

## 食用きのこ害菌抵抗性株の選抜

— ナメコ菌の *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌に対する抵抗性に関する研究 —

(県単課題 平成元～5年度)

主任研究員 竹原 太賀司

副主任研究員 熊田 淳

## 要 旨:

PDA平板培地を用いて *Trichoderma* および *Hypocrea* 属菌とナメコ菌の対峙培養を行った際の *Trichoderma* 菌等のナメコ菌に対する侵害長により、ナメコ菌の *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌に対する抵抗性について検討した。ナメコの *Trichoderma* 菌等による侵害長は、比較的抵抗性の強いナメコ菌はいずれの *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌に対しても抵抗性は強く、抵抗性の弱い菌株はいずれに対しても弱かった。従って、対峙培養に供試する *Trichoderma* および *Hypocrea* 属菌の種類は代表的な数種類で、ナメコ菌のこれらに対する抵抗性の判断は可能であると思われた。

*T. polysporum* と *H. nigricans* の2種とナメコ野性株 (59株) および突然変異処理株 (81株) との対峙培養を行って、*Trichoderma* および *Hypocrea* 菌がナメコ菌を侵害した長さを測定することで、これらに対するナメコ菌の抵抗性を検討した。

野性株を供試した場合、*T. polysporum* および *H. nigricans* との対峙培養では、1日当たりの侵害長で0.93 - 3.61 mmおよび2.30 - 7.05 mmと菌株によりかなりのバラツキを示し、選抜育種によってもある程度の抵抗性株の選抜の可能性が示唆された。また、突然変異処理株でも、*T. polysporum* および *H. nigricans* との対峙培養で0.34 - 3.46 mmおよび1.95 - 6.13 mmと野性株と同様菌株によりかなりバラツキが認められ、なかには親株に比べ *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌による侵害長が1/2以下まで抵抗性の向上が認められた菌株も存在した。しかし、*Trichoderma* 菌等による侵害長と菌床栽培による子実体収量等栽培特性との相関は極めて低く、*Trichoderma* および *Hypocrea* 菌に対する抵抗性が強く、かつ栽培特性に優れた菌株の選抜は困難であった。

また、ナメコ菌の *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌に対する抵抗性とナメコ菌の生理的諸特性との関係を検討したが、いずれも相関は認められず、今回検討したナメコ菌の特性値から *Trichoderma* 菌等に対する抵抗性の強弱を推定することは困難であった。

## I 諸 言

食用きのこの人工栽培において害菌類なかでも *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌は時に甚大な被害をおよぼし、これまで特にシイタケ菌を対象にその抗菌性や侵害の機構<sup>1)</sup>等について詳細な研究が行われてきた。

一方、ナメコ菌床栽培においては、トロ箱などを利用した自然栽培が減少傾向にはあるものの未だ

に広くおこなわれており、その多くはバラ殺菌によっていることから、*Hypocrea* 菌等による被害対策が大きな課題となっている。また、空調栽培においてもナメコは他のきのこに比べ子実体の発生が長期にわたることから、害菌による被害発生の機会も多い。このようなことから、ナメコの害菌抵抗性株の選抜は重要な課題であるが、これまでナメコを対象とした *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌に対する抵抗性株の選抜の試みはあまり行われてきていない。

ここでは、ナメコの野性株と突然変異処理株を供して *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌に対する抵抗性を測定し、これらに対する抵抗性株の選抜の可能性を検討した。また、ナメコ菌の菌体外酵素活性等の生理的諸特性と *Trichoderma* 菌等に対する抵抗性との関係を検討し、これらの特性から *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌に対する抵抗性の強弱を推定することが可能か否かについても併せて検討した。

## II 実験方法

### 1. ナメコ菌の *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌に対する抵抗性に関する検討

#### (1) 抵抗性の測定法に関する検討

##### ① 供試菌

供試した *Trichoderma* 菌は(財)日本きのこセンター菌叢研究所から分譲された *T. harzianum* (No. 60622) を、ナメコ (*Pholiota nameko*) は当場の保管菌株から野性株59株を任意に選んで供試した。

##### ② 測定法

測定には20mlのPDA培地を分注した径9cmのシャーレを用いた。あらかじめ、同径のシャーレでナメコ菌を前培養した菌そうを径5mmのコルクボーラーで打ち抜き、これをシャーレの中央に接種して25°Cで培養し、10日後に同径のコルクボーラーで打ち抜いた *Trichoderma* 菌を接種した。

*Trichoderma* 菌の接種方法は2通りとした。一方は、*Trichoderma* 菌をナメコ菌の接種源上に重ねて接種する方法<sup>2)</sup>であり、もう一方は、ナメコ菌の菌そうの先端部に接するように *Trichoderma* 菌を接種する方法である。

侵害度の測定は、前者は *Trichoderma* 菌接種後14日目、後者は7日目に行った。なお、測定は、ナメコ菌1株当たりシャーレ3枚とした。

#### (2) *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌の種類によるナメコ菌の抵抗性

##### ① 供試菌

供試した *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌は *T. polysporum*、*T. harzianum*、*H. muroiana*、*H. nigricans* および *H. schweinitzii* の5種であり、これらはいずれも(財)日本きのこセンター菌叢研究所から分譲された株である。

ナメコ菌は当場の保管菌株から任意に選んだ野性株9株と旧福島県きのこセンター市販菌株 (No.520) の計10株を用いた。

##### ② 対峙培養

あらかじめ径9cmのシャーレに作成したPDA平板培地に前培養したナメコ菌を径5mmのコルクボーラーで打ち抜き、これを同径のシャーレに作成したPDA平板培地の中央に接種した。25°Cで9日間

培養後、PDA平板培地で前培養した *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌を径5mmのコルクボーラーで打ち抜き、ナメコの菌そうの先端に接触するように両側に2か所接種して再び25°Cで培養し、*Trichoderma* 菌等によるナメコ菌の侵害長を測定した。

測定は、1株当たりシャーレ2枚を用い、その平均値で比較したが、*H. nigricans* は接種後5日目、その他の *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌は7日目に侵害長を測定し、1日当たりの侵害長に換算した。

### (3) *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌とナメコの対峙培養による抵抗性の検討

#### ① 供試菌

供試した *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌は *T. polysporum* と *H. nigricans* の2種である。ナメコ菌は、ナメコは当場の保管菌株から選んだ野生株59菌株および旧福島県きのこセンター市販菌株No.520からプロトプラストを調製後、紫外線による突然変異処理を行って分離した81株<sup>3)</sup>を用いた。

#### ② 対峙培養

あらかじめ径9cmのシャーレに作成したPDA平板培地で前培養したナメコ菌を径5mmのコルクボーラーで打ち抜き、これを同径のシャーレに作成したPDA平板培地の中央に接種した。25°Cで9日間培養後、PDA平板培地で前培養した *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌を径5mmのコルクボーラーで打ち抜き、ナメコの菌そうの先端に接触するように両側に2か所接種し、再び25°Cで培養した。

*T. polysporum* は接種後7日目、*H. nigricans* は5日目にナメコ菌に対する侵害長を測定した。なお、測定は1株当たりシャーレ2枚を用い、その平均値(1日当たりの侵害長)で比較した。

## 2. ナメコ菌の基礎的生理特性等の検討

### (1) ナメコ野生株の諸特性

1-(3)で供試した野生株59株を用い、以下の項目について検討した。

#### ① 菌床栽培試験

野生株59株から任意に選んだ42株を供試した。栽培は800ml P Pビンを用い、培地組成を広葉樹おがくず:ふすま=5:1とし、22±2°Cで60日間培養し、その後、14±1°C湿度95%以上の環境下で発生操作を行った。なお、栽培本数は1株当たり4本とし、子実体の収穫は発生操作後80日間行った。

#### ② 原木栽培試験

これまでに当場で行ったナメコ品種選抜試験のデータを用いた。

#### ③ 菌糸伸長速度

菌糸伸長速度は、シャーレを用いたPDA平板培地と試験管を用いたおがくず培地の2通りで行った。PDA平板培地による測定は、あらかじめ径9cmのシャーレに前培養したナメコ菌を同径シャーレの中央に接種して25°Cで培養し、4日目から9日目までの伸長量をもとに1日当たりの伸長量を算出した。

おがくず培地による測定は、径30mm、長さ200mmの試験管におがくず培地(培地組成は広葉樹おがくず:ふすま=5:1、含水率63±1%)60gを145mmの長さに均一に詰め、あらかじめ作成してお

いたおがくず種菌を接種した。培養は25°Cで行い、3日目から20日目までの伸長量をもとに1日当たりの伸長量を算出した。

#### ④ 室内強制腐朽試験

200 mlのガラスビンにおがくず培地（培地組成は広葉樹おがくず：ふすま=10：1、含水率63±1%）とともにあらかじめ浸水しておいたブナ原駒約20 gを詰め、滅菌、放冷後おがくず種菌を接種した。培養は22±2°Cで、培養期間を60、90および120日とし、それぞれの期間毎の原駒の重量減少率を算出した。

#### ⑤ 液体培養による菌糸体重量

200 ml三角フラスコに50 mlのSMYP培地（水1 ℓ中にSaccharose 10 g、Malt ext. 6 g、Yeast ext. 4 g、Peptone 4 gを含む）を分注し、滅菌、放冷後、PDA平板培地で前培養した供試菌を径5 mmのコルグボーラーで打ち抜いて接種した。

培養は25°Cで15日間行った後培養液ごと吸引ろ過してろ紙上に集菌された菌糸体をろ紙ごと乾燥して秤量し、この値からろ紙重とブランクの増加量を差し引いて求めた。

#### ⑥ ラッカーゼ活性

前述した⑤の測定時におけるろ液を粗酵素液とした。基質に0.5 mM シリंगाアルダジン、緩衝液に0.1 M 酢酸ナトリウム（pH 5.3）を用い、粗酵素液を適当な濃度に希釈し、常法<sup>4)</sup>に従い分析した。なお、酵素活性は粗酵素液の活性濃度を用いて表示した。

### (2) ナメコ突然変異処理株の諸特性

1-③で供試した変異処理株81株を用い、以下の項目について検討した。

#### ① 菌床栽培試験、菌糸伸長速度

以前に、我々が報告<sup>3)</sup>したデータを利用した。

#### ② 液体培養による菌糸体重量

(1)-⑤に従い実施した。

#### ③ 液体培地による諸特性

##### ・ラッカーゼ活性

(1)-⑥に従い実施した。

##### ・タンパク質濃度

ラッカーゼ活性の測定と同様菌糸体重量測定時におけるろ液を粗酵素液とし、粗酵素液を適当な濃度に希釈し、牛血清アルブミンを標品としてLowry法<sup>4)</sup>により定量した。

##### ・プロテアーゼ活性

基質に1%ミルクカゼイン、緩衝液に0.1 M リン酸カリウム（pH 7.0）を用い、粗酵素液を適当な濃度に希釈し、常法に従い分析した。なお、酵素活性は粗酵素液1 ℓが1秒間あたりに減少させる基質の量（アルブミン換算量）で表した。

#### ④ 木粉培地による諸特性

200 mlのガラスビンに50 gのおがくず培地（培地組成は広葉樹おがくず：ふすま=5：1、含水率64±1%）を詰め、滅菌、放冷後、おがくず種菌を接種した。培養は22±2°Cで行い、10日目に培地

全量を掻き出した。これに約50mlの0.1 Mリン酸緩衝液 (pH 7.0) を加えて攪拌し、4℃で一昼夜放置してから二重にしたガーゼで圧搾した後同じ緩衝液で50mlに定容してこれを分析に供した。

分析項目は pH、ラッカーゼ活性、タンパク質濃度およびプロテアーゼ活性であり、これらは③と同様に行った。

### Ⅲ 結果と考察

#### 1. ナメコ菌の *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌に対する抵抗性に関する検討

##### (1) 抵抗性の測定法に関する検討

ナメコ菌の *Trichoderma* 菌による侵害度を測定する方法として2通りの手法を試みたが、各々の接種源を重ねる方法では、ナメコの菌株によっては侵害部の境界が明瞭とはならないものもあり、測定は著しく困難であった。一方、ナメコ菌の菌そうの先端部に *Trichoderma* 菌を接触させる方法は、ほとんどのナメコ菌株で拮抗線が明確に現れ測定が比較的容易であったので、侵害度の測定はナメコ菌との対峙培養によって行った。

また、侵害度の測定は、*Trichoderma* 菌の接種を一斉に行ったため測定開始時のナメコ菌コロニーの菌そう面積が菌株によって異なることから、侵害面積による比較は不相当と思われた。従って、今回は *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌のナメコ菌に対する侵害長により、ナメコ菌のこれらに対する抵抗性の強弱を判断した。

##### (2) *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌の種類によるナメコ菌の抵抗性の検討

対峙培養による *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌のナメコ菌に対する侵害長 (1日当たりの侵害長) を表-1に示す。ナメコ菌のこれらによる侵害長は、例えば *H. muroiana* による1日当たりの侵害長はNo. 250の0.71 mmからNo. 248の3.14 mmまで菌株によってかなりバラツキはみられた。しかし、No. 248、253などはいずれの *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌に対しても抵抗性は弱く、逆にNo. 245、250などはいずれに対しても比較的強い抵抗性を示した。従って、対峙培養に供試する *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌の種類は代表的な数種類で、ナメコ菌のこれらに対する抵抗性の強弱の判断は可能であると思われた。

表-1 対峙培養による *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌のナメコ菌に対する侵害長 (mm/day)

ナメコ菌No	245	246	247	248	249	250	251	252	253	520号
<i>T. polysporum</i>	1.70	2.43	2.57	2.66	2.30	2.41	4.27	2.50	3.68	2.21
<i>T. harzianum</i>	1.18	1.64	1.11	1.70	1.68	2.09	2.70	3.80	2.41	0.88
<i>H. nigricans</i>	1.80	4.20	2.88	4.73	3.40	2.15	5.33	4.85	4.68	3.50
<i>H. muroiana</i>	0.73	2.00	1.84	3.14	1.80	0.71	2.61	2.62	2.93	1.02
<i>H. schweinitzii</i>	0.18	0.51	0.21	0.19	0.16	0.18	0.32	0.29	0.24	0.10

なお、対峙培養に供する *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌の種類により、拮抗線の明瞭度が異なることが観察されたことから、今回ナメコ野性株および突然変異処理株との対峙培養に供した *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌は、拮抗線が比較的明瞭に現れた *T. polysporum* と *H. nigricans* の2種とした。

(3) ナメコ菌の *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌に対する抵抗性の検討

ナメコ野性株59株およびナメコ培養菌糸から調製したプロトプラストを紫外線照射して突然変異処理を行って再生したコロニーから分離した81株について、対峙培養によりヒポクレア菌に対する抵抗性を検討した。供試した *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌は、*T.polysporum* と *H.nigricans* の2種である。

図-1、2に野性株を供試した *Trichoderma* 及び *Hypocrea* 菌による侵害長、図-3、4に突然変異処理株を供試した侵害長をヒストグラムで示した。

野性株を供試した場合、*T.polysporum* との対峙培養では、1日当たりの侵害長の範囲は0.93 - 3.61 mm、*H.nigricans* との対峙培養では2.30 - 7.05mm、標準偏差はそれぞれ0.54 および0.96 と同一条件下でも菌株によりかなりのバラツキを示した。野性株でも、菌株間で抵抗性にこれだけの相違が認められたことは、選抜育種によってもある程度の抵抗性株の選抜が可能なことを示すものである。

また、野性株のNo.247 は *T.polysporum* と *H.nigricans* による侵害長がそれぞれ0.93 および2.30 mm/day と今回供試した菌株のなかでは最も強い抵抗性を示し、次いで、No.2 およびNo.66が両者の *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌に対し比較的強い抵抗性を示した。

突然変異処理株では、*T.polysporum* との対峙培養では0.34 - 3.46 mm、*H.nigricans* との対峙培養では1.95 - 6.13 mm、標準偏差はそれぞれ0.65 および0.81 と野性株と同様、菌株によりかなりのバラツキが認められた。なかでも、No.87は *T.polysporum* と *H.nigricans* による侵害長がそれぞれ0.34 および1.95 mm/day と今回供試した菌株のなかで最も強い抵抗性を示し、親株(520号)に比べその侵害長はいずれも1/2以下であった。

このような人為的な突然変異処理で、*Trichoderma* お

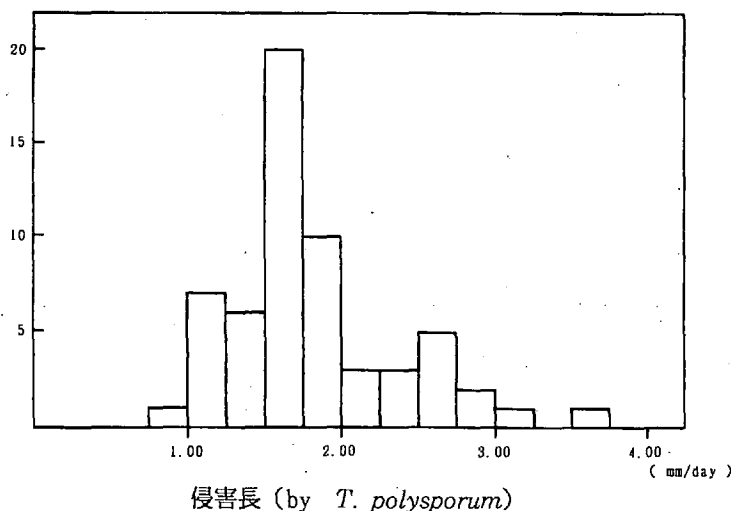


図-1 ナメコ野性株の *Trichoderma* 菌による侵害長

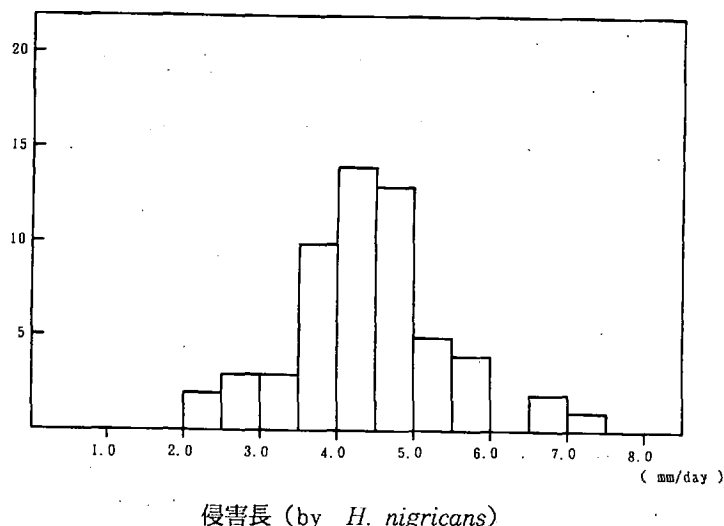


図-2 ナメコ野性株の *Hypocrea* 菌による侵害長

よび *Hypocrea* 菌に対する抵抗性に変異の拡大が図られたことは、変異処理を行った多数の集団から抵抗性株の選抜の可能性を示すものである。また、このような抵抗性を異なる変異処理株は全て同一の親株に由来することから、*Trichoderma* 菌等に対する抵抗性と他の生理特性との関連性を検討する際に好都合な供試株となるものと思われる。

なお、表-2には今回測定に供したナメコ野性株と突然変異処理株の *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌による侵害長を、突然変異処理に供した親株(520号)との比で示したが、両者の平均値並びに標準偏差はそれほど変わらず、両者の変異の程度はほぼ同程度であると思われた。

2. ナメコ菌の基礎的生理特性等の検討

今回供試したナメコ菌株の基礎的生理特性を検討し、*Trichoderma* および *Hypocrea* 菌に対する抵抗性との関係を検討した。

表-2 ナメコ菌の *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌による侵害長

	野 生 株		突 然 変 異 処 理 株	
	by <i>T. polysporum</i>	by <i>H. nigricans</i>	by <i>T. polysporum</i>	by <i>H. nigricans</i>
測 定 株 数	59	59	81	81
最 大	3.03	1.86	3.06	1.81
最 少	0.78	0.65	0.30	0.58
平 均	1.53	1.24	1.43	1.12
標 準 偏 差	0.46	0.27	0.58	0.24
変 動 係 数	0.30	0.22	0.41	0.21

注) -1 最大、最少および平均は突然変異処理に供した親株(520号)の侵害長を1とした比であらわした。  
 2 親株(520号)の *T. polysporum* および *H. nigricans* による侵害長はそれぞれ1.16 および 3.47 mm/day である。

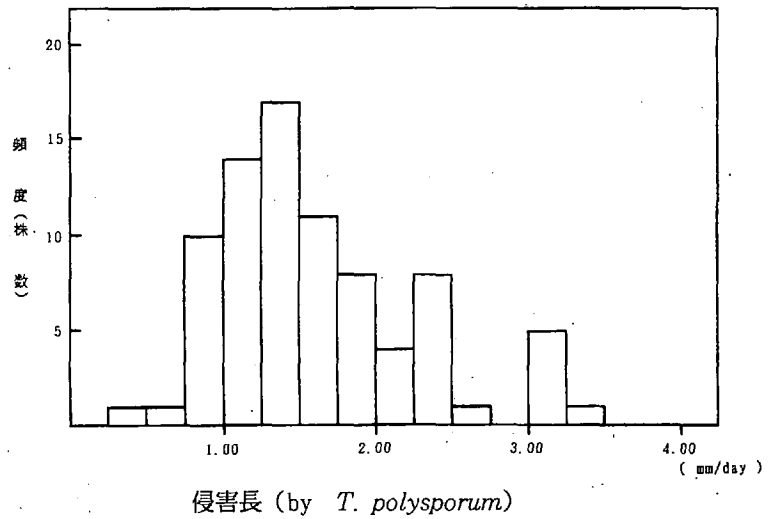


図-3 ナメコ突然変異処理株の *Trichoderma* 菌による侵害長

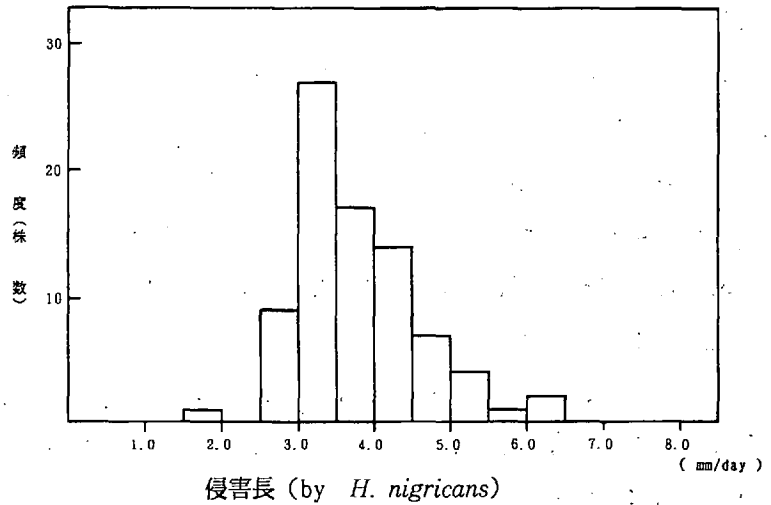


図-4 ナメコ突然変異処理株の *Hypocrea* 菌による侵害長

(1) 野性株の検討

ナメコ野性株の *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌による侵害長とナメコ菌の生理的諸特性との関係を検討した。表-3に各特性との最大相関係数を示したが、*T.polysporum* による侵害長との相関係数は、最大でもほだ付き率の0.255であり、*H.nigricans* とではラッカーゼ活性の0.284と、いずれの特性とも相関係数は極めて低く、相関は認められなかった。

図-5、6には *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌による侵害長と菌床栽培による

子実体収量との関係を示したが、今回供試した菌株のなかでは最も強い抵抗性を示したNo.247は収量が30g程度であり、No.66は約150g程度の収量を示したもののNo.2は95gと菌床栽培用系統のNo.520と比べるとかなり劣っていた。

また、全体的にナメコ菌の *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌による侵害長と菌床栽培による子実体収量との相関は極めて低く、*Trichoderma* 菌等に対する抵抗性が強く、かつ栽培特性に優れた菌株の選抜は困難であった。

(2) 変異処理株の検討

表-4に各特性との最大相関係数を示したが、*T.polysporum* による侵害長との相関係数は、プロテアーゼ活性との相関係数が0.479と他の性質と比べるとやや高い値を示したが、その他はいずれも0.25以下と極めて低かった。*H.nigricans* による侵害長との比較では、液体培養による菌糸体重量が0.408と最も高く、次いでプロテアーゼ活性

表-3 ナメコ野性株の *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌による侵害長と生理的諸特性との最大相関係数

	by <i>T. polysporum</i>		by <i>H. nigricans</i>	
	相関係数	回帰式	相関係数	回帰式
原木栽培				
ほだ付き率	0.255	④	0.214	③
子実体収量	0.058	①	0.018	①
菌糸伸長速度				
PDA	0.245	⑦	0.085	②
おがくず	0.060	③	0.200	③
重量減少率				
60日	0.190	④	0.171	②
120日	0.252	④	0.076	⑦
180日	0.211	④	0.159	④
液体培地				
菌糸体重量	0.093	②	0.178	⑥
ラッカーゼ活性	0.040	①	0.284	①

注) ①~⑦は回帰式の種類で次のとおりである。  
 ①:  $Y=a+bX$                       ②:  $Y=a+b(1/X)$   
 ③:  $1/Y=a+bX$                       ④:  $1/Y=a+b(1/X)$   
 ⑤:  $\log Y=a+b\log X$                 ⑥:  $\log Y=a+b(1/X)$   
 ⑦:  $Y=a+bX$

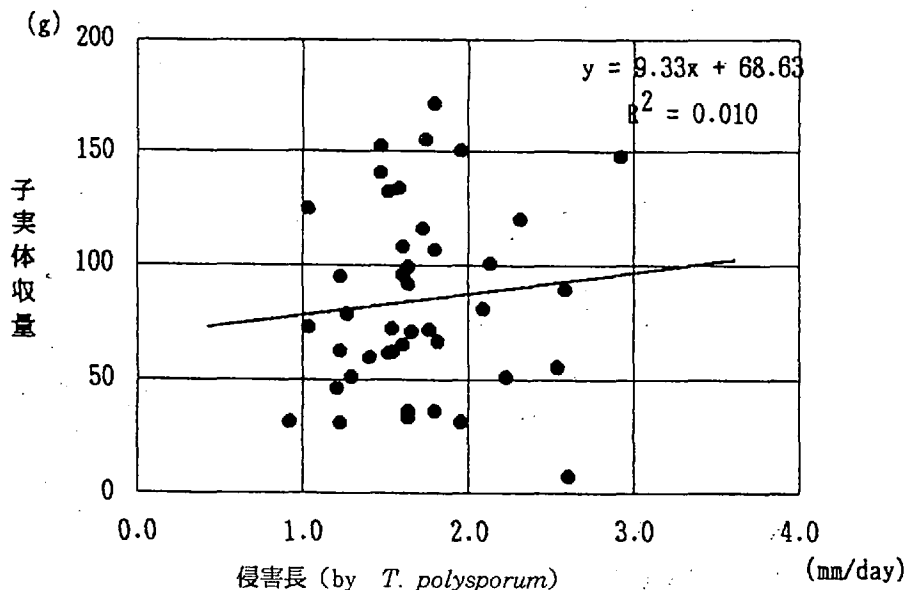


図-5 ナメコ野性株の *Trichoderma* 菌に対する抵抗性と子実体収量



が0.324であり、野性株との比較による相関係数に比べると高い値を示した。しかし、ナメコ菌の *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌による侵害長と生理的諸特性との関係との間には、いずれも相関は認められなかった。

なお図-7、8には *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌による侵害長と菌床栽培による子実体収量との関係を示したが、今回供試した菌株のなかで最も強い抵抗性を示したNo.87の収量は約70gに過ぎないなど、野性株と同様 *Trichoderma* 菌等に対する抵抗性が強く、かつ栽培特性に優れた菌株の存在は認められなかった。

従って、今回供試したナメコ菌のなかで、比較的 *Trichoderma* 菌等に対する強い抵抗性が認められた菌株を直接実用品種とすることは難しく、今後品種選抜を行ううえでの交配材料等中間素材としての利用を考えるべきものと思われた。

また、ナメコ菌の *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌に対する侵害長と生理的諸特性との関係については、今回測定したいずれの特性とも相関は認められなかったことから、ナメコ菌の *Trichoderm-*

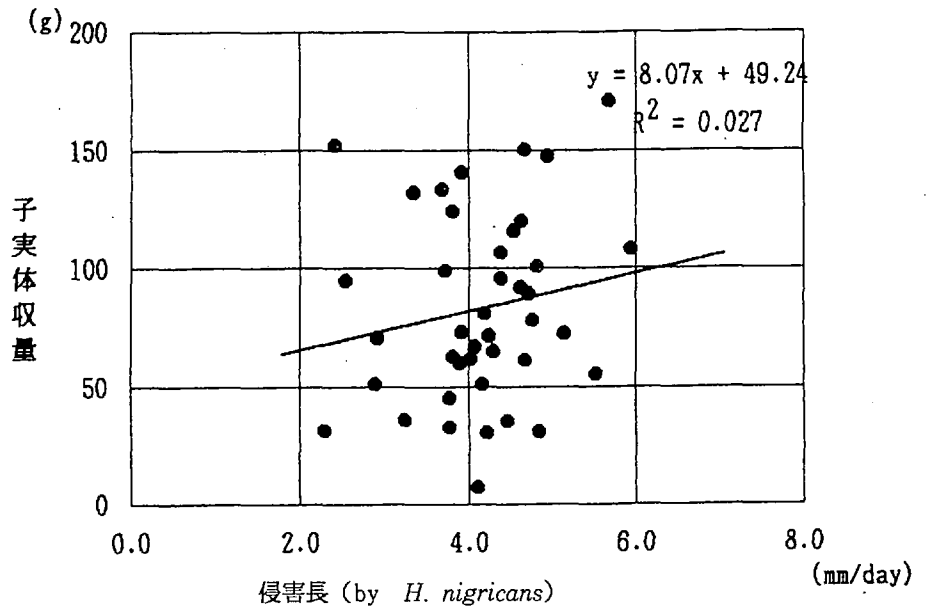


図-6 ナメコ野性株の *Trichoderma* 菌に対する抵抗性と子実体収量

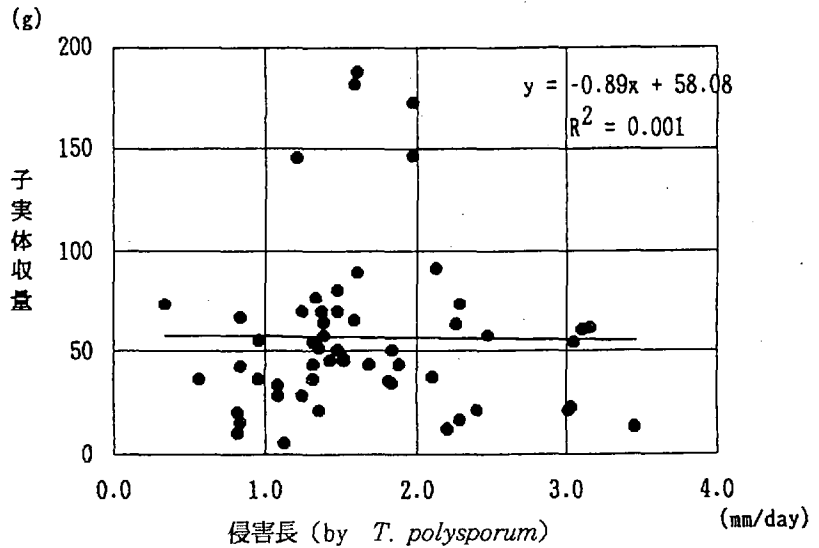


図-7 ナメコ突然変異処理株の *Trichoderma* 菌に対する抵抗性と子実体収量

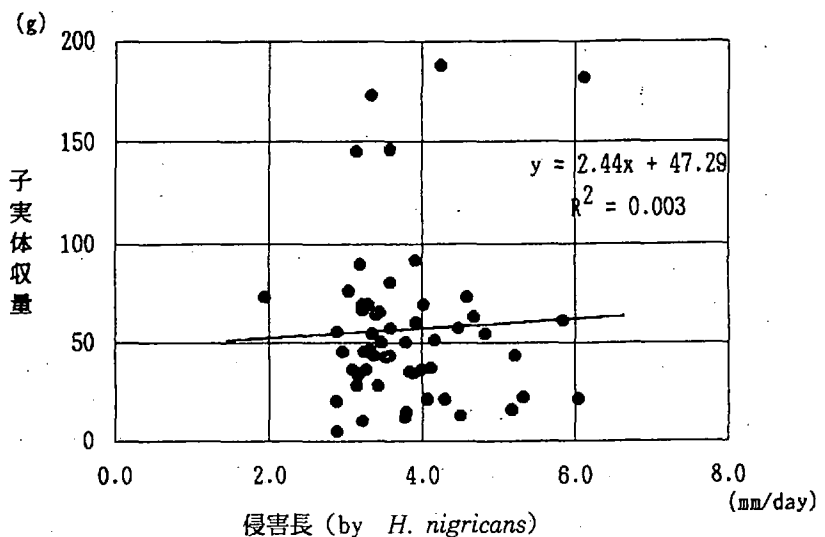


図-8 ナメコ突然変異処理株の *Hypocrea* 菌に対する抵抗性と子実体収量

a 菌等に対する抵抗性の強弱を今回測定した他の特性値から推定することは極めて困難と思われた。

V 文献

- 1) 小松光男：シイタケに抗菌性の *Hypocrea*、*Trichoderma* および類縁菌群の研究、菌叢研報13：1 - 113、1976
- 2) 鳥越 茂、畑中政雄、塩見晋一：シイタケ害菌抵抗性菌系の選抜、兵庫県林試研報

26：15-23、1984

- 3) 竹原太賀司、熊田 淳：食用きのこプロトプラストの突然変異処理による再生株の栽培特性、日林東北支誌 43：184 - 186、1991

- 4) 鮫島正浩：“木材科学実験書II 化学編”、中外産業調査会、1985、P. 338 - 344

表-4 ナメコ突然変異処理株の *Trichoderma* および *Hypocrea* 菌による侵害長と生理的諸特性との最大相関係数

	by <i>T. polysporum</i>		by <i>H. nigricans</i>	
	相関係数	回帰式	相関係数	回帰式
菌糸伸長速度 PDA	0.147	④	0.152	②
液体培地				
菌糸体重量	0.257	⑦	0.408	④
ラッカーゼ活性	0.090	①	0.234	①
培養液タンパク質	0.059	④	0.069	④
プロテアーゼ活性	0.479	①	0.324	①
おがくず培地				
pH	0.247	③	0.248	⑦
ラッカーゼ活性	0.196	①	0.137	①

注) ①~⑦は回帰式の種類で表-3と同じである。

付表-1 ナメコ野生株の性質

菌株 No	侵長 (mm/day)		菌床栽培		原木栽培		菌絲侵長 (mm/day)		重量減少率			液体培地	
	by <i>T. poly.</i>	by <i>H. nig.</i>	收穫日数 (発生後 作後日数)	子実体 収量 (g)	ほだ 付き率 (%)	子実体 収量 (kg/m <sup>2</sup> )	PDA	おが す	60日	120日	180日	菌糸 体重量 (mg)	ラッカーゼ 活性 (kat/l)
1	1.54	4.60				4.86	2.10	5.10	9.86	16.36	17.81	116.1	0
2	1.23	2.55	37.8	94.5			1.88	4.92	11.37	16.90	21.88	91.3	556
3	1.52	4.00					2.56	5.14	10.73	24.18	32.49	138.8	6
4	3.04	5.20					2.09	5.03	4.91	7.07	7.16	132.3	0
5	1.04	3.83	46.0	124.3			2.24	4.63	8.06	13.96	16.49	138.8	294
6	1.75		40.9	155.0	24.2	5.83	1.84	5.09	6.64	10.81	13.92	104.5	200
7	2.36						2.27	5.18	6.32	10.83	11.75	239.5	11
8	2.93	4.95	41.0	147.3			2.64	5.01	7.39	12.29	14.82	167.9	0
9	1.80	5.68	26.3	170.8			2.66	4.73	7.13	15.13	21.15	109.8	0
11	1.61	4.40	52.0	95.3		1.03	1.95	4.98	7.48	12.04	13.89	171.9	6
12	2.59	4.73	43.0	89.0		3.65	2.41	5.34	7.30	10.24	11.49	229.1	56
13	1.73	4.55	57.4	115.8		1.89	2.37	5.03	7.62	11.11	12.63	167.4	6
14	1.86	4.58				2.70	2.14	4.76	9.14	10.96	13.31	151.8	6
15	1.41	3.90	57.6	59.5		9.90	2.22	4.69	7.55	10.08	10.16	193.2	6
16	1.82	4.08	49.4	66.5		6.38	2.25	4.69	6.59	11.14	14.92	120.3	344
17	1.68	6.60				4.50	2.11	4.84	5.82	8.63	9.09	312.4	6
18	1.71	4.35				0.93	2.03	4.83	9.66	10.72	10.55	139.6	294
19	1.77	4.25	57.4	71.3	34.9	2.36	2.35	5.16	7.98	16.00	18.20	248.6	0
20	1.64	4.63	47.6	91.5	31.9	5.43	2.56	4.73	7.61	10.70	11.05	167.9	56
21	1.04	3.93	50.5	72.5	33.4	12.20	2.23	4.66	8.30	12.99	18.11	145.2	6
22	1.96	4.85	72.3	30.5	19.6	12.20	2.02	4.57	6.37	14.73	17.23	85.5	61
23	1.80	4.48	54.4	35.3	33.7	4.85	2.04	4.78	6.29	12.19	12.38	122.6	472
24	2.14	4.83	47.4	100.3	45.0	7.83	2.35	5.04	7.18	10.98	14.49	193.7	228
25	1.64	3.73	50.8	98.8	11.3	39.15	2.66	5.06	6.91	11.96	18.89	133.4	350
26	2.89	6.58			24.7	8.06	2.42	5.21	8.54	12.59	16.90	152.3	106
27	1.95	5.90			11.0	16.27	2.16	5.12	6.83	11.84	11.86	178.9	0
28	1.61	4.30	49.0	65.0	27.8	17.18	2.32	4.67	7.99	15.09	21.45	138.4	722
29	1.54	5.15	63.0	72.0	33.2	17.99	2.24	5.15	9.04	16.08	18.97	151.5	317
30	1.23	3.43			15.5	9.40	2.29	5.23	9.19	12.84	13.16	200.4	0
31	2.34	4.90			3.3	21.68	2.13	5.18	7.69	13.27	16.94	159.6	172
32	1.21	3.78	61.5	45.0	12.1	18.88	2.73	4.85	6.22	12.19	13.09	159.6	194
33	1.79	5.08			5.5	26.97	2.14	5.20	5.40	13.24	19.48	262.4	0
34	1.64	3.78	79.0	32.5	18.5	22.78	2.22	5.03	8.09	12.77	16.02	101.3	144
35	1.30	2.90	79.0	51.0	13.6	13.32	2.81	4.78	8.18	16.44	20.40	124.6	283
36	2.09	4.20	66.3	80.5	15.7	2.53	2.27	5.36	12.85	13.52	16.67	112.5	656
37	2.61	7.05			9.3	11.80	2.17	4.38	9.72	13.32	15.44	130.3	0
38	2.54	5.53	46.5	55.0	1.2	20.90	2.48	4.42	7.04	13.16	14.63	99.0	128
46	1.27	4.78	50.5	78.0			2.34	5.06	8.21	14.42	14.54	118.2	294
60	1.57	4.13			83.5			4.84	9.45	22.64	29.90	117.2	33
61	1.66	2.93	54.8	70.5	78.8			4.73	7.26	10.86	13.20	74.3	306
62	2.32	4.65	35.8	119.8	72.2			5.42	9.46	13.84	18.31	205.8	50
63	1.52	3.35	42.5	131.8	81.1			4.54	7.41	12.93	16.08	159.1	294
64	1.55	4.03	54.0	61.8	77.7			4.84	5.98	13.77	16.07	147.1	311
65	1.59	3.70	32.5	133.3	83.9			4.70	7.20	12.57	17.41	134.5	306
66	1.48	2.43	43.0	152.0	62.6			4.57		14.36	19.18	134.1	
67	2.23	4.18	58.0	51.0	70.7			4.25	7.00	10.41	13.77	154.2	211
68	1.64	3.25	61.6	35.5	78.4			4.54	7.02	13.14	16.99	107.0	0
69	1.48	3.93	37.8	140.3	77.7			4.65	6.63	10.87	13.39	153.9	217
70	1.23	3.83	55.5	62.3	74.6			4.54	7.05	9.87	14.54	173.3	183
71	1.52	4.68	60.5	61.3	74.2			4.70	7.20	11.11	16.27	139.2	194
245	1.48	5.10			23.4	5.36	2.27	5.03	8.71	13.89	15.04	166.0	78
246	1.23	4.23	54.8	30.0	47.7	0	1.66	4.99	8.58	12.52	15.82	122.9	67
247	0.93	2.30	51.3	30.8	35.5	0	2.13	5.05	8.47	12.56	16.55	104.0	172
248	1.61	5.95	38.3	107.8	35.8	4.62	2.44	4.98	7.34	20.27	20.81	126.3	0
249	1.80	4.40	36.1	106.5	50.7	56.10	2.21	4.90	5.62	10.94	11.42	154.6	6
250	1.96	4.68	32.8	150.0	51.1	4.75	2.47	5.20	6.37	9.74	11.94	88.0	233
251	2.64	5.13			56.9	2.64	2.59	4.82	4.68	7.70	7.94	173.9	6
252	3.61	4.23			53.1	3.84	1.70	5.05	8.40	12.88	16.70	171.1	306
253	2.61	4.13	38.5	7.0			2.44	5.12	7.10	15.77	21.88	117.3	17
520号	1.19	3.55	28.5	165.8									
試料数	59.0	57.0	42.0	42.0	41.0	38.00	47.00	59.00	58.00	59.00	59.00	59.0	58
最大	3.61	7.05	79.0	170.8	83.9	56.10	2.81	5.42	12.85	24.18	32.49	312.4	722
最少	0.93	2.30	26.3	7.0	1.2	0	1.66	4.25	4.68	7.07	7.16	74.3	0
平均	1.82	4.41	50.3	84.5	41.3	10.81	2.27	4.90	7.69	12.97	15.87	149.7	155
標準偏差	0.54	0.96	11.9	41.1	26.6	11.47	0.25	0.26	1.51	3.05	4.47	45.1	174
変動係数	0.30	0.22	0.24	0.49	0.64	1.06	0.11	0.05	0.20	0.23	0.28	0.30	1.12

付表-2 ナメコ突然変異処理株の性質

菌株 No	侵害長 (mm/day)		菌床栽培		菌糸伸長 速度 (PDA, mm/day)	液体培地				おがくず培地	
	by <i>I. poly</i>	by <i>H. nig</i>	収穫日数 (日)	子実体 収量 (g)		菌糸 体重量 (mg)	Laccase ( $\mu$ kat /l)	培 養 液 タンパク質 (%)	Protease ( $\mu$ g/ l $\cdot$ sec)	pH	Laccase ( $\mu$ kat /l)
1	1.48	3.80	52	50	3.49	52.6	214	0.267	269	4.90	185
2	1.52	2.98	59	45	3.48	33.4	0	0.310	247	4.82	1090
3	1.98	2.35	5	172	3.88	56.4	71	0.290	22	4.80	776
4	1.52	4.10			3.77	53.7	14	0.275	22	4.95	563
5	1.32	3.35	59	54	3.40	57.7	185	0.258	158	4.83	306
6	1.98	3.60	6	146	3.30	63.6	14	0.318	449	4.98	285
7					1.27	9.1	14	0.296	0	4.98	86
8	1.38	4.03	61	69	4.23	54.6	0	0.269	171	4.87	36
9	2.30	4.45			3.59	70.4	28	0.273	418	4.85	128
11	1.36	4.18	57	51	3.78	48.3	14	0.327	0	4.98	1546
12	2.48	4.48	52	57	3.86	67.5	100	0.227	618	4.90	805
13	0.95	3.90			3.67	57.3	71	0.291	79	4.82	912
14	1.52	4.88			3.10	51.3	541	0.275	320	4.86	1012
15	0.84	3.80	59	15	3.57	51.8	242	0.261	127	4.88	1012
16	1.59	3.45	58	65	3.48	51.5	57	0.303	187	4.91	64
18	1.18	5.15			2.89	10.4	14	0.429	0	5.23	0
19	2.29	4.60	51	73	1.91	36.7	783	0.415	0	4.90	570
20	3.04	5.33	53	22	3.60	54.4	413	0.312	158	5.00	741
21	2.25	4.98			1.57					4.98	250
22	1.21	3.15	20	145	3.53	69.7	242	0.328	0	4.84	1040
23	1.38	3.05			3.80	59.2	28	0.300	0	4.78	470
24	0.93	3.00			3.43	58.5	199	0.271	79	4.85	734
25	2.29	5.18	60	16	3.43	47.0	157	0.326	63	5.03	762
26	1.84	3.48	55	50	4.02	52.8	57	0.296	127	4.80	577
27	1.71	3.15			3.66	50.3	171	0.323	171	4.80	485
28	1.41	3.53			3.74	61.8	256	0.330	291	4.85	983
29	0.82	2.88	65	20	3.86	64.1	28	0.255	171	4.78	136
31	1.11	2.70			3.58	51.0	313	0.323	120	4.87	798
32	1.13	2.90	69	5	3.43	58.6	214	0.315	0	4.83	1175
33	1.48	3.60	52	80	3.88	53.2	100	0.323	70	4.80	599
34	1.36	3.43			3.79	53.3	85	0.332	0	4.80	235
35	1.89	3.60	63	43	3.30	62.9	199	0.348	0	4.92	100
36	2.50	4.73			4.34	69.0	142	0.426	0	4.89	0
37	1.61	3.20	51	89	3.68	61.3	28	0.338	222	4.93	307
38	0.84	3.23	53	66	3.78	64.3	185	0.374	0	4.78	670
39	1.43	3.25	43	45	3.76	66.1	85	0.347	0	4.89	256
41	1.13	3.10			3.08	62.0	85	0.332	0	4.85	413
42	1.59	6.13	5	181	4.08	35.5	43	0.379	0	4.89	0
43	2.27	4.68	55	63	3.40	63.2	157	0.516	0	4.96	178
44	1.16	3.00			3.79	60.2	114	0.341	0	4.84	720
45	3.46	4.50	70	13	3.65	48.3	43	0.329	678	4.90	285
46	0.95	3.35			3.70	54.0	285	0.437	0	4.85	841
47	3.05	4.83	54	54	2.47	19.3	43	0.374	446	4.83	371
48	0.84	3.53	59	42	3.71	62.0	157	0.332	294	4.95	421
49	1.46	3.05			3.58	56.8	43	0.292	92	4.88	805
50	1.09	3.43	61	28	3.75	53.0	43	0.325	342	4.90	955
51	0.96	2.90	52	55	3.77	57.7	142	0.317	0	4.84	812
54	1.36	4.08	61	21	3.83	63.9	43	0.363	0	4.88	896
55	0.57	3.28	59	36	3.72	66.2	71	0.320	44	4.89	1116
57	2.75	4.80			4.24	58.7	57	0.293	66	4.84	335
58	1.32	5.23	62	43	3.09	12.2	14	0.317	39	4.93	555
60	1.25	3.15	55	28	3.49	58.6	28	0.261	0	4.90	214
61	1.61	4.25	3	187	3.78	54.6	57	0.270	134	4.80	1290
63	1.25	3.23	50	69	4.19	64.9	71	0.255	39	4.83	541
64	1.39	3.40	58	64	3.90	58.8	57	0.249	140	4.93	399
65	1.86	4.28			4.35	54.9	43	0.264	376	4.87	100
66	1.48	3.30	61	69	3.97	57.7	185	0.266	104	4.82	863
68	1.52	3.33	52	46	3.88	57.2	43	0.289	24	4.90	371
70	2.11	4.13	58	37	3.67	63.5	57	0.308	167	4.91	86

菌株 No	侵害長 (mm/day)		菌床栽培		菌糸伸長 速度 (PDA, mm/day)	液体培地				おがくず培地	
	by <i>I. poly</i>	by <i>H. nig</i>	収穫日数 (日)	子実体 収量 (g)		菌糸 体重量 (mg)	Laccase ( $\mu$ kat /l)	培養液 タンパク質 (%)	Protease ( $\mu$ g/ l $\cdot$ sec)	pH	Laccase ( $\mu$ kat /l)
71	1.82	3.85	52	35	3.95	64.1	57	0.283	230	4.91	299
72	2.13	3.93	54	91		55.5	114	0.250	54	4.90	591
75	1.05	3.35			3.55	60.1	157	0.266	60	4.88	820
76	0.82	3.23	62	10	3.74	60.0	370	0.312	0	4.79	784
77	3.02	6.05	10	21	3.69	44.5	442	0.247	185	4.97	705
78	1.69	3.38	57	43	3.19	52.7	114	0.206	281	4.75	1339
79	1.02	2.83			3.75	45.6	228	0.257	45	4.88	755
80	2.41	4.30	60	21	3.53	50.3	14	0.259	194	4.80	485
82	1.18	2.78			3.59	68.5	214	0.240	72	4.89	1197
83	3.16	5.85	45	61	3.63	39.1	584	0.261	463	4.89	314
84	1.34	3.05	53	76	3.80	55.4	100	0.291	81	4.80	969
85	3.11	3.93	66	60	3.75	51.7	28	0.280	245	4.90	1375
86	1.09	3.18	64	33	3.84	67.9	43	0.235	176	4.78	955
87	0.34	1.95	56	73	2.44	68.1	28	0.327	0	4.89	598
88	1.39	3.60	48	57	3.83	57.7	43	0.220	0	4.89	577
90	1.02	3.63			3.89	57.6	100	0.484	161	4.85	791
91	2.21	3.78	64	12	3.73	57.0	28	0.215	203	4.90	349
92	2.32	4.15			3.28	64.0	128	0.319	0	4.92	221
93	0.96	3.10	61	36	3.51	60.2	28	0.234	272	4.93	128
94	1.84	3.90	60	34	3.34	59.6	228	0.294	0	4.88	570
96	1.61	3.78			3.75	37.1	57	0.313	0	4.93	370
98	1.32	4.00	45	36	1.70	51.9	28	0.312	0	4.95	185
99	1.84	4.20			3.23	36.2	228	0.299	508	4.93	363
520号	1.13	3.38	21	180	3.86	51.1	313	0.371	3	4.92	2550
試料数	81	81	55	55	81	81	81	81	81	82	82
最大	3.46	6.13	70	187	4.35	70.4	783	0.516	678	5.23	1546
最少	0.34	1.95	3	5	1.27	9.1	0	0.206	0	4.75	0
平均	1.62	3.79	51.5	56.6	3.54	54.2	129.7	0.306	133.0	4.88	573.2
標準偏差	0.65	0.81	16.4	41.0	0.56	12.5	140.7	0.057	156.6	0.07	369.9
変動係数	0.40	0.21	0.32	0.72	0.16	0.23	1.08	0.18	1.18	0.01	0.65