会 長 講 演

植物ウイルス病研究の進歩*

土 崎 常 男**

Tsuneo TSUCHIZAKI** : Advances in Research of Plant Virus Diseases

タバコモザイク病の病原が、細菌濾過管を通過する病原体、即ちウイルスであるという Iwanowski (1892) の植物ウイルスの発見から 100 年が経過したが、この 100 年間の研究の進歩は著しく、現在多くの植物ウイルスでその遺伝子構造が明らかにされるに至った。植物ウイルスが発見されてから、ちょうど 100 年を経過したという記念すべき時期に当たり、植物ウイルス病研究の進歩につき、幾つかの問題点を取り上げ若干の考察を行ってみたい。

1. 植物ウイルス病研究と植物ウイルス研究

植物ウイルスの存在を我々が認識できるのは、ウイルス病に罹病した植物を通してである。即ち研究においても、まず植物のウイルス病の研究から始まり、次いでウイルス自体の研究へと発展していった。表 1 に示したように、植物のウイルス病が人間の目に止まり書物に記載されたのは万葉集 (752 年) で、ヒヨドリバナの葉脈黄化症状を孝謙天皇が和歌に詠んだのが世界で最初である。以後 1232 年を経過してから Mayer (1886) によるタバコモザイク病の命名とその汁液伝染性、Iwanowski (1892) によるタバコモザイク病の病原が細菌濾過管を通過すること、Beijerinck (1889) による細菌濾過管を通過する病原体に対するウイルスの命名とようやくウイルス病研究がスタートすることとなった。以後、Stanley (1935) によりタバコモザイクウイルス (tobacco mosaic virus, TMV) の結晶化が成功するまでは、専ら植物ウイルスの虫媒伝染性、local lesion によるウイルスの定量、系統間の干渉効果等、植物ウイルス病研究にかかわる多くの事象が明らかにされていった。しかし Stanley の報告以後は植物ウイルス自身の研究が植物病理学者以外の生化学者等の研究対象ともなり、以来植物ウイルス病研究と、植

物ウイルス研究は相互に情報を交換しつつ発展してきた。しかし今後学問の発展と共に、植物病理学者も植物ウイルス自体を生化学的に解析する研究が多くなるであろうが、そのために、病気についての関心が薄れる傾向が強くなる恐れがある。しかし、生物の生命現象はあまりにも奥が深く、我々はこれまでにほんのそのごく一部を明らかにしたに過ぎず、ウイルスの病気にかかわる部分の新しい現象の発見といった研究の重要性は依然として高い。

そしてこの病気にかかわる部分の研究は植物病理学者によってのみ対応できる分野であるので、今後とも植物病理学者は植物ウイルスを研究するにあたって、病気の面を常に意識した研究を指向することが望ましいと考えられる。

2. 研究機械・器具および研究手法の進歩

いかなる研究も機械・器具の助けなくしては成り立たず、また機械・器具の改良、あるいは新しい機械・器具の出現はそれまでの研究を大きく発展させて来た。植物ウイルス (病) 研究にあつては、何と云っても電子顕微鏡、超遠心分離機、および電気泳動装置の 3 種類の機械・器具の普及であろう。これらの器具は 1950 年代に入ってから普及し始め、1960 年代には主だったほとんどの大学・研究所で利用されるようになった。言うまでもなく、植物ウイルス (病) 研究の基礎は、ウイルス粒子の観察、純化、およびウイルス核酸と蛋白質の分離と精製である。これらを可能にしたのが上記の 3 種類の機械・器具であり、これら機械・器具の改良と共に、1960 年代以降の植物ウイルス (病) 研究の発展は誠に目覚ましいものがある。機械・器具の進歩と共に、実験手法の進歩も植物ウイルス (病) 研究を進展させて来たもう一つの柱であった。これまで

* 平成 5 年 4 月 3 日 平成 5 年度大会で行なわれた会長講演の要旨

** 東京大学農学部 Faculty of Agriculture, University of Tokyo, Bunkyo-ku, Tokyo 113, Japan

表1 植物ウイルス(病)研究の歴史

年 代	研究者	事 項
752	(孝謙天皇)	ウイルス病発生の最初の記録 (ヒヨドリバナの葉脈黄化症状を和歌に詠んだ)
1886	Mayer	タバコモザイク病の命名と汁液伝染性
1892	Iwanowski	タバコモザイク病の病原は細菌濾過器を通過する
1895	高田鑑三	イネ萎縮病の発生とイナズマヨコバイとの関連を指摘
1898	Beijerinck	Iwanowskiの追試および植物体内での増殖の確認, virusと命名
1922	Kunkel	ウイルスの虫媒伝染の証明
1929	Holmes	Local lesion 植物の発見とウイルス定量への利用
1929	McKinny	TMVの2系統間の干渉効果の発見
1933	福士貞吉	イネ萎縮ウイルスのツマグロヨコバイでの経卵伝染の発見
1935	Stanley	タバコモザイクウイルス (TMV) の結晶化
1936	Bawden <i>et al.</i>	TMVは核酸を含む核蛋白質
1939	Kausche <i>et al.</i>	初めてウイルス (TMV) の電顕写真を撮影
1951		International Committee on Taxonomy of Viruses (ICTV) の設立
1952	Morel & Martin	生長点培養によるウイルスフリー化
1955	Fraenkel-Conrat & Williams	TMVの試験管内再構成
1956	Gierer & Schramm, Fraenkel-Conrat	TMVの核酸に感染性
1967	Diener & Raymer	ウィロイドの発見
1978	Gross <i>et al.</i>	potato spindle tuber ウィロイドの全塩基配列の決定
1982	Goelet <i>et al.</i>	TMVのRNAの全塩基配列の決定
1986	Powell <i>et al.</i>	TMVの外被蛋白質を発現する植物の作製

表2 植物ウイルス研究所の組織 (1964~1983年)

研究第1部: 第1部長研究室 (3名), 伝染研究室 (4名), 血清研究室 (4名), 物理化学研究室 (4名)
研究第2部: 第2部長研究室 (3名), 分類研究室 (4名), 病理研究室 (4名), 治療研究室 (4名)
(所長: 1, 部長: 2, 室長: 6, 研究員: 22, 合計 31名)

解析できなかった現象あるいは事実が、新しい実験手法の開発により解析できるようになった例は数知れない。20年前我々研究者は、遺伝子工学の手法が開発され、植物ウイルスの遺伝子構造が解析されると共に、植物体に植物ウイルスの遺伝子を導入し、それを発現させることができる様になるとは想像できなかった。このように、植物ウイルス(病)研究を大いに発展させた実験手法の他の例として血清学的手法がある。この血清学的手法は主として医学の分野で開発と多くの改良とがなされ、それが植物ウイルス(病)研究の分野に導入されたものであるが、例えば血清学的手法の中の酵素結合抗体法(ELISA)等は、近年の植物ウイルス病研究を大いに発展させ、現在でもなくてはならないものとなっている。今後も当然新しい機械・器具および実験手法の開発が益々進んで行くと考えられ、場合によっては、植物ウイルス(病)研究も思わぬ方向へと発展することも有り得ると考えられる。

3. 植物ウイルス(病)の研究組織

植物ウイルス(病)の研究が発展し大きな成果を上げるためには、しっかりした研究組織が必要である。現在、日本の大学では1~3名くらいの正規の職員以外に研究補助者や技術者はおらず、また外国で見られるポストドク制度もなく研究費も少ないため、非常勤の研究補助者も雇用できないといった状況である。さらに多くの大学で施設が老朽化し、また日常の予算も少ないため、機械・器具および消耗品も十分でない状態である。これらのことが日本の研究がともすれば外国の研究に遅れをとる大きな原因ともなっている。このことは農林水産省の研究機関にも当てはまり、特に定員削減からくる人的な面での不足が目立つようである。

1964年、日本では植物ウイルス(病)のみを研究対象とする研究所が農林省の研究機関として設立された。所長1名、部長2名、室長6名、研究員22名の合計31名よりなる研究所で、室長の半数は30代、室員の60%は20代と若い、所員の20名以上が博士の学位を持ち、しかも植物病理学者以外の専門の研究者も参加する強力な研究機関であった。表2に示したように、部長にも研究員が2名つき、1研究室4名で構成されるという、いまでは想像できない組織であった。以後、1983年に同研究所がバイオテクノロジーを中心とする新しい研究機関の農業生物資源研究所へと発展的に

解消するまで、例えばプロトプラストの植物ウイルス研究への利用といった世界をリードする研究成果をあげ、20年間にわたりウイルス研究に大いに貢献した。この間の原著論文は数百に及び、30名の研究者が植物ウイルス(病)研究に集中した時の威力を示した。このような理想的植物ウイルス(病)研究のための研究組織が日本から無くなってしまったのは、誠に惜しまれてならない。今後再びこのような植物ウイルス(病)研究の組織が世界のどこかで復活することを期待して止まない。

4. 植物ウイルス(病)研究の進歩の例

次に植物ウイルス病研究の進歩の状況の具体例を二つ示したい。

a) 植物ウイルスの同定・分類の進歩

植物ウイルス(病)研究の第一歩はその同定と分類であり、これまでの植物ウイルス病研究の中の主流をなしてきた。植物ウイルスの同定・分類の研究も時代の流れと共に進歩してきたが、これまでの分類・同定の研究を内容から時期別にとまとめてみると、次の3期に分けることができる。

- (1) 1950年代以前：病徴、宿主範囲、伝染方法、物理的性質等により同定し分類された。
- (2) 1960年代～1980年代：上記諸性質の外、粒子の形態、血清学的性状、理化学的性状を重視した同定と分類がなされた。
- (3) 1990年代以降：上記諸性質の外、ウイルス核酸の塩基配列や遺伝子構造も考慮した同定・分類がなされるようになった。このことにより、ウイルスのスーパーグループ、グループ、ウイルス、系統を総合的に考慮した分類体系の確立が進められるようになってきている。

これからわかるように、植物ウイルスの同定・分類の分野でも1990年代に入り、ようやく遺伝子的側面を考慮した体系化に入ったということができよう。

b) 植物ウイルス病の防除技術の進歩

植物ウイルス病研究の究極の目的はその防除にあると考えられ、防除を指向した研究は昔から行われて来た。例えば、植物ウイルス病の防除薬剤の探索は数十年以前より行われているが、これまでに接触防止阻害剤が3種類農業登録されたのみで、増殖阻害剤については農業登録されておらず、依然として実用化できる見通しは立っていない。

弱毒ウイルスの利用は生物学的防除の面から注目を集めているが、その可能性についてはHolmes(1934)により示唆されてから60年を経過した。しかし、これ

までの多くの研究にもかかわらず、数種ウイルス—作物の組み合わせ(TMV—トマト, TMV—ピーマン, CGMMV—メロン, CTV—ハッサク等)で実用化されているにすぎない。その原因として、干渉効果が十分な弱毒ウイルスが少ないこと、弱毒ウイルスを多くの植物へ接種することが困難な場合が多いこと等が挙げられる。

これに対して、栄養繁殖植物の生長点培養による無ウイルス化の技術は、Morel & Martin (1952, 1955)以来広く普及し、ウイルス病防除に役立ってきた。イモ類、イチゴ、果樹等多くの栄養繁殖植物でこの技術が実用化され、現在常時健全な苗が提供されるに至っている。

ウイルス病抵抗性品種はウイルス病を防除するうえで、有力な手段であるが、抵抗性品種の育種には長い年月を要するという欠点があり、必ずしも万能ではない。近年この欠点を克服するものとして、ウイルスの外被蛋白質遺伝子を植物体に導入し発現させ、ウイルス抵抗性を植物に付与しようという試みがなされている。これまでにかなりの数のウイルス—植物の組み合わせで、ウイルスの外被蛋白質遺伝子を導入した組み換え植物が作出されているが、しかし組み換え植物は生態系における安全性の評価を必要とし、日本では科学技術庁および農林水産省の指針に基づき、3段階の実験が義務付けられており、現在、日本で最終段階の【小規模野外隔離圃場における栽培】を終了したものはTMV—トマトの系1つである。しかし1993年度にはイネ縞葉枯ウイルス(RSV)—イネ、キュウリモザイクウイルス(CMV)—メロン、CMV—サフィニア(ペチュニヤ)の3種類の組み合わせで、最終段階の圃場試験が行われようとしている。このように日本ではこの種の組み換え植物の実用化には、なおある程度の年月を必要としようが、バイオテクノロジーがウイルス病防除に直接結びついたものとして注目すべき技術で、今後の発展が期待される。

以上とりとめの内容となったが、要するにウイルス病研究の究極の目的が、(1)ウイルス病の発病機構の解明、(2)ウイルス病の防除、であることを考えれば、現在は植物ウイルス病研究の未だ黎明期であるといっても過言ではない。100年後に植物ウイルス病研究がどのようになっているかを予想することはできないが、生命現象の奥の深さからみて、100年後も植物ウイルス病研究が続けられているのではないかと考えられる。