

## マツノザイセンチュウ捕捉菌による線虫の 捕捉機構および総合防除に関する研究

山 中 啓

はじめに

本プロジェクト研究については、研究科年報第3号（1980）に詳しく述べた。すなわち、その成立に至る経緯、いわゆる「マツクイムシ・プロジェクト」の研究目標について説明した。55年度1年間のプロジェクトの研究成果については、学内プロジェクト特別研究昭和55年度研究報告（97 PP.）<sup>1)</sup>としてとりまとめたので、詳細については同報告を参照していただきたい。

本報告においては、昨年度より開始したプロジェクトの組織、研究成果の概要を中心にしてとりまとめると共に、主として国内で同じテーマ、マツノザイセンチュウ、マツノマダラカミキリ等にとり組んでいる他の研究グループの活動状況も併せてとりまとめた。これによって、我々のプロジェクト研究の位置づけを明らかにしようと思ったからである。

### 1 プロジェクトの組織

本プロジェクト研究は、マツノザイセンチュウ捕捉菌を中核にしたものであるが、捕捉機構の解明の基礎研究グループと実用化を検討するグループの2つの組織により遂行されている。

#### A. 捕捉機構の解明と有効物質の生産

文部省科学研究費一般研究（A）および学内プロジェクト特別研究より研究費の配分を受けて、55年度の研究を実施した。

##### （1）昭和55年度文部省科学研究費一般研究（A）

研究課題：マツノザイセンチュウ捕捉菌による線虫の捕捉機構とその有効物質に関する基礎的研究

課題番号 540001

研究代表者 山中 啓（応用生物化学系）

研究組織と分担研究課題は下記の通りである。

研究者（所属）	分担研究課題
山 中 啓（応用生物化学系）	捕捉菌の培養と捕捉器官の生化学
椿 啓 介（生物科学系）	捕捉菌の検索と生態
桑 原 保 正（応用生物化学系）	捕捉菌の生産する生態活性物質の単離と同定

田 中 秀 夫 (応用生物化学系) 捕捉菌の培養による有効物質の生産  
 内 藤 豊 (生物科学系) マツノザイセンチュウの捕捉菌に対する行動反応

なお、辰巳修三(農林学系)は分担研究者として参加していたが、昭和55年9月12日死去したため、研究組織の変更を申請し、その削除が11月13日付で承認された。

本組織の目的は、走査型電子顕微鏡一式を設置して、捕捉菌による捕捉機構を電子顕微鏡により解明し、同時に捕捉菌が生産すると予想される有効物質(殺線虫活性物質、線虫誘引物質等)を分離・同定し、線虫捕捉菌と線虫との相互関係を線虫の走行性の解析をもとにして解明しようとするところにある。

(2) 昭和55年度学内プロジェクト研究特別研究

研究課題 : マツノザイセンチュウの化学的および微生物学的制御

研究代表者 山中 啓(応用生物化学系)

研究組織は下記の通りである。

研究者(所属)	分担研究課題
山中 啓 (応用生物化学系)	捕捉菌の自然環境における動態とセンチュウに随伴する細菌
椿 啓介 (生物科学系)	センチュウ捕捉菌の分布と生態
田中 秀夫 (応用生物化学系)	液内培養法による捕捉菌の培養と活性物質の生産
桑原 保正 (応用生物化学系)	活性物質の精製、単離および同定
内藤 豊 (生物科学系)	センチュウの走化性
須賀原 亮三 (応用生物化学系)	マツノザイセンチュウに対する行動制御物質の検索
手塚 敬裕 (化学系)	殺線虫活性物質の検索と単離

本研究組織の目的は、線虫捕捉菌のみならず、更に有効な捕捉菌の検索、および既に米田により発見され、前年度手塚助教授により統括されたセイタカアワダチソウに含まれる殺線虫性成分の総合的研究、および昆虫誘引性をもつ揮発性有機化合物を用いて線虫の誘引性および忌避効果をしらべ、更にこれらの有効物質に対する線虫の走化性を定量的に取り扱い、マツノザイセンチュウの制御を化学的および微生物学的手法で追求しようとするものである。

B. 線虫捕捉菌を利用する防除法の開発

昭和55年度文部省科学研究費試験研究(2)

研究課題 : マツクイムシによる松枯の微生物を導入した総合防除・新技術の開発

研究代表者 : 石塚 皓造(応用生物化学系)

研究組織は、交付申請書に記載された下記の者で構成された。たゞし、辰巳修三は前記と同様死去により分担者より削除することが昭和55年11月承認された。

研究者 (所属)	分担研究課題
石 塚 皓 造 (応用生物化学系)	植物ホルモンの効果およびモデル系を用いた環境影響評価
石 井 弘 (島根大学農学部)	森林環境への影響評価
藤 井 宏 一 (生物科学系)	昆虫等動物への影響評価
山 中 啓 (応用生物化学系)	線虫捕捉菌の大量培養

なお、本報告では、山中を研究代表者とするA. 捕捉機構の解明と有効物質の生産についての55年度の研究成果について報告する。

## 2 マツクイムシ防除に関する最近の研究

「マツクイムシ」の被害状況調査およびその防除に関する最近の研究を、昨年度(1980)を中心として学会誌よりとりまとめた。その結果「マツクイムシ」に関する研究活動の概要を明らかにして、我々プロジェクト研究の果すべき任務を明確に位置づけることができると考えられたからである。現在、松枯れの研究はほとんど我が国に限られていると考えられるので、国内の研究情報で充分カバーできる。線虫捕捉菌全般については、我が国以外での研究もあるが、マツノザイセンチュウ捕捉菌については、国内の研究のみと考えている。

### 1) 松枯れ被害およびマツノザイセンチュウの発見と分布

新潟県でマツノザイセンチュウが発見されたのが1977年であり、その後急速に県下全域に拡大し、その被害状況が調査され、被害木からマツノザイセンチュウが検出された。<sup>2)</sup> 東北地方では、1975年に宮城県石巻市に、1976年に福島県下で発見されたが、現在までの4-5年間のマツ材線虫病の分布が調査された。<sup>3)</sup> その結果から、マツ枯れの発生と年平均気温、MB指数の他、東北地方においては、マツノマダラカマキリの羽化脱出開始期から産卵終期までの間に、日平均気温25°C以上の日数が最低10日間あれば材線虫病の発生が高くなるとされた。特にマツノザイセンチュウの低温耐性の試験結果は、我々の研究においても参考とすべき点が多い。すなわち、当地方の越冬線虫はほぼ100%分散型第3期幼虫(Lm)であり、高い低温耐性を示し、凍結状態でも5°Cの場合とは変らない増殖力を有していた。<sup>3,4)</sup> 激害型枯損状態を呈した和歌山県の被害とマツノザイセンチュウの検出・分布が調査された。<sup>5)</sup> 被害拡大の様相とまん延防止について、筑後平野中央部についての調査結果が発表された。<sup>6)</sup>

更に林業試験場の真宮線虫研究室長は、アメリカ、ミズリー州のマツ枯死木中の線虫試料について、これがマツノザイセンチュウであることを同定した。<sup>7,8)</sup> その分布は、アーカンソー、イリノイ、カンザス、ケンタッキー、ミズリー、ニューヨークの6州<sup>7)</sup>の他、フロリダ、アイオワ、ルイジアナ、メリーランド、ベルシルバニアおよびテキサスの計12州に及んでいるという。<sup>8)</sup>

材線虫病の発生と亜硫酸ガスによる急性害との関係について比較がされた。<sup>9)</sup>

## 2) 松くい虫の天敵

松くい虫(マツノマダラカミキリ)の天敵を利用する生物的防除法の手がかりとして、天敵昆虫、天敵微生物、捕食鳥類<sup>10)</sup>の他、カミキリ成虫寄生のダニが報告された。<sup>11)</sup>このダニ類のなかに、線虫捕食性ダニが見出されている。<sup>10)</sup>既に米田はマツノマダラカミキリよりダニ類を見出し、ケナガコナダニを用いて、線虫捕捉菌をマツにとりこませるところみをしている。<sup>12)</sup>

## 3) マツノマダラカミキリ誘引性物質

アカマツおよびクロマツの幹にバラコートを注入すると、多量の松ヤニ(オレオレジン)が分泌されるが、同時にマツノマダラカミキリを誘引することが、山崎、岡本等により発表された。<sup>13)</sup>更に松材中の誘引性物質が検討された。<sup>14)</sup>今まで各種キクイムシ(松喰虫)に対して有効とされているモノテルペン類単独では大きな効果がないが、これにエタノールを加えると誘引性が約10倍高くなった。たゞしエタノールには誘引性が全くない。

## 4) 材線虫捕捉菌

我々とは独立的にマツノザイセンチュウ捕捉菌が林業試験所の田村弘忠により発見された。<sup>15, 16)</sup>田村は1976年に千葉県線の虫により枯死したクロマツの材のマツノマダラカミキリの蛹室周辺材より偶然に発見し、<sup>15)</sup>その後茨城県下の枯死木より3種の捕捉菌を見出している。1ヶの蛹室より2, 3種の捕捉菌が見出されるという。<sup>15)</sup>1976年に分離した菌は *Dactylella Leptospora* であった。<sup>17)</sup>1978年以降の調査では、蛹室周辺材より *Arthrobotrys* 2種と *Dactylella polycephala* が分離された。<sup>16)</sup>それらの線虫捕捉法は、*Arthrobotrys* の1種は粘着性分枝法(トリモチ式)、他の1種は緊縮性環状捕捉器官による方法(クビワ式)、*Dactylella polycephala* が粘着性網状捕捉器官による方法(モチアミ式)であるという。前者の *Arthrobotrys* の捕捉方法は我々の *Arthrobotrys* と類似しているようであるが、その発見部位が異なるため、生態系における本捕捉菌を位置づけをする場合に、同時に取り扱うことが困難である。眞宮・田村の菌はアカマツの枯死木の蛹室周辺材であり、我々は健全アカマツの松樹脂より分離したものである。*Dactylella Leptospora* はマツノマダラカミキリから分離した耐久型幼虫から高頻度で検出され、耐久型幼虫のある数は環状の捕捉器官をつけたまま、マツノマダラカミキリに乗り移っているという。<sup>16)</sup>

この点からは、捕捉菌のうち、*Dactylella Leptospora* は生態系のなかに位置づけできるかもしれない。しかし、眞宮・田村により発見された捕捉菌はすべて枯死木より採取されたことを考えると、生態系のなかに組込まれても、その線虫捕殺効果はさほど強力ではなく、線虫数の制御に若干の効力を持つ程度ではなからうか。

## 5) 松枯れの機構—毒素説

線虫によるマツの枯損機構について、奥は線虫により代謝された物質が毒化する毒素説を説いている。<sup>18-20)</sup>部分精製毒素をマツ苗木に吸収させると、病原線虫を接種したときと同様の症状を示すこと、および毒素をマツのプロトプラストに添加すると原形質膜が破壊される等、植物病理学的

討が進められている。<sup>20)</sup>

#### 6) 薬剤散布効果および防止

この問題は我々の研究とは直接的関係は少ないが、防除法の関連で列記する。継続的に調査されているもののうち、1980年に発表されたものを記する。空中散布の効果<sup>21,22)</sup> 環境影響、特にMEPの落下量、土壌、落葉層、下層植物の残留量、流水中、池水、魚の残留量等が報告された。<sup>23)</sup> 皮害木伐倒駆除における薬剤散布の効果、<sup>24)</sup> 薬剤注入法による枯損防止<sup>25)</sup>等が報告された。これらはすべてマツノマダラカミキリの後食の予防、および殺虫効果をねらったものである。

### 3. マツクイムシに関する学会発表

昭和55年度にマツクイムシを含む関連学会として第91回日本林学会(55年4月、筑波大学)および第16回国際昆虫学会(55年8月、京都)が開かれ、その何れにも下記の演題のもとに米田あるいは斉木が発表した。

1. 米田公生, 勝又淳, 斉木博, 椿啓介, 山中啓, 辰巳修三 : マツノザイセンチュウ捕捉菌 *Arthrobotrys* sp. の挙動について(日本林学会)
2. S. Tatsumi, K. Yoneda, J. Katsumata, H. Saiki and K. Yamanaka :  
A nematode-trapping fungus as a natural enemy of a pine-wilt nematode. (国際昆虫学会)

前者の日本林学会の発表は、本学会で初めてポスター・セッションを採用して、マツノザイセンチュウに関連した7題の報告の1つであった。<sup>26)</sup> 議論の1つは土壌線虫の捕捉菌として知られている *Arthrobotrys* についての既往の成果と我々の菌の特異性との比較についてであり、第2の点は、今後の実用化の可能性に言及したものであった。

なお、本大会での松くい虫関係の発表論文は20題以上に及び、マツノマダラカミキリに関して、MEP散布、誘引剤等について活発な討論があった。<sup>27)</sup>

後者の国際会議では、丁度山中がシェフィールド大学で開かれた第3回国際C<sub>1</sub>-微生物学シンポジウムに招待されて渡英する直前であったため、斉木が発表した。この発表に関して、会場においても本研究科生物科学系藤井宏一助教授に大変お世話になった。

以上2つの発表は、米田が行った実験を中心としたもので、本プロジェクトの研究成果をとり入れるには、時間的にも無理であった。

なお、松くい虫の防除に関しては、日本の松の緑を守る会が松くい虫防除セミナーを開催しているが、我々は未だこれに参加していない。

### 4 昨年度の研究成果

各分担研究者より提出され報告書に掲載された結果を略記するが、図、写真等を割愛し、文章体にして要約する。

(1) マツノザイセンチュウ捕捉菌の分類と生態 (生物科学系 椿 啓介教授)

a. 分類

本捕捉菌の麦芽浸出液寒天、じゃがいも・ブドウ糖寒天、ツァベック寒天培地上での生育状況、形態、分生子柄、分生子形成のシンボジア型等が観察された。その結果、本菌は *Arthrotrrys* 属と考えられるが、同属菌として最も普遍的な *Arthrotrrys oligospora* とは形態および線虫の捕捉方法が異なる。更に *A. dadodes* および *A. superba* とともに分生子の大きさにおいて異なるので新種と考えられる。

b. 生態

既報の線虫捕捉菌は土壌起源であり、本菌のように松の樹幹から分離された例はない。従って、本菌の分離の再現性が疑問視された。1980年4月より6月にかけてアカマツ林の樹液、落葉、土壌、シイタケ栽培林について無菌的に試料を採取して菌の検出の有無を検討した結果、アカマツ林のマツ樹液から分離に成功し、再現性が確認された。従って本菌が生態系に何らかの意味をもって存在しているものと予想される。本菌の培養法による生育可能温度の上限は 28°C であり (後述)、そのためか夏期に入ってからでは分離に成功していない。更に検討を要する問題である。

c. 線虫捕捉能の安定性

線虫捕捉菌を人工培地に移すと、その捕捉能が失われるのが通常であるが、我々の経験として本菌を人工培地で培養し、あるいは保存してもその線虫捕捉能は常に検出される。既往のすべての線虫捕捉菌と異なり、その捕捉能の安定性は非常に高く、実用化を支持する大きな特徴である。この安定性を確かめるため、本菌をPDA (じゃがいも・ブドウ糖・寒天) 培地に移植し、室温で10~30日間培養後、同培地に移植する操作を11回反復して、継代培養を10ヶ月間にわたって行い、各々毎回の菌系のセンチュウ捕捉能を検討した。その結果、センチュウ捕捉能はすべての培養菌系に認められた。すなわち、マツノザイセンチュウとの接触がなくても捕捉能の低下は認められず、本菌が著しく優れた特性をもつ菌株であることが明らかになった。

(2) 液内培養法による捕捉菌の培養と殺線虫物質の生産 (応用生物化学系 田中秀夫助教授)

a. 栄養要求性

本菌は Czapek-Dox 培地では全く生育しないが、これに酵母エキス (0.2%) を添加すると、正常に増殖し、4~5日で増殖が完了した。この生育は天然培地 (じゃがいも・ブドウ糖) およびこれに酵母エキス (0.2%) 添加培地にも生育するので、人工培地を用いて本菌を液内培養することは可能である。本菌は生育にビタミンを要求することが予想され、検討した結果、チアミンを必要とすることが明らかになった。その他のビタミン類、例えば、ビオチン、PABA、ニコチン酸、ピリドキシン、パントテン酸、イノシトール、リボフラビン、アスコルビン酸は要求しない。この結果は、*Arthrotrrys anchonia* および *A. oligospora* が生育にチアミンを要求することと一致するが、両菌株とも同時にビオチンを要求する点とは一致しない。<sup>28)</sup>

b. 培養条件

回転振盪培養法にて、培養条件の検討をした結果、培養温度は5日間培養では23~28°Cで生

育し、最大の生育は25～26℃であった。なお、30℃ではほとんど生育できない。培養の始発pHは4および6～8ではほぼ同量の菌糸重量が得られ、pH5および9でやや劣り、pH3では全く生育が認められなかった。以上の結果をもとに、ジャー・フェーマンターによる大量培養も良好な生育を示した。

### c. 液内培養による殺線虫物質の生産

フラスコ培養法による培養液中には殺線虫活性が全く認められず、培養菌糸を一度飢餓培養を行い、菌糸を超音波処理またはダイノミルによる細胞破碎した菌体抽出液に殺線虫活性が認められたが、再現性が低いことおよび検出される活性が低いことより、今後精力的に検討すべき最重点項目の1つと考えている。

## (3) 捕捉菌の自然環境における動態 (応用生物化学系 山中 啓教授)

### a. 各種森林土壌糸状菌による線虫の培養

現在バイオアッセイに供試しているマツノザイセンチュウは *Botrytis cinerea* (ハイイロカビ) の菌叢上にて飼育して使用している。森林土壌より分離保存している糸状菌約150株中、シャーレ全面に菌叢が得られた92株の糸状菌に線虫を各シャーレ当り1,000頭ずつ添加して培養した。培養後線虫をベルマン・ロート法にて集めて計測した。対象の *B. cinerea* で得られる線虫数は93,400頭であったのでこれを基準値とした。1シャーレ当り15～20万頭の線虫が得られる菌株は4菌株あり、これをA-1群とした。9万～15万頭のA-2群の7株には *Trichoderma* 属が含まれた。これらは *B. cinerea* よりも優れている。線虫数が1万～8万のB群40株、1,000～8,500頭のC群21株は線虫の増加はあるが、基準より少ないもので、*Penicillium*, *Trichoderma*, *Humicola*, *Helminthosporium*, *Pestalotia*, *Pecilomyces* 等が含まれている。D群は明らかに線虫の飼育を抑制または阻止する菌株であり、100～1,000頭のD-1群と100頭以下のD-2群に細分した。D-1群の11菌株には *Aspergillus*, *Penicillium*, *Nectria* 等が含まれ、D-2群の8菌株は、*Aspergillus niger* 1株、*Phomopsis* 2株、*Pestalotia*, *Pestalotiopsis*, *Trichotesium* 各1株であった。A-1群により飼育した線虫の *Arthrobotrys* sp. による被捕捉性には差が認められなかった。

### b. 森林糸状菌の殺線虫力

D-2群の糸状菌の線虫飼育抑制力および殺線虫力の有無を検討した。その結果、*Phomopsis* の2株に強い殺線虫活性を培養3液について見出した。この点は *Arthrobotrys* と全く異なり、興味ある問題として、今後、本物質の抽出、分離、精製を進めていく所存である。

## (4) 活性物質の単離および同定 (応用生物化学系 桑原保正助教授)

### a. 活性物質の抽出

田中および山中より提供された菌糸体、培養3液について、各種抽出溶媒、抽出条件の検討をバイオアッセイで検討した。液内培養した培養液中には殺線虫活性は全く検出されなかった。しかし、菌体を飢餓培養をした後に超音波にて破碎すると、菌体抽出液中に活性が検出された。有効物質の抽出条件として、酸性条件下でブタノール抽出が有効であった。有効抽出部のクロマトによる分割後のガスクロ、NMRスペクトル、GC-マススペクトルの結果から、有効物質は有機酸等の酸性物質

と推定された。現在、同定にまで到っていないため、培養による生産の最適条件が決められていない。従って、培養により力価の変動があり、同定を困難にしている。本年度に是非解決したい問題である。

b. アルキルアミンの殺線虫活性

各種有機化合物のマツノザイセンチュウに対する殺線虫活性を検討した結果、アルキルアミン類に共通した強い殺線虫活性を認めた。炭素鎖の増加とともに活性が増し、直鎖飽和化合物ではヘキサデシルアミン、不飽和化合物ではオレイルアミンとその誘導体の活性が高かった。N-エチルオレイルアミンの $LC_{50}$ は $5.08 \times 10^{-6}$ であり、現在までに知られている殺線虫性天然化合物中最高値を示した。

(5) マツノザイセンチュウに対する行動制御物質 (応用生物化学系 須賀原亮三教授)

オレイン化合物の誘引定着性を検討し、モノオレイン、オレイン酸、オレイルアルコールに誘引活性を認めた。今後供試線虫の令をととのえることおよびin vivoにおける誘引との関連が残された問題である。

(6) マツノザイセンチュウの走化性 (生物科学系 内藤 豊教授)

マツノザイセンチュウの松の樹幹内での移動およびマツからマツノマダラカミキシそして再びマツといった特定の場所への移動および分布の機構を解明するためには、個々の線虫の行動および走化性を解析することが重要である。線虫は蒸留水中では体を屈曲しても虫体は前進しない。虫体周辺の構造物を押しつけてその反射用で始めて前進が可能となる。構造粘性体として寒天、高粘性液としてメチルセルロース液中での行動を顕微鏡下に観察し、ビデオに記録して解析した。

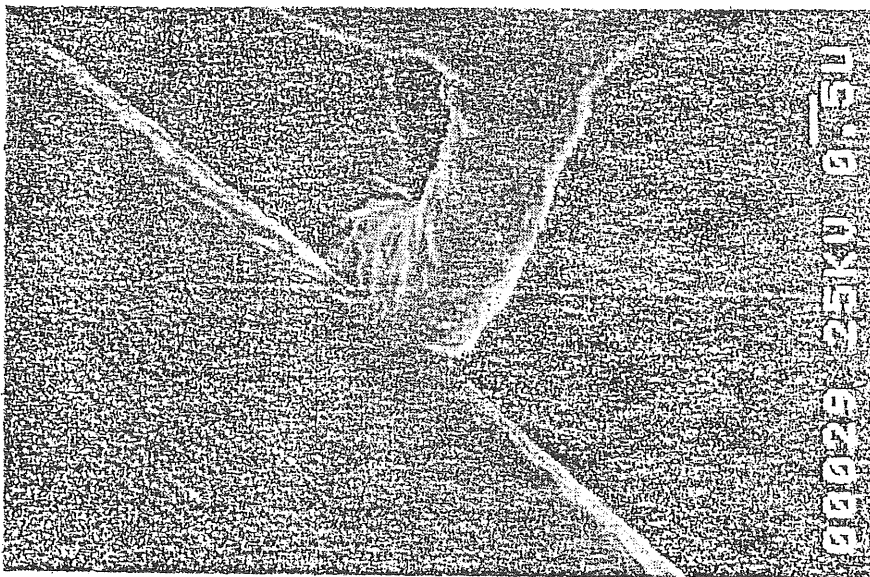
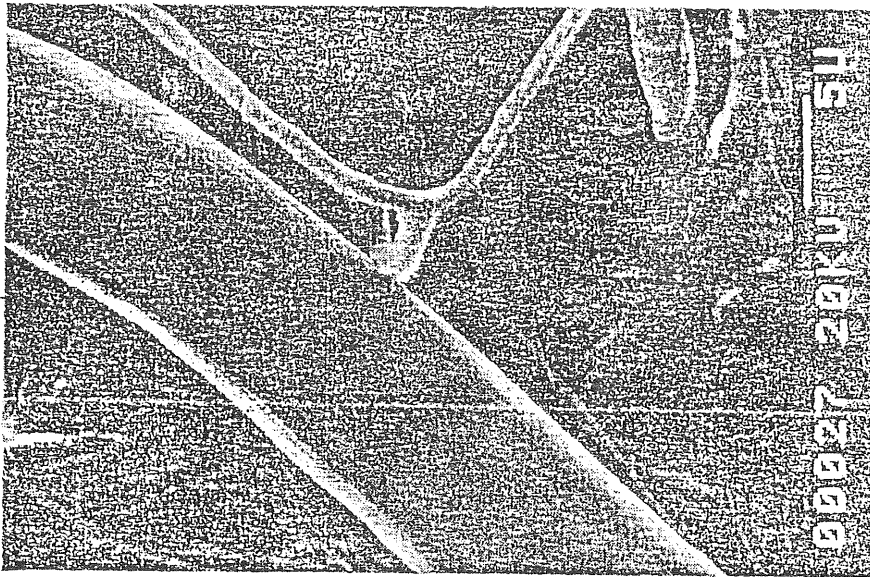
(7) 走査型電子顕微鏡によるマツノザイセンチュウの捕捉機構 (応用生物化学系 山中 啓教授)

走査型電子顕微鏡により捕捉状況を詳細に観察した。センチュウを添加20-30分後に既に菌糸体より分岐した捕捉器官によりセンチュウは捕捉される。捕捉部位には粘性物質の存在が認められる。しかし、*Arthrobotrys oligospora*で報告されているような捕捉環を認めることができず、新しい捕捉方法ではないかと考えられる。また捕捉された線虫は、1-2日後には体表面に無数の突起が認められ、虫体より新しく菌糸が虫体の表皮を突き破って、伸長することも観察した。

5 今後の課題

本捕捉菌の示す強力な殺線虫力は、本菌の生産する殺線虫物質によるものと考えられる。本物質の培養による生産、そしてその単離および構造決定を出来れば本年度中に達成したい。また本菌の捕捉機構をより詳細に観察するとともに、生化学的アプローチを活用して解明したいと計画している。





写真は捕捉菌によるマツノザイセンチュウの捕捉状況（走査型電子顕微鏡）  
（センチュウ添加30分後に固定）

引用文献

- 1) 山中啓 : マツノザイセンチュウの化学的および微生物学的制御. (1980-4月).
- 2) 山崎秀一 : 新潟県におけるマツ材線虫病の現状とその対策. 森林防疫, 29 (12), 226-229 (1980).
- 3) 庄司次男, 早坂義男, 在原登志男 : 宮城・福島両県のマツ類材線虫病の分布と東北地方におけるそのまん延の可能性. 森林防疫, 29 (7), 122-126 (1980)
- 4) 庄司次男 : マツノザイセンチュウ (*B. ursaphelenchus Lignicolus*) の低温耐性. 日線虫研誌, 3, 5-8 (1979).
- 5) 武田丈夫 : 和歌山県におけるマツの枯損とマツノザイセンチュウの分布. 森林防疫, 30 (2), 26-30 (1980).
- 6) 小河誠司, 萩原幸弘 : 材線虫病によるマツ枯損被害拡大の様相について. 森林防疫, 29 (6), 115-117 (1980).
- 7) 真宮靖治 : アメリカ合衆国におけるマツノザイセンチュウの発見. 森林防疫, 29 (3), 54-58, (1980).
- 8) 真宮靖治 : アメリカ合衆国におけるマツノザイセンチュウの発見. (補遺). 森林防疫, 29 (4), 75-76 (1980).
- 9) 中島康博, 小河誠司 : 亜硫酸ガスによるマツの急性害と材線虫病. 森林防疫, 29 (4) 68-71, (1980)
- 10) 特集 松くい虫の天敵. 森林防疫, 29 (2) (1980).
- 11) 田村弘忠, 遠田暢男 : マツノマダラカミキリの蛹室および幼虫から検出される中気門類ダニ. 応動昆, 24 (2), 54-61 (1980).
- 12) 米田公生 : 昭和 55 年度環境科学修士論文. 松枯れの化学生態的防除に関する研究, 209 pp. (1980).
- 13) 山崎徹 : パラコート処理によるテルペン生産とマツノマダラカミキリの誘引-マツクイムシ防除への展望. 化学と生物, 17 (12), 772-773 (1979).
- 14) 池田俊弥 : マツノマダラカミキリの誘引-一種特異性に根ざした生物学的防除をめざして. 化学と生物, 18 (4), 228-230 (1980).
- 15) 田村弘忠 : マツノザイセンチュウを捕える菌. 林業技術, NO. 450, 7-10 (1979)
- 16) 田村弘忠 : 材線虫捕捉菌その後の検出. 森林防疫, 29 (2), 39- (1980).
- 17) 真宮靖治, 田村弘忠 : マツノマダラカミキリの蛹室周辺材から検出された線虫捕捉菌の一種. 森林防疫, 25 (10), 147-149 (1976).
- 18) 奥八郎 : マツノザイセンチュウの代謝毒素. 遺伝, 33 (10), 46-47 (1979).
- 19) H. Ōku, T. Shiraiishi and S. Kurozumi : Participation of toxin in wilting of Japanese pines caused by a nematode. *Naturwissenschaften*, 66, 210 (1979).
- 20) 奥八郎, 白石友紀, 黒住繁久, 太田宏 : マツの枯損とマツノザイセンチュウの代謝毒素

- 森林防疫, 29 (1), 3-6 (1980)
- 21) 小林一三 : 薬剤空中散布とマツノマダラカミキリ成虫の数, 森林防疫, 29 (4), 72-74 (1980)
  - 22) 山崎三郎 : MEP 空中散布地におけるマツノマダラカミキリのひろいとり調査, 森林防疫, 29 (5), 88-92 (1980).
  - 23) 大久保良治 : MEP 剤の残留と環境に与える影響, 森林防疫, 29 (4), 63-68 (1980)
  - 24) 板谷芳隆, 豊田豊, 田中正己 : 松くい虫被害木伐倒駆除薬剤散布確認試験の効果試験, 森林防疫, 29 (10), 181- (1980).
  - 25) 松浦邦昭 : 薬剤樹幹注入によるマツ枯損防止法. 森林防疫, 29 (9), 165-168 (1980).
  - 26) 真宮靖治 : 第91回日本林学会大会会員発表講演から I マツノサイセンチュウ関係 森林防疫, 29 (5), 94-96 (1980).
  - 27) 山根明臣 : 同上 II マツノマダラカミキリ関係, 森林防疫, 29 (5), 96-98 (1980).
  - 28) V. Satchuthananthavale and R. C. Cooke : Trans. Brit. Mycol. Soc., 50, 221 (1967).