

根頭がんしゅ病菌・毛根病菌における 最新学名への読み替え

農業生物資源研究所 澤田 宏之
静岡大学 瀧川 雄一
元光産業創成大学院大学 牧野 孝ひろ

はじめに

根頭がんしゅ病菌や毛根病菌は、過去70年以上にわたって *Agrobacterium* 属のメンバーとして扱われてきた。しかし、本属の分類には問題点が多いことから、それらを順次解消することを目指して、様々な提案が段階的になされてきた。そのうち、現時点で命名規約上有効なもの、表-1に示したA, B, Cの三つの分類体系(以後、「システム」と表記する)に集約することができる。

各システムの学名は互いに大きく異なっているにもかかわらず、そのいずれもが互いに並行して使われており、研究の現場で混在しているのが現状である。そのため、情報が正確に伝わらないなどの混乱も起きている(澤田ら, 2014)。

しかし、最近になってその情勢に変化が生じ始めており、後述するように細菌分類学分野ではCシステムが主流になりつつある(澤田ら, 2014)。一方、植物病理学分野では、Cシステムに関する情報が広く共有されているとは言い難い状況であり、いざCシステムを使おうと思っても、とまどう場面が多いように思われる。

そこで本稿では、分類の変遷について簡単に解説した後、これまで我が国で記載されてきた根頭がんしゅ病・毛根病の病原学名に、Cシステムを実際に当てはめてみた。すなわち、日本植物病名目録第2版(日本植物病理学会・農業生物資源研究所, 2012)および同追録(日本植物病理学会, 2014)(以後、両者を合わせて「病名目録」と表記)に収録されている両病害の病原学名のうち、Cシステムが適用可能なものがどの程度あり、どのように読み替えができるのかを具体的に示した。本稿がCシステムに移行するうえでの一助となり、学名をめぐる混乱の解消に少しでも貢献できれば幸いである。

なお本稿では、根頭がんしゅ病菌や毛根病菌が含まれている菌種(AやBのシステムのもとで *Agrobacterium* 属細菌とされていた菌種)のことを、「植物病原性 *Rhizobium* 属細菌」と便宜的に総称する。

I 植物病原性 *Rhizobium* 属細菌をめぐる分類の変遷

1 これまでの大まかな流れ

根頭がんしゅ病菌・毛根病菌にかかわる分類体系は、これまでに大きな変遷を2回経てきている(表-1では上段にA, B, Cとして示した)(澤田ら, 2014)。このような学名の変遷過程を、我が国で分離例のある三つの菌種(表-1では左端に①, ②, ③として示した)に限ったうえで、新旧学名対照表という形でまとめたのが表-1である。本章では、この分類の変遷過程についてごく簡単に紹介したい。

(1) Aシステム(病原性に基づいた人為分類)

1942年に *Agrobacterium* 属が提案されるにあたり、属や種は「植物に対する病原性」に基づいて定義された(Conn, 1942)。すなわち、根頭がんしゅ病菌は「*A. tumefaciens*」, 毛根病菌は「*A. rhizogenes*」, 非病原菌は「*A. radiobacter*」としてまとめられた(表-1のA欄)。さらに1980年代の前半には、それぞれの種内に、変種レベルの分類階級である *biovar* (生理型)が設けられた(Kerstens and De Ley, 1984)。

(2) Bシステム(種レベルへの系統分類の導入)

その後の研究の進展によって、*biovar*は種レベルに相当する分類群であることが明らかとなってきた。そこで、各 *biovar*を種へと格上げすることが、筆者らなどによって1990年代前半に提案された(表-1のB欄)(Ophele and Kerr, 1990; Sawada et al., 1993)。

なお、表-1のグレーで示した分類群(B-①の区画)は、これまで「*A. tumefaciens*」と表記するのが適当であると考えられていた(Bouzar et al., 1994)。しかし、最近になって、B-①は「*A. radiobacter*」と表記すべきであるとの判断が国際原核生物分類委員会の裁定委員会によって下された(Tindall, 2014)。その結果、Bシステムのもとでは、「*A. tumefaciens*」という学名表記が使えなく

Update of Scientific Names of Crown Gall and Hairy Root Bacteria Isolated in Japan. By Hiroyuki SAWADA, Yuichi TAKIKAWA and Takahiro MAKINO

(キーワード: 根頭がんしゅ病, 毛根病, *Agrobacterium*, *Rhizobium*, genomovar, 学名, 植物病名目録, 農業生物資源データベース)

表-1 日本産の根頭がんしゅ病菌・毛根病菌のための新旧学名対照表^{a)}

種レベルの 分類群 ^{c)} (病原性タイプ)	分類体系 (システム) 特徴 ^{b)}	A	B	C
		病原性に基づいた人為分類 属・種レベルは 1942 年, biovar は 1980 年代前半に成立	種レベルへの系統分類の導入 1990 年代前半に成立	属レベルへの系統分類の導入 2001 年に成立
①	(根頭がんしゅ病菌)	<i>A. tumefaciens</i> biovar 1	<i>A. radiobacter</i> (Ti) ^{d)}	<i>R. radiobacter</i> (Ti)
	(毛根病菌)	<i>A. rhizogenes</i> biovar 1	<i>A. radiobacter</i> (Ri) ^{d)}	<i>R. radiobacter</i> (Ri)
	(非病原菌)	<i>A. radiobacter</i> biovar 1	<i>A. radiobacter</i> (nonpathogenic) ^{d)}	<i>R. radiobacter</i> (nonpathogenic)
②	(根頭がんしゅ病菌)	<i>A. tumefaciens</i> biovar 2	<i>A. rhizogenes</i> (Ti)	<i>R. rhizogenes</i> (Ti)
	(毛根病菌)	<i>A. rhizogenes</i> biovar 2	<i>A. rhizogenes</i> (Ri)	<i>R. rhizogenes</i> (Ri)
	(非病原菌)	<i>A. radiobacter</i> biovar 2	<i>A. rhizogenes</i> (nonpathogenic)	<i>R. rhizogenes</i> (nonpathogenic)
③	(根頭がんしゅ病菌)	<i>A. tumefaciens</i> biovar 3	<i>A. vitis</i> (Ti)	<i>R. vitis</i> (Ti)
	(非病原菌)	<i>A. radiobacter</i> biovar 3	<i>A. vitis</i> (nonpathogenic)	<i>R. vitis</i> (nonpathogenic)

^{a)} 同じ行にある学名同士は全く同じ実体を指し示している。したがって、ある菌株に付けられた学名は、同一行上の他の学名にそのまま読み替えることができる。

^{b)} それぞれの分類体系の特徴と、成立した年代を示した。詳細は澤田ら (2014) を参照。

^{c)} 根頭がんしゅ病菌/毛根病菌が含まれている菌種 (= 植物病原性 *Rhizobium* 属細菌 = 旧 *Agrobacterium* 属細菌) のうち、我が国では現時点で 3 種が確認されている。なお、世界的には 7 種が正式に記載されている (澤田ら, 2014)。

^{d)} グレーで示した分類群は、これまで「*A. tumefaciens*」と表記するのが適当であると考えられていた (BOUZAR et al., 1994)。しかし、「*A. radiobacter*」と表記すべきであるとの判断が国際原核生物分類委員会の裁定委員会によって下された (TINDALL, 2014)。

なってしまった。

(3) C システム (属レベルへの系統分類の導入)

近年になって導入された多相分類学的な研究手法によって、*Agrobacterium* 属 (病原細菌がまとめられた属) と *Rhizobium* 属 (根粒菌がまとめられた属) は、一つのカテゴリとしてまとめるのが適当であることがわかってきた。そこで筆者らは、これら二つの属を一つに統合し、新生「*Rhizobium* 属」とすることを 2001 年に提案した (表-1 の C 欄) (YOUNG et al., 2001)。

なお、B および C システムでは、各菌株の病原性タイプを示すために、以下のような表記が推奨されている (YOUNG et al., 2001; 2005)。すなわち、根頭がんしゅ病菌には *tumorigenic* という形容語を学名の前に付けるか、あるいは、学名の後に (Ti) を付記する。毛根病菌では学名の前に *rhizogenic*、あるいは学名の後に (Ri) を付ける。そして、非病原菌の場合には学名に *nonpathogenic* を付記する、とされている (表-1 の B, C 欄)。

2 C システムが使われるようになってきた

以上の三つのシステムのうち、C システムは科学的な合理性を備えており、しかも、分類のユーザーにとって利便性が高いという長所もある (澤田ら, 2014)。C システムの利点のうち、主なものを以下に示した。

(1) 明確かつ柔軟に菌株の位置づけ・特性が表現できる

「C システム」と前段に示した「病原性タイプの表記方法」とを組み合わせれば、「分類上の位置づけ」と「病原性タイプ」のいずれについても明確かつ柔軟に表現することが可能になる。すなわち、今後、新種に相当する植物病原性 *Rhizobium* 属細菌が見いだされたとしても、あるいは、既知種の中に新たな病原性タイプが出現したとしても、この仕組みを利用すれば、いずれの場合でもその位置づけ・特性が容易に表現できる。

(2) 分類が安定する

C システムにおける属や種の定義は、「病原性」や「根粒形成能」といったプラスミドに関連した性質には縛られていない。そのため、プラスミドの出入りに伴って「病原性」や「根粒形成能」にかかわる特性に変化が生じても、当該菌株の学名が変わってしまうことはなく、分類が安定するという利点がある。

(3) 学名の拠り所が明示されている

A と B のシステムではまったく同じ学名 (*A. radiobacter* と *A. rhizogenes*) が用いられているが、システムによって同じ学名がそれぞれ異なる実体を指し示している。例えば、「*A. radiobacter*」という学名は、A システムでは「非病原菌である」ということを示している。一方、B における「*A. radiobacter*」は「遺伝的なまとまり」

を示しており、その種内には根頭がんしゅ病菌・毛根病菌・非病原菌のいずれもが含まれている。そのため、どちらのシステムに依拠しているのかをはっきりと説明せずにこれらの学名を使うと、内容が誤って伝わる危険がある。一方、Cシステムでは属名 (*Rhizobium*) によってその拠り所が明示されているため、そのような説明がなくても、学名の指し示す内容について誤解を与える心配はない。

(4) 分子同定が適用できる

相同性検索や分子系統解析の結果に基づいて分離菌を同定する手法 (いわゆる分子同定) が、生態学分野を中心として広く利用されている。しかし、AやBのシステムでは、分子系統に基づいて分類体系が構築されていないため、この同定手法を用いても適切な判定結果が得られないことがある (澤田ら, 2014)。一方、Cシステムは分子系統に基づいて構築されているので、分子同定の適用が可能である。

以上のように、Cシステムには「科学的な合理性」と「道具としての利便性」の両面において利点があり、AやBが抱えていた様々な問題点が解消されている。そのため、近年になり、特に細菌分類学分野において使われるようになってきた。例えば、*International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 誌におけるここ数年の関連論文を調べてみると、Cシステムに基づいた学名表記が定着してきたことが確認できる。利点の多さを考えると、これからは応用科学の分野でも使われる場面が徐々に多くなっていくことが予想される。

また、農業生物資源ジーンバンク (以下、「ジーンバンク」,あるいは「GB」と表記する)をはじめとする様々な菌株保存機関においても、所蔵菌株の学名表記にCシステムが使われるようになりつつある (澤田ら, 2014)。例えば、ATCC (米), DSM (独), LMG (ベルギー), CIP (仏) といった欧米の主要な機関や、我が国のNBRC (製品評価技術基盤機構), JCM (理化学研究所) 等でも、既にCシステムに基づく学名表記に切り替わっている。

以上のような状況を勘案すると、他分野との情報交換に支障をきたさないようにするために、今後は植物病理学分野においても、学名表記をCシステムへと切り替えていくことが望ましいように思われる。

3 *R. radiobacter* における genomovar の類別

根頭がんしゅ病菌・毛根病菌の学名表記に関連して、今後、注意すべき点の一つがある。すなわち、*R. radiobacter* に属する菌株には遺伝的な多型が多いことから、その多型に基づき、*R. radiobacter* が現時点で少なくと

も12個の genomovar (遺伝子型; 変種レベルの分類階級) に細分されているという点である。しかも、これらの genomovar は将来、亜種,あるいは種レベルへと格上げされる可能性も指摘されている (PULAWSKA et al., 2012; 澤田ら, 2014; 鈴木氏・方岡氏, 私信)。

したがって、*R. radiobacter* に関しては、各菌株の genomovar レベルの所属まで明らかにしたうえで、その情報を学名とセットにして記録しておくことが重要である。そのような準備さえしておけば、将来、たとえ genomovar が亜種〜種に格上げされても、記録してあった genomovar の情報をもとに、当該菌株の学名を新しい分類体系における適切な学名へと簡単に読み替えることができるであろう (澤田・畔上, 2014; 澤田ら, 2014)。そこで、次章以降で紹介する学名の読み替えにおいても、*R. radiobacter* に関しては、genomovar レベルの情報も学名に付記することにした。

II 病原学名をCシステムへ読み替えるための準備

病名目録に記載されている根頭がんしゅ病・毛根病の病原学名を、Cシステムに基づいた表記へ読み替えるためには、その根拠となる情報を事前に収集・整理しておく必要がある。そこで、その作業を以下のようにして行った (表-2, 4のb, c欄)。

1 ジーンバンクにおける再同定作業 (表-2, 4のb欄)

ジーンバンクでは2013年に、所蔵している植物病原性 *Rhizobium* 属細菌244菌株を再同定したうえで、表示学名をすべてCシステムへと更新したところである (澤田ら, 2014)。再同定に供した所蔵菌株の中には、根頭がんしゅ病や毛根病が新病害として病名目録に採録される際に、「提案の根拠として用いられた菌株」 (以下、「根拠菌株」と表記) も含まれていた。このような根拠菌株の再同定結果は、表-2, 4の「根拠菌株等の再同定結果」欄 (b欄) に、学名に※を付したうえで示してある。このような場合は、当該病害の病原学名 (a欄) を、再同定結果 (b欄) に単純に置き換えれば、Cシステムへの読み替えができたことになる。

一方、ジーンバンクの所蔵菌株が根拠菌株ではない場合は、原宿主に対する病原性が接種試験によって確認されているものに限って、表-2, 4のb欄に学名 (再同定結果) が示してある。ただし、この場合は学名に※は付していない。この結果も前段の根拠菌株の場合と同様に、学名の読み替えにそのまま利用できるであろう。

2 根拠文献等からの分類情報の収集 (表-2, 4のc欄)

「病名目録に新病害が採録される際に、その根拠とされた文献」 (以下、「根拠文献」と表記) の中には、学名

表-2 Cシステムの学名へ読み替えることが可能な根頭がんしゅ病菌

宿主植物	a 病名目録の 学名表記 ^{a)}	読み替えるための準備		読み替えた結果	
		b 根拠菌株等の 再同定結果 ^{b)}	c 根拠文献等に記述 された分類情報 ^{c)}	d 更新学名 ^{d)}	e 文献 ^{e)}
アキノキリンソウ類	<i>A. tumefaciens</i>	<i>R. radiobacter</i> (Ti) genomovar G1	<i>R. radiobacter</i> (Ti) ※	<i>R. radiobacter</i> (Ti) genomovar G1	西ら (2008) ※, 澤田ら (2014)
ウメ	<i>A. tumefaciens</i>		<i>R. rhizogenes</i> (Ti)	<i>R. rhizogenes</i> (Ti)	菱池 (2012)
オウトウ	<i>A. tumefaciens</i>	<i>R. radiobacter</i> (Ti) genomovar G4		<i>R. radiobacter</i> (Ti) genomovar G4	澤田ら (2014)
		<i>R. rhizogenes</i> (Ti)		<i>R. rhizogenes</i> (Ti)	澤田ら (2014)
カナメモチ	<i>A. tumefaciens</i>		<i>R. rhizogenes</i> (Ti)	<i>R. rhizogenes</i> (Ti)	牧野 (1993)
		<i>R. vitis</i> (Ti)	<i>R. vitis</i> (Ti) ※	<i>R. vitis</i> (Ti) ※	(更新不要)
キウイフルーツ	<i>Rhizobium</i> sp. (Ti)	<i>Rhizobium</i> sp. (Ti) ※	<i>Rhizobium</i> sp. (Ti) ※	(更新不要)	澤田 (1994) ※, SAWADA and Ieki (1992) ※
キク	<i>A. tumefaciens</i>	<i>R. radiobacter</i> (Ti) genomovar G1 ※, G8	<i>R. radiobacter</i> (Ti) ※	<i>R. radiobacter</i> (Ti) genomovar G1, G8	太田・西山 (1984) ※, 澤田ら (2014)
サクラ類	<i>A. tumefaciens</i>	<i>R. radiobacter</i> (Ti) genomovar G4		<i>R. radiobacter</i> (Ti) genomovar G4	澤田ら (2014)
		<i>R. rhizogenes</i> (Ti)		<i>R. rhizogenes</i> (Ti)	澤田ら (2014)
シュッココンカスミノソウ	<i>A. tumefaciens</i>	<i>R. rhizogenes</i> (Ti) ※	<i>R. rhizogenes</i> (Ti) ※	<i>R. rhizogenes</i> (Ti)	牧野・森田 (1984) ※
スモモ	<i>A. tumefaciens</i>	<i>R. rhizogenes</i> (Ti)		<i>R. rhizogenes</i> (Ti)	澤田ら (2014)
タバコ	<i>A. tumefaciens</i>		<i>R. radiobacter</i> (Ti) ※	<i>R. radiobacter</i> (Ti) (genomovar は不明)	FURUYA et al. (2004) ※
ナシ	<i>A. tumefaciens</i>	<i>R. rhizogenes</i> (Ti)		<i>R. rhizogenes</i> (Ti)	澤田ら (2014)
バラ類	<i>A. tumefaciens</i>	<i>R. radiobacter</i> (Ti) genomovar G1	<i>R. radiobacter</i> (Ti)	<i>R. radiobacter</i> (Ti) genomovar G1	太田・西山 (1984), 牧 野・森田 (1985), 澤田 ら (2014)
		<i>R. rhizogenes</i> (Ti)	<i>R. rhizogenes</i> (Ti)	<i>R. rhizogenes</i> (Ti)	太田・西山 (1984), 牧 野・森田 (1985), 澤田 ら (2014)
ブドウ	<i>A. vitis</i>	<i>R. vitis</i> (Ti) ※	<i>R. vitis</i> (Ti) ※	<i>R. vitis</i> (Ti)	SAWADA et al. (1990) ※, 澤田 (1994) ※
		<i>R. radiobacter</i> (Ti)		<i>R. radiobacter</i> (Ti) ※	(更新不要) (genomovar は不明)
マーガレット	<i>A. tumefaciens</i>	<i>R. radiobacter</i> (Ti) genomovar G1 ※	<i>R. radiobacter</i> (Ti) ※	<i>R. radiobacter</i> (Ti) genomovar G1	太田・西山 (1984) ※, 澤田ら (2014)
ミヤコワスレ	<i>A. tumefaciens</i>		<i>R. rhizogenes</i> (Ti) ※	<i>R. rhizogenes</i> (Ti)	牧野・森田 (1984) ※
モモ	<i>A. tumefaciens</i>	<i>R. rhizogenes</i> (Ti)		<i>R. rhizogenes</i> (Ti)	澤田ら (2014)
リンゴ	<i>A. tumefaciens</i>	<i>R. radiobacter</i> (Ti) genomovar G4	<i>R. radiobacter</i> (Ti) ※	<i>R. radiobacter</i> (Ti) genomovar G4	對馬ら (2004) ※, 澤田ら (2014)
		<i>A. rhizogenes</i>	<i>R. rhizogenes</i> (Ti)	<i>R. rhizogenes</i> (Ti) ※	<i>R. rhizogenes</i> (Ti)

^{a)} 日本植物病名目録第2版 (日本植物病理学会・農業生物資源研究所, 2012) および同追録 (日本植物病理学会, 2014) より。

^{b)} GB 所蔵菌株の再同定結果 (澤田ら, 2014) を示した。なお, GB 所蔵菌株が根拠菌株の場合は, 学名に※が付してある。一方, 所蔵菌株が根拠菌株ではない場合は, 「原宿主に対する病原性が確認されている菌株」に限り, その再同定結果が掲載してある。

^{c)} 関連文献から入手できた分類情報をもとに, 病原学名 (a 欄) を読み替えた結果を示した。※新病害提案の根拠文献から得られた情報に基づく。

^{d)} b, c 欄の情報をもとに, 最終的に下した結論を示した。

^{e)} 最終的な結論 (d 欄) を導き出すうえで, 根拠として直接利用した文献。このうち, 新病害提案の根拠文献には※を付した。

を読み替えるうえで有効な分類情報が記載されている場合がある。例えば、Aシステム(表-1のA欄)における *biovar* の情報が文献に記載されていれば、その情報をもとにCシステムへの読み替えが可能となる。そのような情報が根拠文献中に見いだされた場合は、それをもとに学名の読み替えを行ったうえで、表-2, 4の「根拠文献等に記述された分類情報」欄(c欄)に、読み替えた結果に※を付して表示した。この結果も、病原学名(a欄)を読み替える際にそのまま利用することができる。

一方、根拠文献から有効な分類情報が得られなかった場合は、それ以外の文献を対象として分類情報の検索を行った。その結果、利用可能な情報が見つかった場合は、それに基づいて学名を読み替えたうえで、表-2, 4のc欄に示した(ただし、※は付していない)。

III 根頭がんしゅ病菌における読み替え

病名目録には、国内で発生している根頭がんしゅ病の宿主として、53種類もの植物が記載されている。ただし、このうちのアルファルファでは、本病の存在は疑問視さ

表-3 Cシステムの学名へ読み替えることができない根頭がんしゅ病菌の宿主一覧^{a)}

アオギリ, アンズ, イチジク, オウバイ, オリーブ, カエデ, カキ, カシ類, カリン, カンキツ, キイチゴ, キョウチクトウ, キリ, クリ, クルミ, クレマチス, シイノキ類, シヤクヤク, スグリ, ズミ, ダリア, チャ, テンサイ, ニンジン, ハナカイドウ類, ビワ, フジ, ホップ, ポプラ類, マサキ, マルメロ, マンゴー, ヤナギ類, ユーカリ類

^{a)} ここに示した34種類の植物の根頭がんしゅ病菌は、現時点では(信頼できる菌株が再同定されるまでは)、学名を読み替えることができない。

れている。また、スギのさし木苗根頭がんしゅ病は、現在では生理障害と見なされている。したがって、本章では残りの51宿主における根頭がんしゅ病を対象として、病原学名の読み替えを試みた。

すなわち、病名目録に記載された各根頭がんしゅ病菌の学名(表-2のa欄)を、前章で得られた情報(b, c欄)をもとに読み替えた最終的な結果が、「更新学名」欄(d欄)に示してある。また、「文献」欄(e欄)には、d欄の結果を導き出すにあたって直接利用した文献(そのうち、根拠文献には※を付してある)のみが列記してある。

1 学名の読み替えが可能な根頭がんしゅ病菌

検討の結果、アキノキリンソウ類(ソリダゴ), オウトウ, キク, サクラ類, タバコ, バラ類, マーガレット, リンゴの根頭がんしゅ病については、病原学名を *R. radiobacter* (Ti) へと読み替えることができた(表-2のd欄)。なお、ブドウの病原については、当初から *R. radiobacter* (Ti) として病名目録に採録されているので、読み替えは不要である。

以上の九つの宿主のうち、タバコとブドウ以外では、病原である *R. radiobacter* (Ti) の *genomovar* レベルの所属も明らかになっている。すなわち、アキノキリンソウ類, キク, バラ類, マーガレットの病原はG1, オウトウ, サクラ類, リンゴではG4, キクではG8と同定できている(澤田ら, 2014)。

一方、ウメ, オウトウ, カナメモチ, サクラ類, シュツコンカスミソウ, スモモ, ナシ, バラ類, ミヤコワスレ, モモ, リンゴの病原は *R. rhizogenes* (Ti), ブドウの病原は *R. vitis* (Ti) へと読み替えることができた(表-2のd欄)。なお、キウイフルーツ根頭がんしゅ病菌として記載されている二つの病原は、当初から *R.*

表-4 Cシステムの学名へ読み替えることが可能な毛根病菌

宿主植物	読み替えるための準備			読み替えた結果	
	a 病名目録の学名表記 ^{a)}	b 根拠菌株等の再同定結果 ^{b)}	c 根拠文献等に記述された分類情報 ^{c)}	d 更新学名 ^{d)}	e 文献 ^{e)}
バラ類	<i>A. rhizogenes</i>		<i>R. radiobacter</i> (Ri) ※	<i>R. radiobacter</i> (Ri) (<i>genomovar</i> は不明)	太田 (1986) ※
			<i>R. rhizogenes</i> (Ri) ※	<i>R. rhizogenes</i> (Ri)	太田 (1986) ※
メロン	<i>A. rhizogenes</i>	<i>R. radiobacter</i> (Ri) <i>genomovar</i> G7 ※, G9	<i>R. radiobacter</i> (Ri) ※	<i>R. radiobacter</i> (Ri) <i>genomovar</i> G7, G9	塩見ら (1987) ※, 牧野・大沢 (1987) ※, 澤田ら (2014)
トマト	<i>R. radiobacter</i> (Ri)	<i>R. radiobacter</i> (Ri) <i>genomovar</i> G7 ※, G9 ※	<i>R. radiobacter</i> (Ri) <i>genomovar</i> G7 ※, G9 ※	<i>R. radiobacter</i> (Ri) <i>genomovar</i> G7, G9	澤田・畔上 (2014) ※

^{a-e)} 表-2を参照。

vitis (Ti) と *Rhizobium* sp. (Ti) と表記されているので、読み替えの必要はない。

2 読み替えができない事例

表-3 に示した 34 種類の植物では、病名目録に根頭がんしゅ病が記載されているものの、関連する菌株がジーンバンクにはなく、新病害提案の根拠文献や関連文献等からも有効な分類情報を得ることができなかった。

なお、病名目録では、これらの病原学名はすべて「*A. tumefaciens*」と記載されている。また、いずれの根拠文献も 1970 年代以前に刊行されている。したがって、これらの病原学名は、「A システムにおける *A. tumefaciens*」(表-1 の A 欄) に相当するのは間違いないであろう。しかし、*biovar* レベルの情報がない (= 種レベルの実質的な同定がなされていない) ことから、その学名を C システムへ読み替えることは現時点では不可能である。

ところで、根頭がんしゅ病菌以外の病原微生物が、「根頭がんしゅ」に類似した「こぶ状の組織」を植物に形成する事例は多数存在している。すなわち、様々な細菌 (*Pseudomonas*, *Pantoea*, *Rhizobacter* 等) や糸状菌が原因となって、増生病が引き起こされることが知られている。また、線虫や昆虫、時には植物自身の生理的な異常によって、類似した症状が誘導されることもある。このような「根頭がんしゅ病以外のこぶ症状」が、根頭がんしゅ病として誤って記載され、読み替えができない事例 (表-3) の中に混在していることも、可能性として考えられるのではないだろうか。

IV 毛根病菌における読み替え

病名目録には、国内で発生している毛根病の宿主として 4 種類の植物 (バラ類, メロン, トマト, リンゴ) が記載されている。そこで、これらを対象として、前章 (表-2) と同様な検討を試みた (表-4)。

その結果、バラ類の病原は *R. radiobacter* (Ri) と *R. rhizogenes* (Ri), メロンの病原は *R. radiobacter* (Ri) へと読み替えることができた (表-4 の d 欄)。なお、トマト毛根病菌は当初から *R. radiobacter* (Ri) として病名目録に採録されている。

以上の 3 宿主から見いだされた *R. radiobacter* (Ri) のうち、メロンとトマトではその *genomovar* レベルの所属も判明している。すなわち、いずれの毛根病についても、G7 と G9 の 2 種類が発生に関与していることが明らかとなっている (澤田・畔上, 2014; 澤田ら, 2014)。

一方、リンゴ毛根病の病原学名として記載されている「*A. rhizogenes*」は、根拠文献が刊行された時代 (1930

～40 年代) を考えると、A システムにおける学名 (表-1 の A 欄) であることは明らかである。しかし、根拠菌株・関連菌株が存在せず、根拠文献等からも有効な分類情報を得ることができなかった。したがって、現時点では、その病原学名を C システムへ読み替えることは不可能である。

V C システムへ読み替えることによってわかったこと

II～IV 章において、根頭がんしゅ病・毛根病の病原学名を C システムへ読み替える作業を行ってきたが、その過程で筆者らは思わぬ恩恵に浴することができた。すなわち、学名を C システムへ読み替えたうえで、整理して相互に比較すると (表-2, 4 の d 欄), これまでわかりにくかった「病原菌と、宿主植物やプラスミドとの興味深い対応関係」が浮かび上がってきたのである。

その 1 例として、「一つの宿主植物に、異なる 2 種の病原菌が対応している」場合があることを挙げたい。すなわち、根頭がんしゅ病 (表-2) では、オウトウ, サクラ類, バラ類, リンゴのそれぞれに対して、*R. radiobacter* (Ti) と *R. rhizogenes* (Ti) の 2 種が病原菌として対応している。また、ブドウとキウイフルーツからも、組合せは異なるものの、同様に 2 種の病原菌が報告されている。さらに、キクからは、二つの *genomovar* (G1 と G8) が病原菌として分離されている。毛根病 (表-4) に関しても、バラ類には *R. radiobacter* (Ri) と *R. rhizogenes* (Ri) の 2 種が病原菌として対応している。また、メロンとトマトからは、G7 と G9 という二つの *genomovar* が見いだされている。

次に、「特定の病原菌と、あるグループの宿主植物との間に対応関係が認められる」という事例も挙げておきたい。すなわち、*R. radiobacter* (Ti) の *genomovar* G4 は、我が国ではこれまでのところ木本類 (オウトウ, サクラ類, リンゴ) からのみ見いだされており、草本類からの分離例はない (表-2)。

もう一つ、「特定の病原菌と、保持しているプラスミドとの間に対応関係がある」という傾向も認められた。すなわち、日本産の *R. radiobacter* を見渡してみると、Ti プラスミドは *genomovar* G1, G4, G8 からのみ検出されている (表-2)。一方、Ri プラスミドは *genomovar* G7 と G9 からのみ見いだされている (表-4)。

以上のような事例において、例えば A システム (表-1) における「*A. tumefaciens*」や「*A. rhizogenes*」といった学名が使われていると、ここで紹介したような対応関係が極めてわかりにくいか、あるいは、全く判別できなく

なってしまう。すなわち、学名をCシステムに読み替えることによって、「病原菌と、宿主植物やプラスミドとの組合せ」における多様性や特異的な関係がよりわかりやすくなったのである。今後、学名の読み替え作業をさらに進めつつ、病原性プラスミドに関するより詳細な情報などもそれに組合せれば、植物病理学以外の様々な研究分野に対しても有益な情報が提供できるようになるかもしれない。

おわりに

根頭がんしゅ病・毛根病の病原学名に関連して、重要な課題がまだ残されていることを最後に指摘しておきたい。筆者らは情報を可能な限り収集し、それをもとに学名の読み替えを試みてきた。しかし、Cシステムへと読み替えができない事例が、まだ数多く残されているのも事実である。根頭がんしゅ病に関しては、34種類もの宿主植物において、それぞれの病原学名が読み替え不能であることが明らかとなった(表-3)。そのいずれに関しても根拠文献の刊行時期が古く(1970年代以前)、根拠菌株・関連菌株が入手できないことから、学名を読み替えるための糸口さえ見つかからない状態である。また、前述したように、この中には根頭がんしゅ病ではないものも含まれている可能性があることから、話はさらに複雑である。

逆に、筆者らがジーンバンク所蔵菌株の再同定作業を行う過程で、病害としての記録がないにもかかわらず、菌株のみが存在するという事例が見いだされた(澤田ら, 2014)。すなわち、ジーンバンクには、エゾギク、コスモス、シオン属植物に由来する *R. radiobacter* (Ti) genomovar G1 が所蔵されているが、病名目録ではいずれの植物にも根頭がんしゅ病の記載はなく、病害としての実体が不明なのである。

以上のような実体の不明確な病害の情報を収集し、関連菌株を確保したうえで、その特性を詳細に明らかにし、学名の読み替えを進めていくことがこれからの課題であろう。筆者らは、根頭がんしゅ病・毛根病を対象とした発生調査と、病原学・分類学的な研究を今後もさらに継続することによって、信頼性の高い菌株と情報を蓄積し、研究コミュニティに提供できるようにしたいと考

えている。そのためにも、関連する病害の発生情報や菌株をご提供いただけるよう、読者の皆様にご協力をお願いする次第である。

謝辞 本稿を取りまとめるにあたり、佐藤豊三博士(農業生物資源研究所)、鈴木克周教授(広島大学)には貴重なご助言をいただいた。また、ジーンバンクにおける再同定作業を進めるにあたり、青柳千佳さん、中島比呂美さんをはじめとする農業生物資源研究所遺伝資源センターの皆様には多大なるご支援・ご協力をいただいた。ここに記して深く感謝の意を表する。

引用文献

- 1) BOUZAR, H. et al. (1994): *Int. J. Syst. Bacteriol.* **44**: 373 ~ 374.
- 2) CONN, H.J. (1942): *J. Bacteriol.* **44**: 353 ~ 360.
- 3) FURUYA, N. et al. (2004): *J. Gen. Plant Pathol.* **70**: 39 ~ 44.
- 4) 菱池政志 (2012): 和歌山県農林水技七研報 **13**: 57 ~ 62.
- 5) KAWAGUCHI, A. and K. INOUE (2009): *J. Gen. Plant Pathol.* **75**: 205 ~ 212.
- 6) KERSTERS, K. and J. DE LEY (1984): *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, Vol. 1, Williams and Wilkins, Baltimore, p. 244 ~ 254.*
- 7) 牧野孝宏・森田 偉 (1984): 関西病害虫研究会報 **26**: 65.
- 8) ——— (1985): 静岡県農業試験場研究報告 **30**: 45 ~ 52.
- 9) ———・大沢高志 (1987): 同上 **32**: 23 ~ 30.
- 10) ——— (1993): 静岡県農業試験場特別報告 **17**: 1 ~ 100.
- 11) 日本植物病理学会・農業生物資源研究所 (2012): 日本植物病名目録 (第2版), 日本植物病理学会, 東京.
- 12) ——— (2014): 日本植物病名目録追録 (更新2014年10月8日) (<http://www.ppsj.org/pdf/mokuroku/supplement141008.pdf>), 日本植物病理学会, 東京 (参照2014年11月14日).
- 13) 西 菜穂子ら (2008): 日植病報 **74**: 253.
- 14) 太田光輝・西山幸司 (1984): 同上 **50**: 197 ~ 204.
- 15) ——— (1986): 同上 **52**: 413 ~ 421.
- 16) OPHEL, K. and A. KERR (1990): *Int. J. Syst. Bacteriol.* **40**: 236 ~ 241.
- 17) PULAWSKA, J. et al. (2012): *Syst. Appl. Microbiol.* **35**: 215 ~ 220.
- 18) SAWADA, H. et al. (1990): *Ann. Phytopathol. Soc. Japan* **56**: 199 ~ 206.
- 19) ——— and H. IEKI (1992): *Plant Dis.* **76**: 212.
- 20) ——— et al. (1993): *Int. J. Syst. Bacteriol.* **43**: 694 ~ 702.
- 21) 澤田宏之 (1994): 果樹試験場報告特別報告 **5**: 1 ~ 110.
- 22) ———・畔上耕児 (2014): 日植病報 **80**: 98 ~ 114.
- 23) ———ら (2014): 日本微生物資源学会誌 **30**: 13 ~ 27.
- 24) 塩見敏樹ら (1987): 日植病報 **53**: 454 ~ 459.
- 25) TINDALL, B.J. (2014): *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* **64**: 3590 ~ 3592.
- 26) 對馬由記子ら (2004): 日植病報 **70**: 53 ~ 54.
- 27) YOUNG, J.M. et al. (2001): *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* **51**: 89 ~ 103.
- 28) ——— et al. (2005): *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, 2nd ed., Vol. 2, part C, Springer, New York, p. 340 ~ 345.*