

トドマツ天然生稚苗の発生を左右する 菌害と乾燥害

林 敬太⁽¹⁾・遠藤克昭⁽²⁾

Keita HAYASHI and Katsuaki ENDO :
Effect of Soil Fungi and Drought on the
Germination of Todo-fir Seed

要 旨：トドマツの天然更新を考えるにあたって、まず林床に落下した種子が、発芽発生にいたるまでの間の条件を、菌、水分の面に注目して検討した。その結果、とくにササ型の林床では、種子は発芽以前に積雪下において、針葉樹苗に対する雪腐病菌である *Rhacodium therryanum* THUEM. に犯されて腐敗してしまうことがわかった。さらに、積雪下で土壤が不凍結の場合にこの菌による発芽阻害の多いことが明らかになった。

菌害をまぬがれた種子は、消雪後の乾燥によって、致命的な障害をこうむることもありうることを、地床処理別にまかれた種子の吸水過程から実証した。

ま え が き

北海道におけるエゾマツ、トドマツの天然更新については、森林開拓初期の択伐施業時代から今日にいたるまで、それぞれの時代に即応した研究が行なわれてきた。これらの既往の研究をふりかえると、おもに作業方法論的に進められたものが多く、その多くはすでにある前生稚樹のとり扱いに関するものが大部分であり、これらはいずれも樹高 30 cm 以上の人目につきやすい稚樹を対象に考えられている。稚樹の発生についても、上木疎開、地ごしらえなどの作業法との関係、さらに地形、方位、傾斜、土壤など間接的要因についていくたの報告がある。いずれもそれぞれの調査結果のとりまとめに終わり、それぞれの結果に対する原因追求は不十分のようである。

稚苗の発生、とくに種子の発芽に重要な影響を及ぼす菌類および水分については、前者は菌害による立枯れと光線不足による立枯れとの差を実験的に求め、発生の重要な因子として菌害を強調した倉田ら⁸⁾の報告、紺谷⁹⁾がアカマツ天然更新と病害について調査したものなどわずかにあるのみで、後者についてはほとんど研究されたものがみあたらず、とくに北海道のエゾマツ、トドマツに関するものはほとんどない。

筆者らは、天然更新における稚樹の発生長を下記の3つの段階、すなわち発生の段階、発生したものが生存し定着するまでの段階、およびそれが成長するまでの段階にわけ、それぞれの段階での条件を明らかにする必要があると考えた。まず、トドマツについて、不明な点がもっとも多く残っている発生の条件をとりあげ、とくに、種子の発芽に重要な因子として菌類、種子をとりまく水分を主体に検討を行なった。なおこの報告の一部は、すでに日林講¹⁾³⁾⁵⁾⁷⁾、日林誌²⁾、林業技術⁴⁾に報告した。

この研究は、林業試験場北海道支場の共同研究“エゾマツ、トドマツを主とする天然林施業法”のなかで行なわれたものである。

本研究を進めるにあたっては、前北海道支場長余語昌資氏、経営部長長内 力氏、造林部長土井恭次氏より有益なご高見とご指導をたまわった。菌学的検討については、北海道支場樹病研究室長横田俊一博士より多大のご助言をいただき、野外調査あるいは時機に応じ、つねに批判とご協力をいただいた北海道支場造林第二研究室豊岡 洪氏、横山喜作氏、発芽鑑定を煩わした管原セツ子氏、土壤断面ならびに土壤水分の調査をしていただいた土壤研究室塩崎正雄氏、さらに、本報告をまとめるにあたって適切なご助言をいただいた故千葉 修博士の方々に対し心からのお礼を申し上げる。

I 稚苗の発生に関与する菌害

I-1. 種子から分離された糸状菌の病原性

昭和 43, 44 年の 2 年間、札幌営林署管内野幌国有林の昭和 7 年植栽トドマツ人工林内、ならびに定山溪営林署管内簾舞（ミスマイ）国有林のエゾマツ、トドマツ天然林内に播種したトドマツ種子について、春の融雪から発芽を始める直前まで糸状菌の分離を行なった。種子からの病原菌分離は、播種された種子を土壤ごと採取し、実験室内にもちかえり土壤より種子を選出し、20%アンチホルミン液に 5 分間浸漬したのち、300 ppm ストレプトマイシン加用 PDA 培地（栄研化学 KK 製ポテトデキストローズ寒天培地）上に置き、5°C 付近で出現する糸状菌を調べた。これは、0°C 付近の低温で生育しうる病原菌に主体をおいたためである。その結果、*Rhacodium therryanum* THUEN., *Rhizoctonia* sp. *Botrytis cinerea*, *Cylindrocladium* sp. および菌叢白色の未同定菌が多く分離されたので、これら 5 種についてそれぞれ病原性の検討を行なった。なお、このほかに分離された糸状菌は、*Fusarium*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Epicoecum*, *Mucor*, *Rizopus* 各属のものであった。

1) 実験方法

径 15 cm の素焼き鉢に苗畑土壤をいれて高圧殺菌し、ふすまに培養した 5 種の菌類 (Table 1) をそれぞれ 5 g ずつ接種し、20°C の定温器内に 12 日間保持した後、有機水銀製剤で表面殺菌し、流水で洗浄したトドマツ種子を 1 鉢 100 粒ずつまきつけた。なお、無接種区では殺菌したふすまを 1 鉢 5 g 殺菌土に混入し、種子をまきつけた。まきつけは昭和 45 年 11 月 12 日である。各処理とも鉢 7 個ずつとし、これを支場構内苗畑に凍結をさけるため、鉢表面が地表面から 25 cm 下がるように埋め込んで、クレモナで被覆した。

融雪直後の昭和 46 年 4 月 19 日に各処理区から 2 鉢ずつ取り出し (*Cylindrocladium* sp. 区、未同定菌 (W) は雨滴による鉢表面損傷のため 1 鉢)、前法によって種子から菌を分離した。また、同年 5 月 31 日には各処理区 5 鉢について成立本数を調査した。

供試種子は、昭和 43 年網走産充実率 61%、低温貯蔵のもので、充実粒に対する発芽率は 40% であった。

2) 結果と考察

これらの結果を Table 1 に示す。*R. therryanum*, または *Rhizoctonia* sp. 接種区は、種子から接種菌がそれぞれ 90~100% 分離され、成立本数が皆無であったことから、これらの菌は種子をおかす強い病原性をもっていることが確認された。他の 3 種の接種区からは *R. therryanum* が 50% 前後分離されてい

Table 1. タネから分離された菌とその病原性
Fungi isolated from the seed and their pathogenicity

接 種 菌 Fungi inoculated	供 試 粒 数 Number of seed tested	タネから分離された菌 Fungi isolated from the seed					発 芽 調 査 Results of the test	
		<i>Rhaco.</i>	<i>Rhizoc.</i>	<i>Botry.</i>	<i>W</i>	<i>Cylindro.</i>	供試粒数 Number of seed tested	成立本数 Number of seedlings
<i>Rhacodium</i>	200	200					500	0
<i>Rhizoctonia</i>	200	44	194				500	0
<i>Botrytis</i>	180	76		79	2		500	79
<i>W</i>	100	48			25		500	134
<i>Cylindrocladium</i>	100	66				2	500	148
無 接 種 Check	200	108					500	128

注) *W* 菌は菌叢白色の未同定菌。

Note) *W*: Unidentified fungus of white mycelial colony on PDA.

る。これは、無接種区からも同菌が50%分離されていることから、鉢を埋め込んだ際に *R. therryanum* に汚染された周辺の苗畑土壌が混入したためと考えられる。

供試種子の充実率と発芽率から、発芽期待数は $500 \times 0.61 \times 0.40 = 122$ となる。無接種区, *Cylindrocladium* sp. 接種区, 未同定菌接種区の成立本数は大略期待発芽数以上発生していることから、鉢の周辺土壌から混入した *R. therryanum* は病原性をあらわしていないことになる。これは混入した土壌が少なかったことによるのかもしれないが、この点については別途検討を行なわなければならない。なお, *Cylindrocladium* 菌, 未同定菌は病原性を示さなかったものといえる。*Botrytis* 菌接種区で、成立本数が期待発芽数の60%になっているのは、種子からこの菌が約40%分離されていることから、本菌も種子に対して病原性を示していることが認められる。しかし、種子の発芽直後に寄生して被害を与えたことも考えられるので、この確認は今後検討を要する。

I-2. 稚苗の発生と菌害

稚苗の発生を左右する要因の一つとして、病原菌による種子の地中腐敗が判明したので、この点を検討するため、札幌営林署管内野幌の大正7年ならびに昭和7年植栽のトマツ人工林内、ササ型の林床として定山溪営林署管内簾舞のエゾマツ、トマツ、ミズナラ、シナ、センの天然林内、そしてコケ型の林床として苫小牧営林署管内シシャモナイのエゾマツ天然林内に、つぎの地床ならびに薬剤処理を行ない、人工播種試験を行なった。供試種子は I-1 に供試したものと同一である。

地床処理の方法

野幌人工林内

L 層除去区, A₀ 層除去区, 林床無処理区にそれぞれ TMTD 剤（種子重量の3%, 以下同じ）および PCNB 剤（m² あたり 20 g, 以下同じ）による種子と土壌消毒区と無処理区を組み合わせる。

簾舞天然林内

ササ刈払い落葉除去区, ササ刈払い A₀ 層除去区にそれぞれ TMTD 剤および PCNB 剤による種子と土壌消毒区と無処理区を組み合わせる。

シシャモナイ天然林内

コケ層除去区, 林床無処理にそれぞれ TMTD 剤および PCNB 剤による種子と土壌消毒区と無処理

区を組み合わせる。

なお、各試験地の概況をのべれば、つぎのとおりである。

野幌41, 42林班は第四紀沖積統からなる丘陵地帯で、林床はトドマツ落葉でおおわれトドマツの稚苗、イワガラミ、ツタウルシのツル植物が出現している。

簾舞天然林内は、標高400~750 m、比較的新しい時代の火山活動によって形成された地域の火成岩地帯に属し、試験地の林内はトドマツ、エゾマツ、センノキ、ヤチダモ、シナノキ、カンバ類の大中径木で林冠が占められ、林床はクマイザサである。

Table 2 a. 発芽試験結果
Results of germination test

(野幌 Nopporo 41, 46. 4. 21)

処 理 Seedbed treatment	供試粒数 Number of seed tested	発芽数 Germinated	未発芽数 No germinated	腐敗 Decayed	シイナ Empty seed	発芽率 % Germination ratio	試算発芽数 Expected number of germinative seed
A ₀ 層 除 去 A ₀ horizon removed	336	22	9	168	137	7*	62
A ₀ 層除去 + 薬剤 A ₀ horizon removed + fungicide※	316	82	9	111	114	26*	81
L 層 除 去 L horizon removed	326	32	2	151	141	10**	38
L 層除去 + 薬剤 L horizon removed + fungicide※	335	86	30	94	125	26**	81
地床無処理 Non treatment	341	26	0	174	141	8***	22
地床無処理 + 薬剤 Non treatment + fungicide※	322	76	37	95	114	24***	80

※ TMTD was applied 3 % for seed's weight, and PCNB, 20 g per m² for the soil, respectively. The forest floor was covered with defoliated needles of *Abies sachalinensis*.

*, **, *** Significant at 5 % level.

Table 2 b. 発芽試験結果
Results of germination test

(野幌 Nopporo 42, 46. 4. 21)

処 理 Seedbed treatment	供試粒数 Number of seed tested	発芽数 Germinated	未発芽数 No germinated	腐敗 Decayed	シイナ Empty seed	発芽率 % Germination ratio	試算発芽数 Expected number of germinative seed
A ₀ 層 除 去 A ₀ horizon removed	200	40	4	82	74	20*	49
A ₀ 層除去 + 薬剤 A ₀ horizon removed + fungicide	319	79	25	120	95	25*	89
L 層 除 去 L horizon removed	317	55	12	119	131	17**	54
L 層除去 + 薬剤 L horizon removed + fungicide	344	88	26	120	110	26**	93
地床無処理 Non treatment	319	36	4	151	128	11***	46
地床無処理 + 薬剤 Non treatment + fungicide	337	76	29	124	108	22***	92

*, **, *** Significant at 5 % level.

シシャモナイは標高 380 m, 樽前山の西側山麓にあたり, 火山泥流上山麓緩斜面, エゾマツにアカエゾマツを混じる天然林で, 林床はミズゴケが優占し, これにシラタマノキ, イワツツジが随伴している。

1) 試験方法

1 プロットの大きさは 1 m × 2 m で, 各処理とも 3 回反復とし, 45 年 10 月下旬に m² あたり 50 g の種子をまきつけ, ほかにクレモナ袋に 100 粒を一樣にちらばらせたものを同時に林地面上に設置した。春期融雪直後, 野幌については消雪直後に, 各処理区よりクレモナ袋に封入した種子ならびに土壌ごと種子を採取し, 実験室にもちかえり発芽試験ならびに種子から糸状菌の検出を行なった。菌の分離方法は前法の

Table 2 c. 発芽試験結果

Results of germination test

(簾舞 Misumai, 46. 4. 27)

処 理 Seedbed treatment	供試粒数 Number of seed tested	発芽数 Germinated	未発芽数 No. germinated	腐 敗 Decayed	シイナ Empty seed	発芽率 % Germination ratio	試算発芽数 Expected number of germinative seed
ササ, 雑草, 低木刈払い A ₀ 層 除 去 Sasa, shrub clearing A ₀ horizon removed	315	13	3	145	154	4*	13
ササ, 雑草, 低木刈払い A ₀ 層除去 + 薬剤 Sasa, shrub clearing A ₀ horizon removed + fungicide	310	83	9	107	111	27*	76
ササ, 雑草, 低木刈払い L 層 除 去 Sasa, shrub clearing L horizon removed	316	12	10	147	147	4**	11
ササ, 雑草, 低木刈払い L 層除去 + 薬剤 Sasa, shrub clearing L horizon removed + fungicide	337	89	10	102	136	26**	69

*, ** Significant at 5 % level.

The forest floor was covered with *Sassa paniculata*.

Table 2 d. 発芽試験結果

Results of germination test

(シシャモナイ Shishamonai, 46. 5. 20)

処 理 Seedbed treatment	供試粒数 Number of seed tested	発芽数 Germinated	未発芽数 No. germinated	腐 敗 Decayed	シイナ Empty seed	発芽率 % Germination ratio	試算発芽数 Expected number of germinative seed
コケ層除去 Moss horizon removed	300	80	9	99	112	27	66
コケ層除去 + 薬剤 Moss horizon removed + fungicide	302	78	13	91	120	26	72
地床無処理 Non treatment	300	72	5	91	132	24	53
地床無処理 + 薬剤 Non treatment + fungicide	300	103	12	87	98	34	80

The forest floor was moss-type.

とおりである。発芽試験はシャーレ内の石英砂を発芽床とし、25°C の恒温器にいたした。糸状菌の検出は各処理区より 100 粒の種子を土壌よりとり出し分離を行なった。

2) 結果と考察

種子の発芽試験結果を Table 2 に示す。野幌人工林内での発芽率はいずれも分散分析の結果、5% の危険率をもって薬剤処理区と無処理区間に有意差が認められる。簾舞天然林内でも、5% の危険率で薬剤処理区と無処理区間に有意差が認められた。一方、コケ型のシシャモナイ天然林内では、薬剤処理区と無処理区間に有意差が認められない。

つぎに、種子の地中腐敗をおこすものとして確認されている *R. therryanum* と *Rhizoctonia* sp. について、各試験地の処理別の種子からの検出数を示せば Table 3 のとおりである。

野幌人工林内では、L、F 層のいわゆる A₀ 層に検出数が多く認められるが、簾舞の天然林内では、A₀ 層、A 層とも 82~84% の高い検出率で認められ、*R. therryanum*, *Rhizoctonia* sp. に効果の認められている TMTD 剤、PCNB 剤処理の効果が現われているのは当然といえよう。一方、薬剤処理の効果が現われなかったコケ型のシシャモナイ天然林では、*R. therryanum* の検出数もコケ層除去区で 12%、コケ層で 20% と比較的低いことが影響を及ぼしているのかもしれない。そこで、一定量の種子から当然発芽すべき量を計算で求めてみた。すなわち、発芽数 = 供試粒数 × (1 - *R. therryanum*, *Rhizoctonia* sp. 検出率) × (1 - 批率) × 発芽率 (充実粒に対する) と仮定して各試験地の処理別発芽数を求めたのが Table 2 の試算発芽数である。実際の発芽数と比較してみると、野幌、簾舞では野幌 41 林班 A₀ 層除去区を例外として大体よく近似している。このことから、発芽阻害をおこしているものは、地中腐敗の病原菌によることが明らかである。またコケ型のシシャモナイでは、計算で求めた発芽数よりいずれの処理区も実際の発芽数が多く、ここでは *R. therryanum* はあっても種子に対して病原性を現わしていないことになる。この試験地では林床に一面に发育しているミズゴケが菌の生育に作用したのか、このような植生に存在する菌の病原性自体に違いがあるのか、または 5 月 20 日の採取時積雪 20 cm の時点で、なお完全に土壌が

Table 3. 各試験地のタネから検出された *Rhacodium therryanum* と *Rhizoctonia* sp.
Detection of *Rhacodium therryanum* and *Rhizoctonia* sp. from the seed of each experimental plot

処 理 Seedbed treatment	供試粒数 Number of seed tested	野 幌 41 Nopporo 41		野 幌 42 Nopporo 42	簾 舞 Misumai	シシャモナイ Shishamonai
		<i>Rhacodium</i>	<i>Rhizoctonia</i>	<i>Rhacodium</i>	<i>Rhacodium</i>	<i>Rhacodium</i>
A ₀ 層 除 去 A ₀ horizon removed	300	48	18	8	246	36*
A ₀ 層除去 + 薬剤 A ₀ horizon removed + fungicide	300	1	0	1	13	1**
L 層 除 去 L horizon removed	300	148	7	83	253	
L 層除去 + 薬剤 L horizon removed + fungicide	300	12	0	4	45	
地 床 無 処 理 Non treatment	300	147	69	120		63
地床無処理 + 薬剤 Non treatment + fungicide	300	10	2	0		1

* コケ層除去 Moss horizon removed.

** コケ層除去 + 薬剤 Moss horizon removed + fungicide.

Table 4 a. 処理別発生本数 (m² あたり)
Number of seedlings for each seedbed treatment

(野幌 Nopporo 41, 46. 6)

処 理 Seedbed treatment	プロット Plot	発生本数 Number of seedlings			
		I	II	III	平 均 Mean
A ₀ 層 除 去 A ₀ horizon removed		684	412	624	573
A ₀ 層 除 去 + 薬 剤 A ₀ horizon removed + fungicide		912	652	1,264	943
L 層 除 去 L horizon removed		56	64	72	64
L 層 除 去 + 薬 剤 L horizon removed + fungicide		720	560	508	596
地 床 無 処 理 Non treatment		92	144	40	92
地床無処理 + 薬剤 Non treatment + fungicide		240	396	504	380

Table 4 b. 処理別発生本数 (m² あたり)
Number of seedlings for each seedbed treatment

(シシャモナイ Shishamonai, 46. 6)

処 理 Seedbed treatment	プロット Plot	発生本数 Number of seedlings			
		I	II	III	平 均 Mean
コ ケ 層 除 去 Moss horizon removed		1,052	784	700	845
コケ層除去 + 薬剤 Moss horizon removed + fungicide		744	772	640	719
地 床 無 処 理 Non treatment		416	452	316	395
地床無処理 + 薬剤 Non treatment + fungicide		860	812	680	784

凍結していたという他の試験地と異なった環境条件が影響していたのか、この点については以下の項で検討を試みる。

各試験地での m² あたり稚苗の発生本数を示すと Table 4 のとおりである。ただし、簾舞天然林内、野幌 42 での実験は野兎その他の被害が大きかったので除外した。野幌 41 では、分散分析の結果 5% の危険率で、薬剤処理と薬剤無処理間、A₀ 層除去と L 層除去、A₀ 層除去と地床無処理間に有意差が認められる。シシャモナイでは、同じく 5% の危険率でコケ層除去と地床無処理間、地床無処理と地床無処理に薬剤処理をした区との間に有意差が認められる。野幌 41 では、さきに行なった発芽試験と同じような結果であるが、シシャモナイについては地床無処理と地床無処理 + 薬剤処理区に有意差が認められ、さきの発芽試験では薬剤処理に有意差が認められなかった点と異なる結果が得られた。これは発生本数調査は消雪後 1 か月経過しているもので、この間に種子の内部に侵入していた *R. therryanum* が病原性を現わしたとも考えられるが、この点についてはさらに接種試験と種子の発芽の過程との関連で確かめる必要がある。

R. therryanum については、針葉樹苗の暗色雪腐病菌として知られており、種子に対する病原性については、佐藤¹²⁾が寒冷地の苗畑における地中腐敗型立枯病の重要な病原菌として報告している。今回の調査では林内にもひろく分布し、針葉樹の種子を腐敗させていることが判明した。

Rhizoctonia sp. については、野幌 41 林班の大正 7 年植栽トドマツ人工林内で検出されたのみである。しかし、0°C 付近で種子に病原性を示すことが判明したので、低温下でも種子を犯しうる菌として今後試験をつづける必要があると思われる。

I-3. 土壌の凍結、不凍結と *Rhacodium therryanum* の病原性

林内で *R. therryanum* が種子をおかす条件の一つとして土壌の凍結の影響を追求した。

1) 培地の凍結と *Rhacodium therryanum* の成長

(1) 試 験 方 法

9 cm シャーレのジャガイモ煎汁寒天培養基に、直径 5 mm の *R. therryanum* の菌そうを接種した後、7 日間 15°C の恒温器内で培養した。これを試験 -1 では -2~-3°C、試験 -2 では -3~-4°C の温度範囲に保った低温恒温器に入れた。不凍結区はこのまま培養基の過冷却によって不凍結に保ち、凍結区は 24 時間経過後に氷の小片を入れて培養基を凍結させた。

試験 -1 は凍結区 15 枚、不凍結区 20 枚のシャーレを用い、試験 -2 では各区 15 枚のシャーレを用いて、低温恒温器内での菌そうの先端からの菌の発育を測定し、各使用シャーレの平均値を求めた。

(2) 試 験 結 果

結果は Table 5a, Table 5b, および写真 A, B に示すとおりで、菌の発育は同じ -2~-4°C の低温恒温器内で、培地が凍結状態では、不凍結培地に比べて半分以下の生育であった。

2) 土壌の凍結と *Rhacodium therryanum* の成長

(1) 試 験 方 法

ジャガイモ煎汁寒天培養基に培養した菌そうを直径 1 cm の円形に切り取り、あらかじめ高圧蒸気殺菌しておいた直径 30 cm の素焼き鉢の土壌の中央部に、昭和 46 年 11 月 12 日に接種した。これを室内に放置しておき、同年 11 月 30 日にウスプルン 500 倍液で 2 時間殺菌した後、3 時間流水で洗浄した種子を、1 鉢あたり 500 粒ずつまきつけた。

このうち土壌の凍結区は、支場構内苗畑にそのまま地上に設置し、不凍結区は凍結区に隣接して、凍結を避けるため鉢表面を地表面から 30 cm 下がるように掘り下げて設置した。なお根雪の初日は 46 年 12 月 7 日であったが、凍結区、不凍結区ともに 12 月 6 日に鉢内土壌は凍結し、凍結区は最終調査時まで凍結していたことを確認し、不凍結区では 12 月 17 日に融解し、以後試験期間を通じて凍結することはなかった。

各区とも 5 個の鉢を用い、47 年 4 月 3 日に取り出した。このうち各区 1 鉢は中心からの距離ごとに種子からの菌の分離を行ない、各 4 鉢ずつは温室内に取り入れて発芽の経過を観察した。

菌の分離方法は前法と同じで、発芽調査は 47 年 5 月 30 日に行なった。

(2) 試 験 結 果

菌の分離結果は Table 6 に示すとおりで、凍結区では種子からの菌の分離率は不凍結区より少なく、また鉢中心から半径 6 cm の円外では菌が検出されなかったが、不凍結区ではなお 20% の出現をみた。

稚苗の成立調査結果は Table 7 に示すとおり、凍結区では鉢の中心から長径、短径の平均で 2.5 cm × 2.4 cm の範囲で成立がなかったのに対し、不凍結区では 6.5 cm × 5.4 cm の範囲で稚苗の成立がなかった (写真 C-D)。

Table 5. 培地の凍結と *Rhacodium therryanum* コロニーの成長 (mm)Comparison of mycelial growth of *Rhacodium therryanum* between frozen and unfrozen potato agar medium

a) Temperature : -2~-3°C			
経過日数 Days after treatment		8 日	12 日
区 名 Plot			
凍 結 区 Frozen		0	3
不 凍 結 区 Unfrozen		4	9

b) Temperature : -3~-4°C						
経過日数 Days after treatment		5 日	16 日	32 日	42 日	78 日
区 名 Plot						
凍 結 区 Frozen		0	4	9	11	20
不 凍 結 区 Unfrozen		3	9	18	23	44

Table 6. 土壌の凍結と種子からの *Rhacodium therryanum* の分離率 (%)Isolation percentage of *Rhacodium therryanum* from the seed in frozen soil

inoculum からの距離 (半径) cm Distance from inoculum (radius) cm	凍 結 区 Frozen		不凍結区 Unfrozen	
	供 試 粒 数 Number of seeds tested	分 離 率 Isolation percentage	供 試 粒 数 Number of seeds tested	分 離 率 Isolation percentage
0 ~ 4	40	33	29	76
4 ~ 6	40	18	30	27
6 ~ 7	20	0	40	20

3) 土壌の凍結と *Rhacodium therryanum* の病原性

(1) 試 験 方 法

供試菌はふすま、もみから培養基に培養しておき、あらかじめ苗畑土壌を入れて高圧蒸気殺菌しておいた 15 cm 素焼き鉢に、46 年 11 月 12 日 1 鉢あたり 3 g ずつ接種、覆土をして室内に放置した。同年 11 月 30 日に、ウスブルン 500 倍液で 2 時間表面殺菌した後、3 時間流水で洗浄した種子を、1 鉢あたり 120 粒ずつまきつけた。

この鉢を、凍結区は支場構内苗畑に 5 鉢ずつ 7 ブロックに分けて設置し、不凍結区は前項と同様に苗畑土壌を 30 cm 掘り下げて 5 鉢ずつ 7 ブロックに設置した。なお設置した鉢の凍結状況は、前項 2) と同じであった。

以上の鉢を 46 年 12 月 21 日から 47 年 3 月 21 日の間に 7 回に分けて各区 5 鉢ずつ取り出し、菌の分離、発芽試験を行なった。菌の分離は 1 回に各区 2 鉢ずつ、200 粒の種子から前記の方法で行ない、種子の発芽試験は各区 3 鉢から 160 粒を還元法で行なった。

(2) 試 験 結 果

菌の分離結果は Table 8 に示した。

この結果からみるとまきつけ後 20 日の 12 月 21 日の調査では、土壌凍結区、不凍結区とも約 30% の種子に菌の侵入が認められた。不凍結区ではその後菌の種子への侵入は急速にすすみ、1 月 11 日、まきつけ後 42 日では 80% になり、その後はほとんど全部の種子に菌の侵入が認められるようになった。凍結区で

Table 7. 土壌の凍結と inoculum から稚苗不成立の範囲

(長径 cm × 短径 cm)

The average radius from the inoculated point that seed did not germinate in frozen and unfrozen soils
(Length (cm) × Width (cm))

は ち No. Pot No.	凍 結 区 Frozen	不凍結区 Unfrozen
1	2.0×2.0	6.0×4.5
2	3.0×2.5	7.0×5.5
3	3.0×3.0	6.0×5.5
4	2.0×2.0	7.0×6.0
平 均 Mean	2.5×2.4	6.5×5.4

Table 8. 土壌の凍結と種子からの *R. therryanum* の検出率 (%)
Detection percentage of *R. therryanum* from the seed in frozen
and unfrozen soils (%)

区名 Plot	日/月 Day/Month	21/XII	11/I	24/I	8/II	21/II	6/III	21/III
凍 結 区 Frozen		28.5	48.0	82.0	76.0	88.0	85.0	79.0
不 凍 結 区 Unfrozen		34.5	79.0	91.5	97.0	97.0	100.0	100.0

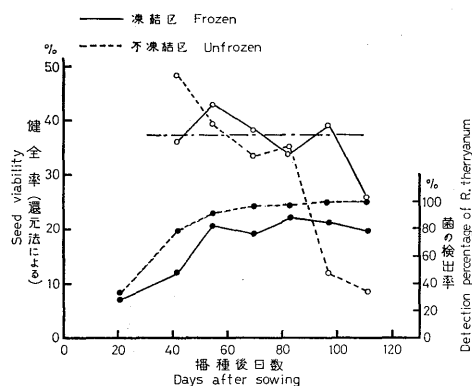


Fig. 1 土壌の凍結と *R. therryanum* の病原性

Pathogenicity of *R. therryanum* in frozen and unfrozen soils.

白丸：タネの健全率
Circle：Seed viability
黒丸：菌の検出率
Black dot：Detection percentage
鎖線：供試タネの健全率
Chain line：Viability of seed tested

は、不凍結区に比べ菌の種子への侵入率はやや低く試験期間を通じて90%以上の侵入にはならなかった。

種子の健全率も Fig. 1 のとおり不凍結区では、まきつけ後80日まで種子自体のもつ健全率を維持しているが、それ以後急速に低下する。そして、まきつけ後100日では12%にまで落ちる。これに対し凍結区は、凍結がつづく限りはもとの活力を維持するようであって、凍結がゆるみはじめた3月21日の最終調査時、まきつけ後111日では活力の低下をきたしはじめている。

4) 考 察

北海道の天然生針葉樹稚樹の発生と方位との関係において、中央高地以西の上川、空知、石狩、後志地方と、北部の天塩川中流域、天塩山地ならびに北見枝幸地方などの多雪地帯では、南より斜面の針葉樹の更新が良好であるが、これと反対の北より斜面

は対照的に更新が不良の傾向にある。ところが、中央高地以东の十勝、釧路、根室地方の寡雪地帯では、斜面の方位による針葉樹の更新状態には、前者のような明らかな差異がないという現象がある。この現象について織田¹⁴⁾は積雪量、なかんずく融雪の遅延が針葉樹の更新に対する制限因子の一つであると考察し、さらに、多雪地帯の北より斜面の更新不良の斜面にある針葉樹の稚樹は、土壌から直接成立しているものはほとんどなく、倒木更新を普通とする特異な現象を指摘している。

しかし、北海道東部地方では方位による差異を認めないということと、早く積雪をみる西部地方では南面が更新がよいということは、前者は、牧野¹⁰⁾が指摘するように、積雪がおそくかつ量が少ないためと、低温によってほとんどの地帯で地表層が凍結をしていること、後者は北面はそのまま根雪となってしまうために地表層の凍結は起こらないが、南面は根雪となるまでに融雪を数回くり返し、その間に地表層が凍結してそのまま根雪となることが考えられる。すなわち、土壌凍結が稚苗の発生に影響を与えているものようである。

佐藤¹³⁾は、*R. therryanum* は $-9\sim 0^{\circ}\text{C}$ の凍結培養基上でもかなりよく成長し、凍結による成長の阻害は認められないとし、また、凍結土壌における菌糸の成長は、凍結区では不凍結区よりもわずかに劣

るが、土壤凍結による影響は小さいと述べている。この佐藤らの結果と今回の著者らの結果の違いは、水分、温度などの実験設定の条件が異なったためではないかと思われる。

今回の試験結果から、*R. therryanum* が種子をおかす場合、積雪下の地表が凍結状態にあるか、不凍結状態にあるかによって差異のあることが確かめられ、上述の現象の事実をある程度うらづけることができた。

林内における地表面の凍結の時期、期間ならびに凍結状態は、積雪量、根雪の時期、上木、下草、落葉などの種類や成立本数などの諸条件、さらに高度、斜面方向によっても大きく影響されるであろう。このことは、不凍結地帯にあっても凍結の状態で越冬する場所もあるであろうし、その逆の場合もありうと思われる。また山火、崩壊の跡地のほか、上木の伐採や、林道の作成、地がきなどの人為的な条件の変化も微妙な影響を与えるものと考えられる。

今後林内における稚苗発生の調査、研究をするに当たっては、この点も考慮に入れて観察検討を加える必要があろう。

I-4. 道内数地域の林内で検出された *R. therryanum* の病原性比較

種子をおかす病原菌の検索を、立地条件、更新の良否などを考慮にいれ、日本海沿岸として古丹別営林署管内、道央として戸戸営林署管内、道東地域として池田林務署管内をえらび、各地域2~4か所について人工播種試験を行なった。この結果ほとんどのプロットで *R. therryanum* の検出がみられ、またこの菌の検出率は、更新の良いプロットでは少なく、更新不良のプロットで多い傾向がみられた。しかし、人工播種試験では試験地によって、*R. therryanum* の検出率と種子の発芽検定の結果と合致しないこともあり、また同じ検出率であっても地域によっては更新の良い個所と、悪い個所がみつめられた。

このため、各地で分離された菌株の一部を用いて種子に対する病原性の比較を行なった。

1) 試験方法

供試菌は苫小牧営林署管内シシャモナイ、定山溪営林署管内簾舞、池田林務署管内温根内、古丹別営林署管内92林班のいずれも天然林内に人工播種したトドマツ種子から分離した菌株で、シシャモナイ、簾舞は昭和47年春、他は昭和48年春に分離したものを使用した。なお菌採集地の概況は、シシャモナイ、簾舞はI-2の試験地と同じであり、池田はトドマツ、ヤチダモ、シウリザクラが散在し、林床はミヤコザサで占められている。古丹別はトドマツが散生し、林床はクマイササでおおわれている。

以上の4菌株を、ふすま、もみながら培養基に培養しておき、あらかじめ土壌を入れて高压蒸気殺菌しておいた径15cmの素焼き鉢に、昭和47年11月20日に1鉢あたり3gずつ接種し培養しておいた。

播種は11月30日で、あらかじめ有機水銀製剤で表面殺菌しておいたトドマツ種子を、1鉢あたり3gずつまいた。供試種子は昭和47年9月採取の定山溪営林署管内産のもので、充実率74%、充実粒に対する発芽率は65%である。

各菌株および無接種区とも10鉢ずつとし、これを支場構内苗畑に凍結をさけるため、鉢表面を地表面から30cm下がるように掘り下げて設置した。昭和47年12月から48年1月はじめは異常に雪が少なかったため、12月20日から1月末までは鉢内が凍結したが、それ以後試験終了までは不凍結の状態を保ったことを確認している。

この鉢の中から昭和48年2月19日に、1処理区から5鉢ずつ取り出し、3鉢については還元法による発芽検定を行ない、2鉢について菌の分離を行なった。菌の分離は前記の方法で行なった。残る5鉢ずつは雪どけまで放置しておき、消雪後温室内で発芽させて4月16日に成立調査を行なった。

Table 9. 発芽試験結果

Results of viability test of seeds

接 種 菌 株 Locality of <i>R. therryanum</i> tested	供 試 粒 数 Number of seed tested	健 全 胚 Viable embryo	健全胚率 % Percentage of seed viability
古 丹 別 Kotanbetsu	380	219	57.6
簾 舞 Misumai	380	0	0
池 田 Ikeda	400	33	8.3
シ シ ャ モ ナ イ Shishamonai	400	122	30.5
無 接 種 Check	395	248	62.8

Table 10. 播種試験調査結果

Results of seeding test

接 種 菌 株 Locality of <i>R. therryanum</i> tested	成 立 本 数 Number of seedlings					
	Pot. No. 1	2	3	4	5	平 均 Mean
古 丹 別 Kotanbetsu	11	19	15	11	30	17
簾 舞 Misumai	0	0	0	0	0	0
池 田 Ikeda	3	2	5	1	1	2
シ シ ャ モ ナ イ Shishamonai	23	20	21	26	24	23
無 接 種 Check	94	62	87	99	102	89

2) 結果と考察

菌の分離結果は 200 粒ずつについて行なったが、各菌株接種区とも 2 月 20 日の時点で 100% *R. therryanum* の検出を見た。無接種区では、200 粒のうち 9 粒から *R. therryanum* が検出された。

種子の発芽検定結果は、Table 9 に示すとおりで、無接種では 62.8% の健全胚率を保っているのに対し、古丹別、シシヤモナイの菌を接種したものは 57.6、30.5% とやや健全胚率が低下し、池田の菌は 8.3 % となり、簾舞の菌では健全胚が全くなく、すでに腐敗してしまっている。

つぎに、成立本数調査の結果では、Table 10 に示すとおりで、無接種で 1 鉢平均で 89 本の成立を見たのに対し、菌接種区では、シシヤモナイ、古丹別の菌で 23、17 本と少なく、池田の菌では 2 本、簾舞の菌では 1 本の成立もなかった。

以上の結果から *R. therryanum* のいずれの菌株もトドマツ種子に対して病原性を有している。

しかし種子からの分離試験の結果、2 月 20 日の時点でどの菌株も 100% の侵入率を示しながら、発芽検定の結果では簾舞の菌株では健全胚率 0、成立本数 0 と強い病原性をあらわす一方、古丹別、シシヤモナイの菌株は発芽検定ではかなりの健全胚率を示し、成立本数でもある程度の成立があった。

このことから、*R. therryanum* の菌株の中にトドマツ種子を犯す病原性に差異のあることが判明した。

佐藤¹⁴⁾は本菌による針葉樹苗雪腐病の発生について、分離源を異にする菌株について比較し、各菌株間に病原性の差がいちじるしいことを報告している。

前記 I-2 の実験においても、コケ型のシシヤモナイでは、*R. therryanum* はあっても種子に対して強い

原病性を現わしていない結果が得られている。

このことについては、シシャモナイのコケ林床の場合、コケの作用によるものか、または融雪時点でまだ林床の凍結していることが影響しているのかもしれない。

その後、前記 I-3 において、本菌の種子に対する病原性は積雪下で土壌が凍結していた場合は、不凍結状態の場合に比べて小さいことが認められた。

さらに、本試験の結果菌株による病原性の差異が認められた。

I-5. *Rhacodium therryanum* の種子への侵入時期と発芽阻害

林床に落下した種子に対して、この菌がいつごろ侵入し、発芽阻害をおこしていくのかをつぎの方法で実験を行なった。

1) 試 験 方 法

札幌営林局定山溪営林署管内空沼天然林施業実験林内のササ型 植生の表層土壌を、径 18 cm の素焼き鉢につめた。昭和 47 年 10 月 3 日、500 倍の有機水銀剤（ウスブルン）で 2 時間表面殺菌し、4 時間流水で洗浄したトドマツ種子を、1 鉢に 150 粒ずつまきつけ、鉢内土壌と同じ材料で覆土した。供試種子は、I-4 の実験に供したものと同じである。この鉢を支場構内苗畑に 5 鉢ずつ 9 ブロックにわけ、鉢表面を地表面から 20 cm 掘り下げて設置した。設置した鉢は、遮光率 50% のクレモナ寒冷紗でおおい、昭和 47 年 12 月 1 日からは凍結防止のため、夜間は 50mm の発泡スチロール板でおおった。

鉢内温度は 10 月前半は日平均で約 10°C、後半から 11 月上旬は 5°C、下旬までは 2~4°C であった。12 月は発泡スチロールでおおったため、2~4°C で経過した。47 年 12 月 13 日に 10 cm の積雪があり、根雪になったため、発泡スチロールをはずして雪で鉢をおおった。しかし、12 月 19 日、20 日に最低気温が -7°C、-8°C になり、雪の被覆が少なかったため、鉢内は凍結した。凍結は 1 月末までつづき、1 月 30 日に完全に融解し、以後試験終了まで不凍結に保った。

以上の鉢を 47 年 10 月 23 日から、48 年 4 月 2 日の間に 9 回にわけて 5 鉢ずつとり出し、*R. therryanum* の分離は、2 鉢ずつ種子 200 粒についてアンチホルミン 20 倍液に 5 分間浸漬による方法と、50 粒について 80% アルコール、0.1% 昇汞による 2 種の表面殺菌によって行なった。培養は 300 ppm ストレプトマイシン加用の PDA 培地をもちい、5°C の低温で約 40 日間行ない、出現した *R. therryanum* のコロニーをかぞえた。

発芽鑑定は、3 鉢 400 粒の種子について、還元法によって行なった。

2) 結 果 と 考 察

R. therryanum の分離結果と、種子の発芽鑑定結果を Fig. 2 に示す。

菌の分離結果は、アンチホルミン法による種子表面殺菌の場合、まきつけ後 20 日めの第 1 回調査で 15% の出現が認められ、その後約 20 日ごとの調査では菌の検出率が徐々に高くなり、最終の 48 年 4 月 2 日、まきつけ後 181 日めの調査では約 90% の検出率となった。アルコール、昇汞による表面殺菌では、41 日めの調査で *R. therryanum* が 5% 分離され、その後はアンチホルミン法による場合と同じ傾向で、徐々に分離される菌が増加し、最終調査では 60% の検出率となった。この 2 つの種子の表面殺菌法による分離結果の違いは、アルコール、昇汞による場合の方が、より深くまで入っている菌にまで殺菌が及ぶものと考えられる。

種子の発芽鑑定結果は、まきつけ後 41 日めの 47 年 11 月 13 日までは約 55% の健全率を保っていたが、

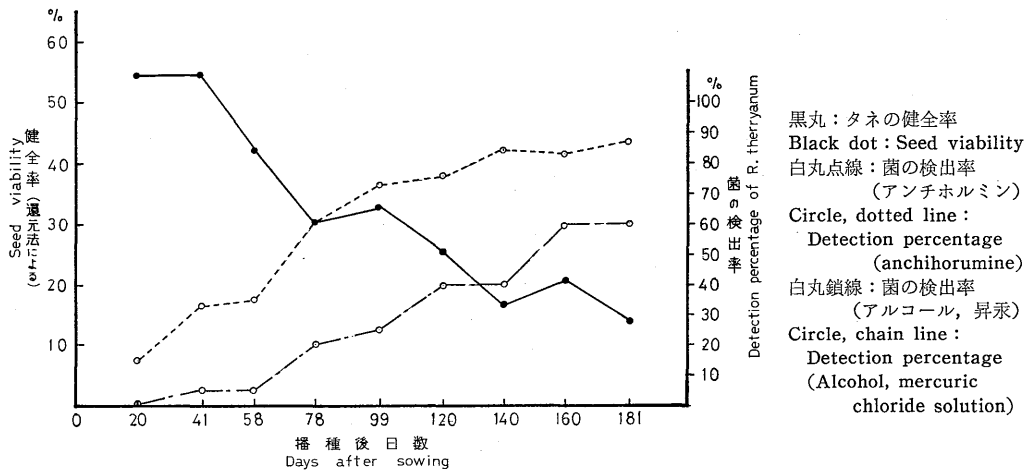


Fig. 2 *R. therryanum* 菌の検出率と発芽率の推移
Percentages of *R. therryanum* detected and reduction of seed germination.

まきつけ後 78 日の 12 月 20 日までは急に健全率が低下して、約 30% になった。その後は徐々に低下して、最終の 48 年 4 月 2 日には約 13% になった。

I-3 で *R. therryanum* を接種し、土壤不凍結区に設置した場合、菌の検出率は急速に高くなるが、健全胚率は播種後約 80 日を経過するまではあまり低下せず、その後急速に低下することを述べた。この結果の違いは、I-3 では菌を接種したことと、今回の自然感染の違いはあるが、I-3 の試験は播種が 12 月であり、試験開始から鉢を 0°C に保ったが、今回はトドマツ種子の天然下種時期にあわせて、10 月はじめに設定したため、温度条件が異なったためと思われる。すなわち、種子に侵入した *R. therryanum* が、0°C では発育が緩慢なため種子の健全胚率の低下に 80 日を要したが、10°C では発育が活発なため、約 40 日間で低下させたものと考えられる。

以上の結果から、林床に落下した種子に対する *R. therryanum* の侵入、発芽阻害はかなり早い時期にはじまることが判明した。

II 種子の発生に關与する水分

II-1. トドマツ種子の吸水過程

郷⁶⁾は吸水比（水を吸うことによって、ふえた種子の重さを気乾重量で割って、その増した割合を表わす）が発芽へのあゆみを示す目安となることを述べている。トドマツについても、吸水比が発芽の過程を判断する指標となりうるかを検討した。

1) 実験方法

同一産地の種子を 1 粒ずつ重さをはかって気乾重量を求め、それらの種子を 1 粒ずつ石英砂を発芽床とするシャーレに並べ、25°C の恒温器にいった。24 時間ごとにとり出し、1 粒ずつトーションバランスで重さをはかり、発芽床においてから幼根を出すまでの吸水過程を種子の気乾重量別に求めた。

2) 実験結果

種子の吸水曲線を Fig. 3 に示す。ここでは、吸水曲線は種子の気乾重量別に平均的なものとして示し

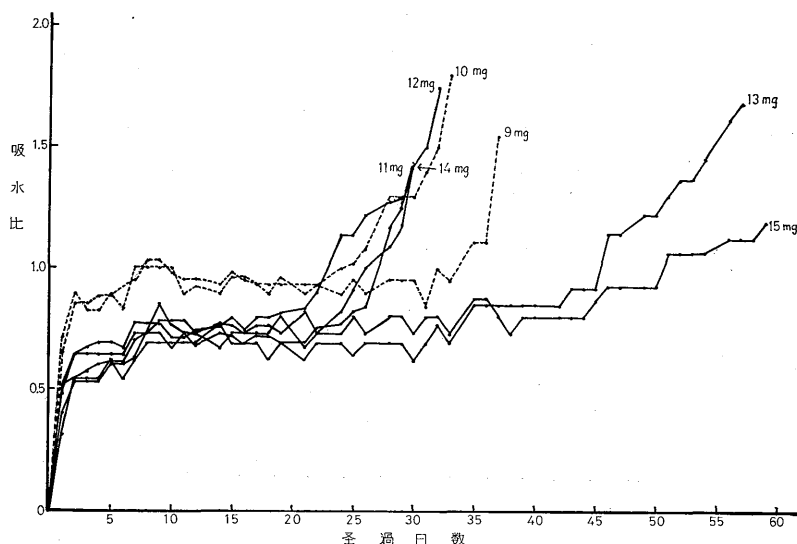


Fig. 3 吸 水 曲 線

Water absorption curve.

Ordinates : Water absorption (ratio to original weight) Abscissae : Days after bedding

Table 11. 吸水比の平均値と標準偏差
Average and standard deviation of water absorption

重量 Weight 経過日数 Days	9 mg		10 mg		11 mg		12 mg		14 mg	
	X	σ	X	σ	X	σ	X	σ	X	σ
5	0.89	0.19	0.88	0.15	0.64	0.01	0.61	0.24	0.69	0.09
10	1.00	0.10	0.98	0.17	0.78	0.09	0.76	0.19	0.71	0.07
15	0.96	0.07	0.98	0.21	0.76	0.06	0.73	0.16	0.79	0.01
20	0.96	0.17	0.93	0.15	0.73	0.01	0.69	0.21	0.81	0.16
25	0.95	0.23	1.02	0.12			0.86	0.19		
30	0.89	0.16								
発芽直前 Before germination	1.00	0.01	1.02	0.17	0.96	0.09	0.98	0.03	0.91	0.03

X : 平均値 Average σ : 標準偏差 Standard deviation

た。ちなみに各気乾重量別の5日おきの吸水比の標準偏差と、平均値を示すと Table 11 のとおりである。

トドマツの場合でも、郷が求めたスギ、クロマツ、アカマツの吸水曲線と同じように吸水過程に3段階あることがわかった。すなわち、第1過程は置床後1～2日間で急激に重さが増す。第2の過程は増しかたがゆっくりか、またはほとんど増さない。第3の過程はふたたび急に増す。さらに9 mg, 10 mg の小さい種子の第2過程の吸水比は0.8～1.0, 11 mg 以上の大きい種子で0.6～0.8と第2過程の吸水比に違いがみられる。しかし11 mg 以上のものについては、経過日数は異なっても第2過程の吸水比に大きな違いはみられず、種皮に割れめができ、幼根が出始める第3過程に入る初期段階の吸水比はいずれも1.00, さらに幼根が向地性を示す段階の吸水比は、1.01～1.50 までの間におさまることがわかった。このことから、1粒あたりの重量が11 mg 以上であれば、吸水比で発芽の過程を判断する指標となりうることがわかった。

II-2. 林床におかれた種子の吸水過程

1 粒あたりの重量が 11 mg 以上のものを使用すれば、吸水比で発芽の過程を判断することができることがわかったので、つぎの実験を行なった。

1) 実験方法

産地が同一で 1 粒あたりの重量が 11mg 以上の種子を用い、1 粒あたりの重量が同じもの 30 粒をクレモナ袋を作っていた。袋内の種子は一様にちらばらせ、これを札幌営林署管内野幌のトドマツ人工林内の A₀ 層除去区と、地床無処理区に 10 月下旬に配置し、地床と同じ材料でみえがくれ程度に被覆した。埋設後一定期間ごとに両処理区より 4 袋 (120 粒) ずつ雪中より掘り出し (この場合 4 袋の重量構成が両処理

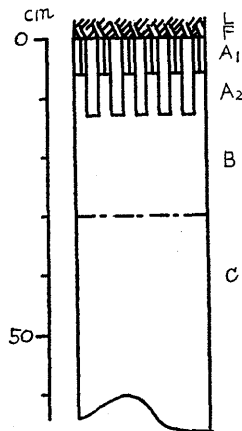


Fig. 4 土壌断面図
土壌型 B_E
Soil Profile
Soil type: B_E

で同じくなるように配慮した), その吸水比を 1 粒ずつ求め地床処理別に種子の吸水過程を昭和 44~45 年, 昭和 45~46 年の 2 冬期間にわたり調査した。

種子を配置した トドマツ人工林は 昭和 7 年植栽のもので、うっぺい密、林床はトドマツの落葉でおおわれ、トドマツの稚苗が散見される以外は無植被の状態である。土壌の形態は Fig. 4 のごとく、断面の記載はつぎのとおりである。

L 層: 1.0 cm, トドマツ落葉, 枝

F 層: 2.0 cm, トドマツ落葉, 枝の変質物

A₁ 層: 6 cm, 黒褐 (10 YR 3/1), 腐植に富む, 石礫なし, 重埴土 (HC), 団粒状構造, 軟, 潤

A₂ 層: 7 cm, 黒褐 (10 YR 3/1), 腐植に富む, 石礫なし, 重埴土, 主に粒状構造, やや堅, 湿

B 層: 17 cm, 灰黄橙 (10 YR 7/3), 石礫なし, 重埴土, カベ状構造, 堅, 湿, 斑鉄あり

C 層: 20 cm<, 淡黄橙 (10 YR 8/4), 石礫なし, 重埴土, 堅, 過湿, 斑鉄あり

2) 実験結果

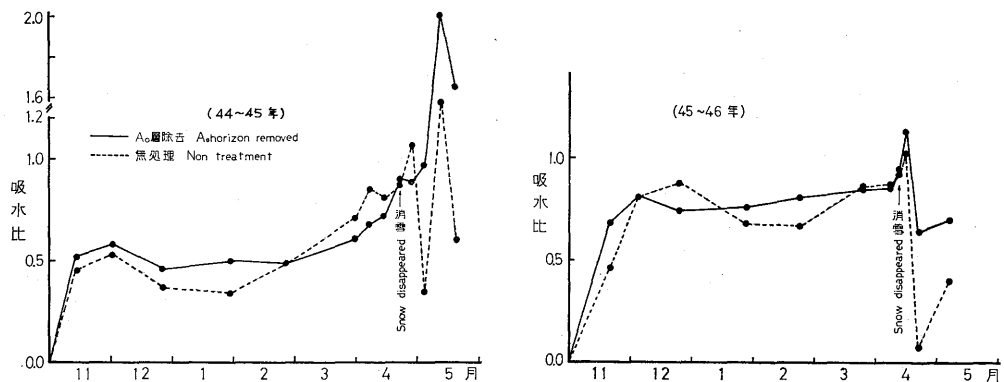


Fig. 5 タネの吸水曲線

Water absorption curve.

Ordinates: Water absorption (ratio to original weight)

Abscissae: Date of sampling

Table 12. 消雪後第3の過程に進んだ割合
Rate of the seeds could reach the germination stage
by the time snow melted

採取月日*1 処 理 区*2	4. 21			5. 6		
	(A) 供試粒数 Number of seed tested	(B) 第3の過程に 進んだもの Seeds could reach the germination	B/A (%)	(A) 供試粒数 Number of seed tested	(B) 第3の過程に 進んだもの Seeds could reach the germination	B/A (%)
A ₀ 除 去 A ₀ horizon removed	118	17	14	113	17	15
無 処 理 Non treatment	120	10	8	119	5	4

*1 Date of sampling

*2 Seedbed treatment

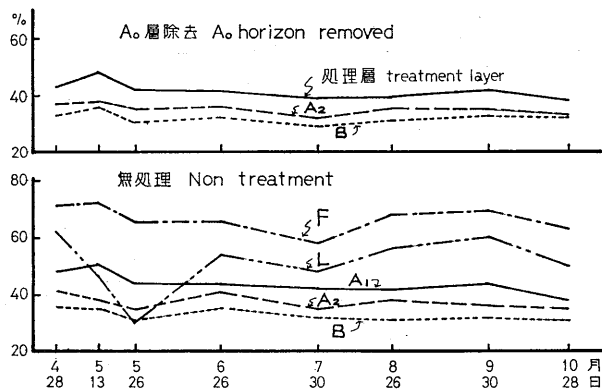


Fig. 6 地床処理別層位別土壌水分含有率 (重量 %)

The variation of soil moisture content with soil horizon and seedbed treatment.

Ordinate : Moisture content (weight %)

Abscissae : Date of sampling

採取時兩処理の1粒ずつの吸水比は、45~46年を例にとると、もっとも大きな標準偏差で0.35、もっとも小さいもので0.13とちらばりがあったが、ひとまず平均値で比較すると、Fig. 5のとおりである。44~45年、45~46年ともおよそ第1、第2、第3の発芽過程を示している。消雪時には兩処理区ともほとんど同じ吸水比を示し、ここまでは同じような発芽への過程をたどっていることがわかる。消雪後すぐに吸水比1.00をこえて発芽の過程にはいりかけるが、消雪後の乾燥によって大きく影響をうけ、とくに林床無処理区において著しい。44~45年の場合は、A₀層除去区は全体的に順調に第3の過程へ進んだが、林床無処理区は乾燥の影響をうけて乾湿をくり返し、最終的には供試粒数の30%が第3の過程に進んだ。45~46年の消雪後、各採取時における処理区別供試粒数のうち第3の過程に進んだ割合をTable 12に示す。

つぎに、45年における兩処理区の層位別土壌水分含有率の季節変化をみると、Fig. 6のごとく、A₀層除去区では処理層とA₂およびB層での水分含有率が平行の傾向にあるが、無処理区はA₀層(L, F層)と鉾質土壌での水分含有率の季節変化は不平行である。特に5月下旬L層が著しく水分不足状態にあるにかかわらず、F層およびA₁層以下の各層はそれほど大きな変化がない。このことはA₀層とA層との水分の移行が不連続であることを示すものと思われる。このことから、表層はとくに乾燥することは明らかである。

II-3. トドマツ種子の乾燥と発芽

発芽の過程に入りかけた種子は、どれくらいの乾燥にどのくらい耐えられるのかをつぎの方法によって検討した。

1) 実験方法

優良遺伝子群保存林用採種林分から採取したトドマツの種子を、1 昼夜水洗後 0°C の低温湿層処理を 3 週間行ない、石英砂を発芽床とするシャーレに並べ 25°C の恒温器にいた。外観的に種皮に割れめができ幼根が出始めたものや、幼根が向地性を示し始めたものなど、いろいろの発芽段階にあるものを選んで

Table 13. 吸水したタネの乾燥と発芽
Germination by the dried seed during germination

処理日数*1 吸水比*2	4 日 days		5 日 days		6 日 days		7 日 days	
	ハツガ Germinative	クサリ Rot	ハツガ Germinative	クサリ Rot	ハツガ Germinative	クサリ Rot	ハツガ Germinative	クサリ Rot
0.41 ~ 0.50	3	0	—	—	1	0	—	—
0.51 ~ 0.60	3	0	4	1	2	1	1	0
0.61 ~ 0.70	7	2	1	0	4	2	1	2
0.71 ~ 0.80	14	2	11	3	5	4	4	0
0.81 ~ 0.90	19	8	18	6	18	6	6	7
0.91 ~ 1.00	27	5	15	4	17	6	9	8
1.01 ~ 1.10	25	3	22	6	13	8	14	8
1.11 ~ 1.20	19	5	14	9	21	14	5	7
1.21 ~ 1.30	21	7	15	8	10	18	5	6
1.31 ~ 1.40	9	2	5	4	11	8	3	8
1.41 ~ 1.50	16	6	7	6	13	10	3	10
1.51 ~ 1.60	3	0	2	2	4	4	0	5
1.61 ~ 1.70	8	3	2	0	4	3	0	2
1.71 ~ 1.80	6	0	4	1	4	1	—	—
1.81 ~ 1.90	1	1	2	0	1	1	0	1
1.91 ~ 2.00	1	1	1	2	0	1	—	—
2.01 ~	2	2	—	—	2	5	0	2

*1 Days in desiccation

*2 Ratio of water absorption

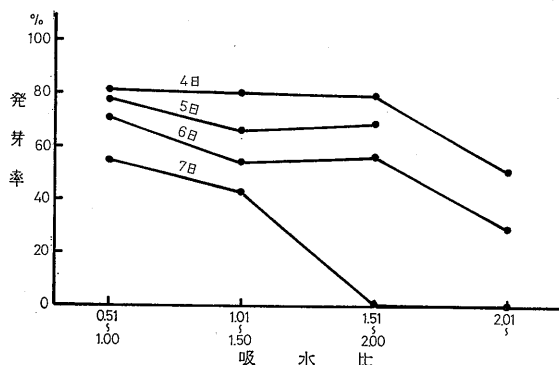


Fig. 7 吸水したタネの乾燥と発芽
Germination by the dried seed of Todo-fir during germination.
Ordinates: Germination percentage
Abscissae: Water absorption (ratio to original weight)

1 粒ずつ吸水比を求めた。これを硫酸で関係湿度を30%に調節したデシケーターに4日、5日、6日、7日間処理して乾かし、処理後の重さを1粒ずつ求め、ふたたび発芽床に並べ 25°C で発芽試験を行なった。乾かす前すでに幼根をだしていた種子は、吸水比が乾かす前より大きくなり、新しく成長した緑軸がみえたときを発芽とした。なお、実験に供したものは、最初入床後2週間内に発芽への過程を進み始めたものを使用した。

2) 実験結果

乾燥後の種子の重さは処理日数にかかわらず、吸水するまえの気乾重量以下になるものが供試粒数の40～50%もあった。いろいろな吸水比別に乾かしたあとふたたび発芽床において、発芽した種子と腐った種子の粒数を Table 13 に示す。これを吸水比 0.50～1.00, 1.01～1.50, 1.51～2.00, 2.00～の段階でくくって発芽した種子の割合を図に示すと Fig. 7 のとおりである。4日処理では幼根が伸長しだす発芽がかなり進んでいる状態のものでも、ふたたび水を与えると大体80%近くがふたたび発芽を始める。しかし5日、6日、7日と処理日数が長くなるにつれ発芽する割合が悪くなり、発芽が進んでいるものほどその率の低下は著しい。とくに、7日処理では吸水比1.51以上の幼根が伸長を始めていたものは、供試数の全部が腐敗した。

II-4. 考 察

林床におかれた種子の吸水過程を調査した人工林近接の苗畑における観測では、45年は消雪後12日間無降水、46年は消雪後18日間で降水量はわずかに3mmというように、消雪後の乾燥は北海道では常におこる現象である。とくに、種子の着床状態の悪い無処理の林床面の乾燥が著しいことは Fig. 6 で示したように、そこにおかれている種子も悪い条件にさらされていることは明らかである。すなわち、消雪後林床無処理におかれた種子の吸水比の急激な低下は、乾燥によるものと考えられる。したがって、種子が発芽への過程を進んでいるところでこの乾燥にあうと、種子も乾湿を繰り返すうちに貯蔵養分を消費しつくして発芽、伸長への過程の進みぐあいでは致命的な障害をこうむると思われる。

ま と め

筆者らは天然更新における稚幼樹の発消長の条件を解明するにあたり、まずトドマツについて、不明な点がもっとも多く残っている発生の条件をとりあげ、とくに種子の発芽に重要な因子である菌害、種子をとりまく水分を主体に検討を行なった。えられた結果はつぎのとおりである。

(1) 秋林床に播種されたトドマツ種子は、発芽以前に積雪下ですでに菌害におかれ、腐敗する場合の多いことが判明した。

(2) この、種子を犯す病原菌は、林内に播種したトドマツ種子からの分離の結果、各試験地とも、針葉樹苗に対する雪腐病菌の1種である *Rhacodium therryanum* THUEM. が多く検出された。

(3) *R. therryanum* を土壌に接種し、トドマツ種子をまいた区では100%この菌が再分離され、また成苗木数が皆無であったことから、この菌は種子を犯す強い病原性をもっていることが確認された。

(4) この菌による種子の発芽阻害について、林内での人工播種試験の結果、種子からの菌の分離、稚苗の発生とも、殺菌剤使用区と無使用区に明らかな有意差が認められた。

(5) この菌による種子の地中腐敗をおこす条件の一つとして、積雪下における地床の状態を試験した結果、地床不凍結状態のときは凍結状態のときに比べて、種子への菌の侵入が多く、発芽率も低いことがわかった。

(6) この菌の種子への侵入時期、発芽阻害の様相を調べるため、林内の土壌をもちいた鉢試験による自然感染の経過を実験した結果、鉢内温度が10°Cでは、播種してから20日後には菌の種子への侵入が認められ、約40日後には発芽阻害が始まることがわかった。

(7) 道内数箇所調査では、ほとんどの林内でこの菌が検出され、また、各地で検出された菌株の間には、病原性の違いが認められた。

(8) 種子が春季融雪後発芽する過程において、林床面の乾燥は、発芽に重大な影響を与えることを、地表処理別土壌水分含有率の季節変化と、吸水曲線からみた種子の発芽過程から実証した。

以上の結果、とくにササ型の林床では、結実年をねらい、地がきなどの林床処理を行なっただけで、簡単に稚苗の発生が期待できるものではないことがわかった。その最大の要因として菌の活動をとらえることができた。

文 献

- 1) 遠藤克昭・林 敬太：トドマツ天然生稚苗の発生消長を左右する要因(Ⅱ)，83回日林講，286～289，(1972)
- 2) ———・————：トドマツ天然生稚苗の発生消長を左右する要因(Ⅲ)，日林誌，55，9，277～280，(1973)
- 3) ———・————・管原セツ子：トドマツ天然生稚苗の発生消長を左右する要因(Ⅳ)，84回日林講，294～295，(1973)
- 4) ———・————：天然更新と菌害，林業技術，384，3，14～16，(1974)
- 5) ———・————：トドマツ天然生稚苗の発生消長を左右する要因(Ⅴ)，85回日林講，投稿中
- 6) 郷 正士：吸水曲線にもとづく針葉樹のタネの発芽生理，東大演報，51，159～236，(1956)
- 7) 林 敬太：トドマツ天然生稚苗の発生消長を左右する要因(Ⅰ)，83回日林講，179～181，(1972)
- 8) 倉田益二郎・塚田和男：樹種別の稚苗罹病率(第2報)，日林誌，32，7，235～240，(1950)
- 9) 紺谷修治：アカマツ更新地における稚苗の菌害調査，75回日林講，378～381，(1964)
- 10) 牧野道幸：北海道の林業立地に関する研究，帯広営林局，116 pp.，(1963)
- 11) 織田虎男：北海道北部中央高地以西と以東における針葉樹の傾斜方位による更新と施業の卑見，67回日林講，70～74，(1957)
- 12) 佐藤邦彦：低温下における針葉樹稚苗の地中腐敗型立枯病(Ⅰ)，日林誌，46，5，171～177，(1964)
- 13) 佐藤邦彦・庄司次男・太田 昇：針葉樹稚苗の雪腐病に関する研究Ⅱ，林試研報，124，22～100，(1960)
- 14) 佐藤邦彦：針葉樹苗の雪腐病に関する研究，農林省林業試験場東北支場，pp.177，(1967)

図 版 説 明

Explanation of plate

Plate 1.

凍結，不凍結培地上における菌そうの発育(78日後)

Comparison of mycelial growth of the fungus between frozen (A) and unfrozen (B) potato sucrose agar (after 78 days).

土壌の凍結，不凍結と inoculum から稚苗不成立の範囲

The average radius from the inoculated point that seed did not germinate in frozen (C) and unfrozen (D) soils.

Effect of Soil Fungi and Drought on the Germination of Todo-fir Seed

Keita HAYASHI⁽¹⁾ and Katsuaki ENDO⁽²⁾

Summary

The research was conducted as a joint study at the Hokkaido Branch, Government Forest Experiment Station for 5 years (1968~1972). It is part of a study of the relationships between clear cutting and shelterwood cutting systems in natural forests of Todo-fir (*Abies sachalinensis* MAST.) and Ezo-spruce (*Picea jezoensis* CARR.).

Three phases of natural regeneration of Todo-fir are being studied: 1) seed germination, 2) seedling establishment and survival, and 3) subsequent growth. In this paper, only results from the study of the effect of fungi and drought on the germination of Todo-fir seed are reported.

1. Todo-fir seed were sown in test plots and the fungi causing decay of seed were isolated and identified. *Rhacodium therryanum* THUEM. and some soil fungi were isolated from each test plot. Pots of sterilized soil were inoculated with the five most frequently isolated fungi and seed of Todo-fir were sown in the inoculated soil. The seed sown in the soil inoculated with *R. therryanum* and *Rhizoctonia* sp. did not germinate. These fungi were re-isolated from decayed seed (Table 1).

2. We studied the decay of Todo-fir seed by fungi in test plots in the natural forest. At the same time the effects of the type of forest floor and the application of fungicides on seed germination were observed in each test plot.

a) Percentage of germinating seed in the sasa-bamboo type forest floor was increased by the application of fungicides, but no differences were observed at the Shishamonai test plot of a moss-type forest floor (Table 2).

b) In the Shishamonai test plot, *R. therryanum* was isolated less frequently than in the other test plots (Table 3).

c) Results from seed germination in all test plots showed that germination increased with the application of fungicides (Table 4).

3. Mycelial growth of *R. therryanum* on frozen and unfrozen potato sucrose agar (PSA) and potted soil was compared. Radial growth of the mycelium was greater on unfrozen PSA and soil than on the frozen.

4. We inoculated pots of soil at the center of the pot with *R. therryanum*. Todo-fir seed were sown in these pots. One-half of the pots were frozen and the other half remained unfrozen. We surveyed the percentages of infected seed and seed viability at 20-day intervals.

a) Percentage of infected seed was higher in unfrozen soil than in the frozen soil, and seed viability was lower in the unfrozen soil than in the frozen.

5. *Rhacodium therryanum* was isolated from Todo-fir seed that had been placed in the soil

Received September 24, 1974

(1) Formerly, Hokkaido Branch Station, Now, Silviculture Division

(2) Hokkaido Branch Station

of several natural stands in Hokkaido. The respective isolates exhibited a difference in pathogenicity to Todo-fir seed (Table 9 and 10).

6. Results from the experiments with potted soil from natural stands showed that *R. therryanum* penetrated Todo-fir seed in the pots after 20 days at 10°C and began to inhibit germination after 40 days (Fig. 2).

7. From our results, we conclude that one of the most important factors inhibiting germination of Todo-fir seed under snow is the attack by *R. therryanum*. The activity of the fungus is accelerated in unfrozen soils of natural stands.

8. During the process of germination of seed after snow had melted in the spring time, the dried surface of the forest floor greatly affected the germination. This fact was proved by the process of germination of seed, which indicated a relationship with the seasonal changes of soil moisture content and water absorption curve for each seedbed treatment (Fig. 5, 6, 7).

