

# モロコシ, Sorghum: 特殊タイプ

瀬口 正晴 (SEGUCHI Masaharu)<sup>1,2</sup>, 楠瀬 千春 (KUSUNOSE Chiharu)<sup>3</sup>

Key Words: モロコシ, Sorghum, 特殊タイプ

本論文「モロコシ, Sorghum: 特殊タイプ」は“Lost Crop of Africa”volume I Grains NATIONAL ACADEMY PRESS 1996 の第 10 章 Sorghum: Specific Types を翻訳紹介するものである。

## モロコシ: 特殊タイプ

モロコシの遺伝子の多様性には本当に驚かされる。いくつかの品種は見た目が異常で、最近まで別種として分類されていた。しかし、これらの品種はすべて互いに容易に交配し、染色体の相補性はすべて  $2n=20$  であり、今日ではすべて同じ植物、*Sorghum bicolor* の変種として認識されている。同義語には、*Sorghum vulgare* (種全体)、*Sorghum caffrorum*, *Sorghum caudatum*, *Sorghum conspicuum*, *Sorghum arundinaceum*, *Sorghum dochna*, *Sorghum durra* (現在亜種または「種」と考えられているもの) が含まれる。



一般名は何百もあり、広く使われているものに、ギニアコーン、ジョワー (インド)、カオリヤン (中国)、カフィールコーン、マイロ (アメリカ)、ソルゴー、マイシロ (中央アメリカ) などがある。変わったタイプの多くは、それ自体が有望な資源である。あるものは、穀物としては全く予想外の性質と用途を持っている。その中には、現在の主要なモロコシよりも、はるかに優れた穀物を生産する可能性を秘めたものもある。また、全く新しいタイプのソルモロコシ食品を提供する可能性のあるものもある。また、餌、飼料、肥料、繊維、燃料、砂糖、各種工場用原料を生産できるものもある。このように様々な種類の植物から、この驚くべき種の大きな可能性を見出すことができる。以下、有望だがあまり知られていない食品タイプの例について説明する。

## ポッピングモロコシ

アフリカとアジアの一部では、ポップコーンのように弾けるモロコシが見られる。これらは科学的にも起業的にもあまり認識されていない。しかし、おそらく巨大な潜在的市場がある。おいしいし、世界的にも有望だ。ポッピングはモロコシの風味を良くし、エネルギー効率も良く、栄養的にも好ましい。(茹でるのに比べ、ポッピングはとても速いので、燃料をほとんど使わず、タンパク質やビタミンの変性や加水分解もわずかである)。

<sup>1</sup> 神戸女子大学, <sup>2</sup> 日本穀物科学研究会前会長, <sup>3</sup> 九州栄養福祉大学

ポップモロコシは、インド中部ですでに人気があり、他のいくつかの国でも人気が出始めている。インドでは、人々は熱した砂や鉄板の上に、乾燥した穀物を一握りずつ振りかける。弾けた殻は、形成される際に払い落とされる。多くは小学生がおやつに食べる。粗糖（ジャガリー）と一緒に丸めて食べることもある。また、ミルクや砂糖、バターミルク、塩、唐辛子などを混ぜて、ナッツのような風味の粉にすることもある。

モロコシの世界的なコレクションはICRISATで管理されている。試験された3,682の接種のうち、36の接種が良好なポップ品質を示した。そのほとんどがインドで生まれた。これらの品種は、科学的根拠に基づいたポップモロコシの育種の出発点となる可能性がある。実際、モロコシを主食として栽培している30カ国以上の国のほとんどで、非常においしい新しい食品を作ることができるだろうし、少なくともそれ以上の国々とは言わないが、現在モロコシを「かろうじて牛に合う」と見ている国でも定着するだろう。ポップコーンも、つい最近まで軽視されていた。アメリカでは昔から人気のあるお菓子だったが、電子レンジの普及で家庭やオフィスでも手軽に食べられるようになってから、ここ10年ほどで近代的な品種改良が本格的に行われた。その結果、売れ行きが急上昇した。電子レンジの普及は、ポップングモロコシの普及にもつながるだろう。

ポップコーンと同様、最高のポップタイプは通常、粒が小さく、胚乳が緻密な「ガラス質」（角膜状）で、圧力が爆発レベルに達するまで蒸気を閉じ込めることができる。

### 植物性モロコシ

ある国ではモロコシはスイートコーンのように食べられている。穀物がまだ柔らかいうち（ドウ・ステージ）に種頭（穂）ごと収穫する。炭火で焙煎し、柔らかくて甘い種子を食す。インドのマハラシュトラ州が代表的な産地である。スイートコーンと同様、グリコーゲンを30%含む糖度の高い胚乳を持ち、乾燥すると粒がしぼんでしまう。誰にでも喜ばれる食品である。

このユニークな方法で、モロコシは、大麦というよりブロッコリーのような野菜作物に生まれ変わる。これまで科学者による本格的な研究はほとんど

行われていないが、ほとんどの作物が不作になるような土地で、食料を生産する植物の能力を生かす強力な方法となる可能性がある。このような能力を持つ品種を集め、比較し、試験栽培することが必要である。また、伝統的な製法や栄養価の分析も必要である。生地の段階の種子は、予想以上に食品価値が高いかもしれない。

### ビタミンAモロコシ

発展途上国の中には、毎日の食事でビタミンAが不足し、多くの子供たちが盲目になっている。しかし、黄色い粒を持つある種のモロコシは、少なくともモロコシを食べる社会の間では、この問題を解決してくれるかもしれない。この色はキサントフィルと、ビタミンAの前駆体であるカロチン色素からきている。これを食べている人は、ビタミンAの生産が通常より良い。

イエローモロコシは特にナイジェリアでよく知られているが、おそらく他の地域でも見つけることができる。カロテンの量は通常、イエローモロコシに含まれる量の数分の一しかない。しかし、貧困や地域性のために、モロコシを食べる人は食生活を変えるチャンスがないことが多い。黄色い品種は、彼らの視力を保護する最も現実的な方法かもしれない。

### タンニンを含まないモロコシ

モロコシの中には、タンパク質やデンプンを体内に取り込むことができないようにする「閉じ込める」有害な成分を含むものがある。伝統的にこれらの成分は「タンニン」と呼ばれてきたが、厳密にはこれは正確な用語ではない。最近の研究により、抗栄養成分はタンニンとして知られる色素だけではないことが明らかになっている。

特に現在東アフリカで栽培されているモロコシの多くは、タンニンを多く含んでいる。モロコシの多くはタンニンを多く含み、特に東アフリカで栽培されているものは、鳥がほとんど触れないため、意図的に選ばれている。アフリカの一部では、イナゴに代わって小粒穀物作物の最も深刻な厄介者となっているのは、小さくて何の変哲もないハタオリドリ（スズメ）がその一種である。この貪欲に種子を食べる鳥は、地球上で最も生息数の多い鳥の一種といえる。例えばジンバブエでは、1972年から1987年の間に

5億2150万匹以上（年平均3260万匹）が殺処分されているが、ハタオリドリ（スズメ）は依然として農作物の脅威である。

現在では、現在では、人々はタンニン除去しなければ食べることができない。これを回避する為には2つの接近方法がある。1つは加工中種子のタンニンを中和する事であり、ビール製造あるいは粒を発酵する際、木材の灰が試験された。木灰処理に関する情報は、ペルーのカンペシーノがモロコシを食べやすくする方法として開発したことに気づいたG. グラハムからのものである。もうひとつは、タンニンが主に穀物の外側の層にあることを利用するものである。これを取り除くことで穀物の残りの部分を食べられるようにするものである。しかし、この作業は容易ではなく、アフリカのほとんどの農村では、重い棒で種を叩くという終わりの見えない作業により、毎日何時間も苦役を強いられている。実際、これがこの作物の普及を阻む根本的な要因の一つとなっている。

タンニンの問題を克服することで、モロコシは世界の食用穀物の新たな可能性が開けるだろう。1980年代の研究により、タンニンの生成を制御する遺伝子を交配によって減少させることができることが実証された。タンニンをなくすか、少なくとも無視できる量に減らすことができる。ホワイトシードでタンニンを含まないタイプが知られており、特に将来が期待されている。

### 鳥害防止モロコシ

タンニンを除去することで、モロコシは人間にとってはるかに良い食べ物になるが、アフリカの一部では、残念ながら鳥にとっても良い食べ物になるようである。しかし、タンニンを含まず、かつ鳥に敬遠されるホワイトシードタイプもすでにいくつか利用されている。

鳥抵抗性、タンニン無しの2種のモロコシが1989年に同定された。この2つの遺伝子型（Ark1097とブラジリアンハイブリッド）を分析したところ、種子が発育する全期間を通じてタンニンを全く含まないことがわかった。また、米国インディアナ州での試験で、両者とも良好な鳥類抵抗性を示した。鳥の圧力が大きいプエルトリコでは、それぞれが被害を受けたが、受けたのは2つの再現実験のうち1つだ

けで、もう一方は全くそのままであった。全体として、これらの白色種子でタンニンを含まない遺伝子型は、標準的で強い耐性を持つ高タンニンタイプよりもわずかに鳥に対する耐性が低いようである。それでも、耐性のレベルは十分で、通常鳥害が深刻な地域では、これらのモロコシは非常に有用である。

この2つのモロコシの栄養価はまだ完全には決定されていないが、いずれも低タンニン（鳥害受けやすい）モロコシと十分に匹敵することが示唆されている。たとえば摂食試験では、実験用ラットが（高タンニン、鳥抵抗性）対照品よりもはるかに速く成長し、より効率的に飼料を利用することが示された。驚くべきことに、低タンニンタイプよりもさらに優れていたのである。実際、この穀物の摂取に関連する栄養上の問題は見受けられない。このモロコシの試用はケニアで行われている。

### クイッククッキングモロコシ

ほとんどのモロコシの粒に含まれるデンプンは、約70°Cの糊化温度を持っている。調理して食べられるようになるには、その温度に達する必要がある。しかし、研究の結果、モロコシの中には糊化温度が55°C程度のデンプンもあることが判明した。このため、調理時間を短縮することができる。これらのモロコシは、硬いガラス質の穀粒ではなく、モチ状の穀粒（胚乳）を持っている。これは常に普通のやり方では使われない。にもかかわらずそれらが多くの人にとりアピールするのは、いつもより素早い加工品にしてくれるといういい可能性であることだ。

この異常なタイプのものは特に東アジアで見られる。そのデンプンは、むしろアミロースや他の正常フォームよりほぼアミロペクチンに近い。

### アロマティックモロコシ

スリランカやインド北東部のモロコシは、多くのアジア人が好む香り高い米バスマティ（香米）のような香りがすると言われている。バスマティ種の米は、国際的には味気ない米が主流である中で、熱帯アジアでは常に好まれており、現在では高価格の特産品として世界中（米国でも）で販売されるようになってきている。このモロコシの発見も、同様の可能性を秘めている。このモロコシも、高価な特産品になる可能性がある。また、モロコシが主食の地域

でも、最も味気ない穀物であるモロコシにも受け入れられるようになるかもしれない。

全体として、これらのような風味豊かなタイプは、農家への還元を高めることはもちろん、市場を改善し、消費を増やすための良い機会を提供するものである。

### 良質なタンパク質のモロコシ

エチオピアの高地の霧のかかった緑の谷間の奥深くに、栄養面でも食味面でも、他の地域で見られる何千種類ものものはるかに凌ぐ、ユニークなモロコシが隠されている。

エチオピア人は、この品種を「口の中のミルク」(*wetet begunche*)、「蜜が吹き出る」(*marchuke*)と呼んでいる。普通のモロコシの粉を食べたことがある人なら、その名前だけで何か特別なものであることがわかるだろう。どちらの品種も収穫量は通常よりやや少ないが、誰もが好んで食べる。マルキユウ(*marchuke*)は焼き栗のような味わい。粒を集めて火で炒り、ピーナッツのようにはじく。どちらも、普通のソルガムで作った郷土料理の味を引き立てるためによく使われる。この味は、炒ることで還元糖がカラメル化することに由来する。

1973年まで、この2品種はエチオピア中北部の小さな高原地帯に限定されていた。生産者がモロコシ畑の真ん中に隠していたのだ(主に、地主に見つかって、このエリート品種からの副収入で家賃を上げられないようにするため)。しかし1973年、さまざまなモロコシの食品としての価値を分析する研究者たちはそこでスリップした。試験された9,000品種のうち、この2品種はユニークだった。この2つの品種は、タンパク質が30%多く含まれており、さらに重要なことに、タンパク質には、栄養の質を左右するアミノ酸であるリジンが通常の約2倍含まれていたのである。

この発見は、モロコシを主食としている5億人以上の人々が、栄養的に言ってあまり良くない食品に頼っていることを考えると、重要である。モロコシのタンパク質含有量は控えめ(平均約9%)で、そのタンパク質の質は、主にリジンのレベルが低いため、あらゆる穀物の中で最低レベルである。

1973年以来、2つのタンパク質品質モロコシのどちらも、その期待に届いていない。その理由はいく

つかある。両者とも胚乳が小さく柔らかいので、鳥や菌類、昆虫の影響を受けやすく、粉っぽい粒になる。しかし、それ以上に重要なことは、柔らかい穀物は伝統的な用途には向かないということである。搗いたり、機械で挽いたりすると、粉ではなくペースト状になってしまうのだ。また、そもそも粉にするための胚乳があまりない。穀物の種類に関するこの基本的な問題は、大きな障壁となっている。穀物を硬い胚乳の形に変えるために手間のかかる育種プログラムが必要であるか(これは高リジントウモロコシで行われている)、人々が通常の穀物モロコシとは異なる柔らかい形のものを使用しなければならないのだ。

これらの注目すべき品種をすぐに利用できるのは、飼料としてである。動物は人間より気難しくなく、特に豚に必要なリジンを多く含む飼料は、多くの地域で決定的に不足している。魚粉や大豆粕(家畜の主なリジン源)は、特に第三世界の遠隔地では手に入らなかったり、高すぎたりすることがよくある。高リジンモロコシには強靱さと耐乾性が備わっているため、中国北部、ソビエト連邦の広大な乾燥地帯、中東の大部分、インドとパキスタンの半乾燥地帯、メキシコのかなりの部分、その他乾燥し塩分が高くリジンの多い飼料が不足している地域にとって重要な飼料になる可能性は十分にある。

さらに、高リジンの原因となる単一の遺伝子は、従来のモロコシの品質を向上させるために非常に重要であると考えられる。いくつかの研究施設では、この遺伝子の導入に取り組んでいる。彼らは、穀物構造や他の重要な形質に影響を与えることなく、通常のモロコシの栄養価を高めることを期待している。

### ソルホス

モロコシはサトウキビとかなり近縁で、ある種のモロコシ(しばしば「ソルホス」と呼ばれる)は、茎の部分にサトウキビと同じように豊富な栄養を含んでいる。これらの甘いモロコシは、サトウキビやサトウダイコンに比べて驚くほど知られていない。とはいえ、再生可能エネルギー源の必要性がますます高まっている世界において、これらは大きな可能性を秘めている。また、食用作物としても注目に値する。サトウキビとは異なり、スイートモロコシは

### スーダンのスーパーモロコシ

アフリカで最も重要な穀物であるモロコシは、まだまだ未開発の可能性を秘めている。次のような例が示すように、多くの優れた品種がまだ科学的に発見されていないのである。

1984年、ダフルやコルドファンで飢饉が発生したという情報が流れたとき、その恐怖は多くの人々に活力を与えた。ロックンロールのスターが無料コンサートを開き、その模様を全世界に放映した「バンドエイド」ほど、独創的なアプローチはないだろう。バンドエイドは、ロックンロールスターたちが無料でコンサートを開き、世界中のテレビに映し出され、数十カ国から集まった寄付金は、被災したスーダンの地方を支援するために使われた。その一部は、モロコシの遠大な研究に使われた。

バンドエイドの資金で、デビッド・ハーパー、オマー・サリフ、アブデラジム・ヌールの3人は、干ばつで破壊された地域の150の村を訪れ、人々の健康状態を確認し、特に干ばつに最も耐えた地元の作物を採取した。特に干ばつに強い作物を集めた。

カラマカは、タンパク質が非常に栄養価が高い。通常のモロコシよりもタンパク質の量が多いのだが、それ以上に、他のモロコシのタンパク質の約2倍の栄養価を持っていたのである。リジンの含有量(3.4%)は通常より62%も多く、他の必須アミノ酸もそれほど減少していなかった。その結果、カラマカタンパクのケミカルスコアは、通常のモロコシの30~40という数値ではなく、62という数値になった。そのため、栄養価は一般的な牛乳タンパク質の3分の2程度になる。

また、カラマカは、デンプンが少なく、糖分が多いという珍しい炭水化物の組み合わせを持っている。糖質は35%にもなる。糖質はショ糖と還元糖で構成されているが、ショ糖の量は通常の約2倍である。

バンドエイドコンサートの最終のスターは、この飢饉耐性作物であるが、嗜好性とタンパク質に優れたこのモロコシは、世界的な食糧問題の新時代を切り開くかもしれない。カラマカは飢饉を回避しただけでなく、最高品質の穀物に匹敵する栄養価を持つことが証明された。

広い地理的範囲で育つ。「乾燥温帯のサトウキビ」といえる。少なくとも月単位で考えると、サトウキビと同等かそれ以上の生産能力がある。

育種化によって2つのタイプが開発された。

- ・結晶化を防ぐのに十分なフルクトースを含むシロップモロコシ。
- ・主にスクロースを含み、容易に結晶化するサトウモロコシ。

### ライス状モロコシ

シャルル型モロコシ(ギニア種のマルガリティフェラ亜種)は、小さくて白いガラス質の種子を持ち、米のように茹でられる。今日のところ、この興味深い形態のモロコシについてほとんど何も分かっていないが、将来的には良い可能性があり、探索的な研究に値すると考えられる。

### 移植モロコシ

西アフリカの半乾燥地域の一部では、様々な特殊なモロコシが稲のように移植されている。これらは特に、カメルーン、チャド、ニジェール、ナイジェリアの一部を含むニジェール川の湾曲部に住む人々によって使用されている。

これらについては、ほとんど知られていない。しかし、移植用モロコシは乾季に生産され、成長も成熟もすべて下層土の水分で行われる。土壌が乾燥し

て粉状や舗装になる前にライフサイクルを終えなければならぬ植物である。生き残るためには、早く成熟する必要がある。中には90日で収穫できるものもあり、これはその地域で天水栽培が必要とする期間のわずか半分に過ぎない。

マリ北部のガオで発見された魅力的な例がある。元遊牧民のトゥアレグ族が栽培しており、小雨の後に残る流出水の残留水分で1ヘクタールあたり1,000kg以上の収穫がある。他の2つはモサクワとモスクワリスである。これらの乾季のモロコシは、以下のような特別な特徴を持っている。

- ・粒が大きく、硬く、高品質で、地元では特別な香味とされている；
- ・苗の段階での耐熱性
- ・干ばつに強い、または耐えられる
- ・重粘土質土壌の残留水分で栄える能力。

移植モロコシは、地下水面が高い粘土質でのみ生育する。バーティソル(粘土質、膨潤伸縮、ひび割れた土壌)は、世界で最も扱いにくい、土壌の一つであり、栽培に困難を伴う。バーティソルは、水に濡れると柔らかく、粘り気のあるプラスチック状になり、乾くと鉄のように硬く、深くひび割れた状態になる。少なくとも年に一度は、この両極端な状態になる。この環境に耐えられる植物はほとんどない。しかし、バーティソルは肥沃度が高い。このような土地で育つ作物があれば、バーティソルに適した作

### モロコシのアメリカ進出

モロコシは長い間、アメリカに存在していた。一般的に「ギニアコーン」と「チキンコーン」と呼ばれる穀物の種類は、少なくとも2世紀前に西アフリカから導入された。どちらもおそらく奴隷船に食料として詰め込まれ、偶然に新大陸にたどり着いたのだろう。アメリカ人は最初大西洋岸でこれらの穀物を栽培していたが、後にこの作物を西に運び、乾燥した地域により適した土地で栽培するようになった。その後、1800年代末に種苗業者や科学者によって意図的に導入されたものもある。1900年までには、モロコシは大平原南部とカリフォルニアに定着し、トウモロコシには暑すぎ、乾燥しすぎの地域で重要な資源となった。

「ブルームコーン」と呼ばれるモロコシは、ベンジャミン・フランクリンが米国で初めて栽培したとされる。1797年、フランクリンが輸入したほうきから採った種で栽培を始めたと言われている。以来、この植物の花頭から生える硬い毛が、アメリカの箒やブラシの多くを生産してきた。例えば、1930年代には、アメリカの農家は16万ヘクタールものブルームコーンを栽培していた。

茎に糖分が含まれる、いわゆる「スイート」モロコシは、1800年代半ばごろにこの地に上陸した。最初に上陸したのは南部の州で、奴隷のための安いおやつとして導入されたと言われている。しかし50年も経たないうちに、モロコシは広く普及し、「南部の砂糖」と呼ばれるようになった。南部の農村地帯には、モロコシの茎を粉砕するための製粉所があった。シロップは糖蜜より少し薄く、パンケーキにかけたり、ケーキに加えたり、キャンディーや保存食に使われたりして、この地方の甘味料となった。今日、この黄金の液体はあまり知られていないが、多くの農村では毎年モロコシ祭りが開催され、粗末な古い製粉所では毎年推定1億2000万リットルのシロップが搾取されている。

スタン草は1909年に導入された。この「草モロコシ」の形態は、現在では全米の温暖な地域で家畜の飼料として使用されている。

物がないうちに困っている熱帯地方のいくつかの地域にとって、大きな助けとなるはずだ。したがって、移植モロコシは国際的に注目されるべき作物である。

移植モロコシの収量は土壌中の水分量に依存するが、それらの栽培の非常に難しい場所の基準からすると、比較的高い収量である。(その高い収量は、おそらく沼沢地の粘土が肥沃であることに起因している)。

これらの移植種は、明らかに浸水した粘土という異常な条件に独自に適応しており、おそらく乾燥した土壌や不毛の土壌には不向きであろう。

### 脱穀不要のモロコシ

一般的な意見とは裏腹に、モロコシの中には簡単に脱穀できるものがある。しかし、農家は小麦や米を脱穀するよりもっと大きな労力で、種子を頭部から分離する。例えば、モロコシの「リオ」という品種は、この「脱穀しやすさ」を特徴としている。また、現在アメリカの育種プログラムで使用されている品種にSC599がある。この品種は脱穀が容易で、開花後の段階での干ばつにも耐性がある。これらの自由脱穀型のグルーム(籾殻状の苞)は、種子の約30%を覆っている。

「フリー脱穀」という用語は、西アフリカのギニアアモロコシのいくつかの不定型籾殻にも適用される。その種子は完全に露出しており、茎から完全に離れた状態で容易に脱穀することができる。



図2 ノースカロライナ州のバックヒルズでの一コマ。シュガーソルガムは、アメリカでは商業栽培はほとんど行われなくなったが、家庭用を中心に小規模に栽培が行われている。茎から絞り出される緑がかった薄い液体を煮詰めると、サトウキビ糖蜜よりも粘度は低いが、色は薄く、ほとんど透明な黄金色をしている。(P.Mask)

**中国におけるモロコシ**

中国では、モロコシはとても人気がある。特に北部では、何百万人もの村人がモロコシを生活の一部にしている。植物のあらゆる部分を利用してはいる。

穀物。何百万人もの中国人にとって、モロコシは毎日の主食である。モロコシは何百万人もの中国人にとって毎日の主食であり、おそらく毎食食べている。ある種のワックス状の穀物は焼いてケーキにする。また、発酵させ、蒸留して強い蒸留酒を作るものもある。酒通の間では、モロコシを原料とする酒は最高級品とされ、有名なマオタイやサムシュウなどがある。馬やロバなどの家畜の餌として欠かせない穀物で、特に色の濃いものが多い。

種子の頭。品種によっては、空いた頭をほうきやブラシに加工するものもある。

茎。茎が甘いモロコシは何百万人もの中国人の砂糖の主な供給源となっている。また、青いまま収穫し、サトウキビの棒のように切って食べるものもある。(子供は特にそれを噛むのが好きだ。)木質のものは茎を束ね、粘土で固め、間仕切りや壁、塀などに利用する。しなやかな緑色の茎は、割ってバスケットや上質のマットに編まれる。乾燥した丈夫な茎は、手工芸品や皿立て、鍋敷きなど家庭用の小物入れに広く利用されている。また、モロコシの茎は子供の玩具や様々な容器の材料として好まれている。(モロコシの茎は、料理の基本的な燃料となる地域もある。

葉：中国の一部では、穀物の収穫前に葉をよく取り除き、飼料として利用する。牛やヤギ、馬、ウサギなどの飼育に欠かせない。

根：燃料として根を掘り起こし、乾燥させる。

これらはすべて、古くから伝わる伝統的な習慣だけではない。現代の中国では、ハイブリッドモロコシが食糧増産に重要な役割を担っている。最近では、ソルガムは穀物としても茎としても高収量な作物となっている。つまり、中国での経験は、このアフリカの穀物がいかに普遍的な価値を持ち得るかを示している。

**中国産モロコシ**

モロコシは全てアフリカ原産だが、アジアにはかなり以前に渡来しており、何千もの品種が開発されている。極東では、広大な面積がこの作物に費やされている。特に北は満州まで、熱帯の作物が寒冷地にあるのは驚きだ。しかし、中国北部の農民は、小麦がないときの食糧確保だけでなく、家庭で必要な多くのものをモロコシに頼っている(囲み記事参照)。小麦が手に入ったとしても、人々は安くて粗いモロコシのパンを食べることが多い。地域によっては、モロコシから特別な蒸しパンを作るところもある。モロコシは麺類、おかゆ、おひたしなどにも使われる。強い酒を作るのにもかなりの割合で使われる。モロコシは日本でも食べられているが、その程度は低い。

中国には、他国では知られていない様々な種類のものがある。例えば、『中国モロコシ品種図鑑』には1,000種以上の地方品種が掲載されている。食用980種、工業用50種、砂糖用14種である。これらはすべて、世界の他の場所で急速に集められ、テストされるべきものである。これらの品種は、間違いなく遺伝的に多くの利点を備えている。いずれは、中国以外の多くの地域で、人類の生存に欠かせない存在となるかもしれない。

これらの極東型とアフリカ型の遺伝子を2,000年ぶりに再会させることは、まったく新しいチャイナ・交配種を生み出す極めて強力な遺伝的介入となりう

るのである。

**耐寒性モロコシ**

CIMMYT がメキシコのバレーで初めてモロコシの栽培を試みたとき、この作物の種子はつかなかつた。問題は、夜間の低温だった。

そこで研究者たちは、エチオピアから標高の高いモロコシを入手し、交配を行い、今では夜の冷え込みが厳しい高地の谷に適応した品種を手に入れることができた。耐寒性は遺伝資源から得られるが、まだ十分に活用されていない。

**ヒートショックモロコシ**

モロコシは灼熱の条件下で成長する。気温が45°Cでも平気でいられる。その温度でも、若い植物は1日で20%も背が伸びることが知られている。しかし、モロコシにも限界がある。地温が50°Cを超えると、苗の生存が危ぶまれる。半乾燥地帯の土壌表面ではこのような温度は珍しくなく、モロコシ農家はしばしば悲惨な結末を迎えることになる。

そこで、ICRISAT の研究者は、ある種のモロコシが他のものよりも暑さに強いことを発見した。これまでこの性質に注目した人はおらず、現在流通しているモロコシのほとんどは、焼くような高温の土壌に影響されやすい苗を生産している。

高温の畑に種をまき、どれが生き残るかを見ることで、暑さに強い苗を持つ系統が特定されてきた。し

かし、このような試験には費用と時間がかかり、多くの不確定要素がある。現在、ウェールズ植物育種所の研究者たちは、実験室でより正確に行えるマスキング技術を考案している。

ICRISAT がすでに採用しているウェールズの手法の1つは、発芽した種子が合成するタンパク質の量をモニターするものである。暑い環境では、最も耐熱性の高いタイプが最も多くのタンパク質を生成するのである。そこで現在、ウェールズの研究者たちは、「ヒートショックタンパク質」(HSP) に基づく第2世代の検査法を開発している。

すべての生物は、通常の温度範囲より高い温度にさらされると、HSP を生成する。HSP は、通常より高い温度にさらされるとすぐに作られる。植物、動物、細菌に共通するこのタンパク質は、一度作られると、暑さに耐える能力を与えるのである。その正確な機能はまだ不明だが、生物のタンパク質、メッセンジャー RNA、膜を損傷から守っているのかもしれない。HSP のひとつである HSP70 (相対分子量 7 万) は、熱で傷ついたタンパク質が正しい形を取り戻し、酵素、筋肉、抗体として働き続けることを保証してくれるかもしれない。

研究チームは今回、モロコシの苗を 40°C から 45°C の温度に短時間さらすと、特徴的な HSP のセットが生成されることを突き止めた。その後、50°C 以上の高温にも耐えることができるようになった。モロコシはどの苗でも HSP を作るが、暑さに強い苗は発芽後すぐに HSP を作り出す。そのスピードが成功の秘訣なのである。

この反応を利用して、種子に負担をかけずに耐熱性を識別できるような、わかりやすい特徴を見つけようと研究している。これが成功すれば、暑い地域の農家が、膝の高さにも満たないうちに炎天下で枯れていく畑を見るという悲しい思いをしなくて済むように、大量選別への道が開ける。

もう一つの方法は、熱ストレスに耐えるために重要な染色体領域を見つけることである。ウェールズの研究者たちは、DNA プローブをマーカーとして使い、耐熱性形質に関連する染色体の領域を、親から次の世代へと追跡している。

### 熱帯モロコシ

湿度の高い低地の熱帯地方では、いくつかのモロ

コシが生育している。これらはあまり研究されていないが、guineense やその他の関連グループ (例えば roxburghii や conspicuum) は、湿度の高い熱帯地域の遺伝子型の改良のための遺伝源として有用であると思われる。

### 野生のモロコシ

少なくとも2つの手のつけられていない種は、最も過酷な条件下でも極めて強健な生育を示す。1つは、スーダンから南アフリカにかけて分布する野生の草である verticiliflorum 型 (以前は *Sorghum verticiliflorum* として知られていた) である。湿った場所 (例えば、川岸や灌漑水路沿い) や耕作地の雑草としてよく見かけられる。一方、この地域の乾燥した背の高い草のサバンナの多くは、支配的なクライマックス種でもある。モロコシのバイカラー、コーダタム、カフィールなどの祖先と考えられているが、これまで遺伝資源として扱われることはほとんどなかった。しかし、現在行われている研究では、この植物がまぐさ用繁殖品種として非常に有用であることが証明されつつある。この植物が病気と闘う能力や害虫に対する抵抗力をもっていることは間違いなく、モロコシに役立てることができよう。

もう一つ (これまで *Sorghum arundinaceum* として知られていた) は、アフリカの湿潤熱帯地域で繁茂する熱帯雨林の野生種で、現在の家畜化されたモロコシでは適応が不十分な雑草種である。情報は非常に少ないが、栽培モロコシよりも低光量での光合成効率が高いようである。現在のところ栽培はされていないが、湿潤森林地帯の家畜作物として将来性があるのかもしれない。現在は栽培されていないが、湿潤地や森林地帯で家畜化された作物として利用される可能性がある。丈夫な種で、道端や都市の空き地などの「荒れ地」に非常によく見られる。

### 幅広い交配

モロコシは、異なる属、あるいは異なる亜科に分類されるほど遺伝的に離れたイネ科植物と交配することが可能である。このような交配が経済的にメリットがあると考えるのは非常に推測に過ぎないが、探索的な研究努力は十分に価値があると思われる。ここではいくつかの可能性を議論する。

モロコシとある種の *Chrysopogon*, *Vetiveria*,

### モロコシはハイテクになるのか？

1960年代、ジャガイモやタバコなどの植物を大量に生産するために組織培養が開発されて以来、研究者はこの技術をイネ科植物に応用することを試みてきた。しかし、最近の発見により、いくつかのイネ科植物がこの方法で繁殖できるようになった。例えば、1989年、ボンベイにあるバーバ原子力研究センターのインドの研究者、L・ジョージとS・イーペンは、組織培養を使ってモロコシのある品種を再現したことを報告した。この開発は、世界で5番目の主要な食用作物であるモロコシの理解と進歩のための新しい世界を切り開く可能性がある\*。

インドの科学者たちは、モロコシの7品種（C021、C022、C023、C024、TNS24、TNS25、TNS30）を研究した。茎の細胞はカルス（組織培養の最初のステップ）の形成を拒否したが、葉の付け根の細胞はすべてのケースでカルスを形成した。また、1品種（C023）の種子からは、約3分の1のサンプルでカルスが形成された。この未分化なカルス組織にホルモンを加えて植物体を作らせると、すべてのカルスサンプルに根が形成された。しかし、シュート（茎と葉）を形成したのは3品種（C023、TNS24、TNS25）のみで、それもサンプルの10～15%に過ぎなかった。

この発見は、限られたものではあるが、さらなる改良と高効率化を実現するための基礎となるものである。組織培養では、制限酵素切断長多型（RFLP）、病原菌のない植物の生産、チャレンジ育種などの強力な技術を、アフリカや世界にとって非常に重要なこの作物の理解と改良に応用することができる。

これらの技術は、小麦のグルテン遺伝子のモロコシへの導入、ウイルス抵抗性遺伝子の追加、体細胞選択、この作物の膨大な遺伝的多様性を数年前に想像したよりもはるかに効率的な方法で選別するなど、突飛な開発にも可能性を開くことができるだろう。

\* これらの結果は、Current Science (インド) 58(6):308-310 に報告されている。研究チームは、標準的なムラシゲ・スクーグ培地を用いて葉の細胞を培養し、成長を促進するホルモンとして2,4-Dを添加した。根の成長を誘導するために、カイネチンとトリヨードベンゾイック酸を組み合わせて使用したのである。

*Parasorghum* との交配は可能である。*Pseudosorghum* との交配、また *Bothriochloae* と *Sorghae* の一部も可能であると思われる。また、*Chrysopogon* と *Capillipedium* の一部を使用すれば、亜種族間の交配も可能かもしれない。

このような推測は、数十年前にロバート・セラリアがモロコシ亜科の分類学的関係を明らかにするという観点から提唱したものである。しかし、こうした人為的な交配がもたらす経済的な可能性は、相当なものかもしれない。

アメリカの研究者たちは現在、モロコシとジョンソングラス (*Sorghum halepense*) の実験的な交配を行っている。ジョンソングラスは多年生飼料で、アメリカではすでにソルガムと交配して悪質な雑草になっている。モロコシの穀物としての性質とジョンソングラスの根粒性との融合により、強力な新しい多年生穀物の誕生が期待されている。

近年、モロコシとその亜種のスダレ草 (*Sorghum*

*bicolor subspecies sudanense*) の交配により、樹勢に優れたハイブリッドイネが誕生している。その生産性と性能は、アメリカやアルゼンチンの畜産業の中心である飼料用モロコシの作付面積と総収量をさらに増加させた。また、塩害地の再生にも役立つと期待されている。

モロコシがサトウキビと交配できることは以前から知られていた。中国の研究者たちは、どちらの親よりも糖分が多く、茎と穀物を多く生産する、この2つの雑種を開発したと報告している。これらの種に沿った研究で夢にも思わなかった新しい魅力的なものが得られた。このような交配は、モロコシの穀物収量を高める方法を証明するかもしれない。モロコシの花は、1対の花穂のうち1つだけが受精可能である。サトウキビやその近縁種では、1対の花穂の両方が受精する。さらに、この形質は、少なくとも4倍体レベルではモロコシにも移植可能である。

## References

- Gupta, S.C., J.M.J. dewet, and J.R. Harlan. 1978. Morphology of Saccharum -Sorghum hybrid derivatives. *American Journal of Botany* **65**: 936-942. (sorghum relatives)
- Gupta, S.C., J.R. Harlan, and J.M.J. dewet. 1978. Cytology and morphology of a tetraploid Sorghum population recovered from a Saccharum = Sorghum hybrid. *Crop Science* **18**: 879-883. (sorghum relatives)
- Haggblade, S. and W.H. Holzapfel. 1989. Industrialization of Africa's indigenous beer brewing. Pages 191-283 in K.H. Steinkraus, ed., *Industrialization of Indigenous Fermented Foods*, Dekker, New York. (beer sorghums)
- Hahn, D.H., L.W. Rooney, and C.F. Earp. 1984. Tannins and phenols of sorghum. *Cereal Foods World* **29**(12): 776-779. (tannin-free sorghums)
- Jabri, A., R. Chaussat, M. Jullien, and Y. le Deunff. 1989. Callogenesis and somatic embryogenesis in leaf portions of three varieties of sorghum with and without tannins. *Agronomie (France)* **9**(1): 101-107. (tannin-free sorghums)
- Novellie, L. 1982. Fermented beverages. In L.W. Rooney and D.S. Murty. eds. . *Proceedings, International Grain Sorghum Quality Workshop*. ICRISAT, Patancheru.
- Novellie, L. and P. De Schaepdrijver. 1986. Modern developments in traditional African beers. Pages 73-157 in M.R. Adams, ed., *Progress in Industrial Microbiology*, Vol. **23**: Elsevier, Amsterdam. (beer sorghums)
- Thorat, S.S., P.N. Satwadhhar, D.N. Kulkarni, S.D. Choudhari, and U.M. Ingle. 1990. Varietal differences in popping quality of sorghum grains. *Journal of Maharashtra Agricultural Universities* **15**(2): 173-175. (popping sorghums)
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 1996. *Lost Crops of Africa: Volume I: Grains*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/2305>.