

# 森林

FOREST PESTS

# 防疫



## 目次

### 論文

- 松枯れがニホンリスの生息に与える影響  
[田村典子] ..... 3
- 家庭にある材料と診断キットによるマツ材線虫病診断  
[伊藤英敏・神崎菜摘・菊地泰生] ..... 10
- マツノザイセンチュウのDNAを利用した簡易なマツ材線虫病診断ツール  
“マツ材線虫病診断キット”について  
[相川拓也・神崎菜摘・菊地泰生] ..... 15
- 明治初期の熊本県南部における野生哺乳類の生息，狩猟および被害の分布  
[安田雅俊・近藤洋史] ..... 23

### 速報

- 加賀市におけるナカトビフトメイガの大発生  
[江崎功二郎・三代千里・能勢育夫・富沢 章] ..... 31

### 訃報

- 田村弘忠さんを偲ぶ  
[真宮靖治] ..... 34
- 都道府県だより：青森県・埼玉県 ..... 36
- 森林病虫獣害発生情報：平成22年1月・2月受理分 ..... 38
- 誌名「森林防疫」についての編集委員会からの意見募集 ..... 39



A



B

[表紙写真] 人為と温暖化の産物か，つくばのラミーカミキリ

写真A：ムクゲ生木の根際より羽化脱出してきたラミーカミキリ（2009年5月26日，森林総合研究所構内にて撮影）

写真B：ムクゲ樹上で交尾しているラミーカミキリ（2009年6月3日，森林総合研究所構内にて撮影）

ラミーカミキリはラミーの根に付いて中国から日本に侵入したとされる外来種で，古くはシーボルトが長崎から記録している。食樹としてはラミー，ヤブマオウ，ムクゲがよく知られているが，その他にシナノキ，サワグルミ，ケヤキ，フジなどからも食害記録がある。分布は徐々に北上し，1990年前後より関東でも記録されるようになり，茨城県以外の関東他県ではすでに記録されていた。2006年6月30日に独・森林総合研究所内で発見されたのが茨城県では初めての記録である。その後，2007，2008年には森林総合研究所内を含む茨城県内で未発見であったため，県内に定着していることが疑問視されていた。しかし，2009年5月22日に所内のムクゲより写真撮影者の島津により再発見され，定着が確認された。

(写真：(独)森林総合研究所 島津光明；文：同 榎原 寛)

## 論文

## 松枯れがニホンリスの生息に与える影響

田村 典子<sup>1</sup>

## 1. はじめに

マツノサイセンチュウによるマツ類枯損被害については、これまでに木材生産、文化財としてのマツ樹木の保存、保安林や水源涵養林としての環境保全などさまざまな観点からの問題が指摘されてきた(松枯れ問題研究会, 1981; 二井, 2003など)。しかし、マツ類に依存する生物種の保全に関する研究はまだ限られている。短期間に大面積の枯死を引き起こすマツ枯れは、そこに生息する、特にマツ依存の生物種にとって、地域的絶滅の原因となることが予想される。しかも、マツ枯れ被害は現在では、北海道と青森を除く全都道府県に広がっており、今後、そうした生物種にとって、単なる地域的絶滅のレベルではなくなることも予想される。生物多様性の保全が国際的な課題となっている昨今、マツ林という森林環境もまた、そこに生息する生物種の生息場所として捉え直し、マツ林生態系をどのように保全すべきか考え直す必要がある。

本研究では、マツ林依存生物種のひとつであるニホンリスに着目した。ニホンリス (*Sciurus lis* Temminck) は、本州、四国、九州、淡路にのみ生息する日本固有種で、低地から亜高山までのさまざまな森林に分布する(阿部, 2008)。しかし、近年、西日本を中心に生息地の減少が危惧されるようになり、九州および中国地方では、絶滅のおそれがある地域個体群と指定された(環境省, 2007)。本種の地域的絶滅の原因は解明されていないが、近年の急激な森林環境の変化が少なからず影響していることが指摘されている。たとえば関東地方の低地林では、森林の分断により分布地域が減少していることが報告されている(Kataoka and Tamura, 2005)。また、千葉県におけるニホンリスの生息分布はアカマツ林の存在と大きく関わっており、マツ枯れなどに

よってマツ林が消失した地域でニホンリスが生息しなくなったという事例も報告されている(矢竹ほか, 2005)。マツ類の種子は、多くの地域でニホンリスにとって主要な餌となっている(矢竹・田村, 2001)。また、常緑高木に営巣する習性をもつニホンリスにとって、マツ林は営巣場所も提供している(矢竹・田村, 2001)。このため、マツ林はニホンリスにとって重要な生息場所となっており、マツ枯れ被害がニホンリスの地域個体群の存続に悪影響を与える可能性が危惧されている。

本稿ではまず、ニホンリスの生息場所としてマツ林の環境評価を試み、どのようなアカマツ林が好まれるのかを明らかにした。次に、マツ枯れ被害が進んでいる地域におけるニホンリスの分布状況を調査し、ニホンリスの生息に及ぼすマツ枯れ被害の影響を明らかにした。また、地域的絶滅が進行している中国地方においても、ニホンリスの生息分布とマツ林の環境との関係を調べた。以上の結果より、ニホンリスの保全において、どのようなマツ林環境の創出を目指すべきかを考察する。

## 2. ニホンリスの生息場所としてのアカマツ林

調査は2003年6月から2005年8月にかけて、山梨県富士河口湖町の剣丸尾溶岩流上に発達した天然生アカマツ林(標高約908~1272m)において行った。この地域ではマツ枯れ被害は見られず、調査地一帯は、樹高10~25mのアカマツが高木層に優占していた。アカマツの下には、ソヨゴ、ミツバツツジ、ミズナラ、ツリバナ、ネジキ、リュウブなどが多く認められた(Kataoka *et al.*, 2010)。43haの範囲に生け捕りワナを設置し、2~4ヶ月間隔でニホンリスを捕獲した。捕獲個体には、個体識別用の首輪、あるいは無線発信機付きの首輪を装着した。こうし

<sup>1</sup>TAMURA, Noriko, (株)森林総合研究所 多摩森林科学園



図-1 アカマツ球果(左)とニホンリスによる食痕(右)

て、43haの調査区域内に定住している個体数のモニタリングを行った。

その一方で、同じ区域に10m×10mの方形区を6～12箇所設置し、落下しているアカマツ球果の食痕数を月ごとにカウントした(田村ほか, 2006)。ニホンリスはアカマツ球果をもぎ取り、根元部分から鱗片を1枚ずつ齧り取って、中に入っている種子を取り出して食べる。そのため、種子を取り出し終えた球果は独特のエビフライ状の形になるため(図-1)、ニホンリスによって食べられた球果を識別することができる。

43ha区域に定住していた個体は平均2.8個体で、最低1個体から最高8個体という変動が認められた。一方、10m×10mの方形区に落下していた球果食痕数は約1ヶ月の期間に0～17個であった。マツ球果食痕数は5月から8月の時期には、他の季節に比べて少なくなる傾向が見られたが、統計的に有意な差ではなかった。一方、食痕数と生息個体数との間には有意な正の相関が認められた。調査地内に1個体しか生息していない時期には、アカマツ食痕は1個/ha/日という頻度であったが、生息数が4個体になる

と、食痕数が11個/ha/日、さらに8個体になると、食痕数は22個/ha/日と増加する。したがって、林床に落下しているマツ球果の食痕数を数える事によって、おおまかではあるが、リスの相対的な生息数を評価できる事が明らかになった。

次に、富士河口湖町周辺の約1500haのアカマツ林30箇所それぞれ10m×10mの方形区を設置し、その中に落下しているエビフライ型のリスの食痕数を数えるとともに、植生調査を行った。調査地としたアカマツ林のなかには、天然の遷移に任されているものもあるが、スギやカラマツと混合して人工的に植栽されたものや、ゴルフ場なども含まれている。植生調査は、リスの環境利用に関わると考えられる以下12項目とした。(1)アカマツ本数、(2)アカマツ平均樹高、(3)アカマツ平均胸高直径、(4)上層木本数、(5)上層木平均樹高、(6)上層木樹種数、(7)中層木本数、(8)中層木樹種数、(9)中層常緑木本数、(10)中層木平均樹高、(11)下層木本数、(12)下層木樹種数。

調査時点で方形区内に落下していた食痕数は平均14.6個/100㎡で、0個から145個/100㎡と変異が大きかった。まったく食痕が回収されなかったコードラートが7箇所あったが、地域的な偏りは無かった。食痕数の変異を説明する環境変数を樹型回帰モデル(SPSS-AnswerTree3.0J)によって選択した結果、中層樹種数および中層常緑本数が多い環境に食痕が多い傾向があった(田村ほか, 2006)。一方、主食となっているはずのアカマツの本数や樹高、胸高直径などの変数はいずれも食痕数と強い関わりが認められなかった。このことから、富士山北麓に広がるアカマツ林では、アカマツ樹木の特性、あるいはアカマツ球果の量によって、リスの生息数が決まるの

表-1 山梨県富士河口湖町と都留市におけるアカマツ林の環境比較

| 調査地    |    | リス食痕数<br>(No./100㎡) | マツ生木本数 | 枯損木本数 | マツ樹高<br>(m) | マツ胸高直径<br>(cm) | 樹種数  | 中層常緑本数 | 下層本数 |
|--------|----|---------------------|--------|-------|-------------|----------------|------|--------|------|
| 富士河口湖町 | 平均 | 14.6                | 10.4   | 0     | 13.6        | 29.4           | 11   | 13.1   | 13.5 |
|        | 範囲 | 0～145               | 2～29   | 0     | 4～23        | 12～65          | 1～23 | 0～68   | 0～38 |
| 都留市    | 平均 | 7.3                 | 4.6    | 3.4   | 18.7        | 34.6           | 8.5  | 3.5    | 17.8 |
|        | 範囲 | 0～48                | 1～11   | 0～11  | 13～20       | 26～52          | 1～23 | 0～32   | 0～80 |



ではなく、むしろ、アカマツの樹下に多くの中層木が存在し、餌や隠れ場所を提供する環境が好まれることが示唆された。

### 3. 山梨県におけるマツ枯れ被害地域のニホンリス

同じ山梨県でも標高の低い都留市付近では、昭和57年頃からマツ枯れ被害が開始、現在では多くの林分で枯死木が目立っている。富士河口湖町で行った先行研究と比較するために、都留市においても、標高512～846m、約803haの範囲に30箇所のコドラートを設置した(田村, 2008)。2005年7月に10m×10mの範囲に落下しているリスの食痕数と以下13項目の植生調査を行った。(1)マツ生木割合、(2)マツ生木本数、(3)マツ枯損木本数、(4)マツ大木(胸高直径30cm以上)本数、(5)マツ平均樹高、(6)マツ平均胸高直径、(7)マツ胸高断面積合計、(8)上層木本数、(9)中層木本数、(10)下層木本数、(11)上層常緑木本数、(12)中層常緑木本数、(13)樹種数。

都留市の調査地30箇所のうち、マツ枯れ被害が認められなかった林分は1箇所のみ、80%以上が健全木である林分は7箇所、50%以上が健全木である林分は20箇所であった。アカマツの生木割合は30箇所ですべて平均58%であった。富士河口湖町のアカマツ林と比べて、アカマツの樹高や胸高直径には大きな違いは無かったが、マツの生木本数が少なく、中層常緑木本数や樹種数が少ない傾向が見られた(表-1)。

7箇所を除く23コドラートでアカマツ球果の食痕が確認された。調査した時点で10m×10mのコドレート内に落下していた食痕数は、平均7.3個(最少0個～最高48個)であった。この数は、富士河口湖町での結果の半分程度であった。マツ枯れによって都留市では生木本数が河口湖町の約半分になっている。したがって、都留市で全体的にリスの食痕数が少ない原因の一つとして、マツの球果量が少ないからであるとも考えられる。また、富士河口湖町でリスが好む環境特性として選択された中層常緑木本数や樹種数が、都留市では全体的に少ない傾向があり、マツの量が少ないだけでなく、その他の生息環境とし

ても劣っていることが示唆された。さらに、都留市30箇所の林分ごとに食痕量と環境との関連を樹型回帰モデル(SPSS-AnswerTree3.0J)によって解析してみると、枯損木本数をもっとも影響する要因であり、10m×10mに枯損木が1.5本以下の密度では、リスの食痕数が有意に多かった。しかし、枯損木の数が1.5本以上ある林分でも、樹種数が18種以上ある林分では、リスが比較的多く生息していることが明らかになった(田村, 2008)。

都留市では、富士河口湖町とは異なり、アカマツの状態に関わる環境要因が食痕数に影響していた(田村, 2008)。アカマツ生木率とリスの食痕数との関係をもてみると、生木率が高まるほど食痕数は多くなり、生木率が20%以下の林分にはリスの生息の痕跡は認められなかった。また、生木率が50%以上の林分では20箇所中18箇所(90%)で食痕が認められたが、生木率が50%未満では10箇所中5箇所(50%)しか食痕が認められなかった。このように、都留市では、マツ枯れに伴ってリスの生息確率が減少している可能性が示唆された。しかし、樹種数の多さも同時にリスの食痕数に関連していた。アカマツが枯損した林分において、その後継木として多様な樹種が存在していれば、リスの地域的絶滅の状況はある程度緩和されるのかも知れない。

### 4. 中国地方におけるマツ枯れ被害地域のニホンリス

ニホンリスの地域的絶滅が問題となっている西日本での状況はどうだろうか? 特に、絶滅が問題となっている中国地方におけるアカマツ林の状態とニホンリスの生息状況を緊急に調べてみる必要がある。中国地方では、燃料としてのアカマツ造林の歴史が古く、マツ林が占める面積も広い。また、山梨県など本州中部地域よりも一足早く、終戦頃からマツ枯れ被害を受けている。その被害規模も大きく、被害に曝されてきた歴史も長い。こうした中国地方の森林を調査することで、今後、本州中部から東北地方に広がっていくマツ枯れ被害の影響を予知し、予防に役立てられるかもしれない。

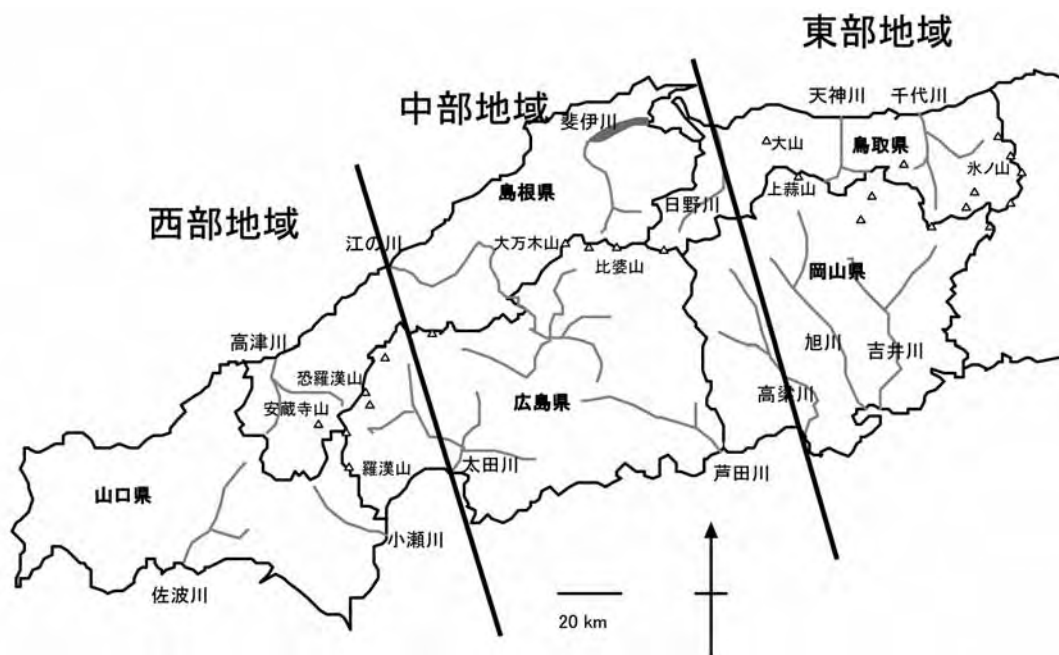


図-2 中国地方調査地の概要

ニホンリスは、鳥取県のレッドデータブックでは準絶滅危惧種(NT)とされ、広島県では絶滅種(EX)、山口県では絶滅危惧1A類(CR)、岡山県と鳥根県では情報不足とされている(鳥取県, 2002; 山口県, 2002; 岡山県, 2003; 鳥根県, 2004; 広島県, 2004)。いずれの県でも、ニホンリスの生息は危機的な状況にあるが、調査不足であることが分かる。岡山県については、その後ニホンリスの詳細な分布調査が行われた(山田, 2006)。その結果、東部では生息箇所が比較的多く発見されているのに対して、西部の高梁川以西では生息が確認されなかった。残り4県の生息状況は依然、明らかになっていない。そこで本研究では、2005年5月から2007年3月、中国地方4県(鳥取、鳥根、山口、広島)において生息調査を行った。この調査では、標高33mから879mに分布する天然生アカマツ、アカマツ二次林、アカマツ植林地を調査地とした(図-2)。1箇所につき通常10~20本のマツの樹冠下を探索し、リス特有の食痕があるかどうか調査した。この際、ニホンリスに類似の食痕を残すムササビが分布する地域では、それと区別するために、地上で採食した痕跡をニホンリスのものとし、樹上から落とした痕跡についてはム

ササビあるいはニホンリスの判定は不明とした。なぜなら、ムササビは地上に降りてマツの球果を採食しないが、ニホンリスはしばしば地上で採食するためである。地上で採食した場合、球果の軸と鱗片は同じところにまとまって残されているが、樹上から落とした場合、軸と鱗片は広範囲に散乱しているため、両者を区別することができる。

合計324箇所のアカマツ林で調査を行ったところ、49箇所(15.1%)で食痕が確認された(田村ほか, 2007)。このうち5箇所については地上食痕が見つからなかったため、ムササビの可能性はある。したがって、少なくとも44箇所(13.6%)のアカマツ林でニホンリスの痕跡が認められたことになる。山梨県では30箇所の調査地のうち23箇所(76.7%)で食痕が認められたことと比較すると、中国地方での生息確率がかなり低いことが明らかになった。さらに細かく地域ごとに見てみると、鳥取県では37箇所、鳥根県では2箇所、山口県では5箇所、広島県では0箇所であった。比較的痕跡発見率の高い鳥取県では、リスの目撃情報もあったが、西へ向かうほど痕跡が減少し、日野川以西ではまったく認められなくなる。さらに西側の鳥根県や広島県では痕跡確認箇所がほとんど

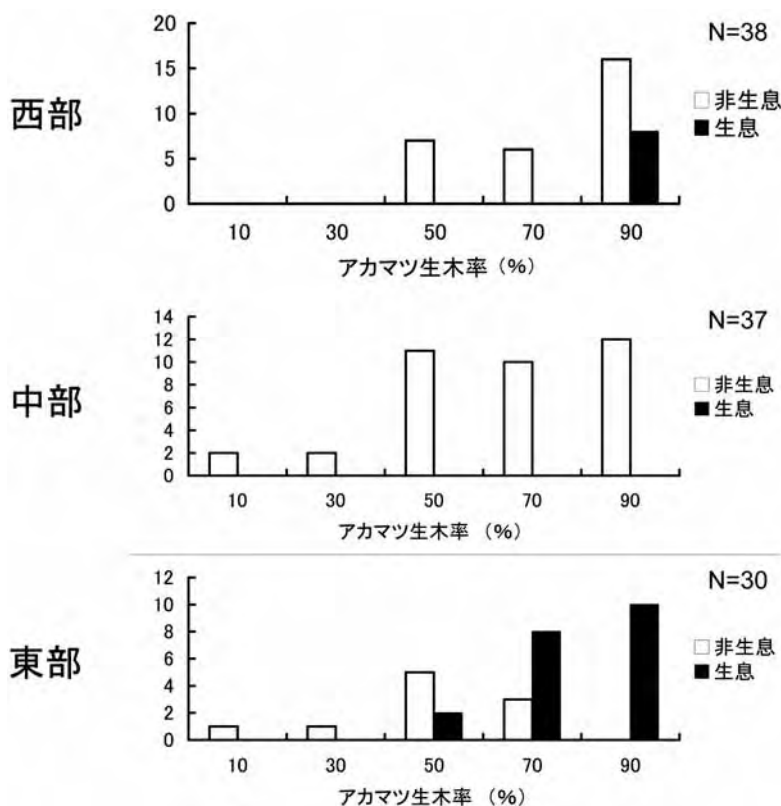


図-3 中国地方3地域におけるアカマツ生木率の比較 (Nは調査林分数)

無い状況で、ニホンリスの生息が危ぶまれる。一方、山口県、島根県、広島県3県の境界地域で若干の痕跡が認められた。このあたりでは、痕跡は認められるものの、リスが直接観察されていないため、今後の詳細な調査が必要である。

次に、調査地のアカマツの状態とリスの痕跡との関係を調べてみた。東部地域(経度133°20'~134°30')に30箇所、中部地域(132°20'~133°20')に37箇所、西部地域(131°20'~132°20')に38箇所のマツ林に調査地を設け、枯損木の割合、最大胸高直径、標高などを比較した。東部、中部、西部の3地域の間で、生木率の頻度分布を比較したところ、統計的に有意な差が認められた(図-3)。西部の調査地では、東部や中部の調査地に比べて、生木率が高い傾向が認められた。したがって、リスの生息痕跡が西部ほど減少する原因は、調査したアカマツ林の環境が西部ほど悪かったためではない。東部では、生木率90%以上のアカマツ林において、すべてリスの

生息痕跡が認められた。生木率70%以上では73%の林分で、生木率50%以上では25%の林分で痕跡が認められたが、生木率50%未満の林分では痕跡は全く認められなかった。一方、中・西部では、生木率90%以上の林分でのみ生息痕跡が見られた。どの地域でも、生木率が下がるとリスの生息確率が低くなることは明らかであるが、中・西部と東部の結果を比較すると、少なくとも現状のアカマツ林において、生木率の差が両地域のリス分布の差に影響しているとは考えにくい。

しかし、過去にマツ枯れ被害があったことが、現在のリスの生息分布に影響を及ぼしている可能性も考えられる。そこで、それぞれの林分に生育するアカマツの木の最大直径の大きさを比較してみることにした。最大直径の頻度分布は3地域間で統計的に有意な差が認められた(図-4)。中部地域は東部および西部に比べて、マツの最大直径が小さい。したがって、中部地域ではマツ枯れを免れて成長し続

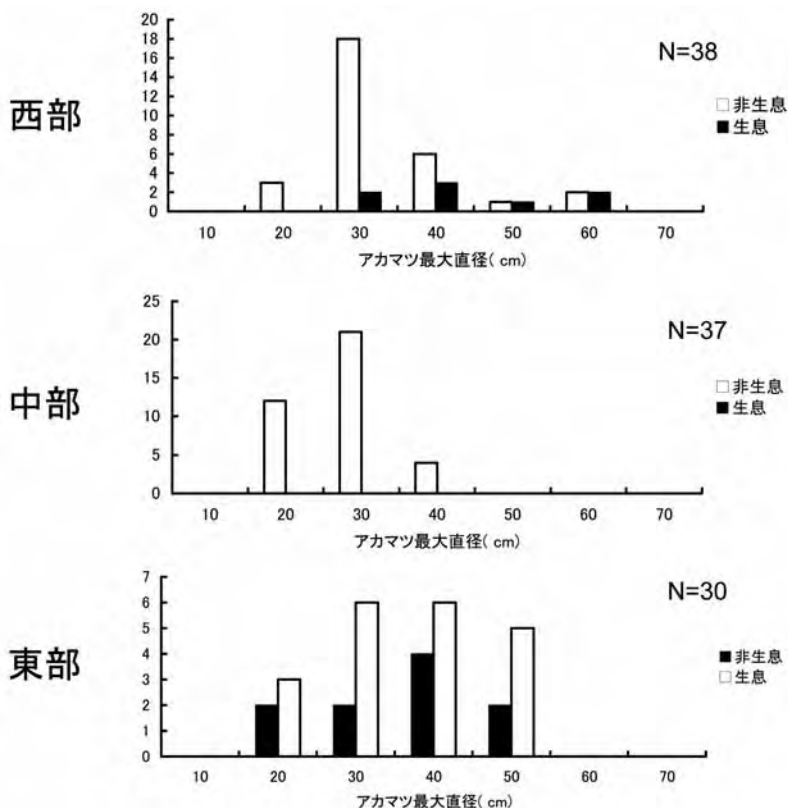


図-4 中国地方3地域におけるアカマツ最大直径の比較 (Nは調査林分数)

けてきたマツ林が少ないのではないだろうか。多くのマツが直径20~30cm程度の若い林であった。このことは、リスにとっての生息場所が中部地域では、過去に激減したことを示しているのかもしれない。また、中・西部地域では、現在、最大直径が50cm以上の大きな木が残存している林分で、50%の生息確率を示している。しかし、30cm未満の林分では、痕跡が見つかっていない。一方、東部地域ではアカマツの最大直径にかかわらず、生息痕跡が認められた。

以上の結果から、ニホンリスは、東部地域ではマツ枯れ被害の程度が異なるさまざまなマツ林を生息地として利用しながら、連続的に分布しているのに対して、中・西部ではマツ枯れ被害を過去も現在も免れている限られた地域でのみ、リスの痕跡が認められることが明らかになった。中部地域で生息痕跡がほとんど無いことから、西部の個体群がたとえ残存していたとしても、分布の連続性を欠くため、存続は危ぶまれる。つまり、林分単位で見ると確かに

マツ枯れによってリスの生息確率は低下するが、それだけでは必ずしも地域的絶滅は説明できない。中国地方の中・西部で地域的絶滅がおこった主要な要因は、マツ枯れが一度に広い範囲で起こり、連続的な生息地が消失したことも大きく影響していると考えられる。

### 5. アカマツ林生態系の保全

マツ枯れ被害によるアカマツ林の衰退は、短期的にはニホンリスの生息個体数の減少を引き起こす。それは、長期的にみると地域的絶滅への引き金になっている可能性もある。しかし、中国地方の植生環境は、歴史的に古くから人為の影響を受け、人工林の比率も高く、リスおよびその他の野生生物の生息に適した環境が維持されてきたわけではない(広木, 2002)。したがって、アカマツ林のマツ枯れ被害問題だけではなく、その他の森林環境の問題とも複合して、リスの地域的絶滅が促進されたと考えられる。



中国地方では、アカマツ林に依存していないニホンツキノワグマやニホンカモシカなどの大型哺乳類も絶滅の危機に瀕していることがそれを裏付けている。もともとニホンリスは天然生のアカマツ林の環境に適応してきたはずであり、人間との関わりで生まれたアカマツ造林地に依存して生息地を維持している状況は不自然な姿である。天然林であれば、パイオニア種であるアカマツが枯れて別の樹種に更新しても、リスは多様な樹種を餌として生存可能である。密度は低くなりつつも、絶滅することはない。しかし、アカマツ造林地で一斉に枯死が起こると、広範囲にわたって禿山に替わるか、少なくとも環境が急激に変化する。周囲に天然林が残っていれば、避難することも可能だろうが、スギやヒノキの人工林が続いている地域では、マツ枯れと同時に生息地を失い絶滅することになる。

現在、天然林だけで生物の保全を行っていくには、その面積はすでに少なすぎる。人工林や二次林も、ある種の生物にとっては保全の場として考え直す時期に来ている。アカマツ林に依存する生物を保全するために、アカマツ造林地をマツ枯れ被害から護ることは大切であるが、広域レベルで管理を考え、マツ林周囲の植生環境を含め、多様性を維持していくことが重要である。

## 6. 引用文献

- 阿部 永監修 (2008) 日本の哺乳類 (改訂2版). 東海大学出版会, 秦野, 206pp.
- 二井一禎 (2003) マツ枯れは森の感染症. 文一総合出版, 東京, 222pp.
- 広木詔三編 (2002) 里山の生態学. 名古屋大学出版会, 名古屋, 333pp.
- 広島県 (2004) 改訂・広島県の絶滅のおそれのある野生動物. レッドデータブックひろしま2003. 広島, 515pp.
- Kataoka, T., Aikyo, C., Watanabe, M. and Tamura N. (2010) Population dynamics and home ranges of the Japanese squirrel in red pine forests. *Mammal Study* 35: 79~84.
- Kataoka, T. and Tamura N. (2005) Effects of habitat fragmentation on the presence of Japanese squirrels, *Sciurus lis*, in suburban forests. *Mammal Study* 30: 131~137.
- 環境省 (2007) 環境省報道発表資料『哺乳類, 汽水・淡水魚類, 昆虫類, 貝類, 植物 I 及び植物 II のレッドリストの見直しについて』.
- 松枯れ問題研究会編 (1981) 松が枯れてゆく—この異常事態への提言. 第一プランニングセンター, 東京, 251pp.
- 岡山県 (2003) 岡山県版レッドデータブック. 岡山県生活環境部, 岡山, 465pp.
- 島根県 (2004) 改訂しまねレッドデータブック. 島根県生活環境部, (財)ホシザキグリーン財団, 松江, 415pp.
- 田村典子 (2008) 山梨県における材線虫病被害とニホンリスの生息状況. *森林野生動物研究会誌* 33: 20~24.
- 田村典子・相京千香・片岡友美 (2006) ニホンリスの生息場所としてのアカマツ林の環境評価. *日本森林学会誌* 89: 71~75.
- 田村典子・松尾龍平・田中俊夫・片岡友美・広瀬南斗・富士本八央・日置佳之 (2007) 中国地方におけるニホンリスの生息状況. *哺乳類科学* 47: 231~237.
- 鳥取県 (2002) レッドデータブックとっとり. 動物編. 鳥取県生活環境部, 鳥取, 214pp.
- 矢竹一穂・秋田 毅・古川 淳・浅田正彦 (2005) 千葉県におけるニホンリス (*Sciurus lis*) の分布状況. *千葉県立中央博物館自然誌研究報告* 8: 41~48.
- 矢竹一穂・田村典子 (2001) ニホンリスの保全ガイドラインづくりに向けて Ⅲニホンリスの保全に関わる生態. *哺乳類科学* 41: 149~157.
- 山田 勝 (2006) 岡山県におけるニホンリスの生息状況について. *しぜんくらしき* 57: 2~7.
- 山口県 (2002) レッドデータブックやまぐち. 山口県環境生活部, 山口, 511pp.

(2009.10.19 受理)

## 論文

# 家庭にある材料と診断キットによる マツ材線虫病診断

伊藤英敏<sup>1</sup>・神崎菜摘<sup>2</sup>・菊地泰生<sup>3</sup>

**要旨：**マツ材線虫の効果的な防除には、迅速、正確な病原線虫の検出、同定が必要不可欠である。しかしながら、従来から行われてきたベールマン法による線虫分離、顕微鏡観察による種同定には、専門的な知識、顕微鏡などの高価な機器が必要であった。近年、発売開始されたマツノザイセンチュウ遺伝子診断キットは、線虫形態に関する特殊な知識を用いず、迅速、高感度で線虫感染を検出できるが、それでも、ドライインキュベーターやサーマルサイクラーなどの特殊な機器を必要とするという点が広い普及を妨げていることは否めない。そこで、本研究では、一般的に入手可能な日用雑貨、例えばインキュベータを湯沸かしポットで代用するなど、を用いて、診断キットによる線虫検出が可能か否かを検証した。この結果、日用雑貨を使った方法（家庭型）と、実験室設備を用いた方法（実験室標準法）との間で、マツノザイセンチュウ検出感度に差は見られず、取り扱い手順に若干の注意を要するものの、特殊機器を用いずともキットによる診断が可能であることが明らかになった。

**キーワード：**簡易診断、検出キット、マツ材線虫病、マツノザイセンチュウ、日用雑貨

## 1. はじめに

マツノザイセンチュウ (*Bursaphelenchus xylophilus*) による松枯れ被害は日本および東アジアで最も深刻な森林被害である。近年の本線虫のヨーロッパへの侵入と中国での松枯れ被害拡大により本病に対する関心は世界的にも高まってきている (Jones *et al.*, 2008)。本病の効果的な防除には、検疫所において未侵入地域への新たな侵入を防ぎ、被害地においては被害木を適切に処理することが必要であり、そ

のために簡便で正確な診断法が強く求められてきた。

これまでの診断はベールマン法による線虫の分離と顕微鏡による観察によって行われてきた。この方法は線虫の分離に長時間かかるだけでなく線虫の形態に関する専門的な知識が必要である。特に病原性のマツノザイセンチュウと非病原性のニセマツノザイセンチュウ (*B. mucronatus*) を区別することは極めて難しく (Kanzaki, 2008)、診断は専門機関に頼らざるをえなかった。

近年、モレキュラーテクニック、すなわち遺伝子の塩基配列によるマツノザイセンチュウの検出法が開発され報告されるようになった (Cao *et al.*, 2005; Francois *et al.*, 2007; Leal *et al.*, 2005; Takeuchi *et al.*, 2005)。多くの場合サーマルサイクラーを用いたPCR法によりマツノザイセンチュウに特異的な遺伝子配列を増幅し、増幅産物を電気泳動もしくはシーケンサーで解析することにより行われる。これらの方法は、線虫の形態に関する知識が不要なく、検出感度が高い優れた手法である。しかし、実験にはサーマルサイクラーをはじめとする高価な機器類と整備された実験室が必要であり、一般的な診断手法としての適用性は高いとはいえない。

2009年春に発売開始されたマツ材線虫病診断キット (ニッポンジーン) はそれらの高価な機器を必要としない簡便な操作で診断ができる (Kikuchi *et al.*, 2009; 相川ら, 2010)。これはLoop-Mediated Isothermal Amplification (LAMP) 法と呼ばれる技術 (Tomita *et al.*, 2008) を基にしており、一定温度下で特定の遺伝子配列の増幅が可能となっているため、サーマルサイクラーの代わりに恒温器で反応ができる。また、陽性の判定は溶液の色の変化で容易に行える (図-1)。さらに、供試材料から

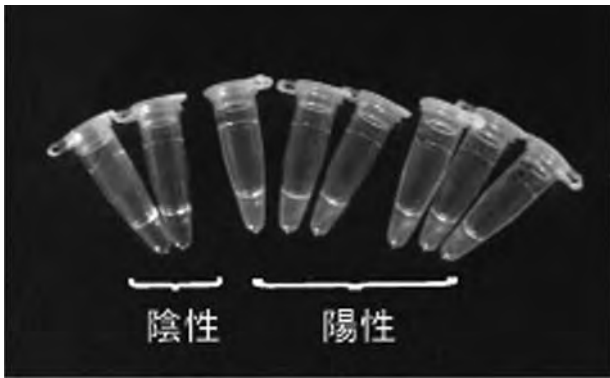


図-1 LAMP反応後のチューブ

陰性サンプル（左2サンプル）、陽性サンプル（右6サンプル）を自然光下で撮影した。

のDNA抽出もこれまでの手法と比べ簡便化されており、広く普及する可能性を秘めたものである。

しかし、森林管理署や樹木医など現場に近い環境で使用するにはまだハードルが高いことは否めない。特に温度制御できるインキュベーターはやや高価で各現場単位で容易に入手できるものではない。

本論文では、診断キットのさらに広い適用の可能性を探るため、家庭で一般的に手に入る材料として、インキュベーターには保温機能つき湯沸しポットを用い、その他の器具類も極力家庭で容易に入手できるものを用いて枯死木からの線虫検出を試みた。そして、この手法（家庭型）による検出結果を、実験室設備を用いてキット添付のマニュアル通りに使用した場合（実験室型標準法）の結果と比較することにより、日用雑貨品を用いてキットによる診断が可能であるかを検証した。

## 2. 材料と方法

### 線虫、マツのサンプル

試験は2009年10月7日から8日にかけて行った。ポジティブコントロールとしてマツノザイセンチュウKa4-C1株、ネガティブコントロールとしてはニセマツノザイセンチュウUn1集団を用いた。これらは、どちらも森林総合研究所で継代維持されている。マツ材片は茨城県つくば市の森林総合研究所構内にある10年生健全アカマツ (*Pinus densiflora*) および2009年7月に人工接種により枯死した10年生のクロマツ (*P. thunbergii*) から採取した。木材サンプルの一部を用いてバールマン法 (23°C, 15時間) により、線虫の分離、顕微鏡による形態的同定、計数を行い、マツノザイセンチュウ感染を確認した。

### 機器消耗品類

実験に用いた機器類を表-1に示す。安価で入手が容易なものを使用するように心がけた。スポンジには2-mlチューブもしくは0.2-mlチューブに合う穴を開け、チューブ用スタンドあるいはチューブ用フロッターとして使用できるように加工した (図-2)。

### LAMPキットによる診断

診断にはマツ材線虫病診断キット (ニッポンジー) を用いた。実験はキットに添付されている取扱説明書に概ねしたがって行った。

湯沸しポット (保温機能付) は保温60°Cに設定後、一晚放置し水温が安定したことを確認してから使用した。抽出、LAMP反応時のポット内の温度はどちらも58.5°Cであった。線虫は雌 (♀) 1頭もしくは

表-1 診断に使用した機器・消耗品類

| 取扱説明書での表記                 | 家庭型代替品                          |
|---------------------------|---------------------------------|
| ドリル                       | 手動ドリル (ホームセンターで購入)              |
| ピペットおよびピペットチップ (800 μl用)  | 使い捨てトランスファーピペット (アシスト: 86.1172) |
| ピペットおよびピペットチップ (2-20 μl用) | マイクロピペット (エッペンドルフ: リサーチV)       |
| 使い捨て手袋                    | 使い捨て手袋 (ダイソー)                   |
| インキュベーター (55°C、63°C)      | 家庭用電気ポット (象印: CD-WFD.E4)        |
| インキュベーター (94~100°C)       | 調理鍋、ガスコンロ                       |
| ピンセット                     | 刺抜き用ピンセット (ダイソー)                |
| ポリエチレン袋                   | 台所用ポリエチレン袋 (ダイソー)               |
| 水                         | ロックアイス (セブンイレブン)                |
| チューブラック                   | 水切り皿 (ダイソー)                     |
| フロート                      | 家庭用食器洗スポンジ (ダイソー)               |
| UV照射装置                    | ペン型ブラックライト (ダイソー)               |



図-2 使用した消耗品類

は材片2枚を添付の2-mlチューブに入れ、約800 $\mu$ lの抽出バッファーをトランスファーピペット（アシスト社）で加えてポット内で20分間保温した（図-3 B, C）。保温後の2-mlチューブはガスコンロで10分間煮沸し抽出反応を停止させた。検出試薬の調整はキットに付属の0.2-mlチューブ内で10サンプル分まとめて行い、各チューブへ18 $\mu$ lずつ分注した。操作は氷上で行い（図-3 D, E）、液の計測にはマイクロピペット（エッペンドルフ社）を使用した。抽出液2 $\mu$ lを各チューブに加え総量を20 $\mu$ lとして、ミネラルオイルを一滴加え、湯沸しポット内で60分間保温した（LAMP反応）後、2分間の煮沸によって反応を停止した。反応後のチューブはブラックラ

イト下の蛍光により、陽性陰性の判定を行った。

実験室型標準法では、抽出反応での55 $^{\circ}$ Cおよび95 $^{\circ}$ Cのインキュベートにはドライインキュベーター（DryThermoUnit CTU-N, Taitec社）を用い、LAMP反応（63 $^{\circ}$ C）、LAMP反応停止（85 $^{\circ}$ C）にはサーマルサイクラー（iCycler, Biorad社）を用いた。ピペット、ピペットチップ、チューブラック、簡易遠心機、ボルテックスミキサー等の消耗品類は森林総合研究所森林病理遺伝子実験室で使用されているものを用いた。

マツノザイセンチュウ抽出液の希釈は超純水を用いて行い、原液、1/10希釈液、1/100希釈液を作製し、各2 $\mu$ lをLAMP反応に供した。

### 3. 結果

#### LAMP反応

マツノザイセンチュウ抽出液および枯死木を用いた試験結果はすべて陽性であった（表-2）。また、ニセマツノザイセンチュウ、健全木の抽出液を用いた結果はすべて陰性であった。キットの感度を調べるため、マツノザイセンチュウ抽出液の原液、希釈液（1/10、1/100）をLAMP反応に供した結果はすべて陽性で、実験室型標準法および家庭型手法の間で感度の差は見られなかった。

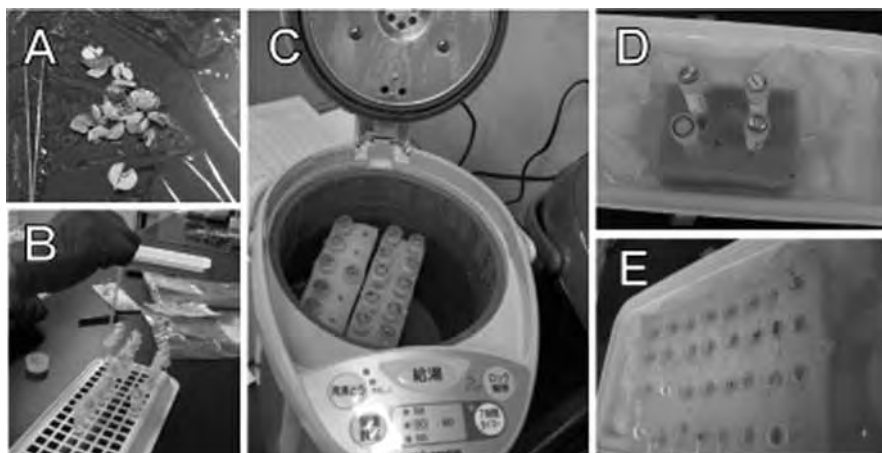


図-3 家庭型手法によるキット診断の様子

A：使用したマツ材片とピンセット， B：抽出液を分注する様子， C：家庭用ポットによるインキュベート， D, E：反応混合液を氷上で調整。



表-2 家庭型手法と標準法による診断結果

|                   | 家庭型 | 標準法 (実験室型) |
|-------------------|-----|------------|
| マツノザイセンチュウ        |     |            |
| 原液                | 3/3 | 3/3        |
| 1/10              | 3/3 | 3/3        |
| 1/100             | 3/3 | 3/3        |
| ニセマツノザイセンチュウ      |     |            |
| 原液                | 0/2 | 0/2        |
| 枯死木材片             |     |            |
| A: 線虫数 29頭/g (乾重) | 3/3 | 3/3        |
| B: 線虫数 21頭/g (乾重) | 3/3 | 3/3        |
| C: 線虫数 60頭/g (乾重) | 3/3 | 3/3        |
| 健全木材片             |     |            |
| ポジティブコントロール       | 1/1 | 1/1        |
| ネガティブコントロール       | 0/1 | 0/1        |

#### 4. 考察

今回の研究は家庭にある湯沸しポットなどの材料を使用しても、ドライインキュベーター等を備えた研究室で行うのと同等の感度で診断が可能であることを示した。

材片の採取は手動ドリルで行った。電動ドリルと遜色ない。

抽出のためのインキュベートには電気ポット（保温機能付）を用いた。インキュベート中のポット内の温度は58.5℃であった。キットに付属の取扱説明書では55℃を推奨しているが、抽出液の有効成分（Proteinase KおよびDTT：ジチオスレイトール）は多少高温でもうまく働くと思われる。

LAMP反応も同様に電気ポット（保温機能付）を用い、58.5℃で反応を行った。LAMP反応の最適温度は63℃であるが、55℃から65℃の間で効率よく増幅できることが示されており（Kikuchi *et al.*, 2009）、今回の温度でも効率よく反応が行われたと考えられる。しかし、LAMP反応では70℃を超えると反応効率が極端に落ちることが示されている（Kikuchi *et al.*, 2009）ので、温度の管理には十分に注意する必要があると考えられる。

LAMP反応は非常に高感度であり（Notomi *et al.*, 2000）、わずか $2.5 \times 10^{-5}$ 頭の雌（♀）成虫が反応液に入れば検出できることが示されている。このため、試料間でのクロスコンタミネーション（汚染）の無

いように細心の注意を払う必要がある。また、必ず陽性コントロール、陰性コントロールを同時に使い、反応に問題が無いことを確認する必要があるだろう。

キットの反応液量は20  $\mu$ lと微量であり、酵素にいたっては1  $\mu$ l単位での分注が必要であるため、注意深く操作を行う必要がある。残念ながら、微量の液の分注は家庭用器具では限界がある。現状では、やはり微量ピペット（20  $\mu$ l用）を科学機器メーカーから購入し使用することをお勧めしたい。また、メーカー側にも酵素、検査液、発色液があらかじめ混合されたマスターミックスに変更し、ユーザー側の操作が容易になるような改善を求めたい。

酵素液は粘度を持っているので、簡易遠心機が利用できないとチューブの壁面に吸着した反応混合液を回収するのは難しくなるかもしれない。そのため、壁面への吸着で反応混合液をロスしないように注意しながら混合操作を行う必要がある。どうしても遠心操作が必要な場合は家庭用の野菜の水切り器が使用できると思われる。

LAMP反応後の陰性陽性の判定はUVライト下で行うことが推奨されている。今回の研究ではペン型ブラックライトをUVランプの代わりに用いた。判定の際には、黒色の紙や台の上に検査用チューブを置き、上部からブラックライトを当てることで判定しやすい蛍光が観察された。また、今回の陽性サンプルはすべて強い蛍光発色を持っていたので、ライトを用いずとも、黒色の台上、自然光下で蛍光を確認することができた。取扱説明書に注意点として書かれているように、強い蛍光発色を持つチューブはライトを用いずに自然光下でも判定が可能なのである。

最後にこの方法で行う際の注意点をまとめる。

- インキュベートの温度はできるだけ取扱説明書に近づける。ポットを使用する際は、温度計を用いて反応開始前に温度を確認すること。
- 反応液の混合は細心の注意を払って行う。簡易遠心機を使用しない場合は壁面への試薬の吸着に注意する。
- LAMP反応は非常に高感度であるため、試料間

でのクロスコンタミネーション（汚染）の無いように作業を行う。以下の点に特に注意する。

- ≫反応後のチューブは決して開けない。
- ≫ピペットチップは使い回しせずにその都度交換する。
- ≫必ずポジティブコントロール、ネガティブコントロールを同時に行い、反応に問題が無いことを確認する。

・陰性陽性の判定は黒色の紙や台の上で行う。

以上のように注意点は多々あるが、今回の研究で特別な機器がなくともキットによる診断ができることが示された。これは、本キットのより幅広い利用を促すものである。

本論文はあくまで手法の可能性を示すものであり、手法を確約するものではありません。取扱説明書の手法を変更して実験を行う際は、自己責任で行うようにお願いします。なお、マツ材線虫病診断キットは e-Genome order (<http://genome.e-mp.jp/products/matsu.html>) から購入できます。

## 謝辞

実験をお手伝いいただいた森林総合研究所の田中潮美氏にお礼を申し上げます。

## 引用文献

相川拓也・神崎菜摘・菊地泰生（2010）マツノサイセンチュウのDNAを利用した簡易なマツ材線虫病診断ツール“マツ材線虫病診断キット”について。森林防疫 59：60～67。

Cao, A. X., Liu, X. Z. Zhu, S. F. and Lu, B. S. (2005) Detection of the pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, using a real-time polymerase chain reaction assay. *Phytopathology* 95: 566～571.

Francois, C., Castagnone, C., Boonham, N., Tomlinson, J., Lawson, R., Hockland, S., Quill, J., Vieira, P., Mota, M. and Castagnone-Sereno, P. (2007) Satellite DNA as a target for Taq-Man real-time PCR detection of the pinewood

nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*. *Molecular Plant Pathology* 8: 803～809.

Jones, J. T., Moens, M., Mota, M., Li, H. and Kikuchi, T. (2008) *Bursaphelenchus xylophilus*: opportunities in comparative genomics and molecular host-parasite interactions *Molecular Plant Pathology* 9: 357～368.

Kanzaki, N. (2008) Taxonomy and Systematics of the Nematode Genus *Bursaphelenchus* (Nematoda: Parasitaphelenchidae). In *Pine Wilt Disease*, edited by Zhao, B. G., Futai, K., Sutherland, J. and Takeuchi, Y. Japan: Springer.

Kikuchi, T., Aikawa, T., Oeda, Y., Karim, N. and Kanzaki, N. (2009) A rapid and precise diagnostic method for detecting pinewood nematode *Bursaphelenchus xylophilus* by loop-mediated isothermal amplification. *Phytopathology* 99: 1365～1369.

Leal, I., Green, M., Allen, E., Humble, L. and Rott, M. (2005) An effective PCR-based diagnostic method for the detection of *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda : Aphelenchoididae) in wood samples from lodgepole pine. *Nematology* 7: 833～842.

Notomi, T., Okayama, H., Masubuchi, H., Yonekawa, T., Watanabe, K., Amino, N. and Hase, T. (2000) Loop-mediated isothermal amplification of DNA. *Nucleic Acids Research* 28(12): e63.

Takeuchi, Y., Kanzaki, N. and Futai, K. (2005) A nested PCR-based method for detecting the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, from pine wood. *Nematology* 7: 775.

Tomita, N., Mori, Y., Kanda, H. and Notomi, T. (2008) Loop-mediated isothermal amplification (LAMP) of gene sequences and simple visual detection of products. *Nature Protocols* 3: 877～882.

(2009. 10. 29 受理)

## 論文

# マツノザイセンチュウのDNAを利用した簡易な マツ材線虫病診断ツール “マツ材線虫病診断キット”について

相川拓也<sup>1</sup>・神崎菜摘<sup>2</sup>・菊地泰生<sup>3</sup>

## 1. はじめに

マツ材線虫病は日本の森林に最も甚大な被害を及ぼしている樹木病害である。本病は、“マツノザイセンチュウ”とよばれる病原線虫によって引き起こされる病気で、この線虫がマツノマダラカミキリに伝播されることで次々と健全なマツが枯れてゆく(清原・徳重, 1971; Mamiya and Enda, 1972)。1900年代初頭に日本で初めて確認された本病の被害は約100年かけて日本全国に拡大し、現在は北海道と青森県を除くすべての都府県に蔓延している(林野庁森林保護対策室, 2009)。

本病における防除の基本は①的確かつ迅速に感染木を発見すること、そして②その被害木を確実に駆除することの2点である。特に、まだ被害が確認されていない地域でマツノザイセンチュウ感染木が発見された場合、さらなる被害拡大を防ぐためには早急な防除対策を講じなくてはならない。したがって、感染木を見落とすことなく確実に発見することが防除の上で極めて重要である。本病の診断では、枯れたマツからマツノザイセンチュウを検出する必要がある。これまでの一般的な検出方法はベールマン法と呼ばれる方法で、枯死木から材片を採集後、その材片を水中に沈めて材内にある線虫類を分離し、顕微鏡下でマツノザイセンチュウの存在を確認するという方法である(真宮ら, 2004)。この方法は、日本だけでなく中国、韓国、ポルトガルなど本病が発生している他の国々でも普遍的に用いられている。しかし、この検出法にはいくつかの問題点がある。まず、実体顕微鏡や光学顕微鏡などの特殊機器が必要であること、また線虫の形態に関する専門的な知

識が不可欠であることが挙げられる。さらに材片の中にある線虫を分離し同定するまでに数日を要し、マツノザイセンチュウの成虫でしか同定できない(幼虫や卵では同定できない)などの制約もある。これらの理由から、マツ材線虫病の診断は主にこれらの機器や人材を備えた専門研究機関で行われてきた。このような診断の難しさが感染木の早期発見を困難にする原因の一つとなっていたと考えられる。本病の専門家だけではなく、実際にマツ林を管理する現場の担当者でも本病の診断ができるような、簡易な診断技術の開発が以前から切望されていた。

そのような社会的なニーズを受け、筆者らは従来の診断法よりも簡易なマツ材線虫病の診断技術を開発した。すなわち、枯れたマツから生きたマツノザイセンチュウを検出するのではなく、マツノザイセンチュウのDNAを検出することによってマツ材線虫病と診断する手法である。この診断法では、従来の診断で不可欠であった線虫に関する専門的な知識や顕微鏡などの特殊機器が不要である上、約90分で診断が完了するなど、多くの面で改善が図られている。この新しい診断技術は、株式会社ニッポンジーンから“マツ材線虫病診断キット”として2009年6月に発売された(<http://nippongene.com/index.htm>)(写真-1)。そこで本稿では本診断キットの紹介も兼ね、キットの特徴、使い方、また検査する際注意すべき点などについて詳しく記述した。取扱説明書には書かれていない情報も多く含まれているので、今後、本診断キットの使用を予定されている方には是非ご一読いただきたい。





A

B

写真-1 マツ材線虫病診断キットのパンフレット(A)と96テスト用キットの中身(B)。本キットには24テスト用と96テスト用の2種類がある。写真：(株)ニッポンジーン提供。

## 2. マツ材線虫病診断キットの使用法

本キットによる診断法は、次の4つの工程で構成されている。すなわち、1) マツ枯死木からの材片の採取、2) マツ材片からのDNAの抽出、3) マツノザイセンチュウのDNAの増幅、そして4) 陽性・陰性の判定、の4工程である。以下、順を追って詳しく説明する。

### 1) マツ枯死木からの材片の採取

まず最初に、電動(手動)ドリルを使って枯死木から材片を採取する。ドリルの刃の大きさは様々なものがあるが、本キットでは径15mmの刃を推奨している。これ以上大きくなると、次のDNA抽出の工程で用いる専用のチューブに材片が入らなくなり、また逆に小さすぎると、材片をDNA抽出チューブに入れる際非常に扱いにくい。付属のDNA抽出用チューブに適した、扱いやすい大きさということで15mmの刃を指定している。材片の採取方法は、ドリルの下にビニール袋をあてがい、削り取られた材片がその袋に入るようにする(写真-2)。異なる複数の枯れ木から材片を採取する際は、ドリルに付い

た前のサンプルの材片が次のサンプルに混ざることがないように十分注意しなくてはならない。筆者らが材片を採取する時は、100%エタノールで満たした500mlペットボトルを携帯し、サンプリングの対象木が変わるごとにドリルの刃をそのペットボトルに差し込んで洗浄している。この処理によって、刃に付着した細かな材片を取り除くとともに、線虫を死滅させることができる。材片の入った袋は持ち帰り、すぐに検査に用いるか、あるいは検査する時まで冷蔵庫に保管しておく。長期間の保存はあまり好ましくないで、できるだけ早めに検査する。

### 2) マツ材片からのDNAの抽出

キットに添付されているDNA抽出液(Bx抽出液)は、10mlごとに小瓶に小分けされており、冷凍保存が必要である。使用する際は1テスト分のBx抽出液(800 $\mu$ l)を付属のDNA抽出用チューブに分注して使用する。検査を行う度に、小瓶の抽出液を溶解しチューブに分注していたのでは時間的にも労力的にも非常に手間がかかるので、一度小瓶の中の液を完全に溶かし、付属のDNA抽出用チューブにす





写真-2 電気ドリルを使って枯れたマツから材片を採取している様子(A)とビニール袋に入れられた材片(B)。

べて分注した状態で冷凍保存しておく、後で必要な分だけ取り出せばよいので非常に便利である。1チューブにつき半円状の材片を2枚使用し(写真-3)、取り扱いピンセットで行う。材片を多く入れ過ぎると検出率が低下することがあるので3枚以上入れるのは避けた方がよいと思われる。材片は1枚ずつチューブに入れ、抽出液に材片が確実に浸かるようにする(写真-4)。この際、材片を落とさないよう注意する。落とした材片はコンタミ(ここではDNAによる汚染を意味する)による誤診断の原因となるので決して検査に用いてはならない。異なるサンプルをいくつも検査する場合は、サンプルが変わるごとに必ずピンセットの先端をアルコールをしみ込ませたペーパータオルでよく拭き、その後ライター、アルコールランプ、あるいはガスバーナー等で念入りに加熱する。この処理によって、ピンセットの先端部に付着している前サンプルの材片やDNAを除去し、サンプル間のコンタミを防ぐことができる。材片を入れたチューブはしっかりとふたを閉め、約55℃で20分間保温、次いで94℃~100℃で10分間保温する。この処理によって、材片内の線虫が溶解し液体中に線虫のDNAが溶け出す。

### 3) マツノザイセンチュウのDNAの増幅

この工程では、2)の工程を終えたBx抽出液の中に含まれるマツノザイセンチュウのDNAを増幅さ

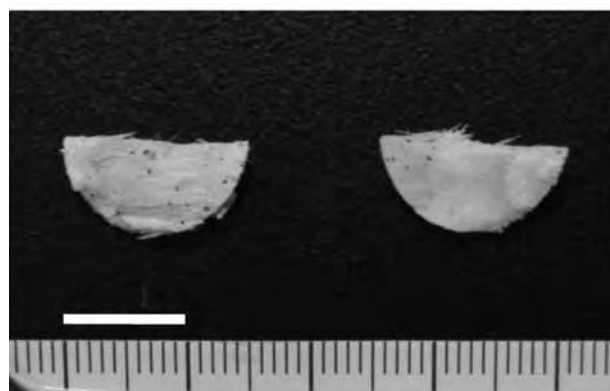


写真-3 1テストに用いる材片2枚(直径15mmの半円形)。スケールバー:10mm。



写真-4 Bx抽出液に材片を入れた様子。キット付属のDNA抽出用チューブにBx抽出液800μlを入れ、その中に半円形の材片を2枚入れる。

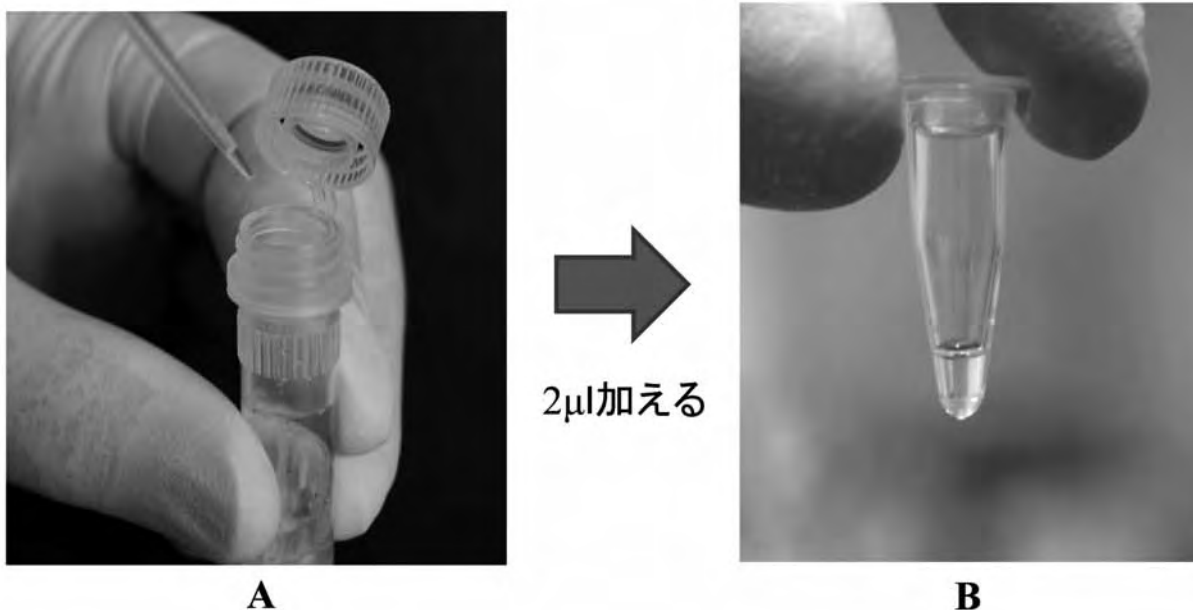


写真-5 抽出処理を終えたBx抽出液2 $\mu$ l(A)を検査用反応液(B)に加える。

せる。検査用反応液は、キットに付属の3種類の試薬 (B.x検査液, 酵素液, 蛍光発色液) を混合し作成する。これらの試薬もBx抽出液と同様, 通常は冷凍庫に保管しておく。1テストあたりに必要な反応液の量は18 $\mu$ lである (B.x検査液: 16.4 $\mu$ l, 酵素液: 0.8 $\mu$ l, 蛍光発色液: 0.8 $\mu$ l)。あらかじめ大きめのチューブ (0.5mlや1.5mlなど) に必要なテスト分の反応液をまとめて作成し, その後, キット付属の検査用チューブに分注するのがよい。たとえば, 5テスト分検査したい場合は, B.x検査液82 $\mu$ l, 酵素液4 $\mu$ l, 蛍光発色液4 $\mu$ lを大きめのチューブ内で混合して反応液を作り, その後, 18 $\mu$ lずつ5つの検査用チューブに分注する。反応液の分注が完了したら, その中に2)の工程で得られたBx抽出液を2 $\mu$ l加えよく混ぜる (写真-5)。すべての検査用チューブにそれぞれBx抽出液を入れ終わったら, それらのチューブを約63 $^{\circ}$ Cで60分間保温する。本キットでは, LAMP法 (Loop-mediated isothermal amplification) (Notomi *et al.*, 2000) によるDNA増幅技術を採用していることから, このようにチューブを一定の温度条件下に保温するだけで, マツノザイセンチュウのDNAを特異的に増幅させることが

できる。サーマルサイクラー以外の恒温器 (ウォーターバス, ブロックインキュベーターなど) で保温する場合は, 保温中に反応液が蒸発し液量が減少しないようキットに付属のミネラルオイルを20 $\mu$ l重層してから保温する。

#### 4) 陽性・陰性の判定

3)の保温処理終了後, 速やかに判定を行う。検査チューブを黒い紙, あるいは黒い実験台の上に置くなどして, 背景を黒くした状態で反応液の色を確認する。背景が白っぽいと反応液の色がわかりにくいので, 必ず黒い物の上にチューブを並べる。反応液の色が緑色の蛍光色を示していれば陽性 (マツ材片の中にマツノザイセンチュウのDNAが存在する), 反応液の色が反応前と全く変わらず無色であれば陰性 (マツ材片の中にマツノザイセンチュウのDNAは存在しない) を意味する (写真-6)。液体の色で判定できるので, 誰でも一目で結果を知ることができる。また, この陽性の蛍光発色はUVを照射することでより強くなるため, 取扱説明書では240~260nmあるいは350~370nmの波長のUV照射による判定を推奨している。しかし, 上記の以外の波長では陰性サンプルでも蛍光発色しているように見え

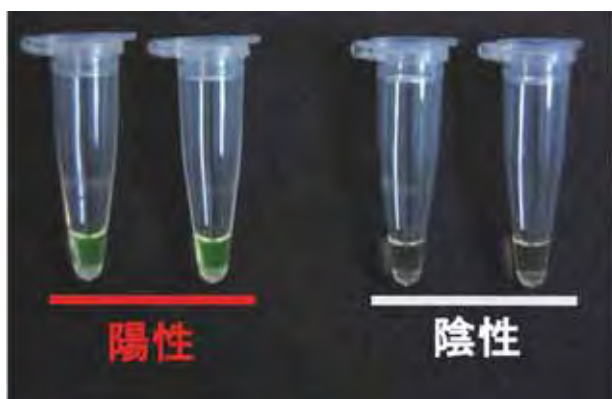


写真-6 DNA増幅処理を終えた検査チューブ。緑色の蛍光色を示している方が陽性で無色透明な方が陰性。

ることがあるため注意が必要である。

このように材片からDNAを抽出する検査方法が、本キットの一般的な使い方であるが、これに加えて、線虫から直接DNAを抽出するという方法でも問題なく検査することができる。たとえば、ベールマン法によって材片から分離された複数の線虫をキット付属のBx抽出液に移し、その後は上述通りに処理することによって、その線虫の中にマツノザイセンチュウがいるかどうかを診断することも可能である。一度ベールマン法で材内の線虫相を確認してから検査したい、あるいはマツノザイセンチュウかどうか判断に困るような線虫が分離された場合のみ、このキットを利用して検査したいという方にはお勧めの方法である。

### 3. マツ材線虫病診断キットとベールマン法におけるマツノザイセンチュウ検出感度の比較

本キットを使用するにあたり、既往のベールマン法に比べ本キットのマツノザイセンチュウ検出感度はどの程度なのかという点については誰もが気になるところではないだろうか。そこで、野外で自然発生した複数のアカマツ枯死木から材片を採取し、同一サンプルの材片をキットとベールマン法の両手法を用いてマツノザイセンチュウの検出を試みた。キット検出では1サンプルにつき10テスト行いその陽性率を、一方、ベールマン法では10g（生重）の材片

を用いて材内のマツノザイセンチュウ数を計数した。結果を表-1に示す。ベールマン法で100頭以上のマツノザイセンチュウが検出されるような材片の場合、キットの検出率は常に100%であった。しかし、ベールマン法により検出される線虫数が二桁に下がると、キットの検出率には多少ばらつきがみられた（表-1）。筆者らのこれまでの経験では、ベールマン法による検出数が二桁の場合、キットでも大半のサンプルで100%の検出率を示すが、サンプルCのようにまれに検出率が下がることもあるという認識を持っている。そして、ベールマン法によるマツノザイセンチュウの検出数が一桁まで下がった場合、キットの検出率はより低下する傾向があった（表-1）。材内の線虫密度が極端に低下すると、当然DNA量も微量になることから、キットの反応に十分な量のDNAが得られないため検出率が下がるものと考えられる。キット1テストで使用する材片は半円の材片2枚（約0.12g）と非常に少量であることから、この程度の検出率の低下はやむを得ないであろう。その反面、サンプルHのようにベールマン法で全くマツノザイセンチュウが検出されない場合でも、キットで検出できることがよくある（表-1）。この結果は、既往の方法では検出しきれずに陰性と判断されていたようなサンプルでも、本キットを使用することで、より高感度な検出が可能になることを示している。

これらの結果から、筆者らは1つのサンプルにつき2テスト以上の検査を行うことを推奨する。表-1の結果をみてもわかるように、確率で考えた場合、2テストの検査を行うことで既往のベールマン法よりも高い感度でマツノザイセンチュウを検出することができる。もしくは、最初にすべてのサンプルについて1テストだけ行い、陰性だったサンプルについてはもう一度検査するという方法でもよいだろう。さらに高い検出感度を求めるのであれば、より多くのテスト数が必要である。

### 4. マツ材線虫病診断キットの利点および弱点

本診断キットの特徴はマツノザイセンチュウのDNA

表-1 ベールマン法とマツ材線虫病診断キットによるマツノザイセンチュウ検出感度の比較

| サンプル番号 | ベールマン法により分離された<br>マツノザイセンチュウ数<br>(頭数/材片10g) | キットによる<br>マツノザイセンチュウ検出率<br>(陽性数/10テスト×100) |
|--------|---|--|
| A      | 3,460                                       | 100  |
| B      | 160   | 100  |
| C      | 51  | 70   |
| D      | 29  | 100  |
| E      | 19  | 100  |
| F      | 1(♂)  | 70   |
| G      | 1(♀)  | 60   |
| H      | 0*  | 50   |

※ 採取直後の材片からはマツノザイセンチュウは全く検出されなかったが、材片を25℃で1か月間据え置き処理した結果、雌成虫1頭が検出された。

を利用している点にある。従来の診断法では、マツ材内に生きたマツノザイセンチュウがいなければ、しかも成虫が分離されなければ診断することができなかったが、本キットによる診断では、マツノザイセンチュウの発育ステージには全く影響されない。それだけでなく、マツ材内に生きたマツノザイセンチュウがいなくても、DNAさえ残っていれば検出できるという点が大きな特徴である（表-1）。そして、反応液の色で判定できるので線虫の形態に関する専門的な知識は一切不要であり、また、マツノザイセンチュウ以外の線虫のDNAには反応しないため（Kikuchi *et al.*, 2009）、他の近縁な線虫種を誤同定する心配もない。したがって、本病をほとんど扱ったことのない初心者の方でも診断が可能である。また、初心者だけでなく、長年マツノザイセンチュウの形態観察による診断を行ってきた玄人の方にも本キットを利用する大きな利点がある。それは、ベールマン法で分離された線虫の中からマツノザイセンチュウを探す必要がないという点である。これまでベールマン法による線虫分離を行ったことのある方ならご存知だと思うが、枯死木材片からは数多くの様々な線虫種が分離される。1サンプルの材片から数百あるいは数千頭もの他種線虫（総称して雑線虫と呼ばれる）が分離されることもざらであり、その中にマツノザイセンチュウがいるかどうかを1頭ずつ調べていく作業は、たとえ線虫の専門家であっても困難を極める。その点、本キットによる

診断法では、“探す”という手間から解放されるので、精神的にも時間的にも負担が大幅に軽減される。このように、本キットによる診断法は従来のベールマン法と比べ、優れた点を多く持ち合わせているが、その反面弱点もある。それはコンタミに非常に弱いということである。本キットで使用しているLAMP法は極めて高感度なDNA増幅技術であるため、検査環境がマツノザイセンチュウのDNAで汚染されると（たとえば、作業台の上にマツノザイセンチュウが感染した材片が散乱している、マツノザイセンチュウが感染した材片を触った手でそのままピペット操作をするなど）、以降、正確な検査を行うことが困難になる（本来陰性であるべきサンプルが陽性になることがある）。したがって、作業台やマイクロピペットは次亜塩素酸ナトリウム（1%）をしみ込ませたペーパータオルなどでこまめに拭き取り、検査環境がDNAで汚染されないよう心掛ける必要がある。また、異なるサンプルの材片を扱う時は必ずピンセットの先端を火炎処理すること、そしてマイクロチップは使い回すことなく1サンプル毎に使い捨てとすることなどは本キットを使用する際の基本事項として覚えておいていただきたい。DNAによる汚染は決して目では見えないので、日頃から細心の注意を払って検査環境を清潔に保っておくことが重要である。



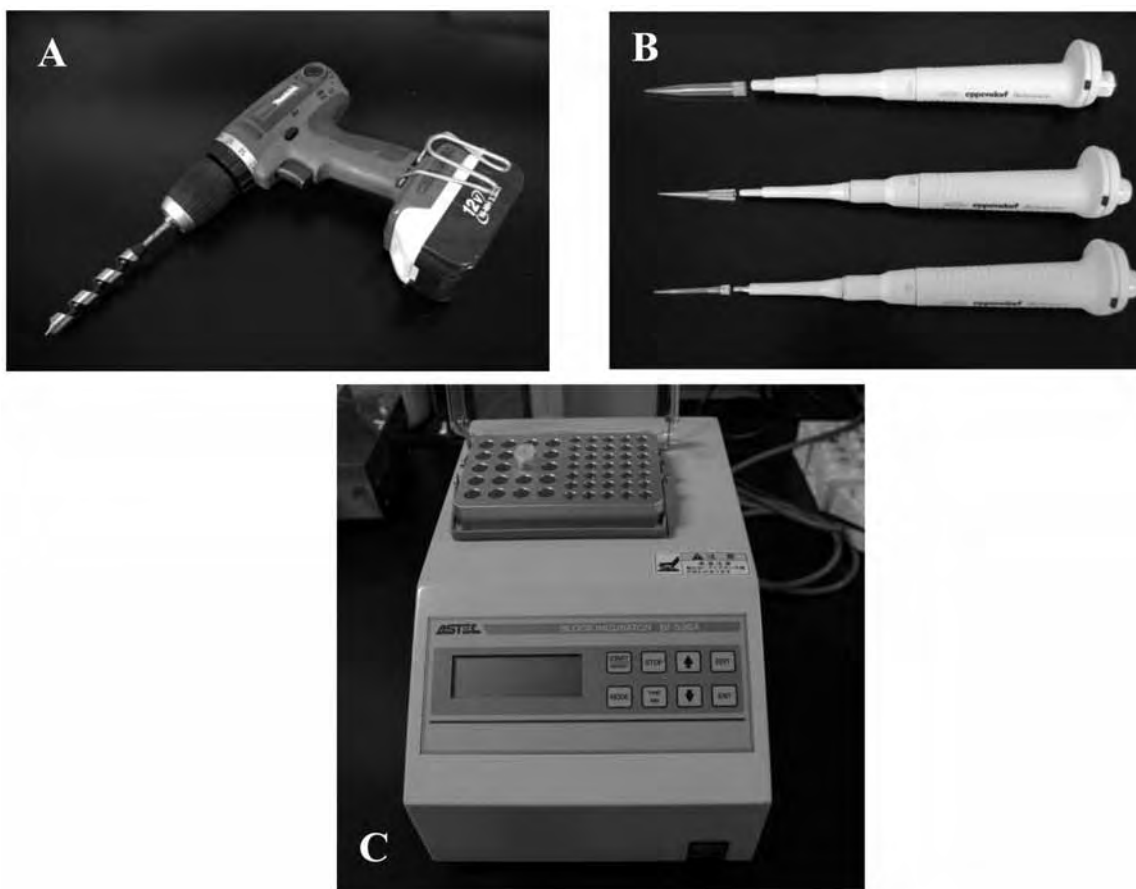


写真-7 木工用電動ドリル(A)；マイクロピペットとマイクロチップ各3種類(B)，上から100～1,000 $\mu$ l用，10～100 $\mu$ l用，0.5～10 $\mu$ l用；ブロックインキュベーター(C)，恒温器にはこの他にもエアインキュベーター，ウォーターバスなど様々なタイプがある。

## 5. 終わりに

本稿の最後として、本診断キットを使用するにあたり必要な機器・器具について触れておきたい。必ず準備しなくてはならないものとして、まず木工用ドリルがある(写真-7)。枯れ木から材片を採取するのに不可欠な道具である。先述したようにドリルの直径は15mmを推奨する。そして次に、マイクロピペットである。0.5～800 $\mu$ lまでの液量を扱うので、3種類の可変量ピペット(0.5～10 $\mu$ l, 10～100 $\mu$ l, 100～1,000 $\mu$ l)が必要である(写真-7)。そして、温度を一定に保つ恒温器も必要となる(写真-7)。恒温器には、ウォーターバス、ブロックインキュベーター、エアインキュベーターなど様々なタイプがあるが、温度を一定に保つことのできる機器であればどんなものでもよい。筆者らの知る限

り、安いものであれば20,000円台のものから販売されている。最も重要な器具・機器はこの3点である。細かいものを挙げると、材片採取時に用いるビニール袋、マイクロチップ(写真-7)、ピンセットなど他にも数点あるので、取扱説明書(<http://nippongene-analysis.com/matsu-fs.htm>)を参照して揃えていただきたい。

本稿では本診断キットの紹介も兼ね、実際に検査する際役立つと思われる情報をいくつか掲載させていただいた。これらの情報はあくまでも取扱説明書の補足事項であり、実際に本キットによる診断を行う場合は取扱説明書を熟読した上で、追加資料として本稿を参考にしていただければと思う。本キットで必要とされる操作は基本的にマイクロピペットの操作のみである。マイクロピペットを一度も使った

ことがない方にとっては最初戸惑いがあるかもしれないが、液体を吸ったり出したりするだけの道具なので慣れてしまえば全く難しくはない。線虫の形態に基づいた同定・診断技術を習得するよりもはるかに簡単である。本病を診断するための新たな技術として、研究機関に所属されている専門家の方だけでなく、これまで本病の診断ができなかった現場サイドの方々にも幅広く利用していただけたら幸いである。

### 謝辞

森林総合研究所東北支所の市原優博士と岩手県林業技術センターの小澤洋一研究員には、野外調査地の設定やマツ枯死木からの材片の採集にご協力いただいた。また、同支所の中村克典博士、前原紀敏博士、そして田山孝子氏には写真撮影にご協力いただいた。この場を借りて厚く御礼申し上げる。また、本研究は森林総合研究所交付金プロジェクト（200704：マツ材線虫病北限未侵入地域における被害拡大危険度予測の高精度化と対応戦略の策定）の助成を受けて行われたことを申し添える。

### 引用文献

Kikuchi, T., Aikawa, T., Oeda, Y., Karim, N.

and Kanzaki, N. (2009) A rapid and precise diagnostic method for detecting the pinewood nematode *Bursaphelenchus xylophilus* by loop-mediated isothermal amplification. *Phytopathology* 99: 1365~1369.

清原友也・徳重陽山（1971）マツ生立木に対する線虫 *Bursaphelenchus* sp. の接種試験. 日林試 53: 210~218.

Mamiya, Y. and Enda, N. (1972) Transmission of *Bursaphelenchus lignicolus* (Nematoda: Aphelenchoididae) by *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae). *Nematologica* 18: 159~162.

真宮靖治・二井一禎・小坂 肇・神崎菜摘（2004）材線虫。（線虫学実験法. 日本線虫学会編, 日本線虫学会, 茨城). 134~153.

Notomi, T., Okayama, H., Masubuchi, H., Yonekawa, T., Watanabe, K., Amino N. and Hase, T. (2000) Loop-mediated isothermal amplification of DNA. *Nucleic Acids Res.* 28: e63.

林野庁森林保護対策室（2009）平成20年度松くい虫被害について. 森林防疫 58: 200.

(2009. 10. 23 受理)

## 論文

# 明治初期の熊本県南部における野生哺乳類の生息，狩猟および被害の分布

安田雅俊<sup>1</sup>・近藤洋史<sup>2</sup>

## 1. はじめに

日本の野生鳥獣の数量についての長期的な記録としては狩猟統計（鳥獣関係統計）が筆頭に挙げられる。若干の欠測期間はあるが、狩猟統計を参照することで、1923（大正12）年以降の年度ごとの狩猟鳥獣の捕獲数の長期的変化を都道府県別に知ることができる。狩猟統計は、捕獲数に影響する諸要因（狩猟期間や狩猟対象，猟区等の規制の変遷，狩猟者数の増減，猟具の性能向上等）のため一般に解析が困難であるが，わが国にはこれに代って全国的な野生鳥獣の長期的な数量変化をうかがい知ることのできる資料はない。狩猟統計はこれまでに何度か解析が試みられている（朝日，1978；間野，1998；林野庁，1969）。

幕末から明治・大正にかけては，政治的な混乱に加えて，狩猟に関する法律や規制，取り締まり体制が未整備であったため全国的に野放図な狩猟が横行した（林野庁，1969）。例えば，1873年制定の鳥獣猟規則は銃猟のみを規制の対象とし，銃器以外の各種の猟具による鳥獣の捕獲を放任するものであった。わな等の猟具が自由に誰でも季節にかかわらず使用できたことにより，野生動物は著しく減少した。それゆえ，明治から大正の期間は日本の野生動物の分布や数の変遷を議論する上でひとつの重要な期間と考えられるが，狩猟統計の開始以前ということもあり，狩猟に関する統計資料はほとんどない。そこで，その他の様々な資料に基づき，当時の野生鳥獣を取り巻く状況を明らかにしようとする研究が行われてきた（千葉，1959，1964；山口，2001）。

明治維新直後，明治政府は地方の現状を把握するため皇国地誌の編纂に着手し，その資料となる郡村誌の報告を府県に求めた。皇国地誌の編集事業は1872

（明治5）年から始まった。その後，事業は内務省地理局に引き継がれたが，全国規模では未完のまま1885年頃中止された。完稿した正本はその都度，地方から中央に送られ，地理局に集まった冊数は6400冊にのぼったと言う。しかし，1923年の関東大震災の際，保管先の東京帝国大学附属図書館でほぼ全て焼失した。その原稿や浄書本の一部が全国各地で発見され，明治初期の地方史研究に不可欠の資料として注目されている。熊本県立図書館には，肥後国郡村誌に関する草稿ないし第一次浄書とみなされるものが46冊現存し，阿蘇郡と下益城郡を除くほぼ全県の郡村誌が刊行されている（村田，1978）。

本稿でとりあげる『肥後国求麻郡村誌』は1875年に調査報告された現在の熊本県人吉球磨地域の郡村誌である。そこには，中大型哺乳類6種（イノシシ，ニホンジカ，ニホンザル，キツネ，タヌキ，ニホンノウサギ）の生息の有無，肉や毛皮等の年間生産量，獣害の有無といった情報が含まれており，狩猟統計の開始よりも半世紀前の野生動物の生息・利用・被害状況を村単位で知ることができる稀有な資料である。しかしながら，これまで哺乳類学的な観点からは検討されていない。

以下では，ニホンジカ，ニホンザル，ニホンノウサギをそれぞれシカ，サル，ウサギと略記する。イノシシ，シカおよびサルの3種を大型獣に区分し，前2種をまとめて大型狩猟獣と呼ぶ。また，キツネ，タヌキおよびウサギの3種を中型獣に区分する。

## 2. 方法

### 調査地

人吉球磨地域（以下，球磨郡）は熊本県の南部に位置し，宮崎県および鹿児島県と境を接する地域で

ある(図-1)。土地面積は約1540km<sup>2</sup>で、熊本県の21%、九州の4%を占める。北部から東南部にかけて九州中央山地の標高1000~1700mの山々が連なる。一級河川の球磨川が東から西へ流れ、中流域で人吉盆地(標高100~200m)を貫流する。1875年当時、40村からなり、人口約53000人、主要産業は農業であった(卯野木, 1976)。2005年10月現在、1市4町5村からなり、人口約100000人、第1次産業の就業者は人吉市を除き16%~29%を占め、県内の他の山村と同程度であった(熊本県地域振興部統計調査課, 2008)。森林率(82%)と人工林率(66%)は高く、熊本県有数の林業地帯である。2006年時点での熊本県内のシカの推定個体数45700頭の約6割にあたる26000頭が生息すると推定されており、野生動物に

よる激しい農林業被害が起きている。それゆえ、野生動物と人間との相互関係の歴史を議論する上で九州を代表するひとつの地域とみなすことができる。

資料

本研究では卯野木(1976)校了の『肥後国求麻郡村誌』を基礎資料とした(以下、「郡村誌」)。これは1875年に報告された草稿を編纂したもので、「肥後国求麻郡四十村地籍産物寄」、「肥後国求麻郡十四大区地誌物価調」および「村誌」からなる。

このうち村誌には、当時の球磨郡40村(図-1)それぞれについて、村落の面積、人口、概況、産物、禽獣等の項目が記されている。禽獣とは野生鳥獣を指す。この項目には、イノシシ、シカ、サル、キツ

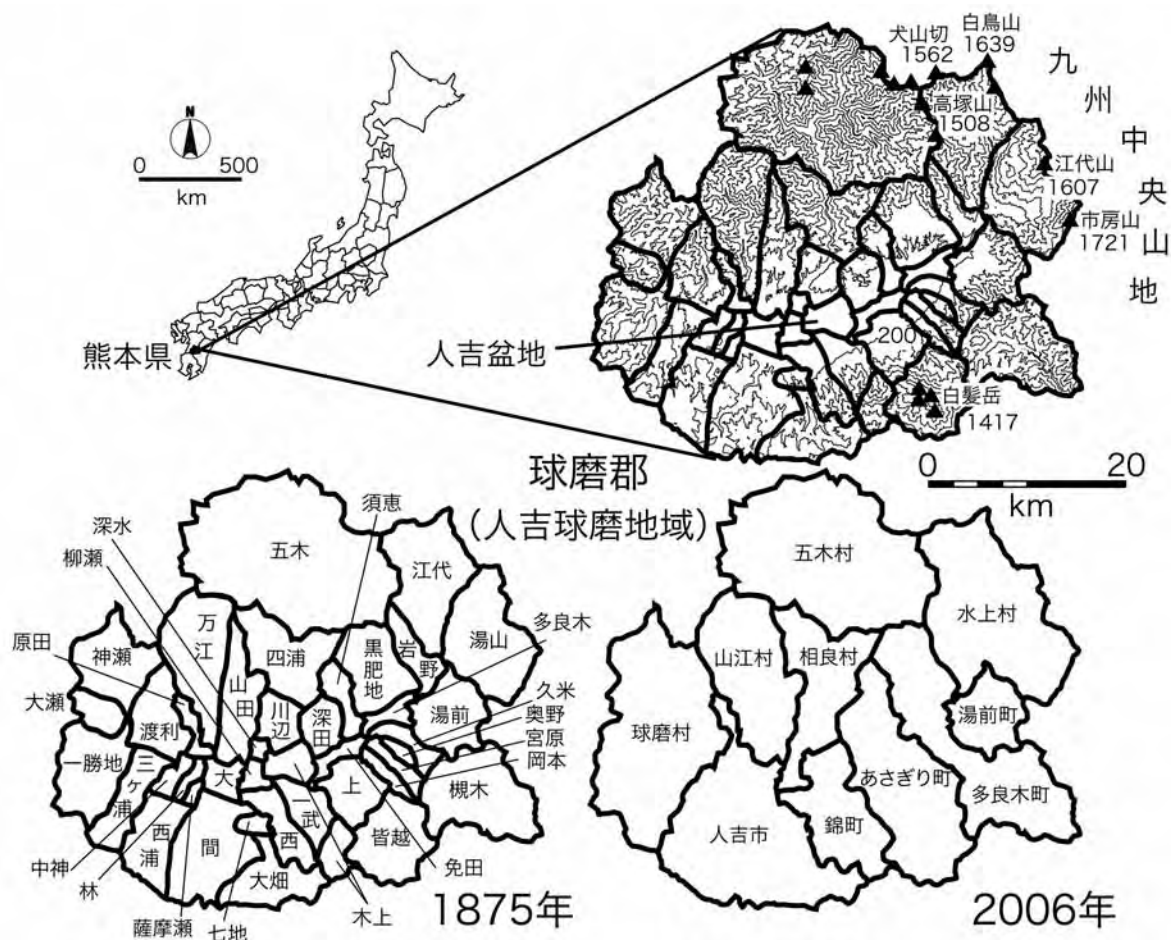


図-1 研究対象地域

地形図の等高線は200m間隔。数値は標高(m)を表す。1875年の木上村は飛び地があり、2カ所に分かれている。



ネ、タヌキ、ウサギのうち村に生息する種が列挙され、大型狩猟獣の年間生産量が猪肉、猪胆、鹿肉、鹿皮の数量として記されている。猪胆とはイノシシの胆嚢を乾燥させたもので、胃腸の薬としての効能が信じられていた。

年間生産量から年間捕獲数を以下のように推定した。イノシシについては、標準的な大きさの1頭から得られる肉の量を約32kgと仮定し（朝日，1985），猪肉の年間生産量を除して村ごとの年間捕獲数とした。シカについては鹿皮1枚を捕獲数1頭とした。単位の換算には1斤0.6kg，1匁3.75gを用いた。

さらに、村落の概況の項にみられる次のような記述をもって獣害の有無を判断した。「成熟ノ期ニ至テハ諸獣作實ヲ喰荒スニ依リ山谷ノ作場ニ小屋ヲ構シ毎夜監護ス（五木村）」等々。

### 3. 結果

#### 中大型獣の生息分布

イノシシ、シカ、サル、キツネ、タヌキおよびウサギについて村ごとの生息の有無（在不在）を表-1に示す。生息率（40村のうち対象種が生息する村の割合）は、低いほうから順に、サル、シカ、イノシシ、ウサギ、タヌキ、キツネであった。すなわち、大型獣の生息率（順に45%，70%，80%）は中型獣の生息率（93%，98%，100%）より低かった。大型獣が生息しない村は球磨郡中央部の人吉盆地とその周辺に集中していた（図-2）。2値データの相関係数であるファイ相関係数を用いて種の在不在の分布パターンの相関を検討したところ、大型獣3種間の全ての組み合わせで有意な正の相関関係が認められた（ $\phi=0.45\sim 0.76$ ， $p<0.05$ ）。一方、その他の種間の組み合わせでは有意な相関関係は認められなかった（ $\phi=-0.17\sim 0.09$ ， $p>0.05$ ）。

生息する大型種の種構成に基づき、40村をグループA～Dに区分した（表-1，図-3）。グループAは大型獣3種が全て生息する18村からなり、球磨郡の周辺部に位置する傾向を示した。グループBは大型獣3種のうちサルを欠く10村からなり、人吉盆地に隣接しつつ背後に山地を擁する村を含む傾向を

示した。グループCは大型獣3種のうちサルとシカを欠く4村からなり、人吉盆地の北側緩斜面に位置した。グループDは大型獣3種を全て欠く8村からなり、人吉盆地の底に位置する小面積の村であった。

種組成グループごとの標高と人口密度をみると、平均標高、最小標高、最大標高それぞれの平均値は $A>B>C>D$ であり、人口密度の平均値は逆に $A<B<C<D$ であった（図-4）。すなわち、グループAとDはそれぞれ、高標高・低人口密度の奥山の村、低標高・高人口密度の平地の村という特徴をもつ対極のグループであった。グループBとCはそれらの中間的な特徴をもつ里山の村であった。

#### 大型狩猟獣の捕獲数の分布

猪肉の量から推定された1875年のイノシシの捕獲数は球磨郡全体で146頭であった（表-1）。村ごとに推定捕獲数で猪胆の年間生産量を割り、1頭あたりの猪胆の平均重量7gを得た。鹿皮の数から推定されたシカの年間捕獲数は球磨郡全体で105頭であった（表-1）。村ごとに推定捕獲数で鹿肉の生産量を割り、1頭あたりの鹿肉の平均重量13kgを得た。

大型狩猟獣の年間捕獲数（図-4）は、種組成グループA～Dの間で統計的に有意に異なっていた（分散分析；イノシシ， $F=3.66$ ， $p=0.02$ ；シカ， $F=3.96$ ， $p=0.03$ ；ただしシカではシカ不在のグループCとDをまとめた）。イノシシの年間捕獲数の平均は、グループAで5.5頭、グループBで4.2頭、グループCで1.3頭、グループDで0頭であった。一方、シカの年間捕獲数の平均は、グループAで4.2頭、グループBで2.9頭、グループCとDで0頭であった。

イノシシとシカが共に生息する28村（種組成グループAとB）について、それらの捕獲数の関係をみると、両種の間には有意な正の相関関係が認められた（ケンドールの順位相関係数 $\tau=0.58$ ， $p=0.000014$ ）。

五木村での捕獲数はイノシシに強く偏っていた。すなわち、五木村は郡内で最も広い面積を占め、シカが分布するにもかかわらず、年間捕獲数はイノシシ19頭に対してシカ0頭であった（表-1）。

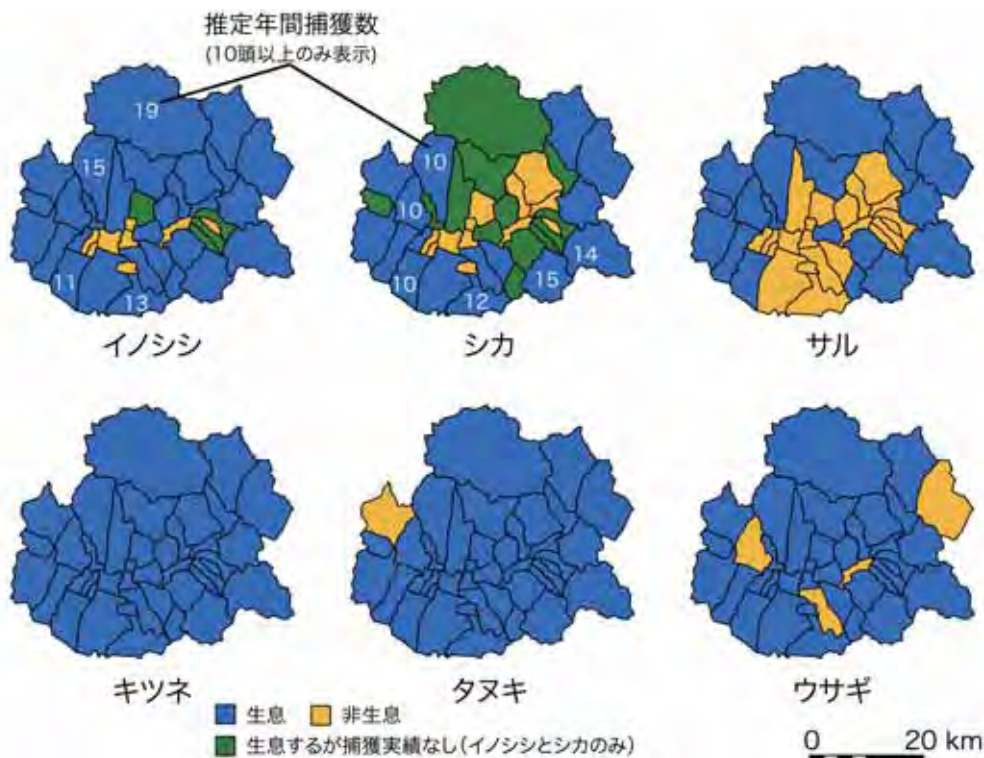


図-2 『肥後国求麻郡村誌』に記された野生哺乳類6種の生息の有無と推定年間捕獲数  
捕獲数はイノシシとシカのみ(推定方法は本文参照)。捕獲数が10頭以上のみ図中に表示した。

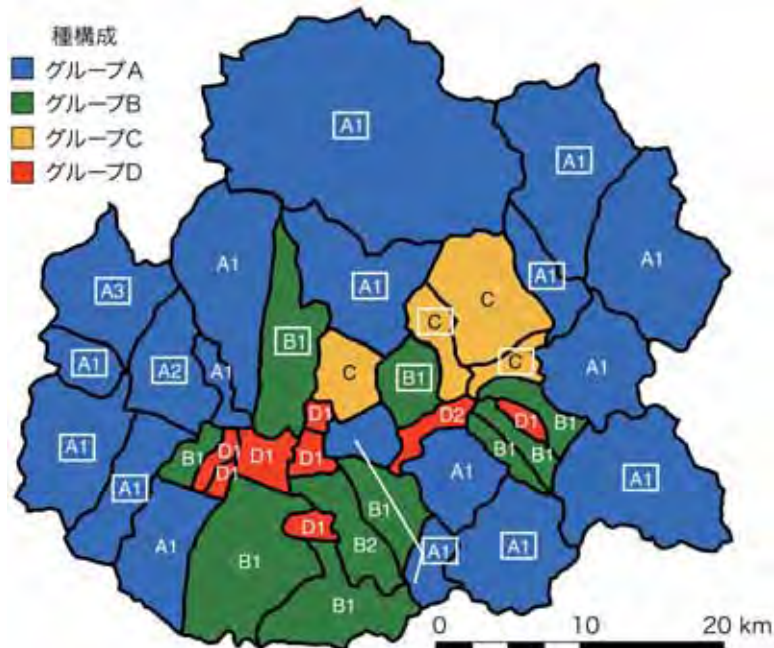


図-3 野生哺乳類の種構成グループと獣害の分布

グループA：イノシシ、シカおよびサルが生息する村；グループB：イノシシとシカのみ生息する村；グループC：イノシシのみが生息する村；グループD：イノシシ、シカおよびサルが生息しない村。添字は中型獣の種の存在を表す(表-1)。獣害の報告があった村を□で囲った。

表-1 『肥後国求麻郡村誌』にみられる野生動物の生息、利用および獣害の分布

| 地名    |       | 平均標高<br>(m) | 面積<br>(km <sup>2</sup> ) | 人口<br>(人) | 人口密度<br>(人/km <sup>2</sup> ) | 生息の有無 |    |    |     |     |     | 種構成<br>グループ | 獣害の<br>有無 | 年間生産量  |       |        |       | 推定年間捕獲数(頭) |    |
|-------|-------|-------------|--------------------------|-----------|------------------------------|-------|----|----|-----|-----|-----|-------------|-----------|--------|-------|--------|-------|------------|----|
| 1875年 | 2006年 |             |                          |           |                              | イノシシ  | シカ | サル | キツネ | タヌキ | ウサギ |             |           | 猪肉(kg) | 猪胆(g) | 鹿肉(kg) | 鹿皮(枚) | イノシシ       | シカ |
| 西浦村   | 人吉市   | 547         | 42                       | 1244      | 29                           | ○     | ○  | ○  | ○   | ○   | A1  |             | 360       | 75     | 150   | 10     | 11    | 10         |    |
| 間村    | 人吉市   | 406         | 74                       | 2485      | 34                           | ○     | ○  |    | ○   | ○   | B1  |             | 252       | 53     | 75    | 5      | 8     | 5          |    |
| 七地村   | 人吉市   | 307         | 6                        | 981       | 152                          |       |    | ○  | ○   | ○   | D1  |             |           |        |       |        |       |            |    |
| 大畑村   | 人吉市   | 552         | 43                       | 1016      | 24                           | ○     | ○  |    | ○   | ○   | B1  |             | 420       | 30     | 180   | 12     | 13    | 12         |    |
| 大村    | 人吉市   | 128         | 14                       | 4775      | 342                          |       |    |    | ○   | ○   | D1  |             |           |        |       |        |       |            |    |
| 中神村   | 人吉市   | 188         | 10                       | 709       | 75                           | ○     | ○  |    | ○   | ○   | B1  |             | 30        | 8      | 24    | 2      | 1     | 2          |    |
| 原田村   | 人吉市   | 295         | 11                       | 1028      | 96                           | ○     | ○  | ○  | ○   | ○   | A1  |             | 18        | 4      |       |        | 1     |            |    |
| 林村    | 人吉市   | 138         | 6                        | 747       | 125                          |       |    |    | ○   | ○   | D1  |             |           |        |       |        |       |            |    |
| 薩摩瀬村  | 人吉市   | 132         | 3                        | 494       | 151                          |       |    |    | ○   | ○   | D1  |             |           |        |       |        |       |            |    |
| 宮原村   | あさぎり町 | 389         | 11                       | 814       | 74                           | ○     | ○  |    | ○   | ○   | B1  |             |           |        |       |        |       |            |    |
| 岡本村   | あさぎり町 | 316         | 9                        | 566       | 62                           | ○     | ○  |    | ○   | ○   | B1  |             |           |        |       |        |       |            |    |
| 上村    | あさぎり町 | 325         | 33                       | 2104      | 64                           | ○     | ○  | ○  | ○   | ○   | A1  |             | 90        | 19     |       |        | 3     |            |    |
| 皆越村   | あさぎり町 | 814         | 56                       | 316       | 6                            | ○     | ○  | ○  | ○   | ○   | A1  | ○           | 240       | 49     | 150   | 15     | 8     | 15         |    |
| 須恵村   | あさぎり町 | 307         | 18                       | 1067      | 60                           | ○     |    |    | ○   | ○   | C   | ○           | 24        | 8      |       |        | 1     |            |    |
| 免田村   | あさぎり町 | 152         | 11                       | 1441      | 134                          |       |    |    | ○   | ○   | D2  |             |           |        |       |        |       |            |    |
| 深田村   | あさぎり町 | 211         | 21                       | 1209      | 59                           | ○     | ○  |    | ○   | ○   | B1  | ○           | 30        | 8      |       |        | 1     |            |    |
| 久米村   | 多良木町  | 397         | 14                       | 1285      | 89                           | ○     | ○  |    | ○   | ○   | B1  |             |           |        |       |        |       |            |    |
| 奥野村   | 多良木町  | 287         | 5                        | 243       | 48                           |       |    |    | ○   | ○   | D1  |             |           |        |       |        |       |            |    |
| 槻木村   | 多良木町  | 676         | 84                       | 383       | 5                            | ○     | ○  | ○  | ○   | ○   | A1  | ○           | 300       | 49     | 150   | 14     | 9     | 14         |    |
| 黒肥地村  | 多良木町  | 381         | 50                       | 1442      | 29                           | ○     |    |    | ○   | ○   | C   |             | 48        | 11     |       |        | 2     |            |    |
| 多良木村  | 多良木町  | 174         | 11                       | 2002      | 185                          | ○     | ○  | ○  | ○   | ○   | C   | ○           | 48        | 11     |       |        | 2     |            |    |
| 西村    | 錦町    | 331         | 27                       | 1736      | 63                           | ○     | ○  |    | ○   | ○   | B2  |             | 198       | 15     | 90    | 6      | 6     | 6          |    |
| 一武村   | 錦町    | 337         | 25                       | 1525      | 61                           | ○     | ○  |    | ○   | ○   | B1  |             | 180       | 13     | 54    | 4      | 6     | 4          |    |
| 木上村   | 錦町    | 451         | 36                       | 1697      | 47                           | ○     | ○  | ○  | ○   | ○   | A1  | ○           | 30        | 8      |       |        | 1     |            |    |
| 湯前村   | 湯前町   | 455         | 48                       | 2049      | 42                           | ○     | ○  | ○  | ○   | ○   | A1  |             | 90        | 19     | 24    | 2      | 3     | 2          |    |
| 五木村   | 五木村   | 788         | 251                      | 2840      | 11                           | ○     | ○  | ○  | ○   | ○   | A1  | ○           | 608       | 56     |       |        | 19    |            |    |
| 神瀬村   | 球磨村   | 526         | 53                       | 1945      | 37                           | ○     | ○  | ○  | ○   | ○   | A3  | ○           | 132       | 34     | 78    | 5      | 4     | 5          |    |
| 大瀬村   | 球磨村   | 376         | 17                       | 368       | 21                           | ○     | ○  | ○  | ○   | ○   | A1  | ○           | 18        | 4      |       |        | 1     |            |    |
| 三ッ浦村  | 球磨村   | 441         | 37                       | 790       | 22                           | ○     | ○  | ○  | ○   | ○   | A1  | ○           | 78        | 15     | 30    | 2      | 2     | 2          |    |
| 渡利村   | 球磨村   | 391         | 39                       | 1884      | 48                           | ○     | ○  | ○  | ○   | ○   | A2  | ○           | 126       | 26     | 150   | 10     | 4     | 10         |    |
| 一勝地村  | 球磨村   | 441         | 59                       | 1544      | 26                           | ○     | ○  | ○  | ○   | ○   | A1  | ○           | 60        | 11     | 18    | 1      | 2     | 1          |    |
| 四浦村   | 相良村   | 590         | 62                       | 1471      | 24                           | ○     | ○  | ○  | ○   | ○   | A1  | ○           | 108       | 26     |       |        | 3     |            |    |
| 川辺村   | 相良村   | 233         | 22                       | 1327      | 60                           | ○     |    |    | ○   | ○   | C   |             |           |        |       |        |       |            |    |
| 深水村   | 相良村   | 154         | 4                        | 499       | 130                          |       |    |    | ○   | ○   | D1  |             |           |        |       |        |       |            |    |
| 柳瀬村   | 相良村   | 133         | 8                        | 1063      | 139                          |       |    |    | ○   | ○   | D1  |             |           |        |       |        |       |            |    |
| 岩野村   | 水上村   | 479         | 23                       | 891       | 39                           | ○     | ○  | ○  | ○   | ○   | A1  | ○           | 48        | 19     |       |        | 2     |            |    |
| 江代村   | 水上村   | 898         | 82                       | 854       | 10                           | ○     | ○  | ○  | ○   | ○   | A1  | ○           | 96        | 45     | 18    | 2      | 3     | 2          |    |
| 湯山村   | 水上村   | 779         | 84                       | 565       | 7                            | ○     | ○  | ○  | ○   | ○   | A1  |             | 270       | 113    | 60    | 5      | 8     | 5          |    |
| 山田村   | 山江村   | 409         | 46                       | 2511      | 55                           | ○     | ○  |    | ○   | ○   | B1  | ○           | 222       | 56     |       |        | 7     |            |    |
| 万江村   | 山江村   | 640         | 74                       | 1047      | 14                           | ○     | ○  | ○  | ○   | ○   | A1  |             | 480       | 300    | 60    | 10     | 15    | 10         |    |
| 合計    |       |             |                          |           |                              |       |    |    |     |     |     |             | 4604      | 1082   | 1311  | 105    | 146   | 105        |    |

捕獲方法

野生動物の捕獲方法について「郡村誌」では2村で次のように記されていた。「冬ハ獣機ヲ造り猪鹿ヲ取り肉皮売(皆越村)」、「冬ニ至レバ雪深ク男ハ山中ニ獣機ヲ作り猪鹿ヲ取り肉皮売(槻木村)」。獣機については、文脈からわな的一种であると思われるが詳細は不明である。銃猟を含むその他の猟法についての記載はなかった。

獣害の分布

球磨村40村の4割にあたる16村で、農作物の成熟期に野生動物による被害が発生していた(表-1, 図-3)。「郡村誌」には加害種について諸獣とあるのみで、種の記載はなかった。しかし、獣害の有無と一部の大型獣の在不在との間にはファイ相関係数で有意な正の相関が認められた(サルとイノシシそれぞれ、 $\phi = 0.49, 0.41$ ; ともに $p < 0.05$ )。



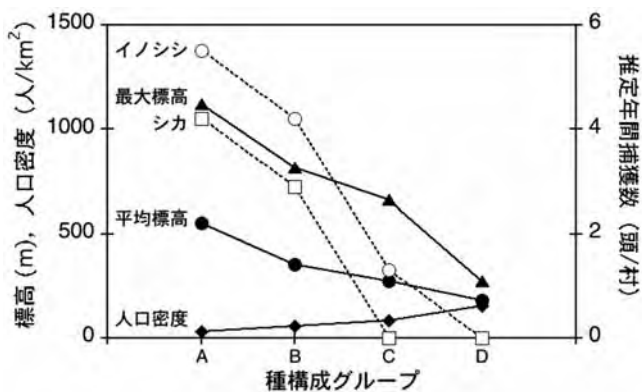


図-4 種構成グループの標高、人口密度、および大型狩猟獣の推定年間捕獲数

## 4. 議論

### 野生動物の利用と価値

本研究により、明治初期の九州中央山地の山村では、野生動物は農作物の害獣として積極的に捕獲され、肉、毛皮および薬種として利用されていたことが明らかにされた。

まず、それらの金銭的価値について検討する。「郡村誌」によれば、猪肉1kg 8銭3厘、猪胆1g 1銭7厘、鹿肉1kg 5銭8厘である。イノシシの平均肉量32kg (朝日, 1985) と本研究で算出された猪胆の平均重量7gから、イノシシ1頭の価値は2円79銭 (肉2円67銭、胆嚢12銭) と推定される。同様に、本研究で算出されたシカの平均肉量13kgから、シカ1頭の価値は96銭 (肉76銭、皮20銭) と推定される。さらに上記資料によれば、当時、米1石 (約150kg) あたり4円64銭であり、これを米価を基準として現在の物価水準 (米60kgあたり約15000円) に換算すると、1頭あたりイノシシ22500円、シカ7800円に相当する。当時の山村の人々にとって、野生動物は貴重な現金収入源であったことがうかがえる。

現代のように医薬品が普及するまでは、野生動物は種と部位により異なる薬効をもつと信じられ、広く利用されていた (千葉, 1986; 1990; 早川, 1979; 永松, 2005; 山口, 2001)。猪胆は胃腸の民間薬として重宝され、場合によっては肉全量よりも高い金額で売買されたという (早川, 1979)。また、九州各地の猟師は、婦人病の薬としてイノシシやサルの

脳、シカの胎児を挙げている (千葉, 1986; 1990; 山口, 2001)。球磨郡でも、昭和20年頃までサルの頭の黒焼きが薬種として利用されていたとの報告がある (藤井, 1994)。九州ではサルを山の神の使いとして捕獲しないという禁忌が強いが、その一方で、薬種としての利用は広く行われてきたらしい。また、明治初期にはシカの成獣1頭が50~70銭程度であった時に、シカの胎児は70銭~1円の高値で取引されていたという (早川, 1979)。

以上のことから、当時の野生動物の捕獲には肉や毛皮の入手という目的と同等かそれ以上に、薬種の入手という目的があったとみることができる。地租改正が布告された1873年以降、農山漁村における納税形態が物納から金納へと変わり、現金収入を獲得する手段として狩猟が重要な生業活動となった (田口, 2004)。「郡村誌」が調査された1875年はそのような変化の時期にあたる。しかし、「郡村誌」には薬種としての野生動物の利用や数量については猪胆が記されているのみである。人間社会における野生動物の利用と価値の変遷は、狩猟を介して野生動物の個体群の長期的な消長に大きな影響を及ぼしたと考えられ、今後それを明らかにする研究が必要である。

### 野生哺乳類の分布と捕獲数

次に、「郡村誌」に記された野生哺乳類の分布と捕獲数について検討する。明治初期の球磨郡において、中型獣はほぼ全域に広く生息していたにもかかわらず、大型獣の生息はより限定的であった (図-2)。種組成グループA~Dの分布と特徴 (図-3, 4) から、大型獣の在不在と地形と間に次のような関係を読み取ることができる。すなわち、大型獣の生息域の中心としての奥山 (グループA)、大型獣の分布空白域の中心としての盆地 (グループD)、および両者の移行帯としての里山 (グループBとC) である。言い換えれば、球磨郡における大型獣の分布には、低標高・傾斜量小の人吉盆地を中心とし、高標高・傾斜量大の九州中央山地を外縁とする同心円状の空間構造がある。



地形との関係は、在不在だけでなく捕獲数についても当てはまる (図-4)。村ごとのイノシシとシカの年間捕獲数には有意な正の相関があり、球磨郡の中心部で少なく、外縁部で多い傾向が認められた。シカについて詳しくみると、球磨郡の中心部にはシカは生息せず、したがって捕獲実績のない12村がまとまって分布している (図-2)。一方、シカが生息する28村のうち年間捕獲数が1頭以上の村の数は16で、それらは球磨郡の外縁部に位置している。そして、両者の間には、シカの生息が報告されながら捕獲実績のない12村が分布している。このことは、球磨郡の中心部から外縁部に向かってシカの生息密度が上昇する状況を予想させる。人口密度が低い奥山ではシカの生息密度が高く、より多くの捕獲数が得られていたのかもしれない。

#### 大型獣の捕獲方法

「郡村誌」からは、冬期、一部の地域でイノシシやシカの捕獲を目的としたわな猟がさかんに行われたことを読み取ることができる。わな猟の記述がある皆越村と槻木村は、球磨郡内の東南部に位置し、推定捕獲数でみると、シカではそれぞれ1位と2位、イノシシではそれぞれ6位と5位を占める村であった (表-1)。わな猟では、イノシシとシカを獲り分けることは難しかったと思われる。どちらが捕獲されても、現金収入が少ない山村において商品価値の高い大型獣は農閑期の大きな収入源として重要であっただろうし、農作物への獣害の防除という目的と相反するものでもなかっただろう。一方で、五木村のようにイノシシに偏った狩猟を行っていたことが予想される地域もある (表-1)。この点については民俗学的な検討が必要であろう。同時期の近隣の村々の状況 (山口, 2001) からみて、球磨郡内でも古くから銃猟が行われていたことは疑いないが、「郡村誌」にはその記述はない。村田銃の民間払い下げは1884年以降であり (田口, 2004)、それまでは性能の劣る火縄銃が使われていたと考えられる。槍などの猟具を用いた捕獲も行われていただろうが、「郡村誌」にはその記述もない。当時の猟具や捕獲

効率については今後研究の余地がある。

#### 野生動物の分布を規定した要因

最後に、当時の野生動物の分布を規定した要因について検討する。本研究で明らかにされた明治初期の球磨郡における大型獣の生息・利用・被害の空間構造は、当時の大型獣の分布が人間との関係において制限されていたことを示唆する。

これまでの研究から、イノシシやシカ、カモシカ、ツキノワグマといった大型獣の地理的分布は地形の起伏量や積雪量と深い関係があることが知られている (千葉, 1959, 1969; 日本野生生物研究センター, 1980)。一般に、起伏量が大きい場所では狩猟圧が低下するため、個体群増加率が低い大型獣は地形の急峻な場所で個体群を存続させやすい。また、積雪量が多い場所では採餌や移動が困難なためイノシシやシカは生息しにくい。九州では積雪量が多い場所は局所的で、積雪期間はそれほど長くない。それゆえ、当時の球磨郡では、地形と狩猟圧の関係が大型獣の分布をより強く規定していたと考えられる。

種の生態的特性の違い (三浦, 2001; 2009) も重要である。イノシシは明るく開けた環境を好むため、林縁環境を好むシカより人里に近い低標高でもよく捕獲されるだろう。また、イノシシは繁殖間隔が短く多産であるため、より強い狩猟圧の下でも個体群の存続が可能であろう。さらに、シカやサルといった群れをつくる種は狩猟に対してより脆弱なのかもしれない。本研究で明らかにされた大型獣の生息率や分布の種間差は、種生態と狩猟の相互作用の結果としても捉えることができる。

「郡村誌」の報告から現在までの約130年間に、野生動物がもたらす肉、毛皮および薬種の重要性は大きく変化した。戦後、生活が豊かになり、安い衣料や医薬品が普及するにつれて、毛皮や薬種という利用は薄れていき、現在は肉の利用のみが残っている。このような野生動物の利用変化は、我々の想像以上に野生動物の個体群に大きく影響した可能性がある。例えば、過去に薬種としてのシカの胎児の入手を目的とした狩猟が九州においてどのくらい活発に行わ

れていたかは定かでないが、このような狩猟は雌に偏った捕獲圧をもたらしただろう。そしてそれは、数百年間以上にわたりシカの個体群を低密度に保ち続けたひとつの重要な要因であったかもしれない。

今日、人吉球磨地域ではシカを筆頭に多くの野生動物が増加し、農林業と生態系に激しい被害が続いている。今後、この地域の野生動物と人間との関係史の研究が進展し、大型獣の個体群管理のよりよい手法が生み出されることを期待したい。

### 謝辞

三浦慎悟博士，小泉透博士，ならびに福井晶子博士には本稿の議論に有益な意見やコメントをいただいた。この場を借りて御礼申し上げる。

### 引用文献

朝日 稔 (1978) イノシシ，クマ類およびシカの捕獲数の変動. 哺乳動雑 7: 206~218.  
朝日 稔 (1985) 資源としてのイノシシ. 哺乳類科学 50: 27~30.  
千葉徳爾 (1959) 九州島北部の野生大型哺乳類分布. 地理評 32: 468~480.  
千葉徳爾 (1964) 日本列島における猪・鹿の棲息状態とその変動. 地理評 37: 575~592.  
千葉徳爾 (1969) 狩猟伝承研究. 風間書房，東京.  
千葉徳爾 (1986) 狩猟伝承研究. 総括編. 風間書房，東京.  
千葉徳爾 (1990) 狩猟伝承研究. 補遺篇. 風間書房，東京.  
藤井尚教 (1994) 川辺川流域の野生サル. 相良村誌. 自然編 (相良村誌編纂委員会編)，pp.113~147, 相良村，熊本県球磨郡.

早川孝太郎 (1979) 猪・鹿・狸. 講談社学術文庫，東京.  
熊本県地域振興部統計調査課 (2008) 平成19年熊本県勢要覧. 熊本県，熊本.  
間野 勉 (1998) 狩猟獣の乱獲，絶滅，防除，管理，保護の検証. -鳥獣統計の分析-. 哺乳類科学 38: 61~74.  
三浦慎悟 (2001) 日本産大型哺乳類の生活史からみた保全・管理の戦略. 生物科学 52: 217~227.  
三浦慎悟 (2009) 東北における野生動物管理の源流. 季刊 東北学 14: 64~87.  
村田安穂 (1978) 都道府県における『皇国地誌』の調査概報告(1). 学術研究. 地理学・歴史学・社会科学編 (早稲田大学教育学部) 27: 19~35.  
永松 敦 (2005) 狩猟民俗研究-近世猟師の実像と伝承. 法蔵館，京都.  
日本野生生物研究センター (1980) 第2回自然環境保全基礎調査. 動物分布調査報告書 (哺乳類). 全国版 (その2). 日本野生生物研究センター，東京.  
林野庁 (編) (1969) 鳥獣行政のあゆみ. 林野弘済会，東京.  
田口洋美 (2004) 狩猟・市場経済・国家. -帝国戦時体制下における軍部の毛皮市場介入. 現代民俗誌の地平2. 権力 (赤坂憲雄編)，pp.10~38, 朝倉書店，東京.  
卯野木盈二 (1976) 肥後国求麻郡村誌. 熊本女子大学歴史学研究部，熊本.  
山口保明 (2001) 宮崎の狩猟. その伝承と生活を中心に. 鉦脈社，宮崎.

(2009. 10. 13 受理)

## 速報

## 加賀市におけるナカトビフトメイガの大発生

江崎功二郎<sup>1</sup>・三代千里<sup>2</sup>・能勢育夫<sup>3</sup>・富沢 章<sup>4</sup>

## 1. はじめに

2008年10月、石川県加賀市永井町のゴルフ場で、アベマキやコナラ樹木の葉が全体に渡って変色する被害（写真-1）が発生した。その後の調査で、この被害はナカトビフトメイガ *Orthaga achatina* (Butler)（写真-2）が原因で発生していることが判明し、さらにこの被害は海岸沿いの比較的広域な地域でまん延していることが明らかになった。

本種はチョウ目メイガ科フトメイガ亜科に属し、開帳23~30mmの中型の蛾である（六浦，1967；井上，1982）。日本では北海道から屋久島まで分布が知られ、幼虫がクヌギ、アベマキ、コナラ、クリなどのブナ科の葉を食害する（寺本，1996）。ブナ科以外ではクスノキの食害記録があり（寺本，1996），農林有害動物・昆虫名鑑（日本応用動物昆虫学会，2006）では有害昆虫として掲載されている。寺本（1996）



写真-2 羽化したナカトビフトメイガの成虫（1目盛は1mm）

によると、滋賀県の調査で本種によるクヌギ、アベマキおよびコナラの被害は大きいとされているが、これまでに寺本（1996）以外の被害報告は少なく（渡辺，1937），害虫としての知名度は低いものと思われる。

## 2. 被害発生生態

2008~2009年にかけて石川県加賀市（福井県境（東経136°15'20" 北緯36°17'25"）～塩浜町（東経136°20'7" 北緯36°21'28"））の海岸沿いで、本種によるブナ科樹木の被害が発生した。被害が確認された樹種は、コナラ、クヌギ、アベマキ、ウラジログシで、ブナ科でもシイ類の被害は確認されていない。樹高1m以下の若齢木から高齢木まで被害が発生しており、被害発生と樹齢には関係がないように思われる。幼虫は樹上で小枝もしくは枝を中心として網巢を形成して群棲し（写真-3，4），葉を食害する（寺本，1996）。老熟幼虫は冬前に土中浅くに繭を形成し、幼虫越冬する（写真-5）。日本では1化性であるが、中国では2~3化性である（寺本，1996；



写真-1 ゴルフ場で発生したクヌギの被害木（樹高15m）





写真-3 クヌギ樹上の網巢



写真-4 網巢中の終齢幼虫



写真-5 土中浅くに形成した繭中で越冬する老熟幼虫 (1目盛は1mm)

Yang, 1999; Fan *et al.*, 2006)。本種の英名はchestnut pyralidと付けられ (日本応用動物昆虫学会, 2006), 中国では上海などの海岸沿いの温暖な地域ではクリヤクスノキの重要害虫となっている (Yang, 1999; Fan *et al.*, 2006)。しかし, 日本では栽培クリの害虫として記録は見当たらない。

### 3. 今後の被害動向

これまで石川県では標高500m以下の加賀地方の低山地において成虫の採集記録があった (富沢, 1998) が, 2007年以前には目立った被害は発生していない。加賀市の海岸林では, 本種の加害樹種が多く自生・植栽されており, 被害の継続および拡大が懸念されるが, ガ類の大発生は天敵などの影響により周期的になることが知られている (小林・竹谷, 1994; 鎌田, 2000ほか)。今回調査した加賀市の1箇所で, 土中に形成された繭中の老熟幼虫に寄生する冬虫夏草の一種 (クサナギヒメタンポタケ *Cordyceps kusanagiensis* Kobayasi et Shimizu) が多数発見された (写真-6)。昆虫病原菌は寄主の個体群密度に大きな影響を与えることが知られている (鎌田, 2000ほか) ため, 本種の密度低下に影響を与える可能性もある。

### 謝辞

羽化成虫の種名について日本蛾類学会の山中 浩氏にご教授いただいた。昆虫病原菌の種名について日本冬虫夏草の会の床尾邦博氏および武田桂三氏にご教授いただいた。本種の生態に関する文献について東京大学の鎌田直人博士, 森林総合研究所の浦野忠久博士にご教授いただいた。日本における栽培クリの加害種について京都府農林水産技術センターの小林正秀博士にご教授いただいた。皆様に厚く感謝申し上げます。

### 引用文献

Fan, M., Xu, W. Y., Guan, L. Q., Zhang, J. Y., Jin, D., Shen, G. H., Qian, Z. G., Deng, J. Y. and Zhu H. F. (2006) Study on occurrence



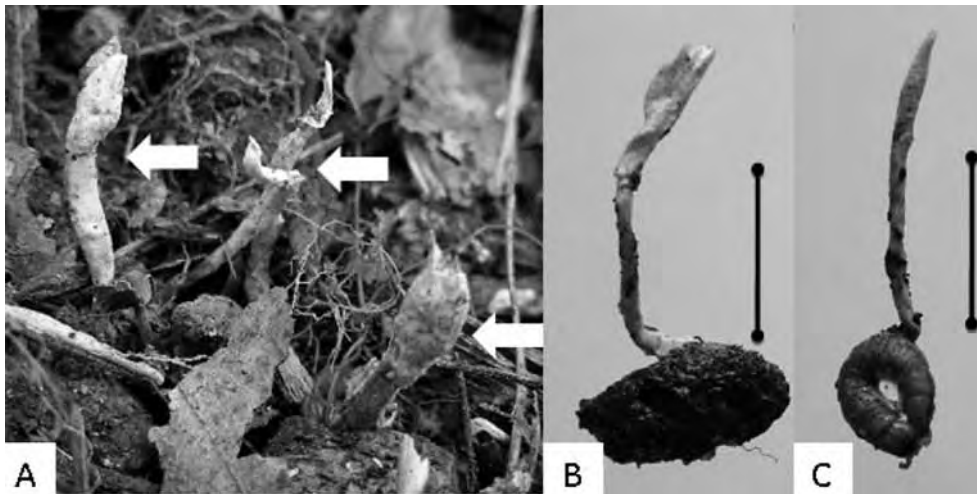


写真-6 藁中の越冬幼虫に寄生した冬虫夏草 (A: 地上に出現した子実体, B: 藁から伸びた子実体, C: 幼虫から伸びた子実体 (スケールはすべて10mm))

and control of *Orthaga achatina* Bulter and *Moricella rufonota* Rohwer. Acta Agriculturae Shanghai 22(3): 51~54.

井上 寛 (1982) メイガ科, 日本産蛾類大図鑑第1巻: 解説編 (株第一出版センター編), pp.307~404, 講談社, 東京.

鎌田直人 (2000) 森林食葉性昆虫の大発生と微生物. 森林微生物生態学 (肘井直樹ら編), pp.216~227, 朝倉書店, 東京.

小林富士雄・竹谷明彦 (1994) 森林昆虫. 養賢堂, 東京.

日本応用動物昆虫学会 (2006) 農林有害動物・昆虫名鑑 増補改訂版. 日本植物防疫協会, 東京.

六浦 晃 (1957) メイガ科. 原色日本蛾類図鑑 (江崎悌三ら共著), pp.93~147, 保育社, 大阪.

寺本憲之 (1996) 天蚕 (ヤママユ) 飼料樹, プナ科植物を寄主とする鱗翅目昆虫相に関する研究. 志賀農試特研報 19: 1~216.

富沢 章 (1998) チョウ目 (蛾類). 石川県の昆虫 (石川虫の会・百万石蝶談会編), pp.366~486, 石川県環境安全部自然保護課, 石川県.

渡辺福寿 (1937) 樹木害虫総目録. 有明書房, 東京.

Yang, Z. M. (1999) Bionomics of *Orthaga achatina* Butler and its control. Journal of Fujian College of Forestry 19(3): 238~241.

(2009. 11. 26 受理)

## 訃報

## 田村弘忠さんを偲ぶ

真宮 靖治<sup>1</sup>

元森林総合研究所の田村弘忠さんが2009年11月17日に亡くなりました。享年73歳でした。昨年8月末に田村さんが脳梗塞で入院したことを知りびっくりしました。その後は奥様との電話で、退院して病状回復にともなうリハビリに励んでいる様子など伺い安堵しておりました。10月末になって再入院。11月のある日、病状が急変したとの連絡がつくば在住の研究仲間からありました。驚いて奥様に電話したところ、「今日（17日）息を引き取りました」と聞かされ呆然としました。直接の死因は肺炎とのことでした。入院そして死去の報は、宿痾だった肝炎もインターフェロンによる治療で完治したと聞いていただけに、まさかとの思いでした。田村さんとはしばらく会う機会もなく疎遠のままになっていましたが、いつか会って語りあいたいとの期待だけで過ぎてしまったことが悔やまれます。

田村さんは、秋田県能代市で生まれ（1936年1月）、育ち、のち北海道大学農学部に進学しました。大学院にすすみましたが、肺結核の発病、その手術などで何回かの休学を重ねました。当初取り組んでいたノネズミの研究は、野外での調査研究が困難なため断念せざるをえなくなりました。そこで微生物研究へとテーマを移し、ここから線虫とのかかわりが始まりました。1973年に「線虫捕食菌の捕捉器官形成に関与する諸要因に関する研究」で学位を取得し、北海道大学大学院博士課程を終えました。この間には、左肺の摘出、胃潰瘍のための胃の摘出と手術がつづき、まさに病魔とのたたかいの連続でした。1973年に農林水産省林業試験場保護部樹病研究室に入所し、マツ材線虫病との取り組みが始まりました。当時は、いわゆる「松くい虫」発生の原因がマツノザイセンチュウによることが明らかにされ、林業試験場保護部門の総力をあげた研究が始まったところでした。田村さんは線虫研究の専門家として採用されたのです。林業試験場は、1978年に目黒からつくばへと移転し、1979年には樹病研究室から独立した線虫研究



2005年5月、東京・水元公園で河辺祐嗣氏撮影

室が誕生しました。田村さんと筆者2人からなる研究室でした。研究テーマのほぼ100%がマツノザイセンチュウ（以下ザイセンチュウ）関連でした。田村さんの初仕事は植物のカルス細胞によるザイセンチュウの培養で、アルファルファやマツのカルスで線虫増殖が可能であることを実証しました。この成果は、菌食性として知られたザイセンチュウが植物寄生性をも有することを裏づけ、マツとのかかわりを追及するその後の研究における基礎となりました。実験をすすめる手先の器用さには目を見張ったものです。無菌ザイセンチュウによるマツ苗木発病の確認は、この成果の延長線上にあり、発病における細菌関与説もでている現在、その評価を左右する重要な論拠となっています。マツ枯死木樹体内における線虫分布実態を緻密な手法で調べた仕事など、そのほかにもザイセンチュウとマツとのかかわりを解明する多くの研究業績があります。また、流動パラフィンによる培養線虫の長期保存法の確立など研究手法の発展に寄与する成果も残しています。1981年11月から1年間、マツ材線虫病に関する共同研究のため、ミズーリ大学のDropkin教授のもとで過ごしました。とくにマツ属各種の抵抗性の問題が研究の中心でし

た。このときの滞在記が森林防疫誌に連載されていて、アメリカでのマツ材線虫病問題の実状を知らせるとともに、リアルタイムでの現地報告は興味深いものでした。1984年には林業試験場関西支場樹病研究室に室長として転勤しました。管内各府県との協力関係の維持にもあたる職責を、人間関係を円滑にするその人柄を発揮して、十分に果たしていました。研究面では、色素（酸性フクシン）注入による樹幹組織の染色パターンの変化から、サイセンチュウ接種結果としての通水阻害発現経過を追跡する研究が注目されます。発病のメカニズム解明にもつながる成果でした。1987年につくばに戻り、森林総合研究所の樹病科長をつとめました。その後1993年森林生物部長となり、1996年に定年で退官しました。退官後は、2001年から2005年まで、科学技術振興事業団重点研究支援協力研究員として、蚕糸・昆虫農業技術研究所の非常勤職員のポストで研究支援にあたっていました。多くの学会報告（蚕糸学会）に名を連ねるなど、有意義な研究の日々を過ごしていた様子を、所属した研究室の宮本和久博士から伺うことができました。

田村さんは60年安保の反対運動にかかわって以来、平和や社会問題への関心を持ち続け、退官後も団地の自治会長を何回も引き受けたり、さらには「つくば生活と健康を守る会」を設立して会長をつとめるなどその活動は積極的でした。日本線虫学会の評議員や編集委員として学会の発展に尽くしたことも忘

れることはできません。

「自分は胃がないから一度に沢山は食べられない」とのことで、奥様手作りの弁当を何回かにわけてすこしずつ食べていた様子が忘れられません。嫌いではなかったお酒ですが、胃がないため一度に飲めるアルコールの量にも限界があったのでしょうか、酔いの進行とその終わりがたには田村さん独特のパターンがみられました。酔うのがはやく、酔いとともには弁舌さえ、やがて舌鋒鋭くなり、時に辛らつな人物批判がでてくる。そして、突然静かになる。つまり沈没です。田村さんと酒席をともにしたことのある方々にはそのパターンが思い出となっていることでしょう。田村さんは絵画を好み、自らも絵筆をとっていました。作品を直接見たことはありませんが、機会があったら遺作を拝見したいと思っています。音楽はモダンジャズを好み、とくにジャズピアニストのビル・エバンスが好きでした。芸術への傾倒ぶりが研究室でのお茶飲み話のなかでよく聞かされました。

田村さんは、若いときの壮絶な病歴にもかかわらず、その後大病などすることもなく退官までを過ごしました。これはひとえに奥様（早千枝様）の支えがあったからこそと筆者などは確信しています。田村さんを偲ぶうえで、なにをおいても奥様への感謝を忘れてはならないとここに記しておきます。

最後に、田村さんのご冥福を心からお祈りいたします。

## 都道府県だより

# 青森県における松くい虫被害の発生について

### ○はじめに

青森県には、白神山地や八甲田山に見られるブナ、日本三大美林のヒバ、全国有数の人工造林面積を有するスギのほか、太平洋側を中心にアカマツが分布しています。また、三方を海に囲まれているため、潮風に強く、防風や飛砂防止機能が高いクロマツが海岸線一帯に造成されており、県民の生活や農林水産業をはじめとした産業に大きな役割を果たしています。このため、県では、これまで様々な松くい虫被害防止対策を講じてきたところですが、平成22年1月、本県で初めて松くい虫被害が確認されたので、被害発生の経緯と今後の対策について報告します。

### ○被害発生の経緯

1. 平成22年1月8日、樹木医が、東津軽郡蓬田村大字瀬辺地地区内（図-1）で枯れたクロマツ1本（写真-1）（樹高26m、直径64cm、推定樹齢70年生）を発見し、枝を採取の上、地方独立行政法人青森県産業技術センター林業研究所（以下、「林業研究所」という。）へ持ち込む。

2. 林業研究所でマツ材線虫病診断キットによる試験（以下、「診断」という。）を実施したところ、1月13日に陽性反応を検出。同日、独立行政法人森林総合研究所東北支所（以下、「森林総合研究所」という。）へ枝を送付して、詳細試験を依頼。

3. 1月19日、森林総合研究所の試験成績（陽性反応）書が発出される。結果は陽性。

### ○被害発生後の対応

1. 1月13日、林業研究所からの報告を受け、同日、県では現地確認を行うとともに、1月19日から20日にかけて、蓬田村から外ヶ浜町（旧平館村）までの道路沿線や海岸線の目視調査を実施。

2. その結果、外ヶ浜町平館地区において3本の枯損マツを確認したため、材片を採取して、林業研究所で診断を実施。結果は陰性。

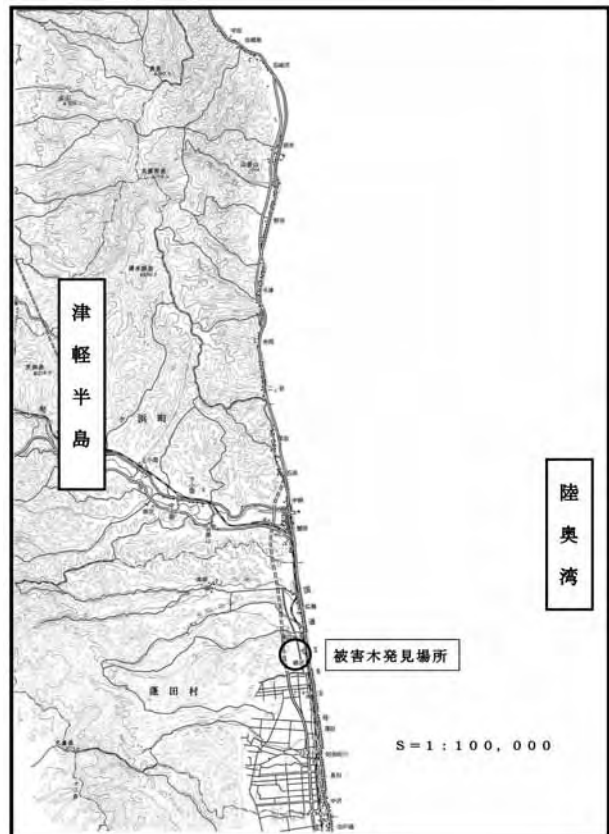


図-1 被害木発見場所位置図

3. 1月28日、被害木に隣接する3本のマツ（クロマツ1本、アカマツ2本）についても、林業研究所で診断を実施。結果は陰性。

4. 県民の不安解消と松くい虫被害の普及啓発のため、県林政課及び各地域県民局に相談窓口を設置するとともに、県内全市町村及び関係団体等に対し枯損木等の情報提供を依頼。

5. 2月10日、林業研究所および森林総合研究所による被害木詳細調査を実施。調査の結果、マツノマダラカミキリの幼虫や後食痕は確認されなかったものの、被害木は調査後、焼却処分。

### ○平成22年度松くい虫被害対策について

平成22年度は、以下のとおり対策を実施し、被害拡大防止を図ることとしています。





写真-1 マツノザイセンチュウが検出された枯損木

1. 空中写真撮影による監視や防災ヘリによる空中探査の実施
2. 松くい虫防除監視員の設置

3. 感染・繁殖源の除去等予防対策の実施
4. マツノマダラカミキリ分布調査の実施
5. 引き続き、県林政課及び各県民局に松くい虫被害に関する相談窓口を設置するとともに、県ホームページ、チラシ、リーフレット等による注意喚起や情報提供の呼びかけの実施。
6. 防除対策に関する検討会等の開催
7. 林業関係団体及び緑化木を扱う造園業者等を対象とした各種研修会等の開催。
8. 庁内関係課との連絡会議等を開催し、公共事業等でマツ苗木等を使用する場合、県産マツ苗木等の使用を徹底するとともに、マツ植栽量の把握や需給調整の実施。

#### 〇おわりに

これまで、徹底した松くい虫被害防止対策を講じてきたにも関わらず、本県においても被害が発生したことは、誠に残念なことではありますが、県としては、今後一層、効果的・的確な防除対策に取り組み、被害拡大防止に努めることとしています。

(青森県農林水産部林政課)

## 埼玉県における樹木・緑化木の病虫害防除相談への対応状況について

### 〇はじめに

埼玉県農林総合研究センター森林・緑化研究所では、業務の一環として緑化木・庭木類や一般樹木のほか、特用林産などに関する相談に対応しています。基本的には埼玉県在住の方を対象としていますが、ホームページ等から相談を寄せられることもあり他県の方からの相談にも対応をしています。

年間の相談件数は、緑化木・庭木類での相談が最も多く、次が一般樹木となっています(表-1)。

### 〇病虫害防除相談への対応

相談内容では、病虫害の防除に関する相談が多く、適用のある農薬を紹介して使用方法等を説明しています。また、使用前にもラベル等の注意事項をよく

表-1 年度別相談対応件数

| 年度  | 緑化木・庭木類 | 一般樹木 | 特用林産 | その他 | 計   |
|-----|---------|------|------|-----|-----|
| H20 | 48      | 29   | 6    | 18  | 101 |
| H21 | 48      | 25   | 7    | 21  | 101 |

読み周囲の安全にも留意することをお願いしています。緑化木・庭木類では、毎年同じ木に病害虫が発生するという相談が多いのですが、この場合は植木周辺の状態を説明してもらい、罹病した枝葉の処分（伝染源の除去）や環境を整えること（日照・通風や排水性を改善など）で病害虫が発生しにくい状況をつくる方法があることも説明しています。

公共施設からの相談もあり、昨年11月には、さいたま市の小学校から、殺虫剤を散布しない方法でサクラに発生するアメリカシロヒトリを防除したい、との相談が寄せられました。

学校や公共施設等での防除では、平成19年1月31日付け農林水産省・環境省通知「住宅地等における農薬使用について」などにより、農薬を使用しない防除方法を優先し、やむをえず農薬を使用する場合は散布以外（誘殺、粒剤、塗布剤等）の方法を検討することとされています。

このため農薬を使用しない防除方法として、発生初期の段階でコロニーを枝葉ごと除去・処分する方法を紹介し、薬剤散布が不要な殺虫剤として有機リン系カプセル剤（オルトランカプセル）がある旨を回答しました。

### ○現地調査の実施について

当センターでは、基本的には寄せられた相談は、電話や電子メールで回答をしていますが、相談の内容によっては現地調査を実施しています。今年度は、コナラの立ち枯れについて2件の相談があり現地調査を行いました。埼玉県内では、ナラ・カシ類の集団枯損は発生していないため、カシノナガキクイムシによる被害が考えられる相談には、必ず現地調査を行い発生の有無を確認しています。調査の結果どちらの相談ともカシノナガキクイムシの被害ではないことが判りましたが、人通りのある場所であること、腐朽が進み倒伏の危険があることから伐倒する必要があることを説明しました。

### ○おわりに

なかには回答まで時間のかかる相談内容もありますが、可能な限り早期回答を心がけています。相談業務は限られた人員で対応していますが、少しでも相談者のお役に立てばと考えています。

（埼玉県農林総合研究センター森林・緑化研究所）

## 森林病虫獣害発生情報：平成22年1月受理分

### 病害

〔紫かび病…鹿児島県 鹿児島市〕

20年生シラカシ庭木、2009年12月26日発見、被害本数30

本（鹿児島県林業労働力確保センター・村本正博）

（森林総合研究所 窪野高德／牧野俊一／小泉 透）

## 森林病虫獣害発生情報：平成22年2月受理分

### 病害

〔てんぐ巢病…鹿児島県 鹿児島市〕

壮齢ソメイヨシノ庭木、2010年1月29日発見、被害本数2本（鹿児島県林業労働力確保センター・村本正博）

〔こふきたけ病…鹿児島県 始良郡〕

25年生キンモクセイ庭木、2010年2月14日発見、被害本数1本（日本樹木医会・村本正博）

### 虫害

〔アオフトメイガ…奈良県 吉野郡〕

壮齢クスノキ庭木、2010年1月28日発見、被害本数1本（奈良県南部農林振興事務所・木南正美）

〔トガリキジラミ…鹿児島県 鹿児島市〕

18年生ニッケイ庭木、2010年1月31日発見、被害本数3本、被害面積0.01ha（日本樹木医会・村本正博）

（森林総合研究所 窪野高德／牧野俊一／小泉 透）

# 樹木病害デジタル図鑑

(独)森林総合研究所 森林微生物研究領域／編集

緑化樹・造林樹木の主要病害304種, 897枚の画像を1枚のCDに収納  
 ひとつの病害について簡潔な症状等の記載と複数の被害・病徴写真で解説  
 対象: 樹木医, 現場の担当者, 研究者から自然愛好家まで  
 画像を研修, 講義などにも利用できます

Windows 2000 (Service Pack 3 以上) / XP / Vista, Mac OS X 10.3 / 10.4 日本語版対応  
 パソコンにInternet Explorerなどのインターネット閲覧ソフトがインストールされていることが必要です

発行: 全国森林病虫獣害防除協会  
 定価: 3,000円 (消費税込・送料別) (10部以上送料無料)

注文は, ファックスまたE-mailで防除協会まで

## 編集委員会より

### 誌名「森林防疫」についての読者の皆様からの意見募集

本誌「森林防疫」は, 1952年に「森林防疫ニュース」として発刊され, 1969年に現在の「森林防疫」に改名され現在に至っています。その間, 林業・森林保護の情勢, 行政ニーズ, 国や都道府県の研究体制・研究分野など, 大きな変化を経てきました。3月5日の本誌編集委員会では, 本誌が森林病虫獣害の問題を中心に扱っていくのは変わりませんが, 上記の点から, 誌名「森林防疫」についても改名を含めて検討していくことになりました。つきましては読者の皆様からの誌名変更についての意見 (①改名した方がいいかどうか, ②改名するなら新しい誌名案) を募集致しますので, 森林防疫メールアドレス (shinrinboeki@zenmori.org) へ5月末日までに積極的なご意見をお寄せ下さい。

**森林防疫** 第59巻第2号(通巻第677号)  
 平成22年3月25日 発行(隔月刊25日発行)

編集・発行人 宮崎繁則  
 印刷所 松尾印刷株式会社  
 東京都港区虎ノ門 5-8-12  
 ☎ (03) 3432-1321

定価 1,302円(送料共)  
 年間購読料 6,510円(送料共)

発行所 全国森林病虫獣害防除協会  
 National Federation of Forest Pests Management  
 Association, Japan  
 〒101-0047 東京都千代田区  
 内神田 1-1-12(コープビル)  
 ☎ (03) 3294-9719 FAX (03) 3293-4726  
 振替 00180-9-89156  
 E-mail shinrinboeki@zenmori.org  
 http://bojyokyokai.hp.infoseek.co.jp/