

## 論文

栽培ブナシメジ子実体の菌傘に発生するイボ状突起の発生要因<sup>\*1</sup>野上大樹<sup>\*2</sup>・金子周平<sup>\*3</sup>・高島幸司<sup>\*4</sup>

野上大樹・金子周平・高島幸司：栽培ブナシメジ子実体の菌傘に発生するイボ状突起の発生要因 九州森林研究 76：49－53，2023  
栽培ブナシメジ子実体の菌傘に発生するイボ状突起の発生要因について検討を行った結果、特定の条件下においてイボの発生が見られることが示唆された。培養日数が60日以下ではイボ発生率が有意に高くなり、先行報告と同様に培養日数とイボの発生には関係性があると考えられた。光照射開始時期との関係については、菌掻き後3日目からの照射で12日目からの照射と比べてイボ発生率が高くなり、培養日数と同様に有意な差が見られた。子実体へのスポンジによる接触や霧吹きによる加水といった物理刺激はイボを誘発することではなく、扇風機による風を子実体に当てることで一部イボが発生したものの、イボ発生との明確な関係は明らかにできなかった。栽培工程における低温・低湿度への曝露とイボ発生率に関係は見られなかった。以上から、イボの発生は培養日数と光照射開始時期に大きく関係すると考えられたが、系統・品種など遺伝的要因も重なり引き起こされていると考えられる。イボの発生を抑えるには、これらのことを考慮した適切な生産管理が必要であると考えられる。

キーワード：ブナシメジ，栽培，生育障害，子実体異常

## I. 緒言

ブナシメジ (*Hypsizygus marmoreus*) は日本国内の生産量においてエノキタケ (*Flammulina velutipes*) に次ぐきのこ品目である (1)。生産の歴史は長く、栽培技術もおおむね確立されている。しかし、いまだ子実体形成に関連する病状に関して不明な点が多い。例えば、特定の品種において子実体の菌傘に生じるイボ状突起 (以下、イボと表記する) が挙げられる (図-1)。子実体外観が悪いため商品性を著しく損ない、生産現場で問題となっている。原因としては、キノコバエによる虫害や雑菌による汚染が考えられたが、発生したイボからはそれらの痕跡が認められていない。一方、生産現場で観察したところ、この症状はきのこ生産繁忙期の12～2月の冬季に発生が多くなる傾向が見られる。そこで本研究では、このような観察結果にも着目し、イボが発生する条件について実験を行い、生産現場におけるイボの対処法を検討した。

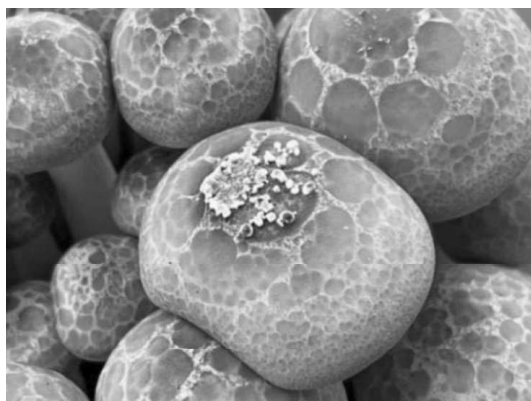


図-1. 子実体の菌傘表面に発生したイボ状突起

## II. 材料と方法

## 1. 供試菌株

本研究では、株式会社大木きのこ種菌研究所の保有品種であるブナシメジ「大木 Oh-494」のオガコ種菌を用いた。種菌を使用した時点の培養日数は55～60日とした。

## 2. 培地組成・栽培工程

栽培工程の概要を表-1に示し、これを常法とした。培地配合は、1ビンあたり重量で、米ぬか50g、特フスマ25g、コーンコブ100g、炭酸カルシウム4gとし、含水率65%になるように水量を調整した。発生処理後12日目に、有孔ポリシートを外し、きのこ栽培用青色LED (460nm) による光照射 (500lx) を開始した。光の照射は30分ごとに明滅を繰り返した。収穫は子実体の菌傘が全開 (10分) した時点でを行った。発生処理から収穫までに要した日数を生育日数とし、1ビンあたりの生重量の平均を平均収量とした。

## 3. イボと子実体の対峙培養

イボが菌傘から分化した組織の一部であるかを確認するために、イボ本体とイボを形成した子実体の菌傘内部から組織分離を行い、両菌株の対峙培養を行った。また、イボ本体から得られた菌糸体コロニー先端部分の顕微鏡観察を行った。対峙培養には直径90mm PDA 平板培地を用いて、供試枚数は3枚とした。

## 4. 培養日数とイボ発生の関係

培養日数とイボ発生の関係性を検討するために、培養日数40、50、60、70、80、90日で発生処理を行い、常法で栽培管理を行った後、目視によりイボ発生茎数を計測した。各試験区ともすべて

<sup>\*1</sup> Nogami, D., Kaneko, S., Takabatake, K.: Factors affecting the warts emerged on the pilei of *Hypsizygus marmoreus* fruit bodies.

<sup>\*2</sup> 株式会社きのこの里 Kinokonosato Co., Ltd., 830-1 ozumi oki Fukuoka 830-0403, Japan

<sup>\*3</sup> 前福岡県農林業総合試験場 資源活用研究センター Fukuoka Agr. & For. Res. Ctr. Ins. of Agr. & For. Res., Kurume Fukuoka 839-0827, Japan

<sup>\*4</sup> 琉球大学農学部 Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus, 1 Senbaru, Nishihara, Okinawa, 903-0213 Japan

の瓶における、菌傘1 cm 以上の子実体本数を有効茎数とし、有効茎数に対するイボ発生茎数を1 瓶ごとに求め、16 瓶の平均値をイボ発生率とした。各試験区の供試瓶数は16 本とした。1 瓶あたりのイボ発生率 (n= 16) を用いて Tukey 法により試験区間の多重比較検定を行った。

### 5. 光照射開始時期とイボ発生との関係

光の照射開始時期とイボ発生との関係性を検討するために、光照射開始日を発生処理後3 日目、6 日目、9 日目、12 日目の4 段階に設定し、その他は常法の栽培方法で管理し、収穫後、目視によりイボ発生率を算出した。各試験区の供試瓶数は16 本とした。

### 6. 菌傘への物理刺激とイボ発生との関係

菌傘への物理刺激とイボ発生との関係性を検討するために、発生処理後12 日目の子実体に a) スポンジでこする、b) 霧吹きで加水する、c) 扇風機で風を当てる、3 種類の物理刺激を加え、その後常法にて栽培を行った。a) について、一般にブナシメジの栽培では、発生処理から芽出しまで、原基の乾燥を防ぐため、瓶口を穴あきシートで被覆する。このとき、伸長した芽がシートに接触し、これがイボ発生の要因となる可能性が考えられた。そこでこれを模倣するため、作業性が良く、子実体株に与えられる刺激が均一になりやすいと考え、軟質ウレタン素材の食器洗い用スポンジ (15 cm × 8 cm × 2 cm) を用いて、発生処理後12 日目に1 度のみ株全体をなでるように擦った。b) について、栽培室内は微細な霧を均一に発生させることで湿度95% を保つが、栽培棚や照明器具などに付着した水滴が凝集してより大きな水粒になることで子実体に滴ることがあり、これもイボ発生の要因となる可能性が考えられた。そこでこれを再現するため、発生処理後12 日目から18 日目までの間、2 日に1 度、霧吹きによる加水 (1 瓶当たり3 ml 程度) を行った。c) について、栽培室内は温湿度を均一にするために循環ファンが作動している。栽培瓶の位置によっては、より多くの風を受ける場合があり、これもイボ発生の要因となる可能性が考えられた。そこでこれを再現するため、栽培瓶口の30 cm ほど上方から供試瓶全体へ風が当たるよう、扇風機 (18 cm クリップ扇、山善社製、YCT-F 182) を設置し、発生処理後12 日目から収穫まで45 分稼働・15 分停止 (風量: 強モード) を繰り返した。収穫後目視によりイボ発生率を算出した。各試験区の供試瓶数は16 本とした。

### 7. 低温・低湿度への曝露とイボ発生との関係

冬季における外気の影響とイボ発生との関係性を検討するために、発生処理後9 日目、12 日目から温度  $12 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、湿度90% の栽培室に移動させ2 日間栽培し、その後常法の栽培室に戻して管理し、収穫後目視によりイボ発生率を算出した。低温・低湿度では子実体の生育が完全に停止すると思われるため、曝露期間を2 日間とした。各試験区の供試瓶数は16 本とした。

## Ⅲ. 結果

### 1. イボと子実体の対峙培養

イボとイボ子実体の対峙培養の様子を示す (図-2)。菌叢の接

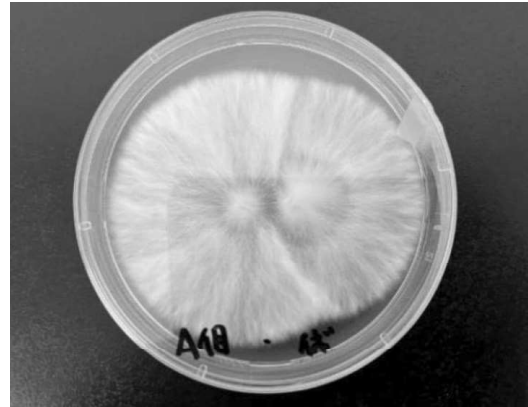


図-2. 対峙培養の様子

触部に帯線や嫌色反応は形成されず、イボは子実体と同じ組織の一部であることが示唆された。また、イボから再生した菌糸を顕微鏡観察したところ、クランプ結合が確認された。

### 2. 培養日数とイボ発生との関係

培養日数とイボ発生率の結果を表-2 に示した。全ての試験区においてイボの発生が確認でき、50 日試験区では、イボ発生率は最も高く20.6% であった。培養日数60 日以下では有意にイボ発生率が増加する傾向が見られたが、40 日試験区では50 日に比べイボ発生率が小さかった。70 日以上試験区ではイボ発生率に大きな差は見られなかった。

### 3. 光照射開始時期とイボ発生との関係

光照射開始時期とイボ発生率の結果を表-3 に示した。すべての試験区においてイボの発生が確認され、有意にイボ発生率が大きかったのは3 日目の試験区であり、光照射開始が早まるほどイボ発生率が高い傾向が見られた。また、3 日目、6 日目の試験区では茎が徒長せず、平均収量が低下する傾向が見られた。

### 4. 菌傘への物理刺激とイボ発生との関係

物理刺激とイボ発生率の結果を表-4 に示した。c) 風を当てた試験区のみイボの発生が見られ、他の試験区ではイボ発生以外の菌傘の形質変化が見られた。a) スポンジによる刺激では、菌傘の一部が白色化し (図-3)、b) 霧吹きによる加水では、菌傘の中心部の模様の変化が見られた (図-4)。風の影響を受けた



図-3. スポンジ刺激による菌傘表面の白色化

c) において、菌傘の開きは他の試験区より早く、生育日数は19日であった。

#### 5. 低温・低湿度への曝露とイボ発生との関係

低温・低湿度への曝露とイボ発生率の結果を表-5に示した。いずれの試験区でもイボの発生は見られなかったが、菌傘の周縁部の斑紋が消失し、灰色になる傾向が見られた。また、低温・低湿度へ曝露した場合、生育日数の長期化が見られた。

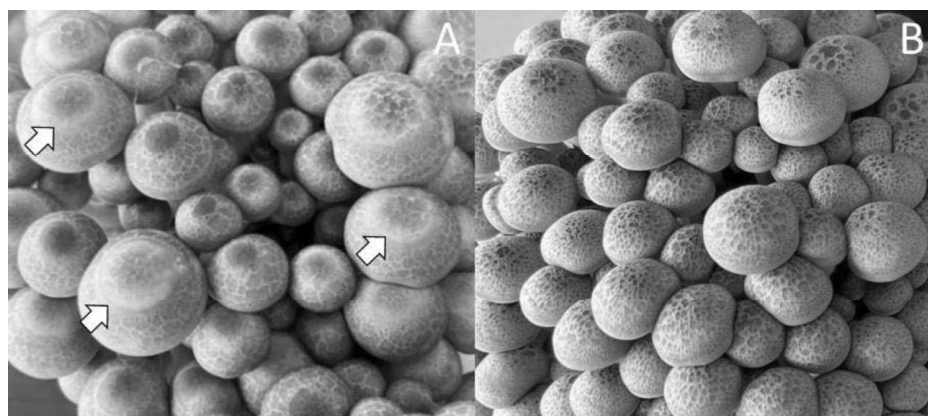


図-4. 加水による菌傘表面模様の変化  
A:加水試験区, B:コントロール, 矢印は菌傘の模様の変化部位を示す。

表-1. 栽培工程の概要

工程・資材	内 容
ビン・キャップ	口径 58 mm, 850 ml の PP ビン, プナシメジ用のウレタンキャップ (通気口数 6)
ビン詰め	1 ビンあたり 550 ± 10 g で, ビンの肩まで詰め込み
殺菌・放冷・接種	120℃で1時間, 釜出し後一晩放冷して, 約 20 ml の鋸屑種菌を接種
培養	温度 22℃, 湿度約 70%, 暗黒下で 80 日間
発生処理 (菌掻き・注水)	まんじゅう掻き, 注水 5 ml まで有孔ポリシートを被覆後, 発生室に移動静置
芽出し	15 ± 1℃, 湿度 95%, 光は作業時のみ点灯, CO <sub>2</sub> 濃度 2,000 ppm 前後
生育	15 ± 1℃, 湿度 95%, 光量 500 Lx (青色光), CO <sub>2</sub> 濃度 2,000 ppm 前後

表-2. 培養日数とイボ発生との関係

培養日数 (H)	イボ発生瓶数 <sup>1)</sup> (本)	イボ発生茎数 <sup>2)</sup> (本)	イボ発生率 <sup>3)</sup> (%)	生育日数 (H)	平均収量 (g)
40	16	5.8	10.4 <sup>a</sup>	23~24	169.1 <sup>a</sup>
50	16	17.4	20.6 <sup>b</sup>	22~23	201.0 <sup>b</sup>
60	16	4.6	4.8 <sup>c</sup>	21	197.3 <sup>b</sup>
70	4	0.4	0.3 <sup>d</sup>	20	226.7 <sup>c</sup>
80	9	0.8	0.6 <sup>d</sup>	20	223.0 <sup>c</sup>
90	12	1.2	0.8 <sup>d</sup>	20	229.8 <sup>c</sup>

各試験区とも瓶数 16 本を供試。各試験区の文字が異なる数値間は有意差あり P<0.05 (Tukey 検定)

<sup>1)</sup>イボが発生した瓶数。<sup>2)</sup>1 瓶あたりのイボ発生茎数。<sup>3)</sup>有効茎数に対するイボ発生茎数を 1 瓶ごとに求め、16 瓶の平均値から算出した。

表-3. 光照射開始タイミングとイボ発生との関係

光照射開始日 (日目)	イボ発生瓶数 <sup>1)</sup> (本)	イボ発生茎数 <sup>2)</sup> (本)	イボ発生率 <sup>3)</sup> (%)	生育日数 (H)	平均収量 (g)
3	13	8	9.1 <sup>a</sup>	20	216.8 <sup>a</sup>
6	13	1.8	1.9 <sup>b</sup>	20	211.4 <sup>a</sup>
9	2	0.2	0.1 <sup>b</sup>	20	232.9 <sup>b</sup>
12 (コントロール)	1	0.2	0.1 <sup>b</sup>	20	234.5 <sup>b</sup>

各試験区とも瓶数 16 本を供試。各試験区の文字が異なる数値間は有意差あり P<0.05 (Tukey 検定)

<sup>1)</sup>イボが発生した瓶数。<sup>2)</sup>1 瓶あたりのイボ発生茎数。<sup>3)</sup>有効茎数に対するイボ発生茎数を 1 瓶ごとに求め、16 瓶の平均値から算出した。

表-4. 物理刺激とイボ発生の関係

刺激の種類	イボ発生瓶数 <sup>1)</sup> (本)	イボ発生茎数 <sup>2)</sup> (本)	イボ発生率 <sup>3)</sup> (%)	生育日数 (日)	平均収量 (g)
a) スポンジでこする	0	0	0	20	236.2 <sup>a</sup>
b) 霧吹による加水	0	0	0	20	258.1 <sup>a</sup>
c) 風を当てる	4	0.31	0.2	19	230.1 <sup>b</sup>
コントロール	0	0	0	20	227.0 <sup>b</sup>

各試験区とも瓶数16本を供試。各試験区の文字が異なる数値間には有意差あり P<0.05 (Tukey 検定)

<sup>1)</sup>イボが発生した瓶数。<sup>2)</sup>1瓶あたりのイボ発生茎数。<sup>3)</sup>有効茎数に対するイボ発生茎数を1瓶ごとに求め、16瓶の平均値から算出した。

表-5. 低温・低湿度への曝露とイボ発生との関係

低温移動日	イボ発生瓶数 <sup>1)</sup> (本)	イボ発生茎数 <sup>2)</sup> (本)	イボ発生率 <sup>3)</sup> (%)	生育日数 (日)	平均収量 (g)
9日目	0	0	0	21	229.9 <sup>a</sup>
12日目	0	0	0	21	242.4 <sup>b</sup>
コントロール	0	0	0	20	228.7 <sup>a</sup>

各試験区とも瓶数16本を供試。各試験区の文字が異なる数値間には有意差あり P<0.05 (Tukey 検定)

<sup>1)</sup>イボが発生した瓶数。<sup>2)</sup>1瓶あたりのイボ発生茎数。<sup>3)</sup>有効茎数に対するイボ発生茎数を1瓶ごとに求め、16瓶の平均値から算出した。

#### IV. 考察

栽培現場におけるイボ発生率は夏季に少なく、冬季に多くなり顕著に異なる傾向が見られる。イボの発生は生育途中の幼子実体において確認でき、子実体がある程度大きくなる以前にイボを発生させる原因があると推察された。成長したイボを細かく観察すると、一部のものにはヒダ状構造が見られることから(図-5)、菌傘の表面に新たな菌傘が反転して発生していると思われた。また、別のものではヒダのない未分化組織もみられ、イボにも様々な種類があることが確認できた。イボの発生は後天的な変異が原因と想定したが、対峙培養と顕微鏡観察の結果から、イボは発生子実体と遺伝的には同一組織であることが示唆された。

イボが発生する条件として、培養日数との関連性が考えられた。例えば、工藤ら(2)はブナシメジにおいて培養日数70日と56日で発生処理し比較すると、56日試験区のイボ発生率が高かったと報告している。今回の調査では培養日数が60日以下のとき、70日以上よりもイボ発生率が有意に高くなり、同様の傾向が見られた。ブナシメジの培養はエノキタケ等と異なり、菌回り後に熟成とよばれる追加培養が必要とされていることから、熟成不足がイボの発生に関係することが示唆された。ブナシメジ「大木 Oh-494」の最適培養日数は75日程度であるが(4)、繁忙期となる冬季は生産量の増加で、詰め込み数量よりも菌掻き数量が増え、培養日数の短縮を余儀なくされ、最適培養日数が確保できない生産者が多く、イボの発生が助長されると考えられる。そのため、イボの発生を抑制するには、最適培養日数の確保(70日以上)が重要と考えられた。

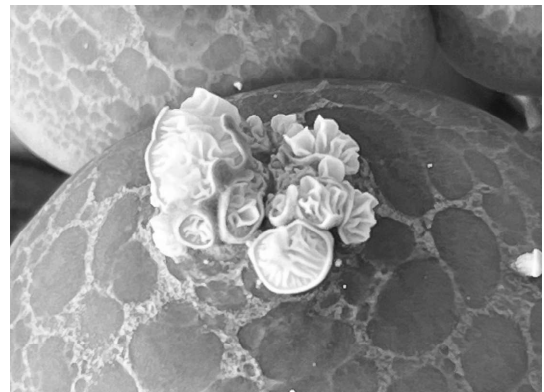


図-5. イボに見られるヒダ状構造

光には子実体原基形成と菌傘の形成を促す効果があることから(3)、イボ発生の特因として蛍光灯やLEDライトによる光刺激があると仮定した。今回の調査では光照射開始日が早くなるほどイボ発生率が上昇する傾向が見られた。さらに、生育日数に違いはないが収量性は光照射開始が早い試験区で低下する傾向が見られた。したがって、収量性やイボの発生率を考慮すれば、供試菌株の最適光照射開始タイミングは9日目からと考えられた。

次に、イボ発生の特因として菌傘に直接与えられる物理刺激があると仮定し、実験を行った。今回の調査では風を当てることでのみイボの発生が確認された。栽培室内は温度や湿度を均一にするための循環ファンによる空気の流れが起きている。栽培瓶の配置場所によって当たる風の量も変わると考えられるが、風の量に応じてイボ発生率が変化するかどうかは、今回明らかにできなかった。一方、スポンジによる接触刺激では菌傘の白色化が見られ、霧吹きによる加水では菌傘の模様の変化が見られたものの、どちらもイボは発生しなかった。しかし、イボのみならず菌傘の

白色化や、模様の変化もきのこの商品性を欠くため、被覆材の取り扱いや栽培室内環境はきのこの生育に合わせ、十分な注意が必要であると考えられた。

一般的にブナシメジ栽培は施設管理により定温、定湿度が維持されているが、炭酸ガス濃度を適正に保つために外気の導入も必要である。つまり、夏季は高温、高湿度の空気が施設内に流入し、冬季は低温、低湿度の空気が流入している。実際の栽培現場では冬季にイボ発生が目立つことから、温湿度の低下がイボ発生の条件なのではと考えたが、今回の調査では菌傘の色は変化したものの、イボの発生は見られなかった。したがって、温湿度環境の変化とイボの発生に関係性は少ないと推察された。冬季にイボ発生が増加するのは、前述の培養日数の短縮によるところが大きいと考えられた。

また、大木きのこ種菌研究所はイボが発生しない別品種も保有しており、イボ症状は「大木 Oh-494」が有する遺伝的特性の可能性もある。繁忙期に最適培養日数を確保できないのなら、より短期間で発生処理が可能で、イボの発生が見られない品種に転換することも対策として考えられる。これらの知見を元に今後は生産現場での具体的な対処法を検討していく。

## V. 謝辞

本研究を行うにあたり、株式会社大木きのこ種菌研究所の協力を得た。ここに深く感謝の意を表します。

## 引用文献

- (1) きのこ年鑑編集部 (2019) 2019 年度版きのこ年鑑, (株)プランツワールド, 東京, 58
- (2) 工藤雅音ほか (2022) 日本きのこ学会第 24 回大会講演要旨集, 47
- (3) 難波謙二ほか (2002) 日本応用きのこ学会誌 10 : 141 - 146
- (4) 農林水産省知的財産課種苗室 (2017) URL:[http://www.hinshu2.maff.go.jp/vips/cmm/apCMM112.aspx?TOUROKU\\_NO=26223&LANGUAGE=Japanese](http://www.hinshu2.maff.go.jp/vips/cmm/apCMM112.aspx?TOUROKU_NO=26223&LANGUAGE=Japanese) (2022 年 9 月 7 日利用)  
(2022 年 11 月 12 日受付 ; 2023 年 1 月 10 日受理)