

速報

クヌギほだ木におけるシイタケ子実体原基形成数の推定（予報）*1

石井秀之*2

キーワード：シイタケ，クヌギほだ木，子実体原基

I. はじめに

原木を用いた乾シイタケ生産における子実体発生操作技術としては、散水、抑制、ほだ倒し、天地返しなど様々な手法が考案されている。これら操作の最適な作業時期については、気象条件や品種による栽培特性の違いなどから経験則で述べられることが多いが、近年の温暖化現象などにより判断が困難になってきている。

一方、子実体発生の基礎となる子実体原基（以下、原基とする）形成については様々な要因が存在（鈴木，1979）し、光照射の必要性（Ishikawa, 1967）、温度および水分の影響（時本・小松，1982；小松・時本，1982）、ほだ木腐朽度との関係（時本ほか，1980）などが報告されている。

また、原木栽培に特有な要因として、ほだ木の樹皮の影響が挙げられる。樹皮はコルク層を持ち、気温（熱）の伝導や水分の浸透および光の透過に影響をおよぼし、原基形成に影響を与えること（山中，1987；時本・小松，1982；林野庁，1984；金子，1988；石井，1992；石井，1993）が報告されている。

ほだ木内における原基は、上記の様々な要因の複合的な関係の中で消長を繰り返していること（大平，1991；石井，1993；石井ほか，1994）も明らかとなっている。

しかし、いつ、どのような条件の時に、どれだけの数量の原基が形成されるのかが明らかでないことから、前述した種々の発生操作の適期が経験則によって決定される原因となっている。

今回は気温と降水量の条件を元に、原基形成数の推定の可能性を検討した結果を報告する。

II. 材料および方法

供試ほだ木は、長さ1mのクヌギ原木を用い、2004年2月9日に菌興115号の木片種菌を原木中央直径の1.5倍量接種し、研究所内の集約栽培施設（人工ほだ場）で育成管理を行い、2005年11月21日に集約栽培施設内にほだ起こしを行った。

1. ほだ起こし後に切断したほだ木の長さが子実体発生に与える影響（1年次）

原基形成数を調査するためにはほだ木の剥皮が必要となるが、

通常のほだ木であれば長さが1m程度あり、取り扱いが不便で調査の時間もかかる。このため、ほだ木を2分の1の長さに短尺化し、調査を効率的に行うこととした。しかし、短尺化により子実体発生に影響がみられれば、原基形成についても影響があるとみなされることから、育成の終了したほだ木の短尺化が子実体発生に与える影響を調査した。

50本の供試ほだ木から無作為に抽出を行い、20本、10本、10本の3群に分けた。20本の群（以下、N区とする）は、そのままほだ木1本ごとに発生量を調査した。10本の群（以下、それぞれH1、H2区とする）は統計分析の繰り返し処理を行うために2群設定し、各試験区のほだ木を半分に切断後、分割された部分を1個体として1本ごとに発生量を調査した。なお、切断したほだ木は伏せ込み（よろい伏せ）の状態を基準として、上側の半分を上部、地表面側を下部として区別した。

発生量は、子実体の発生個数および乾燥重量を計測した。また、供試ほだ木は長さ中央直径を個別に調査した。

分析の手法は分散分析と平均値の差の検定（t検定）とし、エクセル統計2002（株式会社 社会情報サービス）のソフトウェアを用いた。

2. 子実体原基形成数の推定（2年次）

上記1の調査が終了したほだ木を集約栽培施設内でそのまま管理し、H1およびH2区は2006年9月8日からおよそ14日間隔で順次剥皮し、原基形成数を調査した。N区はそのまま発生量調査を継続した。

剥皮は、1回当たり3本のほだ木とし、同一の調査日において、切断前の同一ほだ木の上下の部分が入らないようおよび切断した上下どちらか一方の部分だけに偏らないよう区分して行った。

原基形成数は、外樹皮を除去した後に肉眼で判定し、以前の報告（石井，1993）と同様に活動原基と自己消化原基の2つの種類に分けて計数した。なお、調査時点までに収穫された子実体は、今回の研究が特定時点の原基形成数の推定を目標としていることから自己消化原基として取り扱い、調査時点でほだ木に着生している子実体は活動原基として計数した。

子実体発生量は、発生個数についてのみ調査を行った。

温度は、ほだ木の立て込み場所であるきのこ研究所内の集約栽

*1 Ishii, H.: A numerical estimation of shiitake (*Lentinula edodes*) fruit body primordia on the bed log of *Quercus acutissima*

*2 大分県農林水産研究センターきのこ研究所 Mushroom Res. Inst. Oita Pref. Agric. For. and Fish. Res. Center, Mie, Bungo-Ohno, Oita 879-7111

培施設で測定した。測定は10分間隔で記録を行い、日平均気温は10分間隔の平均値を用い、日最高および日最低気温は10分間隔の最高および最低値とした。

降水量は、隣接の大分県農林水産研究センター野菜・茶業研究所の測定データを用い、日降水量0.5mm以上を降水量および降水観測日とした。

(1) 分析方法

分析の手法は重回帰分析とし、エクセル統計2002（株式会社社会情報サービス）のソフトウェアを用いた。

今回の分析では、原基形成数を推定することを目的としているため、事前に測定可能な剥皮調査前の温度および降水量を説明変数として利用することとし、28日前、14日前、10日前、7日前、3日前を基準日として設定した。

温度や降雨による刺激は1度だけで有効となる場合と繰り返しの場合が考えられるが、温度は連続的に変化していることから、今回は、基準日の前後に範囲を設定して状態を表す指標とした。期間の範囲は、それぞれ、基準日の前後5日（3日前の基準日は除く）、同3日（3日前の基準日は除く）、同1日とした。

(2) 温度要因の説明変数

一般的な状態を表す指標として使用されている平均気温などを参考にして、①～⑤式により求められる数値を温度要因の説明変数として設定した。また、気温には日変化とともに季節変化があることから、調査時期における温度変化の傾向も要因として取り入れる必要があると考え、期間における変化の傾向を判断する説明変数として⑥式により求められる数値を設定した。

$$\text{平均気温} = \Sigma (\text{基準期間の各日平均気温}) / \text{基準期間の日数} \quad \text{①}$$

$$\text{最高気温} = \Sigma (\text{基準期間の各日最高気温}) / \text{基準期間の日数} \quad \text{②}$$

$$\text{最低気温} = \Sigma (\text{基準期間の各日最低気温}) / \text{基準期間の日数} \quad \text{③}$$

$$\text{日較差} = \Sigma (\text{基準期間の各日較差}) / \text{基準期間の日数} \quad \text{④}$$

$$\text{期間格差} = \text{基準期間全体の最高気温} - \text{基準期間全体の最低気温} \quad \text{⑤}$$

$$\text{温度傾向} = \text{基準期間の最後の日の日平均気温} - \text{基準期間の最初の日の日平均気温} \quad \text{⑥}$$

(3) 降水要因の説明変数

温度要因の場合と同様に、日降水量などから期間の降水の状態を表す指標として⑦～⑪式により求められる数値を説明変数とした。

$$\text{降水量} = \Sigma (\text{基準期間の各日の降水量}) \quad \text{⑦}$$

$$\text{降水日数} = \text{基準期間の降水のあった日数} \quad \text{⑧}$$

$$\text{降水率} = \text{基準期間の降水のあった日数} / \text{基準期間の日数} \quad \text{⑨}$$

$$\text{平均降水量} = \text{降水量} / \text{基準期間の日数} \quad \text{⑩}$$

$$\text{降水強度} = \text{降水量} / \text{基準期間の降水のあった日数} \quad \text{⑪}$$

なお、⑪式において、降水日数が0の場合、結果を0として処理した。

Ⅲ. 結果および考察

1. ほだ起こし後に切断したほだ木の長さが子実体発生に与える影響（1年次）

発生量調査の結果は、発生個数についてはほだ木材表面積1000cm²および材積1000cm³当たり（以下、それぞれ、面積個数、材積個数とする）に換算し、乾燥重量は材積1000cm³当たり（以下、材積乾重とする）に換算して集計を行った。

(1) ほだ木の長さの影響

1年次の試験区別の平均値を表-1に示し、ほだ木1本ごとに換算された発生量を元に、試験区を要因として一元配置分散分析を行った。

分析の結果、子実体発生量について単位表面積および単位材積当たりの指標では試験区間に有意差は認められなかった。

表-1. 1年次の試験区別発生量

区分	面積個数 個 /1000cm ²	材積個数 個 /1000cm ³	材積乾重 g/1000cm ³
L区	1.72	0.71	4.20
H1区	1.72	0.75	4.31
H2区	1.58	0.68	3.35

(2) 切断したほだ木における部位別の影響

ほだ木を切断したH1およびH2区について、試験区別上下の部位別の子実体発生量の平均値を表-2に示した。各指標ごとに、試験区別のほだ木ごとの測定値を用いて、上下の部位における平均値の差（対応のあるt検定）および部位と試験区を要因とした2元配置分散分析を行った。また、上部と下部の関係について相関分析を行った。

分析の結果、すべての指標においてt検定および分散分析ともに有意差は認められなかった。相関分析においても、上下の部位の間に有意な関係は認められなかった。

表-2. 切断処理区における部位別子実体発生量

発生量	試験区	上部	下部
面積個数	H1区	1.61	1.83
個 /1000cm ²	H2区	1.71	1.45
材積個数	H1区	0.74	0.76
個 /1000cm ³	H2区	0.76	0.61
材積乾重	H1区	4.13	4.49
g/1000cm ³	H2区	3.52	3.19

(3) 1年次と2年次の関係

N区について、1年次と2年次の発生個数の平均値を表-3に示し、年次による平均値の差（対応のあるt検定）および1年次と2年次の関係について相関分析を行った。

分析の結果、1年次と2年次の平均値に有意差は認められず、年次における相関も特定の傾向は認められなかった。

表-3. 年次別子実体発生量（N区）

発生量	1年次	2年次
面積個数（個 /1000cm ² ）	1.71	1.45
材積個数（個 /1000cm ³ ）	0.76	0.61

以上の結果から、ほだ木の長さの影響については、通常に育成が終了した2年次までのほだ木からの子実体発生量でみれば、半分程度の長さに切断しても子実体発生に与える影響は少ないことが考えられる。また、1年次と2年次で子実体発生個数に特定の傾向が認められなかったことから、2年次程度までであれば、ほだ木の年次（ほだ木齢）による子実体発生への影響も少ないことが考えられる。従って、単年度の子実体発生状況などの調査を行う場合に、2年次（2才）以下のほだ木で長さが通常の2分の1程度であれば、通常の長さの場合と同等であり、分析に利用しても差し支えないと考えられる。

2. 子実体原基形成数の推定

(1) 子実体原基形成数の推移

剥皮調査時点ごとの原基形成数とN区における子実体収穫個数を図-1に示した。

2006年9月8日から剥皮調査を開始したが、すべての調査時点で原基の形成が確認された。

(2) 説明変数の選択

重回帰分析において、説明変数は変数相互間の相関が小さいことが望ましい（奥野ほか，1981）とされていることから、各説明変数間の相関係数を計算し、分析に用いる変数を選択した。

温度に関する説明変数では、①～③式により設定した変数間で相関が高かったが、それぞれ平均気温、最高気温、最低気温であり要因として重要と考えられたので、個別に他の説明変数と組み合わせ分析を行うこととした。

降水に関する説明変数では、⑦式と⑩式および⑧式と⑨式の関係において、⑩式および⑨式の分母は定数であるから式による計算結果の相関係数は1となる。このため、説明変数としては同一となることから、どちらか一方を選択する必要が生じ、⑦式と⑩式の関係においては、絶対的な量を表す⑦式を分析に用いる変数とした。⑧式と⑨式においては、基準期間が異なる場合の比較を考慮して⑨式を採用した。

(3) 重回帰分析

温度と降水量の要因はそれぞれ独立して測定されることから、同一の基準日のほかに温度と降水量で異なる基準日の組合せを含めて検討を行った。

分析の結果、平均、最高および最低の各温度指標共通して、温度は基準日が14日前で範囲が3日、降水は基準日が28日前で範囲が1日の組合せで重相関係数が最も高くなり、得られた偏回帰係数を表-4に示した。また、この組合せに変数増減法を適用して説明変数を選択した結果をあわせて表-4に示した。さらに、最高気温の説明変数を用い、変数増減法を適用した回帰式に今回の分析に用いた気温および降水量の測定値を代入し算出した理論値と実際の原基形成数の平均値を図-2に示した。

今回の分析では、変数増減法を適用した場合でも全変数を利用した場合と同等の重相関係数が得られた。また、理論値と実測値もほぼ同様の傾向を示していたことから、変数増減法を適用した今回の回帰式は原基形成数の推定に利用可能と考えられる。しかし、本来であれば、個々の偏回帰係数について固有技術からの知見と各偏回帰係数の持つ意味を含めた分析が必要である。また、

説明変数の設定や種類についての検討も必要と考えられるので、今回は、手法としての利用の可能性を指摘するにとどめたい。

なお、最高気温および最低気温を用いた重回帰式で、日較差を除いた偏回帰係数や精度が一致していたが、分析に用いた説明変数において「最高気温＝最低気温＋日較差」の関係があるために同一の結果となったものである。

IV. おわりに

今回は、必要なデータの蓄積ができなかったため樹皮の要因を除外した分析を行ったが、重要な要因であることは当初に述べたとおりであり、説明変数として取り入れた分析を行う必要がある。この場合、原基形成数の非破壊での推定が目的であるから、説明変数としては樹皮が厚い・薄いあるいは樹皮の亀裂が多い・少ないといった質的表現のデータ構造がよいと考える。

目的変数である原基形成数は、研究の趣旨からいえば活動中とみなされる原基について分析を行うべきと考えるが、活動および自己消化と表現した性状の区分に明確な基準がないことから今回は全数量を分析に用いた。また、収穫された子実体も原基として含めたが、発生数が多い場合は影響をおよぼすことが考えられることから、その取り扱いや原基の性状の判断とも含めて今後の検討課題としたい。

今回分析できなかった子実体発生との関係については、子実体の生長が気象条件に影響されることが考えられることから、幼子実体が成熟するまでの生長過程を除外して、ほだ木上に幼子実体が確認された時点との関係で分析を行うことも一つの方法と考えられる。

今後は、以上に述べた問題点などについて検討を行っていきたいと考えているが、共同研究も視野に入れて取り組んでいきたい。

引用文献

- 石井秀之ほか（1994）日林九支研論 47：287-288。
 石井秀之（1993）日林九支研論 46：263-264。
 石井秀之（1992）日林九支研論 45：243-244。
 Ishikawa, H (1967) J. agr. Lab., Japan 8：1-57。
 金子周平（1988）日林九支研論 41：257-258。
 小松光雄・時本景亮（1982）菌蕈研報 20：104-112。
 奥野忠一ほか（1981）多変量解析法〈改訂版〉. 25-157, 日科技連, 東京。
 大平郁男（1991）菌蕈研報 29：70-128。
 林野庁（1984）シイタケ原木の形質的特性による栽培効果の解明。大型プロジェクト研究成果 1. 食用きのこ類の高度生産技術に関する総合研究. 15-20。
 鈴木彰（1979）日菌報 20：253-265。
 時本景亮ほか（1980）菌蕈研報 18：189-196。
 時本景亮・小松光雄（1982）日菌報 23：385-390。
 山中勝次（1987）奈良林試研報 17：9-14。

（2007年11月10日受付；2007年12月25日受理）

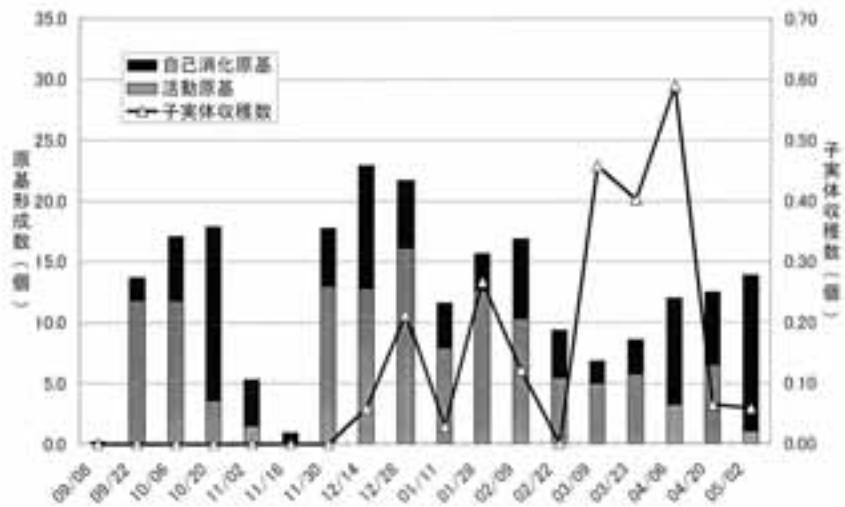


図-1. 調査時点ごとの原基形成数と子実体収穫数（材表面積1000cm²当たり）

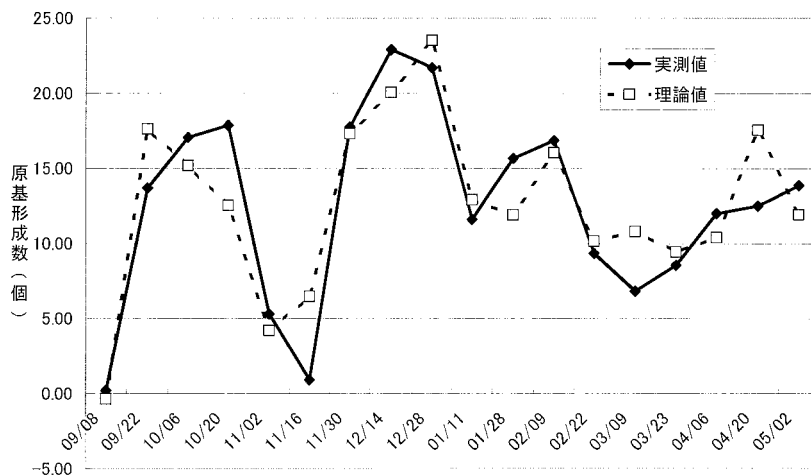


図-2. 調査時点ごとの重回帰式による理論値と実測値（材表面積1000cm²当たり）

表-4. 重回帰式の偏回帰係数および精度

区分	全変数利用			変数増減法適用			
	平均気温	最高気温	最低気温	平均気温	最高気温	最低気温	
偏回帰係数	温度	-0.644	-0.629	-0.629	-0.572	-0.560	-0.560
	日較差	-2.679	-2.327	-2.956	-2.700	-2.398	-2.959
	期間較差	0.830	0.803	0.803	0.714	0.692	0.692
	温度傾向	-0.054	-0.065	-0.065	-	-	-
	降水量	0.181	0.178	0.178	-	-	-
	降水強度	0.384	0.381	0.381	0.662	0.656	0.656
	降水率	-17.970	-17.765	-17.765	-15.460	-15.336	-15.336
	定数項	37.343	37.531	37.531	38.300	38.577	38.577
精度	重相関係数	0.751	0.752	0.752	0.744	0.744	0.744
	寄与率	0.565	0.565	0.565	0.553	0.553	0.553