

青森県の気候に適したアラゲキクラゲ品種の作出

土屋 慧

要約

青森県における栽培に適したアラゲキクラゲの優良品種を作出することを目的として、交配菌株の生産性と子実体形質の評価により品種選抜を行った。456の交配株の中から1次選抜により10菌株を選抜した。低温下での栽培試験の結果から、選抜菌株は対照品種より低温下での子実体発生期間が短かったことがわかり、選抜菌株の優位性が示された。また、対照を含めた3菌株の子実体について、破断強度を計測し歯ごたえの定量的な評価を行った結果、対照品種と比較し、破断強度が高く子実体の外観評価が高い菌株21-0C27が選抜された。

I はじめに

アラゲキクラゲ (*Auricularia polytricha* (Mont.) Sacc.) は、キクラゲ目キクラゲ科キクラゲ属に属するきのこで、その名のとおりクラゲに似た食感をもつゼラチン質のきのこである。日本全土に分布し、春から秋にかけて広葉樹の枯れ木や枯れ枝上に発生する一般的な種類のきのこであり、同じキクラゲ属のキクラゲ (*A. auricula-judae* (Bull.) J. Schröt.) とよく似ているが、キクラゲよりも身が固く、こりこりとした歯ごたえが特徴で、背面が灰白色の毛で密におおわれている点で見分けることができる。一般的にキクラゲは北方系、アラゲキクラゲは南方系の種とされている (今関・本郷、1988)。

近年、キクラゲおよびアラゲキクラゲの分子系統解析による分類研究により、日本国内関東以南で収集されアラゲキクラゲの和名で呼ばれていた種は、*A. polytricha* ではなくロシアにタイプ標本をもつ *A. cornea* とされた。本種は *A. polytricha* と比べ、背毛が短いことにより特徴づけられる (白水ら、2018)。今回、本研究で使用した菌株についても分子系統解析により分類を明らかにする必要があるが、広義のアラゲキクラゲ (*Auricularia polytricha* s. l.) として扱うこととする。

日本国内にはキクラゲ類が年間2,400トン以上(乾燥重量)輸入されており、国内消費量の約9割を外国産が占め、国産の割合は1割程度にとどまっている(プランツワールド、2018)。しかし、近年の食の安全に対する消費者意識の高まりから、国内生産量は増加傾向にある(図-1)。輸入品は乾燥した状態で販売されており、生鮮品として販売可能なことが国産品の強みの一つと言える。

アラゲキクラゲは夏季の栽培が可能なことから、シイタケ等栽培きのこの生産が落ち込む夏場（図-2）の不需要期対策として期待されるほか、①収穫が手作業で機械化が難しいため大手企業が未参入であり価格競争が激しくない、②夏季の栽培には冷房等の空調設備を必要とせず栽培コストが低い、③品持ちが良いなど経営上のメリットが挙げられる。県内においては、市場関係者から生産量の増加を望む声があるが、現在県内の生産量は限られているうえ、青森県は南方の地域よりも気温が低いため、栽培に適する期間が限られてしまう（図-3）。なお、アラゲキクラゲはキクラゲと比べ、肉厚で収量性が高く、簡易施設でも栽培可能な高温栽培用の新しいきのことして期待されている（木村、2018）。以上のことから、青森県の気候に適したアラゲキクラゲの品種開発に取り組むこととした。

II 材料と方法

1. 供試菌株

供試菌株は青森県産業技術センター林業研究所で PDA 培地（Difco Laboratories, Detroit MI USA）を用いて、継代培養法により保存を行っているアラゲキクラゲ野生株 7 菌株を用いた（表-1）。供試菌株同士の任意の Mon-mon 交配および di-mon 交配により 456 菌株を作出し選抜に供試した。

2 種菌の作製

ナラおが粉とフスマ、米ぬかを絶乾重量比 10 : 1 : 1 で混合したものに水道水を加えて含水率 65%の培地を調製し、高圧殺菌後に上記菌糸体を接種、培養したものをおが粉種菌とした。

3. 1 次選抜

1 次選抜では、低温下での子実体形成能と子実体収量、子実体形質を選抜指標として、相対的に優れる菌株を選抜した。選抜作業の効率化のために、通常の菌床よりも大幅に小さいミニ菌床（写真-1）を作成した。ミニ菌床の容器には、二軸延伸ポリプロピレン製袋クリスタルパック S9-15（0.03×90×150mm、株式会社シモジマ）を使用した。培地は、広葉樹ダスト、フスマ、米ぬかを絶乾重量比 10 : 1 : 1 で混合したものに水道水を加えて含水率 65%の培地を調製し、1 袋当たり 50g 充填した。高圧殺菌後、PDA シャーレで培養した供試菌株の菌叢を約 5mm 四方の大きさに切り出し、1 袋当たり 2 片接種後、温度 21℃、相対湿度 65%、暗黒条件下で約 40 日間培養を行った。発生操作は培地の角をハサミで 5mm 程度切り取って行い、生育は温度 15℃、相対湿度 95%以上の明条件下で行った。子実体の菌さんが 40mm 程度に成長した時点で収穫し、菌さんの形態を観察するとともに、子実体収量を測定した。各菌株の供試袋数は 1 個とした。

4. 2次選抜

2次選抜では、収穫期間と初回収量を選抜指標として、相対的に優れる菌株を選抜した。栽培培地は、ナラおが粉、フスマ、米ぬか、ホタテ貝殻粉末を絶乾重量比 10 : 1 : 1 : 0.12 で混合したものに水道水を加えて含水率 65% に調整し、ポリプロピレン製 1.3kg 栽培袋に 1kg 充填して作成した。高圧殺菌後、供試菌株のおが粉種菌を接種し、温度 21℃、相対湿度 65%、暗黒条件下で 60 日間培養を行った。発生操作は、培地の側面に斜め方向にカッターで長さ約 20cm の切込みを 2 本入れて行い、生育は温度 18℃、相対湿度 95% 以上の明条件下で行った。子実体の菌さんの形態を観察するとともに、子実体収量を測定した。各菌株の供試袋数は 6 個とした。

5. 3次選抜

3次選抜では、生育温度別の収穫期間と初回収量を選抜指標として、対照品種（森 89 号、森産業株式会社）より優れる菌株を選抜した。栽培培地は、2次選抜と同様に作成した。高圧殺菌後、供試菌株のおが粉種菌を接種し、温度 21℃、相対湿度 65%、暗黒条件下で 56~70 日間培養を行った（表-2）。発生操作は、培地の側面に斜め方向にカッターで長さ約 20cm の切込みを 2 本入れて行い、生育は温度 15、18、21℃ の 3 段階、相対湿度 95% 以上の明条件下で行った。子実体の菌さんが 50mm 程度に成長した時点で収穫し、菌さんの形態を観察するとともに、子実体収量を測定した。各菌株の供試袋数は 10 個とした。

さらに、第二指標として食感の特徴を定量的に示す破断強度を計測し、対照品種より優れる菌株を選抜した。分析サンプルは、21℃ の室内で発生させた子実体を用いた。子実体は収穫した後 10 日間冷蔵保管し、分析に供する直前に 100℃ の温水で 1 分間加熱してまたはそのまま測定に供した。分析サンプルは、子実体の中央部を、ハサミを用いて幅 2cm、長さ 4cm に切り出して計測に供した。破断強度測定にはテクスチャーアナライザー (TA. XTplus, Stable Micro Systems UK) を用いた。測定台に子実層が下側になるようにサンプルを置き、くさび型のプランジャーを用いて、サンプル中央部を 60mm/min の速度で破断させた時の最大荷重を測定値として用いた。各菌株の分析サンプル数は 10 個とした。測定は地方独立行政法人青森県産業技術センター食品総合研究所（八戸市）の協力を得て実施した。

6. 特性試験

選抜菌株の品種登録に向けた特性試験を行った。対照品種として森 89 号（森産業株式会社）、AK12 号（キノックス株式会社）を用いた。

1) 菌糸伸長試験

PDA 培地を常法により滅菌し、シャーレに 20ml 分注して平面培地を作成し

た。直径 5mm のコルクボーラーで前培養した菌叢先端部を抜取りシャーレの中央部に接種し、温度 15、20、25、30、35℃で 7 日間培養して菌糸成長量を測定し平均値を算出した。各試験区のシャーレ数は 5 枚とし、3 反復行った。

2) 栽培試験

栽培容器は、耐熱性のフィルター付き栽培袋を用いた。培地組成はナラ類おが粉 77.5 : フスマ 22.5 (乾燥重量比) で、炭酸カルシウムで pH を 5.0~5.5 に調整した。含水率 65% 前後に調整した後、1 袋あたり培地を 2.5kg 充填し、接種孔を 3 か所あけ、高圧蒸気殺菌 (120℃、60 分) したあと、培地温度 20℃ 以下まで冷却して種菌を 1 菌床あたり 40ml 接種した。培養温度は 20±2℃、培養湿度 70% 程度にし、培養期間は 60 日とした。発生操作は菌床側面に袋の上から縦に 8 本 (各面 2 本) 深さ 5mm 程度の切れ込みを入れた。発生管理は、21℃ の室内で湿度 90% 以上に保ち、適宜散水して行った。子実体の菌さんが 50mm 以上に成長した時点で収穫し、生重量及び乾燥重量 (送風乾燥機で 50℃ に設定し、48 時間以上乾燥) を計測した。収穫は 2 か月間継続して行った。収穫した生の子実体 100 個を無作為に選び、菌さん (形状、縁の形、長径、厚さ、肉質)、菌さん表面 (色、皺の有無、皺の形、光沢の有無)、菌さん背面の毛 (有無、長さ、色、密度、質)、菌柄状部分の有無を観察または計測した。対照品種として森 89 号 (森産業株式会社)、AK12 号 (キノックス株式会社) を用いた。各試験区の菌床数は 50 個とした。

さらに、上記の方法により菌床を作製し、培養期間を 45、50、55、60、65 日前後とした 5 試験区を設け、上記と同様に栽培試験を行った。発生操作後の子実体発生までの期間と生重量及び乾燥重量を計測した。各試験区の菌床数は 10 個とした。

Ⅲ 結果と考察

1. 1 次選抜

低温下での子実体形成能と子実体収量、子実体形質を選抜指標とした 1 次選抜において、交配株 456 菌株を 15℃ の室内で栽培した結果、121 菌株が発生操作後 40 日以内に収穫できた。その中から収量が比較的多く子実体形質 (長径、厚さ、形状等) が優れる 10 菌株を選抜した (図-4)。

2. 2 次選抜

収穫期間と初回収量を選抜指標とした 2 次選抜において、選抜株 10 菌株の栽培試験を行った結果、収穫までの日数が相対的に短い 2 菌株と、初回収量が相対的に多く、形の良い 2 菌株の計 4 菌株を選抜した (図-5)。

3. 3 次選抜

29-0H29 及び 32-0H29 は、生育温度 15℃ 及び 18℃ において栽培途中で菌床表面の菌糸が褐変化する現象が見られ、子実体発生が減衰したことから、長期間の栽培には適さないと考えられ選抜株から除外し、室温 21℃ における栽培試験は実施しなかった。

生育温度別の収穫期間と初回収量を選抜指標とした 3 次選抜において、選抜株 4 菌株と対照 1 菌株の栽培試験を行った結果、生育温度 15℃ または 18℃ において、全ての選抜株で対照品種と比べ発生操作から収穫までの期間が短かった（図-6、写真-2）。初回収量は、試験区 1 においては、生育温度 15℃ で対照品種に比べ、選抜株の収量が有意に多かった。生育温度 18℃ では対照品種に比べ 29-0H29 で有意に少なく、21-0C27 で差がなかった。試験区 2 においては、対照品種と比べ選抜株の収量が多かった。試験区 3、4 では対照品種と選抜株に有意な差はなかった（図-7）。発生操作後 4 か月での収量は、ほとんどの試験区で対照品種と選抜株の間に有意な差はなかったが、試験区 1 の生育温度 18℃ において 21-0C27 及び 29-0H29 が対照品種より有意に少なかった（図-8）。

選抜株 2 菌株と対照 1 菌株の子実体の破断強度を計測した結果、生および加熱いずれの状態でも、21-0C27 の破断強度が有意に高く、対照品種の 1.6~1.8 倍程度だった（図-9）。

以上の結果から、21-0C27 を最終的な選抜株とした。

4. 特性試験

1) 菌糸伸長試験

菌糸伸長試験の結果を表-3 に示す。21-0C27 の菌糸伸長速度は、対照品種（森 89 号）に比べ 15~30℃ ではやや遅く、35℃ では同等だった。

2) 栽培試験

菌さんの特性値を表-4、5 に示す。21-0C27 の菌さんの形は盤形、菌さんの長径および厚さは対照品種（森 89 号）と比べ同等だった。菌さんの縁の形は平面形、表面の光沢は無、肉質は中だった。

菌さん表面の特性値を表-6 に示す。21-0C27 の菌さん表面の色は対照品種（森 89 号）と比べやや明るい褐色、菌さん表面のしわは有、しわの形は不規則形だった。

菌さん背面の特性値および菌柄状部分の有無を表-7、8 に示す。21-0C27 の菌さん背面の毛は有、長さは対照品種（森 89 号）と比べやや長く、色は灰白色、密度は密、質は繊維状、菌柄状部分は有だった。

培養日数別の子実体発生までの期間を表-9 に示す。生育温度 21℃ における 21-0C27 の子実体発生までの期間は、培養日数 65 日で最も短く、対照品種（森 89 号）と比べ全体的に長かった。

培養日数別の収量を表-10 に示す。21-0C27 の収量が最も多くなった培養日数は 51 日で対照品種（森 89 号）と比べやや長かった。

子実体の収量および乾燥歩留りを表-11に示す。21-0C27の子実体収量は、対照品種（森89号）と比べやや少なく、乾燥歩留りは対照品種（森89号）と比べ同等だった。

IV おわりに

今回作出した品種について、栽培の手引きを作成して研究所のホームページ (https://www.aomori-itc.or.jp/soshiki/nou_ringyou/) に掲載した。現在、品種登録に向けて取り組むとともに、県内への生産普及に向けて県と連携した普及事業を実施しており、事業の試験栽培の中で得られた栽培技術についても随時手引きに反映させていく予定である。今後は、県内へのアラゲキクラゲの普及・定着に向けた技術的な支援や品種改良を継続していきたい。

謝辞

品種開発を進めるにあたり、一般財団法人日本きのこセンター菌茸研究所長澤栄史氏には菌株を分譲頂いた。また、林業研究所 木村公樹氏、田中功二氏、青森県三八地域県民局 白山俊一氏には野生株の収集・提供に協力頂いた。さらに、細川順子氏、豊島小百合氏、濱田絢香氏には研究全般の補助業務を担って頂いた。この場を借りて感謝申し上げます。

引用文献

- 今関六也・本郷次雄（1988），原色日本新菌類図鑑（II），保育社
- 木村栄一（2018），期待されるあらげきくらげの栽培と最新の経営指標について，特産情報 2018年7月号
- プランツワールド（2018），きのこ年鑑 2018年度版
- 白水貴・稲葉重樹・牛島秀爾・奥田康仁・長澤栄史（2018），日本産“*Auricularia auricula-judae*” および“*A. polytricha*” の分子系統解析と形態比較に基づく分類学的検討，日菌報 59:7-20

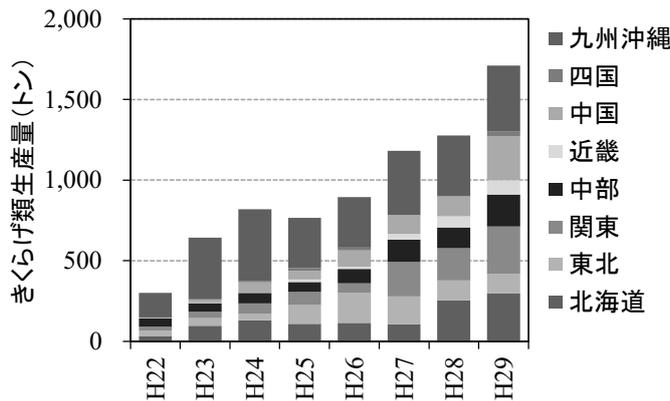


図-1 きくらげ類の生産量の地方別推移（出典：農林水産省特用林産物生産統計調査）

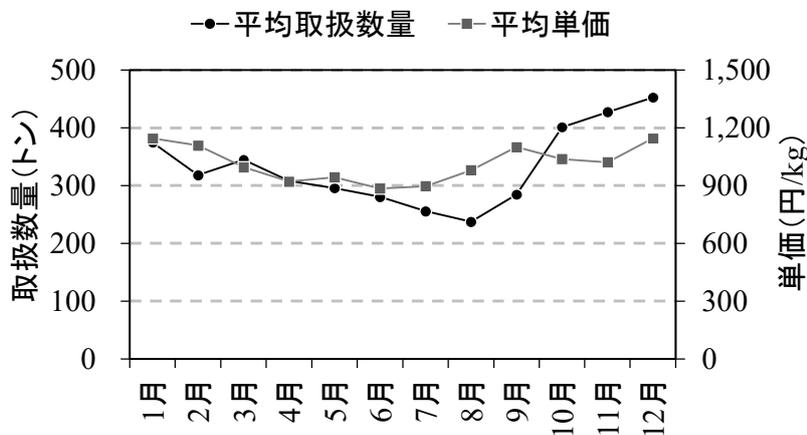


図-2 生しいたけの市場取扱量・単価の年間推移（出典：東京都中央卸売市場統計情報、大田市場）

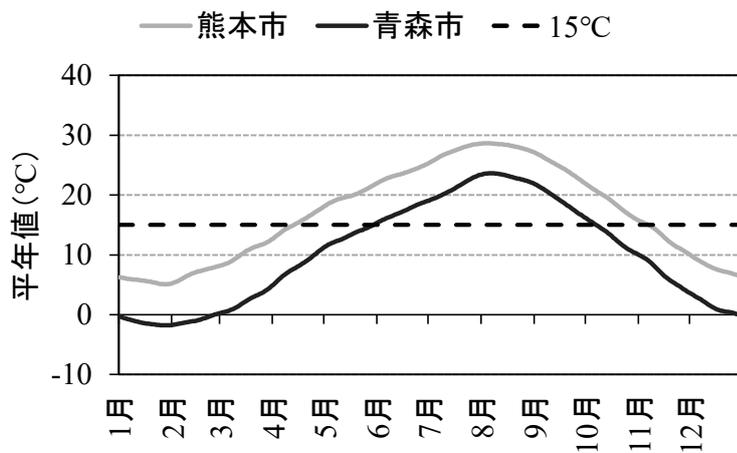


図-3 青森市と熊本市の平年値（出典：農研機構・農環研メッシュ農業気象データ）

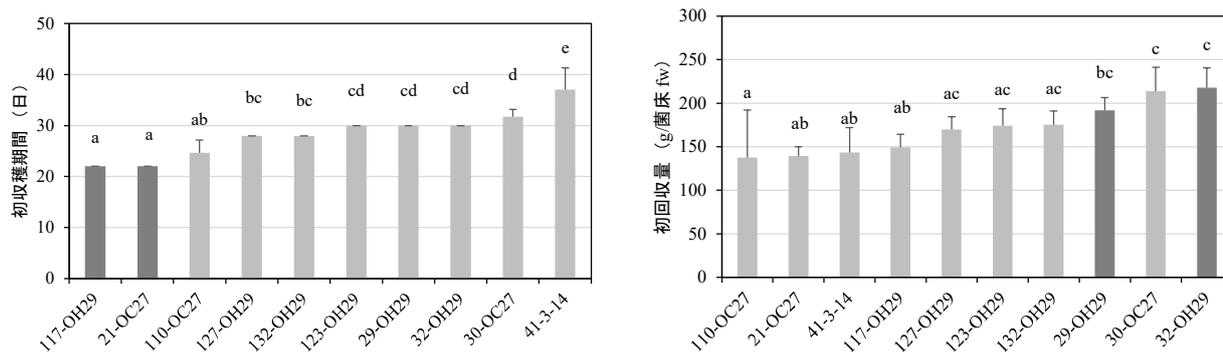


図-5 1次選抜株の初収穫期間（左）および初回収量（右）（2次選抜、1kg菌床、N=6）

注）図中、棒は平均値、エラーバーは標準偏差、異符号間で有意差あり（Tukey HSD test $p < 0.05$ ）を示す。図中、濃色が選抜した菌株。

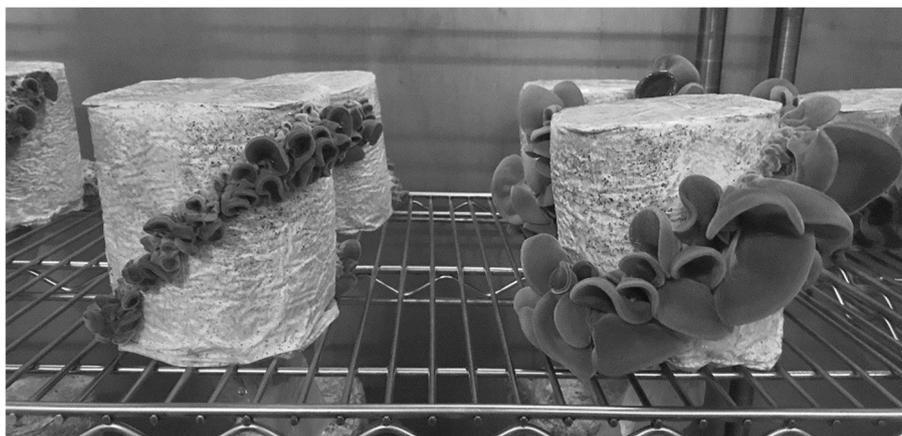


写真-2 対照品種と選抜株（21-OC27）の成長速度の差
生育温度 18℃、栽培 25 日目

表-2 3次選抜の試験区

試験区	菌株	含水率 (%)	pH	培養日数	生育温度 (°C)
1	21-OC27, 29-OH29, 森89号	62.8	6.5	70	15
				57	18
2	117-OH29, 32-OH29, 森89号	65.3	6.3	56	15
				56	18
3	117-OH29, 21-OC27, 森89号	70.1	-	62	21
4	117-OH29, 21-OC27, 森89号	68.6	6	62	21

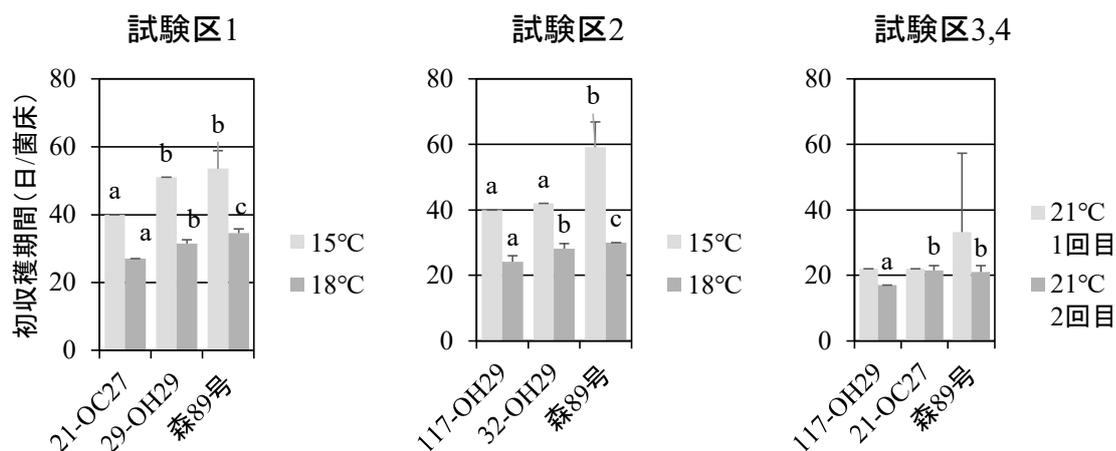


図-6 2次選抜株の初収穫期間（3次選抜、1kg 菌床、N=10）
 注）図中、棒は平均値、エラーバーは標準偏差、異符号間で有意差あり（Tukey HSD test $p < 0.05$ ）を示す。

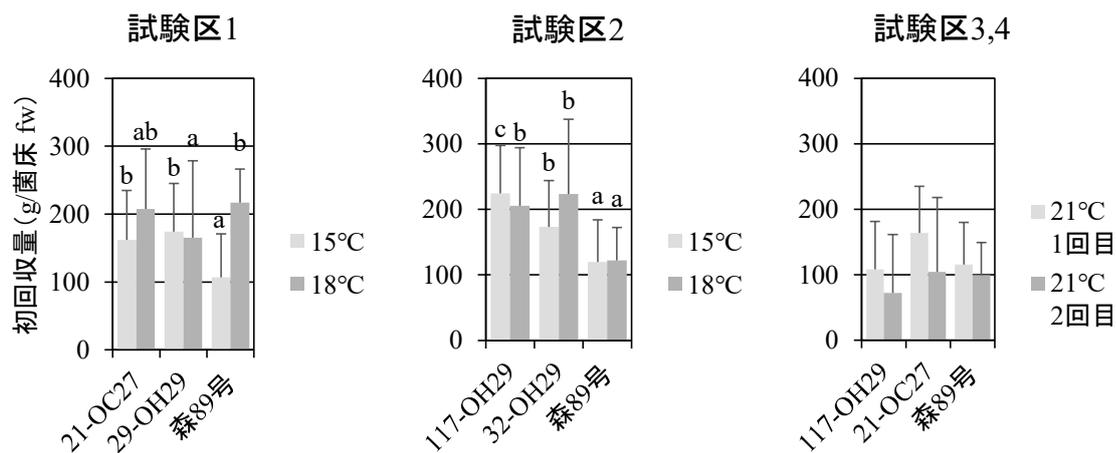


図-7 2次選抜株の初回収量（3次選抜、1kg 菌床、N=10）
 注）図中、棒は平均値、エラーバーは標準偏差、異符号間で有意差あり（Tukey HSD test $p < 0.05$ ）を示す。

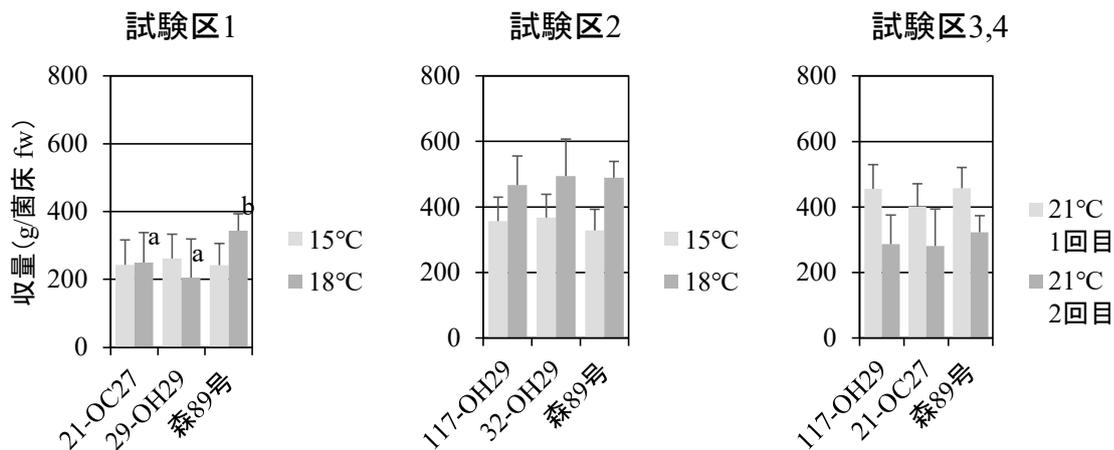


図-8 2次選抜株の発生操作後4か月の収量（3次選抜、1kg菌床、N=10）
 注）図中、棒は平均値、エラーバーは標準偏差、異符号間で有意差あり（Tukey HSD test $p < 0.05$ ）を示す。

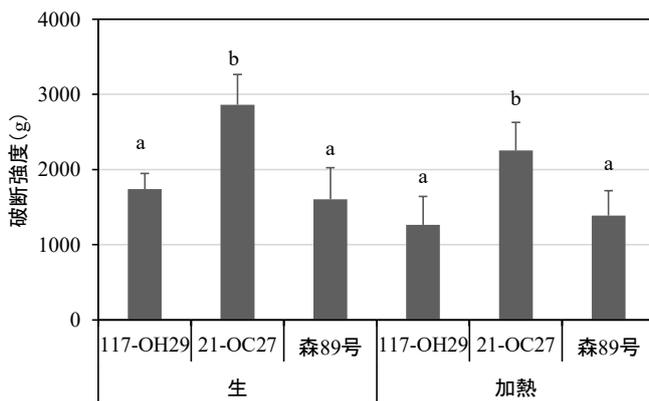


図-9 2次選抜株子実体の破断強度（N=10）
 注）図中、棒は平均値、エラーバーは標準偏差、異符号間で有意差あり（Tukey HSD test $p < 0.05$ ）を示す。図中、濃色が選抜した菌株。

表-3 菌糸伸長速度

菌株	培養温度 (°C)	菌糸伸長量(mm/7days)*			菌糸伸長速度** (mm/day)	
		1回目	2回目	3回目		
21-OC27	15	3.50	5.65	4.73	0.66 ±	0.88
	20	15.56	18.69	16.40	2.41 ±	1.33
	25	19.25	23.28	20.45	3.00 ±	1.69
	30	21.53	24.06	23.23	3.28 ±	1.05
	35	4.14	2.65	1.36	0.39 ±	1.14
AK12号	15	4.38	5.53	4.29	0.68 ±	0.56
	20	13.93	15.83	15.54	2.16 ±	0.84
	25	18.76	21.07	19.03	2.80 ±	1.03
	30	31.82	23.95	27.39	3.96 ±	3.22
	35	3.83	3.68	1.44	0.43 ±	1.09
森89号	15	5.98	6.45	7.82	0.96 ±	0.78
	20	17.15	20.09	20.37	2.74 ±	1.46
	25	21.43	26.46	23.79	3.41 ±	2.06
	30	26.93	28.98	30.95	4.14 ±	1.64
	35	6.54	9.42	1.36	0.82 ±	3.33

注) 表中、*は平均値、**は平均±標準偏差を示す。

表-4 菌さんの特性値①

菌株	菌さん						
	形			長径* (mm)	厚さ*		
	漏斗形	扇形	盤形		(mm)		
21-OC27	6	14	80	63.53 ±	11.24	1.96 ±	0.49
AK12号	6	69	25	58.68 ±	11.38	1.94 ±	0.49
森89号	12	5	83	62.28 ±	8.38	1.96 ±	0.45

注) 表中、*は平均値±標準偏差を示す。

表-5 菌さんの特性値②

菌株	菌さん						
	縁の形		表面の光沢		肉質		
	平面形	褶曲形	無	有	軟	中	硬
21-OC27	92	8	100	0	24	71	5
AK12号	92	8	100	0	0	15	85
森89号	96	4	100	0	24	73	3

表－6 菌さん表面の特性値

菌株	菌さん表面									
	色						しわの有無		しわの形	
	白	淡褐	褐	紅褐	紫褐	黒	無	有	網目状	不規則形
21-OC27	0	0	64	0	36	0	32	68	0	68
AK12号	0	0	56	0	44	0	97	3	0	3
森89号	0	0	0	0	100	0	44	56	0	56

表－7 菌さん背面の特性値①

菌株	菌さん背面								
	毛の有無		毛の長さ			毛の色			
	無	有	短	中	長	白	灰白	褐	
21-OC27	0	100	44	52	4	22	78	0	
AK12号	0	100	16	84	0	19	81	0	
森89号	0	100	76	22	2	14	86	0	

表－8 菌さん背面の特性値②および菌柄状部分の有無

菌株	菌さん背面					菌柄状部分の有無	
	毛の密度			毛の質		無	有
	粗	中	密	繊維状	剛毛状		
21-OC27	0	8	92	84	16	2	98
AK12号	0	6	94	85	15	4	96
森89号	0	8	92	96	4	0	100

表－9 培養日数別の子実体発生までの期間（特性試験、2.5kg 菌床、N=10）

菌株	子実体発生までの期間（日）*									
	45日		51日		55日		60日		65日	
21-OC27	11.80	± 1.47	10.90	± 3.65	11.00	± 0.00	11.00	± 0.00	10.40	± 1.20
AK12号	46日		50日		55日		60日		65日	
	11.60	± 1.20	10.20	± 0.60	13.00	± 0.00	8.00	± 0.00	12.00	± 0.00
森89号	45日		52日		55日		60日		66日	
	11.00	± 0.00	7.20	± 0.60	8.40	± 2.94	8.50	± 2.29	10.00	± 0.00

注）表中、*は平均±標準偏差を示す。各菌株の行の上段が培養日数、下段が子実体発生までの期間を示す。

表－10 培養日数別の収量（特性試験、2.5kg 菌床、N=10）

菌株	収量 (g/菌床 dw)*									
	45日		51日		55日		60日		65日	
21-OC27	41.17	± 4.07	44.05	± 8.19	40.96	± 7.77	39.70	± 7.11	39.29	± 17.25
AK12号	46日		50日		55日		60日		65日	
	29.44	± 13.14	53.59	± 5.29	43.31	± 5.59	44.07	± 11.42	50.38	± 18.07
森89号	45日		52日		55日		60日		66日	
	63.88	± 10.80	54.58	± 7.58	58.38	± 11.70	49.02	± 5.39	51.91	± 15.46

注) 表中、*は平均±標準偏差を示す。各菌株の行の上段が培養日数、下段が収量を示す。

表－11 収量及び乾燥歩留り（特性試験、2.5kg 菌床、N=50）

菌株	収量(g/菌床)*				乾燥歩留り (%)
	生		乾燥		
21-OC27	478.20	± 231.89	45.41	± 13.77	9.50
AK12号	339.24	± 175.53	35.88	± 15.72	10.58
森89号	684.71	± 191.16	72.03	± 11.14	10.52

注) 表中、*は平均±標準偏差を示す。