

中部山岳地帯針葉樹の主要さび病 に関する研究*

浜 武 人⁽¹⁾

Taketo HAMA : Studies on the Important Rust Diseases of Some
Conifers in the Central Mountainous Region of Japan

要 旨：中部山岳地帯で針葉樹を侵す不明点の多い数種のさび病の研究を行った。ウラジロモミのてんぐ巢病は湿潤地に多発し、幼齡木の主幹部に寄生した場合はこれを枯死させ、壮齡木も寄生数が多くなると顕著な生育障害をうけ、中間宿主上の病原菌は芽から侵入し、生活史は3年である。ヤツガタケトウヒ・ヒメマツハダはトウヒ類のさび病には極めて罹病性で、幼壯齡木に顕著な落葉を生じ、幼齡木には枯死木を生ずる場合があり、中間宿主はなく、病原菌は葉から侵入し生活史は1年である。サワラのさび病は湿潤地に多発し、幼壯齡木の主幹部と主枝に著しい凹陥を生じ、溝腐症状を呈するに至る病害で、中間宿主上の病原菌はサワラ枝葉の幼若な部分から侵入し生活史は2年である。アスナロのてんぐ巢病も湿潤地に多発し、幼齡木に多数の枯死木と壮齡木に著しい衰弱木を生ずるが、中間宿主はなく生活史は1年である。アカマツの葉さび病（中間宿主キハダ類）は、兩種を混交した場合偶発し幼齡造林木は枯死する場合がある。本病菌の生活史には1年型と2年型の二つがある。ハイマツの発しんさび病は中部山岳地帯の諸高山に広く発生していて、罹病したハイマツは衰弱枯死する。病原菌は、中間宿主に対する接種試験の結果、北海道、東北地方に発生しているものと同一系統であるが、この地帯のストロブマツ、チョウセンゴヨウには感染が認められていない。

目 次

第1章 緒 言	3
第2章 中部山岳地帯針葉樹の主要さび病	4
第1節 ウラジロモミのてんぐ巢病	4
1. まえがき	4
2. 被害状況と発生環境	5
3. 病徴・標徴	5
4. 病原菌の形態	9
5. 病原菌の生理的性質	9
6. 接種試験	12
7. 本病病患部の病態解剖	16
8. 本病さび胞子の飛散伝播に関する調査	17
9. 本病の生活史	20
10. まとめ	23
第2節 ヤツガタケトウヒ・ヒメマツハダのさび病	26
1. まえがき	26
2. 被害状況	27
3. 病徴・標徴	27
4. 病原菌	29

5. 病原菌の生理的性質	29
6. 接種試験	29
7. 本病の生活史	31
8. まとめ	31
第 3 節 サワラのさび病	32
1. まえがき	32
2. 被害状況と発生環境	33
3. 病徴・標徴	33
4. 病原菌の形態	36
5. 病原菌の生理的性質	36
6. 接種試験	36
7. 本病の生活史	40
8. まとめ	41
第 4 節 アスナロのてんぐ巢病	42
1. まえがき	42
2. 被害状況と発生環境	42
3. 病徴・標徴	43
4. 病原菌の形態	44
5. 病原菌の生理的性質	45
6. 接種試験	46
7. 本病の生活史	48
8. まとめ	48
第 5 節 アカマツの葉さび病	50
1. まえがき	50
2. 被害状況と発生環境	50
3. 病徴・標徴	52
4. 病原菌の形態	52
5. 病原菌の生理的性質	53
6. 接種試験	55
7. 本病の生活史	59
8. 中間宿主の除去による本病の防除	59
9. まとめ	60
第 6 節 ハイマツの発しんさび病	61
1. まえがき	61
2. 既往の採集記録	62
3. 中部山岳地帯における本病の分布調査	62
4. 病徴・標徴	63
5. 病原菌の形態	65
6. 接種試験	65
7. 本病の生活史	66
8. まとめ	66
第 3 章 総合考察と結論	67
摘 要	94
引用文献	98

図版説明.....	105
Summary	114
Plate	1~20

第1章 緒 言

中部山岳地帯は本州の中央部に位置し四方を3,000m級の高山に囲まれているため、地形は急峻で気候も冷涼である。森林の発達は良好で、アカマツ (*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.), カラマツ (*Larix leptolepis* Gordon), スギ (*Cryptomeria japonica* D. Don), ヒノキ (*Chamaecyparis obtusa* (Sieb. et Zucc.) Endl.), アスナロ (*Thuopsis dolabrata* Sieb. et Zucc.), サワラ (*Chamaecyparis pisifera* (Sieb. et Zucc.) Endl.), ウラジロモミ (*Abies homolepis* Sieb. et Zucc.), トウヒ (*Picea jezoensis* Carr. var. *hondoensis* Rehder), シラベ (*Abies veitchii* Lindl.), ハイマツ (*Pinus pumila* Regel) など我が国の代表的な針葉樹が随所にみられる。

しかし、中部山岳地帯の森林にも近年諸々の被害が急増し問題視されるようになってきた。さび病もこのような被害の一つであるが、当地域におけるこの病害については、これまでほとんど研究が行われていなかった。筆者は1960年(昭和35年)頃より、主要針葉樹のさび病に関する研究を開始し、これまでにウラジロモミのてんぐ巣病、トウヒ類のさび病、サワラのさび病、アスナロのてんぐ巣病、アカマツの葉さび病、ハイマツの発しんさび病などの発生環境、病原菌の生理的性質、接種試験に基づく病徴・標徴の発現、生活史などをほぼ明らかにすることができた。本報では、これらの実験的研究について詳述するが、その概要はすでに報告¹⁾²⁾したのものもある。

この研究を行うにあたり、元林業試験場保護部長伊藤一雄博士に終始懇篤なるご指導と激励をいただき、京都大学農学部農林生物学科教授山本昌木博士、同林学科教授堤利夫博士、同付属農業研究施設教授上山昭則博士、同植物生殖質研究施設教授阪本寧男博士および同農林生物学科助教教授獅山慈孝博士には、本稿のご校閲、数々のご教示をいただいた。また、日本きのこセンター菌茸研究所長平塚直秀博士、元京都大学農学部農林生物学科教授赤井重恭博士、元林業試験場保護部長今関六也氏には格別のご指導をいただいた。恩師元宇都宮農林専門学校(現宇都宮大学)林学科教授中山博一博士、同農学科教授渡辺竜雄博士、筑波大学農林学系教授佐藤昭二博士、北海道大学農学部林学科教授大金永治博士、元農業大学造園学科教授林弥栄博士、元信州大学農学部林学科教授浅田節夫博士、元国立科学博物館植物学部長小林義雄博士にはご助言と激励をいただいた。

林業試験場保護部長横田俊一博士、同部前樹病科長青島清雄博士、同部元樹病科長故千葉修博士、同部現樹病科長佐保春芳博士、同部同科樹病研究室長小林享夫博士、林業試験場東北支場保護部長陳野好之博士、カナダ環境省 Northern Forest Research Centre 平塚保之博士、日本きのこセンター菌茸研究所(現林業試験場東北支場保護部樹病研究室長)金子繁博士、島根県林業技術センター保護科長周藤靖雄博士、東京大学北海道演習林高橋郁雄氏には実験遂行上多大な助言と協力をいただいた。また、文献入手には林業試験場保護部きのこ科長古川久彦博士、上記菌茸研究所金子繁博士、筑波大学(現東京都小笠原亜熱帯農業センター)佐藤豊三博士に格別のご協力をいただいた。林業試験場元木曾分場長故梅原博氏、同故高橋勇氏、同滑川良一氏、同横田英雄氏、同下野園正氏には本研究遂行上格別のご支援をいただき、また、長野営林局および関係営林署、木曾分場の各位にも多くのご助力をいただいた。以上の諸氏に対し心

から深甚なる謝意を表す。

第2章 中部山岳地帯針葉樹の主要さび病

第1節 ウラジロモミのてんぐ巢病

1. まえがき

ウラジロモミのてんぐ巢病は、我が国に広く分布し、とくにモミ属の多い地方に見出される病害であるが、モミ属のてんぐ巢病は世界的にみてもアジア、ヨーロッパ、北米大陸など北半球のほとんどすべてに分布している病害であるため^{41)44)49)51)~53)55)56)~60)62)65)66)69)72)75)77)78)119)169)170)194)}、我が国および欧米において古くから多くの菌学者、樹病学者による報告がある^{2)4)24)25)37)39)40)42)56)61)71)73)79)81)89)93)94)98)~100)109)115)~117)121)122)184)185)188)141)142)168)172)193)196)}。なお、本病はウラジロモミのほかモミ・オオシラビン・アオトドマツ・アカトドマツ・シラビンなどを侵し、中間宿主はミナグサ・ハコベ・エゾノミヤマハコベ・エゾオオヤマハコベ・イワツメクサなどであることが明らかにされている。

平塚⁶⁶⁾によれば本病の病原菌は1801年 PERSOON によって夏孢子時代に *Uredo pustulata* PERS. var. *Cerastii* PERS. と命名されたが、以後何回か改名された学名が公表された。すなわち *Uredo pustulata* PERS. var. *cerastiorum* DC. (1815), *U. cerastii* MART. (1817), *U. pustulata* PERS. var. *caryophyllacearum* DUBY (1830), *U. caryophyllacearum* JOHNST. (1831), *U. caryophyllacearum* UNGER (1836), *U. caryophyllacearum* RABENH. (1844), *U. stellariae* FUECK. (1860), *Caecoma stellariae* LINK (1816), *C. cerastii* SCHIECHT. (1824), *C. caryophyllacearum* LINK (1855), *Hypoderma (Uredo) stellariae* LINK (1815), *Erysibe pustulata* WALLR. var. *caryophyllacearum* WALLR. (1833), *Aecidium cerastii* OTTH (1863) などである。

1874年にいたり、SCHRÖTER は本菌の夏孢子および冬孢子時代を精査して *Melampsorella* 属を創設し、本菌を *Melampsorella caryophyllacearum* SCHRÖT. と命名した。さらに1880年に WINTER は本種の種名を *Melampsorella cerastii* WINT. と改めたが、これは *Uredo pustulata* PERS. var. *cerastii* PERS. を本菌の最初の命名と認め *cerastii* を種名に採ったためであろうとしている。翌1881年に WINTER は *Melampsorella* 属を *Melampsora* 属に含めて本菌を *Melampsora cerastii* WINT. とした。

本菌のしゅう子腔時代はすでに1805年 ALBERTINI および SCHWEINITZ 両氏によって *Aecidium elatinum* ALB. et SCHW. と名付けられて以来 *Uredo elatina* SPRENC (1827), *Peridermium elatinum* SCHM. et KZE. (1863) 等と呼ばれた。

1907年 ARTHUR は *Aecidium elatinum* ALB. et SCHW. (1805) の種名を採って *Melampsorella elatina* (ALB. et SCHW.) ARTH. としている。さらに欧米諸国の菌学者についてみると、BUBAK, FISCHER, GONZALEZ, FRAGOSO, GROVE, HARIOT, KLBBAHN, SYDOW らは *Melampsorella caryophyllacearum* SCHRÖT. を採用し、OUDEMANS, LIRO らは *Melampsora cerastii* WINT. を、PLOWRIGHT は *Melampsorella cerastii* WINT. を、MOSS その他北米の諸学者は *Melampsorella elatina* ARTH. を用いている。

なお、平塚はこれまで *Melampsorella caryophyllacearum* SCHRÖT. を採用してきたが ALBERTINI と SCHWEINITZ の *Aecidium elatinum* (1805) を採り、*Melampsorella elatina* (ALB. et SCHW.) ARTH. を用いるのが至当であるとしている。

以上から理解されるとおりウラジロモミのてんぐ巢病菌の学名には諸説があるが、今回は *Melampsor-*

ella caryophyllacearum SCHRÖT. を⁸⁾⁷⁾¹⁵⁾²⁷⁾⁷²⁾⁸¹⁾⁹⁶⁾¹¹¹⁾¹⁶²⁾用いることとした。さて、内外の文献によれば本病の学名、分布、病徴・標徴、病原菌の形態、本菌の異種寄生性などについてのべた報告はいくつかみられるが、本病の被害状況、発生環境、中間宿主上の小生子による接種試験の発病状況、病患部の病態解剖、さび胞子の飛散伝播などについての報告はみあたらない。筆者は1963年以降長野県下の各地において本病の調査を行い、上記の点につき新たな知見を得ることができた。結果の一部は報告済み^{24)~28)84)87)100)}であるが、その後得られた知見を加えて以下に述べる。

2. 被害状況と発生環境

1963年から1964年にかけて長野営林局福島、藪原、駒ヶ根営林署管内のウラジロモミ造林木、天然林における本病の被害状況を調査した。

調査の方法は造林地では20×20mの調査区を任意にとり、この中の造林木を調べた。被害率は湿潤地で20~80%、乾燥地では0%であった。天然林では50×50mの調査区を任意にとり、この中の天然木を調べた。被害率は過密林で53~90%、疎林で6%であった (Table 1)。この調査の結果、本病はこれまで主に枝に生ずる病害で実害は軽微とされてきたが¹⁾⁸⁾²⁴⁾⁸⁹⁾⁴⁰⁾⁵⁶⁾⁷²⁾⁷⁸⁾⁷⁹⁾⁸¹⁾⁸⁹⁾⁹³⁾⁹⁴⁾¹⁰⁰⁾¹¹⁵⁾¹²¹⁾¹³⁴⁾¹³⁵⁾、幼齡造林木や天然木の主幹部に寄生して著しい生長減退や枯死木を生ずる病害であることがわかり、モミ属にとっては警戒を要する病害であることが明らかとなった²⁵⁾ (Table 1, Plate 1, A-D)。

すなわち、幼齡造林木、天然稚樹の主幹部に本菌が侵入すると、はじめ発生するてんぐ巣病は小さいが、しだいに発達して大きくなり、このため罹病木は数年後に枯死するものがかなり認められた (Plate 1, E)。しかし、病患部がしだいに紡錘形に肥大するにもかかわらず枯死することなく永年生長を継続する個体のあることもわかった (Plate 1, C)。なお、このように肥大した被害木を縦断して材内部を調べてみると、樹脂の浸出、変色、年輪の乱れなどが顕著で材質の低下が認められた (Plate 1, D)。

ところで、筆者はかつて「がんしゅ病類似のウラジロモミの病害」を報告し²²⁾、この発生原因は不明であるとしておいたが、このような被害木の病部付近にさび胞子の形成された小さなてんぐ巣病枝の発生が確かめられ、この結果、上記の被害木はてんぐ巣病による主幹部被害木であることが判明した。

本病が太枝に発生した場合は、発生が幹に近ければてんぐ巣の発達は著しくなり、このため樹形不良、生長減退などを生ずるが (Plate 1, B)、幹から離れた枝に発生した場合はてんぐ巣はやや小さくなって樹体への影響は少ないようであった (Plate 1, A)。

本病が第2枝以下の小枝に発生した場合はてんぐ巣は概して小さなものが多く、樹体への影響は軽微であった。

つぎに本病の発生環境について調査してみた結果、福島、藪原両営林署管内の造林後下刈りの全く行われていない北向きの湿潤地と思われる幼齡造林地と、過密状態のまま放置されていた天然林には被害がきわめて多かった。これに反して駒ヶ根営林署管内の造林後数回下刈りの行われた南向きの乾燥地と思われる造林地と、疎林の天然林には被害がほとんど認められなかった (Table 1)。なお、両試験地内で中間宿主のミミナグサ・ハコベ・ツメクサなどを調査してみたが、湿潤地、乾燥地のいずれにもほぼ同程度これらの植物が認められたことから、本病は中間宿主の多寡よりも、その場所が湿潤地であるか、乾燥地であるかによって被害率に差を生ずる病害であることが推定された (Table 1)。

3. 病徴・標徴

本病の病徴・標徴についてはこれまでいくつかの報告がある^{1)89)56)89)93)94)98)~100)115)121)134)136)168)180)}。そ

Table 1. ウラジロモミ
Damage of *Abies homolepis* SIEB. et ZUCC. caused

区 分 Plots	NO	場 所 Place	標 高 Altitude	環 境 Environment	樹 高 Height of tree
造 林 地 (20×20m) Planted forest	1	藪 原 Yabuhara	1550	湿潤地 Damp	3.8~7.0
	2	同 上 Ditto	1550	同 上 Ditto	1.8~5.6
	3	同 上 Ditto	1500	同 上 Ditto	2.0~5.2
	4	福 島 Fukushima	1800	同 上 Ditto	4.0~7.0
	対 照 Control	駒ヶ根 Komagane	1500	乾燥地 Dry	3.5~6.0
天 然 林 (50×50m) Natural forest	1	藪 原 Yabuhara	1400	過密林 Dense forest	15~24
	2	同 上 Ditto	1500	同 上 Ditto	16~24
	3	同 上 Ditto	1470	同 上 Ditto	10~20
	4	福 島 Fukushima	1800	同 上 Ditto	2~ 5
	対 照 Control	駒ヶ根 Komagane	1500	疎林(乾燥地) Thin stand(Dry)	15~20

Note: 調査年月日 1963年8月~1964年8月
Investigation Aug. 1963 — Aug. 1964.

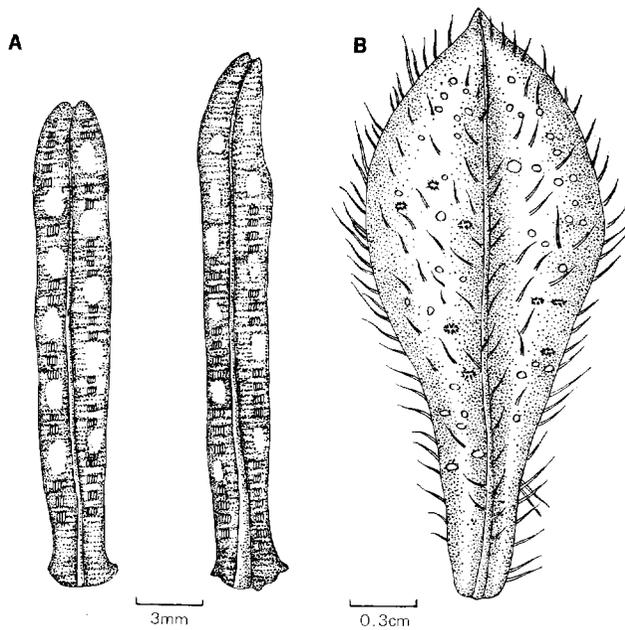


Fig. 1. ウラジロモミ葉上に形成されたしゅう子のう (A)
ミミナグサ上に形成された夏胞子 (B)

Aecium of *Melampsorella caryophyllacearum* SCHRÖT. on needles of *Abies homolepis* SIEB. et ZUCC. (A), uredinium on *Cerastium caespitosum* GILIB. var. *ianthes* HARA (B).

てんぐ巣病の被害状況

by *Melampsorella caryophyllacearum* SCHRÖT.

胸高直径 D.B.H.	樹 齡 Age	調査本数 Number of tree	被害本数 Damaged tree	被 害 率 Disease incidence	てんぐ巣病発生数 Number of witches' broom	中間宿主有無 Density of alternate host
2~6 cm	5~10 年	30 本	21 本	70 %	1~5 本	+
2~5	5~8	20	4	20	2~3	+
2~6	5~7	20	18	90	1~3	+
6~9	7~12	30	24	80	1~3	+
5~8	6~10	30	0	0	0	++
16~22	30~40	30	27	90	2~8	++
19~30	42~50	20	16	80	1~4	+
12~23	25~33	30	18	60	1~2	+
2~4	5~8	30	16	53	1~4	+
16~23	30~33	30	2	6	1	+

Note) + : わずか Very few, ++ : やや多い Moderate.

れらによると、本病の感染を受けたモミ類は枝および幹の一部が球形～紡錘形にふくれ、この部分の樹皮はさけて樹脂を分泌し、ここから多数の小枝を叢生し、この葉上にさび胞子を形成する (Fig.1)。てんぐ巣病菌は菌糸の形で材部で越冬して毎年小枝を叢生し、病患部はしだいに大きくなり数十cmに達するものがあると報告されているが、筆者がこの被害を主幹部・主枝・第2枝別に区分して調査してみた病徴・標徴はつぎのとおりであった。

まず、本病が幼齢木の主幹部に寄生して数年たったものは多数の小枝が叢生して掛巢型となり、罹病部は紡錘形にふくれ、しだいに樹勢が衰退して枯死するものが多かった (Plate 1, E)。しかし、中には上記のような病徴が現れても枯死することなく生長を続け、壮齢大径木となっている個体のあることも判明した (Plate 1, C)。つぎに、主枝に寄生したものは造林木、天然木とも小枝が叢生して掛巢型となり、枝の一部が紡錘形にふくれるが、寄生数が1~2個の場合は実害は軽微であった (Plate 1, B)。しかし、寄生数が多くなると樹勢が衰え、まれに枯死するものもあった。第2枝に寄生したものは造林木、天然木とも小さなてんぐ巣が形成されるが、罹病木にあたる影響は軽微であった。

つぎに、以上の病徴・標徴の発現にいたる経過を筆者が苗畑において行った接種試験から述べると、その概要はつぎのとおりである。

本病の初期病徴・標徴はモミ類が本病に感染して約1年後でないと現れない。すなわち、5月下旬頃ウラジロモミの生長点付近の傷ついた芽から本病の小生子が侵入すると、感染した芽は越冬後の6月上旬頃、健全な芽の数倍の長さ (約5cm) に異常生長する (Plate 5, D)。しかしながら、この異常生長枝上に標徴の生ずるのは翌年の5月中旬頃、つまり小生子侵入約2年後で、この頃葉表の一部および葉裏に淡黄色、球形～半球形のさび柄子殻が生じ、内部にさび柄胞子を生ずる (Plate 2, A~B, 4, A)。さび柄胞子は5月下旬頃までに飛散するが、この後異常生長枝上には小さな淡褐色円形の小点がしばらく残る。

さび柄子殻の生じた異常生長枝の裏面中肋には6月上旬頃だ円形、白黄色のしゅう子のうが2列にならんで生じ、6月中旬頃擬護膜がさけてさび胞子が飛散する (Fig. 1, A, 2, B, Plate 2, C-G, 5, E)。しかし先端部の病葉にはしゅう子のうはほとんど発生しない。異常生長した葉はさび胞子の飛散したあと9月下旬頃までにすべて落葉して枝だけとなるが、翌春再び発育をはじめ長さ約 10 cm 大となり、さらにこの翌年には小枝を分岐叢生して長さ約 20 cm 大と発育した (Plate 5, F)。そして、数年後には病患部から小枝がさらに簇生して長さ約 50 cm ほどのてんぐ巣に発達 (Plate 5, G)、約 10 年後には病患部に小枝がさらに簇生して直径約 1 m 前後の大きさとなり、典型的な鳥巣状や掛巣型に発達した。なお、発生部の枝

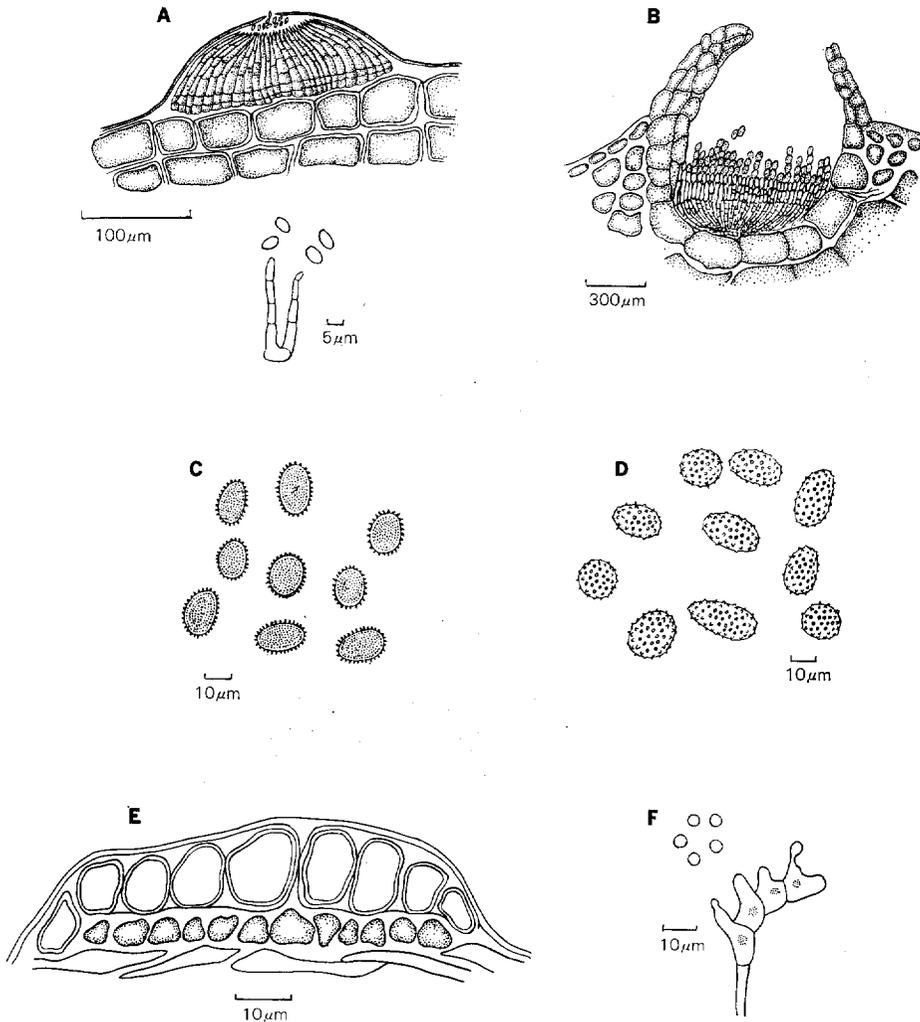


Fig. 2. ウラジロモミのてんぐ巣病菌

Melampsorella caryophyllacearum SCHRÖT.

- A : さび柄子殻 Pycnium, さび柄胞子 Pycniospore,
 B : しゅう子のう Aecium, C : さび胞子 Aeciospore,
 D : 夏胞子 Urediniospore, E : 冬胞子層 Telium,
 F : 冬胞子 Teliospore, 小生子 Sporidium.

幹は球形～紡錘形にふくれ、樹皮は不規則にさけて樹脂を分泌し、病患部には枯死を生ずるようになった (Plate 5, H)。また、てんぐ巣病の病葉の長さは健全葉の 1/2 程度で、かつ、色が黄緑色であるため区別は容易である。本病のさび胞子が中間宿主のミミナグサに 6 月中旬頃感染すると、6 月下旬頃葉裏に黄褐色で直径 0.4 mm 前後の円形の夏胞子堆が発生する (Fig. 1, B, Plate 3, A, B)。発病したミミナグサは 8 月頃枯死するが、夏胞子は付近の健全なミミナグサに移って生存を継続し秋に感染したミミナグサはそのまま越冬する。病株上の夏胞子堆は積雪中でもそのまま越冬することが確かめられた (Plate 3, C)。夏胞子堆をもったまま越冬したミミナグサは融雪後の 4 月頃から生長を開始し、5 月中旬頃葉裏が白色～淡赤色に変化して冬胞子層を形成する。冬胞子層の形成されている期間は 6 月中旬頃までの約 1 か月間で (Plate 3, D-E)、その後罹病葉は枯死した。

4. 病原菌の形態

本病のさび柄子殻はウラジロモミ感染葉上の表皮下に小点状に形成され、はじめ透明、後淡黄色、扁平、半球形、幅 100～200 μm 、高さ 25～50 μm 。さび柄胞子は無色、だ円形～長だ円形、大きさ 3～7.5 \times 2～5 μm (Plate 2, A-B, 4, A)。しゅう子のうは病患部中より生ずる小葉上の葉裏中肋の両側に 2 列にならんで生ずる。白黄色、半球形、短円柱形、長さ 0.4～1 mm、幅 0.25～0.5 mm (Plate 2, C-G)。擬護膜は無色、繊細にて先端開口する。膜の細胞は不正多角形、長さ 15～38 μm 、幅 9～25 μm 、長径長く幾分重なる。内壁はやや薄く、疣を有し、外壁もやや薄く平滑 (Plate 2, G)。さび胞子は垂球形、だ円形、長だ円形ときに多角形、橙黄色、大きさ 15～30 \times 15～22 μm 、膜は薄く 1～2 μm 、密に疣を有する (Plate 4, B, C)。中間宿主ミミナグサ上に生ずる夏胞子堆は葉裏、まれに葉表あるいは茎上に生じ、散生あるいは群生し、往々全葉面を覆う。小円形、径 0.075～0.4 mm、黄色～淡水色、擬護膜は半球形、小径口にて開口する。膜の上部細胞は等径あるいは不正多角形、径 10～20 μm 、幾分重畳する。側部細胞は薄く 1.5～3 μm 。夏胞子卵形、だ円形、倒卵形あるいは長だ円形、19～28 \times 14～20 μm 、膜やや薄くして 1～1.5 μm 、粗に疣あり、黄色 (Plate 4, D, E)。冬胞子層は葉裏に生じ往々全葉面を覆う。病斑は白色～淡赤色を呈す。冬胞子は表皮細胞内に生じ 1 室、きわめてまれに 2 室、孤生あるいは群生し、球形、垂球形、だ円形、ときに幾分多角形となる。径 11～25 μm 、膜は薄くして 1 μm 以下、無色にして平滑 (Plate 4, F, G)。小生子は球形、径 7～10 μm 、膜は薄く平滑 (Plate 4, H, I)。筆者の測定値は伊藤、平塚らの報告⁵⁶⁾⁷²⁾¹¹¹⁾とほぼ一致した (Fig. 2, A-F)。

5. 病原菌の生理的性質

1) さび胞子の発芽と温度との関係

懸滴培養によるさび胞子の発芽と温度との関係を示すと Fig. 3, 4 のとおりで、24 時間後の発芽温度 0～30°C の範囲では 25°C において発芽率が最高で、かつ、発芽管の伸長も良好であった。

2) さび胞子の発芽と湿度との関係

さび胞子の発芽と湿度との関係を示すと Fig. 5 のとおりで、関係湿度 100% で供試さび胞子数の約 1/3 が発芽しており、発芽管の発育も良好であるが、98%、95%、92%、87% になると発芽率はかなり低下し、発芽管の伸びも悪くなった。

3) 夏胞子の発芽と温度との関係

懸滴培養による夏胞子の発芽と温度との関係を示すと Fig. 6 のとおりで、24 時間後の発芽温度 0～30°C の範囲では 20°C において発芽率が最高で、かつ、発芽管の伸長も良好であった。

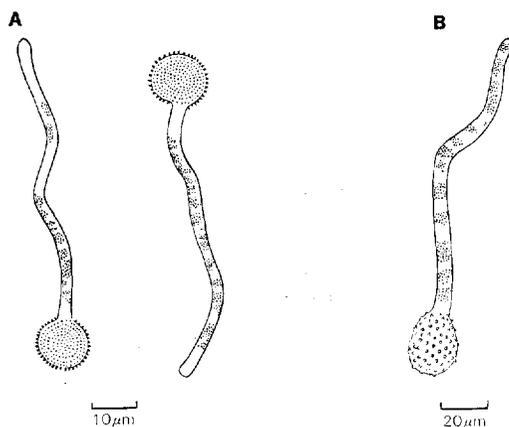


Fig. 3. ウラジロモミてんぐ巢病菌の発芽状況 (15°C 24時間)
Germination of aeciospores (A) and urediniospore (B) of *Melampsorella caryophyllacearum* SCHRÖT. (kept at 15°C after 24 hours).
A: さび孢子 Aeciospores
B: 夏孢子 Urediniospore

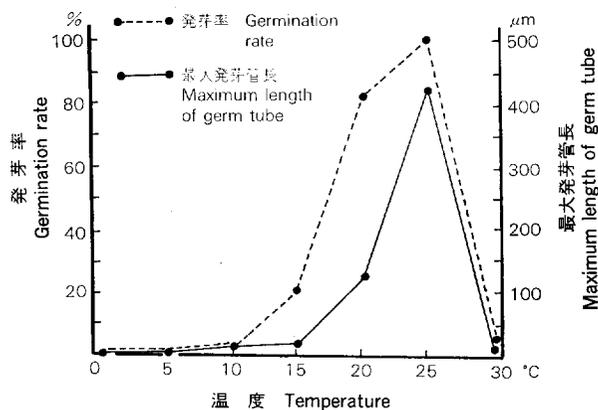


Fig. 4. ウラジロモミてんぐ巢病菌さび孢子の発芽と温度の関係 (24時間後)
Effect of temperatures on germination of aeciospores of *Melampsorella caryophyllacearum* SCHRÖT. (after 24 hours).

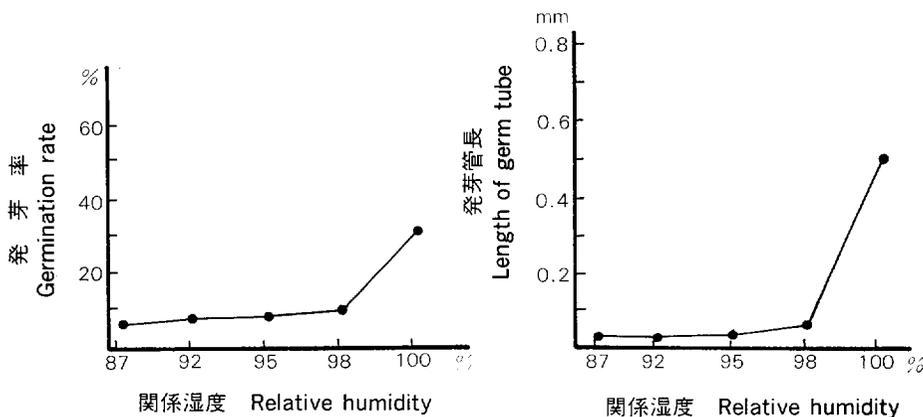


Fig. 5. ウラジロモミてんぐ巢病菌さび孢子の発芽と関係湿度との関係 (25°C. 24時間後)
Effect of relative humidities on germination of aeciospores of *Melampsorella caryophyllacearum* SCHRÖT. (kept at 25°C for 24 hours).
Note) 87% : Na₂CO₃, 92% : K₂HPO₄, 95% : Na₂HPO₄, 98% : CaSO₄·2H₂O, 100% : H₂O.

Fig. 6. ウラジロモミてんぐ巢病
夏胞子の発芽と温度との関
係 (24時間後)

Effect of temperatures on
germination of uredinio-
spore of *Melampsorella ca-
ryophylla cearum* SCHRÖT.
(after 24 hours).

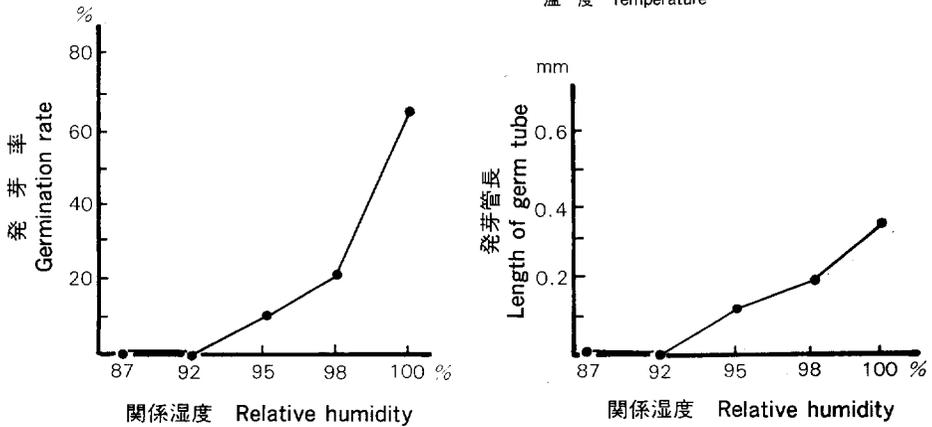
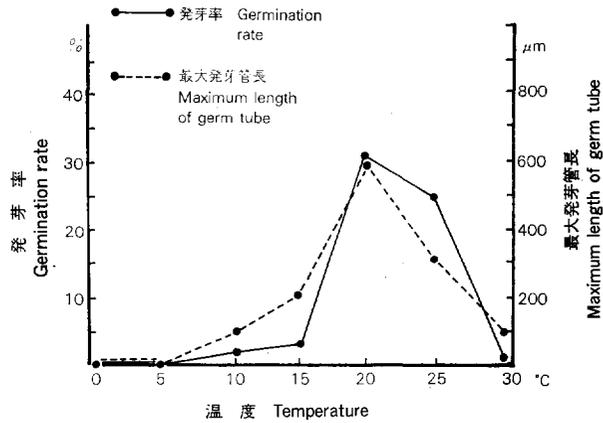


Fig. 7. ウラジロモミてんぐ巢病夏胞子の発芽と関係湿度との関係 (25°C, 24時間後)

Effect of relative humidities on germination of urediniospore of *Melampsorella caryophyllacearum* SCHRÖT. (kept at 25°C, after 24 hours).

(Note) 87% : Na₂CO₃, 92% : K₂HPO₄, 95% : Na₂HPO₃, 98% : CaSO₄·2H₂O, 100% : H₂O.

4) 夏胞子の発芽と湿度との関係

夏胞子の発芽と湿度との関係を示すと Fig. 7 のとおりで、関係湿度 100% で供試さび胞子数の約 2/3 が発芽し、発芽管の発育も良好であるが、98%、95% になると発芽率はかなり低下し、発芽管の伸びも悪くなった。92%、87% では全く発芽しなかった。

5) 小生子の発芽と温度との関係

懸滴培養による小生子の発芽と温度との関係を示すと Fig. 8 のとおりで、24 時間後の発芽温度 0~30°C の範囲では 20°C において発芽率は最高であったが、8% の低率であった。

6) 小生子の発芽と湿度との関係

小生子の発芽と湿度との関係を示すと Fig. 9 のとおりで、関係湿度 100% で供試小生子数の約 1/7 が発芽しており、発芽管の発育も良かったが、98% になると発芽率は低下し、発芽管の伸びも悪くなり、95%、92% ではさらに低下し、87% では全く発芽しなかった。

7) さび胞子貯蔵中の寿命

1966 年 6 月 17 日、長野県木曾郡木曾福島町大原のウラジロモミてんぐ巢病罹病木上のさび胞子を採集

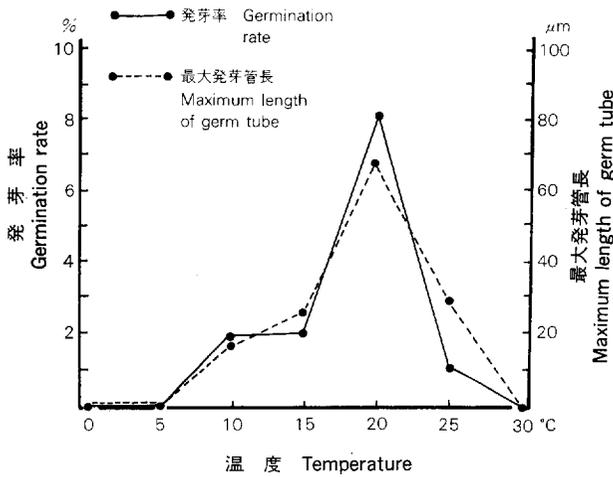


Fig. 8. ウラジロモミてんぐ巢病小生子の発芽と温度との関係 (24時間後)
Effect of temperatures on germination of sporidium of *Melampsorella caryophyllacearum* SCHRÖT. (after 24 hours).

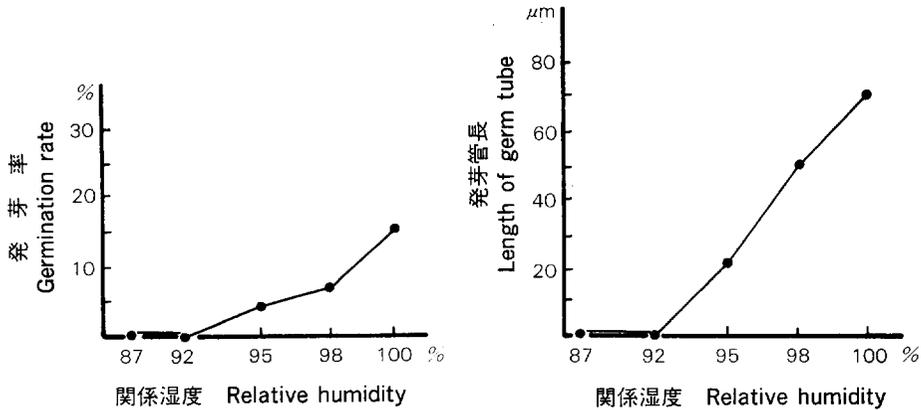


Fig. 9. ウラジロモミてんぐ巢病小生子の発芽と関係湿度との関係 (25°C, 24時間後)
Effect of relative humidities on germination of sporidium of *Melampsorella caryophyllacearum* SCHRÖT. (kept at 25°C, after 24 hours).
Note) 87% : Na₂CO₃, 92% : K₂HPO₄, 95% : Na₂HPO₃, 98% : CaSO₄·2H₂O, 100% : H₂O.

し、長さ3.5 cm、幅1 cmの管ピンに0.01 g あて入れ、脱脂綿で栓をしたあと、①室内の散光のあたる場所および②屋外の散光のあたる場所におき、経時的にさび胞子をとりだして素寒天培地上に散布し、25°C 24時間後の発芽の有無で寿命を推定した。この結果は Table 2 に示したとおり、室内においたさび胞子の発芽能力は約1か月後には試験着手時の約1/3に低下し、約2か月後にはこれが1/10程度となり、3か月後にはほとんど発芽能力を失った。屋外においたものは約半月後には試験着手時の1/5程度に低下し、1か月後には1/8に低下し、2か月後には発芽能力を全く失った。

6. 接種試験

本病の病原性を確かめるため、つぎの接種試験を行った。

1) ウラジロモミ・モミなどに対する接種試験

(1) 実験方法

長野県木曾郡木曾福島町林業試験場木曾分場構内の雪中で夏胞子越冬させたミミナグサに冬胞子の生じ

Table 2. ウラジロモミてんぐ巣病さび孢子貯蔵中の寿命
Longevity of aeciospores of *Melampsorella caryophyllacearum* Schröt.
related to storage condition.

発芽試験日 Date of test	処 理 Treatment	孢 子 数 Spores counted	発芽孢子数 Spores germinated	発 芽 率 Germination percentage%	備 考 Remarks
July 2, 1966 After 15 days	室内 Indoors	529	113	21	
	屋外 Out of doors	804	55	7	
July 17, 1966 After 30 days	室内 Indoors	1188	115	10	
	屋外 Out of doors	724	29	4	
Aug. 2, 1966 After 45 days	室内 Indoors	750	43	6	孢子は白色に変色 Color of spore turned to white
	屋外 Out of doors	953	6	1	
Aug. 17, 1966 After 60 days	室内 Indoors	865	25	3	
	屋外 Out of doors	784	0	0	
Sept. 2, 1966 After 75 days	室内 Indoors	1528	153	1	孢子は白色に変色 Color of spore turned to white
	屋外 Out of doors	1770	0	0	
Sept. 17, 1966 After 90 days	室内 Indoors	860	15	0.2	
	屋外 Out of doors	965	0	0	

Note: 1) 1966年6月17日試験開始時の発芽率は32%

Germination percentage at the start of the test on June 17, 1966, was 32%.

2) 貯蔵条件 室内は散光のあたる窓際, 屋外は散光のあたる屋根下

Storage condition: At the window in the scattered light in-doors, under the roof in the scattered light out-doors.

てきた罹病葉を接種源とした。

接種方法は、ウラジロモミの芽が十分開芽した1963年6月1日罹病葉1枚ずつを葉柄をつけたままハサミで切りとり、大根を5mm角に切って穴をあけた中にさし込み、しおれないようにした。そして、鉢植したウラジロモミ・モミ・シラベ・オオシラビソ・アオトドマツ5年生苗の先端部数個の芽に、殺菌したメスで長さ約1cmの切傷をつけた鉢と、無傷の鉢を作り、これらの鉢に上記の罹病葉を虫ピンで止め、殺菌水でしめした脱脂綿でつつみ、この上をビニールで覆い約20°Cに調節した温室においた。そして、7日後にビニールをとり、罹病葉をのぞいて林業試験場木曾分場大原苗畑に運び約50cm間隔で鉢のまま土中に埋めた(Plate 5, A-C)。対照はミミナグサの健全葉を用いて上記と同様の処置をした。

(2) 実験結果

この実験結果をTable 3に示す³⁴⁾³⁷⁾。すなわち、1964年6月1日の調査時(1年後)に芽に傷をつけて接種したウラジロモミの接種木の中に、通常の芽の数倍の大きさに異常生長しているものが4本あることが判明し(Plate 5, D)、この異常生長枝の葉裏に1965年5月20日頃(2年後)淡黄色、球形~半球形のさび柄子殻が形成された(Plate 2, A-B)。これは同年5月30日頃消失し、同年6月1日頃この葉裏に白黄色、だ円形~長だ円形のしゅう子のうが2列に生じ、間もなく裂開して同年6月30日頃までさび孢子の形成が認められた(Plate 2, C-F, 5, E)。ウラジロモミの無傷接種木と対照木およびモミ・シラベ・オオシラビソ・アオトドマツには全く発病が認められなかった。なお、発病木を継続観察したところ、異常生長枝は9月下旬頃までに落葉して枝だけとなったが、1966年5月中旬(3年後)には健全

Table 3. ウラジロモミてんぐ巣病の小生子による接種試験結果

Results of the inoculation tests with speridium of *Melampsorella caryophyllacearum* SCHRÖT. to *Abies homolepis*, *A. firma*, *A. veitchii*, *A. mariesii*, and *A. sachalinensis* var. *mayriana*.

供試樹種 Tree species	区 分 Plots		供試本数 Number of tested tree	接種 (1963年 6月 1日) 後の経過日数 Days lapsed from the inoculation, Jun 1, 1963.			
				180	360	540	700
ウラジロモミ <i>Abies homolepis</i> SIEB. et Zucc.	接 種 Inoculation	有 傷 Wounded	50	—	—	—	+(4)
		無 傷 No-wounded	50	—	—	—	—
	対 照 Control	有 傷 Wounded	5	—	—	—	—
		無 傷 No-wounded	5	—	—	—	—
モ ミ <i>Abies firma</i> SIEB. et Zucc.	接 種 Inoculation	有 傷 Wounded	5	—	—	—	—
		無 傷 No-wounded	5	—	—	—	—
	対 照 Control	有 傷 Wounded	5	—	—	—	—
		無 傷 No-wounded	5	—	—	—	—
シ ラ ベ <i>Abies veitchii</i> LINDL.	接 種 Inoculation	有 傷 Wounded	5	—	—	—	—
		無 傷 No-wounded	5	—	—	—	—
	対 照 Control	有 傷 Wounded	5	—	—	—	—
		無 傷 No-wounded	5	—	—	—	—
オオシラビン <i>Abies mariesii</i> MAST.	接 種 Inoculation	有 傷 Wounded	5	—	—	—	—
		無 傷 No-wounded	5	—	—	—	—
	対 照 Control	有 傷 Wounded	5	—	—	—	—
		無 傷 No-wounded	5	—	—	—	—
アオトドマツ <i>Abies sachalinensis</i> F. SCHM. var. <i>mayriana</i> MIV- ABE et KUDO	接 種 Inoculation	有 傷 Wounded	5	—	—	—	—
		無 傷 No-wounded	5	—	—	—	—
	対 照 Control	有 傷 Wounded	5	—	—	—	—
		無 傷 No-wounded	5	—	—	—	—

Note) + : 発病 Aeciospores, - : 無発病 Un-infection.

葉より約 20 日程早く発育を開始し、長さ約 10 cm 大となった。そして、異常生長枝の基部はこの頃からわずかずつ紡錘形にふくれ始めた。さらに、1967 年 5 月 (4 年後) には異常生長枝は約 20 cm 大に発育した (Plate 5, F)。そして、1971 年 6 月 (7 年後) には病患部から小枝が簇生して、大きき 50 cm ほどのてんぐ巣に発達し (Plate 5, G)、さらに 1974 年 6 月 (10 年後) には病患部には小枝が簇生して直径約 1 m の大ききとなり、鳥巣状、樹巢形に発達した (Plate 5, H)。

なお、基部の紡錘形は一段と大きくなり、樹脂を分泌するようになった。

2) 中間宿主に対する接種試験

(1) 実験方法

Table 4. ウラジロモミてんぐ巢病さび孢子による接種試験

Result of the inoculation tests with aeciospore of *Melampsorella caryophyllacearum* SCHRÖT. to *Cerastium caespitosum* var. *ianthes*, *Sagina japonica*, *Stellaria aquatica*, *Stellaria media*, and *Silene armeria*, *Stellaria uliginosa* var. *undulata*.

供試植物 Plant species tested	区分 Plots	供試本数 Numbers tested	接種 (1965年5月10日) 後の経過日数 Days lapsed from the inoculation, May 10, 1965				
			1	2	8	9	10
ミミナグサ <i>Cerastium caespitosum</i> GILIB. var. <i>ianthes</i> HARA	接種 Inoculated	4	—	—	—	—	+
	対照 Control	2	—	—	—	—	—
ツメクサ <i>Sagina japonica</i> OHWI	接種 Inoculated	4	—	—	—	—	+
	対照 Control	2	—	—	—	—	—
ウシハコベ <i>Stellaria aquatica</i> SCOP.	接種 Inoculated	4	—	—	—	—	+
	対照 Control	2	—	—	—	—	—
ハコベ <i>Stellaria media</i> CRV.	接種 Inoculated	4	—	—	—	—	+
	対照 Control	2	—	—	—	—	—
ムシトリナデシコ <i>Silene armeria</i> L.	接種 Inoculated	4	—	—	—	—	—
	対照 Control	2	—	—	—	—	—
ノミノフスマ <i>Stellaria uliginosa</i> var. <i>undulata</i> FRANCH. et SAV.	接種 Inoculated	4	—	—	—	—	—
	対照 Control	2	—	—	—	—	—

Note) + : 発病 Urediniospores, - : 無発病 Un-infection.

1965年5月10日林業試験場木曽分場大原苗畑においてミミナグサ・ツメクサ・ウシハコベ・ハコベ・ムシトリナデシコ・ノミノフスマを採集して鉢植えし、温室中で隔離栽培したものに、同年6月20日木曾福島町黒川渡で採集したウラジロモミ上さび孢子を接種した。接種方法は、採集したさび孢子約0.1gを100ccの殺菌蒸溜水に入れてよく攪拌したのち、筆を用いてこれを上記供試植物の葉裏に塗布した。対照はさび孢子を入れない殺菌蒸溜水を同一方法で塗布した。供試した鉢には霧をふきつけたビニール袋をかぶせ25°Cの定温器中に24時間保持したあと、取り出してビニール袋をはずし木曽分場構内の温室においた。

(2) 実験結果

この実験結果を Table 4 に示す。すなわち、1965年6月30日(10日後) ミミナグサ・ツメクサ・ウシハコベ・ハコベの4種の葉裏に夏孢子の発生を確認したが、ムシトリナデシコ・ノミノフスマには発病

が認められなかった。

7. 本病病患部の病態解剖

ウラジロモミはてんぐ巣病菌の寄生を受けると、主幹部・主枝・小枝のいずれをとわず病患部はしだいに紡錘形に異常肥大し、ここに小枝がほうき状に生ずる。異常肥大した病患部を解剖観察した報告は外国には 2, 3²⁾¹⁸⁰⁾¹⁸¹⁾ あるが、我が国のウラジロモミについての報告は見当たらないので次のとおり行った。

1) 実験方法

1968年5月長野県木曾郡木曾福島町林業試験場木曾分場構内にあるウラジロモミ(樹齢約40年生)の地上約4m第1枝上に発生していたてんぐ巣病病患部(長さ約20cm, 異常肥大部直径約3cm)を採集し、a点(材内部に変化の予想される肥大基部)、b点(同、肥大中央部)より材料をとって、F. A. A. 液で固定、ZIRKLE 氏法で脱水の上マイクロームで切片を作り顕微鏡観察を行った¹⁶⁾。なお、対照には同一木の健全部から供試材料のa点とほぼ同じくらいの太さの枝を採集し、同一処理を行って観察した²⁸⁾(Plate 6, A)。

2) 実験結果

(1) 横断面の解剖観察

(i) 対照木の春材部と秋材部の境界は明確で一様に生長停止しているが、病患部のa点ではこの境界にやや凹凸がみられ、病患部b点ではこれがはなはだしい。

(ii) 対照木の仮導管はほぼ長方形のものが整然とならび、大きさは最小2.5 μm 、最大12.5 μm と小形である。病患部a点ではこれが多角形・球形・だ円形となり配列もやや乱れ、大きさは最小2.5~3.0 μm 、最大25 μm とやや大型になる。b点ではこれが不規則な多角形・ゆがんだ球形となって配列は乱れ、大きさ最小3.0 μm 、最大30 μm と大型であった。

(iii) 対照木の放射組織は幅10 μm 前後で淡褐色の内容物は少ないが、病患部a点ではこれが幅20 μm 前後でやや太く褐色の内容物は幾分多く、病患部b点ではこれが幅25 μm 前後で太く、濃褐色の内容物が多量に認められた(Plate 6, B, E, H)。

(2) 縦断面の解剖観察

(i) 対照木の仮導管の走向は、ほぼ直線的であるが、病患部a点ではこの走向がやや彎曲する場合があり、b点ではこれがかなり散乱蛇行していた。

(ii) 対照木の放射組織は半径方向に長く伸びているが、病患部a点およびb点ではこれが切れ切れに乱れ断片的であり、特にb点ではこれが顕著であった。

(iii) 有縁紋孔は健全部よりも病患部のa点、b点の方にやや多くみられ、分野紋孔も対照木が1~2個に対し病患部のa点、b点では1~4個と多く認められた(Plate 6, C, F, I)。

(3) 切線面の解剖観察

(i) 対照木の仮導管の走向はほぼ直線的であったが、病患部a点ではこれがやや蛇行し、b点においてはこれがさらに顕著となり、時に放射組織の彎曲も認められた。

(ii) 対照木の放射組織の細胞高は1~7層であったが、病患部a点ではこれが1~13層、病患部b点ではこれが1~50層と増加が認められた。なお、対照木の放射組織は配列が1列であったが、病患部b点ではこれが2列のものが認められた(Plate 6, D, G, J)。

以上の観察の結果、てんぐ巣病病患部の異常肥大は仮導管、放射組織細胞の異常分裂によるものである

ことが判明した。

8. 本病さび胞子の飛散伝播に関する調査

本病病原菌は、さび柄胞子 (0), さび胞子 (I) 世代をウラジロモミ上で、夏胞子 (II) および冬胞子 (III) 世代をナデシコ科植物上で過すことは従来からよく知られているが、本病伝播に重要な役割を果たすさび胞子, 夏胞子および小生子などの飛散状況について調査された報告はこれまでのところ見当たらない。筆者は本病のさび胞子の飛散状況を平坦地と林地で調査する一方、苗畑において罹病木から一定距離に植付けた中間宿主の発病状況などの調査を行った。

1) 実験方法

(1) 平坦地におけるさび胞子飛散状況調査

(a) テニスコートにおける実験

(i) 実験年月日 1964年7月2日(曇) 11~16時

(ii) 実験場所 福島営林署テニスコート (20×40 m)

(iii) 実験方法 1964年6月20日藪原営林署管内でみいだされた罹病木8本(樹齢7~8年, 樹高約1 m)をワグネルポットに1本ずつ移植して持ち帰り, 病患部小葉上にさび胞子の成熟を確認してから, この中の1本を中央部におき, N・S・E・Wの方向へ1・2・3・4・5 mおきに計20か所, 簡易胞子採集器(7×14×1 cmの木製の板を高さ1 mの角材上部にとりつけたもの)を配列し, この上にグリセリンゼリー(蒸留水100 ml, ゼラチン40 g, グリセリン80 mlの混合液)を塗布したスライドガラスをのせて調査を行った(Fig. 10)。そして, 実験終了後プレパラートは直ちにプレパラートボックスに入れて持ち帰り, カバーガラス(1.8×1.8 cm)をほぼ中央にかぶせ, この区画内に落下しているさび胞子数を調べた。なお, ジェットペン風速計による風速, 風向の観測, 自記計による温度, 湿度の観測も行った(Fig. 10, Plate 7, A)。

(b) 校庭における実験

(i) 実験年月日 1964年7月4日(晴) 昼8~18時, 夜18~24時

(ii) 実験場所 木曾福島町木曾山林高校校庭

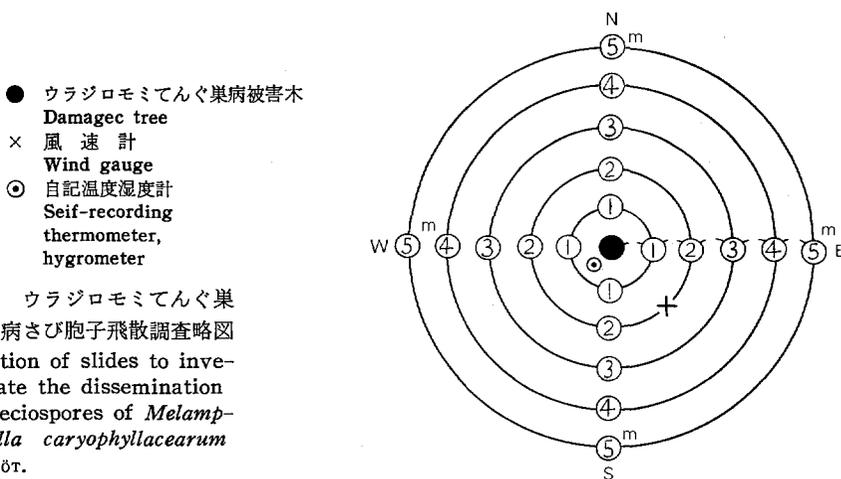


Fig. 10. ウラジロモミてんぐ巣病さび胞子飛散調査略図
Position of slides to investigate the dissemination of aeciospores of *Melampsorella caryophyllacearum* SCHRÖT.

(イ) 実験方法 供試罹病木は(a)と同様、罹病木 8 本中の 1 本を中心におき N・S・E・W の方向へ 1・2・3・4・5・10・15・20・25・30m, 計 40 か所, (a)と同様の孢子採集器を配列し, これに(a)と同様のスライドグラスをのせて調査を行った。実験終了後の処置は(a)と同様にした (Plate 7, B)。

(2) 林内におけるさび孢子飛散状況調査

(a) 実験年月日 1964 年 7 月 11 日 (晴) 12～18 時

(b) 実験場所 福島営林署管内興禅寺山ヒノキ 20 年生造林地内 (樹高約 15 m, 胸高直径約 10 cm, ha 当たり約 500 本の森林)

(c) 実験方法 供試罹病木は(1)と同様、罹病木 8 本中の 1 本を中心におき, N・S・E・W の方向へ 1・3・5・10・15m, 計 20 か所, (1)と同様の孢子採集器を配列し, これに(1)と同様のスライドグラスをのせて調査を行った。実験終了後の処置は(1)と同様にした (Plate 7, C)。

(3) 庭園林内におけるさび孢子飛散状況調査

(a) 実験年月日 1964 年 7 月 11 日 (晴) 8～20 時 (昼), 7 月 12 日 (晴) 20～翌 8 時 (夜)

(b) 実験場所 林業試験場木曾分場構内ヒノキ, サワラ他十数種 (樹高 10～15m, 胸高直径 20～30cm) の庭園樹林内

(c) 実験方法 供試罹病木は(1)(2)と同様、罹病木 8 本中の 1 本を中心におき, N・S・E の 3 方向 1 m 地点に明日山式採集器を 3 台配列し, (1)(2)と同様の方法で調査を行った。実験終了後の処置は(1)(2)と同様にした (Plate 7, D)。

(4) 苗畑におけるさび孢子飛散状況調査 (中間宿主の発病調査)

(a) 実験年月日 1964 年 6 月 25 日～8 月 25 日

(b) 実験場所 林業試験場木曾分場大原苗畑

(c) 実験方法 供試罹病木は (1)(2)(3) と同様、罹病木 8 本の中の 1 本を苗畑の中心におき, N・S・E・W の方向へ ミミナグサ・ハコベ 各 1 株ずつを 1・3・5・10・15・25m の地点に植付け, 供試罹病木中のさび孢子が飛散消失する 8 月下旬まで調査を行った。

2) 実験結果

(1) 平坦地におけるさび孢子飛散状況調査

(イ) テニスコートにおける実験結果

実験結果を Table 5 に示した。すなわち, 実験時間中 E の方向へは瞬間最大風速 3.8 m, N の方向へは同 2.8 m の風が吹いた。このためか落下さび孢子数は E 方向に最も多く, ついで N 方向, W 方向, S 方向の順であった。また, 距離別の落下さび孢子数は E 方向では 5 m まで大差がなかったが, N・S・W 方向では 4 m からかなり少なくなった。なお, 罹病木直下 (10 cm) の落下さび孢子数は四方向のいずれよりも多かった。

(ロ) 校庭における実験

実験結果を Table 6 に示した。すなわち, 昼の実験時間中 E の方向へ瞬間最大風速 8.0 m の風が吹いたためか, 落下さび孢子数は E 方向に最も多かったが, N・S・W 方向はほぼ同程度の落下数であった。距離別の落下さび孢子数はどの方向でも 1～30 m の間には差がなかった。夜の実験時間中 S の方向へ瞬間最大風速 3.6 m の風が吹いたためか, 落下さび孢子数は S 方向に最も多かったが, N・E・W 方向はほぼ同程度の落下数であった。なお, 罹病木直下 (10 cm) の落下さび孢子数は, 昼は四方向のいずれより

Table 5. ウラジロモミてんぐ巢病さび孢子飛散状況調査表
 Dissemination of aeciospores of *Melampsorella caryophyllacearum* SCHRÖT.

落下孢子数 Casting of aeciospore	直下 Just under	N						S						E						W						合計 Total					
	10cm	1	2	3	4	5m	計	1	2	3	4	5m	計	1	2	3	4	5m	計	1	2	3	4	5m	計	467					
	252	19	22	26	8	4	79	2	7	0	0	0	9	21	26	10	25	20	102	3	5	10	7	0	25						
気象 Atmospheric	時間 Time	11 — 12						12 — 13						13 — 14						14 — 15						15 — 16					
	風速 Velocity of the wind	0 — 2.8m						0 — 3.8m						1.2 — 3.0m						1.4 — 2.4m						1.4 — 2.4m					
	風向 Direction of wind	S — N						W — E						W — E						W — E						NW — SE					
	温度 Tempera- ture	24 — 26°C						25 — 26°C						26 — 26.5°C						26.5 — 26.7°C						26 — 27°C					
	湿度 Humidity	65 — 66%						66%						67%						67%						68%					

Note) 1: 調査年月日 1964年7月2日
 Investigation July 2, 1964
 2: 実施場所 テニスコート
 Execution place Tennis court

Table 6. ウラジロモミてんぐ巢病さび孢子飛散状況調査表
Dissemination of aeciospores of *Melampsorella caryophyllacearum* SCHRÖT.

落下孢子数 Casting of aeciospore	直 下 Just under		N	S	E	W	合 計 Total
		10cm		1~30m	1~30m	1~30m	1~30m
	昼 The daytime	1009	3201	2483	4537	2845	14075
	夜 Night	3311	2414	3088	2616	2207	13636
気 象 Atmospheric		時 間 Time	昼 The daytime		夜 Night		27711
			8.30~18.00		18.00~24.00		
		風 速 Velocity of the wind	1.0~8.0m		0.2~3.6m		
		風 向 Direction of wind	W~E		N~S		
		温 度 Temperature	22~38°C		27~34°C		
		湿 度 Humidity	38~95%		42~55%		

Note) 1: 調査年月日 1964年7月4日
Investigation July 4, 1964
2: 実施場所 校庭
Execution place The playground

も少なく、夜は四方向のいずれより多かった。

(2) 林内におけるさび孢子飛散状況調査

この実験結果を Table 7 に示した。すなわち、実験時間中、林内風向にはかなり変化があったためか、N・S・E・Wの方向別さび孢子落下数には大きな差はみられず、また、距離別さび孢子落下数も1~15mの間にはあまり差はみられなかった。

(3) 庭園樹林内におけるさび孢子飛散状況調査

実験結果を Table 8 に示した。すなわち、この実験は(1)(ロ)で行った校庭における昼夜別の試験を構内で再度実施してみたものであるが、結果は(1)(ロ)とほぼ同様、直下の落下さび孢子数は夜の方に多かったが、飛散数は風のある昼の方に多く認められた。

(4) 苗畑における中間宿主の発病状況

実験結果を Table 9 に示した。すなわち、1964年6月25日実験着手後、供試罹病木上のさび孢子がまったく消失する8月25日まで10日目ごとに、ミミナグサ・ハコベの発病状況を調べてみたが、7月15日にN方向1m地点に植えたミミナグサ・ハコベに発病が認められただけでとどまった。

9. 本病の生活史

本病はさび柄子世代(0)と、さび孢子世代(I)をウラジロモミ・モミ・シラベ・オオシラビソ・アオトドマツ・アカトドマツなどの樹体上で過し、夏孢子世代(II)・冬孢子世代(III)・小生子世代(IV)をミミナグサ・ハコベなどで過すことが知られているさび菌である。筆者の接種試験結果によると、5月頃ミミナグサ上に形成された冬孢子からの小生子は、上記樹種の芽に侵入し翌年5月頃、異常徒長枝を生

Table 7. ウラジロモミてんぐ巣病さび孢子飛散状況調査表
 Dissemination of aeciospores of *Melampsorella caryophyllacearum* SCHRÖT.

落下孢子数 Casting of aeciospore	直下 Just under	N						S						E						W						合計 Total											
	10cm	1	3	5	10	15m	計	1	3	5	10	15m	計	1	3	5	10	15m	計	1	3	5	10	15m	計												
	317	193	197	190	137	169	886	256	221	172	144	162	955	153	170	132	241	210	906	253	203	155	263	178	1052		4116										
気象 Atmospheric	時間 Time	12 — 13						13 — 14						14 — 15						15 — 16						16 — 17						17 — 18					
	風速 Velocity of the wind	0 — 5m						1 — 4m						1.5 — 3.5m						1.5 — 4.0m						1.5 — 2.5m						2.0—3.0m					
	風向 Direction of wind	W — E S — E						W — E						W — E SE—NW						E — W N — S						E — W						W — E					
	温度 Tempera- ture	24 — 25°C						25°C						24 — 25°C						23 — 24°C						22 — 23°C						22—22.5°C					
	湿度 Humidity	50 — 56%						54 — 60%						60 — 65%						60 — 70%						68 — 73%						70 — 74%					

Note) 1: 調査年月日 1964年7月11日

Investigation July 11, 1964

2: 実施場所 ヒノキ20年生造林地

Execution place Planted forest of 20 years old of *Chamaecyparis obtusa* (SIEB. et Zucc.) ENDL.

Table 8. ウラジロモミさび
Dissemination of aeciospores of

時間 Time		昼 The daytime 8 ~ 20						
方向 Direction	直下 Just under	A (WS)		B (WN)		C (NE)		
	1cm	90cm	50cm	90cm	50cm	90cm	50cm	
落下胞子数 Casting of aeciospores		195	88	121	109	106	123	208
実験中の気象状況 Atmospheric	時間 Time	8 ~ 20						
	風速 Velocity of the wind	1.0 ~ 4.0m						
	温度 Temperature	20 ~ 30°C						
	湿度 Humidity	51 ~ 85%						

Note) 1) 調査年月日 1964年7月11日
Investigation July 11, 1964
2) 実施場所 庭園樹林
Execution place In the garden

Table 9. 苗畑におけるウラジロモミてんぐ巢病の中間
Result of the inoculation experiments with urediniospore of *Cerastium*

調査年月日 Date of the test investigation	距離 Distance(m)	方向 Direction	1				3	
			N	S	E	W	N	S
			Jun. 25 1964	-	-	-	-	-
Jul. 5 1964	-	-	-	-	-	-		
Jul. 15 1964	+	-	-	-	-	-		
Jul. 25 1964	+	-	-	-	-	-		
Aug. 5 1964	+	-	-	-	-	-		
Aug. 15 1964	+	-	-	-	-	-		
Aug. 25 1964	+	-	-	-	-	-		
気象状況 Atmospheric Climatic Conditions	風速 Velocity of the wind							
	温度 Temperature							
	湿度 Humidity							

Note) + : 発病 Urediniospores
- : 無発病 Un-infection

ずるが、この年には病徴・標徴は現れず、さび柄胞子の生ずるのは翌々年5月頃、さび胞子の生ずるのは6月頃、ミミナグサなどの中間宿主上に夏胞子の生ずるのは7月頃であることが判明した。なお、本病は夏胞子で越冬することも確かめられた (Fig. 11, 12)。

孢子飛散状況調査表

Melampsorella caryophyllacearum SCHRÖT.

夜 Night 20 ~ 8								
計 Total	直下 Just under	A (WS)		B (WN)		C (NE)		計 Total
		1cm	90cm	50cm	90cm	50cm	90cm	
950	559	16	14	10	20	10	27	656
20 ~ 8								
0 ~ 2.4m								
20.5 ~ 25°C								
85 ~ 98%								

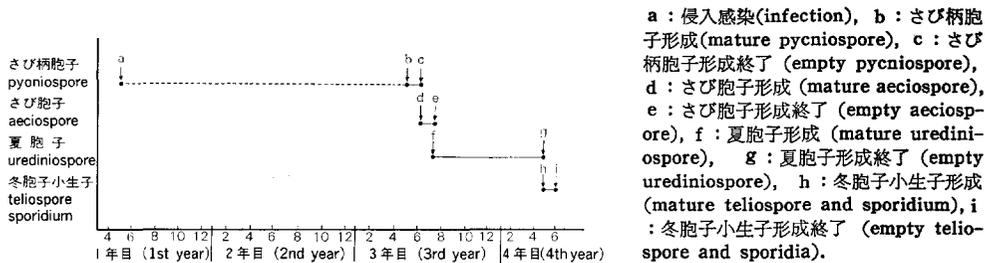
宿主 (ミミナグサ・ハコベ) の発病状況 (自然感染)

caespitosum GILIB. var. *ianthes* HARA and *Stellaria media* CRY.(unartificial).

		5				10				15				20				25			
E	W	N	S	E	W	N	S	E	W	N	S	E	W	N	S	E	W	N	S	E	W
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0 ~ 8.0m																					
11 ~ 29°C																					
63 ~ 70%																					

10. ま と め

PETERSON¹⁴¹⁾⁻¹⁴²⁾は アメリカ西部の国有林内において Fir の主幹部が本病に侵されて枯死しているものがかなりある (108 本中 44%) ことをすでに報告しているが、筆者の調査結果においても本病は枝を侵す



a : 侵入感染(infection), b : さび柄胞子形成(mature pycniospore), c : さび柄胞子形成終了 (empty pycniospore), d : さび胞子形成 (mature aeciospore), e : さび胞子形成終了 (empty aeciospore), f : 夏胞子形成 (mature urediniospore), g : 夏胞子形成終了 (empty urediniospore), h : 冬胞子小生子形成 (mature teliospore and sporidium), i : 冬胞子小生子形成終了 (empty teliospore and sporidia).

Fig. 11. ウラジロモミてんぐ巢病菌の生活史
 Life cycle of *Melampsorella caryophyllacearum* SCHRÖT.

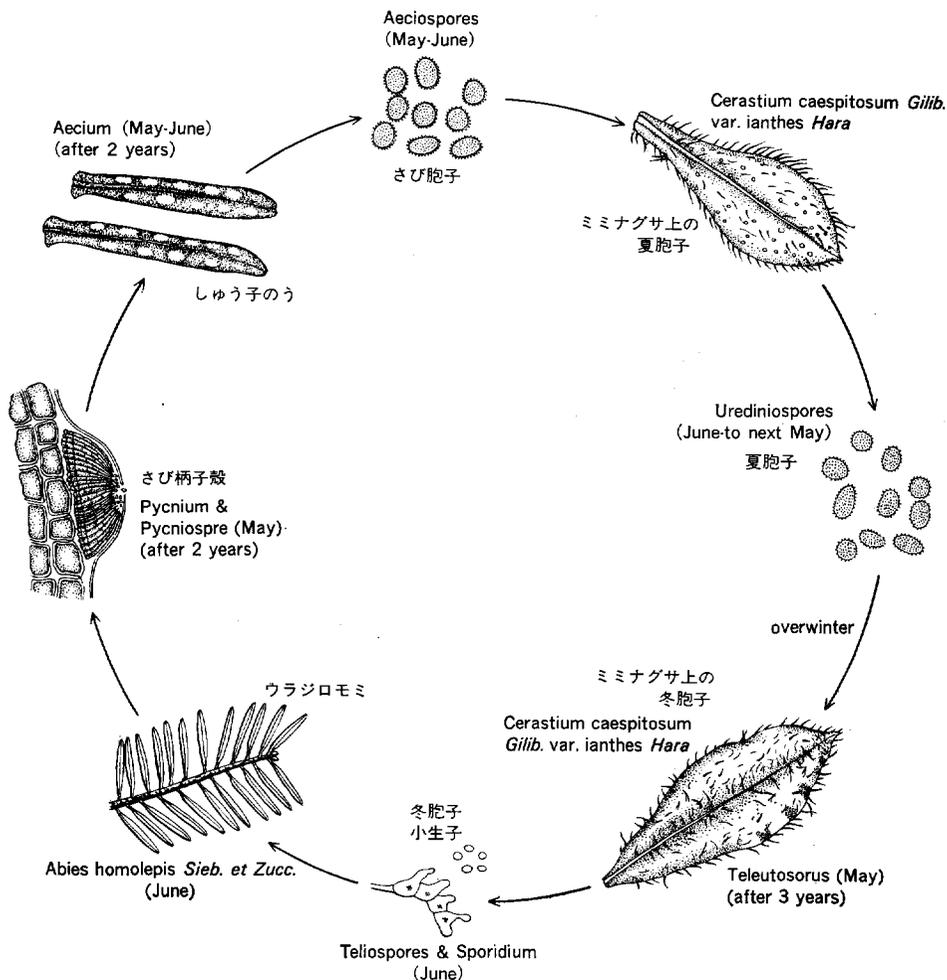


Fig. 12. ウラジロモミてんぐ巢病の生活史
 Life cycle of *Melampsorella caryophyllacearum* SCHRÖT.

軽微な被害のほか、主幹部を侵して病巣を形成し、しばしば罹病木を枯死させる病害であることが確かめられた。そして、本病の枝と主幹部被害の両者を含む被害率が幼齢造林地では20～80%、天然林で53～93%とかなり高率であったことから、中部山岳地帯のみならず他地方においても、亜高山性樹種のモミ属を育成しようとする場合警戒を要する病害であることが確かめられた。なお、本病の発生に中間宿主であるミミナグサなどナデシコ科植物の存在が必要であることはもちろんであるが、その発生の多少は湿潤な林内環境に左右されることがわかったので、造林地の場合は下刈りを十分行い、天然林の場合も除間伐を実施して、湿った環境を作らないような施業が必要であろう。

本病の初期病徴は6月上旬、ウラジロモミなどの生長点付近に健全な芽の数倍の大きさ（長さ約5cm）の異常生長枝が現れるので認識できるが、この感染は前年の5月頃であることは既述のとおりである。なお、罹病木が枯死しないで生長を続けた場合、てんぐ巣病部は1年に約10cm生長することが判明した。

つぎに本病が夏孢子で越冬することは FISCHER¹⁴⁾の報告にもみられるが、筆者も鉢植えしたミミナグサを屋外の積雪下（約20cm）において観察を続けた結果、枯死することなく越冬すること、そして、越冬後の5月頃冬孢子、小生子の形成されることを確かめた。同時に行った試験でハコベ・ツメクサは枯死したことから、本病のまんえんにはミミナグサが最も重要な役割を果しているように考察された。

本病のさび柄孢子・さび孢子・夏孢子・冬孢子・小生子の測定値は HIRATSUKA⁷²⁾、伊藤ら¹¹⁾の記載とほぼ同じであった。

PAWUK¹³⁹⁾は、さび孢子・夏孢子は15～25°Cで発芽管の伸長が良好であると報告した。筆者の実験では、本病のさび孢子の発芽最適温度は25°C、夏孢子および小生子のそれは20°Cであった。平塚によれば同一種においてはさび孢子の発芽温度は夏孢子的それよりも概して低い傾向を示す場合が多いとされており、近藤¹²⁸⁾の報告でも *Cronartium quercuum* ははっきりこの傾向が出ているが、本菌はさび孢子の方が高かった。小生子の発芽最適温度は平塚⁸¹⁾の報告にみられるいくつかの菌および近藤¹²⁹⁾の報告の上記の菌とほぼ一致していた。

筆者の実験によれば、さび孢子の貯蔵中の寿命は約60日であったが、この寿命は条件如何によって大幅に異なるようである¹⁹⁾。本病のさび孢子を中間宿主のハコベなどに接種して異種寄生性を明らかにした報告は内外からいくつか報告⁴⁹⁾⁵⁶⁾⁸¹⁾⁹⁰⁾¹¹⁷⁾¹⁹⁵⁾されているが、中間宿主上の小生子を用いてモミ属に本病を発病させた報告は FISCHER¹⁴⁾以外にはない。同氏はヨーロッパモミに小生子の形成されたハコベを接触させたが、5月頃接種した無傷のヨーロッパモミのシュートに8月頃肥大がおこり、翌春この部分に叢生（てんぐ巣）が発生しはじめたとのべている。また氏は小生子の発芽管は若いヨーロッパモミのシュートの表皮を破って貫通できると報告している。しかし、筆者の行ったウラジロモミに対する接種試験では、無傷の芽は発病せず傷つけた芽のみ発病し、かつ、この付近のシュートに年内には肥大は認められなかった。

筆者は小生子の形成されているミミナグサを切りとり、これを芽に接触させ湿った脱脂綿をいれたビニールをかぶせる方法で約1000本のウラジロモミに接種試験を行ったが不成功に終わった。

そこで切りとった接種源を萎凋しないように大根にさして接種してみたところ、既述のとおり4本の罹病木が得られた。FISCHER¹⁴⁾の用いた小生子の形成されている生きたハコベ（鉢植）を接触させる方法が本病の接種方法としては最もよい方法と思われるが、多量の小生子の形成された生きた中間宿主を入手するのが難かしいので、筆者には FISCHER¹⁴⁾の方法は実施できなかった。

筆者の接種結果と FISCHER¹⁴⁾のそれとの間の相違は供試した樹種の相違、接種源の相違あるいは接種環境の相違によるものと考えられるが、今後なお検討が必要であろう。

つぎに本病は、モミ・ウラジロモミ・シラベ・オオシラビソの中ではウラジロモミに被害が最も多いので、この理由が芽の開序のずれにあるのではないかと考えて調査してみたところ、木曾福島町の場合、モミ・シラベ・オオシラビソは4月下旬、ウラジロモミは5月中旬で最も遅かった。中間宿主ミミナグサ上の冬孢子・小生子形成時期が5月中旬なので、この一致がウラジロモミに多発する原因ではないかと考えられたが、この点については今後の研究によって明らかにする予定である。

ZILLER W. G.¹⁹⁵⁾は *Abies lasiocarpa* 上のさび胞子を *Stellaria media* (ハコベ) に接種し、31日後に夏胞子の発生を確かめたと報告し、平塚⁹⁶⁾はアオトドマツ上のさび胞子をミミナグサに接種し9日後に夏胞子堆の出現を認めたと報告しているが、筆者の接種試験の結果、ハコベ・ツメクサ・ミミナグサなどには10日後にこれが形成された。

さび菌の寄生による寄生体の形態的变化について平塚⁹¹⁾はウラジロモミなどのてんぐ巣病は病患部組織が肥大して菌嚢 (Galls) をつくるが、これは病原菌の菌体が組織内において永続性をもっているため、その刺激によって材部が異常な分裂増殖をおこし、その結果、組織の肥大を来たして菌嚢を形成するとし、材内部の変化でとくに目立つものとしては、切線断面における仮導管の乱れと、樹脂腔、射出髓細胞などの増加をあげている。WHITE, Barbara L., and W. MERRILL^{180)~181)}も本菌に侵された *Abies balsamea* の病理学的解剖を行い、上記とほぼ同様のことを述べている。

筆者も上記の菌嚢につき横断面、縦断面、切線面の顕微鏡検査を行ったが、細胞の異常分裂と増大が観察され、既往の研究と同様にこのことが肥大の原因であることを確認した。

平塚⁹¹⁾によればさび菌の伝播には、しゅう子のうなどからの自動的分散と空気 (風) による伝播、動物による伝播、種苗による伝播などがあると述べており、一方伊藤¹³⁸⁾は細菌類、糸状菌類は塵埃とともに伝播する方法、地面より立ち昇る水蒸気とともに伝播する方法、風とともに伝播する方法をあげているが、両氏ともこれらの伝播の中では、風によるものが最も遠方まで運ばれるであろうと述べている。

筆者はウラジロモミてんぐ巣病のさび胞子がどのような伝播をするか平坦地と林内を用いて調べた。筆者の小規模試験では初めは主風方向に多く伝播する傾向がみられたが、長時間の間には風の方向が変化するためか、平坦地、林内ともさび胞子は四方に分散した。

FISCHER¹⁴⁾は本病原菌がハコベ上で夏胞子越冬すること、そして越冬後、冬孢子、小生子を形成したハコベには再び夏胞子が形成されたことなどを報告しているので、筆者もミミナグサで調査したところ、夏胞子の越冬は確かめられたが、冬孢子・小生子を形成したミミナグサはしだいに衰弱枯死して、再び夏胞子を形成することは認められなかった。

第2節 ヤツガタケトウヒ・ヒメマツハダのさび病

1. まえがき

トウヒ属を侵すさび病は、1834年に WALLROTH が *Picea abies* 上の病原菌に *Blennoria abietie* WALLR. として報告したが¹⁷⁹⁾、1840年 UNGER はこれを *Chrysoomyxa abietis* (WALLR.) UNGER¹⁷⁴⁾ と改変し、現在はこの学名が使用されている。

このように本病は欧米では古くから知られていたもので、ヨーロッパトウヒ (*Picea abies* (LINN.) KARST.)・エンゲルマントウヒ (*Picea engelmannii* ENGLM.)・プンゲンストウヒ (*Picea pungens* ENG-

ELM.)・アカトウヒ (*Picea rubra* LINK.)・シトカトウヒ (*Picea sitchensis* CALL.)などの被害が報告されている¹⁶⁾⁸¹⁾⁸⁹⁾⁹⁸⁾¹²¹⁾¹²⁴⁾¹²⁸⁾¹⁸⁶⁾¹⁴⁰⁾¹⁴⁴⁾¹⁴⁶⁾¹⁶²⁾¹⁶⁴⁾¹⁷¹⁾¹⁸⁸⁾。

我が国においては、出田⁸⁹⁾、伊藤⁹⁸⁾、伊藤¹¹¹⁾、原⁴⁰⁾⁴²⁾⁴³⁾、北島¹²¹⁾、白井¹⁶²⁾、平塚⁴⁹⁾⁵⁰⁾⁸⁴⁾⁷⁸⁾⁸¹⁾⁸²⁾らがそれぞれの著書あるいは報文中でトウヒ (*Picea jezoensis* var. *hondoensis* REHDER)・ヨーロッパトウヒ (*Picea abies* (LINN.)KARST.)・エゾマツ (*Picea jezoensis* (SIEB. et ZUCC.) CARR.)・アカエゾマツ (*Picea glehnii* (FR. SCHM.) MASTERS)などの被害を報告しているが、最近、佐保・高橋らは我が国に導入されたエンゲルマントウヒ・プンゲンストウヒ・アカトウヒにもこの被害を報告¹⁶²⁾している。

長野県を中心とする中部山岳地帯にはトウヒ属の天然林と人工林はかなりあるが、これまで本病の発生記録はなかった。しかるに、1969年八ヶ岳山麓のヤツガタケトウヒ (*Picea koyamai* SHIRASAWA) とヒメマツハダ (*Picea shirasawae* HAYASHI)⁴⁵⁾¹⁵⁹⁾¹⁶⁵⁾に本病の発生が認められた。本病は内外でよく知られている病害にもかかわらず、被害状況、病徴・標徴についての報告は乏しい。なお、本病原菌が同種寄生のさび菌であることはこれまでいくつかの報文にみられるが、接種試験によって確かめたものではないため、発病経過などが不明である。

筆者は上記被害林を十数年間調査し、両樹種の幼齡木と壯齡木では病徴・標徴に相違のあること、接種試験の結果、冬孢子発生までの年数、病原菌の生活史などをほぼ明らかにすることができた。結果の一部は報告⁸⁰⁾⁸¹⁾済みであるが、その後得られた知見を加えて報告する。

2. 被害状況

長野営林局諏訪営林署管内八ヶ岳国有林310㍍林小班標高1660m付近には、ヤツガタケトウヒ40本、ヒメマツハダ31本が混生した0.76haの天然林がある⁴⁵⁾¹⁵⁹⁾¹⁶⁵⁾。この天然林は我が国の針葉樹の中でも稀品種に属するため学術参考林の指定を受けて保護されている。1969年5月20日にこの天然林内で黄褐変した両樹種の稚樹数本が元木曾分場長高樋勇氏により採集され、筆者の調査により、これがトウヒ属を侵すさび病 (*Chrysomyxa abietis* (WALLR.) UNGER) であることが確かめられた。

同年10月22日現地調査を行ったところ、本病は天然林内の両樹種の稚樹だけでなく、付近で保育中の山引き苗と、両樹種の天然壯齡木にも発生していることが判明した。それで、稚樹については5×5mの調査区を設けてこの中の発病状況を、天然生壯齡木については全本数の調査をした結果、Table 10に示したように幼齡木では両樹種とも約50%が罹病し、壯齡木ではすべての樹が罹病していることがわかった。なお、近くにある両樹種の遺伝子保存林(樹齡約5年生)にも若干の被害が認められた。

両樹種の天然壯齡木の罹病葉は黄褐色に変色し、一部に落葉と枯枝が認められた。稚樹の罹病葉はすべて黄変落葉し枝は枯れているものが多かった (Plate 8, A-C)。

3. 病徴・標徴

本病の病徴・標徴についてはこれまで幾つかの報告⁴⁰⁾⁷⁸⁾⁸¹⁾⁹⁸⁾¹²¹⁾¹⁸⁷⁾があるが、筆者が接種試験によって発病させた罹病木と両樹種の天然壯齡木を数年間観察した結果はつぎのとおりである。両樹種の天然壯齡木が5~6月頃本病の感染を受けると、9~10月頃感染葉上に黄褐色帯状の横縞の線が1~2本発生するが、冬孢子堆は生じない。翌年4月中旬頃罹病葉上の横縞の線の上下に赤黄色でだ円形~長だ円形の冬孢子堆が盛り上がるように点々と発生し、5月下旬頃成熟し始め6月上旬から7月中旬にかけて小生子を飛散した。罹病葉はこの後灰褐色に変じ、9~10月頃落葉した。なお、一部の枝に枯死が認められた。いっぽう稚樹では5~6月頃本病の感染を受けると罹病葉は9月頃黄色となり、10月頃淡黄色で微小な

Table 10. ヤツガタケトウヒ・ヒメマツハダのさび病の被害状況

Damage of *Picea koyamai* SHIRASAWA and *P. shirasawae* HAYASHI caused by *Chrysomyxa abietis* (WALLR.) UNGER.

樹種 Tree species	区分 Plots	樹高 Height of tree	胸高直径 D. B. H	樹齡 Age	調査本数 Number of tree	被害本数 Number of diseased tree	被害率 Disease incidence %
ヤツガタケトウヒ <i>Picea koyamai</i> SHIRASAWA	幼齡木 Young trees	0.3—0.5 m	— cm	5—8	30	15	50
	壯齡木 Adult trees	14—28	26—46	50—100	40	40	100
ヒメマツハダ <i>Picea shirasawae</i> HAYASHI	幼齡木 Young trees	0.3—0.5	—	5—8	25	13	52
	壯齡木 Adult trees	14—28	27—50	50—100	31	31	100

Note) 調査年月日 1969年10月22日
Survey : October 22, 1969

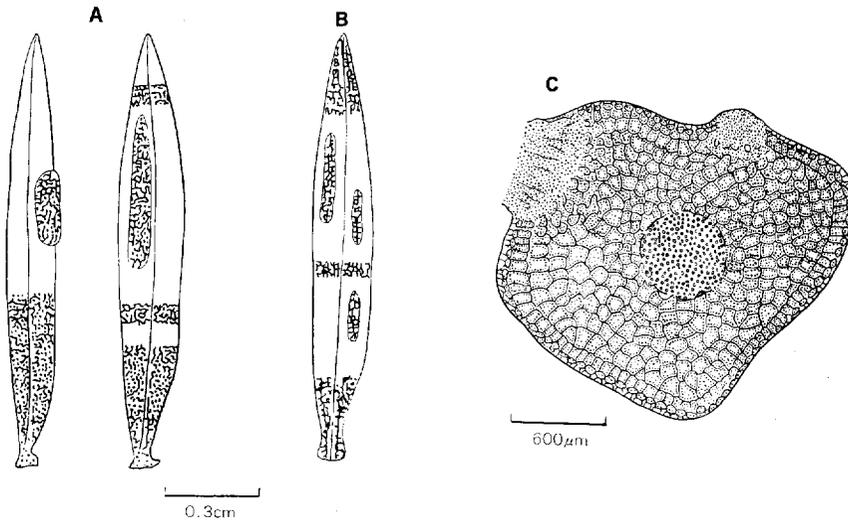


Fig. 13. ヤツガタケトウヒとヒメマツハダのさび病

Diseased needles of *Picea koyamai* SHIRASAWA and *Picea shirasawae* HAYASHI caused by *Chrysomyxa abietis* (WALLR.) UNGER.

A : ヤツガタケトウヒのさび病

Diseased needles of *Picea koyamai* SHIRASAWA caused by *Chrysomyxa abietis* (WALLR.) UNGER.

B : ヒメマツハダのさび病

Diseased needles of *Picea shirasawae* HAYASHI caused by *Chrysomyxa abietis* (WALLR.) UNGER.

C : ヤツガタケトウヒのさび病の断面

A cross section of the diseased needle of *Picea koyamai* SHIRASAWA caused by *Chrysomyxa abietis* (WALLR.) UNGER.

幼若冬孢子堆を発生した。壯齡罹病木に生ずる赤褐色帯状の横縞の線は生じなかった。幼若冬孢子は越冬後の4月中旬頃から発育を始め、5月上旬頃成熟し、5月中旬から6月上旬にかけて小生子を飛散した。罹病葉はこの後9～10月頃までに大半が落葉した。なお、一部の枝に枯死がみられた (Fig. 13, A, B,

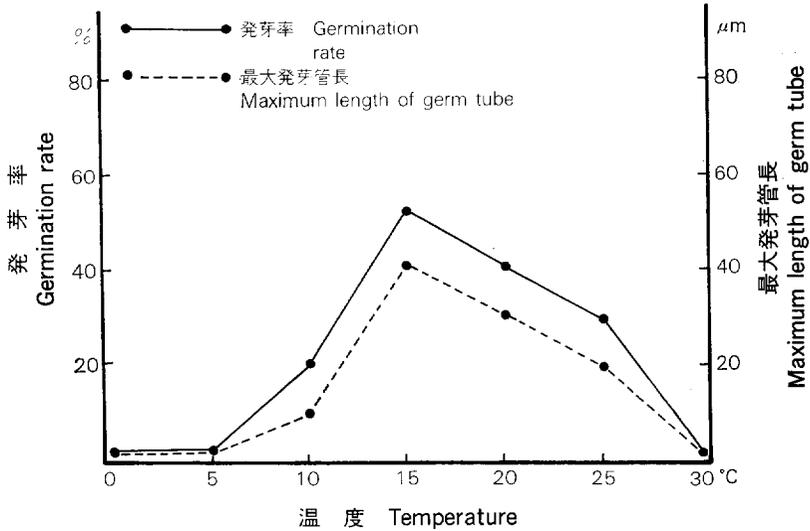


Fig. 14. ヤツガタケトウヒ・ヒメマツハダのさび小生子の発芽と温度との関係
Effect of temperatures on germination of sporidium of *Chryomyxa abietis* (WALLR.) UNGER.

C, Plate 9, A, B, E, F)。

4. 病原菌

10月頃罹病稚苗上に生ずる初期冬胞子堆は淡赤黄色だ円形、幅0.1～0.2 mm、長さ0.5～0.8 mm。越年後5月頃にはこれが赤黄色だ円形～長だ円形幅0.3～0.5 mm、長さ0.7～1.0 mmの冬胞子堆に生長する。冬胞子は橙黄色円筒形、大きさ20～32×10～18 μm、4胞の前菌糸をだし、無色、球形、大きさ7～13×7～8 μmの小生子を生ずる。なお、天然壯齡木上に翌春4月頃生ずる冬胞子堆の大きさは、稚樹上の越年後のものとはほぼ同じであった (Plate 9, C, D)。

5. 病原菌の生理的性質

1) 小生子の発芽と温度との関係

懸滴培養による小生子の発芽と温度との関係を示すと Fig. 14 のとおりで、24時間後の発芽温度は10～25°Cの範囲で、15°Cにおいて発芽率が最高で、発芽管の伸長も良好であった。

2) 小生子の発芽と湿度との関係

小生子の発芽と湿度との関係を示すと Fig. 15 のとおりで、関係湿度100%、98%で発芽し、発芽管の発育も差が少なかったが (Fig. 16, A, B, Plate 9, C, D), 95%になると発芽率はかなり低下し、発芽管の伸びも悪くなった。92%、87%ではまったく発育しなかった。

6. 接種試験

1) 実験方法

1970年5月30日八ヶ岳国有林の被害地でヤツガタケトウヒ、ヒメマツハダ壯齡罹病木より罹病葉を採集、冬胞子の形成されたもの50枚を選び、これを殺菌蒸留水で洗ったあと殺菌シャーレにいれて25°Cで2日間保持して小生子の形成を確かめたうえ、小生子懸濁液を作り、筆による塗布法で接種試験を行ったが不成功に終わった。この試験を翌年も同様の方法で実施したが陽性の結果は得られなかった。そこで、

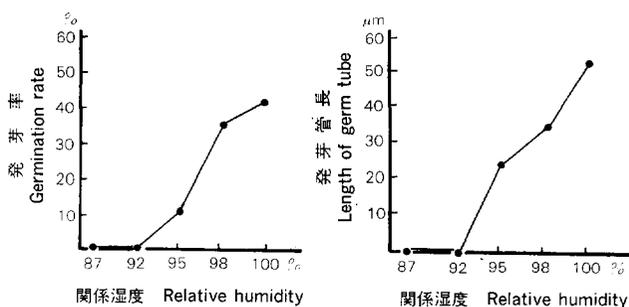


Fig. 15. ヤツガタケトウヒ・ヒメマツハダのさび小生子の発芽と関係湿度との関係 (15°C, 24時間後)

Effect of relative humidities on germination of sporidium of *Chrysomyxa abietis* (WALLR.) UNGER (kept at 15°C for 24 hours).

Note) 87% : Na₂CO₃, 92% : K₂HPO₄, 95% : Na₂HPO₃, 98% : CaSO₄·2H₂O, 100% : H₂O.

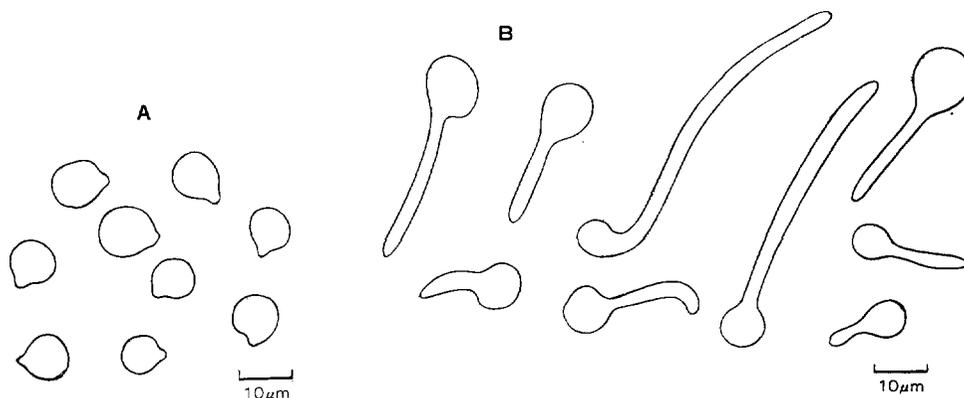


Fig. 16. ヤツガタケトウヒ, ヒメマツハダのさび病菌

Sporidium of *Chrysomyxa abietis* (WALLR.) UNGER. on *Picea koyamai* SHIRASAWA and *P. shirasawae* HAYASHI.

A : 小生子 (sporidium)

B : 発芽した小生子 (germinating sporidium)

1972年6月10日鉢植えしたヤツガタケトウヒ・ヒメマツハダ健全苗(6年生)を被害林内に運び自然感染で罹病している天然稚樹を利用する方法で接種試験を行ってみた。その方法は葉が黄変して冬胞子形成の確認できたヤツガタケトウヒ・ヒメマツハダ罹病稚樹(樹高約30cm)と上記供試苗とを互いに密着させ、上下2か所を紐でしばり、殺菌蒸留水をふきつけたビニール袋で覆い、元の方を今一度紐でしばって林内に6月30日まで(20日間)静置した。対照の苗木はビニール袋をかけ根元を紐でしばったほかは接種苗と同じ取り扱いをした。供試苗はその後持ち帰って林業試験場木曾分場構内の温室に、対照木は分場構内においた。

2) 実験結果

この実験結果を Table 11 に示す。すなわち、自然感染している天然稚樹を利用して接種試験を試みたヤツガタケトウヒ、ヒメマツハダ6年生鉢植苗に、1972年10月、黄変した罹病葉上に淡赤黄色の幼若冬

Table 11. 自然発病稚樹を接種源としたヤツガタケトウヒ, ヒメマツハダのさび病の接種試験結果
Teliosorus development on needles of *Picea koyamai* SHIRASAWA and *P. shirasawae* HAYASHI seedlings bound with the diseased seedlings under field condition.

供試樹種 Tree	区名 Plots	供試本数 Number of tested tree	接種(1972年6月10日)後の経過日数と冬孢子堆の形成 Days lapsed from the inoculation, June 10, 1972 and development of teliosorus					
			30	60	90	120	240	330
ヤツガタケトウヒ <i>Picea koyamai</i> SHIRASAWA	接種 Inoculated	2	—	—	—	+	+	++
			—	—	—	+	+	++
同上 Ditto	対照 Control	2	—	—	—	—	—	—
			—	—	—	—	—	—
ヒメマツハダ <i>Picea shirasawae</i> HAYASHI	接種 Inoculated	2	—	—	—	+	+	++
			—	—	—	+	+	++
同上 Ditto	対照 Control	2	—	—	—	—	—	—
			—	—	—	—	—	—

Note) + : 発病 Teliosorus, - : 無発病 Un-infection.

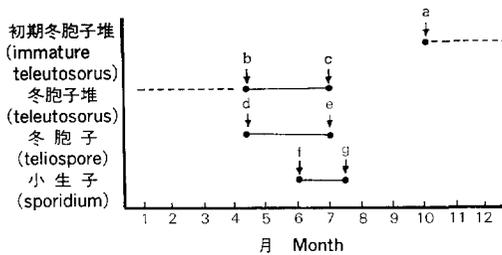


Fig. 17. ヤツガタケトウヒ, ヒメマツハダのさび病の生活史

Life cycle of *Chrysomyxa abietis* (WALLR.) UNGER.

- a : 初期冬孢子堆形成 (immature teliosorus)
- b : 成熟冬孢子堆形成 (mature teliosorus)
- c : 形成終了 (empty teliosorus)
- d : 冬孢子形成 (mature teliospore)
- e : 形成終了 (empty teliospore)
- f : 小生子形成 (mature sporidium)
- g : 形成終了 (empty sporidium)

胞子堆の発生を確認した。幼若冬孢子堆は翌年5月上旬頃成熟し, 5月中旬頃から6月上旬頃にかけて小生子を飛散した。

7. 本病の生活史

本病は冬孢子世代(Ⅲ), 小生子世代(Ⅳ)をトウヒ属葉上で過すことが知られているが, 筆者の接種試験結果および被害林内の数年間にわたる調査の結果, 病患部葉上に形成された小生子はヤツガタケトウヒやヒメマツハダの葉から5月頃侵入すること, および冬孢子堆の形成時期に稚樹と壮齡木ではずれのあることが判明した。すなわち, 稚樹罹病葉には10月頃幼若冬孢子堆が発生するが, 壮齡罹病葉にはその頃黄褐変した帯状の横縞が生ずるだけである。そして, 前者の幼若冬孢子堆は翌年5月頃成熟して冬胞子を生じ, 小生子を飛散したが, 後者は4月頃変色した葉上に成熟した冬胞子を生じ, 小生子を飛散した(Fig. 17)。

8. まとめ

本病は1969年八ヶ岳山麓のトウヒに発生していることが見い出された。

我が国では本病が小集団的に発生した報告はこれまで見当たらないが、今回の被害発生地の標高が 1660 m であったことから、高標高地のため被害が発生したのではないとも考えられたが、ROLL-HANSEN¹⁴⁴⁾は 500 m 付近の被害を報告し、また TUBEUF¹⁷¹⁾も平坦地から 1700 m まで広く被害が認められると報告しているので、高標高地のためとはいえず、したがって発生原因は不明である。

つぎに、筆者は本病の発生について現地調査してみたところ、1969～1970 年は激害、1971 年は微害、1975～1976 年は中害、1980 年は無病であった。ROLL-HANSEN¹⁴⁴⁾も本病の罹病木 20 本につき 1955 年より 1965 年までの 11 年間罹病率を調査し、1955～1958 年は激害、1959 年は無病、1960～1963 年は微害、1964～1965 年は再び激害を呈したと報告している。

以上から、本病には全林に大発生して顕著な病状のみられる年と、被害はまったく生ぜず、病葉のみられない年のあることがわかった。

両種の天然稚樹が本病に感染した場合には年内に冬胞子の形成が認められたが、天然壮齢木にこれらが形成されたのは翌春であった。この理由としては稚樹と壮齢木では葉に硬軟の差があるため、このような相違が生じたのではないかと推定された。

10 月頃幼齢木上に発生した冬胞子堆は微小であったが、越年後の翌春にはこれが生長して壮齢木に発生したものとほぼ同じ大きさとなった。なお、幼齢木、壮齢木の冬胞子の発生時期に相違はあっても、発生した冬胞子堆中の小生子の大きさには相違はみられなかった。

本菌の小生子の生理的性質についての報告は見当たらないが、本実験の結果、小生子の最適発芽温度は 15°C であった。小生子の生理は他の胞子型と異なるものが多いといわれているが、今回の実験結果では、小生子の最適発芽温度は、多くのさび胞子の最適発芽温度に似ていた。

本病に関する接種試験は前述のとおり、自然感染稚樹を利用して行ったが、この結果、本病には中間宿主がなく、トウヒ属から再びトウヒ属に感染を起こす短世代種であることが確かめられた。

本菌は 1 年で生活史を完了するさび病菌であるが、今回の調査結果で稚樹と壮齢木では冬胞子堆の形成初期および冬胞子の形成初期にかなりのずれのあることが明らかになった。

第 3 節 サワラのさび病

1. まえがき

サワラさび病菌の中間宿主はアズキナン・ウラジロノキ・ズミなどとされており、1903 年宮部がアズキナン葉上のさび胞子世代を *Roestelia solitaria* MIYABE と命名、また同年 DIETEL がウラジロノキ葉上のさび胞子世代を *Roestelia solenoides* DIETEL¹²⁰⁾とした。1908 年山田・三宅がサワラの病原菌を上記樹種に接種試験を行って、これらは同一菌であることを確かめ *Gymnosporangium miyabei* YAMADA et I. MIYAKE¹⁸⁴⁾と命名したのであるが、この学名が今日広く採用されている。なお、1911 年 KERN は本病の学名を *Gymnosporangium solenoides* (DIET.) KERN と改訂して公表したが¹²⁰⁾、この学名と上記 *Gymnosporangium solenoides* MIYAKE, *Roestelia solenoides* DIETEL は現在本菌の Synonym として扱われている^{101)~108)108)109)112)}。

本病は上述のとおり、我が国ではかなり古くから知られていたもので、これまでこの病徴・標徴については幾つかの著書に記載⁸⁸⁾⁴⁰⁾⁷⁸⁾⁷⁴⁾⁸⁰⁾⁸¹⁾⁸⁹⁾⁹³⁾⁹⁹⁾¹²¹⁾がみられ、病原菌についても詳しい報告があり⁶⁰⁾⁸⁴⁾⁷⁰⁾⁷⁶⁾⁷⁸⁾¹⁰⁸⁾¹⁰⁶⁾¹⁰⁷⁾¹⁴⁷⁾¹⁶⁰⁾¹⁶²⁾¹⁶⁶⁾¹⁷⁰⁾¹⁸⁴⁾、分布についても詳細な調査報告があるが⁶⁰⁾⁶²⁾⁶⁴⁾⁷⁰⁾⁷⁶⁾⁷⁸⁾⁸¹⁾¹⁰⁸⁾¹⁰⁶⁾¹¹²⁾¹⁶⁰⁾¹⁷⁰⁾、本病の被害状況の解析、中間宿主上のさび胞子をサワラに接種した試験、生活史の解明などについての報告は

なく、一方海外では本病によく似た *Gymnosporangium asiaticum* MIYABE et YAMADA (ナシの赤星病), *Gymnosporangium shiraianum* HARA (ナシの三方赤星病), *Gymnosporangium yamadae* MIYABE et YAMADA (リンゴの赤星病) などの重要病害については詳しい報告⁵⁾⁴⁸⁾⁸⁷⁾¹⁸⁸⁾¹⁷²⁾¹⁹⁶⁾が多数みられるが、本病に関する報文¹²⁾¹²⁰⁾ははなはだ少ない。

筆者は1970年から1979年にかけて、長野営林局福島営林署管内に発生した本病を調査する機会があり、これまで不明であった上記諸点につき、二、三資料を得ることができた。

2. 被害状況と発生環境

1970年5月長野県木曾郡開田村、長野営林局福島営林署西野北山国有林143林班中のサワラ天然林に、また、数年後の1979年5月同村同、末川国有林86林班中に本病が両地あわせて二十数本の小集団状に発生した。前者の被害林には約50m離れた地点に樹高約8mのウラジロノキが1本、後者の被害林には林内に樹高約2mのナナカマドが3本生じていた。

両被害地とも地上にはコケが密生し、かなりの湿潤地だったので、対照区には乾燥地のサワラ天然林を選び、以上の林中に20×30mの調査区をとり、罹病状況を調べた。その結果、湿潤地の罹病率は58～100%であったのに対し、乾燥地では湿潤地と同程度の中間宿主があるにもかかわらず発病率は0%であった (Table 12)。なお、両被害地のすべての罹病木には橙黄色寒天状の菌体がおびただしく着生しており、主幹部が凹陷、溝腐状となっているものが十数本、主枝・小枝の外表が消失して材が露出したものが約10本認められた。

本病は従来比較的被害軽微なものと考えられてきたが、以上の結果から湿潤地で中間宿主が存在するサワラ林では警戒を要する病害であることが明らかとなった (Plate 10, A-E)。

なお、末川国有林で地際から約2mまで寒天状菌体が生じ、凹陷のはなはだしい被害木(A) (樹高15m, 胸高直径12cm, 樹齢約20年生)と、同じ場所で菌体がおびただしく形成され主幹部が約70cmにわたって罹病凹陷している被害木(B) (樹高10m, 胸高直径12cm, 樹齢約15年生)を伐倒し、これをほぼ5～10cmおきに横断して内部を調査してみた。その結果、地際部が侵された(A)は約15年前(約5年生当時)に罹病したものであること、溝腐れ症状は心材中心部にまで達し、材をU字形に変形させていることがわかった。つぎに主幹中途が侵された(B)も約10年前(約5年生当時)罹病したもので、溝腐れ症状は上記被害木と同様ほぼ心材の中心部に達し、材を半円形に変形させていた (Fig. 18, A, B, Plate 10, F-I)。

また、上記末川国有林で寒天状菌体が顕著に発生していた罹病後3年目と推定される被害木(被害部直径約5cm, 樹高約4m, 樹齢約10年生)を1977年5月下旬から4年間調査したところ、本病の年度別進行状況はつぎのとおりであった。

- (1) 1977年5月、被害木には寒天状菌体が顕著に認められたが、外表や材の被害はわずかであった。
- (2) 1978年5月、被害木上寒天状菌体形成は前年と大差はなかったが、外表は消失して材が露出し始めた。
- (3) 1979年5月、被害木の寒天状菌体はやや減少したが、外表は完全に消失して罹病枝は脱落し、材がだ円形に露出し始めた。
- (4) 1980年5月、被害木の寒天状菌体はわずかとなったが、病患部は深く凹陷し、一部に腐朽が侵入し、上部は枯れ始めた (Fig. 19)。

3. 病徴・標徴

本病の病徴・標徴については、はじめにもふれたとおり、これまで幾つかの報告があるが、筆者が接種

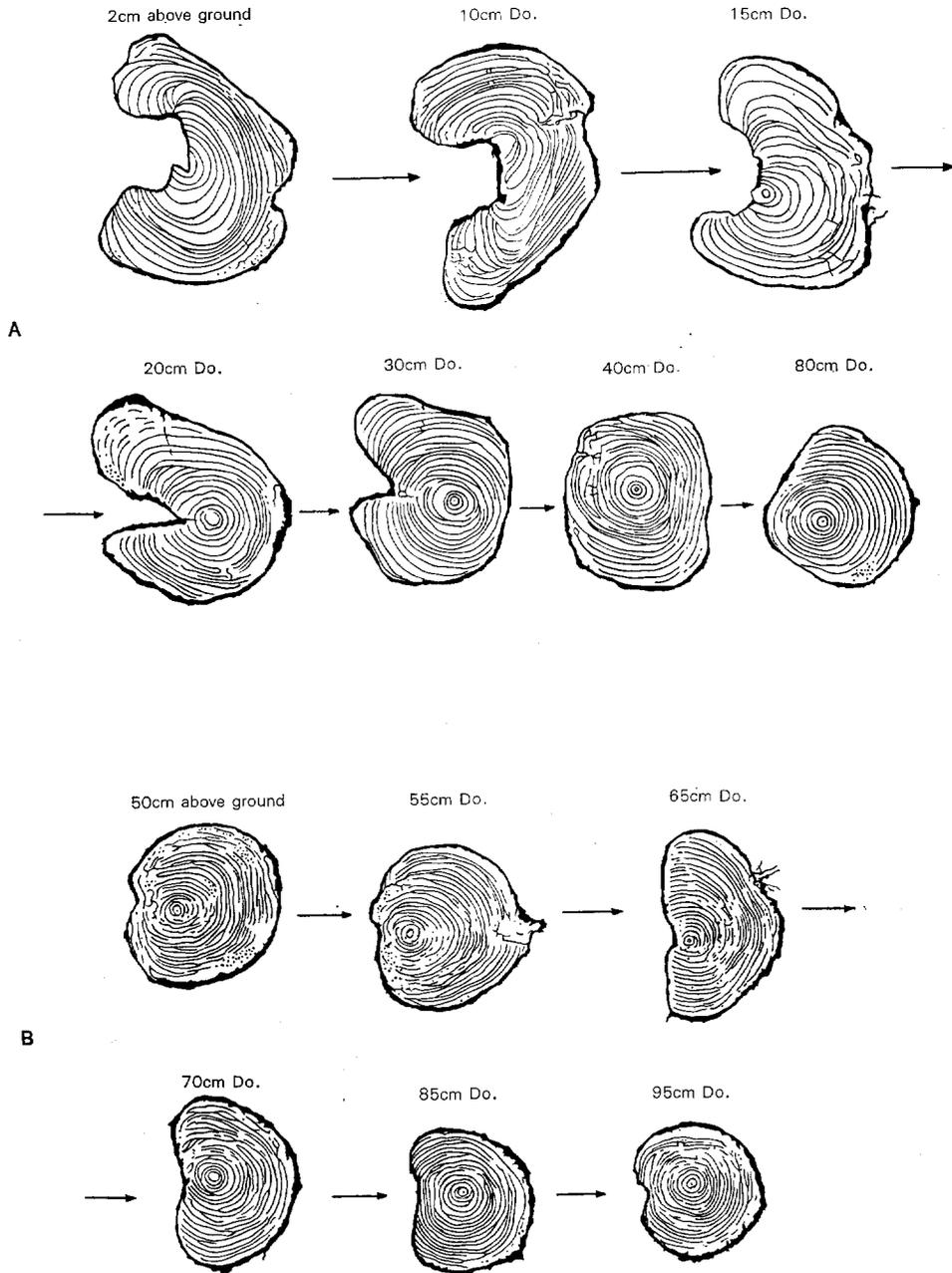


Fig. 18. サワラさび病の被害状況

Damage of *Chamaecyparis pisifera* (SIEB. et ZUCC.) ENDL. caused by *Gymnosporangium miyabei* YAMADA et I. MIYAKE.

a : 樹高約15m (Height of tree about 15m) 胸高直径12cm (D. B. H 12cm) 樹齡約20年 (Age about 20)
 b : 樹高約10m (Do. about 10m) 胸高直径12cm (Do. 12cm) 樹齡約15年 (Do. about 15)

Table 12. サワラさび病の発生と立地環境条件

Occurrence of the *Gymnosporangium miyabei* YAMADA et I. MIYAKE in the different sites of *Chamaecyparis pisifera* forest.

プロット Condition of plots	調査本数 Number of tree	樹高 Height of tree	胸高直径 D. B. H	樹齢 Age	健全木 Healthy tree	罹病木 Diseased tree	罹病率 Disease incidence	中間宿主の数 Number of alternate host
A ¹⁾	湿潤地 Damp	12	3—10 m	4—25 cm	15—60	0	7	58 % 1 (ウラジロノキ) (<i>Sorbus japonica</i> SIEB.)
	乾燥地 Dry	10	5—12	5—26	18—60	10	0	0 1 (") (Ditto)
B ²⁾	湿潤地 Damp	18	1.5—7.8	1—6	6—30	0	18	100 3 (ナナカマド) (<i>Sorbus commixta</i> HEDLUND)
	乾燥地 Dry	10	3—10	2—7	8—32	10	0	0 4 (") (Ditto)

Note)

- 1) 長野県木曾郡開田村, 福島管林署西野北山国有林 (標高約1400m) 昭和46年5月27日調査
Surveyed at Nishinokitayama National Forest (altitude ca. 1400m) Kaida, Nagano Pref. on May 26, 1970
- 2) 同上 末川国有林 (標高約1300m) 昭和54年5月25日調査
Surveyed at Suekawa National Forest (altitude ca. 1300m) Kaida, Nagano Pref. on May 25, 1979

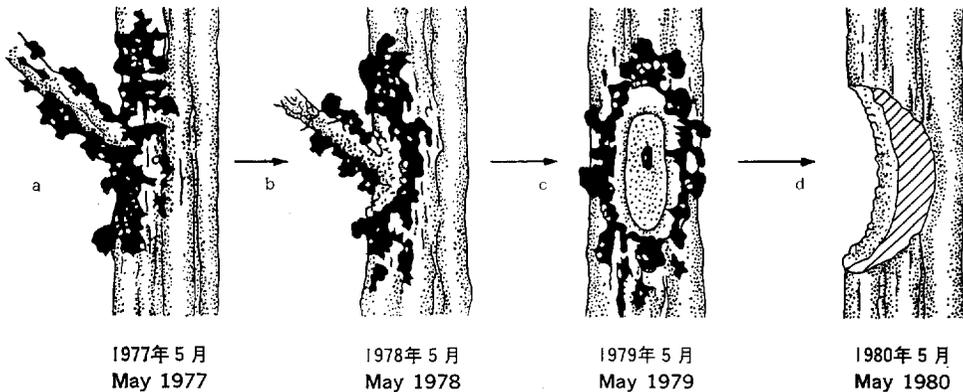


Fig. 19. サワラのさび病被害進行状況
Damage of *Chamaecyparis pisifera* (SIEB. et ZUCC.) ENDL. caused by *Gymnosporangium miyabei* YAMADA et I. MIYAKE.

試験で発病させた罹病木を数年間調査した結果はつぎのとおりである。

初期病徴・標徴は4月下旬, サワラの葉上あるいは小枝・主枝・主幹部に栗褐色円形〜だ円形, 大きさ1~0.5 mmの冬孢子堆の出現で認識されるが (Plate 13, C-E), この部分に隆起あるいは変色などは認められないので, 病原菌の検出には入念な観察が必要である。冬孢子堆は降雨あるいは灌水によって2~3倍に膨張して橙黄色, 寒天状となるが, 発生初年および翌年は単生し, これらが癒合して長だ円形となるのは3年目からであった (Plate 13, F-G)。

なお, 冬孢子堆が癒合して長さが20 cmを超えるものも認められた。寒天状の冬孢子堆は小生子を飛散終了する6月下旬頃乾固萎縮して糸状となり, ついにはまったく消失した。感染3~4年目に寒天状菌体

の形成が最も顕著となり、外表が消失して材の内部が露出しはじめる感染5～6年目になると罹病枝は脱落、材の内部に大きな凹陷を生じ、一部に腐朽菌の侵入も受けてしだいに衰弱し、ついには枯死した (Fig. 18. A, B, 19, Plate 10, F-I)。

5月下旬頃中間宿主のウラジロノキ、ナナカマドなどに本病菌の小生子が侵入すると、約20日後の6月中旬頃、葉の表面に黄色、直径0.5～1mm大の円形斑点（赤星症状）が生じ、この葉裏にさび柄子殻が形成された (Plate 11, A)。そして、7月頃葉裏に淡緑色の突起が1～数个生じ、この先端部に初め淡褐色、のち黒褐色、円筒形、大きさ4×0.2～0.3mmのしゅう子毛が生じた。しゅう子毛は10月上旬頃までかなり長期間認められたが、ウラジロノキ・アズキナンなどの早期落葉、衰弱などは特に認められなかった (Plate 11, B-C)。

4. 病原菌の形態

本病のさび柄子殻は中間宿主ウラジロノキ・ナナカマドなどの葉裏、まれに葉表の黄色病斑表皮下に小点状に形成される。黄色のち黒褐色、断面は扁球形、径0.2～0.1mm、さび柄胞子は長だ円形～紡錘形、大きさ7～12×2.5～3 μ m、しゅう子毛は中間宿主上の葉裏に1～数个生ずる嚢状の突起（長さ2～4mm、幅0.2～0.3mm）上に形成され、円筒形、大きさ2～4×0.1～0.2mm、擬護膜は無色、菱形、大きさ38～125×20～50 μ m。さび胞子は球形、亜球形、広だ円形、大きさ20～24×17～21 μ m、細疣があり、肉桂色、膜は厚さ1～2 μ m。冬胞子堆は主に主幹、主枝・小枝・一部葉に生じ、初め単生、大きさ0.5～1mm、栗褐色、水湿を得ると橙黄色、寒天状となり、発生3年目頃より癒合し始め、数年後には長だ円形となり、この長さが20cmをこえるものも現れる。冬胞子は通常2細胞、膜の厚いものと薄いものの2種¹⁸⁴⁾があり、膜の厚い胞子はだ円形、紡錘形、43～62×15～20 μ m、ふつう中隔部でくびれないが、ときにわずかくびれ、膜の厚さ1～2 μ m、黄褐色。膜の薄い胞子は狭だ円形、披針形45～82×10～15 μ m、先端円形ときにわずかに狭細、中隔部はくびれないが、ときに多少くびれて膜薄く1 μ m以下、淡黄色～無色、柄は両者とも細長く3～5 μ m、無色、発芽の際は上細胞は頂端、下細胞は隔膜部より前菌糸を出す。前菌糸は4個の小生子を生ずる。小生子は亜球形、卵形、あるいは腎臓形14～18×7～13 μ m、無色 (Fig. 20, A-H. Plate 11, D-E. 12, A-F)。

5. 病原菌の生理的性質

1) さび胞子の発芽と温度との関係

懸滴培養によるさび胞子の発芽と温度との関係を示すと Fig. 21 のとおりで、24時間後は0～30°Cの範囲では、25°Cにおいて発芽率が最高かつ発芽管の伸長も良好であった。

2) 小生子の発芽と温度との関係

懸滴培養による小生子の発芽と温度との関係を示すと Fig. 22 のとおりで、24時間後は0～30°Cの範囲では、20°Cにおいて発芽率が最高で発芽管の伸長も良好であった。

3) 冬胞子と小生子の発芽

懸滴培養により冬胞子と小生子の発芽状況を調査した結果、冬胞子は先端部、中隔部の2か所から前菌糸を伸長して、これらの先に小生子を生じた。小生子の発芽管は棍棒状に伸長した (Fig. 23, A, B, C)。

6. 接種試験

1) サワラに対する接種試験

(1) 実験方法

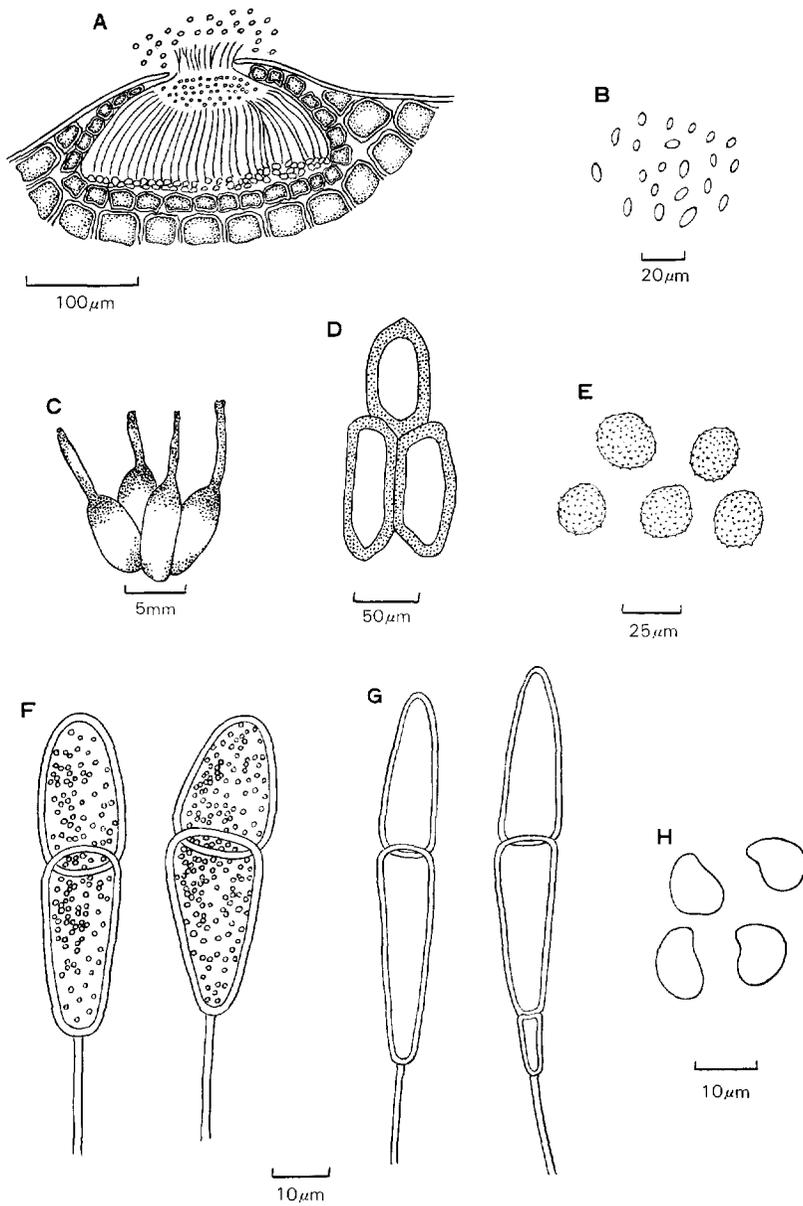


Fig. 20. サワラさび病菌

Gymnosporangium miyabei YAMADA et I. MIYAKE.

- A : さび柄子殻 (Pycnium) B : さび柄胞子 (Pycniospore) C : しゅう子毛 (Roestelia)
 D : 擬護膜 (Pseudoperidium) E : さび胞子 (Aeciospore)
 F : 膜厚冬胞子 (a thick film Teliospore) G : 膜薄冬胞子 (a thin film Teliospore)
 H : 小生子 (Sporidium)
 A~E : on *Sorbus japonica* SIEB.
 F~H : on *Chamaecyparis pisifera* (SIEB. et ZUCC.) ENDL.

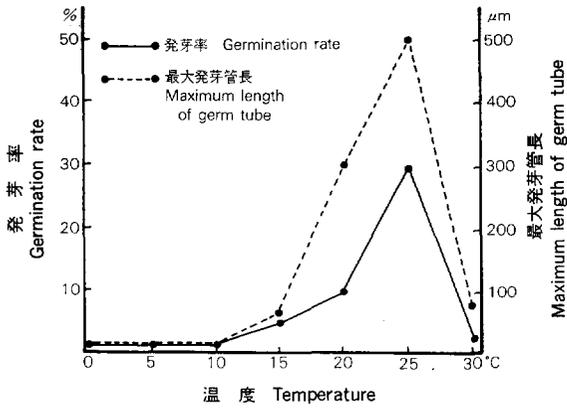


Fig. 21. サワラさび病菌のさび胞子の発芽と温度との関係 (24時間後)
Effect of temperatures on germination of aeciospores of *Gymnosporangium miyabei* YAMADA et I. MIYAKE (after 24 hours).

Fig. 22. サワラさび病菌の小生子の発芽と温度との関係 (24時間後)

Effect of temperatures on germination of sporidium of *Gymnosporangium miyabei* YAMADA et MIYAKE (after 24 hours).

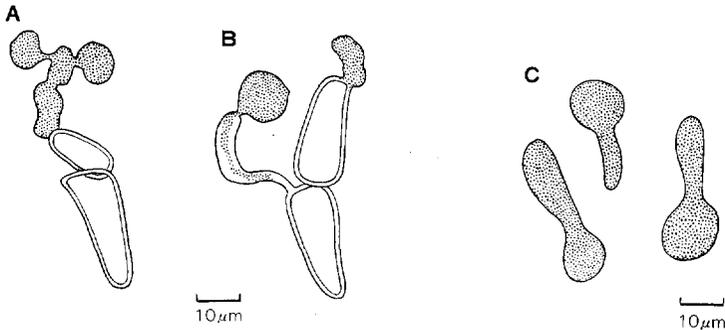
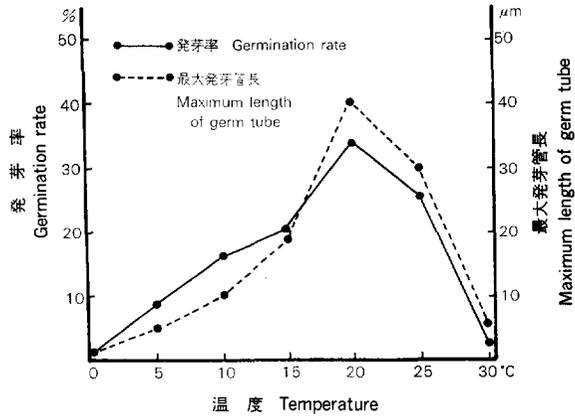


Fig. 23. サワラさび病菌の冬胞子と小生子の発芽 (25°C, 24時間後)
Germination of teliospores and sporidium of *Gymnosporangium miyabei* YAMADA et I. MIYAKE (25°C, after 24 hours).
A : 冬胞子先端部発芽 (Germination from the top of teliospore)
B : 冬胞子中隔部発芽 (Germination from the middle part of teliospore)
C : 小生子の発芽 (Germination of sporidium)

1979年6月5日福島営林署末川国有林内のサワラに生じた冬胞子上の小生子を、鉢植えしたウラジロノキに接種し、ここに生じたしゅう子毛を同年8月15日に30本採集し、さび胞子の形成を確かめたうえ、これを殺菌蒸溜水20cc中でよく攪拌してけん濁液をつくった。このけん濁液を同日鉢植えしたサワラ5年生苗の有傷(殺菌メスで枝と葉に長さ1cm、幅約0.2cmの切傷をつけたもの)と無傷のものに筆を用いて塗布した。この後接種した部分には殺菌水を含ませたガーゼをあててピンで止め、ビニール袋で被覆、紐でしばって25°Cの定温器に2日間入れた後、袋やガーゼを除去して温室においた。対照はさび胞子を用いないほかはすべて接種苗と同様の扱いをした(Plate 13, A-B)。

(2) 実験結果

この実験結果をTable 13に示す。すなわち、1981年4月15日の調査時(1年8か月後)に、枝と葉に傷をつけてさび胞子を塗布した接種木に、栗褐色、円形〜だ円形、大きさ0.5〜1mmの冬胞子堆が1〜数个発生しているのを確認した。無傷接種木と対照には発病が認められなかった(Plate 13, A-B)。なお、発病木を継続観察したところ、冬胞子はその形成年および翌年は単生で、隣接する冬胞子堆に融合のみられたのは感染3年目の春からであった(Plate 13, C-G)。

本菌は材中で菌糸越冬し、毎年4〜5月に冬胞子堆を形成することも確かめられたが、この状態が繰り返されるとサワラの外表はしだいに脱落して材が露出し、なおサワラ供試苗(5年生)は感染3年目の春、一部に枝枯れがで始めた(Plate 13, B)。

2) 中間宿主に対する接種試験

(1) 実験方法

1972年6月6日、福島営林署西野北山国有林内のサワラに発生している罹病枝を採集し、殺菌蒸溜水を噴霧して冬胞子堆を膨張させて小生子の発生を確かめたのち、大豆粒の大きさに5個切りとり、殺菌水を20cc入れた殺菌シャーレ内で殺菌ピンセットで細かく砕き、この液を鉢植えしたウラジロノキ(4年生)

Table 13. ウラジロノキ赤星病菌さび胞子によるサワラへの接種試験結果

Results of the inoculation tests with aeciospores of *Gymnosporangium miyabei*
YAMADA et I. MIYAKE to *Chamaecyparis pisifera* (SIEB. et ZUCC.) ENDL.

供試樹種 Tree species	区分 Plots		供試本数 Number of tested tree	接種(1979年8月15日)後の経過日数と冬胞子堆の形成 Days lapsed from the inoculation, Aug. 15, 1979, and development of teleutosorus			
				180	360	540	600
サワラ (5年生苗) <i>Chamaecyparis pisifera</i> (SIEB. et ZUCC.) ENDL. (5-year-old seedling)	接種 Inoculated	有傷 Wounded	4	—	—	—	+
		無傷 No-wounded	4	—	—	—	—
	対照 Control	有傷 Wounded	2	—	—	—	—
		無傷 No-wounded	2	—	—	—	—

(Note) +: 発病 Teleutosorus, —: 無発病 Un-infection.

Table 14. サワラさび病菌の小生子による接種試験

Results of the inoculation tests with sporidium of *Gymnosporangium miyabei* YAMADA et I. MIYAKE to *Sorbus japonica* SIEB., *Sorbus commixta* HEDLUND and *Malus toringo* SIEB.

供試樹種 Tree species	区分 Plots	供試本数 Number of tested tree	接種 (1972年6月6日) 後の経過日数 Days lapsed from the inoculation, June 6, 1972					
			20	35	50	80	110	130
ウラジロノキ <i>Sorbus japonica</i> SIEB.	接種 Inoculated	4	(+) (+) (+) (+)	(+) (+) (+) (+)	+	+	+	-
	対照 Control	2	-	-	-	-	-	-
ナナカマド <i>Sorbus commixta</i> HEDLUND	接種 Inoculated	4	(+) (+) (+) (+)	(+) (+) (+) (+)	+	+	+	-
	対照 Control	2	-	-	-	-	-	-
ズミ <i>Malus toringo</i> SIEB.	接種 Inoculated	4	(+) (+) (+) (+)	(+) (+) (+) (+)	+	+	+	-
	対照 Control	2	-	-	-	-	-	-

Note) (+): さび柄子殻 Pycnium, +: さび胞子 Aeciospore, -: 無発病 Un-infection.

・ナナカマド (3年生)・ズミ (4年生) の葉裏に筆で塗布, その後殺菌水を吹きつけたビニール袋で被い, 紐でしばって 25°C 定温器に 2 日間おき, この後袋をはずし温室においた。対照は小生子を用いないほかはすべて接種苗と同様の扱いをした。

(2) 実験結果

この試験結果を Table 14 に示す。すなわち, 1972 年 6 月 26 日 (20 日後) 3 種の供試苗葉裏に赤星症状が 1 葉当たり数個現れ, ここに黒褐色, 小点状のさび柄子殻を確認した。同年 7 月 13 日 (35 日後) これら赤星症状の裏側に淡緑色, 瘻状, 長さ 2~4 mm, 幅 0.2~0.3 mm の突起が 1~数個生じた。同年 7 月 26 日 (50 日後) この先端部に淡褐色のしゅう子毛が発生し, この中にさび胞子の形成を確認した。なお, しゅう子毛中のさび胞子は同年 10 月 3 日にも確認されたが, 同年 10 月 15 日には消失した (Plate 11, A-C)。

7. 本病の生活史

本菌はさび柄子世代 (0) と, さび胞子世代 (I) をウラジロノキ・ナナカマド・ズミなどで過し, 冬胞子世代 (III), 小生子世代 (IV) をサワラ上で過すことの知られているさび菌であるが, 筆者の接種試験結果によると, 5~6 月頃サワラ上に発生した冬胞子堆上の小生子は, 上記樹種の葉に侵入すると, 6 月下旬頃さび柄子世代を, ついで 7 月下旬頃さび胞子世代を生じたが, この世代は比較的長く 10 月上旬頃まで認められた。さび胞子はサワラの枝葉に飛来して侵入感染するが, これに冬胞子世代, 小生子世代

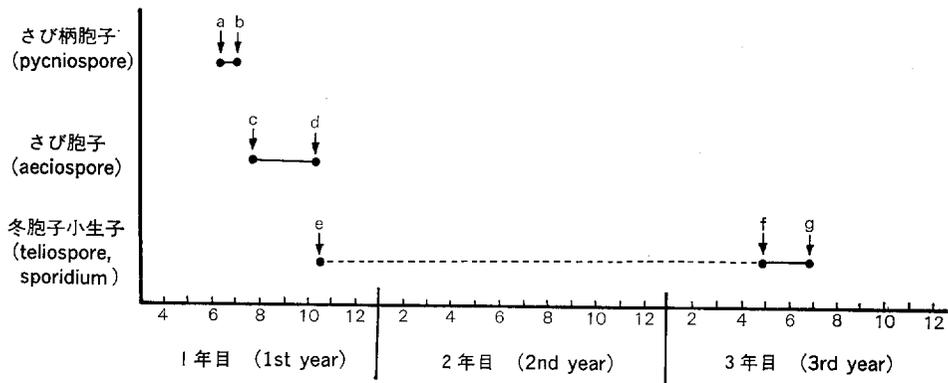


Fig. 24. サワラさび病菌の生活史

Life cycle of *Gymnosporangium miyabei* YAMADA et I. MIYAKE.

- a : 中間宿主への感染 (infection to alternate host), b : 発病 (formation of pycniospore),
 c : さび孢子形成 (mature aeciospore), d : さび孢子形成終了 (empty aeciospore),
 e : サワラへの侵入感染 (infection to *Chamaecypris pisifera*), f : 冬孢子小生子形成
 (formation of teliospore, sporidium), g : 冬孢子小生子形成終了 (empty teliospore, sporidium).

を生ずるのは侵入翌々年の5～6月頃、つまり、約1年8か月後であることが判明した。以上の生活史を示すと Fig. 24 のとおりである。

8. まとめ

本病は従来被害の少ないものと考えられてきたが、佐藤¹⁶⁰が盛岡市付近のサワラ壮齡林に数十本の集団的被害事例を報告して以来、注目される病害となった。

筆者は福島営林署管内に発生した2か所の小集団的被害地を調査し、被害木にはなほだしい凹陷や溝腐症状を生じ、スギの溝腐病にも等しい激害を与える病害であることを改めて確認した。なお、本病は中間宿主が存在しても湿潤な場所でないで発病しない病害ではないかと考えられる。

本病の初期病徴・標徴は4月上旬、サワラの葉・枝・主幹部に生ずるが、発生部に変色などが生じないうへ病原菌が微小のため、入念な調査をしないと発見が困難である。なお、枝や主幹部がふくれて紫褐色の袋ができ、これが破れて冬孢子堆が出現するという記述⁹³⁾⁹⁹⁾があるが、上記2か所の罹病木および接種試験による発病木の調査結果では、このような袋状物を認めることができなかった。

本病の中間宿主上に生ずるしゅう子毛の数は筆者の実験結果ではウラジロノキに最も多く、ついでナナカマド・ズミの順であった。

本病によく似た *Gymnosporangium asiaticum* MIYABE et YAMADA (ナシの赤星病), *Gymnosporangium shiraianum* HARA (ナシの三方赤星病), *Gymnosporangium yamadae* MIYABE ex YAMADA (リンゴの赤星病) などの場合、しゅう子毛は BAXTER⁵⁾, HEALD⁴⁸⁾, HIRATSUKA Y⁸⁷⁾, Paul R. MILLE¹³⁸⁾, TUBEUF¹⁷²⁾, Walf. G. ZILLER¹⁹⁶⁾ によれば、ナシ、リンゴの葉裏におびただしく生ずるようであるが、同じ *Gymnosporangium* 属でも本菌の場合はその発生数がきわめて少ないのが特徴である。

本菌のさび柄孢子、さび孢子、膜の厚い冬孢子、膜の薄い冬孢子、小生子の測定値は、伊藤¹¹³⁾、山田¹⁸⁴⁾らの記載とほぼ同じであった。

筆者の実験結果では、さび孢子的の発芽最適温度は25°Cであり、小生子のそれは20°Cであった。さび孢

子の発芽適温が他の亜高山性のさび病菌と比べて高いことが本病菌のひとつの特徴と考えられる。なお、小生子の発芽は先端部と中隔部の 2 か所から発芽し、山田¹⁸⁴⁾らの報告を再確認した。

本病菌のさび胞子をサワラに接種した結果、葉および枝に傷がないと侵入できないこと、接種木に冬胞子の発生するのは翌々年の春（約 1 年 8 か月後）であることを明らかにした。

なお、近縁菌の中では PAUL¹⁸⁵⁾ が *G. juniperi-viruginianae* のさび胞子は Red cedar に侵入しても翌年は gall を形成するだけで、冬胞子の形成は翌々年であると報告している。

本病菌はさび柄胞子世代 (0) とさび胞子世代 (I) をウラジロノキなどの中間宿主上で、冬胞子世代 (III) と小生子世代 (IV) をサワラ上で過し、夏胞子世代 (II) を欠く病原菌であるが、この生活史を完了するには約 2 年を要することがわかった。

第 4 節 アスナロのてんぐ巣病

1. まえがき

アスナロ (ヒバ) のてんぐ巣病は、我が国各地においてかなり被害の認められるもので、この病徴、病原菌などについてはいくつかの報告がある¹⁾⁴⁰⁾⁹⁸⁾¹⁰⁰⁾¹⁰¹⁾¹⁰⁴⁾¹¹²⁾¹²⁶⁾¹²⁶⁾¹³⁰⁾¹⁴³⁾¹⁶³⁾。そして本病はアスナロのさし木にも発病することが知られており⁹⁸⁾⁹⁶⁾⁹⁹⁾¹⁰⁰⁾、また、ネズコ・ニオイヒバにも生ずることが報告¹⁷⁾⁹⁹⁾¹⁰¹⁾¹⁰⁴⁾されている。

本病の病原菌については英国探検船 Challenger 号が持ち帰った箱根産のアスナロ上の菌を *Uromyces deformans* BERK. et BR. と命名したのが最初である (BERKELEY⁶⁾ 1878)。後 1889 年に白井はこのことを知らずに静岡県で観察採集した病害をアスナロノヒジキと名付け、病原菌を *Caecoma asunaro* SHIRAI と命名した⁴²⁾。ついで 1895 年に TUBEUF は新たに日本から送られた標本によって *Caecoma deformans* (BERK. et BR.) TUBEUF と改名¹⁷²⁾¹⁷³⁾、この学名が現在広く使われている⁶⁾¹⁰⁴⁾¹³⁰⁾。しかしながら本病の発生態態についての報告は乏しい。本病菌が同種寄生性のさび菌であることは草野¹⁹⁶⁾が接種によって確かめているが、記載が簡単なため詳細は不明である。

筆者は 1971 年 5 月長野営林局上松営林署管内においてヒノキの天然大径木下に生じているアスナロが、本病にはなほだしく罹病している事例を調査する機会があり、湿潤な環境が本病の発生誘因の一つであること、さらに接種試験の結果、本病の初期病徴・標徴、さび胞子形成までの年数、病原菌の生活史などをほぼ明らかにすることができた。結果の一部は報告済みであるが⁸²⁾⁸⁴⁾⁸⁶⁾、その後得られた知見を加えて報告する。

2. 被害状況と発生環境

長野県木曾郡上松町上松営林署小川入国有林 (赤沢) 一帯 (標高約 1000m) は、ヒノキ天然大径木がある著名な場所であるが、そのヒノキ林の下にはヒノキの稚樹がほとんどなく、アスナロの稚樹が繁茂している。このアスナロに最近 *Caecoma deformans* (BERK. et BR.) TUBEUF によるてんぐ巣病の被害がかなり認められるようになってきた。

概査によると、部分的に発生状況が異なるように思われたので、1971 年 6 月 2 日上記アスナロ林内で地表の一部に地下水が浸出しているやや凹地形の湿潤地と、地表には停滞水のみられない凸地形乾燥地の二つを選び、ここに 10 × 10 m の調査区を設け、この中のてんぐ巣病発生状況を調べた。その結果は Table 15 のとおりで、湿潤地では調査木の全数 65 本にてんぐ巣病の発生が認められ (罹病率 100%)、かつ、てんぐ巣の寄生数の最高は 1 本で 137 個が記録された。なお、罹病木の大半は衰弱して生長不良のものが多

Table 15. アスナロてんぐ巣病の発生と立地環境条件

Occurrence of the witches' broom in the different sites of *Thujaopsis dolabrata* Sieb. et Zucc. forest¹⁾.

プロット Condition of plots	調査本数 Number of tree	樹高 Height of tree	胸高直径 D. B. H.	樹齢 Age	健全木 Healthy tree	罹病木 Diseased tree	罹病率 Disease incidence	てんぐ巣の寄 生数 Number of witches' broom
湿潤地 Damp	65	0.4~6 m	1~7 cm	11~40	0	65	100%	$\frac{21}{1\sim137}$
乾燥地 Dry	132	0.4~6.5	2~6	3~25	130	2	1.5	1

Note) 1) 長野県木曽郡上松町上松営林署小川入国有林 (標高約1,000m) 昭和46年6月2日調査
 Surveyed at Ogawairi National Forest (altitude ca. 1,000m), Agematsu, Nagano Pref. on
 June 2nd, 1971.

く、一部に枯死木も認められた。これに対し、乾燥地では調査木 132 本中 2 本に軽微な被害が認められただけであった (罹病率 1.5%)。この調査は 1 回だけのものであるが、小川入国有林 (赤沢) 内のあちこちにみられる発病地がいずれも湿潤地であることから、本病は湿潤な場所により多く発生する病害であることが推定された。

3. 病徴・標徴

本病の病徴・標徴については、これまでにいくつかの報告⁴⁰⁾¹⁰⁰⁾¹⁰⁴⁾¹²⁸⁾¹⁶⁸⁾があるが、筆者が接種試験によって発病させた罹病木を数年間観察した結果はつぎのとおりである。

本病の初期病徴・標徴は、当年度生長したアスナロの鱗葉裏面に 10 月頃白緑色円柱状、長さ 1~2 mm の異常不定芽を生ずることから始まる (感染約 4.5 か月後) (Fig. 25, A, B; Plate 14, A-B)。この異常不定芽付近の鱗葉には変色が現れないので、この時期に本病を発見するにはかなり入念な観察が必要である。この異常不定芽は 12 月末までにやや生長し、長さ約 3 mm、幅約 2 mm 大となる。翌年 (感染約 1 年後) 異常不定芽は 4 月頃より生長し初め、6~7 月頃には円筒形となり、さらに二叉に分岐し、9~10 月頃には淡緑色、上面が皿状に凹んだ長さ 1~2 cm、幅 0.2~0.4 cm 大の釘頭状体となり、この頃は、病徴・標徴はやや明瞭となる (Plate 14, C-G)。そして、この皿状物の周辺に暗緑色の小粒点が一列に並び (Fig. 25, C; Plate 15, C)。この小粒点 (さび柄子殻) 中に未熟のさび柄胞子ができはじめるのは翌々年 1~2 月頃であり、なお成熟したさび柄胞子が認められるのは 3~4 月頃 (感染約 2 年後) である。その後 5 月頃、釘頭状体皿状部の中央が隆起して橙黄色となった内部にさび胞子は形成されるが、後に表皮がしだいにさけて 6 月までに飛散消失する (Fig. 25, D, E; Plate 15, D-E)。このように本病原菌がアスナロの当年度生長葉に侵入して病患部にさび胞子を形成するのは約 2 年後である (Plate 15, D-E)。このあと釘頭状体はしだいに生色を失ない、褐~黒変して枯死する。しかし、枯死した釘頭状体下部のあちこちから新たな異常不定芽がつきつきに発生、このような経過が毎年繰り返されて病巣はしだいに発達して大きくなるとともにほぼ球形となり、病患部は海藻のヒジキ状集団となる。また、てんぐ巣病部には正常な針葉はできず、周辺の鱗葉に病斑は生じない。なおまた、今回の調査ではてんぐ巣病の病患部は約 30cm に達するものがあり (Plate 15, A-B)、罹病木の多くは樹勢が衰退して生長不良となり、多数の枯死木も認められた。本病原菌の寄生を受けた枝が球形あるいは紡錘形に肥大したり、がんしゅ状になり、

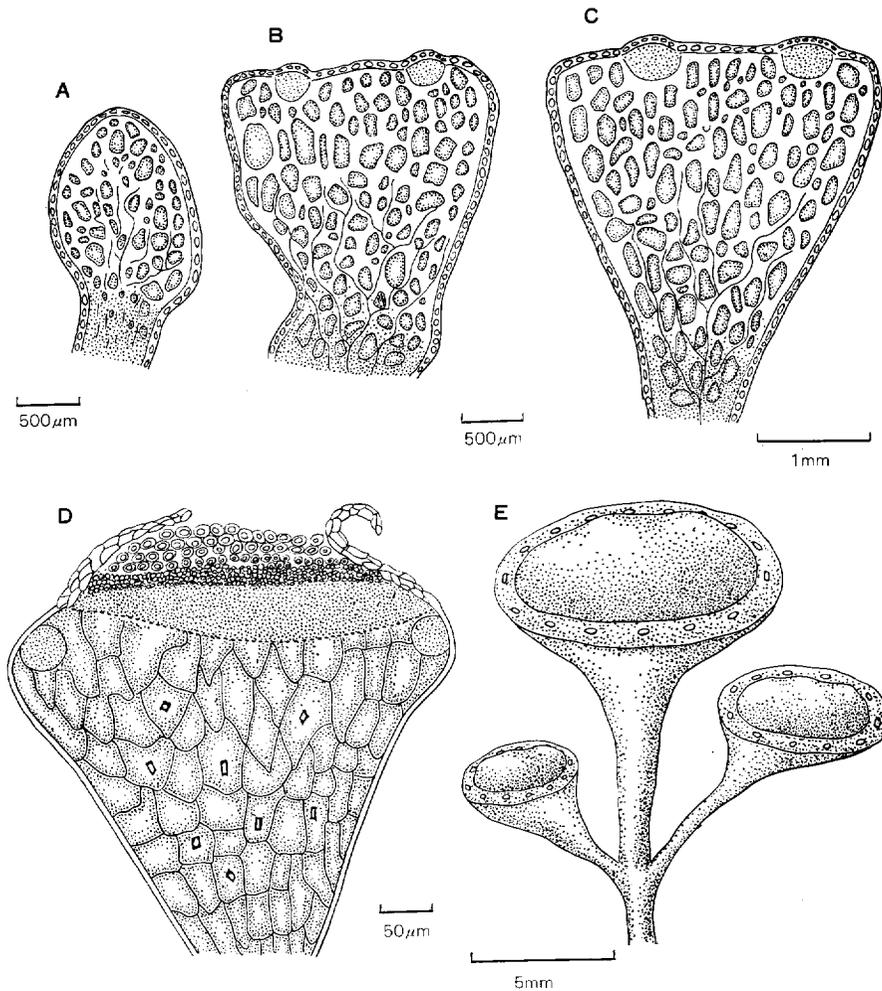


Fig. 25. アスナロてんぐ巣病菌の病巣および子実体の発達経過

Development of the fruit-body of *Caeoma deformans* (BERK. et BR.)

TUBEUF on a witches' broom of *Thujaopsis dolabrata* SIEB. et ZUCC.

A : 接種 2 カ月後 2 months after inoculation. B : 接種 4 カ月後 4 months after inoculation.

C : 接種 1 年後 12 months after inoculation. D : 接種 1.7 年後 19 months after inoculation.

E : 接種 1.7 年後 19 months after inoculation.

これらの部分から緑色の突起がでて、てんぐ巣状になるものがあるといわれているが¹⁰⁴⁾、筆者の接種木にはこうした病徴のものは生じなかった。

4. 病原菌の形態

本菌のさび柄子殻は罹病部にできる釘頭状皿状部の周辺に一列に形成される。さび柄子殻の大きさは $20 \sim 30 \times 20 \sim 28 \mu\text{m}$ 、さび柄子胞子は無色、ほぼ球形、大きさ $1.5 \sim 2 \times 1 \sim 1.5 \mu\text{m}$ 、さび胞子層は釘頭状体のほぼ中央部に形成され、橙黄色、大きさ $2 \sim 4 \text{ mm}$ 、表皮に覆われているが後に裸生する。さび胞子は球形、だ円形、卵型または洋梨型、疣を密に分布し、無色～淡黄色、大きさ $35 \sim 60 \times 27 \sim 43 \mu\text{m}$ 、

膜の厚さ $2\sim 3\ \mu\text{m}$ (Fig. 26, A, B, C; 27, A, B; Plate 16, A-C)。筆者の測定値は³⁶⁾BELKLEY M. T.⁶⁾伊藤¹¹²⁾ら既報のそれとよく一致する (Table 16)。本病の病原菌ははじめにもふれたとおり、さび孢子の形態に基づき TUBEUF が 1895 年に *Caecoma deformans* (BERK. et BR.) TUBEUF と改名した学名が広く使われている。しかし、最近平塚⁸⁵⁾らは、さび病菌の分類にはさび孢子世代の形態もさることながら、さび柄子殻の形態も分類の根拠となるとし、*Caecoma deformans* も再検討の必要を提唱している。

5. 病原菌の生理的性質

(1) さび孢子の発芽と温度との関係

懸滴培養によるさび孢子の発芽と温度との関係を示すと Fig. 28, 29, A-G のとおりで、24 時間後の発芽温度は $5\sim 25^\circ\text{C}$ の範囲では 25°C において発芽率が最高で、かつ、発芽管の伸長も良好であった。

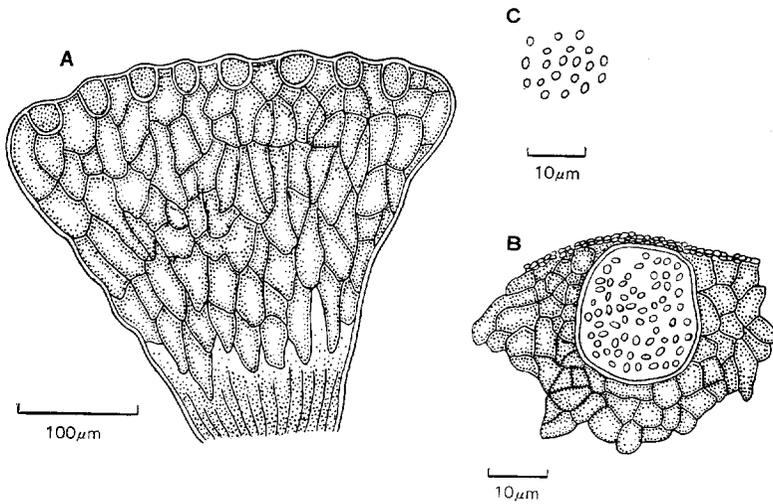


Fig. 26. アスナロてんぐ巢病菌のさび柄子殻およびさび柄孢子
Pycnium and pycniospores of *Caecoma deformans* (BERK. et BR.) TUBEUF.
A, B : さび柄子殻 Pycnium, C : さび柄孢子 Pycniospores.

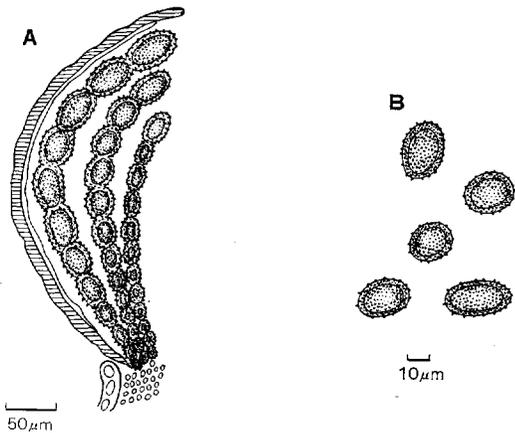


Fig. 27. アスナロてんぐ巢病菌のさび
孢子世代

Aecium and aeciospores of *Caecoma deformans* (BERK. et BR.) TUBEUF.

A : さび孢子層の一部 A part of aecium.
B : さび孢子 Aeciospores.

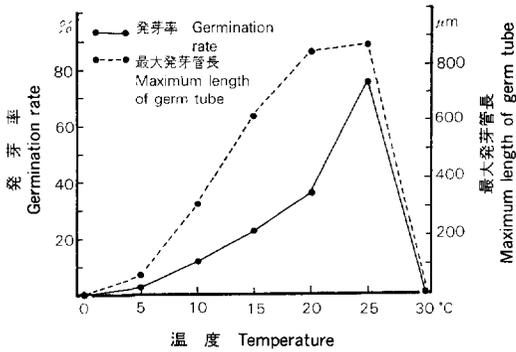


Fig. 28. アスナロてんぐ巢病菌さび胞子の発芽と温度との関係 (24時間後)

Effect of temperatures on germination of aeciospores of *Caecoma deformans* (BERK. et BR.) TUBEUF (After 24 hours).

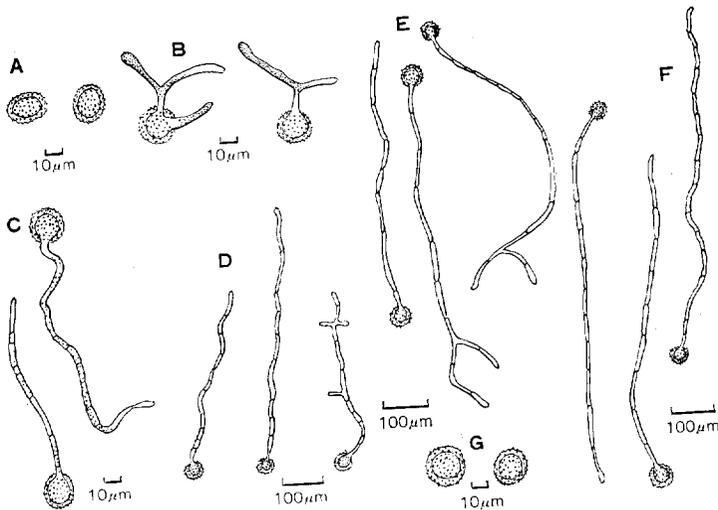


Fig. 29. アスナロてんぐ巢病菌の温度による発芽状態 (24時間後)

Germination of aeciospores of *Caecoma deformans* (BERK. et BR.) TUBEUF at different temperatures after 24 hours.

A : 0°C, B : 5°C, C : 10°C, D : 15°C, E : 20°C, F : 25°C, G : 30°C.

(2) さび胞子の発芽と湿度との関係

さび胞子の発芽と湿度との関係を示すと Fig. 30 のとおりで、関係湿度 100%, 98%, 95% で供試さび胞子数の半数近くが発芽しており、発芽管の発育にも大差はないが、92% になると発芽率はかなり低下し、発芽管の伸びも悪くなった。87% ではまったく発芽しなかった。

6. 接種試験

本病の病原性を確かめるため、アスナロに対しつぎの接種試験を行った。

(1) 実験方法

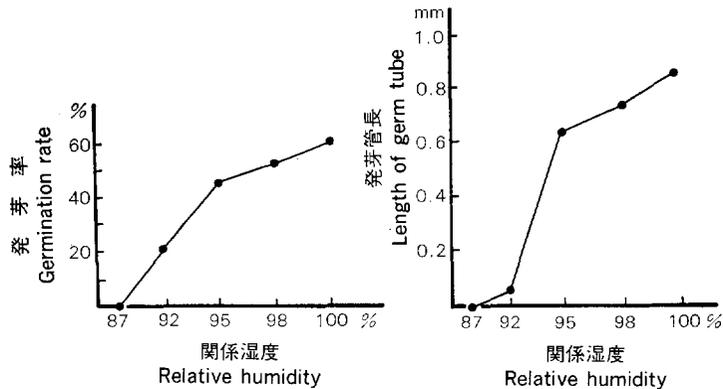


Fig. 30. アスナロてんぐ巢病菌さび胞子の発芽と関係湿度との関係

Effect of relative humidities on germination of aeciospores of *Caecoma deformans* (BERK. et BR.) TUBEUF (kept at 25°C for 24 hours).

Note : 87% : Na₂CO₃, 92% : K₂HPO₄, 95% : Na₂HPO₃, 98% : CaSO₄·2H₂O, 100% : H₂O.

Table 16. アスナロてんぐ巢病菌の測定値

Dimensions of all stages of *Caecoma deformans* (BERK. et BR.) TUBEUF.

研究者 Author	さび柄子殻 Pycnium (μm)	さび柄胞子 Pycniospore (μm)	さび胞子層 Aecium (mm)	さび胞子 Aeciospore (μm)
Berkely ⁶⁾	—	—	—	37×50
伊藤 ¹¹²⁾ Ito	—	—	1.5—3	24—37×35—55
浜 ⁹⁶⁾ HAMA	20—28×20—30	1—1.5×1.5—2	2—4	27—43×35—60

1971年5月31日上松管林署小川入国有林内でアスナロ天然木(樹齢約20年生)上のてんぐ巢病患病部を採集して持ち帰った。釘頭状体上に形成されているさび胞子を白紙上に落とし、これを鉢植えしたアスナロ4年生苗の鱗葉の表裏両面に筆で直接塗布する方法と、一白金耳量を1ccの殺菌蒸溜水に溶いたものを塗布する二つの方法で接種した。接種した苗を霧を吹きつけたビニール袋で包み、紐でしばって25°C定温器に2日間入れたあと、袋をはずして温室に置いた。対照区はさび胞子を用いないほかはすべて接種苗と同様の扱いをした。

(2) 実験結果

この実験結果を Table 17 に示す。すなわち、さび胞子を直接塗布したものも、さび胞子を殺菌蒸溜水に溶いて塗布したものも135日目(4.5か月後)の調査時にすべての接種木の当年度生長した新葉の葉裏だけに白緑色、円柱状の異常不定芽(長さ約2mm、幅約1mm)を1~数个生じていることを確認した。しかし、対照区には発病は認められなかった(Plate 16, D)。なお、この異常不定芽は、1971年12月末(7か月後)までに最大長さ約3mm、幅約2mmに生長した(Plate 14, A, B)。この異常不定芽は翌1972年4月上旬(1年後)頃より再び生長をはじめ、同年6~7月頃には二叉に分岐し、同年9~

Table 17. アスナロてんぐ巢病さび胞子による接種試験結果

Results of the inoculation tests with aeciospores of *Caecoma deformans* (BERK. et BR.) TUBEUF to *Thuopsis dolabrata* SIEB. et Zucc.

処 理 Treatment	区 名 Plots	供試本数 Number of tested tree	接種 (1971年 5月31日) 後の経過日数とさび胞子形成 Days lapsed from the inoculation, May 31, 1971, and formation of aeciospores.					
			30	60	90	120	135 ¹⁾	ca730 ²⁾
さび胞子直接塗布 Painted with aeciospore mass	接 種 Inoculated	4	—	—	—	—	+	+
	対 照 Control	2	—	—	—	—	—	—
殺菌蒸溜水にといたさび胞子塗布 Painted with aeciospore suspension	接 種 Inoculated	4	—	—	—	—	+	+
	対 照 Control	2	—	—	—	—	—	—

Note) 1) 異常不定芽形成 Formation of abnormal adventitious buds.

2) さび胞子形成 Formation of aeciospores.

10月頃再び二叉に分岐し、淡緑色で上面が皿状に凹んだ長さ1~2cm、幅0.2~0.4cm大のほぼ完全な釘頭状体となった (Plate 14, C-G)。そして、この頃この釘頭状の皿状になった周辺に釘頭大のさび柄子殻が一行に生じてきたが、内部にさび柄胞子は認められなかった。未熟のさび柄胞子ができはじめたのは1973年1~2月、また、成熟さび柄胞子は同年3~4月、長さ3~4cm、幅0.3~0.5cmに生長、叉状分岐4~5個の釘頭状体の皿状周縁部に認められた (Plate 15, C)。なお、同年5~6月には釘頭状体皿状部中央の橙黄色に隆起した内部にさび胞子が認められた (Plate 15, D, E)。

本病がアスナロから直接アスナロに感染することは草野¹²⁶⁾も報告しているが、筆者も今回このことを確かめた。

7. 本病の生活史

本病菌はさび柄胞子世代 (0) と、さび胞子世代 (I) をアスナロ (ヒバ)、ネズコの樹体上で過ごすことが知られている同種寄生のさび菌であるが、筆者の接種試験結果によると、5~6月頃病患部釘頭状体の上に形成されたさび胞子は、当年生長したアスナロの鱗葉裏から侵入して10月頃白緑色の異常不定芽を生ずる。この異常不定芽は翌年は釘頭状体に成長するだけで、さび柄胞子、さび胞子は生じない。これらが形成されるのは翌々年の春で、さび柄子殻、さび柄胞子の形成は3~4月頃、さび胞子は5月頃である。さび胞子は6月上旬までに飛散消失する。

以上のとおり、本病菌のさび胞子がアスナロに侵入して病徴・標徴を発現し、さび胞子を生ずるのに約2年を要することが判明した。この生活史を示すと Fig. 31 のとおりである。

8. まとめ

アスナロのてんぐ巢病は伊藤⁹⁸⁾⁹⁹⁾¹⁰⁰⁾によれば、青森、岩手、石川などのヒバ (アテ・ヒノキアスナロ・アスナロ) 林にきわめて普通に発生するという。しかしながら、長野県内ではこれまでネズコ (ク

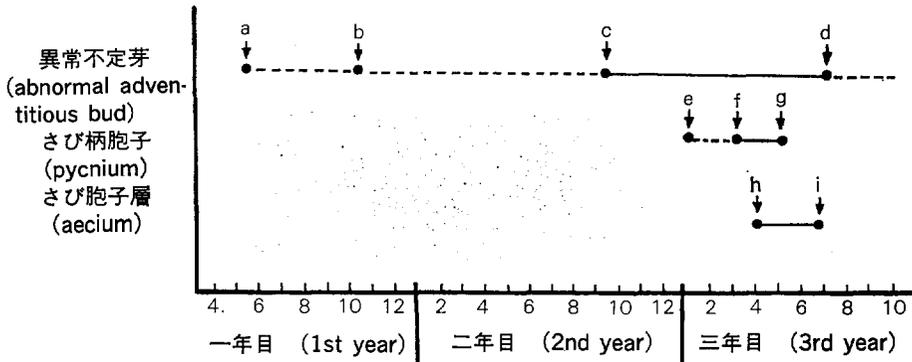


Fig. 31. アスナロてんぐ巣病菌の生活史

Life cycle of *Caecoma deformans* (BERK. et BR.) TUBEUF.

- a : 侵入感染 (infection), b : 発病 (formation of abnormal adventitious bud),
- c : てんぐ巣化, 皿状菌体形成 (small witches' broom with saucer shaped bodies),
- d : 新しい異常不定芽形成 (formation of new abnormal adventitious bud),
- e : さび柄子殻形成 (immature pycnium), f : さび柄胞子形成 (mature pycniospore),
- g : 形成終了 (empty pycniospore), h : さび胞子形成 (mature aecium),
- i : さび胞子形成終了 (empty aecium).

ロベ) に本病の被害報告があるだけであった¹⁷⁾。しかるに、1971年上松営林署管内ヒノキ林下のアスナロが本病にはなはだしく罹病し、多数の枯死木を生じている事例が判明して以来にわかに注目される病害となってきた。

調査の結果、本病の分布は今のところ上松営林署小川入国有林(赤沢)付近の湿潤地に限られているようであるが、湿潤地のアスナロにとって本病は警戒を要する病害と考えられる。

伊藤⁹⁸⁾⁹⁶⁾⁹⁹⁾は、本病がさし木苗にも時として少なからざる被害を与える事例をあげて、この原因としてさし穂が病気にかかっているのを気づかず持ちこむためであると述べているが、筆者の接種試験結果でも、初期の病徴の段階では気づきにくく、罹病枝がさし穂として持ち込まれる可能性が示された。

なおまた、伊藤⁹⁸⁾⁹⁶⁾⁹⁹⁾は、本病は森林で日光の透射および空気の流通不良な場所に多発するから育林的処置の実施を提唱しているが、筆者の調査からもこの妥当性が立証された。

本病は一度感染すると、これが感染源となって次々に病患部をつくって伝染するものようで、小川入国有林のアスナロ罹病木には1本当たり平均21個の大小てんぐ巣病巣が生じていた。本病の罹病木は樹勢衰退、発育阻害を生ずるが、枯死することはまれであるとされてきた。しかし、本病の寄生数の多い幼齡木中には数年で枯死するものがかなりあることがわかってきた。

本菌のさび胞子の生理的性質についての報告は見当たらないが、本実験でのさび胞子の発芽最適温度は25°Cであった。また、関係湿度95%以上で供試さび胞子のほぼ半数が発芽した。さび胞子の最適温度は15~18°Cのものが多いと報告されているので、本病菌さび胞子はかなり高温を好む種類といえよう。

草野¹²⁶⁾はさび胞子をアスナロの葉につけて発病させた接種試験を行い、本病の伝染には中間宿主を必要としないとしているが、報告が簡単で侵入部位、発病期間、病徴・標徴などが不明であった。筆者の接種試験により、本菌のさび胞子は5月頃当年生長葉の葉裏から侵入し、10月頃(約4.5か月後)微小な白緑色円柱状の異常不定芽を生ずることを明らかにした。なお、この異常不定芽は翌年釘頭状体に生長するが、さび柄胞子、さび胞子の形成は翌々年、つまり、接種約2年後であることも観察された。

第 5 節 アカマツの葉さび病

1. まえがき

キハダ類を中間宿主とするアカマツの葉さび病菌は、草野（俊助）が 1895 年東京大学植物園で採集した標本に基づき、DIETEL¹¹⁾が 1901 年に命名発表した *Coleosporium phellodendri* DIETEL とされていたが W. L. KOMAROV¹²²⁾が 1899 年、中国(満州)で採集した資料によって発表した *Coleosporium phellodendri* KOMAROV と同一菌であることが判明したため、現在は先命権により KOMAROV による学名が用いられている¹¹⁰⁾。そしてこの菌は、日本(北海道¹⁶⁹⁾、本州¹¹⁰⁾、四国⁶⁷⁾、九州⁶⁷⁾、韓国⁶⁵⁾および中国(満州¹¹⁰⁾だけに分布する東亞特産種とされている。

近年我が国各地において、各種マツ属の幼齡造林木に各種の葉さび病の被害発生報告が数多くなされているが⁸⁾⁸⁸⁾¹¹⁸⁾¹⁴⁸⁾、本菌がアカマツに大きな被害を与えたという報告はなかった。ところが 1959 年木曽地方のヒノキ林地帯にアカマツの大面積造林が行われ、同時にここに自生するキハダを残して製薬原料にしようとしたところ、本菌による葉さび病の被害が大面積にわたって発生した。本病原菌の分類学的記述¹¹⁾⁶⁵⁾⁶⁷⁾⁶⁸⁾⁸³⁾¹¹⁰⁾¹¹¹⁾¹¹⁸⁾¹²²⁾¹⁴⁸⁾¹⁴⁹⁾¹⁶⁹⁾は少なくないが、疾病としての報告ははなはだ乏しい。それで筆者は木曽谷における大被害の発見以来、その被害状況、病徴・標徴、生活史などについて調査研究を行い、結果の一部はすでに報告済み¹⁸⁾~²¹⁾²³⁾⁸⁸⁾であるが、ここではその後得られた知見をも加えて報告する。

2. 被害状況と発生環境

長野県木曽郡王滝村では古くからキハダの乾燥樹皮に含まれるベルベリン ($C_{20}H_{18}O_8$) をもとにした健胃整腸剤“百草”が製造されてきた。そしてこの薬は 1952 年日本薬局法でオオバクエキスとして正式認可されると急速に需要が伸び、王滝村および近村の 3 会社あわせて年間 1 億円近くの売上げをしめず産業に発展した。しかし、生産量の増加に伴い原料キハダはしだいに不足し始め、1956 年頃からは年間必要乾燥皮約 70000 kg のうち、地元では約 1000 kg (約 7%) しか供給できない状態となった。それで、この対策として村当局ならびに地元関係者は王滝村付近でできる限りキハダを確保するため、雑木林中およびヒノキ・カラマツ・アカマツ造林地中に自生するキハダはすべて保護育成する方針をたて、村民もすべてこの方針にしたがった。同村樽沢地籍にもこの方針に基づいたアカマツ造林地が約 50 ha つくられたが、1959 年 5 月中旬、この造林地に *C. phellodendri* KOMAROV による葉さび病が大面積に発生していることが発見された。

元来、木曽郡王滝村の御岳山麓に広がる高原地帯は採草地として利用されてきたが、1957 年～61 年の 5 か年におよそヒノキ 30%、カラマツ 30%、アカマツ 30% の比率で約 1000 ha におよぶ造林が進められた。葉さび病の発生した樽沢地籍のアカマツ造林地もこの一部であるが、ここには以前からかなりの数のキハダが自生していたという。この被害地最下部の標高は約 1300 m、最上部約 1450 m、南向き 10～25 度の傾斜で、土壌は御岳火山灰を主体とする黒色土壌である。長野営林局管内気象観測統計書¹³⁸⁾によれば、付近の王滝村田島における 1958 年の年間平均気温 9°C、年間降水量約 2500 mm、1959 年の年間平均気温 9°C、年間降水量約 2400 mm で降水量は多いが、両年の気象は平年と特に変わっていない。したがって今回の被害は *C. phellodendri* KOMAROV に感染しているキハダが数多く自生している中へアカマツを造林し、共存を計ったために発生した被害と考えられた (Plate 17, G)。

この王滝村樽沢地籍におけるアカマツ葉さび病の被害発生面積は約 31 ha であった。このうち被害が顕著で葉の色が赤褐変している激害地は約 3.5 ha、全体としては葉色に変化はみられないが部分的激害地は

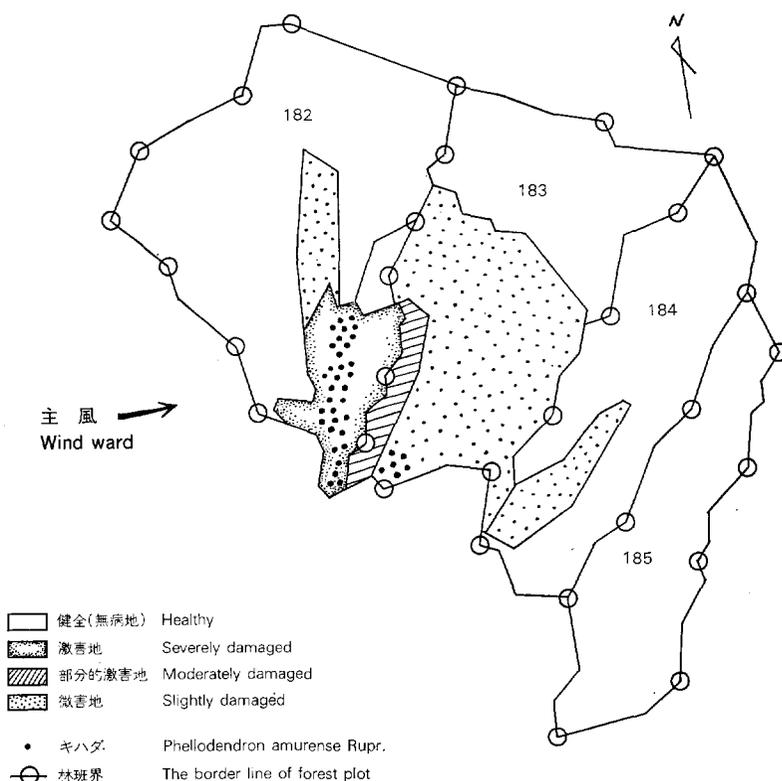


Fig. 32. アカマツの葉さび病発生地略図

Map of distribution of the needle rust of pine caused by *Coleosporium phellodendri* KOMAROV at Otaki, in Kiso Valley, Nagano.

約 2.5 ha, 罹病木が点々と認められる微害地は約 25 ha という状態であった (Fig. 32)。

激害地約 3.5 ha の中から 1959 年秋に枯死木が数本発生し, 枯死しなかったものも 1960 年春の調査時には, 無被害の付近同齡木に比べると生長ははなはだ不良であった。そして部分的激害地, 微害地においても, 罹病木の生長は健全木よりかなり不良であった。また, 被害は 4~5 年生造林木にははなはだしく, 当年度植栽木および 2~3 年生造林木には軽微であった。さらに, この被害地を翌年の 1960 年 5 月に調査したところ, 前年の激害地付近のアカマツの中に前年生針葉はまったく侵されないで, 前々年生針葉だけにさび胞子が形成されている被害木十数本が発見された。

1959 年 5 月発見当時の被害木は, すべて前年生針葉が侵されていたことから考えて, この葉さび病菌はアカマツに侵入して翌年発病する場合と, さらにもう 1 年潜伏して 2 年後に発病する場合のふたとおりの場合のあることが推測された。1959 年 5 月に発見された葉さび病の病状は一見して *Coleosporium asterum* (DIET.) SYD. に似ていたが, 被害林内のキク科植物上には夏胞子が認められなかった。同年 7 月上旬に再度調査したところ, 林内および付近のキハダ葉上におびただしい夏胞子の形成を確認し, *Coleosporium phellodendri* KOMAROV による葉さび病にほぼ間違いないことがわかった。そこで中間宿主であるキハダの分布と被害のでかたについて調査したところ, 激害地および部分的激害地の西側には多数の大小キハダ

が散在し、被害はこの東側にひどく発生していることが判明した。Fig. 32 に示すように、ここには樹高15m以上の大木が4本、樹高0.3～3m程度のものが約40本、計約50本のキハダがあった。この樽沢地籍は南が谷になっていて、ここには幅5mほどの林道と、幅10mほどの川が南東方向へ流れているが、主風は御岳おろしの西風である。この風によってキハダの集団自生地東側にキハダ罹病葉が散乱して落ち、さらにこの葉上の病原菌（小生子）が東側のアカマツ葉上に飛散して大被害をもたらしたものと推定され、主風前面に大きなキハダが多数とり残されたことが、今回の被害を大きくした原因の一つと考えられた (Plate 17, G)。

3. 病徴・標徴

1) アカマツ上の病徴・標徴

11月～12月アカマツ葉上に大きさ0.5～1.0mmのろう褐色の小黑点、すなわち、病原菌のさび柄子殻が生じ、これは越冬後4月上旬に成熟する。4月下旬～5月上旬、長さ0.5～4mm、幅1～2mm、だ円形もしくは長だ円形、黄白色の隆起が葉の基部から先端におよびほぼ全面に現れ、同時に葉の表面には黄褐色の小さな斑点が散生する (Plate 17, B-E)。そして、黄白色に隆起したしゅう子のう (Plate 17, F) をつむむ薄紙状の膜は、やがてさけて内部からさび胞子がおびただしく飛散するようになる。この時期に罹病葉にふれると、手や衣類は無数のさび胞子によって黄色く汚染される。被害を受けた葉はしゅう子のうが形成されるころにはやや黄褐色を呈し、胞子が飛散し終わるとしだいに生気を失い、徐々に灰白色に変じてやがて枯死するが、この枯葉はただちに脱葉することなく、その後しばらくは枝に付着している。なお、本病の被害の現れかたは一様でないが、侵されたアカマツは生育が著しく衰え、被害のはなはだしい場合には枯死する。

2) キハダ上の病徴・標徴

オオバノキハダには茎の白いものと赤いものの2種類があり、その発病程度にはかなりはっきりした差異が認められた。すなわち、感受性が高いと思われる茎の白い樹では、その葉が本病菌に侵されて夏胞子が目だつようになるのは6月下旬～7月中旬で、罹病葉の表面は黄色味をまし、裏面に黄白色の微細な夏胞子堆がおびただしく認められ (Plate 17, H)、ときに黄色の病斑を生ずる。そして、発病程度の著しいものから落葉が始まる。さらに8月下旬になると、葉の表面は黒褐色、裏面はやや赤味をおび、9月中旬には多数の黄赤色の冬胞子が混生し始め、橙黄色の小生子の形成も認められる (Plate, 17, I)。このような罹病樹は健全木に比し約1か月早く落葉する。茎の赤いものでは夏胞子、冬胞子の形成がかなり少ない上、変色の程度は軽く、終始緑色が強く、落葉時期も前者ほど早くない。

4. 病原菌の形態

本病のさび柄子殻は葉の外面に散生、長さ0.4～1.0mm、幅0.4～0.5mm、高さ75～125 μ m、ろう褐色。柄子はだ円形、平滑、無色、大きさ3～5 \times 3 μ m。しゅう子のうは葉の両面に列をなし、長さ0.5～40mm、幅0.5～2.5mm、黄色の擬護膜は32～52 \times 18～32 μ m、疣のある細胞よりなり、細胞外壁はかなり厚く、大きさ13～16 μ m、内壁3～4 μ m。さび胞子は亜球形、広だ円形、高さ1 μ mの疣を密生し、大きさ30～40 \times 20～33 μ m、膜の厚さ3～5 μ m。夏胞子堆は葉の裏に散生、黄色病斑を生じ、大きさ1～2mmで円形。夏胞子は球形、だ円形、疣を粗生し、大きさ25～28 \times 13～18 μ m、膜は無色、厚さ2～3 μ m。冬胞子堆は葉裏に群生し、小円形、径0.2～0.6mm、淡橙黄色。冬胞子は円柱状棍棒型、頭部円形で、この厚さ10～20 μ m、基部多くは円形、大きさ70～100 \times 18～25 μ m。小

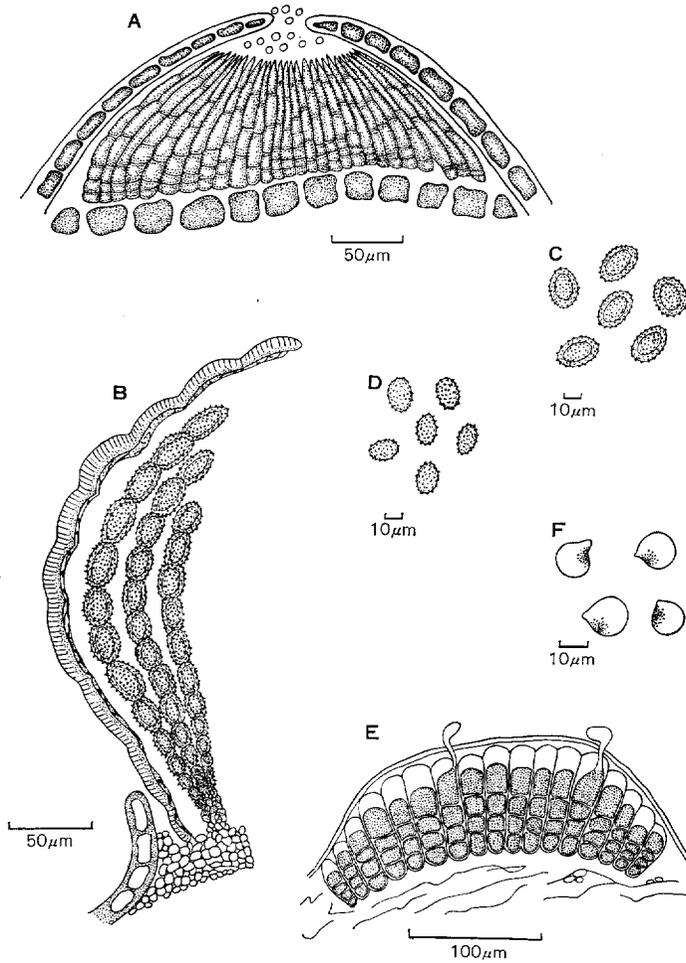


Fig. 33. アカマツ葉さび病菌

Coleosporium phellodendri KOMAROV.

- A : さび柄子殻およびさび柄胞子 Pycnium and Pycniospores
 B : しゅう子のうの一部 A part of Pridermium
 C : さび胞子 Aeciospores D : 夏胞子 Uredospores
 E : 冬胞子層および冬胞子 Telium and tiliospres
 F : 小生子 Sporidium

生子はだ円形，膜は無色，厚さ1µm内外，内容橙黄色，大きさ20~25×15~18µm。Table 18 にはいまままでに報告された *Coleosporium phellodendri* KOMAROV の測定値を示すが，筆者の測定値はこれらの値とはば一致する (Plate 17, B-F, H, I; 18, A-D; Fig. 33 A-F; Table 18)。

5. 病原菌の生理的性質

1) さび胞子の発芽におよぼす温度の影響

懸滴培養によるさび胞子の発芽と温度との関係を示せば Table 19 のとおりで，ある範囲内の温度条件下では，適温が与えられれば短時間で発芽孔から発芽管を伸長し，最適温度は15~25°C，特に15°C付近で発芽率が最高で，かつ発芽管の伸長も最もよかった。

Table 18. アカマツ葉さび病菌の各胞子の測定値
Dimensions of aeciospore, urediniospore, teleutospore and sporidium of *Coleosporium phellodendri* KOMAROV (μm).

研究者 Author	さび胞子 Aeciospore	夏胞子 Urediniospore	冬胞子 Teliospore	小生子 Sporidium
KOMAROV ¹²⁹⁾ (1899)		18—24×26—31	22—35×60—110	
SACCARDO ¹⁴⁶⁾ (1902)		17—26×24—30	22—35×60—110	
伊藤 (1938) ¹¹¹⁾ S. ITO	22—32×32—40	19—27×20—30	18—30×60—110	
浜 (1962) ¹⁸⁾ HAMA	20—33×30—40	13—18×25—28	18—25×70—100	15—18×20—25
佐保 (1962) ¹⁴⁹⁾ SAHO	21—28×30—39	16—22×24—30	18—30×60—110	

Table 19. アカマツ葉さび病菌さび胞子の発芽と温度との関係

Effects of temperatures on germination of aeciospores of *Coleosporium phellodendri* KOMAROV (after 30 hours).

温度 Temperatures °C	発芽率 Germination percentage %	最大発芽管長 Largest length of germ-tube μm
5	12	20
15	47	400
25	30	310
30	0	0

無色の菌糸となっていた。48時間後には菌糸は約 300 μm 前後になり、ますます分岐がふえ、60時間後にはこの長さは 600 μm 前後と、多数に分岐した菌糸は無色のものばかりとなった (Fig. 34, A-D)。本実験では水道水でも蒸留水でも、発芽率および発芽管の伸長経過にはさしたる相違はみられなかった。

2) さび胞子の発芽管伸長速度

蒸留水および水道水中における25°Cでのさび胞子の発芽状況はつぎのとおりである (Table 20)。まず 10 時間後発芽孔から小突起を生じ、しだいに伸びて約 12 時間後には 20 μm 前後の長さになる。16時間後には急速に伸びはじめ、菌糸には分岐を生じ、発芽管長は約 100 μm 前後となり、伸びた菌糸にはさび胞子中の黄色顆粒の移行がみられた。24時間後には菌糸はさらに伸びて約 200 μm 前後に達したが、100 μm 前後から先には黄色顆粒はしだいに少なくなり、

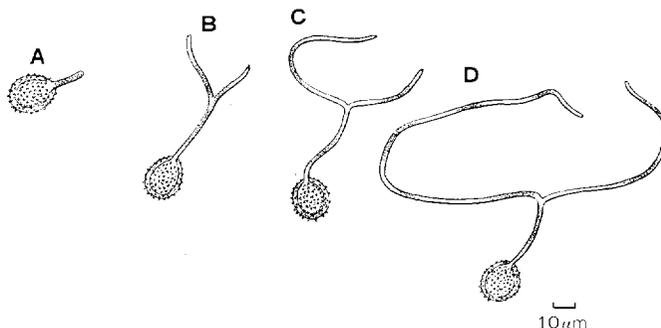


Fig. 34. アカマツ葉さび病さび胞子の発芽 (25°C)

Germination of aeciospores of *Coleosporium phellodendri* KOMAROV kept at 25°C.

- A : 12時間後 (after 12 hours)
- B : 16時間後 (after 16 hours)
- C : 24時間後 (after 24 hours)
- D : 48時間後 (after 48 hours)

つぎに、染色ピン (5 枚立) の中に KCl の飽和溶液をいれ、空中湿度を 87% に規正した場合には懸滴培養に比べて発芽の開始時間が著しく早まり、3 時間後にはすでに 15 μm 、12 時間後に 180 μm 、24 時間後に 200 μm 、48 時間後に 220 μm 、60 時間後には 720 μm を記録した (Table 21)。

以上の試験結果から、本菌のさび孢子は水中の場合よりも、空中湿度 87% の屋内においた場合の方が速く発芽することが明らかになった。

3) さび孢子の生存力

1962 年 5 月 30 日にアカマツ葉上に形成されたさび孢子を直径 1 cm、長さ 3 cm のガラス管に約 10 白金耳量採集し、これに綿栓を施し、さらに径 4 cm、長さ 7 cm のガラス小びんに入れ、下に綿を置いてびんが動かないようにしたうえ、これを直射日光のまったく当たらない屋内日陰と、屋外の日光の直射する場所におき、1 か月ごとにさび孢子の発芽を懸滴培養法で調べた。実験着手時に 47% の発芽率を示したさび孢子は屋内、屋外いずれの場合も 30 日後には急速に発芽率は低下し、60 日目ではさらに低くなり、90 日後にはまったく発芽力を失った。なお、屋内の日陰に置いた場合の方が、陽光の直射する屋外に置いた場合より、わずかに発芽率は高かった (Table 22)。

6. 接種試験

本菌の病原性を確かめるため、アカマツおよびキハダにそれぞれつぎの接種を行った。

1) アカマツへの接種試験

Table 21. アカマツ葉さび病菌さび孢子の発芽管の伸長速度
Germination of aeciospore of *Coleosporium phellodendri* KOMAROV at 87% relative humidity and 25°C.

時間 Time passed (hr.)	発芽管の長さ Length of germ-tube
1	0
2	0
3	15
6	56
12	183
24	201
48	221
60	720

Table 20. アカマツさび病菌さび孢子の発芽管の伸長速度
Length of germ-tubes of aeciospores in *Coleosporium phellodendri* KOMAROV related to time passed, at 25°C.

時間 Time passed (hr.)	発芽管の長さ Length of germ-tube	
	蒸溜水 Distilled water	水道水 Tap water
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0	0
12	20	30
16	80	50
24	200	95
30	220	130
48	280	332
60	620	700

Table 22. アカマツ葉さび病菌さび孢子の生存力
Longevity of aeciospore of *Coleosporium phellodendri* KOMAROV.

経過日数 Days passed	保存場所 Places kept	屋内 Indoor temp.	屋外 Outdoor temp.
		2.5—28°C R. H.* 60—70%	0.4—35°C R. H.* 50—60%
0 日 (5—30 '62)		47	47
30 (7—1 '62)		4	1.5
60 (8—1 '62)		3	0.5
90 (9—1 '62)		0	0
100 (10—1 '62)		0	0
120 (11—1 '62)		0	0

* R. H. : 関係湿度 Relative humidity

Table 23. アカマツ葉さび病の小生子による接種試験結果 (1 年型)

Result of the inoculation tests with sporidium of *Coleosporium phellodendri* KOMAROV to *Pinus densiflora* SIEB. et Zucc. (Annual type).

供 試 樹 種 Tree species	区 分 Plots	供試本数 Number of tested tree	接種 (1959年 8 月 28 日) 後の経過日数およびさび胞子の形成 Days lapsed from the inoculation, Aug. 28 1959, and formation of aeciospores						
			50	100	150	200	229	250	300
アカマツ (4 年生) <i>Pinus densiflora</i> SIEB. et Zucc. (4-year-old seedling)	接 種 Inoculated	2	-	-	-	-	+	+	+
	対 照 Control	2	-	-	-	-	-	-	-

Note) + : 発病 Aeciospores, - : 無発病 Un-infection.

実験—1

(1) 実験方法

1959 年 8 月 28 日 オオバノキハダ罹病葉を採集し、冬胞子、小生子の形成を確認してから、ワラを半分ほど入れたミカン箱の中に 50 枚入れ、鉢に植えた 4 年生アカマツ 2 本の下に置いて自然状態に保った。比較対照木 2 本は罹病葉のかわりに健全葉を用いたほかは接種木と同様の処理をした。

(2) 結果

接種 105 日後の 1959 年 12 月 10 日にさび柄子殻の形成を認め、さらに 229 日後の 1960 年 4 月 10 日にさび胞子の形成を確認した。なお、さび柄子殻は形成後約 90 日の 1960 年 3 月 10 日に消失し、さび胞子はほぼ 60 日後の 6 月 10 日に飛散して認められなくなった。なお、比較対照木にはまったく発病が認められなかった (Table 23; Plate 17, B)。

実験—2

(1) 実験方法

1968 年 9 月 15 日林業試験場木曾分場構内にあるオオバノキハダ上に *C. phellodendri* KOMAROV の小生子形成を顕微鏡で確かめてから、アカマツ 3 年生鉢植え苗木 6 本を殺菌水でよく洗い、この葉に罹病葉を 2 枚ずつ巻きつけ紐でしばり、殺菌水をふきつけたビニール袋で覆い、25°C に 24 時間おき、その後ビニール温室中に入れた。比較対照木の 4 本は罹病葉のかわりに健全葉を用いたほかはすべて接種木と同じ処置を行った。なお、接種したキハダの罹病葉および比較対照木の健全葉は 9 月 19 日に取り除いた (Plate 17, A)。

(2) 結果

接種 60 日後の 1968 年 11 月 15 日に若いさび柄子殻の出現が認められ、翌年 4 月にはこれが成熟して褐色となり、柄子も認められた。1969 年、さび柄子殻はこのままの状態越年、接種翌々年の 1970 年 3 月上旬に消失した。そしてしゅう子のうが出現したのは接種 562 日後の 1970 年 5 月 11 日であった。その後 6 月下旬までさび胞子の飛散が認められた (Table 24; Plate 17, C)。

2) キハダへの接種試験

実験—3

(1) 実験方法

Table 24. アカマツ葉さび病の小生子による接種試験結果 (2年型)

Result of the inoculation tests with sporidium of *Coleosporium phellodendri* KOMAROV to *Pinus densiflora* SIEB. et Zucc. (Biennial type).

供試樹種 Tree species	区分 Plots	供試本数 Number of tested tree	接種 (1968年9月15日) 後の経過日数およびさび胞子の形成 Days lapsed from the inoculation, Sep. 15, 1968 and formation of aeciospores			
			100	500	562	600
アカマツ (3年生) <i>Pinus densiflora</i> SIEB. et Zucc. (3-year-old seedling)	接種 Inoculated	6	—	—	+	+
			—	—	+	+
			—	—	+	+
			—	—	+	+
			—	—	+	+
			—	—	+	+
	対照 Control	4	—	—	—	—
			—	—	—	—
			—	—	—	—
			—	—	—	—

Note) + : 発病 Aeciospores, - : 無発病 Un-infection.

Table 25. アカマツ葉さび病のさび胞子によるキハダへの接種試験結果

Result of the inoculation tests with aeciospore of *Coleosporium phellodendri* KOMAROV to *Phellodendron amurense* RUPR.

供試樹種 Tree species	区分 Plots	供試本数 Number of tested tree	接種 (1960年6月1日) 後の経過日数および夏胞子形成 Days lapsed from the inoculation, June 1 1960, and formation of urediniospore						
			1	2	6	7	8	9	10
キハダ (3年生) <i>Phellodendron amurense</i> RUPR. (3-year-old seedling)	接種 Inoculated	2	—	—	—	—	+	+	+
			—	—	—	—	+	+	+
	対照 Control	2	—	—	—	—	—	—	—
			—	—	—	—	—	—	—

Note) + : 発病 Urediniospore, - : 無発病 Un-infection.

王滝村樽沢の被害地で採集した *C. phellodendri* KOMAROV のさび胞子を 1960年6月1日蒸留水にといてから、鉢植えたオオバノキハダ3年生2本の葉裏へ筆で塗布した。ビニール袋で覆って 20°C に 24 時間保った後、ビニール袋をはずして屋外に置いた。比較対照木の2本には蒸留水で接種木と同じ処理を行った。

(2) 結果

接種8日後の6月8日に夏胞子の形成を確認し、さらにこれから82日後の9月1日には冬胞子が認められた。比較対照木には発病は認められなかった (Table 25)。

実験—4

(1) 実験方法

1968年6月3日北海道山部町東京大学北海道演習林内のアカマツ幼齢林で採集された *C. phellodendri* KOMAROV による被害葉のさび胞子を用いて、鉢植えたオオバノキハダ3年生2本の葉裏へ6月11日に実験—3と同じ方法で接種した。比較対照木の2本には罹病葉の代わりに健全葉を用いたほかは、すべて接

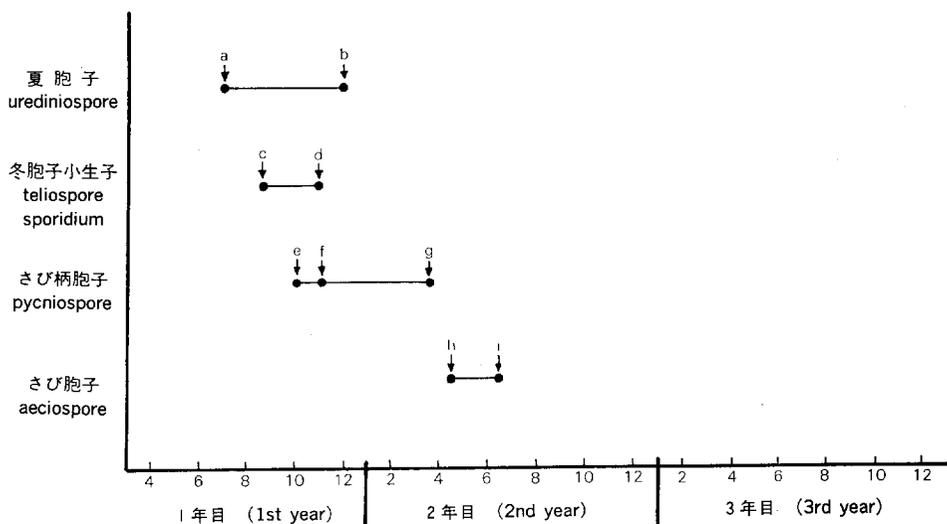


Fig. 35. アカマツ葉さび病菌の生活史 (1年型)

Life cycle of *Coleosporium phellodendri* KOMAROV which closes within 2 years (Annual type).

- a : 中間宿主に夏孢子形成 (mature urediniospore), b : 夏孢子形成終了 (empty urediniospore),
- c : 冬孢子小生子形成 (mature teliospore and sporidium), d : 冬孢子小生子形成終了 (empty teliospore and sporidium),
- e : アカマツへ侵入感染 (infection to *Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC.),
- f : さび柄孢子形成 (mature pycniospore), g : さび柄孢子形成終了 (empty pycniospore),
- h : さび孢子形成 (mature aeciospore), i : さび孢子形成終了 (empty aeciospore).

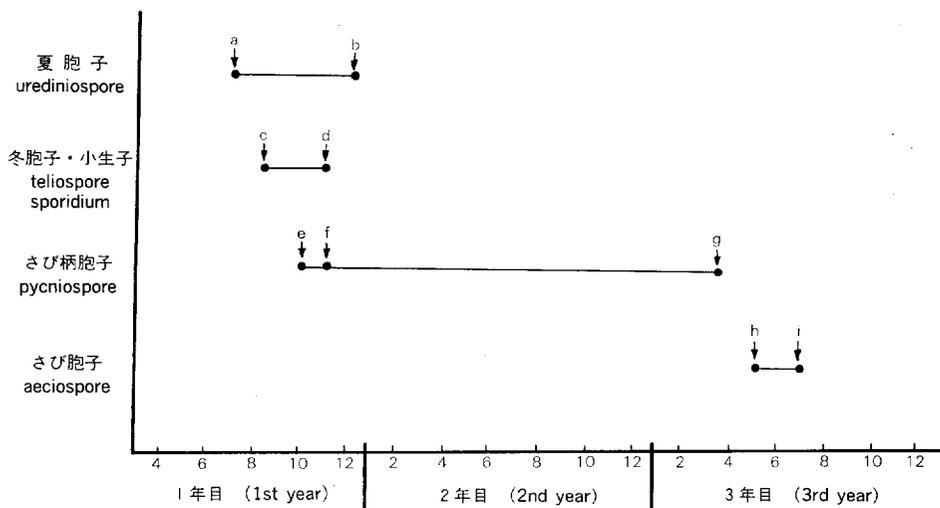


Fig. 36. アカマツ葉さび病菌の生活史 (2年型)

Life cycle of *Coleosporium phellodendri* KOMAROV which closes within 3 years (Biennial type).

- a : 中間宿主に夏孢子形成 (mature urediniospore), b : 夏孢子形成終了 (empty urediniospore),
- c : 冬孢子小生子形成 (mature teliospore and sporidium), d : 冬孢子小生子形成終了 (empty teliospore and sporidium),
- e : アカマツへ侵入感染 (infection to *Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC.),
- f : さび柄孢子形成 (mature pycniospore), g : さび柄孢子形成終了 (empty pycniospore),
- h : さび孢子形成 (mature aeciospore), i : さび孢子形成終了 (empty aeciospore).

種木と同じ処置を行った。

(2) 結果

接種 14 日後の 6 月 25 日に夏胞子の発生を確認し、さらにこれから 60 日後の 8 月 25 日に冬胞子の発生を確認した。比較対照木には発病は認められなかった。

7. 本病の生活史

本菌はさび柄胞子世代 (0), さび胞子世代 (I) をアカマツ針葉上で, 夏胞子世代 (II), 冬胞子世代 (III), 小生子世代 (IV) をキハダ葉上で過ごすものであるが, 野外観察および接種試験によればつぎのとおり, この菌は 1 年間で生活史を完了する場合と, 2 年間要する場合のあることが明らかにされた。

1) 生活史を 1 年で完了する場合

さび柄子殻は秋おそくアカマツ針葉上に現れ, 翌年 3 月上旬完熟する。この後同一針葉上に 4 月上旬にしゅう子のうが現れ, さび胞子は 6 月上旬まで飛散がみられる。キハダ葉上へ飛来したさび胞子によって生ずる夏胞子堆, 夏胞子は 6 月上旬から 11 月上旬の落葉期まで認められ, 小生子は 8 月中旬から 10 月上旬まで形成された (Fig. 35; Plate 17, B)。

2) 生活史を 2 年で完了する場合

前と同じく秋おそくアカマツ針葉上に現れたさび柄子殻は, 越年後も完熟することなくそのままの状態を続け, さらに今一度越年後の 3 月上旬に完熟する。そして同じ針葉上に 5 月上旬, しゅう子のうが現れるが, その後の生活史は 1 年の生活史の場合とほぼ同様である (Fig. 36; Plate 17, C)。

8. 中間宿主の除去による本病の防除

平塚⁸⁹⁾は日本に産するマツ類の葉さび病菌は, ハイマツに寄生する *Coleosporium pini-pumilae* AZBUKINA 以外はすべて異種寄生性で, 冬胞子寄主はマツ属以外の植物であるから, それらの防除にはそれぞれの中間宿主の除去が有効であるとのべている。

1) キハダの除去

キハダの葉裏には感染源となる小生子が作られるから, 除去は早ければ早いほどよいはずであるが, 種々の事情からかなり遅れて 1959 年 8 月 4 日に実行され, 被害地約 31 ha 中に散在する大小のキハダはほとんどすべて伐倒された。大きい木は樹高約 20 m, 小さいものは 10~20 cm の数百本が約 1 日でほぼ全部伐倒され, これらは数か所に集めて焼却された。伐倒時のキハダの葉は黄色味があったものが多く, 裏面には多数の夏胞子の形成が肉眼で明瞭に認められた。なお, アカマツに枯死木の出た激害地付近約 1 ha には, 1959 年 9 月 25 日と 10 月 2 日にダイセン水和剤 500 倍液が散布された。

2) 伐倒処分後の発病状態

伐倒後はとくにキハダの萌芽に注意して観察し続けたが, 盛夏に伐倒したためか, 一部にわずかに萌芽を認めただけにとどまった。そして, この萌芽上の葉には夏胞子, 冬胞子の形成はまったく認められなかった。越えて 1960 年 4 月上旬から 5 月上旬にアカマツを調査したが, 激害地付近で前々年葉の侵された (生活史 2 年の型) 十数本の罹病木を見出した以外, 新しい罹病アカマツは発見されなかった。薬剤散布をしたところと, しないところの相違は特にみられなかった。つぎに 6 月上旬から 7 月上旬にキハダの調査を行ったが, 萌芽はごくわずかで, しかも, この葉上に夏胞子はまったく認められなかった。さらに翌 1961 年 4 月上旬から 8 月中旬にかけて数回調査したが, 造林地内にアカマツ罹病木はまったく認められず, わずかに萌芽しているキハダにも夏胞子はまったく認められなかった。

9. まとめ

キハダとアカマツの感染距離について平塚⁸⁸⁾は *Coleosporium* 属の小生子感染距離は 30～40 m であろうと推定し、また、佐保¹⁵⁰⁾は樹高約 8 m のヒロハノキハダからの *C. phellodendri* KOMAROV の小生子感染距離は 120 m であったと報告している。今回の被害地では風上にキハダの罹病木が多数存在していたためか、約 200 m 風下のアカマツにもかなりの罹病木が認められた。したがって、中間宿主が主風前面に多数存在し、しかも主風がかなり強い時は *C. phellodendri* KOMAROV の小生子感染距離は両氏らの報告よりもかなり長くなるものと考えられた。

キハダの病徴・標徴は茎の色によって相違が認められた。すなわち、キハダの茎の白いものは感受性で夏孢子、冬孢子の形成がはなはだしく、早期に黄変し落葉軟化腐敗した。茎の赤いものはやや抵抗性で、夏孢子・冬孢子の形成が少なく早期落葉も少なかった。茎の色によって罹病程度に相違の生ずる理由については明らかにできなかったが、後者は感染程度が軽微であっても、感染源となる小生子の形成期間が長くなるので警戒を要する。キハダの茎の色は分類学上は問題とならず、いずれもオオバノキハダ (*Phellodendron amurense* RUPR. var. *japonicum* OHWI) と同定された。

本菌の各孢子の測定値は Table 18 に示したとおりである。さび孢子は発表者間に差はみられないが、夏孢子の筆者の測定値（測定数各 100 個）はやや小さい値がみられた。小生子については筆者の報告が初めてのようである。

本菌のさび孢子についての報告は見当たらないが、本実験でのさび孢子の発芽最適温度は 15°C 付近であった。また、水中では 12 時間後に発芽管が分岐した。さび孢子の発芽最適温度は平塚⁸¹⁾によれば 15～18°C のものが多いと報告されており *C. phellodendri* KOMAROV のさび孢子もこれにあてはまるようである。

本菌さび孢子の生存力についての報告は見当たらず、筆者の経験では、本病菌のさび孢子は屋内、屋外のいずれに保存した場合も 90 日後に発芽力を失った。さび孢子の生存力に関しては従来幾つかの実験報告がみられる⁸⁰⁾⁸¹⁾。平塚⁸¹⁾の著書中には *Cronartium ribicola* FISCHER のさび孢子を戸外に放置した場合、生存期間は 75 日間 (SPAULDING 1922)、*Gymnosporangium globosum* は 80 日間 (WEIMER 1917)、*G. miyabei* YAMADA et I. MIYAKE のしゅう子毛中のさび孢子を戸外に置いた場合は 212 日間 (福士 1917) 生存した報告が引用されているが、さび孢子の寿命は条件如何で大幅に異なることがうかがわれた。

本菌の異種寄生性は、平塚⁸⁹⁾(1928)によりアカマツ針葉上のさび孢子をキハダへ接種することによって証明されているが、キハダ上の小生子によるマツへの接種は行われていない。

筆者²¹⁾(1962)はさきに、アカマツは小生子感染後の翌年に発病すると報告したが、その後の調査から感染後約 2 年後に発病する場合もあることが推測され、改めて行った接種試験からはこのことが事実であることが確かめられた²⁸⁾。しかし、本菌の小生子がアカマツに侵入して発病にいたるまでに、約 1 年後と約 2 年後の二つの場合の生ずる理由については、接種時期、接種菌量の多少、気象条件などがあげられるが、今回の実験からは、これらのいずれとも判断しかねた (Plate 17, B. C)。

なお、佐保¹⁴⁸⁾¹⁵⁰⁾(1962)も筆者とはまったく別個に北海道において小生子接種試験を行い、アカマツをはじめとする数種の二葉松が感染後翌々年にさび孢子を形成して発病することを報告し、また、野外観察で翌年発病するものも認められる (1962) としている¹⁴⁸⁾。

感染 2 年後に発病する場合について両者の報告を比較してみると、佐保の実験では小生子接種後さび病

子殻形成まで 69 日、さび柄子殻形成からさび胞子形成まで 620 日であり、筆者のそれはさび柄子殻形成まで 60 日、さび胞子形成まで 562 日である。さび柄子殻形成までの期間はほぼ同じとみてよいが、さび胞子形成では筆者の実験の場合が 58 日短くなっているが、これはたぶん両地の気象条件の相違によるものであろう。なお、北海道産と長野県産のアカマツ葉さび病菌が、キハダ葉上で同一の病徴を示すかどうかを確かめるための実験では、両者の夏胞子と冬胞子の形成に若干の相違はみられたものの、最終的病状はまったく同様であることが確かめられた。なお、平塚⁸³⁾(1926)、佐保¹⁶⁰⁾(1963)はキハダにさび胞子を接種し、10日後に夏胞子の形成をみたと報告しているが、筆者の2回の実験では8日後と14日後であったことから、さび胞子がキハダに侵入して夏胞子を形成するまでの期間は1~2週間と考えてよいであろう。なお、その後の冬胞子が形成されるまでの報告はないが、筆者の実験では60~80日であることが判明した。

本葉さび病菌が1年と2年の二とおりの生活史をもつことは、アカマツにとっては2か年にわたって被害が発生することを意味するから本病の防除上注意を要する。また、本病の生活史は地域により差のあることが予想されるので、本病に関しては発生した各地域において生活史を確かめる必要があろう。なお、亀井¹¹⁸⁾は本病がアカマツの少ない北海道北部においても、キハダにきわめてふつうにみられる病害であることから、アカマツの存在を必須とすることに疑義をもつ見解を公表した。筆者も周りにアカマツのみられない木曾谷のヒノキ純林中にあるキハダの発病例をしばしば認めているが、この点に関してはポプラ葉さび病で知られているような夏胞子越冬によるものであるか(千葉・陳野¹⁰⁾、アカマツ針葉上のさび胞子の飛散距離ないし範囲がきわめて遠くて広いものであるか明らかでない。

中間宿主キハダを伐倒後、3か年間にわたって調査した結果、伐倒翌年度から *C. phellodendri* KOMAROV によるアカマツ葉さび病はまったく認められなくなった。本病発生の場合、下刈り作業と同時に、中間宿主であるキハダの伐倒除去を併用すれば、いずれの地方においても被害を最小限に止めることができるものと思われる。キハダの自生数は一般に比較的少ないことから、さしたる手間はかからずに下刈りに組み込むことができ防除効果をあげられよう。

なお、本病にはか2年にわたる生活史をもつものがあって、被害のでた翌年度も同じようにアカマツに発病の認められる場合があるので、キハダの伐倒は1年だけでなく、翌年萌芽してくるものも今一度切除することが必要である。もちろん、この方法で留意すべきことはキハダの伐倒時期である。今回のキハダは8月上旬に伐倒された。そして、この時にはまだ冬胞子、小生子が形成されていなかったため、有効な結果がえられたものと思われる。

第6節 ハイマツの発しんさび病

1. まえがき

ハイマツの発しんさび病(そうほう病)は、1905年 DIETEL¹⁸⁾が *Peridermium kurilenes* DIETEL と命名したものを、1934年 JøRSTAD¹¹⁴⁾が *Cronartium kamtschaticum* JøRSTAD と改名した学名が採用され、前者は synonym とされてきた¹¹¹⁾。ところで1972年北海道中標津付近のストロブマツ造林地に発しんさび病 (blister rust) 類似病害が発生した^{167)176)~178)182)188)~189)}。以来、ハイマツ発しんさび病菌 *C. kamtschaticum* JøRSTAD と、ストロブマツの発しんさび病菌 *C. ribicola* J. C. FISCHER ex RABENHORST を集合種とする見解¹⁰⁶⁾から、二つの分化型 (f. Sp) とする提案がなされている¹⁸⁸⁾、ここではハイマツの発しんさび病(そうほう病)の病原菌を *Cronartium ribicola* FISCHER ex RABENHORST, 病名を発しん

さび病として扱うこととした。

さて、本病が北海道に発生することが知られてから、筆者は中部山岳地帯におけるハイマツ発しんさび病の分布と病原菌の系統調査を実施してきたので、その概要を接種試験結果とあわせて報告する。なお、この研究の一部はすでに報告した²⁹⁾³⁵⁾。

2. 既往の採集記録

中部山岳地帯では平塚によって 1934 年中央アルプス木曾駒ヶ岳および北アルプス燕岳で夏胞子を形成しているエゾシオガマが、また、1935 年御岳山でさび胞子を形成しているハイマツと、夏胞子を形成しているエゾシオガマが、そして、1961 年には北アルプス立山で上記両標本が採集⁶⁸⁾⁶⁹⁾⁸⁴⁾⁸⁶⁾されており、1968 年筆者もまた中央アルプス木曾駒ヶ岳で同様の両標本を採集している²⁹⁾(Fig. 37)。

3. 中部山岳地帯における本病の分布調査

この地帯では上記のとおり、いくつかの高山に本病原菌が分布していることは明らかであるが、乗鞍岳、北アルプス南部、南アルプス、ハケ岳など、なおハイマツの分布する高山が残されていたので、1977 年から 1981 年までの 5 年間調査を行い、さらに既知の中央アルプス駒ヶ岳、御岳山についても補足調査したので、その概要をつぎに述べる。

1) 乗鞍岳

1978 年 7 月 26 日、乗鞍岳標高 2700 m 付近の登山道路ぞいハイマツ群落中で、数年前に発病したと思われる主幹部罹病木（樹齢約 30 年生）と枝罹病木（樹齢約 5 年生）が十数本発見された。これらにはしゅう子のうおよびさび胞子の形成は顕著であった。罹病木から約 10 m の範囲内に点々と存在する中間宿主エゾシオガマの葉裏には夏胞子、冬胞子の形成が認められた。なお、この付近にはそれ以後 1981 年まで毎年新しい罹病木が数本ずつ見出された。

2) 御岳山

1979 年 7 月 28 日、御岳山標高 2400 m 付近王滝口登山道路ぞいのハイマツ群落中で、数年前に罹病したと推定される主幹部罹病木（樹齢約 50 年生）が 2 本発見された。エゾシオガマは罹病木から約 500 m 上方に小群落があったが、夏胞子の形成は認められなかった。

3) 西穂高岳

1979 年 9 月 10 日、ロープウェイにて岐阜県側より西穂高岳に至る標高約 2700 m 付近登山道路ぞいで、日本きのこセンター菌茸研究所金子繁博士がエゾシオガマに夏胞子の生じている標本を採集したが、付近のハイマツ群落中には罹病木は発見されなかった。

4) 木曾駒ヶ岳

1960 年 8 月 13 日、筆者は駒ヶ岳千畳敷カール標高 2700 m 付近登山道路沿いハイマツ群落中で、枝罹病木（樹齢約 20 年生）2 本を発見した。罹病木から約 20 m 離れて夏胞子・冬胞子の生じているエゾシオガマを採集した。さらに 1978 年 8 月 15 日と 1981 年 8 月 13 日の 2 回にわたる調査の結果、上記と同様の枝罹病木（推定樹齢同上）数本と、夏胞子、冬胞子の形成されたエゾシオガマを採集した。

5) ハケ岳（丸山・中山）

1980 年 7 月 29 日、麦草峠～丸山～中山までの、標高約 2300 m から約 2400 m 付近の登山道路沿いハイマツ群落を調査したが、罹病木は発見されなかった。なお、麦草峠より北方の横岳山麓標高約 2100 m 付近のハイマツ群落にも罹病木は見当たらず、また、エゾシオガマも見られなかった。

6) 仙丈岳

1981年7月28日、仙丈岳大平小屋からの登山道路沿い標高約2300m～2900mのハイマツ群落を調査した結果、馬の背ヒュッテ下方約1km付近で主幹部罹病木(樹齢約30年生)2本を発見、しゅう子のう、さび胞子の形成は顕著であった。そしてハイマツから約5mのところにエゾシオガマの小群落があり、これに夏胞子の形成が認められた。なお、これより約500m上方で枝罹病木(樹齢約10年生)数本が発見された。

以上の調査結果を総括すれば Fig. 37, Table 26 のとおりである (Plate19, A-D)。

4. 病徴・標徴

中部山岳地帯のハイマツ発しんさび病は、毎年7月下旬～8月上旬に病徴・標徴が発現するが、主幹部、枝のいずれの場合も病患部は紡錘形に肥大し、外表は粗ざうになって、ここに黄白色のしゅう子のうを生じ、これが破れて黄色のさび胞子が飛散する。罹病木には以後毎年同じ時期に同様の病徴・標徴が認められるが、これらの罹病木は上部の緑葉が黄変してしだいに衰弱し、数年後に枯死するものが多い。中間宿主のエゾシオガマには7月下旬～8月上旬頃から葉裏に黄色の夏胞子堆、夏胞子を生じ、8月下旬から10月上旬にかけて冬胞子堆、冬胞子、小生子が出現するが、この頃になるとエゾシオガマは寒さのため葉

Table 26. 中部山岳地帯におけるハイマツさび病の調査

Investigation of the rust of *Pinus pumila* R. caused by *Cronartium ribicola* FISCHER in the Central Mountainous Regions.

山 岳 名 Mame of mountains	調査年月日 Date of investigation	発生地の高 Altitude m	被 害 木 Damaged tree			中間宿主エゾシオガマ上の 夏胞子形成状況 Degree of urediniospores production of <i>C. ribicola</i> FISCHER on <i>Pedicularis ye-</i> <i>zoensis</i> MAXIM.
			本 数 Number	発 病 部 Part of tree de- veloping lesion	樹 齢 Age	
乗 鞍 岳 Mt. Norikuradake	July 26 1978	2700	20	幹 と 枝 Trunk and branch	5—30	+++++
御 岳 山 Mt. Ontakesan	July 20 1979	2400	2	幹 Trunk	50	—
西穂高岳(北アルプス) Mt. Nishihodakadake (North Alps)	Sept. 10 1979	2700	—	—	—	+++
木曾駒ヶ岳(中央アルプス) Mt. Kisokomagatake (Central Alps)	Augt. 12 1979	2700	5	枝 Branch	20	+++
八 ヶ 岳 Mt. Yatugatake	July 29 1980	2300	—	—	—	—
仙丈岳(南アルプス) Mt. Senjodake (South Alps)	July 28 1981	2600	5	幹 と 枝 Trunk and branch	5—40	+++++

Note) + : 発病 Urediniospores, - : 無発病 Un-infection.

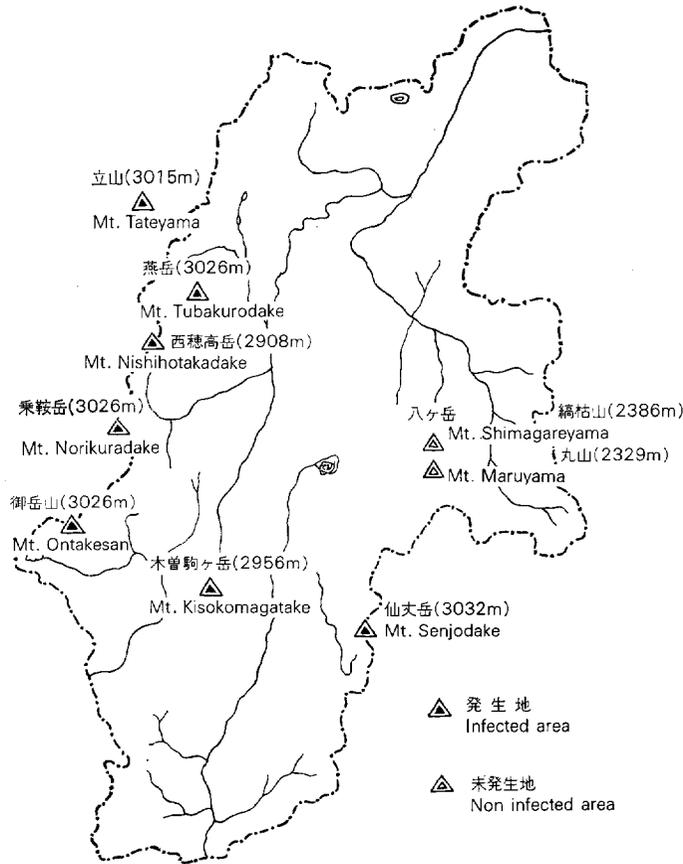


Fig. 37. 中部山岳地帯におけるハイマツさび病の分布

Distribution of *Pinus pumila* REGL attacked by *Cronartium ribicola* J. C. FISCHER ex RABENHORST in the Central Mountainous Region of Japan.

が褐変し枯死するものが多くなる。スグリ類の病徴・標徴もエゾシオガマとほぼ同様であった (Plate 19, A-D; 20, A-E)。

5. 病原菌の形態

ハイマツの幹に生ずるしゅう子のうは黄白色、さび胞子は黄色、だ円形～長だ円形、大きき 25～40 × 15～25 μm、膜には疣を生じ、一部平滑、膜厚 1～1.5 μm、夏胞子堆は葉裏に生じ、黄褐色、円形、大きき 0.12～0.25 mm、擬護膜は繊細、膜の厚さ約 2 μm、エゾシオガマに生ずる夏胞子は長だ円形、だ円形、球形 18～32 × 15～21 μm、膜厚 1～1.5 μm、冬胞子堆は葉裏に群生し、黄褐色円柱糸状、2～数本直立～弯曲し、この長さ 0.5～1 mm、直径 0.03～0.05 mm、冬胞子長だ円形、両端鈍頭、平滑、長さ 75～80 μm、幅 10～20 μm、膜厚 1 μm、小生子歪球形～卵形 10～20 × 10 μm で、五十嵐⁹¹⁾、伊藤¹¹¹⁾、横田¹⁸⁸⁾らの測定値とほぼ一致した (Plate 19, C, D)。

6. 接種試験

欧米のストロブマツ発しんさび病菌 *C. ribicola* J. C. FISCHER ex RABENHORST の中間宿主はスグリ *Ribes* 属⁹⁾⁹⁸⁾⁹⁷⁾である。しかし、北海道に発生したストロブマツ発しんさび病菌は調査の結果、中間宿

主はスグリ属のほかシオガマガク、ヨツバシオガマなど *Pedicularis* 属^{176)~178)182)188)~190)}であることが明らかにされた。

なお、北海道(中標津)のハイマツ発しんさび病菌の中間宿主もスグリ属のほか、シオガマ属が中間宿主であることが報告^{176)~178)189)190)}されており、また、立山産のハイマツ発しんさび病菌も上記同様2種の中間宿主をもつことが知られているので⁶⁹⁾⁸⁶⁾¹⁸²⁾、中部山岳地帯におけるハイマツ発しんさび病も上記同様のものと推定されたが、スグリ属植物およびエゾシオガマを供試して接種試験を行った。

1) 試験方法

1981年7月20日、Table 27に示すスグリ類を鉢植えして乗鞍岳のハイマツ発しんさび病罹病木の近くに運び(ただしエゾシオガマは健全なものを現地調達した)、罹病木上に発生しているさび胞子を殺菌蒸留水中に落しよく攪拌し、これを筆で供試植物の葉裏に塗布した。そしてその後、鉢は罹病木の近くの土中(木陰)に埋め、1981年8月10日まで20日間置いた後、エゾシオガマだけ約2km下の林内に静置し、スグリ類は持ち帰って温室中に置き、9月30日に調査した。なお、対照はさび胞子を入れない殺菌蒸留水をそれぞれの供試植物に塗布した後、ビニール袋をかけて紐でしばり20日間接種苗と同様の処理をした後、エゾシオガマだけを約1.5km下方の林内に置き、スグリ類は持ち帰って林業試験場木曾分場構内に置いた。

2) 試験結果

この試験結果をTable 27に示す。すなわち、約60日後の調査時にザリコミには発病が認められなかったが、スグリ、フサスグリ、ヤブサンザシ、ヤシャビシヤク、エゾシオガマには夏胞子、冬胞子の形成が認められた。しかし、対照にはまったく発病が認められなかった。

現在我が国で確認されている五葉松上の *Cronartium* 属菌は、1)ストローブマツ¹⁷⁷⁾¹⁸⁸⁾¹⁸⁹⁾→スグリ型(礼文島)、2)ストローブマツ・ハイマツ→スグリ・シオガマ型(中標津・立山・駒ヶ岳)、3)ハイマツ→ハイマツ型¹⁵⁸⁾¹⁶⁸⁾(山部・阿寒・大雪山)の3系統が報告されているが、以上の接種試験の結果、乗鞍岳に発生しているハイマツの菌は2)のストローブマツ・ハイマツ→スグリ・シオガマ型であることが確かめられた(Plate 20, A-F)。

7. 本病の生活史

筆者がここ数年間調査してきた中部山岳地帯におけるハイマツ発しんさび病の生活史はおよそつぎのとおりである(Fig. 38)。

すなわち、本病のさび胞子世代(I)は、乗鞍岳ほか数か所のハイマツに毎年7月中~下旬から8月上旬頃認められるが、発生している期間は2週間程度で比較的短期間である。

また、中間宿主エゾシオガマ上の夏胞子世代(II)は7月下旬から8月上旬までの約1か月間、冬胞子世代(III)と小生子世代(IV)は8月下旬からエゾシオガマが寒さのため枯死する10月上旬までの約1か月間認められた。

8. まとめ

病原菌の分布調査を1977年~1981年の5年間実施したが、乗鞍岳・御岳山・中央アルプス駒ヶ岳・北アルプス西穂高岳・八ヶ岳・南アルプス仙丈岳の6山にとどまった。既述⁶⁸⁾⁶⁹⁾⁸⁴⁾⁸⁶⁾のとおり、平塚はすでに御岳山で本さび病菌のさび胞子世代(I)、夏胞子世代(II)を、中央アルプス駒ヶ岳で冬胞子世代(III)を、北アルプス燕岳で冬胞子世代(III)を、立山でさび柄胞子世代(0)、さび胞子世代(I)、夏胞子世

Table 27. ハイマツさび病, さび孢子による接種試験

Results of the inoculation tests with aeciospores of *Cronartium ribicola* FISHER ex RABENH.

供試植物 Test plants	区名 Plots	夏孢子 Formation of urediniospore	冬孢子 Formation of teliospore
スグリ <i>Ribes sinanense</i> F. MAEKAWA	接種 Inoculated 対照 Control	+++ —	+++ —
フサスグリ <i>Ribes rubrum</i> L.	接種 Inoculated 対照 Control	+++ —	+++ —
ヤブサンザシ <i>Ribes fasciculatum</i> SIEB. et ZUCC.	接種 Inoculated 対照 Control	+ —	+ —
ザリコミ <i>Ribes alpinum</i> L. var. <i>japonicum</i> MAXIM.	接種 Inoculated 対照 Control	— —	— —
ヤシャビシヤク <i>Ribes ambigum</i> MAXIM.	接種 Inoculated 対照 Control	+ —	+ —
エゾシオガマ <i>Pedicularis yezoensis</i> MAXIM.	接種 Inoculated 対照 Control	+++ —	+++ —

Note 1) 試験実施 1981年7月20日 Inoculation experiment started on July 20, 1981
 2) 調査 1981年9月20日 Result of inoculation was examined on August 20, 1981
 3) + : 発病 Infection, - : 無発病 Un-infection.

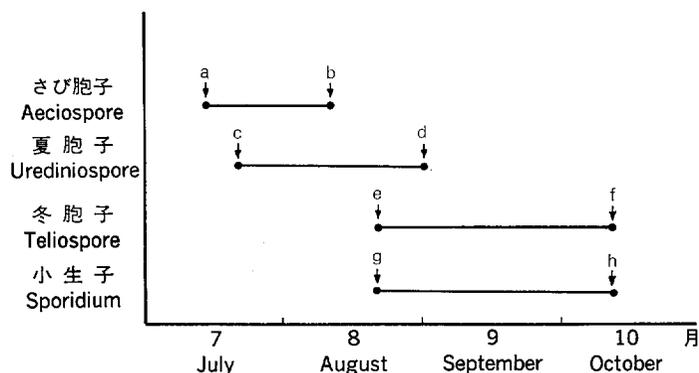


Fig. 38. ハイマツさび病の生活史

Life cycle of *Cronartium ribicola* J. C. FISCHER ex RABENHORST.

- a : さび孢子形成 (Mature aeciospore)
- b : さび孢子形成終了 (Empty aeciospore)
- c : 夏孢子形成 (Mature urediniospore)
- d : 夏孢子形成終了 (Empty urediniospore)
- e : 冬孢子形成 (Mature teliospore)
- f : 冬孢子形成終了 (Empty teliospore)
- g : 小生子形成 (Mature sporidium)
- h : 小生子形成終了 (Empty sporidium)

代(Ⅱ), 冬孢子世代(Ⅲ)を採集しているので, 筆者が新たに追加したのは乗鞍岳さび孢子世代(Ⅰ), 夏孢子世代(Ⅱ), 冬孢子世代(Ⅲ), 小生子世代(Ⅳ), 木曾駒ヶ岳さび孢子世代(Ⅰ), 夏孢子世代(Ⅱ), 冬孢子世代(Ⅲ), 小生子世代(Ⅳ), 西穂高岳夏孢子世代(Ⅱ), 仙丈岳さび孢子世代(Ⅰ), 夏孢子世代(Ⅱ), 冬孢子世代(Ⅲ), 小生子世代(Ⅳ)の4山ということになる。北アルプスの北部山岳, ハケ岳の南部山岳, 南アルプスの南部山岳が未調査であるが, 平塚および筆者の調査結果からみると, 中部山岳地帯のハイマツには本病がかなり広い範囲に発生しているものと思われる。

なお, 中部山岳地帯以外では北海道では大雪山, 雌阿寒岳, 礼文島, 東京大学北海道演習林^{90)176)~178)}に, 東北地方では八甲田山, 八幡平, 栗駒山に分布^{154)~157)}していることが報告されている。

中部山岳地帯に属する長野営林局臼田, 岩村田, 福島各営林署管内には小面積ながらストロブマツ造林地があり, 亜高山地帯の天然林中にはチョウセンゴヨウ, ヒメコマツが単木的にかなり自生している。現在のところ, これらの造林地および天然林中には被害は生じていないが, 本病がかなり広範囲に分布していることが明らかになってきたので^{90)91)167)175)~178)182)187)~190)}, 北海道のストロブマツの被害状況, 韓国におけるチョウセンゴヨウの被害状況⁸⁸⁾¹²⁹⁾¹⁸⁵⁾などより, この地帯においても上記樹種への感染発病には常時警戒が必要となってきた。

本病に侵されたハイマツの主幹部, 枝は紡錘形に肥大して黄白色のしゅう子のうと, 黄色のさび孢子を生じ, なお, エゾシオガマの葉裏には黄色の夏孢子を形成するので比較的発見しやすい病害であるが, 1973年佐保はハイマツから直接ハイマツへ感染する直接感染型幹さび病 Pine to Pine rust (*Peridermium yamabense* SAHO et TAKAHASHI) を報告した¹⁵⁸⁾¹⁵⁹⁾¹⁵⁸⁾。この病害は患部は枝先に限られ, 数個まとまって発生することが多いというが, 両者の病徴・標徴は酷似している。なお, 本菌は北海道では東京大学演習林と大雪山¹⁶⁸⁾に, また, 東北地方では八幡平と栗駒山に見い出されているから¹⁵⁴⁾, 中部山岳地帯にも分布している可能性がある。

中部山岳地帯に発生しているハイマツ発しんさび病菌のさび孢子・夏孢子・冬孢子・小生子を測定してみた結果, 五十嵐⁹¹⁾, 伊藤¹¹¹⁾らの記載している測定値とほぼ同じであった。

乗鞍岳の罹病木上で採集したさび孢子を用いて5種類のスグリ類とエゾシオガマに接種試験を行ったところ, 60日後に4種類のスグリ類とエゾシオガマ上に夏孢子の形成が認められた。

この結果, 上記のさび病菌は伊藤・魚住¹⁰⁵⁾, 魚住¹⁷⁶⁾¹⁷⁷⁾, 横田・魚住¹⁸⁸⁾の報文にみられるストロブマツ・ハイマツ→スグリ・シオガマ型であることが明らかとなった。乗鞍岳以外のハイマツ発しんさび病については接種試験を実施していないが, 中間宿主エゾシオガマ上に発病がみられるところから, 同一系統である可能性が高い。横田・魚住らは, 本病のさび孢子の形成を北海道では6月中旬~7月上旬と報告¹⁷⁷⁾¹⁷⁸⁾¹⁸⁸⁾¹⁸⁹⁾しているが, 中部山岳地帯ではこれが7月下旬~8月上旬²⁹⁾⁸⁵⁾で, 両者の間に約1か月のずれが認められた。

第3章 総合考察と結論

我が国の中部山岳地帯は急峻な地形であり, 気候も冷涼であるが, Fig. 39 に示したとおり多数の針葉樹が分布し優良な森林を構成している。しかし, 筆者が1955年よりこの地帯の森林病害について調査したところ, これらの針葉樹林中には子のう菌による諸病害のほか, 担子菌によるさび病が各地に発生して著しい被害を生じていることが判明した。さび病に関する研究は, 一部の高山において病原菌フロアの調

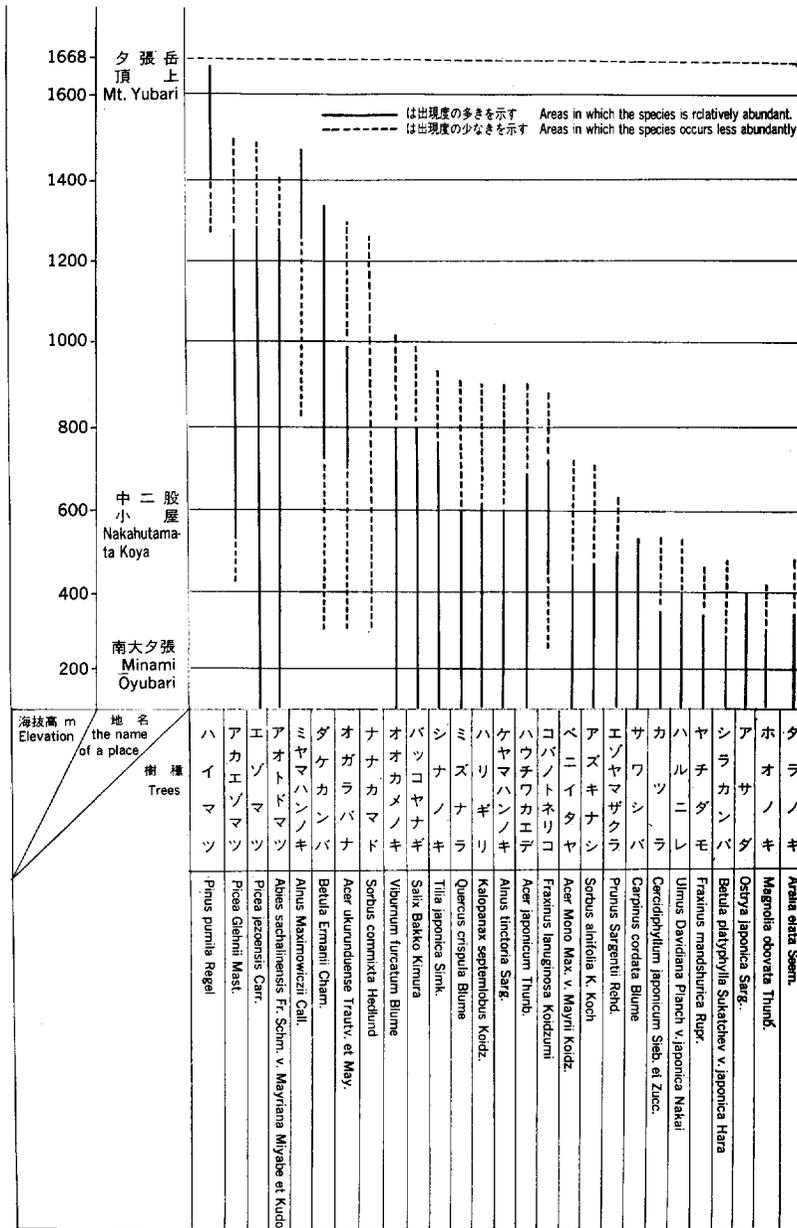


Fig. 40. 北海道夕張岳における主要樹種の垂直分布 (草下ら)¹²⁷⁾

Vertical distribution of main tree species on Mt. Yubari in Hokkaidō (KUSAKA et al.)¹²⁷⁾

1500m) にイチイ・チャボガヤ・ハイイヌガヤ・ウラジロモミ・ミツミネモミ・カラマツ・シラネマツハダ・トウヒ・ヒメバラモミ・ハリモミ・アズサバラモミ・コメツガ・チョウセンゴヨウ・ヒメコマツ・スギ・コウヤマキおよびアスナロが、亜高山帯 (1500~2500m) にオオシラビソ・シラベ・アオシラベ・アカミカラマツ・イラモミ・ヒメマツハダ・ヤツガタケトウヒ・コメツガ・ゴヨウマツおよびクロベ (ネズ

コ) が、高山帯 (2500~3200m) にハイマツとミヤマネズが分布していると報告している。

しかし、以上の 40 種の針葉樹には Table 28 に示したとおり、54 種におよぶ多くのさび病菌の寄生することが報告^{17)20)25)29)~33)36)49)50)63)66)69)75)81)82)~84)86)93)99)111)112)118)126)151)} されており、その中には今回研究対象とした被害顕著な 6 種の病害のほか、アカマツの葉さび病 *Coleosporium asterum* (Dict.) P. et H. Sydow, アカマツのこぶ病 *Cronartium quercuum* (Berk.) Miyabe ex Shirai, カラマツに寄生してポプラに被害を与える *Melampsora larici-populina* Klebahn およびミヤマビャクシンに寄生してナシに被害を与える *Gymnosporangium asiaticum* Miyabe ex Yamada などいくつかの重要病害もある。また、今回は研究の対象外とした広葉樹類の重要なさび病もこの地帯に分布していることが知られている。したがって、この地帯におけるさび病に関する研究はきわめて重要であり緊急に究明することが要望されていた。

今回研究対象としたウラジロモミ・ヤツガタケトウヒ・ヒメマツハダ・サワラ・アスナロおよびアカマツは、この地帯における重要な造林樹種であり、ハイマツも高山帯の景観維持に欠くことのできない樹種であることから、これらの樹種を侵害する病害の実態を究明し、しかも、生理・生態・生活史を明らかにできたことは、中部山岳地帯の林業経営上、いささかの貢献ができたものと考えられる。

つぎに、中部山岳地帯におけるさび病の研究の必要性について検討する。

樹木のさび病は同一樹種による単純林よりも数種の混交林により多く発病が予想され、また、あらかじめ地ごしらえ、下刈りを十分行って植林する人工造林法よりも、雑木や雑草などをそのままの状態にする天然更新法により多く発病が予想される。

この地帯における 1955 年より 1982 年までの長野営林局管内の樹種別造林面積は Fig. 41 と Fig. 42 のとおりで、カラマツの造林面積は、1969 年を頂点として急激に減少し、ヒノキ・アカマツ・ウラジロモミ・トウヒおよびシラベなどの造林が行われつつある。

また、この地帯では近年労働力の減少に伴い、人工造林に代って天然更新法の採用も検討され始めている。造林樹種が多様化すれば Table 28 に示したようなさび病の発生が予想され、天然更新法が導入されれば雑木や下草などさび病の中間宿主が多くなるので、さび病の増加が予想される。したがって、森林更新法とさび病の間には深いかかわりあいがあるので、この点からも研究の必要性が生じてきたため筆者は今回この研究を行った。

さらに今回研究対象とした樹種とさび病菌の分布について考察する。

今回供試した 6 樹種の水平・垂直分布は Fig. 43, Table 29 のとおりであり、供試した 6 種の病原菌の地理的分布^{17)20)25)29)~33)36)49)59)63)66)69)75)81)~84)86)} (水平分布) と気候的分布 (垂直分布) は、Table 30 のとおりである。

これをみると、ウラジロモミは福島県から愛媛県まで水平分布し 700~2200 m に垂直分布するが、本樹に寄生する *Melampsorella caryophyllacearum* Schröter は本州²⁶⁾⁸¹⁾¹¹¹⁾・四国⁸¹⁾¹¹¹⁾のほか、北海道のアカトドマツ・アオトドマツおよび九州のモミにも分布が記録されている⁷⁵⁾⁸¹⁾¹¹¹⁾。ヤツガタケトウヒとヒメマツハダは長野県八ヶ岳周辺に水平分布し 1200~2000 m に垂直分布するが、本樹に寄生する *Chrysomyxa abietis* (Wallr.) Unger³⁰⁾⁸¹⁾ は本州のほか北海道のアカエゾマツにも分布が記録されている⁸¹⁾¹¹¹⁾。サワラは岩手県から長野県まで水平分布し 710~2590 m まで垂直分布するが、本樹に寄生する *Gymnosporangium miyabei* Yamada et I. Miyake は本州⁸¹⁾¹¹²⁾でサワラのほか、四国⁸¹⁾・九州⁸¹⁾¹¹²⁾のウ

Table 28. 中部山岳地帯に分布する針葉樹のさび病菌一覧表

Table of coniferous rusts distributed in the central mountainous district.

樹 種 Tree	胞子形 Stage of the fungus	学 名 Scientific name	胞子形 Stage of the fungus	中間宿主の植物名 Alternate host
イ チ イ <i>Taxus cuspidata</i> SIEB. et ZUCC.				
キャラボク <i>Taxus cuspidata</i> v. <i>nana</i> REHDER				
チャボガヤ <i>Torreya nucifera</i> v. <i>radicans</i> NAKAI				
カ ヤ <i>Torreya nucifera</i> (Linn.) SIEB. et ZUCC.				
イヌガヤ <i>Cephalotaxus harringtonia</i> (Knight) K. KOCH				
ハイイヌガヤ <i>Cephalotaxus harringtonia</i> v. <i>nana</i> (NAKAI) REHDER				
モ ミ SIEB. et ZUCC. <i>Abies firma</i>	0. I 0. I 0. I 0. I	<i>Uredinopsis ossiformis</i> KAMEI <i>U. struthiopteridis</i> STÖRMER <i>Milesina exgua</i> (FAULL) FAULL ex HIRATSUKA, f. <i>Melampsorella caryophyllacearum</i> SCHRÖTER	II. III II. III II. III II. III	シラネワラビ (<i>Dryopteris austriaca</i> WOYNAR) ミヤマベニシダ (<i>Dryopteris monticola</i> C. CHR.) クサソテツ (<i>Matteuccia struthiopteris</i> TODARO) カツモウイノデ (<i>Dryopteris lepigera</i> O. KUNTZE) コバノイシカグマ (<i>Dennstaedtia scabra</i> MOORE) イワヒメワラビ (<i>Hypolepis punctata</i> METT.) ホソイノデ (<i>Polystichum Braunii</i> FÉE) イノデ (<i>Polystichum polyblepharum</i> PRESL) ミミナグサ (<i>Cerastium caespitosum</i> GILIB. var.)

Table 28 つづき

樹種 Tree	胞子形 Stage of the fungus	学名 Scientific name	胞子形 Stage of the fungus	中間宿主の植物名 Alternate host
				<i>ianthes</i> HARA) ハコベ (<i>Stellaria media</i> CRY.)
ウラジロモミ <i>Abies homolepis</i> SIEB. et ZUCC.	0. I 0. I	<i>Uredinopsis filicina</i> MAGNUS <i>Melampsorella caryophyllacearum</i> SCHRÖTER	II. III II. III	ミヤマワラビ (<i>Dryopteris Phegopteris</i> C. CHR.) ミミナグサ (<i>Cerastium caespitosum</i> GILIB. var. <i>ianthes</i> HARA) ハコベ (<i>Stellaria media</i> CRY.)
ミツミネモミ <i>Abies homolepis</i> v. <i>umbellata</i> WILSON				
アオモリトドマツ <i>Abies mariesii</i> MAST.	0. I	<i>Melampsorella caryophyllacearum</i> SCHRÖTER	II. III	ミミナグサ (<i>Cerastium caespitosum</i> GILIB. var. <i>ianthes</i> HARA) ハコベ (<i>Stellaria media</i> CRY.)
シラベ (シラビソ) <i>Abies veitchii</i> LINDLEY	0. I 0. I 0. I 0. I	<i>Uredinopsis filicina</i> MAGNUS <i>U. kameiana</i> FAULL <i>U. komagatakensis</i> HIRATSUKA, f. <i>Melampsorella caryophyllacearum</i> SCHRÖTER	II. III II. III II. III II. III	ミヤマワラビ (<i>Dryopteris Phegopteris</i> C. CHR.) ワラビ (<i>Pteridium aquilinum</i> KUHN) ヘビノネゴザ (<i>Athyrium yokoscense</i> CHRIST) ミミナグザ (<i>Cerastium caespitosum</i> GILIB. var. <i>ianthes</i> HARA) ハコベ (<i>Stellaria media</i> CRY.)
アオシラベ <i>Abies veitchii</i> f. <i>olivacea</i> KUSAKA				
カラマツ <i>Larix leptolepis</i> (SIEB. et ZUCC.) GORDON	0. I 0. I	<i>Melampsorium aini</i> (THUM.) DIETEL <i>M. hiratsukanum</i> S. ITO	II. III II. III	ヤシャブシ (<i>Alnus firma</i> SIEB. et ZUCC.) ヒメヤシャブシ (<i>Alnus pendula</i> MATSUM.) オオバヤシャブシ (<i>Alnus Sieboldiana</i> MATSUM.) ミヤマハンノキ (<i>Alnus Maximowiczii</i> CALL.) ヤマハンノキ (<i>Alnus hirsuta</i> TURCZ.)

Table 28 つづき

樹 種 Tree	胞子形 Stage of the fungus	学 名 Scientific name	胞子形 Stage of the fungus	中間宿主の植物名 Alternate host
カラマツ <i>Larix leptolepis</i> (SIEB. et ZUCC.) GORDON	0. I		II. III	ヤブズハンノキ (<i>Alnus Matsumurae</i> CALL.) ケヤマハンノキ (<i>Alnus hirsuta</i> TURCZ.) コバノヤマハンノキ (<i>Alnus tinctoria</i> SARG. var. <i>microphylla</i> NAKAI)
	0. I	<i>Melampsora L-capraearum</i> (DC.) THUMM	II. III	バッコヤナギ (<i>Salix Bakko</i> KIMURA)
	0. I	<i>M. epitea</i> (KUNZE et SCHM.) THRIMEN	II. III	エゾヤナギ (<i>Salix rorida</i> LACKSCHEWITZ) エゾノカワヤナギ (<i>Salix Miyabeana</i> SEEMEN) ナガバヤナギ (<i>Salix sachalinensis</i> FR. SCHM.) キヌヤナギ (<i>Salix Kinuyanagi</i> KIMURA)
	0. I	<i>M. larici-populina</i> KLEBAHN	II. III	ポプラ類 (<i>Populus nigra</i> L. var. <i>italica</i> MOENCH)
	0. I	<i>M. larici-urbaniana</i> MATSUMOTO	II. III	オオバヤナギ (<i>Toisusu Urbaniana</i> KIMURA)
	0. I	<i>M. populnea</i> (PERS.) KARSTEN	II. III	ポプラ類 (<i>Populus nigra</i> L. var. <i>italica</i> MOENCH)
アカミノカラマツ <i>Larix leptolepis</i> f. <i>rubescens</i> (INOKUMA) HAYASHI				
イラモミ <i>Picea bicolor</i> (MAXIM.) MAYR				
ヒメマツハダ <i>Picea shirasawae</i> HAYASHI	III	<i>Chrysomyxa abietis</i> (WALLR.) UNGER		
シラネマツハダ <i>Picea bicolor</i> v. <i>reflexa</i> SHIRASAWA et KOYAMA				
エゾマツ <i>Picea jezoensis</i> (SIEB. et ZUCC.) CARR.	0. I	<i>Thekopsora areolata</i> (FR.) HAGNUS	II. III	シウリザクラ (<i>Prunus Ssiori</i> FR. SCHM.) エゾノウワミズザクラ (<i>Prunus Padus</i> L.)
	III	<i>Chrysomyxa deformans</i> (DIET.) JACZEWSKI	II. III	カラフトイソツツジ (<i>Ledum palustre</i> L. var. <i>diversipilosum</i> NAKAI)
	0. I	<i>Chrysomyxa ledi</i> DE BARY	II. III	イソツツジ (<i>Ledum palustre</i> L. var. <i>nipponicum</i> NAKAI)

Table 28 つづき

樹種 Tree	胞子形 Stage of the fungus	学名 Scientific name	胞子形 Stage of the fungus	中間宿主の植物名 Alternate host
	0. I	<i>Ch. succinea</i> (SACC.) TRANZSCHEL	II. III II. III	エゾイソツツジ (<i>Ledum palustre</i> L. var. <i>diversipilosum</i> NAKAI) キバナシャクナゲ (<i>Rhododendron aureum</i> GEORGI) ハクサンシャクナゲ (<i>Rhododendron Fauriae</i> FRANCH.) シロバナシャクナゲ (<i>Rhododendron Degronianum</i> CARR.) シャクナゲ (<i>Rhododendron Metternichii</i> SIEB. et ZUCC.)
トウヒ <i>Picea jezoensis</i> v. <i>hondoensis</i> (MAYR) REHDER	III 0. I	<i>Chrysomyxa abietis</i> (WALLR.) UNGER <i>Ch. succinea</i> (SACC.) TRANZSCHEL	II. III	キバナシャクナゲ (<i>Rhododendron aureum</i> GEORGI) ハクサンシャクナゲ (<i>Rhododendron Fauriae</i> FRANCH.) シロバナシャクナゲ (<i>Rhododendron Degronianum</i> CARR.) シャクナゲ (<i>Rhododendron Metternichii</i> SIEB. et ZUCC.)
ヤツガタケトウヒ <i>Picea koyamai</i> SHIRASAWA	III	<i>Chrysomyxa abietis</i> (WALLR.) UNGER		
ヒメバラモミ <i>Picea maximowiczii</i> REGEL				
ハリモミ <i>Picea polita</i> (SIEB. et ZUCC.) CARR.	0. I	<i>Chrysomyxa succinea</i> (SACC.) TRANZSCHEL	II. III	キバナシャクナゲ (<i>Rhododendron aureum</i> GEORGI) ハクサンシャクナゲ (<i>Rhododendron Fauriae</i> FRANCH.) シロバナシャクナゲ (<i>Rhododendron Degronianum</i> CARR.) シャクナゲ (<i>Rhododendron Metternichii</i> SIEB. et ZUCC.)

Table 28 つづき

樹種 Tree	胞子形 Stage of the fungus	学名 Scientific name	胞子形 Stage of the fungus	中間宿主の植物名 Alternate host
アズサバラモミ <i>Picea maximowiczii</i> v. <i>senanensis</i> HAYASHI				
コメツガ <i>Tsuga diversifolia</i> (MAXIM.) MASTERS	0. I	<i>Thekopsora hakkodensis</i> S. ITO et HIRATSUKA, f. ex HIRATSUKA, f.	II. III	ハナヒリノキ (<i>Eubotryoides Grayana</i> HARA) ヒロハハナヒリノキ (<i>Leucothoe Grayana</i> MAX. var. <i>glabra</i> KOMATSU) ウラジロハナヒリノキ (<i>Leucothoe Grayana</i> MAX. var. <i>glaucina</i> KOIDZ.)
	0. I	<i>T. vaccinii</i> (WINT.) HIRATSUKA, f.	II. III	アクシバ (<i>Hugeria japonica</i> NAKAI) ネジキ (<i>Lyonia Neziki</i> NAKAI et HARA) クロウスゴ (<i>Vaccinium axillare</i> NAKAI) ナツハゼ (<i>Vaccinium Oldhami</i> MIQ.) オオバスノキ (<i>Vaccinium Smallii</i> A. GRAY) クロマメノキ (<i>Vaccinium uliginosum</i> L.) コケモモ (<i>Vaccinium Vitis-Idaea</i> L.)
ツガ <i>Tsuga sieboldii</i> CARR.	III	<i>Chrysomyxa tsugae</i> HIRATSUKA, f.		
アカマツ <i>Pinus densiflora</i> SIEB. et ZUCC.	0. I	<i>Cronartium flaccidum</i> (ALB. et SCHW.) WINTER	II. III	シャクヤク (<i>Paeonia albiflora</i> PALL. forma <i>hortensis</i> MAKINO) ベニバナシャクヤク (<i>Paeonia obovata</i> MAXIM.) ボタン (<i>Paeonia suffruticosa</i> ANDR.)
	0. I	<i>C. quercum</i> (BERK.) MIYABE ex SHIRAI	II. III	ナラ (<i>Quercus serrata</i> THUNB.) カシ (<i>Quercus dentata</i> THUNB.)
	0. I	<i>Coleosporium asterum</i> (DIET.) P. et H. SYDOW	II. III	ノコンギク (<i>Aster ageratoides</i> TURCZ. var. <i>ovatus</i> NAKAI) ヤマシロギク (<i>Aster ageratoides</i> TURCZ. var. <i>adustus</i> (MAXIM.))

Table 28 つづき

樹種 Tree	胞子形 Stage of the fungus	学名 Scientific name	胞子形 Stage of the fungus	中間宿主の植物名 Alternate host
アカマツ <i>Pinus densiflora</i> SIEB. et Zucc.	0. I	<i>C. bletiae</i> DIETEL	II. III	ママコナ (<i>Melampyrum roseum</i> MAXIM. var. <i>japonicum</i> FRANCH. et SAV.) ヨメナ (<i>Aster Yomena</i> MAKINO) サワシロギク (<i>Aster rugulosus</i> MAXIM.) シラヤマギク (<i>Aster scaber</i> THUNB.) サツマギク (<i>Chrysanthemum satsumense</i> MAKINO)
	0. I	<i>C. clematidis-ajiifoliae</i> DIETEL	II. III	シラン (<i>Bletilla striata</i> REICHB. FIL.) エビネ (<i>Calanthe discolor</i> LINDL.) コ克蘭 (<i>Liparis nervosa</i> LINDL.) ガンセキラン (<i>Phajus minor</i> BLUME)
	0. I	<i>C. clematidis</i> BARCLAY	II. III	ボタンズル (<i>Clematis ajiifolia</i> DC.) タカネハンショウズル (<i>Clematis lasiandra</i> MAXIM.) テッセン (<i>Clematis florida</i> THUNB.) オオバボタンズル (<i>Clematis formosana</i> O. KUNTZE) カザグルマ (<i>Clematis patens</i> MORR. et DECNE.) センニンソウ (<i>Clematis paniculata</i> THUNB.)
	0. I	<i>C. horianum</i> HENNINGS	II. III	ツルギキョウ (<i>Campanumaea javanica</i> BLUME var. <i>japonica</i> MAKINO) ツルニンジン (<i>Codonopsis lanceolata</i> BENTH. et HOOK. FIL.) バアソブ (<i>Codonopsis ussuriensis</i> HEMSL.)
	0. I	<i>C. lycopi</i> P. et H. SYDOW	II. III	ヒメシャジン (<i>Adenophora nikoensis</i> FRANCH. et SAV.) ソバナ (<i>Adenophora remotiflora</i> MIQ.) ツリガネニンジン (<i>Adenophora triphylla</i> A. DC. var. <i>japonica</i> HARA) ヒナギキョウ (<i>Wahlenbergia gracilis</i> A. DC.)

Table 28 つづき

樹種 Tree	胞子形 Stage of the fungus	学名 Scientific name	胞子形 Stage of the fungus	中間宿主の植物名 Alternate host
アカマツ <i>Pinus densiflora</i> SIEB. et Zucc.	0. I	<i>C. pedunculatum</i> S. KANEKO	II. III	ホクチアザミ (<i>Saussurea gracilis</i> MAXIM.) センダイトウヒレン (<i>Saussurea nipponica</i> MIQ. var. <i>sendaica</i> (FRANCH.) OHWI)
	0. I	<i>C. phellodendri</i> KOMAROV	II. III	キクアザミ (<i>Saussurea ussuriensis</i> MAXIM.) ヤハズヒゴタイ (<i>Saussurea triplera</i> MAXIM.) キハダ (<i>Phellodendron amurense</i> RUPR.) ヒロハノキハダ (<i>Phellodendron amurense</i> RUPR. var. <i>sachalinense</i> FR. SCHM.)
	0. I	<i>C. pini-asteris</i> ORISHIMO	II. III	サワシログク (<i>Aster rugulosus</i> MAXIM.) シラヤマギク (<i>Aster scaber</i> THUNB.) エゾギク (<i>Callistephus chinensis</i> NEES)
	0. I	<i>C. plectranthi</i> BARCLAY	II. III	カメバヒキオコシ (<i>Isodon Kameba</i> OKUYAMA) ヤマハッカ (<i>Isodon inflexus</i> KUDO) ヒキオコシ (<i>Isodon japonicus</i> HARA)
	0. I	<i>C. tussilaginis</i> (PERS.) LÉVEILLÉ	II. III	イワギキョウ (<i>Campanula lasiocarpa</i> CHAM.) ミヤママコナ (<i>Melampyrum laxum</i> MIQ.) マコナ (<i>Melampyrum roseum</i> MAXIM. var. <i>japonicum</i> FRANCH. et SAV.) サワオグルマ (<i>Senecio Pierotii</i> MIQ.) ニイタカキオン (<i>Senecio nemorensis</i> LINN.)
チョウセンゴヨウ <i>Pinus koraiensis</i> SIEB. et Zucc.	0. I	<i>Cronartium ribicola</i> J. C. FISCHER ex Rabenhorst (<i>Cronartium Kamtschaticum</i> J _{ER} STAD)	II. III	スグリ属 (<i>Ribes sinanense</i> F. MAEKAWA) チシマシオガマ (<i>Pedicularis euphrasioides</i> STEPH.) ヨツバシオガマ (<i>Pedicularis Chamissonis</i> STEVEN var. <i>japonica</i> MAXIM.) シオガマギク (<i>Pedicularis resupinata</i> L.) エゾシオガマ (<i>Pedicularis yezoensis</i> MAXIM.)

Table 28 つづき

樹種 Tree	孢子形 Stage of the fungus	学名 Scientific name	孢子形 Stage of the fungus	中間宿主の植物名 Alternate host
チョウセンゴヨウ <i>Pinus koraiensis</i> Sieb. et Zucc.	0. I	<i>Coleosporium cimicifugatum</i> THUMM ex KOMAROV	II. III	ルイヨウショウマ (<i>Actaea spicata</i> L. var. <i>nigra</i> WILLD.) サラシナショウマ (<i>Cimicifuga simplex</i> WORMSK. var. <i>ramosa</i> MAXIM.)
	0. I	<i>C. eupatorii</i> HIRATSUKA, f.	II. III	ヒヨドリバナ (<i>Eupatorium japonicum</i> THUNB.) ミツバヒヨドリバナ (<i>Eupatorium japonicum</i> var. <i>tripartitum</i> MAKINO) サウヒヨドリ (<i>Eupatorium Lindleyanum</i> Dc.) ヨツバヒヨドリバナ (<i>Eupatorium sachalinense</i> MAKINO)
	0. I	<i>C. neocacaliae</i> SAHO	II. III	カニコウモリ (<i>Cacalia adenostyloides</i> FRANCH. et SAV.) モミジガサ (<i>Cacalia delphiniifolia</i> Sieb. et Zucc.) ミミコウモリ (<i>Cacalia auriculata</i> Dc. var. <i>kamtschatica</i> KOIDZ.) ヨブスマソウ (<i>Cacalia hastata</i> L. var. <i>glabra</i> LEDEB.) ハンゴンソウ (<i>Senecio palmatus</i> PALL.) コウリンカ (<i>Senecio flammeus</i> Dc. forma <i>glabrescens</i> HARA) キオン (<i>Senecio nemorensis</i> L.)
	0. I	<i>C. yamabensis</i> (SAHO) HIRATSUKA, f.	II. III	フキ (<i>Petasites japonicus</i> MIQ.) アキタブキ (<i>Petasites japonicus</i> subsp. <i>giganteus</i> (FR. SCHM.) KITAM.)
ゴヨウマツ <i>Pinus parviflora</i> Sieb. et Zucc.	0. I	<i>Coleosporium cimicifugatum</i> THUMM (= <i>C. actaeae</i> KARST.)	II. III	ルイヨウショウマ (<i>Actaea spicata</i> L. var. <i>nigra</i> WILLD.) サラシナショウマ (<i>Cimicifuga simplex</i> WORMSK. var. <i>ramosa</i> MAXIM.)

Table 28 つづき

樹種 Tree	胞子形 Stage of the fungus	学名 Scientific name	胞子形 Stage of the fungus	中間宿主の植物名 Alternate host
ゴヨウマツ <i>Pinus parviflora</i> Sieb. et Zucc.	0. I	<i>C. eupatorii</i> Hiratsuka, f.	II. III	ヒヨドリバナ (<i>Eupatorium japonicum</i> Thunb.) ミツバヒヨドリバナ (<i>Eupatorium japonicum</i> var. <i>tripartitum</i> Makino) フジバカマ (<i>Eupatorium stoechadosmum</i> Hance) サワヒヨドリ (<i>Eupatorium Lindleyanum</i> Dc.) ヨツバヒヨドリバナ (<i>Eupatorium sachalinense</i> Makino)
	0. I	<i>C. neocacaliae</i> Saho	II. III	カニコウモリ (<i>Cacalia adenostyloides</i> Franch. et Sav.) モミジガサ (<i>Cacalia delphinifolia</i> Sieb. et Zucc.) ミミコウモリ (<i>Cacalia auriculata</i> Dc. var. <i>kamtschatica</i> Koidz.) ヨブスマソウ (<i>Cacalia hastata</i> L. var. <i>glabra</i> Ledeb.) ハンゴンソウ (<i>Senecio palmatus</i> Pall.) コウリンカ (<i>Senecio flammeus</i> Dc. forma <i>glabrescens</i> Hara) キオン (<i>Senecio nemorensis</i> L.)
	0. I	<i>C. neosenecionis</i> Saho	II. III	ハンゴンソウ (<i>Senecio palmatus</i> Pall.) キオン (<i>Senecio nemorensis</i> L.)
	0. I	<i>C. paederiae</i> Dietel ex Hiratsuka, f.	II. III	ヘクソカズラ(ヤイトバナ) (<i>Paederia scandens</i> Merrill)
	0. I	<i>C. yamabense</i> (Saho) Hiratsuka, f.	II. III	フキ (<i>Pelasites japonicus</i> Miq.)
ヒメコマツ <i>Pinus parviflora</i> Sieb. et Zucc.				

Table 28 つづき

樹種 Tree	胞子形 Stage of the fungus	学名 Scientific name	胞子形 Stage of the fungus	中間宿主の植物名 Alternate host
ハイマツ <i>Pinus pumila</i> (Pall.) Regel	0. I	<i>Coleosporium fauriae</i> P. et H. SYDOW	II. III	イワイチョウ (<i>Fauria crista-galli</i> MAKINO)
	0. I	<i>C. neocaliae</i> SAHO	II. III	カニコウモリ (<i>Cacalia adenostyloides</i> FRANCH. et SAV.) モミジガサ (<i>Cacalia delphiniifolia</i> SIEB. et ZUCC.) ミミコウモリ (<i>Cacalia auriculata</i> Dc. var. <i>kamtschatica</i> KOIDZ.) ヨブスマソウ (<i>Cacalia hastata</i> L. var. <i>glabra</i> LEDEB.) ハンゴンソウ (<i>Senecio palmatus</i> PALL.) コウリンカ (<i>Senecio flammeus</i> Dc. forma <i>glabrescens</i> HARA) キオン (<i>Senecio nemorensis</i> L.)
	III	<i>C. pini-pumilae</i> AZBUKINA		
	0. I	<i>C. saussureae</i> THUMEM	II. III	タカネアザミ (<i>Saussurea acminata</i> TURCZ.) シラネアザミ (<i>Saussurea nikoensis</i> FRANCH. et SAVAT.) キタアザミ (<i>Saussurea riederi</i> subsp. <i>yezoensis</i> KITAMURA)
	0. I	<i>Cronartium ribicola</i> J. C. FISCHER ex RABENHORST (<i>Cronartium kamtschaticum</i> J _ϕ RSTAD)	II. III	スグリ属 (<i>Ribes sinanense</i> F. MAEKAWA) チシマシオガマ (<i>Pedicularis euphrasioides</i> STEPH.) ヨツバシオガマ (<i>Pedicularis Chamissonis</i> STEVEN var. <i>japonica</i> MAXIM.) シオガマギク (<i>Pedicularis resupinata</i> L.) エゾシオガマ (<i>Pedicularis yezoensis</i> MAXIM.)
	0. I	<i>Peridermium yamabense</i> SAHO et TAKAHASHI		
クロマツ <i>Pinus thunbergii</i> Parl.	0. I	<i>Coleosporium asterum</i> (DIET.) P. et H. SYDOW	II. III	ノコンギク (<i>Aster ageratoides</i> TURCZ. var. <i>ovatus</i> NAKAI)

Table 28 つづき

樹種 Tree	胞子形 Stage of the fungus	学名 Scientific name	胞子形 Stage of the fungus	中間宿主の植物名 Alternate host
クロマツ <i>Pinus thunbergii</i> Parl.				ヤマシロギク (<i>Aster ageratoides</i> TURCZ. var. <i>adustus</i> (MAXIM.)) ママコナ (<i>Melampyrum roseum</i> MAXIM. var. <i>japonicum</i> FRANCH. et SAV.) ヨメナ (<i>Aster Yomena</i> MAKINO) サワシロギク (<i>Aster rugulosus</i> MAXIM.) シラヤマギク (<i>Aster scaber</i> THUNB.) エゾギク (<i>Callistephus chinensis</i> NEES)
	0. I	<i>C. clematidis-apidifoliae</i> DIETEL	II. III	ボタンズル (<i>Clematis apidifolia</i> DC.) タカネハンショウズル (<i>Clematis lasiandra</i> MAXIM.)
	0. I	<i>C. bletiae</i> DIETEL	II. III	シラン (<i>Bletilla striata</i> REICHB. FIL.) エビネ (<i>Calanthe discolor</i> LINDL.) コ克蘭 (<i>Liparis nervosa</i> LINDL.) ガンセキラン (<i>Phajus minor</i> BLUME)
	0. I	<i>C. lycopi</i> P. et H. SYDOW	II. III	ヒメシャジン (<i>Adenophora nikoensis</i> FRANCH. et SAV.) ソバナ (<i>Adenophora remotiflora</i> MIQ.) ツリガネニンジン (<i>Adenophora triphylla</i> A. DC. var. <i>japonica</i> HARA)
	0. I	<i>C. tussilaginis</i> (PERS.) LEVEILLE	II. III	ヒナギキョウ (<i>Wahlenbergia gracilis</i> A. DC.) イワギキョウ (<i>Campanula lasiocarpa</i> CHAM.) ミヤマママコナ (<i>Melampyrum laxum</i> MIQ.) ママコナ (<i>Melampyrum roseum</i> MAXIM. var. <i>japonicum</i> FRANCH. et SAV.) サワオグルマ (<i>Senecio Pierotii</i> MIQ.) ニイタカキオン (<i>Senecio nemorensis</i> LINN.)
	0. I	<i>C. pedunculatum</i> S. KANEKO	II. III	ホクチアザミ (<i>Saussurea gracilis</i> MAXIM.)

Table 28 つづき

樹種 Tree	胞子形 Stage of the fungus	学名 Scientific name	胞子形 Stage of the fungus	中間宿主の植物名 Alternate host
クロマツ <i>Pinus thunbergii</i> Parl.	0. I 0. I 0. I 0. I 0. I 0. I	<i>C. phellodendri</i> KOMAROV <i>Cronartium quercuum</i> (BERK.) MIYABE ex SHIRAI <i>Peridermium japonicum</i> P. et H. SYDOW <i>P. praelongum</i> P. et H. SYDOW <i>P. pini-thunbergii</i> DIETEL <i>C. xanthoxyli</i> DIETEL et P. SYDOW	II. III II. III II. III	センダイトウヒレン (<i>Saussurea nipponica</i> MIO. var. <i>sendaica</i> (FRANCH.) OHWI) キクアザミ (<i>Saussurea ussuriensis</i> MAXIM.) ヤハズヒゴタイ (<i>Saussurea triptera</i> MAXIM.) キハダ (<i>Phellodendron amurense</i> RUPR.) ヒロハノキハダ (<i>Phellodendron amurense</i> RUPR. var. <i>sachalinense</i> FR. SCHM.) ナラ (<i>Quercus serrata</i> THUNB.) カシ属 (<i>Quercus dentata</i> THUNB.) サンショウ (<i>Xanthoxylum piperitum</i> Dc.) カラスザンショウ (<i>Zanthoxylum ailanthoides</i> SIEB. et ZUCC.) フユザンショウ (<i>Xanthoxylum alatum</i> ROXB. var. <i>planispinum</i> REHD. et WILS.)
スギ <i>Cryptomeria japonica</i> (LINN. fil.) D. DON				
コウヤマキ <i>Sciadopitys verticillata</i> (THUNB.) SIEB.				
ヒノキ <i>Chamaecyparis obtusa</i> (SIEB. et ZUCC.) ENDL.				
サワラ <i>Chamaecyparis pisifera</i> (SIEB. et ZUCC.) ENDL.	III	<i>Gymnosporangium miyabei</i> YAMADA et I. MIYAKE	0. I	ズミ (<i>Malus Sieboldii</i> REHD.) アズキナシ (<i>Sorbus alnifolia</i> K. KOCH) ウラジロノキ (<i>Sorbus japonica</i> SIEB.) ナナカマド (<i>Sorbus commixta</i> HEDLUND)

Table 28 つづき

樹 種 Tree	胞子形 Stage of the fungus	学 名 Scientific name	胞子形 Stage of the fungus	中間宿主の植物名 Alternate host
ネズコ(クロベ) <i>Thuja standishii</i> (GORDON) CARR.	0. I	<i>Caeoma deformans</i> TUBEUF		
アスナロ <i>Thujopsis dolabrata</i> (LINN. fil.) SIEB. et ZUCC.	0. I	<i>Caeoma deformans</i> TUBEUF		
ミヤマビャクシン <i>Juniperus chinensis</i> v. <i>sargentii</i> HENRY	III	<i>Gymnosporangium asiaticum</i> MIYABE ex YAMADA	0. I	ナシ (<i>Pyrus serotina</i> REHDER) ボケ (<i>Chaenomeles lagenaria</i> KOIDZUMI) カリン (<i>Pseudocydonia sinensis</i> SCHNEID.) マルメロ (<i>Cydonia oblonga</i> MILLER) オオカマツカ (<i>Pourthiaea villosa</i> (THUNB.) DECNE.) オオウラジロノキ (<i>Malus Tschonoskii</i> (MAXIM.) C. K. SCHN.
	III	<i>G. hemisphaericum</i> HARA	0. I	ナナカマド (<i>Sorbus commixta</i> HEDLUND)
	III	<i>G. nipponicum</i> YAMADA ex HIRATSUKA, f.	0. I	カイドウ (<i>Malus Halliana</i> KOEHNÉ)
	III	<i>G. yamadae</i> MIYABE ex YAMADA	0. I	セイヨウリンゴ (<i>Malus pumila</i> MILL.) ズミ (<i>Malus Sieboldii</i> REHD.)
ミヤマネズ <i>Juniperus communis</i> v. <i>nipponica</i> WILSON	III	<i>Gymnosporangium juniperi</i> LINK	0. I	ナナカマド (<i>Sorbus commixta</i> HEDLUND) タカネナナカマド (<i>Sorbus sambucifolia</i> M. ROEMER)
ネズミサシ <i>Juniperus rigida</i> SIEB. et ZUCC.	III	<i>Gymnosporangium amelanchieris</i> Ed.FISCHER ex KERN	0. I	ザイフリボク (<i>Amelanchier asiatica</i> ENDL.)
	III	<i>G. juniperi</i> LINK	0. I	ナナカマド (<i>Sorbus commixta</i> HEDLUND) タカネナナカマド (<i>Sorbus sambucifolia</i> M. ROEMER)

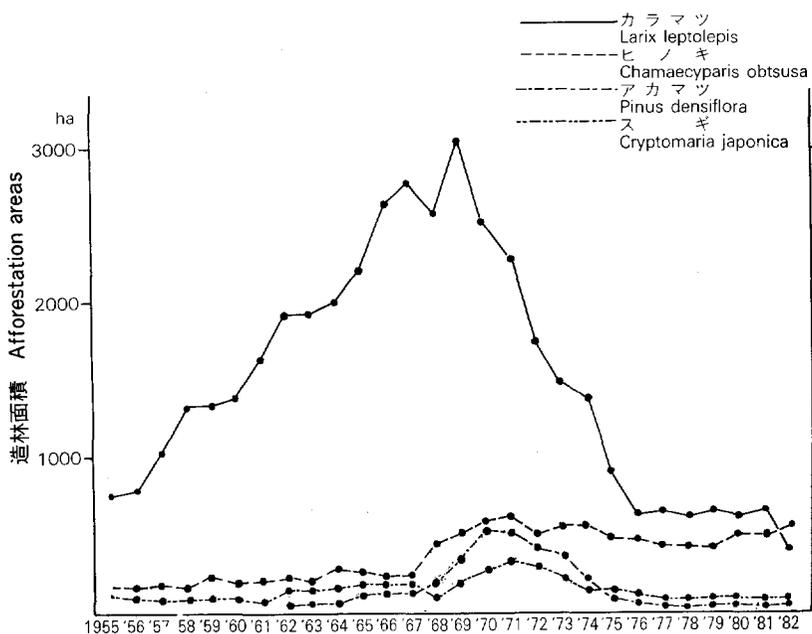


Fig. 41. 長野営林局管内におけるカラマツほか3種の造林面積の推移

Changes of afforestation areas for three species including *Larix leptolepis* GORD. within the jurisdiction of Nagano Regional Forestry Office.

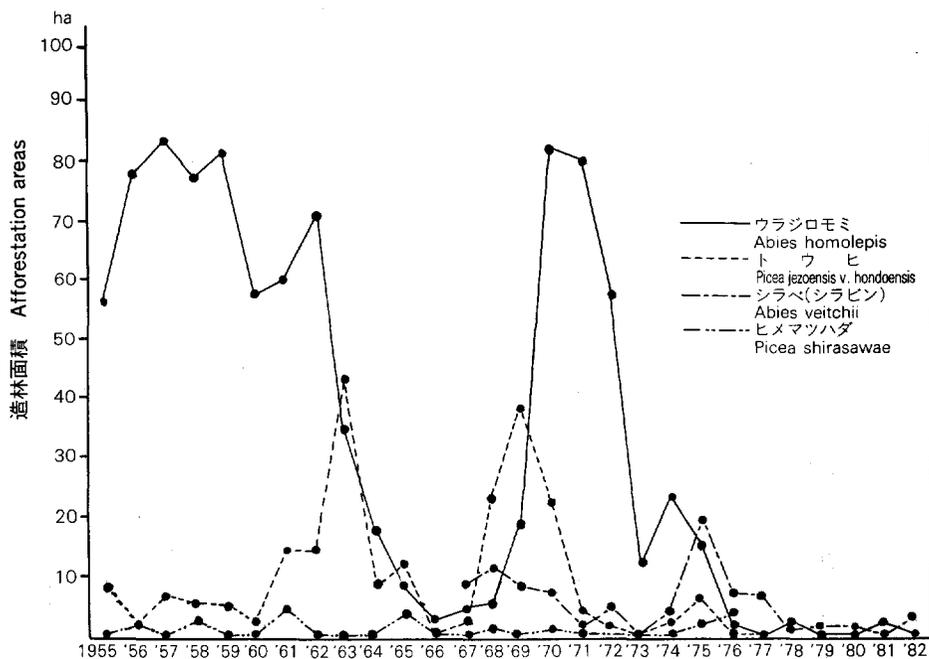


Fig. 42. 長野営林局管内におけるウラジロモミほか3種の亜高山性樹種の造林面積の推移

Changes of afforestation areas for three subalpine species including *Abies homolepis* SIEB. et Zucc. within the jurisdiction of Nagano Regional Forestry Office.

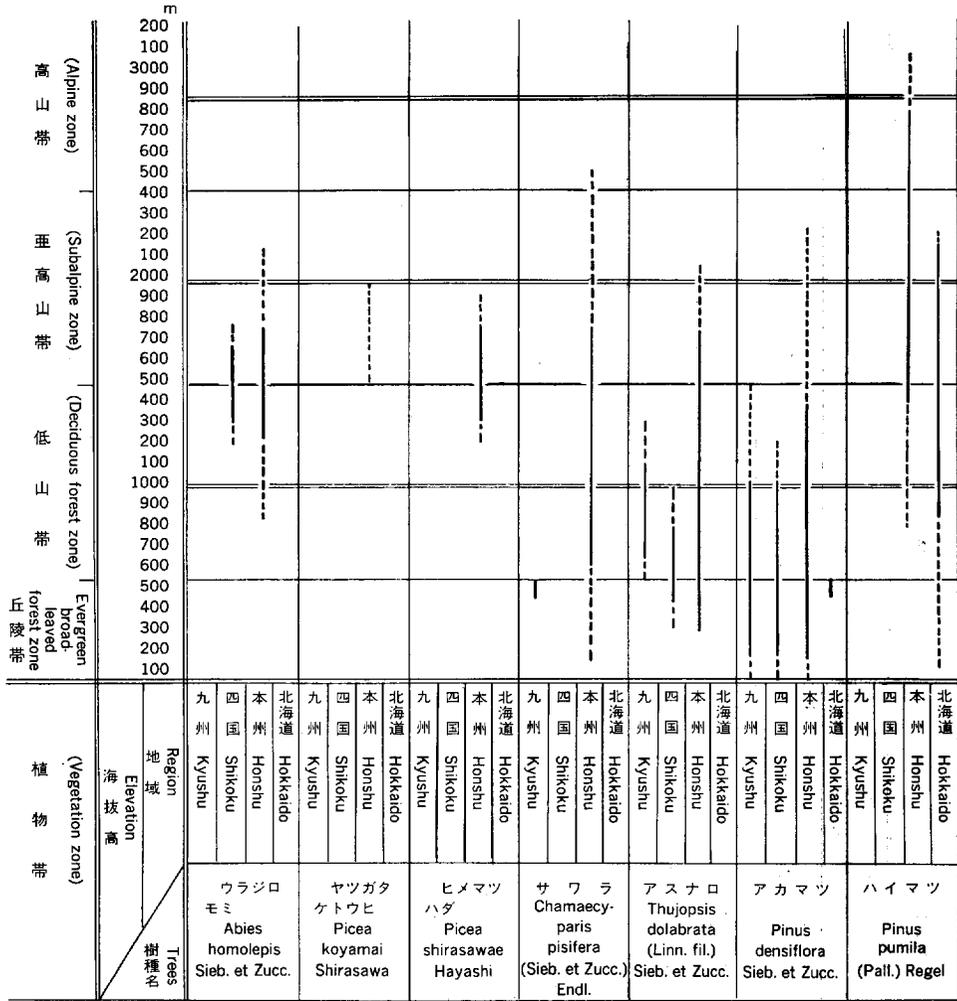


Fig. 43. 供試樹種の分布 (林)⁴⁷⁾
 Distribution of experimental tree species (HAYASHI)⁴⁷⁾.

ラジロノキに分布が記録されている。アスナロは青森県から福岡県まで水平分布し、250～2100mに垂直分布するが、本樹に寄生する *Caecoma deformans* TUBEUF は本州¹⁷⁾⁸⁹⁾⁸⁶⁾⁸¹⁾¹¹⁹⁾でアスナロのほかネズコ、四国⁶⁶⁾でクロベ (アスナロ) にも分布が記録されている。アカマツは、北海道から九州の屋久島まで水平分布し2～2290 mまで垂直分布する。本樹に寄生する *Coleosporium phellodendri* KOMAROV は、北海

Table 29. 実験供試樹種の水平分布と垂直分布 (林 弥栄 1969)⁴⁷⁾
 Horizontal and vertical distribution of experimental tree species.

区 分 Plots 樹 種 Tree	水 平 分 布 Horizontal distribution		垂 直 分 布 Vertical distribution	
	北 限 Northern extremities	南 限 Southern extremities	最 低 Lowest	最 高 Highest
ウラジロモミ <i>Abies homolepis</i> Sieb. et Zucc.	福島県三本槍岳 Fukushima Pref. Mt. Sanbonyari 北緯 37° 10' N. L	愛媛県小田沢山 Ehime Pref. Mt. Odazawa 北緯 33° 28' N. L	長野県木曾福島町 Nagano Pref. Kisofukushima 約 700m About	長野県浅間山 Nagano Pref. Mt. Asama 約 2,200m About
	中部山岳地帯に最も多く分布 Most distributed in the central mountainous district and show		約 1,000~1,800m 生長良好 About Good growth	
ヤツガタケトウヒ <i>Picea koyamai</i> Shirasawa	長野県八ヶ岳硫黄岳 Nagano Pref. Mt. Yatsugatake Mt. Iōdake 北緯 36° 0' N. L	同 西 岳 Do. Mt. Nishdake 北緯 35° 55' N. L	同 左 Do. 1,500m	同 左 Do. 2,000m
	八ヶ岳国有林のみの特産種 Tree species endemic to the Yatsugatake National Forest		1,750~1,900m 生長良好 Good growth	
ヒメマツハダ <i>Picea shirasawae</i> Hayashi	長野県八ヶ岳西岳 Nagano Pref. Mt. Yatsugatake. Nishdake 北緯 35° 57' N. L	長野県諏訪郡富士見町笹山 Nagano Pref. Mt. Sasayama 北緯 35° 35' N. L	長野県八ヶ岳立沢 Nagano Pref. Mt. Tatsuzawa 約 1,200m About	長野県仙丈岳 Nagano Pref. Mt. Senjo 1,950m
	八ヶ岳国有林周辺に限られた特産種 Tree species endemic to the Yatsugatake National Forest		1,300~1,800m 生長良好 Good growth	
サワラ <i>Chamaecyparis pisifera</i> (Sieb. et Zucc.) Endl.	岩手県早池峰山西麓岳国有林 Iwate. Pref. Mt. Nishiroku 北緯 39° 32' N. L	長崎県島原半島温泉岳 Nagasaki Pref Mt. Onsen 北緯 32° 80' N. L	関 東 地 方 Tokyo & district 約 110m About	長野県金峰山 Nagano Pref. Mt. Kinpo 2,590m

Table 29 つづき

樹種 Tree	水平分布 Horizontal distribution		垂直分布 Vertical distribution	
	北限 Northern extremities	南限 Southern extremities	最低 Lowest	最高 Highest
	中部山岳地帯に多く分布する More distributed in the central mountainous district		110~2,000m 生長良好 Good growth	
アスナロ <i>Thuopsis dolabrata</i> (Linn. Fil.) SIEB. et Zucc.	青森県東津軽郡穴川沢国有林 Aomori Pref. Mt. Anagawazawa 北緯 40° 53' N. L	福岡県高隈山 Fukuoka Pref. Mt. Takakuma 北緯 30° 15' N. L	東北地方 The Northeast 約 250m About	関東地方 Tokyo & district 約 2,100m About
	東北地方~中部山岳地帯に優良林が分布する Excellent forest is distributed in the northeastern and central districts		250~1,700m 生長良好 Good growth	
アカマツ <i>Pinus densiflora</i> SIEB. et Zucc.	北海道苫小牧市樽前山麓 Hokkido. Mt. Tarumae 北緯 42° 40' N. L	屋久島前岳 Mt. Yakushimamaedae 北緯 30° 15' N. L	各地方海岸 The beach of every place 約 2 m About	長野県南佐久郡川上村 Nagano Pref. Kawakami village 約 2,290m About
	全国各地に広く分布する Widely distributed in various parts of the whole of Japan		約 2~1,500m 生長良好 About Good growth	
ハイマツ <i>Pinus pumila</i> (PALL.) RECEL	北海道礼文島国有林 Hokkido. The island of Rebun 北緯 45° 25' N. L	長野県赤石山脈光岳 Nagano Pref. Mt. Hikari 北緯 35° 20' N. L	北海道 Hokkaido 約 50m About	中部地方 The central districts 約 3,180m About
	北海道~中部山岳地帯に広く天然分布する Naturally distributed from Hokkaido to the central mountainous district		約 5~3,000m 生長良好 About Good growth	

Table 30. 実験供試さび病菌の地理的分布
Geographic distribution (Horizontal distribution) and climatic

科名 Family	区分 菌名 Fungi	Plots	地 理 的 分 布 (水 Geographic distribution (Horizontal		
			北 海 道 Hokkaidō	本 州 Honshū	四 国 Shikoku
層 生 銹 菌 科 Melampsoraceae	<i>Melampsorella caryophyllacearum</i> SCHRÖTER	+	+	+	
		アカトドマツ <i>Abies sachalinensis</i> FR. SCHM. アオトドマツ <i>Abis mariesii</i> MIYABE et KUDO	モ ミ <i>Abies firma</i> SIEB. et ZUCC. ウラジロモミ <i>Abies homolepis</i> SIEB. et ZUCC. シラビソ <i>Abies veitchii</i> LINDL. オオシラビソ <i>Abies mariesii</i> MAST.	モ ミ <i>Abies firma</i> SIEB. et ZUCC.	
		+	+		
		アカエゾマツ <i>Picea Glehnii</i> MAST.	ヤツガタケトウヒ <i>Picea koyamai</i> SHIRASAWA ヒメマツハダ <i>Picea shirasawae</i> HAYASHI		
柄生銹菌科 Pucciniaceae	<i>Coleosporium phellodendri</i> KOMAROV	+	+	+	
		アカマツ <i>Pinus densiflora</i> SIEB. et ZUCC.	アカマツ <i>Pinus densiflora</i> SIEB. et ZUCC.	キハダ <i>Phellodendron amurense</i> RUPR.	
		+	+		
不完全銹菌科 Uredinales Imperfecti	<i>Gymnosporangium miyabei</i> YAMADA et I. MIYAKE	+	+	+	
		ハイマツ <i>Pinus pumila</i> (PALL.) REGEL	ハイマツ <i>Pinus pumila</i> (PALL.) REGEL	ウラジロノキ <i>Sorbus japonica</i> SIEB.	
不完全銹菌科 Uredinales Imperfecti	<i>Caeoma deformans</i> TUBEUF		+	+	
			アスナロ <i>Thujaopsis dolabrata</i> SIEB. et ZUCC. ネズコ <i>Thuja standishii</i> CARR.	アスナロ <i>Thujaopsis dolabrata</i> SIEB. et ZUCC. クロボ <i>Thuja standishii</i> CARR.	

(水平分布) と 気 候 的 分 布 (垂 直 分 布)

distribution (Vertical distribution) of experimental rust fungi.

平 分 布 distribution)		気 候 的 分 布 (垂 直 分 布) Climatic distribution (Vertical distribution)		
九 州 Kyūshū	琉 球 列 島 Ryūkyū	N帯 寒帯 亜寒帯 N-Zone(Frigid zone, Sub-frigid zone)	M帯 (温帯) M-Zone(Tempe- rate zone)	S帯 (暖帯) S-Zone(Warm temperate zone)
+				
モ ミ <i>Abies firma</i> SIEB. et Zucc.		○		
		○		
+				
キ ハ ダ <i>Phellodendron</i> <i>amurense</i> RUPR.			○	
+				
シオガマギク <i>Pedicularis</i> <i>resupinata</i> L.		○		
+				
ウラジロノキ <i>Sorbus japonica</i> SIEB.		○		
			○	

道³⁰⁾³⁸⁾⁸¹⁾¹¹¹⁾¹¹⁸⁾・本州⁶⁶⁾⁸¹⁾¹¹¹⁾¹¹⁸⁾・四国および九州⁷⁶⁾⁸¹⁾¹¹¹⁾¹¹⁸⁾に分布が記録されているが、四国や九州では本病の中間宿主キハダ上に分布するという記録である。ハイマツは、北海道より長野県まで水平分布し、50～3180 mに垂直分布する。本樹に寄生する *Cronartium ribicola* J. C. FISCHER ex RABENHORSTは、北海道⁸¹⁾¹¹¹⁾¹⁸⁹⁾や本州²⁹⁾⁸¹⁾¹¹¹⁾に分布することが記録されているほか、九州で中間宿主のシオガマグクに分布することが記録⁸¹⁾されている。

なお、病原菌の気候的分布(垂直分布)は *Melampsorella caryophyllacearum* SCHRÖTER, *Chrysomyxa abietis* (WALLR.) UNGER, *Cronartium ribicola* J. C. FISCHER ex RABENHORST および *Gymnosporangium miyabei* YAMADA et I. MIYAKE がN帯(寒帯・亜寒帯), *Coleosporium phellodendri* KOMAROV, *Caecoma deformans* TUBEUF がM帯(温帯)に属する種類であるとされている⁸¹⁾。

以上、中部山岳地帯のさび病研究の重要性について検討し、この地帯に分布する針葉樹と、これらに寄生の知られているさび病菌の種類や、実験に供試した樹種とこれらに寄生するさび病の分布などについて述べた。

つぎに筆者が今回の研究で明らかにした結果について若干の考察を加える。

第1節ではウラジロモミのてんぐ巣病に関する調査研究を行った。

本病は、我が国においてはこれまで枝の一部を侵す程度の軽微な病害と考えられてきたが、筆者の調査でアメリカの PETERSON¹⁴⁾ が報告した Fir (*Abies* sp.) の被害と同様に、主幹部にも侵入してこれを枯死させるほどの強い病原性をもつ病害であることを明らかにした。なお、この病気はモミ・シラベ・オオシラビン・アカトドマツおよびアオトドマツにも知られているので、今後は重要な樹木病害として対応しなければならないと考える。また、本病はミミナグサのような中間宿主があっても、乾燥地ではその分布が少なく、湿潤地に多くみられる病害であることも確認した。また最近は労力と経費を要する人工造林法から天然更新法に切り換えようとする兆しがみえるので、モミ属をこの施業の中にとり入れる場合は、可能な限り下刈除伐を行って、てんぐ巣病の発生しやすい湿った環境を作らないようにする必要がある。

接種試験の結果発現した本病の初期病徴と標徴について FISCHER¹⁴⁾ は肥大が先に生じ、さび病菌は後から生じたと報告しているが、筆者の行った試験結果では、さび病菌が先に生じ、肥大は後から認められた。この理由として、筆者は供試樹種・接種源・接種環境の相違などをあげたが、さらに病原菌の生理的系統を検討する必要性をつけくわえたい。FISCHER¹⁴⁾ は夏胞子を生じたハコベは越冬して小生子を生じたのち、再び夏胞子を生じたと報告している。中部山岳地帯のハコベ類は晩秋すべて枯死し越冬できないので、筆者は越冬できることがわかった夏胞子の生じているミミナグサを数年間入念に調査したが、5月頃小生子を生じたあとミミナグサはすべて枯死してしまい、これに夏胞子の形成を認めることはできなかった。接種試験は小生子の生じているミミナグサを切りとって大根を利用した方法で実施したが、発病率は低かった。発病率をあげるためには FISCHER¹⁴⁾ が行ったように鉢植えした接種源を用いるべきであろう。

本病病患部の病態解剖を行った結果、病患部の肥大した菌嚢には細胞の異常分裂と増大が観察され、これが肥大の原因であることを明らかにしたが、細胞の異常は肥大した病患部付近に止まっており、やはなれた部分は健全であることも確かめた。このことは、侵入した病原菌が菌糸体で材内部にまんえんし、他の部分に発病する可能性のうすいことを意味すると考えられるので、病患部からやや下の部分で切除する方法は、有効な防除法ではないかと思われる。本病のさび胞子の伝播について調査した結果、はじ

めは主風方向に伝播したが、長時間たつと平坦地・林内ともさび胞子は四方に分散した。この実験は、ウラジロモミてんぐ巣病のさび胞子について行った実験であるが、今回の研究で採り上げた他の数種のさび胞子も同様の分散が推測されるので、これらのさび病の被害を拡大させないためには、さび胞子の形成される以前に病患部の切除をする必要性が示唆された。これまでまったく不明であった本病の生活史は3年を要することが筆者による接種試験の結果立証された。

第2節では、ヤツガタケトウヒとヒメマツハダのさび病について調査研究を行った。

本病は、1969年筆者が発生を確認した病害であるが、周辺のトウヒにはこの病害がまったく認められないうえ、これまで健全に成長していた両樹に突然発生した理由は明らかにできなかった。在来のトウヒに比べ球果の形状、葉の大きさおよび樹皮などに相違点があり、材質も優良で、しかもトウヒ類の大害虫であるエゾマツカサアブラの加害をまったくうけない耐虫性品種であることから、長野営林局では71本の両樹の天然林を学術参考林として保護するとともに、両樹から種子を採集して養苗を行い管内の営林署に配布して、この造林をすすめているが、材質が優良で耐虫性品種であっても、さび病に対し罹病性であれば普及上大きな問題なので今後この問題の検討が必要である。

本病の接種試験については、これまでまったく報告がなかったので、筆者は自然感染による方法でこれを行い、本病がトウヒ類から直接トウヒ類に感染する中間宿主を必要としない病害であることを明らかにした。なお、この結果、本病は1年で生活史を完了する病害であることも明らかにした。

第3節ではサワラのさび病について調査研究を行った。本病はこれまで比較的被害の少ない病害と考えられていたが、東北地方における被害事例や今回報告した中部山岳地帯の被害事例などから、調査がすすむと意外に各地で発生している病害ではないかと考えられる。なお、本病がこれまであまり報告されていない理由として、初期病徴や標徴がわかりにくいこと、降雨の際顕著となる標徴も晴天が続くと萎縮してしまうこと、被害がすすむと標徴はごくわずかとなり、被害部には凹陥や溝腐症状が生じ腐朽病の一種とみられることなどをあげることができるが、ここで注意しなければならないのは、サワラに本病によく似た寒天状菌体を生ずるヒメキクラゲ属 (*Exidia* 属)⁹²⁾による被害のあることである。本病はこれまで広葉樹類の枯枝に生ずるとされていたが、サワラの枝上にも発生する。しかし、被害枝上に生ずる淡褐色寒天状菌体の病原菌も少なく、菌体表層を調べれば分生胞子が認められるので区別は可能である。

本病がナシの赤星病 (*Gymnosporangium asiaticum* MIYABE et YAMADA)、ナシの三方赤星病 (*Gymnosporangium shiraianum* HARA)、リンゴの赤星病 (*Gymnosporangium yamadae* MIYABE ex YAMADA) などと同属菌による被害であることは既述したとおりであるが、これらの病害との相違点として、筆者は中間宿主上のしゅう子毛の数がきわめて少ない点をあげた。しかし、このほかの相違点として、本病の病原菌は上記の病原菌より分散がより広範囲に及ぶのではないかとと思われる点をあげたい。すなわち、上記3種の病害は数百mの範囲のビャクシン類を撲滅すれば実効があるといわれ、この手法が防除法の一つとして採用されているが、本病はサワラのまったく生育していないヒノキ純林中の中間宿主ウラジロノキなどの葉上にしゅう子毛の形成がしばしば認められるからである。

本病の初期病徴・標徴として、枝や主幹部がふくれて紫褐色の袋が生じ、これが破れて冬胞子が出現するという報告⁹³⁾⁹⁹⁾があるので、この点について入念な調査を行ってみたが、今回の被害木および接種試験による発病木にはこれは認められなかった。しかし、このことは本病の病原菌に生理的系統のあることが予想されるので、今後の研究で解明する予定である。本病の接種試験については山田¹⁸⁴⁾らがサワラ上の

冬胞子をズミヤアズキナシなどに接種し、病原性を認めているが、中間宿主上のさび胞子をサワラに接種した報告は、筆者の実験のほかにはこれまでまったくみられなかった。筆者はこの接種試験に成功し、本病の初期病徴・標徴を明らかにするとともに、本病が生活史を完了するのに約 2 年を要することも明らかにした。

木曽地方では古くからヒノキ・サワラ・アスナロ・ネズコおよびコウヤマキを木曽五木と称し、大切に取扱ってきた樹種であるが、このサワラを侵害する本病は重要病害であり、徹底した防除対策を講じなければならないことは筆者の実験結果からも明らかである。

第 4 節ではアスナロのてんぐ巢病に関する調査研究を行った。本病は、これまで東北地方の青森・秋田県および能登半島のアスナロ（ヒバ）に発生が知られていたが、実害は軽微と考えられてきた。しかし、筆者は 1960 年木曽地方におけるネズコの被害¹⁷⁾を、また 1972 年に同じ地方でアスナロの被害を確認し、調査の結果、後者の被害は湿潤地においては多数の枯死木を生ずる病原性をもつ病害であることを明らかにした⁸²⁾⁸⁶⁾。

アスナロやネズコは既述のとおり木曽地方では木曽五木の一つであり、また、青森・秋田県および能登地方ではアスナロ（ヒバ）は最も重要な樹種である。したがって、これまで比較的軽微な被害と考えられていたてんぐ巢病が、場合によっては激しい病原性を発揮する病害であることを明らかにしたことは、これらの樹種の育林上にも重要な資料を提供できたと考える。

現在、アスナロは青森・秋田の両県および木曽地方において、主に天然更新法による造成が行われている。しかし、第 1 節の考察でも触れたとおり、天然更新法は本病発生に好適な過密林を作りやすいので、下刈りや枝打ちなどを行って、本病発生に好適な過密林を作らない配慮が必要である。

能登地方では、本樹の造成を主にさし木で行っているが、本病の病徴・標徴が不明であったため、罹病枝がさし穂の中にまぎれこみ、多くの被害を生じていた⁸⁸⁾⁹⁹⁾。今後は、筆者の明らかにした初期病徴や標徴を参考にしてさし穂の採集を行えば、本病をかなり回避できるものと考えられる。

本病が中間宿主を要しないでアスナロから直接アスナロへ感染することは、草野¹²⁶⁾が立証している。筆者はこの試験を追試し、草野の結果が誤りのないことを確かめると同時に、初期の病徴・標徴を初めて明らかにした。しかし、中間宿主を必要としないことは、本樹の単純林を造成した場合常に被害発生のおそれのあることを意味するので警戒が必要である。

筆者の行った接種試験の結果、これまで不明であった本病の生活史は、これを完了するのに 2 年を要することが明らかとなった。

第 5 節ではアカマツの葉さび病について調査研究を行った。この被害は調査の結果、アカマツ幼齡造林地を下刈りの際同地内に自生するキハダをすべて残し、製薬原料に利用しようとしたため大発生した被害であることが明らかとなったが²⁰⁾⁸⁸⁾、キハダがアカマツ幼齡木を枯死させる葉さび病の中間宿主であったことは地元住民に大きな衝撃を与えた。本病の病徴や標徴は、キク科植物を中間宿主とする *Coleosporium asterum* (DIET.) P. et H. SYDOW による病害に酷似している。この病害では病原菌のしゅう子のうが点在発生で白黄色であるのに対し、*C. phellodendri* KOMAROV ではしゅう子のうが連続的に認められ橙黄色を呈するから区別は可能であるが、被害木の葉上に *C. asterum* (DIET.) P. et H. SYDOW と *C. phellodendri* KOMAROV が混在発生している事例があるので注意が必要である。なお、これまで述べたウラジロモミやサワラなどのさび病の中間宿主が、雑草・雑木であったのに対し、本病の中間宿主が重要な製薬原

料であることは考慮しなければならない問題である。筆者は、本文中でキハダの病徴や標徴をややくわしく述べた。最近、キハダを造林するところができたので、この場合は当然のことながらここに生じてくるアカマツは除去しなければならない。しかし、この際さび胞子の生じてしまったアカマツを切除しそのまま放置すると、さび胞子は約90日生存していることが筆者の実験で明らかとなったので、切除したアカマツ罹病木は焼却するか、土中に埋没する必要がある。しかし、本文中で述べたとおり、キハダ上の小生子の飛散距離は数百mであるのに対し、アカマツ上のさび胞子は後述するとおり、数kmあるいは数十kmも分散することが予想されるので、林内のアカマツを除去してもキハダ上には本病が発生する場合があると考えられる。

本菌の異種寄生性については、平塚⁸⁸⁾がアカマツ上のさび胞子をキハダに接種し証明しているが、キハダ上の小生子をアカマツに接種した報告はなかった。筆者はこれに関する試験を繰り返し実施し、本病の小生子はアカマツに侵入して約1年後に発病する場合と、約2年後に発病する場合の二とおりがあることを明らかにした⁸⁸⁾。しかし、この原因の究明は今後検討する必要がある。亀井は本病がアカマツの少ない北海道北部においてもキハダ上に発病の認められることに疑義をもつことを公表し¹¹⁵⁾、筆者も木曾ヒノキ純林中で同様の事例の見られることを述べた。この疑問点を明らかにするため、キハダを温室中で隔離栽培して発病状況を観察してみたところ、野外に置いた対照木には顕著な発病が認められたが、温室内のものにはまったく発病が認められなかった。このことから上述のキハダの発病も、アカマツ上に形成されるさび胞子によって発病することが考えられた。なお、この試験は付近にアカマツ葉さび病がまったく認められない場所で行われたため、このさび胞子はかなり遠方から飛来し感染したものであることが推定された。本病の生活史は筆者の行った接種試験によって既述のとおり、1年で完了するものと、2年のものがあることが明らかとなったが、二つの生活史のあることは本病の防除対策上ゆるがせにできない重要なことと考える。

第6節ではハイマツの発しんさび病に関する調査研究を行った。

この研究は、本文中で述べたとおり1972年北海道のストローブマツに発しんさび病 *Cronartium ribicola* J. C. FISCHER ex RABENHORST が発生し、この感染源がハイマツ発しんさび病であることが推定されたため¹⁷⁶⁾¹⁷⁸⁾、ハイマツの分布している地帯における本病の発生の有無を調査する必要が生じ始めたものである。筆者はこの研究を1977年より1981年まで実施し、平塚⁶⁸⁾⁶⁹⁾⁸⁴⁾⁸⁶⁾によって明らかにされていた御岳山 (I)・中央アルプス駒ヶ岳 (III)・北アルプス燕岳 (III)、平塚⁶⁸⁾⁶⁹⁾⁸⁴⁾⁸⁶⁾、WICKE, Ed. F. and YOKOTA S.¹⁸²⁾によって明らかにされていた立山 (0. I. II. III) における発生分布に、乗鞍岳 (I. II. III. IV)・中央アルプス駒ヶ岳 (I. II. III. IV)・北アルプス西穂高岳 (III)・南アルプス仙丈岳 (I. II. III. IV) に発生分布していることをつけ加えた。

本病はハイマツの主幹部・主枝・小枝が紡錘形に肥大し、かつ顕著な黄白色のしゅう子のうを生ずるので比較的発見しやすい病害であるが、佐保は1973年本病に酷似する Pine to Pine rust (*Peridermium yamabense* SAHO et TAKAHASHI) のあることを報告¹⁵⁹⁾¹⁶⁵⁾¹⁵⁸⁾した。この両者を罹病木で区別するのは困難であるが、さび胞子を発芽させ細胞中の核の数が一個であれば *P. yamabense* SAHO et TAKAHASHI、二個であれば *C. ribicola* J. C. FISCHER ex RABENHORST と同氏は報告¹⁵⁸⁾している。筆者は、乗鞍岳において本病のさび胞子による接種試験をエゾシオガマとスグリ類に実施、両者に病原性を認めた。そして、この実験の結果、中部山岳地帯の中、乗鞍岳に発生しているハイマツ発しんさび病は、横田¹⁸⁹⁾¹⁹⁰⁾¹⁹²⁾らの報

告した北海道に発生している病原菌と同一系統のものであることを立証した。このことは、中部山岳地帯においても、ストロブマツほか五葉松類に本病の発生する危険性を暗示しているので、厳重な警戒が必要である。

さび病菌は、平塚⁸²⁾によれば戦前の日本列島 銹菌フロラは 層生銹菌科 21 属 173 種、柄生銹菌科 30 属 454 種計 2 科 51 属 627 種あり、このほかに不完全銹菌属約 113 種、合計では約 740 種あるといわれている膨大な菌群である。未踏地の多い中部山岳地帯でさび菌フロラに関する研究が進むと新たな菌の発見も予想され、またこの地帯特有の固有種・長世代種も明らかになると思われるので、これらの点についても今後くわしく究明して行かねばならない。

今回、筆者が行った研究は、それぞれの病害についてくわしく論議してきたとおり、中部山岳地帯におけるさび病菌に関する研究の重要性を背景として実施したものである。

本研究の結果、ウラジロモミのてんぐ巢病については、1801 年 PERSOON⁶⁶⁾ が、本病を記載してから約 180 年来、ヤツガタケトウヒ・ヒメマツハダのさび病については、1834 年 WALLROTH¹⁷⁹⁾ が本病を記載してから約 150 年来、サワラのさび病については、1903 年官部¹⁸¹⁾ が本病を記載してから約 80 年来、アスナロのてんぐ巢病については、1878 年 BERKELEY⁶⁾ が本病を記載してから約 100 年来、アカマツの葉さび病については、1899 年 KOMAROV¹²⁹⁾ が本病を記載してから約 80 年来、不明の点が多かった被害状況・発生環境・初期病徴・標徴・病原菌の生理的性質および接種試験にもとづく病原菌の生活史をそれぞれ解明し、ハイマツの発しんさび病については 1905 年 DIETEL¹⁸⁾ が本病を記載してから約 70 年後、北海道においてストロブマツをはなはだしく侵害する事例が生じてきたので、中部山岳地帯における本病の分布と病原菌の系統などを解明した。

筆者の研究の結果明らかにされた上記数種の病害の発生環境・初期病徴・標徴および生活史などは、これらの病害の発生予察・早期発見および防除法などにいささかの基礎資料を与えることができた。

摘 要

中部山岳地帯は、我が国の優良な森林地帯であるが、近時諸被害の発生がみられるようになってきた。さび病もこの被害の一つであるが、この病害はこれまでほとんど研究が行われていなかった。筆者は 1960 年頃より、ウラジロモミのてんぐ巢病・トウヒ類のさび病・サワラのさび病・アスナロのてんぐ巢病・アカマツの葉さび病・ハイマツの発しんさび病などについての研究を実施し、被害状況・発生環境・病徴・標徴・病原菌の形態・病原菌の生理的性質・病原性・生活史などをほぼ明らかにした。この概要は次のとおりである。

I. ウラジロモミのてんぐ巢病

1) 1963 年から 1964 年にかけて長野営林局福島営林署日義国有林、蕨原営林署奈川国有林のウラジロモミ造林木、天然林にてんぐ巢病 *Melampsorella caryophyllacearum* SCHRÖT. が発生し、この被害率は造林木で 20～80%、天然林で 53～90%であった。なお、本病は中間宿主の多寡には関係なく、湿潤地に多く、乾燥地には少ない病害であることが判明した。また、本病は従来枝に多い病害とされてきたが、造林木、天然木の主幹部にも発生して著しい生長減退や枯死木を生ずる。

2) 本病は中間宿主のミナグサ上の小生子を、5 月頃ウラジロモミの生長点付近の傷つけた芽に接種すると、翌年感染した芽は健全な芽の数倍の大きさに異常生長し、翌々年 5 月頃(約 2 年後)病患部小葉

上にさび柄子殻、さび柄胞子を、6月頃さび胞子を形成する。異常生長枝は年々大きくなり、3年目頃より紡錘形に肥大しはじめ、数年後には直径約50 cm大のでんぐ巣病巣となる。さび胞子が中間宿主のミミナグサに6月頃侵入すると約10日後に黄褐色の夏胞子堆、夏胞子を形成する。ミミナグサは8月頃枯死するが、夏胞子は別の健全ミミナグサに感染して繁殖を継続し、夏胞子越冬することが確かめられた。なお、このミミナグサは融雪後の5月頃葉裏に冬胞子、小生子を形成し、形成期間は6月頃までの約1か月間であった。

3) 本病菌さび柄胞子の大きさは $3 \sim 7.5 \times 2 \sim 5 \mu\text{m}$ 、さび胞子の大きさ $15 \sim 30 \times 15 \sim 22 \mu\text{m}$ 、夏胞子の大きさ $19 \sim 28 \times 14 \sim 20 \mu\text{m}$ 、冬胞子は径 $11 \sim 25 \mu\text{m}$ 、小生子の大きさ $7 \sim 10 \mu\text{m}$ であった。

4) 本病菌のさび胞子は $10 \sim 30^\circ\text{C}$ で発芽し、発芽率からみて最適温度は 25°C であった。関係湿度では100%において最もよく発芽し、98%以下になると低下した。夏胞子は $10 \sim 30^\circ\text{C}$ で発芽し、発芽率からみて最適温度は 20°C であり、関係湿度では100%において最もよく発芽し、98%以下になると低下した。小生子は $10 \sim 30^\circ\text{C}$ で発芽し、最適温度は 20°C であった。関係湿度は100%において最もよく発芽し、98%以下になると低下した。本病のさび胞子の寿命について調査した結果、室内に置いた場合は約3か月、屋外に置いた場合は約2か月で発芽力を失うことが判明した。

5) 本病の寄生により紡錘形に肥大したウラジロモミの病患部を調査した結果、この部分は健全部に比し、横断面、縦断面、切線面とも仮導管、放射組織細胞が異常に分裂増大しており、これらのことが肥大の原因と推定された。

6) 平坦地と林内において本病のさび胞子の飛散状況を調査した結果、平坦地に5時間罹病木を置いた場合は主風方向に多く飛散がみられたが、24時間置いた場合は風の方向にかかわらず四方に分散することがわかった。一方林内においては6時間罹病木を置いた場合も、24時間置いた場合も、風の方向にかかわらず四方に分散がみられた。なお、罹病木直下の落下さび胞子数は、平坦地、林内とも昼より夜多く落下することがわかった。なお、苗畑において中間宿主の発病状況を距離別に調査した結果、常に罹病木の陰になっていた1 m地点のものが発病しただけであり、中間宿主は被陰された状態でないと発病しないことが示唆された。

7) 本病はさび柄胞子世代(0)と、さび胞子世代(1)をウラジロモミなどで、夏胞子世代(II)、冬胞子世代(III)、小生子世代(IV)をミミナグサ、ハコベなどで過ごす病原菌であるが、小生子がウラジロモミに侵入してさび胞子を生ずるのは侵入翌々年の5月頃であることを明らかにした。

II. ヤツガタケトウヒ・ヒメマツハダのさび病

1) 1969年5月、長野営林局諏訪営林署八ヶ岳国有林内の稀品種、ヤツガタケトウヒ・ヒメマツハダ壮齡木、稚樹0.76 haの小林分中にトウヒ属樹木を侵すさび病 *Chrysomyxa abietis* (WALLR.) UNGER が発病した。調査の結果、本病による罹病率は稚樹が50~52%、天然壯齡木は100%であった。

2) 天然壯齡木が5月頃本病に侵されると10月頃葉の表面に黄褐色帯状の横縞が生じ、冬胞子堆は翌年4月中旬頃発生した。冬胞子堆は5月下旬頃成熟し6月上旬頃から7月中旬頃にかけて小生子の飛散が認められた。被害葉はこの頃からしだいに褐変し、9~10月頃落葉し、一部の枝に枯死が認められた。稚樹が5月頃本病に侵されると10月頃黄変した被害葉に淡赤黄色の初期冬胞子堆が生じ、翌年5月上旬頃赤黄色に成熟し5月中旬頃から6月中旬にかけて小生子の飛散が認められた。なお、被害葉は9月頃落葉し、一部の枝に枯死が認められた。

3) 本病菌の冬孢子堆は罹病葉上に点々と発生し、大きさ $0.7 \sim 1 \times 0.3 \sim 0.5 \text{ mm}$ 、冬孢子の大きさ $20 \sim 32 \times 10 \sim 18 \text{ }\mu\text{m}$ 、小生子の大きさ $7 \sim 13 \times 7 \sim 10 \text{ }\mu\text{m}$ であった。

4) 本病菌の小生子は $10 \sim 25^\circ\text{C}$ で発芽し、発芽率からみて適温は 15°C であった。また関係湿度 98% 以上で小生子の約 1/3 が発芽し、発芽管の伸びも良かったが、95% になると発芽は低下し、発芽管の伸びも悪かった。

5) 本病に自然感染した稚樹を利用して接種試験を行った結果、本病には中間宿主がなく、ヤツガタケトウヒ・ヒメマツハダから再び両樹へ直接感染し、冬孢子世代 (III) と小生子世代 (IV) をトウヒ属樹木上で過ごす病害であることが確かめられた。なお、ヤツガタケトウヒ・ヒメマツハダに侵入した小生子が再び冬孢子堆を生じたのは約 1 年後であった。

III. サワラのさび病

1) 1970 年 5 月長野営林局福島営林署西野北山国有林、1979 年 5 月同署末川国有林内のサワラ天然林にサワラのさび病 *Gymnosporangium miyabei* YAMADA et I. MIYAKE が発生し、調査の結果、本病は中間宿主があっても乾燥地には発生せず、湿潤地で中間宿主のある場所に発生する病害であることが判明し、その被害率は 60～100% であった。なお、本病は主幹部、主枝、小枝に被害ははなはだしく、葉には少なかった。

2) 本病は中間宿主ウラジロノキなどに生ずるさび胞子を 8 月頃傷つけたサワラの枝葉に接種すると、翌々年 4～5 月頃侵入部付近に栗褐色はぼ円形、大きさ $0.5 \sim 1 \text{ mm}$ の冬孢子堆を生ずることがわかった。なお、侵入した病原菌は罹病木中で生存し、毎年春橙黄色寒天状の菌体を発生するが、表皮および材部を侵害するので被害木にははなはだしい凹陥や、溝腐症状を生じ、幼齡木はもとより壯齡大径木でも枯死する事例が記録された。5 月下旬頃本病の冬孢子堆が成熟して小生子が中間宿主のウラジロノキなどに侵入すると、約 20 日後葉裏に黄色の赤星症状が生じ、約 30 日後の 6 月下旬葉裏にさび柄子殻、さび柄胞子を生じ、約 1 か月後の 7 月下旬頃から 10 月上旬頃まで、しゅう子毛、さび胞子が発生することが確かめられた。

3) 本病菌のさび柄胞子は大きさ $7 \sim 12 \times 2.5 \sim 3 \text{ }\mu\text{m}$ 、さび胞子の大きさ $20 \sim 24 \times 17 \sim 21 \text{ }\mu\text{m}$ 、冬孢子は通常 2 胞、膜の厚い胞子は $43 \sim 62 \times 15 \sim 20 \text{ }\mu\text{m}$ 、膜の薄い胞子は $45 \sim 82 \times 10 \sim 15 \text{ }\mu\text{m}$ 、小生子の大きさ $14 \sim 18 \times 7 \sim 13 \text{ }\mu\text{m}$ であった。

4) 本病菌のさび胞子は $10 \sim 30^\circ\text{C}$ で発芽し、発芽率からみて最適温度は 25°C であった。小生子は $5 \sim 30^\circ\text{C}$ で発芽し、発芽率からみて最適温度は 20°C であった。なお、本菌の冬孢子の発芽は先端部と中隔部の 2 か所から前菌糸が生じ、小生子を形成することも確かめられた。

5) 本病はさび柄胞子世代 (0) と、さび胞子世代 (I) をウラジロノキ、ナナカマド、ズミなどで、冬孢子世代 (III)、小生子世代 (IV) をサワラ上で過ごし、夏胞子世代 (II) を欠く病原菌であるが、さび胞子がサワラの枝葉に侵入して冬孢子世代、小生子世代を生ずるのは侵入翌々年の 4～5 月 (約 1 年 8 か月後) であることが明らかにされた。

IV. アスナロのてんぐ巢病

1) 長野営林局上松営林署小川入国有林ヒノキ天然林内に自生するアスナロについて、てんぐ巢病 *Caecoma deformans* (BERK. et BR.) TUBEUF の発病状況を調べてみたところ、乾燥地の被害はわずかであったが (罹病率 1.5%)、湿潤地では調査木のすべてに被害が認められ (罹病率 100%)、被害程度もはなは

だしかった。湿潤地にあるアスナロにとっては本病は警戒を要する病害であることがわかった。

2) 本病のさび胞子が4～5月頃アスナロの葉に侵入すると、10月頃葉の裏面に白緑色円柱状長さ1～2 mmの微小な異常不定芽を生ずることを明らかにした。この不定芽は翌年生長して円筒形となり、さらに分岐し釘頭状体となって、8～9月頃同体の皿状部に小粒点が生じた。翌々年3～4月この小粒点から粘質状のさび柄胞子が浸出し、5月頃同体の皿状部が隆起して橙黄色のさび胞子層が形成され、まもなくこの表皮が破れてさび胞子を飛散した。その後同体にはしわが現われ萎縮し黒変して枯死するが、枯死した同体のまわりから再び白緑色の異常不定芽が発生し釘頭状体に成長した。この病態が毎年繰り返されるので病患部は海藻のヒジキ状集団となり、球形と化して、ときにはこの直径が数十cmに達した。てんぐ果病部には葉はできない。罹病木は樹勢が衰え、生長も不良となり枯死木を多数生ずる場合のあることがわかった。

3) 本病の病原菌であるさび柄子殻は釘頭状体の皿状部へ小点状に一列に生ずる。さび柄子殻の大きさ $20 \sim 30 \times 20 \sim 28 \mu\text{m}$ 、さび柄胞子の大きさ $1.5 \sim 2 \times 1 \sim 1.5 \mu\text{m}$ 、さび胞子層は同体皿状部に形成され大きさ $2 \sim 4 \text{ mm}$ 、橙黄色、さび胞子は球形～だ円形～洋梨形、無色～淡黄色、大きさ $35 \sim 60 \times 27 \sim 43 \mu\text{m}$ 、膜の厚さ $2 \sim 3 \mu\text{m}$ であった。

4) 本病菌のさび胞子は $10 \sim 25^\circ\text{C}$ で発芽し、発芽率からみた適温は 25°C であった。また、関係湿度 95% 以上で供試さび胞子のほぼ半数が発芽したが、92% になると発芽はわずかとなり発芽管の伸びも悪かった。

5) 接種試験の結果、本病菌は中間宿主をもたず、アスナロからアスナロへ直接感染する病害であることが確かめられた。すなわち、さび柄胞子世代 (0) とさび胞子世代 (1) をアスナロ上で過ごすさび菌である。また、本菌はその年伸びた葉の裏側から侵入感染し、形成された釘頭状体の上にさび柄胞子とさび胞子が形成されるのは約2年後であることが明らかにされた。

V. アカマツの葉さび病

1) 1959年春、長野県木曾郡王滝村で *Coleosporium phellodendri* KOMAROV によるアカマツ葉さび病の我が国で初めての大面积 (約 31 ha) 発生が記録された。調査の結果、大発生の原因は中間宿主キハダの自生地へアカマツを植栽したためであることを明らかにした。

2) 本病は11～12月頃アカマツ葉上にさび柄子殻が生じ、翌年4～5月頃しゅう子のうとさび胞子が葉の基部から先端にかけ連続的に発生した。被害木は生長不良となり、一部に枯死木も認められた。中間宿主キハダの葉上には6～7月頃夏胞子が、8～9月頃冬胞子、小生子の発生が認められた。罹病葉は黄褐変し早期に落葉した。

3) 本菌のさび柄子殻は円形、平滑、無色、 $3 \sim 5 \times 3 \mu\text{m}$ 、さび胞子は垂球形、広だ円形～長だ円形、 $30 \sim 40 \times 20 \sim 33 \mu\text{m}$ 、夏胞子は球形、だ円形、 $25 \sim 28 \times 13 \sim 18 \mu\text{m}$ 、冬胞子は円柱状棍棒型、 $70 \sim 100 \times 18 \sim 25 \mu\text{m}$ 、小生子はだ円形、橙黄色、 $20 \sim 25 \times 15 \sim 18 \mu\text{m}$ であった。以上の各胞子中、夏胞子の大きさは従来知られている、我が国および海外における測定値よりやや小さかった。

4) 本菌さび胞子の発芽最適温度は 15°C 付近であり、水中では12時間後に発芽がみられた。また、さび胞子は90日後に発芽力を失うことが判明した。

5) 本病原菌の小生子を用いて接種試験を実施した結果、アカマツは感染1年後 (229日後) に発病するものと、2年後 (562日後) に発病するものがあることが初めて明らかにされた。さび胞子による接種

試験では、キハダ上の夏胞子形成は感染 8～14 日後であった。なお、この後冬胞子形成までの期間は 60～80 日であることも明らかになった。

6) 本菌の生活史を 1 年で完了するものは、晩秋にさび柄子殻をアカマツ葉上に生じ、翌年 3 月頃さび柄胞子を、5～6 月頃さび胞子を生じ、中間宿主キハダ上には 6～10 月頃夏胞子を、8～10 月頃冬胞子を生じた。生活史を 2 年で完了するものは、さび柄子殻は上記と同時期に出現したが、さび柄胞子の成熟は翌々年の 3 月頃であった。しかしその他の病原菌の発生時期は上記とはほぼ同様であった。

7) 本病の防除法として中間宿主のキハダを除去することはきわめて有効であることが判明した。

VI. ハイマツ発しんさび病

1) 1977 年より 1981 年まで 5 年間に中部山岳地帯におけるハイマツ発しんさび病 *Cronartium ribicola* J. C. FISCHER ex RABENHORST の分布調査の結果、既知の木曾駒ヶ岳 (夏胞子世代)、御岳山 (さび胞子世代、夏胞子世代)、立山 (さび胞子世代、夏胞子世代)、燕岳 (夏胞子世代) のほか、乗鞍岳 (さび胞子世代、冬胞子世代、小生子世代)、西穂高岳 (夏胞子世代)、木曾駒ヶ岳 (さび胞子世代、夏胞子世代、冬胞子世代、小生子世代)、仙丈岳 (さび胞子世代、夏胞子世代、冬胞子世代、小生子世代) において本病の発生分布があらたに確認された。

2) 本病はハイマツの主幹部、枝を紡錘形に肥大させ、ここにさび胞子を生ずるが、罹病木は数年後黄変枯死するものが多くみられた。中間宿主のスグリ類、エゾシオガマ上には夏胞子、冬胞子、小生子が生じ、これらは両宿主の葉の枯れる 10 月上旬頃まで認められた。

3) 本病のさび胞子はだ円形～長だ円形、大きさ $25 \sim 40 \times 15 \sim 27 \mu\text{m}$ 、夏胞子は長だ円形、だ円形、球形、 $18 \sim 32 \times 15 \sim 21 \mu\text{m}$ 、冬胞子は長だ円形、両端截形、長さ $75 \sim 80 \mu\text{m}$ 、幅 $10 \sim 20 \mu\text{m}$ 、小生子は亜球形～卵型、 $10 \sim 20 \times 10 \mu\text{m}$ であった。

4) 乗鞍岳のさび胞子による接種試験の結果、スグリ類、エゾシオガマの両者に病原性を示し、乗鞍岳の病原菌はストローブマツ、ハイマツ→スグリ、シオガマ型 (中標津、立山、駒ヶ岳) であることが確かめられた。なお、木曾駒ヶ岳、仙丈岳のものについては接種試験を行っていないので、同一系統のものか否かは不明である。

5) 中部山岳地帯のハイマツ発しんさび病菌は、罹病木上に 7 月下旬～8 月上旬さび胞子世代 (I) を、スグリ類、エゾシオガマ上に 8 月下旬～10 月上旬夏胞子世代 (II)、冬胞子世代 (III)、小生子世代 (IV) を生じた。さび柄胞子世代 (0) はまだ確認していない。

引用文献

- 1) 赤井重恭：植物菌癭の研究。朝倉書店、東京 5～6 (1944)
- 2) ANDERSON, A. P.: Comparative anatomy of the normal and diseased organs of *Abies balsamea* affected with *Aecidium elatinum*. Bot. Gaz., 24: 309～344 (1897)
- 3) ARTHUR, J. C. & F. D. KERN: North American species of *Peridermium*. Bull. Torr. Bot. Club, 33: 403～438 (1906)
- 4) ARTHUR, J. C.: The plant rusts (Uredinales). New York: John Wiley & Sons, Inc. London: Chapman & Hall, Limited. 311 (1929)
- 5) BAXTER, D. V.: Pathology in forest practice. John Wiley & Sons Inc., New York & London, 601 pp. (1943)
- 6) BERKELEY, M. T.: Contribution to the botany of H. M. S. "Challenger" 1874, 3. J. Linn.

- Soc. Bot. 16 : 38~54 (1878)
- 7) BUBAK, F. : Die Pilze Bohmens I. Rostpilze (Uredinales). 211 (1908)
 - 8) 千葉 修 : マツ類の葉さび病について. 森林防疫ニュース 6 : 142~146 (1957)
 - 9) 千葉 修 : 外国樹種の導入と病害伝播. 森林防疫ニュース 7 : 40~45 (1958)
 - 10) CHIBA, O. and Y. ZINNO : Uredospores of the poplar leaf rust, *Melampsora larici-populiana* Kleb., as a source of primary infection. Jour. Jap. For. Soc., 42 : 406~410 (1960)
 - 11) DIETEL, P. : Uredineae Japonicae II Engl. Bot. Jahrb., 28 : 287 (1900)
 - 12) DIETEL, P. : Uredineae Japonicae II Engl. Bot. Jahrb., 32 : 631 (1903)
 - 13) DIETEL, P. : Uredineae Japonicae II Engl. Bot. Jahrb., 37 : 107 (1905)
 - 14) FISCHER, E. : *Aecidium elatinum* Alb. et Schw. der Urheber des Weissnannen und seine Uredo- und Teleutosporenform, I. Zeitschr. f. Pflanzenkr. 11 : 321~344 (1902) II. Ibid, 12 : 199~209 (1902)
 - 15) GEORGE, B. Cummins : Illustrated Genera of Rust Fungi. Burgess Publishing Company Minneapolis U. S. A. 25 (1959)
 - 16) GAUMANN, E. : Die Rostpilze Mitteleuropas. Beitr. Kryptogamenfl. Schweiz Bern. 12 : 1407 pp. (1959)
 - 17) 浜 武人 : ネズコ (クロベ) のてんぐ巢病. 森林防疫ニュース, 9(9) : 5~6 (1960)
 - 18) 浜 武人 : コレオスポリウム・ヘロデンドリ菌によるアカマツの葉さび病. 森林防疫ニュース 9 : 48~52 (1960)
 - 19) 浜 武人 : アカマツ葉さび病の防除. 森林防疫ニュース, 10 : 52~54 (1961)
 - 20) 浜 武人 : アカマツ葉さび病 *Coleosporium phellodendri* Kom. に関する研究 (I), 被害状況, 病態および防除法. 日林講, 72 : 285~288 (1962)
 - 21) 浜 武人 : アカマツ葉さび病 *Coleosporium phellodendri* Kom. に関する研究 (II), 本病原菌の生活史 (アカマツ及びキハダの発病様相). 日林講, 72 : 288~291 (1962)
 - 22) 浜 武人 : がんしゅ病類似のウラジロモミ病害. 森林防疫ニュース, 11 : 17~18 (1962)
 - 23) 浜 武人 : アカマツ葉さび病 *Coleosporium phellodendri* Kom. に関する研究 (III), 銹胞子の発芽および生存力, 病原菌の生活史の新知見. 日林講, 74 : 313~315 (1963)
 - 24) 浜 武人 : シラベのてんぐ巢病. 森林防疫ニュース, 13 : 22 (1964)
 - 25) 浜 武人 : 亜高山性樹種の病害に関する研究(II), ウラジロモミのてんぐ巢病の被害状況・病態. 日林講, 76 : 326~328 (1965)
 - 26) 浜 武人 : 亜高山性樹種の病害に関する研究(III), ウラジロモミのてんぐ巢病菌の伝播について. 日林講, 76 : 330~333 (1965)
 - 27) 浜 武人 : 亜高山性樹種の病害に関する研究(IV), ウラジロモミのてんぐ巢病菌の形態および各型胞子の形成時期. 日林講, 78 : 203~204 (1967)
 - 28) 浜 武人 : 亜高山性樹種の病害に関する研究(XI), ウラジロモミのてんぐ巢病病患部の解剖観察. 日林講, 80 : 308~309 (1969)
 - 29) 浜 武人 : 木曾駒ヶ岳におけるハイマツ病害. 日林講, 80 : 309~311 (1969)
 - 30) 浜 武人 : 亜高山性樹種の病害に関する研究(XII), ヤツガタケトウヒ・ヒメマツハダのさび病について. 日林中支講, 18 : 91~94 (1970)
 - 31) 浜 武人 : ヤツガタケトウヒ・ヒメマツハダのさび病. 森林防疫, 21 : 13~16 (1972)
 - 32) 浜 武人 : アスナロ (ヒバ) の天然林におけるてんぐ巢病について. 日林講, 83 : 291~293 (1972)
 - 33) 浜 武人 : 長野県木曾谷に発生したアカマツ葉さび病. 林試研報, 247 : 1~13 (1972)
 - 34) 浜 武人 : ウラジロモミてんぐ巢病およびアスナロてんぐ巢病の接種試験結果について. 日本菌学会講演集, 22 : 91~92 (1978)
 - 35) 浜 武人 : 中部山岳地帯のさび病に関する研究, ハイマツさび病. 日本菌学会講演集, 26 : 67

(1981)

- 36) 浜 武人：中部山岳地帯の針葉樹さび病に関する研究，アスナロのてんぐ巢病．林試研報，320：1～12 (1982)
- 37) HAMA, T. : Witches' broom of *Abies homolepis* in Japan. The 3rd International Mycological Congress. (IMC3), (Abstract), 464 (1983)
- 38) 原 摂祐：赤星病の研究．静岡県農会，1～68 (1925)
- 39) 原 摂祐：樹病学各論．静岡，139～140 (1925)
- 40) 原 摂祐：実験樹木病害論．養賢堂，東京 402 pp. (1927)
- 41) 原 摂祐：赤石山採集の寄生菌．静岡県農会報，395：55～65，396：53～59 (1930)
- 42) 原 摂祐：日本害菌学．養賢堂，東京 358 pp. (1936)
- 43) 原 摂祐：日本菌類目録．日本菌類学会，静岡，79 (1954)
- 44) HASHIOKA, Y. : Matériaux pour la flora des uredinees de Iile de Saghaline septentrionale. J. Jap. Bot. (Tokyo), 12(12) : 882～886 (1936)
- 45) 林 弥栄：長野営林局管内に自生する針葉樹の天然分布について．長野営林局報，7：2～21(1951)
- 46) 林 弥栄：日本産針葉樹の分類と分布．農林出版，東京，202 pp. (1960)
- 47) 林 弥栄：有用樹木図説．誠文堂新光社，東京，472 pp. (1969)
- 48) Heald, F. D. : Manual of plant diseases. McGraw-Hill Book Company Inc, New York, 740～754 (1926)
- 49) HIRATSUKA, N. : A contribution to the knowledge of the *Melampsoraceae* of Hokkaido. Jap. Jour. Bot. (Tokyo), 3(4) : 289～322 (1927)
- 50) HIRATSUKA, N. : Studies on the *Melampsoraceae* of Japan. Jour. Facul. Agric. Hokkaido Imp. Univ., 21(1) : 1～14 (1927)
- 51) HIRATSUKA, N. : A provisional list of the *Melampsoraceae* of Saghalien. Bot. Mag.(Tokyo) 42(493) : 26～32 (1928)
- 52) HIRATSUKA, N. : Additional notes on the *Melampsoraceae* of Hokkaido. Bot. Mag. (Tokyo) 42(503) : 503～504 (1928)
- 53) 平塚直秀：千島列島産メラムプソラ科に就きて (メラムプソラ科の研究), (第八報). 札幌農林会報 19(88) : 564～568 (1928)
- 54) HIRATSUKA, N. : Chryso-myxa of Japan (Notes on the *Melampsoraceae* of Japan II). Bot. Mag. (Tokyo), 43(513) : 466～478 (1929)
- 55) HIRATSUKA, N. : Additional notes on the *Melampsoraceae* of Saghalien. Trans. Sapporo Nat. Hist. Sac., 10(2) : 119～121 (1929)
- 56) 平塚直秀：モミ属植物の天狗巢病菌に就て (予報). 農業及園芸, 5(2) : 153～164 (1930)
- 57) 平塚直秀：山陰地方産「メラムプソラ」科に就て. 札幌農林会報, 21(97) : 326～333 (1930)
- 58) HIRATSUKA, N. : Ester Beiträge zur Uredineen Flora von Südsachalin. Mem. Tottori Agric. Coll., I : 63～98 (1930)
- 59) 平塚直秀：高山産柄生銹菌科に属する短世代種に就きて. 鳥取農学会報, 3 : 211～252 (1931)
- 60) 平塚直秀：伯耆大山産銹菌ニ就テ. 鳥取農学会報, 4(1) : 28～49 (1932)
- 61) HIRATSUKA, N. : Inoculation experiments with some heteroecious species of the *Melampsoraceae* in Japan. Jap. Jour. Bot. (Tokyo), 6(1) : 1～33 (1932)
- 62) 平塚直秀：日光及ヒキ近郊ニ産スル「メラムプソラ」科ノ種類ニ就テ. 鳥取農学会報, 4 (3) : 143～155 (1933)
- 63) 平塚直秀：高山産銹菌について. 植物及動物, 2 : 540～550 (1934)
- 64) 平塚直秀：日本産銹菌類雑記 (其一) ～ (其五). 植物研究雑誌, 10(1) : 1～8, 10(3) : 129～136, 10(4) : 220～227, 10(8) : 469～473, 10(10) : 617～623 (1934)

- 65) HIRATSUKA, N. : Uredinales collected in Korea II. Trans. Tottori. Soc. Agric. Sci., 5(3) : 231~236 (1935)
- 66) HIRATSUKA, N. and T. YOSHINAGA : Uredinales of Shikoku, [Contributions to the rust-flora of Eastern Asia II]. Mem. Tottori Agr. Coll., 3(2) : 249~377 (1935)
- 67) HIRATSUKA, N. and T. YOSHINAGA : Uredinales of Shikoku [Contributions to the rust-flora of Eastern Asia II]. Mem. Tottori. Agr. Coll., 3(2) : 269 (1935)
- 68) HIRATSUKA, N. and T. YOSHINAGA : Uredinales collected in Kiushu (I), (II). Jap. Jour. Bot. II (1) : 38~43 (1934), 12(10) : 702~711 (1935)
- 69) HIRATSUKA, N. : A contribution to the knowledge of the rust-flora in the alpine regions of high mountains in Japan [Contributions to the rust-flora of Eastern Asia-I]. Mem. Tottori Agr. Coll., 3(2) : 125~247 (1935)
- 70) HIRATSUKA, N. : Gymnosporangium of Japan I, II, III, IV. Bot. Mag. (Tokyo), 50 (597) : 481~488, 50 (598) : 549~555, 50 (599) : 593~599, 50 (600) : 661~668 (1936)
- 71) 平塚直秀 : 日本産銹菌類雑記 (其七) (其八). 植物研究雑誌, 12(3) : 161~164, 12(9) : 673~678 (1936)
- 72) HIRATSUKA, N. : A monograph of the Pucciniastreae. Mem. Tottori. Agr. Coll., 4 : 374 pp. (1936)
- 73) 平塚直秀 : 有用植物に寄生する銹菌の種類. 農業及園芸, 13(6) : 1461~1469 (1938)
- 74) 平塚直秀 : 日本産ギムノスポランギウム属菌の種類. 植物及動物, 7(4) : 743~749 (1939)
- 75) HIRATSUKA, N. : Materials for a rust-flora of Kiushu. Tran. Sapporo Nat. Hist. Sac., 16(3) : 139~146 (1940)
- 76) HIRATSUKA, N. : Uredinales collected in Korea, IV. Bot. Mag. (Tokyo), 54(647) : 427~432 (1940)
- 77) 平塚直秀 : 中国地方山地帯所産層生銹菌科の種類. 植物分類地理, 13 : 56~74 (1943)
- 78) 平塚直秀 : 日本列島層生銹菌科誌 (東亜銹菌「フロラ」に関する研究V). 鳥取農専学術報, 7(2) : 91~273 (1944)
- 79) 平塚直秀 : 植物病理学概論. 朝倉書店, 東京, 26~28 (1950)
- 80) 平塚直秀 : 植物銹菌とその病原性. 有宏書房, 東京, 152 pp. (1950)
- 81) 平塚直秀 : 植物銹菌学研究. 笠井出版, 東京, 382 pp. (1955)
- 82) HIRATSUKA, N. : A provisional list of Uredinales of Japan proper and the Ryukyu islands. Sci. Bull. Div. Agr. Home. Econ. & Engin. Univ. Ryukyu, 7 : 189~314 (1960)
- 83) 平塚直秀 : マツの葉さび病. 日林誌, 42(4) : 151~156 (1960)
- 84) 平塚直秀・杉本種基 : 中部山岳国立公園立山所産銹菌類目録. 日菌報, 3 : 58~60 (1962)
- 85) HIRATSUKA, N. and Y. HIRATSUKA : Morphology of spermogonia and taxonomy of rust fungi. International Mycological Congress 2(Abstract), University of South Florida Tampa Florida, U. S. A. : 288 (1977)
- 86) 平塚直秀 : ストローブマツ発疹さび病についての雑話. 森林防疫, 28 : 99~103 (1979)
- 87) HIRATSUKA, Y. : Annotated checklist of the tree shrub diseases in the prairie provinces. Information Report NOR-X-178, Northern Forest Research Center, Canadian Forestry Service, 104 pp. (1977)
- 88) HYUN, S. K. : White pines of Asia ; *Pinus koraiensis* and *P. armandii*. p. 125~150 in Biology of rust resistance in forest trees. USDA, Agric. Handbook No. 1221 (1972)
- 89) 出田 新 : 日本植物病理学下巻. 裳華房, 東京, 933 pp. (1909)
- 90) 五十嵐恒夫 : 北海道におけるストローブマツ発疹銹病および類似病害の調査研究について. 日林講 84 : 281~283 (1973)

- 91) 五十嵐恒夫：礼文島・札幌および雌阿寒岳の五葉マツ発疹さび病について。森林防疫, 27(8) : 127~129 (1979)
- 92) 今関六也・本郷次雄：原色日本菌類図鑑(上)。保育社, 大阪, 131 (1957)
- 93) 伊藤一雄：樹病学大系Ⅲ。農林出版, 東京, 405 pp. (1974)
- 94) 伊藤一雄：林業実務叢書。林野共済会, 東京, 281 (1952)
- 95) 伊藤一雄：苗畑病害診断法(前編)。林野共済会, 東京, 119~120 (1956)
- 96) 伊藤一雄：図説樹病講義。地球出版, 東京, 148~149 (1956)
- 97) 伊藤一雄：林木の耐病性。農林出版, 東京, 18~39 (1959)
- 98) 伊藤一雄：林木病害診断法。林野弘済会, 東京, 161~164 (1961)
- 99) 伊藤一雄：図説樹病新講。地球出版, 東京, 344 pp. (1962)
- 100) Iro, K., and T. HAMA : Witches' brooms of some conifers in Japan. Bull. Gov. For. Exp. Sta., 171 : 109~128 (1964)
- 101) 伊藤一雄：日本における樹病学発達の展望(I)。林試研報, 174 : 59~162 (1965)
- 102) 伊藤一雄：日本における樹病学発達の展望(II)。林試研報, 181 : 1~196 (1965)
- 103) 伊藤一雄：日本における樹病学発達の展望(III)。林試研報, 193 : 1~375 (1966)
- 104) 伊藤一雄：アスナロ(ヒバ)のてんぐ巣病について。森林防疫, 21(8) : 2~4 (1972)
- 105) 伊藤一雄・魚住 正：五葉松の発疹銹病菌について(要旨)。日菌報, 17 : 534~535 (1976)
- 106) 伊藤誠哉：赤星病菌に就て。病虫害雑誌, 4(1) : 15~19 (1917)
- 107) 伊藤誠哉：赤星病菌に就て(其二)。札幌農林会報, 9(39) : 33~57 (1917)
- 108) 伊藤誠哉：赤星病菌に就て(其三)。病虫害雑誌, 4(2) : 1~4 (1917)
- 109) 伊藤誠哉：赤星病菌に就て(其四)。病虫害雑誌, 4(3) : 177~184 (1917)
- 110) 伊藤誠哉・平塚直秀：八甲田山採集銹菌目録。札幌博物学会報, 9 : 259~273 (1927)
- 111) 伊藤誠哉：大日本菌類誌。養賢堂, 東京, 2(2) : 249 pp. (1939)
- 112) 伊藤誠哉：大日本菌類誌。養賢堂, 東京, 2(3) : 435 pp. (1950)
- 113) 伊藤信吾：菌類胞子の空中飛散度に就て(予報)。病虫害雑誌, 23(5) : 25~34 (1936)
- 114) JøRSTAD, I. : A study on Kamtchatka Uredinales. Skr. utgitt av Norske Videnskaps-Akad. Oslo, I. Matem.-Naturv. Kl. (1933) 9 : 1~183 (1934)
- 115) 亀井専次：樹病診断。日林協, 東京, 33 pp. (1950)
- 116) 亀井専次：とどまつの樹病と木材腐朽。北方林業叢書, 札幌, 12 : 35~36 (1959)
- 117) 亀井専次：銹病の異株寄生性。札幌林友, 196~202 (1964)
- 118) KANEKO, S. : The species of *Coleosporium*, the causes of pine needle rusts, in the Japanese Archipelago. Rept. Tottori. Mycol. Inst., 19 : 1~159 (1981)
- 119) KAWAI, K. and H. OTANI : A provisional list of fungi collected in Southern Saghalien. Trans. Sapporo Nat. Hist. Sac., 11(4) : 227~242 (1931)
- 120) KERN, F. D. : Biologic and taxonomic study of the genus *Gymnosporangium*. Bull. N. Y. Bot. Gard, 7 : 450 (1911)
- 121) 北島君三：樹病学及木材腐朽論。養賢堂, 東京, 553 pp. (1938)
- 122) KOMAROV, W. L. : Diagnosen neuer Arten und Formen. Hedwigh. 39, 4 : 125 (1900)
- 123) 近藤秀明：マツのこぶ病に関する研究。茨城県林試報告, 8 : 1~104 (1975)
- 124) KUPRVICH, V. F. and V. G. TRANCEL : Cryptogamic plant of the USSR. Vol. 4. Rust fungi (1), *Melampsoraceae*. Israel program for Science Translations, 366 (1970)
- 125) 草野俊助：松柏類に生ずる畸形の天狗巣。植物学雑誌, 18(213) : 211~214 (1904)
- 126) 草野俊助：あすなろのひじき菌の発育経過。植物学雑誌, 22(257) : (1908)
- 127) 草下正夫・岡上正夫・松井光遥：亜高山地帯の造林技術。創文, 東京, 183 pp. (1970)
- 128) LIND, J. : Danish fungi as represented in the herbarium of E. Rostrup. 280 (1913)

- 129) LA, Y.-J., and C.-K. Y. : New developments in the white pine blister rust of Korea. Proc. 16 IUFRO Congress, Div. 2 : 344~353 (1976)
- 130) 松村任三 : アスナロ・ヤドリギ否あすなるひじきに付質疑. 植物学雑誌, 4(42) : 277~278 (1890)
- 131) 宮部金吾 : 本邦産「ジムノスポランギウム」属に就て. 植物学雑誌, 17(192) : 34~35 (1903)
- 132) MIELKE, J. L. : The Yellow witches' broom of subalpine fir in the intermountain region. Intermount. Forest & Range Exp. Sta., Res. Note 47 : 1~5 (1957)
- 133) 長野営林局 : 気象観測統計書. (昭和 31~33 年) (1959)
- 134) 南部信方 : 庭園樹木の病害について(一). 病虫害雑誌, 7(6) : 334~337 (1920)
- 135) 南部信方 : 天狗巣病並に苗木病害菌に就いて. 病虫害雑誌, 8(11) : 553~555 (1921)
- 136) NEGER, F. W. : Die wichtige Krankheiten unserer Waldbaume. 197~198 (1919)
- 137) 新島善直 : 日本森林保護学. 裳華房, 東京, 492~494 (1912)
- 138) PAUL, R. MILLER : Incidence and control of apple rust. Phytopathology, 29 : 812~817 (1939)
- 139) PAWUK, W. H. : The effect of temperature on germination and germ tube elongation of aeciospores and urediospores of *Melampsorella caryophyllacearum* (Abst.). Phytopathology, 60 : 577 (1970)
- 140) PEACE, T. R. : Pathology of trees and shrubs. Oxford, 753 pp. (1962)
- 141) PETERSON, R. S. : Effects of broom rust on spruce and fir. U. S. Dept : Agr., For. Serv. Res. Paper INT 7 : 1~10 (1963)
- 142) PETERSON, R. S. : Fir broom rust. U. S. Dept. Agr., Forest Pest Leaflet, 87 : 1~7 (1964)
- 143) PETERSON, R. S. : Rust fungi with Caecoma-like sori on conifers. Mycologia, 66 : 242~255 (1974)
- 144) ROLL-HANSEN, F. : On diseases and pathogens on forest trees in Norway, 1960~1965. Det Norske Skogforsoksvesen, Vollebakk, Norge, 80, Bind 21 : 194~195 (1967)
- 145) SACCARDO, P. A. : Sylloge Fungorum, 7 : 762 (1888), 9 : 316 (1891)
- 146) SACCARDO, P. A. : Sylloge Fungorum, 13 : 317 (1902)
- 147) SACCARDO, P. A. : Sylloge Fungorum, 21 : 614 (1912)
- 148) 佐保春芳 : 北海道で見出されたマツ属の葉さび病について. 日林北支講, 11 : 21~23 (1962)
- 149) 佐保春芳 : 日本産銹菌ノート. 日菌会報, 3 : 130~133 (1962)
- 150) 佐保春芳 : *Coleosporium phellodendri* Kom. 小生子接種試験. 日植病報, 28 : (3), 182~184 (1963)
- 151) 佐保春芳 : 五葉松葉さび病に関する研究. 東大演習林報告, 64 : 146 pp. (1968)
- 152) 佐保春芳・高橋郁雄 : トウヒ属の針葉に発生する短世代種の銹菌 2 種. 森林防疫, 22 : 258~260 (1973)
- 153) 佐保春芳・高橋郁雄 : ハイマツの枝に寄生する銹菌 (予報) —銹孢子発芽管内の核の観察—. 日林北支講, 22 : 110~112 (1973)
- 154) 佐保春芳 : 八甲田山で採集したハイマツの銹病菌 (予報). 日林東北支誌, 27 : 114~115 (1975)
- 155) SAHO, H. and I. TAKAHASHI : A preliminary report on a *Peridermium* species found on *Pinus pumila* REGEL in Japan. Eur. J. For. Path. Berlin, Band 6, Heft 3 : 187~191 (1976)
- 156) 佐保春芳 : 八幡平と栗駒山のハイマツ銹病菌 (予報). 日林東北支誌, 31 : 179~180 (1979)
- 157) 佐保春芳 : 東北地方におけるハイマツ発疹さび病の分布. 森林防疫, 30(8) : 8~11 (1981)
- 158) 佐保春芳 : ハイマツの直接感染型幹さび菌とその分布. 森林防疫, 32(4) : 62~65 (1983)
- 159) 齊藤章一郎 : ハケ岳国有林に自生する珍稀樹種について. 長野林友, 5 : 70~78 (1957)
- 160) 佐藤邦彦 : サワラのさび病によるみぞ腐型被害. 森林防疫, 16(3) : 47 (1966)
- 161) 島地 謙 : 木材解剖図説. 地球出版, 東京, 113 pp. (1964)
- 162) 白井光太郎 : 日本菌類目録. 有明書房 (改訂版), 東京, 448 pp. (1981)

- 163) 白井光太郎：あすなろのひじき説。植物学雑誌，3(27)：157～159 (1889)
- 164) SPAULDING, P. : Foreign diseases of forest trees of the world. USDA Agric. Handbook, No. 197 : 58～59 (1961)
- 165) 諏訪営林署：ヤツガタケトウヒ・ヒメマツハダ参考資料。1～6 (1969)
- 166) SYDOW, P. et H. : Pucciniaceae-Melampsoraceae-Zaghouaniaceae-Coleosporiaceae. Monographia Uredinearum Lipsiae Fratres Borntraeger 3 : 36 (1915)
- 167) 高橋郁雄・小川 隆：十勝地方に発生したストロームマツ発疹さび病被害と病原菌の接種試験。森林防疫，27 : 142～145 (1978)
- 168) 柄内吉彦：植物病理学通論。誠文堂新光社，東京，230～232 (1956)
- 169) TOGASHI, K. : Fungi collected in the islands of Rishiri and Rebun, Hokkaido. Jap. Jour. Bot, 2 : 75～111 (1924)
- 170) TOGASHI, K. : A contribution to the parasitic fungus flora of Mt. Iwate, Iwate prefecture. Bull. Imp. Coll. Agric. & Forestr. Morioka, 22 : 1～16 (1936)
- 171) TUBEUF, K. von : Pflanzenkrankheiten, durch Kryptogame Parasiten verursacht. Berlin, 392～393 (1895)
- 172) TUBEUF, K. von : Pflanzenkrankheiten, durch Kryptogame Parasiten verursacht. Berlin, 396～416, 432～433 (1895)
- 173) TUBEUF, K. von : Ueber die Anpassung Erscheinung der hexenbesenartigen Frughtickativen Gall auf *Thujaopsis dolabrata* in Japan. Bot. Centralb. 61 : 48 (1895)
- 174) UNGER, Fr. : Beitrage zu vergleichende Pathologie, 24 (1840)
- 175) 魚住 正・横田俊一：ストロームマツ茎銹病（仮称）について—銹胞子による中間宿主植物への接種試験一。日林講，84 : 283～285 (1973)
- 176) 魚住 正：ストロームマツ茎銹病。森林防疫，23(5) : 78～84 (1974)
- 177) 魚住 正：五葉マツの発疹銹病について。林試場報，131 : 4～5 (1975)
- 178) 魚住 正・松崎清一・佐々木克彦：北海道における五葉マツ発疹さび病の被害状況について。森林防疫，27(8) : 130～135 (1978)
- 179) WALLROTH, F. G. : Allgem. Forst Jagdzeitg. 17 : 65 (1834)
- 180) WHITE, Barbara L., and W. MERRILL : Pathological anatomy of *Abies balsamea* infected with *Melampsorella cerastii* (Abst.). Phytopathology 58 : 1072 (1968)
- 181) WHITE, Barbara L., and W. MERRILL : Pathological anatomy of *Abies balsamea* infected with *Melampsorella caryophyllacearum*. Phytopathology 59 : 1238～1242 (1969)
- 182) WICKER, Ed, F. and S. YOKOTA : On the *Cronartium* stem rust(s) of Five-Needle Pines in Japan. Ann. Phytopathology Soc. Japan, 42 : 187～191 (1976)
- 183) WILSON, M. and D. M. HENDERSON : British rust fungi. Cambridge, 384 pp. (1966)
- 184) YAMADA, G. and I. MIYAKE : Eine neue Gymnosporangiumart. Bot. Mag. (Tokyo), 22(253) : 21～28 (1908)
- 185) Yi, C. K. : Sect. 24 For. Prot. Working Group-I, International Co-operation in Forest Disease Research, 6 (1971)
- 186) 横田俊一・魚住 正・松崎清一：ストロームマツ発疹銹病疑似症の発生について。森林防疫，22 (3) : 72～76 (1973)
- 187) YOKOTA, S., T. UOZUMI, K. ENDO, and S. MATSUZAKI, : A *Cronartium* rust of strobe pine in eastern Hokkaido, Japan. Plant Dis. Reptr. 59 : 419～422 (1975)
- 188) YOKOTA, S., and T. UOZUMI : New developments in white pine blister rusts in Japan. Proc. 16 IUFRO. World Congress, Div. 2 : 330～343 (1976)
- 189) 横田俊一：北海道におけるストロームマツなど五葉松の発疹銹病。森林防疫，27 (8) : 124～127

(1978)

- 190) 横田俊一：マツ類のさび病. 森林防疫, 31(1) : 10~12 (1982)
- 191) 横田俊一：五葉マツ類発疹さび病菌のさび胞子の発芽および小生子の落下と発芽. 林試研報, 321: 39~49 (1983)
- 192) YOKOTA, S.: Resistance of improved *Pinus monticola* and some other white pines to the blister rust fungus, *Cronartium ribicola*, of Hokkaido, Japan. Eur. J. For. Path. 13 : 389~402 (1983)
- 193) 吉井 甫・河村栄吉：解剖植物病理学. 朝倉書店, 東京, 281 pp. (1947)
- 194) 吉永虎馬：土佐国寄生菌類, 第三報. 植物学雑誌, 18(204) : 27~37 (1904)
- 195) ZILLER, W. G.: Studies of western tree rust 8, Inoculation experiments with conifer needle rusts (*Melampsoraceae*). Canad. J. Bot. 48 : 1471~1476 (1970)
- 196) ZILLER, W. G.: The tree rusts of western Canada. Pacific Forest Research Center, Canadian Forestry Service, 120~121 (1974)

図 版 説 明

Explanation of Plates

Plate 1

- A. ウラジロモミ太枝 (10年生) のてんぐ巣病被害, (W)……病患部。
Older branch (10-year-old) of *Abies homolepis* SIEB. et ZUCC. damaged by witches' broom disease caused by *Melampsorella caryophyllacearum* SCHÖT. (W)……diseased area.
- B. 同主幹部 (15年生) のてんぐ巣病被害, (W)……同上。
Main trunk (15-year-old) of *A. homolepis* SIEB. et ZUCC. damaged by witches' broom disease. (W)……diseased area.
- C. 同主幹部 (約40年生) のてんぐ巣病被害, (W)……同上。
Main trunk (about 40-year-old) of *A. homolepis* SIEB. et ZUCC. damaged by witches' broom disease. (W)……diseased area.
- D. 同上被害木の縦断面の状況, (W)……同上。
Longitudinal section of the damaged tree. (W)……diseased area.
- E. ウラジロモミ幼齡造林木 (7年生) のてんぐ巣病による枯死事例, (W)……同上 (長野, 蕨原 1963年8月)。
Young planted tree of *A. homolepis* SIEB. et ZUCC. (7-year-old) killed by witches' broom disease. (W)……diseased area (Nagano, Yabuhara, August, 1963).

Plate 2

- A. ウラジロモミてんぐ巣病病患部に形成された柄子殻 (x25)。
Pycnium of *M. caryophyllacearum* SCHÖT. produced on the affected young portion of *A. homolepis* SIEB. et ZUCC. (x25).
- B. 同上の拡大 (x200)。

Magnification of a portion of A (x200).

C. 同上のしゅう子のう。

Aecium produced on the needles within small witches' broom.

D. 同上の拡大 (x10)。

Magnification of C (x10).

E. 同上の拡大 (x10)。

Magnification of C (x10).

F. 同上の拡大 (x40)。

Magnification of C (x40).

G. 同上しゅう子のうの拡大 (x150)。

Cross section of aecium (x150).

Plate 3

A. ウラジロモミてんぐ巣病菌の中間宿主ミミナグサ上に形成された夏孢子堆 (x6)。

Uredosorus produced on *Cerastrum caespitosum* GILIB. var. *ianthes* HARA, an alternate host of the witches' broom disease of *A. homolepis* SIEB. et ZUCC. (x6).

B. 同上の拡大 (x16)。

Magnification of A (x16).

C. ミミナグサで越冬する夏孢子堆 (長野木曾福島 1975 年 3 月)。

Overwintered *C. caespitosum* GILIB. var. *ianthes* HARA with many urediniospores on its non-withering leaves (Kisofukushima, Nagano, March 1975).

D. 同上のミミナグサに形成された冬孢子堆 (S) (同上 1975 年 5 月)。

Teleutosorus(S) formed on the *C. caespitosum* GILIB. var. *ianthes* HARA (May 1975 at the same place as in C).

E. 同上の拡大, 左……罹病葉, 右……健全葉 (x6)。

Magnification of D. Left: diseased leaf, Right: healthy leaf (x6).

Plate 4

A. ウラジロモミてんぐ巣病菌さび柄子殻とさび柄孢子 (x600)。

Pycnium and pycniospores of *Mellampsorella caryophyllacearum* SCHRÖT. (x600).

B. 同上さび孢子 (x600)。

Aeciospores (x600).

C. 同上 (x3000)。

Surface view of aeciospore under electron microscope (x3000).

D. 同上夏孢子堆の拡大 (x600)。

Urediniospores (x600).

E. 同上 (x3000)。

Surface view of urediniospore under electron microscope (x3000).

- F. 同上冬孢子堆・冬孢子・小生子 (x400).
 Teleutosorus, teliospore and sporidium (x400).
- G. 同上冬孢子の拡大 (x1500).
 Teliospore producing sporidium (x1500).
- H. 同上小生子 (x2000).
 Sporidium (x2000).
- I. 同上小生子の発芽 (x600).
 Germination of sporidium (x600).

Plate 5

- A. ウラジロモミ 5年生苗に対する接種試験 (有傷) (1970年5月).
 Inoculation test on 5-year-old *Abies homolepis* SIEB. et Zucc. (wounded) (May 1970).
- B. 同上 (無傷) (同上).
 Same as in A (non-wounded) (May 1970).
- C. 同上 (対照) (同上).
 Control (May 1970).
- D. 接種試験 (有傷) によって発生した初期のてんぐ巣病 (W) (1971年5月).
 Early symptom produced by inoculation (wounded) (W) (May 1971).
- E. 同上の病患部にさび胞子の形成された状況 (1972年5月).
 Production of aeciospores in the diseased part of inoculated tree (May 1972).
- F. 同上病患部 (W) の5年後の状況 (1975年5月).
 Diseased part in E (W), 5 years after inoculation (May 1975).
- G. 同上病患部 (W) の約7年後の状況 (1977年5月).
 Diseased part in E (W), 7 years after inoculation (May 1977).
- H. 同上病患部 (W) の約13年後の状況 (1983年6月).
 Diseased part in E (W), about 13 years after inoculation (June 1983).

Plate 6

- A. ウラジロモミでてんぐ巣病の病患部, a……肥大基部, b……肥大中央部.
 Diseased part of witches' broom disease of *Abies homolepis* SIEB. et Zucc. a, Basal part of swollen portion b, Central part of swollen portion.
- B. 健全木の横断面 (x100).
 Cross section of healthy tree (x100).
- C. 同上の縦断面 (x100).
 Longitudinal section of the same tree (x100)
- D. 同上の切線面 (x100).
 Tangential section of the same tree (x100).
- E. 肥大基部の横断面 (x100).

Cross section of basal part of the swollen portion (x100).

F. 同上の縦断面 (x100)。

Longitudinal section of the same part (x100).

G. 同上の切線面 (x100)。

Tangential section of the same part (x100).

H. 肥大中央部の横断面 (x100)。

Cross section of the central part of the swollen portion (x100).

I. 同上の縦断面 (x100)。

Longitudinal section of the same part (x100).

J. 同上の切線面 (x100)。

Tangential section of the same part (x100).

Plate 7

A. ウラジロモミてんぐ巣病さび胞子の飛散状況調査 (平坦地)。

Survey of dissemination of aeciospore of witches' broom fungus on *A. homolepis* SIEB. et Zucc. (level land).

B. 同上。

The same as A.

C. 同上 (林内)。

Ditto (in forest).

D. 同上 (同上)。

Ditto (in forest).

Plate 8

A. さび病に侵されて落葉したヤツガタケトウヒ (壮齢木)。

Pices koyamai SHIRASAWA whose leaves have fallen off due to infection by *Chrysomyxa abietis* (WALLR.) UNGER (mature tree).

B. ヤツガタケトウヒ罹病葉上に形成された病原菌の冬孢子堆 (x10)。

Teleutosorus formed on the diseased needles of *P. koyamai* SHIRASAWA (x10).

C. ヒメマツハダ罹病葉上に形成された病原菌の冬孢子堆 (x10)。

Teleutosorus formed on the diseased needles of *P. shirasawae* HAYASHI (x10).

Plate 9

A. 成熟した冬孢子堆 (ヤツガタケトウヒ) (x20)。

Mature teleutosorus (*P. koyamai* SHIRASAWA) (x20).

B. 冬孢子堆の断面 (同上) (x40)。

Cross section of teleutosorus (the same as in A) (x40).

C. 小生子 (同上) (x200)。

Sporidium (x200).

D. 発芽した小生子 (同上) (x400).

Germination of sporidium (x400).

E. 接種試験 (自然感染) で生じたさび病の冬孢子堆 (ヒメマツハダ) (x10).

Teleutosorus of *C. abietis* produced on the needles of *P. shirasawae* HAYASHI (x10).

F. 同上 (ヤツガタケトウヒ) (x10).

Teleutosorus of *C. abietis* produced on the needles of *P. koyamai* SHIRASAWA (x10).

Plate 10

A. サワラさび病に主幹部を侵されたサワラ壮齡木 (a. 菌体) (1/3).

Mature tree of *Chamaecyparis pisifera* (SIEB. et ZUCC.) ENDL. whose main trunk has been infected by *Gymnosporangium miyabei* YAMADA et I. MIYAKE (a. mycelium) (1/3).

B. 同主枝を侵されたサワラ壮齡木 (a. 同上) (x2).

Mature tree of *C. pisifera* (SIEB. et ZUCC.) ENDL. whose main branches have been infected with *G. miyabei* YAMADA et I. MIYAKE (a. mycelium) (x2).

C. 同小枝と葉を侵されたサワラ幼齡木 (a. 同上) (x1).

Young *C. pisifera* (SIEB. et ZUCC.) ENDL. tree whose small branches and leaves have been infected with *G. miyabei* YAMADA et I. MIYAKE (a. mycelium) (x1).

D. 水湿を得て膨張したサワラさび病 (a. 同上) (x1).

Rust of *C. pisifera* (SIEB. et ZUCC.) ENDL. caused by *G. miyabei* YAMADA et I. MIYAKE (x1).

E. 罹病木の表皮が消失し材の露出した状態 (x1).

Diseased tree whose wood is exposed because bark has rotten away (x1).

F. 地際より溝腐症状となった罹病木 (1/10).

Diseased *C. pisifera* (SIEB. et ZUCC.) ENDL. tree with sulcated rot near the ground (1/10).

G. 同上木の断面の状態 (1/5).

Cross section of the same tree as in F (1/5).

H. 主幹部中途が溝腐症状となった罹病木 (1/12).

Diseased tree with *G. miyabei* YAMADA et I. MIYAKE and with sulcated rot in middle of trunk. (1/12).

I. 同上木の断面の状態 (1/8).

Cross section of same tree as in H (1/8).

Plate 11

A. サワラさび病中間宿主ウラジロノキ上の赤星症状とさび柄子殻 (x1.5).

Symptom and the aeciospore on *Sorbus japonica* SIEB., an intermediate host of *G. miyabei* YAMADA et I. MIYAKE on *C. pisifera* (SIEB. et ZUCC.) ENDL. (x1.5).

B. サワラさび病中間宿主ウラジロノキ上のしゅう子毛 (x1.5).

Roestelia of *G. miyabei* YAMADA et I. MIYAKE on *S. japonica* SIEB., the alternate host (x1.5).

- C. 同上の拡大 (x10).
Magnification of B (x10).
- D. サワラさび病中間宿主ウラジロノキ上のしゅう子毛の擬護膜 (x400).
Pseudoperidium of roestelia on *S. japonica* SIEB. (x400).
- E. サワラさび病のさび胞子と発芽の状況 (x400).
Germination of aeciospore of *G. miyabei* YAMADA et I. MIYAKE ON *S. japonica* SIEB. (x400).

Plate 12

- A. サワラさび病の幼若冬胞子堆 (x200).
Young teleutosorus of *G. miyabei* YAMADA et I. MIYAKE ON *C. pisifera* (SIEB. et ZUCC.) ENDL. (x200).
- B. 同上の冬胞子 (膜の厚いもの) (x400).
Teliospores with thick membrane (x400).
- C. 同上 (膜の薄いもの) (x400).
Teliospores with thin membrane (x400).
- D. サワラさび病冬胞子発芽状態 (先端部) (x400).
Germination of teliospore of *G. miyabei* YAMADA et I. MIYAKE ON *C. pisifera* (SIEB. et ZUCC.) ENDL. (apical part) (x400).
- E. 同上 (中隔部) (x400).
Germination from the lower part of teliospore (x400).
- F. サワラさび病小生子 (x400).
Sporidium of *G. miyabei* YAMADA et I. MIYAKE (x400).

Plate 13

- A. サワラさび病菌のさび胞子を接種したサワラの苗木 (有傷) (1/6).
Nursery stock of *C. pisifera* (SIEB. et ZUCC.) ENDL. inoculated with aeciospore of *G. miyabei* YAMADA et I. MIYAKE (wounded) (1/6).
- B. 同上の発病苗 (a. 発病部) (1年8か月後) (1/6).
Diseased nursery stock in A (a. wounded part) (about 1 year and 8 months after infection) (1/6).
- C. サワラさび病に感染し、針葉に初期冬胞子堆の発生した状態 (a. 発病部) (感染1年8か月後) (x10).
Teleutosorus at early stage developed on the needles after infection with *G. miyabei* YAMADA et I. MIYAKE (a. diseased part) (about 1 year and 8 months after infection) (x10).
- D. 同上の拡大 (a. 発病部) (x20).
Magnification of C (a. diseased part) (x20).
- E. サワラさび病に感染し、小枝に初期冬胞子堆の発生した状態 (a. 発病部) (感染1年8か月後) (x6).
Teleutosorus at early stage developing on small branches of *C. pisifera* (SIEB. et ZUCC.) ENDL. infected with *G. miyabei* YAMADA et I. MIYAKE (a. diseased part) (about 1 year and 8 months after infection) (x6).

- F. 同上 (a. 発病部) (感染2年8か月後) (x6).
The same as in E (a. diseased part) (about 2 years and 8 months after infection) (x6).
- G. 同上 (a. 発病部) (感染3年8か月後) (x6).
The same as in F (a. diseased part) (about 3 years 8 months after infection) (x6).

Plate 14

- A. アスナロてんぐ巢病菌に感染した針葉から出現した幼若なてんぐ巢病枝 (異常不定芽) (接種4か月後) (x10).
Abnormal adventitious buds originated from the aeciospore infection of *Caeoma deformans* (BERK. et BR.) TUBEUF. They always develop from the lower surface of the infected needles (4 months after inoculation) (x10).
- B. 同上 (感染5か月後) (x10).
Ditto (5 months after inoculation) (x10).
- C. 同上 (感染1年後) (x1).
Ditto (12 months after inoculation) (x1).
- D. 同上 (感染1年2か月後) (x1).
Ditto (14 months after inoculation) (x1).
- E. 同上 (感染1年4か月後) (x1).
Ditto (16 months after inoculation) (x1).
- F. 同上 (感染1年7か月後) (x1).
Ditto (19 months after inoculation) (x1).
- G. さび胞子を成熟させた幼いてんぐ巢病病巢 (接種約2年後) (x2).
Small witches' broom on *Thujopsis dolabrata* SIEB. et ZUCC. having mature aeciospores (about 2 years after inoculation) (x2).

Plate 15

- A. 生長して大きくなったアスナロてんぐ巢病病巢 (感染約8年後) (x1/5).
A large witches' broom on *Thujopsis dolabrata* SIEB. et ZUCC. caused by *Caeoma deformans* (BERK. et BR.) TUBEUF (after 8 years from infection) (x1/5).
- B. 生長しはじめたアスナロてんぐ巢病 (早春) (x1/3).
Witches' broom of *Thujopsis dolabrata* SIEB. et ZUCC. developing many new and abnormal adventitious buds in the early spring (x1/3).
- C. 釘頭状の病枝頂部に生じたさび柄子殻 (x10).
Pycnium produced on the surface of saucer-shaped portion of an abnormal adventitious bud within the witches' broom (x10).
- D. 釘頭状の病枝頂部中央に生じたさび胞子層 (x10).
Aecium produced on the surface of saucer-shaped portion of an abnormal adventitious bud within the witches' broom (x10).

E. 完熟して表皮がさけたさび孢子層 (×10)。

Mature aecium (×10).

Plate 16

A. アスナロてんぐ巢病菌のさび柄子殻 (×200)。

Pycnium of *Caecoma deformans* (BERK. et BR.) TUBEUF (×200).

B. アスナロてんぐ巢病菌のさび孢子 (×400)。

Aeciospores of *Caecoma deformans* (BERK. et BR.) TUBEUF (×400).

C. さび柄子殻の間に形成されたアスナロてんぐ巢病菌のさび孢子層 (×100)。

Aecium of *Caecoma deformans* (BERK. et BR.) TUBEUF produced between pycnium (×100).

D. てんぐ巢病菌さび孢子を接種したアスナロの苗木 (a. 発病部)。

Thuopsis dolabrata SIEB. et ZUCC. seedling inoculated with aeciospores of *Caecoma deformans* (BERK. et BR.) TUBEUF (a. Diseased part of *Caecoma deformans* (BERK. et BR.) TUBEUF).

Plate 17

A. アカマツ 4 年生苗に対する接種試験 (1968 年 9 月) (1/5)。

Inoculation test on 4-year-old nursery stock of *Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC. (Sept. 1968) (1/5).

B. 接種試験によって発生した葉さび病 (1969 年 6 月) (1 年型) (1/5)。

Symptom produced by inoculation (June 1969) (Annual type) (1/5).

C. 同上 (1970 年 7 月) (2 年型) (1/3)。

Ditto (June 1970) (Biennial type) (1/3).

D. アカマツ針葉上に形成されたしゅう子のう (×3)。

Peridermium of *C. phellodendri* KOMAROV formed on needles of *Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC. (×3).

E. 同上 (×1)。

Ditto (×1).

F. しゅう子のうの拡大 (×15)。

Peridermium of *C. phellodendri* KOMAROV on *Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC. (×15).

G. 被害地内のオオバノキハダ (壮齡木)。

Phellodendron amurense RUPR in the damaged plantation.

H. キハダ葉上の夏孢子堆。

Uredosori of *C. phellodendri* KOMAROV on the leaf of *Phellodendron amurense* RUPR.

I. キハダ葉上の冬孢子堆。

Teleutosorus of *C. phellodendri* KOMAROV on the leaf of *Phellodendron amurense* RUPR.

Plate 18

A. アカマツ葉さび病のしゅう子のう (×60)。

Peridermium of *C. phellodendri* KOMAROV (×60).

- B. 同上さび胞子 (x400).
Aeciospores of C. phellodendri KOMAROV (x400).
- C. 同上夏胞子 (x400).
Urediniospores of C. phellodendri KOMAROV (x400).
- D. 同上冬胞子 (x150).
Teliospore of C. phellodendri KOMAROV (x150).
- E. 同上小生子 (x600).
Sporidium of C. phellodendri KOMAROV (x600).

Plate 19

- A. ハイマツ主幹部上のさび胞子層 (しゅう子のう).
Aecium produced on Pinus pumila REGEL.
- B. ハイマツ発しんさび病によって枯れたハイマツ。
A dead Pinus pumila REGEL caused by Cronartium ribicola J. C. FISCHER ex RABENHORST
- C. ハイマツ発しんさび病のさび胞子 (x400).
Aeciospores of Cronartium ribicola J. C. FISCHER ex RABENHORST (x400).
- D. ハイマツ発しんさび病の夏胞子 (x400).
Urediniospore of Cronartium ribicola J. C. FISCHER ex RABENHORST (x400).

Plate 20

- A. 接種試験によってスグリ上に生じたハイマツ発しんさび病の冬胞子。
Ribes sinanense F. MAEKAWA inoculated with aeciospores of Cronartium ribicola J. C. FISCHER ex RABENHORST. (A, teliospore of Cronartium ribicola J. C. FISCHER ex RABENHORST).
- B. 接種試験によってフサスグリに生じたハイマツ発しんさび病の冬胞子。
Ribes rubrum L. inoculated with aeciospores of Cronartium ribicola J. C. FISCHER ex RABENHORST (ditto).
- C. 接種試験によってヤブサンザシに生じたハイマツ発しんさび病の冬胞子。
Ribes fasciculatum SIEB. et ZUCC. inoculated with aeciospores of Cronartium ribicola J. C. FISCHER ex RABENHORST (ditto).
- D. 接種試験によってヤシャビシヤクに生じたハイマツ発しんさび病の冬胞子。
Ribes ambigum MAXIM. inoculated with aeciospores of Cronartium ribicola J. C. FISCHER ex RABENHORST (ditto).
- E. 接種試験によってエゾシオガマ上に生じたハイマツ発しんさび病の冬胞子。
Pedicularis yezoensis MAXIM. inoculated with aeciospores of Cronartium ribicola J. C. FISCHER ex RABENHORST (ditto).
- F. 接種試験で陰性を示したザリコミ。
Ribes alpinum L. var. japonicum MAXIM. which gave negative result in the inoculation test.

**Studies on the Important Rust Diseases of Some Conifers
in the Central Mountainous Region of Japan**

Taketo HAMA⁽¹⁾

Summary

The central mountainous region of Honshu in Japan is surrounded by mountains which have an elevation of more than 3000 meters. This region has a steep lay and cool climate, but also has in many parts excellent forests representative of Japan such as *Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC., *Larix leptolepis* GORDON, *Cryptomeria japonica* D. DON, *Chamaecypris obtusa* (SIEB. et ZUCC.) ENDL., *Thujaopsis dolabrata* SIEB. et ZUCC., *Chamaecypris pisifera* (SIEB. et ZUCC.) ENDL., *Abies homolepis* SIEB. et ZUCC., *Picea jezoensis* CARR. var. *hondoensis* REHD., *Abies veitchii* LINDL. and *Pinus pumila* REGEL. But recently, damage to the forests in the central mountainous region of Japan has increased rapidly and is now constituting a problem. Although rust is one cause of such damage, few studies had been made on this disease. Therefore, the author began research on the major rust diseases on coniferous trees from around 1960. The author has examined the environmental conditions for disease outbreak, physiological characters of the pathogens, inoculation tests, development of characteristic symptoms and the life history of the witches' broom disease of *Abies homolepis* SIEB. et ZUCC., caused by *Melampsorella caryophyllacearum* SCHRÖT., the needle rust of *Picea Koyamai* SHIRASAWA and *Picea Shirasawae* HAYASHI caused by *Chrysomyxa abietis* (WALLR.) UNGER, rust of *Chamaecypris pisifera* (SIEB. et ZUCC.) ENDL., caused by *Gymnosporangium miyabei* YAMADA et I. MIYAKE, witches' broom of *Thujaopsis dolabrata* SIEB. et ZUCC., caused by *Caeoma deformans* (BERK. et BR.) TUBEUF, the needle rust of *Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC., caused by *Coleosporium phellodendri* KOMAROV, and the blister rust of *Pinus pumila* REGEL caused by *Cronartium ribicola* J. C. FISCHER ex RABENHORST, and has obtained many new findings. In the present report, these studies are described in detail.

I Witches' broom of *Abies homolepis* SIEB. et ZUCC. caused by *Melampsorella caryophyllacearum* SCHRÖT.

1) Witches' broom disease caused by *Melampsorella caryophyllacearum* SCHRÖT. broke out on the planted and naturally growing trees of *Abies homolepis* SIEB. et ZUCC. in the Fukushima Forest Station, Nishino National Forest, and Yabuhara Forest Station, Nagawa National Forest, during 1963-1964. A survey showed that the damage of trees was 20~80% in the planted forest and 53~90% in the natural forest.

This disease was found to cause heavy damage in damp areas and little damage in dry areas regardless of the number of alternate hosts *Cerastrum caespitosum* GILIB. var. *ianthes* HARA.

Although this disease has been considered to cause damage mostly to the branch, in Japan, it was found to develop on the main trunks of planted and naturally growing trees, resulting in severe retardation of growth and the death of the tree (Table 1, Plate 1, A-E).

2) The sporidium developed from the Teleutosorus on *Cerastrum caespitosum* GILIB. var.

Received March. 6, 1985

(1) Kiso Sub-Branch Station

ianthes HARA invades a bud of *Abies homolepis* SIEB. et Zucc. near the growing point around May.

The following year, the infected bud grows abnormally to several times the size of a healthy bud. Around May the following year (about 2 years after the first infection), pycnium and pycniospores are formed on the leaflets in the diseased part, and aeciospores are formed around June. The abnormally growing branch continues to grow year by year, and in several years becomes a witches' broom about 50 cm in diameter. In June, aeciospores invade into the alternate host, *C. caespitosum* GILIB. var. *ianthes* HARA and produce yellow brown uredinium and urediniospore, about 10 days later. The plant dies in about August, but the urediniospores invade into another healthy *C. caespitosum* GILIB. var. *ianthes* HARA continues to propagate, and overwinter in the form of urediniospores. After overwintering, teliospore and sporidium are formed on the underside of the leaves of *C. caespitosum* GILIB. var. *ianthes* HARA between May and June (Fig. 1, Plate 2, A-G, 3, A-E, 5, A-H). Therefore, concerning the life cycle of this rust fungus it is concluded that the pathogen spends its pycniospore stage (0) and aeciospore stage (I) on *A. homolepis* SIEB. et Zucc. and others, urediniospore stage (II), teliospore stage (III) and sporidium stage (IV) on *C. caespitosum* GILIB. var. *ianthes* HARA, *Stellaria media* CRX. or others, but that aeciospores were found to be produced around May two years after the sporidium invaded *A. homolepis* SIEB. et Zucc. (Fig. 11-12, Table 3-4, Plate 5, A-H).

3) The pycniospores were $3\sim 7.5\times 2\sim 5\mu\text{m}$, the aeciospores were $15\times 22\mu\text{m}$, and the urediniospores were $19\times 14\sim 20\mu\text{m}$. The teliospores had a diameter of $11\sim 25\mu\text{m}$, and the sporidium were $7\sim 10\mu\text{m}$ (Fig. 2, Plate 4, A-I).

4) The aeciospore of the fungus germinated at $10\sim 30^{\circ}\text{C}$, and, judging from their germination rate, the optimum temperature was 25°C . They germinated best at a relative humidity of 100%, and the germination rate decreased at a relative humidity under 98%.

The urediniospores germinated at $10\sim 30^{\circ}\text{C}$, and judging from the germination rate, the optimum temperature was 20°C . They germinated best at a relative humidity of 100%, the germination rate decreasing at a relative humidity below 98%. The sporidium germinated at $10\sim 30^{\circ}\text{C}$, and the optimum temperature was 20°C . They germinated best at a relative humidity of 100%, and germination decreased at a relative humidity of less than 98%. The aeciospores of the fungus lost their germination ability within about 3 months in the laboratory and within about 2 months outdoors (Fig. 3~9, Table 2).

5) Anatomical examination of the spindle-shaped swollen diseased part on *Abies homolepis* SIEB. et Zucc. showed that in the cross section, longitudinal section and tangential section, the tracheid and medullary ray cells in this part are abnormally enlarged with abnormal cell division compared to those in the healthy part. This was presumed to be the cause of the enlargement (Plate 6, A-J).

6) Examination of the dispersion of the aeciospores of this disease in level land and in the forest showed that the aeciospores on a diseased tree left in the flat land for 5 hours dispersed in the direction of the main wind, but those on a diseased tree left for 24 hours dispersed in all directions, regardless of the direction of the wind. On the other hand, when the diseased tree was left in the forest for either 6 or 24 hours, the aeciospores dispersed in all direction, irrespective of the direction of the wind. The number of aeciospores fallen directly under the diseased tree was larger at night than during the day both in level land and in the forest. The distance of the diseased intermediate host from the diseased plant in the nursery field was examined. The diseased hosts were all in the shade of, and within

1 meter of a diseased host, which suggested that the alternate host was diseased only when it was shaded by a diseased tree (Fig. 10, Table 5~9, Plate 7 A-D).

II The rust of *Picea koyamai* SHIRASAWA and *Picea shirasawae* HAYASHI caused by *Chrysomyxa abietis* (WALLR.) UNGER

1) *Chrysomyxa abietis* (WALLR.) UNGER which is pathogenic to *Picea* broke out on young to mature trees of *Picea koyamai* SHIRASAWA and *Picea shirasawae* HAYASHI, which are rare species, in a 0.76 ha of Yatsugatake National Forest at Suwa Local Forestry Office, Nagano Regional Forestry Office in May, 1969. The survey showed that 50~52% of the young trees and 100% of the natural mature trees were diseased (Table 10, Plate 8, A).

2) The natural mature trees became infected in May. Brownish yellow checked stripes developed on the surface of the infected needles in around October, and teleutosorus developed in mid-April the following year. The teleutosorus matured late in May and sporidium were disseminated from early June to mid-July. The damaged needles gradually became brown and fell off between September and October. Some of the branches died. In October, light yellowish-red initial-stage teleutosorus developed on the yellowish needles of the young trees which had been infected in May.

The teleutosorus became mature and red yellowish color early the following May, and dispersed sporidium from mid-May to early June. The damaged leaves fell off around September, and some of the branches died (Fig. 13, Plate 8, B, C, 9, A, B).

3) The teleutosorus of this disease produced spots on the diseased leaf, teleutosorus was 0.7~1×0.3~0.5 mm, teliospore was 20~32×10~18 μm, and sporidium was 7~13×7~10 μm (Plate 9, C, D).

4) The sporidium of the fungus germinated at 10~25°C, the optimum temperature for germination being 15°C as judged from the germination rate. At a relative humidity of 98% or more, about 1/3 of the sporidium germinated, and the germ tube extended well, but at a relative humidity of 95%, the germination rate decreased, and the extension of the germ tube was also poor (Fig. 14-16).

5) Inoculation of inoculum prepared from the young trees naturally infected by this disease, showed that this disease was directly transmitted to *P. koyamai* SHIRASAWA and *P. shirasawae* HAYASHI from both trees (Table 11).

6) This pathogen has no alternate host, and the *Picea* are host for stage III teliospore and stage IV sporidium, but the sporidium invading *P. koyamai* SHIRASAWA and *P. shirasawae* HAYASHI produced teleutosorus about 1 year after the invasion (Fig. 17).

III The rust of *Chamaecyparis pisifera* (SEIB. et ZUCC.) ENDL. caused by *Gymnosporangium miyabei* YAMADA et I. MIYAKE

1) *Gymnosporangium miyabei* YAMADA et I. MIYAKE broke out on *Chamaecyparis pisifera* (SEIB. et ZUCC.) ENDL. in the natural *Chamaecyparis* forest in the National Forest at Nishino Kitayama, Fukushima Local Forest Office in May, 1970, and in the National Forest at Suekawa of the same office in May, 1979. The results of the survey showed that this disease, did not break out in arid areas even if the alternate host was present, but broke out in moist areas where the alternate host was present, the percentage of damage being 60-100%. This disease severely damaged the main stem, main branches and small branches, damaging the leaves slightly (Fig. 18-19, Table 12, Plate 10, A-D).

2) From the inoculation tests it was revealed that the aeciospores of this pathogen produced on the alternate host, *Sorbus japonica* SIEB., could invade the branches and needles of

Chamaecyparis in August to September, and produced round chestnut-brown teleutosorus about 0.5-1 mm large near the invasion site in April-May two years later (about 1 year 8 months later). The pathogen remained alive in the diseased tree and produced orange yellow agar-like masses in the spring of each year. Because it invaded the epidermis and woody part, severe depressions and rotten indentations were formed on the damaged trees, and not only young trees but also mature thick trunked trees were reported dead. It was confirmed that symptoms were produced after the sporidium of this pathogen had invaded the alternate host in May and that pycnium and pycniospore were produced toward the end of June and roestelia and aeciospore from late July to early October (Fig. 18, 19, Table 13, 14, Plate 11, A-C).

3) The size of the pycniospores of the rust fungus was $7-12 \times 2.5-3 \mu\text{m}$, and that of the aeciospore $20-24 \times 17-21 \mu\text{m}$. The teliospore was usually bispored, the spore with a thick membrane was $43-62 \times 15-20 \mu\text{m}$, and that with a thin membrane was $45-82 \times 10-15 \mu\text{m}$. The sporidium was $14-18 \times 7-13 \mu\text{m}$ (Fig. 20, Plate 11, D-E, 12, A-F).

4) The aeciospore of this pathogen germinated at $10-30^\circ\text{C}$. The optimum temperature for germination judging by the germination rate, was 20°C (Fig. 21-23).

5) It was revealed that this pathogen passed through the pycniospore stage (0) and aeciospore stage (I), on such hosts as *Sorbus japonica* SIEB., *Sorbus commixta* HEDLUND, and *Malus toringo* SIEB. and the teliospore (III) and sporidia stages (IV) on *C. pisifera* (SIEB. et ZUCC.) ENDL. lacking the urediniospore stage (II), and that aeciospores invade the shoots of *C. pisifera* (SIEB. et ZUCC.) ENDL. and produce teliospores and sporidium in April-May, two years after the invasion (Fig. 24, Plate 13A-G).

IV Witches' broom of *Thujaopsis dolabrata* SIEB. et ZUCC. caused by *Caecoma deformans* (BERK. et BR.) TUBEUF

1) An outbreak of the witches' broom disease caused by *Caecoma deformans* (BERK. et BR.) TUBEUF was observed on trees of *Thujaopsis dolabrata* SIEB. et ZUCC. growing as understory in the natural forest of *Chamaecyparis obtusa* (SIEB. et ZUCC.) ENDL., The survey noticed that all the trees growing in the test plot with humid conditions were heavily infected with the witches' broom, the disease incidence rate being 100%, whereas trees in the other plot with dry condition suffered only slight damage, the disease incidence rate being 1.5%, as shown in Table 15.

2) Small and young abnormal adventitious buds, whitish green in color, develop primarily from the lower surface of the infected needles in October as the result of aeciospore infection during the last April through May. In the following year they grew up to the repeatedly bifurcate bodies having nail-head tops. Around August and September of the year, small and pale brown pustules appear in the circles on the marginal surface of the nail-head bodies of the small witches' broom lesion. In spring of the 3rd year from aeciospore infection, viscous masses of pycniospores are secreted from these pycnial pustules. In May of the year, the central part of the nail-head body begins to protrude, turns to orange-yellow, and finally breaks the epidermis to discharge a powdery mass of aeciospores. After dispersing aeciospores the nail-head bodies shrink and blacken. Then, new abnormal adventitious buds develop again from the basal part of these dying bodies. As this disease cycle is repeated year by year, the witches' broom gradually grows into a large globular mass without any needles. Often its diameter overgrows more than 30 cm. Diseased trees, having many witches' brooms, gradually weaken and some of them finally die (Fig. 25, Plate 14, A-G, 15, A, B).

3) This rust fungus has two stages, namely pycniospore stage (0) and aeciospore stage

(I). Only the latter serves as an infectious spore. Pycnium are $20-30 \times 20-28 \mu\text{m}$ and pycniospores are $1.5-2 \times 1-1.5 \mu\text{m}$. Aecium are 2-4 mm in diameter and are orange yellow in color. Aeciospores are spherical to elliptic or pearshaped, hyaline to yellow, $35-60 \times 27-43 \mu\text{m}$, with a thick wall being 2-3 μm in thickness (Fig. 26, 27, Table 16, Plate 15, C-E, 16, A-C).

4) Aeciospores germinated at 10-25°C with maximum germination rate at 25°C. Almost half of the aeciospores could germinate at a relative humidity of 95% or more. At 92%, germination rate was very low with poor growth of germtube (Fig. 28, 29, 30).

5) From the results of inoculation tests it was reconfirmed that the fungus can disseminate directly from the diseased *Thujaopsis* to the healthy *Thujaopsis* without any alternate host (Fig. 31, Table 17, Plate 16, D).

V The needle rust of *Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC. caused by *Coleosporium phellodendri* KOMAROV

1) In May, 1959, a remarkable outbreak of a needle rust caused by *Coleosporium phellodendri* KOMAROV was found in a young plantation of Japanese red pine, *Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC., in Kiso Vally, Nagano prefecture, in the central part of the main island of Japan. Pine trees grown in 6 ha. were severely affected. The disease spread to the western direction from the eastern part of the plantation where about fifty trees of *Phellodendron amurense* RUPR. have been maintained (Fig. 32, 33, Plate 17, A-I, 18, A-D).

2) Aecospores were produced on one and two-year-old needles through April to early June. They germinate well at 15 to 20°C and germ-tube bears within 12 hours. Aecospores infected leaves of *Phellodendron* trees and incubation period was recorded as one to two weeks. Formation of urediniospores on *Phellodendron* leaves were observed through June to November, and teliospores through August to October. Teliospores germinated and produced sporidium during August to mid-October (Fig. 34, Table 18-23, Plate 18, A-E).

3) In the case of sporidium infection, a different incubation period was recorded. In the first case, aecospores developed on one-year-old needles in the next spring after infection. In the other case, no symptoms appeared in the next spring, and formation of aeciospore was observed in the second spring on two-year-old needles (Fig. 35, 36, Table 24-25, Plate 17, A-C).

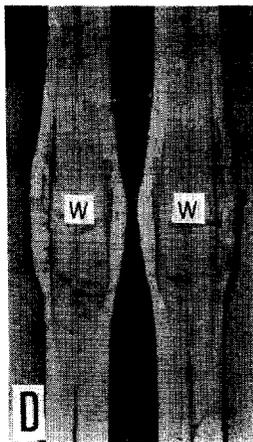
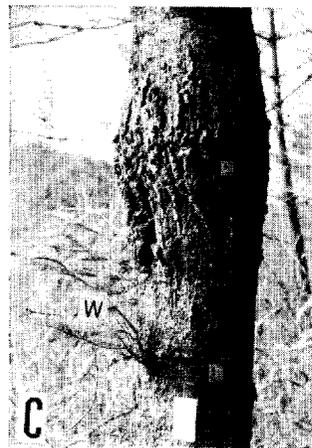
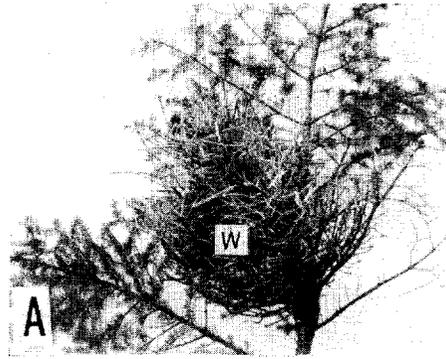
4) Eradication of *Phellodendron* trees from the pine stand was proved to be effective to control this rust disease.

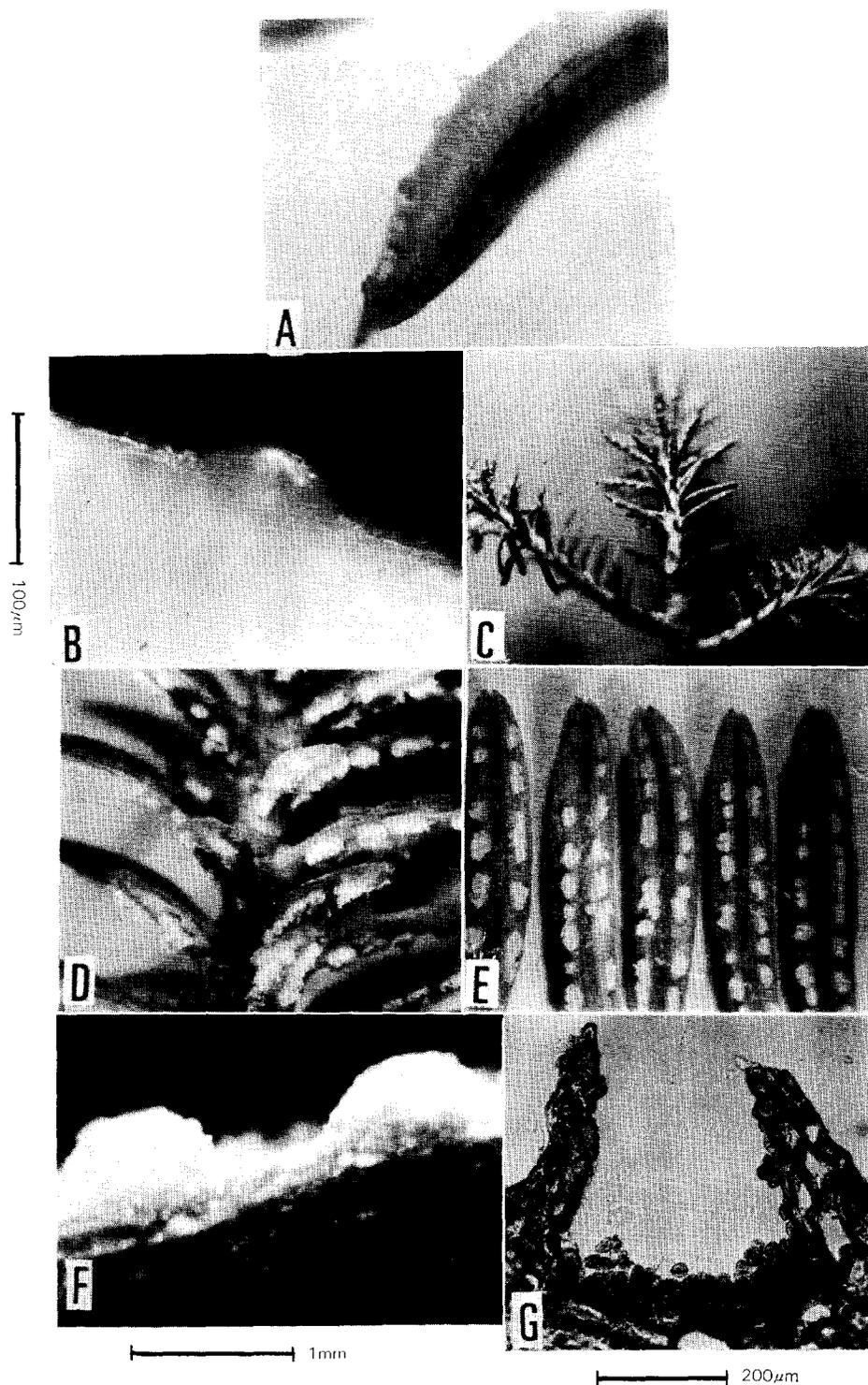
VI The blister rust of *Pinus pumila* REGEL caused by *Cronartium ribicola* J. C. FISCHER ex RABENHORST

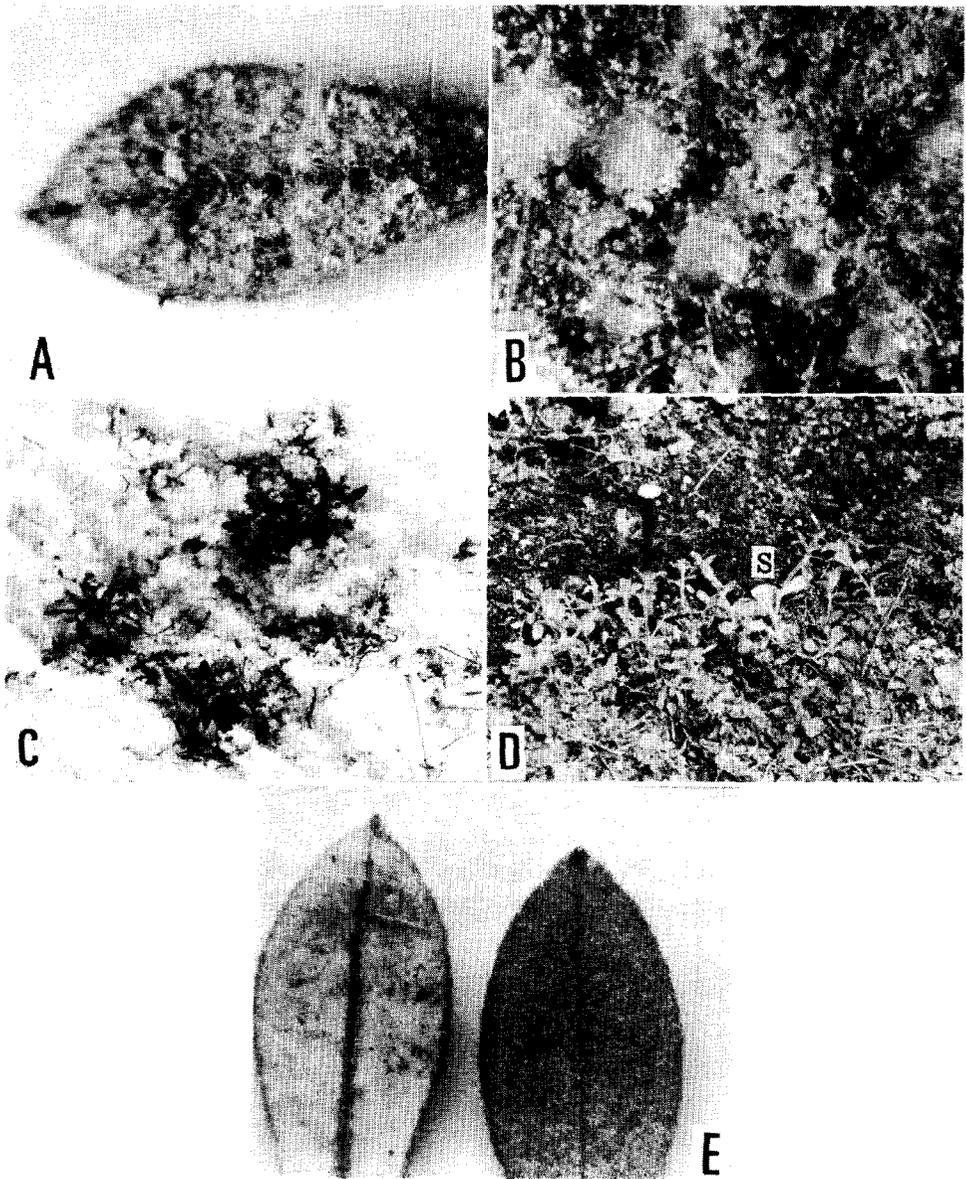
1) In 1972 a disease injury (Octbarak) occurred over an area of about 300 ha. in Hokkaido, which seemed very similar to the Blister Rust of *Pinus strobus* L., ranked among the most important world-wide disease, and proved to have been infected from the *Cronartium ribicola* J. C. FISCHER ex RABENHORST.

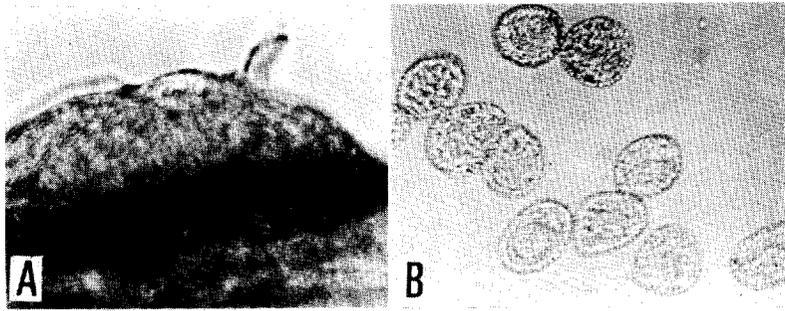
2) Surveys made of the *Pinus pumila* REGEL in the central mountainous region of Japan from 1977 to 1981 revealed that this disease has occurred not only on the Tateyama and Tsubakurodake, so far known to be infected, but also on the Norikuradake, Ontakesan, Nishihodakadake (North Alps), Kisokomagatake (Central Alps) and Senjodake (South Alps) (Fig. 37, Table 26, Plate 19, A-D).

3) Further tests of inoculation with the pathogenic fungi from the Norikuradake verified that this disease had its pathogenicity on both *Ribes* and the *Pedicularis* (Fig. 38, Table 27, Plate 20, A-F).



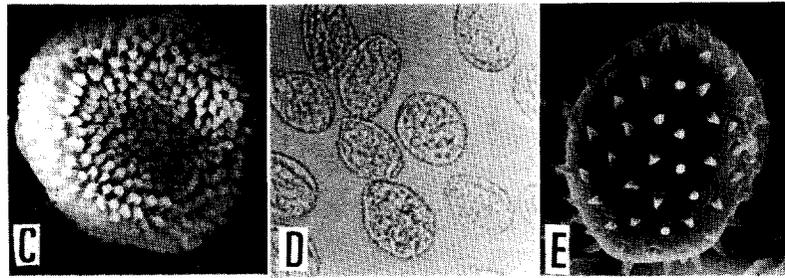






2.5 μ m

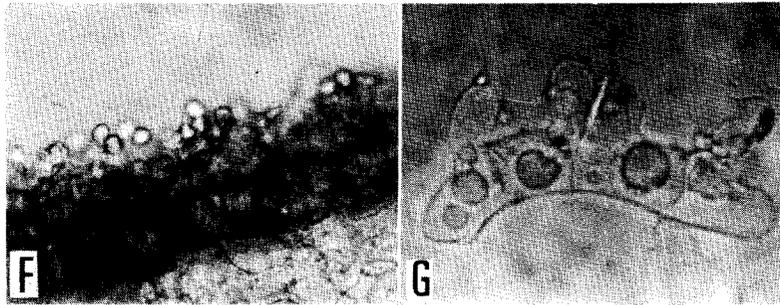
10 μ m



0.2 μ m

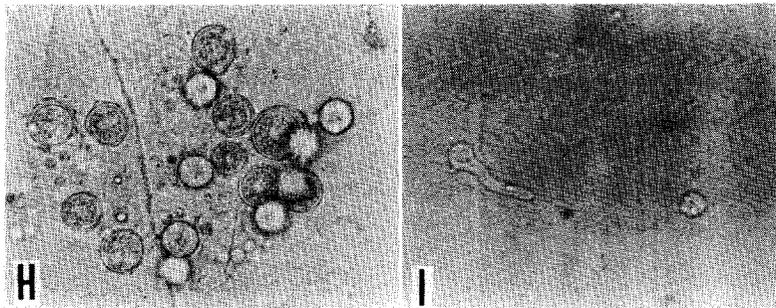
10 μ m

0.2 μ m



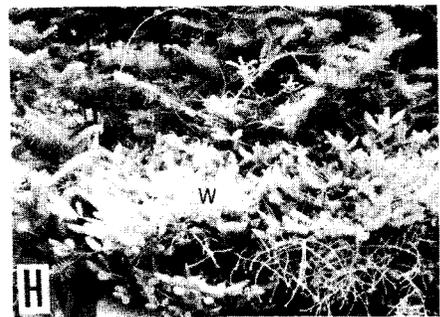
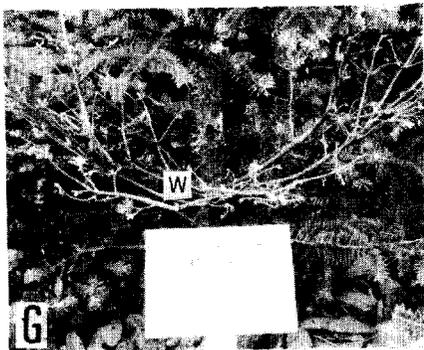
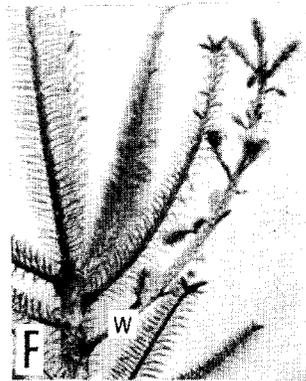
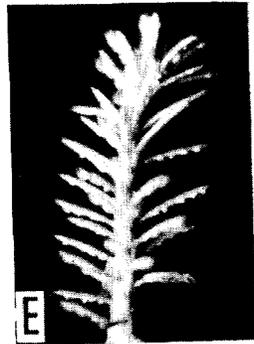
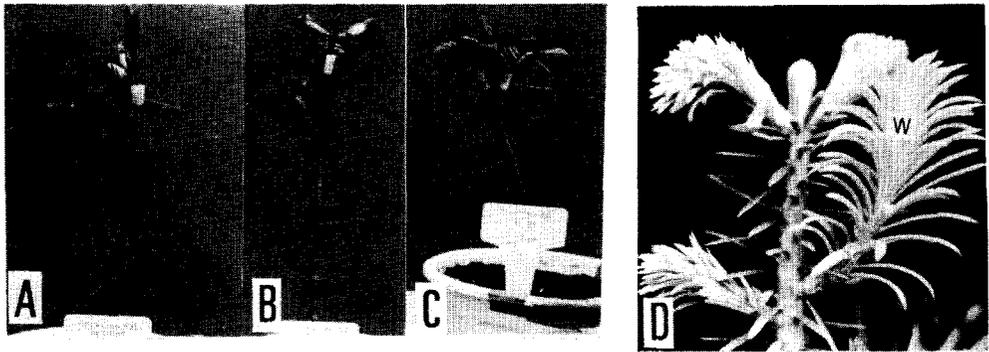
10 μ m

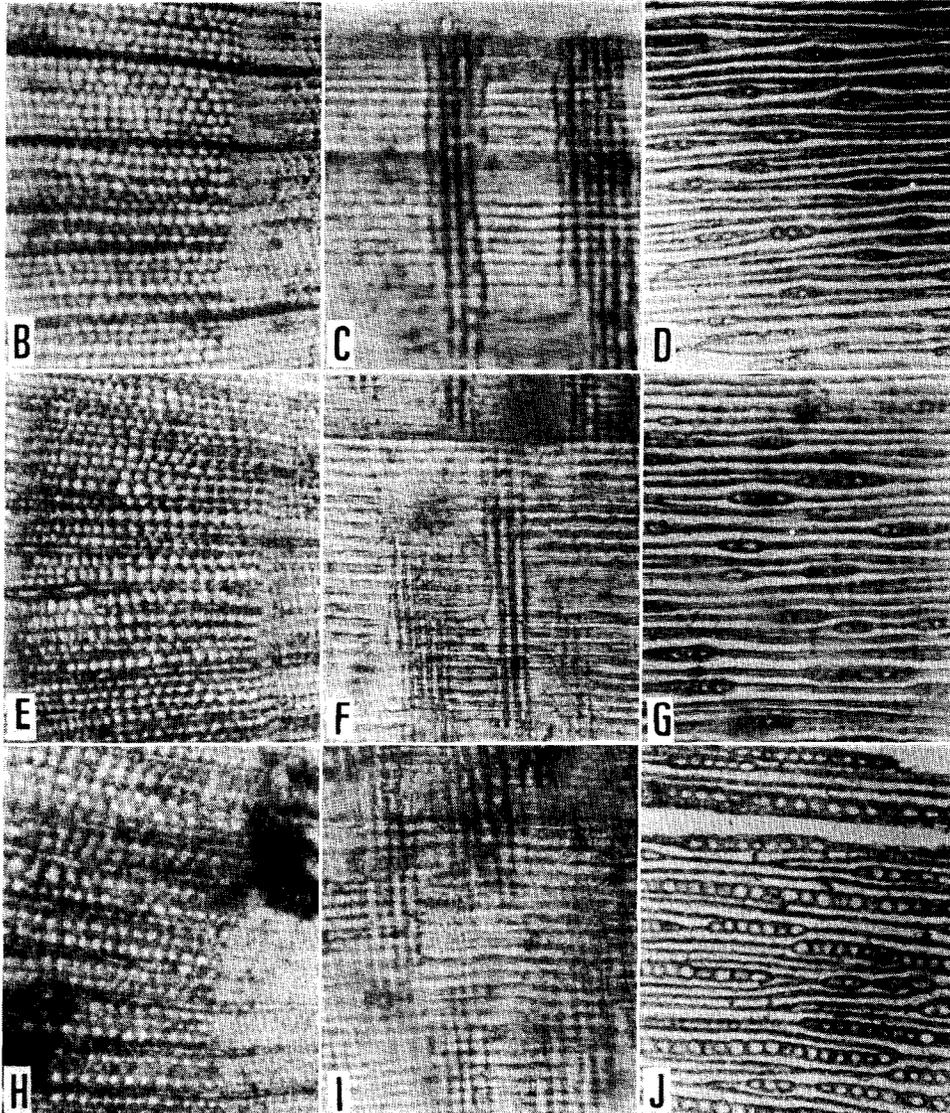
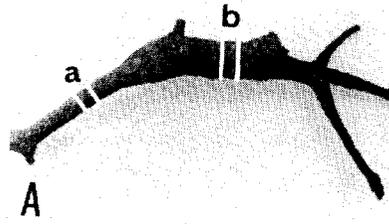
10 μ m

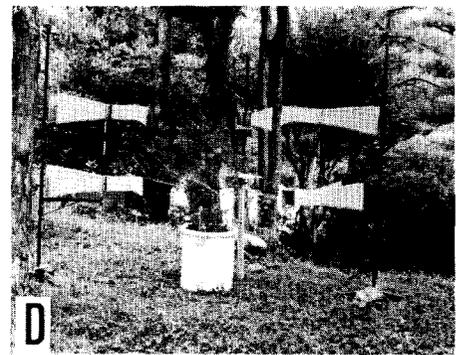
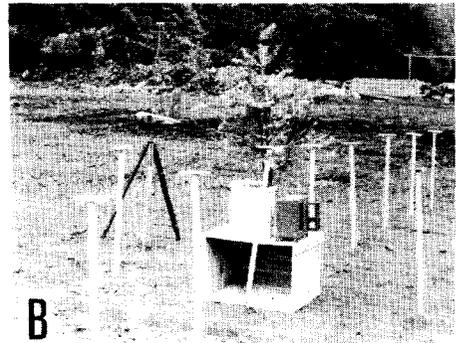
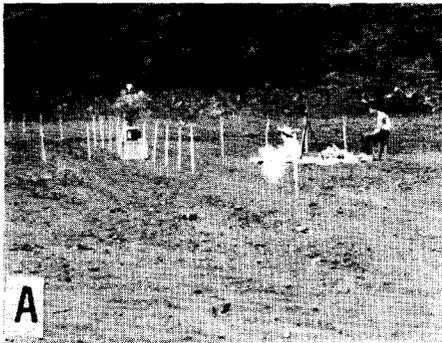


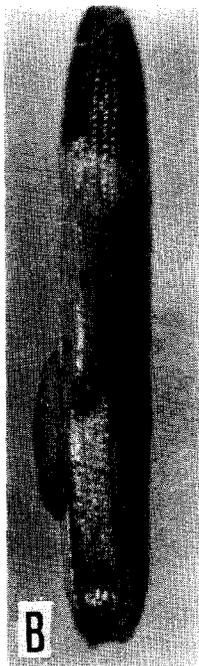
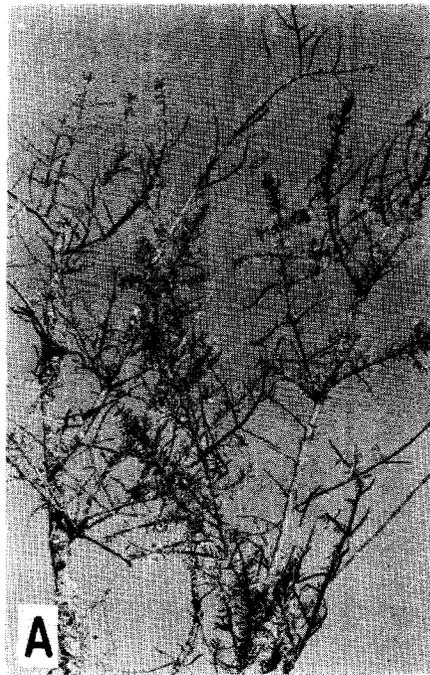
10 μ m

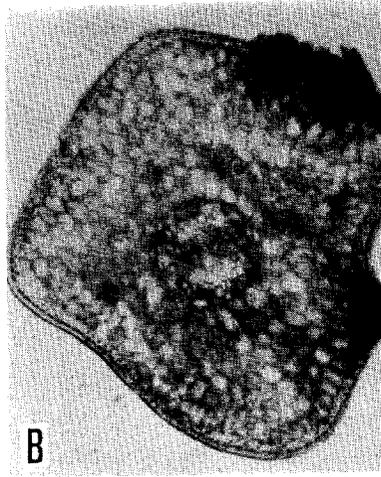
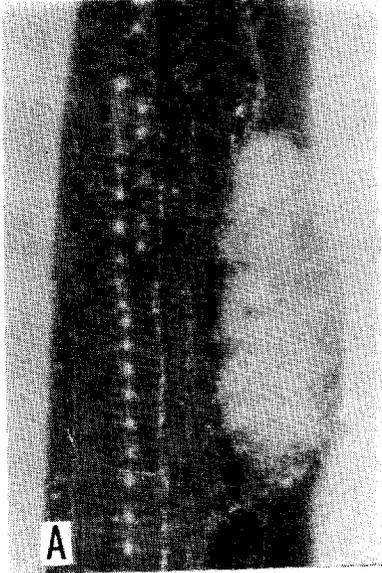
10 μ m



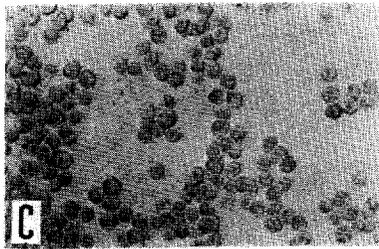




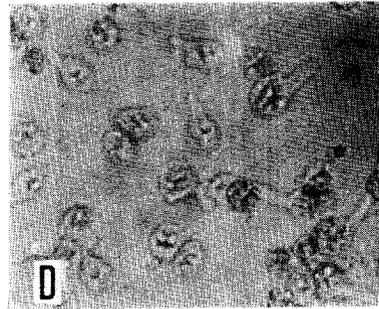




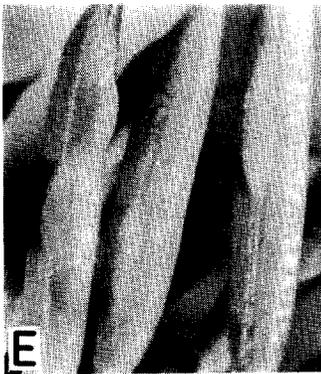
600 μ m

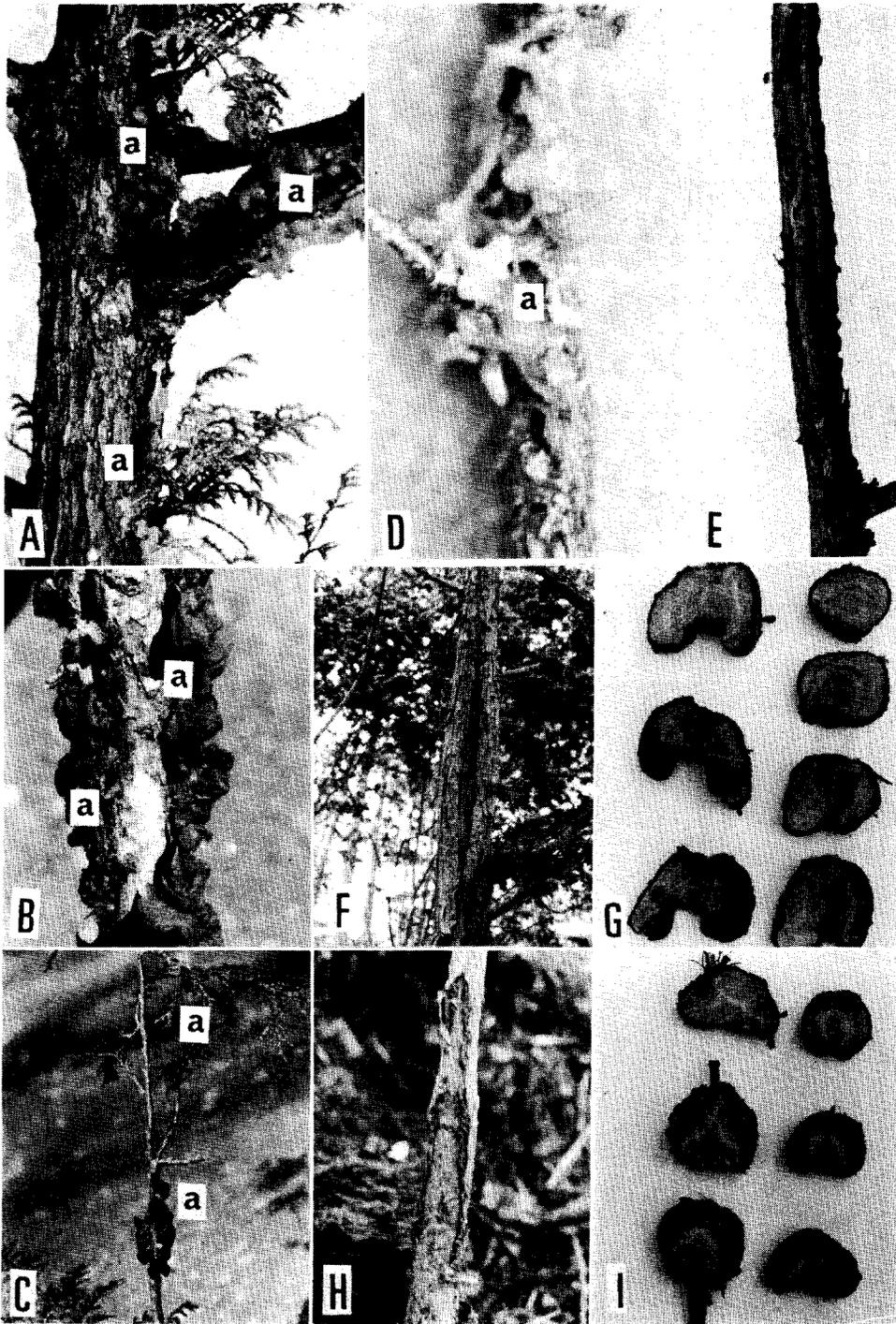


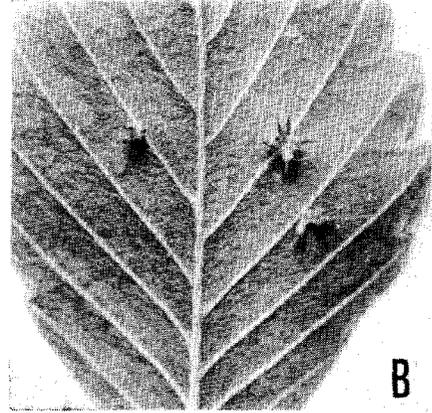
10 μ m



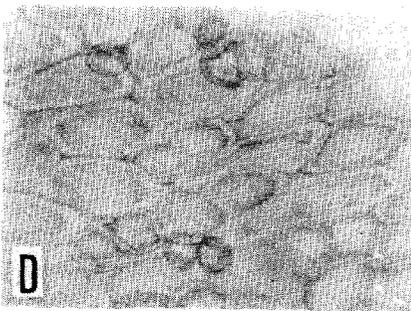
20 μ m



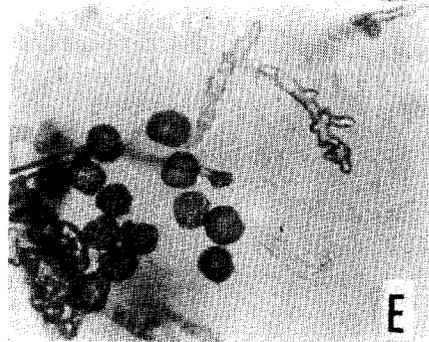




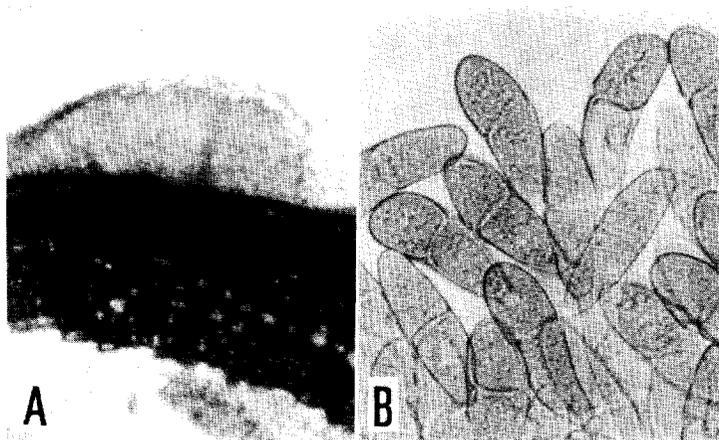
5mm



50 μ m

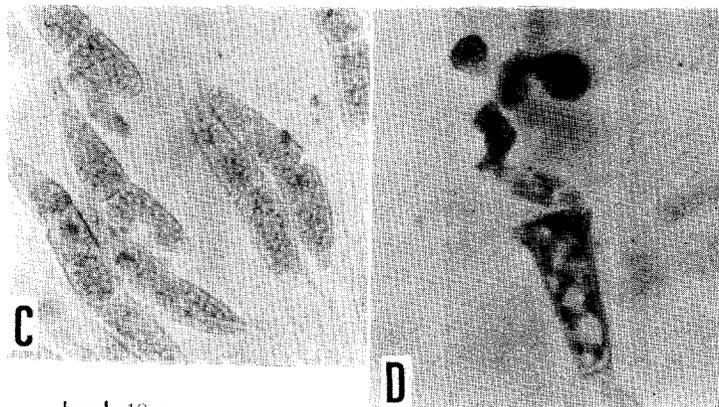


20 μ m



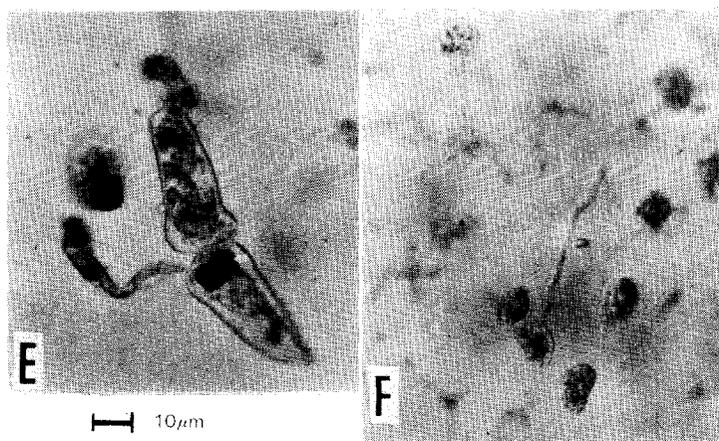
100 μ m

10 μ m



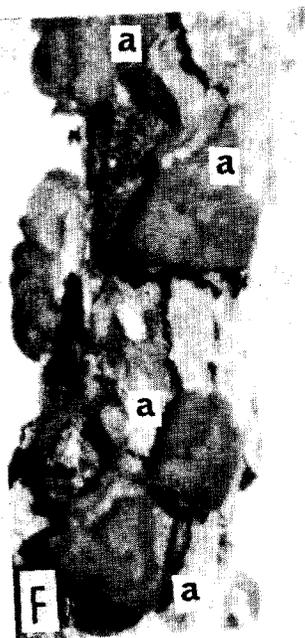
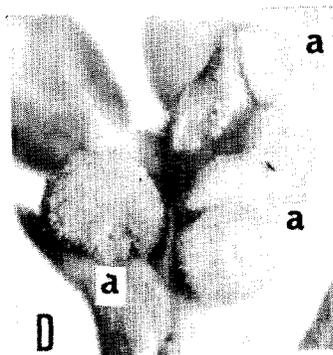
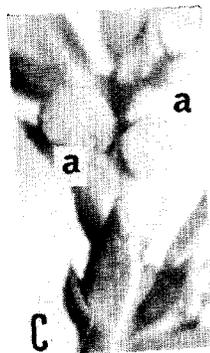
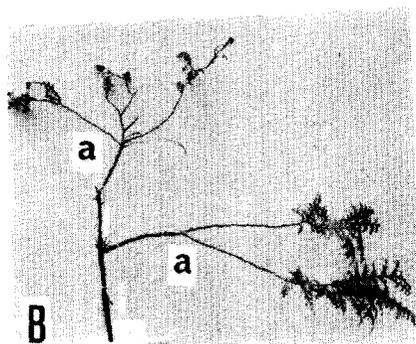
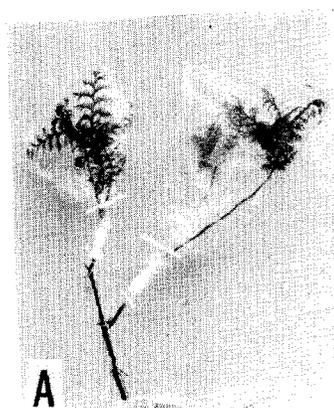
10 μ m

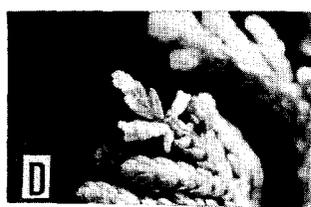
10 μ m

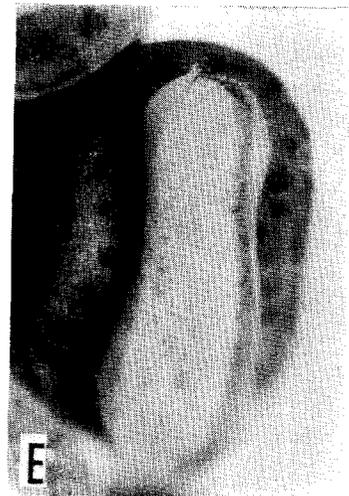
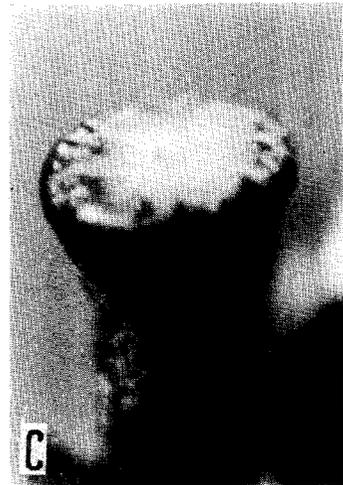
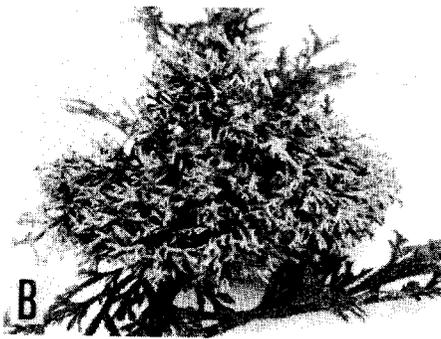
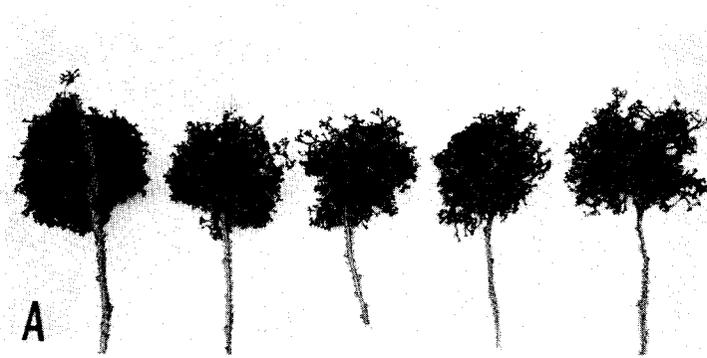


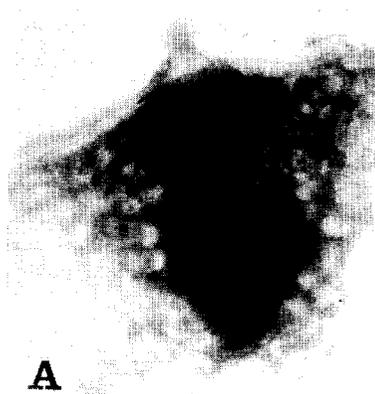
10 μ m

10 μ m



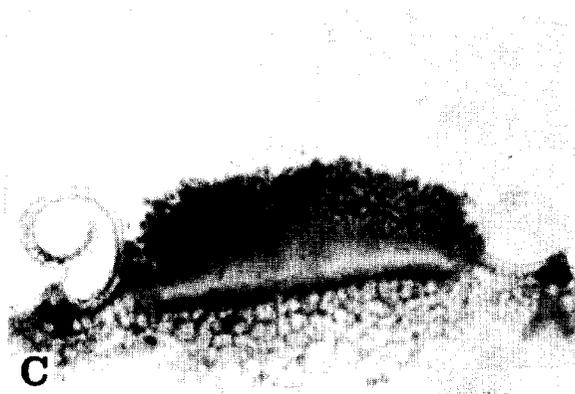






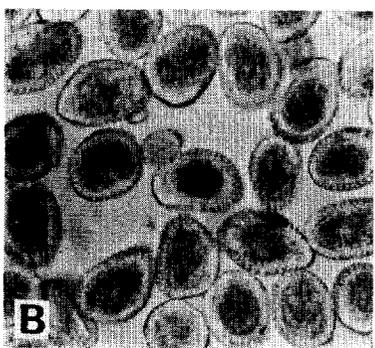
A

— 500 μm —



C

— 1mm —



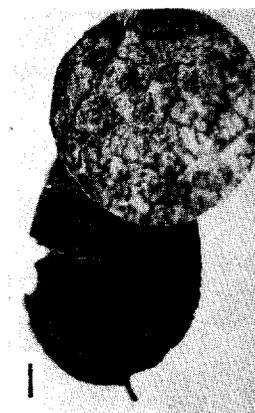
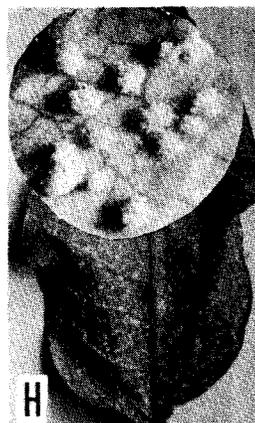
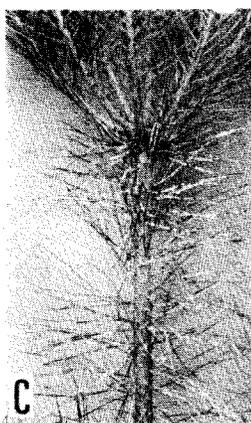
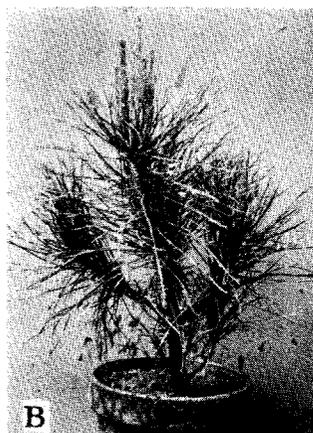
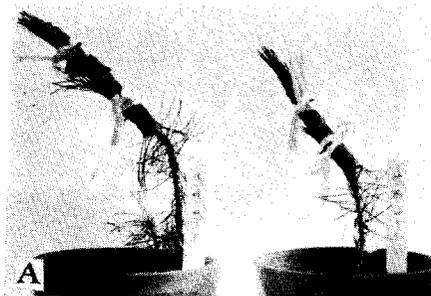
B

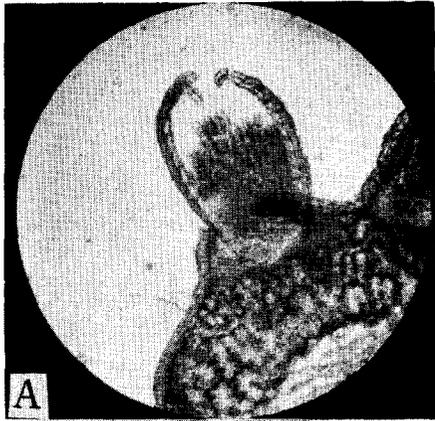
— 10 μm —



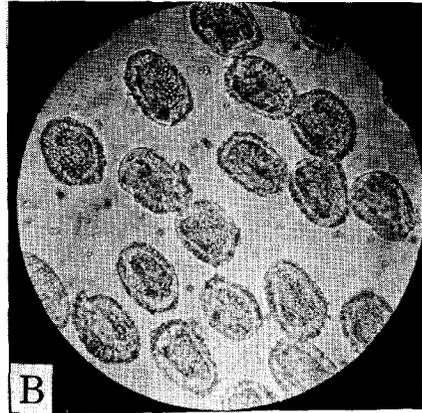
D

10 cm

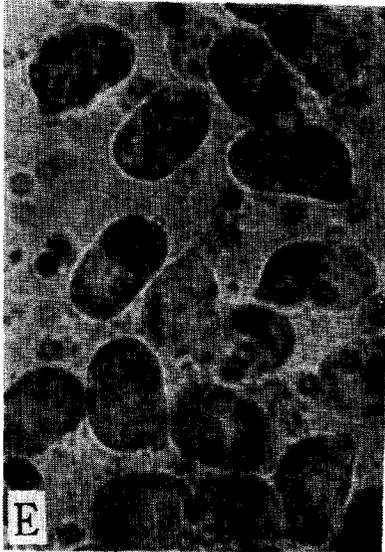




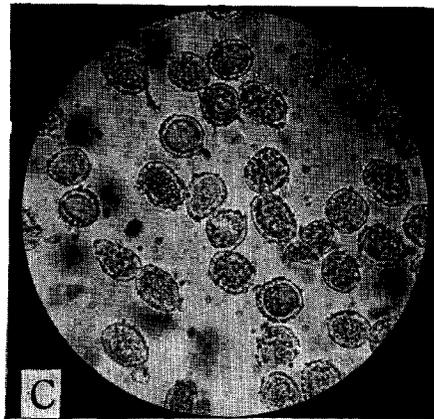
2mm



10 μ m



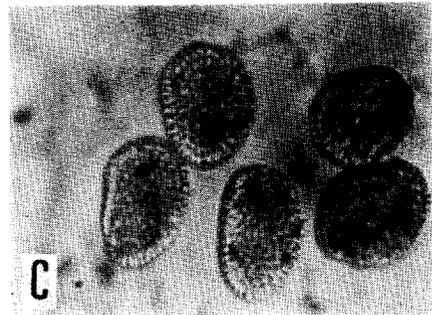
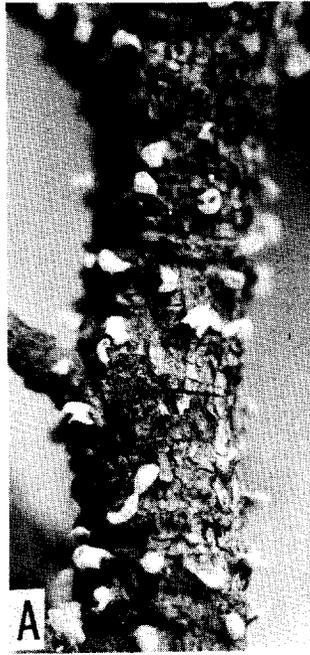
10 μ m



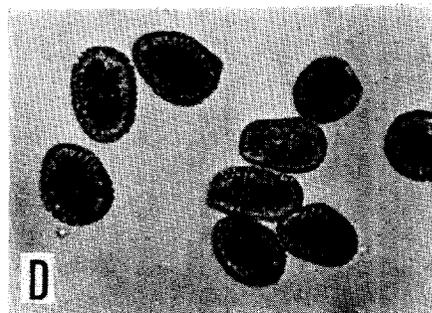
10 μ m



100 μ m



20 μ m



10 μ m

