

# 植物生育促進菌類(PGPF)入り 資材の開発

住友化学工業(株) 農業化学業務室  
大内 誠 悟  
農業化学品研究所  
大平 崇 文

## “PGPF-SHIZAI” A New Microorganism - based Product for Agriculture

Sumitomo Chemical Co., Ltd.  
Planning & Coordination Office,  
Agricultural Chemicals Sector  
Seigo Oouchi  
Agricultural Chemicals Research Laboratory  
Takafumi Oohira

Some rhizosphere fungi which promote plant growth are functionally designated as Plant-Growth-Promoting-Fungi(PGPF). Several species belonging to PGPF also show suppression effect of soil-borne disease in addition to growth promotion.

PGPF-SHIZAI is a new type of microorganism-based product for agriculture, consisting of selected *Phoma* strain which is most efficient PGPF.

Field tests including trial use of PGPF-SHIZAI by farmers showed that PGPF-SHIZAI contributes to raise healthy seedling of vegetables and flowers. It has also been shown that PGPF-SHIZAI can be used to protect several crops from soil-borne disease, resulting in stable crop yields and quality.

Details of the development of PGPF-SHIZAI and examples of its efficacy in field trials are described.

### はじめに

同じ種類の作物、特にある種類の野菜を連年栽培すると次第に生育が不良となり、収量や品質が大幅に低下する。この現象は連作障害と呼ばれ、農業の生産現場では大きな問題となっている。連作障害の原因としては、土壌伝染性病害及び空気伝染性病害が全体の70%以上を占め、なかでも土壌伝染性の病害(土壌病害)は約60%に及び最大の原因となっている(第1表)<sup>1)</sup>。土壌病害とは、土壌中に生息する細菌、糸状菌、ウイルスなどの病原性微生物がもたらす病害である。これら病原性微生物が土壌中で一定以上の密度になると、植物の根や地際部から植物体に侵入・増殖し、根の褐変や導管の閉塞を起こし地上部を萎凋させ枯死させる。一方、多くの病原菌は感染できる作物の種類が限定されており、従って、同一圃場においても作物の種類を変えて栽培(輪作)を行えば特定の病原菌が集積する危険性は少なくなる。しかし、日本のように小規模の耕地面積で多収を得るには収益性の高い作物を回数多く栽培する必

第1表 連作障害の原因別分類

原因	割合(%)	
病害によるもの	土壌伝染性病害	60.8
	空気伝染性病害	11.1
病害らしいもの	12.6	
虫害によるもの	土壌線虫害	6.8
	ダニその他虫害	1.2
病虫害以外のもの	生理障害	5.3
	いや地現象	0.2
不明なもの	1.8	
合計	100.0	

要がある。また、多種類の野菜を栽培すると必要な施設や農業機械が増えて技術も煩雑となりコストが高くなる<sup>2)</sup>。このため多くの産地で連作が行われ、農家は連作障害の対策に苦慮している。

全国で発生している土壌病害の種類は多岐にわたっており(第2表)、ナス科作物の青枯病、アブラナ科作物の根こぶ病などが特に問題となっている<sup>3)</sup>。これら土壌病害が蔓延した場合の対策として、臭化メチ

第2表 主な野菜の土壌病害

区分	作物名	病害名	病原菌名
	トマト	青枯病	<i>Pseudomonas solanacearum</i>
		萎凋病	<i>Fusarium oxysporum</i>
	ナス	青枯病	<i>Pseudomonas solanacearum</i>
		半身萎凋病	<i>Verticillium dahliae</i>
果 菜	キュウリ	つる割病	<i>Fusarium oxysporum</i>
		苗立枯病	<i>Pythium aphanidermatum</i> <i>Rhizoctonia solani</i>
	メロン	黒点根腐病	<i>Monosporascus cannonbollus</i>
	スイカ	つる割病	<i>Fusarium oxysporum</i>
葉 菜	イチゴ	萎黄病	<i>Fusarium oxysporum</i>
	キャベツ	根こぶ病	<i>Plasmadiophora brassicae</i>
	ハクサイ	黒腐病	<i>Xanthomonas campestris</i>
		軟腐病	<i>Erwinia carotovora</i>
根 菜	ダイコン	萎黄病	<i>Fusarium oxysporum</i>
	ジャガイモ	そうか病	<i>Streptomyces scabies</i>

ル剤、クロルピクリン剤などの土壌くん蒸剤による土壌消毒が有効な方法として広く使用されている。しかし、土壌くん蒸剤は殺菌効果が高い反面、人畜に対する毒性や刺激臭が強く、施用作業に困難がともなう。また、土壌くん蒸剤は病原性微生物のみならず土壌中の有用微生物も殺すため、消毒後は土壌が持つ病原性微生物に対する緩衝能が壊れ、かえって土壌病害が増えてしまうケースもある。

このような背景から、環境に配慮し安全性が高くかつ土壌病害に有効な防除法の確立が求められている。なかでも近年、自然界に存在する病原性微生物に拮抗作用を有する微生物を活用する研究が盛んである。しかし、人為的に培養した微生物を自然界の土壌に定着させることは難しく、実用的な効果を示したものは必ずしも多いとは言えない。

一方、土壌中には植物の根圏に生息して、植物の生育を促進する作用のある菌類が存在する。岐阜大学農学部 百町 満朗教授はそれらを総称して植物生育促進菌類(Plant Growth Promoting Fungi、以下PGPFと呼ぶ)と名付けた。また、多くのPGPFは生育促進ばかりでなく植物の耐病性を向上させる作用も確認された<sup>4)</sup>。このように植物の生育促進及び耐病性の向上という二つの作用を持つPGPFは人為的な施用によって作物の根圏で増殖し、実際場面においても植物の生育促進と土壌病害の発生を軽減する可能性が期待された。

当社は百町教授と共同研究を行い、PGPFの中から特に優れた効果を有する菌株を選抜するとともにその開発に向けて鋭意検討を重ねた。その結果、1999年5月に植物生育促進菌類(PGPF)入り資材(以下PGPF資材と呼ぶ)を上市するに至った。

本稿ではPGPF資材の開発経緯および基礎効力ならびに現地農家圃場での検討結果について報告する。

## PGPFの探索

岐阜大学農学部 百町教授の研究室では、コウライシバ、コムギ、トウモロコシ、ナス、ピーマンの根圏・根面からPGPFの分離を試み、合計1399株の菌類を分離した。次に以下の方法により分離した菌株の植物の生育に及ぼす効果を調査した。

① 培地として各分離菌株を培養した大麦種子を2%(w/w)となるように砂壌土に混和しプラスチックポットに入れる。② そこにペントグラス種子(品種ペンクロス)を播種し、温室で4週間栽培し乾物重を測定する。③ 菌を生育させていない大麦種子のみを加えた土壌を対照として、ペントグラスの乾物重が対照より有意に高い分離菌株をPGPFとする。

調査の結果、1399株のうち44.2%に当たる619株がPGPFと認められた。さらに同様な評価試験を続けてPGPF 619株の中から特に生育促進効果の優れた32菌株を選抜した。これらの菌株について生育促進効果を調査した結果の一部を第3表に示す。供試した菌株はペントグラスばかりでなくキュウリ、コムギ及びトマトに対しても生育促進効果が認められ、なかでも*Phoma*属菌株処理区の生育指数は4.5~5.0と最も高く、かつ供試した何れの植物に対しても安定した効果を示した。

第3表 各種PGPFのキュウリ、コムギ、トマトに対する生育促進効果

菌株名	キュウリ	コムギ	トマト
<i>Phoma</i> sp. GS-8-2	4.5 a	5.0 a	5.0 a
<i>Phoma</i> sp. GS-12-2	4.5 a	5.0 a	5.0 a
<i>Fusarium</i> sp. GF-19-3	4.0 ab	4.0 a	3.0 bcd
<i>Fusarium</i> sp. GF-19-1	3.0 abc	4.0 a	4.5 ab
<i>Penicillium</i> sp. GP-15-1	2.5 abc	5.0 a	4.5 ab
<i>Trichoderma</i> sp. GT-2-5	4.0 ab	4.0 a	1.0 e
対照	1.0 c	1.0 b	1.0 e

\*1 表中の数値は生育指数(1-5)で、1が栄養を含まない土壌と生育が同じ、3が圃芸培土と生育が同じ、5が圃芸培土の生育を顕著に上回るで評価した。

\*2 アルファベットは、ダンカン多重検定において同一英文字間に有意な差が認められないことを示す。

さらに選抜した菌株が植物の耐病性の向上に及ぼす効果を調査した。その結果、生育促進効果と同様*Phoma*属の菌株が最も安定した効果を示した。例えば苗立枯病菌の汚染土壌に各種PGPFの培養大麦種子を混和しキュウリを栽培した場合、*Phoma*属菌の施用区が最も発病程度が低かった(第4表)。

**第4表** キュウリ苗立枯病菌(*Rhizoctonia solani* AG2-2)と各種PGPF混和土壌におけるキュウリ苗の生育

試験区	発病程度
<i>R. solani</i> (病原菌のみ)	2.36 a
<i>R. solani</i> + <i>Phoma</i> sp. GS-10-2	0.36 d
<i>R. solani</i> + <i>Trichoderma</i> sp. GT-3-2	0.94 c
<i>R. solani</i> + <i>Fusarium</i> sp. GF-19-1	1.42 b
<i>R. solani</i> + <i>Penicillium</i> sp. GP-17-2	1.00 bc

\* アルファベットは、ダンカン多重検定において同一英文字間に有意な差が認められないことを示す。

## PGPF資材の製品化と基礎効力評価

当社は前述したPGPFの探索結果から *Phoma* 属菌に着目し、その中から最も効果の高い1菌株を選定するとともに、その実用化研究に着手した。微生物資材の実用化には低コストの培養基材を用いた増殖技術の確立と増殖した微生物の安定化がポイントである。筆者らは種々の培養基材と増殖条件を検討して、安価で工業的な増殖技術を確立することに成功し、PGPF資材として製品化した(第5表)。

ここでは、PGPF資材の植物の生育促進及び耐病性向上に関する基礎効力と作用メカニズムについて報告する。

**第5表** PGPF資材の製品概要

商品名	根剛力* <sup>1</sup> 、デカソイル* <sup>2</sup>
形状(粒径mm)	①粒(2.0~6.0) ②細粒(0.5~2.0) ③粉(0.5以下)
色	黒褐色
特長	① 植物が病気に罹りにくくなる。 ② 植物の生育を旺盛にする。
使用法	① 農業本圃：10a当たり150~200kgを土壌表面に均一に散布し、全層に混和する。 ② 育苗：用土1L当たり10gを均一に混和し、播種・移植する。 ③ 芝生：10a当たり150~200kgを芝生表面に均一に散布し、灌水する。

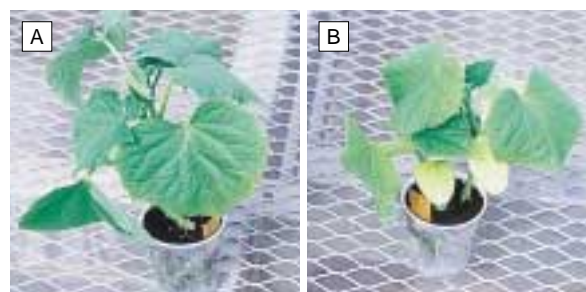
\*<sup>1</sup> は住友化学工業(株)の登録商標

\*<sup>2</sup> は(株)アグロスが商標出願中

### 1. 生育促進効果

園芸培土にPGPF資材を混和して直径11cmのプラスチック製カップに充填し、そこにキュウリ(品種：聖護院青長節成)の種子を播いてガラス温室内で栽培した。播種21日後に葉数、葉色、草丈を測定した。その結果、PGPF資材区では葉数が多く、葉色が濃く、草丈が高く、無施用と比較して明らかな生育促進効果が認められた(第1図)。

**第1図** キュウリ育苗での生育状況



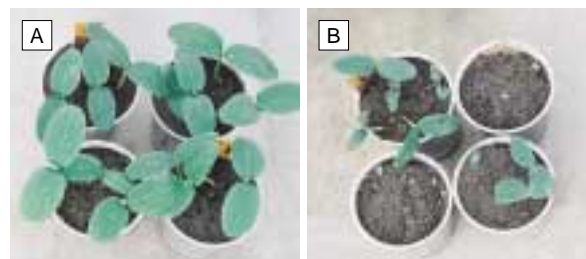
A : PGPF 資材

B : 無施用

### 2. 耐病性向上

山土に苗立枯病菌(菌名;*Pythium aphanidermatum*)のふすま培養物とPGPF資材を混合して、キュウリ(品種：聖護院青長節成)の種子を播き、ガラス温室内で栽培した。対照として、苗立枯病菌を混合した土壌のみの試験区(無施用区)を設けた。試験の結果、PGPF資材区は無施用区と比較して健全な苗の本数が明らかに多かった(第2図)。

**第2図** 苗立枯病菌接種土壌におけるキュウリの生育状況



A : PGPF 資材

B : 無施用

### 3. 作用メカニズム

植物根と土壌の接触界面である根圏では植物根の分泌物などの栄養分を利用して多数の微生物が生息している。一方、植物は微生物が分解した有機物を栄養分として利用する。従って、根圏には有用微生物及び病原菌を問わず微生物の種類・密度が格段に多い。一般に根圏に定着する能力が高い微生物ほど植物との相互作用が大きいと考えられる。

第3図はPGPF資材を混和した培土で栽培したキュウリの根を分離したもので、根の周りに *Phoma* 属菌の菌糸(白い部分)が確認できる。このようにPGPF資材に含有している *Phoma* 属菌は植物の根圏に定着することにより、① 根圏土壌の有機物を分解し植物が養分を吸収することを助ける、② 根圏土壌の保水性、通気性などの物理性を改善する、③ 根を保護し病原菌が根へ侵入しにくくなることが推察されている。

また、近年の研究によると *Phoma* 属などのPGPFが作物に病害に対する免疫を誘導し、作物が病気に

第3図 キュウリ根圏でのフォーマ菌の菌糸



罹りにくくなることも確認されている<sup>5)</sup>。PGPFの作用メカニズムについては未解明な部分もあり、今後の研究の進展が期待される。

### 現地農家におけるPGPF資材の実用性試験

温室レベルの基礎効力試験につづき、PGPF資材の実際の圃場における植物の生育促進及び耐病性の向上に及ぼす効果を確認することを目的として、全国各地の農家、ゴルフ場などで試験を行った。その結果、PGPF資材の施用は、①多くの作物において苗の生育を促進する(健苗の育成が図れる)、②主にナス科作物の土壤病害に対する耐病性を安定して高めることが確認された。

ここでは、キャベツの育苗及び土壤病害発生圃場でのナス及びタバコの生育に対する効果を代表例として紹介する。

#### 1. 苗の生育促進効果

##### (1) 育苗技術

「苗半作」と古くから言われるように育苗は重要な技術であり、多くの作物で苗の良否が作柄を決めると言って良い。特に近年、高値出荷をめざして促成栽培や抑制栽培が多くなり低温下あるいは高温下で短期に健苗を育成することが求められ、健苗の育成が一層重要となっている。その一方、育苗は細めな管理が必要であり労力がかかるため省力化も求められている。

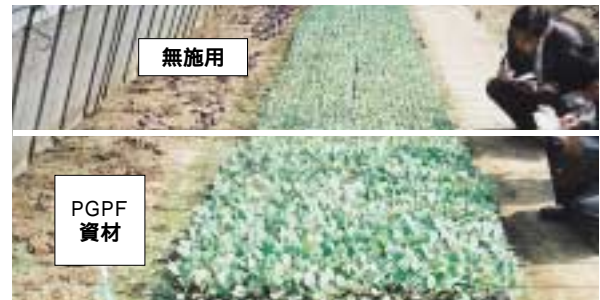
筆者らは育苗におけるPGPF資材の効果を確認することを目的としてキャベツの試験を福島県西白河郡の農家で行った。キャベツの作型は春播き、夏取りである。この農家は農作物の他に畜産も併営していることから育苗時期は比較的忙しく、育苗の重要性は認識しながらも出来る限り省力化できないかを検討していた。

そこで、PGPF資材を10g混和した市販の園芸培土1kgにキャベツ種子を播種し育苗した。その結果、PGPF資材区のキャベツ苗は「根張りが良くなる」「葉数が増える」など生育が促進された(第4図)。この結果、従来行われていた育苗方法より7日程度育苗期

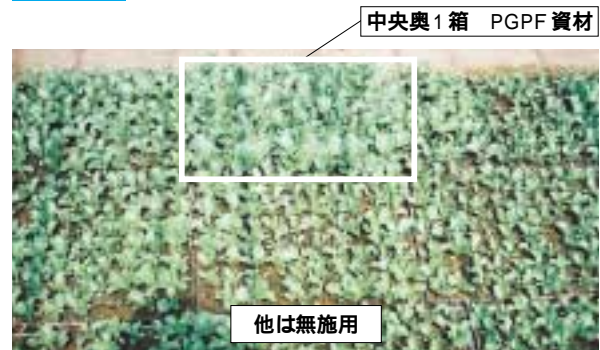
間短縮され、健苗が短期に育成された。

この他、レタス(第5図)、ハクサイ、トマト、ナス、キュウリなどの野菜類やマリーゴールド、シクラメンなどの花卉類の育苗でも生育促進効果が確認されている。また、本圃場に施用した場合においてもダイコン(第6図)やネギ(第7図)などで生育促進効果が確認されている。

第4図 キャベツ育苗での生育状況



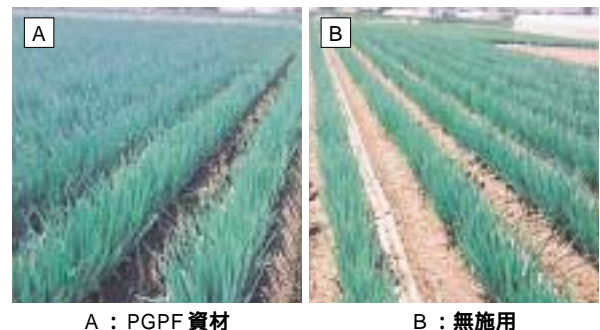
第5図 レタス育苗での生育状況



第6図 ダイコンに対する生育状況



第7図 ネギに対する生育状況



第8図 ナス青枯病



## 2. 土壌病害発生圃場での作物の耐病性向上

### (1) ナス青枯病発生圃場

#### ① ナス青枯病とは(第8図)

連作により多発する土壌病害でありナスの難防除病害の一つである。病徴は、高温期に株の一部の葉が水分を失って青いまま萎凋する。その後株全体が萎れて、ついには枯死する。発生後1週間程度で枯死するので被害は大きく、2週間程度で圃場の50%以上が枯れてしまうことも珍しくない。病原菌は *Pseudomonas solanacearum* で、ナス以外にもトマト、ピーマン、タバコ等のナス科作物を侵す多犯性細菌である<sup>6,7)</sup>。

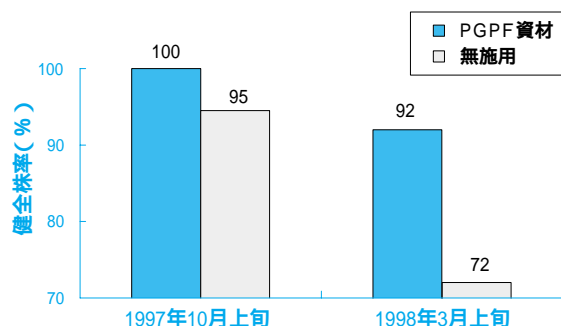
#### ② 地域の概況

試験は1997年に岡山県児島郡の農家圃場で行った。当地域は1950年に農水省直轄による事業として海面干拓され入植がなされた。土壌は細粒グライ土に属し、干拓地特有の重粘で塩基類に富んだ土壌である。入植当初はコムギ、ワタ、スイカ、ダイズなどの比較的耐塩性の高い作物が栽培されていた。現在はイネの他に、収益性の高い作物としてレンコン、ナスが中心に栽培されている。ナスに関しては栽培面積が約30ha、代表品種が千両、作型はハウス促成栽培で定植時期が8月中旬から9月下旬、収穫期が10月中旬から翌6月下旬である。近年、連作による土壌悪化により青枯病が多発傾向にあり各農家はその対策に苦心している<sup>8)</sup>。

#### ③ 現地農家の概況

試験を行った農家はこれまで20年以上ナスを栽培しているベテランであり、収量に関しては地区の平均以上で品質も良好であった。しかし、連作の結果として青枯病の発生が次第に深刻になった。対策としてクロルピクリンなどによる土壌処理を行ったが、病原菌を完全に死滅させることは出来ず青枯病を十分に抑えることは出来なかった。他のハウスで輪作することが最善と考えられたが、冬期の栽培を可能とす

第9図 ナス青枯病発生圃場におけるPGPF資材の効果



\* 健全株率 = 健全株数 / 調査株数

る大型暖房機が設置されているハウスは限られており、また収益性の高いナスは毎年作りたいという要望は高く、連作を前提とした対策を講じる必要があった。

#### ④ 試験状況

1997年7月にあらかじめクロルピクリンによる土壌処理を行った後、1997年8月上旬にPGPF資材を10a当たり200kg施用した。同時に、元肥として化成肥料を10aあたり窒素成分として33.4kg施用した。PGPF資材施用10日後の8月中旬に抵抗性台木品種「台太郎」に接いだ千両ナスを定植した。なお、収穫期間は9月下旬から翌6月下旬であった。

結果を第9図に示す。1997年10月上旬の調査では、無施用区には青枯病の発病株が認められたがPGPF資材区の樹勢は旺盛で発病株は認められなかった。1998年3月上旬の調査における健全株率はPGPF資材区で92%、無施用区では72%であった。従って、PGPF資材は圃場レベルにおいても耐病性の向上に効果を有することが示された。

また、PGPF資材区は無施用区と比較して樹勢が旺盛になった。この結果、果実の玉伸びが良く、奇形果の発生が減少して品質向上の面でも効果が認められた。

この事例ではPGPF資材区の健全株率が無施用区より20%高まった。これはナスの平均収量、価格<sup>9,10)</sup>から換算すると10a当たり2.4t、62万4千円の差である。すなわち、PGPF資材区を施用することにより10a当たり約60万円の減収を避けられたと言える。

### (2) タバコ立枯病発生圃場

#### ① タバコ立枯病とは(第10図)

連作によりタバコに発生する難防除病害の一つで、病徴は、まず根が侵されて下位葉が萎凋黄化する。病勢が進行すると萎れのある側の茎が縦に黄色く退色し、やがて部分的に縦に長く黒褐色の条斑が現れる。気温が20以上となる頃より発生し、梅雨期後30前後の気温が続く頃に蔓延しやすい。病原菌

第10図 タバコ立枯病



はナス青枯病と同種の *Pseudomonas solanacearum* である<sup>11)</sup>。

#### ② タバコ栽培の概要

タバコはナス科タバコ属に分類され、原産地は南アメリカのポリビア・アルゼンチンの国境地域である。日本では17世紀初期から鹿児島県で栽培が始まり、しだいに全国に広まった<sup>12)</sup>。1998年度の全国の作付面積は25,300ha、収穫量は64,000tである<sup>13)</sup>。栽培は各地域で若干の違いはあるが、概ね春早く育苗して本畑に定植し夏収穫する。近年、タバコも連作される傾向にあり、立枯病が問題になっている。

#### ③ 現地農家の概況

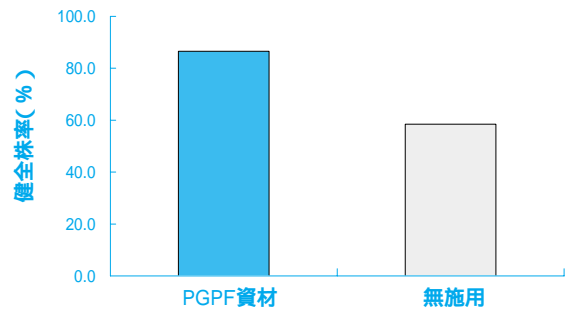
試験は1999年に石川県珠洲郡の農家圃場で行った。この地区では約100haの面積にタバコが栽培されている。近年、連作により立枯病の発生が認められるようになった。今回試験を行った農家は堆肥舎を所有し自ら堆肥を作って施用するなど土づくりに努めており、立枯病対策として土壌の生物相を破壊する恐れのある土壌くん蒸剤は使わない方針であった。従って、土壌くん蒸剤以外の有効な方法を模索している状況であった。

#### ④ 試験状況

1999年4月15日にPGPF資材を10aあたり150kg土壌に全層混和した。その後、畝立てを行いマルチを展張し、タバコ苗を定植した。調査は1999年8月5日に行った。試験区の面積は1区5.0a(300株)である。

試験の結果、PGPF資材区の健全株率は無施用区と比較して30%程度高く明らかな耐病性向上が認められた(第11図)。なお、PGPF資材区には活着が良い、葉色が濃いなどの生育促進効果も認められた。

第11図 タバコ立枯病発生圃場におけるPGPF資材の効果



\*健全株率 = 健全株数 / 調査株数

#### (3) その他の事例

この他、ナス科の作物として、ピーマン疫病(兵庫)やナス半身萎凋病(山梨)の発生圃場においてPGPF資材は優れた効果を示している。また、*Phoma*属菌はコウライシバの根圏から分離されたものであるが、実用場面においても同じ種類の芝であるペントグラスで葉腐病に対する耐病性の向上効果が認められた(兵庫)(第12図)。

第12図 葉腐病が発生した芝地におけるPGPF資材の効果



#### おわりに

この他にも、PGPF資材は様々な作物の育苗、本圃栽培などにおいて多様な利用法が考えられる。現在も、各地域各作物の栽培体系に適した使用法の確立を目指し鋭意検討を進めている。本研究によりPGPF資材が土壌病害発生圃場での植物の耐病性向上や健苗の育成の一助となれば幸甚である。

本研究の遂行にあたり、種々御教示いただいた岐阜大学農学部 百町 満朗教授、また本研究開始当初の基礎検討に従事された当社大分工場 伏見 進主席技師ならびに宇都宮大学農学部 関本 均助教授(元 住友化学工業(株))、また、製造検討において御尽力いただいた㈱イージーエス 藤田 員央技師長ほか本研究に

御協力頂いた関係の方々に、この場をかりて深く感謝いたします。

## 引用文献

- 1) 社団法人 農山漁村文化協会：農業技術体系 土壤施肥編 5 土壤管理・土壤病害1
- 2) 西尾 道德：先進型アグリビジネスの創造, 268, 272-27
- 3) 本間 善久：植物防疫 第47巻 第1号, 16-2(1993)
- 4) 百町 満朗：植物防疫 第48巻 第6号, 18 - 23 (1994)
- 5) 百町 満朗：日本農薬学会誌, 23, 422 - 426(1998)
- 6) 岸 国平 編：作物病害辞典, 307 - 308
- 7) 神納 淨 編：野菜の土壤病害
- 8) 農業技術体系 土壤施肥編 8 実家家の施肥と土づくり：社団法人 農山漁村文化協会
- 9) 農林水産省統計情報部 編：ポケット農林水産統計, 278 - 279
- 10) 農林水産省統計情報部 編：野菜作型別生育ステージ総覧280
- 11) 岸 国平 編：作物病害辞典, 170 - 171
- 12) 社団法人 農山漁村文化協会：文部省検定教科書「作物」
- 13) 農林水産省統計情報部 編：ポケット農林水産統計, 284

## PROFILE



大内 誠悟  
*Seigo Oouchi*  
住友化学工業株式会社  
農業化学業務室  
主席部員, 農学博士



大平 崇文  
*Takafumi Oohira*  
住友化学工業株式会社  
農業化学品研究所  
研究員

