

特集：線虫防除の戦略と展望〔2〕

形態による線虫の簡易同定

農林水産省北海道農業試験場 もも た よう じ
百 田 洋 二

近年、病虫害防除においても、環境への負荷を極力抑えた環境保全型の防除技術が指向されているが、畑作物の線虫害対策としては、輪作による耕種的防除が古くから基本となっていた。対抗植物が輪作作物として導入されて、線虫防除に大きな成果が得られている地域も多い。対抗植物や抵抗性作物を作付体系の中に有効に組み込むためには、防除しようとする線虫が正しく同定されていなければならない。それは対抗・抵抗性作物はすべての線虫に対して同等の効果を有するのではなく、一般的にはごく限られた種だけにしか効果を示さないからである。そこで、線虫防除を手掛けているが、線虫の形態や同定にはまだ習熟していない研究者や技術者を対象にして、我が国の農業線虫の中で最も重要とされる、ネグサレセンチュウ、ネコブセンチュウ、シストセンチュウの3グループについて、その主要種の形態的特徴によって同定が行えるよう解説してみたい。

最近新しく開発された出芽細菌 (*Pasteuria penetrans*) によるネコブセンチュウの同定法 (奈良部, 1995; 大類, 1999) は簡便ではあるが、これではサツマイモネコブセンチュウとジャワネコブセンチュウが、また従来の判別寄生による同定法ではジャワネコブセンチュウとアレナリアネコブセンチュウとの識別ができない。簡易同定といえども何らかの形態的手法を必ず併用することが重要である。本稿では、光学顕微鏡で比較的にやすく観察でき、種を同定する上で重要な形質のみについて取り上げ、煩雑な計測値については触れないつもりである。

I ネグサレセンチュウ

ネグサレセンチュウ (*Pratylenchus*) は、その名が示すとおり寄生部位周辺の根部組織を褐変・腐敗させ、二次根などでは腐敗脱落させる。キタネグサレセンチュウによるダイコンの白色浮腫 (のちに黒色斑) やゴボウの褐変症状はよく知られている。

日本産のほぼ全種の形態、分布などの特徴について、

Practices of Plant Nematode Identification by Morphological Characteristics. By Yoji MOMOTA

(キーワード：形態、同定、ネグサレセンチュウ、ネコブセンチュウ、シストセンチュウ)

水久保 (1992) によりとりまとめられている。20種余り知られる本属のうち、被害が出て経済的に問題となる重要種は4種程度である。

1 形態の特徴

雌成虫は体長0.3~0.8 mmの線形。顕著な性的二形はない。頭端(唇部)はほぼ平らで低い。口針は20 μm未満であるが口針節球を含め頑強である。陰門は体長のほぼ70~80% (V値) に位置し、生殖巣は前方に伸び、陰門から後半部は後部子宮枝として退化する。雌の尾端はほぼ丸い。雄は雌に似るがやや小型で尾翼を有し、尾端は体側からは尖って観察される。

2 同定のポイント

① 唇部(頭部)体環数：最も重要な形質であり、体環数が不明な場合は、他を詳細に観察しても形態による同定はできない。検鏡は唇部の体環と体環の間のくびれ(条溝)を数える。条溝が1本なら体環は2本、2条溝なら体環は3本である(図-1)。

② 尾の形状(雌)：丸いか尖り気味かを判別する。また、先端部の体環の有無が重要である。

③ 受精囊の形状(雌)：円形あるいはだ円形(卵形)かの形状を観察する。

④ 雄成虫の存否：雄の形態は種の同定にはあまり参考にされないが、雄が検出されない種がかなりあるので、その存否の確認が重要である。雄が存在しない場合、受精囊には精子が認められない。

以上、4項目を確認・識別できれば、かなりの確度で重要種の同定が可能となる。また、地理的分布や主な寄

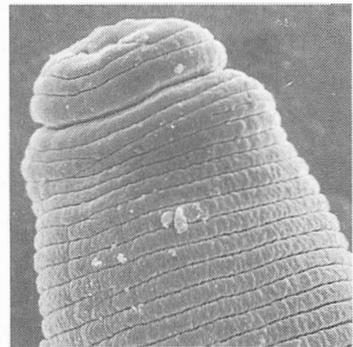


図-1 キタネグサレセンチュウの頭部(走査電顕像)

表-1 日本産ネグサレセンチュウ (*Pratylenchus* 属) 主要種の特徴

種名	唇(頭)部 体環数	雄	受精嚢	尾形(尾端体環)	主な分布・寄主等の特徴
◎ミナミネグサレ (<i>P. coffeae</i>)	2	+	だ円～円形	丸い(なし)	青森以南に分布, イモ類で重要
◎チャネグサレ (<i>P. loosi</i>)	2	+	だ円形	やや尖る(なし)	主に木本寄生(チャ, ミカンなど)
パイナップルネグサレ (<i>P. brachyurus</i>)	2	-		丸い(なし)	種子島以南に分布
◎キタネグサレ (<i>P. penetrans</i>)	3	+	円形	丸い(なし)	北海道～九州に分布, 最重要種
モロコシネグサレ (<i>P. zaeae</i>)	3	-		やや尖る(なし)	イネ科・草本寄生, 陰門前(V%70)
ノコギリネグサレ (<i>P. crenatus</i>)	3	-		丸い(あり)	尾端の体環顕著, 北～東日本に分布
◎クルミネグサレ (<i>P. vulnus</i>)	3～4	+	だ円形	やや三角(なし)	イチゴで特に重要, 果樹類に多い

◎: 重要種, 雄: +あり, -なし. 種名のセンチュウは省略.

主にも特徴があり, 同定の大きな参考となる。表-1に主要種について重要な特徴を示したが, 経済的に問題となるキタネグサレ, ミナミネグサレ, クルミネグサレ, チャネグサレなどは, 表に示した特徴を満たしていればほぼ同定が可能である。

II ネコブセンチュウ

ネコブセンチュウ (*Meloidogyne*) の寄生により, 根菜類では根こぶ, 岐根やひび割れ症状などにより著しく品質を損なう。また, 果菜類などでもこぶ形成による根の機能低下から, 莖葉の萎ちょうや葉の枯れ上がりなどの症状を現し, 減収する。

1 形態の特徴

著しい性的二形を示す。雌成虫は根内で定着し, 洋ナシ状に太り, 尾を欠く。口針は25 μ m未満で細いが, 口針節球がよく発達している。体内は2本の生殖巣で満たされ, 白色で光は透過しない。産卵は体外に産生したゼラチン状物質(卵嚢)中に行う。

雄成虫は大型の線形で体長1～1.5mm程度, 2mmに達することもあり, 変異が大きい。口針は頑強で18～25 μ m程度, 口針節球も大きくしっかりしている。尾は短く, 尾端が丸い。熱殺により弓状になりよじれる。

二期幼虫は体長0.3～0.5mm程度の線形。口針は20 μ m以下で細く目立たない。三・四期の幼虫は根内で定着し, ソーセージ形から長ナス形に太る。

2 同定のポイント

雌成虫の会陰部周辺に種特異的な模様がある。会陰紋(perineal pattern)と呼ばれ, 最も簡便な同定法として使用されている。雄成虫は大きいため標本作製や観察が容易であり, 頭部形態が同定の大きな参考になる。二期幼虫には多くの重要な分類形質があるが, 微小であるため標本作製, 形態観察に熟練を要するので, 簡易同定には適さない。

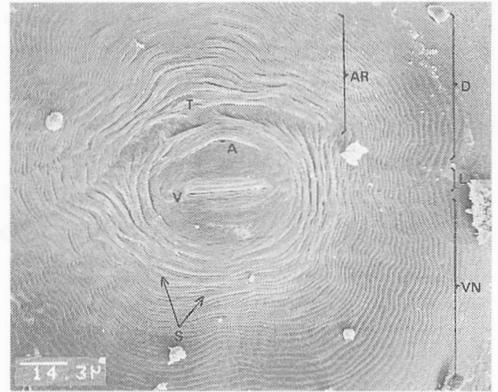


図-2 キタネコブセンチュウ雌成虫の後部形態(走査電顕像)

(A: 肛門, AR: アーチ(背部弓状域), D: 背部, L: 体側部, S: 条溝, T: 尾端, V: 陰門, VN: 腹側)

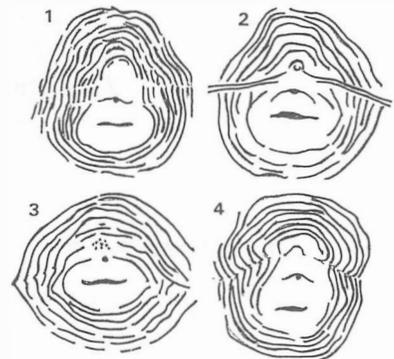


図-3 ネコブセンチュウ主要4種の会陰紋

1: サツマイモネコブ, 2: ジャワネコブ, 3: キタネコブ, 4: アレナリアネコブ

① 会陰紋: アーチ(背部弓状域)の高さ, 側帯では側線の有無, 全体的な条線の形状, 尾端の形態(渦や点刻の存否)などに種の特徴が現れる(図-2, 3)。

② 雄の頭部形態: ヘッドキャップ(頭の最先端部分

表-2 日本産ネコブセンチュウ (*Meloidogyne* 属) と寄主の特徴

種名	寄主
◎サツマイモネコブ (<i>M. incognita</i>)	広い (レースあり, ラッカセイに寄生せず)
◎アレナリアネコブ (<i>M. arenaria</i>)	広い (レースあり)
◎ジャワネコブ (<i>M. javanica</i>)	広い (トウガラシ, ラッカセイに寄生せず)
◎キタネコブ (<i>M. hapla</i>)	広い (レースあり, スイカ, イネ科に寄生せず)
○リングネコブ (<i>M. mali</i>)	リングなど木本
スギナミネコブ (<i>M. suginamiensis</i>)	クワ(特定地域), 接種では草本多数
ツバキネコブ (<i>M. canelliae</i>)	ツバキ・サザンカ類など木本
カキツバタネコブ (<i>M. ichinohei</i>)	カキツバタ
シバネコブ (<i>M. graminis</i> , <i>M. marylandi</i>)	シバ類

◎: 最重要4種, ○: 重要種. 種名のセンチュウは省略.

で唇盤から中間唇を含んだいわゆる口唇)の形状と、口針特に口針節球の形状が重要である。

会陰紋のみによる同定では誤りを生じる恐れがあるので、雄の頭部形態を併用することによって確実な同定ができる。

3 主要4種の同定

日本産のネコブセンチュウには10種程度が知られ(表-2)、ほぼ全種について荒城(1992)によりとりまとめられており、以下に示す経済的に重要な4種(EISENBACK et al., 1981)以外については、会陰紋の形態のほかに、生態や寄生性などが特異的であるのでそれを参照されたい。

① サツマイモネコブセンチュウ

会陰紋: 弓状域が高く、いくぶん角張っている。条線(溝)は波打ったりジグザグ状を示すことが多く、間隔はあまり広くない。側線は欠くが、体側部分で背・腹側それぞれからの条線が連結しない部分が線状に現れるため、側線の痕跡のように観察される場合がある。

雄頭部: ヘッドキャップは高く、台形を示し、背腹側のアウトラインに段が認められることがある。頂端の中央は丸くえぐられたように観察される。通常は頭部体環を有する。口針節球は著大で、長さ(高さ)より幅のほうが大きく、前縁は横長に円い。

② キタネコブセンチュウ

会陰紋: 弓状域は低い。卵形から円い六角形を呈する。条線の間隔はあまり広くない。条線が体側部近くで横に流れる(翼を有する)個体がある。尾端に小さな斑点(点刻)が認められることが多い。

雄頭部: ヘッドキャップは高く、幅広ではない。頭部

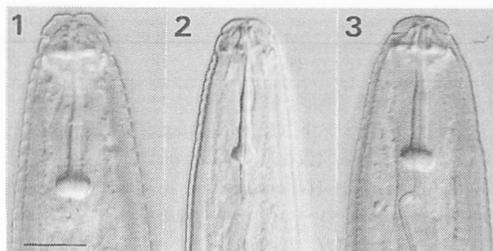


図-4 ネコブセンチュウ雄成虫の頭部

1: サツマイモネコブ, 2: キタネコブ, 3: ジャワネコブ (スケール: 10 μm)

に体環はなく、頭部の幅は第1体環よりも広い。口針節球は比較的小さくて円い。

③ ジャワネコブセンチュウ

会陰紋: 明瞭な側線によって背部と腹部の条線が分かれる。弓状域は高くなく、低い台形。尾端にしばしば渦巻き状の模様が認められる。

雄頭部: ヘッドキャップは高く、幅広で、円い。頭部体環の存否は個体による。口針は極めて頑強で、口針節球も幅広で大きい。

④ アレナリアネコブセンチュウ

会陰紋: 弓状域はあまり高くなく、通常、背部条線は両体側で尾端に向かったへこみ(肩)を有する。おおむねダルマ形を呈する。側線状の構造についてはサツマイモネコブと同様である。

雄頭部: ヘッドキャップは低く後部に傾斜している。頭部体環あり。口針は頑強で口針節球は円く、口針基部から節球にかけて徐々に広がる。

従来、ジャワネコブセンチュウとして扱われてきた九州以北のほとんどの個体群は、アイソザイムパターンによりアレナリアネコブセンチュウとされている(奈良部, 1995)。会陰紋の側線が顕著であるため会陰紋だけでは両種の識別ができないが、雄の頭部形態を併用することにより同定が可能である(図-4)。

III シストセンチュウ

ダイズ萎黄病(月夜病)は、ダイズシストセンチュウを病原体とする線虫病であることはよく知られている。シストセンチュウはダイズや陸稲、ジャガイモなど畑作物で問題とされてきたが、最近ではカーネーションやナス・トマトなど、施設においても被害が発生している。

1 形態の特徴

著しい性的二形を示す。日本産のシストセンチュウには、シスト・雌成虫が球形をした *Globodera* 属、レモン型をした *Heterodera* 属、中間型の *Cactodera* 属の3

表-3 日本産シストセンチュウの特徴

種名	窓タイプ	珠胞	下橋	寄主
<i>Globodera</i> 属 (球形 陰門錐なし)				
◎ジャガイモシスト (<i>G. rostochiensis</i>)	円窓	-	-	ジャガイモ, ナスなど (タバコに寄生せず)
◎タバコシスト (仮称) (<i>G. tabacum</i>)	円窓	-	-	ナス, タバコなど (ジャガイモに寄生せず)
ヨモギシスト (<i>G. hypolisi</i>)	円窓	-	-	ヨモギ
<i>Heterodera</i> 属 (レモン形 陰門錐あり)				
◎イネシスト (<i>H. elachista</i>)	両窓	+	+	イネ
ムギシスト (<i>H. avenae</i>)	二窓	++	-	ムギ類 (最近の記録なし)
◎クローバシスト (<i>H. trifolii</i>)	両窓	++	+	クローバ, カーネーション (雄の検出なし)
◎ダイズシスト (<i>H. glycines</i>)	両窓	++	+	ダイズ, アズキ, インゲン
<i>H. latipons</i>	二窓	-	+	ムギ類 (シストの検出のみ)
ホップシスト (<i>H. humuli</i>)	二窓	-	±	ホップ (ほとんど記録なし)
<i>Cactodera</i> 属 (球形~レモン形 陰門錐あり)				
サボテンシスト (<i>C. cacti</i>)	円窓	-	-	サボテン (最近の記録なし)

◎: 重要種, 種名のセンチュウは省略, +: あり, ++: 顕著または多数, -: なし, ±: 貧弱または個体によりなし.

属が知られる。雄や二期幼虫では3属の形態は類似する。

雄成虫はネコブセンチュウと同様に線形で1mm以上あるが、体長の変異が大きい。口針は30μm前後が多く、口針節球もしっかりしている。尾は短く、尾端は円い。熱殺により弓状になりよじれる。

二期幼虫は体長0.4~0.6mm程度の線形。口針は頑強で20~25μm程度、口針節球も大きい。尾は細長く尖っている。三・四期の幼虫は根内で定着し、ソーセージ形から徐々に雌成虫の形態に近づく。

2 同定のポイント

日本産シストセンチュウの3属10種を表-3に示したが、このほかに未記載種が2, 3種ある。シストセンチュウグループは寄主範囲が限られているので、同定には寄主を特定することが重要である。

① シストの形態: 体後部 (末端域) に種を識別する重要な形質があり、ネコブセンチュウの会陰紋のように簡便な同定に用いられる。

② 頭部形態: シストの形態が類似する種間の識別には、ネコブセンチュウほど微小ではなく、蔵卵シストから容易に得られる二期幼虫の頭部形態が利用できる。

③ 雄成虫: 検出されない種があり存否は同定の参考になる。

Globodera と *Cactodera* のシスト末端域には、陰門を中心にクチクラ層が円状に薄くなるか、穴 (窓: fenestra) が開いている。このような窓のタイプを円窓型という。円窓の下に内部構造には種特異的な形態がないので、肛門から窓の端までの距離と窓長の比 (Granek's ratio) が同定に役立つ。一方、*Heterodera* の場合、突き出した末端部 (陰門錐) の頂部に陰門隙があり、それ

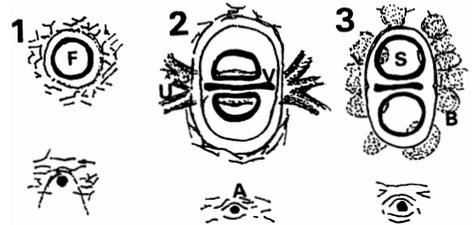


図-5 シストの窓タイプと内部構造 (模式図)

1: 円窓型, 2: 両窓型, 3: 二窓型 (A: 肛門, B: 珠胞, F: 窓, S: 半窓, U: 下橋, V: 陰門隙)

を挟むようにして二つの窓が認められる。この場合、一つの窓を半窓といい、2個の半窓の位置関係から窓のタイプが分類される。離れて位置した円い半窓のタイプを二窓型、近くで向かい合った半円のタイプを両窓型と呼ぶ (図-5)。この窓のタイプと陰門錐の内部構造が重要であり、内部構造である珠胞や下橋の存否や密度、大きさなどに種の特徴が現れる。これらシストの形態だけで同定困難な場合は、二期幼虫の口針節球の形態を併用する。

表-3に示した寄主とシストの形態によって国産種の同定は可能であるが、近似種であるジャガイモシストとタバコシストでは、二期幼虫の口針節球の形態とGranek's ratio (それぞれ約4と2)により、またダイズシストとクローバシストでも、二期幼虫の節球に大きな違いがあるので識別できる (図-6)。

以上、日本において最も重要とされるネグサレセンチュウ、ネコブセンチュウおよびシストシストセンチュウの3グループについて、同定上重要な形態と簡易同定の

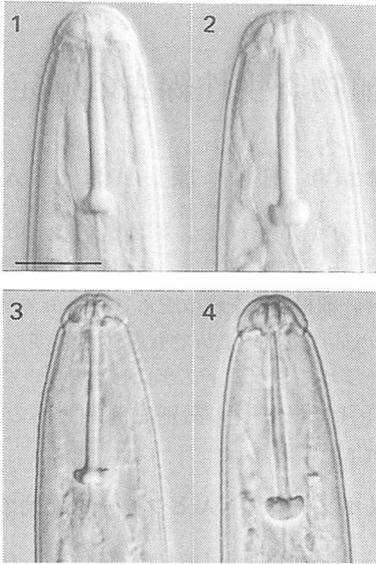


図-6 シストセンチュウ二期幼虫の頭部形態
1: ジャガイモシスト, 2: タバコシスト, 3: ダイズシスト, 4: クローバシスト (スケール: 10 μ m)

実際について説明してきたが、ネグサレセンチュウについては重要な形質が極めて微細であるため、標本作製や形態観察に習熟するまでには時間を要するかもしれない。誌面の都合で省略した標本作製法や割愛した顕微鏡写真は、百田 (1999) を参照されたい。また、属レベル

までの写真や図を多用した検索法や形態を含めて植物寄生性線虫全般がわかりやすく解説された教科書 (MAL and MULLIN, 1996; 西澤, 1994) があるので、その活用も勧めたい。なお、今後、大類 (1999) や植原 (1999) が紹介しているように、形態によらない新しい同定・識別手法が次々と開発されるであろう。北海道農試でも同定のための分子生物学的な手法を積極的に開発しているが、実際にはどこの機関においても常に形態的手法を併用するよう努めているはずであり、このことが両手法を進展させることとなり、同定結果の信頼性を高めことになると確信している。

引用文献

- 1) 荒城雅昭(1992): 線虫研究の歩み, 日線虫研: 29~36.
- 2) EISENBACH, J. D. et al. (1981): A guide to the four most common species of root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.), with a pictorial key. International Meloidogyne Project. Raleigh, 48 pp.
- 3) MAL, W. F. and P. G. MULLIN (1996): Plant-parasitic nematodes: a pictorial key to genera. Comstock Publishing Associates. Ithaca, 277 pp.
- 4) 水久保隆之(1992): 線虫研究の歩み, 日線虫研: 40~47.
- 5) 百田洋二(1999): 線虫防除の戦略と展望(講要), 日植防: 44~62.
- 6) 奈良部孝(1995): 関東病虫研報 42: 9~14
- 7) 西澤 務(1994): 土壤線虫の話, タキイ種苗, 京都, 117 pp.
- 8) 大類幸夫(1999): 植物防疫 53: 285~289.
- 9) 植原健人(1999): 線虫防除の戦略と展望(講要), 日植防: 63~69.

発行 日本植物防疫協会

土と農薬—環境中における農薬のゆくえ—

鋤塚昭三 山本広基 著

A 5 判, 200 頁 定価 3,675 円 (本体 3,500 円+税) 送料 310 円

土は、多くのものに対して分解能力を持ち、環境浄化に大きく寄与している。本書は、この土と農薬との関係について取りまとめた書で、土そのものの、性質・分類・土壤中の生物の解説から、土壤中における農薬の挙動では、散布された農薬の行方、農薬の分解、吸着と移動・土壌生物への影響について解説、また農薬各論では、代表的な 32 種類の農薬について具体例を解説している。付表として、各種農薬の土壌中における半減期、土壌吸着試験用の土壌資料の土性の表を収載する。この分野を理解するための格好の手引書である。

ご購入は、直接本会「出版情報グループ」に申し込むか、お近くの書店でお取り寄せ下さい。
(社)日本植物防疫協会 〒170-8484 東京都豊島区駒込 1-43-11 Tel(03)3944-1561 Fax(03)3944-2103