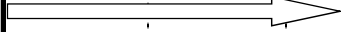
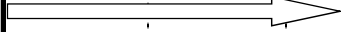
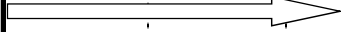


## 委託プロジェクト研究課題評価個票（終了時評価）

|   |  |                 |                            |    |   |  |  |                        |         |
|---|--|-----------------|----------------------------|----|---|--|--|------------------------|---------|
| <b>研究課題名</b>  | 生産現場強化のための研究開発のうち、森林資源を最適に利用するための技術開発  | <b>担当開発官等名</b>  | 研究開発官(基礎・基盤、環境)            |    |   |  |  |                        |         |
|   |  | <b>連携する行政部局</b> | 林野庁森林整備部研究指導課<br>林野庁林政部経営課 |    |   |  |  |                        |         |
| <b>研究期間</b>   | H27～H31（5年間）   | <b>総事業費（億円）</b> | 4.3億円（見込）                  |    |   |  |  |                        |         |
| <b>研究開発の段階</b>  | <table style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">基礎</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">応用</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">開発</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">  </td> </tr> </table> | 基礎              | 応用                         | 開発 |  |  |  | <b>関連する研究基本計画の重点目標</b> | 重点目標 14 |
|   | 基礎   | 応用              | 開発                         |    |   |  |  |                        |         |
|  |  |                 |                            |    |   |  |  |                        |         |
|   |  |                 |                            |    |   |  |  |                        |         |

### 研究課題の概要

<委託プロジェクト研究課題全体>

日本の国土の7割近くを占める森林を将来に渡って適正に利用・保全していくために、山村地域の生産現場強化に繋がる新たな需要創出にかかる技術開発が求められている。また、森林資源の持続的な循環型生産体制の実現は、山村地域の生産現場強化のみならず、森林による温室効果ガス吸収機能を向上するためにも重要である。このため、本研究課題では、下記の課題に取り組んでいる。

<高級菌根性きのこ（※1）栽培技術の開発（平成27～31年度）>

森林資源を活用した新たな需要創出のために、マツタケ・トリュフ（※2）の人工栽培技術の開発として重要な菌根（※3）共生関係の解明とその制御機構を開発する。

#### 1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標

高級菌根性きのこ栽培技術の開発

- ・人工管理下でのマツタケシロ（※4）活性化技術の開発
- ・感染苗木（※5）を用いた国産トリュフの増殖技術の開発

#### 2. 事後に測定可能な委託プロジェクト研究課題としてのアウトカム目標（H41年）

高級菌根性きのこ栽培技術の開発

- ・人工管理下でのマツタケシロ活性化による安定的なマツタケ生産
- ・感染苗木作製による国産トリュフの生産開始

### 【項目別評価】

#### 1. 研究成果の意義

ランク：A

##### ①研究成果の科学的・技術的な意義、社会・経済等に及ぼす効果の面での重要性

###### 〈科学的・技術的な意義〉

マツタケをはじめとする菌根性きのこは、生きた樹木の根から養分を得て生育するという特徴から、これまで人工栽培が難しかった。このため、本研究において、マツタケでは人工管理下及び林地でのシロ拡大に成功するとともに、近縁種であるバカマツタケにおいては林地で菌を接種する手法を開発し、子実体（※6）発生に成功した。また、トリュフについては、未解明であった国産トリュフの種を確定させるとともに、トリュフ発生地 of 土壌環境とトリュフ菌の生育特性を明らかにして国産種を用いた植栽試験での菌の定着に成功した。このように、これまで困難とされてきた人工栽培を可能とする技術が開発されており、研究成果の科学的・技術的な意義は非常に高い。

###### 〈社会・経済等に及ぼす効果の面での重要性〉

マツタケはこれまで人工栽培ができないため高級食材となっており、またトリュフは世界三大珍味の一つとされている。これら経済的な価値が高いきのこが安定的に生産可能となることは地域にとって新たな市場を生み、将来的には海外への輸出も視野に入ることから、経済的な波及効果は大きく山村振興の強力な一助となることが期待される。一方、マツタケやトリュフの生育には生きた樹木の根との共生関係が不可欠であり、このようなきのこを生産することで森林の適正管理に繋がることが期待される。これらのことから、本研究は社会・経済に及ぼす影響の面での重要性が非常に高い。

**2. 研究目標（アウトプット目標）の達成度及び今後の達成可能性**

ランク：A

**① 最終の到達目標に対する達成度**

マツタケについては、子実体原基（※7）を形成する期待の高い野生株の選抜や突然変異株の作出が進んでいるとともに、林地にマツタケ菌根菌を接種するための大型マツタケ感染苗の人工管理下における作出条件を解明している。また、土壌表層における樹木の細根量を多くする根系操作手法を開発し、細根を誘導した箇所へマツタケシロ断片を移植することにより野外で人工的にマツタケシロを拡大させることに成功した。マツタケ同等の価値のある近縁種バカマツタケにおいては、シロの活性化と子実体の発生に成功している。トリュフについては、食用として有望な国産トリュフ3種について形態的特徴や遺伝情報に基づいて解析し、うち2種が新種であることを明らかにした。また、断根処理（※8）により再生した根系にトリュフ菌を感染させることに成功するとともに、トリュフ菌感染苗を野外植栽してトリュフ菌の定着を確認している。

以上のことから、本研究は順調に進んでおり、達成度は非常に高い。

**② 最終の到達目標に対する今後の達成可能性とその具体的な根拠**

上記のように、マツタケについては有望菌株の作出を含め野外におけるシロの活性化に必要な個別技術は確立している。今後これらの技術を組み合わせ、有望菌株を感染させた大型苗を作出して根系操作を行った野外試験地へ植栽することで、シロを拡大させることができるため、最終的な目標は達成可能である。バカマツタケについては、既に子実体形成に成功しており、今後様々な箇所での林地接種を行い、発生条件の最適化を図る。トリュフについては、野外植栽試験での菌の定着拡大を確認しており、地表被覆や肥培などの定着へ及ぼす影響を検討することで、最終的な目標は達成可能である。

**3. 研究が社会・経済等に及ぼす効果（アウトカム）の目標の今後の達成可能性とその実現に向けた研究成果の普及・実用化の道筋（ロードマップ）の妥当性**

ランク：A

**① アウトカム目標の今後の達成の可能性とその具体的な根拠**

本課題終了後、開発技術の実証段階として、感染苗の植栽からシロ活性化までの全行程を通したトータルコスト・生産能力の評価を行い、それらを踏まえた各工程の手法の改良、栽培技術マニュアルの作成等を行う。これらの技術情報を、公設試験場をはじめとする技術移転機関を通じて山村地域の自治体やきのこ生産組合等に普及することで、マツタケの安定生産やトリュフの国内生産を実現する。これらの取組を行うことで、アウトカム目標の達成は可能である。

**② アウトカム目標達成に向け研究成果の活用のために実施した具体的な取組内容の妥当性**

実際の林地での栽培に向けて、培養したマツタケ菌を接種してシロ形成させたアカマツ苗を野外順化させる試験地（長野県）や感染苗木を用いたトリュフ菌増殖試験地（山梨県）を設定している。一方で、栽培技術の適用を想定した有望菌の品種登録に向け、関係部局との情報交換を研究の進捗に応じて定期的に行っている。

**② 他の研究や他分野の技術の確立への具体的貢献度**

本研究で明かになる菌根菌の生態に関する知見は、火山噴火や土砂流出といった、近年増加する自然災害の被災跡地で、菌根菌等の微生物資材を活用して植生回復を促進させる技術に適用できる。

**4. 研究推進方法の妥当性**

ランク：A

**① 研究計画（的確な見直しが行われてきたか等）の妥当性**

3名の外部有識者と、関係する行政部局で構成する「森林資源を最適に利用するための技術開発」運営委員会を設置し、行政ニーズや各課題の進捗状況を踏まえて、実施計画の見直し等の適切な進捗管理を行っている。本課題では、人工環境下で光環境を制御することで感染苗木の成長を促進する技術が予定通り平成29年度で終了したが、養分添加と光環境の制御を組み合わせることで更なる苗木の大型化が見込まれたことから、運営委員会で検討した上で、平成30年度から新たな課題を設定して当該研究に取り組むこととするなど、適宜見直しを行っており、研究計画は妥当である。

**② 研究推進体制の妥当性**

上記の運営委員会を年2回（7～8月頃、2～3月頃）開催し、進捗状況の確認、研究計画・推進体制の見直し、研究成果の共有と公表等について、指導等を行っている。また、研究コンソーシアムの自主的な推進体制として、中間検討会や推進会議を随時開催し、コンソーシアム内の情報共有や意見交換、推進体制の検討等を行っていることから、研究推進体制は妥当である。

**③研究の進捗状況を踏まえた重点配分等、予算配分の妥当性**

委託プロジェクト全体で、課題の進捗状況や研究成果の有用性を踏まえた予算配分の重点化を行っている。本課題は計画通り進捗しており、最終目標の達成も見込まれることから、予算配分額は妥当である。

**【総括評価】**

**ランク：A**

**1. 委託プロジェクト研究課題全体の実績に関する所見**

・人工的なマツタケシロの拡大や野外におけるトリュフ菌の定着等、所定の研究成果が得られていることを評価する。

**2. 今後検討を要する事項に関する所見**

・アウトカム目標について、開発したマツタケ・トリュフの生産開始による、山村地域への経済波及効果を示すことも重要であった。また、県からの反応や期待を示すと研究の意義が強調される。  
・自然災害の被災跡地での植生回復としての効果など、他分野での活用の可能性について検討することを期待する。

[研究課題名] 生産現場強化のための研究開発のうち、森林資源を最適に利用するための研究開発

| 用語     | 用語の意味  | ※<br>番号 |
|--------|--|---------|
| 菌根性きのこ | 樹木の根と共生する菌根菌のうち、きのこを形成するものこと。マツタケ、トリュフ、ショウロ、アンズタケなどは食用とされる菌根性きのこである。これらの菌の生育に、生きた樹木の根との共生関係が必要であり、これらの関係のメカニズムが十分に解明されておらず、菌根性きのこの人工栽培は困難なものが多い。   | 1       |
| トリュフ   | 西洋料理における高級食材の一種。土壌中に形成された球形～塊形をしたきのこである。ヨーロッパでは、一部のトリュフにおいて人工栽培技術が開発されている。日本にも、ヨーロッパに近縁の種のトリュフが発生することが知られている。  | 2       |
| 菌根     | 土壌中に生息する菌類のある特定のグループが、植物の根に感染してできる構造物。菌根を介して、菌は植物が光合成により作り出した炭水化物などの養分を獲得する。一方、植物は、菌根から土壌中を広範囲に広がる菌糸によって、効率的に水分やミネラル分を得ることができる。つまり、菌根の形成は、樹木および菌にとって有益な共生関係といえる。マツタケやトリュフなどは、樹木の根に菌根を形成する菌（菌根菌）の1つであり、これらきのこの人工栽培技術の開発には、この共生関係の解明と制御がカギになる。     | 3       |
| シロ     | 共生するマツの根から栄養分を得て、土壌中に同心円状に広がるマツタケ菌糸の塊。直径数10センチから10メートル程度の広がりを持つ。秋になるとシロの周縁部から、リング状にマツタケ子実体（きのこ）が発生する。マツタケの発生位置の調査から、シロは毎年10～15センチ程度、拡大していく。シロの語源は、土壌中のマツタケの菌糸塊が白い色をしていることや、土壌中を広がる様子が城を作り上げるようにも見えたためと言われている。このシロの広がりを制御することが、マツタケ人工栽培のカギとなっている。 | 4       |
| 感染苗木   | 根系に菌根菌の菌糸体を感染させた苗木。  | 5       |
| 子実体    | 菌糸塊（シロ）から発生する、いわゆるきのこのこと。  | 6       |
| 原基     | 子実体（きのこ）の基となる微小な塊。原基が成長して子実体となる。   | 7       |
| 断根処理   | 菌根菌は宿主の細根部分に定着しやすいため、細根を増やすために樹木の根系を切断する処理のこと。   | 8       |

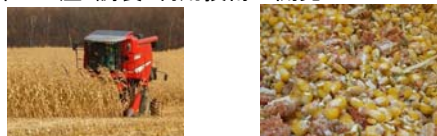
## 状況と方向

- 「農林水産業・地域の活力創造プラン」が目指す農業の構造改革を進めるとともに、農林水産業の成長産業化を図り、「強い農林水産業」を実現していくため、農業の生産コスト低減や収量の高位安定化など収益力強化のための技術開発、畜産業における生産システム革新のための技術開発、森林資源を活用した新たな需要創出のための技術開発を推進する。

## 実施する内容

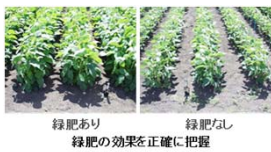
### ① 収益力向上のための研究開発

- 栄養価が高く、輸入飼料と同等の価格の自給濃厚飼料の生産・調製・利用技術の開発



飼料用トウモロコシの子実と芯の一部をサイレージ発酵させたコーンコブミックスの生産・調製・利用技術の開発

- 効率的かつ効果的な施肥技術、有機質資材の活用技術の開発



緑肥の効果を正確に把握

- 大豆等の収量の高位安定化技術の開発



簡単な指標によってほ場の状態を総合的に評価

マニュアルを使って多収阻害要因を特定し、対策技術を開発

有効な対策を講じることで単収が向上

- 花きの日持ち性向上技術の開発



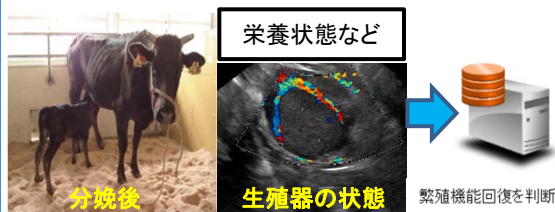
高い日持ち性を有する品種

鮮度保持剤  
低酸素管理等

→ 従来の2倍の日持ちになる新技術

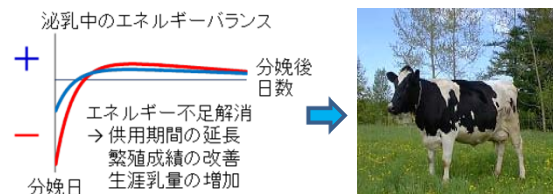
### ② 生産システム革新のための研究開発

- 牛の繁殖性を向上させる技術の開発



栄養状態や生殖器の状態等から、分娩後の繁殖機能の回復を早期に判断することで、繁殖成績を向上させる技術を開発

- 家畜の生涯生産性を向上させる育種手法の開発



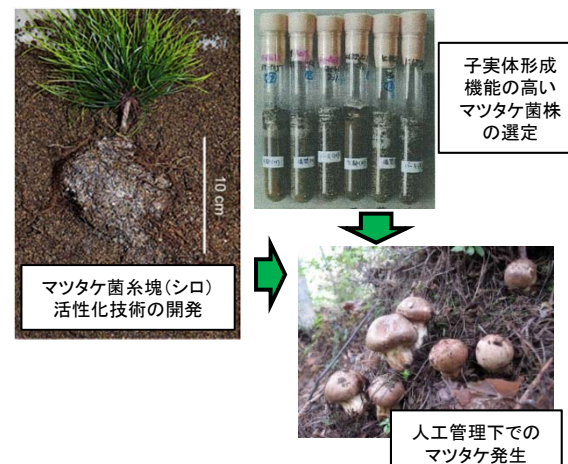
複数の形質を同時に効率良く改良可能な生涯生産性の高い家畜へ改良

家畜の生産性・繁殖性等の遺伝的能力を評価し、総合的に能力を高めるための育種手法を開発

### ③ 森林資源を最適に利用するための技術開発

- 高級菌根性きのこ栽培技術の開発

#### マツタケ人工栽培技術の開発



子実体形成機能の高いマツタケ菌株の選定



人工管理下でのマツタケ発生

#### 国産トリュフ人工栽培技術の開発



・トリュフ菌感染技術の開発  
・感染苗肥培管理技術の開発

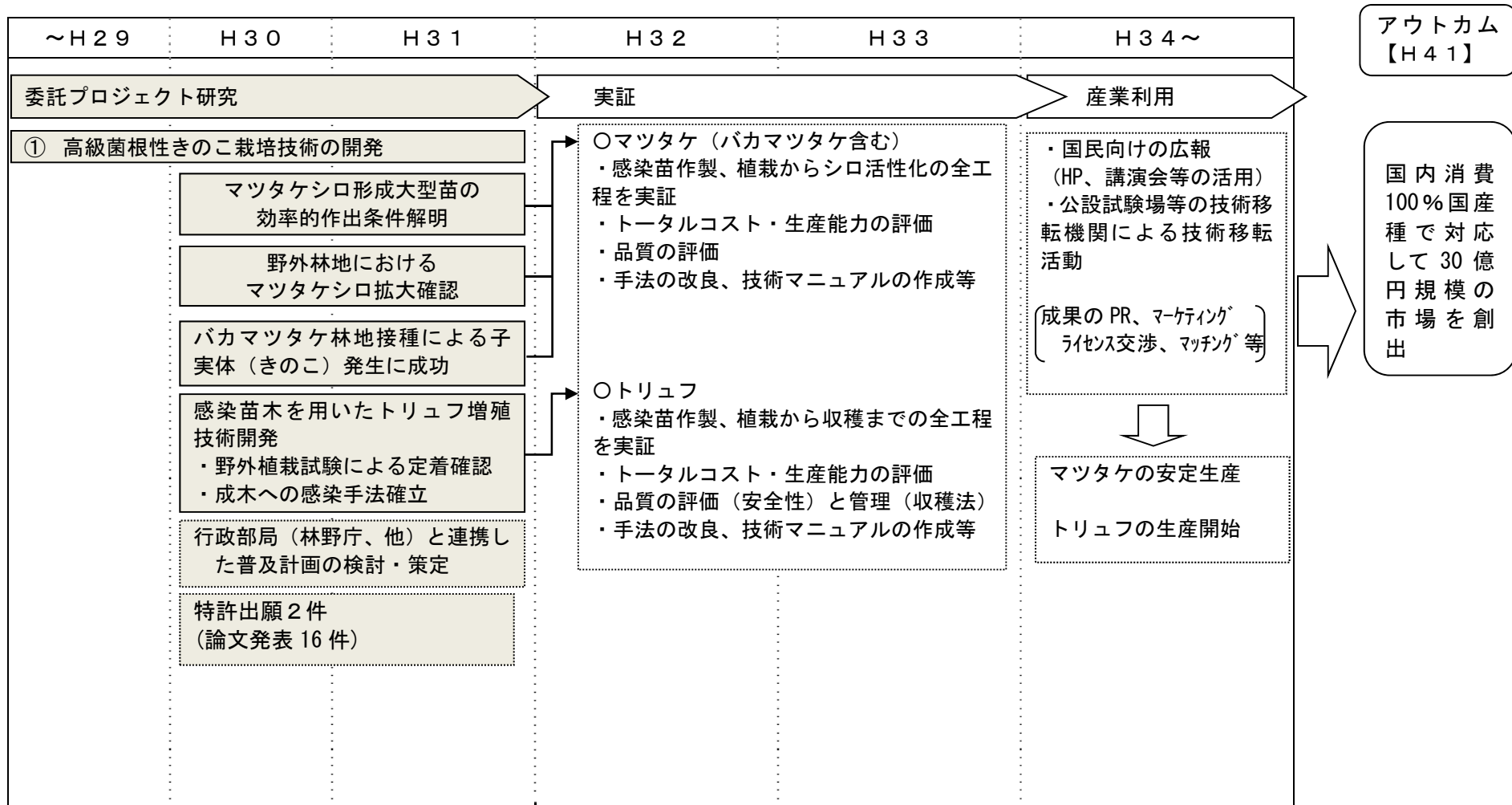


国産トリュフ増殖技術の開発

生産コストの低減、収量の高位安定化、繁殖性の向上等に関する技術的課題を解決し、効率的で力強い生産現場の構築する。

【ロードマップ（終了時評価段階）】

生産現場強化のための研究開発のうち、森林資源を最適に利用するための技術開発





# 高級菌根性きのこ栽培技術の開発

## 研究概要

- ・マツタケの人工栽培実用化に向け、シロ活性化等の栽培技術を開発
- ・国産トリュフの林地栽培実用化に向け、感染苗木の管理技術の開発

## 主要成果

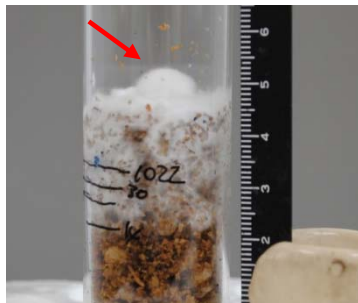
### 背景と課題

マツタケの生産量の激減と不安定な収量

国産トリュフ生産ゼロ→安全で安心な食材の確保

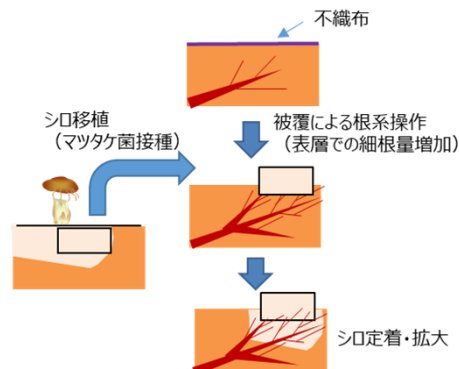
林地を活用した新たな高級食材の安定生産→適正な森林管理の推進

### マツタケ原基形成の有望菌株を選抜



滅菌した資材にマツタケ菌培養により原基状の菌糸塊（矢印）を形成

### マツ細根量を増加させて新たなマツタケシロ拡大を誘導



マツ細根量を増加させた箇所へマツタケシロを移植し、シロの拡大を確認

| 移植シロ外側での菌糸量  |     |
|--------------|-----|
| 菌糸量 (μg/g土壌) | 地点数 |
| 未検出～1        | 5   |
| 1～10         | 2   |
| 10～100       | 9   |

16地点中11地点で菌糸の拡大を確認

### バカマツタケ発生に成功



バカマツタケ菌をウバメガシとともに林地に埋設した後、きのこが発生した

今後のシロ拡大の制御技術に応用。

### 植栽試験によるトリュフ菌定着を確認



トリュフ菌感染苗を植栽後（左）に新たに形成されたトリュフ菌根（右。矢印）  
ホンセイヨウショウロ菌根を形成させたコナラ苗を野外苗畑に植栽した8ヶ月後に掘取り調査。野外での定着条件を解明。

## 今後の方針

- ・マツタケ有望菌株を用いてシロ活性化効果を検証する。
- ・野外植栽試験におけるトリュフ菌拡大に適した条件を解明する。