

植物遺伝資源の探索・収集とその意義

Exploration and Collection of Plant Genetic Resources and Its Significance

田 中 正 武*

Masatake Tanaka

1. はじめに

植物遺伝資源の確保の必要性が人類の生存のための重要な課題として、識者の中で漸く二つの面から提言されてきた。

一つは文明の進展に伴う土地の開発が自然植物資源を消失する結果をもたらし、それは、まだ多くの有用形質をもつ可能性の多い栽培植物の起原に関与した祖先野生種の絶滅を招くことから、遺伝子の補給源としての野生種の重要性を説く方面からの提言で、他の一つは経済的生産性の追求などから、限定された品種への依存による作物の遺伝的画一化への傾向と、それに伴い各地域の在来品種を消滅へと導いている事実を憂慮する方面からの提言である。しかも各作物の限定された品種による遺伝的画一化は、世界的な規模で進行中である。限定された品種による依存がいかにか危険な末路をたどるかということは、幾多の歴史的教訓がある。

たとえば1840年にアイルランドのジャガイモ畑に突如として襲った疫病は、ジャガイモの生産に大凶作をもたらし、その結果、200万人にも上る餓死をみ、また、それ以上の人々が故国をすて、新天地を求めて他国へ移住することを余儀なくされた。また近年では、1970年にアメリカにおける雑種トウモロコシのごま葉枯病による壊滅的打撃は世界的経済恐慌を招来するなど、多くの食糧上の危機が訪れた。これらは、いずれも限られた系統により育成された品種に大きく依存した結果、招来された破局の典型である。生産に大きな打撃を与える病原菌に対して恒久的に抵抗性をもつ品種というものは存在しない。病原菌も長年の間には突然変異などによって、新しい型の病原菌が新生することは自明のことである。従っていずれの病害による大

凶作も突発的に起こる特徴をもつ。ジャガイモの場合も北欧の栽培種は、16世紀にイギリスの探索隊によってカリブ海沿岸から持ち帰った1系統より育成された品種群に依存していた。トウモロコシの場合も、限られた系統間の雑種組合せを長年の間栽培してきた結果に原因する。そのような歴史的教訓があるにも拘らず、表1に示すように、作物の限定品種による栽培の傾向はますます増大し、その結果、各種作物は遺伝的画一性の一途をたどっている。この傾向はアメリカやカナダだけの現象でなく、世界的規模で進行している。

表1 各種作物の遺伝的画一化

	作物名	主なる品種数	それら品種の占有率
アメリカ	トウモロコシ	6	71%
	ダイズ	6	56
	ジャガイモ	4	72
	ワタ	3	53
カナダ	パンコムギ	4	76
	オオムギ	3	64
	ナタネ	4	96

(Mooney, 1979)¹⁾

この現象に拍車をかけてきたのは、「緑の革命」とよばれるもので、優良品種が農業の近代化を導くであろうという概念から、1960年代中頃から1970年代の中頃にかけて、世界的規模で特定の品種が普及した。たとえば、「緑の革命」といわれたコムギの高収性品種は、コムギの起原地であり、その変異の多様態中心地である近東のコムギの栽培地域にも導入され、それらの地域では今世紀の終りまでには完全に在来品種が消失するであろうといわれている。しかし今までは病害による全滅の危機も、その多様態中心地——栽培植物起原地——から新しい遺伝資源を補給することによって、その危機をのりこえてきた。

以上のような遺伝資源の画一性とそれに伴う遺伝資源の消失の現状は人類の食の歴史において経験をしたことのない憂慮すべき事態といえる。

* 榎木原記念横浜生命科学振興財団常務理事
京都大学名誉教授
〒232 横浜市中区六ツ川3-122-20

また、科学の進歩は放射性物質による突然変異や、細胞工学による体細胞雑種の育成などのバイオテクノロジーによる新しい分野の発展に期待がよせられているが、このような技術の成果が上がるかどうかは供試する遺伝資源の質に大きく左右される。

近年、漸く世界各国においても遺伝資源の確保の必要性が認識され、国際的な協力の下での有用遺伝資源の探索・収集・保存の必要性が提起された。その構想は、国際的な規模の下で、野生種および栽培種の如何を問わず、地球上の遺伝資源を可能な限り探索・収集し、開発・利用のために保存する主旨である。同じことは、家畜・家きんなどの有用動物についても必要である。

2. 遺伝資源とは

遺伝資源 (genetic resources) とは、必ずしもそのものが直接的に利用して役立つものとは限らないが、少なくとも人類に有用なもの、またはその可能性があるものをさす。一般に遺伝資源として確保されているものは、生物個体——いわゆる生殖質 (germ-plasm) であり、何々という遺伝的特性をもった系統の遺伝資源である。従って現状では厳密な意味での遺伝子レベルのものではない。ただ種々な back-ground の下で、特定の遺伝子が保存されている状態である。遺伝資源という語は、時として資源生物もしくは生物資源と混同されている。生物資源——資源生物と遺伝資源との差異は、前者は人類に有用なもので、大部分は直接的に利用可能な生物資材を意味するが、後者の遺伝資源は必ずしも、そのものが直接に利用として役立つとは限らないが、人類に有用なもの、または可能性がある形質——遺伝子——を含むものをさす。

ここで人類と野生植物の係わり合いを考えてみたい。先史時代の人間は、1500種以上の野生植物を食糧を対象として採集したであろう。有史時代に入って、食糧の採集時代から栽培時代に入り、野生型から栽培型への転換に成功し、500種の栽培食用植物が成立した。その後人類が対象とする栽培植物は経済作物としての選択が進み、それが最も進行したのは現代である。栽培植物の種類は約80種ともいわれる (表2)。人類の食糧の大部分は30種にも満たない植物から摂取され、しかもコムギ、イネおよびトウモロコシは、人間の穀物消費量の75%以上に達するといわれている。Mooney (1979)¹⁾によれば、以上のような過程を経てきたのであるが、この事実は人類が約1万年以上の間、多数の

表2 人間が利用している植物の変遷

年 代		植物「種」の数
先 史 時 代		1,500 以上
有 史 時 代	初 期	500
	中 期	200
	現 代	80

(Mooney, 1979より作製)

表3 主なる栽培植物の起原された年代

栽 培 植 物 名	起原された年代
コ ム ギ (4 倍種)	紀元前 7000
オ オ ム ギ	" 7000
ラ イ ム ギ	" 3000
イ ネ	" 4000
トウモロコシ	" 3000
ジャガイモ (4 倍種)	紀 元 500
サツマイモ	紀元前 2000
ワ タ (4 倍種)	" 2500
タ バ コ	" 2000
トウガラシ	" 3000
ト マ ト	紀 元 1000
カ ボ チ ャ	紀元前 4000
インゲンマメ	" 3000
ラ ッ カ セ イ	" 1000

野生植物から栽培植物を育成してきた時代を経て、それを選抜する時代が近代である。一方、栽培植物の種類を選抜以外にも新栽培植物の育成の面でもその傾向がみられる。表3に示すように、主なる栽培植物の起原された年代は、古く紀元前7000年から新しいものでも紀元前後のもので、今から1500年前には多数の完全な栽培型が成立している。

このような限定された栽培植物の依存性は、限られた土地——地球の枠内——での食糧生産に対比して地球人口の飽和状態への推移をみる時、当然起りうる現象であろう。従って現代において遺伝資源として必要なのは、このように限定された栽培植物のそれぞれに対して、遺伝的質の向上と遺伝的多様性 (genetic diversity) の増大を企図することである。既に述べたように、一つの作物においても限定された品種への依存が増大している現代において、在来種の確保以外に野生種からの有用遺伝子の導入による遺伝的多様性の促進を図る必要がある。

3. 探索・収集

3.1 歴史

探索の歴史は、原始時代の人類が食糧として栽培植物を獲得した時にさかのぼることができよう。最初、人類の食糧は目的のない単純な拾得の行為に始まる。その後、狩猟採集の石器時代に入ると、明らかに食生活を対象とした有用なものの選択という目的をもった採集を行った。これは一種の探索の行為である。その結果、現在のような栽培植物が成立した。しかし、改めて探索の意義とその必要性を認識させ、その方法論を最初に確立したのは、ソ連の植物学者 Vavilov である。

3.2 地域の設定

Vavilov²⁾は、1928年に集団の遺伝的変異性はその種が起原し、他の地域への分布の中心となった地域に最も高いという遺伝子中心説とよばれる一般論を提唱し、世界各地の遺伝子の地理的分布を調査した。この方法によって栽培植物の起原地を決定することに成功した。その方法は、まず作物を植物分類学の命名法の学名による属 (genus) と種 (species) に分類し、さらに同一種を変種 (variety) まで小区分し、地域別にその変種数を調査した。さらに最も変種数の多い地方をもって、その作物の多様性の中心地とし、その多様性中心地をその作物の起原地とした。変種は若干の遺伝子の変異に基づくので、この中心地は遺伝子が

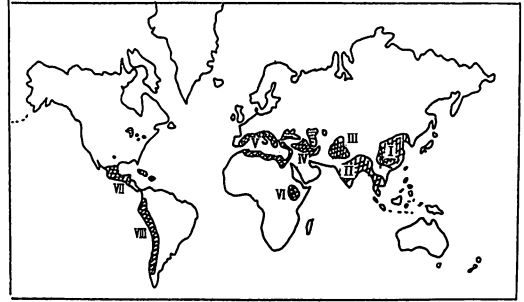


図-1 バビロフの栽培植物の八大起原地

最も多く集積された地域とみなされる。従って、栽培植物の起原地に最も遺伝的変異が集積されているといえる。また栽培種に限らず、野生種においてもこの考えが適応できよう。もちろん伝播過程で時には他の地方で変異が集積されている第二次中心地も存在する可能性がある。さらにVavilov³⁾は、多くの栽培植物の変異の中心地がある特定地域に限られて集積されている事実を明らかにした。すなわち、農耕が極めて古くから行なわれ、しかも不断の民族移動や植民による開拓などで交流をとまっているにも拘らず、多様性の中心地が限られている事実を得たのである。これによって、世界における栽培植物の起原地の八大中心地を設定した (図-1)。その八大中心地に起原をもつ栽培植

表 4 VAVILOVの八大中心地に起原をもつ栽培植物

地	域	栽培植物
I	中国 (中央および西部中国の山岳地帯とその周辺の低地)	ソバ, ダイズ, アズキ, ハクサイなどの葉菜類, モモ
II	インド (北西インドおよびパンジャブを除く地域, ただしアッサムとビルマを含む)	イネ, ナス, キュウリ, ゴマ, サトイモ
II-1	インド ~ マレー (マレー諸島, ジャワ, ボルネオ, スマトラ, フィリピンおよびインドシナ)	バナナ, サトウキビ, ココヤシ, パンノキ
III	中央アジア (パンジャブ, カシミールを含む北西インド, アフガニスタン, ソ連領のタージクスタンとウズベクスタンおよび天山山脈西部)	ソラマメ, タマネギ, ホウレンソウ, ダイコン, 西洋ナシ, リンゴ, ピスタチョ, ブドウ
IV	近東 (小アジア, トランスコーカサス, イランおよびカスピ海東方山岳地帯)	パンコムギ, マカロニコムギ, オオムギ, エンバク, ニンジン
V	地中海地域	エンドウ, ヒヨコマメ, キャベツ, レタス, サトウダイコン, アスパラガス, アマ, オリーブ
VI	アビシニア (エリトリア高原を含む)	テフ, モロコシ, オクラ, コーヒー
VII	南部メキシコ, 中米 (西インド諸島を含む)	トウモロコシ, インゲンマメ, 日本カボチャ, サツマイモ, シシトウガラシ
VIII	南米 (ペルー, エクアドル, ボリビア)	ジャガイモ, ワタ, タバコ, 洋種カボチャ, トウガラシ, トマト, リマ豆, キノア, オカ, ラッカセイ
VIII-1	チリーのチロエ島	イチゴ
VIII-2	ブラジル, パラグアイ	パイナップル

物は表4に示した。

また Vavilov⁴⁾は、「遺伝的変異における相同系列の法則」という1922年の論文に示したように、多くの栽培植物の起原地が集積されている八大中心地において、それらの中心地の地域内における各栽培植物の遺伝的変異は、相同の変異を示すことを提示した。従って、同一地域に起原地をもつ栽培植物間において、ある栽培植物に見出される遺伝的変異は、その地域の他のものにもその遺伝的変異の存在が期待される。すなわち、それらの地域における種々の栽培植物にみられる遺伝的多様性には、一つの規則性があることを明らかにした。

上述の Vavilov の二つの概念、すなわち1) 多様態中心地と2) 相同系列の法則は、探索地域の設定に際し、1) は対象植物について予想される多様性の豊富な地域、2) は対象植物について目的とする特定遺伝子が探索可能な地域を設定するに際し、貴重な指針を提示する。1) と2) から導き出される地域が同一となる可能性もあるが、後者の2) の場合、生理生態的な特定遺伝子については、しばしばその対象植物の地理的分布の中心、または栽培に際し適応性の高い地域から、かなり遠隔な、その植物の分布限界の周辺地域に存在することが多い。

さらに栽培種のみならず野生種を含め、現在までのすべての採集地もしくは収集地を地図上に明示するなどの作業などによって集大成し、その上で未探索地を抽出する必要もある。

3.3 定義

ここで改めて探索の定義にふれておく。探索(exploration)とは本来、利用を意図として特定の目的のものを探し求めることであって、目的とする対象物がなく、もっぱら未知のものを探し求めるのは探検(expedition)である。人類が遺伝資源の問題に対応する

場合、理想としては、探索という概念のもとで実施されるべきである。

3.4 対象

探索の対象は野生種と栽培種に二大別される。

a. 野生種：1) 耐病性、耐塩性などの遺伝子給源としての近縁野生種、2) 石油植物のような遺伝資源の新開発、3) 再育成のための祖先種。

b. 栽培種、とくに在来品種：1) コムギのように、リジン、タンパク質含有量などの再評価、2) 遺伝的多様性を増進し、品種の遺伝的画一化を防止するための遺伝資源の備蓄。

3.5 範囲

つぎに、探索・収集・保存し、確保すべき作物の個々についての範囲を考える必要がある。例えばコムギの場合では、直接的に遺伝資源の給源の対象となる在来品種、さらにその起原に関与した野生祖先種、コムギ属に近縁な属などが対象の範囲となる。バイオテクノロジーの発展は、将来その範囲を拡大する可能性をもっているため、それらを考慮してその範囲を設定する必要がある。すなわち急速に消滅しつつある在来の栽培品種とその近縁野生種を探索・収集し、確保して、将来の遺伝的多様化の基礎を確立することである。

遺伝資源の探索とその活用に関して重要な鍵を与えるのは、植物分類学である。起原と進化の系統発生的概念をとり入れた真の生物学的意義をもつ分類体系の確立は、遺伝資源の探索とその活用の面から考えて必須な問題である。それには遺伝学的基礎の上になった分類体系の整備が不可欠であろう。

Harlan・De Wet(1971)⁵⁾および Harlan et al.(1973)⁶⁾は、上述のような立場から遺伝子給源分類体系(gene pool classification system)を提案した(表5)。この体系は第一次(primary)、第二次(secondary)、第三次遺伝子給源(tertiary gene pool)よりなる。

表5 主要禾穀類における第一次および第二次遺伝子給源
(Harlan & De Wet, 1971; Harlan et al., 1973; 田中改写)

作物	倍数性	第一次遺伝子給源		第二次遺伝子給源
		栽培種	野生種	
一粒コムギ	2倍種	<i>Triticum monococcum</i>	<i>T.boeoticum</i>	<i>Triticum, Secale, Aegilops</i>
マカロニコムギ	4 "	<i>T.durum</i>	<i>T.dicoccoides</i>	<i>Triticum, Secale, Aegilops</i>
パンコムギ	6 "	<i>T.aestivum</i>		<i>Triticum, Secale, Aegilops</i>
ライムギ	2 "	<i>Secale cereale</i>	<i>Secale</i> spp.	<i>Triticum, Secale, Aegilops</i>
オオムギ	2 "	<i>Hordeum vulgare</i>	<i>H.spontaneum</i>	
イネ	2 "	<i>Oryza sativa</i>	<i>O.perennis</i>	<i>Oryza</i> spp.
トウモロコシ	2 "	<i>Zea mays</i>	<i>Z.mexicana</i>	<i>Z.perennis, Tripsacum</i> spp.

第一次遺伝子給源は、その作物を交雑し、その雑種は正常な染色体対合と良好な種子稔性を示し、その雑種子孫は遺伝的な理論通りの分離を表わすところのすべてのものを含む。従ってこの群は、広義の植物学的種に対応するものである。第二次遺伝子給源は、その作物と交雑可能であるが、その雑種は染色体対合および種子稔性の低下とか、弱勢な雑種、ないし適応性の低下を示すもので、戻し交雑の手段を用いて始めてその雑種子孫が得られるものである。この場合、雑種子孫は特定の遺伝子の移入が可能である。それらは別の「種」として取り扱われるものである。第三次遺伝子給源は、その作物と交雑可能なすべてを含む。しかしその雑種を得るためには、胚培養、組織培養、橋渡し交雑 (complex hybrid bridges) などの特殊な手段を必要とする。そのような方法を用いることによって、始めて遺伝子導入が可能となる。以上の遺伝子給源の3つの群を究明整備することによって、各作物の遺伝資源として確保すべき範囲が決定される。

3.6 探索・収集の方法

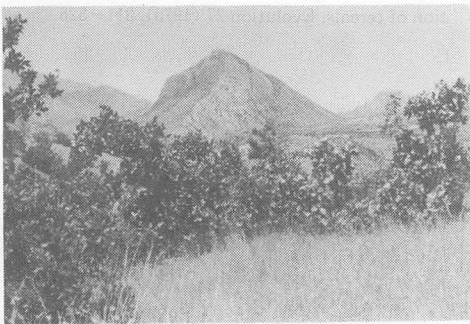
実施方法の中で最も重要なことは、自生地および栽培畑といった野外における探索・収集である。その地域の選定には、目的とする特定植物の自生地、栽培植物の多様態の中心地域、さらに特定遺伝子に対しては生態的環境条件などを考慮する必要がある。また効果的な探索・収集のためには、分類知識とともに、それらの個々の形質の変異の幅をあらかじめ知る必要がある。また、外見的に同一の形態といえども採種地点を異にする場合は、可能な限り採集することが望ましい。

(1) 特定植物の自生地の探索：Vavilov が遺伝子中心説において明らかにしたように、地形的に隔離されたコーカサス、エチオピアなどの山岳地帯やメキシコのベラクルスの谷間などには、多くの変異の集積がみ

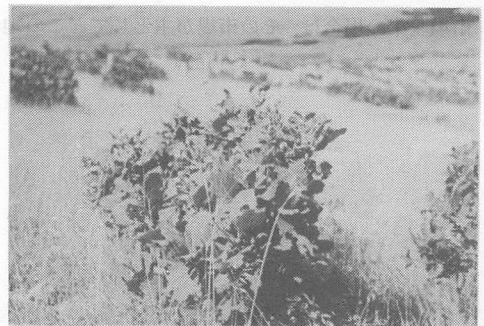
られるが、そのような地帯においても、その自生地の探索にはかなりの困難性を伴う。従って自生地の発見は、その地方の人々から情報をうる以外は全くの偶然の機会によることが多い。しかし、その植物を生態的観点から考察して現地に臨んだ場合、おのずから広地域の中から限定された地域がその対象として浮かんでくる。砂漠のような乾燥地帯では、少しでも凹所のあるところ、雨期には山岳地帯から流出して、一時的に滞水する河の曲折部などは探索の目標になる。また河川も伝播の経路となる。

イラクやイランのザクロス山岳地帯には豊富にマカロニコムギの野生種が自生している。ここでは乾燥した山肌が続いているが、時にはその山肌に緑の点を打ったようにカシの灌木が点々と生えている。そこには必ずマカロニコムギの野生種がみられた。(写1・写2) このように目的とする植物と共生する指標植物を見出すことも探索・収集を容易にする。

(2) 遺跡などの保護地域：農業が発達し、農耕地への転換、もしくは放牧など、さらに開発が進み、人口が過密になるにつれ、野生種の自生地は漸次滅亡してゆくことは言うまでもない。このような地域において、特殊な目的で保護された区域に滅亡寸前の植物が自生していることが多い。たとえば、昔のままの姿の保存に努めている遺跡などは、探索のよい場所となる。オリンピアの遺跡やその近くの神聖な地域として放牧を許可していない Drouva の丘ではコムギ近縁植物の *Aegilops* の群落が見出され、またヨルダンでは、軍用地のさく内の岩山に自生するマカロニコムギの野生種の発見、南米の4000mの高原のペルー・ボリビアの国境に横たわるチチカカ湖畔に栄えたティワナコ文化の遺跡(プレ・インカ時代)ではルスチカタパコの祖先野生種の自生の発見など多くの経験をした。



写1 ザクロス山岳地帯のマカロニコムギの野生種の自生地 (田中)



写2 ザクロス山岳のカシの株元に自生している野生マカロニコムギ (田中)

(3) 栽培植物の畑における探索：近代品種によって浸蝕されていない畑は、貴重な有用遺伝子や、幅広い変異の収集が可能な最良の場所である。1つの畑において出来る限りすべての変異を収集することによって、生理的形質の変異も収集可能となる。この場合、無作為に抽出する方法も考えられるが、遺伝資源収集の立場からみれば、可視的な形態的形質を対象として、出来る限りの変異を収集することが効果的である。

栽培植物の起原に関与した種は、その作物の随伴植物として、その畑地に入りこみ、混入種子として世代を重ねている場合が多い。従って畑地における祖先野生種の収集も重要な一つの対象となる。パンコムギの祖先種であるタルホコムギがコムギ畑の随伴植物として存在しているが、そのタルホコムギは自生地の群落にみられない種々な変異がある。

(4) 生理的な有用遺伝子：立地の環境条件などによる生態的特性を指標として収集した場合、生理的な有用遺伝子の探索が期待される。たとえば耐病性、耐塩性、耐寒性などの有用遺伝子が見出される。主として乾燥地帯に分布する前述のタルホコムギの場合、やや湿潤のカスピ海沿岸に自生する系統は、乾燥地域に分布する系統より、明かに耐病性遺伝子が集積されている。またヨルダンの死海周辺に分布する *Aegilops* 属の種は耐塩性の系統が見出される。

(5) 市場収集：市場収集では、その地方の在来品種の情報と材料がえられる。市場において、その形質が純系であるか雑ばくであるかは、起原地との関連において重要な視点となる。変異の幅が広くしかも雑ばくなことは、その地方が未開であるという理由のみによるものでない。それらの地域では、むしろ純系なものほど新しく導入されたものが多い。換言すれば、変異の多様性は、その地方における栽培歴史の古さを物語るもので、多くの変異を収集することが可能である。

市場収集の場合は、その市場が主としてどこの地域

から集荷されるかをたしかめておく必要がある。また大都市の市場よりも、地方の町の市場の方が収穫が多い。一方、遺伝資源の探索の面より考えても、埋れた有用遺伝子の開発が期待される。

4. おわりに

遺伝資源の価値は、人類に有用な栽培植物に対して、できるだけ変異を豊富に収集することで、総花式に少数個体を収集しても意味がない。そしてそれぞれの有用栽培植物の野生祖先種およびその近縁種、さらに将来科学の進歩によって、遺伝子導入可能と予想されるその周辺植物を遺伝資源として広く探索し確保する必要がある。

また、遺伝資源として野生種を収集し、確保するだけでは十分とはいえない。自然集団における野生種は、自然環境の下で、突然変異や自然淘汰などで遺伝的多様性を生み続け、新しい進化へと歩む。従って遺伝資源の供給源としての自然集団を保全する体制も早急に確立する必要がある。これは21世紀を迎える人類のためになすべき、われわれの任務であろう。

引用文献

- 1) Mooney, P.R.; Seeds of the Earth (1979), Mutual Press, Ottawa, Canada.
- 2) Vavilov, N.I.; Geographische Genzentren unserer Kulturpflanzen. Verhandlungen des V. Int. Kongr. Verb. Wissenschaft. Berlin 1927. Abt. f. Ind. Abst. u. Vererbung. Suppl. 1 (1928), 342-369.
- 3) Vavilov, N.I.; The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plant. Chron. Bot. 13 (1950), 1-366.
- 4) Vavilov, N.I.; The law of homologous series in variation. Journ. Genetics 12 (1922), 47-89.
- 5) Harlan, J.R., De Wet, J.; Toward a rational classification of cultivated plants. Taxon 20 (1971), 509-517.
- 6) Harlan, J.R., De Wet, J., Price, E.G.; Comparative evolution of cereals. Evolution 27 (1973), 311-325.