

松露(ショウロ)を活用した
松林保全マニュアル



和歌山県 林業試験場

はじめに

国土の多くが海に面し、長い海岸線からなる和歌山県は、風雨の被害を受けると同時に常に津波や台風、凍波の脅威にさらされてきました。こういった海岸には先人達により防食林としてクロマツ林が造成され、数百年にもわたりに守り育てられてきました。



防食林として造成された海岸松林

一方、近年の防災意識の高まりの中、改めて海岸松林の重要性が再認識され、地域住民やボランティアによる整備活動が盛んです。しかし、目に見える効果を得られず、整備の指標が定かでないことが課題となっています。

かつての白砂青松の松林は？

「白砂青松」と称される景観美の海岸松林は、生活や文化を帯び観光名所にもなっています。しかし、燃料革命以降、黒松葉掻きなどの手入れがされなくなり、放棄された松林が増え、防災機能の低下が危惧されています。



地域住民による整備活動

昔は松露（ショウロ）がたくさん採れた！

かつての松林を知る住民からは、「白砂青松の頃には、松も元気でショウロがたくさん採れた。」という話をよく聞きます。ショウロはクロマツと共生関係を築く「菌類性生物」です。

しかし、整備されず腐草土が堆積すると発生しなくなるといわれています。



ショウロ

ショウロは松林整備の指標となる！



松林保全活動：ショウロの採集と土壌の採取

林業試験場では、「ショウロは松林整備の指標」と位置づけ、平成19年度より美浜町穂積ヶ浜と白浜町中大浜で保全活動を行う団体や小学校、地域住民の巧々と協働した「取組参加型松林保全活動」を展開してまいりました。

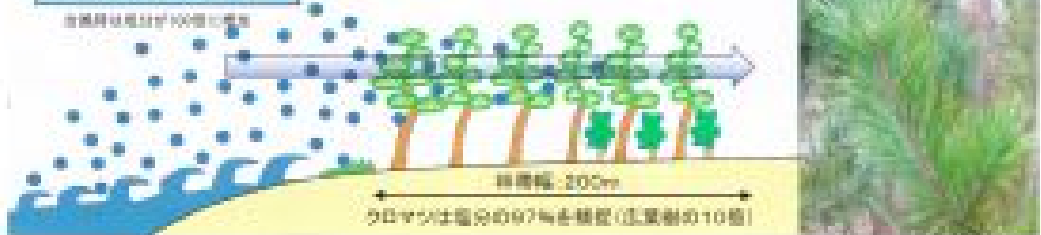
このマニュアルは、これまでの活動や研究成果をもとに、指標となるショウロを活用した松林保全の考え方や整備方法についてまとめたものです。

海岸松林の役割とは？

■クロマツの塩分を捕る効果は、広葉樹の10倍！

海岸松林は潮風や砂塵、高潮、津波などから住区や農地など多くの財産を守る防災林の役割を果たしています。

潮害を防ぐ機能



特に顕著なため効果は高く、林帯幅200mの松林では、海風に吹かれる塩分を97%も捕らえます。その効果は広葉樹の約10倍にもなるという研究結果があります。クロマツは塩分に強く、クロマツのように塩分が葉に付くと樹脂分泌の働きで塩分を洗い落とし、塩分の付着を防ぎます。

海岸の防災林はクロマツが最も適した樹種であり、松林保全の必要性はここにあるといえます。

松林の現状は・・・

海岸松林の現状を見ると林床に落葉や腐葉土が堆積し、雑草や灌木が繁茂し、広葉樹林へ遷移しつつあります。かつては、生活燃料などを確保する場として活用されていたので、常に整備された状態にありましたが、現在では整備されず放置された松林が増えていきます。



植生の遷移とは？

クロマツは多くの内子を産出する再生可能な「固樹」で、種は死んでも根元に集まり松林を形成します。しかし、固樹であるクロマツは伐採が避けられず、クロマツ林は伐採されてなくなり、替わって、次第に伐りかたきである「固樹」の広葉樹が侵入し、やがて広葉樹林になります。また、土壌の固樹化が広葉樹の生育を促進し、最終的に広葉樹林が形成されていくというサイクルが繰り返されるようになります。このような自然の移り変わりを「植生遷移」といいます。自然遷移では松林が減少して森林である状態は長くとどまれません。



松林を保全するということは、人為的に手を差し加えて広葉樹林への遷移を止めることでもあるのです。ましてや、人が造成した海岸松林は人工林であり、スギ、ヒノキ林と同じで手入れが不可欠です。

なぜ、クロマツは過酷な環境でも成長できるのか？

本来、クロマツが育つ海岸の砂浜は水分や養分が極めて乏しく、樹木が生育するには大変過酷な環境条件です。しかし、そんな環境でもクロマツが樹付き、大きく成長できるのはなぜでしょうか？それは、生きている樹木の根に付くショウロなどの「菌根性きのこ」と共生関係を築き、生活しているからと考えられています。



シロシロ

コマシロシロの断面

コマシロシロの断面

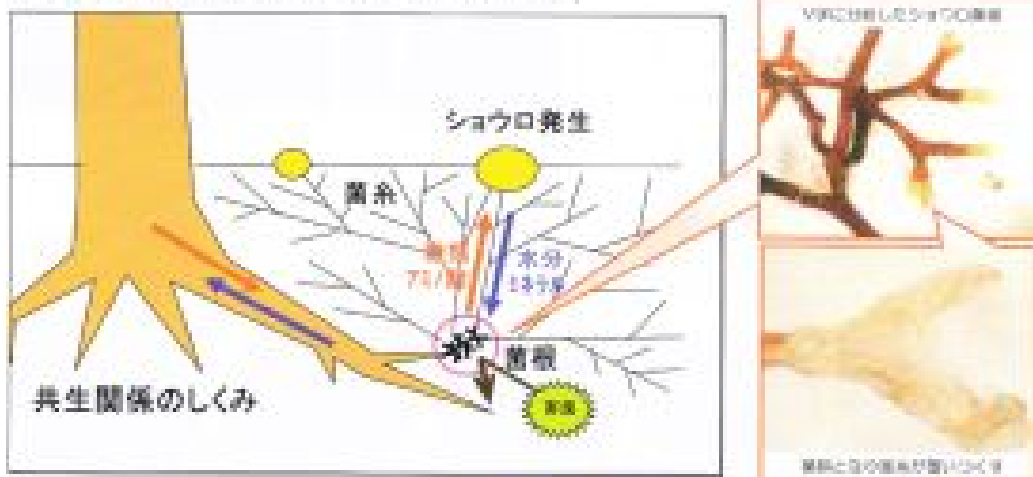
シロシロ

クロマツと共生関係にあるキノコは、コマシロシロ、コマブタケなど多数ありますが、若いクロマツ樹に寄生菌は侵入し、菌糸のネットワークで樹木の根（シロシロ）に寄生し菌根を築きます。

シロシロ（*Phaeoannospora subaequalis*）は直径約2〜3センチで球状菌根に似たシロシロのような形をしています。若いキノコは白色で、すぐに茶色と黒色帯に染みずるのが特徴です。香と味に優れ、「日本ホドリック」や「山のキノコ」ともよばれる希少な高級キノコです。樹木の根とシロシロのような菌根の断面で、菌根1根が何箇所にも分岐する様子が見られます。

■ ショウロとクロマツの共生関係とは？

ショウロは、クロマツの樹根に菌根を形成し、菌糸を土中に広げ、地表にキノコを発生させます。ショウロと根は菌糸でつながっており、お互いが必要な水分や養分を交換し、助け合いながら生きています。このような関係を「共生関係」といいます。



菌根は樹根を包み取り、樹木の根がV字型に展開し、キノコのように分岐し根が発達していることが特徴です。赤らに染みして菌根と、V字の菌糸が菌根につくし、菌根のようになっていきます。これは菌根（菌糸シロシロ）としらし、そこから菌糸を伸ばして広げることだ、水分や養分の両方が樹根に供給されます。また、菌根による樹木の根の成長を促す働きもしています。

しかし、菌根土が堆積すると土壌の酸素が乏しくなり、ショウロは発芽できなくなってしまいます。また、クロマツの根は菌糸が樹木の根の細胞に侵入し、樹木の根細胞からストレスを感知すると菌糸が枯れると報告されています。

「ショウロは菌根土のない整備された松林にしか発生しない」とされ「整備指標」となるわけです。

■ショウロが発生する松林の根は？

松林保全活動の事前学習として、美濃町立松原小学校の児童達が「腐葉土が堆積した松林」とショウロが発生した「整備された松林」の根の状態を調査し、比較しました。

写真のように「整備された松林」は根がよく発達し、ショウロ菌根が多量形成していることが観察できました。



松林保全活動：事前学習（「カマヤシ」の根の観察）

腐葉土が堆積した松林	整備された松林 (ショウロが発生)
 <p>腐葉土の状況</p>	 <p>腐葉土の状況</p>
 <p>根の発達状況</p>	 <p>根の発達状況</p>
 <p>根の菌根形成状況</p>	 <p>根の菌根形成状況</p>

腐葉土がさがれ、きれいな砂がまかれている。

腐葉土や腐葉土が30cmも堆積。雑草や灌木も生えている。

根が腐葉土と砂の隙の間に集中して、長く伸びている。

根が伸びている範囲が狭く、根の数も多い。

菌根が少なく、菌根形成もない

根がよく発達し、菌根にショウロの菌根が多量形成している。

ショウロが発生する松林に整備する方法

クロマツの根の腐敗の形成状況を確認することは難しいですが、ショウロの発生は容易に確認できます。そこで、指標であるショウロが発生する松林に整備する方法を解説します。

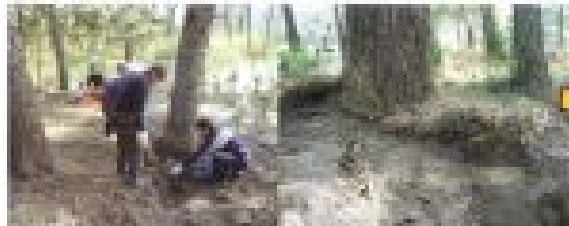
①腐葉土の除去

最も重要であり、困難を強いられるのが林床に堆積した腐葉土を除去する作業です。砂地が現れるまで実施する必要があります。土壌環境が急激に変わるので、クロマツ根系の活性が落ちる11月～2月に実施すべき作業です。

調査ヶ所や伐採後の経過では、腐葉土が堆積しているA区画（調査対象）の下のA層（針と腐葉土が混入している）地層を剥離して取り、集めてボイロウツリ処理しました。その下には灰や石灰質の土層（砂）がすべてに露出します。つまり、A区画とA層を剥離することで、「腐葉土」の状態に直すことができるようになります。

■腐葉土の除去、2年後にショウロの発生！

クロマツ林のA区画を剥離した区画で、2年後には林床に発生するショウロが激しく増加することを明らかにする調査地があります。中央研究所試験地でも、2年後にショウロの発生を顕著にしました。腐葉土の除去はショウロの発生に大きな効果をもたらすことが分かったのです。



調査対象A区画の剥離後（腐葉土の除去済み）



2年後

ショウロ発生！



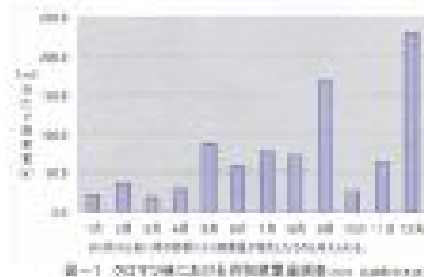
剥離したショウロ

②落ち葉掻き

腐葉土を除去した後、放置しておくと落葉が堆積し、また腐葉土となります。落ち葉掻きは整備の基本であり、不可欠な作業です。

■何回すれば効果があるのか？ 実施時期は？

実施回数が多いほど良いですが、労力とコストの面でランニングコストと見れば制限を受けることは避けられません。そこでまず、数年では一時的にどれだけの効果があるのか？、何回の回数も効果が強いのか？、更に何回実施すれば効果があるのか？、などについて検証してみました。その結果12月の回数効果が強く、1作りの回数効果は低い、と結論づけました。また、高橋英治氏(2017)が実施した東北でも落葉の回数（回数）は重要で、2年間の経過でその効果が明らかになりました。



調査対象A区画の剥離後12月の回数効果の検証結果 (2017年)



高橋英治氏(2017)の調査地

■年1回、1～2月実施で効果あり

これらのことから、落ち葉掻きは年1回の実施で十分な効果があり、実施場所は1回実施でショウロが発生する3月までに実施することが重要であると考えられます。

③地表掻き（表土の攪乱）

地表（厚さ5cm程度）をレーキなどで強く掻くことでショウウ口の発生が促進されることが報告されています。固ち除草と併せて実施すると効果的です。

ショウウ口は力の強い雑草が特に簡単に発生繁殖しますが、雑草が多くなると同様に発生も高率化しています。もし一年を通じて雑草を除去し雑草が繁殖しない状態であれば雑草がたたく風も減ります。さらにショウウ口発生が抑制されると考えられますが、逆に、ショウウ口発生時の環境要因がすべて失われる場合も起こり、一定期間をかけた土壌改良の場では、一度に雑草を除草する効果が期待した方法でもありません。

■地表掻きでショウウ口発生を確認

田舎村の山林の管理でも地表を攪乱することで表土を攪乱した結果でショウウ口の発生を確認しました。

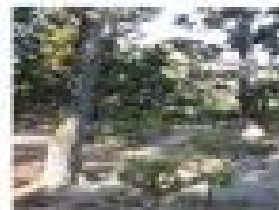


地表掻き

発生したショウウ口



杉林周辺の伐倒・伐後管理



杉林周辺の雑草

田舎村周辺の管理では、雑草への除草作業も地表掻きが行われており、雑草は発生することが発生雑草とのみならずの雑草の発生でも、ショウウ口の発生して発生しています。

④除草、下刈り



除草・苗木の保護

雑草や灌木類の繁殖はショウウ口の発生を抑制するだけでなく、広葉樹林への第一防壁でもあります。こまめな除草、下刈りが必要です。

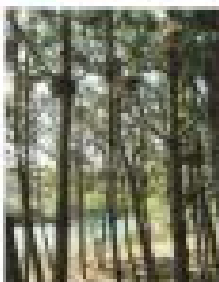
雑草防止、雑草や灌木類（高木類の雑草など）の生長には防草剤があり、雑草、高木類にも防草剤の効果が期待されます。雑草に発生を抑制している場合、これからの発生も抑制されています。しかし、雑草が成長に繁殖します。

特に灌木類や高木類への防草剤の効果は低いため、定期的に刈り取りの下刈りや下刈りが必要です。また、林が枯れると発生を抑制する効果は期待できません。雑草が成長するのを抑制することは必要です。



雑草、灌木類の除去

⑤本数調整伐（間伐）

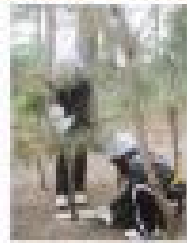


下刈りや下刈り

■葉は光合成の源。早めの実施により葉量の確保が大切

少くも葉は光合成の源に十分必要で重要な要素として、本数は苗木の生長にとって重要な要素です。葉が枯れることが多くありますが、早割により下刈りを行うことで、他の苗木の生長に悪影響を及ぼすことなく、十分な葉量を保ち、苗木が成長するのを待っています。しかし、葉量が増えることで他の苗木の生長に悪影響を及ぼすことは必ずしもありません。つまり、葉量を確保するために早割や早割の削減（間伐）をして、他の苗木の生長に悪影響を及ぼさないように注意する必要があります。

ショウウ口発生防止のための早割や早割を実施すれば、葉量が少なくなる、広葉樹林での成長が抑制され、土壌の改良も期待することから、発生しなくなることも期待されています。



本数調整伐

（調査事例）田舎村の山林の管理で「杉林」に実施されています。本数調整伐を実施する場合は、事前に森林法に定める許可が必要で、許可が必要です。田舎村の山林の管理で実施されています。

ショウロ菌を松林に導入する方法

これまで、松林の整備に重点を置いた方法を紹介しましたが、ここではより積極的に手を加えてショウロ菌が存在しない松林へ菌を導入し、発生を促す方法を解説します。

①胞子液散布

ショウロ菌を松林に持ち込み定着させるため、ショウロの胞子を水で溶いた液（胞子液）をクロマツの根にかかると散布する方法です。



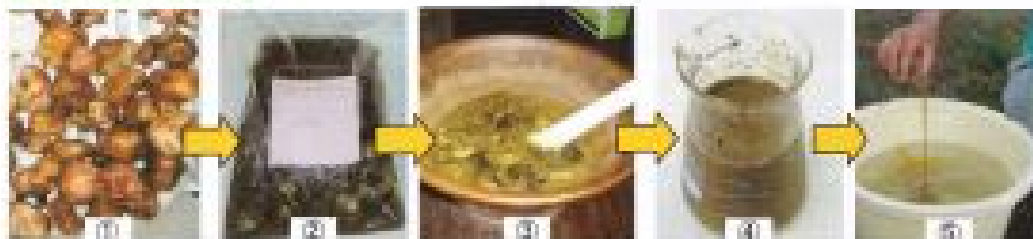
成熟したショウロ

ショウロは熟定して数日経つと肉が柔らかくなり、形が崩れドロドロに崩れるようになります。これが胞子液の原料です。菌糸塊で芯と多数の胞子が含まれており、1ccの中に約1億個の胞子があるとされています。マツタケの胞子は高温で殺菌されますが、ショウロは菌が水に溶けたり、空中に胞子が飛んで運ばれると死んでしまっています。胞子液は菌の力で菌が死なないうえに、菌糸となりクロマツの根と菌糸が菌糸を伝えます。



湯水に溶いたショウロ

■胞子液の作り方



①採取したショウロは、ゴミや泥を水道水で洗います。ショウロは白くて若いものよりも茶色に熟したものが良い胞子となります。

②ビニール袋に入れて冷蔵庫で約2週間保存すると、形が崩れドロドロに崩れて液状になります。

③すり鉢等でよくすり潰し、かきなどをキッチン用の水切りネット等で濾しとります。

④濾された液体が胞子液の原料です。

⑤原料を水道水で100倍に希釈すれば散布用の胞子液となります。胞子液は冷蔵庫で保存すれば1年以上は使用可能です。なお、胞子液は強い発酵臭がするのでマスクの着用が必要です。

■胞子液の散布方法



①散布する時期はショウロが発生する秋から春が適しています。散布する前に表土をレーン等で掘っておくとしみ込みやすいです。

②1㎡あたり5リットルの胞子液（100倍液）をショウロ等で散布します。

③移植した苗木には、根元に菌をこぼすようにかけます。



② 粉炭の埋設事例

■ 粉炭でショウワ口発生促進効果あり

粉炭（炭の粉）を土壌に投入すると、有用な土壌微生物が多孔質体である炭の穴の中で繁殖し、植物の成長が促進することが知られています。ショウワ口も同様、粉炭を埋設すると菌糸が良く繁殖し、菌根形成が促進されショウワ口が多量発生するという研究報告があります。

茨城県鹿嶋市の試験地でも粉炭の埋設によりショウワ口の発生を確認しました。ここでは、試験地で実施した方法を簡単に解説します。



① 芭蕉のクロマツ林の形の塚に幅50cm、高さ15cmの鍬をスコップで掘ります。必要があれば、苗まきみでほり直します。スコップで切斷された根は菌根が入り繁殖することがあるので、新たな根を再生させるため便利なほきみが適しています。

② 粉炭を厚さ10cmになるよう埋設します。

③ 幼子菌を散布するとより効果的です。

④ 表面を先に掘ったきれいな砂で約5cm程度覆い被せます。

なお、作業期間は11月～3月となります。

⑤ 3～4ヶ月後には新しい根が発生し、菌根の形成が始まります。

順調ならば6～12ヶ月後には菌根が盛増し、秋～春にショウワ口が発生します。



試験地では2月に粉炭を埋設し、8ヶ月後の10月にショウワ口の発生を確認しました。



ショウロ菌を松林に確実に定着させる方法

林地へショウロ菌を確実に定着させる方法として、林業試験場では平成19年度よりクロマツ苗木にショウロ菌を人為的に接種し、感染させた苗付きポット苗木の開発に取り組んできました。

■ショウロ菌付ポット苗木の開発



これまで、苗木の根の処理方法や菌の接種方法、ポット用土など手法を変えた11タイプの苗木を開発し、試験場内に設置した試験区画に定植し、ショウロの発生試験を行ってきました。

その結果、平成22年11月に初めてショウロが発生しました。その後も発生が続き平成23年3月末までに1区画(1m×1m)で最大34個も発生する区もありました。



平成22年11月 初めてショウロが発生！ 最大34個発生

■発生試験の結果

- ①ショウロ菌付ポット苗木作成の最適な手法
「根を洗浄・固定した根を殺菌した川砂を用土とし、菌子液を4月に散布する」
- ②ポット育苗でもショウロ菌の人為的な接種で感染し、定植するとショウロが発生することが初めて確認できました。
- ③この苗木をショウロ菌が存在しない林地に定植することで、ショウロ菌を確実に定着させ、既存木へも感染を拡大させることが可能となります。

開発した手法は、特殊な技術を必要としないポット育苗による方法ですので、地域住民の方々でも育苗が可能であると思われます。次項で苗木の作り方を簡単に解説します。

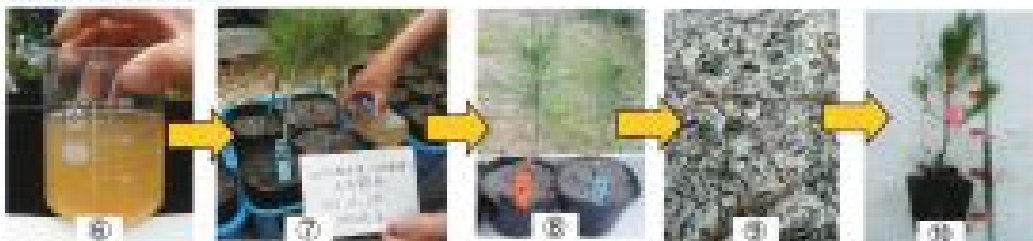
ショウロ菌付きポット苗木の作り方

①根洗浄・剪定



- ①苗場で育苗した2年生クロマツ苗を掘り取ります。時期は2月～3月に行います。
- ②苗場で既に細菌やショウロ以外の菌根菌が根に付いていることが多いので除去が必要です。
- ③まず、水流水で根をしごくようにして全て洗い流します。
- ④根を長さ15cm程度に剪定します。
- ⑤苗をポットに植え付けます。基本用土は特選産地で培養した用土が適しています。
川砂にもみ殻くん炭を8対2の割合で混ぜた用土をポットに入れて苗を植え付けます。
そのまま4月まで清潔な場所で管理し、苗を養生します。

②胞子液散布



- ⑥4月になったらポット苗に胞子液を散布してショウロ菌を接種します。
- ⑦1ポット当たり250mlの胞子液（100粒液）を液状に注ぎます。
- ⑧その後1年間、細菌や害虫の侵入を受けにくい清潔な場所で苗を養生します。
- ⑨1年後に苗木のポットを抜き取ると、根に白い菌糸が広がる菌根の形成が確認できます。
- ⑩ショウロ菌付きポット苗の完成です。

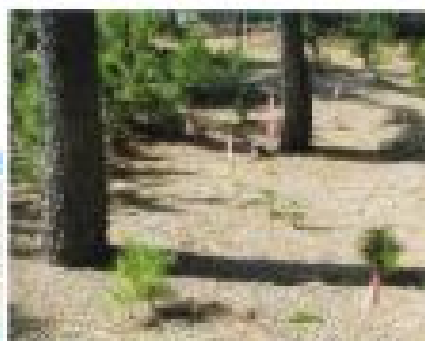
■菌付きポット苗木移植時の留意点

松林内に移植する場合、苗木の生存には最低でも射対照度20%以上の光が必要であり、成木にまで成長するためには相対照度80%以上の光が必要であるとされています。

苗木が数年間枯れずに生存すれば、既存木への感染拡大が期待できますが、少しでも明るく環境を確保するなど移植時には留意が必要です。



ポット苗の移植



苗木の成長には多くの光が必要

