

シンポジウム

火山灰荒廃地の菌根菌利用による植生復元*

丸本卓哉¹⁾・河野伸之¹⁾・江崎次夫²⁾・岡部宏秋³⁾¹⁾山口大学農学部

〒753-8515 山口県山口市大字吉田 1677-1

²⁾愛媛大学農学部

〒790-8566 愛媛県松山市樽味 3-5-7

³⁾農林水産省林野庁森林総合研究所森林生物部

〒305-8687 茨城県稲敷郡茎崎町松の里 1

Reforestation of volcanic devastated land using the symbiosis with mycorrhizal fungi

Takuya Marumoto¹⁾, Nobuyuki Kohno¹⁾, Tsugio Ezaki²⁾ and Hiroaki Okabe³⁾¹⁾Faculty of Agriculture, Yamaguchi University, Yoshida, Yamaguchi, 753-8515 Japan²⁾Faculty of Agriculture, Ehime University, Tarumi, Matsuyama, 790-8566 Japan³⁾Forest Biology Division, Forestry and forest Products Research Institute, Kukizaki-cho, Inashiki-gun, 305-8687 Japan

Key Words : Reforestation, Volcanic devastated land, Symbiosis, Mycorrhizal fungi

1. はじめに

日本各地には火山灰荒廃地が多数存在する。これらの場所は一般に理化学的や生物性の不良なところが多く、養分も乏しい。そのため、降雨時には表土が容易に流出し易く、植生はゆっくり進行するという特徴を持っている。また、桜島のように時々噴火を繰り返すところでは、降灰やガスによって植生が大きな被害を受けることも多い。このような火山灰荒廃地の土壌侵食を防止し、早期植生を企めることは極めて困難なことであるが、今まで花崗岩を母材とする西日本の荒廃山地の緑化試験やモデル試験で不織布シートと菌根菌を併用したところ、早期緑化には極めて有効であることが認められた¹⁻³⁾ので、これを火山灰荒廃地に応用することとした。1994年より鹿児島県桜島および1996年より長崎県雲仙普賢岳の火山灰荒廃地において菌根菌を利用した緑化試験を実施し、現地の実態調査を行ってきた。その試験結果について概説する。

2. 桜島および普賢岳の試験地火山灰の特徴

桜島の降灰地のpHは4.3と強酸性であるが、普賢岳は6.0と微酸性であった(表1)。普賢岳は海岸線までわずか5~6kmで、急斜面であるため、微粒子の大部分は流亡しており、土性は砂質であった。両火山灰ともに養分含量は極めて低く、普賢岳の全窒素含量は桜島の1/3であった。微生物数も一般の畑土壌に比べて著しく少ない。

3. 鹿児島県桜島試験地

桜島の火山灰降灰裸地斜面の土壌侵食を防止せずにマツの植林を実施すると、写真1に示すように降雨後は容易に土壌が侵食され、いずれ倒伏してしまう。著者らは、新たに開発した土壌侵食防止と緑化のための不織布シート²⁾を用いて火山灰の流失を防止し、さらに菌根菌を接種することによって、早期植生を計ることとした。

桜島野尻川流域の九州地方建設局大隅工事事務所桜島砂防出張所の管理地、約2000m²の砂防護岸

* 1999年6月10日受理

1999年5月27日開催の大会(山口市)において講演

表1 試験地火山灰の理化学性および微生物性

場 所	pH (H ₂ O)	EC	有機態 炭素	全窒素	土性	バイオマス 窒素	糸状菌数	細菌数
		mS/cm	g/kg 乾土			mg/kg 乾土	CFU/g 乾土	
桜 島	4.3	0.117	0.6	0.03	LS	0.6	3.0×10 ⁸	3.9×10 ⁶
普賢岳	6.0	0.006	0.6	0.01	S	0.8	3.7×10 ²	1.3×10 ⁶



写真1 桜島の火山灰裸地におけるクロマツの移植と土壤流失の状況(1994.3)

斜面に対し、1994年より不織布シートとAM菌(VA菌根菌,アーバスキュラー菌根菌とも呼ぶ)(*Glomus* sp.)および外生菌根菌⁹⁾(コツブタケおよびツチグリ)のススキおよびクロマツに対する接種試験をそれぞれ行った(写真2)。その後、ススキ根へのAM菌共生状況と植栽したクロマツの生育および外生菌根菌共生状況について追跡調

査を行った。

(1) クロマツ根への外生菌根菌共生状況

施工6か月後にクロマツ根を採取し、外生菌根菌糸の根面被覆率を顕微鏡観察によって測定した。表2に示すように、無接種区のクロマツ根に比べて接種区の菌糸による根面被覆率は明らかに高かった。

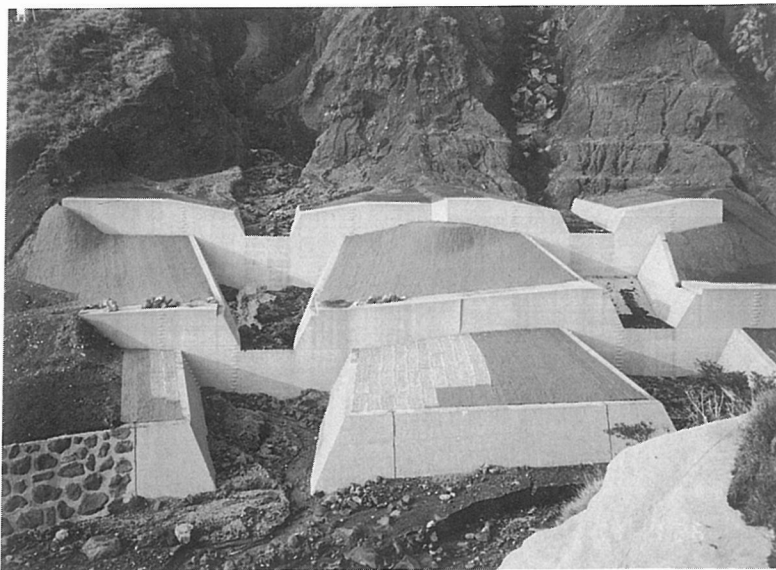


写真2 桜島・野尻川流域の試験地(1994.4～5：試験開始時)

表2 桜島試験地におけるクロマツ根への外生菌根菌共生状況(1994.10:施工後6か月)

シート	菌根菌	細根断片数(本)	菌糸の根面被覆率*
—	無接種	78	+
+	コツブタケ	78	+++
+	ツチグリ	31	+++

*根面被覆率；+：5～10%，+++：>50%



写真3 桜島クロマツ根への外生菌根菌共生状況と菌糸網の様子(1997.11)

3年目および5年目の調査時には、いずれのクロマツ根にも著しく発達した外生菌根が観察され、その周辺土壌では白色の菌糸網が顕著にみられた(写真3)。また、試験地の至る所に試験前にはみられなかったショウロの子実体が観察された。これらのことは、クロマツ植栽直後は接種菌が感染して共生するが、次第に現地に適した土着菌が接種菌に代わって共生していくのではないかと推察される。

(2) クロマツの成長

図1に植栽クロマツの成長に及ぼすシート被覆と外生菌根菌接種の影響を、また、写真4にクロマツ移植後の生育状況を示した。植栽後1年目のクロマツの根元直径および樹高成長量は、裸地の無接種区よりもシート被覆区とコツブタケおよびツチグリ接種区の方が大きい傾向がみられたが、2年目以降はそれほど差がみられなくなった。

桜島の場合は毎年数回に亘る大小の爆発や噴火が起こり、降灰やガスが発生しているが、現地では永年蓄積した火山灰土の上に降灰が少しずつ積もるといふ状況で、普賢岳のように極めて新しい火砕流が急激に積もったものとは著しく異なっている、つまり、桜島の降灰下の土壌や周辺部の植生域には、多くの土壌微生物や菌根菌が存在しており、無接種区のクロマツにも比較的速やかに自然感染が生じたため、初年度の生育には接種区と差が認められたものの、2年目以降の生育は両者間であまり差がみられなくなったものと考えられる。

(3) ススキ根へのAM菌共生率

火山灰地帯では一般にススキ (*Miscanthus sinensis*) の生育が旺盛で、土壌侵食防止には極めて効果的な草本類であり、桜島でも多数繁茂している。現地調査の結果、ススキ根に *Glomus* sp. のAM菌が感染していることから、*Glomus* sp. を接種したススキ幼苗の植栽も行い、ススキ根へのAM菌共生率を観察した(図2)。

ススキ根の場合も、クロマツ根と同様にAM菌接種の効果が認められ、特に不織布シートと併用した時にその効果は大きいことが明らかとなった。

(4) 降灰およびガスによる植栽クロマツの枯損率

桜島は年に数回噴火を繰り返す活火山であるが、本試験を行った1994年と1995年の爆発・噴火回数はそれぞれ約380回と550回にも達し、爆発と噴火の多い年であった。爆発・噴火の時期と大きさ、風向や風勢などによって、植生に対する被害

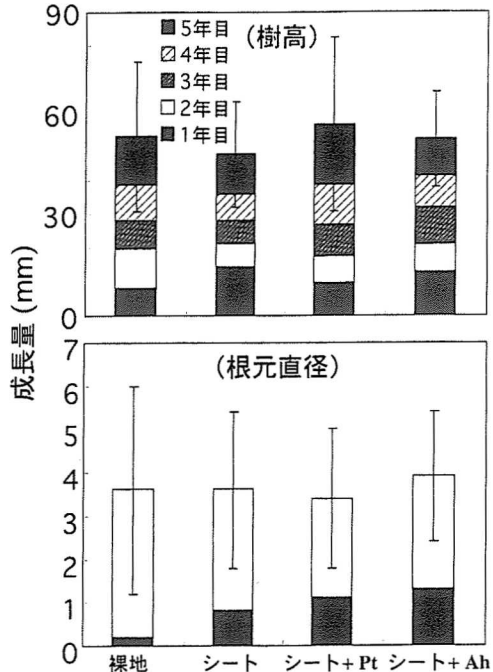


図1 桜島における植栽クロマツの成長 (1994.4~1999.3)
Pt: *Pisolithus tinctorius* (コツブタケ)
Ah: *Astraeus hygrometricus* (ツチグリ)

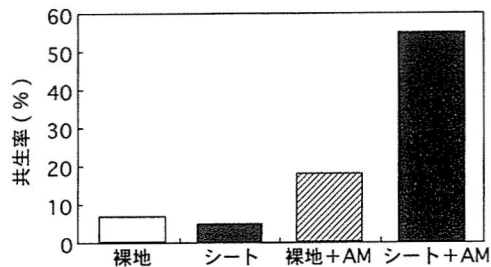


図2 桜島における植栽ススキ根へのAM菌共生率 (1996.10: 施工後2年6か月)

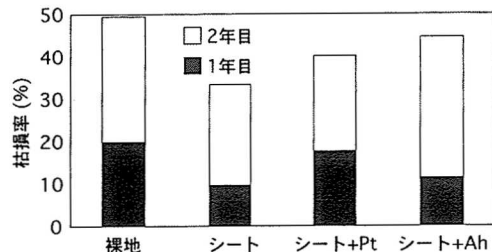
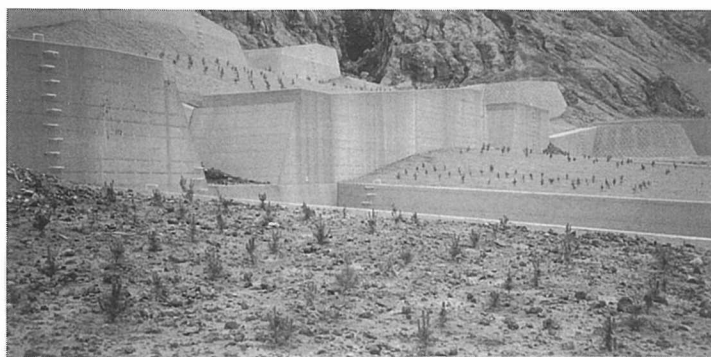
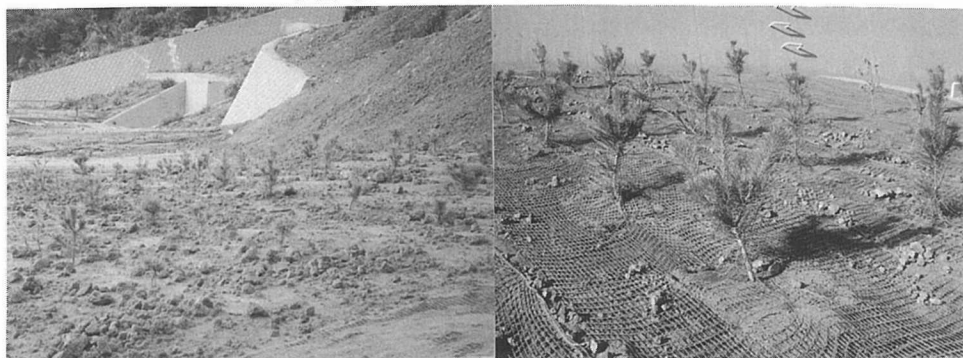


図3 桜島の降灰およびガスによる植栽クロマツの枯損率 (1994.4~1996.10)



移植直後：1994.5（左：裸地、右：シート）



降灰ガスの後：1994.9（4か月後）



移植5年目：1999.3

写真4 クロマツ移植後の生育状況

の大きさや場所は異なるが、野尻川流域も度々降灰やガスの被害を受ける場所である。被害が大きい時は樹木でも枯死に至る。試験地の全植栽クロマツ246本中の枯損率（図3）は、1年目に対照の裸地区で約26％、シート被覆区で約10％、（シート＋外生菌根菌）区約10～16％、2年目ではそれぞれ約30％、23％、27％であった。ただし、

裸地区の枯損マツは大部分が枯死したのに対し、シート被覆区および（シート＋外生菌根菌）区のクロマツは部分的な枯損で済み、後日、植生は回復するものがほとんどであった。これは、不織布シートと菌根菌の共生がクロマツの降灰とガスに対する耐性を高めたことを示すものと考えられる。

4. 長崎県雲仙普賢岳

1994 年末より雲仙普賢岳の噴火が徐々に弱まり、1995 年 5 月には火山噴火予知連絡会より出された噴火活動の終息宣言に伴って、土壌侵食防止と緑化・樹林化のための治山工事が長崎県島原振興局によって開始された。荒廃裸地斜面の復旧基本対策の一つはヘリコプターによる航空緑化工によるものであった。我々の研究グループは、これまでのスラリーを散布する湿式工法とは異なり、AM 菌を組み込んだバッグ (GB) を散布する乾式工法を提案する機会に恵まれ、現地での試験が実施されることとなった。

普賢岳の試験施工は最善と考えられる工法を直ちに実施し、土石流による災害を一刻も早く防止できる状態にすることが目的であるため、提案したバッグ散布工法の全てのバッグには菌根菌が入っており、菌根菌なしのバッグ、つまり対照区としてのバッグを散布する区を設けることができなかった。そこで、本試験地の実態調査では、菌根菌無接種のスラリー散布工区の生育植物を対照として比較することとした。

(1) ウィーピングラブグラス (WLG) 根への AM 菌共生状況
普賢岳垂木台地における WLG 根への AM 菌

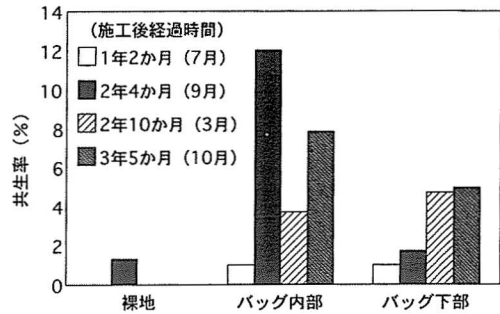


図4 普賢岳垂木台地におけるウィーピングラブグラス根への AM 菌共生率(1995.5~1998.10)

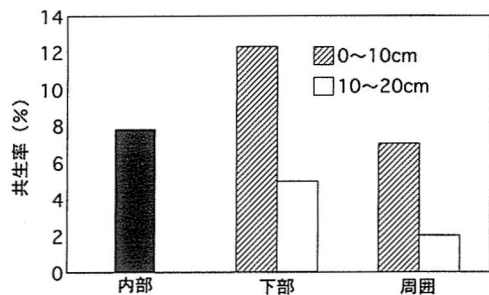


図5 普賢岳垂木台地におけるウィーピングラブグラス根への AM 菌共生率の分布状況(1998.10: 施工後3年5か月)

表3 普賢岳垂木台地におけるバッグ施工後の AM 菌の植物根への共生状況と孢子数 (1995.5~1997.7)

試料	植物種	菌種	共生状況*	孢子数 (個/100g 湿潤土)
(1995.5; 施工時)	バッグ内部	(接種源)		ca.24
		**		未測定
		**	<i>Glomus leptotichum</i>	未測定
(1995.10; 施工後5か月)	バッグ内部	イヌビエ	<i>G. margarita</i>	2
			<i>Glomus sp.</i>	>70
	メヒシバ	<i>Glomus leptotichum</i>	5	
		<i>Glomus sp.</i>	>70	
	ノシバ	<i>G. margarita</i>	6	
		<i>Glomus sp.</i>	>40	
下部	-	<i>G. margarita</i>	5	
		<i>Glomus sp.</i>	>70	
外部	W.L.G.***	-	-	-
(1996.7; 施工後1年2か月)	バッグ内部	ヨモギ	<i>Glomus sp.</i>	>1200
	下部	ヨモギ	<i>Glomus sp.</i>	>1000
	周囲	ヨモギ	<i>Glomus sp.</i>	>700
	外部	W.L.G.	-	-
(1997.7; 施工後2年2か月)	バッグ内部	W.L.G.	<i>Glomus sp.</i>	>370
	下部	W.L.G.	<i>Glomus sp.</i>	>120
	外部	W.L.G.	<i>Glomus sp.</i>	未測定

*- : 0%, + : 5~10%, ++ : 10~50%, +++ : 50~100%, **AM 菌感染ススキ根の細片

***W.L.G.: ウィーピングラブグラス

共生率の変化を図4に示した。裸地に発芽して生育した WLG は貧弱で、一部の根に AM 菌の感染がみられたものの、ほとんどの根は非感染であった。一方、バッグ上の WLG は極めて旺盛な生育を示し、AM 菌の共生率は無接種のものより明らかに高かった。また、バッグを貫通して下部へ伸長した根にも AM 菌が感染しており、その共生率は徐々に高まる傾向が示された。施工後3年5か月目の1998年10月に行った現地調査の結果(図5)によれば、バッグの下部および周辺部への WLG の根の伸長に伴って AM 菌共生率が拡大していく様子が示された。さらに、バッグ内部および下部の土壌中の AM 菌胞子数は経時的に増加しており(表3)、微生物の生態圏が広がっていることが明らかとなった。

翌年(1997)5月に新しく施工された赤松谷および水無川流域での同様の乾式航空散布地での植

物根への AM 菌共生率を図6に示したが、植物の生育に伴って共生率が増加し、現在まで土壌侵食はほとんど生じていない⁵⁾。

(2) 植生状況

写真5に普賢岳垂木台地における施工後の状況

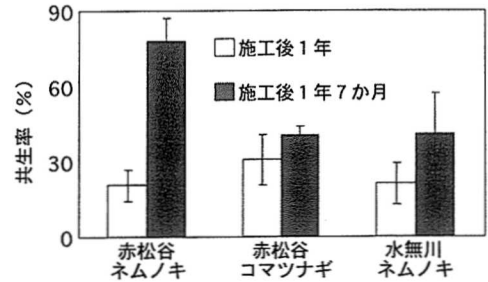
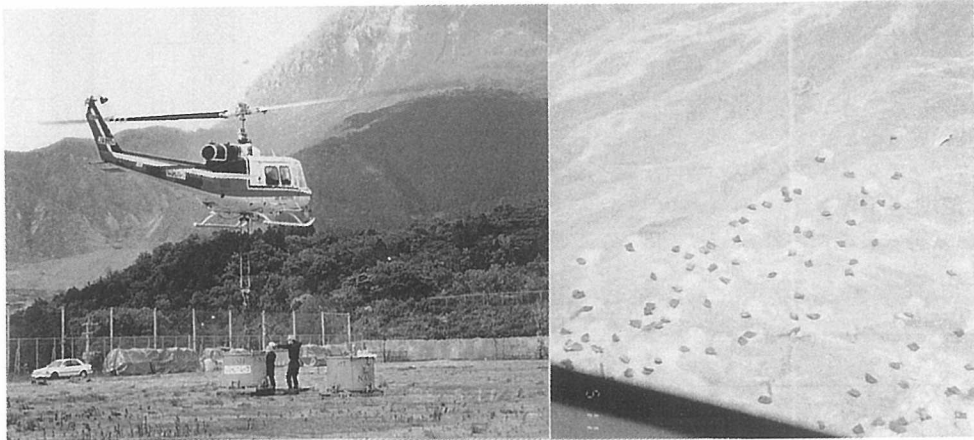


図6 普賢岳試験地における AM 菌の共生率(1997年5月施工:施工後1年および1年7か月)



施工時(1995.5)の散布状況



施工後3か月(1995.8)

施工後14か月(1996.7)

写真5 普賢岳垂木台地における乾式航空散布による緑化



写真6 普賢岳垂木台地3年半後の植生状況(1998.10)

と施工後3か月および14か月目、写真6に3年半後の植生状況を示した。一面、土石流跡の荒廃地であった垂木台地も現在は1mから高いもので3m以上にもなるススキや木本類に被覆され、試験施工地がどこか分からない位の状況であった。

現在施工後約4年目であるが、導入した草本および木本植物が着実に定着・生育しており、土壤侵食も生じていない⁵⁾。

5. 考 察

雲仙普賢岳のような噴火後間もない場所では、接種源となるAM菌は全く存在しないか、存在したとしても非常に少ない。そのため、普賢岳での

AM菌接種は効果的であった。一方、桜島のように現在でも噴火や爆発を繰り返してはいるものの、大規模噴火以来、長い年月が経過し、ある程度の植生が回復しているような場所では、有効な土着菌根菌が存在するために、別の場所で採取、増殖させた菌根菌の接種効果は、初期1年位は認められるものの、その後は無接種区にも土着の菌根菌が感染して接種区との差が認められなくなることで、また、接種区の感染菌も遷移することなどが示唆された。このことは、菌根菌の利用に当たっては、現場の有効土着菌根菌や植生などについての事前調査が必要と思われる。いずれにしても、火山灰荒廃地のように理化学性や生物性、さらに養分も乏しい場所では、植物の早期定着や生育促進を行

いながら土壌侵食を防止するためには、菌根菌を利用することが必要不可欠である⁶⁾が、不織布シートやバッグと併用することにより、菌根菌の定着や感染および共生率などを高め、早期に緑化や樹林化を達成できることが示された。

要 旨

鹿児島県桜島および長崎県雲仙普賢岳の火山灰荒廃地において、菌根菌を利用した土壌侵食防止・緑化試験を実施し、現地の実態調査の結果について概説した。

土壌の理化学性や生物性の不良な火山灰荒廃地では、植物の早期定着や生育促進を行いながら、土壌侵食を防止するためには、菌根菌を利用することが極めて有効であることが示された。

謝 辞

本研究を行うに当たり、不織布シートおよびAM菌を提供いただいた多機能フィルター^(株)およびセントラル硝子^(株)、また、試験地の使用に多大の御協力をいただいた建設省九州地方建設局大隅工事事務所および長崎県山地災害対策室島原振興局農林部山地災害復興課に対し、深甚なる謝意を表します。

引用文献

- 1) Marumoto, T., Okabe, H., Ezaki, T., Nishiyama, M. and Yamamoto, K. (1996) Application of Symbiotic microorganisms to soil conservation and reforestation. *Proc. Bio Japan '96 Symposium*, 242-250
- 2) Marumoto, T., Hayakawa, S., Ezaki, T., Yamamoto, K. and Okabe, H. (1997) Function of a mulching sheet for reforestation and the prevention of soil erosion. *J. Agric. Met.*, **52** (5), 613-616
- 3) Ezaki, T., Marumoto, T., Hayakawa, S., Okabe, H., Yamamoto, K. and Chun, K. W. (1997) Forest revegetation utilizing mulching sheet and mycorrhizal fungi. *J. Agric. Met.*, **52** (5), 617-620
- 4) 岡部宏秋・江崎次夫・丸本卓哉・早川誠而・赤間慶子 (1994) 共生微生物の植生回復技術への適用 (1), 外生菌根菌の活用, 森林立地学会誌, **36**, 58-67
- 5) 西田顕郎・小橋澄治・水山高久 (1998) 雲仙普賢岳火砕流堆積斜面における植生回復による表面流・土砂流出の変化, 日本緑化工学会誌, **23**(4), 249-255
- 6) 丸本卓哉 (1998) 荒廃裸地の緑化促進における VA 菌根菌の利用, 西尾道徳・大畑貫一編, 農業環境を守る微生物利用技術, p.175~185, 家の光協会, 東京