

ISSN 2185-9167

林業技術総合センター研究報告

第28号

令和元年12月

宮城県林業技術総合センター

目 次

- 1 スギ低花粉対策品種等のコンテナ苗増産技術の開発・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
- 2 海岸防災林の再生に向けた広葉樹の植栽手法に関する研究・・・・・・・・ 1 3
- 3 スギ大径材の活用促進に関する研究・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2 7
- 4 菌根性きのこの人工栽培に関する研究・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3 3
- 5 放射性物質対策を講じた安全で高品質なきのこの生産技術の開発
及び県産きのこの母菌維持管理・劣化対策に関する研究・・・・・・・・ 6 4

スギ低花粉対策品種等のコンテナ苗増産技術の開発

山崎 修宜・今野 幸則・河部 恭子

要 旨

少花粉スギとマツノザイセンチュウ抵抗性クロマツの発根済みさし木苗のコンテナ苗化を図り、コンテナ移植時に根部の処理とコンテナ培地充填方法を変えて育苗し、発根済みさし木苗増産技術について検討した。

少花粉スギでは根部を水漬けした場合、生存率が高くなり、培地充填方法は締め固めを行った条件が行わない条件よりも平均苗高が高くなった。抵抗性クロマツでは根部に保水剤を塗布した条件で生存率が高く、水漬けした条件で平均苗高が高くなった。

根鉢成型性調査を実施し、少花粉スギと抵抗性クロマツ両者は地上部と地下部の乾燥重量が重いほど根鉢が強い成型性を有することが考えられた。

充填方法別にマルチキャビティコンテナ(JFA-300)の培地充填にかかる時間と使用培地量を調査した結果、締め固め無しが最も時間が短く、少ない量の培地で充填できる傾向がみられたが、少花粉スギのように締め固めをした場合に苗高成長が高くなる可能性があることから、樹種や育苗環境によって適切に選択する必要があることが考えられた。

キーワード：さし木苗，コンテナ苗，コンテナ培地充填，根鉢

1 はじめに

本県の森林面積は 417 千 ha で、そのうち人工林面積は 197 千 ha であり、人工林は森林面積の 48%を占めている(宮城県, 2018)。本県森林の 32%を占めるスギ人工林は、木材の供給はもとより県土の保全、水源のかん養、地球温暖化防止といった様々な機能を発揮している(宮城県, 2018)。しかしその一方で、スギ花粉の発生源にもなっており、スギ花粉の飛散から引き起こされるスギ花粉症は日本国内の患者数が近年急速に増加し、大きな社会問題となっている。

スギ花粉発生源対策の 1 つとして、花粉を発生させる雄花の着花量が少ないスギの品種を選抜・改良し(以下、少花粉スギ)、伐採跡地に植栽するスギの転換が取り組まれている。本県で少花粉スギは、宮城県林業技術総合センターがさし木発根済み苗として供給、苗木生産者が苗畑で植栽規格まで育苗し、裸苗として出荷する方法が一般的である。しかし、今後は植栽時期が長く確保でき、裸苗よりも活着率が優れるコンテナ苗(林野庁, 2018)が主流になると考えられる。

また本県には、沿岸における潮害防備林をはじめ、住民生活に密接な関わりのある松林が多数存在する。これらの松林ではマツノザイセンチュウ被害の縮小と、東日本大震災被害を受けた海岸林の再生を図り、マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ(以下、抵抗性クロマツ)の需要が大きくなっている。抵抗性クロマツ苗木の大量生産には種子による実生苗生産が主に取り組まれているが、これは採種母樹の育成に多くの時間を必要とし、種子生産の豊凶性といった不安定な面を有する。さし木苗は大量生産が困難だが、豊凶性の影響を受けず、早期対応が可能であることから需要量の補完に有効な手段と考えられる。

スギ、クロマツ含め苗木のコンテナへの移植は、幼苗を用いる手法がほとんどであり、発根済みさし木の知見は少ない。本研究では少花粉スギと抵抗性クロマツのさし木コンテナ苗の増産技術の開発を図るため、発根済みさし木苗のマルチキャビティコンテナへの移植について、育苗にかかるコストの軽減と苗木生産性の向上を目的とし、培地の充填方法と移植時の根部処理方法に着目し、試験を行った。その結果を

報告する。

2 調査方法

2. 1 育苗試験

宮城県林業技術総合センター内の採種園から採種した少花粉スギの穂木と、採種園から採種した抵抗性クロマツの穂木を用いて育苗試験を行った。少花粉スギは 2017 年 2 月、抵抗性クロマツは 2016 年 2 月に採種した。採種した穂木は、電熱線により 23~25℃の地温が確保され、水分と温度環境をコントロール可能な温室であるミストハウス内の、パーライトを敷き詰めた挿し床に挿し付けた。発根後は発根状態が同程度の個体を選別し、同年 6 月にマルチキャビティコンテナ(JFA-300)に移植し、2018 年 11 月まで露地で育苗管理した。育苗期間中は成長期間の始期と終期である春と秋に生存率と苗高を計測し、最終測定となる 2018 年秋には根元径の計測も併せて行った。コンテナ培地は全国山林種苗協同組合連合会の推奨商品で、宮城県農林種苗農業協同組合加盟の苗木生産者が標準使用するコンテナ苗木育苗培地（(株)トップ）を使用した。移植時の根部への処理が苗木の移植ストレスの軽減につながり、移植後の生存や成長に違いがあるか検証するため、以下 3 つの根部処理条件を設定した。（写真-1）

1) 水漬け

ミストハウス内さし付け床のさし木苗を掘り取ってから移植するまでの間、水漬けする。

2) 泥付け

ミストハウス内さし付け床のさし木苗を掘り取ってから移植するまでの間、水漬けし、移植前に根部に泥を付ける。

3) 保水剤

ミストハウス内さし付け床のさし木苗を掘り取ってから移植するまでの間、水漬けし、移植前に保水剤を根部に塗布する。（保水剤は水 1ℓに対しウォーターキープ（(株)サンテクノ）2g を混合したものを使用）

またコンテナ培地の充填方法によって苗木の活着率や根鉢の成型性が異なるか影響を確認するため、以下 4 つの充填方法を設定した。（写真-2）

1) 強度に圧をかけた充填(以下、強度締め固め)

マルチキャビティコンテナの孔に培地を入れた後、上に空きコンテナを重ね、さらにその上から体重をかけて締め固めながら充填する。

2) 軽度圧をかけた充填(以下、軽度締め固め)

マルチキャビティコンテナの孔に培地を入れながら、手で軽く圧をかけて締め固めながら充填する。

3) コンテナ底部だけ強度に圧をかけ、底部以外は軽く圧をかけた充填(以下、底部締め固め)

コンテナの孔に半分ほど培地を入れ、上に空きコンテナを重ね、さらにその上から体重をかけて締め固める。その後は培地を入れながら手で軽く圧をかけて締め固めながら充填する。

4) 圧をかけずに充填(以下、締め固め無し)

全く圧をかけずにコンテナの孔に培地を充填する。



写真-1 根部処理作業 (保水剤塗布)



写真-2 培地充填作業 (強度締め固め)

充填方法と根部処理を組み合わせたものを3コンテナずつ(1条件72個体, 計864個体)育苗管理した(表-1)。

表-1 育苗試験の条件設定とサンプル数について

| | 強度締め固め | 軽度締め固め | 底部締め固め | 締め固め無し |
|-----|------------|------------|------------|------------|
| 水 | 24 孔×3コンテナ | 24 孔×3コンテナ | 24 孔×3コンテナ | 24 孔×3コンテナ |
| 泥 | 24 孔×3コンテナ | 24 孔×3コンテナ | 24 孔×3コンテナ | 24 孔×3コンテナ |
| 保水剤 | 24 孔×3コンテナ | 24 孔×3コンテナ | 24 孔×3コンテナ | 24 孔×3コンテナ |

※いずれもマルチキャビティコンテナ (JFA-300) を使用。

2.2 根鉢成型性調査

育苗試験を行った苗木の根鉢の成型性を確認するため、培地充填方法及び根部処理を組み合わせた12の条件からそれぞれ無作為に少花粉スギと抵抗性クロマツ苗木を3個体選び、80cmの高さから根鉢付きの苗木をコンクリート板の上に3回落下させ、根鉢の状態を観察する調査を行った(写真-3)。コンクリート板には根鉢から着地するように落下させ、根鉢が半分以上残ったものを根鉢保持個体、半分以上崩壊したものを根鉢崩壊個体と判定した(写真-4)。調査は育苗試験終了後の平成31年1月に実施した。落下後は各根鉢の培地を洗い落とし、80℃設定の乾燥機で3日間乾燥させ、地上部と地下部の乾燥重量を計測した。



写真-3 根鉢成型性調査

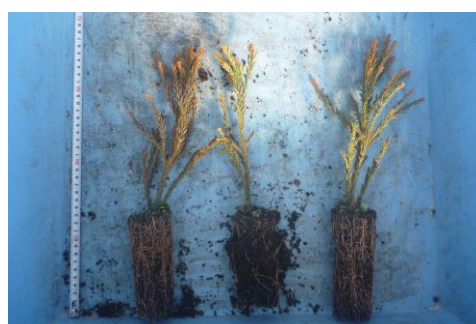


写真-4 落下後の苗木 (スギ)
両端が根鉢保持個体, 中央は根鉢崩壊個体と判定

2.3 培地充填試験

試験協力者3名に強度締め固め, 軽度締め固め, 底部締め固め, 締め固め無しの4条件でマルチキャビティコンテナ (JFA-300) に培地を充填してもらい, 充填にかかる時間と使用した培地量を計測した。計測は1条件につき3回行った。試験は2018年12月に行った。

3 調査結果

3. 1 育苗試験

3. 1. 1 スギ

本試験途中の 2018 年 6 月に少花粉スギさし木苗は 3 分の 1 程度を国有林に植栽することとなったため、生存率の最終計測は 2018 年春に実施し、その後、残存苗を用いて 2018 年秋に苗高と根元径の最終計測を実施した。

1) 生存率

最終生存率は根部処理別だと水 99%, 泥 90%, 保水剤 97% となり, 充填方法別では強度 96%, 軽度 94%, 底部 98%, 無し 93% となった。組み合わせ別で見ると水漬け・軽度締め固め (根部処理方法・充填方法), 水漬け・底部締め固め, 水漬け・締め固め無し, 保水剤・強度締め固め, 保水剤・底部締め固めで 100% を記録した。

2) 苗高

2018 年 11 月の最終計測の苗高平均値は, 根部処理では保水剤 25.2±0.3cm (±SE), 水漬け 24.9±0.3cm, 泥付け 23.4±0.4cm の順に高く, 保水剤と泥付け, 水漬けと泥付けの間で有意差が見られた (Tukey-Kramer method, P<0.05) (図-1)。充填方法では強度締め固め 26.8±0.4cm が最も高く, 軽度締め固め 24±0.5cm, 底部締め固め 24.3±0.4cm, 締め固め無し 22.5±0.4cm と有意差が見られた (図-2)。根部と充填方法の組み合わせは保水剤・強度締め固め 28±0.5cm が最も高く, 水漬け・締め固め無し 20.9±0.8cm, 泥付け・軽度締め固め 23.3±1cm, 泥付け・底部締め固め 22.8±0.7cm, 泥付け・締め固め無し 20.9±0.8cm, 保水剤・軽度締め固め 22.8±0.8cm, 保水剤・底部締め固め 24.5±0.4cm との間で有意差が見られた (図-3)。

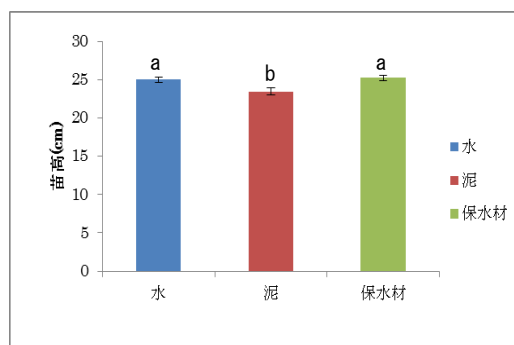


図-1 スギ根部処理別苗高平均値
エラーバーは標準誤差を示す。
異なるアルファベットは条件間で有意差があることを示す (Tukey-Kramer method, P<0.05)。

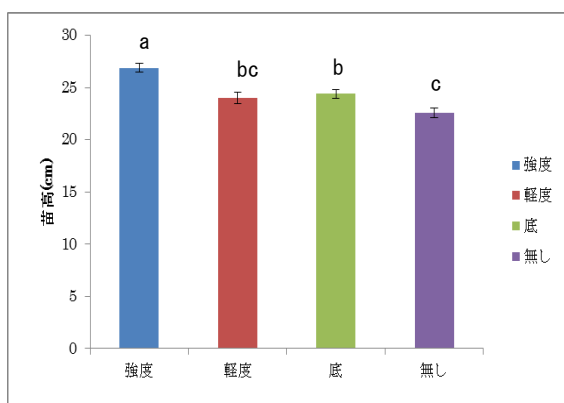


図-2 スギ充填方法別苗高平均値
エラーバーは標準誤差を示す。
異なるアルファベットは条件間で有意差があることを示す (Tukey-Kramer method, P<0.05)。

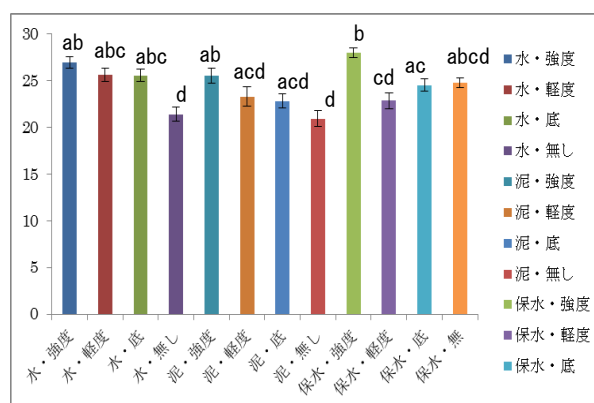


図-3 スギ根部処理・充填方法別苗高平均値
エラーバーは標準誤差を示す。
異なるアルファベットは条件間で有意差があることを示す (Tukey-Kramer method, P<0.05)。

3) 根元径

平均値は、根部処理間は保水剤 5.5±0.06mm が最も数値が大きかったが、水 5.3±0.06mm, 泥 5.3±0.06mm との間に有意差は見られなかった (Tukey-Kramer method, P<0.05) (図-4)。充填方法では強度締め固め 5.5±0.07mm と軽度締め固め 5.5±0.07mm が、底部締め固め 5.2±0.05mm, 締め固め無し 5.2±0.08mm よりも有意に大きくなった (図-5)。根部処理と充填方法の組み合わせだと水・軽度 5.7±0.1mm の値が最も大きく、水・底 5.1±0.09mm, 泥・底 5.1±0.09mm, 泥・無 5±0.1mm よりも有意に大きくなった (図-6)。

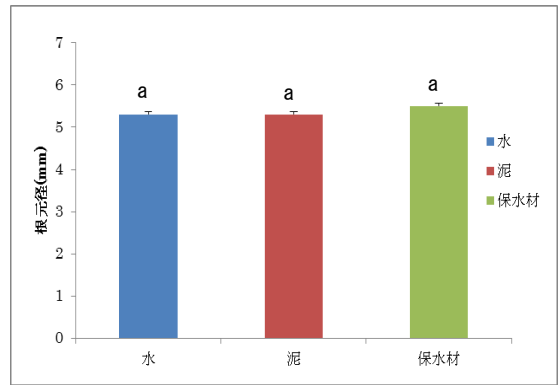


図-4 スギ根部別根元径平均値
エラーバーは標準誤差を示す。
異なるアルファベットは条件間で有意差があることを示す (Tukey-Kramer method, P>0.05)。

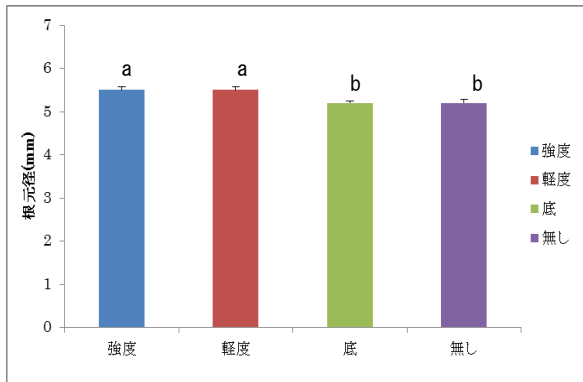


図-5 スギ充填方法別根元径平均値
エラーバーは標準誤差を示す。
異なるアルファベットは条件間で有意差があることを示す (Tukey-Kramer method, P<0.05)。

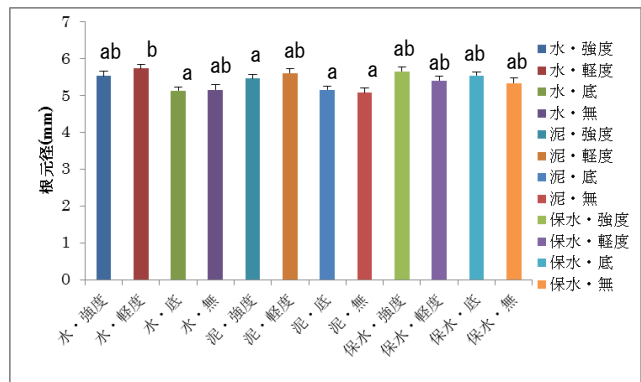


図-6 スギ根部・充填方法別根元径平均値
エラーバーは標準誤差を示す。
異なるアルファベットは条件間で有意差があることを示す (Tukey-Kramer method, P<0.05)。

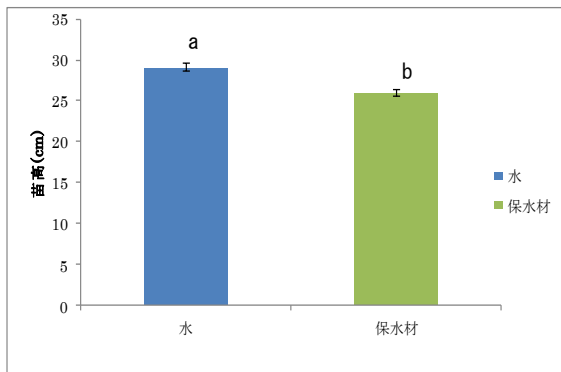


図-7 クロマツ根部別苗木高平均値
エラーバーは標準誤差を示す。
異なるアルファベットは条件間で有意差があることを示す (Tukey-Kramer method, P<0.05)。

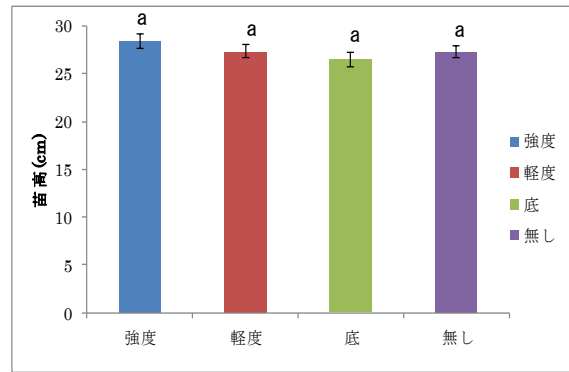


図-8 クロマツ充填方法別苗木高平均値
エラーバーは標準誤差を示す。
異なるアルファベットは条件間で有意差があることを示す (Tukey-Kramer method, P>0.05)。

3. 1. 2 クロマツ

クロマツは、平成 28 年夏期に散水機が故障したことにより、根部に泥を付けた個体に十分な灌水が行われず、成長が著しく悪くなったため、結果からは外すこととした。

1) 生存率

根部処理別だと水漬け 61%，保水剤 72%となり、培地充填方法別では強度締め固め 51%，軽度締め固め 64%，底部締め固め 55%，締め固め無し 56%となった。組み合わせでみると、保水剤・軽度締め固め 80%が最も高い。

2) 苗高

最終計測時の苗高の根部条件別平均値は、水 29.1 ± 0.5 cm が保水剤 25.9 ± 0.4 cm よりも有意に大きくなった (t-test, $P < 0.05$) (図-7)。締め固め条件別は軽度締め固め 28.3 ± 0.6 cm が最も大きくなったが、他の条件と有意な差は見られなかった (Tukey-Kramer method, $P > 0.05$) (図-8)。組み合わせでは水・無 30.2 ± 0.9 cm が最も高くなり、保水剤・底 24.3 ± 0.9 cm、保水剤・無 24.4 ± 0.6 cm との間に有意差が見られた (Tukey-Kramer method, $P < 0.05$) (図-9)。

3) 根元径

平均値は、根部処理別では水漬け 7.6 ± 0.1 cm、保水剤 7.9 ± 0.09 cm となり、有意差は見られなかった (t-test, $P > 0.05$) (図-10)。締め固め 8.2 ± 0.1 cm、底部締め固め 7.9 ± 0.1 cm、締め固め無し 8 ± 0.1 cm となり、条件間に有意差は見られなかった (Tukey-Kramer method, $P > 0.05$) (図-11)。組み合わせでは保水剤・強度 8.3 ± 0.19 cm が最も大きかったが、条件間に有意差は見られなかった (図-12)。

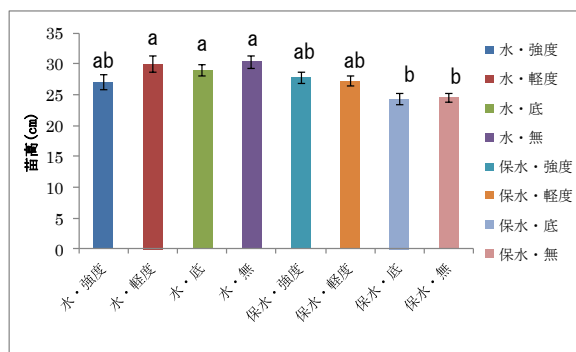


図-9 クロマツ根部・充填方法別苗高平均値
エラーバーは標準誤差を示す。
異なるアルファベットは条件間で有意差があることを示す (Tukey-Kramer method, $P < 0.05$)。

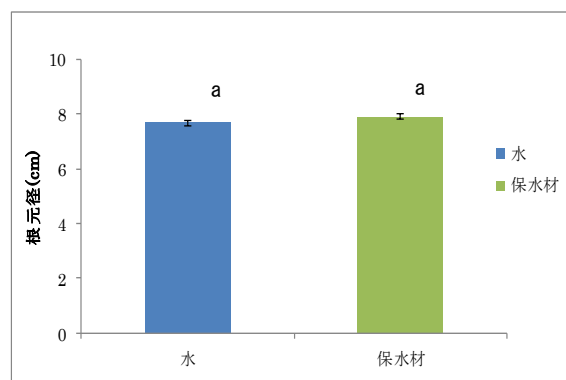


図-10 クロマツ根部別根元径平均値
エラーバーは標準誤差を示す。
異なるアルファベットは条件間で有意差があることを示す (t-test, $P > 0.05$)。

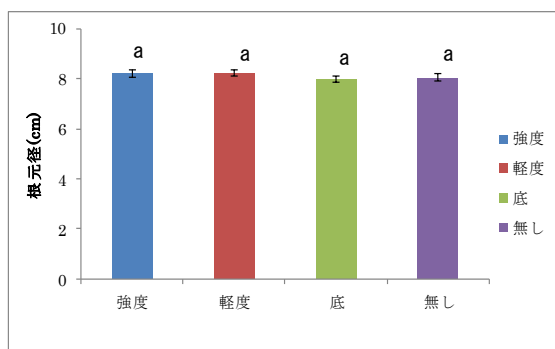


図-11 クロマツ充填方法別根元径平均値
エラーバーは標準誤差を示す。
異なるアルファベットは条件間で有意差があることを示す (Tukey-Kramer method, $P > 0.05$)。

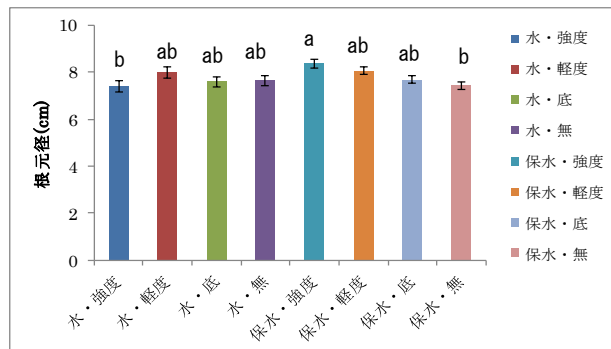


図-12 クロマツ充填方法別根元径平均値
エラーバーは標準誤差を示す。
異なるアルファベットは条件間で有意差があることを示す (Tukey-Kramer method, $P < 0.05$)。

3. 2 根鉢成型性調査

3. 2. 1 スギ

落下試験で根鉢を保持した個体の割合は、スギでは根部処理別だと水漬け 41%、泥付け 33%、保水剤 25%となり (図-13)、締め固め別だと強度締め固め 33%、軽度締め固め 22%、底部締め固め 44%、締め固め無し 33%となった (図-14)。組み合わせでみると水漬け・締め固め無しと泥付け・底部締め固めが他条件よりも根鉢を保持した個体の割合が多かった (図-15)。地上部の平均乾燥重量は根鉢保持個体 $9.1 \pm 0.6g$ 、根鉢崩壊個体 $7.2 \pm 0.4g$ となり、根鉢保持個体が根鉢崩壊個体よりも有意に重くなった (t-test, $P < 0.05$) (図-16)。地下部の平均乾燥重量は根鉢保持個体 $4.5 \pm 0.3g$ 、根鉢崩壊個体 $3.1 \pm 0.2g$ となり、根鉢保持個体が根鉢崩壊個体よりも有意に重くなった (図-17)。根鉢付き苗木の平均生重量は、根鉢保持個体 $176.6 \pm 10.02g$ 、根鉢崩壊個体 $159.5 \pm 8.3g$ となり、有意な差は見られなかった (図-18)。

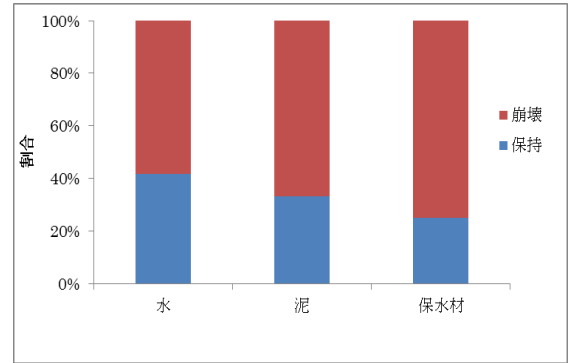


図-13 スギ根部別根鉢保持個体割合

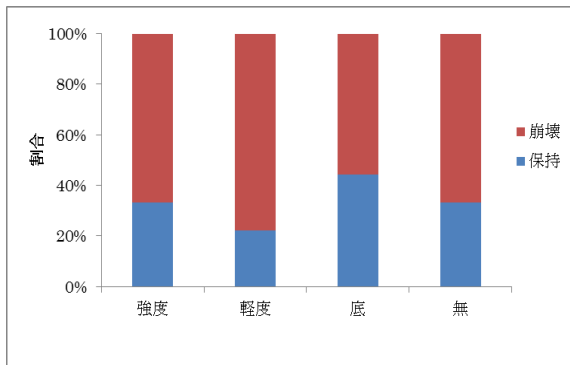


図-14 スギ充填方法別根鉢保持個体割合

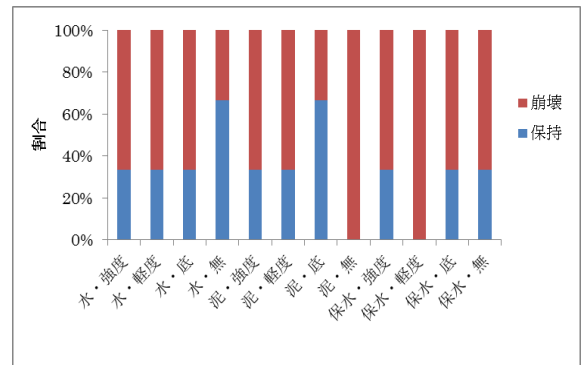


図-15 スギ根部・充填方法別根鉢保持個体割合

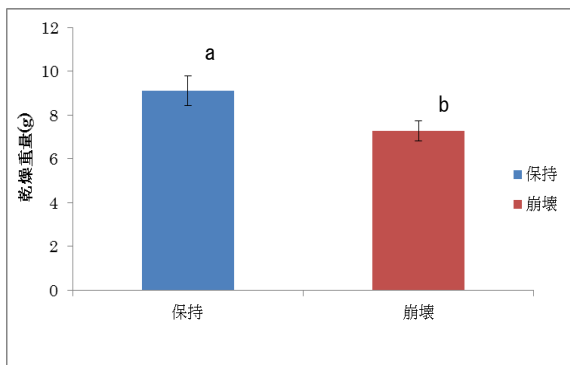


図-16 スギ根鉢別平均地上部乾燥重量
エラーバーは標準誤差を示す。
異なるアルファベットは条件間で有意差があることを示す (t-test, $P < 0.05$)。

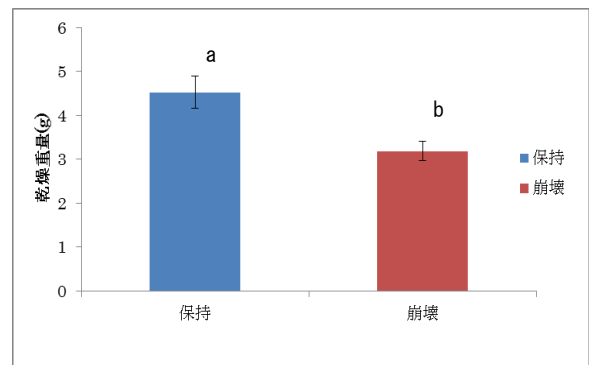


図-17 スギ根鉢別平均地下部乾燥重量
エラーバーは標準誤差を示す。
異なるアルファベットは条件間で有意差があることを示す (t-test, $P < 0.05$)。

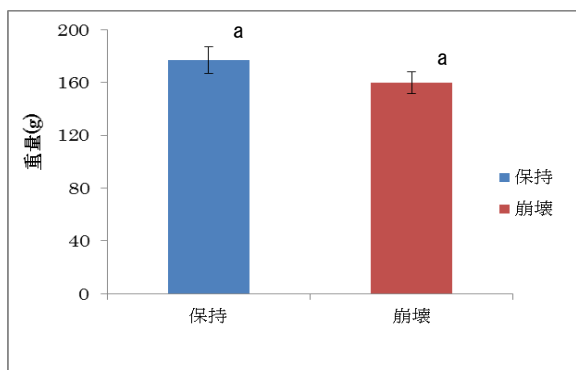


図-18 スギ根鉢別平均苗木生重量
エラーバーは標準誤差を示す。
異なるアルファベットは条件間で有意差があることを示す (t-test, $P > 0.05$)。

3. 2. 2 クロマツ

落下試験で根鉢を保持したクロマツ個体の割合は、根部処理別では水漬け 66%、保水剤 58%となり (図-19)、締め固め別だと強度締め固め 50%、軽度締め固め 66%、底部締め固め 50%、締め固め無し 83%となった (図-20)。組み合わせでみると水漬け・締め固め無しと泥付け・底部締め固めが他条件よりも根鉢を保持した個体の割合が多かった (図-21)。地上部の平均乾燥重量は根鉢保持個体 $11.8 \pm 0.6g$ 、根鉢崩壊個体 $8.2 \pm 0.4g$ となり、根鉢保持個体が根鉢崩壊個体よりも有意に重くなった (t-test, $P < 0.05$) (図-22)。地下部の平均乾燥重量は根鉢保持個体 $5.6 \pm 0.3g$ 、根鉢崩壊個体 $3.9 \pm 0.3g$ となり、根鉢保持個体が根鉢崩壊個体よりも有意に重くなった (図-23)。根鉢付き苗木の平均生重量は、根鉢保持個体 $154.6 \pm 5.4g$ 、根鉢崩壊個体 $142.2 \pm 4.3g$ となり、有意な差は認められなかった (図-24)。

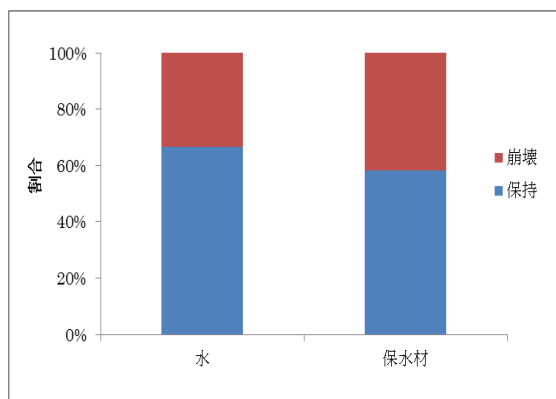


図-19 クロマツ根部別根鉢保持個体割合

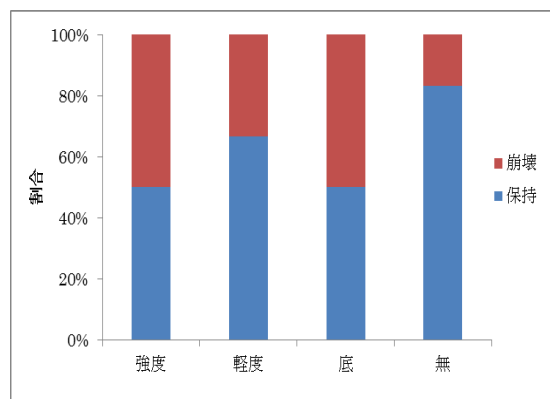


図-20 クロマツ充填方法別根鉢保持個体割合

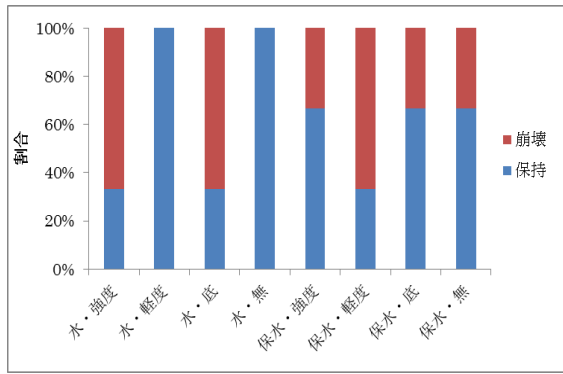


図-21 クロマツ根部・充填方法別根鉢保持個体割合

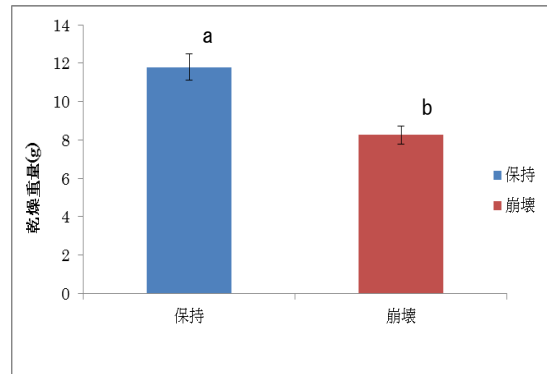


図-22 クロマツ根鉢別平均地上部乾燥重量
エラーバーは標準誤差を示す。
異なるアルファベットは条件間で有意差があることを示す (t-test, $P < 0.05$)。

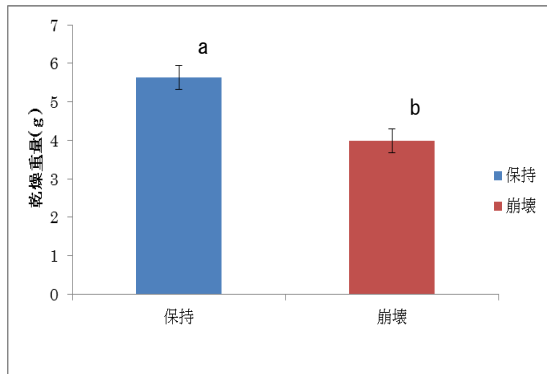


図-23 クロマツ根鉢別平均地下部乾燥重量
エラーバーは標準誤差を示す。
異なるアルファベットは条件間で有意差があることを示す (t-test, $P < 0.05$)。

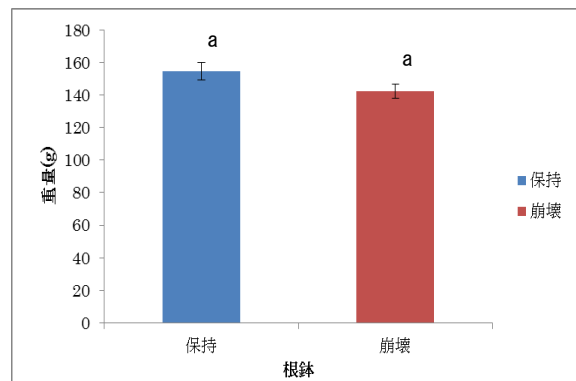


図-24 クロマツ根鉢別平均苗木生重量
エラーバーは標準誤差を示す。
異なるアルファベットは条件間で有意差があることを示す (t-test, $P > 0.05$)。

3. 3 コンテナ培地充填試験

充填試験の結果を表-2に示す。充填時間は全条件間で有意に異なった (Tukey' s test, $P < 0.05$)。締め固め無しの充填方法が1コンテナあたりの充填時間と使用培地量が有意に少なかった。

表-2 培地充填方法別平均充填時間と平均培土使用量

| 充填方法 | コンテナ1トレイにかかる充填時間(秒) | 1時間当たり充填可能コンテナトレイ数 | コンテナ1トレイ充填に使用する培地量(kg) | 苗木培土1袋(50L)あたり充填可能コンテナトレイ数 |
|--------|---------------------|--------------------|------------------------|----------------------------|
| 強度締め固め | 225.8±5.8 a | 15 | 3.1±0.04 a | 5.1 |
| 軽度締め固め | 87.8±2.3 b | 41 | 2.8±0.02 b | 5.7 |
| 底部締め固め | 159±5 c | 22 | 2.9±0.02 b | 5.5 |
| 締め固め無し | 46.4±0.9 d | 77 | 2.2±0.01 c | 7.3 |

コンテナはマルチキャビティコンテナ (JFA-300) を示す。

±以下の数字は標準誤差を示す。

異なるアルファベットは条件間で有意差があることを示す (Tukey' s test, $P < 0.05$)。

4 まとめと考察

試験の結果から、スギの発根済みさし木苗をマルチキャビティコンテナ (JFA-300) に移植する際は根部を水漬けすると、泥付けや保水剤添付処理するよりも生存率が高くなる傾向が見られた。培地充填方法は締め固めを行うことにより、苗高と根元径が大きく成長する傾向が見られた。締め固めの圧が強いほど、苗高が大きく成長する傾向が見られたが、充填時間と使用培地量が有意に異なる充填方法が見られたため、今後、コストパフォーマンスを考慮した検討を行う必要がある。クロマツは、発根済みさし木苗移植時に生存率を重視する場合は保水剤を塗布、苗高成長を重視する場合は水漬けするというように目的に合わせて処理を選択することの有効性が考えられた。充填方法と根部処理とを組み合わせ考えた場合、水漬けでは軽度締め固め、締め固め無しといった圧が弱い充填方法、保水剤塗布では強度締め固め、底部締め固めといった圧が強めの充填方法にすることで、苗高と根元径が大きく成長する可能性が考えられた。これは培地を充填する際に軽い圧をかける、または全く圧をかけない場合は根が培地からスムーズに水分を吸収できるため水漬け以外の処理が不要であること、強い圧をかける場合、圧縮された培地では根が水分を吸収しにくくなり、保水剤が足りない水分を補助することが考えられた。保水剤を添付した場合の苗高平均値が水漬けよりも低くなった結果から、保水剤は植物に水分を補填できるが栄養分の補填はできないことが考えられた。

根鉢成型性はクロマツの場合、地上部と地下部の乾燥重量が重いほど成型性を有する傾向が見られた。これは苗木が育ち、根が発達していくことで、崩れにくい根鉢が作られていくためと考えられた。本調査では地上部乾燥重量 12 g 以上、地下部乾燥重量 6 g 以上で

は根鉢保持個体は確認したが根鉢崩壊個体が見られなかったことから、根鉢成型性は苗木の重量によってある程度予測できると考えられた (図-25)。福田ら (2018) は、異なる根系形質を有するスギさし木苗の地上部初期成長について、地上部器官の成長に対しては根量が多いことだけでなく、細根率が高いことや分枝密度が高いことが有利に作用することを示唆するものであると考えられるとしており、苗木地上部を目視し、非破壊でコンテナ苗の根系の発達と根鉢の成型性を判断できる可能性が考えられた。スギはクロマツよりも根鉢が崩壊した個体が多くなったが、石田 (2018) はスギさし木コンテナ苗の検討において、M スターコンテナ (2号, 3号) に直挿したスギさし木コンテナ苗がさしつけた同年の秋にしっかりと根鉢が形成されたとしており、直さしと発根済み苗の移植という違いはあるが、適した育苗管理を行うことで、さし木苗木の根鉢形成を早めることの可能性が考えられた。スギも根鉢保持個体と崩壊個体の地上部と地下部の乾燥重量の間に有意な差があり、苗木の地上部と地下部のバイオマスが大きいほど根鉢がより強く成型性を有することが考えられたが、クロマツのように崩壊個体と保持個体の比率に偏りが見られるような重量は明らかにできなかった (図-26)。培地充填方法は、締め固め無しが有意に充填時間が短く、

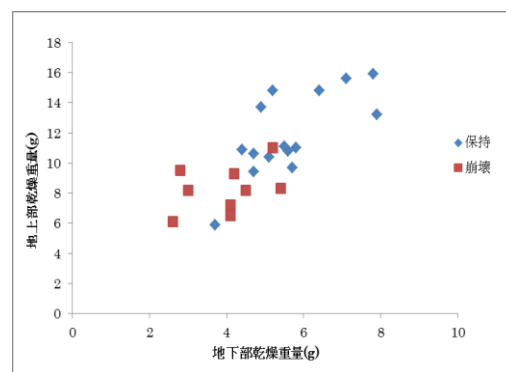


図-25 クロマツ根鉢成型性試験結果と地上部と地下部の乾燥重量

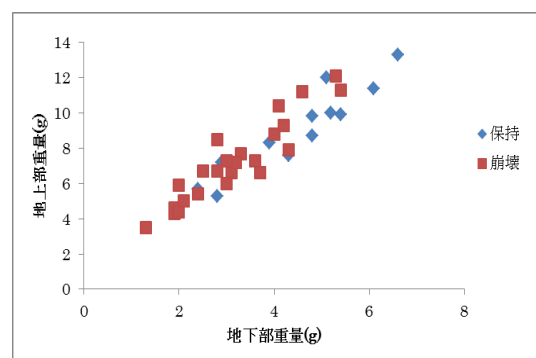


図-26 スギ根鉢成型性試験結果と地上部と地下部の乾燥重量

使用培地量も少なかったため、締め固めを行う作業を短縮し培地を圧縮しないことが、充填時間の短縮と使用培地の減少につながっていることが考えられた。少ない培地量で最も多く培地充填が可能だと考えられるのは締め固め無しだが、育苗試験の結果から、スギのように締め固めを行うと苗高が高く成長しやすいと考えられる場合や、クロマツのように、充填方法と根部処理方法の組み合わせることにより、苗高と根元径が大きく成長しやすくなる場合があると考えられるため、一概に締め固め無しが最も充填方法として適しているとは断言できず、育苗する樹種に適した充填方法と根部の処理を選択することが重要であると考えられた。

本試験では少花粉スギと抵抗性クロマツの発根済みさし木苗をマルチキャビティコンテナ (JFA-300) に移植する際の培地充填方法と根部処理方法を検討したが、樹種により処理方法の間で苗高と根元径の成長に有意な差を確認した。今後は樹種毎に適した培地充填方法と根部処理方法、またはその組み合わせを明らかにする必要があると考えられる。今後は現場の需要に合わせた成型性の基準を明らかにして試験を行い、非破壊で成型性を確認できる手法を開発する必要があると考えられる。

引用文献

林野庁 (2018) コンテナ苗基礎知識 林野庁 平成 30 年 2 月

<http://www.rinya.maff.go.jp/j/kanbatu/syubyou/attach/pdf/syubyou-7.pdf>

宮城県 (2018) みやぎの森林・林業のすがた (平成 29 年度版)

今野 幸則 (2016) クロマツの無性繁殖による大量増殖技術の開発 宮城県林業技術総合センター 林業技術総合センター成果報告第 25 号: 8—18

石田 朗 (2018) コンテナ苗を用いた森林造成に関する研究 愛知県森林・林業技術センター報告 No. 55: 19—26

福田 有樹・平岡 裕一郎・大平 峰子・高橋 誠・井城 泰一・三浦 真弘・栗田 学・渡辺 敦史 (2018) スギ精英樹のさし木苗における根系形質の遺伝的変異および地上部初期成長との関連性 日本森林学会誌 100: 218—223

海岸防災林の再生に向けた広葉樹の植栽手法に関する研究

河部恭子・山崎修宜・今野幸則

要 旨

海岸の盛土造成基盤における広葉樹の植栽手法を検討することを目的に、ヤマザクラ、コナラ、クリ、クヌギ、ケヤキの植栽試験を実施し、あわせて山砂盛土の理化学性、海岸からの飛来塩分、植栽木の葉内塩分を調査した。その結果、土壌硬度が 23mm/cm² 以上、固相率 50%以上の箇所が認められた。飛来塩分は試験区域内において海岸からの距離による減少は見られなかった。成長量は防風ネット有り > 防風ネット無しである一方で、防潮堤からの距離が 130m 地点と 260m 地点でケヤキを除き差はなかった。1～2kg/穴のバーク堆肥の使用は生存率の維持に一定程度効果があると推察された。コンテナ苗、ポット苗、裸苗毎の明らかな傾向は認められないが、植栽時樹高のある裸苗は4成長期にも樹高減少が確認された。葉内塩分は樹種による傾向が認められ、クリ、ヤマザクラはコナラ等より耐塩性が低く、クロマツ、コナラを中心に植栽を検討するとともに飛来塩分対策を講じることが望ましいと考えられた。

キーワード： 海岸防災林, 広葉樹, 土壌硬度, 葉内塩分, 成長量

1 はじめに

東日本大震災の津波により、宮城県では、1,400ha を超える海岸防災林が被災し、その再生に向けて林野庁及び宮城県による森林の植生基盤造成と、抵抗性クロマツを主とした植栽が完了間近となっている。海岸防災林の再生においては、生物多様性を考慮し、クロマツ植栽ラインの陸側やクロマツとの混植として広葉樹の植栽が検討されており（東日本大震災に係る海岸防災林の再生に関する検討会，2012）（宮城県，2012），既に民間や NPO 等を中心に広葉樹の植栽が開始されている。一方、その植栽基盤は、山砂を用いた人工盛土であり、植栽手法が確立されていない状況にある。また、事業初期段階に生育基盤として造成された盛土に部分的な水溜まりが発生している所があり、その盛土は全般に緊密で土壌構造が未発達である（小野ら，2016）ことや、塩水吹付実験でクリ、ケヤキ、サクラは海岸林造成地として裸地に導入することは慎重にすべきと考えられる（横山，2017）との報告もある。

本研究では、植栽基盤の基礎情報を収集するとともに、海岸防災林に適した植栽樹種に関する調査報告書（宮城県，2012）で示された広葉樹種を中心に植栽試験を実施し、苗の種類、植栽方法、防風対策等について検討したので報告する。

2 試験方法

調査地域は、宮城県亶理郡亶理町の亶理第 6 - 1 工区及び亶理第 10 工区を基本に設定し（写真 - 1，写真 - 2），植栽時期の検討，施肥条件の検討には、亶理第 5 工区及び 6 - 2 工区も含めた。



写真-1 亶理第6工区



写真-2 亶理第10工区

各試験地の試験地位置図を図-1に、治山工事の施工状況を表-1に示す。

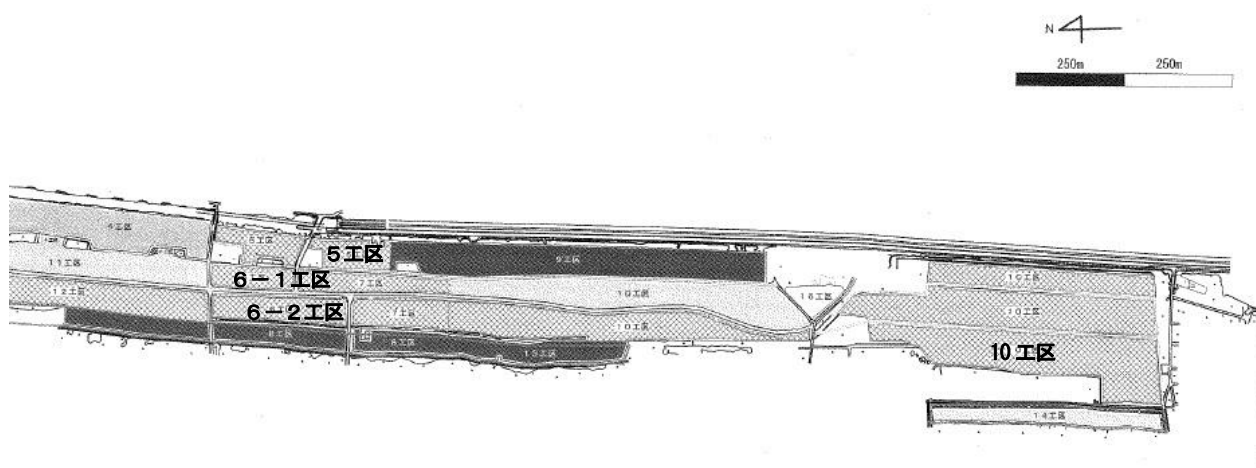


図-1 試験地位置図

表-1 試験地の治山工事施工状況と植栽区域

| 項目 \ 工区 | 6-1工区 | 10工区 | 5工区 | 6-2工区 |
|---------------|----------------|---------------|---------|---------|
| 防潮堤からの距離(中央) | 約130m | 約260m | 約50m | 約200m |
| 盛土工 | H26.10月～H27.2月 | H27.5月～H28.2月 | H26以前 | H26以前 |
| 防風柵工 | 同上 | 同上 | 同上 | 同上 |
| 掻き起こし工(30cm深) | 施工 | 未施工 | 未施工 | 未施工 |
| 水路工(柵下) | 施工 | 施工 | 施工 | 施工 |
| 湛水対策工(柵間) | 未施工 | 施工 | 未施工 | 未施工 |
| 防風垣工 | H28～H29 | H28～H29 | H28～H29 | H28～H29 |
| 植栽 | H27, H28, H29 | H29 | H27 | H27 |

※5工区、6工区-1、6工区-2では、植栽後に防風垣工を施工。

2. 1 土壌調査

2. 1. 1 土壌の物理性

2017年に6工区と10工区の代表的な地点各4箇所計8箇所において、深さ50cm以深の断面を作成し、10～40cmまで10cm深毎に硬度を山中式硬度計により測定(5回計測の平均)した。また、根の伸長が想定される表層から30cm地点において円筒試料(100mL採土円筒)を採取した。円筒試料(n=8)について、デジタル実容積測定装置(大起理化学工業株式会社製, DIK-1150)により三相組成を測定した。

2. 1. 1 土壌の化学性

2017年に6工区と10工区の代表的な地点各8箇所計16箇所において表層から30cmの土壌試料200gを採取した。また、各工区4箇所計8箇所において表層から5cmの土壌試料200gを採取した。土壌試料について、電気伝導度計により電気伝導度(EC)を、ショーレンベルガー法により塩基置換容量(CEC)を、NCアナライザーにより全窒素を計測した。

2. 2 植栽試験

2. 2. 1 苗の種類

植栽木の種類と規格を表-2に示す。苗の種類はコンテナ苗、ポット苗、裸苗を用いた(写真-3)。一般に、広葉樹の植栽は裸苗やポット苗で実施されることが多く、本研究においても植栽試験の対象とすることとした。一方、コンテナ苗は、スギやカラマツにおいて高い活着率が得られていることから、広葉樹コンテナ苗を植栽試験の対象とした。データは平成27年度及び平成29年度を用いた。平成28年度のデータについてヤマザクラ、コナラ、ケヤキは苗木に芯止めを実施していることから除外した。

表-2 植栽木の種類 単位：本

| 樹種 | 種類 | | | |
|-------|----------|----------|------|----|
| | C150cc 苗 | C300cc 苗 | ポット苗 | 裸苗 |
| ヤマザクラ | 52 | 52 | 39 | 44 |
| コナラ | 36 | 48 | 38 | 44 |
| クリ | 28 | 34 | 34 | 33 |
| クヌギ | 20 | 26 | 36 | 54 |
| ケヤキ | 52 | 52 | 41 | 44 |



写真-3 苗の種類
(左：ポット苗，中：コンテナ苗，右：裸苗)

2. 2. 2 植栽時期

本研究においては、表-3に示すとおり、春植えと秋植えについて、生存率を調査した。

表-3 春植えと秋植えの実施状況

| 春植え | 秋植え | 工区 |
|----------------------|----------------------|-----|
| ヤマザクラ，コナラ，ケヤキ，クヌギ，クリ | ヤマザクラ，コナラ，ケヤキ，クヌギ，クリ | 6-1 |
| ヤマザクラ，コナラ，ケヤキ，クヌギ，クリ | ヤマザクラ，コナラ，ケヤキ，クヌギ，クリ | 10 |
| — | コナラ，ケヤキ，クヌギ | 5 |
| — | ヤマザクラ，コナラ | 6-2 |

2. 2. 3 植栽方法(施肥)

本研究においては、表-4に示すとおり、2015年に植栽された5工区、6-1工区、6-2工区の試験地において共通している樹種について施肥量(無施肥、バーク堆肥1kg/穴、バーク堆肥2kg+固形肥料/穴)の違いによる生存率を考察した。

表-4 施肥の実施状況

| 施肥 | 対象樹種 | 工区 |
|------------|-------------------|--------|
| 無施肥 | ヤマザクラ，コナラ | 6-2 |
| 1kg/穴 | ヤマザクラ，コナラ，クヌギ，ケヤキ | 6-1，10 |
| 2kg/穴+固形肥料 | コナラ，ケヤキ，クヌギ | 5 |

2. 2. 4 防風対策

本研究においては、表-5に示すとおり、防風対策を実施した(写真-4，写真-5)。6工区において防風

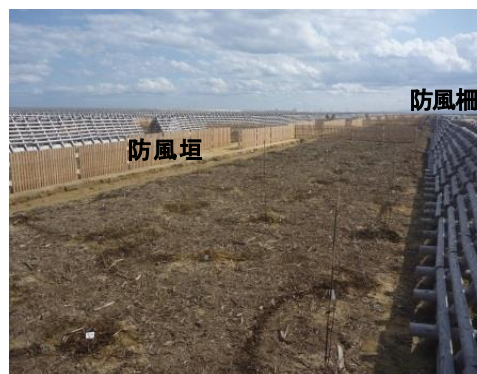
ネットの有無を試験した。また、2017 年に治山工事により防風垣工が実施された 6 工区及び 10 工区において防潮堤からの距離と植栽について考察した。

表－5 防風対策の施工状況

| | 防風ネット | 防風垣 |
|-------|--------------------------|-----------------------------|
| 6 工区 | 2015 年 2016 年 3 月 南北 50m | 2017 年 2 月 東西 30m 毎, 南北 90m |
| 10 工区 | － | 2017 年 2 月 東西 30m 毎, 南北 90m |



写真－4 防風柵・防風ネット設置状況



写真－5 防風柵・防風垣設置状況

2. 3 塩分調査

2. 3. 1 飛来塩分量

2017 年 8 月にドライガーゼ法に準じ 10cm×10cm のガーゼを日中に約 5 時間暴露した。ガーゼは、地上高 80cm に設置した。6 工区については防風垣からの距離 0.5m と 4.1m, 10 工区は水路があるため防風垣からの距離 2.2m と 5.8m に設置した。暴露したガーゼは密封して持ち帰り、100ml の蒸留水に 1 昼夜浸漬し、原子吸光光度計（サーモフィッシャー社 iCE3500）にて濾過した溶液のナトリウム量を測定した。

2. 3. 2 葉の塩分量

2017 年 8 月に植栽木の各樹種について、1 本の植栽木から高さ 30～90cm の葉を数枚採取した。6 工区については防風垣からの距離 0.5m と 4.1m, 10 工区は水路があるため防風垣からの距離 2.2m と 5.8m の植栽木から採取した。葉は密封して持ち帰り、100ml の蒸留水で 1 分間振とうさせて表面付着塩分を除去した。その後、葉の水分を拭き取り乾燥、粉碎した後、硫酸と過酸化水素で分解したものを葉内成分サンプルとし、原子吸光光度計（サーモフィッシャー社 iCE3500）にて葉内成分分解液のナトリウム量を測定した。

3 試験結果及び考察

3. 1 土壌調査

3. 1. 1 土壌の物理性

山中式硬度計により計測した結果を図－2 に示す。森林整備保全事業施工管理基準では山中式土壌硬度計 23mm 以下が定められているが、深さ 20～30cm では 24mm 以上が散見され、掻き起こし工が実施されていない 10 工区はより硬度が高かった。山中式土壌硬度計の指数は 20mm を越すと“根茎発達阻害樹種あり”，24mm を越すと“根茎発達阻害あり”と判断されている（長谷川・猪俣，2015）ことから、根茎の伸長阻害が懸念され、膨軟化させる土壌改良等の対策が必要と考えられた。

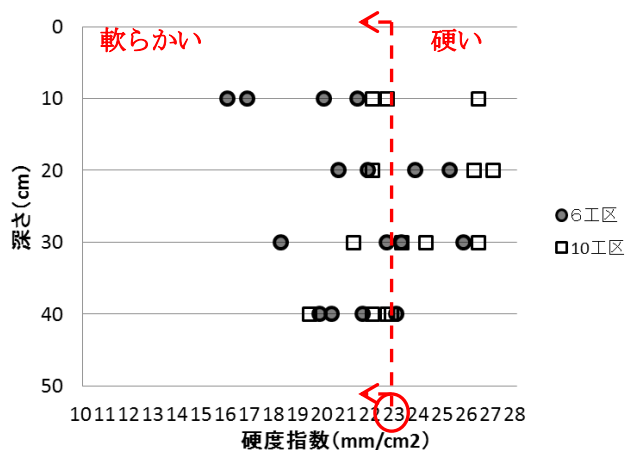


図-2 海岸造成盛土の土壌硬度

土壌の三相組成を図-3に示す。海岸造成盛土は固相率が 50%前後と高く、気相率が低い。良質土壌は固相率 20~30% (日本造園学会緑化環境工学研究委員会, 2000) とされていることから、透水性悪化の原因と推察される。固相を下げ、気相を高める土壌改良等の対策が必要であると考えられた。

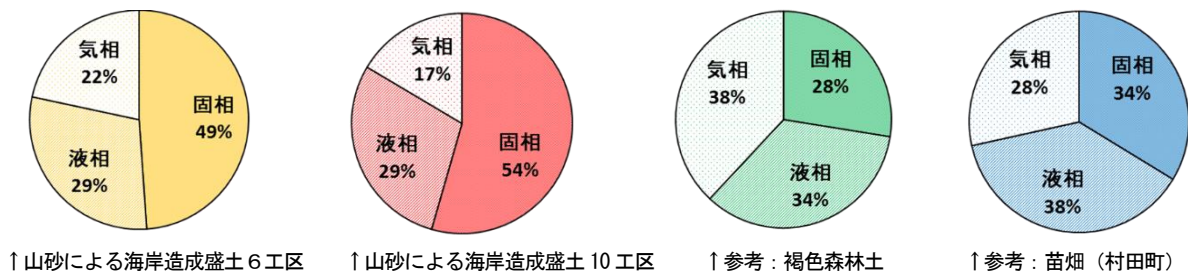


図-3 海岸造成盛土の三相組成

3. 1. 2 土壌の化学性

土壌の pH を図-4に、電気伝導度を図-5に、土壌の塩基置換容量を図-6に、土壌の全窒素を図-7に示す。森林整備保全事業施工管理基準では土壌 pH は 4.0~8.0、電気伝導率 EC は 1.0mS/cm 以下が定められている。また、砂土では電気伝導率 EC は 0.1~0.5ms/cm が望ましいとされている ((一財) 日本緑化センター, 2013)。電気伝導率 EC は 6 工区, 10 工区のいずれも、表層 5cm, 表層から 5~30cm とともに基準を満たしていた。土壌 pH は酸性から微アルカリ性の範囲にあった。したがって、土壌の塩類濃度は問題ないことが明らかになった。

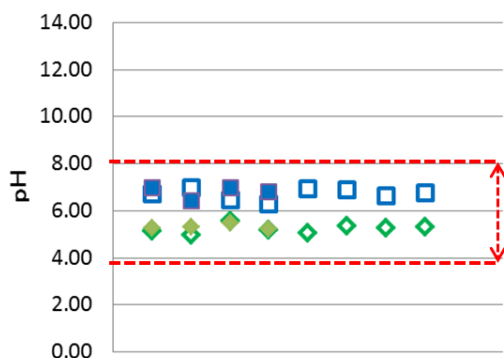


図-4 海岸造成盛土の pH

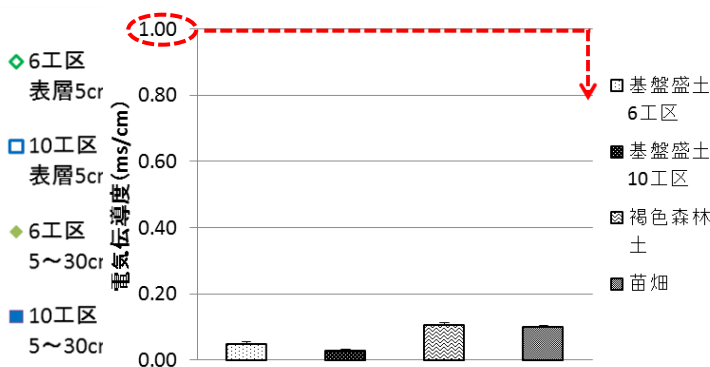


図-5 海岸造成盛土の電気伝導度

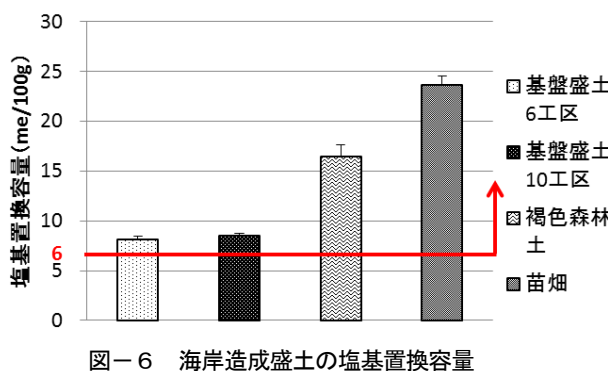


図-6 海岸造成盛土の塩基置換容量

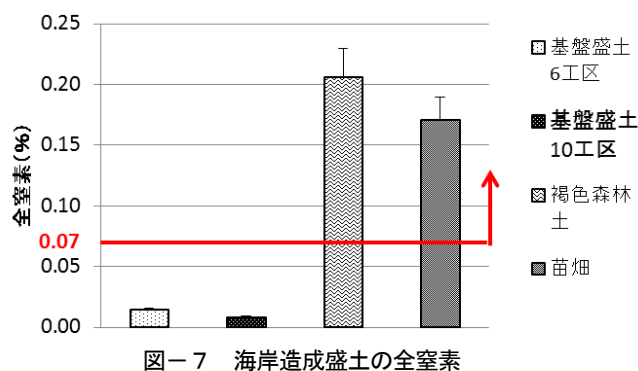


図-7 海岸造成盛土の全窒素

森林整備保全事業施工管理基準では保肥力の指標となる塩基置換容量の基準を定めていない。植栽基盤の整備手順（案）（国土交通省，2012）では目標値が定められており，上部有効土層において6 me/100g 以上とされている。海岸造成盛土の塩基置換容量は，その目標値を上回っており，最低限の保肥力はある結果となった。

森林整備保全事業施工管理基準では肥料分の指標となる全窒素の基準は定めていない。全窒素とは有機及び無機（アンモニア態，亜硝酸態，硝酸態）の窒素化合物の総量であり，窒素分はタンパク質，核酸，葉緑素，ホルモン物質などの主要植物成分の構成元素となる。植栽基盤の整備手順（案）（国土交通省，2012）では目標値が定められており，上部有効土層において0.07%～0.3%となっている。海岸造成盛土の全窒素は，その目標値を下回っており，植栽時の窒素分の補充が必要であると考えられた。

3. 2 植栽試験

3. 2. 1 苗の種類と成長量

苗の種類と樹高成長量を図-8～図-11に，苗の種類と根元径成長量を図-13～図-15に示す。樹高成長は，樹種により傾向が異なる結果となった。コナラは4成長期に3成長期までの2倍の成長を示した一方で，植栽時樹高のあるヤマザクラ，ケヤキの裸苗は4成長期を越えても樹高減少が確認された。クリ，クヌギは2成長期までの状況では樹高成長は滞っていた。根元径成長は，樹種及び苗の種類によらず，樹高成長に増減のある樹種も含めて毎成長期に小幅な成長を示し，コナラの樹高成長の著しかった4成長期は根元径成長も増加幅が大きかった。総じて苗の種類と成長量については，明瞭な傾向は認められなかった。

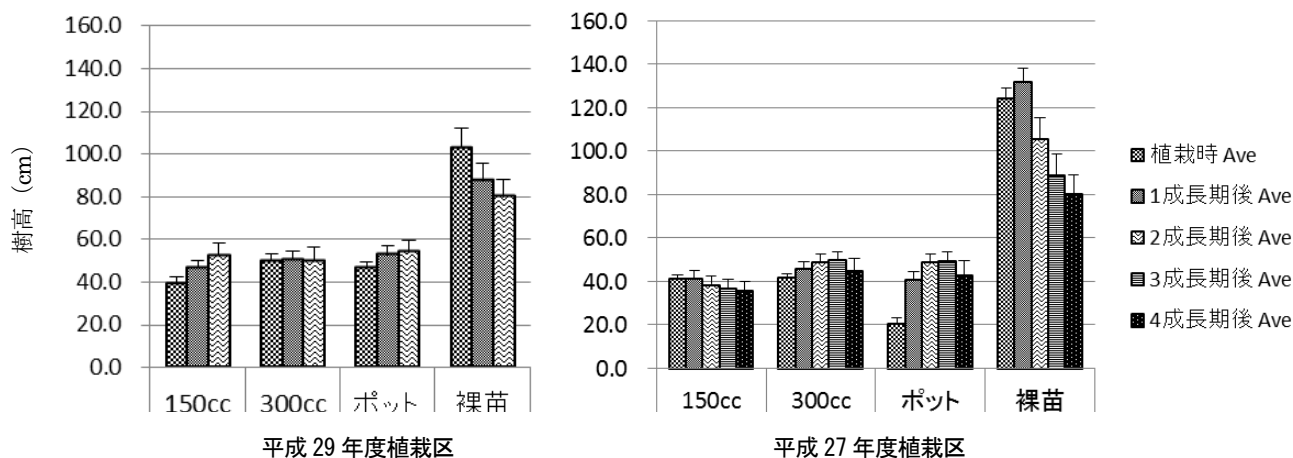


図-8 苗の種類と樹高成長量 (ヤマザクラ)

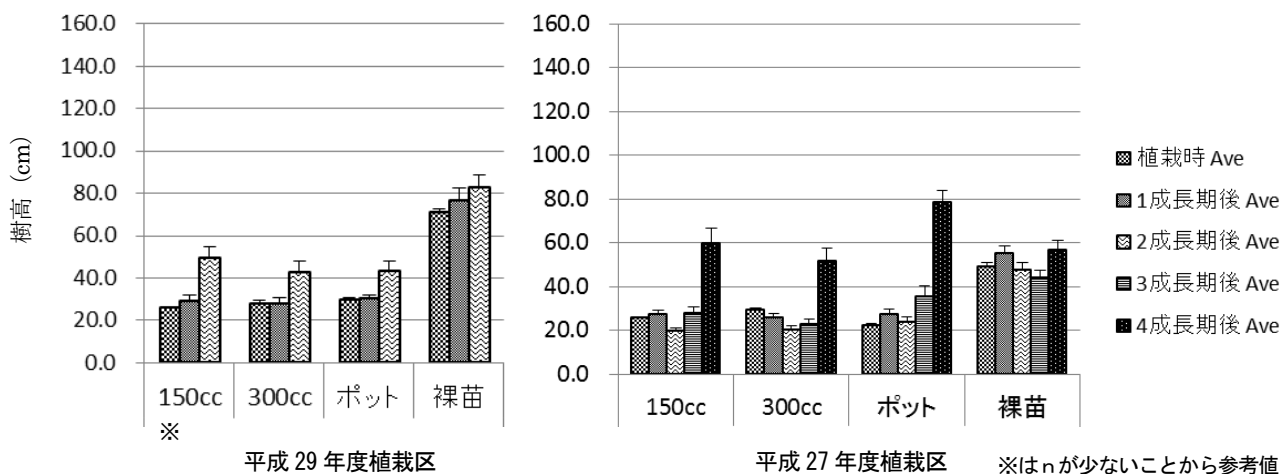


図-9 苗の種類と樹高成長量（コナラ）

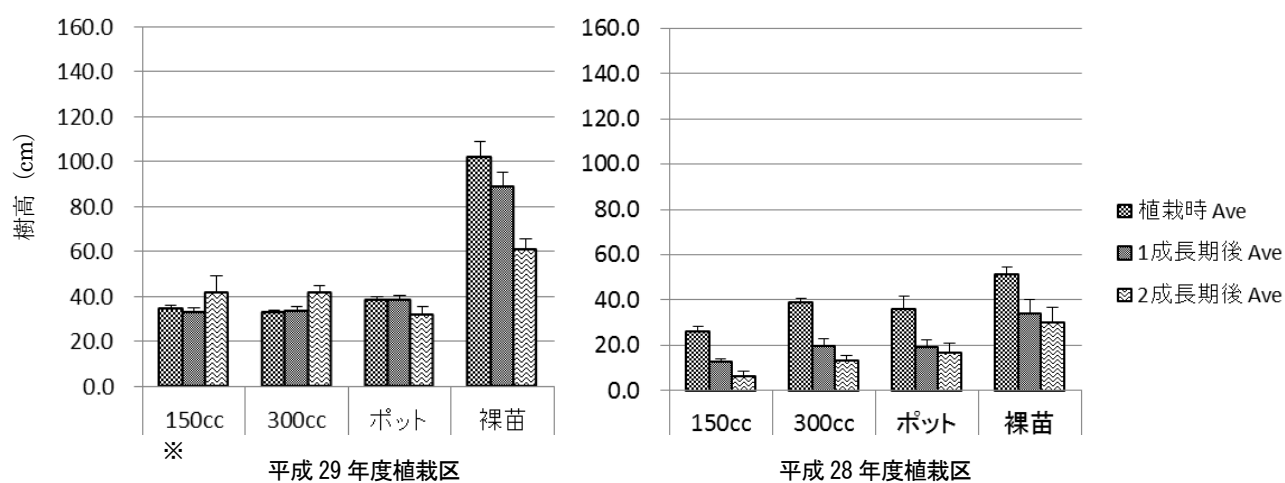


図-10 苗の種類と樹高成長量（クリ） ※はnが少ないことから参考値

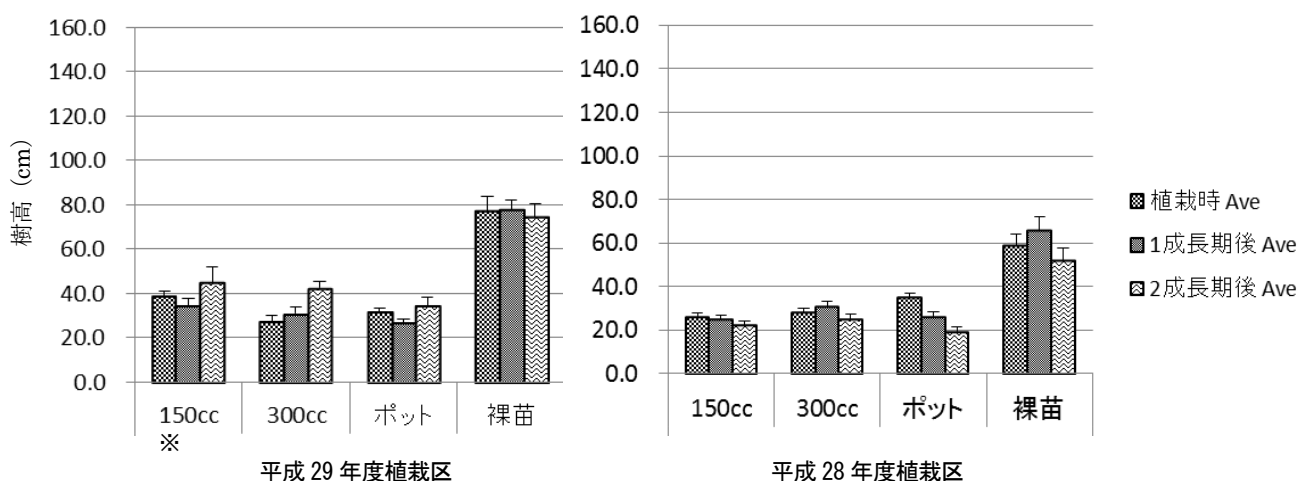


図-11 苗の種類と樹高成長量（クヌギ） ※はnが少ないことから参考値

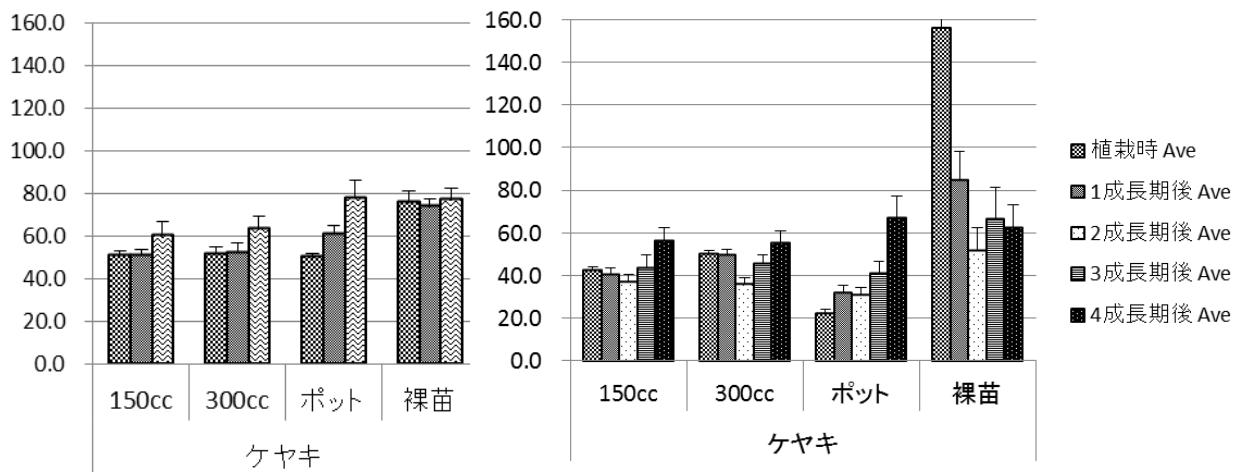


図-12 苗の種類と樹高成長量 (ケヤキ)

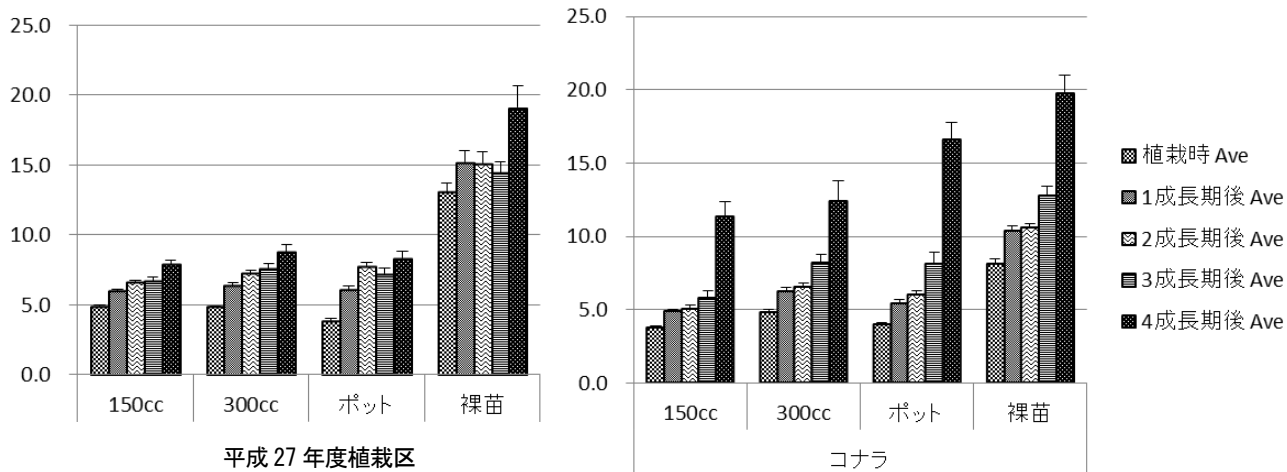


図-13 苗の種類と根元径成長量 (ヤマザクラ)

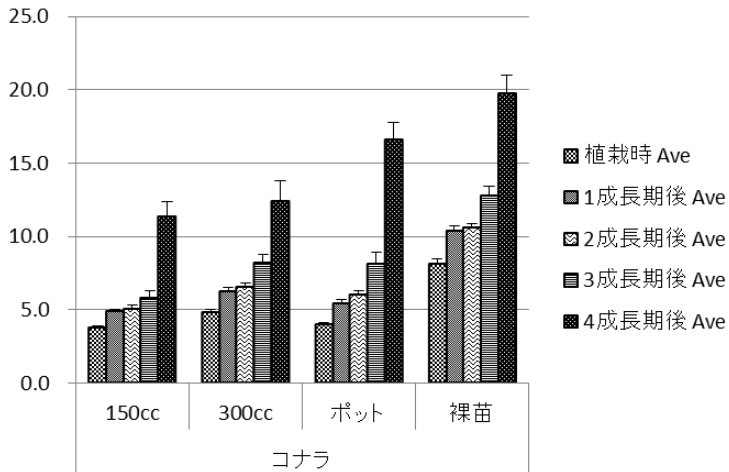


図-14 苗の種類と根元径成長量 (コナラ)

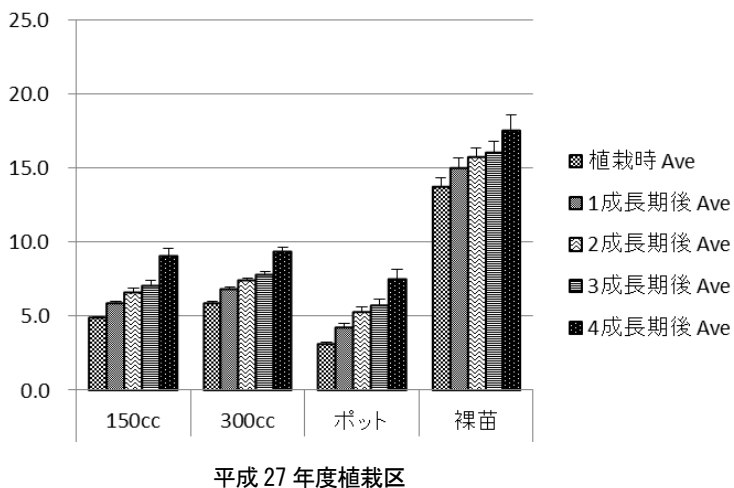


図-15 苗の種類と根元径成長量 (ケヤキ)

3. 2. 2 植栽時期

植栽時期と生存率を表-6 (参考) に示す。2 成長期目までの状況について、植栽時期による生存率の明瞭な違いは確認されなかった。

表-6 植栽時期別の生存率 (参考)

| 樹種 | 時期 | 植栽年月 | n | 生存率 (%) | | 植栽工区 |
|-------|----|------------|-----|---------|--------|---------|
| | | | | 1 成長期目 | 2 成長期目 | |
| ヤマザクラ | 春 | 2015. 4 月 | 91 | 97 | 97 | 6-1 |
| | 春 | 2016. 4 月 | 64 | 98 | 95 | 6-1 |
| | 春 | 2017. 4 月 | 96 | 97 | 93 | 6-1, 10 |
| | 秋 | 2015. 9 月 | 129 | 77 | 71 | 6-2 |
| | 秋 | 2017. 11 月 | 37 | 100 | — | 6-1, 10 |
| コナラ | 春 | 2015. 4 月 | 96 | 97 | 93 | 6-1 |
| | 春 | 2016. 4 月 | 64 | 83 | 75 | 6-1 |
| | 春 | 2017. 4 月 | 70 | 100 | 97 | 6-1, 10 |
| | 秋 | 2015. 9 月 | 178 | 91 | 83 | 6-2 |
| | 秋 | 2015. 11 月 | 87 | 99 | 98 | 5 |
| | 秋 | 2017. 11 月 | 32 | 84 | — | 6-1, 10 |
| ケヤキ | 春 | 2015. 4 月 | 93 | 99 | 96 | 6-1 |
| | 春 | 2016. 4 月 | 64 | 100 | 97 | 6-1 |
| | 春 | 2017. 4 月 | 96 | 99 | 97 | 6-1, 10 |
| | 秋 | 2015. 11 月 | 164 | 98 | 91 | 5 |
| | 秋 | 2017. 11 月 | 25 | 92 | — | 6-1, 10 |
| クヌギ | 春 | 2016. 4 月 | 64 | 100 | 97 | 6-1 |
| | 春 | 2017. 4 月 | 76 | 99 | 97 | 6-1, 10 |
| | 秋 | 2015. 11 月 | 134 | 99 | 99 | 5 |
| | 秋 | 2017. 11 月 | 27 | 70 | — | 6-1, 10 |
| クリ | 春 | 2016. 4 月 | 58 | 76 | 47 | 6-1 |
| | 春 | 2017. 4 月 | 78 | 94 | 90 | 6-1, 10 |
| | 秋 | 2017. 11 月 | 26 | 73 | — | 6-1, 10 |

注1) 植栽工区について5: 5工区, 6-1: 道路東側6工区, 6-2: 道路西側6工区, 10: 10工区

注2) 工区 (海からの距離), 施肥条件 (バーク堆肥の量), 苗木の種類 (ポット苗, コンテナ苗, 裸苗), 防風ネットの有無等の条件が異なることから単純比較はできないため, 参考値。

3. 2. 3 植栽方法 (施肥)

施肥の施用別の生存率を表-7 (参考) に示す。2 成長期目までの状況について、樹種により異なるものの、無施肥の生存率が1 成長期目から低く2 成長期目にはさらに低下している。砂丘地に広葉樹を導入する上で客土は不可欠な要素である (金子ら, 2007) という報告があること, 本研究の土壌調査から全窒素が不足している結果が得られたことから、貧栄養の海岸造成盛土に広葉樹を植栽する場合には1~2kg/穴のバーク堆肥による土壌改善は必要であると考えられた。

表-7 植栽方法別の生存率(参考)

| 施肥 | 樹種 | n | 生存率 (%) | | | 工区 | 植栽年月 |
|-----------------|-------|-----|---------|-------|-------|--------|-------------|
| | | | 1 成長期 | 2 成長期 | 3 成長期 | | |
| 無施肥 | ヤマザクラ | 129 | 77 | 71 | 40 | 6-2 工区 | 2015 年 9 月 |
| | コナラ | 178 | 91 | 83 | 81 | | |
| 2 kg/穴 +固形肥料 | コナラ | 87 | 99 | 98 | 93 | 5 工区 | 2015 年 11 月 |
| | クヌギ | 134 | 99 | 99 | 97 | | |
| | ケヤキ | 164 | 98 | 91 | 82 | | |
| 1 kg/穴 | ヤマザクラ | 91 | 97 | 97 | 97 | 6-1 工区 | 2015 年 4 月 |
| | コナラ | 96 | 97 | 93 | 91 | | |
| | ケヤキ | 93 | 99 | 96 | 95 | | |

注) 工区 (海からの距離), 苗木の種類 (ポット苗, コンテナ苗, 裸苗), 防風ネットの有無等の条件が異なることから単純比較はできないため, 参考値。

3. 2. 4 防風対策

防風ネットの有無と成長量を図-15 に, 防潮堤からの距離と成長量を図-16 に示す。

防風ネットの有無では, ヤマザクラ, コナラ, ケヤキの各樹種とも防風ネットを敷設した区域において成長を維持する傾向が確認された。また, 防潮堤からの距離が 130m 地点の 6 工区, 260m 地点の 10 工区における成長量は, ヤマザクラ, コナラでは各成長期後に植栽工区による差が無く (t 検定, $p>0.01$) ケヤキでは 2 成長期の 10 工区の樹高は 6 工区より有意に成長 (t 検定, $p<0.01$) していた。これらから, 治山工事で東西 20m 間隔毎に設置される防風柵の間に防風ネット等の防風対策を施すことは有効であると考えられた。一方で, 防潮堤からの距離を倍にとっても防風対策を施す必要性はあると考えられた。

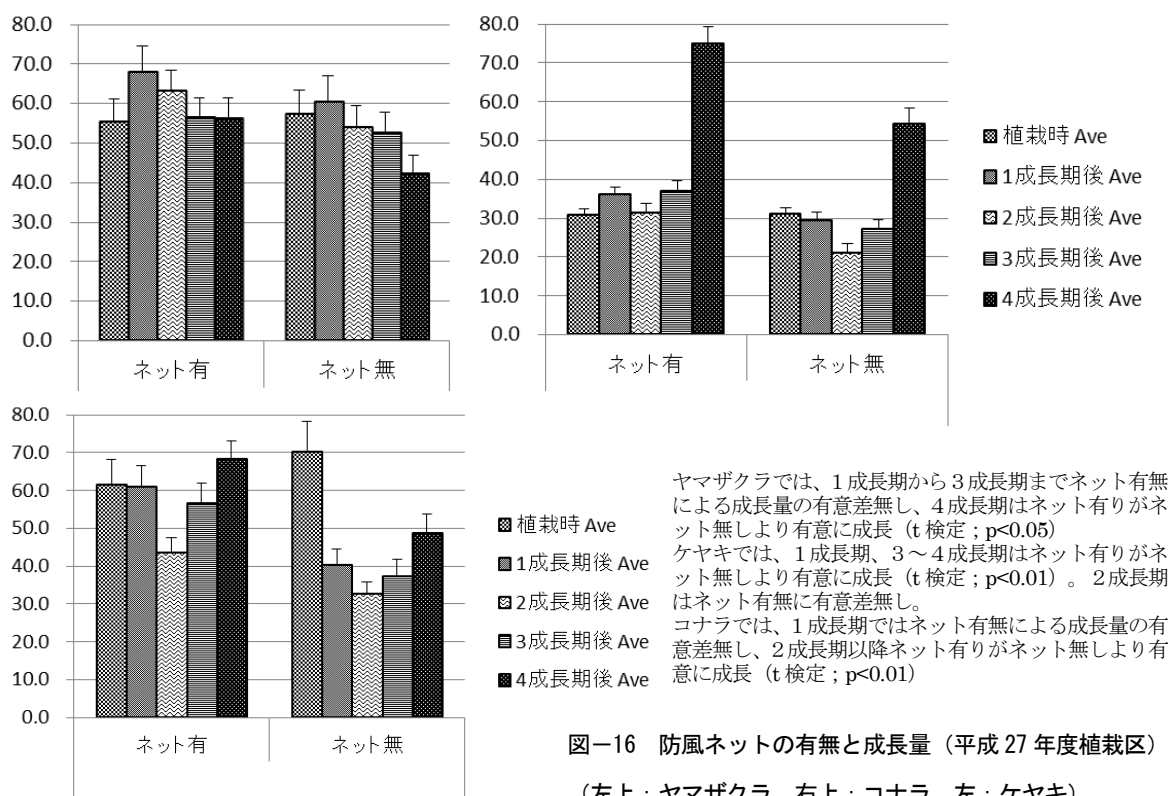
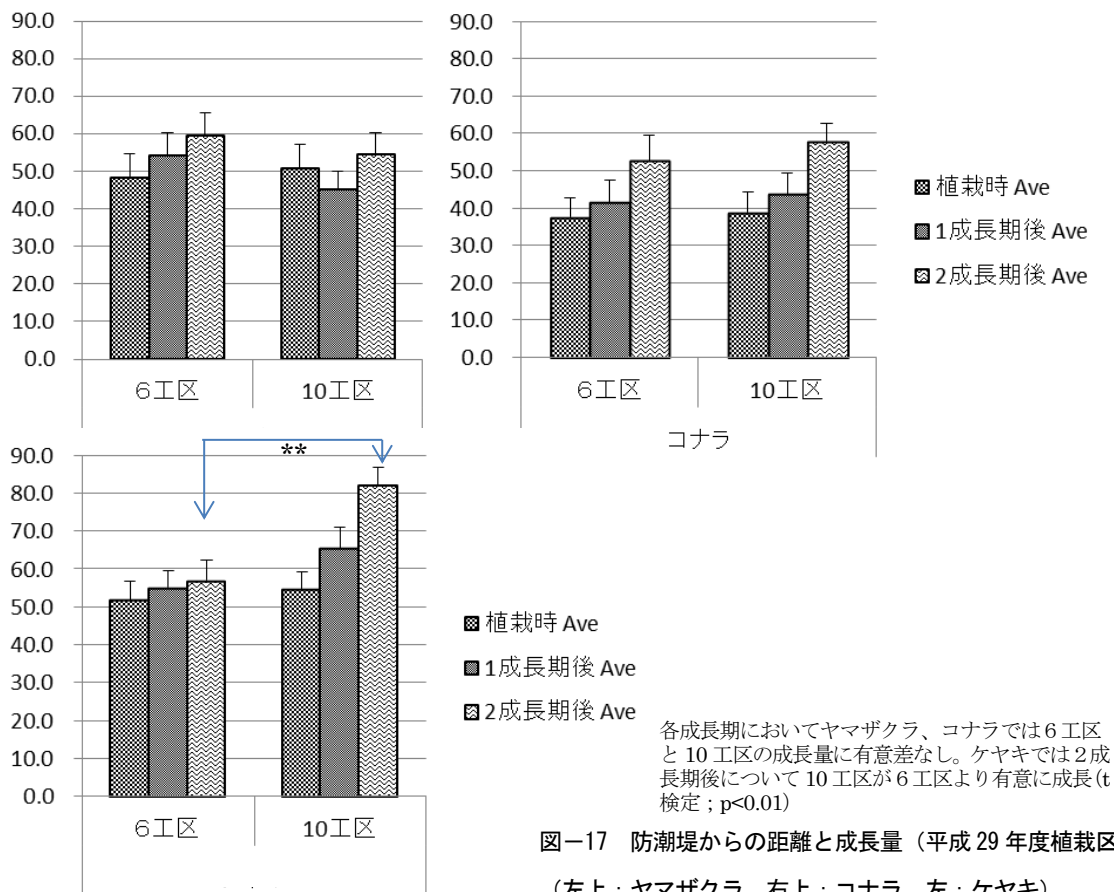


図-16 防風ネットの有無と成長量 (平成 27 年度植栽区)

(左上: ヤマザクラ, 右上: コナラ, 左: ケヤキ)



3. 3 塩分調査

3. 3. 1 飛来塩分量

6工区及び10工区ともに植栽木に塩害が確認されている(写真-6)ことから、飛来塩分量を計測した。防潮堤からの距離別、防風垣からの距離別の飛来塩分量を図-18に示す。飛来塩分量は、防潮堤からの距離が130m地点の6工区、260m地点の10工区においても差は認められなかった(t検定, p>0.01)。

各工区とも防風柵または防風垣からの距離が離れる程、mg/100cm²/hrあたりの飛来塩分量が増加傾向にあった。なお、10工区の防風柵または防風垣から2m地点は防風垣の開口部であった。

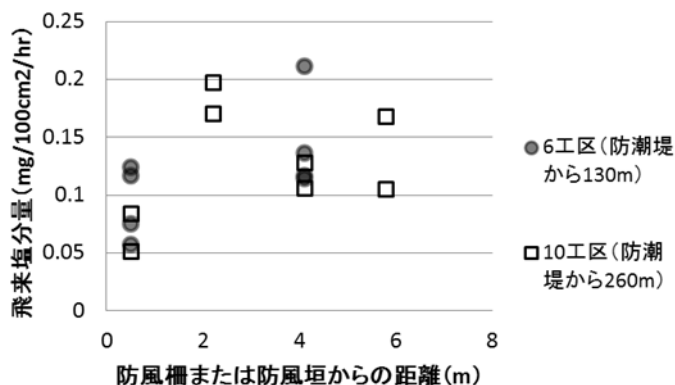


図-18 植栽試験地の飛来塩分量



写真-6 植栽木の塩害状況 (クリ)

3. 3. 2 葉の塩分量

防潮堤からの距離別, 防風垣からの距離別の葉の塩分量を図-19 に, 植栽木葉内のカリウム/ナトリウム比を図-20 に示す。

植物体内に入った過剰なナトリウムイオンは代謝を阻害し, 葉の枯死や生育障害をもたらし, 過剰なナトリウムによる他のイオンとのアンバランスも生育障害の原因となる (日本作物学会, 2008)。

植栽木の葉内塩分量は, 樹種により異なり, ヤマザクラ, クリで相対的に多く, コナラで低いことが示された。また, クロマツは葉内まで塩分を取り込んでおらず, 耐塩性が改めて確認できた。

カリウム/ナトリウム比から防潮堤からの距離が 130m 地点の 6 工区, 260m 地点の 10 工区においても葉内のイオンバランスが乱れており, 塩害による植栽木の成長阻害の一因となっていると考えられた。

一方で防風柵または防風垣からの距離が近い程, 葉内塩分量が少ない傾向にあることから, 物理的な飛来塩分対策が必要であると考えられた。

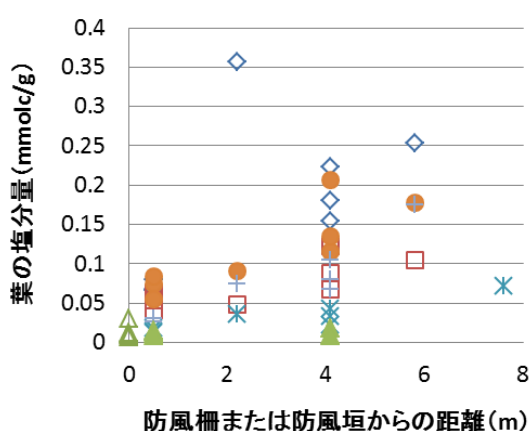


図-19 植栽木の葉内塩分量

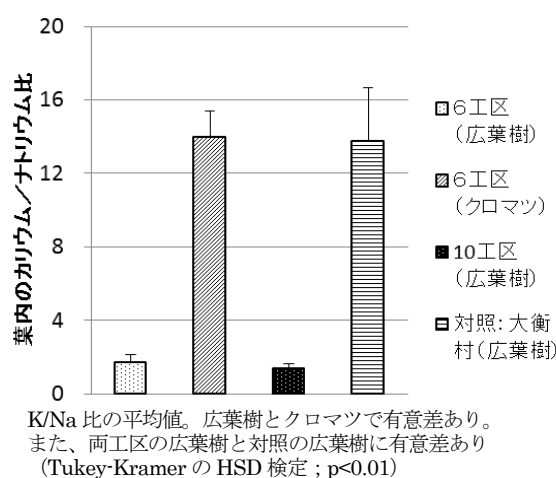


図-20 植栽木のカリウム/ナトリウム比
K/Na 比の平均値。広葉樹とクロマツで有意差あり。また、両工区の広葉樹と対照の広葉樹に有意差あり (Tukey-Kramer の HSD 検定; $p < 0.01$)

4 まとめ

- (1) 海岸造成盛土の物理性: 土壌硬度は林野庁の基準値 23mm/cm² を超える箇所があり, 固相率 50%以上の区域が認められ, 根茎発達に影響している可能性が推察された。
- (2) 海岸造成盛土の化学性: 電気伝導度 EC は林野庁の基準値以下であり, 土壌塩分は問題がないと考えられた。国土交通省の目標値に対して, 保肥力は一定程度認められ, 窒素量は目標値を下回っていた。
- (3) 苗の種類: コンテナ苗, ポット苗, 裸苗の明らかな傾向は認められないが, 植栽時苗高のある裸苗については, 樹種によっては 4 成長期を迎えても樹高減少が確認された。
- (4) 肥料: バーク堆肥の使用は生存率に一定程度効果があると推察された。
- (5) 防風対策: 成長量は防風ネット有り > 防風ネット無しであった。
- (6) 植栽時期: 春植え, 秋植えの生存率に明らかな傾向は認められなかった。
- (7) 飛来塩分: 本試験区域内において, 飛来塩分は海岸からの距離による減少は見られなかった。
- (8) 葉の塩分量: 葉内塩分は樹種による傾向が認められ, 耐塩性の順位は, クロマツ > 広葉樹であり, クリ, ヤマザクラはコナラ, クヌギ, ケヤキより耐塩性が低いと考えられた。カリウム/ナトリウム比から, 飛来塩分により葉内のイオンバランスが乱れ, 成長量に一定程度影響を与えている可能性が考えられた。一方で, 防風柵または防風垣からの距離が近い程, 葉内塩分量が少ない傾向にあった。

5 おわりに

本研究では、植栽基盤の基礎情報を収集するとともに、海岸防災林に適した植栽樹種に関する調査報告書（宮城県，2012）で示された広葉樹種を中心に植栽試験を実施し、苗の種類、植栽方法、防風対策等について検討した結果、広葉樹を植栽する際の留意点として以下の点が考えられた。

- (1) 植栽基盤は掻き起こし工等の物理性改善が必要と考えられた。
- (2) 植栽基盤の保肥力は最低限保有しているが、窒素分が不足していることから補う必要があり 1~2kg/穴のバーク堆肥の施用は有効であると考えられた。
- (3) クロマツで効果を発揮している根鉢付きのコンテナ、ポットを用いても、落葉広葉樹の樹高成長は期待できず、耐塩性の面から、クロマツ、コナラ、クヌギ、ケヤキ、ヤマザクラ、クリの順に植栽を検討するのが望ましいと考えられた。
- (4) 飛来塩分は防潮堤からの距離に関わらず到達していることから、現状の環境においては、本研究で対象とした広葉樹種の樹高成長を目指すには、物理的に塩分を捕捉する対策が必要であり、防風垣のこまめな敷設や、前線のクロマツが成長してから風背地に植栽する等の対応が必要であると考えられた。

本研究では植栽時に焦点をあて調査を進めてきたが、今後は育林のステージを検討していく必要がある。海岸防災林における広葉樹の導入をめぐる報告としては「クロマツ海岸林に自然侵入した広葉樹の活用法—松枯れから防災機能を守るための広葉樹林化—」（森林総合研究所，2014）により広葉樹林化または針広混交林化の管理手法が示されている。震災直後に植栽され管理が適切なクロマツ林においては防風柵を越える成長を示す区域も確認されており、近い将来はクロマツ林へ自然侵入した広葉樹の活用が考えられる。今後は、植栽地の追跡調査を継続するとともに、成林に向けた育林手法を検討していきたい。

なお、末筆ながら本研究のサンプル分析にご協力頂いた宮城県農業・園芸総合研究所園芸環境部灌主任研究員に感謝申し上げます。

引用文献

- 金子智紀・田村浩喜：広葉樹を活用した海岸防災林造成技術の開発 秋田県森技研報第 17 号：37-60 2007
- 近藤始彦・曾根千晴・荒井裕見子・小林伸哉・高井俊之・岩澤紀生・吉永悟志：作物の塩害の生理機構とその対策 日本作物学会 <http://www.cropsocietyscience.jp/earthquake/kondo.html> 2012
- 国土交通省都市局公園緑地・景観課：植栽基盤の整備手順（案）：9-10 2012
- 長谷川秀三・猪俣景悟：陸前高田松原再生の成功に向けた植栽基盤造成試験の取組 日緑工誌 41(2)：336-340 2015
- 東日本大震災に係る海岸防災林の再生に関する検討会：今後における海岸防災林の再生について 林野庁 <http://www.rinya.maff.go.jp/j/tisan/tisan/kentou.html> 2012
- 一般財団法人日本緑化センター：植栽基盤整備技術マニュアル 202pp 2013
- 宮城県農林水産部：海岸防災林に適した植栽樹種に関する調査報告書～宮城県における海岸防災林に適した樹種の選定と種苗の供給について～ 2012
- 小野賢二・今矢明宏・高梨清美・坂本知己：海岸防災林復旧・再生事業における生育基盤盛土の現状—事業着手初期の未耕起盛土の物理性及び盛土への各種耕起工が土壌硬度鉛直分布に及ぼす効果の評価— 森林総合研究所研究報告 Vol15 No. 3：65-78 2016
- 国立研究開発法人森林総合研究所：クロマツ海岸林に自然侵入した広葉樹の活用法—松枯れから防災機能を守る

るための広葉樹林化ー 45pp 2014

高砂裕之・高山晴夫：造成地の未熟土を土壤改良した植栽基盤における 16 樹種の苗木の初期成長と適応性 日
緑工誌 37(2) : 305-317 2011

社団法人日本造園学会緑化環境工学研究委員会：緑化事業における生育基盤整備マニュアル ランドスケ
ープ研究 63:224-241 2000

横山翔一：海岸林造成地における広葉樹の塩ストレス環境と耐潮性 113-125 2017

スギ大径材の活用促進に関する研究

皆川 豊

要 旨

大径材の流通、価格動向、需用者ニーズ把握のため、県内木材共販所における価格動向や建築・設計事務所、素材生産業者等に対するアンケート調査等により情報収集を行った。

また、県産スギを梁や桁材（横架材）に使う際の強度性能等を明らかにするため、平角材の実大曲げ破壊試験を実施し、小屋ばりについて県産スギスパン表増補の試作を行った。

キーワード：大径材，長尺材

1 はじめに

戦後造成された我が国の人工林は、木材価格の低迷等もあって長伐期化が進んでおり、本県でも森林資源の充実とともにスギ大径材（末口径 36 cm 以上）の出荷量が増加すると考えられる。さらに、住宅着工数の減少が見込まれる中、県産材の新たな需要先として店舗等非住宅分野での利用拡大を進めていくためには、空間を確保するための長尺梁材を効率的に製造していくことが必要となる。このため本研究により、今後、供給の増大が見込まれる本県産大径材の有効な利用加工技術を開発する必要がある。

当センターでは、平成 20 年度に県産スギスパン表（宮城県林業技術総合センター，2009）を公表しているが、4 m 以上の長尺材についても研究が求められ、今後、供給の増大が見込まれる大径材を利用した A 材活用分野の拡大を図る。



写真-1 スギ大径材

2 方法

2. 1 流通調査

大径材の流通、価格等の動向、建築・設計士等の需用者ニーズ把握のため調査を実施した。具体には、県内木材共販所における価格動向や乾燥材製材工場、建築・設計事務所、素材生産業者に対するアンケート調査等により情報収集を行った。

2. 2 宮城県産スギ芯去り平角材の強度性能試験

県産スギによる横架材の強度性能等を明らかにするため、原木から製材された芯去り平角材（210×120×4000 mm）15 本を調達し、1 年間木材実験棟内で天然乾燥した後（含水率 15%）、寸法、重量を測定し密度を求めるとともに、FFT アナライザー（小野測器 CF-350）により固有振動数を測定し、縦振動ヤング係数を求め（式 1）、実大曲げ破壊試験を実施した。試験方法は（公財）日本住宅・木材技術センターの「構造用木材の強度試験法」（2011）に基づき、東京衡機製実大試験機（容量 1,000kN）を用い、支点間距離を厚さの 18 倍の 3780 mm として、3 等分点 4 点荷重で荷重を与え、中央部のたわみ量を測定した。最大

荷重から曲げ強さ（式2），荷重と変位量から曲げヤング係数（式3）を求めた。また，破壊した近傍の材片から全乾法による含水率を求めた。



写真-2 芯去り平角材

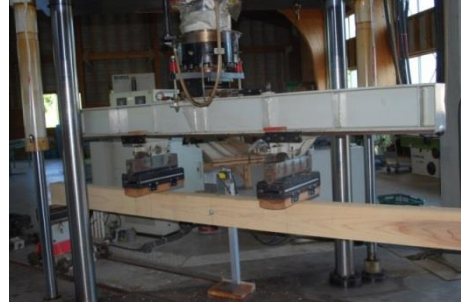


写真-3 実大曲げ試験

$$Efr = (2 \times L \times f)^2 \times \rho \quad (\text{式1})$$

Efr : 縦振動ヤング係数(kN/mm²)

L : 材長(m)

f : 固有振動数(Hz)

ρ : 密度(kg/m³)

$$\text{曲げつよさ} = \frac{aF_{urt}}{2z^2} \quad (\text{式2})$$

$$\text{曲げヤング係数} = \frac{a(3L^2 - 4a^2)(F_2 - F_1)}{48I(w_2 - w_1)} \quad (\text{式3})$$

F_{urt} : 最大荷重

a : 支点からの荷重点までの距離

z : 断面係数 = $\frac{bd^2}{6}$ ただし b : 材幅, d : 材高

I : 断面モーメント = $\frac{bd^3}{12}$

$F_2 - F_1$: 荷重変形曲線の直線部分の加重増分

$w_2 - w_1$: $F_2 - F_1$ に対応する変形の増分

2.3 宮城県産スギ長尺平角材の強度性能試験

県産原木から製材された人工乾燥材長尺平角材 30 本（240×120×5000 mm 16 本，270×120×5000 mm 14 本）を調達し，実大曲げ破壊試験を実施した。

試験方法は（公財）日本住宅・木材技術センターの「構造用木材の強度試験法」（2011）に基づき，東京衡機製実大試験機（容量 1,000kN）を用い，支点間距離を厚さの 18 倍として，3 等分点 4 点荷重で荷重を与え，中央部のたわみ量を測定した。最大荷重から曲げ強さ（式2），荷重と変位量から曲げヤング係数（式3）を求めた。また，破壊した近傍の材片から全乾法による含水率を求めた。

強度性能値は，試験体の含水率，寸法および試験条件の影響を受けることが知られており，（財）日本住宅・木材技術センターの「構造用木材の強度試験法」に基づき，以下に示す方法により補正を行った。

含水率による影響は、ASTM D-2915 の式を用いて全乾法による含水率から、含水率 15%時の値に調整を行った。

$$P_2 = P_1 \times \frac{\alpha - \beta M_2}{\alpha - \beta M_1}$$

P_2 : 含水率 M_2 における強度性能
 P_1 : 含水率 M_1 における強度性能
 α : 含水率定数(ヤング係数 1.44, 曲げ強度 1.75)
 β : 含水率定数(ヤング係数 0.0200, 曲げ強度 0.0333)
 M_2, M_1 : 含水率

寸法による影響は、標準寸法が 150 mmのときの値に調整した。

$$k_1 = \left(\frac{h}{h_0}\right)^{0.2}$$

h : 試験体の高さ
 h_0 : 標準寸法

試験条件の影響は曲げ強さに対して、以下の調整係数 k_2 を乗じて調整した。

$$k_2 = \left(\frac{L + 5S}{L_0 + 5S_0}\right)^{0.2}$$

L : 荷重スパン
 S : 荷重点間距離
 L_0 : 標準条件における荷重スパン
 S_0 : 標準条件における荷重点スパン

曲げヤング係数に対して、以下の方法によって調整した。 E/G は日本建築学会「木質構造設計基準」(2002)にしたがって 15 と仮定した。

$$E_m = E_b \times \frac{\{1 + 2.4d^2(E/G)/(3L^2 - 4a^2)\}}{\{1 + 2.4d_0^2(E/G)/(3L_0^2 - 4a_0^2)\}}$$

E_m : 標準条件における曲げヤング係数
 E_b : 実験条件における曲げヤング係数
 E/G : 真のヤング係数とせん断弾性係数の比 : 15
 d, L, a : 試験条件における梁せい, 荷重スパン, 荷重点 - 支点間距離
 d_0, L_0, a_0 : 標準条件における上記の値

3 結果・考察

3. 1 流通調査

県内木材共販所の価格動向について、市況を基に平成23年から27年まで調べたところ、年々価格差は縮まっていた。宮崎県では大径材の価格の方が安くなっている（伊地知ら，2010）といった傾向が見られるが、本県では価格の逆転現象には至っていない（図－1）。

アンケート調査結果は、供給側（製材工場）では、大径材の製材は可能であり、木取りは、梁・桁が望ましいといった意見であった（図－2）。需要側（建築・設計事務所）からは、梁・桁は外材・集成材が中心だが、国産スギも使われている現状がうかがえた。梁・桁に求める条件は強度であり、スギが横架材に使われにくいのは、外材等と比較して強度が低いからという認識が大半を占めた（図－3，図－4）。

素材生産業者からは、スギ大径材の生産についてはまだ全体の10~20%であり、価格は中径材を基準にすると、同程度か安いといった現状であった。課題は、需要・用途先の確保、材の価格が安いという意見が多かった(図-5)。

県内6共販所平均価格(中値)

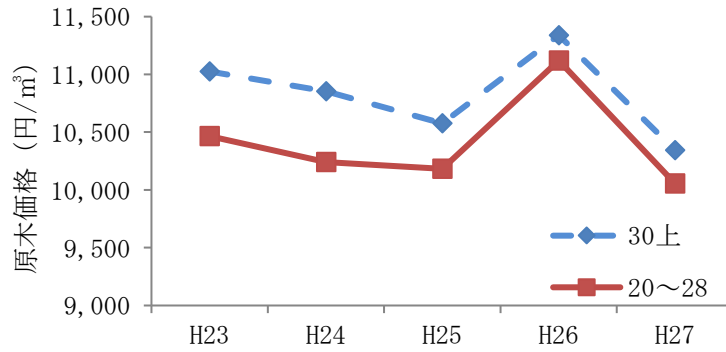
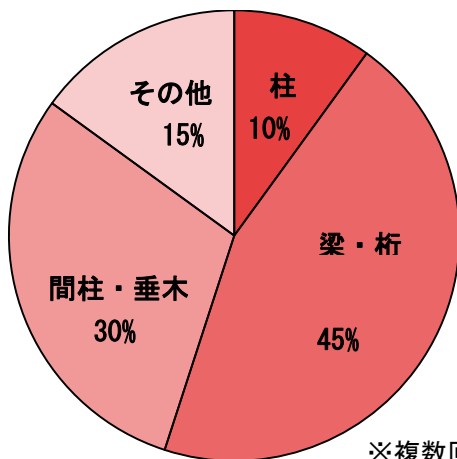


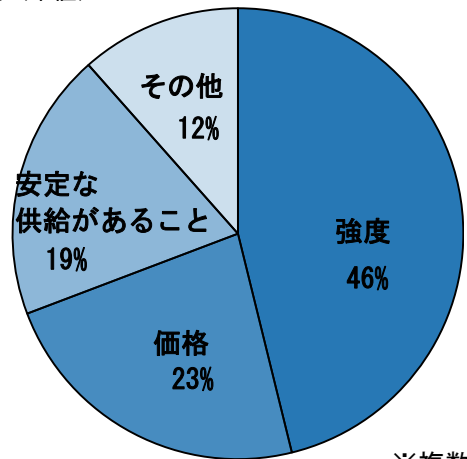
図-1 県内6原木市場平均価格(中値)



※複数回答

図-2 大径材から取る部材

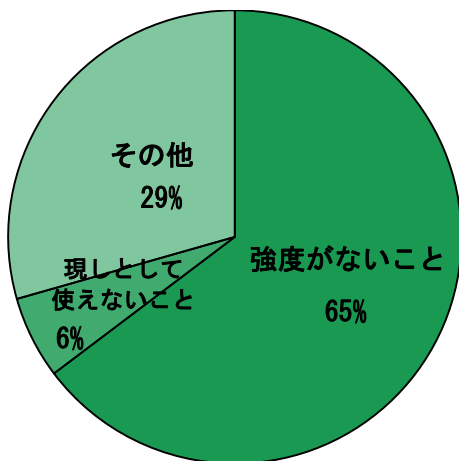
(回答者: 製材所)



※複数回答

図-3 梁・桁の選定条件

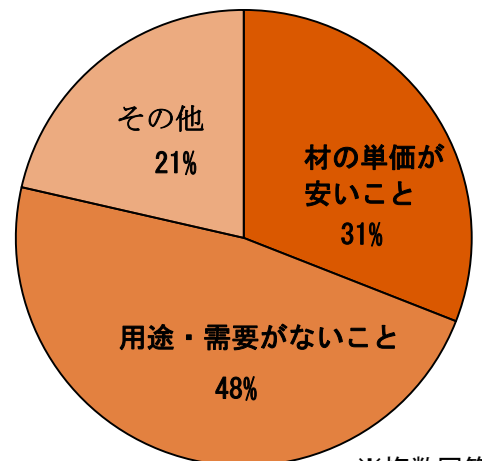
(回答者: 建築・設計事務所)



※複数回答

図-4 スギが横架材に使われない理由

(回答者: 建築・設計事務所)



※複数回答

図-5 スギ大径材を生産する上での課題

(回答者: 素材生産業者)

3. 2 宮城県産スギ芯去り平角材の強度性能試験

県産スギ原木から製材された芯去り平角材 15 本の強度性能については、曲げヤング係数は平均値で 7.5kN/mm²、曲げ強さは平均値で 38.2N/mm²と標準的な曲げ性能を有していることを確認した（表-1）。

表-1 試験結果

| | 密度 (kg/m ³) | 縦振動ヤング係数 (kN/mm ²) | 曲げヤング係数 (kN/mm ²) | 曲げ強さ (N/mm ²) | 含水率 (%) |
|---------|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|------------------------------|------------|
| 平均 | 355 | 8.0 | 7.5 | 38.2 | 15.0 |
| 最大 | 403 | 10.0 | 9.4 | 49.9 | 15.9 |
| 最小 | 280 | 6.1 | 5.9 | 25.2 | 14.2 |
| 変動係数(%) | 9.9 | 15.3 | 12.7 | 19.7 | 3.5 |

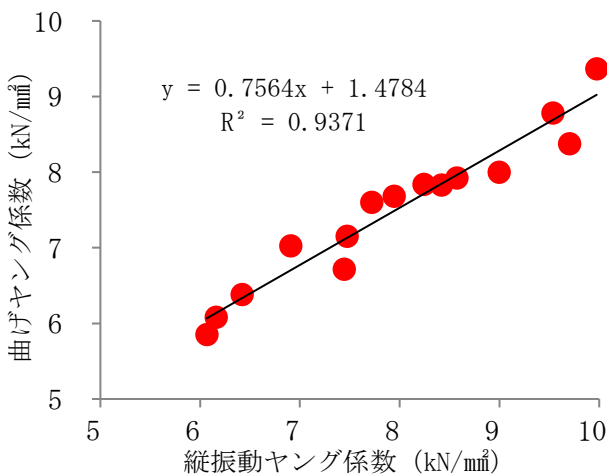


図-6 縦振動ヤング係数と曲げヤング係数の関係

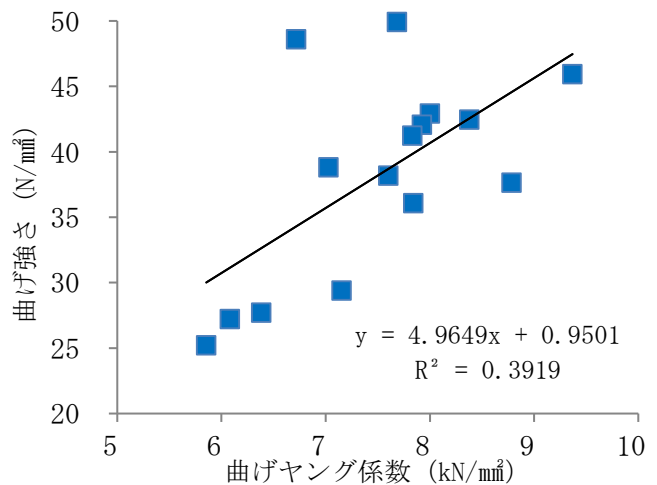


図-7 曲げヤング係数と曲げ強さの関係

縦振動ヤング係数と曲げヤング係数の関係は相関（ $r = 0.96$ ）が高く（図-6）、曲げヤング係数と曲げ強さの関係は図-7のとおりであった。

3. 3 宮城県産スギ長尺平角材の強度性能試験

曲げ試験のデータは表-2のとおりであった。

表-2 試験結果

| 本数 | 曲げ強度 (N/mm ²) | | | 曲げヤング係数 (kN/mm ²) | | |
|----|---------------------------|------|-------|-------------------------------|------|-------|
| | 平均値 | 標準偏差 | 5%下限値 | 平均値 | 標準偏差 | 5%下限値 |
| 30 | 33.4 | 8.0 | 18.5 | 7.06 | 1.40 | 4.81 |

これから、（財）日本住宅・木材技術センターの「構造用木材の強度試験法」に基づき、スパン表計算に必要な基準の曲げ強さ、曲げヤング係数について、宮城県産スギを母集団として、その5%下限値を75%水準の信頼度で求めた。5%下限値は、母集団がその値に満たない割合が5%である値であり、「木材強度データの確率・統計的手法」（1997）により求めた。

曲げ強さの5%下限値は18.5(N/mm²)と算出され、国土交通省告示(2015)のスギ無等級材の基準強度22.2(N/mm²)を下回った。曲げヤング係数の5%下限値は4.81(kN/mm²)と算出され、日本建築学会「木質構造設計

基準」(1995)設計資料の基準弾性係数の5%下限値4.5(kN/mm²)を上回った(表-2)。

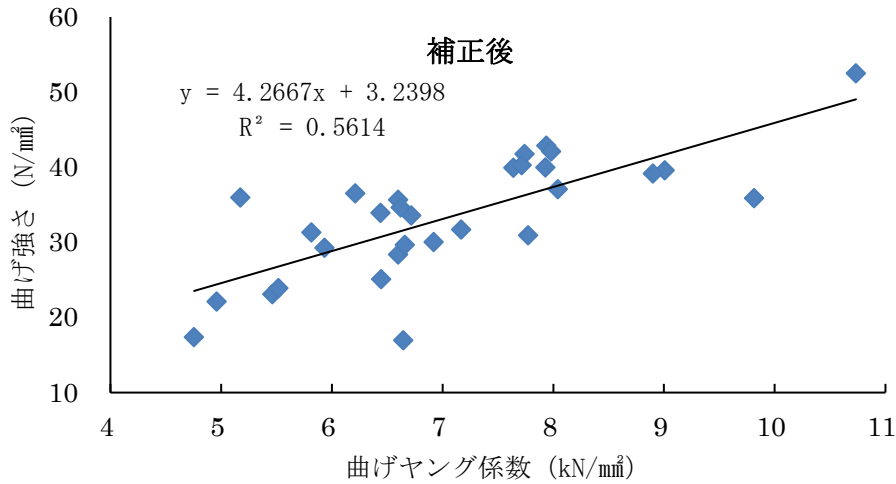


図-8 曲げヤング係数と曲げ強さの関係

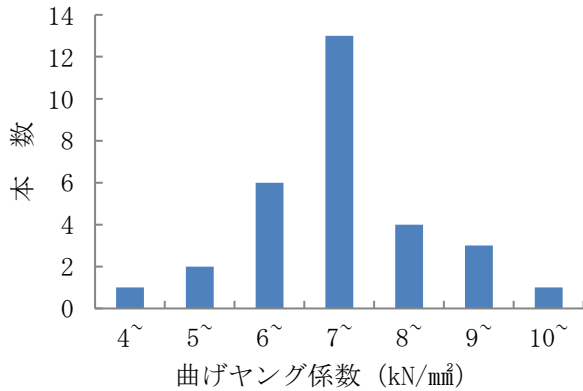


図-9 曲げヤング係数分布

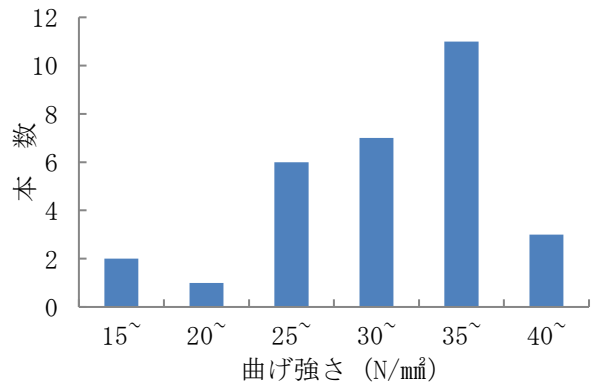


図-10 曲げ強さ分布

曲げヤング係数と曲げ強さの関係は図-8のとおりであり、分布は図-9、図-10のとおりである。

4 おわりに

残された課題として、長尺平角材については、曲げヤング係数と曲げ強さの相関が低かったこと、曲げ強さが国土交通省の定める木材の基準強度を下回ったことがあげられる。さらに実証試験を繰り返し、データを集積していく必要がある。

スパン表は、既に(公財)日本住宅・木材技術センター(2006, 2011など)によるものが発行されているが、県産スギスパン表増補に関して、新旧データが混在するものの、長尺平角材30本のデータを基に既存横架材の構造計算ツールにより、小屋ばりについてのみ5mの場合のスパン表の試作を行った。しかし、増補するにあたって現スパン表作成(宮城県林業技術総合センター, 2011)との整合性が保てないことや関係性を説明するのが難しいといった課題が残った。

については、現状でのこれらスパン表の本県での扱われ方・捉えられ方、そして普及の方法等について、建築工法、材料等を選択する役割を担っている設計・施工関係者を対象に、スギ構造材の利用推進を図るための手段としてのスパン表に関して追加調査を行っていきたい。

引用文献

- 伊地知美智子・遠藤日雄：スギ大径材の有効利活用に関する研究 2010 鹿大演研報 37:79-92
- 国土交通省告示：木材の基準強度 2015
- 宮城県林業技術総合センター：宮城県産スギスパン表 Ver. -1 2009
- 宮城県林業技術総合センター：成果報告第 19 号 2011
- (有) 木質構造研究所：木材強度データの確率・統計的手法 1997
- 日本建築学会：木質構造設計基準 2002
- (公財) 日本住宅・木材技術センター：木造住宅のための構造の安定に関する規準に基づく横架材及び基礎のスパン表 2006
- (公財) 日本住宅・木材技術センター：横架材の構造計算ツール Ver. 1.3
- (公財) 日本住宅・木材技術センター：構造用木材の強度試験法 2011
- (公財) 日本住宅・木材技術センター：木造軸組工法住宅の横架材及び基礎のスパン表 [増補版] 2011

菌根性きのこの人工栽培に関する研究

目黒 渚, 渡邊 広 大, 今 埜 実 希^{*1}, 栗 栖 敏 浩^{*2}

要 旨

ショウロを用いたクロマツコンテナ苗による植栽試験を行ったところ、海岸盛土造成地では、育苗時に接種を行った試験区が、対照区に対して有意に高い成長率を示した。一方で、子実体破砕による胞子液を用いて接種を行った試験区は対照区との差は認められず、その手法等に課題が残った。ショウロ子実体の発生については、山砂や海砂を客土した試験地で旺盛な発生が確認され、海砂客土試験地では樹高の低い苗からの発生が多い傾向が見られ、苗畑での収量確保のためには、定期的なクロマツ更新の必要性が考えられた。

バカマツタケを用いたコナラ林での菌床埋設試験では、子実体の発生には至らなかったが、根の切断部での菌糸束が観察され、対象木への感染が示唆された。一方で、菌床埋設後 2 年経過で菌糸を観察できなくなった試験区も見られ、確実な感染を図るため、手順や選定基準等の検討が必要であると考えられた。

キーワード : 菌根菌, ショウロ, 海岸防災林, バカマツタケ

1 はじめに

2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災の津波により、宮城県内の海岸防災林は甚大な被害を受けた。海岸防災林の復旧が急がれる中、植林に取り組む周辺住民等から、震災以前のようなショウロを始めとした菌根性きのこが発生する海岸林の再生を望む声が上がっている。また、宮城県内ではナラ枯れによる被害や、人の出入りが少なくなったことによる広葉樹林などの里山の荒廃が懸念されており、里山の手入れや人の出入りを増やす手段が必要となっている。

ショウロをはじめとした外生菌根菌は、細根の細胞間隙に菌糸が入り込み、根の外側を包み込む菌鞘と呼ばれる構造を形成し、樹木が光合成で得たエネルギーを糖分という形で受け取り、土壌中の肥料分や水分を樹木に供給している (明間, 2004)。また、樹木は菌根菌に感染することで耐寒性や耐湿性、耐凍性、耐病性などを高めることが知られている (小川ら, 2012)。一方で菌根性きのこは人工栽培が難しいため高値で取引されることが多く、高価なきこの活用により、関係者の副次的収入の確保や将来的に海岸防災林や広葉樹林の整備が促進されることが期待される。

このような状況から、本研究では海岸防災林としての植栽を見越した耐塩性の高い菌根菌の選抜や培土組成の検討、感染苗の現地植栽による生残・成長量調査及び広葉樹林内での菌床埋設試験を行い、県内の森林造成や菌根性きのこの人工栽培技術の開発に寄与することを目的とした。

なお、本試験は平成 26 年度から平成 28 年度まで、(株)環境総合テクノスと共同研究を行ったものである。

*1 宮城県林業技術総合センター普及指導チーム

*2 元 株式会社環境総合テクノス環境部地球環境グループ 現 株式会社松本微生物研究所

2 試験方法

2. 1 菌株選抜試験

2. 1. 1 種間選抜

海岸防災林として植栽苗の感染に適した耐塩性の高い菌根菌を選抜するため、まずは種を決定することとし、当センターで保有している 13 種 37 菌株（表 1）を対象に一次選抜を実施した。MMN寒天培地を対照区とし、これに 200mM の塩化ナトリウムを加えた培地を調整し、平板上での菌糸の伸長量を測定した。培養環境は 23℃、暗条件、28 日間とし、1 菌株につき 3 反復とした。

なお、菌糸伸長量は 4 方向の平均値とし、相対菌糸伸長率を次式により求めた。

$$\text{相対菌糸伸長率 (\%)} = (\text{200mM 塩化ナトリウム菌糸伸長量} \div \text{対照区菌糸伸長量}) \times 100$$

表 1 対象とした菌株

| 種 | 菌株数 | 種 | 菌株数 | 種 | 菌株数 |
|--------|-----|---------|-----|--------|-----|
| ショウロ | 5 | マツタケ | 7 | ハナイグチ | 1 |
| サクラシメジ | 1 | コウタケ | 1 | ヌメリイグチ | 1 |
| アマタケ | 3 | ツチグリ | 1 | シャカシメジ | 1 |
| チチアワタケ | 1 | ホンシメジ | 1 | | |
| バカマツタケ | 13 | シモフリシメジ | 1 | | |

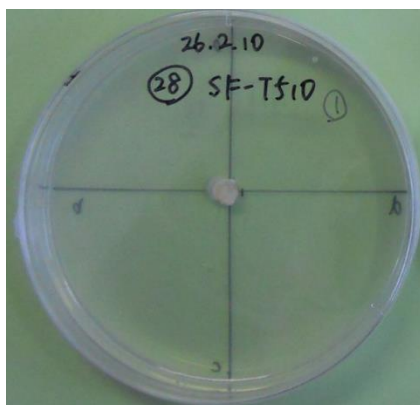


写真 1 平板培地



写真 2 種間選抜における菌糸伸長状況

2. 1. 2 種内選抜 I

2. 1. 1 にて選抜されたショウロの中でも耐塩性のより高いものを選抜するため、当センター及び共同研究先である(株)環境総合テクノスにて保有している 33 菌株を対象に二次選抜を実施し、菌株を半数以下に絞り込むこととした。2. 1. 1 と同様に、MMN寒天培地を対照区とし、これに 200mM の塩化ナトリウムを加えた培地を調整し、平板上での菌糸の伸長量を測定した。培養環境は 26℃、暗条件、20 日間とし、1 菌株につき 12 反復とした。

なお、菌糸伸長量は 4 方向の平均値とし、相対菌糸伸長量を次式により求めた。

$$\text{相対菌糸伸長率 (\%)} = (\text{200mM 塩化ナトリウム菌糸伸長量} \div \text{対照区菌糸伸長量}) \times 100$$



写真 3 種内選抜における菌糸伸長状況

2. 1. 3 種内選抜Ⅱ

2. 1. 2 にて選抜された菌株の中から最も耐塩性の高いものを選抜するため三次選抜を実施し、2. 1. 1, 2. 1. 2 と同様にMMN寒天培地を対照区とし、これに 200mM, 300mM, 400mM の塩化ナトリウムをそれぞれ加えた培地を調整し、平板上での菌糸の伸長量を測定した。培養環境は 26℃, 暗条件, 20 日間とし、1 菌株につき 12 反復とした。なお、菌糸伸長量は 4 方向の平均値とした。

2. 2 クロマツコンテナ苗培土組成

本県のクロマツ苗の生産において主流の容器となっているマルチキャビティコンテナ（以下コンテナ）を用いて、ショウロ菌根形成に適した培土組成（表 2）について検討を行った。各培土に液体MMN培地 30%を含浸させ、別途MMN培地平板上で培養させておいたショウロ菌糸を接種し、1 か月間培養することで接種源とした。苗については予め宮城県名取市沿岸で採取したクロマツ種子を用いて、滅菌処理を行ったバーミキュライトを培土とした無菌根状態の幼苗を 6 か月間育成し、コンテナに幼苗を定植する際に接種源を約 10g 添加し培土で覆土を行い、6 か月間育成を行った。育成期間後、各苗を引き抜き、根鉢表面の菌根形成率を確認し、菌根の被覆状況に応じて、80%以上、80 から 50%, 50%以下、形成無し、枯死に区分し、菌根の形成状況を確認した。

表 2 培土の組成

| 培土 | 組成 |
|-----|--|
| A培土 | ココピート：鹿沼土 = 4 : 1, 肥料5g/L |
| B培土 | ココピート：鹿沼土：赤玉土(細粒)：川砂 = 8 : 2 : 1 : 1, 肥料5g/L |
| C培土 | A培土に10%木炭追加 |
| D培土 | B培土に10%木炭追加 |



写真4 コンテナ苗の作出



写真5 育成苗の根鉢の状況

2. 3 現地植栽試験

2. 3. 1 名取市高館試験地：畑地（山砂）

海岸盛土造成地に植栽する事前試験として、名取市高館地内において、平成 26 年 5 月にショウロ接種クロマツ苗等の植栽試験を行った。試験地は沿岸部からおよそ 10km 内陸に位置し、周辺には畑地が多く、当該地も以前から畑地として活用されていた箇所である。植栽間隔は 70cm とし、約 40cm 厚で山砂客土を行い、表 3 のとおり試験区を設け、植栽を行った。苗木は宮城県種苗協同組合（以下県苗組）から購入したものと、㈱環境総合テクノスにて作出したのものを使用、育苗容器はコンテナとし、培土組成は 2.2 と同様の A 培土のほか、用土 1 及び 2 は表 3 のとおりとした。また、ショウロの接種方法は 2.2 と同様の方法とし、一部苗には植穴に 500mL の粒状木炭を施用、苗の液肥の有無は県苗組購入分のみ出荷前に事前処理されたものである。

植栽直後に初期値として苗高及び根元直径を計測し、以降 1 年ごとに成長量として同様に調査を行った。併せて、植栽後春期及び秋期に子実体の発生確認を行った。また、一部植栽苗について、3 年経過したものの掘り取りを実施し、洗浄後に地上部と地下部に分けて、恒温乾燥機にて 50℃、7 日間乾燥させ、重量の計測を行った。

表 3 植栽した苗木

| 表記 | 苗木 | 育苗容器 | 培土 | ショウロ | 木炭 | 液肥 | 本数 |
|----------|------|------|------|------|----|----|----|
| ①無処理苗 | 宮城県産 | コンテナ | A培土 | 無 | 無 | 有 | 36 |
| ②接種苗 1 | 京都府産 | コンテナ | 用土 1 | 接種 | 無 | 無 | 36 |
| ③接種苗 2 | 京都府産 | コンテナ | 用土 2 | 接種 | 無 | 無 | 36 |
| ④接種苗 1 炭 | 京都府産 | コンテナ | 用土 1 | 接種 | 施用 | 無 | 36 |
| ⑤接種苗 2 炭 | 京都府産 | コンテナ | 用土 2 | 接種 | 施用 | 無 | 36 |

※用土 1 ピートモス：パーライト：鹿沼土：粉炭 = 4 : 1 : 1 : 1, 肥料 10g/L

用土 2 日向軽石：赤玉土：鹿沼土：粉炭 = 5 : 5 : 1 : 1, 肥料 10g/L



写真6 名取市高館試験地植栽時



写真7 木炭の施用



写真8 植栽苗の掘り取り

2. 3. 2 名取市小塚原試験地：畑地（海砂）

2. 3. 1 と同様に事前試験として名取市小塚原地内において、平成 26 年 5 月にショウロ接種クロマツ苗等の植栽試験を行った。試験地は沿岸部からおよそ 2.5km 内陸に位置し、周辺には畑地や空き地が多く、当該地も被災以前は畑地として活用されていた箇所である。植栽間隔は 60cm とし、約 40cm 厚で海砂客土を行い、周辺との境界を示すために高さ 80cm 程度の柵を設置し、表 4 のとおり試験区を設け、植栽を行った。苗木や培土組成等の処理は 2. 3. 1 と同様に実施した。

植栽後、初期値として苗高及び根元直径を計測し、以降 1 年ごとに成長量として同様に計測を行った。併せて、植栽後春期及び秋期に子実体の発生確認を行った。また、調査最終年度に植栽苗の根元周辺の土壌について、地表約 1cm を取り除き、5cm までの土壌を採取し、1 週間自然乾燥させた後、100mL ビーカーに土壌と同量の蒸留水を加え攪拌し、約 30 分静置した後 METTLER TOLEDO 社 FiveEasyPlus pHmeter にて pH の測定を行った。さらに、一部植栽苗について、植栽後 4 年経過したものの掘り取りを実施し、洗浄後に地上部と地下部に分けて、恒温乾燥機にて 50℃、7 日間乾燥させ、重量の計測を行った。

表 4 植栽した苗木

| 表記 | 苗木 | 育苗容器 | 培土 | ショウロ | 木炭 | 液肥 | 本数 |
|----------|------|------|------|------|----|----|----|
| ①無処理苗 | 宮城県産 | コンテナ | A培土 | 無 | 無 | 有 | 30 |
| ②接種苗 1 | 京都府産 | コンテナ | 用土 1 | 接種 | 無 | 無 | 30 |
| ③接種苗 2 | 京都府産 | コンテナ | 用土 2 | 接種 | 無 | 無 | 30 |
| ④接種苗 1 炭 | 京都府産 | コンテナ | 用土 1 | 接種 | 施用 | 無 | 30 |
| ⑤接種苗 2 炭 | 京都府産 | コンテナ | 用土 2 | 接種 | 施用 | 無 | 30 |

※用土 1 ピートモス：パーライト：鹿沼土：粉炭 = 4：1：1：1，肥料10g/L

用土 2 日向軽石：赤玉土：鹿沼土：粉炭 = 5：5：1：1，肥料10g/L



写真9 名取市小塚原試験地植栽時の様子

2. 3. 3 七ヶ浜町湊浜試験地：残存海岸防災林

2. 3. 1, 2. 3. 2 と同様に事前試験として七ヶ浜町湊浜地内において、平成 26 年 5 月にショウロ接種クロマツ苗等の植栽試験を行った。試験地は沿岸部からおおよそ 150m に位置し、周辺には海岸防災林としてのクロマツや広葉樹が多く見られ、当該地も津波により被害を受けた海岸防災林の一部を整備した箇所である。植栽間隔は約 1m とし、表 5 のとおり試験区を設け、植栽を行った。苗木や培土組成等の処理は 2. 3. 1 及び 2. 3. 2 と同様に実施した。

植栽後、初期値として苗高及び根元直径を計測し、以降 1 年ごとに成長量として同様に計測を行った。併せて、植栽後春期及び秋期に子実体の発生確認を行った。また、調査最終年度に植栽苗の根元周辺の土壌について、地表約 1 cm を取り除き、5 cm までの土壌を採取し、1 週間自然乾燥させた後、100mL ビーカーに土壌と同量の蒸留水を加え攪拌し、約 30 分静置した後 METTLER TOLEDO 社 FiveEasyPlus pHmeter にて pH の測定を行った。

表 5 植栽した苗木

| 表記 | 苗木 | 育苗容器 | 培土 | ショウロ | 木炭 | 液肥 | 本数 |
|--------|------|------|------|------|----|----|----|
| ①無処理苗 | 宮城県産 | コンテナ | A培土 | 無 | 無 | 有 | 60 |
| ②接種苗 1 | 京都府産 | コンテナ | 用土 1 | 接種 | 無 | 無 | 60 |
| ③接種苗 2 | 京都府産 | コンテナ | 用土 2 | 接種 | 無 | 無 | 60 |

※用土 1 ピートモス：パーライト：鹿沼土：粉炭 = 4 : 1 : 1 : 1, 肥料10g/L

用土 2 日向軽石：赤玉土：鹿沼土：粉炭 = 5 : 5 : 1 : 1, 肥料10g/L



写真10 七ヶ浜町湊浜試験地植栽時の様子

2. 3. 4 岩沼市寺島試験地Ⅰ：海岸盛土造成地（接種・木炭の効果）

2.3.1, 2.3.2, 2.3.3 を踏まえ、平成 27 年 11 月に岩沼市寺島地内の海岸盛土造成地において、ショウロ接種クロマツ苗等の植栽を行った。試験地は沿岸部からおよそ 150m に位置し、周辺には同様の海岸盛土造成地が広がり、当該地は震災以前には海岸防災林であったが津波により消失したため、国で海岸林防災林造成のための造成工事を行った箇所の一部となっている。植栽間隔は約 1.2m とし、試験区は表 6 のとおりで、各項目の処理内容はこれまでの現地植栽試験とほぼ同様だが、接種方法について No. 4 と記載されているものは 2.1.3 で選抜された菌株を 2.2 と同様に接種したものである。また、孢子液と記載されているものは、前年度に名取市等で採取された子実体を老熟させすりつぶし、子実体重量の 10 倍の量の蒸留水を加え外皮等を除去して作成した原液を 100 倍に薄め、植栽直前に苗木の根鉢を浸すことでショウロの接種を図ったものである。

植栽後、初期値として苗高及び根元直径を計測し、以降 1 年ごとに成長量として同様に計測を行った。併せて、植栽後春期及び秋期に子実体の発生確認を行った。また、調査最終年度に植栽苗の根元周辺の土壌について、地表約 1 cm を取り除き、5 cm までの土壌を採取し、1 週間自然乾燥させた後、100mL ビーカーに土壌と同量の蒸留水を加え攪拌し、約 30 分静置した後 METTLER TOLEDO 社 FiveEasyPlus pHmeter にて pH の測定を行った。さらに、一部植栽苗について、植栽後 1.5 年経過したものの堀取りを実施し、洗浄後に地上部と地下部に分けて、恒温乾燥機にて 50℃、7 日間乾燥させ、重量の計測を行った。

表 6 植栽した苗木

| 表記 | 苗木（作出） | 育苗容器 | 培土 | ショウロ | 木炭 | 液肥 | 本数 |
|----------|-------------|------|-----|------|----|----|----|
| ①無処理苗 | 宮城抵抗性（県苗組） | コンテナ | A培土 | 無 | 無 | 有 | 32 |
| ②接種苗 | 宮城抵抗性（テクノス） | コンテナ | A培土 | No.4 | 無 | 無 | 48 |
| ③孢子液苗 | 宮城抵抗性（県苗組） | コンテナ | A培土 | 孢子液 | 無 | 有 | 32 |
| ④無処理苗(炭) | 宮城抵抗性（県苗組） | コンテナ | A培土 | 無 | 施用 | 有 | 32 |
| ⑤接種苗(炭) | 宮城抵抗性（テクノス） | コンテナ | A培土 | No.4 | 施用 | 無 | 48 |
| ⑥孢子液苗(炭) | 宮城抵抗性（県苗組） | コンテナ | A培土 | 孢子液 | 施用 | 有 | 48 |



写真 11 H27 岩沼市寺島試験地植栽時の様子



写真 12 孢子液処理

2. 3. 5 岩沼市寺島試験地Ⅱ：海岸盛土造成地（簡易な接種方法の検討）

2.3.4 に引き続き、平成 28 年 5 月に再度岩沼市寺島地内の海岸盛土造成地において、ショウロ接種クロマツ苗等の植栽を行った。試験地は 2.3.4 に隣接し、周辺には海岸盛土造成地が広がる箇所である。植栽間隔は約 1.2m とし、試験区は表 7 のとおりで、各項目の処理内容はこれまでの現地植栽試験と同様である。

植栽後、初期値として苗高及び根元直径を計測し、以降 1 年ごとに成長量として同様に計測を行った。併せて、植栽後春期及び秋期に子実体の発生確認を行った。また、調査最終年度に植栽苗の根元周辺の土壌について、地表約 1 cm を取り除き、5 cm までの土壌を採取し、1 週間自然乾燥させた後、100mL ビーカーに土壌と同量の蒸留水を加え攪拌し、約 30 分静置した後 METTLER TOLEDO 社 FiveEasyPlus pHmeter にて pH の測定を行った。さらに、一部植栽苗について、植栽後 2 年経過したものの堀取りを実施し、洗浄後に地上部と地下部に分けて、恒温乾燥機にて 50℃、7 日間乾燥させ、重量の計測を行った。

表 7 植栽した苗木

| 表記 | 苗木 (作出) | 育苗容器 | 培土 | ショウロ | 木炭 | 液肥 | 本数 |
|----------|-------------|------|-----|------|----|----|----|
| ①無処理苗 | 宮城抵抗性 (県苗組) | コンテナ | A培土 | 無 | 無 | 有 | 48 |
| ②孢子液苗 | 宮城抵抗性 (県苗組) | コンテナ | A培土 | 孢子液 | 無 | 有 | 48 |
| ③無処理苗(炭) | 宮城抵抗性 (県苗組) | コンテナ | A培土 | 無 | 施用 | 有 | 48 |
| ④孢子液苗(炭) | 宮城抵抗性 (県苗組) | コンテナ | A培土 | 孢子液 | 施用 | 有 | 90 |



写真 13 H28 岩沼市寺島試験地植栽時の様子

2. 4 バカマツタケ菌床埋設試験

2. 4. 1 石巻試験地

広葉樹林内で発生する菌根性きのことして、マツタケの近縁種であり、高値で取引されているバカマツタケに着目し、平成 26 年 5 月に石巻市河北町地内の落葉広葉樹林において、菌床の埋設試験を行った。試験の手法は兵庫県のホンシメジの発生事例 (藤堂, 2012) に倣い、用いる菌株をバカマツタケに変更し、実施した。対象としたコナラ成木は胸高直径約 30cm で、その根元を掘り起こし、根の直径が 3cm 程度の部位を切断、その断面にバカマツタケ菌床を接触させ、菌床袋と根の境に水の浸入を防ぐためビニールテープで巻き、赤玉土で被覆した。バカマツタケ菌床は育苗ポットを用いて日向土を充填し、120℃180 分の高圧殺菌後、液体培地 (グルコース 4g/L, イーストエキス 0.4g/L, ペプトン 0.4g/L, ハイポネックス 0.15g/L, Ager1.2g/L) にて培養済みの接種源を投入し、23℃約 12 か月培養したものを 2 つ使用した。コナラへの感染が見込まれる約 7 か月が経過したのち、根腐れ等を防ぐためビニールテープや菌床袋を取り除き、菌糸の伸長状況を観察した。



写真 14 使用した菌床



写真 15 菌床埋設

2. 4. 2 大衡試験地

2. 4. 1 の状況を踏まえ、平成 28 年 4 月に大衡村大衡の当センター敷地内の落葉広葉樹林において、菌床の埋設試験を行った。30 年生程度のコナラ成木を対象とし、2. 4. 1 と同様に根元を掘り起こし、菌床を埋設し、日向土で被覆した。バカマツタケ菌床は 1. 2kg 菌床用栽培袋、育苗ポットを用いて日向土を充填し、120℃180 分の高圧殺菌後、液体培地（グルコース 4g/L、イーストエキス 0. 4g/L、ペプトン 0. 4g/L、ハイポネックス 0. 15g/L、Ager1. 2g/L）にて培養済みの接種源を投入し、23℃約 12 か月培養したものを 8 つ使用した。2. 4. 1 と同様にコナラへの感染が見込まれる約 7 か月が経過したのち、根腐れ等を防ぐためビニールテープや菌床袋を取り除き、菌糸の伸長状況を観察した。



写真 16 菌床の様子



写真 17 埋設の様子

3 結果・考察

3. 1 菌株選抜試験

3. 1. 1 種間選抜

一次選抜の結果を表 8 及び図 1 に示す。

対照区及び塩化ナトリウム添加区での菌糸伸長量については、種ごとで比較するとショウロとバカマツタケ・アマタケ・マツタケ間で、バカマツタケとアマタケ・マツタケ間で有意差 (Kruskal-Wallis 検定, $p < 0.05$) が見られた。また、図 1 から、塩化ナトリウム添加区でのショウロ菌糸伸長量がそれ以外の種よりも概ね高く、相対菌糸伸長率 70% と低くないことから、本試験で用いた 13 種のうちショウロの耐塩性の高さが確認され、二次選抜の対象とすることとした。

なお、対象のうちハナイグチ、ヌメリイグチ、シャカシメジについては、対照区、塩化ナトリウム添加区の両方において菌糸の伸長が確認できなかったため、表 8 及び図 1 から除外している。

表 8 一次選抜試験菌糸伸長量

| 菌株 | 菌糸伸長量(mm) | | | 菌株 | 菌糸伸長量(mm) | | |
|---------|-----------|-------|-------|----------|-----------|-------|-------|
| | 対照区 | 200mM | 相対(%) | | 対照区 | 200mM | 相対(%) |
| ショウロ1 | 5.3 | 4.7 | 104.0 | バカマツタケ8 | 1.7 | 0.2 | 18.1 |
| ショウロ2 | 17.8 | 12.6 | 71.2 | バカマツタケ9 | 0.8 | 0.1 | 17.8 |
| ショウロ3 | 24.6 | 21.4 | 88.1 | バカマツタケ10 | 0.8 | 0.2 | 85.2 |
| ショウロ4 | 17.9 | 20.0 | 112.7 | バカマツタケ11 | 1.8 | 0.0 | 0.0 |
| ショウロ5 | 23.2 | 18.7 | 80.9 | バカマツタケ12 | 1.1 | 0.0 | 0.0 |
| サクラシメジ | 13.1 | 11.5 | 87.8 | バカマツタケ13 | 0.3 | 0.0 | 0.0 |
| アマタケ1 | 5.0 | 3.7 | 73.8 | マツタケ1 | 6.1 | 4.1 | 67.72 |
| アマタケ2 | 5.0 | 3.5 | 100.1 | マツタケ2 | 5.4 | 3.9 | 72.06 |
| アマタケ3 | 6.5 | 1.7 | 34.3 | マツタケ3 | 6.6 | 2.6 | 39.59 |
| チチアワタケ | 4.6 | 5.4 | 155.1 | マツタケ4 | 4.6 | 3.7 | 79.82 |
| バカマツタケ1 | 0.5 | 0.3 | 11.5 | マツタケ5 | 6.8 | 4.7 | 69.21 |
| バカマツタケ2 | 1.0 | 1.4 | 56.3 | マツタケ6 | 4.4 | 3.8 | 86.10 |
| バカマツタケ3 | 1.5 | 1.4 | 97.8 | マツタケ7 | 4.5 | 3.9 | 86.99 |
| バカマツタケ4 | 2.0 | 1.3 | 80.8 | コウタケ | 7.4 | 3.3 | 45.11 |
| バカマツタケ5 | 1.0 | 1.1 | 179.0 | ツチグリ | 10.8 | 4.5 | 51.25 |
| バカマツタケ6 | 0.5 | 0.3 | 57.6 | ホンシメジ | 5.2 | 4.6 | 87.44 |
| バカマツタケ7 | 1.3 | 0.6 | 46.2 | シモフリシメジ | 2.5 | 2.1 | 88.48 |

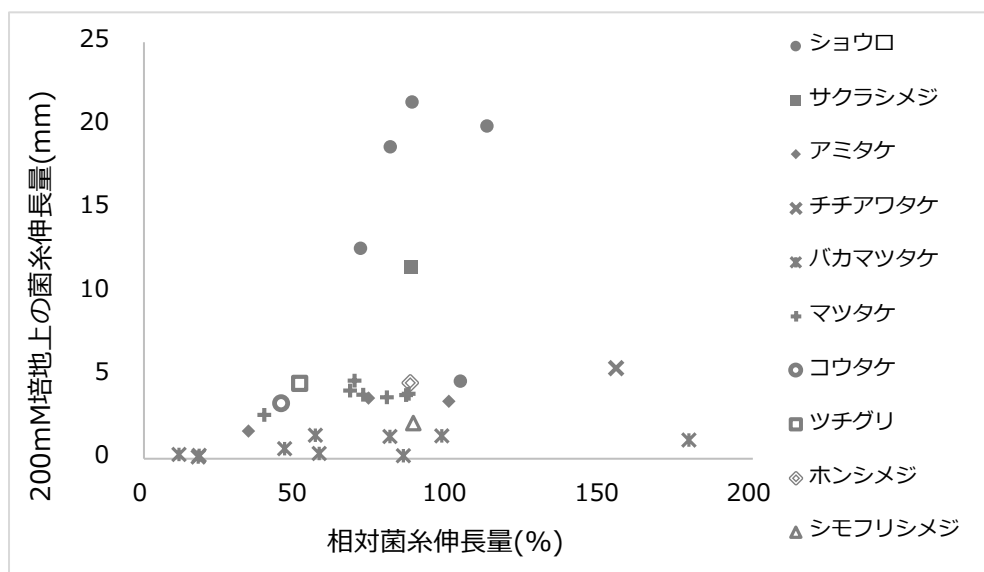


図 1 塩化ナトリウム 200mM 培地上の菌糸伸長量と相対菌糸伸長量

3. 1. 2 種内選抜 I

二次選抜の結果を表 9 及び図 2 に示す。

本試験で用いたショウロ 33 菌株のうち、対照区及び塩化ナトリウム添加区でともに 29mm 以上かつ相対菌糸伸長率 70%以上のものを選抜の対象としたところ、表 9 着色の 11 菌株が該当したため、これらを三次選抜の対象とすることとした。

表 9 二次選抜試験菌糸伸長量

| 菌株 | 菌糸伸長量(mm) | | | 菌株 | 菌糸伸長量(mm) | | |
|-------|-----------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|
| | 対照区 | 200mM | 相対(%) | | 対照区 | 200mM | 相対(%) |
| No.1 | 27.5 | 16.1 | 59.6 | No.18 | 29.2 | 29.2 | 100.8 |
| No.2 | 32.5 | 21.2 | 66.1 | No.19 | 30.8 | 32.2 | 107.4 |
| No.3 | 23.6 | 23.0 | 100.0 | No.20 | 26.3 | 18.8 | 75.5 |
| No.4 | 42.1 | 38.0 | 91.3 | No.21 | 31.3 | 32.6 | 106.3 |
| No.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | No.22 | 27.9 | 24.8 | 90.3 |
| No.6 | 1.9 | 0.0 | 0.0 | No.23 | 47.5 | 35.4 | 75.9 |
| No.7 | 25.2 | 24.3 | 96.8 | No.24 | 52.9 | 41.6 | 79.2 |
| No.8 | 3.6 | 1.7 | 81.3 | No.25 | 36.8 | 32.8 | 89.9 |
| No.9 | 43.3 | 29.1 | 67.4 | No.26 | 13.1 | 11.8 | 91.6 |
| No.10 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | No.27 | 13.7 | 11.0 | 80.8 |
| No.11 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | No.28 | 18.8 | 13.4 | 73.2 |
| No.12 | 43.1 | 36.8 | 87.4 | No.29 | 15.3 | 12.0 | 79.8 |
| No.13 | 24.5 | 16.1 | 66.6 | No.30 | 11.5 | 10.4 | 90.7 |
| No.14 | 43.4 | 37.2 | 86.0 | No.31 | 15.1 | 13.3 | 89.5 |
| No.15 | 29.1 | 27.2 | 94.8 | No.32 | 15.4 | 12.1 | 79.3 |
| No.16 | 37.5 | 30.2 | 81.8 | No.33 | 17.7 | 12.2 | 69.5 |
| No.17 | 35.5 | 31.0 | 89.7 | | | | |

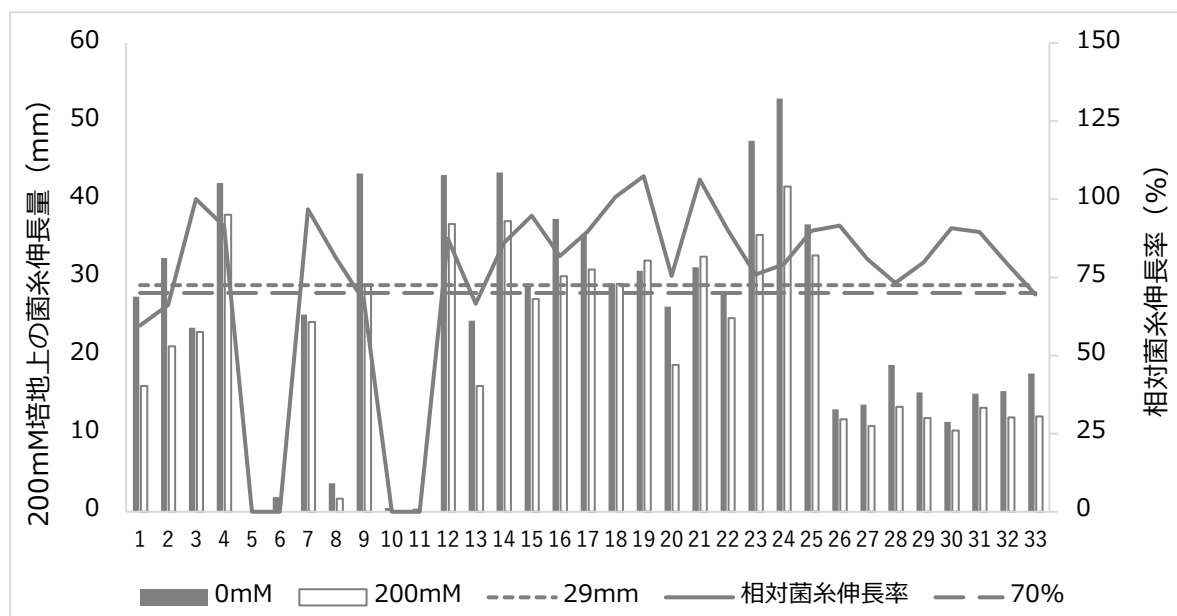


図2 塩化ナトリウム 200mM 培地上の菌糸伸長量と相対菌糸伸長率

3. 1. 3 種内選抜Ⅱ

三次選抜の結果を表 10 及び図 3 に示す。

本試験で用いたショウロ 11 菌株において、塩化ナトリウム濃度ごとに菌糸伸長量について検定を行った (Kruskal-Wallis 検定, $p < 0.05$) ところ、対照区内では菌糸伸長量が最も高い No. 4 菌株について、No. 16 菌株を除く菌株に有意差が見られた。塩化ナトリウム 200mM 添加区では No. 4, No. 14, No. 16 菌株間に有意差は見られなかったものの、そのほかの菌株と有意差が見られた。塩化ナトリウム 300mM 添加区及び 400mM 添加区では菌糸伸長量の最も高い No. 4 菌株とそれ以外の菌株に有意差が見られた。これらの結果から、No. 4 菌株を当センターにおける高耐塩性菌株として選抜することとした。

表 10 三次選抜試験菌糸伸長量

| | 菌糸伸長量(mm) | | | |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 0mM | 200mM | 300mM | 400mM |
| 4 | 65.27 | 38.73 | 28.50 | 17.30 |
| 12 | 40.15 * | 16.73 * | 2.17 * | 1.54 * |
| 14 | 49.89 * | 35.37 | 18.30 * | 8.36 * |
| 16 | 61.61 | 41.00 | 24.31 * | 11.65 * |
| 17 | 28.78 * | 17.12 * | 8.45 * | 1.66 * |
| 18 | 13.54 * | 12.00 * | 7.13 * | 5.71 * |
| 19 | 17.20 * | 14.42 * | 10.12 * | 7.81 * |
| 21 | 24.16 * | 17.23 * | 15.86 * | 12.26 * |
| 23 | 20.62 * | 13.94 * | 13.03 * | 7.82 * |
| 24 | 28.47 * | 18.38 * | 13.28 * | 10.32 * |
| 25 | 15.62 * | 12.90 * | 7.47 * | 7.00 * |

*各濃度においてNo.4と有意差 (Kruskal-Wallis検定, $p < 0.05$) があるもの

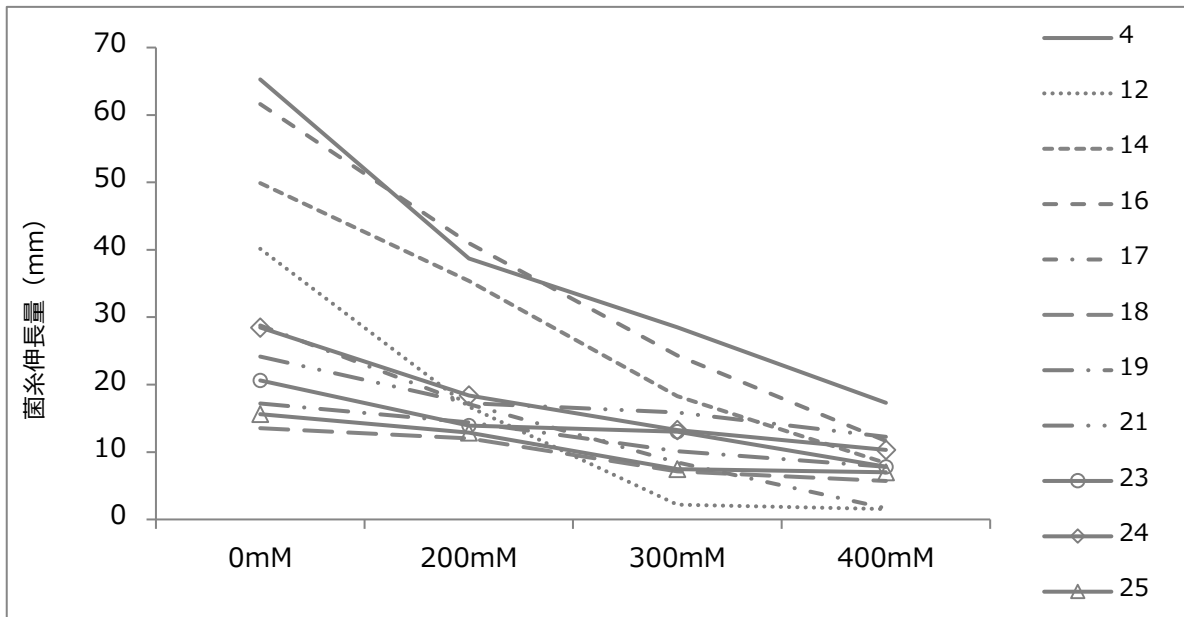


図3 塩化ナトリウム各濃度における菌糸伸長量

3. 2 クロマツコンテナ苗培土組成

培土ごとの菌根形成状況を図4に示す。

各苗の菌根形成状況について、80%以上のものを1、それ以外を0として Fisher の正確検定 ($p < 0.05$) を行ったところ有意であったため、Bonferroni 法による多重比較を行った。D培土はB培土と有意差が見られなかったもののA培土、C培土と有意差があり、かつ菌根形成率が80%以上に区分されるものが最も多いため、この4種のうちクロマツコンテナ苗における培土組成はD培土が菌根形成に適していると考えられた。

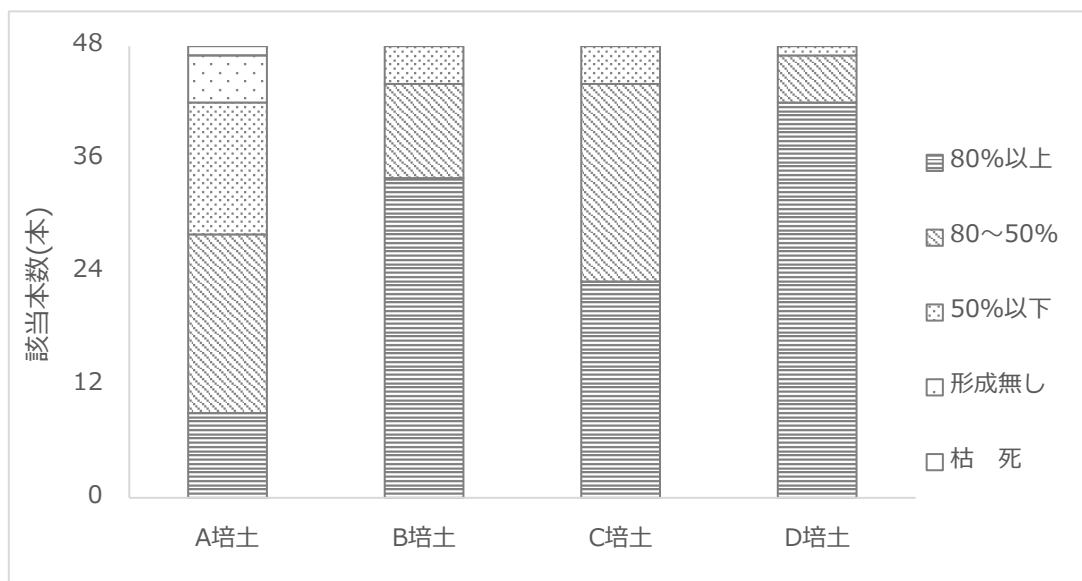


図4 培土ごとの菌根形成状況

3. 3 現地植栽試験

3. 3. 1 名取市高館試験地：畑地（山砂）

名取市高館試験地における成長量調査の結果のうち、図 5 及び図 7 は植栽時を 1 としたときの成長率の経年変化を、図 6 及び図 8 は植栽時を 1 としたときの成長率の最終年度 (H29) を示したものである。なお、当試験地においては、枯死・枯損は発生しなかった。

樹高成長率については、植栽翌年から①無処理苗の値が高いが、最終年度について比較 (TukeyHSD, $p < 0.05$) すると、①無処理苗と④接種苗 1 炭以外では有意な差は見られなかった。根元直径成長率についても樹高と同様に、植栽翌年から①無処理苗の値が高いが、最終年度について比較 (TukeyHSD, $p < 0.05$) すると、①無処理苗と④接種苗 1 炭、①無処理苗と⑤接種苗 2 炭以外では有意な差は見られなかった。このことについては、小川ら (2012) によると、マツ類は水や養分が豊富にあると菌根菌の助けが要らなくなるとの報告があり、当試験地についても、植栽苗の生育にとって過酷な環境ではなかったため、ショウロ接種による苗の生育に差が見られなかったと考えられる。

子実体については、植栽後 15 か月経過した平成 27 年 9 月に確認され、試験地の撤去を行った平成 29 年まで発生が継続した。子実体を、発生した地点から最も近い苗ごとに整理すると、表 11 のとおりとなり、子実体の発生については、木炭の施用が有効である可能性が示唆された。

植栽苗の掘り取りは、①無処理苗、②接種苗 1、③接種苗 2 について、各 4 本ずつ実施した。乾燥後の地上部・地下部重量を示したものを図 9、地上部重量を地下部重量で除した値 (TR 比) を表 12 に示す。地上部重量及び地下部重量、TR 比について比較 (TukeyHSD, $p < 0.05$) したところ、いずれにおいても有意な差は見られなかった。このことについては、ショウロ接種による地下部の充実化を期待したものだったが、地上部と同様にショウロ接種が必要な環境ではなかったため、無処理苗との差が生じなかったと考えられる。

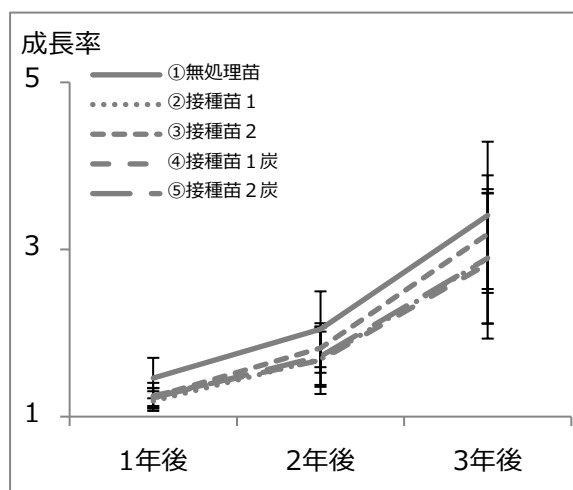


図 5 樹高成長率経年変化

(以下エラーバーは標準偏差を表す)

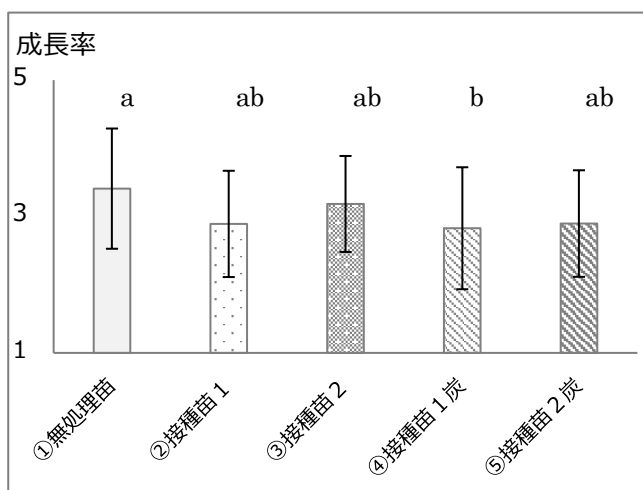


図 6 樹高成長率最終年度

(以下異なるアルファベットは有意差を表す)

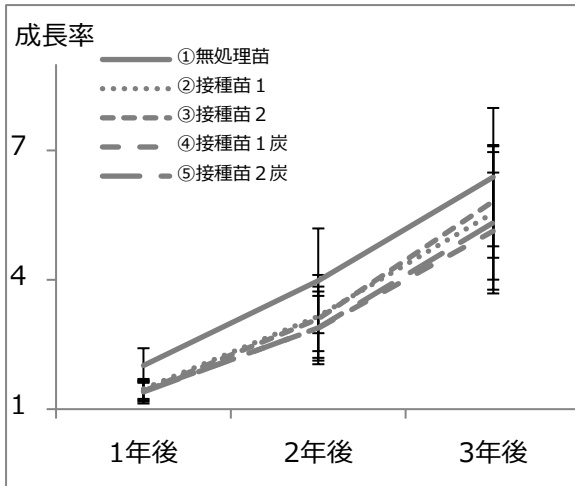


図 7 根元直径成長率経年変化

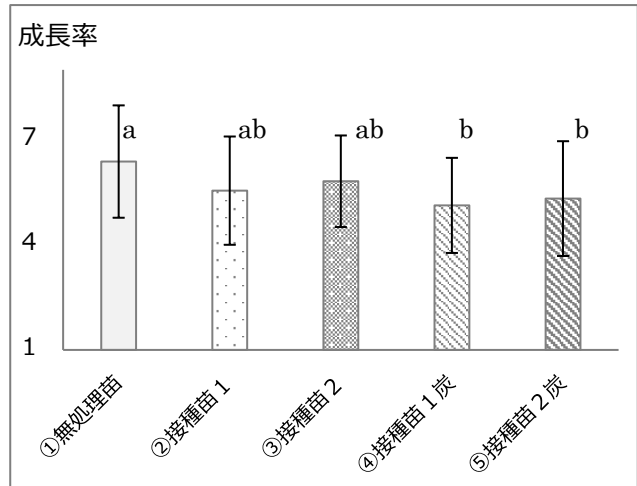


図 8 根元直径成長率最終年度

表 11 子実体の発生個数

| 表記 | H27 | H28 | H29 |
|---------|-----|-----|-----|
| ①無処理苗 | | | |
| ②接種苗 1 | 6 | 8 | 2 |
| ③接種苗 2 | | 3 | |
| ④接種苗 1炭 | 7 | 24 | 16 |
| ⑤接種苗 2炭 | | 12 | |

表 12 TR比

| | ①無処理苗 | ②接種苗 1 | ③接種苗 2 |
|-----|-------|--------|--------|
| TR比 | 5.23 | 5.95 | 6.10 |

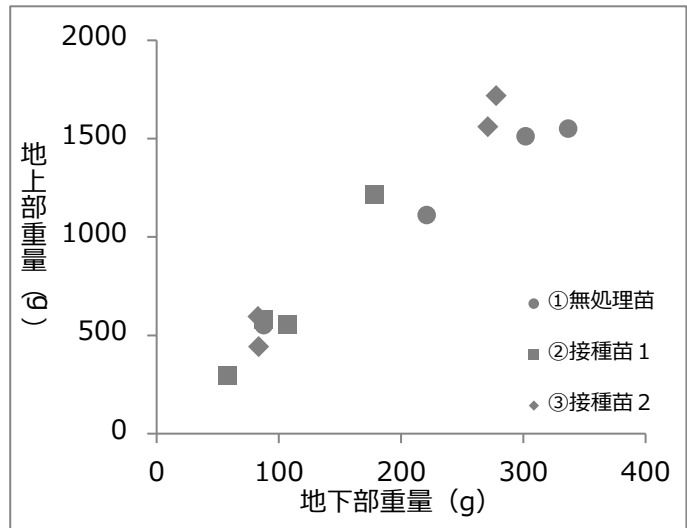


図 9 地上部・地下部乾燥重量

3. 3. 2 名取市小塚原試験地：畑地（海砂）

名取市小塚原試験地における成長量調査の結果のうち、図 10 及び図 12 は植栽時を 1 としたときの成長率の経年変化を、図 11 及び図 13 は植栽時を 1 としたときの成長率の最終年度（H30）を、表 13 は枯死・枯損率を示したものである。

樹高成長率については、植栽翌年から①無処理苗の値が高く、最終年度について①無処理苗とそのほか接種苗を比較 (TukeyHSD, $p < 0.05$) すると、⑤接種苗 2炭以外すべてで、①無処理苗が有意に高い値を示した。根元直径成長率についても、植栽翌年から①無処理苗の値が高く、最終年度について①無処理苗とそのほか接種苗を比較 (TukeyHSD, $p < 0.05$) すると、すべての処理区よりも有意に高い値を示した。このことについては、主な要因として、①無処理苗が境界用に設置した柵沿いに植栽されており、溝口ら (長崎県, 2014) によると、菌根菌の接種よりも、風の影響により樹高の成長率に差が生じたとされていることから、

当試験地においても、設置した柵が防風柵としての役目を果たしてしまっただけのため、このような結果に繋がったと考えられる。

子実体については、植栽後 17 か月経過した平成 27 年 11 月に確認され、平成 30 年まで発生が継続した。子実体が発生した地点から最も近い苗ごとに整理すると、表 14 のとおりとなる。このうち、平成 30 年度に発生した子実体について、分析対象以外のショウロ接種苗も含めて試験地全体の植栽苗の樹高ごとの本数を図 14 に、植栽苗の樹高ごとの子実体発生個数を図 15 に示す。ここから、樹高の本数は 1 m 以下のものから 2 m を超えるものまで確認されているものの、子実体の発生個数は 110 cm 以下のものに集中していることから、ショウロ接種苗を植栽した場合、樹高が低い苗の方が、ショウロ子実体が発生しやすい傾向が見られた。このことについて、小川 (2007) は菌根がよくできるための条件として、照度が十分であることや土壌が適度に乾燥していることなどを挙げており、当試験地の苗畑の中で樹高が高くなってしまった苗は枝葉の伸びが旺盛で、隣接する苗と重なり合う状況となり、地表面に十分な照度が確保できず、子実体が発生しづらい環境となってしまったことが考えられる。また、富川 (2006) は 2 年生クロマツ苗畑へショウロ子実体懸濁液を散布したところ、5 年生クロマツ苗までの発生割合が高いと報告しており、苗畑等でのショウロ収穫に重きを置いた場合、植栽したクロマツの継続した管理よりも、定期的な更新が必要だと考えられる。

植栽苗ごとの土壌 pH は、表 15 のとおりとなり、①無処理苗とそのほか接種苗、木炭施用の有無で比較 (TukeyHSD, $p < 0.05$) を行ったが、有意な差は見られなかった。ショウロ菌糸の生長は pH 7 - 8 で最も良いことが報告 (福里ら, 1991) されているが、当試験地については、子実体の発生に関わらず、試験地全体がおおむね中性であることが確認された。

植栽苗の掘り取りは、各苗について、3 本ずつ実施した。乾燥後の地上部・地下部重量を示したものを図 15、地上部重量を地下部重量で除した値 (TR 比) を表 16 に示す。地上部重量及び地下部重量、TR 比について比較 (TukeyHSD, $p < 0.05$) したところ、いずれにおいても有意な差は見られず、地下部については①無処理苗と遜色なく生育していることが考えられた。

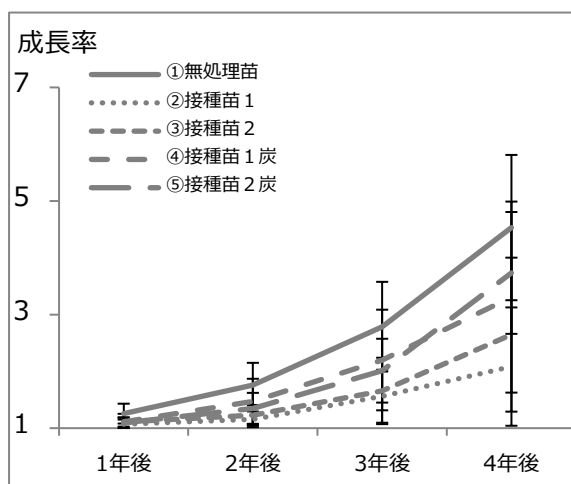


図 10 樹高成長率経年変化

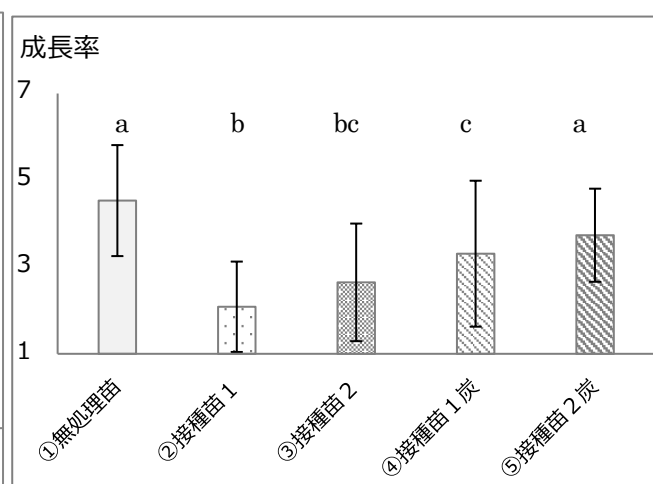


図 11 樹高成長率最終年度

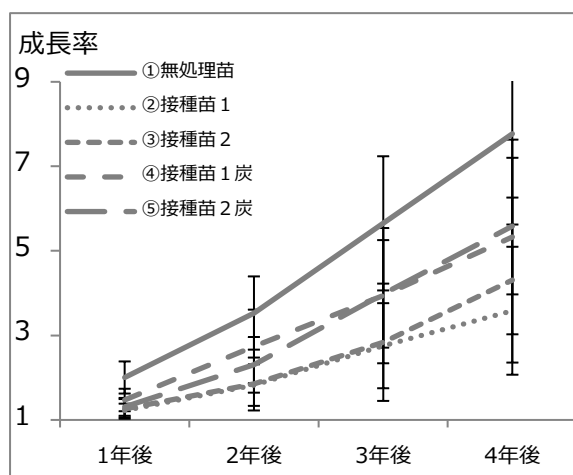


図 12 根元直径成長率経年変化

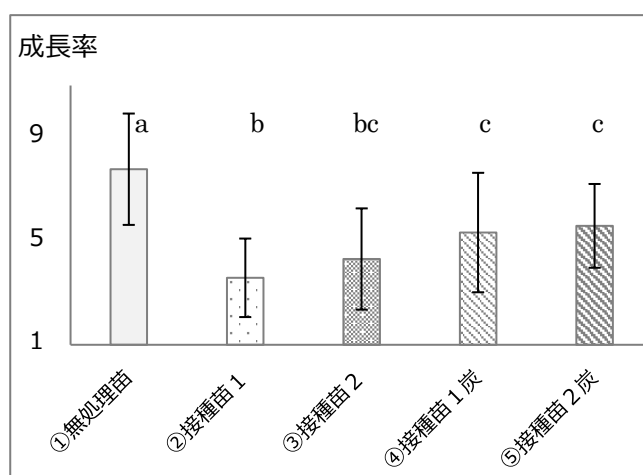


図 13 根元直径成長率最終年度

表 13 枯死・枯損率

| | 枯死数 | 枯死率 | 枯損数 | 枯損率 | 枯死・枯損率 |
|----------|-----|------|-----|------|--------|
| ①無処理苗 | 2 | 0.03 | 0 | 0.00 | 0.03 |
| ②接種苗 1 | 0 | 0.00 | 3 | 0.05 | 0.05 |
| ③接種苗 2 | 6 | 0.10 | 4 | 0.07 | 0.17 |
| ④接種苗 1 炭 | 0 | 0.00 | 5 | 0.08 | 0.08 |
| ⑤接種苗 2 炭 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.00 |

表 14 子実体の発生個数

| | H27 | H28 | H29 | H30 |
|----------|-----|-----|-----|-----|
| ①無処理苗 | | | | |
| ②接種苗 1 | 11 | 4 | 1 | 22 |
| ③接種苗 2 | | | | 21 |
| ④接種苗 1 炭 | 2 | 1 | | 6 |
| ⑤接種苗 2 炭 | 3 | | | 7 |

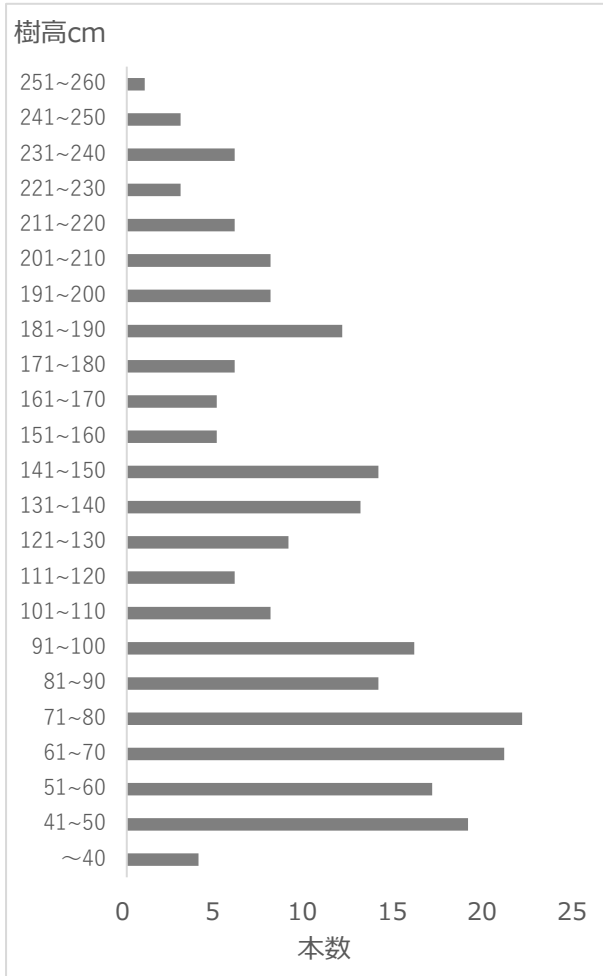


図 14 試験地全体の植栽苗の樹高と本数

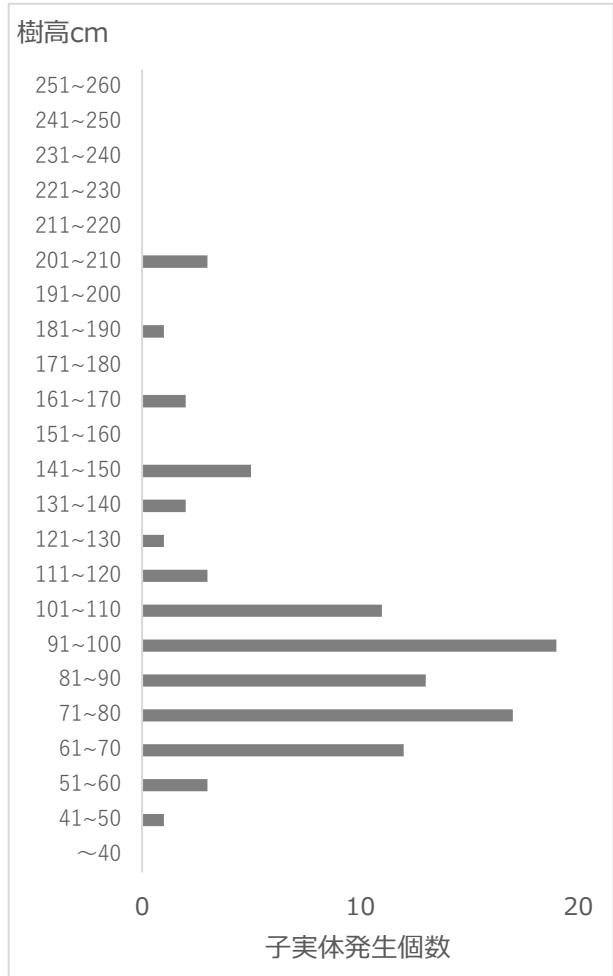


図 15 試験地全体の植栽苗の樹高と子実体発生個数

表 15 植栽苗ごとの土壌 pH

| 苗 | pH |
|----------|------|
| ①無処理苗 | 6.44 |
| ②接種苗 1 | 6.55 |
| ③接種苗 2 | 6.58 |
| ④接種苗 1 炭 | 6.75 |
| ⑤接種苗 2 炭 | 6.30 |

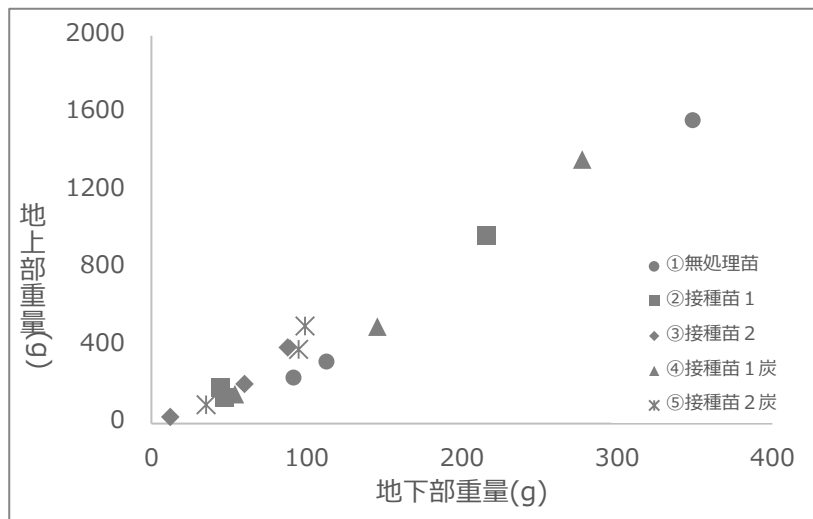


図 16 地上部・地下部重量

表 16 TR比

| | ①無処理苗 | ②接種苗 1 | ③接種苗 2 | ④接種苗 1 炭 | ⑤接種苗 2 炭 |
|-----|-------|--------|--------|----------|----------|
| TR比 | 3.31 | 3.86 | 3.58 | 3.72 | 3.95 |

3. 3. 3 七ヶ浜町湊浜試験地：残存海岸防災林

名取市小塚原試験地における成長量調査の結果のうち、図 17 及び図 19 は植栽時を 1 としたときの成長率の経年変化を、図 18 及び図 20 は植栽時を 1 としたときの成長率の最終年度 (H30) を、表 17 は枯死・枯損率を示したものである。

樹高成長率については、植栽翌年から試験区内での差はほとんど見られず、最終年度について①無処理苗とそのほか接種苗を比較 (TukeyHSD, $p < 0.05$) すると、有意な差は見られなかった。根元直径成長率については、植栽翌年から①無処理苗の値が高い傾向が見られたものの、最終年度について①無処理苗とそのほか接種苗を比較 (TukeyHSD, $p < 0.05$) すると、有意な差は見られなかった。このことについては、3. 3.

1 名取市高館試験地と同様に、植栽苗の生育にとって過酷な水分環境や温度環境ではなかったため、菌根菌の接種による苗の生育に差が見られなかったと考えられる。

子実体については、当試験地では広葉樹の落葉や下草の発生が見られており、子実体の発生は確認できなかった。土壤環境や温度・湿度条件が変化すると、菌根菌が遷移することは数多く報告 (明間ら 2006, 小川 2007 ほか) されており、ショウロ感染苗の植栽についても、有吉ら (2011) は、植栽後 10 か月で他の菌に置き換わった可能性を示しており、当試験地についても菌根菌の遷移が生じ、植栽時のショウロ接種の効果を得られなかった可能性も考えられた。

植栽苗ごとの土壤 pH は表 18 のとおりとなり、試験区内で比較 (TukeyHSD, $p < 0.05$) したところ、いずれも有意な差は見られなかった。当試験地においても 3. 3. 2 名取市小塚原試験地と同様に、全体がおおむね中性であることが確認された。

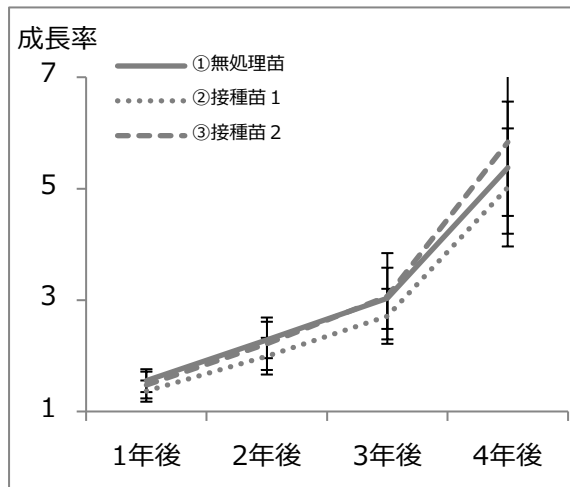


図 17 樹高成長率経年変化

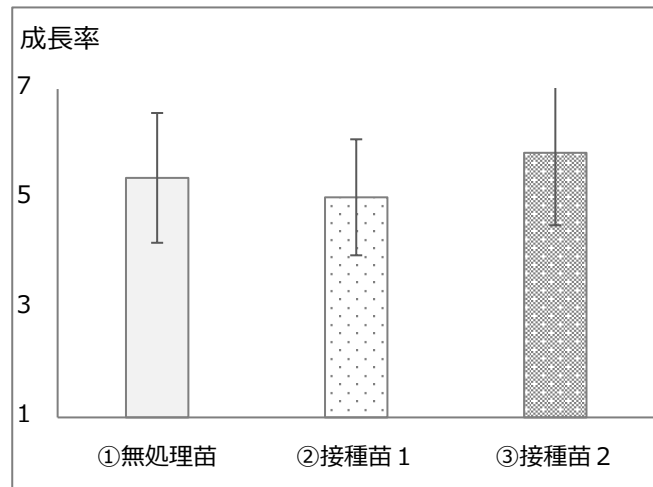


図 18 樹高成長率最終年度

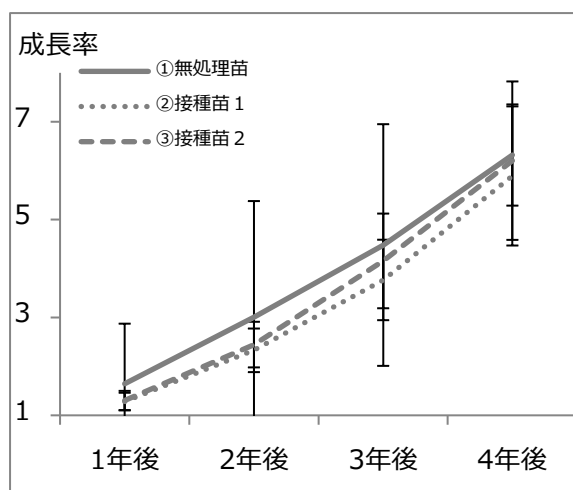


図 19 根元直径成長率経年変化

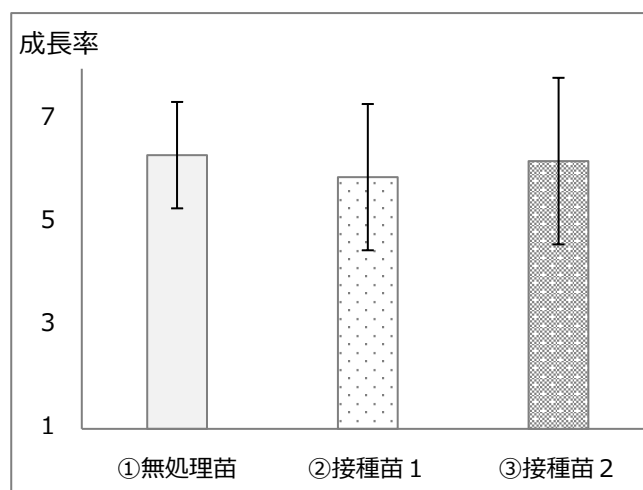


図 20 根元直径成長率最終年度

表 17 枯死・枯損率

| | 枯死数 | 枯死率 | 枯損数 | 枯損率 | 枯死・枯損率 |
|--------|-----|------|-----|------|--------|
| ①無処理苗 | 21 | 0.35 | 2 | 0.03 | 0.38 |
| ②接種苗 1 | 13 | 0.22 | 1 | 0.02 | 0.23 |
| ③接種苗 2 | 17 | 0.29 | 0 | 0.00 | 0.29 |

表 18 植栽苗ごとの土壌 pH

| 苗 | pH |
|--------|------|
| ①無処理苗 | 6.30 |
| ②接種苗 1 | 6.23 |
| ③接種苗 2 | 6.38 |

3. 3. 4 岩沼市寺島試験地 I : 海岸盛土造成地 (接種・木炭の効果)

岩沼市寺島試験地 I における成長量調査の結果のうち、図 21・23・25・27 は植栽時を 1 としたときの成長率の経年変化を、図 22・24・26・28 は植栽時を 1 としたときの成長率の最終年度 (H30) を、表 19 は枯死・枯損率を示したものである。

樹高成長率については、木炭の施用に関わらず、植栽翌年から①無処理苗及び④無処理苗(炭)の値が高く、最終年度について木炭施用の有無ごとに比較 (TukeyHSD, $p < 0.05$) すると、②接種苗が①無処理苗・③胞子液苗よりも有意に高く、⑤接種苗(炭)が④無処理苗(炭)・⑥胞子液苗(炭)よりも有意に高い結果となった。根元直径成長率については、木炭の施用に関わらず、植栽翌年には試験区内での差がほとんど見られないものの、最終年度について木炭施用の有無ごとに比較 (TukeyHSD, $p < 0.05$) すると、②接種苗が①無処理苗・③胞子液苗よりも有意に高く、⑤接種苗(炭)が④無処理苗(炭)・⑥胞子液苗(炭)よりも有意に高い結果となった。また、①から⑥における樹高成長率最終年度及び根元直径成長率最終年度について、ショウロの処理(無処理、接種、胞子液)及び木炭施用の有無を検定(多元配置分散分析, $p < 0.05$)した。その結果、ショウロの処理による効果は有意であるが、木炭の施用による効果は認められず、ショウロの処理と木炭施用の交互作用も有意ではなかった。

これらのことについては、3. 3. 1, 3. 3. 2, 3. 3. 3 試験地とは異なり、当試験地の環境は生育苗にとって適した環境ではなかったことが考えられる。当試験地と同様に仙台市で行われた海岸盛土造成箇所の土壤物理性が篠宮ら (2014) により報告されており、5 地点のうち 3 地点で深さ 20cm の土壤硬度が治山林道必携 (2018) に定められる基準を超過している。このような過酷な環境であったため、これまでに鈴木・菅原 (2018), 溝口ら (2014) などにより報告されているような、ショウロ接種による植栽苗の成長向上の効果が見られたと考えられる。一方で、ショウロ孢子液の施用については、無処理苗との差が見られない結果となった。溝口ら (2014) の報告では、ショウロ懸濁液の散布と木炭施用、松葉掻きを組み合わせて試験を実施したが、ショウロ子実体は発生しなかったとあり、当試験地においても、今回の孢子液を利用した手法では感染が不十分であった可能性が考えられるため、孢子液の濃度や施用時期、追加散布など、手法の検討が必要である。木炭の施用については、小川ら (2012) 等で報告されているとおり、マツの樹勢回復やショウロの菌根形成を促す効果が知られており、特に接種苗及び孢子液苗への生育促進効果が期待されたが、上記検定結果のとおり、当試験地でその有用性を確認することはできなかった。

子実体については、植栽後 3 年経過で、3 箇所 6 個の発生が確認された。発生数量はごくわずかであったが、研究の目的の一つである海岸盛土造成地での子実体の採取を行うことができた。

植栽苗ごとの土壌 pH は表 20 のとおりとなり、試験区内で比較 (TukeyHSD, $p < 0.05$) したところ、有意な差は見られず、3. 3. 2, 3. 3. 3 試験地と同様に、試験地全体がおおむね中性であることが確認された。

植栽苗の掘り取りは、④無処理苗(炭)、⑤接種苗(炭)、⑥孢子液苗(炭)について、各 3 本ずつ実施した。乾燥後の地上部・地下部重量を示したものを図 29、地上部重量を地下部重量で除した値 (TR 比) を表 21 に示す。地上部重量及び地下部重量、TR 比について比較 (TukeyHSD, $p < 0.05$) したところ、いずれにおいても有意な差は見られず、接種による地下部での有意な生育を確認することはできなかった。

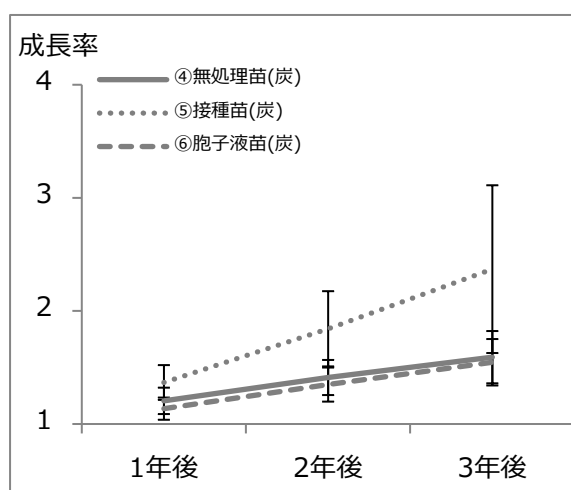


図 21 樹高成長率経年変化 (木炭なし)

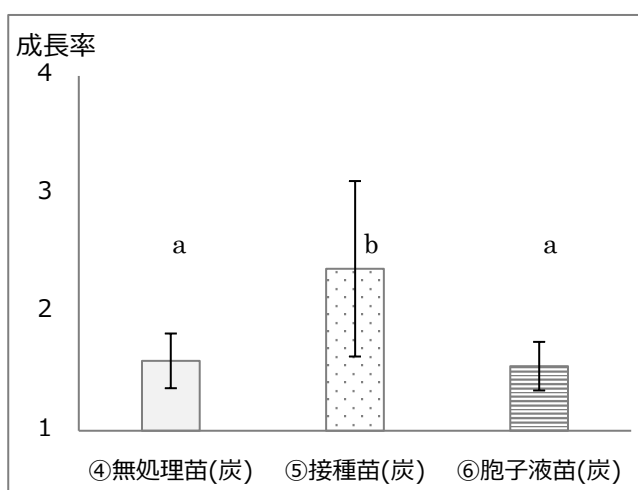


図 22 樹高成長率最終年度 (木炭なし)

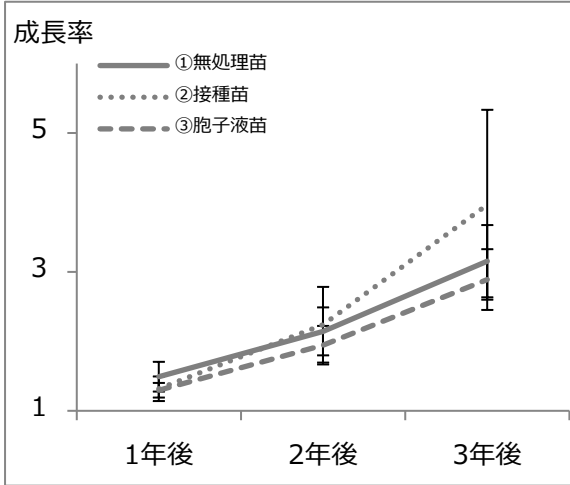


図 23 根元直径成長率経年変化 (木炭なし)

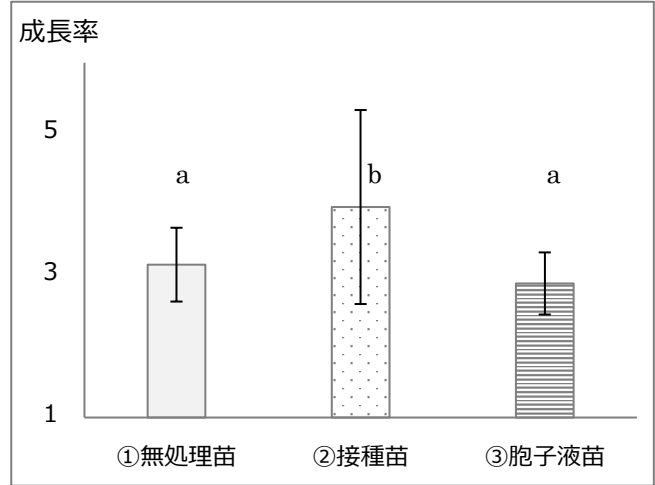


図 24 根元直径成長率最終年度 (木炭なし)

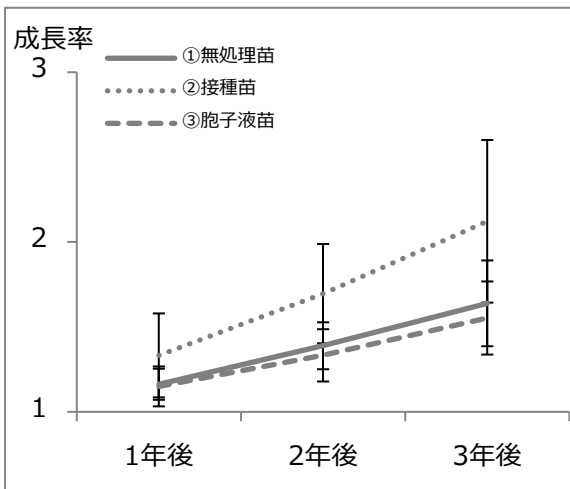


図 25 樹高成長率経年変化 (木炭施用)

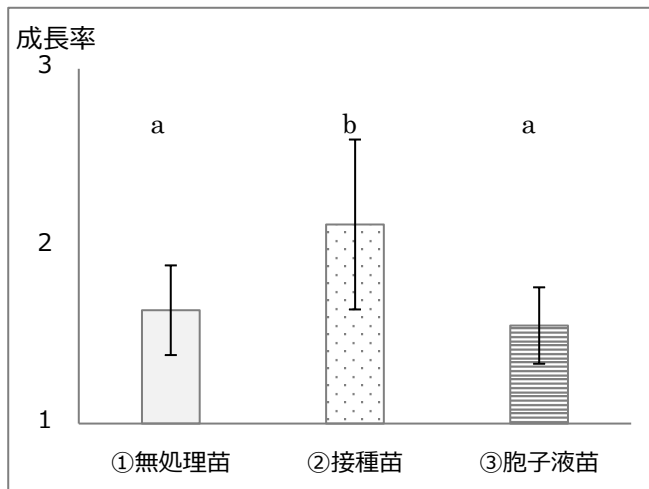


図 26 樹高成長率最終年度 (木炭施用)

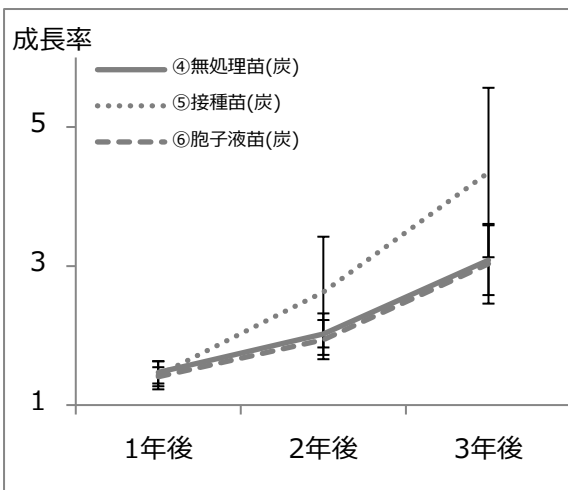


図 27 根元直径成長率経年変化 (木炭施用)

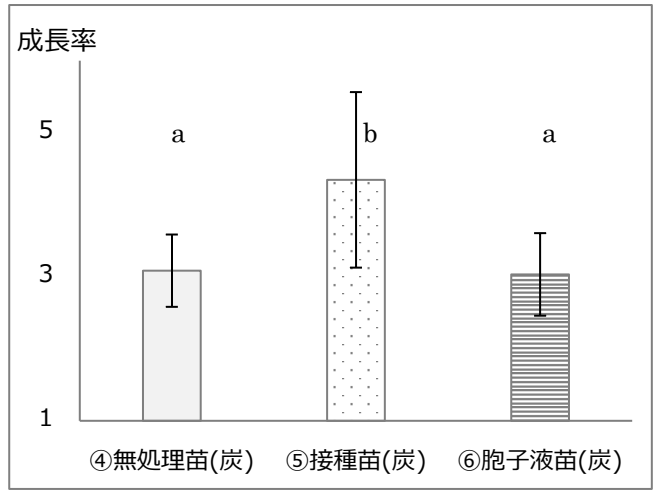


図 28 根元直径成長率最終年度 (木炭施用)

表 19 枯死・枯損率

| | 枯死数 | 枯死率 | 枯損数 | 枯損率 | 枯死・枯損率 |
|----------|-----|------|-----|------|--------|
| ①無処理苗 | 0 | 0.00 | 1 | 0.03 | 0.03 |
| ②接種苗 | 1 | 0.02 | 1 | 0.02 | 0.04 |
| ③孢子液苗 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| ④無処理苗(炭) | 0 | 0.00 | 1 | 0.03 | 0.03 |
| ⑤接種苗(炭) | 0 | 0.00 | 1 | 0.02 | 0.02 |
| ⑥孢子液苗(炭) | 0 | 0.00 | 4 | 0.08 | 0.08 |

表 20 植栽苗ごとの土壌 pH

| 苗 | pH |
|----------|------|
| ①無処理苗 | 6.30 |
| ②接種苗 | 6.13 |
| ③孢子液苗 | 6.39 |
| ④無処理苗(炭) | 6.38 |
| ⑤接種苗(炭) | 6.16 |
| ⑥孢子液苗(炭) | 6.10 |

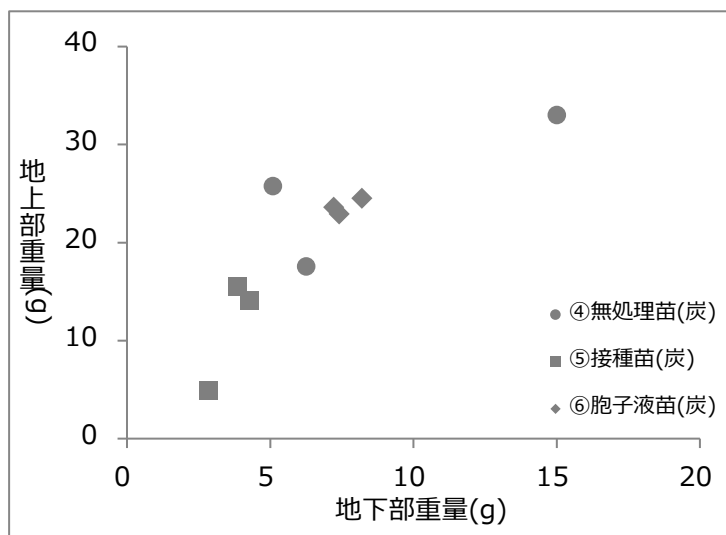


図 29 地上部・地下部重量

表 21 TR比

| | ④無処理苗(炭) | ⑤接種苗(炭) | ⑥孢子液苗(炭) |
|-----|----------|---------|----------|
| TR比 | 3.36 | 3.01 | 3.12 |

3. 3. 5 岩沼市寺島試験地Ⅱ：海岸盛土造成地（簡易な接種方法の検討）

岩沼市寺島試験地Ⅱにおける成長量調査の結果のうち、図 30・32・34・36 は植栽時を 1 としたときの成長率の経年変化を、図 31・33・35・37 は植栽時を 1 としたときの成長率の最終年度（H30）を示したものである。なお、当試験地においては、枯死・枯損は発生しなかった。

樹高成長率については、木炭の施用に関わらず、植栽翌年から各処理区での差はほとんどなく、最終年度について木炭施用の有無ごとに比較（t 検定、 $p < 0.05$ ）すると、①無処理苗と②孢子液苗、③無処理苗(炭)と④孢子液苗(炭)に差は見られなかった。根元直径成長率についても、木炭の施用に関わらず、植栽翌年から各処理区での差はほとんどなく、最終年度について木炭施用の有無ごとに比較（t 検定、 $p < 0.05$ ）すると、①無処理苗と②孢子液苗、③無処理苗(炭)と④孢子液苗(炭)に差は見られなかった。また、試験区内の①から④における樹高成長率最終年度及び根元直径成長率最終年度について、孢子液の有無による効果及び孢子液と木炭による交互作用は有意ではなく、木炭の施用による効果には差が見られた。

このことについては、3. 3. 4 岩沼市寺島試験地Ⅰと同様に、孢子液の施用ではショウロの感染が不十分であり、無処理苗と差が見られなかった可能性が考えられた。木炭の施用については、さらに①無処理苗

と③無処理苗(炭)を比較 (t 検定, $p < 0.05$) すると, 根元直径成長率最終年度について①無処理苗の方が高く, ②孢子液苗と④孢子液苗(炭)を比較 (t 検定, $p < 0.05$) すると, 樹高成長率最終年度について④孢子液苗(炭)の方が高い結果となった。3. 3. 4 岩沼市寺島試験地 I 試験地では木炭の施用による差は確認されなかったが, 当試験地では向上と低下の両方の差が生じ, いずれの試験地についても, 木炭の施用とショウロの処理による交互作用が確認できなかったことから, 植栽苗の生育においては, 木炭の施用の有無を十分検討する必要があると考えられる。

子実体については, 植栽後 2 年以上が経過しているが, 試験地内での発生は確認されていない。3. 3. 4 岩沼市寺島試験地 I 試験地での発生が遅さ, 少なさも含めて, 子実体を十分に発生させるためには, 3. 3. 1 名取市高館試験地や 3. 3. 2 名取市小塚原試験地のように山砂や海砂客土などの土壌の改良や, 集めた菌糸量を確保するための植栽密度など, 手法の検討が必要だと考えられる。

植栽苗ごとの土壌 pH は表 21 のとおりとなり, 木炭施用の有無ごと試験区内で比較 (t 検定, $p < 0.05$) すると, 有意な差は見られず, これまでの試験地と同様に, 試験地全体がおおむね中性であることが確認された。

植栽苗の掘り取りは, ①無処理苗, ②孢子液苗, ③無処理苗(炭), ④孢子液苗(炭)について, 各 3 本ずつ実施した。乾燥後の地上部・地下部重量を示したものを図 38, 地上部重量を地下部重量で除した値 (TR 比) を表 22 に示す。地上部重量及び地下部重量, TR 比について比較 (TukeyHSD, $p < 0.05$) したところ, いずれにおいても有意な差は見られず, 3. 3. 4 岩沼市寺島試験地 I 試験地と同様に, 孢子液の施用による地下部での有意な生育を確認することはできなかった。

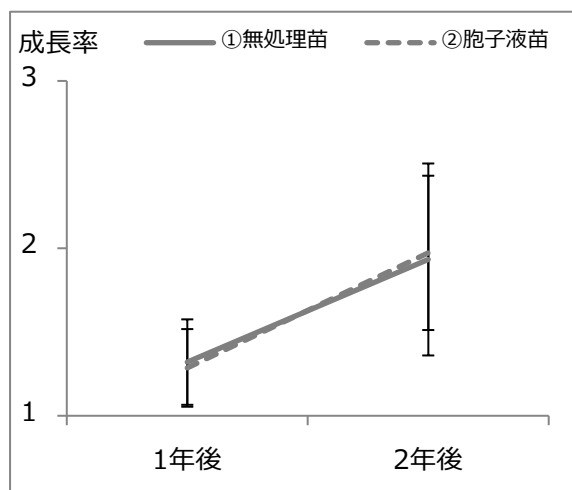


図 30 樹高成長率経年変化 (木炭なし)

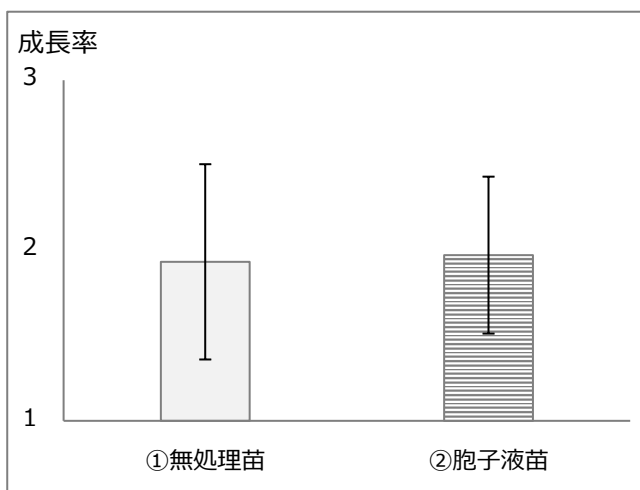


図 31 樹高成長率最終年度 (木炭なし)

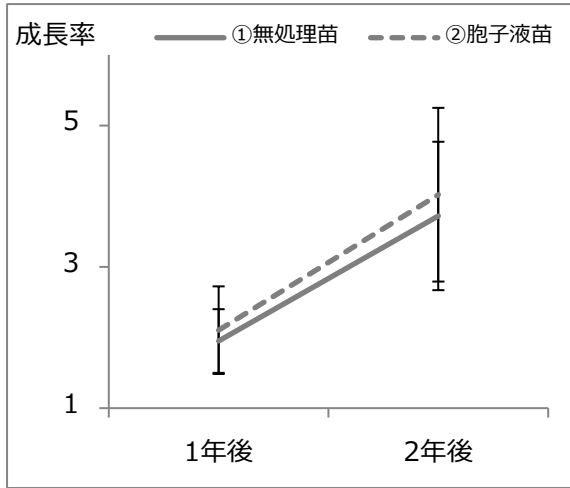


図 32 根元直径成長率経年変化 (木炭なし)

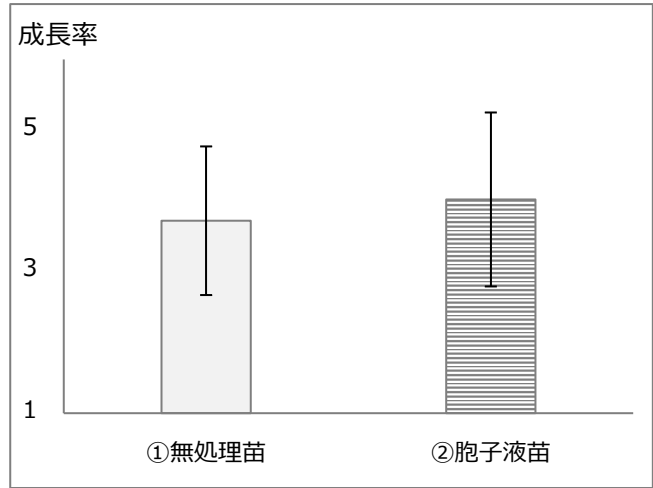


図 33 根元直径成長率最終年度 (木炭なし)

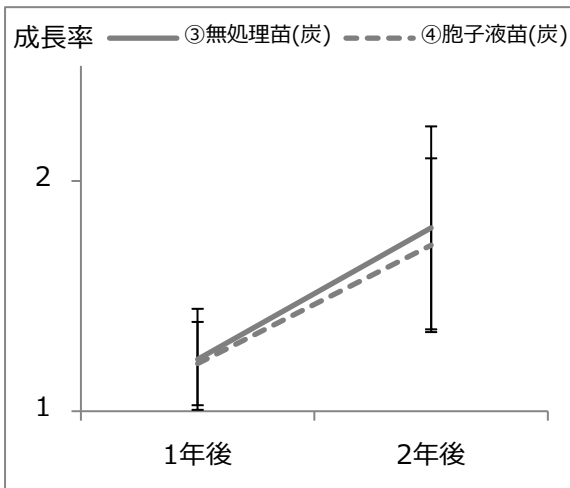


図 34 樹高成長率経年変化 (木炭施用)

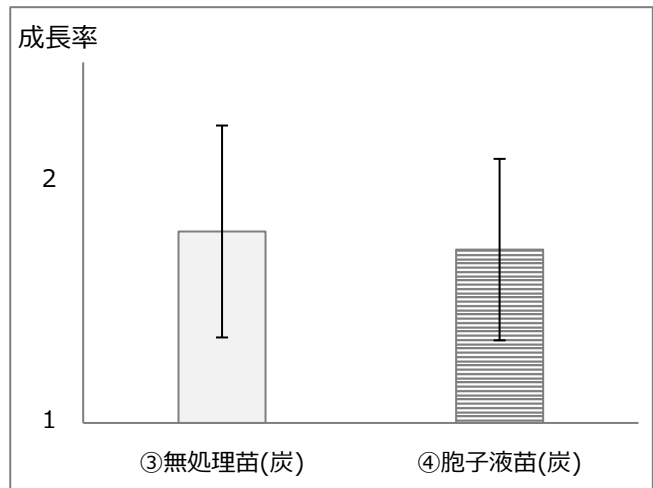


図 35 樹高成長率最終年度 (木炭施用)

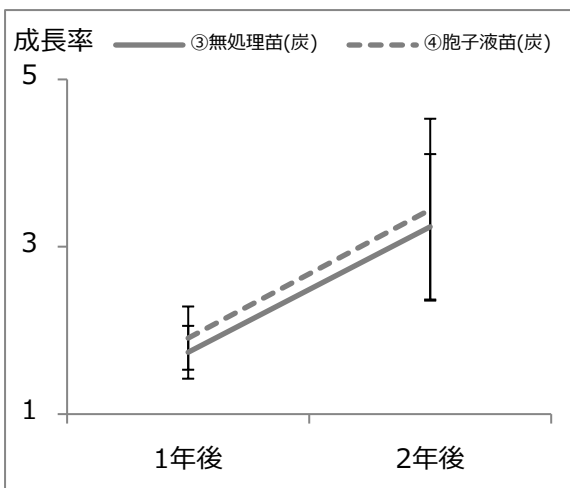


図 36 根元直径成長率経年変化 (木炭施用)

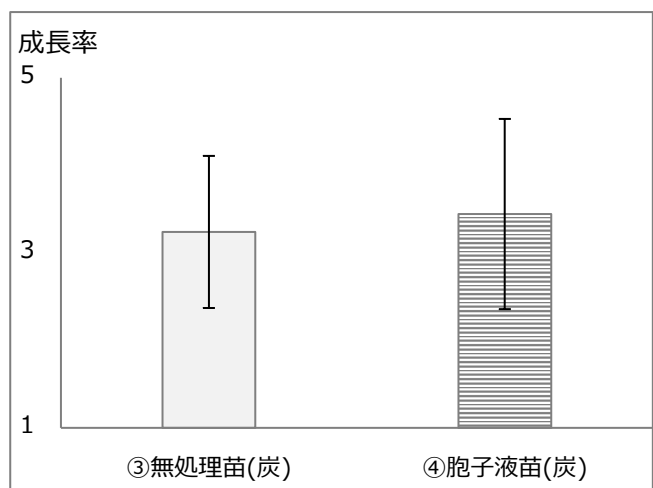


図 37 根元直径成長率最終年度 (木炭施用)

表 22 植栽苗ごとの土壌 pH

| 苗 | pH |
|----------|------|
| ①無処理苗 | 6.10 |
| ②孢子液苗 | 6.54 |
| ③無処理苗(炭) | 6.37 |
| ④孢子液苗(炭) | 6.60 |

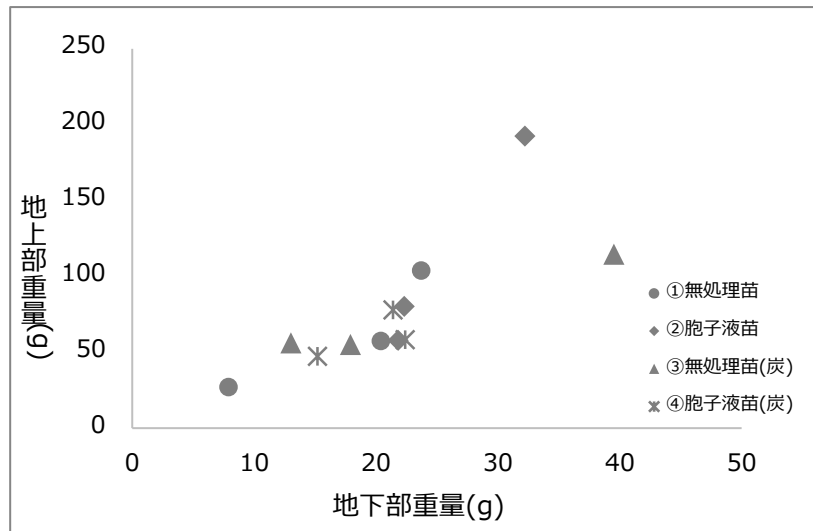


図 38 地上部・地下部重量

表 23 TR比

| | ①無処理苗 | ②孢子液苗 | ③無処理苗(炭) | ④孢子液苗(炭) |
|-----|-------|-------|----------|----------|
| TR比 | 6.61 | 8.98 | 8.45 | 7.64 |

3. 4 バカマツタケ菌床埋設試験

3. 4. 1 石巻試験地

菌床埋設約 7 か月後の平成 26 年 12 月に、バカマツタケ菌糸の様子を確認したところ、写真 18 のとおりコナラ根の断面から樹皮にかけて感染が確認された。確認後菌床を埋め戻し、翌平成 27 年 6 月に再度菌糸の様子を確認したところ写真 19 のとおり菌糸束が観察された。しかし、土地所有者の意向に伴い、当該年度をもって試験を終了することとし、試験地の撤去を行った。



写真 18 埋設約 7 か月後



写真 19 埋設約 13 か月後

3. 4. 2 大衡試験地

菌床埋設約 7 か月後の平成 28 年 12 月にバカマツタケ菌糸の様子を確認したところ、表 24 及び写真 20 のとおり、8 菌床のうち 3 菌床で菌糸の伸長が見られ、コナラの細根を覆うような状態が確認された。確認後菌床を埋め戻し、翌平成 29 年 12 月に再度菌糸の様子を確認したところ、写真 21 のとおり菌糸の生育は衰え、わずか

に残存するに留まった。さらに翌年の平成 30 年 12 月に再度コナラ根元の掘り起こしを行ったところ、写真 22 のとおり菌糸を目視で確認することはできなかった。一度目の確認の時点で菌糸の伸長が見られなかった菌床については、菌床袋内に水分が浸入していたため菌床が腐敗してしまった可能性が考えられ、水の浸入防止等手順を見直す必要があると思われる。また、一度感染が確認されたものの菌糸の生育が衰えてしまった菌床については、菌床の形状や大きさ、追加措置を考慮するほか、試験全体として対象木や根の選定、実施時期等についても、検討が必要だと考えられる。

表 24 埋設した菌床の結果

| 母樹 | 胸高直径 | 根の直径 | 容器種類 | H28 | H29 | H30 |
|------|------|-------|-------|------|-----|-----|
| コナラ① | 34cm | 2cm | 菌床袋 | 枯死 | | |
| コナラ① | 34cm | 4cm | 育苗ポット | 枯死 | | |
| コナラ② | 32cm | 4cm | 菌床袋 | 菌糸確認 | わずか | 枯死 |
| コナラ② | 32cm | 1cm | 育苗ポット | 菌糸確認 | 同程度 | 枯死 |
| コナラ③ | 32cm | 2cm | 菌床袋 | 枯死 | | |
| コナラ③ | 32cm | 3cm | 育苗ポット | 菌糸確認 | 同程度 | 枯死 |
| コナラ④ | 32cm | 1.5cm | 育苗ポット | 枯死 | | |
| コナラ⑤ | 24cm | 2cm | 育苗ポット | 枯死 | | |



写真 20 平成 28 年 12 月の様子 (感染あり, なし)



写真 21 平成 29 年 12 月の様子



写真 22 平成 30 年 12 月の様子

4 おわりに

ショウロを用いた試験では、海岸林として植栽することを前提として、当センターで保有する菌株の中から最も対塩性の高い菌株を選抜し、それに併せてクロマツコンテナ苗としての培土組成の検討を実施、試験的ではあるが、海岸林として盛土造成地に植栽を行うことができた。その中で、育苗時にあらかじめ接種を行った苗は無処理苗よりも成長率について優位性が示せたが、より簡易な方法である孢子液を用いた苗ではその優位性が示せなかったため、その手法の検討が必要である。

ショウロ子実体の発生については、事前植栽として実施した海砂・山砂客土試験地での発生は旺盛だったものの、海岸盛土造成地での発生はごくわずかに留まり、こちらについても手法の検討が課題となった。

バカマツタケを用いた試験では、一度目の試験地では菌糸の活着が良好だったものの、二度目の試験地では活着が不十分であったことから、より確実かつ簡易な手法の検討が必要となった。

最後に、本調査では大橋信彦代表をはじめとするゆりりん愛護会の皆様には多大なる御支援と御協力をいただいた。深く感謝申し上げます。

引用・参考文献

明間民雄 (2004) 木を強くするきのこ～菌根菌～ 独立行政法人森林総合研究所九州支所九州の森と林業 No. 70

明間民雄, 永守直樹, 蒲原邦行 (2006) 菌根性食用きのこショウロの発生環境について 九州森林研究 No. 59, p304-306

有吉邦夫, 西垣眞太郎, 池本省吾 (2011) II ショウロ菌感染苗木生産技術の開発 鳥取県農林総合研究所林業試験場平成 23 年度業務報告 p5-6

福里和朗, 黒木満義 (1991) 海岸防災林の活力の維持及び菌根菌の増殖技術に関する試験 (第 3 報) 宮崎県林業試験場業務報告第 23 号, 29-30

一般社団法人日本治山治水協会, 日本林道協会 (2018) 治山林道必携 (積算・施工編) 下巻平成 30 年度版 p1544-1545

溝口哲生, 森口直哉, 貞清秀男, 出田龍彰 (2014) 在来菌根菌を活用した海岸クロマツ林の健全育成技術の

開発 長崎県農林技術開発センター研究報告第 5 号 p65-73

小川真 (2007) 炭と菌根でよみがえる松 築地書館 p39, p267

小川真, 伊藤武, 栗栖敏浩 (2012) 海岸林再生マニュアル炭と菌根を使ったマツの育苗・育林・管理

篠宮佳樹, 小野賢二, 今矢明宏, 坂本知己 (2014) 海岸防災林再生における盛土された土壌の物理性 土壤物理学大会講演要旨集, p105-106

鈴木博美, 菅原冬樹 (2018) ショウロ (*Rhizopogon roseolus*) を接種したクロマツの成長

藤堂千景 (2010) アカマツ林に埋設したホンシメジの発生事例 兵庫県農林水産技術総合センター研究報告〔森林林業編〕第 56 号, 5-10

富川康之 (2006) 子実体懸濁液散布によるクロマツ苗畑でのショウロ栽培 島根県中山間地域研究センター研究報告 No. 2, 43-49

放射性物質対策を講じた安全で高品質なきのこの生産技術の開発及び 県産きのこの母菌維持管理・劣化対策に関する研究

渡邊 広 大, 目黒 渚, 今 埜 実 希

要 旨

菌床シイタケに海藻を添加したところ、アミノ酸含有量が増加する傾向が見られ、菌床ハタケシメジではアカモクとゼオライトを添加した試験区で増収効果が示唆された。また、ハタケシメジをビニールハウス内の簡易施設で栽培したところ、温床線等を用いることで、野外栽培の品質と同等の子実体をきのこの需要が高まる冬季に収穫することができた。ムラサキシメジの野外栽培においては、落ち葉マウンド法を用いた場合、使用するパーク堆肥の放射性物質濃度等によらず、伏せ込み 1 年目は食品基準値の 100Bq/kg を大きく下回る子実体が、2 年目は 100Bq/kg 前後の子実体が発生することが確認された。さらに、ハタケシメジ菌株維持管理のため、エノキタケの菌株性能判別法として報告されている Y B L B 法について、適用可能か検証を行った。

キーワード : シイタケ, ハタケシメジ, ムラサキシメジ, 海藻添加, 簡易施設栽培

なお、研究内容が下記のとおり多岐にわたるため、それぞれの項目に分けて報告する。

- 海藻添加試験
- ハタケシメジ簡易施設栽培試験
- ムラサキシメジ放射性物質対策試験
- ハタケシメジ菌株維持管理技術開発 (Y B L B 法)

海藻添加試験

1 はじめに

きのこ栽培において、価格の低迷や燃料費の高騰、風評被害などにより、生産者を取り巻く環境は厳しさを増している。

そのような中、消費者からは高品質で安心・安全な食品が求められており、きのこ栽培についてもそのような需要に応える必要がある。

菌床きのこ栽培において、培地は発生するきのこに直接影響を与えるものであり、基材のほかに加える添加物は収量や培養日数等を左右する重要な材料である。

その添加物は安価で大量に流通している米ぬかやフスマ、コーンコブミールなどが使用されているが、一部の添加物は海外から輸入されたもので、残留農薬に対する懸念があるものもある。

菌床しいたけについては、添加物を検討するため、乾燥オカラと消石灰 (水谷ら, 2012) や紀州備長炭 (杉本, 2016)、ワカメ乾燥粉末 (阿部, 2003) など、地域の状況に即した様々な添加試験が各研究機関で実施されており (寺島, 2010)、菌糸伸長の促進や増収効果などが報告されている。

そこで、宮城県は全国有数のワカメを中心とした海藻の生産県であることから、増収効果や品質向上、既存の栄養剤に代わる安全な資材、加えておが粉から子実体への放射性物質低減効果など、高品質で安全な

きのこ栽培に寄与することを目的として、培地への海藻添加による栽培試験を行うこととした。

2 試験方法

2. 1 菌床シイタケ海藻添加試験Ⅰ：収量・品質向上

平成 25 年度に、当センター施設内において、菌床しいたけ海藻添加試験を実施した。

供試した海藻は株式会社太平昆布から購入した乾燥ワカメ、粘性の高いコンブ（商品名：磯とろろ、以下、粘性コンブ）、高い旨味を持つとされるコンブ（商品名：養殖コンブ、以下、だしコンブ）の 3 種類を粒径 3mm 程度にしたものを用いた。

おが粉はコナラ単一とし、標準的な粒径のロット（粒径 2mm 以下のもの、以下、おが粉）と粗い粒径のロット（粒径 5mm 以上のもの、以下、ナバチップ）の 2 種類を用い、栄養源としてはフスマ並びにコメヌカを用いた。これらの材料（おが粉：ナバチップ：フスマ：コメヌカ）を乾物重量比で 5：5：1：1 に混合し、表 1 のとおり各海藻の乾燥粉末を培地重量比で 3% 添加した。培地の含水率を約 57～60% に調整した後、培地をポリプロピレン製栽培袋に 1.2kg 充填し、釜内温度 118.5℃ で 120 分間高圧殺菌を行い、一夜放冷後、供試種菌は森産業㈱・森 XR1 号菌とし、種菌を 1 菌床あたり約 30～40 g 接種した。接種後は、温度 20～22℃、湿度 65～75% の環境下で 80 日間培養を行った。発生は、菌床を栽培袋から完全に取出し、菌床全体を冷水で軽く洗い流した後、温度 20℃、湿度 90% 以上の環境下で行った。子実体の収穫は 7～8 分開きの状態で行い、菌床ごとに収量と等級（M・S）について調べた。

子実体の品質については、破断試験による歯ごたえの比較と、8 名による食味調査を実施した。破断試験は、各菌床につき直径が約 5cm で傘の開きが同程度の子実体を 1 個選別し、各処理につき 12 個の子実体について、テクスチャーアナライザー（山電 RE2-3305）を用いて破断試験を実施した。

食味調査の調理方法は、子実体をアルミホイルに包み、一定時間ボイルした後、4 試験区について「おいしい」と感じた順番に記録を付けた。

収穫した子実体を冷凍保存していた試料 3 検体を用いて、成分分析を実施した。無機成分は 8 種（Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Zn, P）について、誘導結合プラズマ発光分光分析装置（ICP-OES：IRIS-AP ジャーレルアッシュ）を使用した。またアミノ酸 18 種について、アミノ酸分析用高速液体クロマトグラフィー（日本分光株式会社 FP-1520s(蛍光)MD-1515(UV-vis)) を使用し、含有量を調べた。

表 1 試験区と添加割合

| 試験区 | 添加割合（培地重量比） | 菌床数 |
|-------|-------------|-----|
| 対照区 | — | 12 |
| ワカメ | 3% | 12 |
| 粘性コンブ | 3% | 12 |
| だしコンブ | 3% | 12 |

2. 2 菌床しいたけ海藻添加試験Ⅱ：放射性物質低減化

平成 25 年度に、2.1 試験と並行して、当センター施設内において、菌床しいたけ海藻添加試験を実施した。

放射性物質を含むおが粉に、それぞれゼオライト 3%、ワカメ 3%、ゼオライト 3%+ワカメ 3%を添加し、

2.1 と同様の条件で表 2 のとおり栽培試験を実施した。添加したワカメは 2.1 と同様の乾燥ワカメ、ゼオライト（商品名：ゼオライト CP、粒径 0.2 mm 以下が 80% 以上、以下ゼオライト）を使用した。殺菌後の各培地の放射性物質濃度は表 2 のとおりである。子実体の収穫は 7～8 分開きの状態で行い、菌床ごとに収量と等級（M・S）について調べ、放射性物質濃度は、900ml ポリ容器を用いて、測定時間は下限値が 25Bq/kg 以下になるように設定し、NaI（T1）シンチレーションスペクトロメータ（EMF ジャパン社製 EMF211 型ガンマ線スペクトロメータ）にて測定を行った。

表 2 試験区と添加割合

| 試験区 | 添加割合 (培地重量比) | 菌床数 | 培地の放射性物質濃度 (Bq/kg) |
|------------|-----------------|-----|-----------------------|
| 対照区 | — | 18 | 323.71 |
| ワカメ | 3% | 18 | 301.85 |
| ゼオライト | 3% | 18 | 297.05 |
| ゼオライト, ワカメ | 各3% | 18 | 295.3 |

2. 3 菌床しいたけ海藻添加試験Ⅲ：収量・品質向上

平成 26 年度に、2.1 試験の結果ワカメ添加区が良好であったことから、試験区に比較的安価で入手可能なアカモクを候補に加え、当センター施設内において、菌床しいたけ海藻添加試験を実施した。

供試した海藻は表 3 のとおりで、加工残渣物を対象とし、宮城県畜産試験場から提供を受けた日立造船（株）製 KDS（Kinetic Disintegration System）装置で乾燥させたワカメの根部と純度の異なるワカメの茎部（A・B）、（株）シーフーズあかまから提供を受けた冷凍されたアカモクを約 2 cm 幅で細断し、恒温乾燥機で 45℃ 数日乾燥させ揉みほぐしたものをを用いた。各海藻の乾燥粉末は培地重量比で 3% 添加し、2.1 試験と同様に菌床調整、栽培を行った。発生は、菌床を栽培袋から完全に取出し、菌床全体を冷水で軽く洗い流した後、温度 20℃、湿度 90% 以上の環境下で行った。子実体の収穫は 7～8 分開きの状態で行い、菌床ごとに収量と等級（M・S）について調べ、11 名による食味試験を実施した。食味調査の調理方法は、子実体をアルミホイルに包み、一定時間ボイルした後、各試験区について「おいしい」と感じた順番に記録を付けた。収穫した子実体を乾燥保存していた試料 2 検体を用いて、アミノ酸 18 種について、UPLC H-Class (SQD2)（日本ウォータース株式会社製）を使用し、測定手法は AccQ・Tag Ultra アミノ酸分析システム（日本ウォータース株式会社製）により、含有量を調べた。

表 3 試験区と添加割合

| 試験区 | 添加割合 (培地重量比) | 菌床数 |
|--------|--------------|-----|
| 対照区 | — | 12 |
| アカモク | 3% | 12 |
| ワカメ根部 | 3% | 12 |
| ワカメ茎部A | 3% | 12 |
| ワカメ茎部B | 3% | 12 |

2. 4 菌床シイタケ海藻添加試験Ⅳ：放射性物質低減化

平成 26 年度に、2.2 試験の結果から放射性物質低減化の可能性が示唆されたため、2.3 と同様に試験区に比較的安価で入手可能なアカモク加工残渣物を候補に加え、当センター施設内において、菌床しいたけ海藻添加試験を実施した。

放射性物質を含むおが粉に、表 4 のとおり、2.3 試験と同様に処理を行った海藻粉末ワカメの根部とワカメの茎部 (A)、アカモクを用い、各海藻の乾燥粉末を培地重量比で 3%又は 5%添加し、2.1 試験と同様に菌床調整、栽培を行った。殺菌後の各培地の放射性物質濃度は表 4 のとおりである。発生は、菌床を栽培袋から完全に取出し、菌床全体を冷水で軽く洗い流した後、温度 20℃、湿度 90%以上の環境下で行った。子実体の収穫は 7~8 分開きの状態で行い、収量と放射性物質濃度を測定した。放射性物質濃度の測定は、900ml ポリ容器を用いて、測定時間は下限値が 25Bq/kg 以下になるように設定し、NaI (Tl) シンチレーションスペクトロメータ (EMF ジャパン社製 EMF211 型ガンマ線スペクトロメータ) にて測定を行った。

表 4 試験区と添加割合

| 試験区 | 添加割合 (培地重量比) | 菌床数 | 培地の放射性物質濃度 (Bq/kg) |
|----------|-----------------|-----|-----------------------|
| 対照区 | — | 15 | 277.41 |
| アカモク | 3% | 15 | 285.11 |
| ワカメ根部 | 3% | 15 | 272.05 |
| ワカメ茎部A3% | 3% | 15 | 274.77 |
| ワカメ茎部A5% | 5% | 15 | 266.37 |

2. 5 ハタケシメジ海藻添加試験Ⅰ：収量・品質向上

平成 26 年度に、2.1, 2.2 試験の結果から、シイタケでの海藻等の添加による増収効果の可能性が示唆されたため、宮城県で品種登録を行っているハタケシメジ (みやぎ LD2 号) についても同様の効果が期待できるか検討するため、当センター施設内において、ハタケシメジ海藻添加試験を実施した。併せて、平時添加物として使用しているコーンコブミールは増収効果がある一方で、外国産が主流であり、安全性を懸念し代替品を求める声があることや、雑菌汚染の原因となる可能性 (小山, 2014) があることなどから、海藻等がコーンコブミールの代替資材になり得るかについて検討した。

供試したものは 2.3 及び 2.4 試験で使用したワカメの根部と茎部、アカモクの 3 種類のほかに 2.2 試験で使用したゼオライトと、平時使用しているコーンコブミールを加えた試験区を表 5 のとおり設けた。おが粉はスギを用い、栄養源としてフスマ、発酵副産物を主体とした栄養材 (商品名: ネオビタス N, 以下ネオビタス) を用いた。これらの材料 (おが粉: フスマ: ネオビタス) を培地重量比で 6: 4: 1 に混合し、各資材を表 5 のとおり培地重量比で 3 から 6%添加した。培地の含水率を約 67%に調整した後、培地をナメコ広口瓶に 500g 充填し、釜内温度 120℃で 120 分間高压殺菌を行い、一夜放冷後、ハタケシメジ「みやぎ LD2 号」を供試菌株として、1 瓶あたり 45g 程度接種した。接種後は温度 22℃、湿度 65~75%の環境下で 73 日間管理を行った。発生操作は菌床表面を菌掻きして行い、温度 16℃、湿度 95%で管理を行った。発生した子実体は瓶ごと、収量及び発生操作から収穫までの生育日数、菌傘の直径及び菌柄の長さを計測した。

計測後、子実体を乾燥させ、アミノ酸 18 種について、UPLC H-Class (SQD2) (日本ウォーターズ株式会社製) を使用し、測定手法は AccQ・Tag Ultra アミノ酸分析システム (日本ウォーターズ株式会社製) により、含有量の測定を行った。

表 5 試験区と添加割合

| 試験区 | 表記 | 添加割合 (培地重量比) | 菌床数 |
|------------|-----|--------------|-----|
| 対照区 | C | — | 20 |
| コーンコブミール | CC | 5% | 20 |
| アカモク | A | 3% | 20 |
| ワカメ茎部A | WSa | 3% | 20 |
| ワカメ根部 | WR | 3% | 20 |
| ゼオライト | Z | 3% | 20 |
| アカモク・ゼオライト | AZ | 各3% | 20 |

2. 6 ハタケシメジ海藻添加試験Ⅱ：収量・品質向上・放射性物質低減化

平成 27 年度に、2.5 試験の結果から、添加物の添加量を再度検討するため、添加割合を変更し、当センター施設内において、ハタケシメジ海藻添加試験を実施した。

供試したものは 2.3, 2.4, 2.5 試験で使用したワカメの根部とアカモクの 2 種類で、海藻のほかに放射性物質低減化を図るためゼオライトとコーンコブミールを加えた試験区を表 6 のとおり設けた。

おが粉はスギを用い、放射性物質を含むおが粉 (87.45Bq/kg) と不検出のおが粉を同量用いて、フスマ及びネオビタスを加え、培地重量比で 6 : 4 : 1 に混合し、表 6 のとおり培地重量比で 3 から 6 % 添加した。培地の含水率を約 67% に調整した後、培地をナメコ広口瓶に 500g 充填し、釜内温度 120℃ で 90 分間高圧殺菌を行い、一夜放冷後、ハタケシメジ「みやぎ LD2 号」を供試菌株として、1 瓶あたり 45g 程度接種した。殺菌後の各培地の放射性物質濃度は表 6 のとおりである。接種後は温度 22℃、湿度 65~75% の環境下で 70 日間程度管理を行った。発生操作は菌床表面を菌掻きして行い、温度 16℃、湿度 95% で管理を行った。発生した子実体は瓶ごと、収量及び発生操作から収穫までの生育日数、菌傘の直径及び菌柄の長さを計測した。計測後、子実体を乾燥させ、アミノ酸 18 種について、UPLC H-Class (SQD2) (日本ウォーターズ株式会社製) を使用し、測定手法は AccQ・Tag Ultra アミノ酸分析システム (日本ウォーターズ株式会社製) により含有量を、放射性物質濃度を NaI シンチレーション (パーキンエルマ社製ガンマカウンタ) にて測定を行った。

表 6 試験区と添加割合

| 試験区 | 表記 | 添加割合 (培地重量比) | 菌床数 | 培地の放射性物質濃度 (Bq/kg) |
|--------------------------------|---------|--------------------------------|-----|-----------------------|
| 対照区 | C | — | 16 | 56.76 |
| コーンコブミール | CC | 5% | 16 | 38.42 |
| アカモク | A | 3% | 16 | 53.76 |
| ゼオライト | Z | 3% | 16 | 40.6 |
| アカモク・ゼオライト | AZ | 各3% | 16 | 37.45 |
| アカモク・ワカメ根部 | A3WR1 | アカモク3%・ ワカメ根部1% | 16 | 39.49 |
| アカモク3%・ ゼオライト3%・ ワカメ根部1% | A3Z3WR1 | アカモク3%・ ゼオライト3%・ ワカメ根部1% | 16 | 36.9 |
| アカモク2%・ ゼオライト2%・ ワカメ根部1% | A2Z2WR1 | アカモク2%・ ゼオライト2%・ ワカメ根部1% | 16 | 45.35 |
| アカモク1%・ ゼオライト1%・ ワカメ根部1% | A1Z1WR1 | 各1% | 16 | 52.81 |

2. 7 ハタケシメジ海藻添加試験Ⅲ：収量・品質向上

平成 30 年度に、2.6 試験の結果から、供試する海藻をアカモクに絞り、添加量を詳細に検討するため、当センター施設内において、ハタケシメジ海藻添加試験を実施した。

供試したのはアカモクとコーンコブミールで、添加割合は表 7 のとおりとした。

アカモクは廃棄資材として株式会社シーフーズあかまから提供を受け、冷凍保存されていたものを解凍し、水漬けしながら異物の除去後、約 1 日間天日干しを行った。その後、15cm 程度に細断し、恒温乾燥機にて 50℃ 4 日間乾燥させ、揉みほぐして 1 cm 程度に粉碎したものを利用した。

おが粉はスギを用い、フスマ及びネオビタスを加え、培地重量比で 6 : 4 : 1 に混合し、表 7 のとおり培地重量比で 1 から 7 % 添加した。培地の含水率を約 67% に調整した後、培地をナメコ広口瓶に 500g 充填し、釜内温度 120℃ で 90 分間高圧殺菌を行い、一夜放冷後、ハタケシメジ「みやぎ LD2 号」を供試菌株として、1 瓶あたり 45g 程度接種した。接種後は温度 22℃、湿度 65~75% の環境下で 70 日間程度管理を行った。発生操作は菌床表面を菌掻きして行い、温度 16℃、湿度 95% で管理を行った。

発生した子実体は瓶ごと、収量及び発生操作から収穫までの生育日数、菌傘の直径及び菌柄の長さを計測した。計測後、子実体を乾燥させ、アミノ酸 18 種について、UPLC H-Class (SQD2) (日本ウォーターズ株式会社製) を使用し、測定手法は AccQ・Tag Ultra アミノ酸分析システム (日本ウォーターズ株式会社製) により、含有量を測定した。

表 7 試験区と添加割合

| 試験区 | 表記 | 添加割合 (培地重量比) | 菌床数 |
|----------|----|--------------|-----|
| 対照区 | C | — | 16 |
| コーンコブミール | CC | 7% | 16 |
| アカモク7% | A7 | 7% | 16 |
| アカモク5% | A5 | 5% | 16 |
| アカモク3% | A3 | 3% | 16 |
| アカモク1% | A1 | 1% | 16 |

3 結果

3. 1 菌床シイタケ海藻添加試験 I : 収量・品質向上

各試験区における子実体の平均収量及び等級ごとの個数を表 8, 図 1 に示す。

子実体の収量について比較 (TukeyHSD, $p < 0.05$) すると, 粘性コンプ添加区は対照区と有意差はなかったものの, ワカメ添加区及びだしコンプ添加区で有意に収量が増える結果となった。特にワカメ添加区で最も良い収量を示し, 子実体の等級区分も M サイズ以上のものが多く, 奇形等が少ない優れた形質を示した。

子実体の強度を対照区の結果を 1 として比を求めると, 図 2 のとおりとなった。試験区内を比較 (Tukey-KramerHSD, $p < 0.05$) すると, ワカメ添加区及び粘性コンプ添加区で有意な差が見られ, 歯ごたえのある子実体が得られることがわかった。

子実体の食味試験の結果を表 9 に示す。試験区の中で評価が最も高かった試験区はワカメ添加区となり, 対照区よりも好まれる食味であったことがわかった。

子実体の無機成分の分析結果を表 10 に示す。その結果, 対照区と比較 (Tukey-KramerHSD, $p < 0.05$) して有意に含有量が増加する項目は見られなかった。

子実体のアミノ酸分析結果を図 3 に示す。その結果を比較 (Tukey-KramerHSD, $p < 0.05$) すると, 対照区以外の海藻添加区で, 苦味成分とされるリシン, イソロイシン, ロイシンが減少し, さらにワカメ添加区では酸味や旨味成分とされるアスパラギンやグルタミン酸が増加していることがわかった。

以上のことから, 本試験区では, ワカメ添加区において, 収量や歯ごたえ, アミノ酸含有量が優れていることが確認された。

表 8 平均収量と等級ごとの個数

| | 収量(g) | M以上 | S+ 奇形 | 総個数 |
|-------|-------|-----|-------|-----|
| 対照区 | 288.6 | 8 | 3 | 10 |
| ワカメ | 474.7 | 14 | 11 | 25 |
| 粘性コンプ | 296.6 | 8 | 7 | 15 |
| だしコンプ | 394.7 | 11 | 21 | 32 |

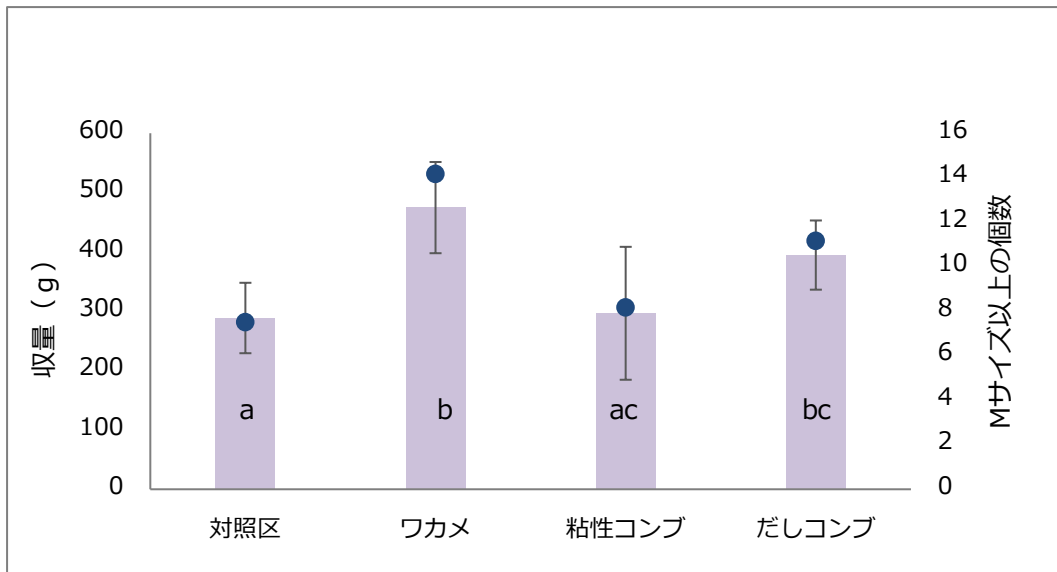


図1 収量とMサイズ以上の個数（以下エラーバーは標準偏差を，異なるアルファベットは有意差を表す）

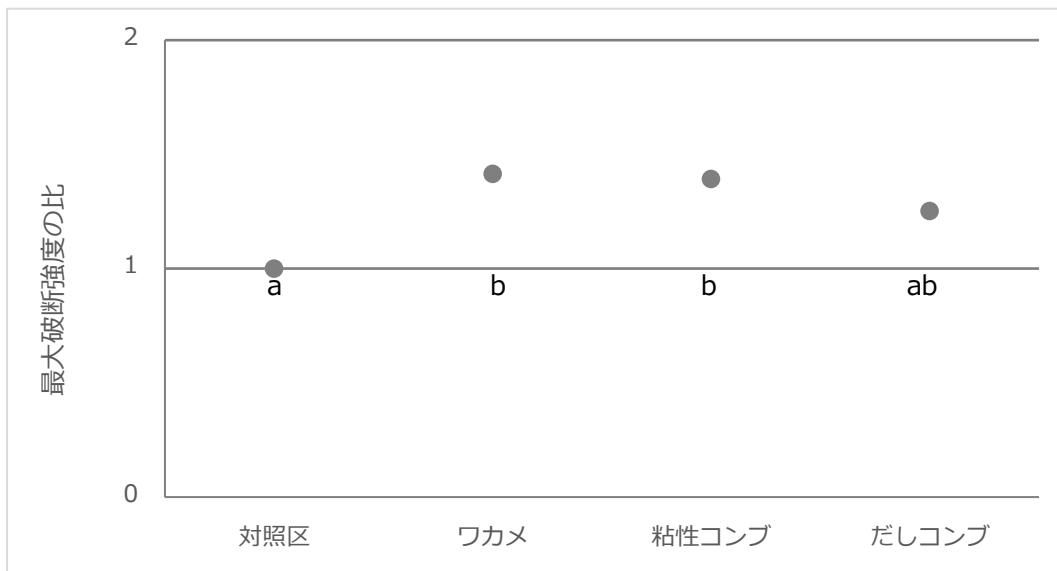


図2 破断強度比

表9 食味試験結果

| | 評価1位 | 評価2位 | 評価3位 | 評価4位 |
|-------|------|------|------|------|
| 対照区 | 1人 | 2人 | 3人 | 2人 |
| ワカメ | 6人 | 1人 | 1人 | 0人 |
| 粘性コンブ | 1人 | 3人 | 2人 | 2人 |
| だしコンブ | 1人 | 1人 | 2人 | 4人 |

表 10 無機成分含有量 (mg/100g)

| | Ca | Cu | Fe | K | Mg | Mn | Zn | P |
|-------|-----|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| 対照区 | 7.6 | 0.34 | 3.1 | 2600 | 150 | 2 | 11 | 750 |
| ワカメ | 7.1 | 0.28 | 3.9 | 2700 | 150 | 1.7 | 8.8 | 800 |
| 粘性コンブ | 4.9 | 0.27 | 3.5 | 2800 | 130 | 1.7 | 7.2 | 680 |
| だしコンブ | 7.7 | 0.26 | 3.7 | 2800 | 130 | 1.6 | 7.7 | 640 |

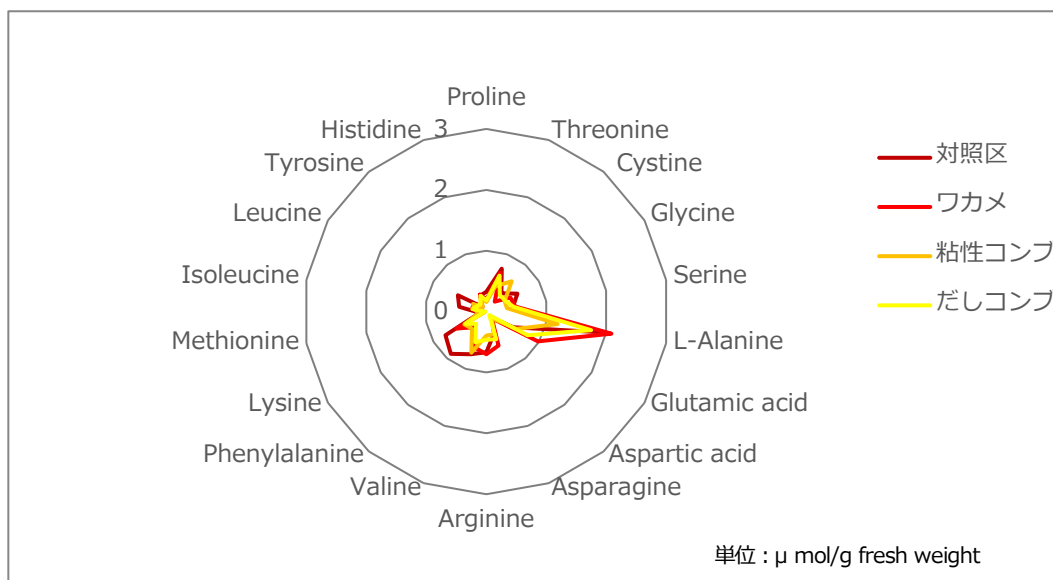


図 3 アミノ酸分析結果



写真 1 発生した子実体 (左 : 対照区, 右 : ワカメ添加区)

3. 2 菌床しいたけ海藻添加試験Ⅱ : 放射性物質低減化

各試験区における子実体の平均収量及び等級ごとの個数を表 11, 図 4 に示す。

子実体の収量について比較 (Kruskal-Wallis 検定 Steel-Dwass の多重比較, $p < 0.05$) すると, 対照区とワカメ添加区での有意な差は見られなかったものの, ワカメ添加区で増加する傾向を示した。また, ワカメ添加区での M サイズ以上の子実体割合は対照区とおおむね同等で, 個数は対照区を超える結果となった。一方で, ゼオライト添加区及びゼオライト・ワカメ添加区においては発生操作以降ほとんど原基の発生が見られず, わずかに発生したものも奇形や生育せず枯死するものが多く見られたため, 収量はごくわずかとなった。

子実体の放射性物質濃度及び培地から子実体への放射性物質移行率を表 1 2, 図 5 に示す。対照区及びワカメ添加区について発生した子実体の放射性物質を比較 (t 検定, $p < 0.05$) したところ, ワカメ添加区で有意に低い値を示した。また, 移行率についても, ワカメ添加区で低い傾向を示したことから, 菌床シイタケにおいて, 培地にワカメを添加すると, 放射性物質低減の可能性があることが示唆された。

ゼオライト添加による発生不良については, ゼオライトを添加したことにより何らかの障害が発生したため, 子実体の生育に影響が生じたと考えられる。ゼオライトの添加については添加量や添加する粒度などの検討の余地があるものの, ワカメ添加区で放射性物質低減効果の可能性が示唆されたため, 菌床シイタケへの添加試験はワカメを中心に検討を継続することとした。

表 11 平均収量と等級ごとの個数

| | 収量(g) | M以上 | S+ 奇形 | 総個数 |
|-----------|-------|-----|-------|-----|
| 対照区 | 282.3 | 7 | 3 | 10 |
| ワカメ | 339.0 | 11 | 7 | 18 |
| ゼオライト | 27.5 | 0 | 4 | 4 |
| ワカメ・ゼオライト | 4.5 | 0 | 1 | 1 |

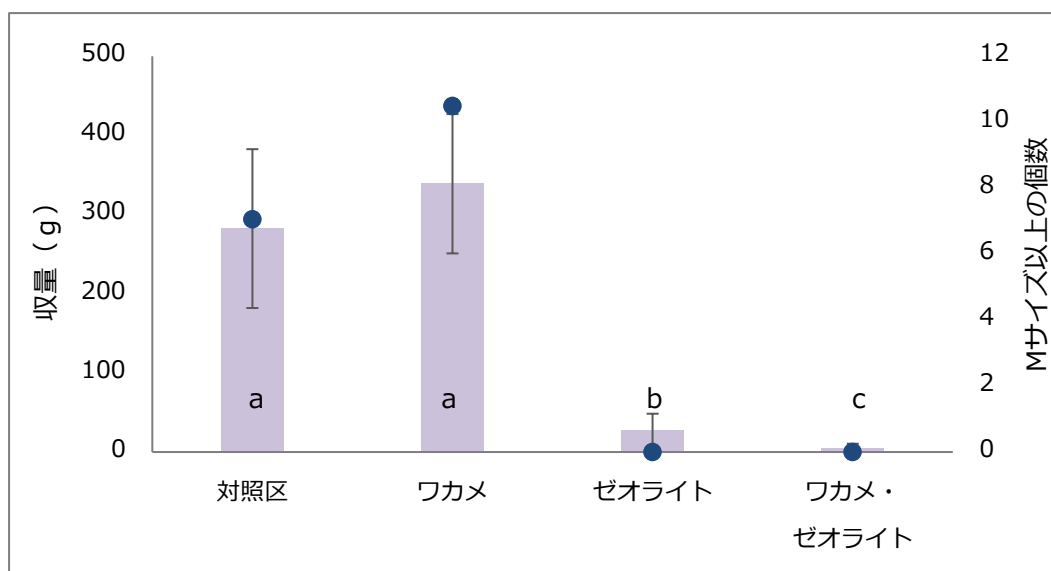


図 4 平均収量と M サイズ以上の個数

表 12 子実体の放射性物質濃度と移行率

| 試験区 | 培地の放射性物質濃度 (Bq/kg) | 子実体の放射性物質濃度 (Bq/kg) | 移行率 |
|------------|-----------------------|------------------------|------|
| 対照区 | 323.71 | 95.56 | 0.30 |
| ワカメ | 301.85 | 61.26 | 0.20 |
| ゼオライト | 297.05 | — | — |
| ゼオライト, ワカメ | 295.3 | — | — |

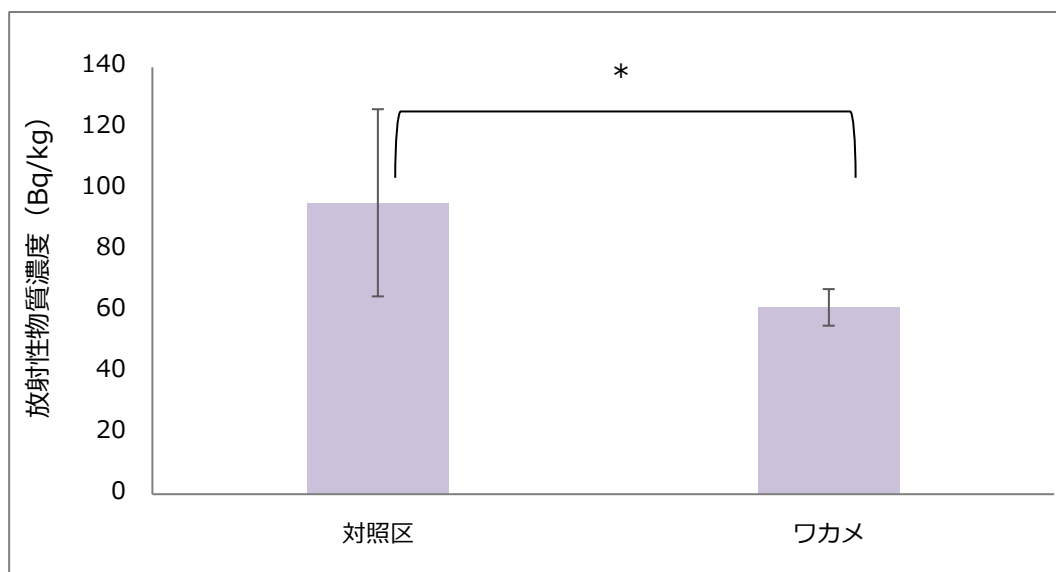


図5 子実体の放射性物質濃度 (*は有意差を表す)



写真2 発生した子実体 (左: 対照区, 右: ゼオライト添加区)

3. 3 菌床シイタケ海藻添加試験Ⅲ: 収量・品質向上

各試験区における子実体の平均収量及び等級毎の個数を表 13, 図 6 に示す。

子実体の収量について比較 (Kruskal-Wallis 検定 Steel-Dwass の多重比較, $p < 0.05$) すると, 対照区での収量が最も高く, 子実体の等級区分も M サイズ以上の割合が高い結果となった。

海藻添加区については, ワカメ茎部 B 添加区の収量が高く, アカモク添加区が続く結果となった。しかし, 海藻添加区においては, ワカメ茎部 B 添加区を除き, 子実体発生管理中にカビの発生が多く見られ, 特にワカメ茎部 A 添加区では被害が著しく, 子実体が全く発生しなかった。

子実体の食味試験の結果を表 14 に示す。試験区の中で評価が最も高かった試験区はワカメ根部添加区で, ワカメ茎部 B 添加区が続き, 対照区よりも好まれる結果となった。

子実体のアミノ酸分析結果を図 7 に示す。その結果を比べると, ワカメ根部添加区で甘味や旨味成分とされるアラニン及びグルタミン酸が大幅に増加する傾向が見られ, アカモク添加区で甘味成分とされるセリン, アラニンが増加する傾向が見られた。検体数が不足したため統計処理ができず, 傾向を見るに留まったが, 海藻添加によりシイタケ子実体の甘味, 旨味成分が向上する可能性が示唆された。

アカモク添加区、ワカメ根部添加区、ワカメ茎部 A 添加区における発生不良については、海藻の塩分による影響や、添加量が過剰であったため、シイタケ菌糸の蔓延が不十分となり、害菌が増殖しやすい状況となってしまう可能性が考えられた。そのため、海藻の添加量や添加する際の前処理については、検討の必要がある。

表 13 平均収量と等級ごとの個数

| | 収量(g) | M以上 | S+ 奇形 | 総個数 |
|--------|-------|-----|-------|-----|
| 対照区 | 373.2 | 10 | 4 | 14 |
| アカモク | 167.9 | 4 | 4 | 8 |
| ワカメ根部 | 59.1 | 2 | 1 | 3 |
| ワカメ茎部A | 0.0 | 0 | 0 | 0 |
| ワカメ茎部B | 253.7 | 8 | 11 | 19 |

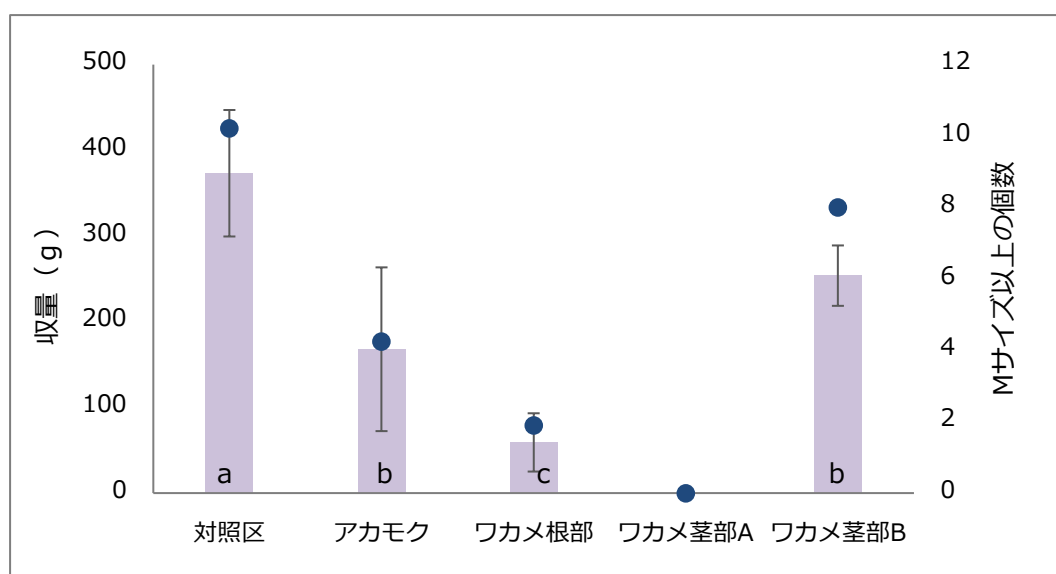


図 6 平均収量と M サイズ以上の個数

表 14 食味試験結果

| | 評価1位 | 評価2位 | 評価3位 | 評価4位 |
|--------|------|------|------|------|
| 対照区 | 1人 | 2人 | 1人 | 7人 |
| アカモク | 0人 | 4人 | 6人 | 2人 |
| ワカメ根部 | 6人 | 1人 | 2人 | 1人 |
| ワカメ茎部A | — | — | — | — |
| ワカメ茎部B | 4人 | 4人 | 2人 | 1人 |

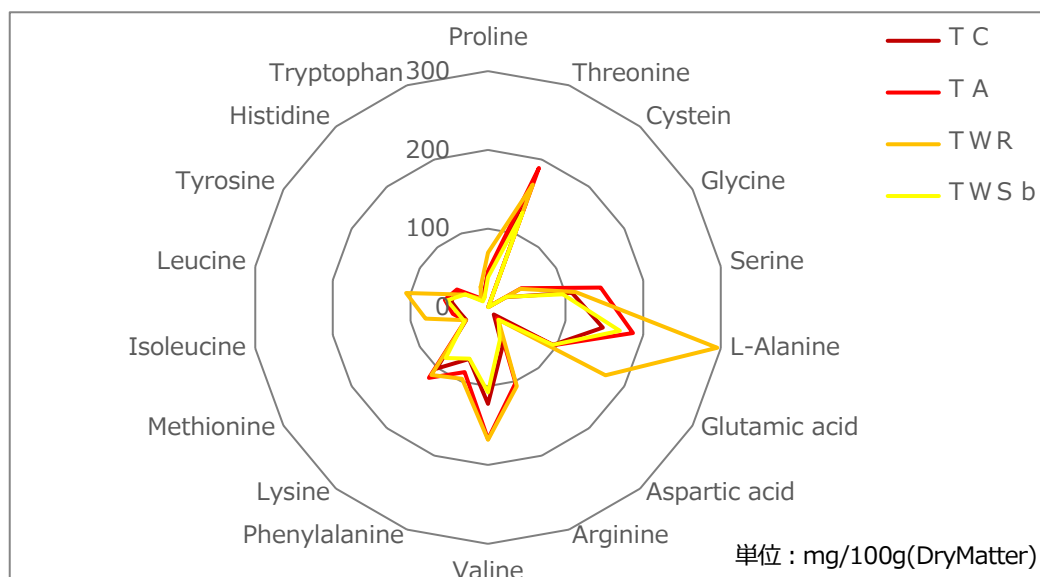


図7 アミノ酸分析結果



写真3 発生した子実体 (左: 対照区, 右: ワカメ茎B添加区)

3. 4 菌床シイタケ海藻添加試験Ⅳ: 放射性物質低減化

各試験区における子実体の平均収量を図8に示す。

子実体の収量について比較 (TukeyHSD, $p < 0.05$) すると, 対照区での収量が最も高い結果を示し, 海藻添加区についてはアカモク添加区の収量が高い結果を示した。

海藻添加区については, 3.3と同様にカビの発生が見られ, 子実体の発生が十分ではなく, 特にワカメ茎部A 5%添加区においては子実体が全く発生しなかった。このことについては3.3と同様の要因が考えられるため, 海藻の添加量や前処理の手順について, 検討が必要である。

子実体の放射性物質濃度及び培地から子実体への放射性物質移行率を表15, 図9に示す。

発生した子実体の放射性物質濃度を比較 (TukeyHSD, $p < 0.05$) すると, 対照区よりも海藻添加区で有意に低い傾向を示した。海藻添加区の中ではワカメ根部添加区が最も低くなり, 培地から子実体への放射性物質移行率も0.15と非常に低い値を示した。このことから, 菌床しいたけにおける放射性物質濃度は, 海藻の添加により低減化できる可能性が示された。

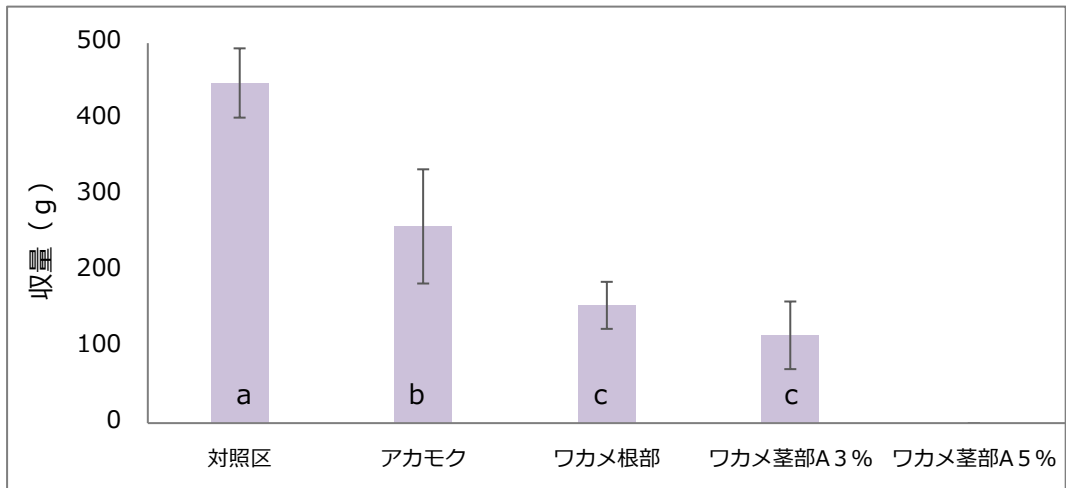


図8 子実体の平均収量

表 15 子実体の放射性物質濃度と移行率

| 試験区 | 培地の放射性物質濃度 (Bq/kg) | 子実体の放射性物質濃度 (Bq/kg) | 移行率 |
|----------|-----------------------|------------------------|------|
| 対照区 | 277.41 | 84.04 | 0.30 |
| アカモク | 285.11 | 57.12 | 0.20 |
| ワカメ根部 | 272.05 | 39.93 | 0.15 |
| ワカメ茎部A3% | 274.77 | 58.22 | 0.21 |
| ワカメ茎部A5% | 266.37 | — | — |

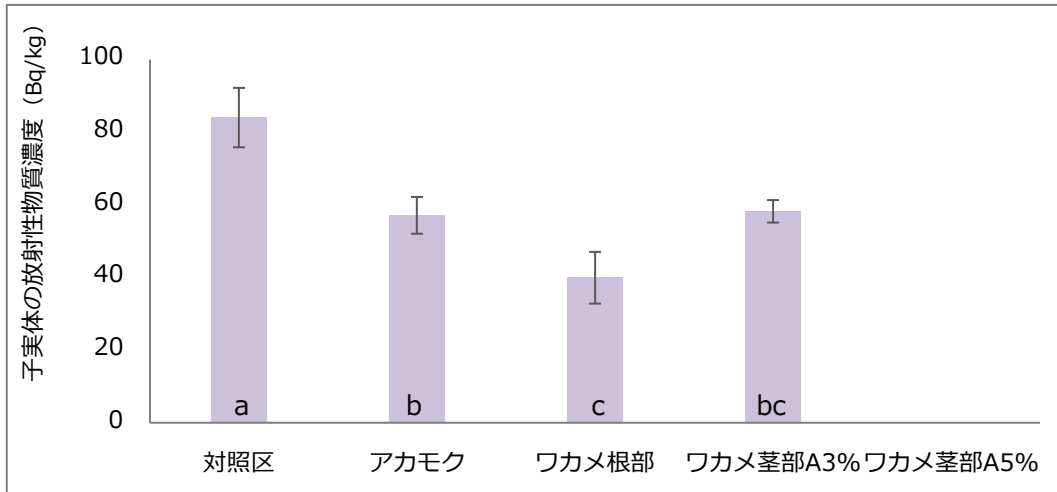


図9 子実体の放射性物質濃度



写真4 発生した子実体（左：対照区，右：アカモク添加区）

3. 5 ハタケシメジ海藻添加試験 I：収量・品質向上

各試験区における子実体の収量及び生育日数を図 10 に示す。

子実体の収量について比較 (TukeyHSD, $p < 0.05$) すると、コーンコブミール添加区及びアカモク添加区、ゼオライト添加区並びにアカモク・ゼオライト添加区で有意に対照区よりも高い収量を示した。これらの添加区の中では、アカモク・ゼオライト添加区が最も高く、そのほかの添加区が同等となった。

生育日数については、アカモク添加区及びゼオライト添加区、アカモク・ゼオライト添加区で、対照区及びコーンコブミール添加区よりもわずかに短くなる傾向を示した。一方で、ワカメ根添加区で対照区よりも 10 日以上生育日数に時間を要した。このことについては、子実体が全く発生しなかったワカメ茎部 A 添加区も含め、3.3, 3.4 試験と同様にワカメに含まれる塩分が過剰であったため、菌糸の伸長や子実体の発生に影響したと考えられる。

菌傘の直径及び菌柄の長さ、その比で菌傘の直径を菌柄の長さで除した菌傘菌柄比を図 11 に示す。ワカメ根添加区を除く試験区は概ね同程度の形質を示し、良好な子実体の形状となった。ワカメ根添加区では、菌傘は他試験区と同程度であるものの、菌柄が短い傾向を示し、菌傘菌柄比が 0.5 と高く、商品として形質にやや問題を残す結果となった。

子実体のアミノ酸分析結果を図 12 に示す。

その結果を比べると、アカモク・ゼオライト添加区及びゼオライト添加区で対照区よりもアミノ酸含有量が全体的に増加する傾向が見られた。一方で、コーンコブミール添加区及びアカモク添加区、ワカメ根添加区で対照区よりもアミノ酸含有量が減少する傾向が見られ、旨味・甘味だけが増加する試験区や苦味のみを抑えられる試験区は見られなかった。

収量及び形質、生育日数を踏まえ、増収材としてコーンコブミール及びアカモク、ゼオライトの添加は効果があることが確認された。また、アカモク及びゼオライトはコーンコブミール代替資材になり得る可能性が示された。

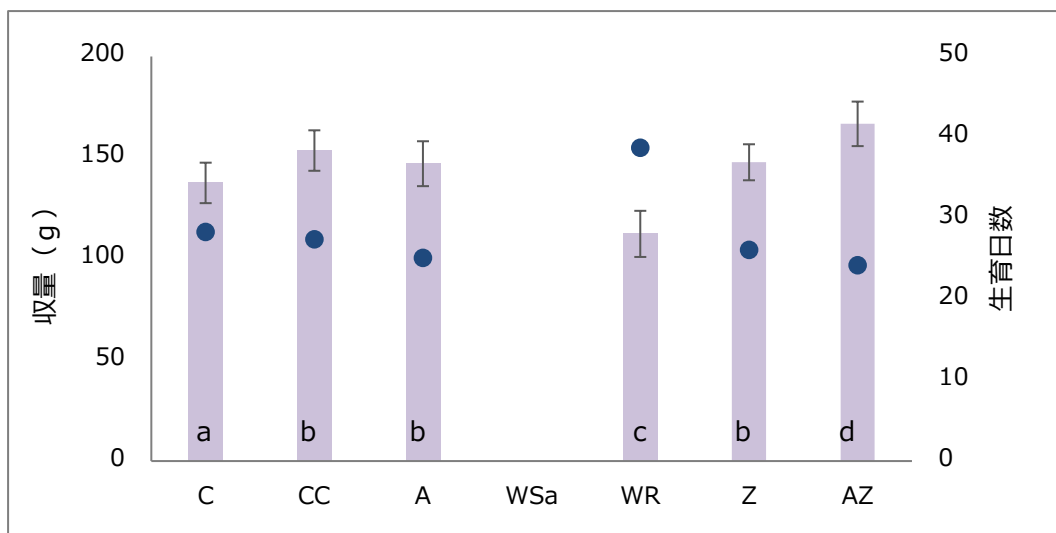


図 10 子実体の収量及び生育日数

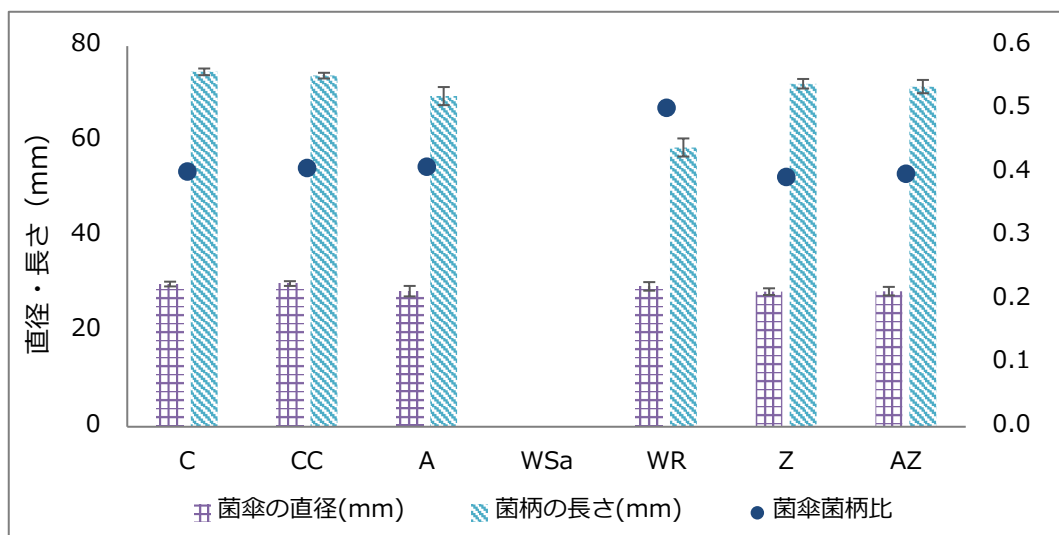


図 11 子実体の形質

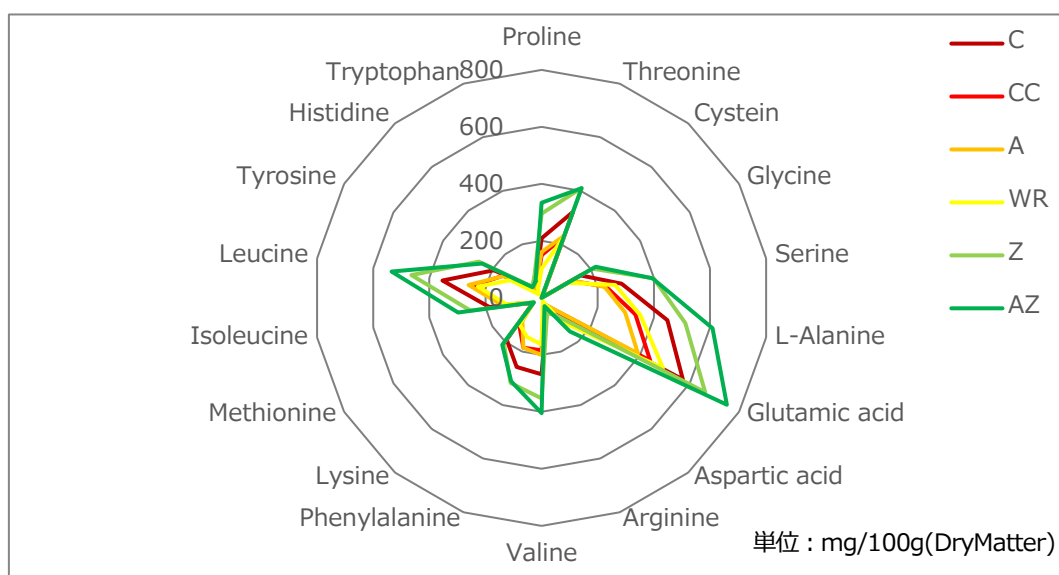


図 12 アミノ酸分析結果



写真5 発生した子実体 (左: 対照区, 右: ゼオライト添加区)

3. 6 ハタケシメジ海藻添加試験Ⅱ: 収量・品質向上・放射性物質低減化

各試験区における子実体の収量及び生育日数を図 13 に示す。

子実体の収量について比較 (TukeyHSD, $p < 0.05$) すると、コーンコブミール添加区, アカモク・ゼオライト添加区, アカモク・ゼオライト添加区, アカモク・ゼオライト・ワカメ 1% 添加区で有意に対照区よりも高い収量を示し, その他の試験区も対照区と同等で, 有意に下回る試験区は見られなかった。

生育日数については, 対照区を越える試験区は見られず, 同程度又は短くなる傾向を示した。特にアカモク・ゼオライト添加区では対照区よりも 4 日程度生育日数が短縮される結果となった。

菌傘の直径及び菌柄の長さ, 菌傘菌柄比を図 14 に示す。

すべての試験区において, 概ね同程度の形質を示し, いずれの子実体においても良好な形状を示す結果となった。

子実体の放射性物質濃度及び培地から子実体への放射性物質濃度移行率を表 16, 図 15 に示す。

発生した子実体の放射性物質濃度を比較 (Kruskal-Wallis 検定 Steel-Dwass の多重比較, $p < 0.05$) すると, 有意差は認められなかったものの, 添加区では対照区よりも低くなる傾向を示した。

移行率についても, 添加区では対照区よりも低くなる傾向を示し, 特に海藻及びゼオライト添加区では移行率は 0.04 以下と非常に低い値を示した。

子実体のアミノ酸分析結果を図 16 に示す。

その結果を比べると, アカモク添加区やアカモク・ゼオライト・ワカメ 1% 添加区, アカモク 2%・ゼオライト 2%・ワカメ 1% 添加区などで, 対照区よりもアミノ酸含有量が全体的に増加する傾向が見られた。3.5 試験と同様に, 一部のアミノ酸のみを増加・低減する試験区は見られなかった。

本試験において, 収量や放射性物質濃度低減効果についてはアカモク添加区やゼオライト添加区, アカモク・ゼオライト添加区が優れた結果を示し, アミノ酸含有量についてはアカモク添加区で効果が顕著であった。このことから, 添加資材をアカモクに絞り, その添加量について詳細に検討することとした。

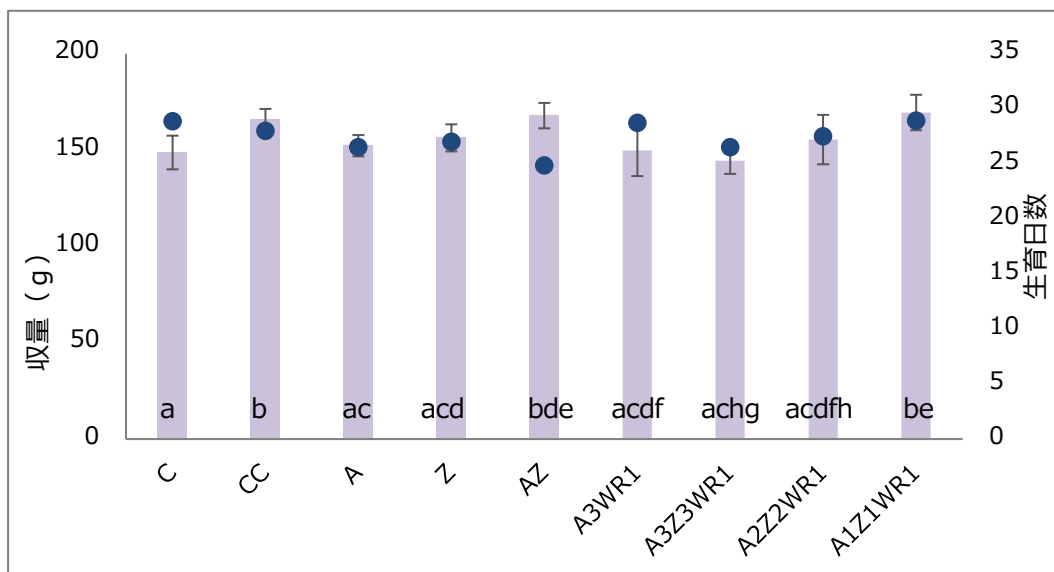


図 13 子実体の収量と生育日数

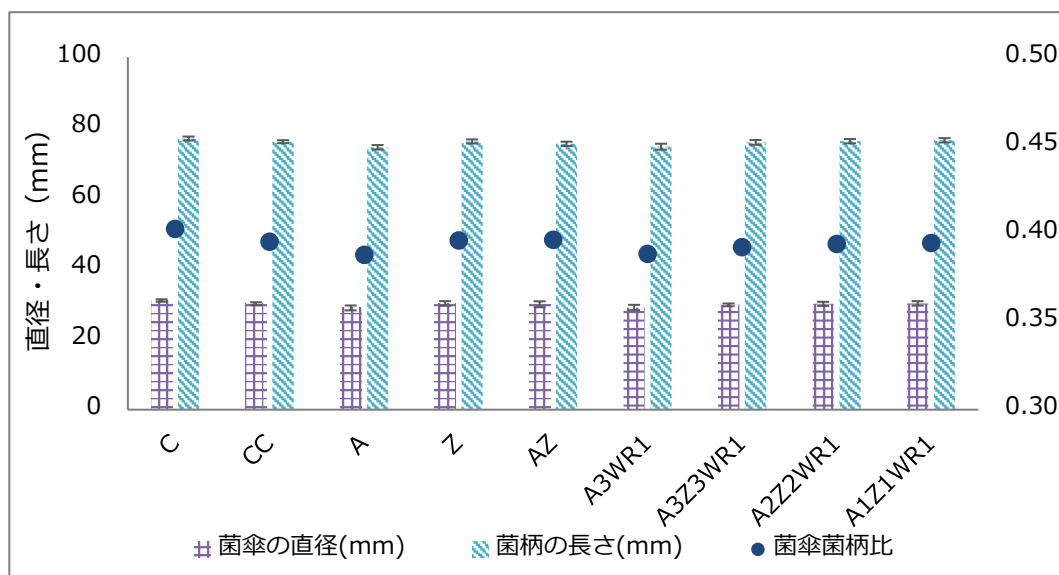


図 14 子実体の形質

表 16 子実体の放射性物質濃度と移行率

| 試験区 | 培地の放射性物質濃度 (Bq/kg) | 子実体の放射性物質濃度 (Bq/kg) | 移行率 |
|---------|--------------------|---------------------|------|
| C | 56.76 | 16.80 | 0.30 |
| CC | 38.42 | 6.43 | 0.17 |
| A | 53.76 | 2.28 | 0.04 |
| Z | 40.6 | 1.60 | 0.04 |
| AZ | 37.45 | 0.56 | 0.01 |
| A3WR1 | 39.49 | 4.05 | 0.10 |
| A3Z3WR1 | 36.9 | 0.91 | 0.02 |
| A2Z2WR1 | 45.35 | 0.79 | 0.02 |
| A1Z1WR1 | 52.81 | 0.33 | 0.01 |

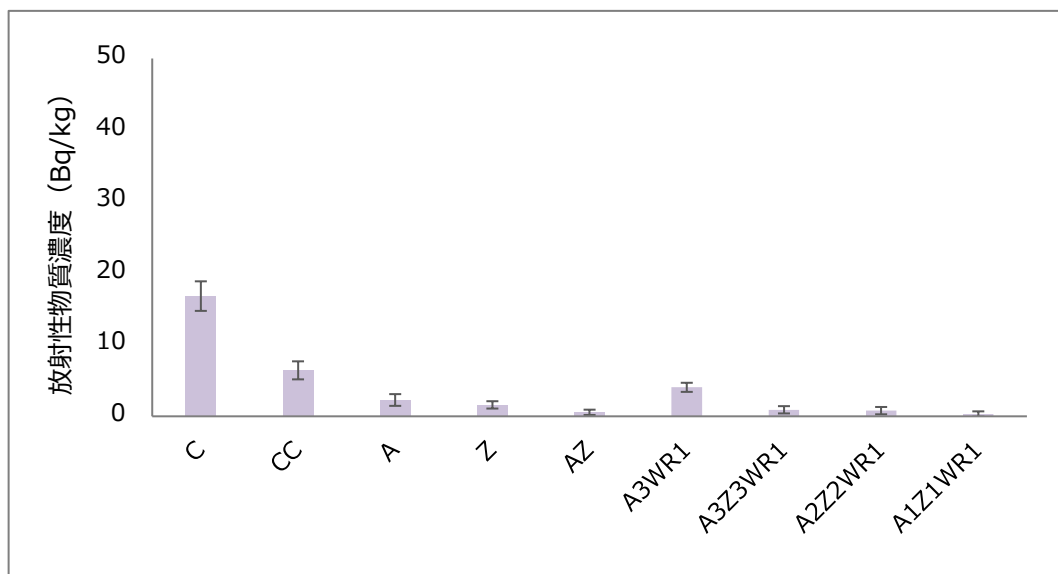


図 15 子実体の放射性物質濃度

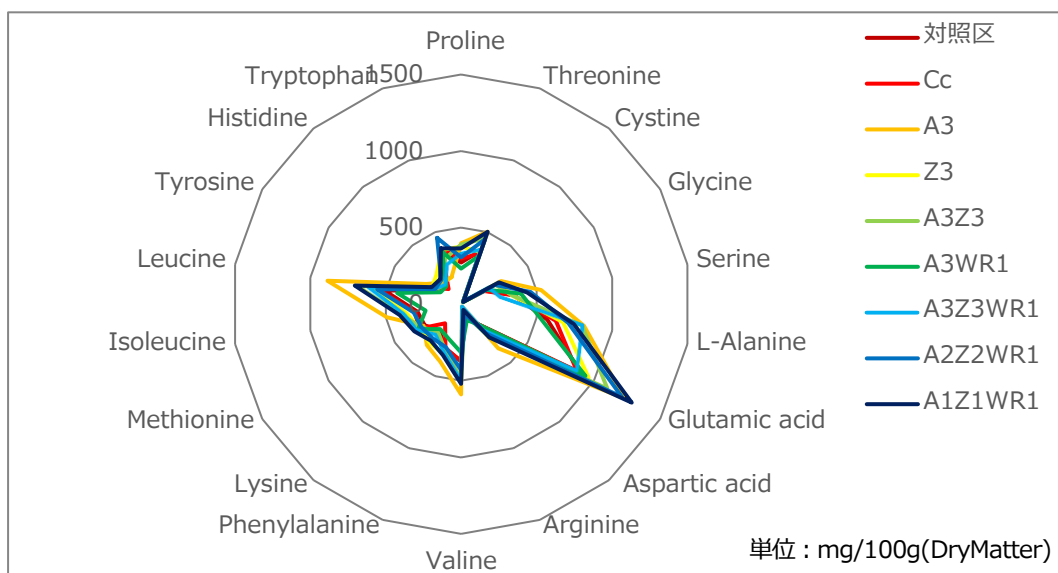


図 16 アミノ酸分析結果



写真6 発生した子実体 (左 : 対照区, 右 : アカモク・ゼオライト・ワカメ 1%添加区)

3. 7 ハタケシメジ海藻添加試験Ⅲ：収量・品質向上

各試験区における子実体の収量及び生育日数を図 17 に示す。

子実体の収量について比較 (TukeyHSD, $p < 0.05$) すると、コーンコブミール添加区が対照区よりも有意に高い収量を示し、アカモク 1% 添加区では対照区よりも有意に低い収量を示した。アカモク添加区内においては、7%、5%、3% 区間で有意な差は見られなかったものの、7% 添加区で最も高い収量を示した。生育日数においては、アカモク 5% 添加区で最も短くなり、対照区よりも 6 日程度短縮されるものとなった。アカモク 7% 添加区では対照区よりも 4 日程度短縮され、コーンコブミール添加区と同等の結果となった。

菌傘の直径及び菌柄の長さ、菌傘菌柄比を図 18 に示す。

すべての試験区において、概ね同程度の形質を示し、いずれの子実体においても良好な形状を示す結果となった。

子実体のアミノ酸分析の結果を図 19 に示す。

その結果を見ると、全体的にアカモク添加区でアミノ酸含有量が減少する傾向が見られた。詳細について値を比較 (TukeyHSD, $p < 0.05$) すると、アカモク 7% 添加区では甘味・旨味成分とされるセリンや、酸味・旨味成分とされるグルタミン酸、アスパラギン酸について対照区及びコーンコブミール添加区と有意な差は見られず同等の含有量を示した。一方で苦味成分とされるロイシンやイソロイシンなどについては対照区及びコーンコブミール添加区よりも有意に減少しており、旨味等の成分は同等でかつ苦味成分の低減効果が示唆された。

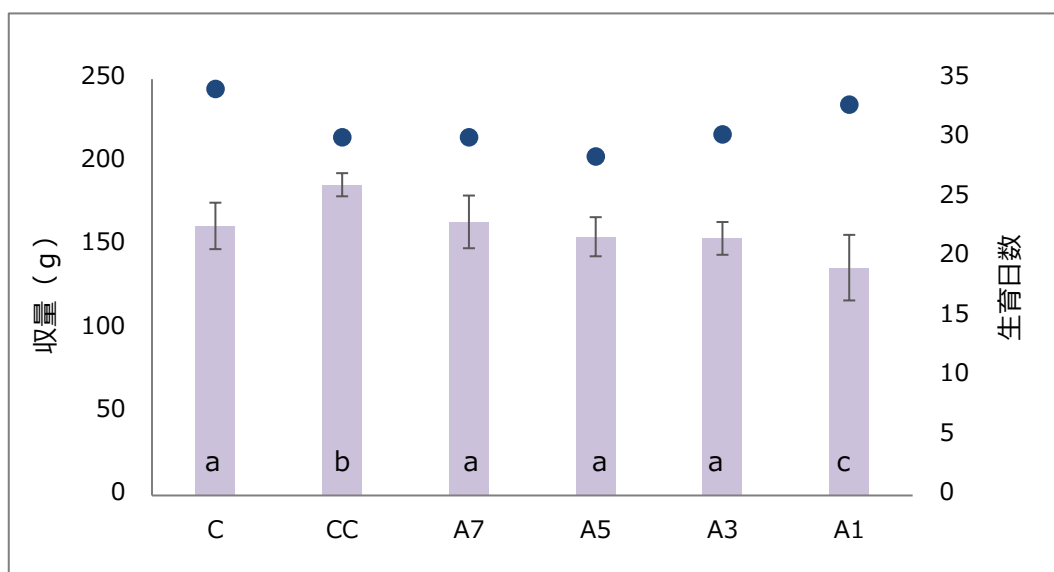


図 17 子実体の収量と生育日数

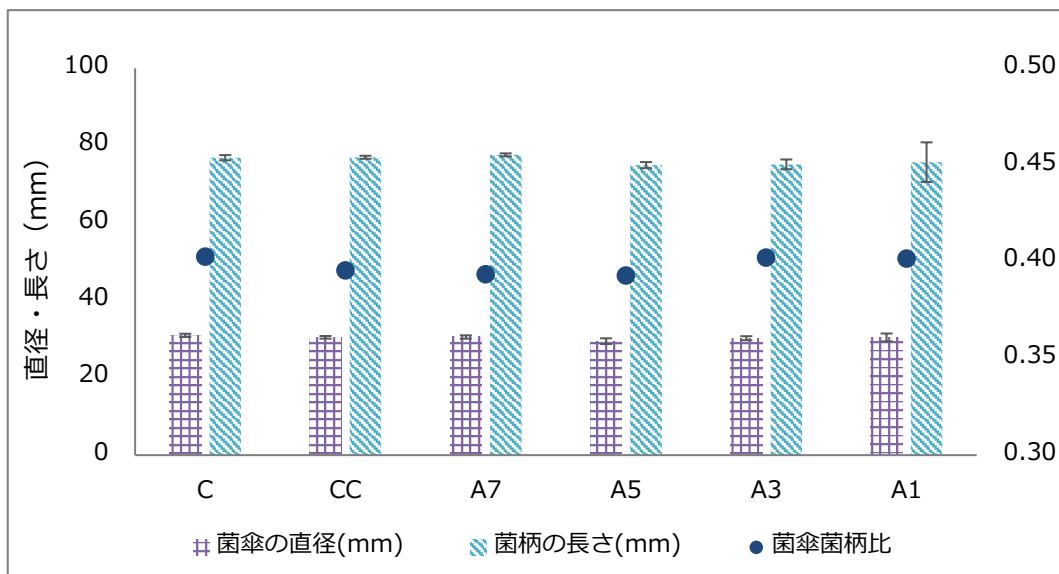


図 18 子実体の形質

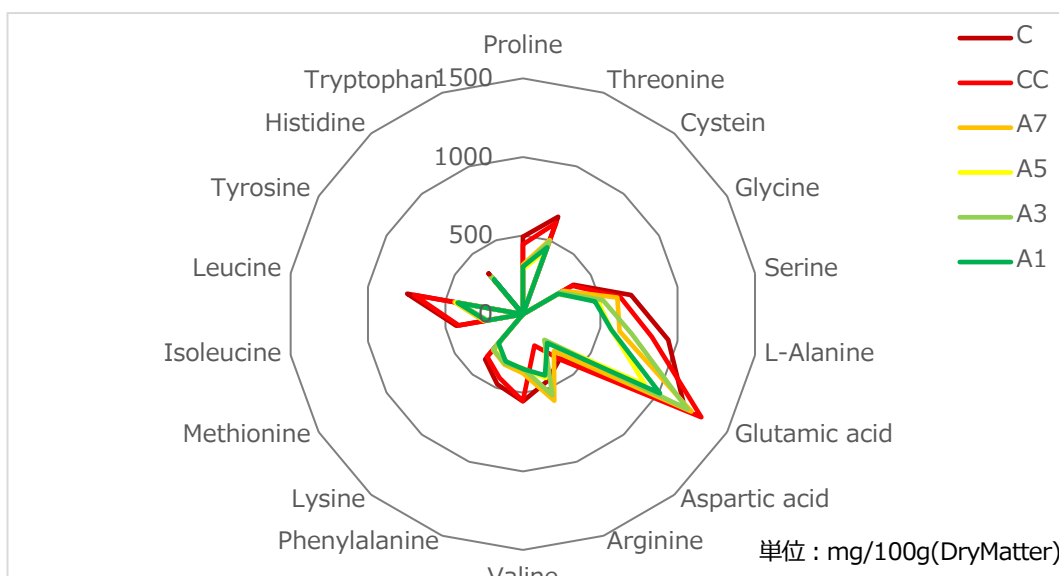


図 19 アミノ酸分析結果



写真7 発生した子実体 (左: 対照区, 右: アカモク7%添加区)

4 まとめ

菌床シイタケ海藻添加については、平成 25 年度に行った試験の結果ではワカメ添加区で優れた収量が確保できたものの、平成 26 年度試験では対照区に劣る結果となった。このことについては、平成 26 年度試験で使用した廃棄資材を活用した海藻に塩分等が多く残留したため、シイタケ菌糸の伸長及び子実体の発生を妨げることに繋がったと見られる。一方で、放射性物質濃度低減効果は海藻添加区でより良く見られ、子実体のアミノ酸含有量も高い値を示していることからその有用性は示唆され、添加する海藻の塩分除去等の手法について検討すべきと考えられる。

ハタケシメジ海藻添加試験については、平成 26 年度試験ではアカモク・ゼオライト添加区で収量やアミノ酸含有量が優れており、平成 27 年度試験ではアカモク・ゼオライト添加区と並んでアカモク・ゼオライト・ワカメ 1% 添加区で高い収量を示し、アミノ酸含有量ではアカモク添加区やアカモク・ゼオライト・ワカメ 1% 添加区で高い傾向を示した。一方で、平成 30 年度試験でアカモクの添加割合について検討したところ、コーンコブミール添加区よりも収量で劣る結果となった。このことから、ハタケシメジ培地への添加についてはアカモク単体ではなく、ゼオライト等と組み合わせることにより、コーンコブミールを上回る代替資材になり得る可能性が示唆された。

今回試験に添加物として利用した資材は、一般に流通している商品や試験的に乾燥粉末にして提供を受けたもの、冷凍状態の廃棄資材を利用したものであった。これらについては、商品購入としての経費や乾燥粉末にするまでのコスト、廃棄資材を前処理する作業時間や労働力を考慮すると、すぐさま既存資材の代替品として利用することは難しいと思われる。これらの課題を解決するためには、前処理方法の適切な簡便化や確実な増収効果が期待できる添加割合、有効な添加資材の組み合わせなどについて、更なる検討が必要だと考えられる。

最後に、本試験では株式会社シーフーズあかまの赤間廣志 conseiller, 畜産試験場種豚家さん部には海藻資材の提供を、産業技術総合センター千葉直樹上席主任研究員（現：農業・園芸総合研究所）及び今野政憲材料開発・分析技術部長、佐藤信行主任研究員にはアミノ酸分析等について多大なる御支援と御協力をいただいた。深く感謝申し上げる。

引用文献

- 阿部正範（2003）シイタケ菌床栽培におけるワカメ乾燥粉末の添加効果 徳島県森林林業研究所研究報告 第 2 号
- 小山智行（2014）2 菌床及び施設栽培きのこの最新技術 2）施設空調型エノキタケ栽培の最新技術 改訂版最新きのこ栽培技術 p165-172 株式会社プランツワールド
- 岸恭一, 木戸康博（2007）タンパク質・アミノ酸の新栄養学 講談社
- 水谷和人, 久田善純, 上辻久敏（2012）エリンギおよびシイタケ菌床栽培における乾燥オカラと消石灰の添加効果 岐阜県森林研究所研究報告第 41 号 p13-p16
- 農林水産省（2018）平成 30 年漁業・養殖業生産統計 海面漁業生産統計調査
- 杉本小夜, 坂本淳（2017）山村地域資源の活用に係る基礎研究 県産素材を用いた菌床きのこ栽培技術の確立（第 2 報） 和歌山県林業試験場業務報告 No. 75 p31-32
- 寺嶋芳江（2010）2 きのこ栽培の培地組成基材とその管理技術 1）多様化する培地材料の特徴と利用 2010 年度版きのこ年鑑別冊最新きのこ栽培技術 p27-34 株式会社プランツワールド

ハタケシメジ空調施設栽培品種の簡易施設栽培方法の開発

1 はじめに

宮城県では、ハタケシメジ (*Lyophyllum decastes*) の周年栽培の実用化による生産量増大と産地化形成を目的に、空調施設栽培品種「みやぎLD2号」を開発し、平成 18 年 12 月に新品種登録に至った(玉田ら, 2007)。その後、エノキタケ生産施設及びマイタケ生産施設内で栽培が行われるようになり、引き続き更なる生産拡大に向けて、培地への増収材添加効果の確認等の新たな栽培技術の開発を進めている(今埜ら, 2014)。

一方で、生産者からは、施設栽培に係る初期投資及び維持管理費の高額さを指摘されており、空調施設を用いない低コスト且つ簡易な栽培方法の開発を求められている。先行事例として、1998 年に全国に先駆けてハタケシメジの空調施設栽培に取り組んだ三重県でも、形状の似たブナシメジの低価格化によって高価格の維持が困難になった結果、菌床埋め込み栽培等、栽培方法の多様化によってそれぞれの販路に適した商品の差別化を図っている(西井, 2010)。

そこで当センターでは、「みやぎLD2号」について、空調施設栽培の普及と並行した更なる生産者確保に向けて、稲作農家が冬期間に水稻育苗用ビニールハウス等の既存農業資材を用いて実施可能な簡易施設栽培方法の開発に取り組むこととした。

開発目標は、

- 1、水稻栽培の遊休期間中に既存施設及び資材を利用した栽培により、農家の副収入獲得を目指す。
- 2、簡易な手法で保温を行い、収穫時期を野外栽培品が並ぶ 10 月上～下旬からずらすことで商品の差別化を図る。
- 3、子実体の品質は野外栽培品に近い大型の子実体とし、道の駅等での販売を想定する。

上記 3 点とした。

2 調査方法

2. 1 被覆資材の選抜

ハタケシメジの空調施設栽培では、発生室の湿度をほぼ 100%に維持することが望ましく(菅野ら, 2000)、冬季の簡易施設内では乾燥による菌糸の衰弱が危惧されることから、乾燥対策として、菌床表面の被覆資材の選抜を行った。

2. 1. 1 空調施設環境における被覆資材の選抜

菌床は、宮城県内の菌床生産者が培養した 2.5kg 菌床袋(サイズ概算 W:0.20m×D:0.12m×H:0.14m)を用いた。

被覆資材及び被覆量、前処理については表-1のとおり($n=1$)。菌床は袋上部を 5 cm 残して切り取った後、表層の菌糸を厚さ約 1 cm 掻きだし、各資材を厚さ 2 cm になるように敷き詰めた。菌床は当センター発生室において室温 16°C、湿度 90%前後の環境で管理し、発生した子実体の収量を記録した。

表-1 被覆資材の概要

| 被覆資材 | 被覆量 (厚さ 2 cm) ※寒天以外は浸水前の重量 | 前処理 |
|------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| 赤玉土 | 250 g | 特になし |
| ナバチップ | 130 g | 一晚浸水後, 軽く水を切って被覆 |
| 園芸用水苔 | 15 g | 一晚浸水後, 軽く水を切って被覆 |
| ピートモス | 50 g | 一晚浸水後, 軽く水を切って被覆 |
| 稲わら | 25 g | 長さ 15cm 程度に切断 一晚浸水後, 軽く水を切って被覆 |
| 籾殻 | 50 g | 一晚浸水後, 軽く水を切って被覆 |
| 寒天培地 (水 1ℓあたり 6 g) | 500 g | 2 cm 四方に細断 |
| 寒天培地 (水 1ℓあたり 9 g) | 500 g | 2 cm 四方に細断 |
| 寒天培地 (水 1ℓあたり 12 g) | 500 g | 2 cm 四方に細断 |
| 園芸用軽石 | 100 g | 一晚浸水後, 軽く水を切って被覆 |

2. 1. 2 生産現場に類似した環境における被覆資材の選抜

2. 1. 1において選抜した被覆資材 4種にスギオガ粉を加えた 5種について, 生産現場に類似した環境において栽培試験を実施した。

栽培施設は宮城県黒川郡大衡村にある当センター内のミストハウスを用いた。ミストハウスは「地域に適合する健全な挿木苗の安定供給を図るため、選抜された品質の優れた系統の親木より採取した穂の発根に必要な水分と湿度条件を機械施設を使って人工的に作り出し、発根を促進させる施設 (宮城県, 2012)」であり, 外壁をプラスチック製波板で覆い, 施設内はパーライトが散布されている。当施設を水稻育苗用ビニールハウスに見立て, 試験を実施した。

ミストハウス内の育苗スペース 1畝 (1.0m×8.0m) に農業用温床線を 2往復させ, 16 度設定のサーモスタットに接続した。温床線の上に防草シート (1.0m×8.0m) を敷き, プラスチックピンで固定した。その上にアーチ上の支柱 (L : 1.2m×L : 0.65m) を 1.0m間隔で設置し, 黒色寒冷紗 (遮光率 60%, 2.0m×10.0m), 透明ビニールシート (2.0m×10.0m) を順に被せ, 試験区とした (写真-1, 2)。

菌床は 2. 1. 1と同様, 2.5 kg菌床を用いた。被覆資材及び被覆量, 前処理については表-2のとおり 5試験区とした (n=3)。菌床の袋上部を 5cm 残して切り取った後, 表層を厚さ約 1cm 掻き取ったうえで菌床を水に数秒間浸し吸水させた。水を切った菌床の上面に各資材を厚さ 2cm になるように敷き詰めた。被覆後の菌床を, 段ボール (W : 0.45m×D : 0.32m×H : 0.2m) に 3個ずつ入れ, 隙間をくしゃくしゃに丸めた新聞紙で充填した (写真-3)。なお, 新聞紙は段ボール 1箱につき約 1日分使用した。段ボールを試験区内に設置した上で, 各資材の表面が軽く湿る程度に散水後, 寒冷紗とビニールシートで覆った。散水管理は原則週に 1回, ジョ

ウロを用いて各資材の表面が湿る程度に実施した。

また、温度センサーをミストハウス内 (H : 1.0m)、ビニールシート内の中央及びび端 (各H : 0.1m)、ビニールシート内中央部及び端の段ボール中心部の計 5 箇所を設置した。ビニールシート内部 2 箇所については併せて湿度も測定した。

菌床の設置作業を、2017 年 11 月 22 日から 12 月 13 日までの毎週水曜日に 4 週にわたって行い、発生した子実体の収量を記録した。



写真-1 防草シート被覆



写真-2 ビニールシート被覆後



写真-3 各試験区設置

表-2 被覆資材の概要

| 被覆資材 | 被覆量 (厚さ 2 cm) ※寒天以外は浸水前の重量 | 前処理 |
|-------|-------------------------------|-----------------------------------|
| 赤玉土 | 250 g | 特になし |
| 稲わら | 20 g | 長さ 15cm 程度に切断 一晚浸水後、軽く水を切って被 |
| 粃殻 | 100 g | 覆 |
| 寒天培地 | 500 g | 一晚浸水後、軽く水を切って被 |
| スギオガ粉 | 100 g | 覆 2 cm 四方に細断 一晚浸水後、軽く水を切って被 |

2. 2 稲わらを用いた生産現場での栽培試験

2. 1 の試験によって、被覆資材として稲わらを用いた場合に、当該手法で冬期に商品価値の高い子実体を収穫できる可能性が示唆された。このことから、翌年 2018 年に、キノコ栽培を行っている農家が管理する水稲育苗用ビニールハウスを用いて栽培試験を行い、収穫物については生産者が出荷・販売することでコスト分析を行うこととした。

試験地は宮城県加美郡加美町の水稲育苗用ビニールハウス (25m×7.5m) を使用した。

2018 年 11 月に、ハウス内に栽培スペース (2.5m×6.5m) を 2 箇所準備し、育苗用温床線を 0.3m 間隔で 5 往復させ、16℃設定のサーモスタット (H : 0.2m) に接続した。温床線の上に山砂を約 3 cm 敷設後、防草シート (1.0m×6.5m) を敷き、プラスチックピンで留めた (写真-4)。その上にアーチ上の支柱 (L : 1.2m×H : 0.55m) を 1.3m 間隔で設置し、育苗用白色保温シート (東京戸張製、商品名ホットンカバー、2.3m×6.5m) を被せ、試験区とした (写真-5)。

菌床は、これまでの試験と同様に 2.5 kg 菌床を用いた。初めに、菌床袋を菌床上面から約 5 cm 残して切り落とし、菌床の上面を 1 cm ほど掻き取ったうえで水に数秒間浸し吸水させた。水を切った菌床の上面に、一晚浸水させた稲わら（長さ 15cm 程度）を厚さ 2 cm になるよう被覆した。

被覆後の菌床を段ボール（W：0.50m×D：0.33m×H：0.12m）に 4 個ずつ入れ、隙間をくしゃくしゃに丸めた新聞紙で充填した（写真-6）。なお、新聞紙は段ボール 1 箱につき約 1 日分使用した。段ボールを設置し、稲わらの表面が軽く湿る程度に散水後、保温シートで覆った。

また、温湿度センサーをミストハウス内（H=0.3m）と保温シート内の中央（H=0.3m）に設置した。

菌床の設置作業を、2019 年 11 月 6 日から 11 月 30 日までの毎週火・金曜日に計 8 回にわたって行った。各設置日の菌床個数は 4 回目までが 32 個、以降は菌床生産者の都合により 20 個とした。散水管理は原則週に 2 回、ホースシャワーを用いて稲わらの表面が湿る程度に実施した。なお、育苗ハウス内の室温は日中 30℃を超えることもあり、およそ 11 時から 13 時の間はハウス側面を開けることで高温対策とした。

子実体発生時には、手作業で菌床から子実体を剥がし、稲わらや培地を大まかに取り除いたうえで、菌床 1 個あたりの収量及び収穫までの日数を記録した。また、菌掻きから子実体収穫までの各工程について所要時間を計測した。



写真-4 栽培スペース



写真-5 保温シート被覆後



写真-6 菌床設置

3 結果・考察

3. 1 被覆資材の選抜

3. 1. 1 空調施設環境における被覆資材の選抜

各試験区の収量は図-1 のとおり。収量の合格基準を、宮城県における 2.5 kg 菌床 1 個あたりの目標収量である 500 g に設定した場合（菅野ら，2000），7 試験区において目標収量を超える結果となった。これらの収穫物をハタケシメジ生産者と比較検討した結果、ナバチップは子実体への巻き込みが著しく出荷者目線で不適であることから除外した。また、寒天培地は収量が最も多く且つ必要資材量が最も少ない 6% 添加区のみを次の試験に用いることとし、計 4 試験区を選抜した（写真-7～9）。

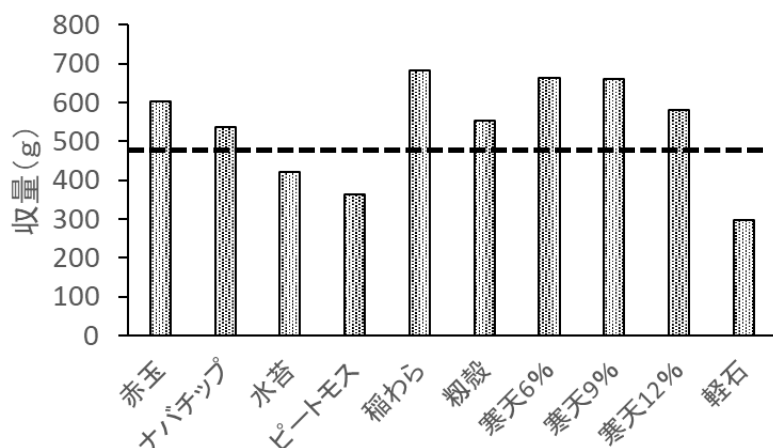


図-1 各試験区における収量 点線は目標収量を示す



写真-7 稲わら試験区



写真-8 生産者との試験区選抜



写真-9 ナバチップの巻き込み

3. 1. 2 生産現場に類似した環境における被覆資材の選抜

各試験区の収量及び子実体の形質は図-2及び写真-10～14のとおり。

被覆材毎に見ると、赤玉土及び寒天については、各週で良質な子実体を得ることができなかった。赤玉土は野外栽培において一般的に用いられる被覆資材であり(菅野ら, 2000), 試験2. 1. 1においても良好な成績を収めている。今回子実体を得られなかった要因としては、被覆資材の表面が適度な湿度を保っているように見えても、実際には散水過多により菌床が水につかって菌糸伸長が阻害されていた可能性等が考えられるが、原因は不明である。寒天は日数の経過とともに徐々に水分が抜け、散水後も元に戻ることはなく、最終的に菌床にこびりつく結果となった。また、菌床に密着した部分から菌糸が伸長しなかったこと、資材としてのコストの高さ等も鑑み、被覆材としては不適と判断した。

菌床設置時期別に見ると、全被覆資材で1週目試験区(11月22日菌床設置)、4週目試験区(12月13日菌床設置)の収量が著しく少ない結果となった。ハタケシメジの空調栽培において適当とされるのが温度17℃、湿度100%で、野外栽培の適期は日最高気温23℃、日最低気温15℃程度となる9月中旬頃とされている(菅野ら, 2000)。また、30℃を超えると菌糸伸長が阻害され(菅野ら, 2000)、5℃以下になると菌糸の伸長速度が著しく低下する。両試験区は、ビニールシート内の両端に設置しており、図3, 4のとおり、ビニールシート内端の気温は中央部と比べて低く、段ボール内の温度差が大きかったことから、平均気温の低さ及び急激な温度変化によって菌糸が衰弱したと考えられる。効率的な栽培スペースの利用には、ビニールシート端の温床線の本数を増やす等の、保温・断熱対策を検討する必要があると考えられた。

図-2において温度が安定していたと考えられる2週目試験区(11月29日菌床設置)の収量のみを見ると、稲わら及びスギオガ試験区において、平均収量が500gを超える結果となった。また、籾殻は平均収量が500gに

及ばなかったものの、比較的良好な形質の子実体を収穫できたことから、上記3試験区についてハタケシメジ生産者への聞き取りを行った。結果、粃殻、スギオガについては子実体へのこびりつきが多く、手作業での除去も困難で人件費を圧迫する可能性があり、不適と判断された(写真-15~17)。一方で稲わら試験区については、基部への巻き込み・こびりつきが少なく、巻き込まれた資材も15cm程度と大きいことから手作業で楽に除去が可能であり、子実体の形質も良好であることから、2018年にはキノコ栽培を行っている農家が管理する水稻育苗用ビニールハウスにおいて、稲わらを被覆資材とした栽培試験を実施することとした。

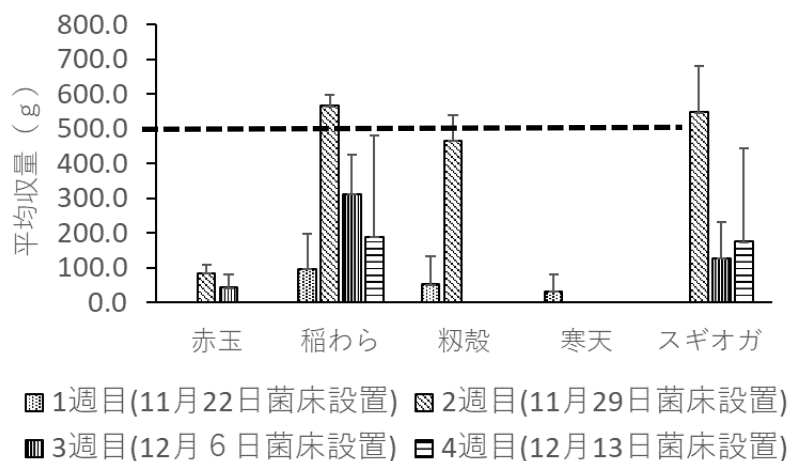


図-2 各試験区における収量 エラーバーは標準偏差, 点線は目標収量を示す



写真-10 赤玉土試験区



写真-11 稲わら試験区



写真-12 粃殻試験区



写真-13 スギオガ試験区



写真-14 寒天試験区

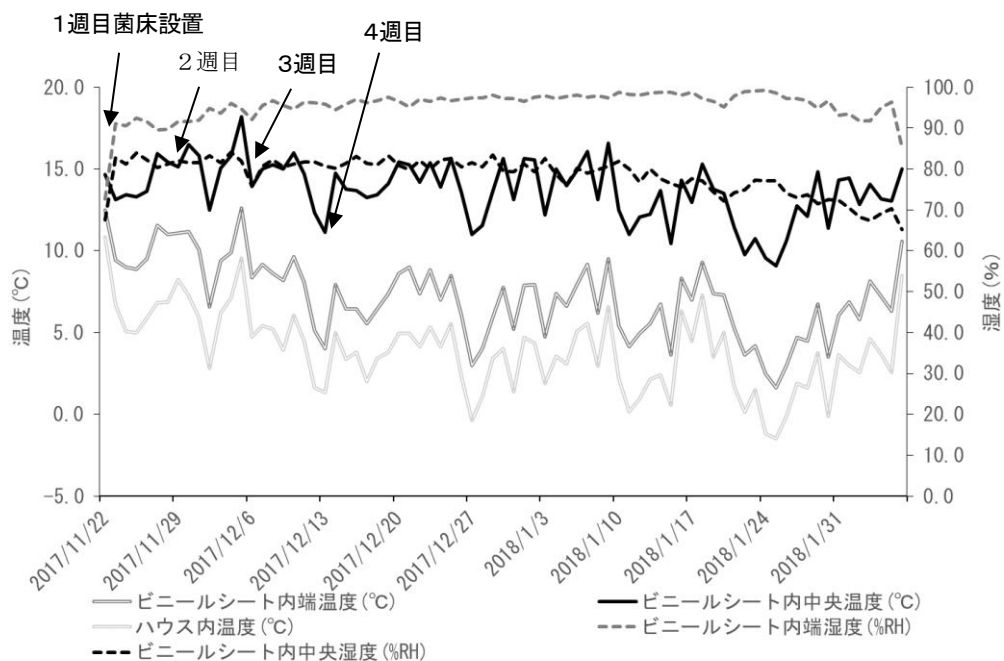


図-3 ビニールハウス及びシート内の温湿度の日平均推移

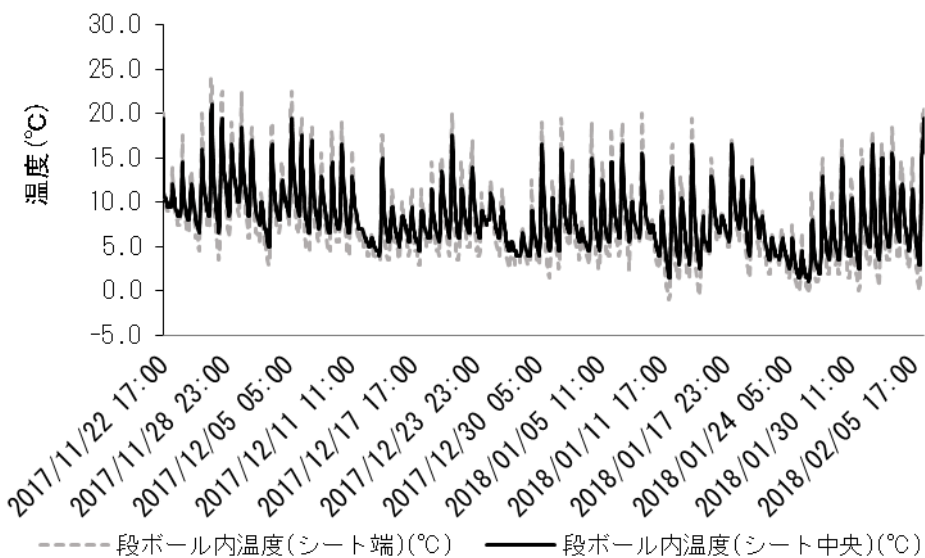


図-4 ビニールシート中央部及び端部の段ボール内の温度推移



写真-15 粗殻試験区



写真-16 スギオガ試験区



写真-17 稲わら試験区

3. 2 稲わらを用いた生産現場での栽培試験

3. 2. 1 栽培環境, 収量

第1回菌掻きから収穫完了までの、育苗ハウス内及び保温シート内の温湿度の日平均変化は図-5のとおり。栽培試験期間中、保温シート内の平均温度は15.7℃であり、空調施設栽培品種にとって適した温度となった。このことから、育苗ハウス内で保温シートや温床線等、農業資材を用いて簡易に空調施設品種の最適環境を再現できる可能性が示唆された。また、湿度は80%前後で、最適環境を下回ったものの、当該手法では稲わら被覆による菌床表面の乾燥対策を行っているため、子実体に悪影響はなかったと考えられる。一方で、育苗ハウス内の温度は11月13日以降、15℃を上回ることがなかったことから、保温シートや温床線を用いない育苗ハウス単体での最適な栽培環境の再現は困難と考えられた。

試験区(菌掻き日)毎の収量及び収穫までに要した日数は図-6のとおり。なお、最終試験区(11月30日)については収穫時のデータに不備があったため、以降の分析から除外している。

収量の平均値は全試験区で目標としていた600gを上回った(写真-18)。なお、その他試験での目標収量は500gとしていたが、今回の栽培方法では資材のこびりつき除去等によるパック詰め時のロスが収穫量の15%程度発生すると想定し、600gと設定した。菌掻き時期別に見ると、11月6日から13日までの試験区では平均収量が800gを超える一方、試験中盤、終盤と徐々に減少した。収穫までに要した日数は試験開始から徐々に長くなっており、栽培環境の低温が原因と思われたが、11月20日以降は再び試験開始当初と同程度の日数となった。生産者との現地検討では、試験区毎に稲わらの被覆量や散水量にムラがあり、特に被覆量が多かったと思われる菌床では菌糸伸長が遅れたことから、最適な被覆量や散水間隔については更なる検討が必要と考えられた(写真-19, 20)。

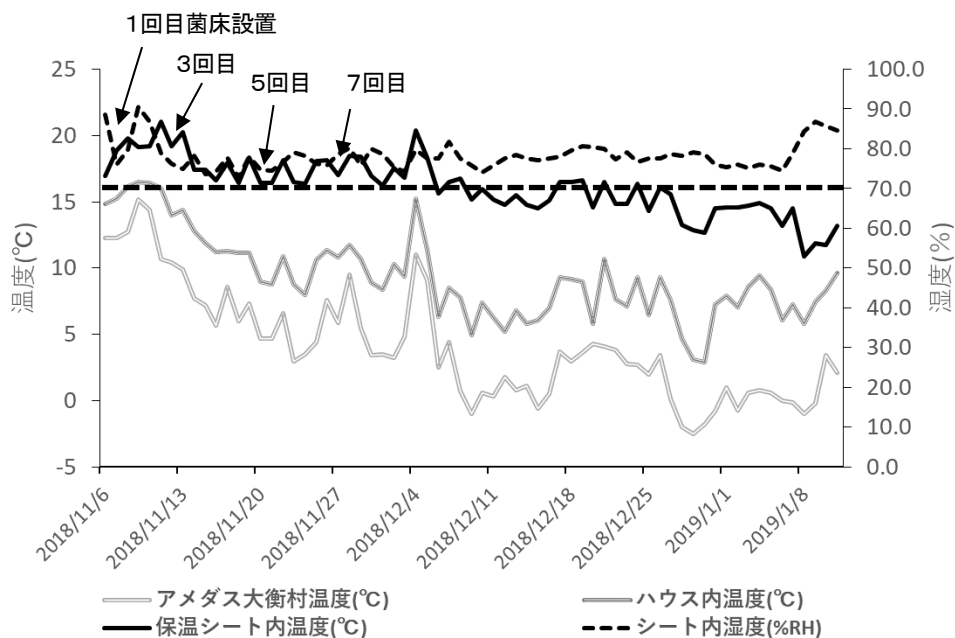


図-5 温湿度の日平均推移 点線は空調施設栽培における最適温度を示す

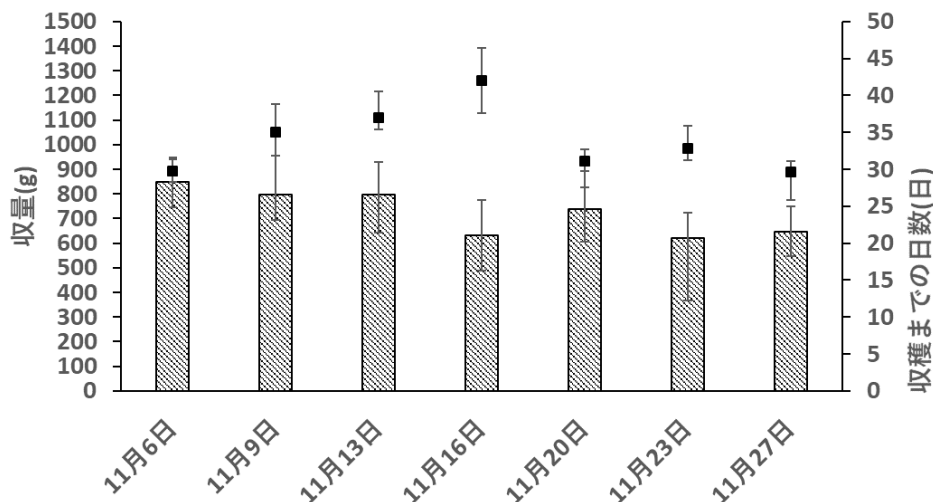


図-6 菌床設置日毎の収量及び収穫までに要した日数

エラーバーは標準偏差を示す



写真-18 子実体発生



写真-19 散水過多



写真-20 菌糸ムラ

3. 2. 2 販売, コスト分析

収穫物は収量計測後、大まかに稲わらを取り除いた後、パック詰めを行い、大崎市岩出山池月地内の「あ・ら・伊達な道の駅」に卸販売を行った。1パックあたりの量はパックの規格に合わせて550g前後とし、卸価格は1パック500円(=910円/kg)であった。販売期間は12月上旬から子実体が発生しなくなった1月中旬まで続いた。

販売物について、稲わら付着等によるクレームや返品はなく、販売物が品薄になる年末年始には追加注文があり、総じて販売結果は良好であった(写真-21, 22)。

コスト分析結果を表-3~6に記す。

表-4の資材費については、普及対象者に稲作農家を想定していることから、育苗ハウス・温床線・サーモスタット・保温シートを既存施設の流用とし、支出として計上していない。また、表-5の人件費における作業時間は、実働時間を計測後、作業員1名あたりの作業時間として算出している。

表-6のとおり、菌床188個を栽培した場合の収益は合計14,081円であり、菌床1個あたり75円であった。また、当該手法は農業従事者の遊休期の副収入を想定しており、人件費を自家労賃と見なした場合の収益は56,888円であった。

資材については、段ボールは資材費も菌床1個あたり15円と高く、散水によって破けて持ち運びもできず、1年ごとにゴミが発生するため不適と考えられた。既存資材(例えば水稲用プラスチックコンテナ)等の利用により、資材費削減や作業効率化による人件費の削減が考えられる。



写真-21 パック詰め



写真-22 販売風景

表-3 総収穫量及び収入

| | 単位 | 合計 | 菌床1個あたり の収入 | 備考 |
|------------------|-----|---------|----------------|----|
| 菌床数 | 個 | 188 | | |
| 総収量 | g | 138,400 | | |
| 平均収量 | g/個 | 736 | | |
| 総商品量(*0.85) | g | 117,640 | | ※1 |
| 平均商品量(*0.85) | g/個 | 626 | | ※1 |
| 卸売価格(卸価格910円/kg) | 円 | 107,052 | 569 | |

※1 パック詰め時に資材のこびりつき除去等により15%のロスを想定

表-4 コスト(資材費)

| 資材費 | 単価 | 単位 | 数量 | 金額 | 菌床1個あたり のコスト | 備考 |
|----------------|-------|-------------------|-----|--------|-----------------|----|
| 菌床(培養組員内価格) | 220 | 円/個 | 188 | 41,360 | 220 | |
| 電気代 | 1,000 | 円/月 | 2.3 | 2,300 | 12 | ※2 |
| 段ボール | 60 | 円/箱 | 47 | 2,820 | 15 | |
| 育苗用ビニールハウス | | 円/基 | 1 | 0 | 0 | ※3 |
| 温床線 | 23 | 円/m | 130 | 0 | 0 | ※3 |
| サーモスタット | 6,294 | 円/台 | 1 | 0 | 0 | ※3 |
| 育苗用保湿効果シート | 266 | 円/(2.3m×1m) | 13 | 0 | 0 | ※3 |
| 稲わら | 0 | 円/m ² | 1 | 0 | 0 | ※3 |
| 古新聞 | 0 | 円/部 | 1 | 0 | 0 | ※3 |
| 包装容器(カップ, ラップ) | 5 | 円/個 | 213 | 1,065 | 6 | |
| 防草シート | 90 | 円/1m ² | 13 | 1,167 | 6 | |
| トンネル支柱 | 121 | 円/本 | 12 | 1,452 | 8 | |
| 合計 | | | | 50,164 | 267 | |

※2 単価は生産者から聞き取り。

※3 既存資材の流用を想定。

表-5 コスト (人件費)

| 人件費 | 時給 ※ 4 | 単位 | 菌床1個あたりの 作業時間(分/個) | 所要時間(分) | 金額 | 菌床1個あたり のコスト |
|-------|-----------|----|-----------------------|---------|--------|-----------------|
| 菌搔き | 798 | 円 | 6.00 | 1,128 | 15,002 | 80 |
| 散水 | 798 | 円 | 0.27 | 51 | 675 | 4 |
| 収穫 | 798 | 円 | 7.10 | 1,335 | 17,753 | 94 |
| パック詰め | 798 | 円 | 3.75 | 705 | 9,377 | 50 |
| 合計 | | | | | 42,807 | 228 |

※ 4 宮城県最低賃金 (宮城県, 2018)

表-6 収支

| 生産者 | 収入 | 資材費 | 人件費 | 収益 | ※自家労賃を想定 人件費0円 |
|------------|---------|--------|--------|--------|-------------------|
| 総額(菌床188個) | 107,052 | 50,164 | 42,807 | 14,081 | 56,888 |
| 1菌床あたり | 569 | 267 | 228 | 75 | 303 |

4 おわりに

本試験によって、「みやぎLD2号」の簡易施設栽培の可能性が示唆された。なお、阿部 (2006) によれば、プランターに詰めたハタケシメジ菌床を露地栽培に供することで、春期に子実体を収穫可能なことを示唆しており、これら栽培技術及び林床における露地栽培手法を組み合わせることで、ハタケシメジを春期から冬期に掛けて周年的に流通させられる可能性がある。

一方で、当該試験は宮城県内 1 箇所での実証に留まっており、他の生産現場での試験及び同一地域での継続調査により、再現性の確認及び最適な栽培環境に関するデータの蓄積が必要である。また、普及拡大に向けては、段ボールなどの資材の検討や作業工程の見直し等により、さらなるコストダウンを検証する必要がある。

今後、簡易施設栽培技術については行政機関と連携しながら、栽培講習会等により普及を進めることとする。

引用・参考文献

- 阿部実 (2006) キノコ菌床栽培技術の改良試験 —ハタケシメジ栽培技術の改良— 秋田県森技研報 No. 16, p71-91
- 菅野昭・西井孝文 (2000) 新特産シリーズ ハタケシメジ 農山漁村文化協会 p29-32, p44-46, p137-144
- 木村榮一 (2013) ハタケシメジの経営指標 2013 年版きのこ年鑑 株式会社プランツワールド p234-236
- 今埜実希・玉田克志 (2014) みやぎのきのこ安定生産技術の改良及び新たなキノコ種の栽培技術の開発 —ハタケシメジ栽培技術の改良及び菌株の保存方法の検討— 宮城県林業技術総合センター成果報告 No. 23, p1-7
- 西井孝文 (2010) 空調及び野外栽培のハタケシメジの最新技術 最新きのこ栽培技術 株式会社プランツワールド p188-193
- 玉田克志・相澤孝夫・更科彰史・佐藤資之・木村榮一 (2007) ニュータイプきのこ開発事業 (第 2 報) —ハタケシメジ空調施設栽培用品種の開発— 宮城県林業試験場成果報告 No. 16, p23-29

宮城県 (2012) 林業技術総合センターミストハウス

<https://www.pref.miyagi.jp/site/ringicenter/misthouse.html> (2019 年 7 月 8 日閲覧)

宮城県 (2018) 宮城県最低賃金

<https://www.pref.miyagi.jp/soshiki/koyou/saichin.html> (2019 年 7 月 25 日閲覧)

山田尚 (2006) 簡易施設利用によるきのこ栽培新技術の実用化 秋田県森技研報 No. 16, p59-70

ムラサキシメジ放射性物質対策試験

1 はじめに

2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災に伴う東京電力福島第一原子力発電所の放射性物質拡散事故によって放射性物質が降下した宮城県内の森林において、きのこの野外栽培における汚染が懸念されていた。そのため、本県ではムラサキシメジの野外栽培における放射性物質濃度の影響を把握するため、平成 25 年から調査を行っている。なお、野外栽培はバーク堆肥約 10kg を地表に敷き、その上に 1.2kg 菌床を 4 個配置し、水で湿らせた落ち葉で被覆するムラサキシメジ落ち葉マウンド法により実施した。

2 試験方法

2. 1 H25 栽培試験

栽培環境における野外からの影響と菌床に使用するバーク堆肥の影響を調べるため、平成 25 年に宮城県内 2 箇所の広葉樹林に試験地を設定し、放射性物質濃度が異なる県内産と県外産のバーク堆肥を用いて菌床を調整、敷材のバーク堆肥はいずれも県外産とした。各試験区は 3 反復とした。

空間線量率は地表から高さ 100cm の空間線量率を、NaI (TI) シンチレーション式サーベイメータ (日立アロカメディカル, TCS-172B) を用いて測定し、同一箇所で 1 分おきに 5 回記録し平均値を算出した。資材及び発生した子実体の放射性物質濃度は 350mL ポリ容器もしくは 900mL ポリ容器に充填し、NaI シンチレーションスペクトロメータ (EMF ジャパン社製 EMF211 型ガンマ線スペクトロメータ) または 20mL パイアルに充填し、NaI シンチレーション (パーキンエルマ製ガンマカウンタ) にて測定した。測定値が検出下限値以下の場合には検出下限値を測定結果として取り扱い、測定値は各試料の含水率から、資材は 12%、子実体は 90%の値で含水率の補正を行った。

2. 2 H26 栽培試験

2.1 の結果を踏まえ、本試験では、敷材に使用するバーク堆肥の影響を調べるため、平成 26 年に宮城県内の広葉樹林に試験地を設定し、県外産のバーク堆肥を用いて菌床を調整、敷材のバーク堆肥は放射性物質濃度が異なる県内産と県外産を用いた。各試験区は 3 反復とした。

空間線量率は地表から高さ 100cm の空間線量率を、NaI (TI) シンチレーション式サーベイメータ (日立アロカメディカル, TCS-172B) を用いて測定し、同一箇所で 1 分おきに 5 回記録し平均値を算出した。資材及び発生した子実体の放射性物質濃度は 350mL ポリ容器もしくは 900mL ポリ容器に充填し、NaI シンチレーションスペクトロメータ (EMF ジャパン社製 EMF211 型ガンマ線スペクトロメータ) または 20mL パイアルに充填し、NaI シンチレーション (パーキンエルマ製ガンマカウンタ) にて測定した。測定値が検出下限

値以下の場合には検出下限値を測定結果として取り扱い、測定値は各試料の含水率から、資材は 12%、子実体は 90%の値で含水率の補正を行った。

2. 3 H27 栽培試験

2.1 及び 2.2 の結果を踏まえ、本試験では、敷材と菌床の両方に用いるバーク堆肥に着目し、発生する子実体にどのような影響があるかを調査するため、平成 27 年に宮城県内の広葉樹林に試験地を設定し、放射性物質濃度が異なる県内産と県外産のバーク堆肥を用いて菌床を調整、敷材のバーク堆肥は県内産と県外産を用いた。各試験区は 3 反復とした。

空間線量率は地表から高さ 100cm の空間線量率を、NaI (TI) シンチレーション式サーベイメータ (日立アロカメディカル, TCS-172B) を用いて測定し、同一箇所でも 1 分おきに 5 回記録し平均値を算出した。資材及び発生した子実体の放射性物質濃度は 350mL ポリ容器もしくは 900mL ポリ容器に充填し、NaI シンチレーションスペクトロメータ (EMF ジャパン社製 EMF211 型ガンマ線スペクトロメータ) または 20mL バイアルに充填し、NaI シンチレーション (パーキンエルマ製ガンマカウンタ) にて測定した。測定値が検出下限値以下の場合には検出下限値を測定結果として取り扱い、測定値は各試料の含水率から、資材は 12%、子実体は 90%の値で含水率補正を行った。

2. 4 H28 栽培試験

これまでの結果を踏まえ、本試験では菌床と、菌床に接種する種菌のバーク堆肥に着目し、発生する子実体にどのような影響があるかを調査するため、平成 28 年に宮城県内の広葉樹林に試験地を設定し、放射性物質濃度が異なる県内産と県外産のバーク堆肥を使用した種菌と、県内産と県外産のバーク堆肥を用いて菌床を調整、敷材のバーク堆肥は県内産を用いた。各試験区は 3 反復とした。

空間線量率は地表から高さ 100cm の空間線量率を、NaI (TI) シンチレーション式サーベイメータ (日立アロカメディカル, TCS-172B) を用いて測定し、同一箇所でも 1 分おきに 5 回記録し平均値を算出した。資材及び発生した子実体の放射性物質濃度は 350mL ポリ容器もしくは 900mL ポリ容器に充填し、NaI シンチレーションスペクトロメータ (EMF ジャパン社製 EMF211 型ガンマ線スペクトロメータ) または 20mL バイアルに充填し、NaI シンチレーション (パーキンエルマ製ガンマカウンタ) にて測定した。測定値が検出下限値以下の場合には検出下限値を測定結果として取り扱い、測定値は各試料の含水率から、資材は 12%、子実体は 90%の値で含水率の補正を行った。

2. 5 H29 栽培試験

これまでの結果を踏まえ、子実体の放射性物質濃度にバーク堆肥の影響が見られないことから、平成 29 年に宮城県内の広葉樹林に試験地を設定し、県内産のバーク堆肥を用いて菌床を調整、敷材のバーク堆肥も県内産を用いた。各試験区は 3 反復とした。

通常の落ち葉マウンド法を対照区とし、二年目発生の子実体の放射性物質濃度低減化に着目し、水稻栽培や福田ら (2018)、伊藤 (2016) ほかにより植栽苗や萌芽枝等の放射性物質濃度の低減効果が報告されているカリウム散布の効果を検討するため、硫酸カリウムをバーク堆肥上に約 130g 散布した試験区、半径 2m 範囲に約 500g 散布した試験区、敷設するバーク堆肥を半径 2m 範囲に拡大した試験区の 4 つを設けた。

空間線量率は地表から高さ 100cm の空間線量率を、NaI (TI) シンチレーション式サーベイメータ (日立

アロカメディカル, TCS-172B) を用いて測定し, 同一箇所でも 1 分おきに 5 回記録し平均値を算出した。資材及び発生した子実体の放射性物質濃度は 350mL ポリ容器もしくは 900mL ポリ容器に充填し, NaI シンチレーションスペクトロメータ (EMF ジャパン社製 EMF211 型ガンマ線スペクトロメータ) または 20mL パイアルに充填し, NaI シンチレーション (パーキンエルマ製ガンマカウンタ) にて測定した。測定値が検出下限値以下の場合には検出下限値を測定結果として取り扱い, 測定値は各試料の含水率から, 資材は 12%, 子実体は 90%の値で含水率の補正を行った。

2. 6 H30 栽培試験

これまでの結果を踏まえ, 子実体の放射性物質濃度にバーク堆肥の影響が見られないことから, 平成 30 年に宮城県内の広葉樹林に試験地を設定し, 県内産のバーク堆肥を用いて菌床を調整, 敷材のバーク堆肥も県内産を用いた。各試験区は 3 反復とした。

通常の落ち葉マウンド法を対照区とし, 放射性物質汚染の低減効果に加え, H29 栽培試験結果で増収の可能性が見られた硫酸カリウムについて散布する量を複数設け, 半径 2m 範囲に約 130g 散布した試験区, 約 500g 散布した試験区, 約 750g 散布した試験区のほか, 土壌からの放射性物質濃度の影響を低減化するため, 敷設するバーク堆肥の下に防草シートを敷いた試験区の 5 つを設けた。

空間線量率は地表から高さ 100cm の空間線量率を, NaI (TI) シンチレーション式サーベイメータ (日立アロカメディカル, TCS-172B) を用いて測定し, 同一箇所でも 1 分おきに 5 回記録し平均値を算出した。

資材及び発生した子実体の放射性物質濃度は 350mL ポリ容器もしくは 900mL ポリ容器に充填し, NaI シンチレーションスペクトロメータ (EMF ジャパン社製 EMF211 型ガンマ線スペクトロメータ) または 20mL パイアルに充填し, NaI シンチレーション (パーキンエルマ製ガンマカウンタ) にて測定した。測定値が検出下限値以下の場合には検出下限値を測定結果として取り扱い, 測定値は各試料の含水率から, 資材は 12%, 子実体は 90%の値で含水率の補正を行った。

3 結果

3. 1 H25 栽培試験

試験地ごとの空間線量率と使用した資材の放射性物質濃度を表 1 に, 発生した子実体の放射性物質濃度を図 1 に示す。

当試験地において, 一年目に発生した子実体の放射性物質濃度を比較 (TukeyHSD, $p < 0.05$) すると, 試験地 B 菌床 [県外バーク] 試験区と試験地 A 菌床 [県内バーク] 試験区・試験地 A 菌床 [県外バーク] 試験区との間に有意な差が見られ, 栽培環境によって発生する子実体の放射性物質濃度が異なることが示唆されたものの, いずれの試験地・バーク堆肥においても, 食品基準値の 100Bq/kg を大きく下回る結果となった。一方で, 発生が確認された同一試験区内において, 二年目子実体の放射性物質濃度を比較 (t 検定, $p < 0.05$) すると, 一年目よりも有意に高く, 試験地 A 菌床 [県外バーク] 試験区では 100Bq/kg に満たないもののそれに近い値, 試験地 A 菌床 [県内バーク] 試験区では 100Bq/kg を超える放射性物質濃度が測定された。これらのことから, 一年目発生の子実体においては栽培環境における野外からの影響や菌床に使用するバーク堆肥によらず, 低濃度の子実体を得られるが, 二年目発生の子実体においては, 確実に安全な子実体を採取することは難しいことがわかった。

同様に, 各試験区での子実体の収量を図 2 に示す。

試験地Bは検体数が少なく比較することができなかったが、試験地Aにおける一年目発生の子実体の収量を試験区で比較 (t 検定, $p < 0.05$) したところ、有意差は見られず、同様に二年目発生の子実体の収量についても試験区で比較 (t 検定, $p < 0.05$) すると有意差は見られなかった。このことから、敷材に使用するバーク堆肥は、子実体の収量に影響しないことが確認された。

表 1 空間線量率と使用した資材の放射性物質濃度

| | 空間線量率($\mu\text{Sv/h}$) | | 放射性物質濃度(Bq/kg) |
|------|---------------------------|--------------|----------------|
| 試験地A | 0.14 | 敷材: 県外産バーク堆肥 | 39.9 |
| 試験地B | 0.06 | 菌床: 県内産バーク堆肥 | 271.7 |
| | | 菌床: 県外産バーク堆肥 | 67.0 |

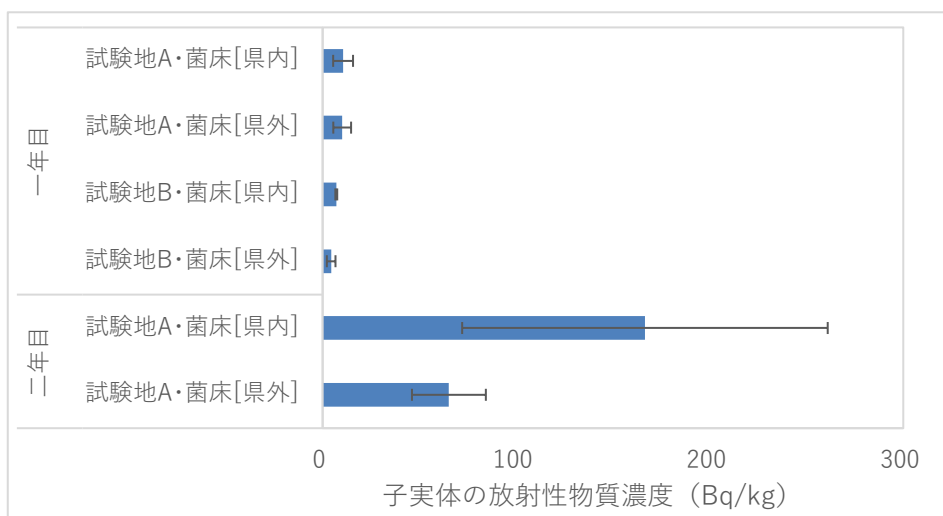


図 1 発生した子実体の放射性物質濃度 (以下エラーバーは標準偏差を表す)

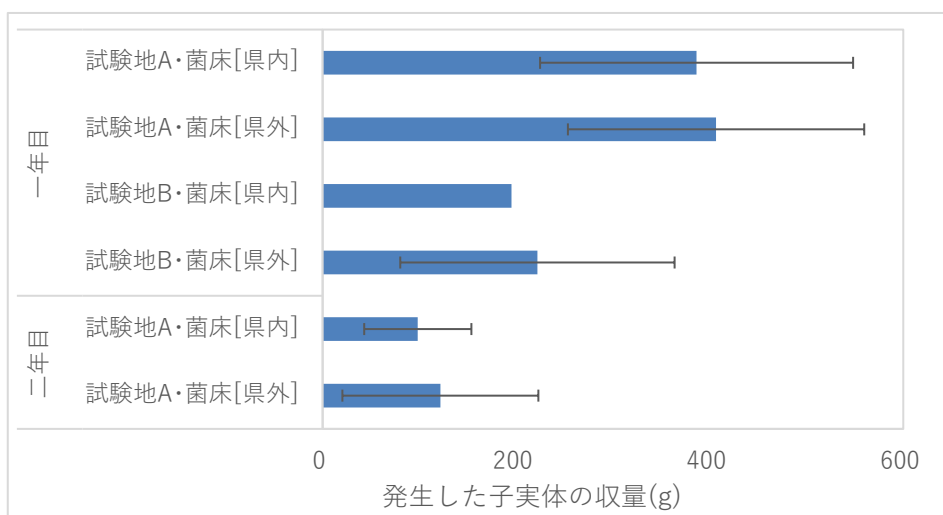


図 2 発生した子実体の収量

3. 2 H26 栽培試験

試験地の空間線量率は $0.14\mu\text{Sv/h}$ で、使用した資材の放射性物質濃度を表 2 に、発生した子実体の放射性物質濃度を図 3 に示す。

当試験地において、一年目に発生した子実体の放射性物質濃度を比較（t 検定, $p < 0.05$ ）すると、敷材 [県内バーク] 試験区が敷材 [県外バーク] 試験区よりも有意に低い値を示したものの、いずれの試験区においても、食品基準値の 100Bq/kg を大きく下回る結果となった。一方で、同一試験区内において二年目子実体の放射性物質濃度を比較（t 検定, $p < 0.05$ ）したところ、一年目よりも有意に高く、両試験区とも平均値は 100Bq/kg を下回るものの、採取された子実体の中には 100Bq/kg を上回るものも確認された。これらのことから、一年目発生の子実体においては敷材に使用するバーク堆肥によらず、低濃度の子実体を得られるが、二年目発生の子実体においては、3. 1 の結果と同様に、確実に安全な子実体を採取することは難しいことがわかった。

同様に、各試験区での子実体の収量を図 4 に示す。

一年目発生の子実体の収量を試験区で比較（t 検定, $p < 0.05$ ）したところ、有意差は見られず、同様に二年目発生の子実体の収量についても試験区で比較（t 検定, $p < 0.05$ ）すると有意差は見られなかった。このことから、敷材に使用するバーク堆肥は、子実体の収量に影響しないことが確認された。

表 2 使用した資材の放射性物質濃度

| | 放射性物質濃度(Bq/kg) |
|-------------|----------------|
| 敷材:県内産バーク堆肥 | 173.1 |
| 敷材:県外産バーク堆肥 | 21.4 |
| 菌床:県外産バーク堆肥 | 29.6 |

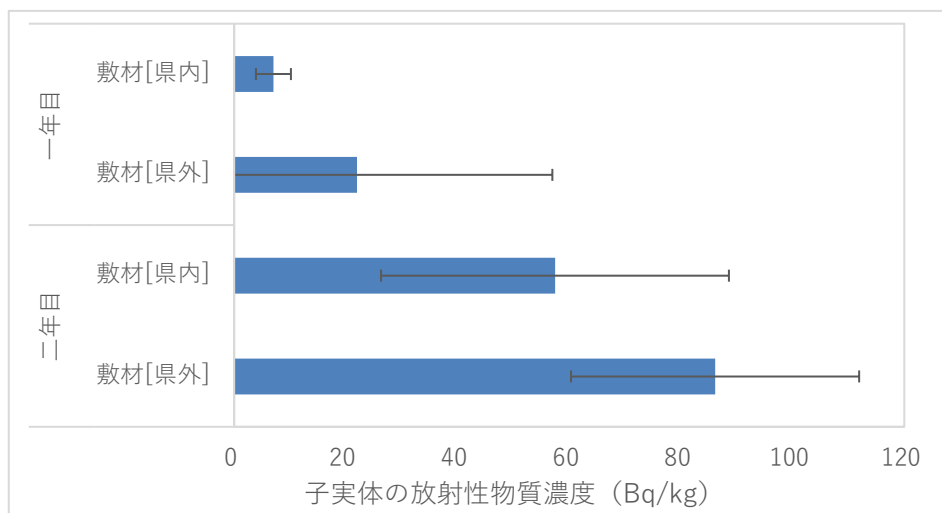


図 3 発生した子実体の放射性物質濃度

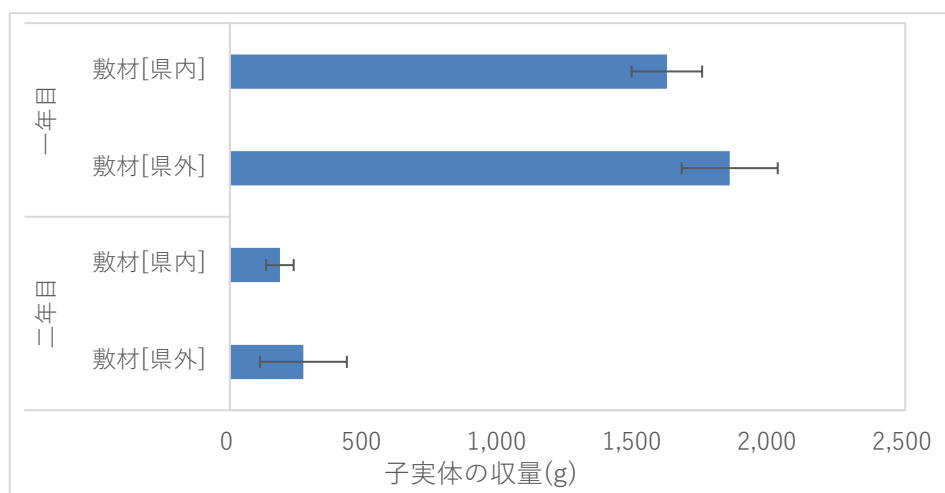


図4 発生した子実体の収量

3. 3 H27 栽培試験

試験地の空間線量率は $0.10\mu\text{Sv/h}$ で、使用した資材の放射性物質濃度を表3に、発生した子実体の放射性物質濃度を図5に示す。

当試験地において、一年目に発生した子実体の放射性物質濃度を比較 (t 検定, $p < 0.05$) したところ、両試験区間での有意差は見られなかったため、一年目発生の子実体においては、敷材及び菌床に用いるバーク堆肥によらず、低濃度の子実体を得られることが確認できた。なお、二年目の子実体の発生は見られなかったため、放射性物質濃度の推移は確認できなかった。

同様に、各試験区での子実体の収量を図6に示す。

子実体の収量を試験区で比較 (t 検定, $p < 0.05$) したところ、有意差は見られなかったことから、敷材及び菌床に用いるバーク堆肥は、子実体の収量に影響しないことが確認された。

表3 使用した資材の放射性物質濃度

| | 放射性物質濃度(Bq/kg) |
|-------------|----------------|
| 敷材:県内産バーク堆肥 | 108.8 |
| 敷材:県外産バーク堆肥 | 18.9 |
| 菌床:県内産バーク堆肥 | 84.9 |
| 菌床:県外産バーク堆肥 | 8.5 |

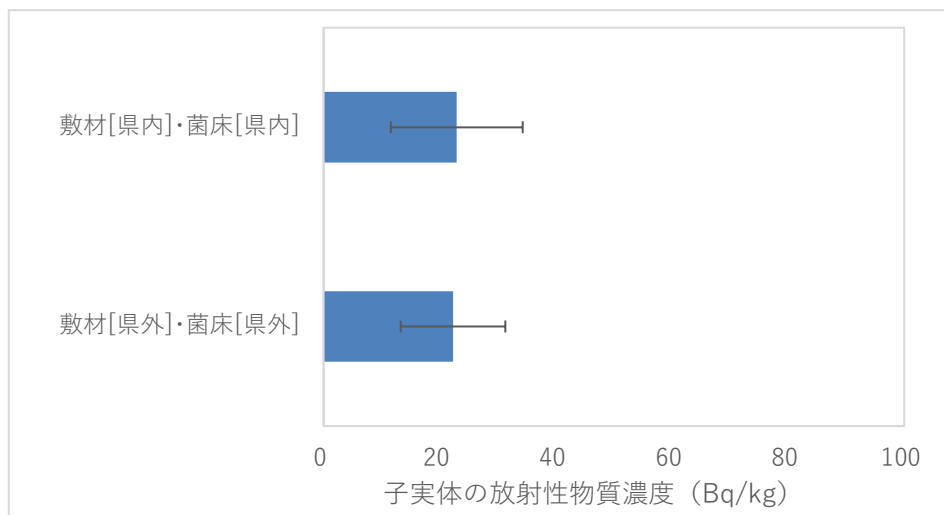


図5 発生した子実体の放射性物質濃度

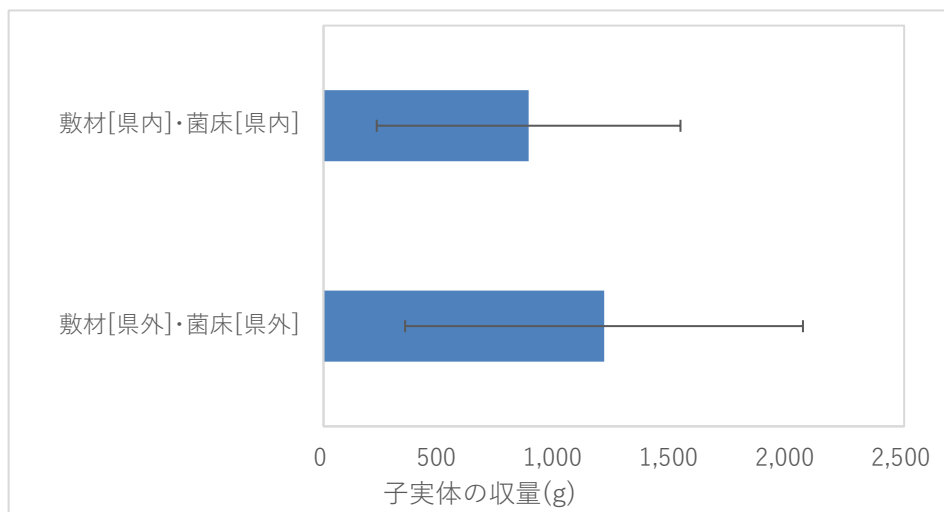


図6 発生した子実体の収量

3. 4 H28 栽培試験

試験地の空間線量率は 0.04 μ Sv/h で、使用した資材の放射性物質濃度を表 4 に、発生した子実体の放射性物質濃度を図 7 に示す。

当試験地において、一年目に発生した子実体の放射性物質濃度を比較 (TukeyHSD, $p < 0.05$) したところ、両試験区間での有意差は見られなかったため、一年目発生の子実体においては、菌床と、菌床に接種する種菌のバーク堆肥によらず、低濃度の子実体を得られることが確認できた。なお、二年目の子実体の発生は見られなかったため、放射性物質濃度の推移は確認できなかった。

同様に、各試験区での子実体の収量を図 8 に示す。

子実体の収量を試験区で比較 (TukeyHSD, $p < 0.05$) したところ、有意差は見られなかったことから、菌床と菌床に接種する種菌のバーク堆肥は、子実体の収量に影響しないことが確認された。

表 4 使用した資材の放射性物質濃度

| | 放射性物質濃度(Bq/kg) |
|-------------------------|----------------|
| 敷材:県内産バーク堆肥 | 32.2 |
| 菌床:県内産バーク堆肥/種菌:県内産バーク堆肥 | 87.5 |
| 菌床:県外産バーク堆肥/種菌:県内産バーク堆肥 | 19.3 |
| 菌床:県内産バーク堆肥/種菌:県外産バーク堆肥 | 79.0 |
| 菌床:県外産バーク堆肥/種菌:県外産バーク堆肥 | 14.2 |

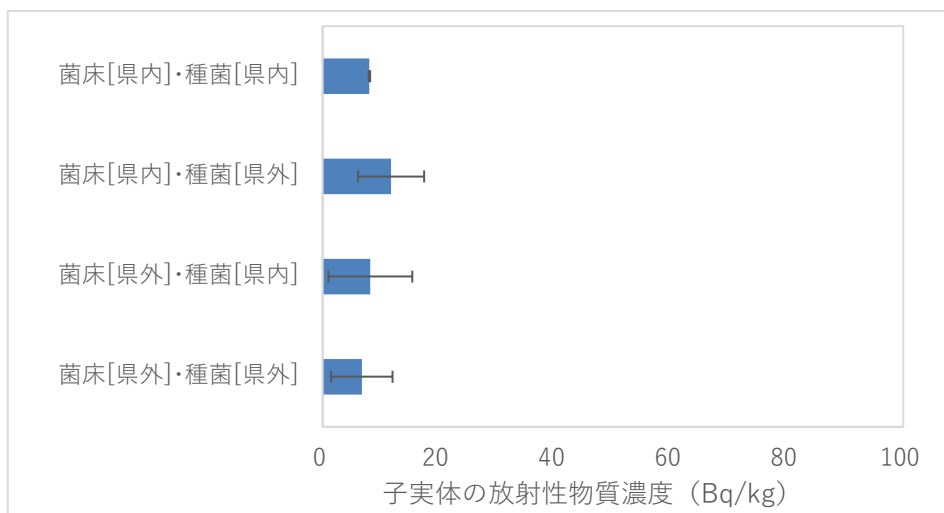


図 7 発生した子実体の放射性物質濃度

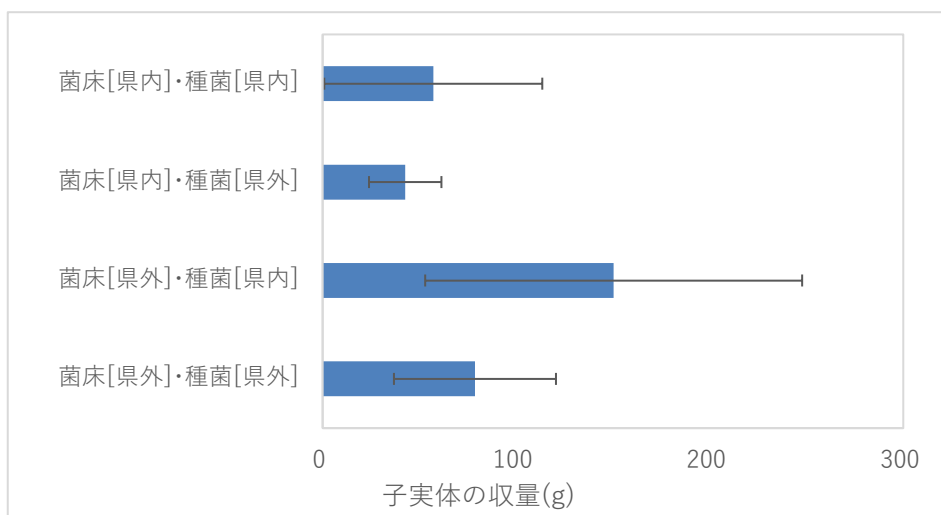


図 8 発生した子実体の収量

3. 5 H29 栽培試験

試験地の空間線量率は 0.04 μ Sv/h で、使用した資材の放射性物質濃度を表 5 に、発生した子実体の放射性物質濃度を図 9 に示す。

当試験地において、一年目に発生した子実体の放射性物質濃度を比較 (TukeyHSD, $p < 0.05$) したところ、両試験区間での有意差は見られなかったため、一年目発生の子実体においては、放射性物質濃度低減処理

によらず、低濃度の子実体を得られることが確認できた。しかし、本試験での目的の一つであった二年目子実体の放射性物質濃度低減効果については、二年目の子実体の発生が見られなかったため、確認することができなかった。

同様に、各試験区での子実体の収量を図 10 に示す。

子実体の収量を試験区で比較 (TukeyHSD, $p < 0.05$) したところ、有意差は見られなかったが、硫酸カリウムの散布を行った二試験区では、散布しなかった試験区よりも収量が多い傾向が見られた。

表 5 使用した資材の放射性物質濃度

| | 放射性物質濃度(Bq/kg) |
|-------------|----------------|
| 敷材:県内産バーク堆肥 | 76.1 |
| 菌床:県内産バーク堆肥 | 64.5 |

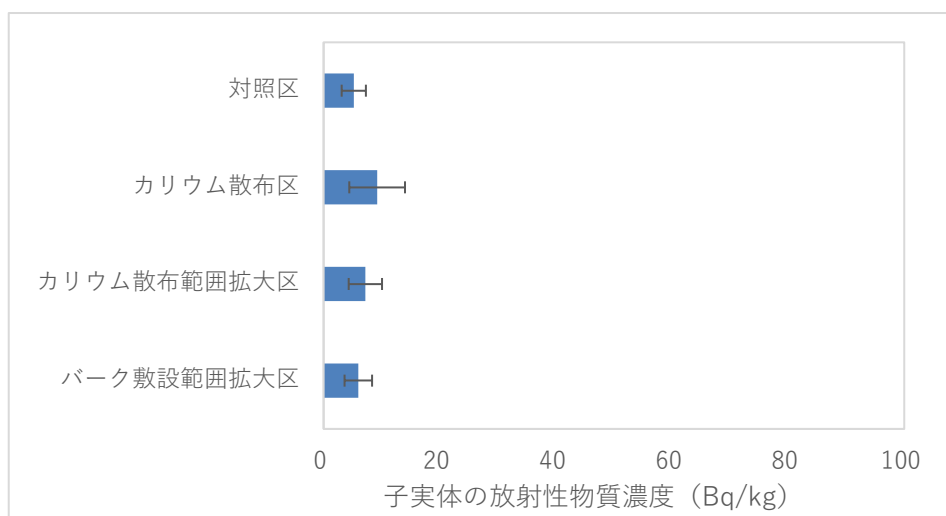


図 9 発生した子実体の放射性物質濃度

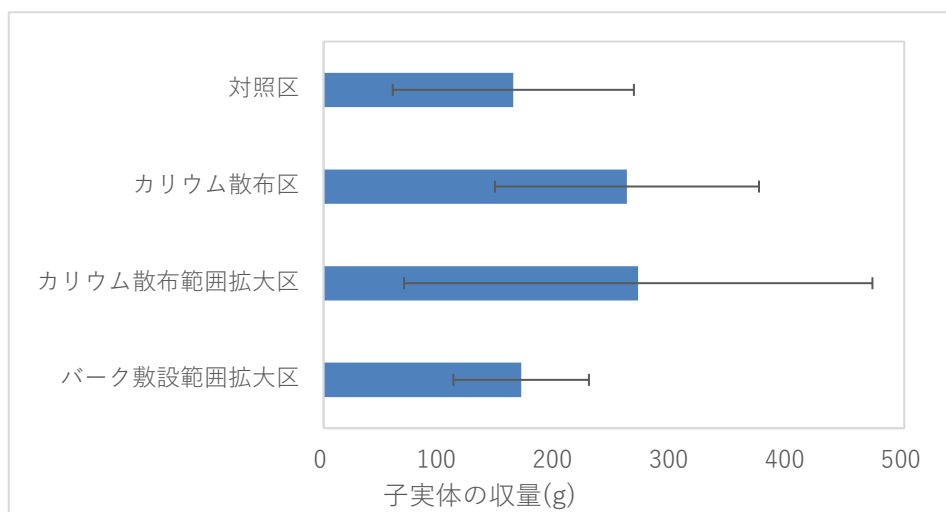


図 10 発生した子実体の収量

3. 6 H30 栽培試験

試験地の空間線量率は 0.04 μ Sv/h で、使用した資材の放射性物質濃度を表 6 に示す。

当試験地においては、これまでの試験地と同様に散水等のマウンド管理を行っていたが、夏頃から菌糸の伸長状況が芳しくなく、子実体の発生には至らなかった。そのため、子実体の放射性物質濃度及び収量について検討することはできなかった。

表 6 使用した資材の放射性物質濃度

| | 放射性物質濃度(Bq/kg) |
|-------------|----------------|
| 敷材:県内産バーク堆肥 | 42.9 |
| 菌床:県内産バーク堆肥 | 38.9 |

4 まとめ

これまでの試験結果から、試験地や敷材、菌床等に用いるバーク堆肥の放射性物質濃度によらず、一年目子実体の放射性物質濃度が低いことから、平成 28 年度から生産自粛を解除することとなった。一方で二年目子実体の放射性物質濃度が高いため、販売等を行わないよう、林業振興課及び各事務所を通して、各生産者への指導を行い、確実に安全な子実体を流通させるための理解を求めた。

引用文献

福田研介・高田守男・寺内瞳 (2018) しいたけ原木林における放射性セシウムに関する研究 茨城県林業技術センター業務報告 No. 54, p15-16

伊藤博久 (2016) 除染した森林における森林再生施業技術の開発 福島県林業研究センター業務報告 No. 49, p25

YBLB法を用いたハタケシメジの母菌維持管理技術に関する研究

1 はじめに

宮城県では、ハタケシメジ (*Lyophyllum decastes*) の空調施設栽培品種「みやぎLD2号」を開発し、平成 18 年 12 月に新品種登録に至った (玉田ら, 2007)。その後、産地形成及び形質の優れた菌株を原種菌として長期にわたって市場に流通させることを目的に、効果的な栽培技術の改良及び菌株の性能管理を行っている (今埜ら, 2014)。

菌株の性能管理業務として、優良菌株の長期保存がある。菌株の保存方法として、前川 (2014) は「菌糸体を種々の培養器室を用いて培養した後、低温 (5℃程度) また室温 (20℃程度) で保存し、一定間隔 (数ヶ月から数年) で新しい培養基質に植え継ぎ、維持する」継代培養保存法や、「培養菌糸体をグリセロールやジメチルスホキンド (DMSO) などの凍結防御材を添加した水溶液中に浸漬して凍結保存する」凍結保存法をあげているが、最終的に保存菌株に求められていることは菌糸の生存に留まらず子実体形成能が維持されていることであり、子実体形成能の確認には、実際に子実体を発生させ、形質等を評価する必要がある。「みやぎLD2号」は菌糸の培養に約 2 ヶ月、子実体の収穫までに約 1 ヶ月かかることから、保存菌株

の性能確認には約 3 ヶ月が必要であり、業務の効率化に向けて、より簡易で短期間に実施可能な性能確認技術の開発が急務である。

一方、エノキタケ (*Flammulina velutipes*) について、馬替 (2002) によって「エノキタケ菌体の特性検定法及び菌株生産方法」が特許化されている。この技術は、色素ブロモチモールブルー (以下、BTB) を含む青緑色の液体培地 (以下、YBLB培地) でエノキタケ菌糸を培養し、培地の色が黄色から黄白色を呈する菌株を正常な菌株、培地の色が濃い青色を呈する菌株を発生不全菌株として簡易に判別する手法 (以下、YBLB法) である。この技術によって、エノキタケは栽培検定に比べ、極めて短期間で検定の結果を知ることができる (馬替, 2002)。また、同一シャーレ内で菌糸の着色傾向が異なった場合に、例えば劣化株の菌糸の中で黄色を示す菌糸を抽出、培養を繰り返すことで、性質の安定した菌株を得ることが可能となる (馬替, 2005)。

本試験は、ハタケシメジ「みやぎLD2号」にYBLB法が適用可能か検討するものである。

2 調査方法

2. 1 YBLB培地に対するハタケシメジ菌糸の変色能の確認

まず、ハタケシメジ菌糸がYBLB培地を変色させるか、培養容器 2 種類を用いて試験を実施した。

2. 1. 1 マイクロプレート内での変色傾向の確認

蒸留水 1 リットルに対して、市販の顆粒状乳糖ブイヨン培地 (日水製薬株式会社製) 18 g (組成: 肉エキス 3.0 g, ペプトン 10.0 g, 乳糖 5.0g, ブロモチモールブルー 0.024g) と培養用寒天 1.2 g を入れて加温溶解後、オートクレーブを使って 120°C, 30 分の高圧加熱殺菌を行った。放冷後、24 穴マイクロプレートに液体培地を 1.5ml ずつ分注し、シャーレ上のPDYA培地で培養したハタケシメジ菌糸 10 菌株について、直径 5mm コルクボーラーで菌糸片をそれぞれ 20 個採取し、各プレートに 1 個ずつ接種した。接種後、マイクロプレートを庫内温度 23°C のインキュベーター内で培養し、22 日後の色の変化を目視で記録した。

なお、試験に供した 8 菌株については、菌株の性能区分として、本試験前の性能確認試験において 1 ビンあたりの平均収量が 120 g を超える 5 菌株を正常株、120 g 以下の 2 菌株を劣化株、子実体が発生しなかった 1 菌株を子実体未発生株と定義した ($n=16$)。この内、子実体未発生株は、元々正常株の性質を有していた菌株が、PDYA培地上で継代を繰り返す中で子実体を形成しなくなったものである。

2. 1. 2 試験管内での変色傾向の確認

蒸留水 1 リットルに対して、市販の顆粒状乳糖ブイヨン培地 (日水製薬株式会社製) 18 g (組成: 肉エキス 3.0 g, ペプトン 10.0 g, 乳糖 5.0g, ブロモチモールブルー 0.024g) を入れて加温溶解後、径 21mm 試験管に 5ml ずつ分注し、オートクレーブを使って 120°C, 30 分の高圧加熱殺菌を行った。放冷後、PDYA培地で培養したハタケシメジ菌糸 12 菌株について、直径 5mm コルクボーラーでシャーレ内の 10 箇所から打ち抜いた菌糸片を試験管 1 本に 1 個ずつ接種した。接種後は庫内温度 23°C のインキュベーター内で培養し、18 日後の色の変化を観察した。

なお、試験に供したハタケシメジ菌糸 12 菌株については、菌株の性能区分として、本試験前の性能確認試験において 1 ビンあたりの平均収量が 160 g を超える 5 菌株を正常株、160 g 以下の 6 菌株を劣化株、子実体が発生しなかった 1 菌株を子実体未発生株と定義した ($n=16$)。性能確認試験に供した培地組成が試験

2. 1. 1 とは異なるため、性能区分が異なっている。

2. 2 同一シャーレ上における菌糸の変色傾向毎の子実体形成能の比較

2. 1 の試験によって、ハタケシメジ菌糸にはエノキタケと同様に Y B L B 培地を変色させる性質を持つことが明らかになった。ただし、同じ性能区分内の菌株間においても変色傾向は異なり、一部菌株については同一菌株でもシャーレから接種した箇所によって異なる変色を示したことから、変色傾向毎の菌糸片の性能確認試験を行うことで、Y B L B 法が同一菌株内で正常な菌糸片の抽出や劣化が始まっている菌糸片の除去等の菌株管理技術に応用可能かを確認することとした。

2. 2. 1 正常株及び子実体未発生株の変色傾向毎の性能確認試験

2. 1. 2 において変色傾向が同一シャーレでも大きくばらついた正常株 L 及び子実体未発生株 T について、Y B L B 培地内 18 日目の変色状態を基準に、L は黄色 1 菌株、緑色 2 菌株、青色 3 菌株の計 6 菌株、T は緑色 1 菌株、青色 1 菌株の計 2 菌株を選抜した。試験管内の各菌糸を白金耳を用いて取り出し、シャーレ内の P D Y A 培地で約 1 ヶ月間培養を行った。培養完了後の菌糸を、ハタケシメジ用に調整したオガ粉培地（絶間重量比：スギオガ粉 11%、フスマ 12%、ネオビタス N3%、コーンコブミール 7%、水 67%）に接種し、室温 23℃、湿度 70% の環境で約 2 ヶ月培養後、室温 16℃、湿度 90% 前後の環境で子実体を発生させ、各収量を記録した ($n=16$)。

3 結果・考察

3. 1 Y B L B 培地に対するハタケシメジ菌糸の変色能の確認

3. 1. 1 マイクロプレート内での変色傾向の確認

各菌株の性能区分及び変色傾向を表 1 に記す。

この内、本試験前に行った性能確認試験において子実体が発生しなかった菌株 H は全ての Y B L B 培地が青色を呈し、馬替 (2002) の先行研究におけるエノキタケ子実体未発生株と同様の傾向を示した。一方で、その他 7 菌株は子実体形成能が事前に確認されていたにもかかわらず、培地の大部分が黄色に変色する菌株や、黄色や青色が混在する菌株等さまざまな結果を示した (写真 1 ~ 3)。

このことから、ハタケシメジ菌株の性能判別として、マイクロプレート内の Y B L B 培地に接種した菌糸片の大部分が青色を示した場合にエノキタケと同様に子実体未発生株として判断できる可能性があるが、正常株及び劣化株の簡易判別手法には適さない可能性が示された。

表-1 マイクロプレート内の菌系の変色傾向

| 菌株 No. | 性能区分 | 変色傾向 | |
|--------|---------|------|----|
| | | 黄色 | 青色 |
| A | 正常株 | 5 | 15 |
| B | 正常株 | 19 | 1 |
| C | 正常株 | 4 | 16 |
| D | 正常株 | 7 | 13 |
| E | 正常株 | 5 | 15 |
| F | 劣化株 | 2 | 18 |
| G | 劣化株 | 20 | 0 |
| H | 子実体未発生株 | 0 | 20 |

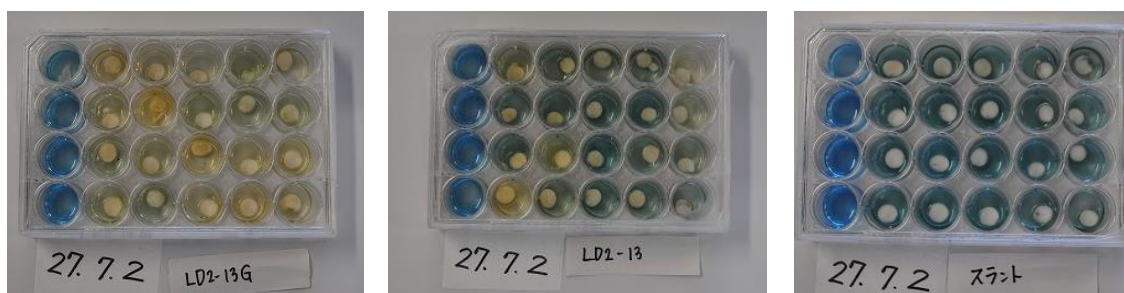


写真-1 正常株B (黄色) 写真-2 正常株A (黄色, 青色混在) 写真-3 劣化株H (青色)
各写真の左端は対照区 (無接種のYBLB培地)

3. 1. 2 試験管内での変色傾向の確認

各菌株の性能区分及び変色傾向を表-2に記す。

3. 1. 1におけるマイクロプレートの結果と異なり、子実体未発生株TにおいてもYBLB培地が黄色や緑色、青色と様々な変色傾向を示した。また、その他 11 菌株においても試験管内で黄色や青色が混在する結果となった (写真4～5)。

このことから、ハタケシメジ菌株の劣化判別手法として、試験管内のYBLB培地の変色傾向を用いることは困難と考えられる。

マイクロプレートと試験管において、性能区分と変色傾向が異なった要因としては、各容器へのYBLB培地の分注量が異なるため、変色速度に差が生じた可能性がある。また、マイクロプレートは上から見るが、試験管は横から見るため、変色の判断に個人差が生じる可能性があるが詳細は不明である。

表-2 試験管内の菌糸の変色傾向

| 菌株No. | 性能区分 | 変色傾向 | | |
|-------|---------|------|----|----|
| | | 黄色 | 緑色 | 青色 |
| I | 正常株 | 3 | 5 | 2 |
| J | 正常株 | 2 | 8 | 0 |
| K | 正常株 | 2 | 5 | 3 |
| L | 正常株 | 2 | 4 | 4 |
| M | 正常株 | 4 | 4 | 2 |
| N | 劣化株 | 0 | 9 | 1 |
| O | 劣化株 | 0 | 4 | 6 |
| P | 劣化株 | 2 | 5 | 3 |
| Q | 劣化株 | 1 | 5 | 4 |
| R | 劣化株 | 8 | 2 | 0 |
| S | 劣化株 | 2 | 3 | 5 |
| T | 子実体未発生株 | 2 | 5 | 3 |



写真-4 正常株M (各色混在)



写真-5 劣化株P (各色混在)



写真-6 子実体未発生株T (各色混在)

3. 2 同一シャーレ上における菌糸の変色傾向毎の子実体形成能の比較

3. 2. 1 正常株及び子実体未発生株の変色傾向毎の性能確認試験

正常株の収量は図-1のとおり。YBLB培地は初期の青緑色がpHの変化によって青色、黄色へと変色する。今回の性能確認試験では、変色過程にある緑色菌糸が、エノキタケにおいては正常株を示す黄色菌糸及び子実体未発生株を示す青色菌糸の一部と比較して有意に収量が少ない結果となった。また、青色菌糸は黄色菌糸に匹敵する収量を示す試験区がある一方、全試験区内で収量が最小の試験区を含むなど、各試験区で収量のバラツキが大きかった。よって、同一菌株内において、菌糸の変色傾向毎に子実体形性能を判別する手法としてのYBLB

法の適用には更なる検証が必要と考えられる。一方、同一シャーレ内のコロニーにおいても子実体形性能が均一で無い本試験の結果は、性能区分では正常を示す菌株であっても局所的に劣化の兆候を含んでいる可能性を示した。

子実体未発生株の緑色と青色を呈した菌糸片を用いて栽培試験を実施したところ、両試験区において子実体は発生しなかった (写真-7, 8)。ただし、黄色を呈した菌糸については栽培試験を実施しておらず、子実体未発生株における変色傾向と子実体形性能の関係については更なる検証が必要である。

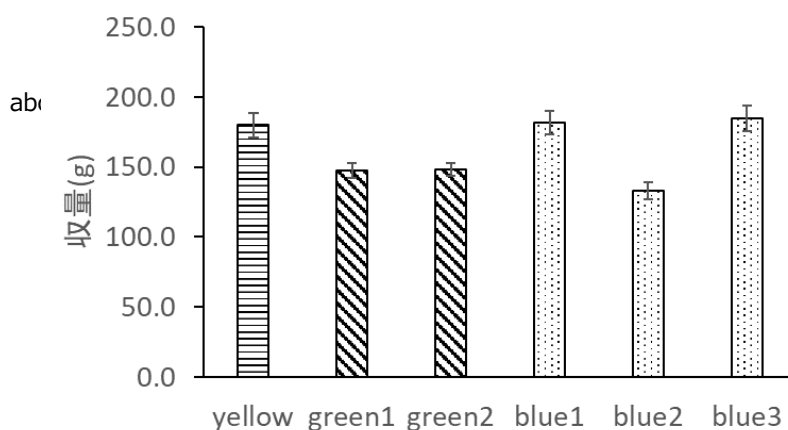


図-1 各試験区における収量

エラーバーは標準偏差、異なるアルファベットは有意差を示す (Steel-Dwass の多重比較検定, $P < 0.05$)。



写真-7 子実体未発生株 T (緑色)



写真-8 子実体未発生株 T (青色)

4 おわりに

試験 2. 1 によって、ハタケシメジ菌糸が YBLB 培地を短期間で変色させる特性を持つことが明らかになった。しかし、変色傾向には正常株、劣化株、子実体未発生株の間に明瞭な差が見られず、YBLB 法を用いてハタケシメジ菌株の子実体形成能を簡易に判別することは、本試験結果のみでは早計と考えた。また、試験 2. 2 において、同一菌株内でも接種箇所によって変色傾向が異なる一方、菌糸間の変色傾向と収量には明確な関連性が認められなかった。子実体形性能と YBLB 培地上での変色傾向については、菌株の継代回数や培地の種類等による菌株の特性も影響する可能性があり、本試験における性能区分毎の検体数の少なさも鑑み、同一菌株内の優良・劣化菌糸選抜手法としての YBLB 法の有用性は更なる検討を要する結果となった。ハタケシメジ保存菌株の効率的且つ効果的な菌株維持管理技術の開発に向けては、引き続き当センターにおける重要な課題として検討する。

一方で、本試験の副次的結果として、同一コロニー上の菌糸においても収量に差が見られたことから、同一コ

ロニーにおける子実体形性能のバラツキの特性把握についても、菌株管理上の課題である。

なお、ハタケシメジ以外のきのこ類については、ホンシメジにおいて柄徒長株が Y B L B 培地を青変させた例や (馬替ら 2013)、純白色以外の白色系・着色系のエノキタケには応用できない例 (馬替ら 1999) が報告されており、Y B L B 法が適用可能な有用菌種の選抜も特用林産物研究の重要な課題といえる。

引用・参考文献

- 今栞実希・玉田克志 (2014) みやぎのきのこ安定生産技術の改良及び新たなキノコ種の栽培技術の開発—ハタケシメジ栽培技術の改良及び菌株の保存方法の検討— 宮城県林業技術総合センター成果報告 No. 23, p1-7
- 前川二太郎 (2014) 近年の我が国における菌株保存の最新技術. 改訂版 最新きのこ栽培技術 p23-28
- 馬替由美 (1999) エノキタケ変異菌体の簡易識別法 きのこの変異班別と変異発生予防 p21-23
- 馬替由美 (2002) エノキタケ菌体の特定検定法および菌株生産方法 森林総合研究所
日本特許 特開 2000-287568 (P2000-287568A) 2002-06-04
- Yumi Magae・Kobun Akahane・Kimiyoishi Nakamura・Shigeyuki Tsunoda (2005) Simple Colorimetric Method for Detecting Degenerate Strains of Cultivated Basidiomycete *Flammulina velutipes* (Enokitake) Environmental Microbiology October 2005 vol. 71 no. 10 6388-6389
- 馬替由美・山中勝次 (2013) ホンシメジから分離された細菌 日本きのこ学会第 17 回大会講演要旨集 p73
- 玉田克志・相澤孝夫・更科彰史・佐藤資之・木村榮一 (2007) ニュータイプきのこ開発事業 (第 2 報) —ハタケシメジ空調施設栽培用品種の開発— 宮城県林業試験場成果報告 No. 16, p23-29
- 寺下隆夫・大林晃・岩瀬剛二・田中昭子 (1988) きのこの生化学と利用 p28-32

令和元年度
林業技術総合センター研究報告
第28号

令和元年12月発行

宮城県林業技術総合センター

〒981-3602 宮城県黒川郡^{おおひら}大衡村^{はぬき}大衡字^{はぬき}柵木14
電 話 022-345-2816
F A X 022-345-5377
E-mail stsc@pref.miyagi.lg.jp

