

緑研 グリーンニュース No.90

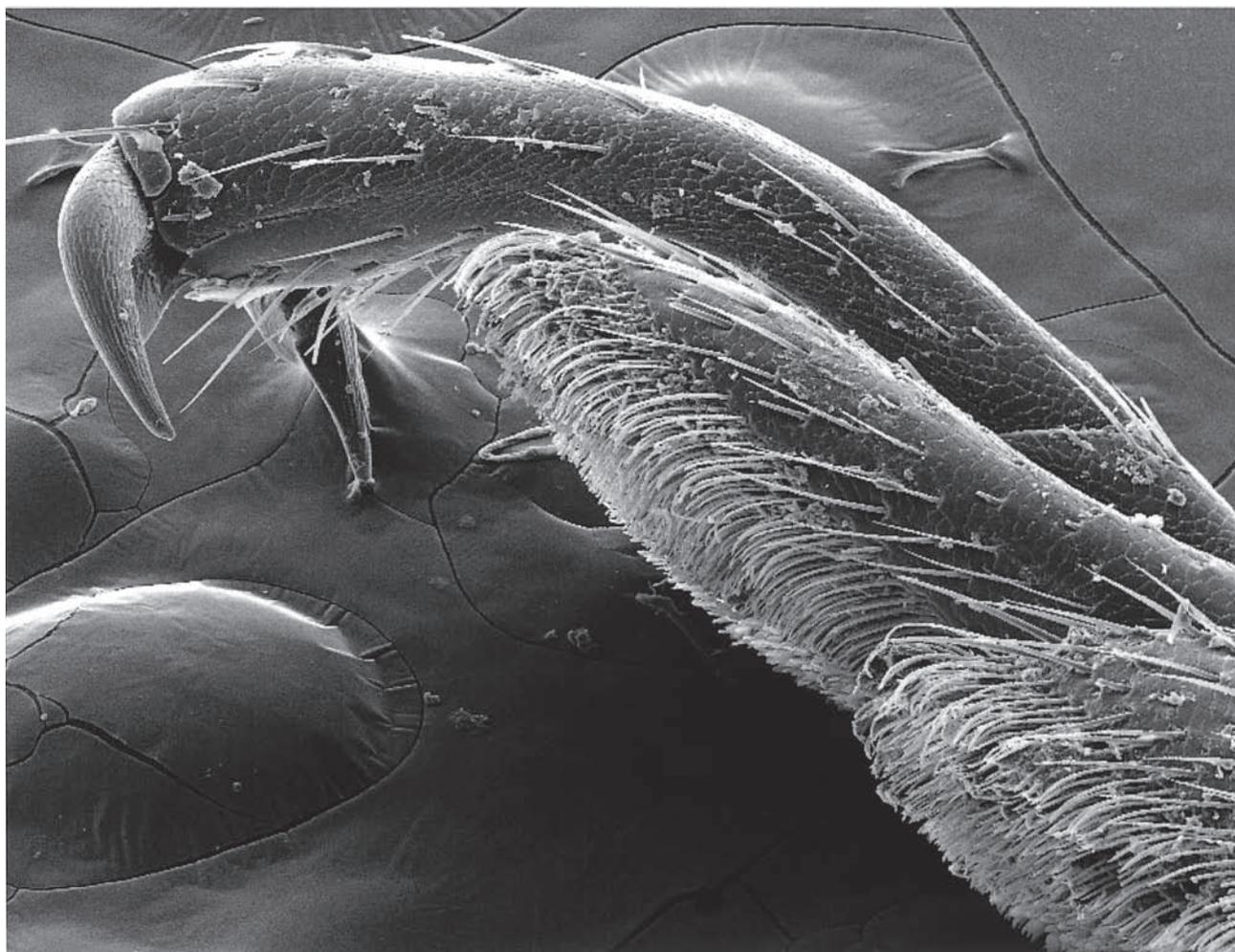
GREEN NEWS

平成 25 年 8 月 9 日

ISSN 0915-8812

発行者・株式会社 理研グリーン

発行人・菅谷 昌司



カメノコテントウの足の 走査電子顕微鏡写真

昆虫は空中を飛んで木の枝などに止まるとき、いとも自然に着地します。しかも人間であれば間違いなく落ちてしまうような枝の横や下側に着地することも珍しくありません。そこで、カメノコテントウの足を走査電子顕微鏡で観察してみました。足には、フォークの先端のような構造と、ヘアブラシのような構造の2種が観察されました。おそらく、テントウムシはアブラムシを食べるとき、足の先端をフォークのようにして口に運ぶのでしょう。もう一方のヘアブラシのような構造が、スムーズに着地するのに重要なはたらきをしていると思われます。カメノコテントウは石川県ふれあい昆虫館の石川卓弥さんから提供していただきました。

(石川県立大学 農学博士 古賀博則)

本号の誌面

| | |
|-------------------------------|--|
| 農と緑のための土と肥料のはなし(その14) ……1 | |
| ——リサイクルリン酸肥料のはなし(2)—— | |
| 現場における病害管理(38) ……8 | |
| ——地上病害はどのような時に発生するのか—— | |
| グリーン考現学(22) ……12 | |
| ——首都高速大橋ジャンクション「目黒天空庭園」—— | |
| 自然を問い直す(6) ……19 | |
| ——森に癒しを求め始めた人々—— | |
| 雑草学講座：雑草の素顔と付き合い方 ……25 | |
| ——その3—雑草はなぜ生える②：多年草の戦略(つづき)—— | |
| 芝蟲紳士録(その十七) ……30 | |

農と緑のための土と肥料のはなし(その 14)

リサイクルリン酸肥料 のはなし(2)

東京農業大学応用生物科学部 教授 後藤 逸男



1. バイオマス資源中に占める下水中のリン酸

家畜排せつ物や下水汚泥それに生ごみなど、かつては有機性廃棄物あるいは生物系廃棄物と呼ばれ「やっかいもの」の代名詞であった。しかし、現在ではバイオマス資源と呼ばれるようになり、とりわけ 2008 年の肥料価格高騰以降には肥料資源と注目されるようになった。表 1 は、1999 年に生物系廃棄物リサイクル研究会が推定したバイオマス資源の年間発生量とそれらの中の窒素・リン酸・カリの肥料三要素含有量である。窒素 132 万トン、リン酸 62 万トン、カリ 85 万トンは化学肥料の年間消費量をはるかに上回っている。

バイオマス資源中最も大量に発生する家畜排せつ物の大部分は堆肥として農業利用されているが、農家には、「家畜ふん堆肥は肥料ではなく土壌改良資材」として認識されやすいため肥料資源としては活用しづらい。ただし、最近では鶏糞焼灰が化成肥

表 1 生物系廃棄物の発生量および成分含有量
(万 t/年、推定)

| | 発生量 | 成分含有量 | | |
|--------------|--------|-------|------|------|
| | | 窒素 | リン酸 | カリ |
| わら類 | 1,172 | 6.9 | 2.4 | 11.7 |
| モミガラ | 232 | 1.4 | 0.5 | 1.2 |
| 家畜ふん尿 | 9,430 | 74.9 | 27.4 | 51.9 |
| 畜産物残さ | 167 | 8.4 | 11.9 | 6.2 |
| 樹皮 (バーク) | 95 | 0.5 | 0.1 | 0.3 |
| オガクズ | 50 | 0.1 | 0.0 | 0.1 |
| 木くず | 402 | 0.6 | 0.1 | 0.6 |
| 動植物性残さ | 248 | 1.0 | 0.4 | 0.4 |
| 食品産業汚泥 | 1,504 | 5.3 | 3.0 | 0.6 |
| 建設発生木材 | 632 | 1.0 | 0.2 | 0.9 |
| 生ごみ (家庭、事業系) | 2,028 | 8.0 | 3.0 | 3.2 |
| 木竹類 | 247 | 1.9 | 0.5 | 0.9 |
| 下水汚泥 | 8,550 | 8.9 | 9.2 | 0.6 |
| し尿 | 1,995 | 12.0 | 2.0 | 6.0 |
| 浄化槽汚泥 | 1,359 | 1.4 | 1.5 | 0.1 |
| 農業集落排水汚泥 | 32 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 合計 | 28,143 | 132.1 | 62.1 | 84.6 |

(生物系廃棄物リサイクル研究会 1999)

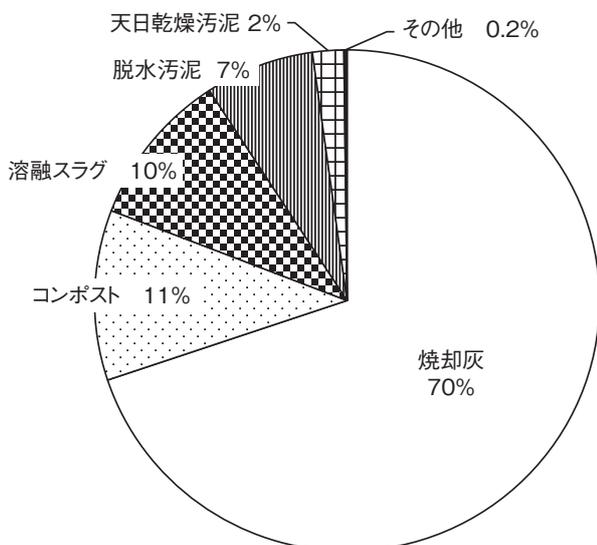


図 1 最終の汚泥形態別リン量 (2006 年)

料中のリン酸、カリ原料として有効利用されるようになった。

下水中のリン酸量は家畜排せつ物に比べて 1/3 程度の 9 万トンに過ぎないが、発生源が下水処理場であるためリサイクルしやすいリン酸である。これまで農業界や緑化業界では主に下水汚泥堆肥 (汚泥肥料) として農業利用してきたが、それらは下水汚泥発生量の 10% 程度に過ぎず、約 70% は焼却灰としてセメント原料あるいは埋立処分されている (図 1)。下水汚泥焼却灰中にはリン鉱石とほぼ同等の約 30% のリン酸が含まれている (図 2)。これらを再資源化しない手はないと思われるが、現状ではその多くがリン酸の混入が嫌われるセメント原料として使われている。その他の化学組成を両者で比較すると焼却灰中には土砂由来のケイ酸とアルミナが多

く、カルシウムはリン鉱石より少ない。また、リン鉱石中のリン酸は主にカルシウムと結合したカルシウムアパタイトとして存在しているのに対して、焼却灰ではリン酸アルミニウムを形成している。いずれもそのままではリン酸肥料として効きにくい形態となっているので、何らかの化学的処理を施す必要がある。

2. 下水からのリン酸回収技術

下水からリン酸を回収する技術のうちで、現在すでに実用化されている資材としてヒドロキシアパタイト (HAP)、リン酸マグネシウムアンモニウム (MAP)、リン酸カルシウムと汚泥炭、それにその他の実用化可能技術としては熔成汚泥灰複合肥料な

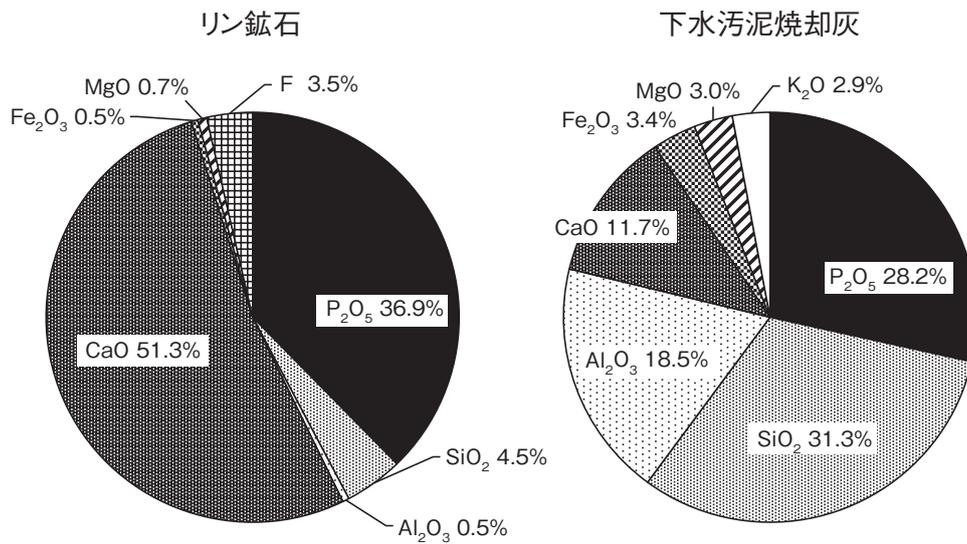


図2 リン鉱石と下水汚泥焼却灰の成分分析事例

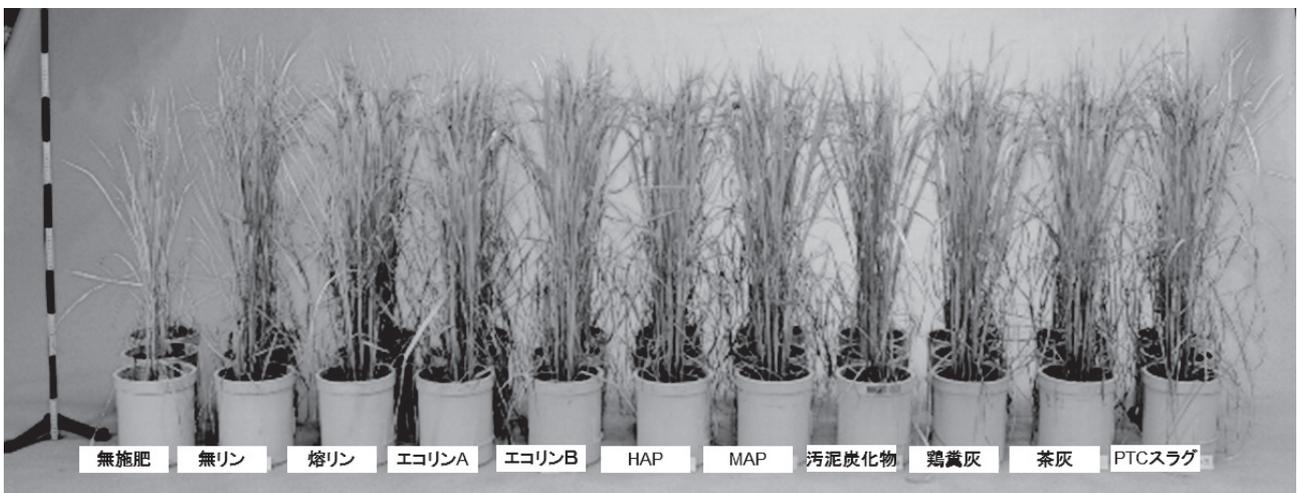
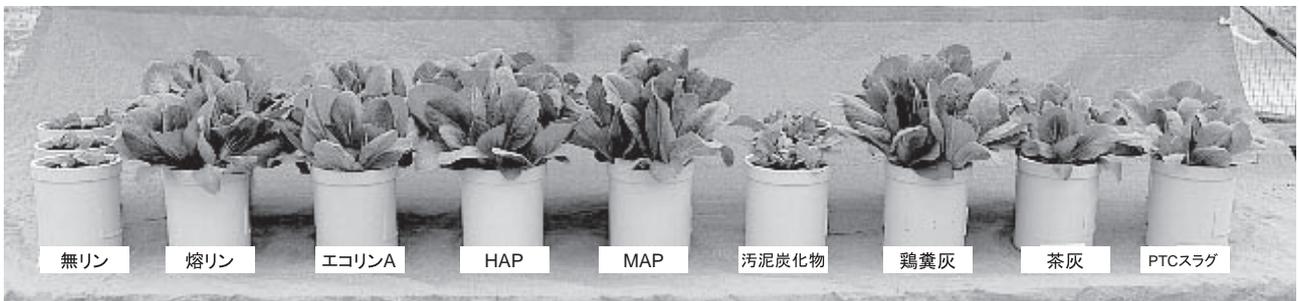


写真1 各種リサイクルリン酸資材のチンゲンサイ (上) および水稲 (下) に対する肥効

どがある。

それぞれのリン酸資材については、技術開発したメーカーや研究機関でリン酸肥料としての肥効試験が行われているが、各リン酸資材の肥効を横断的に比較した試験事例は少ない。そこで、筆者らは上記のリン酸資材を用いた野菜（チンゲンサイ）と水稻のポット栽培試験により各資材の肥効を比べてみた。この栽培試験では、ポット当たりの資材施用量を全リン酸（ P_2O_5 ）として1.0gに合わせ、窒素、カリなど必要な肥料は全て同条件とした。

チンゲンサイと水稻の生育状況を写真1、リン酸吸収量と水稻茎葉のケイ酸含有量を図3~5に示す。これらの試験結果と各資材のリン酸回収法、リン酸肥料としての特性をまとめると次のようになる。

(1) ヒドロキシアパタイト (HAP)

下水処理過程で発生する汚泥脱水ろ液や返流水などリン（P）濃度2~100mg/Lの排水に消石灰を添加して攪拌しながらpHを上げる過程で得られるカルシウムヒドロキシアパタイト [$Ca_{10}(OH)_2(PO_4)_6$] をHAPと略称している。排水中で晶析させた白色

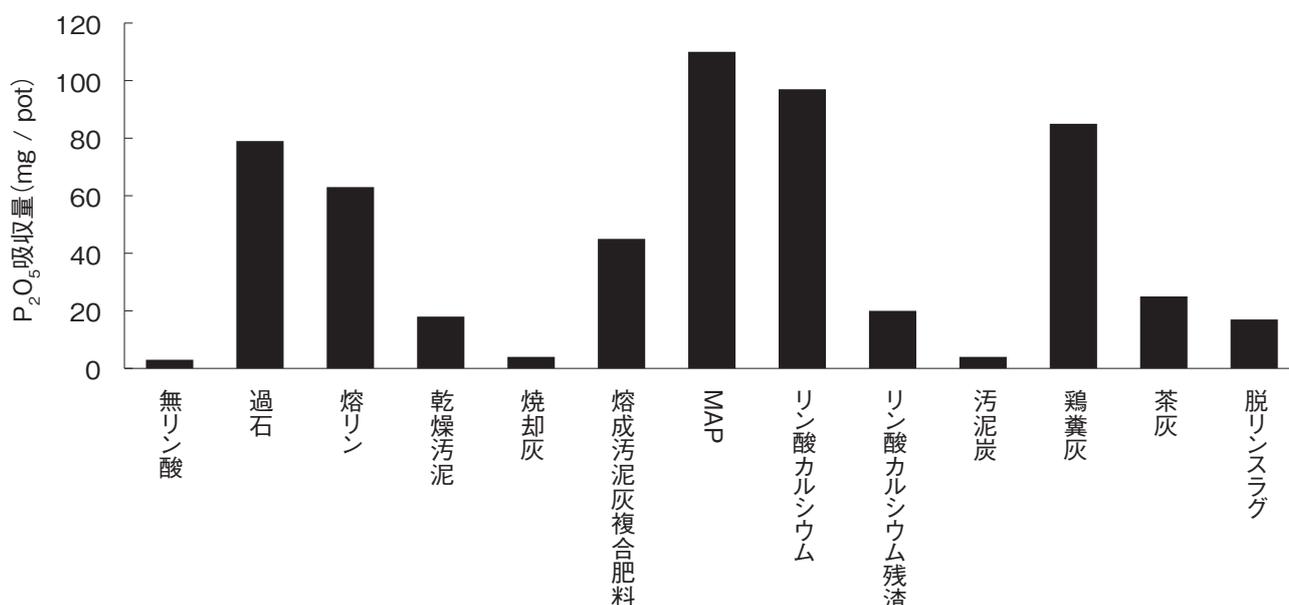


図3 ポット栽培試験におけるチンゲンサイのリン酸吸収量の比較

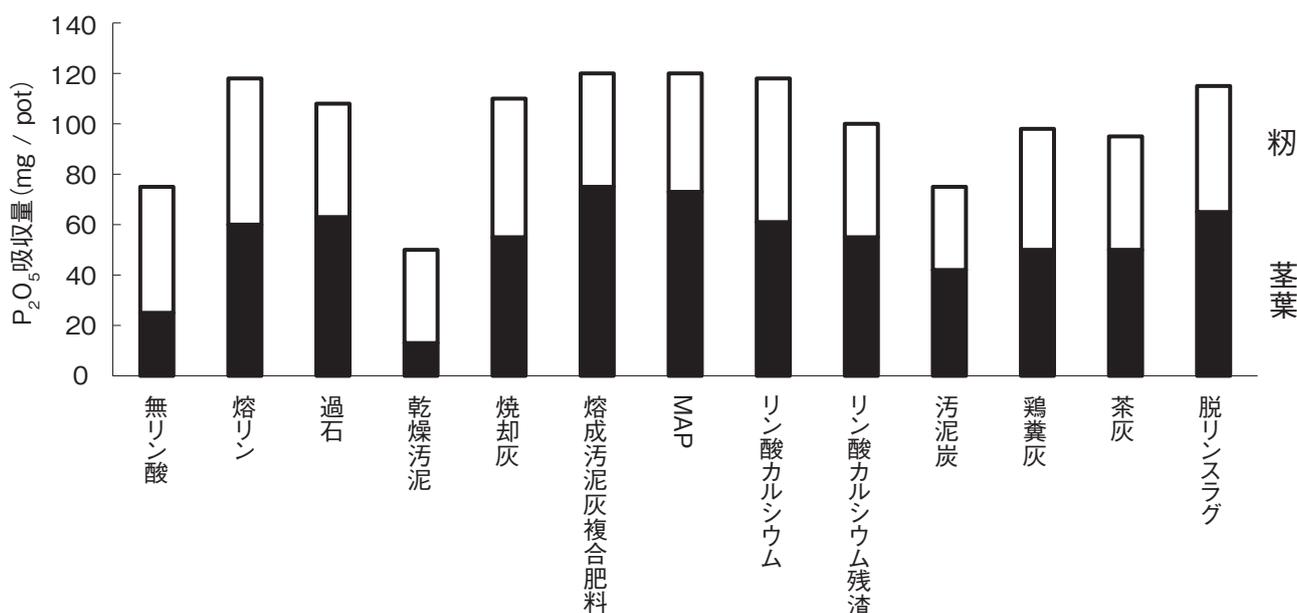


図4 ポット栽培試験における水稻のリン酸吸収量の比較

結晶性リン酸カルシウムであるため不純物を殆ど含まない。5mm以下の粒状で生産され、粒の大きさや分布は製造時の反応や攪拌条件により異なる。肥料取締法では副産リン酸肥料に属し、保証成分は可溶性リン酸15%以上で野菜・水稲共に既存の化学肥料と同等のリン酸肥効が期待できる。現在、岐阜県下呂市と福島県北塩原村の下水処理場でプラントが稼働中で、生産物は化成あるいは配合肥料の原料として利用されている。

(2) リン酸マグネシウムアンモニウム (MAP)

ヒドロキシアパタイトと同様下水処理場で汚泥を脱水する際に分離液や消化液などに含まれるリン酸イオンを共存するアンモニウムイオンと共にリン酸マグネシウムアンモニウム (MAP) として沈殿分離して得られるリン酸資材で、リン (P) 濃度 100~150mg/kg以上の排水で適用できる。島根県で実用化されている処理プラントでは、二重円筒中で排水をゆっくり循環させながら、そこに塩化マグネシウムを添加すると粒状のMAPが生成する。排水の循環速度を変えることにより生成する結晶の粒度を調整することができる。海浜に隣接する下水処理場であれば、マグネシウムイオン源として海水を使うことも可能で処理費の経費削減に役立つ。

MAPにはリン酸の他に窒素とマグネシウムが含まれるため、肥料取締法では化成肥料に指定されて

いる。上記のような処理工程で粒状物として生成するので、乾燥後の成型加工などを必要としない。水には不溶でリン酸は全て可溶性であるが土壌に施用されると徐々に水溶性のリン酸アンモニウムとリン酸マグネシウムに分解されるため三成分共に、その肥効は緩効的である。そのため、資材の粒径により肥効調節ができる¹⁾。

このように下水処理場で生産されるMAPの他に、最近では養豚場での排水からMAPを製造する技術²⁾も実用化されている。

(3) リン酸カルシウム

2010年5月現在で、岐阜市において唯一実用化されている灰アルカリ抽出法により下水汚泥焼却灰から回収されるリン酸資材である。その処理方法は図6のように下水汚泥焼却灰を4%程度の水酸化ナトリウム溶液で処理して、焼却灰からリン酸をリン酸イオンとして抽出する。そこに消石灰を添加し、リン酸をリン酸カルシウムとして析出させ分離する。溶液中の水酸化ナトリウムは循環させ再利用する。下水汚泥焼却灰中には下水汚泥中のカドミウムやヒ素などが濃縮されるのに対して、本法ではアルカリ抽出工程でそれらが溶出しないので、下水汚泥堆肥のような連用による有害元素の土壌蓄積の心配がない。

肥料取締法では、副産リン酸肥料と登録されてい

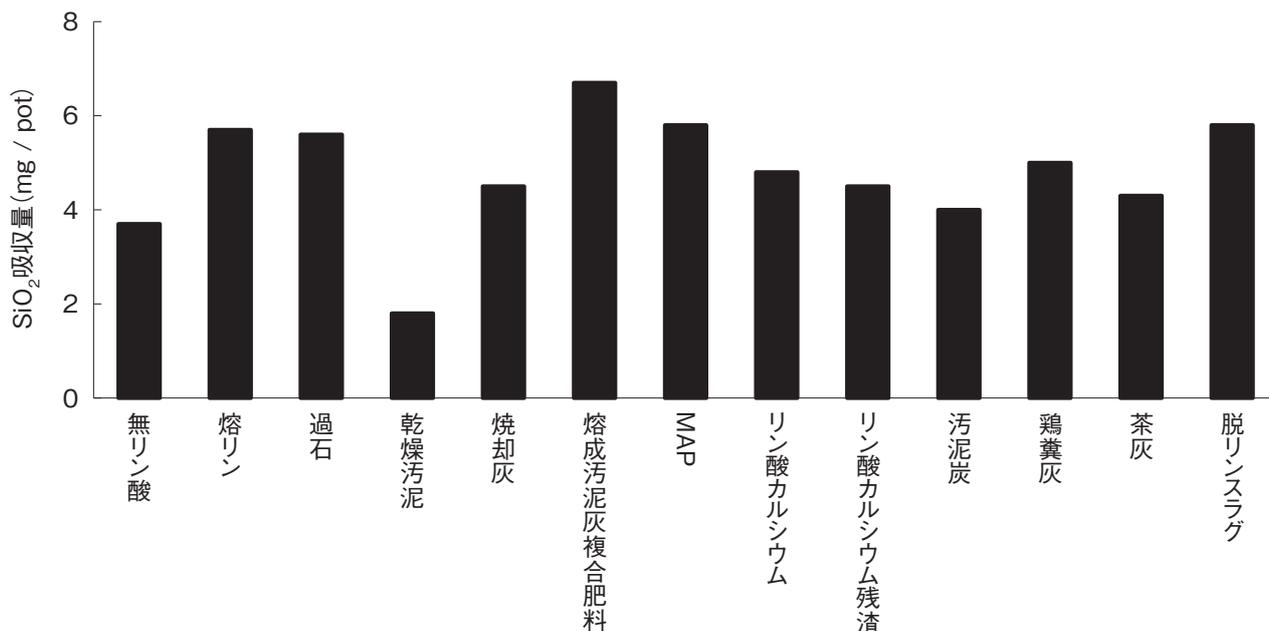


図5 ポット栽培試験における水稲のケイ酸吸収量の比較

る。MAPとは異なり、粉末状で生産されるので、化成肥料原料などとして利用しやすい回収リン酸資源である。

今後の課題は製造過程でリン酸カルシウムの生産量以上に副生する処理残渣の活用である。その中には15%程度のリン酸の他にカルシウムや下水焼却灰中のケイ酸など肥料として有効な成分が含まれる。筆者らの試験では、チンゲンサイでのリン酸吸収量はリン酸カルシウムの25%程度に過ぎなかったが、水稻ではほぼ同等の肥効を示した(図4、5)。処理残渣中のカドミウムやヒ素などを減らすことができれば、有望な農業資材として活用できる。

(4) 熔成汚泥灰複合肥料

化学的処理にリン酸を回収する上記の三資材と異なり、下水汚泥焼却灰にアルカリ分(CaOとMgO)を加えて、図7のような工程で電気抵抗式熔融炉内において1400℃で還元熔融し、水砕処理した非晶質資材である。本資材を製造する技術がプラントメーカーにより開発された当初、形状・性質共に熔成リン肥に類似するため「人工熔リン」あるいは「エコリン」とも呼ばれたが原料が異なること、

リン酸の肥効が熔成リン肥には若干劣ること、1~2%のカリウムを含有するなどの理由で、2004年に複合肥料の中に新規に肥料公定規格が設けられ、熔成汚泥灰複合肥料と命名された。

HAP、MAP、リン酸カルシウムに比べてリン酸含有量は低く、保証成分はク溶性リン酸12%以上とク溶性カリ1%以上である。その他としてケイ酸やマグネシウムなど原料由来の成分を含むことが本資材の特徴で、化学的に回収された資材とは根本的に相違する。また、熔融処理時に沸点の低い水銀、ヒ素、カドミウム、亜鉛は揮散し、ニッケル、クロムなどの沸点が高く、密度の大きな元素は密度差でほぼ除去されるため、従来から懸念され続けてきた下水汚泥中の有害成分による土壌蓄積問題が完全に解消されると共に、それらの成分を回収して再資源化できる³⁾。すなわち、下水汚泥焼却灰中の全ての成分を資源化できるすばらしい技術であるが、残念ながら2010年5月現在で実用化は果たされていない。その理由として、プラントを大規模化しないと建設費が他の技術より高額となること、1400℃に達する還元雰囲気高温を必要とすること、このところ

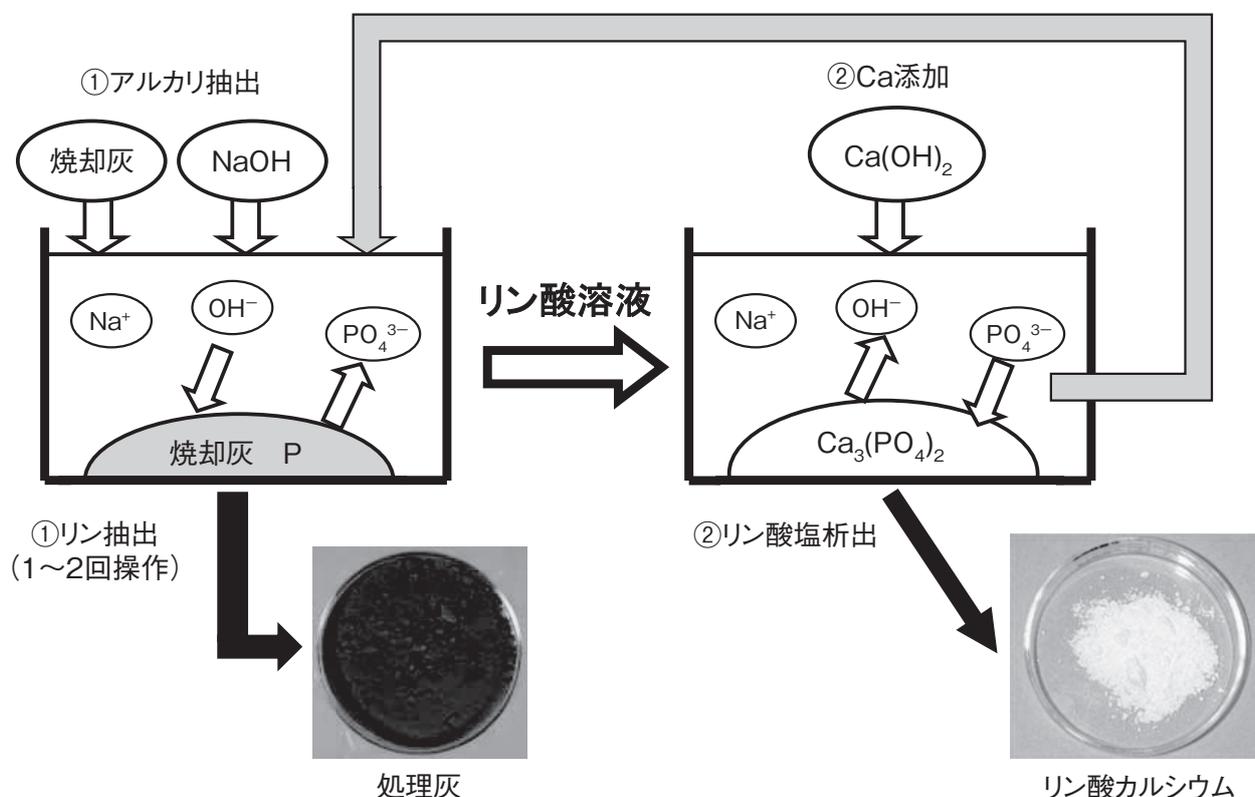


図6 灰アルカリ抽出法による処理工程(岐阜市)

熔成リン肥の需要（人気）が低下しているなどが上げられる。それらの課題を克服するには、既存の熔成リン肥メーカーがリン鉱石を下水汚泥焼却灰に替えてプラントを稼働させることが最も合理的と思われるが、現状の肥料業界にはそこまでのリン酸再資源化意識がないようである。

筆者らの栽培試験では、MAP やリン酸カルシウムのリン酸肥効とは大きく相違し、チンゲンサイでは、MAP・リン酸カルシウムが優った（図3）。一方、水稲では三資材共に、リン酸吸収量はほぼ同等であったが、ケイ酸吸収量では熔成汚泥灰複合肥料が優った（図4、5）。このような特性を持つ熔成汚泥灰複合肥料は芝用のリン酸肥料としてきわめて有望なりサイクルリン酸資材であると思われる。早期の実用化を期待したい。

なお、筆者らは熔成汚泥灰複合肥料の公定規格が新設された後に本資材の肥効に関する研究を開始したが、下水汚泥焼却灰の原料である下水の収集方式（汚水と雨水を合流させる合流式と別々に集水する分流型）により、製造された熔成汚泥灰複合肥料に著しい肥効の相違があり、たとえ保証成分のク溶性リン酸12%以上であってもリン酸肥効の認められない資材が存在した。ただしそのような資材では水稲に対するケイ酸の効果が顕著であった。また、熔

成汚泥灰複合肥料のリン酸肥効評価には現状のク溶性リン酸より可溶性リン酸量が適切である⁴⁾ことが明らかになった。

(5) 汚泥炭

上記の三資材に比べて低コストで製造できる資材として注目されている。現在実用化されている技術では、炭化温度により500℃程度で炭化する低温品と800℃程度の高温品にわけられる。低温品には8%程度のク溶性リン酸が含有され、リン酸が効きやすい反面、カドミウムが残存しやすい。逆に高温品のリン酸の肥効は低温品より劣るが、カドミウム含有量は減少するため、土壤物理性の改善を主目的とする緑化資材としての利用に向いている。なお、上記の栽培試験に用いた汚泥炭は高温品であり、リン酸の肥効は全く認められなかった。

下水汚泥の炭化処理には他のリン酸回収処理のような高額経費を要しないため、下水業界には都合のよい処理法と思われるが、バイオマス資源からリン酸を回収する観点からは合理的とはいえない。しかし、現実的には炭化処理がすでに実用化されていて、緑化業界ではリン酸資材としてではなく、保水性や透水性を改善する土壤改良資材として利用されている。また、最近では汚泥炭が火力発電所の燃料として利用され始めたようであるが、汚泥炭中のリン酸

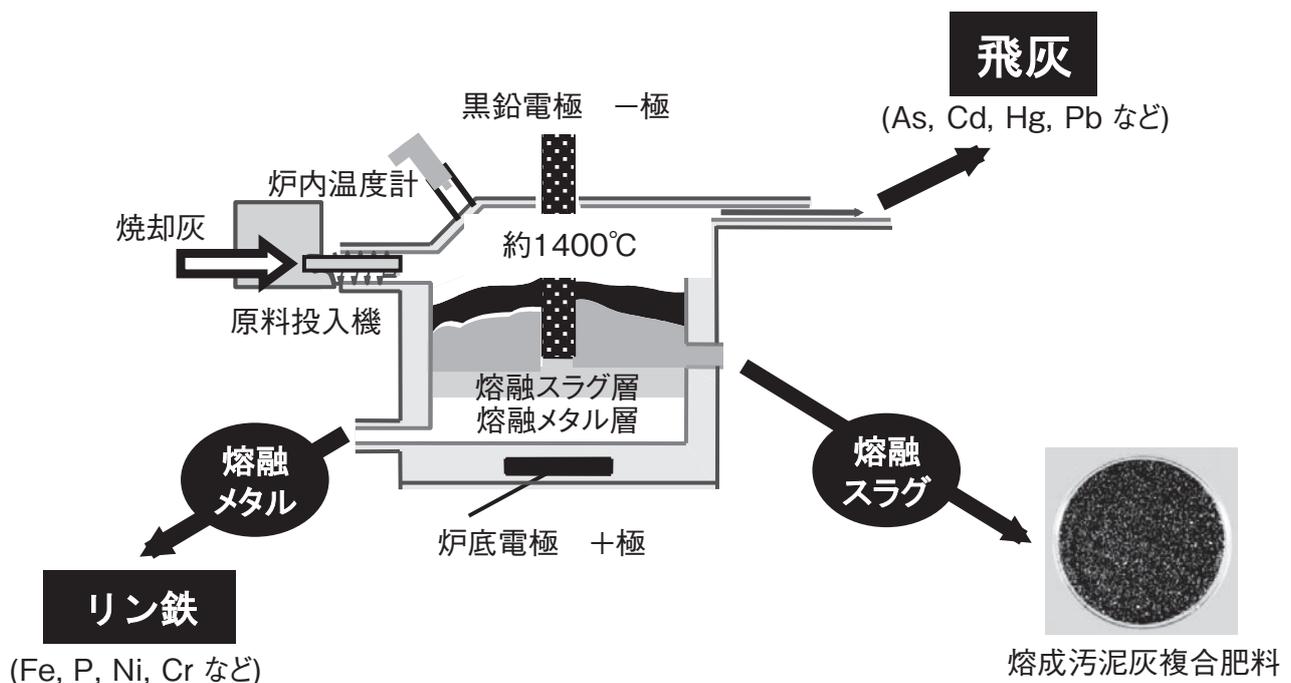


図7 部分還元熔融法による処理工程

が石炭灰（フライアッシュ）と混ざり合ってしまうと、リン酸の有効活用はきわめて困難になる。すなわち、下水からのリン酸回収技術として汚泥炭は合理的な手段とはいえない。

3. 地域性を活かした下水からの回収リン酸の活用

リン鉱石や輸入肥料が遠く海外から運ばれているのに対して、下水からの回収リン酸資材はいずれも国内で生産される国産資源である。特に、下水あるいは農村集落廃水処理場は全国の都市から農村にまで設けられているので、地域性にマッチした活用が望まれる。処理場の規模により上記のようなリン酸資材として回収が不利な場合には、従来どおり堆肥化あるいは乾燥した汚泥の利用も進めるべきである。ただし、汚泥堆肥中のリン酸の肥効は回収リン酸に比べて劣る。また、汚泥の堆肥化により、カドミウムや水銀などの有害成分含有量が増加するので、農耕地への多量連用は避ける。乾燥汚泥中の窒素は土壤施用後に微生物による分解を受けやすく、速効性化学肥料並の窒素肥効を示す。

回収リン酸の用途として、HAPやMAPはすでに化成肥料や配合肥料原料として利用されている。

回収リン酸提供者とそれらを利用する肥料メーカーには最も着実な活用方法であるが、メーカーにとっては量の安定確保が課題である。従って、回収リン酸量が多く、周辺地域での農耕地が少ないような大都市の下水処理場では、肥料業界とタイアップして肥料原料とすることが合理的と思われる。一方、回収リン酸量がそれほど多くない地方の下水処理場で、周辺に農耕地が多く存在する場合には、地域性を活か

した活用法がよいと思われる。

2010年4月から灰アルカリ抽出法により年間約500トンのリン酸カルシウムが生産されている岐阜市（写真2）では、地元JAとタイアップして「岐阜の大地」と名付けたリン酸肥料が岐阜市およびその周辺で利用されている。

参考文献

- 1) 後藤逸男：下水道施設より回収したリンの利用技術—リン酸質肥料としての利用—、環境技術、27 (6)、24-28、1998
- 2) 上山紀代美、竹本稔：結晶化法により豚ふん尿から回収された肥料成分の農業利用法の確立、神奈川県農業技術センター試験研究成績書（農業環境）、3号、139-140、2008
- 3) 後藤逸男：熔成汚泥灰複合肥料の肥料効果、環境システム計測制御学会誌、14巻、1号、23、2009
- 4) 久保山周子・後藤逸男：下水汚泥焼却灰の組成とアルカリ添加量が熔成汚泥灰複合肥料のリン酸の肥効に及ぼす影響、土肥誌、80、168-172、2009



写真2 日本で最初に実用化された下水汚泥焼却灰からのリン酸回収プラント（岐阜市）

現場における病害管理(38)



地上病害はどのような時に発生するのか

(助)関西グリーン研究所 所長
農学博士 一谷多喜郎

1. はじめに

本誌に掲載した「ゴルフ場と研究所の病害の診断と防除に関する連絡試験の試み」^{1,2)}では、「診断結果」と「対応策」を中心に解説した。その後グリーンキーパー（キーパー）から、この連絡試験で問題になった病害の「発生条件」についても触れて欲しいという希望が寄せられた。

コース現場での病害管理では、通常は対症療法か予防処理が中心に行われ、「発生条件」については余り注意が払われていない。しかし、色々工夫しながら芝生管理に取り組んでいるキーパーは、確かに診断後の防除対策を立てる前に、発生条件を知る必要があることを痛感している。そして、

「早期診断」→「発生条件の検討」→「適正防除」の3つのステップがいつでも取れるように心がけている。

ここでは、既報^{1,2)}の連絡試験で問題になった細菌性病害、炭疽病、赤焼病などの発生条件を個別に考える前に、芝草の地上病害の発生条件³⁾に引き続き、地下病害についても概観する。

2. 発病・流行

地下病害を起こす病原菌（以下、土壌病菌）としては、分類学的に特別な微生物がいるわけではない。ただ、土壌病菌は、土壌微生物の拮抗に耐えたり避けたりして生存し、それを取りまく環境が好転すると、土壌と接する植物体に侵入できる微生物である（図1）。

このような土壌病菌の侵入から感染・発病までの過程は、本質的には地上病害と変わらない（文献³⁾参照）。ただ、地上病害と違うのは、床土（土壌）を介して病原菌が伝わる（土壌伝染性）という点である。また、地上病害では、移動性が高い空気中などで病原菌が伝わるので、病原菌の移動は広域に行われる。移動性が余りない土壌で伝わる地下病害では、移動性が低い。したがって、地上病害は横へ広がって広範囲で大発生（流行）を起こしやすいが、地下病害ではこのようなことは起こりにくい。

3. 発病環境

土壌病菌の土壌中における行動は、栄養、温度、湿度、通気、農薬、拮抗微生物、宿主抵抗性、競合的腐生能力などの影響を受ける。ここでは、比較的

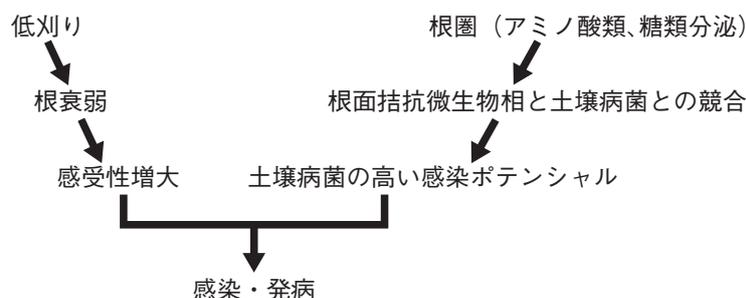


図1 地下病害における感染・発病の過程

表1 土壌病菌の宿主との4つの型の栄養関係

| 型 | 土壌病菌を含む病原菌 |
|--|--|
| I. 少数の生きた植物に感染し栄養を取るが、宿主を余り傷めず、むしろ支え保護しようとするもの | 細菌、イエロータフト菌 |
| II. 通常は生きた植物に感染し栄養を取るが、場合によっては枯死したもの～栄養をとるもの 1) 生きた葉から栄養を取るもの 2) 生きた根から栄養を取るもの 3) 生きた株全体から栄養を取るもの | いもち病菌 立枯性病原菌(ゾイシアデクライン、テイクオールパッチ、ネクロティックリングスポットなどの菌) 葉枯性病原菌 |
| III. 通常は枯死したものから栄養を取るもの、場合によっては生きたものから栄養を取るもの 1) 生きた葉から栄養を取るもの 2) 生きた株全体から栄養を取るもの (1) 主に生きた地上部から栄養を取るもの (2) 主に生きた根部から栄養を取るもの | ダラスポット病菌、フェアリーリング病菌 カーブラリア葉枯病(犬の足跡)菌、炭疽病菌、紅色雪腐病菌 ピシウム性病原菌(ピシウム病菌、赤焼病菌)、リゾクトニア病菌、雪腐小粒菌核病菌 |
| IV. 完全に枯死したものから栄養を取るもの | フェアリーリング病菌、スーパーフィシャルフェアリーリング病菌、ほこりかび病菌 |

情報量が多い栄養、温度、湿度、通気と情報は古いが農業について述べる。

1) 栄養 土壌微生物の生育は土壌中の水、空隙よりも栄養に大きく依存している。栄養に内、炭素(C)と窒素(N)が最も欠乏しやすく、C/N比が微生物の生育を決める重要な因子であるとされている。栄養に素早く取り付けるかどうかにより、微生物生態系の中での優位性が決まる。サッチは窒素を容易に供給するが、これに定着している微生物が窒素の供給の遅速を決める。速効性の窒素肥料を多量施すとは異なり、緩効性の窒素肥料の施用、またはこれを少量多回数施すと、サッチの分解が効率的に行われる。

土壌病菌への栄養は、芝草葉からも漏出してくる。この場合は、①傷ついた葉細胞からの漏出、②落葉の細胞からの漏出、③完全展開葉からの芝生面の浮き水、溜り水への滲出-特に日当たりが悪く、高温・高湿が長く続く時に起こるもの、④葉から落ちるしずく、などがあって、すべて土壌病菌の栄養となる。葉面にのっている栄養物も、ピシウム病菌、リゾクトニア病菌の生育を高める。

根からの分泌液中の栄養は、特に乾燥害を受けた状態で分泌された時、ピシウム菌やリゾクトニア菌の活動を高める。芝地に認められる病原菌は、感染することができる植物(宿主という)との間にI～IIIと3つの型の栄養関係を持っており、これらの型に属する土壌病菌は表1に示す通りである。一方、芝地のほとんどの微生物は、病原菌ではなく一般の微生物である。しかし、これらの一般微生物は直接、間接に病原菌と栄養をめぐる何らかの関係を持っていて、IVの型の一般微生物とII、IIIの土壌病菌との間には、栄養をめぐる競合がある。

土壌病菌である赤焼病菌などは、通常、一般の土壌微生物と同じように土壌中で拮抗作用を受けながら生育・生存している。しかし、土壌病菌自体は土壌微生物より速く衰退し、やがて土壌微生物の方が優占種になっていく。一方、土壌病菌は病原性があること、増殖力が高いこと、抗生物質や静菌物質を出すこと、一般土壌微生物が出す抗生物質に耐性があることなどの特性により、一時的には近隣の一般微生物の増殖を抑えながら、自らの密度を高めることができ、温湿度などの条件が揃えば衰弱した芝草

表2 殺菌剤の多用による芝草病害の誘発例

| 殺菌剤 | 誘発された非対象病害 |
|-------------|----------------------------|
| ベノミル剤 | 葉枯病（ドレクスレラ菌による）、赤葉腐病、ピシウム病 |
| TPN 剤 | サマーパッチ、すじ黒穂病 |
| チウラム剤 | すじ黒穂病 |
| チオファネートメチル剤 | 冠さび病 |
| イプロジオン剤 | 黄化萎縮病（イエロータフト） |
| マンネブ剤* | グラースポット病 |

*芝用登録なし

に感染し発病させることができる。

2) **温度** 土壌温度は土壌病菌を含む一般の土壌微生物の生育に影響する。雪腐菌核病菌や立枯病菌などの低温性の菌は広い温度域で生育できるが、拮抗力は弱い。病原菌は地際部を次々と感染・蔓延していくが、温度が上昇するとその影響を直接的に受け、菌糸生育速度、生育量、感染能力が抑えられる。

3) **湿度** サマーパッチは土壌湿度と気温が高い時に多発し、その病原菌は乾燥した土壌または冷夏には生育しにくく、根への感染も起こりにくい。高い空気湿度や葉面の水の薄膜は、葉面をほうピシウム菌などの菌糸の乾燥を防ぐ。葉面の湿りや高い空気湿度が長く続くと、葉面での菌糸の伸長が助けられ、植物細胞からの分泌液の量も増え、さらなる病気の蔓延につながる。一方、乾燥は芝草を衰退させ、病害抵抗性を低下させる。また、乾燥は病原菌自身にも作用して生育を停止させるが、拮抗菌の活性を低下させる影響の方が大きい。

4) **通気** 通気は土壌の水分や温度、サッチの影響を受ける。リゾクトニア菌は通気がよい乾燥した所でも生育するが、ピシウム菌は湿った土壌中で生育し、比較的高い二酸化炭素濃度に耐性を持つ菌種がある。しかし、立枯病菌にはこのような耐性は見られない。

5) **農薬** ゴルフ場のグリーンには、高品質のターフが求められていて日常的に農薬が多用されている。農薬の病害虫・雑草に対する効果は比較的良好に調べられているが、一般微生物への特に悪影響についてはあまり知られていない。むしろ、関心が払われていないと言ってよい。

ゴルフ場で特定の殺菌剤を多用した時には、①元来、その殺菌剤に弱い耐性を持っていた菌が強度耐

性菌として現れてくること、②今までに問題にならなかった病害が重要病害になってくること、③サッチの集積が増えること、④病害が多発すること、などの現象が目立ってくる。確かに、殺菌剤を多用すると、対象病原菌以外の病原菌による被害が誘発されるという（表2）。

一方、殺菌剤は一般微生物にとってプラスの面もある。例えば、0.5g/m²散布のプロピコナゾール剤は移植後のケンタッキーブルーグラスの発根を促進し、根張りをよくする。イプロジオン剤の使用によりケンタッキーブルーグラスのターフの色が良くなる。赤葉腐病やすじ黒穂病(共に担子菌による病気)に有効な殺菌剤は間接的にターフの生育を促進し、結果としてメヒシバの侵入を阻止する。

耐性菌については、いくつかのリスクの高い殺菌剤で報告されている。耐性菌は突然変異か、まれに自然発生の耐性菌の集団が長年の内に優占的になっていくことで出現する。耐性菌が出ると、分類学的に同一属あるいは同一目の病原菌に殺菌剤が効かなくなる恐れが生じる。

殺虫剤や殺線虫剤は広くダニ、クモ、昆虫、糸状菌、放線菌、細菌などを抑える。これらの農薬を使用し続けると、ゴルフ場の生態系における有用な捕食者や寄生者の数を減らし、誘導多発性(リサージェンス)を引き起こす。ミミズに有害な剤はサッチの分解を遅らせ、サッチの量を増やす。殺線虫剤が病気を減らし、殺虫剤がバントグラス立枯病を減らすという。ある種の殺虫剤とその分解産物は糸状菌には影響しないが、桿菌や放線菌数を増やす。また、別の殺虫剤は土壌中で微生物による分解を受け、硫黄、リン、炭素、窒素源として利用される。ある殺虫剤は土壌の肥沃度に関与する微生物にはほとんど

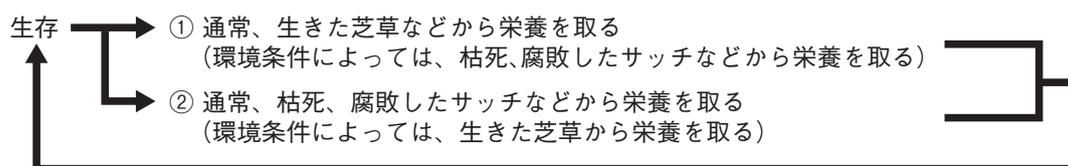


図2 地下病害を起こす病原菌の伝染環

影響しないが、硝化作用には阻害的である。さらに、他の殺虫剤は高濃度で根粒菌の窒素固定能のみ著しく阻害する。

除草剤の使用により芝草の根は損傷を受け、特にネクロティックリングスポット病菌などの被害を激化させる。一方、除草剤は土壤微生物の生態に悪い影響を与えないという報告もある。

農薬の特に非標的微生物への影響については、断片的な知見はあるものの、影響について明確な説明がなされていない。今後に残された問題である。

4. おわりに

地下病害は、土壤病菌が芝草の土壤中根やランナーあるいは地際部の茎葉から侵入して発病させるもので、発病過程は肉眼やルーペはもちろん顕微鏡でも観察できない。このように、発病の原因である病原菌やその侵入後に形成される病斑を観察することは極めて困難である。実際には、遅れて形成される地上部の病斑を見てはじめて発病を知るわけである。したがって、防除のタイミングはいつも遅れる。

また、土壤病菌は、発病以前にそこに入り込んで住みついているという風土病的な特徴を持っている。さらに、病原菌は連作状態の芝草の根などから有機物をもって徐々に増殖を繰り返し、菌量を増

やしてゆっくり蔓延する。しかし、局所的には短時間の内に菌量が増え、やがて大小様々なパッチが片寄って形成される。地下病害の発病・流行に及ぼす要因には、土壤中の物理、化学的な要因と植物的、土壤微生物的な生物的要因があり、これらが経時的に複雑に絡み合っていて変動する中で感染、流行が起こるといふ難防除病害である。

地下病害を起こすゾイシアデクライン菌やベントグラス立枯病菌は、図2の①の生きた芝草から栄養を取るもので、環境条件によっては枯死、腐敗したサッチなどから栄養を取ることもできる。一方、ピシウム病菌やリゾクトニア病菌の多くは、②の通常は枯死、腐敗したサッチから栄養を取ることが多く、環境条件が整えば生きた芝草から栄養を取るといふ生き方をしている。

本稿では、当初目的とした地下病害の発生条件について十分な解説ができなかった。芝草のこの分野では、断片的な情報はあるが科学的な知見は少なく、今後に残された課題が多いと思われる。

5. 文献

- 1) 一谷多喜郎 (2012). グリーンニュース 87 : 6-11.
- 2) 一谷多喜郎 (2012). 同誌 88 : 6-11.
- 3) 一谷多喜郎 (2013). 同誌 89 : 8-11.

グリーン考現学(22)

首都高速大橋ジャンクション 「目黒天空庭園」

—屋上に日本庭園をつくる意義と実践—

東京農業大学造園科学科 教授 近藤 三雄



1. はじめに

平成 25 (2013) 年 3 月 30 日、待望の首都高速大橋ジャンクション「目黒天空庭園」が開園した。オープニングセレモニー時には、祝福するかのよう、ジンチョウゲのふくいくたる香りが園内一杯に漂った。セレモニーが終了した途端、開園を心待ちにしていた区民等が園内にあふれた。筆者にとっても 5 年越しの待ちに待った日の到来である。その後も多くのマスコミ等にも取り上げられ今や東京の新名所の 1 つになった。

筆者は計画当初から工事が完成するまで本事業の整備に深く関わり、文字通り心血を注いだ。本稿では紙幅の限りもあり、その全てを語り尽くせないが、「目黒天空庭園」の全体概要と計画から工事の完了に至るまでの事業の一端を紹介する。

まず、本園整備と筆者と係わりについて簡単に触れる。平成 21 (2009) 年 3 月 5 日に目黒区は、建設中の首都高速大橋ジャンクションのループ状公園空間に空中庭園を整備する計画を正式に発表した。計画の具体化にあたっては、平成 17 (2005) 年 3 月に竣工した目黒区役所本庁舎屋上庭園「目黒十五庭」の作庭を機に「目黒区と東京農業大学とが緑化施策に関する協定」を結んでいる関係から筆者に協力の要請があった。具体的には、全体のデザインを含め、設計に際し、必要となる植栽基盤整備や植栽技術、施工方法、さらには施工時点で設計イメージと施工の整合の確認等の一切に関する指導が求められた。

同時に基本計画と実施設計を背負ったコンサルタント会社からもアドバイザー役を仰せつかった。計画・設計の基本理念から設計・施工の細部に至るま

で、さまざまな場面で合力した。自らの設計思想を押し通すため、2 度にわたり区長室で目黒区長へ直談判したことやかなり設計案が詰まった段階の空間全体の植栽平面図を徹夜で修正作業を行ったことも今では良い思い出となっている。その後、その図面は全ての設計作業が済んだ段階でコンサルタント会社から返却してもらい、思い出の品として大事に保管している。

設計から工事の完成に至るまで、多くの関係者の尽力によって「目黒天空庭園」という 1 つの作品が完成した訳であるが、とりわけ、土木技術者でありながら造園工事の特異性を良く理解し、現場を切り回した首都高速道路株式会社の工事担当者の須藤氏と筆者の意を汲み、施工監理の重責を果たした(有)アースグリーンの佐藤健二氏の果たした役割は大きく、また、見事であった。

なお、今となって改めて悔まれるのは、公園利用者から見れば空間的には一体のものと思われる「目黒天空庭園 (目黒区所管)」とその上部にあたる筆者の権限外であった「おはなし里の杜 (首都高速株式会社所管)」が 1 つの設計思想でくくり、整備できなかったことである。

2. 首都高速大橋ジャンクションの概要

玉川通り (国道 246 号) 上を通過している 3 号渋谷線と、中央環状線山手トンネルを接続する多層型ループ状のジャンクションで高架部の相当部分について覆蓋化し、大気汚染や交通騒音等の周辺環境への影響を低減している。その覆蓋部が、今回の整備対象となった空間である。

つまり国内外に類例のない高さ約 7~35m、幅 16~24m、縦断勾配約 6% のコロッセオ風の外観を有

した立体構造のループ状のジャンクションであり、面積約7,000m²、耐荷重は2t/m²という大土木構造物である。その屋上部を都市公園法に基づく立体都市公園として整備しようというのが本整備事業である。

3. 「目黒天空庭園」計画・設計上の要点

かつてなかった壮大な土木構造物の屋上空間であり、その全体を公園として整備するというのは海外の関係者からも注目されている一大プロジェクトである。したがって出来上がった緑化空間は世間の注視的となり、良くも悪くもさまざまな評価が出る事が予測される。そのため空間づくりにあたってはメッセージ性の高い斬新な発想とデザインが求められる。

以上のことと、さらに周辺住民の利用の快適性を最大限考慮して、単なる都市公園の風情ではなく、またループ状の特異な形状を生かし、空間全体を「回遊式日本庭園」を現代風にアレンジし、回遊しながら庭園内の各所の情景と植物の美しさや香り、さらには高所からの眺望を楽しめ、日本の伝統文化を体感できる和風モダンな空間として整備した。併せて安全・安心で、熱環境の改善、大気環境の改善、都市型洪水の防止に資することもねらった。また、隣接する2棟の高層ビルから眺め見下ろす空間となることにも意匠的には十分考慮した。(写真1)

4. 和風モダンな意匠を強調

和風モダンな回遊式庭園として日本庭園の風情を演出するため園内全体をマツ類等の見栄えの良い庭



写真2 和風モダンな意匠を強調した植栽

木仕立ての完成品を十分な植栽空間を保ち、それぞれの樹種の樹形美を生かした配植をした。園内全体が高所に位置するため、風当たりの強い空間の防風植栽としては、かつての農家の屋敷林や日本庭園で見られたようなシラカシを高生垣状に仕立てた。園内全体の地表面は、オモト、ツワブキ、ギボウシ等の和物をはじめ、周年、どこかで花が鑑賞できるような視点も含め、多彩なグラウンドカバープランツによって修景を図った。さらに特徴的な対応として、さまざまな芳香性植物を混植する手法も採用した。この計画対応によって、環境省の平成22年度「みどり香るまちづくり」企画コンテストのモデル企画に選定された。(写真2)

一方、園内の要所要所の修景に日本的な伝統美を生かすため信楽焼の陶製品（舗装材、見切材、大型コンテナ）を多用した。それらの色合いは信楽焼独特の海鼠（なまこ）色、つまり群青色に近く、また焼物ならではの微妙な色むらが生じ、それが庭園全体の景観に趣を添えることになった。(写真3)



写真1 首都高速大橋ジャンクション「目黒天空庭園」の全景



写真3 信楽焼陶製品を多用

さらには日本庭園の構成要素として五山の築山や灯ろう、東屋なども配し、極力、和風な雰囲気を醸すようにした。特に東屋一带は日本的風情を強調するため、坪庭的な仕上げとした。(写真4)

このように巨大土木構造物の天蓋部に日本の伝統的文化の1つでもある日本庭園を現代感覚でつくりあげることは、この面でも日本が文化国家として成熟したことを内外に示す好機と考えた。

5. 細部の仕上げへのこだわり

園内全体の植栽地の地表面の裸地部には、修景と雑草の発生や乾燥防止を兼ね、パーク状のマルチング資材で一面を覆った。

舗(敷)石として使った信楽焼陶製品は、そのままでは特に雨天時には滑り易くなるため、予め、その表面に砂をさまざまな割合で混ぜて焼き、滑りにくい状態となったものを採用するなど、神経を使った。(写真5)

東屋も公園施設に使われるような出来合いのもの



写真4 坪庭的に仕上げた東屋周辺



写真6 出来合いの東屋を少しでも和風に

ではなく、より和風な感じを出すため木製の特注品の導入を望んでいたが、実際に納入されたものは出来合いの公園施設用のものであった。何故、そうってしまったかと言えば、筆者が設計監修した公園工事に東屋やパーゴラは除外され、それらは建築工事として他のゼネコンが請負ったということで、筆者の設計意図が全く伝わっていなかったためである。何とも無愛想な出来合いの東屋を極力、和風な感じとなるように、後から手を加えてもらって少しでも和風な感じが伺えるようにした。(写真6)

東屋一体をより和風な坪庭風に仕上げるため、一部に京都の東福寺方丈の北庭を特徴付ける市松模様の敷石とウマスギゴケの織りなす景の写しを導入した。ただし東京の人工地盤上ではコケの健全生育は難しいと判断し、矮性リュウノヒゲ(タマリユウ)をその代りに使った。(写真7)

6. 主木に仕立物を活用

筆者がこれまで手がけた東京農業大学第一中・高



写真5 滑りにくい表面処理を施した信楽焼の舗(敷)石



写真7 京都の東福寺方丈の北庭を特徴付ける市松模様の敷石とコケの織りなす景の写し

校屋上の 300m²の「天空の和みの庭（平成 15 年竣工）」、目黒区役所本庁舎屋上の 800m²の「目黒十五庭（平成 17 年竣工）」のいずれも、その主木は、当時で 120 年生の盆栽仕立のゴヨウマツである。正直、筆者の若い頃は各所の庭園等に植栽されているマツの仕立物に何の魅力も感じなかった。というよりも造形的に仕立てられたマツの樹貌には、むしろ言い知れない嫌悪感すら感じていた。

馬齢を重ねるにつれ、庭園等に植栽されているマツの仕立物に何となく魅力を感じずようになっていった。その理由は何なのか、自身にも解らない、次第にそうになっていったとしか言いようがない。

自身のマツの仕立物に対する評価が変わっていく中で、現存する日本最古（1915 年竣工）の屋上庭園である山口県下関市にある旧秋田商会ビル（現在は下関市観光情報センター）に植栽されているマツ等が、当初は盆栽として仕立てられていたものを鉢からはずし使用したという事実を知り、感動した。枝条の生長を抑えるため、極端に根をいじめ、薄鉢にした盆栽は重量も軽く、荷重制限があり、植栽基盤を薄層にせざるをえない屋上空間にはもってこいの緑化材料であり、先人の合理的判断に感心した。

このこともあり、屋上庭園の設計の相談に乗った折にはマツ等の仕立物を主木に据えるべきだと主張するようになった。自身、実際に 2 箇所（箇所）の屋上庭園で使ってみて、造形的にも植栽科学の合理性からも、その良さがさらに解った。屋上庭園は竣工即完成のデザインが求められる空間でもあり、そのことを達成するためにも仕立物の使用が不可欠となる。

また、屋上庭園の寿命は建築土木構造物の耐用年数の範囲であり、限定される。造庭後、数 10 年経て土台となる建築土木構造物が耐用年数を迎え、取り壊されることになっても、仕立物は事前に根巻き工事を施しておけば、他の箇所への移植・再利用も可能であり、その空間で再び光彩を放つ存在となる利点も有する。

仕立物の活用を薦めると、必ず言われることは、その後の維持管理が大変であろうという指摘である。無用の心配である。数 10 年をかけ仕立てられたものは、形が決まっており、例えばマツ類であれば、プロではない人が見よう見真似で、みどり摘み

と古葉採りを行えばそれなりの樹形美を保つことができる。

なお、本園の整備に使用した仕立物は、マツ類（アカマツ、クロマツ、ゴヨウマツ、タギョウショウ）以外では、コハウチワカエデ、サクラ類（シズカ、スルガダイニオイ、オムロアリアケ、ゴテンバザクラ、オカメザクラ）、サルスベリ、シダレモモ（源平）、ナツツバキ、ノムラモミジ、ハクウンボク、ハナモモ、ベニバナエゴノキ、モチノキ、モッコク、リョウブなどである。極力、見栄えの良いものを、それぞれの樹形美を生して、要所要所に配した。

7. 「回遊式日本庭園」ではなく全体を「里山」という提案が突如なされた

設計協議をしている最中、これまでの回遊式日本庭園風情に仕上げるという設計思想を廃し、全体空間を「里山」として整備するという見解が突然、筆者の所に持ちこまれた。「青天のへきれき」というのは、このようなことを言うのであろうと思った。その内容が文書化までされていた。この後、さまざまやりとりの挙句、元通りの回遊式日本庭園風情にするという筋書きに戻した。激しく消耗した。そのまま筆者が受け入れてしまえば、「目黒天空庭園」ではなく、「目黒天空の里山」になっていたはずであり今から思えば、そら恐ろしいことであった。

近年の環境整備事業においては、この種のアイデアが軽々に出されるケースが多い。「里山」という語感は何とも言い知れぬ郷愁を誘い、魅力的に響くのもかもしれない。必要以上に美化され過ぎている。その反面、どういう植生（林分）にするかという目標像については具体性に欠け、曖昧模糊としており、想定されるイメージも人によってさまざまである。したがって、どのような種組成の里山にするかという設計レベルの話になると、なかなか統一した見解が出せなくなる。

今回も筆者の「回遊式日本庭園風情」を打ち負かすような次の矢は放たれてこなかったことから推察すると、「里山にしたい」というのは時流に乗じた、単なる思いつきであったとしか思えない。

8. 「菜園」設置の是非

「目黒天空庭園」の一角に、地元住民の強い意向によって菜園空間が設けられた。本園の整備が地元住民との長い協議の結果、完成に至った経緯を考えれば致し方のないことであったと思うが、筆者は一貫して反対を唱えてきた。回遊式日本庭園風情の一角に菜園が設けられるのは、見た目にも唐突で異和感をまぬがれない。庭園としての連続性も分断されてしまう。また、「住民による菜園」は持続性が担保されない。1年目は菜園として利活用されても2年目以降は担い手がなくなる。たちまちの内に雑草地化する恐れがある。

目黒区役所本庁舎屋上「目黒十五庭」でも同様な苦い経験をしている筆者としては、設計監修者として「反対することが責任ある行動」と考えたが実らなかった。次年度以降の心配の種の1つとして残った。(写真8)

9. 植栽基盤の整備

本園の整備に関連した重要案件の1つに植栽基盤の整備をどう行うかということがあった。

その前に縦断勾配6%の7000m²の敷地の雨水排水をどう処理するかという、これまた重要な案件があった。これについては本稿では極簡単にその概要を説明するにとどめる。つまり敷地内に降った雨水は、園路舗装面や緑化用植物で覆われた表層部を流れる表面排水と、盛土形成された地盤内を浸透する水を処理する地下排水の2系統の水に分けられる。それら一括して一時貯留させ、排水孔にて流出抑制



写真8 菜園の用地

するための策が綿密な計算と工事によって大規模にしつらえられている。時間降雨量50mmに耐える構造となっている。

次にほぼ標準的な仕様に則って防水・耐根処理を施し、そこにかなる種類の土壌を搬入するか、さまざまな検討を行った。筆者は当初から取扱いが容易で植栽後、雑草の発生の恐れも少なく、除草対策もそれほど過重にならず、経年的な締め固まりや透排水能が劣化しにくい人工軽量培土の採用を主張した。しかし搬入予定の土量が5,000m³にも及ぶため、単価計算すると黒土に比べ人工軽量培土の種類によっては数倍から10倍以上となるため、黒土を使用せざるをえなくなった。ただし黒土単体では、自重と粘性の高い性状によって経年的に締め固まり、透排水能の劣化も予測されたため、黒土の使用を認める前提として、そこに容積比で粗目の黒曜石パーライトを30%混入することを強く主張した。そのため単価も黒土単体より3倍近く高くなるがそれでも人工軽量培土よりも安く済むことから関係者を納得させた。

事前に土採り場となる神奈川県相模原市で黒土と黒曜石パーライトを均一に混合させることが可能となるのか。また、締め固める試験を行ない、一定強度の締め固めを加えても土壌硬度や透水性が植物の生育上、問題となるような圧密状態とならないことも確認した。これらの事前検討を行った培土をt(トン)袋で6,000袋、クレーンで吊り上げ、現場に搬入した。

高木の植栽が半分程済んだ真夏の時点で当初から懸念していた雑草の繁茂という事態が起きた。黒土中に含まれていた雑草の埋土種子が一斉に発芽したためである。熱中症の発生を心配しながら研究室の学生を動員して2度程、園内全体の除草作業を行った。

10. 庭園としての輝きを増すか否かは管理次第

目黒天空庭園が今後、計画・設計通りの輝きを増すか否かは、設計・施工意図を十分理解した維持管理が励行されるか否かに全てはかかっている。立派なマツ等の仕立物は竣工時点の樹形美がそのまま継続して維持されるか、他の防風や修景を目的とした

植栽は竣工時点では将来完成型、つまり今後、時を経るに従い、植物の経年生長と共に徐々に完成型の植栽景観を成す。庭園全体の植栽景観がほぼ完成した姿となるのに約5年を要すると考えている。

設計から施工に至るまで、その事業に直接係った首都高速株式会社、目黒区役所の担当者の全てが年度末の工事完了とともに職場移動であった。予定通りのことであり、工事が完了するまでは何とか現職にとどまるように懇請していたため、致し方のないことであった。

筆者も3月30日のオープニングセレモニーの際、目黒区長から感謝状をもらい、お役目御免、後はひたすら、目黒区役所の采配によって、うまく運営管理されるか祈るのみとなった。4月以降、見学を希望する造園関係者を案内するため、週1回程度、当園に足を運んでいるが、大仰に言えば、さまざまなことが心配で心配で夜も眠れない。

開園後、たちまち芝生が禿げてしまった築山の状態、各所で出初めた雑草、梅雨入り宣言は早かったが、その後、空梅雨模様で一部のグラウンドカバープランツの株に枯損が見られ、仕立て物の自慢のマツ類の中には水不足で、やや精気が失せているものなど、その手当を早急にするように、それとなく管理運営者に伝わるように進言しているが、実行されていない。(写真9)

管理のための十分な予算も十分に手当されているはずであるが、その運用にあたっての管理体制が十分機能していないのではないかと危惧している。当初、計画・設計意図を生じた周到的な管理業務を遂行するためにも施工業務に係った企業に、そのまま管理業務を請負わせるように提案したが、聞き入れられず、具体的に、その管理業務をどういう体制、どのような事業者が行うのか全く知らされていない。

国内外でも稀有な空間、莫大な経費をかけて出来上がった宝物が、その管理対応によってはあつという間に色褪せてしまうことが懸念される。この事態は正直、筆者に全く責任のないことであるが、このままいけば、その手抜きによる庭園の荒廃に対する批判、不評は筆者に向けられる。

このようなことは本園だけの特異的なことではない。この種の空間整備、役所仕事では当り前のこと

と目をつぶる訳にもいかない。要は莫大な公金をかけ、整備した東京の新名所にもなった空間、本稿では具体的に記述することは、はばかれるが、周到的な管理をしたくとも肝心の予算がないという。これまでの公共事業とは事情が異なり、先にも触れたが十分な予算付けはなされている。それが運用されていない。何ともなさない話である。

大金をかけて整備した世界に冠たる「目黒天空庭園」が決して色褪せることなく、年とともに輝きを増すような空間に生長することを切に望む。

11. 修正を加え日本庭園度を高めたい

いったん書き上げた原稿を提出前に推敲を重ね、加筆修正を加えることは良くあることである。作庭でもこのようなことが許される公のシステムがあるとよい。本園の整備において仮にそのようなことが許されれば、次のような修正をすぐにも実行したい。当初の仮名称が「大橋1丁目公園」であったことに端的に示されるように、「目黒天空庭園」の位置付けが立体都市公園制度を活用した目黒区が所管する都市公園である。したがって致し方なかったといえ、それまでであるが、出来上がった全体景観が、「都市公園プラス日本庭園、割る2」のような空間ではなく、いかにも回遊式日本庭園という風情に全体を仕上げたかったと完成後、しみじみ思った。

そのためには園内の高木類は全て仕立物に出来合いの東屋やパーゴラではなく、木製の和風なものに、目黒区民から提供を受け、品格のある灯ろうを20基程度、園内の要所要所に配す。信楽焼陶製品の利用面積を倍にする。無粋な灰白色のコンクリート擁



写真9 五山の築山の芝生。開園時に即禿山に

壁等の構造物を墨色にする。各所に設置されている公園の案内看板を和風の板製にする。

以上のようなことが達成できていたら、「目黒天空庭園」の名声は、恐らくもっと天下にとどろくことになるはずである。清貧な筆者に、仮に資産があれば、それを全て投げ出しても改修に取り組むような事業の展開を仕掛け、まさに名実ともに「目黒天空庭園」の実現を図りたい。

12. 東京新名所に、日帰り東京観光の目玉

想定外のことであったが、3月30日に開園してから1ヶ月も経たずに「目黒天空庭園」が東京の新名所として旅行会社の企画する日帰り東京観光の目玉となった。そんなことになっているとは露知らず、ゴールデンウィーク期間中、突然、現地でおそろいの旅行社のバッジをつけた集団と遭遇し、正直、驚いた。それも1つの旅行社の集団ではない。ある社の企画は歌舞伎座タワーと食歩歩きをセットした内容となっている。旅行会社に聞くと、なかなか人気のツアーとなっているとのことである。開園以降、再三、テレビ等のマスコミで取上げられていることによって新しいもの好きの中老年者の誘い水となっているようである。単に立体構造のコロシウム風の大土木構造物ということではなく、そこに回遊式の日本庭園風の空間が整備されていることが人気の的となっている。

「都市緑化の終局の目的は、都市観光の場づくり」というのが筆者の自論でもある。それが見事に体现された格好になっている。誠に嬉しい限りである。

2度目に彼らに遭遇した時に、日本庭園風にした全体のデザインや、マツ類の仕立て物や信楽焼の工作物を多用したことについて、その評価を恐る恐る聞いてみたが、企画・設計に携わった者としては、冥利に尽きる返答をもらい、また嬉しくなった。

13. おわりに

筆者の大学教授としての晩年にあたるここ数年、本稿の「目黒天空庭園」の造成と、一方では、東日本大震災の原発事故に伴う「緑の除染」というまさに緑づくりに係る両極の事業に取り組むことになった。大変、感慨深い。

目黒天空庭園の造成現場で見た植栽基盤用の土壌の入った6,000袋のトン袋の山の光景と、福島県内のさまざまな箇所で見える除染廃棄物の詰まったるいたるトン袋の山の光景が常に筆者の脳裏で交錯し、複雑な思いにかられる。

目黒天空庭園のほぼ全ての工事が完了し、関係する事務処理もおそらく済んだ時点で、庭園内の一角にある管理棟の前の立派な信楽焼のコンテナに今の形状では似つかわしくないウメノキが植栽されていた。幾度見ても納得がいかず、関係者に無理を言い、自前のゴヨウマツの仕立物に変えてもらった。目黒区役所の目黒十五庭で使った120年生の盆栽仕立のゴヨウマツの仲間である。

開園後、筆者の思いの詰まった「目黒天空庭園の1本松」を見ていると、ふっと「高田松原の奇跡の1本松」の情景が思い出された。(写真10)



写真10 筆者自前の盆栽仕立てのゴヨウマツ

自然を問い直す (6) 森に癒しを 求め始めた人々

森林ジャーナリスト 田中 淳夫



初夏の山が目に入ると、あの森の中を歩くと気持ちよくだらうなあ、と思う。実際、休日に森の中を歩くとストレス解消になり、リフレッシュできるのだろう。「森林浴」や「森林セラピー」という言葉も、頻繁に耳にするようになった。森林散策は、静かなブームなのかもしれない。

世間では「山ガール」や「中高年登山」なども注目されているが、登山やハイキングは、厳密には森の中を歩くわけではない。森林散策は、山頂など目的地向けて歩く（登る）のと違って、できれば高低差もあまりない森の中をゆっくり歩き目的地も設けない。一周して戻るか、途中で引っ返してもよいのである。歩き方も疲れないことが肝心。あえて言えば都会の喧騒から離れて、森林環境に浸ることで心身ともにリラックスすることが目的である。

もちろん登山やハイキングにもストレス解消の要素は多分にあるが、スポーツ的なそれらよりも保養的な意味合いが強いと言える。

都市化が進み、日常生活の中で自然と触れ合う機会が減った現代、単に運動を行うだけでなく自然の中を選んで歩くようになったのだ。

それらを指して、日本では「森林浴」や「森林セラピー」という言葉が使われている。

何やら新しい概念が作られたように感じるが、森林を散策することを保養につなげる考え方や活動の歴史は、意外と古い。しかも世界的な広がりを持っている。

そこで、森林散策を保養や教育に取り入れてきた歴史を振り返るとともに、自然環境が人間の心身にもたらす効果を改めて考え直してみよう。

ワンダーフォーゲルとワンデルンシューレ

森と保養に関する歴史を遡ると、外すことができないのは、19世紀のヨーロッパ各地に起きた自然発生的な運動である。

当時、欧米では産業革命が進行していた。石炭エネルギーを中心に動力機関が発明され、商工業が爆発的に発達したのである。各地で鉱山開発が進み、工場が建設されて環境が悪化してくる。また労働問題も多発し始めた。また植民地の獲得と経営に血道を上げる帝国主義的な風潮も広がっていた。

またヨーロッパは石の文明という言い方をしますが、それは森が減少した近代以降である。本来のヨーロッパ諸国は、森と木の国々である。とくにドイツを中心に住んでいるゲルマン民族は、森の民であり森の文明を育てていた。もともとは木の家に住み、木の道具を利用して暮らしていたのだ。また町の周辺には深い森が広がっていた。つまり人々の心の底には、森が息づいている。

産業革命が始まり、身の回りから自然風景が消えていく中で、最初は観光の一種としての登山、とくにアルプスなどの美しい自然景観を求めて旅することが流行りだした。しかし上流階級の人にとっては、それは馬車か乗馬で行うものであり、自分の足で歩くものではなかった。アルプスの山々も、輿に乗って担がせて登るものだった。

やがてルソーやゲーテなどが唱える自然を賛美するロマン主義的な考え方は、自らの肉体による旅を推奨するようになる。そんな人々の中に登場したのが、ワンダーフォーゲル運動である。

ワンダーフォーゲルは、「渡り鳥」という意味である。略してワングルと呼ばれて、日本でも高校や

大学のクラブになっていることが多いが、山岳部よりは軽い、登山やハイキングを行うクラブ活動のイメージがある。

しかし、本来は自然を求めて行う徒歩旅行を指していた。日本の場合は、自然の中を歩こうとすると山になってしまうが、ヨーロッパではアルプス地帯を除いて平原の広がる地形であり、当時のヨーロッパを徒歩で巡ると、町と町の間を森林地帯を巡るようになったのだろう。

運動として始めたのは、ヘルマン・ホフマン。彼は1875年生まれで、子供の頃から徒歩旅行をよくしたと伝わる。ベルリン大学に進学した彼は、速記術をギムナジウムの学生に教えるボランティアを始めた。ギムナジウムは大学進学のための中等教育機関だが、そこに通うような子供たちは、みな裕福な家庭の出身者である。しかしホフマンは、詰め込み教育で窒息しかけている生徒たちと出会ったのだ。そこで何とかしようと、森に連れ出す。

それが評判を呼び、やがて徒歩旅行を行うようになる。彼らは何週間も徒歩で各地を野宿や農家に泊めてもらいながら森の中を歩く旅を行うようになった。それは当時の文明の象徴であった鉄道や快適なホテルを拒否する意図があったという。あえて足で移動し、質素な宿泊や食事を心がけた。そしてギムナジウムや大学の古典的な詰め込み教育に対する反抗を意味していた。

大学を卒業し外交官としてイスタンブールに赴任したホフマンの後を引き継いだのは、教え子のカール・フィッシャーである。彼は、この徒歩旅行を行う会に「ワンダーフォーゲル」と名付けて運動として広めた。そして学生の父兄も会員にして大きな組織へと発展させていく。ギムナジウムの子弟の親族には有力者も多かったから、それが運動を広げるのに大きな役割を果たした。

都市を中心に広まっていき、支部もたくさん生まれて、各地区の合同大会なども開かれるようになった。やがてプロイセン政府も、この運動を推奨するまでになった。徒歩で森を歩いて行う旅は、青少年の教育によいと認められたのだ。

移動教室からユースホステル運動へ

その頃、もう一つの森林散策の流れが起きていた。「ワンデルンシューレ」(移動教室)である。

こちらの創始者はリヒャルト・シルマン。彼はホフマンより1歳年上だった。現在はポーランド領になっている東プロイセンの貧しい家庭に生まれ育ったが、教師の資格を取るための勉強中に家庭教師を頼まれた。しかし満足な教室がなかったため野外で行うことを覚えた。森の中で歌を歌い、バイオリンを弾きながら生徒たちに学問を教えたという。これがワンデルンシューレの始まりである。

教師になった彼は、プロイセンのケーニヒスハーエの町の民衆学校に赴任した。ところが60人の生徒のうちほとんどがポーランド人で、ドイツ語が通じなかった。シルマンはポーランド語がまったくしゃべれない。そこで悩んだあげく、生徒たちを野外に連れ出し、またもや野外で歌を歌い、走り回って遊んだ。そして自然を利用してドイツ語を教え、生物や歴史、民俗などを教えるようにした。

次に赴任したルール地方の炭鉱町ゲルゼンキルヘンは、教育どころか健康に最悪の環境だった。煤煙に満ちた環境から子供たちを救おうと、シルマンは休みになると彼らを近郊の山に連れ出す。元気を取り戻す子供たちを見て、シルマンは野外活動と森の効用を確信した。

シルマンは、これらの経験を踏まえて森林散策を教育に加えようと考えた。その後の転勤先でも積極的に移動教室を実施する。それが長期間に渡る徒歩旅行に発展した。

やがて上流階級のギムナジウムの学生が中心だったワンダーフォーゲル運動とも交わり始めた。両者は階級的な差があったが、徒歩旅行を通して垣根が取り払われるようになった。

19世紀末から始まったワンダーフォーゲルとワンデルンシューレは、20世紀に入ると大きな運動になっていく。政府も積極的に奨励し、生徒を野外に出すことを義務づけるまでになったのである。

これらの活動は、やがて旅先の宿の確保を求めてユースホステル運動へと広がっていく。いや、ユースホステルそのものが、自然と触れ合う旅を通した

教育のために設立されたと見るべきだろう。

スカウト運動と森の幼稚園

野外活動を健康や教育に取り入れる動きは、ワンダーフォーゲルやユースホステル運動だけではない。イギリスではボーイスカウトが創設された。

これは退役軍人のロバート・バーデン・パウエル卿が始めたもので、軍人向きの斥候（偵察）活動を少年教育に取り入れたものだ。自然発生的に始まったが、1907年をスカウト運動の発祥の年としている。ここでも野外活動を重視して、自然と交わることが心身の健康に大切だとしている。やがて彼の妹によりガールスカウトも創設され、年齢幅も年少から大学生まで広がった。

もっと幼少の子供たちを対象とした活動は、少し遅れて始まった。「森の幼稚園」である。

デンマークの女性エラ・フラタウは、自分の子供たちや近隣の幼児は森の中で遊ぶのを喜ぶことに気づき、友人たちと森の中で遊ばせる保育を始めた。やがて子供らの親たちも参加して世界最初の「森の幼稚園」を創設する。1954年のことだ。

この運動はどんどん広がり、21世紀を迎えるころには全土に70以上になった。さらに普通の幼稚園もこの試みに参加しだして、今やデンマークの幼稚園教育と言え、森林を使うことが当たり前になった。

やがてドイツにも飛び火した。1993年にデンマークに隣接するフレスブルクに最初の「森の幼稚園」ができると、次々とオープンし、現在では400を越すほどの数になっている。

ここでいう「森の幼稚園」とは、園舎を設けず、野外の中で園児が過ごすことで社会性や感受性を身につけさせようという趣旨である。

しかし、決して唐突に始まったものではない。幼稚園という教育制度は、ドイツのフリードリッヒ・フレーベルによって1837年に創設された。フレーベルは、もともと教育者ではなく森林測量技師であり林務官だった。そこでは幼児たちを森に連れて行き、自由に遊ばせる方法が取られた。そのため、当初から幼稚園教育には野外の活動が重要視されていたのである。だから「森の幼稚園」は、原点にもどっ

たと言えなくなくもない。

日本にも近年各地で登場している。自主運営の塾・サークル活動として実施するケースが多いが、既成の幼稚園などでも、園児を野外に連れ出す活動が増えてきたという。

なお、療養面からはクナイブ療法も生まれた。

19世紀半ば、カトリック司祭だったセバスチャン・クナイブは、青年時代に罹患した結核を冷水浴など伝統的な水療法を施して完治させた。その経験を元に、新たな自然療法としてクナイブ療法を生み出して世間に広めたのだ。

クナイブ療法は水療法を根幹としつつ、アロマや薬草の利用や食物の工夫、生活習慣の改善など多岐に扱うが、運動療法もある。そこに森林散策が取り入れられている。

現在のドイツでは、クナイブ医師やクナイブ療法士という国家資格があり、社会保険の適用も受けられるまでになっている。

ほかにも、病後のリハビリなどに森林散策を利用するほか、精神疾患など障害者の療育への適用、あるいは森林リゾートの開設など、森林環境を利用したものは各地で誕生し、今も増えつつある。

森林浴の登場とフィトンチッド

日本では、森林散策を保養、あるいは教育に明確に位置づけた運動はなかった。しかし、ワンダーフォーゲル運動は戦前から伝わっていたし、ボーイスカウトも導入されていた。また戦前から学校林の設立が進められていた。学校の基本財産とするとともに、教育目的もあった。生徒たちに森林作業をさせることの効用が語られたのである。

戦後になると、ユースホステル運動が急速に広がり、格安な宿を利用した自由な旅行が広がった。ただ自然の中を歩いて旅する本来の精神には深入りしなかったようである。

改めて森林散策が目目されたのは、やはり森林浴という言葉が登場してからだろう。

この言葉が世間に登場したのは、1982年だった。時の秋山智英・林野庁長官が森林散策による保養を提唱したことに始まる。森林には、フィトンチッドが漂っていて、香りによる清涼効果や生理機能の促

進など優れた効果がある、それを浴びる「森林浴」を行うことで、健康・保養に国内の森林を活用しようと呼べたのだ。

その年の10月には、長野県木曾郡上松町にある赤沢自然休養林で、第一回森林浴全国大会が開かれた。やがて全国の森林地帯でも同じような森林浴の催しが開かれるようになった。こうして森林浴という言葉は、今では誰でも知っているようになった。

そこで注目されたのは、フィトンチッドだ。

フィトンチッドそのものは、1930年ごろにロシアのボリス・トーキンが発見した揮発性物質である。植物を傷つけると周囲に存在する細菌などが死滅する現象に気づいたことがきっかけだった。

フィトンチッドという名は、「植物」を意味する「phyto」と「殺す」を意味する「cide」から作られた言葉である。

今では、植物が発生する揮発性物質の総称と定義づけられている。その大半がテルペン類である。この物質は、炭化水素の一種であるイソプレン・ユニットを持つ天然化合物の一群だ。もっとも、広義には揮発性の低い物質を含むこともある。

フィトンチッドには、樹木自身を護るための働きがある。たとえば昆虫や動物に摂食阻害作用を引き起こしたり、食べられる前に忌避させたり、害虫の天敵を呼び寄せたりする。さらに病原菌に対する免疫力を増すことまで実証された。隣の木に警報を与えるコミュニケーション手段にもなっているという研究もある。

不思議なことに、このような物質が人間に対してはリフレッシュ効果などを与えるというのだ。

ただ、森林浴には限界があった。

単に「森林散策は気持ちがいい」という経験則を科学的に示す指標がなく、フィトンチッド以外の理由も考えられなかった。「なんとなく気持ちいい」という範疇を抜け出せない。それなりの研究仮説は出されたが、体系立てた学問にはならなかった。

とはいえ、森林浴の流行は、森林散策する人を増やした。ただブームに乗って森林を歩く人に、それが療養である、心身のどこか痛んだところを治すために森を歩くという意識は薄かっただろう。

森林浴が次なるステップに踏み出すまでには、ま

だしばらく時間を要したのである。

森林療法と森林セラピー

日本で新たな動きが始まったのは、1990年代半ばだった。そこで重要な役割を果たすのが、上原巖・東京農業大学准教授である。

彼は、一時期長野県内の農業高校教員だったが、そこで登校拒否気味の生徒に接して相談に乗ることが多かった。その際には、室内ではなく一緒に森の中を歩きながら相談に乗っていたのだそうだ。

そして森林散策が人の心身にもたらす効用に気がつき、本格的に研究することを思いつく。そこで大学院に入り直すとともに、ドイツに研究に行く。また自ら障害者施設に勤めたりボランティアに関わったりしながら、森林散策を取り入れた療養を試みて効果を確認した。その成果を1999年の日本林学界で「森林療法」として発表したのである。

ここで森林療法は、「森林が人に与える健康増進、病気予防、リハビリテーション、リラクゼーション、療育、保育、教育など」全体を意味すると定義づけられている。森が人の心身に与える影響を総合的に捉えたものである。

この療法は、主に心身障害者に関わる人々や神経系の臨床医師、あるいはカウンセラーなどの間に支持する人が増えて、現場に直接結びついた形で研究が進められている。

一方、その動きを受けて、2004年に林野庁の主導した「森林セラピー研究会」が立ち上がった。

林野庁は、上原氏の研究に注目して、森林療法を



ブナの原生林の中をガイドと歩く。

森林利用による地域起こしに活かすことを考えたようだ。そこで研究者、医学者、さらに健康に関わる各分野の企業から参加者を集めて、森林がもつ癒し効果の解明と応用する方法を研究し始める。

これまでの森林の価値は、第一に木材生産だった。しかし山村の基幹産業としての林業は不振が続いている。そこで森林の保養保健機能に注目して、森林に新たな利用法を広めて産業化しようという期待があったに違いない。

研究会の研究では、森が健康に寄与することを証明する実験が行われた。その結果、心拍数の変化やストレスホルモンの減少、NK細胞の増加などを確認・発見した。

それと同時に研究会が力を入れたのが、森林療法を実施するための条件づくりや認定方法、そして経営システムの制度設計である。

2005年度より、森林セラピーロードと森林セラピー基地の認定のほか、普及・広報活動、推進システムの検討、森林セラピーに関わる資格の検討など、四つのプロジェクトを開始している。

だから森林セラピーとは、林野庁が作った造語であり、森林療法の中でも審査して認定（現在、認定事業を行っているのは、NPO法人森林セラピーソサエティのみ）したものだけを指す。商標登録もされたから「森林セラピー」「森林セラピスト」「セラピーロード」の用語およびロゴマークの使用は、勝

手に行えない。

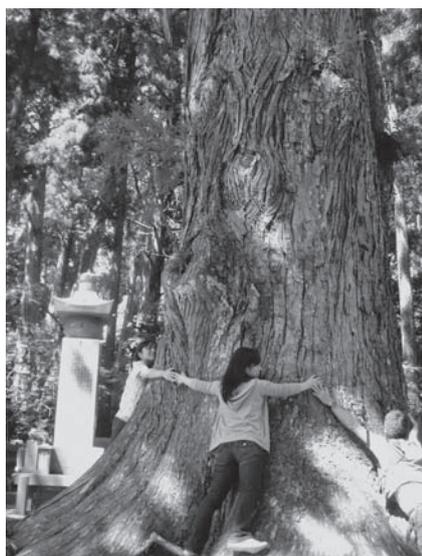
森林セラピーを行うと標榜できる地域は、認定された地域であり「関連施設等の自然・社会条件が一定の水準で整備されている地域」と定められており、セラピーメニューを提供できる滞在型の宿泊施設を備えることが求められている。また森林セラピーガイドや森林セラピストなどの資格の検定も行っているが、それらの資格を使えるのも森林セラピー基地だけである。

現在、森林セラピー基地に認定された地域は、全国に53ある。毎年増えているが、基地の認定には学生たちを使った実験が行われて「癒された」かどうか科学的に審査する。いわば癒される森であることのお墨付きを与えて、地域起こしに利用することを目的としているのだ。

一方、森林セラピー認定を受けずに森林療法メニューを提供している地域や団体もある。

たとえば北海道の下川町では、NPO法人森の生活が「森林セルフケア」の名で行っている。山梨県の清里高原ではキープ協会が「森療時間」というプログラムを展開している。また上原巖准教授も「みんなの森」という名で活動している。そして森林療法協会や森林保健学会などの組織もあった。

それぞれ活動内容や流儀の違いはあるが、いずれも森林散策に教育的効果や健康への効用を認めて、うまく活用することで豊かな生活を送ることを提案



巨木に抱きつくことで癒しを感じる。



森の中で寝そべて休憩。瞑想することもある。



森の中で体操したり深呼吸することも大事。



森林の中ばかりでなく、草原を歩くことも効果的。

しているのだろう。

森林の多機能性の中で重要視

以上、森林散策を保養・療養、あるいは教育などに活かす動きを俯瞰してみた。

もちろん、まだ不確かな部分はたくさんある。森林の何が心身に影響を与えているのか十分に証明されたわけではない。景色の変化、草木の匂い、風やせせらぎ、鳥の声などの音、さらに触覚や味覚も影響を与えているという仮説もある。しかし、単なる運動と転地の効果ではないかと指摘もされる。

事実、森林セラピーのメニューにも、森ではなく草原や湖畔・海浜で行うものもある。必ずしも森林



木の人形が癒す：コースにこのような人形があることで、心がなごむ。

散策にこだわっていないのだ。

ただ、森林を多機能的に論じる一つとして今後重要になっていくのではないかと思われる。木材生産一辺倒であった森林の機能に、最近は水や空気の供給と浄化、そして砂防など環境など公益的機能に眼を向ける動きがあったが、そこに「癒し」が加わったと言える。

測定しづらいゆえに無視されがちだったが、今後はもっと注視すべきかもしれない。風景としての癒し、空間の環境、そして木材も単なるマテリアルから癒しの素材として注目が集まるかもしれない。

自然環境が人間の心身に与える影響は軽んじるべきではなく、非常に重要なテーマになるだろう。

雑草学講座： 雑草の素顔と付き合い方 その3—雑草はなぜ生える②： 多年草の戦略（つづき）

京都大学名誉教授／NPO 法人緑地雑草科学研究所
伊藤 操子



「雑草はなぜ生えてくるか」このシリーズで毎回述べているように、それは繁殖体が地下や地表付近に沢山存在するからである。すなわち多くの埋土種子があり、多年生雑草の再生のもととなる栄養繁殖体がある。多年生草本はクローン生長する植物である。そして雑草で見ると、クローン生長力に由来する特性は、①毎年春の生長開始時に栄養器官の芽から再生する、②刈取り等で地上部が損失した後に地際や地中の芽からシュートを再生できる、③栄養繁殖体（根茎や根の断片も含む）から新個体を形成できることである。クローン生長は、子株形成の広がりから単立型と拡大型に大別できる。単立型については前回（No. 89）で解説したので、今回はもっともやっかいな雑草である拡大型多年草について述べる。

筆者はかつて同好の士とともに、あちこち地面を掘り返し20数種に及ぶこのタイプの多年生雑草地下部を調査してきたが、悪戦苦闘の末見えてきた様相は、あらためて雑草への驚きと畏敬の念を感じさせるものであった。それと同時に、地上部というのはまさに‘氷山の一角’であり、地下部に配慮しない対策がいかに無意味かとも思い知らされた。そして、この実態を雑草管理に関わる方々にぜひ共有して頂きたいと痛感した。これから述べる幾つかの事例を

通して、これら雑草の無計画な刈取りや刈取り代用的除草剤散布等では全く対処できない相手であり、地下器官の構造と行動様式を理解したうえでの科学的対策が必要なことをご理解頂きたいと思う。

4. 地下で広がる拡大型多年草(前号の続き)

これらには、根茎系をもつものとクリーピングルート系をもつものがある。その拡がりは単に水平方向に大きいだけでなく垂直方向にも深い種が多い。根茎植物についていえば、地上部の小さいスギナが地下1mに達することも珍しくないのに対して、大型のヨモギ、セイタカアワダチソウの根茎系は意外に浅くせいぜい15cmまでである（図1）。

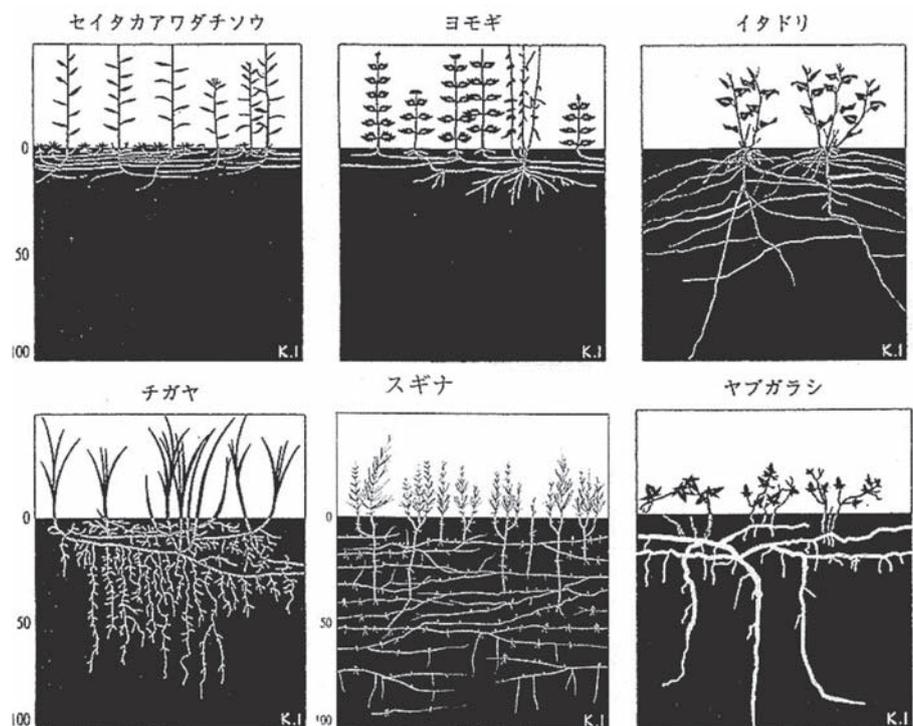


図1 セイタカアワダチソウ、ヨモギ、イタドリ、チガヤ、スギナの根茎系およびヤブガラシのクリーピングルート系の土中分布状況。図は実際の掘り取り観察結果をもとに作成した（イラスト：伊藤幹二）。

これに対して、ヤブガラシの例に見るようにクリーピングルート系では栄養繁殖力のある根が地下1mに達することは普通である。

他方、量的にみれば、これらの雑草ではいずれも地下部重量が地上部を上回っている。一例として、

表1 数cmの根茎断片から生長した個体の1シーズンでの地下部の生長量⁵⁾

| 草種 | 地下部/地上部の生長量の比 (重量で比較) | 根茎の総伸長量 (m) |
|------------|--------------------------|----------------|
| ヨモギ | 3.08 | 24.7 |
| セイタカアワダチソウ | 1.86 | 6.5 |
| ヨメナ | 2.43 | 32.2 |
| フキ | 1.48 | 0.8 |
| ドクダミ | 1.58 | 15.1 |
| ヒルガオ | 4.28 | 11.7 |
| セイバンモロコシ | 1.37 | 2.4 |
| チガヤ | 2.32 | 7.5 |
| スギナ | 5.20 | 13.1 |



図2 根茎、根茎腋芽の着生状況(矢印)および腋芽の内部構造。

例：セイタカアワダチソウ

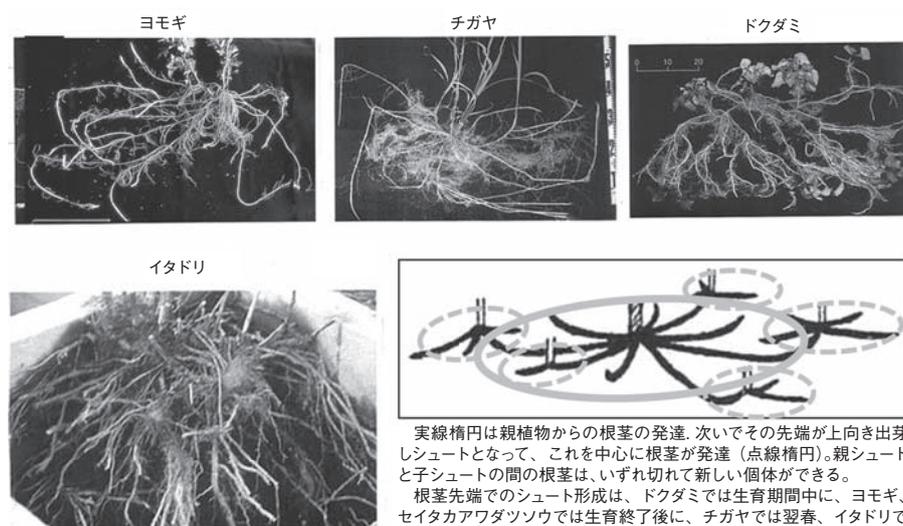


図3 親シュートを中心に放射状に根茎を発達させるタイプの雑草の根茎系の例。ヨモギ、チガヤは5カ月、ドクダミは6カ月、イタドリは2年間生育させた状態。

9種根茎植物の個体あたりの地下部生産量を表1に示す。ヨモギやヨメナでは、1シーズンの生長で根茎を24m以上伸長させていること、また地上部が巨大なセンバンモロコシやセイタカアワダチソウでも地下部/地上部比が1以上であることが分かる。

1) 根茎系

根茎とはいわば、地上茎のから葉を除去し、その先端部(生長点)を土中を進行できるように鞘で覆い、横に倒したような器官である。したがって、その形態はいろいろながら、すべての根茎は節と腋芽(図2)ならびに頂芽を備えている。頂芽および腋芽は定芽であって、芽鱗の中には季節の到来やシュートの損傷などに対応していつでも萌芽できる生長点が存在する。

根茎は、それぞれ種固有の構造を形成しながら発達しているが、全体として次の3つのタイプに大別できる⁵⁾。

A: 親シュートを中心に放射状に何本も根茎を(分枝もしながら)伸長させ、ある時期になるとその先端から子シュートを発生し、その子シュートを中心に同じことが繰り返される⁵⁾。そして、親と子をつなぐ根茎がやがて切れて、子シュートは新個体として独立し、親シュートとして働く(図3)。すなわち、根茎の発達には中央集権的にコントロールされているといえる。

ヨモギ、ヨメナ、セイタカアワダチソウ、フキ、イタドリ、ドクダミ、チガヤ、セイバンモロコシ等、大半の根茎植物がこれに該当する。

B: 全く規則性がなく根茎がアメーバのように伸長するタイプであり、シダ植物のスギナとワラビがこれに当た

る。スギナの一例⁶⁾を図4の左に示す。スギナでは他に4例掘り取り追跡を行ったが、これらでもまたワラビでも、非常に偏ったたいけい構造の根茎系を形成していた。まるで、根茎先端がそれぞれ状況を感じ取り、いわば‘てんでんこ’で伸長しているように見える。また、このタイプの特徴は、根茎先端が上向き出芽することなく根茎として伸長を続けるので、地上部から推定するより根茎の占有範囲は広い。

C：カヤツリグサ科の多年生雑草であるハマスゲとヒメクグは、地下器官の形態は見かけ上は著しく異なるが(図5)、仮軸生長的に形成されているという共通点がある⁵⁾。ヒメクグの場合、多くのシュートをつけて放射状に出ている短い根茎で構成されているように見えるが、実は1同じ節からシュートと根茎の両方を発生することを繰り返しているのが、全体としてある長さをもつ根茎に見えるということである。ハマスゲでは節に当たるのが塊茎で、ヒメクグよりつなぎの部分がはるかに長いということでも全く異なる様相になっている。

2) クリーピングルート系

栄養繁殖力をもつ細長い根によって構成されている地下器官系であり、根茎系と異なり組織的には根である。該当する雑草にはガガイモ、ワルナスビ、セイヨウヒルガオ、セイヨウトゲアザミ、ヤブガラシ、ヒメスイバ、キレハイスガラシ等がある⁵⁾。クリーピングルート系の基本形は、地下の余り深くないところを水平に走る根と、その先端や途中から垂直に下降する根で構成されている(図1.ヤブガラシ参照)。シュートはこれらの根に誘導される不定芽から発生し、この点がすべて定芽から発生する根茎系との大きな違いである。不定芽は組織的には内皮のすぐ内側の内鞘に分化し、その点は側根の発生と同じで

あるが、状況によってその後芽の組織として発達していく(図6)。そして、表皮を突き破って発生し生長する。なお、このように発生したシュートの地上に出るまでの部分はいわば垂直の地下茎であって、その腋芽もシュートの発生力をもつ。

3) 混同される根茎とクリーピングルート

日本にはクリーピングルートという概念がなく、多年草の地下で拮がる細長い器官はすべて根茎だと思っている人が大半である。したがって、これに該当する日本語の用語もない。地下で拮がり栄養繁殖力をもつ細長い器官に根茎と根の両方があるのではないかと最初に気づいたのは、北海道でキレハイスガラシに巡り合ったときであった。マッチ棒ほどの長さではるかに細い断片から、おびただしい数のシュートが発生するのを見て、こんなに多くの腋芽がついているはずがないというのが最初の疑問であった。

外観だけでは区別できない種もあったので、区別する方法として根茎は茎組織、クリーピングルートは根組織ということに眼をつけ、サフランニン染色で維管束木部の配列をみることで容易に区別できることを利用して、2)で挙げた種すべてについてクリーピングルート系と判断した^{3,5)}。その後、アメ

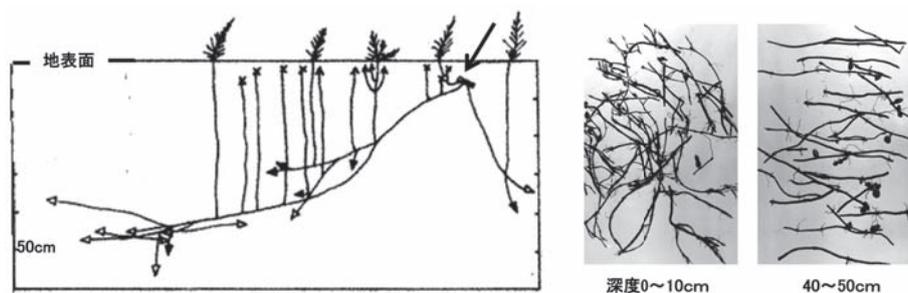


図4 根茎断片からのスギナ根茎の発達追跡図(左)および深さ別の根茎の様相(右)。⁶⁾ 深いところの根茎は太く硬く、塊茎を多くつけている。



図5 仮軸生長的に根茎系を形成するヒメクグおよびハマスゲ⁵⁾

リカの図鑑や用語解説では両者を rhizome、creeping root (あるいは creeping rootstock) と呼んで明確に区別している^{1,9)} ことも知った。アメリカ中北部の穀倉地帯ではなぜかクリーピングルートをもつ広葉雑草種が多く^{3,4)}、根茎をもつのはイネ科とカヤツリグサ科だけだと思っている人もいたほどである。

根茎かクリーピングルートかなど、どうでもよいのではないかと思われるかもしれないが、実は防除面からみるとそうとも言えないように思う。セイヨウトゲアザミ (ラウンドアップレディのダイズやナタネの栽培畑で増加しているクリーピングルート系の多年草) 防除に最も有効な除草剤がホルモン系のクロピラリドであることは、'根' というものがオー

キシんに敏感なことと関係があるのではないか。この件に関して筆者は、ヒルガオ科のコヒルガオ (根茎系) とセイヨウヒルガオ (クリーピングルート系) 間のグリホサートおよび 2, 4-D に対する感受性の違いについて、大変興味ある実験結果を得ているのでコラムで紹介しておく。

5. ほふく茎で広がる多年草

ほふく茎系は各節に根を下ろし地表を拡がっていく構造で、これをもつ種にはシロツメクサ、カタバミ、チドメグサ類、ヘクソカズラ、クズ等がある。シロツメクサ、カタバミ等は肉眼で観察できるので分かりやすいが、ヘクソカズラについては地上を這ったり地下に潜ったりする上、緑地の主要雑草であるにもかかわらず生育特性

についての情報がほとんどないので、残念ながらここで解説することができない。そこで、ここでは占有面積が大きい上すぐに生い茂って全体構造が分かりにくいクズに関してのみ説明する。

クズの植物体は3出複葉を着ける当年生茎、多年生茎、節から発生する節根およびこれが伸長・肥大した主根 (塊根) で構成される (図7)。新しい茎 (当年生茎) には地表を這い進むものと立ち上がったものに巻き付くものがある。個体の大きさは同じ年齢の植物体でもさまざまであるが、3年生茎をもつ個体の大きなものでは多年生茎が320m、当年生茎が1,471mという報告もある。古いほふく茎は、昆虫による食害、病気、老化などによって切れ、新しい個体ができる。新しい個体の総生長量は切断されなかった場合より顕著に大きい²⁾。

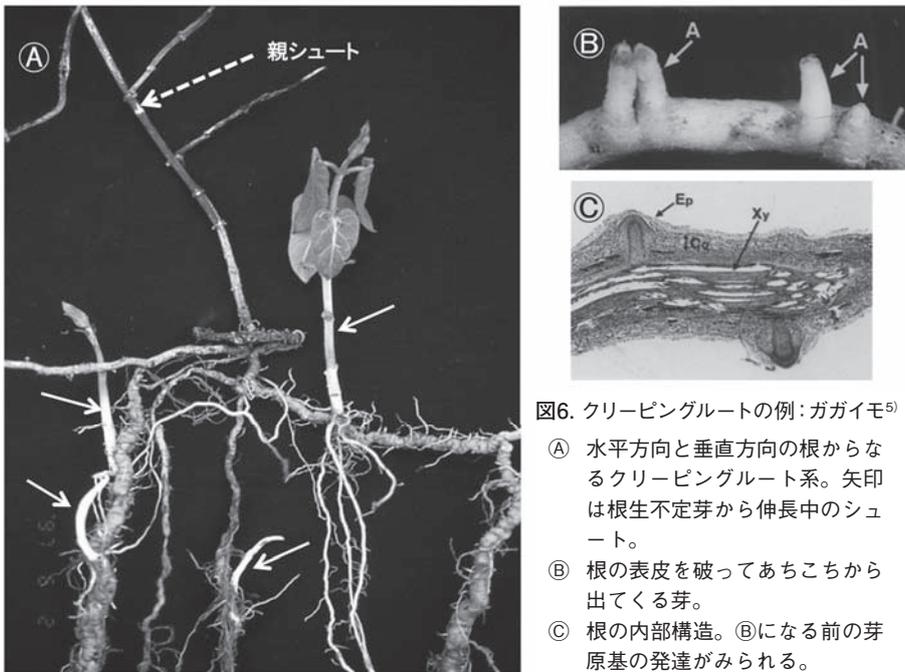


図6. クリーピングルートの例: ガガイモ⁵⁾
 (A) 水平方向と垂直方向の根からなるクリーピングルート系。矢印は根生不定芽から伸長中のシュート。
 (B) 根の表皮を破ってあちこちから出てくる芽。
 (C) 根の内部構造。②になる前の芽原基の発達が見られる。

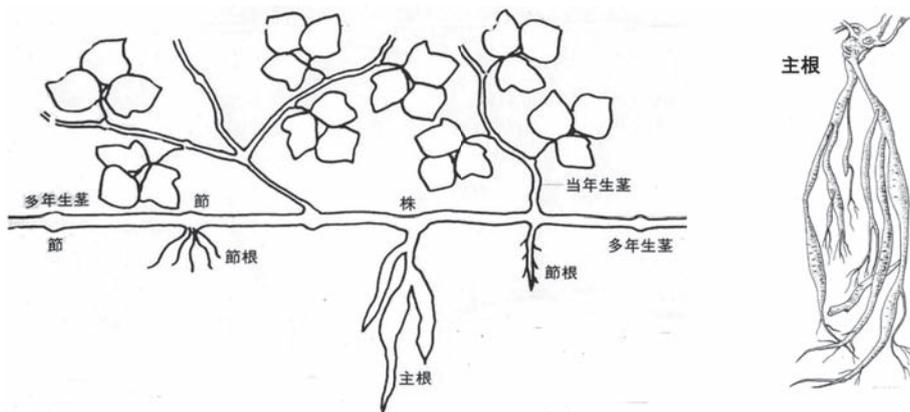


図7 ほふく茎を中心に構成されるクズの構造 (伊尾木 (1989) より転載)

引用文献

- 1) Anderson, W. P. 1999. Perennial Weeds. Iowa State University Press, Ames.
- 2) 伊尾木稔.1989. クズ、その野生の正体. サイトロン協議会 45pp.
- 3) 伊藤操子・R.A. Liebl.1991. Creeping root をもつ多年生雑草の栄養繁殖特性の比較研究 (1) 根系の形態. 雑草研究 36 (別) : 190-191.
- 4) 伊藤操子・R.A. Liebl.1991. Creeping root をもつ多年生雑草の栄養繁殖特性の比較研究 (2) 芽の形成、萌芽と再生力. 雑草研究 36 (別) : 192-193.
- 5) 伊藤操子・森田亜貴.1999. 地下で広がる多年生雑草たち. ダウ・ケミカル日本、ダウアグロサイエンス事業部門 .113pp.
- 6) 伊藤操子. 2011. スギナ (*Equisetum arvense* L.). 草と緑 3 : 45-52
- 7) 茂木 発・伊藤操子.1995. コヒルガオおよびセイヨウヒルガオの生育段階における茎葉処理剤の効果の差異. 雑草研究 40 (別) : 130-131.
- 8) 茂木 発・伊藤操子・松本 宏.1996. コヒルガオおよびセイヨウヒルガオにおける 2,4-D およびグリホサートの移行性について. 雑草研究 41 (別) : 24-25.
- 9) Muenscher, W. C. 1955. Weeds, 2nd edition. Cornell University Press.

コラム コヒルガオ vs. クリーピングルート系のセイヨウヒルガオ —除草剤に対する反応はこんなに違う—

コヒルガオ (*Calystegia hederacea*) はヒルガオ (*C. japonica*) とともに北海道を除くほぼ全国の畑地や路傍、植込みのなかに普通にみられる雑草であり、地下部には根茎系を発達させる。一方、セイヨウヒルガオ (*Convolvulus arvensis*) は北米、ヨーロッパ、南米等の温帯地域に広く分布し主要作物の重要害草で、日本では外来雑草として鉄道（とくに貨物線）軌道敷などに局地的に発生しているが、地下部はクリーピングルート系である。

同じヒルガオ科の地下部拡大型多年生つる性植物で、成体のサイズにも大差のない両種は、同じ除草剤に対する反応には本来ほとんど差がないはずである。そして、両種の制御には当然のことながら吸収後、地下器官系に十分移行しここからの再生を阻止する除草剤が求められ、その代表的なものとしてグリホサートと 2,4-D をはじめとするホルモン系除草剤がある。

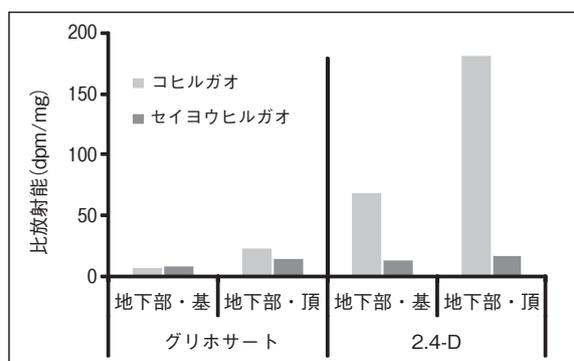
ところが、実際にコヒルガオとセイヨウヒルガオにグリホサートと 2,4-D を処理して反応を調べたところ、表に示すように、2,4-D はどちらの種にも効果が高かった（再生を抑えた）が、グリホサートの効果は両種で著しく異なりセイヨウヒルガオではほとんど反応を示さなかった。また、地下部への移行量からみると、2,4-D では両種で大きく異なるのに効果には差がなく、一方、グリホサートでは両種で大差がないのに効果では極端に差が生じたことになる（図）。

茎葉処理による制御効果(数値はシュート再生抑制%)⁷⁾

| | グリホサート | | 2,4-D | |
|----------|--------|------|-------|------|
| | 1回目 | 2回目 | 1回目 | 2回目 |
| コヒルガオ | 100.0 | 88.8 | 100.0 | 92.3 |
| セイヨウヒルガオ | -9.0 | 0.9 | 87.5 | 84.2 |

処理1カ月後の地下部からのシュート再生率を対無処理区%で表す。

この結果は、次々と不定芽形成して萌芽するクリーピングルート系では、定芽に集中して生長点を阻害する性質のグリホサートの利点は発揮されにくく、一方茎より根の方で感受性が強いオーキシン作用をもつ除草剤 (2,4-D 等) は効きやすいことを示唆しているのではないかと推察される。



C¹⁴ でラベルした両剤の地下器官への移行状況。処理 10 日後の値。⁸⁾

『芝蟲紳士録』

(しばむししんしろく)

その十七

“スナコバネナガカメムシ”

この地球上には名前のついている生物だけで百数十万種存在するといわれています。そのうち6割が昆虫と称されるもので、今も昆虫は新しい種がどんどん発見されているようです。つまり、この青い惑星地球は我々昆虫で制覇されているといっても過言ではないのです。そしてその昆虫の中でも我がカメムシ目はメジャーな存在で、世界に130科以上、8万種以上知られています。

申し遅れました。私、芝地に生息するカメムシ“スナコバネナガカメムシ”と申します。とにかく私たちの仲間は種類が多いのです。半翅目(ハンシモク)とも呼ばれ、セミやウンカのような身近な昆虫もいますし、陸棲の者ばかりでなくタガメやタイコウチといった水棲のカメムシ類もあります。かくいう私は土壤中を住処としており、私たちの仲間はいろいろな場所で登場します。

また、「日本で一番美しい昆虫は何ですか？」との質問には、私は間違いなく“ニシキキンカメムシ”と答えることにしています。いやー、カメムシ連合

は素晴らしい！

えっ？「カメムシは臭いから嫌い」だって？たしかに、カメムシの多くは特有の臭気を出します。私も「臭いで芝地の中にいるのが判る」というグリーンキーパーさんを知っています。まあ、だけどね、臭気は好き嫌いの問題ですからね。私たちの仲間に“アメンボ”というのがあります。あの水面をスイスイ走っているあいつです。アメンボを捕まえてにおいを嗅いでみると甘い香りがします。アメンボの名前の由来は“飴の棒”なのです。

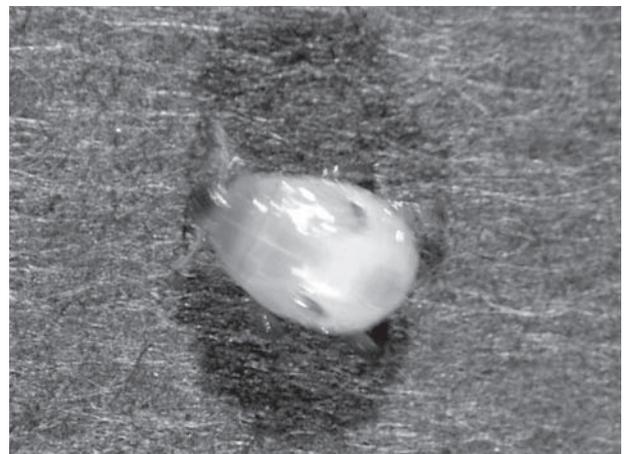
さて、カメムシ連合の仲間には農業分野において大きな問題となる害虫も多いのですが、私“スナコバネナガカメムシ”はなかなか皆さんには知られていませんね。でもアメリカでは“Chinch bug”と呼ばれて結構有名な芝草害虫なのです。

私たちは体長5mmに満たない大きさで、砂質の芝地を好んで生息しています。カメムシ特有の口針を持っていて芝の地下茎やランナーから吸汁します。越冬した成虫は4月～5月に産卵し、夏の間に5齢の幼虫期間を経て秋には新成虫が発生します。乾燥時はより被害が大きくなりますが、乾燥害だと思われ私たちが関与しているのを気付かないことが多いのかもしれない。

いつか、カメムシ連合の名に恥じないような立派な芝草害虫になりたいな。



私“スナコバネナガカメムシ”です。気が向いたので地上に出ました。



私の幼少時代です。砂地の中に潜んでいます。





■ ベントグリーン内メヒシバ防除剤
(芝用除草剤)

NEW

2013年より
新製品が
続々登場!!



ᠠᠪᠢᠰᠢᠲᠬᠡᠮᠤ
ᠠᠪᠢᠰᠢᠲᠬᠡᠮᠤ
ABISTHEM

次のステージへ...

2013年、当社は新たなステージへと踏み出します。
新しい製品、新しい技術、新しいサービスは、
当社製品をご利用いただくすべてのお客様のために。

グランデージゴルフ倶楽部
Eコース9番ホール

■ スズメノカタビラ出穂抑制剤

(芝用植物成長調整剤)

NEW



■ ダラスポット病防除剤

(芝用殺菌剤)

NEW



【編集後記】

グリーンニュースの内容について御意見・御感想がありましたら、FAX または eメールにてグリーンニュース編集部までお送りください。

●送付先 〒110-8520 東京都台東区東上野 4-8-1 TIXTOWER UENO 8F
株式会社理研グリーン グリーンニュース編集部
FAX : 03-6802-8577 e-mail : kikaku@rikengreen.co.jp
URL : <http://www.rikengreen.co.jp>



緑をつくり、育て、守る。

株式会社 理研グリーン

| | | | |
|----------|-----------|------------------------------------|--------------------|
| 本社 | 〒110-8520 | 東京都台東区東上野 4-8-1 (TIXTOWER UENO 8F) | ☎ 03-6802-8301 (代) |
| 札幌駐在員事務所 | 〒003-0029 | 札幌市白石区平和通 16 丁目北 7-1 (カーサバズ 202) | ☎ 011-595-7401 (代) |
| 仙台支店 | 〒980-0014 | 仙台市青葉区本町 1-11-1 (仙台グリーンプレイス 5F) | ☎ 022-222-9599 (代) |
| 東京支店 | 〒110-8520 | 東京都台東区東上野 4-8-1 (TIXTOWER UENO 8F) | ☎ 03-6802-8943 (代) |
| 静岡支店 | 〒422-8058 | 静岡市駿河区中原 551 番地 | ☎ 054-283-5555 (代) |
| 名古屋支店 | 〒460-0008 | 名古屋市中区栄 2-1-1 (日土地名古屋ビル 16F) | ☎ 052-218-3060 (代) |
| 大阪支店 | 〒560-0082 | 大阪府豊中市新千里東町 1-5-3 (千里朝日阪急ビル 5F) | ☎ 06-6871-1691 (代) |
| 福岡営業所 | 〒812-0004 | 福岡県福岡市博多区榎田 2-2-1 (久次ビル 5 号室) | ☎ (大阪支店にて代行受付) |
| 福田工場 | 〒437-1213 | 静岡県磐田市塩新田 432-3 | ☎ 0538-55-5108 (代) |
| グリーン研究所 | 〒437-1218 | 静岡県磐田市南田伊兵衛新田 859-1 | ☎ 0538-58-1282 (代) |