

日本線虫学会ニュース

Japan Nematology News

目次

◆会長挨拶（真宮靖治）	1
◆事務局から	
1999－2000年度役員選挙投票のお願い	2
1999年日本線虫学会大会事務局連絡先の訂正	3
◆記事	
線虫 <i>C. elegans</i> の全ゲノム解読によせて（三輪錠司）	3
パストリアの農薬登録にあたって（西牟田耕一）	8
天敵出芽細菌の実用化と今後の課題（上田康郎）	10
輪作がダイコン、サトイモの 複数有害線虫に強い効果（農業研究センター野菜生産研究室）	11

会長挨拶

真宮靖治（玉川大学）

線虫学会にとって 1998 年は転機となる年でした。学会費値上げがその象徴です。総会での承認を得て、1999 年度からの実施となりました。線虫研究会発足以来維持してきた学会費について、諸般の情勢を検討した結果として初めての値上げに踏み切ったのです。学会の今後の発展を支えるための財政的基盤を確固とする必要性があったことご理解いただき、会員諸氏の一層のご協力をお願いいたします。これまでの会員、250 有余名、の皆様が引き続き線虫学会を支えてくださるよう切にお願い申し上げます。農林水産業をはじめとして、医学や基礎生物学を含む広い分野にわたるわが国の線虫問題と、基礎的分野で、また応用面において関わる学会としての発展こそわ

れわれの目指すところです。

会長としての責務を考えると、なかなか厳しい現状を認識せざるを得ません。学会誌発行の遅れは、なによりも会員の皆様にお詫びしなければならないことです。編集委員長の努力も及ばず、残念ながら発行が大幅に遅れてしまいました。基本的には投稿原稿数の不足が最大の原因ですが、今後は編集方針を含めた根本的な見直しを行い、年 2 回発行の実現に努めたいと期しております（会長抱負として）。いうまでもなくこの問題に関しては、会員の皆様の協力こそ最大の解決法であります。学会の維持・発展への貢献を学会誌への論文投稿で果たしていただきたくここに、1998 年初頭の挨拶に引き続きお願いする次第です。なお、編集委員長の報告では、1998 年度学会誌の 1・2 号合併号および特別号（昨年 8 月つくばで開催した日本線虫学会国際シ

ンポジウム論文集)は3月までには発行される見通しということです。今後の学会誌発行に関する改善策などにつき、評議員会、編集委員会での検討を重ね、早い機会にその内容などを皆様にお知らせできるように努めます。会員の皆様のご意見も大いに参考にしたいところです。

1998年の総会でもお話しした当面の事業計画として、線虫和名の再検討と線虫学用語集の改訂がありますが、これらについては、取り組みの体制が整い、すでに一部取りかかっています。なるべく早い実現を図るよう担当者の皆様の一層のご尽力を期待いたします。その他、学会活動として必要な事業については(学会年次大会の開催など)、線虫学に対する社会的要請の認識のもと、積極的に取り組み学会存在の意義を明確にしていかなければなりません。

国際的活動については、本学会もその構成学会となっている国際線虫学会連合(International Federation of Nematology Societies: IFNS)が主催する第4回国際線虫学会議(Fourth International Nematology Congress: FINC)への参画が当面の課題です。2002年の開催ですが、現在その開催地決定の手続きが進行中です。佐賀大学石橋教授および日本線虫学会長として真宮がcouncilorとしてIFNSの運営に参加しており、これまで開催地候補の選定にあたっての投票などを行ってきました。候補地は、San Diego (SONによる立候補)、Teneriffe (ESNによる立候補; カナリー諸島)、New Dehli (インド線虫学会による立候補)、Pretoria (南アフリカ線虫学会による立候補)の4カ所があげられましたが、投票の結果、PretoriaとTeneriffeが上位2カ所として、さらなる投票の結果でいずれかに決めるということになってい

ます。つまり、どちらかが次の国際線虫学会議の開催地になるということです。councilorsの投票締め切りは3月末となっています。日本線虫学会も第5回、あるいはそれ以後において、開催地としての立候補が出来るような実力を培っていききたいものです。

行政改革の方向としてあげられてきた国立研究機関の独立行政法人化が、その是非は別として、現実のものとなる動きが渦中の研究者からも伝わってきております。研究の進め方が大きく影響を受けるのではないかということは部外者としても予想するところです。そうしたなかで、線虫関連の研究はどうなるのでしょうか。各都道府県はもちろん民間の研究機関への影響の波及は必至と考えられ、学会としてもこうした状況への対応が必要になるでしょう(会長私見)。1999年は、学会として、またあらたな転機を迎えることになりそうです。本文の最後に再び会員の皆様の一層のご協力を要請する次第です。

事務局から

1. 1999-2000 年度役員選挙

投票のお願い

ニュース No. 15 でお知らせした通り、現在 1997-98 年度の会長選挙および評議員選挙が公示されています。会長や評議員は本学会の運営に責任を持ち、その発展方向を左右しますので、日本線虫学会の運営上、なるべく多くの会員の意見が反映されることが重要です。選挙期間は、1999年3月19日(金)正午(必着)までです。ニュース No. 15 にある投票方法及び投票上の注意事項をご参照の上、必ず投票下さいませようお願いします。

2. 1999 年日本線虫学会大会

事務局連絡先の訂正

ニュース No.15 では、1999 年（第 6 回）日本線虫学会大会についてお知らせしましたが、大会事務局の連絡先に誤りがありました。大会事務局の正しい連絡先は以下の通りです（____：訂正箇所）。

京都大学大学院農学研究科

地域環境科学専攻微生物環境制御分野

二井一禎

〒606-8224

京都市左京区北白川追分町

Tel 075-753-6060, Fax 075-753-6173

E-mail: futai@kais.kyoto-u.ac.jp

【記 事】

線虫 *C. elegans* の

全ゲノム解読によせて

三輪錠司（NEC 研究開発グループ）

この原稿を頼まれたとき、何を書いたらいいいのかまったく分からなかったの、引き受けるかどうか判断する時間を数日いただいた。読者や編集者が期待しているのは、全ゲノム解読の意味や意義であり、それで何が分かり今後の研究にどのようなインパクトを与えるのか、ということではないか。しかしこのようなことは、すでに著名なジャーナルや専門誌に続々と書かれているし¹⁻³⁾、今後も飽くほど書かれるに違いない。そこには自分の役割はないと判断したが、では何を書いたらいいのか。頼まれてから数日後やっと、このニュースの主人公である John SULSTON の科学に対する考え方と彼のプロジェクトに絡む米国と英国における民と官の動きを描いてみようと思った。

科学するときの大切なところ構えを

SULSTON に聞いたことがある。「自然はいつも語りかけている。われわれはそれを素直に聞けばよい。」と応えてくれた。なるほど、細胞の系譜作りにしても今回のゲノム解読にしても「自然が語りかけることを、素直に聞いた」結果以外の何物でもない。彼はまた自分の研究の有用性をまくし立てたりしない。「意味のないプロジェクトに弱い（が好き）」とやんわりとしたジョークを口にする。「有用性を述べよ」とか「こんなことやって何になる。そんなこと研究しても何の役にも立たん」とか言われ別にそれほど違和感を持たない文化にどっぷり浸かっている頭には正にアンチテーゼそのものである。SULSTON のやり遂げたことは筆者から見れば偉業である。意味がないどころか、世界中が基礎、応用の別なくその結果の有効利用を虎視眈々と狙っている。この“大いなる”矛盾をどう解釈するのか。読者諸氏に熟考を願わずにはいられない。

SULSTON がゲノム解読に必要な資金を獲得してゆく過程を見聞きすると、官が民の金を吸い上げ再分配する「スタテック」なシステムと民と官あるいは民と民が組んづ解れつづつかりながらますます前者に傾斜し勝ちな日本にも後者を育てさせるしくみがもっと真剣に考えられてもよいのではないか。さて本題に入ろう。

予告通り 1998 年の終わりに線虫 *C. elegans* の全ゲノム解読が発表された。すでに数年前から予告されていたこととは言えやはりショックを覚えずにはいられなかった。しかしこのような大業は、やるべき人、組織をもつことが可能な文化にあってこそできることを納得させる出来事でもあったので、奇妙な安堵感もある。

振り返ってみると、筆者が線虫 *C.*

elegans を始めた 1974 年の初夏、BRENNER 派（注 1）と呼ぶべき研究者の総数は、世界中に学生を含めても 20 名いるかないかの状況であった（注 2）。当時発表されていた論文はただ一編（注 3）で、当の BRENNER でさえまだ一編も発表していなかった（注 4）。ハーバード大学の Ward 研究室に来て数ヶ月たった 1974 年のある日 1 編の分厚い preprint（素原稿）を手にした。これが、かの *The genetics of Caenorhabditis elegans*⁴⁾ であった。1 倍体のファージと大腸菌の遺伝学に慣れた筆者には 2 倍体でしかも雌雄同体の遺伝学は理解するのに少し時間が掛かったが、*C. elegans* の材料としての底知れぬ可能性を改めて確信した。この論文を *Genetics* 誌上で見たのは、その年の暮れか明けて正月であったと記憶している。

同じ号の *Genetics* に BRENNER はもう 1 編発表しており、論文のタイトルは *The DNA of C. elegans*⁵⁾ である。この論文の第 1 著者はその後の *C. elegans* 研究をリードすることになる SULSTON である。全ゲノム解読の主役であり、今では現代生物学を代表する時の人である。現在も 20 年余りまえ知り合ったときと口調はまったく変わっていない。物静かではあるがやや早口で、話し上手でもないのに英語を母国語としない者にはちょっと分かりづらい。言わずと知れた細胞系譜の作成者であるが、細胞系譜の研究に入るきっかけが面白い。成熟した卵母細胞は、受精に失敗すると核内有糸分裂を始めるので核内の DNA 量は何倍にもなる。偶然の発見は、*nuc-1* という核内有糸分裂の起こらない突然変異体をフォイルゲン反応で DNA 染色し顕微鏡観察をしているときに起こった。「孵化幼虫と成虫で染色される体細胞の数が違う、特に腹側

神経索を形成する細胞の数が顕著に増えている」ことを発見する。その当時「みんな」BRENNER の言うとおり孵化後体細胞の数は増えないと信じていたので、これは驚愕に値するビッグニュースだった。「みんな」とカッコ付にしたのには訳がある。この「みんな」とは、所謂 BRENNER 派に帰依する極めて小さな集団であり、当の SULSTON を含めてこの集団には線虫の研究史を知るものがいなかったからこのニュースに驚いたのである。すなわち、ドイツでは 19 世紀後半から細胞系譜の研究が始まっており、異種線虫とは言え 1953 年に WESSING が、1970 年には HECHLER が孵化後にも細胞が増殖することをすでに報告していたのだ。

SULSTON がこの史実にいつ気づいたかを訊ねたことはないが、発見後すぐ気づいたとしても怯んだり興ざめして細胞系譜の追跡を止めることはなかったと思われる。何故か。1983 年 *C. elegans* の細胞系譜が完成すると間もなくゲノム解読に着手している。そのとき「そんなことより何故もっと生物学的な問題に興味をもたないのか」と問われて、『自分は壮大で意味のないプロジェクトに弱いからだ』と冗談半分に答えていたのを思い出す。おそらく彼はこの自分の「弱さ（興味・熱情）」を、孵化後の細胞増殖を発見し（歴史的には再発見でも）細胞系譜を完成させたいという衝動とともに知ったに違いない。そしてこのとき正に彼の今日が約束されたのである。発見前にやっていた研究はいっさいやめ、系譜作りに専念した。18 時間連続の観察をしたことがままあったとも言っていたが、自宅にもノマルスキー微分干渉顕微鏡を設置して観察し、あいまにガーデニングを楽しんでいたという。壮大なプロジェクトは遮二無二

やっては永續きしない。SULSTON はよくこうも言っていた。「管理するのも管理されるのも好きではない。アドミニストレーション的な役割は一切断っている。人を採ると雑用が増えるから自分では採らない。この研究室に来たければ、John か Jonathan (注5) に相談するように。」

すでに上述したように、孵化後の細胞増殖は SULSTON が初めて発見した知見ではない。また、細胞の系譜作りも彼のオリジナルなアイデアではない。彼自身そんな批評をよく耳にしたらしい。しかし SULSTON にとってそんなことはどうでもよかったに違いない。このことは細胞の全系譜の完成を報告する論文の出だしを読めばすぐ分かる²⁾。曰く、「この報告は百年以上前に始まったプロジェクトの完成——すなわち、線虫の全細胞系譜の決定を標すものである。」まことに稀有壮大である。彼はオリジナリティなどにこだわっていない。「壮大なプロジェクト」を完成することに「弱い」のだ。そして、「意味のない」細胞系譜の完成がその後の生物学に与えた影響は計り知れない。

1970 年代の半ばに開発された遺伝子 DNA の解読技術はクローニング技術とあいまって瞬く間に分子生物学界を席卷し、1983 年になると生物工学とか生命工学という言葉も定着するまでになっていた。いろんな分野のいろんな研究者がいろんな生物のゲノム解読に思いをめぐらせていたころ、細胞系譜プロジェクトを完成した SULSTON が、次なる「壮大で意味のない」プロジェクトに線虫ゲノムの解読を考えたのは当然である。しかし、考えるのと実行するのは大違いである。「日本人はアイデアがない」などとよく言われるが、本当は「アイデアがない」のではなく「アイデ

アを実行するに至らない」のである。実行しなければ、どんなに優れたアイデアでも“*Ideas are cheap*”となってしまうのである。SULSTON は自然に耳を傾け、自然の成り行きのごとくまた「壮大で意味のない」プロジェクトを始めたようにみえる。始めたときはそれほど大きな資金があったとは思えず、また国からも民間からもゲノム解析のための特別な資金援助を受けた形跡はない。DNA 解読の名職人 A. COULSON を相棒に、まず整列コスミッドによってゲノム DNA の物理地図を作ることに着手した。

慎ましいスタートから6年目の1989年5月、隔年毎に開かれる *C. elegans* の国際会議場にほぼ完成した物理地図を大きな壁一杯に広げて貼っている SULSTON の姿があった。この会議で SULSTON らは「これはヒトゲノム解読のテストケースである」として向こう3年間で3百万塩基対を解読することを目標とした。これは彼らの解読能力の2倍以上を要求する目標であったし、資金のめども別にあったわけではない。しかも、解読速度を2倍にしても8億塩基対ある *C. elegans* の全ゲノムには100年以上かかると計算された。プロジェクトは明らかに転機にきていた。唯我独尊スタイルの SULSTON もここからの目標(アイデア)達成にはかなり大きなサポートを必要としたのである。大きな仕事には必ず運も大切である。1989年はヒトゲノム計画の話題が熱した鉄のように沸騰した年であった。SULSTON らの発表に米英の関係者はいち早く反応した。当時ヒトゲノム計画(HUGOプロジェクト)のオピニオンリーダーとして発言力のあった J. WATSON (注6) らがその先見性を大いに賛美し、1990年に米国では NIH が、英国では MRC が *C. elegans* ゲノム解読プロジェクトに出資す

ることになる。

3 百万塩基対の解読は順調に進み、1992 年には全ゲノムの解読は5年以内に可能と判断されるまでになったが、プロジェクトには巨額な資金が必要であった。ヒトゲノムの解読に大きな野心を抱いたベンチャーキャピタリスト F. BOURKE は、利根川とノーベル賞争いを演じた研究者でもあり DNA 解読マシンを開発して ABI 社を設立した起業家でもある L. HOOD を顧問に迎えて、*C. elegans* ゲノムの解読に5千万ドルを用意することを条件に SULSTON と B. WATERSTON (注7) を誘った。この動きに対し MRC は、20 年近く国の援助を受けてきた SULSTON が米国の企業に移ることにあからさまな不快感を示し異議を唱えるとともにプロジェクトへの更なる援助を約束したが、約束を果たせないままであった。

「ゲノム情報は公のもので特定の集団に集中すべきではない」と主張する WATSON は、SULSTON らに BOURKE の申し出を受けないように促すとともに、英国の企業にプロジェクトの援助を要請した(注8)。その中に WATSON ファミリーが大株主となっている英国の巨大製薬会社 Glaxo やすでに HUGO プロジェクトを推進していた Wellcome 財団も含まれていたことが推察される。製薬会社である Wellcome の創業者が 1936 年に設立した Wellcome 財団は、時価 1,200 億ドルに上る Wellcome の株を所持しておりその行方が注目されていた。部外者である我々が詳細ないきさつを知ることはできないが、SULSTON のプロジェクトは Wellcome 財団から最初の5年間で1億ドルの資金を受けることになる。また、SULSTON を所長としてヒトゲノムの解読もする研究所を設立す

ることも決まった。BOURKE の資金提供の申し出から研究所の設立まで1年に満たない。これだけの規模を考えるとそのスピードにはただ驚く他はない。

この研究所が線虫研究者の殿堂ともなりつつある The Sanger Centre (注9) であるが、ヒトゲノムの解読でも世界一であることは知られていない(企業や国にとって本当は、この方が重要なのに、である)。現在の全陣容は分らないが、線虫のゲノム解読だけで優に100人を超す大世帯である。このミラーサイトとも言うべきセンターがアメリカのワシントン大学にあり、WATERSTON が音頭を取って来た。やはり100人を越す大世帯で同じようにヒトゲノムも解読している。ここのヒトゲノム解読プロジェクトは Merck からの資金によるところが大きい(注8参照)。

線虫 *C. elegans* のゲノム解読が終わりポストゲノム時代の幕が開けた、と我々の多くは認識している。しかしポストゲノムに向けた前哨戦はとっくの昔に始まっていたことがお分かりいただけたと思う。SULSTON のスカウトをめぐる攻防は、まさに官と民あるいは民と民がそれぞれの思惑を抱えながら国境を超えて入り乱れた白兵戦そのものである。*C. elegans* に巨額の資金が投じられた理由は何か。線虫 *C. elegans* から得られる情報が、技術的にも生物学的にも極めて重要であり、究極のターゲットであるヒトゲノムの解読とその応用に極めて重要な役割をもつと判断されたからである。*C. elegans* をただの線虫と見ては資本の動きを正確に読み取ることはできない。ポストゲノム時代にあつては、*C. elegans* は実に“ミニ・人間”なのである。

「コンピュータソフトが医学分野にしか使われないことがないとしても、(コンピ

ュータソフトの仕事は)私の一生をかけるのに十分な価値がある。」これは Bill GATES の言であるが、GATES も 21 世紀がバイオの世紀と見ているようだ。ところで、筆者は拙文の“落ち”をまだ記していない。Sanger Centre 設立後、Wellcome は Glaxo に買収されている。ヒトゲノムで世界をリードする Sanger Centre は *C. elegans* に関するデータを無料で世界中に発信している懐の深さをもっているが、また同時に世界中の研究者からのデータもすべて掌中にする立場にもある。その Sanger Centre は Wellcome 財団の管理下にある。世界中の *C. elegans* 研究者は Glaxo・Wellcome という観音様の手の内に入っているかも知れないのである。21 世紀を見据えた Glaxo の世界戦略は凡人の筆者にはまったく見えないが、日本は果たして大丈夫なのか。この四半世紀の線虫研究を振り返ってみると、静かに進行した初期からやや注目を集め出した中期そして今では生命科学全般に大きな影響を与えるまでになった。線虫ゲノムの解読は確実に 21 世紀の世界のあり方を変えて行くであろう。

参考文献

- 1) Science, 282: 1972-1974 & 2012-2046 (11 Dec. 1998)
- 2) Trends in Genetics, 14: 506-512 (Dec. 1998)
- 3) Dev. Biol., 100: 64-119 (1983)
- 4) Genetics, 77: 71-94 (1974)
- 5) Genetics, 77: 95-104 (1974)

注1: G. STENT が「分子生物学は創生期を終わり、成熟期に入った」、「これからは発生(ガンや老化を含む)、行動(神経)、進化の問題に分子生物学のメスをいれる時代だ」と総括したのは 1968 年である。1960 年代の終わりから 70 年代の初めにかけて、それまでバクテリアやファージを材料にして分子生物学をリードしてきた研究者が次々と高等生物を研究材料に使うようになった。BRENNER もその一人である。他に、大腸菌ラックオペロンの研究

で「遺伝子制御」という生物学の一大パラダイムを築いた F. JACOB (材料: マウス細胞)、遺伝暗号を解読した M. NIERENBERG (材料: *C. elegans*) などがある。BRENNER 派とは、発生や行動といった高次な生物学的現象を、線虫を材料にして分子生物学的視点で解析することを主眼とする研究者。BRENNER 以前の基礎生物学でも線虫は重要な研究材料であり、すでに 19 世紀後半には受精や胚発生に関する重要な知見に貢献しているを忘れてはならない。また、V. NIGON や E. DOUGHERTY の研究が魁となって BRENNER に *C. elegans* を使うきっかけを与えたことも間違いない。

注2: 研究室の数は、イギリスに1つアメリカに4つ、合わせて5つである。現在金沢大学教授の細野氏も、1974 年暮れにスタンフォード大学の H. Epstein 研究室で *C. elegans* を始めている。いまだ日本国内には1つも存在していない時代である。現在、*C. elegans* を研究している者は世界で 1,200 人以上、日本だけでも 100 人は下らないと推定される。

注3: Proc. Acad. Natl. Sci., 70: 817 (1973)。S. WARD の発表。

注4: Br. Med. Bull., 29: 269 (1973)。きわめて予備的な報告。

注5: John = John WHITE、Jonathan = Jonathan HODGKIN。

注6: 言わずと知れたあの WATSON & CRICK の WATSON である。彼が所長を務める Cold Spring Harbor Laboratory のシンポジウムで発表することは、分子生物学を心ざす者にとって1つのステイタスシンボルとなっている。鉄鋼王と言われた CARNEGIE によって創立され、現在も「Neighbors」と呼ばれる幾つかの大金持ちのファミリーによって支えられている」と WATSON から聞いたことがある。

注7: *C. elegans* ゲノム解読計画の米国側リーダー。

注8: Watson の主張は素直には受け取り難い。特定の個人や集団への情報の集中に警報を発しながら、彼自身は幾つかのベンチャーや大企業の顧問や株主でもあった。この中に Merck がある。Merck は WATERSTON を所長とするヒトゲノムセンターをワシントン大学に設立している。SULSTON や WATERSTON が BOURKE の誘いに乗らないようにするため Glaxo という大企業の力を借りようとしたのも不可解である。文字通り怒鳴りあいにもで発展した喧嘩のあと、BOURKE が WATSON の言動

についてNIH 所長 B. HEALY に異議を唱えたという。そののち間もなく WATSON は NIH のヒトゲノム計画の最高責任者の職を辞任している。彼の公での言動とは裏腹に多くの私企業に利害関係があり、それが理由だとの噂もあるが真相はわからない。いずれにしても、BOURKE との「大喧嘩」はかなり個人的な利害関係に起因していると憶測される。結果的にこの大喧嘩が「福の神」となって、SULSTON らに Sanger Centre という素晴らしいプレゼントを与えることとなる。彼らはより大きな資金とより自由な研究環境を手に入れることができたのである。

注9: 今後はヒトゲノム解読でリーダーシップを取って行くと思われる。C. elegans の情報の宝庫であるウェブ 사이트は、<http://www.sanger.ac.jp>。

パストリアの 農薬登録にあたって

西牟田耕一（㈱ネマテック）

ネコブセンチュウ天敵微生物、*Pasteuria penetrans*（以下 P.p）商品名『パストリア水和剤』が去る 12 月 4 日付で念願の農薬登録になりました。当初、この剤は線虫抑止型土壌の形成を促進する土壌改良資材として開発を進めていましたが、P.p には直接的な殺線虫能力はないものの、産卵抑制作用によって長期にわたり線虫の密度を低下させる効果があり、むしろ生物農薬として扱うべきではないかとの指摘を受け、以来農薬登録に向かって努力して参りました。これまでに、試験研究機関の諸先生方には P.p の防除効果を実証して頂くために、圃場レベルの連続栽培、さらに線虫密度や収量調査といった面倒な試験を実施して頂き、厚くお礼申し上げます。

㈱ネマテックは生研機構と保土谷化学工業㈱、サンケイ化学㈱が出資母体となり、1990 年に設立された研究会社です。設立当時日本植物防疫協会の西澤務博士に、

『微生物特に出芽細菌による植物寄生性線虫の密度抑制』という演題で、設立記念講演をお願いし、改めて P.p の有用性について認識させられました。講演では、「P.p は天敵としての必要条件の多くを満たしているが、人工培養できないのが唯一の短所である。しかし *in vitro* での培養は当面難しいだろう。」とのことでした。㈱ネマテックとしては、*in vitro* の培養が困難であれば、直接植物の根に P.p 付着ネコブセンチュウを侵入させ、P.p の成熟後に根から P.p を回収するという超原始的な方法で、どの程度の生産量が確保できるか、また、事業化の可能性はあるのかといった課題に取り組むことにしました。

設立より 9 年目に入りますが、ようやく P.p の製剤化までこぎつけ、現地試験用サンプルが提供できるようになりました。今回日本線虫学会ニュース編集担当の方から、農薬登録に当ってその特徴や開発の上での苦労話、普及への期待などについて紹介して下さいとの依頼がありました。そこで、P.p の生産に従事している者として、農薬登録までの経緯や P.p の特性など 2、3 紹介し、パストリアの使用に当っての参考になればと思っています。

まず、P.p の菌株によって特性に差異があるか各地の P.p を採集（募集）し、付着能、生産性について検討してみました。特に生産性の高い菌株は見つかりませんでした。その中で阿久根（鹿児島県）産の株は、サツマイモネコブセンチュウ以外のネコブセンチュウにもいくらか付着することから、現在注目しています。野外から P.p を採集するには、家庭菜園の連作圃場の被害株を探すことが最も効率的でした。家庭菜園では殺線虫剤が使用されないため、P.p とネコブセンチュウがうまい具合に共

生しているものと思われます。

P.p の特徴である環境耐性の強さは、高温（水中温度 70℃／2 時間で生存可能）、低温（凍結保存可能）、農薬（ほとんどの農薬に耐性を示す、ただし臭化メチル、クロールピクリンでは付着能は消失しないが大部分が死滅する）、乾燥（乾燥粉末で保存可能）など、他の微生物には類を見ないものでした。P.p 生産の接種源として用いる P.p 付着ネコブセンチュウは、スターラーや遠心分離機を用いることで短時間で得られ、操作時間によって付着数の調整も可能です。

P.p の増殖法については様々な条件で試みましたが、対象物が全て生き物のため、「あちらたてればこちらたず」で、ちょっとした環境変化や条件によって、P.p の生産は大きく揺れて不安定でした。さらに試験を積み重ねていくうちに、ネコブセンチュウの寄主植物には矮性ミニトマト、ネコブセンチュウの接種量はトマト 1 株当たり 2～3 万頭、接種時期は侵入に適した根が多く発生する時期がよい、P.p 付着ネコブセンチュウのからみ防止対策が重要などのポイントが解り、生産は安定してきました。P.p は生産量を問わなければ容易に得られますが、P.p を大量に生産するには、当然のことながら P.p の餌となるネコブセンチュウの大量増殖が何よりも重要です。ネコブセンチュウ二期幼虫を大量に得る方法ですが、切断した寄生根と乾土を混合保存（保存中の土壌水分が重要）することで卵内の二期幼虫の孵化を抑制しておき、これに注水することにより、孵化がいつせいに進んで短時間に均一で新鮮な第二期幼虫が大量に得られます。

ところで、ある時期ネコブセンチュウの増殖と P.p の増殖を一つの施設で行ってい

たところ、栽培回数が増えるに従ってネコブセンチュウの増殖用の土壌に P.p のコンタミが増え、そのためにネコブセンチュウの生産が激減し、P.p の連続生産に支障をきたすという苦い経験をしました。少量のコンタミでもネコブセンチュウの増殖に影響を及ぼすこと、汚染経路は定かではありませんが（ハウス内の風か？）、P.p の拡散力には驚かされました。コンタミが解消できないため、現在は隔離栽培で対応しています。

P.p の実用化に当たっての最大の関門は、P.p の濃縮原液をどのようにして製剤化するかということでした。フロアブル製剤では防腐剤の影響が、スプレードライ製剤では製造時の高温の影響が懸念され、粉剤では土壌中の分散性が悪く、水和剤では P.p がキャリアに吸着されて水中分散性が落ちるなど、いずれの製剤法にも問題がありました。手がけた製剤のうちで改良の可能性が最も高い水和剤を中心に、数多くの活性剤について水中分散性と保存性について検討しました。その結果、天然物由来の界面活性剤とアニオン系の高分子活性剤を組み合わせることで、期待通りの水和剤ができました。

完成した水和剤は、委託試験や全国の農業改良普及センターを通じた現地試験に供試され、効果、性能とも高い評価を得ております。今にして思えば P.p 自体の驚異的な耐性の強さに助けられたわけですが、ようやく生物農薬としての登録にこぎつけることができ、感慨深いものがあります。今回登録の対象作物は、トマト、キュウリ、メロン、カボチャ、カンショですが、未だ防除法の内果樹、花木類の生育期処理剤として、特にイチジクについて登録拡大を計画中です。

パストリア水和剤は価格が高い、単独施用では初期の効果が劣る、効果発現が遅いなど問題点もありますが、初期の線虫密度を殺線虫剤や湛水防除、太陽熱消毒、対抗植物など既存の技術で抑えることで、短期間でしかも継続的な効果が期待できます。環境保全型農業への関心が高まっている中、ユニークな生物農薬、環境にやさしい線虫防除剤として、大いに期待しているところです。

天敵出芽細菌の実用化と 今後の課題

上田康郎

(茨城県農業総合センター農業研究所)

天敵出芽細菌との出会いと期待

私が天敵出芽細菌（以下パストリア菌とする）の存在を知ったのは、依頼研究員として1985年（昭和60年）に、農業研究所センターの線虫害研究室にお世話になった時です。当時研究室におられた百田さん（現在、北海道農試線虫研究室）にダイズシストセンチュウ2期幼虫に付着しているパストリア菌胞子を見せていただき、また、偶然にも研修の材料として調査していた施設キュウリのネコブセンチュウでもパストリア菌を見つけることができました。その当時、農業環境技術研究所におられた西澤さん（現在、日本植物防疫協会研究所）はいち早くパストリア菌に注目しておられ、トマトとかんしょのネコブセンチュウに対する試験結果をもとに、ネコブセンチュウに対する生物防除素材として高い評価をされていました。数年後に榊ネマテックの川田さん（現在、保土谷コントラクトラボ（株））からの依頼もあって、パストリア菌のポット試験と圃場試験を行いました。ポット試験での効果は遅効的でしたが、処理後

3作目に防除効果が認められました。この結果に気をよくして圃場試験を始めたのですが、比較的高温条件を好むパストリア菌は温暖な地域や施設栽培に適しており、北関東のしかも露地試験では良い結果が得られなのではないかとの不安もありました。

トマトを4年間（6作）栽培したのですが、ポット試験同様に効果は遅効的で2年目の後半（4作目）になってはじめて目に見えて防除効果があらわれ、3年目（5作目）、4年目（6作目）と連作が進むにつれてその効果は顕著になりました。各研究機関の試験によって、トマトのほかにキュウリ、ナス、かんしょ、イチジクなどの作物においても、防除効果が明らかにされてきました。現在、臭化メチルの代替え防除法や環境保全に配慮した線虫防除技術の確立が強く求められている状況で、パストリア菌の農薬登録取得は実に意義あることであるとともに、立ち後れていた線虫の生物防除および総合防除において画期的な進展であると思います。

今後の課題

近年、天敵昆虫などの生物防除資材が次々に実用化されつつありますが、実用化するうえでは個々の病虫害防除効果の良否と別に、いくつかの課題をかかえているのが現状です。一方、パストリア菌は農薬登録を取得したといえども、本菌を使いこなす実用化技術はまだまだ緒に付いたところであり、多くの未解決の問題や課題があると思います。まず、使用場面におけるパストリア菌自体の問題として、①：使用場所の地温や土壌水分などの環境条件との適応性の検討（適応地域、作物、作型）。②：パストリア菌はネコブセンチュウを完全に駆逐しないので、低密度ながら生息するネコブセンチュウによる被害発生が許容限界

内であるか（作物の被害許容限界、補完防除法）。③：効果が発現するまでに2年程度の期間が必要（菌の増殖法、遅効性）であるので、この間の農産物生産性の確保（補完防除法）。次に、パストリア菌の効果的な使用をサポートするために、④：ネコブセンチュウとパストリア菌の個々の生態や相互関係（パストリア菌の変異や抵抗性ネコブセンチュウ系統の出現）の解明。⑤：被害許容限界、要防除水準、防除適期などの確立。そして、栽培体系に組み込みのために、⑥：他の病害虫を含めた総合防除システムの確立。⑦：技術アドバイザー。⑧：技術の難易度。⑨：価格。その他の問題として、⑩：人工培地による大量培養法の確立。

以上のようなことが今後の問題や課題としてあげられます。このうち、適応作物と作型の選択、効果発現までの防除対策、併発する土壌病害防除などが差し当たり重要な問題であると思います。早期実現は困難であるにしても、人工培地などによるパストリア菌の大量培養法の開発によって安価で大量の施用が可能となれば、効果発現までの期間の短縮も可能となり利用場面も大きく拡大できるでしょう。

パストリア菌は環境や他の生物への悪影響がなく、特徴あるネコブセンチュウ抑制作用を有することから、ネコブセンチュウ総合防除を構成する有力な手段として大いに期待されています。実用化に伴って派生するであろう問題点をいち早く解決し、さらに、個別の防除技術の開発に留まることなく、作物の栽培法や病害虫防除法などに齟齬なく組み込んだ総合的な体系技術として確立することによって、パストリア菌の実用化はさらに進むことと思います。

輪作がダイコン、サトイモの 複数有害線虫に強い効果

農業研究センター野菜生産研究室

近年、野菜の連作が多くなり、線虫被害などの連作障害が大きな問題となっている。関東平坦地の黒ボク土壌でダイコンを連作すると、図1のようなキタネグサレセンチュウによる肌の汚れによって商品性が

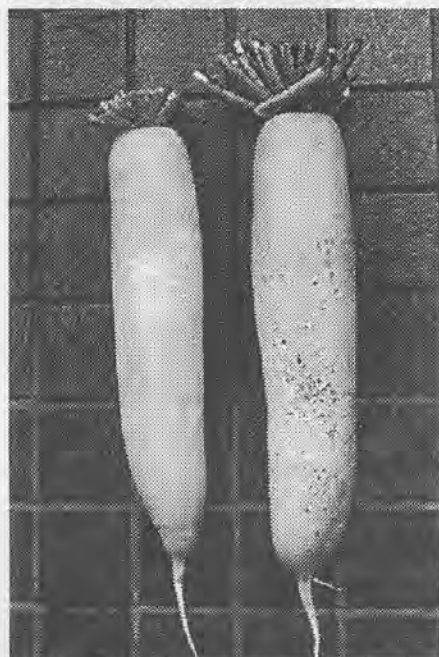


図1 ダイコンのキタネグサレセンチュウによる被害（右、左：外観健全）

損なわれたり、サトイモではミナミネグサレセンチュウとサツマイモネコブセンチュウが発生し、生育が低下し収量が著しく減少して問題となることがある。これに対し、刺激が強く薬量の多いD-D剤（1,3-dichloropropene、15～20l/10a）等が使用されている。また、マリーゴールド、野生のエンバクなどの対抗植物の導入も進んでいるが、線虫抑制のためだけに対抗植物を栽培するのは経済的、労力的に負担が

大きい。経営に取り入れやすく、環境保全的な農業によらない被害制御技術が求められている。

上記2作物はこのように線虫の被害を受けやすい作物であるが、これにエダマメを加えた3年サイクルの輪作「春ダイコン（秋にハクサイを作付け）→サトイモ→エダマメ」を行うと4年目以降、連作に比べ輪作で、どの線虫の密度も抑制された。さ

らにダイコンの被害株率は輪作では著しく低く抑えられ（図2）、一方サトイモの収量は輪作で著しく高くなった（図3）。

同じネグサレセンチュウとはいえ、キタネグサレセンチュウはサトイモに、ミナミネグサレセンチュウはダイコンに抑制される。そのため、輪作は両線虫を効果的に減少させると考えられる。サツマイモネコブセンチュウもダイズとダイコンに抑制され、ほとんど発生しない。線虫に弱い作物導師の輪作が線虫被害を抑制する機作を表1に整理した。キタネグサレセンチュウの被害はダイコンで最も大きく、ダイコンの前にサトイモを配置してこの線虫を最大限に抑制するのがよい。すなわち、主に検討した春ダイコン（+秋ハクサイ）→サトイモ→エダマメ輪作より、エダマメ→サトイモ→ダイコンの順がよい。ネグサレセンチュウ2種の防除の視点からはダイコン、サトイモの2年輪作も有効であるが、サツマイモネコブセンチュウを考慮するとエダマメを組み入れた輪作がより安定で、3種の有害線虫をこの作付体系で一度に制御できると考えられる。

ここで組み合わせた野菜はいずれも線虫被害を受けやすいもののばかりであるが、適切な組み合わせでは、無農薬で線虫被害を確実に抑えることを実証できた。この輪作体系では、各線虫が好む作物が1つは含まれているので、全ての線虫が増殖して、全ての野菜に被害を及ぼすことが考えられるが、このような問題は生じないことを7年間かけて確認している。今まで環境保全的線虫対策は対抗植物を中心に考えてきたが、抵抗性品種の利用、適切な作期移動などを含めれば、経済的な作物の組み合わせを基本にした総合防除が組み立てられる。なお、冬作に緑肥用のライムギを導入して

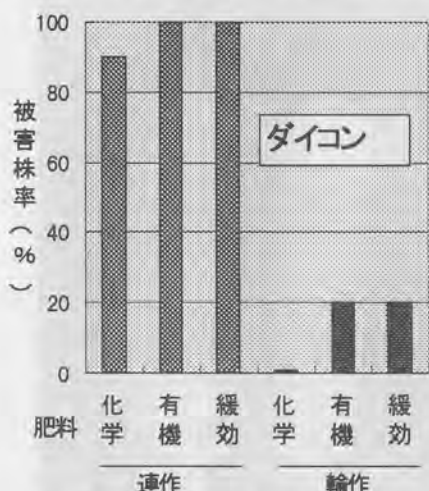


図2 輪作によるダイコンの線虫害回避効果

肥料処理 化学；化学肥料 有機；全量牛糞堆肥 緩効；緩効性肥料+マルチ

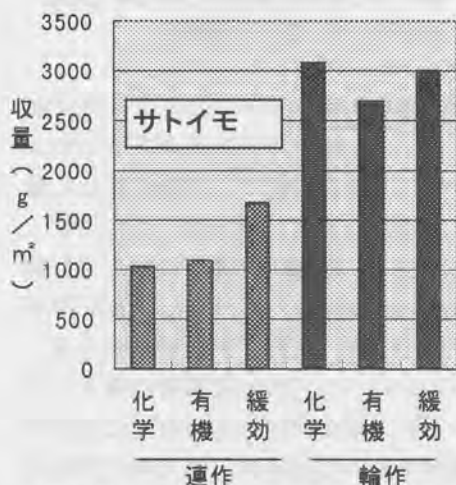


図3 輪作によるサトイモの線虫被害回避効果

表1 線虫に弱いとされる野菜同士の輪作が線虫の被害を抑制する機作

線虫	ダイコン	サトイモ	エダマメ	輪作
キタネグサレセンチュウ	増加	抑制	やや増加	抑制
ミナミネグサレセンチュウ	抑制	増加	やや抑制	抑制
サツマイモネコブセンチュウ	抑制	増加	抑制	抑制
連作をした場合の被害	甚大	甚大	大	

ン、サトイモの被害抑制に全く効果が見られなかった。今後有機物施用なども

も効果は変わらず、安定していた。また、有機物（牛糞堆肥）の施用は、線虫密度を抑える傾向が見られたが、連作ではダイコ

取り入れた、総合的な環境保全的線虫対策の実用化に向けて研究を進めて参りたい。

〔編集後記〕

- ◆No. 16 の発行もだいぶ遅れてしまいました。せっかくのニュース性を損ねてしまい申し訳ありません。
- ◆三輪氏に寄せて頂いた「エッセー」は、最先端の研究現場のスケールの大きさ伝わってくる内容です。
- ◆線虫天敵出芽細菌 *Pasteuria penetrans* の農薬登録にあたってお願いした記事も、御苦労がしのばれて面白いものになったと思います。
- ◆最後の記事は農林水産技術会議事務局が選んだ「1998 主要研究成果」（重（十）大ニュースのような企画）に入ったものです。5回目にして初めて線虫関係の研究成果が入りました。

- ◆次号は大会関係の記事を中心に、5月発行予定です。既にご存知の方もいらっしゃるでしょうが、国内未発生シストセンチュウ、*Globodera tabacum* が高知県で発見されたとの一報が飛び込んできています。この関連の記事も次号には載せたいと考えています。
- ◆本ニュースの原稿を随時募集しています。身近な線虫の話題、諸会議の報告、学会または会員への提案等どのような内容でも結構ですので、下記または最寄のニュース編集担当者までご連絡ください。ホームページ紹介のコーナー（今号は休みました）の自薦・他薦もお願いします。（荒城雅昭）

1999年3月2日
日本線虫学会発行
編集責任者 荒城雅昭

農業環境技術研究所
環境生物部微生物管理科
線虫・小動物研究室
〒305 8604
茨城県つくば市観音台3-1-1
TEL : 0298-38-8316
FAX : 0298-38-8199
E-mail : arachis@niaes.affrc.go.jp

日本線虫学会ニュース第16号
編集担当：荒城雅昭・小坂 肇
串田篤彦・立石 靖

入会申し込み等学会に関するお問い合わせは学会事務局：

〒305-8666 茨城県つくば市観音台 3-1-1
農業研究センター 線虫害研究室まで
TEL : 0298-38-8839
FAX : 0298-38-8837
E-mail : narabu@narc.affrc.go.jp