

グリーンニュース No.92

GREEN NEWS

平成 26 年 3 月 31 日

発行者・株式会社 理研グリーン

ISSN 0915-8812

発行人・菅谷 昌司



わたしは誰でしょう？

わたしは昆虫です。写真はお腹側から見たわたしの頭です。右側が頭のとっぺんの方向です。真ん中の日の出の太陽のように見えるのが、わたしの目です。わたしの一番の特徴は、大きな口です。手前にまっすぐ立っているのが、わたしの口と唇です。なめるのに使います。飛翔力が強く、嗅覚がすぐれているのが自慢です。腐った肉などを探し出すのが得意です。人々から嫌われているのが、とても残念です。わたしが誰かわかりましたか？わたしの正体は、次回お教えいたします。

(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 16)	1
——天然ゼオライトの土壌改良効果とその農業利用(1)——	
現場における病害管理(40)	8
——顕微鏡により何が見え、何が分るか(その 2)——	
グリーン考現学(24)	12
——日本庭園をユネスコの無形文化遺産に——	
自然を問い直す(8)	18
——広がる樹木葬は、森を救えるか?——	
雑草学講座：雑草の素顔と付き合い方	24
——その 6——除草剤とは①：発展の歴史からみた考察——	
芝蟲紳士録(その十九)	30

農と緑のための土と肥料のはなし(その 16)

天然ゼオライトの土壤改良 効果とその農業利用(1)

東京農業大学応用生物科学部 教授 後藤 逸男



1. ゼオライトとは

ゼオライトは和名を沸石と称し、変質を受けた安山岩や玄武岩の空隙中に無・白色結晶体として 18 世紀中期に発見された。三次元網目状構造を持つ含水テクトアルミノケイ酸塩鉱物で、その一般式は $\text{Me}_{2/n}\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{SiO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$ (Me: アルカリまたはアルカリ土類金属、n: Me の電荷、x,y: 係数) で表される。造岩鉱物の中で最も風化抵抗性の強い石英の中のケイ素の一部がアルミニウムと同置換した鉱物と考えれば、その構造と特性を理解しやすい。特異的なガス吸着やイオン吸着能を持つことが古くから知られていたが、その産出量がわずかであったため資源としての価値に乏しかった。

しかし、1950 年頃に東北地方のグリーンタフ地帯で、海底に堆積した火山灰中の火山ガラスの続成作用により生成した天然ゼオライトの鉱床が発見されて以来、産業資源として注目されるようになった。その用途として当初は、製紙用充填材・水処理材・ガス分離などの工業分野の他、家畜飼料の添加材や土壤改良資材などの農業分野が中心であったが、最近ではわが国で産出される年間約 10 万トンの最も大きな用途はゴルフ場や競技場などの緑化用資材や土壤改良資材・園芸資材として利用である。

1960 年代には天然ゼオライトの大きな産地である栃木県¹⁾や宮城県²⁾などを中心に全国約 30 ヶ所で水田に対する施用試験³⁾が行われた。しかし、その施用効果に普遍性が認められなかったため、耕土培養対策資材として指定されるには至らなかった。その後、静岡農試の川口ら⁴⁾により、海岸砂丘地でゼオライトを施用した野菜の栽培試験が行われ、増収効果の他に土壤の陽イオン交換容量の増大や窒素

の流亡防止効果など明瞭な施用効果が認められた。このような状況で、国内各地に大きな鉱床が開発されると、本来土壤の保肥力を改善するためのゼオライトが、野菜の連作障害を防止する、ケイ酸を多く含む鉱物であるのでケイ酸が効果的に作物に吸収されて土壤病害にも効果がある、ハウスの塩類濃度障害を軽減するなど、科学的根拠のない効果をうたった万能資材として農業生産現場に登場した。購読者の多い農業雑誌などでも関連記事が幾度ともなく掲載されたこともあり、農家の巷で注目される資材となった。しかし、期待されるような効果のないことが明らかになると、ゼオライトは「効かない」「いかさま」「まゆつば」土壤改良資材の代名詞となり果てた。その後、1979 年に制定された地力増進法では保肥力を改善する土壤改良資材として政令指定された。なお、天然ゼオライトの他に火力発電所から発生する石炭灰（フライアッシュ）などケイ酸とアルミナを多く含む資材にアルカリを加えて化学反応により合成した人工ゼオライトが知られている。その特徴は陽イオン交換容量（CEC）が大きいことで、天然ゼオライトの数倍にも達するが、多量のナトリウムを含んでいるなどの理由で農業利用には適さない。

このようなゼオライトが、2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所の事故現場では事故発生初期から放射性セシウムなどで汚染された水の吸着処理材として使われて、一般の人々にもよく知られるようになった。また、2012 年春から福島県を中心に放射性セシウムで汚染された農地の修復にも利用されている。

筆者らは 1970 年代から天然ゼオライトの土壤改良効果とその農業利用技術に関する実践的な研究を

行ってきたので、その特性と農業利用法について記すことにする。

2. 天然ゼオライトの鉱物組成と品質⁵⁾

天然ゼオライト（以下、ゼオライト）は火山噴出物をその起源とするため、わが国を始めとする環太平洋諸国に多く産出される。その中でも日本は量・質共に世界有数のゼオライト産出国で、最大の利用国でもある。主な生産地は秋田・山形・宮城・福島・北海道・島根・鹿児島など、いずれもグリーントフ地域で国内の埋蔵量は数千万トンとも無尽蔵ともいわれる。ゼオライト鉱物の専門家の中には、「日本列島がゼオライトの上に浮かんでいる」とさえ表現する人もいる。いずれも、およそ2000万年前に海底深く生成したゼオライトがその後の地殻変動で隆起し、現在では山全体がゼオライト鉱床となっているため、ほとんどのゼオライト鉱山では、写真1のような状態で露天掘りされている。

ゼオライトとは単一の鉱物ではなく、沸石類と呼ばれる一連の鉱物の総称で、天然には約40種類の沸石が知られている。これらの沸石のうち、わが国で資源として利用できるものはクリノプチロライトとモルデナイトおよびそれらの混合物の3種類に限られる。地力増進法で指定の対象となるゼオライトとは、これらの沸石類を主成分とする白色凝灰岩を破碎して粒状あるいは粉状に加工したものである。写真2の左がゼオライト鉱山から採掘された原石で、それを細かく粉碎して粒径をそろえた粒状ゼオライト（写真2の右）が農園芸・緑化用土壌改良資材として市販されている。

そこで、各地のゼオライト鉱山から集めた13点のゼオライトについて鉱物組成および陽イオン交換容量と交換性塩基組成を比較した（表1）。なお、試料中にはインドネシアのジャワ島産2点が含まれる。X線回折分析により調べた試料中の鉱物組成はクリノプチロライトを主体するゼオライト4点、モルデナイト主体6点、両鉱物の混合3点であった。また、両鉱物の特異ピークの高さから定量したクリノプチロライトあるいはモルデナイト含有量（ゼオライト含有量）は20から83%と試料間で大きく相違した。大半の試料が70%程度以上を示したが、北海道産では50%程度とやや低かった。石川産はゼオライト含有率が20%と特異的に低く、随伴鉱物としてモンモリロナイト、緑泥石、石英などが含まれていた。日本産ゼオライトに比べて、インドネシア産では26.54%と低かった。

ゼオライトの品質として最も重要な陽イオン交換容量（CEC）はゼオライト含有率にほぼ支配され、



写真1 露天掘りされているゼオライト鉱山（山形県米沢市板谷）

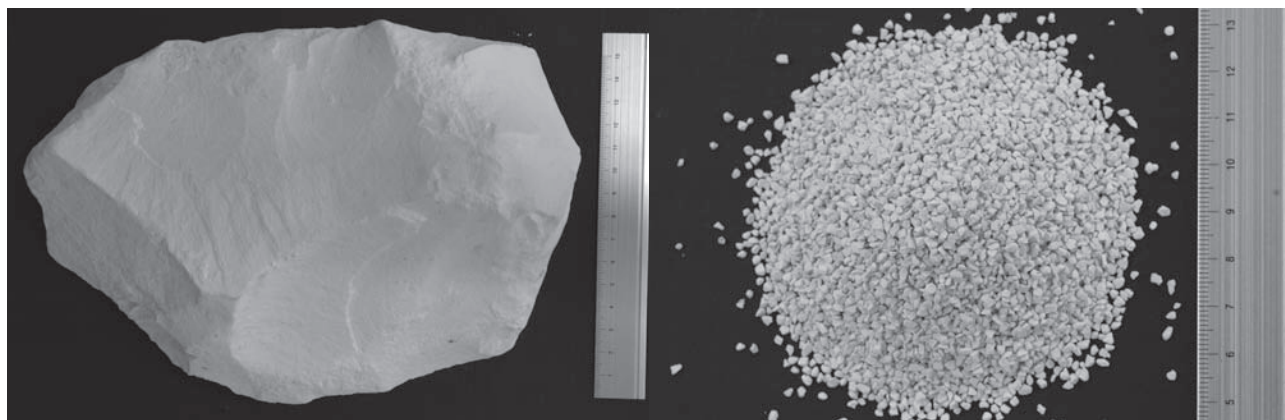


写真2 ゼオライトの原石（左）とそれを粉碎した市販品（右）（山形県米沢市板谷鉱山産）

表1 天然ゼオライトのゼオライト含有率・陽イオン交換容量および交換性塩基組成

試料 No.	産 地	ゼオライト含有率 (%)			pH(H ₂ O)	CEC meq/100g	交換性塩基 (meq/100g)			
		C	M	含量			CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
1	北海道 十勝	20	31	51	7.6	97.5	50.5	8.7	20.1	10.3
2	北海道 長万部	52	—	52	8.3	103	38.1	8.8	18.8	25.7
3	秋田県 二ツ井	77	—	77	7.6	153	15.0	4.5	59.0	67.6
4	山形県 板谷	55	23	78	6.3	172	26.7	3.7	47.0	70.0
5	宮城県 白沢	—	77	77	6.5	92	25.3	5.6	17.6	39.4
6	宮城県 川原子	—	79	79	8.1	148	77.7	6.1	24.6	36.7
7	福島県 桑折	—	83	83	8.0	182	77.4	6.3	39.5	28.5
8	福島県 西会津	82	—	82	8.4	164	36.7	3.5	59.5	64.2
9	石川県	—	20	20	8.8	84.8	42.2	6.5	2.5	29.0
10	和歌山県 川辺	—	76	76	7.8	159	77.3	7.0	42.4	26.5
11	島根県 石見太田	74	—	74	8.0	147	45.0	4.7	32.3	54.9
12	インドネシア 西ジャワ	27	27	54	7.3	88.5	36.7	6.6	30.7	8.0
13	インドネシア 西ジャワ	—	26	26	7.5	83.5	34.7	4.3	23.3	11.1

C：クリノプチロライト

M：モルデナイト

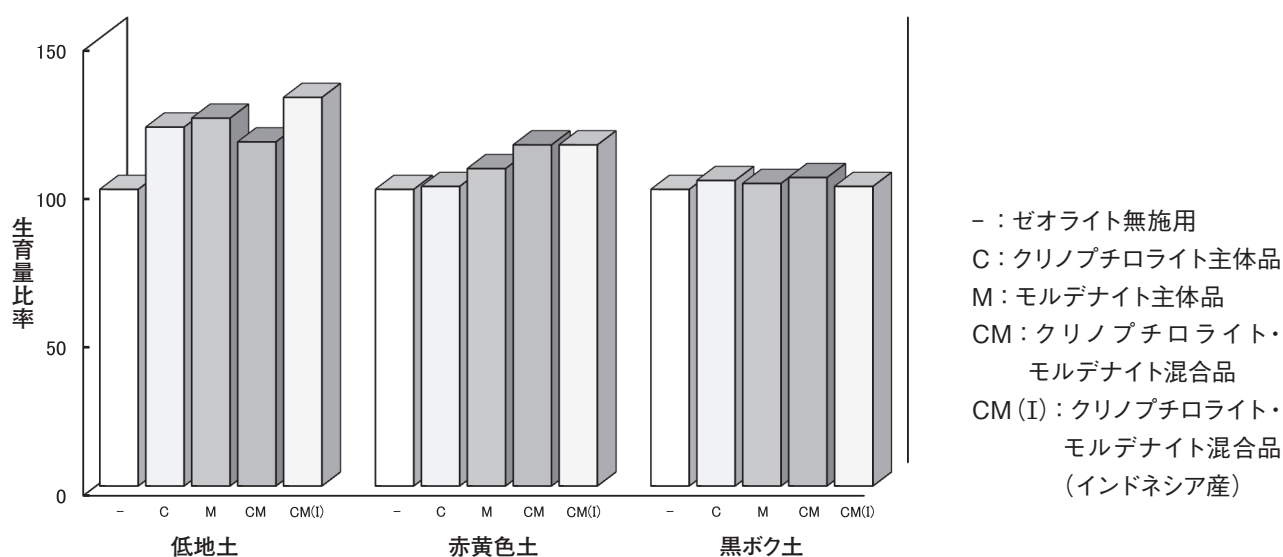


図1 ゼオライトの施用がトマト生育量に及ぼす影響（ゼオライト無施用区を100とする比率）

日本産では85～182meq/100g、インドネシア産では80～90meq/100gであった。鉱物が相違してもゼオライト含有率が同等の試料間ではほぼ同程度の陽イオン交換容量を示した。なお、ゼオライト含有率が低かった石川産試料でも85meq/100gの値を示した原因は随伴するモンモリロナイトの影響である。

交換性塩基組成は鉱物の種類と密接に関連し、クリノプチロライト主体品は交換性カリウムとナトリウム、モルデナイト主体品は交換性カルシウムに富んでいた。

3. ゼオライトの施用効果^{5,6)}

性質が著しく異なる3種類の土壌（低地土：CEC 6.5meq/100g、赤黄色土壌：CEC 10.6meq/100g、

黒ボク土：CEC 40.4meq/100g）に4種類のゼオライト（モルデナイト主体品（表1中の試料7）：CEC 164meq/100g、クリノプチロライト主体品（試料10）：CEC 159meq/100g、両者混合品（試料4）：CEC 172meq/100g、インドネシア産（試料12）：CEC 88.5meq/100g）を5t/10a相当量施用して、1/5000aワグネルポットを用いたトマトの栽培試験を行った。図1のように、ゼオライトの施用効果はゼオライトの種類より土壌の違いにより大きく異なった。その効果は土壌のCECが小さいほど大きく、低地土では生育量が20～30%増加したが、CECの大きな黒ボク土ではほとんど施用効果が認められなかった。ゼオライトの種類による施用効果の違いは判然とせず、CECが約90meq/100gのイ

インドネシア産ゼオライトでも CEC の大きな日本産ゼオライトと同等の効果を示した。

上記の試験結果のように、CEC の小さな土壌ではゼオライトの施用効果が期待できるので、砂丘未熟土からなる千葉県佐原市のナスハウスに福島県西会津産のゼオライトを 2.5t/10a 施用して、2 年間ナスの収量調査を行った。その結果、表 2 のように、増収率は 15% 程度であったが、販売金額は 2 年間で約 100 万円増加した。このように収益性の高い施設園芸ではゼオライトによるわずかな増収効果が収入の増大につながる可能性も大きい。露地畑や牧草地に施用したゼオライトの効果はどの程度であろうか。

東京都世田谷区の黒ボク土からなる畑地に福島県川原子産ゼオライト 5t/10a 施用区、緑肥区、ゼオライト 5t/10a+ 緑肥区、対照区を設け、5 年間に 17 作の野菜と緑肥作物を栽培した。なお、緑肥区では栽培したライムギやソルゴーを年間 5～10t/10a 鋤

込んだ。その結果、表 3 のようにゼオライト区の収量が対照区より高かったのは 17 作中 5 作に過ぎず、5 年間の平均収量では対照区と全く変わらなかった。しかし、ゼオライトと緑肥を併用すると明らかな増収効果が認められ、その効果は緑肥単独区より大きかった。

静岡県富士宮市内の多腐植質黒ボク土からなる草地に福島県川原子産ゼオライト (5t/10a) と有機物 (牛糞など 5t/10a) 施用の有無を組み合わせた 4 試験区を設け、オーチャードグラスの収量調査を 3 年間行った。その結果、表 4 のようにゼオライト単

表 2 ハウスナスに対するゼオライト施用効果

栽培期間	収量 (t/10a)		ゼオライト施用に伴う増収割合	
	対照区 *	ゼオライト区 *	収量 *	金額 **
1 年目	9.8	11	12.0%	428 千円
2 年目	8.5	9.8	15.2%	600 千円

土壌：海成砂土 天然ゼオライト施用量：1.2 トン / 10 アール

* 10 アール当りに換算した収量

** 10 アール当たりの増収額、ただし、ゼオライト代と施用経費 (日当) を差し引いている

表 3 畑作物・野菜に対する天然ゼオライトの施用効果 (対照区の収量を 100 とする指数)

試験区	1 年目			2 年目			3 年目		
	エダマメ	ソルゴー	コカブ	エダマメ	ソルゴー	ハウレンソウ	エダマメ	ソルゴー	コマツナ
対照区	100	100	100	100	100	100	100	100	100
ゼオライト区	97	98	118	100	89	121	102	98	98
緑肥区	138	106	108	115	126	139	102	140	140
ゼオライト区 + 緑肥区	141	124	106	122	112	154	108	150	150

試験区	4 年目				5 年目				5 年間の平均
	エダマメ	ソルゴー	ハウレンソウ	エンバク	エダマメ	ソルゴー	ハウレンソウ	ライムギ	
対照区	100	100	100	100	100	100	100	100	100
ゼオライト区	95	98	92	103	94	98	93	93	100
緑肥区	112	103	131	101	125	114	102	102	116
ゼオライト区 + 緑肥区	111	109	136	95	126	113	102	102	126

ゼオライト：5t/10a を試験前のみ施用

緑肥：5～10t/10a のソルゴーやライムギを毎年施用

表 4 牧草 (オーチャードグラス) に対する天然ゼオライトの施用効果

試験区	1 年目		2 年目		3 年目		3 年間の合計	
	収量 *	指数	収量 *	指数	収量 *	指数	収量 *	指数
対照区	3.75	100	4.45	100	4.4	100	12.6	100
ゼオライト区	4.51	120	4.58	103	4.6	105	13.7	109
有機物区	5.05	135	4.84	109	5.3	120	15.2	121
ゼオライト区 + 有機物区	5.28	141	5.87	132	5.59	127	16.7	133

収量 *：生草収量 t/10a

ゼオライト：5t/10a を試験開始前のみ施用

有機物：5t/10a の牛糞などを毎年施用

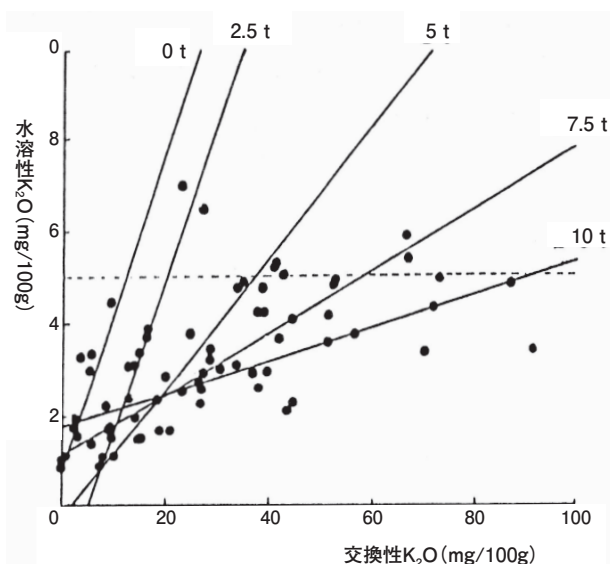


図2 ゼオライト施用土壤中の交換性カリウムと水溶性カリウムの関係
(図中の0～10tは10アール当たりのゼオライト施用量)

独施用区でも対照区より10%弱増収したが、露地畑での試験と同様に有機物を併用すると増収率は約30%に達した。

上記の試験結果のように、ゼオライトの単独施用による作物の増収効果はせいぜい10%程度に過ぎないので、露地畑や牧草地あるいは水田では増収による収益がゼオライト代にも及ばないことも多いが、施設園芸では収益の増加も期待できる。

4. 土壤中でのゼオライトの挙動

1) ゼオライトの安定性⁷⁾

ゼオライトと同程度の陽イオン交換容量を有する天然鉱物としてベントナイトが知られている。そこで、両資材の土壤中での挙動を比較する目的で次のような実験を行った。

遊離酸化アルミニウムに富む多腐植質黒ボク土から脱腐植処理後、分離した粒径 2μ 以下の粘土画分に同重量の天然ゼオライトあるいはベントナイトを混合してペースト状態とし、 30°C で保温静置した。1週間後と1ヶ月後にその一部を採取して陽イオン交換容量を測定した。その結果、表5のように、ベントナイト区の陽イオン交換容量が経時的に低下したのに対して、ゼオライト区では全く変化しなかった。この現象はスメクタイト（モンモリロナイト）の層間中に土壌中のアルミニウムが浸入することによるスメクタイト構造の変質⁸⁾であることが知られ

表5 ゼオライト・ベントナイトの混合が粘土のCECに及ぼす影響

資材	保温静置期間		
	0 日	1 週間	1 ヶ月
ゼオライト	68.3 (100)	69.7 (102)	69.3 (101)
ベントナイト	56.3 (100)	48.2 (86)	47.0 (84)

(meq/100g)

() 内: 0 日を 100 とする比率

ている。しかし、石英のような三次元網目状構造を有するゼオライトはアルミニウムに富む酸性土壌や黒ボク土中に施用されてもその構造は変化しない。したがって、ゼオライトを一度施用すればその保肥力改善効果は長期間持続する。

2) ゼオライトのカリウムイオンとアンモニウムイオン特異捕捉性⁹⁾

ゼオライトはその構造中に多量の永久陰電荷を有するだけではなく、カリウムとアンモニウムイオンを特異的に吸着捕捉することが知られている。その原因はゼオライト構造中にある多数のトンネル状細孔が両陽イオンの大きさにほぼ一致するためである。この細孔にはまり込んだ両イオンは塩類溶液に交換されて土壌溶液中に溶出するため交換性陽イオンではあるが、水にはほとんど溶出しにくい。

そのため、ゼオライトを施用した土壌では交換性カリウムが増加して、塩基バランスが崩れると懸念されることが多い。しかし、ゼオライトを施用した土壌中の交換性カリウムと水溶性カリウムの関係を示した図2のように、ゼオライト施用量が増加するほど水溶性カリウムの割合が低下する。したがって、ゼオライトを多量に施用した圃場には従来の交換性カリウムによる土壌診断基準ではなく、例えば水溶性カリウムによる基準の設定が必要となる。

一方、ゼオライト施用土壌中に施用されたアンモニウムイオンは硝酸化成作用が抑制され、硝酸態窒素の供給が緩効化される。そのメカニズムは、アンモニウムイオンがゼオライトの細孔中に捕捉される結果、土壌中の硝酸化成細菌から隔離されることにある。このように、ゼオライトの施用により、カリウムと窒素の肥効率を高めることができる。また、上記の栽培試験で認められたようなゼオライトと有機物の併用効果もアンモニウムイオンの特異捕捉性

に起因している。

5. 万能資材ではないゼオライト

ゼオライトの構造をすき間だらけのジャングルジム（図3）と考えるとわかりやすい。しかし、そのすき間の大きさは0.4～0.8nmのナノサイズで、写真3ように電子顕微鏡でも見ることはできない。そのためゼオライト構造の中にはアンモニウムやカリウムイオンより小さなイオンしか入り込みことはできない。ゼオライトが微生物のすみかになるとよくいわれるが、それらのイオンより遙かに大きな微生物はゼオライトの中に入り込めない。アンモニウムイオンはゼオライトの中に入り込めるが微生物は入れない、実はこの性質がゼオライトに吸着された窒素肥料をゆっくり効かせる効果を生み出すキーポイントである。

ゼオライトの効能として、土壤の保水性が高まるともよくいわれる。市販されているゼオライトは乾燥品であることが多いので、確かに水をよく吸収する。しかし、それらの水は吸着水と呼ばれる植物に吸収利用できない水で、ゼオライトには保水力はない。土壤の保水性を高めるには、ピートモスやパーライトなどの土壤改良資材を使う。

ゼオライトとモンモリロナイトのケイ酸含有量はどちらも約70%にも達するが、ゼオライト中のケ

イ酸はほとんどが頑強な結晶構造を作り上げているので、ゼオライトから溶け出して植物に吸収されることは期待できない。ただし、市販されているゼオライトの中には不純物として少量のモンモリロナイトが含まれていることがある。モンモリロナイトは土壤中で徐々に分解され、その際2：1型結晶構造中のケイ酸が少量溶出するので、このケイ酸の一部

0.4～0.8nmのすき間にアンモニウムイオンやカリウムイオンがはまり込む

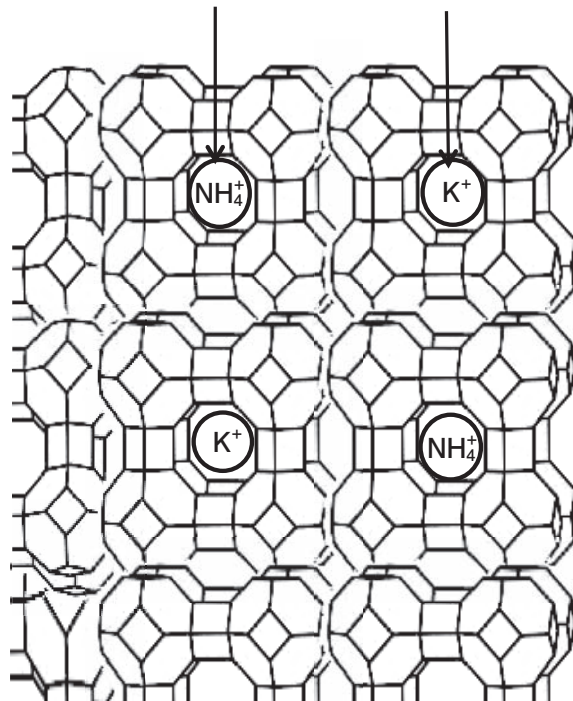


図3 ジャングルジムのようなゼオライト構造

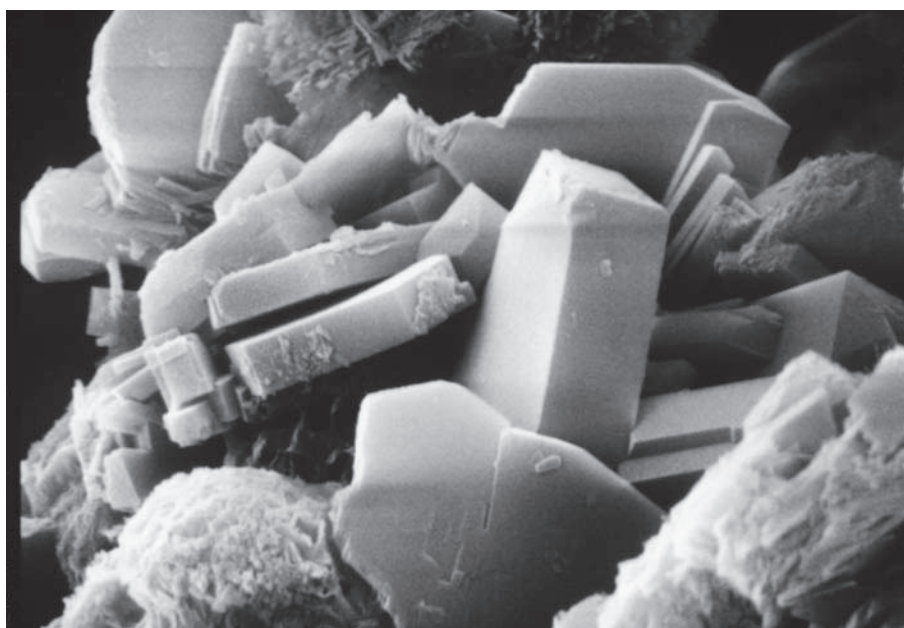


写真3 ゼオライトの電子顕微鏡写真（写真提供：日東粉化商事㈱）

が稲の他、キュウリやメロンなどケイ酸を利用するウリ科野菜に吸収されることは大いに考えられる。しかし、ケイ酸を効かせたいのであれば、モンモリロナイトよりケイ酸質肥料を使った方が合理的である。

ゼオライトは天然ミネラル鉱物で、微量元素の供給に役立つというはなしも時々耳にするが、人工的に添加しない限り天然のゼオライトに微量元素補給効果は全く期待できない。

トマトやキュウリなどの施設野菜農家が最も期待するゼオライトの効能のひとつが塩類濃度抑制のようであるが、そのような効果は全くない。土壌中の塩類の主体は硝酸イオンで、肥料として施した化学肥料や有機質肥料の他、堆肥中の窒素成分が土壌微生物の作用で変化してできる最終生成物である。ゼオライトは大きな CEC を持ち陽イオンを吸着するが、陰イオンである硝酸イオンを吸着する能力はない。そのために、電気伝導率が高まったハウスにゼオライトを施用しても効果は期待できない。塩類濃度の上昇を抑えるには、土壌診断結果に基づいて窒素施用量を減らすことが最善の対策となる。ただし、陰イオンであるリン酸イオンもゼオライトには直接吸着されないが、ゼオライトに吸着されているカルシウムと反応して植物に利用されやすいリン酸カルシウムとなり、間接的ではあるが、ゼオライトはリン酸肥料を効かせる助っ人として役立つ。

このように、ゼオライトは決して万能な土壌改良資材ではない。その特性をよく理解して上手に使うことがゼオライトの農業利用の基本となる。

参考文献

- 1) 坪田五郎・宮脇謙三・三宅 信・小川昭夫：大谷石粉の農業利用に関する研究（第1報）、栃木県農試報告、4, 35-56, 1960
- 2) 沼倉正二・浅野岩夫・若生松兵衛：水田に対するゼオライトの施用効果に関する研究（第1報）、宮城県農試報告、37, 45-78, 1966
- 3) 農林省農政局農産課：ゼオライト施用試験成績、1964
- 4) 川口菊雄：ゼオライトによる土壌改良、用水と営農、54, 4-8, 1977
- 5) Suwardi・Itsuo GOTO・Midori NINAKI：The quality of natural zeolites from Japan and Indonesia and their application effects for soil amendment, Jour.of Agri.Sci.,Tokyo Nogyo Daigaku, 39, 133-148, 1994
- 6) 後藤逸男：天然ゼオライトの農業利用、ゼオライト、7, 8-15, 1990
- 7) 後藤逸男・蜷木 翠：天然ゼオライトの農業利用に関する基礎的研究（第2報）、東京農大農学集報、24, 305-315, 1980
- 8) 沼尾林一郎：ベントナイトの土壌改良への利用及びその効果に関する研究、群馬県農試報告、3, 45-58, 1966
- 9) 後藤逸男・蜷木 翠：天然ゼオライトの農業利用に関する基礎的研究（第3報）、東京農大農学集報、25, 164-168, 1980

現場における病害管理(40)

顕微鏡により何が見え、
何が分るか (その2)(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

前号¹⁾では、顕微鏡は病害と生理障害の区別がつけられる単なる診断の道具に止まらず、観察される病原菌の形状により病勢まで把握でき、使うべき殺菌剤の種類や散布時期など数多くの有用な事柄を明らかにするものである。

ここでは、生理障害の原因を含む複数の病原と特定の芝草の相互作用によって起こる複合病を取り扱う。単一の病原によって生じる病徴に比べ、複合病の場合は時間的、空間的に多少異なると考えられ、専門家でも鏡検してみなければ分らないのが現状である。

これまでに、わが国における芝草の複合病についてはほとんど明らかにされておらず、コース現場では「よく分らない症状」として受け止められており、自己診断後に対症療法をくり返す、所謂モグラたたきの状態にあった²⁾。長い日数が経過して症状がようやくおさまった時点で、グリーンキーパーは原因を推定し、翌年の予防に備えることになる。

ここでは、冬季と夏季のベントグラスにおける2種類の病原菌の混発状態と殺菌剤を併用することにより、主要な病原菌とそうでない病原菌の識別が可能で、また病原菌の季節による移り変わりも明らか

になり、殺菌剤の適切な使い分けができるということにも触れる。しかし、このような複合病の場合には、なお一層専門家との関係が必要となり、緊密な共同作業が望まれるわけである。

2. コース現場で、顕微鏡により実際に
何が見え、何が分るのか

1) イエローパッチとテイクオールパッチ混発の場合

- 晩秋、当研究所内の試験圃場のベントグラス(ペンクロス)に淡黄色、類円形、縁不鮮明で明らかな病斑が認められない症状が発生し、冬季に入ったので急激な進行はなかった(図1、2、3)。
- 肉眼ではイエローパッチ(YP)と考えられたが、鏡検によりYP菌とテイクオールパッチ(TP)菌が認められた(図4、5、表1)。
- そこで、YP菌に有効でTP菌には効果が低いイソプロチオラン・フルトラニル剤(3.3g/m²)とTP菌に有効でYP菌には効果が低いチオファネートメチル・トリフルミゾール剤(2g/m²)を用い、1区1/4m²、反復なしの散布試験を行った(図1参照)。
- その結果、両剤をそれぞれ単独で散布しても、必ずしも完全な治療効果が得られなかった。両剤を併用した場合にのみ高い治療効果がみられ

表1 ベントグラス(ペンクロス)に認められた疑似葉腐病と立枯病の混発状況

検出部位	検出された主な病原菌 ¹⁾	検出比 ²⁾
葉身部	2株の <i>Rhizoctonia</i>	95/400
葉鞘基部	<i>Phialophora</i> sp.	78/400
根部	<i>Phialophora</i> sp.	11/400

1) 表に示した2種類の病原菌以外の菌は、各部位で認められなかったか、ほとんど認められなかったもので、ここでは除外した。

2) 連続観察400視野当りの *Rhizoctonia* 菌の菌糸片、あるいは *Phialophora* sp. では菌糸片か菌足のいずれか一方、または両方が観察された視野数を示す。

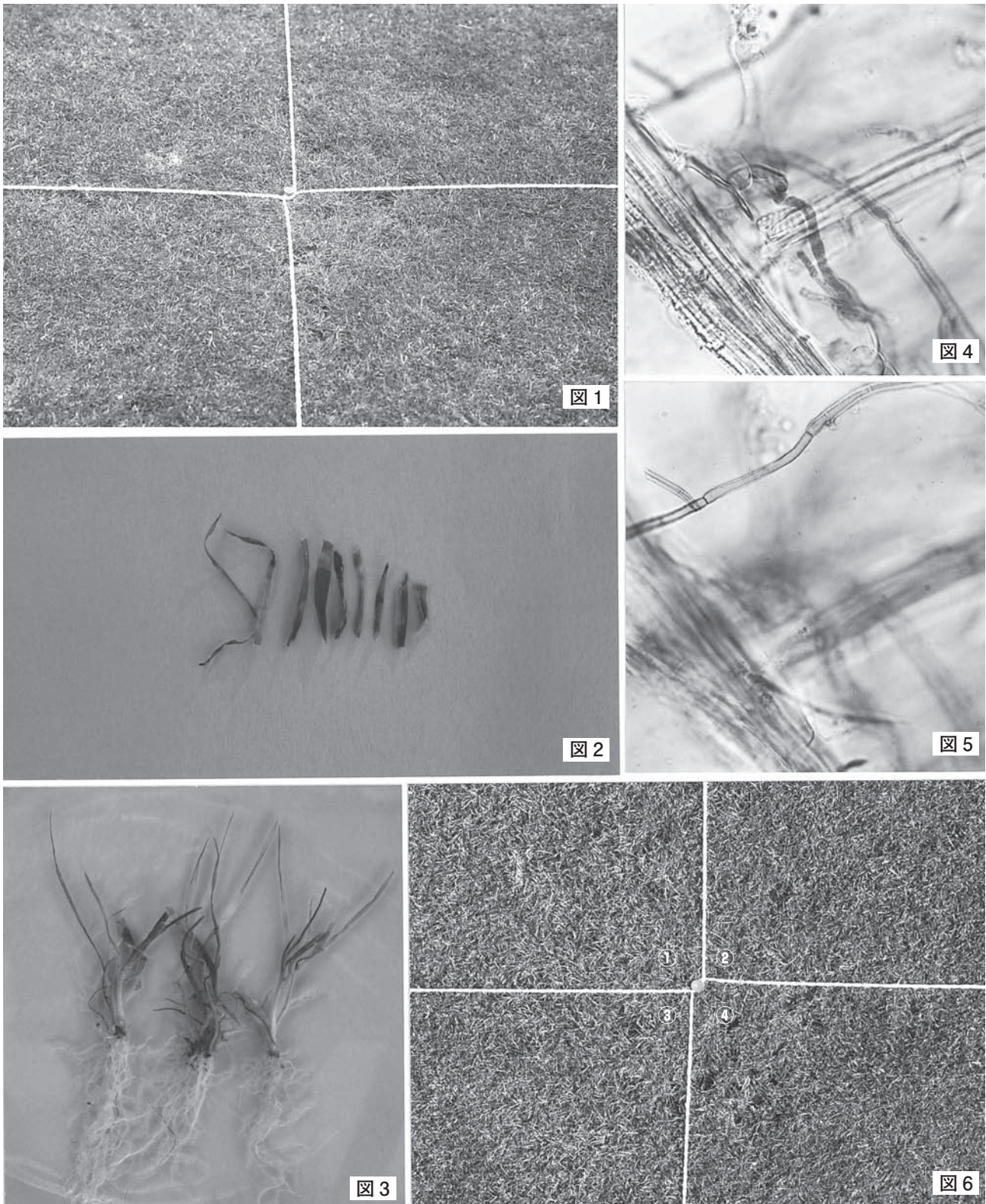


図 1：最初に認めた不明症状（4 分画して殺菌剤の散布試験を実施）

図 2：葉身部の症状

図 3：個体全体の症状

図 4：葉鞘基部で観察された YP 菌菌糸（ $4\mu\text{m}$ ）

図 5：図 4 と同じ場所の TP 菌菌糸（ $2.8\mu\text{m}$ ）

図 6：殺菌剤散布 40 日後の芝生の回復状況

表 2 殺菌剤の散布による疑似葉腐病と立枯病の混発状況からの回復

殺菌散布区 ¹⁾	葉色	治療効果
① チオファネートメチル・トリフルミゾール剤	黄	小
② イソプロチオラン・フルトラニル剤	緑	小～中
③ チオファネートメチル・トリフルミゾール剤 + イソプロチオラン・フルトラニル剤	緑	ほぼ治癒
④ 無散布	黄褐	全く治癒せず

¹⁾ ○で囲んだ No. は、図 6 の区の○で囲んだ No. に同じ

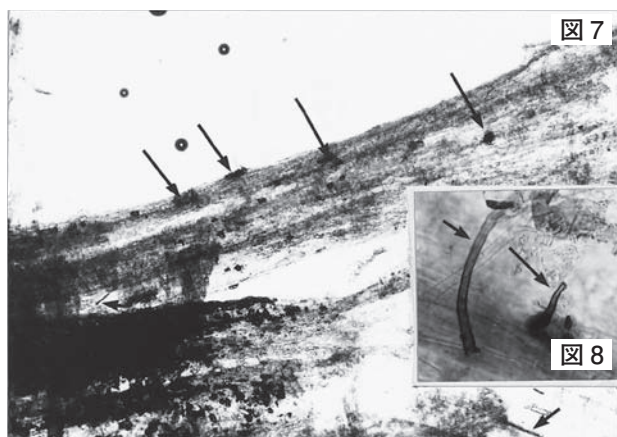


図 7 ANT (長い矢印) と CUR (短い矢印) の混発状況
図 8 図 7 の一部拡大 (矢印は図 7 に同じ)

(表 2、図 6)、本症状は YP と TP の併発によると結論された。なお、本症状からの回復状況を表す葉色で判断した治療効果から、本症状の場合には YP からの回復が大幅に遅れていて、主要な病原菌であると考えられ、TP 菌の関与は従属的であると思われた。

2) 炭疽病と葉枯病混発の場合

当研究所内の試験圃場で、1 年前の秋に播種されたペントグラス (ドミネント) を用い、梅雨期から夏にかけて殺菌剤の効果試験 (1 区 0.46 m²、2 連制) を行った。加圧式噴霧器で殺菌剤を 0.5L/m² の割合で散布した。その後、最初の 6 日間には 22mm、これに続く 7～19 日の間には 25mm の降雨があり、試験期間中の平均気温は 29℃であった。

試験開始直前 (7 月上旬) のターフには炭疽病菌 (ANT 菌) がみられ、同時に葉枯性の病原菌 (カーブラリア菌 (CUR 菌)) も僅かに認められていた (図 7、8 短い矢印)。この時のパッチの縁は不鮮明で、炭疽病 (ANT) に対する殺菌剤の効果を被害面積率で判定することは困

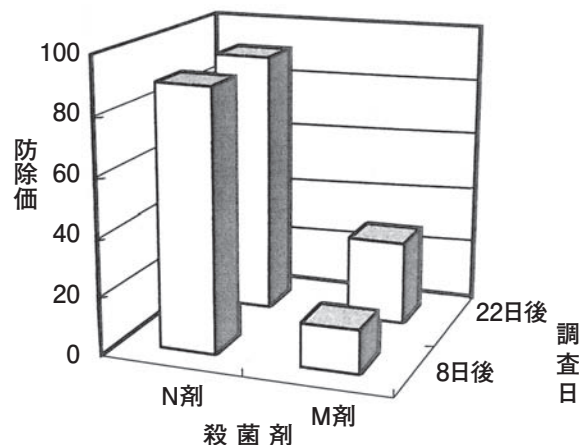


図 9 ANT に対する殺菌剤の治療効果 (剛毛の計数による)

難であった。そこで、散布直前、散布 8、22 日後の合計 3 回、比較的新鮮な病斑がある一定数の葉身部を切り取り、常法³⁾により顕微鏡で ANT 菌の分生子盤と遊離している剛毛を数え、その増減により殺菌剤の効果を判定することにした。同時に、CUR 菌の分生子柄と遊離している分生子も数え、殺菌剤の本菌への効果も調べた。

このようにして算出した ANT 菌に対する殺菌剤の効果は、2 反復区とも同一傾向を示した。その平均値は図 9 に示す通りで、N 剤は M 剤に比べて終始高い治療効果を示した。一方、達観により両殺菌剤間の罹病度差異を比較したところ、2 反復区とも同一傾向を示した。ここでその一例を図 10 に示すと、散布 8 日後には N (図 10 の③参照)、M (図 10 の④参照) 両剤間に効果の差を認めなかったが、22 日後には N 剤区は無散布区に比べて殺菌剤の効果があるものの、赤褐色の小型のパッチを生じて M 剤より劣るように思われた (なお、図 10 中の矢印は全てドライスポットによる被害を表わす)。一方、図 9 では顕微鏡により N 剤が M 剤より

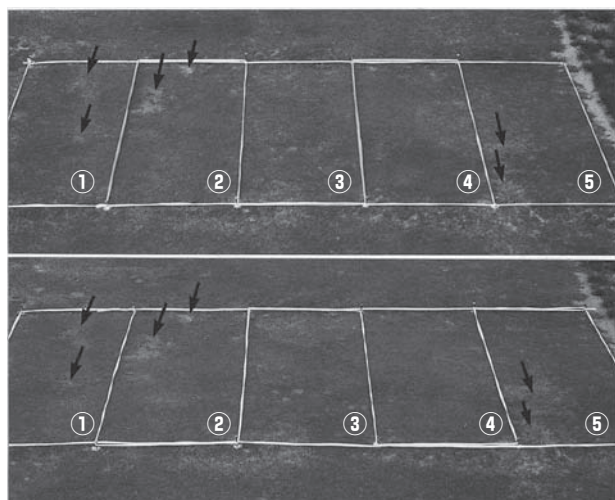


図 10 ANT に対する N 剤、M 剤の治療効果(達観による)
上—散布 8 日後、下—散布 22 日後
②—無散布区、③—N 剤散布区、④—M 剤散布区、①、⑤—その他の殺菌剤の散布区
矢印は全てドライスポットの発生を示す。

ANT に終始有効という上述（図 10）の肉眼観察とは逆の結果になった。このように、顕微鏡と肉眼観察で両剤の効果に違いが見られた。この違いは散布の 22 日後の試験の後半で顕著に現れており（図 10 下図の③、④参照）、M 剤に比べて、N 剤を散布しても 22 日後には CUR 菌が抑えられず（図 11）、CUR 菌には効果が低い N 剤では試験の後半に降雨があって本菌を増殖させ症状をより悪化させたものと考えられた。

以上、顕微鏡観察と殺菌剤散布の結果から、当初は ANT が主要な病害であって N 剤で抑えられていたが、盛夏に入ると N 剤の CUR 菌に対する効果が低く、降雨後に葉枯性病害が勢いを増してきたことが分った。このように、顕微鏡観察（図 9、11 参照）と殺菌剤散布試験（図 10 参照）により、肉眼観察の結果（図 10 の散布 8（上図）、22 日後（下図）の③、④参照）の裏付けがなされた。

3. おわりに

ここで取り扱った複合病などの不明症状に対しては、顕微鏡観察と殺菌剤散布を組み合わせると良いように思われる。

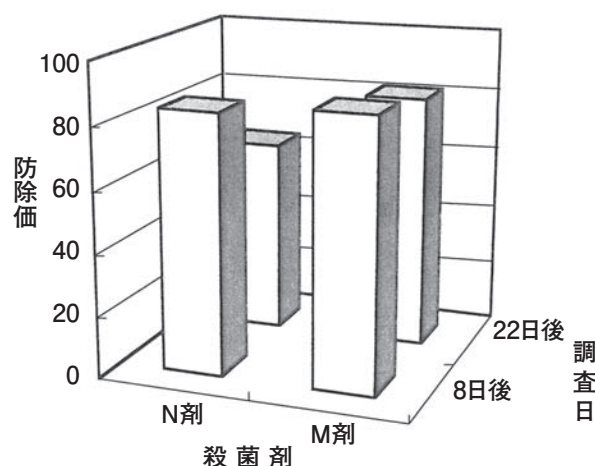


図 11 CUR に対する N 剤、M 剤の影響（分生子の計数による）

YP と TP の混発の場合には、顕微鏡観察と殺菌剤散布を組み合わせると YP が主要な病原菌で TP は従属的であることが判明した。冬季であるので、余り顕著な殺菌剤の効果は期待できないが、少しでも治す必要がある場合には混合剤を散布する。また、YP を先に防除する方法もあり、それでも治りが悪い時には、TP を防除すると良い。

ANT 菌と CUR 菌の混発の場合も顕微鏡観察と殺菌剤散布を組み合わせると、当初 ANT が優勢であったが、後に CUR が優位的になったことが判明した。夏季でもあるので、まず、ANT を早急に防除し、次に CUR に対応すると良いと考えられた。

5. 文献

- 1) 一谷多喜郎 (2013)：顕微鏡により何が見え、何が分かるか（その 1）. グリーンニュース 91：7-11.
- 2) 小林真樹・青柳岳人ほか (2008)：ゴルフ場における複合病害の発生事例、複合病害への対応とその結果. グリーン研究報告集 91：3-70.
- 3) 一谷多喜郎 (2008)：芝草生理障害と病害—診断と防除対策—. ソフトサイエンス社. 157 頁.

グリーン考現学(24)

日本庭園をユネスコの無形文化遺産に —東京五輪を機に、伝統技術の継承と 造園事業の興隆のために—

東京農業大学造園科学科 教授 近藤 三雄



1. はじめに

本稿では、「和食」にならない、「日本庭園」をユネスコの無形文化遺産に登録することを提唱したい。

初めに何故、今、このような提案をする気になったのかといえば、1つは「和食」がユネスコの無形文化遺産に登録認定されたというある意味での快挙に触発されたことによるものである。これを機に「和食」が一気に内外の注目を集め、その価値や良さが改めて評価され、関連産業が勢いづいているからである。「和食」がそうなら「日本庭園」もという思いがふつふつと湧き上がってきた。

2つ目は、このような思いにかられるほど、今、「日本庭園」の技術の伝承が危機に瀕しているという現実があるからである。世界的な庭園芸術である日本庭園、海外ではブームの兆しはあっても肝心の日本ではバブル経済崩壊後、作庭の機会が著しく減り、その技術の実践、継承が行われなくなり、このままだければ日本庭園は過去の遺産になりかねないという危機的状況にあるという現状認識によるものである。



写真1 多くの外国人観光客を魅了する石庭、日本庭園の真骨頂

3つ目は、2020年の東京オリンピック・パラリンピックの開催が正式決定したことにある。オリンピック憲章にはオリンピックがスポーツの祭典であると同時に文化の祭典でもあることが明記されている。このことに乗じて「日本庭園」に関する一大ムーブメントを起こすため、その起爆剤としてユネスコの無形文化遺産登録が絶好の機会になると考えたからである。

以上の思いによって、何とか日本庭園の興隆と技術の継承を図り、関連する事業や産業界の発展につなげたいと考えた。以下、そのための戦略論と関連事象について解説を加えたい。

2. 日本庭園がユネスコの無形文化遺産に登録される可能性

2013年秋に「和食」がユネスコの無形文化遺産に登録された。日本の伝統的食文化の素晴らしさが国内外に知らしめられた。

無形文化遺産の対象となるのは「人びとの慣習・描写・表現・知識及び技術並びにそれらに関する器具、物品、加工品及び文化的空間」とされている。



写真2 雪吊りなども日本庭園の伝統工法の1つ

日本庭園の造形美は「わび」「さび」「花鳥風月を尊ぶ自然観」など日本独特の精神的風土が育んできたものである。十分、その対象に値するものと考えられる。(写真1)

関係者の合意形成をとり、窓口機関と折衝し、登録申請から認証に至るまでの手続きをどう踏むのか、いばらの道が続くものと思われるが、決して不可能ではない。いかなる手間を要しても実現することの意義の極めて高い取組みといえる。

3. 日本庭園の作庭事情、伝統技術の継承に赤信号

日本庭園は、まさに日本が世界に誇れる文化芸術であり、全国各地に散在する著名な日本庭園は内外の多くの人を魅了してやまない。その多くは過去に作庭されたものが大半である。バブル経済崩壊後、特に平成の時代に入り、ほとんど新規の日本庭園が作庭される機会がなくなった。かつて多くの作庭技術者を抱えていた造園系企業も日本庭園の作庭を受注することもめっきり減り、作庭技術を発揮する機会もなくなり、その上、職人も次第に高齢化し、次の世代へ技術を伝承することが難しいという状況となっている(写真2)。このままいけば高度の作庭技術はいずれすたれるというすう勢にある。この現象は日本庭園の聖地でもある京都でも起きている。かつては京都の造園屋に修業に行けば高度な作庭技術が身につくと言われ続けてきた。その京都ですら作庭仕事がめっきり減り、造園屋に何年居てもなかなか作庭仕事を体験する機会に恵まれず技術が修得できない。技術の後継者が育たない。一方、伝統的



写真3 作庭技術は末代まで伝承したい

な作庭技術を身につけている職人は高齢化し、次々と引退していく。作庭技術の伝承は風前のともしびという事態に至っている。(写真3)

一方、中国をはじめ海外では、まさに日本庭園ブームである。一部の日本の造園系企業や技術者が彼地を訪れ、設計や工事の監修を行っている。このまま時代が進めば、いずれ日本国内で日本庭園の作庭を行うにあたって中国人技術を逆輸入して、ことにあたらせるという事態も起こりかねないという危機的状況にある。一大ムーブメントを起こし、日本国内で次々と日本庭園が作庭されるという状況をつくりださなければならない。

4. 身近な公園が日本庭園風にデザインされていない不思議

多くのアジア圏の留学生が日本の進んだ都市緑化技術を学ぶため、筆者の研究室にわらじを脱いだ。彼らが日本の造園空間について異口同音に言うことは傾聴に値する。つまり日本に来て驚いたり残念だったことに、都市内にあまたつくられている都市公園に日本庭園的デザインが施されていないという事実が何とも不可思議、理解できないという指摘である。

彼らが無条件に賛美する世界に誇るべく庭園技術が現代社会には活かされていない。過去の遺物としてしか扱われていないことに対して大きな驚きをもって受けとめられている。要は彼らに言わせれば、もったいない、宝の持ち腐れということになる。

彼らに言われなかったならば気がつかなかったことである。超少子高齢化という社会現象もある。誰も利用せず、打ち捨てられたような街区公園を高齢者がじっくり味わえるような日本庭園的デザインにリニューアルするような施策の実行もぜひ望みたい。留学生の素朴な疑問も解消される。

5. 「和楽」「和風総本家」に見る「和」への回帰

筆者が好んで読む雑誌に「和楽」、好んで見るテレビ番組に「和風総本家」がある。いずれも一定の販売数、視聴率を確保しているようである。いずれ

も、さまざまな切り口で「和」や「和風」の魅力や、それをつくりだすための技術の素晴らしさを伝えている。それらが堅苦しく伝えられるのではなく、おしゃれにまたおもしろく、楽しみながら、その真骨頂を伝えている。

日本人は戦後、70年間、戦災からの復興のため夢中で生きてきた。その間、生活全般を通じて便利さと効率性が追求され、その結果、世界中のどこでも見られるような、ある意味では無国籍のデザインが幅をきかし、都市や住宅でも近代的でそれなり美しい、その様は没個性、まさに無国籍状態といえるような展開となってきた。

ようやく身の回りを見渡せる余裕ができ、あらゆる場面で日本的なものの「和」の回帰現象が芽ばえるようになった。その時流を敏感に感じとり、「和楽」の発刊、「和風総本家」の番組製作につながったと考えられる。今では「和」の魅力、素晴らしさを伝える重要な情報ツールとなっている。

まさに「和」を楽しむ、「和風」の総本家の1つが日本庭園である。いずれ日本庭園が無形文化遺産に登録されれば、この種の雑誌、テレビ番組でも取り上げられる頻度が圧倒的に高くなる。

6. 日本の町、日本庭園で和の風情に

前回の2016東京五輪の招致失敗の理由として、東京はインフラの整備も万全で、「安全・安心」という面でも世界のトップクラスという評価をもらいながらも落選した。その理由として招致活動も今一つ盛り上がらなかったことと、東京の街には「個性がない」ということが指摘された。無国籍の近代的ビルが立ち並ぶ景観は世界中どこでも一緒、東京もしかりである。東京の街をにわかに他の国とは異なる都市景観にダイナミックに改造することは容易ではない。首相や知事の権限をもってしてもなせることではない。

また、東京を他の国々の主要都市と差別化し、個性をもたせるためには何をどうすればよいかということも極めて難しい。単なる景観問題ではなく、外国人観光客を誘致するという観光政策に絡む話である。筆者自身は日本の首都であるから街全体を日本的つまり和（江戸）の風情に徐々に作り変えてい

くべきであるとさまざまな場面で主張している。そのための具体的方策としては、先にも述べたが町中の利用者が少なく、維持管理も十分でなく荒廃している街区（児童）公園を高齢者が憩い、安らぐことのできる日本庭園風デザインに改造していくことが何よりであると考えている。

7. オリンピックは文化の祭典、その目玉として日本庭園

オリンピック憲章の中で明確に、オリンピックはスポーツの祭典であると同時に文化の祭典でもあるということがうたわれている。先の2012ロンドンオリンピックの際にも、その前年からイギリス全土で、さまざまな文化に関する祭典が催されたという。既に2020東京オリンピック・パラリンピックの開催に併せて、京都で文化の祭典が開催されることが決定されている。企画の中味については今後折々、検討されるようである。

何とか2020年までに日本庭園のユネスコの無形文化遺産登録を実現し、オリンピック開催に併せて日本庭園を目玉とした文化の祭典を日本中で大々的に計画したい。2020年を「日本庭園文化イヤー」と銘打ち、日本庭園の認知度と作庭事業の推進につながるような企画の立案とその実行を実現したい。

8. 日本庭園の格付け、ランキング化

日本庭園の所在や魅力を一般大衆により知ってもらうためには何がしかの仕掛けや工夫も必要となる。その戦略として考えられるのが日本庭園の格付け、ランキング化である。

その象徴的な事例は、島根県の足立庭園美術館の日本庭園である。アメリカの日本庭園専門誌の企画で10年連続日本一に選ばれ、多くの日本人がその所在を改めて知り、今では島根県で出雲大社と並ぶほどの観光名所となっている。この例にならい、何がしかの方法で、全国レベル、あるいは都道府県別に有名、無名の日本庭園を改めて1～10位までのランキング化し、公表する。このことによって各地の住民は地元の日本庭園の素晴らしさを改めて認識し、国内外の観光客にとってはランキング化された日本庭園を探訪する新たな旅の楽しみが1つ加わる。こ

の仕掛けによって日本庭園の認知度や関心度も高まり、また観光収入が増えるという経済効果を見込める。

9. 「ふるさと創生事業」にならい「1村1日本庭園運動」を

1988年、時の竹内内閣は地域振興策として全国の市町村に1億円ずつ交付した。その使い方は各自治体にゆだねられた。

このことにならい、東京オリンピックの開催を機に開催都市の東京だけではなく、全国の自治体に恩恵をもたらすためにも全国の市町村に1箇所、日本庭園をつくるような施策が展開すれば国民の不公平感も少しは解消されるような気もする。また何よりも造園事業が全国規模で活性化し、日本庭園の作庭技術の伝承にも役立つ。

また、新たにつくりだされた数多くの日本庭園について前述したようなコンテストを行い1~50位くらいまでランキングするような試みも付加されれば、なおさら国民的関心も高まる。

10. 建築物の屋上は日本庭園の最たる舞台

今後、新規に日本庭園をつくるとなると、その最も有望な空間は建築物の屋上である。通常の設計許容荷重180~300kg/m²の商業建築物や公共建築物の屋上であれば、工夫次第で日本庭園的デザインの空間をつくりあげることは容易である。綿密な荷重計算と防水層をしっかりと保護し階下への漏水を起さぬような措置さえ施せば決して難しいことではない。



写真4 東京農業大学第一高等学校屋上「天空の和みの庭」

筆者自身もこれまで東京農業大学第一高等学校の屋上に「天空の和みの庭」(写真4)、目黒区役所本庁舎屋上に「目黒十五庭」(写真5)、首都高速大橋ジャンクションに「目黒天空庭園」と建築物の屋上部に日本庭園をつくってきた。いずれも関係機関から表彰されるなど一定の評価を得ている。地上部につくるより土地の有効活用策となる。防暑・防寒さらには都市のヒートアイランド対策にもなるなどの利点も多く、屋上部に日本庭園をつくる必然性は高い。

わが国の屋上緑化の系譜を見ても、その草創期においては、まず幕末の文久年間には箱(函)館では武蔵野楼という遊郭の建物の屋上部に日本庭園がつくられ、その後、明治20~30年にかけては東京の銀座の岩谷松平(当時のタバコ王)、服部長七(人造石の開発者)の店舗兼住宅の屋上にも日本庭園風の立派な庭園がつくられ、大正4年に竣工し、現存する最古の屋上庭園でもある旧秋田商会ビルの屋上にも盆栽を活用した日本庭園がつくられてきた。

今後も建築物の屋上には、熱環境的にも景観的にも負荷がかかる太陽光発電パネルを設置するのではなく、文化の香りのする日本庭園をつくってきたい。日本庭園がユネスコの無形文化遺産に登録されれば、このことにも拍車がかかる。

11. 日本庭園の枠、「坪庭」で世界中を席卷

一定の様式をもった日本庭園をつくるとなると、それなりの広さの土地も必要となり、必然的に経費もかなりかかる。また、現状の都市空間の中に日本庭園をつくる用地を見出すことはかなり難しい。坪



写真5 目黒区役所本庁舎屋上「目黒天空庭園」

単価の地代の高い都心にそれを求めるのも現実的でない。

一方、都心の近代的建築物の林立する土地には建築物の外構や中庭などアノニマスな小スペースが幾らでもある。そのすき間空間を活用しない手はない。すき間空間に日本庭園風の風情を醸すための恰好の手法が「坪庭」である。

京都の町家に代表される「坪庭」は、まさに生活の知恵と文化性を兼ね備えた絶品である。夏の暑さが格別な京都、その暑さをしのぐため、中庭に坪庭を設け、涼気を生成させ、「夏の暑さを旨とすべし」という京都の住宅建設の基本理念を体現させたのが坪庭である。灯ろうやつくばいを設え、そこにシュロチク、イロハモミジ、カクレミノ等の中から1本、下草にオモト、ハラン、ヤブコウジ、ツワブキ、シダ、コケ等を配して仕上げた坪庭、日本庭園の粋を凝集した見事な小空間である。(写真6)

先にも述べたが海外でも人気の日本庭園、本格的なものをつくるのは容易ではないが、坪庭ならある意味では造作はない。いずれ日本のみならず、世界中で都心の建築物空間の要所要所に坪庭が設けられ、世界中が坪庭によって席卷されるという時代が間違いなく、到来する。近未来の和風モダンな坪庭づくりのために、これまた日本の伝統文化の一翼を担う陶製品の灯ろう、つくばい、敷石などの開発も期待したい。(写真7) (写真8)

12. 日本庭園は有力な観光資源

京都は日本最大の観光地といってよい。国内外の多くの観光客が足繁く京都に足を運ぶのは、寺社仏



写真6 京都町家の坪庭

閣に設えられた数多くの日本庭園の存在が大きい。同様に全国に散在する日本庭園も多くの観光客を集め、有力な観光資源となっている。

日本経済を豊かにするためにも多くの外国人観光客を日本に集め、外貨を獲得することが国策ともなっている。そのためにも日本庭園の魅力や価値をさらに高め、解り易くするためにも先に述べた日本庭園のユネスコの無形文化遺産登録、ランキング化は不可欠の措置といえる。

13. 日本庭園は多くのビジネスチャンスを生み出す

日本庭園のユネスコの無形文化遺産登録が認められれば間違いなく日本庭園が改めてマスコミによっ



写真7 現代建築の半室内空間につくられた坪庭

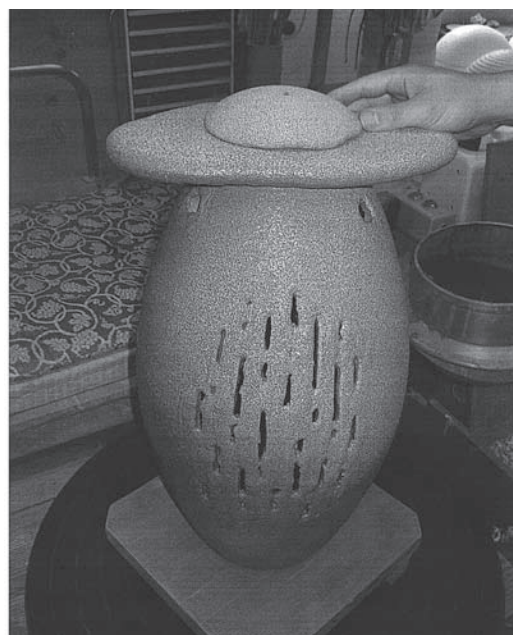


写真8 信楽焼陶製品の灯ろう

てさまざまに取り上げられ、必ずや大きなブームが巻き起こる。これまで全く沈滞していた作庭事業が堰を切ったように進行する。都市内の各所に新たに建設される各種施設の用地内に、住宅の庭にも、リニューアル予定の街区公園にも、あるいは屋上空間に、さらに都心のすき間空間には日本庭園の枠である坪庭が次々とつくられるようになる。

作庭に係る設計・施工事業、使用する庭木（仕立物）や下草などの植物材料、灯ろうや庭石、つくばいなどの石材の供給、作業後の手入れ作業など、さまざまな分野で空前のビジネスチャンスが生まれる。自然石の庭園材料に代り、陶製品の灯ろうや敷石などの新たな商品開発も業績不振の各地の窯元、陶器の産地の救世主になる可能性もある。

筆者の思惑通り、仮に日本庭園ブームが起り、その作庭ビジネスが興隆した場合その一方で、作庭事業を担う「人」「もの」不足、つまり各地の伝統的な作庭技法を継承する技術者（職人）や庭木（仕立

物）や灯ろう・庭石などの庭園材料が潤沢に手当てできるかというブームに水をさしかねない深刻な問題もある。

技術者も庭木も短期間で養成できるものではない、使えるようになるまでには一定の時間がかかる。促成栽培はできない。何とも悩ましい。

14. おわりに

本文をしたためた意図は、世界に誇れる庭園芸術である日本庭園が新たにつくられるケースが稀となり、その作庭技術が絶滅危惧に瀕している状況を憂い、何とかその危機を脱するためには、東京五輪の開催を機に、日本庭園をユネスコの無形文化遺産登録を目指すことが何よりであると考えたからである。

本紙の読者諸氏にも、この思いをご理解を頂き、「日本庭園をユネスコの無形文化遺産登録」活動に全面的な支援をお願いしたい。

【おわびと訂正】

平成 25 年 12 月 16 日に発行いたしました「グリーンニュース 91 号」において記載に誤りがありました。

P12 および P15 の図 1 および 2 の図が入れ違いになっています。正しくは以下の通りです。

読者のみなさまならびに関係各位にご迷惑をお掛けしましたことをお詫びするとともに、ここに訂正させていただきます。

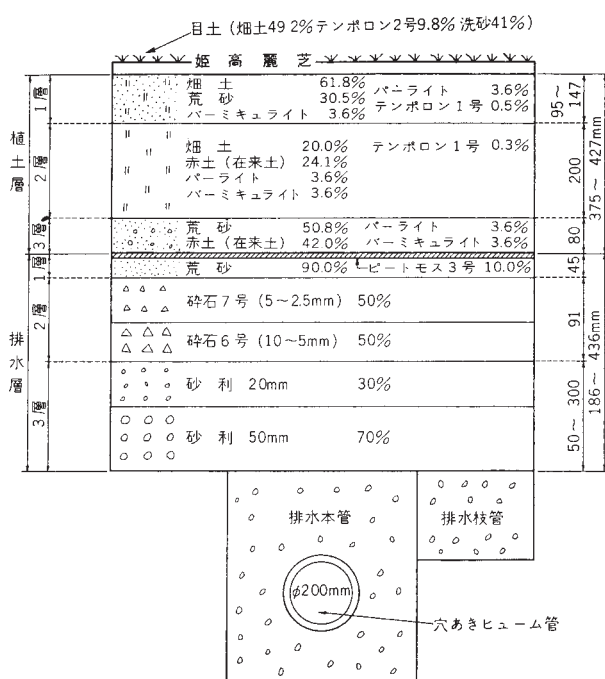


図 1 駒沢オリンピック公園競技場床土構造断面図

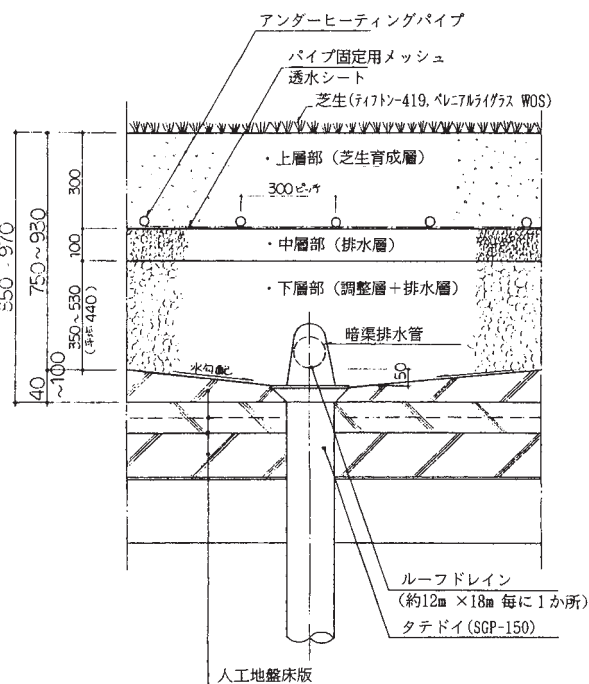


図 2 横浜国際総合競技場床土構造標準断面図

自然を問い直す (8) 広がる樹木葬は、 森を救えるか？

森林ジャーナリスト 田中 淳夫



森林は、木材だけでなく樹皮、樹液、下草、さらに水や土までさまざまな資源になるとともに、その空間も狩猟や散策、リゾートなど多くの利用に供されてきた。

そして近年、意外な利用法が登場している。

それは、葬送の場だ。人生の終焉を迎えるに当たって森の中に遺骨を埋葬する、墓標として樹木を植える……という利用法が生まれてきたのだ。日本では「樹木葬」という名で定着しつつあるが、実は世界的によく似た埋葬法が登場している。

樹木葬以外にも樹林葬、森林葬、あるいは緑の埋葬という言い方もされる。また山や空、海・川などに散骨する葬送方法も含めて「自然葬」と総称する場合もある。

意外な森林の用途のようだが、考えてみれば歴史的には珍しくない埋葬方法である。野に葬り、墓標や石仏なども草木にのみこまれるケースは少なくない。



高野山の奥の院。石仏が木に埋もれている。

い。そもそも現在の墓石を建てる埋葬方法は、明治以降に一般化したものなのだ。それまでは、著名人が財産家でなければ、土葬されて、そのまま自然に還された。

ただ現代の樹木葬は、過去の習俗とは違った意図がある。基本的に自然の中に葬られたいと思う故人や、遺族の感情・思惑に寄り添って行われるが、一方で土地を提供する側の狙いとして、自然環境の保全や森林再生に役立てる発想があった。景観的にも、墓石の並ぶ墓地と違って自然景観を保てる。また墓地面積の拡大を抑えたい意図もある。

そこで「樹木葬」を巡る動きについて考察してみよう。そこから改めて緑の効用と、人と緑の関係を問い直すことができるかもしれない。

岩手県の知勝院が先駆地

まず最初に「樹木葬」とは何か、という定義づけをしなければならない。これが結構難物だ。

ごく簡単に言えば「自然に還る埋葬方法」ということになるだろう。遺体や遺骨を土に埋め、その上もしくは周辺に墓標として樹木を植える。しかし新植ではなく既存の樹木を利用したり、樹木とは別に小さな墓標を設置する場合もある。自然の象徴として森や樹木があると広く考えておきたい。

なお散骨とは少し違う。こちらは遺骨を細かく砕いて海や川、山に撒くものである。森に撒く場合は樹木葬に近いが、樹木葬は遺骨を広く地面に撒くのではなく、地中に埋める。これには墓理法など法律の問題も絡んでいる。ただどちらも既成の墓地とは一線を画し、自然の中に葬られることを希望するもので、広く「自然葬」と呼ぶ。

現代の日本の墓は、通常墓石を立てる。その下に

カロートと呼ぶ小屋があり、そこに遺骨を納める形式だ。時とともに遺骨は風化するが、カロートの様式（密閉式のほか底が開いているものなど地域によって違う）によっては長く骨のまま残る。

一方、樹木葬の場合は、墓石の代わりに樹木を当てる。遺骨は直接、あるいは生分解性の容器（木製など）に入れて土に埋める。土質にもよるが、骨は早々に分解されて土になるだろう。

問題は、樹木葬という言葉だけが拡散してしまったため、あまりに多様化してしまい、まったく形式の違うものが同じ言葉で呼ばれるケースが増えてきたことだ。その点は後述する。

まずは日本で最初に樹木葬を始めた岩手県一関市の祥雲寺のケースから紹介したい。実は樹木葬という言葉も、ここの住職が生み出した。

千坂げんぼう氏は、もともと短大の講師を務めていたが、祥雲寺の住職を務めていた父が亡くなった1984年に住職を継ぐ。また地域づくりのため「北上川流域の歴史と文化を考える会」を発足させた。

やがて境内の整備やペット霊園の設立を手がけるほか、山を購入して自ら整備を手がけ始めた。そうした過程で樹木葬のアイデアを思いついたという。折しも東京では散骨運動が起き、葬送や墓のあり方を問われていた頃である。

その後紆余曲折を経て、荒れた里山を購入して樹木葬による墓地経営を1999年から始めた。樹木葬墓地は別院である知勝院の名で運営している。順次増設して、場所も複数になった。

ここで行う樹木葬は、埋葬場所を山中に割り振られた直径2メートルの円形の敷地で行う。そこに深さ1メートル程度の穴を掘り、直接遺骨を埋める方式だ。そして花木の苗を植える。種類はある程度選べるが、だいたい岩手の里山に生える落葉低木。育ちにくい木々や外来種は望まれない。

基本は1か所に一人分だが、夫婦や子供などは同じ区域に遺骨を埋葬することもあるそうだ。

埋葬すると杭に名前と契約番号が書き込まれるが、それはGPSで管理されパソコンで場所を特定できるようにしている。樹木が枯れた場合は、補植することもあるそうだ。

墓参りする場合は、ゴミを出さないのはもちろん

だが、供物も置かない。野生動物に荒らされるからである。焼香も持ち運び式の香炉を使う。

この樹木葬を開設運営するまでの経緯は住職の著作に詳しいが、樹木葬を行う土地も、墓地の認可を受けている。また檀家の理解を得たり、土地を取得するにしても周辺の地主の承諾が必要である。

樹木葬が注目される理由

知勝院が始めた樹木葬は、マスコミに報道されたこともあって評判を呼び、多くの希望者が現れるようになった。特徴的なのは、地元に限らず首都圏からの埋葬希望が多いことである。また遺族ではなく本人の生前希望も少なくないという。

人気を呼んだ理由を列記しよう。

まず故人および遺族が自然の中に眠りたい（眠らせたい）という気持ちがあるのは当然である。冷たい墓石よりも生きた樹木の方が自然に近い感覚があるのはうなづける。

同時に「墓地の無形化」感覚も感じられる。一般に墓は、故人の生きた証を残すものだ。大規模な一族の墓を造成する土地柄や民族も少なくない。しかし現代社会では、むしろ反対に自らの痕跡を消す願望が育ちつつあるようだ。

次に宗教宗派を問わないこと。仏教の各派だけでなく、神道、キリスト教信者もいるそうである。そして埋葬しても、寺の檀家にならなくてよい。都市化が進み、「自分の家の寺」を求めない人々が増加しているのだ。

墓の継承を考えないでよいことも人気の一つだという。核家族化・少子化が進む中で、子どもがいなければ墓が荒れ放題になりかねないし、一人っ子同士の結婚だと両家の墓地を管理せねばならなくなり、負担が大きい。子の代ならまだしも孫、曾孫の代まで墓守を負わせたくないという気持ちが強くなっている。その点、自然に還ることを前提とする樹木葬ならば、気にしないで済む。

さらに家族とはいえ仲が悪く、同じ墓に入りたいくない思いで、一人一墓の樹木葬を生前に選択するケース。事実婚など、戸籍に入らない夫婦もあるし、疎遠な家族ではなく親しい友人と同じ墓に入りたいという希望もあるそうだ。



法宗寺の樹木葬墓地。200 ほどの埋葬者がいる。

そして大きな理由として、墓石と比べて価格が安いことも重要だろう。墓地に多大な金をかけるのは、遺族の負担感が増しているのだ。

折しも既存の葬儀や墓地への疑問が広がってきた。形式化・形骸化した葬儀が広がり、既成宗教や埋葬の習俗、そして葬儀ビジネスのあり方に疑問を持つ人々が、樹木葬が提示した新たな意義に賛同したというべきだろう。

ここで重要なのは、岩手で始まった樹木葬は、出発点に自然の再生があることだ。もともと荒れ放題だった里山をボランティアで手を入れて美しく蘇らせてきた千坂氏らが、埋葬という手法を加えることで、植樹とその後の維持管理の資金を得て、森の再生を企てた点に重視すべきである。

知勝院の樹木葬墓地となった里山は、放置されて10メートル先も見えないほどのブッシュだったそうだ。そこに大胆に手を入れて林床に光を入れると、山野草が蘇り見違えるようになったという。

知勝院の樹木葬が評判を呼ぶと、各地から視察が相次いだ。真似て実施するところも登場している。

その一つに、山口県萩市の法宗寺がある。400年以上の歴史ある古刹だが、三上隆章住職が約10年前から始めた。既成の葬儀ビジネスや教義の本質を忘れた仏教界への反発があったという。

荒れた寺の裏山を整備しながら、望む人々に提供して少しずつ広げている。遺骨は直接穴の中に入れるか、山に生えていた竹でつくった骨壺に入れて埋葬する方式だ。

また千葉県の日徳寺や真光寺も里山再生と組み合



法宗寺の裏山。樹木葬墓地として整備する前はこんな状態が広がっていた。

わせた樹木葬墓地を誕生させている。樹木だけでなく石のプレートを用いるなど方法に若干の違いはあるが、基本は同じだ。

異色なのは、三重県大台町の自然宗仏國寺だ。こちらでは樹木葬ではなく「樹恩葬」と名付け計画を進めている。その違いは、まず対象としたのが里山ではなく奥山、それも人工林を含む土地であることだ。そこを「いのちの森」と名付けた。

1区画は約100坪と広いが、3つに分ける。一つは遺骨を埋葬する御霊林。ここには手をつけない。もう一つは環境林で、現在の荒れた人工林を針広混交林へと転換して水源涵養林とする。そして残の一つは経済林。現在50年生のスギ・ヒノキ林を300年の森へと育て、木材を生産して基本財産とする。つまり林業を行う計画だ。

樹恩葬を地域づくりの一環と捉え、林業再生・山村復興をめざしているのだ。そのため地元の林業家と提携しつつ計画を進めている。

ほかにも樹木葬墓地の設立は年々増えている。寺院だけでなく、神社が行うところもあるし、墓地業者が参入してがけた墓地もある。

欧米に広がる緑の埋葬

樹木葬的な埋葬方法は、世界各地に登場している。石塔ではなく樹木を墓標とする形式だけでなく、埋葬を通じて自然環境を守るという発想が同時期に誕生したことは興味深い。

ヨーロッパでは、ドイツが進んでいる。最初は山や氷河、湖、牧草地への散骨が広がったが、やがて

森の中に遺骨を埋葬する形式が普及した。

もともとドイツでは19世紀から森の中に埋葬する文化が残っていたというが、現代的な意味の樹木葬墓地は2001年に誕生した。「フリードバルト」(安らぎの森)という名の会社が森林を所有者から借りて埋葬地にしたのである。

この会社から分かれて設立された「ルーエフォリスト」(静かな林)は、フランチャイズ式を導入。各地の森林所有者にノウハウを提供して、自ら樹木葬墓地を運営する方法で普及した。この二つの会社による樹木葬墓地は、すでに100か所を越えているという。

墓地となるのは、カシヤブナ、カエデ、モミ、トウヒなど針葉樹と広葉樹が混交した30ヘクタール以上ある森林だ。日本と違って傾斜は少ない。

また中央ヨーロッパの林政の特徴だが、天然林・人工林と区別せず、一つの森が、環境保全の役割を持つとともに木材供給やレクリエーションなどを兼ね備える場と位置づけている。だから埋葬地という役割も、森林の多面的機能の一つとして捉えられたと言えるだろう。

森林の管理には、フォレスターという専門資格を持つ職業人がいる。彼らは環境に配慮しつつ林業など森林経営を主導する。彼らの存在が、墓地としての森林を利用しやすくした面もあるだろう。

埋葬方法は、大きな樹木の周辺半径2メートルを埋葬地として、遺骨を生分解性の容器に入れて埋葬される。故人の名はプラスチックのプレートに木に取り付けるやり方だ。新植はしない。

最初のうちは、既存の葬儀業界やキリスト教会の反対もあったというが、今ではプロテスタント系の教会が自ら所有する森林で樹木葬を始めるようになっている。

イギリスでは、もう少し前から始まった。1980年代後半より「DIY埋葬」と呼ばれる個々に葬送のやり方を考えて行う方式が増えてきて、それが樹木葬へと発展したのである。自然の中に遺体や遺骨を埋葬して、その上に郷土の樹木を植える方式である。最初の樹木葬墓地は1995年に誕生している。

こうした墓地は、公営・民営ともに年々増えていて数百か所になる。新たに樹木を植えて森づくりを

行う方式のほか、既存の樹林の樹種転換をもくろむケースもある。森にこだわらず草地に計画されるものもある。いずれも墓石を利用せず、墓地を植物景観の保全・育成を目的としている。

今では樹木葬を推進する団体が生まれて、それぞれ景観の将来像を掲げて管理されるようになった。なかには墓地のある地域を自然保護地域に指定されるようになったところもある。

また、これらの墓地は、イギリスに多いパブリック・フットパス(散歩道)にもなっていることが多い。一般人も自由に入り歩けるのである。

アメリカでは、移民国家のため葬儀文化も多様で葬儀の宗教離れが進んだ。その中で環境負荷を減らすことをめざした「緑の埋葬」が提唱された。

創始者は、ビリー・キャンベル。彼は、遺体・遺骨を自然界に埋葬するだけでなく、自然保護と連動させるようにした。墓地を含めた自然保護区の設立である。1998年に、サウスカロライナ州に墓地と生物多様性保全と関連させたラムゼイ・クリーク自然保護区を設けた。37エーカー(約13ヘクタール)の敷地を保護協定を結び、アメリカのグリーン埋葬協議会の最初の認定保全埋葬地となった。現在保護区の拡張が行われている。

この試みはアメリカ西部全域に広がった。なかでも2000年にニューメキシコ州に設けられた「緑の墓地」は、5260ヘクタールもある保護区の中につくられた(墓地面積は4ヘクタール)。墓地の使用料の半額が、この保護区の管理費に回されている。いわばトラスト運動のような形態を取るのだ。

ほかにも幾種類かの「緑の埋葬」が行われている。いずれも墓地の造成で自然を破壊するのではなく、むしろ埋葬によって自然を保全することを目的を掲げている。

国の後押しで進む韓国

注目すべきは、韓国だ。実は政府上げて自然葬、とくに樹木葬を推進しているのだ。

もともと韓国は土葬の文化があり、先祖供養も儒教や風水の影響を受けて大がかりであった。また一族代々で守り続けようとするので、墓地面積も広がる一方だった。

1990年代に入ると、墓地不足や墓地開発による森林破壊が問題となってくる。墓の面積は、一人当たり住居の3~4倍にもなり、墓地は国土面積の1%を占めるまでになったという。そして毎年850ヘクタールずつ増えたのである。

そこで政府が「新葬墓政策」を打ち出し、葬事法も改正して墓面積の縮小と設置機関の有期限化に乗り出した。また土葬から火葬への切り替えと、墳墓の設置を納骨堂へと変えるよう指導した。

ところが火葬場や納骨堂の建設には地域住民の反対が強く、新たな埋葬場所として模索する中で登場したのが森の中に埋葬することだった。

とくに「樹木葬」が広く知られるようになったきっかけは、2004年に高麗大農学部長だった教授が、樹木葬を行ったことがきっかけだ。また05年に林業の先覚者だったイム・ジョング氏が人工造林地内に埋葬され、世間の耳目を集めた。

この機運を受けて、2007年に葬事法を再び改正して自然葬制度が導入された。

そこでは自然葬を「火葬した遺骨の骨粉を樹木・花草・芝などの下または周りに埋め葬事すること」と規定された。埋葬場所は山林だけでなく幅広く自然地を活用することを可能にしたのである。

具体的な埋葬は、地面より30センチ以上の深さの穴を掘り、もし遺骨を容器に入れる場合は生分解性材料のものに納めて埋めると規定されている。

また樹木葬の場所として樹木葬林が設けられた。2009年に山林庁がソウルから約120キロの国有林内に1ヘクタールほどあるハヌル森追慕園を開設している。埋葬する場所の樹木（追慕木）は、樹齢30~40年で曲がっていない木を約6メートル間隔で選ばれた。これはチョウセンゴヨウとクヌギで8割を占めるそうだ。もし、これらの木が枯死もしくは傷ついた場合は、樹高2メートル以上の木を再植栽する規定だ。

なお国有樹木葬林の追慕木の使用期限は15年で、その後延長しても最長60年と決められている。墓地の拡大を防ぐためだろう。

理念を置き去りにした樹木葬も増加

埋葬を自然再生につなげる発想で始まった樹木葬

が、日本のみならず世界的に広がり出した状況を紹介してきた。しかし、必ずしも理念どおりに進んでいないことも付け加えなければならない。

知勝院の樹木葬墓地を視察する人の中には、墓地業者も少なくなかった。いずれも樹木葬墓地を新たな墓地ビジネスの一つとして考えたのだろう。

千坂住職は「樹木葬」を商標登録しなかった。だから言葉は自由に使えるのだが、そのため自然再生の意図とはまったくかけ離れた「樹木葬墓地」が各地に生まれてしまうことになる。

まず場所が山林ではなく、従来の墓地用地内であるケースが増えている。山林を取得して墓地としての許認可を取り付けるのではなく、墓石の並ぶ区域の一角を「樹木葬地」に当てて行うものだ。

従来の墓地の敷地内に樹木を植えて「樹木葬」とするものは、公園型墓地とも呼ばれる。東京では、2012年に都立小平霊園が樹林墓地を開設した。これは何本かのシンボリックな樹木の周辺に埋葬する形式だ。広さは約30メートル四方。ここに多くの人々が埋葬されるものだ。同じような樹木葬コーナーは横浜にもつくられた。

人口が密集し地価の高い都心では、墓地を開設しようにも敷地の確保が難しい。そこで一人当たりのスペースが少なくて済む形式の墓地が模索されて、この形式が選ばれたのだろう。しかし、そこに自然再生の意図はない。知勝院のやり方とは目的も形式もまったく違うが、樹木葬という言葉を利用したといえる。世界的に広がっている「緑の埋葬」とも似て非なるものと考えるべきだ。



墓地業者が売り出した「樹木のない」樹木葬墓地。

また「桜葬」なるものも登場した。これは、植える木を桜に絞ったものである。桜の花の下に埋葬されたいという希望が多いのだろう。桜葬、樹木桜葬、といった名前で広がりつつある。だが本来の樹木葬は、基本的に低木を植樹する。桜の場合は大木に生長するから、将来どうするのか十分に考えられているのだろうか。

民間の墓地業者が設立する樹木葬墓地は、いわば売れ筋の墓地を開発したのであり、自然再生の意図はほとんどないと言えるだろう。私が訪れたその手の墓地の中には、墓石の販売を勧めるところもある。また肝心の樹木がないのに、樹木葬墓地と名付けられている有り様だ。

いずれも埋葬・墓地という点で、遺族が満足しているなら文句はつけられない。しかし「樹木葬」という言葉を使うなら、自然景観を守り、生態系を保全するという本来の理念に敬意を持って取り入れるべきだろう。こうした用語の混乱は残念である。

荒れる山を救う一手法に

高齢化の進む日本社会は、今後空前の墓地確保が課題となってくると思われる。実際、山を崩して、それこそ地平線が見えそうなほど広い墓地の造成が各地で進んでいる。

だが、古い墓地の裏手を歩くと、撤去された墓石が山積みになっている現場に出くわすことがある。永代供養という名も、実は33年程度で打ち切るのが普通だ。その後の契約がなければ墓は撤去されるのである。しかし、墓石を積んで供養塔を建てるよ

うなところはまだ良心的で、ときに墓石を砕いて埋めているところもある。

一方で、不景気な経済情勢にあって葬式・墓に金をかけたくないという声や、少子化のため墓の継承に不安を抱える人も少なくない。都会では葬儀をしない人が2~3割に達するそうだ。そのため墓標を小さく（安く）したり、合葬墓も増えてきた。当初は個別の墓でも、定めた年月以後は合葬する契約の墓地もある。そうした世相の流れに樹木葬も乗っているのだろう。

緑地側からの視点で考えると、農山村など中山間地の過疎化は加速し、農林業の衰退とともに農林地は管理放棄が進んでいる。また近年、ゴルフ場の減ホールや閉鎖が進むほか、建設途上で放置されたゴルフ場予定地も少なくない。それは景観の悪化だけでなく、自然環境にも影響を与える。

そうした荒れた、あるいは荒れようとしている土地を葬送の場所として利用することで、景観の改善や生態系保全を行うのは、一つの可能性として期待できるのではないか。

もちろん共通したルールがないと野放図な名ばかり樹木葬が増える恐れがあるし、いくら自然再生を掲げても、樹木管理の技術がなければ思うようにはならない。課題は多い。

しかし個人の葬送が、公共の緑を作り上げることができれば、人と自然の距離が近づくように思うのは私だけだろうか。



巨大墓地開発が各地で進む。



捨てられている墓石。

雑草学講座： 雑草の素顔と付き合い方 その6 — 除草剤とは①： 発展の歴史からみた考察

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

このシリーズの最初に述べたように、適切な雑草管理を目指すうえで、管理の対象である“雑草”および管理で“利用できるツール”についての基礎的理解は不可欠である。雑草についてはNo.88～91の4回にわたって、防除の上で最も重要と考えられる雑草の特性、すなわち繁殖特性と伝播・拡散様式について述べてきたが、ここで一旦視点を変え以降数回は防除の“ツール”に目を向けたい。

緑地（芝等の植栽地および雑草地）の管理に使用可能なツールには除草剤、刈込機械、マルチ、被覆植物など様々あるが、除草剤は適切にそして他のツールと上手に組み合わせて使えば非常に有効なツールであるにも関わらず、筆者の知る限り日本で現在多種多様な場面で使用されている膨大な化学物質の中でも、これほど誤解、曲解されているグループはないのではないと思われる。確かに過去には急性毒性の強さゆえに問題を生じた種類も存在したが、未だにその認識を引きずっているのは、除草剤

の利用が単に除草労力の軽減や刈取り代用という意識で始まったことにもよっていると思われる。そして、これには雑草防除に関係する専門家の責任も大きい。除草剤は本来、科学技術の粋である精緻な機能をもつ化合物の集団といっても過言ではなく、除草剤に関係する多くの問題は、使用者（雑草管理実務に関わる人々）および使用者に情報を提供すべき製造・販売者自身にその認識が低いことにも原因するようにみえる。そこで、あらためて“除草剤”とは何かについて振り返ってみることが重要と考えた。現在の除草剤がいかなるものかを理解するには、その発達史を紐解くのが近道である。そこには、様々な時代背景の中、より望ましい性質の獲得を求め、世界レベルで多くの研究・開発関係者の知恵と努力の積み重ねがあったからである。

I. 世界における“雑草防除”への取り組み： 2,4-D 以前

雑草が最初に問題になったのは作物を害するものとしてであろうから、古代から世界各所の農地で？で

無機除草剤

除草剤2,4-Dの発見 → 選択性の開発

作用点（低毒性）の開発

低処理薬量・低残留性の開発

製剤の開発（効果・選択性→安全性）

有機除草剤

微生物除草剤

抵抗性作物

1910 ————— 1945 ————— 1970 ————— 1995

図1 除草剤発達の流れ

雑草という概念と制御への取り組みがあったと考えるのが自然であろう。しかし、残っている限られた記録をもとに考察するほかはなく、ここでは Timmons の 1970 年のレビューから、その概要を紹介する。

作物栽培のなかで“雑草”が問題視し始められたのは起源 100 年代（ローマ帝国）とされ、ヨーロッパではその後も近代にかけて様々な記述がみられる。13 世紀のスコットランドでは雑草種子の混入しない穀物供給のために、罰則を伴う厳しい雑草規制も存在したそうである。17 世紀初頭から耕うんのための機械・器具も作られ始め性能も次第に発展し、馬によるけん引から 20 世紀初頭には動力耕うん機の使用も普及し始めたが、雑草防除はどちらかというと作物播種のための圃場整備の付随的効果であった。

雑草防除への化学物質の利用も 19 世紀中頃から試みられ、最初は石灰、塩（しお）等、その後硫酸、硫化鉄、硫酸銅、硫酸自体、ヒ酸ナトリウム、ホウ酸ナトリウム、塩素酸ナトリウム等が殺草活性をもつ無機化合物として 1930 年頃まで次々と使用され始めた。しかし、これらの使用は主として道路・鉄道敷などの非農耕地の長期裸地化としてか、セイヨウヒルガオ、スギナやオトギリソウ属・ネギ属多年草など地下茎等が発達し手取りや機械で防除できない雑草対策としてであった。日本でも 20 世紀初めには無機除草剤の試験や使用が、農業試験機関と旧国鉄（JR の前身）で行われた形跡がある。なお、1937 年には全国保線事務所を対象とした大掛かりな雑草調査が行われており、旧国鉄は雑草防除に対して先進的機関であったことがうかがえる（コラム参照）。無機除草剤時代は 1940 年代の合成有機除草剤 2,4-D の出現をもって終わりを告げたが、塩素酸ナトリウムだけは日本ではササ類に卓効の除草剤として、また米国では desiccant（植生乾燥剤）や soil sterilant（土面を長期にわたって雑草のない状態にする剤。土壌不毛剤という呼び名もある）として現在も市販されている。

Ⅱ. 除草剤発達の歴史：2,4-D 以降

1. 最初の本格的除草剤 2,4-D

雑草防除の歴史上画期的出来事として、その後雑草対策を一変させたのは、合成オーキシシン（植物ホルモン）である 2,4-D の殺草活性の発見であった。1941 年合成オーキシシンとして開発された 2,4-D は、最初は植物生長調節剤としての用途研究が行われたが、シカゴ大学の Kraus は、そのなかで処理薬量を上げると植物の生長を阻害し枯殺しさえすることを発見し、これが選択的殺草剤（plant killer）つまり新しい除草剤としての発想に繋がった。折しも第 2 次大戦開始時期であったことから、彼のグループは米国陸軍との契約のもと、この化合物の敵国の作物を攻撃する手段としてのポテンシャルの研究を実施した。しかし一方、はやくも 1942 年にはイネ科作物（最初はエンバク）畑の広葉雑草の防除、1944 年にはケンタッキーブルーグラス中のタンポポその他の広葉雑草防除が報告されている。芝生除草剤の開発は 70 年も前に始まっていたのである。いずれにしる、これまでより飛躍的に少量で栽培植物の中の雑草を枯殺出来る除草剤の出現は、現代の雑草防除の幕開けであり、1940 年までの無機除草剤（これらを除草剤と呼ぶとすれば）のもっていた問題、すなわち大量の処理が必要でコスト・労力がかかる、雑草だけを選択的に枯殺できない、人間や土壤に有害等のすべて払拭するパラダイムシフトであったといえる。

2. 除草剤開発・普及の最盛期

その後 1960～1970 年代をピークに新しい構造・作用をもつ除草剤が次々開発され、現在では作用機構からみると 20 数種類にわたる様々な化合物が除草剤として存在している。開発は、まず適用作物や雑草の種類や幅を広げること、そのためにより多様でクリアな選択性（selectivity）や処理適期幅（application window）の開発に目標が置かれ、殺草活性をもつ新しい基本化学構造とその誘導体が次々と出現した。作物生産に重要な役割を果たしてきたトリアジン系（光合成電子伝達系阻害）、ジニトロアニリン系（体細胞分裂阻害）、尿素・ウラシル系（光合成電子伝達系阻害）を中心に多くの剤がこの時期に上梓された。選択性については当初のイネ科－広葉間というような大まかな分類群間からよ

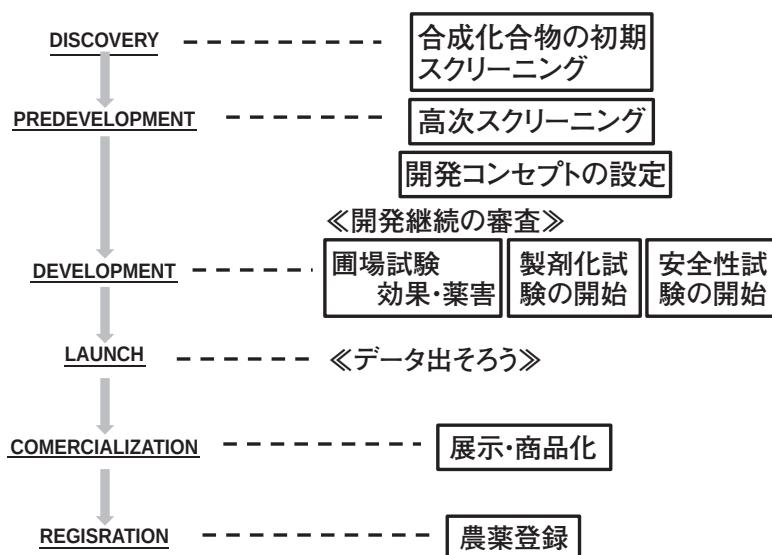


図2 新規除草剤開発のプロセス

り細かい単位に及び、様々な栽培植物について雑草の選択的防除体系が確立されていった。

しかし、1962年かの有名な“沈黙の春（レイチェル・カールソン著）”でDDT等の化学物質の生態系への危険性が指摘されたあたりを契機に、除草剤についても幾つかのものが人畜への安全性上の問題や農業外環境中での検出を理由に市場から姿を消し、開発目標もまず厳格な安全性基準と環境基準をクリアすることを最優先するようになる。ちなみに、現在汎用されている除草剤の作用点は、すべて植物にのみ存在する生合成・代謝系に関わるものである。さらに、地下水等環境中での検出も問題化し、1950～1960年代に開発・普及したsoil sterilantタイプの除草剤はその後使用が減少した。活性成分の開発と同時に、効果、選択性そして安全性をより確実にするための製剤化技術も発展した。すなわち、土壤にそのまま処理できる粒剤、取扱者が有機溶媒や粉末を吸引することのないように配慮したフロアブル剤等剤型の開発や吸収促進のための補助剤の発達等である。また、散布器機に関しても、飛散を防止する除草剤散布に適したノズルが改良され、少量・微量散布等に適する器機も作成された。さらに、処理薬量についても、次第に低薬量でよい剤が開発され、1970年代に現れたスルホニルウレア系除草剤（SU剤）の通常施用量は10g強/haで初期の除草剤2,4-D、MCPの1/100近い少量である（ヘクタール当たり10gということは、1㎡当たり1mgということ

である）。

3. その後の開発の減速

世界における新規（基本構造や作用点において新しい）除草剤の開発は、1980年代から徐々に縮小されて今日に至っている。その理由としては次の3つが挙げられている。

- ①除草剤のマーケットが成熟し、新規化合物を開発しても効果、安全性ともに既登録剤に上回ることにならない。つまり、すでに必要十分なものがほぼ出そろっているということである。
- ②公的機関や農薬登録に要求される膨大な安全性試験を実施するために、研究開発コストが増大した。農薬のリスク問題の専門家與語靖洋氏は、農薬登録（日本）に必要な安全性試験項目は人畜毒性19項目、運命試験8項目、残留試験2項目にわたり、「現在の農薬は、ヒトの健康や環境の安全性について、世の中で最も多く調べられた物質であり、使用に当たっても様々な配慮がなされている」と述べている。
- ③グリホサートの世界的な普及により、これに対抗するインセンティブが低下した。除草剤の開発過程では、そもそも初期スクリーニングで活性物質が見出される確率も非常に低い、見つかった後のプロセスでも図1に示すように多くの篩を通り抜けなければならない、多額の開発費はもちろんのこと、一つの除草剤が登録に至るまで10年程度

要すると云われている。したがって、製品の工業生産の可能性(製剤化技術、原体の大量生産技術)、化合物の安全性(人畜、環境・生態系)は当然早い段階から検討が開始されている。

1970年代頃までの除草剤の急激な発達、雑草問題はマニュアルに従った化学的防除で片付くように多くの農業関係者に思わせてしまったようである。現代農業は次第に知恵を使って自然と戦うものから、誰でも参画できる“バカチョン”的事業の様相を呈するようになったと思われる。しかしその結

果、雑草はもっとしたかであることを思い知らされることとなった。除草剤抵抗性変異(バイオタイプ)の出現である。

Ⅲ. 除草剤抵抗性変異の出現

1. 抵抗性変異の実態

除草剤抵抗性変異の出現は、ある雑草種の集団が、除草剤という淘汰圧に連続的に曝されたとき、その集団の中にわずかに存在していた抵抗性の個体が、感受性集団の競争力の低下の結果優占化することで

コラム 昭和の初めから雑草防除に科学的取り組み：旧国鉄の人々

筆者は約30年前、旧国鉄沿線雑草の科学的防除プロジェクトに約5年関わった。その折、日本で最も早くから雑草防除に科学的取り組みを行っていた組織は国鉄ではないかと思える事実を知った。すでに除草剤(当時は除草薬とよんでいる)による線路除草の試験が1927年(昭和2年)に開始され、また全国ベースの雑草調査が1932年(昭和6年)に実施されているのである。

道床部には昔からスギナの発生が多い。スギナの根茎は深さ1m程度まで平気で分布し、非常に深い根茎芽から地上にシュートを生ずるので、バラストの間に沢山のスギナが見られたことは不思議ではない。初期の防除試験ではこのスギナをターゲットに硫酸銅、塩素酸ソーダ等の無機物やオイルの除草効果を手取り除草と比較し、省力的だがコストが高いことが難点としている。しかし、その後の研究で除草剤の経済性を認め、多量の水を要しない散布方法なども試験された。

このように薬剤による除草防除の可能性が探られるなか、当時の工務局保線課の笠井・井上両技師は、「満足のいく薬剤防除に到達するためには、対象になる主な雑草の種類を把握してその特性を知る必要がある」(原文にその意が明記してある)という考えから、全国39か所の保線事務所から1000点に及ぶ標本を回収し、専門家に同定を依頼した。最近のJR沿線雑草と比べると、小型の草種や一年草が多いが、大型の多年草としてイタドリ、チガヤ、ヨシ、ヨモギが現在と同様に多くみられている。一方、セイタカアワダチソウは勿論だが現在蔓延するクズ、ススキ、ササ類はほとんど見られない。ススキは新橋保線事務所管内にしかなく、チガヤとは対照的であった。当時保線雑草は家畜の餌として周辺の住民が競って刈り取っていたそうだから、刈取りに弱いススキは都会?(新橋は当時の鉄道網の始点)以外では衰退し、一方再生力の強いチガヤは全国の線路敷で優占していたのではないかと、なんとなく納得している。

以上、昭和初期の鉄道マンの進取の心意気が伝わってくるようなお話である。

其ノ結果 昭和6年9月25日到来ノ水戸保線事務所カラフモノヲ手初メトシテ、結局、現在其ノ全数
41ノ内39ノ各保線事務所カラ夫レ夫レ標本ノ送附ニ接シ得クノデアツク。本報告ハ其ノ結論トモ云フベキ
モノデアツテ全国的ニ見テ代表的雑草27種類ノ分布ト、其ノ各々ノ簡易ナル植物學的説明ト而シテ其ノ驅
除ニ關スル卑見トヲ記述シクモノデアル。

I. 新橋保線事務所 (54 點)

すゝき	よ し	ひめおとぎり	めどはぎ	きつりふね	くさふぢ
さ ん	ちがや	ひるがほ	たけにぐさ	じゆずだま	ちからしば
をとこよもぎ	にしきさう	ひめむかしよもぎ	ぢしばり	なづな	きんえのころ
めひじは	しろつめくさ	あかざ	くさねむ	めなもみ	あれちのぎく
やはざさう	いねたで	すぎな	おぼばこ	つゆくさ	よもぎ
ひべりひゆ	げんのしゃうと	あざかやつり	たんぼぼ	こうぼう	こあかざ
のびえ	ちいみざさ	よめな	やまはつか	かもぢぐさ	しばすげ
すゝき	うしのけぐさ	なぎなたかうじゆ	ちがや	あざみ	にがな
めなもみ	やまざそ	かはらにんじん	外ニ 點標本不完全		

II. 敦賀保線事務所 (48 點)

すゝき	よ し	ひめおとぎり	めどはぎ	きつりふね	くさふぢ
-----	-----	--------	------	-------	------

笠井・井上(1932)、鉄道研業研報告より抜粋

起こり、抵抗性個体と感受性個体の除草剤感受性の差は通常数10倍～数100倍になる。最初に発見されたのは、1958年米国ワシントン州の苗木園においてである。ここでは10年来トリアジン系除草剤のアトラジン、シマジンを年間1～2回使用してきた結果、園内のノボロギクに全く効かなくなり従来の10倍の薬量でも効果がないことが発見された。その後1975年頃からトリアジン系に、1985年頃からALS阻害剤（主にスルホニルウレア系）に、さらに2000年頃からはグルホサートにそれぞれ抵抗性変異型をもと雑草種の急激な増加がみられ、International Survey of Herbicide Resistant Weeds（詳しいデータが毎日更新されている）のサイトによれば、2014年1月11日現在、世界で426種の雑草、22系統（主要な作用点すべて）の除草剤で発現が報告されている。ときどきサイトを覗くと増え続けているのが分かる。

2. 抵抗性雑草問題の深刻さ

この問題の深刻なところは、抵抗性が最初是个々の除草剤に対して発現しても、同じ作用点をもつ除草剤全体に及ぶことである。つまり、ある系統（ある作用機構をもつグループ）すべてが使用できなくなる。他の剤を使用することや耕種的手段での対応は、これに対する根本的解決にはならず、現在有効な対策はないといってよい。日本での最近の例としては、水田の主要雑草や芝地のヒメクグにおけるスルホニルウレア系除草剤抵抗性がみられ（米国ゴルフ場ではスズメノカタビラにも発現している）、水田畦畔のネズミムギにグリホサート抵抗性個体が見つかったという報告（Ninomiら、2013）もある。しかし、水田での一発処理剤の連年連用の例だけでなく、いわゆる非農耕地でのグリホサート、芝地でのSU剤等連用の例は多々存在し、研究報告は少ないが実際はすでに多くの雑草種で発現していると考えるのは自然ではないだろうか。

人間の優秀さは過去数10年で、雑草管理に驚異的な進歩をもたらした。しかし、安全で優れた雑草管理ツールとしての性質の追求が、植物体内の生合成系の一つの酵素活性だけを阻害するような精緻な物質を除草剤として世に送り出し、その精緻さゆえ

に、例えばその酵素の構造に一か所アミノ酸が置き換わっているというごく微妙な違いがある個体（自然界にひっそりと存在していた）から、除草剤抵抗性変異というきわめて厄介なものを顕在化させたのである。除草剤抵抗性雑草の蔓延は、今後も進行するであろう世界的問題である。

おわりに

除草剤発達の歴史を振り返って、あらためて次の二つの点について深く考えさせられた。一つは科学技術の発展における人間と自然（雑草）との関係であり、もう一つは技術の発達における歴史の重みである。

前者については、人間は開発した技術の素晴らしさを頼り、雑草管理は簡単であるという思い込みから特定の除草剤を不用意に連年使用して、世界のいたるところいたる場面で除草剤抵抗性雑草を優占化させた。雑草管理というのはいわば自然との向き合いであるのも関わらず、簡単に処せると自然を甘く見た“つけ”の典型だろう。

後者については、2,4-D出現以前の歴史から大変強い印象を受けた。除草剤が普及するに薬剤自体の研究開発に並行して雑草防除に関する科学的取り組み（研究や技術開発）、知識の普及や教育の体制、登録等公的規制体制等の整備がなされなければならないが、欧米では19世紀～20世紀初めまでに、散発的ではあるが種々の試みがなされ、その“お膳立て”がほぼ出来ていたということである。翻って日本はどうだろうか。現在使用可能な大半の除草剤は欧米で開発されたものである。いわばあてがいぶちに突然現れた素晴らしいツールを、その真の姿を顧みるいとまもなく、水田をはじめとする日本の諸場面への適用と類似化合物の開発にまい進してきたように見える。それはそれで成果を上げてきたが、付随して必要な教育、技術普及体制や科学的体系付けはとても発展したとは言い難い。このことが、日本の緑地管理場面で現在日常的にみられる、一方では無批判に同一除草剤を高濃度で連用し、一方ではいかに必要とされる場面での一切使用を受け入れないという、きわめて非科学的な事態の遠因になっているようにも思われる。

参考文献

- 1) Ahrens, W. H. ed. (1994) Herbicide Handbook 7th Edition. Weed Science Society of America.
- 2) 半澤洵 (1910) 雑草學. 六盟館、東京.
- 3) Holm, F. A. and E. N. Johnson (2009) The history of herbicide use for weed management on the prairies. *Prairie Soils and Crops Journal*. 2: 1-11.
- 4) 伊藤操子・坂本修一 (1983) 除草剤による線路除草の向上をめざして. *鉄道線路* 31(3): 120-125.
- 5) 伊藤操子 (1997) 雑草害: V 環境に調和した植物保護をめざして. 日本農薬学会・農薬生物活性研究会編「植物保護の探究」、日本植物防疫協会.
- 6) 伊藤操子 (1993) 雑草学総論. 養賢堂、東京
- 7) 笠井幹夫・井上隆根 (1932) 線路雑草に関する研究報告. *鉄道研業研報告* 22: 2-33.
- 8) 松本宏 (2011) 雑草制御学の到達点とその展望. 「雑草学会 50 年のあゆみ」 15-20. 日本雑草学会.
- 9) Timmons, F. L. (2005) A history of weed control in the United States and Canada. *Weed Sci.* 53: 748-761.
- 10) 特定非営利活動法人緑地雑草科学研究所 (2011) 緑地管理における環境リスク面からの既成について－適切な総合防除 (IPM) 実現に向けて知っておきたいこと－. 2011 年公開セミナー報告.
- 11) 山下雅幸 (2013) ネズミムギ (*Lolium multiflorum* Lam.). 草と緑 5: 34-42.
- 12) 奥語靖洋 (2010) 除草剤の安全性－緑地管理における利用の観点から－. 防草緑化研究所第 2 回シンポジウム講演要旨: 23-27.
- 13) Zimdahl, R. L. (1999) Fundamentals of Weed Science. Academic Press, San Diago.
- 14) www.weedscience.org, International Survey of Herbicide Resistant Weeds.

『芝蟲紳士録』 (しばむししんしろく)

その十九

“ハグロケバエ”

私“ハグロケバエ”と申します。決してハラグロではありません。なんたって、芝に害を与える害虫ではありません。冒頭にそれだけ申し上げておきます。

腕に覚えのある諸兄のような方々であれば、美しいフェアウェイの中央を歩き回りプレーを楽しまれているのですが、まあ、たまにはラフのさらにその先の植え込みの中なんぞにボールを打ち込んでみるのも一興かと思います。きれいに管理されたコースから外れて雑木林が始まり落ち葉が堆積したジメジメした場所、なぜかボールが引き寄せられてしまう・・・それもゴルフの奥深さかもしれません。

さて、秋も深まった時期にそんな植え込みの湿った場所でボールを探してクラブで落ち葉をかき回していると私たちの群れに遭遇することになります。多くの方は、特に女性のプレーヤーは間違いなく悲鳴を上げます。「ギャーッーッ！」世の中にこのようなおぞましい生き物が存在していいものなの

か？という表情とともに私たちに奇異のまなざしを注ぐのです。落ち葉の層をかき分けると表層に大量の毛の塊のようなものが刺激に反応して一斉に蠢き（うごめき）だすことになるのですから、不意に現れるこの大集団の気色の悪さたるや強烈です。

私たち“不快害虫”という範疇にくくられて呼ばれております。別に人様を不愉快にさせた覚えは毛頭ございませんが、体中に毛の生えたウジですから存在そのものが気持ち悪いと思われても仕方ありません。しかも、何百頭という数の集団で活動しておりますのでその不快さのレベルは相乗的にヒートアップしてしまいます。

そんな私たちですが、皆で協力してゴルフ場の落ち葉や腐植物、森や林の有機物を食べ分解して土に戻すという、大変重要な役割を果たしているのです。どんなに嫌われていても私たちは自然生態系を支えているという自負を持っています。

春になって暖かくなってくると真っ黒な成虫が一斉に飛び立ちます。雄は大きな眼を持っていてフラフラと力なく飛んでいます。メスを探してたくさんの子供たちを産んで生態系の維持という大きな使命を果たすため頑張っているのです。

つづく



ハグロケバエ幼虫の集団



ハグロケバエの雄成虫



あのタスクDFがリニューアルして復活 理研タスク®39DF

ベントグリーンで発生するギンゴケなどのコケ類。コケ類の発生を放っておくと、芝密度の低下やボールの転がりの不均一化、景観の悪化など様々な問題を引き起こします。

当社ではこの春より、ギンゴケ防除の定番として一世を風靡したタスク DF をリニューアルした新製品「理研タスク®39DF」の販売を開始します。

本剤の特長

- ① コケ類に対して即効的な効果を発揮
春季に使用した場合、処理1週間後にはコケ類の黒色化等の効果を確認できます。
- ② ベントグラスに対する高い安全性
生育期（ターフ形成後）のベントグラスに対して高い安全性が確認されています。

本剤使用のコツ

- ① スポット処理ではなくグリーン全面に散布を行う。
ギンゴケは主に無性芽により増殖します。無性芽は毎日の刈り込みや水の流れて拡散されて新たな発生源となります。小さなコロニーを見つけたときには、目には見えないギンゴケが多数潜んでいるわけです。こうなるとスポット処理だけでは対処しきれません。本剤をグリーン全面に散布することで対処しましょう。
- ② 大きなコロニーがある場合は、反復処理を行う。
2週間間隔で反復処理を行うことで防除が可能となります。
- ③ 日本芝に対しては薬害症状（赤褐色化）を引き起こすため、グリーン周辺の日本芝に撒きこまないよう十分な注意を払ってください。

登録内容

作物名ベントグラス

使用量 0.03 ~ 0.06g/m²（水量 100 ~ 200ml/m²）

製品規格 30g × 10 袋



【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 (カーサパズ 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)