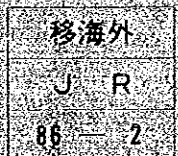
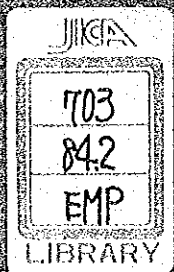


# 移住派遣農業専門家報告書

コンヨウのフザリウム病(根腐病・胴枯病)  
の発生機構と防除  
— INATAMを中心とするこれまでの研究の総括 —

昭和61年2月

国際協力事業団





# 移住派遣農業専門家報告書

コシヨウのフザリウム病(根腐病・胴枯病)  
の発生機構と防除

—INATAMを中心とするこれまでの研究の総括—

JICA LIBRARY



1025629[5]

昭和61年2月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '86. 7. -7	703
登録No. 12908	84.2
	EMP

## ま え が き

ブラジル北部における日系移住者の重要作物である胡椒は胴枯病及び根腐病等により著しい生産性の低下に陥っている。

そのため、当事業団はアマゾニア熱帯農業総合試験場（INATAM）において胡椒病害防除技術体系確立のための試験研究を実施するとともに、本邦から専門家を派遣し、主因の究明、発生機構、防除法の解明等に努めてきた。

その結果、胡椒病害の主因が、*Fusarium Solani* f. sp *Piperis* F.C. Albuquerque であることを解明し、これまでの実証調査結果をもとに無保菌苗の育苗や定植後の薬剤散布法の改善等応急的な防除方法を確立したが、胡椒樹体の健全化を図るには、今後共、発病に関連する諸要因を組みこんだ栽培試験研究を実施していく必要がある。

INATAMの試験研究業務及び施設は昭和60年3月末に当事業団の現地法人であるJAMICが解散、撤退したことに伴い、ブラジル農業研究公社、湿潤熱帯農業試験場（EMBRAPA - CPATU）に移管譲渡され、継承されることとなったので、今後の研究成果を期待したいものである。

本報告書は、昭和59年11月17日から同年12月15日まで派遣した内田勉専門家（山梨県総合農業試験場）により、INATAMの昭和49年発足以来、実施されてきた胡椒病害に関する試験研究をとりまとめたものである。

昭和61年2月

移住事業部長



# 目 次

## はじめに

I アマゾン地域におけるコショウのフザリウム病（根腐病・胴枯病）の発生と本病についての研究経過	1
II コショウのフザリウム病の発生機構	5
II-1 病原菌の出現	5
II-2 病原菌の生活形態	6
II-2-1 菌糸	6
II-2-2 分生孢子	6
II-2-3 子のう孢子	6
II-2-4 厚膜孢子	7
II-3 病原菌の伝搬	8
II-3-1 農機具などへの付着	8
II-3-2 昆虫など小動物への付着	8
II-3-3 苗潜伏	8
II-3-4 空中飛散	8
II-4 感染	10
II-4-1 侵入部位	10
II-4-2 侵入	11
II-4-3 進展	12
II-5 誘因	13
II-5-1 コショウ樹の生理生態的特性	13
II-5-2 アマゾン地域におけるコショウの栽培条件	15
II-5-3 各種栽培管理上の処置や栽培的条件と発病との関係	17
II-5-4 栽培管理の推移と発病との関係	19
II-6 まとめと論議	20
III コショウのフザリウム病の防除	23
III-1 直接的防除	23
III-1-1 侵入防止	23
III-1-2 蔓延防止	24

III-2 間接的防除 .....	25
III-2-1 樹体の健全化 .....	25
III-2-2 抵抗性品種の利用 .....	28
III-3 まどめと論議 .....	28
IV コショウのフザリウム病防除基準 .....	31
あ と が き .....	34
引 用 文 献 .....	35
写 真 .....	40



## コショウのフザリウム病（根腐病・胴枯病）の発生機構と防除

### —— INATAM を中心とするこれまでの研究の総括 ——

山梨県総合農業試験場

内 田 勉

#### はじめに

筆者は、1983年12月11日から1984年3月4日までの約3カ月間と、1984年11月17日から12月15日までの約1カ月間の2回、ブラジル国を訪問した。いずれも国際協力事業団（JICA）の要請によるもので、アマゾン地域の日本人入植地、特にパラ州のベレーン近郊やトメアスーにおいて大問題になっているコショウのフザリウム病（根腐病・胴枯病）の防除対策を講じるためである。

第1回の訪問中は、アマゾニア熱帯農業総合試験場（INATAM）において、本病について INATAM を中心になされてきた研究の内容と成果を検討するかたわら、本病の発生生態と防除について2、3の補足的実験を行った。また、ブラジル各地における本病の発生状態について実地調査をした。すなわち、パラ州はトメアスー、ベレーン近郊のカスタニヤール、サンタレーン近郊のモンテアレグレ、アマゾナス州はマナウス近郊のベラビスタとエフィゼニオ・サーレス、 Rondônia 直轄地はポルトベリヨ近郊のトレゼ・デセンプロ、バイア州はサルバドール周辺のイツペラとウナの日本人入植地、また、エスピリトサント州はサンマティウスなど伯人のコショウ産地を訪ねた。

第2回訪問中は、JICA 本部が本病防除対策の一環として事業化した無保菌コショウ苗育成施設のトメアスーでの施工に関し、現地指導をした。また、本病の防除対策について INATAM の研究職員と論議を重ねた。

これら2回にわたるブラジル国訪問中、北伯農試（EMBRAPA）の F.C. Albuquerque 博士、インド国の M.C. Nambiar 博士、パラ州農務省 Ikeda 植物防疫局長、Rondônia 直轄地およびバイア州各 CEPRAC の研究者、およびサンパウロ州ピラシカーバ大学の Ando 博士なども本病の防除について意見を交わす機会を得た。

ブラジル国訪問に関連して、派遣専門家であった石川県農業短期大学福富雅夫博士には、本病の発生生態について懇切な御指導を受け、筆者の分析結果にも御意見を頂いた。また、派遣専門家で京都大学農業研究施設津田盛也博士には、第1回訪問中、約1カ月間行動をともにして頂き、コショウ病害をはじめ各種熱帯作物の病害について詳細に御教示を受けた。また、多数の資料を提供して頂き、筆者の分析結果に助言と批判をあおいだ。

ブラジル国における筆者の業務に関し、INATAMでは、柴田剛場長をはじめ、平形広、浜田正博、大堂志郎の各研究員、石橋憲二派遣専門家、山県正安課長、および職員各位に、また、トメアスー事業所では、浅野純麗次長はじめ職員各位に多大の御援助を頂いた。さらに、南坊進豪（前）および伊藤武好（現）ベレーン総領事は外務省関係各位、奥田隆男ベレーン支部をはじめ各地のJICA職員各位、およびトメアスーや各地の日本人入植者諸氏の温かい御援助があった。これら多くの方々に衷心より謝意を表したい。

ブラジル国訪問の結果から筆者は、本病の発生機構と防除について小文をまとめた。これは、1974年の発足以来INATAMでなされてきた本病に関する研究の総括でもある。JAMIC、JEMISのトメアスーからの撤退にともない、INATAMは1984年度末をもって閉鎖される。これまでのINATAMにおける精力的研究を進めまた支えてきた多くの関係者の方々に対し、最大の敬意を表わすとともに、本病の防除に少しでも役立つことを切望するものである。

## 1 アマゾン地域におけるコショウのフザリウム病（根腐病・胴枯病）の発生と本病についての研究経過

現在ブラジルで主に栽培されているシンガポラ種のコショウが、初めてトメアスーに導入されたのは1933年である。その営利的栽培は1940年頃に始まるが、第2次大戦後はコショウ価格の高騰に伴って急速に盛んとなり、1952年以降トメアスーはコショウ栽培によりその黄金時代を迎える<sup>1)</sup>。しかし、この数年来トメアスーのコショウ栽培は危機的状態にあり、最大の原因のひとつはいわゆる根腐病と胴枯病の被害である。

根腐病（写真1）はコショウ本格栽培の当初から散発していたようであるが、問題になったのは1960年頃からである。本病は慢性的な全身症状で、コショウ樹の葉は緑色があせ次第に黄色から褐色となり落下してしまう。末期には根部のほか地際部も黒・褐変し腐敗する。地上部に症状が見えてから株が枯死するまで1年以上もかかる。胴枯病（写真2）は根腐病が問題になりかけていた1962年トメアスーのブレウで初発生し、1967年マリキータで多発して以来各地で蔓延している<sup>2, 3, 4)</sup>。

これは急性の地上部症状で、多くの場合側枝が枯れついで主茎に移り株全体が枯死する。症状が明らかになって1～2週間で枯死してしまう場合もある。根腐病と胴枯病では後者の方が多発し、被害も大きい。

これら病害は定直後1～2年の若令株にも見られるが<sup>5)</sup>、発生が目立つのは定直後3～4年以上の収穫樹令に達した株で、年間での発病は雨季中期以後、結実から収穫期にかけて著しくなる（図1）。本病は現在、トメアスーやベレーン近郊などパラ州だけでなく、アマゾン、ロンドニア、バイア、エスピリトサント、パラナの各州にも見られ、もはやブラジルに本病に対する聖域はない。

本病、すなわち根腐病と胴枯病は、ともに *Fusarium solani* f. sp. *piperis* を主因とする伝染性病害である。しかし、このことが確定するまでには約20年にわたる研究と論争の経過があり、その概要はつぎの如くである。

1960年にトメアスーを訪れた渡辺竜雄宇都宮大学教授は、根腐病の発生状況を実地調査し、本病は土壌菌の寄生によるものと推定した<sup>6)</sup>。これと連携してブラジル側機関による研究も進められた。すなわち、EMBRAPAのF.C. Albuquerque博士は、病株から分離した *Fusarium* 菌がコショウに対し病原性を示すことを確かめ、1961年同菌を *F. solani* f. sp. *piperis* と命名するとともに本病の主因であるとした<sup>7)</sup>。前記渡辺教授は1962年にもトメアスーを訪れ調査したが、その時の病害標本から *Fusarium* 菌を分離し、松尾卓見信州大学教授の同定の結果からこの菌を *F. solani* であるとし<sup>8)</sup>、さらに、本菌のほかF.C. Albuquerque博士の *F. solani* f. sp. *piperis* についても、コショウに対する病原性をポットの土壌接種や茎部接種により確認している<sup>9, 10)</sup>。

図 1

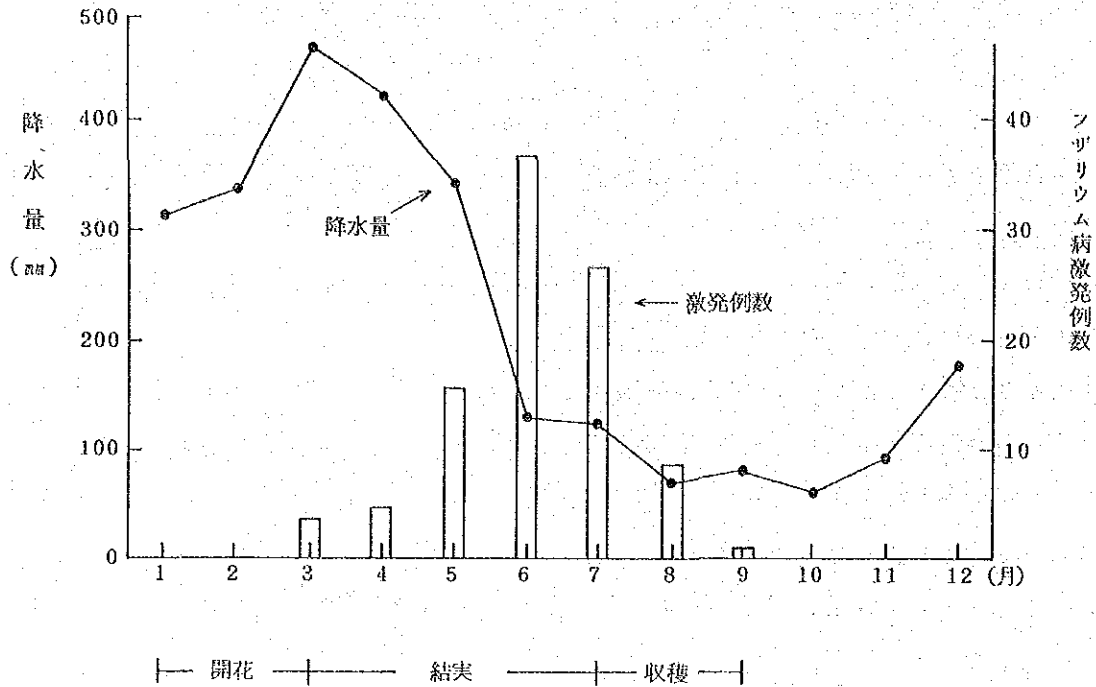


図1 トメアスーにおける月別降水量<sup>a</sup>とコショウのフザリウム病(胴枯型)の年間消長<sup>b</sup>  
 a: 1968~1978年のINATAM測定値, b: 文献<sup>4</sup>から作製

1967年マルキータで多発した胴枯病は、病徴が根腐病とは大きく異なり、また、発生の拡大は空気伝染病害の様相を呈したが、F. C. Albuquerque 博士らは本病の主因も根腐病と同じ、*F. solani* f. sp. *piperis* であり、その完全時代を *Nectria haematococca* f. sp. *piperis* とし<sup>11)</sup>、さらに、本菌は heterothalic ではほとんどの菌糸は hemaphroditic であるとした<sup>12)</sup>。

これより先の1963年、渡辺教授は根腐病の防ぎ方について、本病の伝染経路の考察からつぎの10項目にわたる対策をあげ<sup>9)</sup>、のちにこれを胴枯病防除にも準用した<sup>13)</sup>。

1. 排水溝を設ける。
2. 有機質肥料を入れる(間作植物の利用)。
3. 化学肥料にかたよらないバランスのとれた施肥をする。
4. 石灰により土壌酸度を矯正する。
5. 雑草を除去する。
6. 被害を処理する。
7. 剪定・整枝により通風を図る。
8. 外科手術を行う。
9. 抵抗性品種を育成する。
10. 苗の消毒を行う。

これら対策のいくつかは実行されたようであるが、被害はますます拡大していった。そして、2つの病害の主因と防除対策に疑義がもたれ、これらが再検討されることとなった。

トメアスーのコンショウにネコブセンチュウの寄生が多いこともあり<sup>14)</sup>、本病の発生に線虫の関与を想定する立場から、1976年から1980年にかけて一連の試験が一戸専門家を中心に行なわれた(1977~1981年度成績)。線虫対抗植物の草生や間作など試みられた。これらは、線虫の抑制にはある程度有効であったが<sup>15)</sup>、本病の防除対策とはならなかった。線虫対策と土壤環境保全の観点から、敷草の効用も力説されたが<sup>16)</sup>、試験の結果は悲観的であった。ただ、線虫は本病の主因ではないが発病を助長することは確かめられている<sup>17)</sup>。また、湿潤熱帯の農業であるコンショウ栽培において、草生や敷草の活用が重要な課題であること<sup>16,18)</sup>に変わりはない。

病害の立場からも主因の再検討がされた。

1977年から1979年にかけて工藤専門家は、病株から分離される糸状菌とそのコンショウ樹に対する病原性との関係を詳細に調べた(1977~1979年度成績書)。6属133菌株、属名不詳の57菌株、計190菌株を分離し、*Fusarium* 菌、*Rhizoctonia* 菌、および *Cylindrocladium* 菌に病原性を認めた。これらのうち各種条件下で最も病原性の高いのは *Fusarium* 菌の中の *F. solani* で、本菌は F.C. Albuquerque 博士の *F. solani* f. sp. *piperis* と同一らしいとした。

栽培的立場から岸専門家は、1979年から1981年にかけて本病の原因と対策について検討した。本病を干害に原因する生理病であるとし日焼病と呼び対策に深耕を唱えた<sup>19)</sup>。この生理病害説は、後出の福富専門家により理論的にも実験的にも否定された<sup>4)</sup>が、対策としての深耕は現在のところ有望と期待されている。岸専門家が本病を生理病とした理由は、本病の発生が栽培条件に強く影響されること、病患部から分離される病原菌は *F. solani* で、この菌は一般に病原性が弱く植物体が衰えた時被害を生ずること、などのようである。*F. solani* による被害が問題になるのは、もともとコンショウ樹が不健康な状態になっているということであるから、本病は生理病であるとしたのである。この主張は、植物病害の発生に関し、それがなければ発病が起り得ない要因を主因、発病の助長要因を誘因とする病理学的立場からは飛躍であるが、本病の発生に生理的要因の関与が大きいという意味では理解できるものであった。

1980年から1982年にかけて福富専門家は、再び病害の立場から、本病の主因と感染機構のほか防除方法についても精力的な研究を行った<sup>4,19-23)</sup>。電子顕微鏡を駆使した解剖学的手法により、茎や根の健全組織と本病による壊死組織との境界部付近には、常に *F. solani* の菌糸が存在することを確かめた<sup>4,23)</sup>。そして、この菌に関し、コッホの3原則が厳密にあてはまること、この菌が *F. solani* の  $\beta$  type であり、*F. solani* f. sp. *piperis* と形態的に類似し、また同菌と交配可能なことを確かめた<sup>4,24,26)</sup>。さらに、他の各種 *Fusarium* 菌はコンショウに対し非病原性であることを示した<sup>4,28)</sup>。これらのことから本病の主因が、F.C. Albuquerque博士の主張のように *F. solani* f. sp. *piperis* であることを再確認し、本病の主因論争を結実させた。福富専門家は

さらに、本病の主因論争を結実させた。福富専門家はさらに、本病菌のコショウ樹に対する感染機構についても検討し、侵入した病原菌の菌糸は導管内を上下に伸長し、外見上無病の部位にも潜在感染していることを明らかにした<sup>4, 2)</sup>。胴枯病に対する薬剤散布の効果も検討した。これら成果をもとに、本病の防除指針を示した<sup>4)</sup>。

1983年、津田専門家は、本病に関するこれまでの研究と、アマゾン各地における本病の発生経過について疫学的考察を加え、本病の伝染や発生地域の拡大にとって、感染した菌(保菌苗)の定植が重要な役割を演じていると推定した<sup>5)</sup>。

以上の経過は表1にまとめたが、そのほかINATAMでは、本病の発生を軽減するための耕種的方法について、肥料の量や種類、敷草、草生、高畔、抵抗性品種、生木支柱などについても多様な試験を実施した。

ひるがえって、本病の発生が栽培条件に影響されたり、線虫により助長されることもあって、主因の確定に20年以上の年月を要したのである。そして現在、主因の確定に伴って本病の発生機構もほぼ解明され、それに基づいた合理的防除対策の確立も間近かになった。

表1 コショウのフザリウム病についての研究経過

年 代	研 究 の 主 な 内 容
1961	渡辺竜雄教授は1960年トマソーを実地調査し、根腐病の原因を土壤菌と推定した。
1961	F.C.Albuquerque 博士は根腐病の主因を Fusarium 菌であるとし、 <i>F. solani</i> f. sp. <i>piperis</i> と命名した。
1963	渡辺竜雄教授は根腐病株から <i>F. solani</i> を分離するとともに、本病防除の10項目を示した。
1964	渡辺竜雄教授は上記 <i>F. solani</i> のコショウに対する病原性を確認した。
1976	F.C.Albuquerque博士は胴枯病の主因も根腐病と同じで、 <i>F. solani</i> f. sp. <i>piperis</i> とした。
1976~1979	一戸専門家は根腐病に線虫が関与していると想定し、線虫密度抑制のため、敷草や線虫対抗植物の間作を検討した。
1977~1979	工藤専門家は発病株から6属133菌株、属名不詳57菌株を分離し、 <i>F. solani</i> がコショウに対し最も病原性が高いことを確かめた。
1979~1981	岸専門家は本病の防除にとって栽培条件の改善、特に深耕の必要性を説くとともに、本病を干害による生理障害で日焼病とした。
1980~1983	福富専門家は、解剖学的手法も取り入れた研究により本病の主因が <i>F. solani</i> f. sp. <i>piperis</i> であることを再確認するとともに、本病菌の感染機構についても明らかにした。
1982~1983	津田専門家は疫学的考察から、本病のアマゾン各地における発生が、潜在感染した苗(保菌苗)の定植にあることを示唆した。

## II コショウのフザリウム病の発生機構

いうまでもなく、ここでいうコショウのフザリウム病とは、根腐病と胴枯病のことである。これら病害は外見的症状に関し、互いにかかなりの差異はあるが、主因は同一の病原菌である。また、胴枯病はその感染が後述するように主として付着根から始まる点、根腐病の1種と見なすこともでき、2つの病名は感染部位の違いによる外見的病徴の差異を示すにすぎない。したがって、筆者はこれら病名を一括し、根腐病は根腐型(症状)、胴枯病は胴枯型(症状)と呼ぶのが適当と考え、本文では以下これに従う。ただし、根腐病と胴枯病の名称はすでに定着しているし、先名権の問題もあるので、これらの正式な名称は今後の検討に待ちたい。

### II-1 病原菌の出現

本病の主因である *F. solani* f. sp. *piperis* のアマゾン地域における出現の経過については、可能性としてつぎの3つがあげられる。

- a 外部からの侵入もしくは持ち込み。
- b 在来野生菌の顕在化。
- c 病原菌の突然変異的出現。

aについては、ブラジル以外のコショウ産地における本病菌生息の有無も関係してくる。旧米からのコショウ産地である東南アジアには slow wilt と呼ばれる根腐病が問題となっている。この原因は今なお明確でないが、*Fusarium* 菌も関係ありそうだとする報告はいくつかある。<sup>29-31)</sup> したがって、1933年シンガポールで菌を求めた時、問題の本病菌も苗についてトメアスーに持ち込まれたという推定も成り立つ。一方、アマゾン地域には、ポルトガル人の探検隊がかって持ち込んだと見られるコショウが、細々と自生している例がある<sup>32)</sup>。また、これら自生のコショウ樹から本病菌が分離されることもある<sup>33)</sup>。分離菌株が、もともとその株に寄生していたのか、それとも一般の発病株から伝搬し寄生していたのかは不明である。しかし、本病菌がポルトガル人の探検時代から、すでにアマゾン地域に住みついていた可能性はある。

bについては、本病菌の寄生性が関係する。本病菌は宿主選択性が強く、コショウ以外で本病菌が病原性を示すのは雑草のウスバナハナゴショウ (*Peperomia pellucida* HB. et K.) しか知られていない<sup>4)</sup>。また、自然条件下にあるこの雑草から本病菌が分離された例はない。しかし、植物の種類がきわめて豊富でまた広大なアマゾン地域では、ウスバナハナゴショウを含め他の植物にも寄与しながら、本病菌がもともとどこかに住みついていた可能性も打ち消せない。

cについては、本病菌の変異性も関係する。本病菌は、その生活史において hetelothalic であり<sup>12)</sup>、またコショウに対する病原性に関し系統のある<sup>11)</sup> ことも知られている。このことは、本病菌の病原性に変異が生ずることを示唆する。

アマゾン在来の *Fusarium* 菌のひとつが、コショウ栽培の拡大とともにコショウ樹に病原性を獲得した可能性も否定はできない。

つまり、本病菌のアマゾン地域における出現の経過については、前記 a, b, および c のいずれもありうることになる。しかし、いずれにしても、新しく開いたコショウ圃場に、初めから本病菌が住みついているというのではない。本病の発生は、既発圃場あるいは原始林のどこか、現実的には既発圃場から病原菌が伝搬することによって始まる。

当面は、既発圃場で本病菌がどのように生活しながら、どのようにして新しい圃場に伝搬してコショウ樹に感染するか、また、本病の発生を助長する要因が何かを明らかにすることが重要な課題である。

## II-2 病原菌の生活形態

その完全時代が *Nectria* 菌である本病菌は、図 2 に示すように 4 つの生活形態を持ち、それぞれの生活場所や役割に特徴がある。これらについて、本病菌に関する研究や *Fusarium* 菌一般に関する知見<sup>34,35)</sup> をまじえて考察する。

### II-2-1 菌糸

菌糸は、根、茎、および枝などの組織を侵し、そこを黒・褐変し壊死させる。導管に達した菌糸は導管内を上下にすみやかに伸長する。この伸長部分に外見上の病徴がただちに生ずることはないが、菌糸は潜伏していることになる<sup>4,27)</sup>。菌糸はまた茎の表皮コルク化部分にも潜在していることもある(1983年度成績)。

### II-2-2 分生孢子

分生孢子は菌糸から形成され、これらには大型と小型の 2 つがある。これらは枝や茎、それに主幹地際部の患部組織の表面に、降雨や結露のある高湿時に多数形成される。本病は分生孢子的飛散により伝染するが、分生孢子は発芽して組織に侵入すると菌糸として伸長する。大型分生孢子的大きさは  $3.6 \sim 6.1 \times 4 \sim 6 \mu\text{m}$ 、小型分生孢子は  $3 \sim 1.6 \times 2 \sim 4 \mu\text{m}$  である<sup>11)</sup>。野外で形成される分生孢子は、温度との関係でほとんど大型分生孢子である(1982年度成績)。

### II-2-3 子のう孢子

本病菌は hetelotalic、すなわち性を持ち、雌雄関係にある菌糸が出会うと交配して子のう殻を形成する<sup>12)</sup>。子のう殻中には子のうがあり、子のう中に子のう孢子がつくられる。子のう殻は湿潤状態の時期に、古くなり崩壊しかけた患部の表面、特に地際部のそれに多数形成される<sup>33)</sup>。高湿時には子のう殻から子のう孢子が噴出し、空中に飛散する(1984年度成績)。子のう孢子的飛散によっても本病は伝染する<sup>12)</sup>。子のう孢子は分生孢子と同様発芽して組織に侵入すると菌糸となって伸長する。子のう殻は耐久体でもあり、雨季に形成された子のう殻は乾季にも耐え、つぎの雨季になると子のう孢子的を放出して本病の伝染源となる(59年度



成績)。なお、子のう殻は直径200  $\mu\text{m}$  前後の不規則な球形、赤色～淡褐色で表面に凹凸がある。子のう胞子は大きさ11～15  $\times$  5～7  $\mu\text{m}$  である<sup>1)</sup>。

#### II-2-4 厚膜胞子

崩壊してしまった組織中や土壌中など、侵すべき宿主体がない状態では、菌糸や大型分生胞子は耐久体の厚膜胞子に変化する。厚膜胞子も宿主体、例えば伸びて来たコショウの根などに合うと発芽して侵入し菌糸となって伸長する。

根腐株周辺の土壌から本病菌が分離される。分離されるのは厚膜胞子と考えられるが、その分離数は乾土1  $\text{g}$  あたり50個以下で(1982年度成績)、Fusarium 菌の一般的生息数に比べはるかに少ない。また、本病菌は、土壌中に投入された場合、深さ20  $\text{cm}$  以上だと2年以上生存するが、深さ10  $\text{cm}$  くらいでは1～2年でほとんど死滅するようである(1981年度成績)。高温と多雨の湿潤熱帯土壌では、厚膜胞子の寿命も短かいと考えられるが、発病圃場の土壌中で完全に死滅するには数年を要すとみておきたい。

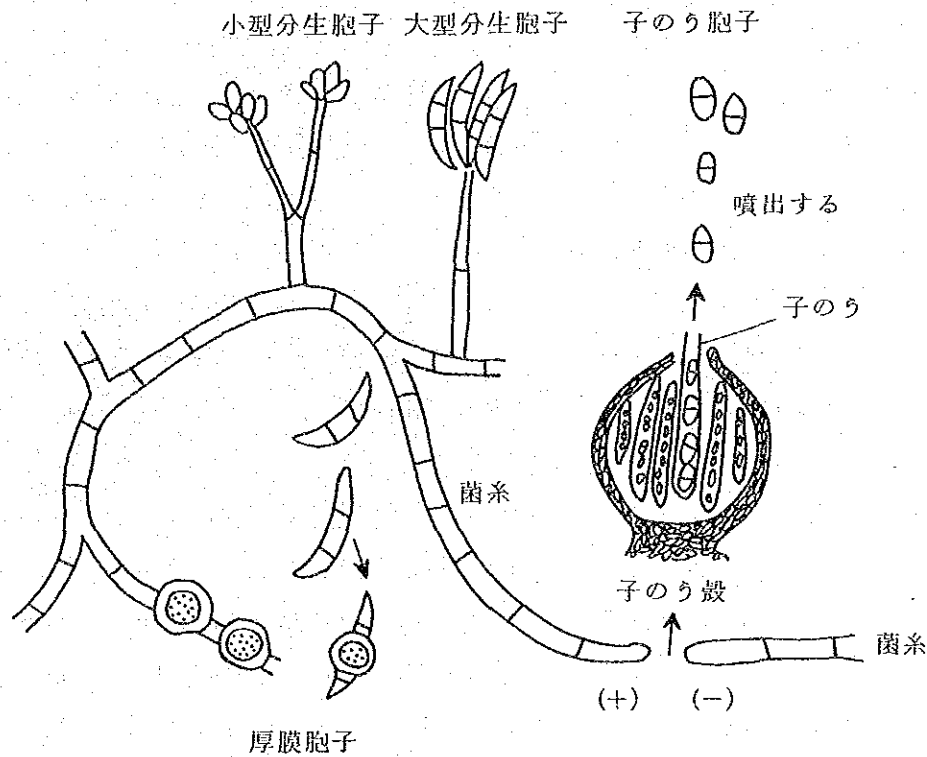
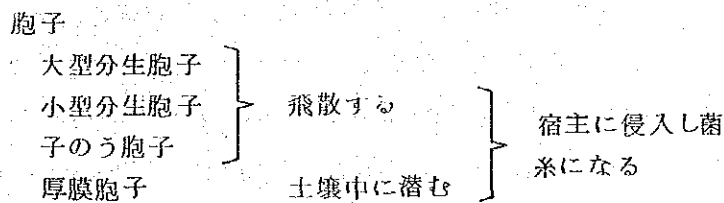


図2 *Fusarium Solani* の生活形態



### II-3 病原菌の伝搬

本病の発生には、主因である病原菌がコショウの圃場あるいはコショウ樹に到達しなければならない。この方法として重要なものにつぎの4つがある。

#### II-3-1 農機具などへの付着

発病圃場の土壌には患部から落下した分生胞子や、埋滅した患部組織中の菌糸が厚膜胞子となって潜んでいる。これは、農機具などについて新しい圃場へ運ばれることになる。しかし、すでに述べたように土壌中の厚膜胞子数は比較的少ないので、これによりただちに本病が多発することはないが、わずかでも発病すると後日の多発につながる。

#### II-3-2 昆虫など小動物への付着

地上部の病患部に、ヤスデ、ゴキブリ、アリ、ゾウリムシなどの集合が観察される<sup>4)</sup>。これら小動物は胞子を付着して伝搬する可能性もあるが、いずれも行動範囲は狭いので伝搬の範囲は主に圃場内と推定される。なお、ムギ類赤カビ病菌 (*F. roseum* f. sp. *cerealis*) がムギヒゲナがアブラムシやその天敵のナナホシテントリムシに付着して伝搬することは実験的に確かめられている<sup>36)</sup>。

#### II-3-3 苗潜伏

茎の1部に本病菌を接種すると、菌糸は導管内を上下に伸長して外見上健全と見える部分にも潜伏する。また、根に接種すると、菌糸は地上部の茎まで伸長するが、地上部に病徴が現われるのに数カ月から1年以上もかかる場合もある<sup>4,27)</sup>。茎の表皮に本病菌が潜伏することはすでに述べた(1983年度成績)。コショウの苗は茎の1部をさし穂にして育成するが、発病株はもちろん、外見上健全な株でも発病圃場からのさし穂を用いた場合は、保菌苗を育成してしまう恐れがある。保菌苗の定植により本病菌は確実に伝搬する。津田専門家も指摘するように<sup>5)</sup>、新しい圃場における本病の発生は保菌苗の定植によると考えれば容易に説明がつく。

#### II-3-4 空中飛散

本病胴枯型のプレウヤマルキータにおける発生が、風下に拡大したことから、本病菌は空中を飛散するものと古くから推定されていた。その生活形態から本病菌の空中飛散は、分生胞子と子う胞子によるものであるが、INATAMにおける最近の実験や他の *Fusarium* 菌についての既往の研究から、その機構が説明できるようになった。

分生胞子や子う胞子の空中飛散性は、発病圃場に本病菌選択培地を分注したペトリ皿を置くことにより調べることができる。ペトリ皿を一定時間開放後培養し、培地上に形成される本病菌のコロニー数を孢子採取数としてよいであろう。巾、高さ、長さがそれぞれ60, 50, 100 cmの風洞を地上60 cmの位置に設置し、その中に前記ペトリ皿を置いた。その結果(1984年度成績)、ペトリ皿(径9 cm)1枚あたり1月で10個以内とわずかであるが、確実に孢子が採取された。採取数は雨期の夜間・高湿時に比較的多かった。ただし、この実

験では、採取された胞子が分生胞子か子のう胞子かの区別はつかない。

他の実験ではコショウ樹冠内の支柱に多数の病茎を縛りつけ湿潤とし、病茎上に多数の分生胞子を形成させた。支柱から横50cm、高さ50、100、150cmの位置の4方に、各位置1枚、計12枚のペトリ皿（選択培地分注）を垂直に設置した。その結果、夜間にのみきわめてわずかであるが胞子が採取された。前記病茎上の胞子は分生胞子なので、採取されたのは分生胞子と考えられた。なお、この実験における胞子採取数の解析から、激発株より飛散する分生胞子数は1月あたり2個前後と推定された。また、分生胞子は水には容易に懸たくするが、乾燥状態では、風や振動により離脱しないことが別途確かめられている。

一方、病部上の子のう殻は湿潤状態になると子のう胞子を放出し、子のう胞子はわずかの気流に乗り浮遊飛散することを確かめた容器内の実験がある（1984年度成績）。すなわち、子のう殻を多数形成している枯死株の地際患部を、底に水を入れたポリバケツの下部に置いた。患部の上部に開放したペトリ皿（選択培地を分注）とスライドグラスを吊り、密閉して静置（1晩）した。その結果、ペトリ皿には本病菌のコロニーが無数形成され、また、スライドグラス上には本病菌の子のう胞子が無数観察された。

本病菌以外の各種 *Fusarium* 菌の胞子飛散性についてはいくつかの研究がある。一般に分生胞子は、たとえ空気湿度100%でも風だけでは離脱・飛散は起らないが、水に懸たくしやすく水滴を伴った風がある場合は離脱する<sup>35)</sup>。そのような条件で離脱する分生胞子の飛散距離は、*F. moniliforme* の場合1.4mである<sup>37)</sup>。クワ芽枯病菌である *F. laterium* f. sp. *mori* と *F. solani* f. sp. *mori* の場合、高さ110～150cmの桑条病患部から降雨日に飛散する分生胞子の数は、桑条から離れる程少なくなり200cm離れると、風速7.5cmの日を含めても、直下の1/20以下になった<sup>38)</sup>。

ムギ類赤かび病菌（*F. roseum* f. sp. *cerealis*）の子のう胞子は湿潤時に子のう殻から空中に放出されるが、<sup>39)</sup> 地表のイネ株上の本病菌子のう殻から放出される子のう胞子の飛散は、地上50cm以下では低いほど密度が高く、100cm以上では激減する<sup>35)</sup>。

これらのことから、問題の病原菌 *F. solani* f. sp. *piperis* の分生胞子と子のう胞子の飛散についてつきのようにいえる。

患部表面に形成されている分生胞子は、風のみで離脱・飛散することはほとんどないが、降雨時には雨滴に懸たく後飛沫となって飛散することができる。飛散範囲は、風速、飛沫形成の高さにも関係するが、各種 *Fusarium* 菌の分生胞子飛散についての実験結果、それに、<sup>40)</sup> 雨滴により飛沫が捕捉されることをも考慮すると、せいぜい数10m程度であろう。本病菌分生胞子の風だけによる飛散は、高湿時には起るようであるが、飛散数はきわめて少なく、本病の伝染にとって重要ではない。なお、飛沫に含まれて飛散した分生胞子が、乾燥にともなって飛沫から遊離して広範に飛散する可能性もある。しかし、いったん水に懸たくした *Fusarium* 菌分生胞子の生存期間はきわめて短かいので、<sup>35, 39)</sup> このケースは伝染上の意味がない。

子のう胞子は湿潤時に子のう殻から放出され、気流に乗って飛散するが、子のう殻の形成は主として主幹の地際である点、初め子のう胞子は地表近くを浮遊することになる。一方、他の植物群落についての事例から<sup>41,42)</sup>、夜間の無風ないし微風下でもコショウ樹冠内には、上層と下層の温度隔差によりわずかな対流が生ずると推定される。地表部を浮遊する子のう胞子も、樹冠下まで運ばれると樹冠内の対流に乗りコショウ樹の上部にまで到達することも可能である。風が定速で水平方向に吹いている場合、胞子の飛散距離は風速×子のう胞子放出の高さ/胞子の落下速度として計算できる。無風時における胞子の落下速度 ( $V_s$ ) は、 $V_s = \text{胞子長} \times \text{胞子巾} / 4.0$  ( $V_s = \text{mm/sec}$ , 胞子長と巾:  $\mu\text{m}$ ) の式に近似するとされる<sup>43)</sup>。子のう胞子は長さ  $1.1 \sim 1.5 \mu\text{m}$ , 巾  $5 \sim 7 \mu\text{m}$  である<sup>11)</sup>。したがって、子のう胞子の落下速度は  $1.4 \sim 2.6 \text{ mm/sec}$  となり、放出位置を地上  $30 \text{ cm}$ , 風速を  $3 \text{ m/sec}$  とすると、飛散距離は  $3.46 \sim 6.43 \text{ m}$  になる。強風の場合この計算式はあてはまらない。しかし、子のう胞子の放出は湿潤時であり、湿潤時の強風は必然的に降雨を伴う。降雨時には、分生胞子と同様子のう胞子も雨滴により捕捉され、また、子のう胞子の放出位置が主に株元でもともと低いこともあり、強風下でも飛散範囲はあまり広くなならない。

本病菌の分生胞子は雨滴による飛沫により、子のう胞子は湿潤時の気流により飛散するが、いずれも飛散範囲は狭く、当該圃場外への飛散は少ないと考察される。

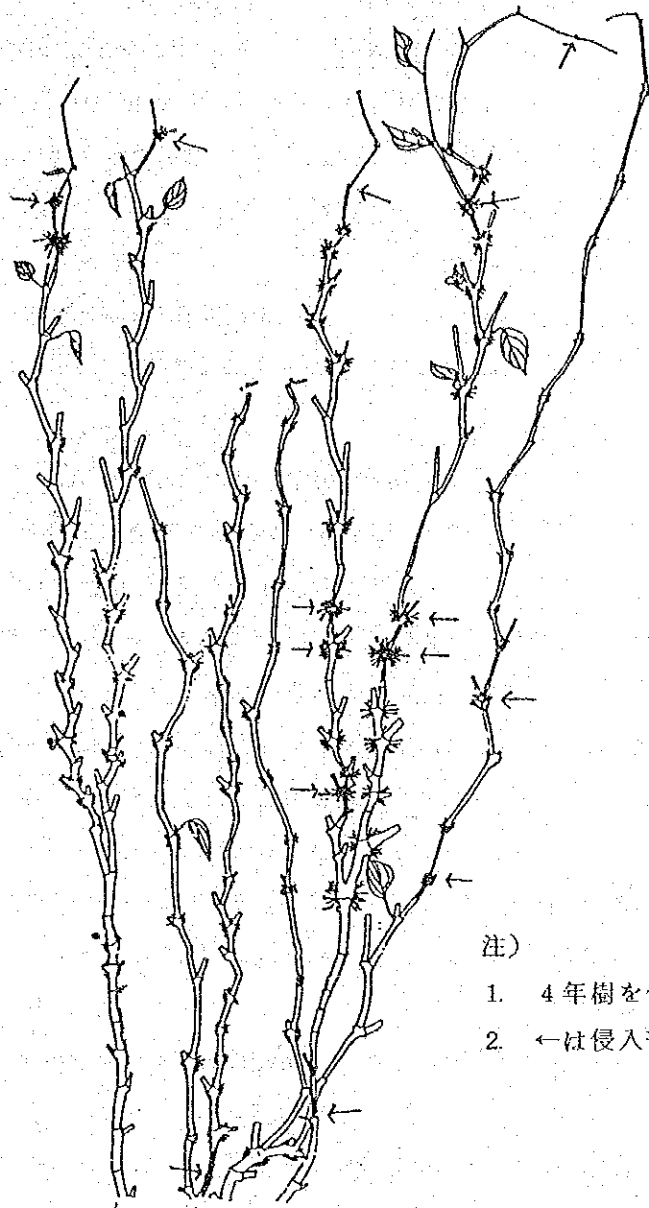
## II-4 感 染

本病菌の伝搬主体である厚膜胞子、分生胞子、および子のう胞子が、コショウ樹のどこから侵入し、どのようにして樹体を侵してゆくのかについても、本病菌についてのこれまでの研究と他の *Fusarium* 菌についての既往の研究により説明できる。

### II-4-1 侵入部位

土壌生息性で農機具などに付着して新しい圃場に運ばれ、その土壌に混入する厚膜胞子の侵入部位は、当然膜胞子は、通常休眠状態にあるが、宿主体の根が伸びてくると根の分泌物に刺激されて発芽し、根部に侵入する<sup>35)</sup>。本病菌 *F. solani* f. sp. *piperis* も同様と推察されるが、侵入は細根からであり<sup>4)</sup>、センチウなどによる根部の傷は侵入を容易にするようである<sup>17)</sup>。

雨滴による飛沫、気流、あるいは昆虫への付着などにより伝搬する分生胞子や子のう胞子の侵入部位は地上の茎葉部である<sup>4,11)</sup>。茎では傷があるとどこからでも侵入するが、無傷の場合は主として枝節の付着根部からである(図2)。葉から侵入した場合は、侵入後葉が節部から落下するので樹体への侵入とならない。



注)

1. 4年樹を供試した。
2. ←は侵入部位を示す。

図2 噴霧接種したコショウフザリウム病菌分生胞子の侵入部位(文献<sup>4)</sup>より引用)

#### II-4-2 侵入

侵入部位に到達した本病菌がすべて侵入ないし感染に成功するとは限らない。

分生胞子については、このことを示す<sup>1, 2</sup>の実験がある。すなわち、F.C.Albuquerque博士は、<sup>4)</sup> 幼苗の第6枝節に分生胞子400個を点滴接種(8,000/mlの胞子浮遊液0.05ml)したが、発病株率は約10%であった。福富専門家は、<sup>4)</sup> 高濃度の分生胞子浮遊液を4~5年樹に噴霧接種したが、枝節の発病率は上位5節まで約10%、それ以下では数%であった。

子のう胞子について接種数と発病との関係を定量的に調べた実験はない。しかし、子のう胞子の噴霧接種による発病についてみると、<sup>11)</sup> その程度が分生胞子接種に比べ激しいことはうかがえない。子のう胞子の接種数と発病との関係も、分生胞子の場合と同様と推定される。

厚膜胞子の土壤中密度と発病との関係を示す実験はない。しかし、他のフザリウム病の場合発病をはなはだしくする土壤中菌密度として、*F. solani* f. sp. *phaseoli* では土1g当たり100~600個とされている。<sup>45)</sup>

これらのことから、本病菌がコショウ樹の侵入部位に到達し、さらに侵入・感染に成功するのは容易ではないといえる。

#### II-4-3 進 展

コショウ樹体侵入後における本病菌の行動については、福富専門家の詳細な研究がある。<sup>14, 23-25, 27)</sup> 厚膜胞子、分生胞子、および子のう胞子はいずれも、樹体に侵入すると菌糸になり、菌糸は導管に達するとその中を1日2~3cmの速さで上下に伸長する。

茎感染の場合、菌糸の伸長にともなって導管は褐変するが、茎に外見上の病徴が見えるのはかなり遅れる。外見上の病徴は組織の壊死であるが、これは、伸入部分から1日に早くも2~3mm、一般に0.5mm前後の速度でゆっくり進展する。組織が壊死する過程で、導管はゼラチン物質で充填され、水分の供給機能を失なう。したがって、侵入部分の組織に壊死が始まるとそれより上部の茎はすべて萎ちよう枯死する。壊死が次第に下降し主幹の地際部にまで達すると株全体が枯死することにより、これが胴枯株である。

根部感染の場合、太い根では壊死の進展が茎より遅い。また、一部の根が残っていれば水分や養分はわずかながら供給されるので、地上部は生育不良を示しながらも比較的長期間生き続ける。これが根腐株である。しかし、根部の壊死が地際部にまで進展すると株全体が枯死する。

なお、保菌苗の場合、定植した株は病原菌の潜伏している部位により、根腐型、胴枯型、あるいはそれらの合併型に進展することとなる。

*F. solani* による病害は多いが、病徴は一般に組織の徐々な壊死で、菌糸の導管部への侵入は感染の末期とされている。<sup>46)</sup> これに対し、本病菌は感染初期から導管に侵入する。このことが本病菌の特異的性質なのか、他の *F. solani* にもありうるのかの究明は今後の課題であろう。ただし、本病菌による組織壊死の進展は、侵入点付近のすでに壊死した部分から徐々であって、導管内を先行する菌糸によって横の組織が壊死する例は観察されていない。本病菌の菌糸にとって、1種の空間でしかない導管内を伸長することは容易でも、生命機能に富んだ横の組織を侵すのは困難なのかもしれない。宿主組織の侵害に関し、本病菌は他の *F. solani* と同様な性質を持っているとも考えられるのである。

## II-5 誘 因

植物病害の発生に関し、その要因がなければ発病がないものを主因と呼び、主因の活動を助け発病に導き、さらには発病を激しくする要因を誘因と呼ぶ。コショウのフザリウム病の場合、主因は *F. solani* f. sp. *piperis* であるが、本病の発生や発生の程度は、圃場の土壌条件や栽培管理の仕方によりはなはだしく異なることがみられ<sup>4)</sup>、コショウ樹体の生理的状态の中に本病の大きな誘因があると考えられてきた。

そこで、コショウ樹の生理生態的特性を調べるとともに、アマゾン地域におけるコショウの栽培条件、さらには栽培管理上の各種処置と発病との関係などについて検討する。

### II-5-1 コショウ樹の生理生態的特徴

コショウはインドを原産とする蔓性の湿潤熱帯性植物で、自然条件下では被陰下の腐植に富む土壌に自生している<sup>47)</sup>。その栽培に適する土壌条件として de Waard は<sup>48)</sup>、つぎの5つをあげている。

1. 排水性が良いこと。
2. 保水力が良いこと。
3. こなれやすい構造であること。
4. 酸性でないこと。
5. 肥料の保持力が良いこと。

コショウ樹の栄養生理的特性については、樹体の養分含量や養分吸収量が参考になる。図3、図4、および表2はこれらに関し、N、P、K、Ca、およびMgを調べた結果である。図3、図4は、千葉専門家らの分析値で<sup>49)</sup>、それぞれ、樹体の成育時期別の吸収成分と樹体あたりの生育年次別吸収成分量である。表2は、de Waard<sup>48)</sup>、Sim<sup>50)</sup>、およびWahidら<sup>51)</sup>による葉身の分析値で、生育の正常個体と異常個体のものを含んでいる。これらの図表はいずれも、コショウ樹がNのほかKやCaを多量に要求することを示している。樹体の養分含量が欠乏すればコショウ樹は当然生育異常となる。しかし、表3に見られるように、生育異常を生ずるとされる養分含量には、研究者によりかなりの巾があり絶対値だけでは決まらないようである。de Waard は<sup>48)</sup>、葉身の成分に関し、 $K/N > 1.3$  あるいは  $K/Mg < 4.8$  でK欠乏になること、また  $\log N/P < 1.3$  でN欠乏になるとしている。一方、土壌中の成分に関し Nambiar は<sup>52)</sup>、 $Ca + Mg + K_2O/N < 3.80$ 、 $K_2O/N < 1.14$ 、 $Mg/N$  で株の全身枯死を生ずるとし、Nの過剰とKやCaの不足はコショウ樹の生育障害を招きやすいことを示唆している。

コショウの生常な生育にとってバランスのとれた養分供給がきわめて大切といえる。

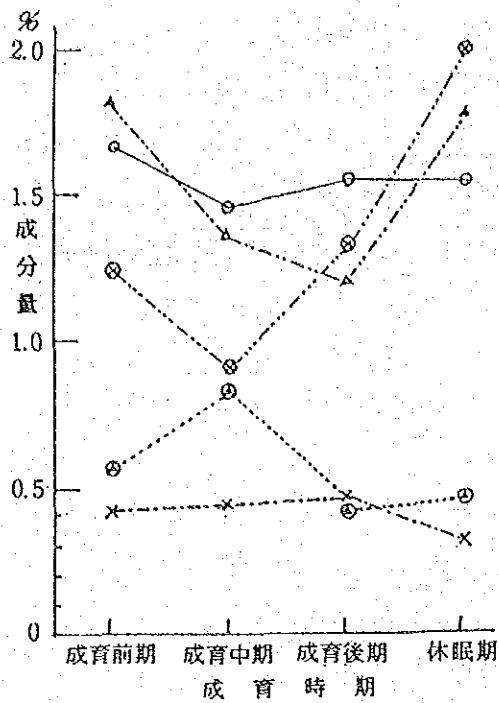


図3 コシヨウ樹の成育時期別吸収成分 (個体当たり)

○—○—○ N    x—x—x P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
 ⊗—⊗—⊗ CaO    ⊕—⊕—⊕ MgO  
 ▲—▲—▲ K<sub>2</sub>O

\*文献No.49より引用

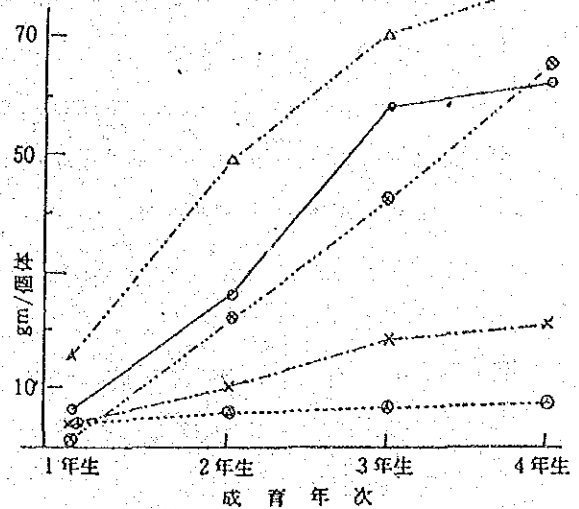


図4 コシヨウ樹の成育年次別吸収成分量

○—○—○ N    x—x—x P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>    ▲—▲—▲ K<sub>2</sub>O  
 ⊗—⊗—⊗ CaO    ⊕—⊕—⊕ MgO

\*文献No.49より引用

表2 コシヨウの生育状態と葉身成分の分析値(乾物率%)

	de Waard (1969) <sup>a</sup>		Sim(1974) <sup>b</sup>	Wahidら(1982) <sup>c</sup>	
	正 常	異 常	正 常	正 常	異 常
N	3.40~3.10	~2.70	2.40~2.60	2.40	2.31
P	0.18~0.16	~0.10	0.20~0.22	0.11	0.12
K	4.30~3.40	~2.00	1.60~1.80	1.22	0.88
Ca	1.68~1.66	~1.00	1.10~1.20	2.90	2.72
Mg	0.45~0.44	~0.20	0.24~0.28	0.72	0.67
時期	栄養生長期		着果期	結実期	
など	(ポット試験)		(2月, サラワク)	(インド)	

a: 文献No.48

b: 文献No.50

c: 文献No.51



## II-5-2 アマゾン地域におけるコショウの栽培条件

アマゾン地域は湿潤熱帯である点、コショウ栽培の基本的条件はそなえている。しかし、その土壌条件や栽培様式は、前項に見たコショウの生理生態特徴に照らしいくつかの問題がある。

### i 土 壌

コショウ栽培の中心であるベレーン近郊やトメアスーの土壌は黄色ラトソルに分類される。せき薄な表土と粘度質の緻密な下層土よりなるこの土壌は、干害や湿害を生じやすい。雨季と乾季の繰り返しと高温・多雨により土壌成分は風化、分解、溶脱し、土壌の酸性化と各種成分の欠亡を伴う。また、土壌の肥料保持力は弱い。表3にトメアスーの原始林土壌の分析値を示すが、PHは低く、置換性塩基である $K^+$ 、 $Mg^{++}$ 、 $Ca^{++}$ のほか $P_2O_5$ や全炭素(腐植)などの含量がきわめて少ない。

表3 アマゾン地域の土壌分析値の1例\* (伐開中の原始林)

層位	深さ cm	礫 >2mm %	粒 径 組 成 %				凝結率 %	pH		全炭素 %	全窒素 %
			粗 砂 2-0.2mm	細 砂 0.2-0.05mm	シルト 0.05-0.002mm	粘 土 <0.002mm		H <sub>2</sub> O	1N KCl		
A1	0-10	11	37	29	21	13	92	4.4	3.9	1.04	0.10
A3	10-25	11	32	28	16	24	45	4.3	3.8	0.74	0.05
B11	25-45	14	27	29	16	28	92	4.3	3.9	0.59	0.04
B12	45-70	13	24	25	16	35	31	4.5	4.0	0.49	0.03
B21	70-110	9	27	26	8	39	100	4.6	4.0	0.32	0.02
B22	110-140	11	26	22	12	40	100	4.9	4.0	0.14	0.02

C/M	有効限 P <sub>2</sub> O mg/100g	交換性陽イオン me/100g						CEC me/100g	塩基飽和 度 %
		Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>	Al <sup>+++</sup>		
10	0.33	1.08	0.31	0.05	0.05	3.95	1.00	6.44	23
15	0.16	0.14	0.11	0.03	0.03	3.65	0.80	4.76	7
15	<0.11	0.08	0.09	0.02	0.02	3.65	0.80	4.66	5
16	<0.11	0.05	0.06	0.02	0.02	2.30	1.00	3.45	4
16	<0.11	0.06	0.09	0.02	0.02	2.30	1.00	3.49	5
7	<0.11	0.04	0.06	0.02	0.02	1.64	1.00	2.78	5

位置：Para州Acara郡，Acara-Tome Acu街道8km地点。傾斜0～2%の平坦部。

\* 文献No.53より引用

### ii 栽植と施肥

従来からの主要産地では、原産地のインドをはじめ、生木支柱を用いて自生に近い条件

で被陰栽培をしている例が多く、またこの栽培では収量も株あたり0.5～1.0 kg (黒コショウ)と少ない<sup>36,47)</sup>。これに対しアマゾン地域では、枯木支柱を用いる無被陰栽培である。この条件では、降雨と強い日射の影響をまともに受け、土壌の浸蝕、乾燥・硬化、有機物の減少や塩基の溶脱が起りやすい<sup>18)</sup>。しかし、株あたり3～4 kgの多収をあげている。

定植にあたって、縦60 cm、横40 cm、深さ40 cmの植穴を掘り、これに木灰、焼土、木屑などの有機物、表土、それに化学肥料などを混入する。定植穴の間隔は一般に2.5×2.5 mである。定植後は2年目から、植穴に接して原則として年に1～2回植穴と同じ施肥穴を掘り、これに各種肥料を追肥する。定植後のこれら管理は、土壌改良をかね、また根群の発達のためにも重要である。しかし、近年、施肥穴は小さく、掘る回数も少なく時に掘らない場合もある。化学肥料が主体で、表面に年1～2回まとめ施用している例が多い<sup>25)</sup>。

施肥量は、土壌養分の樹体による収奪量と自然消失量、圃場の土壌条件などを考慮して決めるのが妥当である。このことに関連してトメアスーにおける追肥量の基準を他のコショウ産地のそれと比較対照したものが表4である。表中のNo.1はEMBRAPAのトメアスー用基準<sup>54)</sup>、No.2はトメアスー慣行<sup>55)</sup>、No.3はde Waardが前記観点から設定したインドネシアバンガ島の基準である。なお、従来からの産地の中でバンガ島とサラワクでは、枯木支柱

表4 コショウ樹に対する2, 3の施肥基準(成木株あたりの成分量)

(単位: g)

No.	名 称	収量(kg) <sup>a</sup>	N	P	K	Ca	Mg
1	EMBRAPA (1973) <sup>b</sup>	3.0～4.0	150	132	166	311	94
2	トメアスー慣行 <sup>c</sup>	"	320	46	131	100	51
3	de Waard (1979) <sup>d</sup>	2.5～3.0	240	106	280	256	65

a: 株あたりの黒コショウ換算

b: 文献No.54

c: 文献No.55

d: 文献No.56

を用いて多収栽培をしているが<sup>57)</sup>、バンガ島ではNo.3の基準により株あたり白コショウ2.0～2.5(黒コショウ2.5～3.0) kgを安定的に収穫しているという<sup>56)</sup>。また、バンガ島の雨量や土壌条件はde Waardの記載に見る限り、トメアスーのそれとあまり変わらない<sup>56)</sup>。

各基準の施肥量を成分別にNo.3のde Waardのそれに比較すると、No.1のEMBRAPAはNとKが約半分であるのに対しPがやや多く、No.2のトメアスー慣行はNがやや多くP、K、およびCaは半分以下である。コショウ樹は、NのほかKとCaを多量に要求することはすでに述べた。土壌中のN過剰とK不足はコショウ樹の生育障害を起す<sup>52)</sup>。これらを合わ

せ考えると、トメアス慣行はNが過剰でKとCa、それにPも少な過ぎることは確かである。

表2のEMBRAPAは、Caに関し表3の基準を上まわっている。しかし、コショウ樹の生育は、土壌のpHにより影響されまたCaの吸収量は土壌のpHが低いと低下するので<sup>58)</sup>、追肥としてのCa施用量が適当か否かの判断は、土壌pHの矯正程度によって決まるものである。pHが4～5で強酸性のアマゾン地域の土壌を、コショウ樹の生育に最適のpH6.5～7.0に矯正するには、表層30cmまでとし、開園時にCaCO<sub>3</sub>で5～10t/haを必要とする<sup>58)</sup>。これに対し実際の投与量は2t/ha程度で、コショウ樹土壌のpHは6.0以下に留まっている。表2によるCaの追肥量は、コショウ樹の要求量に対して見かけ上は充分であるが、開園時に土壌改良としてのCaを十分に投与していない場合、追肥した分が有効に吸収されないことになる。

総じて、アマゾン地域の施肥管理は、化学肥料主体のまとめ施用で、各成分のバランスも欠いている。土壌の肥料保持力が弱く、高温と多雨により肥料成分の消失は早く、その上多収が強いられ、この地域におけるコショウ樹の栄養状態は不均衡・不安定といえる。

#### II-5-3 各種栽培管理上の処置や栽培的条件と発病との関係

土壌の性質や施肥管理などから見て、アマゾン地域のコショウ樹はその生育に不適當な栽培条件下にある。このことはすでにいくたびか指摘され<sup>14, 17, 18, 58, 59)</sup>、本病が生理障害の一種と憶測された理由のひとつでもある<sup>19)</sup>。

栽培条件を改善するためいくつかの試みがなされてきた。これらを含め各種栽培管理上の処置や栽培条件と発病との関係を、まとめて示せば表5のとおりである。

すなわち、有機物の施用、Caの多用、N/Kの低い施肥、化学肥料の少量分施、深耕、排水処置、少収など、つまり、養分の安定・持続的供給、徒長防止、土壌改良、また結実による樹体の消耗防止など、樹体の健全化に結びつくと考えられる処置や条件が発病を少なくしている。これに対し、化学肥料多用とそのまとめ施用、Nの多用、過湿、過干、多収など、つまり、養分の不安定・継続的供給、徒長、樹体の消耗など、樹体の不健全化につながると考えられる処置や条件は発病を助長している。

一方、樹体の健全化につながると考えられる処置のうち、発病との関係が判然としないものに高畦と草生があり、発病を多くするものに敷草がある。

高畦は、コショウ樹が耐水性に乏しい<sup>19, 60)</sup>ことと本病が排水不良の条件で発生しやすいこと<sup>8, 13)</sup>から、発病軽減効果があるものと期待される。しかし、一般栽培ではあまり実施していないし、実施した場合でもそれにより発病が確実に抑えられたという例はない。また、INATAMの試験では20～30cmの高畦で定植5年近い株が1984年現在、良好な生育をしているが、まだ発病軽減効果の有無の判断はできない。

草生は、土壌条件の改善に有効な手段と考えられている<sup>16, 18)</sup>。しかし、一般に水分や養分の競合、それに管理上の問題がある。また、現地で発病を軽減した例はなく、むしろ、後でふれ

表5 栽培上の各種条件の発病に及ぼす影響

条 件	影 響	備 考
有機物(堆きゅう肥)施用	○	過用すると多発する。
石灰(Ca)の多用	○	
N/Kの低い施肥	○	
化学肥料の少量・分施	○	数回以上の分施
施肥に際しての深耕	○	
排水溝の設置	○	
少 収 (1.0~1.5kg/株)	○	
高 畦	△	
草 生	△~×	
敷 草	×	
化学肥料(特にN)の多用	×	地上部を徒長させ多収となる。
化学肥料のまとめ施用	×	土壤養分の過剰と不足をまねく。
土壤の過干と過湿	×	
多 収 (4.0 kg/株以上)	×	樹体のすい弱につながる。

○：発病を軽減する。 △：関係ない。 ×：発病を助長する。

る敷草の関係もあって発病を助長する傾向もある<sup>25)</sup>。INATAMでも線虫防除やマメ科植物による養分補給の面から検討されたが(1977~1981年度成績)。有効な結果は得られていない。ただし、畦間の一部へチガヤを草生し、適宜切り捨てている試験区では、定植後4年近い1984年12月現在良好な生育をしている。

敷草は、強烈な日射と多雨のアマゾン地域では、土壤の環境、物理性、化学性、および微生物相などの改善にきわめて有効な手段で、コショウ樹の健全化と発病軽減につながるものと考えられてきた<sup>16,18)</sup>、現在のところ発病を助長する例が多い<sup>25)</sup>。INATAMではすでに述べたように、1976年から数年間にわたり敷草の効果を検討したが、試験結果は悲観的なものばかりである。例えば、定植1年後からチガヤやカップピングテマラを年1回補給しながら5~20cmの厚さ(風乾重3~12kg/m<sup>2</sup>)に敷草した。その結果、敷草区におけるコショウ樹の生育は初めきわめて良好であったが、4年目以降本病が多発し、敷草の多い程著しい傾向が見られた。なお、敷草区では根群が地表部にまで発達していた。また、施肥する場合は施肥穴を掘らず表面施与とした。

コショウ樹の不健全な生育が発病を助長するとすれば、敷草は本来の意図とは反対に樹体を不健全にしたことになる。しかし、コショウ本格栽培の当初は、敷草も一般に行なわれており、10年程度の樹体寿命が保たれていたのである。ただ、当時は有機物主体の施肥であ

った関係上、敷草の残渣や有機質資材の埋め込みのため施肥穴がよく掘られ、結果的に圃場全体に深耕がゆきとどいていたといわれる<sup>61)</sup>。これに対し、化学肥料が多く施用される近年の栽培では、追肥は表面に施与して施肥穴を掘らない場合があり、掘るとしても小さく、また年ごとの回数も少なくなっていて、圃場の深耕はされていない。このような圃場では、コショウ樹の根群が発達できる範囲は地中の浅い層に限られ、敷草をした場合、根群は当然地表部に誘導され、雨季などそこで著しく発達することになる。敷草下地表近くの環境は良好で、根は敷草からの養分や表面に施与した肥料を吸収しやすく、コショウ樹の生育は旺盛となる。しかし、地表部に発達した根群は、敷草の崩壊に伴って環境条件の影響を受けやすくなる。そして、発達した地上部の必要に見合うだけの養分や水分を安定的に供給できなくなり、樹体のすい弱と本病の多発につながるものと考えられる。

なお、敷草に関する長年の試験から INATAM では、敷草の効用は有機物の給源と地表面を裸にしない点にあり、敷草の量は重要でない<sup>61)</sup>と結論している（1980年度成績）。

#### II-5-4 栽培管理の推移と発病との関係

トメアスーにおいて、本病の根腐型はコショウ本格栽培の当初から散発していたらしいが、本病の被害が深刻になったのは、1960年代になり胴枯型も発生するようになってからである。

本病の被害が大きくなったのは、栽培管理が粗放になったためという通説もあるように、栽培管理の仕方は本格栽培当初と近年ではかなり変っているのも事実のようである。変化の推移を厳密に示す資料はないが、大沼春男氏<sup>61)</sup>によると、1950年頃におけるトメアスー農事研究会の栽培基準はつぎのようであるという。

すなわち、栽培規模は家族労働が前提で1戸2,000株程度、施肥としてN、P、Kの化成肥料も混合施与したが、入手難もありこれはわずかで、主に粕類、イネわら、刈草、さらに再生林からの粗大有機などを埋め込んだり敷き込んだりした。これら有機物資材の採取のためコショウ園面積の2倍の土地が必要であった。また、施肥はいわゆるタコ穴方式であったが、定植数年以内に圃全体を掘り起すほどに行ない、結果的に有機物投与を伴った深耕がなされていた。コショウ園の管理とは、刈り草とその敷き込みや埋め込みであったという。また、500株単位で溝を設け圃場の排水に努めたともいう。

このような集約的管理方式は、まもなく栽培規模の拡大が始まり守られなくなったが、1950年代末まではそれに近づく努力は払われ、株あたり数kg（黒コショウ）程度の収穫をあげながら、コショウ樹は約10年の寿命を保ったようである。しかし、1960年代になって、安価な労賃とその頃から入手しやすくなった化学肥料に頼る大規模・粗放栽培が一般化した。これと並行して発病も多くなり、樹体寿命は短くなり最近では数年以内である。

図5はトメアスーにおける本病発生の経過と、トメアスー産組の1戸あたり栽植株数の推

移を示している。1戸あたり栽植数について見ると、本病根腐型の散發段階である1952年は3,900株であるが、胴枯型がマリキータで多発した1967年は2.2倍の8,600株、被害が危機的となった時期の1975年は3倍の12,000株となる。

有機物主体の施肥と集約的小規模栽培から、化学肥料に頼りながらの粗放的大規模栽培への移行が本病の多発を招いたともいえよう。

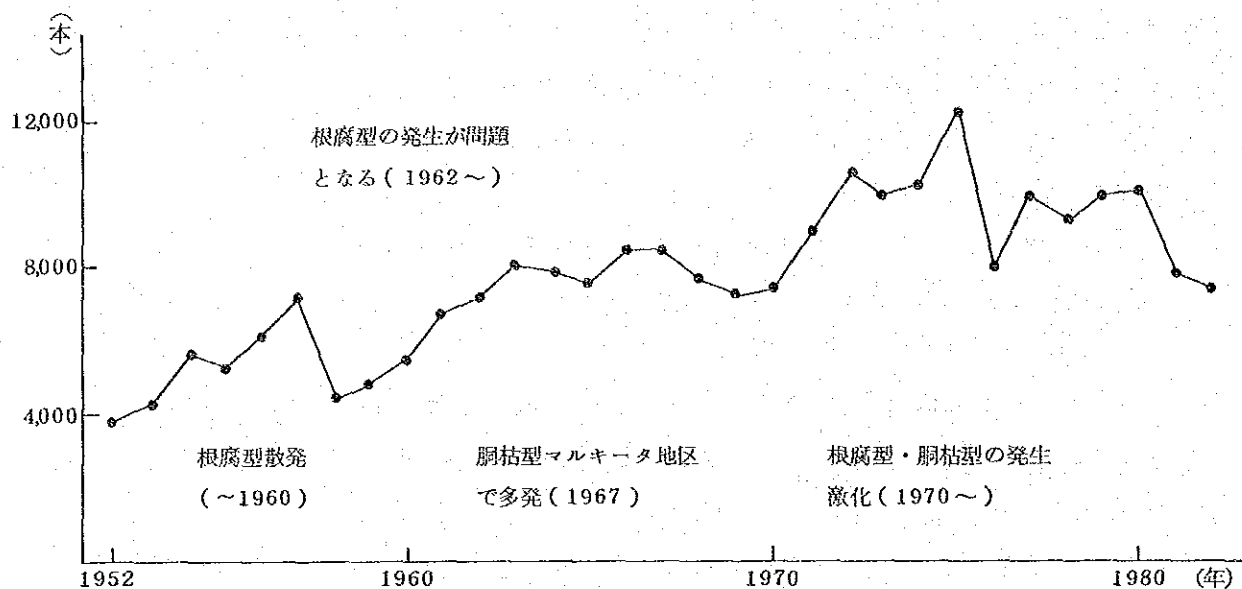


図5 トメアスー産組における組合員あたりコショウ栽植数の推移とフザリウム病の発生経過(トメアスー産組資料より作成)

## II-6 まとめと論議

本章では、コショウのフザリウム病の主因である *F. solani* f. sp. *piperis* の菌学的性質、伝搬と感染方法、また栽培条件から見た本病の誘因について検討した。

本病菌には、菌糸、厚膜胞子、分生胞子、および子のう胞子の4つの生活形態がある。新しい圃場への本病菌の主たる伝搬方法には、病原菌が潜伏している菌すなわち保菌苗の定植、湿润時における分生胞子や子のう胞子の飛散、厚膜胞子の農機具などによる持ち込み、さらに可能性として昆虫など小動物による分生胞子や子のう胞子の運搬もある。感染は、根部と枝茎部からなされ、根部感染は土壌中の厚膜胞子によるもので根腐型に、枝茎部感染は分生胞子と子のう胞子によるもので胴枯型に進展する。保菌苗の場合、病原菌の潜伏している部位により根腐型、胴枯型、またはそれらの合併型となる。なお、枝茎部の感染は主として付着根から始まる点、胴枯型も根腐型の一様式と見なされ、このことが、いわゆる根腐病と胴枯病をフザリウム病と一括し、根腐病と根腐型(症状)、胴枯病を胴枯型(症状)とした理由である。

前記方法で既発圃場から新しい圃場に侵入した病原菌による直接的発病、すなわち一次発生

は、保菌苗を多量に定植してしまった場合以外はわずかである。その理由は、既発圃場においても土壌中の厚膜胞子の密度は低いこと、分生胞子や子う胞子の飛散範囲は狭いこと（数百m以内）、伝搬に関与すると見られる小昆虫の行動範囲は狭いこと、さらに、これら胞子が樹体の各侵入部位に到達しても感染に成功するものの割合はきわめて低いことなどである。

しかし、いったん本病が一次発生すると、根腐株は地際部、胴枯株は地際部や枝基部の患部に多数の分生胞子や子う胞子を形成し、これらは降雨時の飛沫や風、小昆虫などにより圃場内に拡散し、主として胴枯型の多発からなる本病の蔓延となる。

ところで、*F. solani*には各種の分化型があり<sup>34)</sup>、それぞれの病害の主因となる。しかし、基本的にはいずれも弱寄生菌とされるもので、宿主となる作物が老化したり、なんらかの傷害を受けたり、あるいは不適な条件下で生育した場合など、抵抗力が低下したときはじめて侵害を受け、発病に至るものと考えられている<sup>62)</sup>。本病菌 *F. solani* f. sp. *piperis* にもこのことがあてはまるのか否かは、本病の発生機構や防除を考えるうえで重要な問題である。

アマゾン地域のコショウ樹は現在、理化学的性質が本来的にはコショウ樹にとって好適でない土壌で、土壌改良もされないまま化学肥料主体の施肥管理のもとに多肥・多収・粗放的栽培をしいられている。さらに、コショウ樹の栄養的特性や各種栽培的要因と発病との関係、本病菌の樹体内での行動などについてはつぎのような事実がある。

1. 各種栽培的要因のうち、樹体の健全化につながると見られるものは発病を軽減し、樹体の不健全につながると見られるものは発病を助長する傾向がある。
2. 若令からの収穫と多収は樹勢を弱め樹体寿命を短かくするとされるが<sup>47)</sup>、本病は多収栽培で多発する。
3. コショウ樹のCa吸収量はNやKとならんで多く、Caの多用は発病を軽減するが、アマゾン地域の土壌にはCa<sup>++</sup>など置換性塩基が異常に乏しい。
4. 植物の要求量は結実に際して高まり、この欠亡は根部障害を引き起すが、本病は収穫樹令以後に、年間では結実期に多発する。また、本病胴枯型の感染は付着根から始まる。
5. 樹体中で本病菌は、導管内をすみやかに侵襲するが、組織の侵害はすでに壊死した部分から徐々にしか進まない。

これらのことを合わせ考えると、本病菌は他の *F. solani* の各種分化型と同様基本的には弱寄生菌であり、コショウ樹を結実に関連して著しくなる樹体生理の乱れに乗じて侵すものといえよう。樹体の不健全な生育が本病の大きな誘因である。

以上の考察から、本病の発生機構は図6のようにまとめられる。アマゾン地域において、1950年代までは有機質主体の施肥と集約的管理によりかろうじて保たれていたコショウ樹体の健康は、1960年代以後化学肥料に頼る粗放的な多収栽培によりくずれ、病原菌の拡散を防ぐ適確な処置も行われなかったことも重なり、全域的な本病の多発を招いたのである。

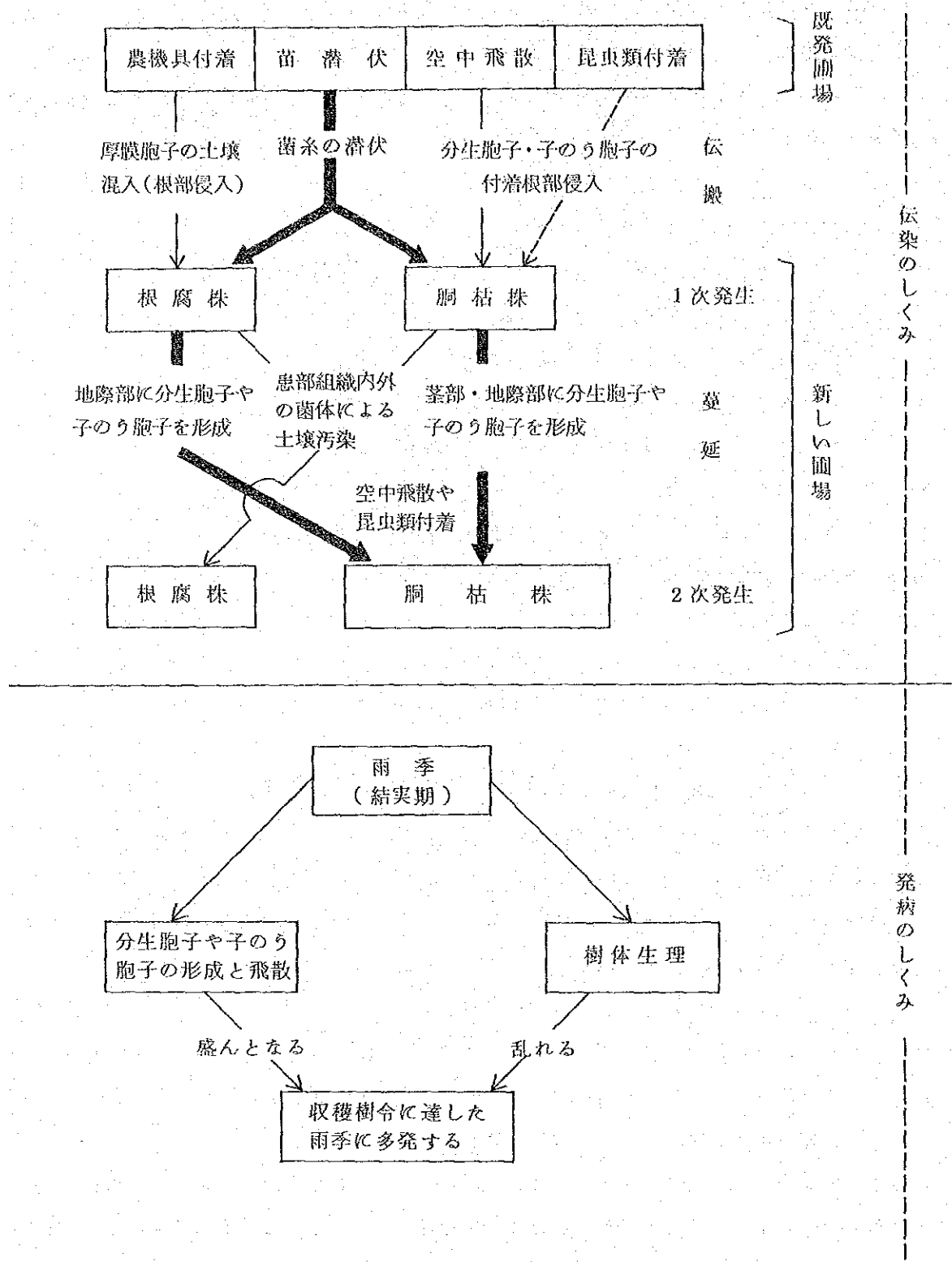


図6 コショウのフザリウム病の発生機構



### Ⅲ コショウのフザリウム病の防除

本病の防除には、主因の活動を抑える方法と誘因の作用を弱める方法とがある。前者は病原菌を対象としこの活動やコショウ樹への感染を直接阻止するもので直接的防除、後者はコショウ樹を対象としこれが病原菌に侵されにくくするもので間接的防除とも呼べる。以下これら2つの防除方法について、前章で明らかにした本病の発生機構に基づいて検討する。

#### Ⅲ-1 直接的防除

本病の発生機構を示す図6からもわかるように、直接的防除は各種場面において、新しい圃場への病原菌の侵入と侵入後における蔓延を防ぐことである。

##### Ⅲ-1-1 侵入防止

苗への潜伏、農機具などへの付着、小昆虫などへの付着、あるいは飛散などにより病原菌が侵入するのを防ぐことであり、そのためにはつぎの対策が必要である。

##### 1 無保菌苗の定植

本病菌にとって苗に潜伏しての伝搬は、きわめて確実な方法であり、津田専門家も指摘するように<sup>5)</sup>、これにより本病が各地に伝染したものと考えられる。したがって、無保菌苗の定植は本病防除の基本である。INATAMでは無保菌苗の大量増殖を事業化しているので、近年中に無保菌苗の供給も始まるが、少なくともそれまでの間は個々につぎのことを実行したい。

##### i) 無病株からの若枝採取

わずかな根部の感染でも本病菌の菌糸は地上の枝茎部まで伸長しそこに潜伏している可能性がある<sup>4,27)</sup>ので、さし穂を採取する母株の選定には慎重を要する。発病が少なくまた定植後2~3年の圃場で、生育の健全な株から若枝(ボンタ)を採れば、さし穂が無保菌である確度は高い。なお、ボンタを用いると定植後の発病が比較的少ないことは、多くの栽培者から聞くことであった。

##### ii) さし穂の薬剤消毒

上記により厳選したさし穂は、薬剤処理によりさらに無保菌化を進めたい。ベンズイミダゾール系殺菌剤(テクト, ベノミル, シコジン)は *Fusarium* 菌に対し抗菌力が強く、浸透性もあるので、これら薬剤液へのさし穂浸漬は有効である。ただし、これら薬剤の組織内浸透は、さし穂の切り口からは2~3cmまで、表皮からはきわめてわずかである<sup>64)</sup>。したがって、これら薬剤への浸漬も、切口からの感染防止と表皮部に潜んだ病原菌の消毒に有効なだけである。無保菌のさし穂採取がまず大切である。

##### iii) さし穂床での薬剤散布

さし穂後は、飛散孢子による感染も想定されるので、薬剤の予防散布も必要となる。ダ

ニコールやダイホルタンは予防的効果が高く、本病菌のほか疫病菌にも抗菌力が強い。これら薬剤とさきにあげたベンズイミダゾール系殺菌剤の定期的交互散布<sup>\*</sup>を実施したい。なお、さし穂の床土に、原始林の心土など本病菌の生息しないものを用いるのはもちろんである。

#### IV) 生育不良株の早期除去

育苗中に生育不良となるさし穂は、本病菌に感染している可能性が高い。これらさし穂は早目に抜き取って他への伝染を予防することである。

#### ii 農機具使用上の配慮

本病菌で汚染した圃場で使用した農機具の洗滌や消毒は望ましい。しかし、実際には不可能に近いので、新しいコンヨウ圃場に入れる場合は、他の問題にならない場所で使用してからにするなどの配慮は必要である。発病圃場でも本病菌の土壌中密度は比較的低いこともあり、この程度の処置で高い効果が期待される。

#### iii 薬剤散布

胞子の飛散による侵入と昆虫などへの付着による侵入を対象とするものである。これらによる侵入は、胞子の飛散範囲が比較的狭い(数百m以内)ことや病患部に集まる昆虫類の行動範囲は狭いことから、当該圃場が、発病圃場からある程度離れていて囲りに原始林などの遮へい物があれば、きわめて少ない。この場合、薬剤散布の必要はないが、周辺に発病圃場がある場合は、胞子の形成が盛んとなる雨季には、侵入の頻度も高まるので定期的散布が必要となる。

薬剤としては、予防効果のみのものにダコニールとダイホルタン、活療的効果もわずかに期待できるものにベンズイミダゾール系薬剤がある。散布間隔は短かいほどよいが、経費や労力上の制約を考慮すれば、雨期の初めから終りにかけて3~4回の散布が限度であろう。この場合、前記3薬剤を交互散布すること、雨季の中期には3薬剤のうち効果の高いベンズイミダゾール系薬剤を当てること、また薬液は病原菌の侵入部位である付着根によくかけることが大切である。

問題は、雨季中3~4回の薬剤散布で、近くの発病圃場からの病原菌の侵入をどの程度抑えられるかである。この点について筆者は、前記程度の散布で有効となるよう地域全体の協力体制が重要であることを力説しておきたい。すなわち、発病圃場では病株はすみやかに処分し、その圃場はもちろん他の圃場へも病原菌をまきちらさないことがまず大切である。放置したままの本病による廃圃は、近隣圃場における防除対策上最大の障害となる。

#### III-1-2 蔓延防止

新しい圃場において、外部から侵入する病原菌による発病は、保菌苗を多数定植した場合

---

\*ベンズイミダゾール系薬剤の連用による本剤耐性菌の出現を回避するためである。

以外は少ないものである。しかし、わずかでもいったん発病すると圃場内における伝染がくり返され蔓延となる。したがって、蔓延防止とは、圃場内に発生したわずかの発病株から他の株への伝染を阻止することである。

#### i 病株の早期除去

発病株や枯死株が点々と残っているコショウ園をよく見かける。これらが圃場内伝染の元凶である。特に枯死株では、その株元に雨季中多数の子のう殻が形成されるが、それらは乾季にも耐えつぎの雨期になると子のう胞子を放出して本病を蔓延させる。

発病株は見つけ次第抜き取り焼却することが基本的で最も確実な蔓延防止対策である。

病株の抜き取り跡の土壌には、特に根腐株の場合、病原菌が残っているので、再植する場合は株元の土壌を消毒する必要がある。土壌消毒の方法としてメチルブロマイドなどによるガス消毒もあるが、刺激性が強く操作が煩雑なので、かつて渡辺教授が勧めた炭焼法（むしやき法）が実際的である。その方法はつぎのとおりである。<sup>13)</sup>

2 m 平方に深さ 40 cm の穴を穴り、これに被害木の支柱を 1 m の長さに切り、さらに被害木を短かく切断してこれにのせ、被害茎葉ものをせ、これに石油か軽油をかけ、この上に土をのせ一方の穴から火を点じ、他方に空気抜けの穴を設けると、丁度炭焼きのようになり、その上にのせた土は完全に焼け、最も理想的な焼土法となる。

#### ii 薬剤散布

薬剤散布には、飛散してきた分生胞子や子のう胞子の樹体侵入を阻止するためのものと、コショウ樹の病患部においてこれら胞子の形成を阻止するためのものがある。前者にはダコニールやダイホルタン、後者にはベンズイミダゾール系薬剤の散布が有効である。しかし、いずれにしる圃場内発病株からの伝染を防ぐには散布回数を多くしなければならず、実行しにくい。したがって、前項における侵入防止のための薬剤散布で対応できるよう、圃場内の病株除去に努めることが大切である。

なお、殺虫剤の散布も昆虫類による伝染を防ぐために有効であろう。ただし、本病の昆虫類による伝染はまだ実証されていないので、当面は伝染の盛んな雨季の中期コショウ樹の主要害虫であるカイガラムシ類の防除をかねて、スミチオンかバブチオンを散布するのが適当である。これら薬剤は、この時期に侵入防止のために散布する（前項参照）ベンズイミダゾール系薬剤と混用散布するのがよい。

### III-2 間接的防除

本病の発生にあってコショウ樹体の不健全な生育状態が大きな誘因であるから、まず栽培管理を改善して樹体の健全化を図ることである。つぎに本病抵抗性品種の利用が考えられる。

#### III-2-1 樹体の健全化

樹体の健全化、すなわち本病の発生軽減につながるものとして、これまでもいくつかの

試みがなされてきた。しかし、個別的に試みられた限りでは、Caの多用や少肥、少収栽培などある程度の効果はあっても決定的対策とはなりえず、また敷草のように本来は有効と考えられても発病を助長するものもある。個々の要因は総合的に適用されて初めて有効に作用するのである。

INATAMでは、各種要因を組み込んだ栽培試験を進めており、有望な結果も期待されるが1984年1-2月現在、定植後5年たらずなので、実効性はまだ明らかでない。

ここでは、本文におけるこれまでの考察をもとに、栽培上の原則を列挙し各々について若干の解説を加えたい。

#### i 多収を望まない

特にNをひかえ収量を株あたり1.0～1.5 kgに抑えておけば10年以上の樹体寿命が保たれ発病が著しく少ない<sup>19,25)</sup>。

少収が発病を抑え多収が発病を多くする典型的事例がエスピリトサント州における本病の発生経過の中に見られる。同地では第2次大戦前から在来種のコンショウが栽培されてきたが、近年まで本病の発生はほとんどなく、株あたり1.5 kg以度の収量で20年以上の樹令が保たれてきた。土壤のpHは6.0～6.5、 $Ca^{++} + Mg^{++}$  em/100gは3.0～5.0で、土壤の化学性はアマゾン地域に比べるかに良好である。しかし、1976年以後の銀行融資に伴ない、施肥量をあげ株あたり3 kg以上の栽培を行なうようになって発病が目立ってきたとのことである。筆者は1984年2月同地を調査したが、在来種をはじめ最近導入されたシンガポーラ種にも根腐型と胴枯型が見られた。樹令が数年を越えた圃場では発病株率数%以上のものが多く、今後の拡大が予想された。

株あたり1.0～1.5 kgの収量では採算上問題がある。しかし、多収は厳に戒めなければならず、トメアヌーにおける現行の株あたり3～4 kgが多過ぎることも確かである。

#### ii 圃場の基盤と土壤の改良

有機物(堆肥、草類、木屑、粕類)とCaの多投( $CaCO_3$ で1 haあたり5～10 t)と深耕(40～50 cm)を併せて行なうことである。

これにより根群の発達領域は広がり、根群の活動に及ぼす地表部の環境変化の影響は少なくなり養水分は安定的に吸収される。そして初めて、敷草や草生も活用できるのである。

深耕は局部的に行なったのではかえって弊害も生じる。局部的深耕の1例である慣行のタコつぼ式施肥穴について、1967年度第2トメアヌー試験場成績書は、その問題点をつぎのように指摘している。

「これらの穴は雨期には排水悪く、貯水槽の状態となる故、濃厚肥料液槽となり、従って細根や切断根は腐敗してその吸収機能を欠くことは勿論、雨期の病害侵入を醸成することになる」

したがって、深耕などの土壤改良は開園時に、圃場全体に実施するのが望ましく、また

これが能率的であろう。しかし、これが困難な場合は、定植穴はできるだけ大きくし、施肥穴は早い時期に多数を掘ることである。発病が目立つようになる定植4～5年後までに、少なくとも畦通しの土壌改良は終了したい。

一方、コショウ樹は湿害を受けやすいので、圃場のところどころに排水溝を作ることも必要である。また、高畦や盛り土をすれば、湿害対策のほか、根圏の一層の拡大も図れさらいによい。施肥穴は環状が望ましい。

### III 施肥の合理化

Nを少なくしCaとKを多くすることである。また、有機物を主体とし化学肥料をひかえることである。有機物としては熟成した堆きゆう肥が望ましい。施肥穴は雨期の初めと末期の2回掘る。化学肥料の表層施与は少量ずつ数回に分施する。

なお、有機物の施用により本病の発生は一般に少なくなるが、過用すると多発を招く。有機物は土壌物理性の改善や微量要素補給のほか、肥効の安定的持続性にすぐれるのであって、全体的施肥設計の中で種類と量を決める必要がある。成木に対するN、P、KおよびCaの施用量に関し筆者は、これまでの考察やde Waardの基準<sup>56)</sup>から、EMBRAPAの基準(表4参照)に対しPの2割減、Kの3割増程度を適当と考えるが大切なのは肥料成分を樹体の生理状態に合わせて供給することであろう。

### IV 敷草と草生の活用

最近の栽培において敷草はあきらかに発病を助長するとされる。しかし、施肥管理に伴って深耕がなされていた本格栽培の当初は、敷草も実行され問題はなかった。また、敷草や草生が土壌保全と有機物環元の方法としてすぐれていることは実験的にも裏づけられている<sup>18)</sup>。深耕と合わせて活用すべきである。

その場合、敷草と草生とは利用場面を分け、敷草は乾季における土壌の乾燥と地温上昇の防止に、草生は雨季における土壌流亡と過湿防止に利用するのが合理的である。まず、畦間を広くとり畦間に草生する。化学肥料は原則として畦間の草に施し有機化してからこれを敷草として環元するものとする。畦間草生の植物は圃場の通風などを妨げないよう雨期中は適宜刈り取り圃場の一部に積んで置き、雨期の終りに刈ったものを畦上に敷草する。敷草量は1㎡あたり2kg。1株あたり10～12kg(風乾重)とし、雨季の初め畦上の残渣を株元に埋め込む。畦上の草は、雨季中は適宜刈り払う程度とし地表を裸地としない。雨季の末期には、畦間植物の敷草に当たって除草剤またはエンシェードを用いて完全除草し、これらの遺体は雨季中に刈った畦間の草と合わせ土中に埋め込む。畦間や畦上の草種は自生にまかせるのが生態的に合理的と考える。樹冠下は清耕とする。これらによる供給養分が不足の場合、化学肥料や他からの有機物で補給しなければならない。補給養分の種類や量は、利用した草の成分別含量によって決められる。なお、敷草だけで施肥をまかなうとすれば、草種にもよるが成園での場合1株あたり約20kg(風乾重)が必要とされる。

### III-2-2 抵抗性品種の利用

F. C. Albuquerque博士の協力のもとに、INATAMでは本病耐病性品種の利用についても検討してきた。インドやインドネシアからEMBRAPAを通じて導入した栽培品種のうち、Karimunda, Djambi, および Belantungは幼苗試験により本病菌に対する感受性が比較的低いことがわかっている(1979年度成績書)。これら品種は一部の栽培者圃場で展示的に栽培されており、現在までのところ生育はほぼ順調である。しかし、1984年12月現在、定植後4年たらずであり、また、これら品種がまったく発病しないわけではないので、実用性についての判断はできない。ただ筆者は、本病の誘因が樹体の不健全な生育にある点、耐病性品種の利用だけで問題が解決するとは考えない。

### III-3 まとめと論議

本病防除のために1963年渡辺教授<sup>8)</sup>は、土壌改良、圃場衛生、および苗消毒などを内容とする10項目の対策を提示された。それらのほとんどは、本病の発生機構が明らかになった現在においても、合理性がありすぐれたものである。その後における派遣専門家やその協力者による研究は、本病の主因に関し見解を異にしたものも一部あるがすぐれたものであり、研究結果から提示された対策もそれぞれ少なくとも理念的には妥当なものである。これら成果にもかかわらず、本病の被害がますます拡大していったのは不可解であるが、その理由のひとつは、本病の発生における主因の病原力と誘因の作用との関係を明確に認識しないまま、あれこれの対策を個別的に適用していたことであろう。

本病の主因 *F. solani* f. sp. *piperis* は、コショウ樹をその樹体生理の乱れに乗じて侵すが、本来の病原力は他の *F. solani* の各分化型と同様あまり強くない。コショウ樹の不健全な生育が大きな誘因となって、アマゾン地域における本病の多発をまねいているのである。本病の防除には、病原菌の圃場内侵入やそこでの蔓延を防止する直接的防除と樹体を健全化して発病しにくくする間接的防除とを一体のものとして実行しなければならない。このための基本的事項は表6にまとめた通りである。

本病防除のためには、圃場内からの病原菌除去や栽培管理においてきめ細かな処置を行なうほか、収量も抑えることが必要である。いわば集約的少収栽培が必要なのである。この場合、収量と栽培年限の具体的基準が問題となる。しかるに現在のところ、株あたり3~4kgの収量(黒コショウ)では栽培年限は数年であるが、有機物主体の小肥栽培で株あたり1.0~1.5kgの収量では栽培年限は10年以上にもなる<sup>4,19)</sup>。したがって、前記直接的・間接的防除を実行しながら収量を株あたり2.0~2.5kg程度にすれば、10年ないしそれ以上の栽培年限が期待できる。ただし、この程度の収量では、最近における1983年前半までのような価額低迷時には損失の生ずる恐れもある。しかし、収量は低くても栽培年限が長くなれば、価額の上昇する機会もあるので、全体を通じれば収益を得ることもできる。一方、コショウ専作が経営上きわめ

表6 コショウのフザリウム病防除の基本

直接的防除

1. 病原菌の圃場内持ち込み防止  
無保菌苗の定植
2. 病原菌の圃場内での蔓延防止  
薬剤の適期散布, 発病株の早期除去

間接的防除……樹体の健全化

1. 圃場基盤と土壤の改良  
有機物・Caの多投と全面深耕  
排水溝の設置
2. 収量調節と施肥の改善  
NをひかえKとCaの割合を多くする  
有機物(堆きゅう肥)を多用し化学肥料は少量・分施  
草生と敷草の活用

て危険であり、畜産や各種熱帯果樹を取り入れた複合経営が必要なことは、いく度か指摘されている。<sup>1,3,59)</sup> これらを考慮したうえで、集約的少収栽培をつぎのように規定しておきたい。

1. 複合経営の一環であること。
2. 管理によく注意が行き届く規模。
3. 価額低迷時の損失が致命的とならない規模。
4. 価額高騰時に相当額の収益が得られる規模。
5. 株あたり収量は2.0～2.5kg(黒コショウ)で、栽培年限は10年。

最後に、抵抗性品種の利用と、特に最近の試みである生木支柱栽培とについて、今後の問題としてふれておきたい。

現在、Karimundaなど2, 3の品種に本病耐病性が期待されている。抵抗性品種に限らず、新しい品種はこれからも積極的に導入することが大切である。しかし、抵抗性品種も問題の病原菌密度が高まると発病したり、それを侵す新しい系統の病原菌が出現する例は多くの作物で知られている。コショウにもこのことは当てはまるであろうし、また、たとえ抵抗性品種により本病の発生がなくなったとしても、樹体が不健全となる現行の栽培方法を改めない限り、他の障害が新たに問題となる危険性が高い。抵抗性品種の利用は、これまでに述べた集約的少収栽培による防除効果をより確実にするための有効な手段のひとつと位置づけたい。

マメ科の木本植物であるエリトリーナ(*Erythrina*)などを用いる生木支柱栽培は、インド<sup>30,47,57)</sup>など東南アジアの産地では古くから広く行なわれている。枯木支柱の材料不足対策もかねて、

INATAMでは1983年頃からエリトリーナの低木支立てによる生木支柱栽培を検討している。今後の成果を大きく期待するが、新しい試みなので、実効性については、INATAMと並行して多くの栽培者がそれぞれ少しずつ検討することが大切である。ただし、栽培の基本は集約的少収栽培であることを銘記したい。



#### Ⅳ コショウのフザリウム病防除基準

これまでに述べた本病防除についての筆者の考え方を中心に、渡辺教授<sup>8,13)</sup>、福富専門家<sup>4)</sup>、EMBRA PA<sup>54)</sup>の指導内容、さらにINATAMにおける最近の研究結果を参考にしながら、本病の防除基準を表7のように作成した。ただし、施肥と末尾の圃場造成については、土壌肥料や栄養生理、それに実際栽培の立場からもさらに検討を望みたい。

表7 コショウのフザリウム病防除基準

栽培の時期と防除のポイント	防 除 方 法	注 意
育 苗 期 無保菌苗を作る。	1. 年内の定植を目途に、さし穂は発病の少ない2～3年生圃場の健全母株から採取し、ポインタとする。	ポインタの潜在感染は少なく薬剤消毒の効果も高い
	2. さし穂はベンズイミダゾール系 <sup>*</sup> 薬剤(テクト, ベノミル, シコジン)の1,000倍液に約30分, 2～3日間隔で2回浸漬する。 *テクトは使用しない。	2回目の浸漬は各節位の結果枝を離脱させてから行なう。この間さし穂が乾燥しないよう注意する
	3. 床土はコショウ未栽培地または原始林の心土とし、床は排水のよい場所とする。	
	4. さし穂1週間後からダイホルタンかダコニールの600～800倍液とベンズイミダゾール系 <sup>*</sup> 薬剤の1,000～1,500倍液を1週間おきにていねいに交互散布する。 *テクトは使用しない。	1. 薬剤散伏は午前中に行う。 2. ダイホルタンやダコニールは疫病防除もかねる。
	5. 育苗中、生育不良苗は見つけ次第抜き取り処分する。	支柱との員数合わせをしない。
定 植 時 病原菌の居ない圃場を選ぶ	1. コショウ未栽培地を選ぶ。	排水等を考慮する。
	2. 廃園あとの場合は数年以上を経過したものとする。	

栽培の時期と防除のポイント	防 除 方 法	注 意
	3. 既発園の降雨時の風下をさける。	風上に防風林（カカオも可）を設ける。
定植後1～2年 圃場の菌密度を上げない。	1. 生育異常株は見つけ次第抜き取り焼却する。	雨期は特に注意する。
	2. 根腐株の場合、株の抜き取りあとの土壌は焼土消毒する。	本文Ⅲ-1-2の渡辺教授の方法を参照。
定植3年以後 病原菌の蔓延を防ぐ。	1. 発病株（根腐型、胴枯型）は見つけ次第抜き取り焼却する。	
	2. 薬剤散布をする。雨期の初め（12～1月）から末期までベンズイミダゾール系薬剤の1,500～2,000倍液とダコニールかダイホルタンの600～800倍液を3～4回交互散布する。	1. 薬液は付着根によくかかるよう散布する。 2. 3～4月の結実初期にはベンズイミダゾール系薬剤が当たるようにし、この時殺虫剤（スミチオンかバブチオンの1,000倍）を混用する。
全 期 間 圃場衛生と樹体の健全化に努める。	1. 汚染土壌の圃場への混入を防ぐ。	1. 発病圃場の土壌流入 2. 農機具による混入
	2. 毎年乾季にすそ刈り（下部30cmの側枝）を行なう。	樹冠下はきれいにし病害虫の巣としない。
	3. 支柱にからみついている雑草、雑木類は乾季に取り去る。雨季は剪定鋏で基部を切るだけとする。	雨季に枝茎に傷をつけるのをさける。傷口からの侵入もある。
	4. 有機物を多用し、化学肥料を少なくする。Nに対しKとCaの割合を上げる。結実樹令に達したら特にNの過用をつつしむ。	1. 堆きゅう肥は熟成したものをを用いる。 2. 化学肥料の追肥は数回以上に分施する。

栽培の時期と 防除のポイント	防 除 方 法	注 意
	5. 結果過多を防ぐ、定植2年以前の着果は早目に摘果する。	定植後3年以後は適宜摘果または早取りする。
定植前（圃場造成） 圃場には緩傾斜地を選び圃場基盤と 土壌の改良をする	1. 定植前3～4年間は雑作または草生とし、圃場内外の有機物を機会あるごとにすき込む。	最後の1～2年は草生とする。
	2. 定植数カ月前に1haあたり消石灰4t、溶りん2t、苦土石灰2t、および草生植物を深さ40～50cmにすき込む。	1. 圃場外からも有機物を求めて投入する。 2. 粗大有機物を投入する場合は定植2年前とする。
	3. 定植2～3カ月前に深さ30cm、巾60cmの溝を作り、株あたり乾草10～20kg、堆肥10ℓ、FTE（微量要素）50gを施し埋めもどし、30cmの高畦とする。畦巾2m畦間2m、株間2.5mとする。	1. 畦上の雑草は雨季中は切り払い、堆肥とし乾季の初めには完全に除去する（除草剤の使用も可）。 2. 畦間は草生とし、乾季の初め刈り取り畦上の敷草とする。雨季中刈った分は堆肥にする。畦間には施肥する。

## あ と が き

十字路からトメアスーに向う道路の両側には、かつて見事なコショウ園が続いていたという。筆者が初めて訪れた1983年12月、その多くは荒廃し再生林の中には灰色のエスタッカがわずかに見えかくれしていた。必死の対策にもかかわらず、フザリウム病によってつきつぎと枯死するコショウ樹を前にした栽培者の無念さが伝わってくるのであった。

INATAMを中心に行なわれてきた精力的研究によって、本病の発生機構はまだ解明され、防除方法の確立も近い。ただ、本文でも提示したように今後の本病防除対策は、多くの栽培者にとってその思惑と異なるかもしれないし、また、実行は容易でない。しかし、福富<sup>17)</sup>専門家も強く訴えているように、ひとつの産地を維持・発展させ、その名声を保つには、栽培者ひとりひとりの大きな努力とともに、全体的な協力体制が必須なのである。

トメアスーには、豊かな光と水と、コショウ栽培の伝統がある。それに、コショウ産地トメアスーの名声はまだ残っている。これらを活用しながらたとえ収量は少なくても、安定的に生産されるコショウと他の各種熱帯作物や畜産物などによる複合的経営によって、トメアスーがアマゾン地域における農業の中心として再生することを祈るばかりである。

1985年3月

## 引 用 文 献

1. 柴田 剛 ( 1 9 7 7 ) トメアスー農業の動向概観, 移住研究 Ⅷ 1 4, 国際協力事業団  
PP. 9 3 - 1 0 9
2. 鶴崎宗雄 ( 1 9 7 1 ) フザリウム性胴枯病について, パンアマゾンニア PP. 2 8.
3. 吉田貞吉 ( 1 9 8 1 ) アマゾン地域における農業の現状について—日本人移住者および  
胡椒を中心として— 熱帯農業 2 5 : 2 0 ~ 2 9
4. 福富雅夫 ( 1 9 8 4 ) 移住派遣農業専門家報告書 —ブラジルにおけるコンショウの胴枯  
病及び根腐病の防除指針—, 国際協力事業団 PP. 7 1
5. 津田盛也 ( 1 9 8 3 ) 移住派遣農業専門家報告書 —アマゾン地域およびバイア州にお  
ける邦人入植者栽培作物の病害とその問題点—, 国際協力事業団 PP. 2 2
6. 渡辺竜雄 ( 1 9 6 1 ) 胡椒の病害, 熱帯農業 4 : 1 8 3 ~ 1 8 6。
7. Albuquerque, F. C. ( 1 9 6 1 ) Podridão das raízes e do pé da pimenta do  
reino. Circ. Inst. Agrom. Norte. Ⅷ 5 : 1 ~ 4 5 ( original not seen )
8. 渡辺竜雄 ( 1 9 6 3 ) アマゾン地域における胡椒の根ぐされ病について, 熱帯農業  
7 : 1 7 ~ 2 1
9. ————— ( 1 9 6 4 ) コンショウ根ぐされ病菌の病原性, 関東病虫研報 1 1 : 4 5
10. ————— ( 1 9 6 5 ) コンショウ根ぐされ病菌の病原性について, 日植病報  
3 0 : 7 7 ( 講要 )
11. Albuquerque, F. C. and Ferraz, S. ( 1 9 7 6 ) Características morfológi-  
cas e fisiológicas de *Nectria haematococca* f. sp. *piperis* e sua pathogenicidade  
à pimenta —do— reino ( *Piper nigrum* L. ), Experient. Orgão da Univers.  
feder. de Vicosa 2 2 : 1 3 3 ~ 1 5 1
12. ————— ( 1 9 7 6 ) Heterotalismo e  
sexualidade em *Nectria haematococca* f. sp. *piperis*, Ibid. : 1 5 2 ~ 1 6 4
13. 渡辺竜雄 ( 1 9 7 3 ) ブラジル共和国派遣胡椒病虫害専門家報告書, 国際協力事業団  
PP. 4 9
14. 一戸 稔 ( 1 9 7 5 ) ブラジル・パラ州トメアスーのコンショウ栽培におけるサツマイ  
モネコブセンチュウの寄生, 日本線虫研究会誌 5 : 3 6 ~ 4 0。
15. ————— ( 1 9 8 0 ) コンショウ病害とネコブセンチュウ, ブラジル国アマゾン3年の記  
録 北日本病害虫研報 Ⅷ 3 1 : 1 ~ 8。
16. ————— ( 1 9 7 8 ) コンショウ根腐病防除のために, 国際協力事業団 業務資料  
Ⅷ 4 6 4 : 1 ~ 5 5

17. 浜田正博・平形 広・内田 勉 (1985.) コショウ根腐病とネコブセンチュウとの関係, 関東病虫研報 32:投稿中
18. 寺田慎一 (1984) アマゾンニアの農業開発, 熱研資料 №65:1~85
19. 岸 光夫 (1982) コショウ栽培のコッター樹齢延長と生産安定— 国際協力事業団業務資料 №657:PP 25
20. Fukutomi, M., Hirakata K. and Hamada, M. (1981) Studies on the stem rot and root rot diseases of black-peppers : (1) The actual occurrence in the Amazon. XIV Cong. Brasil. de Fitopatol., Porto Alegre (1981), Programa e Resumos, PP. №130
21. ————— (1981) Studies on the Stem rot and root rot diseases of black-peppers : (2) Isolation of the pathogenic fungus with five selective isolation media and pathogenicity of isolates to stems and root. Ibid. PP. №148。
22. ————— (1981) Studies on the stem rot and root rot diseases of black-peppers : (3) The relationship among four types of symptoms and distribution of degenerated tissues by infection. Ibid. PP. №138
23. ————— (1981) Studies on the stem rot and root rot diseases of black-peppers : (4) Anatomical observations on the distribution of the hyphae of the pathogenic fungus in invading tissues and the blockade of vessel cells. Ibid. PP. №139。
24. ————— (1981) Studies on the stem rot and root rot diseases of black-peppers : (5) Taxonomy of the pathogenic fungus. Ibid. PP. №140。
25. ————— (1982) アマゾン流域におけるコショウ胴枯病および根腐病の過去における発生の実態, 関西病虫研報 24:20~27。
26. ————— (1982) ブラジルのコショウ栽培地域における胴枯病の激発とその主因について, 日植病報 48:355 (講要)
27. ————— (1984) コショウ胴枯病および根腐病における導管内潜在感染, 日植病報 50:122 (講要)
28. —————・津田盛也・————— (1983) 各種 Fusarium 属菌のコショウに対する非病原性について, 日植病報 49:393 (講要)
29. Butler, E.J. (1906) The wilt disease of pigeon and pepper, Agric. J. India 1:25~56。

30. Paulose, T. T. (1972) Pepper cultivation in India Proc. Conf. on Spices : PP. 91~94
31. Nambiar, K. K. N. and Sarma, Y. R. (1977) Wilt diseases of black pepper : J. Plant. Grops. 5 : 92~103
32. 天野隆丸 (1984) 私信
33. 浜田正博 (1984) 私信
34. 松尾卓見 (1980) フザリウム病菌の種類と同定, 作物のフザリウム病 (松尾・駒田・松田編), 全国農村教育協会, 東京, PP. 17-59
35. 斉藤英毅・駒田 且・小倉寛典・松田 明 (1980) フザリウム病菌の生態  
PP. 77~175
36. 石井 博 (1961) ムギ赤かび病の伝染機構に関する研究, 農林省振興局植物防疫課・病害虫発生予察特別報告第8号 : 5~121
37. 鈴木穂積 (1976) 稲馬鹿苗病菌はどのようにして種モミにつくようになるか  
今月の農薬 20 : 71~74
38. 斉藤英毅・松尾卓見 (1977) クワ芽枯病菌分生胞子の離脱, 飛散条件と野外降雨時の飛散距離, 日蚕雑 46 : 318~324
39. 西門義一 (1948) コムギのアカビ病防除に関する研究, 農林省振興会・農業改良資料 97 : 8~105
40. Gregory, R. H. (1961) The microbiology of the atmosphere, Leonard Hill, London and International Publishers Ins., New York PP. 251
41. Van Arsdell, E. P. (1967) The nocturnal diffusion and transport of spores. Phytopathology 57 : 1221~1229
42. 内田 勉 (1982) キク白さび病の伝染機構と防除に関する研究, 山梨農試報告 22 : 16~23
43. McCubbin, W. A. Relation of spore dimensions to their rate of fall. Phytopathology 3 : 230~234
44. Albuquerque, F. C. (1976) Influencia da tecnica de inoculação e de concentração de esporos na patogenicidade de *Nectria kaemalococca* f. sp. *piperis*, Experiment Orgão da Univers. feder. de Viçosa 22 : 165~173
45. 下長根鴻・尾崎克己 (1980) 生態的防除 (耕種的・生物的), 作物のフザリウム病 (松尾・駒田・松田編), 全国農村教育協会 東京 PP. 338~360
46. Pennypacker, B. W. (1981) Anatomical changes involved in the pathogenesis of plants by *fusarium*. Fusarium - diseases, biology, and taxonomy - (Ed. by Nelson, Toussoun, and Cook). The Penn. State Univ.

- Press, University park and London. PP. 400~408
47. Blacklock, J. S. (1954) A short study of pepper culture with special reference to Sarawak. Trop. Agr. 31: 40~56
  48. de Waard, P. W. F. (1969) Foliar diagnosis, nutrition and yield stability of black pepper (*Piper nigrum* L.) in Sarawak. Communication No. 58, Dept. Agr. Research. Trop. Inst. Amsterdam. PP. 149
  49. 千葉守男・寺田慎一(1976) アマゾン地域における胡椒の養分吸収量から決定した最適施肥量, 熱帯農業 20: 14~21
  50. Sim, E. S. (1974) A nutrient survey of black pepper smallholdings in Sarawak. Mal. Agric. J. 49: 365~380
  51. Wahid, P. A., Kamalam, N. V. and Venugopal, V. K. (1982) Mineral nutrition of slow wilt affected black pepper (*Piper nigrum* L.). J. Plant. Crops 10: 21~25
  52. Nambiar, E. P., Nair, J., and Money, N. S. (1965) Preliminary studies on the incidence of wilt disease of pepper and its relationship to the nitrogen and base status of the soil. Indian J. Agric. sci., 35: 276~281
  53. 北川靖夫(1983) アマゾン地域の自然 - 気候及び土壌を中心として - 熱研資料 No. 62: 63
  54. Department national de pesquisa agropecuária · Instituto de pesquisa agropecuária do norte (1973) A cultura da pimenta - do - reino - Ministério da Agricultura, PP. 1~42
  55. 第2トメアスー試験場成績書(1967) コショウの施肥試験
  56. de Waard (1979) 'Yellow disease' complex in black pepper on the island of Bangka, Indonesia. J. Plant. Crops 7: 42~49
  57. 後藤隆郎(1982) こしょう(胡椒) - その栽培から利用まで -, 熱帯農業シリーズ, 熱帯作物要覧 No. 12 国際農林業協力協会
  58. 千葉守男(1977) アマゾン地域における胡椒の生育と土壌の pH との関係 熱帯農業 20: 143~150
  59. 小野 功(1974) トメアスーにおける胡椒生産の展開と最近の動向, 熱帯農業 18: 223~227
  60. 渡辺竜雄(1965) 胡椒の湿害について 熱帯農業 8: 154~156
  61. 大沼春男(1984) 私信
  62. 佐藤倫造(1983) Fusarium (フザリウム病菌) Fusarium solani.



宇井格生監「北海道畑作物の土壤病害，北海道畑作物の土壤病害刊行会  
PP. 242～250

63. 田中 均(1959) 奥田 東編「肥科学新説」(理論・応用) 養賢堂，東京  
PP. 217～228

64. 浜田正博・平田 広・内田 勉・津田盛也(1984) 未発表成績



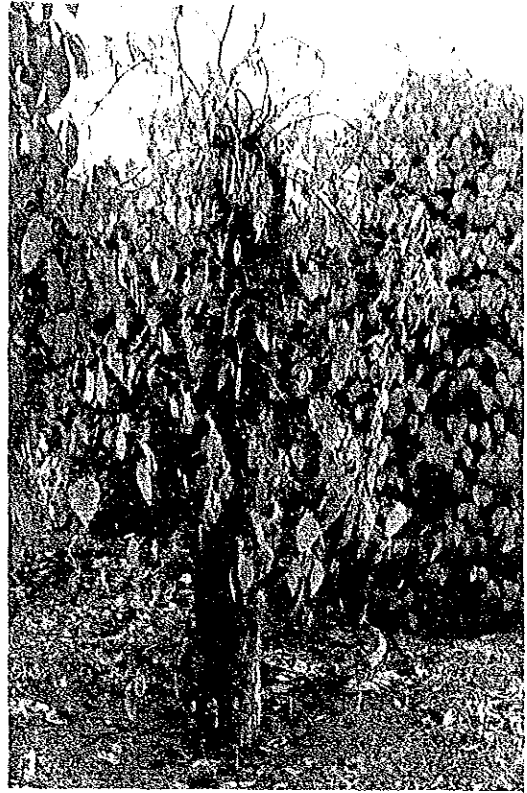


写真-1 コショウのフザリウム病根腐株

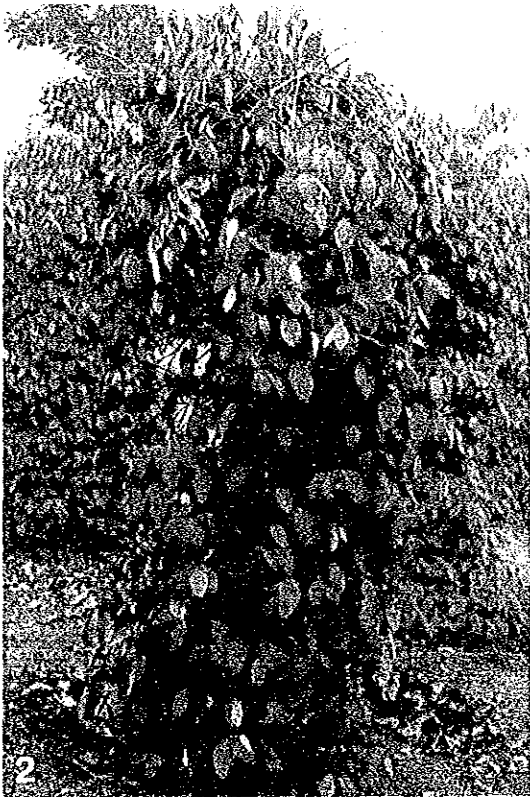


写真-2 コショウのフザリウム病胴枯株





JICA