

# 北方系針葉樹トドマツ林における マツタケシロからの菌根苗作出の試み (第2報)

宜寿次 盛生, 東 智則, 原田 陽, 米山 彰造

## Attempted mycorrhizal seedling production from matsutake colony in boreal conifer Todo fir forest ( II )

Seiki GISUSI, Tomonori AZUMA, Akira HARADA, Shozo YONEYAMA

Keywords: マツタケ, シロ, トドマツ, 菌根

### 1. はじめに

本州のアカマツ (*Pinus densiflora*) 林ではマツタケ (*Tricholoma matsutake*) の生態を活用した林地栽培が行われており, 産地化に成功している事例もみられる<sup>1)</sup>。北海道においてもマツタケが発生しているトドマツ林において, 森林整備を行うことで増産することが示されている<sup>2)</sup> が, 林地栽培を行うまでには至っていない。

マツタケの菌糸はアカマツ等の細根と「菌根」と呼ばれる共生体を形成して, 養分等をやりとりしている。マツタケの子実体が発生する土壤中には「シロ」と呼ばれるマツタケ菌糸の集団 (コロニー) があり, シロの先端部には, 菌根が多数形成されている「活性菌根帯」と呼ばれる白色の層が同心円状にあり, 年々外側に成長していく。

アカマツ苗の根に人為的にマツタケを共生させて新たな接種源とするため, シロの成長方向にアカマツ苗を植えて, マツタケ感染苗 (=マツタケ菌根苗) を得る方法が報告されている<sup>3)</sup>。この方法で作られるマツタケ菌根苗の得苗率は6~7割と高く<sup>4)</sup>, この菌根苗を移植して6年後にマツタケ子実体を得られたという報告もある<sup>5)</sup>。しかし, 北海道におけるマツタケ宿主である北方系針葉樹, ハイマツ (*Pinus pumila*; マツ科マツ属)<sup>6,7)</sup>, アカエゾマツ (*Picea glehnii*; マツ科トウヒ属)<sup>6,8)</sup> およびトドマツ (*Abies sachalinensis*; マツ科モミ属)<sup>9)</sup> 等の林床のシロでの菌根苗作出に関する事例はない。そこで今回, トドマツを用いてマツタケ菌根苗の作出を試

みた。

前報<sup>10)</sup> では, 市販のトドマツ苗を用いて, 菌根苗作出のため根系および枝の処理を行い, ポットの種類や培土等の条件を検討した。試験1では, 苗が4条件 (A社とB社それぞれの1号苗および2号苗), ポットが3条件の合計12条件が含まれるように, 細根の再生が良好で葉の変色が無い苗を16本選抜した。試験2では生残数が多いA社の1号苗から, 培土3条件, ポット3条件を組み合わせた7条件が含まれるように苗を15本選抜した。本稿では, 選抜したトドマツ苗を用いて, トドマツ人工林のシロでマツタケ菌根苗の作出を試みた結果を報告する。

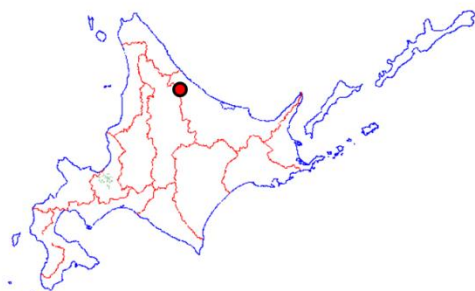
### 2. 実験方法

#### 2.1 試験地の概要

試験地は, 北海道北東部 (紋別郡西興部村) にある北海道有林のトドマツ人工林である (第1図)。ここは道立林業試験場 (現在は道総研林業試験場) が, 1993年にマツタケ発生のため環境整備を行い, その後2000年まで発生調査を行った場所である<sup>2)</sup>。

トドマツ苗の植栽場所は, 村田ら<sup>2)</sup> がマツタケ発生環境改善試験で設定した試験地を参考に決定した。すなわち, 1993年に設定した4カ所の内2カ所 (「プロット-1」および「プロット-3」) にそれぞれ設けた総合処理区 (除間伐を行い腐植層を除去した処理区画) で, 調査終了から約10年経過した2011年にシロの再調査を行い, 表土を剥いでシロを再確認して植栽場所とした。

国土地理院地図 千14経緯 第149号



第1図 試験地の位置(●)

## 2.2 トドマツ苗の調製

植栽には第1報<sup>10)</sup> で選抜したトドマツ苗を用いた(第1表および第2表)。プラスチックポット2重の苗は、大型ポットから掘り出したネットポット(口径9cm)付き苗を用いた(第2図)。生分解性の布状ポット(生地が薄い「テラマック100」および厚手の「テラマック200」)の場合は、後述するように直径5mmの孔をランダムに開けた布状ポットに苗を移し代えて用いた。

第1表 試験1P(2011年植栽)の概要

2011春 植栽地点	植栽方法	ポット等容器	苗記号	苗高 (cm)	枝数 (本)	枝長 (cm)
L1	上のせ法	プラスチックネットポット	10B2-19	37	11	61
L2	上のせ法	テラマック100(穴:側面&底面)	10B2-22	26	8	52
L3	上のせ法	プラスチックネットポット	10B2-02	28	14	65
L4	上のせ法	テラマック200(穴:側面&底面)	10B2-32	29	5	31
U1	上のせ法	テラマック100(穴:側面&底面)	10A1-38	34	3	35
U2	上のせ法	プラスチックネットポット	10A1-26	38	9	79
U3	上のせ法	テラマック200(穴:側面&底面)	10A1-69	32	10	53
U4	上のせ法	プラスチックネットポット	10A1-04	32	6	55
R1	先植法	テラマック200(穴:側面)	10A2-80	29	10	78
R2	先植法	テラマック100(穴:側面)	10A2-31	24	4	33
R3	先植法	プラスチックネットポット+カゴ	10A2-26	40	4	23
R4	先植法	プラスチックネットポット+カゴ	10A2-03	30	6	48
D1	先植法	プラスチックネットポット+カゴ	10B1-02	31	9	46
D2	先植法	テラマック200(穴:側面)	10B1-39	27	10	32
D3	先植法	プラスチックネットポット+カゴ	10B1-19	33	7	58
D4	先植法	テラマック100(穴:側面)	10B1-26	29	12	73

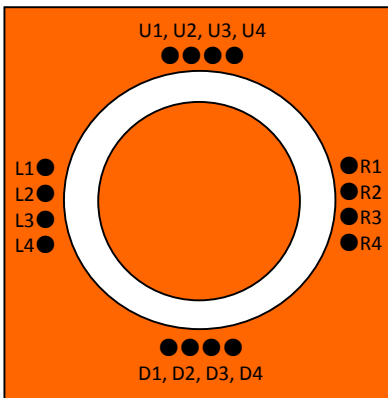
第2表 試験2P(2012年植栽)の概要

苗記号	2012春 植栽地点	苗高 (cm)	枝数 (本)	培土の 種類	ポットの種類
11A1-02	A-in 30cm内側	38	27	山土	プラスチックポット
11A1-31	A-on シロ直上	45	23	PV	プラスチックポット
11A1-13	A-out 30cm外側	42	12	山土PV	プラスチックポット
11A1-33	B-in 50cm内側	48	20	PV	プラスチックポット
11A1-05	B-on シロ直上	30	13	山土	プラスチックポット
11A1-37	B-out 50cm外側	39	12	PV	プラスチックポット
11A1-27	C-in 60cm内側	37	19	PV	プラスチックポット
11A1-24	C-on シロ直上	38	11	PV	プラスチックポット
11A1-49	C-out 50cm外側	43	20	PV	テラマック200
11A1-47	D-in 55cm内側	40	13	PV	テラマック200
11A1-46	D-on シロ直上	48	26	PV	テラマック200
11A1-19	D-out 65cm外側	44	12	山土PV	テラマック200
11A1-35	E-in 60cm内側	44	19	PV	プラスチックポット
11A1-17	E-on シロ直上	42	18	山土PV	テラマック100
11A1-18	E-out 60cm外側	32	16	山土PV	テラマック100

全てポットから取り出した裸苗を植栽した。



第2図 プラスチックポット2重で養苗した大型ポットから掘り出したネットポット付き苗



第3図 試験1Pにおけるトドマツ苗植栽の模式図  
図の上側が尾根。白抜き部分がシロ。●は植栽地点。詳細は第1表および本文を参照。

第4図 試験1Pにおける「上のせ法」の植栽例  
上:植栽前, 下:植栽後。植栽地点は左からU1~U4。  
図の下側(手前側)にシロがある。

## 2.3 トドマツ苗の植栽

### 2.3.1 試験1P (2011年春植栽)

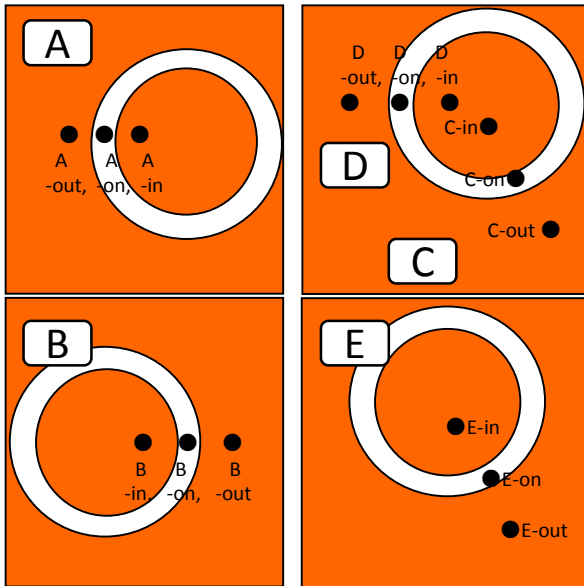
第1報<sup>10)</sup>の試験1で選抜した苗16個体は、2011年春に「プロット-3」<sup>2)</sup>の総合処理区(0.1ha)で確認したシロ周縁部に植栽した(以下、試験1P)。

2011年5月12日、シロの成長方向に接するようにトドマツ苗を4本一組とし4か所に計16本植えた(第1表および第3図)。尾根に向かってシロの左側(L1~L4)および上側(U1~U4)は成長してきたシロの上面にポットの底面が接するように浅く植える「上のせ法」<sup>4)</sup>(第4図)に準じて植栽した。一方、シロの右側(R1~R4)および下側(D1~D4)は成長してきたシロの先端がポットの側面に接するように深く植える「先植法」<sup>4)</sup>(第5図)で植栽した。布状ポットの孔数は、「上のせ法」では側面に36個および底面に16個とし、「先植法」では側面のみ100個とした。また、「先植法」ではネットポ



第5図 試験1Pにおける「先植法」の植栽例(植栽前)  
植栽地点は図上(奥側)からR1~R4。図の左側にシロがある。

ットの苗をプラスチック製のカゴに山土(B層土壌)を使って埋設し、そのカゴをシロに接するように埋設した。



第6図 試験2Pにおけるトドマツ苗植栽の模式図  
図の上側が尾根。白抜き部分がシロ。●は植栽地点。  
CとDは同一シロ上。詳細は第2表および本文を参照。

### 2.3.2 試験2P (2012年春植栽)

試験1Pの経過を踏まえて、2012年春に第1報<sup>10)</sup>の試験2で選抜した苗15個体を用いて、「プロット-3」から約100 m離れた「プロット-1」<sup>2)</sup>の総合処理区(0.07ha)で確認したシロの5か所で試験を行った(以下、試験2P)。

2012年5月30日、ポットから取り出した苗、いわゆる「裸苗」をシロの上、シロの成長方向である外側および逆方向の内側に1本ずつとし、5カ所で計15本を植えた(第2表および第6図)。

### 2.4 菌根形成の確認

菌根形成の確認は、試験1Pでは2013年秋に、試験2Pでは2012年秋と2013年秋にそれぞれ苗を掘り起こして目視で行った。菌根が形成されていると判断した場合、菌根を含む土壌を一部持ち帰り、下記の手順により実体顕微鏡下で観察した。

菌根の観察は山田の方法<sup>11)</sup>に準じた。採取した土壌試料を、0.5mmメッシュのふるいとアルミバットを用い流水(水道水)で洗浄し、ピンセットで全ての植物根系(菌根)を、水を張ったシャーレに移した。実体顕微鏡下で、ピンセットと水彩画用筆で洗浄しながら、根端の観察を行った。

試験2Pにおける2012年秋の菌根形成確認では、菌根試料から下記の手順でDNAの抽出・分析を行い、マツタケであるかの確認を行った<sup>12)</sup>。観察に供した菌根部分をDNA分析用に採取し、1.5 mL容マイクロチューブに封入後、凍結保管した。凍結した菌根試料をホモジナイザー(バイオマッシャーII, 株式会社ニッピ製)で粉碎後、DNA抽出キット(Dneasy Plant Kits, キアゲン社製)を用いてDNAを抽出し、適宜希釈してテンプレートとした。マツタケ検出の有無は、進藤らの nested PCR法<sup>12)</sup>に準じた。すなわち、抽出したDNAを最初にITS領域共通のプライマー対(ITS1とITS4)を使用してPCRを行い(1st PCR)、その増幅したDNAをマツタケ特異的プライマー対(TmFとTmR)で再度増幅した(2nd PCR)。対照としてマツタケおよびバカマツタケ(*Tricholoma bakamatsutake*)の培養菌糸から抽

第3表 試験1P(2011年春植栽)における苗の植栽地点と経過

2011年春 植栽地点	2011年								2012年			2013年				
	5/12	5/19	7/5	8/2	8/29	9/28	10/27	11/8	5/16	5/30	11/6	6/3	7/23	8/27	10/25	11/15
L1	植栽															菌根形成 △ 移植 検鏡用試料未採取
L2	植栽								▲	■	■	■	■	■	■	■
L3	植栽								▲		?	■	■	■	■	■
L4	植栽			▲					▲		?	?	?	?	?	?
U1	植栽										■	■	■	■	■	■
U2	植栽										■	■	■	■	■	■
U3	植栽										■	■	■	■	■	■
U4	植栽										■	■	■	■	■	■
R1	植栽															×
R2	植栽															○
R3	植栽			▲												○
R4	植栽			▲*												×
D1	植栽	▲	▲	▲*							?					?
D2	植栽	▲	▲	▲		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
D3	植栽	▲		▲*		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
D4	植栽	▲				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

\*:野生動物の加害によりカゴを撤収した。

苗の状態 ▲:ポットが露出していた。  
■:枯死または、枯死後回収した。  
?:不明

菌根形成 ○:実体顕微鏡下で菌根を確認した。  
△:フィールドで菌糸塊および菌根様細根を確認した。  
×:菌根が確認出来なかった。



第7図 試験1Pにおける植栽苗の被害状況(D1~D4地点) 左:2011年5月19日, 右:同年8月29日の枯死した個体(白抜き矢印)

出したDNAをPCR反応の操作から供試した。PCR産物を電気泳動してバンドの有無および位置を確認した。

## 2.5 菌根苗の移植

現場で菌根形成と判断した苗は、試験地の北側に数百メートル離れた尾根を越えた、マツタケ非発生地に移植した。

## 3. 結果

### 3.1 2011年春植栽(試験1P)

#### 3.1.1 植栽苗の経過

2011年5月12日に植栽した苗の経過を第3表に示した。植栽して1週間経過した2011年5月19日に苗の状況を確認したところ、一部、掘り起こされていた(第7図左)。再度、当初のように植栽したが、野生動物による加害と考えられ、その後も7月, 8月上旬と被害が再発した。その都度、修復を繰り返したが、8月上旬には「先植法」のカゴを撤収した。その影響かは不明であるが、その後の被害は減少した。しかし、8月下旬には、掘り起こされた地点で枯死する個体が認められた(第7図右)。

植栽して半年経過した11月8日、植栽苗直下から表土を剥いでシロの成長を確認したが、シロは苗の根に達していなかった(第8図)。

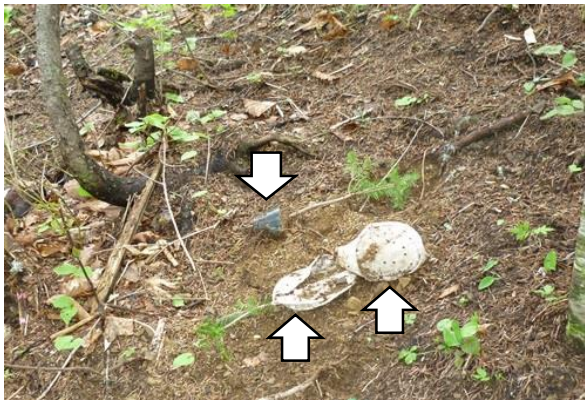
試験地一帯は冬期間積雪下に完全に埋没する。植栽して1年経過し、完全に雪が解けた2012年5月16日、苗の状況を確認したところ、「上のせ法」の3個体(L2~L4)が完全に露出していた。布状ポットの2個体(L2, L4)は培土も流出しており(第9図)、そのうちL2の苗が枯死していた。露出の原因は野



第8図 試験1Pにおける植栽して半年経過後の苗とシロの様子(2011年11月8日, L1~L4地点, ○内にシロが認められた)

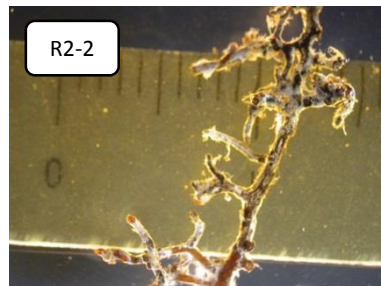
生動物による加害と考えられるが、他の苗もポットが一部露出していたことから、雪解け時の表土流出の影響も考えられた。同年11月6日、別の「上のせ法」の3個体(U1~U3)で枯死が認められた。

植栽して1年半経過した2012年秋はシロの確認を行わなかったが、2年半が経過した2013年10月25日、生存が確認出来た苗は5個体だけであった。



第9図 試験1Pにおける雪解け後の植栽苗の様子(2012年5月16日)

左: L2~L4地点の苗(白抜き矢印); 培土が流出した布状ポットが散乱していた。右: U1~U4 地点の苗; U4地点のネットポットが露出していた(白抜き矢印)。



第10図 菌根形成確認の様子(試験1P, 2013年秋)

L1-1: L1地点の苗を掘り起こした直後, L1-2: L1地点の苗を移植前にポットを一部破壊した。R2-1: R2地点の苗を掘り起こした直後, R2-2: R2地点の苗の菌根, 目盛は1mm。R3-1: R3地点の苗を掘り起こした直後, R3-2: R3地点の苗を移植前にポットを一部破壊した, R3-3: R3地点の苗の菌根, 目盛は1mm。

第4表 試験2P(2012年春植栽)における苗の植栽地点と菌根形成の確認

苗記号	2012春 植栽地点	2012年			2012秋 植栽(移植) 地点	2013年	
		11/20		11/21		DNA	11/19
		目視		検鏡		目視	
11A1-02	A-in	×	A-onへ移植			A-on	
11A1-31	A-on	○	移植	○	○		○ 移植
11A1-13	A-out					A-out	○ 移植
11A1-33	B-in	×	B-onへ移植			B-on	
11A1-05	B-on	○	移植	○	○		×
11A1-37	B-out					B-out	×
11A1-27	C-in					C-in	×
11A1-24	C-on	×				C-on	×
11A1-49	C-out					C-out	×
11A1-47	D-in	×	D-onへ移植			D-on	
11A1-46	D-on	○	移植	○	○		×
11A1-19	D-out					D-out	×
11A1-35	E-in	×	E-inの隣へ移植			E-in2	×
11A1-17	E-on	○	移植	×			
11A1-18	E-out					E-out	×

菌根形成の確認 ○:菌根形成, ×:菌根形成無し  
 目視: 苗を掘り起こした状態から判断した。  
 検鏡: 実体顕微鏡による観察で判断した。  
 DNA: 菌根から抽出したDNAを分析して判断した。

### 3.1.2 2013年秋菌根形成確認

2011年5月12日に植栽した苗の菌根形成状況を第3表および第10図に示した。植栽して2年半経過した2013年11月15日時点で生存を確認した苗5個体を掘り起こして根の状態を観察し、目視により菌根形成を判断した。その結果、5個体中3地点(L1, R2, R3)の個体は菌根形成の可能性が高いと判断した

(第10図)。3個体中2地点(R2, R3)の個体から試料を採取し、実体顕微鏡下で観察した結果、菌根が形成されていることを確認した(第10図R2-2 および R3-3)。

菌根形成を確認した苗は、「マツタケ非発生地」に移植した。

## 3.2 2012年春植栽(試験2P)

### 3.2.1 植栽苗の経過

植栽して2週間経過した2012年6月13日、苗の状況を確認したところ、衰弱等の変化は認められなかった。試験1Pと異なり、試験2Pでは植栽した苗はその後枯死する個体は無かった。

### 3.2.2 2012年秋菌根形成確認

2012年5月30日に植栽した苗の植栽方法と菌根形成確認の経過を第4表に示した。

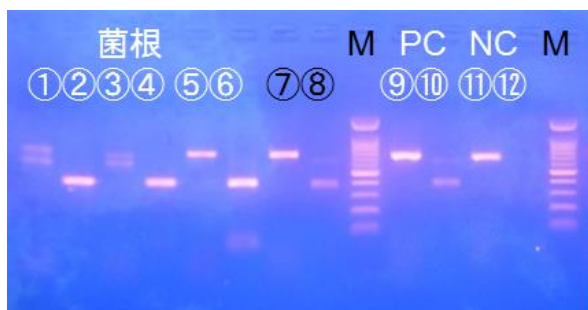
半年経過後の2012年11月20日、菌根形成の確認を

行った。シロの上に直接植えた苗5個体のうちC-on地点の苗は、目視で菌糸塊が確認出来なかったため掘り出した穴に戻した。残り4地点(A-on, B-on, D-on, E-on)の苗は、掘り出した根圏土壤に菌糸塊が認められ、菌根を形成している可能性が高いと判断し、確認用の試料を採取した後、「マツタケ非発生地」に移植した。

採取した試料は、翌11月21日に実体顕微鏡下で観察し、菌根が認められなかったE-on地点の苗を除く3個体から菌根試料を採取し、凍結保存した。

3個体の菌根試料から抽出したDNAをnested PCRで増幅し電気泳動で確認した結果、3個体とも目的のバンドが得られマツタケの菌根であることが示された(第11図)。

シロ内側(A-in, B-in, C-in, D-in)の4個体には白色の菌糸塊は認められず、マツタケの菌根は形成していないと判断した。これらシロの内側に植えた苗はシロと接する可能性が低いと判断されたため、菌根形成した苗を掘り出した同じシロ上の穴(A-on, B-on, C-on, D-on)に移動した。しかし、E-on地点ではシロが消滅したため、E-in地点の苗はそれ自身を掘り採った穴の横に植え直した(E-in2)。シロの外側(A-out, B-out, C-out, D-out, E-out)



第11図 植栽苗の菌根から抽出したDNAをnested PCRで増幅した産物の電気泳動像

奇数レーン: 1st PCR産物, 偶数レーン: 2nd PCR産物。  
 ①②: 苗11A1-05菌根, ③④: 苗11A1-46菌根, ⑤⑥: 苗11A1-31菌根, PC(対照): マツタケ培養菌糸から抽出したDNA, NC(対照): バカマツタケ培養菌糸から抽出したDNA, M: サイズマーカー, ⑦⑧: 本稿とは別の試験

に植栽した苗に関しては, 3.1.1の試験1Pの結果と同様に植栽当年ではシロが苗に達しておらず, 菌根

形成の可能性が低いと判断して確認を行わなかった。

### 3.2.3 2013年秋菌根形成確認

試験2Pでは, 3.2.2に示したように2012年11月20日に菌根形成確認後, シロ内側の苗をシロ上の地点に植栽した(第4表)。1年後の2013年11月19日, すべての苗を掘り採り菌根形成を確認した。前年移植したA-on地点の苗と, 同じシロ外側のA-out地点の苗にマツタケと考えられる菌糸塊が認められたため菌根形成と判断した。それ以外の苗には菌糸塊は認められなかった。

### 3.3 マツタケ非発生地への移植

2012年秋移植および2013年秋移植の試験2Pでは, 移植に際して菌根形成と判断された部位を土壌ごと掘り取り, なるべく崩さないようにプラスチックポットに入れて運搬し植栽した。しかし, 菌根形成部位を含む土壌はもろく, 崩壊を避けることは困難



第12図 菌根苗の移植作業の比較

1および2: 試験2P(2013年秋および2012年秋), 菌根形成部位を土壌ごと掘り取り, なるべく崩さないようにプラスチックポットに入れて運搬し植栽した。

3および4: 試験1P(2013年秋), ネットポットの苗は, 掘り出した状態での運搬が容易, ポットを破壊した際も「根鉢」となっている。



であった(第12図1および2)。

2013年秋移植のうち、試験1Pでは、ネットポットの苗は掘り出した状態での運搬が容易で、移植時にポットを破壊した際にも菌根苗は土と根、および菌糸が固まった「根鉢」の状態となり(第10図L1-2および R3-2, 第12図3および4), 移植作業に問題は生じなかった。

2012年秋に試験2Pから「マツタケ非発生地」へ植栽した苗は、積雪下で越冬し半年経過した2013年6月3日、特に変化は認められず生存していた。しかし、同年11月15日には、1個体(11A1-17, 移植前の菌根形成無し)が枯死していた。同年11月19日、枯死した個体を含む4個体全てを掘り起こして根圏を確認したが、菌根は認められず消滅したと判断した。

2013年秋に「マツタケ非発生地」へ植栽した苗は、翌春2014年6月24日、試験1Pの4個体は全て枯死しており、試験2Pの2個体は生存していた。生存している2個体については、2016年10月20日に掘り起こして根圏を確認したが、菌根は認められず消滅したと判断した。

#### 4. まとめ

アカマツで実績のあるマツタケシロからの菌根苗作出について、トドマツ苗を用いて、トドマツ林分のシロで菌根苗の作出を試みた。

既報<sup>4)</sup>に準じてポットを用いた試験1Pでは、3シーズン終了後の2013年秋、生存した苗に菌根形成が確認された。確認出来た個体数が少なく傾向は把握出来ないが、ネットポットと布状ポットの両方とも菌根形成が確認された。また、検討した「上のせ法」と「先植法」の両方とも菌根形成が確認された。

一方、裸苗を用いた試験2Pでは、2012年春にシロに直接植えた5個体中3個体で、当年秋には早くも菌根形成が確認された。しかし、裸苗をシロの上に直接植える方法は既存シロの一部を破壊するため、翌年以降、既存シロからの子実体発生への悪影響が危惧される。さらに、裸苗を植栽する方法では菌根苗が根鉢にならないため、大型ポットに移し替えて運搬するなど手間を要する上、移植作業中の些細な衝撃で土壌が崩壊した。根鉢の形成は移植の成否に大きく影響すると予想されるため、菌根苗を作出するにはポット等の使用が必要である。

また、移植後の苗は枯死する個体が多く、生存苗

を再度掘り起こして確認したところ、菌根は消滅していた。

以上から、トドマツでもアカマツと同様にシロからマツタケ菌根苗の作出が可能であることが示された。一方で、移植後の菌根の消滅や苗の枯死といった課題が明らかとなった。今後は、子実体発生に向けて、菌根苗作出技術の精度を高めることや移植後の菌根を増殖する技術の開発が必要と考える。

#### 謝 辞

本研究には北海道有林を使用させていただきました。本試験地を管轄するオホーツク総合振興局森林室には、歴代室長様や普及課の皆様をはじめ多くの方々大変お世話になりました。感謝の意を表します。

また、調査にあたっては林産試験場職員の方々、特に中川伸一氏や木村直人氏、由田茂一氏(所属は調査当時)には測定等を手伝っていただき大変お世話になりました。記して謝意とさせていただきます。

#### 引用文献

- 1) 増野和彦：“まつたけ増産のてびき改訂IV版”，長野県特用林産振興会，長野市，2016，pp.1-4.
- 2) 村田義一，高橋儀昭，洞平勝男，安達洋：北林試研報 38，1-22(2001).
- 3) 小川真，梅原武夫，紺谷修治，山路木曾男：日林誌 60，119-128(1978).
- 4) 山田明義：“まつたけ増産のてびき改訂IV版”，長野県特用林産振興会，長野市，2016，pp.54-57.
- 5) 枯木熊人，川上嘉章：広島県林試研報 20，13-23(1985).
- 6) 小川真：“マツタケの生物学”，築地書館，東京，1987，pp.230-246.
- 7) Ogawa, M. : Trans. mycol. Soc. Japan 17, 176-187(1976).
- 8) Ogawa, M. : Trans. mycol. Soc. Japan 17, 188-198(1976).
- 9) 村田義一：北方林業 41(11), 293-299(1989).
- 10) 宜寿次盛生，東智則，原田陽，米山彰造：林産試験場報 545，19-26(2017).

<http://www.hro.or.jp/list/forest/research/fpri/gijutsujoho/kanko/joho.htm>

- 11) 山田明義：日菌報 40, 33-39 (2001).
- 12) 進藤克実, 松下範久：東大農演習林報告 120, 1-9 (2009).

ー利用部 微生物グループ  
(原稿受理：17.2.20)