ファジィ数を用いた植物生産環境システムの経済性分析（第1報）
－きのこ工場の設備投資と費用計算－

松山正彦・寺澤　泰*・沢田恭彦**・堀部和雄***
名古屋女子大学家政学部
*㈱長野電波技術研究所
**愛知県農業総合試験場
***三重大学生物資源学部

Economic Analyses by the Use of Fuzzy Number
on Plant Production Environment Systems (Part1)
The Equipment Facility Investment and the Expenses Calculation
on Mushroom Factories of Hypsizigus Marmoreus

Masahiko MATSUYAMA, Yasushi TERASAWA*,Yasuhiko SAWADA**and Kazuo HORIBE***
Faculty of Domestic science、Nagoya Women's University, Mizuho-ku, Nagoya 467,Japan
* *Nagano Denpa technology center(C0.),Okada Shinonoi, Nagano 381-2225,Japan*
** *Aichi Pref. Agricultural Research Center, Nagakute、Aichi, Japan*
*** *Faculty of Bioresource, Mie University, Kamihama、Tsu 524, Japan*

Summary

Recently, Some mushroom factories controled by some computers and some other altitude control systems to product Hypsizigus marmoreus are building. Some of them product Hypsizigus marmoreus of 1000 ton/year by operation about 2.2million bottles per one cycle. Such mushroom factories which an enterprise participates have use for some economic analyses.

In the such mushroom factories, the interval-regression model equation of relation between the number of bottles under cultivation production and the investment amount on Hypsizigus marmoreus is as follows;

$$\mathrm{In}C(Q_p)=(0.976,\ 0.122)+(0.6000,\ 0.042)\mathrm{In}Q_p$$

The equation is shown in figure 1.

In the investigated mushroom factory,the production volume is 450 thousand bottles. Then, The examples of necessary facilities and machinery of mushroom factories to product Hypsizigus marmoreus are shown in the table 2. And the examples of seminecessaries are shown in the table 3. In this case, the investment amount of money is 112.5 million yen.

The distribution of funds on mushroom factories to product Hypsizigus marmoreus is shown in the table 4.Chief electric power machinery is shown in the table 5.

Now,by the use of fuzzy number, the amount of harvest per one bottle is shown as (102, 160, 214). The labor expenses is shown in the table 4. Then, Mean labor hour per one day of working staff are shown in the table 6. 120 pack of Hypsizigus marmoreus are conducted in an hour, And labor's payment is 700 yen per an hour.

1995年12月20日受理

Accordingly, The working expenses of investigated mushroom factories to product Hypsizigus marmoreus is shown as (3862, 4226, 4566), by the use of fuzzy number.

From the above research, We get the result that necessary cost per 100g to product Hypsizigus marmoreus is (40.1, 58.7, 99.5)

諸　言

植物生産環境システムでは、近年とくに露地栽培以外に水耕栽培を含む施設栽培さらに工場的生産などが並列的に発展しつつある。これらのシステムでは膨大な投資が必要であるにもかかわらず、その投資の意志決定さらには効率的な運営方法といった経済的な解析は行われていないのが現状である。本報では植物生産環境システムの具体的な例として工場的生産が行われているきのこ工場の経済性について検討する。この方法は当然他のシステムにも適用できるものである。

きのこ栽培では、近年生産工程における処理作業の機械・設備や栽培環境制御機器の自動化により、作業の省力化と高品質で均一化されたきのこ生産を目指し、年間生産量が 1 千トンクラスという超大規模な企業参入型の工場が出現している。このような工場的生産のきのこ栽培では、大規模な設備・機械が必要であり、またランニングコストも大きくなるため、経済活動の結果生じるコスト・利益を配分する財務計算でなく、経済的な優劣を比較検討するような、より精密な経済性の検討方法、すなわち経済性計算が要求される。

きのこ栽培に関する経済性の研究は、重要であるにもかかわらず、きのこの鮮度保持のためのトリミング処置の経済効果 [1]、メタノール抽出原木を利用したきのこの組み合わせ生産の経済性比較 [2]、きのこの形態学と経済性を扱ったもの [3] などが数点みられる程度であり、またきのこ工場の採算性を検討するために費用計算を行った例 [4] も少なく、あまり行われていないのが現状である。本報では、まず費用計算に必要であり高額な投資が要求される施設・設備・機械の現状を把握し、材料費・電力量料金・労務費・資材費などを具体的に調査した。次にこれらの資料をもとにファジイ数を用いた費用計算を行って経済性を検討したので報告する。

必要設備と初期投資額

対象としたきのこは、最近数年間における生産量がシイタケ、エノキタケについて多く、ヒラタケにかわって生産量が急速に増大しており [4~6]、かつ大規模なきのこ工場で盛んに生産されているブナシメジである。以後の考察は、具体的な数字例のみがブナシメジの場合ということであり、その他のきのこについても適用できる。きのこ工場では、一般にポリプロピレン（PP）瓶を用いた菌床栽培が行われており [6]、施設規模を表す単位として栽培 1 サイクルに使用される瓶の本数を用いることが多いので、本報でも規模は瓶の本数で表すことにする。

今回の費用計算例では、1 サイクルの生産量が 15 万本の工場を取り上げた。表 1 は、ブナシメジの生産工程とその処理作業を実施順に述べたものである。とくに温度・湿度・炭酸ガス濃度など栽培環境について詳細に表してある。この作業を 15 万本規模で行うために必要となる総面積 660m^2 の施設・設備・機械を表 2 に示した。また人力やその他の設備・機械でも代用することができるが、さらに生産量の増加、高品質化、省力化を目指し作業環境の向上を図るためにあった方がよいと思われる設備・機械は表 3 に示す。これらの表には必要となる個数と 1 日あたりの使用時間も同時に示しており、単価の欄の各種はいろいろな価格のものが用意されていること

表1 生産工程とその処理作業（ブナシメジ）

Table 1 Growing itinerary and it's work (H. Marmoreus)

工程	処理作業	詳　　細	温度	時間
(I) 準備	1. 資材調達	栽培瓶と蓋、コンテナ、パレット（コンテナの台）などを調達		
	2. 材料調達	基材（おがくずなど）、栄養剤（米ぬか、ふすま）増収剤、水		
	3. 攪拌	最初発酵し難い物と水で攪拌、後に発酵し易い物を入れ攪拌		
	4. 充填施栓	詰め機に入れた培養基を、発酵しないように手早く瓶詰め		
	5. 殺菌	瓶を釜専用台車に乗せ、予め温度を上げた釜に入れて殺菌	98	7～8時間
	6. 放冷	釜の蓋を少しあけ空気挿入後、台車を出し放冷室に入れ急冷	15	1日
	7. 接種	培養基が冷えたら接種（放冷室と同じ部屋で行う場合が多い）	15	約2時間
(II) 栽培	1. 培養	温度湿度の他にCO_2濃度（3000～6000ppm）保ち、種菌を繁殖	18～23	60～
	2. 熟成	繁殖した菌に栄養分を吸収させる。培養同様最適環境を保持	23～27	90日
	3. 菌掻き	栄養を吸収した菌糸に傷をつけ、衝撃を与えて発芽床を作成		1～2時間
	4. 芽だし	温度、湿度（95%）、CO_2濃度（900～1800ppm）、風量を調整	15～16	10～15日
	5. 生育	温度、湿度、炭酸ガス、風量を適切に調整し、品質を上げる	15～16	10～15日
(III) 出荷	1. 収穫	収穫作業（この作業は生育室で行う）		
	2. 計量梱包	きのこをカッテイングし、計量し、梱包する作業		
	3. 出荷	製品化したきのこの出荷		
(IV) 残務	1. 掻きだし	収穫後の瓶から、残存物の掻き出し		
	2. 整理整頓	残存物の廃棄、瓶の整理		
	3. 運搬	廃棄物の運搬		

を表す。なお、工程、作業を示すI～Vおよび数字は表1の工程と処理作業に対応している。

表2と表3にある金額は購入代金であり、両者を合計した額1億1250万円は初期投資額を表す。この額は、栽培瓶数が15万本程度のきのこ工場に必要である設備・機械の標準的な投資額となる。この程度装備される工場において、栽培瓶数（Q_p:万本）の違いによって必要となる初期投資額（C：千万円）を、左端と右端で示すと区間データとして両対数方眼紙に示すと図1のようになり、区間線形回帰モデルは

$$\ln C(Q_p)=\ln A_0+A_1\ln Q_p \tag{1}$$

となる。式（1）で $\ln C=C'$, $\ln Q_p=Q_p'$, $\ln A_0=a_0$, $A_1=a_1$ と置き換えると、

$$C'(Q_p)=a_0+a_1Q_p'=\langle a_{0c}, a_{0w}\rangle+\langle a_{1c}, a_{1w}\rangle Q_p' \tag{1'}$$

となる。ここで a_{ic}, a_{iw}(i=0, 1)は係数の中央値と幅を表す。図1の区間データをすべて包含する幅最小の区間回帰モデルを求めるMin問題[7]は以下のごとく整理される。すなわち、

$$C'_c(Q_p)-C'_w(Q_p)\leqq C'_{PL} \qquad P=1,2,\cdots,5 \tag{1-1}$$

$$C'_c(Q_p)+C'_w(Q_p)\geqq C'_{PR} \qquad P=1,2,\cdots,5 \tag{1-2}$$

$$a_{iw}\geqq 0 \qquad i=0,1 \tag{1-3}$$

の制約条件の下で、目的関数

$$\sum_{p=1}^{5} C'_w Q_p) \tag{2}$$

を最小にする問題となる。C'_cとC'_wは初期投資額の中心と幅を、またC'_{PL}とC'_{PR}は左端と右端を表す。式（1'）の係数を求めると、

$$\ln C(Q_p)=(0.976, 0.122)+(0.600, 0.042)\ln Q_p$$

を得る。この区間回帰モデルを先に示した図1に区間データとともに表す。この式により栽培瓶数から投資額の幅を推定することができる。なお、与えられた区間データに包含される幅最大の区間回帰モデルすなわちMax問題は、図1からも明らかなように与えられた区間データと交わ

表2　きのこ工場の施設、設備、機械の経費一覧（必需品）

Table 2　The example of facilities and machinery of plant factories to product H. marmoreus (necessaries)

(15万本の例)

分　類	品　　目	生産工程	個数	単価(千円)	金額(千円)	使用時間
施設・設備	栽培舎・作業場（660m^2）			60/m^2	39,600	24.0
機械・器具	フルイ機	Ⅰ-3前処理	1		475	0.5
	ミキサ（培養基攪拌用）	Ⅰ-3	1		925	1.5
	コンベア（ベルト・チェン）	Ⅰ-4、Ⅳ-1支援	1		345	1.5
	詰め機	Ⅰ-4	1		1,377	1.5
	オートキッパ	Ⅰ-4、支援	1		570	1.0
	コンプレッサ（加湿用）	Ⅰ-4、Ⅱ等	1		1,500	24.0
	常圧殺菌釜（5000本/回）	Ⅰ-5	1		3,000	8.0
	殺菌釜ボイラ	Ⅰ-5支援	1		2,700	8.0
	殺菌釜3列台車	Ⅰ-5支援	16	32	512	16.0
	放冷室フィルタユニット	Ⅰ-6,7	1		308	24.0
	放冷室フィルタユニット	Ⅰ-6,7	1		308	24.0
	ロータリ接種機	Ⅰ-7	1		793	1.0
	冷蔵庫（種菌ときのこ用）	Ⅰ-7とⅢ-3,4	2	（各種）	1,114	24.0
	内部循環及び排気ファン	Ⅱ-1,2	29	（各種）	234	24.0
	菌掻き機	Ⅱ-3	1		1,691	1.0
	冷凍庫	Ⅱ（Ⅱ-3を除く）	12	（各種）	3,581	24.0
	クーラ	Ⅱ（Ⅱ-3を除く）	41	（各種）	3,583	24.0
	加湿器	Ⅱ（Ⅱ-4を除く）	35	92	3,220	24.0
	棚部材	Ⅱ-5		（各種）	700	24.0
	圧力調整弁・サーモなど		61	（各種）	371	24.0
	瓶		16万	25円	4,000	24.0
	瓶用コンテナ（16本入れ）		1万	140円	1,400	24.0
	包装機	Ⅲ-3	1		2,850	3.0
	掻きだし機	Ⅳ-1	1		230	3.0
	小計				35,787	
工事費・輸送費・その他					15,633	
合　　計					91,020	

りのある幅最小の区間回帰モデルを求める Conjunction 問題の最適値が 0 とならないため、これを求めることができない。

きのこ工場の費用計算

一般的に、きのこ工場の生産規模と、固定費（減価償却費、金利、修理費）、変動費（材料費、エネルギ費、労務費、資材費）および管理費との関係は、はっきりとしたデータが集積されおらず、実績値にもとづいて個々の工場ごとに算出しているのが現状である。

総額 1 億 1250 万円の施設・設備・機械の購入代金を他人資本で導入した場合の、供試きのこ工場の経営費用の詳細は表 4 に示す。以下、表の各項目について詳述する。

減価償却費の算出方法には定額法と定率法があるが、税法上ではどちらを用いても良い。経営分析の収支試算では、年度による減価償却額の変動がない定額法が良く採用されるので [8]、これを使用した。また、経営収支を試算する場合には、施設の耐用年数は使用可能な年数が用いられるので [8] ここでは 15 年とした。表 4 に示した金利は資本利率 5.5%で算出し、年 750 万円返済するとした場合の返済期間における平均値である。

表3　きのこ工場の設備、機械の経費一覧（有った方が良いもの）

Table 3　The example of facilities and machinery of plant factories to product H. marmoreus (semi-necessaries)

(15万本の例)

分　類	品　目	生産工程	個数	単価(千円)	金額(千円)	使用時間
機械・器具	ショベルカー	Ⅰ-2	1		1,320	0.3
	ダンプカー	Ⅰ-2、Ⅳ-2,3	1		1,820	0.5
	水分測定器	Ⅰ-4前行程	1		150	0.3
	予備品（チェン・パイプ）	Ⅰ-5	83	(各種)	310	
	オゾン発生器	Ⅰ-7, Ⅱ	2	560	1,120	6.0
	オゾン制御機（タイマ・弁）	Ⅰ-7, Ⅱ	3	(各種)	26	24.0
	スポットエアコン	Ⅰ, Ⅱ-4など	1		726	1.0
	芽だし台車	Ⅱ-3,4	77	19.9	1,523	24.0
	培養室ファン	Ⅱ-1,2	1		107	6.0
	炭酸ガス濃度計	Ⅱ	3	283	855	24.0
	加湿調整器	Ⅱ	3	35	105	24.0
	温度計	Ⅱ	3	185.9	558	24.0
	湿度計	Ⅱ	3	208	624	24.0
	フォークリフト	Ⅱ	1		1,460	0.5
	熱交換機（外気を入れる）	Ⅱ（Ⅱ-3を除く）	6	395	2,370	24.0
	タイマ	Ⅱ（Ⅱ-3を除く）支援	18	(各種)	93	24.0
	蛍光灯	Ⅱ-5	320	9.6	3,072	8.0
	掻きだし機替え刃	Ⅳ-1支援	10	2.3	12	
	温床床ヒータ		9	5.6	50	
	高圧送風機	栽培舎全体	2	(各種)	544	1.5
	小型集塵機（掃除機）	Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ	1		138	0.5
	通路用ファン	主にⅠ、Ⅳ	1		36	
	パレット		112	7.6	851	24.0
	小計				17,870	
工事費・輸送費・その他					3,610	
合　計					21,480	

修理費は実際には年度により変動が生じるが、実績値から年平均を換算すると取得価格の 1.2 %くらいであり[8]、固定費として計上した。

電力量料金の算出に関連する主な機械の 一覧を表 5 に示す。消費電力の最も多いものとして、クーラが挙げられる。栽培室には 15kW のものが 2 基用意されているが、この 2 基は同時ではなく、交互に作動する仕組みになっている。ほかに、加湿用コンプレッサや栽培室の蛍光灯は年中使用されており、稼動日数が多いので、これらの消費電力量も多い。今後は、こららの省エネルギ対策も重要な課題となる。この例では表から使用される機械類の消費電力の合計が 60kW なので、高圧電力（甲）の契約を結んでいる。なお、高圧電力（甲）契約は、高圧（6000V）で供給を受け動力（付帯電灯を含む）を使用する需要であり、契約電力が 50kW 以上 500kW 未満であるものに適用される。この契約種別においては、基本料金は契約電力 1kW につき 1170 円、電力量料金は 1kWh あたりにつき夏期は 12.38 円でほかの季節は 11.25 円である[9]。表 5 から年間消費電力量が 21.3 万 kWh であるので、その料金は約 260 万円になる。

労務費は、計量梱包作業を行うパートの給与である。算出基礎となる勤務状況を示す表 6 は、1 サイクルが 15 万本の場合の作業従業員の標準的な 1 日あたりの平均労働時間を示している。この表で、a は経営者、b は作業係である。C は事務係で、計量梱包作業の労働時間の多いときは 7 時間、少ないときは作業の無い日もある。d～i はパート雇用の従業員で、その日のきのこ

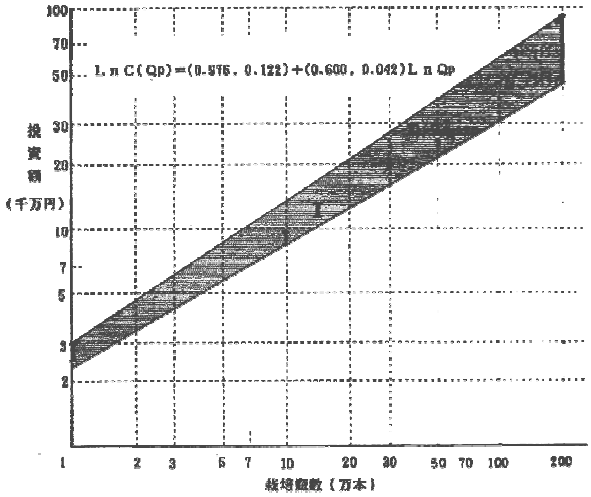

図１ 栽培瓶数（万本）と投資額（千万円）（ブナシメジ）
（区間データに対する Min 問題）

Fig.1 Relation between production volume (ten thousand bottle) and investment amount (ten million yen) (H. marmoreus)

の収量により勤務時間が変動する。

きのこの収量は、培養室の環境条件の設定、設備や機械などにより影響を受ける。すなわち、1 瓶あたりのきのこ収量は工場ごとに差があり、およそ 3 つのグループA，B，Cに分類される。それぞれのグループには収量に大きな幅があるので、これをファジイ数で表す。とくにT．F．N．（三角型ファジイ関数）の 3 項対を用いると、α＝（60,130,180），β＝（120,170,220），γ＝（180,230,320）と表せる。単位は g である。また、工場全体におけるグループα，β，γの構成比率はαが 40%，βが 50%，γが 10%と思われる。したがって、1 瓶あたりのきのこ収量を表す全ファジイ母集団をT．F．N．Fとすれば、その重みつき平均Fは（102,160,214）となる。

また、供試きのこ工場では、全体の 1%がロス瓶、1 人が 1 時間に処理できる数は 120 パック、また、パートの時給は 700 円である。このときの計量梱包に要する年間経費は、1 瓶あたりから採れるきのこの収量を上記のようなファジイ数で表す場合には、表 4 の労務費に示すようなファジイ数で表される。

資材費も同様に、表 4 で示したようなファジイ数で表すことができる。管理費は、人件費として経営者、作業係、そして事務係の給料を計上した。諸経費には、車の燃料費、通信費、交際費、部会費、事務経費、保険料などが含まれる。

生 産 原 価 の 検 討

表 4 の合計欄に示した年間必要経費T．F．N．S（円 /y），は、固定費CC（円 /y），変動費OC（円 /y），管理費00（円 /y）の合計で表され、S＝（3862,4226,4566）である。ブナシメジ 1 瓶あたりの生産原価T（円 / 瓶）は、

$$T = \frac{CC + OC + OO}{Q} \tag{4}$$

で与えられ、T＝（85.8，93.9，101.5）となる。Qは年間の栽培瓶本数（瓶 /y）で、この例では 45

表4　生産施設の費用配分（サイクル15万本で3サイクル45万本分のブナシメジ）
Table 4　The disrribution of funds on plant factories (H. marmoreus)

	項　目	金額（万円）	算出基礎
固定費	減価償却費（年）	750	初期総投資額11,250万円、定額法を採用し、
	（建物、機械）		耐用年数（償却年数）15年、残存価格0
	平均金利	309	資本利率が年5.5%、年750万円返済する場合
	修理費	135	1本あたり3円（実績値）
	小　計	1194	
変動費	材料費	446	おがくず、米ぬか、種苗、菌糸活性剤など
	おがくず	125	1,800本当たり1m^3（単価5,000円）使用
	米ぬか	139	140本当たり15kg（単価430円）使用
	種苗	129	35本当たり1本（単価100円）使用
	菌糸活性剤	53	15kg入り（単価2,500円）を1本当たり7g使用
	燃料費（殺菌釜）	22	5,000本釜の燃料は、重油（35円／l）を40 l／回
	電力量料金	264	月当たり22万円（実績値）クーラ、蛍光灯等
	労務費	(268,　420, 562,)	計量パート（時給700円で1時間に120パック処理）
	資材費	(326,　513, 686)	パック、シール、化粧箱
	パック	(190,　299, 400)	4.2円/パック
	化粧箱	(91,　143, 191)	2.0円/パック
	シール	(45,　71, 95)	0.6円/枚
	小　計	(1326, 1665, 1980)	
管理費	人件費	1192	
	経営者	560	560万円/年×人（賞与を含む）
	作業係	380	380万円/年×人（賞与を含む）
	事務係	252	252万円/年×人（賞与を含む）
	諸経費	(150, 175,　200)	保険料、車の燃料費、通信費、交際費、部会費
	小　計	(1342, 1367, 1392)	
	合　計	(3862, 4226, 4566)	

ただし、1瓶あたりの収量はF＝（102,160,214）

表5　主な電力使用機械
Table5　Chief electric power machinery

主な電力使用機機	消費電力 (kW)	平均使用時間/日 (hr)	稼動日数/年 (day)	消費電力量 (kWh)
クーラ（40kWの内15kWは交代稼動）	25.0	7.0	365	63,875
加湿用コンプレッサ	15.0	17.0	365	93,075
蛍光灯（0.04kW×300本）	12.0	8.0	365	35,040
空気交換用の熱交換器（0.4kW×10台）	4.0	8.0	365	11,680
培養基攪拌用ミキサ	3.7	1.5	182	1,010
その他	0.3			8,036
合　計	60.0			212,716

万本である。一方、先に述べたように１瓶あたりの収量（g）は、F＝（102,160,214）である。

いま、瓶１本あたりからの収量（g）を、$F=[f_1, f_2, f_3]$とすれば、労務費、資材費、諸経費もまたT．F．N．で表されるので、１瓶あたりの生産原価は$T=[t_1, t_2, t_3]$と表わされる。ここで、それぞれのT．F．N．の確信区間は、

$$T_\alpha=[t_1+(t_2-t_1)\alpha、t_3-(t_3-t_2)\alpha] \quad (5)$$

および

$$F_\alpha=[f_1+(f_2-f_1)\alpha、f_3-(f_3-f_2)\alpha] \quad (6)$$

表6 従業員の1日あたり平均労働時間
Table6 Mean laber hour/one day of working staff
（Ⅰサイクルが15万本の場合）

行程	処理作業	a 56歳	b 58歳	c 55歳	d 60歳	e 70歳	f 60歳	g 65歳	h 65歳	I 65歳
(Ⅰ) 準備	1.資材調達									
	2.材料調達	1.5								
	3.攪　拌（隔日）									
	4.充填施栓（隔日）	0.75								
	5.殺菌監視（隔日）	(0.4)								
	6.放　冷（隔日）									
	7.接　種（隔日）	0.75								
(Ⅱ) 栽培	1.培　養									
	2.熟　成									
	3.菌掻き		1.0							
	4.芽だし									
	5.生　育									
(Ⅲ) 出荷	1.収　穫	3.0			5.0					
	2.計量梱包			3.5	2.0	4.0	4.0	6.0	6.0	6.0
	3.出　荷	0.5	1.5							
(Ⅳ) 残務	1.掻きだし		2.0							
	2.整理整頓		1.5							
	3.運　搬		1.0							
(Ⅴ) 他	1.事　務(事務,電話)	0.25		0.5	0.5					
	2.雑　務(茶入れ,掃除)			0.5						
労働時間合計（時間）		6.75	7.0	4.5	7.5	4.0	4.0	6.0	6.0	6.0

ただし、網掛けの従業員はパート雇用

と表すことができる。1gあたりの生産原価（円/g）yの確信区間は、T_αをF_αで割れば、

$$y_a = T_a(:)F_a = \left[\frac{t_1+(t_2-t_1)a}{f_3-(f_3-f_2)a}, \frac{t_3-(t_3-t_2)a}{f_1+(f_2-f_1)a}\right] \tag{7}$$

となる。

なお、この確信区間を利用する方法とは別に、$F=[f_1, f_2, f_3]$と$T=[t_1, t_2, t_3]$の2つのT．F．N．を用いて、1gあたりの生産原価yの近似T．F．N．yを求めると以下の式になる。

$$y = \left(\frac{t_1}{f_3}, \frac{t_2}{f_2}, \frac{t_3}{f_1}\right) \tag{8}$$

そのときの近似式の左側の最大の相違は、

$$a_L{}^* = \frac{f_3-\sqrt{f_2 \cdot f_3}}{f_3-f_2} \tag{9}$$

のときに生じ、その値は,

$$\varepsilon_L{}^* = \frac{(t_2-t_1)\alpha+t_1}{-(f_3-f_2)\alpha+f_3} - \left\{\frac{t_1}{f_3}+\left(\frac{t_2}{f_3}-\frac{t_1}{f_3}\right)\alpha\right\}\Bigg]_{\alpha=\alpha L^*} \tag{10}$$

である[10)].

ここで、供試きのこ工場でのブナシメジ100gあたりの生産原価Yの確信区間を求めるには、式（7）で得られる数値を100倍すればよい。すなわち、式（7）でα＝0とおいて、

$$(T_0(:)F_0)_{\alpha=0} = [40.1,\ 99.5] \tag{11}$$

また、α＝1とおくと、

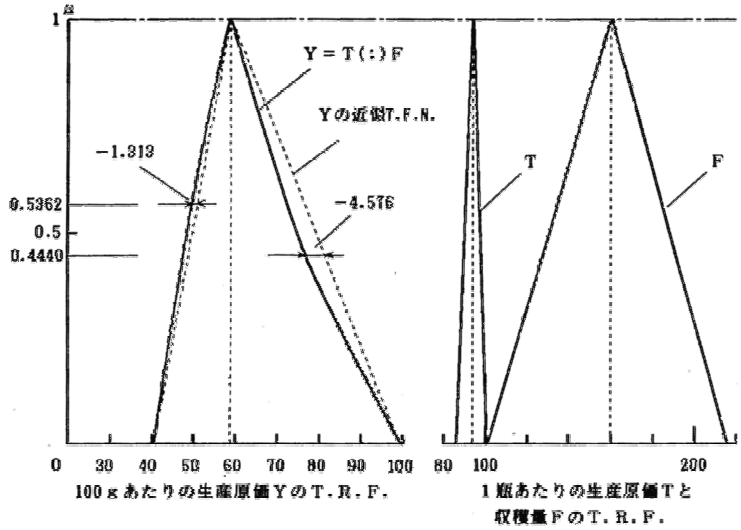

図２ ２つの T.R.F.と生産原価の近似（ブナシメジ）

Fig.2 Two T.R.F. and Approximate T.R.F. of necessary cost

(H. marmoreus.)

$$(T_1(:)F_1)_{\alpha=1}=[=58.7,\ 58.7]58.7 \qquad (12)$$

となり、生産原価Ｙの確信区間とα＝1 の値を得ることができる。

一方、生産原価の近似Ｔ．Ｆ．Ｎ．Ｙを式（8）により求めると、

$$Y=(40.1,\ 58.7,\ 99.5) \qquad (13)$$

となる。このとき生産原価の近似Ｔ．Ｆ．Ｎ．Ｙと正しいＹとの左側の最大の相違は、α-カット値の比較から式（8）と式（9）により $\alpha_L{}^*=0.5362$ のときに $\varepsilon_L{}^*=-1.313$ となる。また、右側での最大の相違は $\alpha_R{}^*=0.4440$ のときに $\varepsilon_R{}^*=-4.576$ となる。これらの状態を図 2 に示す。

このようにして得た生産原価の近似Ｔ．Ｆ．Ｎ．Ｙは、ブナシメジ 100ｇあたりの生産原価を表す実用的な関数として得ることができ、その式はＹ＝（40.1，58.7，99.5）となった。

さらにこの式は、ブナシメジ生産原価Ｙ（円 / 100ｇ）の最高値 99.5 が最低値 40.1 の 2.48 倍にもなることを表しており、栽培技術の重要性が問われると同時に、精密で確かな経済性分析が必要となることを示している。

摘　要

植物生産環境システムの具体例として、コンピュータや環境制御機器で管理されてきたきのこ工場をとりあげた。近年のきのこ工場は、1 サイクルあたり約２２０万本の栽培瓶を用いて、年間 1 千トンクラスのブナシメジを生産する企業参入型もみられ、特に経済性分析が重要である。

きのこ工場で必要となる設備・機械の経費と栽培瓶数の関係は、区間回帰モデルで表すと

$$\ln C(Q_p)=(0.976,\ 0.122)+(0.600,\ 0.042)\ln Q_p$$

となる。これを図 1 に示した。供試きのこ工場では年間の栽培瓶数は 45 万本で、このとき必要な施設・設備・機械の例を表 2 に準必需品を表 3 に示したが、初期投資額は 1 億 1250 万円となる。この場合の費用配分は表 4 に、電力を使用する主な機械と消費電力量を表 5 に示した。ここで瓶 1 本あたりの収穫量にファジイ数（ｇ）をもちいれば（102 ,160, 214）と表わせる。この時の労務費は表 4 に、おもな従業員の 1 日あたりの労働時間は表 6 に示した。1 時間あたりに 120 パ

ック処理され従業員の時間給は 700 円とすれば、ブナシメジを生産するきのこ工場の必要経費（万円）は（3862、4226、4566）となる。したがって、100 グラムあたりの生産原価（円）は（40.1、58.7、99.5）と表すことができた。

文　献

1） Beelman R B, Thompson D B, Mau J-L, Ajloumi S O : Stipe Trimming at Harvest Increases Shelf Lofe of Fresh Mushrooms (Agaricus bisporus), J Food Sci, 57(－6), 1361～1363(1992)

2） Wen D F, Yang P Y : Combined methanol and edible mushroom production from wood, Am Soc Agric Eng., 18(1980)

3） Rajarathnam S, Bano Z : Pleurotus mushrooms. Part ⅠA., Crc Crit Rev Food Sci Nutr, 26(－2), 157～223(1987)

4） 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：279（1993）

5） 中村克哉：　キノコの事典、朝倉書店、p431～434（1982）

6） 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、p494～505(1995)

7） 浅居喜代治、田中英夫：講座ファジイ⑥ファジイ O R, 日刊工業新聞社、p141～185（1993）

8） 全農施設資材部技術普及課；共乾施設の経営収支試算方法について、全農施設資材部、1～13（1991）

9） 中部電力株式会社編：電気供給規定、中部電力株式会社、p.1～98（1988）

10） 中島信之、竹田英二、石井博昭：ファジイ理論入門、裳華房、p.1～250（1994）