

# 水田におけるイネ菌核病菌類の移動と年次変動

名城大学農学部植物病理学研究室 いながき きみはる あらかわ まさお  
稲垣 公治・荒川 征夫

## はじめに

*Rhizoctonia* や *Sclerotium* 属菌によって引き起こされるイネの菌核病類には、赤色菌核病（病原菌：*R. oryzae*）、褐色紋枯病（*R. solani* AG-2-2, III B）、灰色菌核病（*R. fumigata*）、褐色菌核病（*R. oryzae-sativae*）、球状菌核病（*S. hydrophilum*）等があり、中田ら（1939）は紋枯病（*R. solani* AG-1, IA）も菌核病の1種類としている。これらの菌核病には、イネでの発生部位、発生時期、病徴等いくつかの類似点があり、*Rhizoctonia* や *Sclerotium* 属菌による病害は病徴が相互に類似していることから、総称して疑似紋枯病と呼ばれることもあるが、本報告では中田ら（1939）の報告に基づいて菌核病と称する。病原菌は菌核形成を伴う点において共通し、菌核は褐色、灰色、赤色、黒色等で、イネの葉鞘表面や葉鞘組織内、茎内等に形成される。

イネ上に形成された菌核は、収穫後、刈株内やイネ株近くの土壌表面上に存在して翌春まで越冬・残存する。田植後、イネの生育につれて水面上に浮遊する菌核がイネ株に付着し、葉鞘上に菌糸を進展させてイネに感染・発病を引き起こす。このような、水田における菌核病の発生と病原菌との相互関係を知るのに、糸状菌の体細胞和合性（mycelial compatibility）に基づく菌株の類別調査の適用が考えられる。この調査は、水田より分離した病原菌の多くの菌株を対峙培養し、菌叢接触部における barrage zone（ADAMS, 1967; SONODA, 1982; WORRALL, 1997）観察を行う方法である。この場合、対峙培養用の培地を種々変えても調査結果は同様であり（INAGAKI, 1996）、また対峙培養結果は RAPD や micro-satterite 法による結果とほぼ一致することが紋枯病菌の調査によって知られている（濱田ら, 2003; 清ら, 2002）。したがって、このような類別調査によって得られた体細胞和合性群（MCG）は遺伝的類縁性の高い菌株の集団であるため、水田内や水田間でこの MCG を追跡調査することによって病原菌の水田における動態解析が可能となる。本報では、各種菌核病菌の水田内、水田間に加えて、年次間の質的変動について解説する。なお、*Rhizoctonia* 属菌の体細胞和合性群は、これまで VCG, 系統, クローン等と呼ばれてきたが、本報では MCG に統一した。イネの

各種菌核病およびこれら病原菌の概要については、総説（稲垣, 2001; 堀, 1991; 野中ら, 1990; SNEH et al., 1991）に詳しく記されている。

## I 水田内での菌核病菌の移動

### 1 イネ株内での菌核病発生と MCG 数

イネの1株には多くの菌核が到達して菌核病が引き起こされると考えられるが、まず、MCG レベルで1株内での菌核病発生状況を見た。褐色菌核病発生イネ株内の多くの病斑から病原菌を分離した結果、分離菌株の97%がほぼ同一の菌叢形態を示し、灰色菌核病菌、赤色菌核病菌の場合には、この割合はそれぞれ86, 100%であった（表-1）。同一菌叢を示す菌株間では、ほとんどの場合、菌糸融合（生越, 1976）が完全融合を呈したことから、これらの菌株は同一の MCG と考えられる。すなわち、褐色菌核病や灰色菌核病の発生は1株内では原則として1種類の MCG によると推察される。紋枯病の場合、1株内で1~6種類の MCG が観察されたが、分離総菌株数の77%が同一 MCG であったことから、1株内での紋枯病発生も褐色菌核病等の場合と同様であることが判明した。

なお、イネ株には1種の菌核病菌のうち、いくつかの MCG がイネの異なる生育時期に到達し得るが、紋枯病菌の場合、出穂期（8月下旬）の約2か月前（分げつ初期）に一つの MCG がイネ株内で感染・発病を引き起こすと、それ以後に他の MCG がイネに到達しても、後からの MCG による出穂期イネでの発病は極めて少ないことが接種実験によって明らかにされている（郭ら, 2003）。

表-1 イネ1株内の各種菌核病病斑より分離した各種菌核病菌菌株の菌叢類似性と1株当たりの MCG 数

菌種	調査イネ株数	菌株総数	1株当たりの菌株数	同一菌叢割合 (%) <sup>a)</sup>	1株当たりの MCG 数	最優先 MCG 率 (%) <sup>b)</sup>
灰色菌核病菌	35	386	11	86	— <sup>c)</sup>	—
褐色菌核病菌	54	1,270	24	97	—	—
赤色菌核病菌	5	90	19	100	1.0	100
紋枯病菌	17	—	—	—	2.5	77

<sup>a)</sup> ジャガイモ煎汁寒天培地上で14日間培養後に調査。 <sup>b)</sup> [(株内で最も多い MCG に所属する菌株数)/(総分離菌株数)] × 100。

<sup>c)</sup> 未調査。

Movement and Annual Vicissitude of Rice Sclerotial Disease Fungi in Paddy Fields. By Kimiharu INAGAKI and Masao ARAKAWA  
(キーワード: イネ菌核病菌, 個体群, 分布, 発病, 水田)

2 水田内での病原菌の分布

イネの登熟期に、5～10aの水田(愛知県東郷町、日進市内)で約5m間隔に30～40地点を設け、各地点(イネ株数にして約20～25株の占める小範囲)から菌核病病斑を採集し、病原菌を分離することによりMCG数を調べた。灰色菌核病(発生面積:60%)、褐色菌核病(40～70%)、紋枯病(80%)では1水田当たりMCG数は13～34種類であったが、赤色菌核病(10～40%)では2～6種類と少なかった(表-2)。このように、赤色菌核病以外では、水田で1種類の菌核病が発生する場合には、非常に多くのMCGが関与していることが判明した。このMCGの水田内の分布範囲は(1)1～2地点のみのものと、(2)5～22地点のものがあり、褐色菌核病菌と紋枯病菌の場合、前者(1)は調査総MCG数のうちの70～79%に及び、後者(2)は13～17%であった(表-3)。このことは、大半のMCGの分布範囲が5～10m四方内であり、一部のMCGが40～50m離れた地点へも分布することを示している。

3 共通MCGの分布の特徴

1種類のMCG(3けたの数字で表示)が水田内の複数の地点で認められる場合(以後、このようなMCGや異なる水田間および年次間で確認される同一のMCGを共通MCGと呼ぶ)、この共通MCGが水田内でどのように分布するのかを紋枯病菌について調査した。図-1に示したように、共通MCGの一つである005は水田内

の離れた地点で確認される場合もあったが、001, 004, 007等の共通MCGはそれぞれが隣接する2～4地点で確認されることが多かった。一部の共通MCGでは水田内の1/3～1/2を占める10～20地点で見られる場合もあった。このことは、共通MCGは水田内で不規則に点在して分布することもあるが、多くの場合互いに隣接する、もしくは近隣に存在する傾向があることを示している。

II 水田間での菌核病菌の移動

1 褐色菌核病菌

愛知県東郷町内にあるTO, TKの2水田(イネ品種と面積はTO:‘黄金晴’, 5a; TK:‘日本晴’, 6a)で、1986年と87年のイネ登熟期(9月下旬)に採集した褐色菌核病病斑から病原菌を分離してMCG数を調べた。なお、TO水田とTK水田との間には別の1水田があって互いに20m離れており、TO水田は約1m高い位置にあるため、水はTO水田よりTK水田方向へ流れる。1986年には、TO水田で確認された20種類のMCGのうち5種類がTK水田の12種類中の5種類と共通し、また1987年にはTO水田の9種類とTK水田の16種類の間で3種類が共通していた(稲垣ら, 1992)。このように、両年ともに上水田から下水田へ褐色菌核病菌の移動が確認された。

2 赤色菌核病菌

前記のTO, TK水田(水田名は変更してある)を含む東西:約150m, 南北:250m内に存在する19水田

表-2 各種菌核病発生水田におけるMCG数

菌種	調査水田	調査地点数 <sup>a)</sup>	菌核病発生地点数(発生率%)	分離菌株数	MCG数
灰色菌核病菌	KS	35	22 (63)	47	27
	TO	35	22 (63)	70	34
褐色菌核病菌	KS	35	15 (43)	35	13
	GS	30	22 (73)	71	24
赤色菌核病菌	TO	35	5 (14)	14	6
	NE	50	22 (44)	45	2
紋枯病菌	TW	40	30 (75)	85	28
	TM	40	31 (78)	99	14

<sup>a)</sup> 水田内を約5m間隔で設定。

表-3 各種菌核病発生水田におけるMCGの分布状況

菌核病	水田	MCG数					計
		1 <sup>a)</sup>	2	3	4	5～22	
褐色菌核病	TO	18	4	5	1	7	35
	TK	8	6	7	1	3	25
紋枯病	TW	83	20	7	4	17	131

<sup>a)</sup> 水田内の地点数。

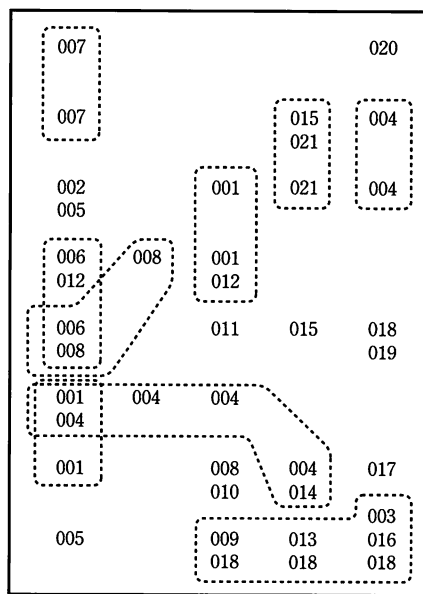


図-1 水田における紋枯病菌の共通MCGの分布様相(1990年、表-5参照)

(A～S水田、各水田の品種名は不明)で、1981～90年に赤色菌核病菌のMCG分布調査を行った。図-2において、3桁の数字で示したMCGのうち1, 2桁目が同一数字であるものを共通MCGとしたが、本調査期間中で3種類の共通MCG(2, 5, 15)が異なる水田で分布していることが判明した。15はB(1989年), G(1986, 90年)など7水田, 5はA(1990年), B(1989年)など6水田, 2はO(1981～87年), F(1984年)の2水田で確認された。これらのうち, 5は1989年に約50～150m離れたB, J, Nの3水田で, また15も1989年に約170m離れたB, J, K, N, Qの4水田で見られた。調査地域は南が高く北が低い地形となっているため, これらの結果は赤色菌核病菌が同一年あるいは異なる年に水田水による移動があったことを示している。

3 水田内で確認されるMCGの構成様相

前述のように, イネが登熟期である水田では毎年多くのMCGが確認されるが, これらのMCGが前年までに既に存在していたものか, また新しいものかを調査した。褐色菌核病菌のMCGについて, 2水田(6～7a, 各35地点を設定)で1983～89年の間の3～5年間調査した結果(平均)では, 既存MCGは25～41%, 新MCGは59～75%であった(表-4)。また, 紋枯病菌の場合には, 既存MCGは21%, 新MCGは79%であった。このように, 毎年水田内で発生している褐色菌核病や紋枯病は, その水田内で前年度以前より既に存在しているMCGと隣接水田より新しく入ってくるMCGと

によって引き起こされ, その割合は後者のMCGが著しく高いと推察される。

III 菌核病菌の年次変動

1 MCGの年次推移および生存期間

1981～89年の9年間, イネが登熟期である6aの水田において, 病斑からの分離菌株を用いて赤色菌核病菌のMCG推移を調査した。調査期間中に11種類(101～611)のMCGが確認され, このうち101, 102, 103の3種類(27%)は途中の1～2年間確認されないこともあったが, 6～9年間認められた。一方204, 306等の6種類(55%)は1年間認められただけであった(表-5)。褐色菌核病菌の調査(水田: 6a)では17種類(1983年)のMCGのうち5種類(29%)が5年間, 3種類(18%)が2～4年間, 9種類(53%)が1年間のみ確認された。紋枯病菌の1990～94年の5年間の調査(水田: 7a)では, 1990年と91年に確認された21～23種類のMCGのうち, 1種類(4～5%)が4～5年間, 17～20種類(81～87%)が1年間のみであった(稲垣ら, 1992; 郭ら, 2003)。これらの結果から, 前述のようにMCGには水田内で1年のみしか生存・発病し得

表-4 各種菌核病発生水田での既存MCGと新MCGの数および分布地点数

菌種	水田	菌核病発生地点数	既存MCG <sup>a)</sup>		新MCG	
			数(%) <sup>b)</sup>	分布地点数(%) <sup>c)</sup>	数(%)	分布地点数(%)
褐色菌核病菌	TO	—	26 (41.3)	—	37 (58.7)	—
	TK	—	17 (25.3)	—	50 (74.6)	—
紋枯病菌	TW	108	18 (20.7)	76 (47.5)	69 (79.3)	69 (43.1)

<sup>a)</sup> 既存および新MCGともに3～5年間調査における総数。  
<sup>b)</sup> 総MCG数に対する割合。<sup>c)</sup> 総調査地点数に対する割合。

表-5 水田における赤色菌核病菌MCGの年次推移

1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1989
101 <sup>a)</sup>	101	—	—	101	101	101	101
102	102	—	102	102	102	102	—
103	—	—	103	—	103	—	—
—	204	305	305	—	—	—	—
—	—	306	407	—	407	—	—
—	—	—	408	—	610	—	—
—	—	—	409	—	611	—	—

<sup>a)</sup> 各MCGは3桁の数字で表示し, 3桁目は最初の確認年次を示す(1: 1981年, 2: 1982年等)。同一No.は共通MCGであることを示す。

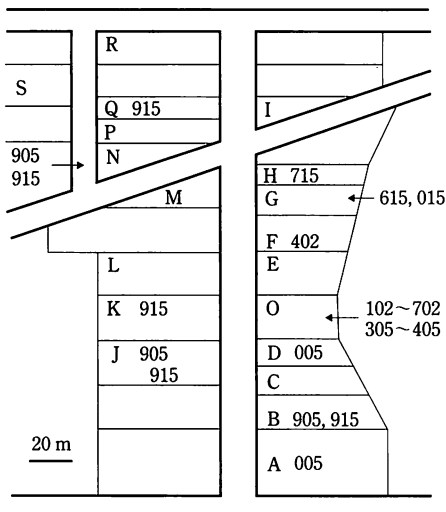


図-2 近隣水田における赤色菌核病菌の共通MCGの分布様相

3けたの数字で示したMCGの3桁目の数は, 1981～90年の年(1: 1981年, 9: 89年等)を表し, 1, 2桁が同一No.は共通MCGであることを示す。

ないものの割合が著しく高いと推察される。ただし、水田内で長年月にわたって確認された MCG が断続的に見られる場合があったのは、この MCG が実際にイネに病気を引き起こしていなかったことのほかに、発病しても水田内での発病範囲が極めて狭いため確認できなかった可能性も考えられる。また、水田内で2～3年連続して共通 MCG が確認されると、その場(地点)はいずれの菌核病菌も毎年異なる場合が多く(稲垣ら, 1992; 郭ら, 2003), これは収穫後や田植後の耕起, 降雨や水の出入などに起因していると考えられる。

## 2 水田内での菌核病菌の生存とその後の菌核病発生

通常、菌核病はイネ生育後期に発生し、イネ上に形成された病原菌菌核は株内や株周辺の土壌上に落ちて翌春まで越冬の後、田植によって持ち込まれたイネの生育につれて、再度菌核病発生が起こる。この過程を知るために1991～92年、2水田の各40地点において田植前の時期(3月上旬)に刈株と土壌表層を、またイネ登熟期(9月下旬)に紋枯病病斑を、それぞれ採集して紋枯病菌を分離し MCG 調査を行った。1991年のイネ登熟期に28種類の MCG が確認され、このうちの12種類(43%)が翌年の田植前期に再度見られた(INAGAKI, 1996)。さらに、田植前期には18～29種類が確認され、このうちの7～9種類(26～39%)が約半年後のイネ登熟期に再び確認された。また、1年目の田植前期には29種類の MCG が確認されたが、2年目のイネ登熟期にまで残存していたのは29種類のうち1種類(3%)のみであった。これらの結果は、MCG 数から見た場合、水田内でイネに紋枯病を引き起こしていた紋枯病菌が翌春まで残存する割合、さらに翌春に残存していた紋枯病菌が約半年後まで残存して発病する割合は、いずれも30～40%であることを示している。

## 3 MCG の生存期間とイネに対する病原性との関係

前述のように、水田内において赤色菌核病菌は9年間、褐色菌核病菌および紋枯病菌は5年間以上は生存していることがあることが判明した。そこで、生存期間の異なる赤色菌核病菌 MCG を用いてイネ(出穂期)に対する病原性を比較した結果、生存期間が2～9年間である MCG は1年間である MCG と比べ被害度(%), 発病率率(%)ともに高率であった(表-6)。さらに、褐色菌核病菌、赤色菌核病菌および紋枯病菌では、生存期間が長期間に及ぶ MCG は短期間のものに比べて、概して水田内での分布範囲が広い(稲垣ら, 1992; 稲垣, 1990; 郭ら, 2003)。したがって、菌核病菌の場合、イネに対する病原性が強い MCG はイネ上により多くの菌核を形成する可能性が高く、このことが病原菌の水田内での広範囲な拡散や、翌春までの高率な越冬・生存に有

表-6 水田において生存期間の異なる赤色菌核病菌 MCG のイネに対する病原力の比較

生存期間 (年)	供試 MCG 数	被害度 (%)	発病率率 (%)
2～9	6	17.8	23.9
1	14	8.5	13.2

利であると考えられる。

## おわりに

従来、水田における菌核病の発生と病原菌との関係は菌核数と紋枯病発生との間で調査されているが(岩田, 1964), これら菌核の水田内および水田間での移動を考慮して菌核病発生状況を詳しく見た研究はない。この点についての研究には、同一菌種内において高度な遺伝的類縁性を有する個体群の調査が極めて有効であることが実証された。この個体群調査によって特定の菌群の水田における追跡が可能となるため、水田内における各種菌核病菌の年次推移を見ることによって、これらの生存状況を把握することもできる。さらに、個体群間で水田内における分布様相や生存状況などが著しく異なっていたことから、特に褐色菌核病菌、灰色菌核病菌、紋枯病菌でもイネに対する病原性も含め菌種内多様性が考えられる。*Rhizoctonia* 属菌核病菌は有性世代が知られ担孢子を形成するが(深津ら, 1960; 鬼木ら, 1978), 水田内での病原菌の多様性や伝播に担孢子がどのように寄与しているのか、今後さらに詳細な研究が必要である。

## 引用文献

- 1) ADAMS, D. H. and L. F. ROTH (1967): Can. J. Bot. 45: 1583～1589.
- 2) 深津量栄ら (1960): 高知県農試報 2: 26～38.
- 3) 濱田奈穂ら (2003): 日植病報 70: 74 (講要).
- 4) 堀 真雄 (1991): イネ紋枯病, 日本植物防疫協会, 東京, 324 pp.
- 5) 稲垣公治 (1990): 日植病報 56: 443～448.
- 6) INAGAKI, K. (1996): Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 62: 386～392.
- 7) ——— (1998): Mycoscience 39: 391～397.
- 8) 稲垣公治 (2001): 名城大農学報 37: 57～66.
- 9) ———・内記 隆 (1987): 日植病報 53: 516～522.
- 10) ———・磯村嘉宏 (1992): 同上 58: 340～346.
- 11) 岩田和夫 (1964): 同上 29: 59～60 (講要).
- 12) 郭 慶元ら (2003): 日植病報 69: 212～219.
- 13) ——— (2004): 名城大農学報 40: 53～60.
- 14) 清多佳子ら (2002): 日植病報 68: 191 (講要).
- 15) 中田覚五郎・河村栄吉 (1939): 農林省農事改良資料 139: 1～176.
- 16) 野中福次ら (1990): 植物防疫 44: 316～319.
- 17) 生越 明 (1976): 農技研報告 C30: 1～63.
- 18) 鬼木正臣・酒井隆太郎 (1978): 日植病報 44: 348～349 (講要).
- 19) SNEH, B. et al. (1991): Identification of *Rhizoctonia* species, APS Press, St. Paul, Minnesota, USA. 133 pp.
- 20) SONODA, R. (1982): Mycologia 74: 681～683.
- 21) WORRALL, J. J. (1997): ibid. 89: 24～36.