

中間評価

菌床シイタケのスマート栽培技術の開発

(林業研究研修センター)

研究課題中間評価調査

(様式10)

令和 4 年度 ☒ 当初予算 ☐ 補正予算 (月) 確定日 令和 年 月 日

機 関 名	林業研究研修センター		課題コード	H310701		事業年度	R1 年度 ~ R5 年度			
課 題 名	菌床シイタケのスマート栽培技術の開発									
機関長名	戸部 信彦				担当(班)名	資源利用部				
連 絡 先	018-882-4511				担当者名	三浦 正嗣				
政策コード	3	政 策 名	新時代を勝ち抜く攻めの農林水産戦略							
施策コード	2	施 策 名	複合型生産構造への転換の加速化							
指標コード	2	施策の方向性	「しいたけ」や「えだまめ」など日本一を目指す園芸産地づくり							
種 別	重点(事項名)		イノベーションによるきのこ栽培技術の開発						基盤	
	研究	○	開発		試験		調査		その他	
	県単	○	国補		共同		受託		その他	
評 価 対 象 課 題 の 内 容										
1 研究の目的・概要 菌床シイタケの栽培については、地域や生産者間で発生量や品質に差が生じ、所得格差が進行している。この原因として、生産者の経験や勘による管理上の問題や、高温障害などの問題点が指摘されているが、原因究明に関する研究事例はほとんど無く、施設形態や品種に適した栽培技術の開発が求められている。 そこで、高品質で多収量な菌床シイタケ栽培技術を確立するため、栽培管理システムの基礎となる環境因子(温度、湿度、CO₂濃度、光環境)のデータ化を図る。また、発生適期の解明及び高温障害等の発生不良要因を解析し、本県の気象特性を考慮した新たな菌床シイタケ栽培マニュアルを作成し普及する。										
2 課題設定時の背景(問題の所在、市場・ニーズの状況等) 菌床シイタケは、本県の農山村地域経済を支える主要な複合経営作目として定着している。しかし、大規模化が進む一方で、施設間や年による発生量、品質の差や、高温障害などの問題による生産性の低下により経営の実態は厳しく、離脱する栽培者も少なくない。問題の解決には現状の栽培方法からデータに基づいた栽培への切り替えが必要不可欠であり、施設形態や品種に合致した新たな栽培技術を確立し、高品質で安定的な出荷を行う必要がある。										
3 課題設定時の最終到達目標 ①研究の最終到達目標 栽培管理システムの環境因子のデータ化による生産施設タイプに応じた新たな菌床シイタケ栽培マニュアルを作成。 数値目標 ・収量の1割増加 例: 1菌床※当たりの平均収量900g(現状800g) ・A品率の増加 例: 1菌床※当たりのA品収量600g(現状500g) ※1菌床: 2.5~3.0kg/菌床 ②研究成果の受益対象(対象者数を含む)及び受益者への貢献度 スマート化に向けた菌床シイタケ栽培工程のデータ化による管理技術の構築により、菌床シイタケ生産者の所得向上及び経営の安定に大きく貢献する。また、本県の菌床シイタケ全体の品質向上にもつながり、他産地と品質で差別化を図ることができる。										

4 全体計画及び財源

別紙のとおり。

5 課題設定時からの市場・ニーズの変化等

菌床シイタケは、本県の農山村地域経済を支える主要な複合経営作目として定着している。しかし、中国産菌床の輸入拡大による単価の低迷や資材等の高騰による経営難により、菌床シイタケ産業を取り巻く環境は、より深刻な状況となっている。そのため生産者からは、安定した収量を確保できる新たな栽培管理技術の開発を求められている。特に発生適期の解明や、高温障害等の発生不良要因の解明へのニーズが強くなっている。

6 本県産業や県民生活への向上への貢献の見込み

本県の菌床シイタケ生産者は、稲作との複合経営がほとんどであり、田植え前や米の収穫後等の農閑期に合わせてシイタケの栽培管理が行われている。このため、シイタケにとっては不適切な時期に発生操作が行われている事例が多く、発生不良の大きな要因となっている。発生適期の判断技術が確立することで、適切な時期に発生させることが出来るようになり増収につながる。

また、データに基づいた新たな栽培管理技術が普及することで栽培環境を簡易に管理できるため、高温障害等による発生不良を防ぎ、本県の菌床シイタケ全体の所得の安定化や品質の向上が期待できる。

7 これまでに得られた成果

【生産施設の現況調査】

①県内の生産者209名について、生産規模、生産量、販売額を調査した。その結果、1菌床当たりの生産量は平均0.59kg（最大1.39kg、最小0.15kg）で、1菌床当たりの販売額は平均719円（最大1,266円、最小133円）と生産者間で大きな差があることが判明した。また、損益分岐点は1菌床当たり689円と算定され、1菌床当たりの販売額が損益分岐点に達していない生産者が半数以上を占めていた。

（ポスター発表）秋田県における菌床シイタケ経営の現状と課題 東北森林科学会第24回大会（2019）

【栽培環境が収量や形質に及ぼす影響の解明】

①県内で栽培されている主力5品種の高温耐性に関する生理的特性を調査した。その結果、品種間で高温への耐性は異なるが、死滅温度と暴露時間は全品種共通で40℃で48時間以上であった。

②子実体の発生適期を判定するために、近赤外線カメラで菌床を撮影したところ、菌床表面の子実体原基の数や大きさを非破壊で解析できることが明らかになった。

③県内で栽培されている3品種について、栽培環境が異なる施設から子実体を採取し形態を比較したところ一部の形態（傘の大きさ、厚さ、柄の長さ、太さ等）に違いがあることが明らかになった。

④県内で栽培されている2品種について、培養60日目と90日目に菌床を、高温環境下（35℃、38℃）に一定時間（12時間、24時間）置いて栽培したが、収量に影響はなかった。

⑤サーモグラフィカメラで菌床を撮影し、菌糸の伸長具合や菌床の培養段階を可視化することに成功した。

【施設形態別データの集積】

①県内8か所の栽培施設にセンサーを設置し、環境データ（温度、湿度、二酸化炭素濃度）を収集した。その結果、30℃を越える高温や5000ppmを越える高い二酸化炭素濃度など、不適切な栽培環境の施設があることが判明した。

②2か所の栽培施設で照度と菌床内の土中温度を計測した。その結果、菌床の培養期間には施設内温度よりも菌床内温度が1～3℃高いことが判明した。

8 残る課題・問題点・リスク等

これまでの取り組みから、発生不良を引き起こすような栽培環境（高温、高二酸化炭素濃度等）や形態に影響を与える栽培環境についてはデータが集まりつつある。一方で高収量につながる栽培環境に関しては不十分な点もあり、今後は収量と栽培環境の関連を重点的に解析する必要がある。

また、サーモグラフィカメラによって菌床の培養状況を可視化することに成功した。このことは、菌糸の活動状況や活性の程度を温度変化によって把握できることを意味している。今後は、子実体原基の可視化に着手し発生適期判定の指標を作成する予定である。

9 評価

観点																			
1 ニーズの状況変化	☐ A ☒ B ☐ C ☐ D ・現地では所得格差がみられており、その原因究明に取り組むのは意義が高い。 ・生育抑制要因の解明が進んでおり、今後はこの知見を生かした環境制御可能な栽培施設の増加が予想されており、ニーズに変化はない。 ・比較的安価な施設が大部分のため、この層に向けた管理の重要性の啓蒙が依然必要である。																		
	A. ニーズの増大とともに研究目的の意義も高まっている C. ニーズの低下とともに研究目的の意義も低くなってきている B. ニーズに大きな変動はない D. ニーズがほとんどなく、研究目的の意義がほとんどなくなっている																		
2 効果	☐ A ☒ B ☐ C ☐ D ・研究の目的・背景に記載されているとおり、高品質で安定的な生産を行うことは、本県のしいたけ栽培に必要不可欠であり、良い成果が得られることが期待される。 ・指標となる具体的な環境データ(気温、湿度、二酸化炭素濃度)を示すことができれば効果が高い。 ・菌床シイタケ栽培の生産は伸びることが予想され、発生適期の把握と良好な発育への環境制御により増収効果が期待できる。																		
	A. 大きな効果が期待される C. 小さな効果が期待される B. 効果が期待される D. 効果はほとんど見込めない																		
3 進捗状況	☐ A ☒ B ☐ C ☐ D ・現状として、生産者によって1菌床あたりの生産額に大きな差がある。この研究成果によって生産額の増大が期待されるところで、新たな栽培手法を開発し早期に生産者に普及されたい。 ・生育抑制、促進要因の解析が進みつつあることから、継続的な研究を進める必要がある。 ・概ね計画どおりに進捗していると考えられる。																		
	A. 計画以上に進んでいる C. 計画より遅れている B. 計画どおりに進んでいる D. 計画より大幅に遅れている																		
4 目標達成の状況 要因の阻害	☒ A ☐ B ☐ C ☐ D ・生産者間の技術差が明らかとされたことから、高位レベルの生産者の技術を「見える化」することで、県内栽培農家の生産技術平準化に向けた具体的な取組を進めてもらいたい。 ・目標達成する阻害要因はほとんどないと考えられる。																		
	A. 目標達成を阻害する要因がほとんどない C. 目標達成を阻害する要因がある B. 目標達成を阻害する要因が少しある D. 目標達成を阻害する要因が大きいにある																		
総合評価	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th colspan="2">判定基準</th></tr> <tr> <td>A</td><td>全ての評価項目がA評価である課題</td></tr> <tr> <td>B+</td><td>各評価項目がB評価以上であり、A評価が2つ又は3つの課題</td></tr> <tr> <td>B</td><td>各評価項目がB評価以上である課題 (A評価、B+評価に該当する課題を除く)</td></tr> <tr> <td>C</td><td>いずれかの評価項目でC評価がある課題 (D評価に該当する課題を除く)</td></tr> <tr> <td>D</td><td>いずれかの評価項目でD評価がある課題</td></tr> </table> ☐ A 当初計画より大きな成果が期待できる ☐ B+ 当初計画より成果が期待できる ☒ B 当初計画どおりの成果が期待できる ☐ C さらなる努力が必要である ☐ D 継続する意義は低い							判定基準		A	全ての評価項目がA評価である課題	B+	各評価項目がB評価以上であり、A評価が2つ又は3つの課題	B	各評価項目がB評価以上である課題 (A評価、B+評価に該当する課題を除く)	C	いずれかの評価項目でC評価がある課題 (D評価に該当する課題を除く)	D	いずれかの評価項目でD評価がある課題
判定基準																			
A	全ての評価項目がA評価である課題																		
B+	各評価項目がB評価以上であり、A評価が2つ又は3つの課題																		
B	各評価項目がB評価以上である課題 (A評価、B+評価に該当する課題を除く)																		
C	いずれかの評価項目でC評価がある課題 (D評価に該当する課題を除く)																		
D	いずれかの評価項目でD評価がある課題																		
評価を踏まえた研究計画等への対応 これまでの研究で、生産環境の「見える化」や生育抑制に関わる要因等の解析は進んでいる。今年度は、収量との関連を明確化するため、当センターで調整した均一な条件の菌床を各生産施設で培養し、収量データを得ることにしている。これにより、収量への影響が大きい環境要因が明らかとなり、高収量となる生産環境の解明にもつながると考えている。																			
(参考)	事前	中間(R2年度)	中間(R3年度)	中間(年度)	中間(年度)	中間(年度)													
過去の評価結果	-	B+	B+																

令和 4 年度 ■ 当初予算 □ 補正予算 (月)

機 関 名	林業研究研修センター	課題コード	H310701	事業年度	R1 年度 ~ R5 年度	
課 題 名	菌床シイタケのスマート栽培技術の開発					

4 全体計画及び財源									
(全体計画において 計画 実績)									
実施内容		到達目標	R1 年度	R2 年度	R3 年度	R4 年度	R5 年度	各年度到達目標	到達状況
生産施設の現況調査		県内120生産者の現況調査							R2年度までに県内の生産者約200名の調査を行った。
栽培環境が収量や形質に及ぼす影響の解明		発生不良の原因とその対処方法を明らかにする						R3 高温が収量に与える影響を調査する	培養開始から60日と90日経過した菌床を高温環境下(35℃、38℃)に一定期間(12時間、24時間)置いたが、収量に影響はなかった。
施設形態別データの集積		完全空調施設8か所、半空調施設8か所の環境因子(温度、湿度、CO ₂ 濃度、光環境)を測定						R3 生産施設の環境データを収集する	・9箇所の生産施設で温度、湿度、二酸化炭素濃度のデータを収集した。 ・2箇所の生産施設で照度と菌床内土中温度のデータを収集した。 ・9箇所の生産施設の光環境を測定した。
再現性の検証		高品質で多収量となる環境データの再現性を確認する						R3 栽培施設の動作確認 R4～R5 高収量となる栽培環境を再現する	R2年度に修繕した栽培施設の動作確認を行い、一般的な生産者と同程度にシイタケを栽培できることを確認した。
マニュアルの作成		管理システムのデータを用いた菌床栽培マニュアルの作成						R5 データを活用した菌床シイタケ栽培マニュアルを作成する	
								合計	
計画予算額(千円)			2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	10,000	
当初予算額(千円)			2,646	3,006	2,900	1,819		10,371	
財源内訳	一般財源		2,646	3,006	2,864	1,786		10,302	
	国 費								
	そ の 他				36	33		69	

菌床シイタケのスマート栽培技術の開発

研究期間：令和元年～5年
R4予算額：1,819千円

背景

菌床シイタケ栽培の流れ



菌床シイタケ栽培は地域や生産者、年によって発生量や品質に差が生じており、生産が不安定

- 生産者の勘や経験による栽培
- 栽培に適した環境条件が不明確（高温障害等による発生不良等）
- 発生操作に適した時期の判定が困難（菌床の未熟、過熟による減収、低品質化）

新たな栽培手法が必要

目的

- 最適な栽培環境条件の解明
- 発生適期判定技術の開発

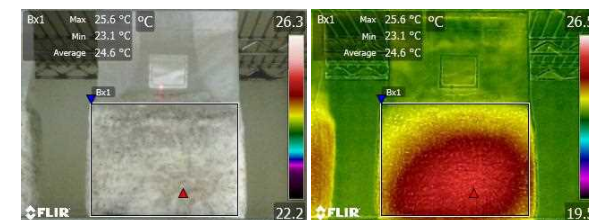
スマート化による新たな栽培手法を開発し、菌床シイタケ産業の活性化を図る

研究内容

- ① 生産者の現況調査
県内の生産者の生産状況、経営状況を明らかにする
- ② 栽培環境データの収集
生産施設にセンサーを設置し、環境因子（温度、湿度、CO₂濃度）を計測する
- ③ 栽培環境が収量、形質に及ぼす影響の解明
収量や形質に影響する環境因子を解析し、高品質で多収量となる栽培環境条件特定する
- ④ 子実体原基の非破壊可視化技術の開発
近赤外線カメラやサーモグラフィで子実体原基を可視化し、発生適期の判定を行う

これまでの成果

- ① 約200名の生産者を調査
半数以上の生産者が厳しい経営状況
- ② 8か所の生産施設で環境因子を計測
栽培環境が適切ではない施設があることが判明
- ③ (1) 主力品種の高温耐性を調査
 - 全品種共通で40℃に48時間以上暴露で菌糸が死滅
 - 培養60日、90日が経過した菌床を高温環境（35℃、38℃）に置いても収量には影響しない
- ③ (2) 子実体の形態を調査
栽培環境によって一部の形態に差があった
- ④ サーモグラフィで菌床を解析
菌糸の伸長状況や培養段階を可視化

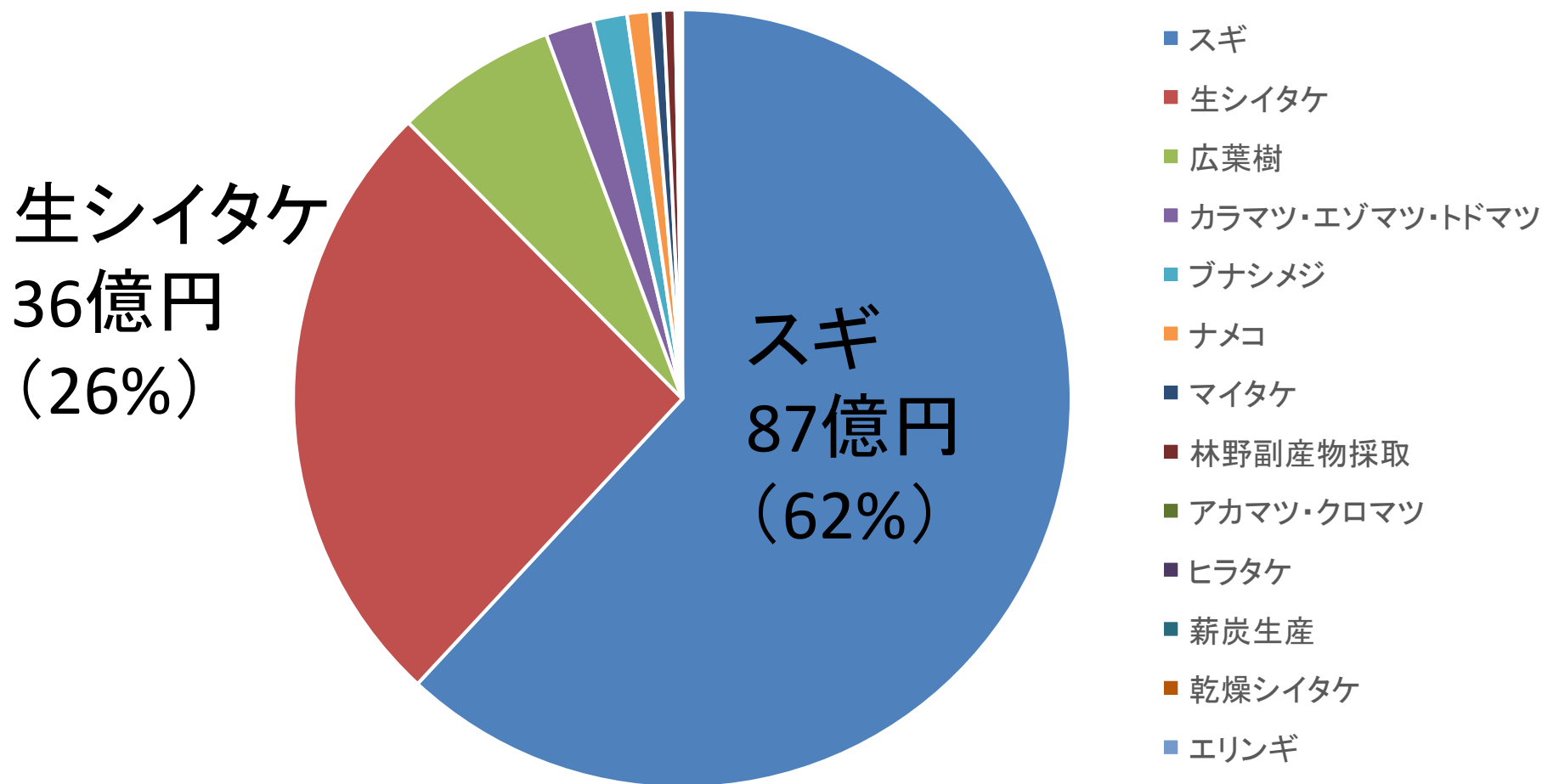


菌床シイタケのスマート栽培技術の開発

(研究期間 令和元年～5年)

秋田県林業研究研修センター
資源利用部 三浦 正嗣

秋田県における林業産出額の内訳（令和2年度）



【出典：令和2年林業産出額（林野庁）】

シイタケは林業の主要品目

背景:秋田県においてシイタケはどのような品目なのか

秋田県における農林水産物の品目別産出額(令和2年度)

品目	産出額 (億円)	順位
米	1,078	1
豚	192	2
スギ	87	3
鶏卵	67	4
肉用牛	58	5
リンゴ	50	6
ネギ	40	7
生シイタケ	36	8
エダマメ (未成熟)	28	9
生乳	26	10
キュウリ	25	11
トマト	24	12
スイカ	19	13
アスパラガス	16	14
大豆	15	15
ナス	14	16
メロン	12	17
ダイコン	10	18
日本ナシ	10	18
広葉樹	10	20

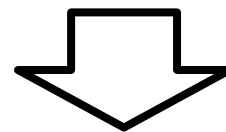
シイタケは秋田県
の農林水産物全体
でも産出額上位に
位置する主要品目

【出典:令和2年林業産出額(林野庁)、令和2年漁業産出額(農林水産省)、令和2年生産農業所得統計(農林水産省)】

都道府県別生シイタケ生産実績(令和2年度)

都道府県	生産量 (t)	順位
徳島	7,912	1
北海道	5,424	2
岩手	4,734	3
群馬	4,123	4
秋田	3,849	5
栃木	3,221	6
宮崎	3,140	7
福島	3,076	8
長崎	2,820	9
長野	2,782	10
千葉	2,476	11
新潟	2,457	12
岐阜	2,101	13
大分	1,774	14
静岡	1,636	15
富山	1,578	16
島根	1,516	17
岡山	1,322	18
山形	1,297	19
和歌山	1,109	20

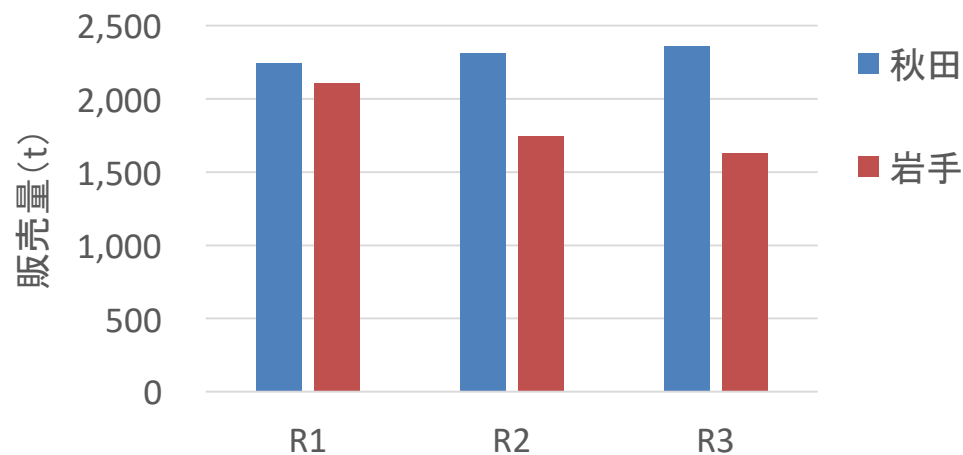
秋田県は全国的にも有数の
シイタケ生産地



シイタケは秋田県の
強みとなる品目

京浜地区中央卸売市場における販売実績

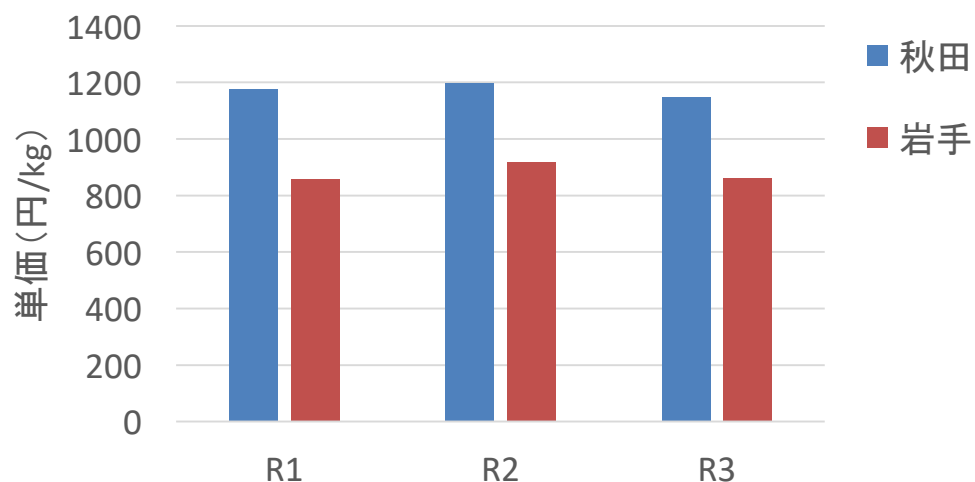
販売量(t)



品質と量を両立して
生産できる



単価(円/kg)

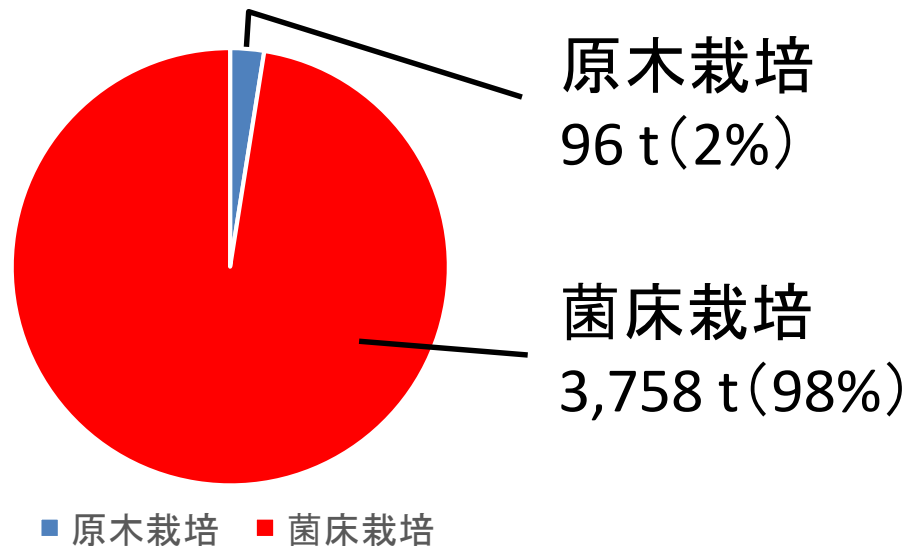


秋田県独自の
強み

原木栽培



菌床栽培



秋田県では...

生シイタケ
≡ 菌床シイタケ

秋田県における生シイタケ生産量の内訳(令和2年度)

【出典: 令和2年特用林産基礎資料(林野庁)】

菌床とは？

基材

- おが粉
- 木質チップ



栄養材

- 米や小麦のぬか
- 乾燥オカラ
- 市販栄養材



▲ シイタケ

▼ エリンギ



▲ ブナシメジ

▼ マイタケ



菌床の調整

①専用の栽培袋(ビン)に
培地を詰める



②培地を殺菌する



③種菌の接種



培養・熟成

④一次培養(菌糸の伸長、蔓延)



⑤二次培養(菌床の成熟)



発生操作

発生・収穫

⑥子実体の発生



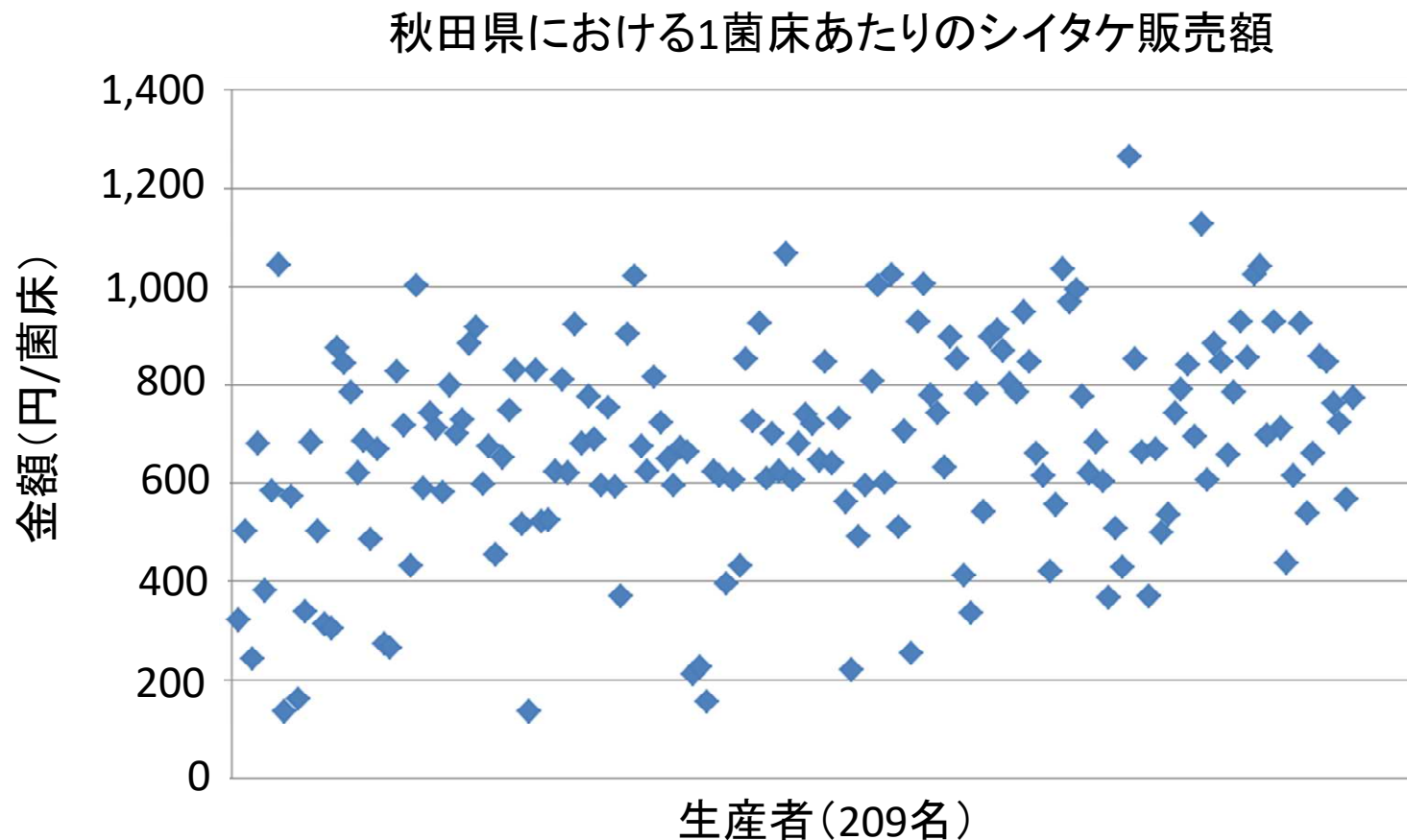
⑦収穫



⑧休養



R1年に県内の生産者209名（全生産者の約88%）を対象とし、現況調査を実施

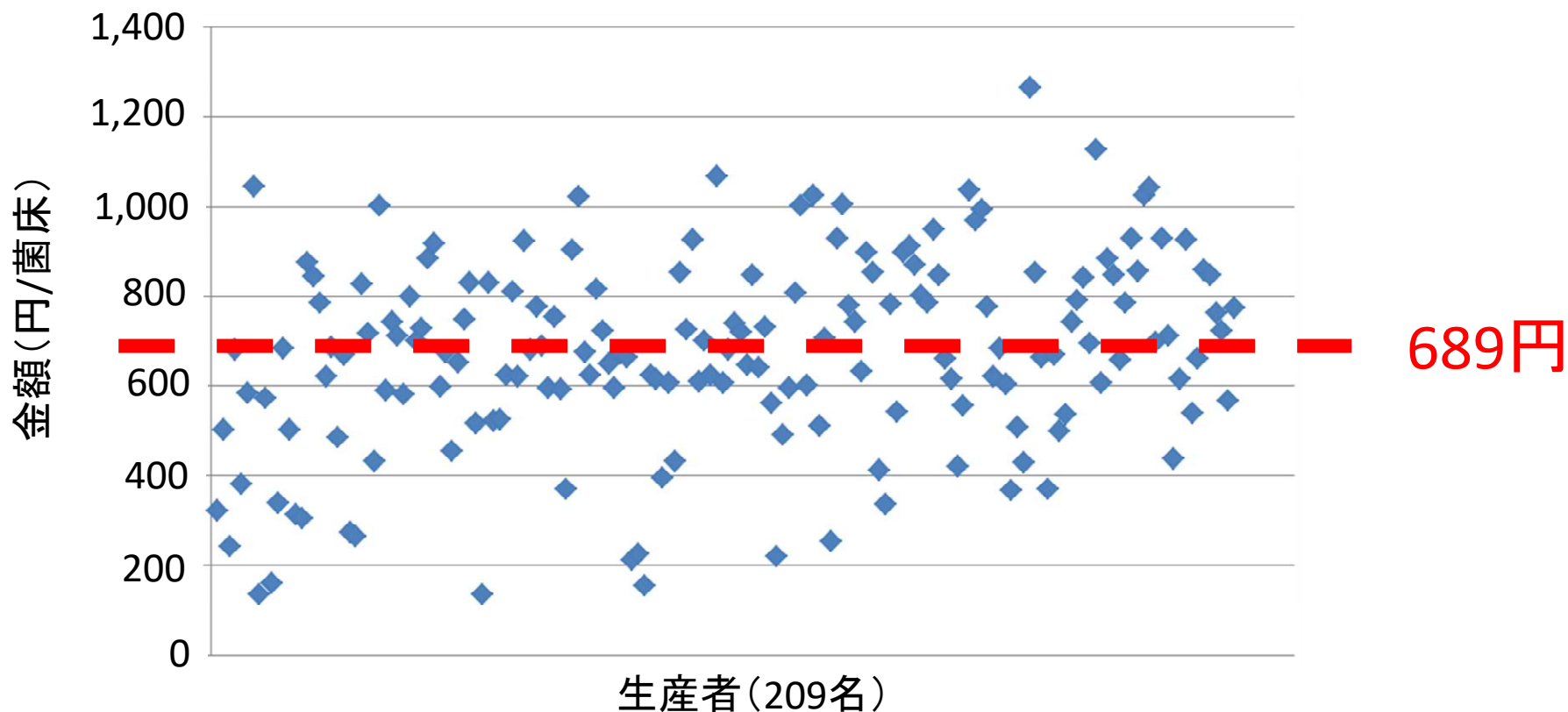


生産者間で生産性に大きな差がある

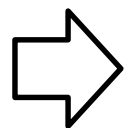
（最大：1,266円/菌床、最少：133円/菌床）

栽培に必要な経費を1菌床あたり689円と試算（損益分岐点）

秋田県における1菌床あたりのシイタケ販売額



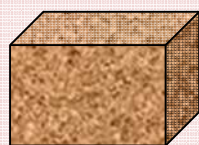
販売額が損益分岐点未満の生産者が約55%



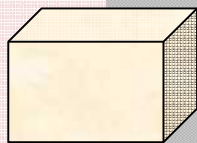
生産者の経営状況は非常に厳しい

どのような環境で栽培すれば品質の良いシイタケが発生するのか？発生量が増えるのか？

一次培養

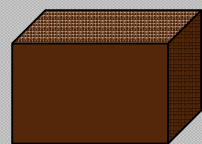


菌糸の伸長・蔓延



二次培養

菌床の熟成



発生操作

低温、打撃、
光等による
刺激

未成熟



大型キノコが少量発生
奇形キノコが発生

発生適期



高品質のキノコが適量発生

過熟



低品質のキノコが大量発生
全く発生しない

どのタイミングで発生操作を行うのが適しているのか？
菌床の熟成度合いをどのように判断したらよいのか？

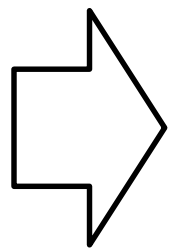
- 栽培に適した環境条件等が不明確
- 発生操作に適した時期（菌床の熟成程度）の判断が困難



生産者の経験や勘に頼る面が多く
生産が不安定

「品質と量を両立したシイタケの生産」
が困難になる可能性

今後も「品質と量を両立したシイタケ生産」という秋田の強みを維持するには・・・



客観的な指標(データ)に基づき
誰でも安定して栽培できる方法が
必要

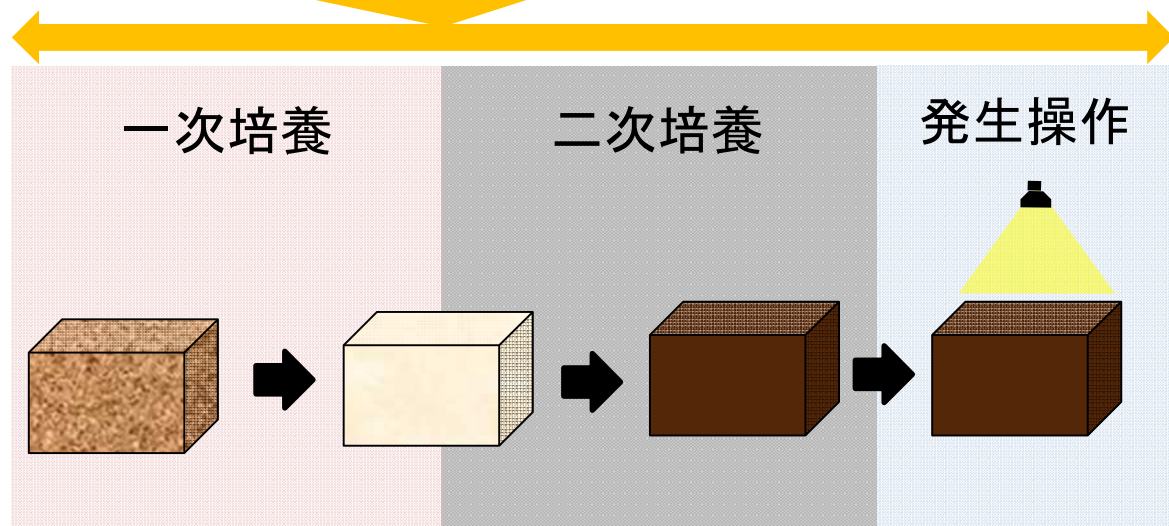
研究の目的

高品質で多収量な菌床シイタケ
栽培技術を確立する

スマート技術を活用し工程を管理できる栽培手法の確立

栽培環境の最適化

- 環境因子(温度、湿度、CO₂濃度等)のデータ化
- 収量、品質の影響を与える環境因子の解明



高品質なシイタケ
が適量発生

発生適期判定技術の開発

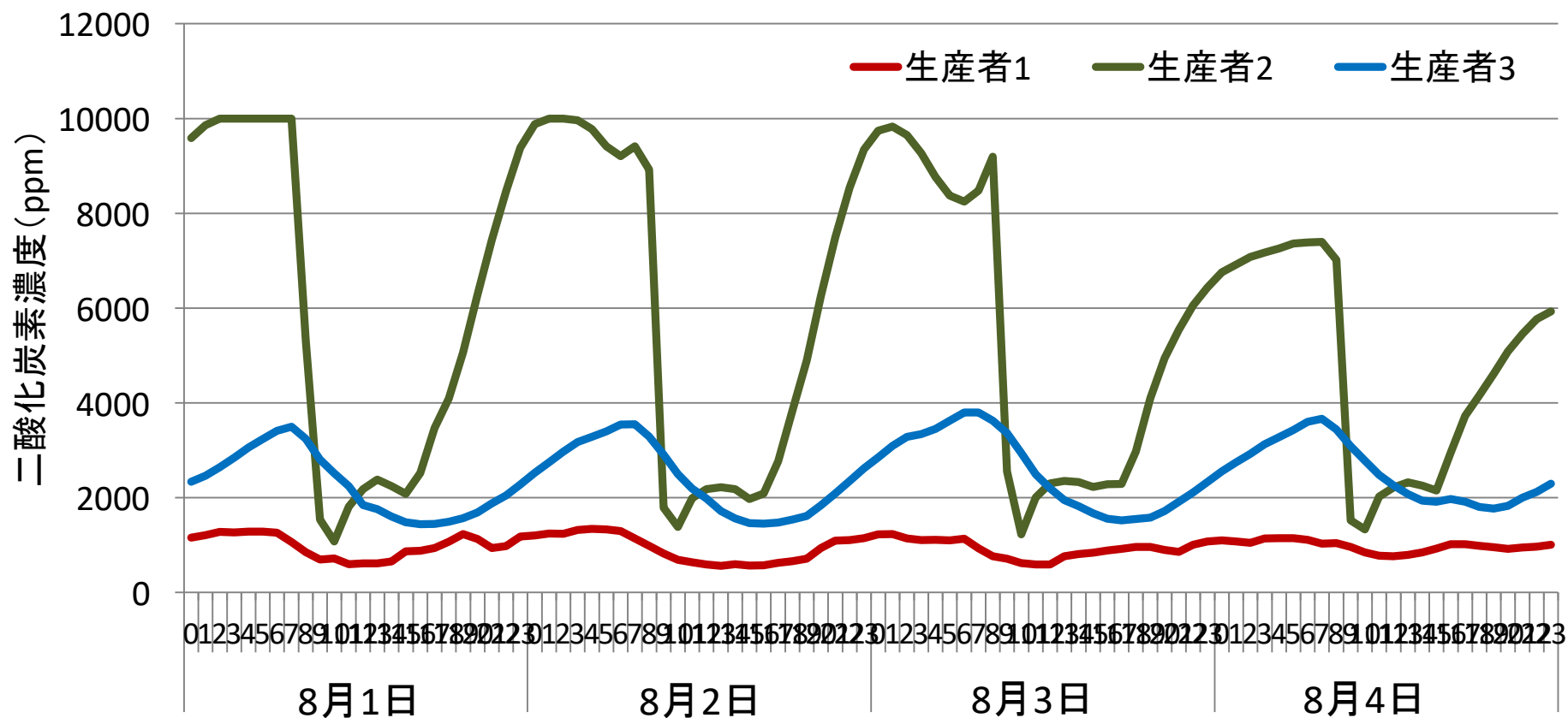
近赤外線カメラやサーモグラフィによる菌床の解析



成果①: 環境因子のデータ化(温度、湿度、CO₂)

9か所(鹿角1、仙北2、平鹿5、雄勝1)の栽培施設で環境因子(温度、湿度、CO₂)のデータを収集

栽培施設毎のCO₂濃度の推移(2019年8月1日～4日)

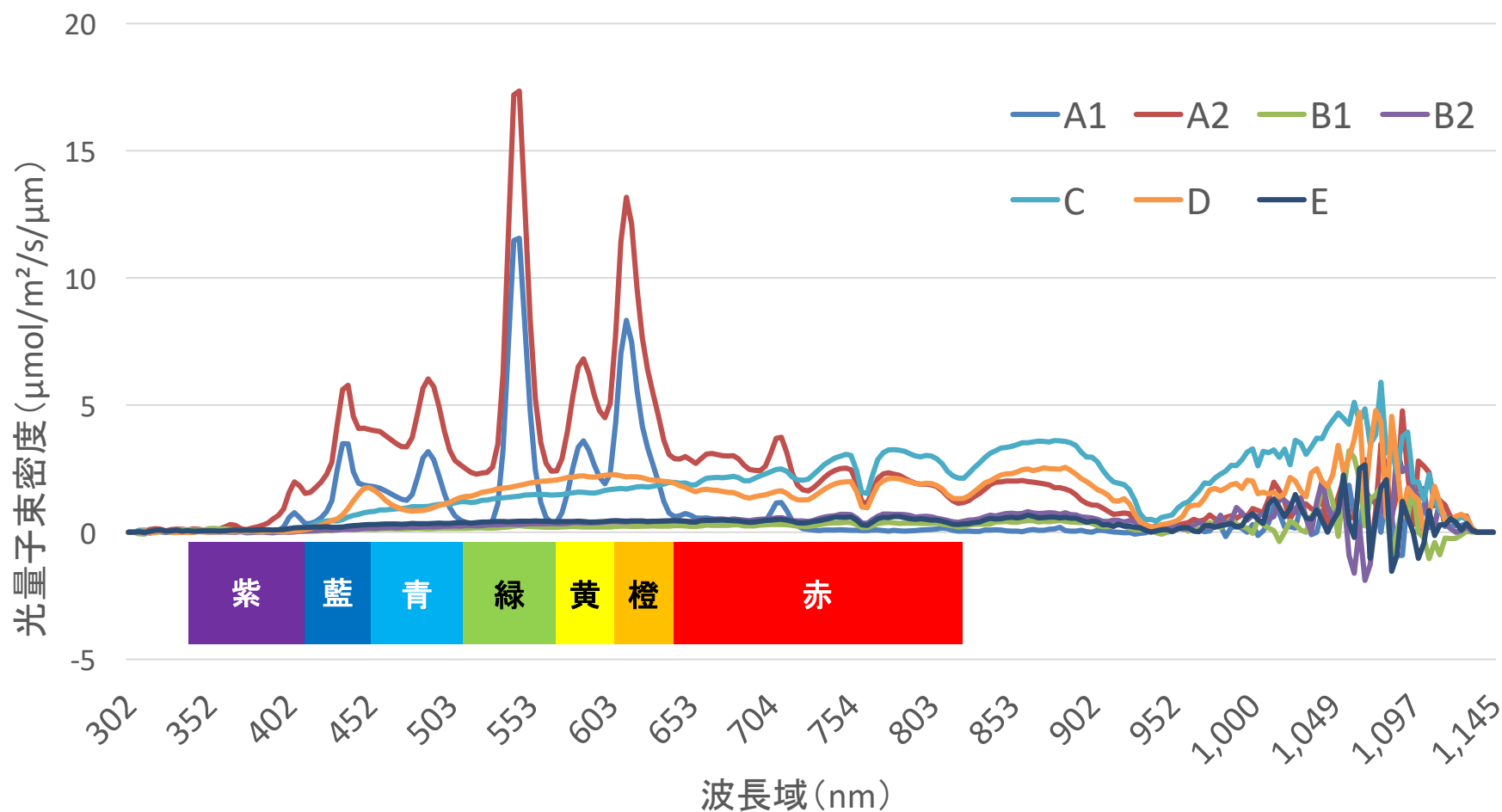


生産者(施設)ごとに栽培環境が大きく異なる

成果①: 環境因子のデータ化(光環境)

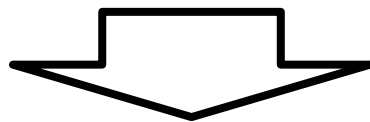
5か所の栽培施設で光環境を測定(測定日: 2021年12月15、16日 天気: 雨、曇り)

栽培施設毎の光環境



生産者(施設)ごとに栽培環境が大きく異なる

- 生産者(施設)ごとに栽培環境が大きく異なる
- 温度、湿度に比べてCO₂濃度、光環境で差が大きい傾向

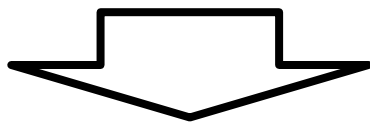


これまで意識されていなかった環境を「見える化」

今後の取組

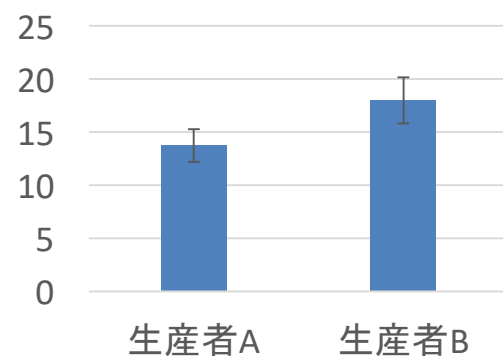
環境データを栽培の工程に反映させる

環境データを取得している9か所の栽培施設から子実体を採取し、同じ菌種同士で形態を比較

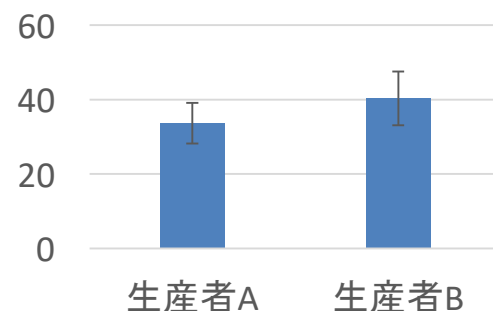


一部の形態(傘の厚さ、柄の長さ、太さ)に差が生じていた

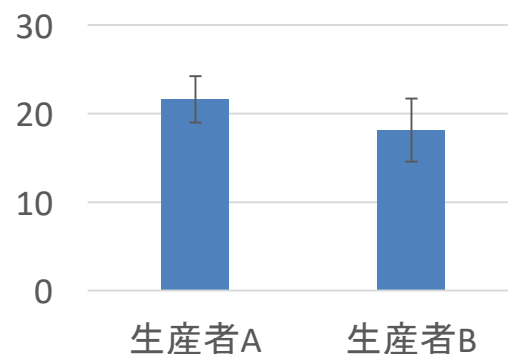
傘の厚さ(mm)



柄の長さ(mm)



柄の太さ(mm)

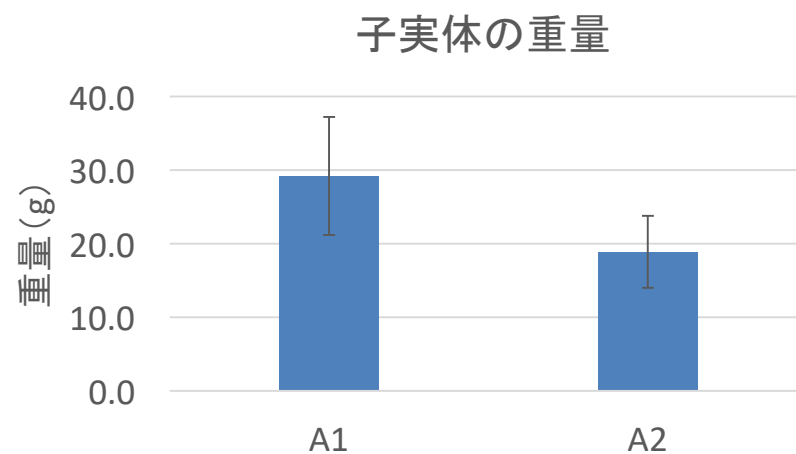
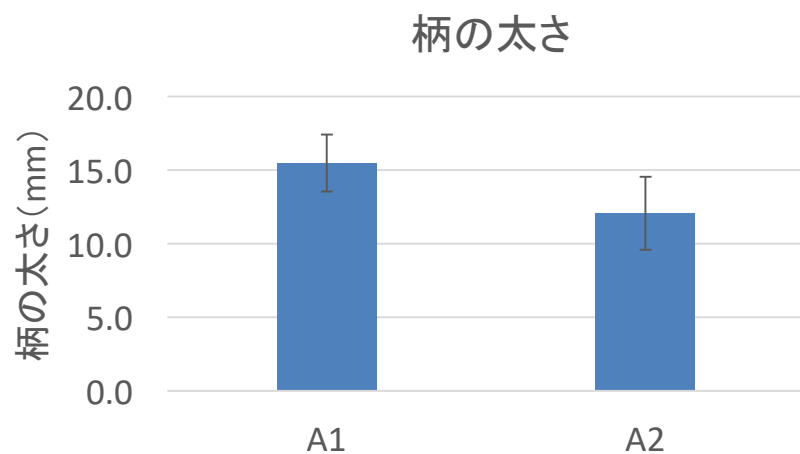
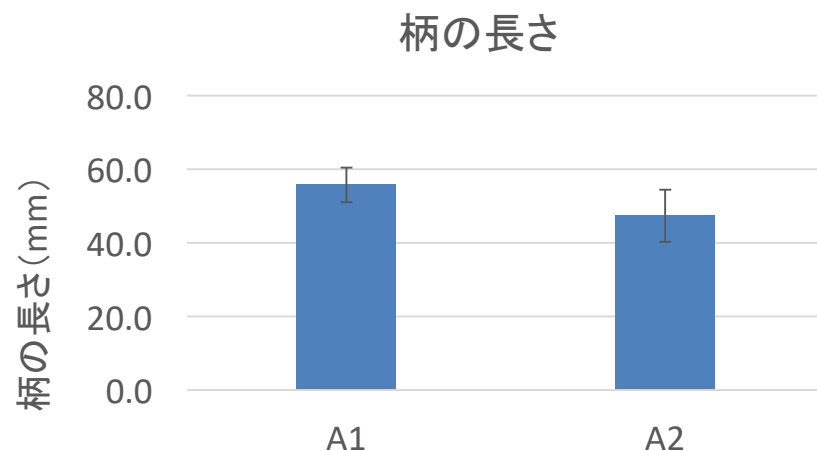
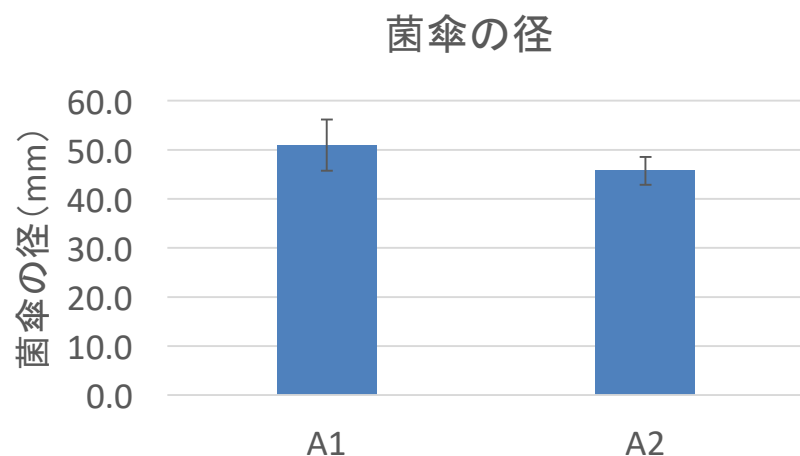


生産者A



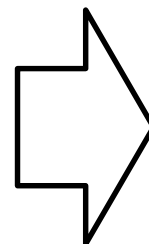
生産者B

光環境を測定した5か所の栽培施設から子実体を採取し、同じ菌種同士で形態を比較



一部の形態に差が生じていた(暗い環境で大型化の傾向)

- 温度、湿度、CO₂濃度を測定した施設で採取したシイタケ
- 光環境を測定した施設で採取したシイタケ



一部の形態に
違いがあった

栽培環境の違いが形態に影響を与えたのではないか？

今後の取組

- 形態に影響を及ぼす環境因子の解明
- 発生量と栽培環境の関連を分析

サーモグラフィで菌床を撮影

➡ 菌糸伸長の様子を可視化することに成功



接種後7日目



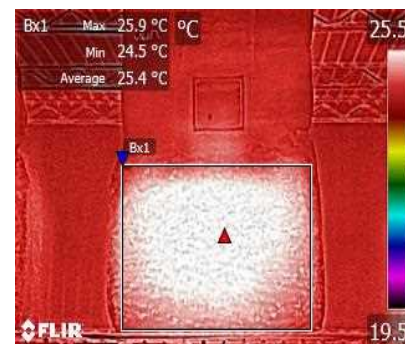
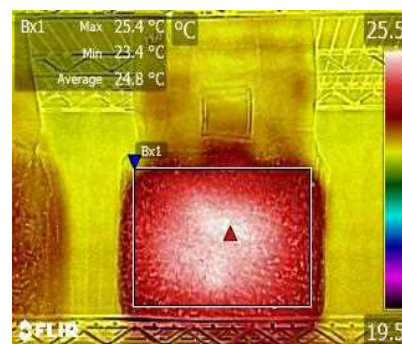
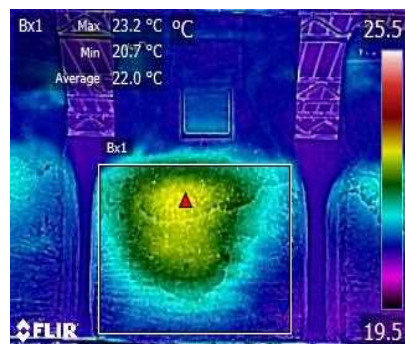
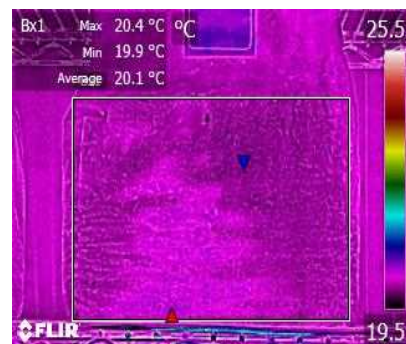
接種後14日目



接種後28日目



接種後35日目



サーモグラフィで菌糸伸長の様子を可視化

⇒ 菌の活動によって菌床の温度が上がっている

菌床の温度変化から菌の活動状況を把握
できるのではないかな？

今後の取組

菌の活動状況から菌床の熟成度合い
(発生適期)を判定する