

ジャガイモを見直す

東京大学・法政大学名誉教授

長田 敏行



作物として世界第4位の生産量を誇るのはジャガイモであるが、ほかの作物と異なり、それだけでも生存可能という点で特徴的である。その理由はタンパク質がかなり含まれ、ビタミンも含まれているからである。ジャガイモについては日本でも紹介されている本が複数あることも知っているが(例えば、山本 2008)、ここで一体どんなことを紹介すると思われるかもしれない。筆者はジャガイモ研究の周辺にあって、多く紹介されている情報とはいささか異なった経験をしてきたので、それらに基づきそのユニークな特徴の紹介を試みたい。それでも、冒頭で「ジャガイモとは何か」の最低限の説明は必要であろう。

ジャガイモとは何か

16世紀インカ帝国は、スペインのコンキスタドールにより滅ばされその金銀財宝はことごとく奪われたが、それを運ぶ船の船倉には捕えられたインカ人奴隷がおり、その食糧としてジャガイモはスペインへ運ばれた。当初ヒトの食べるものとは思われなかったが徐々に広がり、特に、細断した塊茎である種イモを植えてから2ヶ月余で収穫できることと、寒冷地・高地でも栽培可能であることから、緩やかに世界へ広がっていった。これが象徴的に示されるのはアイルランドである。もともとイギリスの植民地であったのでその収奪に苦しんでいたが、ジャガイモの導入で人々に少しの余裕が与えられ、19世紀までにはそれ以前の100年間に人口は3倍以上に増えることとなった。ところが、1845-52年に天候不順が契機となり、カビ様の病気が出現して収穫はほとんど得られなかった。そのため大飢饉がおこって人口は半減し、多くの人々はアメリカをはじめとする新天地へ脱出せざるを得なかった。アメリカ合衆国ではその子孫からケネディー大統領が出たことはしばしば語られている。そのカビ様の病原体は疫病菌(*Phytophthora infestans*)と判明したが、系統学上は真菌類ではなく、むしろ藻類に近い卵菌類である。被害が甚大であったのは、単一のジャガイモ品種が広がりそれが病原菌に対する感受性

が高く、気候の変化が発生の引き金となって病気が発生したと推定されている。なお、日本へは16世紀末にオランダ人の手によってもたらされ、オランダ人が植民地としていたジャガタラ(ジャカルタの旧名)経由であったので、ジャガイモと呼ばれるようになった。明治になってからも、男爵イモをはじめ多くの品種が導入され、近年でもキタアカリやインカノメザメを店頭に見ることができる。

ジャガイモ研究から

ジャガイモは実は細胞組織培養の研究が大変進んでいる作物である。筆者らは、1970-71年にタバコ葉肉プロトプラストより、高率で植物体再生が可能であることを初めて示したが(Nagata, Takebe 1971)、その手法は同じナス科に属するジャガイモに直ちに適用された。葉肉プロトプラストから再生された植物体は遺伝的多様性を示し、塊茎形成能、光周性の差違、耐病性の発現等で様々な変異を示したが、それらの中には有用な形質が多く見られた。その理由は、通常の4倍体の栽培ジャガイモ(*Solanum tuberosum*)は長年にわたり塊茎を種イモとして栄養繁殖されてきたので、体細胞にさまざまな遺伝的変異が蓄積されたからであると説明されている(Shepardら 1980)。

また、ジャガイモプロトプラストとトマトプロトプラストの融合産物より植物体が再生され、それらはポマトあるいはトパトとよばれていることは耳にされているだろう(図-1, 図-2)。ここでは再生植物に焦点をあわせるのではなく、材料とされたジャガイモの方に着目したい。というのは、トマトの染色体数は24本であり、通常のジャガイモは48本であるが、ここでは染色体数24本のジャガイモが用いられたのである。それはどのようにして作られたのであろうか?これは栽培種ジャガイモに野生種ジャガイモ(*S. phureja*)の花粉をかけてやると、卵細胞が分裂刺激されて単為結果がおこることが見出されたことで行われたもので、その植物は種子を形成する。その結果得られた半数体(正確にはダイハプロイド)がキイとなっており、その植物体の染色体数は24本

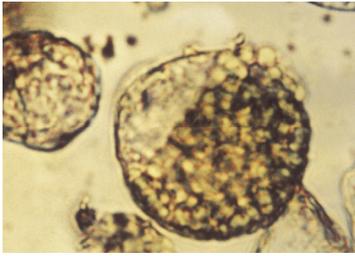


図-1 ジャガイモとトマトの体細胞雑種
ジャガイモは染色体数のダイハプロイドより得られたプロトプラスト(白色)とトマト葉肉細胞プロトプラスト(葉緑体を持つ)との融合産物。G. Melchers 教授提供。

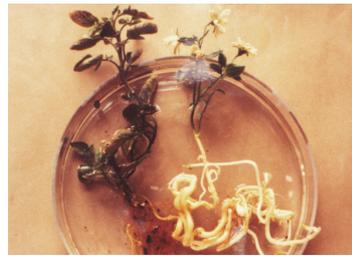


図-2 ジャガイモとトマトの体細胞雑種よりの再生植物体
図1の細胞融合産物から再生された植物体。G.Melchers 教授提供。

である。細胞融合産物から植物体が形成したのは、両者の染色体数が同数であることが一つの要因である。そして、この半数体植物はジャガイモの品種改良に新しい展開をもたらすことになった。

通常の栽培種ジャガイモから種子を作る半数体の作成が可能になったことで、新育種プログラムが提出された。すなわち、有用形質を持つ4種の品種からダイハプロイドを得て、その植物の花粉培養からモノハプロイドを得る。それらを倍数化し、異なった系統間で交配を行うと二種の有用形質を持った植物体が得られる。最後に、その二種の有用形質を持った二者の間で細胞融合を行うと、極めて短期間に4種の有用形質を合わせ持った4倍体のジャガイモが得られるという画期的なプログラムが作られ進行している(Wenzelら1979)。

ジャガイモゲノム

作物のゲノムの決定は、イネに始まりジャガイモでも行われるようになった(Potato consortium 2010)。ジャガイモの場合、他の作物と異なりいきなり栽培種の4倍体ジャガイモのゲノムを決めることはなされなかった。その理由は、既にふれたように栽培種は塊茎を用いた栄養繁殖を長期間行われてきたので、そのゲノムはモザイク的と推定されるからである。その結果実行されたのは、既にふれた半数体(ダイハプロイド)のジャガイモ(RH)を材料とすることで、そのレファレンスとして野生のジャガイモ *S. phureja* の花粉培養から得た半数体(モノハプロイド)を倍加したもの(DM)を用いる。それ等植物体のゲノムは次世代シーケンサーで決定された結果、RHのゲノムサイズは844Mbであり、それらの遺伝子は12本の染色体上に配置された。ゲノム構造は、既に決定されているシロイヌナズナ、イネとも共通性が見られたが、ゲノムの倍加は二度起こっていると推定された。ゲノム構造からデンブン合成遺伝子の全容が明らかになり、特に重要なことは耐病性の遺伝子が複数同定されたことである。また、塊茎の形成は光周性に依存しており、フロリゲン依存で形成されるが、それらの遺伝子も同定された。これは、上記の画期的なジャガイモの品種改良法と組み合わせて、

ジャガイモの遺伝的改良に利用されると期待されている。

このジャガイモでの成果は、栄養繁殖性の倍数性の高い作物でのゲノムの決定とその遺伝的改良への道筋を開いている。それらは、サツマイモ (*Ipomea batatas*, ヒルガオ科), キャッサバ (*Manihot esculenta*, トウダイグサ科), タロイモなどであり、これから展開されると期待されるが、その意義は高いと言えよう。

終わりに

冒頭でジャガイモはインカ帝国からヨーロッパへ導入されたと述べたが、その原産地は中部アンデス高地のチチカカ湖の標高3000mを越える地域である。実際、その地域には数千種の野生種があることが知られているが、その内40種が栽培されているが、栽培種は7種類である。原産地のジャガイモ栽培も特徴的で、急斜面の狭い畑に複数の品種のジャガイモが栽培されている。世界へ広がった栽培種ジャガイモと異なり、収穫量は決して高くないが、天候不順で病気が発生してもある程度の収量が確保できるという特徴がある。そして、その中の染色体数48本のジャガイモだけがヨーロッパに運ばれ、世界に広まったのである。このような背景から、原産地にその遺伝的多様性を保存し、有用遺伝子を探すために国際ジャガイモセンター(Centro Internacional de la Papa, 略称CIP)が設けられ、それはペルーのリマにある。実は、筆者はこのCIPに若干の思い入れがあるが、それは1980年代そこで研究しないかと勧誘を受けたが、諸種の事情でそれは実現しなかった。もしも、そこへ行ったら違った人生があり、ジャガイモのスペシャリストになっていたかもしれないし、スペイン語文化圏になじんでいたのではないかと、今でも懐かしく思うものである。今回の記事の内容のいくつかはそれと関係して得られたものである。

文献

- Nagata, T., Takebe, I. 1971. *Planta* 99, 12-20.
 Potato Genome Consortium 2011. *Nature* 475, 189-197.
 Shepard, G. *et al.* 1980. *Science* 208, 17-24.
 山本紀夫 2008. ジャガイモのきた道, 岩波新書.
 Wenzel, G. *et al.* 1979. *Theor. Appl. Genet.* 55, 49-53.