

トドマツ種子のえぞ雷丸病 に関する研究

小 野 馨⁽¹⁾

Kaoru Ono : Studies on "Ezo-raigan" Disease,
Sclerotium Germination-loss, of Todo-fir Seeds

要 旨：本病は1957年5月、帯広営林署札内苗畑のトドマツ播種床ではじめて発見されたもので、その後の調査により北海道南部を除いて、ほとんど全道にわたって発生していることが明らかになった。

本病は秋まきのトドマツ播種床に限って発生し、被害苗床は春期になっても発芽せず、被害部の土中には径1~20mm（平均5~6mm）大の本病病原菌の菌核が多数形成される。土中の罹病種子は本菌の菌糸でつながり、種子の内部（胚乳、子葉）は青インク色ないし淡青色に変質する特徴がある。

本菌の完全時代はいまだ認められず、培地上では菌糸、小型分生胞子（精子）および菌核を生ずる。

人工接種試験結果によれば積雪期間、融雪期間が長いほど発病大となり、苗床の高さは高い方が発病少なく、しきわら覆いはしない方が発病少なく、また各種針葉樹種子のうちでは *Abies* 属のものが最も罹病しやすかった。

I ま え が き

1957年5月、帯広営林署札内苗畑において、トドマツ秋まき床に限って、次のような障害が初めて発見された。すなわち、播種された種子は冬期間に土中で腐敗し、春になっても発芽することなく床面に点々とパッチ（はげ）ができ、被害のはなはだしい場合には、これが床面のほとんど全体に及び、発芽がまったく見られないこともあり、養苗上大きな問題になった。

当初、これは苗立枯病のなかでも特異な型の地中腐敗を起こすことから、筆者ら(1958)³¹⁾は“トドマツ秋播床に発生した立枯病(特異な地中腐敗型)”として報告した。伊藤(1958)¹⁰⁾はこの病原菌の菌核が“雷丸”(*Militaria lapidescens* Hor.)²⁶⁾に類似していることから“トドマツ稚苗の「ニセ」雷丸病”とよばれた。しかし、その後、1959年4月、林業試験場保護担当者会議の席上、今関六也氏により、北海道ではじめて大きな被害をもたらしたことから、北海道の地(蝦夷地)にちなんで“エゾ雷丸病”という病名が提案され、その後この病名が一般に使用されている²⁷⁾。

筆者は本病に関する調査研究および防除試験を行ない、得られた結果の概要はすでに速報として2, 3報告してきた³⁰⁾³¹⁾³²⁾³³⁾³⁴⁾。本稿はその後の実験結果を加え、病原菌学的、病理学的研究を主にしてとりまとめた。

この研究を行なうにあたり、つねづね懇篤なるご指導をいただいた元林業試験場保護部長今関六也氏、懇切なるご指導ならびに本稿の校閲をたまわった林業試験場保護部長伊藤一雄博士、病原菌に関して種々

1974年5月1日受理

(1) 九州支場

ご教示いただいた宇部短期大学教授日野 巖博士、故亀井専次博士、および樋浦 誠博士に対して衷心からお礼を申し上げる。また現地調査、標本採集等にご協力いただいた元帯広営林局造林課由良 滋、小松律雄両技官、池田林務署造林課、弟子屈、北見、遠軽、置戸、斜里、稚内各営林署経営課の関係各位、林業試験場北海道支場樹病研究室長横田俊一博士、同研究室員遠藤克昭技官、元同室中川玲子事務官ら多くのかたがたに対し、深く感謝の意を表する。

II 被害苗床と罹病種子の特徴

本病はトドマツの秋まき床に限って発生する。被害苗床は Plate 1, A, C, に示すとおり、土中の種子が罹病して発芽しない部分と、発芽が出そろっている部分との境が画然としている。発芽しない部分の形はほぼ円形か、あるいは円形が重なり合った形になり、床面が露出する。被害がはなはだしい苗床では、そのほとんど全面が罹病する。そして、被害部の一部には、稚苗が点々と生き残っているのがみられる。この発芽しない部分の土中には、深さ 1 ないし 3 cm のところに仁丹大から大豆大、ときには兎糞大の菌核が多数形成されている (Plate 1, B)。また、土中の罹病種子には本菌の菌糸がまんえんし、種子と種子が菌糸によってつながっている (Plate 3, C)。この罹病した種子を切断して断面をみると、胚乳の部分がイロ色ないし淡青色になっている。これは本病診断上の有力な手がかりになる (Plate 2, A)。

III 北海道内における被害の分布状況

本病の被害分布状況を知るために、1960年に調査用紙を道内の各営林署に配布し、170か所の苗畑につ

Table 1. 本病発生苗畑
Nurseries infested by the disease in Hokkaido

A : 帯広営林局管内 Area of Obihiro Regional Forest Office

No.	営林署 Name of District Forest Office	苗畑 Nursery name	開設年 Establishment of the nursery	土性 Texture of soil	土壌 pH pH of soil	被害発生年 Year of damage occurred
1	中 標 津	糸 楠 別	1932	L—C	—	1958
2	”	中 標 津	'50	L—C	5.8	'58
3	根 室	厚 北 床	—	—	—	'57
4	厚 岸	北 の 沢	—	—	—	'57
6	釧 路	上 尾 幌	—	—	4.9	'57
7	標 茶	標 茶 茶	—	SL	—	'58
8	弟 子 屈	弟 子 屈	'24	—	—	'57, '58, '59
9	”	川 和 湯	'42	—	5.0~5.6	'57, '58
10	”	和 奥 琴	—	SL	6.1	'57, '58, '59
11	”	奥 春 別	'32	—	4.5~6.0	'57, '58, '59, '60
20	足 寄	足 寄 寄	'49	L	6.5	'57
23	帯 広	下 士 幌	'33	SL	—	'61
24	”	札 内 類	'40	SL	—	'57
26	池 田	大 忠 大	'49	L	6.4	'57
27	大 樹	大 樹 樹	—	CL	—	'57, '60
30	清 水	新 屈 得	'29	SL	—	'60
31	新 得	屈 足 足	'56	CL	5.0~5.3	'57, '58, '59, '60
32	清 水	清 鹿 追	—	L	—	'57
33	上 士	上 士 幌	'47	L	5.6	'57
34	斜 里	斜 里 科	'44	SL	5.5~6.0	'57, '58, '59, '60
35	清 水	以 札 弦	'22	SL—S	5.8~5.9	'60

B: 北見営林局管内 Area of Kitami Regional Forest Office

No.	営林署 Name of District Forest Office	苗畑 Nursery name	開設年 Establish- ment of the nursery	土性 Texture of soil	土壌 pH pH of soil	被害発生年 Year of damage occurred
37	小清水	水別	'48	SL-L	5.2~5.9	'58, '60, '61
41	天津	別	—	—	—	'57
46	北見	頃	—	CL	—	'65
49	留辺	薬湯	'43	CL	5.0~5.5	'65
51	白滝	根	'51	SL	5.2	'58, '60
54	遠軽	滝別	'31	CL	6.0	'57, '65

C: 旭川営林局管内 Area of Asahigawa Regional Forest Office

No.	営林署 Name of District Forest Office	苗畑 Nursery name	開設年 Establish- ment of the nursery	土性 Texture of soil	土壌 pH pH of soil	被害発生年 Year of damage occurred
65	稚内	鬼志	'55	P	4.0~4.5	'60, '61
66	"	沼川	'19	CL	—	'58, '60, '61
67	天塩	豊富	'51	hC	5.3	'59
68	"	幌延	'31	P	5.5	'59
69	"	天塩	'35	S	—	'59
70	"	天遠	—	hC	—	'60
71	羽幌	羽幌	—	CL	5.0	'61
75	名寄	名寄	'53	SL-C	—	'61
86	士別	塩狩	'36	CL	—	'61
87	上川	愛山	'36	SL	5.0	'59, '60, '61
92	神楽	雨粉	—	—	—	'58, '59
93	"	神楽	—	—	—	'58, '59
95	深川	和央	'53	CL	—	'59
97	達布	達布	—	—	—	'59
102	神楽	美山	—	—	—	'58, '59
104	東大	演習	'06	SL	6.6	'57
105	金	山	'55	SL	5.0	'62

D: 札幌営林局管内 Area of Sapporo Regional Forest Office

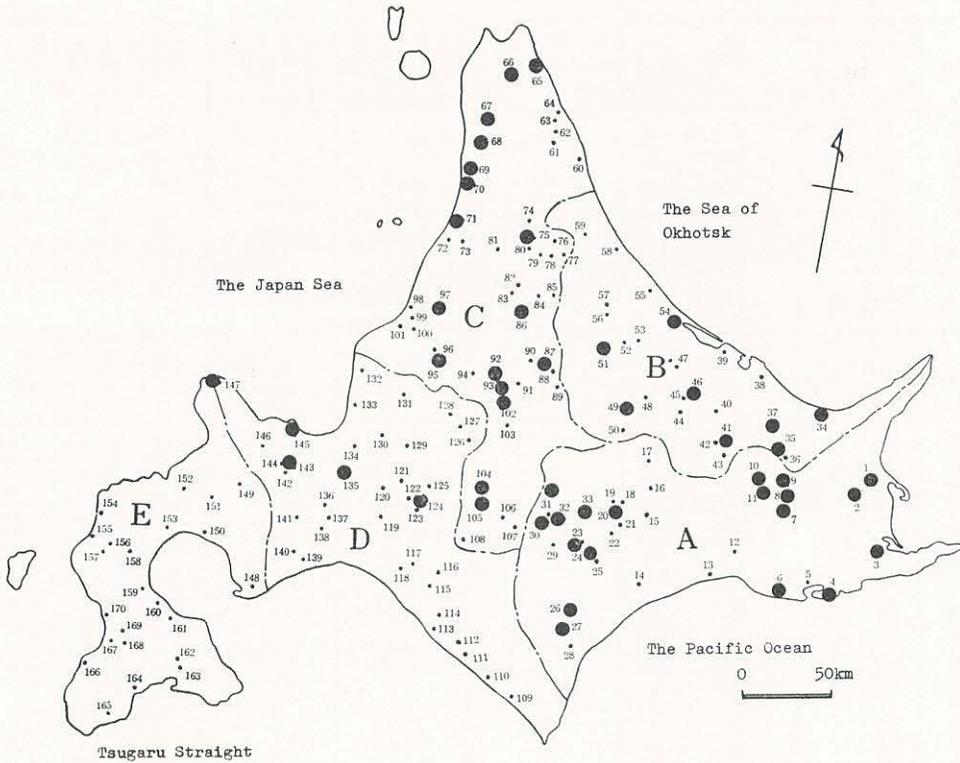
No.	営林署 Name of District Forest Office	苗畑 Nursery name	開設年 Establish- ment of the nursery	土性 Texture of soil	土壌 pH pH of soil	被害発生年 Year of damage occurred
124	大夕張	南大夕張	'42	SL	5.5~6.0	'59
135	札幌	野幌	—	—	—	'59
143	定山	百松	—	—	—	'58
145	札幌	小樽	1883	hC	4.5	'58
147	余市	野塚	1933	CL	4.5~5.5	'59

Remarks) Texture: S; Sand, SL; Sandy loam, CL; Clay loam, L; Loam, C; Clay, P; Peat, hC; Heavy clay.

いて被害発生の有無を調査した。なお、その後に本病が発生した苗畑をも加えて整理した結果は Fig. 1 に示すとおりで、調査対象 170 苗畑のうち Table 1 にかかげた 49 苗畑に本病が発生しており、被害の分布はかなり広いことが知られる。

これを地方別に見ると、道東および道北地方に被害苗畑が多く、ついで道央地方に多いことがわかる。そして道南の渡島、桧山地方には被害苗畑はみられなかった。

また、これらのうち激害苗畑はその大半が道東、道北地方に位置している。ちなみに、被害程度 40~70% の激害が発生した苗畑をあげると次のとおりである。



Tsugaru Strait

Remark : ● ; Damaged nursery
 ○ ; Undamaged nursery

Fig. 1 えぞ雷丸病の分布図

Map of distribution of the disease in Hokkaido.

4. 北の沢, 6. 上尾幌, 8. 弟子屈, 9. 川湯, 10. 和琴, 11. 奥春別, 24. 札内, 26. 忠類, 27. 大樹
 34. 以久科, 54. 湧別, 66. 沼川, 105. 金山 (Fig. 1 を参照)。

なお、苗畑開設年度の新旧および土壌の理化学性と本病の発生の間には、格別の関連性は見られなかった。

IV 本病の発生と降雪

1957年5月、北海道東部および北部の苗畑において、本病の被害がはなはだしく大きかったのであるが、それ以前の気象条件とくに積雪の推移概況と、本病発生との関連についてすこしく検討を加えてみたい。

網走、帯広、札幌、旭川4地区の1954年から1958年までの経過を示すと Fig. 2 のとおりで²³⁾、大きな被害が発生した前年の1956年の根雪初日 (Fig. 2 中の▼印) が他の年のそれにくらべて、網走、帯広、札幌においては前年より約1か月も早く、また根雪期間も20~30日長くなっているのが特徴的である。

また、1957年に激害が発生した川湯苗畑 (No. 9) における1956年から1959年の間の気象条件、とくに積雪深についてみると Fig. 3 に示すとおりで、大被害が発生した前年の根雪時における降雪状況が他の年にくらべて積雪深が大きく、12月初旬に約40cmとなっている。この傾向は他の苗畑における観測

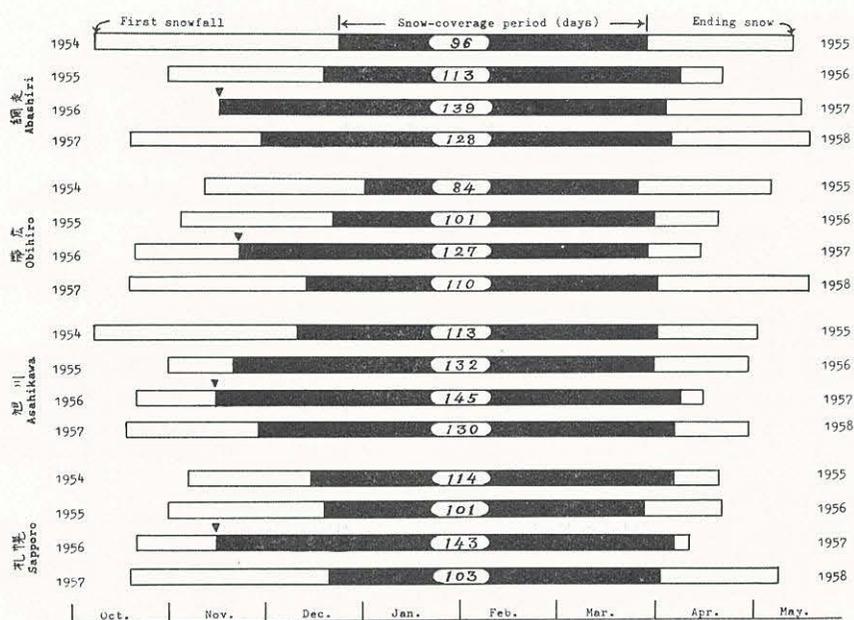


Fig. 2 北海道内各地の根雪期間 (1954~1958)
Snow-coverage period in various localities in Hokkaido.

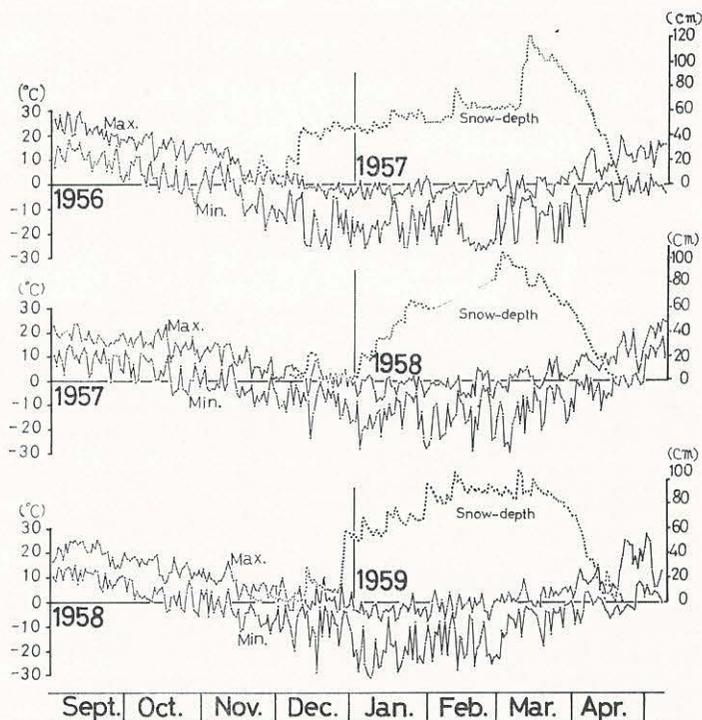


Fig. 3 川湯苗畑における気温と積雪深 (1956~1959年)
Maximum, minimum temperature and snow depth in Kawayu nursery, Sept. 1956~April 1959.

結果でもみられた。

これらのことから、本病の発生には降雪の状況が大きく関与していることが想像される。

V 病原菌の形態

本菌は菌核、菌糸および小型分生孢子からなり、本菌の完全時代ははまだ見出されていない。

1. 菌核

菌核の形状は球形、大豆形、あるいは不整形で、大きさは径約1mmの小さなものから、最大23mmのものまで認められ、一般には4～6mmのものが最も多い (Plate 1, B)。

新鮮な菌核は表面平滑、ときに青色～灰色の菌糸がからまっているものがある。表面の色は濃黄橙～黄褐色 (Isabella Colour)*1、暗橙～黄黄鈍色 (Dark Grayish Olive) あるいは黒橙灰色 (Brackish Mouse Gray) を呈している。地表面近くに形成され、雨で洗い出された菌核は上半分が暗黒色、下面は淡灰色を呈しているものがある。

菌核の断面は白黄橙～黄色 (Maize-Yellow)～白橙～黄色 (Pale Orange Yellow) を呈し、内部組織を顕微鏡で見ると黒色のうすい外層がみられ、内部の細胞内には多数の黄色小油球が含まれている (Plate 5, C)。

生の菌核をすりつぶすと特有のにおいがあり、これを焼くと異様な臭気がただよう。菌核は乾燥するとその表面にしわが生ずる。

また、ジャガイモ寒天培地上に形成された菌核は比較的柔らかく、表面は白色の菌糸によっておおわれている (Plate 4, A)。断面は野外で形成された菌核にくらべ濃い橙色を呈する。なお、本菌核の寿命は5年間、確実に生きていたことを確認している。

2. 菌糸

本菌は培地上で特異な性状を呈する。菌核の組織から分離した菌叢をジャガイモ寒天培地上に移植し、低温 (10°C) で培養すると最初白色の菌糸が生ずるが、しだいに橙色に変わり、菌叢周辺の菌糸および寒天は青色～暗色に変色する。

菌糸の径は細いもので 4.5～6.4 μ 、太いものでは 12.0～23.0 μ と大きな変化がみられる (Fig. 4, 5, Plate 5, A, B)。菌糸は隔膜の部分でややくびれており、菌糸の分岐角は鋭角ないし直角である。また、しばしば2つの菌糸が接合しているのがみられる。細胞内には黄色の油球が含まれ、菌糸が切断されると油球は細胞外へ流出する。菌叢が老化すると、油球が細胞外にあふれ、菌糸のまわりに集まって大きな油球をつくる (Plate 4, D)。積雪下の土壌表面にまんえんした菌糸は一般に太く、くもの巣状を呈している。その菌糸を採集して顕微鏡下で観察すると、細胞膜の外側に小粒状物が多量に認められる (Plate 3, D)。

3. 小型分生孢子

本菌は培地上あるいは土壌表面に発育した菌糸上に小型分生子梗 (Fig. 6, Plate 4, E) を生じ、その先端に小型分生孢子を多量に形成する (Plate 4, C)。この分生孢子は単胞、無色～淡黄色で、油球を1～2個含み、形はゴマ粒状を呈し一方はまるく、他端はややとがる。まれに中間がくびれヒョウタン形をしたものもあり、大きさは 4.5～9.0 \times 3.4～3.9 μ (Fig. 7, Plate 5, E)。小型分生子梗上に房状に生じた分生

*1: 色名は林業試験基礎調査用標準色名⁴⁰⁾によった。以下同じ。

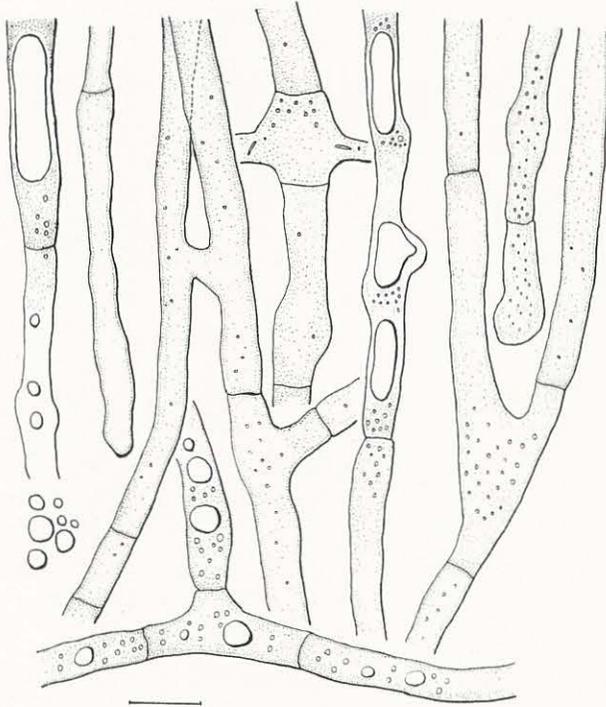


Fig. 4 本菌の太い型の菌糸
Big hyphae of the fungus. (—: 20 μ)

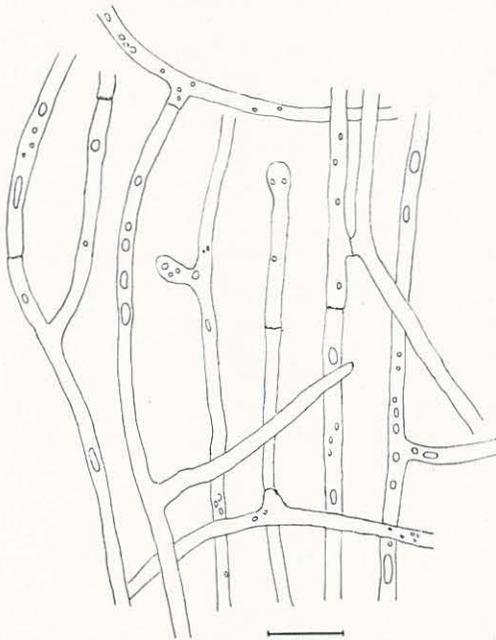


Fig. 5 本菌の細い型の菌糸
Fine hyphae of the fungus. (—: 20 μ)

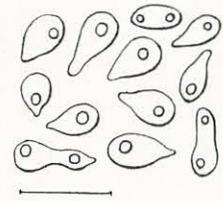


Fig. 7 本菌(E-菌)の小型分生孢子
Microconidia of the fungus.
(—: 10 μ)

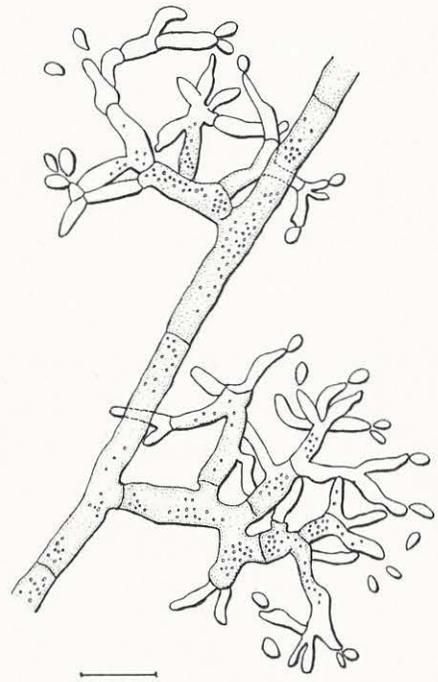


Fig. 6 本菌(E-菌)の小型分生子梗と小型分生孢子
Microconidiophores and microconidia of
the fungus. (—: 20 μ)

胞子の集団を肉眼でみると、白色～淡橙色 (Maize Yellow) の粉状を呈する。

なお、本菌の分類学的検討は別の機会にゆずり、本稿では伊藤¹⁶⁾による *Sclerotium* sp. として取り扱うことにする。

VI 病原菌の分離および培養上の性質

1. 分 離

被害苗床の土中に多量に形成された菌核、および罹病種子の胚乳から病原菌の分離を行なった。菌核からの分離方法は、まず水で菌核表面の土壌をよく洗い落とし、つぎに 80% アルコールに数分間浸漬後、殺菌口紙上にあげ、メスで菌核の表層部を剥離し、内部組織を約 3 mm 角に切り、それを常法によって表面殺菌したものをジャガイモ寒天培地上にならべ、10°C の定温器中に入れた。

また、罹病種子からの分離も同様に水洗後、外皮をはぎとり、胚乳の部分について常法により殺菌し、10°C で分離を行なった。

その結果、罹病種子および菌核からはいずれも同じ特徴ある菌叢が得られた。

2. 採集地を異にする菌核からの分離培養

北海道内 8 か所から採集した菌核から上記方法により分離培養し、22°C における各菌株の菌叢について比較を行なった。その結果は Table 2 および Plate 9, D に示す。

8 菌株の発育状態にはばらつきが多いが、共通してみられることは、くもの巣状の太い菌糸がイノキュラムから下垂してくること、および寒天の色が青色～濃インク色に変色することである。

3. 各種培養基上の菌叢の特徴

本菌の菌叢が各種の培養基上で、どのような特徴を示すかを知るために培養実験を行なった。培養基は次の 8 種を用いた。

- a) WAKSMAN 氏寒天……ブドウ糖 10 g, ペプトン 5 g, KH_2PO_4 1 g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.5 g, 蒸留水 1,000 cc, 寒天 20 g (pH 4.0 に補正)。
- b) RICHARDS 氏寒天…… KNO_3 10 g, KH_2PO_4 5 g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 2.5 g, ショ糖 50 g, 蒸留水 1,000 cc, 寒天 25 g。
- c) イースト加用 CZAPEK 氏寒天……CZAPEK 氏寒天 2% イースト煎汁を加えて調製。
- d) CZAPEK 氏寒天…… $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.5 g, K_2HPO_4 1 g, KCl 0.5 g, NaNO_3 2 g, ショ糖 30 g, FeSO_4 0.01 g, 蒸留水 1,000 cc, 寒天 25 g。
- e) 齊藤氏しょう油寒天……たまねぎ煎汁 100 cc, しょう油 50 cc, ショ糖 50 g, 蒸留水 850 cc, 寒天 25 g。
- f) ブイヨン寒天……ペプトン 10 g, 肉エキス 10 g, NaCl 5 g, 蒸留水 1,000 cc, 寒天 25 g。
- g) 2% ショ糖寒天……ショ糖 20 g, 蒸留水 1,000 cc, 寒天 25 g。
- h) ジャガイモ寒天……ジャガイモ 200 g, ショ糖 20 g, 蒸留水 1,000 cc, 寒天 25 g。

1957 年 11 月 9 日、各種培養基上に約 3 mm 角のイノキュラムをおき、22°C で 15 日間培養したのち取り出し菌叢の発育状態を調査した。結果は Table 3, Plate 6, C に示す。

Table 3 から菌叢の発育はイースト加用 CZAPEK 氏寒天上で最も旺盛で、ついで WAKSMAN 氏寒天、RICHARDS 氏寒天、ジャガイモ寒天、しょう油寒天の各培地上でよく発育し、CZAPEK 氏寒天、ブイヨン寒

Table 2. 8 菌系の馬鈴薯寒天培地上における菌叢の状態
Macroscopic appearance of 8 isolates of the fungus on potato-sucrose
agar (Jan. 12~Feb. 10, 1962, 22°C in the dark)

番号 No.	採 集 地 Locality	直 径 Diameter of colony (mm)	菌 叢 の 色 Appearance of colony	寒 天 の 色 Discoloration of agar
1	糸 櫛 別	38.6	菌叢中央部は綿毛状, 白色~ 白黄橙~黄平色 (Cream- Color), 中央部からくもの巣 状の菌糸下垂	周辺部の寒天は青色~黒緑色 (Blackish Green-Blue) ないし黒青 緑~青平色 (Dark chessylite Blue) に変色。中央部付近は白黄~橙色 (Pale Yellow-Orange)
11	奥 春 別	37.8	同 上	同上。No. 1 にくらべ青変色部少ない
51	白 滝	33.3	同 上	同上。No. 1 にくらべ青色部やや大
33	上 士 幌	32.0	同上。周縁部乱菌状	同 上
37	小 清 水	20.3	菌叢はインク色でもり上がる	黒緑~青青色 (Berlin Blue)
75	名 寄	23.0	同 上	同 上
54	湧 別	10.5	菌叢は濃青色でもり上がる	濃インク色 (Berlin Blue)
30	新 得	10.8	同 上	同 上

No. : Refer to Table 1.

Table 3. 各種培地上の菌叢の特徴
Macroscopic appearances of mycelial colony of the
fungus on various agar-media
(At 22°C, after 15 days)

寒 天 培 地 Agar medium	直 径 Diameter of colony (mm)	気 中 菌 糸 Aerial mycelium	培 地 の 変 色 Discoloration of agar-medium
WAKSMAN 氏 寒天 WAKSMAN'S solution agar	40	++++	-
RICHARDS 氏 寒天 RICHARDS' solution agar	39	++++	-
イースト加用 CZAPEK 氏 寒天 CZAPEK'S solution plus yeast agar	75	++++++	-
CZAPEK 氏 寒天 CZAPEK'S solution agar	35	++	++
しょう油寒天 SAITO'S soy agar	41	+++	+++
ブイオン寒天 Bouillon agar	33	++	-
2% ショ糖寒天 2% sucrose agar	34	+	+
ジャガイモ寒天 Potato-sucrose agar	41	++++	+++

天, 2% ショ糖寒天培地上ではわずか伸長した。一方, 寒天培地の変色(青変)程度はジャガイモ寒天, しょう油寒天培地上で濃く, CZAPEK 氏寒天, ブイオン寒天, 2% ショ糖寒天ではうすく, 他の寒天培地では変色はみられなかった。

つぎに, これら培養したものを 1957 年 11 月 24 日から 1958 年 3 月 31 日まで実験室内に放置して, 小型分生孢子および菌核の形成状況を観察した結果を示せば Table 4 のとおりである。

すなわち, 小型分生孢子は RICHARDS 氏寒天, ジャガイモ寒天上に比較的良好に形成され, CZAPEK 氏寒天, WAKSMAN 氏寒天, 2% ショ糖寒天にはわずか形成された。

また菌核はジャガイモ寒天上には比較的良好に形成され(大きさ 4~6 mm), CZAPEK 氏寒天, しょう油寒天上にはわずか形成をみ, 他の培地上には全くみられなかった。

Table 4. 各種培地上における小型分生胞子と菌核形成
Microconidial and sclerotial production of the
fungus on various agar media

寒 天 培 地 Agar medium	小形分生胞子形成 Microconidial production	菌 核 形 成 Sclerotial productoin
WAKSMAN 氏寒天 WAKSMAN'S solution agar	+	-
RICHARDS 氏寒天 RICHARDS' solution agar	+++	-
イースト加用 CZAPEK 氏寒天 CZAPEK'S solution plus yeast agar	-	-
CZAPEK 氏寒天 CZAPEK'S solution agar	++	++
しょう油寒天 SAITO'S soy agar	-	+
ブイヨン寒天 Bouillon agar	-	-
2%ショ糖寒天 2% sucurose agar	+	-
ジャガイモ寒天 Potato-sucrose agar	+++	+++

Table 5. 菌叢の発育と温度 (°C) との関係
Relation between mycelial growth of the causal fungus
and temperature (°C)

Experiment-1. (after 21 days)

温 度 Temperature (°C)		0~3	5	10	15	18	22	25	28	30
菌 叢 直 径 Diameter of colony (mm)	太い菌糸 Large hyphae	±	36	80	85	32	—	—	—	—
	細い菌糸 Fine hyphae	11	13	24	55	56	41	39	7	±

Experiment-2. (after 19 days)

温 度 Temperatuer (°C)		0~3	5	10	15	22	25	28	30
菌 叢 直 径 Diameter of colony (mm)	太い菌糸 Large hyphae	±	48	71	61	—	—	—	—
	細い菌糸 Fine hyphae	+	12	24	48	36	35	+	—

Experiment-3. (after 24 days)

温 度 Temperature (°C)		0~3	5	10	15	20	25	30	35
菌 叢 直 径 Diameter of colony (mm)	太い菌糸 Large hyphae	—	38	76	78	18	—	—	—
	細い菌糸 Fine hyphae	+	22	27	31	65	22	—	—

4. 菌糸の発育と温度との関係

ジャガイモ寒天を使用し、Petri 皿法によって菌糸の発育におよぼす温度の影響を試験した。菌叢直径は各温度ともそれぞれ Petri 皿 5 個の平均値を示す。実験は 3 回くりかえして行ない、結果は Table 5 のとおりである。

本菌の菌叢には前述したとおり、くもの巣状の太い菌糸と密な細い菌糸がみられる。それぞれについて Table 5 をみると、前者では 10~15°C で良好な発育を示し、20°C では急激におとろえ、さらに 25°C では全く発育しないことがわかる。一方、後者の細い菌糸は 15~20°C でよく発育し、28°C、30°C でごくわずかししか発育せず、35°C では全く発育しなかった。そしてまた、両菌糸とも 0~3°C の低温でわずかに伸長した。

5. 積雪下における本菌の菌叢発育

積雪下における菌叢の発育状況をみるために 1960 年 12 月 9 日から 10 日おきに、ジャガイモ寒天培地上に約 5 mm 角の本菌菌叢を接種した Petri 皿を、10 枚ずつ雪中に埋藏した。1961 年 3 月 17 日にこれらの Petri 皿全部を掘り出して、菌叢 (白色密な部分) の発育状況を調査した。その結果は Table 6 (実験-1) に示すとおりである。

Table 6. 雪中における本菌菌叢の発育状況 (実験-1)
Mycelial growth of the fungus on potato-sucrose agar
under snow (Experiment-1)

区名 Plot	シャーレ雪中埋藏期間 Term of setting dish under snow	菌叢直径 Diameter of colony (mm)	菌叢発育程度 Degree of mycelial growth	備考 Remark
100 days	9/XII'60~17/III'61	8.0	++++	Freezing
90 days	19/XII'60~17/III'61	5.5	++	"
80 days	29/XII'60~17/III'61	18.7	+++++	Unfreezing
70 days	7/I'61~17/III'61	15.6	++++	"
60 days	17/I'61~17/III'61	8.4	+++	"
50 days	27/I'61~17/III'61	6.7	+	"
40 days	6/II'61~17/III'61	5.0	+	"
30 days	16/II'61~17/III'61	++	-	"
20 days	26/II'61~17/III'61	+	-	"
10 days	7/III'61~17/III'61	-	-	"

Table 7. 雪中における本菌菌叢の発育状況 (実験-2)
Mycelial growth of the fungus on potato-sucrose agar
under snow (Experiment-2)

区名 Plot	シャーレ雪中埋藏期間 Term of setting dish under snow	菌叢直径 Diameter of colony (mm)	菌叢発育程度 Degree of mycelial growth	備考 Remark
70 days	21/I~1/IV'61	20.3	++++	Unfreezing
60 days	31/I~1/IV'61	18.2	+++	"
50 days	10/II~1/IV'61	6.1	+	"
40 days	20/II~1/IV'61	+	±	"
30 days	2/III~1/IV'61	+	±	"
20 days	12/III~1/IV'61	-	-	"
10 days	22/III~1/IV'61	-	-	"

Table 6 中, 12月9日に雪中埋蔵した Petri 皿は, 雪が少なかったため全部凍結し, 菌叢の発育も不良であった。12月29日埋蔵のものも, 10枚中5枚が凍結した。12月29日以降埋蔵のものは, 全部不凍結のまま経過した。寒天が凍結したものの発育は悪く, 100日間で菌叢直径は8mmであった。一方, 不凍結状態で80日間積雪下にあったものは約19mmとなり, 寒天培地も一部木菌特有の淡青色に変色していた。

なお, 本実験経過の途中(1961年1月21日)から, これとは別に Petri 皿10枚ずつを10日ごとに雪中に埋蔵し, 1961年4月1日に全部掘り出し調査した。結果は Table 7 (実験—2) に示す。

この実験—2では寒天が凍結したものはみられず, 菌叢発育状況は実験—1と大体同じような傾向がみられた。

6. 小型分生胞子の発芽試験

小型分生胞子の発芽をみるために, つぎの方法で試験した。

A. 試験方法

4種の培養液にあらかじめ試験管に培養しておいた, 本菌の菌叢上に生じた小型分生胞子を懸濁液とし, Van Tieghem cell 法によって試験した。それらを10°C, 15°C, 20°Cの定温器中に入れ, 10日間毎日発芽の有無を調査した。

供試培養液は①ジャガイモせん汁液(ジャガイモ5gを100ccの蒸留水に入れ1時間煮沸し濾過したもの), ②トウモロコシせん汁液(トウモロコシ5gを100ccの蒸留水中に入れ1時間煮沸して濾過したもの), ③2%ショ糖液, ④殺菌蒸留水の4種である。

B. 試験結果

結果は発芽したものは全く認められなかった。

7. 菌核の発芽試験

A. 発芽試験—(実験—1)

菌核を発芽させるための試みとして照井ら³⁹⁾, 千葉³⁸⁾の試験に準じて菌核を低温処理(0~3°C)し, 観察を行なった。

供試菌核は札幌市豊平の林業試験場北海道支場構内で, 1964年7月に採集した大きさ8~12mmのものをを用いた。

これらの菌核を①1965年2月10日から7月21日まで161日間, ②1965年4月12日から7月21日まで100日間, それぞれ湿らせて状態にして低温処理したのち, 川砂, 腐植土を入れた素焼鉢(径11cm, 深さ11cm)に, 4個ずつ菌核の一部が露出するようにして埋め込んだ。各素焼鉢の下には径15cm, 深さ4cmの深シャーレをしき, それに水を入れ常時素焼鉢内の川砂, 山土が湿った状態を保つようにして野外に放置し, 直射日光があたらないようにヨシズをかけた。11月18日まで121日間観察を続けたが発芽菌核は1個もみられなかった。

B. 発芽試験—(実験—2)

菌核につぎのような温度処理を加えて発芽試験を行なった。

① 0~2°C (10日間), ② 0~2°C (20日間), ③ 5°C (10日間), ④ 5°C (20日間), ⑤ 10°C (10日間)→5°C (10日間), ⑥ 35°C (3時間), ⑦ 35°C (6時間), ⑧ 35°C (10時間), ⑨ 40°C (10分間), ⑩ 40°C (30分間), ⑪ 0~2°C (3日間)→-10°C (10日間)→0~2°C (3日間), ⑫ 0~2°C (3日間)

→ -10°C (20日間)→ $0\sim 2^{\circ}\text{C}$ (3日間), ⑬ $0\sim 2^{\circ}\text{C}$ (3日間)→ -30°C (10日間)→ $0\sim 2^{\circ}\text{C}$ (3日間),
 ⑭ $0\sim 2^{\circ}\text{C}$ (3日間)→ -30°C (20日間)→ $0\sim 2^{\circ}\text{C}$ (3日間), ⑮ $0\sim 2^{\circ}\text{C}$ (100日間)→野外 (90日間),
 ⑯ 無処理。

供試菌核は1965年10月13日に湧別苗畑から採集した大きさ5~10mmのものを用いた。これらの菌核は0.1%昇こう水で30分間表面殺菌したのち、十分水洗したものを用いた。

各処理はいずれもPetri皿内に脱脂綿をしき蒸留水を入れ、その上に菌核をおき、常時湿らせた状態にして行なった。

処理が終わった菌核は逐次川砂をつめた素焼鉢(直径11cm, 深さ11cm)に、菌核の一部が露出するようにして埋め込んだ。鉢の底には試験-1と同じように深シャレをしき、水を入れて常時鉢内の砂が湿るようにして温室(素焼鉢内の温度, $17\sim 24^{\circ}\text{C}$)内においた。

このようにして1966年5月20日まで観察をつづけたが、この試験においても菌核からの発芽は全く認められなかった。

Ⅶ 接 種 試 験

本菌のトドマツ種子に対する病原性をみるために、次の接種試験を行なった。

A. 実験-1

1957年12月26日、ウスプルン500倍液に1時間浸漬、殺菌したのち、十分水洗したトドマツ種子を、あらかじめ高压殺菌(10lb., 1時間)した径18cmの素焼鉢に播種し、同時に菌核から分離した本菌の菌叢を1.5cm角に切り取って、鉢の中心部に接種した。なお対照区として無接種の鉢をつくった。

これらの鉢は積雪下に約50日間放置し、翌年2月17日(積雪深約1.5m)に雪の下から掘り出し、室温 $0\sim 10^{\circ}\text{C}$ の室内にうつし、ガラス鐘のなかに雪をつめたものを鉢の上にかぶせ、乾燥をふせぎながら徐々に融雪させた。3月19日、これらの鉢を $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ のガラス室内に移して発芽をうながし、3月31日に発芽状況を調査した。

結果はTable 8, Plate 10, Aに示すとおり、対照区(無接種区)はいずれもよく発芽しているのに対し、接種区はほとんど発芽せず、土壌表面にはくもの巣状の本菌の菌糸が一面に蔓延し、土壌中の種子にも菌糸がまつわりついていた。これらの罹病種子の断面は特有の青色を呈し、本菌によって侵されていることを示し、病原性があることが明らかになった。

なお、このようにひどく侵され、本菌の菌糸が一面に蔓延している病土にトドマツ種子を播種して、 $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ のガラス室内に入れ発芽させると、いずれも発病することなく健全に発芽し、発芽した稚苗も本菌に侵されることなく順調に生育した(Plate 10, B)。

このことから、本病の発生には必ず低温多湿の条件が必要であることがわかった。

B. 実験-2

径9cmのPetri皿に直径7cmの東洋濾紙(No. 2)2枚をしき、その上に川砂40ccを入れて 150°C で10分間乾熱殺菌し、冷却後殺菌蒸留水30ccを加えた。Petri皿の中にあらかじめジャガイモ寒天培地に培養しておいた本菌の菌叢(約6mm角に切ったもの)をおき、このイノキュラムを中心にして放射状に25個種子をならべた。供試種子はあらかじめ0.1%昇こう水で5分間殺菌し、そのあと殺菌蒸留水で十分水洗したものを用いた。樹種はトドマツとストロブマツを用い、接種したものと、無接種の

Table 8. トドマツ種子に対する本菌の病原性
Pathogenicity of the fungus on Todo-fir seeds

		発芽本数 Total emergence		
鉢番号 Pot No.		1	2	3
接種区 Inoculated		14	1	11
対照区 Check		74	65	55

Table 9. トドマツおよびストロブマツの種子に対する本菌の接種試験 (川砂)
Inoculation experiment with the fungus to seeds of Todo-fir and Eastern white pine (river-bed sand)

樹種 Tree species	トドマツ Todo-fir						ストロブマツ Eastern white pine					
	I	II	III	IV	V	Total	I	II	III	IV	V	Total
ベトリ皿番号 Petri-dish No.												
接種区 Inoculated	4	1	11	1	3	20	24	24	23	23	24	118
対照区 Check	24	10	11	16	14	75	25	23	25	24	24	121

25 seeds/1 petri dish.

Table 10. トドマツおよびストロブマツの種子に対する
本菌の接種試験 (トドマツ造林地内土壌)
Inoculation experiment with the fungus to seeds of Todo-fir and Eastern white pine (on surface soil of Todo-fir plantation)

樹種 Tree species	トドマツ Todo-fir						ストロブマツ Eastern white pine					
	I	II	III	IV	V	Total	I	II	III	IV	V	Total
ベトリ皿番号 Petri-dish No.												
接種区 Inoculated	11	14	9	12	11	57	24	24	24	23	25	120
対照区 Check	15	18	17	16	22	88	24	25	24	25	23	121

25 seeds/1 petri dish.

ものそれぞれ5枚ずつをつくった。この方法は Z. EPNERS 氏²⁾が行なった方法に準じたものである。

これらの Petri 皿をビニール袋でつつんで1966年2月17日(積雪深84cm)、雪中に埋め込んだ。60日間そのままに放置し、翌年4月18日掘り出し25°Cの定温器中に移した。5月9日、発芽が出そろった時点で調査を行なった。なお、川砂のかわりにトドマツ林下の土壌を用いたものについても行なった。

結果は Table 9, 10 に示すとおり、トドマツ種子に対しては病原性がみられたが、ストロブマツ種子に対しては病原性は現わさなかった。トドマツの未発芽種子には菌糸がからまりつき(Plate 2, A, Plate 3, C)、いずれも胚乳、子葉の一部が青変していた。

VIII 本菌菌糸のトドマツ種子内への侵入経過

積雪下の土壌中で、本菌の菌核から伸びた菌糸がトドマツ種子に到達したのち、どのようにして種子内へ侵入していくかをしらべた。すなわち、人工接種によって罹病した種子を雪中から掘り出し、これらを

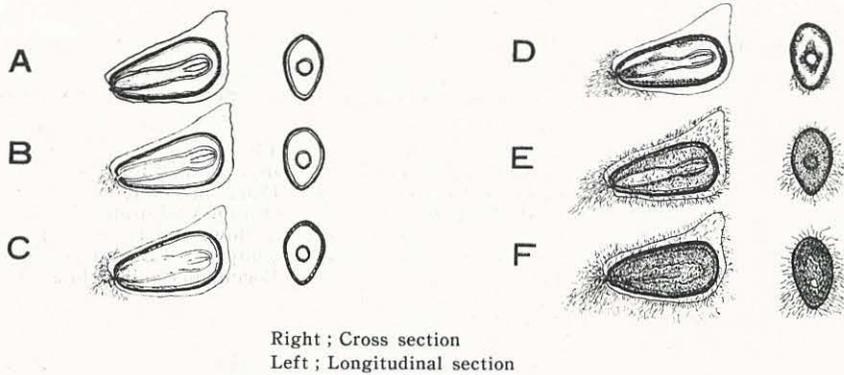


Fig. 8 本菌のトドマツ種子内への侵入経過

Process of penetration of the fungus (E-fungus) in Todo-fir seeds.

切断して断面を観察し、なお切片をつくって細部を鏡検、被害の軽度なものから重度なものへと配列して侵入経過を追跡した。

結果は Fig. 8 に示すとおりである。A. 健全なトドマツ種子の断面, B. 罹病種子を土中から取り出していねいに水洗して菌糸のてんらく(纏絡)状態をみると、まず珠孔の部分に密に青色の菌糸がみられる。まだ種子の内部組織にまでは菌糸は侵入していない。C. 珠孔部付近の菌糸がしだいにひろがり、珠孔から種子の内部へ侵入する。また、まれに外種皮の割れ目から侵入している場合もある。侵入した菌糸は外種皮と内種皮との間げきおよび子葉と胚乳との間げきを蔓延しはじめる。D. 内、外種皮間げき内の菌糸が胚乳の全面に蔓延するころから、胚乳および子葉組織内への侵入がおこり、胚乳の一部は淡青色(Ant Werp Blue~Patent Blue)に変色しはじめる。E. ついに胚乳、子葉組織全体に菌糸が侵入し、組織は淡青色となる(Plate 2, A)。なお組織内の菌糸は Fremming 氏三重染色でよく染まり、培地上の菌糸に比べどつどつしている(Plate 3, E, F)。F. その後しだいに子葉および胚乳の一部が収縮して中空となり、発芽能力は全く侵されてしまう。胚乳は濃青色(インク色)(Dasky Green-Blue)となる。

IX 本菌と類似菌との比較

1957年から1961年にかけて各地の被害苗床から採集した菌核の調査、およびその後の現地調査の結果から、トドマツ播種床には本病原菌の菌核のほか、本菌に類似の菌核があることがわかった。すなわち、えぞ雷丸病の病原菌(ここではE-菌としておく)のほか、従来えぞ雷丸病の病原菌であるとされていたタマムクエタケ *Agrocybe tuberosa* (P. HENNING) SINGER⁶⁷⁾¹⁹⁾²⁰⁾(ここではA-菌としておく)、および種属不明の菌(ここではN-菌としておく)の各菌である。

これら3菌の相違点を明らかにするために形態上、培養上の諸性質について比較検討を行なった。

1. 各菌の菌核の比較

上記3菌の野外で形成された菌核、およびジャガイモ寒天培地上に形成された菌核の特徴は Table 11, Plate 2, D, Plate 7, A 1~C 3 に示すとおりである。

3菌の菌核の明確な識別点は菌核の断面の色と臭いであり、ほぼ確実に区別し得る。すなわち、A-菌の菌核断面は白色でキノコの臭いがするのに対し、E-菌は淡黄~淡橙色を呈し、特有のにおいがある。また、N-菌の断面はこげ茶色で特有のにおいがあり、他の2菌と明らかに区別がつく。また、菌核の外

Table 11. 3 種菌の菌核の特徴
Macroscopic appearance of sclerotium of the 3 allied fungi

菌名 Fungus	採集地 Locality	野外で形成された菌核 Sclerotium produced in Todo-fir seed bed	馬鈴薯寒天培地上に形成された菌核 Sclerotium produced on potato-sucrose agar
E-菌 (えぞ雷丸病原菌) E-fungus (Pathogene of "Ezoraigan" disease)	湧別 Yubetsu (14/X '65)	Surface is smooth, Dark Grayish Olive, Brackish Mouse Gray, Chamois, Warm-buff and Black in color. Inner part is Maize Yellow, Buff-Yellow in color, giving out bad smell of its own. Tissue of the surface is Black, and compact.	The surface is covered by white mycelium, Light Olive, Gray, Black in color. Inner part is Orange-Cadmium Yellow, Maize Yellow, and tissue is relatively compact. Central portion is flocculence, and Maize Yellow.
A-菌 (タマムクエタケ) A-fungus (<i>Agrocybe tuberosa</i> (P. HENN.) SING.)	勝山 Katsuyama (12/X '65)	Surface is smooth, Russet Mars Brown. Inner part is white, giving out smell of mushroom. Sclerotia are relatively large in size.	Unripe sclerotium is soft, and white. Tissue of the matured sclerotia is compact, surface is avelleheous, Bone Brown, and Black. Inner part is white and Light Buff.
N-菌 (種属不明菌) N-fungus (non- identified fungus)	美深 Pifuka (8/IX '63)	Surface is soft, and Hessian Brown Black. Inner part is Hessian Brown, and Black, giving bad smell of its own.	Surface is white, and Russet in color. Inner part is milk-white.

Note : Refer to Plate 7, 8, 9.

Table 12. 3 菌菌糸の発育と温度との関係
Effect of temperature on mycelial growth of the 3 allied
fungi (on potato-sucrose agar, after 13 days)

温度 Temperature (°C)		0	2	5	10	15
E-菌 (湧別) E-fungus (Yubetsu)	菌叢直径 Diam. of mycelial colony (mm)	±	+	10.4	16.8	22.5
	菌叢状態 Appearance of colony	—	—	—	淡黄色のくもの巣状菌糸下垂 Maize Yellow	同左 Do.
	寒天の変色 Discoloration of agar	—	—	—	一部青色 Ethyl Green	同左 Do.
A-菌 (勝山) A-fungus (Katsuyama)	菌叢直径 Diam. of mycelial colony (mm)	—	—	11.4	28.4	47.6
	菌叢状態 Appearance of colony	—	—	—	白色綿毛状 White floccose	同左 Do.
	寒天の変色 Discoloration of agar	—	—	—	—	淡黄色 Cream color
N-菌 (美深) N-fungus (Pifuka)	菌叢直径 Diam. of mycelial colony (mm)	—	—	11.2	56.2	83.0
	菌叢状態 Appearance of colony	—	—	白色綿毛状 White, floccose	同左 Do.	白色綿毛状 White, floccose, produced conidia
	寒天の変色 Discoloration of agar	—	—	—	白色～淡橙色 Capucine Buff	淡黄色～淡橙色 Do.

形, 大きさ, 色などによっても識別できるが, 小形の菌核 (径 5~6 mm 以下) の場合, 外形のみでは全く区別がつかず誤認されやすい。そして, それらの菌核が同一苗床に混在していることがあるため, 特に注意が必要である。なおこれら 3 菌のうち, 子実体を生ずるものは A 一菌 (Plate 2, E) のみで, 他の 2 菌についてはいまだ子実体をみていない。

2. 各菌の培養上の比較

各菌の菌核から分離培養した菌核を用い, ジャガイモ寒天培地上における菌糸の発育と, 温度との関係について比較した。その結果は, Table 12, Plate 9, A, B, C に示すとおり, E 一菌は 0°C においてもわずかに発育し, 15~20°C で良好な発育をなし, 25°C では急激におとろえ, さらに 30°C では発育しない。A 一菌は 5°C でわずかに伸長し, 20~25°C で良く発育し, 35°C では全く伸びなかった。N 一菌も 5°C でわずかに成長し, 15~25°C できわめて旺盛に発育し, 35°C では全く成長しなかった。このように, E 一菌は低温下でも比較的よく発育し, 発育適温も 15~20°C と他の 2 菌に比べて低い特徴がある。また, 培養上 E 一菌は寒天培地が一部青色になり, A 一菌は菌叢が古くなると菌核をつくりやすいことが認められた。そしてまた, A 一菌の菌糸にはクランプコネクションがあり (Plate 8, B5), 他の 2 菌の菌糸にはこれが認められなかった。

3. 3 菌のトドマツ種子に対する病原性の比較

3 菌のトドマツ種子に対する病原性を比較するために, 次の方法で接種試験を行なった。

A. 試験方法

直径 17 cm, 深さ 14 cm の素焼鉢に圃場の土をつめ, 10 lb. で 15 分間高圧殺菌し, 1963 年 11 月 12 日, これらの各鉢にトドマツ種子を 3 g ずつ播種し, 中央部に E 一菌 (下土幌産), A 一菌 (幾寅産), および N 一菌 (美深産) の菌叢 (約 1 か月間培養したもの) をそれぞれ接種した。

素焼鉢は鉢の上面が地表面と同じ高さになるように土壌中に埋め込み, そのまま越冬させ翌 1964 年 6 月 1 日発芽が出そろったときに調査した。

B. 調査結果

調査は各鉢の発芽本数, 菌核の形成数, 菌核の大きさなどについて調査した。その結果は Table 13 に示すとおり, E 一菌は明らかに病原性を示し, 種子は菌糸によっておおわれ, 土中には本菌の菌核が形成された。しかし, A 一菌および N 一菌を接種した区は病原性は示さなかった。とくに A 一菌についての現地調査 (幾寅, 瀬戸瀬, 勝山, 遠別など) では, 苗床に菌核およびキノコが多量に形成されているにもかかわらず, 稚苗は健全に生育しており, 被害はほとんどみられなかった。

20	25	30	35
19.3	+	—	—
同左 Do.	白色 White	—	—
同左 Do.	—	—	—
70.2	61.4	40.4	—
白色扁平 White flat	同左 Do.	同左 Do.	—
同左 Do.	同左 Do.	同左 Do.	—
83.0	83.0	56.6	—
同左 Do.	同左 Do.	白色綿毛状 White floccose	白色 White
淡橙色~ 淡茶色 Capucine Buff, Tauny	同左 Do.	わずかに 淡橙色 Capucine Buff.	同左 Do.

Table 13. E-, A-, N-3 菌のトドマツ種子に対する接種試験
Parasitism of E-, A- and N-fungus to Todo-fir seeds

供 試 菌 Fungus		鉢 番 号 Pot No.										Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
E-菌 (えぞ雷丸病菌) E-fungus (Pathogene of "Ezoraigan" disease)	発芽本数 Total emergence	34	39	37	35	49	27	44	36	37	38	376
	菌核形成数 No. of sclerotium produced	1	2	0	0	0	1	0	0	1	2	7
	菌核の大きさ Diameter of sclerotium (mm)	8	2	—	—	—	2	—	—	3	9	2~9
A-菌 (タマムクエタケ) A-fungus (<i>Agrocybe tuberosa</i> (P. Henn.) Sing.)	発芽本数 Total emergence	83	117	72	53	54	98	100	86	120	102	885
	菌核形成数 No. of sclerotium produced	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	菌核の大きさ Diameter of sclerotium (mm)	—	—	—	—	5	—	—	—	—	—	5
N-菌 (種属不明菌) N-fungus	発芽本数 Total emergence	131	129	133	144	113	92	135	120	123	128	1308
	菌核形成数 No. of sclerotium produced	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
対照区 Check (Non-inocu- lation)	発芽本数 Total emergence	75	102	133	94	117	95	106	102	125	142	1091
	菌核形成数 No. of sclerotium produced	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

X 環境と発病

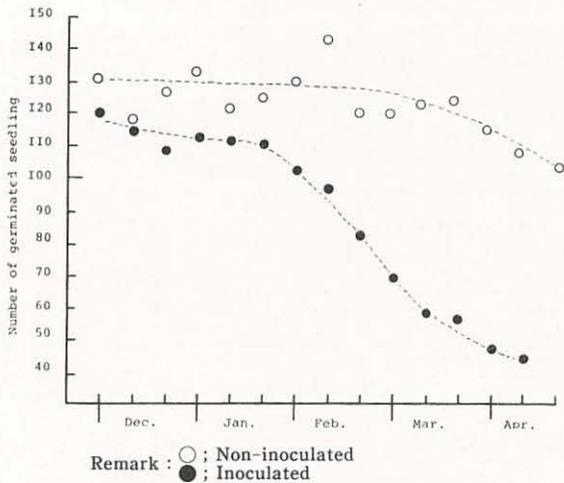
本病の発生は環境調査の結果から、気象条件あるいは苗床の高さ、しきわらの有無などに関係がありそうに思われたので、これらの環境条件を人為的に作り、どのような条件が本病の発生に関与しているかを解析するために、次の実験を行なった。

1. 積雪期間と発病

積雪下において本病がいつごろから発生しはじめ、どのように進行していくかをみるために、次の実験を試みた。本病はさきにも述べたとおり、病原菌がいくら土中にあっても 15~20°C の温度条件下ではトドマツ種子に対して病原性を発揮することができないため、一定期間雪中においた鉢を温室内にうつすと、その時点から本菌はトドマツ種子に対する攻撃力を失なう。したがって、鉢を温室にうつすことにより発病の進行をストップしたことになり、雪中におかれた期間だけが、トドマツ種子に対して発病させうる期間となる。このことを利用して、積雪下の発病推移をみた。

A. 試験方法

常法で殺菌した径 18 cm の素焼鉢を 150 鉢用意し、これらのうち 90 鉢に北見営林署仁頃苗畑で採集した菌核を 5 mm 角大に切り、1 鉢あたり 4 個ずつ接種し、他の 60 鉢は無接種のままとし、同時に常法により消毒し十分水洗したトドマツ種子を 300 粒ずつ播種した (10 月 29 日)。これらの鉢は鉢の土壌表面が



Remark : ○ ; Non-inoculated
● ; Inoculated
Fig. 9 積雪下における本病の発生経過
The process of occurrence of the disease
on Todo-fir seeds in soil.

地表面と同じになるように、圃場に埋め込んで越冬させた。根雪になった12月1日から接種鉢6鉢、無接種鉢4鉢ずつを10日おきに雪中から掘り出し、温室(15~20°C)内に移して発芽させた。このようにして冬期間、雪中から鉢を掘り出し、翌年4月20日まで継続して行なった。5月19日全部の鉢の発芽本数を調査し終わり、それぞれの平均値を出し Fig. 9 に示した。

B. 試験結果

Fig. 9 から明らかなように、無接種のものは3月中旬ころまではほぼ正常な発芽を示したが、同月下旬ころからやや発芽率がおちた。一方、接種鉢の方は12月中旬ころから少しずつ発芽本数が減少し、2月上旬ころから急激に減少し、本病による被害が進行していったことを示している。4月上旬まで放置しておいたものは、期待発芽本数の約30%しか発芽しなかった。

2. 播種床の高さおよびしきわらの有無と発病

現地被害畑調査において、播種床の高さおよびしきわらの有無が発病に関連があるように思われたので、これらの関係を明らかにするため次の試験を行なった。

A. 試験方法

床(1m×10m)の高さを、地表面よりも30cm高くした区(+30cm)、平床にした区(0cm)、および地表面から10cm掘り下げた区(-10cm)の3つとし、各床は板でかこった。肥料は1m²あたり堆肥10kg、硫酸100g、過リン酸石灰100g、硫酸カリ10gの割合で1961年11月21日に施した。そして、これらの床にはしきわらで床面をおおった区(2m²)と裸地のままの区(2m²)をそれぞれ2区ずつ設け、さらに各区は2分し、その1つは接種区(1m²)、他の1つは無接種区(1m²)とした。トドマツ種子は同年11月25日に1m²あたり70g播種した。接種源としてミキサーであらくくだった菌核10gを、各接種区の中央部10×10cm²内に散布した。

B. 調査法

翌年6月10日に各区の中央部の接種点を中心に50×50cm²内のトドマツ発芽本数、菌核形成数、その大きさ、パッチのひろがりなどについて調査を行なった。菌核の調査は各区の中央50×50cm²、深さ5cmの土壌を切りとり、1×1mm目のフルイにかけて水洗、菌核をとり出してその大きさと数を調査した。パッチの大きさは2方向の径を測定して比較を行なった。

C. 試験結果

結果は Table 14 に示すとおり、接種区の発芽本数はしきわら覆い区の方が裸地区に比べて少なくなっており、しきわらをかけると発病大となる傾向がみられた。また、床の高さ別では-10cm区のしきわら覆い区が最も発病大で+30cm区の裸地区が比較的発病小であった。菌核形成数はしきわら覆い区の方がやや多く、その大きさについては、顕著な差はみられなかった。

Table 14. 播種床の高さと、しきわらおおいが本病の発生におよぼす影響
Effect of the height of seed beds and the straw covering upon the occurrence of the disease.

(1) 高さ別播種床の発芽本数とパッチの大きさ

Number of germinated seedlings and size of patch at seed bed in various heights

処 理 Treatment			地表からの高さ Height from surface					
			高 床 +30 cm (High bed)		平 床 0 cm (Level bed)		低 床 -10 cm (Low bed)	
			発芽本数 Number of germinated seedling (no.)	パッチの大 きさ Size of patch (cm)	発芽本数 Number of germinated seedling (no.)	パッチの大 きさ Size of patch (cm)	発芽本数 Number of germinated seedling (no.)	パッチの大 きさ Size of patch (cm)
しきわらお おい Covering with straw	接種区 Inocu- lated	I	126	69×73	131	73×73	60	74×73
		II	152	62×84	150	65×70	85	65×72
	無接種区 Non-inoc- ulated	I	944	0	958	0	474	0
		II	1,005	0	944	0	812	0
対 照 Check	接種区 Inocu- lated	I	559	57×58	248	64×70	349	57×76
		II	319	59×64	306	63×66	196	62×63
	無接種区 Non-inoc- ulated	I	1,035	0	847	0	1,064	0
		II	767	0	1,154	0	1,018	0

Check : Non-covered with mulches.

(2) 土壌中に形成された菌核の数と大きさ

Number and dimation of the sclerotium of the fungus formed in soil

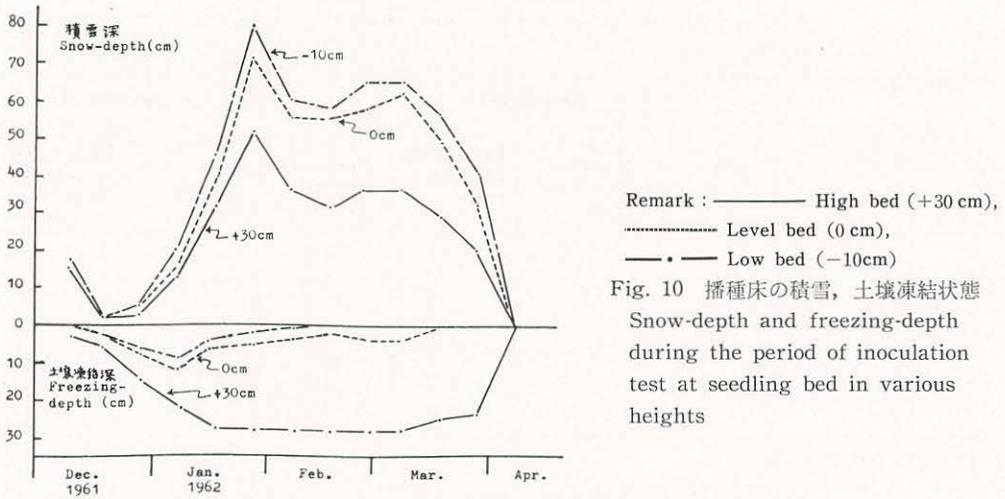
処 理 Treatment			地表からの高さ Height from soil surface					
			高 床 +30 cm (High bed)		平 床 0 cm (Level bed)		低 床 -10 cm (Low bed)	
			菌核の数 Number	菌核の大 きさ Dimen- tion (cm)	菌核数 Number	菌核の大 きさ Dimen- tion (cm)	菌核の数 Number	菌核の大 きさ Dimen- tion (cm)
しきわらお おい Covering with straw	接種区 Inocu- lated	I	216	1~12(4.9)	152	1~10(4.5)	144	1~9(4.3)
		II	166	1~12(4.1)	165	1~12(4.5)	173	1~11(4.2)
	無接種区 Non-inoc- ulated	I	0	—	0	—	0	—
		II	0	—	0	—	0	—
対 照 Check	接種区 Inocu- lated	I	90	1~8 (3.9)	160	1~10(4.3)	157	1~9 (3.7)
		II	152	1~11(3.7)	148	1~10(3.8)	123	1~8 (3.9)
	無接種区 Non-inoc- ulated	I	0	—	0	—	0	—
		II	0	—	0	—	0	—

Note : () mean value, Check : Non-covered with mulches.

各区の冬期間中の積雪深, 土壌凍結深は Fig. 10 に示すとおりである。

なおこの試験とは別に, 地表面から 50 cm 盛り土にした床(+50 cm 区), 地表面と同じ平らにした床(0 cm 区), および地表面から 20 cm 掘り下げた床(-20 cm 区)をつくり, 播種床の高さと発病について試験した。

これらの床は縦横 1 m, 深さ 0.5 m とし, 床の中央部に素焼鉢(径 18 cm, 深さ 18 cm)を 2 個ずつ埋め込んだ。素焼鉢は圃場の土を均一につめ, 常法により殺菌した。これらの鉢にウスブルン 500 倍液に



Remark : — High bed (+30 cm),
 Level bed (0 cm),
 — • — Low bed (-10cm)
 Fig. 10 播種床の積雪, 土壤凍結状態
 Snow-depth and freezing-depth
 during the period of inoculation
 test at seedling bed in various
 heights

Table 15. 播種床の高さが本病の発生におよぼす影響
 Effect of the height of seed beds upon the occurrence
 of the disease.

処 理 Treatment	地表からの高さ Height from surface								
	高 床 +50 cm (High bed)			平 床 0 cm (Level bed)			低 床 -20 cm (Low bed)		
	発芽本数 Number of ger- minated seedling	菌核数 Number of sclero- tium	菌核の大 きさ Dimen- tion of sclero- tium (mm)	発芽本数 Number of ger- minated seedling	菌核数 Number of sclero- tium	菌核の大 きさ Dimen- tion of sclero- tium (mm)	発芽数 Number of ger- minated seedling	菌核数 Number of sclero- tium	菌核の大 きさ Dimen- tion of sclero- tium (mm)
接 種 区 Inoculated	116	2	1~5	33	11	2~16	40	13	2~14
無 接 種 区 Non-inoculated	118	0	—	186	0	—	204	0	—

1時間浸漬後, 十分水洗したトドマツ種子を300粒ずつ播種した(1961年11月9日)。接種源は1960年9月13日に弟子屈営林署奥春別苗畑で採集し, 低温貯蔵しておいた菌核を5×5×5mmの大きさに切ったものを鉢の中央部に5個ずつ埋め込んだ。このようにして越冬させ, 翌1962年5月30日発芽がでそつた時期に調査を行なった。

結果はTable 15に示すとおり, 菌核形成数は土壤凍結がほとんどなかった-20cm区, 0cm区において多く, 土壤凍結期間が長かった+50cm区において少なかった。また菌核の大きさも前2者において比較的大きく, 後者においては小さかった。

また発芽本数は0cm区, -20cm区において少なく発病大なることを示し, +50cm区においては発芽本数多く, 罹病したものはわずかであった。

3. 融雪期間と発病

積雪下における融雪期間と発病との関係を見るため, 次の試験を行なった。

A. 試験方法

Table 16. 融雪期間と本病発生との関係
Effect of the period of melting snow upon the occurrence of the disease

融雪日数 Period of melting snow (days)	接種区 Inoculated			無接種区 Non-inoculated		
	発芽本数 Number of germinated seedling	菌核数 Number of sclerotium	菌核の大きさ Dimension of sclerotium (mm)	発芽本数 Number of germinated seedling	菌核数 Number of sclerotium	菌核の大きさ Dimension of sclerotium (mm)
0	83	5	2~14(4.6)	191	0	0
10	77	7	2~13(5.0)	205	0	0
20	76	8	2~7(5.0)	192	0	0
30	75	7	1~10(5.1)	162	0	0
40	70	9	1~9(6.0)	130	0	0
50	61	12	1~8(4.2)	126	0	0

Note : () Mean value

Table 17. 土壌の種類と発病
Effect of the various soil upon the occurrence of the disease

土 壌 Soil	I. Non-I.	発芽本数 No. of germinated seedling			平均 Ave.	発 病 率 (Non-I) - (I) Non-I. × 100%	菌核形成数 No. of sclerotium produced in soil			平均 Ave.
		I	II	III			I	II	III	
下 層 土 Subsoil	I. Non-I.	91	120	123	111	6.7	1	0	0	0
		126	110	121	119		0	0	0	0
川 砂 River sand	I. Non-I.	98	96	32	75	31.2	0	4	5	3
		98	120	110	109		0	0	0	0
表 層 土 Surface soil	I. Non-I.	32	57	39	43	58.2	10	17	5	11
		80	119	111	103		0	0	0	0
腐 植 土 Humus soil	I. Non-I.	44	26	23	31	72.6	8	11	9	9
		102	113	123	113		0	0	0	0

Note : I., 接種区 Inoculated, Non-I., 無接種区 Non-inoculated.

径 18 cm, 深さ 9 cm の缶に圃場の土を均一につめて常法により殺菌し, 1961年11月8日にトドマツ種子を1缶あたり300粒播種した。缶は36個用意し, そのうち半分の18個は本菌の菌核を接種し, 残りの半分は無接種とし圃場に並べた。これら缶の土壌は, 12月9日完全に凍結したままの状態に雪におおわれた。

根雪になってから60日目の翌年2月6日に全部を雪中から掘り出し, 温室に入れていったん土壌を融かしたのち, 圃場に缶の上面が地表面と同じになるようにして埋め込み, ふたたび雪でおおい徐々に融雪させた。その後6缶(うち3缶接種, 3缶無接種)ずつ10日ごとに掘り出し, 温室に入れて発芽をうながし, 発病の状態を比較した。

B. 試験結果

結果は Table 16 に示すとおり, 接種区はいずれも無接種区に比べ発芽本数少なく, 土中には本菌の菌糸がまんえんしており, 種子は発病していた。融雪日数と発芽本数との関係は, 日数が長くなるにしたがい少なくなる傾向がみられ, 病気が進行していったものと推察された。土壌中に形成された菌核の数は融雪期間が長くなるにしたがい多くなり, その大きさは逆に融雪期間を短く打ち切って温室に移したものの

方が、最大直径の大きいものがあらわれたが、平均値では大きな差はみられなかった。

4. 土壌の種類と発病

①苗畑の下層土、②川砂、③苗畑の表層土、④堆肥を混入した表層土の4種を素焼鉢につめ、常法により殺菌し、接種、播種を行ない雪中に埋め、翌年6月発芽がでそろった時点で調査を行なった。

結果は Table 17 に示すとおりで、④、③で発芽本数少なく、菌核形成数大、②でやや発芽本数少なく、①では接種区と無接種区の間で差がなく、菌核形成数も少なかった。

XI 各種針葉樹種子に対する接種試験

樹種により発病の程度がどのようにちがうかをみるため、アオモリトドマツ (*Abies mariesii* MAST.), シラベ (*A. veitchii* LINDL.), トドマツ (*A. mayriana* MIYABE et KUDO), コメツガ (*Tsuga diversifolia* MAST.), カラマツ (*Larix leptolepis* GORDON), スギ (*Cryptomeria japonica* D. DON), ヒノキ (*Chamaecyparis obtusa* SIEB. et ZUCC.) の7樹種の種子について接種試験を行なった。

A. 試験方法

径 18 cm, 深さ 9 cm の缶に圃場の土を均一につめ、10 lb., 30 分間殺菌したのち1缶あたりアオモリトドマツ 4 g, シラベ 4 g, トドマツ 3 g, コメツガ 3 g, カラマツ 3 g, スギ 3 g, ヒノキ 2 gを1961年11月8日に播種した。各樹種について6缶ずつ用意し、うち3缶にイノキユラムとして菌核を5 mm 角に切ったものを、1缶あたり5個ずつ接種した。残りの3缶は無接種とし比較に用いた。これらの缶は圃場に埋め込み冬をこさせ、翌1962年6月13日、発芽がでそろった時期に調査を行なった。

Table 18. 数種の針葉樹種子に対する接種試験
Results of inoculation experiments with the fungus to various coniferous seeds

処 理 Treatment		針葉樹種子 Coniferous seeds tested						
		アオモリ トドマツ A. m.	シラベ A. v.	トドマツ A. m. m.	コメツガ T. d.	カラマツ L. l.	スギ C. j.	ヒノキ C. o.
接 種 区 Inoculated	Number of germinated seedling	27	61	53	109	112	232	14
	Number of sclerotium	9	14	12	5	5	1	0
	Dimension of sclerotium (mm)	2~9	2~15	1~13	1~8	3~8	3	0
無接種区 Non-inoculated	Number of germinated seedling	57	292	177	194	219	234	12
	Number of sclerotium	0	0	0	0	0	0	0
	Dimension of sclerotium (mm)	0	0	0	0	0	0	0

Note: Period of test; Nov. 8, 1961~Jun. 13, 1962

A. m.; *Abies mariesii* MAST., A. v.; *Abies veitchii* LINDL.,

A. m. m.; *Abies mayriana* MIYABE et KUDO, T. d.; *Tsuga diversifolia* MAST.,

L. l.; *Larix leptolepis* GORDON, C. j.; *Cryptomeria japonica* D. DON,

C. o.; *Chamaecyparis obtusa* SIEB. et ZUCC.

B. 試験結果

結果は Table 18 に示すとおりアオモリトドマツ、シラベ、トドマツなど (*Abies* 属)、コマツガ (*Tsuga* 属)、およびカラマツ (*Larix* 属) に発病が認められた。なかでもトドマツ、シラベに発病したものが多かった。発病した樹種にはいずれも菌核が認められ、とくにシラベ、トドマツ、アオモリトドマツなど *Abies* 属のものに多数形成された。

XII 考察および結言

北海道のトドマツ秋播き床で融雪後、円形に発芽しない部分が現われる現象は、いずれも苗木枯病の地中腐敗型 (Pre-emergence damping-off) であろうと考えられていた。

しかし、有機水銀剤によって粉衣消毒された種子の播種床においてさえも毎年、大なり小なりの被害が現われていた。

1957 年春、この種の被害苗木から本菌の菌核が発見されたのをきっかけに、本病の研究が開始され、病原菌の性質、本病の発生生態が明らかにされ、さらに薬剤による防除法³³⁾³⁴⁾も確立された。

本病の被害分布は現在のところ北海道内に限られ、その発生地は道内でもより寒冷な地方にかたよっていることから、低温が本病発生に重要な関連があるように考えられた。

低温下で発生する林業苗畑における病害には、針葉樹苗の雪腐病³⁶⁾³⁷⁾があり、なかでも暗色雪腐病 (*Rhacodium therryanum* THUEM.) の被害が特にはげしいことが知られている。いわゆる雪腐病が発病するためには、まず病原菌が低温下で生育しうる条件が必要であることはいうまでもない。0°C 以下で発育する菌は、富樫⁴¹⁾によると 40 数種知られており、そのうちには林業苗畑の病害に関係ある病原菌も 2, 3 挙げられている。本病病原菌もその例外ではなく、積雪下で十分発育する性質をもっており、実験結果でも 0~3°C で菌糸の成長が認められる。

本菌はまだ所属・学名が決定されておらず、伊藤¹⁶⁾¹⁸⁾による *Sclerotium* sp. が暫定的に用いられている。本菌はすでにカナダから EPNERS²⁾により s-fungus として報告された菌にきわめて類似しているが、しかし次の 1, 2 の点において異なる点がある。

すなわち、EPNERS 氏菌はストロブマツの種子に病原性を示すといわれているが、本菌ではそれが認められなかった。また同氏菌の小型分生胞子は発芽すると述べられているが、本菌では諸種の試験を試みたが発芽させることができなかった。

以上のとおり、病原性その他において多少の相違はあるが、カナダ産 EPNERS 氏菌と本邦産菌は同一菌かまたはきわめて近縁なものと考えられる。なお、EPNERS (1964) はその菌の所属・名称については全くふれていない。

なお、本病病原菌の名称について、発見当初からしばらくの間、*Mylitta* sp.²²⁾³⁰⁾ あるいは *Agrocybe tuberosa* (P. HENN.) SINGER (タマムクエタケ)³²⁾³⁸⁾ と記述されたこともあったが、その後の調査研究によって本菌はこれらに該当しないことが明らかにされた。すなわち、本菌とタマムクエタケはしばしば同一苗木に混在し、それらの菌核は外観上近似することから混同されたのである。研究の進捗によってこれらの異同は明りょうにされたのであるが、一時的にせよその学名に混乱を起した責任はすべて筆者が負うべきものと考えている。ともあれ完全時代が発見されていない現在、伊藤¹⁶⁾¹⁸⁾にしたがひ、筆者も本菌に *Sclerotium* sp. をあてておく。

つぎに発生条件, 特に積雪について本病と針葉樹苗雪腐病とを対比して考えてみることにする。

まず根雪期間の長短と発病について佐藤³⁷⁾は暗色雪腐病の場合, 根雪期間が長いほど被害が多くなると報告しているのであるが, 本病の場合も, 根雪期間が長い年に本病の被害が著しいことはその軌を一にしており, 根雪期間が3~4か月以上になると急激にその被害が増大することが確かめられた。なお本病の場合は, 根雪になる時期が平年より早いということがより被害を大きくするように見られた。

また, 融雪時の排水不良が雪腐病の発生を助長すると報じられている³⁶⁾³⁷⁾が, 本病も融雪日数が長くなるにしたがい発芽本数が少なくなり, 雪腐病の場合と同様, 融雪による積雪下の過湿が本病発生の大きな誘因の一つになっていることがわかった。

文 献

- 1) 藍野祐久・伊藤一雄: 原色林木病虫害図鑑, 全国林業改良普及協会, p. 42, (1961)
- 2) EPNERS, Z: A new psychrophilic fungus causing germination failure of conifer seeds. Canadian Journal of Botany, 42, 1589~1604, (1964)
- 3) 日野 巖: 植物疾病診断学, 朝倉書店, 94~96, (1948)
- 4) 本多静六: 森林家必携増補改訂, 288~289, (1967)
- 5) 本田雄一・柚木利文: クローバ菌核病に関する研究 1. 菌核の発芽に及ぼす温度の影響, 日植病報, 36, 5, p. 347, (1970)
- 6) 本郷次雄: 近江及び山城産高等菌類 (4), 日植研雑, 28, 3, p. 69, (1953)
- 7) ———: 日本産フミズキタケ属 (*Agrocybe*) 菌について, 日菌報, 1, 4, 1~2, (1957)
- 8) 池上八郎: レンゲ菌核病菌の子のう盤の成熟におよぼす光線の影響, 日植病報, 24, 5, 273~280, (1959)
- 9) 伊藤一雄・保坂義行: スギ苗の灰色かび病及び菌核病——いわゆる雪腐病——, 林試研報, 51, 1~31, (1951)
- 10) ———: 北方樹種の病害に関する最近の話題, 農業の進歩, 4, 2, 38~46, (1958)
- 11) ———: 図説苗畑病害診断法 (前編), 林野共済会, 124~125, (1959)
- 12) ———: 北海道の林木病害について, 寒帯林, 91, 82~93, (1961)
- 13) ———: 森林保護 (三)——最近における森林病害の諸問題 (一), グリーンエージ, 3, p. 64, (1961)
- 14) ———: 樹病学概論, 朝倉書店, 70~71, (1961)
- 15) ———: 図説樹病新講, 地球出版社, 89~92, (1962)
- 16) ———: 図説樹病診断法, 農林出版, 245~246, (1968)
- 17) ———・藍野祐久: 原色森林病虫害図鑑, K. K. 創文, 全国林業改良普及協会, p. 53, (1970)
- 18) ———: 樹病学大系, I, 農林出版, 80, 95, 125, 147, 151, (1971)
- 19) 伊藤誠哉: 日本菌類誌 II, 養賢堂, p. 324, (1954)
- 20) 今関六也・本郷次雄: 原色日本菌類図鑑, 保育社, p. 58, (1957)
- 21) ———・————・椿啓介: 標準原色図鑑全集, 14, 菌類 (きのこ・かび), 保育社, p. 93, (1970)
- 22) 亀井専次・井上元則: とどまつ保護篇, 北方林業叢書, 12, 76~78, (1959)
- 23) 気象協会: 北海道の気象, (1956~'57)
- 24) LAWRENCE, Henson & W. D. VALLEAU: The production of apothecia of *Sclerotinia sclerotiorum* and *S. Trifaliorum* in culture. Phytopath., 30, 869~873, (1940)
- 25) PURDY, L. H.: Factors affecting apothecial production by *Sclerotinia sclerotium*. Phytopath., 46, 7, 409~410, (1956)

- 26) 中田覚五郎・日野 巖：植物病理学大系，第 1 卷，養賢堂，p. 39, (1938)
- 27) 日本植物病理学会：日本有用植物病名目録，3 (果樹・林木)，p. 67, (1965)
- 28) 日本特殊農薬：日本有用植物病害虫名彙，224, (1966)
- 29) 日本林業技術協会：林業百科事典，p. 140, (1961)
- 30) 小野 馨：トドマツ秋播床に発生した立枯病（地中腐敗型）について，北方林業，10, 1, 25~27, (1958)
- 31) ——・遠藤克昭・魚住 正：トドマツ秋播床に発生した立枯病（特異な地中腐敗型）について，日本林学会講演集，250~252, (1958)
- 32) ——：エゾ雷丸病について，樹木，8, 23~27, (1959)
- 33) ——：種子消毒によるエゾ雷丸病の薬剤防除に関する試験，北方林業，14, 9, 279~282, (1962)
- 34) ——：トドマツのエゾ雷丸病とその防除，植物防疫，18, 4, 133~134, (1964)
- 35) Rep. For. Exp. Sta. Hokkaido: Tree disease investigation. R. A. M. 39, p. 57, (1960)
- 36) 佐藤邦彦・庄司次男・太田 昇：針葉樹苗の雪腐病に関する研究—I，林試研報，110, 1~153, (1959)
- 37) ——・——・——：針葉樹苗の雪腐病に関する研究—II，林試研報，124, 21~100, (1960)
- 38) 千葉信一：タバコ菌核病菌の菌核における前処理が子のう盤形成に及ぼす影響について，日植病報，33, 2, p. 90, (1967)
- 39) 照井陸奥生・原田幸雄：リンゴモニリア病被害果菌核の子のう盤産生能，日植病報，30, 5, 277, (1956)
- 40) 東京営林局：林業試験基礎調査用標準色名，(1943)
- 41) TOGASHI, K.: Biological characters of plant pathogens temperature relations. Meibundo, (1949)
- 42) 柳沢聡雄・中野 実・山口博昭・小野 馨・上田明一・松井善喜：造林樹種の特性，トドマツ篇，北方林業叢書，34, 53~55, (1966)

図 版 説 明

Explanation of plates

Plate 1

- A. えぞ雷丸病によってひどく侵されたトドマツ播種床
Todo-fir (*Abies mayriana*) seed bed affected heavily by the disease caused by *Sclerotium* sp. Photo. July 4, 1957, sown in the fall of 1956.
- B. 本病病原菌 (E-菌) の菌核 (実大)
Sclerotia of *Sclerotium* sp. (E-fungus) collected from non-germinated Todo-fir seed bed. (× 1)
- C. 本病による被害苗床
Barren areas affected by the disease.

Plate 2

- A. えぞ雷丸病に侵されたトドマツ種子
Todo-fir seeds affected by the disease. The inner parts of the seeds are changed to blue in colour (× 5).
- B. ジャガイモ寒天培地上の本病病原菌 (E-菌) の菌叢 (上面)
Mycelial colony of the causal fungus (E-fungus) on potato-sucrose agar (upper view).
- C. 同上, (下面)

Ditto (Lower view).

- D. トドマツ播種床から採集された3種類の菌核
Sclerotia of three allied fungi collected from Todo-fir seed bed.
- a. えぞ雷丸病原菌 (E-菌) の菌核
Sclerotia of *Sclerotium* sp. (E-fungus).
- b. タマムクエタケ (A-菌) の菌核
Sclerotia of *Agrocybe tuberosa* P. HENN. (A-fungus).
- c. 種属不明菌 (N-菌) の菌核
Sclerotia of unidentified fungus. (N-fungus).
- E. タマムクエタケの菌核とキノコ
Fruit bodies and sclerotia of *A. tuberosa* P. HENN. (A-fungus) ($\times 1$).

Plate 3

- A. トドマツ被害苗床に形成された本菌 (E-菌) の菌核
Sclerotia of the causal fungus, *Sclerotium* sp. (E-fungus) produced on Todo-fir seed bed (S : Sclerotium).
- B. 土壌中の本菌の菌核とトドマツ種子
Sclerotium of the causal fungus (E-fungus) and Todo-fir seed in affected seed-bed.
- C. 本菌の菌糸でつながっているトドマツ種子
Todo-fir seeds interweaved with hyphae of the causal fungus.
- D. 土壌中の本菌の菌糸
Mycelia of the causal fungus, *Sclerotium* sp. (E-fungus) lying in soil (|—| : 20 μ).
- E. 罹病したトドマツ種子中の本菌の菌糸
Mycelia of the causal fungus, *Sclerotium* sp. (E-fungus) invading in tissues of Todo-fir seed (|—| : 100 μ).
- F. 同上
Ditto (|—| : 20 μ)

Plate 4

- A. ジャガイモ寒天培地上に形成された本菌の菌核
Sclerotium of the causal fungus (E-fungus) produced on potato-sucrose agar.
- B. 同上, 分生孢子
Microconidia of the causal fungus produced on potato-sucrose agar.
- C. 同上, 菌糸と分生孢子
Mycelia and microconidia of the causal fungus on potato-sucrose agar (|—| : 100 μ).
- D. 老化した菌糸上に分泌されてきた油球 (黄色)
Orange oil-drop secreted from old mycelia of the causal fungus (|—| : 100 μ).
- E. 本菌の分生子梗
Micro-conidiophores of the causal fungus (|—| : 30 μ).

Plate 5

- A. ジャガイモ寒天培地上の本菌の菌糸 (太い型の菌糸)
Large hyphae of the causal fungus on potato-sucrose agar (|—| : 20 μ).
- B. 同上, (細い型の菌糸)
Fine hyphae of the causal fungus on potato-sucrose agar (|—| : 20 μ).
- C. 本菌の菌核の断面
Section of sclerotium of the causal fungus (E-fungus) (|—| : 30 μ).

- D. ジャガイモ寒天培地上に生じた始原体様のもの
“Fruchtkörper-Anlage”? of the causal fungus, (E-fungus) produced on potato-sucrose agar.
- E. 本菌の分生孢子
Microconidia of the causal fungus (—: 10 μ).

Plate 6

- A. 本菌菌糸の発育に及ぼす温度の影響, ジャガイモ寒天培地上, 21日後
Mycelial colonies of the causal fungus, *Sclerotium* sp. (E-fungus), at various temperatures (on potato sucrose agar, after 21 days).
a; 0~3°C, b; 5°C, c; 10°C, d; 15°C, e; 18°C, f; 22°C, g; 25°C, h; 28°C.
- B. 積雪下における本菌菌糸の発育
Mycelial growth of the causal fungus on potato-sucrose agar under snow.
Incubation period: a; 100 days, b; 90 days, c; 80 days, d; 70 days,
e; 60 days, f; 50 days.
- C. 各種培地上における本菌の菌そう, 22°C, 15日後
Mycelial colonies of the causal fungus (E-fungus) on various agar-media, after 15 days, at 22°C.
a; WAKSMAN'S solution agar, b; RICHARDS' solution agar,
c; CZAPEK'S solution with dry yeast agar, d; CZAPEK'S solution agar,
e; SAITO'S soy agar, f; Bouillon agar, g; 2% sucrose agar,
h; Potato-sucrose agar.

Plate 7

- トドマツ播種床から採集された本菌 (E-菌), タマムクエタケ (A-菌), 種属不明菌 (N-菌) の比較。
Comparison of the three allied fungi (E, A, and N-fungus) collected from Todo-fir seed bed.
- A1. 湧別のトドマツ被害苗床から採集された本菌 (E-菌) の菌核。
Sclerotia of the causal fungus, *Sclerotium* sp. (E-fungus) collected from Todo-fir seed bed (Yûbetsu nursery).
- A2. 同上, 菌核の断面
Section of sclerotium of the causal fungus (E-fungus) (—: 50 μ).
- A3. 同上, ジャガイモ寒天培地上に形成された菌核
Sclerotia of the causal fungus (E-fungus) produced on potato-sucrose agar.
- B1. 瀬戸瀬のトドマツ播種床から採集されたタマムクエタケ (A-菌) のキノコと菌核。
Fruit-bodies and sclerotia of *Agrocybe tuberosa* P. HENN. (A-fungus) collected from Todo-fir seed bed (Setose nursery).
- B2. 同上, 菌核の断面
Section of sclerotium of *A. tuberosa* P. HENN. (—: 50 μ).
- B3. 同上ジャガイモ寒天培地上に形成された菌核。
Sclerotium of *A. tuberosa* P. HENN. produced on potato-sucrose agar.
- C1. 美深のトド播種床から採集された菌核 (種属不明菌, N-菌)。
Sclerotia of N-fungus (unidentified fungus) collected from Todo-fir seed bed (Pifuka nursery).
- C2. 同上, 菌核の断面

Section of sclerotium of N-fungus (|—| : 200 μ).

C3. 同上, ジャガイモ寒天培地上に形成された菌核。

Sclerotium of N-fungus produced on potato-sucrose agar.

Plate 8

A4. ジャガイモ寒天培地上に形成されたE-菌の菌核の断面。

Section of sclerotium of the causal fungus, *Sclerotium* sp. (E-fungus) produced on potato-sucrose agar (|—| : 100 μ).

A5. ジャガイモ寒天培地上に形成されたE-菌の分生子梗。

Microconidiophores of the causal fungus, *Sclerotium* sp. produced on potato-sucrose agar (|—| : 100 μ).

A6. 同上, 若い分生子梗

Young microconidiophore of the causal fungus, *Sclerotium* sp. (E-fungus) (|—| : 20 μ).

A7. 本菌 (E-菌) の小型分生胞子

Microconidia of the causal fungus, *Sclerotium* sp. (E-fungus) (|—| : 10 μ).

B4. ジャガイモ寒天培地上に形成されたタマムクエタケ (A-菌) の菌核の断面。

Section of sclerotium of *Agrocybe tuberosa* P. HENN. (A-fungus) produced on potato-sucrose agar (|—| : 100 μ).

B5. 同上, タマムクエタケの菌糸上のクランプコネクション (↑ : 印)。

Clamp-connections on hyphae of *A. tuberosa* (Arrow : clamp-connection) (|—| : 50 μ).

B6. タマムクエタケの子実体の菌褶上のシスチジアと担子胞子。

Cystidia and basidiospores on lamella of *A. tuberosa* (|—| : 20 μ) (Arrow : cystidia).

C4. ジャガイモ寒天培地上に形成されたN-菌の菌核の断面。

Section of sclerotium of unidentified fungus (N-fungus) produced on potato-sucrose agar (|—| : 100 μ).

C5. 同上, N-菌の菌糸

Mycelia of unidentified fungus (N-fungus) produced on potato-sucrose agar (|—| : 50 μ).

C6. 同上, N-菌の分生胞子

Conidia of unidentified fungus produced on potato-sucrose agar (|—| : 100 μ).

C7. 同上, N-菌の分生胞子

Ditto (|—| : 10 μ).

Plate 9

A. 本菌 (E-菌) の発育と温度との関係

Effect of temperatures on mycelial growth of *Sclerotium* sp. (E-fungus) on potato-sucrose agar, after 13 days.

a ; 0°C, b ; 2°C, c ; 5°C, d ; 10°C, e ; 15°C, f ; 20°C, g ; 25°C, h ; 30°C.

B. タマムクエタケ菌 (A-菌) の発育と温度との関係

Effect of temperatures on mycelial growth of *A. tuberosa* (A-fungus) on potato-sucrose agar, after 13 days.

a ; 0°C, b ; 2°C, ……h ; 30°C.

C. 種属不明菌 (N-菌) の発育と温度との関係

Effect of temperatures on mycelial growth of unidentified fungus (N-fungus) on potato-sucrose agar, after 13 days.

a ; 0°C, b ; 2°C, ……h ; 30°C.

D. 各地から採集されたえぞ雷丸病菌の発育比較

Comparison of the growth of the causal fungus (E-fungus) from various localities. a ; Itokushibetsu (No. 1), b ; Okushunbetsu (No. 11), c ; Shirataki (No. 51), d ; Kamishihoro (No. 33), e ; Nayoro (No. 51), f ; Koshimizu (No. 37), g ; Yûbetsu (No. 54), h ; Shintoku (No. 31). Number ; Refer to Table 1, Fig. 1.

Plate 10

A. 本菌のトドマツ種子に対する接種試験

Results of inoculation experiment with the causal fungus (E-fungus) to Todo-fir seed, experiment period : Dec. 26, 1957~Mar. 31, '58.

B. 25°Cでのトドマツ種子に対する接種試験

Results of artificial infection of Todo-fir seeds with the causal fungus (E-fungus) at 25°C. Germination these seeds was regular and there was no evidence of disease.

C. タマムクエタケ (A-菌) の菌核と子実体 (× 1)

Sclerotium and fruit body of *A. tuberosa* (A-fungus).

D. E. G. H. 同上, A-菌のシスチジア

Cystidia of *A. tuberosa* (|—| : 20 μ).

F. 同上, A-菌の担子胞子

Basidiospore of *A. tuberosa* (|—| : 20 μ).

Studies on "Ezo-raigan" Disease, Sclerotium
Germination-loss, of Todo-fir Seeds

Kaoru Ono⁽¹⁾

Summary

"Ezo-raigan byo"*¹ of Todo-fir (*Abies mayriana* MIYABE et KUDO) seeds, caused by *Sclerotium* sp., was first observed in May 1957 in seed beds at Satsunai nursery of the Obihiro District Forestry Office. Subsequently, a survey of the disease was conducted in many forest nurseries in Hokkaido, the northern island of Japan. It has been found that the disease is widely distributed throughout almost all parts of the island, except the southern districts.

The disease develops its characteristic symptoms in the autumn seed beds, namely, the seeds that had been sown in the previous autumn are attacked by the fungus (*Sclerotium* sp.) under snow, consequently many vacant areas sparsely spread here and there. There were detected many small sclerotia (1~20 mm in diameter) of the fungus just under the soil surface of each such vacant area. The colour of endosperms and embryos of Todo-fir seeds infected by the fungus was changed to blue.

This organism is very similar to the fungus reported by Ž. EPNERS (1964) from Canada.

Morphological characteristics of the fungus. This fungus produces sclerotia, hyphae, conidiophore, and microconidia, but we have not yet observed the development of fruiting

*¹ The Japanese word "Ezo" is the old name of Hokkaido island ; "raigan", means sclerotia of *Militta lapidescens* HOR. ; and "byo" means disease. Sclerotia of this fungus are like those of *M. lapidescens* HOR.

Received May 1, 1974

(1) Forest Protection Section, Kyûshû Branch, Government Forest Experiment Station, Kumamoto, Japan.

bodies of the fungus from sclerotia.

Sclerotia : Numerous sclerotia of the fungus were produced on the ground under snow, and these we sometimes developed on potato-sucrose agar in culture tube. The former are globose or irregular in form, 1~23 mm in width, although the commonest size was 4~6 mm. The surface of fresh sclerotia formed on the ground is smooth, but is frequently covered by grayish hyphae on the surface. The inner part of matured sclerotia is maize-yellow to pale orange-yellow, giving out a bad smell of its own, and by the microscopical observation, the tissue of surface is black and compact. The latter, on potato-sucrose agar, are at first small, white, and they increase gradually in size; the colour of the inner part of them is deeper than those of sclerotia produced in the field.

Hyphae : Shape of the vegetative hyphae on culture media are the big and the fine hyphae. The former is 12~23 μ in diameter, and contain many yellow oil drops. The latter is 4.5~6.4 μ in diameter. Clamp-connection are not seen in either kind of hyphae. Angle of the branching of the hyphae is an acute or right angle, and anastomosis of those is observed occurring very frequently. When the hyphae have matured, big oil drops have been produced on the surface of it.

Microconidia : The causal fungus produced microconidia abundantly on potato sucrose agar. The conidia measure 4.5~9.0 \times 3.4~3.9 μ , and was sesame-shape, rounded at one end and more or less conical at the other, and gourd-shaped are occasionally found. These are produced from the terminal cell of the conidiophore, and do not germinate.

Cultural characteristics of the fungus. The writer carried out some cultural experiments on various culture media, and found from the results of the experiments that growth of the colony is very good on CZAPEK'S solution with dry yeast agar, but much less so on CZAPEK'S solution agar, bouillon agar and 2 per cent sucrose agar. The pigmentation of the agar-medium is very deep on potato sucrose agar and SAITO'S soy agar, but no discolouration is observed on WAKSMAN'S agar, RICHARDS' agar, CZAPEK'S solution with dry yeast agar, and bouillon agar. The conidial production was well found on RICHARDS' agar, and potato sucrose agar, but sparse on CZAPEK'S solution agar, WAKSMAN'S agar and 2 per cent sucrose agar. On the other hand, sclerotial production was well observed on potato sucrose agar, and a few found on CZAPEK'S solution agar and SAITO'S soy agar.

Effect of temperature upon the mycelial growth. As mentioned above, cultures of this fungus appeared as the big hyphae like a spider's web, and the fine one like white cotton. The former tended to grow with relative rapidity from the inoculum, while the latter grew more slowly. The big hyphae grow at temperatures ranging from 0~3°C to 20°C, and favorably at 10~15°C, but no growth is observed at 25°C. On the other hand, the fine hyphae grow favorably at the temperatures ranging from 15 to 20°C, and slightly at 0~3°C, 28°C, and 30°C, but no growth is observed at 35°C.

Inoculation experiment. In order to make clear the pathogenicity of this fungus in question, artificial inoculation experiments were carried out on Todo-fir seeds under snow. The results of the experiment showed that in the non-inoculated pots germination was regular, while in the inoculated pots almost all Todo-fir seeds had not germinated. On the surface of soil in the inoculated pots, numerous web-like hyphae were formed in a network. The colour of endosperms of the infected seeds was changed to blue. From the non-germinated seeds the causal fungus (*Sclerotium* sp.) was consistently reisolated, and there was evidence of

pathogeny. On the other hand, the results of artificial infection of Todo-fir seeds with the fungus at 25°C was that germination of these seeds was regular, and there was no evidence of disease. From this, it is concluded that this fungus was not able to attack Todo-fir seeds under condition of high temperature, such as 25°C. Consequently, the spring-sowing of Todo-fir seeds may be the most effective method to escape from the disease.

Allied fungi. From the results of the general survey carried out all over Hokkaido from 1957 to 1961, it was discovered that three species of sclerotium produced in the autumn Todo-fir seed beds, namely, the sclerotium of *Sclerotium* sp. (E-fungus); of *Agrocybe tuberosa* P. HENN. (A-fungus); and of the nondescribed fungus (N-fungus). The points of identification of these sclerotia are colour and smell of inner part of sclerotia: the inner part of sclerotia of A-fungus is white, giving out smell of mushroom. The sclerotia are relatively large in size. Those of E-fungus is maize yellow~buff-yellow in colour, giving out bad smell of its own. And, those of N-fungus is hessian brown~black in colour, giving out smell of its own. The hyphae of A-fungus have clamp-connections, but are not seen in hyphae of the other two fungi. An optimum temperature for the growth of E-fungus is lower than that of both A- and N-fungus. A part of the agar media of E-fungus changed to blue in colour, and when the mycelium of A-fungus matured, sclerotia easily produced on the surface of it.

Process of development of the disease under snow. In order to ascertain the spread of the disease under snow, the test was carried out. The number of germinated seedlings in the inoculated pots showed a slow decrease from the middle of December, and subsequently, the germination-loss increased greatly from the beginning of February.

Effect of height of seed beds, and of mulches on the development of this disease. Height of seed beds were regulated at 30 cm above the ground level (+30 cm), at the surface of the land (0 cm), and in the depth of 10 cm under the soil surface (-10 cm), respectively. The experiments were carried out by the randomized block of 2 times repeat, one block was covered with mulches (rice straw), and the other was the check (non-covered with mulches). Furthermore, each block was divided into two plots, viz., inoculated plot and non-inoculated one. The results of the experiment are summarized in Table 14. From Table 14, it is clear that the number of germination in the plots covered with mulches was smaller than that of plots without mulching, and the number of sclerotium of the fungus in the mulched plots was more produced than that of others. This disease occurred more seriously on level (0 cm) and low (-10 cm) seedling beds than on high (+30 cm) beds. In the non-inoculated control plots, germination was regular, and there was no evidence of disease.

Inoculation experiment with the causal fungus to several tree seeds. Seeds of the following seven tree species were tested in this inoculation experiment: (1) *Abies mariesii* MAST. (2) *A. veitchii* LINDL., (3) *A. mayriana* MIYABE et KUDO, (4) *Tsuga diversifolia* MAST., (5) *Larix leptolepis* GORDON, (6) *Cryptomeria japonica* D. DON, (7) *Chamaecyparis obtusa* SIEB. et ZUCC. Results of the experiment are summarized in Table 18. *Abies* spp., *Tsuga* sp. and *Larix* sp. are very susceptible, and among them, *Abies mayriana* MIYABE et KUDO and *A. veitchii* LINDL. were especially very susceptible to this disease so far as this experiment is concerned.



