

# マツ葉ふるい病とその病原菌、とくに *Lophodermium iwatense* SAKUYAMA の発生生態と防除に関する研究\*

作 山 健

Studies on pine needle cast and its pathogens, especially on a virulent one, *Lophodermium iwatense* SAKUYAMA, in Japan

Takeshi SAKUYAMA

## 目 次

緒 言	2	VI <i>Lophodermium iwatense</i> の生態的性質	22
I マツ葉ふるい病病原菌各種の形態	3	1 子のう盤の形成	22
1 材料及び方法	3	2 子のう胞子の形成	23
2 結果及び考察	3	3 子のう胞子の飛散	24
3 種の形態とその記載	8	4 生活史	27
II <i>Lophodermium iwatense</i> の病原性	9	5 考察	27
1 <i>Lophodermium iwatense</i> の病原性	9	VII <i>Lophodermium iwatense</i> によるマツ葉	
2 <i>L. iwatense</i> と <i>L. pinastri</i> の病原性の比較	10	ふるい病の発生と育苗方法	28
3 考察	10	1 施肥と発病との関係	28
III マツ葉ふるい病の分布と被害	11	2 苗木の越冬条件と発病との関係	30
1 わが国各地における被害	11	3 考察	31
2 岩手県の苗畑における被害	12	VIII <i>Lophodermium iwatense</i> によるマツ葉	
3 外国における被害	14	ふるい病の薬剤防除試験	32
4 考察	14	1 数種薬剤の防除効果	32
IV <i>Lophodermium iwatense</i> によるマツ葉		2 マンネブ剤の散布時期・回数別の防除効果	33
ふるい病の病徴と苗木成長への影響	15	3 考察	35
1 病徴・標徴及び病徴の進展	15	IX まとめ	35
2 被害苗木の成長	16	摘 要	36
3 考察	16	謝 辞	38
V <i>Lophodermium iwatense</i> の生理的性質	17	引用文献	38
1 子のう胞子の放出	17	Summary	42
2 子のう胞子の発芽	19	図版説明	46
3 菌そうの発育	20	図 版	49
4 考察	22		

\* 本論文の内容は京都大学学位論文「マツ葉ふるい病の病原菌 (*Lophodermium iwatense* SAKUYAMA sp. nov.) の発生生態と防除に関する研究」に基づくものである。

## 緒 言

1972年春、岩手県下各地の民間苗畑でアカマツ山行苗が越冬後の出荷時に至って、その針葉が褐変落葉し、はなはだしいときは枯死する現象が発生して大きな問題となった<sup>68)</sup>。この被害は当時原因不明なことから褐変障害と仮称された。被害は1973年、1974年春にも大発生し、防除対策も明らかでないことから苗畑経営及び造林推進上大きな支障をきたし、被害額は約1億2千万円にも達し、原因究明と防除対策の確立が強く要請された。著者はその原因を明らかにし防除法を確立する目的で研究に着手した。

被害苗畑調査中の1972年8月に、被害の多かった遠野市のある苗畑で、アカマツ床替苗の枯れた前年葉にマツ葉ふるい病菌の子のう盤が多数形成されているのを観察した。また、同年12月に軽米町と大槌町で、ジネブ剤などの薬剤を散布したリング園に接しているアカマツ苗畑ではこの被害が少ないことを観察した。このような観察結果から褐変障害にはマツ葉ふるい病が関与していることが考えられた。

そこで、県内各地から被害苗木を採取し、滝沢村の岩手県林業試験場（以下当該という。1993年4月、林業講習所、林木育種場と統合され、林業技術センターとして矢巾町に新設）苗畑に移植して観察したところ、7月以降、褐変葉にはいずれもマツ葉ふるい病菌の子のう盤及び子のう胞子が認められた。さらに人工接種によりその病原性も確認されたことで岩手県下各地の民間苗畑で大発生した被害（褐変障害）はマツ葉ふるい病菌に起因していることが判明した。

マツ葉ふるい病は世界的に広く分布し、特にヨーロッパにおいてはオウシュウアカマツに被害が多く、また、最近ではこれまで本病の発生が少ないと言われてきた北アメリカにおいても被害の多発が報告されている。本病は盤菌綱ーリティズマ目ーリティズマ科に所属する *Lophodermium* 属菌によって引き起こされるが、本属菌のうち、*L. pinastri* 菌が最も著名で分布も広い。本菌は、わが国においても普遍的に分布しているが、病原性は弱いとされている<sup>7)</sup>。

本研究では、岩手県下のアカマツ苗木に激害を及ぼした病原菌は形態その他の検討によって上記 *L. pinastri* とは別種であることを証明し、しかも諸外国にもこれに該当する本属菌は見当たらないことから、新種、*L. iwataense* SAKUYAMA とした<sup>73)</sup>。さらに、本菌の病原性や生理生態的諸性質を明らかにし、それらに基づく合理的な防除法を確立した。

欧米諸国におけるマツ葉ふるい病の研究は古くから行われ、Darker<sup>9, 10)</sup>、Tehon<sup>88)</sup> はマツ葉ふるい病の病原菌として *Lophodermium* 属菌を報告し、さらに Jones<sup>20)</sup> が *Lophodermium pinastri* について詳しく報告した。本病はヨーロッパで被害が多く、北米では被害が少ないといわれていたが、1966年以降、北米において本病による被害報告が多く出るようになった<sup>2, 36, 47, 49, 58, 78, 80)</sup>。

本病を起こす菌は従来 *L. pinastri* として報告されていたが、Minter ら<sup>39)</sup> は、その形態の詳細な観察から本種は4種に分けることができるとし、さらにその後 Minter<sup>42)</sup> は、マツ類に寄生する *Lophodermium* 属菌として16種をあげ、この中で *L. pinastri* には病原性はなく、マツ葉ふるい病を起こすのは病原性の強い *L. seditiosum* であると報告した。*L. pinastri* と *L. seditiosum* については形態や病原性などの比較が行われた<sup>11, 31, 33, 34, 35)</sup>。中国においては何乗章ら<sup>55)</sup> がマツ類に寄生する *Lophodermium* 属菌5種について、また林英任・唐燕平<sup>62)</sup> が同じく7種について、それぞれ報告している。

*Lophodermium* 属菌の形態については、*L. pinastri* と *L. nitens*<sup>45, 46)</sup>、*L. conigenum*<sup>59)</sup>、*L. canberrianum*<sup>40)</sup>、*L. kumaunicum*<sup>43)</sup>、*L. ponderosae*<sup>81)</sup> などが詳しく調べられた。

*Lophodermium* 属菌の生態に関しては、*L. seditiosum*、*L. pinastri*、*L. conigenum* の3種について、子のう胞子の形成時期などが明らかにされ<sup>41)</sup>、また Costonis ら<sup>8)</sup> による *L. pinastri* 及び Karedzic<sup>21)</sup> による *L. seditiosum* のマツ類針葉への侵入についての報告がある。Minter と Cannon<sup>44)</sup> は多数の *Lophodermium* 属菌の子のう胞子放出様式を明らかにした。また *L. seditiosum*<sup>54, 89)</sup> と *L. maximum*<sup>15)</sup> については子のう胞子の飛散時期などが明らかにされた。

*Lophodermium* 属菌の生理的性質に関しては *L. pinastri*、*L. pini-excelsae*、*L. seditiosum* などについて子のう胞子の発芽状況<sup>32, 57)</sup> や菌そうの特徴<sup>82, 83)</sup> が明らかにされた。また *L. seditiosum* と *L. pinastri* についての菌そう発育の比較が行われた<sup>29, 31)</sup>。

本病の防除に関してはマンネブ剤<sup>2, 36, 48, 49, 58, 91)</sup>、ダコニール剤<sup>49, 54)</sup>、ペノミル剤<sup>48)</sup> 及びジネブ剤<sup>89)</sup> に防除効果のあることが明らかにされた。

わが国においてはマツ葉ふるい病による被害としてすでに大正～昭和初期にかけて、北島<sup>22)</sup> によるアカマツ、クロマツに対する本病発生の記録があり、その後は赤井<sup>3)</sup>、長谷川<sup>17)</sup>、国分・塩見<sup>25)</sup>、周藤<sup>84, 86)</sup> による報告例がある。しかし、いずれにおいてもさほど大きな被害としては取り上げられなかった。近年に至り、青森県では

クロマツ苗に<sup>56)</sup>、岩手県ではアカマツ苗に<sup>68)</sup>、マツ葉ふるい病が大発生した被害例が報告された。近藤<sup>27, 28)</sup>はアカマツとクロマツ採種園においてクローン間に葉ふるい病の発生程度に差があることを明らかにした。

本病を起こす菌はわが国においても従来 *L. pinastri* が報告されており、その形態について原<sup>16)</sup>、北島<sup>22)</sup>、伊藤<sup>18)</sup>、千葉・陳野<sup>7)</sup>が報告している。最近、国分・塩見<sup>25)</sup>はクロマツ苗及び庭園木に発生した葉ふるい病の病原菌を調べ、*L. pinastri* と *L. conigenum* を同定した。周藤<sup>87)</sup>はマツ属 8 種 29 点の被害落葉について病原菌を調べ、16 点を *L. pinastri* と同定し、13 点は *L. pinastri* とは異なり、そのうち 9 点は *L. conigenum* と類似していると報告している。陳野ら<sup>92)</sup>は岩手県で大発生した葉ふるい病によるクロマツ被害苗の病原菌を調べ、*L. pinastri* とは異なる種であることを明らかにし、また作山<sup>72, 73)</sup>は同じく岩手県で大発生した葉ふるい病によるアカマツ被害苗の病原菌を調べ、*L. pinastri* とは異なる種で、新種 *L. iwatense* と同定した。

日本における *Lophodermium* 属菌の生理生態に関しては、*L. pinastri* の子のう胞子の形成時期や発芽適温及び病原性が明らかにされ<sup>7)</sup>、また *L. iwatense* の子のう胞子の野外における飛散状況やマツ類への感染時期及び病原性が明らかにされた<sup>66, 69, 70, 71)</sup>。さらに *L. iwatense* と *L. pinastri* について子のう胞子の放出条件や発芽適温等の比較が行われた<sup>74)</sup>。山本ら<sup>90)</sup>はマツ類落葉から分離された *Lophodermium* 属菌の発芽適温などを明らかにした。野口ら<sup>50, 53)</sup>はマツ類の本病に対する抵抗性は複数遺伝子支配であることを明らかにした。また、本病による被害苗木の成長は健全苗に比べかなり劣ることが示された<sup>51, 52, 92)</sup>。

本病の防除に関しては伊藤<sup>18)</sup>が 6 月～9 月にボルドー液またはダイセン水和剤の散布を推奨しており、作山<sup>65, 67)</sup>は 7～9 月にマンネブ剤を散布することにより苗畑では、ほぼ完全に防除できることを明らかにした。

## I マツ葉ふるい病病原菌各種の形態

岩手県で大きな被害をもたらしたマツ葉ふるい病の病原菌は、当初 *L. pinastri* と考えられていたが、各種調査の結果から *L. pinastri* とは異なると考えられた。そこで、この病原菌の種を明らかにするために詳しい形態調査を行うとともに比較検討のため、わが国各地から採取したマツ葉ふるい病罹病針葉から病原菌を分離して形態を調べた。

### 1 材料及び方法

調査試料の採取地は表-1 に示すように、岩手、秋田、宮城、茨城、鳥取、島根、熊本及び宮崎の各県であった。それぞれの採取地でマツ葉ふるい病の成熟子のう盤が形成された病葉を採取した。子のう盤及び精子器の大きさは実体顕微鏡下で測定した。子のう、側糸及び子のう盤の形成状態は子のう盤の横断切片を作り、光学顕微鏡で観察した。子のう胞子は成熟子のう盤をペトリ皿のふたに張り付け、スライドガラスに落下させて測定した。

種の同定は Minter<sup>42)</sup> の分類法によった。すなわち、病葉上における黒色の帯線の有無、子のう盤の大きさ、子のう盤の形成部位、子のう盤下部に存在する表皮細胞の有無及びその数、Lips (子のう盤開口部の口辺細胞層) の有無、子のう及び子のう胞子の大きさなどを基準とした。

### 2 結果及び考察

調査試料数はマツ属 15 種 28 点で、病葉上に黒色の帯線が認められないか、あるいはごくまれに褐色の帯線が認められるもの 9 点、黒色の帯線が認められるもの 19 点であった (表-1)。

子のう盤の大きさは表-2、図-1 に示す。形状は各地産とも黒色、楕円形であった。子のう盤は 3 つのグループに分けられる。第 1 は子のう盤が比較的大きい No. 8 で、その大きさは平均値で  $1.65 \times 0.52 \text{mm}$  である。第 2 は子のう盤が比較的小さく、病葉上に黒色の帯線が認められるグループ (19 点)、第 3 は子のう盤が比較的小さく、病葉上に黒色の帯線が認められないか、ごくまれに褐色の帯線が認められるグループ (8 点) で第 2、第 3 のグループはお互い重なり、連続して分布している。

*Lophodermium* 属菌の一つの分類基準である子のう盤の形成状態についてみると、No. 14 では子のう盤がクチクラ下に形成されていたのに対し、その他はいずれも子のう盤は部分的表皮下 (partly subepidermis) に形成されており、また子のう盤下部にはいずれも表皮細胞が認められ、その数は 1～9 個の範囲内であった (表-2)。

同じく分類基準の一つである子のう盤下部における basal wall (黒色状組織) の有無についてみると、全ての試料で basal wall が認められた。また、Lips の有無については、No. 14 では認められなかったが、その他の試料ではいずれも認められた。

子のうの大きさを表-3、図-2 に示す。形状は各地産とも円筒形で、8 個の子のう胞子を有していた。子のうはその大きさから 4 つのグループに分けられる。第 1 は子のうが長い No. 8 で、その大きさは平均値で  $171 \times 13 \mu\text{m}$  である。第 2 は子のうの中が平均値で  $15 \mu\text{m}$  以上のグループで、No. 1～7 の 7 点が含まれ、いずれも病葉上に黒色の帯線が認められないものである。第 3 は子の

表-1 マツ葉ふるい病菌の形態調査に供試した罹病針葉

Table 1 Materials of pine needle cast fungus used for morphological investigation

試料番号 No. of materials	採集地 Localities	宿主 Host	帯線の有無 Existence of black zone line
1	岩手県滝沢村 Iwate Pref. :Takizawa	アカマツ* <i>Pinus densiflora</i> Sieb. et Zucc.	無 absent
2	岩手県滝沢村 Iwate Pref. :Takizawa	クロマツ* <i>P. thunbergii</i> Parl.	〃
3	岩手県滝沢村 Iwate Pref. :Takizawa	オウシュウアカマツ <i>P. sylvestris</i> L.	〃
4	岩手県滝沢村 Iwate Pref. :Takizawa	バージニアマツ <i>P. virginiana</i> Mill.	〃
5	岩手県滝沢村 Iwate Pref. :Takizawa	ジェフリーマツ <i>P. jeffreyi</i> BalF	〃
6	岩手県久慈市 Iwate Pref. :Kuji	アカマツ <i>P. densiflora</i>	〃
7	岩手県葛巻町 Iwate Pref. :Kuzumaki	アカマツ <i>P. densiflora</i>	〃
8	秋田県秋田市 Akita Pref. :Akita	クロマツ <i>P. thunbergii</i>	〃
9	茨城県水戸市 Ibaraki Pref. :Mito	スラッシュマツ <i>P. elliotii</i> Engelm.	〃
10	岩手県滝沢村 Iwate Pref. :Takizawa	アカマツ <i>P. densiflora</i>	有 present
11	岩手県滝沢村 Iwate Pref. :Takizawa	クロマツ <i>P. thunbergii</i>	〃
12	岩手県滝沢村 Iwate Pref. :Takizawa	バンクスマツ <i>P. banksiana</i> Lam.	〃
13	岩手県滝沢村 Iwate Pref. :Takizawa	モンタナマツ <i>P. montana</i> Mill.	〃
14	岩手県室根村 Iwate Pref. :Murone	アカマツ <i>P. densiflora</i>	〃
15	岩手県陸前高田市 Iwate Pref. :Rikuzentakada	クロマツ <i>P. thunbergii</i>	〃
16	宮城県本吉町 Miyagi Pref. :Motoyoshi	クロマツ <i>P. thunbergii</i>	〃
17	茨城県波崎町 Ibaraki Pref. :Namisaki	クロマツ <i>P. thunbergii</i>	〃
18	茨城県水戸市 Ibaraki Pref. :Mito	バンクスマツ <i>P. banksiana</i>	〃
19	茨城県水戸市 Ibaraki Pref. :Mito	ウンナンシヨウ <i>P. yunnanensis</i> Fr.	〃
20	茨城県水戸市 Ibaraki Pref. :Mito	タイワンアカマツ×クロマツ <i>P. massoniana</i> Lamb × <i>P. thunbergii</i>	〃
21	茨城県水戸市 Ibaraki Pref. :Mito	クロマツ×ウンナンシヨウ <i>P. thunbergii</i> × <i>P. yunnanensis</i>	〃
22	鳥取県河原町 Tottori Pref. :Kawahara	リギダマツ <i>P. rigida</i> Mill.	〃
23	鳥取県河原町 Tottori Pref. :Kawahara	テーダマツ <i>P. taeda</i> L.	〃
24	鳥根県宍道町 Shimane Pref. :Shinji	バンクスマツ <i>P. banksiana</i>	〃
25	鳥根県松江市 Shimane Pref. :Matsue	リュウキュウマツ <i>P. luchuensis</i> Mayr.	〃
26	鳥根県松江市 Shimane Pref. :Matsue	ダイオウシヨウ <i>P. palustris</i> Mill.	〃
27	熊本県熊本市 Kumamoto Pref. :Kumamoto	クロマツ <i>P. thunbergii</i>	〃
28	宮崎県宮崎市 Miyazaki Pref. :Miyazaki	クロマツ <i>P. thunbergii</i>	〃

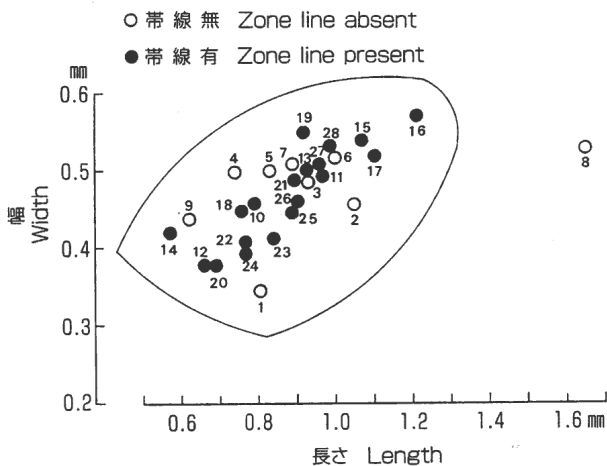
\* 苗木 Seedlings

表一 2 マツ葉ふるい病菌の子のう盤の大きさと子のう盤下部の表皮細胞数

Table 2 Sizes of apothecia and number of epidermal cells at the bottom of apothecia.

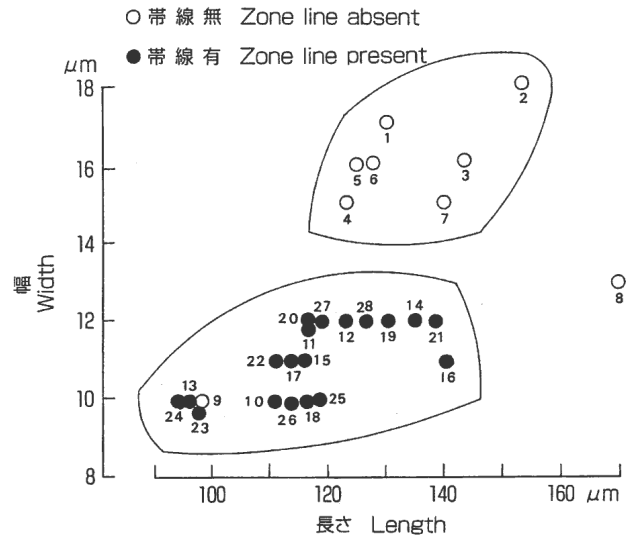
試料番号 No.	測定数 Number measured	子のう盤 Apothecia (mm)	子のう盤下部の表皮細胞数 No. of epidermal cells at the bottom of apothecium
1	331	0.4~1.3×0.2~0.5 (0.82×0.34)	2~6
2	314	0.6~1.5×0.3~0.6 (1.06×0.45)	2~6
3	61	0.6~1.3×0.4~0.6 (0.93×0.48)	1~3
4	66	0.6~1.0×0.3~0.6 (0.75×0.49)	3~6
5	56	0.6~1.1×0.4~0.6 (0.84×0.49)	2~3
6	71	0.7~1.3×0.4~0.6 (1.01×0.51)	3~6
7	65	0.6~1.1×0.4~0.6 (0.90×0.50)	2~5
8	54	1.2~2.0×0.4~0.6 (1.65×0.52)	3~5
9	53	0.4~0.8×0.3~0.5 (0.62×0.43)	4~5
10	52	0.5~1.1×0.4~0.5 (0.80×0.45)	6~9
11	76	0.6~1.4×0.3~0.7 (0.96×0.49)	3~5
12	58	0.5~0.9×0.3~0.5 (0.68×0.37)	2~4
13	74	0.7~1.2×0.4~0.6 (0.94×0.49)	7~9
14	77	0.4~0.8×0.3~0.5 (0.59×0.42)	0
15	150	0.6~1.6×0.4~0.7 (1.08×0.53)	3~7
16	81	0.9~1.7×0.5~0.6 (1.22×0.56)	3~6
17	125	0.7~1.6×0.4~0.6 (1.11×0.51)	4~6
18	55	0.6~0.9×0.4~0.5 (0.77×0.44)	4~8
19	64	0.6~1.3×0.3~0.6 (0.93×0.54)	4~7
20	53	0.4~0.9×0.3~0.4 (0.70×0.37)	4~6
21	55	0.7~1.2×0.4~0.6 (0.92×0.48)	4~7
22	53	0.6~1.0×0.3~0.5 (0.78×0.40)	2~4
23	56	0.6~1.1×0.3~0.5 (0.85×0.41)	2~5
24	52	0.5~1.2×0.3~0.5 (0.77×0.39)	2~8
25	67	0.6~1.4×0.3~0.6 (0.90×0.44)	2~6
26	62	0.6~1.4×0.4~0.6 (0.91×0.45)	2~7
27	83	0.7~1.3×0.4~0.6 (0.97×0.50)	2~7
28	64	0.7~1.5×0.4~0.6 (1.00×0.52)	2~5

最小~最大 (平均値) Min.~max. (Average)  
試料番号は表一と対応 No.:Refer to Table 1



図一 1 マツ葉ふるい病菌の子のう盤の大きさ (平均) の分布 (番号は表一 1 の試料番号)

Fig. 1 Average sizes of apothecia in *Lophodermium* spp. (No. refer to Table 1)



図一 2 マツ葉ふるい病菌の子のうの大きさ (平均) の分布 (番号は表一 1 の試料番号)

Fig. 2 Average sizes of asci in *Lophodermium* spp. (No. refer to Table 1)

うの中が平均値で12 μm 以下と細く、病葉上に黒色の帯線が認められるグループ (19点) である。第4は子のうの中が平均値で12 μm 以下と細く、病葉上に黒色の帯線が認められない試料1点 (No. 9) である。

子のう胞子の大きさを表一 3、図一 3 に示す。形状は各地産とも糸状で、多数の油球を有し、ゼラチン様被膜に包まれている。大きさによって3つのグループに分けられる。第1は子のう胞子の巾が4 μm と広いグループでNo. 1~7の7点が含まれ、いずれも病葉上に黒色の帯線が認められないものである。第2は子のう胞子の巾が2~3 μm と細く、病葉上に黒色の帯線が認められるグループ (19点)、第3は子のう胞子の巾が2~3 μm と細く、病葉上に黒色の帯線が認められないグループ (No. 8、9の2点) である。

側糸は各地産とも糸状で、先端が棍棒状あるいは少し膨らみ、真直ぐあるいはやや湾曲し、隔膜を有し、巾は約2 μm、長さは子のうとほぼ同じである。

精子器は試料No. 1、2、4、8、13、15、28の7点で認められ、針葉の長軸に沿って、灰黒~淡褐色、長楕円形、表皮下に形成され、大きさはNo. 1、2は0.2~0.7×0.1mm、No. 4、15は0.2~0.6×0.1mm、No. 8は0.3~0.8×0.1~0.2mm、No.13は0.2~0.4×0.1mm、No.28は0.2~0.5×0.1mmであった。

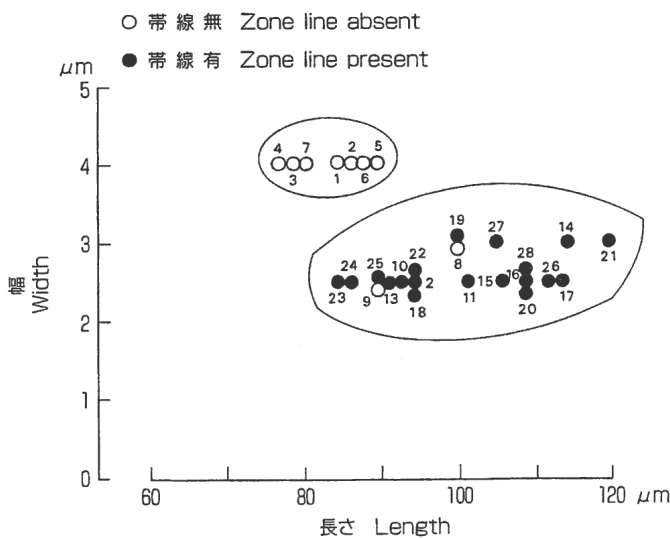
精子は上記7点のうち6点の試料で認められ、無色、長楕円形、大きさは、No. 1、2は6~8×1 μm、No. 4は5~7×1 μm、No.13、15は7~9×1 μm、No.28は5~8×1 μmであった。

表一 3 マツ葉ふるい病菌の子のうと子のう胞子の大きさ

Table 3 Sizes of asci and ascospores

試料番号 No.	測定数 Number measured	子のう Asci (μm)	測定数 Number measured	子のう胞子 Ascospores (μm)
1	85	99~166×14~20 (131×17)	343	69~104×4 (85)
2	74	104~191×15~22 (154×18)	342	72~ 99×4 (86)
3	30	122~161×15~18 (144×16)	100	67~ 92×4 (79)
4	30	112~139×13~17 (124×15)	100	67~ 87×4 (77)
5	30	112~139×14~18 (126×16)	100	79~ 99×4 (80)
6	30	122~139×13~18 (129×16)	106	74~ 99×4 (87)
7	30	122~151×13~18 (141×15)	100	74~ 87×4 (80)
8	30	149~198×11~15 (171×13)	100	87~114×3 (100)
9	30	87~112× 9~11 (99×10)	100	77~ 99×2~3 (89)
10	30	99~127× 8~12 (112×10)	203	77~112×2~3 (93)
11	30	99~136×10~14 (117×12)	168	84~129×2~3 (102)
12	30	112~149×10~15 (124×12)	129	79~107×2~3 (94)
13	30	89~114× 9~11 (97×10)	100	79~102×2~3 (91)
14	30	112~149×10~15 (131×12)	222	84~136×3 (114)
15	30	99~136×10~12 (117×11)	187	87~129×2~3 (106)
16	30	124~161×10~12 (141×11)	100	99~122×2~3 (108)
17	30	97~136× 9~12 (114×11)	113	87~134×2~3 (113)
18	30	99~134× 9~12 (117×10)	100	82~107×2~3 (94)
19	30	119~176×10~15 (139×12)	103	87~114×3 (100)
20	30	99~136×10~14 (117×12)	100	94~122×2~3 (108)
21	30	112~154× 9~14 (136×12)	100	04~134×3 (119)
22	30	99~124×10~12 (112×11)	100	77~109×2~3 (94)
23	30	87~112× 9~12 (99×10)	100	77~ 94×2~3 (85)
24	30	79~107× 9~12 (94×10)	100	77~ 99×2~3 (87)
25	30	99~136× 9~12 (119×10)	123	77~102×2~3 (90)
26	30	99~136× 9~11 (114×10)	153	92~131×2~3 (112)
27	30	99~146×10~15 (119×12)	189	89~122×3 (105)
28	30	112~156×10~14 (127×12)	122	92~124×2~3 (108)

最小~最大 (平均値) Min.~max. (Average)  
試料番号は表一と対応 No.:Refer to Table 1



図一 3 マツ葉ふるい病菌の子のう胞子の大きさ (平均) の分布 (番号は表一の試料番号)

Fig. 3 Average sizes of ascospores in *Lophodermium* spp. (No. refer to Table 1)

以上の測定値及び形態的特徴から上記の各地産病原菌は、Minter<sup>42)</sup> の分類法により次の5つのグループに分けられる。

第1は病葉上に黒色の帯線が認められず、子のう盤が部分的表皮下に形成され、子のう盤及び子のうの長さが長いNo. 8の病原菌で、これは既往の種との形態の比較から *L. conigenum* (BRUNAUD) HILITZ. と同定された (図版2 A~F)。わが国では国分・塩見<sup>25)</sup> により本種はクロマツの被害落葉について調査され、報告されたが、詳しい形態の記載、また同定の根拠などは示されなかった。

第2は病葉上に黒色の帯線が認められず、子のう盤が部分的表皮下に形成され、子のう盤及び子のうの長さが短いNo. 9の病原菌で、これはその形態から Minter<sup>42)</sup> により記載された *L. staleyi* MINTER と同定できる (図版2 G~J)。*L. staleyi* と形態の類似したものに *L. pini-excelsae* AHMAD があるが、前者は2・3葉マツを宿主とし、後者は5葉マツを宿主とする<sup>42)</sup>。本種はわが国における初めての記録であり、スラッシュマツは新宿主である。

第3は病葉上に黒色の帯線が認められ、子のう盤が部分的表皮下に形成されるNo.10~13、15~28の18点で、これは *L. pinastri* (SCHRAD. ex HOOK.) CHEV. と同定された (図版3 A~F)。

第4は病葉上に黒色の帯線が認められ、子のう盤がクチクラ下に形成されるNo.14で、これは *L. nitens* DARKER と同定できた (図版3 G~L)。本種もわが国初記録であり、アカマツは本菌の新宿主となる。

第5は病葉上に黒色の帯線が認められず、子のう盤が部分的表皮下に形成され、子のう盤及び子のうの長さが *L. conigenum* と *L. staleyi* の中間で、しかも子のう及び子のう胞子の巾が広い、岩手県産のグループ (No. 1~7) である。

Minter<sup>42)</sup> はマツ類に寄生する *Lophodermium* 属菌のうち、病葉上に黒色の帯線が認められず、子のう盤が部分的表皮下に形成される本属菌として *L. conigenum*、*L. staleyi*、*L. pini-excelsae*、*L. australe* DEARN. の4種をあげている。このうち、*L. conigenum* は岩手県産の菌に比べて子のう盤が0.9~2.0mmと大きく、*L. staleyi* と *L. pini-excelsae* は子のうの巾が9~12μm、子のう胞子の巾が2μmと岩手県産の菌に比べて細く、*L. australe* は子のう盤下部に basal wall が見られないことから、これらの菌は岩手県産の菌とは異なる (表一4)。

Minter<sup>42)</sup> によると *Lophodermium* 属菌16種のうち、病原性が強いのは *L. seditiosum* MINTER, STALEY et MILLAR であり、本菌の場合、病葉上に黒色の帯線が見られず、子のう盤は全て表皮下に形成される。岩手県産の菌は接

表一 4 わが国で採取された *Lophodermium* 属菌 5 種の形態的特徴

Table 4 Comparison of morphological characters of *Lophodermium* spp. collected in Japan.

種名 Species	宿主 Host	子のう盤 Apothecia (mm)	子のう Asci (μm)	子のう胞子 Ascospores (μm)	測定者 Investigator
<i>L. iwatense</i>	アカマツ <i>Pinus densiflora</i>	0.4~1.3×0.2~0.5 (0.82×0.34)	99~166×14~20 (131×17)	69~104×4 (85×4)	作山 SAKUYAMA
<i>L. conigenum</i>	クロマツ <i>Pinus thunbergii</i>	1.2~2.0×0.4~0.6 (1.65×0.52)	149~198×11~15 (171×13)	87~114×3 (100×3)	作山 SAKUYAMA
		0.9~2.0	160~215×11.5~14	90~130×2	MINTER <sup>42)</sup>
<i>L. staleyi</i>	スラッシュマツ <i>Pinus elliotii</i>	0.4~0.8×0.3~0.5 (0.62×0.43)	87~112×9~11 (99×10)	77~99×2~3 (89×2.5)	作山 SAKUYAMA
		0.35~0.8	70~115×9~12	65~95×2	MINTER <sup>42)</sup>
<i>L. pinastri</i>	クロマツ <i>Pinus thunbergii</i>	0.6~1.6×0.4~0.7 (1.08×0.53)	99~136×10~12 (117×11)	87~129×2~3 (106×2.5)	作山 SAKUYAMA
	クロマツ <i>Pinus thunbergii</i>	0.6~1.1×0.3~0.4	83~138×8~11	83~132×1.7~2.8	千葉・陳野 <sup>7)</sup> CHIBA・ZINNO
		0.7~1.2	110~155×9.5~11.5	70~110×2	MINTER <sup>42)</sup>
<i>L. nitens</i>	アカマツ <i>Pinus densiflora</i>	0.4~0.8×0.3~0.5 (0.59×0.42)	112~149×10~15 (131×12)	84~136×3 (114×3)	作山 SAKUYAMA
		0.6~0.85	95~135×11~13	80~120×2	MINTER <sup>42)</sup>

最小~最大 (平均値) Min. ~max. (Average)

種実験により病原性の強いことが確かめられているが<sup>69)</sup>、子のう盤が部分的表皮下に形成され、子のう及び子のう胞子の巾がより広いなどの点で *L. seditiosum* とは異なっている。

何乗章<sup>55)</sup>によるマツ類に寄生する *Lophodermium* 属菌 5 種についての報告では、Minter<sup>42)</sup> が報告した 16 種以外に 2 種が新たに記載されている。1 種は *L. maximum* HE et YANG、他の 1 種は *L. parasiticum* HE et YANG で、ともに病葉上に黒色の帯線が認められないが、前者は子のう盤が全て表皮下に形成され、岩手県産の菌 (No. 1~7) とは異なる。後者は子のう盤が部分的表皮下に形成されるが、子のう盤の大きさが 1.0~1.8mm と大きく、また子のう胞子の大きさが 98~122×2 μm と細長いなど岩手県産の菌とは異なっている。

林英任・唐燕平<sup>62)</sup> はマツ類に寄生する *Lophodermium* 属菌を 7 種報告しているが、そのうち 3 種が新種としての記載である。1 種は、*L. anhuiense* Y. R. LIN で、本菌では病葉上に黒色の帯線が形成され、子のう盤はクチクラ下に形成されるので岩手県産の菌とは異なる。他の 2 種は *L. pini-bungeanae* Y. R. LIN と *L. mirabile* Y. R. LIN で、ともに子のう盤は部分的表皮下に形成されるが、病葉上に黒色の帯線が少し認められ、子のうの巾が 14 μm

以下、子のう胞子の巾が 2 μm であることなど岩手県産の菌とは異なっている。

Cannon と Minter<sup>6)</sup> はマツ類に寄生する 6 種を含む *Lophodermium* 属菌 23 種について報告し、そのうち 1 種を新種として記載している。それは *L. himalayense* CANNON et MINTER で、子のう盤は部分的表皮下に形成されるが、子のうの巾が 10~12.5 μm、子のう胞子の巾が 1~1.5 μm と細いことから岩手県産の菌とは異なっている。

Farr<sup>13)</sup> はマツ類に寄生する 9 種を含む *Lophodermium* 属菌 48 種について報告しているが、マツ類に寄生する 9 種はいずれも Minter<sup>42)</sup> が報告した 16 種の中に含まれ、岩手県産の菌に該当する種類は見当たらない。

Darker<sup>8)</sup> の報告した針葉樹に寄生する *Lophodermium* 属菌 17 種のうちマツ類に寄生する 3 種 (*L. pinastri*, *L. nitens*, *L. durilabrum* Darker)、また Tehon<sup>88)</sup> による *Lophodermium* 属菌 23 種のうちのマツ類に寄生する 2 種 (*L. pinicolum* n. nom., *L. durilabrum*) のそれぞれについては、*L. pinicolum* の子のう胞子の巾が 1.5~2 μm と岩手県産の菌に比べて細く、他の菌は Minter が報告した 16 種に含まれ、いずれも岩手県産の菌とは異なっている。

そのほかにマツ類に寄生する *Lophodermium* 属菌として *L. kumaunicum* MINTER et SHARMA<sup>43)</sup>、*L. ponderosae* STALEY<sup>81)</sup> の 2 種があるが、*L. kumaunicum* は病葉上に黒色の帯線が多く形成されること、*L. ponderosae* は子のう盤が 1~45mm と著しく大きいことから、ともに岩手県産の菌と区別できる。

以上の結果から、岩手県でアカマツ苗に大きな被害をもたらした No. 1 を含む第 5 のグループは、子のう盤の形成状態、子のう及び子のう胞子の形態などから既知の種類に該当するものがないので新種と判断し、*Lophodermium iwatense* SAKUYAMA と記載した<sup>73)</sup> (図版 1)。

### 3 種の形態とその記載

各地産 *Lophodermium* 属菌について同定した種の形態観察の結果は以下のとおりである (表-4)。

#### (1) *Lophodermium iwatense* SAKUYAMA (図版 1)

アカマツ苗の病葉上の *L. iwatense* の形態は次のとおりである。

病葉上には黒色の帯線は形成されず、ごくまれに褐色の帯線が形成される。子のう盤は針葉上に散生、まれに連続して形成され、黒色、楕円形、大きさは 0.4~1.3×0.2~0.5mm、平均値 0.82×0.34mm、成熟すると縦に裂開する。子のう盤は部分的表皮下に形成され、子のう盤下部に散在する表皮細胞数は 2~6 個である。子のう盤下部には basal wall (黒色状組織) があり、Lips (子のう盤開口部の口辺細胞層) も認められる。

子のうは円筒形、先端いくらか細まり、8 個の子のう胞子を含み、大きさは 99~166×14~20 $\mu$ m、平均値 131×17 $\mu$ m である。子のう胞子は単胞、糸状、無色、多数の油球を有し、ゼラチン様被膜に包まれ、大きさは 69~104×4 $\mu$ m、平均値 85×4 $\mu$ m である。側糸は糸状で先端やや湾曲、膨らみ、隔膜を有し、大きさは 100~160×2 $\mu$ m である。精子器は光沢のある灰黒色~淡褐色、長楕円形、表皮下に形成され、大きさは 0.2~0.7×0.1mm、精子は無色、長楕円形、大きさは 6~8×1 $\mu$ m である。

#### (2) *Lophodermium conigenum* (BRUNAUD) HILITZ. (図版 2 A~F)

クロマツ病葉上における *L. conigenum* の形態は次のとおりである。

病葉上に黒色の帯線は形成されず、褐色の帯線がごくまれに形成される。子のう盤は散在し、黒色、楕円形、大きさは 1.2~2.0×0.4~0.6mm、平均値 1.65×0.52mm と比較的大きい。子のう盤は部分的表皮下に形成され、子のう盤下部に散在する表皮細胞数は 3~5 個である。

子のうは円筒形で 8 個の子のう胞子を含み、大きさは 149~198×11~15 $\mu$ m、平均値 171×13 $\mu$ m である。

子のう胞子は単胞、糸状、多数の油球を有し、ゼラチン様被膜に包まれ、大きさは 87~114×3 $\mu$ m、平均値 100×3 $\mu$ m である。側糸は糸状で、隔膜を有し、大きさは 130~200×2 $\mu$ m である。

精子器は淡褐色、楕円形、表皮下に形成され、大きさは 0.3~0.8×0.1~0.2mm である。なお、上記精子器はいずれも空で精子は認められなかった。

#### (3) *Lophodermium staleyi* MINTER (図版 2 G~J)

スラッシュマツ病葉上における *L. staleyi* の形態は次のとおりである。

病葉上に黒色の帯線は形成されず、褐色の帯線がごくまれに形成される。子のう盤は散在し、黒色、楕円形、大きさは 0.4~0.8×0.3~0.5mm、平均値 0.62×0.43mm と比較的小さい。子のう盤は部分的表皮下に形成され、子のう盤下部に散在する表皮細胞数は 4~5 個である。

子のうは円筒形で 8 個の子のう胞子を含み、大きさは 87~112×9~11 $\mu$ m、平均値 99×10 $\mu$ m である。子のう胞子は単胞、糸状、無色、多数の油球を有し、ゼラチン様被膜に包まれ、大きさは 77~99×2~3 $\mu$ m、平均値 89×2.5 $\mu$ m である。側糸は糸状で隔膜を有し、大きさは 90~115×2 $\mu$ m である。

精子器及び精子は調査した病葉上には認められなかった。

#### (4) *Lophodermium pinastri* (SCHRAD. ex HOOK.) CHEV (図版 3 A~F)

クロマツ病葉上の *L. pinastri* の形態は次のとおりである。

病葉上に黒色の帯線は多数形成される。(図版 6 D) 子のう盤は病葉上に散生、まれに連続して形成され、黒色、楕円形、大きさは 0.6~1.6×0.4~0.7mm、平均値 1.08×0.53mm、部分的表皮下に形成され、子のう盤下部に散在する表皮細胞数は 3~7 個である。子のうは円筒形で 8 個の子のう胞子を含み、大きさは 99~136×10~12 $\mu$ m、平均値 117×11 $\mu$ m である。子のう胞子は単胞、糸状、無色、多数の油球を有し、ゼラチン様被膜に包まれ、大きさは 87~129×2~3 $\mu$ m、平均値 106×2.5 $\mu$ m である。側糸は糸状で隔膜を有し、大きさは 100~140×2 $\mu$ m である。精子器は淡褐色、長楕円形、表皮下に形成され、大きさは 0.2~0.6×0.1mm、精子は無色、長楕円形、大きさは 7~9×1 $\mu$ m である。

#### (5) *Lophodermium nitens* DARKER (図版 3 G~L)

アカマツ病葉上における *L. nitens* の形態は次のとおりである。

病葉上に黒色の帯線が形成される。子のう盤は散在し、黒色、楕円形、大きさは 0.4~0.8×0.3~0.5mm、平均値



0.59×0.42mm、クテクラ下に形成され、Lipsは認められない。

子のうは円筒形で8個の子のう胞子を含み、大きさ112~149×10~15μm、平均値131×12μmである。子のうは単胞、糸状、無色、多数の油球を有し、ゼラチン様被膜に包まれ、大きさ84~136×3μm、平均値114×3μmである。側糸は糸状で先端やや湾曲し、隔膜を有し、大きさ98~135×2μmである。精子器及び精子は調査した病葉上には認められなかった。

## II *Lophodermium iwatense* の病原性

岩手県でアカマツ苗に大きな被害を与えた *L. iwatense* と、わが国に広く分布している *L. pinastri* について接種試験により病原性を比較検討した。

### 1 *Lophodermium iwatense* の病原性

#### (1) 試験方法

試験は岩手県林業試験場構内(岩手郡滝沢村)の苗畑で行った。1975年4月、健全なアカマツ1年生苗をポット30個に3本ずつ植え、その年の9月に次の方法で接種を行った。なお、試験は1ポット3本、6回くり返して、1処理の苗木本数は各区とも18本(細かい針金による針葉の有傷及び無傷各9本)である。使用した病原菌はいずれも当场苗畑でアカマツ被害苗木から採取した。

① 噴霧接種区：9月8日、*L. iwatense* の子のう胞子懸濁液を苗木の針葉に噴霧接種した。接種量は苗木1本あたり5mlで、胞子濃度は1視野(150倍)中に約10個であった。

② 子のう盤しばりつけ区：9月8日、*L. iwatense* の成熟子のう盤が多数形成されている罹病葉を30本ずつ苗木の上部に結びつけて、放出された胞子による接種が行われるようにした。9月12日に罹病葉を取り除いた。

表-5 アカマツ苗に対する *Lophodermium iwatense* の接種試験結果

Table 5 Results of inoculation experiment with ascospores of *Lophodermium iwatense* to Japanese red pine seedlings.

接種菌 Fungus inoculated	接種方法 Inoculation method	病斑形成程度*1 Degree of lesion formation					
		黄斑点 (12月調査) Yellow spots formation (Dec.)		褐変 (翌年5月調査) Brown needle formation (Next May)		子のう盤 (同年8月調査) Apothecia formation (Next Aug.)	
		有傷 wounded	無傷 no-wounded	有傷 wounded	無傷 no-wounded	有傷 wounded	無傷 no-wounded
<i>L. iwatense</i>	噴霧接種 Spraying ascospore suspension	-	-	-~+	-~+	+~#	+~#
	子のう盤 しばりつけ Fastening needles having apothecia	+~#	#	#	#~#	#	#
	子のう胞子 落下A Discharge of ascospores (A)	-	-	-~+	-~+	+~#	+~#
	子のう胞子 落下B Discharge of ascospores (B)	#	+	#	#	#	#
	無接種 Check	-	-	-	-	-	-

接種年月日：1975年9月8日  
Date of inoculation: Sept. 8, 1975

\*1 病斑形成程度：-：なし +：わずかに認められる #：多い #：著しく多い  
Degree of lesion formation：-：none +：sparse #：many #：numerous

③ 子のう孢子落下A区：自動かん水のできる3.3㎡のビニールハウス内に苗木を収容し、その上部にセットした金網に、*L. iwatense*の成熟子のう盤が多数形成されている罹病葉を密に並べて配置し接種源とした。接種期間は9月8日～15日で、灌水は午前9時～午後5時までは30分おきに、午後5時～翌朝9時までは1時間おきに1日計32回15秒間ずつ行った。

④ 子のう孢子落下B区：灌水は午前9時～午後5時までは1時間おきに、午後5時～翌朝午前9時までは3時間おきに1日計14回15秒間ずつ行った。他はA区と同じである。

上記4種の方法とも接種終了後の苗木は、1週間ポリエチレン袋で覆い湿室状態を保った後、苗畑に移し、当年12月、翌年5月及び8月に発病状態を調査した。

## (2) 試験結果

結果は表-5に示すように、無接種区では発病が認められなかったのに対し、接種区ではいずれも発病した。特に*L. iwatense*の子のう盤しぼりつけ区と子のう孢子落下B区では供試苗木の全てに発病が見られ、しかも発病の程度は顕著であった。接種区における発病経過は野外における自然発病の場合と同じで、接種葉には12月に黄斑点が見られ、翌年5月には褐変し、8月には本病原菌*L. iwatense*の子のう盤及び子のう孢子が確認された。なお、有傷、無傷の違いによる発病の差異は認められなかった。

## 2 *L. iwatense* と *L. pinastri* の病原性の比較

### (1) 試験方法

*L. iwatense*は当场苗畑のアカマツ被害苗木から採取し、接種は1984年8月16日に行った。*L. pinastri*については陸前高田市にある高田松原のクロマツ海岸林から採取し、接種時期は1984年6月28日である。接種方法は両菌ともに噴霧接種、子のう盤しぼりつけの方法で行った。供試苗木はアカマツ1年生で、その準備、供試本数、くり返し数及び接種後の苗木の管理は前項とほぼ同じである。

### (2) 試験結果

結果は表-6に示すように*L. iwatense*の噴霧接種区と子のう盤しぼりつけ区で発病が認められ、特に子のう盤しぼりつけ区で供試苗木の全てに発病が見られ、しかも激しく発病した。一方、*L. pinastri*による接種では噴霧接種区、子のう盤しぼりつけ区ともに発病は認められなかった。無接種区でも発病は全く認められなかった。

## 3 考察

*Lophodermium iwatense*はアカマツ1年生苗木に対して強い病原性を示すことが明らかにされたが、一方、*L. pinastri*には病原性が認められなかった。千葉・陳野<sup>7)</sup>

は*L. pinastri*の病原性を14種のマツ類の2年生苗木に対する接種実験で比較検討した。その結果、アカマツ、クロマツをはじめ多くの樹種では発病は認められず、バンクスマツなど5種で、わずかに発病が認められたにすぎなかった。しかも発病したのは少数の有傷葉に限られ、さらに子のう盤の形成は全く認められなかった。これらのことから、*L. pinastri*はマツ類に対して病原性はないか、あっても、きわめて弱いと結論づけている。

山本ら<sup>9)</sup>は*Lophodermium*菌の分生子はよく発芽し、マツ類針葉に対して病原性を示すと報告しているが、この場合の種は明らかにされていない。

外国において従来はマツ葉ふるい病の病原菌として*L. pinastri*が報告されており、ヨーロッパではマツ葉ふるい病の被害が多いことから病原性が強く、北米では被害が少ないことから弱いとされ、見解が異なっていた。1971年、Millar & Watson<sup>37)</sup>はヨーロッパにおいて*L. pinastri*には二つの型があることを始めて報告し、形態、菌そう、病原性の違いを指摘した。1975年、Skilling & Nicholls<sup>38)</sup>は北米において*L. pinastri*には二つの生態種があり、これらはMillar & Watson<sup>37)</sup>が報告した二つの型と類似していることを発表した。

1978年、Minterら<sup>39)</sup>は詳細な形態調査からこれまで*L. pinastri*として報告された菌は4種(*L. pinastri*, *L. conigenum*, *L. pini-excelsae*, *L. seditiosum*)に分け得るとし、さらに1981年、Minter<sup>42)</sup>はマツ類に寄生する*Lophodermium*属菌として16種を報告し、この中で病原性のあるのは*L. seditiosum*であり、*L. pinastri*には病原性のないことを明らかにした。その後、ヨーロッパ及び北米において被害を起こす病原菌は病原性の強い*L. seditiosum*であり、*L. pinastri*には病原性のないことが多数報告され<sup>11・12・31・33・34・35・39・42)</sup>、これまで*L. pinastri*による被害として報告されたものは*L. seditiosum*によるものと推察されている。

一方、わが国においてマツ葉ふるい病の病原菌として*L. pinastri*のみが報告されている。しかし、千葉・陳野<sup>7)</sup>及び著者の実験結果では*L. pinastri*はマツ類の苗木を枯死させるほどの病原性は見られなかった。従って、わが国においても、これまで報告されたマツ葉ふるい病の被害は*L. pinastri*以外の菌の関与が考えられるが、菌の種は明らかでない。

岩手県でアカマツ苗に大きな被害を与えた*Lophodermium*属菌は、これまで報告のなかった新種の*L. iwatense*であり、*L. pinastri*及び*L. seditiosum*とは異なるものであった。

表-6 アカマツ苗に対する *Lophodermium watense* と *L. pinastri* の接種試験結果  
 Table 6 Results of inoculation experiment with ascospores of *Lophodermium watense* and *L. pinastri* to Japanese red pine seedlings.

接種菌 Fungus inoculated	接種方法 Inoculation method	病斑形成程度*1 Degree of lesion formation					
		黄斑点 (12月調査) Yellow spots formation (Dec.)		褐変 (翌年5月調査) Brown needle formation (Next May)		子のう盤 (同年8月調査) Apothecia formation (Next Aug.)	
		有傷 wounded	無傷 no-wounded	有傷 wounded	無傷 no-wounded	有傷 wounded	無傷 no-wounded
<i>L. watense</i>	噴霧接種 Spraying ascospore suspension	-	-	-~+	-~+	+~#	+~#
	子のう盤 しばりつけ Fastening needles having apothecia	#	+~#	##	#~##	##	##
	無接種 Check	-	-	-	-	-	-
<i>L. pinastri</i>	噴霧接種 Spraying ascospore suspension	-	-	-	-	-	-
	子のう盤 しばりつけ Fastening needles having apothecia	-	-	-	-	-	-
	無接種 Check	-	-	-	-	-	-

接種年月日：1984年8月6日 (*L. watense*)，同年6月28日 (*L. pinastri*)

Date of inoculation：Aug. 6, 1984 (*L. watense*)，June 28, 1984 (*L. pinastri*)

\*1 病斑形成程度：-：なし +：わずかに認められる #：多い ##：著しく多い  
 Degree of lesion formation：-：none +：sparse #：many ##：numerous

### III マツ葉ふるい病の分布と被害

わが国と外国におけるマツ葉ふるい病の分布と被害実態を文献に基づいて概観するとともに、岩手県下における被害についての調査結果を述べる。

#### 1 わが国各地における被害

北島<sup>22)</sup> は1925年に山形県下のアカマツ苗畑に、1928年に神奈川県下のクロマツ2年生苗木に、1929年に愛知県下のクロマツ2年生苗木にそれぞれ本病の発生を報告している。また、長野県下のアカマツ林での発生も報告した。赤井<sup>3)</sup> は岡山県で1966年1月29~30日に植栽されたアカマツ10,445本のうち約10%が、当年の8月8日の調査で *L. pinastri* によるマツ葉ふるい病により枯死し、その原因はマツ葉ふるい病の罹病苗を植栽したためであ

ると報告している。周藤<sup>84)</sup> によると1969年に島根県でアカマツ及びクロマツ苗木に本病が激しく発生している。病害鑑定の結果から、根の成長不良や根腐れなどが発生誘因となっていることが推察されている。小笠原・辻村<sup>56)</sup> は1970, 1971年に青森県下の苗畑を調査し、クロマツ苗針葉の異状褐変現象が大発生したことを報告した。岩手県の民間苗畑においては、1972年にアカマツ苗の針葉が春になると急激に褐変する被害が発生した<sup>68)</sup>。この褐変現象は青森県の場合と同じ症状で、これは後にマツ葉ふるい病に起因することが明らかにされた。

1952~1974年の間に、林野庁発行の森林有害動物被害調査報告<sup>60)</sup> 及び森林病虫害等被害報告<sup>61)</sup> に示された本病の被害報告資料によると次のとおりである。

苗畑での本病の被害は北海道を除いたほぼ日本全土に

わたって発生している。発生地別では鹿児島県が112haと最も多く、ついで鳥根県、岩手県となっている。鹿児島県での被害は、1955年は被害面積1.4ha、被害苗木本数約20万本、1957年は1.4haで16万本、1958年は69haで62万本がそれぞれ記録され、樹種はいずれもクロマツ苗であった。ついで被害の多かった鳥根県の発生記録は1970、1971年であり、つぎに被害の多かった岩手県の発生は1972～1974年で、その内容については後に述べるとおりである。つぎに年次別に被害面積をみると、ほぼ毎年被害は発生している。特に1958年は69haの発生であ

るが、その全てを鹿児島県1県で占め、ついで多かった1964年の32haについても鹿児島県が31haを占めた。

林地での被害の発生分布は苗畑におけるより、さらに広範囲に日本全土にわたっており、最も被害面積の多かったのは鳥根県で1,307ha、ついで鹿児島県642haであった。被害はほぼ毎年発生しているようで、特に1965年は1,236haの発生で、このうち1,189haを鳥根県が占めた。ついで多かったのは1957年の436haで、栃木県が320haを占め、1959年は403haで鹿児島県が394haを占めた。以上の諸例ではいずれも病原菌の種は明らかでないが、*L. pinastri*による被害と理解されていたことが推察される。また、被害の状況としては針葉が赤褐色に変色したもので、枯死被害ではないと推察される。

表一七 岩手県の苗畑におけるマツ葉ふるい病の被害 (1972年)

Table 7 Damage of the needle cast at nurseries in Iwate Prefecture (1972)

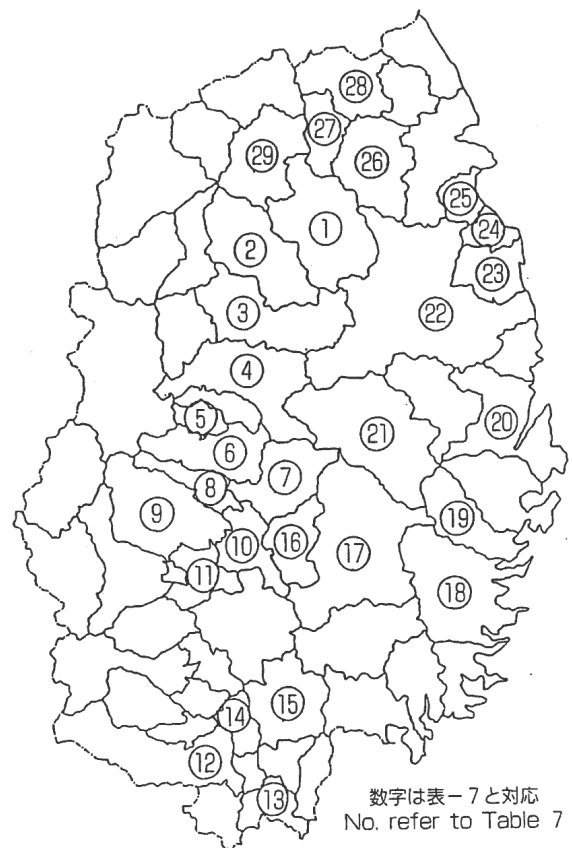
No. 発生市町村 Locality	被害本数 Number of seedlings damaged	No. 発生市町村 Locality	被害本数 Number of seedlings damaged
1 葛巻町 Kuzumaki	29,500	16 宮守村 Miyamori	60,000
2 岩手町 Iwate	52,000	17 遠野市 Tono	30,000
3 玉山村 Tamayama	149,600	18 釜石市 Kamaishi	14,000
4 盛岡市 Morioka	3,000	19 大槌町 Otsuchi	154,000
5 矢巾町 Yahaba	40,000	20 宮古市 Miyako	120,000
6 紫波町 Shiwa	97,000	21 川井村 Kawai	73,000
7 大迫町 Ohasama	173,300	22 岩泉町 Iwaizumi	134,000
8 石鳥谷町 Ishidoriya	29,100	23 田野畑村 Tanohata	10,000
9 花巻市 Hanamaki	100,000	24 普代村 Fudai	2,500
10 東和町 Towa	38,000	25 野田村 Noda	25,800
11 北上市 Kitakami	250,000	26 山形村 Yamagata	126,800
12 一関市 Ichinoseki	22,000	27 九戸村 Kunohe	161,600
13 藤沢町 Fuzisawa	103,500	28 軽米町 Karumai	115,000
14 東山町 Higashiyama	150,000	29 一戸町 Ichinohe	22,000
15 大東町 Daito	169,000	合計 Total	2,459,500

2 岩手県の苗畑における被害

1972～1974年の3年にわたり本病が岩手県のアカマツ苗畑に大発生した (図版4)。その被害実態や発生環境について調査結果を以下に述べる。

(1) 被害本数と発生分布

県の林業課 (当時) の調査によると、1972年の調査苗



図一四 岩手県の苗畑におけるマツ葉ふるい病 (*Lophodermium iwatense*) の発生分布 (1972年)

Fig. 4 Distribution of the pine needle cast caused by *Lophodermium iwatense* at nurseries in Iwate Pref. (1972)

畑数は105箇所、これら調査苗畑において1971年春に床替されたアカマツ苗木本数は約1,530万本であった。このうち被害本数は約246万本で、その内訳は激害苗（全針葉の50%以上が褐変）77万本、中害苗（激害苗と微害苗の間）87万本、微害苗（全針葉の10%以下が褐変）82万本であった。各市町村別の被害量及びその分布は表-7、図-4に示すとおりで、県下62市町村のうち29市町村に被害が確認された。1974年には被害の確認された市町村はさらに広がり（32市町村）、県下全体で約241万本の被害であった。

(2) 発生環境

1972, 73年の2か年間、31苗畑について現地調査及び聞き取り調査により発生環境を調査した。その結果、本病の発生しやすい環境要因として次の諸点があげられる。

- ① 風衝地形の苗畑では被害が多い傾向が見られた。これは寒風害が本病の発生を促すためと思われる。
- ② 過密に成立している床替畑や無床替畑、据え置き苗は被害が多かった。下葉が被圧されるために衰弱して被害が多いようである。
- ③ 腐植に乏しい下層土、砂質土壌及び堆肥施用の少ない苗畑で被害が多い傾向が見られた。
- ④ 苗床の土壌が凍結したり、霜柱によって根が露出した場合に被害が多いようである。
- ⑤ 県南産の幼苗を県北及び県央に移動して床替えした苗木に被害が多かった。これは苗木の移動による衰弱、生育環境の変化、幼苗時代の菌の感染などが影響するためと思われる。

被害が多い苗畑では2項目以上の発生要因がかかわっていたが、これらのうちで特に①の冬に風あたりの強い苗畑では被害が著しく多く、また、被害苗畑の周囲にアカマツ林が存在している場合が多かった。

(3) 被害発生の推移

岩手県の被害発生市町村における聞き取り調査等によると春にアカマツ山行苗の針葉が褐変する現象は1963年ころから見られ、以後わずかずつではあるが被害は毎年発生していたようである。しだいに被害区域及び被害量が増加し、1971年には5市町で問題になるほどの被害となった。本県のアカマツ苗木の生産量は1951年には約60万本、1955年約330万本、1960年約1,220万本、1965年約2,530万本、1970年約3,380万本としだいに増加している。また、その頃はアカマツ床替苗木に対する薬剤散布は行われていなかった。このような条件下で1972年には本病が大発生するに至ったが、その発生原因を推察するとまず第一に病原性の強い病原菌が存在し、苗木生産量の増加とともに病苗が増えて、菌の密度が高まったことがあ

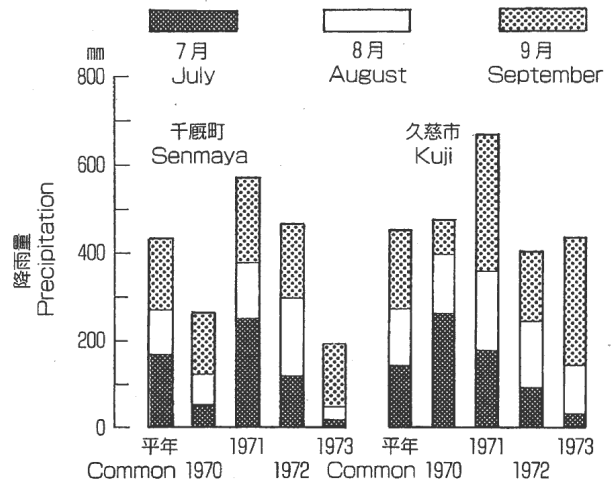


図-5 千厩町・久慈市における7～9月の降雨量  
Fig. 5 Precipitation in July-September at Senmaya and Kuji in Iwate Pref.

げられる。

次に被害の発生しやすい環境があげられる。被害の多かった千厩町、久慈市における7～9月の降雨量を図-5に、岩手県林業試験場のある滝沢村における11月～翌年4月までの気温を図-6に、積雪量を図-7に示した。

図-5によると1971年7～9月の降雨量は平年に比べ比較的多い。この傾向は全県的に認められた。冬期間の気温についてみると1971～1972年、1972～1973年にかけては比較的温暖であり（図-6）、また雪が少なかった

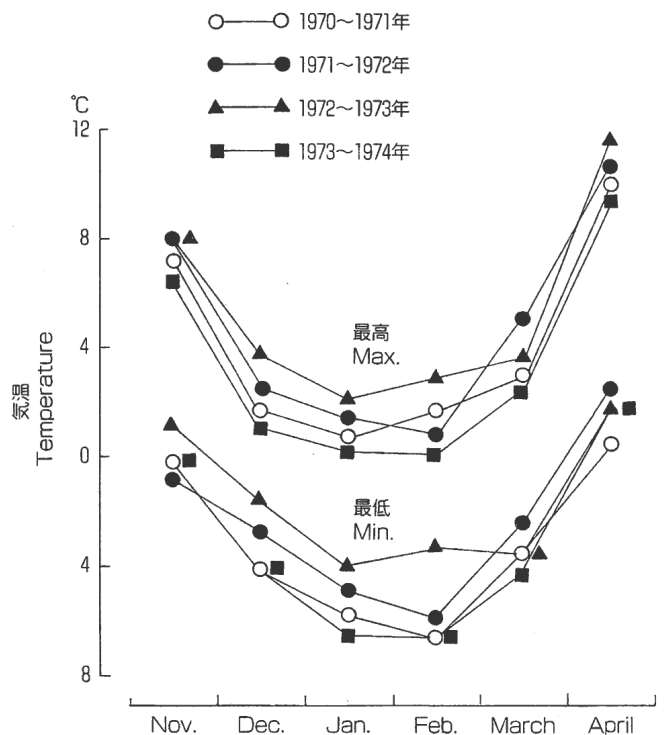
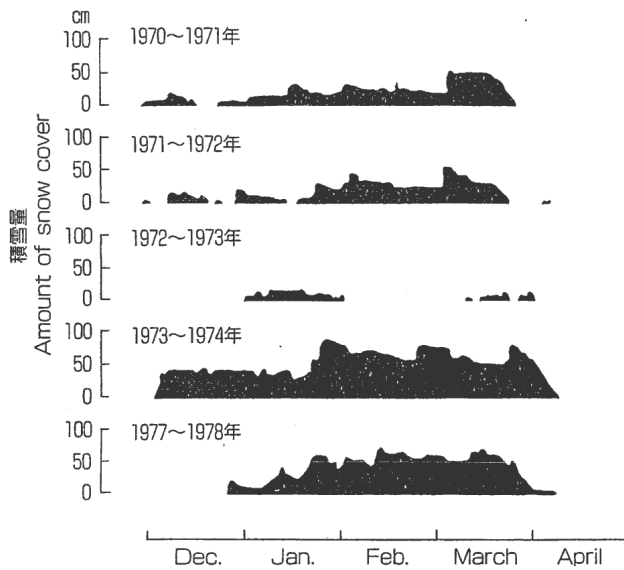


図-6 滝沢村における11月～4月の月別平均気温  
Fig. 6 Monthly mean temperature in November-April at Takizawa in Iwate Pref.



図一 滝沢村における積雪量

Fig. 7 Amount of snow cover at Takizawa in Iwate pref.

(図一 7)。この傾向も全県的に認められた。

1972年の大発生は1971年7～9月の多雨と1971～1972年にかけての少雪が本病発生に有利に働いたためと考えられる。千葉・陳野<sup>7)</sup>は *L. pinastri* によるマツ葉ふるい病発生には、子のう胞子によるマツ類への感染時期の降雨量が影響すること、また、苗木の含水量低下が顕著になると発病しやすいことを報告している。岩手県における *L. iwatense* の子のう胞子によるアカマツへの感染時期は主として7～9月で、この時期に降雨量が多いことにより病原菌がアカマツ針葉に感染しやすくなる。一方、少雪の冬期間は苗木の土壤凍結が著しく、そのため根の水分吸収機能が低下する。また苗木の地上部は寒風を受けるため、苗木の含水率が低下して衰弱し、本病の発生をますます促すものと考えられる。これらの条件が揃ったことと病原性の強い病原菌の密度がしだいに高まったために1972年春において本病が大発生したものと考えられる。

1973年の大発生は冬期間の極端な少雪と病原菌の密度の高まりがあったためと考えられる。

1974年の大発生については病原菌の密度がより一段と高まったことを原因にあげることができる。同一苗木においても、1972年は比較的土壤条件の悪い、しかも風当たりの強い苗木で発生がみられた。1973、1974年には土壤条件の良いしかも風当たりの少ない苗木でも発生が見られるようになったことから、いずれも菌の密度が高まったことを示唆している。

### 3 外国における被害

伊藤 (武)<sup>19)</sup> は1930年、台湾においてクロマツ、リ

ユウキュウマツ、タイワンアカマツ及びテーダマツに *L. pinastri* によるマツ葉ふるい病被害が発生したことを報告している。

本病はヨーロッパでは古くから被害が多く、マツ類の重要病害とされていた。一方、北米では被害が少なく、あまり重要視されていなかったが、最近、被害が多くなったと報告がされている。

Nicholls & Skilling<sup>47)</sup> は、1966～1967年の間にミシガン、ミネソタ及びウイコンシン各州の14苗木でオウシュウアカマツやレジノザマツに数百万本の *L. pinastri* によるマツ葉ふるい病被害が発生したことを報告している。Skilling & Nicholls<sup>78)</sup> は1970年にアメリカの11州においてクリスマスツリーとして育成していたオウシュウアカマツに *L. pinastri* による本病が大発生したことを報告している。その後北米では *L. pinastri* による本病の被害報告があいついでいる<sup>36・49・58)</sup>。また、ハワイでもラジアータマツに *L. australe* による本病の被害が出ている<sup>5)</sup>。

佐保<sup>63)</sup> は北ドイツの苗木や若い造林地で本病の被害が多いことを紹介した。インドネシア南スマトラでメルクスマツ<sup>64)</sup>、フィリピンではカリビヤマツ<sup>24)</sup> にそれぞれ *L. australe* による本病の発生が報じられている。

中国では *L. australe*、*L. maximum*、*L. pini-excelsae* によるチョウセンゴヨウ<sup>15・23・77)</sup> と *L. pinastri*、*L. seditiosum* によるモウコアカマツ<sup>54・77)</sup> での発生が報告されている。

### 4 考察

マツ葉ふるい病はヨーロッパにおいては古くから被害が多くてマツ類の重要病害とされていたが、北米では被害も少なくあまり重要視されていなかった。しかし、1966～1967年にオウシュウアカマツの苗木に数百万本の被害が発生し、さらに、クリスマスツリーとして育成していたオウシュウアカマツに本病被害が発生してから、北米においても問題とされるようになった。病原菌は従来は *L. pinastri* が報告されており、ヨーロッパでは病原性が強く、北米では弱いとされ、見解が異なっていた。

Minter ら<sup>39)</sup> はマツ葉ふるい病の病原菌の詳細な形態調査からこれまで *L. pinastri* として報告された菌は4種に分け得るとし、さらにマツ類に寄生する *Lophodermium* 属菌として16種を報告した<sup>42)</sup>。ヨーロッパ及び北米において被害を起こす病原菌は病原性の強い *L. seditiosum* であり、*L. pinastri* には病原性のないことが多数報告され<sup>11・12・31・33・34・35・39・42)</sup>、これまで報告された被害は *L. seditiosum* によるものと推察されている。その他に最近ではインドネシア<sup>64)</sup>、フィリピン<sup>24)</sup> では *L. australe* によって、中国では *L. maximum*<sup>15)</sup>、*L. seditiosum*<sup>54)</sup> によって本病の発生が認められている。

わが国においては、ほぼ全国的に発生しており、苗木や造林木あるいは庭園木に被害が出ている。被害樹種はアカマツとクロマツに多く、病原菌の種は明らかでないが、わが国ではマツ葉ふるい病の病原菌として *L. pinastri* のみが知られており、従ってこれらの被害は *L. pinastri* による被害と理解されていたことが推察される。

岩手県では本病が苗木で大発生し、1972年には246万本にも達し、大発生はその後2年間続いた。被害苗木は山出しが出来ないため苗木の生産量が不足し、県の需給計画に支障をきたすほどの被害となった。被害を起した病原菌の種が検討され、新種 *L. iwatense* と同定された。

本病の発生環境については風衝地帯や土質の悪い箇所でも発生しやすく<sup>19)</sup>、また、苗木が衰弱した場合<sup>8d)</sup>、苗木の樹体内の含水率が低下した場合<sup>7)</sup>、9月に降水量が多い場合<sup>1)</sup> に発生しやすいことが報告されている。岩手県の発生例では風衝地形の苗木や過密に成立している床替苗木や据え置き苗木で被害が多かった。また、*L. iwatense* の子のう胞子の感染時期である7~9月に降雨量が多かったこと、冬期間に積雪が少なく、苗木が寒風害を受けやすかったことなどが本病発生の主な誘因となったものと考えられる。

#### IV *Lophodermium iwatense* によるマツ葉ふるい病の病徴と苗木成長への影響

##### 1 病徴・標徴及び病徴の進展

###### (1) 病徴・標徴

岩手県で大発生した本病の病徴・標徴を苗木について以下示す。*L. iwatense* 菌によって侵された針葉には、11月上旬ころから黄色の斑点が生ずる。冬の間は病勢はほとんど進展しないが、翌春4月になると病葉は急激に褐変する。褐変は針葉の先端からはじまり、しだいに針葉全体が褐変し、まもなく落葉する。病落葉はのちに灰白色化する。クロマツでは針葉によってはその一部が侵されるにとどまることもあるが、アカマツは針葉全体が褐変し脱落する。

褐変した病針葉には5月上旬から小形で透明に近い灰黒色の長方形~長楕円形のやや盛り上がった精子器が形成され、これらには5月中旬になると精子が充満し、6月下旬ころまで見られる。ついで病針葉上には6月中旬ころからやや大形で黒色の楕円形~紡錘形の盛り上がった子のう盤が形成される(図版6C)。成熟子のう盤には糸状の子のう胞子が形成され、その最盛期は7~9月である。子のう盤はアカマツでは脱落した病針葉に生ずるのが普通である。クロマツでは針葉の一部が侵され、

その枯死部に子のう盤が形成されるものも見られる。病針葉は4月から10月にかけて、ごくまれに褐色の帯線が形成される。

###### (2) 病徴の進展

苗木において本病の被害が時間的経過とともにどのように推移するかを知るために以下の調査を行った。

###### ① 調査方法

調査は1975年に岩手県林業試験場附属苗木で実施した。アカマツ2年生据え置き苗木を調査対象とし、4月12日に針葉の褐変程度により6段階に苗木を分けて、以後4月21日、5月1日及び6月2日にそれぞれ各区における褐変程度の進展状況を調査した。4月12日における調査苗木本数は各区約15本である。図-8に示した各調査時期における各調査区の罹病指数は各苗木の罹病指数値に各指数階の出現本数を乗じその総和を各区調査本数で除して求めた。

###### ② 調査結果

結果は図-8に示すように、4月12日に罹病指数0

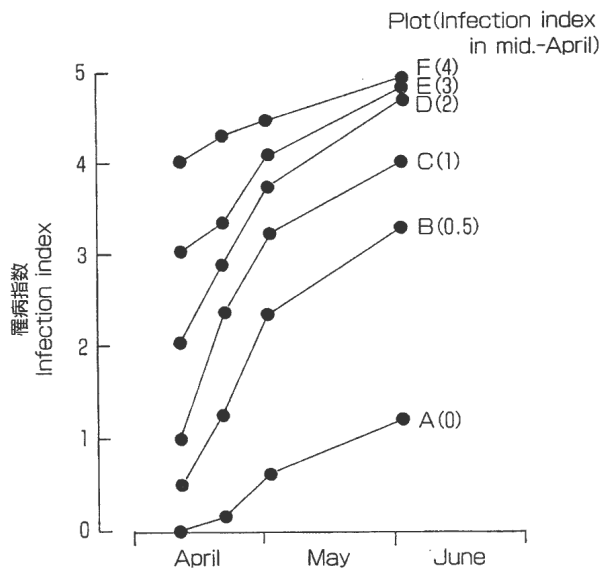


図-8 *Lophodermium iwatense* によるマツ葉ふるい病の病徴進展経過

Fig. 8 Progress of disease severity in needle cast on 2-year-old Japanese red pine seedlings caused by *Lophodermium iwatense* at Takizawa nursery in Iwate Pref.

- \* 罹病指数 5 : 針葉がほとんど褐変 Almost needles turned brown
- Infection index 4 : 針葉が約70%褐変 70% of needles turned brown
- 3 : 〃 50 〃 50% of needles turned brown
- 2 : 〃 30 〃 30% of needles turned brown
- 1 : 〃 10 〃 10% of needles turned brown
- 0.5 : 針葉に黄斑点が多く Numerous yellow spots on needles observed
- 0 : 〃 認められない No-observed

であった調査区は6月2日では病勢はほとんど進展せず、その後8月の調査でも褐変葉は少なく、本病菌の子のう盤も著しく少なかった。これに対し、4月12日に罹病指数0.5以上のものではいずれも6月2日には病勢が著しく進行し、特に4月に罹病指数が2以上のもの、すなわち、全針葉の30%程度が褐変していたものでは6月にはほとんど全針葉が褐変し、8月には子のう盤が多数見られた。

本調査結果は、罹病苗木の針葉が一般に4月上旬ころから褐変し、4月中・下旬に病勢が著しく進行する経過を明確にした。

## 2 被害苗木の成長

本病の被害が苗木の成長に及ぼす影響について調査した。

### (1) 調査方法

調査は1973年に当场附属苗畑及び附属実験林で実施した。アカマツ2年生苗木を供試し、被害程度により激害苗(全針葉の80%程度が褐変)、軽害苗(全針葉の30%程度が褐変)、健全苗(全く発病が認められない)にそれぞれ区分した(表-8)。区分設定は4月24日に行い、苗畑においてはそれぞれ植え替え区と据え置き区を設定し、植え替えは4月24日に苗木を掘取り、1日間仮植し、再び苗床に植えた。また、人工造林を想定して実験林に対しては3日間の仮植後に植え付けた。

調査は5~10月にかけて毎月1回、枯損本数の有無と10月に生存苗の伸長量を測定した。

### (2) 調査結果

苗畑における結果は表-8に示す。健全苗の植え替え区では平均伸長量が12.8cm、据え置き区は20.2cmで、ともに枯損は見られなかった。これに対し、激害苗の植え替え区では6月に12本、7月に9本、8月に4本、9月に3本枯損し、枯損率は80%に達し、生き残った20%の苗木の伸長量もわずか3cmであった。据え置き区では6月に1本、7月に3本、8、9月に各1本枯損し、枯損率は19%で、生存苗の伸長量は7cmであった。軽害苗は植え替え、据え置き区ともに枯損は見られず、また、その伸長量は健全苗に比べてやや劣る程度であった。

実験林における結果を表-9に示す。健全苗の植え替えでは伸長量が10.2cmで、枯損は見られなかった。これに対し、激害苗を植え替えした場合は6月に13本、7月に9本、8月に5本、9月に2本枯損し、枯損率は81%に達し、生き残った苗木の伸長量はわずか1.7cmであった。軽害苗では伸長量が4.3cmで、健全苗に比べ伸長量はかなり劣ったが枯損は見られなかった。

## 3 考察

*Lophodermium iwatense* によるマツ葉ふるい病の病徴は、はじめ11月ころに黄斑点として現れる。翌年4月になると病葉は急激に褐変し、4月中・下旬から5月にか

表-8 本病が苗木の生育に及ぼす影響(苗畑)(1973年)

Table 8 Effect of damage of needle cast on the growth of 2-year-old Japanese red pine seedlings in nursery (1973)

供試苗木の区分 と床替の有無 Source and condition of the seedlings	供試本数 Number of seedlings tested	枯損本数 Number of seedlings killed	枯損率 Percentage of killed seedlings (%)	平均伸長量 Mean growth of seedlings (cm)
激害苗*1 植え替え Seedling Transplanting affected 据え置き severely No-transplanting	35	28	80	3.0±0.71
軽害苗*2 植え替え Seedling Transplanting affected 据え置き slightly No-transplanting	30	0	0	8.5±1.93
健全苗*3 植え替え Healthy Transplanting Seedling 据え置き No-transplanting	36	0	0	20.2±3.48

\*1 激害苗: 全針葉の80%程度が褐変  
Seedling affected severely: 80% of the needles turned brown.

\*2 軽害苗: 全針葉の30%程度が褐変  
Seedling affected slightly: 30% of the needles turned brown.

\*3 健全苗: 全く発病が認められない  
Healthy seedling: No-affected.



表一 9 本病が苗木の生育に及ぼす影響 (造林地) (1973年)

Table 9 Effect of damage of needle cast on the growth of 2-year-old Japanese red pine seedlings after planting (1973)

供試苗木 Source of seedlings	供試本数 Number of seedlings tested	枯損本数 Number of seedlings Killed	枯損率 Percentage of killed seedlings (%)	平均伸長量 Mean growth of seedlings (cm)
激害苗*1 Seedling affected severely	36	29	81	1.7±0.37
軽害苗*2 Seedling affected slightly	37	0	0	4.3±1.37
健全苗*3 Healthy Seedling	32	0	0	10.2±2.29

\* 1, 2, 3 表一 8 と同じ  
Same with the Table 8

けて褐変程度が著しく進展し5~6月には落葉する。落葉した病葉には5~6月に精子器が、7~9月には子のう盤が形成されるが、黒色の帯線は形成されない。

*L. pinastri*では春に褐変した病葉に子のう盤が形成されるのは8月以降で、その形成最盛期は翌年の5~7月であり、また黒色の帯線が著しく多く認められるなど、*L. iwatense*とは、病徴、標徴における違いを指摘できる。

被害苗木の成長についてみると、4月下旬で全針葉の80%程度が褐変した激害苗では据え置いた場合、植え替えた場合とも伸長量への影響は大きかった。また、30%程度が褐変した苗木(軽害苗)でも造林地への植え替えは、枯損は見られなかったが、健全苗に比べ伸長量はかなり劣った。陳野ら<sup>92)</sup>は *L. iwatense*によるマツ葉ふるい病に罹病し、全針葉の70%程度が褐変したクロマツ2年生苗木を5月に移植し、1年後に27%が枯損し、生存した苗木でも伸長量はかなり劣ることを報告している。また、野口ら<sup>51・52)</sup>は *L. iwatense*による本病に罹病したアカマツ2年生苗の成長を移植しないで据え置いた状態で比較し、針葉が100%褐変した苗木は針葉が30%程度褐変したものに比べ伸長量は2/3に低下したと述べている。このような結果から、*L. iwatense*によるマツ葉ふるい病のアカマツ苗成長への影響は軽害では比較的少ないが、激害では大きく、植え替えた場合にはさらに影響が大きくなる。激害苗を苗畑から遠く離れた林地に造林することは移動、植え替えという経過を辿るため枯損す

るものが多く、アカマツ苗による成長への影響はきわめて大きい。

アカマツの摘葉実験を行った古野<sup>14)</sup>によるとアカマツの新梢の伸びは、その成長開始期の針葉着生量と関係しており無摘葉木に対して1月摘葉では22%、3月摘葉では30%、4月摘葉では66%の成長量であり、早い時期に針葉を失うとその年の伸びが悪くなり、11月~1月の間の摘葉では枯損すると報告している。マツ葉ふるい病にかかった被害苗木は、11月以降黄斑点が見られ、翌年4月には針葉が急激に褐変する病徴を呈し、激害苗は枯損する。4月に健全苗の全針葉を摘葉しても枯損しないことから、激害苗木の針葉は褐変以前にすでにその働きを失なっていると考えられる。すなわち、摘葉試験では機械的な障害により針葉が一度になくなり光合成ができなくなるが、マツ葉ふるい病の場合は針葉の病気により徐々に針葉の働きが失われ光合成ができなくなるという違いはあるが、マツ葉ふるい病の激害苗は11月~1月にすでに摘葉したのと同じ状態になっていると考えられる。

## V *Lophodermium iwatense* の生理的性質

岩手県でアカマツ苗木に大きな被害を与えた *L. iwatense* とわが国では普遍的にかつ広く分布している *L. pinastri* について、子のう胞子の放出、発芽及び菌そうの発育などを通じて、防除などのためにぜひとも必要な生理的性質を調査した。*L. iwatense* は岩手県林業試験場苗畑のアカマツ被害苗木から、*L. pinastri* は陸前高田市にある高田松原のクロマツ海岸林からそれぞれ採取したものである。

### 1 子のう胞子の放出

#### (1) 調査方法

成熟子のう盤を形成した罹病葉を水道水で洗いながら子のう盤に充分水を含ませた。罹病葉を子のう盤が3~4個含むように約2cmの長さに切り取り、マツ生葉煎汁寒天培地(後述、P.20)入り9cmペトリ皿の上ふたに、子のう盤が下向きになるようにワセリンで張り付けた。20℃の温度条件下で、一定時間後に寒天上に放出された子のう胞子を計数して、子のう胞子放出の時間的経過を調査した。

子のう胞子放出と温度との関係は、5℃から35℃までの間を5℃ずつの7段階を設定して、各温度での4日後における放出子のう胞子を計数した。湿度との関係では、小木片(約1×1×2cm)を両側に挟んで空間を作った2枚のスライドガラスの上側の下面にワセリンで成熟子のう盤を張り付けた。そして、あらかじめ各種塩類の過

表-10 子のう胞子の放出の時間的経過 (1985年)

Table 10 Discharge of ascospores in *Lophodermium iwatense* and *L. pinastri* with the lapse of time at 20°C (1985)

経過 時間 (時間)	<i>L. iwatense</i>						<i>L. pinastri</i>					
	落下胞子数 Number of ascospores casted					胞子発芽 Spore germination	落下胞子数 Number of ascospores casted					胞子発芽 Spore germination
	反復 Repetition				平均 Average		反復 Repetition				平均 Average	
1	2	3	4	1		2	3	4				
2	0*1	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	-
4	6	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	-
6	11	10	10	8	10	-*2	12	0	0	0	3	-
8	36	23	13	10	21	-	15	10	8	4	9	-
10	52	47	30	20	37	-	35	26	22	12	34	-
24	146	132	126	96	125	+	72	70	40	38	55	+
30	255	240	210	148	213	++	80	74	73	51	70	+
48	455	390	382	217	361	++	170	102	98	80	113	++

\*1 1視野 (150倍) 当りの胞子数  
Number of ascospores per a visual field of microscope  
\*2 - : なし + : 少し ++ : 多い  
- : none + : sparse ++ : many

飽和溶液で相対湿度を87、92、94、98及び100%に調節したデシケーターに入れ、温度を20°Cに保った。4日後及び8日後に下側のスライドガラス上面に落下した胞子数を計数した。

(2) 調査結果

子のう胞子放出の時間的経過を表-10に示す。*L. iwatense*では子のう盤セット4時間後から子のう胞子の放出がみられ、6時間後では全ての区で放出がみられた。24時間後には落下胞子数が多くなり、発芽も見られ、48

時間後には落下胞子数はさらに増し、胞子発芽も多く見られた。*L. pinastri*では子のう盤セット6時間後から子のう胞子の放出がみられ、8時間後では全ての区で放出がみられた。24時間後では落下胞子数がやや多く、発芽も見られ、48時間後には落下胞子は増し、胞子発芽も多くなった。

*L. iwatense*は*L. pinastri*に比べ、子のう胞子の放出が早くから始まりまた落下胞子数も多い傾向がみられた。子のう胞子の放出と温度との関係を表-11に示す。

表-11 子のう胞子の放出と温度との関係 (4日後) (1985年)

Table 11 Relationships between temperature and discharge of ascospores in *Lophodermium iwatense* and *L. pinastri* (after 4 days) (1985)

温 度 Temperature (°C)	<i>L. iwatense</i>				<i>L. pinastri</i>			
	反復 Repetition				反復 Repetition			
	1	2	3	4	1	2	3	4
5	+	+	±	±	±	±	-	-
10	++	++	+	+	+	+	+	±
15	+++	+++	++	++	++	++	+	+
20	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++
25	+++	+++	++	++	+++	+++	+++	+++
30	+	+	+	±	+++	++	++	++
35	+	+	±	±	+	+	+	±

\* 1視野 (150倍) 当たり落下胞子数  
Number of ascospores trapped on the slides under magnified microscope (×150)  
± : ~10  
+ : 11~100  
++ : 101~1000  
+++ : 1001~

表-12 子のう胞子の放出と湿度との関係 (1985年)

Table 12 Relationships between relative humidity and discharge of ascospores in *Lophodermium iwatense* and *L. pinastri* (1985)

過飽和液塩類 Salt in oversaturated aqueous solution	関係湿度 Relative humidity (%)	<i>L. iwatense</i>			<i>L. pinastri</i>		
		落下胞子数 Number of ascospores casted		発芽率 Germination percentage (%)	落下胞子数 Number of ascospores casted		発芽率 Germination percentage (%)
		4日後 after 4 days	8日後 after 8 days		4日後 after 4 days	8日後 after 8 days	
H <sub>2</sub> O	100	68	309	0	69	383	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	98	0	0	—	0	0	—
KNO <sub>3</sub>	94	0	0	—	0	0	—
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	92	0	0	—	0	0	—
KCl	87	0	0	—	0	0	—

*L. iwatense* では5~35℃の範囲で放出し、20℃で最高値を示し、ついで15℃と25℃で多かった。*L. pinastri* では5~35℃の範囲で放出し、25℃でもっとも多く、ついで20℃と30℃で多かった。*L. iwatense* は*L. pinastri* に比べ、胞子の放出適温はやや低温側にあることが示された。

子のう胞子の放出と湿度との関係を表-12に示す。*L. iwatense*、*L. pinastri* ともに関係湿度100%で子のう胞子は放出されたが、98%以下では放出されなかった。

2 子のう胞子の発芽

(1) 調査方法

9 cmペトリ皿の上ふたに子のう盤が下向きになるようワセリンで張り付け、20℃の温度条件下、10時間後にマツ生葉煎汁寒天培地上に落下した子のう胞子を供試した。子のう胞子発芽の時間的経過を上記子のう胞子について調査した。

温度との関係は2℃から35℃までの間で5℃ずつに設

定した各温度段階で、2日後と4日後の発芽率を調べた。なお、マツ生葉煎汁寒天培地を採用したのはこの培地上において胞子が高率に発芽することを確認したからである。

(2) 調査結果

子のう胞子発芽の時間的経過を表-13に示す。*L. iwatense* では子のう盤セット17時間後から発芽がみられ、26時間後に35%、48時間後には85%の発芽率であった。一方、*L. pinastri* では子のう盤セット20時間後から発芽がみられ、26時間後に8%、48時間後には53%の発芽率であった。*L. iwatense* は*L. pinastri* に比べ、発芽が早くから始まり、また発芽率も高い傾向が示された。

子のう胞子の発芽と温度との関係を図-9に示す。*L. iwatense* では発芽は5~30℃の範囲で起こり(図版7 A, B)、最適温度は20℃、ついで25℃であった。4日後では15℃、10℃でも高率に発芽した。*L. pinastri* では発

表-13 子のう胞子発芽の時間的経過 (1985年)

Table 13 Germination of ascospores in *Lophodermium iwatense* and *L. pinastri* with the lapse of time at 20℃ (1985)

経過時間 (時間) Hours passed (hr)	<i>L. iwatense</i>			<i>L. pinastri</i>		
	調査胞子数	発芽率	最大発芽管長	調査胞子数	発芽率	最大発芽管長
	Number of ascospores counted	Germination percentage (%)	Max. length of germ tube (μm)	Number of ascospores counted	Germination percentage (%)	Max. length of germ tube (μm)
10	200	0	—	200	0	—
14	200	0	—	200	0	—
17	280	2	10	200	0	—
20	265	10	20	233	3	10
22	226	16	30	228	4	20
26	293	35	40	213	8	30
30	230	48	50	236	15	50
48	258	85	120	263	53	80

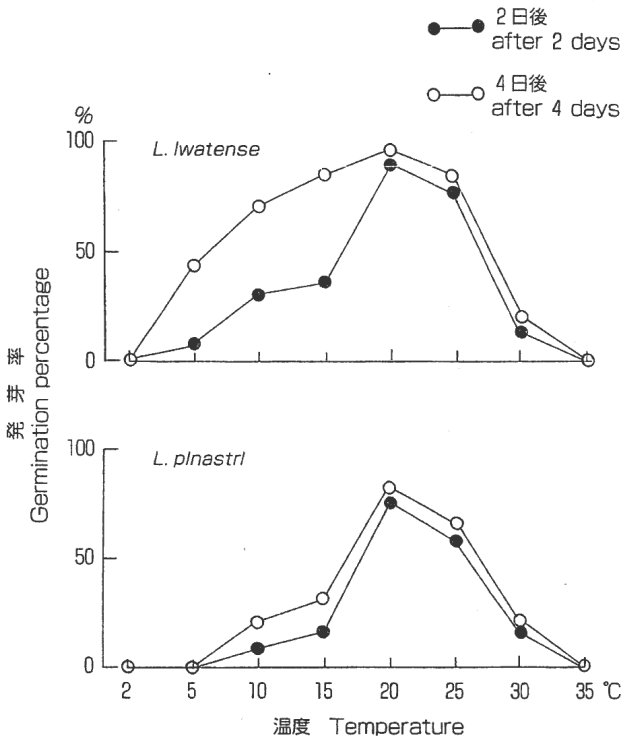


図-9 子のう胞子の発芽に及ぼす温度の影響

Fig. 9 Influence of temperature on germination of ascospores in *Lophodermium iwatense* and *L. pinastri*

芽は10~30°Cの範囲で起こり、最適温度は20°C、ついで25°Cであった。*L. iwatense*は*L. pinastri*に比べ、子のう胞子は低温側でもより高率に発芽することが示された。

### 3 菌そうの発育

#### (1) 調査方法

*L. iwatense*と*L. pinastri*の供試菌株は、成熟子のう盤から単胞子分離によって得たもので、ポテトデキストロース寒天培地上で20°C、15日間培養した若い菌そう片を用いた。各種培地上における菌そう発育実験ではポテトデキストロース寒天培地(ポテト抽出粉末4g、ブドウ糖20g/l蒸溜水)、斉藤氏しょうゆ寒天培地<sup>4)</sup>、マツ生葉煎汁寒天培地(アカマツ生葉50g/l蒸溜水、30分煮沸、ろ過液に2%しょ糖加用)、麦芽寒天培地(麦芽エキス25g/l蒸溜水)、ワックスマン寒天培地<sup>4)</sup>、リチャード寒天培地<sup>4)</sup>、ツァベック寒天培地<sup>4)</sup>の7種を供試した。培養温度は20°Cとし、9cmペトリ皿による平板培地で15日後における菌そうの直径を測定した。

菌そうの発育と温度との関係では、ポテトデキストロース寒天を用いた9cmペトリ皿による平板培地で、5°Cから35°Cまで5°Cずつの温度段階で設定された条件下、10、15、20日後における菌そうの直径を測定した。

#### (2) 調査結果

各種寒天培地上における菌そうの発育を図-10に示す。

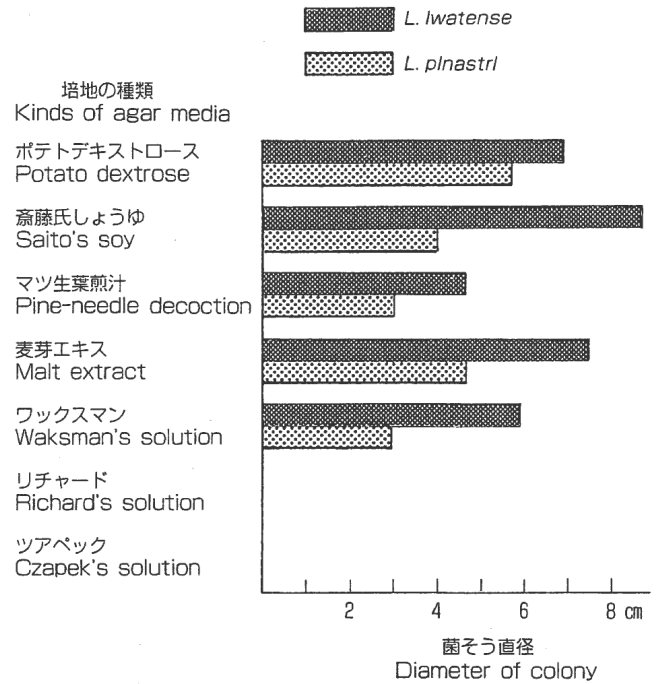


図-10 各種寒天培地上における菌そうの発育 (20°C、15日後、各区ペトリ皿5枚の平均)

Fig. 10 Mycelial growth of *Lophodermium iwatense* and *L. pinastri* on various kind of agar media (at 20°C after 15 days, average of five petri dishes)

*L. iwatense*は斉藤氏しょうゆ寒天培地で最も発育は良好で、ついで麦芽エキス寒天培地、ポテトデキストロース寒天培地、ワックスマン寒天培地上でそれぞれ発育が良かった。マツ生葉煎汁寒天培地上では発育はやや劣り、リチャード及びツァベック寒天培地上では発育しなかった。*L. pinastri*ではポテトデキストロース寒天培地、麦芽エキス寒天培地、斉藤氏しょうゆ寒天培地で発育が良好であった。マツ生葉煎汁寒天培地、ワックスマン寒天培地では発育がかなり劣り、リチャード及びツァベック寒天培地上では発育しなかった。

*L. iwatense*は*L. pinastri*に比べ、いずれの寒天培地においても菌そうの発育が良好であった。

各種寒天培地上における菌そうの特徴を表-14、図版6E、Fに示す。*L. iwatense*では各種寒天培地上において白色系、綿状で、同心円上に伸び、気中菌糸が多いという共通点がみられた。一方、*L. pinastri*では褐色系、ビロード状で不規則または樹枝状にのび、気中菌糸が少ないという共通点が見られた。

培地別では両菌ともにポテトデキストロース寒天培地や斉藤氏しょうゆ寒天培地では菌糸量が多く、厚いのに対し、マツ生葉煎汁寒天培地やワックスマン寒天培地では菌糸量が少なく、薄い菌そうであった。

表-14 各種寒天培地上における菌そうの特徴

Table 14 Cultural characteristics of *Lophodermium iwatense* and *L. pinastri* on various kind of agar media

培地 Agar media	<i>L. iwatense</i>	<i>L. pinastri</i>
ポテト デキスト コース Potato -dextrose	アイボリー※ 綿状 軟密 菌糸量多 伸び良好 同心円状 気中菌糸多 Ivory ※, cottony, dense, growth of colony vigorous, concentric, aerial mycelia abundant	ベージュ周辺くり色 ピロード状 堅密 菌糸量多 伸び良好 樹枝状又は不規則 気中菌糸少 Beige at centre, chestnut brown at margin, velvet-like, dense, growth of colony vigorous, fan-shape or irregular, aerial mycelia sparse
斎藤氏しょうゆ Saito's soy	アイボリー 綿状 軟密 菌糸量著しく多 伸び著しく良好 同心円状 気中菌糸多 Ivory, cottony, dense, growth of colony quite vigorous, concentric, aerial mycelia abundant	銀ネズ周辺くり色 ピロード状 堅密 菌糸量多 伸び良好 不規則 気中菌糸少 Silver grey at centre, chestnut brown at margin, velvet-like, dense, growth of colony vigorous, irregular, aerial mycelia sparse
マツ生葉煎汁 Pine- needle decoction	アイボリーホワイト 薄い 粗 菌糸量少 伸びやや不良 同心円状 気中菌糸少 Ivory white, thin, growth of colony moderate, concentric, aerial mycelia sparse	カーキ周辺ベージュ 薄い 菌糸量少 伸び不良 樹枝状 気中菌糸少 Khaki at centre, beige at margin, thin, growth of colony poor fan-shape, aerial mycelia sparse
麦芽 エキス Malt -extract	ホワイト 綿状 軟密 菌糸量多 伸び良好 同心円状 気中菌糸多 White, cottony, dense, growth of colony vigorous, concentric, aerial mycelia abundant	アイボリー周辺くり色 ピロード状 堅密 菌糸量多 伸び良好 樹枝状又は不規則 気中菌糸少 Ivory at centre, chestnut brown at margin, velvet-like, dense, growth of colony vigorous, fan-shape or irregular, aerial mycelia sparse
ワックスマン Waksman's solution	アイボリーホワイト 薄い 粗 菌糸量少 伸び良好 ほぼ同心円状 気中菌糸少 Ivory white, thin, growth of colony vigorous, irregularly concentric, aerial mycelia sparse	薄いカーキ色 ピロード状 堅密 菌糸量少 伸び不良 樹枝状又は不規則 気中菌糸少 Pale khaki, velvet-like, dense, growth of colony poor fan-shape or irregular, aerial mycelia sparse
リチャード Richard's solution	全く発育しない No growth	全く発育しない No growth
ツアベック Czapek's solution	全く発育しない No growth	全く発育しない No growth

※色名は久保田<sup>30)</sup>による。 Colar name after Kubota<sup>30)</sup>

菌そうの発育と温度との関係を図-11に示す。*L. iwatense*では20℃が最も発育が良好で、ついで25℃が良好であった。15℃では発育が劣り、10℃ではごく僅かに発育がみられたが、5℃、30℃及び35℃ではまったく発育

しなかった。*L. pinastri*では25℃が最も発育が良好で、ついで20℃で良好であった。15℃及び30℃では発育が劣り、10℃ではごく僅かに発育がみられたが、5℃及び35℃ではまったく発育しなかった(図版7C, D)

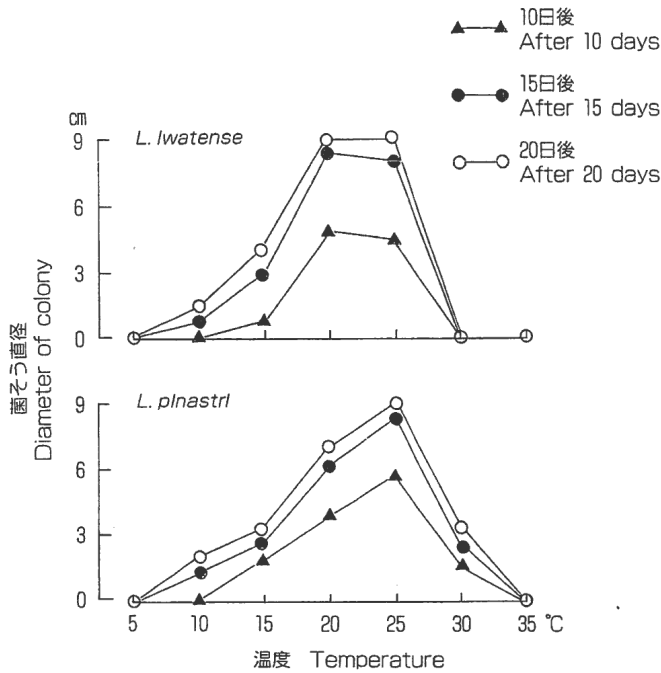


図-11 菌そう発育に及ぼす温度の影響  
(ポテトデキストロース寒天培地)

Fig. 11 Influence of temperature on mycelial growth of *Lophodermium iwatense* and *L. pinastri* (potato dextrose agar)

*L. iwatense* は *L. pinastri* に比べ、発育適温はやや低温側にあることが示された。

#### 4 考察

千葉・陳野<sup>7)</sup> は *L. pinastri* の子のう胞子の放出及び子のう胞子の発芽条件について述べているが、その内容は本実験での *L. pinastri* の結果とほぼ一致している。すなわち、子のう胞子放出の適温は20℃～25℃で、関係湿度100%の場合にのみ放出され、子のう胞子の発芽適温は20～25℃となっている。一方、*L. iwatense* の子のう胞子放出や子のう胞子発芽の適温も20～25℃であったが、適温の範囲についてみると *L. pinastri* よりもやや低温側に片寄った。特に子のう胞子が10、15℃でも高率に発芽したことは特徴的であった。なお、Lanier<sup>32)</sup> は *L. pinastri* の子のう胞子は20℃、関係湿度90～95%で良く発芽すると述べている。

*L. iwatense* の野外での子のう胞子の飛散時期は7～9月で<sup>7)</sup>、この時期の盛岡市における平均気温は18.1～23.2℃であり<sup>26)</sup>、子のう胞子の発芽適温と一致している。一方、*L. pinastri* の東京での子のう胞子飛散時期は6～7月で<sup>7)</sup>、東京におけるこの時期の平均気温は21.7～25.2℃であり<sup>26)</sup>、*L. pinastri* の子のう胞子の発芽適温と一致している。

菌そうの発育適温についても *L. iwatense* は *L. pinastri*

よりもやや低温側にある。Minter<sup>39・42)</sup> は *L. pinastri* の菌そうの発育について、比較的遅いと述べている。また、Kurkela<sup>31)</sup> は *L. pinastri* の発育が病原性のある *L. seditiosum* よりも遅いと報告している。本実験結果でも *L. pinastri* の菌そうは *L. iwatense* に比べ、各種寒天培地において発育が遅かった。

*L. iwatense* の菌そうは白色系、綿状で同心円状に伸び、気中菌糸が多いのに対し、*L. pinastri* では褐色系、ピロード状で、樹枝状又は不規則に伸び、気中菌糸が少ないという特徴が見られ、菌そうによる両者の識別は可能である。

## VI *Lophodermium iwatense* の生態的性質

本病防除のための基礎資料を得る目的で、野外観察及び定期的な試料採取により、野外における本菌子のう盤と子のう胞子の形成時期及び子のう胞子の飛散状態について調査した。

### 1 子のう盤の形成

#### (1) 調査方法

1974年4月及び1975年4月、岩手県滝沢村の岩手県林業試験場附属苗畑におけるアカマツ及びクロマツ苗木から、それぞれ *L. iwatense* に感染・罹病して褐変した針葉を採取した。これら針葉を、当场構内で下記の方法で保存し、1974年はほぼ1ヵ月おきに、1975年はほぼ10日おきに、これら針葉から任意に約100本を選び、子のう盤の形成率を調べた。なお、1974年は苗畑保存区についてのみ調査した。

- ① 苗畑保存区：褐変針葉を砂を入れた直径30cmの素焼きポットに広げ日当りのよい苗畑に配置し、ポットの上面を寒冷紗で覆った。
- ② 林内保存区：褐変針葉を砂を入れた直径30cmの素焼きポットに広げて日陰のアカマツ林内に配置し、ポットの上面を寒冷紗で覆った。
- ③ 枝につるす区：褐変針葉を長さ80cm、幅40cmの寒冷紗袋に入れてアカマツ林内の枝につるした。
- ④ 室内保存区：褐変針葉を長さ80cm、幅40cmの寒冷紗袋に入れて雨の当たらない室内に保存した。

#### (2) 調査結果

1974年4月に苗畑に設定したポット内の供試材料の調査結果についてみると、8月6日にはアカマツで85%、クロマツで65%の針葉に子のう盤が認められ、9月5日にはアカマツで92%、クロマツでは97%の針葉に子のう盤が認められた。その後子のう盤の形成率は増加しなかった。

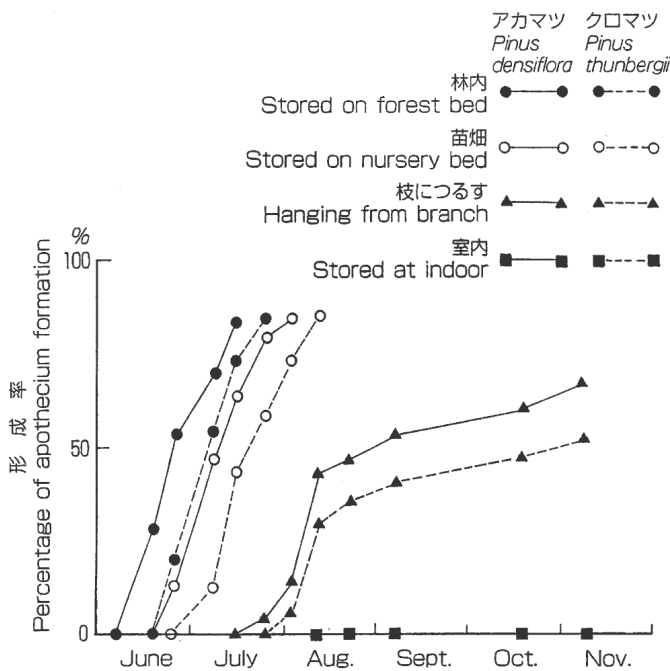


図-12 異なる保存条件のもとにおける子のう盤の形成 (1975年)

Fig. 12 Development of apothecium on diseased needles stored under several different conditions (1975)

1975年4月に設定した各区の調査結果を図-12に示す。ポットに入れて苗畑で保存した区では、アカマツでは6月27日に14%に子のう盤が認められ、8月4日には80%に達した。一方クロマツでは7月8日に13%に子のう盤が認められ、8月12日には85%に達した。ポットに入れてマツ林で保存した区では、アカマツでは6月17日に28%に子のう盤が認められ、7月14日には82%に達した。一方、クロマツでは6月27日に20%に子のう盤が認められ、7月23日には84%に達した。その後両区のアカマツ、クロマツともに子のう盤の形成率は増加しなかった。

寒冷紗袋に入れてマツ林の枝につるした区では、アカマツでは子のう盤は7月23日から認められ、8月12日43%、10月15日54%、11月6日では67%のそれぞれ形成率であった。一方クロマツでは8月4日から子のう盤が認められ、8月12日30%、10月15日47%、11月6日51%のそれぞれ形成率であった。その後はアカマツ、クロマツともに子のう盤の形成率は増加しなかった。室内で保存した区では、8・9・10・11月及び翌年の6・8・10月、いずれの調査でも子のう盤形成が認められなかった。

以上の結果から、春に褐変した針葉には早ければ当年の6月中旬から子のう盤が形成され、7月上・中旬以降に多く認められること、また乾燥ぎみの場合(枝につるした区)は形成がこれより遅れ、さらに雨にあたらないうような場合は子のう盤はほとんど形成されないことなど

が明らかとなった。

## 2 子のう胞子の形成

### (1) 調査方法

1974年4月、岩手県林業試験場構内のアカマツ及びクロマツ被害苗木から褐変した針葉を採取し、これら針葉を砂を入れた直径30cmの素焼きポットに広げて苗畑に配置し、ポットの上面を寒冷紗で覆った。またアカマツ罹病針葉を金網で包んで苗畑の地上高30cmの所に設定し、ほぼ1ヵ月おきにこれら針葉に形成された子のう盤の切片を作成して子のう胞子の有無を観察した。なお、切片作成に供試した子のう盤の数は各時期とも20個である。

1975年4月、当场産のアカマツ及びクロマツ被害苗木から褐変した針葉を採取し、これら針葉を砂を入れた直径30cmの素焼きポットに広げて苗畑に配置し、ポットの上面を寒冷紗で覆った。そしてほぼ10日おきに、これら針葉に形成された子のう盤について、各時期20個の子のう盤の切片を作成して子のう胞子の有無を観察した。

また、子のう盤形成の針葉を素寒天平板培地入りのペトリ皿のふたにはりつけて、25℃で3日間保持し、培地上に落下した子のう胞子の数を調べた。なお、使用したペトリ皿は各時期3枚で、子のう盤が3~4個形成した約2cmの針葉を1枚あたり3ヵ所にはりつけた。

### (2) 調査結果

1974年4月に設定した各区の切片の顕微鏡観察結果では、ポットに入れて苗畑に配置したアカマツ、クロマツの褐変針葉ではいずれも子のう胞子は8~9月に多く認められたが、10月以降はほとんど認められなかった。

アカマツ褐変針葉を金網に包んで苗畑の地上高30cmの所に設定した区では8~10月に子のう胞子が多く認められ、その後翌年7月までわずかながら子のう胞子の存在が認められた。

1975年における各区の切片の顕微鏡観察結果は表-15に示す。アカマツ苗木の褐変針葉では子のう盤は6月中旬から形成が認められたが、まだ、未成熟であり子のう胞子は認められなかった。下旬になると子のう盤は成熟して子のう胞子も認められた。子のう胞子は7月中~9月下旬にかけて多くなり、その後10月中旬まで認められた。

クロマツ苗木の褐変針葉では子のう盤の形成は7月上旬から、そして子のう胞子は7月中旬以降認められた。子のう胞子は7月下旬~9月中旬に多く、その後減少するが10月中旬まではその存在が認められた。アカマツ、クロマツそれぞれの試料の子のう盤の内容は9月中旬から空になっているのが見られるようになり、10月に入ると内容が空になっているが目立って多くなった。10月

表一15 *Lophodermium iwatense* の子のう胞子の形成時期 (1975年)

Table 15 Season of ascospore formation in *Lophodermium iwatense* (1975)

調査月日 Date of observation	アカマツの 褐変針葉上 On the brown needles of <i>Pinus densiflora</i>	クロマツの 褐変針葉上 Oh the brown needles of <i>Pinus thunbergii</i>
June 18	無 None	無 None
25	少 Sparse	無 None
July 5	少 Sparse	無 None
14	多 Many	少 Sparse
22	多 Many	多 Many
Aug. 12	多 Many	多 Many
Sept. 5	多 Many	多 Many
16	多 Many	多 Many
26	多 Many	少 Sparse
Oct. 9	少 Sparse	少 Sparse
18	少 Sparse	少 Sparse
28	無 None	無 None
Nov. 6	無 None	無 None
26	無 None	無 None

各時期子のう盤20個の顕微鏡観察による  
Formation of mature ascospores in 20 sample apothecia were observed under the microscope at each period.

無：子のう盤の中に子のう胞子は認められない。

None : Apothecia immature and no ascospores were observed

少：子のう盤の中に子のう胞子は少し認められ、子のう胞子を持つ成熟子のう盤の割合は50%以下。

Sparse : A small number of ascospores was recognized in apothecia and rate of mature apothecia was less than 50% of apothecia observed.

多：子のう盤の中に子のう胞子は多く認められ、成熟子のう盤の割合は50%以上。

Many : A large number of ascospores was recognized in apothecia, and rate of mature apothecia was more than 50% of apothecium observed.

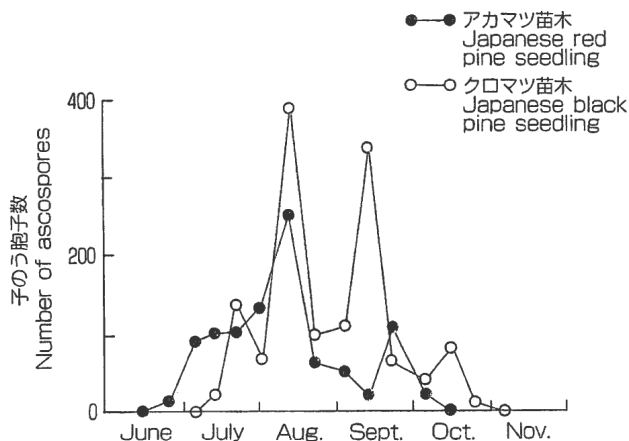
下旬以降は子のう盤はいずれも内容が空で子のう胞子は認められなかった。

素寒天培地上に落下した子のう胞子の放出数を1視野(150倍)中の数の平均値で図-13に示す。アカマツ苗木の褐変針葉では6月下旬から10月上旬にかけて子のう胞子の落下が見られ、特に8月上旬に多かった。クロマツ苗木の褐変針葉では7月中旬から10月下旬にかけて子のう胞子の落下が見られ、特に8月上旬と9月中旬に多かった。

### 3 子のう胞子の飛散

#### (1) 調査方法

岩手県林業試験場のマツ葉ふるい病被害発生苗畑内に2㎡(1×2m)の区域を設定し、ここに5月下旬、罹病落葉を均一に敷きつめた。この区域で上面にグリセリ



図一13 子のう胞子の放出数  
(子のう胞子数は1視野(150倍)中の数、9回調査の平均)

Fig. 13 Number of ascospores discharged from apothecia (Number of ascospores per a visual field of microscope, average of nine repetition)

ンを塗布したスライドガラスを水平に設置して子のう胞子を捕捉した。

飛散時期の調査は、1976~1979年の4カ年にわたり、6~11月の期間中3~5日おきに、地表から10cmの高さに毎回2枚ずつのスライドガラスを午前9時に設置し、翌朝9時に回収して行った。

飛散の高さの調査では、成熟子のう盤の多い7月下旬~8月上旬に高さ4mの支柱を立て、地表から10、30、50、100、150、200、300、400cmの高さにそれぞれスライドガラスを水平に固定して子のう胞子を採取した。また、1979年7月下旬~8月上旬の間、地表10cmの高さに設置したスライドガラスで子のう胞子を捕捉して飛散と気象条件との関係について調べた。なお、気象観測資料は当场と隣接している岩手県立農業試験場における観測記録を用いた。

捕捉した子のう胞子については、スライドガラスの中央部にシェア氏液を1滴落し、その上に18×18mmのカバーガラスをかけ、その範囲の全胞子数を顕微鏡下で計数した。

#### (2) 調査結果

##### ① 子のう胞子の飛散時期

子のう盤は罹病落葉上に1976、1977、1979年は6月下旬ころから現れ、7月上・中旬以降に多くなった。1978年は7月下旬から見られるようになり、8月上旬以降多くなったが、上記3か年に比べて子のう盤の形成量は少なかった。このような条件下での子のう胞子



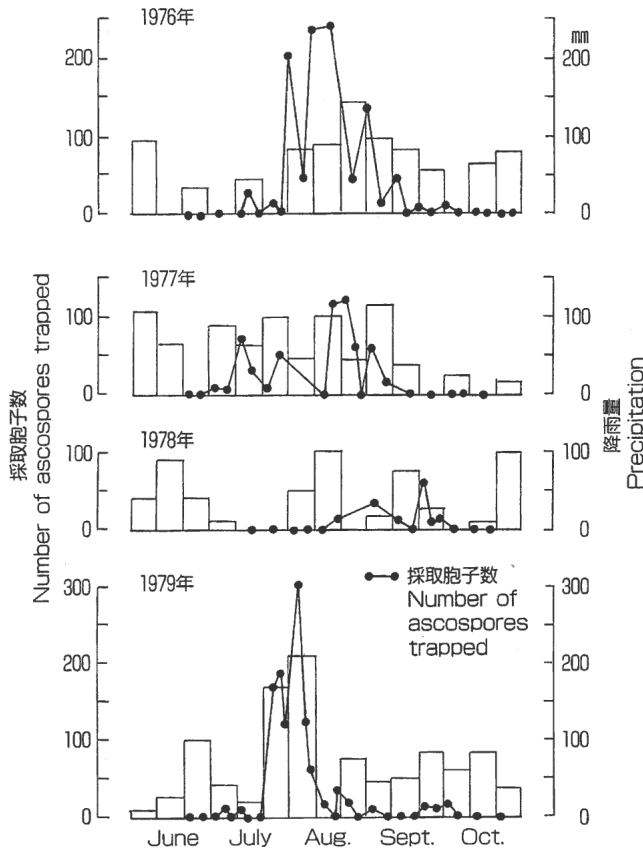


図-14 *Lophodermium iwatense* による子のう胞子の飛散時期

Fig. 14 Discharge periods of ascospores in *Lophodermium iwatense*

の飛散状態は図-14に示すとおりである。子のう胞子は1976年は7月中旬から採取され、8月上旬～9月上旬にかけて多く、10月上旬まで採取された。1977年は7月上旬から9月上旬まで、また、1978年は8月下旬から9月下旬までの間採取された。1979年は7月上旬から10月上旬までの間採取され、特に7月下旬～8月上旬にかけて多かった。4か年の結果から(図-15)、子

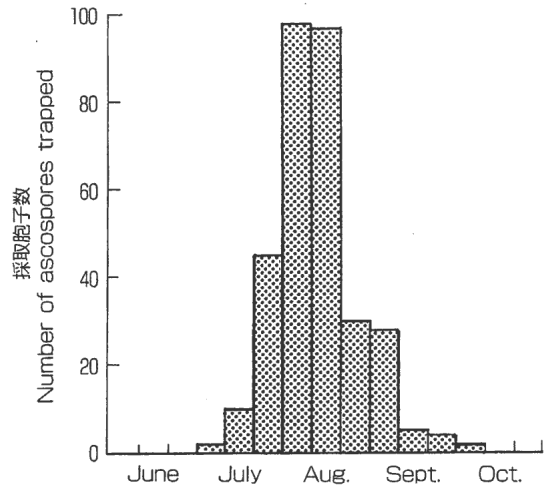


図-15 *Lophodermium iwatense* による子のう胞子の飛散時期 (1976から1979年までの4か年の平均)

Fig. 15 Season of ascospore discharge in *Lophodermium iwatense* (Average of experiment during four years from 1976 to 1979)

のう胞子は野外において7月上旬～10月上旬にかけて飛散し、特に7月下旬～9月上旬の間で活発であった。

② 子のう胞子飛散の高さ

結果は表-16に示すように、調査期間を通じた採取胞子数の合計で見ると、地表10cmの高さでは711個採取され、これは採取総胞子数の63%であった。30cmの高さでは17%に減少し、50cmでは10%、100cmでは6%とさらに減少した。150cm以上になると採取胞子数は極端に少なくなった。しかし、400cmの高さでもごくわずかではあったが子のう胞子は採取された。

③ 子のう胞子飛散と気象条件

結果は表-17に示すように胞子が多数採取された日はいずれも降雨日で、降雨日における1回あたりの平

表-16 *Lophodermium iwatense* の子のう胞子飛散と高さとの関係 (1979年)

Table 16 Relation between various heights and discharge of ascospores in *Lophodermium iwatense* (1979)

調査年月日 Date of observation	採取胞子数 Number of ascospores trapped								温度 Temperature (°C)			降雨量 Precipitation (mm)
	高さ Distance above the ground (cm)								最高 Max.	最低 Min.	平均 Ave.	
	10	30	50	100	150	200	300	400				
July 23	163	35	8	3	0	0	0	0	27.3	20.3	23.8	81.0
30	2	0	0	0	0	0	0	0	26.1	20.1	23.1	0
Aug. 2	315	68	55	40	4	2	1	1	25.9	22.1	24.0	26.8
6	47	34	24	15	5	6	1	0	28.6	16.4	22.5	14.0
7	123	34	11	10	10	5	4	1	24.1	19.9	22.0	16.0
8	61	26	12	1	0	0	0	0	24.2	18.3	21.3	0.5
計 Total	711	197	110	69	19	13	6	2				

採取胞子数：個数/18×18mm<sup>2</sup>/1日

Number of ascospores trapped : number/18×18mm<sup>2</sup>/1 day

表-17 *Lophodermium iwatense* の子のう胞子飛散と気象との関係 (1979年)  
 Table 17 Relation between the meteorological conditions and discharge of ascospores in *Lophodermium iwatense* (1979)

調査月日 Date of observation	採取胞子数 Number of ascospores trapped	天 気 Weather (9 a.m.)	温 度 Temperature (°C)			降雨量 Precipitation (mm)	湿度 Relative humidity (%) (9 a.m.)	風 速 Wind velocity (m/sec.) (9 a.m.)
			最高 Max.	最低 Min.	平均 Ave.			
July 23	163	雨 Rainy	27.3	20.3	23.8	81.0	98	1.0
24	188	晴 Clear	30.1	19.5	24.8	6.6	78	3.0
25	0	晴 Clear	29.6	21.5	25.6	0	88	3.0
30	2	曇 Cloudy	26.1	20.1	23.1	0	92	1.0
31	188	雨 Rainy	29.7	19.8	24.8	8.0	92	3.0
Aug. 1	1	曇 Cloudy	28.7	20.8	24.8	0	97	1.0
2	315	曇 Cloudy	25.9	22.1	24.0	26.8	82	1.0
3	12	晴 Clear	27.3	15.6	21.5	0	75	1.0
6	47	曇 Cloudy	28.6	16.4	22.5	14.0	98	3.0
7	123	曇 Cloudy	24.1	19.9	22.0	16.0	95	3.0
8	61	曇 Cloudy	24.2	18.3	21.3	0.5	85	1.0
9	0	晴 Clear	28.9	16.8	22.9	0	88	1.0

採取胞子数：個数/18×18mm<sup>2</sup>/1日  
 Number of ascospores trapped: number/18×18mm<sup>2</sup>/1 day

均採取胞子数は145個であった。これに対し、無降雨日には全く採取されないか、採取されても12個以下であり、1回あたりの平均採取胞子数は3個であった。なお、温度及び風速と胞子飛散との間にははっきりした関係は認められなかった。

つぎに子のう胞子が比較的多く採取された1976～1979年の7月中・下旬～8月下旬ないし9月上旬(1978年は8月下旬～9月下旬)について、ばく露期間中のスライドグラスが雨にあったものと雨にあわないものに分けて胞子の採取状態を調べてみると図-16に示すとおりであった。なお、これらの期間に使ったスライドグラスは104枚で、降雨日は50枚、無降雨日は54枚であった。図-16によると、雨にあったスライドグラスでは全てに子のう胞子が採取され、しかも採取胞子数が多かった。これに対し、雨にあわないものでは胞子を捕捉したスライドグラスの割合は52%で、採取胞子数も比較的少なかった。なお、雨にあわないスライドグラスの中で子のう胞子が採取された場合を

みると、朝露がおりたか、降雨量は0であっても霧雨となった場合に限られるようであった。

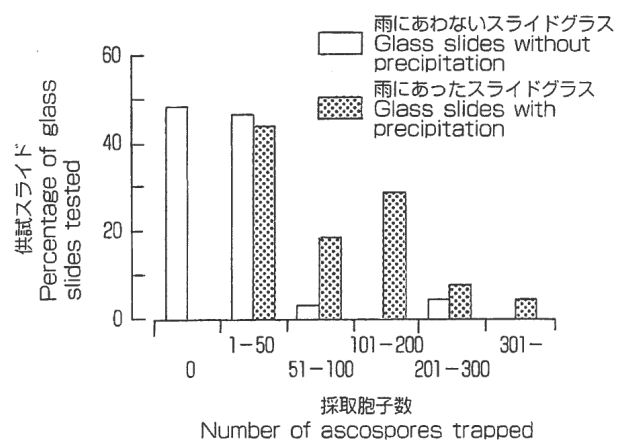


図-16 *Lophodermium iwatense* の子のう胞子の飛散と降雨の関係  
 Fig. 16 Relation between precipitation and discharge of ascospores in *Lophodermium iwatense*

4 生活史

*Lophodermium iwatense*の子のう盤、子のう胞子の形成時期などについては前項までに述べてきたが、さらに岩手県林業試験場構内のアカマツ被害苗木から褐変した針葉を採取し、精子器、精子についても検鏡、分離培養、発芽試験などによって生態を明らかにしたので、これらをあわせて本菌の生活史をまとめる(図-17)。

(1) 精子時代

春に褐変、落葉した病葉に5月上旬ころから精子器が形成される。5月中旬になるとこの中に精子が形成され、5月下旬から6月中旬にかけてその形成は盛んとなる。精子は6月下旬になると少なくなり、7月には精子器内に精子は認められなくなる。なお、精子には発芽能力がない。

(2) 子のう胞子時代

春に褐変、落葉した病葉に子のう盤が現れてくるのは6月中旬ころからである。そして6月下旬になると子のう胞子が形成され、7月中旬から9月中旬にかけてその形成は盛んとなる。10月になると子のう盤内は空となるものが多く、11月にはほとんどが空となって子のう胞子は認められない。

5 考察

*Lophodermium iwatense*は春に褐変落葉した病葉上に当年の6月中旬ころから子のう盤を形成し、子のう盤形成の約10日後には子のう胞子の形成が始まる。子のう胞子の形成最盛期は7月中旬～9月中旬であり、また、野外における子のう胞子の飛散時期のピークは7月下旬～9月上旬で、この時期がマツ類への感染時期である。

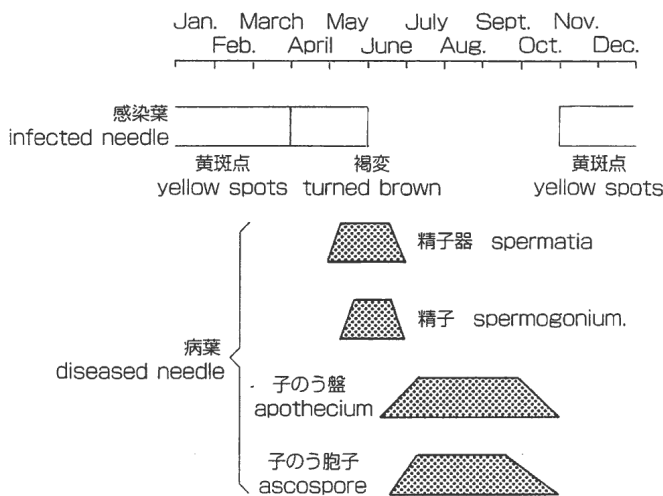


図-17 マツ葉ふるい病菌 *Lophodermium iwatense* の生活史

Fig. 17 Life history of pine needle cast fungi, *Lophodermium iwatense*

千葉・陳野<sup>7)</sup>は *L. pinastri*について、東京で調査した結果から春に褐変し、5～6月に落葉した病葉上に子のう盤は当年の8月から形成され始め、子のう胞子は10月に少し形成される。そして、子のう胞子の形成最盛期は翌年の6月上旬～7月中旬で、この時期がマツ類への感染時期であると報告している。このように、*L. iwatense*と *L. pinastri*とでは子のう盤や子のう胞子の形成、また子のう胞子のマツ類への感染時期などにおいて大きく異なることが明らかになった。

北米における *L. pinastri*の子のう胞子の飛散時期について、Powell & Leben<sup>58)</sup>は8月下旬～9月、Nicholls & Skilling<sup>49)</sup>は8～10月でそのピークは9月、また Merrill & Kistler<sup>36)</sup>は子のう胞子によるマツ類への感染時期は7月下旬～8月とそれぞれ報告している。Minter & Millar<sup>41)</sup>はマツ類に寄生する葉ふるい病菌3種の子のう胞子の飛散時期について調べ、*L. pinastri*の子のう胞子の飛散時期は4～8月でそのピークは5月、*L. conigenum*は10～6月でそのピークは11～2月、*L. seditiosum*は8～4月でそのピークは10～12月であり、種により子のう胞子の飛散時期が異なることを明らかにしている。また、Lazarev<sup>34)</sup>もユーゴスラビアにおいて、*L. pinastri*の子のう胞子は5～6月に飛散するのに対し、病原性の強い *L. seditiosum*は8月中旬～10月とそれぞれ飛散時期が異なることを報告している。*L. seditiosum*について何乗章<sup>54)</sup>は中国において子のう胞子飛散時期は6～8月でそのピークは7月、Uscuplic<sup>89)</sup>はユーゴスラビアにおいて子のう胞子によるマツ類への感染時期は8月1日～9月15日と述べている。原戈<sup>16)</sup>は中国においてマツ葉ふるい病を起こす *L. maximum*の子のう胞子飛散は5月下旬～8月上旬でそのピークは7月下旬と報告している。

岩手県でアカマツ苗に大きな被害を与えた *L. iwatense*の子のう胞子の飛散時期のピークは7月下旬～9月上旬で、このように葉ふるい病菌の種により子のう胞子の飛散時期は異なり、従ってマツ類への感染時期も異なることが多くの報告によって明らかにされている。

*L. iwatense*の野外における子のう胞子の飛散は降雨日に多く、無降雨日にはほとんど飛散しない。このことは子のう胞子が関係湿度100%の場合にのみ放出する室内実験結果と一致する。Nicholls & Skilling<sup>49)</sup>も *L. pinastri*の子のう胞子は降雨時に多く飛散することを報告している。子のう胞子が降雨時に多く飛散するのは子のうが水を吸収することによって子のうの膨圧が高まり、子のう胞子が外界にはじき出されるためであると考えられる。

*L. iwatense* の子のう胞子の飛散はほとんどが苗高以下となっていて、それほど高くへ飛散しない。このような飛散状況は本病がマツ類の苗木や幼齢木の下枝葉に主として発生することを裏づけている。

### VII *Lophodermium iwatense*によるマツ葉ふるい病の発生と育苗方法

#### 1 施肥と発病との関係

本病は比較的土壌条件の悪い所に多く発生するように観察されたので、施肥と本病の発生との関係を確認するために次の試験を行った。

##### (1) 試験方法

試験地は岩手県林業試験場附属苗畑に設定した。この試験地は1967年から表-18のような区を設定し、毎年同じ施肥を行っている肥料試験地で、その施肥量は表-18のとおりである。各区は1ブロック20m<sup>2</sup>の三連制乱塊法により配置してある。1972年及び1976年の4月にアカマツ1年生苗木を床替えし、それぞれ翌年春に各區別に次の基準によって床替苗の全数について、前年葉を対象に罹病状況の調査をした。そして平均罹病指数を以下のように算出した。

激害 (n<sub>3</sub>) : 全針葉の50%以上が褐変, 指数 3  
 中害 (n<sub>2</sub>) : 全針葉の10~50%が褐変, 指数 2  
 微害 (n<sub>1</sub>) : 全針葉の10%未満が褐変, 指数 1  
 健全 (n<sub>0</sub>) : 全く発病が認められない, 指数 0

$$\text{平均罹病指数} = \frac{3n_3 + 2n_2 + 1n_1 + 0n_0}{N}$$

$$N = n_3 + n_2 + n_1 + n_0 \text{ (全調査本数)}$$

なお、薬剤散布は行わなかった。

##### (2) 試験結果

1973年4月7日に調査した結果を表-19に示す。発病は各区ともすべての苗木に見られ罹病率は100%であった。その罹病程度をみると、無肥料区では微害苗が多く、激害苗が少なく、平均罹病指数が最も低かった。無加里区、無窒素区でも平均罹病指数が低かった。それに対し堆肥施用区はいずれも激害苗の占める割合が高く、平均罹病指数も高くなっていた。三要素区と無磷酸区でも平均罹病指数が高かった。

1977年4月8日に調査した結果を表-20に示す。発病は各区ともすべての苗木に見られ罹病率は100%であった。その罹病程度をみると、無肥料区では微害苗が多く、激害苗は少なく、平均罹病指数が最も低かった。無窒素区、無磷酸区でも平均罹病指数が低かった。それに対

表-18 肥料試験における施肥量

Table 18 Amounts of fertilizer applied to the seedling bed

(1 m<sup>2</sup>当り, per 1 m<sup>2</sup>)

区名 Plot	有機質肥料 Organic fertilizer		化学肥料 Chemical fertilizer				
	わら堆肥 Strow compost (kg)	鋸屑堆肥 Sawdust compost (kg)	硫安 Ammonium sulfate (g)	尿素 Urea (g)	過石 Calcium super phosphate (g)	熔磷 Fused phosphate (g)	硫加 Potassium sulfate (g)
A わら堆肥 8 Strow compost	8	0	40	20	50	30	15
B わら堆肥 4 Strow compost	4	0	40	20	50	30	15
C わら堆肥 2 Strow compost	2	0	40	20	50	30	15
D 鋸屑堆肥 4 Sawdust compost	0	4	40	20	50	30	15
E 鋸屑堆肥 2 Sawdust compost	0	2	40	20	50	30	15
F 三要素 NPK	0	0	40	20	50	30	15
G 無窒素 PK	0	0	0	0	50	30	15
H 無磷酸 NK	0	0	40	20	0	0	15
I 無加里 NP	0	0	40	20	50	30	0
J 無肥料 Check	0	0	0	0	0	0	0

表一19 施肥とマツ葉ふるい病 (*Lophodermium iwatense*) 発生との関係 (1972~1973年)

Table 19 Effect of fertilizer application on the occurrence of needle cast of Japanese red pine seedlings caused by *Lophodermium iwatense* (1972~1973)

区名 Plot	調査本数 Number of seedlings tested	罹病率 Percentage of infected seedlings (%)	平均罹病指数 *1 Average of infection index (%)	罹病程度別割合 *2 Degree of infection (%)		
				+++	++	+
A	84	100	2.58	64	30	6
B	80	100	2.55	65	25	10
C	80	100	2.41	56	28	16
D	82	100	2.41	52	37	10
E	80	100	2.25	43	40	18
F	68	100	2.19	41	37	22
G	82	100	1.89	28	33	39
H	80	100	2.07	34	40	26
I	81	100	1.79	18	40	41
J	94	100	1.23	5	15	80
LSD(0.05)			0.46			

$$* 1 \text{ 平均罹病指数} = \frac{3n_3 + 2n_2 + 1n_1 + 0n_0}{N}$$

Average of infection index

$$N = n_3 + n_2 + n_1 + n_0$$

(全調査本数 Total number of seedlings tested)

$n_3$ : 激害、罹病指数 3

Severely affected, infection index 3

$n_2$ : 中害、罹病指数 2

Moderately affected, infection index 2

$n_1$ : 微害、罹病指数 1

Slightly affected, infection index 1

$n_0$ : 健全、罹病指数 0

No- affected, infection index 0

\* 2 罹病程度

Degree of infection

+++ : 激害苗 (全針葉の50%以上が褐変)

Seedlings affected severely

(more than 50% of needles turned brown)

++ : 中害苗 (全針葉の10~50%が褐変)

Seedlings affected moderately

(10-50% of needles turned brown)

+ : 微害苗 (全針葉の10%未満が褐変)

Seedlings affected slightly

(less than 10% of needles turned brown)

して堆肥施用区はいずれも激害苗の占める割合が高く、平均罹病指数が高くなっていた。三要素区と無加里区でも平均罹病指数が高かった。1977年4月に調査したアカマツ苗木の生育状況についてみると、わら堆肥施用区(4 kg/m<sup>2</sup>)では苗高19.0cm、苗重33.4 g、根元径7.2mm、三要素区では苗高19.0cm、苗重23.2 g、根元径5.9mm、

無窒素区では苗高18.3cm、苗重18.4 g、根元径5.4mm、無肥料区では苗高18.4cm、苗重17.1 g、根元径5.3mm、であった。2か年の調査から、本病の発生は苗木の成長の悪い無肥料区や無窒素区で少なく、苗木の成長の良い堆肥施用区や三要素区で罹病程度が高くなり、被害実態調査結果と反対の結果となった。

表一20 施肥とマツ葉ふるい病 (*Lophodermium iwatense*) 発生との関係 (1976~1977年)

Table 20 Effect of fertilizer application on the occurrence of needle cast of Japanese red pine seedlings caused by *Lophodermium iwatense* (1976~1977)

区名 Plot	調査本数 Number of seedlings tested	罹病率 Percentage of infected seedlings (%)	平均罹病指数 *1 Average of infection index (%)	罹病程度別割合 *2 Degree of infection (%)		
				+++	++	+
A	93	100	2.03	34	34	31
B	106	100	2.21	49	23	28
C	99	100	2.25	49	28	23
D	100	100	1.92	23	46	31
E	90	100	2.19	39	41	20
F	113	100	2.30	50	31	19
G	97	100	1.79	22	37	41
H	101	100	1.79	25	30	46
I	99	100	2.27	52	36	22
J	98	100	1.39	6	27	67
LSD(0.05)			0.54			

\* 1, 2 表一19と同じ

Same with the Table 19

2 苗木の越冬条件と発病との関係

本病は風衝地にある苗木、霜柱によって根が露出した苗木、あるいは仮植越冬した苗木などに発生が多く、越冬条件が本病発生と関係するように観察されたので以下の試験を行った。

(1) 越冬条件と発病との関係

① 試験方法

1972年4月、当场苗畑において次のような区を設けて、三連制乱塊法により設定した。1プロット(1m<sup>2</sup>)あたり苗高10cm前後のアカマツ1年生苗木を49本ずつ植え付けた。

Ⓐ被覆区：寒冷紗で11月30日～翌年4月13日まで苗木を覆う。Ⓑ根切り区：11月2日に根切り鋏を用いて地下10cmの深さで根を切断する。Ⓒ秋仮植区：11月2日に苗木を掘取り直後、1本並べにして苗畑に仮植する。Ⓓ春仮植区：4月6日に苗木を掘取り直後、1本並べにして苗畑に仮植する。Ⓔ対照区：上記いずれの処理もおこなわない。

1972年から1973年にかけての根雪期間は図-7に示すように前後の年に比較して積雪量は非常に少なく、苗木が雪に埋没することはなかった。発病調査は1973年4月13日に前項試験と同じ要領で行った。

② 試験結果

結果は表-21に示すように、対照区では激害苗が多く、平均罹病指数が高かった。これに対し、被覆区で

は激害苗は見られず、大部分は微害苗で平均罹病指数も低かった。春仮植区と根切り区は対照区と同程度に平均罹病指数が高く、秋仮植区でも平均罹病指数は高かった。春仮植区では秋仮植区よりも被害が大きかった。

(2) 冬期間における苗木の被覆時期と発病との関係

前項の試験で冬期間に苗木を寒冷紗で被覆した区は本病の発生が少なかったため、その被覆時期と発病との関係を検討した。

① 試験方法

1977年4月、当场苗畑において次のような区を三連制乱塊法により設定した。1プロット(1m<sup>2</sup>)あたり苗高10cm前後のアカマツ1年生苗木を49本ずつ植え付けた。

Ⓐ冬季全期間被覆区：寒冷紗で11月16日～翌年4月28日まで苗木を覆う。Ⓑ根雪前被覆区：寒冷紗で11月16日～12月28日まで苗木を覆う。Ⓒ消雪後被覆区：寒冷紗で4月8日～28日まで苗木を覆う。Ⓓ根雪前と消雪後被覆区：寒冷紗で11月16日～12月28日と翌年4月8日～28日まで苗木を覆う。Ⓔ対照区：寒冷紗で苗木を被覆しない。

なお、雪圧により苗木が倒伏し、土に密着すると雪腐れ病が発生しやすいので土壌表面にヨシズを敷いて苗木と土の接触を防いだ。

1977年から1978年にかけての根雪期間は図-7に示

表-21 越冬状態の違いがマツ葉ふるい病(*Lophodermium iwatense*)発生に及ぼす影響

Table 21 Effect of the difference of wintering condition on the occurrence of Japanese red pine seedlings caused by *Lophodermium iwatense*

区名 Plot	調査本数 Number of seedlings tested	罹病率 Percentage of infected seedlings (%)	平均罹病指数*1 Average of infection index (%)	罹病程度別割合*2 Degree of infection (%)		
				+++	++	+
被覆 Covered with lawn	136	100	1.05	0	4	96
根切り Root pruning	136	100	2.75	74	26	0
秋仮植 Temporary planting in fall	111	100	2.32	41	49	10
春仮植 Temporary planting in spring	142	100	2.85	85	16	0
対照区 Check	147	100	2.88	88	12	0
LSD(0.05)			0.24			

\* 1, 2 表-19と同じ  
Same with the Table 19

表一22 冬期間における苗木の被覆時期がマツ葉ふるい病 (*Lophodermium iwatense*) 発生に及ぼす影響

Table 22 Effect of covering periods of seedling bed at winter on the occurrence of needle cast of Japanese red pine seedlings caused by *Lophodermium iwatense*

被覆時期 Date of covering	調査本数 Number of seedlings tested	罹病率 Percentage of infected seedlings (%)	平均罹病指数 *1 Average of infection index (%)	罹病程度別割合 *2 Degree of infection (%)		
				+++	++	+
全期間 All periods	145	100	1.54	8	37	55
根雪前・消雪後 Before snow coverage After snow melting	146	100	1.70	15	40	45
根雪前 Before snow coverage	146	100	1.86	25	36	39
消雪後 After snow melting	145	100	1.79	11	57	32
対照区 Check	144	100	2.30	41	48	11
LSD (0.05)			0.40			

\* 1, 2 表一19と同じ  
Same with the Table 19

すように12月下旬～4月上旬で、積雪量は比較的多く、苗木は12月下旬～4月上旬まで埋雪した。発病調査は1978年4月28日に前項試験と同じ要領で行った。

② 試験結果

結果は表一22に示すように、対照区で激害苗や中害苗が多く、平均罹病指数は2.30と最も高かった。これに対し、被覆した各区はいずれも激害苗の発生は少なく、平均罹病指数も低かった。特に全期間被覆した区で平均罹病指数が1.54と最も低かった。

3 考察

千葉・陳野<sup>7)</sup>は、施肥条件を異にするアカマツの水耕試験で、本病は無加里区で発生しやすいと報告している。本試験の1977年の結果では、無加里区で被害が大きく、一方、1972年の結果では無加里区は比較的被害が小さいというように、一定した結果とはならなかった。伊藤<sup>18)</sup>は、砂質土壌の苗畑で有機質を欠いた場合に本病が発生しやすいと述べているが、本試験結果では堆肥施用区で被害が大きく、無肥料区で被害が小さかった。

本試験では苗木の成長が良好なわら堆肥施用区などで被害が大きく、苗木の成長が不良な無肥料区や無窒素区で被害が小さいという結果となった。被害実態調査では、被害発生当初は栄養条件の悪い苗畑で被害が多く発生するが2年目、3年目には栄養条件の良い苗畑でも被害が

大きくなることが示されていた。これは菌の密度が高まることで苗木の栄養条件に関係なく被害が発生するためと考えられる。栄養条件が良い場合に被害が大きくなった原因は不明であるが、いずれにしても施肥方法の調整によって本病を予防することは困難であると思われる。

千葉・陳野<sup>7)</sup>は、*Lophodermium pinastri* の子のう胞子をアカマツ苗木に7月に人工接種した試験で、根切りや剥皮処理を接種2か月後に行うのに比べ接種7か月後に行った場合に、より多く発病したと述べているが、本試験で実施した春仮植と秋仮植との比較において、前者で激害苗がより多く発生したことは、千葉・陳野<sup>7)</sup>の結果を裏づけるものとなった。周藤<sup>84)</sup>は、アカマツ、クロマツ苗木が衰弱すると本病が発生しやすいと述べ、千葉・陳野<sup>7)</sup>は病原菌に感染後マツ類苗木の樹体内の含水量が低下すると発病しやすいと報告している。

佐藤<sup>75)</sup>は、小雪寒冷地では根雪期間の短い風衝地で寒風害によってアカマツ、クロマツ針葉が褐変・枯死すると報告しており、風衝地では根雪期間がある程度長い方が短い場合よりもアカマツ、クロマツ針葉が褐変・枯死する場合が少ないと考えられる。冬季間に苗木を寒冷紗で被覆することによって発病を抑制することができたのは、寒風害を防いだためと考えられる。

## VIII *Lophodermium iwatense* による マツ葉ふるい病の薬剤防除試験

本病は岩手県の苗畑で1972～1974年に大発生したが、被害発生当初はその原因が不明で、したがって適切な防除対策も打ち出せないでいた。1972年に被害苗畑調査結果から、マツ葉ふるい病が被害の発生に関与していると考えられたので、1973年に本病を想定して薬剤防除試験を行った。また、1976年に本病病原菌の生態に基づいた薬剤防除試験を行った。

### 1 数種薬剤の防除効果

#### (1) 試験方法

##### ① 試験-1 (遠野市における試験)

試験地は岩手県遠野市にある遠野市森林組合(当時)の苗畑に設定した。この苗畑の周囲はアカマツ林で囲まれていた。供試苗は1973年5月20日、当苗畑で養成した1年生アカマツ苗を1㎡あたり66本植え付けて用意した。試験区は1プロット1㎡で3反復の乱塊法で設定し、プロット間は50cm離れた。

供試薬剤はマンネブ剤(マンネブダイセンM、マンガニーズエチレンビスジチオカーバメイト75%)、ジネブ剤(ダイセン、ジンクエチレンビスジチオカーバメイト72%)の各500倍液、ダイホルタン剤(N-テトラクロルエチルチオテトラヒドロフタルイミド80%)1,000倍液、ベノミル剤(ベンレート、メチル1-(ブチルカルバモイル)-2-ベンゾイミダゾールカーバメイト50%)2,000倍液及び4-4式ボルドー液であった。薬剤は小型噴霧機で1㎡あたり300mlずつ散布した。なお、薬剤の付着性を高めるために展着剤アグラール(ポリオキシエチレンアルキルフェノールエチレンオキシド20%)を薬液1ℓあたり1～2滴ずつ添加した。散布月日は次のとおりであった。

①1973年6月1日 ②6月15日 ③6月28日 ④7月12日 ⑤7月30日 ⑥8月13日 ⑦8月28日 ⑧9月12日 ⑨9月27日 ⑩10月16日

発病調査は1974年4月26日、植え付け苗の全数について行った。各区別に次の基準により平均罹病指数を算出した。

激害 ( $n_3$ ): 全針葉の50%以上が褐変, 指数3  
 中害 ( $n_2$ ): 全針葉の10～50%が褐変, 指数2  
 微害 ( $n_1$ ): 全針葉の10%未満が褐変, 指数1  
 健全 ( $n_0$ ): 全く発病が認められない, 指数0

$$\text{平均罹病指数} = \frac{3n_3 + 2n_2 + 1n_1 + 0n_0}{N}$$

$$N = n_3 + n_2 + n_1 + n_0 \text{ (全調査本数)}$$

試験実施期間中の1973年5月から1974年4月までの気温は、5月から8月にかけてやや高く、9月以降は平年並みかやや低めであった。降雨量は平年に比べ、5月から8月に少なく、特に7月は5mmで平年の約3%であった。9月以降は平年よりやや多かった。

##### ② 試験-2 (宮守村における試験)

試験地は遠野市の西方約15kmに位置する宮守村で、周囲は田畑で囲まれていたが、アカマツ林が近くにあった。供試苗は1973年4月19日、当苗畑で養成した1年生のアカマツ苗を1㎡あたり64本植え付けて用意した。

試験区、供試薬剤及び濃度は試験-1と同じである。散布月日は次に示すとおりであった。

①1973年5月31日 ②6月15日 ③6月29日 ④7月13日 ⑤7月31日 ⑥8月14日 ⑦8月29日 ⑧9月13日 ⑨9月26日 ⑩10月17日

発病調査は1974年4月23日、前記試験と同じ要領で行った。また、4月23日に1ブロックの各処理区から任意に40本ずつ苗木を掘り取り、岩手県林業試験場附属苗畑に植え付けた。約4か月後の8月14日に、前年葉におけるマツ葉ふるい病菌の子のう盤形成状態を調査した。

#### (2) 試験結果

##### ① 試験-1

結果は表-23のとおりであった。対照区での罹病率100%、平均罹病指数1.89に対して、ジネブ剤、マンネブ剤、ダイホルタン剤、ベノミル剤の各区で罹病率が低かった。ボルドー液区は薬害による針葉の褐変で罹病程度の判定が困難であった。

##### ② 試験-2

結果は表-24に示すとおりであった。対照区で罹病率100%、平均罹病指数2.02に対し、ベノミル剤、マンネブ剤、ダイホルタン剤、ジネブ剤の各区で罹病率が低かった。ボルドー液区は薬害による針葉の褐変で罹病程度の判定が困難であった。

8月14日の調査では対照区で全ての苗木の前年葉が褐変していた。子のう盤も全ての苗木に認められ、その形成数も著しく多かった。これに対して、マンネブ剤、ジネブ剤、ダイホルタン剤各区では褐変葉が少なく、子のう盤の形成も少なかった。なかでもマンネブ剤区では子のう盤の形成はほとんど認められなかった。ベノミル剤区では褐変葉がやや多く、子のう盤の形成もやや多かった。ボルドー液区では褐変葉が多かったが、子のう盤の形成は少なかった。

以上の試験結果から、*L. iwatense*によるマツ葉ふるい病に対してはマンネブ剤、ジネブ剤、ダイホルタン



表-23 *Lophodermium iwatense* によるアカマツ苗葉ふるい病の薬剤防除試験結果 (遠野苗畑, 1973~1974年)

Table 23 Results of control experiment with several fungicides for needle cast of Japanese red pine seedlings caused by *Lophodermium iwatense* (at Tono nursery, Iwate Pref., from 1973 to 1974)

薬 剤 *1 Fungicide	調査本数 Number of seedlings tested	罹 病 率 Percentage of infected seedlings (%)	平均罹病指数 *2 Average of infection index (%)	罹病程度別割合 *3 Degree of infection (%)		
				+++	++	+
マンネブ剤 Maneb	194	5.7	0.06	0	0	6
ジネブ剤 Zineb	188	1.6	0.02	0	0	2
ダイホルタン剤 Difoltan	191	6.3	0.06	0	0	6
ベノミル剤 Benomyl	181	7.2	0.07	0	1	7
ボルドー液 Bordeaux mixture	184	100 *4	2.08 *4	26 *4	56 *4	18 *4
対 照 区 Check	161	100	1.89	25	39	36

\* 1, 2 薬剤は1973年5月から9月にかけて10回散布。防除効果は1974年4月23日に調査  
Each fungicide was sprayed ten times from May to September of 1973, and evaluation of effect was examined on April 23, 1974.

\* 2, 3 表-19と同じ  
Same with the Table 19

\* 4 薬害による針葉の褐変が主体を占める  
Phytotoxicity appeared mainly.

剤、ベノミル剤に防除効果が認められた。なかでも子  
のう盤の形成程度からみてマンネブ剤が最も有効であ  
った。ボルドー液区では針葉が褐変したが、子のう盤  
の形成は少なかったことから、春における褐変葉の大

半は薬害によるものと推定した。

2 マンネブ剤の散布時期・回数別の防除効果

(1) 試験方法

試験地は滝沢村砂込の岩手県林業試験場附属苗畑に設

表-24 *Lophodermium iwatense* によるアカマツ苗葉ふるい病の薬剤防除試験結果 (宮守苗畑, 1973~1974年)

Table 24 Results of control experiment with several fungicides for needle cast of Japanese red pine seedlings caused by *Lophodermium iwatense* (at Miyamori nursery, Iwate Pref., from 1973 to 1974)

薬 剤 *1 Fungicide	調査本数 Number of seedlings tested	罹 病 率 Percentage of infected seedlings (%)	平均罹病指数 *2 Average of infection index (%)	罹病程度別割合 *3 Degree of infection (%)			子のう盤形成程度 Degree of apothecia formation
				+++	++	+	
マンネブ剤 Maneb	190	3.2	0.03	0	0	3	無~少 None ~ Sparse
ジネブ剤 Zineb	190	7.4	0.07	0	0	7	少 Sparse
ダイホルタン剤 Difoltan	187	5.3	0.05	0	0	5	少 Sparse
ベノミル剤 Benomyl	188	0	0	0	0	0	中 Moderate
ボルドー液 Bordeaux mixture	187	100 *4	1.59 *4	16 *4	44 *4	40 *4	少 Sparse
対 照 区 Check	185	100	2.02	15	72	13	多 Numerous

\* 1, 2, 3, 4 表-19, 23と同じ  
Same with the Tables 19, 23

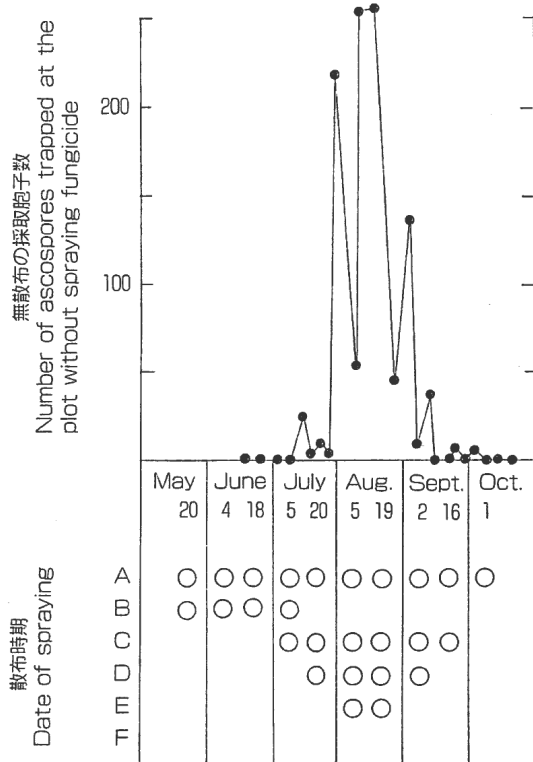


図-18 子のう胞子の飛散と薬剤散布時期との関係 (1976年)

Fig. 18 Relation between the number of ascospores trapped on glass slides and date of fungicide spraying (1976)

定した。この試験地の東側にはアカマツ幼齡林があり、林内にはマツ葉ふるい病菌 *L. iwatense* が多数観察された。1976年5月8日、当苗畑で養成した1年生アカマツ苗を1㎡あたり45本ずつ植え付けて供試苗を用意した。試験区は1プロット1㎡、3反復の乱塊法で設定し、プロット間は50cm離れた。供試薬剤はマンネブ剤の500倍液で、小型噴霧機により1㎡あたり300mlずつ散布した。散布月日及び散布回数は図-18に示すとおりである。

伝染源となるマツ葉ふるい病菌は当試験地の東側林内に多数存在し、さらに各プロットの苗床面に病落葉を均一に敷きつめ、また各プロット間に罹病苗木を植え付けて接種源とした。

発病調査は1977年4月22日及び6月22日前記試験と同じ要領で行った。

8月15日、各区ごとに前年葉における *L. iwatense* の子のう盤と子のう胞子の形成状態を調査した。

試験期間中の1976年5月から1977年4月までの気温は、7~9月は平年に比べ低めで、特に8月は異常低温であった。また11月から翌年2月は低めで、特に1月は低かった。降雨量は平年に比べ7月は少なく、8月と9月は多かった。降雪は11月中旬から翌年4月上旬まで見られ、最高積雪深は約80cmで平年並みであった。

この試験における *L. iwatense* の子のう胞子の飛散時期を明らかにするため、子のう胞子の採取を行った。そ

表-25 *Lophodermium iwatense* によるアカマツ苗葉ふるい病に対するマンネブ剤の散布時期および回数防除試験結果

Table 25 Results of control experiment with Maneb to investigate the effect of the periods and frequencies of spraying for needle cast of Japanese red pine seedlings caused by *Lophodermium iwatense* (at Takizawa nursery, Iwate Pref.)

No.	散布時期 Periods of spraying	散布回数 Frequencies of spraying	調査本数 Number of seedlings tested	罹病率 Percentage of infected seedlings (%)	平均罹病指数*1 Average of infection index (%)	罹病程度別割合*2 Degree of infection (%)		
						+++	++	+
A	5~10月 May~Oct.	10	147	1→1*3	0.01→0.01	0→0	0→0	1→1
B	5~7月 May~July	4	142	100→100	2.16→2.96	39→96	39→4	23→0
C	7~9月 July~Sept.	6	143	1→1	0.01→0.01	0→0	0→0	1→1
D	7~9月 July~Sept.	4	140	1→1	0.01→0.01	0→0	0→0	1→1
E	8月 Aug.	2	143	40→94	0.04→1.34	0→8	0→25	40→62
F	対照区 Check	0	140	100→100	2.04→2.91	34→91	36→9	30→0

\* 1, 2 表-19と同じ

Same with the Table 19

\* 3 左: 1977年4月22日調査, 右: 同年6月22日調査

Left: Examined on April 22, 1977, Right: on June 22, 1977

の方法は上面にグリセリンを塗布したスライドガラスを6月から10月の期間にほぼ5日おきに地表から10cmの高さに毎回2枚ずつ、午前9時から翌朝9時までの間設置した。回収したスライドガラスのほぼ中央部に18×18mmのカバーガラスをかけてこの範囲の子のう胞子の全数を顕微鏡下で計数した。

## (2) 試験結果

子のう胞子の飛散時期と薬剤散布時期との関係を図-18に示す。子のう胞子は7月中旬から空中への飛散を開始し、8月上旬から9月上旬にかけて飛散胞子数は著しく多くなった。9月中旬以降は飛散量が少なかった。

薬剤防除試験結果は表-25に示す。針葉が褐変し葉ふるい病と確認されたものは、4月の調査では対照区(F区)で100%に対し、7～9月に4回(D区)・6回(C区)、5～10月に10回(A区)の各散布区ではきわめて少なかった。8月に2回散布した区(E区)は罹病率が約40%とかなり高いが罹病程度は軽微であった。5～7月に4回散布した区(B区)は対照区(F区)と同程度の罹病であった。

6月の調査ではE区、B区の両散布区及び対照区では4月の調査時より罹病が増加しているのに対し、D区、C区、A区の各散布区では4月と同じく褐変葉はきわめて少なかった。

8月の調査では、B区及び対照区の罹病葉に病原菌の子のう盤、子のう胞子が著しく多く、またE区でも多かった。これに対し、D区、C区、A区の各散布区では子のう盤の形成はほとんど認められなかった。

以上の試験結果から、子のう胞子飛散最盛期の7月下旬から9月上旬にかけて2週間おきに4回マンネブ剤を散布すれば本病はほぼ完全に防除できることが明らかになった(図版5)。

## 3 考察

*L. iwatense*によるマツ葉ふるい病の防除にはマンネブ剤、ジネブ剤、ダイホルタン剤、ベノミル剤が有効であることがわかった。なかでもマンネブ剤は効果が顕著であった。わが国における従来の*L. pinastri*によるマツ葉ふるい病に対する薬剤防除にはボルドー液<sup>16・18・19</sup>、ダイセン水和剤<sup>18</sup>が有効とされていた。しかし、本試験によってボルドー液はアカマツに激しい薬害を与えることがわかったので、ボルドー液の散布は避けるべきである。佐藤<sup>70</sup>は春～秋期にボルドー液をアカマツに散布した場合に薬害が発生することを述べ、岡藤<sup>85</sup>も春～秋期にアカマツ苗にボルドー液を散布すると越冬、消雪後に薬害が激しく発生することを報告している。

Affeltranger<sup>2</sup>はオウシュウアカマツの2年生苗木に

マンネブ剤を5月10日～9月20日に7回散布し、*L. pinastri*によるマツ葉ふるい病に対して防除効果があったことを報告している。またマンネブ剤にマツ葉ふるい病に対して防除効果があることはPowewll & Leben<sup>58</sup>(*L. pinastri*)、Nicholls<sup>48</sup>(*L. pinastri*)、skilling<sup>79</sup>(*L. pinastri*)、Witcher<sup>91</sup>(*L. pinastri*)、Merrill & Kistler<sup>36</sup>(*L. pinastri*)も報告している。そのほかに、葉ふるい病に有効な薬剤としてダコニール<sup>49・54</sup>が報告されている。

本病防除の薬剤散布時期はMinter & Millar<sup>41</sup>によればポーランドでは5～6月、ドイツ、スウェーデン、アメリカ、ハンガリー、イギリス、ソビエト、ラトビアでは7～9月、ユーゴスラビアでは8～9月で、ポーランドを除いては7～9月の夏期に薬剤散布を実施しているところが多い。何乗章ら<sup>54</sup>は*L. seditiosum*による葉ふるい病に対して薬剤散布時期は6～8月と述べ、原戈ら<sup>15</sup>は*L. maximum*による葉ふるい病に対しては7月が最も重要な散布時期と報告している。わが国においては*L. pinastri*による葉ふるい病の防除適期について5～6月<sup>16</sup>、6～7月<sup>7</sup>、6～8月<sup>22</sup>、6～9月<sup>18</sup>などと報告されている。

本試験では、*L. iwatense*の子のう胞子の飛散時期のピーク(7月下旬～9月上旬)に2週間間隔で4回散布することにより十分な防除効果を得た。

## IX まとめ

本研究は岩手県下各地の民間苗畑で、アカマツ苗木の針葉が春に褐変・落葉し、枯損する被害が大発生したので、その防除法を確立する目的で行われた。この被害は当時原因不明なことから、褐変障害と仮称され、後にマツ葉ふるい病による被害であることを確認した。

マツ葉ふるい病の病原菌としてわが国では*Lophodermium pinastri*が知られているが、その病原性はほとんど認められないか、あっても極めて弱いとされており<sup>7</sup>、マツ葉ふるい病により岩手県で1972年にアカマツ苗木が年間約246万本も被害を受けたことは、わが国では初めてのことであった<sup>68</sup>。

この被害は聞き取り調査などによると、1963年頃から発生したようで、以降わずかずつであるが、被害は毎年発生した。本県のアカマツ苗の生産量は1951年には約60万本、1955年約330万本、1960年約1,220万本、1965年約2,530万本、1970年約3,380万本と次第に増加している。また、その頃はアカマツ苗木に対する薬剤散布は行われていなかった。このような条件下で、1972年には本病が大発生するに至ったが、その発生理由を推察すると、病

原性の強い病原菌が存在し、苗木生産量の増加とともに、苗木が増えて菌の密度が高まったためと考えられる。さらに、1971年には感染時期である7～9月に降雨量が多かったことと、1971～1972年にかけての冬季間は少雪であったことが発生誘因になったものと考えられる。すなわち、盛岡市における冬季間の日最低気温の月別平年値<sup>26)</sup>は12月=-3.1℃、1月=-6.5℃、2月=-6.1℃、3月=-2.8℃で、この期間に雪が少ないと苗木は埋雪することなく、寒風を受けるために、本病の発生を促したものと考えられる。

マツ葉ふるい病はヨーロッパにおいては古くから被害が多くマツ類の重要病害とされていたが、北米では被害が少なく、あまり重要視されていなかった。しかし、1966年以降、オウシュウアカマツなどに数100万本の被害発生が報告されてから<sup>47)</sup>、後被害報告が相次ぎ<sup>36・49・58・78)</sup>、北米においても重要視されるようになった。

マツ葉ふるい病を起こす菌として従来は *L. pinastri* が報告されていたが、最近の研究によりマツ葉ふるい病菌として16種が報告され<sup>42)</sup>、そのうち病気を起こすのは *L. seditiosum* であり、*L. pinastri* には病原性がないことが明らかにされた<sup>11・12・31・33・34・35・37・42)</sup>。

岩手県でアカマツ苗木に被害を与えたマツ葉ふるい病菌はこれまで報告された既知種には該当しないので新種と考えられ、*Lophodermium iwatense* SAKUYAMA と同定された<sup>73)</sup>。

*L. iwatense* はアカマツ苗木に対して強い病原性を示したが、*L. pinastri* には病原性は認められなかった。

*L. iwatense* の発生生態は春に褐変落葉した病葉上に子う盤、子う胞子が7～9月に多く見られ、野外における子う胞子の飛散のピークは7月下旬～9月上旬で、この時期がマツ類への感染時期である。一方、*L. pinastri* では春に褐変落葉した病葉上に子う盤、子う胞子が多く見られるのは翌年の6月上旬～7月中旬で、この時期がマツ類への感染時期である<sup>7)</sup>。このように、*L. iwatense* と *L. pinastri* とでは明確な差が認められた。外国においてもマツ葉ふるい病菌の種により子う胞子の飛散時期などは異なった<sup>16・34・54)</sup>。

マツ類に寄生する *Lophodermium* 属菌はこれまで25種報告されているが、そのうち被害を引き起こした病原菌として、*L. pinastri*<sup>47・78)</sup>、*L. seditiosum*<sup>54)</sup>、*L. australe*<sup>24・64)</sup>、*L. maximum*<sup>16)</sup>、*L. iwatense*<sup>73)</sup> などが報告されている。

今後、マツ葉ふるい病の被害発生地では、その病原菌の種を明らかにすることが効果的な防除法につながるものと考えられる。

## 摘 要

マツ葉ふるい病はわが国では古くからよく知られており、マツ類の重要病害のひとつとされている。その被害は苗木だけではなく、林地植栽後においても、また庭園木などにも発生する。従来の研究は *Lophodermium pinastri* によるマツ葉ふるい病を対象としたものであったが、本研究は岩手県下各地のアカマツ苗木で大発生した *L. iwatense* によるマツ葉ふるい病について、その病原菌の形態、病原性、生理生態的性質及び防除法を検討したもので、その概要はつぎのとおりである。

### 1 マツ葉ふるい病病原菌各種の形態

わが国で8県から採取したアカマツ、クロマツ及び外国マツ計28点の病葉上の病原菌の形態を調べ、Minter<sup>42)</sup> の分類法に基づき種の同定を行った。その結果、28点の標本のうち18点を *L. pinastri* と同定した。また、*L. conigenum*、*L. staleyi*、*L. nitens* を各1点から同定した。残り7点はいずれも岩手県内で採取したもので、新種の *L. iwatense* SAKUYAMA と同定した。*L. iwatense* の宿主はアカマツ、クロマツ、オウシュウアカマツ、バージニアマツ及びジェフリーマツであった。

アカマツ苗木病葉上の *L. iwatense* の形態は次のとおりである。子う盤は黒色、楕円形、大きさ0.4～1.3×0.2～0.5mm、部分的に表皮下に形成され、子う盤下部に散在する表皮細胞数は2～6個である。子うは円筒形で8個の子う胞子を含み、大きさは99～166×14～20μmである。子う胞子は単胞、糸状、無色、多数の油球を有し、ゼラチン様被膜に包まれ、大きさは69～104×4μmである。側糸は糸状で先端やや湾曲、膨らみ、隔膜を有し、大きさ100～160×2μmである。精子器は灰黒色、長楕円形、表皮下に形成され、大きさ0.2～0.7×0.1μm、精子は無色、長楕円形、大きさ6～8×1μmである。

### 2 *Lophodermium iwatense* の病原性

*L. iwatense* と *L. pinastri* の病原性を人工接種により比較検討した。*L. iwatense* の子う盤が多数形成された病葉を1年生アカマツ苗木にしぼりつけた区で最も激しく発病し、強い病原性が認められた。罹病針葉には12月に黄斑点が形成され、翌年5月に褐変し、8月には子う盤と子う胞子が確認されるなど、野外における自然感染の場合と同じ経路をたどった。一方、*L. pinastri* の接種では発病がみられず病原性は認められなかった。

### 3 マツ葉ふるい病の分布と被害

#### (1) わが国各地における被害

苗木及び林地の被害は北海道を除いてほぼ全国的に発

生している。被害はアカマツとクロマツに多い。病原菌の種はほとんどの場合 *L. pinastri* と推測される。

#### (2) 岩手県の苗畑における被害

大発生した1972年の調査では、62市町村のうち29市町村で被害が確認され、その被害総本数は246万本であった。1974年には被害発生市町村はさらに拡大した。被害樹種は主にアカマツ2年生苗木であった。大発生した原因としては病原性の強い菌、すなわち、*L. iwatense* が存在したこと、誘因としては感染期である7～9月の多雨、冬季間の寒風、1974年にはさらに菌密度の高まりなどがあげられる。

#### (3) 外国における被害

マツ葉ふるい病はヨーロッパ、北米、ハワイ、インドネシア、フィリピン及び中国で発生している。とくに北米においては1970年ころオウシュウアカマツに多く発生した。病原菌としては *L. australe*、*L. maximum*、*L. pinastri*、*L. sediciosum* などがあげられている。

### 4 *Lophodermium iwatense* によるマツ葉ふるい病の病徴と苗木成長への影響

#### (1) 病徴・標徴及び病徴の進展

岩手県で発生したマツ葉ふるい病の病徴・標徴は次のとおりである。*L. iwatense* によって侵された針葉には初め11月ころに黄色の斑点が形成される。冬季間は病勢はほとんど進展しないで越冬し、翌年4月になると病葉は急激に褐変する。この褐変症状は下葉の針葉から、また針葉の先端から始まり、次第に針葉全体におよび、まもなく激しく落葉する。落葉した病葉上には5月上旬ころから灰黒色、小形、長楕円形のやや盛り上がった精子器が形成され、5～6月には成熟して精子が充満する。一方、病葉上には6月中旬ころからやや大型、黒色、楕円形の盛り上がった子のう盤が形成される。成熟子のう盤(子のう胞子充満)形成最盛期は7～9月である。11月になると子のう盤は空となり、子のう胞子はほとんど認められなくなる。病葉上には黒色の帯線は認められず褐色の帯線がごくまれに認められる。

#### (2) 被害苗木の成長

激害苗(全針葉の80%程度が褐変)を植え替えした区では80%、これを据え置いた区では19%が枯死した。軽害苗(全針葉の30%程度が褐変)では植え替え区、据え置き区ともに枯死は見られなかったが、伸長量は健全苗に比べ劣った。

### 5 *Lophodermium iwatense* の生理的性質

#### (1) 子のう胞子の放出

成熟子のう盤を湿室下にセットすると4時間後から子のう胞子の放出が開始され、48時間後では放出が著しく

多くなった。温度との関係では5～35℃の範囲で放出され、20℃を適温とした。関係湿度との関係では100%の場合のみに放出が認められた。

#### (2) 子のう胞子の発芽

子のう胞子は20℃で17時間後から発芽を始め、48時間後では85%の発芽率となった。温度との関係では5～30℃の範囲で発芽がみられ、20℃が適温であった。

#### (3) 菌そうの発育

斉藤氏しょうゆ、麦芽エキス及びポテトデキストロースのそれぞれ寒天培地で発育が良好で、菌糸量も多く、また、菌そうも厚かった。マツ生葉煎汁培地とワックスマン培地では伸びがやや遅く、菌糸量も少なく、また、菌そうも薄かった。これらの培地では菌そうは白色系、綿状で、同心円状に伸び、気中菌糸が多いという共通点が見られた。リチャード培地とツァベック培地では発育しなかった。温度との関係では10～25℃の間で発育し、20～25℃が適温であった。

### 6 *Lophodermium iwatense* の生態的性質

#### (1) 子のう盤の形成

春に褐変した病葉には当年の6月中旬ころから子のう盤が形成され、約10日後には成熟して子のう胞子が認められるようになる。成熟子のう盤の形成最盛期は7月中旬～9月下旬である。乾燥気味の場合は形成時期がやや遅れる。

#### (2) 子のう胞子の形成

病葉上の子のう盤に子のう胞子は6月下旬ころから形成され、形成の最盛期は7月中旬から9月中旬である。10月になると子のう胞子の形成は減少し、11月以降は子のう盤はほとんど空で子のう胞子は認められなくなる。

#### (3) 子のう胞子の飛散

野外における子のう胞子の飛散時期は7月上旬から10月上旬までで、特に7月下旬から9月上旬にかけて活発に飛散する。子のう胞子は降雨日に多く飛散する。

#### (4) 生活史

*L. iwatense* の生活史は次のように整理される。7月～9月に子のう盤から飛散した子のう胞子によって感染したマツ針葉上には、11月ころから黄色の斑点が初期の病斑として現れる。この状態で越冬し、翌年4月の融雪後に病葉は急速に褐変する。5月から6月にかけて精子の充満した精子器が病葉に形成される。6月中旬ころになると病葉上には子のう盤が形成され、7月から8月にかけてしだいに形成率が高まる。子のう胞子は6月下旬すぎで形成され、最盛期は7月中旬から9月中旬である。10月になると子のう盤は空になるものが多く、11月になるとほとんど空になり、子のう胞子が認められなくなる。

## 7 *Lophodermium iwatense* によるマツ葉 ふるい病の発生と育苗方法

### (1) 施肥と発病との関係

施肥条件別に本病の発生程度を調査した結果、発病は無肥料区や無窒素区で少なく、堆肥施用区や三要素区で多かった。このように成長の良好な苗木で被害が大きいという結果となった。

### (2) 苗木の越冬条件と発病との関係

冬季間、苗木を寒冷紗で覆った区では発病が少なかった。根切り区や仮植区では激しく発病した。

## 8 *Lophodermium iwatense* によるマツ葉 ふるい病の薬剤防除試験

### (1) 数種薬剤の防除効果

本病防除にはマンネブ剤、ジネブ剤、ベノミル剤が有効であり、特にマンネブ剤の効果が大きかった。

### (2) マンネブ剤の散布時期、回数別の防除効果

マンネブ剤500倍液を1㎡当たり300ml、子のう胞子の飛散時期である7月中旬から9月上旬にかけて2週間おきに4～5回散布することによりほぼ完全に本病が防除できることを示した。

## 謝 辞

本稿を草するに当たり、とりまとめに適切なお助言と本稿の校閲をいただいた前農林水産省森林総合研究所森林生物部長真宮靖治博士、京都大学農学部教授岩坪五郎博士に厚くお礼を申し上げます。

元農林水産省林業試験場東北支場保護部長佐藤邦彦博士には有益なお助言と激励をいただいた。京都大学農学部教授川那辺三郎博士と同大学農学部教授古澤巖博士には本稿の校閲と有益なお助言をいただいた。前山形大学農学部教授北村昌美博士には有益なお助言と激励をいただいた。

元森林総合研究所森林微生物科長小林享夫博士、元森林総合研究所東北支所保護部長陳野好之博士には有益なお助言と供試材料の提供をいただいた。文献調査には元森林総合研究所森林微生物科長佐保春芳博士、森林総合研究所関西支所樹病研究室長伊藤進一郎博士、カナダ北方森林研究所平塚保之博士に多大の便宜をいただいた。供試材料の提供及び現地調査には元森林総合研究所九州支所長橋本平一博士、鳥根県林業技術センター周藤靖雄博士、鳥取県林業試験場竹下努氏、宮崎県林業試験場讚井孝義氏の各位、さらに前岩手県林業試験場育林部長神山安生氏、岩手県森林造成課課長補佐伊藤巖氏、元岩手

県宮古地方振興局林務部長堀田成雄氏、岩手県林業技術センター育種緑化部長草葉敏郎氏及び被害が大発生した当時の各農林事務所の保護担当林業改良指導員の方々に多大のご協力をいただいた。また当時の岩手県林業試験場の元場長宮 恭氏、元育林部長八重樫良暉氏には身近にあつて終始研究の便宜を計られ激励をいただき、また場内の各位には研究実施上多大のご協力をいただいた。ここに、これらの方々に対しても厚くお礼を申し上げます。

## 引用文献

- 1) ADAMS, G. C. & ROBERTS, D. L.: Epidemic of *Lophodermium* needle cast of Scotch pine in Michigan. Plant Disease 72(9): 801, 1988
- 2) AFFELTRANGER, C. E.: Incidence and control of *Lophodermium* needle cast Scotch pine nursery seedlings. Pl. Dis. Repr. 56: 457-460, 1972
- 3) 赤井節夫: 2種類のマツの病害の発生について. 森林防疫 16: 9-12, 1967
- 4) 明日山秀文・向 秀夫・鈴木直治: 植物病理実験法. 日本植物防疫協会, 東京. pp. 764-769, 1962
- 5) BEGA, R. V., SMITH, R. S., MARTINEZ, A. P. & DAVIS, C. J.: Severe damage to *Pinus radiata* and *P. pinaster* by *Diplodia pinea* and *Lophodermium* spp. on Molokai and Lanai in Hawaii. Pl. Dis. Repr. 62: 329-331, 1978
- 6) CANNON, P. F. & MINTER, D. W.: The Rhytismataceae of the Indian Subcontinent. Mycol. Pap. 155: 1-123, 1986
- 7) 千葉 修・陳野好之: マツ類の葉ふるい病に関する研究. 林試研報 201: 175-199, 1967
- 8) COSTONIS, A. C., SINCLAIR, W. A. & ZYCHA, H.: Infection of detached needles of *Pinus strobus* and *P. sylvestris* by *Lophodermium pinastri*. Phytopath. Z. 67: 352-360, 1970
- 9) DARKER, G. D.: The Hypodermataceae of conifers. Contr. Arnold Arbor. 1: 1-131, 1932
- 10) DARKER, G. D.: A revision of the genera of the Hypodermataceae. Can. J. Bot. 45: 1399-1444, 1967
- 11) DIWANI, S. A. & MILLAR, C. S.: Pathogenicity of three *Lophodermium* species on *pinus sylvestris* L. Eur. J. For. Path. 17: 53-58, 1987
- 12) DIWANI, S. A. & MILLAR, C. S.: Sources of inoculum of

- Lophodermium seditiosum* on *Pinus sylvestris*. Eur. J. For. Path. **20** : 1-7, 1990
- 13) FARR, D. F., BILLS, G. F., CHAMURIS, G. P. & ROSSMAN, A. Y.: Fungi on plants and plant products in the United States. APS Press. 1252p. 1989
- 14) 古野東洲: 生育開始前の摘葉がアカマツの生長、とくにその年の上長生長におよぼす影響. 京大演報 **36** : 85-97, 1965
- 15) 原戈・賈云・齊禾賢・孫罕: 紅松落針病流行規律及最佳防治期的確定. 東北林業大学学報 **16**(6) : 14-25, 1988
- 16) 原 撰祐: 実験樹木病害論. 養賢堂, 東京. pp. 80-81, 1927
- 17) 長谷川行衛: マツの病害 (葉枯病、葉フルイ病). 森林防疫ニュース **4**. 61-62, 1955
- 18) 伊藤一雄: 樹病学大系 II. 農林出版, 東京. pp. 118-123, 1973
- 19) 伊藤武夫: *Lophodermium Pinastris* 及び *Hypoderma Brachysporum* に因る松類の葉ふるい病. 台北農林学会報 **1**. 297-302, 1936
- 20) JONES, S. G.: The structure of *Lophodermium pinastri* (SCHRAD.) CHEV. Ann. Bot. **49** : 699-728, 1935
- 21) KAREZIC, D.: The mechanism of some fungal infections of the needles of Austrian pine and Scotch pine. Zastita bilja **40** : 35-46, 1989
- 22) 北島君三: 樹病学及び木材腐朽論. 養賢堂, 東京. pp. 127-129, 1933
- 23) KOBAYASHI T. & JIN-ZHOU ZHAO: Notes on diseases of woody plants and their causal fungi Heilongjiang Province, China (1). Trans. Mycol. Soc. Japan **30** : 277-293, 1989
- 24) 小林享夫: フィリピンの森林病害調査と病原微生物の分類・同定. 林試研報 **351** : 153-154, 1990
- 25) 国分義彦・塩見普一: 兵庫県におけるマツ葉ふるい病 (I) 2 タイプのマツ葉ふるい病病原菌. 日林関西支講 **36** : 255-256, 1985
- 26) 国立天文台: 理科年表. 丸善, 東京. pp. 198~199, 1992
- 27) 近藤秀明: マツ葉ふるい病発生程度のクローン間差異. 森林防疫 **16** : 6-9, 1967
- 28) 近藤秀明: マツのすす葉枯病ならびにマツの葉ふるい病発生程度のクローン間差異. 森林防疫 **17** : 212-219, 1968
- 29) KOWALSKI T.: Fungi infecting *Pinus sylvestris* needles of various ages. Eur. J. For. Path. **12** : 182-190, 1982
- 30) 久保田亘: 色名小辞典. 90p. 日本色研事業株式会社, 東京. 1981
- 31) KURKELA, T.: Association of *Lophodermium seditiosum* MINTER et al. with a needle cast epidemic on Scotch pine. Folia For. **393** : 1-11, 1979
- 32) LANIER, L.: Elements for a study on *Lophodermium pinastri* (SCHRAD) CHEV., Scotch pine disease: germination of ascospores. Ann. Sci. for. **25** : 69-81, 1968
- 33) LAZAREV, V.: Bioecological feature of *Lophodermium* spp. on twoneedle pine in Bosnia. Zastita bilja **31** : 5-28, 1980
- 34) LAZAREV, V.: Intensity of the attack of *Lophodermium* species and the development of the disease on some Yugoslav provenances of Scotch pine seedlings. Zastita bilja **32** : 91-99, 1981
- 35) LAZAREV, V.: Needle diseases of Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.). Zastita bilja **34** : 265-274, 1983
- 36) MERRILL, W. & KISTLER, B. R.: Seasonal development and control of *Lophodermium pinastri* in Pennsylvania. Pl. Dis. Repr. **60** : 652-655, 1976
- 37) MILLAR, C. S. & WATSON, A. R.: Two biotypes of *Lophodermium pinastri* in Scotland. Eur. J. For. Path. **1** : 87-93, 1971
- 38) MINTER, D. W. & MILLAR, C. S.: CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria Set 57, Nos 563-568, 1978
- 39) MINTER, D. W., STALEY, J. M. & MILLAR, C. S.: Four species of *Lophodermium* on *Pinus sylvestris*. Trans. Br. mycol. Soc. **71** : 295-301, 1978
- 40) MINTER, D. W. & MILLAR, C. S.: *Lophodermium canberrianum*, a hitherto invalidly published name. Trans. Br. mycol. Soc. **71** : 335-337, 1978
- 41) MINTER, D. W. & MILLAR, C. S.: Ecology and biology of three *Lophodermium* species on secondary needles of *Pinus sylvestris*. Eur. J. For. Path. **10** : 169-181, 1980
- 42) MINTER, D. W.: *Lophodermium* on pines. Mycol. pap. **147** : 1-54, 1981
- 43) MINTER, D. W. & SHARMA, M. P.: Three species of *Lophodermium* from the Himalayas. Mycologia **74** : 702-711, 1982
- 44) MINTER, D. W. & CANNON, P. F.: Ascospore discharge in some members of the Rhytismataceae. Trans. Br. mycol. Soc. **83** : 65-92, 1984
- 45) MORGAN-JONES, J. F. & HULTON, R. L.: Ascocarp

- development in *Lophodermium nitens*. Can. J. Bot. **55**: 2605-2612, 1977
- 46) MORGAN-JONES, J. F. & HULTON, R. L.: Ascocarp development in *Lophodermium pinastri*. Mycologia **71**: 1043-1052, 1979
- 47) NICHOLLS, T. H. & SKILLING, D. D.: *Lophodermium pinastri* outbreak in Lake States forest nurseries. Pl. Dis. Repr. **54**: 731-733, 1970
- 48) NICHOLLS, T. H.: Fungicide control of *Lophodermium pinastri* on Red pine nursery seedlings. Pl. Dis. Repr. **57**: 263-266, 1973
- 49) NICHOLLS, T. H. & SKILLING, D. D.: Control of *Lophodermium* needlecast disease in nurseries and christmas tree plantations. USDA Forest Service Research Paper NC-110, 11p. 1974
- 50) 野口常介・三上 進・茶屋場盛・作山 健: アカマツの葉ふるい病抵抗性に関する遺伝. 林木の育種・特別号. 34-37, 1980
- 51) 野口常介・三上 進・作山 健・マツ葉ふるい病抵抗性を異にするアカマツ交配家系における被害と生長の関係. 日林東北支誌 **32**: 92-94, 1980
- 52) 野口常介・三上 進: アカマツ交配家系における葉ふるい病の被害と生長との関係. 日林東北支誌 **36**: 73-75, 1984
- 53) 野口常介・三上 進: アカマツ葉ふるい病抵抗性の遺伝分析. 林木育種場研報 **3**: 1-20, 1985
- 54) 何乘章・邓興林・杨殿清・刘桂琴・岳玉萍・刘成玉: 樟子松落針病的病原菌和防治的研究. 東北林学院学报 **13**(2): 75-81, 1985
- 55) 何乘章・杨殿清・齐興武: 紅松上の散斑壳. 真菌学报 **5**: 70-74, 1986
- 56) 小笠原隆一・辻村 章: 苗畑病虫害についての研究—クロマツ苗の異状褐変現象について—. 青森県林業試験場業報47年度: 97-100, 1973
- 57) OSORIO, M. & STEPHAN, B. R.: Ascospore germination and appressorium formation in vitro of some species of the Rhytismataceae. Mycol. Res. **93**: 439-451, 1989
- 58) POWELL, C. C. & LEBEN, C.: Epidemiology and control of *Lophodermium* needlecast of Scotch pine in Ohio. Pl. Dis. Repr. **57**: 515-517, 1973
- 59) REID, D. A. & MINTER, D. W.: *Pseudostypella translucens* (Gordon) Reid & Minter comb. nov., a hyperparasite on *Lophodermium conigenum*. Trans. Br. mycol. Soc. **72**: 345-347, 1979
- 60) 林野庁: 森林有害動物被害調査報告. 昭和30年度～昭和35年度.
- 61) 林野庁: 森林病虫害等被害報告. 昭和36年度～昭和50年度.
- 62) 林 英任・唐 燕平: 松樹上の七種散斑壳. 真菌学报 **7**: 129-137, 1988
- 63) 佐保春芳: ヨーロッパの森林病害防除研究の数例. 森林防疫 **28**: 181-184, 1979
- 64) 佐保春芳: インドネシア南スマトラの樹病について. 森林防疫 **33**: 139-140, 1984
- 65) 作山 健: マツ葉ふるい病の薬剤防除試験(I) —数種薬剤の防除効果—. 日林東北支誌 **26**: 131-132, 1974
- 66) 作山 健: マツ葉ふるい病菌の子のう盤と子のう胞子の形成時期. 87回日林論: 283-284, 1976
- 67) 作山 健: マツ葉ふるい病の薬剤防除試験(II) —散布回数別の防除効果—. 日林東北支誌 **29**: 143-144, 1978
- 68) 作山 健・神山安生・伊藤 巖: 苗畑におけるマツ葉ふるい病の被害実態, 生態及び防除. 岩手県林試成報 **11**: 9-20, 1978
- 69) 作山 健: 苗畑におけるマツ葉ふるい病の発生生態と防除. 森林防疫 **27**: 95-99, 1978
- 70) SAKUYAMA, T.: *Lophodermium* needle cast of Japanese red pine seedlings in northern Honshu. Japan. XVII IUFRO world congress. Proceedings-Referate-Exposeg Division 2. 619, 1981
- 71) 作山 健: マツ葉ふるい病菌子のう胞子の飛散. 93回日林論: 361-362, 1982
- 72) 作山 健: 採取地を異にしたマツ葉ふるい病の病原菌の形態. 95回日林論: 437-438, 1984
- 73) 作山 健: 日本産マツ葉ふるい病の病原菌の形態. 日菌報 **34**: 433-447, 1993
- 74) 作山 健: マツ葉ふるい病菌2種, *Lophodermium iwatense* および *Lophodermium pinastri* の生理的性質の比較. 日林誌 **75**: 273-277, 1993
- 75) 佐藤邦彦: マツ類の病害に関する諸問題. 林試東北支場たより No. **72**: 1-6, 1967
- 76) 佐藤邦彦: 殺菌剤による樹木の薬害. I. 林業と薬剤 **26**: 11-15, 1968
- 77) 趙 経周: 中国黒竜江省の森林病害と研究の現状. 森林防疫 **36**: 140-145, 1987
- 78) SKILLING, D. D. & NICHOLLS, T. H.: *Lophodermium pinastri*-a new disease problem in Scotch pine christmas tree plantations. Pl. Dis. Repr. **55**: 1116-1117, 1971



- 79) SKILLING, D. D. : Control of *Lophodermium* needlecast in Scotch pine christmas tree plantations. Pl. Dis. Repr. **58** : 853-856, 1974
- 80) SKILLING, D. D. & NICHOLLS, T. H. : The development of *Lophodermium pinastri* in conifer nurseries and plantations in North America. Eur. J. For. Path. **5** : 193-197, 1975
- 81) STALEY, J. M. : A new *Lophodermium* on ponderosa pine. Mycologia **56** : 757-762, 1964
- 82) STEPHAN, B. R. : Studies on the variability of *Lophodermium pinastri*. I. Variant forms in culture. Eur. J. For. Path. **3** : 6-12, 1973
- 83) STEPHAN, B. R. : Studies on the variability of *Lophodermium pinastri*. II. Differences in physiological behaviour. Eur. J. For. Path. **3** : 112-120, 1973
- 84) 周藤靖雄：マツ葉ふるい病の発生誘因についての知見. 森林防疫 **19** : 72-73, 1970
- 85) 周藤靖雄：ボルドー液のアカマツ苗に対する薬害軽減試験. 春～秋散布の場合について. **81**回日林講：256-257, 1970
- 86) 周藤靖雄：近畿・中国・四国地方における針葉樹葉枯性病害の被害 - 関西地区林業試験場研究機関保護部会の針葉樹葉枯性病害分科会での調査報告、討論の概要 - . 森林防疫 **35** : 32-35, 1986
- 87) 周藤靖雄：関西地区林業試験場研究機関連絡協議会保護部会の樹病関係共同研究班20年の歩み. 森林防疫 **39** : 216-220, 1990
- 88) TEHON, L. R. : A monographic rearrangement of *Lophodermium*. Illinois Biol. monogr. **13** : 1-151, 1935
- 89) USCUPIC, M. : Infection period *Lophodermium seditiosum* MIN., STAL. and MILL. and the possibility of its control in nurseries. Zastita Bilja. **32** : 375-382, 1981
- 90) 山本昌木・安盛 博・周藤靖雄：マツ葉ふるい病に関する研究 (I) マツ葉ふるい病の病原菌について. 日林誌 **46** : 347-354, 1964
- 91) WITCHER, W., ARNETT, J. D., BAXTER, L. W. & COCKE, M. L. : Control of needle cast of Scotch pine in South Carolina. Pl. Dis. Repr. **59** : 881-883, 1975
- 92) 陳野好之：マツ葉ふるい病の罹病程度とクロマツ苗木の生育との関係. 日林東北支誌 **36** : 232-234, 1984

# Studies on pine needle cast and its pathogens, especially on a virulent one, *Lophodermium iwatense* SAKUYAMA, in Japan

Takeshi SAKUYAMA

## Summary

*Lophodermium* needle cast of pine has been well known as one of the most important diseases of pine trees in Japan. The disease has frequently occurred not only in nurseries, but also in plantations.

Up to the present, almost of all studies on pine needle cast had only been conducted onto a causal fungus, *Lophodermium pinastri* (SCHRAD. ex HOOK.) CHEV. However, its pathogenicity seems to be weak and strong stress onto pine has been thought to be a predisposing factor in developing the disease.

In spring 1972, serious damage of the needle cast caused by a hitherto unknown species of *Lophodermium* occurred on Japanese red pine seedlings in many nurseries in Iwate Prefecture, northern Honshu, Japan (Plate 4).

The causal fungus was newly named as *Lophodermium iwatense* SAKUYAMA<sup>73)</sup>, after etiological and biological studies on this needle cast. The present paper deals with the results of these studies.

### 1. Morphological studies on *Lophodermium* species causing needle cast of pine.

Morphological characteristics of the genus *Lophodermium* in Japan were investigated based on the materials collected from various localities (Table 1). Five species of the genus *Lophodermium* were recorded from these materials. *L. iwatense* on *Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC. was a new species. *L. conigenum* (BRUNAUD) HILITZ. on *P. thunbergii* PARL., *L. staleyii* MINTER on *P. elliotii* ENGELM and *L. nitens* DARKER on *P. densiflora* were newly added to the mycological flora of Japan. Remaining one is a wellknown species, *L. pinastri*.

Morphological characteristics of five *Lophodermium* species are as follows (Table 4).

*Lophodermium iwatense* SAKUYAMA, Trans. Mycol. Soc. Japan **34**: 433-447, 1993

Plate 1

Apothecia are formed on needles, blackish, scattered, without blackened zones, elliptic, 0.4-1.3×0.2-0.5mm (0.82×0.34mm in average), partly immersed beneath the epidermal layer, having 2-6 epidermal cells at the bottom of apothecium with clear lips. Asci are unitunicate cylindric, 8-spored, fascicular, 99-166×14-20 μm (131×17 μm in average). Ascospores are filiform, hyaline, covered with slimy sheath (epispore), 1-celled, 69-104×4 μm (85×4 μm in average). Paraphyses are filiform, hyaline, septated, 100-160×2 μm. Spermogonia are formed on needles, brown to black, oblong-elliptic, subepidermis, 0.2-0.7×0.1mm. Spermata are hyaline, elliptic, 1-celled, 6-8×1 μm.

Note : Serious damage of the needle cast caused by the present fungus was observed on Japanese red pine seedlings (*Pinus densiflora*) in many forest nurseries in Iwate Prefecture. It was proved to be highly pathogenic to Japanese red pine seedlings in the inoculation tests with ascospores. Chief morphological characteristics of the present fungus were compared with those of 16 species of *Lophodermium* described by MINTER<sup>42)</sup>, 5 species by HE et al<sup>55)</sup> and 7 species by LIN et al<sup>62)</sup>. However, the present fungus was distinguished from these *Lophodermium* species in sizes of the apothecia, asci and ascospores. Therefore, it is described as a new species of the genus *Lophodermium*<sup>73)</sup>.

*Lophodermium conigenum* (BRUNAUD) HILITZ., Vědecké spisy Vydavané Československou Akad. Zémédelskou **3**: 76, 1929; Minter, Mycol. Pap. **147**: 28, 1981

Plate 2 A~F

Apothecia are formed on needles, elliptic, scattered, without blackened zones, 1.2-2×0.4-0.6mm (1.65×0.52

mm in average), partly immersed within epidermal layer, having 3-5 epidermal cells at the bottom of apothecium. Asci are unitunicate, cylindric, fascicular, 8-spored,  $149-198 \times 11-15 \mu\text{m}$  ( $171 \times 13 \mu\text{m}$  in average). Ascospores are hyaline, unicellular, filiform, covered with slimy sheath (epispore),  $87-114 \times 3 \mu\text{m}$  ( $100 \times 3 \mu\text{m}$  in average). Paraphyses are filiform, hyaline, septated,  $130-200 \times 2 \mu\text{m}$ . Spermogonia are formed on needles, pale brown, elliptic, beneath the epidermal layer,  $0.3-0.8 \times 0.1-0.2 \text{mm}$ .

Note : The present species is characterized by the large apothecia without blackened zones and partly formed subepidermal, and by the long sized asci. Dimensions of fruit bodies of the present fungus well agreed with the size of *Lophodermium conigenum* (BRUNAUD) HILITZ. given by MINTER<sup>42</sup>). This is the first detailed record of *L. conigenum* in Japan. KOKUBO and SHIOMI<sup>25</sup>) listed *L. conigenum* on *pinus thubergii* without any mycological data.

*Lophodermium staleyi* MINTER, Mycol. Pap. 147 : 22, 1981

Plate 2 G ~ J

Apothecia are formed on needles, scattered, black, elliptic, without blackened zones,  $0.4-0.8 \times 0.3-0.5 \text{mm}$  ( $0.62 \times 0.43 \text{mm}$  in average), partly subepidermal, having 4-5 epidermal cells at the bottom of apothecium. Asci are cylindric, 8-spored in fascicular,  $87-112 \times 9-11 \mu\text{m}$  ( $99 \times 10 \mu\text{m}$  in average). Ascospores are hyaline, filiform, unicellular, covered with slimy sheath (epispore),  $77-99 \times 2-3 \mu\text{m}$  ( $89 \times 2.5 \mu\text{m}$  in average). Paraphyses are hyaline, septated, filiform,  $90-115 \times 2 \mu\text{m}$ .

Note : Apothecia of the present species were smaller than those of the other *Lophodermium* species observed by the author. Morphological characteristics of the fungus were quite identical with those of *Lophodermium staleyi* MINTER described from the United States. This is the first record of the fungus in Japan and *Pinus elliotii* is the new host for the fungus.

*Lophodermium pinastri* (SCHRAD. ex HOOK.) CHEV., Flore generale des environs de Paris 1 : 436, 1826 ; Minter, Mycol. Pap. 147 : 23, 1981

Plate 3 A ~ F

Apothecia are formed on needles, scattered, black, elliptic, with blackened zones,  $0.6-1.6 \times 0.4-0.7 \text{mm}$  ( $1.08 \times 0.53 \text{mm}$  in average), partly subepidermal, having 3-7 epidermal cells at the bottom of apothecium. Asci are cylindric, 8-spored in fascicular,  $99-136 \times 10-12 \mu\text{m}$  ( $117 \times 11 \mu\text{m}$  in average). Ascospores are hyaline, filiform, unicellular, covered with gelatinous sheath (epispore),  $87-129 \times 2-3 \mu\text{m}$  ( $106 \times 2.5 \mu\text{m}$  in average). Paraphyses are hyaline, filiform, septated,  $100-140 \times 2 \mu\text{m}$ . Spermogonia are formed on needles, pale brown, oblong-elliptic, subepidermal,  $0.2-0.6 \times 0.1 \text{mm}$ . Spermatia are hyaline, unicellular, oblong-elliptic,  $7-9 \times 1 \mu\text{m}$ .

Note : Materials of *Lophodermium* from No. 10 to 13 and 15 to 28 (Table 1) were morphologically identical with the description of *L. pinastri* by MINTER<sup>42</sup>).

*Lophodermium nitens* DARKER, Contr. Arnold Arbor, Harv. Univ. 1 : 74, 1932 ; Minter, Mycol. Pap. 147 : 17, 1981

Plate 3 G ~ L

Apothecia are formed on needles, black, scattered, elliptic,  $0.4-0.8 \times 0.3-0.5 \text{mm}$  ( $0.59 \times 0.42 \text{mm}$  in average), with blackened zones, subcuticular, without lips. Asci are cylindric, 8-spored,  $112-149 \times 10-15 \mu\text{m}$  ( $131 \times 12 \mu\text{m}$  in average). Ascospores are filiform, hyaline, unicellular, covered with gelatinous sheath (epispore),  $84-136 \times 3 \mu\text{m}$  ( $114 \times 3 \mu\text{m}$  in average). Paraphyses are filiform, hyaline, septated,  $98-135 \times 2 \mu\text{m}$ .

Note : The important characteristics of the fungus distinguishing from the other *Lophodermium* species are the non-lips apothecium formed between cuticle and epidermal cells and presence of blackened zones on the diseased needles. This is the first record of the fungus in Japan and *Pinus densiflora* is the new host for the present species.

## 2. Pathogenicity of *Lophodermium iwatense*.

One year-old seedlings were inoculated with ascospores produced on diseased needles of Japanese red pine seedlings. Inoculation experiments were constituted from three kinds of procedure.

① Ascospore suspensions of the fungus were sprayed on the needles of tested seedlings. ② Bundles of diseased needles having many mature apothecia were fastened to the needles of tested seedlings. ③ Ascospores discharged from apothecia were directly fallen on the needles of tested seedlings. The inoculated and checked seedlings were kept under moist condition by covering them with polyethylene sheets and sheltered.

The results of inoculation tests are as follows (Tables 5,6). *Lophodermium iwatense* showed strong pathogenicity to Japanese red pine seedlings. The first appearance of the symptom was observed as yellow spots on the inoculated needles in December. In May of next year, inoculated needles turned brown. In August, apothecia and ascospores were formed abundantly on the inoculated needles. On the other hand, *Lophodermium pinastri* did not show pathogenicity to Japanese red pine seedlings.

### 3. Distribution and damage of pine needle cast.

This disease is widely distributed throughout all districts of Japan except Hokkaido. Damage caused by the disease was occurred in Japanese red pine (*Pinus densiflora*) and Japanese black pine (*P. thunbergii*).

In Iwate prefecture, serious damage to Japanese red pine seedlings was observed in many forest nurseries in the spring of 1972 (Fig.4, Table 7, Plate 4). During 1972 through 1974, 6 to 7 million of 2-year-old seedlings were damaged by *Lophodermium iwatense*.

The occurrence of such serious damage by the disease was epidemiologically analyzed as follows.

① *Lophodermium iwatense* has strong pathogenicity to Japanese red pine seedlings. ② According to the increase of production of Japanese red pine seedlings, density of the fungus increased rapidly. ③ There was much rainfall in July through September in these year, when was good the infection (Fig. 5). ④ Moreover, there was little snow cover in winter of 1971-1972. Damage of Japanese red pine seedlings might be raised in affecting cold wind (Figs. 6, 7).

### 4. Symptom of the disease caused by *Lophodermium iwatense* and influence of disease development on the growth of seedlings.

#### (1) Symptom

The first symptom of the disease appears as yellow spots on current year's needles in November. The affected needles turn brown in April of the following year. Brown needles begin to drop in May to June. Spermogonia and spermatia of the fungus are formed from May to June on diseased needles.

Immature apothecia are produced in mid.-June on the diseased needles which had turned brown in spring. Mature apothecia and ascospores of the fungus are observed abundantly on diseased needles from July to September. Then, apothecia become empty after ascospores have completely discharged.

No black zone lines are usually observed on diseased needles, but brown zone lines are formed frequently on them (Fig.17, Plate 6 C).

#### (2) Influence of disease development on the growth of seedlings

Effect of the needle cast on the growth of Japanese red pine seedlings was examined. Eighty percent of severely affected seedlings died during the growing seasons after transplanted, whereas such seedlings without transplant died 19% only. Slightly affected seedlings did not die whether they were transplanted or not, however, these seedlings grew poorer than healthy ones (Table 8).

### 5. Physiological characteristics of *Lophodermium iwatense*.

Discharge of ascospores from mature apothecia begin after 4 hours under moist condition, and abundant ascospores are usually discharged after 48 hours (Table 10). Ascospores are discharged in the range of temperature from 5 to 35°C with the optimum of 20°C (Table 11). Ascospores are discharged only under a relative humidity of 100% (Table 12).

Ascospores begin to germinate within 17 hours, and 85% of ascospores usually germinate after 48 hours at 20°C (Table 13). Ascospores germinate in the range of temperature from 5 to 30°C with the optimum 20°C (Fig. 9).

Mycelial growth of the fungus is good on Saito's soy agar, Malt extract agar and potato dextrose agar (Fig. 10). On these agar cultures, colonies are white, ivory and cottony with abundant aerial mycelia. Mycelial growth is moderate on pine needles decoction and Waksman's solution agar. No mycelial growth is observed on Richards' and Czapek's solution agar (Table 14, Plate 6). Mycelial colonies grow in the range of temperature from 10 to 25°C with the optimum 20~25°C (Fig. 11, Plate 7).

#### **6. Biological characteristics of *Lophodermium iwatense*.**

Ascospores of the fungus are observed abundantly on diseased needles from mid.-July to late September (Table 15). In order to confirm period and peak of ascospore dispersal in the fields, ascospores of the fungus were collected periodically. Glycerine jelly was used to adhere ascospores onto glass slides. Each slide was placed horizontally on diseased needles.

Ascospores were caught during early July through early October. with the vigorous dispersal period from late July to early September (Figs. 14, 15). Generally, ascospores discharge abundantly on rainy days. Rain seems to be an important factor influence ascospores dispersal (Fig. 16, Tables 16, 17).

#### **7. Growing conditions of pine seedlings on the occurrence of needle cast caused by *Lophodermium iwatense*.**

Effect of fertilizer application and overwintering condition on the occurrence of needle cast of Japanese red pine seedling caused by *L. iwatense* was examined. Severe damage by needle cast occurred frequently on seedlings growing in the complete manures and straw compost plot. Whereas, it occurred slightly and sporadically in the nitrogen deficiency and no-fertilizer plot. Therefore, a large amount of seedlings are invaded severely by pine needle cast (Tables 19, 20).

On Japanese red pine seedlings covered with lawn during winter, damage of pine needle cast is usually slight. On the other hand, Japanese red pine seedlings, that were temporarily planted and that were pruned their roots, are severely damaged by pine needle cast (Table 21).

#### **8. Chemical control of pine needle cast caused by *Lophodermium iwatense*.**

To control the pine needle cast caused by *Lophodermium iwatense* in nursery, control experiments using several commercial fungicides were conducted on 2-year-old seedlings of Japanese red pine at Tono-shi, Miyamori-mura and Takizawa-mura in Iwate Prefecture.

The experiments have shown that Maneb, Zineb, Difoltan and Benomyl were effective to controlling the disease (Tables 23, 24). Among these fungicides, Maneb was most effective.

A satisfactorily effective method for the disease control was established as follows: spraying Maneb as a 1/500 dilution at the rate of 300 ml/m<sup>2</sup>, four times at 2-weeks intervals from late July to early September (Table 25).