

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

溝口哲生, 森口直哉, 貞清秀男¹⁾, 出田龍彰²⁾

キーワード：菌根菌, クロマツ, 海岸林

Development of technique to grow the healthy coastal forest of Japanese black pine using native mycorrhizal fungi

Tetsuo MIZOGUCHI, Naoya MORIGUCHI, Hideo SADAKEYO, Tatsuaki IDETA

目次

1. 緒言	66
2. 材料と方法	66
1) 在来菌根菌子実体の発生状況調査	66
2) 在来菌根菌のクロマツへの感染・定着試験	67
3) 菌根菌の感染試験	67
4) 菌根菌接種苗を活用した現地適応試験	67
3. 結果と考察	68
1) 在来菌根菌子実体の発生状況調査	68
2) 在来菌根菌のクロマツへの感染・定着試験	69
3) 菌根菌の感染試験	69
4) 菌根菌接種苗を活用した現地適応試験	70
4. おわりに	71
5. 摘要	71
6. 引用文献	71
7. Summary	72

1. 緒言

長崎県の海岸線の延長は長崎県統計年鑑（2012）によると約4,184kmと北海道に次いで2番目に長く、その多くには、防風・防潮を目的としたクロマツを主とする海岸林が造成され、海岸地域の住民の生活や農地などを守っている。以前はクロマツ林に堆積した松葉を燃料として利用するため、松葉掻きが行われていた。しかし、近年はエネルギー転換により化石燃料が使われるようになり、松葉掻きなどでクロマツ林に人の手が入らなくなったため、クロマツと共生関係にある菌根菌の生育環境も変化してきた。菌根菌はクロマツから糖分をもらうかわりに、土壤中の水分や養分をクロマツに供給し、成長を助けている¹⁾。しかし、林内に松葉が堆積することで、クロマツ林の地下部では菌根菌から松葉等の有機物を分解する腐生菌へ変わっていき、土壤が次第に肥沃化し広葉樹へと遷移が進み、クロマツと共生関係にある菌根菌との関係がくずれていく⁸⁾。そして、クロマツ林が衰退していくことで防風、防潮効果が十分に発揮できなくなることが懸念されている。

これまで当センターではクロマツの立木密度と胸

高直径を指標にしたクロマツ林管理技術を開発した¹⁰⁾が、菌根菌を活用したクロマツ林の管理技術についての検討は行っていない。これまで、他地域では、菌根菌に関する研究は福里⁵⁾や永守ら⁷⁾他により多くの報告が行われているものの、立地や植生等の違いにより、他地域の技術をそのまま適用できない。これらの問題を県内の海岸林で実証・解決することでクロマツと菌根菌の共生を可能にし、海岸クロマツ林のもつ公益的機能が持続的に発揮されることが期待される。

そこで県内に分布する菌根菌子実体の発生状況を明らかにし、クロマツ林内の土壤表面に散布する懸濁液として有効とされるショウロ、コツブタケ⁹⁾について子実体発生の季節変動の調査を行った。また、それらを活用してクロマツ林へ菌根菌を感染・定着させるための試験を行った。さらに、クロマツ苗の菌根菌の感染試験を実施し、菌根菌を接種した抵抗性クロマツを植栽した試験地を壱岐市石田町筒城浜と郷ノ浦町大島に設定し、それらの生育状況について調査したので報告する。

2. 材料と方法

1) 在来菌根菌子実体の発生状況調査

調査地は雲仙市小浜町富津、南島原市加津佐町野田浜、前浜、南島原市口之津町白浜の4箇所の海岸クロマツ林とした（図1）。調査項目は林内に出現する菌根菌の発生種数と子実体数とした。子実体の発生状況は平成21年4月～平成24年12月まで、毎月1回から2回調査を行った。なお、子実体の同定は、その外観の特徴に基づいて行い、ショウロについては種の同定は行わず「ショウロ類」とした。また、種の同定が行えない子実体については、属までの同定を行った。

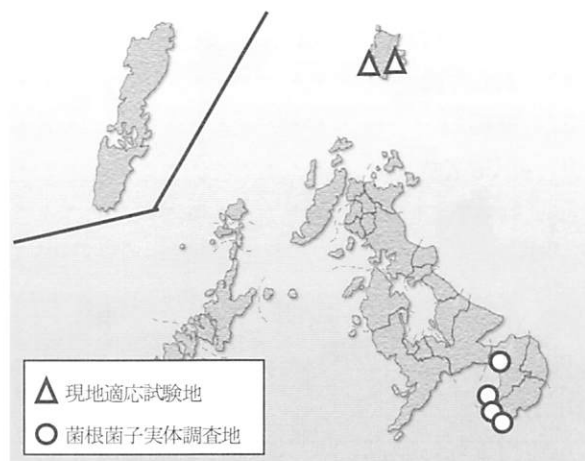


図1 調査地の位置図

2) 在来菌根菌のクロマツの感染・定着試験

クロマツに菌根菌を感染・定着させる方法として①懸濁液の散布⁹⁾、②松葉掻き(A₀層の除去)¹¹⁾、③木炭施用⁴⁾の3つの方法が有効であるとの報告がある。試験地ではその3つの方法を組み合わせた処理を行い、それらの効果について検討した。表1に試験区毎の処理条件を示す。試験地は南島原市加津佐町野田浜のクロマツ林内に設定した。ショウロ類とコツブタケ懸濁液は子実体をミキサーで粉碎した後、重さ300gに対して、水10%の割合で希釈したものを、haあたり250%~300%散布した。懸濁液の散布は平成21年12月24日に実施した。松葉掻きは平成21年11月とその後、毎年度1回実施した。木炭は直径3~4cmの大きさのものを利用した。木炭は平成21年11月26日に長さ30cm、幅20cmの方形に深さ10cm、間隔は80cmで穴を掘り、10cm厚で埋設し、表面に砂をかぶせた(写真1)。調査項目は試験区内に出現する菌根菌の発生種と子実体数とした。調査期間は平成21年11月から平成24年12月まで、毎月1回から2回調査を行った。

3) 菌根菌の感染試験

海岸林の造成には、新たに土地を造成した後にクロマツを植栽する場合がある。そのため、クロマツと共生する菌根菌を早期に導入、定着させることが重要である。現地に菌根菌を人為的に導入するには、懸濁液の散布の他に菌根菌接種苗の植栽等による方法がある。明間ら²⁾はクロマツに菌根菌を接種する方法としてゲル化剤を孢子懸濁液に混ぜ、根に付着させることで菌根菌の接種を行ったが、今回は、低コストで菌根菌をクロマツに接種するため、クロマツに感染する菌根菌子実体が毎年確認されている長

崎県農林技術センター内の圃場に平成24年4月にクロマツ種子を播種し、菌根菌を自然感染させる方法を試みた。クロマツへの菌根菌感染の有無は翌年の1月に発芽して、生育しているものの中から無作為に10本選び、掘り取り、根系に発達した菌糸の状況を目視により確認した。

4) 菌根菌接種苗を活用した現地適応試験

試験地は壱岐市石田町筒城浜と郷ノ浦町大島の2箇所設定した(図1)。各試験地の概要は表2、3に示す。筒城浜試験地(以下、筒城浜)は平地に竹簾による防風柵工を施工し、菌根菌(ショウロ)を接種した抵抗性クロマツ(以下、接種苗(ショウロ))と菌根菌を接種していない抵抗性クロマツ(以下、非接種苗)をそれぞれ20本植栽した区(3,000本/ha)を各2区、合計4区を設定した(写真2)。大島試験地(以下、大島)は丘陵地に丸太防風柵工を施工し、菌根菌(ヌメリイグチ)を接種した抵抗性クロマツ(以下、接種苗(ヌメリイグチ))と非接種苗をそれぞれ30本植栽(3,000本/ha)区、50本植栽(5,000本/ha)区、70本植栽(7,000本/ha)区を各2区、合計12区設定した(写真3)。大島の植栽位置図を図2に示す。各試験地に植栽した接種苗は多機能フィルター株式会社が生産したポット苗を用いた。各試験地のクロマツの植栽は平成19年3月に行った。調査項目は樹高、根元径、残存率とした。また、植栽時のサイズが異なったため、相対成長率を次の式で求め、評価の指標とした。

$$\text{相対成長率} = (\ln H\alpha - \ln H\beta) / (\alpha - \beta)$$

(H α , H β : α , β 年における樹高又は根元径)

調査期間は植栽から平成24年12月まで、毎年1回、12月から3月の期間に調査した。

表1 試験区毎の処理条件

試験区	処理条件				形状	備考
	懸濁液散布 (ショウロ類)	懸濁液散布 (コツブタケ)	松葉掻き	木炭施用		
1	—	—	—	—	10m × 10m	
2	○	—	—	—	5m × 10m	マツの成立本数 2375本/ha 樹高: 平均9.5m 胸高直径: 平均13.3cm
3	—	○	—	—	5m × 10m	
4	○	—	○	—	5m × 10m	
5	—	○	○	—	5m × 10m	
6	○	—	○	○	5m × 10m	
7	—	○	○	○	5m × 10m	

○: 実施。 —: 実施せず。

懸濁液は平成21年12月に散布

松葉掻きは平成21年11月、その後は毎年度1回実施

木炭は平成21年11月に施用

表2 筒城浜の概要

区分	植栽本数 (本)	根元径 (mm)	苗高 (cm)	植栽密度 (本/ha)
接種苗(ショウロ)	40	5.8	24.4	3000
非接種苗	40	9.1	35.2	3000

根元径、苗高は植栽時の平均

表3 大島の概要

試験区	区分	根元径 (mm)	苗高 (cm)	植栽本数 (本)	植栽密度 (本/ha)
1	非接種苗	9.6	40	30	3000
2				70	7000
3				50	5000
4				70	7000
5				50	5000
6				30	3000
7	接種苗 (ヌメリイグチ)	11	64	30	3000
8				70	7000
9				50	5000
10				70	7000
11				50	5000
12				30	3000

根元径、苗高は植栽時の平均

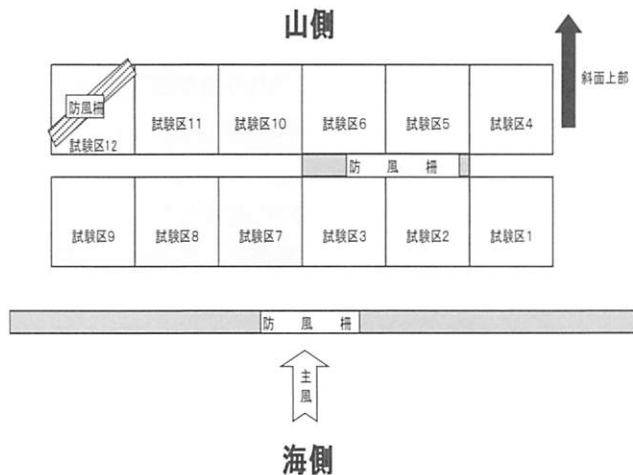


図2 大島の植栽位置図

3. 結果と考察

1) 在来菌根菌子実体の発生状況調査

4箇所の試験地における菌根菌子実体の発生種を表4に示す。同定が可能であった菌根菌の発生種数は33種であった。各試験地ともに確認された菌根菌の子実体は、アミタケ、ショウロ類、チチアワタケ、ヌメリイグチ、ハツタケであった。今回は月1回から2回の調査であり、調査間隔が長かったため、調査地で発生した全ての種を確認できていないと考えられ、実際、試験地で発生している子実体の種数は今回の結果より多いと推察される。次に、野田浜におけるショウロ類とコツブ

タケの平成21年度から23年度までの月別の発生状況を図3、図4に示す。ショウロ類は11月から4月、コツブタケは7月から2月に発生がみられた。毎年の発生量に差があるが、懸濁液作製のための子実体を採取するのはこの時期が適期であることが示唆された。また、気象条件等の違いにより、毎年、同様に菌根菌を採取することができないことが予測される。そのため、クロマツ林に定期的に懸濁液を散布するためには、菌根菌子実体の保存や培養等の方法を検討する必要がある。

表4 試験地で確認された菌根菌の発生種

調査地	発生種
野田浜	アミタケ、キシメジ属、キチヤハツ、キツネタケモドキ、クサハツ、クロハツ、クロハツモドキ、コツブタケ、シモコシ、ショウロ類、シロタマゴテングタケ、シロハツモドキ、チチアワタケ、ツチグリ、テングタケ、テングタケ属、ドクベニタケ、ニオイコベニタケ、ニセクロハツ、ニセショウロ、ヌメリイグチ、ハツタケ、ヒメコガネツルタケ、ベニタケ
前浜	アカハツ、アミタケ、アンズタケ属、カワリハツ、キツネタケ、クロハツ、コツブタケ、ショウロ類、チチアワタケ、テングタケ属、ドクベニタケ、ニセクロハツ、ニセショウロ、ニセショウロ属、ヌメリイグチ、ハツタケ、ハマニセショウロ、ヒメカタショウロ
白浜	アセタケ属、アミタケ、カレバキツネタケ、カワリハツ、キシメジ属、ショウロ類、チチアワタケ、ニオイコベニタケ、ヌメリイグチ、ハツタケ、ベニタケ属
富津	アカハツ、アミタケ、アンズタケ、アンズタケ属、イロガワリシロハツ、オオミノクロアワタケ、カレバキツネタケ、カワリハツ、ウギタケ、クロハツ、コツブタケ、ショウロ類、シロタマゴテングタケ、シロハツ、シロハツモドキ、チチアワタケ、チチタケ属、ツチグリ、テングタケ、テングタケ属、ドクベニタケ、ニオイコベニタケ、ヌメリイグチ、ハツタケ

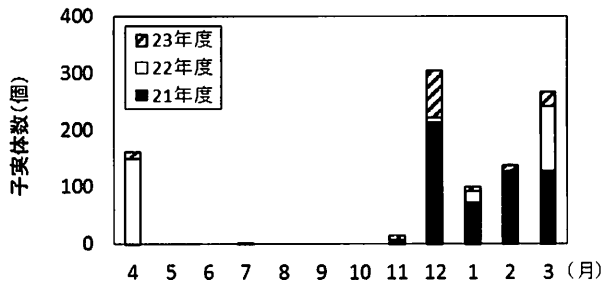


図 3 ショウロ類子実体の月別の発生状況(野田浜)

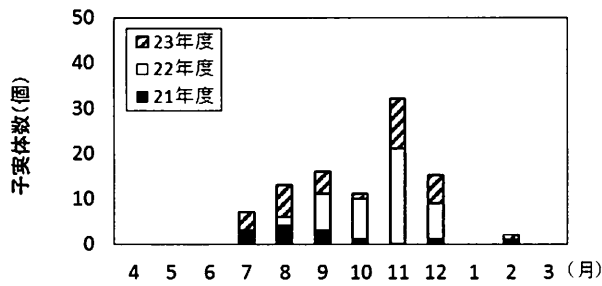


図 4 コツブタケ子実体の月別の発生状況(野田浜)

2) 在来菌根菌のクロマツへの感染・定着試験

試験地における、クロマツ林への菌根菌感染・定着試験の結果を表5に示す。コツブタケ懸濁液の散布と松葉掻きを実施した試験区5では平成23年7月にコツブタケ子実体が1個確認された。ショウロ懸濁液の散布と松葉掻き、木炭施用を実施した試験区6からもコツブタケ子実体の発生が確認された。コツブタケ懸濁液を散布して、松葉掻

き、木炭施用を実施した試験区7では平成23年と平成24年に連続してコツブタケ子実体が確認された。コツブタケはショウロ散布区からも発生していることから、胞子の飛散による菌根菌感染の可能性と以前から菌根菌のコロニーが存在していた可能性も考えられ、今回の3つの処理による明確な効果はみられなかった。しかし、コツブタケの発生は松葉掻きを実施していない試験区からはみられなかったことから、コツブタケの発生促進には松葉掻きが有効である可能性が示唆された。

3) 菌根菌の感染試験

クロマツへの菌根菌感染の有無を調査した結果は次のとおりである。

平成25年1月に無作為に掘り取った10本のクロマツの苗高は6cm程に成長しており、目視により全てのクロマツに菌根菌が感染していることが確認された(写真4)。播種した場所からは平成24年10月にコツブタケの発生が確認された(写真5)。今回、クロマツに感染した菌根菌の同定は行わなかったが、播種した場所の周囲に感染源となるクロマツが存在し、クロマツと共生する菌根菌の子実体が発生する場所では、播種するだけで容易にクロマツに菌根菌を感染させることができると考えられ、有吉ら³⁾の報告にもあるように母樹による感染は可能である。

表5 処理条件別の菌根菌の発生種と子実体数

試験区	処理条件				発生種、個数。(発生を確認した年月)
	懸濁液 (ショウロ類)	懸濁液 (コツブタケ)	松葉掻き	木炭施用	
1	—	—	—	—	ドクベニタケ11(平成23年6月)
2	○	—	—	—	
3	—	○	—	—	
4	○	—	○	—	
5	—	○	○	—	コツブタケ1(平成23年7月)
6	○	—	○	○	コツブタケ1(平成23年8月)ニオイコベニタケ7(平成24年7月)
7	—	○	○	○	コツブタケ2(平成23年8月)コツブタケ1(平成24年7月)

○:実施, —:実施せず。
 懸濁液は平成21年12月に散布
 松葉掻きは平成21年11月, その後は毎年度1回実施
 木炭は平成21年11月に施用

4) 菌根菌接種苗を活用した現地適応試験

接種苗と非接種苗を現地に植栽し、生育状況を調査した結果は次のとおりである。

筒城浜では接種苗（ショウロ）の方が非接種より根元径、樹高の相対成長率、残存率も高かった。一方、大島では非接種苗の方が根元径、樹高の相対成長率、残存率も高かった（図5、図6、図7）。また、大島では接種苗（ヌメリイグチ）、非接種苗ともに斜面下部より斜面上部に植栽されているクロマツの樹高の相対成長率が低くなる傾向がみられた（図8）。大島は海岸沿いに防風柵が設置されているものの傾斜地に植栽されている。そのため、斜面上部のクロマツは風の影響を受け、樹高の相対成長率は低くなったと考えられる。

両地区を比較すると大島の接種苗（ヌメリイグチ）が樹高の相対成長率、残存率で低い値を示した（図5、図7）。これは、接種苗（ヌメリイグチ）植栽時の苗高が影響したのではないかと考えられる。筒城浜は植栽時の苗高が低く、各試験区が竹箒に囲まれ、汀線に近いところには高木のクロマツが存在するため風の影響を受けにくいと推測される（表2、写真2）。一方、大島の接種苗（ヌメリイグチ）の植栽時の苗高は64.0cmと高く、周囲に高木がないことや防風柵の配置などにより（表3、図2、写真3）、クロマツは風の影響を受け樹高の相対成長率が低くなったと考えられる（写真6）。また、大島全体では、樹高の相対成長率が高いところでは残存率も高い傾向にあることから（図9）、クロマツの植栽時には、クロマツを健全に生育させるため、防風柵の高さ、配置などを検討して配置する必要があると考える。大島で実施した植栽密度別の試験では植栽密度と根元径、樹高の相対成長率の間には相関はなかった（図10、図11）。

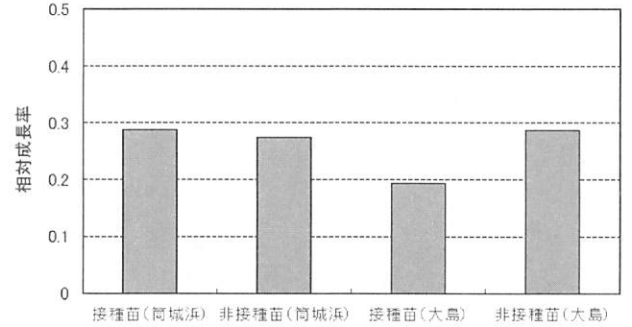


図6 筒城浜と大島の樹高の相対成長率

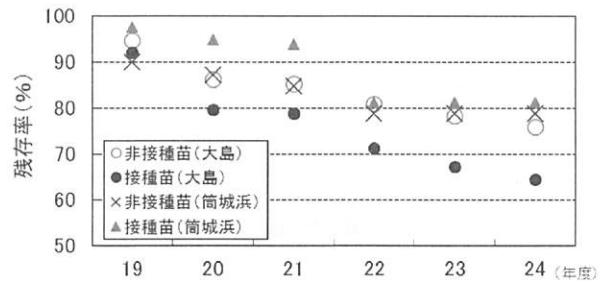


図7 筒城浜と大島の残存率の推移

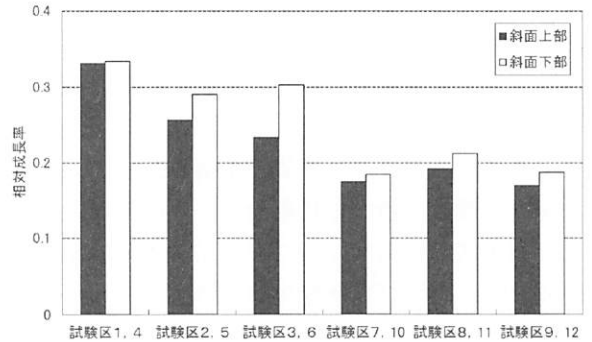


図8 5年間の樹高の相対成長率の推移

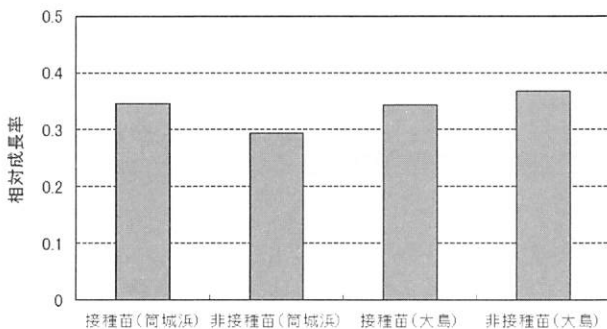


図5 筒城浜と大島の根元径の相対成長率

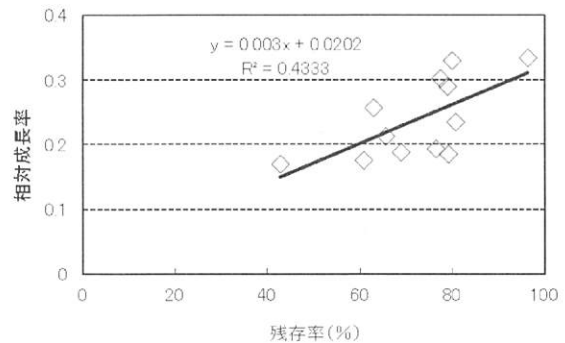


図9 残存率と樹高の相対成長率

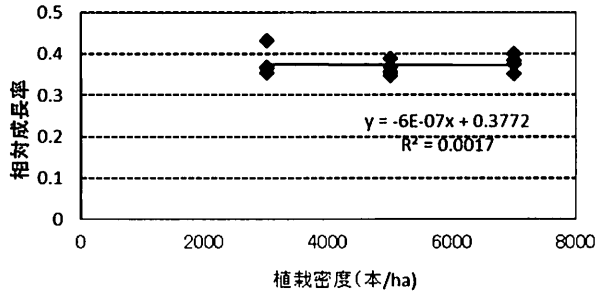


図 10 植栽密度と根元径の相対成長率

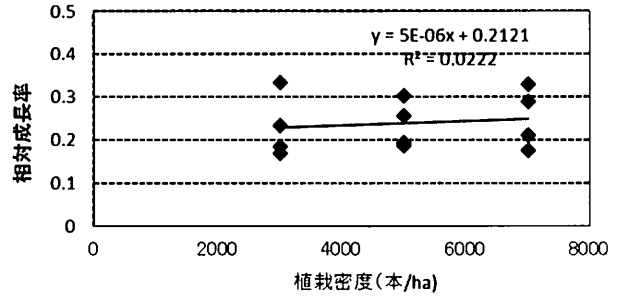


図 11 植栽密度と樹高の相対成長率

4. おわりに

今回、クロマツ林への菌根菌の感染・定着試験と菌根菌を接種した抵抗性クロマツの現地適応試験を実施した。今後は、クロマツの根系における菌根菌の状態を観察し、施工効果についても調査する必要がある。また、県内の海岸クロマツ林は

約 430 箇所あり、それらの立地条件や林内の状況は多様である。そのため、今後の海岸クロマツ林における施業は菌根菌の活用と併せて、防風柵の設置等を含めた施業が重要であると考えられる。

5. 摘要

在来菌根菌を活用した海岸クロマツ林の管理方法を検討するため、県内における菌根菌子実体の発生状況を調査した。また、それらを活用してクロマツ林へ菌根菌を感染・定着させるための実証試験を行った。さらに、菌根菌の感染試験を行うとともに菌根菌を接種した抵抗性クロマツを現地に植栽して、生育状況を調査した。

1) 菌根菌の発生種数は 33 種が確認された。各試験地ともに確認されたのは、アマタケ、ショウロ類、チチアワタケ、ヌメリイグチ、ハツタケであった。

2) 野田浜ではショウロ類は 11 月～4 月、コツブダケは 7 月～2 月に子実体が確認された。

3) コツブダケの発生促進には、松葉掻きが有効である可能性が示唆された。

4) 土壌にクロマツと共生する菌根菌が存在する場所であれば、クロマツ種子を播種するだけで、クロマツに菌根菌を感染させることは可能である。

5) 海岸クロマツ林では、菌根菌の活用と併せて、防風柵の設置を含めた施業が必要である。

6. 引用文献

1) 明間民央：木を強くするきのこ～菌根菌，九州の森と林業，70（2004）
 2) 明間民央・根田仁・宮崎和弘：菌根性食用きのこショウロの共生栽培に向けた感染苗作成技術の開発，森林総合研究所研究成果選集，34～35（2001）

3) 有吉邦夫・西垣眞太郎・池本省吾：ショウロ菌感染苗木生産技術の開発，鳥取県農林水産部農林総合研究所林業試験場業務報告，44～45（2009）
 4) 平佐隆文：粉状木炭の埋め込みによるショウロの増殖試験，島根県林業技術センター研報報告，

- 43, 25~30 (1992)
- 5) 福里和朗：クロマツの外生菌根について（Ⅱ），日林九支研論集，43，191~192（1990）
- 6) 宗田典大：海岸クロマツ林の環境整備によるシヨウロの発生事例，石川県林業試験場研究報告，36，28~29（2004）
- 7) 永守直樹・明間民央：シヨウロ発生誘導試験地における環境改善の効果について，九州森林研究，61，152~154（2008）
- 8) 小川真：生態的活性化法，村井宏・石川政幸・遠藤治郎・只木良也編，日本の海岸林，ソフトサイエンス社，p412~419（1992）
- 9) 小川真・栗栖敏浩・伊藤武：海岸林再生マニュアル，築地書館，p24（2012）
- 10) 貞清秀男・山田寧直：長崎県における海岸クロマツ林の現況と林分密度管理基準，長崎県総合農林試験場研究報告，38（2009）
- 11) 富川康之：子実体懸濁液散布によるクロマツ苗畑でのシヨウロ栽培，島根県中山間地域研究センター研報，2，43~49（2006）

7. Summary

In order to consider the method for growing coastal forest of Japanese black pine using mycorrhizal fungi, we surveyed the occurrence of fruit body of mycorrhizal fungi. In addition, we experienced in order to consider how to be infected mycorrhizal fungi to Japanese black pine. We planted Japanese black pine infected with mycorrhizal fungi on the coast. Then, we surveyed the growth of those.

- 1) The mycorrhizal fungi were found 33 species. *Suillus bovinus*, *Rhizopogon roseolus* species, *Suillus granulatus*, *Suillus luteus* and *Lactarius hatsudake* were found in all experimental site.
- 2) In Nodahama, the fruit body of *Rhizopogon roseolus* species were found in November-April. The fruit body of *Pisolithus tinctorius* were found in July-february.
- 3) It was suggested that surface treatment was effective for occurring mycorrhizal fungi.
- 4) If it is a place where the mycorrhizal fungi exist in soil, inoculation of mycorrhizal fungi is possible by sowing of the seed of black pine.
- 5) It is necessary to construct windbreak work in conjunction with utilizing mycorrhizal fungi



写真1 試験地の木炭施用の状況



写真4 根に白い菌糸が付いている様子



写真2 筒城浜試験地の状況



写真5 クロマツ苗とコツブタケの発生



写真3 大島試験地の状況



写真6 風の影響で幹が傾いている様子

