

ISSN 0289-5285

# 林業と薬剤

No. 242 12. 2022



一般社団法人

林業薬剤協会

## 目 次

|                            |       |    |
|----------------------------|-------|----|
| VI. 形態の類似と差異—同定と分類の基本…………… | 小山 鐵夫 | 1  |
| 今さら聞けない生物学入門               |       |    |
| 1. 生命の材料……………              | 福山 研二 | 15 |
| ツキノワグマによるスギ剥皮害防除のための       |       |    |
| 獣害忌避剤 (KW-11) 塗布試験……………    | 古澤 優佳 | 20 |

### ● 表紙の写真 ●

KW-11 (害獣忌避剤) の手塗による塗布作業の様子 (写真左)。地上高約15cm の幹全周に点状に塗布を行った。塗布が完了すると写真右のようになり、薬剤が白く残り、有効成分である硫黄の臭いが僅かに感じられる。

2019年5月 米沢市<sup>やなざわ</sup>築沢で撮影

—古澤 優佳 氏 撮影—

## VI. 形態の類似と差異—同定と分類の基本

— 小山 鐵夫\*

植物好きの人達は、手に入れたりよく見たりする植物の名前と何科の種類か位は、知りたいのが普通である。私もいろんな人に植物の名前をよく訊かれるが、次に「何科ですか?」と聞かれる。何属ですか?の質問はまず無い。広く一般の方々は、全植物には名前が有り、科に分けられて居ると云う常識はお持ちの様で有る。植物の名前を調べる事に着いて、私の個人的な話で、僭越恐縮ですが、私の体験を述べさせていただきます。私は物心ついた3~4歳の頃から小学校時代には、近所の子供達と鬼ごっこ、隠れんぼ、メンコやベイゴマで遊ぶ事には全く興味が無く、祖母の天眼鏡を借りて庭の植物を観るのが大好きで、毎日其れに開け暮れていた。三歳の時、ハランの花を地面に見つけ、興奮した。それ迄花とは木や草の茎の上の方に咲くものだ、と思っていたからで有る。門の脇のサンゴの木や大きなケヤキ、庭の椿、青木、ヤツデ、五葉松等、岩の側にはアセビやハランが在った。結局是等の植物名は出入りの植木屋さんから教はって居た。他に、小石川植物園の佐々木孝知さんの「植物園での研究」と題した、小学生~中学生用の本を一生懸命読んで、植物の基本を覚えた。小学校へ入学してからは、道路サイドや公園の雑草類を学校に持って行き、名前を聞いて先生を困らせた。

本格的な植物採集は、日米戦争が酣になった昭和19年5月19日の東京山手の大空襲で私の家族も焼き出され岐阜県の大垣市に疎開した時、私が小学五年生の時からであった。大垣の近所には、養老山が在り、東海道線に乗ると、関ヶ原から米原

へ行くが、途中の垂井には林が多く、伊吹山や美濃赤坂辺の石灰岩地帯等格好な植物採集地に恵まれ、頻繁に採集して、沢山の腊葉標本を作ったが、名前が付けられ無い。父が名古屋から「牧野日本植物図鑑」の初版本を買ってきて呉れ、大喜びで、毎日毎日、標本を図鑑の図と記載文に照らし合せて名前を付けていた(同定)。又、その逆に、図鑑で見た植物に巡り合った時の興奮と喜びには名状し難いものが有った。処が、牧野先生の図鑑は日本に在る全部の植物を cover して居らず、戦後のその頃は、本も不足で、牧野図鑑は当時一般の素人が植物同定をする唯一の著作で、日本の植物の全種が記載されて居る大井先生の「日本植物誌」等の参考種は未だ無かった。其処で、牧野図鑑で同定出来なかった標本は、その儘名無しで保存し、時宜を待つ事にした。(この成り行きは文末に書きます)。

此処で「同定 (identification)」と云う余り聞き慣れない言葉が出て来たが、用語「同定」は動物学、特に昆虫分野では八~九十年前から使っている用語で、生物種に正しい名前を付ける事、植物のサークルでは、今迄「検定 (determination)」と言って居た。植物標本の同定には、其れらの植物を良く知っている植物の専門家に聞くのが一番で有るが、さも無ければ書籍に頼って始める。今は各種の植物誌、図鑑類、検索表等有って楽である。其れで不十分なら、科学博物館や植物園の標本館へ出向いて同定済みの標本と比べて再確認をすれば万全である。

この「類似と差異」に関して、此処では先ず初めに、形態形質に着いてのみ考へたい。是等の形態形質に着いては、本連載のII~IVに述べた葉、

\* ハワイ桜親善協会理事長、  
高知県立牧野植物園名誉園長

KOYAMA Tetsuo

花、果実等の形による。時に必要に応じて其れ以外の形質にも言及する所存である。

形態形質と云う言葉に余り familiar でない方々に、良く例として我々の衣類を挙げさせて頂いて居る。衣類には幅広く色々な categories が有るが、学校の制服には少くとも生徒数だけ同形の種類が有り、基本的には皆似て居るが、学校によって少しずつ違うとは言え、制服と云う纏め方が有り、軍人の制服類も、陸、海、空軍で異なり、三群となり、会社のユニフォーム類も各会社や部署でそれぞれ異なるが、結局は沢山の制服と云う集まり／グループを成して居る。個人の私服は制服と同じレベルで対応するが、たった1セットづつであるし、色々違った下着類が有るが、全部を取りまとめて下着類と云う大きな一群にする事も出来る。千差万別の植物類も、分類整理の基本的概念は上記の idea に似ているが、植物分類は厳然たる科学の一分野で、表面上は似た事をしてるのである。形だけで無く、内容は暦とした科学である。先ず、外形や内部組織の研究から入る植物形態分類記載学、生育との関係仕組みの研究の植物生理学、生態地理学、成分中心の植物生理化学、其れ等 data を総合した植物系統学等に連携する。分布や生育環境中心の利用目的と利用法中心の応用植物学（重要分野は植物成分に重きを置く製薬業や100%植物に頼る漢方、建材製紙業は樹木を中心の林学、食用や園芸植物学、農学、有用植物改良の遺伝、育種学等々。）が有る。

図1をご覧頂くと4種の木が描いてある。右2種は建材や家具材として最も重要なヒノキとスギ、右2種は庭木等観賞用のツバキ類である。これら二つの木の groups は遠くから見ると樹形が違うので区別出来る（図1, A, E, K, Q）。ヒノキ類の幹は直幹性と言って、太い幹が真っ直ぐに立ち上がり、上の方に枝が斜め横に出て、円錐形の樹冠を作るのに対して、左のツバキやサザンカでは、幹は少しづつ曲がって居り、梢下の方から斜め上に枝が出て、円い樹冠を作っている。こ

の違いは、先ず、遠くから見た違いである。

近くに行くと見ると、更に色々な形態の違い（これを「形態の不連続性」と表現される方々も居られる）と類似がある。ツバキ、サザンカでは、葉は楕円形で幅が広い（図1, P, S, V）広葉樹に対して、ヒノキの類の葉は鱗片状、スギでは鎌形、マツ類では針形である（図1, B, C, D, F, G, J）。花の違いは更に大きい。ツバキ類の花は美しく、普通の常識的な花で、赤色の大形の花弁5（時に6）枚がやや斜めに開き、その茎部はお互いに短くくっつき合って筒を作り、中に沢山の雄蕊と1本の雌蕊があり、その先端は3本に分れた柱頭で花粉を受ける（図1, M, R, T）。ツバキ類は庭木として観賞用になり、椿油を取る為に植林する事もある。他方、ヒノキ類の花は、常識的な花とは大違いで所謂「花」の形はして無く、雄蕊雌蕊に小さい鱗片のみである（図1, E, F, H, I）。これでは観賞用の木には成れ無いが、真っ直ぐに立ち上がり、太く、二次木部の多い幹は建材に不可欠／重要で、広く植林されて居る。かかる用途の違いも分明である（応用分類）。

一つ大事な事は、同定と分類に当たって、被子植物ではツバキ類の様に花や果実の形態形質が先ず重要で、其れに栄養器官の葉の形質が follow する形で有るが、裸子類では葉の形質が先ず優先され、どの種でも大同小異の花の形態形質は補助的に加えられる、と云う見方で有る。形態形質は此の例の様に臨機応変に利用出来るし、どの分類群にどの形質が上手く応用できるか？を見抜くには世界中の植物を広く、丹念に観察する他には方法は無い。此の点では、私は働き盛りの頃から定年まで、世界的に広汎な標本を持ち、併せて世界最高水準の図書館を持つNY植物園に正職員の研究員として勤められ、併せてYale大学林学部とNY市大Lehman校生物学部大学院での併任教授にも採用され、世界各地の多数の植物分類専門家と交流が出来た事は非常に幸運であった。

上記のツバキによく似たサザンカがあり、葉は

冬も緑の常緑性で庭木や偶に生垣にも使はれる。全体がツバキより小さい事とツバキの花が原則赤いものに対して、サザンカの花は普通白である。さらに細かく観るとサザンカの花弁の基部の合成部はツバキのそれより著しく短かい。つまり、ツバキとサザンカの関係は非常に近く、細かい点であるが、ツバキの雄蕊の花糸がほぼ下半分癒合して筒型になって居るのに対してサザンカでは雄蕊の花糸の基部のみが短く癒合して居る、更にツバキでは花は完全に全開とならず花弁は心持ち斜めであるが、サザンカでは花弁も基部のみ短く癒合、ほぼ全開する。花の色は両方に赤、白が有る。更にサザンカはツバキほど大きくならず、花は晩秋から主に冬に咲き、ツバキでは中高木程度に大きくなる事もあり、花は春に咲く。この程度の差異は直ぐ解る。兄弟似とでも言をうか？他にツバキによく似たナツツバキと云う木があり、ツバキに良く似ては居るが、丈高く、落葉性、枝が梢疎ら、名の如く夏の7~8月頃花が咲き、花弁は基まで分かれて全開する。果実もツバキの球形に対して三角錐形と異なる。この種は、ツバキ、サザンカ程類似して居らず従兄弟似とでも言をうか？

そこで、是等ツバキ類と、前述のスギ、ヒノキ類を比べると、共に木である事以外に一見した類似点は殆ど無い、前者の幹が多少歪んでも、後者の幹は直立幹で、前者の葉が幅広い楕円形に網状脈なのに、後者の葉は鱗片状か針型であり、花は極めて小さく目立たない特別な構造で(図1, E, F, H, I)、細かい説明を受けて始めて合点が行く。勿論鑑賞価値は無い。上述の椿類と是等桧、杉類の間には外見上の類似点は「木」である以外事実上無く、差異は非常に大きい。葉が長い針型の松類はヒノキより、むしろ葉の形に関する限り杉に近く感じられる。そこで、仮に、今挙げた、椿類と桧、杉類を分類するなら、二群に分け、花が綺麗で、葉が幅広い、ツバキの仲間と、葉が針型で、花は殆んど目に付かない桧類の二つに大別するであろう。樹形もその分け方に沿って来てい

る。それら大きな groups の中に更に小さな違いが色々見られる。私共が直面する植物は非常に広範囲で、多くの「個体」である。個体は杉の植林の様何十本、何百本も集まっている事も有るし、ツバキやツツジの様に1本、1本ずつあちこちの庭に見る事もあり、又キュウリ2-3本とかスイカ1箇のように買う事もある。そう云う直接的に目で見える植物が植物の「個体」である。「種」は同じ個体の集まりだと云っても、同一性は数学物理学的にきびしい同一性では無く、小さい大きさや形の違い、色の濃淡等切半出来ない連続性が存在する処が生物学的な所以である。現在の分類系は、同じ種類の個体群を纏めた「種」を基本とし、非常に共通点の多い種の群を纏めて「属」とし、似た属を「科」に統合する等して、植物分類群の階級を作って行く。始めの階級(種)は個体の集まり故、形質の同じ種の集まりを「属」にする等、分類群(分類単位)が上に上がる程、群と群との間の差異の幅が広く、類似点が少なくなる。以下に、現在、広く認められて居る、分類群の単位と、各単位に当て嵌まる上記の植物名を表にして示す(表1)。

### 種子植物分類単位の15群。(表1)

上記の如く、植物の同じ個体を集めたものを植物の「種(species)」と定義し、この「種」が、植物の系統的なグループ分け(分類)の出発点で、基本的な植物群である。植物は親植物の種子から生えた子や孫植物故、形、性質は同じ、然し、同じと言っても上記の様に物理的に厳密な物では無く、多少の連続的な変異は許される(後で云う亜種や変種)。其れから、種子を多く散布し、荒地や空き地にも普通に生える雑草の様な「種」は、個体数が多い普通の種(前節の例えのユニフォームや学生服に当たる)で、大きな種でも有る。種子を余り散布せず、個体数が少ない種は小さい種(ユニフォームでない私服に例へた)、狭い限られた地域とか特殊な環境下のみに見る稀な植物から

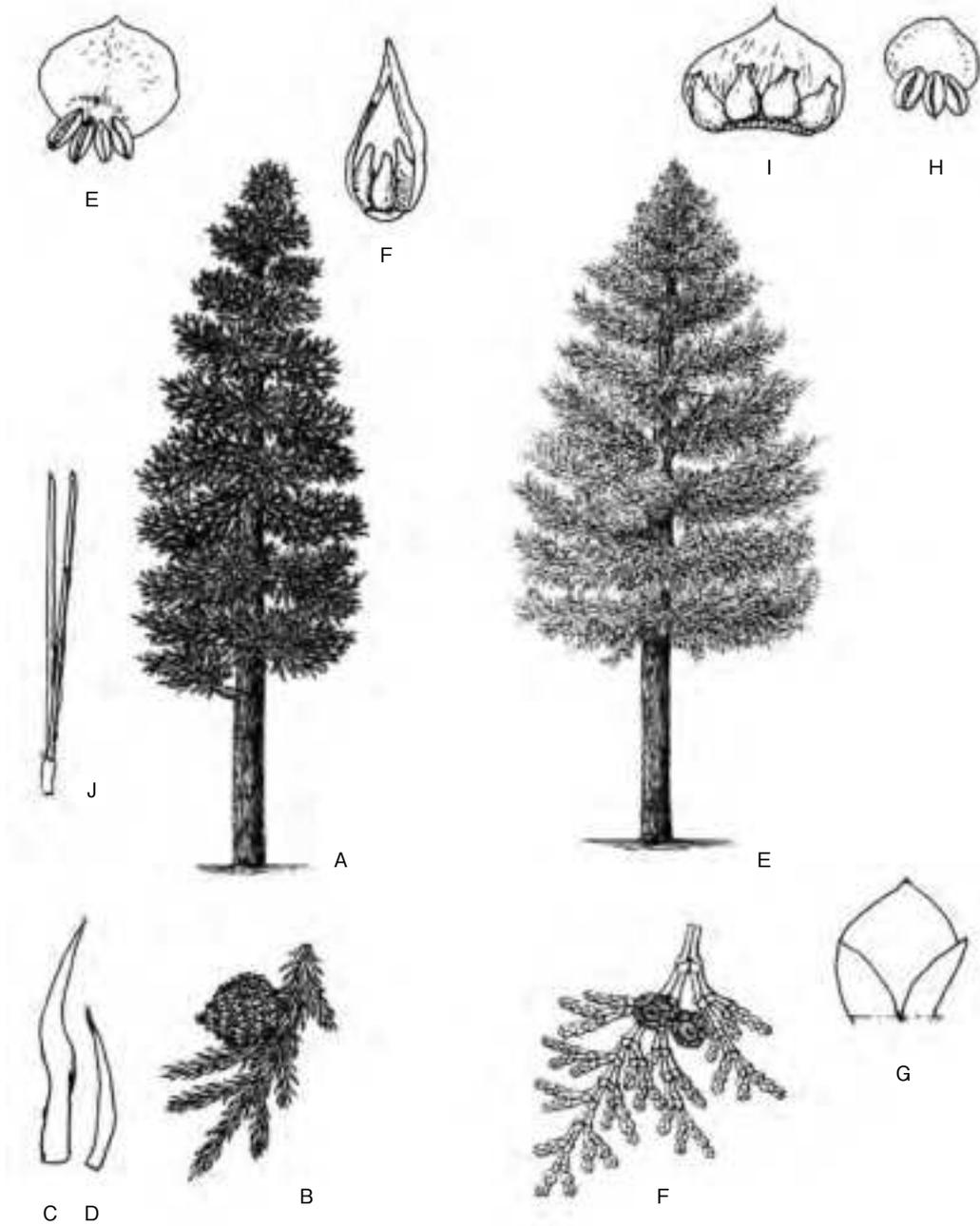
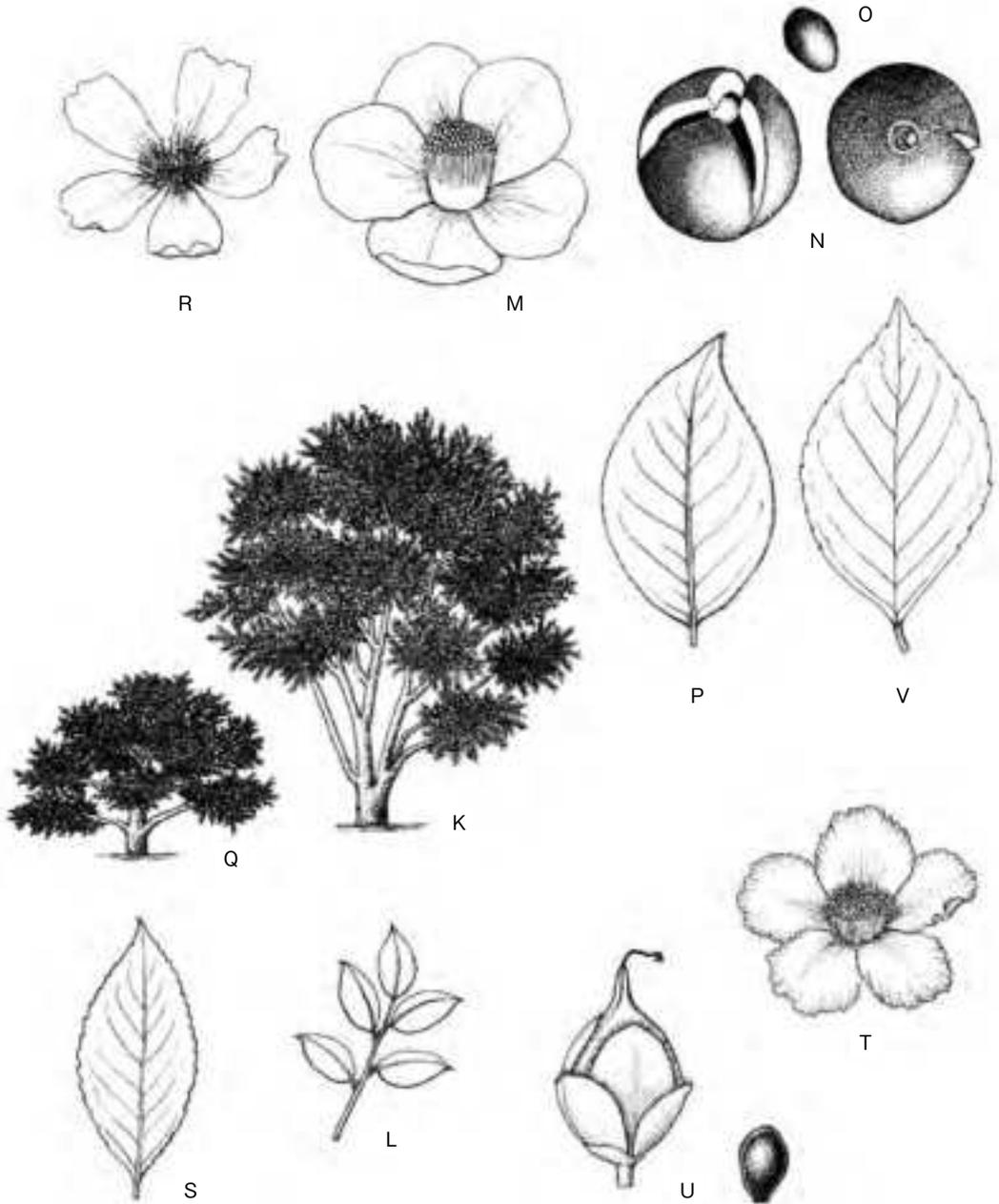


図1 裸子植物 (A-J) と被子植物 (K-T) の形態の比較。A. スギの樹型。B. スギの枝先, 鎌形の針状葉 (C, D) 雌花 (I)。J. クロマツの針状葉。2枚の葉の基部を薄い鞘が包む。K. ツバキの樹型。L. ツバキの広葉の互生。ツバキの葉。広楕円形で、常緑性、稍厚目で、縁の鋸歯は非常に細かい。Q. サザンカの樹型。R. サザンカの花。花。ツバキの花と同大で、花弁はより薄く、雄蕊の癒合部はサザンカの其れの如く短く、雄蕊は開出。U. ナツた属にする一つの論拠でも有る。(この図は安江直子さん作図。)



が密に互生して居る。E, ヒノキの樹形。F, ヒノキの枝先。鱗片葉が十字対生して居る。G, その拡大と雄花 (H), する略図。M, ツバキの花。雄蕊の基部の癒合に注意。N, 裂開したツバキの果実その基部。O, 種子, 翼は無い。P, 雄蕊の癒合部が極めて短く, 多数の雄蕊は開出。S, サザンカの葉。常緑性で, 縁鋸歯は細かい。T, ナツツバキのツバキの三角錐状の果実 (左) と種子 (右)。種子はほぼ扁平で, 縁に狭い翼が有る。これもナツツバキ属を独立し

表1 種子植物群の分類単位を示す表。

|                                                                                                       |                                                                                  |                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 門 Phylum.<br>亜門 Subphylum.<br>綱 Class; classis.                                                       | 維管束植物門 (Tracheophyta)<br>種子植物亜門 (Spermatophyta). [有管有胚植物]<br>裸子植物綱 (Gymnosperms) |                                        |
| 亜綱 Subclasses, subclassis<br>目 Order; ordo.                                                           | [亜綱 N / A]<br>マツ目 Pinales. (ソテツ目, イチョウ目, 他対応)                                    |                                        |
| 亜目 Suborder.<br>科 Family; familia.                                                                    | マツ/球果亜目 Pinales/Coniferales.<br>ヒノキ科 Cupressaceae.                               | イチイ/偽果亜目が対応。<br>イチイ科 Taxaceae.         |
| 亜科 Subfamily; subfamilia.<br>族/連 Tribe; tribus.<br>亜族/亜連 Subtribe; subtribus.<br>属 Genus; pl. genera. | N / A<br>ヒノキ属 Cupressus—スギ属 Cryptomeria. イチイ属 Taxus; カヤ属 Torreya                 |                                        |
| 亜属 Subgenus.<br>節 Section; sectio.<br>亜節 Subsection.<br>種 Species.                                    | ヒノキ Cu. obtusa; スギ Cr. japonica.                                                 | イチイ Ta. cuspidata.<br>カヤ To. nucifera. |

種以上の分類単位 (taxa) 詳細は本文参照下さい。左欄の分類単位名には英語とラテン語訳がある。

成る種は稀種 (珍しい種) と看做される。何れにせよ近い2種の間には類似点は当然有っても、形態的な不連続が有る事は別種とする必要 (mandatory) 条件である。上のサザンカとツバキの例で説明した様に、この二種は似て居ても十分な形態的不連続は有る。種は多数で、日本だけでも5,000種位に及ぶと云う。その中には植物の分類専門家が見て数十種の群や、唯一種や二種でも突出して形の違う (形態的不連続な) 場合も有り、其れぞれを大小の「属」と云う一段上の分類単位に纏める。表1の15段階の分類単位/分類群 (TAXON, pl: taxa) は、こうして、何処かに共通形質が見出された分類単位をより大きな (上位の) 単位に纏めて、最後に種子植物亜門と云う大きな一群に纏まる。上級の分類単位に行く程、構成植物の形態的不連続性は大きくなり、連続的形態は減る。此処で扱う最上級の分類単位である種子植物亜門の構成植物の連続的形態形質は、種子を作る事と、木の幹や草の茎に維管束が有る点のみだ、と言っても過言では無いと思う。茎、葉、花等が丸で異なった形の科が入り混じって居る。その一つ上の「門」レベルに何か有るかと云うと、

羊歯類、苔類、海藻類等が有る。これらは、種子で無く、胞子で繁殖する。

表1に示した様に、種子植物を分類するに当たって、同じ個体を集めた「種」に始まり、最上級の大きな群の「亜門」に至る十四段階が、大半の植物分類専門家に認められて居る。表1の右欄と左欄に、上で話題にしたヒノキと杉類及び椿類を、是等各階級の分類単位に当て嵌めて見た。特に疑問の無い亜門と綱の水準から、今だに種々の意見が出て必ずしも一致を見ない「科」と「目」への assignment や、其れに伴う「科」の処理の問題も残って居り、種の属への assigns は余り問題無く、各種間の不連続形質も明白で有るが、種の数、少ないので、属の前の「族」や、属の中の「節」と云う分類単位は、これらの植物では余り使う余地は無い。此処で出てきた「族」と云う言葉は英語の tribe (ラテン語の tribus) を日本語訳した物だが、「属」と発音が同じで紛らわしいとの意見が出て来て、最近では、日本語は「連」一似た様な数族が連なった物の意で一と訳し変へて居る。この「族」と云う小さい群はツツジ亜科、クワ科、カバノキ科、ブナ科のコナラ亜科の如く、

表1 (続き), 門から種迄の分類単位。

|                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 被子植物綱 Angiospermae.                                                                                                                                                    |
| 双子葉植物亜綱 Dicotyledoneae; (単子葉植物亜綱 Monocotyledoneae が対応。)<br>ツツジ目 Ericales. (アジサイ目, ナデシコ目他多数目が対応。)                                                                       |
| ツバキ亜目 Theineae. [チャノキ亜目の別名がある。]<br>ツバキ科 Theaceae. [チャノキ科の別名がある。ツツジ科 (広義) が対応。]                                                                                         |
| ツバキ亜科 Theioideae. [ヒサカキ亜科, モッコク亜科が対応する。]<br>ツバキ節 [Eucamellia] 真性ツバキ族 Camellieae; チャノキ族 Euthea.<br>ツバキ属 Camellia. (= Thea, チャノキ属; ナツツバキ属, ヒサカキサザンカ属が対応。)<br>ツバキ亜属 N / A |
| ここに節, 亜節が必要なら作る。ヤブツバキ <i>Camellia japonica</i> ; チャノキ <i>Camellia sinensis</i> , 他。                                                                                    |

小属の多い亜科の整理に便利である。草本に顕著な實際上要不要の例が有る。イネ科やセリ科には非常に多くの似通った属の集まりが有って、其れらの間は「亜科」には届かない位の小さな不連続であるから、数属づつを幾つかの族に纏めると扱い易い。反対に、カヤツリグサ科では、世界に2,000種、日本だけでも380余種の種はお互いに類似度がイネ科の種間の其れより比較的に緊密な種も多発なので、多くの節を纏めるのは可能であるが、多くの似た小属や属を作るには値しない。何れにせよ、族/連の用途は種、属、科、目ほど身近かでは無い。今、世界の分類専門家が興味深々で見守って居る処は目と科の辺りで、其れらの関連性の judgement の大切/critical な参考の為に、DNA グループからの inputs を大いに期待して居る。

序で乍ら、亜目、亜科等の様に各階級に「亜(sub-)」を冠して居るのは、科に就いて言うなら、その分類群が殆んど科レベルの纏まりは持つが、完璧には不連続性を確保出来なかつたりで認められ無いが、殆んど科の水準である、と云う意味である。近頃は、所謂、小型分類群主義が流行で、

従来の亜科はかなり沢山科に格上げされて居り、属は分解して数個の小属になっている例が多い。

今迄は、椿類は草木混合のオトギリソウ目に入っていた。この目では、多くの離性雄蕊が数個のグループに纏まり、多体雄蕊に分化する一種の進化過程を見せて居る。この上向形態分化と草本が多い事が重視されていた事が分かる。ここでマメ科も雄蕊10本中9本が筒状に癒着、一本が離生で合成雄蕊より心持ち大きい。これを観る時、オトギリソウ科の木本草本共存(草本への進化を示唆する)と、例えば椿科のサザンカや茶の木の低い灌木性はこの両科の弱い関係を示唆して居る。他方、椿科では、花冠と多数の雄蕊は少なくとも各々其れらの基部で半分以下合成して居る。特に椿科のヒサカキサザンカの花では、雄蕊の花糸の下部は花冠の短い筒部にほぼ完全に癒合、これは合弁花構造の進行分化の特徴である。ツバキ科の花の花弁の花爪が合成して短い花筒や輪になって居る。これがツツジ科と云う大きな科の特徴でもある。雄蕊も花糸の下半分筒状に合成か、少なくとも花糸の基部が合成して居ると云う現象は椿類が合弁花に成る分化方向を強く示しており、これを

踏まえて Hutchinson 博士は椿類をオトギリソウ目から合弁のツツジ目へ移された。この擧に私は賛成だが、ツツジ目／科は、殊に花冠と雄蕊の形態多様性に富み、ツツジ科と云ってもツツジ、シャクナゲの花弁の花面は離れて開き、ツバキや茶の木の花の通りだ。ツバキ科とツツジ科を関連着ける時には、椿類と石楠花類に関連性を観るが、ツツジ科の大部分のウスの木の類 (blueberries) や Erica 等には何の繋ぎも見出せ無い (要将来研究)。

この辺で種とそれ以下の植物群のコメントに移る前に、一つ上記に書き忘れた事がある。それは表 1 を作る時、裸子植物の檜類と被子植物の椿類を例にして表に編めたが、この様に裸子類と被子類を対比する時には一つの配慮が要る。其れは裸子植物類は古い過去に繁茂した植物で、その時代には、形質も更に多様性に富み、グループも多かった筈で有るが、その殆んどが今は諸所に化石として出るのみ、其れも形態的には通常不完全で、植物の全形も分からない。現在辛うじて生きている群はソテツ、イチヨウ、マオウ、Gnetum、Welwitschia、マツ類位で、其れぞれ、形带的に遠く掛け離れた形をして居て、各々独立した「綱」

と扱はれている。日本のマツ綱のみ、現在も形態分化の末期に在ると思う。多くの種や変種も未だ有り、似た種も多く、数も多い。然し、そこには最早草本形の種は無い。他方、被子植物は現在分化の最中若しくは頂端に達した所謂 Terminal groups を成して居るが、IVの花の章で言及した様に、既に退化傾向の形質を示す種も偶に見る。其れで、裸子植物類を扱う時と、被子植物類を扱う時にはこの歴史要因を頭に浮かべると一層興味が湧き刺激的になる。裸子類では、綱や科のレベルで、お定まりの分類で有るが、まだ松／球果綱では、特に松属、檜属で、見直すべき点がある様に感じた。例えば、ヒノキ科のネズ類 (Juniperus) では球果の最上位の鱗片が多肉になり種子を包む、イチイ類の花托起源の偽果皮と形態的に異なる偽果を作るので、ヒノキ科を、球果の檜亜科と偽果のネズ亜科 (Juniperoideae) に二分する方法も考へられる。(なぜ、別の科で無く、亜科かと云うと、ネズ類では、イチイ科に於けるが如く、全種の偽果が完全に偽果形態分化仕切って居らず、果鱗の様子が残っている種も見ることある。) いずれにせよ、マツ綱にも灌木は有っても、先進的と評される草本の種は全く無い。

表 2 種子植物群の分類単位を示す表。

| 科                     | ツバキ科                                                                               |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 種 Species.            | ヤブツバキ (ツバキ) <i>Camellia japonica</i>                                               |
| 亜種 Subspecies.        | ユキツバキ <i>Cam. japonica</i> ssp. <i>japonica</i> ssp. <i>rusticana</i> .            |
| 変種 Variet; varietals. | リンゴツバキ <i>Cam. japonica</i> ssp. <i>japonica japonica</i> var. <i>macrocarpa</i> . |
| 亜変種 Subvarity.        | N / A                                                                              |
| 品種 Form; forma.       | シロバナツバキ <i>Cam. jp. var. jp forma albiflora</i> .                                  |
| 亜品種 Subform.          | (此の用語は存在するが、実際には使用された例を見ない。)                                                       |
| 雑種 hybrid             | ハルサザンカ <i>Cam. × vernalis</i> . (ツバキとサザンカの雑種。)                                     |

註 1) 学名の中では亜種、変種、品種はそれぞれ, subsp. (ssp.), var, f. と略す。

註 2) 今迄、ツバキの変種の中で、此の小さい階級に当て嵌まる形の例は記録されて居ない。

種以下の分類単位と自然及び雑種の詳細は本文を参照下さい。

上記の様に、被子植物は現在全盛期の状態なので、種数も多く、形態形質も非常に多様性に富み、属や科をどう分けるか？も興味深いが、どの科をどの目に納めるか？の研究は更に興味深々である。上に言及した椿（茶の木）科のオトギリソウ目からツツジ目への移動は、私は better ではあってもまだ the best では無いと感じている。

**種と其れ以下の分類単位。**

植物の種以上の14段階の分類単位に就いては上記に説明した。其れらの分類単位は、世界中の多数の植物分類専門家が長い年月と経験に基付いて決めた範疇で有る。其れ等の基本と出発点の「種 (species)」とは何か？、と聞かれると一言で説明するのは容易でない。先ず「植物の種」とは、色々な植物の中で、同じ形、性質、色等をした同じ植物の一群、と云うより仕様が無い。大根を一本買ったとか、薔薇を一本活けたとか、檜材を主に使用して家を建てたとか言った時に出た、ダイコン、セイヨウバラ、ヒノキはそれぞれが植物の種で有る。つまり植物の種とは沢山違った種類が存在する植物の中の或る特定の一種、とでも言えば nuance はお解り頂けたと思う。上記で引用し

た、ヒノキ、スギ、イチヨウ、ヤブツバキ、サザンカ、ナツツバキ云々は其々植物の種で有る。

大事な点はこれから述べる種と其れ以下の分類群は何れも実物の植物一種一種に直接対応するが、属、科、目等々の植物分類群は専門家の科学者が研究と経験に基づいて作った研究上の分類単位の目安で有る。

上記の様に、種とは同じ個体の集まりで、其れ等は、親植物の種子から生えた子植物、更に子植物の種子から生えた孫植物なので、原則的には同じ形質の種が永遠に（絶えて化石化するまで）続くので有るが、その形状を維持して居る遺伝子に微妙な小さい差異が生ずると、子孫植物の中に各部位の大きさ、微妙な形の違い、色違い、味違い等の個体が混じる事がある。この様な僅かの違いを個体変異と呼び、この程度の違いでは同じ種として観る。丁度人間の背丈の高低の様なもので、連続的変異で有る。其処が今まで述べて来た種以上の分類群に不可欠の不連続性と違う処で有る。然し、小規模な種内の変異でも、その種内で遺伝的に安定し、代々続くので有れば、多少連続性が残っていても、「亜種」、「変種」、「品種」と云う種以下の分類単位名を着けて小型分類群として認

表 2、種以下の分類単位。(種以上は表 1 参照)。

ヒノキ科

|                                                       |                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ヒノキ <i>Chamaecyparis obtusa</i> .<br>N / A.<br>N / A. | スギ <i>Cryptomeria japonica</i> .<br>アシウスギ <i>Cr. japonica</i> subsp. <i>radicans</i> .<br>カワイスギ <i>Cr. japonica</i> var. <i>sinensis</i> . |
| N / A.<br>N / A.<br>N / A.                            | N / A.<br>N / A.<br>N / A.                                                                                                                 |
| N / A                                                 |                                                                                                                                            |

(栽培品種の例)

チャボヒバ *Cham*, Cv "Breviraea".

ヨレスギ *Cr. japonica* Cv "Spiraris"

エンコウスギ *Cr. jp.* Cv "Araucarioides"

註) アシウスギは高地の多雪地で雪の下で、幹は斜上、その下部からも分枝し、地上に接するものは節から発根、弱い地上枝も出す。ユキツバキと同じく、形態と生態の二元的形質に素づいて変種より寧ろ亜種とする見解を採る。

める。(表2参照)

以下、変種と亜種について具体的に本篇で扱ったツバキを例に説明しよう。ツバキは日本原産の有名な花木で、その野生種をヤブツバキと言い、本州の青森県から主に太平洋側に沿って四国、九州、琉球から朝鮮半島の対馬海峡側に分布して居るが、鹿児島県、宮崎県、高知県にはリングツバキと云って果実がヤブツバキの直径約3cm果皮の厚み3~4mm位に対してそれより大きく、果実の径5~7cm、果皮の厚さ1~3cmで、葉がヤブツバキの広楕円形より長めの長楕円形、熟した種子の数も少ない一種が有り、熟した果実の果皮がたまたま林檎の様に赤く着色く処から、リングツバキと云うヤブツバキ (*Camellia japonica* var. *japonica*) の変種として区別されて居る (*Camellia japonica* var. *macrocarpa*)。又、本州日本海側の秋田県から滋賀県の福井県界側の多雪地帯には、ユキツバキと云う亜種 (*Camellia japonica* subsp. *rusticana*) が分布する。母種のヤブツバキと何処が違うかと云うと、ユキツバキでは冬雪の下になる環境で、枝が目立って横に向かい、葉はより薄く、花卉はヤブツバキの半開より水平に全開し、先端が凹む個体が多く、更に細かく観るなら、ヤブツバキの果実には5~6個から9個程の種子が熟すのに、ユキツバキの果実には1~2個位しか種子が熟さない。それに上記の如くヤブツバキとユキツバキの分布域はそれぞれ離れて居て、同じ所に両者は生えて居ない。リングツバキ、ユキツバキを前者は変種、後者は亜種と考える理由は以下の通りである。

私は、前川文夫先生のように、植物の形態変化や形質変化に単元的な場合と多元的な場合の二つの在り方を想定して居る。リングツバキではその分布はヤブツバキの分布域内に有って重なって居り、両方共に厚めで形の違いは(楕円形から長楕円形と切れ目無しに続く)所謂cline型で有る。果実にも大小有りとは言っても、ヤブツバキにもたまに大き目の果実が出来る事も有り、未だ違っ

た個体への分化の始めと観る。然し、ユキツバキでは上記の様に形態の差もより顕著な他に分布域が重なって居ないと云う植物地理的な隔離も有り、個体間の分化は二面的で更に進んで居り、もう少しで種のrankになりそうで、ヤブツバキとユキツバキの中間にユキバツツバキ (*C. japonica* ssp. *rusticana* var. *intermedia*) と云う存在もたまに見られる。こう云う二面性のより進んだ分化度を考えてユキツバキは亜種とする。

加えて、ヤブツバキを選抜育種又は他の近似種(例えばサザンカ)と掛け合わせて作出した園芸品種は多数有る。花の色、大きさ、花卉の一重八重等々で、白い花卉のヤブツバキが野生で見つかり、シロバナヤブツバキ (*C. japonica* ssp. *japonica* var. *japonica* forma *albiflora*) と云う品種にする。人工的な栽培変種は我々分類専門家は、人工雑種か色変わりの様に品種扱いにする事が多く、さも無ければ植物の命名法に依り、Cv. "xxyy" の様に表示する。

次に分類学的な「品種」とは、最小の分類単位で、種内の微々たる変異個体に用いる。よく使われるcaseは、花の色変わりや一重咲対八重咲、葉の形の可視的な大小や少しの形の違い(峽卵形対披針形と言った幅の広狭、少しの毛の有無、斑入り等々)、植物自体の矮小又は大型化等、変種より更に小規模な変異形に应用する。それに選抜育種で作出された種々の園芸型を分類学の立場で引用する時は品種扱いになる事が多い。白い花卉のヤブツバキが野生で見つかり、シロバナヤブツバキ (*Camellia japonica* ssp. *japonica* var. *japonica* forma *albiflora*) の野生品種の品種名になる。種や変種からの選抜育種による園芸品種は分類学的な品種扱い、若しくは、育種家の努力と辛抱に敬意を表し、より厳格に、Cv. "xxyy" の学名表示をする。cv. とは cultivar (cultivated varieties) の意。学名に就いては後編で細かく述べる。

## 分類単位の尺度。

上に述べて来た各階級の分類単位に大きさの尺度が有るのか？と云うとそれは無く、研究者の個人的な目安である。ヒノキ科とスギ科を二つの別の科と観る人と、二つの科を一纏めにして、スギ科をヒノキ科に含め、スギ亜科とする人も有り、「どちらが正しい」とは言え無い。現在では後者の見解を取る人が多い。二つのグループの差異とは、ヒノキ科の葉、球果の鱗片が輪生か十字対生する点に対して、スギ類では葉や球果の包鱗が互生して居ると云う違いである。今の処、対生輪生は互生の節間が極端に縮小して出来た状態で、互生より後発の形態であるが、この程度では科を分ける違いには小さ過ぎ、大抵の分類学者は後者に従う。将来、組織解剖学が更に進み、例えば、仮導管の end-wall か何処かに大きな差異が見つかり、上に私が言った多面的形質が現れて、前者の意見に戻るかも知れ無い。同様な事は、竹筴類でも観られる。竹筴を、小穂、花、維管束の形態から見るとイネやトウモロコシ等のイネ科の草本と大同小異なので、タケ亜科として草本のイネ科に含める意見と、竹筴は木本故、独立のタケ科を建てる意見の二つが有る。私はスギ亜科説を支持するのと同じ理由で、タケ類はイネ科に含めてタケ亜科とする意見に賛成で有る。

## 植物分類群（分類単位）の目安と尺度。

今迄述べて来た植物分類単位の目安と大きさの尺度については、物理学の分野の様に、定義や尺度が公式的に決まって居らず研究者の意識と思考によりかなり異なる。今迄の研究のお蔭で種と其れ以下の水準のケースに就てはかなりはっきりして来た。「種」に就ては、上記の様に第一に形態形質、次いで分布域や生じる場所の生態条件、成分を同じくし、更に花期等の生理が論理的であれば、その個体群を「種」として充分である。但し、隣の似た種群との間に明瞭な形態的不連続がある

事が必須条件で有る事も上に述べた。又、種分化の立場から、種内の個体変異に対応して、亜種、変種等の小型分類単位や人工的な雑種の表現法など用意されて居る。処が、種より上位の分類単位、「属」の outline には専門家の間の見解の差が未だに見られ、専門家（分類学者）にとって最も重要で困難な所は、属、科、目レベルの分類である。此の点に就き、本協会の田中潔理事長が、“狭義”と“広義”のサクラ属の解釈を例に取り、上手に説明されて居られる。広義のサクラ属の学名は Prunus、狭義のサクラ属は Cerasus でどちらの名前も1800年代から欧米では使はれて居たが、日本では、明治以来、前者で通って来て居たので、今になって文章を書く等に当たり、面等と混迷が生じた、と云う次第である。広義でも狭義でもどちらを使はれても正しい。Case by case で選択されれば結構である。大抵の場合、伝統的に、サクラ属 (Prunus) を使った方が、サクラの話、記事で有る事は早く、良く理解される。

大体、バラ科と云う科自体が、非常に不均一な群で有る。桜や梅に始まり、杏、桃、林檎、梨等木になる果物から、イチゴ、木イチゴ等草や灌木の果物、薔薇は世界的な鑑賞用植物で有り、山吹等も包括している。私は、単子葉類の専門で、バラ科は専門外で有るが、科を纏める形態の特徴として、先ず花は基数を5とする多面相象形で大き目、少数か単独、雌蕊の子房は中位、周位又は下位、果実は不裂開の多肉か多汁果、真果又は混淆果、単果又は集合果、稀にイチゴの様に真の瘦果、然し、花托が多肉化して充分な食用部分を提供して居る。高木でも灌木でも草本でも OK、とすると、狭義のバラ科を選ぶ事になり、そうすると、科内の均整を考えて、今まで大きな属であったサクラ属 Prunus を小分けする見解を取る事になる。そうするとシモツケ群が外れて仕舞う。此れを何科に持って行くか、となると更に面倒になる。

植物分類研究の大きな分野に、種属誌 (Mono-

graphs) と植物誌 (Flora wrighting) の二つが有る。前者では、植物学上の理に叶い、正確であれば、属や科の分類が纏め思考であっても、細分化思考であっても、個人的な物故、何方でも良く、植物誌でも小植物誌 (Florula) でも単著なら、個人的な種属誌同様、属・科、目等の concept は大でも小でも関係無く、OK 有る (例：大井先生著、日本植物誌)。然し、近頃の傾向は植物誌を二人以上数名の著者の共著で書く事が多く (例：台湾植物誌、Flora of Thailand や Flora général de l'Indo-Chine；(此の中のカヤツリグサ科やサルトリイバラ科は私が書き、他に十名程の種属誌専門家が居る)、こう云う時には科毎に目毎にコンセプトの大小が混じって居ては、使い辛いし、見目も悪い。其れで、複数著者の共著の場合には、前以て著者間で、採用する分類群の大きさその他の重要コンセプトを打合せて置く必要が有る。「此の科や目内の属等の大小のコンセプトの均整」とは此の多少 diplomatic な部分を指す。大井先生の単著「日本植物誌」の均整の良く取れたケースと反対に、牧野先生原著の「牧野日本植物図鑑」改訂増補第六版は数名の専門家で改定増補されたのは幸いで有るが、其の中の属や科 (殊に属) の大小や配列方式がバラバラで見つとも無い。キク科の専門家、小山博滋博士が、植物分類単位のサイズやコンセプトは、「たった二人の monographers の間でも、同意に至る事は減多に無い」、と良く言はれて居たが、蓋し名言で有る。

### 植物の同定と分類の目的に沿った形態形質の評価と選択の重要性。

種子植物の外部形態形質の大略について本連載 II-V に述べたが、その形態形質を使って同定された植物の各種を属や科に分類するに当たって何れを分類の目的の主たる形質に取り上げるか、を見抜き、其れ等を系統分類への応用に資する道はそう簡単ではない。实例として、 1 の椿類に関して述べて見よう。

椿類の分類には花と果実の形態形質が基本になる。花は原則として大型の一個が枝に頂生、大型で 5 (時に 6 から 7) 枚の花弁がその下にある萼や小苞から発達し、それ等の基部 (花爪) は短く癒合して花筒に成りかかって居る。中央部に多数の雄蕊が有り、其れ等の花糸の基部は短く癒合して単体雄蕊形成方向に向かって居り、葯は底着、雌蕊の子房には無毛の物 (ツバキ其の物) と有毛の物 (サザンカ、ナツツバキ、チャノキ等)、果実は球形で肉質の朔果で裂開する。此の位がツバキ属を決める基本的形態で有る。ナツツバキの花は此の形態に良くマッチするが、ツバキ、サザンカが常緑樹なのに対して落葉樹で在り、果実も球形でなく、三角錐形、夏開花で花期も重ならず、ナツツバキ属として別属にする。サザンカ、チャノキや沖縄のイジュ等では雌蕊に毛が有り、花は頂生一個でなく、やや小型の葉腋生で有るが、果実はツバキと同じで、子房の毛の有無は濃い薄いが有り、ナツツバキの落葉生の様に明瞭な不連続では無いので別属とは考え難い。更に地理的に考えると、ナツツバキ類は落葉性で、古第三紀に北極中心に広がって居た落葉樹林の構成樹種の一つが第四紀に南下した例と思はれるのに対して、ツバキ、サザンカ、チャノキ等常緑性の種はイジュの様に、熱帯、亜熱帯から琉球列島沿いに北上して来た種分化の例と思はれて、ツバキ属とは属の区別はし難い。ツバキ属とナツツバキ属、イジュ属、ヒサカキサザンカ属等を纏めてツバキ科、ツバキ亜科とする。ツバキ科のもう一つの亜科はモッコク亜科で、サカキ属、モッコク属、ヒサカキ属等有る。此の亜科では花はずっと小さいが、雄蕊の在り方、花の形態も基本的に同じ、唯、雄蕊の約が底着でなく、T 字着で有る。モッコク亜科を含めたツバキ科が広儀のツバキ科、モッコク亜科をサカキ科と云う別の科に格上げした状況が、狭義のツバキ科で有る。私はどちらかと云うと、属以上の分類群については広義の方を採りたい。何故と云うと、例えば、決まって仕

舞った科が多数 equicollaterally に並列してしまっている solid な状況より、亜科が数個有ると、その亜科が分化して来た元の群や、これから先の分化方向の可能性等を柔軟性を持って考慮する余地が存在するからである。例えば、ツバキ科ツバキ亜科の多数雄蕊の基部が短く、然し離生から色々な程度に長い時には中程度迄癒合している点は、単体から多体雄蕊への分化方向を示し、ツバキ亜科からオトギリソウ科への関係を示唆して居る。

裸子植物は遺存植物で、現在生存して居る群と群の間を埋める存在は化石化して、地球に例えれば、分類群は丁度太平洋の小島の様に孤立した状態で、その不連続性は非常に大きく安定して居る(但し、現在尚分化が続いて居ると見られるマツ綱を除き)。単子葉植物の科は殆んど物のつき境界と不連続性は明瞭に思はれ、広義、狭義の問題は殆んど見ない。単子葉類の主たる大きな二つの分化の方向性(一つは風媒花の形質を介して、イネ科とカヤツリグサ科と云う terminal groups に至る筋、第二は美しい花被が発達して、ショウガ目と蕊柱で確定されるラン科に至る虫媒花の筋)、そしてその各分化筋から殆んどの科が分枝して居り、各科の border は大体鮮明である。即ち、科と科の間の連続性は見ないのが原則である。但し、広義のユリ科は別である。単子葉類には珍しい、形態的に不均一な大きな科で、広義のユリ科内に沢山の亜科を設けるか、非常に多くの小さな科に分ける他は無い。私の研究はこう云う単子葉植物であったが、米国に大学教員として就職、定年迄滞在し、講義をするに当たり、裸子植物や双子葉植物を研究して、驚いた事は、双子葉植物の形態不均一性であった。キク科の様に容易に categorize (頭状花序と特別な下位瘦果) 出来る科は僅少であって、殆んどの科は極めて形態的に不均一で、分類の為に科を 1~少数の特徴の形態形質で categorize 出来る例は極めて稀であり、小さい特徴の色々な組合せをその場その場で適宜

に当てるので、科と科の間の不連続性が不透明に成り勝ちである。田中理事長がご指摘の広義のバラ科もその一例で、果実の形態を主たる分類形質にした場合と花の詳細(特に雌蕊)に重点を置いた時では違った亜科分類に成り、花序を用いたら、又違った亜科分類に成ろう。双子葉植物の科と目の分類系の構築には更なる多くの研究が必要で、DNA に期待が寄せられて居るが、そのマテリアルとしての植物の種の同定が正確に出来る事が先ず必須の要素である事を指摘したい。それで、旧来の可視形態に依る同定も決して不要になった訳では無い事をここで強調する。

### 追記。

#### 上記の私が岐阜県で疎開中に採集した未同定標本の成り行き。

本篇 p.1 に書いた様に、疎開先の大垣から東海道線に乗ると、垂井、関ヶ原の間に自然林が無傷で残って居て理想的な植物採集地、稀な種が多い伊吹山、南に余り人が登らない養老山が在って、採集旅行には事を欠かず多くの標本を集め、其れ等の大部分は、戦後の唯一の参考書「牧野日本植物図鑑」の初版本のみで同定したが、其れでもかなり多くの標本は同定出来なかった。是等は名無しの標本から、牧野図に習って図と記載を書き、同定の時宜が到来するのを待つ事にした。小学 5~6 年のことであった。その後大垣中学 1 年になった時、牧野先生は個人雑誌の「牧野植物混混録」の出版を始められ、在る号の奥付に先生のご住所が載って居るのを発見、此の時とばかり、先生に書簡を差し上げ、私の植物への傾倒について申し上げ、先生の個人弟子にして頂けないか伏してお願ひした、その時父は、「そんな偉い先生から田舎の一中学生が、紹介者無しで手紙を差し上げるなど失礼で、お返事いただけませんよ。」と止めたが、私はあえて書簡を差し出して仕舞った。予想外の事に先生より長文の良いお返事を賜

わり、喜んで個人弟子にお受け下さる事、併せて父にも親書を賜り、「ご子息は、植物学の道に進む素養が有ると見られるので是非伸ばしてあげて下さい。」と云う意味の事が内容であった。これにて私の植物分類学への道はほぼ固まった。

その後牧野先生から頻繁にお便りが来て、分類学の教えの他に、岐阜地方の植物の方言を集めたり、大垣の近所の長松村に立派なトウツバキがあるので写生して欲しい、図鑑増補の図を描いて欲しい等のご依頼も有り、私の植物線画がお気に召

した事も分かり、天にも登る心地で図鑑の増補用図を描いて差し上げた。私が15歳の時であった。肝心の未同定標本は、直ちに同定下され、その多くはキバナノレンリソウ、ジオウ等類（地黄）蘭方の薬草が多かった。先生は是等の薬草は、織田信長が伊吹山に薬草園を作り導入した蘭方植物の逸出だご説明下さった。こうして未同定標本の同定は完結、先生は岐阜の標本は余りお持ちで無く、差し上げた標本を喜ばれた。以上が牧野富太郎先生と私の出会いの概要である。



スリランカ (Sri Lanka) は、紅茶では、世界一の生産と良質を誇り、栽培してる茶の木もアッサム (Assam) 茶と云う、中国、日本の茶の変種で、葉も大きく、木も大きくなるので、生産量も多い。中でも、葉の最初一枚摘みの silver leaf と云う紅茶は、現地でしか飲めないが、何とも素晴らしい品質（香り、味、色）で一生忘れ難い。スリランカのディンブラの大形茶畑と茶摘み風景。(小山鐵夫、写真も)

# 今さら聞けない生物学入門

## 1. 生命の材料

福山 研二\*

### はじめに

今の教育体制では、というよりもかなり昔から、高校の科目では、選択制があり、生物学と物理学、化学などが選択となっていた。そのためか、基礎的な生物学を学校で学んでいない人も多い。これは、理科系の人においてもである。

しかし、生物学というのは、我々生命の基本的な仕組みや働きなどを網羅するものであり、我々が生きていく上では、極めて大切な情報を含んでいる。しかし、今さら勉強するのも面倒くさい人も多いと思われる。

そこで、今さら聞けない、生物学の基礎、さらに最近の情報などを織り込みながら、生物学にまつわるよもやま話をしていこうと思う。

### 1. 生命と大気

昔、中国に住むと言われた仙人は、かすみを食べて生きていたと言われていた。確かに、年を取ってくると、あまり食べなくてもいいような感じになってくるものの、かすみだけを食べていては、栄養失調に陥ることは間違いない。

しかし、実は、私たちの体というものは、ほとんどがかすみでできていると言っても過言ではないのである。それが証拠には、亡くなられた方を火葬に付した後は、わずかな骨しか残らず、あらかた燃えて、大気中に拡散してしまう。つまりかすみになってしまうのである。

わかりやすくするため、生物の代表として我々

人間を取り上げて、その材料を調べてみると表-1と表-2のようになる。

表-1 60kgの人間の有機物部分の構成元素

| 元素 | 元素記号 | 構成比 | 重量     |
|----|------|-----|--------|
| 酸素 | O    | 63% | 37.8kg |
| 炭素 | C    | 20% | 12.0kg |
| 水素 | H    | 10% | 6.0kg  |
| 窒素 | N    | 3%  | 1.8kg  |

表-2 60kgの人間の無機物部分の構成元素

| 元素     | 元素記号 | 構成比   | 重量    |
|--------|------|-------|-------|
| カルシウム  | Ca   | 2.00% | 1.2kg |
| リン     | P    | 1.20% | 719g  |
| 硫黄     | S    | 0.24% | 144g  |
| カリウム   | K    | 0.22% | 130g  |
| ナトリウム  | Na   | 0.16% | 95g   |
| 塩素     | Cl   | 0.15% | 91g   |
| マグネシウム | Mg   | 0.05% | 30g   |
| 鉄      | Fe   | 0.01% | 4.5g  |
| フッ素    | F    | 0.01% | 4.1g  |
| 亜鉛     | Zn   | 0.00% | 2.1g  |
| ケイ素    | Si   | 0.00% | 1.1g  |

つまり、人間の約96%は、有機物でできており、その有機物は、63%が酸素、20%が炭素、そして10%が水素、3%が窒素となり、それらは、すべて大気の構成成分である。

現在の地球の主な大気成分は、窒素が78%、酸素21%、アルゴン0.9%、そして二酸化炭素がわずかに0.03%である。つまり有機物の材料は、すべて大気中に存在しているわけである。

\*自然環境研究センター客員研究員 FUKUYAMA Kenji

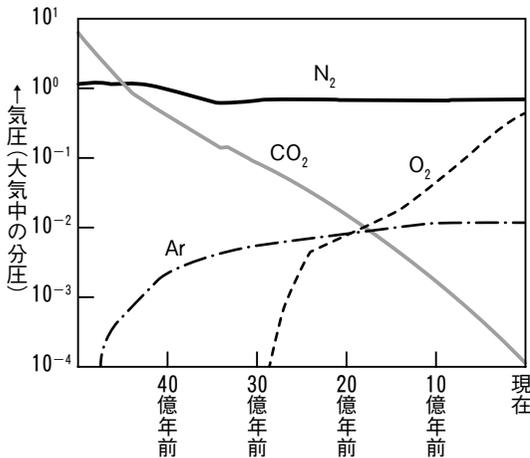


図-1 過去の地球大気の変遷

そういう意味で言えば、われわれは、大気つまりかすみでできているわけであり、食べ物もほとんどが有機物なので、かすみからできているものを食べていることになり、仙人と変わらない生活をしているわけである。

## 2. 大気と生命

生命の主な材料が大気成分であることから、地球の長い歴史の中で、生命が地球大気に与えた影響は大変に大きいことがわかっている。

今から45億年前頃に、地球が形成された後、大気のはほとんどは、窒素、アルゴンと二酸化炭素であったと言われている(図-1)。

とりわけ二酸化炭素の量は多く、当初は9割以上であったと言われ、その後、時代とともに一貫して減少してきている。二酸化炭素の減少は、生命が出現する前からであることから、物理化学的な過程で海水や岩石などに含まれるようになったことが主な原因であり、それが光合成生物の出現により、さらに加速されたと言える。

一方、現在の大気の8割近くを占める窒素は、原始大気の頃からほぼ変わらずに維持されてきている。これは、窒素分子(N<sub>2</sub>)が非常に安定な分子であることとも関係しているかもしれないが、表-1でも示したように、たんぱく質が多い

人間の体ですら、わずかに3%しか使われておらず、生命が取り込んで大気組成に影響を与えることがあまりなかったのかもしれない。さらに、生命を維持するためのエネルギー代謝では、主に水素と炭素と酸素が活躍しており、そのため、生命活動が盛んになるほど、代謝産物である、二酸化炭素や酸素の量が大きく変動したと言える。

## 3. 水と生命

ところで、窒素よりも多いはずの水素が、大気中にはほとんどみられない。では、水素はどこにあるのだろう。そう、もちろん酸化水素、つまり水として存在しているのである。

窒素に比べて、水素は分子としては不安定であり、酸素と結びつきやすい。つまり燃えやすいのである。そのため、多くの水素は、水として存在している。

この水が、生命を育む上では大変に重要な物質であることは、読者の皆さんでも容易に想像がつくであろう。しかし、水というのは、最もありふれていながら特別な性質を持っている不思議な分子と言われている。

まず、地球の環境では個体、液体、気体の三相をとり比熱が大きく、暖まりにくく冷めにくい。比熱が大きいということは、エネルギーを蓄える力が大きいということでもあり、このおかげで、地球は暖まりにくく冷めにくい。つまり気温が安定する一つの重要な要因となっている。

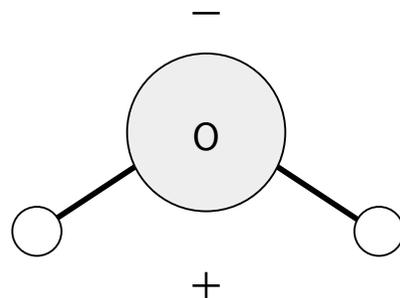


図-2 水の分子構造と分極

また、水は、酸素と水素2つが結びつき、分子としての電荷は0なのだが、分子の結びつきの角度の関係で、わずかながら水素が+、酸素が-の電荷を帯びる。これを分極というのだが、この際名前はどうでもよく、この性質により、水素結合という現象が起き、生命の中で行われる反応がスムーズにいくということである。

水はまた、この分極という性質を持っているため、多くの物質を溶け込ませることができるが、これは分子同士の結合を弱めて分離してイオン化する力があるからである。たとえば、塩 NaCl は、通常常温では固体として存在するが、水の中に入ると  $\text{Na}^+$  と  $\text{Cl}^-$  のイオン状態に分離する。これは塩が水に溶けるということであるが、これにより、他により結びつきやすいイオン化した物質があるとそれと結びつき、いわゆる化学反応が促進されるのである。

また、水は固体（氷）になると、わずかに体積が増して軽くなる。そのため、海水が凍る時には、0度に近づいた水は表面上昇し、海面に氷ができる。もしも、水が他の物質と同じように固体になると液体よりも重い場合は、冷却すると密度が増すので重くなり、沈んで一番底の方で氷になる。そうすると、対流により表面に浮いてくるものがなくなるので、一度できた氷が海底にどんどん溜まった、溶けにくくなってしまい、地球環境が大きく変わってしまったであろう。

#### 4. 窒素 N と生命

生物物質は、基本的には糖質、脂質、タンパク質の3種類で構成されており、糖質がエネルギー循環をつかさどり、タンパク質が体を構成し、脂質は物質の循環や貯蔵に役立っている。これはちょうど、生命を車に例えると、糖質はガソリンであり、タンパク質は車体を構成する材料であり、脂質は潤滑油ということになる。もちろん、生命活動はもっと複雑なものであるが、大まかにはこのように分けられよう。

このうち、糖質と脂質は主に炭素、水素と酸素でできており、いずれも大気から取り入れることができる。

しかし、タンパク質は、窒素が重要な要素となっているため、大気から直接取り入れることはできない。あれ、窒素は、大気中に8割近くもあるのではないかと疑問に思われるかもしれない。実は、大気中にある窒素分子  $\text{N}_2$  は、非常に安定な分子で、少々のことでは、分離してイオン化しようとしないのである。これは、地球が形成されて以来、大気中の窒素含量がほとんど変わっていないことからわかるのである。

それでは、いったい生命は窒素をどこから手に入れるのであろうか。

肥料の三要素というのをご存知だろうか。家庭園芸をやっている人や農家の人はもちろん知っているだろうが、それが窒素、リン、カリである。植物の成長には欠かせないものであり、ひいてはその植物に依存する動物や菌類も含めて、ほとんどの生命活動に必要なものといえる。このうち窒素は大気中に大量にあるものの、植物が直接利用することはできない。

実は、土壌中や海水中には、化合物の形となって多くの窒素が存在しており、それを植物は根から吸収しているのである。その土壌や海水中の窒素化合物というのは、生命がない頃には、激しい雷の放電現象によって形成されたのではないかとされている。このことは、近年でも雷が多いと作物が良くできるという伝承などから、鳥根の高校生が放電実験をした後に、成分を調べたところ酸化窒素が増加し、水耕栽培のカイワレ大根がほかのものよりよく育ったことを示して話題になったことからわかる。

このように、大気中の頑固な窒素でも強力な雷のエネルギーによって、植物が吸収可能な窒素化合物に変化することは想像できるが、世界中で起こっている雷の発生頻度から考えると、植物が十分に育つ量が確保できるとは思えない。

実は、植物は空気中や水に溶けた窒素を利用できないが、微生物は窒素を固定し、植物が利用できる形にできるものがある。その代表的なものが窒素固定菌でマメ科の植物に共生する根粒菌などは有名であり、そのおかげで、多くの植物は窒素を得ることができるのである。

## 5. 酸素と生命

酸素がないことには、我々は10分と生きられない。地上のみならず、水中の生き物にしる、酸素を呼吸し、二酸化炭素を排出して活動している。

しかし、この酸素が実は、太古の地球の大気には、 $O_2$ の形ではほとんどなかったのではないかとされている。それが、いまから30億年ほど前から、急に増え始め、時代とともに酸素分圧は上昇を続けているのである（図-1）。

これは、決して地球内部から酸素が噴き出したわけではなく、光合成を行うシアノバクテリアが現れ、その後、緑色植物が大繁栄した結果と言われている。

つまり、最初に現れた、生命は酸素を利用しようとしてもなかったわけであり、おそらく他の化学物質を呼吸の材料としていたのであろう。それら、酸素を呼吸に使わない、いわゆる嫌気性生物は、現在も地中や海中の深いところ、温泉、熱水鉱床などに生息し、化学合成によって、有機物を合成して生活している。

しかし、シアノバクテリアという光合成を武器とした微生物の出現により、地球環境は激変し、酸素という非常に活発な分子が満ち溢れる状態になった。そのため、多くの生命が酸素を利用する形に進化し、オゾン層ができて紫外線が減ったこともあって、最終的には、厳しい環境である地上にまで進出したわけである。

## 6. 生命を構成する無機物

われわれの宇宙がビッグバンにより誕生した当時は、水素しかなかったといわれている。それが

次第に集まって、恒星となり、自らの圧力により核融合が起こり、水素が4つ融合してヘリウムとなり、さらに酸素や炭素ができていった。しかし、鉄よりも重い元素は、恒星ではできない。

表-1, 2をご覧になってわかる通り、確かに生命を構成する元素のほとんどは太陽でできるが、生命にとってある意味最も重要な元素であるリン(P)は、太陽では作られないのである。また、ごく微量とはいえ、非常にたくさんの重い元素が生命には欠かせないこともわかっている。

それでは、太陽では作ることができない鉄より重い元素はどうやってできたのかといえば、それは、超新星爆発という宇宙での現象である。超新星というのは、太陽よりはるかに巨大な恒星や白色矮星が起こす大爆発のことで、この時の巨大なエネルギーと圧力により、より重い元素が核融合により形成されるのである。

つまり、我々生命体は、実は超新星爆発のかけらによってできていると言っても良いのである。このことを著名な天文学者で作家でもあったカール・セーガンは、「我々は、本当の意味で星の子なのだ」と評している。

## 7. 大気中になく重要な材料P

実は、生命の材料としては、大気中には存在しない重要な元素がある。それがリン(P)である(表-2)。そう、肥料の3要素の一つでもある。

リンは、生命の重要な要素としてDNAなどの遺伝物質や細胞の膜などを構成するリン脂質、全体のエネルギーを司るATPなどの材料となる。これは、気体成分になることはないため、基本的に大気中には存在しない。

それでも、鉱物の中にはかなりの量のリンが存在しており、風化現象によって、リン酸化合物などとなり、植物が利用できるようになる。ただし、窒素は大気中にいくらでもあるため、窒素固定をする微生物などによって利用可能となるが、リンは水に溶けて海に流れるとやがて海底に沈んで堆

積してしまい、次第に地表や海面付近からリンがなくなっていくのである。そのため、現在の地球は慢性的なリン不足の状態といっても良く、広大な海洋の中でも、リンなどのミネラル分が豊富な場所のみが生産力が高く多くの生物が生息し、よい漁場となっているのである。

その代表的な場所が、南米のチリ沖である。この場所は、昔からカタクチイワシが大量に発生しそれを求めて大きな魚も集まり有数の漁場となっているが、その原因が、この場所で深層流が海の底から湧き出していることにあると言われている。

チリ沖の深層流のわきだしは、実は、大西洋の北部、グリーンランド近くから始まっている長大な深層流の末端なのである。

すでに述べたように、海水は温度が4度近くになると最も重くなるため、グリーンランド付近では、海水が海底に向かって潜り込むという現象が起き、それが海底を流れて長大な旅をし、1000年くらいかかって、太平洋のチリ沖に達するのである(図-2)。

そしてこの付近であたためられて、上昇し、海底に溜まっているリンをはじめとするミネラル分を海面近くに運んでくるのである。そして、熱帯の日差しを浴びて、多くの植物プランクトンが発生し、そのあとは食物連鎖により、膨大な量の魚

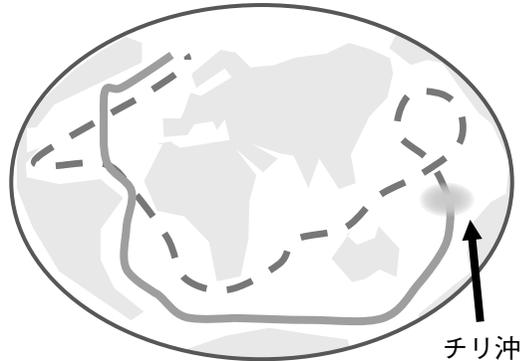


図-3 地球の深層流の一部(実線が深層流、点線が表層流)

たちが育っているというわけである。

さらに、このチリ沖のイワシなどを食べた海鳥が陸に巣やねぐらを作る際に大量の糞を落としました。これがそれこそ長大な年月を経て、グアノと呼ばれるリンに富んだ鉱物となり、肥料や化学原料として盛んに採掘された。現在は、主要な産地では掘り尽くされており、火山や海生のリン鉱石だけとなりつつある。

リンは、生物には欠かせない元素であり、地球全体では膨大な量があるものの、我々人類が有効に利用できる形でのリンは、現在非常に限られてきている。

(つづく)

## ツキノワグマによるスギ剥皮害防除のための 獣害忌避剤 (KW-11) 塗布試験

古澤 優佳\*

### I. はじめに

ツキノワグマ (*Ursus thibetanus*) (以下、クマ) は本州、四国の落葉広葉樹林を中心に生息する<sup>1)</sup>、植物質を中心とした雑食性の大型哺乳動物である<sup>2, 3)</sup>。クマは、スギ (*Cryptomeria japonica*)、ヒノキ (*Chamaecyparis obtusa*)、カラマツ (*Larix kaempferi*) といった針葉樹を中心とする樹木の樹皮を剥皮し、形成層部をかじり取ることが知られている (以下、クマハギ) (写真1)<sup>1, 4)</sup>。被害木は、光合成で作った栄養を木にいきわたらせるための篩部が破壊されるため、成長が悪くなる、あるいは止まるなどの影響を受けるほか、全周の70%以上を剥皮された木は枯死に至る<sup>5)</sup>。クマハギは、林木の胸高直径が15cm程度に達する頃から被害の対象となるが<sup>4)</sup>、比較的成長の良い木が被害にあう傾向がみられ、直径20cm以上、あるいは、20年生～30年生の成長の良い木が被害にあいやすいという傾向が報告されている<sup>6)</sup>。このため、伐期間近の優良木に集中して発生することもあり、主伐期を迎えている林業の現場にとっては深刻な打撃を及ぼしている<sup>1)</sup>。また、枯損に至らない部分的な剥皮であっても、その周囲の組織が巻き込んでくるため収穫した材の木目に影響が生じる、あるいは、剥皮部分から腐朽菌が入ることで木材の品質を低下させるため<sup>1)</sup>、森林所有者の経営意欲を大幅に減少させるのが大きな問題である。

山形県もクマハギ被害が長期間に渡り発生している地域の1つであり、1964年からクマハギ被害

が報告されている<sup>7, 8)</sup>。斉藤 (1996) は、山形県内の8市町村40箇所以上、推定被害面積20ha以上でクマハギ被害が発生したことを報告している<sup>9)</sup>。その後、被害は拡大傾向にあり、2018年以降実施している全県的な被害調査では、2018年から2021年の推定被害材積が5000～9000m<sup>3</sup>にのぼっている (図1)。また、被害地域も拡大しており、2021年の調査では18市町村で被害が確認された (図2)。

野生動物による造林木の食害、剥皮害に対する防除方法は、防護柵や単木保護資材などによる物理的防除と、忌避剤の処理などによる化学的防除に大別され、それぞれメリットデメリットがある



写真1 スギのクマハギ被害

\* 山形県森林研究研修センター FURUSAWA Yuka

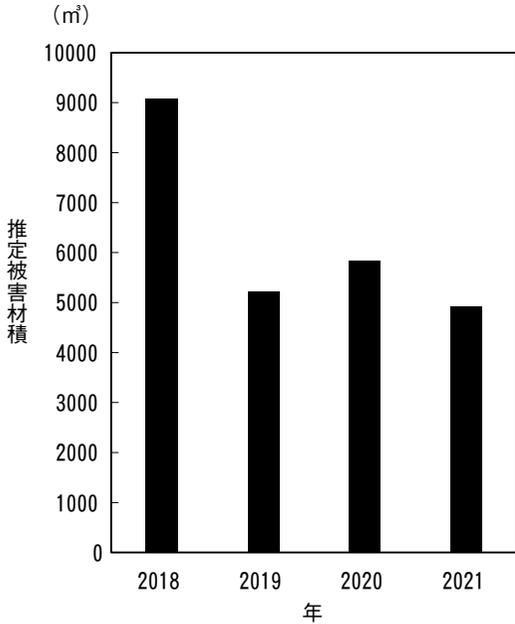


図1 山形県における近年のクマハギ被害の推移

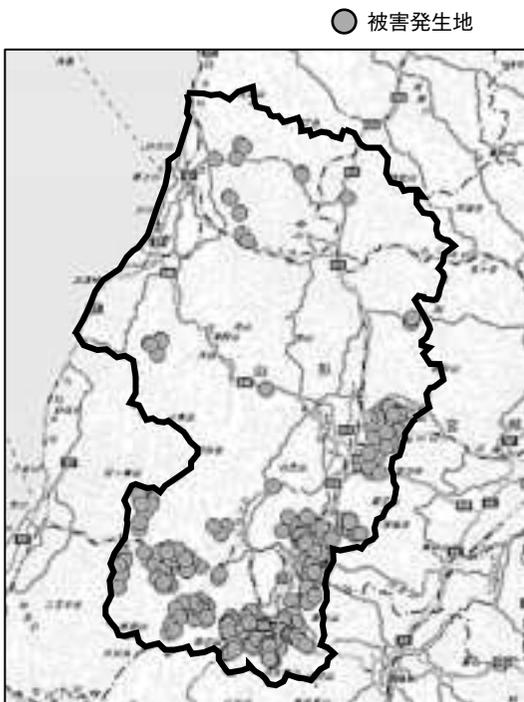


図2 山形県における2021年のクマハギ被害位置

とされる<sup>10)</sup>。クマハギについては、物理的防除として、荒縄巻き、テープ巻き(写真2)、枝打ち



写真2 テープ巻きによる防除実施状況

および保育間伐後の枝堆積物を集積する手法等、複数の方法が検討され<sup>11)</sup>、実際に森林所有者等が実施している。また、科学的防除として、忌避剤(チウラム剤)の効果が報告され<sup>11)</sup>、使用されてきたが、2018年4月に唯一の塗布剤であったヤシマレントが製造中止となり、現在使用できるのは散布剤のみとなっている<sup>10)</sup>。獣害忌避剤には、散布剤と塗布剤があるが、森林被害の防除については、水の運搬が困難な場合が多く、防除手法の選択肢として塗布剤開発の要望は多く聞かれる。

このため、本試験では、サンケイ化学株式会社が開発した害獣忌避剤 KW-11 (塗布剤) について、クマハギに対する忌避効果の有無を明らかにすることを目的とした。同薬剤のヒノキ成木におけるクマハギ試験については、柳澤(2020)において被害防止効果が報告されている<sup>10)</sup>。本試験は、山形県において造林樹種の大半を占めるスギを対象とした試験の結果を報告する。

## II. 獣害忌避剤による防除試験

### (1) 試験地

試験は、2019年に4林分、2020年に3林分で実施した。試験地の設定に当たっては、既往被害が確認されている林分から選定を行った。試験地の位置を図3に示す。2019年は山形県山形市、高島町、米沢市で(以下、山形試験地、高島A試験地、

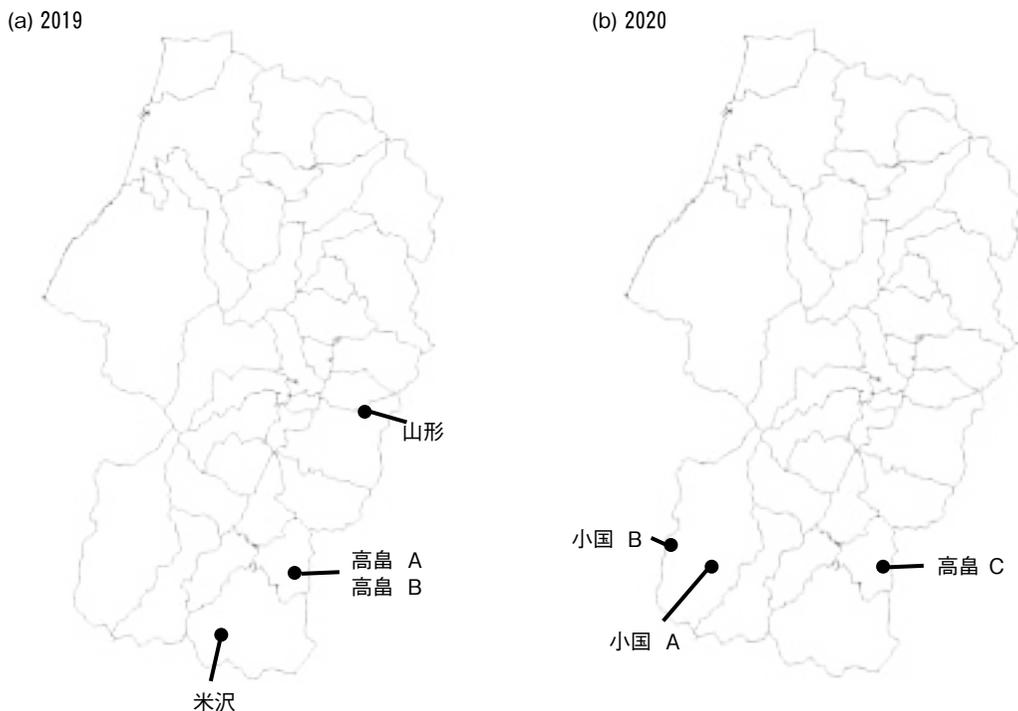


図3 試験地位置

表1 各試験地の林況

| 試験年  | 試験区名 | 林 齢<br>(年生) | 平均樹高<br>(m) | 平均胸高直径<br>(cm) | 斜面傾斜<br>(°) |
|------|------|-------------|-------------|----------------|-------------|
| 2019 | 山 形  | 41          | 22.4        | 32.7           | 15          |
|      | 高島 A | 60          | 22.6        | 42.0           | 5           |
|      | 高島 B | 48          | 20.8        | 29.7           | 15          |
|      | 米 沢  | 87          | 32.1        | 39.1           | 17          |
| 2020 | 高島 C | 51          | 18.5        | 32.0           | 10          |
|      | 小国 A | 41-61       | 16.8        | 31.6           | 15          |
|      | 小国 B | 52          | 26.5        | 35.5           | 5           |

高島 B 試験地、米沢試験地とする)、2020年は山形県高島町、小国町(高島 C 試験地、小国 A 試験地、小国 B 試験地とする)で試験を行った(図3)。それぞれの試験区の林況を表1に示す。各試験区の林齢は41~87年生であり、大半が主伐期を迎えている林分となっていた。平均樹高は約20~30m、平均胸高直径は約30~40cmであった(表1)。

## (2) 材料と方法

供試薬剤は、サンケイ化学株式会社が開発中のKW-11とした。KW-11は、有効成分として硫黄を3%含有するペースト製剤であり、普通物であることから、環境への負荷が小さいことが特徴である。

2019年実施試験における薬剤塗布日は、山形試験地が5月13日、高島 A および B 試験地が5月

10日、米沢試験地が5月16日であった。塗布実施当日の、各試験地の最も近い気象観測点における降水量は、山形市が0ミリ、高島町および米沢市が0.5ミリ未満であり、雨による塗布薬剤への影響はなかった。試験区はKW-11ペースト塗布区(以下、処理区)、無処理区とし、スギ植栽木10本を1処理区とし、2反復設定した。

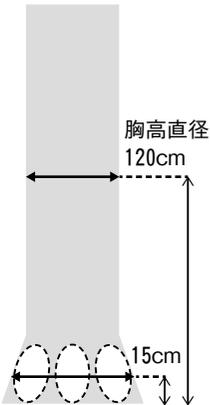


図4 薬剤塗布方法

2020年実施試験における薬剤塗布日は、高島C試験地が4月28日、小国AおよびB試験地が5月8日であった。塗布実施当日の、各試験地の最も近い気象観測点における降水量は、全ての試験地で0.5ミリ未満であり塗布した薬剤は樹幹に定着したと判断された。試験区は、2019年同様に処理区、無処理区とし、スギ植栽木10本を1処理区としたが、2020年は3反復設定した。

薬剤の塗布方法は、2019年、2020年とも同様であり、塗布高は地上高約15cmとし、手塗により幹の全周に点状に塗布した(図4)。塗布量は、胸高直径に応じた塗布量算出表を基準に(表2)、樹幹全周に均一塗布となるよう適宜処理量を変動させた。塗布点はポンプディスペンサー付ボトルからの1回の吐出量を1点とした(表2)。クマハギ被害においては、クマが、同一の樹木を複数年に渡り剥皮位置を変えて加害するがよくみられる(写真3)。このため、既往被害木につい

表2 塗布量算出表

| 胸高直径<br>(cm) | 塗布量<br>(g) | プッシュ回数<br>(回)* | 胸高直径<br>(cm) | 塗布量<br>(g) | プッシュ<br>回数(回)* | 胸高直径<br>(cm) | 塗布量<br>(g) | プッシュ<br>回数(回)* |
|--------------|------------|----------------|--------------|------------|----------------|--------------|------------|----------------|
| 20           | 19.0       | 5              | 40           | 41.80      | 11             | 60           | 60.80      | 16             |
| 21           | 22.8       | 6              | 41           | 41.80      | 11             | 61           | 60.80      | 16             |
| 22           | 22.8       | 6              | 42           | 41.80      | 11             | 62           | 60.80      | 16             |
| 23           | 22.8       | 6              | 43           | 41.80      | 11             | 63           | 64.60      | 17             |
| 24           | 22.8       | 6              | 44           | 45.60      | 12             | 64           | 64.60      | 17             |
| 25           | 26.6       | 7              | 45           | 45.60      | 12             | 65           | 64.60      | 17             |
| 26           | 26.6       | 7              | 46           | 45.60      | 12             | 66           | 68.40      | 18             |
| 27           | 26.6       | 7              | 47           | 49.40      | 13             | 67           | 68.40      | 18             |
| 28           | 26.6       | 7              | 48           | 49.40      | 13             | 68           | 68.40      | 18             |
| 29           | 30.4       | 8              | 49           | 49.40      | 13             | 69           | 68.40      | 18             |
| 30           | 30.4       | 8              | 50           | 49.40      | 13             | 70           | 72.20      | 19             |
| 31           | 30.4       | 8              | 51           | 53.20      | 14             |              |            |                |
| 32           | 34.2       | 9              | 52           | 53.20      | 14             |              |            |                |
| 33           | 34.2       | 9              | 53           | 53.20      | 14             |              |            |                |
| 34           | 34.2       | 9              | 54           | 53.20      | 14             |              |            |                |
| 35           | 34.2       | 9              | 55           | 57.00      | 15             |              |            |                |
| 36           | 38.0       | 10             | 56           | 57.00      | 15             |              |            |                |
| 37           | 38.0       | 10             | 57           | 57.00      | 15             |              |            |                |
| 38           | 38.0       | 10             | 58           | 57.00      | 15             |              |            |                |
| 39           | 38.0       | 10             | 59           | 60.80      | 16             |              |            |                |

\*使用容器の吐出量が3.8gのため、塗布予定量を3.8で除してプッシュ回数を算出

でも、全周被害を受けているもの以外は塗布の対象に含め、既被害部位は剥皮された幹に直接塗布した。未被害木は樹皮に塗布を実施している。また、2019年試験においては、塗布量算出表と実際の塗布量を比較検討するため塗布点数を記録した。さらに、塗布の工期を調査するため、塗布時間の計測を行った。



写真3 複数年に渡り加害された樹木  
(左は当年, 右は過年)

効果調査は、山形試験地が2019年8月2日、高島AおよびB試験地、米沢試験地が同年8月1日、高島C試験地が2020年8月11日、小国AおよびB試験地が同年8月3日であった。これらの調査日は、山形県におけるクマハギ発生期間が5月～7月とされており、8月上旬以降がクマハギ発生終了時期であるとの判断に基づき決定された。塗布薬剤の効果調査は、処理区および無処理区における被害発生の有無とし、得られた結果は、Fisherの直接確率検定により処理区間の有意差を確認した。統計処理には、Excel統計バージョン3.21 (SSRI) を使用した。また、被害発生部位についても併せて調査を行った。

### (3) 結果と考察

はじめに、処理区および無処理区における被害発生結果を図5に示す。2019年実施試験については、全ての試験地において処理区は無被害であった。一方、無処理区は全試験地で被害が発生した。

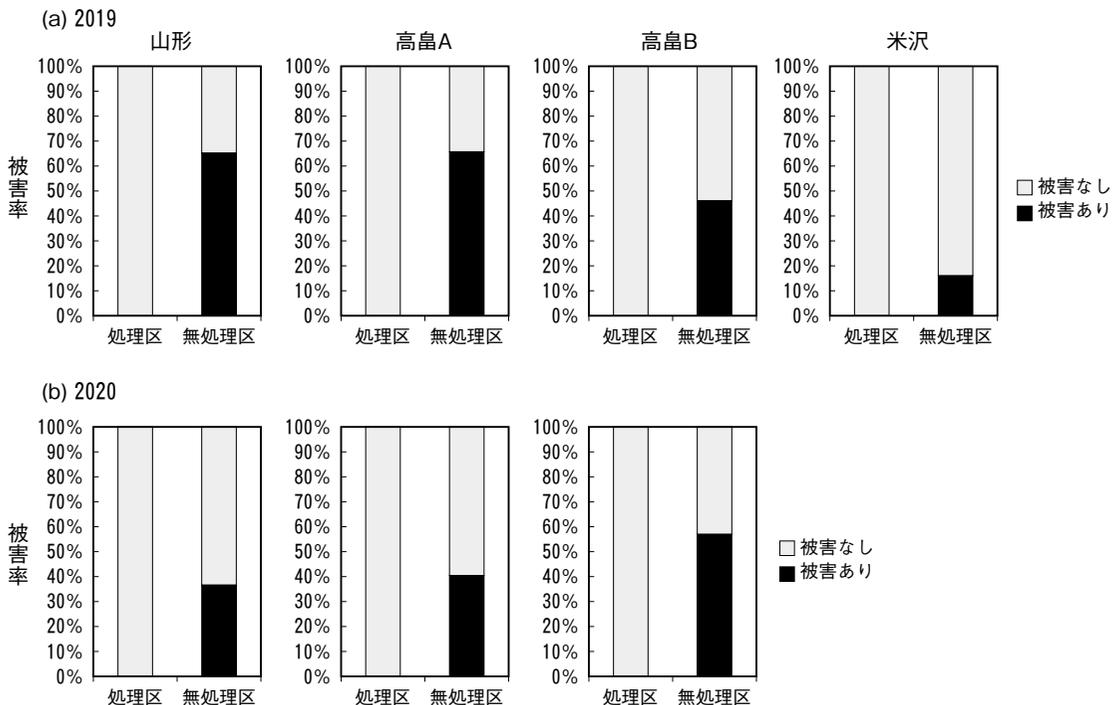


図5 試験地ごとの処理区, 無処理区の被害率

山形試験地は、無処理区20本中13本に被害が発生し、被害率は65%であった(図5(a))。Fisherの直接確率検定の結果、1%有意水準で有意差が認められた( $P = 0.00001$ )。高島A試験地では無処理区20本中13本に被害が発生した。被害率は65%で(図5(a))、Fisherの直接確率検定において1%有意水準で有意差が認められた( $P = 0.00001$  ( $P < 0.001$ ))。高島B試験地は、無処理区20本中9本に被害が発生し、被害率は45%であった(図5(a))。山形、高島A試験地同様に、Fisherの直接確率検定において1%有意水準で有意差が認められた( $P = 0.00061$ )。米沢試験地では、無処理区20本中3本に被害が発生したが、被害率は15%と他の試験地より低かった(図5(a))。Fisherの直接確率検定の結果、米沢試験地は処理区と無処理区の有意差は認められなかった。

以上より、2019年実施試験においては、4試験区中3試験区で有意差が認められたこと、また、有意差は認められなかったものの1試験区では処理区に被害がなく、無処理区で被害が発生したことから、KW-11の塗布はクマハギに対し忌避効果があると考えられた。また、対照区の中で塗布区からもっとも近い被害木までの距離をみると、山形試験地が63.4m、高島A試験地が14.4m、高島B試験地が3m、米沢試験地が3.3m、であった。山形試験地は、処理区と無処理区が作業道により隔てられているため距離が長くなっているが、その他3地域をみると3~15mと近距離で被害が発生した。これらから、薬剤塗布の効果は施行した1本に限られ、施行の際は対象木全てへの塗布が必要であることが示唆された。

2020年実施試験についても、2019年実施試験同様に、3試験地いずれにおいても処理区の30本は未被害であった(図5(b))。無処理区30本についてみると、高島C試験地では36.7%にあたる11本、小国A試験地では40.0%にあたる12本、小国B試験地では56.7%にあたる17本で被害が発生

した(図5(b))。Fisherの直接確率検定を行った結果、いずれも1%有意水準で有意差が認められた。以上より、2020年試験においても、KW-11ペーストはクマハギ忌避効果があると考えられた。

次に、被害木の剥皮部位を調査した結果を図6に示す。山側被害は全ての試験地で確認された。特に、米沢試験地は全て山側で被害が発生しており、山形試験地においても約70%と山側の被害割合が高かった(図6)。過去の報告において、クマハギは斜面上部からの剥皮が多いとされ<sup>4)</sup>、本調査においても同様の傾向がみられたと考えられる。一方、高島A試験地では約65%が横側の被害、高島B試験地では横側被害が約40%、谷川被害が20%程度発生した(図6)。さらに、山形試験地、高島A試験地ではそれぞれ約30%、20%の全周被害が確認されており(図6)、4試験地を総合的にみると、山側、横側、谷側と立木全ての方向で被害が発生していた。羽澄(2003)は、斜面上部からだけでなく、下部からの事例もあることを報告している<sup>4)</sup>。また、福田・斉藤(2007)は、クマは急傾斜地では身体を安定化するため山側を好み、緩傾斜地ではアクセスできるため全周を剥皮すると考察している<sup>12)</sup>。本試験において山側以外の被害率が高かった試験地では、傾斜が小さい等の地形的要因が剥皮位置に影響したと推測された。また、個体による嗜好性がある

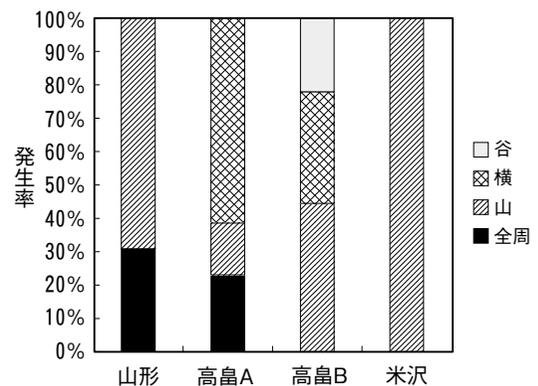


図6 試験地ごとの剥皮部位

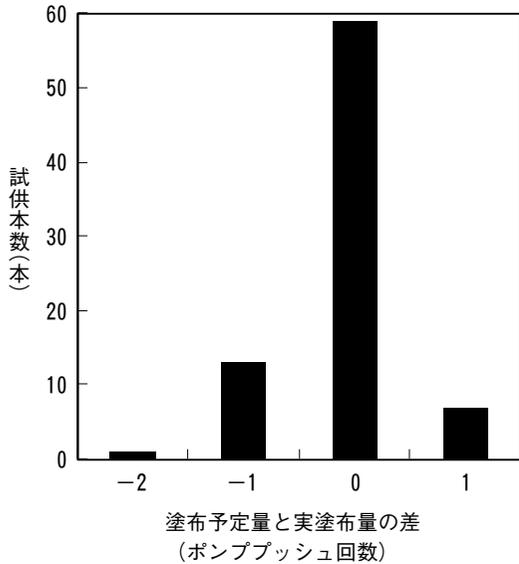


図7 塗布予定量と実塗布量の差

可能性も考えられ、本薬剤を塗布する際には、全方向への塗布が必要であることが示唆された。

最後に、胸高直径に基づく塗布量算出表と実際の塗布量の比較結果、功程調査の結果を図7、表3に示す。塗布量算出表と実際の塗布量を比較した結果、約70%が算出表と同数の塗布点となった(図7)。塗布点が算出表と異なったものは、2塗布点少なかった供試木が1本、1塗布点少なかったものが13本、1塗布点多かったものが7本で(図7)、実際の使用において総薬剤使用量に影響が出るほど塗布点が大きく増減した事例はなかった。本薬剤の仕様は地上高約15cmへの塗布は想定されており、根張り部分への施行となる。算出表は胸高直径を基準に作成されているため、樹形によって塗布点が増減が発生したと考えられた。また、塗布点1点あたりにかかる施工時間は、平均5.33秒であった(表3)。このため、立木1本あたりの塗布時間は、「6秒×胸高直径に応じた算出表の塗布点数」により算出が可能である。1林分当たりの歩掛りの設定では、上述した計算式による塗布時間、斜面傾斜、立木密度から想定される移動距離等を考慮する必要があると考えられた。

表3 塗布の功程

| 胸高直径 (cm) | 塗布点 (箇所) | 塗布時間 (秒) |
|-----------|----------|----------|
| 21.7      | 6        | 25       |
| 21.8      | 6        | 34       |
| 22.7      | 5        | 25       |
| 22.9      | 6        | 34       |
| 24.4      | 7        | 31       |
| 25.8      | 7        | 37       |
| 26.8      | 7        | 30       |
| 27.4      | 7        | 37       |
| 28.3      | 7        | 29       |
| 29.0      | 8        | 44       |
| 29.0      | 8        | 41       |
| 29.2      | 8        | 45       |
| 29.9      | 8        | 41       |
| 30.3      | 8        | 37       |
| 30.5      | 9        | 44       |
| 30.6      | 8        | 39       |
| 30.9      | 8        | 48       |
| 31.1      | 8        | 44       |
| 31.2      | 8        | 42       |
| 32.6      | 9        | 50       |
| 33.6      | 9        | 43       |
| 34.5      | 9        | 47       |
| 35.2      | 9        | 43       |
| 35.6      | 10       | 48       |
| 35.8      | 9        | 54       |
| 40.9      | 11       | 54       |
| 45.8      | 12       | 72       |
| 53.1      | 14       | 111      |
| 54.5      | 13       | 72       |
| 計         | 244      | 1301     |
| 平均        |          | 5.33     |

### Ⅲ. 今後の課題とまとめ

本試験では、塗布薬剤 KW-11はクマハギに対し忌避効果が認められること、また、施工時の塗布方向や塗布量の留意点、塗布時の歩掛り算出の参考となる功程が示された。しかし、これら試験や林業従事者等による試験的塗布の中で、大きく2つの課題が挙げられている。

1点目は、薬剤の効果持続期間についてである。本試験実施時点では、塗布は年1回必要とされている。枝葉の食害を防止するための新規植栽

苗木に対する薬剤塗布は、樹高成長に伴い複数年で塗布の必要がなくなるため、年1回の塗布であっても実施者の意欲が継続する可能性が高い。一方、樹幹の剥皮であるクマハギは、育林期間の長期に渡り対策が必要となる。供試薬剤は忌避効果が高いと考えられ、防除に有効である可能性は高いものの、毎年同様の施工が必要である点は課題であり、森林所有者等がさらに取り組みやすいよう、効果持続期間がより長くなることが望ましいと考えられる。

2点目は、塗布高についてである。本試験では、地上高約15cmに塗布を行った。これは、供試薬剤は有効成分を硫黄(3%)とし、臭いにより獣類を忌避することを目的としており、クマが臭いを認識しやすい高さに塗布するためである。今回の塗布高は目的に合致しており、効果も確認されたが、より効率よく多くの立木に施工するため、現在の地上高約15cmより高い位置への塗布で効果が得られると望ましいとの意見が作業員から多く聞かれた。これら2点の課題については、農薬登録、実用化が進む段階において可能な限り検討を進めていくべきであると考えられた。

また、供試薬剤の実用化が今後進んでいくことが推測されるが、長期にわたる育林期間のどのタイミングで、どのような規模で施工していくかという、効果的、効率的に施工していくための防除計画の作成は、森林所有者、事業者が自ら検討していくこととなる。柳澤(2020)は、忌避剤は獣類の嗅覚や味覚に作用し、植物の嗜好性を下げる役割、あるいは常食の草本ではないと認識させるカモフラージュのような役割を持つと考えられるため、特性を理解した上で、適材適所、適期に用いることで有効な防除法となると指摘している<sup>10)</sup>。供試薬剤についても上述した特性を踏まえ、他の防除手法と組み合わせた育林期間を通じての体系化された防除手法の提示がなされ、普及されていくことが、広域的に防除を進めていくために必要であると考えられた。さらに、現在の防

除は、林分内で被害が発見されてから取り組むため手遅れになる林分が多くみられる。予防的な防除に取り組む事例は稀であることから、著者らは、周辺の被害発生状況を基にしたクマハギ発生予測と、予測に基づく予防的防除の可能性について現在検討を進めており、改めて結果を報告する予定である。

## 謝 辞

本試験の実施にあたり、試験地をご提供いただきました森林所有者の皆様はこの場をお借りし御礼申し上げます。また、試験実施に御協力いただきました、廣田智美氏、猪野正明氏、千葉翔氏、高内将文氏、中村人史氏、齊藤正一氏に心より感謝申し上げます。

## 引用文献

- 1) 大井徹(2020) ツキノワグマによる樹木への被害と対策. 樹木医学研究24(2): 134-141
- 2) 小池伸介(2011) 食性と生息環境. (日本のクマーヒグマとツキノワグマの生物学. 坪田敏男・山崎晃司編, 財団法人東京大学出版会) 155-181
- 3) 橋本幸彦・高槻成紀(1997) ツキノワグマの食性. 哺乳類科学37(1): 1-19
- 4) 羽澄俊裕(2003) 林業の未来とツキノワグマの被害. 森林科学39: 4-12
- 5) 渡辺弘之・小見山章(1976) ツキノワグマの保護と森林への被害防除(Ⅱ). 京都大学農学部演習林報告48: 1-8
- 6) Yamada A, Masahiro F(2010) Features of planted cypress trees vulnerable to damage by Japanese black bears. *Ursus* 21(1): 72-80.
- 7) 今野敏雄(1969) スギ林分におけるクマの被害について. 森林防疫18(10): 192-195
- 8) 大津正英(1991) ツキノワグマによる林木等の被害. 日林東北支誌43: 157-158
- 9) 斎藤正一(1996) 山形県におけるツキノワグマによるスギ剥皮被害発生林分の立地環境と薬剤・資材による防除の可能性. 林業と薬剤138: 1-9
- 10) 柳澤賢一(2020) 獣害忌避剤の最新情報と可能性. 林業と薬剤232: 9-16

- 11) 齊藤正一 (2000) ツキノワグマによるスギ剥皮害の防除技術. 山形県森林研究研修センター研究報告 28: 11-21
- 12) 福田夏子・齊藤馨 (2007) クマハギ木の剥皮部位と傾斜の関係. 第118回 日本森林学会大会発表データペー: 48

\* \* \* \* \*

【訂正】本誌 No.241 (9月号) の記述に誤りがありましたので訂正させていただきます。

13P左欄上から 6L (誤) 129.1千m<sup>3</sup> (正) 150.6千m<sup>3</sup>

禁 転 載

林業と薬剤 Forestry Chemicals (Ringyou to Yakuzai)

令和4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周辺作物に薬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<sup>®</sup>



樹木・花き類を  
ニホンジカの食害から守ります。

- 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



**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

◎ 保土谷アグロテック株式会社の登録商標です。

松枯れ予防  
樹幹注入剤

# マツケンジー<sup>®</sup>

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

《好評発売中!!》

## 改訂第4版 緑化木の病虫害 — 見分け方と防除薬剤 —

定価1350円（消費税込み，送料別）

一般社団法人林業薬剤協会 病虫害等防除薬剤調査普及研究会 編

- A5版ハンディタイプ，専門家から一般愛好家までのニーズに対応，使いやすさ抜群
- 緑化木の病虫害について網羅，その見分け方と防除方法，最新の使用可能薬剤を掲載
- 試験場等の専門家，樹木医，公園緑化担当者等からの要望に応え改訂刊行
- 発刊 平成27年10月1日
- 購入申し込みはFAXまたは電子メールで一般社団法人林業薬剤協会まで  
（詳細はHPをご覧ください。URL：<https://www.rinyakukyo.com/>）

FAX 03-3851-5332 (TEL 03-3851-5331)

E-mail：rinyakukyo@wing.ocn.ne.jp

マツノマダラカミキリの後食防止剤

# 殺虫剤 **モリエート**<sup>®</sup> 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  
東京 東京都千代田区鍛冶町2-9-12(神田徳力ビル) ☎03-3256-5561  
大阪 大阪府中央区道修町2-4-7 ☎06-6206-5531  
福岡 福岡市博多区奈良屋町1-4-18 ☎92-281-6650  
札幌 札幌市中央区大通西8-2-38(ストーク大通ビル) ☎011-261-9024  
仙台 仙台市青葉区大町1-1-8(第3青葉ビル) ☎022-222-2790  
名古屋 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<sup>®</sup>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<sup>®</sup>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<sup>®</sup>

【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<sup>®</sup>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

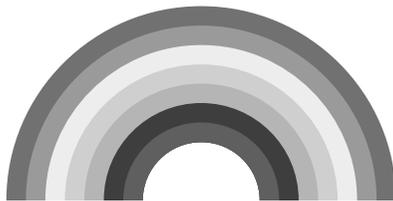
- ・ナラ枯れに対して高い予防効果
- ・2年間の残効
- ・微量の注入で省労力

- ・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 アグログループ



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<sup>\*</sup>  
「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<sup>®</sup>

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