

特集：線虫学〔2〕

線 虫 の 天 敵 細 菌

社団法人日本植物防疫協会研究所
にし 西 ざわ 澤 つとむ 務

はじめに

細菌類も線虫類も、共に通常直接目に触れられる存在ではないが、マイクロな生物圏を代表する二大生物群であることはいうまでもない。カンブリア期に出現したといわれる線虫類は、その誕生の瞬間から、既に20~30億年もの歴史をもつ大先輩の細菌類とのつき合いを余儀なくされ、以後現在までの数億年にわたる進化の過程で、様々な相互作用のパターンを形作ってきたことになる。

両者間の直接的または間接的な相互作用の結果は、どちらかの一方にのみ有利な場合と、相互に利益を分かち合っている場合とに大別できるであろうが、それらの具体的現象のほとんどが境界領域における未解明の課題として残されている。しかし、これまでに少しでも明らかにされてきたそれらの相互作用について、自然生態系におけるエネルギー循環の視点など大局的見地から評価してみると、ささやかな彼らの作用のいずれも、終局的には人類の福祉に想像以上に大きなかわりをもっていることが明らかになってくる。

与えられた標記のテーマに従えば、ここでの話題はいわゆる“線虫の伝染性細菌病”に絞るのが本筋ではあるが、はなはだ奇妙なことに、これまでに確認された真正の線虫寄生性細菌は、きわめて特殊な出芽細菌(目)に限られている。したがって、ここではあえて狭義の“天敵”にこだわることなく、やや視野を広めて、線虫の生活や密度変動にかかわる細菌類の作用を概括的に点検してみることにした。

I いろいろな細菌—線虫の相互作用

1 細菌を餌としている線虫

土壌線虫のうち、いわゆる“自活性”または“腐生性”といわれる線虫は、実は食細菌性(bacteriophagous)のものと同食(糸状)菌性(fungivorous)のものと同大別される。代表的な腐生性線虫群である Rhabditida 目の線虫はほとんどが食細菌性で、口器や食道部の構造や機能はそれによく適応しており、 β -グルクロニダーゼなどの細菌の消化に役立つ特殊な酵素の存在も確かめられている。

平均的にみて、自然地の土壌中の細菌密度は生土1g当たり100万~数10億、線虫密度は $1.8^6 \sim 160^6/m^2$ の範囲であり、そのうち50~60%は食細菌性線虫で占められているという。そして、それらの線虫の摂食量については、*Pelodera* sp.では1分間に1頭で42細胞、*Rhabditis marina*では1日1頭 $10^3 \sim 10^7$ 細胞、*Caenorhabditis elegans*の場合は1日1頭約 $1 \mu g$ の細菌量に及ぶとする調査例などがある(POINAR and HANSEN, 1986)。

そのような彼らの貪欲な摂食活動を背景にして、古くから「土地の肥沃度と腐生性線虫の密度の間には正の相関がある」(FRANZ, 1950)などといわれてきているが、そうした効果を実証した代表例として、セルロースやキチン質等の難分解性有機物が土壌中で滞りなく分解され、植物への可給態養分に変えられて再利用される、いわゆる自然のエネルギー循環の全過程は、それらの食細菌性線虫の働き(食細菌活動)が介在してこそ円滑に進行し完結している、といえることを明らかにした貴重な研究報告がある(TROFYMOV and COLEMAN, 1982)。

近年新しい生物モデルとして医学・生理学及び薬学等の分野で盛んに使われるようになった *Caenorhabditis* 属線虫を筆頭とする数種の食細菌性線虫は、しばしば *Escherichia coli* や *Bacillus subtilis* などの素性の知れた細菌を餌として飼育・培養され、分子生物学の発展に役立っている。

2 共利共生的関係

線虫の排せつ物が共存細菌の栄養となるなどの理由で、*Pseudomonas* 属の根圏細菌や下水汚泥分解細菌の活性が線虫存在下で明らかに高まるといわれる事例や、線虫体内に住みついた細菌が、線虫に必要な代謝産物を供給しているという事例などが挙げられるが、典型的な共利共生関係(mutualism)は、*Steinernema* や *Heterorhabditis* などの昆虫寄生性線虫とその共生細菌 *Xenorhabditis* spp.との間にみられる。これらの線虫は昆虫に対する毒素を生産し殺虫作用の決め手となっている *Xenorhabditis* 属の細菌が存在しないと増えられないし、一方 *Xenorhabditis* 属菌はこれらの線虫体内以外からは検出されず、線虫が媒介者となることが不可欠なのである(POINAR and HANSEN, 1986)。

3 細菌の媒介者としての線虫

Agrobacterium, *Pseudomonas*, *Erwinia* 等の属の土壌病の病原細菌が増えている罹病植物組織や、病原細菌が増えているマッシュルーム栽培床には食細菌性線虫がよく集まって増殖し、分散して病原細菌を媒介・拡散させるため、被害が激化することが多い。ネコブセンチュウやラセンセンチュウなど植物体の地下部に寄生する線虫も、しばしばそれらの土壌伝染性植物病原細菌の媒介役を果たしている。

イチゴの“カリフラワー病”は、ハガレセンチュウがその体表につけて運んだ細菌、*Corynebacterium fascians* と共に混合感染して生ずる典型的な複合病であり、現在もオーストラリアの一部の放牧地で深刻な問題となっている牛や羊の奇病(罹病草草に含まれる神経毒による大量の家畜の急死現象)は、ライグラスにツブセンチュウの一種と *Corynebacterium rathayi* が混合感染したとき、罹病穂のゴールに猛毒物質が生成されるためである(LANIGEN, et al., 1976)。

マメ科植物にとって重要な窒素固定共生細菌である根粒バクテリアは、*Cephalobus* 属や *Macrolaimus* 属などの線虫の体内を通過しても生き残っており、それらの線虫が土壌中での根粒バクテリアの分散に役立っている一方、シストセンチュウやネコブセンチュウは、直接的な加害作用に加えて、機構は不明ながら、はっきりした根粒形成を阻害するという副次的作用をもっており、マメ科作物の線虫害を相乗的に増大させている(POINAR and HANSEN, 1986)。

II 細菌類による間接的な線虫密度抑制作用

腐生性の線虫の体内に細菌の存在を記録した報告は少なくないが、線虫への病原性が確かめられた事例は、出芽細菌を除いては事実上皆無の状態である。まして、植物寄生性の線虫——必要条件として、特殊な口器構造すなわち口針を備えており、その内腔は通常細菌細胞を通過させ得る程に大きくない——では体内に細菌の存在を認めることすらきわめてまれである。

しかしながら、多くの土壌細菌は直接的な寄生性もたないものの、有機物の分解に深いかかわりをもっており、その過程で生ずる分解産物や代謝産物が鍵となつてしばしば線虫に毒性や拮抗作用あるいは阻害作用をもたらしていることが明らかである。したがって、有機質資材の投与により有害線虫の密度低下がみられるとき、その重要な要因はこの辺りに存在するものと考えられる。片害作用(amensalism)と呼ばれるそのような現象の具体例として以下のような報告がある。

1 殺線虫性物質が作用する場合

(1) 脂肪酸類

JOHNSTON (1957) はアメリカの水田で、イシユクセンチュウ等の密度が *Clostridium* 属の嫌気性土壌細菌の働きで生成される揮発性脂肪酸類の殺線虫作用により、顕著に低下することを最初に発見した。それらの個々の有機酸の相対的殺線虫作用はおおむねそれぞれの分子量に比例し、酪酸>プロピオン酸>酢酸>蟻酸の順序であるが、それらの混合物の作用には連合作用がみられ、それぞれの単剤の作用に比べて相乗的に強化されることも明らかにした(JOHNSTON, 1959)。水田における同様な効果は他の研究者によって追認されており(HOLIS and RODRIGUEZ-KÁBANA, 1967)、畑地においても PATRICK et al. (1965) や SAYRE et al. (1965) により、麦稈類や緑肥をすき込んだときに生ずる分解産物が、腐生性の線虫に対するよりもネコブセンチュウやネグサレセンチュウに対して10倍も強い殺線虫力を示すことを認め、その主成分はやはり酪酸であることを確かめている。鶏糞類の土壌施用に伴う顕著な線虫密度抑制効果にも、その分解の過程で生ずるこれら非解離の脂肪酸類が重要な要因として働いているようである(BADRA et al., 1979)。

(2) 可溶性硫化物

硫酸塩還元作用をもつ嫌気性の *Desulfovibrio* 属の土壌細菌などの働きで生ずる硫化水素などの可溶性硫化物が水田や畑地の有害線虫の密度抑制に役立っているといわれる(RODRIGUEZ-KÁBANA et al., 1965; JACQ and FORTUNER, 1979; BADRA, et al., 1979)。

(3) アンモニア

植物残渣や動物性有機物が土壌中で分解してゆく過程で、アンモニア化成菌の働きで生ずるアンモニアも線虫の密度制御に重要な役割を果たしているといわれる(RODRIGUEZ-KÁBANA, 1986)。

(4) 菌体外毒素類

害虫防除に利用されている *Bacillus thuringiensis* の菌体外毒素がネコブセンチュウその他の防除にも有効とする報告がある(PRASAD et al., 1972; IGNOFFO and DROPKIN, 1977)。実用面からの検討が望まれる。

KATZNELSON et al. (1964) は、*Caenorhabditis*, *Rhabditis*, *Panagrellus* などの食細菌性線虫の虫体を液体培地や寒天培地中で溶壊させる粘液細菌 *Myxobacterium* 属の1種を検出したが、これは奇妙にも口針をもった食菌性線虫や植物寄生性線虫には全く無影響であったという。

一方、IZUKA et al. (1962) によれば *Pseudomonas* 属の土壌細菌 134 菌株について調べた結果、約半数の 69 菌株から *Rhabditis* 属線虫とネコブセンチュウの両者におお

むね同様に殺線虫作用または虫体溶壊作用が認められたという。WALKER et al. (1966) は、培養液がネグサレセンチュウに強い致死作用を示す *Bacillus* sp. を記録している。

2 線虫の発育や行動に異常をもたらす場合

土壤細菌の種々な代謝産物による直接的な殺線虫作用とは別に、様々な要因が複合的に集約された結果として、線虫のふ化や寄主への誘引・侵入等の正常な行動の阻害や発育阻害を引き起こし、結果的に有害線虫の密度制御に役立っているという場面のあることが、最近明らかにされつつある (KATZNELSON and HENDERSON, 1964; OOSTENDORP and SIKORA, 1989, 90)。

III 植物寄生性線虫に寄生する細菌類

1 *Pseudomonas* 属の細菌

既に述べてきたように、線虫類に寄生する細菌は、次項で述べる出芽細菌に事実上限定されていることは甚だ不思議なことである。出芽細菌以外で植物寄生性線虫の病原の可能性が考えられるものとしては、古く ADAMS and EICHENMULLER (1963) によりアメリカオオハリセンチュウから検出された *P. denitrificans* が唯一の記録である。本細菌は経卵伝染するものようで、温室内での本線虫の増殖が困難であったことの主要因と考えられたが、その後本細菌についての客観的な再確認の報告は見当たらず、かつ共生微生物であった可能性も高い。

このほかに数種のシストセンチュウの体内からリケッチア様微生物が検出されているが、それらも線虫体組織に起す病理的变化はほとんどみられず、したがって、共生者の可能性が高い (SAYRE and STARR, 1988)。

2 出芽細菌 *Pasteuria penetrans*

線虫類に対する真正の病原細菌として、長い間“胞子虫”と呼ばれてきた珍しい細菌群がある。それは、植物寄生性線虫については、Thorne (1940) によりネグサレセンチュウに寄生するものがアメリカで最初に発見され、カイコの微粒子病の病原 *Nosema bombysis* と近縁な原生動物微胞子虫類ノセマ科に属すべきものとみなされ、仮に *Duboscqia penetrans* と命名された。その後追々世界各地の各種線虫から同種とみられるものの存在が記録され、寄生率の高さなどから有力な天敵とみなされるようになったものの、それらの形態や生理・生態、そして線虫密度制御機能等にかかわる試験研究はわずかに、三の研究者によっていわば片手間に進められてきたにすぎない。

かくして 35 年が経過した後に、それらは原生動物ではなく、原核細胞性の微生物であることが電顕観察や細菌

学的手法を導入した実験によって証明され、真正細菌類の *Bacillus* に所属させるのが適当とする提案が MANKAU (1975) によってなされたが、細菌学分野においてそのことが容認されるには至らなかった。このため SAYRE and STARR (1985) は、これらの所属について多面的な精査検討を重ねた結果、シュードモナス類出芽細菌目の *Pasteuria* 属に所属させるべきものとする見解を表明した。これによって本細菌の所属をめぐる論争に終止符が打たれた訳である。

ちなみに、*Pasteuria* 属は、約 100 年前に METCHNIKOFF (1888) によってミジンコに寄生していた新属新種の微生物が *P. ramosa* と命名され、開設間もないパスツール研究所の業績として発表されたものである。以来今日までの約 1 世紀の間、それ以外の種の記載がまったくなかったことから、本属細菌の特殊性がうかがえる。

この天敵細菌の生活環は、寄主線虫のそれと見事に同調している。例えばネコブセンチュウに寄生するものでは、直径約 4 μm で血形の胞子囊に包まれた直径約 1 μm 前後の球形の厚膜内生胞子が耐久態かつ感染態のステージである。つまりこの状態で土壤水の動きや耕耘等によって受動的に分散し、好みの寄主線虫に遭遇できるまで長い年月の間耐久生存している。土壤中を移動する寄主線虫(2期幼虫)に触れることができると、その体表にあたかも吸盤作用が働いているかのようにして着生する(図-1参照)。幼虫の体表への胞子の着生程度におおむね対応して寄主組織への侵入が阻害され、著しい感染をうけた幼虫は活性を失い死滅してゆくが、軽度に感染された幼虫は健全な幼虫と同様に寄主植物の根内に侵入して

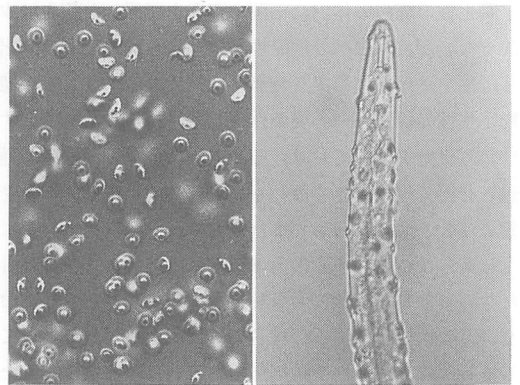


図-1 ネコブセンチュウ類にだけ特異的に寄生する出芽細菌
左：感染期の胞子群。直径約 4 ミクロンの血形の胞子囊の中央部に球形で径約 1 ミクロンの内生胞子がある。
右：多数の胞子が体表にとりついたネコブセンチュウの感染期幼虫の先端部分。

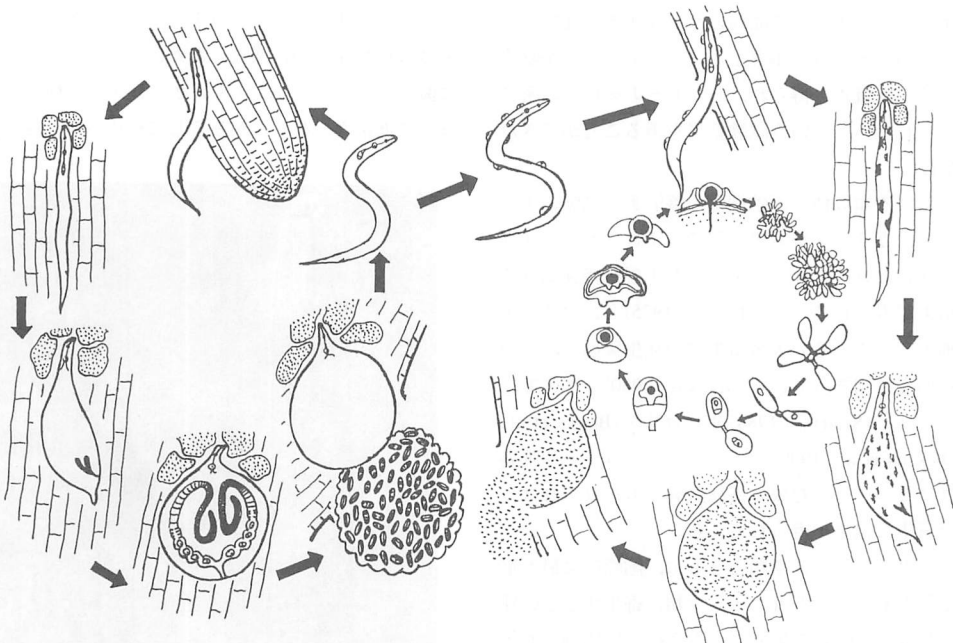


図-2 約4週間で完了する健全なネコブセンチュウの生活環(左)と、それに同調した罹病線虫及び病原出芽細菌の生活環(右)。

成長を始める。すると体表に着生していた胞子は発芽管を出し、角皮を貫通して線虫体内に侵入し、まず塊状の葉状体を形成する。葉状体は成長しつつある線虫の体内成分を栄養として迅速に二分裂法を繰り返しながら盛んに増殖する。かくして健全な寄主線虫が一代を終える約4週間目ごろになると、被寄生線虫も一見健全線虫と変わりなく西洋梨形を呈するようになるが、その内部にはちょうど一代を終え、孢子形成を完了して無数に増えた内生孢子(寄主1頭当たり約 2×10^6 個)が充満している。そのような罹病線虫(既に死がいととなっている)の体表はつぶさに比較すれば、色彩が健全なものと若干異なり、かつ破れやすく、次の感染源となる孢子を土壤中に流出させる。したがって罹病線虫は寄主植物組織に若干の加害作用を及ぼすが、産卵・増殖はできない。このため、世代数を重ねるたびに土壤中の孢子密度は指数曲線的に増加し、それに対応して寄主線虫の密度は低下してゆくことになる(図-2参照)。

筆者は、長年温室内でポットを用いて継代飼育をしてきたネコブセンチュウの一集団が、この種の天敵細菌のために全滅させられた経験をもっている。この微生物は後述するように、人為的利用の観点からいくつかの有利な特性を備えていることも追々明らかになってきたこともあって、長期的な評価さえするならば、必ずや望まし

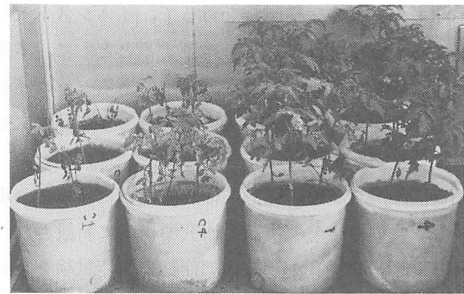


図-3 トマトの生育差で示した出芽細菌(ネコブセンチュウ系統)の線虫密度抑制機能の予備的検証実験
左6鉢：サツマイモネコブセンチュウの高密度土壌区(対照区)
右6鉢：同じ土壌4容に出芽細菌汚染土壌1容を混和した処理区。

い結果が期待できることを確信しながら、種々な接種試験等による線虫密度抑制機能の実証を試みてきた。その結果、まず最初に、本天敵が発生している土壌を健全なネコブセンチュウの高密度土壌に重量比で20%混合した実験で、予想以上に速効的かつ顕著なネコブセンチュウ防除効果が得られた(図-3参照)。次にやや規模を広げて野外のコンクリート枠試験で、ネコブセンチュウ高密度土壌に本天敵細菌汚染土壌を2.5t/10aの割合で1回だ

け混和接種し、以後感受性品種のサツマイモを連作してきたところ、6~8年目で事実上ネコブセンチュウが駆逐され、顕著な収量差も得られ、しかもその後線虫の密度復活もみられない、という試験結果を得ることができた(図-4参照)。

海外における類似種の天敵細菌の機能実証試験の主なものとして、カリフォルニア大学でのネコブセンチュウ及びネグサレセンチュウを対象とした小規模接種試験で有望な結果が得られている(MANKAU, 1975)し、セネガルの現地圃場でのこの種の天敵微生物の発生状態は、その有効性を如実に物語っている(MANKAU, 1980)。加えて、オーストラリア(STIRLING, 1984)やフロリダ(BROWN et al., 1985; DICKSON et al., 1990)でのマイクロプロットや圃場でのネコブセンチュウ対象の接種試験でもそれぞれはつきりした有望な結果が得られている。

一方、ネコブセンチュウ類とともに、国際的に最も重要な線虫群であるシストセンチュウ類に寄生するこの種の天敵細菌は、これまで世界未記録であったが、約20年前に筆者は元農事試験場畑作部(北本市)の陸稲連作区の異常に低密度のイネシストセンチュウ集団から、シストセンチュウ類にのみ特異的に寄生する系統を発見した(図-5, 6参照)。

早速ポットでの接種試験を行って、イネシストセンチュウに対する密度抑制効果を検証するとともに、本系統は国際的に恐れられている重要線虫であるジャガイモシストセンチュウやダイズシストセンチュウも同様に寄生することを確かめ得た。

さらに、国立試験研究機関の筑波移転に伴って、現つくば市観音台の農業環境技術研究所構内に新設された試験圃場で、1980年度から数種畑作物の連作試験を開始したところ、陸稲連作区で次のような現象が認められた。

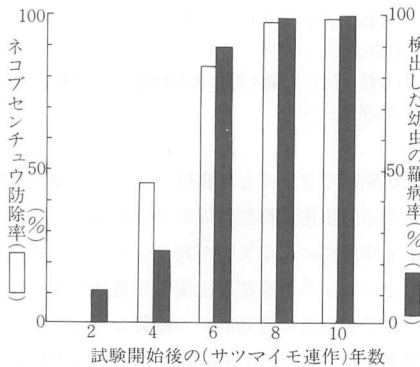


図-4 出芽細菌汚染土壌接種による野外コンクリート枠でのサツマイモネコブセンチュウ密度制御試験結果

すなわち、連作開始4年目まではイネシストセンチュウ密度は指数曲線的に増大したが、5年目からは逆に急激に減衰し、6年目にはシストセンチュウの検出は困難なほどに低密度となり、かろうじて検出された線虫はほぼ

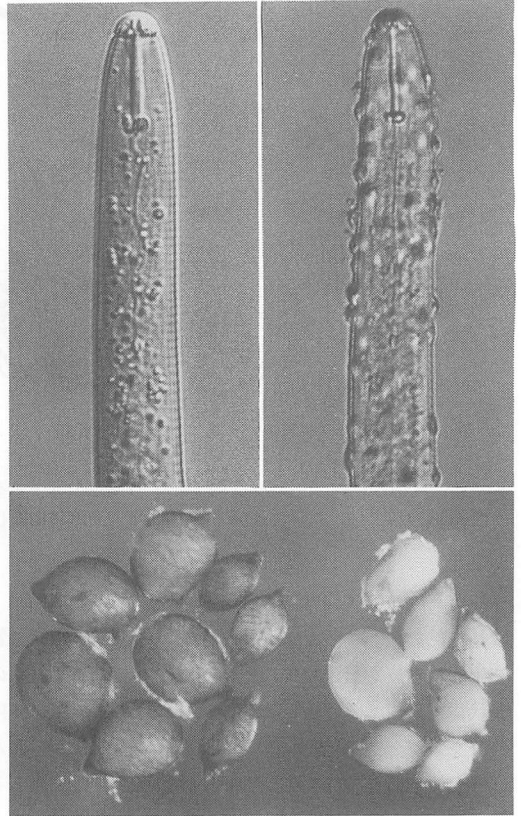


図-5 シストセンチュウ類にだけ特異的に寄生する出芽細菌
 上左:健全なダイズシストセンチュウの幼虫の先端部分。
 上右:多数の胞子にとりつかれた幼虫の同じ部分。
 下左:健全な幼虫から生じた健全な蔵卵シスト(シストの短径は約0.5mm)。
 下右:胞子が寄生した幼虫から生じた雌虫の死体。

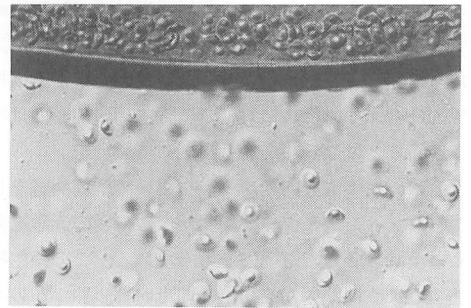


図-6 胞子が充満している罹病シストの部分と、流出した胞子群

100%が出芽細菌の寄生を受けていることが確かめられた。つまり、本天敵細菌が線虫密度自然減衰の決定的要因と認められたのである。

続いて1984年の秋には、栃木県農業試験場黒磯分場のダイズシストセンチュウ抵抗性品種検定圃場において、線虫密度が年々減衰してきてもはや検定試験の続行が困難な状況にあることを教えられた。早速実態調査を行った結果、ここでの線虫密度の自然減衰現象もイネシストセンチュウの場合と同種の天敵細菌の働きが決定的な要因とみて間違いないことがわかった。すなわち、同圃場からかろうじて検出される線虫はほとんどすべてが本細菌の感染を受けており、同圃場産の汚染土壌に健全なシストを接種しても線虫の増殖は起こらなかったが、同じ汚染土壌を高圧滅菌処理して本天敵細菌を除去した場合には、接種線虫の正常な増殖が認められたのである(NISHIZAWA, 1988)。

これらの出芽細菌の有害線虫防除への利用上有利な性質としてこれまでに分かったことは、①驚異的な乾燥耐性や高温耐性を持ち、しかも数年間以上に及ぶ耐久生存性をもつために、環境適応性が著しく高く、適用条件がほとんど問題とならないし、取り扱いや保存が容易かつ便利であり、他の多くの生物の寄主一寄生者の組み合わせでみられているような、寄主線虫の密度復活が問題にならず、②各種の殺線虫剤に対して線虫以上に強い耐性を示すので、化学防除との併用も可能であり、③寄主特異性が著しく高いので、不必要な生態系のかく乱を招くおそれや、人畜への悪影響も全く考えられないこと、などである(西澤, 1989)。

反面、異常な程の寄主特異性をもつことが災いして、現在のところ人工培地等を利用した工業的大量培養法の開発が甚だ困難で未成功である点が、生物農薬としての普及を阻んでいる最大の問題点である。しかしながら、上記のように各種の逆境に対して強い耐性をもつことから、次善の策として、例えば寄主線虫と本天敵細菌が混合感染している植物根を大量に育て、それを乾燥粉末製剤とすることで(本細菌の胞子のみが生残している)効率的な接種源を調製しうることはわかっている(STIRLING and WACHTEL, 1980)。

お わ り に

長い間渴望されてきた卓効をもつ実用殺線虫剤の第1号として、戦時中にハワイで開発されたD-D剤を筆頭に、ハロゲン化炭化水素系の数種の土壌くん蒸剤は、線虫防除の決め手として国際的に広く愛用されてきたが、いまやそれらに対する使用規制の気運は日ごとに高まり

つつあり、それらに替わる新しい防除技術の開発が研究者に期待されている最近の大きな課題である。

そのような背景から、斯学分野においてもバイオコントロールにかかわる研究の比重が必然的にしだいに高まりつつあり、有望な素材の探索・評価や実用技術開発を指向した研究が増えつつある。

かくして、最近の動向としては、これまでの長い間線虫天敵の中で最も重要なものとして幻想的に高い評価と期待が寄せられてきた“線虫捕食菌”については、もはやおおむね見切りがつけられ、代わって糸状菌では *Paecilomyces*, *Verticillium*, *Nematophthora*, *Hirsutella* などの内部寄生菌の優れた機能が次第に浮き彫りにされ、一部実用化が進められつつある(JATALA, 1986; KERRY, 1987)。

天敵細菌としては、唯一の *Pasteuria* 属の出芽細菌についてその確かな機能が各国で追々確かめられ、広く国際的にしだいに大きな期待が寄せられつつある(SAYRE and STARR, 1988; DICKSON et al., 1990)。そして多くの先進諸国の公的及び私的研究機関でその大量培養法の開発研究が静かに進められつつある。その成否の如何を問わず、現に *Pasteuria* 属の線虫天敵細菌はいろいろな農業の現場において、有害線虫の密度制御に重要な機能を自然的に果たしている場合があることは疑いない。したがって、速効的・即決的效果の追求にのみこだわる場合を除けば、今でも本天敵細菌の力を借りて、貴重な耕地や施設の耕土を徐々に線虫抑止型土壌に改善してゆくことは可能なはずである。

引 用 文 献

- 1) ADAMS, R. E. and J. J. EICHENMULLER (1963): *Phytopathology* 53: 745.
- 2) BADRA, T. et al. (1979): *Revue Nématol.* 2: 29~36.
- 3) BROWN, S. M. et al. (1985): *Soil Biol. Biochem.* 17: 483~486.
- 4) DICKSON, D. W. et al. (1990): *Proc. 2nd Internatl. Congr. Nematol.* p. 70.
- 5) FRANZ, H. (1950): “*Bodenzoologie als Grundlage der Bodenpflege*”, Akademie-Verlag, Berlin. 316pp.
- 6) HOLLIS, J. P. and R. RODRIGUEZ-KÁBANA (1967): *Phytopathology* 57: 841~847.
- 7) IGNOFFO, C. M. and V. H. DROPKIN (1977): *J. Kans. Entomol. Soc.* 50: 394~398.
- 8) IIZUKA, H. et al. (1962): *Agric. Biol. Chem.* 26: 199~200.
- 9) JACQ, V. A. and R. FORTUNER (1979): *Revue Nématol.* 2: 41~50.
- 10) JATALA, P. (1986): *Ann. Rev. Phytopath.* 24: 453~489.
- 11) JOHNSTON, T. (1957): *Phytopathology* 47: 525~526.
- 12) ——— (1959): *Nature* 183: 1392.
- 13) KATZNELSON, H. and V. E. HENDERSON (1964): *Canad. J. Microbiol.* 10: 37~41.
- 14) ——— et al. (1964): *ibid.* 10: 699~704.

- 15) KERRY, B. R. (1987): in "Principles and practice of nematode control in crops" AP, pp. 233~263.
 16) LANIGEN, G. et al. (1976): Austr. Vet. J. 52: 244~246.
 17) MANKAU, R. (1975): J. Inverteb. Pathol. 26: 333~339.
 18) ——— (1980): J. Nematol. 12: 230.
 19) METCHNIKOFF, M. E. (1888): Ann. Inst. Pasteur 2: 165~170.
 20) NISHIZAWA, T. (1988): Proc. 5th Internatl. Congr. Phytopath. p. 151.
 21) 西澤 務(1989): 第1回バイオコントロール研究会講要, 21~30.
 22) OOSTENDORP, M. and R. A. SIKORA (1989): Revue Nématol. 12: 77~83.
 23) ——— (1990): ibid. 13: 269~274.
 24) PATRICK, Z. A. et al. (1965): Phytopathology. 55: 702~704.
 25) POINAR, G. O. and E. L. Hansen (1986): Helm. Abst., B-55 : 61~81.
 26) PRASAD, S. S. V. et al. (1972): J. Invertebr. Pathol. 20: 377~378.
 27) RODRIGUEZ-KABANA, R. et al. (1965): Science, 148: 524~526.
 28) ——— (1986): J. Nematol. 18: 129~135.
 29) SAYRE, R. M. et al. (1965): Nematologica 11: 263~268.
 30) ——— and M. P. STARR (1985): Proc. Helm. Soc. Wash. 52: 149~165.
 31) ——— (1988): in "Diseases of nematodes, vol.1", CRC, Boca Raton, pp. 69~124.
 32) STARR, M. P. and R. M. SAYRE (1988): Ann. Inst. Pasteur/Microbiol., 139: 11~31.
 33) STIRLING, G. R. and M. F. WACHTEL (1980): Nematologica 26: 308~312.
 34) ——— (1984): Phytopathology 74: 55~60.
 35) THORNE, G. (1940): Proc. Helm. Soc. Wash. 7: 51~53.
 36) TROFYMOW, J. A. and D. C. COLEMAN (1982): in "Nematodes in soil ecosystems" Univ. Texas Press, Austin, pp. 117~138.
 37) WALKER, J. T. et al. (1966): Canad. J. Microbiol. 12: 347~351.

本会発行図書

農薬用語辞典 (改訂版)

日本農薬学会 監修

「農薬用語辞典」(改訂版)編集委員会 編

B 6判 112 ページ 1,422 円 送料 210 円

農薬関係用語 714 用語をよみ方, 用語, 英訳, 解説, 慣用語の順に収録。他に英語索引, 農薬の製剤形態および使用形態, 固形剤の粒度, 液剤散布の種類, 人畜毒性の分類, 魚毒性の分類, 農薬の残留基準の設定方法, 農薬希釈液中の有効成分濃度表, 主な常用単位換算表, 濃度単位記号, 農薬関係機関・団体などの名称の英名を付録とした必携書。講習会のテキスト, 海外出張者の手引に好適。

お申込みは前金 (現金・振替・小為替) で本会へ

本会発行図書

日本有用植物病名目録

日本植物病理学会 編

第3巻 (果樹編)

B 6判 198 ページ

定価 2,369円(税込み) 送料 210円

採録樹種: 温帯果樹, 熱帯果樹など 43 種

第4巻 (針葉樹編)

B 6判 232 ページ

定価 3,605円(税込み) 送料 260円

採録樹種: 林木, 緑化樹, 竹笹など 112 種

第5巻 (広葉樹編)

B 6判 512 ページ

定価 4,017円(税込み) 送料 310円

採録樹種: 林木, 花木, 緑化樹など 387 種

お申込みは前金 (現金・振替・小為替) で本会へ

(なお, 第1, 2巻は日本植物病理学会で発行しております)