

# 施設空調型ナメコ高速栽培におけるスギおが粉の利用

清水達哉<sup>1</sup>

**要旨：**施設空調型ナメコ高速栽培における培地基材としてのスギおが粉の利用可能性を検証するため、コナラおが粉に対するスギおが粉の置換率（乾燥、容積率）、添加材の炭酸カルシウムの添加、および栄養材の特ふすま混合割合増加の効果検証を五つの栽培試験により行った。その結果、コナラおが粉にスギおが粉を混合した培地において、生産現場において標準的と考えられる培地より明確に増収した培地はなかった。しかし、コナラおが粉に対する置換率25%までであれば、炭酸カルシウムを添加した培地では、その収量差はほとんどゼロあるいは約5～10 gに過ぎなかったことから、スギおが粉が利用できると考えられた。炭酸カルシウム無添加の場合、スギおが粉の置換率65%までは、炭酸カルシウム無添加のコナラおが粉単用培地の収量をわずかに上回り、子実体個数は同程度だった。培地への炭酸カルシウム添加により、コナラおが粉にスギおが粉を混合した培地およびコナラおが粉単用培地において増収した。一方で、スギおが粉の置換率が増加するにつれ、炭酸カルシウム添加の効果は減少した。特ふすまの混合割合増加による増収効果は認められなかった。

**キーワード：**KX-N008号、代替資材、コナラおが粉、スギおが粉、炭酸カルシウム

## I. はじめに

ナメコ (*Pholiota microspora*) は日本で広く栽培されている主要なきのこの一つであり、新潟県、長野県、山形県を中心に年間約2万4千tが生産されている（農林水産省 2025）。ナメコの栽培方法には菌床栽培と原木栽培がある（熊田 2001）が、現在ではほとんどが菌床栽培による（農林水産省 2025）。ナメコ菌床栽培において、大部分の広葉樹はおが粉原料として使用でき（庄司 2022）、ブナ、コナラ、シデ類、ホオノキ、クヌギ、ヤマザクラなどが好適とされている（小出 1992）。一方で、針葉樹のほか、ケヤキ、クリ、ネムノキ、ミズキ、ソヨゴは使用に適さないとされている（小出 1992；庄司 2022）。

ナメコ菌床栽培は、ポリプロピレンなどを材料とした栽培ビンを用いた栽培方法が一般的であり、広葉樹おが粉などの培地基材、ふすまなどの栄養材およびpH調整剤などの添加材を混合した培地を栽培ビンに充填したものに種菌を接種して栽培する。しかし、1980年代頃にはすでに、菌床栽培に使用する広葉樹おが粉の安定確保が困難になりつつあった（例えば、本間・篠田 1984；渡部ら 1984）。このため、広葉樹おが粉の代替資材として、一般的にきのこ栽培に不適とされる針葉樹おが粉の利用可能性について検討されてきた（例えば、本間・篠田 1984；渡部ら 1984）。

ナメコなどの栽培きのこの菌床栽培において針葉樹おが粉が不適とされる理由として、針葉樹には菌糸の発育を阻害する樹脂成分が多く含まれていること（庄司 1982）、針葉樹と広葉樹ではリグニンの化学構造に相違があり、針葉樹リグニン（グアイアシルリグニン）は広葉樹に多いシリングルリグニンより微生物分解を受けにくいこと（例えば、高橋 1989）などが挙げられる。

ナメコ菌床栽培において、スギやカラマツなどの針葉樹おが粉の利用可能性に関する研究は、1970年代から1980年代にかけて林野庁の総合助成試験大型プロジェクト研究で行われた（例えば、本間・篠田 1984；斎藤・篠原 1984；渡部ら 1984）。本間・篠田（1984）および渡部ら（1984）は、ナメコ菌床栽培におけるスギ等の針葉樹おが粉の利用を検討し、ブナおが粉を培地基材とした対照培地と比較して、培地基材の全量をスギおが粉で構成した培地（本間・篠田 1984）およびスギおが粉をブナおが粉に混合した培地（本間・篠田 1984；渡部ら 1984）のいずれにおいても収量が低下したことを報告している。また、新潟県と同様にナメコの主要産地である長野県においては、広葉樹おが粉の代替としてカラマツ、ヒノキの利用が検討され、針葉樹おが粉にふすま、コーンブラン、消石灰を組み合わせた培地で、広葉樹おが粉を用いた培地とほぼ同等の収量が得られることを確認した（斎藤・篠原 1984）。しかしその後、ナメコの空調施設栽培が全国的に普及するなかで産地間競争が激化し、

本内容の一部は、第137回日本森林学会大会でポスター発表した。

<sup>1</sup>新潟県森林研究所（〒958-0264 新潟県村上市鵜渡路2249-5）

（2025年10月28日受付、2026年1月19日受理）

生産の効率化のために1ビンあたり収量の大幅な増加が求められるようになった。その結果、針葉樹おが粉の利用は生産現場には広がらなかった（増野 2012）とされている。

一般に、スギおが粉は入手が容易で広葉樹おが粉よりも安価であり、スギおが粉をナメコ菌床栽培に利用できれば、ナメコ生産コストの低減に資することが期待される。また、近年、日本における花粉症対策として、戦後造林されたスギなどの針葉樹林の伐採が加速する（林野庁 2024）ことが考えられ、それに伴いスギ材の供給量が増加すると考えられる。スギ人工林の伐採、植替を加速化するうえで、スギ材の需要拡大は不可欠である（林野庁 2024）。さらに、2023年5月に決定された「花粉症対策の全体像」（内閣官房 2023）では、住宅分野におけるスギ材製品への転換促進や木材活用大型建築の新築着工面積の倍増等の需要拡大対策を進め、スギ材製品の需要を現状の1,240万 $m^3$ から10年後までに1,710万 $m^3$ に拡大することを目指すとしている。スギ人工林の伐採量増加に伴い、住宅等の建築に使用される比較的通直なスギ材だけでなく、木質バイオマス発電等に使用される住宅等の建築に適さないスギ材の供給量が増加すると考えられる。これらのスギ材をナメコ等のきのこ菌床栽培に利用できれば、森林資源の有効活用に資する可能性がある。

ナメコ菌床栽培における針葉樹おが粉の利用可能性の検討は、前述の総合助成試験大型プロジェクト研究で行われた。しかし、それらの研究成果は、培養完了後に発生処理を行い、ナメコの発生がみられなくなるまで収穫を継続する栽培方法によるものである。近年普及している施設空調型ナメコ栽培における高速栽培では、培養日数が60日以内で発生操作の可能な専用品種を使用し、1回発生のみを収穫して、発生管理期間を20日間以内、合計栽培日数で80日間以内とする極めて短期間での栽培ローテーション方式（木村 2014）が採用されている。このような短期栽培方式における針葉樹おが粉の利用に関する知見はみられない。そこで本研究では、施設空調型ナメコ高速栽培における培地基材としてのスギおが粉の利用可能性を検証するため、コナラおが粉に対するスギおが粉の置換率（乾燥、容積率）、添加材の炭酸カルシウムの添加、および栄養材の特ふすま混合割合増加の効果検証を五つの栽培試験により行った。

## II. 材料と方法

### 1. 供試菌

ナメコの種菌としてKX-N008号（株式会社キノックス）を供試した。

### 2. 培地資材

五つの栽培試験のうち、一つ目および二つ目の栽培試験（以下、試験1および試験2）における培地基材には、2023年11月26日に購入後、屋根付きの小屋で常温保管したコナラおが粉および2022年12月22日に購入後、試験1は11か月、試験2は14か月散水や攪拌などをせずに野積みしたスギおが粉を使用した。コナラおが粉の粒度ごとの質量割合は、2.8 mm以上が5.5%、2.0 mm以上2.8 mm未満が21.7%、1.4 mm以上2.0 mm未満が60.5%、1.4 mm未満が12.3%だった。スギおが粉の粒度ごとの質量割合は、2.8 mm以上が3.4%、2.0 mm以上2.8 mm未満が40.8%、1.4 mm以上2.0 mm未満が48.5%、1.4 mm未満が7.3%だった。三つ目の栽培試験（以下、試験3）における培地基材には、2024年5月24日に購入後、屋根付きの小屋で常温保管したコナラおが粉および2024年2月21日に購入後、11か月散水や攪拌などをせずに野積みしたスギおが粉を使用した。コナラおが粉の粒度は不明であるが、試験1、2、および後述する試験4、5で使用したコナラおが粉より粗かった。スギおが粉の粒度ごとの質量割合は、2.8 mm以上が1.0%、2.0 mm以上2.8 mm未満が4.6%、1.4 mm以上2.0 mm未満が39.6%、1.4 mm未満が54.9%だった。四つ目および五つ目の栽培試験（以下、試験4および5）における培地基材には、2025年3月18日に購入後、屋根付きの小屋で常温保管したコナラおが粉および試験3と同様の2024年2月21日に購入後、15か月散水や攪拌などをせずに野積みしたスギおが粉を使用した。コナラおが粉の粒度ごとの質量割合は、2.8 mm以上が5.9%、2.0 mm以上2.8 mm未満が21.5%、1.4 mm以上2.0 mm未満が34.1%、1.4 mm未満が38.5%だった。なお、スギおが粉はナメコ菌床栽培において、おが粉に加工した後、未処理のおが粉よりも野積みしたおが粉のほうが、また、野積みしたおが粉よりも散水堆積したおが粉のほうが適する（本間・篠田 1984）とされている。栄養材には特ふすま（かちどき製粉株式会社、20 kg袋入り）を、添加材には炭酸カルシウム（有恒鉱業株式会社、飼料用30 kg入り、以下、炭カル）をそれぞれ使用した。

### 3. 培地調整と種菌の接種

試験1は2023年12月4日に培地調整、翌日の5日に接種

した。培地基材のすべてをコナラおが粉で構成した培地（以下、0%置換）を対照群、培地基材のコナラおが粉（乾燥）の容積率10, 20, 30, 40, 50, 65, および80%をスギおが粉（乾燥）で置換した培地（以下、x%置換と表記：xはそれぞれの置換率）を実験群とした計八つの試験培地を設定した（表-1）。栄養材の特ふすまは、1供試ビンあたりの混合量を乾燥質量45.74 gとした。

試験2は2024年3月13日に培地調整、翌日の14日に接種した。0%置換を対照群、培地基材のコナラおが粉（乾燥）の容積率20, 40, および70%をスギおが粉（乾燥）で置換した培地（以下、栽培試験1と同様にx%置換と表記：xはそれぞれの置換率）、そして、0, 20, 40, および70%置換に炭カルを1供試ビンあたり乾燥質量2.03 g添加した培地（以下、x%置換&炭カルと表記：xはそれぞれの置換率）を実験群とした計八つの試験培地を設定した（表-1）。栄養材の特ふすまの混合量は試験1と同様とした。

試験3は2025年1月27日に培地調整、翌日の28日に接種した。0%置換&炭カルを対照群、培地基材のコナラおが粉（乾燥）の容積率25および50%をスギおが粉（乾燥）で置換し、炭カルを1供試ビンあたり乾燥質量2.08 g添加した培地（以下、試験2と同様にx%置換&炭カルと表記：xはそれぞれの置換率）、そして、0, 25, および50%置換&炭カルのおが粉と特ふすまの混合比（質量比）を77.5 : 22.5から72.0 : 28.0に変更し、1供試ビンあたりの特ふすま混合量を増加させた培地（以下、x%置換&炭カル・特ふすま割合増と表記：xはそれぞれの置換率）、さらに、25および50%置換・特ふすま割合増の炭カル添加量を2倍に増加させた培地（以下、x%置換&炭カル増・特ふすま割合増と表記：xはそれぞれの置換率）を実験群とした計八つの試験培地を設定した（表-1）。

試験4は2025年5月12日に培地調整、翌日の13日に接種した。0%置換&炭カルを対照群、培地基材のコナラおが粉（乾燥）の25%をスギおが粉（乾燥）で置換した培地に、炭カルを1供試ビンあたり乾燥質量0.61 g（対照群の培地資材における乾燥質量の0.3%）、1.01 g（対照群の培地資材における乾燥質量の0.5%）、1.42 g（対照群の培地資材における乾燥質量の0.7%）、および2.03 g（対照群の培地資材における乾燥質量の1.0%）添加した培地、そして、培地基材のコナラおが粉（乾燥）の70%をスギおが粉（乾燥）で置換した培地に、炭カルを1供試ビンあたり乾燥質量0.61 g（対照群の培地資材における乾燥質量の0.3%）、1.01 g（対照群の培地資材における乾燥質量の0.5%）、および2.03 g（対照群の培地資材に

おける乾燥質量の1.0%）添加した培地（以下、x%置換&炭カルy%添加と表記：xはそれぞれのスギおが粉の置換率、yは培地資材の乾燥質量に対する炭カル添加量の割合）を実験群とした計八つの試験培地を設定した（表-1）。栄養材の特ふすまは、1供試ビンあたりの混合量を乾燥質量45.63 gとした。

試験5は2025年5月19日に培地調整、翌日の20日に接種した。試験培地の設定は試験4と同様とした（表-1）。

すべての試験における培地の含水率（湿量基準）は、計算上の値が62%に揃うように水分量を調整した。

培地調整については、各試験培地をミキサー（協全商事株式会社）で攪拌後、800 mLのポリプロピレンビン（ホクト産業株式会社、P.Pビン）に手詰めした。供試ビンは各試験培地あたり32本作製し、16本ずつコンテナに格納後（4行×4列）、瓶詰め機（田中技研工業株式会社）で接種孔を培地上面中央に1か所成形した。培地調整と瓶詰め作業は約3時間で完了し、その後、高圧殺菌釜（株式会社千代田製作所、TFK-T06 W-C）で高圧殺菌（119℃、60分）した。なお、試験2の40%置換&炭カルの供試ビン32本のうち、半数の16本は、ビンの口径が他よりも小さいことが高圧殺菌後に判明した。このことが試験結果に影響する可能性を考慮し、収穫まで他の供試ビンと同様に管理したが、データからは除外した。高圧殺菌後、供試ビンは半日程度室温17℃に設定されたクリーンルーム内で放熱し、おが粉種菌を約10 g接種した。

#### 4. 栽培条件と子実体の収穫

接種後、試験培地ごとに供試ビンの管理位置が偏らないように、一つのコンテナ内に各試験培地あたり2本ずつ格納した。

栽培条件を表-2に示す。

接種後の培養は、室温17℃、湿度70%、二酸化炭素濃度2,000 ppm以下になるように設定した暗黒条件下の培養室内で行った。培養日数は、試験1が49日間、試験2が54日間、試験3, 4, および5が55日間だった。培養は台車に乗せたまま行った。

培養完了後、菌掻機（ホクト産業株式会社）を使用して発生処理を行った。発生処理は接種した種菌を削り取る「ひら掻き」で行い、常温下で2時間程度水道水を注水後、ビンを倒立させビン内の余剰水を排出した。余剰水の排出後はビンを正立に戻した。

芽出し工程は、室温16℃、湿度96%以上、二酸化炭素濃度2,000 ppm以下に設定した暗黒条件下の部屋で管理した。発生処理面が乾燥しないよう、原基形成が完了す

るまで水道水で湿らせた厚さ8 mmの軟質ポリウレタンフォームで被覆した。なお、試験1, 2において、原基形成が完了するまでに要する期間が各供試ビンで異なったことから、原基形成完了後は、成長速度が類似する供試ビンごとにコンテナに格納して管理した。試験3, 4, および5については、培養開始から収穫までコンテナ内の供試ビンの管理位置は変更しなかった。

原基形成後は、試験1, 2については、軟質ポリウレタンフォームを除去し、室温16℃、湿度96%以上、二酸化炭素濃度2,000 ppm以下に設定した部屋で管理し、白色蛍光灯で1日あたり8時間照射した。白色蛍光灯の照度は、部屋中央で約100 lx、各コンテナ上で約30 lxとなるように調整した。以後、白色蛍光灯による1日あたり8時間の照射は収穫まで継続した。発生した子実体がマッチ棒の頭の大きさ程度になった時点で室温14℃、湿度96%以上、二酸化炭素濃度2,000 ppm以下に設定した部屋に移動させて管理し、その後、収穫適期の2, 3日前には、室温12℃、湿度96%以上、二酸化炭素濃度2,000 ppm以下に設定した部屋に移動させて管理した。試験3, 4, および5については、軟質ポリウレタンフォームを除去し、収穫まで室温12.5℃、湿度96%以上、二酸化炭素濃度2,000 ppm以下に設定した部屋で、試験1および2と同様に白色蛍光灯で1日あたり8時間照射して管理した。

すべての試験における子実体の収穫は、子実体の内皮膜が破れる直前に行った。調査は1番収穫までとし、ビンの口より上部の生質量を0.1 g単位で測定し、これを1供試ビンあたりの収量として記録した。また、試験1, 2については、各試験培地の供試ビンのうち無作為に7～18ビンを選定後、収穫した子実体の個数を計数し、これを1供試ビンあたりの子実体個数として記録した。さらに、すべての試験において、発生処理から収穫までの日数（以下、生育日数）を記録し、試験培地ごとに平均生育日数を求めた。

## 5. 培地のpH測定

各試験培地の殺菌後の培地pHを測定した。試験培地ごとに栽培試験の供試ビン32本のほかに1本作製し、栽培試験の供試ビンとともに高圧殺菌した後、半日程度室温17℃に設定されたクリーンルーム内で放熱し、その後培地pHを測定した。培地pHの測定は、培地を100 mLコニカルビーカーに10 g秤量し、そこに蒸留水を50 mL加え、5分間ホットプレートスターラー（HOT PLATE PC-351（AGCテクノグラス株式会社）とC-MAG HS 7（IKA）を併用）で攪拌し、室温で60分間静置した後、上澄み

液のpHをpHメーター（株式会社堀場製作所、LAQUA F-72）で測定した（表-1）。

## 6. 統計解析

各試験培地の違いがナメコの1供試ビンあたりの収量に与える効果を評価するため、一般化線形モデル（以下、GLM）で解析した。GLMのパラメータはベイズ推定した。解析は試験ごとに行った。応答変数には、1供試ビンあたりの収量を使用した。説明変数は試験で異なり、試験1, 3, 4, および5は試験培地の違い（8区分の質的データ）を使用した。試験2はスギおが粉の置換率（0, 20, 40, および70%の4区分の質的データ）、炭カル添加の有無（なし、ありの2区分の質的データ）、およびスギおが粉の置換率と炭カル有無の交互作用を使用した。ベイズ推定におけるMCMCのサンプリング設定は、バーンイン回数を1,000回、乱数生成の繰り返し数を2,000回、チェーン数を4本、事前分布には無情報分布を適用した。また、応答変数の誤差構造とリンク関数は試験で異なり、試験1, 3, 4, および5の誤差構造は正規分布、リンク関数はidentity、試験2の誤差構造はガンマ分布、リンク関数はlogとした。

試験1, 2について、各試験培地の違いがナメコの1供試ビンあたりの子実体個数に与える効果を評価するため、GLMで解析した。GLMのパラメータはベイズ推定した。解析は試験ごとに行った。応答変数には、1供試ビンあたりの子実体個数を使用した。説明変数、およびベイズ推定の設定は前述の収量を応答変数としたGLMと同様とした。

モデルの収束判断は収束指標であるRhatが1.1未満であることにより行った（松浦 2016）。なお、説明変数の効果は、事後分布の95%信用区間にゼロを含まない場合に統計学的に有意であると判断した。GLM解析はR version 4.4.2（R Core Team 2024）のbrmsパッケージのbrm関数（Bürkner 2017）で行い、Stan version 2.23（Stan Development Team 2020）を使用してベイズ推定した。

# Ⅲ. 結 果

## 1. 栽培試験

試験1における各試験培地のナメコ子実体を写真-1に示す。試験1における1供試ビンあたりの収量は、50%置換で最も多く、次いで65%置換、40%置換、30%置換、20%置換、10%置換、0%置換、80%置換の順に多かった（表-3）。また、生育日数は、0%置換で最も短く、次いで

10%置換, 20%置換, 65%置換, 50%置換, 40%置換, 30%置換, 80%置換の順に短かった(表-3)。さらに, 1供試ビンあたりの子実体個数は, 20%置換で最も多く, 次いで10%置換, 0%置換, 30%置換, 40%置換, 50%置換, 65%置換, 80%置換の順に多かった(表-3)。

試験2における各試験培地のナメコ子実体を写真-2に示す。試験2における1供試ビンあたりの収量は, 0%置換&炭カルで最も多く, 次いで20%置換&炭カル, 40%置換&炭カル, 70%置換&炭カル, 40%置換, 20%置換, 70%置換, 0%置換の順に多かった(表-4)。また, 生育日数は, 70%置換&炭カルで最も短く, 次いで40%置換&炭カル, 20%置換&炭カル, 0%置換&炭カル, 0%置換, 20%置換, 70%置換, 40%置換の順に短かった(表-4)。さらに, 1供試ビンあたりの子実体個数は, 0%置換&炭カルで最も多く, 次いで20%置換&炭カル, 40%置換&炭カル, 0%置換, 20%置換, 70%置換&炭カル, 40%置換, 70%置換の順に多かった(表-4)。

試験3における各試験培地のナメコ子実体を写真-3に示す。試験3における1供試ビンあたりの収量は, 25%置換&炭カルで最も多く, 次いで0%置換&炭カル, 0%置換&炭カル・特ふすま割合増, 25%置換&炭カル増・特ふすま割合増, 25%置換&炭カル・特ふすま割合増, 50%置換&炭カル, 50%置換&炭カル・特ふすま割合増, 50%置換&炭カル増・特ふすま割合増の順に多かった(表-5)。また, 生育日数は, 25%置換&炭カル, 25%置換&炭カル・特ふすま割合増, 25%置換&炭カル増・特ふすま割合増, 50%置換&炭カル, 50%置換&炭カル・特ふすま割合増, 50%置換&炭カル増・特ふすま割合増で最も短く, 次いで0%置換&炭カル・特ふすま割合増, 0%置換&炭カルの順に短かった(表-5)。

試験4における各試験培地のナメコ子実体を写真-4に示す。試験4における1供試ビンあたりの収量は, 0%置換&炭カルで最も多く, 次いで25%置換&炭カル1.0%, 25%置換&炭カル0.7%, 25%置換&炭カル0.5%, 25%置換&炭カル0.3%, 70%置換&炭カル1.0%, 70%置換&炭カル0.5%, 70%置換&炭カル0.3%の順に多かった(表-6)。また, 生育日数は, 25%置換&炭カル0.7%で最も短く, 次いで25%置換&炭カル0.5%と25%置換&炭カル1.0%, 70%置換&炭カル1.0%, 70%置換&炭カル0.5%, 70%置換&炭カル0.3%, 25%置換&炭カル0.3%, 0%置換&炭カルの順に短かった(表-6)。

試験5における各試験培地のナメコ子実体を写真-5に示す。試験5における1供試ビンあたりの収量は, 0%置

換&炭カルで最も多く, 次いで25%置換&炭カル0.7%, 25%置換&炭カル1.0%, 25%置換&炭カル0.5%, 25%置換&炭カル0.3%, 70%置換&炭カル0.5%, 70%置換&炭カル1.0%, 70%置換&炭カル0.3%の順に多かった(表-7)。また, 生育日数は, 25%置換&炭カル0.5%と25%置換&炭カル1.0%で最も短く, 次いで25%置換&炭カル0.7%, 25%置換&炭カル0.3%, 0%置換&炭カル, 70%置換&炭カル1.0%, 70%置換&炭カル0.5%, 70%置換&炭カル0.3%の順に短かった(表-7)。

## 2. GLM解析

GLM解析のRhatはすべてのモデルで1.1未満であり, MCMCは収束したと判断した。

試験1における1供試ビンあたりの収量を応答変数としたGLM解析の結果(表-8), 10, 20, 30, 40, 50, および65%置換は0%置換に対して収量に有意な正の効果があった。一方で, 80%置換は0%置換に対して収量に有意な負の効果があった。また, 試験1における1供試ビンあたりの子実体個数を応答変数としたGLM解析の結果(表-9), 0%置換に対して子実体個数に有意な正の効果があった実験群はなかった。一方で, 80%置換は0%置換に対して子実体個数に有意な負の効果があった。

試験2における1供試ビンあたりの収量を応答変数としたGLM解析の結果(表-10), 置換率20, 40, 70%, および炭カル添加ありは置換率0%に対して収量に有意な正の効果があった。一方で, 置換率20, 40, 70%と炭カル添加ありの交互作用は置換率0%に対して収量に有意な負の効果があった。また, 試験2における1供試ビンあたりの子実体個数を応答変数としたGLM解析の結果(表-11), 炭カル添加ありは置換率0%に対して子実体個数に有意な正の効果があった。一方で, 置換率40, 70%と炭カル添加ありの交互作用は置換率0%に対して収量に有意な負の効果があった。

試験3における1供試ビンあたりの収量を応答変数としたGLM解析の結果(表-12), 0%置換&炭カルに対して収量に有意な正の効果があった実験群はなかった。一方で, 25%置換・特ふすま割合増, 50%置換&炭カル, 50%置換&炭カル・特ふすま割合増, 50%置換&炭カル増・特ふすま割合増は0%置換&炭カルに対して収量に有意な負の効果があった。

試験4における1供試ビンあたりの収量を応答変数としたGLM解析の結果(表-13), 0%置換&炭カルに対して収量に有意な正の効果があった実験群はなかった。一方で, 25%置換&炭カル0.3%, 25%置換&炭カル0.5%, 25%

置換&炭カル0.7%, 25%置換&炭カル1.0%, 70%置換&炭カル0.3%, 70%置換&炭カル0.5%, 70%置換&炭カル1.0%は0%置換&炭カルに対して収量に有意な負の効果があった。

試験5における1供試ビンあたりの収量を応答変数としたGLM解析の結果（表-14）、0%置換&炭カルに対して収量に有意な正の効果があった実験群はなかった。一方で、25%置換&炭カル0.3%, 25%置換&炭カル0.5%, 25%置換&炭カル0.7%, 25%置換&炭カル1.0%, 70%置換&炭カル0.3%, 70%置換&炭カル0.5%, 70%置換&炭カル1.0%は0%置換&炭カルに対して収量に有意な負の効果があった。

#### IV. 考 察

本研究では、施設空調型ナメコ高速栽培における培地基材としてのスギおが粉の利用可能性を検証するため、コナラおが粉に対するスギおが粉の置換率、炭酸カルシウムの添加、および特ふすま混合割合増加の効果検証を栽培試験により行った。栽培試験の結果、スギおが粉を混合した培地（以下、スギおが粉培地）において、生産現場において一般的と考えられる0%置換&炭カルより、明確に増収した培地はなかった。しかし、試験培地2において、20%置換&炭カルの収量は0%置換&炭カルより劣ったが、その差は約6 g（表-4）に過ぎなかったこと、また、試験3～5において、スギおが粉の置換率が25%の培地の収量は0%置換&炭カルとの差がほとんどゼロ（表-12）、あるいは約5～10 g（表-12～14）に過ぎなかったことから、コナラおが粉を培地基材とした施設空調型ナメコ高速栽培において、スギおが粉はコナラおが粉の25%（乾燥、容積率）まで置換できることが示唆された。ナメコの経営指標によると、コナラなどの広葉樹おが粉の1 m<sup>3</sup>あたり単価は7,500円で、年間1万本の800 mLビンで栽培すると9 m<sup>3</sup>の広葉樹おが粉を使用するため、年間の広葉樹おが粉の費用は67,500円となる（木村 2022）。一方で、針葉樹おが粉1 m<sup>3</sup>あたりの単価は4,500円（芳川 2022）と広葉樹おが粉よりも安い。本研究における試験2～5の結果より、コナラおが粉の容積25%をスギおが粉で置換できると仮定すると、年間2.25 m<sup>3</sup>（9 m<sup>3</sup>の25%）のコナラおが粉をスギおが粉で置換でき、おが粉の資材費を年間1万本の800 mLビンで栽培すると年間6,750円 {67,500円 - 50,625円（7,500円/m<sup>3</sup> × 6.75 m<sup>3</sup>） - 10,125円（4,500円/m<sup>3</sup> × 2.25 m<sup>3</sup>）} 削減できると試算され

る。ただし、スギおが粉はおが粉に加工してすぐには使用できず、スギおが粉を野積みするための保管場所が必要である。

炭カルを添加しなかった試験1において、スギおが粉培地のうち80%置換以外は、培地基材の全量をコナラおが粉で構成した0%置換よりも約3～12 g収量が有意に多く（表-8）、また、子実体個数は約8～8個の差（表-3, 9）に過ぎなかった。したがって、炭カルを添加しない場合においては、スギおが粉培地は、0%置換よりもナメコ菌床栽培に有効であることが示唆された。針葉樹おが粉を使用する場合、培地への混入率を20%以下に止めないと発生量は低下する（小出 1992）とされるが、本研究はそれと異なる結果になった。収量が増加した理由として、培地pHが0%置換よりもスギおが粉培地のほうがナメコ菌糸に適していたことが影響した可能性がある。一般的に糸状菌の繁殖に好適な培地pHは4～6の範囲（小出 1992）とされており、ナメコでは4.6～6.0が好適（庄司 2022）で5.6が最適（小出 1992; 庄司 2022）とされる。本研究における0%置換の培地pHは試験1が5.081、試験2が4.939と5.6より値が小さく、スギおが粉培地のpHは試験1, 2ともに置換率が大きくなるほど5.6に近い値だった（表-1）。一方で、試験1において培地pHが5.6に最も近い値だった80%置換では収量および子実体個数が有意に減少した（表-8）。本研究において、コナラおが粉に対するスギおが粉の置換率が増加するにつれ、瓶詰め機による培地成形時に培地が崩れやすかった。特に、80%置換では接種孔が崩れた供試ビンが散見され、このことが接種後のナメコ菌糸体の成長を阻害し、収量および子実体個数の減少につながった可能性がある。

炭カル添加の効果検証を行った試験2の結果、炭カルを添加し、培地基材の全量をコナラおが粉で構成した0%置換&炭カルおよび炭カルを添加したスギおが粉培地いずれにおいても炭カルを添加しなかった試験培地より収量および子実体個数は増加し（表-4）、GLM解析においては、炭カル添加により収量は1.41倍、子実体個数は1.23倍増加すると推定された（表-10, 11）。ナメコ菌床栽培で消石灰などを培地に混入すると発生量が増加するとされるが、この効果はおが粉の樹種により異なり、コナラ、ミズナラなどのおが粉では有効（庄司 1982）とされる。本研究においては、培地基材の全量をコナラおが粉で構成した培地に限らず、スギおが粉培地においても炭カル添加による増収効果が確認されたことから、スギは少なくともコナラおが粉と混合した場合、pH調整剤

による増収効果が期待できる樹種であると考えられた。一方で、GLM解析の結果、収量および子実体個数ともに、スギおが粉の置換率と炭カル添加の交互作用は負の値と推定され(表-10, 11), また、置換率が増加するほどその値は大きくなったことから、炭カル添加の効果はスギおが粉の置換率が増えるほど低下することが示唆された。これは、置換率が増加するにつれ、培地pHがナメコにとって好適な4.6～6.0から離れた(表-1)ことが影響したと考えられた。

一方で、炭カル添加量を変化させた試験3, 4, および5において、添加量の増減による増収効果は確認できなかった(表-12～14)。本研究では、添加材に炭カルを使用した、消石灰など他の添加材の添加量を増減させることで、増収するかどうかは今後の課題としたい。

本研究では、栄養材として特ふすまを培地に混合した。白色腐朽菌による木材腐朽は培地あるいは木材中に炭素源を添加すると促進される(例えば、松岡 1977)。また、寺嶋 (2010) は、ヒラタケ (*Pleurotus ostreatus*), シロアミタケ属 (*Trametes*) の一種、ヒイロタケ (*Pycnoporus coccineus*) を使用したスギ木粉培地のリグニン減少率を調べ、ふすまの添加によりリグニン減少率が高くなったことから、針葉樹材の分解は炭素源の添加により促進されることを確認した。このことから、本研究においては、培地に特ふすまなどの栄養材を添加することでリグニン分解が促進されたため、ナメコ栽培に不適なスギおが粉であっても培地基材の代替資材として利用できたと示唆された。一方で、試験3において特ふすまの混合割合を増加させた培地における収量は、培地基材がコナラおが粉から構成された培地では増収せず、特に、スギおが粉を混合した培地においては減収した(表-5, 12)。このことから、特ふすまなどの炭素源の添加によるスギおが粉の分解促進効果は一定量で頭打ちもしくは減少する可能性が示唆された。

先行研究において、スギおが粉の混合量が増加すると生育日数が延長する(本間・篠田 1984) 場合があった。本研究においては、炭カルを添加しない場合、スギおが粉の置換率が増加すると約0.5～1.0日延長した(表-3, 4)が、スギおが粉培地に炭カルを添加することで、0%置換&炭カルと同等の生育日数で栽培することができた(表-4, 5)。このことから、スギおが粉を混合した培地において、炭カルは生育日数を短縮する効果があることが示唆された。

白色腐朽菌にとって、スギおが粉などの針葉樹おが粉

が広葉樹おが粉よりも分解しにくい理由としては、針葉樹と広葉樹ではリグニンの化学構造に相違があり、針葉樹リグニン(グアイアシルリグニン)は広葉樹に多いシリングルリグニンより微生物分解を受けにくい(例えば、高橋 1989) ためである。ナメコと同様に、針葉樹おが粉を栽培に使用することが不適なシイタケ (*Lentinula edodes*) において、コナラおが粉とスギおが粉をそれぞれ使用して菌床栽培した結果、培養完了時のリグニン減少率はコナラよりもスギおが粉で劣った(山内ら 2010) と報告されている。このことから、本研究のナメコ菌床栽培においてもコナラおが粉よりスギおが粉のリグニン分解は劣り、また、短い培養期間ではナメコによるスギおが粉の分解が進んでおらず、十分に資化できていない可能性がある。このため、培養期間を延長することで増収するか検証し、資材費あたりの収量性が高い、スギおが粉を利用したナメコ菌床栽培を検討することが望ましい。

開示すべき利益相反はない。

## 引用文献

- Bürkner PC. 2017. brms: An R package for Bayesian multilevel models using Stan. *J Stat Softw.* 80 (1) : 1-28.
- 本間広之, 篠田茂. 1984. 未利用樹種によるナメコの培地組成法の開発. *新潟県林業試験場研究報告.* 26: 79-92.
- 木村栄一. 2014. 施設空調型・高速型ナメコ栽培の最新技術. 大橋等編, 改訂版最新きのこ栽培技術. 東京: 株式会社プランツワールド. p. 173-178.
- 木村栄一. 2022. ナメコの経営指標. 特産情報きのこ年鑑編集部編, きのこ年鑑2022年度版. 東京: 株式会社プランツワールド. p. 236-239.
- 小出博志. 1992. ナメコ. 最新バイオテクノロジー全書編集委員会編, 最新バイオテクノロジー全書7 きのこの増殖と育種. 東京: 農業図書株式会社. p. 206-228.
- 熊田淳. 2001. ナメコ. 大森清寿・小出博志編, キノコ栽培全科. 東京: 農山漁村文化協会. p. 65-75.
- 増野和彦. 2012. きのこ栽培へのカラマツ等針葉樹の利用状況について(長野県林業総合センター技術情報); [2025.4.19参照]. <https://www.pref.nagano.lg.jp/ringyosogo/seika/gijyutsu/documents/142-5.pdf>.

松岡昭四郎. 1977. 室内木材腐朽試験における培養基中の炭素源と窒素源の組成の検討. 林試研報. 29: 183-194.

松浦健太郎. 2016. StanとRでベイズ統計モデリング. 東京: 共立出版.

内閣官房. 2023. 花粉症対策の全体像; [2026.1.8参照]. [http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kafun/pdf/230530\\_honbun.pdf](http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kafun/pdf/230530_honbun.pdf).

農林水産省. 2025. 令和6年特用林産物生産統計調査結果; [2025.9.9参照]. <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00501004&tstat=000001021191&cycle=7&year=20240&month=0&tclass1=000001021192&tclass2=000001231845>.

R Core Team. 2024. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

林野庁. 2024. 令和6年版森林・林業白書. 東京: 全国林業改良普及協会.

斎藤利隆, 篠原弥寿夫. 1984. 未利用樹種によるナメコ培地組成方法の開発に関する試験. 長野県林業指導所業務報告. 昭和58年度: 128-137.

庄司当. 1982. ナメコ. 中村克哉編, キノコの辞典. 東京: 株式会社朝倉書店. p. 332-362.

庄司當. 2022. ナメコ. 衣川堅二郎, 小川眞編, きのことハンドブック新装版. 東京: 株式会社朝倉書店. p. 77-91.

Stan Development Team. 2020. Stan: A C++ Library for Probability and Sampling, Version 2.23.

高橋旨象. 1989. 木材の腐朽. きのこと木材 (きのこの生物学シリーズ6). 東京: 築地書館. p. 53-76.

寺嶋芳江. 2010. リグニン分解能力を指標にした針葉樹高分解菌の選抜. 木材学会誌. 56 (5) : 339-346.

渡部正明, 庄司当, 前沢芳樹, 渡部秀行. 1984. 食用きのこ類の高度生産技術に関する総合研究 - 未利用樹種によるナメコ培地組成法の開発 -. 福島県林業試験場研究報告. 16: 113-119.

山内隆弘, 枝克昌, 鮎澤澄夫, 長島葵, 松本かほる, 飯塚和也, 横田信三, 石栗太, 吉澤伸夫. 2010. シイタケ菌床栽培におけるスギ材適応品種の栽培特性. 木材学会誌. 56 (2) : 113-121.

芳川諒. 2022. プナシメジの経営指標. 特産情報きのこ年鑑編集部編, 2022年度版きのこ年鑑. 東京: 株式会社プランツワールド. p. 244-246.

表-1. 栽培試験の培地条件

試験番号	試験培地	培地基材 (g, 乾燥質量)		栄養材 (g, 乾燥質量)		添加材 (g, 乾燥質量)		水 (g)	充填量 (g)	含水率 (%、湿量基準)	殺菌後培地pH	n
		コナラおが粉	スギおが粉	特ふすま	炭酸カルシウム							
1	0%置換 (対照群)	157.56	-	45.74	-	331.7	535.0	62.0	5.081	32		
	10%置換	141.80	9.61	45.74	-	321.7	518.8	62.0	5.042	32		
	20%置換	126.05	19.23	45.74	-	311.7	502.7	62.0	5.083	32		
	30%置換	110.29	28.84	45.74	-	301.6	486.5	62.0	5.132	32		
	40%置換	94.53	38.46	45.74	-	291.6	470.4	62.0	5.173	32		
	50%置換	78.78	48.07	45.74	-	281.6	454.2	62.0	5.208	32		
	65%置換	55.15	62.50	45.74	-	266.6	430.0	62.0	5.303	32		
	80%置換	31.51	76.92	45.74	-	251.5	405.7	62.0	5.447	32		
2	0%置換 (対照群)	157.56	-	45.74	-	331.7	535.0	62.0	4.939	32		
	0%置換&炭カル	157.56	-	45.74	2.03	335.0	540.4	62.0	6.024	32		
	20%置換	126.05	19.23	45.74	-	311.7	502.7	62.0	5.003	32		
	20%置換&炭カル	126.05	19.23	45.74	2.03	315.0	508.0	62.0	6.144	32		
	40%置換	94.53	38.46	45.74	-	291.6	470.4	62.0	5.120	32		
	40%置換&炭カル	94.53	38.46	45.74	2.03	294.9	475.7	62.0	6.206	16		
	70%置換	47.27	67.30	45.74	-	261.6	421.9	62.0	5.302	32		
	70%置換&炭カル	47.27	67.30	45.74	2.03	264.9	427.2	62.0	6.302	32		
3	0%置換&炭カル (対照群)	161.54	-	46.90	2.08	343.5	554.0	62.0	6.375	32		
	0%置換&炭カル・特ふすま割合増	150.07	-	58.36	2.08	343.5	554.0	62.0	6.320	32		
	25%置換&炭カル	121.15	24.64	46.90	2.08	317.8	512.6	62.0	6.408	32		
	25%置換&炭カル・特ふすま割合増	112.56	22.90	58.36	2.08	319.6	515.5	62.0	6.390	32		
	25%置換&炭カル増・特ふすま割合増	112.56	22.90	58.36	4.17	323.0	521.0	62.0	6.552	32		
	50%置換&炭カル	80.77	49.29	46.90	2.08	292.1	471.2	62.0	6.540	32		
	50%置換&炭カル・特ふすま割合増	75.04	45.79	58.36	2.08	295.8	477.0	62.0	6.489	32		
	50%置換&炭カル増・特ふすま割合増	75.04	45.79	58.36	4.17	299.2	482.5	62.0	6.666	32		
4および5	0%置換&炭カル (対照群)	157.16	-	45.63	2.03	334.2	539.0	62.0	6.280 (試験4), 6.209 (試験5)	32		
	25%置換&炭カル0.3%	117.87	21.50	45.63	0.61	302.8	488.5	62.0	5.898 (試験4), 5.759 (試験5)	32		
	25%置換&炭カル0.5%	117.87	21.50	45.63	1.01	303.5	489.5	62.0	6.027 (試験4), 5.888 (試験5)	32		
	25%置換&炭カル0.7%	117.87	21.50	45.63	1.42	304.2	490.6	62.0	6.181 (試験4), 6.065 (試験5)	32		
	25%置換&炭カル1.0%	117.87	21.50	45.63	2.03	305.2	492.2	62.0	6.312 (試験4), 6.188 (試験5)	32		
	70%置換&炭カル0.3%	47.15	60.21	45.63	0.61	250.6	404.2	62.0	6.106 (試験4), 6.014 (試験5)	32		
	70%置換&炭カル0.5%	47.15	60.21	45.63	1.01	251.3	405.3	62.0	6.224 (試験4), 6.151 (試験5)	32		
	70%置換&炭カル1.0%	47.15	60.21	45.63	2.03	252.9	407.9	62.0	6.450 (試験4), 6.416 (試験5)	32		

試験2の40%置換&炭カルのサンプルサイズ (n) が16であるのは、他の供試ビンよりも栽培ビンの口径が小さかった16本をデータから除外したためである。

表-2. 栽培試験の栽培条件

試験 番号	培養条件					芽出し工程条件			
	室温 (°C)	湿度 (%)	二酸化炭素 濃度 (ppm)	光条件等	日数	室温 (°C)	湿度 (%)	二酸化炭素 濃度 (ppm)	光条件等
1					49				
2					54				
3	17.0	70.0	2,000以下	暗黒	55	16.0	96.0 以上	2,000以下	・暗黒 ・菌床面を 被覆
4					55				
5					55				

試験 番号	生育条件											
	前期				中期 (子実体がマッチ棒の頭の大きさ程度)				後期 (収穫適期の2, 3日前)			
	室温 (°C)	湿度 (%)	二酸化炭素 濃度 (ppm)	光条件等	室温 (°C)	湿度 (%)	二酸化炭素 濃度 (ppm)	光条件等	室温 (°C)	湿度 (%)	二酸化炭素 濃度 (ppm)	光条件等
1	16.0				14.0	96.0 以上	2,000以下	白色蛍光灯 で8時間/日 照射	12.0	96.0 以上	2,000以下	白色蛍光灯 で8時間/日 照射
2		96.0 以上	2,000以下	白色蛍光灯 で8時間/日 照射								
3												
4	12.5							前期と同様				前期と同様
5												

表-3. 試験1における各試験培地のナメコ子実体の収量, 生育日数および子実体個数

試験培地	収量 (g/ビン)		生育日数 (日)			子実体個数 (個/ビン)		
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	<i>n</i>	平均値	標準偏差	<i>n</i>
0%置換 (対照群)	111.52	4.31	16.65	0.61	31	189.77	17.91	13
10%置換	114.75	3.93	16.81	0.69	32	190.14	22.47	14
20%置換	119.80	4.78	16.84	0.51	32	197.92	20.24	12
30%置換	121.16	4.67	17.81	0.78	32	187.89	18.13	9
40%置換	122.66	5.50	17.72	1.02	32	183.83	27.39	12
50%置換	123.58	4.59	17.47	1.16	32	181.46	20.54	13
65%置換	122.72	3.19	17.03	0.40	32	180.83	15.78	12
80%置換	105.02	7.80	17.94	0.84	32	123.33	21.23	18

試験培地の%は, 培地基材のコナラおが粉に対するスギおが粉の置換率 (乾燥, 容積率) を示す。  
0%置換 (対照群) のサンプルサイズ (*n*) が31 (表中央上部) であるのは, 生育室上方からの水滴が浸水した1本をデータから除外したためである。

表-4. 試験2における各試験培地のナメコ子実体の収量，生育日数および子実体個数

試験培地	収量 (g/ビン)		生育日数 (日)		n	子実体個数 (個/ビン)		
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差		平均値	標準偏差	n
0%置換 (対照群)	108.32	3.31	16.06	0.44	32	178.10	14.90	10
0%置換&炭カル	153.29	9.16	15.56	0.56	32	218.14	18.52	7
20%置換	112.30	4.07	16.16	0.51	32	176.47	13.34	15
20%置換&炭カル	146.97	6.58	15.50	0.57	32	213.00	13.31	12
40%置換	117.37	4.89	16.63	0.49	32	172.29	15.69	14
40%置換&炭カル	142.90	4.91	15.38	0.62	16	187.38	11.33	8
70%置換	111.91	4.51	16.47	0.51	32	166.43	15.05	7
70%置換&炭カル	127.89	6.54	15.19	0.40	32	175.75	10.14	8

試験培地の「%」は，培地基材のコナラおが粉に対するスギおが粉の置換率（乾燥，容積率）を示す。  
 試験培地の「&炭カル」は，培地に炭酸カルシウムを添加したことを示す。  
 40%置換&炭カルのサンプルサイズ (n) が16（表中央下部）であるのは，他の供試ビンよりも栽培ビンの口径が小さかった16本をデータから除外したためである。

表-5. 試験3における各試験培地のナメコ子実体の収量および生育日数

試験培地	収量 (g/ビン)		生育日数 (日)		n
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
0%置換&炭カル (対照群)	161.47	6.90	16.16	0.37	32
0%置換&炭カル・特ふすま割合増	160.56	10.80	16.13	0.34	32
25%置換&炭カル	161.83	8.16	16.00	0.00	32
25%置換&炭カル・特ふすま割合増	156.76	8.56	16.00	0.00	32
25%置換&炭カル増・特ふすま割合増	160.18	9.82	16.00	0.00	32
50%置換&炭カル	150.48	6.85	16.00	0.00	32
50%置換&炭カル・特ふすま割合増	140.72	8.73	16.00	0.00	32
50%置換&炭カル増・特ふすま割合増	139.05	9.13	16.00	0.00	32

試験培地の「%」は，培地基材のコナラおが粉に対するスギおが粉の置換率（乾燥，容積率）を示す。  
 試験培地の「&炭カル」は，培地に炭酸カルシウムを添加したことを示す。  
 試験培地の「&炭カル増」は，「&炭カル」よりも添加した炭酸カルシウムを増量したことを示す。  
 試験培地の「特ふすま割合増」は，培地の特ふすまを増量し，培地基材を減量することで，培地に含まれる特ふすまの割合を増加させたことを示す。

表-7. 試験5における各試験培地のナメコ子実体の収量および生育日数

試験培地	収量 (g/ビン)		生育日数 (日)		n
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
0%置換&炭カル (対照群)	164.08	6.42	16.19	0.40	32
25%置換&炭カル0.3%	155.10	5.17	16.13	0.34	32
25%置換&炭カル0.5%	157.34	6.06	16.06	0.25	32
25%置換&炭カル0.7%	158.88	5.80	16.09	0.30	32
25%置換&炭カル1.0%	158.59	5.03	16.06	0.25	32
70%置換&炭カル0.3%	121.30	5.06	16.84	0.37	32
70%置換&炭カル0.5%	124.43	5.06	16.81	0.47	32
70%置換&炭カル1.0%	121.86	3.77	16.38	0.49	32

試験培地の「%」は，培地基材のコナラおが粉に対するスギおが粉の置換率（乾燥，容積率）を示す。  
 試験培地の「&炭カルy%」は，培地に炭酸カルシウムを対照群の培地資材における乾燥質量y%添加したことを示す。

表-6. 試験4における各試験培地のナメコ子実体の収量および生育日数

試験培地	収量 (g/ビン)		生育日数 (日)		n
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
0%置換&炭カル (対照群)	164.53	7.86	17.50	0.51	32
25%置換&炭カル0.3%	153.37	4.96	17.41	0.50	32
25%置換&炭カル0.5%	157.71	5.61	17.09	0.47	32
25%置換&炭カル0.7%	158.23	5.12	17.06	0.50	32
25%置換&炭カル1.0%	160.04	5.23	17.09	0.47	32
70%置換&炭カル0.3%	119.46	5.30	17.25	0.51	32
70%置換&炭カル0.5%	121.58	4.20	17.22	0.42	32
70%置換&炭カル1.0%	122.98	4.62	17.09	0.73	32

試験培地の「%」は，培地基材のコナラおが粉に対するスギおが粉の置換率（乾燥，容積率）を示す。  
 試験培地の「&炭カルy%」は，培地に炭酸カルシウムを対照群の培地資材における乾燥質量y%添加したことを示す。

表-8. 試験1におけるナメコ子実体の収量を応答変数としたGLMの結果

項目	事後期待値	事後標準偏差	95%信用区間	
			下限	上限
Intercept (0%置換)*	111.52	0.94	109.70	113.31
10%置換*	3.21	1.30	0.62	5.74
20%置換*	8.27	1.31	5.68	10.78
30%置換*	9.62	1.28	7.08	12.12
40%置換*	11.14	1.28	8.62	13.68
50%置換*	12.07	1.31	9.46	14.61
65%置換*	11.21	1.30	8.69	13.80
80%置換*	-6.52	1.30	-9.09	-4.06

単位はg。  
 試験培地の%は，培地基材のコナラおが粉に対するスギおが粉の置換率（乾燥，容積率）を示す。  
 \*が付いた説明変数は，95%信用区間にゼロを含まなかったことを示す。

表-9. 試験1におけるナメコ子実体個数を応答変数としたGLMの結果

項目	事後期待値	事後標準偏差	95%信用区間	
			下限	上限
Intercept (0%置換)*	189.83	5.86	178.07	201.36
10%置換	0.48	8.10	-15.67	16.19
20%置換	8.22	8.46	-8.15	24.81
30%置換	-1.91	9.34	-20.11	16.98
40%置換	-5.76	8.49	-22.16	11.34
50%置換	-8.27	8.44	-24.80	8.06
65%置換	-8.79	8.33	-25.82	7.44
80%置換*	-66.54	7.54	-81.24	-51.86

単位は個。

試験培地の%は、培地基材のコナラおが粉に対するスギおが粉の置換率（乾燥、容積率）を示す。

\*が付いた説明変数は、95%信用区間にゼロを含まなかったことを示す。

表-10. 試験2におけるナメコ子実体の収量を応答変数としたGLMの結果

項目	事後期待値	事後標準偏差	95%信用区間		事後期待値を 指数変換した値
			下限	上限	
Intercept (0%置換)*	4.69	0.01	4.67	4.70	108.34
置換率20%の効果*	0.04	0.01	0.01	0.06	1.04
置換率40%の効果*	0.08	0.01	0.06	0.10	1.08
置換率70%の効果*	0.03	0.01	0.01	0.05	1.03
炭カル添加ありの効果*	0.35	0.01	0.32	0.37	1.41
置換率20%と炭カル添加ありの交互作用*	-0.08	0.02	-0.11	-0.05	0.92
置換率40%と炭カル添加ありの交互作用*	-0.15	0.02	-0.19	-0.11	0.86
置換率70%と炭カル添加ありの交互作用*	-0.21	0.02	-0.25	-0.18	0.81

単位はg。

置換率は、培地基材のコナラおが粉に対するスギおが粉の乾燥容積率を示す。

\*が付いた説明変数は、95%信用区間にゼロを含まなかったことを示す。

表-11. 試験2におけるナメコ子実体個数を応答変数としたGLMの結果

項目	事後期待値	事後標準偏差	95%信用区間		事後期待値を 指数変換した値
			下限	上限	
Intercept (0%置換)*	5.18	0.02	5.13	5.23	178.03
置換率20%の効果	-0.01	0.03	-0.07	0.06	0.99
置換率40%の効果	-0.03	0.03	-0.10	0.03	0.97
置換率70%の効果	-0.07	0.04	-0.14	0.01	0.94
炭カル添加ありの効果*	0.20	0.04	0.13	0.28	1.23
置換率20%と炭カル添加ありの交互作用	-0.02	0.05	-0.12	0.07	0.98
置換率40%と炭カル添加ありの交互作用*	-0.12	0.05	-0.22	-0.02	0.89
置換率70%と炭カル添加ありの交互作用*	-0.15	0.06	-0.26	-0.04	0.86

単位は個。

置換率は、培地基材のコナラおが粉に対するスギおが粉の乾燥容積率を示す。

\*が付いた説明変数は、95%信用区間にゼロを含まなかったことを示す。

表-12. 試験3におけるナメコ子実体の収量を応答変数としたGLMの結果

項目	事後期待値	事後標準偏差	95%信用区間	
			下限	上限
Intercept (0%置換&炭カル)*	161.46	1.56	158.41	164.56
0%置換&炭カル・特ふすま割合増	-0.87	2.17	-4.95	3.40
25%置換&炭カル	0.35	2.23	-3.99	4.80
25%置換&炭カル・特ふすま割合増*	-4.70	2.18	-8.87	-0.34
25%置換&炭カル増・特ふすま割合増	-1.27	2.19	-5.46	3.05
50%置換&炭カル*	-10.96	2.20	-15.13	-6.64
50%置換&炭カル・特ふすま割合増*	-20.69	2.19	-24.95	-16.36
50%置換&炭カル増・特ふすま割合増*	-22.39	2.23	-26.73	-17.85

単位はg。

試験培地の「%」は、培地基材のコナラおが粉に対するスギおが粉の置換率（乾燥、容積率）を示す。

試験培地の「&炭カル」は、培地に炭酸カルシウムを添加したことを示す。

試験培地の「&炭カル増」は、「&炭カル」よりも添加した炭酸カルシウムを増量したことを示す。

試験培地の「特ふすま割合増」は、培地の特ふすまを増量し、培地基材を減量することで、培地に含まれる特ふすまの割合を増加させたことを示す。

\*が付いた説明変数は、95%信用区間にゼロを含まなかったことを示す。

表-13. 試験4におけるナメコ子実体の収量を応答変数としたGLMの結果

項目	事後期待値	事後標準偏差	95%信用区間	
			下限	上限
Intercept (0%置換&炭カル)*	164.58	0.99	162.64	166.57
25%置換&炭カル0.3%*	-11.23	1.39	-13.94	-8.53
25%置換&炭カル0.5%*	-6.89	1.41	-9.63	-4.10
25%置換&炭カル0.7%*	-6.37	1.37	-9.03	-3.70
25%置換&炭カル1.0%*	-4.54	1.39	-7.29	-1.72
70%置換&炭カル0.3%*	-45.10	1.40	-47.90	-42.40
70%置換&炭カル0.5%*	-43.00	1.38	-45.70	-40.36
70%置換&炭カル1.0%*	-41.60	1.39	-44.35	-38.96

単位はg。

試験培地の「%」は、培地基材のコナラおが粉に対するスギおが粉の置換率（乾燥、容積率）を示す。

試験培地の「&炭カルy%」は、培地に炭酸カルシウムを対照群の培地資材における乾燥質量y%添加したことを示す。

\*が付いた説明変数は、95%信用区間にゼロを含まなかったことを示す。

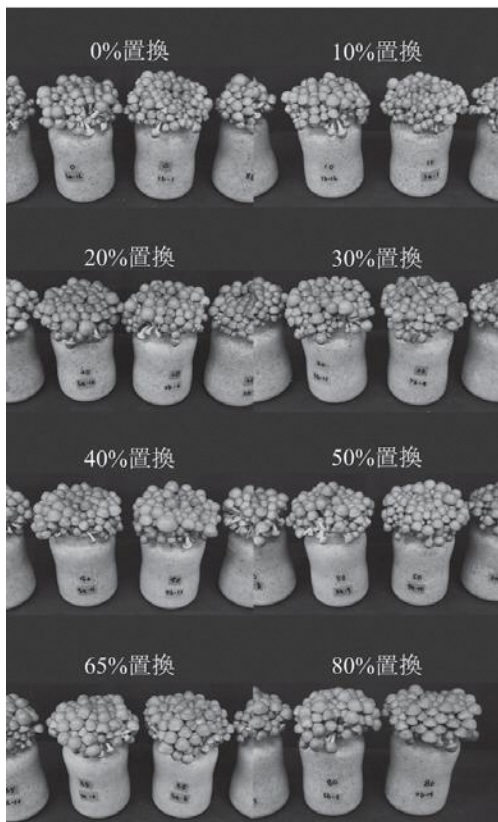


写真-1. 試験1における各試験培地のナメコ子実体

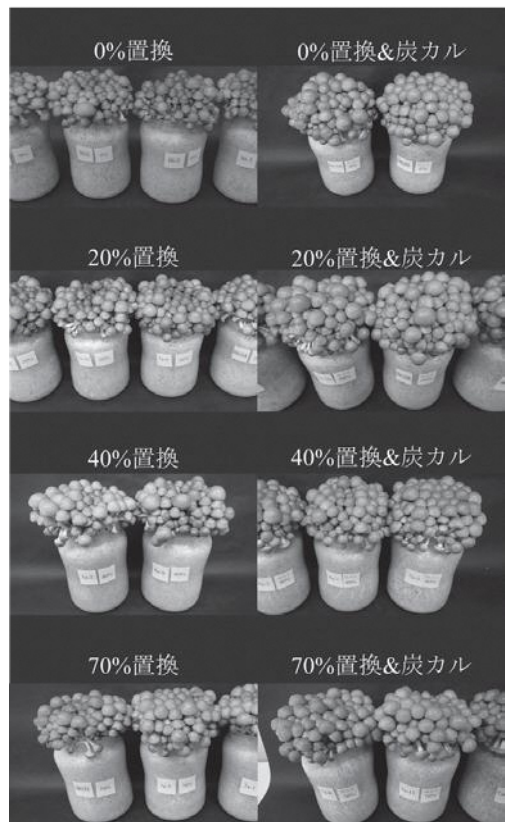


写真-2. 試験2における各試験培地のナメコ子実体

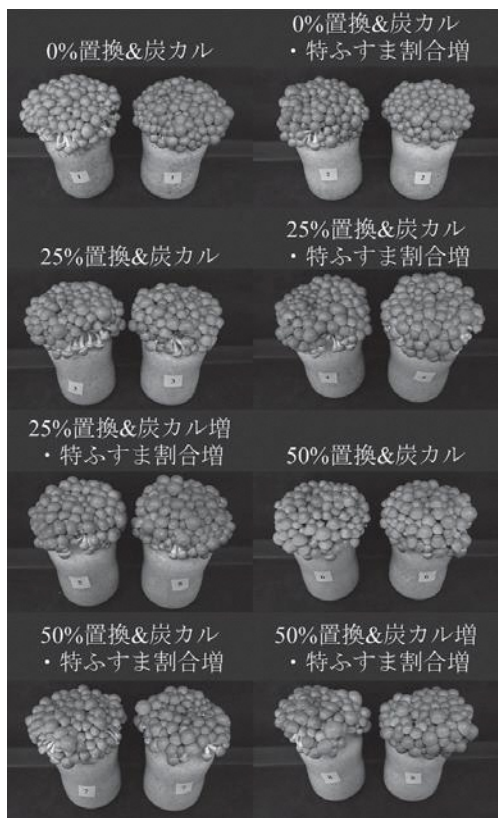


写真-3. 試験3における各試験培地のナメコ子実体

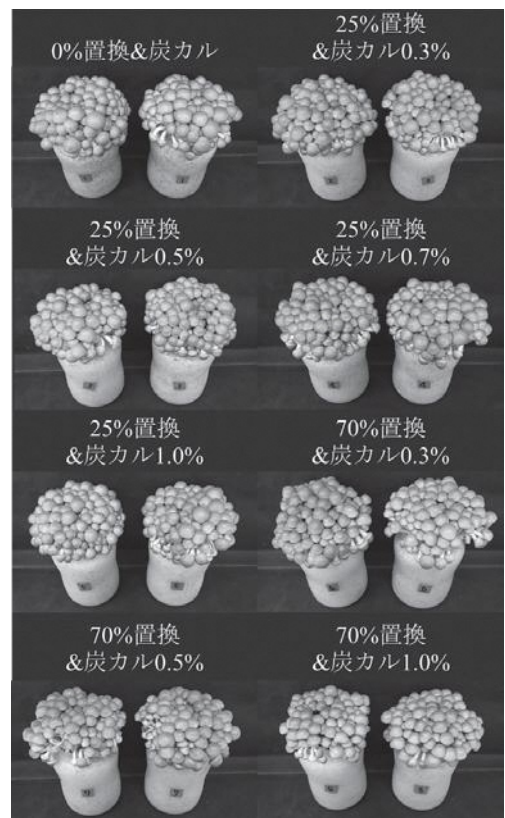


写真-4. 試験4における各試験培地のナメコ子実体

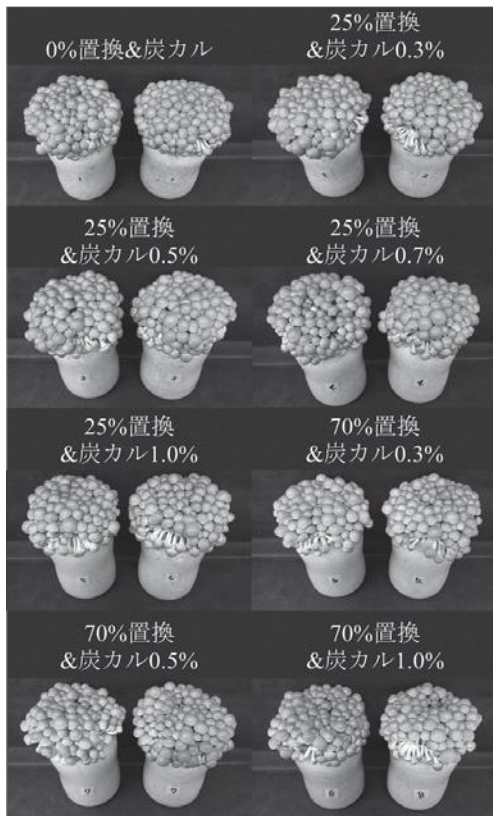


写真-5. 試験5における各試験培地のナメコ子実体