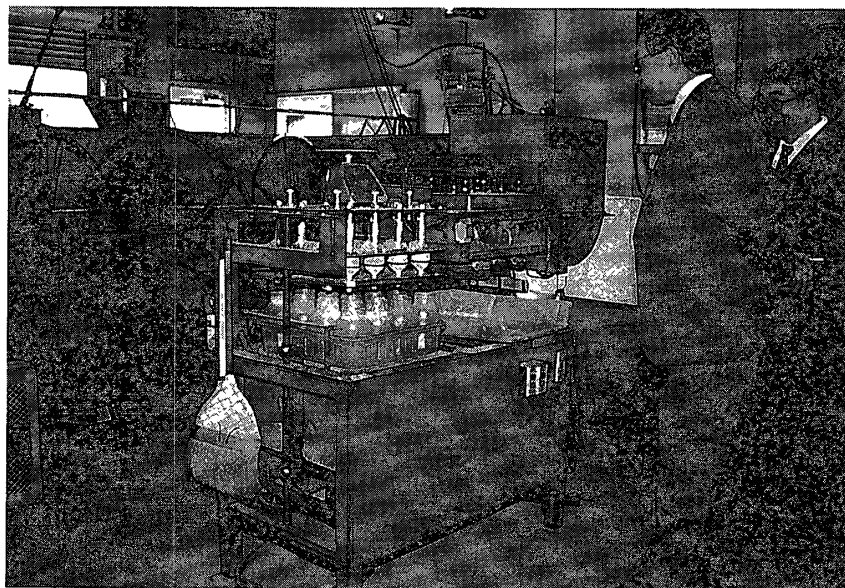


写真1 前処理

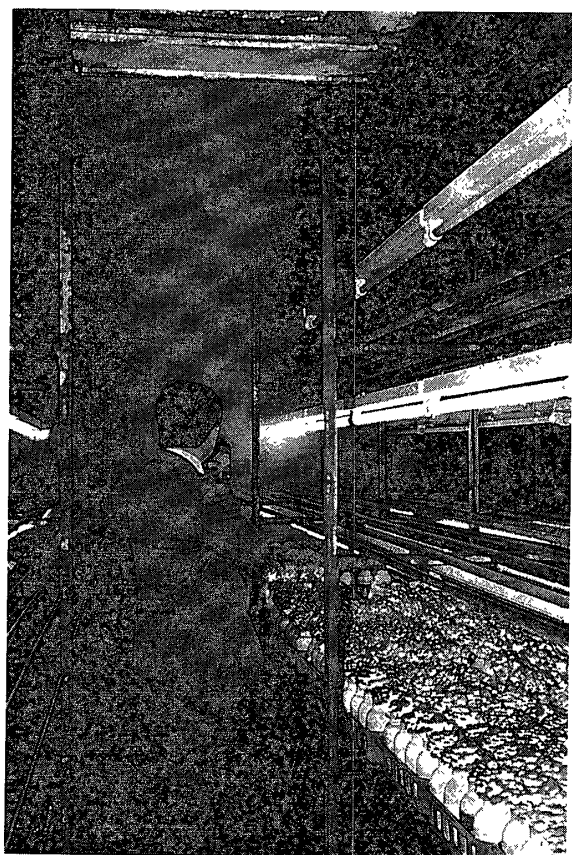


写真2 栽培

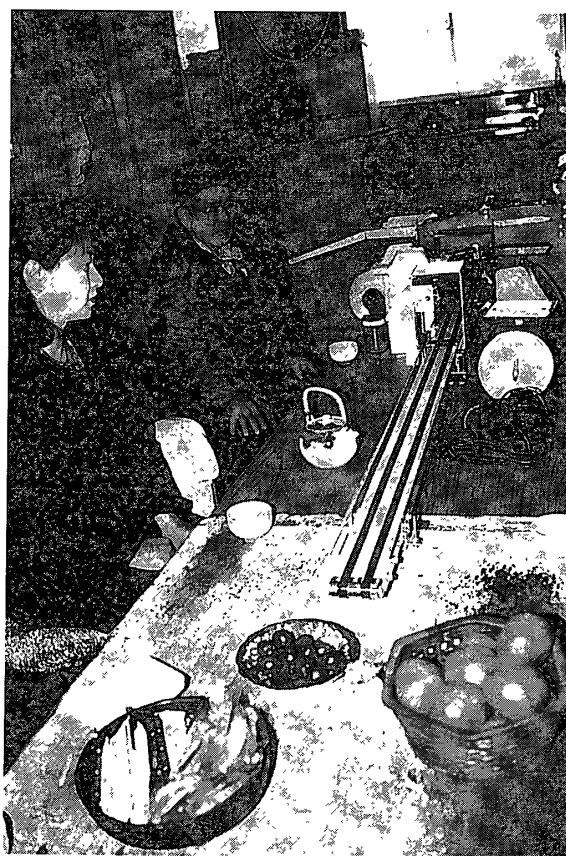


写真3 出荷

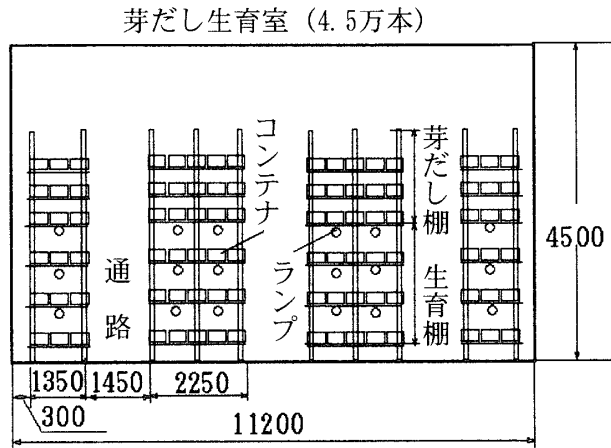


図1 栽培室立面図

1に示すごとく芽だし棚は、栽培瓶を入れたコンテナ(45×45×18cm)上部に20cmの作業空間をとれば、パレットを含め1段は約40cmである。また、生育棚は栽培瓶上部へきのこが生長するための空間とランプ取り付けの空間を必要とするので1段が60cmとなる。芽だし棚と生育棚をそれぞれ3段ずつ計6段設けるとすれば、棚の高さ合計は3mとなる。さらに、天井面には空調機器を取りつけるため部屋の天井高は最低4.5m必要となる。このとき床にはコンテナ469個を並べる面積が必要であるが、部屋の奥行きを培養・熟成室と同じに設計すれば¹³⁾栽培棚は16列必要となる。これを管理するため図1に示すような通路3本と空気循環通路2本を設ければ、床形状は培養・熟成室と同じ11.2m×13.5mと設計される。

3. 生産工程

植物生産環境システムの生産工程をきのこを例にとって示せば図2のごとく表される。生産工程は調達、前処理、栽培、出荷、残務からなり順に以下に述べる。

(I) 調達

1. 資材調達

きのこ栽培を行うに必要となる資材、すなわち栽培瓶と蓋、コンテナ、パレットなどを調達する作業。栽培瓶やコンテナは各種サイズのものがあり、写真に示す850cc栽培瓶は直径95mm、口径58mm、高さ165mmであり、またコンテナは栽培瓶16本入りで450mm×450mm、高さ100mmである。パレットはコンテナ30～60個を一度に運搬するための物流用荷台のことで厚みは200mmほどである。

2. 材料調達

栽培瓶に入れる基材、栄養剤、増収材、水などを調達する作業。基材には建築業界からでる廃材を利用するおがくず、豆腐製造業界からでるおから、畜産業界で利用するコーンコブと呼ばれるとうもろこしの芯、あるいは被服繊維業界からでる繊維くず、それに発泡スチロールなど水分を保持できるものなら何でも利用可能である。このとき基材の違いによる発芽率や作業

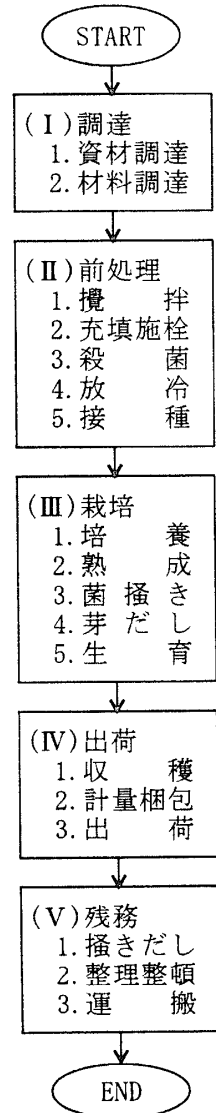


図2 生産工程の流れ図

効率はそれほど差がない。しかし利用後腐敗廃棄させるに、おがくずはブナなどの広葉樹で3年、杉などの針葉樹で25年も要し、発泡スチロールは永久的に腐敗されなく問題がある。逆に、おからは夏季には6時間くらいで腐敗が進行するので使用が難しい。おがくずは広葉樹が好ましいが針葉樹には水分保持などの利点もあるので、通常は半年以上も屋外に放置して加水した針葉樹を30～50%ほど広葉樹に混合して使用する。基材としての保水性を高めるために、おがくずの場合は粒子の粗いものと細かいものとを混ぜて空隙率を高める。コーンコブの場合は保水性が劣るので通常大豆皮などを混ぜる。

なお、基材には栄養剤を混入させて用いるが、栄養剤として米ぬかのみを用いたときは850cc瓶での収量は100g程度であったが、その後、各種栄養剤の開発により収量が飛躍的に増大した。しかし栄養剤の多用により品質低下の問題が起きた。すなわち茎は多く細く、傘は小さく早く開き、ポーリウム感が無くなったといわれ、品質向上はブナシメジ栽培の今後の最も重要な課題であるといわれている³⁰⁾。

（Ⅱ）前処理

1. 攪拌

基材に水や栄養剤などを加え均一にする作業。攪拌機には最初に発酵し難い基材を入れ分量を少し多めに加え攪拌する。次に発酵しやすいものを加え攪拌し最終的に含水率を約65%に調整する。このとき、できるだけ短時間で攪拌し栄養分が発酵しないよう仕上げる必要がある。

2. 充填施栓

攪拌した基材を瓶詰機を用いて栽培瓶に詰める作業。このとき基材は堅めよりやや柔らかめに均一に栽培瓶に詰めるよう心がけ、後に、菌掻きしやすいように基材の上面中央は若干高めに仕上げる。また施栓は、ブナシメジは他のきのこにくらべ栽培期間が長いので、基材の乾燥を防ぐよう通気孔が少なめの専用蓋を用いる。

3. 殺菌

種菌を培養基に接種するにあたり基材を詰めた栽培瓶を殺菌する作業。殺菌釜には高圧殺菌釜と常圧殺菌釜とがある。使用する釜の種類により作られるきのこの感じが異なる。ブナシメジでは通常、常圧殺菌釜を用いる。これは常圧釜の価格が高圧釜の1/3～1/2くらいであること。常圧釜では温度が低いのでビタミンや酵素が破壊されないこと。また取り扱い免許を必要としないなどの理由による。常圧殺菌釜での殺菌作業は7～8時間ほどかかる。高圧殺菌釜は常圧にくらべ1～2時間ほど所要時間を節約できるので、従業員の勤務時間内に操業できる利点がある。殺菌釜による殺菌は、きのこ種菌が栄養を吸収し成長するための培地をつくるための準備作業であり、菌が息絶しなくなるような病院などの殺菌とは異なるので、ブナシメジでは通常使われないがマッシュルームなどでは馬糞などに含まれるセルロースを分解する菌を利用して殺菌する方法も用いられる。

殺菌釜は300万円くらいのもので1度に約5,000本の栽培瓶を殺菌できる。きのこ生産に必要な所要日数を1サイクル100日間とすれば、この殺菌釜を毎日使用すれば1サイクルの栽培瓶数は50万本、3日に1度使用すれば16.7万本となる。さらに年間3サイクル操業できるので、年間栽培瓶数は先の場合150万本、後の場合50万本となる。

4. 放冷

殺菌時に高温になった栽培瓶を冷やす作業。殺菌釜は使用すると釜の中は98℃くらいになるので、放冷するとき最初に戻り空気を入れる。このときフィルタで空気を濾過し釜に雑菌が入らないようにする。その後放冷室で急冷する。

5. 接種

栽培瓶の培養基に種菌を植えつける作業。接種機で栽培瓶培地に種菌の植えつけを行う。施栓から菌掻きまでの期間で唯一培地表面が外気にさらされる時なので、空気感染、接触感染などによる雑菌の混入を防ぐことが肝要となる。

(Ⅲ) 栽培

1. 培養

接種した種菌から菌糸を育てる作業。部屋の炭酸ガス濃度は3000～6000ppm、温度は18～23℃、湿度は65～77%に設定する。

2. 熟成

菌糸に栄養分を吸収させさらに繁殖させる作業。室内の炭酸ガス濃度は3000～6000ppm、温度23～27℃、湿度は65～70%にする。培養・熟成作業は別室にするときもあるが通常は同じ部屋にする場合が多い。作業期間は培養・熟成合わせ通常60～90日要するが、一般に培養・熟成の温度と日数を掛け合わせた値が2000となるのを目安としている。すなわち、培養・熟成の全期間を22℃で行う場合は91日間、また22℃で30日間培養を行ったあと残りを27℃で熟成すればこの期間は50日となり、培養・熟成は全体では80日間に短縮できる。

3. 菌掻き

栄養を吸収した菌糸に衝撃を与え芽だし床を作成する作業。方法には、菌床周囲を掻き落とし中央部分を残す物理的衝撃のほか、温度的衝撃といわれる12～15℃ほどの水を掛け1～2時間後に排水する方法とを併用する。冷水は水分補給も兼ねる。成熟したきのこの収穫作業をしやすくするため栽培瓶菌床の中央から株立ち状にまとめて芽だしさせるため、きのこの炭酸ガスを嫌う性質を利用し、菌掻きのとき菌床中央部を少し高く仕上げる。

4. 芽だし

子実体原基を形成させる作業。室内は炭酸ガス濃度900～1800ppm、湿度90～95%、温度15～16℃に設定する。期間は15～16日ほど要する。芽だしにおける炭酸ガス濃度が高くなるに比例し芽数は増える。2号菌では1号菌にくらべ炭酸ガス濃度は高く1200～1800ppmでも良い。

5. 生育

芽だして発生した子実体の品質を上げる作業。部屋は炭酸ガス濃度900～1800ppm、湿度85～95%、温度15～16℃に設定する。芽だしと同様、風量と光はきのこの品質を向上させる重要な要素となる。風量が適度にあると炭酸ガスが周囲に拡散され風上に向かい成長する。しかし、風量が多すぎると床面が乾いて発芽せず、発芽してもきのこの生長は遅い。また、微風さえ無いときはきのこ自身が出す炭酸ガスがきのこ周囲に溜まり発芽しにくい。光の影響も大きく、生育で炭酸ガス濃度が高いと光に向かって成長する傾向がある。光が全くないと色がつかず白いきのこになる。芽だしの状態で色つきもそれぞれ異なってくる。

(Ⅳ) 出荷

1. 収穫

生育室で生長した子実態を栽培瓶から掻き取る作業。

2. 計量梱包

きのこを計量、梱包する作業。計量計には目的重量(100g)付近までは素早く針が動き、その近辺では精密な測定が可能な上皿天秤を使用し、手早く(通常作業回数は1回で済むので瞬時)カッティングして梱包する。

3. 出荷

パック包装しシールを貼った商品の出荷作業.

(V) 残務

1. 掻きだし

収穫後の栽培瓶に残存する基材を掻きだし機で取り出す作業.

2. 整理整頓

使用後の栽培瓶と掻きだされた基材の整理と廃棄作業.

3. 運搬

栽培瓶や基材などの廃棄物を運搬する作業.

考 察

植物生産環境システムに多くの期待が寄せられているが^{30~32)}、システムが持つ問題点も経済的、生産技術的など多面的な立場から高辻や瀬戸らにより検討されてきた^{33~39)}。きのこ生産環境システムの採算性は何といても1瓶収量の増大にあり、栄養剤、基材を含めた生産技術などの研究が必要となるが、他にも多くの研究課題を抱えていると考える。

上記の調査結果により、従来あまり明らかにされていなかったブナシメジ生産に関する {開発と生産量の推移}、{工場の設計}、{生産工程}などを明らかにすることができたが、ここではこれらの調査結果に寺沢らの検討⁴⁰⁾を加え考察した結果、得られた新たな問題点を提起する。

(I) 生産技術の検討

1. 品質の向上

現在のシステムでは生産収量の増大に重点が置かれたため、生産量が急激に伸びてきたことがわかるが、収量増加の反面、栄養剤の多用により品質が低下してきたといわれる。今後は、品質や形状を消費者の期待に合わせ経済性を高める必要がある。

(II) 環境制御技術の検討

1. 環境むら

{工場の設計}で述べたような標準的規模の工場では、1瓶で300gほどの収量を得ているところも多々あるが、これ以上の大規模工場になると現在のところ室内環境にむらが生じ、それだけの収量を得ることが難しいといわれる。測定機器、制御機器などの環境制御技術の研究推進が待たれる。

2. 設備投資

生産環境システムの建設にあたり空調機のパワー容量、設置台数などの設計は、従来は経験者の長年の勘に任せられてきたため稼働後に不適切が生じた。設備投資決定にあたり、確立した理論に基づいたコンピュータシミュレーションなどの手法により適切かつ容易に設計する必要がある。

3. 制御手法

栽培室の空調機 ON・OFF 稼働は、現在のところ多くは単純なタイマ式や見込み運転に頼っているが、実際の室内計測に基づくフィードバック制御を検討すべきである。

(III) 生産工程の検討

1. 工程分担

{生産工程}のうち、きのこ生産環境システムでの作業は栽培工程と出荷工程のみにして、前処理工程、残務工程などはセンター一括処理にするなど生産工程を分担することで経費節約がど

の程度できるかを検討する。

2. オートメーション化

{生産工程}の栽培工程、出荷工程などのオートメーション化を検討する。

(IV) 投資効果の検討

1. 市場価格の年間変動

きのこ市場価格は冬季にくらべ夏季は安価なため、出荷を価格が高い時期に移行させる栽培調整技術または夏季でも可能な食品加工法・貯蔵法を検討する。

2. 市場価格の下降

単位重量あたりの市場価格が過去十数年来年々下がっている。将来性を展望した上での投資効果を検討する必要がある。

要 約

本報では植物生産環境システムとしてきのこ生産環境システムを取り上げ、システムの経済性分析、生産技術、環境制御技術などの研究を進めるにあたり、きのこの開発経緯と生産量の推移、工場の設計と生産工程の仕組みを明らかにすると共に、さらにシステムの問題点を検討することを目的とし、調査・研究を行った。結果として今後システムを多面的に分析・研究するための多くの手がかりを得た。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、多大なご協力をいただいた長野電波技術研究所の寺沢泰所長、長野県経済連、それに工場の見学やデータ提供の便宜を図っていただいた小松きのこ園、星野きのこ園、伊藤きのこ園をはじめとする多くのきのこ園の方々に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 河野公房：林業技術開発支援事業（廃楯利用菌床きのこ栽培）、茨城県林業試験場業務報告, 32 : 76 ~ 77 (1995)
- 2) 岩戸昇他：最近の鮮度保持包装“ほんしめじ”の鮮度保持包装, 包装技術, 32-9 : 869 ~ 874 (1994)
- 3) 津々見英樹：野生きのこの栽培化に関する研究, 熊本県林業研究指導所業務報告書, 30 : 90 ~ 92 (1992)
- 4) 天野良彦他：Lyophyllum ulmarium (Hypsizygus marmoreus) の菌床栽培過程で生産される菌体外酵素, 木材学会誌, 38-4 : 411 ~ 416 (1992)
- 5) 衣田雅人：ヒラタケ, エノキタケおよびブナシメジの栽培過程における酸素消費量の変動, 奈良県林業試験場林業資料, 7 : 28 ~ 30 (1992)
- 6) 渡辺和夫：ブナシメジ栽培における培地材料の検討, 奈良県林業試験場林業資料, 6 : 3 ~ 6 (1991)
- 7) 渡辺智子他：ブナシメジの化学成分組織に及ぼす栽培時のオゾン暴露の影響, 千葉県立衛生短期大学紀要, 13-2, P. 11 ~ 15 (1994)
- 8) Masahiko MATSUYAMA and others : Economic Analysis by the Use of Fuzzy Number on Plant Production Environment Systems (Part 1), Journal of Society of High Technology in Agriculture (8-2), 89 ~ 98 (1996)
- 9) Masahiko MATSUYAMA and others : Economic Analysis by the Use of Fuzzy Number on Plant

- Production Environment Systems (Part 2), Journal of Society of High Technology in Agriculture (8-3), 181 ~ 192 (1996)
- 10) Masahiko MATSUYAMA : About the profit of the mushroom factory, Mushroom Factory Examination Meeting Materials, ACE Saloon Research Meeting, 1 ~ 11 (1996)
 - 11) Masahiko MATSUYAMA : About the economy of the mushroom factory, Learning Lecture Gist Collection of Society of High Technology in Agriculture (7), 81 ~ 82 (1995)
 - 12) Masahiko MATSUYAMA and others : Research on the cultivation and the economy on the mushroom factory (Part 1), Learning Lecture Gist Collection of Society of High Technology in Agriculture (8), 47 ~ 48 (1996)
 - 13) Masahiko MATSUYAMA and others : Research on the cultivation and the economy on the mushroom factory (Part 2), Learning Lecture Gist Collection of Society of High Technology in Agriculture (8), 49 ~ 50 (1996)
 - 14) Masahiko MATSUYAMA and others : Fuzzy Number Analysis on Technology of Cultivation of Plant Production Environment Systems (Part 1), Journal of Society of High Technology in Agriculture (9-1), 1 ~ 11 (1997)
 - 15) Masahiko MATSUYAMA and others : Fuzzy Number Analysis on Technology of Cultivation of Plant Production Environment Systems (Part 1), Journal of Society of High Technology in Agriculture (9-2), 26 ~ 35 (1997)
 - 16) Masahiko MATSUYAMA : Fuzzy Number Analysis on Technology of Cultivation of Mushroom (*H. marmoreus*) Factories, 5th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FRUIT, NUT, AND VEGETABLE PRODUCTION ENGINEERING, 1 ~ 6 (1997)
 - 17) Masahiko MATSUYAMA and others : The form which a mushroom is expected and cultivation environment, Learning Lecture Gist Collection of Society of High Technology in Agriculture (9), 486 ~ 487 (1997)
 - 18) Masahiko MATSUYAMA and others : About the substance of the cultivation environment at the mushroom factory, Learning Lecture Gist Collection of Society of High Technology in Agriculture (9), 488 ~ 489 (1997)
 - 19) Masahiko MATSUYAMA and others : Fuzzy Number Analysis on Air-conditioning Control of Plant Production Environment Systems (Part 1), Journal of Society of High Technology in Agriculture (10-2), 70 ~ 78 (1998)
 - 20) Masahiko MATSUYAMA and others : The Plant Investment Plan of the Mushroom Factory by the Computer Simulation, Learning Lecture Gist Collection of Society of High Technology in Agriculture (10), (1998)
 - 21) Masahiko MATSUYAMA and others : Precise Measurement in the Mushroom Cultivation Environment, Learning Lecture Gist Collection of Society of High Technology in Agriculture (10), (1998)
 - 22) Masahiko MATSUYAMA and others : The Cultivation Experiment of the Solid Ceremony Plant Movement Cultivation Device, Learning Lecture Gist Collection of Society of High Technology in Agriculture (10), (1998)
 - 23) 中村克哉 :キノコの事典, 朝倉書店, P. 434 (1982)
 - 24) 農村文化社きのこ年鑑編集部 : 94年版きのこ年鑑, 農村文化社, P. 279 (1993)
 - 25) 長沢栄史, 有田郁夫 : 日本菌学会第30回大会講演要旨集, 20 (1986)
 - 26) きのこ年鑑編集部 : きのこ年鑑, 農村文化社, P. 144 (1993)
 - 27) 日本生物環境調節学会編 : 生物環境調節ハンドブック, 養賢堂, PP. 502 (1995)
 - 28) 松山正彦 : ファジィ数を用いた植物生産環境システムの研究周辺 (第1報) —文献の分類・整理—, 名古屋女子大学紀要, 44 : 127 ~ 139 (1997)

- 29) 農村文化社きのこ年鑑編集部：94年版きのこ年鑑，農村文化社：PP. 279 (1993)
- 30) 日本植物工場学会編：ハイテク農業ハンドブック，日本植物工場を中心にして，東海大学出版会，PP. 1 (1992)
- 31) 高辻正基：植物工場の基礎と実際，裳華房，PP. 3 (1996)
- 32) 科学技術庁資源調査会：植物工場の展望と課題，大蔵省印刷局，PP. 1 (1989)
- 33) 高辻正基：植物工場の理論と展開，植物工場，7：3～14 (1994)
- 34) 瀬戸 淳：植物工場の現状と展望，千代田技法，14-1：10～17 (1993)
- 35) 高辻正基：植物工場と電気設備 I—21世紀への植物工場の展望，電気設備学会誌，9-2：98～100 (1989)
- 36) 化学技術庁資源調査会：植物工場の展望と課題 高度環境制御システムによる植物生産に関する調査報告，植物工場の展望と課題：82 (1987)
- 37) 高辻正基他：植物工場の動向と課題，日本機械学会誌，85-770：109～113 (1983)
- 38) 高辻正基：植物工場の現状と将来，建築設備技術会議テキスト，14，P. 10 (1982)
- 39) 赤木 静：植物工場の実際と展望，植物工場，7：15～23 (1994)
- 40) 寺沢 泰：ほんしめじの栽培について，きのこ工場検討資料，PP. 13，ACEサロン研究会 (1995)