

ISSN 0289-5285

林業と薬剤

No. 246 12. 2023

一般社団法人 林業薬剤協会



目 次

外来害虫クビアカツヤカミキリによる 国内への多数回の侵入，定着……………	田村 繁明	1
スギ赤枯病薬剤登録試験……………	北野 皓大	6
今さら聞けない生物学入門 5. 遺伝子の仕組み……………	福山 研二	11
「牧野富太郎先生の事」(上)……………	小山 鐵夫	16

● 表紙の写真 ●

「苗畑試験における薬剤散布」

苗畑では試験薬剤の散布、比較対照薬剤及び薬剤無散布の区画を設けます。それぞれ他の試験区へのドリフト防止のため、板囲いで仕切りをして散布しています。

(2022年6月23日 群馬県林業試験場内苗畑にて)

—北野皓太氏撮影—

外来害虫クビアカツヤカミキリによる国内への多数回の侵入，定着

田村 繁明*

はじめに

近年グローバル化による貿易量の増大に伴って世界的に外来種が問題となっている。日本国内では、この10年ほどでクビアカツヤカミキリ (*Aromia bungii*)、ツヤハダゴマダラカミキリ (*Anoplophora glabripennis*)、サビイロクワカミキリ (*Apriona swainsoni*) の3種の外来カミキリムシが相次いで侵入、定着し、樹木に甚大な被害をもたらしている。このうち、サビイロクワカミキリの分布は福島県に限られている一方で、クビアカツヤカミキリは本州および四国の13都府県、ツヤハダゴマダラカミキリは本州の9都県と広い範囲で被害が確認されている (図1)。2種ともに国内の被害地は離散的に分布している。外来種が離散的な分布をしている場合、原産地からそれぞ

れの地域に複数回独立して侵入、定着したか、ある地域に定着した個体群から人為的な要因などで別の地域への長距離分散が起こった可能性がある。離散的な分布がどちらの原因によって形成されたかを知ることは、将来の新たな外来害虫の侵入防止や、これらの種の国内での分布拡大の防止につながる。本稿では、3種の外来カミキリムシのうち初めに侵入、定着が確認されたクビアカツヤカミキリについて、ミトコンドリアDNAの解析を用いて離散的な分布が形成された過程を推定した著者らによる研究 (Tamura and Shoda-Kagaya 2022) を紹介する。

クビアカツヤカミキリとは

クビアカツヤカミキリは2012年に国内で初めて侵入、定着が確認された。海外では2011年にドイツで、2012年にイタリアで本種の侵入、定着が発見されている (Burmeister et al. 2012, Russo et al. 2020)。本種は、中国、韓国、モンゴル、ベトナムを原産とする比較的大型のカミキリムシで、成虫はツヤのある黒色で前胸のみが赤色の目立つ色合いをしている (図2)。バラ科樹木を寄主としており、幼虫が樹木内部に穿孔し樹木に被害を与える (図3)。国内では主にサクラ、モモ、ウメにおいて被害が発生しており、被害が激しい地域では、本種の被害が原因で多くのバラ科樹木が衰弱、枯死している。

クビアカツヤカミキリは基本的に1世代に2年かかる (図4)。本種の成虫は6月～7月ごろにみられ、雌成虫は樹皮の隙間や裂け目に産卵する。本種の雌成虫の産卵数はカミキリムシの仲間の中でも非常に多く、平均で300～500個の卵を産

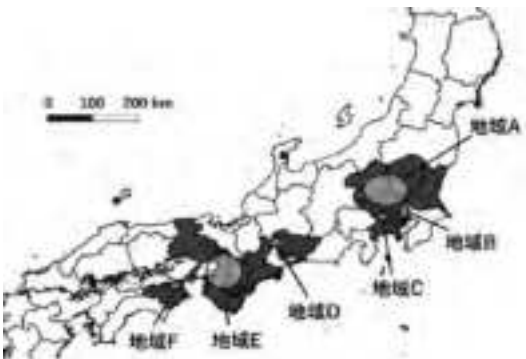


図1 国内の各地域におけるクビアカツヤカミキリのおおよその分布。クビアカツヤカミキリによる被害が確認された都府県を濃灰色で示した。国土交通省・国土数値情報 (行政区域データ) をもとに作成した。

* 国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所
TAMURA Shigeaki

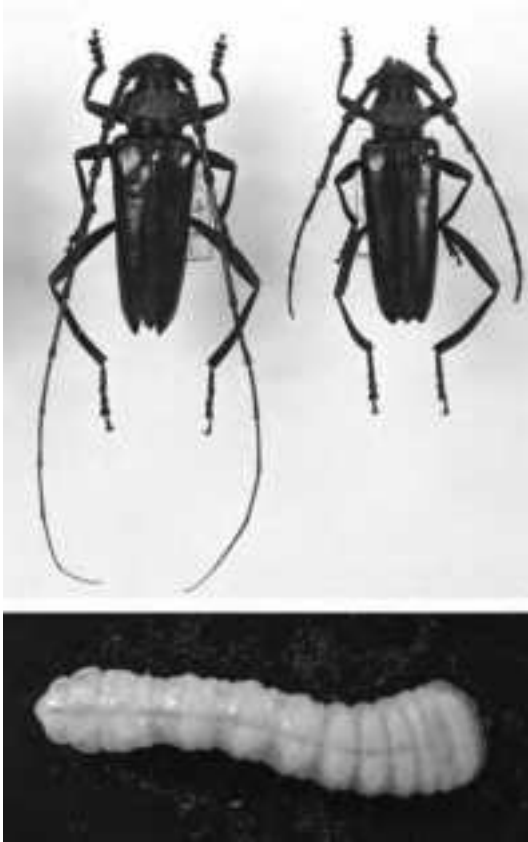


図2 クビアカツヤカミキリの成虫（上，左が雄，右が雌）と幼虫（下）。

卵することができる（浦野 2018, Russo et al. 2020）。10日程度で孵化した幼虫は、すぐに幹の内部へと潜り、形成層付近を穿孔しながら成長する。1年目の冬は樹皮下の坑道でほぼ活動を停止して越冬し、春ごろに活動を再開する。2年目の6月～8月ごろに形成層より内側へと材入抗を掘り進め、材入抗の突き当たり付近に蛹室を形成する（春山 2021）。その際、材入抗そばの外樹皮に、成虫になってから樹外へと脱出する際に使用する脱出予定孔をつくる。脱出予定孔は、楕円形に薄く削られた外樹皮が残っている場合と外樹皮が残らず楕円形の孔になっている場合がある。蛹室を形成し終えた幼虫は蛹室内で休眠して越冬し、2年目の5～6月ごろに蛹化する。羽化した成虫はしばらく蛹室内で過ごしたのち、脱出予定孔から樹外へと脱出する。樹内にいる幼虫は、樹皮に小さい円形の孔をあけてフラス（木くずと糞が混ざったもの）を樹外に排出する（図3）。2年目の比較的成長した幼虫は盛んにフラスを排出するため、被害木はフラスを目印に探すことができる。初夏よりも晩夏の方がフラスを出す幼虫が多いため被害木を特定しやすい（田村ら 2021）。

本種の防除では、成虫に対して殺虫剤の散布、樹幹へのネット巻きによる飛散の防止、幼虫に対

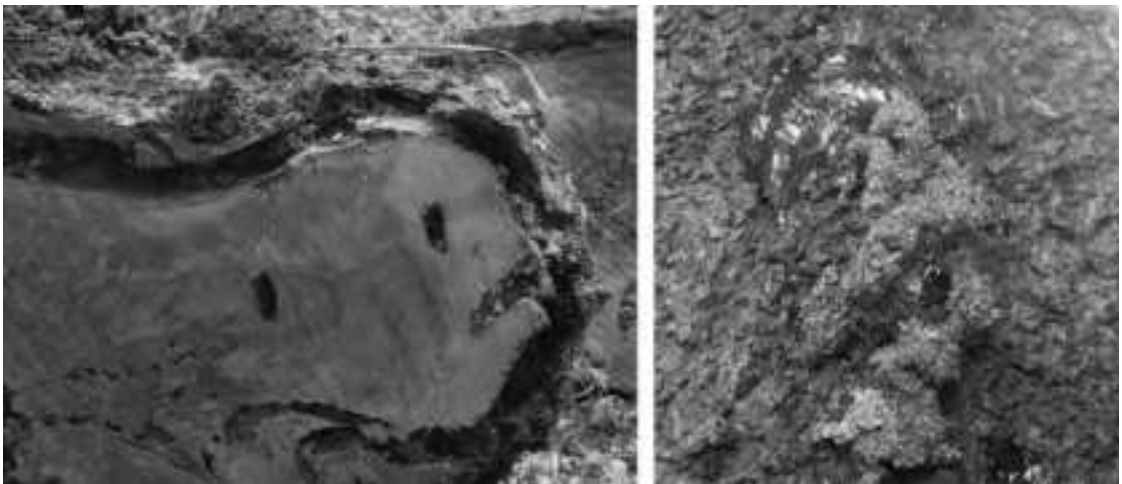


図3 クビアカツヤカミキリの被害木における穿孔孔（左）と排出孔から樹外へと出されたフラス（右）。



図4 クビアカツヤカミキリの一般的な生活環

して殺虫剤の樹幹注入，フラス排出孔へのスプレー式の殺虫剤の個別注入などが行われている。防除法については自治体等によって多くのマニュアルが作られており（例，クビアカツヤカミキリコンソーシアム 2022），各防除法の詳細や施用時期，使用できる殺虫剤についてはそれらのマニュアルを参照されたい。

国内への独立した多数回の侵入

クビアカツヤカミキリの前述の通り，本州と四国の6つの地域に離散的に分布している。地域Aは群馬県，栃木県，茨城県，埼玉県にまたがる地域，地域Bは埼玉県南東部を中心とした地域，地域Cは東京都西部，地域Dは愛知県と三重県にまたがる地域，地域Eは大阪府，奈良県，和歌山県にまたがる地域，地域Fは徳島県北部となっている（図1）。各地域で本種の定着が初めて確認されたのは，地域Dで2012年，地域Bで2013年，地域A，C，E，Dで2015年と，比較的短期間で広域に分布するようになった。筆者らは，クビアカツヤカミキリの広域な分布が，複数回の独立した侵入，定着によって形成されたのか，ある地域に侵入してから別の地域への長距離分散によって形成されたのかを推定するため，6地域すべてから計120個体を採集し，ミトコンドリアDNA・CO1領域の一部の塩基配列を解析

した（Tamura and Shoda-Kagaya 2022）。ミトコンドリアDNA・CO1領域の解析は，同種内でも個体間で塩基配列にばらつきがあることから外来昆虫の起源の分析によく用いられている。

クビアカツヤカミキリのミトコンドリアDNA・CO1領域の解析から，国内から7つのハプロタイプが確認された。地域間でハプロタイプの構成が異なっており，地域Aと地域Cの組み合わせ以外は，地域間で同じハプロタイプは確認されなかった。地域間でハプロタイプが異なったことは，本種がそれぞれの地域で独立して侵入，定着したことを強く示唆し，ハプロタイプが異なる地域B，地域D，地域E，地域Fと他2地域が別々に定着したと仮定すると国内には5回の定着が起こったと推定される。このことから，クビアカツヤカミキリは，それぞれの地域に侵入と定着を繰り返したことで比較的短期間で国内に広く分布するようになったと考えられる。一方で，30～50kmほど離れた地域Aと地域Cで同じハプロタイプが見つかったことから，これらの地域間で人為的な長距離移動が起こった可能性がある。また，地域B，C，D，Fでは単一のハプロタイプ，地域A，Eでは2つのハプロタイプのみが見つかり，すべての地域でハプロタイプの多様性が低かったことから，各地域で少数の雌個体から定着したと考えられる。

なぜ多数回侵入が起こったのか

ヨーロッパやアメリカでは輸入貨物の輸送の際に用いられるパレットなどの木製梱包材と関連してクビアカツヤカミキリが発見されていることから（EPPO 2014），本種の原産地からの侵入経路は主に本種の幼虫や蛹が潜んだ木製梱包材だと考えられている。外来種は輸入されたコンテナなどを扱う港湾付近で侵入が発見されることが多いが，国内におけるクビアカツヤカミキリの侵入，定着は内陸部で起こった地域がほとんどである（地域A，B，C，E，F）。おそらく，輸入の際に

使用されていた木製梱包材が貨物とともに内陸部の工業団地等に運ばれ、そこで木製梱包材内に潜んでいたクビアカツヤカミキリが成虫となって飛散したと考えられる。

クビアカツヤカミキリは国内では繰り返し侵入、定着が発生したと推定されたが、ヨーロッパのイタリアやドイツではそれぞれ1地域で侵入、定着が確認されるのみで、イタリアではミトコンドリアDNA・CO1領域の解析から定着は1回であったと推定されている (Russo et al. 2020)。日本で侵入、定着が短期間で繰り返されたのは、原産地からの輸入の増加や寄主となる樹木が非常に多くあることが理由として考えられる。原産地での遺伝的な解析が進んでいないことからどの国から日本に侵入したのかは不明ではあるが、原産各国からの輸入量は2000年代から増加を続けている (図5)。それに伴って本種の侵入機会も増えていた可能性が高い。また、日本では花見の文化が全国的に根付いていることから、クビアカツヤカミキリの寄主となるサクラがいたところで植えられており、本種がどこに持ち込まれても寄主となる樹木がたくさんあって数を増やすことができる状況にあることも、本種が国内の広い範囲で

多数回定着できた要因であったかもしれない。

一方で、国内では2015年以降現在までクビアカツヤカミキリが新しく侵入した事例は確認されていない。日本では、植物検疫措置に関する国際基準 No. 15 (ISPM 15) に基づいた臭化メチル燻蒸などによる木製梱包材の殺虫処理が2007年から輸出国に義務付けられた。この規制が穿孔性昆虫の侵入予防効果をもたらしたことで本種の新規の侵入が減少している可能性がある。ただし、ISPM15に基づいた殺虫処理を行っていたとしても、木製梱包材内のすべての昆虫を殺すことはできないことが報告されている (Haack et al. 2022)。国内では2020年以降にツヤハダゴマダラカミキリやサビイロクワカミキリの定着が発見されており、今後も本種や他の穿孔性害虫の新規侵入に対して注意していく必要がある。

クビアカツヤカミキリ対策の今後の課題

今回紹介した研究によって、各地域への独立した複数回侵入によって比較的短期間で国内の広域に分布するようになったと推定された。一方で、分布拡大の抑制のため2018年に特定外来生物に指定され本種の生きたままの移動が禁止されるなど本種への対策は進んでいるが、各地域では侵入、定着が発見されたのちに周辺へと分布が拡大している (田村・加賀谷 2021) (図6)。特に地域Aと地域Eでは分布拡大が早く、毎年複数の市町村で新たにクビアカツヤカミキリによる被害が確認されている。また、2021年以降、神奈川県内、東京都江東区、大阪府高槻市、兵庫県芦屋市、神戸市、明石市、茨城県つくば市、和歌山県御坊市、日高川市など、これまで連続的に広がってきた被害地から数十 km ほど離れて、周囲に被害地がない場所で飛び石的に本種の被害の発生が確認される事例が相次いでいる。

これからのクビアカツヤカミキリ対策では、このような急速な分布拡大を抑制することが重要であり、そのためにはこれまでどのように分布拡大

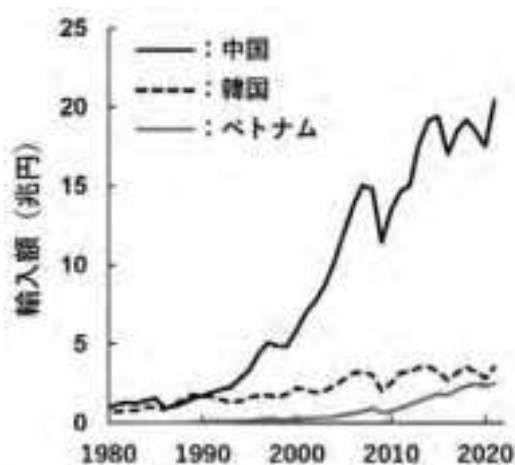


図5 クビアカツヤカミキリの各原産国から日本への輸入額の推移。財務省貿易統計の「輸出入額の推移・地域(国)別」のデータから作成した。

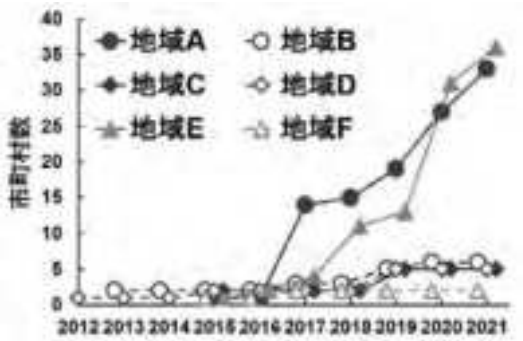


図6 クビアカツヤカミキリの各侵入地域において被害木が確認された市町村数の推移。自治体のホームページや論文等の情報を総合して作成した。

してきたのかを知り、対策を検討する必要がある。現在著者らは環境研究総合推進費「特定外来生物クビアカツヤカミキリの新たな定着地の早期発見・早期駆除システムの開発（4RF-2202）」のプロジェクトにおいて、関西地域を中心にクビアカツヤカミキリの分布拡大の経路や速度、飛び石的な被害地の発生が人為的な長距離移動によるのかなど、本種の分布拡大に関する研究を行っている。今後の研究成果によって、将来的に被害が発生する可能性が高い未被害地を特定して事前に対策を行い、本種の分布拡大の抑制に貢献できることを期待している。

謝辞

本校の校閲をいただいた加賀谷悦子氏に感謝申し上げます。本稿で紹介した研究は、農研機構生研支援センター「イノベーション創出強化研究推進事業」の課題名「サクラ・モモ・ウメ等バラ科樹木を加害する外来種クビアカツヤカミキリの防除法（30023C）」およびJSPS 科研費（15K07500）の支援を受けて実施した。

引用文献

- Burmeister EG, Hendrich L, Balke M (2012) Der asiatische Moschusbock *Aromia bungii* (Faldermann, 1835) – Erstfund für Deutschland. Nachrichtenblatt der Bayerischen Entomologen 61: 29–31.
- EPPO (2014) Pest risk analysis for *Aromia bungii*. EPPO, Paris. http://www.eppo.int/QUARANTINE/Pest_Risk_Analysis/PRA_intro.htm
- Haack RA, Hardin JA, Caton BP, Petrice TR (2022) Wood borer detection rates on wood packaging materials entering the United States during different phases of ISPM 15 implementation and regulatory changes. *Frontiers in Forests and Global Change* 5: 1069117.
- 春山直人・八坂理・福田充（2021）栃木県におけるクビアカツヤカミキリの蛹室形成・蛹化・羽化時期。関東東山病害虫研究会報 68: 76–79.
- クビアカツヤカミキリコンソーシアム（2022）クビアカツヤカミキリの防除法。国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所, 28pp.
- Russo E, Nugnes F, Vicinanza F, Garonna AP, Bernardo U. Biological and molecular characterization of *Aromia bungii* (Faldermann, 1835) (Coleoptera: Cerambycidae), an emerging pest of stone fruits in Europe. *Scientific Reports* 10: 7112.
- Tamura S, Shoda-Kagaya E (2022) Genetic Differences among Established Populations of *Aromia bungii* (Faldermann, 1835) (Coleoptera: Cerambycidae) in Japan: Suggestion of Multiple Introductions. *Insecta* 13: 217.
- 田村繁明・砂村栄力・加賀谷悦子（2021）サクラ並木におけるクビアカツヤカミキリ（コウチュウ目：カミキリムシ科）幼虫によるフラス排出孔数の季節変化。日本応用動物昆虫学会誌65: 57–61.
- 浦野忠久（2018）室内飼育クビアカツヤカミキリの繁殖生態。森林防疫67: 230–236.

スギ赤枯病薬剤登録試験

北野 皓大*

I. はじめに

スギ赤枯病は、子囊菌類の1種である *Passalora sequoiae* によって引き起こされるスギ苗木生産における重大な病害である。罹病苗木を植栽した造林地はスギ溝腐れ病の林分となるおそれがあることから、同病の防除は徹底する必要がある。

群馬県では、2017年に群馬県下仁田町等の造林地にてスギ赤枯病の発生が確認され、苗木生産者の苗畑でも確認された(図-1)。その後、県内各地の民有林を調査したところ、約49haの造林地で被害が発生していた。県の補助事業で植栽された罹病苗木は全量除去、焼却処分という処置を行った。

スギ赤枯病は、苗畑において適切な薬剤散布をすることで発生・蔓延を防げることがわかっている。現在、スギ赤枯病の登録農薬は3種類あり、エムダイファー水和剤(クミアイ化学工業株式会社)、兼商ステンレス(アグロカネショウ株式会

社)、ジマンダイセン水和剤(ダウ・アグロサイエンス株式会社)である。これらは、1970年前後の試験によって登録された薬剤であったため、近年開発された殺菌剤における本病に対する有効性を検証し、適応拡大を図ることができれば、より効果的で低コストな防除方法が確立できる可能性がある。(安藤ら 2020a)。そこで、安藤ら(2020b)は培養菌株に対する薬剤感受性試験を実施し、数種類の薬剤の中からチオファネートメチル剤とアゾキシストロビン剤がマンゼブ剤と同程度の有効性があることを示した(安藤ら 2020b)。この試験結果を元に農薬登録を行うため、一般社団法人林業薬剤協会の受託研究としてチオファネートメチルを有効成分とするトップジン M 水和剤(日本曹達株式会社)の野外における防除効果を(国研)森林総合研究所と群馬県林業試験場において実施した。今回は、群馬県林業試験場にて実施した試験結果について報告する。



図-1 赤枯病の現地調査



図-2 発生状況の確認

* 群馬県林業試験場

KITANO Kouta

II. 試験方法

1. 試験地

群馬県林業試験場 場内苗畑（群馬県北群馬郡榛東村新井2935地内）

2. 供試薬剤

試験薬剤：トップジンM水和剤（農林水産省登録：第11573号）

対照薬剤：エムダイファー水和剤（農林水産省登録：第10557号）

3. 対照樹種

スギ（1年生苗木）

4. 試験区の設置

試験は群馬県林業試験場内の苗畑で行い、試験薬剤散布区、対照薬剤散布区、薬剤無散布区の3区を設けた。スギ赤枯病が発生している苗畑に隣接するように無病徴のスギ苗木（1年生）を25cm間隔で植栽し、試験区を設置した。各試験区に15本のスギ苗木を植栽し、3反復の試験区を設けた。供試苗木本数は、合計135本（15本/試験区×3試験区×3反復）である。なお、試験区の間には、罹病苗木を26本植栽した。（図-3）

5. 処理方法

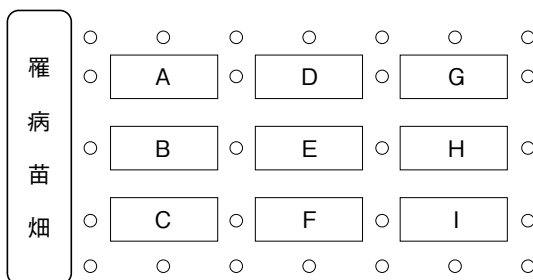
2022年6月6日にスギ赤枯病の被害が発生している苗畑に隣接するように無病徴のスギ苗木（1年生）を植栽した。また、6月7日に罹病苗木を植栽し、6月8日に試験薬剤散布区、対照薬剤散

布区に噴霧器で散布した。なお、薬剤無散布区には水を噴霧器で散布した。薬剤散布時に他試験区へのドリフト防止のため、木板囲いで試験区を仕切り散布した。薬剤または水の散布量は表-1のとおりである。散布は概ね18日間隔で行い、計8回散布した。

トップジン M 水和剤の希釈倍率と散布液量は、既にトップジン M 水和剤の適用病害である斑点症（ジュードサーコスポラ菌）の使用方法（希釈倍率：1000倍，散布液量200～700L/10a）に準じた。また、エムダイファー水和剤の希釈倍率と散布液量は、既に本病に登録されている使用方法（希釈倍率：400～600倍，散布液量：300L/10a）に準じた。



図-4 試験区の設置状況



A, E, I：試験薬剤散布区（トップジン M 水和剤）
 B, F, G：対照薬剤散布区（エムダイファー水和剤）
 C, D, H：薬剤無散布区（水散布）
 ○：スギ赤枯病罹病苗木

図-3 試験区の状況



図-5 薬剤散布の様子

表－1 散布液の希釈倍率と散布液量

試験区	希釈倍数	散布液量
トップジン M 水和剤 (試験薬剤散布区)	1000倍希釈	1050ml / 試験区 (3反復) (700L / 10a に相当)
エムダイファー水和剤 (対照薬剤散布区)	500倍希釈	450 ml / 試験区 (3反復) (300L / 10a に相当)
水 (薬剤無散布区)	—	1050ml / 試験区 (3反復)

6. 調査方法

2022年8月からスギ赤枯病の病徴が顕著になる11月まで、およそ1カ月ごとに各試験区において罹病した苗木の本数と発病度を求めた。発病度は、発病指数の平均とし、野原 (1956) の指数を参考に求めた (表－2, 図－6)。防除価は、発病度を基に算出した。

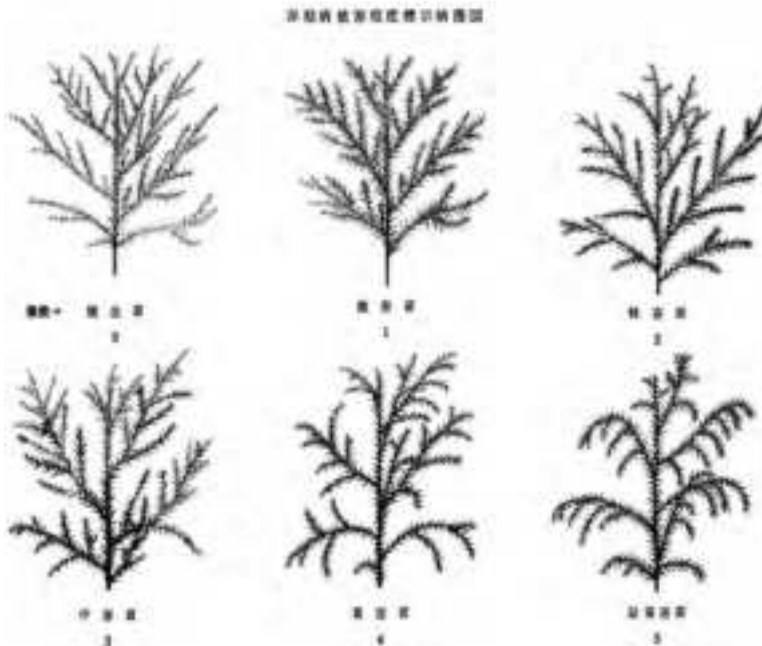
また、生育への影響や枝葉への障害等の薬害を調べるために、供試苗木の苗高と根元径の計測を行った。加えて、散布後数時間以内の降雨は、散布した薬剤が流れ落ち、薬剤の効果を正しく評価できないと考えられることから気象データの収集も行った。

○発病度 = 発病指数の平均

○防除価 = (1 - (薬剤散布区の発病度 / 薬剤無散布区の発病度)) × 100

表－2 発病の評価基準 (発病指数)

発病指数	被害状況
0	発病を認めない
1	わずかに発病を認める
2	被害面積が苗木の1/3未満
3	被害面積が苗木の1/3～2/3
4	被害面積が苗木の2/3以上
5	苗木全体に病斑を認める



図－6 発病の評価基準 (発病指数) のイメージ図 (野原1956から借図)

Ⅲ. 調査結果

薬剤散布日と散布後の降水量については、表-3 に示した通りである。散布時の天候は晴れまたは曇りであった。散布後、6時間以内の降雨量は、7回目の散布を除いて認められなかった。6月から11月までの気象データは図-7から9に示した。

各試験区の発病度の調査は、計4回行った(2022年8月19日, 9月22日, 10月18日, 11月17日)。各散布区の発病度と防除価は表-4に示した。

表-3 薬剤散布状況

散布回数	散布日	時間	天候	散布後6時間の降水量 (mm)
1	6月9日	9:00	晴れ	0
2	6月27日	9:00	曇り	0
3	7月11日	9:00	晴れ	0
4	8月1日	9:00	曇り	0
5	8月22日	9:00	曇り	0
6	9月5日	9:00	晴れ	0
7	9月20日	9:00	曇り	2.0
8	10月11日	9:00	晴れ	0

※降水量は前橋気象台のデータ

表-4 各試験区の発病度と防除値

調査日	試験区	小区分	発病指数平均	発病度	防除価
2022.8.19	試験薬剤散布区	A	0.07	0.05	95.00
		E	0.07		
		I	0.00		
	対照薬剤散布区	B	0.20	0.09	89.77
		F	0.00		
		G	0.07		
	薬剤無散布区	C	0.80	0.91	—
		D	1.00		
		H	0.93		
2022.9.22	試験薬剤散布区	A	0.33	0.48	82.35
		E	0.93		
		I	0.20		
	対照薬剤散布区	B	0.33	0.49	81.94
		F	0.43		
		G	0.71		
	薬剤無散布区	C	2.67	2.70	—
		D	2.87		
		H	2.57		
2022.10.18	試験薬剤散布区	A	0.60	0.82	77.22
		E	1.00		
		I	0.87		
	対照薬剤散布区	B	1.33	1.19	66.97
		F	1.07		
		G	1.14		
	薬剤無散布区	C	3.47	3.59	—
		D	3.73		
		H	3.57		
2022.11.17	試験薬剤散布区	A	0.93	0.95	75.44
		E	1.07		
		I	0.87		
	対照薬剤散布区	B	1.47	1.37	64.69
		F	1.29		
		G	1.36		
	薬剤無散布区	C	3.80	3.89	—
		D	3.87		
		H	4.00		

発病度について、試験薬剤散布区、対照薬剤散布区ともに薬剤無散布区と比較すると、8月の調査時からスギ赤枯病に対する予防効果がみられた。一成長期を経過した11月の調査では、試験薬剤散布区の発病指数はほとんどの苗木で「1程度」であり、発病度は「0.95」であった。対照試験薬剤散布区のほとんどの苗木でも発病指数は「1又は2」であり、発病度は「1.37」であった。これらに対して、薬剤無散布区ではすべての苗木で発病指数が「3以上」となり、発病度は「3.89」となった。この結果からも、スギ赤枯病は薬剤を散布することによって予防することのできる病害であると改めて確認することができた。

防除価については、8月の調査では、両薬剤ともに「90」程度であり、11月の調査では試験薬剤散布区で「75.44」、対照薬剤散布区で「64.69」となった。試験薬剤は防除価「70」を大幅に超えており、スギ赤枯病に対する予防効果が十分にあらわれるものと考えられる。

また薬害に関して、苗高と根元径の計測結果(表-5)をみたところ生長異常は見られず、薬剤による枝葉の変色等も観察されなかった。

本試験の結果、試験薬剤散布区及び対照薬剤散

布区はいずれも薬剤無散布区と比較して、スギ赤枯病に対する防除効果があることが認められた。さらに、試験薬剤(トップジンM水和剤)は対照薬剤(エムダイファー水和剤)以上の防除効果が期待できることが示された。

以上の結果から、試験薬剤とした散布したトップジンM水和剤はスギ赤枯病の防除に有効であると考えられた。

期間が長く、様々なリスクマネジメントが求められる林業において、形質の良い健全な苗木は山林経営・森林整備の第一歩である。赤枯病をはじめ幼苗時に感染し、造林地において増殖・蔓延する恐れのある樹病を防ぐためには、山行き苗木を出荷する際に予め計画的に薬剤を散布しておくことが賢明な対応であると考えている。

引用文献

安藤裕萌・升屋勇人(2020a)スギ赤枯病研究の現状と課題. 日本森林学会誌102: 44-53
 安藤裕萌・升屋勇人(2020b)スギ赤枯病に対する有効成分の異なる数種薬剤の防除効果. 樹木医学会第25回大会講演要旨集: 35
 野原勇太(1956)実験スギ赤枯病の防除 農林出版

表-5 植栽時と調終了時の苗高と根元径

		試験薬剤散布区	対象薬剤散布区	薬剤無散布区	
苗高 (cm)	6月8日	平均	15.6	16.0	15.9
		最小 / 最大	8.0 / 25.6	8.8 / 23.0	7.9 / 23.5
	11月17日	平均	31.3	28.8	27.8
		最小 / 最大	18.0 / 53.6	18.0 / 44.5	18.0 / 44.5
	平均生長量 (cm)		15.7	12.8	11.9
	平均生長率 (%)		50.16	44.44	42.81
根元径 (mm)	4月27日	平均	2.84	2.70	2.88
		最小 / 最大	1.57 / 4.22	1.30 / 4.56	1.51 / 5.09
	10月6日	平均	6.45	3.02	5.23
		最小 / 最大	3.44 / 9.38	3.36 / 9.35	3.15 / 10.29
	平均生長量 (mm)		3.6	3.3	2.3
	平均生長率 (%)		55.97	55.15	44.93

今さら聞けない生物学入門

5. 遺伝子の仕組み

福山 研二*

はじめに

これまで、生命体はどのような材料でできており、その基本単位である細胞の構造と、それがどのように働くのかについて説明し、その基本単位である細胞が、分裂して増える仕組みについてお話ししてきた。

生命体は、これまで述べてきたもののどれか一つが欠けても成り立たないと言えるが、現在のような高度な生命体が発展するためには、細胞が分裂して増える際に、自分自身の正確なコピーを作るといことが大切である。

細胞の正確なコピーを作るといことで大切なのが、細胞の材料を2つの子供細胞にうまく分配するというと、と共に、その細胞の設計図である遺伝情報も正確に複製して分配することである。

ここで登場するのが、DNA や RNA などの遺伝子の仕組みである。

1. DNA

詳しいことは別にして、DNA という言葉とそれが遺伝にかかわっているということは、多くの方がご存知であろう。しかし、その実態と働きとなると、どうであろう。実は、私もそれほど詳しいわけではない。

DNA とは、デオキシリボ核酸のことで、細胞の核の中に多く含まれることから、核酸と呼ばれている。といっても、何のことやらさっぱりとい

うかんじである。

デオキシリボ核酸というのは、リボースという4つの炭素と酸素が輪を作り、炭素の枝が一つ生えた構造（五炭糖）とリン酸と塩基がくっついたものである（図1）。

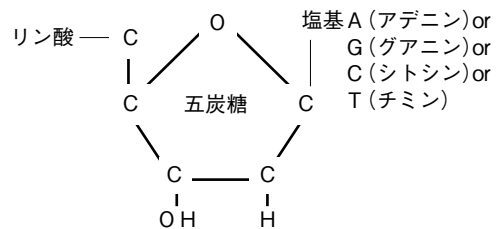


図1 デオキシリボ核酸 (DNA) の基本 (ヌクレオチド) の分子構造

この、構造は、実は、DNA だけでなく、のちに述べる RNA やエネルギーの単位として使われる ATP と、とても似ているのである（図2）。

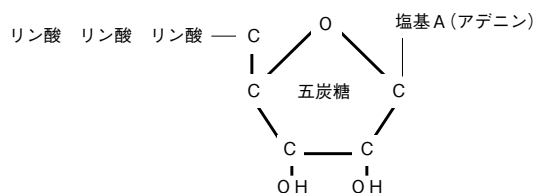


図2 アデノシン3リン酸 (ATP) の分子構造

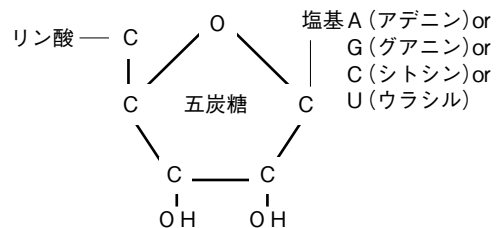


図3 リボ核酸 (RNA) の基本 (ヌクレオチド) の分子構造

*自然環境研究センター客員研究員 FUKUYAMA Kenji

このリボース（五炭糖）とリン酸と塩基が結合した構造こそが、生命を形作り動かすための設計図やエネルギーの元になっているわけで、生命にとっては、偉大な発明であり、きわめて重要な成分であると言える。

ちなみに、リボースとリン酸、塩基が結合した構造体をヌクレオチドともいい、これが、リン酸の部分とOHの部分の部分が次々と繋がった構造が、DNAの鎖となっていく。この鎖は、2本が梯子状に結合し、ねじれたラセン構造をとることで有名で、生命のラセンと呼ばれることが多い。

エネルギーの項で述べたように、生命のエネルギーは、すべてATPが使われ、そのエネルギーは、リン酸の結合により蓄えられている。それに対して、DNAの場合は、リン酸は、ヌクレオチドをつなげて鎖にするために使われるだけであるが、反対側にある、塩基と呼ばれる、分子構造の種類を変えることにより、遺伝情報を蓄えているのである。リン酸は、エネルギーを、塩基は、遺伝情報を蓄えているわけである。

2. 遺伝情報と塩基配列

このように、DNAは、デオキシリボースという五炭糖がリン酸を糊として、鎖のように繋がり、反対側にある、塩基の種類を変えることにより、情報を蓄えているのだが、その塩基の種類は、アデニン、グアニン、チミン、シトシンの4種類であり、その頭文字をとって、AGTCの記号で表されることが多い。

この塩基は、2本の鎖の間で、塩基同士が対をなしてつながっており、その組み合わせは互いに決まっている。アデニンは常にチミンとグアニンはシトシンと対をなし、これらの対を相補的塩基対と呼ぶ。

そのため、一方がアデニンであれば、もう一方はチミンということが決まり、二本の鎖の一方の、塩基の配列がわかれば、もう一方の配列も決まることになる。これにより、遺伝子情報が、

ちょうど写真のポジとネガのように、一方の鎖から、もう一方の鎖も作っていくことができるのである。

この性質のおかげで、DNAが複製されるときに、非常に効率よく、なおかつ正確に転写されて増幅していくのである。

コンピューターの電子情報は、0か1の2種類の組み合わせ（2進法）により、伝達されているのだが、我々生命では、AGTCの4種類でコードされているわけだ。コンピューターでは、01の並びを4つずつでコードして、0000, 0001, 0010, 0011, 0100, 0101, 0110, 0111, 1000, 1001, 1010, 1011, 1100, 1101, 1110, 1111の16種類の情報を表せる。これを数字では、0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, Fで表すことが多い。

生命の場合は、AGTCから、3つずつを選んでコードしている。つまり、4種類から、3つを選ぶ組み合わせなので、 $4 \times 4 \times 4 = 64$ 種類の情報をコードできるわけである。

表1 遺伝暗号表

3塩基の配列				
3塩基の配列	塩基	塩基	塩基	アミノ酸
AAA	リジン	リジン	リジン	リジン
AAU	リジン	リジン	アスパラギン酸	リジン
AAG	リジン	リジン	グルタミン酸	リジン
AAA	リジン	アスパラギン酸	リジン	リジン
AAU	リジン	アスパラギン酸	アスパラギン酸	リジン
AAG	リジン	アスパラギン酸	グルタミン酸	リジン
AAA	リジン	グルタミン酸	リジン	リジン
AAU	リジン	グルタミン酸	アスパラギン酸	リジン
AAG	リジン	グルタミン酸	グルタミン酸	リジン
AAA	リジン	シロイロ	リジン	リジン
AAU	リジン	シロイロ	アスパラギン酸	リジン
AAG	リジン	シロイロ	グルタミン酸	リジン
AAA	リジン	セリン	リジン	リジン
AAU	リジン	セリン	アスパラギン酸	リジン
AAG	リジン	セリン	グルタミン酸	リジン
AAA	リジン	プロリン	リジン	リジン
AAU	リジン	プロリン	アスパラギン酸	リジン
AAG	リジン	プロリン	グルタミン酸	リジン
AAA	リジン	チロシン	リジン	リジン
AAU	リジン	チロシン	アスパラギン酸	リジン
AAG	リジン	チロシン	グルタミン酸	リジン
AAA	リジン	フェニルアラニン	リジン	リジン
AAU	リジン	フェニルアラニン	アスパラギン酸	リジン
AAG	リジン	フェニルアラニン	グルタミン酸	リジン
AAA	リジン	メチオニン	リジン	リジン
AAU	リジン	メチオニン	アスパラギン酸	リジン
AAG	リジン	メチオニン	グルタミン酸	リジン
AAA	リジン	イソロイシン	リジン	リジン
AAU	リジン	イソロイシン	アスパラギン酸	リジン
AAG	リジン	イソロイシン	グルタミン酸	リジン
AAA	リジン	バリン	リジン	リジン
AAU	リジン	バリン	アスパラギン酸	リジン
AAG	リジン	バリン	グルタミン酸	リジン
AAA	リジン	ヒスチジン	リジン	リジン
AAU	リジン	ヒスチジン	アスパラギン酸	リジン
AAG	リジン	ヒスチジン	グルタミン酸	リジン
AAA	リジン	トリプトファン	リジン	リジン
AAU	リジン	トリプトファン	アスパラギン酸	リジン
AAG	リジン	トリプトファン	グルタミン酸	リジン
AAA	リジン	イソバリン	リジン	リジン
AAU	リジン	イソバリン	アスパラギン酸	リジン
AAG	リジン	イソバリン	グルタミン酸	リジン
AAA	リジン	テロニン	リジン	リジン
AAU	リジン	テロニン	アスパラギン酸	リジン
AAG	リジン	テロニン	グルタミン酸	リジン

生命の構造を作る基本分子はタンパク質であり、それらは、20種類のアミノ酸できている。そして、このタンパク質は、アミノ酸が長く繋がって出来ているのだが、その並ぶ順序が、遺伝情報として蓄えられているのである。そして、AGTCの塩基から3つ選んだ64種類のそれぞれ

が、特定のアミノ酸に対応していることがわかっている（表1）。

20種類のアミノ酸に対して、64では、だいぶ余ると思われるかもしれない。しかし、もしも4種類から2つを選ぶ組み合わせにすると、 4×4 の16種類になってしまい、20には足りなくなってしまう。そこで、余分を覚悟で、3つでコードすることにしたのであろう。もちろん私が決めたわけではないが。そこで、よく使う重要なアミノ酸などは、2つコードしているものも多いため、ダブっているものもあるし、情報の読み始めと読み終わりを表しているものもあるので、ちょうど良い数なのであろう。

ただし、実際にタンパク質を合成する場合の情報を伝達するのは、DNAをもとに作られたRNAが使われるのである。RNAの場合は、塩基は、チミンの代わりにウラシルになるのだが。

3. RNA とは

さて、ここでRNAというものが出てきた。DNAは巻でも良く目にするが、RNAというの、一体なんなのだろう。ちょっと目には、DNAに似ているが。

RNAというのは、リボ核酸のことで、その分子構造は、DNA（デオキシリボ核酸）に酷似している。ただし、DNAが二重らせん構造をとるのに対して、1本の鎖状をなしている。しかも、ヌクレオチドにくっついている塩基は、アデニン、グアニン、シトシンまでは同じなのだが、チミンの代わりにウラシルという塩基になる（図3）。

実は、細胞などにおいて、タンパク質を合成するときの情報は、すべてRNAによって伝達されているのである。だからタンパク質を合成するための、遺伝暗号は、アデニン、グアニン、シトシンとウラシルの中から3つの組み合わせで決まっている。

DNAは確かに遺伝情報を蓄え、子孫に伝えて

いく重要な役割を持っているが、それ自体が、タンパク質を合成できる情報を持っているわけではないのである。それは、ちょうど、DNAが、製本された書籍のようなものであり、染色体はそれをまとめている図書館と思えば良い。しかし、タンパク質を実際の細胞内でのタンパク質工場である、リボソームに運んで利用するには、かさばるし、ネガとポジが重なって2重になっているために、直接情報を読むことができない。

そこで、もっと簡便なRNAが登場というわけである。

RNAは、DNAという書籍から、特定のタンパク質の設計図だけを抜き出して読み取り、自分自身の体書き写す。これは、ちょうど膨大なネガフィルムからポジ写真を焼いているのに似ている。

その時、保存されているフィルムは、破損を防ぐためにネガとポジが合わさっている状態のため、透かしてみても情報を写すことはできない。そこで、特定の酵素が作用して、DNAの2本の鎖をほどいて、1本ずつにし、塩基配列の部分を裸にする。その裸になった、ネガの塩基配列の上に、RNAを乗せていけば、ポジ写真の塩基配列を持ったRNAができてくるわけである。

このようにDNAからタンパク質の設計図を転写したRNAは、メッセンジャーRNAとよばれ、mRNAとして表記される。そして、DNAからRNAに転写する時に、DNAの複製なら、アデニンはチミンに置き換わるのが、RNAでは、ウラシルになる。

なぜDNAでは、チミンであるものが、RNAでは、ウラシルになるのだろうか。それは、生命が核酸というものを発明して、タンパク質合成の暗号をコードできるようになった時、最初に使われたのは、おそらくRNAであったためであろう。

RNAは、細胞内のタンパク工場で利用するには大変に便利なものであったが、1本の鎖であり、塩基配列が裸のままであることから、傷みやすく

短命であった。そのため、せっかく良いタンパク質を合成できる RNA が設計されても、それを正確に長く保存して伝えていくことが難しかったであろう。

そのため、より安定的で長期保存がきく、ネガとポジの RNA 同士をくっつけて、2本鎖のラセン構造を発明したのである。

実は、シトシン (C) という塩基は、化学変化を起こして、ウラシル (U) に変化してしまうことが多く、短期的に使われる RNA ならば問題ないが、長期保存を目的とする DNA の場合は、シトシンが変化したウラシルか、もともとのウラシルなのか区別できないため、まちがいを修正できない。

そこで、ウラシルを使うことをやめて、かわりにチミンを使うことにより、もしも DNA の塩基にウラシルが見つかるようなら、シトシンが化学変化を起こしたと特定できるため、間違いを修正できるというわけである。まことに巧妙なわざといえる。

それでも、RNA の方もウラシルの代わりにチミンにしなかったのは何故なのだろうか、という疑問は残る。おそらく、タンパク合成の遺伝情報としては、ウラシルの方が使いやすいし、多くの生命で共通に使われるシステムであったため、修正しないほうがよかったのであろう。これは、ちょうどコンピューターの言語システムに似ており、一度スタンダードになり普及すると、容易に変更はできないのと同じであろう。こうしたことをセントラルドグマとも呼んでいる。

4. DNA の複製

長期保存のために開発された、DNA は、RNA に比べると、複製を作るのが面倒である。RNA なら1本の鎖で、遺伝情報の塩基配列は、裸のネガとして存在しているため、すぐにポジを作って、もう一回転写すれば、ネガもでき、次々に複製を作れる。それに対して、DNA では、2本の

ラセンの鎖が塩基対という梯子段でくっついているので、まずこの塩基対を切り離して、1本ずつの DNA にしていく必要がある。そして、その1本の鎖に沿って、相補的塩基をもつヌクレオチドをくっつけていく必要がある。結構面倒である。

DNA の複製の第1段階では、2本の鎖を開いていくのだが、これは、ちょうどファスナーを開けるように、DNA の端に取り付いた特別な酵素 (DNA ヘリカーゼ) が DNA を2本の鎖に分けていく。この時、裸になったそれぞれの鎖の塩基に相補的塩基を持つヌクレオチドをレンガのようにくっつける職人が DNA ポリメラーゼという酵素である (図4)。

2本に分かれた鎖を同時に DNA に合成していくので、一見とても効率が良いように思われるかもしれないが、実は、DNA ポリメラーゼは、2本の鎖では、それぞれ逆の方向にしか作業ができないのである。

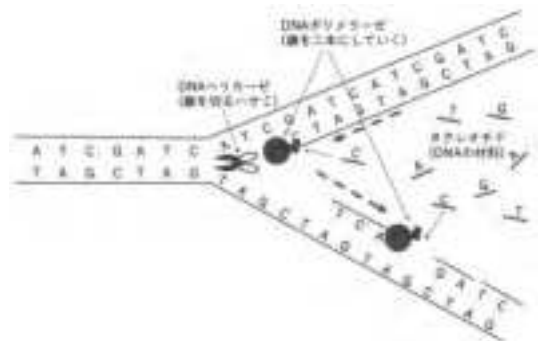


図4 DNA の複製の仕組み

(DNA ヘリカーゼという酵素が、2本の鎖を切り離し、相補的ヌクレオチドを DNA ポリメラーゼという酵素がくっつけていく)

DNA の2本の鎖は、その構造が互いに反対向きになっており、それぞれ5'末端、3'末端と呼ばれ、DNA ポリメラーゼによるヌクレオチドの合成は、常に3'末端から5'末端に向かって行われる。そのため、二股に分かれて、新しく合成されていく DNA は、一方は、別れる側から順次分岐点に向かって2本鎖になっていくのに対し

て、もう一方は、分かれてしばらくしてから元の方から、先の方に向かって逆向きに2本鎖に合成されていく。そのため、逆向きに合成される方は、短い鎖が、不連続に接合していくことになる(図4)。

それではちゃんとしたDNAにならないのではないかと心配されるかもしれないが、そこはよくしたもので、DNAリガーゼという酵素が、仕上げのレンガ職人のように、この不連続な鎖をつなげて、完全なDNAにしていくのである。

しかし、なぜ、そんな面倒なことをするのだろうか。2本の鎖を同じ方向に、同時に合成していくほうが、ずっと効率がいいに決まっており、ミスも少なくなるはずではないか。ここまで巧妙に発展しているDNAの複製技術なのに、この部分だけはなぜ、手間のかかる方法をとるのであるのか。

これは、DNAの2本の鎖は、方向が逆だけで、他の構造や成分は全く同じなので、1本になった鎖をDNAポリメラーゼというレンガ職人が識別して、こちらは順方向、一方は、逆方向に合成していくということができないためである。

生命の進化というものは、結構不完全なものも取り込みながら、使い続けているが、これは、私たち人間社会でもよく見られるような気がする。

5. RNAとタンパク質の合成

生命にとって不可欠なタンパク質を合成するための設計図は、DNAが保存して子孫に伝達し、実際にタンパク質を合成するには、RNAにコピーして、タンパク工場生産するのだが、その

場合、タンパク質の設計図だけでなく、工場の労働者も生産ラインもRNAが作っているのである。

設計図担当は、すでに述べたmRNAであるが、実際に、アミノ酸をコードした、3つの塩基配列を覚えて、特定のアミノ酸を選んで運んでいるのが、tRNA(トランスファーRNA)である。ようするに、tRNAは、20種類のアミノ酸の担当者を決めているということになる。

そして、実際にタンパク質を合成する場所となる、生産ライン(リボソーム)を作るRNAとして、rRNAというものもあり、細胞内では、もっともたくさん存在している。

当然、従業員である、tRNAもたくさんおり、rRNAが作るリボソームという生産ラインに、アミノ酸を運び、それぞれのアミノ酸担当者が呼ばれて、mRNAという設計担当者が示す順番通りに、アミノ酸をつなげていくと、目的とするタンパク質が合成されていくのである。(つづく)

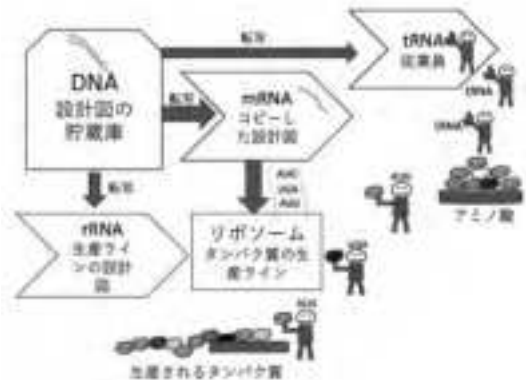


図5 遺伝情報からタンパク質が合成される仕組み

「牧野富太郎先生の事」(上)

— 小山 鐵夫*

最近、NHKの朝ドラ「らんまん」が、その主役に、明治から昭和にかけて活躍された植物学者の大立者、牧野富太郎博士を担ぎ出した事から、牧野先生のお名前があちこちで囁かれる様になった。先生は文久二年に、高知市に近い佐川町の大きな作り酒屋の惣領として誕生されたが、3～4歳の時に両親を失われ、祖母に育てられた。家業には興味有られず孤独で、庭の植物に何となく惹かれ、そのうちに裏山の植物とか近所の横倉山の植物にも手を伸ばして、横倉山では新種の木を発見、ヨコグラノキと命名している。先生は若い頃の自叙伝に当たる細かい文を、戦前～戦後に亘り、「植物記」、「続植物記」、「牧野植物随筆」等の単行本に詳しく、ご自身で書かれているので、その頃の様子はよく分かる。先生の植物好きは普通では無い。事植物に関しては愛情がらみ、80歳を迎えられた時、草木と恋して八十年、だが花との恋は冷めそうに無い、と仰言り、大好きな草の一つのニリンソウを抱えてキスされ、「名づけ親が来たぞえ」と囁かれた。私にはどうも心理学的には所謂 pet 愛と合い通ずる処も無きにしも有らずカナ?とも思わせた。更に牧野先生の近辺に出入りされて、先生の同好会のお世話を長くされて居た所謂、取り巻きの川村カウ女史(故人)他、牧野先生に非常に近かった数名のファンが仰言るには、先生が新しいYシャツ、タイ、背広と云ったフォーマルスタイルで植物採集フィールドに赴かれるのは(実はすこぶる不便な筈、私共はフィールドスタイルで行く)「植物は恋人なので、

対面は正装たるべし」との信念に基づくと解釈されて居る。蓋し然りであらう。観察研究は、super-perfectionist(もしこんな英単語が有るなら)の先生も植物を離れば「爛漫」に成られるのかも知れない。

その頃の先生を良く表現した「山峡の春」と題した上村登氏の「脚本」が昭和23年5月1日の「月刊高知(高知新聞)」に出ている。これをNHKの「らんまん」絡みで、実際に上演出来ないだろうか?観衆は教育面、学者の執念等の面で感銘を受けると信ずる。

曰く板垣退助、曰く濱口雄幸、曰く吉田茂、曰く岩崎弥太郎、等々、高知偉人が数多く、東京に出て、日本 leader 格を務めて来た。これらの高知偉人達は、私の言う kochism(高知主義)、to-saism を背負って、偉業を成し遂げられたと信ずる。これは一体何か?私は退任後の10年高知に赴任し、kochism に良く接して来た。高知の方々は大体明るく open、フと良い事、面白い事におつかると、直ぐそれに夢中になって馴染んでしまい、実行に移す。他の事特に他の人間関係はあまり其の時点では考へない。ここが kochism 考えが成功をもたらす所以の一つだと思う。牧野先生を上記の高知偉人の中の科学者に位置づけたい。

22才頃に植物分類研究進展の為に上京された牧野先生は先ず、東大の門を叩かれた。その頃の東大は、アメリカ留学帰りの初代植物学教授の矢田部良吉先生を中心に、植物分類学の欧化に熱心で、「土佐から植物好きで植物名も良く知っている人が来た。」と言って歓迎した。更に矢田部先生は牧野先生に「植物教室出入許可」のタイトルと研究室一室を与へた。大学としては特別の待遇

* 元職：日本国連代表部代表顧問；NY 市立大学教授；
ハワイ桜親善協会理事長、現：高知県立牧野植物園名誉
園長 KOYAMA Tetsuo



写真1 牧野先生が上京し、東大から與へられた研究室に、植物採集行より帰られた先生（20～30才代）。提供：高知県立牧野植物園。

である。(写真1) 元々徳川時代から、明治時代にかけての日本の植物学は漢方式の薬草研究が主で、大きく分けて、「漢方」、「和方」（中国に有り、日本に無い薬草は日本の対応種を使う。）それに「蘭方」は欧州人により、長崎へ紹介された外国植物、例えばキバナノレンリソウ、ヒロハセネガとかトウヤク(当薬) リンドウ等。よって其れ迄は、日本の植物の名前は欧米の学者によって付けられており、日本から標本同定に外国へ標本を送っていた。例えば、ロシアの Maximowicz が東亜植物の権威なので、矢田部先生は、牧野先生を Maximowicz に紹介して、牧野先生は日本各地で採集の標本多数を M 氏に送り、植物についての交信を計られた。それで牧野先生の標本は Leningrad (今の St. Petersburg) に沢山ある。

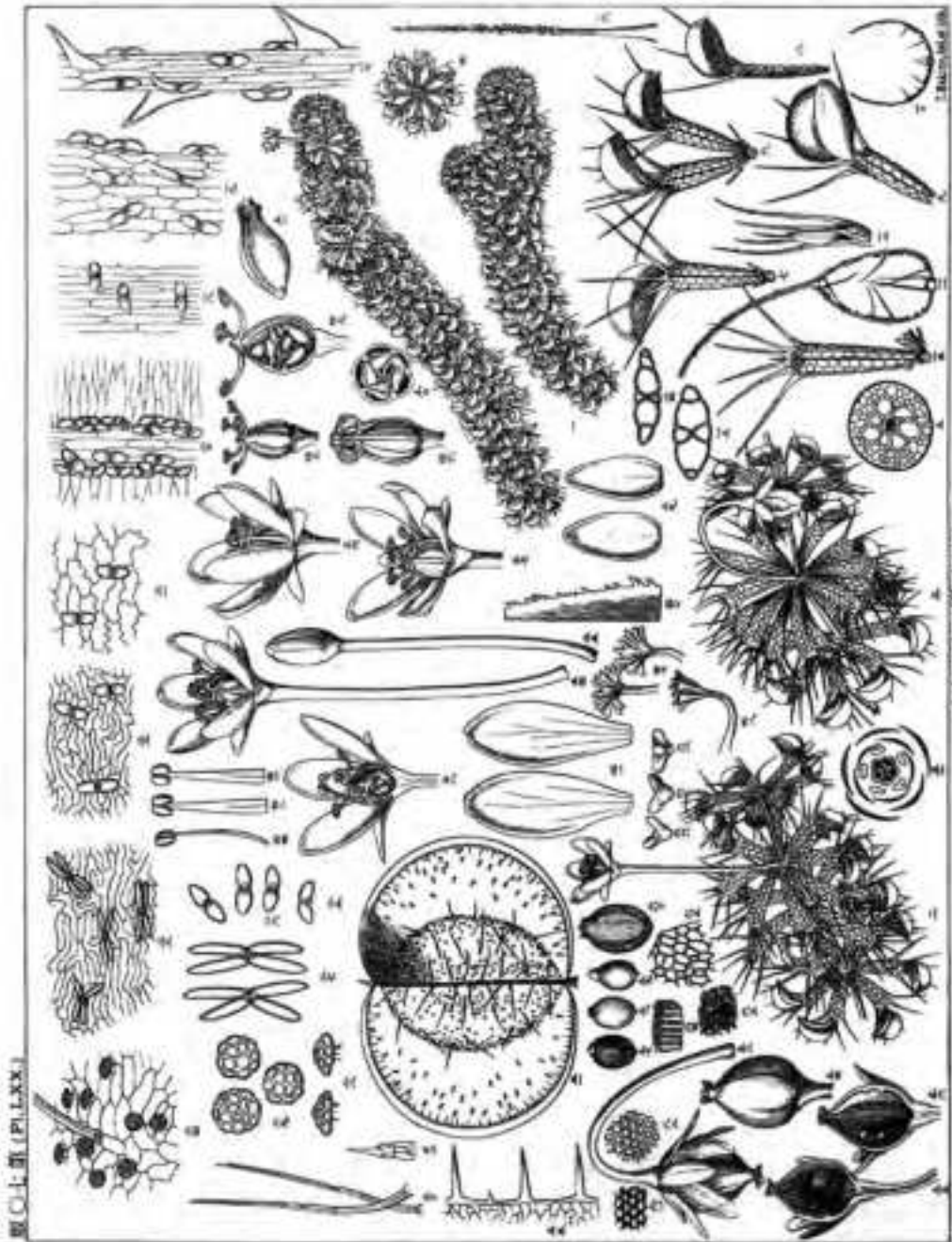
牧野先生は当時の小学校（寺子屋式）に飽き足らず、小学校中退、英語も無論 self-taught, Maximowicz に標本を送りながら、文通で、植物の形態の見方、特に比較の仕方から名前の同定の仕方まで Maximowicz から学ばれてしまった。此処に至って、日本の植物は、日本の植物学者で同定、分類ができる事になり、その旨古い学会誌に声明が出ている。私の様に、一生アメリカに勤め (CUNY 教授と日本国外務省国連代表部代表顧問を併任)、明治の日本に思いを致すとこんな声明は噴飯物だが、一見日本の意気込みもよく解り、

其れを引っ張った牧野先生の強い意思表示 (kochism) も分かり、日本へ少々 nostalgic にもなった。

牧野先生が独学で勉強され、権威になられた、植物学の分野は、基礎も基礎、植物の形態、地理分布、生態型等から、名前を突き止めて細かい記録を取る、と言う、同定記載分類学で有る。記録は記載文と微細に及ぶ写生図の双方から取る。牧野先生の記載文は微に入り細を穿つ点で、世界一で有り、植物の写生図は当に神業で有る。(第1図)

かかる才能をお持ちの先生の生涯の目的は、日本の植物誌 (Flora) の解明であった。即ち、日本列島に元々生えていた草木と、諸外国と交流後入って来て、日本本来の植物と混じり合った「帰化植物」と呼ばれるもの、さらに、農林業振興の為に導入した作物の全てを記載、図解した、Illustrated Flora of Japan を編まれる事であった。元々植物の記載と図は、先生の最初の出版物である「日本植物誌図編」や引き続き東大から出版された、「大日本植物誌」の quality を考慮されており乍らも、日本が段々と戦争 mood になって来て、先生の目的は実現不可能と看做され、著作の speed up も意識され、私のような若輩にまで、補強図を委嘱されるなどして、遂に、1940 (昭和15) 年に皇紀2600年記念出版 (北隆館) の「牧野日本植物図鑑」出版を見た。この図鑑のお陰で、日本で見る植物の同定 (名前を知る事) が非常に楽で簡単になった。

人間生活の悲哀の一つに、良い友人や同僚に囲まれて、楽しい日々を過ごしていても、ある日突然意見の不一致や嫉みが生じて、赤の他人に戻ってしまう事がある。牧野先生はある日、矢田部教授に呼ばれ、矢田部先生も牧野先生の構想と同じような、日本植物誌を編む事にしたので、今後は教室の、文献や標本を見ることを思い止まるように、と宣告された。2代目の植物教授の松村先生とも始めは上手く行っていたが、そのうち、関係が悪化した。その時丁度、牧野先生はムジナモの



第1図 「世界一」と評される牧野先生作図のムジナモ (高知県立牧野植物園提供)

精密図(図1)をお描きの最中で、顕微鏡も無し、参考書も無くなり、大変困られ、結局、ムジナモの精密図は、東京の農科大学校(今の東大教養部)へ行って、完成したと、話された。ついで乍ら、此のムジナモの図(第1図)は、のちに世界規模のPflanzenfamilienと云う、植物分類学の有名な専門書に取り上げられ quality で世界一と評され、日本の植物分類学 level が高い事を大いに、誇示した。又、上述の矢田部先生と牧野先生の間関係は、当初に書いた、tosaism の一つの現はれかも知れない、Tosaism には外交性(所謂“diplomatic behaviors”)に欠けて居る帰来が有る。又、標本については、例えば、私の collections は手許には無く、一生お世話になったNY植物園や国立科博に有り、早田先生の標本は、東大と台湾林業試験所、台湾大学に納められている。

此の東大での happening から、牧野先生は、4万とも6万点とも言はれる標本と60万冊とも言はれる世界中からの参考書も買って自宅におかれていたのであろう(私の推測)。此処で第1図ムジナモの植物図をご覧下さい。此処には花を付けたムジナモの全形図4個(自然大と少々拡大)に加えて、花、葉、果実、葉の気孔、等等ムジナモの部分図54個が拡大して描かれ、散りばめられて居る。此の図一幅でムジナモの形態は全部解る。何回見ても、植物学的に素晴らしく、図としても、精密正確さでも右に出る物なく、此の図とムジナモの生本、標本から、細かい記載が書ける。こう云う category の植物の精密写生図を、私は、「牧野式植物精密写生図」と呼ばせて頂いて居るが、正直言って他に例を見ない。こう云う精密図を書くには、先ず全植物一草本なら全体、木本なら、花や果実を付けた良い枝一を写生し、其れから、植物を解剖して、その種の記載文に、主格、目的格、時に所有格で記載される全ての器官、組織等の、多くは拡大図、を部分図として余白に嵌め込む。

二次元の標本モデルから三次元の図を描くに畫才が要る。こう云う純粋な牧野式図は、先生の初期の御著書、「日本植物誌図編」、「大日本植物誌」等に多く見る。有名な牧野日本植物図鑑に成ると、上に書いた様な時間との擦り合わせで、図も記載文も、本来の牧野式から、かなり略された case が多い。植物図は西洋にも古くから有り、例えば、NY の Addisonia, Kew の Icones Plantarum, Botanical Magazine 他がそうである。西洋の植物図では、三次元の器官から二次元の図を作るに当たり、多くは、影や色の表現を細かい点で現すのに対して、牧野式では、影、色、維管束、葉脈等を delicate な太さの線の差と引き方で現すと云う抜本的な差が有る。中井猛乃進先生の東亜植物図説では、日本古来からの墨絵を応用されて、立体感や色を表現されて居る。世界各地からの植物図の一大 collection は、米国の Hunt Botanical Library に有り、小生の植物図も殆どそこに収めて有る。牧野先生は、幸に生れながらにして、画才と絵心をお持ちだったので、植物図の分野でも第一人者で居られた。

牧野先生はご研究により得られた、植物の新知識を広く植物に興味のある方々に披瀝したい、と云う希望もお持ちで、生涯に38題目の著書を出版されている(最後の38題目の一冊、「植物一家言」のみ、牧野先生著、弟子小山鐵夫監修。此の書は、先生が他界された後、私が原稿を発見して、監修、出版した、所謂、post-mortum 版)。各書物は、夫々、1~20巻に及ぶので、論文は別として、これほど多くの著書を出版された植物学者は他にはおられないであろうと察する。偶々日本大学には、非常に非凡な司書が居られた為であろうか、此の牧野先生の出版物全部が(初期の物は部数が非常に少ない)、良い保存状態で150年以上、保管されていた。牧野学を勉強する方々には、朗報である。

日本大学は書物の価値、必要性を良く理解し大学の16学部全部に図書館が在るが、今回図らず

も、それら16の各学部図書分館から、牧野先生の歴史的図書全部が出てきた。牧野先生の始め頃の出版物は自費出版とか御自身の石版図が有ったりで部数が少なく、全巻揃っている図書館は他に無く（高知でさえも欠本在り）こう言う歴史的図書が日大の図書分館に無傷で全部保存されて居たのは、単なる偶然とは考え難く、しかも、それらが見つかったのも、丁度、牧野先生の朝ドラ「らんまん」 on air 中とあっては、何かのご縁としか思

へない。今後益々、日大図書館の価値を見出し、その発展に勤めましょう。

筆者元職：日本大学生物資源科学部教授・資料館長、NY市大大学院教授、日本国外務省国連代表部代表顧問、高知県立牧野植物園長、ハワイ桜親善協会理事長。現在、高知県立牧野植物園名誉園長、他。

機関誌「林業と薬剤」休刊のお知らせ

冬至の候、皆様には、日頃より格別のご高配を賜り、厚く御礼申し上げます。

この度、機関誌「林業と薬剤」は、2024年（令和6年）3月20日発行のNo.247（3.2024）号をもって休刊することといたしました。

本誌は、「林業薬剤の試験研究を進め、その利用技術研究と普及をはかり森林生産力の増強に寄与する」ため設立された林業薬剤協議会の機関誌として、1962年（昭和37年）7月にNo.1号が発刊されました。以来、60年以上にわたり、当初の「末端の薬剤使用者の指導書」としての役割に留まらず、病虫獣害防除等健全な森林の保全、林業生産性の向上、持続可能な森林経営、地球環境の保全等幅広い分野の情報を発信して参りました。

この度、諸般の事情により、刊行継続が困難となりましたことから、休刊の決定に至りました。62年間、御支援・御協力を頂きました皆様に、心より厚く御礼申し上げます。

一般社団法人林業薬剤協会 会長 田中 潔

禁 転 載

林業と薬剤 Forestry Chemicals (Ringyou to Yakuzai)

令和5年12月20日 発行

編集・発行／一般社団法人 林業薬剤協会

〒101-0032 東京都千代田区岩本町1-6-5 神田北爪ビル2階

電話 03 (3851) 5331 FAX 03 (3851) 5332 振替番号 東京00140-5-41930

E-mail : rinyakukyo@wing.ocn.ne.jp

URL : <https://www.rinyakukyo.com/>

印刷／株式会社 スキルプリネット

定価 550 円

すぐれた効果

豊富なデータの裏付けで
薬剤持続期間7年を実現。

高い安全性

人体および水産動植物への
高い安全性。

充実の フォローアップ

薬剤濃度検査
サービスの実施。

培った技術力

蓄積したノウハウで最適な
アドバイスを行います。

信頼のブランド

1982年の発売以来、
永きにわたり、全国の松を
守っております。

松枯れ防止樹幹注入剤

グリーンガード®・NEO

農林水産省登録 第22023号

マツノマダラカミキリの
後食防止剤

マツグリーン®液剤

農林水産省登録第20330号

普通物

マツグリーン®液剤2

農林水産省登録第20838号

- ①マツノマダラカミキリ成虫に低薬量で長期間優れた効果。
- ②樹木害虫にも優れた効果を発揮。
- ③新枝への浸透性に優れ、効果が安定。
- ④車の塗装や、墓石の変色・汚染がほとんどない。
- ⑤環境への影響が少ない。
- ⑥周辺作物に葉害の心配がほとんどない。

剪定・整枝後の
傷口ゆ合促進用塗布剤

トップジンM® ペースト

農林水産省登録第13411号

作物名	適用病害名・使用目的
樹木類	切り口及び傷口のゆ合促進
きり	腐らん病
さくら	てんぐ巣病
ぶな(伐倒木)	クワイカビ類による木材腐朽



株式会社ニッソーグリーン

www.ns-green.com

全卵粉末水和剤

ニホンジカ専用忌避剤 農林水産省登録 第22312号

有効成分
全卵粉末
80%

ランテクター[®]



- ランテクターの有効成分（80%）全卵粉末を使用しています。
- ランテクターは年間の使用回数に制限がありません。被害の発生状況に合わせて使用できます。
- 樹木類、花き類・観葉植物に使用できます。

● 適用範囲及び使用方法

作物名	使用目的	希釈倍数	使用用量
樹木類	ニホンジカによる食害防止	10倍	1本当たり10～50ml
花き類・観葉植物			100～300g/10a
使用時期	本剤の使用回数	使用方法	全卵粉末を含む農薬の総使用回数
食害発生前	—	散布	—

※スギ・ヒノキや広葉樹への散布も可能です。（広葉樹の新芽が枯損するなどの心配がありません）

● 有効成分

全卵粉末	鉱物質微粉等
80.0%	20.0%

販売

DDI 大同商事株式会社

本社 〒105-0013 東京都港区浜松町1丁目10番8号
TEL:03-5470-8491 FAX:03-5470-8495

製造

®は保土谷アグロテック株式会社の登録商標です。



保土谷アグロテック株式会社

〒105-0021 東京都港区東新橋1-9-2

松枯れ予防
樹幹注入剤

マツケンジー[®]

農林水産省登録
第22571号

医薬用外劇物

① 作業が簡単！

孔をあける

1ml (8～10cm間隔)、または
2ml (10～15cm間隔)を注入

直後に穴をふさぐ

② 注入容器をマツに装着しない！

注入・チェック・回収などで、現場を何度も回らずOK。

③ 作業現場への運搬が便利で、 廃棄物の発生も少ない！

250mlの容器1本で20～25本のマツの処理が可能（φ30cmの場合）しかもジャバラ容器の使用により使用後の容器容積が小さくなる。

④ 水溶解度が高く、分散が早い！

作業時期が、マツのマダラカミキリ成虫の発生期近くまで広がる。

有効成分：塩酸レバミソール液剤 … 50.0% その他成分：水等 … 50.0%
性状：赤色透明水溶性液体

洞注にもお勧めです

注入容器でこんなに便利！



保土谷アグロテック株式会社 東京都港区東新橋1-9-2 TEL 03-6852-0510



特定外来生物「クビアカツヤカミキリ」防除は

®は日本農業(株)の登録商標
農林水産省登録
第22461号

殺虫剤 アクセル[®] フロアガル

そのさくら、**アクセルが
守ります!!**



高濃度の
希釈液を樹幹に
しっかり散布!



サイン、無視していませんか?



樹皮下を
食い荒らす

登録作物や使用方法、
その他の詳細情報はコチラ



虫糞(フラス)噴出始め～成虫発生期の散布で
高い効果を発揮!(5月下旬～8月上旬)

幼虫の加害抑制効果と
殺成虫効果で防除!

- 使用前にはラベルをよく読んでください。
- ラベルの記載内容以外には使用しないでください。
- 本剤は小児の手の届くところには置かないでください。
- 使用後の空容器等は圃場などに放置せず、適切に処理してください。

日本農業株式会社
東京都中央区京橋1丁目19番8号
カスタマーサービス TEL. 03-6361-1414

マツノマダラカミキリの後食防止剤

殺虫剤 モリエート[®] SC

農林水産省登録 第21267号

低薬量で優れた殺虫効果と
後食防止効果を示し、
松枯れを防止します。

1,000倍使用で
希釈性に優れ
使いやすい
(水ベースの液剤タイプ)



製造：住友化学株式会社 販売：サンケイ化学株式会社 レインボー薬品株式会社

計画散布で雑草、竹類・ササ類を適切に防除しましょう!



題名
放置竹林から里山を守る!

信頼のブランド

《竹類・ササ類なら》

コロートS (粒剤)

農林水産省登録 第11912号

《開墾地・地ごしらえなら》

コロートSL (水溶剤)

農林水産省登録 第12991号

※すぎ、ひのき、まつ、ぶなの
地ごしらえ、又は下刈りの雑草防除
でも使えます。

〈製造〉



株式会社 **イスディー・イス バイオテック**
〒103-0004 東京都中央区東日本橋1-1-5 COI東日本橋ビル
TEL.03(5825)5522 FAX.03(5825)5501

〈販売〉



丸善薬品産業株式会社

SINCE 1895
東 東京都千代田区鍛冶町2-9-12(神田徳力ビル) ☎03-3256-5561
大 大阪府大阪市東区道修町2-4-7 ☎06-6206-5531
福 福岡市博多区奈良屋町1-4-18 ☎92-281-6650
札 札幌市中央区大通西8-2-38(ストーク大通ビル) ☎011-261-9024
仙 仙台市青葉区大町1-1-8(第3青葉ビル) ☎022-222-2790
名 名古屋市中区丸の内1-5-28(伊藤忠丸の内ビル) ☎052-209-5661

松くい虫防除薬剤 / 地上散布・空中散布・無人航空機散布・駆除

エコワン[®]3フロアブル

【有効成分：チアクロプロド3.0%】

®: エコワンは井筒屋化学産業㈱の登録商標です。

- ◆低薬量で高い効果が長期間持続します。
- ◆不快臭・刺激臭がないので、薬剤調製時や散布時に作業者や周辺住民に不快感を与えません。

松くい虫防除薬剤 / 樹幹注入

井筒屋

ショットワン・ツー[®]液剤

【有効成分：エマメクチン安息香酸塩2.0%】

®: ショットワン・ツーはシンジェンタジャパン㈱の登録商標です。

- ◆確実な防除効果が長期間持続します。
- ◆有効成分は、強力な殺センチュウ活性を有しています。

マツガード[®]

【有効成分：ミルベメクチン2.0%】

®: マツガードは三井化学アグロ㈱の登録商標です。

- ◆確実な防除効果が長期間持続します。
- ◆土壌放線菌から分離された有効成分を有し、環境にもやさしいです。

緑化樹害虫防除薬剤 / 樹幹注入

アトラック[®]液剤

【有効成分：チアトキサム4.0%】

®: アトラックはシンジェンタジャパン㈱の登録商標です。

- ◆薬剤が速やかに葉まで分散し、葉を食害するケムシ等に対して内側から高い殺虫効果を発揮します。
- ◆薬剤の飛散がなく、散布が難しい場所でも安心して使用できます。



井筒屋化学産業株式会社

〒860-0072 熊本県熊本市西区花園1丁目11番30号
TEL (096)352-8121 FAX (096)353-5083

樹幹注入剤(殺虫剤)

ウッドスター

ナラ枯れ防止用樹幹注入剤

ウッドキング DASH

伐倒木・枯損木用くん蒸処理剤

キルパー40

- ・ケムシ・吸汁性害虫・クビアカツヤカミキリ幼虫に効果
- ・小径孔での注入で樹木への負担が小さい
- ・公園、街路樹でも安全に処理が可能

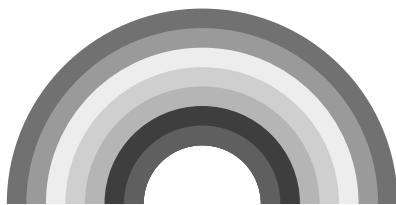
- ・ナラ枯れに対して高い予防効果
- ・2年間の残効
- ・微量の注入で省労力

- ・ガスが拡散し材内部まで消毒
- ・ナラ枯れ・松くい虫・クビアカツヤカミキリの防除に
- ・切株処理でザイセンチュウの根系感染防止

サンケイ化学株式会社

本社	〒891-0122	鹿児島市南榮2丁目9	(099)268-7588
東京本社	〒110-0005	東京都台東区上野7-6-11 第1下谷ビル3F	(03)3845-7951
東京営業部	〒366-0032	埼玉県深谷市幡羅町1丁目13-1	(048)551-2122
大阪営業所	〒532-0011	大阪市淀川区西中島2丁目14-6新大阪第2ビル	(06)6305-5871
九州北部営業所	〒841-0025	佐賀県鳥栖市曾根崎町1154-3	(0942)81-3808

効率的な緑地管理に!



家庭園芸薬品、ゴルフ場・森林関連薬剤はレインボー薬品へご相談ください。



SCC GROUP
住友化学 アgroグループ



緑地管理の未来をひらく

レインボー薬品株式会社

東京都台東区上野1-19-10

☎ 03(6740)7777 FAX 03(6740)7000

少薬量と殺センチュウ活性で 松をガード。

少薬量の注入で効果を発揮
防除効果が6年間持続



60mlそのまま
自然圧で注入

60ml(ノズルなし)・180ml
加圧容器に移し替え、ガス加圧で注入。

自然圧注入用

移し替え専用

移し替え専用

有効成分のミルベメクチンは微生物由来の天然物で普通物^{*}
「有機JAS」(有機農産物の日本農林規格 農林水産省)で使用が認められた成分です

※「毒物および劇物取締法」(厚生労働省)に基づく、特定毒物、毒物、劇物の指定を受けない物質を示す。

松枯れ防止樹幹注入剤

マツガード[®]

農林水産省登録 第20403号

- 有効成分：ミルベメクチン…………… 2.0%
- 60mL×10×8 ○180mL×20×2
- 60mL×10×8(ノズルなし移し替え専用) 容量×入数

マツガードは三井化学アグロ(株)の登録商標です。



株式会社 エムシー緑化



三井化学
グループ