No. 83 （2021. 10. 11）

日 本 線 虫 学 会 ニ ュ ー ス

The Japanese Nematological Society News

目　次

◆ 日本のマツ材線虫病最北端青森県における被害の現況（相川 拓也） 1
◆ [書 評]
“Protecting Our Crops -Approaches for Plant Parasitic Nematode Control”
Frontiers in Plant Science, 2020-2021 年（門田 康弘・佐藤 一輝） 8
◆ 日本の線虫拠点紹介シリーズ第 24 回
「千葉県農林総合研究センター」（武田 藍） 11
◆ 自己紹介（黒田 恭平） 13
◆ 編集後記 14

日本のマツ材線虫病最北端青森県における被害の現況

相川 拓也（森林総研 東北支所）

はじめに

マツ材線虫病は日本のアカマツやクロマツなどのマツ類を枯死させる森林病害です。日本全国における 2019 年度（令和元年度）の被害量は約 30 万 m^3 となっており、最も多かった 1979 年度（昭和 54 年度）の 243 万 m^3 と比較すると 1/8 程度に減少していますが、依然として日本最大の森林被害であることに違いはありません。本病はマツノザイセンチュウという植物寄生性線虫によって引き起こされる伝染病で、カミキリムシの一種であるマツノマダラカミキリによって伝播されます。マツノマダラカミキリが健全なマツの枝を摂食しながらマツ林の中を飛び回っている間にマツノザイセンチュウがばらまかれ、首尾よくマツ樹体内に侵入できたマツノザイセンチュウが増殖することで健全なマツが次々と枯れてゆくのです。

マツ材線虫病の発生は 1905～1906 年に長崎県で確認されたアカマツやクロマツの集団枯損が最初であるとされています。その後、被害は東進北上を続け、東北地方で初めて確認されたのは 1975 年の宮城県石巻市でした。その後、東北地方も例に漏れず被害は拡大し、1976 年には福島県、1979 年には山形県と岩手県、そして 1982 年には秋田県と、1970 年代中頃から 1980 年代前半にかけて瞬く間に拡がっていきました。このように、20 世紀に入ってか

ら 100 年の間に、本病は日本中にまん延していったわけですが、本州以南で唯一被害の発生を免れたのが青森県でした。青森県では、平成の初期段階から誘引トラップを用いたマツノマダラカミキリの生息調査を実施するなど、マツ材線虫病に対する警戒意識が高かったこともあり、2000 年以降も本病による被害は 1 件も出ていませんでした。しかし、2015 年に確認された深浦町広戸・追良瀬地区での被害発生以降、残念ながらこの青森県でも継続的な発生が続いています。そこで本稿では、マツ材線虫病最北端にあたる青森県でのこれまでの被害発生の経緯を振り返るとともに、最新の被害状況と現在実施されている被害対策についてお話ししたいと思います。

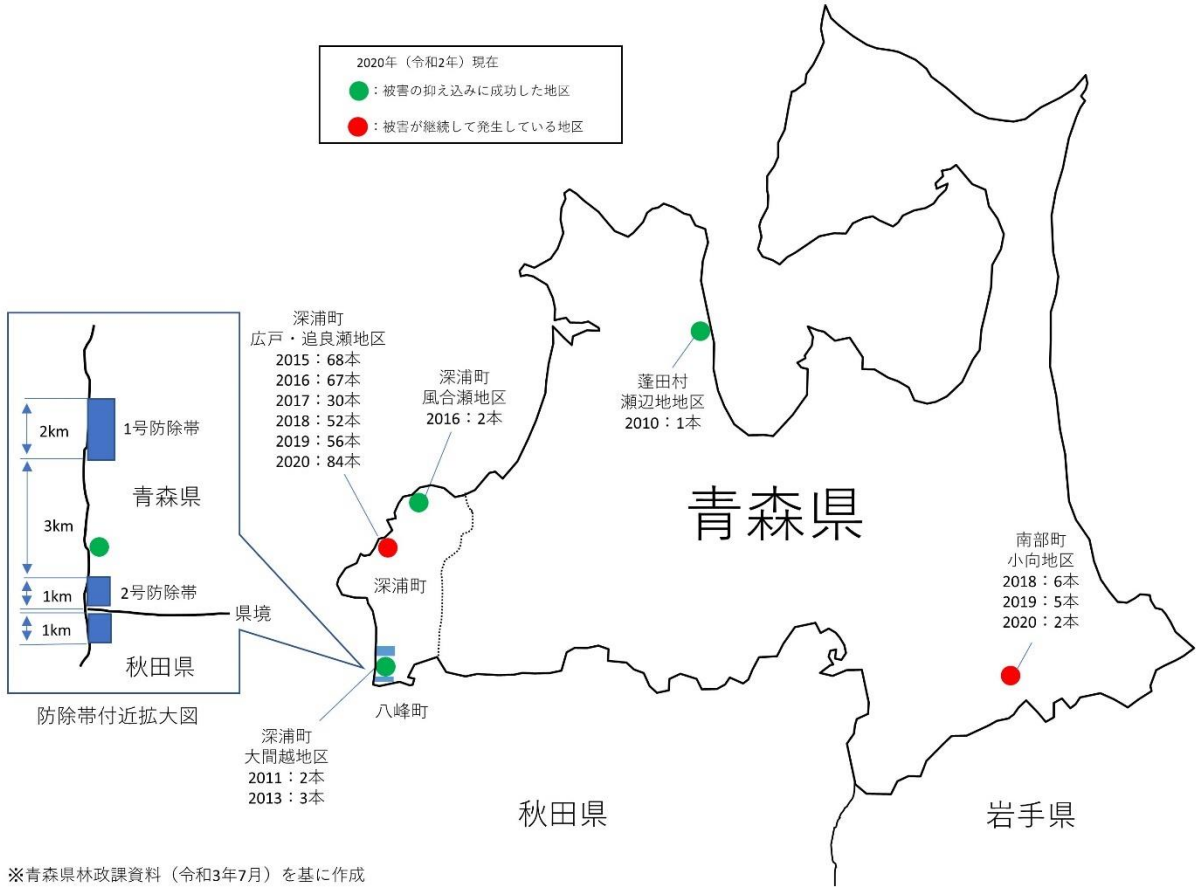


図 1．2020 年度までに青森県内で確認されたマツ材線虫病被害発生地区の位置図.
町村地区名と被害発生年および被害木本数を示した.

これまでに青森県で発生した被害の経緯

2005 年、マツ材線虫病による被害は、青森県と秋田県の県境からわずか 250m 南側（秋田県八峰町）まで迫っていました。青森県はその対応策として、2006 年から 2007 年にかけて秋田県八峰町に隣接している深浦町大間越

地区の海岸クロマツ林の一部を皆伐し「防除帯」を設置しました。マツが存在しない空間を作り出すことでマツノマダラカミキリの飛来を阻止しようとする作戦です。防除帯は 1 号防除帯と 2 号防除帯の 2 本作られ、南北にそれぞれ 2 km と 1 km の幅を持たせるという大変大掛かりなものでした（図 1)。伐倒したクロマツについても、それらすべてをくん蒸処理（切り倒した後玉切りにして積み上げ、薬剤をかけてビニールシートで被う処理）するという徹底ぶりでした（写真 1)。また、秋田県側もこれに追随する形で、県境から南側に約 1 km の幅で防除帯が作られました（図 1)。このように、「青森県で最も警戒すべき地域は秋田県八峰町に隣接している深浦町である」という考えのもと、深浦町で大規模な予防対策が取られ、そして監視体制も強化されていったのです。

写真 1.　深浦町大間越地区に作られた 2 号防除帯の一部.
一帯に生育していたクロマツはすべて切り倒され，くん蒸処理が行われた. 処理されてから 2 年経過しているので，丸太を覆っていたビニールシートは既になくなっている（2009 年 11 月撮影).

ところが 2010 年 1 月、青森県における初めてのマツ材線虫病被害は、思いもよらないところで発生します。なんと、注視していた秋田県との県境から 60 km 以上も北に位置する、津軽半島の中腹部蓬田村瀬辺地地区で 1 本の枯れたクロマツが見つかり、その枯死木からマツノザイセンチュウが検出されたのです（以後、マツノザイセンチュウの感染が確認された枯死木を「被害木」と表記）（図 1、写真 2)。マツノマダラカミキリが 1 シーズンの間に 60 km 以上も飛翔するとは考えられないことから、この被害木の発生には何らかの人為的活動が関係していたであろうと推測されています。この被害木は 2 月のうちに伐倒処理され、その後も数年間かけて周辺地域も含めた監視体制が継続されたことが功を奏し、それ以降、この蓬田村で被害木は発生していません。

写真 2.　蓬田村瀬辺地地区で見つかった青森県で初となるマツ材線虫病感染枯死木（クロマツ）（2010 年 2 月撮影).

しかし、蓬田村での被害木処理が終わったのもつかの間、翌年の 2011 年に深浦町大間越地区で、2 本の被害木が確認されました（図 1)。先述の通り、この地区は以前から本病の侵入が予期されていた地区でしたので、発見された被害木はすみやかに伐倒されくん蒸処理が行われました。この大間越地区では、その 2 年後の 2013 年にも 3 本の被害木が発生していますが、これらについても早急にくん蒸処理が実施され（写真 3)、それ以降この地区でも被害木の

発生は確認されていません（図 1）。被害が継続的に発生している秋田県八峰町と隣り合わせでありがなら、この地区で被害の発生を抑え込めている要因としては、やはり防除帯設置の効果が大きいと思われます。しかし、大間越地区に設置した誘引トラップ調査では、マツノマダラカミキリ成虫が捕獲される年もあることから、少ないながらも成虫が飛来していることは間違いありません。今後も監視の目を緩めることなく枯死木が発生していないか、注視していく必要があります。

写真 3．2013 年に大間越地区で 3 本の被害木が発見された時の現地検討会の様子.

くん蒸処理が施された被害材を囲んで県の担当者から説明を受けている．報道関係者が多数参加するほど注目された出来事であった.

大間越地区の被害を抑え込んだ矢先、今度は秋田県との県境から北へ約 25 km 離れた深浦町広戸・追良瀬地区で、2015 年に新たな被害が確認されました（図 1）。この地区の被害は、それまでに確認されたていた 2 か所の地区（蓬田村瀬辺地地区、深浦町大間越地区）の被害と大きく異なる点がありました。それは被害本数の多さです。上記 2 地区における被害初出の本数は 1 本と 2 本でしたが、2015 年に初めてこの地区で被害が見つかった時、その本数はすでに 68 本にも達していました。初出がこれだけの本数であったことから、その後の懸命な駆除努力にもかかわらず、この地区の被害は 6 年経過した現在も終息には至っていません。2016 年にはこの広戸・追良瀬地区から 8 km ほど北に位置する風合瀬（かそせ）地区でも 2 本の被害木が発見されましたが、こちらの被害は小規模であったことから、それ以降は抑え込みに成功しています（図 1）。

広戸・追良瀬地区の被害量を何とか減少させようと努力している最中、2018 年にまた想定していなかった別の場所で被害木が見つかりました。それまで、本病の発生はすべて日本海側の地域でしたが、今度は太平洋側に位置する南部町の小向（こむかい）地区で 6 本の被害木が確認されたのです（図 1）。2017 年時点における太平洋側の被害の北限は、この南部町から南に約 30 km 離れた岩手県一戸町でした。実はこの一戸町も被害がまん延していたわけではなく、2017 年に初めて被害木が見つかった小規模かつ飛石的な発生で、断続的に被害が発生している盛岡市北部から 30 km も離れた場所に突如として現れた被害だったのです。つまり、太平洋側の被害は、2016 年から 2017 年かけて 30 km 北上し（盛岡市 ⇒ 一戸町）、そして 2017 年から 2018 年の間にさらに 30 km 北上（一戸町 ⇒ 南部町）したことになります。もちろん、マツノマダラカミキリの驚異的な飛翔（ひしょう）能力によって被害が一気に北上したと考えることもできますが、この 3 市町の被害地は国道 4 号線 1 本で結ばれていることから、この急北上にも何かしらの人間活動が影響した可能性は考えられます。この小向地区も、広戸・追良瀬地区と同様に、2020 年現在被害の根絶には至っていません。しかし、被害本の本数は毎年徐々に減少していることから（図 1）、これまでの防除スタイルを継続することで、近い

将来抑え込むことができるだろうと考えています。

深浦町広戸・追良瀬地区および南部町小向地区で実施されている対策

被害の発生が継続しているこの 2 つの地区では、現在徹底した監視・駆除対策が実施されています。監視対策としては次の 6 つの方法が挙げられます。①防災ヘリコプター、②デジタル航空写真撮影、③ドローン、④ヤニ打ち、⑤地上目視、⑥マツノマダラカミキリ生息調査の 6 つです。一般的な枯死木探索の方法は、地上から樹冠部分を眺めて、枯れている木があるかどうかを確認するという⑤の方法です。しかし、林内で上を見上げても光の当たり具合で葉の色が認識できないことはよくあることで、その結果、枯死木の見逃しにつながります。また、人が山の中を歩いて回れる範囲には限界があるため、広大なマツ林の場合、その林の中に存在するすべての枯死木をこの方法で把握することは不可能と言ってよいでしょう。これらの問題を一気に解決してくれるのが上空からの探索です。上からの撮影ですと、林冠の様子をうかがうに当たり視界を遮るものは何もありませんし、航空機やドローンなどを利用することから、林内を歩いて探す方法とは比較にならないほどの広大な面積をカバーすることができます。青森県では、実際に人間の目で上空から枯死木の位置を確認する①の方法の他に、深浦町・鰺ヶ沢町にまたがる約 202 km^2、そして八戸市・南部町・三戸市にまたがる 122 km^2 もの面積を航空機を使って赤外線写真を撮り、その後枯死木の位置を 1 本ずつ地図上に落として正確な位置を把握するという②の手法を取り入れています。被害が多く見られる場所については、③を使ってより細かく探索し追加の枯死木がないか確認する作業も行っています。また、本病に感染したマツの特徴として、葉が赤褐色化するよりも前に、樹脂（ヤニ）の分泌が停止することが知られており、いち早く被害木を発見するための手段として、この④の調査も年に 2 回実施されています。さらに、広戸・追良瀬地区では、各被害木に生息しているマツノマダラカミキリの数を知るために、被害木を伐倒した後玉切りにし、すべての幹と枝の樹皮をはぎ落として、樹皮下あるいは材内に穿孔（せんこう）しているカミキリムシの幼虫をカウントする、という調査も毎年 10 月に行われていました（写真 4）。この他にも、誘引トラップと産卵用丸太を青森県全地域にまたがる 92 か所に設置して、マツノマダラカミキリの生息を確認するための⑥の調査も並行して行われています。このように、青森県では他に類をみない厳格な監視体制が敷かれていると言ってよいでしょう。

写真 4．被害丸太の樹皮剥ぎおよび割材により被害材からカミキリムシの幼虫を取り出している様子.

我こそはと名乗りを上げた県職員の方々が県内各地から集まり幼虫採集に没頭する（2017 年 10 月撮影）.

次に駆除対策です。駆除対策についても青森県は並々ならぬ熱意で取り組んでいます。まず、そのシーズン中に見つかったすべての枯死木

および④のヤニ打ち調査で異常木と判定されたすべての木に対して、マツノザイセンチュウの検出検査を行っています。そして何よりも感心させられるのは、マツノザイセンチュウ検出の有無にかかわらず、これらの枯死木と異常木はすべて伐倒くん蒸処理を実施しているという点です。ありがちなのは、マツノザイセンチュウの検査で陰性だった枯死木については処理しないという対応ですが、たとえマツノザイセンチュウが感染していなかったとしても、放置しておくことでその枯死木はマツノマダラカミキリの繁殖源にはなり得ます。被害拡大を助長させる可能性のある要因はすべて潰しておくというのが青森県の基本的な考え方です（写真 5）。また、この両地区では、さらに一歩踏み込んだ対策として、被害が発生した場所を含む一帯のマツ類を皆伐し（写真 6）、それらをバイオマス発電所でチップ化・焼却を行ったり、市町村の森林環境譲与税等を活用して、スギやカラマツなどへの樹種転換を行ったりしています。毎年枯れ木が出てしまうようなら、いっそのこと枯れてしまう可能性のあるマツを大規模に伐採してそれを有効利用するとともに、別の樹種に転換してしまおうという発想です。これらの対策は、行政だけでなく地域住民も一緒になって「マツ材線虫病の防除」という目標に向かって意識を共有できたからこそ実現したと言えるでしょう。

写真 5．深浦町広戸・追良瀬地区の被害林内の様子.

被害木だけでなく，マツノザイセンチュウが検出されなかった枯死木，そしてヤニ打ち調査で異常木と判定された木もすべて伐倒くん蒸処理されることから，林内には至る所にくん蒸処理の痕跡が見られる（2020 年 11 月撮影）.

このように、監視体制そして駆除体制がしっかり機能しているからこそ、小向地区では被害根絶のゴールが目前に見えてきているわけですし、また、広戸・追良瀬地区では被害本の本数が横ばいで推移しているものの、他の地域への飛び火は防げていると考えられます。

写真 6．南部町小向地区のアカマツ林が皆伐された様子（2021 年 6 月撮影）.

伐採したアカマツはすべて山から運び出されバイオマス燃料として利用された.

おわりに

これまでに、マツ材線虫病の侵入を許してしまった後に被害の根絶に成功した都府県は存在しません。しかし、現在の青森県の目標はあくまでも“被害の根絶”です。瀬辺地地区、大間越地区、そして風合瀬地区の 3 か所では、被害木が発生したにもかかわらず、その都度被害を抑え込んできました。その成功要因は被害木が

1 本あるいは数本のレベルで発見できたからこそでありますが、それ以上に、そのような少数の被害木をいち早く発見し、報告する体制をあらかじめ構築していた青森県のその組織力はまさに称賛に値します。一方、広戸・追良瀬地区での被害量が減少に転じていない状況を見ると、本数が少ないうちに叩(たた)くことがいかに重要かということがよくわかります。増えてしまってから強固な対策を取ったとしても、本病は一筋縄では鎮静化に向かわないという現実がここにあります。マツという植物を介して共生関係を築いているマツノザイセンチュウとマツノマダラカミキリの鎖を断ち切ることは簡単なことではありません。しかし、青森県が現在展開している徹底した被害対策を今後も継続していくことができれば、根絶という目標を達成する可能性はまだ十分あると考えます。近い将来、青森県が日本で初めてとなる「マツ材線虫病の根絶に成功した県」となれることを心から願っています。

謝辞

本稿は青森県産業技術センター林業研究所の伊藤昌明さんに目を通していただきました。この場を借りてお礼申し上げます。

［書 評］

“Protecting Our Crops -Approaches for Plant Parasitic Nematode Control” Frontiers in Plant Science, 2020-2021 年

門田 康弘・佐藤 一輝（理研 CSRS）

Frontiers in Plant Science 誌は世界で注目を集める研究分野を選び、その分野を先導する研究者がトピックエディターとなって特集号を組むという面白いスタイルをとっている。インパクトファクターも 4.402 （2019-2020 年）と高く、評価の高い国際誌である。今回、植物寄生線虫とその防除に関するトピックが選ばれ、トピックエディターとして中部大学の長谷川浩一先生が参加された。本特集号は 17 報の研究論文、及び 5 報の総説で構成されており、植物寄生線虫の分布や被害状況、線虫防除法の評価、新規防除法開発など、作物生産現場に近い内容から、植物と寄生線虫の分子レベルの相互作用に関する基礎研究まで幅広い領域の内容を網羅している。2021 年 10 月現在の段階で、本特集号は既に 5 万回を超えて閲覧されており注目度の高さが伺える。本書評では特集号の中から、特に興味深い論文、及び総説について簡単に紹介する。学会員の皆様が興味深い論文、及び総説を見つけ、見識を深める一助となれば幸いである。

本特集号は大きく分けて、(1) 線虫被害の現状と線虫防除技術の評価、(2) 抗線虫物質や微生物を用いた新規線虫防除技術の開発、(3) 植物－線虫相互作用の分子機構の研究の 3 つからなる。線虫被害の現状について、Mburu 等はケニアで行われたジャガイモシストセンチュウ（*Globodera rostochiensis*）の大規模調査の結果を報告している（doi.org/10.3389/fpls.2020.00670）。ケニアのジャガイモシストセンチュウによる被害は深刻で、ジャガイモ栽培を行っている 20 州からサンプリングされた 1,348 土壌サンプルのうち 71.8%でジャガイモシストセンチュウが発見された。しかし、抵抗性品種の入手が困難なため、未だに 65%程度の農家が感受性のジャガイモ品種を栽培している。筆者らはジャガイモシストセンチュウによる被害額を正確に算出して抵抗性品種の使用を農家に訴えかけること、及び、輪作による防除などを試すことが急務であると述べている。一方、Camacho 等はポルトガルで行われたジャガイモシストセンチュウとジャガイモシロシストセンチュウ（*Globodera pallida*）の大規模調査について報告している（doi.org/10.3389/fpls.2020.606178）。ポルトガル各地で栽培されている様々なジャガイモ品種の根圏から採取された 748 の土壌サンプルを調べたところ、22.5%でシストセンチュウが発見された。また、ジャガイモシストセンチュウ、ジャガイモシロシストセンチュウともに最初に発見された北部で多く見つかっており、南部へと広がる傾向を見せている。ポルトガルでは抵抗性品種によるシストセンチュウの防除が行われているが、栽培されているジャガイモシストセンチュウ抵抗性品種の多くはジャガイモシロシストセンチュウ抵抗性を持たない。このため、ジャガイモシロシストセンチュウの防除が困難であるという問題を訴えている。このような事例からも、線虫抵抗性遺伝子の同定と、抵抗性遺伝子を用いた作物育種が重要かつ急務な課題であることがわかる。Gartner 等の総説では、現在同定されているジャガイモシスト

センチュウ、及びジャガイモシロシストセンチュウの抵抗性遺伝子について紹介するとともに、新規抵抗性遺伝子の同定、及びジャガイモ育種のための遺伝学手法の最近の進歩について概説している（doi.org/10.3389/fpls.2021.661194）。また、近年世界的な広がりをみせ、様々な作物に被害を与えている *Meloidogyne enterolobii* について Philbrick 等がその分布、宿主範囲、防除手段や将来期待される防除技術の開発について概説している（doi.org/10.3389/fpls.2020.606395）。

本特集号には線虫防除を目的とした栽培法に関する論文も報告されている。線虫の非宿主である作物や線虫抵抗性作物を栽培することで汚染土壌における線虫密度を低減させることができる。Rocha 等は小麦とダイズの二期作により、ダイズシストセンチュウの土壌密度が低減することを実証した（doi.org/10.3389/fpls.2021.640714）。また、Rashidifard 等はイガマメ属の Sainfoin という多年生ユーラシアハーブとトウモロコシとの輪作により、*Meloidogyne enterolobii* の土壌密度が低減することを報告している（doi.org/10.3389/fpls.2021.659322）。

新規線虫防除技術の開発のため、植物が合成する抗線虫物質の探索も精力的に進められている。Desmedt 等の総説は、これまで同定された植物の抗線虫物質（terpenoids, flavonoids, glucosinolates 等）について紹介するとともに、これまで抗線虫物質同定において取られた研究アプローチとその課題について詳しく解説している （doi.org/10.3389/fpls.2020.602079）。また、微生物を用いて植物の抵抗性を亢進（こうしん）することで線虫防除を行う試みについても紹介されている。シノリゾビウム属の細菌である *Sinorhizobium fredii* strain Sneb 183 をダイズの種子に接種すると、この細菌はダイズに isoflavonoids の合成を促すことでダイズシストセンチュウへの抵抗性を付与することができる（doi.org/10.3389/fpls.2020.597819）。また、同じくシノリゾビウム属の *Sinorhizobium*（*Ensifer*）*meliloti* が生産する N-3-oxo-tetradecanoyl-L-homoserine lactoneはダイズ植物にプライミング（植物を病原菌感染に過敏な状態にすること）を誘導し、ネグサレセンチュウ（*Pratylenchus penetrans*）への抵抗性を向上させる（doi.org/10.3389/fpls.2021.651943）。近年、植物のマイクロバイオームが世界で注目され研究が進んでいることから、線虫抵抗性を付与する微生物は今後さらに多く見つかってくるであろう。

植物－線虫相互作用の分子機構については、免疫反応、栄養吸収器官形成、及び病原性に関わる最新の研究が報告されており、我々のグループもネコブセンチュウの植物免疫機構について報告した（doi.org/10.3389/fpls.2021.680151）。線虫抵抗性研究の困難な理由として、モデル植物のほとんどが強い線虫抵抗性を誘導できない点があげられる。そこで我々はナス科の線虫抵抗性台木として使われているトルバムに注目した。トルバムはサツマイモネコブセンチュウやアレナリアネコブセンチュウ（*Meloidogyne arenaria*, Ma）沖縄型（A2-O）をはじめとする様々なセンチュウに対して抵抗性を持つが、アレナリアネコブセンチュウ本州型（A2-J）はトルバムの抵抗性を打破して寄生できる（J. Phytopathol. 165:575-579）。このトルバム-A2-J・A2-O を用いた感染実験系は、単一の宿主植物で線虫に対する感受性と抵抗性の応答を比較できるユニークな系であり、新たな線虫感染実験のモデルとなりうる。そこで、抵抗性応答で特異的に起こる遺伝子変動を明らかにするため、A2-J・A2-O が感染したトルバムの根端における、比較トランスクリプト

ーム解析を行なった。すると、A2-O 感染部位においては抵抗性応答として二次代謝産物の合成に関わる遺伝子群（テルペン類合成酵素や脂肪酸不飽和化酵素など）の発現が迅速かつ劇的に誘導された。その後リグニン合成系の遺伝子群の発現が誘導されて、感染部位にリグニンが蓄積することで物理的に感染拡大を防ぐことが分かった。A2-J、A2-O、トルバムのゲノム解析を行うとともに、このモデルシステムを用いて病原性因子の解析や、メタボローム解析を進めている。

植物寄生線虫は植物への感染過程において、病原性に関わる様々な因子を宿主の細胞内外に放出する。この分泌性因子の中には宿主細胞壁の分解に関わる酵素や、宿主の免疫をかく乱する因子、宿主細胞のリプログラミングに関わる因子等、その機能が報告されているものもあるが、病原性における機能が分かっていない因子が大多数である。本特集号ではマツノザイセンチュウ（*Bursaphelenchus xylophilus*）の分泌性タンパク質の比較解析が 2 報報告されている。Silva 等はマツノザイセンチュウに高親和性の宿主であるフランスカイガンショウ（*Pinus pinaster*）の抽出液と低親和性の宿主であるイタリアカサマツ（*Pinus pinea*）の抽出液を処理し、マツノザイセンチュウから分泌されるタンパク質を比較した（doi.org/10.3389/fpls.2021.668064）。両宿主の抽出液処理により、マツノザイセンチュウは 776 個のタンパク質を共通して分泌した。興味深いことに、高親和性の宿主の抽出液を与えると、peptidase、hydrolase や antioxidant 活性を持つ 22 個のタンパク質をより多く分泌した。これに対して、低親和性の宿主の抽出液を与えると、776 個の分泌性タンパク質のうち 501 個のタンパク質をより多く分泌した。筆者らはマツノザイセンチュウが低親和性の宿主に感染する時には、宿主の免疫応答を回避するためにより多くの分泌タンパク質を用意する必要があるのではないかと考察している。一方、明治大学の新屋良治先生のグループは、病原性の異なるマツノザイセンチュウの 4 つの分離株における分泌性タンパク質の比較解析を報告した（doi.org/10.3389/fpls.2021.640459）。比較解析の結果、4 つのタンパク質が高病原性のマツノザイセンチュウでより多く分泌されていることを突き止めた。この 4 つの分泌性タンパク質のうち glycoside hydrolase family 30（Bx-GH30）は植物の細胞死を誘導する能力を持つこと、C1A family cysteine peptidases（Bx-CAT2）は糸状菌食時の栄養吸収に関わることが示唆された。植物寄生線虫の病原性を解明するためには、このような分泌タンパク質の感染における役割を分子レベルで理解することが極めて重要であり、今後の更なる研究の進展が待たれる。

以上で紹介したように、本特集号に掲載された論文、及び総説は、植物寄生線虫の防除や植物-線虫相互作用研究における現状と問題点を理解し、今後の展望や将来の研究の方向性について考える大きな助けとなる。よって、第一線でご活躍されている研究者の方々だけでなく、将来研究者を志す学生や、若手研究者の方々にぜひ一読して頂き、将来の研究のアイディアを考えて頂きたい。また、Frontiers in Plant Science 誌という権威ある雑誌が植物寄生線虫研究分野をトピックとして選んだことは、研究コミュニティーの一員として喜ばしく感じる。それと同時に、研究の更なる進展と農業分野への知識の還元に、よりいっそう努めなければと身の引き締まる思いがする。

日本の線虫拠点紹介シリーズ第 24 回
「千葉県農林総合研究センター」

武田 藍（千葉農総研）

千葉県農林総合研究センターは、千葉市郊外の閑静な住宅地に囲まれた小高い丘の上にあります（写真 1)。建物・圃場面積合わせて約 32 ha、東京ドームおよそ 7 個分の敷地に、約 130 名が働いており、ほとんどの研究業務は 2020 年に供用が開始された新本館で行われています。我が病理昆虫研究室の線虫関連エリアには、位相差顕微鏡や実体顕微鏡の他に、ベルマン分離用恒温室、検定植物栽培用恒温室、土壌保存保冷庫、シービング専用シンクなどが備わっています（写真 2)。移転を機に、それまでバラバラに設置されていた各研究施設や執務室が集約されたため、隣には PCR のできる生化学実験室やクリーンベンチを備えた植物病理エリア、土壌分析のできる環境エリアもあり、効率的に研究業務が行えるようになりました。

写真 1.　実験室や執務室が入っている新本館.

写真 2.　線虫関連エリア.

写真 3.　サツマイモの線虫害試験.

写真 4.　輸出用植木試験枠圃場.

研究施設の移転は敷地内だったため、試験圃場は以前の通りです。現在はサツマイモネコブセンチュウ汚染露地圃場 400 m^2（写真 3)、サツマイモネコブセンチュウ汚染ハウス 50 m^2 × 3 棟、輸出用植木試験用枠圃場（ネグサレセンチュウ、オオハリセンチュウ、ユミハリセンチュウを増殖）4 ～ 5 m^2 × 25 枠（写真 4)、

ダイズシストセンチュウ汚染枠圃場 5 m^2×22 枠（写真 5）があります。当時の応用昆虫研究室と病理研究室の統合に伴い、2008 年に東金市から現拠点に移転して以来徐々に整備されました。住宅地に囲まれてはいますが、日常的にウサギやキジなどの野生動物に出会え、四季折々の草木花が美しい、圃場試験をしていてもとても気持ちのよいところです。増殖していたはずの線虫が消えてしまったり、逆にいつのまにか思わぬ線虫が増殖してしまったり、土壌消毒をしていないので雑草が大繁殖したりと、なかなか思うようにはなってくれませんが、一朝一夕で用意できるものではないので大切に維持していきたいと思います。

写真 5.　ダイズシストセンチュウ試験枠圃場.

本県の線虫研究の歴史を調べてみると、1924 年に当時の県農事試験場病蟲(ちゅう)部(現在の千葉市中央区）で実施された「麥(むぎ)ネマトーダ豫防(よぼう)ニ關(かん)スル試驗(しけん)」が業務報告で確認できる最古のものでした。当時は他にスイカやコンニャクの線虫害についても研究が取り組まれていたようです。1950 年以降になると、ラッカセイのキタネコブセンチュウや、イネのネモグリセンチュウの名が見え始め、その時代の農業的背景を反映して課題が移り変わってきました。1965 年には吉田による「千葉県における土壌線虫の分布」が報告されており、県の研究機関として線虫問題を注視していたことが垣間見えます。最近では、各地で施設・露地問わず問題となっているネコブセンチュウを対象とした土壌還元消毒やくん蒸剤に関する試験、エダマメのダイズシストセンチュウに対する防除試験、植木輸出拡大のための検疫対策としての線虫除去試験などに取り組んでいます。これらの課題は線虫に関する問題の多様化に対応すべく、他地域や国研究機関、大学、民間企業の土壌病害、土壌肥料、農薬、環境関連の専門家と共同して分野横断的に実施されています。

当センターでは、線虫関連課題は主に病理昆虫研究室が担当していますが、これまで水稲畑地園芸研究所の畑地利用研究室（香取市）や、最重点プロジェクト研究室、野菜研究室（いずれも千葉市）、森林研究所（山武市）でも線虫害に対する研究成果があり、そのため線虫研究に携わる研究員は他県に比べて多い方かと思います。また、より生産現場に近い普及職員が生産者の抱える課題に迅速に対応すべく、県内 10 箇所の農業事務所改良普及課にはベルマン分離装置が設置されています。当センターでは毎年普及職員向けに土壌採取の方法から分離・検鏡までの線虫実習を行い、線虫を通して農業に貢献する人材の育成にも取り組んでいます。今後も地域に密着した研究拠点として、大学・国・他地域の研究拠点とも連携し、地道に問題解決に取り組んでいきたいと思っています。

自己紹介

黒田 恭平（産総研 生物プロセス）

産業技術総合研究所 生物プロセス研究部門微生物生態工学研究グループの黒田恭平と申します。2021 年度より日本線虫学会の会員となり、本誌にて自己紹介の機会を頂きましたので、簡単に私自身のことについて話させていただきます。

私は北九州工業高等専門学校（2016 年度）、都城工業高等専門学校（2017–2019 年度）の助教を経て、2020 年 4 月より産業技術総合研究所（産総研）北海道センターへ入所いたしました。私が修士、博士学生のときに産総研で技術研修員として研究を行っていたこともあり、産総研への入所が決まった際にはとても感慨深いものがありました。

私の所属する微生物生態工学研究グループは、微生物生態学を基幹とする多層的視点から生命現象の深淵を明らかにするとともに、その工学的利用技術を創出することでバイオエコノミー社会の形成を目指している研究グループになります。その中で、私は微生物をキーワードに、世界的な環境問題や地域課題を解決するための新規バイオテクノロジーの研究開発を目標として、微生物の共生機構や代謝機能の解明などを行っております。

線虫に関する研究は 2017 年のレンコンの農業従事者の方との会話から始まりました。たまたまその方と居酒屋で相席となり、そこでレンコンの植物寄生性線虫の防除方法が無く困っているというお話を伺い、酒に酔いながら私でも何かやれることがあるのではないかと思い巡らせていました。そして次の日、連絡先を交換した農業従事者の方に電話をし、研究へのご協力をお願いした後すぐに、レンコンネモグリセンチュウの生物防除に関する研究をスター

筆者近影．2018 年 10 月：レンコン試料採取時の写真

トいたしました。今では、様々な研究者、地方自治体、農業従事者の皆様のご支援を頂きながら、レンコンに加え、カンショもターゲットした防除研究も行っております。

私は2017年まで目で見える生物を研究対象としてほとんど扱ったことが無かったため、未だに研究方法の違いなどに戸惑うことが多々あります。一方で、線虫の研究を進めていく中で日々新しい発見があるため、今では私が大好きな主要研究テーマの１つとなっております。私はコア技術としてアンプリコンシークエンス解析（SSU rRNA遺伝子等）やショットガンシークエンス解析（メタゲノム・メタトランスクリプトーム解析）を軸に微生物の生態や機能解析等を主に行っております。植物寄生性線虫の生物防除のためには、様々な研究者の方々との連携が必要不可欠であると考えておりますので、この自己紹介文を読んで何かしらご連携頂けるような感触がありましたら、いつでもご連絡を頂けると幸いに存じます。

コロナ禍が収束し学会等が現地開催となった暁には、学会員の皆様と植物寄生性線虫の話で盛り上がりたいと思っております。最後に、日本線虫学会事務局の皆様には自己紹介の機会をご提供いただきましたことを御礼申し上げます。今後ともご指導、ご鞭撻(べんたつ)を賜りますよう、宜しくお願い申し上げます。

◇◇

編　集　後　記

◆前任の村田さんに代わり、今年度から線虫学会ニュースの編集を担当させていただくことになりました与謝野舜と申します。線虫の世界に入ってから日も浅く、文書の編集作業にも不慣れですが、精いっぱい務めさせていただきます。少しでも早くコロナの感染拡大が収まり、皆様とお会いして記事の内容についてなど直接お伺いできる日が来ることを楽しみにしております。どうぞよろしくお願いいたします。（与謝野）

「フジワラ」の線虫関連機器

ﾍﾞｰﾙﾏﾝ法によって線虫を分離

線虫分離装置

ｼｽﾄ線虫の分離に

シスト分離装置

裏表両方から視察できる

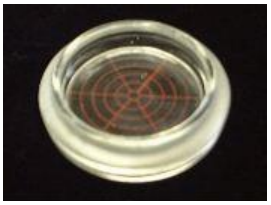
H-S スライド

表層土壌の線虫採取に

線虫スコップ

線虫の計数に便利

シラキュース時計皿

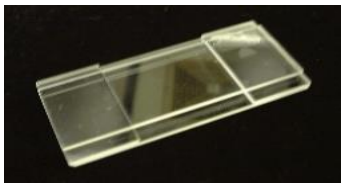


線虫の保存に

線虫固定皿

1ml 中の線虫計数に

線虫計数板



安価に計数したい方は

ﾌﾟﾗﾝｸﾄﾝ格子枠付ｽﾗｲﾄﾞ

長時間の視察にも目に優しい

シスト計数皿

株式会社 藤原製作所

〒114-0024 東京都北区西ケ原1－46－16

Tel 03-3918-8111 Fax 03-3918-8119

E-Mail info＊fujiwara-sc.co.jp

☆詳しい情報はホームページで！→ http://www.fujiwara-sc.co.jp/