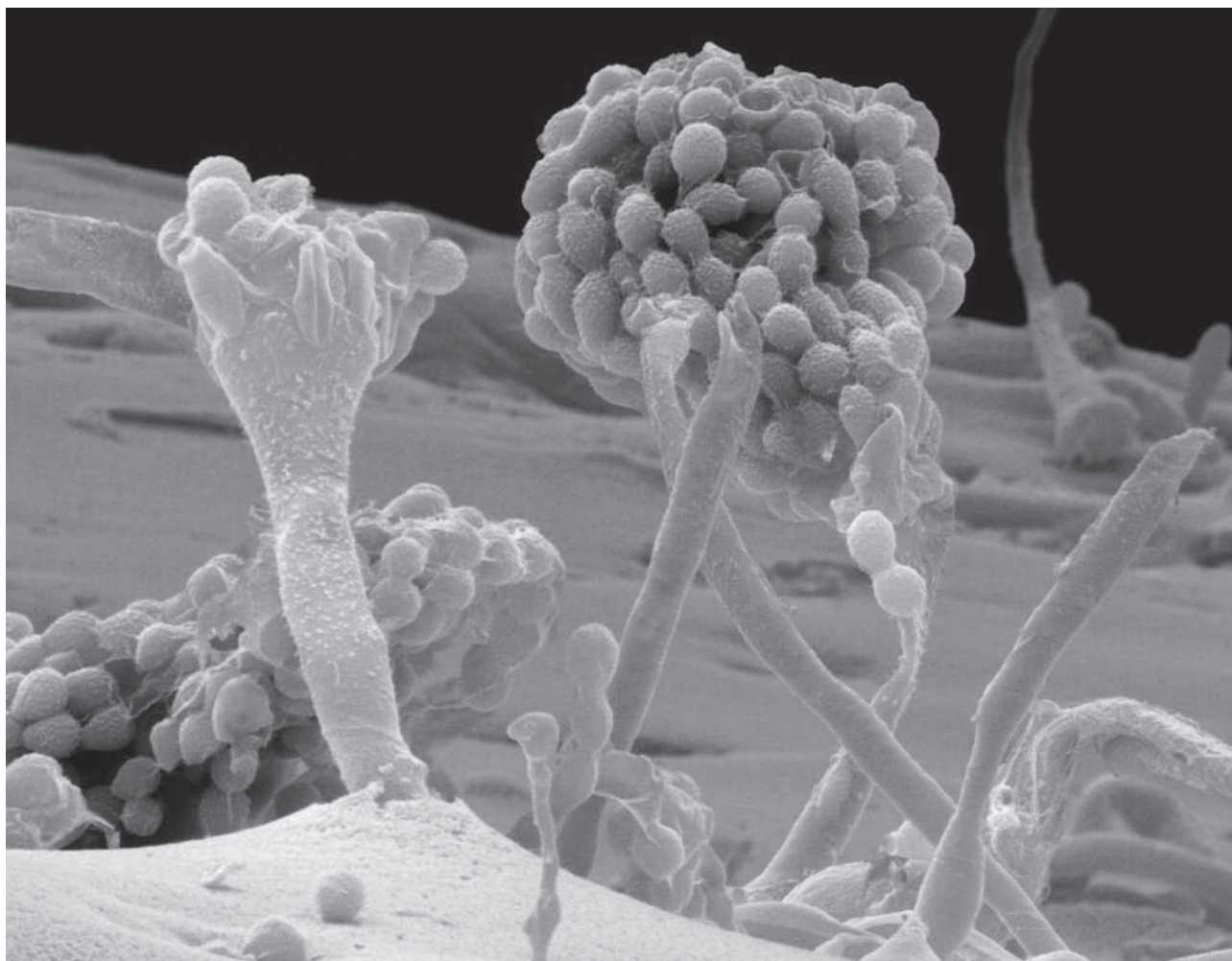


グリーンニュース No.96

GREEN NEWS

平成 28 年 3 月 31 日
発行・株式会社 理研グリーン

ISSN 0915-8812
発行人・矢口 重治



米麹(ニホンコウジカビ)の走査電子顕微鏡写真

石川県には発酵食品がたくさんあります。大根と身欠ニシンを、麹(糶)でじっくりと漬けた「大根寿し」はその代表の一つです。麹の甘さと大根のしゃきしゃきとした歯ごたえが最高です。この麹を培地上で育てて、走査電子顕微鏡で観察しますと、菌糸の先に多数の胞子(分生子)が形成されているのが見られます。この菌(ニホンコウジカビ)は醸造酒の製造に供されるだけでなく、かつて高峯讓吉博士がデンプン分解酵素であるタカジアスターゼ(アミラーゼの別名)を抽出するのに用いた菌ということでも知られております。

(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20) ……1
—— 転炉スラグの威力と魅力(その1) ——
現場における病害管理(44) ……7
—— 気象データを夏のベントグリーンの病害管理に生かそう(その4) ——
グリーン考現学(28) ……11
—— 東京五輪に出番を待つ多彩な「緑花アート」: その現状と今後の展望 ——
森林認証制度を知る ……18
—— 森林経営に欠かせず 五輪施設の木材調達に影響 ——
雑草学講座: 雑草の素顔と付き合い方 ……25
—— その9 —— 除草剤とは⑤: 環境中での除草剤の動態 ——
芝蟲紳士録(その二十三) ……29

農と緑のための土と肥料のはなし(その 20) 転炉スラグの威力と魅力 (その 1)

東京農業大学名誉教授 後藤 逸男



1. 畑に不可欠な石灰資材

人が歳をとると骨がもろくなり骨折しやすくなる。いわゆる骨粗鬆症だが、その一因はカルシウム摂取不足により血中のカルシウム濃度が低下すると、副甲状腺ホルモンの働きにより骨からカルシウムが溶出して血液中に流入するためとされている。

日本のように雨量が多い地域では、土の中の交換性塩基が雨水に溶けて下層に流出する。この現象が塩基の溶脱である。交換性塩基とは、土壌中のコロイド（粘土鉱物・腐植）に電気的な引力で吸着されているカルシウム・マグネシウム・カリウムイオンでいずれもアルカリ性（塩基性）を示す。雨水の中には大気中の二酸化炭素が溶け込んで希薄な炭酸水となっているため pH5.5 程度の酸性を示す。土の中でこの炭酸と塩基が反応してコロイドから塩基が追いつき出され、水素イオンと入れ替わる（陽イオン交換反応）。土壌コロイドに吸着した水素イオンは不安

定であるため、土壌コロイドの中からアルミニウムイオンを溶かしだして安定化する。アルミニウムイオンも酸性を示すので、土が酸性となる。これが自然条件での土壌酸性化メカニズムである（図 1）。土壌コロイドとは土の屋台骨に相当するものであり、土の酸性化はまさに土の骨粗鬆症といえる。

畑では、この酸性化がさらに促進される。その原因が窒素の施肥である。図 2 のように、畑に施された窒素はアンモニア態窒素を経て最終的には硝酸態窒素に変化し、畑作物に吸収利用される。硝酸態窒素とは硝酸イオンのことで、陽イオンである塩基とは異なり陰イオンであるので土壌コロイドには吸着されにくい。そのため、収穫後に土壌中に残留した硝酸態窒素は雨水に溶けて下層に流れてしまう。その際、硝酸イオン単独で流れるのではなく、お相手と手を繋いで駆け落ちする。そのお相手が主にカルシウムイオンである。そこで、畑の土を若返らせるには石灰資材が必要となる。このような畑での土

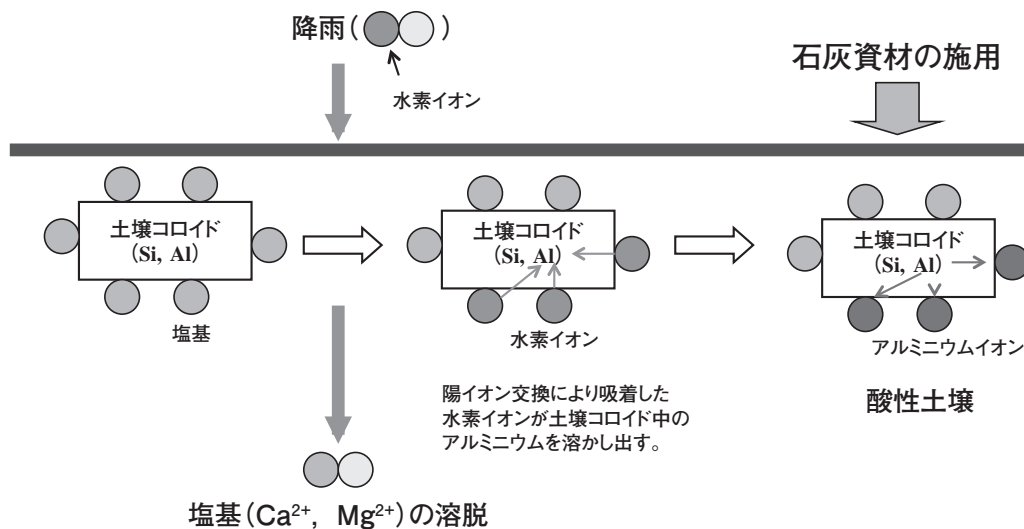


図 1 土壌の酸性化メカニズム（自然状態で生じる酸性化）

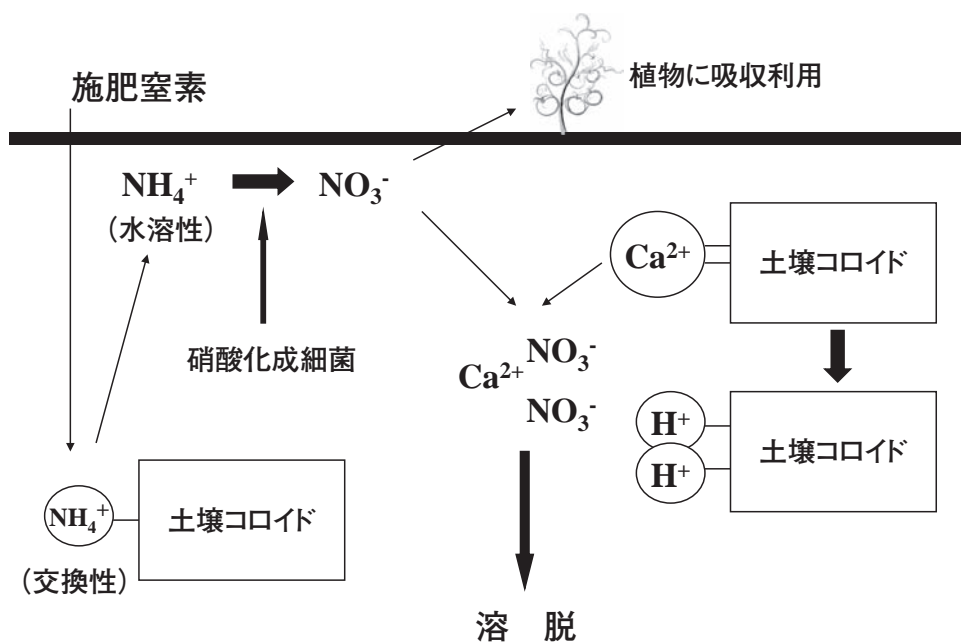


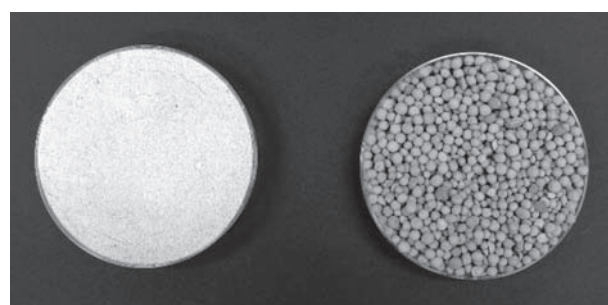
図2 窒素の施用に伴う土壌酸性化メカニズム

土壌酸性化は土壌中に残留する硝酸イオンが多いほど、すなわち窒素肥料を過剰に施用するほど促進される。

2. 既存の石灰資材の種類と特性

従来から使われていた土壌酸性改良のための石灰資材としては、主に水酸化カルシウム（消石灰）や炭酸カルシウム（炭カル）が使われていた。消石灰は水に溶けるため速効的な酸性改良効果に優れるが、持続性がない。一方、水に不溶の炭カルは消石灰に比べると速効性に劣るが、持続性がある。そこで、第二次大戦後の食糧難を克服するために国家プロジェクトとして行われた開拓事業では、酸性土壌改良のための石灰資材として炭酸カルシウム（炭カル）が大量に使われた。現在でも、施用量が少なく済む消石灰を好んで使う農家も多いが、「安物買いの銭失い」である。

両石灰資材共に酸性土壌を改良して土壌に交換性カルシウムを補給することはできるが、マグネシウムを含まないため、連用すると塩基バランスが悪化して、作物にマグネシウム欠乏をきたしやすい。そこで、徐々に炭カルから苦土カル（苦土石灰ともいう）への切り替えが行われ、現在では苦土カルが最も一般的な石灰資材となっている。苦土カルとは、



粉状品 粒状品
写真1 苦土石灰（粉状品と粒状品）

鉱物名を苦灰石（ドロマイト）といい、炭酸カルシウムと炭酸マグネシウムの混合物である。わが国には、栃木県葛生地方などで大量に産出される。可溶性（0.5M/L 塩酸可溶）カルシウムとマグネシウムの含有率はCaO：45%程度、MgO：15%程度で、土壌の塩基バランス（Ca/Mg）を保つにはちょうどよい組成である。従来、この苦土カルは写真1左のような粉状品で市販されていたが、散布時に飛散しやすいため、粉砕品に蔗糖蜜などのバインダーを添加して直径数mmの粒径に加工した造粒品（写真1右）を購入する農家が多い。ただし、加工に経費を要するため価格が高くなる、また粉状品に比べて速効的な酸性改良効果がやや劣るので、農家には粉状品の利用を勧めている。

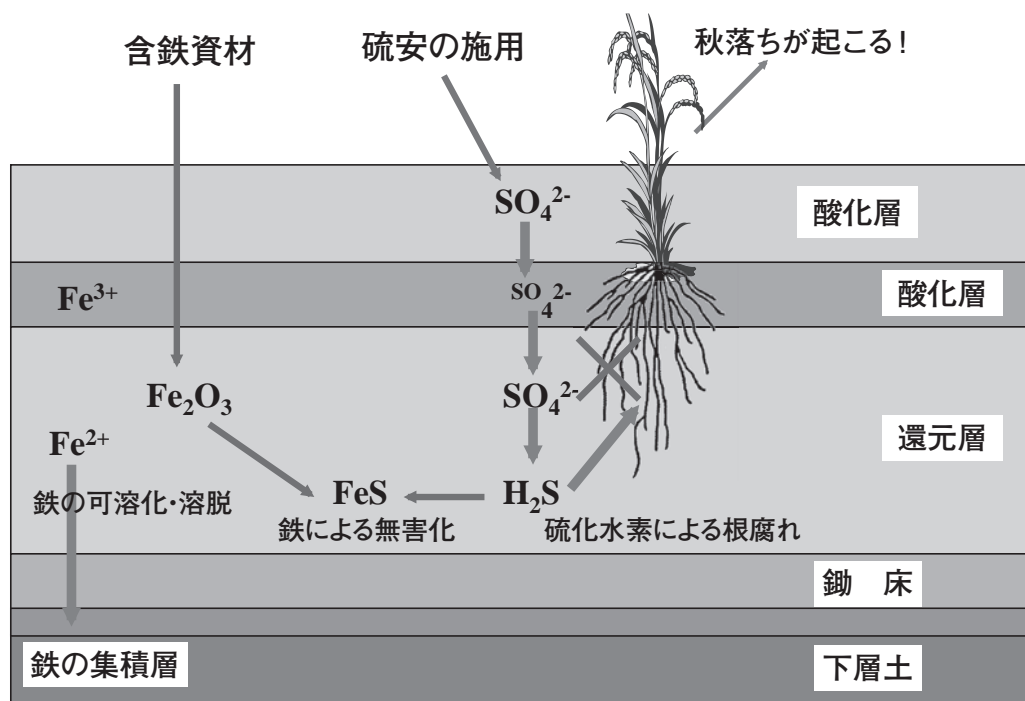


図3 水田の老朽化と水稲秋落ち現象

最近、各地の野菜産地の土壌診断分析を行うと、交換性マグネシウムが少ない土壌が目立つようになった。そこで、農家が使っている石灰資材の種類を確かめると「有機石灰」との回答が多い。「有機石灰」とは、かきがらや貝化石の粉末あるいはそれらの造粒品で、有機とはいっても、土壌の酸性改良に有効な成分は炭酸カルシウムである。マグネシウム含有率は0.5%程度(MgO)であるため、連用すれば土壌中の交換性マグネシウムが減少する。

かきからは食品廃棄物であるので、その利用は食品リサイクルに繋がるが、苦土石灰に比べて価格が高い。また、土壌酸性改良効果が苦土カルより劣るため、筆者お勧めの資材ではない。ただし、広島や石巻など牡蠣の産地周辺で安価に入手可能な場合には大いに活用すべきである。なお、その際には施用量の10%程度の水酸化マグネシウムを併用するとよい。

3. 水田に不可欠なケイ酸と鉄資材

水田でも塩基の溶脱は起こるが、水稲はむしろ酸性を好む作物であるので支障はない。ただし、長く稲作を続けると水田も歳をとる。老化に伴って減少する成分がケイ酸と鉄である。水稲のようなイネ科

植物はケイ酸を土から吸収して生育する。土の中には大量のケイ酸が含まれているが、それらの多くが植物には利用できない形態となっていて、可給態ケイ酸は一部にすぎない。従来、水田から刈り取った稲わらや籾殻は直接あるいは堆肥などとして還元されていたが、園芸の盛んな地域では、わらを水田から持ち出して、野菜畑やハウスのマルチ材として使うことも多い。また、最近作付面積が広がっている飼料米、特にホールクロップサイレージ用では収穫物を全て水田から持ち出してしまう。そのため、水田へのケイ酸補給が不可欠で、その資材としてケイカルが施用されてきた。全国での年間施用量は1968年に年間130万トン以上に及んだが、現在ではその1/10程度に過ぎず、また堆肥施用量も激減して、最近では水田の地力低下が大きな課題となっている。

もう一つの水田の老化現象が秋落ちである。秋になっても稲穂に実が実らない現象で、土の中に発生した硫化水素ガスにより根の生育が阻害されることに原因する(図3)。酸素が充分にある畑土壌中の鉄は水に溶けない形態(Fe³⁺)で存在するが、湛水した水田土壌では、酸素が少なくなるため鉄が還元されて水に溶ける形態(Fe²⁺)に変化する。土壌中

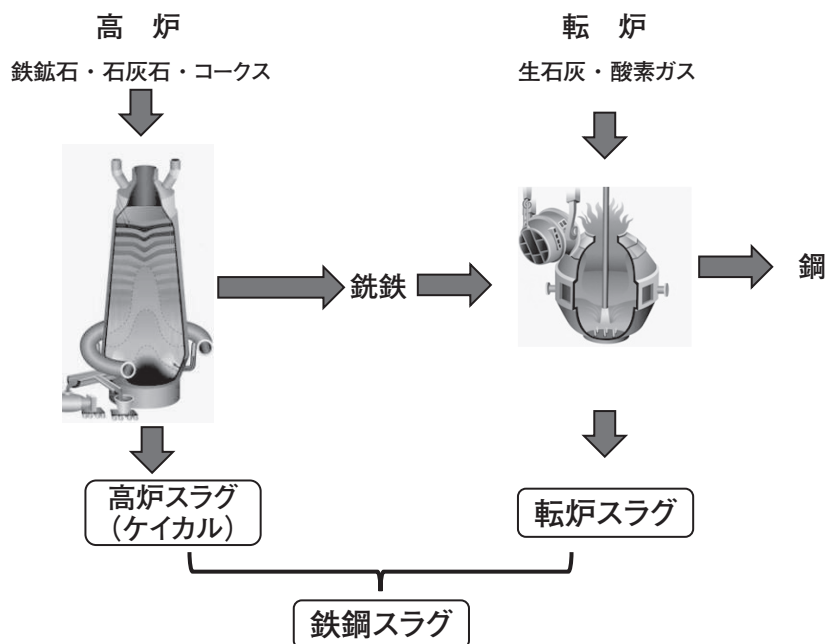


図4 カリウムとゼオライトの施用が水稻茎葉の放射性セシウム強度に及ぼす影響

にこの鉄がある間は硫化水素を無害化して根に障害をもたささないが、水田が歳をとって鉄が下層に移動してしまうと無害化能力がなくなり、秋落ちが発生する。このような老朽化水田を若返らせるには、水田の天地返しを行い下層に貯まった鉄を作土に戻す、鉄成分を多く含む山土を客土する、含鉄資材を施用するなどの方法がある。また、水田土壤中で発生する硫化水素は硫酸イオンに由来するので、硫酸アンモニウム（硫安）や硫酸カリウム（硫加）ではなく、硫酸根を含まない塩化アンモニウム（塩安）や塩化カリウム（塩加）を施用することも有効である。

4. 畑にも水田にも、草地・芝にもアンチエイジング資材として役立つ転炉スラグ

土の若返り、すなわちアンチエイジングのひとつが土壤酸性改良である。上記のように、これまで畑では苦土カルが最も一般的な土壤酸性改良資材として使われてきたが、カルシウムとマグネシウム以外の副成分をほとんど含んでいない。

人の骨粗鬆症対策として、カルシウム錠剤に頼る人も多いが、骨へのカルシウム吸収を促進するにはカルシウムだけではなくビタミンDやKなどの併用が必要で、とどのつまりはバランスのよい食事を

摂ることだそう。カルシウム・マグネシウムの他に、土のビタミンに相当する微量元素を含む土壤酸性改良資材が転炉スラグである。この転炉スラグには、ケイ酸と鉄も含まれていて、水田の老朽化にもアンチエイジング資材として役立つ。

転炉スラグは、畑や水田よりもむしろ牧草地や芝に有効な若返り資材である。一度播種すると長年にわたって採草や芝刈りを続けるため、表面散布による窒素肥料の追肥で表層の1～2cm（極表層）が酸性化しやすい。その酸性改良のための資材としては転炉スラグが最も合理的である。転炉スラグ中のフリーライム（CaO）が速効的な酸性改良効果を発揮し、ケイ酸カルシウムは緩効的な酸性改良と共に牧草や芝へケイ酸供給成分となる。また、含有量は少ないが転炉スラグに含まれるク溶性リン酸や微量元素もルートマットから吸収される。

5. 転炉スラグの原料は天然物

製鉄所で、高炉の中に鉄鉱石と石灰岩、それにコークスを加えて約1500℃に加熱すると、鉄鉱石中の酸化鉄が化学反応（還元反応）により金属鉄（銑鉄）となる。高炉から取りだしたこの銑鉄には少量の炭素やリン、イオウなどが含まれるためもろく、これから鉄鋼製品を作ることはできない。そこで、溶け

表1 転炉スラグの肥料成分組成事例

アルカリ分	可溶性石灰	可溶性ケイ酸	く溶性苦土	く溶性リン酸	く溶性マンガン	酸化鉄	ホウ素モリブデン
45～50%	40～45%	10～13%	3～5%	1～2%	3～5%	23～27%	微量

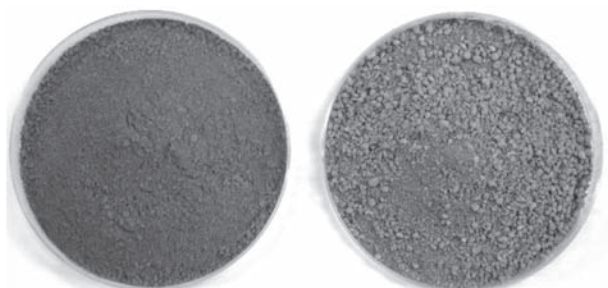


写真2 粒径の異なる2種類の市販転炉スラグ

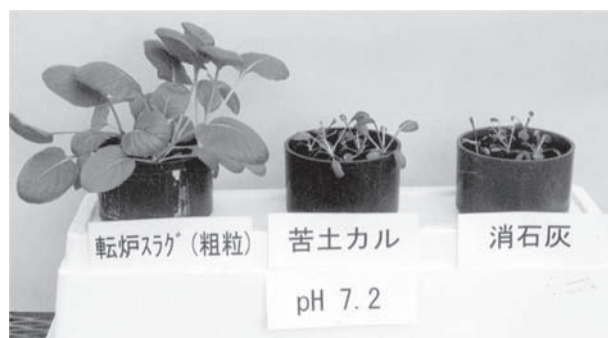


写真3 pH7.2でのコマツナ(コマツナ)の生育比較

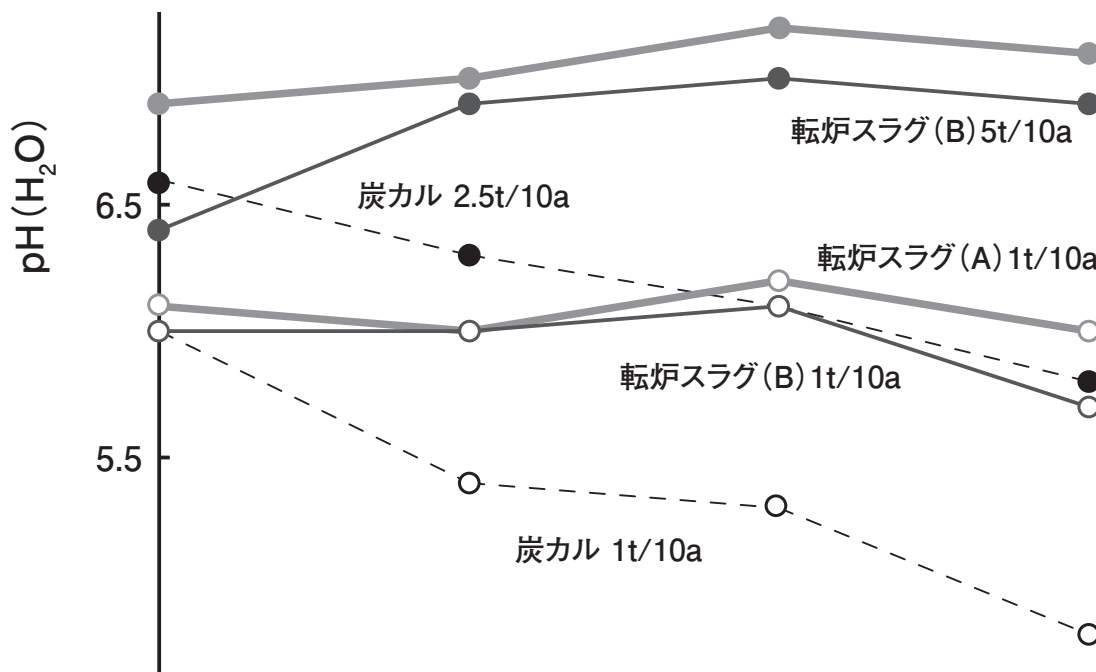


図5 転炉スラグの土壌酸性改良持続効果(ポット栽培試験)

た銑鉄を転炉と呼ばれる炉に入れ、そこに生石灰などの副材料を加えて酸素を吹きつけると、酸化反応により銑鉄中の不純物を取り除かれ、純度の高い鋼となる(図4)。こうしてできた鋼から自動車用鋼板やレール、鋼管などさまざまな鉄鋼製品が作られる。このような製鋼工程で銑鉄から取り除かれた鉄以外の副産物が転炉スラグで、その成分は、ケイ酸カルシウムを主体として少量のフリーライムの他、

鉄・マンガン・マグネシウム・リン酸・ホウ素などを含む。肥料成分含有量は表1のとおりで、いずれも土壌改良資材あるいは肥料として有効な成分である。スラグとは「鉱さい」を意味する。そのイメージから、何か有害な成分が含まれているのではないかと懸念の声も聞かれるが、仮に原料中に有害成分が含まれていたとしても、転炉の中は約1,600℃にも達するため、沸点が低いカドミウムやヒ素、水

銀などの有害元素は揮散し、PCB やダイオキシンなどは全て熱分解してしまう。ましてや、原料は全て天然物であるので、安全・安心資材であることはいうまでもない。

なお、高炉で銑鉄がつくられる際の副産物が高炉スラグで、両スラグを総称して鉄鋼スラグという。高炉スラグの主成分は非晶質のケイ酸カルシウムで、1955年から「ケイカル（鉍さいケイ酸質肥料）」として主に水田に施用されている。一方、転炉スラグは1952年に制定された耕土培養法（1984年に廃止）で遊離酸化鉄含有量の少ない老朽化水田に対する鉄補給資材（含鉄物）として指定を受け、主に西日本を中心とする花崗岩風化土壌（まさ土）地帯の水田で利用されてきた。しかし、それ以外では、東北地方の草地において既存の石灰資材の代替資材として利用されていたに過ぎなかった。なお、現在転炉スラグとして市販されている資材は写真2のように粒径や組成の違いにより副産石灰肥料・混合石灰肥料・特殊肥料のいずれかとして登録されている。このように、ケイカルと転炉スラグは共に製鉄所で誕生する兄弟のような関係の肥料である。

6. これまでの石灰資材とはひと味がう転炉スラグ

pH5.5の酸性土壌にそれぞれ転炉スラグ、苦土カル、消石灰を施用してpHを7.2に改良後、コマツナを栽培した結果を写真3に示す。苦土カルと消石灰ではマンガンとホウ素欠乏に原因する著しい生育阻害が認められたが、転炉スラグでは全く支障をきたさなかった。また、図5のように2種類の転炉スラグと炭カルを施用して3作連続栽培したポット栽培試験では炭カル区に比べて顕著な土壌酸性改良持続効果が認められた。ただし、転炉スラグは酸性改良効果に影響するアルカリ度が苦土カルや炭カルに比べて低いため施用後のpHを同等とするには炭カルの2倍量以上の施用が必要であった。このように、転炉スラグはこれまでの土壌酸性改良資材とは異なる特性を持っている。ひと味がうこの特性を利用して、アブラナ科野菜根こぶ病やフザリウム病などの土壌病害被害軽減資材としての実用化が進んでいる。

次回には、それらの最新情報についてお話する。

現場における病害管理(44)



気象データを夏のベントグリーンの病害管理に生かそう(その4)

(一財)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

梅雨末期から夏にかけて最寄りのアメダスの最高と最低気温から、近畿地方のゴルフ場のその年の梅雨明けから夏の生理病と伝染性の病気による被害状況が予測（以下、被害予測）できるという結果を得た¹⁾。ここでいう被害予測とは、不特定多数の生理病や病気による被害の予測であって、特定の生理病や病気の発生子察ができるということではない。

ゴルフ場で気温などの気象データを記録・保存していても、それを病害管理に生かしているコースはまれである。そこで、アメダスの雨量、風速、日照時間を既報¹⁾の気温のデータを併せ考察すれば、気温だけで被害予測をするよりも、一層正しく実態をとらえることができると考えられる。

ここでは、前報¹⁻⁴⁾と同じ手法を用い、雨量等の気象データと夏のベントグリーンの被害度との関係を求め、これら個別の気象データから被害度を予測し、これに総合的な考察を加えた。

2. アメダスから気象データの入手

当研究所のゴルフ場会員の85%以上は、近畿地方の2府4県に分布している。この地方の緯度や経度が異なる8か所のアメダスから雨量、風速、日照時間のデータを入手した。

3. アメダスの雨量、風速、日照時間と生理病・病気による被害との関係

平成18(2006)年から26(2014)年まで9年間のアメダスの雨量等のデータを入手し、既報¹⁻⁴⁾のように5、6月の梅雨前～梅雨期（以下、梅雨期）と7、8月の梅雨明け～夏期（以下、夏期）に分け

て集計した。この期間中に、宝塚市内のAゴルフ場（北緯34度47分15秒東経135度20分27秒、標高100m）で発生した生理病及び伝染性の病気による張替え等の有無、面積で多発年と少発年に2分した^{2, 3)}。以下、表1-6に示すように各気象データと被害度の関係を求めた。

表1-3では、経度が異なる4か所のアメダスのデータと被害度との関係を検討した。表1では、総雨量と被害度との関係を求めた。

近畿地方では経度が異なっても、多発年の梅雨期は多雨で夏期は寡雨と言うことになる（表1）。

表2では、これらの地点での風速との関係について検討した。

経度が異なっても、多発年の梅雨期から夏期にかけては、平均、最大の風速が一般に弱いように思われた（表2）。

表3では、日照時間と被害度との関係について検討した。

経度が異なっても、多発年の梅雨期から夏期には、一般に日照時間が短い。特に梅雨期にこの傾向が強く夏期には弱まるようである（表3）。

表4~6では、緯度が異なる4か所のアメダスのデータと被害度との関係を調べた。

表4では、これらの地点の総雨量と被害度との関係を取り上げた。

緯度が比較的低い34度以下の太平洋側の2か所の梅雨期には、多発年では総雨量が多かった。しかし、緯度が高い東近江市や豊岡市ではこの逆の傾向を示した。一方、すべての個所での夏期多発年の総雨量は、梅雨期に比べて少なめと言えそうである（表4）。

表5では、これらのアメダスの各地点の風速と

表1 経度が異なるアメダスの梅雨期から夏期の総雨量と夏場のベントグリーンの被害度との関係

アメダスの地点 ^{a)}	梅雨期			夏期		
	少発年 ^{b)}	多発年 ^{c)}	多発年—少発年	少発年 ^{b)}	多発年 ^{c)}	多発年—少発年
兵庫県福崎町	298.8	481.3	+182.5	377.0	360.0	- 17.0
兵庫県三田市	263.1	328.0	+64.9	297.2	276.0	- 21.2
大阪府枚方市	318.1	368.0	+49.9	352.1	363.3	+ 11.2
奈良県宇陀市	298.8	347.0	+48.2	388.6	314.8	- 73.8

a) 兵庫県福崎町：北緯 34 度 57 分 00 秒、東経 134 度 44 分 09 秒、標高 72m
 兵庫県三田市：北緯 34 度 53 分 07 秒、東経 135 度 12 分 07 秒、標高 150m
 大阪府枚方市：北緯 34 度 48 分 05 秒、東経 135 度 40 分 03 秒、標高 26m
 奈良県宇陀市：北緯 34 度 29 分 03 秒、東経 135 度 55 分 09 秒、標高 349m
 b) 2007、2009、2011、2012、2013、2014 年
 c) 2006、2010 年

表2 経度が異なるアメダスの梅雨期から夏期の風速と夏場のベントグリーンの被害度との関係

アメダスの地点 ^{a)}	風速 (m/sec)	梅雨期			夏期		
		少発年 ^{b)}	多発年 ^{c)}	多発年—少発年	少発年 ^{b)}	多発年 ^{c)}	多発年—少発年
兵庫県 福崎町	平均	1.13	1.18	0.05	1.08	1.08	±0.00
	最大	5.17	5.18	0.01	6.62	5.28	- 1.34
兵庫県 三田市	平均	2.32	2.25	-0.07	2.1	1.9	-0.2
	最大	10.74	10.15	-0.59	10.73	9.5	-1.23
大阪府 枚方市	平均	1.78	1.68	-0.1	1.65	1.45	-0.2
	最大	6.55	5.53	-1.02	6.36	5.28	-1.08
奈良県 宇陀市	平均	1.23	1.13	-0.1	1.05	0.98	-0.07
	最大	6.6	6.5	-0.1	6.59	6.73	0.14

a, b, c) : 表1に同じ

表3 経度が異なるアメダスの梅雨期から夏期の日照時間と夏場のベントグリーンの被害度との関係

アメダスの地点 ^{a)}	梅雨期			夏期		
	少発年 ^{b)}	多発年 ^{c)}	多発年—少発年	少発年 ^{b)}	多発年 ^{c)}	多発年—少発年
兵庫県福崎町	336.1	284.6	-51.5	319.8	333.6	+ 13.8
兵庫県三田市	334.9	251.6	-83.3	344.9	323.9	- 21.0
大阪府枚方市	351.5	271.0	-80.5	370.7	336.6	- 34.1
奈良県宇陀市	322.2	275.2	-47.0	347.5	346.1	- 1.4

a, b, c) : 表1に同じ

表4 緯度が異なるアメダスの梅雨期から夏期の総雨量と夏場のベントグリーンの被害度との関係

アメダスの地点 ^{a)}	梅雨期			夏期		
	少発年 ^{b)}	多発年 ^{c)}	多発年—少発年	少発年 ^{b)}	多発年 ^{c)}	多発年—少発年
和歌山県日高川町	407.9	553.8	+ 145.9	457.8	448.0	- 9.8
大阪府熊取町	276.1	319.5	+ 43.4	261.9	279.3	+ 17.4
滋賀県東近江市	288.7	266.8	- 21.9	327.4	341.3	+ 13.9
兵庫県豊岡市	277.3	220.5	- 56.8	361.9	358.5	- 3.4

a) 和歌山県日高川町：北緯 33 度 53 分 06 秒、東経 135 度 13 分 00 秒、標高 84 m
 大阪府熊取町：北緯 34 度 23 分 01 秒、東経 135 度 21 分 00 秒、標高 68 m
 滋賀県東近江市：北緯 35 度 03 分 07 秒、東経 136 度 11 分 04 秒、標高 128 m
 兵庫県豊岡市：北緯 35 度 32 分 01 秒、東経 134 度 49 分 03 秒、標高 3.4 m
 b, c) : 表1に同じ

表5 緯度が異なるアメダスの梅雨期から夏期の風速と夏場のベントグリーンの被害度との関係

アメダスの地点 ^{a)}	風速 (m/sec)	梅雨期			夏期		
		少発年 ^{b)}	多発年 ^{c)}	多発年—少発年	少発年 ^{b)}	多発年 ^{c)}	多発年—少発年
和歌山県 日高川町	平均	2.31	2.55	0.24	2.27	2.28	0.01
	最大	9.56	10.78	1.22	10.48	9.45	-1.03
大阪府 熊取町	平均	2.17	2.03	-0.14	2.13	1.95	-0.18
	最大	9.64	9.9	0.26	10.33	9.75	-0.58
滋賀県 東近江市	平均	1.73	1.78	0.05	1.42	1.38	-0.04
	最大	8	8.25	0.25	7.59	5.53	-2.06
兵庫県 豊岡市	平均	1.96	2.05	0.09	1.91	1.88	-0.03
	最大	8.35	8.55	0.2	8.09	8.18	0.09

a, b, c): 表4に同じ

表6 緯度が異なるアメダスの梅雨期から夏期の日照時間と夏場のベントグリーンの被害度との関係

アメダスの地点 ^{a)}	梅雨期			夏期		
	少発年 ^{b)}	多発年 ^{c)}	多発年—少発年	少発年 ^{b)}	多発年 ^{c)}	多発年—少発年
和歌山県日高川町	327.8	261.2	-66.6	373.4	373.0	-0.4
大阪府熊取町	362.6	304.6	-58.0	416.2	396.6	-19.6
滋賀県東近江市	339.5	287.3	-52.2	344.0	361.2	-17.2
兵庫県豊岡市	330.4	300.2	-30.2	325.6	376.3	+50.7

a, b, c): 表4に同じ

被害度との関係を調べた。

緯度が異なっても、多発年の梅雨期には平均と最大の風速が強くなるが、夏期には逆に弱くなるようであった(表5)。

表6では、日照時間と被害度との関係について示した。

緯度が異なっても、多発年は、一般に梅雨期から夏期にかけての日照時間が短い傾向にあった(表6)。

4. 総合考察

本報における生理病や伝染性病気による被害調査は、9年間という比較的短期間ではあるが、宝塚市のAゴルフ場で原則週1回行ったものである。近畿地方で、梅雨前から夏期までのアメダスから雨量、風速、日照時間などの気象データを入手した。これに既報¹⁾の気温のデータを加え、生理病や病気による被害度予測を行った。得られた結果は以下の通りである。

(1) 近畿地方では、梅雨期に雨量が多いと生理病や伝染性病気による被害が拡大する。それに続く夏

期には逆に雨が少ないと被害が増大するが、この夏期は、最高と最低気温が高めに推移して大きな被害が出る時期でもある。

(2) 梅雨期の平均及び最大風速と被害拡大との間には一定の関係は見られなかった。しかし、夏期に風が弱いと気温が下がりにくくグリーン面も乾きにくいので、被害拡大につながるものと考えられる。

(3) 梅雨期と夏期に日照時間が短いと、一般に生理障害や病害が拡大しやすい。特に梅雨期の日照不足により芝草は徒長等の悪い影響を受けるが、夏期にはこの影響が小さくなるようである。

以上の結果は、各種の気象要因とグリーン被害状況から導き出されたものである。しかし、実際には、気象要因以外に梅雨前の過剰散水に床土の透水不良などが重なると、その後に生理病や病気による被害を増大させる。梅雨期の曇天・多雨下では軸刈りなどの生理障害を引き起こしやすく、その後に土壌生息性の病原菌による本格的な病気を起こす⁵⁾。

さらに、短期の激しい気候変動が日常化し、コー

ス管理でも時々刻々気象データを入手する必要がある出てくる。今後、ベントグラスにとって不良な気象要因の持続時間（期間）などの問題点を併せ考え、さらに迅速・簡便で正確な被害予測が行える方法を模索する必要がある。

5. おわりに

アメダスから得られた気温¹⁾、それに本報で述べた風速、雨量、日照時間を併せ考慮し、夏場のベントグリーンにおける生理病や伝染性病気による被害拡大は、以下のようにして起こると考えられた。梅雨前から梅雨期の多雨、弱めの風や日照不足が芝草を弱らせ、通常は生理障害が先行して起こる。梅雨明けから盛夏にかけての高温や土壤水分の片寄り等でベントグリーンは局所的に極端に芽数を減らしていく。一方、高温性の土壤病原菌等が密度を増し、感染・発病・流行が起こりやすくなる、と考えられた。

上述のような感染・発病・流行のしくみを考慮した上で、ゴルフ場が被害予測のため気象データを入手しようとする場合、山頂や海岸近くに設置されて

いるものは除き、標高も 3.4~349m の範囲内にあるものを選ぶとよい。当該ゴルフ場より少し南にあって標高も低めのアメダスを選べば、少発年と多発年との差がより鮮明に現れ、被害の発生予測がさらに容易になると思われた。

6. 引用文献

- 1) 一谷多喜郎 (2015): 気象データを夏のベントグリーンの病害管理に生かそう (その 3). グリーンニュース 95: 8-9.
- 2) 一谷多喜郎 (2013): 梅雨明けの生理障害・病害の発生予察 - 特に近年の気象データに基づく予測の試み - ゴルフマネジメント 370 (8): 90-94.
- 3) 一谷多喜郎 (2014): 気象データを夏のベントグリーンの病害管理に生かそう (その 1). グリーンニュース 93: 5-7.
- 4) 一谷多喜郎 (2015): 気象データを夏のベントグリーンの病害管理に生かそう (その 2). 同誌 94: 5-7.
- 5) 一谷多喜郎 (2011): 気候激変下のグリーンに学ぶ. 同誌 85: 7-11.

グリーン考現学(28)

東京五輪に出番を待つ多彩な「緑花アート」

——その現状と今後の展望——

東京農業大学名誉教授
造園伝道師 近藤 三雄



1. はじめに

昨年8月のお盆過ぎに、初めて青森県田舎館村の元祖「田んぼアート」を見て感動した。今年の年賀状の冒頭に昨年最も感動したこととしたためた程である。以前であれば緑一色あるいは黄金色一色の田んぼが極彩色の錦絵に変身していた。単なる食糧生産の場が見事にアートという衣をまとった。植物の有する無限の潜在力をアートという場面でも引き出した。人間の知恵の素晴らしさを改めて実感した。よくよく考えれば、この様な植物、あるいはその集合体をデザイン素材として活用し造形的表現をする試みは古い時代から内外で行われてきた。

本稿では、それらを「緑花アート」として一括し、その概要を紹介する。その上で緑花アートを来たる2020東京五輪の会場周辺や関連施設を世紀の祭典にふさわしい華やかな雰囲気演出するための技法として積極的に活用することも提案したい。

2. 緑花アートとは

「緑花アート」とは、筆者の造語である。「さまざまな空間の修景技法として、植物の多彩な色合いの茎葉や花でつくりだす絵画的表現あるいは樹木を様々な形に仕立てる造形的表現の総称」と定義付けたい。

具体的には今、日本中で話題の「田んぼアート」、伝統的な「刺繍花壇（パルテール）」パルテールを立体化した「モザイカルチャー」「花びらアート（インフィオラータ）」「菊人形」「花壇アート」「フラワータペストリー（花の壁画）」「垂直庭園（Vertical Garden）」あるいは「トピアリー」や樹木の「仕立て物」「刈込物」さらには「エスパリア」や「芝生

の模様刈り」などを一括して緑花アートと呼ぶ。

本稿では広く緑花アートの範ちゅうに入るものについて、その内容や魅力、今後の展望等について私見を述べてみたい。いずれの手法も人を魅了し、集客効果の高いものばかりであり、観光資源的な価値を有するものである。これらを緑花手法としてさらに磨きをかけ、2020東京オリンピック開催時には様々な緑化空間に導入し、内外の人を魅了したい。

3. 田んぼアート

「田んぼをキャンパスに見立て、緑、黄、濃紫、橙、赤、白など多彩な色合いの茎葉や穂を有するイネの品種を絵の具として、予めつくりあげられた設計図に従い、イネの苗を植え、その生長に従って絵柄を田んぼにつくり出す手法、その作品」を「田んぼアート」と呼ぶ。

1993年、青森県田舎館村の「村おこし」の一環として始められ、その後、徐々に全国に広まり、現在ではその数は150箇所近くにのぼる。「全国田んぼアートサミット」も開催される程になった。今後もさらに増え続ける予感がする。稲作や田んぼに馴



写真1 青森県田舎館村の田んぼアート（2015年版）

染みのない外国人観光客にも摩訶不思議なアートとして大人気で、その仕組みを知ると驚きが感動に変わるようである。既に中国や台湾でも「田んぼアート」が出現している。早晚、他の稲作を営む国々に伝播していくものと思われる。これまた絶景の「棚田」を有するフィリピン、タイ、ベトナム、インドネシアなどの棚田の一角に「田んぼアート」が出現したら驚きがさらに倍加する。

田んぼアートの素晴しさは日本人の主食である米を生産する水田を舞台に、苗から茎葉が生長、開花・結実し、やがて稲穂が垂れる一連の「生長サイクル」の結果、設計図通りの当初意図した絵姿が劇的に出現することである。まさに日本の先進的なイネの栽培・育種技術と日本人の繊細なアート感覚の成せる技である。「田んぼアート」が世界中に広がっても日本のものを凌駕するものは出現しないと思われる。

さらに「田んぼアート」が素晴らしいのは、作品をつくり出すために手作業で行う田植えや稲刈り作業そのものがイベント化できる。その上、アート作品づくりに手を貸した喜びや自ら栽培した米を食べる喜び等の何重もの喜びを味わうことができる。子供達をそのイベントに参加させることによって農業の重要性の根幹に触れさせる貴重な原体験となる。都会の子供達にぜひその機会を与えたい。

論より証拠、「田んぼアート」の素晴しさが実感できるのは、その集客力である。元祖「田んぼアート」のある青森県田舎館村は津軽平野の南に位置し、周辺に何の観光名所もない人口8000人の辺鄙な寒村である。そこに3ヶ月間程の観賞期間の間に30

万人の見学者が押し寄せる。筆者も昨年の八月に不便を承知で足を運んだが、狭い展望台は平日なのに押すな押すなの行列、立ち止まってカメラを構えることも許されなかった。お盆の時期には長蛇の列で、展望台に上るのに2時間待ちもざらだという。

願わくは2020東京オリンピックの開催に合わせて文化の祭典として「田んぼアート五輪」開催を期待したい。オリンピック憲章にかなった企画となる。オリンピックが開催される真夏は丁度「田んぼアート」の見頃である。オリンピック目当てに来る海外からの観光客の足を日本全国の田舎に向けさせる絶好の機会となる。ぜひ実現させたい。

4. 刺繍花壇 (パルテール、parterre)

広大な庭園の一角に、刈込んだ低木を額縁(縁取)として花壇用草花で極彩色の絵模様を描き出したもの。その様がまるで刺繍のカーペットあるいは毛氈を敷きつめたように見えるため刺繍花壇、時には毛氈花壇と呼ばれる。古くから格式のあるフランスあるいはヨーロッパの宮殿の庭園の修景手法として活用されてきた。そのデザインにあたっては宮殿の上から眺め下ろすことに主眼が置かれた。

日本でもハウステンボスのようなテーマパークに大規模なものが作られ、小規模なものは各地の都市公園の一角に作られている。

今後、どこかに2020東京五輪開催を記念して、かつてない大規模で後世にまで記念碑的に光彩を放つような刺繍花壇が作られることを期待したい。



写真2 刺繍花壇 (草花が植栽されていない状況)



写真3 モザイカルチャーの例

5. モザイカルチャー（緑花像景アート）

金属フレームで動物や人形等の形を作り、ネットを張り、中に土を入れ、その表面全体を花壇用草花や多肉植物を植栽し覆う。金属フレームで土台を作成するため形が自由自在に加工できるのが特徴。まだまだ聞き慣れない用語である。それもそのはず2000年に初めてカナダのモントリオールで、その世界博覧会が開催された。因みにモザイカルチャーとは「モザイク（寄せ集め）」と「カルチャー（文化）」を組み合わせた造語。2009年には静岡県浜松市で「浜松モザイカルチャー世界博2009」が開催された。その後、徐々に日本国内でも公園の一角や街角に展示されるようになったがそれほど大きな広がりを見せていない。

ただし、形が自由に造形できるため、人気の「ゆるキャラ」や「アニメの主人公」を型取ったモザイカルチャーが東京五輪の会場の要所要所に飾られれば、内外の観光客に喜ばれることは間違いない。そのことがきっかけとなり、大ブレイクする可能性も大である。一部では立体造形花壇とも言われている。

6. 花びらアート(インフィオラータ、Infiorata)

インフィオラータ (Infiorata) とはイタリア語で「花を敷き詰める」という意味。日本では花絨毯、フラワーカーペットとも呼ばれる。道路や広場の舗



写真4 トリトンスクエアの花びらアート(フラワーカーペット)

装空間を利用して、バラ等の多彩な色合いの花びらを、予め用意された下絵（デザイン画）に花びらが風で飛ばされないよう接着剤を塗ったり、噴霧して舗装面に固定して絵模様仕上げをする。

元々、イタリア・ローマのジェンツォという町で、6月に教会に続く200mの参道を様々な絵模様の花びらのカーペットで覆うという祭り「インフィオラータ」が1778年に開催されたというのが、その起源と言われる。その後、世界中に広がり、日本でも2000年以降、各地でイベント会場等の修景手法として採用され、東京の晴海トリトンスクエアでは2001年から毎年秋に「フラワーカーペット晴海」が開催されている。

下絵となる絵模様（デザイン）によって出来映えが左右される。花びらを貼りつける作業は誰にでもできるため、市民参加をうたった格好のイベント行事として活用できる。花びらを使用するため、数日間の期間限定の催しとならざるをえない。花の命は短い。それも一興である。

花びらの材料もバラに限らず、チューリップやフリージアあるいは花びらだけでなく、紅葉・黄葉なども既に使用されている。この他にも様々なものが考えられる。カラーリーフの代表種として近年、注目されている多彩な色合いの葉を有するヒューケラ等もぜひ活用して見たい。

東京オリンピック開催時には開幕から数日間は日本を代表する富士山や城郭、歌舞伎役者等の絵柄で、閉幕までの数日間は次回開催国を代表する絵柄で、競技場周りを花びらアートで飾る試みを提案したい。

7. 菊人形

頭や手足は人形、胴体の衣装部分を多彩な色合いの菊の花で飾りつけたもの。江戸時代文化年間(1804～1818年)に始まったと言われる。モデルとなる人形には武将が多い。菊の花が使われたのは開花期間が長いというのがその理由。明治から昭和の時代にかけて各地の遊園地等の見せ物として展示された。

今でも有名なのが福島県二本松市の県立霞ヶ城公園のもの、あるいは福井県越前市の越前市武生中央

公園のものである。この2箇所と合わせて日本三大菊人形と呼ばれた大阪府枚方市の枚方パークのものは2005年をもって中止となった。

東京五輪開催時には関係する施設各所に武者人形等を型取った菊人形を展示すれば外国人観光客に喜ばれること請け合いである。真夏の展示となるため夏菊（早咲き菊）を使用することになる。

8. 花壇アート

花壇用草花の配植による小さな区画の花壇ではなく、公園内の大面積の土地にチューリップ等の多彩な花色の品種を組み合わせ、様々な絵模様や図柄、あるいは漫画やアニメのキャラクターの姿を表現したもの。

世界的に有名なものとしてはチューリップ公園の異名のあるオランダのキューケンホフ公園のものがある。日本でもそれに倣った東京立川の昭和記念公園のもの等がある。なお歴史も古く、規模も最大級のものとして富山県の砺波チューリップ公園のもの



写真5 砺波チューリップ公園の花壇アート



写真6 フラワータペストリー（花の壁画）

は毎年、多くの観光客を集めている。

近年、日本各地に出現しているシバザクラを使い、花色の異なる品種の組合わせで作り出す絵模様も「花壇アート」と称してよい。

東京五輪開催の2020年には日本各地の主要公園の一角に五輪エンブレムを型取った花壇アートの出現を待ちたい。全国17箇所にある国営公園では率先して実施して欲しい。

9. フラワータペストリー（花の壁画）

垂直の壁状工作物に花や葉（カラーリーフ）が美しい花壇用草花のポット栽培品を予め用意された設計図を基に取付け、異なる草花の種類の花色や葉色の違いを生かし人物や風景模様を描き出す手法のこと。

筆者がこの種のもので初めてそれなりの評価をしたのが平成元年（1989）年、名古屋で開催された「世界デザイン博覧会」の会場の一角に設置されたものである。歌舞伎役者や武将の絵姿がつくりだされたいた。その後、この種のを時折、目にすることもあったが、印象に残るような出来映えのものはなかった。

東京五輪時は真夏で植物材料の選択が難しいと思うが、外国人にも解り易い富士山や城郭、京舞妓の着物姿、歌舞伎役者あるいは「五輪のエンブレム」などの絵模様のフラワータペストリーが目につき易い空間に設置されるようになれば心楽しい。

10. 垂直庭園 (vertical garden)

2000年に入り、フランスの植物学者のパトリック



写真7 金沢21世紀美術館の垂直庭園

ク・ブランが考案した緑化対象となる壁面に人工培地を取付け、そこに数10種類に及ぶ観葉植物等を混植し、緑の絵模様をつくりだす緑花手法が世界中を席卷した。日本でも金沢21世紀美術館の光庭に導入されてから、各所に広まった。それ以降、同様な手法、つまり垂直面に培地を取り付けポット苗を植栽する。あるいはコンテナに育成された鉢物を取り付ける。植栽材料は屋外ではグラウンドカバープランツ、室内では観葉植物を10数種から数10種類混植することが定番的手法となった。

当初のつる植物による単純な壁面緑化に代る斬新なアート感覚な手法として脚光を浴びたが、どこもかしもとなると食傷気味になるのが常である。

東京五輪対策としては、東京都心の林立する建築物や土木構造物からの光や熱の照り返えしの防止と、日本らしい景観対策の両面から「和物のグラウンドカバープランツ」を混植した垂直庭園の整備が望まれる。

11. トピアリー (topiary)

ツゲ、イチイ等の枝葉の密生する樹木を動物や幾何学模様など様々な形に刈り込んだもの。あるいは針金などで動物等を型取ったフレームにつる植物を絡めて成形化したもの。古くからヨーロッパの庭園等で活用され、日本でも東京ディズニーランドのようなテーマパーク、あるいは各種博覧会の会場を修景し、来場者の目を楽しませるために展示される。完成された形を維持するために定期的な刈込管理が必要となる。コンテナに仕立てられた鉢植トピアリーもある。



写真8 トピアリー

東京五輪では五輪のマークに仕立てられたトピアリーや各種競技を特徴付ける形に仕立てられたトピアリーを会場前に設置することも考えられる。その際には鉢植トピアリーを活用するのも一法である。

12. 仕立物 (庭木仕立)

樹木の伸長する幹や枝を適宜刈り込み・剪定あるいは誘引し、所定の美しい樹形に仕上げたもの。仕立方としては樹種本来の樹形を生かした自然仕立と様々な形に樹形をアレンジした人工仕立(整形仕立)とがある。さらに自然仕立には武者立作り、曲幹作り、流枝作り、懸崖作り、株立作り等。人工仕立(整形仕立)には角作り、垣作り、段作り、傘作り、棚作り等がある。また地域独特、樹種特有の仕立方もある。長年かけて編み出され、作り続けられてきた日本固有の伝統的技法である。今となっては有形文化財の価値を有するものといってよい。職人アートの傑作である。

日本庭園の構成要素として欠かせぬものであり、日本的風情を醸すための必須の景観的要素とも言える。昭和40年代以降、日本では都市公園全盛の時代を迎え、樹高・枝張り・幹周の単なる大きさだけで品質が規定される公共緑化用樹木が主力となった。また庭園需要の極端な減少、さらには仕立物の固有の形を維持するためには所定の剪定・刈り込み等のこまめな管理作業が欠かせない、つまり管理に相当の負荷がかかるということなどから仕立物需要が極端に減り、今日に至っている。



写真9 金沢兼六園の代表的景観となっているマツの仕立物と雪吊り

仕立物を作っても売れない。売れないから新しい仕立物を作らない。そのため伝統的な仕立物を次代に継承する若い作り手、担い手が現われない。後継者不足が深刻な事態となっている。一方、近年、海外における「盆栽ブーム」に乗じ、仕立物が「大型盆栽」と称され、ヨーロッパや中国に大量に流出している。

このままいけば、日本国内では新たに植栽した「仕立物」は見られなくなり、ヨーロッパや中国各地で、その勇姿を拝むことになるという妙なことにもなりかねない。このような事態を避けるため、筆者はかなり以前から公園緑地や都市緑化空間の植栽材料は「公共用緑化樹木」、「仕立物」は日本庭園に限るという図式の変革を求めてきた。また、今後はあらゆる空間の緑化整備に「仕立物」の積極的活用を唱えてきた。自ら主導した屋上緑化の整備において由緒ある「盆栽仕立のゴヨウマツ」等の仕立物を使ってきた。存在感は抜群であり、利用者の評価は高い。

東京五輪の会場整備にあたって、極力「仕立物」を多用することを提案したい。恒久的な植栽地として整備できない空間では、大きなコンテナ仕立にした「仕立物」を会期中要所要所に配すればよい。立派な「仕立物」を目にすれば、外国人観光客は目を輝かせ、絶賛すること請け合いである。

13. 刈込物

樹木を剪定あるいは刈り込んで様々な形に仕上げたもの。樹木を1本あるいは生垣状に群植して一定形状に刈込む。その際、複数の樹種を混植する場合

もある。古い時代から洋の東西を問わず庭園の構成材料や生垣として刈込物が活用されてきた。アラカシ、イチイ、イヌツゲ、イヌマキ、イボタ、ウバメガシ、カヤ、シラカシ、ピラカンサ、ラカンマキ等枝葉が密生して萌芽力が強い樹種が用いられてきた。

筆者は、花期の異なる花木や香り樹木を10数種類混植し、一定形状に刈込み、周年、花や香りが楽しめる混植垣を様々な空間に設置することを提案している。

なお、刈込物は規模が大きくなればなる程存在感が高まる。その代表格は鹿児島・知覧の武家屋敷群の景観を特徴付けるイヌマキの生垣の刈込物である。まさにアートと呼ぶにふさわしく、多くの観光客を魅了する。さらに京都の修学院離宮の土手に見られるような刈込物の規模の大きいものは「大刈込」と称される。東京の駒沢オリンピック公園の大刈込も見事である。まさに前回の東京五輪の遺産と称してもよいものである。

今般の東京五輪会場整備においても後世に残せる



写真 11 知覧の武家屋敷を印象づけるイヌマキの大刈込



写真 10 ゴヨウマツの盆栽仕立てで修景された屋上庭園



写真 12 駒沢オリンピック公園の大刈込

ような大刈込みを仕立てる試みをぜひして欲しい。

なお、海外に目を転じれば、フランス平面幾何学式庭園の骨格を成す樹木の刈込物「ボスケ (bosuquet)」も大刈込みの一種といえる。

14. エスパリア (espalier)

建築物壁面、石塀などの垂直構造物面を緑化する手法で造園樹木や果樹あるいはつる植物の枝やつるを緑化対象となる壁面や塀に誘引し、厚みをもたさず壁面に張りつくように恒状に仕立てたもの。わが国では樹牆 (じゅしょう) と呼ばれる。

枝やつるを誘引するために予めトレリスやフェンスなどを緑化対象面に設置し、これらに枝やつるを絡ませる。あるいは止め金具によって直接緑化対象面に枝やつるを止めるなどの方法がとられる。最終的に仕立てられる形も自然の樹形を生かしたのから人工的な形のものまで工夫されている。

主としてヨーロッパ等で発達した手法であり、筆者は40年近く前に刊行された「都市緑化研究第1巻第1号、1980年3月」に壁面緑化の一手法として初めて紹介して以降、綿々とその導入を唱えてきたが、普及には至らなかった。壁面緑化が屋上緑化をしのぎ、都市緑化の主役となりつつある昨今、一方ではその手法としては手詰まり感もあり、改めてエスパリア手法の導入を奨励したい。エスパリア向きの樹種の一例としてはイチイ、イチヂク、イヌツゲ、オウバイ、オオデマリ、カラタチ、カリン、キャラボク、コトネアスター、シデコブシ、タイサンボク、トキワサンザン、ニシキギ、ハナズボウ、モミジ、ヤマボウシなどがあげられる。



写真13 エスパリア

枝やつるの生育伸長を待つて仕上げるため時間がかかる。東京五輪に向けての修景対策としては、今から直ぐにその仕立てに着手する必要がある。

15. 芝生の模様刈り

競技場やゴルフ場のフェアウェイ等では、これまでの緑一色の芝生地からテレビ映りや観客の目を楽しませることを意識して、芝草の葉の表裏の色合いが微妙に異なることを利用し、ある一定の幅で隣接する部位の刈り込み方向を変えることによってゼブラ模様、ダイヤモンド模様、市松模様、スイカ模様など様々な模様をつくり出す試みが年々広がってきた。まさに単なる芝生地がアート感覚の芝生地に変身する。そのノウハウをまとめた欧文の解説書も出版されている。

新国立競技場の芝生が東京五輪の開催時にどのような芝生模様となってスポットライトを浴びるのか今から楽しみである。

16. おわりに

以上本稿では「田んぼアート」に触発され、改めて「緑花アート」の範ちゅうに入ると思われる植物を使った造形的表現の技法を紹介した。「緑花アート」を駆使することによって東京五輪の会場整備のみならず、町おこしや都市緑化、公園緑地の再生さらには伝統的技法の保存・継承にも寄与し、苦戦を強いられている現状の緑花 (造園・園芸) 産業に少しでも光明をもたらす展開となることを願っての一文である。関係者の「緑花アート」の積極的活用を期待したい。



写真14 競技場の芝生ピッチのゼブラ模様

森林認証制度を知る 森林経営に欠かせず 五輪施設の木材調達に影響



森林ジャーナリスト 田中 淳夫

2020年の東京オリンピック・パラリンピックに向けて建設される新国立競技場は、再審査の結果、木を多用したデザインに決定した。

選定された建築家の隈研吾氏と大成建設のデザインのコンセプトは「木と緑のスタジアム」だ。当初のザハ案が斬新な超未来的デザインだったのに対して、やり直しコンペを行う際の基本要項に「日本らしさ」と「木の活用を図る」ことが入っていたからだろう。

技術提案書によると、主に国産材を1800立方メートル使用するそうだ。外観に法隆寺をイメージした垂木構造を取り入れ、更衣室などにもふんだんに木材を使うとされる。

このところ、公共建設などに木材を使うのがトレンドになっている。ひと頃流行ったコンクリートや鉄骨などの無機質な建築は人の目を引くが、温かみがない。木造の方が景観に優しさを感じさせるからだろうか。

木材を使うことで炭素の固定（大気中の二酸化炭素の削減）になるという意識が広がった面もあると思う。加えて、これまで木造を忌避した理由だった強度に加えて耐朽・耐火・耐震性などへの不安が、近年の木材科学の進展で随分改善したことも大きい。建築基準法も木造に対応するよう改正が行われた。そして公共建築物に木造を優先すべきという木材利用促進法もつくられている。

ところで、オリンピック施設に使われる木材は、森林認証を取得している必要があることを知っているだろうか。なぜならオリンピック等に使われる資材は、環境に配慮し持続的な生産によるものであるよう申し合わされているからだ。それを無視すれば世界的な批判にさらされるだろう。

オリンピックに向けて競技場以外にも選手村など多くの施設が建設されるが、使われる木材の量も莫大だ。さらに木を原料とする紙類も森林認証された材料によるものが求められる。

前回のロンドンオリンピックで使用された木材および紙類は、ほぼ100%森林認証材によるものだった。次のリオでも、その考え方は踏襲されている。だから東京で外すわけには行くまい。

一方で国産材を使ってほしいという声も、林業関係者には大きい。それは日本の山には戦後植林した木が育ち、収穫期を迎えているからである。にもかかわらず国産材の需要と価格は伸び悩み、林業不振、山村衰退へと陥っている。それを打破したいために公共建築、とくに今回の新競技場の基本要項に「木の活用」が入った理由でもある。

しかし、森林認証とは何か。まだ多くの日本人は知らないだろう。そこで今回は、森林認証制度について紹介したい。

二つでセットの森林認証制度

森林認証制度を一言で説明すると、「環境に配慮した森林経営・木材生産を行っていることを第三者が審査して認定する仕組み」である。

ただ森林認証には二つあり、セットになっている。まず経営される森林そのものが受けるFM認証。そしてその森から生産される木材をその他の木材（非認証材）と区別して加工（紙パルプ化も含む）流通させていることを証明するCoC認証である。

世界に森林認証制度はいくつかあるが、いずれもこの二つの認証のセットから成り立っている。運営するのは、国際的な非政府団体（NGO）だ。

制度の内容を説明する前に、誕生した経緯から紹

介しよう。

契機になったのは、1992年にブラジルのリオデジャネイロで開かれた国連環境開発会議（いわゆる地球サミット）だった。世界172カ国の政府、国際機関、そしてNGOが参加した会議である。環境問題を人類共通の課題と位置付け、「持続可能な開発」という理念の下に環境と開発の両立を目指して開催されたのである。

そこで主な議題として取り上げられたのが、地球温暖化など気候変動、生物多様性の保全への対応策だ。いずれも森林が大きく関わっている。

当時から森林面積の減少は大きな問題だった。とくに熱帯雨林が開発によって大規模に失われることは、気候変動や生物多様性の観点からも問題を抱えている。しかし肝心の会議では、森林に関する原則が採択されたものの、森林減少を抑制するための有効な手立ては、合意・採択されるに至らなかった。林業や木材産業が生み出す雇用や生産高など経済効果など各国の利害が関わっているからだ。

そのことに憂慮する環境保護活動家や企業、そして森林地域のコミュニティの先住民酋長グループなどが集まり、森林管理協議会（Forest Stewardship Council・FSC）を設立した。

翌1993年、カナダのトロントで開催された第一回FSC総会では、森林管理のあり方（主に木材生産を行う林業）を環境に配慮させるよう自主的で市場ベースによって行う案を策定した。それまで一般的だった法律で伐採を規制したり、林産物不買運動などによって開発に圧力をかけるのではなく、市場原理によって森林林業関係者が「自主的に」森林保全を進めようという発想である。

そのために生み出された制度が、森林認証制度なのである。

そこでは、木材の利用を抑えるのではなく、（認証された）木材を利用することが推進される。環境と開発ともに両立させる考え方に立つのだ。

まず森林所有者が林業のために森林を管理（森づくりから木材生産まで）する際に、環境にどのような配慮をしているか、公正な経営を持続的に成り立っているかを第三者が審査する。

審査に合格すると、その森林にFM認証を与え



速水林業 60年ヒノキ

られるとともに、そこから生産される木材は認証材として扱われる。この認証材には、ロゴマークが押されて非認証材と区別できるようにする。

ただし、認証材が加工流通される過程でほかの木材と混ざることのないよう管理されなければならない。木材は一見して区別がつかないからだ。そこでCoC認証を取得した製材所や木材流通、問屋などを通す必要がある。さもないと認証森林から生産された木材であっても認証材とは認められない。

木材のエンドユーザーは、木材に押された認証ロゴマークを見て、この木は環境に配慮して育てられ、伐採や搬出の過程でも環境負荷が少ないことを知る。そして購入時に認証材を選択してもらう……という理屈である。

このためにFSCの審査基準がつくられ、その基準に沿って審査する団体が各国に認定された。現在の認証森林面積は、世界中で約1億8492ヘクタールになっている。

日本では、2000年に三重県の速水林業が最初に取得して以来、現在は全国に34か所の森林が認証されている。その合計面積は、39万4184ヘクタールになる。なかでも目立つのは、山梨県の県有林全域12万ヘクタールと三井物産の所有する森4万4000ヘクタールが、すべて取得していることだろう。

FSCの審査は何をチェックするか

このようにして誕生した森林認証制度は、一時期FSCが代名詞だったほどだった。世界各国に事務局が誕生して、現在世界80カ国に広がっている。

日本にも NPO 法人 FSC ジャパンが 2008 年に設立された。また審査団体もいくつか選定されている。

そこで、FSC の森林認証制度はどんな点を審査するのか簡単に紹介しよう。(審査基準は、原則を FSC が作成するが、それを各国の事情に沿うよう具体化した項目が使われる。)

FM 認証には 10 の原則が設けられている。

まず法律と FSC の原則の遵守。当たり前だが、各国の森林に関連した法律や国際的な取り決めを守らなければならない。

次に森林の所有権や利用に関する権利を明確に規定していること。地域社会との関係や労働者の権利が適切に守られていること。

森林管理は、生物の多様性とそれに付随する価値、水資源、土壌、生態系や景観の保全も維持すること。管理計画も文書で明確化され、長期計画や目標を明示しなければならない。

経済的な継続性や社会への便益を確保していることも要求される。さらに森林の状態、林産物の生産量、生産・加工・流通各段階に適切なモニタリング

をすること。また管理作業とともに社会や環境に対する影響も評価しなければならない。

ほかにも先住民の権利保護や、保護価値の高い森林エリア(天然林など)を一定割合設けることなども入っているのは、出発点が熱帯雨林地域をベースにしていたからだろう。

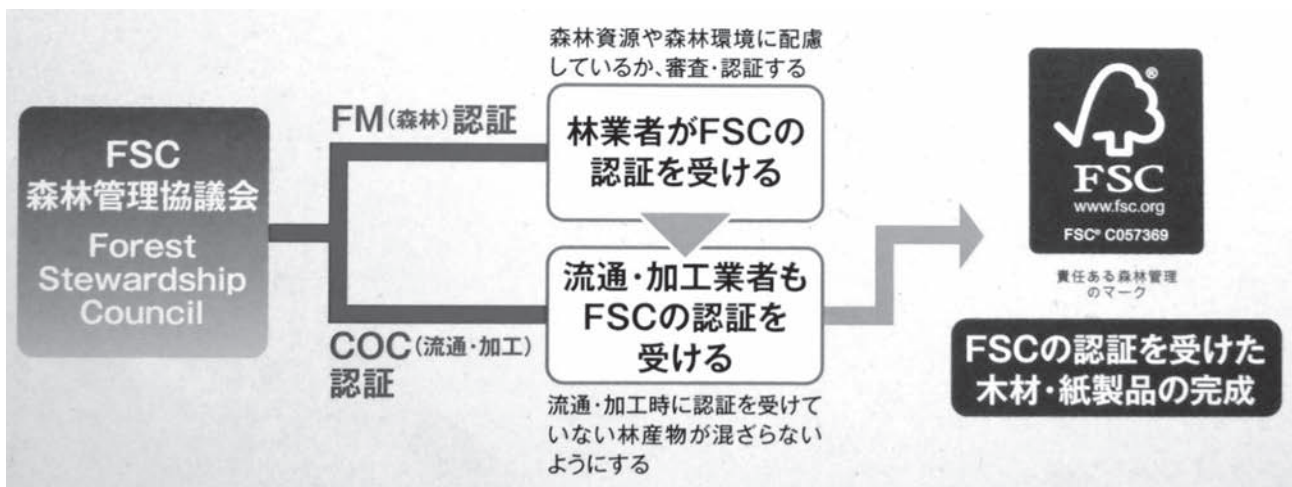
これらは原則で、実地の審査のためさらに具体的な指標が多岐にわたってある。

たとえば森林生態系メンテナンスの項目には、森林内の構造物が景観に配慮しているか、環境を劣化させるつくりになっていないか、も対象になる。排水路をコンクリートでつくるよりは木でつくっている方が点数が高い。また年に何回水路を点検し清掃するかを文書で示すことが求められる。

野生動物に対する影響も対象となる。たとえば構造物が獣道を遮っていないことも大切だ、枯れ木も林内作業を邪魔しない限りは残す方がよい。枯れ木は野鳥などの棲家になるからだ。

一方で経営面では、木材資源としての持続性が重要視される。収穫量もストックと生長量を厳密に計算しなければならない。しっかりした経営計画が示されること。森林情報ベースを持っていることも求められる。財政基盤や経理データもチェックを受けるのである。

さらに病虫害対策も必要だし、森林へのアクセス、つまり林道や作業道の量(延長距離)や質も適切かどうかが問われる。道は舗装せず土の面である方が環境に優しいが、土壌が水流や車両によってえぐら



FSC 仕組み

れるような造りではいけない。

……ほかにもコミュニティーとの関係や、労働条件など審査の内容は多様だ。審査員は、現場に足を運んで聞き取りや書類の精査まで細かく行う。それらは経営コンサルティングの調査と似ている。

審査を申請すると、まず事前の仮評価があり、問題点などを忠告される。(もし到底合格できないと思われたら、この時点で打ち切りになる。) それらに沿って改革を行えたら本審査に入り、審査員が何日間か現地に滞在して調査を行うことになる。

また森林が小規模な場合は、グループ認証という方法もあり、森林組合が多くの所有者の森林をまとめて審査を行うこともある。

費用は馬鹿にならない。実は、これがネックとなる。認証そのものは5年毎に更新が必要であるうえ、毎年の更新料も発生する。日本の場合、認証審査料は、面積によるが数百万円かかる。

欧米では、認証材は高めの価格で売れるそうだが、日本ではまだそうはなっていない。だから事業者の負担になってしまう。

各国が相互承認する PEFC

FSC の森林認証制度の誕生以後、世界各国でさまざまな森林認証制度がつけられた。今や全世界では50以上の制度があるだろう。それらが登場した背景には、FSCの経営側に厳しい基準への反発もあったようだ。だからアメリカ林業製紙協会の「持続可能な林業イニシアティブ」(SFI) や、カナダ規格協会の「持続可能な森林経営基準」(CSA) の

ように森林経営側がつくったものもある。

そうした中で、1999年にヨーロッパ各国がつくった森林認証制度を相互に承認する「汎ヨーロッパ森林認証スキーム」(PEFC) が誕生した。各国の制度を活かしつつ、基準を満たしていたら相互に承認し合おうというものだ。森林認証制度は、各国の森林管理の水準を、さらに高めるためのツールと位置づけている。

この制度の適用地域が拡大されて、ヨーロッパだけでなくオーストラリアや北米、南米、東南アジア諸国の認証制度も相互承認するようになった。最近では中国やロシアも参加している。そのため現在は、表記は同じPEFCでも「森林認証の承認プログラム」(Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes) となった。

こちらは各国の制度を認め合うわけだから、一律の基準ではない。原則を共有しながら各国の事情に任せるから、基準は比較的ゆるくなる。その意味では、FSCが環境配慮が行き届いた経営が行われている森林を認定するのに対して、PEFCは最低基準をクリアした森を認定し、ボトムアップを狙っているという見方もできるだろう。

結果として、世界36カ国が相互承認して2億6705万1086ヘクタールの森を認証した世界最大の森林認証制度となった。日本の窓口としてPEFCアジアプロモーションズ日本が設立されている。

ちなみに認証コストはFSCが高く、PEFCが比較的安い。その点も認証の広がりにも影響を与えている。



PEFC ロゴ



PEFC グッズ

こうした森林認証制度の広がりに合わせて日本でも 2003 年に独自の制度が生まれた。それが「緑の循環認証会議」(SGEC) の認証だ。

ただ、これは少し世界的な森林認証制度と意味合いが違う。最大の違いは、審査団体と林業団体が区別されておらず、いわば業界自らが審査して認証している状態であることだ。第三者認証ではないのだ。審査基準も、各種法規や森林計画の遵守を求めているが、認証基準に達していなくても整備改善計画を出せばよしとしている。

そのため国際的な森林認証制度とは認められなかった。そこで SGEC は、2014 年に PEFC へ加盟するとともに SGEC を相互承認してもらえるように制度の見直しを進めている。おそらく本年中に承認を得られるだろう。そのため第三者認証を取り入れるほか、審査内容もオープンにしなくてはならないはずだ。

SGEC 認証を持つ森林は、現在 126 万 1159 ヘクタールだが、これが PEFC の認証に変われば、日本の認証森林面積は一気に増える。

以上、複雑なようだが、これが世界と日本の森林認証制度の流れである。

生物多様性が天然林より高かった人工林

なぜ森林認証制度が広がったのだろうか。

もともと林業は、天然林に生えている樹木を伐採して木材を収穫することからスタートした。木を伐りすぎたら森はなくなる。伐採跡地を放置したら再び木が生えて森を回復するとは限らない。そもそも

樹木の生長量以上に伐採したら、確実に森林は劣化し面積は減少していくだろう。それでは地球環境に大きな傷をつける。木材利用には、そんな自然破壊的要素が拭えない。

一方で、木材が人間社会に欠かせないマテリアルであることも間違いない。建築や家具などの用材だけでなく、洋紙は木材繊維からつくられており、エネルギー源としても木材資源に頼る面は大きい。これらをなくしたら、人類の経済活動はおろか生存にも多大な影響を与える。また人が木材を目にしたたり接触する機会を奪われたら、おそらく木への愛着も失われるだろう。

加えて森林は、人が適切な管理を行った方が生物多様性を豊かにする側面を持つ。また放置しても枯れて失われる樹木は少なくない。そこに森林保全と林業を両立させる可能性が見られた。

そこで環境への負荷をなるべく減らして木を利用するという選択肢として、森林認証制度がつけられたのだ。

しかし「人が管理した方が生物多様性を増す」という理屈はわかりにくいかもしれない。林業地の多くは同一樹種(針葉樹が多い)を選択して植える。だから天然林と比べて生物多様性が劣ると思われがちだ。林業を行えば、豊かな自然を破壊するという意見も根強い。

その点については、日本で最初に FSC の認証を取得した速水林業のケースを紹介しよう。

速水林業は三重県尾鷲地方に約 1,000 ヘクタールの林地を所有する。認証を取る際に、ほぼ同じ地域



SGEC ロゴ



ロシア材にも FSC

の広葉樹主体の天然林と、ヒノキの人工林に生育する植物数を調査している。

結果は、天然林には185種類、人工林には243種が確認された。人工林の方が植物の種類数は多かったのだ。

速水林業の人工林は、ヒノキ林でも十分に間伐を施し、林床に光を入れるようにしている。するとヒノキの下からさまざまな草木が生えてきた。だから植物の種数は多くなったのである。

逆に天然林は、木々が密に生い茂ったため、林内は暗い。そのため林床に草や樹木の稚樹はあまり生えなくなった。結果として、人工林の方が植物の多様性が高かったのだろう。ちなみに多様な草木があれば、そこに多様な昆虫や野生鳥獣も寄ってくる。菌類も豊富になる。つまり速水林業の人工林は、生物多様性そのものが天然林より高いはずだ。

実際に訪れると、ヒノキの間に多くの広葉樹が生え、秋には紅葉する美しい森だ。広葉樹はヒノキより背丈が低いため、ヒノキの生育には影響を与えない。おかげで林業と生物多様性が両立している。

もちろん人工林すべてが優秀なわけではない。間伐を十分に行っていないと、林内が暗くて林床に草も生えず、そのため雨などによって土壌が流亡してしまうこともある。逆にあまりにも丁寧に林内の雑木雑草を刈り取った人工林は、生物多様性は低くなるだろう。

このように林業も手の入れ方次第で、林内環境はガラリと変わる。決して林業＝人工林＝環境劣化ではない。管理の方法次第なのだ。

森林認証制度は、そうした面からも林業作業をチェックしているのである。

日本も木材輸出国に

森林認証制度には、もう一つの役割がある。それは木材貿易の適正化と促進だ。

世界的に環境意識が高まる中、森林を破壊する木材生産への非難が強まっている。当事国の法律さえ守らずに伐採されているからだ。とくに熱帯木材にはその傾向が強い。そして、そんな木材を購入する貿易にも抗議の声が広がった。実際、発展途上国から輸出されている木材は、合法性の点でグレー（明

確に合法とは言えない状態）だとされている。輸出する木材の過半以上が違法に伐採された疑いを持たれている国もある。

そうした中で、森林認証を受けた木材は歓迎される。それどころか欧米では貿易に欠かせない状況になっている。いわば森林認証のロゴマークが貿易のパスポートだ。そのためには多少価格が上がっても容認するのである。

今や木材貿易は、熱帯木材や米材（アメリカやカナダ材）だけでなく、ヨーロッパ材も主役の一人になっている。だからこぞって認証を取得するようになった。認証材でなければ輸出しにくいからだ。

実は日本も、木材輸入国であると同時に木材輸出国になってきた。輸出量は年々拡大して、2014年で51万8239立方メートル。まだ量的には目立たないが、毎年倍々ゲームで増えている。

輸出先は主に中国と韓国、それに台湾だ。金額ベースで178億円。まだ国産材の生産量の2%にすぎないが、今後伸びていくだろう。今のところ輸出先で森林認証を求められてはいない。しかし、今後どうなるかわからない。とくに欧米の木材業者が盛んに輸出攻勢をかける中で、輸入するのは森林認証を取得した木材という条件をつけてくる可能性は強まる。その時あわてても遅いだろう。

もちろん、認証を取っていたら確実に環境に配慮していると言えるかどうかは疑問もある。

たとえばインドネシアの製紙会社であるAPP社およびApril社は、PEFCの認証を取得している。ところが自社林で破壊的伐採を行っているという批判を環境NGOから強く受けている。これらの会社で製造された紙は世界中に輸出されており、日本にもコピー洋紙などが流通している。ほかにも森林認証を取得しているはずの森林が過伐されているという声も出ており、確実に環境を保全していると言えるかどうかは微妙だ。

とはいえ、違法木材が横行している現状の中では、一つの選択肢として森林認証制度は活かさざるを得ないだろう。

知られざる日本の森の実態

ところで日本の林業は、すでに大半が人工林であ

り、木を植えて育て、伐採した跡地にまた造林するという仕組みになっている。そして日本全体で見れば生長量の方が伐採量より圧倒的に多い。森林の面積・蓄積とも、増えこそすれ減少していない。その点を捉えて「日本の林業はすでに環境に配慮しているから、森林認証制度なんかいらぬ」という声もある。

しかし現場を見ると、建前と大きくズレていることに気づくだろう。植林したものの、その後放置状態で、スギやヒノキがひよろひよろの状態で密生したままの人工林もある。まともな管理・経営が行われていないのである。速水林業のような生物多様性を保てる管理をしている山ばかりではないのだ。

逆にすべての木を伐採してしまう皆伐地が増えている。一カ所数十ヘクタール単位、最近では100ヘクタールを超す大面積伐採跡地が全国各地に広がってきた。

これらも法的には違法ではないように行われている。しかも伐採跡地には再造林せずに放置している山が少なくない。申し訳程度に植えたものの、その苗はシカやカモシカに食われてしまい全滅しているケースも頻出している。このままだと、大雨が降れば山は崩れるかもしれない。

加えて近年は林業現場の機械化が進んでいるが、重機を林内に入れるために作業道の開設が欠かせない。しかし、急斜面に道を入れるには十分な技術が必要だ。結果的に道によってズタズタに切り裂かれた山が増えている。そうした山では、すぐに山腹が崩壊してしてしまう。伐採や搬出作業でも、野放図な作業を行うと森林土壌をめぐり破壊する。

また日本の木材輸入額は世界第2位だが、多くの違法伐採およびグレーな木材が入ってきている。日本でも政府調達の実業における木材商品に関しては合法性を確保するようグリーン調達法で定められたが、民間まで普及していない。

そこでトレーサビリティが求められるわけだが、自前で外国の伐採現場まで追跡し合法性を確認するのは容易ではないだろう。

すでに欧米各国では、違法木材の輸入を厳しく取り締まる法令が出ている。その点、日本は大きく出遅れている。日本も法令を整備することが焦眉の急

だが、一つの手立てとして森林認証制度を利用することが考えられるだろう。

さて、新国立競技場およびオリンピック開催において使われる施設で使う木材を、すべて国産の認証材にできるだろうか。すでに工事を受け持つゼネコンは確保のために動いていると聞くと、なかなか大変なようだ。日本の認証森林は面積が少ないうえに、どこでも木材生産をしているわけではない。さらに競技場で使う予定のカラマツ林は、その中でも少ない。生産されている認証材を全部新国立競技場に回すわけにも行かない。

また紙の原料を国産のチップに全部切り替えるのは無理だろう（現在、日本産の紙は7割前後を輸入原料に頼っている）が、輸入チップを認証材にすることは可能だろう。

ただ問題は、CoC認証を取得している流通業者は少ないことだ。これは製材や集成材でも同じだが、せっかく認証された森林から伐りだした木材も、エンドユーザーにつなぐ業者が認証を取っていないと認められなくなる。

おそらく今年1年が山場だ。森林認証を取得するには、それなりに時間もかかる。半年以上かけて審査するケースもある。オリンピック施設の建設期限を考えればギリギリである。

逆にすでに森林認証を取得している林業地は、オリンピック景気を期待しているという。今後、林業地間でも森林認証の取得の有無が、林業経営にも影響を与えるようになるだろう。

最後に個人的な思いになるが、林業とは普通に経営していれば、豊かな森をつくって維持し続けるものであるはずだ。つまり環境保全産業なのである。それが第三者に審査して認証してもらわなければ信用できない、自然破壊産業と見なされかねない状況は悲しい話である。

しかし、オリンピックを契機に森林認証制度が日本国中に広がることによって、再び林業地こそが豊かな森林を保全している地域と思われる日が来てほしい。

※ グリーンニュース No.96 よりこの FSC 森林認証紙を使用しています。

雑草学講座： 雑草の素顔と付き合い方 その9——除草剤とは⑤： 環境中での除草剤の動態

京都大学名誉教授／
NPO法人緑地雑草科学研究所

伊藤 操子



はじめに

除草剤は、雑草防除を担う素晴らしい科学技術ですが、その適切な活用においては、利点を十分に生かすことだけに腐心するのではなく、リスク面も科学的にフェアに捉えてその回避に心がけることが重要です。前号では代表的なリスクのひとつとして、連用による雑草の除草剤抵抗性変異型発現について取り上げましたが、今回は、環境中に排出された薬剤による問題を回避することを念頭に、環境中での除草剤の行動について考えてみたいと思います。

除草剤抵抗性問題は、結局のところ同系統（同じ作用点をもつ）除草剤の連用さえ避ければ回避できる問題です。しかし、環境中での影響という問題にはいろいろな要素が絡み合っておりこれよりもっと複雑です。つまり、散布された有効成分がある地点まで移動する可能性があるのかどうか、あるならどの程度の量が推定されるのかといったことには、使用除草剤の性質はもとより、処理方法、処理時前後の気象条件、土壌条件、地形など多くの要因が関係するからです。ホルモン系除草剤の飛散によって栽

培植物の枝葉が形態的に変化する、鉄道沿線へのプロマシルのような土壌移行性も残効性も大きい薬剤処理によって隣接する作物に被害が及ぶなど、これまで栽培植物の薬害として顕在化した例は多く聞かれています。また、1980年代には、良く知られているようにゴルフ場で多用されていたシマジンや主要水田除草剤の水系での濃度の増加が指摘されました。これらについては、生物に対する実害ははっきりしないままだったように記憶していますが、いずれにしても化学物質の環境負荷を最小限にするべきなのは言うまでもなく、そのためには環境に出た後の除草剤の動向にどのような要素がどのような形で関与しているのか、変動要因は何か等、その基本を押さえておくことが肝要です。これはまた、濡れ衣を着せられないためにも重要でしょう。

1. 散布された後の除草剤の行方

散布後の薬剤の環境中への拡散には、大気を介してのものと同様に土壌を介してのものに大別される（図1）。空中での移動については、散布器具や散布時の気象等に注意すれば回避できるが、土壌を介して

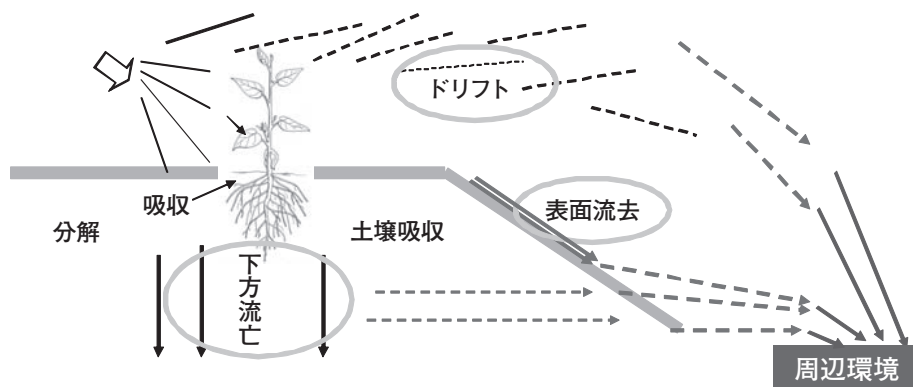


図1 散布された後の除草剤の行方

表 1 散布された液滴粒子の大きさと飛散との関係 (Ross & Lembi, 1985)

液滴粒径 (μm)	液滴の種類	3m 落下するのに要する時間	飛 散 距 離	
			風速 1.6km (m)	8km (m)
5	煙霧	66 分	1743	8715
10	〃	17 分	449	2244
25	〃	—	—	—
50	〃	40 秒	18	89
100	ミスト	11 秒	4.6	23
200	細粒	4 秒	1.8	9
300	中粒	—	—	—
400	粗粒	2 秒	0.9	4.5
600	〃	1.7 秒	0.8	3.6
1000	〃	1 秒	0.5	2.1

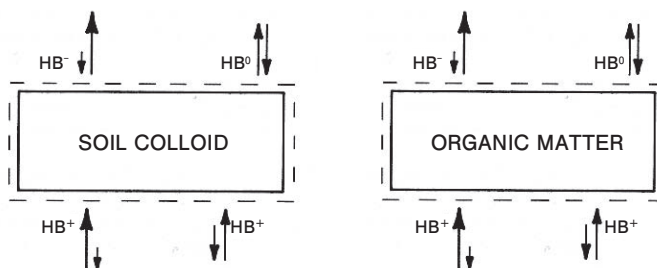


図 2 除草剤の荷電の違いによる土壌コロイドおよび土壌有機物との親和性 (Ross & Lembi, 1985)
 HB⁺：強い陽荷電の除草剤
 HB⁻：陰荷電の除草剤
 HB⁺：弱い陽荷電の除草剤
 HB⁰：荷電していない除草剤

の外環境への移動の問題に関しては、除草剤や土壌の物理化学的性質を良く知っておく必要がある。

2. 大気中での拡散

一部の蒸気圧の高い除草剤（例えばトリフルラリン等）を除き、大半の移動ルートはドリフト（spray drift、漂流飛散）、すなわち散布された液滴粒子が対象部分には落下せず別の場所に浮遊していくことによる。粒子が小さいほど風速が大きいほどドリフトが生じやすい。ドリフトの影響は近隣の有用植物への薬害として現れることが多いので、とくに茎葉処理の場合これらの存在を把握し、散布時の風速、風向への十分な配慮が必要である。遠距離を移動しやすい微細な液滴（表 1）は、散布圧を高めると多くなるが、低圧散布でも性能のよくないノズルを使うと粒径がばらつき、微細粒子が発生しやすい。

3. 土壌における動態

土壌に到達した除草剤の運命を決定する主要な経路は、土壌への吸着、移動および分解である。これら 3 つの経路はお互いに複雑に関係しており分離して考えることは難しいが、散布した薬剤がどれほど遠くに移動するのか、またどの程度の期間土壌に残

留するのかには、基本的に土中での吸着と分解の程度によって左右される。したがって、使用者は使用しようとする除草剤のこれらに関する情報を理解しておく必要がある。

吸着：土壌吸着は、除草剤活性の他のすべての側面および環境中での動態に関係する。陽荷電している薬剤は負に荷電している粘土粒子や有機物（腐植酸）の表面に吸着されるが（図 2）、吸着強度には薬剤の化学構造によって非常に大きな差異がある。薬剤自体が陽イオンである場合には、土壌に落ちると土壌粒子に不可逆的に強く吸着されてしまい、除草活性を失う。茎葉処理しか効果を発揮しないパラコート・ジクワットが典型的な例である。これらは強く吸着されているため生物分解もほとんど受けず長期間土壌に残留する（残効はないが）。一方、NH 基等をもつ剤（尿素系、カーバメイト系、トリアジン系等）のようにゆるやかに吸着されている剤は、吸着は可逆的なので、雑草植物体には吸収され効果を発揮するとともに、微生物分解も受ける。しかし、水の下方移動とともにリーチングすることが少なく、土壌表層に処理層が形成される。

分解：土壌に落ちた除草剤の分解には、光分解、化学分解、微生物分解があるが、主役は微生物（細

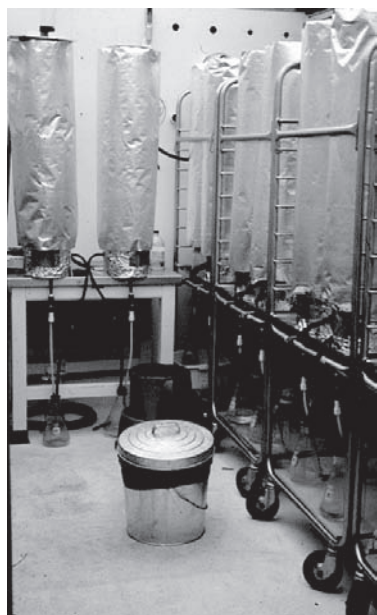
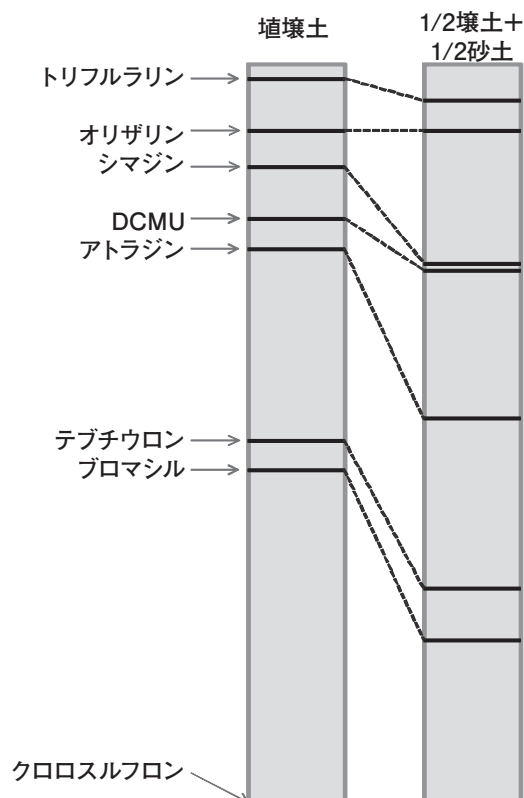


図3 除草剤の種類によるリーチング速度の違い
100 cmの土壌カラムの上に除草剤を処理し、一定量の水を与えた後の各剤の移動の相対的な比較データは Ross and Lembi (1985) からの抜粋



菌類・菌類) による分解である。一般に、茎葉処理剤で土壌残効が短い、ほとんどないのは、すぐに微生物分解されるからで、土壌を滅菌すると大抵の除草剤の分解は非常に遅延する。分解速度は、土壌の性質、水分条件、温度、土壌酸度の影響を受け、一般に高温は分解を促進し、極端な乾燥は分解を抑制する。さらに注目すべきことは、使用回数が増えるにつれ分解が加速される場合があるということである。このような同一剤連用による残留率の低下は、2,4-D、CNP、プロマシルなど幾つかの除草剤で観察されており、分解菌が増加し活性が高まるためと考えているが、シマジンのように連用による影響は見られないと報告されている薬剤もある。

移動: 薬液の落ちた部分からの除草剤の移動には、リーチング(溶脱、下方浸透)と表面流去である。リーチングは水の土壌下層への浸透と一緒に移動することで、移動の難易は除草剤間で著しく異なり(図3)、土壌吸着力が小さく水溶解度が高い剤は移動しやすく、逆は移動しにくい。他方、表面流去は主に除草剤を吸着した土壌粒子ごと水で流れることであり、土壌吸着性のある薬剤でも、強雨下、傾斜地ではその移動による弊害が問題になることもある。

4. 土壌から環境へのシミュレーション

図4に示すのは、リーチングと表面流去による、処理部分土壌からの農薬の消失(移動)のシミュレーションである。詳細すぎて分かりにくいところはあるが、全体像がよく表されている。まず、リーチングに着目すると、保水力の低い砂土(Lakeland)では、砂質壤土(Greenville)に比べてこれによる消失率が高いことが分かる。つまり砂質では、水が土壌間隙を下方移動しやすいので、移動性の高い薬剤の処理には注意を要するということになる。一方、表面流去による消失は、薬剤を吸着しやすい粘土の割合が多い(砂質壤土)で傾斜地(Lakeland)の方が大きい。また、土壌吸着係数の大きさによる変化から、薬剤の土壌への吸着の難易が消失率(つまり外界への移動)に非常に大きく関係していることもうかがわれる。全体として、半減期が長く土壌吸着性の低い薬剤の使用、降水量の多い時期の散布、砂質で有機物の少ない土壌への散布、傾斜地での使用は、外部環境への薬剤の流失を相対的に高めることが想定される。さらに、図4から読み取れる驚くべき点は、土壌吸着度の違う薬剤間の消失率(移動率)の差異

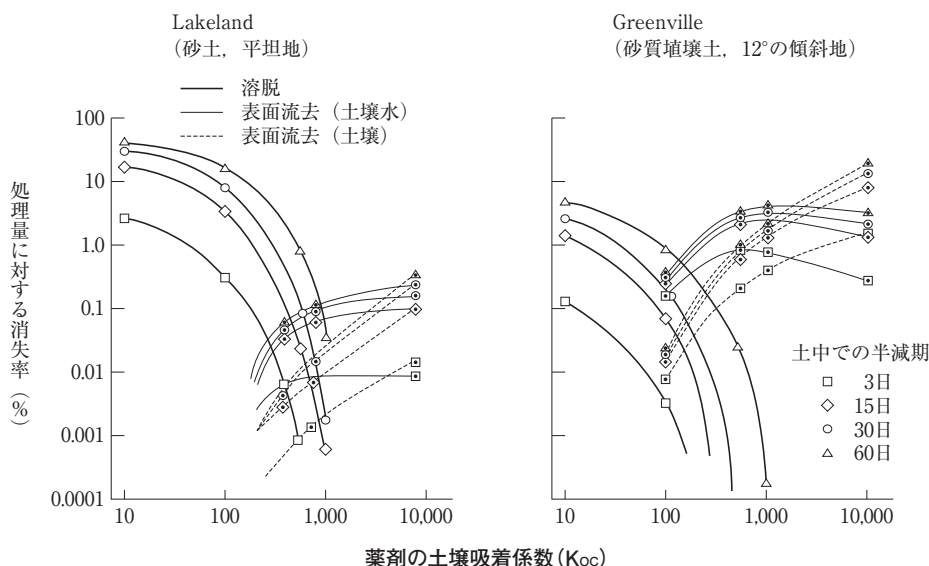


図4 リーチングと表面流去による処理場所からの消失のシミュレーション (Leonard & Knisel, 1988)
 $K_{oc} = C_s / (C_w / OC)$, ただし C_s = 単位土壌あたりの薬剤の吸着量
 C_w = 土壌と平衡状態にある土壌溶液中の薬剤の濃度
 OC = 土壌中の有機炭素の含有率

は4ケタ (10,000 倍単位の差) にもなり、半減期の違う薬剤間でも2ケタ程度の差があることである。

おわりに

除草剤は、世界の食糧生産を画期的に向上させた、科学の粋ともいえる精緻な化学物質である。また、各剤は合成化合物のなかではその性質が最もよく分かっている物質であり、環境 (大気・水・土壌) 中で物理的・化学的・生物学的に減衰していく物質でもある。除草剤の環境中での行動の結果は、実際に問題を起すこともあれば、一方でなんでもそのせいにされるといふ濡れ衣もある。環境中に出た化学物質は何か問題を起すものであるという、幽霊リスク? が定着しているような世の中の現状は残念なことである。

いわゆる非農耕地 (作物栽培地以外) における農薬散布に関する環境省の指針 (公園・街路樹病害虫・雑草管理マニュアル、2010) では、使用者が遵守すべき基準が省令として制定されているが (ちなみに、使用するなという記載は一切見当たらない)、内容は散布薬液の飛散問題への注意と対応を主とするものである。このマニュアルは主として病害虫防除剤の散布を念頭に書かれたものらしく、除草剤において配慮が重要である土壌を介しての問題にはと

くに触れられていない。前述のように土壌から環境への移動には、薬剤の種類、土壌の性質、気象・気候条件、地形、散布方法や技術によって、その量は数ケタに及ぶ著しい差がある。このことは、周辺環境へのリスクは使用者の正しい化学的知識と配慮によって、ほぼ完全に回避することが出来ること、また、周辺住民等への適切な説明、周囲で発生した障害に除草剤が関わっているかどうかの正確な判断も十分可能だということの意味している。

参考文献

- 1) 伊藤操子. 1993. 雑草学総論. 養賢堂, 東京.
- 2) 環境省水・大気環境局土壌環境課農薬環境管理室. 2010. 公園・街路樹等病害虫・雑草管理マニュアル—農薬飛散によるリスク軽減に向けて—.
- 3) Leonard, R.A. and W. G. Knisel. 1988. Evaluating groundwater contamination potential from herbicide use. Weed Technology 2: 207-216.
- 4) Ross, M.A. and C.A. Lembi. 1985. Applied Weed Science. Macmillan, New York.
- 5) 特定非営利活動法人緑地雑草科学研究所公開セミナー報告. 2011. 緑地管理における環境リスク面からの規制について—適切な総合防除 (IWM) 実現に向けて知っておきたいこと—.

『芝蟲紳士録』 (しばむししんしろく)

その二十三

“マメコガネ”

侍ジャパンのエースがポストिंगシステムとやらを利用して大リーグに移籍することが決まりました。今年も日本の野球選手が本場アメリカで活躍してくれることと期待しちゃいます。

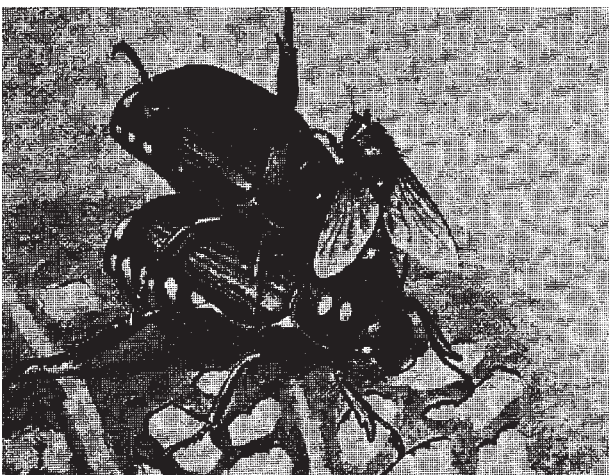
今までも、投手ではNOMO、MATSUZAKA、DARVISH、TANAKA などなど、打者でもICHIRO や MATSUI とかはメジャーの選手に伍して十分な仕事をしていますよね。ある政治家は貿易摩擦の問題を皮肉って「日本の最も優秀な輸出品はベースボールプレイヤーである。」なんて言っていたことがありました。

多くの日本人野球選手がアメリカに渡って旋風を起していますが、ゴルフ界でも米国ツアーで大活躍する日本人ゴルファーが出現してもらいたいところです。

申し遅れました。自分はマメコガネであります。

実は、自分はもう既にアメリカでは日の丸を付けてアメリカ全土を席卷しているのです。日本固有種である自分は学名を *Popillia japonica* と名乗っています。ジャパンを背負っているでしょ。現地ではジャパニーズ・ビートルと呼ばれています。

自分のアメリカにおける大活躍について少しお話ししましょう。この事はただの自慢ではなく、チャー



“侵略の生態学”に掲載された自分の絵；天敵のハエとのツーショット

ルズ・S・エルトンという著名な学者さんが“侵略の生態学”という著書に記してある事実なのです。その本によると、ジャパニーズ・ビートルは1911年にアヤマカツツジにくっついて日本から運ばれたようで、数年のうちにとんでもない数に達したと書いてあります。さらに、ある果樹園では採集量は2時間で954リットルに達し、それでもジャパニーズ・ビートルは減ることがなかったとのこと。いや～、自分たちの祖先は頑張っていたんですね。

マメコガネの名のとおり、自分は大豆の害虫として知られておりますが、体も小さいし日本で最近あまり大きな被害を与えた記憶がありません。他のコガネムシ諸君ほど芝への加害は大きくないと思います。それが、アメリカに渡ったご先祖様方は、大豆は食べるは、トウモロコシは食べるは、果樹や家庭の庭の植物を食べるやら大変な害虫になり、一躍として悪役になってしまったのです。侵入害虫が侵入先において、元来食していたものと異なる食性を持って害虫化することは良く聞く話ではありますが、マメコガネの事例はこの典型だといえます。よっぽどアメリカの水が性に合ったのだらうと思います。

自分たちは日本においても、マメ類、イモ類、イネ科などいろいろな作物を加害し、幼虫と成虫とでは異なる植物に集まるなど食性の幅が広い昆虫です。成虫は昼行性で、6月～9月にわたり長期間発生するので自分を見る機会が多いと思います。光の角度で緑色や紫色あるいは金色と変わる、いわゆる玉虫色の金属光沢を放つ美しい甲虫です。芝草に対して大害虫になれるかどうかは玉虫色ですが、芝地から発生した自分たちが近隣の農作物を荒らさないようにコガネムシ類の防除はしっかり実施しましょう。



芝地のマメコガネ

【編集後記】

本号(96号)より、環境に配慮した紙とインキを使用しています。



適切な森林管理を認証する国際的な機関FSC®の基準に適合した森林からの木材を原料とした紙です。



印刷に使用基準を定められた植物油インキを使用しています。



この印刷物は総合的に環境に配慮された認定工場で製造されています。

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 : green-news@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	〒422-8047	静岡市駿河区中村町 2 番地の 3	☎ 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)