

農学者からお医者さんへお伝えしたいこと

- 松食い虫の防除を例にして -

対談者：本山 直樹

東京農業大学客員教授/千葉大学名誉教授

聞き手：鈴木 信夫

あのはな同窓会広報担当常任理事



鈴木：千葉大学名誉教授であり東京農業大学客員教授としてご活躍されている本山直樹先生には先日、医学部の学生を対象に中国の餃子事件に関する講義をして頂きました。先生はその講義の終りに「松枯れ病」に触れられました。日本海沿岸を走る列車から見える松林は物凄い松枯れを起しています。あたかも、人の死様と同じような感覚に襲われます。そこで、医師の皆さん方に松枯れに関してお伝えできることがあればとの思いでインタビューを企画しました。農学者の視点から医師の皆さんへ松枯れ、或いは殺虫剤全般について紹介して下さいと有難いです。

本山：「松枯れ」とひと括りと言われますが、侵入病害です。100年くらい前、長崎県に北アメリカから輸入された松材に寄生していたマツノザイセンチュウ（以下線虫）が、日本に持ち込まれたのです。日本在来のマツノマダラカミキリ（以下カミキリ）と線虫との共生関係が成り立ち、松を荒らすようになったのです。私達は簡単に「松枯れ」といっていますが、原因はそういうことです。100年も前に発生した侵入病害が、なぜ今問題になっているのかです。発生当時は原因が分からないけれども、真っ赤になって異常に枯れている松は直ぐに切り倒して燃やすように指導したので、広がらなかった。ところが、時代が推移して松の管理が行き届かなくなってしまい、枯れた松の中で大量に増殖している線虫がカミキリに寄生したんです。カミキリが産卵し幼虫の成育に適したマツヤニが出ない枯れた松を介して、線虫とカミキリとの共生関係が生まれました。枯れた松の中で繁殖した線虫は、カミキリの蛹に集中して体内に入り込みます。カミキリが成虫になり他の松へ移動して、今年成長した当年枝（とうねんし）や去年成長した1年枝を選んで皮をかじります。カミキリの気門から体外にでた線虫は、カミキリのかじり口から、松の樹の中に侵入して、松枯れに至るまで増殖するメカニズムが、森林総合研究所の総力を結集した研究で解明されました。



（写真：後食中のマツノマダラカミキリ，マツノザイセンチュウはカミキリの体内から外へ出て，この傷からマツの体の中に入る。森林総合研究所ウェブサイトより転載）

ご存知の通り、植物には導管と師管（ふるいかん）があります（右図：同上）。根から吸収した水を全体に運ぶ通り道が塞がれてしまうと植物は枯れてしまいます。線虫が樹の中で増殖すると、樹の細胞に変化が起こって導管が塞がれ、松の体内に水分が行きわたらなくなり枯れてしまいます。樹齢100年とか300年とかの大きな松であっても、一旦、線虫が樹の中に入ると1年で枯れてしまいます。秋田県のような気温の低い地方では、カミキリの発育に要する期間が長くなりますので少し様相は違いますが、通常は1年で必ず枯れます。今繁殖しているアメリカの松は、線虫に抵抗力

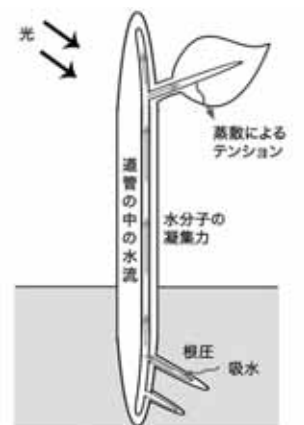


図1 木部樹液の上昇の概念図
根毛から吸われた水は、蒸散によるテンション(引っ張りの力)と水分子の凝集力で梢端まで上がる

のある樹種のみが淘汰され生き残ったものです。

- 無人小型ヘリによる薬剤空中散布が松を守る -

日本の在来松には、侵入病害に対する抵抗力はありませんから、どんどん枯れていった。これを防止するには、線虫を媒介する昆虫のカミキリを防除する方法と線虫そのものをやっつけてしまう、という二つの方法があります。

後者は、ドリルで木に穴を開けて殺線虫剤を注入し、浸み込ませます。大きな松の樹に6ヶ所の穴を開けてノズルを差込み、薬液を注入すると、そこから薬液が樹の中に浸透して、寄生している線虫を殺します。生きている樹にドリルで穴を開けることが問題です。開けた穴は塞ぎますが、細胞が死んでいるから再使用できません。

今は、効力が2年間も持続する殺線虫剤も開発されましたが、以前は残効性が短かったので毎年穴を開けていました。生きた1本、1本の松に穴を開けて傷をつける方法であること、しかもそれをずっと連続して行わなければならないために、コストが非常に掛かるとい問題があります。天然記念物に指定されているような特別な松の保護には適していませんが、何十ヘクタールもある自然の松林には、物理的にもコスト面からも不可能な防除方法です。そのために、線虫を媒介する昆虫をやっつける方法が松枯れを防ぐ最適の方法ということになります。カミキリの天敵を利用する方法もありますが、実用効果はあまり高くありません。キツツキのような鳥も樹の中で生息している線虫をつまみ出して食べてくれますが、これだけでは全部の防除は不可能です。何故、カミキリの成虫は当年枝と1年枝だけに飛んで行きかじるのかと言いますと、そこから出ている匂いを認識しているからです。フェロモンやテルペン類などが誘引剤になっていますから、これを利用してカミキリの成虫を1個所に集めて駆除する方法もありますが、効果が低くて実用性はありません。別のアプローチの仕方として、線虫に抵抗力のある松を選抜して植え替えるという方法もあります。アメリカが採った方法と同じで、従来の松とは違う線虫に抵抗力のある苗木を選抜して植林する。このやり方は、今ある松を守ることにならないし、日本人好みの松になるかどうかは難しい場合があります。ただ線虫に強いだけでなく、線虫に抵抗力があり、かつ日本人が描く松のイメージに合った姿・形に育つ松を選抜することが求められます。従って、最も経済的かつ効果的な方法は、線虫を媒介する昆虫を防除する方法にならざるを得ません。それには、殺虫剤を使用します。松の当年枝と1年枝は松のてっぺん、すなわち樹冠部(じゅかんぶ)にあります。山林の松は樹高が25m、30mあります。その先に1年枝や当年枝がありますので、地上からの薬剤散布は難しい作業になります。農耕用に使用している鉄砲ノズルで散布しても、10mくらいは届きますが、何十ヘクタールもある松林で一本、一本の松へ散布する作業は効率が悪く、霧状の薬液が作業者に降り落ちる危険性を防止することも考えなければなりません。スパウターと呼ばれる大型動力散布機は、薬液を100mくらいは飛ばせます。トラックに積み込んで散布しますので、松林の中に作業用林道を作らなければならないし、何十ヘクタールもある松林には複数の林道を作らなければならない散布できない、という制限があります。しかも、能率が悪い。25m、30mの上空に薬剤を飛ばすには、細かい霧状にした薬液では駄目で、消防車の消火ホースで水をかけるように、大きい粒形の薬液を飛ばします。

このような薬液を散布する場合、霧状というよりも水状に近い薬液を25m、30mくらいの高さに飛ばしますから、当年枝と1年枝には10%位しか付着せず、散布された薬剤の90%くらいはカミキリが摂食しない枝葉の部分や地上に落ちて無駄になり、効率が悪い。一番

良い方法は、木のとっぺん、すなわち樹冠部に直接かかるように、ヘリコプターで上から散布する方法です。多くの地域では、この空中散布が最も効率の良い薬剤散布方法として採用されています。

薬液を空中から散布する方法には、二通りあります。有人ヘリコプターによる方法は、大量の薬液を積んだ大型ヘリによる薬剤散布ですから、広大な面積の松林を能率良く短時間で散布できるメリットがあります。有人ヘリは、松の上空 15m くらいの高さを飛んで散布しなければならないという制約があり、風がなぎ状態で周りに薬液が飛散しない早朝、周辺住民が野外にいない時に散布します。とはいえ、高いところから散布しますので、ちょっとでも強い風が吹くと薬液が飛散し、周辺の住民に対しての健康影響の心配が起ります。そこで、最近ではラジオコントロールする無人ヘリコプターによる空中散布が盛んになってきました（写真）。

無人小型ヘリの散布は、松の樹冠部上空 3 m からではなく、かなり濃厚な薬液を少量散布する方法になります。この散布は、必ず、高所作業車上に位置するオペレーターと地上で指示するナビゲーターのチームで行います。松の樹冠部は 25m、30m ありますから、その高さまで昇れる高所作業車が必要になります。この高所作業車を使って、松の樹冠部より高い位置から無人ヘリを操作して、松のとっぺんに薬液を散布します。それから、松林の向こう側は高所作業車から見えないので、地上にいるナビゲーターが散布位置をオペレーターに無線で指示を出します。例えば、100 m 先は松林の端になるから無人ヘリは Uターンして戻れ、というようにトランシーバーでお互いに連絡を取り合い、空中散布作業はチームワークで行います。この方法は、効率も良く無駄がない。周辺への飛散も少なく、一番肝腎のカミキリがかじる当年枝と 1 年枝に薬液を散布できますから、今はこの方法が盛んになり、全国で採用されている訳です。



- 松を絶滅させる誤った健康影響診断 -

一方、松くい虫防除を難しくしている別の問題もあります。農薬に対してアレルギー反応を示す、農薬恐怖感症の地域住民がおられることです。中には、長年、農薬反対活動している方もおられます。そういう方々が、松食い虫の防除に殺虫剤を散布されたので体調を崩したとの訴えが時々出されて、松を守るのが大事か、住民の健康を守るのが大事か、という議論が起ります。実は、農薬散布による周辺住民への健康影響を防ぐために無人ヘリで農薬散布を行うにあたっては、長年にわたる実験結果に基づいて林野庁が慎重に検討して作成した運用基準があります。そこには、無人ヘリで散布する時の条件、散布方法などが定められています。散布をする時の広報活動までも含めた、事細かな基準になっています。

無人ヘリ運用基準を遵守した空中散布をする限りにおいては、周辺の住民への影響は起らない筈です。にも係わらず、地域によっては、住民に健康被害が起きたとの訴えが出されます。私の研究室では、ここ十数年間は農薬の環境中での動態、つまり散布された農薬が環境の中でどのような挙動を示すかなど、環境に対する影響を研究してきましたが、その中で松枯れ防止目的で散布された農薬の環境中の挙動、飛散状況、周辺住民への影響、生態系に対する影響などについても 2004 年以來調査研究してきました。

松林に空中散布を行う時期は 5 月、6 月に限られています。カミキリの成虫が羽化・脱出

してきて新梢をかじる時期になると、私達は現場に出かけて行って、散布最中から経過時間ごとに大気中の農薬濃度モニタリングをしたり、気象(風向・風速)観測をしたりして、農薬の飛散に関するデータを収集します。飛散するのは粒径が著しく小さくて比重が軽い分子か、蒸気圧が一定以上高くてガス化した形の分子です。最近マイクロカプセル化した製剤が多く使われますので、樹冠部に付着・捕捉されなかった薬剤分子の多くは地上に落下します。そこで、散布範囲から東西南北に距離別に落下量のデータも収集しています。同時に、バイオモニタリングとして、散布する薬剤に最も感受性の高い昆虫、アカアブラムシやイエバエなどを薬剤が散布される周辺地域に置いて影響の度合いを調べることもやっています。つまり、化学分析に加えて生物への影響も指標として薬剤の飛散範囲と程度を推定する判断材料のひとつにしています。このようにして散布が行われた各地で何年にもわたって調査した結果から言えることは、殆どの場合、周辺環境における気中濃度や落下量は検出限界以下か、検出されても全く健康に影響のない濃度範囲内に収まっている。健康に影響のある濃度、ない濃度の判定は、環境庁(現在は省)が専門医を集めた検討会で定めた生活環境における気中濃度評価値によります。評価値というのは、人がそこで一定の期間生活して24時間吸入し続けてもなんら影響がない濃度、として公表されているものです。つまり、長期間に毎日吸入し続けても健康に影響がないとされる科学的基準値です。例えば、松くい虫防除でよく使われるフェントロチオンという有機リン殺虫剤の場合、 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、大気 1m^3 当たり $10\mu\text{g}$ の有効成分という濃度であれば、長期間に亘って毎日吸入し続けても影響はない。ところが、実測の平均値は小数点以下か、検出限界以下ですから、周辺住民に健康影響は及ぼしていない、と私達は考えています。それにも係わらず、周辺住民の中には、体調が悪くなったと訴える方がおられます。私達の調査では、訴える方々は一般住民とは違って、従来から化学物質に対する過敏症で苦しんでいる方が大半なようです。気中濃度が検出限界以下の時や、検出されても評価値未満に収まっている時や、または、地方自治体の担当役所が散布予告をしても降雨など天候悪化で散布が実施されなかった時ですら、体調が悪くなったと訴える方もおられる訳です。こういう方々は農薬に対する極端な恐怖心を持っていて、散布が行われたと想像するだけで精神作用が身体異常を引き起している感じがします。そういう方達をサポートするお医者さんも各地におられる訳ですね。患者さんと一緒に役所に押しかけたり、メールマガジンやテレビや新聞などのメディアを使って健康被害が起こっていると訴えますので、散布を実施している地方自治体の担当者は、非常に困惑します。また、健康被害が起きた時に、その保障はどうしてくれるのか、と迫ります。私に言わせれば、因果関係の科学的な検証なしに子どもの命を守るのか松を守るのかと攻め立てるのは、まるでテロリストの脅迫みたいですね。都道府県の実施担当者はそんな風に突き詰められると腰が引けてしまい散布を止めましょう、ということになります。場合によっては、カミキリの防除は止めて、線虫を直接やっつける殺線虫剤を樹幹に注入する方法に切換えましょうということにもなります。但し、樹幹注入の経費は100倍かかりますから、無人ヘリによる散布面積の1%しか松林を守れません。ですから、散布中止に追い込まれている地方自治体が増えています。松は「松竹梅」というように、昔から日本人の文化に深く関わっています。正月には門松を飾りますね。歌舞伎にも松は付き物です。日本海岸の松林は、江戸時代から砂嵐を防ぐために植林した砂防林ですが、自然のままでは海風に運ばれた砂は何キ口にも亘って溜まり、不毛の砂丘地帯を作ります。それに苦しめられてきた地元住民を救おうとした篤農家や、相談を受けた研究者が地元住民の要請に答えて海岸に松を植林した結果、松林の陸地側に畑、田圃ができ

るようになり、人も住めるようになった、という歴史があります。ところが、薬剤散布反対の活動家グループが押しかけてきて、周辺住民に健康被害が起っているから空中散布を中止しろ、と訴えます。その結果、松枯れが進行していき、砂防林の役割を果たさなくなります。カミキリに食われない広葉樹林に置き換えればという案もありますが、冬は枯れて葉っぱがなくなり砂防林の役割を果たさなくなりますし、そういう意味では、やはり風害や塩害に強く、海岸で育つのに適している常緑樹の松しかない。従って、海岸の松林は砂防林として人の生活環境を守ってくれていますし、山の松林は地面にしっかり根を張ってがけ崩れを防いでくれています。また、過疎化した地域の経済は厳しい状況ですが、管理状態の良い松林の松茸は高級品として取り引きされ、地方経済を支える大事な産業になっています。

- 松枯れ病防除の最前線・津軽海峡 -

長崎からスタートした松枯れは、北上して秋田県と青森県の県境まで到達しましたので、このまま防除しないで放置すると、松林はどんどん枯れて荒廃し大変な状態に陥ります。青森県に侵入すると津軽海峡を渡って北海道にまで分布が拡大しますので、今は秋田と青森の県境で懸命に防いでいるという現状です。県境にある松は全部切り倒してカミキリが飛んで行かない緩衝地帯（防除帯）を設けて防いでいます。その他の地域の無防除のまま放置された松林は、すでに殆ど枯れてしまいました。例えば、広島空港から広島市内へ向かう途中にある山の松林は、松が枯れるのは大気汚染による、とするある大学教授の説を基にして薬剤散布をしなかった。その結果、山の松は全部枯れてしまい、骸骨のようになって立ち枯れたまま、今でも山一面に残っています。一度カミキリに食害され線虫が侵入した松は、そこから羽化脱出したカミキリ成虫が分布を拡大する源になりますので、伐倒駆除と言って、切り倒してチップにするか焼却しなければなりません。最近松枯れの被害は標高の高い所へ移行しつつあるようです。これ以上の松枯れ被害を防止するのは、森林管理に従事している人達にとっては大きなチャレンジなのです。

5月～6月は、杉の花粉症が治まる時期ですが、反対にイネ科の雑草の花粉が飛散する時期でもあります。イネ科雑草の花粉による花粉症の症状は、松食い虫防除で散布された農薬が原因で体調が悪くなったと訴える人の症状に似ているような気がします。ですから、そういう患者さんが来院された場合、患者さんの訴えを鵜呑みにせず、松くい虫防除の農薬散布が何時、何処で行われたか、散布された農薬は有機リン剤だったのかネオニコチノイド剤だったのか、どこで曝露したのかなどを確認した上で診断を下して頂きたいと思います。

といいますのは、今までに農薬散布による症状と診断された人の事実関係を追跡すると、実際にはその時期に散布が行われていなかったという例が多々ありましたので、各地におられるお医者さんは、曝露との因果関係をしっかり考察して頂きたい。これは、私の希望です。長話になりましたが、有難うございます。

鈴木：松枯れ病の文化的、その他様々な面において重要な松を、どのようにして守るかについてご苦労されており、秋田と青森の県境で食い止めようとしてご尽力されている現況は分かりました。しかし、必ずしも、その努力が達成されていない状況にあることも分かりました。そこで、お医者さんが散布薬剤により体調を崩したと訴える人と接する時、お医者さんの周辺で行われている松枯れ防止対策状況を調べるには、どうすれば良いか？

ふたつ目は、イネ科雑草の花粉症と薬剤散布による症状を識別して対処する工夫、検査方

法についてお尋ねします。

- きちんと決められている農薬散布の情報公開 -

本山：林野庁が制定した農薬散布をする時の運用基準では、散布を実施する自治体は散布農薬名、日時、場所、方法などを地域住民に対して散布前に広報することを定めています。市が担当する場合は、当該市役所が管内の全住民、学校、病院等に事前広報をします。さらに、ホームページでも事前予告をします。散布区域外にあるお医者さんの病院へ患者さんが来院した場合、患者さんの訴える曝露地域での散布の内容や有無は、インターネットで検索できます。体調が悪くなった日時、場所、症状などを確認して、患者さんが曝露した地区を管轄する市役所のホームページを検索すると、散布の有無や状況が分かり、診断に有効な情報になります。

ふたつ目の、症状の識別方法についてですが、私は医師ではありませんので専門ではありません。ただし、散布されたのが有機リン殺虫剤（フェントロチオンなど）の場合は、一般に有機リン殺虫剤中毒の症状が観察される筈だと思います。

フェントロチオンの作用機構は、神経のシナプスに分布しているアセチルコリンエステラーゼの阻害ですから、採血をして検査をすれば分かる筈です。一番敏感な指標は、アセチルコリンエステラーゼよりも、血漿のコリンエステラーゼと言われていまして、ブチリルチオコリン等を基質としてコリンエステラーゼ活性を測定すれば判断出来ます。

この活性には、個人差がありますので、患者さんの平常時の値がなければ診断時の阻害割合を正確に判断することは難しいかもしれませんが、基準値には一定の幅がありますので、測定値からある程度は、阻害されているかいないか、どの程度の割合で阻害されているかの判断は出来るのではないのでしょうか。地下鉄サリン事件もあって、コリンエステラーゼの阻害割合と中毒症状との関係は研究が進み、インターネット上で沢山の文献が検索できます。

患者さんの訴える症状の中には、イネ科雑草の花粉に起因する花粉症（いわゆるハイフィーバー）の可能性もあるかもしれませんから、鼻汁好酸球検査などを行うと、来院者が体調を崩した原因の診断に役立つのではないのでしょうか。

鈴木：松枯れ病に関連する詳細な医療方策を説明頂きましたが、先生は様々な化合物、農薬などについて長年ご研究なされていますので、特に、医学生に一言示唆して頂いて、このインタビューを終りにしたいと思います。

本山：難しい問ですね。農薬による中毒は最近あまり見られなくなりましたが、過去には 1950 年代に導入された有機リン殺虫剤パラチオンによる中毒が大量に発生した時期があり、自殺・他殺・事故を含めて年間 500 人も犠牲者（致死）が 10 年以上も続いたという記録があります。パラチオンは浸透移行性の殺虫剤ですから、植物の体内に浸透して全身に移行して殺虫効果を発揮しますから、イネの茎のなかで食害するイネの大害虫ニカメイチュウを防除するには効果抜群でした。反面、哺乳動物に対する急性毒性が非常に高い。現行の「毒物及び劇物取締法（毒劇法）」の区分では、特定毒物に相当する毒性があります。それで、田圃に入った人が急性中毒に罹ったり、自殺・他殺も含めて毎年 500 人位の人が、それも 10 年以上に亘って亡くなっていました。当時は、国民に食糧を供給するために米の生産の方が大事であるとの世論から、それだけ多くの犠牲者がでてもパラチオンを使用禁止にできなかったと聞きました。

有機リン剤による中毒に関しては、多くのお医者さんは良く見聞され詳しいと思いますが、

フェニトロチオンは毒劇法の区分では普通物です。人体に対しては極めて毒性の低い化合物です。有機リン系殺虫剤メタミドホスが混入した餃子事件がありましたが、自殺や他殺が目的で食物に農薬を混入することも、時にはあり得ますので、農薬による症状の種類と診断法や対処法について少しでも勉強しておかれると、薬物中毒による急患が来院した際には正確な診断を下し、適正な処置を施せると思います。

鈴木：今日は、長時間に亘るインタビュー、有難う御座いました。

無人ヘリと散布薬液を入れて搭載するタンク



無人ヘリでの散布現場

