

きのこ廃菌床等の畜産的利用に関する調査

きこの廃菌床等の畜産的利用に関する調査

特産部 増野和彦・小出博志・大矢信次郎

1 緒言

きこの菌床栽培では廃菌床が多量に排出されるが、資源のリサイクルや生活環境改善のため有効利用法の開発が望まれている。これら廃菌床を飼料や敷料などへの畜産的利用を図るため、廃菌床の成分組成などの基礎的検討を行った。

菌床栽培の行われているきこの多くは、木材成分の内、リグニンの分解能を有する白色腐朽菌¹⁾である(表-1)。廃菌床を飼料として利用しようとする場合、リグニンが極力除かれていることが望ましい(図-1)。

しかし、実用的な菌床栽培における培地内リグニン含有率の経時的变化²⁾については、検討例が少なく未解明な点が多い。多量に排出される廃菌床の有効利用のためには、リグニン含有率の経時的变化の把握が必要である。そこで、菌床栽培きこのこについて、現行の実用的方法で栽培試験を行い、その期間内での培地内リグニン含有率の経時的变化を調査した。

なお、本研究は、緑資源活用推進調査事業「きこの廃菌床等の畜産的利用に関する調査」(平成7~9年度)の一環として、(社)日本林業技術協会からの委託により実施した。同調査の内、長野県林業総合センターで担当した「廃菌床の成分組成調査」及び「白色腐朽菌の探索」について取りまとめ報告するものである。

表-1 木材腐朽菌の木材成分の分解能

木材成分	白色腐朽菌	褐色腐朽菌
リグニン	●	●
ヘミセルロース	●	●
セルロース	●	●

● 分解能有り ● 分解能がほとんどないか極めてわずかに有る

「廃菌床の成分組成調査」では、木材成分の内、リグニンを主として分解吸収するナメコ、エノキタケなど主要な白色腐朽菌について、栽培過程中的リグニン含有率の変化を測定し、高リグニン分解系統の選抜を行った。

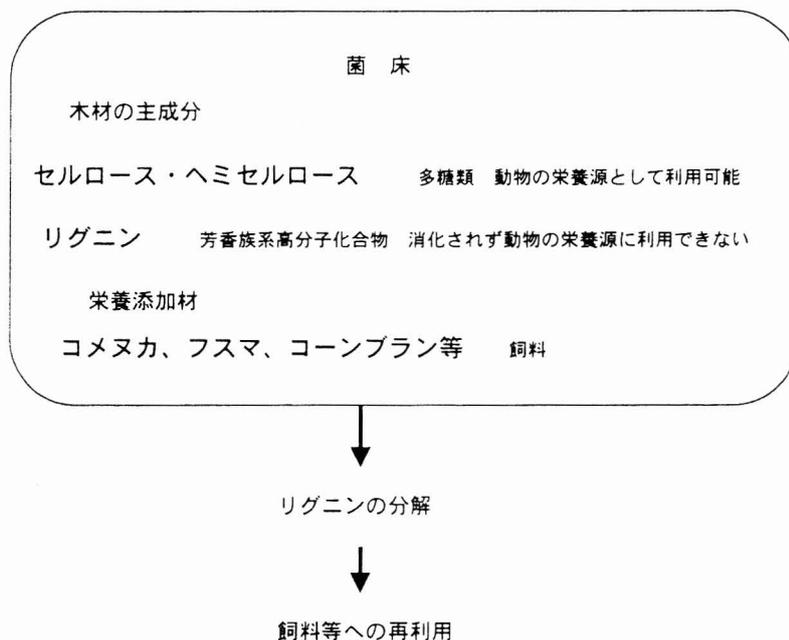


図-1 廃菌床の資料等への再利用とリグニン分解

ナメコ

分析 4 回 14 系統 (栽培品種 6 系統、野生株 8 系統) ブナ : フスマ = 10 : 2 (容積比)

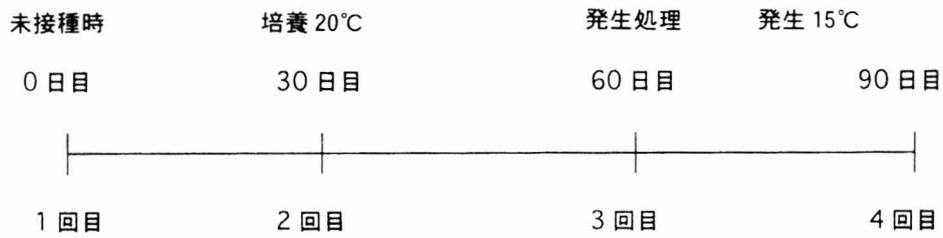


図-2 ナメコの栽培方法と分析回数

エノキタケ

分析 3 回 10 系統 (栽培品種 9 系統、野生株 1 系統) スギ : コメヌカ = 3 : 1 (容積比)

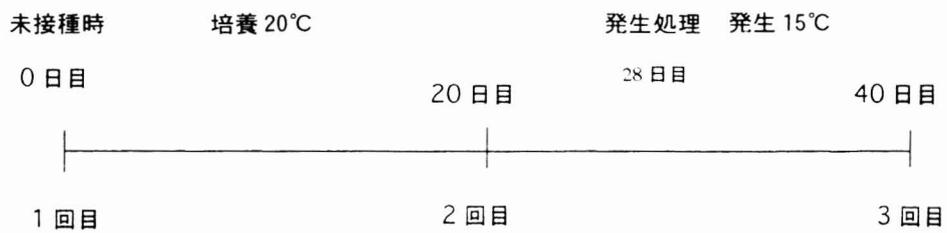


図-3 エノキタケの栽培方法と分析回数

ブナシメジ

分析 4 回 5 系統 (栽培品種 1 系統、野生株 4 系統) オガコ : コメヌカ = 3 : 1 (容積比) オガコ (ブナ : スギ = 4 : 6)

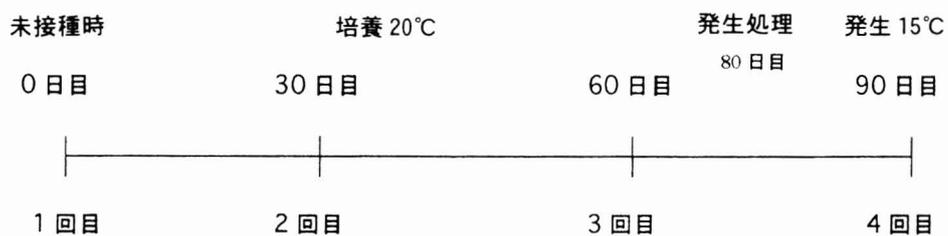


図-4 ブナシメジの栽培方法と分析回数

「白色腐朽菌の探索」では、野生きのこの内、今後栽培量の増加が期待される白色腐朽菌について、栽培過程におけるリグニン含有率変化を測定し、高リグニン分解系統の選抜を行った。

2 研究の方法

2.1 廃菌床の成分組成調査

菌株としては、ナメコ14系統（栽培品種6系統、野生株8系統）、エノキタケ10系統（栽培品種9系統、野生株1系統）、ブナシメジ5系統（栽培品種1系統、野生株4系統）である。

栽培方法は、各種きのこの標準的な方法により行った⁽¹⁾。オガコについては、ナメコはブナ、エノキタケはスギを用い、ブナシメジはブナとスギを混用した。

試料採取は、殺菌直後の未接種培地と各種きのこの標準的栽培期間に応じて、培養中及び子実体発生後の培地から3ないし4回採取した。

リグニン分析は、JIS法（P8008）に準じて Klason Lignin量を測定した^(3,8)。

方法の詳細は、図-2～5に示した。

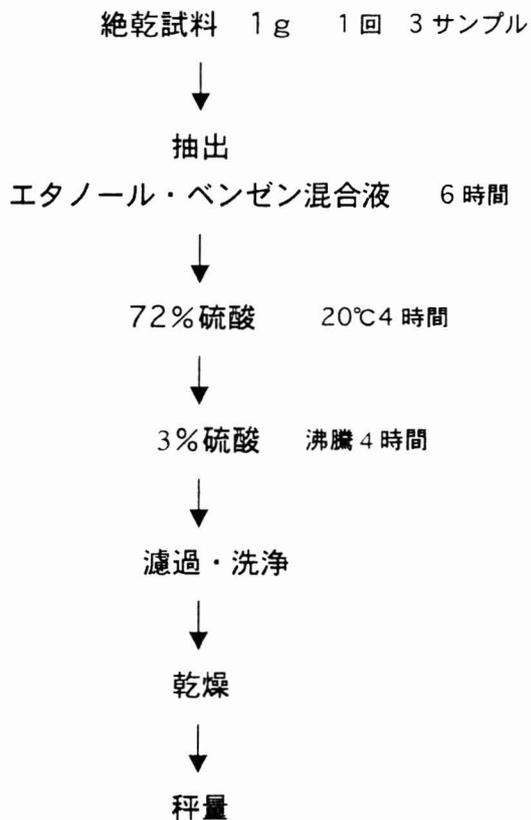


図-5 リグニン分析（JIS法 P8008）の手順

2.2 白色腐朽菌の探索

菌株としては、ヌメリスギタケ1系統、ヤマブシタケ2系統、クリタケ1系統、マンネンタケ1系統（ヌメリスギタケ以下全て野生株）である。

栽培方法は、各種きのこの標準的な方法により行った^(2,5)。オガコについては、ヌメリスギタケ、ヤマブシタケ、クリタケ、マンネンタケはブナを用いた。

試料採取は、殺菌直後の未接種培地と各種きのこの標準的栽培期間に応じて、培養中及び子実体発生後の培地から3ないし4回採取した。

リグニン分析は、JIS法（P8008）に準じて Klason Lignin量を測定した^(3,8)。

方法の詳細は、図-5、6に示した。

3 結果と考察

3.1 廃菌床の成分組成調査

結果を表-2～6及び図-7～11に示した。

きのこの種類により栽培期間、培地組成に差があるため、単純に比較することはできないが、各種きのこの実用的栽培期間内においては、リグニンが選択的に減少している明確な傾向は確認できなかった。しかしながら、きのこの種類により、栽培過程におけるリグニン含有率の変化傾向には、小さいが差異が認められた。

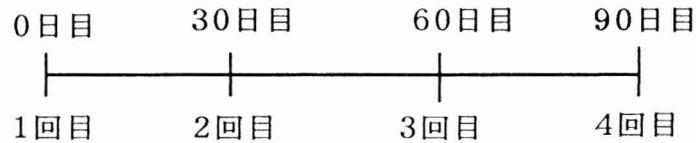
最も、リグニン含有率が減少しなかったのは、エノキタケである。培地に腐朽されにくいスギオガコを用いるためか、未培養培地のリグニン含有率を100とすると、20日培養後には割合が10系統中9系統が、104.4～123.8と未培養培地を上回った。最終の40日目にも10系統中9系統が、リグニン含有率の割合が未培養培地を上回り、101.8～111.9であった。

オガコの60%にスギを用いたブナシメジも同様に、未培養培地に対して30日目はリグニン含有率が上昇する傾向があった。しかしその後は、エノキタケに比べ減少する傾向を示し、5系統中4系統が、最終90日目では未培養の含有率を下回り、90.0～96.9であった。

オガコの全てにブナを用いたナメコは、エノキタケ、ブナシメジよりリグニン含有率が減少すると予想されたが、一部の系統に減少傾向が見られた程度であった。14系統中9系統が、エノキタケ、

ヌメリシギタケ 分析4回 1系統 プナ：コーンブラン＝10：2（容積比）

未接種時



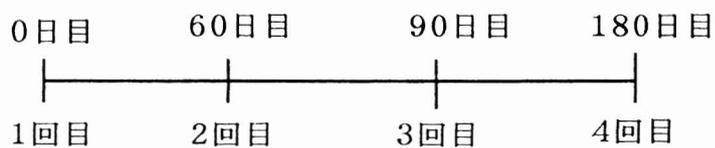
ヤマブシタケ 分析3回 2系統 プナ：アスマ：コーンブラン＝10：1：1（容積比）

未接種時



クリタケ 分析4回 1系統 プナ：スーパーブラン＝10：1.5（容積比）

未接種時



マンネンタケ 分析4回 1系統 プナ：コメヌカ＝10：1.5（容積比）

未接種時

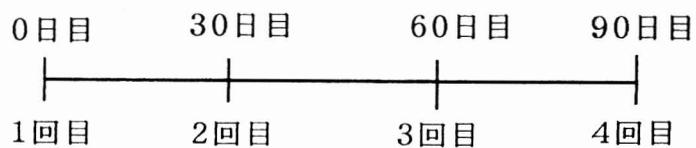


図-6 白色腐朽菌の栽培方法と分析回数

ブナシメジと同様に30日目に、未培養培地よりリグニン含有率が上昇した。最終の90日目に、未培養培地に対してリグニン含有率が下回ったのは、14系統中4系統であった。ただし、そのうち3系統は、未培養培地に対して76.5～85.1であり、一部ではあるが、エノキタケ、ブナシメジに比較すると、リグニン含有率の減少の大きい系統が認められた。

3.2 白色腐朽菌の探索

結果を表7～10及び図12～15に示した。

マンネンタケ、クリタケ、ヌメリスギタケ、ヤマブシタケとも、栽培過程中的リグニン含有率は明確な減少傾向がなかった。しかし、そのなかでマンネンタケ、クリタケは、他のきのこに比較するとわずかであるが、減少傾向を示した。

4 総合考察

6機関の共同で行われた当該調査では、当センターの担当項目の他に、廃菌床の発生量調査、他の主要栽培きのこについてのリグニン含有率調査、セルラーゼによる消化率の測定なども行われた¹⁾。これらの結果も踏まえて、当センターでの結果を総合的に考察する。

廃菌床の発生量調査によると、全国で排出される廃菌床は、年間1,287,863m³である。都道府県別では、長野県の排出量が最も多く、562,000m³である。

これらの廃菌床の73%は、何らかの再利用が行われているが、残りは、野積みや焼却処分などにより廃棄されている。

再利用される場合も、広葉樹オガコに比べ針葉樹オガコは、腐朽に長期間を要し、取り扱いに困難を要している。

これらの廃菌床を飼料や敷料への畜産的利用の可能性について検討した。この場合、木材の成分の内、リグニンは芳香族高分子化合物¹¹⁾であり、動物が消化できず、できる限り取り除かれていることが望ましい。

主要な栽培きのこは白色腐朽菌で、リグニン分解能が高いと言われている⁸⁾。これらの栽培過程で、培地中のリグニン分解の程度を把握することは、廃菌床の利用を検討する上で必要である。

そこで今回当センターでは、ナメコ、エノキタ

ケ、ブナシメジの主要栽培きのこ及び、今後栽培量の増加が見込まれる品目について、栽培過程中的リグニン含有率の変化を測定するとともに、高リグニン分解系統の選抜を行った。

その結果、今回の検討では、栽培期間内において培地内のリグニンが選択的に減少しているきのこの種類、系統を明確に確認できず、廃菌床を飼料等に利用するための脱リグニン処理として、菌床栽培過程のみでは、不十分であることが示唆された。

広葉樹オガコを用いた場合も、針葉樹よりリグニン含有率の減少傾向はあるものの、全体的には減少傾向は小さく、菌床栽培期間内では、リグニンの分解が進んでいないことが示唆された。

今回の検討では、可能な限り多くのきのこの種類、系統について、栽培過程中的多くの回数を測定することに重点をおいた。したがって、相対的なリグニン含有率を算出した検討結果である。今後の課題として、品目と系統を絞り、セルロース、ヘミセルロースも含めて絶対量を把握する必要がある。

共同研究機関である、日本きのこセンター菌草研究所及び日本きのこ研究所で実施した、シイタケ、ヒラタケ、マイタケの調査結果でも全般的にリグニンの分解は、進まなかった¹²⁾。

また、同様の共同研究機関で廃菌床のセルラーゼによる糖化率を調べた。セルラーゼによる糖化率の測定は、飼料としての利用の可能性を、リグニン含有率で検討するのは別に、セルロースの分解しやすさとして検討するものである¹³⁾。

その結果、エノキタケ、ヒラタケ、ヌメリスギタケ、ヤマブシタケは低下し、栄養材の方が先に利用されていることが示唆された。マイタケ、ブナシメジ、ナメコの場合は栽培期間が長いこともあって消化率が幾分高くなった。シイタケの場合、多くの菌株で稲わらの消化率42%を越えた。

シイタケについては、一部有望な菌株もみられたが、他の品目では、リグニン含有率での検討と同様に、菌床栽培過程のみでは、廃菌床の飼料としての利用は困難と認められた。

表-2 ナメコ培地のリグニン含有率の変化 (野生株)

品種	リグニン含有率 (%)							
	0日目		30日目		60日目		90日目	
	分析値	平均値	分析値	平均値	分析値	平均値	分析値	平均値
OT1	26.4		32.4		29.1		27.6	
	26.1		30.2		28.2		26.6	
	28.7	27.1	28.1	30.3	24.7	27.4	27.1	27.1
AS1	26.4		33.2		32.2		29.2	
	26.1		36.1		29.5		28.3	
	28.7	27.1	34.0	34.5	29.4	30.3	25.5	27.7
TN1	26.4		30.0		32.7		25.8	
	26.1		29.4		25.8		27.3	
	28.7	27.1	29.4	29.6	27.2	28.5	28.2	27.1
AK1-1	26.4		28.8		27.7		29.1	
	26.1		29.5		28.4		27.1	
	28.7	27.1	30.8	29.7	30.5	28.9	27.6	28.0
AK7-1	26.4		30.0		29.1		28.3	
	26.1		35.2		27.1		26.3	
	28.7	27.1	33.9	33.1	28.5	28.2	27.1	27.3
TA1	24.8		26.6		27.1		25.4	
	25.2		25.9		26.0		26.0	
	27.2	25.7	27.7	26.7	26.8	26.7	25.4	25.6
TA3	24.8		31.5		23.9		27.7	
	25.2		31.8		30.3		26.7	
	27.2	25.7	24.5	29.2	29.1	27.8	28.9	27.7
TA5	28.5		24.8		27.5		27.7	
	24.4		27.2		23.9		27.1	
	28.5	27.1	25.6	25.9	25.8	25.7	27.8	27.5

表-3 ナメコ培地のリグニン含有率の変化 (栽培品種)

品種	リグニン含有率 (%)							
	0日目		30日目		60日目		90日目	
	分析値	平均値	分析値	平均値	分析値	平均値	分析値	平均値
MO13	24.8		33.6		29.6		27.0	
	25.2		29.1		27.8		27.7	
	27.2	25.7	27.8	30.2	28.8	28.7	28.5	27.7
KN248	24.2		24.8		23.9		23.3	
	33.2		27.8		26.5		24.0	
	25.0	27.5	25.8	26.1	26.2	25.5	22.9	23.4
T130	27.8		29.3		30.6		28.3	
	24.6		24.1		32.3		32.0	
	26.3	26.2	26.7	26.7	28.6	30.5	30.4	30.2
KN231	27.8		27.4		26.2		30.0	
	24.6		26.8		26.1		29.2	
	26.3	26.2	24.5	26.2	25.5	25.9	27.6	28.9
307	22.8		21.6		19.8		20.1	
	23.1		15.1		18.0		17.9	
	25.4	23.8	18.9	18.5	19.5	19.1	16.5	18.2
310	24.5		15.4		20.0		20.9	
	24.8		17.9		21.1		21.0	
	19.5	22.9	16.2	16.5	21.6	20.9	15.3	19.1

表-4 エノキタケ培地のリグニン含有率の変化①

品種	リグニン含有率 (%)					
	0日目		20日目		40日目	
	分析値	平均値	分析値	平均値	分析値	平均値
TK	27.4		30.2		27.8	
	31.0		29.1		31.2	
	29.8	29.4	28.8	29.4	28.9	29.3
TJ	27.4		35.4		33.2	
	31.0		36.7		32.4	
	29.8	29.4	37.0	36.4	33.0	32.9
YO	27.4		37.6		32.1	
	31.0		31.6		32.0	
	29.8	29.4	32.8	34.0	32.7	32.3
JA	27.4		37.8		32.2	
	31.0		35.1		32.4	
	29.8	29.4	34.4	35.8	30.4	31.7
TA14	27.4		31.8		32.8	
	31.0		33.2		32.9	
	29.8	29.4	31.0	32.0	35.0	33.6

表-5 エノキタケ培地のリグニン含有率の変化②

品種	リグニン含有率 (%)					
	0日目		20日目		40日目	
	分析値	平均値	分析値	平均値	分析値	平均値
SB	30.9		39.6		35.9	
	38.0		34.4		34.3	
	32.5	33.8	35.6	36.5	33.1	34.4
S6	30.9		38.5		36.4	
	38.0		35.9		32.2	
	32.5	33.8	32.8	35.8	36.9	35.2
G3	30.9		38.9		33.9	
	38.0		36.9		34.9	
	32.5	33.8	35.2	37.0	36.1	35.0
G4	30.9		33.4		35.7	
	38.0		36.5		33.7	
	32.5	33.8	38.2	36.0	34.6	34.7
G5	30.9		36.1		35.4	
	38.0		34.6		33.3	
	32.5	33.8	35.1	35.3	36.2	35.0

表-6 ブナシメジ培地のリグニン含有率の変化

品種	リグニン含有率 (%)							
	0日目		30日目		60日目		90日目	
	分析値	平均値	分析値	平均値	分析値	平均値	分析値	平均値
T2	30.1		29.3		25.7		26.1	
	27.1		29.9		29.4		25.7	
	29.4	28.9	30.3	29.8	28.5	27.9	28.7	26.8
KD861	30.1		38.4		29.1		25.8	
	27.1		27.6		29.6		24.6	
	29.4	28.9	36.3	34.1	28.7	29.1	27.6	26.0
KD901	30.1		39.3		30.3		27.3	
	27.1		33.2		35.1		26.3	
	29.4	28.9	36.4	36.3	31.0	32.1	28.1	27.2
TDM	30.1		29.3		30.2		31.0	
	27.1		30.8		30.3		29.8	
	29.4	28.9	30.2	30.1	29.4	30.0	29.9	30.2
SM	30.1		29.9		35.8		27.0	
	27.1		32.1		29.3		28.2	
	29.4	28.9	32.3	31.4	34.4	33.2	28.8	28.0

表-7 ヌメリシグタケ培地のリグニン含有率の変化

品種	リグニン含有率 (%)							
	0日目		30日目		60日目		90日目	
	分析値	平均値	分析値	平均値	分析値	平均値	分析値	平均値
TRS1	24.8		27.2		27.9		25.9	
	25.2		28.3		29.4		25.3	
	27.2	25.7	27.5	27.7	28.9	28.7	25.4	25.5

表-8 ヤマブシタケ培地のリグニン含有率の変化

品種	リグニン含有率 (%)					
	0日目		30日目		60日目	
	分析値	平均値	分析値	平均値	分析値	平均値
Y1	26.3		27.3		24.7	
	26.1		25.7		30.0	
	25.4	25.9	27.7	26.9	27.0	27.2
Y2	26.3		25.9		23.3	
	26.1		28.3		24.6	
	25.4	25.9	23.7	26.0	25.1	24.3

表-9 マンネンタケ培地のリグニン含有率の変化

品種	リグニン含有率 (%)							
	0日目		30日目		60日目		90日目	
	分析値	平均値	分析値	平均値	分析値	平均値	分析値	平均値
G1	27.9		28.7		32.3		26.1	
	32.3		29.5		29.5		27.1	
	31.1	30.4	27.6	28.6	30.4	30.7	27.9	27.0

表-10 クリタケ培地のリグニン含有率の変化

品種	リグニン含有率 (%)							
	0日目		60日目		120日目		180日目	
	分析値	平均値	分析値	平均値	分析値	平均値	分析値	平均値
林総株	31.2		29.0		29.5		25.8	
	29.7		29.6		28.4		27.5	
	31.5	30.8	28.8	29.1	31.3	29.7	28.1	27.1

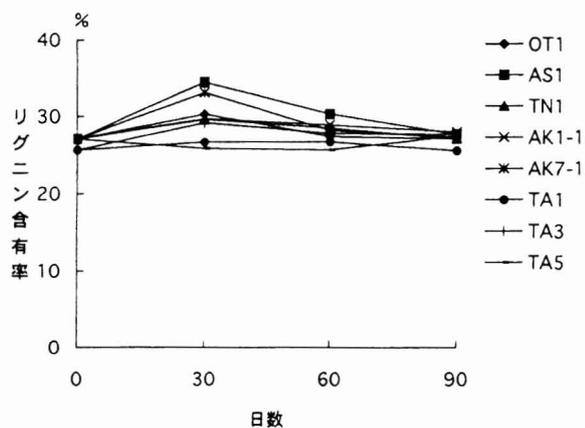


図-7 リグニン含有率の経時変化 (ナメコ野生株)

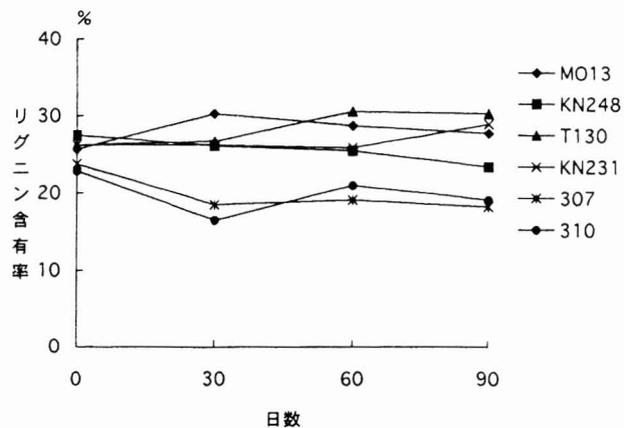


図-8 リグニン含有率の経時変化 (ナメコ栽培品種)

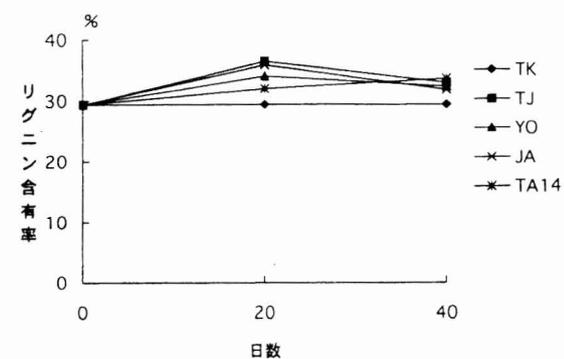


図-9 リグニン含有率の経時変化 (エノキタケ①)

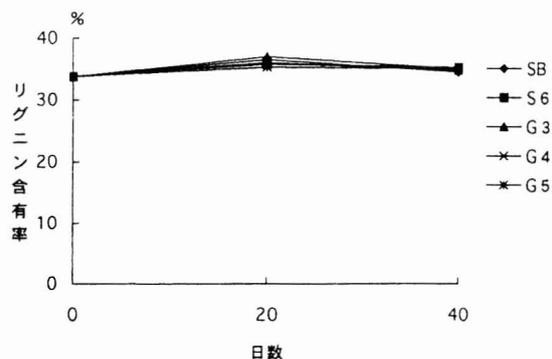


図-10 リグニン含有率の経時変化 (エノキタケ②)

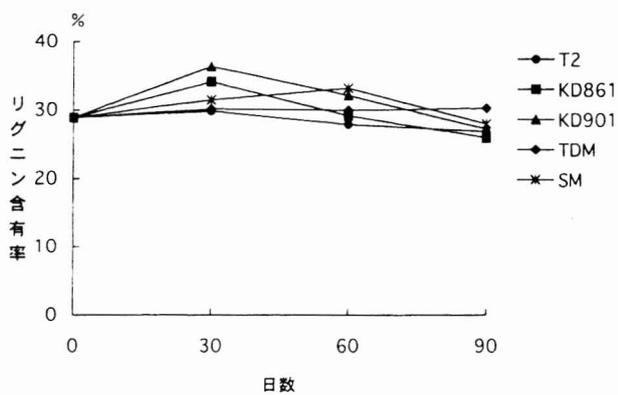


図-11 リグニン含有率の経時変化 (フナシメジ)

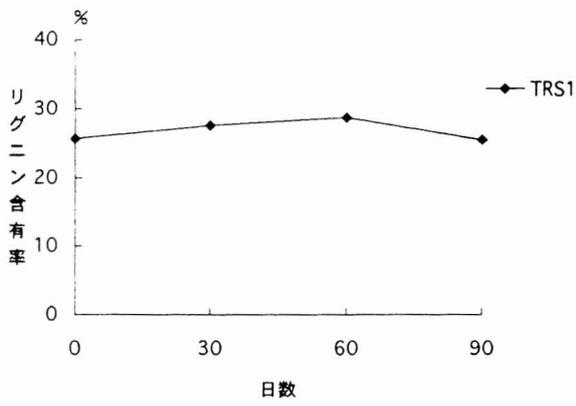


図-12 リグニン含有率の経時変化
(ヌメリシギタケ)

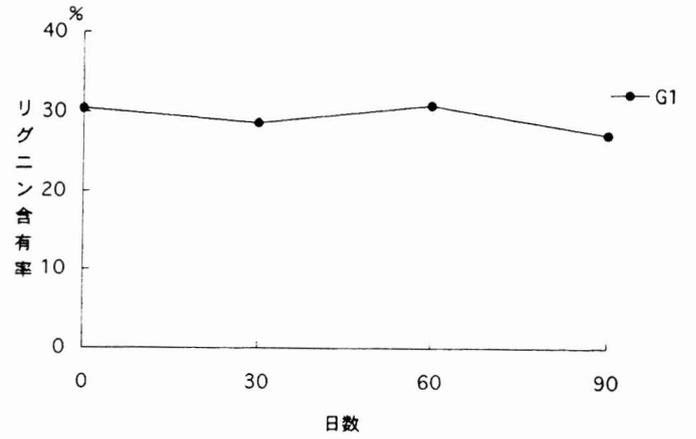


図-14 リグニン含有率の経時変化(マンネンタケ)

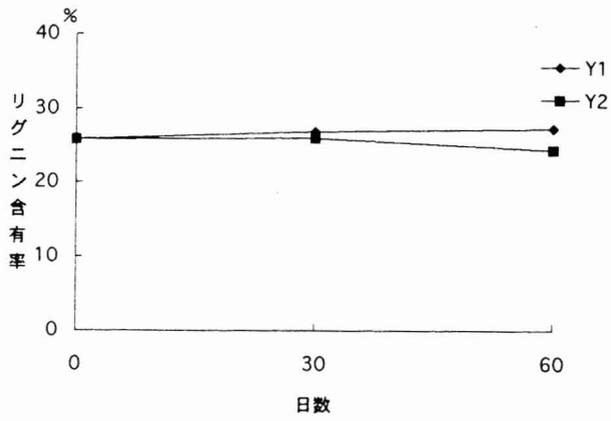


図-13 リグニン含有率の経時変化 (ヤマブシタケ)

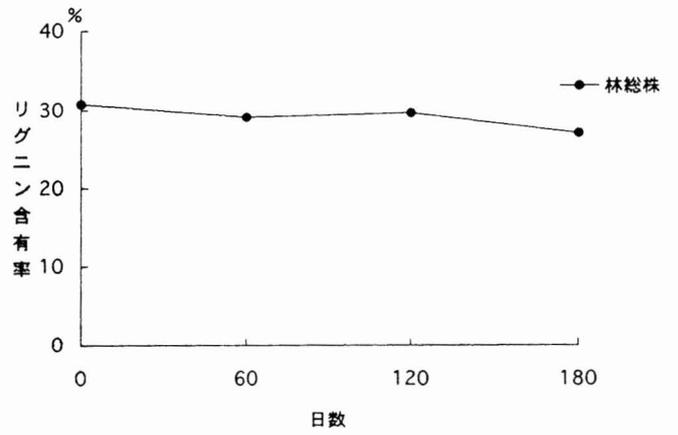


図-15 リグニン含有率の経時変化 (クリタケ)

5 要旨

廃菌床の畜産的利用を図るため、菌床栽培きのこについて栽培試験を行い、培地内リグニン含有率の経時的変化を調査した。その結果は、以下のとおりである。

5.1 今回の検討では、栽培期間内において培地内のリグニンが選択的に減少しているきのこの種類、系統を明確に確認できず、廃菌床を飼料等に利用するための脱リグニン処理として、菌床栽培過程のみでは、不十分であることが示唆された。

5.2 広葉樹オガコを用いた場合も、針葉樹よりリグニン含有率の減少傾向はあるものの、全体的には減少傾向は小さく、菌床栽培期間内では、リグニンの分解が進んでいないことが示唆された。

5.3 食用きのこ類の菌床栽培における培地内の状態を把握するための資料が得られた。

6 キーワード

きのこ廃菌床、リグニン含有率、白色腐朽菌

7 謝辞

調査の推進にあたっては、日本林業技術協会における専門部会座長の志水一充博士はじめ各委員及び調査研究部の皆様に、多大なご指導・ご協力を頂戴した。ここに改めて感謝申し上げる。

8 引用文献

- (1) 柿本陽一他(1994)きのこ栽培指標(長野県・長野県経済連他、323pp)、9-38、145-165
- (2) 七宮清(1982)マンネンタケ(キノコの事典、中村克哉編、492pp)、450-454
- (3) 日本工業規格パルプ材のリグニン試験方法(P8008-1976)
- (4) 社団法人日本林業技術協会(1998)きのこ廃菌床等の畜産的利用に関する調査研究報告書、460pp、4-15、73-110
- (5) 古川久彦(1984)微生物による食・飼料化(わかりやすい林業研究解説シリーズ73森林資源の新しい利用下巻利用編、林業科学技術振興所、169pp)、128-135
- (6) 増野和彦・小出博志(1998)、菌床栽培用きのこの育種と栽培技術の改良(長野県林総セ研報第12号、152pp)、123-140

(7) 目黒貞利(1997)腐朽菌(木材科学講座12保存・耐久性、屋我副良、河内進策、今村裕嗣編、224pp、青海社)、71-78

(8) 安田征市(1988)木材分析(増補改訂木材科学実験書Ⅱ、化学編、日本木材学会化学編編集委員会、375pp、中外産業調査会)、151-157