

国際農林業協力



JAICAF

Japan Association for
International Collaboration of
Agriculture and Forestry

特集：途上国の栄養改善と雑穀—国際キヌア年 2013—

ボリビアにおけるキヌアの栽培と育種

食料安全保障に果たすキヌアの役割

—栄養面からのアプローチ—

アマランサス：古代の高栄養食品は食料安全保障を高めるか？

シコクビエの加工と利用

Vol. 36 (2013)

No. 2

公益社団法人

国際農林業協働協会

巻頭言

国連ミレニアム開発目標 (MDGs) 達成への雑穀の役割

星野 次汪 …………… 1

特集：途上国の栄養改善と雑穀—国際キヌア年 2013—

ボリビアにおけるキヌアの栽培と育種

寺田 康道 …………… 2

食料安全保障に果たすキヌアの役割

—栄養面からのアプローチ—

大迫 早苗 …………… 6

アマランサス：古代の高栄養食品は食料安全保障を高めるか？

小西洋太郎 …………… 12

シコクビエの加工と利用

倉内 伸幸 …………… 22

図書紹介

進化する雑穀 ヒエ、アワ、キビ

—新品種・機械化による多収栽培と加工の新技术—

小林 裕三 …………… 30

The State of Food and Agriculture 2013

荒井由美子 …………… 32



国連ミレニアム開発目標（MDGs） 達成への雑穀の役割

（岩手大学名誉教授）

星 野 次 汪

今や世界の人口は71億人を超えた。うち、9億人が慢性的な栄養不足で飢餓状態にあり、その75%が途上国の農村部に住む貧しい農民で、残りの25%は途上国の大都市周辺の貧しい地域に住む人たちである。飢餓人口は、アジアでは減少傾向にあるがアフリカでは今後も増加するといわれている。これらの問題解決に、国連のミレニアム開発目標（MDGs）では2015年までに解決すべき8つの目標の1番目に「2015年までに飢餓に苦しむ人口の割合を半減させる」とある。

飢餓に苦しむ貧しい農民の多くは雑穀やイモ類、マメ類を栽培している。アフリカとアジアでの過去50年間の雑穀生産をみると、アフリカでは単収の増加は小さく作付面積が拡大し、一方、アジアでは単収の増加が顕著で作付面積が減少している。この違いの理由の1つとして、アフリカは独立後も政治的に安定せず、商品・輸出作物農業が優先され、自給作物農業への投資が行われず、穀物やイモ類、マメ類は農業環境に恵まれない地域での営農を余儀なくされてきたことによる。これに対してアジアでは経済発展の恩恵に浴し、農業への投資が進み、灌漑率や肥料投入量が大きく伸び、単収が増加したという。

途上国の農民の食料事情を改善する方策はあるのだろうか。アフリカではモロコシ、

トウジンビエ、シコクビエ、アフリカイネ（*Oryza glaberrima*）、フォニオ、テフなどが起源し、これらの雑穀は現在でも乾燥地域の畑作農業の主穀として栽培されている。雑穀は、世界三大穀物であるコムギ、イネ、トウモロコシと比べると、単収は3分の1以下である。生産性だけを見ると、雑穀は消え去る作物のように思える。しかし、イネには灌漑が、トウモロコシには大量の肥料が必要である。一方、雑穀は不良環境下でも生育し、収量は少ないが安定した収穫が得られる。また、様々な食料や嗜好品としてだけでなく、飼料、燃料、屋根葺き、寝具マットなど生活に密接した資材にも広く利用されている。このように多種多様に利活用されている雑穀は、大規模な農業投資でもない限り、今後も主穀として栽培され続けるであろう。

貧困に喘ぐ農民への支援理念は、「自立する持続可能な農業」を定着させることである。作物栽培分野においては、安定多収系統選抜のための在来系統の収集・評価、その生態的特性の解明、食料の安定確保や食の多様化のための多毛作、間作、混作、地力維持のための堆肥づくり、輪作や冬作物導入などに取り組むことが、遠回りのようで飢餓軽減への近道と考える。

アフリカ畑作農業の発展に気脈が通ずるある碑文を思い出した。「土に立つものは倒れず 土に生きる者は飢えず 土を護る者は滅びず」（横井^{とまとし}時敬）。日本政府の地道な支援に期待する。

HOSHINO Tsuguhiro: Role of Millets, in Order to Achieve the United Nations Millennium Development Goals.



ボリビアにおけるキヌアの栽培と育種

寺田 康道

はじめに

1996年から2年間、国際協力事業団(JICA、現独立行政法人国際協力機構)の専門家としてボリビアのオルロ大学に滞在し、キヌア遺伝資源の探索・収集を行った。キヌアはアンデス高地先住民のアイマラ族、ケチュア族によって数千年の栽培と選抜を積み重ねて育成された極めて優れた穀類である。国際キヌア年を迎え「21世紀の食料」としての期待も高く、今後の研究開発や生産拡大が加速すると思うが、ボリビア農村での収集経験から、生物多様性条約の「遺伝資源の利用から生ずる利益の公平な配分」の尊重を尊重して、その資金を開発途上国の遺伝資源の保全、利用の向上に活用することを強調したい。

1. キヌアの誕生

アンデス山脈は南緯14°付近で東西2つの山系に分かれ、その間に標高3800m前後の広大なアルティプレーノ(高地平原)が広がり、その北部にティティカカ湖、南部にウユニ塩湖がある。この高原がボリビアのキヌア栽培地帯である。キヌア(*Chenopodium quinoa*)はアカザ科アカザ属の植物で、日本のアカザ、シロザの近縁種である。日本のソ



写真1 ティティカカ湖畔のキヌア畑、この地域がキヌア誕生の地

バと同じように子実を食用とする穀類だが、イネ、ムギのようなイネ科植物ではない。栽培の起源は標高3812mのティティカカ湖地域とされ、数千年前にこの地でジャガイモの栽培が始まり、その畑にキヌアの祖先の近縁野生種が混在して世代を繰り返してキヌアが誕生し、アルティプレーノ全体に広がった。キヌアは直径2mm程度の種子を脱粒した白い円形の穀粒が可食部である。栄養価に優れていることから、宇宙飛行士の食料としても用いられた。

2. キヌアの栽培面積と生産量

国際食糧農業機関(FAO)が提供している統計(FAOSTAT)には、キヌアのデータは、ボリビア、ペルー、エクアドルの3ヵ国だけが掲載されており、この3ヵ国が世界

表1 キヌアの栽培面積、生産量及びha当り収量

年次	栽培面積 (ha)		生産量 (t)		ha当り収量 (kg)	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011
ボリビア	63,010	64,789	36,106	38,257	573	596
ペルー	35,313	35,461	41,079	41,168	1163	1161
エクアドル	1,176	1,277	897	816	763	639

の主要な生産国といえよう。

表1の2年間の統計でみると、栽培面積はボリビアが6万4000haでペルーの1.8倍と広いが、生産量ではペルーがやや高くなっており、ペルーは面積当たりの収量がボリビアの2倍に近い多収を示している。ペルーは降水量がボリビアよりも多いことに加え、集約栽培が発達しているためであり、ボリビアは降水量が少ないため低収で、さらに栽植間隔が広い点播栽培が多いことが影響していると思われる。

ボリビアにおけるキヌア生産を1987年～91年と2007年～11年の5年間の平均値で比較してみると、栽培面積は20年前より28%拡大して5万5908ha、ha当たりの収量は同じく20%向上して581kg/haとなっている。その結果、キヌア生産量は2万1049tから3万2457tと、20年間で54%の増加を示している。単位面積当たりの収量の向上には、新品種の普及とトラクタ等による大規模栽培の拡大が貢献していると思われる。なお、日本におけるソバの栽培面積(2011年)は5万6400haで、ボリビアのキヌアの6万4789haよりやや少ない程度であり、ha当たりの子実収量は570kgで、キヌアの581kgと同程度である。

3. キヌア遺伝資源の収集

「はじめに」でも触れたが、1996年からの2年間、当時の国際協力事業団(JICA)の専門家としてオルロ大学(標高3750m、年

間降水量370mm、年平均気温9℃)に滞在し、キヌア遺伝資源の探索・収集を行った。アンデス農民のキヌア栽培は、多収性、耐干性、耐寒性などに優れた数系統を混ぜ合わせた混系栽培によって厳しい気象変動に対応してきたこともあり、遺伝的多様性を保持した集団が数千年来維持されてきた。しかし、近年大規模圃場での新品種の栽培が拡大したため、古くからの混系栽培が減少しており、今のうちに在来系統を収集し、貴重な遺伝資源を子孫に残すことが緊急課題となった。

収集は悪路に強い4輪駆動車を用いて、共同研究者のフェリックス氏と研究室の学生とでチームを作り、ボリビア高地の農村を訪れて行った。収集地域は、①バビロフの遺伝子中心説に基づく起源の地ティティカカ湖地域、②ボリビア最高峰サハマ山山麓の高標高地域、③オルロ西部のチリ国境の乾燥高原、④ウユニ塩湖(湖面は塩原)沿岸の高塩分土壌地域、⑤スークレ北東部の3000mの中標高地帯、⑥オルロ東部の4500m高原地帯などであった。延べ31日間、走行距離6447kmの収集調査を行ない、キヌア374点、カヌア(*C.pallidicaule*)29点、ハラ(*C.petiolare*:近縁野生種)4点、アマランサス1点を収集した。栽培地の標高上限は、カヌアは4500m、キヌアは4200m程度で、キヌアの栽培標高下限は3200程度であった。これらの遺伝資源は育種研究や新品種育成の材料として活用するとともに、将来のゲノム解読等のための遺伝



写真2 白い塩原のウユニ塩湖畔の高塩分土壤に育つキヌア畑



写真3 大規模栽培の商品生産用圃場、近代育成品種は均一性が高い

子銀行の長期貯蔵預金である。

4. 農家の栽培状況

農家の栽培は、自家消費のための伝統的な小規模栽培と商品生産用の大規模栽培に分かれ、栽培様式は4タイプに区分される。A：畦条播：畦に連続して播種する様式で、降水量の多いボリビア北部やトラクター耕起の大規模栽培。B：畦点播：畦に点播して栽培する様式で、降水量が少ない地帯や土壤塩分が高い地帯で行われており、ウユニ塩湖地域の大規模圃場はこの様式が多い。C：平地点播：畦を作らずに畑に点播して栽培する様式で、農村の自家消費用の小規模な圃場などの伝統的な栽培に多い。D：不耕起点播：イチュー (*Stipa ichu*) やトーラ (小灌木) の原野では前植生を残して、その間の空き地をツルハシ

ヤスコップで直径 50～80cm ほどに耕起して播種する省力栽培である。なお、播種期は早春で乾季の終わりの9月からだが、発芽は降雨待ちのため10月になることが多く、収穫期は3月から4月上旬である。

5. キヌアの育種研究

キヌアの新品種育成はパタカマヤ農試等で行われ、サハマ、サマランチ、カミリなどの品種が育成されている。オルロ大学作物研究室ではキヌア育種法の開発に主体を置き、学生の卒業論文の課題を含めた研究を行った。研究室では収集系統の一般特性評価や母系選抜法による新品種育成を行うとともに、コルヒチン処理による倍数体の作出、温湯除雄法の開発、水耕栽培による耐塩性の検定法、葉面積と子実収量の関係などの研究課題を、共

表2 ボリビア高地におけるキヌアの栽培様式

タイプ	栽植様式	備考
A：畦条播	条間 60cm、播巾 10cm	密植、茎数多い
B：畦点播	点播間隔 40～50cm	点播当たり数個体
C：平地点播	点播間隔 60～70cm	耕起は点播地主体
D：不耕起点播	野草・小灌木の間に点播	耕起は点播地のみ



写真4 温度と水分が十分な谷間では巨大なキヌアとトウモロコシが育つ



写真5 混系栽培で収穫した穂を選ぶアイマラ族の農婦

同研究および学生の卒業論文研究として行った。1例を示すと、高塩分土壌地域から降雨地域までの代表的な系統を用いての塩水発芽能力の調査で、塩分濃度：0%（標準）、1、2、3、4%の塩水での発芽率を調査したところ、LD50では塩分濃度2%付近になることが判ったが、3%で20%、4%でも数%は発芽する系統が見つかった。そこで発芽限界の塩分濃度を知るため、0%から8%までの塩水で耐塩性の強い数系統を調査したところ、6%塩水でも低率ながら発芽する系統が見つかった。海水の塩分濃度が3.4%程度であることを考えれば、キヌアの塩水発芽性の限界は極めて高いといえよう。

おわりに

—キヌアの将来—

ボリビアやペルーでは、農家の所得向上と貴重な外貨獲得のため、今後も栽培面積が拡大して生産量が増加すると思われる。世界的には、FAOが「今後生産が拡大する可能性のある国」としてコロンビア、チリ、アルゼンチン、カナダ、米国、スウェーデン、オーストラリア等の16カ国を示している。日本

での栽培には、雑草との競合や、大雨による湿害に弱いこと、根が浅いために強風で断根倒伏しやすいことが課題となろう。また、耐干性は優れているものの、生長には十分な水分が必要で、低水分栽培は低収である。

米国ユタ州のプリンガム大学では、「AFLP、RAPD、SSR マーカーによるキヌアの遺伝相関地図（P.J.Maughanら、Theor. Appl. genet. (2004) 109:1188）」の研究が行われており、キヌア幼苗期の微量の材料を用いて、穂の形態やサポニン含量など収穫期以降に出現する形質について、DNA マーカーを用いた選抜育種技術を目指している。さらに近い将来には、キヌアの優れた耐塩性遺伝子や耐干性遺伝子を単離し、遺伝子組み換えによってコムギ、オオムギ、トウモロコシ、ソルガム等に導入して、灌漑や化学肥料過多による塩害発生地帯、および砂漠化が進む低降水地や干ばつ被害常襲地帯などの安定生産に適した、耐塩性や耐干性の新品種が誕生するかも知れない。キヌアは世界の食料と人類の健康に貢献する作物だと考える。

（元北海道農業試験場牧草育種研究室長、元草地球験場育種部長）



食料安全保障に果たすキヌアの役割 —栄養面からのアプローチ—

大 迫 早 苗

はじめに

キヌア (*Chenopodium quinoa*) は双子葉類、アカザ科に属する1年草の穀物で、南アメリカのアンデス山地にあたるエクアドル、ペルー、ボリビアからチリ北部の高地で比較的降雨の少ない荒地、塩害地で生育できる。キヌアの種子は直径1～2mmの円形で、厚さは0.5mmほどである。キヌア種子の外皮の色は白色～黄色、紫、黒と様々であるが、外皮を取り除いた種子は白色～黄色と報告がある¹⁾(写真1、2、3)。

なお、キヌアは「キノア」や「キンワ」等の様々な名称で呼ばれているが、ここではキ

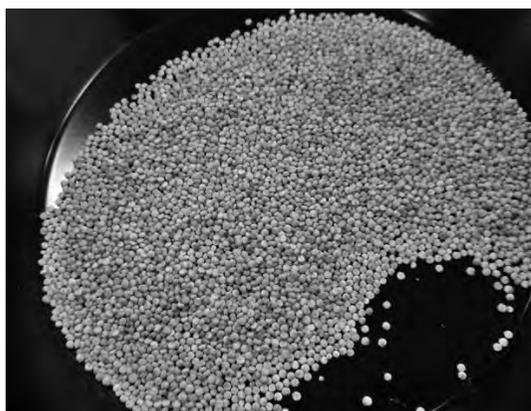


写真1 キヌアの種子 (日高氏提供)



写真2 キヌア表面 (×30倍)



写真3 断面 (×40倍)

* 写真2、3はキヌアの表面、断面を走査型電子顕微鏡撮影したものである³⁾。

ヌアに統一する。近年、欧米や日本でも健康志向の高まりとともに注目されている。

国連食糧農業機関 (FAO) は、2013年を「国際キヌア年」に宣言したが、「キヌア」という穀物は日本ばかりでなく世界的にも認知度

は高くない。ただし、この国際年を通して「スーパー穀物」としての栄養面での役割を多くの人に周知する良い状況下でデビューを飾った。そして、将来的に大きな可能性を秘めた「キヌア」を知ってもらうための機会が巡って来たことは多くの人々にとって幸せな年の始まりであると考ええる。

1. キヌアの栽培から生産

キヌアの生産については、その大部分が原産国のボリビア、ペルーといった南米で、全世界の9割以上を占めており、南米以外では米国、カナダ、フランス等でも栽培され、とくに米国では健康志向から輸入量の急増とともに自国内の生産量も伸びつつあると報告されている²⁾。キヌアの栽培から生産については別稿「ボリビアにおけるキヌアの栽培と育種」に詳述されているので、本稿では割愛する。

2. キヌアの栄養成分

表1に示されているように、キヌアはイネ科の穀物と比べたんぱく質、脂質、ビタミン、無機質、食物繊維を多く含む^{4)、5)、6)} 栄養価の高い食品であることが知られている。白米との比較では、2倍のタンパク質、6倍の食物繊維、9倍の鉄分、6倍のカルシウムと

栄養価は極めて高く、その並外れた栄養価に注目したNASA（米国航空宇宙局）がキヌアを宇宙食候補として検討を始め、NASAがキヌアを「21世紀の主要食」と発信したことから、欧米諸国でも自然・健康食品として注目されるようになった。小西ら⁷⁾は、通常は食さず廃棄物として扱われているキヌアの外皮にコレステロールの低下作用があること報告している。またキヌアは、食物繊維やミネラルを多く含むことから生活習慣病を予防する食品として注目されており、アレルギー疾患用食材としても健康機能性を持つ新しい食品素材としても可能性が期待されている。さらにエネルギー、たんぱく質、またバランスのとれたアミノ酸組成¹⁾により病後や高齢者が陥りやすい症状・PEN（低栄養）などの予防に適した食材である。

3. キヌアの効果

食生活の中では、5大栄養素（タンパク質・脂質・糖質・ビタミン・ミネラル）を毎日バランスよく摂ることが大前提であるが、できるだけ多種類の食品を少量ずつ摂ることで、結果的にバランスのよい食事に結びつく。そしてキヌアには、その栄養素がバランスよく含まれている。また、コレステロール値を正

表1 キヌアと白米の栄養成分比較（100g中）

	熱量	タンパク質	脂質	糖質	ナトリウム	食物繊維	カルシウム	鉄	カリウム	マグネシウム
	(kcal)	(g)	(g)	(g)	(mg)	(g)	(mg)	(mg)	(mg)	(mg)
キヌア	364	11.5	5.9	63.5	1.7	5.4	31.8	3.75	521	175
白米	356	6.1	0.9	76.6	1	0.5	5	0.8	88	23

出典：(財)日本食品分析センターによる数値（第203021044-002号）。
キヌアの熱量は大日本明治製糖による計算値、白米は『五訂日本食品標準成分表』の数値。

常に保つためには、栄養素に加えて食物繊維を十分に摂ることでコレステロール値を低下させ、糖質の急な吸収も抑える効果がある。さらに、食物繊維を摂取することにより整腸作用を促し、高血圧の予防、肥満、動脈硬化、糖尿病、大腸がんなど50歳前後に多い生活習慣病の予防・改善を図ることができる。また、鉄分が豊富なことから若い女性に多い貧血予防・改善にも効果があり、カルシウムが豊富なことから閉経後の女性に多い骨粗鬆症の予防も期待できる。また、カリウム含有量が高く、その働きとして血圧を下げる効果があり、ナトリウムの過剰摂取による血圧上昇を抑制することが知られている⁸⁾。しかし、図13)の通りキヌア澱粉では、カリウム含有量の急激な低下が見られる。カルシウム、マグネシウムについては全粒粉、澱粉とも若干の減少が見られた。栄養価の高いキヌアでも形状または料理方法によって栄養素の変化が生じるので、目的に合わせた食材の加熱および調理操作を選択することが大切である。

どんなに食品として評価の高いものであってもそれだけを食べ続けることは好ましくない。キヌアの素晴らしい点を述べていると「キヌアだけを摂取すれば大丈夫」と勘違いされそうだが、決してそうではないことを理解して頂き、日常の食生活の中で活用して欲しい。人は食べることで健康になり、美味しいものを食べる幸せ感を持って欲しいし、1つのものだけ食べ続けるリスクも忘れてはいけない。

このような「スーパー穀物・キヌア」の効果・働きを多くの人々に周知するためには、国産キヌアの栽培、入手方法、利用および価格の面から多くの人たちに発信していくことが、一時的なブームで終わらない継続的な活用に繋がると考える。

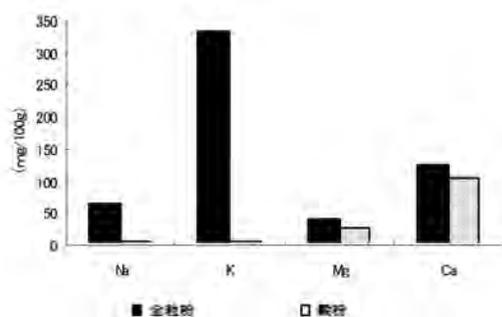


図1 キヌア的全粒粉と澱粉のミネラル比較⁹⁾

4. 認知度がまだ低いのでキヌアをどのように広めていくか

1) 現地でのキヌアの利用

現地アンデスでは、キヌア粒のままか粒を挽いて粉状にしてからパンまたはリゾット、野菜やジャガイモおよびトマトなどが入ったスープ、パスタ、カレー、粗挽きにしたキヌア粉は団子にして食されている。種子の他に葉や茎も野菜の一種としてサラダなどに利用されている。現地では日本より安価でもあるのでキヌアをたっぷり入れた主食としての料理になっている。2013年6月29日、東京農業大学（東京都世田谷区）の「食と農」の博物館内で、第1回キヌア料理ワークショップが開催された際、現地での「エビ入りキヌアピラフ」、「キヌアと鳥肉のスープ」、「キヌアカレー」、「キヌアのミルク煮（デザート）」が紹介された（写真4、5）。

2) 日本での利用

日本では最近、インターネットなどで健康食、ダイエット食として紹介されているが、キヌアの栄養を損なわず簡単にできる調理方法として誰にでもできる炊飯をお勧めしたい。コメと一緒にキヌアを加えるだけで、1人暮らしで調理に多くの時間かけず、多くの食材を購入することが難しい時にはとくに重



写真4 キヌア料理の例 (東京農業大学)



写真5 同左



写真6 キヌアパン



写真7 キヌアクッキー

宝な調理方法といえる。部屋の空気も汚さずに仕上げることができるので高齢者の方や小さな子供のいる家庭ではとても便利である。また、味がほとんどないので原産国では野菜を入れた温かい、または冷たいスープにして、茹でたキヌアをハンバーグ、餃子等の肉の一部に加えヘルシーに、サラダのドレッシングに、豆腐のあんかけにと、キヌア特有のテクスチャー（食感）である「プツプツ」感を味わうことでおいしさの相乗効果が生まれる。さらに、小麦粉の1部をキヌア粉で代替し、パン、ケーキ、クレープ、クッキー、揚げも

の衣などに使用することで味のバリエーションが楽しめる（写真6、7）。

なお、前述した通りキヌアの葉も、原産国ではサラダとして食されており、和風でおひたし、和えものとして食べることを勧めたい（写真8）。

3) キヌアの利用 パン・スポンジケーキ

キヌアパンは、米粉パン同様にもちもちして食べやすいが、キヌアの代替量が増すと膨化が悪くなりテクスチャーにも影響を与える。これまでの報告^{9) -13)}から、添加量は2割を上限として考えるとよい。小麦粉のよう



写真8 キヌアの葉

にグルテン形成をしないので添加量が増えると膨化を抑制し、膨らみが若干悪くなる⁹⁾。ただし、揚げ物にキヌアの粉を使用することで衣のテクスチャーはよくなり、誰でも上手に揚げるができるはずなので勧めたい。また、日本の食文化でもある餅¹⁴⁾にもキヌアを添加しキヌア餅として食することも可能である。今後もキヌアの知名度が高くなればキヌアの粒・粉を加えて料理の開発は進むと考えられる。

前述した通り、キヌアの添加量が増えると膨化に影響するとともにアカザ科特有の青臭さと若干の苦みがもたらされるので、添加量、加える食材を選択する必要がある。今後、香

りと苦みについてはサポニンの影響なのかを検討したいと考える。

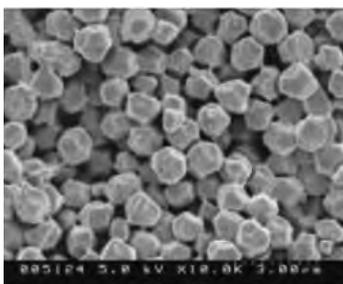
5. キヌアの特性と課題

1) 解決への手がかり、キヌア澱粉

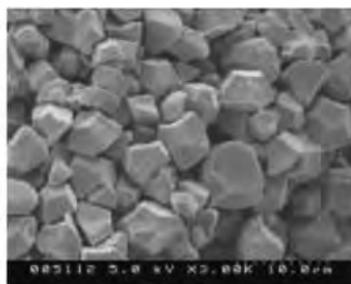
キヌアを添加したスポンジケーキやパン等^{9)、12)}で添加量が20%を超えると形状も食味特性も小麦粉製品とは異なる。そこにはキヌアの大部分を占める澱粉特性により生ずるものと考え、その糊化特性や澱粉の微細構造を明らかにし、コメおよびトウモロコシ澱粉と比較検討した。その結果⁹⁾、走査型電子顕微鏡(SEM)で見たキヌア澱粉はトウモロコシ、コメに比べかなり小さく、細胞と細胞は密接し、複粒の形態であることが観察された(写真9)。

粒径分布では、各澱粉の最多分布はキヌア澱粉2.0 μm 、コメ澱粉は4.9 μm 、トウモロコシ澱粉は13.28 μm で、キヌアは他の2種類の澱粉よりも小さく、SEM観察の結果と一致した。

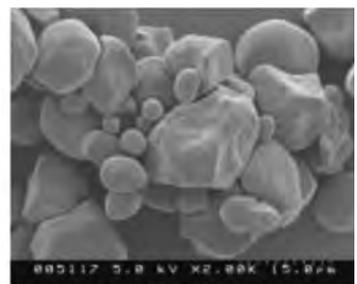
また、図2の通りラビットビスコアライザー(RVA)で一定速度での昇降温時と恒温保持の粘度変化について測定したところ、キヌアはトウモロコシ、コメとは粘度曲線が異なり、老化しにくい澱粉であることが推測



キヌア



コメ



トウモロコシ

写真9 澱粉の微細構造

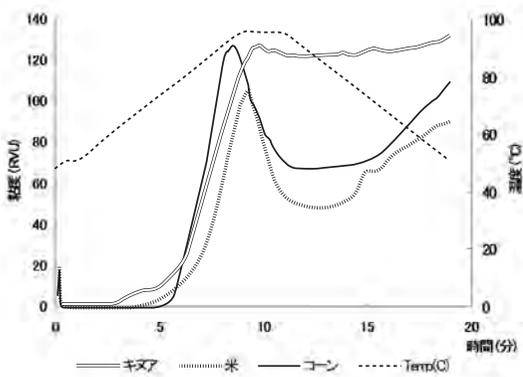


図2 キヌア・コメ・トウモロコシの澱粉粘度曲線

された。

2) キヌア澱粉の特性から

前述した通り、キヌアの澱粉粒はかなり小さく、老化しにくいことがデータに示唆された。これはキヌア澱粉を利用した時に他の澱粉よりも美味しさを保つ効果や食品として食べるだけでなく、肌につける化粧品などにも期待ができる。今後も検討を重ね、生活習慣病やアレルギー疾患等の食生活に貢献できる料理等の提案をしたいと考える。

おわりに

日本に適した国産キヌアが誕生しても供給と需要についての準備が必要である。すぐに認知度を高めることは難しいが、日高氏が手掛けている「キヌア栽培ワークショップ」の開催、キヌア研究の第一人者である小西洋太郎氏を会長に「国際キヌア年連絡協議会」の発足、東京農業大学博物館のキヌア展などの機会からまずはキヌアという食材を目にとめてもらい、キヌアの利用、つまり調理法や製品の開発といった地道な普及を手掛けなければならない。決してマスメディアの標的になってフードファディズムに陥ってはならな

いと考える。

参考文献

- 1) 平野 茂：Food Style、21、66-69、2002.
- 2) 日高憲三：アンデス原産「キヌア」実態と今後の可能性、農耗耕と園藝、7、98-101.
- 3) 川井稽古：日食工誌、45、p 357-363 (1998) .
- 4) 小西洋太郎：食品加工総覧、第4巻 (1999) .
- 5) 渡辺克美、伊富貴重矢、河村幸雄、光永俊郎：日食工誌、50、546 (2003) .
- 6) 小西洋太郎、不破英二森田尚文、高尾哲也：アマランサスとキヌア. 食の科学、253、30-36、52-58 (1999) .
- 7) 芳本信子：食べ物辞典、学建書院、東京、p 26、47、352 - 353 (2011) .
- 8) 大迫早苗、永島伸浩：キヌアパンの食味特性について、相模女子大学紀要 76B、7-12 (2012) .
- 9) 竹内枝穂、津田淑江：品種の異なる大麦粉の食パンへの利用、日本調理科学会、36、23-31、2003.
- 10) 木村友子、佐々木弘子：飛粉の精製と精製飛粉添加パンの製パン性物性および食味特性、日本家政学会誌、2、137-145、2000.
- 11) 大迫早苗：キヌア添加によるスポンジケーキの食味特性、相模女子大学紀要 70B、15-22 (2006) .
- 12) 武田紀久子：小麦粉成分及び特性がスポンジケーキの膨化に及ぼす影響、41、750、1990.
- 13) 大迫早苗、永島伸浩：キヌア添加が餅生地物の物性ならびに食味特性に及ぼす影響. 相模女子大学紀要 71B、45-52 (2007) .

(相模女子大学短期大学部 食物栄養学科 教授)



アマランサス：古代の高栄養食品は 食料安全保障を高めるか？

小 西 洋太郎

はじめに

著者は1981年以来、途中中断はあったものの、アマランサスの食品学的特性や機能性に関する研究に関わってきた。当初国内学会や社会での反応は鈍かったが、その後世界中でアマランサスの農学、食品学、栄養学、医学の各分野で研究・開発が進んだ。わが国では長野県や岩手県などでアマランサスが栽培され、地域産業の振興に貢献するまでになった。2000年には日本食品標準成分表にリストアップされた。本稿では、アマランサスの作物上の特徴、食品学的特性、栄養機能、生理機能等について紹介し、このマイナーな食料資源が飢餓と肥満が同居する世界の食料安全保障にどのような貢献が可能かについて述べたい。

1. 世界の食料供給の考え方

人類は長い歴史の中で野生植物から約3000種類の栽培作物（食用、飼料用、薬用、鑑賞用、林木など）を創りあげた。そのうち食料作物は約1000種類だといわれる。しかし、現在世界で栽培されている主な作物（穀類、マメ類、野菜、果実など）は意外にも約30種類にすぎない¹⁾。現代の世界農業は、

いわゆるモノカルチャー（少数作物依存型農業）である。換言すると、忘れ去られた作物が多くあるということである。穀物（GM：遺伝子組換え作物も含む）の生産は60年代と比べコムギは2.7倍、コメは3.0倍、トウモロコシは3.8倍に増えた。これには作付面積の拡大によるほか、品種改良による単収増加が大きく貢献している。今後もモノカルチャーは続くものとみられる。しかし農地拡大、その多くは熱帯雨林の伐採によって、主要作物の品種改良に必要とされる類縁植物や野生種の消滅が危惧される。また、GM作物は大量の肥料や農薬が必要とされ、地力の減退や生態系への影響などが危惧されている。さらに、利権を握るメジャーの多国籍企業によって小規模農家が吸収され、その国の農業基盤の弱体化を招くといわれる。

モノカルチャーの対義語はマルチカルチャー（生物の多様性を重視した農業）である。しかし、食料の確保という目標において両者は対立するものではなく、互いに補完しあうものであると考える。両者の根底あるキーワードは「生物資源」であり、それをどのように活かすかによって違いが出てくるだけである。

生物の多様性を重視した農業を提唱した例として、1975年アメリカ科学アカデミー（NAS）特別委員会がまとめた「有望な経済価値を有する開発中の熱帯植物」という、途上国の行政官、技術者、農学者、栄養学者ほ

KONISHI Yotaro: Grain Amaranth: Is an Ancient Nutritious Food for Improving Food Security?

か関連分野の専門家向けの報告書²⁾があげられる。同報告書は、アマランサスやキヌアなど選抜された36種の将来有望な資源植物の開発を奨励している。選抜した主な基準とは(i)熱帯で栽培できること、(ii)食料、飼料、工業原料として将来性があること、(iii)開発途上国またはその一部の地域の生産性を高めるのに役立つことであり、すでに利用されている作物に取って代わるようなものを指しているわけではない。この報告書には、熱帯地域の人たちが生態系を維持しながら、自分たちの身近な生物資源を実現可能な形で開発することによって、暮らしの向上を図ることを目的とした未来指向が伺える。同報告書の各論として、1984年、アマランサスに関する開発研究の詳細について討議された報告書が公表された³⁾。

2. アマランサスとはどんな作物か

紀元前4000年頃から古代メキシコ人によって栽培化されたアマランサスは、トウモロコシとともに彼らの主要作物の1つであった。15-16世紀に栄えたアステカ帝国の貴族たちは、粉にしたアマランサスに生贄の人の血を混ぜ、軍神ウィツィリポチトリの偶像をかたどったパンを作り、神に捧げたという。このような儀式は16世紀初頭にアステカ帝国を滅ぼしたスペイン人にとっては悪魔的に映ったらしく、征服後、アマランサスの栽培は禁止され、忘れ去られた作物になってしまった³⁾。それでもその後、トウモロコシなど新大陸の種々の作物とともにヨーロッパ、アジアに伝わったが、食料源として注目されるには、アマランサスに必須アミノ酸リジンが多いという発見⁴⁾まで待たなければならなかった。

アマランサスは双子葉類ヒユ科ヒユ属(*Amaranthus*)の一年生植物である。ヒユ属には約50種あるといわれ、そのうちのいくつかは紀元前から中南米で栽培化されていた。アマランサスは、種子を食用とする穀粒型と葉を野菜として利用する野菜型に分けられるが、ここでは前者を採り上げる。主な栽培種は、*A. hypochondriacus*(メキシコ原産、和名センニンコク)、*A. cruentus*(グアテマラ原産、和名スギモリゲイトウ)、*A. caudatus*(ペルー原産、和名ヒモゲイトウ)である。

アマランサスはC4植物で光合成能が高く、生長も早い。播種から収穫までの期間は、品種によって異なるが、3-5ヵ月である。1つの穂に30-50gの種子を実らせる。一般にアマランサスは水や高温に対するストレスに強く、土壌(塩、酸性)を選ばない。単位面積あたりの種子の収量(1-3t/ha)は一般の穀物にひけをとらない。一方、栽培上の欠点は、背丈が高いので(品種によって2mを越すものもある)、風によって倒れやすいことである。これを克服するため、農研機構作物研究所は2000年、背丈の低い(約1.5m)『ニューアステカ』という新しい品種を開発した。もう1つの短所は種子が小さい(直径約1.5mm、千粒重は約0.7g)ことである。信州大のグループはコルヒチン処理による染色体を倍加(4倍体)させ、種子を大粒化する研究を行っている。

アマランサスは現在、中国を筆頭にアメリカ合衆国、メキシコ、ペルー、ロシア、チェコ、インド、ネパールなど多くの国や地域で栽培されている。しかし、残念なことに、アマランサスの世界生産量・栽培面積のデータは入手することができない。

わが国における最近5年間（平成19～23年）のアマランサスの生産量は年間平均23tであり、アワ（211t）、キビ（269t）、ヒエ（348t）と比べてかなり少ない⁵⁾。アマランサスの単収は平均1.1t/haであり、他の作物と変わらない。アマランサスの生産はほとんど岩手県に限定されている。著者が調べたところ、インターネットを介して数100g単位で購入できるが、1kgあたり1600～2500円、無農薬栽培だと5000～6000円である。ペルー、インド、アメリカからの輸入品（2000-3000円）も市場に出回っている。

3. アマランサス種子の構造と栄養成分

1) 種子の構造

アマランサスの種子は、種（species）に関わらず、凸レンズ状をしており、中央部に位置する外胚乳と、その周りを取り囲む胚（子葉と幼根）とに分けられる（重量比は約65:35）。果皮の色は淡黄色、赤色、黒色などである。外胚乳は澱粉質に富み、胚にはタン

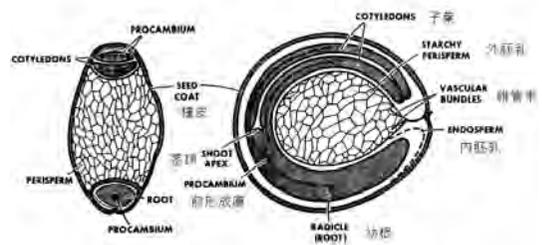


図1 アマランサス種子

パク質、脂質、ビタミン、ミネラルが分布している（図1）。このような特徴はアカザ科のキヌア（*Chenopodium quinoa*）の種子と酷似している。

2) タンパク質とアミノ酸

アマランサス種子に含まれる総タンパク質含量は12.7%である（表1）。表2は各種穀物のタンパク質100gあたりの必須アミノ酸量（g）を示す。これら個々のアミノ酸の数値をWHO/FAOが推奨する理想的なアミノ酸組成（この表では幼児を対象とした組成）に対する割合（%）を求め、最も低かったアミノ酸を第一制限アミノ酸とし、その割合

表1 穀類・雑穀類の化学成分値

	kcal	タンパク質	脂質	炭水化物	灰分	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	Zn	食物繊維	備考
アマランサス(玄穀)	358	12.7	6.0	64.9	2.9	1	600	160	270	540	9.4	5.8	7.4	
キヌア	399	14.6	5.6	64.4	3.4	12	927	149	250	384	13.2	4.4	13.4	KOZIOL (1992)
ソバ	364	9.6	2.5	73.7	1.4	1	390	12	150	260	1.6	1.4	3.7	
トウモロコシ(玄穀)	350	8.6	5.0	70.6	1.3	3	290	5	75	270	1.9	1.7	9.0	
コムギ(玄穀)	337	10.6	3.1	72.2	1.6	2	470	26	80	350	3.2	2.6	10.8	国産、普通
玄米	350	6.8	2.7	73.8	1.2	1	230	9	110	290	2.1	1.8	3.0	
精白米	356	6.1	0.9	77.1	0.4	1	88	5	23	94	0.8	1.4	0.5	歩留まり90-91%

単位：無機質はmg/100g、その他はg/100g。キヌア以外は日本食品標準成分表2010より。水分とビタミンは省略した。

(%) をアミノ酸価と呼ぶ。栄養価の化学的評価法の1つである。アマランサスとキヌアのタンパク質は、コムギ、トウモロコシ、コメに不足しているリジンとロイシンを充足しており、ロイシンが第一制限アミノ酸となってアミノ酸価は90に近い^{6) 7)}。動物性タンパク質のアミノ酸価が100であることから、その栄養価の高さが分る。このような評価法とは別に、実際にラットなどの動物に食べさせて栄養価を評定する方法、生物価（体内に吸収された窒素量に対する体内に保留した窒素量の割合で表される）は73.0（非加熱）で、加熱調理加工（フレーク、ポップ、ローストなど）すると86～88に上昇し、カゼインの生物価（95～97）に近づく。

主要タンパク質（貯蔵タンパク質）はグロブリンと特殊な水溶性タンパク質（アルブミン-2）であり、総タンパク質の50～60%を占める。アマランサスやキヌアのようにグ

ロブリンやアルブミンを多く含む穀類（他にソバやオートムギ）のアミノ酸価は高い。

3) 脂質

総脂質は約6%で、トリアシルグリセロール (TG) がほとんどを占める（表1）。TGの構成脂肪酸の約50%はリノール酸であり、他の穀物油の構成脂肪酸と類似している。興味深いことにアマランサス油には、スクアレンが約7%含まれていることである。オリーブ油 (0.4%)、トウモロコシ油 (0.03)、ピーナツ油 (0.03) などの植物油と比べると桁違いに多い。スクアレンは自然界ではサメの肝油に多量（脂質の約90%）に含まれ、サプリメントや化粧品に使われているほか、ステロイド薬品の製造原料としても利用される。また、スクアレンは免疫力を高め、抗ガン作用としても注目されている⁸⁾。

4) 炭水化物

炭水化物のほとんどは澱粉であり、種子重

表2 アマランサスおよび主要穀物の必須アミノ酸組成

アミノ酸	アマランサス	キヌア	トウモロコシ	コムギ	精白米	FAO/WHO 評点パターン (1973年)	
						幼児	大人
Ileu	2.8-3.8	3.7	4.3	4.1	4.7	2.8	1.3
Leu	5.0-5.8	5.9	17.0	8.0	9.7	6.6	1.9
Lys	3.2-6.0	5.6	2.0	2.5	4.2	5.8	1.6
Met+Cys	2.6-5.5	3.8	5.5	5.0	5.5	2.5	1.7
Phe+Tyr	6.9-8.5	6.6	10.0	9.2	11.0	6.3	1.9
Thr	2.6-4.3	3.5	3.5	3.2	4.2	3.4	0.9
Trp	1.1-4.0	0.9-1.1	5.8	1.4	1.6	1.1	0.5
Val	3.2-4.2	4.9	5.2	4.9	6.8	3.5	1.3
His	—	2.6	3.4	2.6	3.2	1.9	1.6
第一制限アミノ酸	Leu	Leu	Lys	Lys	Lys		
アミノ酸価	76-88	89	34.0	43.0	72.0		

単位：g/100g タンパク質 (= 6.25g 窒素)。コムギは薄力粉一等、トウモロコシはコーングリッツの値。アマランサス (*A. hypochondriacus*) は文献6より、キヌアは文献7より引用。それ以外は日本食品標準成分表準拠アミノ酸成分表2010より引用した。

量の約 65% を占める。栄養学的には無関係であるが、アマランサスにはウルチ種とモチ種の区別があり、双子葉類ではたいへん珍しい。ウルチ（優性）とモチ（劣性）の分離はメンデルの分離の法則に従う。澱粉粒の X 線回折図形は他の穀類澱粉と同様 A 型である。澱粉粒は微小（直径約 1 μm ）ゆえに、単位重量あたりの表面積が大きいので水分の吸着量が大きい。したがって、ベビーパウダーのような工業製品としての用途も議論されている^{9) 10)}。

5) ビタミンとミネラル

アマランサス種子の水溶性ビタミンで注目されるのは葉酸 (130 $\mu\text{g}/100\text{g}$) である。玄米 (27 $\mu\text{g}/100\text{g}$)、コムギ (38 $\mu\text{g}/100\text{g}$)、トウモロコシ (28 $\mu\text{g}/100\text{g}$) に比べるとかなり高い。マメ類 (100 - 200 $\mu\text{g}/100\text{g}$) と同レベルである。加熱処理 (ポップング) によってもほとんど分解されない¹¹⁾。葉酸は胎児の神経管閉鎖障害のリスク低減や、心疾患・脳血管障害予防などに有効なビタミンである。アマランサス種子を発芽させると、リボフラビン (ビタミン B₂) やアスコルビン酸 (ビタミン C) は有意に増加する。脂溶性ビタミンでは、 α -トコフェロール (ビタミン E) が 1.3 mg/100g であり、コムギおよび玄米と同レベル (1.2 mg/100g) である。また、トコフェロールの同族体であるトコトリエノールはコレステロールを下げる効果がある¹²⁾。

アマランサス 100g 中の各種ミネラル含量は、Ca (160mg)、Mg (270mg)、K (600mg)、P (540mg)、Fe (9.4mg)、Zn (5.8mg) であり (表 1)、ほぼダイズに匹敵する。著者が行ったエネルギー分散形 X 線マイクロアナリシスによると、Mg、K、P は胚芽組織に局在していることが分かった。P は、細胞内

に存在するプロテインボディ (タンパク質顆粒) に封入されているフィチン酸 (イノシトール 6 リン酸) に由来し、Mg と K はそのフィチン酸と結合した形で存在していることが推測される。この結合型ミネラルは消化管で利用されにくい。しかし、種子を発芽させるとフィターゼによってミネラルは遊離型となり吸収されやすくなる。一方、Ca は種皮および外胚乳と胚との境界域に分布していたことから、細胞壁の構成多糖ペクチンとの架橋構造に関与していることが示唆される¹³⁾。

6) 食物繊維・その他

品種によって変動があるが、総食物繊維量は概ね 7% である (表 1)。このうち水溶性食物繊維の占める割合は約 15% である。フィチン酸含量は 0.3 - 0.6% であり、コメ (0.1 - 0.14%) よりも多いが、コムギやトウモロコシよりは少ない。ポリフェノール含量 (2 - 4 mg/g) はダイズ (0.1 - 3 mg/g) よりも多い。トリプシンインヒビター (300 - 5100U/g) はコムギより少ないし、加熱すれば失活するので問題とならない¹⁴⁾。アマランサスのサポニン は 4 種のトリテルペンをアグリコンとして有し、その含量 (0.1% 以下) はマメ類よりも少ない。発芽させると一過性に増加するが、毒性はほとんど問題にならない¹⁵⁾。

7) 生理活性成分と生体調節機能

アマランサス種子を添加した動物実験で、血漿コレステロールを下げる効果があることが報告されている。この効果には食物繊維、脂肪酸組成、トコトリエノール (ビタミン E の同族体) などが関与しているらしい。また、アマランサスと他の穀物との組み合わせによって、耐糖性が向上し、糖尿病患者食としての利用を提唱する報告もある。このほか、Ig

M 産生促進効果、白血病細胞の分化誘導作用とマクロファージ活性化、抗菌ペプチド、血圧上昇に関わるアンジオテンシン変換酵素の阻害ペプチドなどの生理活性物質¹⁵⁾や抗酸化活性¹⁶⁾が報告されている。また、アマランサスはグルテンを含まないので、グルテンに敏感なセリアック病患者の代替食の一つとして注目されている^{17) 18)}。

8) アマランサスの加工食品

食品はいくら栄養や生理機能があってもおいしくなければ誰も食べない。おいしく食べられるレシピや加工法は、新しい食材の普及には重要である。アマランサス種子はコメのように搗精しない（小さすぎてできない）。すなわち、全粒（whole grain）を利用するため食物繊維やミネラルの損失がなく、肥満、糖尿病、心疾患を予防する食材として広く受け入れられている。粒はそのままピラフや粥、例えばコメとともに炊飯できる。あるいは、粉にして小麦粉と混ぜて、パン、ケーキ、クレープ、クッキー、クラッカー、トルティーヤ、麺に利用できる。これらは小麦粉やトウモロコシに不足するリジンが付加されるので栄養価は向上する。また、モチ性のアマランサス種子は、蒸籠で蒸してから餅をつくることもできる。アマランサスの加工でおもしろいのは、加熱するとポップコーンのように爆ぜることである。香ばしい香りがする。みかけの体積は約7倍に増加する。これを粉碎して飲料、トッピング、朝食シリアルに、あるいはシロップを加えて固めた菓子（メキシコの alegria、インドの Ladoos）がポピュラーである¹⁹⁾。筆者らは流動床を利用してポップ効率のよい装置を開発している²⁰⁾。

9) バイオマス

ある試算によると、1 ha あたりの種子の

収量が2～4tの場合、収穫後の葉は30t、茎は600tもとれるという。これらは家畜の餌のほか、乾燥させて茎に含まれるセルロースやヘミセルロースはバイオ燃料の原料となる²¹⁾。

4. アマランサスは食料安全保障に貢献するか？

1996年世界食料サミットにおいて、『食料安全保障は、すべての人がいかなる時にも、彼らの活動的で健康的な生活のために、必要な食生活上のニーズと嗜好に合致した、十分に、安全で、栄養のある食料を物理的、経済的に入手可能である時に達成されるものである』と定義されて、一般に受け入れられている。この文面をそのまま受取ると、過剰栄養については謳われていない。もともと、食料安全保障の考え方は、アフリカの食料危機が起きた1970年代、食料供給（Food supply）に重点を置いた国家の食料安全保障が焦点だった。しかし、1996年の定義に「健康的な生活のために」と書かれている以上、後述するように、貧困による飢餓（低栄養）対策だけでなく、肥満（過栄養）対策も同時に考えなければならない。

現在世界の人口は約70億人、このうち飢餓人口は8億人以上と推定されている²²⁾。特に途上国では年間約500万人の子供が栄養失調で5歳前に死亡している。食事摂取量が十分でないためタンパク質不足や、ビタミン、ミネラルのような微量栄養素不足による隠れた飢餓も問題となっている。一方で、太り過ぎまたは肥満人口も飢餓人口と同じくらい存在する。食のグローバリゼーションにより、途上国の貧困層の人たちは、これまでの穀物・イモ類中心の食事から、肉・乳製品、油脂食

品を多く摂取するようになったいわゆる「栄養転換、nutrition transition」が起き、肥満が増加したのである。この現象は途上国に限らず、アメリカのような先進国の低所得者層でも肥満者数が増加し、健康を損ねている人が増えている。彼らは一日の必要なカロリーを手っ取り早く満たすため安価で高カロリーのハンバーガー等に手を出さざるを得ないのだという²³⁾。

これまで述べてきたようにアマランサスはそのすぐれた栄養機能性および生体調節機能を、飢餓（低栄養）と肥満（過栄養）の両方に貢献する可能性を持っている。しかし、世界の現実はどうであろうか？ 以下に食料安全保障に対してアマランサスはどうか関わっていくべきかについて私論を述べたい。

1) 飢餓対策

FAOの食料危機最新情報によると、外部からの支援を必要としている国は、レソトほか36カ国（アフリカ28カ国、アジア6カ国、カリブ海諸国2カ国）あり、今期作物生産の見通しが好ましくない国が1カ国（ナミビア）ある²⁴⁾。これらのほとんどはアフリカのサブ・サハラ地域の人々である。その背景には、干ばつによる不作、長引く紛争、食料・燃料の高騰などさまざまな要因がある。いずれにせよ問題は深刻であり、緊急な食料支援が必要である。その際、現地の人々の栄養失調を緩和し、解放するには現地の人たちの食習慣に適合した食料の供給が必要である。アマランサスは量的に多くは供給できないが、コムギなどの穀物と同時に摂取することによって、必要なカロリーとタンパク質が有効に供給され、栄養改善に貢献できると考えられる。

2) 飢餓と肥満対策—メキシコの場合

アマランサスの原産地メキシコでは、復活

したアマランサスが再び忘れ去られつつある作物になっている。メキシコでは過去10年間、Oaxaca州（メキシコの中でも貧困者が多い）のアマランサス支持団体、Puente a la Salud Comunitariaがアマランサスの普及活動を行っている²⁵⁾。ファーストフードに安易に手を出すために、この国では子供も大人も肥満者が多い（大人の33%が肥満）。13歳の少年が心臓病で死亡したというニュースもある。先述したように、アマランサスは全粒（whole grain）を利用するため、肥満など生活習慣病予防に効果が期待される。

一方、メキシコでは飢餓と戦っている人々も多い。Godoyの記事²⁶⁾によると、約80万人の低栄養の幼児がおり、毎年約1万人の子供が栄養失調で死亡している。メキシコ南部のChiapas、Guerrero、Oaxacaの3州の最も貧しい地方自治体では少年少女の80%が栄養不良だという。しかし、ある研究者が行った介入試験では、1日25gのアマランサスを5ヵ月以上摂取すると、栄養状態が改善されたという。

現在、メキシコでは農業政策の立て直し、地域および個人レベルでの栽培促進と消費拡大に向けて、料理や栄養講習会、広報活動を支援している。しかし、アマランサスの良さを知っている消費者は少ないという。農民たちもトウモロコシを植えるよりアマランサスを植える方が高収入を得られるにもかかわらず、アマランサスの導入がはかどらないようである。その理由はトウモロコシの方が入手しやすいためである。仮にアマランサスの栽培を始めても、よい収量を得るには2～4年かかるという。しかし、最も警戒すべきことは、アマランサス・バブルにならないことである。バブルになって価格が上昇すると、

健康志向の高い日欧米への輸出品になったとしても、地元では誰も買わなくなるからである。

3) 日本におけるアマランサス

わが国では現在、栄養失調と診断させる人はまれで、肥満者が増えている。健康志向の強い日本では、アマランサスは他の雑穀と同様、健康によい食品として認識されている^{27) 28)}。多種多様な健康食品が市場にあふれている中で、今後消費が伸びるかどうかは不明だが、コメやコムギの消費を凌駕するとは考えられない。二次的な経済作物、すなわちニッチ市場での新たな付加価値を持った製品開発に期待がかかる。

岩手県、長野県ではアマランサスを栽培し、加工食品を製造販売、産官学が連携して地域振興に役立っている。岩手県は、県内産のアワ、キビ、ヒエ、アマランサスをブランド化する戦略を展開している。長野県伊那市では研究会をつくり、地元の学校給食のメニューにも採り入れられている。また、遊休農地の有効利用、新たな観光資源の創出、栽培の拡大事業を展開している。

わが国がアマランサスを通じて世界の食料安全保障の向上に貢献できるとすれば、栽培方法の指導、マルチカルチャーの普及、新品種の開発技術、食品加工技術などの提供と支援、栄養指導、医療などの後方支援が要求されよう。また、地域振興、健康的な町づくり、グリーンツーリズム、フードツーリズムなどへの波及効果も期待できるので、間接的に途上国の人たちの食料安全保障の向上につながると考えられる。

おわりに

最後に下記の4点をもって結論としたい。

(1) アマランサスは必須アミノ酸バランスがよく栄養価が高い。ビタミンやミネラルも豊富で、途上国、貧困層、幼児の栄養改善に貢献する。

(2) アマランサスは食物繊維、ポリフェノールなどの生理活性物質を含み、肥満や高血圧など生活習慣病の予防に役立つことが期待される。

(3) アマランサスは、農業における多様性を推進し、モノカルチャーを補完することによって、食料安全保障を高める可能性がある。

(4) アマランサスは地域振興、健康的なまちづくり、フードツーリズムなど持続可能な社会づくりに貢献するかもしれない。

参考文献

- 1) Vietmeyer, N. D. 1986, Lesser-known plants of potential use in agriculture and forestry, *Science*, 232, pp.1379-1384.
- 2) National Research Council 1975, *Underexploited Tropical Plants with Promising Economic Value*, National Academy Press, Washington, D.C.
- 3) National Research Council 1984, *Amaranth: Modern Prospects for an Ancient Crop*, National Academy Press, Washington, D.C.
- 4) Downton, W. J. S. 1973, *Amaranthus edulis: A high lysine grain amaranths*, *World Crops*, 25, p.20.
- 5) 特産種苗 2013、雑穀の生産状況、No. 15.
- 6) Segura-Nieto, M., Barba de la Rosa, A. P. and Paredes-Lopez, O. 1994, Biochemistry of amaranth proteins, in *Amaranth: Biology, Chemistry, and Technology*, ed O. Paredes-Lopez, CRC Press, Boca Raton, pp. 75-106.
- 7) Becker, R. and Hanners, G. D. 1990,

- Compositional and nutritional evaluation of quinoa whole grain flour and mill fractions. *Lebens. Wiss. u Technol.*, 23, pp. 441-444.
- 8) Reddy, L. H. and Couvreur, P. 2009, A natural triterpene for use in disease management and therapy, *Adv. Drug Delivery Rev.*, 61, pp. 1412-1426.
- 9) 小西洋太郎 1988、センニンコクの食品栄養学、大阪市立大学生生活科学部紀要、36、pp.13-25.
- 10) M. G. Lopez, L. A. Bello-Perez and O. Paredes-Lopez 1994, Amaranth carbohydrates, in *Amaranth: Biology, Chemistry, and Technology*, ed. O. Paredes-Lopez, CRC Press, Boca Raton, pp. 107-132.
- 11) Murakami, T., Yutani, A., Yamano, T., Iyota, H., and Konishi, Y. 2012, Effect of popping on nutrients of amaranth seeds, *Proceedings of the 6th International Conference of the European Amaranth Association*, Nitra, Slovak Republic, pp.51-54.
- 12) Lehmann, J., Putnam, D.H., and Qureshi, A.A. 1994, Vitamin E isomers in grain amaranths (*Amaranthus* spp.), *Lipids*, 29, pp. 177-181.
- 13) Konishi, Y., Takezoe, R., and Murase, J. 1998, Energy dispersive X-ray microanalysis of element distribution in amaranth seed, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 62, pp.2288-2290.
- 14) Guzman-Maldonado, S. H. and Paredes-Ropez, O. 1998, Functional products of plants indigenous to Latin America: Amaranth, quinoa, common beans and botanicals, in *Functional Foods*, ed. Mazza, G., Tecomic Publishing Co. Inc., Lancaster, pp. 293-328.
- 15) 小西洋太郎 2002, 擬穀物アマランサス、キヌアの栄養特性とアレルギー代替食品への応用、*日本栄養・食糧学会誌*、55、pp. 299-302.
- 16) Nsimba, R. Y., Kikuzaki, H. and Konishi, Y. 2008, Antioxidant activity of various extracts and fractions of *Chenopodium quinoa* and *Amaranthus* spp. seeds, *Food Chem.*, 106, pp. 760-766.
- 17) Tosi, E. A., Ciappini, M. C. and Masciarelli, R. 1996, Utilisation of whole amaranth (*Amaranthus cruentus*) flour in the manufacture of biscuit for coeliacs, *Alimentaria*, 34, pp. 49-51.
- 18) Alvarez-Jubete, L., Arendt, E. K. and Gallagher, E. 2010, Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients, *Trend Food Sci. Technol.*, 21, pp. 106-113.
- 19) Tovar, L. R., Valdivia, M. A. and Brito, E. 1994, Popping amaranth grain, state of the art, in *Amaranth: Biology, Chemistry, and Technology*, ed. O. Paredes-Lopez, CRC Press, Boca Raton, pp. 143-154.
- 20) 伊與田浩志、小西洋太郎、(株)アミスタ 2012、熱処理装置、特許第 5117695 号。
- 21) Vıglasky, J., Andrejčak, I., Huska, J. and Suchomel, J. 2009, Amaranth (*Amaranthus* L.) is a potential source of raw material for biofuels production, *Agro. Res.*, 7, pp. 865-873.
- 22) P. ピンストラップ-アンダーセン、F. チェン 2007、それでも 8 億人は餓えている、*日経サイエンス*、12 月号、pp. 70-78.
- 23) 堤未果 2008、ルボ貧困大国アメリカ、岩波新書。
- 24) 世界の農林水産 2013、通巻 831 号、pp. 20-25.
- 25) Howard, B. C. 2013, Amaranth: Another

- ancient wonder food, but who will eat it?
National Geographic Daily News, Aug. 12.
- 26) Godoy, E. 2010, Can amaranth fix Mexico's
dual dietary disasters? Inter Press Service,
May 20, [http://www.ipsnews.net/2010/05/
can-amaranth-fix-mexicos-dual-dietary-
disasters/](http://www.ipsnews.net/2010/05/can-amaranth-fix-mexicos-dual-dietary-disasters/)
- 27) 真鍋久 2005、雑穀ブームの背景を探る、
日本調理科学会誌、38, pp. 440-445.
- 28) 川西正子、王化田、小西洋太郎 2006、雑
穀に対するイメージと消費形態に関する調
査、生活科学研究誌、5, pp. 51-58.
- (大阪市立大学大学院 生活科学研究科・教授)



シコクビエの加工と利用

倉内 伸幸

はじめに

シコクビエ (*Eleusine coracana* Gaertn. subsp. *coracana* (Kenn.-O'Byrne) K.W.Hilu & J.M.J.de Wet) は、アフリカ東部のエチオピアやウガンダの高地が起源地と推定されているオヒシバ属の一年生植物の雑穀である(写真1)。シコクビエの最も古い考古学的出土品は、紀元前3000年のエチオピアのアクスムに近いゴドベラ遺跡で見い出されており、少なくとも5000年以上に亘る栽培の歴史がある。アフリカ東部で起源したシコクビエは比較的早い時代にインド亜大陸に伝えられたようで、紀元前1800年のインドのハルール遺跡からシコクビエの炭化種子が報告されていることから考えて、紀元前2000年頃にはインドへ導入されたと推定される⁴⁾。

栽培分布域は東アフリカ、南アフリカからアラビア半島、イラン、アフガニスタン、インド、スリランカ、ミャンマー、ネパール、中国、日本、フィリピン、インドシナ半島、インドネシアまで広がっている。FAOの農業統計にはシコクビエだけのデータはない。アワ、キビ、トウジンビエなどを含めた「雑穀」のデータしかないため、正確なシコクビエの生産量や栽培面積は不明である。主要な

生産国の農業統計から推定すると、世界で約300万ha栽培されており、約250万tが生産されている。このうちアフリカで約100万t、インドで約150万t生産されている。単位面積あたり収量は1t/ha程度である。栽培の歴史が古く重要な作物であるにもかかわらず、シコクビエはコムギ、イネおよびトウモロコシの研究に比べてほとんど進んでいない。世界の多くの国で一度もシコクビエという名前を耳にしたことがなく、またそれを栽培する多くの国でさえ“貧しい人の作物”のイメージが強い。南アフリカやブルンジ、ルワンダ、コンゴのようなシコクビエが最近まで主食作物であった国においても生産量が急速に低下している。一方、シコクビエは祝祭日やその他行事に必要な文化的な食べ物なので、小規模ながらも伝統的な栽培地域で存在



写真1 シコクビエ畑

が守られている。

1. 遺伝と形態

1) シコクビエの起源

シコクビエは4倍体 ($2n=36$) で、アフリカに自生する4倍体のアフリカーナ (*Eleusine coracana* Gaertn. subsp. *africana* (Kenn.-O'Byrne) K.W.Hilu & J.M.J.de Wet) が祖先野生種である³⁾。日本で自生する2倍体 ($2n=18$) のオヒシバ (*Eleusine indica* Gaertn.) は、シコクビエと形態的特徴が類似しているため長い間シコクビエの祖先野生種と考えられていたが、1957年にアフリカで4倍体のアフリカーナが発見されて以来、アフリカーナが祖先野生種と考えられるようになった。シコクビエとアフリカーナは遺伝的にも同一のAABBゲノムを有しており、雑種は完全な稔性を持つことからシコクビエと同一種とされ、シコクビエの亜種として位置づけられている。アフリカーナのAAゲノム提供種はE.indica, BBゲノム提供種はE.floccifoliaであることが明らかになっている¹⁾。

2) シコクビエの分類

シコクビエは穂の形態的形質から、アフリカ高地型 (African highland type) とアフロ・アジア型 (Afro-asiatic type) に分けられる。両者の違いは苞穎と外穎の明瞭な差で示され、前者はアフリカーナと同じく長く、後者は短い。つまり、シコクビエはアフリカーナから栽培化され、アフリカ高地型が成立した後にインド亜大陸へ伝播し、アフロ・アジア型が穎の短縮突然変異によって生じたと考えられる¹⁰⁾。ところで、シコクビエはアフリカ大陸とインド亜大陸で地理的隔離された結果、対照的な品種分化をもたらした。シコクビエの花序の形は非常に変異に富んでいる。



写真2 様々なシコクビエの穂型

掌状に並んだ分枝穂が拡がって外側にそり曲がるか。真っ直ぐに伸びて内側に曲がり、しばしばこぶし(拳)状になる。この花序の形態的特徴を主たる指標として、5つの品種群が知られている(写真2)。そのうちコラカーナ (coracana) は花序の形態が野生のアフリカーナ亜種に似ており、5~19の掌状に分かれた分枝穂は長くて直立するが、成熟すると先端はやや曲がる。恐らくこの系統から残り4つの系統が分化したものと考えられる。コラカーナ系統はアフリカとインドのシコクビエ栽培域に広く分布し、あちらこちらに点在している。とくに東アフリカ高地とインドの西ガーツ山地の農業によく適応した型である。エロンガータ (elongate) は5つの系統の中では最も明瞭な穂の形態を持ち、10~24cmの細長くてよく拡がる穂で、熟すと外側にそり曲がる掌状の分枝穂によって特徴づけられる。エロンガータ系統は東アフリカの高地とインドの東ガーツ山地に栽培されて

いる。よく生育したコラカーナとは区別しにくいこともあり、また、アフリカとインドのものは互によく似ていて形態的に識別するのは難しい。恐らく両地域で独立にコラカーナより分化したものと考えられる。プラナ (*plana*) はエチオピアとウガンダによく栽培されているが、インドの東西両ガーツ山地にも見られる系統である。分枝穂軸に沿って2列に着生する小穂が大きいのが特徴である。コンパクト (*compacta*) はアフリカでもインドでも「トサカ」型シコクビエと呼ばれている。小穂は9小花以上よりなり、分枝穂が扁平なりボン状を呈していて、熟すると内側に曲がって大きなこぶし状になる。インドのものは花序の下端に分枝穂が主軸に対して着生しているのが特徴である。この系統はエチオピア、ウガンダおよびインド東北部に分布している。ブルガリス (*vulgaris*) はアフリカとインドにもっとも普通に見られるタイプで、アフリカ南部からエチオピアやウガンダまで、またインドからインドネシアまで拡がっている。分枝穂が外曲するもの、ねじれるもの、内曲するものやそれらの中間型があり、しばしば一枚の畑に混在する。このようにシコクビエの5つの系統は、必ずしも明瞭な地理的分化を起こしたわけではなく、各系統がアフリカとインドで並行的に分化した可能性が高い。なお、シコクビエはインド東北部からミャンマーを経由して中国を経て日本や朝鮮半島にまで栽培が拡がり、東アジアでは日本型と呼ぶことができる北方適応型が成立している。

3) シコクビエの遺伝育種

シコクビエは自家受精率が高く、他家受精率は1%以下である。わが国では、交配育種は行われず、在来品種が残るだけあり、ジ-

ンバンクにはわずか34系統しか保存されていない。インドにあるICRISATは23カ国から5940点を収集・保存している¹¹⁾。そのうちアフリカ由来、アジア由来がほぼ半々である。また、ケニアでは国立遺伝子銀行で2000点を保存している。さらにエチオピアの遺伝資源センターとして知られている生物多様性保存研究所 (IBC: Institute of Biodiversity of Conservation) は、エチオピア由来の1300点を保存している。交配育種はインドやアフリカで行われている。インドでは、1957年までは在来品種から純系選抜によって系統選抜が行われ、いくつかの品種がリリースされた。その後、交配育種が盛んになり、育種目標は主として早生、多収性、耐病性で、多くの品種がリリースされている。マイソール州ではRagi-ナンバー、マドラス州ではCo-ナンバー、アンドラプラデシ州ではAkp-ナンバーというように、地域ごとに品種区分が成立している。エチオピアでは‘Tadesse’、‘Padet’、‘Boneya’が、ケニアでは‘P-283’、‘P-224’、‘P-221’、‘Serere-1’が、ウガンダでは‘Serere-1’、‘Gulu-E’、‘P-224’が、ザンビアでは‘Steadfast’、‘M-144’が、ジンバブエでは‘FMV-1’、‘FMV-2’がそれぞれリリースされている。

4) シコクビエの形態

草丈は1~1.5m程度で稈の断面は扁平で三角稜があり、節は1つの伸長節間の節と1つないし数個の不伸長節間の節が対になっていることから、あたかも1節から2葉(ないし数葉)が互生しているように見える。分けつ数は4~8本で、1次分けつから各2~3本の2次分けつが出る⁹⁾。

根は発芽に際して種子根が1本伸長し、鞘

葉節以上の節に冠根が発生する。根系は強く張り、吸肥力が強く、地上部の節からも支持根が出る。

穂は3～10本の枝梗が輪生し、掌の指を立てた状態となる。品種により、枝梗は内側に曲がったり外側に曲がったりする。各枝梗は5～10cmで2列に約60個の小穂が着生し、小穂は5小花よりなり、いずれも稔性である。

穎果は球形で長さ1.5mm程度、1000粒重は2.6g程度である。灰褐色で果皮は容易にむける。果皮をむいた種皮は黄褐色から茶色である。まれに白色の品種がある。胚は小さく胚乳の糊粉層は1層で無色である。

2. 栽培方法

1) 栽培環境

シコクビエは年平均気温が23℃前後の地域で多く栽培されている。赤道直下のウガンダやケニアの標高1200mでも栽培可能であり、またネパールの標高2500～3000mの場所でも栽培されている。降水量は生育期間に750～1200mmの地域で多く栽培されている。生育期間の最低降水量は300mmといわれているが、トウジンビエやソルガムほど乾燥に強くない。土壌は選ばないが、肥沃で水はけの良い土壌を好む。最適pHは5～7だがpH11の土壌にも耐える。

2) 栽培条件

シコクビエは、アフリカでは直播・散播栽培がほとんどである。播種から出穂まで2週間に1回程度除草が行われる。主稈が出穂してから分けつが順次出穂するため成熟が穂揃いとなる。このため、成熟した穂から順次収穫される。直播栽培で条播きにした場合は播種量を少なくし、間引きを十分にしなければ



写真3 シコクビエの直播・条播

密植となって倒伏しやすくなる(写真3)。また、初期生育が緩慢なので雑草の生育に劣り、しばしば欠株となる場合があるので除草を入念に行う必要がある。一方、シコクビエは発根が旺盛で移植によく耐えることからインドやネパール、日本では移植栽培されることが多い。すなわち、イネと同様に苗床で育苗し、これを4～5葉期に移植する。栽植密度は畦幅50cm前後、株間15cm前後が多い。また、イネ栽培用の田植機を流用した移植栽培も可能である。施肥量は多いと倒伏しやすくなるため、わが国では10aあたり窒素3kg、リン酸5kg、カリ5kg程度としている。

病気は比較的少なく、しばしばいもち病に罹病するが収量に影響するほどではない。害虫は、低地で栽培するとメイチュウの被害を受けやすい。わが国の場合、6月の生育初期と8～9月の出穂期に被害が目立つ。とくに後者で被害が大きく、白穂を生じ倒伏が多くなる。

収穫は、アフリカやインドの場合は手作業である。それぞれの穂をナイフで切り成熟した穂から順次収穫する。条播きや移植栽培の場合、イネ収穫用のバインダーの流用も可能



写真4 シコクビエのバインダー収穫



写真5 シコクビエのコンバイン収穫

である(写真4、5)。収穫された穂は10日程度風乾し、脱穀して保存する。収量は、アフリカの直播・散播栽培の場合50～150kg/10a程度、移植栽培や条播き栽培の場合は100～200kg程度である。シコクビエの種子はゾウムシが中に入り込めない程小さいため、虫害なしに10年またはそれ以上種子を貯蔵できるといわれている。

3. 加工と利用

1) 種子の栄養価

シコクビエの穎果は球形で直径約1.5mm、1000粒重2.6g程度である。種皮の色は黄褐色から茶色で、まれに白色の品種がある。胚は小さく胚乳の糊粉層は1層で無色である。胚はタンパク質、脂肪が多い。カロリーは310kcal/100gである。胚乳の炭水化物は69～73%であり、デンプンが主体で62～67%程度、タンパク質含量は高くなく6.8%、脂質1.3%、灰分2.6%、糖類1.2%、繊維3.3%である。そのアミノ酸はリジン、ヒスチジン、アルギニン、アスパラギン酸、スレオニン、セリン、グルタミン酸、プロリン、グリシン、アラニン、シスチン、バリン、メチオニン、

イソロイシン、チロシン、フェニルアラニンである。アワ、キビ、ヒエに比較すると塩基性アミノ酸に富む。脂質では中性脂質1.3%、糖脂質0.25%、リン脂質0.10%程度である。シコクビエはリジンがやや不足していることを除けば必須アミノ酸が十分に含まれており、アミノ酸スコアも72と他の雑穀よりも高い。しかし、セルロース、ヘミセルロース、タンニンが多く含まれるために消化率は55%程度と低い。微量成分は表1のとおりであ

表1 シコクビエの微量成分組成(100g当たり)

ビタミンまたは無機質	含有量
ビタミンB ₁ (μg)	100～610
ビタミンB ₂ (μg)	20～73
ニアシン (μg)	270～870
リン (mg)	204～330
カルシウム (mg)	253～661
マグネシウム (mg)	150～210
鉄 (mg)	1.3～17.6
銅 (mg)	0.32～1.00
マンガン (μg)	1.1～21.0
モリブデン (μg)	0～19.2

小原(1981)

出典：雑穀－その科学と利用－(樹村房、1981)



写真6 シコクビエのウガリ



写真7 ウガンダのシコクビエ粥

る⁸⁾。良質なビタミンB源であり、とくにカルシウムはヒエ、アワ、キビの10倍富む。

2) 加工用途

上記のような栄養価から見て、日本では米作に不向きな山間部においてコメに代わる価値のある穀類の1つとして食用に食べやすく加工・利用されてきた。東アフリカやインドでは主食の他、酒の原料や離乳食として用いられてきた。また、ベトナム山間地では皮膚病に効能があるといわれている。

加工法については、栽培・利用されているどの国も大差なく極めて単純である。シコクビエの玄穀をなんらか加工して食品として利用する。食品としての用途は食料と酒に大別される。食料用途の場合、玄穀を石臼や製粉機で粉にし、粉のまま、または粉にして澱粉に加工する。酒の場合は玄穀を醸造または蒸留して利用する。

3) 海外における加工利用

食料としては玄穀を粉碎後、生粉を加熱し糊化(アルファ型)澱粉として食する。東アフリカでは、生粉に湯を加え木べらで練った固粥(ウガリやシマ)が主食として広く食べられている(写真6)。また、湯の中に少量

の生粉と砂糖を加えた粥は市場や家庭でみられ、朝食として、また乳幼児の離乳食としてよく食べられている(写真7)。西、南インドでは東アフリカと同様に生粉に湯を加え木や金属のへらでこねた後、それらを取り出してさらに手でボール状にこねた固粥(ラギ)が主食として広く食べられている。また、粉の量を少なくしてミルクを加えたミルク粥(ラプシー、キール)も食べられている。さらに生粉に水を加えパンケーキ様に焼いたりパーパドと呼ばれる煎餅のようなお菓子に加工されたりすることもある。パフしたものはシリアルやラッドゥーというおこしのようなお菓子に加工される。

酒への加工は東アフリカとネパールで広く見られる。国や地域によって醸造酒である単発酵酒や複発酵酒さらには蒸留酒が造られる⁶⁾。醸造酒は基本的に穀粒を水浸して吸水・発芽後に乾燥させ粉碎後、発酵種を混ぜて数日間で糖化・発酵させる。東アフリカの醸造酒は「セブン・デイズ・ビール」と呼ばれるように、準備から完成まで1週間できてしまう。一方、ネパールの醸造酒チャンは東アフリカの醸造酒よりも1~2週間発酵期間が長い。興



写真8 ウガンダ農家のシコクビエビール

味深いのはウガンダで飲むシコクビエの蒸留酒もネパールのチャンもストローで濾過しながら飲むことである。(写真8) シコクビエの蒸留酒は東アフリカでは造られていないが、ネパールではチャンを蒸溜して造られる⁵⁾。

4) 日本における加工利用

日本におけるシコクビエの文献記録は、ヒエやアワが700年代にすでに五穀の1つとして書かれていたのに比べ、近代までほとんど見当たらない。また、現在の栽培も本州の中山間地で自給的にわずかに残っているだけである。しかし最近の研究では、島根県板屋Ⅲ遺跡出土の土器の胎土でシコクビエの葉身に含まれるプラントオパールが発見され、その年代は縄文時代晩期初頭のものである²⁾。したがって、シコクビエはヒエやアワと同様に稲作以前から栽培されていたと考えられる。ただし、ヒエやアワのように主食にはならなかったため、現在では中山間地で遺存的に残っているだけなのだろう。その理由として、シコクビエは穎果が硬くて粒食に向いていなかったためと考えられる。

シコクビエは正式な生物名称であるシコクビエのほか、チョウセンビエ、エゾビエ、コ



写真9 岐阜県荘川村のシコクビエダンゴ

ウボウビエ、ダイシビエ、カマシ、カモマトビエなどユニークな地方名が付けられており、各栽培地で一般名や他地区での呼称で尋ねても通用しない。他の栽培植物が共通名で通用するのと大きく異なる。つまり、シコクビエは山間地を中心に局地的に栽培されてきたといえる。したがって、加工は地域性があったものと推察されるが、現在では自家用が主体であり、他の国の加工法と特別の違いは見当たらない。生粉に水を加え丸もち型やだんご型に成型後、蒸すか茹でるのがほとんどである(写真9)。富山県のダゴビエや石川県のカマシダゴなどダンゴのまま、あるいは餡を入れて食べる。また、石川県のイリコは、シコクビエ(カマシ)の粉を炒ったものを熱湯でかいて食べる、いわゆるソバガキのようなものである。

5) その他の用途

シコクビエを材料とした醸造酒や蒸留酒は、わが国では作られていない。一方、最近ではヒエやアワなどの焼酎が続々と市販されている。前述のようにシコクビエは東アフリカやネパールでビールや蒸留酒の原料として広く飲まれており、日本でもシコクビエを原

料とした発泡酒の研究が始まっている⁷⁾。シコクビエの果皮に褐色系と白色系のものがある。果皮の苦味成分（主にタンニン、フェノール）の含量は褐色系が高い。すなわち酒造りに向いている。一方、褐色系は製粉した場合、粉の色は赤紫となる。したがって、その粉を加工したダンゴも着色するため見栄えは良くない。白色系は製粉しても見栄えがいため、食品として多用途に利用が期待される。

多くの雑穀の内胚乳澱粉にはウルチ性とモチ性が知られている。ウルチ性品種は主食に、モチ性品種は酒や餅、お菓子に利用されている。しかし、シコクビエにモチ性品種はなくウルチ性品種しかない。モチ性品種が作出されればシコクビエの用途も広がるだろう。

シコクビエは食用だけでなく、ウシやヒツジのような家畜の飼料としても広く利用されている。インドでは栄養価の高い干し草として利用されている。ウガンダではシコクビエで醸造したビールの副産物をニワトリやブタの餌として利用されている。日本でも青刈り飼料として多くの研究報告がある。

おわりに

古くから栽培されているシコクビエは主食としての地位は下がってきている。しかし、加工原料として各地の食文化を育んできた。また、家畜飼料としても利用価値が高いことから世界の食料安全保障に役立つことが期待される。

引用文献

- 1) Bisht M. S. and Mukai Y. 2001 : Identification of genome donors to the

wild species of finger millet, *Eleusine africana* by genomic in situ hybridization. *Breeding Sci.* 51: 263-269

- 2) 藤原宏志 1998 : 板屋Ⅲ遺跡 (付編). 建設省中国地方建設局. 島根県教育委員会.
- 3) Hilu, K. W., and J. M. J. deWet 1976 : Domestication of *Eleusine coracana* . *Econ. Bot.* 30:199-208.
- 4) Hilu, K. W., J. M. J. deWet and J. R. Harlan 1979 : Archaeobotany and origin of finger millet. *Amer. J. Bot.* 66:330-333.
- 5) 木俣美樹男 1995 : シコクビエの酒チャン—ネパール—. 『酒づくりの民族誌』 (山本紀夫編). 八坂書房. 401p.
- 6) 米屋武文・宮本拓 1999 : アフリカの伝統的の酒類. 静岡県立大学短期大学部研究紀要第13-1号. 71-87.
- 7) 妙田貴生・杉浦誠・永島俊夫 2008 : シコクビエ (*Eleusine coracana* (L.) Gaertn.) を用いた発泡酒の開発. 熱帯農業第1巻別冊2号. 33-34.
- 8) 小原哲二郎 1981 : 雑穀—その科学と利用—. 樹村房 459p.
- 9) 及川一也 2003 : 雑穀—11種の栽培・加工・利用—. 農文協 284p.
- 10) 阪本寧男 1988 : 雑穀の来た道 NHK ブックス. 214p.
- 11) Upadyaya H. D., Sarma N. D. R. K., et al. 2010 : Developing a mini-core collection in finger millet using multilocation data. *Crop Sci.* 50: 1924-1931.

(日本大学生物資源科学部 教授)



進化する雑穀 ヒエ、アワ、キビ —新品種・機械化による多収栽培と加工の新技术—

星野次汪・武田純一／農文協
2013年 180ページ
定価（本体2400円＋税）

都会に住む現代の日本人にとってヒエ (*Echinochloa esculenta*)、アワ (*Setaria italica*)、キビ (*Panicum miliaceum*) といった雑穀は、文献や物語に登場したり、人づてに聞いたりすることはあっても実際に栽培されているところを目にすることは稀な作物である。その起源はアジアにあるが、モロコシ (ソルガム; *Sorghum bicolor*)、シコクビエ (フィンガーミレット; *Eleusine coracana*)、トウジンビエ (パールミレット; *Pennisetum glaucum*) といった世界的に有名な雑穀の起源はアフリカである。かくいう本書紹介者自身、学生の頃にはある種のノスタルジックなイメージを雑穀に対して持っていたが、青年海外協力隊の隊員として赴任したセネガルにおける主食の1つはトウジンビエであり、西アフリカの全サヘル地域ではコメ、トウモロコシと並んでこのトウジンビエとモロコシが今でも主食の地位にある。つまり雑穀は過去の食べ物ではないことを意味している。

近年、食品アレルギーや肥満に悩む子供たちの存在、輸入農産物への不信、健康への不安が引き金となって国産農産物への回帰が叫ばれ、普通の食事では摂取することが難しいミネラルや食物繊維を豊富に含む雑穀が再評価されている。

ここに紹介する「進化する雑穀 ヒエ、アワ、キビ 新品種・機械化による多収栽培と加工の新技术」は、以下の4章から構成されている。

- 第1章 ヒエ・アワ・キビ 過去—現在—未来
- 第2章 ルーツと魅力 起源および生理生態と、栄養・品質特性
- 第3章 栽培の実際
- 第4章 雑穀の未来へ

まず第1章は、オーソドックスに雑穀の定義から始まる。古来わが国ではどのように扱われ、またどのような役割を担ってきたかを各地の事例から分かりやすく解説している。そして文化・伝統継承として、教育として、



経営としての雑穀の可能性について言及している。

なお、本書「世界の雑穀生産とその利用」(pp.28-29)では、アフリカ諸国における雑穀利用の事例を本書紹介者が寄稿した。拙い経験を頼りに写真とキャプションを提供しただけのものでお恥ずかしい限りだが、「へ～そうなんだあ」と思っただけならば幸いである。

続く第2章では、前述した通りヒエ・アワ・キビを始めとする雑穀の起源およびそれらの生理生態的特性ならびに栄養価と品質、さらには調理から新品種まで紹介されている。

そして第3章は、著者の専門性が遺憾なく発揮された「栽培の実践」についての解説である。ともすると教科書的な内容に陥りがちな章だが、如何にして収量を上げるかに着目しながら基本的栽培方法を解説するとともに、現実に即した機械と手作り農具を利用した農法とその事例も紹介しているところが農学系の者ではなくとも興味を持てる。

最後の第4章は雑穀の未来につながる章として、雑穀は商品足り得るか?をエンドユーザーの視点を踏まえて商品開発した事例の現状と課題を紹介するとともに、雑穀が地域社会に及ぼしてきた影響を各地の事例と、それら地域に関わりを持った学生達の報告から示唆に富んだ文化人類学系の内容となっている。とくに年長者(おじいさん先生、おばあさん先生)からの教えは大変貴重で、歴史と伝統に裏打ちされた示唆に富む内容である。

本書は日本の知見を中心にまとめられており、情報誌「国際農林業協力」の読者には「なんだ日本の話か?」と思われる方もいるだろう。しかし、侮るなかれ!雑穀はその土地の文化・伝統に根付いてきた作物であり、それを栽培するための農具が開発される発端になるとともに、地域住民とのつながりを深める「仲介者」でもあった。前述した雑穀だけではなく、中南米地域ではキヌアやアマランサス(アカザ科)といったイネ科では無いが穀物として扱われる作物が生産・利用されている。農業・農村開発における国際協力に従事する者にとって、作物の歴史や文化をたどり、協力対象住民の「何故」を理解する感性を養う際の参考書になるのではなかろうか。

未だに「雑穀は健康によくて不味い」、「主食ではなく祭事用」と思われている向きもおられるだろうが、そんなステレオタイプ的なイメージを本書は払拭してくれる。かつての本書紹介者自身が、そんなステレオタイプであった。

(JAICAF 業務グループ 小林裕三)



The State of Food and Agriculture 2013

FAO 発行
2013年 99頁



国連食糧農業機関（FAO）のフラグシップ刊行物である「世界食料農業白書（SOFA）」は、世界の農業の現状を総合的に概説すると同時に、食と農の分野における重要な課題について科学的根拠に基づく公正な評価を知らしめることを目的としている。

現在世界では、約8億6800万人が栄養不足に苦しんでおり、さらに20億人が微量栄養素欠乏、14億人が体重過多の状態に陥っている。2013年版の本書は、これら栄養失調の全体像に焦点をあて、これら全ての形態が国の経済・社会面に高い代償を課していることを指摘するとともに、栄養向上ならびに代償削減に当たっては、食料と農業から取り掛かるべきであると主張している。

食料システムには、食事の改善と栄養の向上につながるたくさんの介入機会が存在している。栄養失調の削減に取り組むためには、食料システムだけでなく、国民の健康や教育への補完的介入を含めた他部門をまたがるアプローチが必要である。さらには、栄養改善やジェンダー平等、環境維持といった目的を達成するための戦略に大きく貢献できる。

食料システム全体におけるガバナンスの改善には、ハイレベルな政治的支援が必須であり、その結果として実証に基づいた政策を支えるための共通のビジョンが構築され、一貫性のある多部門を介した取り組みによって協調および連携を効率的に促進できると本書は主張している。

原文は英語のほか、アラビア語、中国語、フランス語、スペイン語、ロシア語があり、以下よりダウンロードできる。また、FAO 寄託図書館でも閲覧が可能である。

(<http://www.fao.org/publications/sofa/en/>)

(FAO 日本事務所 荒井 由美子)

JAICAF 会員制度のご案内

当協会は、開発途上国などに対する農林業協力の効果的な推進に役立てるため、海外農林業協力に関する資料・情報収集、調査・研究および関係機関への協力・支援等を行う機関です。本協会の趣旨にご賛同いただける個人、法人の入会をお待ちしております。

1. 会員へは、当協会刊行の資料を区分に応じてお送り致します。
また、本協会所蔵資料の利用等ができます。
2. 会員区分と会費の額は以下の通りです。 (平成 25 年 4 月 1 日現在)

賛助会員の区分	会費の額・1口
正会員	50,000 円/年
法人賛助会員	10,000 円/年
個人賛助会員	10,000 円/年

※ 刊行物の海外発送をご希望の場合は一律 3,000 円増し（年間）となります。

3. サービス内容
平成 25 年度会員向け配布刊行物（予定）
『国際農林業協力』（年 4 回）
『世界の農林水産』（年 4 回）
その他刊行物（報告書等）（不定期）

ほか、
JAICAF および FAO 寄託図書館での各種サービス
シンポジウム・セミナーや会員優先の勉強会開催などのご案内

※ 一部刊行物はインターネットwebサイトに全文または概要を掲載します。
なお、これらの条件は予告なしに変更になることがあります。

- ◎ 個人で入会を希望される方は、裏面「入会申込書」をご利用下さい。
Eメールでも受け付けています。
e-mail : member@jaicaf.or.jp
- ◎ 法人でのご入会の際は上記E-mailアドレスへご連絡下さい。
折り返し手続をご連絡させていただきます。不明な点も遠慮なくおたずね下さい。

平成 年 月 日

個人賛助会員入会申込書

公益社団法人国際農林業協働協会

会長 西 牧 隆 壯 殿

住 所 〒

T E L

ふり がな
氏 名

印

公益社団法人国際農林業協働協会の個人賛助会員として平成 年より入会
したいので申し込みます。

個人賛助会員（10,000 円／年）

- (注) 1. 海外発送をご希望の場合は、一律 3,000 円増しとなります。
2. 銀行振込は次の「公益社団法人 国際農林業協働協会」普通預金口座に
お願いいたします。
3. ご入会される時は、必ず本申込書をご提出願います。

みずほ銀行東京営業部	No. 1803822
三井住友銀行東京公務部	No. 5969
郵便振替	00130 — 3 — 740735

「国際農林業協力」誌編集委員（五十音順）

- 安藤和哉（社団法人海外林業コンサルタント協会 総務部長）
池上彰英（明治大学農学部 教授）
板垣啓四郎（東京農業大学国際食料情報学部 教授）
勝俣誠（明治学院大学国際学部 教授）
狩野良昭（元独立行政法人国際協力機構農村開発部 課題アドバイザー）
紙谷貢（前財団法人食料・農業政策研究センター 理事長）
原田幸治（社団法人海外農業開発コンサルタント協会 企画部長）
藤家梓（元千葉県農業総合研究センター センター長）

国際農林業協力 Vol. 36 No. 2 通巻第 171 号

発行月日 平成 25 年 10 月 31 日

発行所 公益社団法人 国際農林業協働協会

編集・発行責任者 専務理事 三野耕治

〒107-0052 東京都港区赤坂 8 丁目 10 番 39 号 赤坂KSAビル 3F

TEL (03)5772-7880 FAX (03)5772-7680

ホームページアドレス <http://www.jaicaf.or.jp/>

印刷所 日本印刷株式会社

International Cooperation of Agriculture and Forestry

Vol. 36, No.2

Contents

Role of Millets, in Order to Achieve the United Nations Millennium Development Goals.

HOSHINO Tsuguhiro

Nutrition Improvement and the Role of Cereals in Developing Countries -International Year of the Quinoa 2013-

Quinoa Culture and Breeding Research in Bolivia

TERADA Yasumichi

Role of Quinoa to Play in Food Security- Approach from Nutritional Aspect -

OSAKO Sanae

Grain Amaranth: Is an Ancient Nutritious Food for Improving Food Security?

KONISHI Yotaro

Processing and Uses of Finger Millet

KURAUCHI Nobuyuki