

穀物の起原と伝播

インド亜大陸の雑穀をめぐる民族植物学から



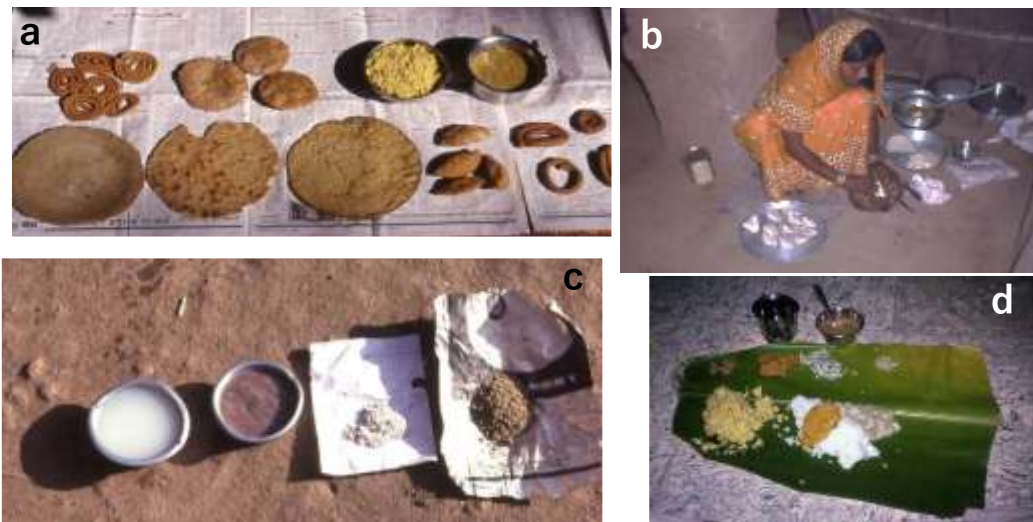
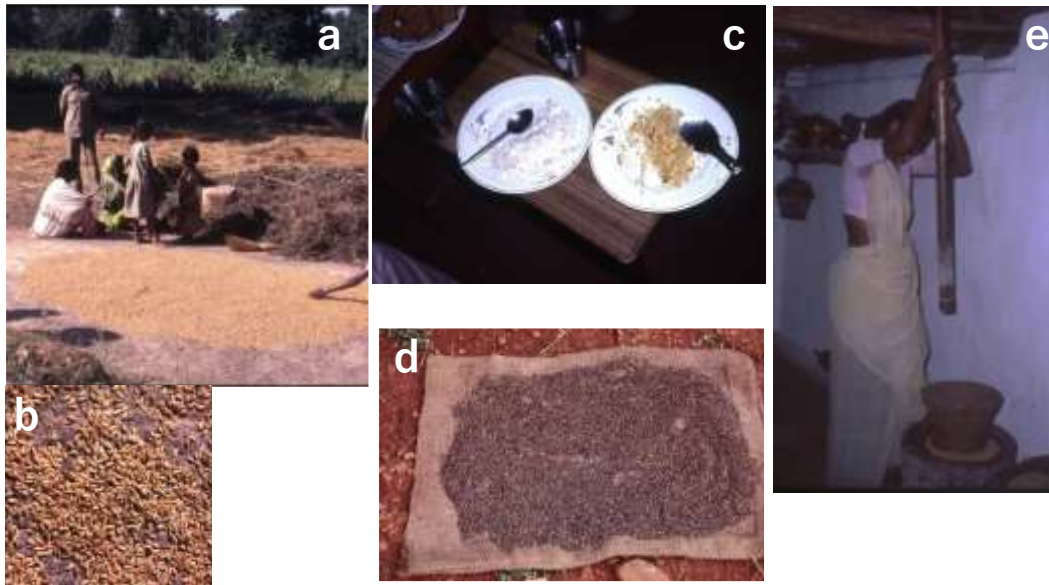
インダス川の溪谷

木俣美樹男

2026. 6. 概説改訂版



口絵1上：ウズベキスタンのコムギ畑、今も栽培化過程である雑種形成がある。
下：シコクビエの水田栽培、a；苗床、b・c；田植え、d；穂刈による収穫。



口絵2上：パーボイル加工、a, b；イネ穀実を煮てから天日乾燥させている、c；チューラと菓子、d；乾燥中のサマイの穀実、e；アワの精白作業。下：調理方法、a；コオルネの調理9種類、b；コムギのサモサ、c；モロコシの粉粥とシコクビエのおねり、d；バナナの葉のターリー。

はじめに

人生の大方の時間をかけて探求し続けてきた研究課題はイネ科雑穀の栽培化過程とその伝播を再検討することであった。第四紀の植物を研究する目的は、第一に、人類が霊長類と分岐して独自に進化する過程で、植物とどのように関係を広げ、深めてきたかを明らかにすることである。第二に、野生動物としての人類から、狩猟・採集や漁撈段階の生業技術（道具）を経て、火の使用による前農耕段階、農耕・園耕段階、さらに農業文明を構築する過程を考察することである。第三に、現代の農業の位置づけから、近未来の生命科学や情報科学を応用する農業の在り方について考察を試みることである。第四に、これらによって植物学の基礎研究から、生業と農業の歴史を探り、雑穀の民族植物学を植物学、人類学、考古学、言語学などの、統合の学としてまとめることであった。

今なぜ、見捨てられた穀物 orphan crops である雑穀 millets なのか。これらは無視された、あるいはあまり利用されていない種 neglected and underutilized species と呼ばれてきた。しかし、本当にそうなのだろうか、Swaminathan (2022) は問い直している。インドでは 2018 年に全国雑穀年を祝賀し、インド政府外務省は国際連合食料農業機関 Food and Agriculture Organization に国際雑穀年を提案し、2026 年に予定された。ところが、国連小農の権利宣言 (2018)、国連家族農業の 10 年 (2019~2028) も踏まえて、国連栄養行動の 10 年 (2016~2025) の期間内に入れることにし、2023 年に前倒し実施した。雑穀に限らず多様な栽培植物の在来品種が失われ、生物文化多様性が忘れ去られて、伝統的生業の知識体系も衰退している。これらを保全するために日本列島で育まれてきた縄文文化の生業、畑作農耕の伝統、稲作も含めて、この基層文化を再評価し、継承して、生き物の文明へと移行するように提案したい。

現在、第四紀人新世になり、気候変動の進む中で、人口は 80 億人を越えてさらに増加し、食料主権や食料の安全保障が喫緊の課題となっているからでもある。主穀の収量は上限に達しており、多様な穀物を栽培して危険分散し、総生産量を確保するようにせねばならない。

卒業論文は阪本寧男（国立遺伝学研究所）の指導の下に、コムギ属の花粉培養によって半数体植物を作り、染色体レベルのゲノム分析に寄与することであった（1972）。修士論文は花田毅一（東京教育大学）にトウモロコシの分けつ性の生化学的背景を探るよう求められた（1974）。その後、東京学芸大学に勤務し、さらに研究を進めることができるようになり、博士論文（京都大学、1980）にするために、阪本寧男から与えられた課題は、多年生植物から一年生植物がいかに進化したかに関する生態遺伝学的基礎研究であった。この課題と並行して、雑穀のフィールド調査を文化人類学のトレーニングとして関東山地の村々でするように教唆された。この様に、研究方法は、生理学や生態遺伝学から出発して、圃場やガラス室での栽培試験による形態形質の多変量解析、実験室での糖、色素、DNA、アミノ酸、脂肪酸など生体成分の定量分析などを行った。同時に、日本全国、インド亜大陸、さらにユーラシア大陸各地に向かい、山村の畑を観察し、何百もの農家で雑穀在来品種の種子を分けて頂き、栽培方法、加工方法や調理方法などの聞き取り調査による収集データの統計解析などを行った。すなわち、植物学を基礎にしながら、雑草からイネ、ムギ類、マメ類、イモ類を含めて大方の主食の栽培植物に関する民族学・文化人類学、考古学、言語学の研究資料までを統合することを試みてきたのである。このために多くの方々の助力を得たのだが、原則として、定年退職する直前まで、フィールド調査、圃場栽培試験、および植

物分析実験までのすべてを自分自身で一貫して実行してきた。

退職後 10 年は著述に専念し、これまでの個別研究資料を用いて、50 年ほどの研究成果すべてを統合整理し、穀物の栽培化過程と伝播について考察した。すなわち、科学的分析から環境学的統合へ志向する方法論を実現する事にしたのである。これによってイネ科植物の野生採集、前農耕、雑穀の半栽培、そして栽培化過程（植物学的起原）とその伝播経路（地理学的起原）が次第に見えてきた。さらに民族植物学を統合学として進め、背景となった農業の起源や都市国の成立、多様な民族の食文化、農耕語彙の比較も研究範囲に含めるように心がけた。しかしながら、50 年も前に行った卒業研究から始まり、また広範な研究領域をも含むので、世界中で日進月歩の研究を踏まえ切れてはいないという限界はある。時間の許す限り、最近の研究成果を追加することにしたい。研究技術は急速に進み、データも細密化して、その時々々の研究成果は過去のものとなったようにも見えるが、当初の研究目的に沿って組み立ててきた研究成果を振り返って、全体論として統合する試みは広い観点から、将来への希望を提示するのに必要なことである。

たった 50 年の研究とはいえ、多くの師友や先達に出合い、研究の幅を広げてきた。また、国内外を調査で訪れて、多くの自然と多くの人々に出合った。大方は快く受け入れて下さり、楽しいフィールド観察調査や実験研究ができた。いつも美しい花々に囲まれて過ごせたのは植物学者の人生冥利であった。

目次

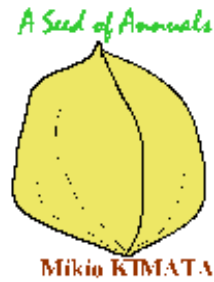
はじめに

- 第 1 章 民族植物学と研究方法
- 第 2 章 第四紀における植物の進化
- 第 3 章 キビの栽培化過程
- 第 4 章 インド亜大陸における雑穀の栽培化過程
- 第 5 章 穀物の加工方法および調理方法
- 第 6 章 穀物の新たな伝播仮説
- 第 7 章 人新世における生物文化多様性

おわりに

引用文献

第 1 章 民族植物学と研究方法



世界の栽培穀物

イネ科の種子には少しの例外はあるが、おおよそ毒性がないので、野生のイネ科植物の種子は穀実として採集して、食用に供されてきた。今日でもアフリカのサバンナ地帯の *Dactyloctenium aegypticum* (一年生) など、東や南インドでの野生イネ *Oryza rufipogon* (多年生) や北アメリカ五大湖周辺でのワイルドライス *Zizania aquatica* (一年生) などは種子を穀実として食用に採集されている。日本で現在も小面積ながら遺存的に栽培されている雑穀および近年導入された擬禾穀類を含む。

世界各地で栽培化された穀物は表 1 に示したように、意外に多いことに驚くことだろう。すでに消滅した、あるいは栽培化途上の種もある。栽培植物の集中的な起源地の仮説については過去の仮説（ヴァビロフ、中尾、阪本、D. Graeber and D. Wengrow 2021）も含めて論考し、新たな仮説を第 5 章で提示する。アフリカで栽培化された穀物は、ほとんどが一年生の C_4 植物である。西南アジアのムギ類は一年生 C_3 植物が多い。中央アジアからインドおよび東アジアではやはり一年生 C_4 植物が多い。ただし、後に新たな仮説の論拠として述べるので、注意を払わなくてはならないのは、ハトムギ、イネ、コド、タイワンアブラスキが多年生草本であることである。アメリカでも、一年生 C_4 植物が多いが、マンゴは多年生草本である。これらはイネ科穀物の栽培化の過程で、生態的には一年生の生活史をするように農民の人為選択によって仕向けられてきた。したがって、ド・カンドルや中尾が述べていたように、一年生植物の重要性については明らかである。

表 1. 世界で栽培化された穀物

学名	和名	主なインド名	染色体数	生活型	植物学的起源	地理学的起源
アフリカ						
<i>Sorghum bicolor</i> Moench	モロコシ	jowar	2n=20 (2x)	一年生C4	<i>S. bicolor</i> var. <i>verticilliflorum</i>	アフリカ
<i>Pennisetum americanum</i> (L.) Leeke	トウジンビエ	ba jra	2n=14 (2x)	一年生C4	<i>P. violaceum</i>	アフリカ
<i>Eleusine coracana</i> Gaertn.	シコクビエ	ragi	2n=36 (4x)	一年生C4	<i>E. coracana</i> var. <i>africana</i>	東アフリカ
<i>Eragrostis abyssinica</i> Schr.	テフ		2n=40(4x)	一年生C4	<i>E. pilosa</i>	エチオピア
<i>Digitaria exilis</i> (Kippist) Stapf.	フオニオ		2n=54(4x)	一年生C4	wild	西アフリカ
<i>Digitaria iburua</i> Stapf.	ブラックフオニオ			一年生C4	wild	西アフリカ
<i>Brachiaria deflexa</i> (Schumach) C. E. Hubbard	アニマルフオニオ			一年生C4	wild	西アフリカ
<i>Oryza glaberrima</i> Steud.	アフリカイネ		2n=24(2x)	一年生	<i>Oryza barthii</i>	西アフリカ
ヨーロッパからアジア						
<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	マナグラス			一年生C4		ヨーロッパ, インド
<i>Phalaris canariensis</i> L.	カナリーグラス			一年生		南ヨーロッパ
アジア						
1. 西南アジア						
<i>Avena sativa</i> L.	エンバク		2n=42(6x)	一年生C3		西南アジア
<i>Avena strigosa</i> Schreb.			2n=14(2x)	一年生C3		西南アジア
<i>Avena abyssinica</i> Hochst.			2n=28(4x)	一年生C3		西南アジア
<i>Avena byzantina</i> C. Koch.			2n=42(6x)	一年生C3		西南アジア
<i>Hordeum vulgare</i> L.	オオムギ	jao	2n=14(2x)	一年生C3	<i>H. vulgare</i> ssp. <i>spontaneum</i>	西南アジア
<i>Triticum monococcum</i> L.	一粒系コムギ		2n=14(2x)	一年生C3	<i>T. monococcum</i> ssp. <i>boeoticum</i>	西南アジア
<i>Triticum trugidum</i> L.	二粒系コムギ	aja	2n=28(4x)	一年生C3	<i>T. trugidum</i> ssp. <i>dicoccoides</i> + <i>Aegilops speltoides</i>	西南アジア
<i>Triticum aestivum</i> L.	普通系コムギ	gehun	2n=42(6x)	一年生C3	<i>T. trugidum</i> + <i>A. squarrosa</i>	西南アジア
<i>Triticum timopheevi</i> Zhuk.	チモフェビー系コムギ		2n=28(4x)	一年生C3	<i>T. timopheevi</i> ssp. <i>araraticum</i>	西南アジア
<i>Triticum zhukovskiyi</i> Menabde & Ericzjan.	ジュコブウスキー系コムギ		2n=42(6x)	一年生C3		西ジョージア
<i>Secale cereale</i> L.	ライムギ		2n=14(2x)	一年生C3	Se. <i>montanum</i>	西南アジア
3. 中央アジア						
<i>Setaria italica</i> (L.) P. Beauv.	アワ	thenai	2n=18 (2x), 2n=36 (4x),	一年生C4	<i>S. italica</i> ssp. <i>viridis</i>	中央アジア/天山南麓
<i>Panicum milliaceum</i> L.	キビ	cheena	40, 49, 54(6x), 72(8x)	一年生C4	<i>P. milliaceum</i> ssp. <i>rudemale</i>	中央アジア/天山南麓
3. インド						
<i>Panicum sumatrense</i> Roth	サマイ	samai	2n=36 (4x)	一年生C4	<i>P. sumatrense</i> ssp. <i>psilopodium</i>	インド/デカン高原
<i>Paspalum scrobiculatum</i> L.	コド	kodo	2n=40 (4x)	多年生C4	wild	インド/デカン高原
<i>Echinochloa flumentacea</i> Link.	インドビエ	jangora	2n=54 (6x)	一年生C4	<i>E. colona</i>	インド/デカン高原
<i>Brachiaria ramosa</i> (L.) Stapf.	コルネ	korne		一年生C4	wild	インド/東ガーツ
<i>Setaria pumila</i> (Poir.) Roem. & Schult.	コラティ (キンエノコロ)	kolati	2n=18, 36, 72 (2x, 4x, 8x)	一年生C4	wild	インド/デカン高原
<i>Digitaria crusiata</i> (Nees) A. Caus	ライシヤン	raishan		一年生C4	wild	インド/カーシーヒル
4. 東南アジア						
<i>Coix lacryma-jobi</i> var. <i>ma-yuen</i> (Roman.) Stapf.	ハトムギ	gurya	2n=20 (2x)	多年生C4	<i>C. lacryma-jobi</i> var. <i>lacryma-jobi</i>	ゾミア
5. 中国						
<i>Oryza sativa</i> L.	イネ	ghan	2n=24(2x)	一年生C3	<i>Oryza rufipogon</i> L.	中国/珠江
<i>Echinochloa oryzicola</i> Vasing.			2n=36(4x)	一年生C4	wild	中国/雲南省/永寧
<i>Podiopogon formosanus</i> Rendl	タイワンアブラナスキ			多年生	wild	台湾
<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench	ソバ		2n=16 (2x)	一年生C3	<i>Fagopyrum esculentum</i> ssp. <i>ancestrale</i>	南西中国/雲南省/三江併流
<i>Fagopyrum tartaricum</i> (L.) Gaertn.	ダツタンソバ		2n=16 (2x)	一年生C3	<i>Fagopyrum tartaricum</i> ssp. <i>potanini</i>	南西中国/チベット
6. 日本						
<i>Echinochloa utilis</i> Ohwi et Yabuno			2n=54(6x)	一年生C4	<i>Echinochloa crus-galli</i>	北日本
アメリカ						
<i>Zea mays</i> L.	トウモロコシ	makai	2n=20	一年生C4	<i>Zea mays</i> ssp. <i>mexicana</i>	メソアメリカ
<i>Panicum sonorum</i> Beal.	サウイ			一年生C4	<i>P. hirticaule</i>	メキシコ
<i>Zizania aquatica</i> L.	ワイルドライス		2n=30	一年生	wild	北アメリカ, カナダ
<i>Bromus mabgo</i> E. Desv.	マンゴ			一年生/多年生	wild	南チリ, 南アルゼンチン
<i>Amaranthus hypocondriacus</i> L.	センニンコク		2n=32, 34 (2x)	一年生C4	<i>A. cruentus</i> (A. <i>hybridus</i>)	アンデス
<i>Amaranthus caudatus</i> L.	ヒモグイトウ		2n=32, 34 (2x)	一年生C4	<i>A. cruentus</i> (A. <i>hybridus</i>)	アンデス
<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.	キヌア		2n=36 (4x)	一年生C4	<i>C. quinoa</i> ssp. <i>millenium</i>	アンデス

和名もインド名も代表的な語のみ示した。

雑穀は世界各地で栽培されている三主要穀物パンコムギ、イネ、トウモロコシ以外の多様な穀物の総称である。2022年の穀物総生産量は約39億トンであり、トウモロコシ(37.7%)、イネ(25.3%)、パンコムギ(23.3%)に対して、雑穀(13.7%)は約5億トンであった。

雑穀の特徴は、大きな穂に小さな種子(穎果)を沢山付け、主に夏雨型の半乾燥気候、熱帯または亜熱帯のサバンナ的な生態条件や温帯モンスーン気候の地域で栽培化されたイネ科夏作一年生穀類である(阪本1988)。これらの多くは第四紀の地球環境の変動に適応して進化してきた植物群で、近縁雑草との関わりにより、高い遺伝的変異性や地域固有の適応

的形質を維持している。C₃植物であるイネやコムギと異なり、雑穀の多くはC₄植物で、半乾燥地や山地の厳しい環境条件下でも高い光合成能力により安定した収穫をもたらす。種子は人々が食べ、茎葉は家畜の飼料とし、植物体全体の生産性は高い。小規模家族による有畜農耕にとっては有効な穀物群である。雑穀は今日でもアフロユーラシアの厳しい環境下にある各地で、主要な食料となっている。さらに、都市民の健康食への関心もあり、高い機能性食品としての再評価で、需要も増してきている。

日本においては雑穀とは何かに関して、商業的にとても混乱している状況にあるが、本書では表 2 に示す狭義の呼称を基本に、拡大した呼称によらず、定義を明確にして記述する。

表 2. 雑穀の語彙の用語法

雑穀の呼称の範囲	説明
狭義の呼称	サバンナ地域で起原したイネ科の夏生一年生草本で、穂が大きく、多数の小種子（穎果）がつく。例外として、ハトムギとコドラは多年生草本である。
小粒雑穀 small millets	上記から、種子の大きいハトムギ、モロコシ、トウジンビエを除く。
広義の呼称	イネ科雑穀に、タデ科のソバ、ダツタンソバ、ヒユ科のセンニンコク類、アカザ科のキヌアを加える。イネ科以外は擬禾穀類と呼ぶ。
拡大した呼称	パンコムギ、イネ、トウモロコシの3主穀以外を総称する。イネ科ではオオムギ、ライムギ、エンバク、あるいはイネでも赤米、黒米など、マメ科のリョクトウなど、ゴマ科のゴマ、シソ科のエゴマなどを含める通称である。

ド・カンドル（1883）は、栽培植物の起原に関する研究方法論として、植物学が主となるが、考古学、言語学など異なった手法を併用することが必要であると述べている。個別栽培植物の詳細な記述に加えて、一年生植物の重要性、優勢な栽培植物の分類群／科がイネ科、マメ科、アブラナ科であること、農耕がゆっくりと起原したことなど、重要な事象を示唆している。

一民族が一つの島か或いは近づくことが困難な場所に隔離されていない場合には、彼等は、何処かの他の場所で発見され、明らかに利益のある或る植物を急速に受け入れ、そのために彼等自身の国の平凡な種の栽培を止めてしまう。歴史は、小麦、トウモロコシ、サツマイモ、キビ属の若干種、タバコ並びにその他の植物、特に一年生植物が、歴史時代以前に広く伝播されていたことを示している。これらの有用な植物種は、もっと生産力の少ない或いはそれほど気に入られていない植物を土台にしてあちこちでなされた無気力な試みと競争してそれを中止せしめた。現代でもなお種々の国々では、小麦は大麦に代わり、トウモロコシはソバや多くの種類のキビよりも好まれ、一方若干の蔬菜又は経済的植物は、時々遠方から到来した他の種の方がもっと利益があることを示しているために、評判が悪くなっていることを我々は知っている。

栽培植物の地理的起原（源）を知るための最も直接的な方法の一つは、それが人間の助けを受けずに、如何なる国において自生的に、即ち、野生の状態、生育しているかを

探し求めることである。植物学は栽培植物の起原を推測し、又は検証するためそして誤謬を避けるための貴重な方法を提供している。

一年生植物種は栽培するのに最も容易である。それらは他の国々の古い時代の栽培において重大な役割を演じていた。要するに、栽培植物種の原始的な分布はきわめて不規則であった。それは人間の需要とも領域の広さとも一致していなかった。優勢な植物科はアブラナ科植物、マメ科植物とイネ科植物である。一年生植物種の数は、非常に古くから栽培されている44種に対して22種であり、全体の50%を占めている。

ヴァビロフは多くのフィールド調査を重ね、地理的微分法によって、木原均は植物遺伝学に方法論の焦点を絞って、栽培植物の起原地、特にコムギ族(連) *tribe Triticeae* の系統関係をゲノム分析によって解明に努めた。中尾佐助(1966、1967)はド・カンドルの研究方法論を尊重して、大きな構想力で、栽培植物の起原と農耕の起源について論考した。さらに、上山春平や佐々木高明らとともに照葉樹林文化論を展開した。エチオピア調査でテフの料理インジェラに触発されて、コムギ族の系統分化研究から雑穀の研究に関心を深めたのは阪本寧男(1988)である。1970年頃から私は阪本の弟子にしてもらい、中尾の研究方法論に敬意を持ちながら、日本およびインド亜大陸の雑穀の栽培方法と加工および調理方法を中心に研究を深めてきた。

現代の民族植物学の主な研究分野は、民族生態学、伝統農業、認知民族植物学、伝統的植物科学、古民族植物学である。応用される分野は、経済植物学の範囲として農業、工芸、製薬、生態学の範囲として植生管理、生物多様性、人類生態学が含まれる。また、環境法、環境学習原論と実践にも有意義な示唆を与えている。調査研究方法は文化人類学、民族学および植物学の応用による(Cotton2002)。

私は中尾(1966、1967)の業績には強い敬意をもち、「農耕文化基本複合」を雑穀研究と環境学習研究の重要概念としてきたが、彼の一世を風靡した仮説である「照葉樹林文化論」、また同様に、柳田国男の「稲作単一民族説」から刷り込みをうけないように意思してきた。私が雑穀に関する最初の論文を人類学雑誌に投稿するために、老師阪本に原稿を校閲していただいた際に、彼から他者の仮説を基に論述を進めるなど強く指摘された。権威の説を鵜呑みにしないで、流行に沿わず、地道であっても、自ら得た事実によって論考することを肝に銘じた。民族植物学も自然科学的研究手法をとるのなら、現地調査で自らが農夫たちから聞きとり、農耕地で現物を観察することこそ重要であり、さらにその地域の自然環境や社会環境の中で経験したこと、および収集したさく葉標本、種子、資料を用いて栽培試験や生物実験を行い、これらによって得たデータと、農地や農家での観察事実に基づいて分析、解析して、本書の論考を進めたい。

さらに、栽培植物の起原と伝播の研究は、現代の地理的空間でのみ展開されているのではなく、過去からの歴史的時間が背景にある。このために、考古学や言語学の分野で蓄積されてきた資料を援用せねばならない。私が研究専念期間を得て、イギリスのケント大学に滞在し、王立キュー植物園、ロンドン大学、ケンブリッジ大学を訪問したのは主に考古学分野の研究者に会い、意見を聞き、文献資料を得るためであった。

考古遺跡から出土しない、あるいは古文書の記録に残らない雑穀の多くは民族学・文化人類学の調査資料を集積して、起原と伝播経路を類推する。すなわち、栽培植物の伝播は農耕文化基本複合「たねから胃袋まで」(中尾1966)がかならず伴うので、これまで述べてきた栽培方法や加工方法、調理方法、食文化、農耕儀礼などから、文化誌を比較して地理的起源と伝播経路を考えるのである。たとえば、穀物の糯性品種は東アジアに分布が特定

されるので、東南アジアから北上して中国、東に向かって日本に伝播したが、西には向かわなかったか、食味が合わずに途中で消えたと考えられ、インド亜大陸には到達しなかった。パンはヨーロッパからパンコムギ（普通系コムギ）の加工食品として東方に伝播した。飯は東から南や西方に、ピラフは中央アジアから周辺にイネの料理法として伝播した。トウモロコシはコロンブスの新大陸への上陸以降に旧大陸に伝播したので、ヨーロッパでもアフリカでも雑穀にとって代わって、ポレンタやウガリのような伝統料理の新食材として利用されるようになった。加工調理技術の工程を注意深く検討して、新旧の変化過程を考えなくてはならない。

ヨーロッパにおける一粒系コムギ、二粒系コムギからパンコムギに主作物が変遷する過程も同じようなことで、収量の多い穀物を持った方が戦争で勝利して支配者になり、先に栽培されていた穀物を「差別、迫害」する構図になる。とはいえ、厳しい地域環境に適応した在来穀物は先住民族が生き残るために必要であるので、消え去ることはなく何千年も栽培され続けられてきた。ジョンソン（Johnson 1992）が言うように、勝利者の穀物（コムギ、イネ、トウモロコシ）と生存者の穀物（雑穀）があり、現実にはどちらもとても重要である。

ここで用語法に関して注意をしておきたい。特定の祖先種 origin が人と関わる栽培化過程を経て栽培植物 domesticated plant になるので、厳密には起原と表記する（田中 1975）。一方で、生業である農耕 farming は複数の文化的事象も関わるので起源 resources と表記する。農業 agriculture は産業であるので、長期にわたる伝統的な農耕とは用語内容を区別する。後述するように都市国と共時的に農業革命が起こったのであって、農耕から農業への移行は数千年をかけての移行であるから、農耕革命との表現は不適當である。

調査研究の手順

栽培植物の起原に関する研究はド・カンドルやフレイザーのように、膨大な書籍から関連記述を抽出し、演繹的に推論をまとめる方法論ではなく、ヴァビロフや木原はフィールド調査や植物実験によって帰納的に論考する方法論を採った。さらに、阪本らはフィールド調査で収集した栽培植物とその近縁種の多くの系統を実験素材にして、生態遺伝学的な実験を進めた。

中尾（1967）によれば、アフリカのサバンナ地帯では、次のようにとても多くのイネ科野生種が採集し、食用とされている。*Aristida* 属 1 種、*Becheropsis* 属 1 種、*Brachiaria* 属 4 種、*Cenchrus* 属 2 種 *Dactyloctenium* 属 1 種、*Digitaria* 属 1 種、*Echinochloa* 属 3 種、*Eleusine* 属 1 種、*Eragrostis* 属 2 種、*Eriochloa* 属 1 種、*Hypharrhenia* 属 1 種、*Latipes* 属 1 種、*Loudetia* 属 1 種、*Oryza* 属 1 種、*Panicum* 属 3 種、*Paspalum* 属 1 種、*Penisetum* 属 1 種、1 *Saccolepis* 属 1 種、*Setaria* 属 2 種、*Sorghum* 属 1 種、*Sporobolus* 属 1 種、*Urochloa* 属 2 種、合計 33 種である。これらは草原や湿地の主要な構成種であるが、大方は多年生草本である。しかしながら、サバンナ地帯では一年生草本も含まれており、これら一年生草本の穀実の採集段階から前農耕が始まって、移植などの管理、さらに除草や耕起など保護管理が加わり半栽培段階を経て、一年間の定期的な播種や収穫、加工調整もされるようになれば農耕段階になったと言えよう。イネ科の多年生草本は野生穀物として今日でも採集されているが、大方は栽培化過程を途中で止めている。たとえば、*Setaria* 属はアフリカに 35 種の多年生草本があるが、これらは栽培化されるに至らなかった。中尾が言うように一年生草本の重要さが明確に確認で

きる。

そこで、一年生植物が多年生植物からどのように進化してきたかを明らかにするために、基礎研究として同属近縁種に一年生と多年生を有する研究素材を牧野植物図鑑などで、抽出して一覧表を作成した。この中からサギゴケ属 *Mazus*、タネツケバナ属 *Cardamine*、イヌガラシ属 *Roripa*、ライムギ属 *Secale* を研究素材として選んだ。加えて、多年生のカモジグサ属 *Agropyron*、ジュズダマ属 *Coix*、イネ属 *Oryza* などが生態的に一年生化する様態を比較するために選んだ。さらに、本題のインド亜大陸の雑穀類の比較を行った。形態および生態的形質、生体成分の分析比較と、人為交雑による諸形質の遺伝的な分析などを行った。その時々における新たな実験分析手法を学び、種の個体群から分子レベルまでの実験研究を行った。

農山村の文化人類学フィールド調査

基礎植物学に加えて、フィールド調査を行った。雑穀類は主に国内外の渓谷、山麓の畑において伝統的な農耕民や先住民によっていまでも栽培されているので、直接訪問して、栽培方法、加工方法、調理方法などを実際に現場で多くの農民に解説を受け、聞き取り調査を実施、種子を分譲してもらい、保存と試験研究に用いた。フィールド調査は主に日本全域、インド亜大陸、中央ユーラシアにおいて行った。文化人類学の調査のように一地域に定着して調査を行うのではなく、広範囲を自動車などで移動しながら、現地の農業研究機関の助力を得て、農耕地を観察しながら、数百人の農民から直接、種子の分譲を受けて、農耕に関する知識を学ぶという方法を採用した。

インド亜大陸における農山村のフィールド調査

インド亜大陸には 1983 年から 2001 年にかけて延べ 2 年間ほど、6 回の野外調査を行った (図 1)。主には、ヒマラヤ山脈南麓、デカン高原、東・西ガーツ山脈などの雑穀栽培地域である。調査は全インド雑穀改良計画、インド農業研究会議 ICAR の植物資源局、パキスタン国立農業研究センターとの共同研究として、現地の研究員の方々と一緒に実施した。おおよそは自動車によって調査旅行をしたが、都市間の長距離移動は飛行機、列車、バスなどを乗り継いだ。

東インドのオリッサ州 Orissa (1987, 2001) および南インドのカルナタカ州 Karnataka とアンドラ・プラデシュ州 Andhra Pradesh (1985, 1996, 2001) においては集中的に野外調査を行った。オリッサ州はスナベダを拠点に、カルナタカ州とアンドラ・プラデシュ州境地域はバンガロールを拠点にして自動車を用いて現地の野外調査を行った。

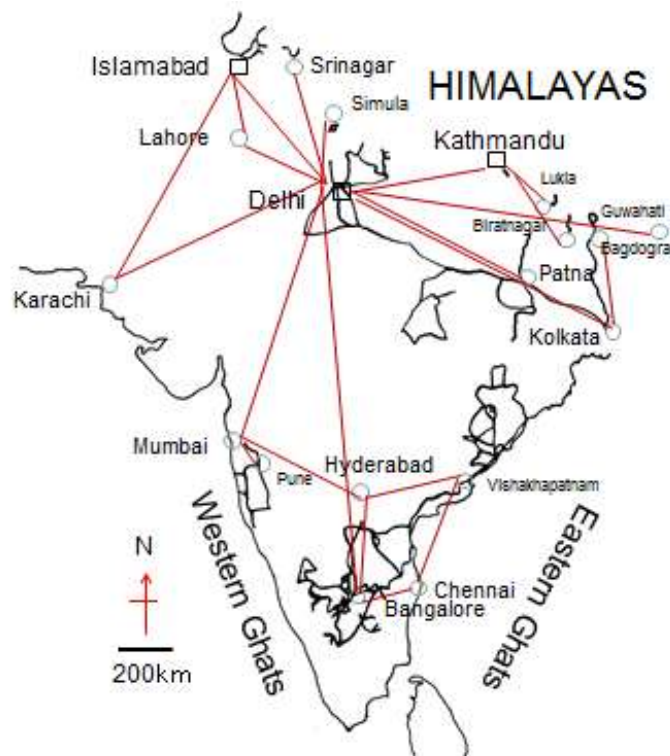


図1. 雑穀栽培の野外調査ルート

日本および近隣諸国の雑穀の農耕文化複合についての資料は大方整理して、ウェブサイトで公開している。この国は中江兆民が言うように、大方の学問は輸入品、海外の書籍の翻訳が主要な仕事のような。多くの言語を使用することは凡人には難しいから、翻訳は大いにありがたい。ただ、文脈的に納得できない場合は原書を読み直す必要がある。しかし、日本の書籍が翻訳家に外国語に翻訳されることはごく稀であるので、自ら外国語で書かなければ、読んでももらえない。このために、研究論文はできるだけ英語で書いてきた。

中尾佐助の構想力（思い付き）と阪本寧男の獨行性（旋毛曲り）に導かれて、爾来、55年ほどの自由彷徨に基づく実験研究、フィールド調査などを行ってきた。インド亜大陸各地におけるフィールド調査は1983年から2001年まで、東京女子大学、京都大学、東京学芸大学などの学術調査隊や文部科学省在外研究員としてインドのバンガロールにある農科大学の全インド雑穀改良計画ほか国立植物遺伝資源局や各州の農業研究機関の協力の下に山麓丘陵地や半乾燥地域において実施した。さらに、文部科学省在外研究員として、関連文献や腊葉標本の調査は2005年から2006年まで、イギリスのケント大学および王立植物園キューにおいて実施した。なお、日本全国およびユーラシア各地のフィールド調査も実施してきたが、本書ではインド亜大陸に焦点を当てる。退職後には、研究をまとめるために、2014年から2020年まで、東京外国語大学アジア・アフリカ言語文化研究所のフェローにさせていただき、インド亜大陸の歴史を学んだ。

第四紀における植物と人類の考古学

直接、化石や考古遺跡のフィールド調査や分析はしていない。各地域の博物館展示や遺跡の訪問、見学は心して実行した。加えて、考古学書籍、文献を読み、日本とイギリスの考古学者を訪問して直接教えを受けた。

関連の方名の比較言語学

現地語を習う機会をもつようにしてきたが、あまりに多くの言語が使用されており、フィールド調査では英語を共通語として、二重、三重に通訳を介する場合もあった。主に、栽培方法、加工方法、調理方法に関して聞き取り調査を行い、穀物名、調理名などは英字表記で書いてもらった。調理は食堂のメニューの記述、書籍の記述で確認をした。日本人のフィールド調査では限界があるので、これ以上の調査研究は現地の研究者により行われることを願いたい。言語／農耕伝播仮説が Bellwood and Renfrew (2002)らにより、言語学に加えて、考古学や遺伝学をつなげて広く議論が進められるようになり、大野(2000,2004)や Southworth (2005)らの言語分析を参照した。これらにより、中尾(1967)の論考を雑穀中心に再検討した。

生物文化多様性の保全活動

短い研究人生の範囲で、雑穀の栽培化過程の研究によって、生物多様性と人間の文化を一体の事物として継承する重要性を考えるに至った。Vandana Shiva (1993)の『精神のモノカルチャー』における、生物文化多様性を衰退させることが精神の虚弱に繋がっているという論考は示唆的である。このために、農民から分譲を受けて収集した在来品種の種子は現地で無くなった場合、植物と人々の博物館の活動として返還するようしてきた。また雑穀街道普及会の世界遺産申請活動、雑穀栽培講習会、環境学習セミナーなどを行ってきた。生物多様性条約締約国会議(2010)には CBD 市民ネットワーク／タネと人々の未来作業部会として、提言を行った。その翌年(2011)に東日本大地震が起こり、福島原子力発電所が崩壊して、放射性物質が東京にも飛散した。このため、急遽、収集、保存していた在来品種の種子、約1万系統をイギリスの王立キュー植物園に移管した。

人生の大半を雑穀の研究と保存、普及に過ごしたが、世間には広く認知されることがほとんどなかった。環境学習実践研究も同様であった。日本人も精神がモノカルチャーになり、ほとんどが自給農耕者としての誇りを失い、寄生する暮らしに沈溺してしまった。マスメディアに載ることを極力避けてきたが、そのせいばかりではなく、見捨てられた雑穀の研究はこの国では、やはり関心は持たれなかったばかりか、根強い偏見で農山村地域においてさえ、保全普及活動はたび重ねて排除された。いつの時代も自然災害や人為災害に備えて、食料の安全は生活の第一条件であるが、この国は金がすべてであるような世間になっている。この国ではすでに希望を繋ぐ地道な生活方法の提案は余計なことであった。

しかし、それでも家族のために、地域社会やこの国の希望のために、今、深く考え直してほしい。素のままの美しい暮らしについてである。終生のお付き合いをいただいた少数の聡明な農民や新たに農民として生きることを選んだ人々はいらる。平穏に、素のままの美しい暮らしができれば、十分に幸せである。

第2章 第四紀における植物の進化



栽培植物の祖先種の確定には多大な関心が払われるが、いかに人間が植物との関係によって、栽培化を進めてきたのか、その過程にはあまり関心が向けられてこなかった。そこで、まず、栽培化過程を具体的に明らかにするために、重要な形質である生活型や繁殖様式に関する基礎植物学の調査や実験を行った。イネ科穀物に限らず、いくつかの属の生活型（一年生）、繁殖様式（自殖性）を主課題にして生態調査から交配実験や分子レベルの成分の分析まで行って、生態遺伝学的特性を比較した。その成果から、いくつかの顕著な事例を次に紹介する。

一年生植物と多年生植物の比較生態遺伝学

一年生植物の進化の様態を研究することが栽培植物の起原を解き明かすことに重要な意義を有していることを、ド・カンドル（1883）や中尾（1967）は示唆していたのである。彼らの卓見は、1974年頃に、阪本が私に与えた博士論文の課題「多年生植物から一年生植物がどのように進化してきたか」を生態遺伝学的視点からの比較研究（Kimata1980）することにつながっていたことが、今になって明確になった。その後の研究も含めて、ド・カンドルが言う純粋植物学の基礎事実は植物の栽培化過程と伝播に関する仮説に重要な植物学的な論拠を与えている。

図 2 に示すように、植物の進化を見ると、草本植物は新第三紀になってから多年生草本として出現した。C₄ 光合成経路をもつ植物は第三紀 700 万年前、その後、第四紀になって、厳しい気候変動の合間に、寒冷、暑熱、乾燥などの生育に不適切な季節を種子で休眠して生存する一年生草本が出現してきた。植物の繁殖様式は環境の変動に対応しながら著しく多様化してきた。このころには人類の祖先も出現している。また、草原に適応する集団性の動物も現れてきた。

多年生草本 I は他殖性で自家不和合、自個体だけでは種子を作ることができない種も多い。多年生草本 II は他殖性、あるいは単為生殖ができる。多年生草本 III は単為生殖のみする。多年生草本 IV は他殖性、自家和合の自殖性もある。これから一年生草本が進化し、基本は自殖性であるが、他殖も可能であり、多くの種子生産を可能とした。

一年生草本と多年生草本の一般的特徴の比較を表 3 に示す。ただし、植物は種ごとに著しく多様な特性をもっているため、その特徴を容易に一般化はできない。

大まかに見て、一年生植物は自殖性であり、花は小さくて白っぽく、その数は多く、小さな種子の生産も著しく多い。自殖性は遺伝的変異を減ずるが、染色体の倍数性を高めることは変異の多様性を保存する。生育場所は自然や人間による攪乱が起こりやすい場所に進入する。自殖性は先駆種となることを担保している。光合成は C_4 経路をもつ種が多く、エネルギー分配は種子に多く向けられる。表現型の可塑性は高く、環境条件により、形態を変えることができる。これらの特徴は栽培化過程において有効に働く。

これに対して多年生草本は対照的な特徴をもっている。多年生草本は他殖性で種子繁殖のほか、栄養繁殖を合わせてもち、2 倍体で C_3 植物が多い。同属内で種間雑種を作る事例は少ないが、多年生は一年生に対して遺伝的に顕性であることとは交雑実験で明示できた。イネ、ハトムギ、コドは植物学的には多年生で多回繁殖ができる。野生型は多年生であるので、栽培化過程において、生態的一年生化、種子の非脱粒性に人為選択されたのだ。

一年生草本と多年生草本の一般的特徴の比較を表 3 に示す。ただし、植物は種ごとに著しく多様な特性をもっているので、重ねて記すが、その特徴を容易に一般化はできない。栽培植物、特に穀物の特性として重要な形質は、①繁殖様式：自殖・他殖、栄養繁殖、②種子のサイズ、粒数、③光合成生産： C_4 か C_3 、④エネルギー分配などである。穀物が一年生の生活史をとることは食料となる種子生産量に大きく関わっている。

一年生草本と多年生草本を大まかに比較すると、一年生草本はごく例外的な閉鎖花を作る種以外はほとんど無性繁殖せず、有性繁殖で花は小さく、白など薄い色が多く咲き、おおかたは自家受粉のため花粉量は少ない。他家受粉もするが、主に自殖性なので、種子は小粒で多く、1 個体からも大きな個体群を形成することができる。自殖性は遺伝変異を低下させるが、倍数性の高さは遺伝的変異の蓄積になる。ちなみに、イネの自家受粉率はほぼ 100% である。トウモロコシは雌雄同株であるが風媒花で自家受粉率は 5% 程度、ハトムギやトウジンビエは雌蕊先熟で、他家受粉するが、モロコシは自殖性である。一方で、果樹やアブラナ科野菜などは自家不和合性があり、自家の花粉では受精できない（他家受精）ので、種子ができない。

一年生草本は C_4 光合成植物が多く、生産物のエネルギー分配は種子に多い。一年生草本の生育地はサバンナや地中海性気候などの季節的半乾燥地帯、人間の居住地など、攪乱され易い、生育環境が不安定な場所である。サバンナ気候では夏生の一年生が優占し、多くの雑穀が栽培化され、サバンナ農耕文化を構成した。地中海気候では冬生の一年生が優占し、麦類が栽培化されて、地中海農耕文化を構成した。さらに、都市環境に適応して、個体としては一年で開花・結実後に枯死するが、個体群としては年間存在するトキワハゼ、タネツケバナ、スカシタゴボウなど通年生一年草がある。

多年生草本は樹林地、湿地帯などの攪乱されることが少ない場所である。多年生草本は栄養繁殖と有性繁殖をする。有性繁殖では主に虫媒や風媒により他家受粉をするので花粉数は多く、花は少なく、大きく、色彩豊かである。自家不和合性の種もあり、2 倍体が多く、種子は大きいとその数は少ない。

草本植物の進化

地球の内陸地域における冬季寒冷・夏季乾燥化によって、イネ科植物の草原ができて、集団性動物が来る

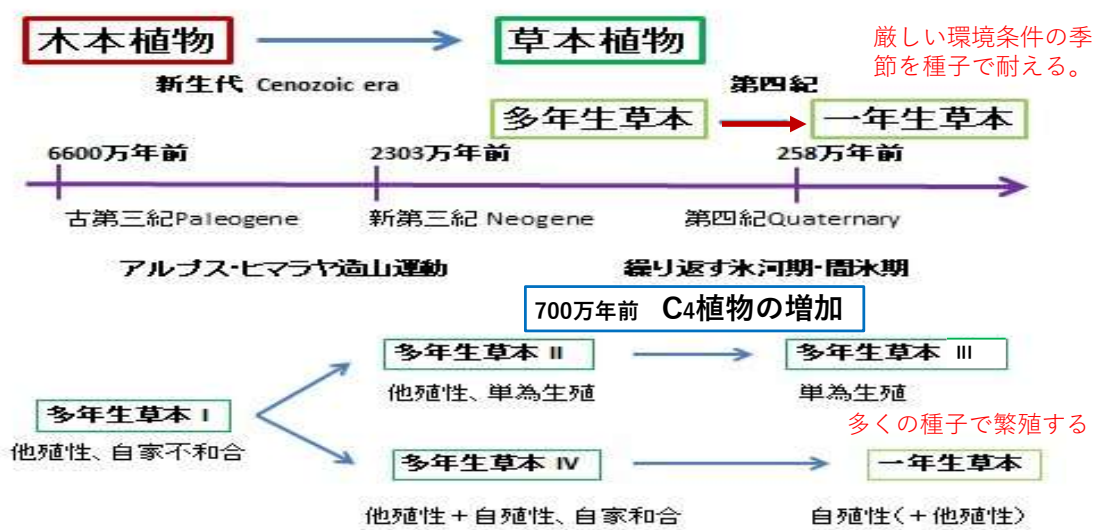


図 2. 草本植物の系統進化

大まかに見て、一年生植物は自殖性であり、花は小さくて白っぽく、その数は多く、小さな種子の生産も著しく多い。自殖性は遺伝的変異を減ずるが、染色体の倍数性を高めることは変異の多様性を保存する。生育場所は自然や人間による攪乱が起りやすい場所に雑草として侵入する。自殖性は先駆種となることを担保している。光合成はC₄経路をもつ種が多く、エネルギー分配は種子に多く向けられる。表現型の可塑性は高く、環境条件により、形態を変えることができる。これらの特徴は栽培化過程において有効に働く。

これに対して多年生草本は対照的な特徴をもっている。多年生草本は他殖性で種子繁殖のほか、栄養繁殖を合わせてもち、2倍体でC₃植物が多い。同属内でも種間雑種を作る事例は少ないが、多年生は一年生に対して遺伝的に顕性であることは後述するイヌガラシ属やライムギ属の交雑実験で明示できた。イネ、ハトムギ、コドは植物学的には多年生で多回繁殖ができる。野生型は多年生であるので、栽培化過程において、生態的一年生、種子脱粒性に人為選択され、一年生穀物として栽培されている。多年生雑草カモジグサの水田適応雑草エコタイプ早生型は本来多年生植物であるが、水田に進入して稲作の作業に適応したため、夏季の高温に耐えきれずに、株は湛水土中で腐敗するので、種子でしか繁殖できない。すなわち、水田では一年生としての生活環を送っているのである (Kimata and Sakamoto 1982)。イネやハトムギ (Kimata and Nakagome 1982) は本来、多年生植物であるが寒冷地では株は枯死するので、一年生として生活している。こうした生態については実験によって検証しなければ明確にできない。

表 3. 一年生草本と多年生草本の特徴の比較

特徴	一年生草本	多年生草本
花	小さい、白い、多い	大きい、彩り、少ない
受粉	自家受粉、他家もする	他家受粉、虫媒、風媒
花粉数	少ない	多い
無性繁殖	しない	栄養繁殖
種子	小さい、多い	大きい、少ない
染色体倍数性	倍数性高い	2倍体が多い
生育場所	攪乱される	安定している
光合成	C ₄ が多い	C ₃ が多い
エネルギー分配	種子に多い	栄養繁殖体、貯蔵器官に多い
表現型可塑性	高い。環境悪くとも、小さい個体でも種子を作る。環境が良ければ大きくなり、種子生産が多くなる。	低い
生活型	遺伝的に潜性	遺伝的に顕性、多くの形質が関与

C₃植物とはカルビン回路だけで光合成炭素同化をする植物で、最初の光合成産物が3炭素化合物(3-ホスホグリセリン酸)である。イネ、コムギ、ダイズ、ナタネ、など多くの植物が含まれている。C₄植物とは二酸化炭素の初期固定をC₄ジカルボン酸回路で行い、加えて、カルビン酸回路を働かせ炭素同化を完結する植物である。サトウキビなど熱帯・亜熱帯のイネ科、カヤツリグサ科、ヒユ科、アカザ科など20科1200種が報告されている。C₄植物の光合成速度はC₃植物より高く、また水利用効率や窒素利用効率も高い(<https://www.jaicaf.or.jp>)。

日本における雑草の生活型については表3に示し、比較してある。史前帰化植物も含めて日本の在来雑草は、多年生種と一年生種はそれぞれ4割前後であるが、帰化雑草は多年生種より一年生種の方が2倍以上多い(笠原1974)。一年生草本に夏生が多いのは稲作随伴雑草であり、二年生(冬生一年生)は麦作随伴雑草、さらに、新たに侵入して生育場所を獲得し、帰化雑草となるには一年生草本が有利であると仮設できる。

イネ科穀物の祖先種や近縁野生種は私たちの身近な雑草として生育している。たとえば、エノコログサ *Setaria viridis* はアワ *S. italica* の祖先種で、両種間では雑種もできる。キンエノコロ *S. pumila* はインド起原雑穀のコラティ *S. pumila* の祖先種である。ジュズダマ *Coix lacryma-jobi* subsp. *lacryma-jobi* はハトムギの *C. lacryma-jobi* subsp. *mayuen* の祖先種で、雑種もできる。

栽培化過程に有力な示唆を与えるような、いくつかの興味深い事例を紹介する。一年生植物と多年生植物の比較生態遺伝学に関する研究目的のために、研究材料として、同属内に草本系の多年生種と一年生種を有する分類群を牧野植物図鑑などから抜粋して研究対象リストを作成した(表4)。このリストから選んだのは、ゴマノハグサ科サギゴケ属、アブラナ科タネツケバナ属とイヌガラシ属、イネ科キビ属、アワ属、ジュズダマ属などである。この他にもイネ科コムギ族、ニクキビ属、トウモロコシ属などである。同属内の多年生種と一年生種の植物学的形質に関して比較し、また、他属の事例とも比較することにした。生態遺伝学的な比較研究の成果の一部を摘要する。

表 4. 日本の雑草の生活型

生活型	在来種	帰化雑草	合計
一年生草本(夏生)	131 (29.8%)	33 (7.5%)	164 (37.2%)
二年生草本(冬生)	32 (7.3%)	24 (5.5%)	56 (12.7%)
一年生/二年生草本	13 (3.0%)	11 (2.5%)	24 (5.5%)
多年生草本	165 (37.5%)	27 (6.1%)	192 (43.6%)
多年生/一年生草本	2 (0.5%)	1 (0.2%)	3 (0.7%)
木本	1 (0.2%)	0 (0%)	1 (0.2%)
合計	344 (78.2%)	96 (21.8%)	440

笠原 1974

ゴマノハグサ科サギゴケ属雑草の生活史

ゴマノハグサ科 Scrophulariaceae は 210 属 3,000 種が世界的に分布している。サギゴケ属 *Mazus* は世界に 10 種、日本に 3 種が生育している (佐竹 1964)。トキワハゼ *Mazus japonicus* (Thunb.) O. Kuntze は日華区系のアフガニスタン、中国から日本にまで、温帯、熱帯に広く分布する一年生雑草である。アメリカ合衆国の東海岸地方にもトキワハゼは 100 年ほど前に、ムラサキサギゴケ *M. miquelii* Makino は 50 年ほど前に帰化しているが、広域分布についてはまだよくわかっていない (Michener 私信 1977)。一方、ムラサキサギゴケは中国中部から日本の北海道南部に分布する多年生雑草である。セイタカサギゴケ *M. faurei* Bon. は九州南部、沖縄、台湾に分布するとされるが (北村・村田 1964)、私は鹿児島県、宮崎県および沖縄県では見つけることはできなかった。

雑草の進化に関する諸特徴は Baker (1974) によって詳細に記述されている。雑草性植物の多くは自殖性の一年生草本であり、それぞれの種が畑地、庭地や路傍のような人為的に攪乱されやすい生育場所に適応する独特な生活史戦略をもっている。研究対象種の生活史を明瞭にするために、それぞれの特徴 (媒介変数 parameter)、特に、寿命 (一年生か多年生)、繁殖様式、種子生産、および栄養繁殖などを研究する必要がある (Kawano 1984)。Stebbins (1958) は自殖性の一年生草本が近縁の他殖性の多年生草本から出自したと記している。生活史の比較研究は、この進化過程で起きた遺伝的変化に関する有用な情報を提供する。中国に分布するサギゴケ属植物は、冬生一年生草本から変容した通年生一年生草本であるトキワハゼを例外として、すべての種が冬季に生育し、春季から初夏に開花する多年生草本である (Beijing Institute of Botany 1975)。

研究は日進月歩なので、私のサギゴケ属の研究は 1990 年頃までに終えており、過去にさかのぼって今学名を修正すると混乱するので、本章での科分類や種名はそのままにしておく。ちなみにトキワハゼの学名 *Mazus japonicus* は *M. pumilus* (Burm. f) Steenis が用いられるようになった。日本には 4 種が分布しており、サギゴケ *M. miquelii* の他にヒメサギゴケ *M. goodenifolius* (Hornem.) Pennell、また、意外なことに、日本で新固有種カワセミソウ *Mazus quadripotuberans* N. Yonezawa が 1998 年に極限定された京都御苑の芝生地のみで発見されている。

一年生草本の生活環には二つのカテゴリーがある。第一カテゴリーは 1 回結実性で、開花・結実後、一年以内にすっかり終わる生活環をもち、生理的にも本来的意味での一年生草本である。第二カテゴリーは潜在的には不確定な寿命の生活環をもち、通常は降霜、乾燥などの自然事象あるいは農耕作、除草などの人為によって一年以内に消滅する、生態的

一年生草本である。言い換えれば、第二カテゴリーは潜在的多年生草本で、環境条件が良ければ、一年以上生存する多回結実性である (Harper 1977)。

さらに、本来の一年生草本には三つのタイプ、冬生一年生 (二年草、越年草)、夏生一年生、および通年生一年生がある。たとえば、ウリクサは6月から11月まで生育する典型的な夏生一年生草本、オオイヌノフグリは9月から翌年6月まで生育する典型的な冬生一年草である。これら2種に比べて、トキワハゼの個別は一年以内に生理的に枯死するので一年草であるには違いないが、この種の個体群は年間を通じて生態的に存続する。本来、冬生であったが、夏にも生育するように、種子休眠性を弱めて順化したのである。これにより、通年生一年生草本という新たな概念を定義することにしたのである (Kimata and Sakamoto 1979)。

トキワハゼは新たに多様な生育場所に移住する過程で、早熟、弱い種子休眠性、夏季の高温耐性を獲得してきた。その結果として、農耕地のような適当な生育場所に見られるようになった。この生育場所は、農夫による定期的な農作業攪乱を好機に変えて好光性発芽し、偶発的な除草を運よく避けることができた場合には、土壌が肥沃、競争種は少ないなどによって、生き残った個体にはむしろ良好な生長が可能となる。また、小型で早熟故に、攪乱を避ける可能性もある。さらに、未熟種子は一次休眠が弱く、冬季以外は容易に発芽する。

第1段階で、初夏に発芽したトキワハゼの個体群は日陰の湿気の有る生育場所に侵入する。次第に夏季の高温耐性をもつ個体を増して、さらに乾燥した攪乱環境に侵入する。トキワハゼの表現型の可塑性は著しく高いが、遺伝的変異性は主に自殖性故にある程度の制限を受けてはいる。通年生一年草本であるトキワハゼは、Grime (1979) によって提示された典型的な人里植物 ruderals (低ストレス/高攪乱) の戦略を第一次的にとっている農耕地雑草である。生活史モデル (図3および表5) にまとめたように、個体群としての長い生育期間、多様な生育場所を占有する colonizer として、およびまれながら他家受粉も行い、高い倍数性であることから、一般目的遺伝子型 general purpose genotype (Baker 1965) と関連する生活史戦略に帰結している。

ムラサキサギゴケはむしろ安定的な稲作水田の畦畔 (多量の土壌栄養と水分、低い環境攪乱) において、走出枝で栄養繁殖しており、母株個体は走出枝とラミートを形成した後に枯死する。自然集団では栄養繁殖体ラミートが多いが、虫媒他殖性による種子繁殖で遺伝的多様性は担保されている。実際に、ムラサキサギゴケは花冠の色、蜜標のパターン、茎の毛などの諸形質の多様性を見ると、著しい遺伝的多様性が保持されていると認められる。

同所的な生育地におけるトキワハゼとムラサキサギゴケの個体群動態の明瞭な差異は、自殖性一年生草本と他殖性多年生草本の繁殖戦略の特性を示している。これらのサギゴケ属2種の比較研究により、イネ科穀物の栽培化過程においても参照できる重要な基本特性、生活型と繁殖様式に関する生態遺伝学的な基礎が明確になった。

表 5. サギゴケ属の生活環の比較

種名	春季	開花期	夏季	秋季	冬季	生活型
トキワハゼ	ロゼット生長、抽苔	冬型開花・結実・枯死	種子発芽、夏型成長、開花結実・枯死	種子発芽	冬型越冬ロゼット	通年生一年草本
ムラサキサギゴケ	ロゼット生長、抽苔	開花・結実	走出枝伸長、ランナー増殖	ロゼット形成、種子発芽	越冬ロゼット	多年生草本

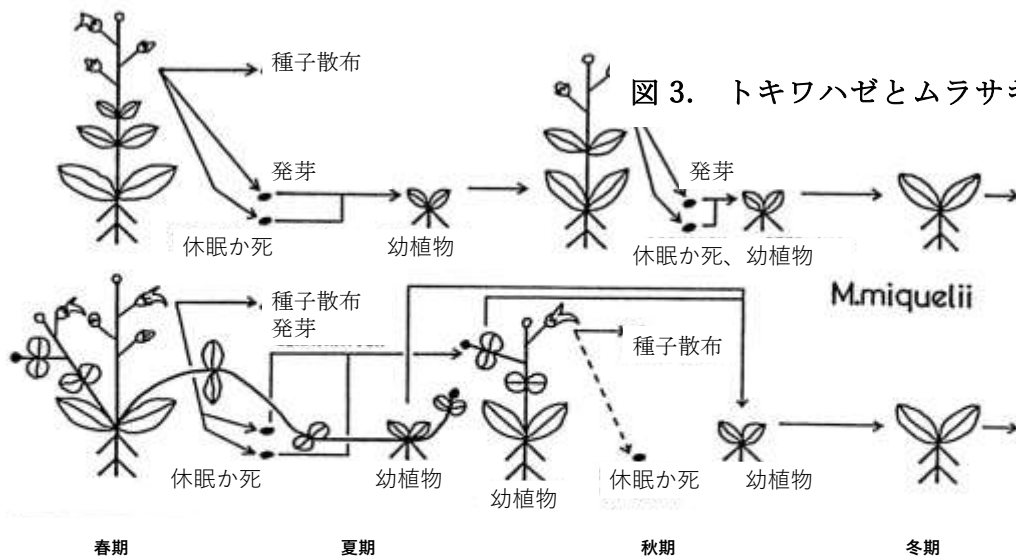


図 3. トキワハゼとムラサキサギゴケの生活史のモ

アブラナ科タネツケバナ属雑草の生活史

アブラナ科は主として北半球の冷涼地に分布する 350 属 2500 種からなる大きな科である。4 強雄蕊、十字形花冠、2 心皮、果実は偽隔壁を残して 2 片に裂開する特徴がある。日本にも、私たちが研究材料としたイヌガラシ属やタネツケバナ属の他に 11 属、帰化した 6 属がある。アブラナ属やダイコン属では栽培化され、野菜、香辛料、花卉、染料として利用されている種も多い。日本にはタネツケバナ属 *Cardamine* は 15 種生育しているが、近年帰化した種もある。世界には約 130 種分布している (佐竹 1964)。

日本に生育する各種の生育分布は、身近な路傍や農耕地から山間、高山にまで及んでいる。主に用いた 4 種 1 亜種の生育分布は次のとおりである、タネツケバナ *Cardamine flexuosa* With. (syn. *C. occulta* Hornem.) は北半球の温帯や暖帯の水田や路傍に広く分布し、この亜種タチタネツケバナ *C. flexuosa* ssp. *fallax* O. E. Schulz は日本、朝鮮半島、千島、樺太、オホーツク海沿岸、カムチャッカなどに分布している。ジャンジン *C. impatiens* L. は東アジアからシベリア、ヨーロッパの温帯・亜熱帯の山間の木蔭に生育し

ている。オオバタネツケバナ *C. scutata* Thunb. は日本、朝鮮半島、千島、樺太、オホーツク海沿岸、ウスリー、カムチャッカなどの暖温帯の谷間の畔に生育分布している。ミズタガラシ *C. lyrata* Bunge は日本の関東以西、朝鮮半島、中国、東シベリアの暖温帯の湿地に生育分布している(北村・村田 1961)。なお、帰化雑草ミチタネツケバナ *C. hirsute* L. は日本での分布を広げている。

多年生草本から進化してきた一年生雑草の2カテゴリーと3タイプについてさらに明らかにすることにした。カテゴリー1は厳密な意味での一年生草本で、生殖成長し、開花・結実後に枯死する。カテゴリー2は農耕など人為的環境下では一年生であるが、本来の環境条件では多年生草本であり、開花・結実後にも休眠葉芽があり、枯死することはない。タイプ1は初夏に発芽して秋頃には開花・結実して枯死する夏生一年草、タイプ2は秋に発芽して翌初夏頃には開花・結実して枯死する冬生一年草、およびタイプ3は、本来は冬性一年草であるが、結実後、あまり休眠せずに、すぐに発芽して夏生として高冷地方の水田、平地の園芸用ガラス室などに侵入して生育している通年性一年草のことである。3タイプとも厳密な意味での一年草であるが、これらの自然集団はそれぞれ夏季、冬季、あるいは通年に成立している。タイプ3は、冬性一年草(通常冬型)でありながら、一部の種子が種子休眠性を弱めて、小さな夏型を生じ、さらに人為環境に侵入した事を明示する(Kimata 1983)。

タネツケバナの7系統は東京、神奈川、埼玉、千葉、静岡、および京都で採集した。達タネツケバナは東京の日陰の庭地で採集した(図4)。ジャンジン は山梨の杉植林地林床で採集した。オオバタネツケバナの5系統は東京、静岡、京都の主に用水路で採集した(図5)。水田ガラシ2系統は愛知、三重の水田で見つけた(図6)。20個体以上採集して、10個体を実験材料に、残りをさく葉標本にした。

タネツケバナとジャンジンは自殖生一年草本であった。オオバタネツケバナは他殖性多年生草本、ミズタガラシは自家不和合性を伴う他殖性多年生草本であった。多年生草本は種によって他殖あるいは自殖を行っていた。繁殖様式の進化傾向は、自家不和合性の他殖多年生草本から、自家和合性の他殖性多年生草本、さらに自殖性一年生草本に向かう。

自家受粉の一年性草本は攪乱生育場所への通常、良好な侵入種である。新たな集団を確立するために、重要な役割を演じるのは、侵入初期の種子生産量である(Stebbins 1958; Ehrendorfer 1965; Antonovics 1968; Lefèbvre 1970)。タネツケバナの2亜種は攪乱生育地によく適応している。水田の自株の周りに著しく多数の種子を散布し、秋まで休眠する。タネツケバナは春と夏に種子を散布し、夏個体群と冬個体群を形成する。個体は1回結実で、一年以内に枯死するが、個体群としては年間存続するので、トキワハゼと同じく、通年性一年生草本である。ジャンジンも自殖性一年生草本であり、春に種子を結ぶ。



図 4. 日本産タネツケバナ属雑草

a ; 耕起前の水田に生育するタネツケバナ、b ; 庭地に生育するタチタネツケバナ、c ; 石垣に生えるタチタネツケバナ、d ; タネツケバナとタチタネツケバナの人為雑種第 1 代 F₁。

オオバタネツケバナとミズタガラシは年周期でイネの栽培が行われる水田によく適応している。年中、水も栄養（肥料）も供給される。種子は個体周辺に落とすが、流水に流されて散布する。種子休眠は弱い。ミズタガラシは少数の種子しか作らず、種子の休眠性は強い。



図 5. 水辺のオオバタネツケバナ

a, 開花中 b, ロゼット

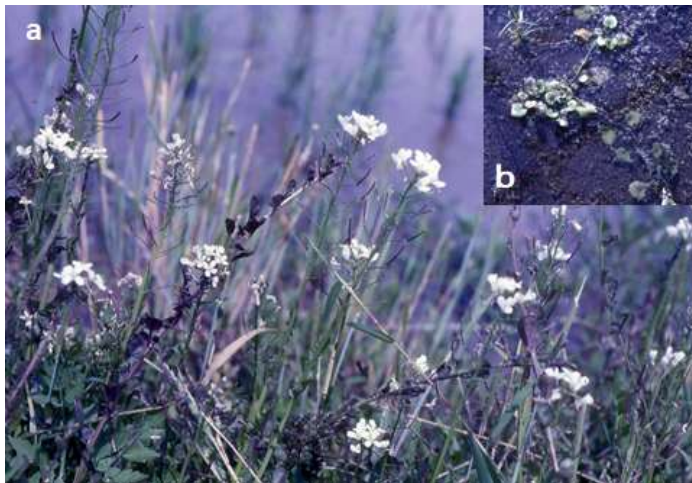


図 6. 水田中のミズタガラシ
a, 開花中、 b, ラミート

栄養繁殖に関わると考えられる茎からの発根率と走出枝からの栄養繁殖体について比較した(表 6)。まず、茎断片からの不定根の形成を観察するために、葉 1 枚を残した前後 1cm の茎断片 (2cm) 40 本をバーミキュライトに挿し木して、25℃、連続光 1,000lux の条件下で培養して、12 日後に計測した。発根率はミズタガラシ (75.0%)、タチタネツケバナ (57.5%)、タネツケバナ (17.5%)、オオバタネツケバナ (5.0%) であった。他方、発根数はオオバタネツケバナが 3.0 本、最長根は 3.3cm で、他種は 1.4~2.2 本、1~1.5cm であった。この結果からみると、ミズタガラシでは農耕作や除草作業により切断された茎断片がそれなりに栄養繁殖体として有効である可能性を示している。

表 6. 茎断片からの発根

種名	茎断片数	発根茎数	発根率%	根数	最長根cm
タネツケバナ	40	7	17.5	1.4	1.0
タチタネツケバナ	40	23	57.5	2.2	1.4
オオバタネツケバナ	40	2	5.0	3.0	3.3
ミズタガラシ	40	30	75.0	2.1	1.5

表 7 に示すように、多年生のオオバタネツケバナは開花結実後に葉腋の休眠芽をもとに、自然集団において個体あたり 4.6 の栄養繁殖体、ラミート (分株体) ramet を形成する (図 5b)。ミズタガラシは走出枝 stolon を伸ばして個体あたり 133.3 の栄養繁殖体を形成して、稲作水田中にも繁殖を拡大している (図 6)。栄養繁殖は種子繁殖より生存確実性が高く、両者を併存させれば遺伝的多様性も維持できる生活史戦略と考えられる。

表 7 に示すように、多年生のオオバタネツケバナは開花結実後に葉腋の休眠芽をもとに、自然集団において個体あたり 4.6 の栄養繁殖体、ラミート (分株体) ramet を形成する (図 7)。ミズタガラシは走出枝 stolon を伸ばして個体あたり 133.3 の栄養繁殖体を形成して、稲作水田中にも繁殖を拡大している (図 5)。栄養繁殖は種子繁殖より生存確実性が高く、両者を併存させれば遺伝的多様性も維持できる生活史戦略と考えられる。

表 7. 栄養繁殖体数

種名	調査個体数	繁殖体数	
		範囲	平均
オオバタネツケバナ	20	1~12	4.6
ミズタガラシ	8	87~167	133.3

タネツケバナ属の生活環の比較

タネツケバナ属雑草の生活環を比較すると（表 8）、は一般に冬季間にはロゼットを形成して生育を維持する。タネツケバナは冬生一年草の雑草で、年間周期的な稲作水田の耕起が始まる前に、自殖性により多数の種子を生産散布している。夏季にほとんどの種子は水田土壌中で休眠し、まれに発芽した夏型個体は少数の種子を生産している。

タチタネツケバナは通年生一年生の雑草で、比較的不安定な環境条件下にある庭地、路傍、苗床などに生育し、自殖性により種子生産を確保し、長角果殻の巻上弾力による長距離均一な種子散布、種子休眠の早期打破により、冬季を主な生育期間としながらも、夏季にも恒常的に個体群の形成を可能にしている。タチタネツケバナにおいても夏型個体の生育は不十分であるので、夏型は冬型が種子休眠性を弱め、夏季の人為環境下の生育地に侵入し、新たな種内分化に向かっていると考えられる。

ジャニンジン属は冬生一年生草本で、比較的明るい林床、林縁に生育している自殖性の野草である。多数の種子生産を行い、種子を一定距離に効果的に散布し、安定的な生育場所で個体群を維持している。

オオバタネツケバナは多年生性が弱く栄養繁殖体形成も少ないが、自殖性が高いので、比較的多くの種子を生産する。種子は主に水中に散布されるが、ほとんど休眠せずに発芽しており、種子の流水散布も含めて水生雑草として有効に分散し、生育地を確保している。ミズタガラシは多年草で稲作湿田に生育し、比較的大きな花器をもち、自家不和合の虫媒他殖性で種子生産数は少ないが、走出枝で多数のラミートを作り、旺盛な栄養繁殖をしている。

ここでは他殖性多年生草本と自殖性一年生草本との生活環の比較により、生育環境の維持拡大を保障する生活史戦略の差異が明瞭に示されている。Bell ら（1979）は 8 種の冬生一年生草本のバイオマス分配における季節的変化を測定し、全バイオマスの 12~22% が開花期過ぎまで根茎に分配貯蔵され、その後には根系への分配が減少し、繁殖器官へと分配が高まることを示しており、タネツケバナの場合と類似している。茎からの発根力の弱いオオバタネツケバナより、ミズタガラシは 27 倍も多くのラミートを形成する。

タネツケバナは本来冬生の一年生草本であったが、トキワハゼに見られると同じように（Kimata and Sakamoto 1979）、タチタネツケバナは夏生の個体群を形成するので、通年生一年生草本である。一般に、タネツケバナ属は冬季に生長して春季に開花する種が多いので、通年生は冬生から分化してきたのだと言える。

表 8. 生活環の比較

種名	春季	開花期	夏季	秋季	冬季	生活型
タネツケバナ	ロゼット生長、抽苔	冬型開花・結実・枯死 種子発芽、夏型成長、開花結実・枯死		種子発芽	冬型越冬ロゼット	通年生一年草本
タチタネツケバナ	ロゼット生長、抽苔	冬型開花・結実・枯死 種子発芽、夏型成長、開花結実・枯死	種子休眠	種子発芽	冬型越冬ロゼット	通年生一年草本
ジャンジン	ロゼット生長、抽苔	冬型開花・結実・枯死	種子休眠	種子発芽	越冬ロゼット	冬生一年草本
オオバタネツケバナ	ロゼット生長、抽苔	冬型開花・結実	株萌芽・種子休眠 種子発芽、夏型成長、開花・結実	株増殖・種子発芽	越冬ロゼット	多年生草本
ミズタガラシ	ロゼット生長、抽苔	開花・結実	走出枝伸長、ラミート増殖	ロゼット形成、種子発芽	越冬ロゼット	多年生草本

日本産とネパール産のタネツケバナの種内分化の比較

東京女子大学インド・ネパール学術調査隊（1983）に参加した際に、ネパールではタネツケバナは水田型、庭地型および高山型に種内分化している可能性を観察した。そこで、日本産とネパール産のタネツケバナの 5 系統の生態型の形態的形質などを比較し、表 9 に示した。日本産は東京都国立市の休閑田（冬生個体）、東京都小金井市の庭地と石垣、ネパール産はカトマンズ近郊の水田と庭地（夏生個体）、およびクムジュン近郊（海拔 4,000m）の庭地（降霜に曝された夏生個体）で採取した。

5 系統すべての人為自家受粉率および開放（自然）自家受粉率が 85.8～100%で、授粉様式は基本的に自殖性であることを示している。日本の水田型はほとんど冬生一年草であるがネパールについては現地での観察がないので不明である。日本とネパールの庭地型はともに通年生一年草である。ネパールの高山型については現地での年間を通じた観察がないので不明である。草丈は 20 cm ほどであるが、日本の庭地型のみ低く 15.4 cm である。分枝数はネパールの水田型、庭地型および高山型ともに、日本の水田型と庭地型よりも多い。角果長はすべてが 20 mm ほどで、大きな差異はない。頂小葉幅は日本の水田型が特に狭く 2.2 mm、他は 5.1～7.7 mm である。花茎の色はネパールの水田型と日本の庭地型が緑で、他の 3 系統は赤紫色である。同じ傾向で、花茎の毛はネパールの水田型と日本の庭地型にはほとんど生じず、他の 3 系統には多い。生育形（草型）は日本の水田型とネパールの庭地型が叢生、他は分枝である。このように形態的形質には多様な変異の組合せが認められる。

表 9. 日本とネパールにおける 5 生態型の形態的形質などの比較

特性	水田型		庭地型		高山型
	日本 (78001)	ネパール (83009N)	日本(78002)	ネパール (83007N/83008N)	ネパール (83006N)
生活型	冬生一年草	?	通年生一年草	通年生一年草	?
人為自家受粉率%	99.1	99.2	100	99.8	100
開放受粉率%	92.7	99.2	85.8	98.6	100
草丈cm	21.7	24.1	15.4	21.5	24.0
分枝数	4.7	8.0	2.1	11.9	9.0
角果長mm	21.4	21.1	20.6	22.3	22.0
頂小葉の幅mm	2.2	7.7	5.8	5.1	7.5
花茎の色	赤紫	緑	緑	赤紫	赤紫
茎の有毛性	++	±	±	+++	++
生育形	叢生	分枝	分枝	叢生	分枝

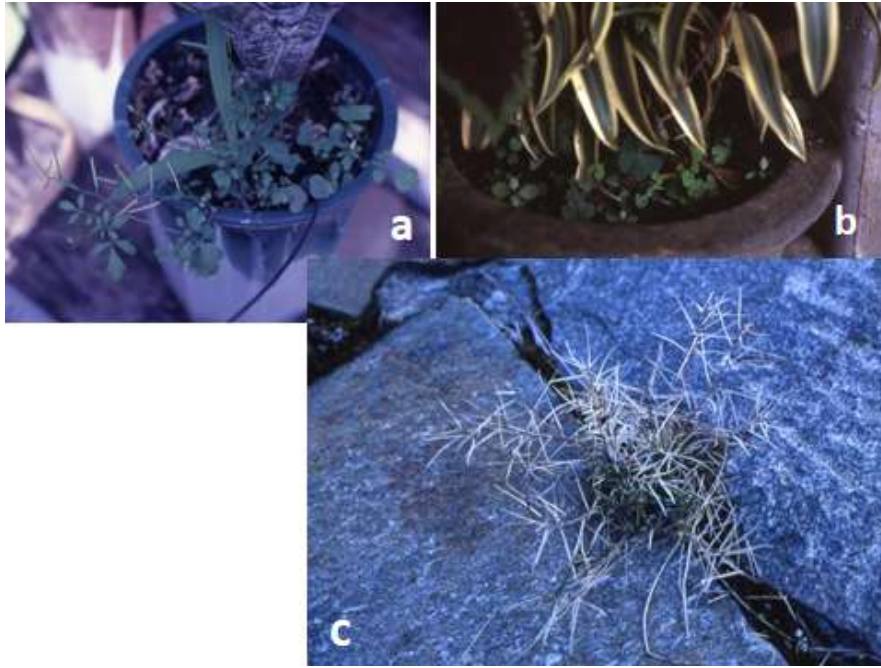


図7. 日本、ネパールとインドのタネツケバナ

a; 日本の夏生個体、b; インド、バンガロールの夏生個体、c; ネパール、クムジュンの冬生高山生態型。

日本およびネパールの6生態型間の人為交雑

日本産とネパール産の6生態型の間で12組合せの人為交雑を行い、それらの交雑率、雑種第1代 F_1 の種子発芽率および花粉稔性について実験観察した(図8)。

日本の水田生態型と庭地生態型との間の生殖的隔離は弱く、相互に交雑率 92.3~100%、発芽率 72.4~81.5%、花粉稔性 90%であった。庭地生態型と石垣生態型との間の交雑率 38.5%、発芽率 8.1 および花粉稔性 23.7%といずれも低く、生殖的隔離が強く機能している。

ネパールの水田生態型と庭地生態型との間の生殖的隔離は強く機能し、交雑率 75.0~87.5%、発芽率 61.0~70.0%であるにもかかわらず、発芽した個体はみな途中で壊死する。庭地生態型と高山生態型の生殖的隔離も強く、交雑率 80.0~100%であるにもかかわらず、発芽率 0~10.7%、花粉稔性 79.4%である。

日本とネパールの水田生態型間ではまず地理的隔離がある上で、人為交雑率は 71.4%、発芽率 69.3%でありながら、発芽した個体はみな壊死する。庭地生態型の間では、交雑率 90.0%、発芽率 34.0%、花粉稔性 59.8%で、生殖的隔離は完璧には機能してはいない。

さらに、日本の水田生態型とネパールの庭地生態型の間では、交雑率 66.7%、発芽率 2.4%、花粉稔性 31.3%で、交雑しても種子はほとんど発芽しないので生殖的隔離は強く機能している。逆の組合せで、日本の庭地生態型とネパールの水田生態型の間では、人為交雑率 89.4%、発芽率 63.0%と良好で、発芽した雑種 F_1 も生育は雑種強勢でとても良いが、花粉稔性 0.7%でほとんど不稔である。日本の水田生態型とネパールの高山生態型との間では、交雑率 80.0%で良好あるが、発芽率 3.0%にすぎない。ところが、生育した個体の花粉稔性 77.7%と比較的高い。

これらのデータからは、形態的な分類では著しく類似しており、別種として区別することは困難であるので、生態型の分類群概念は有効である。Turesson(1922、1925)は、同一

種に属する個体群が異なる環境に生育し、その生育場所の環境条件に適応して分化した性質が選択圧により遺伝的に固定して生じた型を認め、集合種 *coenospecies* の中の最小単位の個体群とみなし、生態種 *ecospecies* の下においた。個々の生態型 *ecotype* に属する個体は同一の生態種の個体と自由に交雑が可能である。さらに、生態型のもとに、自然における極端な環境要因の組み合わせと働きによって生じる個々の反応型 *reaction-type* をを認めて、エコーフェン *ecophene* と呼んでいる。すなわち、生態種とは生育地を異にしているが、交配は自由に行われる生態型の集合であるとみなしている（河野 1974）。

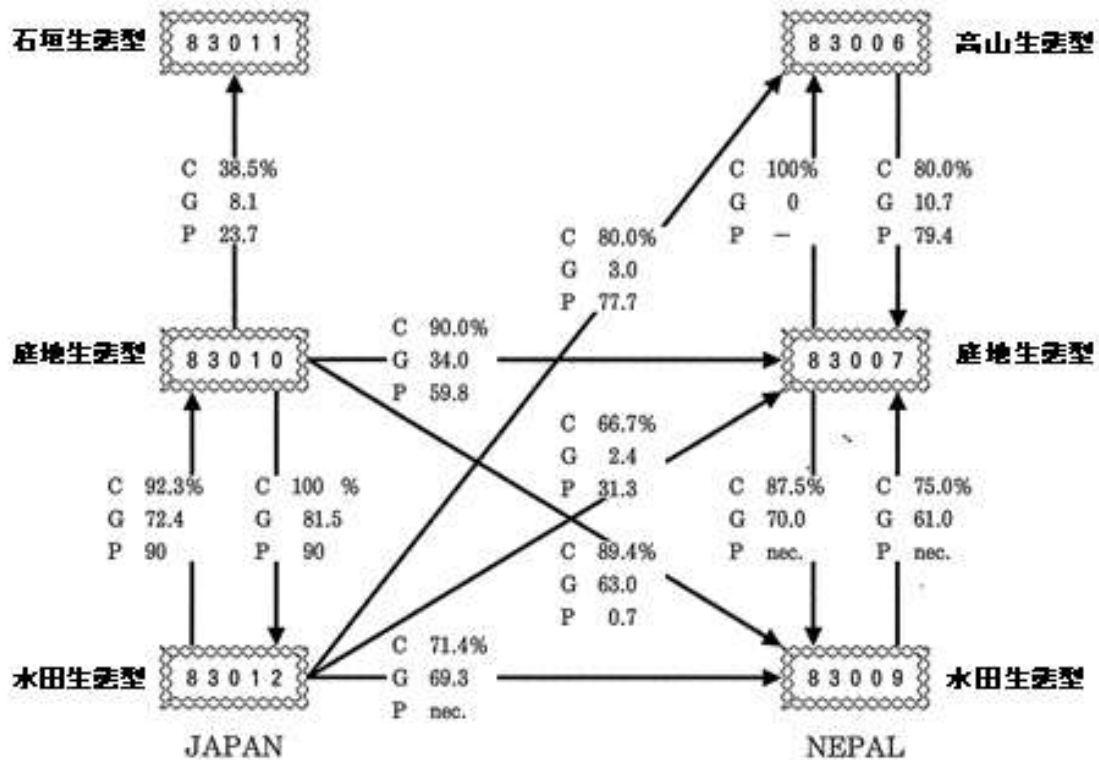


図 8. 日本とネパールにおける生態型間の人為交雑率、人為雑種 F_1 の発芽率および花粉稔性 C; 交雑率、G; 発芽率、P; 花粉稔性。

タネツケバナは北村・村田（1961）によれば、日本から台湾、朝鮮、中国、ヒマラヤ、ヨーロッパ、北アメリカの温帯・暖帯に広く分布している。したがって、広範な変異が想定でき、多様な種内分化から種分化が進行していることだろう。ここでは日本とネパールで得た研究材料についてのみ限定して検討するほかはない。

日華区系の東端の日本から西端のネパールにおいて、この限定した範囲で考え得ることを、タネツケバナの生態型分化は生態型の概念にそって図 8 に要約する（Turesson 1922, 1925）。庭地型を原型として、日本とネパールでは別個に水田生態型と高山生態型を生じた。日本では水田生態型と庭地生態型の生殖的隔離はほとんどなく、地理的にも水田周辺で同所的に生育する場合があるので、自然雑種形成は起こる。他方、ネパールでは水田生態型と庭地生態型との間で生殖的隔離は著しく強いので、アジアにおける水田稲作の起源と伝播の課題とも関係している可能性も興味深い。東京都小金井市や国立市の路傍石垣に極めてまばらな集団が見受けられるが、この石垣生態型は特異な種内分化傾向を示し、

タネツケバナの種分化の多様性をうかがわせている。図 9 に示した生態種の枠組では、日本とネパールに関しては、庭地生態型を祖として他の生態型へと分化していったと考えた。

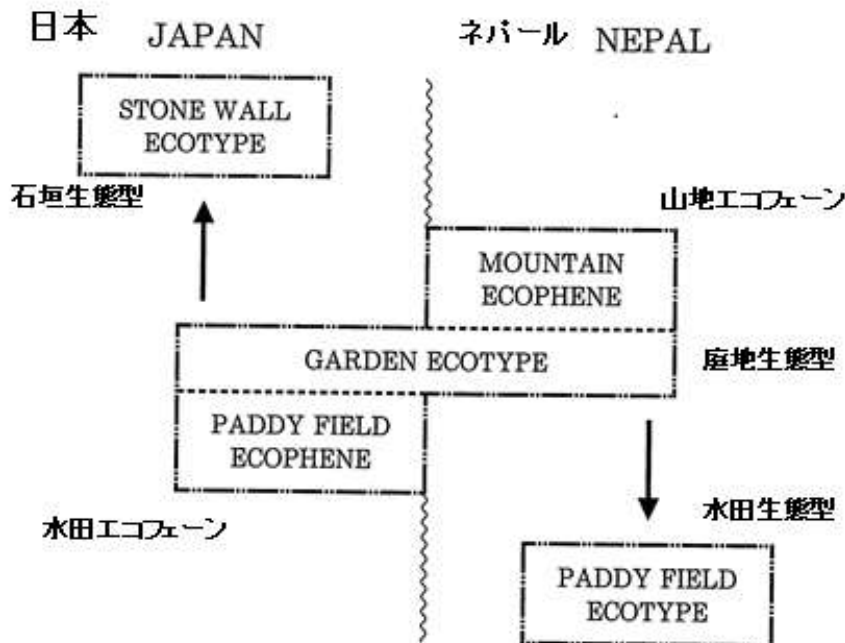


図 9. 生態型概念に基づく生態種 *ecospecies* の枠組

アブラナ科イヌガラシ属雑草の生活史

アブラナ科イヌガラシ属は世界に 50 種、日本には 5 種が分布している。スカシタゴボウ *R. islandica* (Oeder) Boras は河畔、湿地、水田畦畔、裏作麦畑、樹園地などに生育し、日本の北海道から九州、カナダほか北半球およびオーストラリアやニュージーランドの暖温帯に広く分布している。イヌガラシ *R. indica* (L.) Hiem は野原、畦畔、路傍、庭などに生育、日本各地から台湾、中国、朝鮮、マレーシア、インドにまで広く分布している。コイヌガラシ *R. cantoniensis* (Lour.) Ohwi、は河畔や裏作麦畑、水田畦畔に生育し、日本の本州関東中部以西から四国、九州各地、南朝鮮、中国、アムールに分布し、韓国慶尚南道、中国上海で採集されている。ミチバタガラシ *R. dubia* Hara は日本本州から九州の路傍の半日陰地に生育しており、東南アジア、南北アメリカ大陸に広範に分布しており、ジャワ、台湾高雄、ネパールで採集されている。ヒメイヌガラシ *R. x brachyceras* (Honda) Kitam. は山口県周防光市・徳山市、大阪府南住吉、滋賀県木之本町、静岡県清水・秋田市、青森県津軽、茨城県水戸市、徳島県阿波・那賀郡、九州、千葉県市川市、滋賀県伊香郡・野洲郡などで採集されている。キレハイヌガラシ *R. sylvestris* (L.) Besser は北海道釧路・帯広・摩周岳・利尻島・弟子屈・江別市、長野県菅平、フィンランド、デンマーク、スイス、オランダ、カナダ、アメリカ合衆国・ピッツバーグ・イリノイ・ニューヨーク、などから採集されている。ミミイヌガラシ *R. austriaca* (Crantz) Besser は千葉県佐倉市で採集されている (Victorin 1930、北村・村田 1961、佐竹 1964、静岡県生物研究会 1967、熊本記念植物採集会 1969、滋賀県植物誌 1968、Jhon Wiley & Sons. Inc. 1979)。

ここではイヌガラシ属の生活史と適応戦略を、生態遺伝学あるいは進化生物学という方

法論で明らかにすることを目的とした。研究材料としたそれぞれの種の生活史と適応戦略における特性を比較して、多年生草本から一年生草本への進化の要因を生育場所と生態的地位、スカシタゴボウ（一年生、自殖性）とイヌガラシ（多年生、自家不和合性低い）の自然雑種と推定されるヒメイヌガラシに関して系統関係を明らかにした。これらは水田畔で同所的に生育している。ヒメイヌガラシは両種の人為雑種と同様の諸特性を示し、自然雑種であることが明示できた（図 10）。多年生であるので、不稔性であっても株は生存し続ける。この実験結果で、多年生形質が一年生形質に対して、遺伝的に顕性（優性）であることが証明できた（Kimata, M. H. Shibata and A. Ito 2026）。

種子生産の特徴

コイヌガラシ、スカシタゴボウ、ミチバタガラシ、イヌガラシ、およびヒメイヌガラシについて、種子生産に関する特性を表 10 に示した。個体あたりの角果数はヒメイヌガラシが最も多く形成し、平均値で 1051.7、他方で最も少なかったのはイヌガラシで 126.0 であった。角果あたりの種子数は、コイヌガラシが最も多くて 2,057 粒、ミチバタガラシとイヌガラシはその約三分の一、スカシタゴボウは約四分の一 45.8 粒であった。ヒメイヌガラシは不稔性で、角果はできては種子は作らなかった。

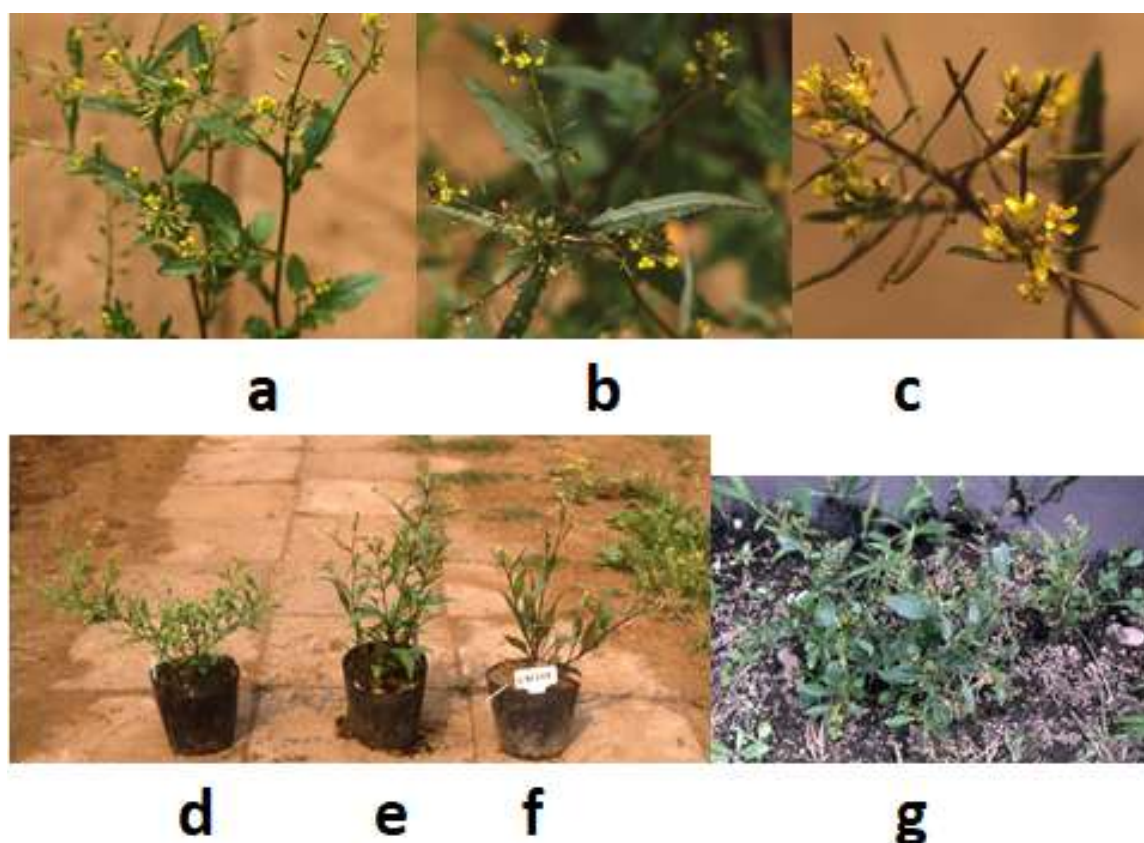


図 10. スカシタゴボウとイヌガラシの花序および雑種形成

多年生は遺伝的に顕性形質（優性）の事例、a；スカシタゴボウ（一年生水田雑草）、b；人為雑種 F_1 （多年生不稔）、c；イヌガラシ（多年生雑草）、d；スカシタゴボウ、e；人為雑種 F_1 、f；イヌガラシ、g；ヒメイヌガラシ（自然雑種多年生不稔）。

種子の 1,000 粒重は、コイヌガラシが最も軽く 26.8mg、スカシタゴボウはその約 2 倍 50.9mg、ミチバタガラシとイヌガラシは約 2.5 倍 (61.5mg、64.1mg) であった。花粉稔性はヒメイヌガラシが 2.5% でほとんど不稔であった。他の 4 種はすべて 95% 以上の高い稔性を示していた。結実率もほぼ同様の傾向を示していた。

これらのまとめとして、個体あたりの種子生産数を (表 10) 次式で概算すると、コイヌガラシは最も多く約 78,000 粒、スカシタゴボウは約 30,000 粒、ミチバタガラシは約 16,000 粒、イヌガラシは約 10,000 粒になる。すなわち、種子生産は一年生草本において多く、多年生草本において比較的少ないという一般的傾向に合致している。

根断片からの萌芽および茎断片からの発根

コイヌガラシは根断片からの萌芽も、茎断片からの発根もなく、根・茎断片はともに褐変した。スカシタゴボウ (2 系統) の根断片からの萌芽率は 68.2% と 82.1%、ミチバタガラシでは 91.2%、イヌガラシ (2 系統) では 100% と 99.0%、および人為雑種 F₁ でも 100% であった。同じく、スカシタゴボウ (2 系統) の茎断片からの発根率は 42.9% と 76.2%、ミチバタガラシでは 16.0%、イヌガラシ (2 系統) では 11.1% と 7.4%、および人為雑種 F₁ では 50.0% であった (表 11)。

表 10. イヌガラシ属雑草の種子生産の特性

	コイヌガラシ	スカシタゴボウ	ミチバタガラシ	イヌガラシ	ヒメイヌガラシ
角果数/個体	377.8	686.5	227.1	126.0	1051.7
種子数/角果	205.7	45.8	74.0	79.3	0
1,000粒重mg	26.8	50.9	61.5	64.1	-
花粉稔性%	87.4	92.0	94.3	96.2	2.5
結実率%	100	95.3	95.8	96.3	0
種子数/個体	77,714	29,964	16,100	9,622	0

個体当たりの種子数 = 個体当たりの角果数 × 角果当たりの種子数 × 結実率

スカシタゴボウは一年生でありながら根・茎断片からよく萌芽・発根し、この特性は水田内、畦畔、用水路縁などの湿った生育場所において大変有効である。つまり、農作業により、刈り取り除草されても、根・茎断片が生育場所に、生育可能期間内に放棄されれば、再生増殖が可能となる。

ミチバタガラシとイヌガラシは多年生草本であるが、茎断片からの発根率が低く、除草により発生する茎断片からの再生は困難である。しかしながら、根断片からの萌芽率は高く、かつ萌芽数も多いので、田畑畦畔や路傍の雑草として耕起や除草作業に対して有効に作用する。すなわち、農作業によって植物体が断片化されても、土中で根から萌芽、再生するばかりか、むしろ積極的に栄養繁殖体の増加に関係すると考えられる。

スカシタゴボウとイヌガラシとの人為雑種 F₁ は根断片からの萌芽率 100% で、茎断片からの発根率も比較的高いので、ほとんど不稔であっても自然集団の中で栄養繁殖し、多年生草本として生存する可能性は高いと考えられる。

コイヌガラシ以外の 3 種については、根断片は萌芽とともに発根もするので、新しく繁

殖体を増やすことが可能である。一方、茎断片の場合は1つ以上の節が含まれていて、花芽分化していない側芽が萌芽して、かつ発根した場合には、繁殖体の新生に結び付く。とりわけ水田や用水路など湿地では、有効な栄養繁殖として機能すると考えられる。

雑草を研究材料として比較することにより、一年生草本には地中海性気候に適応進化してきた冬生一年草（二年草、越年草）、サバンナ気候に適応進化してきた夏生一年草、加えて新たな人為環境に適応進化してきた通年生一年草の存在が明らかになった。たとえば、トキワハゼ、タネツケバナ、スカシタゴボウなどが通年生一年草である。個体は開花結実後に枯死するので一年生草本であるが、個体群は温室などの人為環境において年間を通じて存続している。種子の休眠性を低下させて、年間の発芽を容易にしている。自殖性であるので、1個体でも種子生産ができて個体群は維持される。第四紀完新世の最新の進化生態を示す一年生植物といえる。また、水田という湿地的生育地、年間サイクルの耕作方法が生態的一年生の適応進化に関与している。イネ *Oryza sativa* は大方の日本書籍には一年生と記載されているが、温かい気象条件では、その株は生存して、翌年にまた稔るから、実際には多年生植物である。祖先野生種の *O. rufipogon* も多年生である。したがって、株で栄養繁殖し、かつ種子で有性繁殖をしている。これらは第四紀完新世における人為による栽培化過程で、一年周期的な栽培方法により生態的一年草として生活するようになった。この形質の変化は栽培化過程でとても重要である。

これまでも見てきたように同属内の多年生種と一年生種とを種間交雑して、人為雑種を作り、その後代の生活型やこれに関連する特性について、遺伝的分離を調査し、解析することはとても困難なことである。まず、種間雑種は容易にできない。雑種第一代 F_1 ができて不稔である。雑種第一代が生育しても第二代 F_2 が不稔になるなどのように、なかなか良い実験材料が見つからない。多年生と一年生のどちらが遺伝的に顕性（優性）形質かを明らかにするには、関連する形質が複雑であり容易ではないだろう。イヌガラシ属で示したほかに、モロコシ属 *Sorghum* での事例でも、多年生4倍体と一年生2倍体との交雑により、多年生3倍体ができ、旺盛な栄養繁殖をしており、多年生が顕性形質であるとの報告はある (Quinby et al. 1958)。

表 11 根断片からの萌芽と茎断片からの発根

	コイヌガラシ	スカシタゴボウ	ミチバタガラシ	イヌガラシ	人為雑種 F_1		
根断片数	28	44	106	34	59	101	113
萌芽数	0	2.9	2.1	3.9	4.1	2.4	3.3
最長萌芽長mm	0	9.0	5.4	7.7	22.7	25.5	30.4
萌芽率%	0	68.2	82.1	91.2	100	99.0	100
緑化率%	0	61.3	73.6	82.4	100	99.0	100
発根率%	0	70.5	58.5	91.2	100	95.0	100
茎断片数	30	42	105	75	45	108	96
発根数	0	5.2	0.8	0.3	0.1	0.1	1.1
最長根長mm	0	12.1	4.2	1.8	0.5	0.3	2.2
発根率%	0	76.2	42.9	16	11.1	7.4	50.0
褐変率%	100	9.5	1.0	0	0	0	2.1
萌芽率%	0	92.9	90.5	86.7	100	36.1	70.8
最長萌芽長mm	0	21.6	11.0	8.1	29.2	7.2	17.8

イネ科植物の進化

イネ科 Poaceae のみの単型であるイネ目はカヤツリグサ科と同じくツユクサ目から分岐したと考えられる。イネ科は一般に、葉鞘は開いたままで、茎を巻き、茎は中空である。小穂中の花は苞の変形した苞穎 glume と護穎 (外穎) lemma と、小苞の変形した内穎 palea とにおおわれ、花被は小舌鱗 lodicule となっている。果実は護穎や内穎でおおわれて穎果 caryopsis となり、種子は果皮に癒着し、胚は種子の片隅で胚乳の外にあり、胚は複雑に分化する。イネ科の胚は他の単子葉植物の芽生えの状態に相当している。一般の単子葉植物と比較して、イネ科は生長が早く、好地性もそれほど著しくなく、乾燥地に適応した一年生や二年生 (冬生一年草、越年草) の種が多い。イネ科が他の単子葉植物の一般的特性からより抜け出しており、胚の特殊化が重要で、もっとも種や属の多いラン科よりも前進している。イネ科の約 700 属、5,000 種が世界各地に分布しており、多様な環境下にある生育地に繁栄しているので、単子葉植物における風媒方向への進化の最先端に位置する分類群と言える (田村 1974)。

歴史的生物地理学は、生物の連続した系統発生および生態的・地理的な環境と生物との相互関係の 2 側面の結び目として、自然の中の生物の存在を具体的に知ろうという立場をとっている。生物の分布現象は基本的には生物の現象であり、生物の生活の問題である。全地球的な生物の分布現象の総括的な位置づけである区系地理学の成果や分布現象の生態的・生理的側面の解析を、生物群の系統的な位置づけとともに、過去の生物の分布現象の理解の鍵にすべきであろう。イネ科植物は、その大きな系統群の分布を見ると、地球上の温度構造と比較的よく一致する分布型を示している。ヌカボ連やウシノケグサ連は両半球の温帯域や熱帯の高地を中心に分布している。最寒月平均気温 10°C がこの仲間の平均的な分布域の限界を決めている。雨量とはあまり関係がなく、分布の中心も不明瞭である。一方、ヒメアブラススキ連 (族) とキビ連は、熱帯を中心に分布し、冬季が比較的高い温度であることが重要な役割を果たしている。さらに、キビ連は新大陸の熱帯地域に、ヒメアブラススキ連は旧大陸のインド～マレーシア地域にそれぞれの分布の集中がある。スズメガヤ連は乾燥熱帯～亜熱帯地域に分布が集中している。イネ科植物を生育最適温から見ると、高温適応型と低温適応型の 2 群に分かれ、大きな系統群と関わっている。イネ科植物の穎果は芒をつけたまま風散布されることが多いが、穎果が浮き、水散布される種もある。水湿地に生育するイネ科植物の小型の種子は泥と一緒に水鳥の脚などに付着して遠距離運ばれて、コスモポリタンになる (堀田 1974)。

身近に生育が見られる雑穀の祖先種や近縁種を図 11 に示した。これらはかなり広く分布しているにもかかわらず、栽培化されることはなく、栽培化過程は特定の地域に限定的に生じた。とても不思議な現象であった。



図 11. 身近に生育する雑穀の祖先種や近縁種

イネ科コムギ連のコムギ属、エギロプス属、ライムギ属およびカモジグサ属

イネ科のイチゴツナギ亜科 Festucoideae には重要な穀類や飼料作物が多い(佐竹 1964)。中でもコムギ連(族)は表 12 に示したカモジグサ属 *Agropyron* のように多年生のみ属、ライムギ属 *Secale* やオオムギ属 *Hordeum* のように多年生と一年生を共に含む属、さらにコムギ属 *Triticum* やエギロプス属 *Aegilops* のように一年生のみで構成されている属がある(Sakamoto 1991、阪本 1996、木原編 1954、Clayton and Renvoize 1986)。

コムギ族 15 属の分布と生活型を比較すると(表 12)、一年生種の属は地中海から中央アジア地域に多くが生育分布し、他方、多年生種の属は周北極・温帯地域に広く生育分布している。地中海から中央アジア地域は地中海式気候の夏季乾燥地であり、コムギ、オオムギなどの穀物の起原地、12,000 年ほど前に農耕文化が発祥した地である。ここで進化

した一年生草本は秋に発芽して越冬し、初夏に開花・結実する冬生である (Sakamoto 1973)。

地球表面の構造が大きく急変動する時期に、コムギ族は短期間で適応放散して属・種を分化したので、形態的に多様であっても、遺伝的には近縁であり、特徴的なことには種間雑種はもとより属間雑種まででき、ここに同質または異質倍数性による種分化が多く見られるのである。

表 12. コムギ族 15 属の分類

生活型	多年生	多年生/一年生	一年生	花軸節	
分布					
地中海から中央アジア地域		<i>Aegilops</i> エギロプス		単一の小穂をもつ	
		<i>Haynaldia</i> , <i>Secale</i> ライムギ	<i>Eremopyrum</i> , <i>Henrardia</i> , <i>Helerantherium</i> , <i>Triticum</i> コムギ		
		<i>Psathyrostachys</i>	<i>Crithopsis</i> , <i>Taeniatherum</i>		集まった小穂をもつ
		<i>Agropyron</i> カモジグサ			単一の小穂をもつ
世界の周北極から温帯地域	<i>Asperella</i> , <i>Elymus</i> , <i>Sitanion</i> *	<i>Hordeum</i> オオムギ		集まった小穂をもつ	

* 北アメリカの属 緑は本書で実験に用いた植物
Sakamoto 1973

コムギの栽培化過程

コムギの栽培化過程は一年生草本として進んできたが、多くの種が関与してとても複雑である。阪本 (1996) によると、栽培コムギは図 12 に示したように五群に整理されている。一粒系コムギ *T. monococcum*、二粒系コムギ *T. turgidum* およびチモフェービ系コムギ *T. timopheevi* にはそれぞれの野生型亜種と栽培型亜種が存在する。すなわち、栽培一粒系コムギはその野生型 *T. monococcum* ssp. *boeoticum* から、栽培二粒系コムギはその野性二粒系コムギ *T. turgidum* ssp. *dicoccoides* から、栽培チモフェービ系コムギは野性チモフェービ系コムギ *T. timopheevi* ssp. *araraticum* から栽培化された。他方、普通系コムギ *T. aestivum* には野生型亜種は存在しない。

多くの研究により、普通系コムギ *T. aestivum* は、おそらく栽培二粒系コムギ *T. turgidum* と野生のタルホコムギ *Ae. squarrosa* との雑種に由来し、複二倍体として生じたと推定されるので、普通系コムギは随伴雑草の関与により、二次的に起源した作物ということになる。タルホコムギはトランスコーカサス、トルコ東部、イラン、アフガニスタン、中央アジアから中国西部に分布する。イランではタルホコムギがコムギ畑の雑草として混在している。普通系コムギに、カスピ海南東部沿岸に分布する亜種やトランスコーカサス地方の亜

種が D ゲノムを供給したと考えられるので、この地域で普通系コムギが栽培化された可能性が高い。

表 13. コムギ連の生活型と倍数性

分布	生活型			
	多年生 (倍数性)	多年生+一年生 (倍数性)	一年生 (倍数性)	
地中海から中央アジア (地中海群)	<i>Festucopsis</i> (2x)	<i>Hynaldia</i> (2x, 4x) <i>Secale</i> (2x)	<i>Aegilops</i> (2x, 4x, 6x) <i>Eremopyrum</i> (2x, 4x) <i>Henrardia</i> (2x) <i>Heterantherium</i> (2x) <i>Triticum</i> (2x, 4x, 6x) <i>Crithopsis</i> (2x) <i>Taeniatherum</i> (2x)	
	周極温帯地域 (周極温帯群)	<i>Agropyron</i> (2x, 4x, 6x, 8x, 10x)		
		<i>Asperella</i> (4x)		
		<i>Elymus</i> (4x, 6x, 8x)		
		<i>Hordeilymus</i> (4x)	<i>Hordeum</i> (2x, 4x)	
		<i>Psathyrostachys</i> (2x)		
		<i>Sitanion</i>		
		<i>Hystrix</i>	<i>Brachypodium</i>	
		<i>Leymus</i>	<i>Dyspyrum</i>	

Sakamoto 1991、阪本 1996、木原編 1954 および Clayton and Renvoize 1986 から改変

Ehrendorfer(1965)、Ornduff (1969) や Stebbins (1974) は自殖性一年生草本と倍数性との関連を指摘し (表 13 および表 14)、自殖による同型遺伝子接合の不利を高次倍数性によって回避している可能性を指摘している。これらの植物は他家受粉する風媒花ではあるが、自家受精し自殖率が高い種までを含んでいる。しかしながら、コムギ連においては生活型に関わらず倍数性が存在し、その可能性はないようだ。栽培オオムギは自殖性一年生草本 (2x)、栽培コムギの多くの種は自殖性 (2x、4x、6x)、栽培ライムギは自殖性が低く、一年生草本 (2x) である。

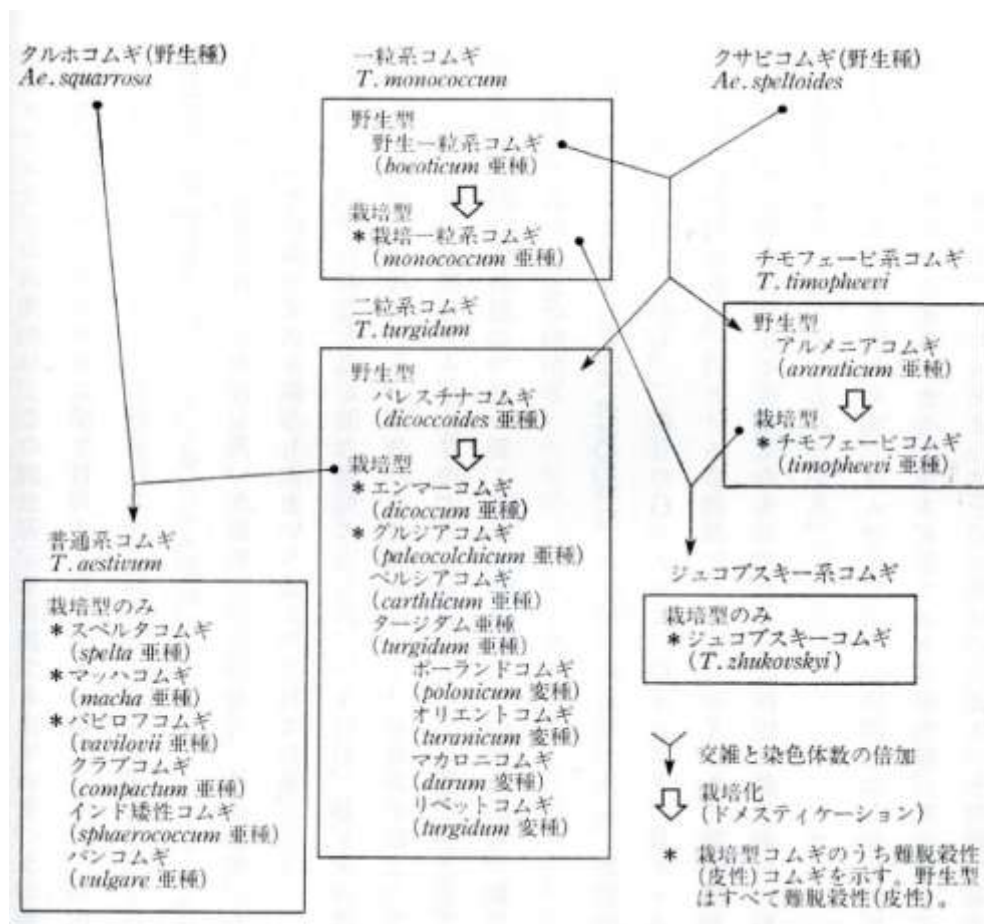


図 12. コムギ五群の起源とそれらの栽培化
 出典：阪本 1985 を改変、大田正次原図（阪本 1996）

表 14. 外交配型および内交配型の特徴の比較

	外交配型植物	内交配型植物
交配様式	他家受粉、自家不和合性	自家受粉、自家和合性
組み換え率	低い	高い
倍数性	二倍体	倍数体
花	色彩多様、芳香、蜜腺、蜜標	単色から白色、その他退化
花粉	多い	少ない
果実	すべては成熟しない	すべて成熟
分布	狭い	広い

(Ornduff 1969、河野 1974 を要約改変)

中央アジア調査で収集したコムギ連

東京学芸大学中アジア学術調査（1993）において収集したコムギ連は、コムギ 47 系統、オオムギ栽培 21+野生 16 系統、その他 2 系統、*Aegilops* 属 26 系統、カモジグサ属 17 系統であった（図 13）。各収集系統の同定は京都大学附属生殖質研究施設に依頼した。

収集系統の一部を用いて、1994 年に栽培試験を行い、その結果について表 5.3 に発芽率と出穂日を示した。自然雑種は発芽しなかった。東京での栽培は梅雨の時期に重なり、乾

燥地で生育していた各系統は生育が不良で、オオムギ属の2系統は罹病した。なお、比較のために試作したオオムギ属 *Hordeum bulbosum* L. は多年生 ($2n=14, 28$) で下部の節間が肥大した ryzom で生存し、多回結実性であった。

現在でも自然集団においてコムギと *Aegilops* 属の雑種形成が生じている。これらはともに一年生であるので、種子が発芽しないのは雑種第一代でとどまり、第二代は生育が不良か、生育できないことを示している。風媒花から進化して自殖性を高めてきたのだから、全く他家受粉しないということはなく、たとえ機会は少なくとも、風媒による遺伝子交流が多様性の拡大の可能性を有していることはありえる。



図 13. カザフスタン南部、自然集団における自然雑種形成

ライムギ属の生活型

ライムギは温帯の穀物の中で、もっとも耐寒性が強い。冬播きでも春播きでも栽培ができるが、春播きは収量が少ない。広く分布する多年生他殖性の *Secale montanum* グループから一年生雑草性の *S. cecale* グループが近東で分化し、これらが栽培化過程で非脱粒性、直立性、大きな穀粒になることによって、栽培型ライムギ（一年生、他殖性）ができた。また他方で、*S. montanum* グループから一年生自殖性の *S. silvestre*、および *S. vavilivii* が分化した。この進化過程は 3 染色体の構造的な再配列、および多年生から一年生への適応であらねばならない。考古学的証拠では、3,000~4,000 B. C. 頃に栽培化が生じたようだ。20 世紀の初めころには、ライムギの黒パンはヨーロッパの人口の三分の一に食べられていたが、次第にコムギのパンに置き換えられてきた (Stebbins 1950, 1957, 1958; Riley 1955, Khush and Stebbins 1961, Khush 1963, Suneson et al. 1969, Evans 1996)。

阪本 (1996) によれば、ライムギの野生種はヨーロッパ中部からバルカン半島、アナトリア高原、イスラエル、トランスコーカサス、イラン、中央アジア、アフガニスタンに分布

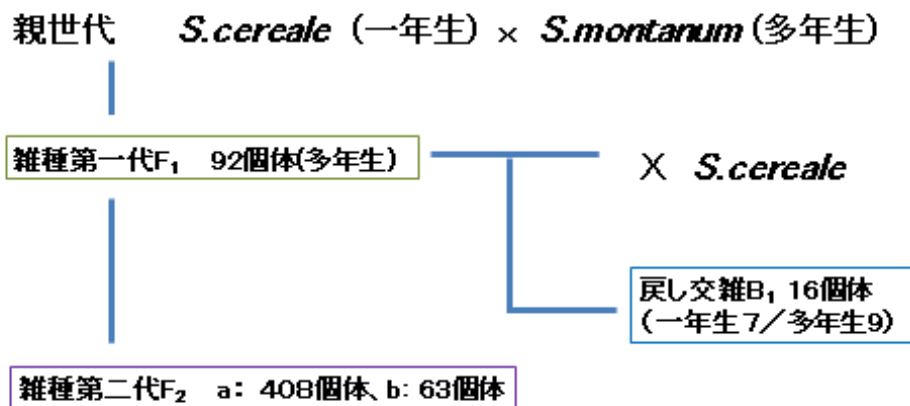
している。南アフリカにも小集団が隔離分布している。最近の研究によってライムギ属は3種にまとめられている。多年生 *Secale montanum* Guss.、一年生 *S. sylvestre* Host および一年生 *S. cereale* L. である (Sencer and Howkes 1980)。すべてが二倍体 ($2n=14$) である。これらは自然的・人為的攪乱環境に生育し、特にムギ畑には雑草として侵入している。栽培ライムギは、コムギやオオムギの畑に侵入している随伴雑草ライムギから栽培化された二次作物である。コムギやオオムギの栽培が北方に拡がり、寒冷な高地や痩せた土壌においてはムギ類の生育が不安定となり、環境ストレスに強い雑草ライムギが栽培化過程をへて二次作物になった。この栽培化過程は現在も農耕地で引き続き進行しており (阪本・河原 1979)、インド亜大陸における雑穀類の栽培化過程と比較すると、とても興味深い事例である。ライムギやエンバクの場合は、コムギやオオムギの随伴雑草からの二次起原作物であるが、耐寒性が強いことが主要因である (Vavilov 1926)。一方、インド亜大陸ではイネなどに随伴した雑草から多数の雑穀が二次作物あるいは三次作物になっているが、その主要因は耐乾性にある (Kimata 2016)。

そこで、ライムギ属4種1亜種を実験材料にし、特に、ライムギ *S. cereale* と *S. montanum* の交雑実験を行い、生活型について比較した。両種はともに自家不和合性である。実験材料は1979年秋に京都大学農学部附属生殖質研究施設から分譲を受けた。これらの種名は当時の分類に従っている。

図14および図15に示したように、ライムギと *S. montanum* の雑種第一代は多年生であるので、多年生は優性(顕性)形質であるが、雑種第二代の分離を見ると、単純な分離比ではなく、不出穂や途中枯死する個体が多いので、生活型が主動遺伝子で決定されているとは言えない。



図14. ライムギと *S. montanum* の雑種第一代



生活型の分離:

a: 一年生80/多年生201/不出穂28/枯死99

b: 一年生6/多年生39/不出穂7/枯死11

図 15. 雑種の生活型の分離

ここでは雑種第一代が多年生であることから、少なくとも多年生は顕性（優性）形質である。さらに、生活型には形態的、生態的、遺伝的に多くの特性が関与していることが明らかになってきた。無効分けつ数は多回結実性 polycarpic のために維持される休眠芽に密接な関係がある。一年生のライムギは7月末までに無効分けつ（遅れ穂と葉芽）を保持していない。*S. montanum* は21~30、雑種第一代 F₁ は51~60の無効分けつを叢生となって保持している。雑種第二代の一年生個体はライムギと同様に無効分けつをもたず、多年生個体は1~10を最多頻度として、最大分けつ数81~90までの著しく多様な変異があり、広い裾野をもつ頻度分布曲線を描いている。栽培化過程では無効分けつを少なくする方向に人為選択が働いたと考えられる。

カモジグサ属の生態型分化

湿地環境に対する適応過程における生態型分化は数種で報告されてきた。その一例は、スズメノテッポウ *Alopecurus aequalia* Sobol. における水田型と畑地型の分化に見られる (Matsumura 1967)。畑地型と比較すると、水田型はいくつかの明瞭な特徴がある。より大きくて重い種子、より高い自殖性、より早い成熟、および相対的に低い種子休眠である。*Veronica peregrine* L. においては、春の水たまりの縁とその中で種内集団分化が観察された (Linhart 1974)。縁に生育している個体と比較して、水たまりの中の個体はいくつかの差異があり、より少ない数の大きい種子、小さな表現型変異、より早く斉一な種子発芽、相対的に早い成熟、および種子へのより多いバイオマス転流である。

イネ科カモジグサ属 *Agropyron* は多年生草本で、世界に約100種あり、日本には5種が分布している (佐竹 1964)。これらは分類が確定しておらず、シバムギ *A. repens* (2n=28, 42)、イヌカモジグサ *A. turczaninowii* (2n=28)、カモジグサ *A. tsukushiense* (Honda) Ohwi var. *transiens* (Hackel) Ohwi (2n=42)、オオタチカモジグサ *A. mayebaratum* Honda、アオカモジグサ *A. ciliare* (Trin.) Franchet var. *minus* (Miq.) Ohwi (2n=28)、エゾ

カモジグサ *A. yezoense* Honda、およびイブキカモジグサ *A. caninum* (L.) Beauv. (帰化、 $2n=28$) などである(北村・村田・小山 1964)。なお、研究材料としたミズタカモジグサ *A. humidorum* Ohwi et Sakamoto はオオタチカモジグサから改名された種である (Ohwi and Sakamoto 1964)。ミズタカモジグサはレンゲソウと混生していることが多いので、レンゲソウの随伴雑草として中国から渡来したと考えられる (Sakamoto 1964)。

日本産カモジグサ属植物のなかで、雑草性が強いカモジグサ *Agropyron tsukushiense* var. *transiens* の生態型について、普通型と早生生態型、およびミズタカモジグサ *A. humidorum* を用いて生活型、繁殖様式と生育場所との相互関係について比較検討する。日本のすべての種も多年生であるが、カモジグサの早生生態型は、本来、多年生であるが水田においては生態的な一年生としての生活環を示している (Kimata and Sakamoto 1982、木俣 1992)。

休閑田に見られるカモジグサの早生生態型は畑地や路傍で見られる普通型と比較すると、対照的な特徴がある。より短い穂、より大きくて重い種子、より少ない表現型変異、およびより早い成熟である。カモジグサの早生生態型と、近縁のミズタカモジグサは冬の休閑田で、しばしば同所的に生育している (Sakamoto 1961, 1966, 1978)。

静岡県三島市郊外に野外観察場所として、冬季休閑田を4か所選んだ(図16)。サイト1(図16a)ではカモジグサ早生生態型とミズタカモジグサの混合集団が見られた。サイト2(図16d)では早生生態型が多く、ミズタカモジグサは稀であり、反対にサイト3(図16b)では早生生態型が少なく、ミズタカモジグサが多かった。サイト4(図16e)では、早生生態型はごく稀で、ミズタカモジグサが多かった。

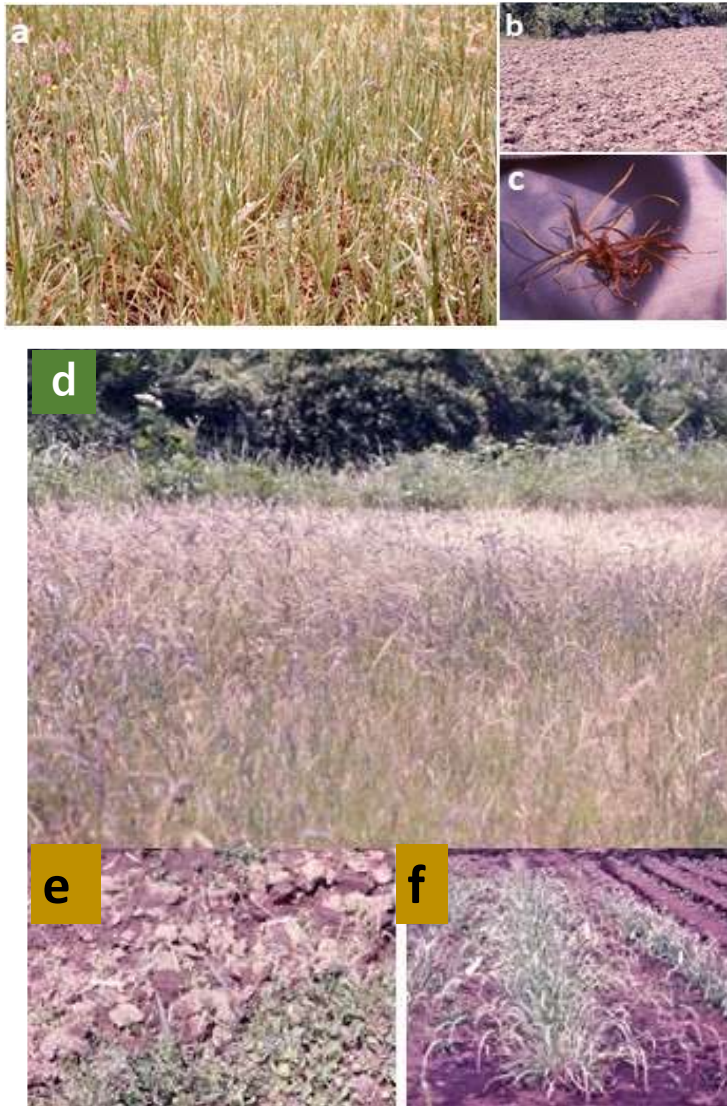


図 16. 静岡県三島市の休閒田と東京学芸大学彩色園の圃場

a, カモジグサ早生生態型とミズタカモジグサの同所的休閒田集団（サイト 1）；b, 春耕の後；c, 耕起休閒田の土中に埋もれたミズタカモジグサの稈断片よりの萌芽。d, カモジグサ早生生態型の休閒田集団（サイト 2）；e, 春耕後の畦畔に生育する早生生態型；f, カモジグサ普通型（東京学芸大学圃場）。

カモジグサの普通型は畑条件下で良く発芽し、早生生態型は畑および湛水条件下で良く発芽した。ミズタカモジグサは種子の休眠が深く、湛水条件下でも比較的よく発芽力を維持していた。本来の生育場所において、カモジグサの早生生態型の株は通常一年以内に枯死し、種子によって有性的にのみ再生産する。カモジグサは畑地条件で多年生であるにもかかわらず、早生生態型はまるで一年生草本のようだ。したがってこの早生生態型は生態的一年生と認められるが、潜在的には多年生である。他方、ミズタカモジグサは有性的に種子から、および無性的に稈からの繁殖体によって再生産する。

カモジグサの普通型と、早生生態型およびミズタカモジグサを比較すると、後 2 種に水田への明瞭な適応性が見られる。Ohwi and Sakamoto (1964)によれば、湿潤環境への適応

はミズタカモジグサのもっとも明瞭な特徴である。冬季の休閑田という生育地への高い適応性を伴うミズタカモジグサの2つの顕著な特性が観察されている。一つは、止葉の下の節に離層を成熟時に形成することである。こうして、穂が上方の節で、植物体の残りの部分から風や物理的な力によって容易に外れる。もう一つは、最上の節間と穂を別として、稈の多年生化である。条件が良ければ、節から新しい萌芽と発根がしごく容易に起きる。これらの観察から判断するに、ミズタカモジグサは、種子による有性繁殖に対してよりも、多年化した稈断片またはクローンにより栄養繁殖することによって、さらに積極的な水田への適応性をもっている。

ミズタカモジグサは種子のほか、株および多年生性をもつ稈によっても繁殖し、水田への適応性がある。同じ環境条件に適応するごく近縁の2種が、冬季の休閑田における自然集団を維持するために、まったく対照的な適応戦略を示していることはとても興味深い。植物の栽培化過程において一年生性は重要な形質であるので、このカモジグサの早生生態型の適応的種分化は、イネ、ハトムギおよびコドラなど、水湿地に生育する祖先種からの栽培化過程の解明に示唆を与える。

イネ科ウシクサ連 *Andropogoneae* のトウモロコシ属、ジュズダマ属およびモロコシ属

イネ科ウシクサ連には90属、約1,200種が分類されており、主に熱帯や亜熱帯に分布している。トウモロコシ、サトウキビ、モロコシ、ハトムギなどの栽培植物が含まれている。

トウモロコシ *Zea mays* の分枝性の研究をしていた時には、タンパク質、核酸、酵素や植物ホルモンの定量に焦点を当てていた。その後、多年生から一年生がどのように生態的に進化してきたか、とりわけ生活型と繁殖様式に研究課題が定まったところで、この視点から見た有効な示唆が得られた。トウモロコシの頂芽は雄花序 *tassel* に、各節の側芽は雌花序 *ear* に分化する。ただし、受精して種子形成に至る雌花序は1~2で、他の側芽雌花序は退化する。下部の分枝は主稈と同じように、頂芽は雄花序になる。したがって、すべての生長点は花芽分化し、休眠する葉芽を残さないで、一回結実性の一年生となる。

トウモロコシ *Zea mays* ($2n=20$, $2x$) の栽培化過程は複雑である (ハーラン 1984)。直接の祖先亜種テオシント *Z. mays* subsp. *mexicana* ($2n=20$, $2x$) も一年生草本である。このほかに、広義のテオシントには次の種が挙げられる、多年生 *Z. diploperennis* ($2n=20$, $2x$)、多年生 *Z. perennis* ($2n=40$, $4x$)、一年生 *Z. luxurians* ($2n=20$, $2x$) (Doebley and Iltis 1980)。図17に示した種子は日米セミナー (1983) に参加した際に、直接、Iltis に願って分譲を受けた。多年生二倍体 (82601) を1979年に発見して間もない頃のことであった。その後、*Z. diploperennis* は *Tripsacum* 属種との遺伝的な架け橋として用いられた (Chapman 1996)。

一年生二倍体のテオシント (82602) は京都大学附属生殖質研究施設から分譲を受けた。これらを用いて東京学芸大学彩色園で1981年と1982年に栽培試験を行った。多年生二倍体と一年生二倍体間の人為交雑を行った。*Z. diploperennis* x *Z. mays* subsp. *mexicana* の65小花、*Z. mays* subsp. *mexicana* x *Z. diploperennis* と60小花に関して除雄後に受粉したが、どちらの組み合わせでもまったくの不稔で種間雑種は育成できなかった。

これら2種の形質の比較をした。両種とも5~10日で発芽した。多年生種は8粒すべて発芽 (100%)、一年生種は20粒で18粒発芽 (90%) した。開花は1月半遅く播種した一年生のほうが早かった。多年生は枯死することなく越冬したが、一年生は夏から冬にかけて徐々に枯死した。草丈はともに230~250 cm、節間長、止葉長・幅は多年生種のほうが長

かった。多年生種は多くの有効分けつと無効分けつを有していたが、一年生種は分けつはせずに主稈のみで、無効分けつもなかった。主稈の葉数はともに 30 枚ほどであった。植物体各部の色は多年生種は赤紫色が出るが、一年生種はおおよそ緑色であった。柱頭の色が多年生種は白から赤紫の連続的変異があったが、一年生種は白のみであった。植物体各部の色素については、後述するジュズダマ属の事例と類似している。

多年生種は休眠する葉芽（ひこばえ）を形成しているが、一年生種はすべての側芽が花芽になり、休眠芽を形成せずに、一回結実性である。

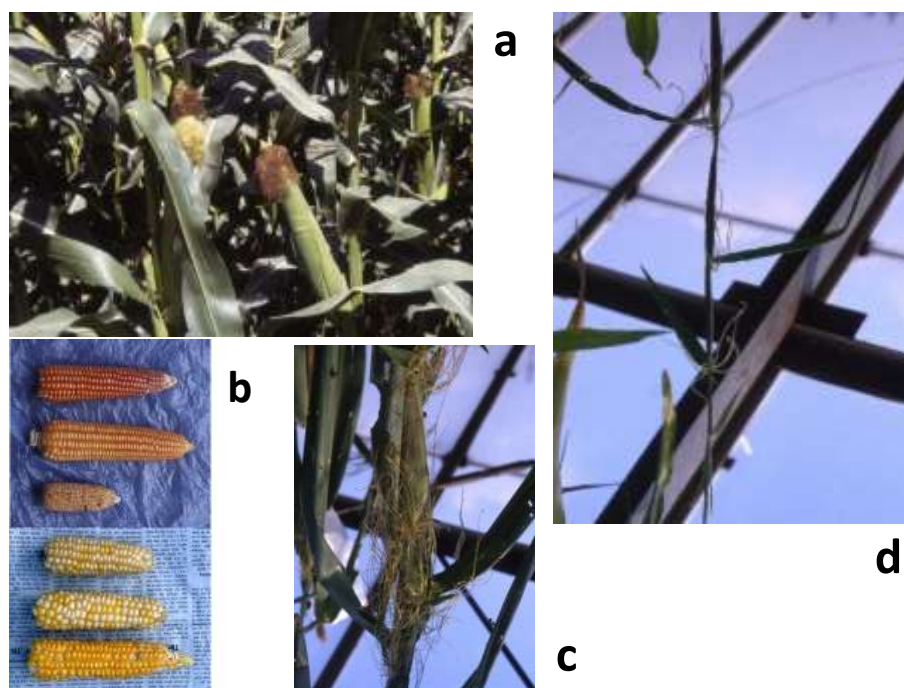


図 17. トウモロコシ属

右 : a ; 多年生種 *Z. diploperennis*、 b ; 甲州系トウモロコシ *Z. mays ssp. mays*
 および c ; 一年生の祖先種テオシント *Z. mays ssp. mexicana*
 左 : a ; ウズベキスタンのトウモロコシ、 b ; ネパールのトウモロコシ、
 および c ; 祖先種テオシント、 d ; 多年生種。

ジュズダマ属の生活型

ジュズダマ属 *Coix* はイネ科 Poaceae キビ亜科 Panicoideae に分類され、日本には1種3変種が分布している (図 18)。これらのうち、野生変種ジュズダマは *C. lacryma-jobi* var. *lacryma-jobi* は多年生草本、その栽培変種ハトムギ *Coix lacryma-jobi* var. *ma-yuen* (Roman.) Stapf は一年生草本と見なされ、同種内で生活型を異にしているとされてきた。両変種は、ハトムギの苞鞘が硬くなく、花序が垂れることでジュズダマと容易に区別できる。染色体数はともに $2n=20$ である (佐竹 1964、北村 1964)。

ハトムギ adlay 栽培型はアッサムからフィリピンで栽培されている。多様性はフィリピンでもっとも高いが、地理的起源は東南アジアで、栽培化の時期は不明である。ジュズダマ Job's tears 野生型は広く南アジアに分布している。花軸に雄性花と雌性花が並んで付き、雌性2花が苞鞘の中にある。苞鞘色は白から黒までの変異があり、糸でつなぎ合わせてネックレスやロザリオとして用いられている。ハトムギの種子は穀物としてモチ性内乳デンプンをメシヤパン、アルコール飲料にする (Smartt and Simmonds 1995)。また、種子や根を漢方薬薏苡仁として用いている。

インドに分布するジュズダマ属は次の種である (The Useful Plants of India 1986)。*C. aquatica* Roxb. は飼料用。*C. gigantea* Koenig ex Roxb. は苞鞘を除いた種子をニワトリの飼料、ロザリオなどの工芸品資材に用いる。*C. lacryma-jobi* L. の穀粒はイネの良い代用食である。あるいは栄養価も高く、薬用価値もある。飼料用や工芸品資材にもなる。Bor (1960) はインドに分布するジュズダマ属を形態的特性から次のように分類している。*C. lacryma-jobi* L. は4変種 var. *lacryma-jobi*、*ma-yuen*、*stenocarpa*、および *manilifer* に分けている。*stenocarpa* と *manilifer* に関しては明確に一年生と記している。一方で、*C. puellarum*、*C. aquatica* および *C. gigantea* は多年生としている。吉川 (1963) はハトムギについて詳細な資料を提示し、分類も文献により細かく行っている。しかしながら、分類体系は変更されて、現在、*Coix* 属は *C. aquatica* Roxb.、*C. gasteenii* B.K. Simon、および *C. lacryma-jobi* L. にまとめられている (Wikipedia 2021.5)。



図 18. アジア地域におけるジュズダマとハトムギの苞鞘の形態的変異

右下写真：上ハトムギ、下ジュズダマ。

ハトムギ 3 系統の種子はジュズダマ 4 系統の種子よりも素早く発芽し、 F_1 の 3 系統は両親の中間、 F_2 はハトムギに近い発芽パターンを示していた。素早い発芽は一年生草本の典型的な特性の一つである。ハトムギの草丈はジュズダマよりも素早く伸長する。同様に、ハトムギの分けつ数はジュズダマに比べて、早く増加して、上限に達する。このために、ハトムギは一年生の生育パターンを示しており、ジュズダマは多年生のパターンを示している。 F_1 の生育パターンは両変種の中間である。 F_2 の草丈の頻度分布は二峰性の曲線を示し、一つはハトムギの平均草丈、もう一つは村上 (1961) によって観察されたのと同様の超越分離を示した。ハトムギの出穂日はジュズダマより早い。ハトムギの早い成熟は一年生の特性であり、ジュズダマの遅い成熟は多年生の特性である。 F_1 は両親の中間を、 F_2 はハトムギに近いパターンを示した。

雌雄異花、雌蕊先熟の風媒花であるジュズダマ属において、花粉稔性%については、ジュズダマ (93.6 ± 3.7) はハトムギ (96.4 ± 1.3) よりも若干低かったが有意差はなく、他方、 F_1 の 2 系統はともに低かった。種子稔性%については、ジュズダマ ($66.1 \pm 3.7\%$) よりハトムギ (75.0 ± 15.4) は高く、他方、 F_1 (76506; 51.1 ± 25.3) および F_1 (76508-1; 15.7 ± 4.0) はともに低かった。内乳デンプンのヨード・ヨードカリ呈色反応はジュズダマは青 (ウルチ性)、ハトムギは赤茶 (モチ性)、雑種 F_1 は青 (ウルチ性) を示していた。ハルマヘラ島採集のハトムギ 2 系統は赤茶 (モチ性) であった。これらの形質の変化は栽培化過

程において食味による人為選択が潜性方向に働き形成されたと考えられる。

また、雌蕊先熟については、ジュズダマよりもハトムギの方が低かった。これらの特性によって、ジュズダマよりハトムギの方が小さいが多くの子孫を生産していた（表 15）。Murakami et al. (1960) は両変種間の生殖的隔離が弱いと報告しているが、ここでも 2 系統の F₁ の花粉稔性と種子稔性から見て同じような結果を示していると言えるが、ジュズダマを花粉親とした場合のほうが、ともに稔性がかなり低いので、雑草型ジュズダマから栽培型ハトムギへの遺伝子流動は低いと考えられる。

花序と種子（苞鞘を含む）への乾物重の分配は生育期間の終わりにおいて、ジュズダマについては全植物体重の約 11% (9.1 g)、ハトムギについては 20% (8.6 g) であった。Kawano and Hayashi (1977) はハトムギについて再生産分配は 41.0% (最高率) を報告している。地下茎への乾物重分配は生育期間の終わりにおいて、ジュズダマについては 6% (5.0 g)、ハトムギについては 2% (0.9 g) であった。すなわち、ジュズダマはハトムギと比較して、有性繁殖へは半分、栄養繁殖へは 3 倍のエネルギー転流を示していた。同様に、この繁殖様式に関わる特性はハトムギが一年生性、ジュズダマが多年生性を示唆している (Kawano 1975 参照)。

表 15. ジュズダマとハトムギの特性の比較

特性	ジュズダマ	ハトムギ
繁殖様式	早い雌先熟	雌先熟
個体あたりの種子数	約80	約270
根茎による無性繁殖	ある	ない
種子発芽	斬新的に遅い	同時的に早い
出穂日	遅い	早い
生活型	多年生	生態的一年生
生育場所	用水、路傍、川辺	耕作地

モロコシ属 *Sorghum* sp. の生活型

モロコシ属は著しく多様性に富む (de Wet 1978、ハーラン 1979、阪本 1988)。栽培モロコシ *Sorghum bicolor* (L.) Moench (2n=20) は一年生で、この祖先種と目されるのは、アフリカのサバンナ地帯に生育する *S. verticilliflorum* である。

多年生雑草セイバンモロコシ *S. halepense* (L.) Pers. には 2 亜種がある。地中海生態型の小さく、葉の細い四倍体 (2n=40) は小アジアからパキスタン西部山岳部までに分布する。熱帯生態型の大きく、葉の広い二倍体 (2n=20) はインド南部から東南アジア島嶼部に分布している。*S. propinquum* (Kunth) Hitchcock は多年生二倍体 (2n=20) でスリランカからインド南部、ミャンマー、東南アジア島嶼部にまで分布している。フィリッピンでは *S. propinquum* と栽培型 *S. bicolor* の稔実性のある雑種ができて強害雑草になっているというが、恐らく多年生性を戻して栄養繁殖もしているのだと推察する。

また、モロコシ属 *Sorghum* では多年生 4 倍体 *S. halepense* や多年生二倍体 *S. propinquum* と一年生二倍体 *Sorghum bicolor* との交雑により、多年生三倍体や二倍体ができて、地下根茎により旺盛な栄養繁殖をしており、多年生が顕性形質であることを示している。これ

らの育成目的は土壌劣化防止・保全や飼料用である (Quinby et al. 1958, Cox et al. 2018)。中央アジアのモロコシは穂の形態で5群に分類できる (木俣 1996)。ウズベキスタンを中心に栽培されている穂の長いホウキ・モロコシ1群 (掃除用具)、疎らな円錐型の穂をもち分けが多い2群、円錐型の穂の3群、槍型の穂をもつサトウモロコシ4群、下垂する卵型の密穂 (食用) 5群である。この地域では栽培型モロコシの多様性は著しいが、多年生雑草型を見ることはなかった。

生活型と繁殖様式の適応進化

風媒花や虫媒花から進化して自殖性を高めてきたのだから、自殖性とはいっても自殖しかしないのではない。閉鎖花は例外としても、自殖性とはいえ全く他家受粉しないということはなく、たとえ機会は少なくとも他殖性は失わずに、コムギ連の自殖性草本に見られたように風媒による遺伝子交流が多様性の拡大の可能性を有していることはあり得る。

また、虫媒花の他殖性から自殖性へと進化してきたとしても、稀に昆虫が訪れて送粉、受粉すれば、自家不和合性でない自殖性の種は祖先種本来の他家受粉の可能性はあり得る。典型的な自殖性一年生草本であるトキワハゼ、スカシタゴボウ、タネツケバナにも、小型の訪花昆虫が訪れている。その後、自殖すれば次世代個体は多数の種子を生産するので、遺伝子交流の結果は一気に拡散できる。

これまでに多くの野外集団の調査から、自殖性の草本が最新の進化を維持しているのは、まさに植物の繁殖様式の多様さにある (Baker 1955, Antonovics 1968, Lefèbvre 1970)。さらに、一年生草本の表現型における可塑性の著しい柔軟さ、大きさがある。自然選択に対応して多様な戦略・戦術として植物の生活史は形成されている。

多年生から生態的一年生への分化

カモジグサの早生生態型は、水田農耕の季節的作業に順化して、冬季の休閑田中に侵入し、株の休眠に関わらず、夏季における水中での腐敗により、株の栄養繁殖機能を失い、種子でしか繁殖できなくなった。早生化したのは田植えが開始される前に、種子散布をすます方向に自然選択が働いたからである。カモジグサからすれば意図しないで、結果的に人為選択も加えられたということである。カモジグサの早生生態型は水田稲作の年間栽培暦に侵入して、夏季の水田土中で株は腐敗し、一回結実性として種子のみで繁殖している。畑状態での生育であれば、普通型と同じく株は腐敗、枯死せず、多年生性を示す。

水湿地に生育するジュズダマが、イネに随伴していたところ、イネ作がゾミアの山間地に伝播し、陸に上がり、陸稲化することによって、寒さと乾燥および季節的農耕作業に順化して、生態的一年生のハトムギの栽培化過程が進んだ。ジュズダマ野生型はイネと同じく水生植物で、ハトムギ栽培型は水稻の栽培暦に侵入して、一年生的に順化、種子生産増加、北方に伝播して、低温により枯死、生態的一年生になる。イネ随伴雑草として、水湿地生の祖先植物からハトムギやコドラは生態的一年生になった。

人間による年間の作付け体系に侵入することで、多年生祖先種が一年生の生活環として同時に自然および人為選択されて、二次的に一回結実性 monocarpy、すなわち生態的・生理的一年生になった。つまり、自然の周期的な季節変化に沿って前農耕における栽培活動が年間栽培暦を慣例化して行く過程で自然選択を受け、さらに、半栽培化過程が進むことによって人為選択が働き、イネのような多年生が生態的一年生に順応して一次作物になる。また、こうした年間栽培暦が機能している栽培地に侵入し、随伴雑草となった多年生草本

は自然選択および人為選択によって、生活環が一年以内に収まるよう生態的一年生に変化して二次作物になった。

一方で、自然の進化史に逆らう方向で、多年生が育種されている。典型的な事例は一年生 *Sorghum bicolor* に多年生の *Sorghum halepense* や *Sorghum propinquum* を人為交雑して育成している多年生 *Sorghum* がある (Cox et al. 2018)。コムギとライムギの雑種を育成して、牧草飼料にする目的で多年生化する試みおこなわれた。しかしながら、関連した文献は見失い、1930年代に *Triticum vulgale* および *T. spelta* に *Secale montanum* (多年生) を交雑して雑種 F₂ まで得た (Longley and Sando 1930)、*T. durum* に *S. montanum* を交雑した (Derzhavin 1938) という研究事例はあったが、染色体対合 (2n=42) に関心が注がれており、生活型については触れられていない。現在、ライコムギ *Triticale* は *S. cereale* (一年生) との人為雑種の後代として品種が確立しており、食料および飼料として生産されている。

イネの倍数性と生活型

イネ科イネ属は表 16 に示すように、野生種は約 20 種、栽培種は 2 種を含んでいる。2 倍体の種は、一年生 3 種、中間ないし両生活型に分化 5 種、多年生 7 種、4 倍体の 8 種はすべて多年生であった (Oka, H. and Coworkers 1980、森島 2001)。

世界中に伝播した栽培稲 *O. sativa* L. は 2 倍体で、一年生と多年生の間とされている。イネの祖先種 *O. rufipogon* はアジアの熱帯や亜熱帯の湿地に生育している野生種で、生活型は一年生と多年生があり、多様性に富むので分類上に混乱がある。イネ祖先種 *O. rufipogon* の多年生系統が、栽培化過程で、生態的一年生に人為選抜されることにより、自殖性で種子生産が多くなったと考えられる。イネは開花結実後に、ひこばえが多数萌芽し、温度などの条件が良ければ、越冬し多回結実性を示すので、植物学的には多年生性を有している。この過程には生育地の環境に対する自然選択に加えて、農耕者による栽培暦に生活環を順化することへの人為選択が強く働いたと考えられる。さらに、陸稲は二次的に乾燥に対する生活環を順化させて、生態的一年生化を一層進めたと考えられ、旱魃や寒冷によって枯死する。栽培暦では循環的生活環として、一年生として栽培扱いした方が良好な生産が可能である。

西アフリカで栽培化されたアフリカイネ *O. glaberima* Steud. は 2 倍体の一年生である。アフリカイネの祖先種は *O. barthii* で 2 倍体の一年生である。アフリカの野生イネ *O. longistaminata* は 2 倍体多年生で、自家不和合性があり、種子による有性繁殖を補うように、地下茎で栄養繁殖している。

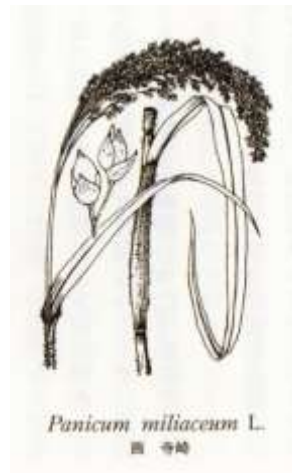
表 16. イネ属の種 (森島 2001)

種名(属名オリザは省略)	染色体数 (2n)	寿命**	ゲノム	地理的分布
オリザ節 (Section Oryza)				
サティヴァ* (<i>O. sativa</i>)	24	A/P	AA	世界中
ルフィポゴン (<i>O. rufipogon sensu lato</i>)	24	A-P	AA	アジア, オセアニア
グラベリマ* (<i>O. glaberrima</i>)	24	A	AA	西アフリカ
バルシー (<i>O. barthii</i>)	24	A	AA	アフリカ
ロンギスタミナータ (<i>O. longistaminata</i>)	24	P	AA	アフリカ
メリディオナリス (<i>O. meridionalis</i>)	24	A	AA	オーストラリア
グルメパテュラ (<i>O. glumapatula</i>)	24	A-P	AA	アメリカ
オフィシナリス (<i>O. officinalis</i>)	24	P	CC	アジア
マイヌータ (<i>O. minuta</i>)	48	P	BBCC	フィリピン
ライゾマティス (<i>O. rhizomatis</i>)	24	P	CC	スリランカ
エイチンジェリ (<i>O. eichingeri</i>)	24	P	CC	アフリカ, スリランカ
プンクタータ (<i>O. punctata</i>)	24	P	BB	アフリカ
⌘	48	P	BBCC	アフリカ
ラティフォリア (<i>O. latifolia</i>)	48	P	CCDD	アメリカ
アルタ (<i>O. alta</i>)	48	P	CCDD	アメリカ
グランディグルミス (<i>O. grandiglumis</i>)	48	P	CCDD	アメリカ
オーストラリエンシス (<i>O. australiensis</i>)	24	A/P	EE	オーストラリア
リドゥレイ節 (Section Ridleyanae)				
ブラキアンサ (<i>O. brachyantha</i>)	24	A/P	FF	アフリカ
シュレヒテリ (<i>O. schlechteri</i>)	48	P	—	ニューギニア
リドゥレイ (<i>O. ridleyi</i>)	48	P	HHJJ	アジア
ロンギグルミス (<i>O. longiglumis</i>)	48	P	HHJJ	ニューギニア
グラニューラータ節 (Section Granulata)				
グラニューラータ (<i>O. granulata</i>)	24	P	GG	アジア
メイエリアーナ (<i>O. meyeriana</i>)	24	P	GG	アジア

*栽培種

** A:一年生, P:多年生, A/P:中間型, A-P:一年生型と多年生型に分化

第3章 キビの栽培化過程



日本北海道のキビの変異

今にして思えば、祖父の田舎、濃尾平野の木曾川の辺、米（イネ）どころ、その輪中にある岐阜羽島の八神から、毎年末に正月用にと送られてきたのは白餅（イネ）と黄餅（キビ）であった。すでに幼少の頃からキビに縁があったということだ。

雑穀の野外調査は関東山地、山梨県上野原の西原で、1974年から始めたけれども、次に調査に向かったのは北海道日高地方であった。詳細は『日本雑穀のむら』第1章に記すが、先住民族アイヌの人々が大切に継承してきた雑穀の一つにキビがあり、雑穀を含む農耕文化が日本に北方からも伝播したことを、分譲を受けたキビの系統分析から明確にすることにした。

北海道の野外調査は第1期1981年から1984年、第2期1995年から1997年にかけて実施した（木俣ら1986、1995、1996、1997）。第1期の雑穀栽培調査のルートと種子収集地を図19に示した。北海道の各地で聞き取り調査を行ったが、雑穀に関してはアイヌ民族の人々が今日も居住している沙流川周辺地域のみで残存栽培が多く見られた。キビは現地農家から合計で16系統の分譲を受けることができた。他の地域では渡島半島で1系統、知床半島の斜里町で1系統が小規模に栽培されていたにすぎなかった。

雑し、結果的に若干の人為選択を受けた系統と考えられる。これらは多様な変異の組み合わせを示すが、主な特徴は晩生、穎果が橙色、護穎が緑色、最上節間に毛が無いなどである。また、平取町の立花登には北陸、関東および北海道の各 1 系統を比較栽培（1984 年）していただいたところ、草丈が十分に伸長していた点では異なっているが、護穎が赤紫色、最上節間が多毛などの特徴は東京での栽培結果と同じであり、これらは安定的な形質特性であると言える。

また、穂型については、穂の先端で小穂が密になり片方に傾く寄穂型が 8 系統、小穂は疎らで散開する平穂型 4 系統、および小穂は密につき穂が直立する密穂型に近い 2 系統もあった。種子内乳デンプンはヨード・ヨードカリ呈色反応によると、14 系統すべてがぶどう色を示し、モチ性とウルチ性の中間的な性状を示した。この中間的な性状にはキビにおける多様な倍数性が関与しているのではないかと仮説した。残念ながら、この仮説を検証する時間は残されておらず、退職した。

表 17. 北海道沙流郡平取町ほかで栽培されていたキビの特性（東京で栽培試験）

型	A	B	C	D	E	F	G	H
形質								
出穂日数	早生	早生	早生	早生	中生	中生	晩生	晩生
分けつ数	少ない	少ない	多い	少ない	少ない	少ない	多い	少ない
小穂数/穂長比	少ない	少ない	少ない	少ない	多い	少ない	多い	多い
千粒重	中間	重い	中間	軽い	軽い	中間	軽い	軽い
穎果の色	暗褐	暗褐	暗褐	暗褐	暗褐	橙	暗褐	橙
護穎の色	赤紫	赤紫	赤紫	緑	緑	緑	緑	赤紫
穂首の有毛性	有毛	多毛	多毛	有毛	多毛	有毛	無毛	有毛
系統数	6	2	1	1	1	1	1	1

ユーラシアにおける地理的変異の傾向

ユーラシアにおけるキビの地理的変異の特徴を表 18 でまずは概観してみよう（木俣ら 1986）。日本の北海道 14 系統と本州以南 19 系統、東・南アジア 4 系統、西・中央アジア 7 系統、およびヨーロッパ 6 系統（合計 50 系統、1982 年試験）の 5 地域を比較すると、日本の北海道の在来系統とヨーロッパの系統は提示した 10 形質のうちの 7 形質（開花日、出葉数、草丈、分けつ数、小穂数、内外穎色、最上節間の有毛性）において特に類似していた。また、西・中央アジアの系統は幅広い変異を示しており、ヨーロッパの系統の変異はその範囲内に収まっていた（木俣ら 1986、木俣 1988）。

日本の系統をみると、北海道の在来系統では中国北部、モンゴルの系統と穂型や開花までの日数などに類似が見られる。この点から、北海道の在来系統はアイヌ民族の人々が伝統的に栽培を継承してきた系統であり、シベリア経由で北海道に直接伝播してきた可能性を示唆している。一方、日本の本州以南の系統では柱頭の色や穂型などに関して韓国からネパールの系統と著しく類似していた。旧ソビエト連邦とヨーロッパの品種では穎果の色の高い変異性、穂型などの変異の傾向が類似していた。インド、西アジアの系統は多くの形質において幅広い変異性を示していた。キビでは多分けつ性で疎らな穂をもち、種子脱粒性の高い系統がより祖先種に近いと考えられるが、インドやパキスタンから中央アジアの系統にはこのような形質が認められた。キビの随伴擬態雑草の報告は少ないが、種子脱粒性の高い系統がパキスタンやウズベキスタンにおいて認められている（図 20）。

表 18. キビの地理的変異の概要

地域	日本		東・南アジア	西・中央アジア	ヨーロッパ
	北海道	本州以南			
形質					
出穂日数	早生	中・晩生	中・晩生	中・晩生	中生
出葉数	少ない	中～多	中間	少～中	少ない
草丈	短い	中～長	中～長	中～長	短い
分けつ数	少ない	中間	中間	少～多	少ない
小穂数	少ない	中～多	中間	少～中	少ない
千粒重	軽～重	軽～やや軽	やや重	やや重	軽～やや重
穎果の色	暗褐が多い	暗褐、橙、白	暗褐、橙、白	橙、白	白が多い
護穎の色	赤紫(緑)	緑	緑	赤紫、緑	赤紫
穂首の有毛性	有毛	無毛	無毛	有毛	多毛
内乳デンプン	モチ中間	モチ(ウルチ)	モチ・ウルチ	ウルチ	ウルチ

キビは出穂が不揃いであり、出穂の4～5日前から開花を始めるので、キビに関しては出穂日ではなく開花日を調査した。全系統を概観すると高緯度地域で収集された系統ほど、開花までの日数が短い傾向にあるが、変異の幅は広く、この傾向から外れる系統も少なくなかった。すなわち、東京で栽培した場合、中国、モンゴル、旧ソビエト連邦、ヨーロッパおよび日本の北海道(在来)の系統は開花までの日数が短く、インドおよび日本の九州・南西諸島の系統のうちの多くは開花までの日数が長い。

イネ科キビ属 *Panicum* sp. の栽培化過程と伝播

キビはユーラシアにおけるとても古い栽培植物でありながら、祖先種さえ明確にされていない。栽培植物の一次作物および地理的起源と伝播を研究する材料として、キビはいくつかの点ですぐれている。たとえば、在来性の高い系統(品種)がユーラシア各地で今日も栽培されている。祖先種あるいは逸出種と考えられる雑草性の高い種内変異群が新旧大陸で報告されている(Sholz and Mikolaš 1991)。キビ属の栽培種にはほかにサマイとサウイがあり、平行・多元的に栽培化の過程を比較できる。多くの野生種がアフリカ大陸、インド亜大陸および新大陸において食料、飼料、薬用などに利用されている。

イネ科キビ属 *Panicum* (Poaceae) はアフリカ、ユーラシアから新大陸にまで、約470種が分布している。キビ属植物はインド亜大陸でもアフリカでも、主にサバンナ地帯で広く野生種の穀実、飼料および薬用としての利用が見られる。これらの中で栽培化されたのは3種で、キビ *Panicum miliaceum* L. (common millet)、サマイ *P. sumatrense* Roth. (samai, little millet) およびサウイ *P. sonorum* Beal. (sauí, panic grass) である。サマイ *P. sumatrense* はインド亜大陸で、約2200 BC に、祖先亜種 *P. sumatrense* subsp. *psilopodium* から栽培化された(Weber 1992)。サウイ *P. sonorum* は北西メキシコで約600 BC に、*P. hirticaule* から栽培化された(Nabhan and de Wet 1984)。ちなみに今日でも、インド亜大陸において利用されている。一年生種と多年生種がともに食用や飼料にされており、これらはC₄植物で、耐乾性が強く、早熟で、栄養含量が高い。

キビは一年生草本で、一般に初夏に播種し、秋に収穫する。キビ栽培型の形態的変異は著しいが、草丈はおおよそ1～2m、分けつはあまりせず、植物体全体に毛が多い。総状花序は枝梗を分岐し、小穂は第3枝梗上に互生する。小穂は不稔花と稔実花からなり、穎花は

1 雌蕊と 3 雄蕊よりなり、一般に自家受精し、多様な倍数性をもつことに注意しておきたい。内外穎は滑らかで光沢があり、その色の変異は著しい。

Scholz and Mikolaš (1991) はキビを 3 亜種に分類している。(1) イヌキビ subsp. *ruderales* (Kitag.) Tzvelev はキビ subsp. *miliaceum* の逸出種で、種子は小さくて、脱粒性、疎らな円錐花序をもち、世界的に広く分布する雑草 ($2n=36(4x)$ 、ca. 36) である (図 20. b4/d)。この雑草型はユーラシアの各地に生育が見られ、小粒の種子は全部脱落する。栽培型キビから逸出したと考えられているが、祖先種の可能性もある。(2) subsp. *agricolum* H. Scholz et Mikolaš は subsp. *miliaceum* から突然変異によってでき、栽培型とイヌキビとの中間的な特徴をもち、中央ヨーロッパに分布している ($2n=ca. 36, 36$)。除草剤耐性で中部ヨーロッパのトウモロコシ畑によく生える (図 20. b6)。(3) キビ subsp. *miliaceum* には栽培型 (cultivar) と非栽培型 (crop-like weedy biotype) がある (図 20. c1)。後者はオーストラリア、スロバキア、カナダで見られている。栽培型は倍数性が著しく、染色体数は $2n=36(4x)$ 、40、49、54(6x)、72(8x) の報告がある。トウモロコシ畑などで見られる擬態随伴雑草 biotype は内外穎の大きさや種子重によって形態的にも栽培型と区別され、前者は種子脱粒性が著しい。

従来、日本では穂型で次のように 3 分類されてきた (図 20. a1/a2/a3)。穂が散開する平穂型 var. *effusum*、一方に片寄る寄穂型 var. *contractum* および密生する密穂型 var. *compactum* であるが、穂型はユーラシア全体で比較すると連続的な変異である。日本の在来系統の穂型は大半が寄穂型、北海道の在来系統は平穂型で、密穂型はまったく見られない。

Lysov (1968, 1975) によれば旧ソビエト連邦内のキビの穂型は著しく多様な地理的変異を示し、5 群に分類される。(1) *miliaceum* 系統は花序の形態が野生種に似ている。(2) *patentissimum* 系統は細長くまばらな穂型を示すが (図 20. a1)、(1) 系統との区別が難しい。この 2 系統は東ヨーロッパから日本にまで分布している。(3) *contractum* 系統は密で垂れ下がる花序をもつ (図 20. a2)。(4) *compactum* 系統は円柱状に直立する花序をもつ。(5) *ovatum* 系統は密で、いくぶん湾曲した卵形の花序をもつ (図 20. a3)。しかし、この分類群は必ずしも分類学的に妥当な系統群 *races* とは認識されていない。キビの種内分類は穂型など単一の形質だけでは困難であるので、いくつかの形質のマトリックスとして分類群を考える必要がある。Gerarde(1597)はキビが 16 世紀にはヨーロッパ各地で栽培、調理されており、花序の疎密で 2 型があることを示している。

キビの今日的重要性

キビ Common millet (*Panicum miliaceum* L.) は新石器時代以降、おおよそ 8,500 年にわたってユーラシアの文明において最も重要な穀物であった。ユーラシアでは最も古い栽培植物の 1 種でもあるが、植物学的起原となった祖先種と地理的起源地について、いまだに明確にされていない。キビは北西インド亜大陸、ウクライナ、北中国などユーラシア大陸で伝統的に広く栽培され、さらにアフリカ、北米、オーストラリアなど世界各地で栽培されている。今日までも、各地で重要な食料や飼料となっているほか、多様に利用されている。

日本では 70 年ほど前までは北海道ほか全国各地で経済的価値をもって相当量が栽培されていた。世界農林業センサス (1950 年) によると全国で栽培農家数 616,063 戸、栽培面積 27530.22 町歩であった (アメリカの施政下にあった沖縄は含まない)。

近年では著しく少なくなり遺存的に栽培されているのみである。しかしながら、最近、

自然食や有機農業の見直しもあって、ほのかに栽培の増加が見られる。第1章で述べた C₄ 植物であるキビはすぐれた耐乾性や早熟性などのゆえに半乾燥地や丘陵地域における有力な穀物としての特性を有しているので、今後、地球規模の砂漠化の進行や人口の急増に対応する重要な食料資源としての再評価が必要である。

栽培植物の植物学的起原および地理学的起源を研究するには、植物学の研究手法を中心としながらも、民族学、考古学、言語学などのいくつかの研究手法を合わせ用いる必要がある (de Candolle 1883)。なぜならば、栽培植物の起原と伝播は過去1万年から未来へと続く植物と人類の共生関係への進化の歴史であり、栽培植物は野生植物とは明らかに異なるいくつかの植物学的形質を人為選択によって獲得しているからである。また、栽培・加工・調理に関わる技術や道具などと一緒に栽培植物は一つの農耕文化基本複合として伝播するので (中尾 1966)、文化人類学的なフィールド調査の手法も有効である。

キビのユーラシアにおける起原祖先種、栽培化過程および地理的起源地からの伝播を明瞭にするために、形態的および生態的特性から、遺伝的特性、種子の二次生体成分の分析までを実施した (Kimata and Negishi 2002、Kimata et al. 2007)。国内外の調査によって、現地農家から分譲を受けた在来系統 (品種) accessions (650 系統) および収集した腊葉標本を用いて、次の観察、調査や実験分析を行った (Kimata 2016)。

その結果として、形態的・生態的特性、遺伝的特性 (交雑稔性、雑種の分析、全核 DNA の断片長多型 AFLP (amplified fragment length polymorphism)、種子のフェノール呈色反応、ヨード・ヨードカリ呈色反応 (モチーウルチ性)、脂肪酸組成、また併せて生物文化的多様性に関して、伝統的食文化、加工・調理方法と食味・栄養、考古学および言語学データを統合的に考察して、キビの植物学的起原、栽培化過程、地理的起源と伝播を明示することにした。すなわち、調査・研究の結論として、キビは中央アジア、特にアラル海から南西天山山脈の地域において、イヌキビ *P. miliaceum* subsp. *ruderales* の野生集団から新石器時代に栽培化され、遊牧民が東方へは中国、西方へはヨーロッパ、南方にはインド亜大陸、さらに北方へはシベリアに至るまで伝播したと考えられる。

キビ属は栽培植物の起原を探求する研究材料として優れており、次に示す大変に興味深い6つの課題を有している。①キビはユーラシア大陸で栽培化されたもっとも古い雑穀の一つで、アワと同様に、新石器時代の中国やヨーロッパ各地の遺跡から出土している。②キビの祖先種は今のところ不明であるが、イヌキビはその祖先野生種の可能性が高い。③キビ属の栽培種には、他に南インド起原のサマイ、および新大陸メキシコ起原のサウイがある。④アフリカ大陸では多年生野生種 *P. turgidum* や *P. stragnum* などの穀粒が食用に供されている。⑤キビは日本を含む照葉樹林帯の焼畑の伝統的な輪作栽培体系に組み込まれることが少なく、どのような作付体系にあったのか明らかでない。⑥キビは、ロシアのアムール川流域から沿海州にかけて、紀元前3000年紀以降の遺跡から出土し (加藤 1977)、北海道でも少なくとも擦文期の遺跡から出土しており (松谷 1984)、日本へ北方経由で雑穀栽培を中心とした農耕文化が伝播した可能性がある。

中央アジアのキビの変異

キビの地理的起源地が中央アジアである (Sakamoto 1987) との仮説を実証するためには中央アジア諸国の現地調査が必要である。幸いなことに、コロンブスの新大陸上陸500年記念 (1992) の JT クロスカルチャー大賞を得ることができたので、これらの助成により1993年6月から8月にかけてウズベク植物産業研究所 (旧ソビエト連邦植物栽培研究所中

中央アジア分場) と共同研究として雑穀栽培の野外調査を実施することができた。



図 20. キビの形態による分類

穂の 3 型 ; a1、平穂型 ; a2、寄穂型 ; a3、密穂型。中央アジアの栽培型と擬態雑草型 ; b1、 b3 および b5、 subsp. *miliaceum*; b2、逸出雑草 ; b4 と d、 subsp. *ruderales*; および b6、 subsp. *agricolum*。

c1、パキスタンの栽培型に類似した雑草性生物型、 c2、 subsp. *miliaceum* と subsp. *ruderales* の雑種第一代 F₁。 e1 と e2、17 世紀のヨーロッパのキビ (Gerarde 1597)

収集したキビの栽培試験のデータの概略は表 19 に示した。生育した 38 系統の穂型の変異は著しく次の 10 型に詳細区分できた。①直立密穂型 (14 系統)、②直立中間 (2 系統)、③疎穂型 (8 系統)、④長い疎穂型 (2 系統)、⑤長い中間型 (2 系統)、⑥直立疎穂型 (2 系

統)、⑦中間 (2 系統)、⑧疎穂中間 (2 系統)、⑨小形穂 (1 系統)、⑩小形疎穂型 (3 系統)。

大別すると、栽培型である直立密穂型 A タイプおよび疎穂型 B タイプ、随伴雑草型である小形疎穂型 C タイプになる。A タイプ系統は分けつ性が低く、茶色の穎果である系統が多い。B タイプ系統は分けつ性が高く、内外穎の色が灰色の系統が多く、雌蕊は赤紫色である。C タイプの系統は分けつ性と種子脱粒性が高く、早生である。上述した亜種の分類に当てはめると、A と B タイプは栽培型 subsp. *miliaceum*、C タイプは subsp. *miliaceum* の非栽培型 (crop-like weedy biotype)、さらに、イヌキビ subsp. *ruderales* および subsp. *agricolum* である。

このように、中央アジアのキビは変異が著しく大きく、イヌキビを含む亜種や生物型が存在していることから、地理的栽培起源地であるとの仮説は有効であると考えられる。また、雌蕊が赤紫色であることは日本北海道の在来系統との関連を推測させる特徴である。中央アジアの系統は東京で栽培した場合、開花までの日数が 26~46 日であり、日本北海道の在来系統と同様に著しく早生になった。出葉数は開花までの日数と正の相関が認められるが、6~12 葉と変異の幅は大きい。

中央アジアと南アジアのキビの変異を比較するために、1986 年から 1994 年までの栽培試験のデータを改めて比較した。東京で栽培した場合の開花までの日数を南アジアの系統と比較すると、中央アジアの系統は極早生で、アフガニスタンから南下するにしたがって、中生から晩生に向かう傾向が認められる。また、パキスタンとインドの変異の幅が大きいことも示されている。主稈の葉数は南アジアの系統と比較すると、中央アジアの系統は少なく、南下するにしたがって増加傾向にある。

キビの出穂はしばしば不規則であり、出穂前 4~5 日に葉鞘内で開花が起こっている。そこで、出穂日ではなく、開花日を記録して、播種から開花までの日数を計測してきた。一般に、高緯度地域で栽培されてきた系統は開花までの日数は短い、著しく変動する。東京で栽培した場合、中国、モンゴル、旧ソビエト連邦、ヨーロッパ、中央アジア、日本北海道の系統は非常に早生で、播種後 40 日ほどで開花する。一方で、インド、本州以南の日本の系統は晩生で、これらの約 30% は 80 日ほどで開花する。

主稈の葉数は、中国、モンゴル、旧ソビエト連邦、ヨーロッパ、中央アジア、日本北海道では少なく (5~10)、西・南アジア、韓国、本州以南の日本では前者の系統よりも多い (11~16)。

有効分けつ数は日本、韓国、ネパールのすべての系統は少なく (1~3)、中央アジア、南アジア、旧ソビエト連邦 (中央アジア含む)、およびヨーロッパは幅広い変異 (1~6) を示し、インドの系統は変異の幅がさらに広く、極端な系統 (6.9%) では著しい分けつ数 (9) を示した。

キビは植物全体に毛が多いが、穂首についてはほとんどの系統は無毛か、ごくまれに毛が見られるだけである。ところが詳細に穂首の有毛性について見ると、無毛、有毛、多毛、著しく多毛、に 4 分類できる。日本北海道 (40.0%)、西アジア (26.1%) およびヨーロッパ (20.0%) の系統では著しい有毛性が見られる。

穂型は、平穂型、寄穂型、密穂型およびこれらの中間型に 5 分類できる。日本北海道、中国、インド、西アジア、旧ソビエト連邦、ヨーロッパの系統のほとんどは平穂型である。一方、日本の本州以南、韓国、ネパールは寄穂型である。中央アジアは変異の幅が広く、さらに、西アジア、旧ソビエト連邦、ヨーロッパの系統で、ほんの少数の系統に密穂型が見られる。

表 19. 中央アジア収集のキビの変異

採集番号	穂型	内・外穎色	分けつ数	開花日	出葉数	雌薬色
93-6-26-1a-3	直立密	茶	1.0	36.8	10.8	薄紫
93-6-29-2-15-1	直立密	灰茶	1.0	35.8	10.4	薄紫
93-6-29-2-15-2	小型疎	小粒	3.5	26.0	6.0	薄紫
93-7-2-2-1	直立密	茶	1.6	39.4	10.6	薄紫
93-7-6-1-25k	直立中間	茶	1.2	35.0	10.2	薄紫
93-7-6-1b-3-1	疎	薄茶	2.4	39.2	11.4	紫
93-7-7-1b-1-1	直立密	茶	1.6	36.8	10.2	薄紫
93-7-7-1b-1-2	小型疎	灰	3.0	27.8	5.8	薄紫
93-7-13-2-1	疎	薄茶	2.6	41.0	12.2	紫
93-7-13-2-3-1	直立密	茶	1.5	37.0	10.5	薄紫
93-7-13-2-3-2	小型疎	灰	2.00	32.0	9.0	薄紫
93-7-15-1-4-1	直立疎	薄茶	2.2	40.6	10.8	薄紫／紫
93-7-15-1-4-2	疎	灰	3.5	40.8	11.5	紫
93-7-26-1	直立密	茶	1.8	36.2	9.8	薄紫
93-7-26-1-1n	直立密	茶	2.0	38.0	10.8	薄紫
93-7-27-1-1n-1	長疎	薄茶	2.6	39.3	10.8	紫
93-7-27-1-1n-2	疎	灰	3.0	42.4	10.2	紫
93-7-27-1-7n-1	直立中間	茶	1.6	38.2	9.6	薄紫／紫
93-7-27-1-7n-2	疎	灰	3.4	32.8	7.6	赤紫／薄紫
93-8-2-1-1-1	長中間	薄茶	2.0	46.0	12.0	薄紫
93-8-2-1-1-2	長中間	茶	1.8	44.0	10.6	薄紫
93-8-2-1-1-3	疎	灰	2.2	44.0	11.2	薄紫
93-8-2-1-2	中間	薄茶	2.2	45.8	12.8	薄紫
93-8-5-1b-1	直立密	茶	1.6	37.8	10.4	薄紫
93-8-5-2-1-1	直立密	薄茶	2.2	41.8	11.5	薄紫
93-8-5-2-1-2	直立疎	灰	3.6	42.4	11.2	紫
93-8-7-1a-3	直立密	茶	1.3	39.3	11.0	薄紫
93-8-7-1a-5-1	疎	薄茶	2.5	38.0	10.8	薄紫
93-8-7-1a-5-2	中間	灰	1.8	42.4	11.4	薄紫
93-8-7-1a-6	直立密	薄茶	2.0	45.0	11.6	薄紫／赤紫
93-8-7-1b-1-1	疎中間	薄茶	2.8	45.0	10.6	薄紫／紫
93-8-7-1b-1-2	疎	灰	2.2	45.6	11.4	紫／薄紫
93-8-7-1d	疎中間	薄茶	2.6	43.2	11.4	薄紫／紫
93-8-14-1-1	小型	暗褐	2.8	29.4	6.0	薄紫
93-8-14-1-2-1	直立密	暗褐	2.6	30.6	7.4	薄紫
93-8-14-1-2-2	直立密	茶	1.2	40.0	10.8	薄紫
93-8-14-1-3-1	直立密	茶	1.8	36.5	10.3	薄紫
93-8-14-1-3-2	疎長	暗褐小粒	2.5	34.0	9.5	薄紫／紫

成熟時の穎果（内・外穎）の色は暗褐色、褐色、薄茶色、象牙色（白色）、橙色、および灰緑色（灰色）の6色におおまかに分類できる。旧ソビエト連邦やヨーロッパの在来系統は色の変異が大きい。日本北海道と中国は暗褐色であるが、本州以南の日本の在来系統は褐色、薄茶色、象牙色（白色）である。中央アジアは暗褐色から薄茶色が多いが、灰色の系統も見られる。インドの系統では、灰緑色（45.6%）が多いが、薄茶色や象牙色もある。

成熟時の雌蕊柱頭の色は、在来系統によって白色、薄紫色および、赤紫色のいずれかである。おおかたの系統（70%）は白色または薄紫色である。日本本州以南とネパールの系統は白色である。中央アジアは薄紫色が多く、赤紫色もあり、白色の系統はない。一方、赤

紫色が多いのは、日本北海道、インド、西アジアの系統であり、ヨーロッパの系統では 28% である。

このように、全ユーラシアから収集した在来系統について比較した。日本の北海道に居住している先住民アイヌの人々が栽培している在来系統は日本の他地域のものとは異なる特性を示した。パキスタン、インド、中央アジアから収集した在来品種は、まばらな花序、多分けつ性などの形質で大きな変異があった。日本への伝播と全ユーラシアへの伝播および栽培化過程を再構成するために、これらの特性の地理的分布は有用な情報である。中部アジア各地から収集した在来系統の、7つの形態的と生態的特性について計測して、比較した。北パキスタンからカザフスタンまでの在来系統は疎らな穂、早生などにおいて著しい多様性を示した。これらの地理的変異はキビの起原地を明確にし、中部アジア周辺での栽培化過程を再構成するのに、有用な情報を与えている。栽培型に混じって 3つの雑草型がカザフスタン、ウズベキスタン、パキスタンで見られた。これらは、(1) 栽培型 *subsp. miliaceum* に似た雑草 biotype、(2) 短い花序と暗褐色の内外穎をもった *subsp. agricolum*、(3) およびイヌキビ *subsp. ruderale* に同定できる。どの雑草型も種子の脱粒性が著しい。これらの事例は、キビが中部アジアで栽培化され、イヌキビの変種が祖先野生型であることを示唆している。

アフガニスタンからインド亜大陸にかけて分布する品種の特徴を詳細に検討したところ、多様な変異が認められるとともに、アフガニスタンからネパールにかけて非分けつ性の系統が連続的に分布し、インドのビハール州やバングラデシュでは多分けつ性の系統が多く、ヒンドスタン平原への伝播はヒマラヤ南麓ルートとは異なるものと考えられる。キビの日本への伝播についてはシベリア経由の北方ルートおよびヒマラヤ南麓経由の南方ルートを想定し、フィールド調査を行ってきた。北海道のキビの顕著な特徴は第一節間の多毛、護穎などの紫色、雌蕊の赤紫色、早生などであるが、これらの特徴は日本本州からネパールの系統にはあまりみられない特徴で、むしろ西アジアからヨーロッパの品種につながるものである (木俣ら 1986)。

キビの穂型は栽培者にとっては最も目につく重要な形態的形質であるので基本的なタイプについて比較した。これに加えて、Lysov (Лысов 1968) の著作から整理し、アジア地域の穂型の分布を要約して図 21 に示した。この図では中央アジアに密穂型、モンゴル・ブリヤートに疎穂型、東アジア・日本に寄穂型が典型的な穂型として提示されている。カザフスタンから天山までを含む、中央アジアあるいはトルキスタンにおける穂型は著しい変異に富んでいるように見える。中央アジアの収集系統の穂型の変異は著しい。東アジア、特に日本のキビの寄穂型は変異性に乏しいが、栽培植物の穂型としてはとても洗練されている。北海道ではキビをイナキビと呼称しているように、本州から導入された系統の大きな穂はイネの穂のように熟すと垂れ下がる寄穂型である。Lysov はヨーロッパのキビの穂については述べていないが、典型的な穂型は図 21 に示した (Gerarde 1597)。

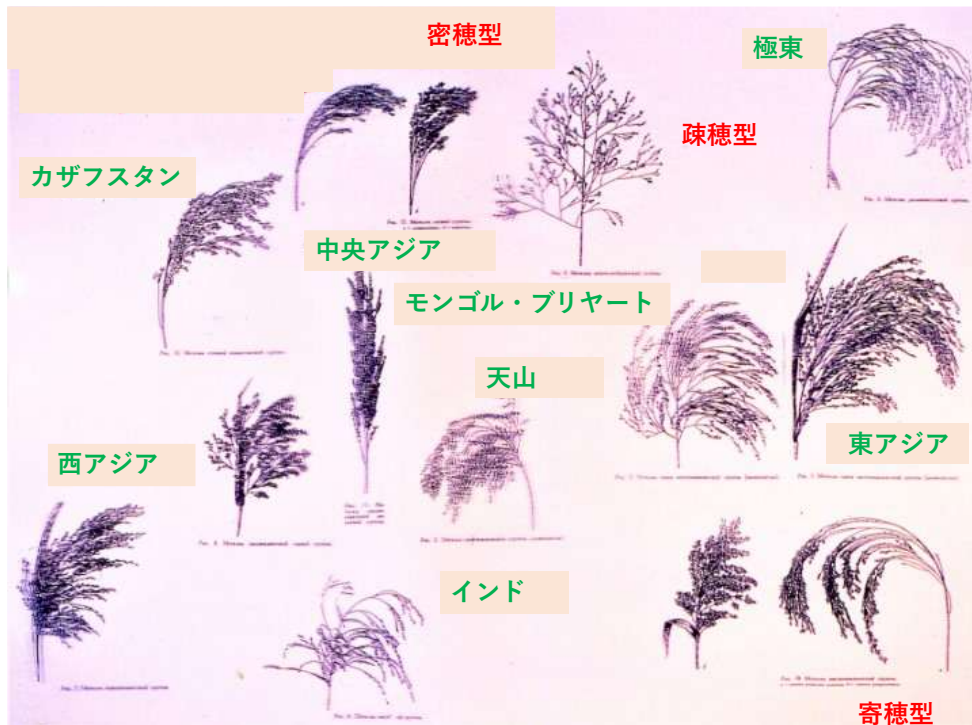


図 21. アジア地域のキビの穂型の変異 (ЛЫСОВ、B.H. 1968 を改変)

交雑実験のまとめ

花粉親テスターに用いた 6 系統との交雑稔性から見て、ユーラシアの東西の端に位置する極東、日本とヨーロッパ、フランスの系統は遺伝的分化が最も進行している。中国の系統はヨーロッパの系統ともつながりを保ち、インドの系統は東アジアの系統と、中央アジアの系統も東アジアの系統とつながりを保っているが、他の地域の系統とはあまり人為交雑できなかつた。イヌキビを花粉親とすると、どの地域の系統とも交雑ができたが、イヌキビは種子親としては全く機能しなかつた。交配技術に問題があるのかもしれないが、この結果が正しいとするのなら、イヌキビはキビからの花粉を受け入れず、生殖的に隔離されて、交雑による雑種形成はキビへと一方的に起って、雑草型イヌキビが畑地に生育していれば、栽培型の個体周辺に雑草が形成される。

生化学的形質から見た地理的変異

生化学的形質は実験分析操作を加えなければ可視化できないので、栽培者による人為選択に関わりにくい。そこで、生体成分の分析により、生化学的形質の地理的変異を検討するために、次の 5 生体成分について分析した。内外穎のフェノール呈色反応、葉のエステラーゼ・アイソザイム、幼植物の DNA 断片長多型はほとんど人為選択に関わらないと考えられる。種子の脂肪酸組成も繊細な味覚の栽培者には人為選択されるかもしれないが、それほど配慮することはない。ただし、内乳デンプンのヨード・ヨードカリ呈色反応はモチ・ウルチ性の判別に用いるので、味覚による人為選抜が関与すると考えられる。

内外穎のフェノール呈色反応

穎のフェノール呈色反応は薬液に浸さなければ不可視であるから、人為選択を受けるこ

とはないと考えられる。この反応はフェノール・オキシダーゼという酵素を含む複雑な生化学的反応である。種内変異の系統分化や地理的分布を明らかにする手法として有効である (Kawase and Sakamoto 1982)。

キビの内外穎が褐色である系統は多いので、着色前の若い穀粒の内外穎 10 を用いてフェノール呈色反応を検査した (Kimata and Negishi 2002)。411 系統について、これらの若い内外穎をフェノール溶液 (3%、2ml) に室温で、24 時間浸漬して、乾燥し、表面が黒褐色に変化したかを観察した。

呈色反応については-から+++まで 5 段階に分類した。全般的に見てフェノール着色性 (+ ~++) を示す在来系統が多かったが (78.4%)、一方で限定的な地域、中国、モンゴルおよび日本の北海道と南西諸島においては非着色性 (- ~ ±) の在来系統が多かった (66%以上)。また、中央アジアの系統にも非着色性の系統 (25%) が少なからず認められた。フェノール着色性はキビのデータベースで穎果の色と対比したところ対応しない呈色反応であるので、相互に独立した形質と言える。

着色性の系統は日本の主要島を含むおおかたの地域で広範に認められた。このような広い地理的変異はコムギやオオムギでも観察されている (Kondo and Kasahara 1940)。しかしながら、イネとアワでは 2 表現型が明瞭に見られている。反応性の系統は南中国や南アジアに著しく多く、日本や韓国ではまれであった (Iizuka *et al.* 1977、Kawase and Sakamoto 1982、Lee and Sakamoto 1984、河瀬 1986、Seetharam 私信)。すなわち、キビはこれらとは異なった地理的分布を示しており、アワと比べて、反応性の系統が東アジアやヨーロッパに向かって分布しているため、中央アジアから北方に向かって広がっている。この結果から、モンゴルや北中国を経て、日本北海道に向かう連続的な伝播経路が示唆される。

内乳デンプンのヨード・ヨードカリ呈色反応

イネ科穀物の種子内乳デンプンにモチ性を有するのは、キビの他に、ハトムギ、オオムギ、イネ、アワ、モロコシおよびトウモロコシの 7 種である。キビ以外の 6 種ではヨード・ヨードカリ呈色反応が赤茶色 (モチ性) と青色 (ウルチ性) の 2 表現型におおよそ明瞭に分かれ変異は少なく (Nam *et al.* 1986)、葡萄色 (中間性) が出現することは少ない。

キビの種子内乳デンプンはアワと同様に (阪本 1982)、モチ性由来系統が東アジア (47%以上) に局在して分布している (表 20)。モンゴルおよび南アジア以西はほとんどの在来系統はウルチ性を示している。また、日本北海道を中心に韓国、中国など東アジアの在来系統ではモチ・ウルチ中間性が多く認められた (Kimata and Negishi 2002)。キビ以外の 6 穀物はすべて 2 倍体であるため、キビに限って中間性が多いのは複雑な倍数性 ($2n=36, 40, 49, 54, 72$ など) と関わりがあると推測される。実際に北海道の在来品種においてこの関係の一端が明らかになった (渡辺 未発表)。しかしながら、倍数性とモチ・ウルチ性の関連を実験研究する時間は退職を前になかった。

東アジアにおいて穀類の内乳デンプンのモチ性系統が偏在分布しているのは、東アジアの人々が農耕儀礼や祭事でモチ性系統を用い、祖先にも供することに関連している (Sakamoto 1983)。ウルチ性の系統は東アジアからヨーロッパまで広く分布しているが、日本ではごくまれである。西アジア、旧ソビエト連邦およびヨーロッパで 5 系統のモチ性・中間性系統が収集されているが、これらの地域では多種のモチ性系統はまったく見られず、ウルチ性系統ばかりである。したがって、キビのモチ性・中間性系統は東アジアから偶然

導入されて栽培されていたのかもしれない。

表 20. 内乳デンプンのモチ・ウルチ性、ヨード・ヨードカリ呈色反応

地域	系統数	呈色反応 系統数 (%)			
		赤茶 (モチ)	葡萄 (中間)	青 (ウルチ)	未決定
日本	132				
北海道	16	1 (6.3)	15 (93.7)		
本州	57	33 (57.9)	21 (36.8)	3 (5.3)	
四国	30	23 (76.7)	7 (23.3)		
九州	9	6 (66.7)	3 (33.3)		
南西諸島	20	13 (68.4)	6 (31.6)		1
東アジア	39				
Korea	23	11 (50.0)	5 (22.7)	6 (27.3)	1
China	10	6 (60.0)	1 (10.0)	3 (30.0)	
Mongolia	6			6 (100)	
南アジア	90			90 (100)	
西アジア	26		1 (3.8)	25 (96.2)	
旧ソビエト連邦	78				
Central Asia	12			12 (100)	
その他	66	1 (1.5)	2 (3.0)	63 (95.5)	
ヨーロッパ	43		1 (2.4)	41 (97.6)	1
アフリカ	2			2	
北アメリカ	1			1	
合計	411	94 (23.0)	62 (15.2)	252 (61.8)	3

Kimata & Negishi 2002改変

全核 DNA 増幅断片長多型 (AFLP) から見た系統

まず、キビ属 3 栽培種 (キビ *Panicum miliaceum*、サマイ *P. sumatrense*、サウイ *P. sonorum*) および雑草型の種分化について、系統樹を作成した (neighboring joint tree、PAUP*)。図 22 に示したように、キビおよびパキスタンとウズベキスタンの雑草型、サマイとサウイの間ではブート・ストラップ検定においても明瞭な種分化が認められる。

しかしながら、図 23 に示したように、キビの種内系統分化についてはブート・ストラップ検定では明瞭な差異は示されていない (UPGMA tree、PAUP*) が、系統樹 (neighbor-joining 法) には地理的傾向は示されている。75 系統は大きく 2 クラスタ I 群 (6 亜群) と II 群 (3 亜群) に分かれた。Ia 亜群は 5 系統、ドイツ、ルーマニア雑草型 (subsp. *ruderalis*)、中国および日本 (2) を含む。Ib 亜群は 7 系統、トルコ、ギリシャ、ルーマニア (2)、および日本 (3) よりなる。Ic1 亜群は 6 系統、ユーゴスラビア、旧ソビエト連邦 (ヨーロッパ 2、中央アジア 2) およびポーランドである。Ic2 亜群は 10 系統、カナダ、旧ソビエト連邦 (ヨーロッパ 2、中央アジア 1)、中国、ネパール、バングラデシュ、およびインド (3) を含む。Ic3 亜群は 8 系統、インド (3)、パキスタン (4)、および日本よりなる。Id 亜群は

7系統、パキスタン（2、2雑草型）、ウズベキスタン（2、1雑草型）である。IIa亜群はアフガニスタンの2系統のみである。IIb亜群は9系統、中国（2）、ネパール（2）、ルーマニア（2）、フランス、スペイン、ベルギーを含む。IIc亜群は11系統、中国、韓国、モンゴル（2）、トルコ、ブルガリア、ルーマニア、チェコスロバキア、ドイツ（3）より構成されている。

AFLP マーカーの分布は概して2つの地理的傾向を示している。第1はアフガニスタンとモンゴルからヨーロッパに、中国を経てネパールへと東・西の傾向である。第2はウズベキスタンとパキスタンからインドに、旧ソビエト連邦（中央アジア、ヨーロッパ）を経て東ヨーロッパへと南・西の傾向である。他方で、階層的クラスター分析(group average method、SPSS)に基づけば、51系統内で、2群が抽出されたのみであった。I群は5系統、パキスタンとウズベキスタンの3雑草型を含んでいるが、II群は他地域の46系統よりなっていた。

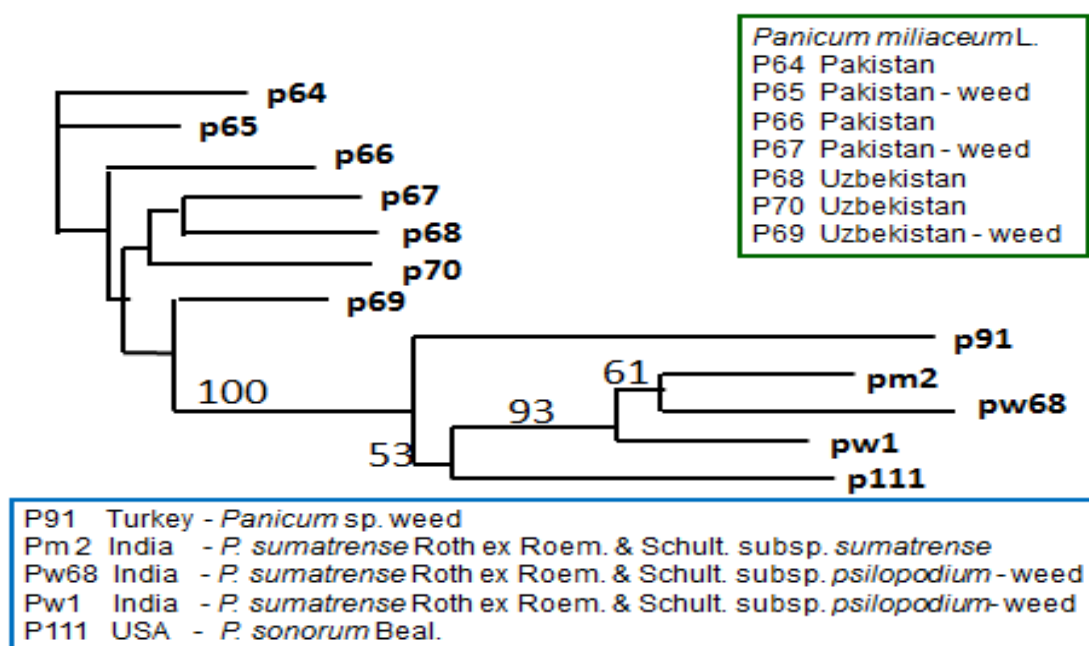


図 22. キビ属栽培種、雑草の DNA 断片長多型 AFLP 法による系統樹

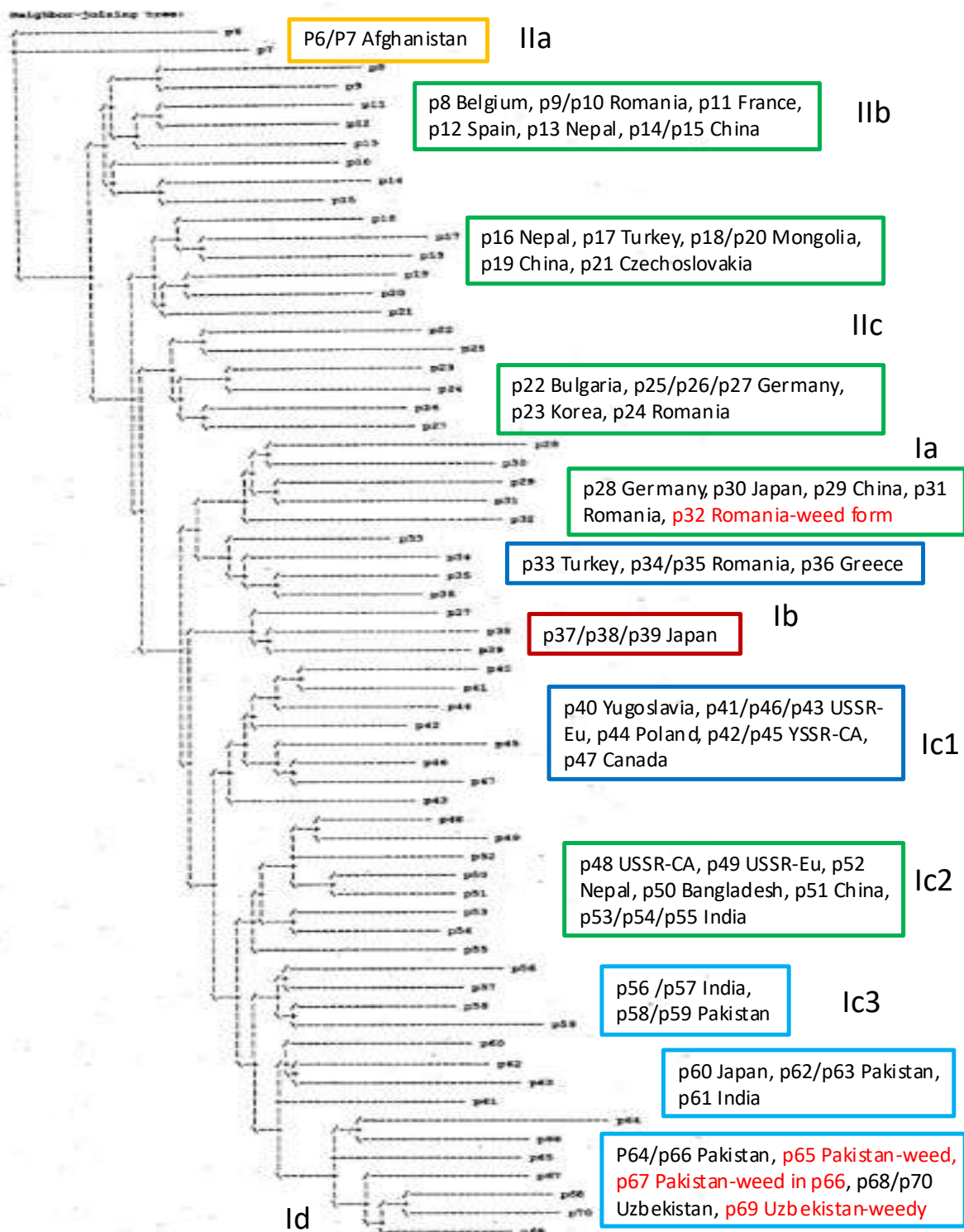


図 23. キビの DNA 断片長多型 AFLP 法による系統樹 (neighbor-joining 法)

概観して特徴的なのは次の点である。(1) ルーマニアの系統が Ia 亜群、Ib 亜群、IIb 亜群および IIc 亜群にと、広範囲に出現している。(2) 中国の系統は Ia 亜群と IIb 亜群でヨーロッパの系統と、Ic2 亜群と IIb 亜群でネパールの系統と共に出現している。(3) 日本

の系統 Ia 亜群と Ib 亜群でドイツと東欧の系統と共に出現している。(4) ルーマニア雑草型が Ia 亜群に現れているが、パキスタンとウズベキスタンの雑草型は Id 亜群に出現している。

生化学的形質のまとめ

内外類のフェノール呈色反応では、キビの着色性の系統は日本の主要島を含むおおかたの地域で広範に認められ、このような広い地理的変異はコムギやオオムギでも観察されている (Kondo and Kasahara 1940)。しかしながら、イネとアワでは 2 表現型が明瞭に見られており、着色性の系統は南中国や南アジアに著しく多く、日本や韓国ではまれであった (Iizuka *et al.* 1977、Kawase and Sakamoto 1982、Lee and Sakamoto 1984、河瀬 1986、Seetharam 私信)。したがって、キビはこれらとは異なった地理的分布を示しており、アワと比べても反応性の系統が東アジアやヨーロッパに向かって分布し、中央アジアから北方に向かって広がっているため、モンゴルや北中国を経て、日本北海道に向かう連続的な伝播経路が示唆されている。

キビの種子内乳デンプンはアワと同様に (阪本 1982)、モチ性由来系統が東アジアに局在して分布し、モンゴルおよび南アジア以西はほとんどの在来系統はウルチ性であった。日本北海道を中心に韓国、中国など東アジアの在来系統ではモチ・ウルチ中間性が多く認められた (Kimata and Negishi 2002)。キビに限って中間性が多いのは複雑な倍数性に関わりがあると推測される。

微量の脂肪酸であるアラキジン酸、エイコセン酸およびベヘン酸の有無によって、供試品種は 4 タイプ (AB・AE・ABE・0 型) に分類でき、これらの地理的分布には明瞭な偏りが認められ、AB 型はヨーロッパから中央アジアに、AE 型 (雑草型を含む) はユーラシア全域に分布、ABE と 0 型は極東に多い。したがって、キビの中央アジア起源と東西両方向への伝播を示唆している。

エステルゼ・アイソザイムについては、日本の本州以南、韓国、中国、モンゴルおよびネパールにおいて、かなり高い変異の共通性が見られ、一方、パキスタン、インドおよび中央アジア周辺での変異の多様性が明瞭である。

全核 DNA 増幅断片長多型 AFLP マーカーの分布は概して 2 つの地理的傾向、アフガニスタンとモンゴルからヨーロッパに、中国を経てネパールへと東・西の傾向、およびウズベキスタンとパキスタンからインドに、旧ソビエト連邦を経て東ヨーロッパへと南・西の傾向である。この傾向は、ルーマニアの系統が広範囲に出現している、中国の系統はヨーロッパの系統およびネパールの系統と共に出現している。日本の系統はドイツと東欧の系統と共に出現している。ルーマニア雑草型とパキスタンおよびウズベキスタンの雑草型は離れた位置に出現している。このような生化学的形質は栽培者の人為選択に関与しにくいので、キビの植物学起原と地理的起源および伝播経路を明らかにするための有効な資料であることを示したので、後述の総合考察において参照する。

ステップ農耕におけるキビの起原地と伝播

栽培植物の起原地の特性については、ヴァビロフ (1926)、中尾 (1967) や阪本 (2000) によって大方が整理されてきた。ヴァビロフは、中央アジアは遊牧が主要な生業であるので、農耕に関しては否定的であり、大方の栽培植物が西アジアあるいは中国から伝播したとして、中央アジア起源の作物はないと結論付けようとしていた。しかしながら、これま

で中央アジアのステップ地帯の研究は少ないので、不明なこともあり、考古遺跡の発掘を含めて再検討を求めたい。キビやアワの研究資料からはこれらの起源地がステップ地帯の縁、天山山脈南麓周辺にある可能性は高く、ステップ地帯をオアシスを頼りに、広く東西に伝播したと考えることはできる。

地理的起源地はアフガニスタンとパキスタンの北部山岳地帯を含み、アラル海から南西天山山脈までの中央アジアである。この地から東方向に中国へ、西方向にヨーロッパへ、南方向にインド亜大陸へ(de Wet 1995)、北方向にシベリアへ、新石器時代以降に遊牧民によって拡散、伝播された。さらに、13世紀にヨーロッパを侵略したモンゴル軍はキビを兵糧としていた(Carpine 1246)。形態的形質および AFLP マーカー (図 22 および図 23) による系統群中に、少数の中国系統がヨーロッパ系統に混ざっていることは、モンゴル民族によるキビの伝播を示唆している。

加えるに、日本北海道に居住するアイヌ民族の栽培してきた伝統的系統は、穂型や開花までの日数において、北中国やモンゴルの系統と類似しており、他方で、日本本州以南の系統は、穂型、柱頭色、穎のフェノール呈色反応性において、韓国やネパールの系統と類似している(Kimata et al. 1986、Kimata and Negishi 2002)。日本北海道の系統 PC57-2 は中央アジア、インドおよび日本の花粉親テスターとの間に稔性のある雑種を作ることから、日本北海道に北中国からの北方伝播経路が示唆される。

キビの祖先種はイヌキビ *P. miliaceum* subsp. *runderale* の野生型であったようだ。初期の栽培化過程は中央アジア周辺で始まり、中国への連続的な伝播過程が進んだ。さらに、栽培型は中央アジアから南アジアへ、直接的にヨーロッパへ、間接的に西アジアを経て南東ヨーロッパへと拡散、伝播した (図 24)。

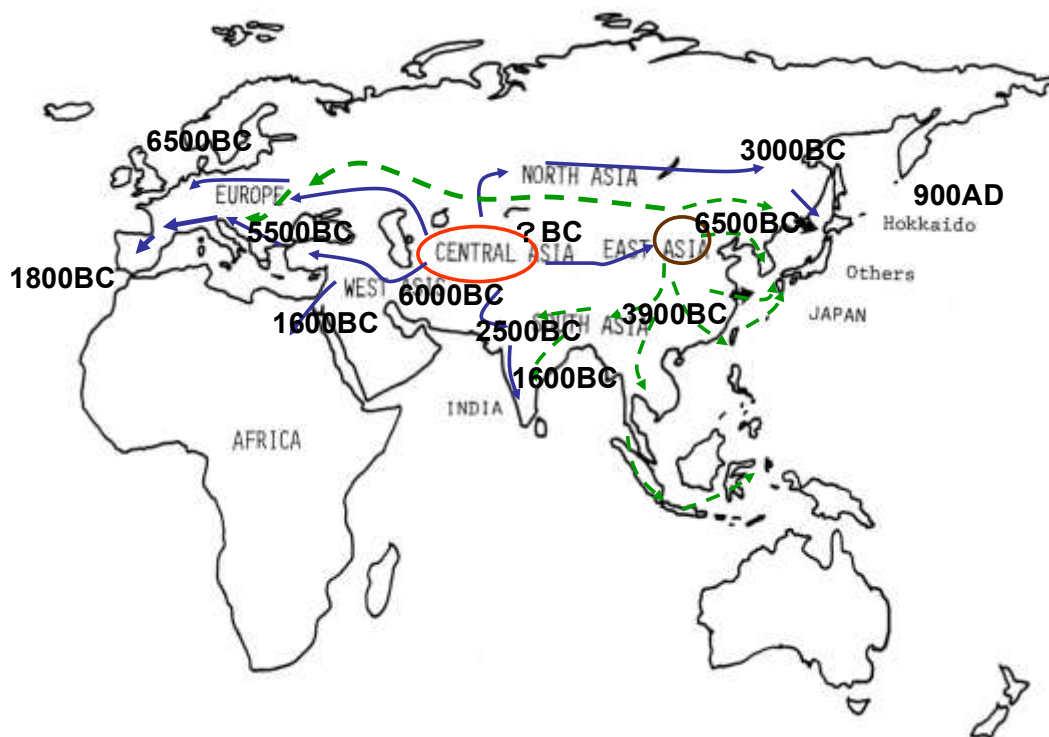


図 24. キビのユーラシアにおける伝播経路

I, 地理的起源地、II, 二次伝播センター。実線は中央アジアからの古伝播経路、破線は中国からの 13 世紀における伝播経路。

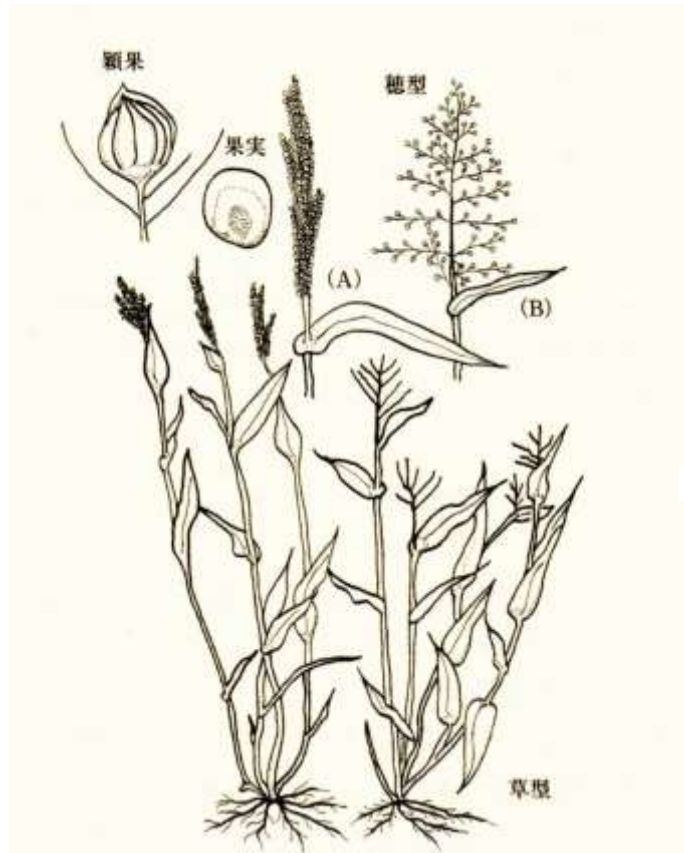
キビの最近のゲノム研究

キビは世界で最も古い栽培穀物の一つである。北中国において少なくとも 10000 cal bp に栽培されていたことを示す最近の証拠いくつかある。さらに、キビに関する一連の考古植物学的記録は、東ヨーロッパで、少なくとも 7000 cal bp 存在していた。Hunt ら (2011) は、これら 2 つの初期記録のセンターにおいて独立しての栽培化、あるいはおおよそ 2000 年紀までどんな作物も移動したことの無い、この 2 センターの大陸を越えた移動のどちらかを示しているようだと言っている。彼女らは、ユーラシアを越えて 98 系統の、16 ミクロサテライト遺伝子座を用いて、遺伝的な多様性を分析した。歴史的に重要な作物の旧世界における系統地理学的な構造を探索するためであった。主要な遺伝的分割はデータによると、北東中国にあるおおよその境界をもって、東と西に分かれた。西側の遺伝的グループに属する相当数の系統は北東中国においても同様に発見された。さらに、東西の遺伝子グループはそれぞれ 2 あるいは 4 群に分かれ、明瞭な地理的パターンを示している。遺伝的なデータは、単一ないし複数の栽培化センター仮説を両立しており、また、この仮説はキビの伝播に関して必要とする特別な詳細を加えている。まだ、矛盾が遺伝的なデータからの予報と考古植物学の記録の間に存在しており、中央アジアにおける初期農耕についての研究に対する優先性を強調している。

Chen ら (2022) は 516 系統を用いて、集団構造の解析から栽培化されたキビは中国の野生原種に起原をもつことが明らかになったとしている。代表的な 32 系統のロングリードの *de novo* ゲノムアセンブリに基づいて、グラフベースのキビパンゲノムを構築した。

ゲノム分析で栽培化の結果をのみから、起原と伝播を論考することには異議がある。栽培化過程を現地調査、圃場試験、古典的と言われようが、交雑実験も加えて複眼的な植物学の実験分析を行い、統合的に論考すべきである。現場において現物を比較観察し、統合的な方法論を適用することによって、理論仮説の確実性が担保されると考えているからである。したがって、Chen ら (2022) の研究成果があっても、ここではキビの中央アジア起原仮説を却下することはしない。中央アジアでの考古学遺跡の発掘がさらに進むことを期待したい。

第4章 インド亜大陸における雑穀栽培とその栽培化過程



コルネの野生型と栽培型

インド亜大陸で独自に栽培化された雑穀にはほとんど関心がもたれてこなかった。サマイ、コドラ、インドビエは亜大陸周辺に広がったが、他方、コルネとコラティは南部、ライシヤンはカーシーヒルのみで地域固有の穀物として栽培されており、特定地域から伝播を広げることがなかった。マナグラスはヨーロッパに向けて伝播したが、とおの昔に絶滅してしまったようである。第4章では特に、コルネとコラティに焦点を当てて記述する。

インド亜大陸の雑穀が栽培植物起原学の視点から興味深い主な理由を三つあげてみよう。一つは、インド起源の雑穀においては現在進行形で栽培化の過程を見ることができるからである。すなわち、野草から雑草、随伴雑草、擬態随伴雑草、混作または間作の二次作物、さらにより洗練された単作の三次作物へと向かう栽培植物の進化の過程である。二つは、植物と人間との共生のモデルが植物を栽培化していく過程において典型的に認められるからである。たとえば、雑草が随伴雑草、擬態随伴雑草となり、さらに二次作物となる過程に植物と人間相互間にいわば真摯な掛け合いがあるからである。三つは、同じイネ科他種ばかりでなくマメ科、キク科など他科栽培植物との混作や間作などの栽培体系とも関わって、植物相互間にも多彩な関係性が生じ、擬態や共生的な生活様式の共進化が認められるからである。言い換えれば、植物と人間の混沌とした歴史性、空間性、これらに関係づけ

る環境文化が真に面白いのがインド亜大陸の雑穀農耕に見られるのである。

ここでは人間によって攪乱されることが少ない場所に生育する植物を野草、路傍や畑地・水田など攪乱される場所に生育する植物を雑草、村落などの周辺に逸出生育する野生型と雑草型の中間的特性をもつ人里植物、農民に栽培されている栽培植物としている。また、栽培植物の畑に侵入して生育する植物をその随伴雑草、これらのうち主要な栽培植物に擬態している植物をその擬態随伴雑草として、雑穀の栽培化過程における進化生態的地位を示している。

インド亜大陸の雑穀

今から 10,000 年以上前の遺跡から出たオオムギの遺物のように、栽培化に向かって種子の大きさなどの形態が明らかに変化している種もあれば、ライシヤンのように 19 世紀に栽培化された種で脱粒性の程度で区別される、あるいは今現在も半栽培段階にあるかと思われる種、野生のままに種子を収穫されて穀物として利用されている種もある。イネにしてさえ、インドでは優れた品種が栽培されていながら、その水田脇の灌漑用水路に生える野生イネはお祭りのために収穫され、高値で販売され、神々と人間との供食に用いられている。

インド亜大陸で栽培されている雑穀を地理的起源によって次のようにグループ分けした(表 21)。**①**アジア起源のうち中央アジア起源 (I 群) はキビおよびアワである。**②**東南インド起源 (II a 群) にはサマイ、インドビエ、コドラ、ライシヤン、コルネおよびコラティが含まれる。**③**東南アジア大陸部起源 (II b 群) はハトムギである。これら栽培植物のうちコドラおよびハトムギはイネと同じく多年生植物であるが、この特性はその地理的起源を考えるに当たって重要である。**④**アフリカ起源 (III 群) はシコクビエ、モロコシおよびトウジンビエである。**⑤**西南中国起源はソバおよびダッタンソバである。**⑥**新大陸起源はアマランサスおよびキヌアである。ここではイネ科ではないが、タデ科ソバとダッタンソバ、およびヒユ科アマランサスとアカザ科キヌアは、その種子が穀物のように利用されているので雑穀に加えている。

インド亜大陸の穀物栽培を地理的に概観すると、地中海農耕文化の伝播によるコムギはパキスタンから西インドで主に栽培され、緑の革命の成果をあげている。イネの栽培は主にアッサムから東インド、さらに海岸地域を巡ってケララ州に至っている。オオムギ、ソバ、ダッタンソバ、ジャガイモの栽培はヒマラヤ山脈南麓の山間地で行われている。オオムギは今日でも、チベットで主要な食料である。雑穀類はヒマラヤ山脈南麓の丘陵地とデカン高原、東および西ガーツ山脈の半乾燥地や丘陵地で主に栽培されている。雑穀類は豆類と混作や間作されることが多い。

表 21. インド亜大陸で栽培されている雑穀類

地理的起源地と学名	和名	インド名	染色体数	生活型	植物学的起源
アフリカ					
<i>Sorghum bicolor</i>	モロコシ	jowar	2n=20 (2x)	annual	<i>S. bicolor</i> var. <i>verticilliflorum</i>
<i>Pennisetum americanum</i>	トウジンビエ	bajra	2n=14 (2x)	annual	<i>P. violaceum</i>
<i>Eleusine coracana</i>	シコクビエ	ragi	2n=36 (4x)	annual	<i>E. coracana</i> var. <i>africana</i>
アジア					
1.インド					
<i>Panicum sumatrense</i>	サマイ	samai	2n=36 (4x)	annual	<i>P. sumatrense</i> ssp. <i>psilopodium</i>
<i>Paspalum scrobiculatum</i>	コドラ	kodo	2n=40 (4x)	perennial	wild
<i>Echinochloa flumentacea</i>	インドビエ	jangora	2n=54 (6x)	annual	<i>E. colona</i>
<i>Brachiaria ramosa</i>	コルネ	korne		annual	wild
<i>Setaria pumila</i>	コラティ(キンエノコロ)	kolati	2n=18,36,72	annual	wild
<i>Digitaria crusiata</i>	ライシャン	raishan		annual	wild
2.東南アジア					
<i>Coix lacryma-jobi</i> var. <i>ma-yuen</i>	ハトムギ		2n=20 (2x)	perennial	<i>C. lacryma-jobi</i> var. <i>lacryma-jobi</i>
3.中央アジア					
<i>Setaria italica</i>	アワ	thenai	2n=18 (2x)	annual	<i>S. italica</i> ssp. <i>viridis</i>
<i>Panicum miliaceum</i>	キビ	cheena	2n=36 (4x)	annual	<i>P. miliaceum</i> ssp. <i>ruderales</i>
4.南西中国					
<i>Fagopyrum esculentum</i>	ソバ		2n=16 (2x)	annual	<i>Fagopyrum esculentum</i> ssp. <i>ancestralis</i>
<i>Fagopyrum tartaricum</i>	ダツタンソバ		2n=16 (2x)	annual	<i>Fagopyrum tartaricum</i> ssp. <i>potanini</i>
アメリカ					
<i>Amaranthus hypocondriacus</i>	センニンコク		2n=32, 34 (2x)	annual	<i>A. cruentus</i> (<i>A. hybridus</i>)
<i>Amaranthus caudatus</i>	ヒモゲイトウ		2n=32, 34 (2x)	annual	<i>A. cruentus</i> (<i>A. hybridus</i>)
<i>Chenopodium quinoa</i>	キヌア		2n=36 (4x)	annual	<i>C. quinoa</i> ssp. <i>milleaenum</i>

和名もインド名も代表的な語のみ示した。地方名の詳細は7.10節に示した。

中央アジアから伝播した雑穀 (I 群)

キビ (*Panicum miliaceum* L.) は第3章で述べたように、最も古い栽培植物の1つで、少なくとも8,000年前には中国で、8,500年前には北ヨーロッパで栽培されていたとされる。ユーラシア大陸全域において各地の新石器時代の文明を支えた重要な食料であった。キビはインド・パキスタン・ネパールおよびアフガニスタンの山地帯でも主要な作物の一つとして栽培が行われている。Lysov (1975) はキビを次の5栽培品種群、すなわち *Miliaceum*、*Patentissimum*、*Contractum*、*Compactum* および *Ovatum* 品種群に分類している。これらのうちインドで主に栽培されているのは *Patentissimum* 品種群としているが、この品種群はまばらな穂で種子が熟した際には若干たれる。インド亜大陸を俯瞰するとキビの変異は大きく、穂型はもとより草姿も非分けつ型から多分けつ型まで幅広く存在する。主な栽培地はガンジス河の下流域でイネの収穫後に播種されている。また、ヒマチャル・プラデシュとウッタル・プラデシュ州の2,500m以上の山地で栽培が維持されている。今日でもインド亜大陸を初めとして中国、日本、中央アジアおよびウクライナなど各地で

栽培されている。(図 22. e)

アワ(*Setaria italica* (L.) P.Beauv.)はユーラシア全域で広く栽培されている一年生穀物で、祖先種はエノコログサ(*S. italica* ssp. *viridis* (L.) Thell.)である(図 22. d, f)。エノコログサ属植物は雑草化し、*S. sphacelata* (Schumach.) Stapf et C.E.Hubb. や *S. palmifolia*(Koen.) Stapf などいくつかの種が新旧大陸で野生穀物として利用されている。しかしながら、アワ以外で栽培化の過程にあるのは後述するように南インドでのコラリ(*S. pumila*)のみである。アワは中国では約 5,000 年来栽培されており、仰韶時代にはキビと同様に重要な穀物であった。ヨーロッパでも新石器時代、約 3,600 年前には栽培されていた。しかし、インドの新石器時代の遺跡からは今のところ見つかっていない。アワは次の 2 品種群に分類されている (Decaprelevich and Kasparian 1928)。Moharia 品種群は多数の稈と小さくて円筒型の穂をもち、主にヨーロッパや西アジアに分布する。Maxima 品種群は 1 ないし少ない稈と長くて垂れ下がる穂をもち、ロシアから日本に分布する。後に Prasada Rao ら(1987)がインドから東南アジアで栽培されている Indica 品種群を追加したが、これには分類学的な根拠はなく、農耕に関わる地理的分布を参照したにすぎない。栽培化の地理的起源についてはキビと同様に諸説があるが、Sakamoto(1987)は、アワは中央アジアからインド亜大陸北西部で紀元前 5000 年以前に栽培化され、ユーラシア大陸の東西に牧民の手で漸次伝播して地方品種群を分化させていったとした。その根拠は、アフガニスタンやパキスタン北西部のアワの品種は祖先種エノコログサに類似して、小さな穂を多数つけ、分けつ性が高い、交雑花粉稔性から見て品種分化があまり進んでいないなどである(阪本 1988)。最近の栽培面積は中国で約 400 万ヘクタール、南インドで 100 万ヘクタール弱である。インドではモロコシと間作され、牧草としても高い価値があり、アンドラ・プラデシュ州を中心に高収性品種を導入して生産量を増加させている。

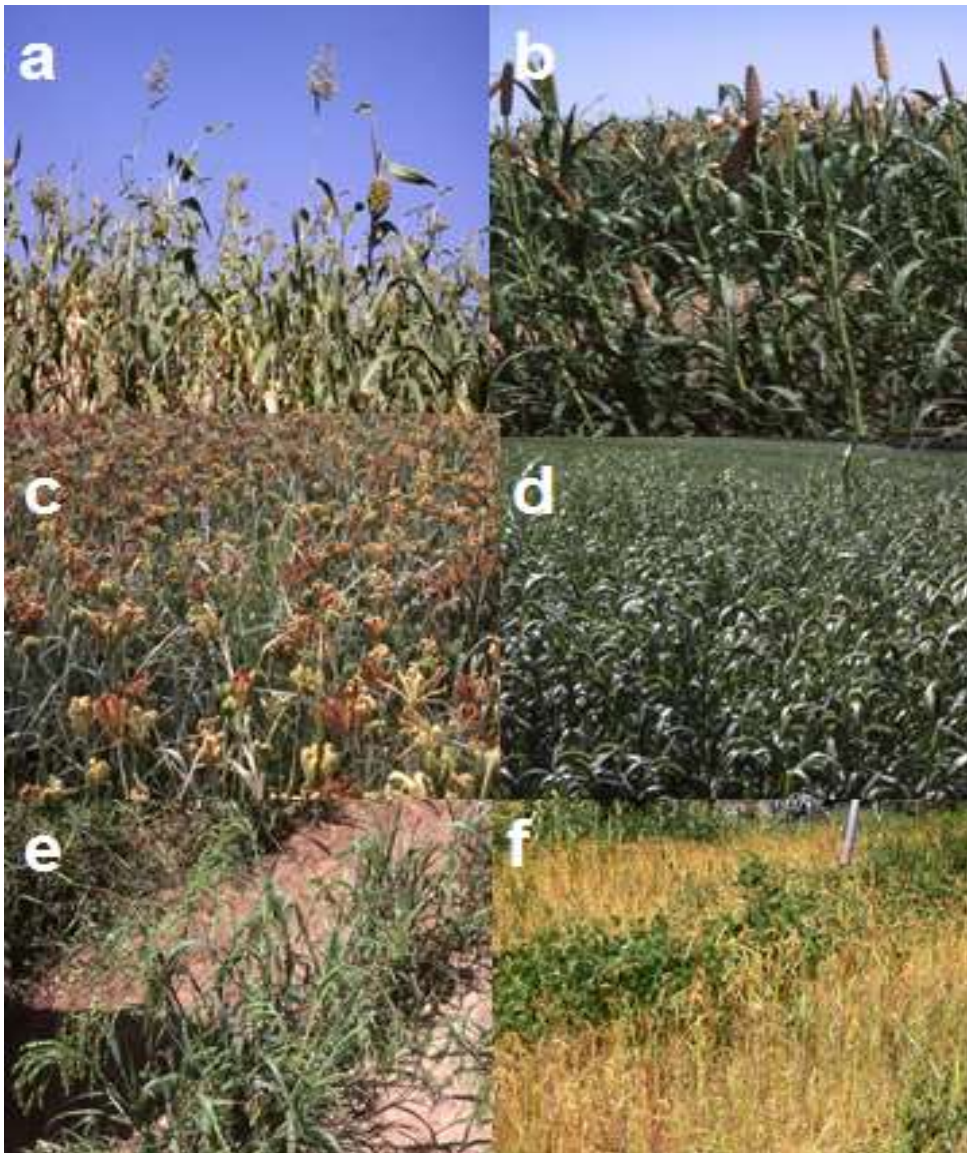


図 22. インドに伝播した雑穀類 a; モロコシ、b; トウジンビエ、c; シコクビエ、d; アワ、e; キビ、f; アワに間作されたダイズ。

インド亜大陸およびその周辺で起源した雑穀 (II 群)

サマイ (*Panicum sumatrense* Roth.) はインド周辺のミャンマー、ネパール、スリランカでも栽培されているが、インドの東ガーツ山脈の村では重要な一年生穀物となっている。祖先種は雑草 *P. sumatrense* ssp. *psilopodium* (Trin.) de Wet で畑に積極的に侵入する。この雑草から由来した Nana 品種群は成熟時に種子散布能力をなくしている。サマイはモロコシとトウジンビエの間作穀物として、あるいはマハラシュトラ州ではイネの天水田の畦に栽培されることもある。Robusta 品種群は良好な土壌の畑では単作栽培される。民族植物学的フィールド調査では雑穀や関連する道具の呼称・地方名など言語学的な聞き取り調査も重要である。たとえば、サマイは興味深い事例を示している。サマイの雑草型を *akki marri hullu* (米の小さな草の意) や *yerri arasamulu* (脱粒性のサマイの意) などと呼ぶことから、農夫がサマイの擬態随伴雑草の特性をよく理解し、雑草をコントロールしていることを明瞭にでき (小林 1990)、後述するように作物=雑草複合の内実、栽培化過程、伝播ルートなどを推定することが可能となる。

インドビエ (*Echinochloa frumentacea* Link) はインド周辺でのみ栽培されている一年生草本である。考古学的な発掘はインドではまだないので、栽培化は比較的新しい時代になされたのかもしれない。次の 4 品種群に分類されている (de Wet et al., 1983)。Stronifera 品種群は祖先種の *E. colona* Link に似ており、Robusta 品種群は大きな花序を有しており、インド中で広く栽培されている。Stronifera 品種群と Robusta 品種群が交雑して Intermedia 品種群を生じた。Laxa 品種群はシッキムで栽培されており、長くて細い穂を有している。バート(めし)やガンジー(かゆ)などに調理されるが、飼料としても重要である。雑穀は種子を人間が、茎葉を家畜が食することで今日も重要性がある。同属の栽培種に日本で栽培されているヒエ *E. esculenta* (A. Braun) H. Scholz (syn. *E. utilis* Ohwi et Yabuno) がある。日本の東北地方ではかつてヒエの茎葉を馬に与え、種子を人間が食料としていた。また、パーボイル加工を施したり、病人の滋養食としてかゆに調理している点も両種に共通していて興味が広がる。

コドラ *Paspalum scrobiculatum* L. は多年生草本 ($2n = 40$, 4 倍体) である。コドラはインドのみで一年生穀物として栽培されているが、イネやハトムギと同様に、本来は多年生草本である。この雑草型は旧大陸の熱帯・亜熱帯の湿地に広く侵入している。栽培化されたのは少なくとも 3,000 年前で、ラジャスタン州とマハラシュトラ州の遺跡から出土している。栽培型と雑草型は種子脱粒性において明らかな差は認められるが、相互に交雑しているので両者の分化はあまり明瞭ではない。コドラの小穂は一般には 2 列であるが 4 列の系統もある。この特性は収量増加に関わるので農夫は丹念に人為選抜しているが、雑草との自然交雑故に固定することができないでいる。

ライシャン *Digitaria cruciata* (Nees) A. Camus はアッサムのカーシーヒルに居住する山地民によってトウモロコシや野菜畑の二次作物として栽培化された一年生草本である。バートなどに調理されるが、飼料としての価値も高い。栽培化されたのはごく新しく 19 世紀とされている (Singh and Alora, 1972)。調査当時はカーシーヒルへの入域ができなかったので、直接観察はしていないが、タミル・ナドゥ農科大学や王立キュー植物園 (イギリス) で腊葉標本を観察した。同属のマナグラス *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. はローマ時代に南ヨーロッパで多く栽培されていたとされ、少なくとも 19 世紀までは南東ヨーロッパで栽培されていた (図 7.7)。今日ではカシミールとロシアのコーカサス地方で栽培されている可能性があるが、残念ながらカシミール各地でお目にかかることができなかった。西アフリカでは同属のフォニオ *D. exilis* (Kippist) Stapf. とブラックフォニオ *D. iburua* Stapf. が栽培されている。

コルネ (*Brachiaria ramosa* (L.) Stapf.) は一年生草本で、インドの東ガーツ山脈に居住する山地民によって栽培されている (図 23)。近年までカルナタカ州とアンドラ=プラデシュ州の境界の乾燥地域で約 8000 エーカー栽培されていた。1996 年の調査でもこの地域で栽培され続けており、バートやロティ (非発酵パン) など 9 種類の調理の材料として用いられている。コルネは、本来、南アジアに広く分布し、林床、プランテーションの果樹林床や路傍などの生育地から、陸稲、次いでシコクビエ、サマイなどの畑に雑草として侵入し、飼料として利用されるようになり、乾燥に強いので保険作物の地位を獲得し、さらに二次作物として単作される栽培植物になった。栽培型は擬態随伴雑草型よりも穂が密で大きく、種子脱粒性が弱い。耐旱性に著しく優れ、雨が 2 回降れば収穫に至ると言われている。南インドでは単作されることが多いが、栽培も至って簡単で、極端に言えば播いて収穫するのみである。西アフリカのサバンナ地帯ではほぼ栽培化段階に至っている同属の一年

生種がアニマルフォニオ *B. deflexa* (Schumach) C. E. Hubbard である。

野外調査は、カルナタカ州、アンドラ・プラデシュ州およびタミル・ナドゥ州（1985、1996、1997）、マハラシュトラ州およびオリッサ州（1987）、マッディヤ・プラデシュ州およびビハール州（1989）、さらに、ヒマチャル・プラデシュ州およびウッタル・プラデシュ州（1996）において実施した。コルネはカルナタカ州とアンドラ・プラデシュ州の境界地域周辺だけで栽培されていた。コラティの栽培はカルナタカ州とアンドラ・プラデシュ州およびタミル・ナドゥ州の境界、オリッサ州の丘陵地に限られていた。しかしながら、古くから普及していたアワは多くの場所で栽培が続いてきた。同時に、農耕法、穀粒加工法、調理法、および植物地方名に関する情報を地域の農民から聴取した。特に 1996 年と 1997 年には、コルネとコラティで作る食物の詳細な調理法を農民の自宅で詳細に観察させてもらった。場所は、カルナタカ州 Tumkur 地区、Madhugiri taluk の Annerahalli 村、およびアンドラ・プラデシュ州 Chittoor 地区の Palmaner 近郊の Jalaripalli 村であった。

コラティ(キンエノコロ *S. pumila* (Poir.) Roem. et Schult.)は南インドで時折栽培されている一年生草本である。キンエノコロは日本でもごくありふれた雑草であるが、インドでは開けた林床、路傍や畑地に生育している。私たちの調査によれば、東南インドのキンエノコロは生態的に3分類できる。第1は、短い穂をもち、著しい種子脱粒性を示し、陸稲などの畑地に侵入している雑草型である。第2は、コドラかサマイに擬態随伴している雑草型である。第3は、サマイと混作されている栽培型である。さらに詳細に異種間の擬態状況を見ると、興味深いことにコラリは現在も二元的な進化の方向を取っているように見える。一つは、オリッサ州において主にイネ（陸稲）、シコクビエ、コドミレットなどの畑に侵入し、擬態随伴雑草となった第2の雑草型であり、飼料としてのほかにほぼ保険作物の段階に達して食料としても利用されている。もう一つは、サマイの畑に侵入して擬態随伴雑草となり、さらにカルナタカとタミール・ナドゥの州境地域においてサマイと混作され、ほぼ栽培化の完成段階に達している栽培型である。これはサマイと混合してパートなど6種類の調理にされている。雑草型と比較すると、驚くほど穂が数倍も長く10cm以上、種子脱粒性が低下しており、早晚生、穎の色などで品種分化も生じている。とりわけ、サマイと種子の形状と色が類似しているコラリの種子は穎の滑らかさとつやによってのみ区別できる点は興味深い。

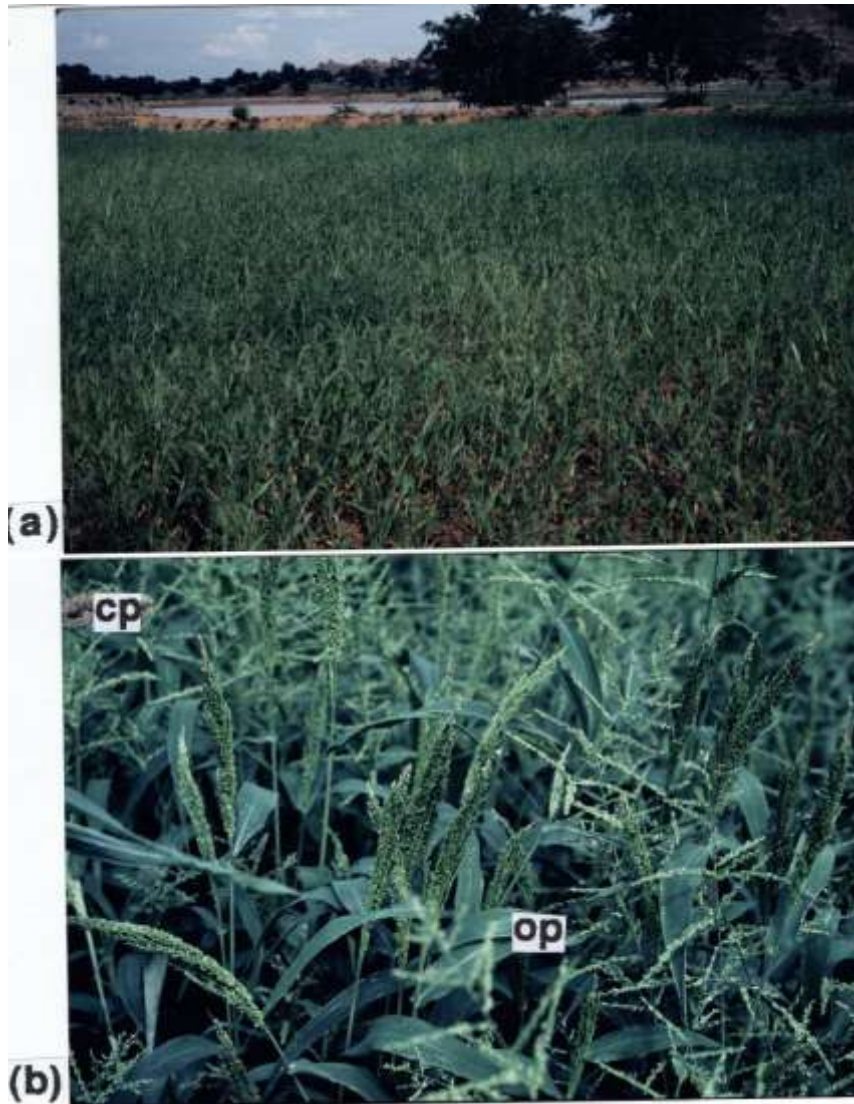


図 23. コルネの畑

(a) カルナタカ州の Tumkur 地区のコルネの畑；(b)栽培型 cp 密穂、擬態随伴雑草型 op 疎穂。

三次作物コラティ

コラティは南インドで時折、サマイと混作されている一年生草本である(図 23)。祖先種のキンエノコロは日本でもごくありふれた雑草であるが、インドでは開けた林床、路傍や畑地に生育している。この章では原則として *S. pumila* は雑草型をキンエノコロとし、この栽培型だけを栽培者の呼称に従ってコラティ korati と記すことにする。

カルナタカ州、タミル・ナドゥ州およびアンドラ・プラデシュ州の州境地域における乾燥丘陵地の調査で、キンエノコロの 3 型が区別できた。一つは、主にサマイとともに生育が見られる栽培型コラティで、若干の脱粒性があり、草丈は高く、分けつ数が多い。この栽培型は、長い穂 (11 cm)、高密度の小穂 (34 粒/cm)、多数の分けつ数 (43)、広い止葉 (長さ 31 cm、幅 1 cm) をもっている。開花までの日数 (73 日) は長く、随伴する作物 (この場合はコドラ) の開花までの日数に適応している。二つは、サマイとコドラに随伴する

雑草型であり、むしろ長い穂（10 cm）と高い脱粒性のある球形の種子をもっている。三つは、短い穂（6 cm）をもった雑草型で、成熟時に著しく脱粒する小さな種子をもっている。オリッサ州では、栽培型コラティはサマイの、むしろ湿った畑にしばしば生育している。この栽培型は赤い穂と薄黄の穂の2種類に区別できる。草丈の高い随伴雑草型は通常は陸稲やシコクビエ、サマイ、およびコドラの畑に生育していた。南インドの栽培型と比較して、オリッサ州の栽培型は太く長い茎、広い葉、長い穂、短い剛毛をもっていた (Kawase 1987; Kobayashi 1987, 1989)。

キンエノコロ *Setaria pumila* (Poir.) Roem. et Schult. (syn. *S. glauca*) は一年生雑草で、世界各地に広範囲に分布する汎存種の雑草であり、倍数性 ($2n=18, 36, 72$) をともない複雑な種である。草丈 30~60cm ある。花序は円筒形で密に花がつき、穂様の総状花序、2.5~10cm、通常は黄色、稀に紫か薄い緑である。かなり普通にあるイネ科草本で標高 700m まで、特に農耕地、路傍、開墾した森に生えている。小穂(約 3mm)は薄い緑か茶緑である。牛がキンエノコロを見つけると言われている (Achariyar 1921, Singh 1988)。

第2章で記したハトムギ (*Coix lacryma-jobi* L. var. *ma-yuen* (Roman.) Stapf.) (IIc 群) は主にアッサムおよび周辺の諸州で栽培されている多年生草本である。今日ではヒマチャル・プラデシュ州でも試作が行われている。雑草型の祖先種ジュズダマ (*C. lacryma-jobi* var. *lacryma-jobi*) は日本を含めて、東アジア各地に生育している。雑草型の種子は堅い苞鞘に包まれており、ロザリオや数珠に用いられている。栽培化された年代は不明である。東インドではジュズダマが水稻の擬態随伴雑草となっている事例もある。

余談であるが、インド亜大陸の雑穀の栽培化に関する基礎研究は小林央往の担当であった。彼とは3回のインド調査を共にした。その後、小林はアフリカ調査でマラリアに罹患、急逝したので、私が遺志を継いだ。

アフリカ大陸から伝播した雑穀 (III 群)

シコクビエ (*Eleusine coracana* Gaertn.) はアフリカの東から南部の高地やサバンナ地帯で栽培されている一年生の穀物で、祖先種は *E. coracana* ssp. *africana* (Kennedy-0' Byrne) Hilu & de Wet である。シコクビエは中央スーダンでは 5000 年前に栽培されていた可能性がある。その後、紀元前 1,000 年紀にはインドに到達した。アフリカでは約 100 万ヘクタール、インドでは北から南部諸州にかけて約 300 万ヘクタールで栽培されている。ssp. *africana* はインドに広く伝播せず、カルナタカ州の農科大学農場内のシコクビエ圃場周辺にまれに生育しているのみである。ここではインドとアフリカの品種を交雑してインダフ品種を育種しているので、アフリカの品種の種子に混入して最近になって帰化したものと考えられる (図 22a~c)。

シコクビエは南インドでは今日でも主要な食料となっている。花序の形態に基づいて次の5品種群に分類されている (de Wet et al. 1984)。Corocana 品種群はアフリカとインドで広く栽培され、ssp. *africana* に似ており、中央の枝梗を良く発達させている。この枝梗は5から9本形成され、細く直線的である。この品種群はインドではモロコシとトウジンビエ畑で間作されている。Vulgaris 品種群はアフリカとインドで最も普通に栽培されているが、インドでは灌漑イネ栽培に続く乾季作物として、直播のほか苗床に播種、育苗後、移植栽培されてもいる (口絵 2)。Compacta 品種群は北東インドからウガンダまでで栽培されている。インドではとりわけ曲がった枝梗に加えて下位に付く枝梗が特徴的である。Plana 品種群はインドの東西ガーツからマラウイにまで栽培されており、小穂は長く小花

が花軸に密生し、リボンのような外観となる。Elongata 品種群は枝梗が長く、東アフリカ
の他、インドの東ガーツでも栽培されている。インドではトウジンビエの栽培がシコクビ
エの栽培を圧迫してきているので、栽培面積はこの 20 年間に 200 万から 300 万ヘクタール
の間を変動し、減少傾向にある。

モロコシ (*Sorghum bicolor* ssp. *bicolor* Moench) は半乾燥熱帯の農業における主要穀
物である。インダスから農耕文化が南方へ伝播する際にインドでは熱帯の穀物が必要とな
った。紀元前 2000 年ないし 3000 年紀にはモロコシはエチオピアとの交易によってもたら
されていた。ラジャスタンやグジャラート州からの考古学的証拠がこれを裏付けている。
1990 年には世界の総計 4500 万ヘクタールで栽培され、内 1530 万ヘクタールは東南アジア
の作付けであった。

モロコシは第 2 章で触れたように、栽培型亜種のほか、ssp. *arundinaceum* (Desv.) de
Wet and Harlan および ssp. *drummondii* (Steud.) de Wet に分類されている。さらに、
ssp. *arundinaceum* は var. *arundinaceum*、var. *verticilliflorum* および var.
aethiopicum の 3 変種に分けられている (de Wet, 1978)。モロコシの栽培型品種群は近縁
種との複雑なかかわり合いによって成立している。直接の祖先種は var.
verticilliflorum (2n=20) と考えられ、栽培型とこの変種は近縁野生種 *S. propinquum*
(Kunth) Hitchc. (2n=20) とともに自然交雑し、*S. halepense* (L.) Pers. (2n=40) とは染色体数
の倍化を伴って浸透性交雑の影響を受けており、著しく複雑な変異を示している (Dogget,
1988)。ssp. *drummondii* は栽培型と野生種が同所的に生育している地域で雑種起源の雑草
となっている。品種群の分化過程は次のように考えられる。ssp. *arundinaceum* はアフリ
カで 6000 から 5000 年前に栽培化の過程に入り、分裂選択によってモロコシの 5 栽培品種
群および雑種を生み出した。アフリカの野生型亜種と *S. halepense* 間の自然交雑、栽培型
と ssp. *arundinaceum* 間の交雑が各地で生じている。Guinea と Durra 品種群は東方へと伝
播し、4000 年ほど前にはインドへ、2000 年ほど前には中国に伝播してアンバー・ケーンと
コーリヤンとなっている。*S. bicolor* と *S. halepense* の交雑で雑草性の著しいジョンソ
ングラス、さらにアルゼンチンにおいて飼料用とされるコロンバス・グラス (*S. alnum*
Parodi, 2n=40) がこの雑草と栽培品種の自然交雑によって生じている。19 世紀以降にアメ
リカ合衆国へ導入されたアフリカの Durra、Kaffir および Bicolor 品種群は矮性品種を生
じている。栽培品種群の特徴について少し整理してみよう。穎に包まれた耐鳥害性の小粒
種子を持つ Bicolor 品種群は最初に、良好に加工できる中粒種子をもつ Guinea 品種群は次
に発達した。エチオピアで発達し、耐旱性が強く大粒種子をもつ Durra 品種群はインドや
東アジアまで伝播している。Caudatum 品種群は大変ユニークな特性を亀甲状種子の形態や
色・味に持っている。Kaffir 品種群は南アフリカでバンツ族と関わりをもって栽培され
ている (Harlan and de Wet, 1972)。Durra および Bicolor 品種群は擬態随伴雑草をもつ
ている。今日のインドでは全インド=モロコシ改良計画が中心となって品種改良や普及を行っ
ている。同じくハイデラバードにある ICRISAT (国際半乾燥熱帯作物研究所) もモロコシや
トウジンビエの品種改良に熱心に取り組んでいる。

トウジンビエ (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) はアフリカ起源の一年生草本で、暑熱と
乾燥に強く、アフリカでは 1600 万ヘクタールで栽培されている。インド亜大陸ではパンジ
ャブからタミル・ナドゥ州にかけて約 1100 万ヘクタールで栽培されており、とりわけラジ
ヤスタン州では主要な食料となっている。トウジンビエの近縁野生種は乾燥した東から西
アフリカに広く分布している。Brunken (1977) は二倍体の栽培品種、雑草および野生種は

頻繁に交雑していることを示し、これらを単一の種 *P. americanum* (L.) Leeke とし、さらに3亜種に分類し、栽培型 *ssp. americanum*、雑草性の *ssp. stenostachyum* (Klotzsch ex A.Br. & Bouche') Brunken および野生型 *ssp. monodii* (Maire) Brunken とした。その後、Clayton and Renvoize(1982) はトウジンビエの分類学的に適切な名称を *P. glaucum* とし、近縁雑草を *P. sieberianum* (Schlecht.) Stapf et Hubb.、近縁野生種を *P. violaceum* Maire として整理した。これら3種の違いは生育場所の選択と種子散布の機構にある。*P. violaceum* は祖先種であり、上記分類の *ssp. monodii* に相当する。また、*P. sieberianum* は *ssp. stenostachyum* に相当し、アフリカではトウジンビエ畑の擬態随伴雑草として花序の大きさや形態、栄養体の形態および開花期を類似させている。西アフリカでは雑草性の「半=栽培品種」の雑種集団をシブラス (shibras) と呼んでおり、農夫にとっては普通に見られるいわば「汚染」植物である。シブラスは栽培型と雑草近縁種 *P. violaceum* との浸透性交雑によって生じており、花序の大きさや形、栄養体の形態および開花期で栽培型に類似する擬態随伴雑草といえる。しかし、これはインドでは見られない。

地理的には次の4栽培品種群が認められる。卵型の穎果をもち、もっとも祖先型に近い *Typhoides* 品種群は今日もアフリカで広く栽培されており、考古学的な証拠から4000年前にアフリカで栽培化され、品種分化が起こる以前、この品種群のみが北西インドに少なくとも3000年前に伝播した。しかし、他の3品種群はアフリカから外へは伝播していない。*Nigritarum* 品種群は *Typhoides* 品種群に類似し、50cm以下の花序をもつ。*Globosum* 品種群は長球形の穎果、100cmを越えるローソク型の花序をもつ。*Leonis* 品種群は先の尖った扁球形の穎果をもち、花序の長さや形は変異に富む。トウジンビエは旱魃に強いので、将来も乾燥地帯の農耕地で栽培が拡大、継続されることであろう。

西南中国より伝播したタデ科雑穀 (IV群)

ソバ (*Fagopyrum esculentum* Moench.) とダツタンソバ (*F. tataricum* Gaertn.) は一年生草本である。多年生草本の *F. cymosum* (Trev.) Meisn. が両種の祖先種とされていたが、近年、種子脱粒性の野生種が見つかり、ソバの祖先種は *F. esculentum ssp. ancestralis* Ohnishi、ダツタンソバの祖先種は *F. tataricum ssp. potanini* Batalin とされ、西南中国のヒマラヤ地域で5000年ほど前に栽培化されたと考えられている (Ohnishi, 1998)。カシミールに伝播したのは紀元1200年頃である。現在、インドではヒマチャール・プラデシュからアッサムにかけて主に栽培されている。これらの丘陵地帯でカリフ季に2万ヘクタール作付けされ、6000トンの年間生産量を上げている (Joshi and Paroda, 1991)。

新大陸から伝播した雑穀 (V群)

ヒユ科アマランサス (主に *Amaranthus hypochondriacus* L. と *A. caudatus* L.) は1500年頃にインドに伝播し、現在はヒマチャール・プラデシュからアッサム地域、南インドの山地帯で栽培されている。アカザ科キヌア (*Chenopodium quinoa* Willd.) はヒマラヤ地域などでまれに栽培が認められる。これらは種子ばかりでなく野菜として若い葉が利用されている (Joshi and Rana, 1991)。北インドでは伝統的な作物ではないので、栽培しても自らの食用とはせずに、換金作物としている。

インド起源の雑穀の栽培化過程

東インドにおける雑穀の栽培化過程はイネの伝播に強く関連している。栽培植物は半乾

燥地において一年生植物から選抜された。湿地においては多年生植物を一年生植物の生活環に強要して、生育期間を短縮させ、種子生産を増やす方向に、一年生化の方向に選抜した。この過程で、イネ栽培の随伴雑草から、ハトムギとコダミレットが多年生から一年生化の方向に選抜されて二次作物になった。さらにイネの随伴雑草から、乾燥に耐える一年生植物が擬態随伴雑草、二次作物サマイ、インドビエ、これらの随伴雑草から三次作物コルネ、コラティが栽培化方向に選抜された。東インドの稲作水田、天水田さらに陸稲という栽培環境に乾燥地域の畑地への適応進化による自然選択と人為選択の結果である。中南米から伝播したトウモロコシの畑に侵入した雑草からライシャン（カーシー・ミレット）が19世紀になってから栽培化された。

二次作物の形態的形質

インド亜大陸での雑穀の栽培化過程は、イネ水田に雑草として侵入する第1段階より、二次作物であるサマイ、コドラ、インドビエなどの祖先種が随伴雑草になる第2段階、陸稲畑でイネの擬態随伴雑草から二次作物になる第3段階、さらにサマイ、コドラ、シコクビエなどへの擬態随伴雑草から、コルネ、コラティが二次作物になる第4段階に至る。この過程はイネおよびこれに随伴する雑草（祖先種）がインド東北部から南部へと伝播する中で、湿潤気候から乾燥気候への適応に関わって促進されたと考えられる（Kimata *et al.* 2000）。ヒトと植物の共生系形成の事例としてとても興味深い。

コラティは南インドではサマイと混作によって栽培されているが、オリッサ州ではコドラやシコクビエと混作されている。この混作組合せによってどのような種内分化が生じているかについて、南インドとオリッサ州の野外調査を行った。収集した在来系統については、それぞれの畑での種構成（組合せ）ごとに後述するように、初期生育などの形態的・生態的形質および植物体色などの生理的形質の比較試験や実験を行った。実験材料として用いる際には、栽培植物の他雑草なども含むので、用語として品種ではなく系統を用いる。

イギリス王立キュー植物園標本庫における種同定

コルネ、コラティ、キビなどのタイプ標本を観察して、種の同定を確認した（2005年）。コルネの標本を観察したところ、大型の穂と広い葉で栽培型に近い標本があった。北西インド採集の標本は分けつ数が多く、密穂であり、野生の穀物利用が可能と見えた。私が用いた供試材料の同定は的確であると判断した。

コラティの変異は大きく、キンエノコロからコツブキンエノコロまで含んでいた。Borの採集標本もあり、T. [Kopeの同定標本もあった。細く少ない剛毛の密穂の標本もあった。種内変異で、サマイかコドラに擬態して三次作物になったとの起原仮説はこの観察から支持される。しかし、オリッサ州ではサマイが多く、コドラとの混作もあったが、カルナタカ州では1標本のみしかなかった。Nirgirなどの標本には穂が長く、剛毛が短いものもあり、コドラ擬態型もコルネに分類してよいだろう。ザラツキエノコロは剛毛が長く疎穂であるが、変異が大きかった。

東南インドのキンエノコロは生態的に3分類できる（表22）。第1は、短い穂をもち、著しい種子脱粒性を示し、陸稲などの畑地に侵入している雑草型である。第2は、コドラかサマイに擬態随伴している雑草型である。第3は、サマイと混作されている栽培型である。さらに詳細に異種間の擬態状況を見ると、興味深いことにコラティは現在も二元的な進化の方向を取っているように見える。一つは、オリッサ州において主にイネ（陸稲）、シコク

ビエ、コドラなどの畑に侵入し、擬態随伴雑草となった第2の雑草型であり、飼料としてのほかにほぼ保険作物の段階に達して食料としても利用されている。もう一つは、サマイの畑に侵入して擬態随伴雑草となり、さらにカルナタカ州とタミル・ナドゥの州境地域においてサマイと混作され、ほぼ栽培化の完成段階に達している栽培型である。これは後述するように、サマイと混合してめし bhat など6種類の調理に用いられている。雑草型と比較すると、穂が長く10 cm以上、種子脱粒性が低下しており、早晩生、穎の色などで品種分化も生じている。とりわけ、サマイと種子の形状と色が類似しているコラティの種子は穎の滑らかさとつやによってのみ区別できる点は興味深い。

表 22. カルナタカ州で収集したコラティの3型（各5個体）の形態的形質の比較

特性	サマイ畑の雑草型	コドラ擬態随伴雑草型	コドラと混作の栽培型
脱粒性	著しい	高い	低い
穂長cm	6.1±0.6	10.4±0.4	11.1±1.3
小穂密度（穀粒数/cm）	29.0	30.5	33.9
稈直径mm	1以下	およそ1	2
剛毛長mm	5.5密生	6.5密生	5.0疎生
穀粒長mm	2.0	2.5	3.0
草丈cm	73.8±11.3	90.6±5.1	75.8±5.3
分けつ数	40.0±10.6	20.0±3.5	43.0±9.7
止葉長cm	17.1±3.3	22.8±4.5	31.0±4.6
止葉幅cm	0.5±0.1	0.8±0	1.1±0.1
開花までの日数	51	61	73



図 24. コラティの穂型: a)と b)栽培型(Dk)コドラとの混作;c) 栽培型(Ds) サマイとの混作および d)種子脱粒性の雑草型;e)と f) コラティとサマイの混作畑:アンドラ・プラデシュ州 Chittoor 近郊の Illur 村。

サマイとコラティの混作畑の収穫種子は 4,422 粒を観察したところ、サマイの種子は 70.1%で、コラティの種子は 26.8%混合していた。加えて、シコクビエの種子は 0.4、タデ科種子は 2.5%混入していた。サマイとコラティの混作畑で収穫した種子における混合比はその年の気象条件によって変動すると考えられるが、表 23 を見る限り、コラティの混入率からみて、三次作物としての地位は十分に高いと言えよう。

表 23. サマイ単作畑とサマイ・コラティ混作畑の収穫穀粒構成の比較

種名	単作畑穀粒数%		混作畑穀粒数%	
	Kuppampalya村		Jalaripalli村	
サマイ	5249	98.6	3100	70.1
コラティ	1	少し	1187	26.8
シコクビエ	0	0	17	0.4
雑草				
Aタデ科	70	1.3	112	2.5
Bキク科	0	0	6	0.1
C未同定	1	少し	0	0
D未同定	1	少し	0	0
合計	5322		4422	

擬態随伴雑草

擬態には種間擬態と種内擬態がある。コラティにおける種間擬態はイネ、コドラおよびサマイなどに対して生じており、他作物への擬態随伴雑草型を生じている。種内擬態は雑草型と栽培型が継代的に自然交雑して、これらの中間型ともいふべき擬態随伴雑草型が生じ、自然選択を重ねて、農夫による人為選択を受けて、きわめて類似しているが、混作栽培型とは種子の非脱粒性によって判別できる。

南インドでは、コラティ栽培型がいつもサマイと混作畑で栽培されているが、一方、東インドでは多様な農業生態的地位において、もう一つのコラティ栽培型やキンエノコロ雑草型などが、主にコドラと栽培、たまにシコクビエや陸稲と混作あるいは随伴生育している。コラティのいくつかの植物的特性は栽培型が雑草型から出自していること、また、これらの特性がサマイや他の穀物と進化的に同調してきたことを示している。

この栽培化過程は乾燥気候に対して適応するように機能し、他の穀物種への形態的な擬態によって促進されてきた。さらに、アントシアニン組成に関係した葉と葉鞘の着色が他の穀物とごく近縁の雑草との間での擬態に組み込まれる。雑草型と随伴雑草型は牛への飼料として、また、飢饉の時に農民のための保険作物として用いられる。コラティの穀粒は何時も他の穀物とともに播種、混作されており、次節で述べるように、補助食材として 6 種類の伝統食品に調理され、順次、農耕文化基本複合の多様化に関与している。

アンドラ・プラデシュ州 Chittoor 近郊の Jalaripali 村で収穫され、地域の市場で販売されていたサマイとコラティの混合穀物に種子色の擬態が見られた (図 25)。サマイの種子粒はコラティの種子粒に非常によく似た薄茶色をしていた。また、容易に識別できる黒

色も含まれていた。コラティの穀粒は黒色（51.1%）と白黄色（48.9%）に2区分できた。黒色種子は混合穀粒 *tela samuru* の中でサマイと容易に区別できるが、薄茶色種子はサマイと同色であり、色のみで区別することは困難であったが、詳細に見れば、サマイ穀粒の光沢ある内外穎によって、コラティの薄茶色種子も識別することはできた。

コラティ栽培型は常にサマイとともに播種し、収穫して、消費される。農民は混合穀物をテルグ語で *tela samuru* あるいは *tella samulu* と呼ぶが、これは白いサマイを意味していた。混作によって収穫した穀粒はコラティを26.8%含んでいたが、サマイの単作で収穫した穀粒はほんの少しのキンエノコロを含んでいたに過ぎなかった。

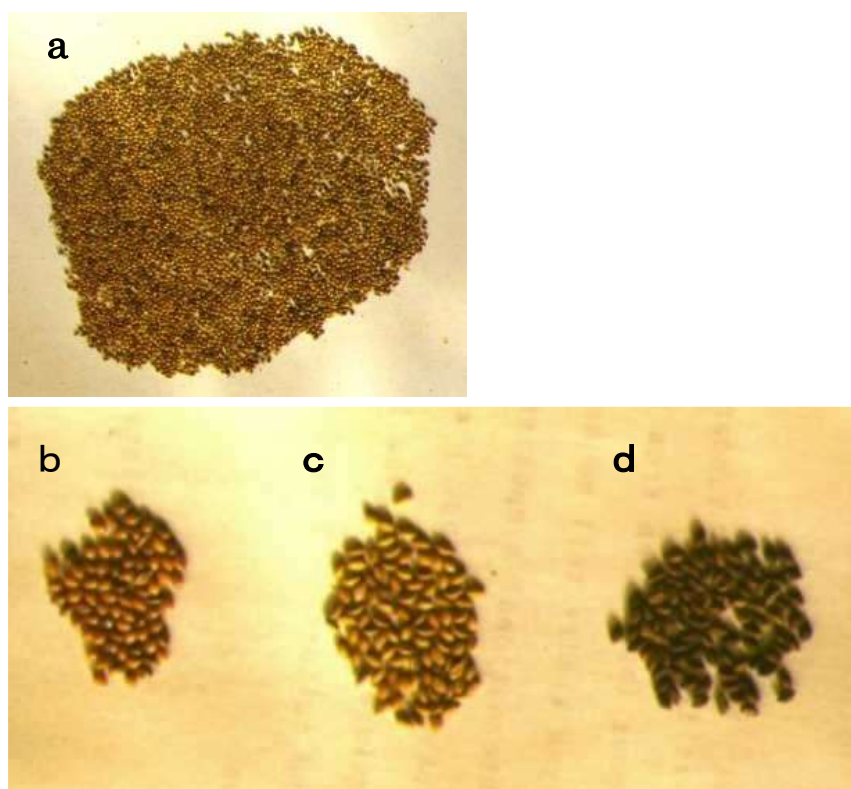


図 25. コラティのサマイへの種子擬態

a) 収穫後販売されている混合穀粒、分類した穀粒、 b) サマイの茶色種子、
c) コラティの茶色種子と d) 黒色種子。

コルネの栽培方法と加工方法

野外調査（1985）の間に唯一、コルネ栽培型の単一栽培畑がバンガロールから北へ100kmにある Malleswarapura 村で観察された。ここでは、小学校教師が約0.03haの畑でコルネを栽培していた。穀粒は、去勢牛に鋤を牽かせて耕地を整地した後、7月最終週から8月初めに散播した。農民は9月中頃に一度、手で除草するが、この時にコルネは20cmほどに育っている。収穫は10月の終わりから11月初めの朝のうちに株刈をしていた。植物体は2～3日、脱穀場で乾燥させ、牛の踏圧で脱穀した。粃摺り、精白、風選の後に、雑穀粒はめし *anna*、おねりムッデ *mudde* および非発酵パン *roti* に調理していた。コルネ栽培型は著しい種子脱粒性のある雑草型に随伴されていた。コルネはカルナタカ州とアンドラ・プラデシュ州の州境に位置する Tumkur および Ananthapur 地区の乾燥地で現在もごく限定的に栽培されている雑穀である。かつては、コルネはカルナタカ州 Tumkur 地区の Madhugiri タ

ルク taluk において約 800ha、アンドラ・プラデシュ州 Ananthapur 地区の Madakasira タルクにおいて 3,200ha の耕地で栽培されていた (Gowda 私信)。

野外調査 (1987) において、*B. ramosa* はオリッサ州のサマイ畑に生育している擬態雑草であることが観察された。農民はこの擬態雑草を *gusara pata* あるいは *gusara lota* と呼んでいた。オリッサ州のこの地では、コルネおよび別の近縁雑草 *B. eruciformis* は良いイネ科飼料である (Kobayashi 1987)。*B. ramosa* は刈り取りに耐え、良い新芽を出し、80~85 日の間に、8~10 トン/ha の緑飼料を供給する。最近では、アンドラ・プラデシュ州の Karnool と Ananthapur 両地区の天水農業地において飼料作物として普及しつつある。

野外調査 (1996) はカルナタカ州とアンドラ・プラデシュ州の Madhugiri と Hinlupur の間の厳しい乾燥丘陵において実施した。種子標本、腊葉標本および農業生態系に関する情報を 7カ所で収集した。農民によって採用されているコルネの栽培方法は、農夫が鋤を用いて 3 回、整地を 2 回して作付け畑を準備した。穀物種子は間作物なしで、8月中旬に散播した。コルネは大きくなりすぎて倒伏するので、施肥はしなかった。さらに、コルネの茎が非常に細くて弱く、個体群は著しく密生しているため、通常は除草も中耕もしなかった。10月末から11月初めの成熟時に全植物体を収穫し、小さな束にまとめて、畑でおおよそ 2 週間乾燥させた。

脱穀は脱穀場で、牛に牽かせた石製ローラーで行った。穀粒の収穫量は風選後に、約 3.5~4 トン/ha で多かった。石臼か粃摺り機で粃摺りと精白後に約 60% が可食分として残った。

コラティの栽培方法と加工方法

コラティはアンドラ・プラデシュ州の Chittor 地区およびオリッサ州の先住民居住地帯 tribal belts での調査 (1985) ではサマイとの混作物として栽培されていた。さらに、野外調査 (1997) をアンドラ・プラデシュ州の Palmaner と Venkatagirikota の間の地域で実施した。種子標本および栽培方法・加工方法についての情報は Kuppampalya 村と Jalaripalli 村で収集した (表 24)。サマイと混作されるコラティの栽培法は、2~3 回鋤で畑を耕作し、混合した種子を 7 月後半から 8 月初めに播種した。有機肥料のみを施し、通常は除草も中耕もしなかった。成熟時、11 月中頃までに収穫し、畑で 10 日ほど乾燥させた。脱穀は脱穀場で、牛の踏圧によって行った。穀粒の収穫量は少なく約 1.5 トン/ha であった。粃摺りと精白は石臼と木製杵で行った。

農民の意見では、ひどい旱魃の時には、コラティは妥当な収穫を与えるが、サマイは全く収穫できない。こうした状況は乾燥気候におけるサマイに対しての二次作物の栽培化過程を示唆している。

表 24. コルネおよびコラティの栽培方法・加工方法

栽培・加工法	作物	
	コルネ	コラティ
耕作地の準備	木製鋤で3回耕す	木製鋤で2~3回耕す
整地	木製ハローで2回	木製ハローで2回
播種期	8月中旬	7月下旬から8月初め
播種法	散播	散播
作付け体系	単作	サマイと混作
施肥	無施肥か有機肥料	有機肥料、750~1,000kg
除草	無除草か手除草1回	しない
中耕	しないか1回	しないか1回、播種後10から15日
収穫期	10月末から11月初め	10月末から11月中頃
収穫法	鎌で株刈	鎌で株刈
乾燥	3日から2週間以上	8から10日
脱穀	石製ローラー	家畜の踏み付け
粃摺り	石製臼か粃摺り機	石製臼か木製杵
精白	石製臼	石製臼か木製杵

コルネの調査地は Annerahalli village, Tumkur district in Karnataka。

コラティの調査地は Jalaripalli village, Chittoor district in Andhra Pradesh。



インド亜大陸の複雑・多様な自然的・文化的環境を反映して、各地の住民の生活文化、とりわけ食文化、たとえば主食となる穀物の調理方法もそれぞれの地域や民族ごとに顕著な特色を有している。ムンダ族は稲作に関して重要な役割を果たしたと考えられる (Aziz, 1983; Jaffrey 1987、長田 1995、山田 1969)。日々の食事において、穀物料理には多彩な香辛料に富むいわゆるカレー料理、多種の豆類で調理されるシチューとも言うべきダルがおおかた伴っている。菜食を主とするヒンドゥ教徒の多いインド亜大陸の料理に香辛料と豆類はなくてはならない食素材であり、言い尽くせないほど食味に多彩な豊かさを与えている。カレー料理は世界中に広がり、今では世界を代表する料理の一つであろう。

しかし、本書では主食となる穀物調理に焦点を当て、これら以外は副次的に述べていくことにしたい。イネ科穀類は人類にとって最も重要な食料であり、世界の中でのインド亜大陸の独自性の高い位置づけを明らかにすることが第5章の課題である。実際、前述したように、多くの雑穀がインド亜大陸で独自に起原しており、他方でアフロ・ユーラシア各地から農耕文化基本複合として、何千年も前から、相互にたびたび伝播を繰り返し、それぞれに地域で受容され、あるいはさらに独自の変容を遂げて、今日の食文化の地域的多様性を培い、世界的多様性に影響を与えてきたと考えるからである。したがって、栽培植物としての変異の多様性と重ね合わせて、加工方法および調理方法に含まれる歴史的な伝統的技術・智慧の多様性を広範囲に比較分析することにより、その栽培植物の起原と伝播について解き明かす可能性がさらに開け、とても興味深い謎解きができよう。

今や流行りの自然食やスローフードで何かと話題になっている雑穀の調理方法とはどのようなものなのだろうか。まずインドの穀物の収穫後の加工方法、調理方法について広く概観する。ここでは中尾 (1967、1972) が提示した農耕文化基本複合と料理の起源に関し

て構想された壮大な仮説に沿って再検討を進めたい。

穀物の加工方法

イネ科の種子は穎果と呼ばれ、穎に被われている形態を粃という。粃にはイネ、ヒエやオオムギ、コムギなどのように芒さえあり、このままでは痛くて口中には入れられない。もちろん、たとえ口に入っても消化できない。第四紀における乾燥や寒冷という環境ストレスに耐え、貯蔵性の良い性質があるからこそ基層文化を構成し、都市国の基盤となる食料となったのだが、栽培して収穫後、調理に至るまでの加工過程は容易ではない。刈り取り、穂の乾燥、脱穀、種子の風選、粃摺り、精白、挽き割り、製粉などの加工工程が連続する。

一番簡単な加工方法は穂のまま焼くことである。穎や芒を焦がしてしまい、種子をポップさせれば、容易に食べることができる。イネやキビの焼米はこうして作る。大麦やトウモロコシもこれと似たようなものである。

穂から粃を取りはずす作業が脱穀、粃から穎を取りはずす工程が粃摺りまたは脱稈、この作業が終わると玄穀（玄米に同じ）になる。さらに種皮を取り除く加工工程を精白という。精白の結果、種皮も胚もなくなり、ほとんど胚乳澱粉ばかりの精白粒ができあがる。日本のイネや雑穀でいえば、脱穀→粃摺り→精白の一連の加工工程を経て白米になった状態である。この精白粒をそのまま食材として調理し、料理を作り、食べることを粒食という。日本に例をとれば、粒食の代表はめし飯であり、このほかに、蒸して作るおこわ、煮て作る粒粥、あるいはヤマメすし（静岡県井川）やこはだの粟漬（東京都）などの利用も含めてよいであろう。

裸性穀粒は登熟すると穎から種子がはみ出しており、皮性穀粒に比べて容易に穎が外れる。モロコシにはこの裸性品種がある。反対に、ヒエなどのように穎が種子を固く保護している場合は容易に粃を外すことができない。そこで、脱穀後、湯が煮立った大鍋に粃を入れて15分ほど煮てから取り出し、天日で乾かし、その後、粃を外す方法をパーボイル加工という。インドではアジア起源の穀物（イネを含む）に適用されることが多く、日本ではヒエで実施している地域もある。イネ科でもハトムギは硬い包鞘の中に種子があり、包鞘をソバ殻と同じように搗き砕くしかない。玄穀が種子である。種子の中には胚と胚乳があり、これらは種皮に包まれている。この種皮などをはがす工程が精白（精米に同じ）である。ここまでの形状になると、やっと粒食材として使いやすくなる。

さらに玄穀粒をそのまま製粉すると全粒粉、精白粒を製粉すると精製粉、これらを粗く砕いたものが粗挽き粉である。穀物粉はパン、おねり、だんご、まんじゅう、粉粥、しとぎなどの粉食調理に使用する。

製粉には乾式製粉法と湿式製粉法がある。コムギなどは乾式製粉をする。アジアの雑穀やイネは湿式製粉法を適用できて、容易に精製粉ができる。たとえば、シトギは精白粒を一夜水に潤かした後、搗き砕き、天日乾燥すれば、良質な精製粉ができる。インドから日本にかけてシトギ湿式製粉法は分布しており、アワ、ヒエとイネのしとぎ食品は神事に関わることが多い。ところが、コムギ精白粒にこの湿式製粉法を適用したら、粉が粘ってパンのドウができてしまい、精製粉にはならない。このためにコムギなどは多大なエネルギーを用いて風車や水車を回して乾式製粉法を適用せねばならない。

このように穀物食材は一般に穀粒か穀粉として調理に用いられる。精白粒の調理はめし
(1)、プラオ／ビリヤーニ、挽き割り粒の調理はウプマ (2) で、他のすべては精製粉また

は全粒粉による調理である。次に具体的な加工、調理方法を述べる。

穀物種子の加工方法

穀物種子の加工方法は大きく分けて4つの処理法がある。①穎果のまま加熱する。②穎果を粃摺り、精白粒、製粉する。その後、③穀粒や穀粉を加熱する。④発芽や発酵させる。これと関連して、食材としてみると大きく分けて粒食品、粗挽き食品、粉食品および発酵食品がある。

穀粒についての調理方法は焼く、煎る、煮る、蒸す、ポップさせる、醸す。その後、何かで和える、搗く、固める、さらに油で揚げる、など数多くある。穀粉については、煎る、練る（水、湯、卵、バターなどと）、その後、茹でる、蒸す、焼く、揚げる、などがある。なにはともあれ、穀粒でも穀粉でも食べるためには最終的に加熱の工程が必要である。世界各地で無数といえるほど多様な穀物食品が調理されているが、これらは調理方法と地理的分布によってある程度はまとめることができる。

粒食品には、めし（姫飯）、つぶがゆ（粒粥）、おこわ（強飯）、もち（餅）、ピラフ、ぞうすい（雑炊）、ポップ・コーンなどがある。調理方法からみると簡単なもので、基本的には精白粒を煮る、蒸すか、煎るだけである。唯一もちは例外で、蒸し、搗き、練ったりした後、さらに煮るや焼くなどの多様な調理方法が加わる。粒食はおおよそ東・南アジアの調理方法と言える。さらに、もちはキビ、アワ、モロコシ、イネなどの糯性穀粒を用いた、粘りが強い独特の食品で東アジアに限定されている。ピラフはタマネギをよく炒め、色も状態もドロドロの飴のようにしてから、ニンジン、羊肉に生穀粒を加えて、煮るので、前もって炊飯しためしを炒めるチャーハンとは異なる。ピラフは中央アジアからヨーロッパの料理と考えられる。粗挽き粉食品にあらびきかゆ（粗挽き粥）があり、中央アジアからヨーロッパではキビをミルクで煮ている。あるいは、ミルク茶に炒ったキビやアワの穀粒を加えて食べている。

中央アジア起源と考えられるキビとアワから調理する食品の事例を大まかに見ると、東アジアからインド亜大陸までは粒食のめし飯に調理することが多く、一方、インドから中央アジアはパンに、さらにインドからヨーロッパは粗挽き粥に調理することが多い（Kimata and Sakamoto 1992; 阪本 1988）。東アジアに限定的であるが、モチ性の品種群があり、これはもち餅に調理し、また、アルコール飲料にすることが多い。東ヨーロッパには非アルコール飲料がある。なお、モチ性の穀粒でんぷんをもつ穀物は、イネ、オオムギ、トウモロコシ、キビ、アワ、モロコシ、ハトムギ、およびイネ科ではないがネパールのアマランサス（*A. hypocondriacus*）の8種である。モチ性品種のほとんどが日本、韓国、中国からラオス、タイ、ナガランドまでの、東ないし東南アジアに限定的に分布しており、インドのアッサム以西にはほとんど見られない。

また、アフリカ起源のシコクビエ、モロコシおよびトウジンビエから作る食品の事例は、調理に関する正確な文献が少なく事例が限られている（Kimata and Sakamoto 1992）。粒食についてはキビとアワの事例と類似しているが、粗挽き粥と粉粥がインドからアフリカ諸国に多く、この調理方法がこれらの穀物とともに伝播したことを推測させる。アフリカ諸国ではアルコール飲料（マルツ酒）にすることが多く、ネパールや北インドでもアルコール飲料（黒麴の粒発酵酒）にしているが、両地域の発酵方法は大きく異なっている。

粉食品には、パン、おねり、こながゆ、まんじゅう、うどん、ギョウザ、しとぎ、こなも

ち、こうせんなどがある。粒食に比べて、調理に手間がかかる。とりわけ、今日広く普及しているパンはいろいろな調理工程を経て、とても多様な食品として展開している。パンは肥沃な三日月地帯で発した食品であったが、テフのインジェラやトウモロコシのトルティーヤなどパン様の食品は世界各地にある。

照葉樹林文化論で一世を風靡した民族植物学者中尾佐助（1966）は4つの農耕文化を提唱したが、そのうちの地中海農耕文化とサバンナ農耕文化は半乾燥気候であり、とりわけイネ科植物に関わりが深い。地中海農耕文化はコムギやオオムギを食料基盤とし、粉食品が多い。サバンナ農耕文化は雑穀とイネを食料基盤として粒食品が多いが、前者の影響によって粉食品も少なくない。まんじゅうやうどんはコムギの調理を応用した東アジア独自の食品であろう。穀物とその料理の起源地にはシンプルな調理法がそのまま残っているようである。調理法の多様化は他の食文化の受容によってなされているのだろうか。むしろ、伝播の最終地域のほうが多様な料理法を維持しているように思える。インドのタミールナドゥ州や日本の多様な事例はこのことを支持しているのだろう。

粒食とパーボイル加工

今日、インドのイネは脱穀後、粳摺りをする前にパーボイルという加工工程を入れることが多く、インドにおけるイネの総収量の約50%がパーボイルされているようである。パーボイル加工とは、脱穀した粳付穀粒を大鍋の熱湯中で15分ほど煮た後に、天日乾燥し、その後は一般通りの加工調整作業を行なう。したがって、穀粒の外見は加工を施さないものとほとんど区別がつかない（口絵参照）。一方、水稻と近似した栽培体系にあるシコクビエのパーボイル事例はない。インドではイネの大半がパーボイル加工を施されている。イネとインド起源の雑穀には施用されるが、キビとアワには例外的かほとんど適用されていない。この加工方法上の違いから前者と後者は異なる食文化複合をもっているといえよう（図26）。

アフリカ起源の雑穀類、麦類、トウモロコシはまったくパーボイル加工を施していない。もっとも、シコクビエ、トウジンビエやトウモロコシなどの穀粒は穎から露出し、いわば裸性であり、全粒を調理材料として使用することが多いので、必ずしもパーボイル加工する必要がなさそうである。アジアの半乾燥地起源のアワやキビもほとんどパーボイル加工が施されていない。パーボイル加工の盛んなビハールのみで、キビがパーボイルされていることは、むしろ特例と考えたほうがよさそうである。地理的にみて、パーボイル加工の事例が多いのはビハールとオリッサであり、中・西部インドではほとんど事例がなかった。ただし、バングラ・デシュや稲作地帯の海岸線を南下してケララ州まで行くと、イネ穀粒の大半をパーボイル加工している（中尾 1967）。

穀類の粳付き粒をパーボイルしてから、しばらく天日乾燥した後、臼で搗き、粳殻を風選して除去し、残った扁平な穀粒食品にチューラ *chiura* がある。チューラは塩味、カレー味などをつけて、一般的なスナックとして、あるいはカレーをかけてそのまま食べることもある（口絵2）。ビハール州において、キビやサマイをパーボイル加工してから熱砂の中で炒った穀粒をマルハ *malha*、さらにミルクと黒砂糖を加えて食べる食品をライ *lai* と呼ぶ。ガンジス河の氾濫原でイネの後に、冬作のキビを栽培している人々はキビのマルハはめしよりもおいしいという。南インドに独特のドーサとイドリはパーボイル加工したイネにマメ粉を加えて調理する（図29. c・d）。

栽培植物の側からみると、イネに次いでアジアの湿潤地起源の雑穀、サマイ、コドラ、

インドビエ、コラティ（キンエノコロ）の順にパーボイル加工の事例が多い。さらに、イネについてオリッサ州の事例でいうと、陸稲のほうが水稻よりもパーボイル加工されることが多く、また、野生イネ *Oryza rufipogon* Griff. は伝統的な祭礼用に重要でありながらパーボイル加工されることはない。この味のよい、栽培イネの祖先野生種は採集する際に大半が脱粒し、大量に集めることができず、マディア・プラデシュ州のジャラ村 Jara の例では栽培イネの 6 倍の値段で売れるという。さらに、一層興味深い点はパーボイル加工を施される雑穀類のサマイ、コドラ、インドビエ、コラリなどは陸稲畑においてそれぞれの近縁雑草を随伴させていることにある（小林 1988）。この事実はこれらの雑穀類とその調理の起源の問題を解くための有用な示唆を与えるものであろう。

日本でもヒエの伝統的な精白工程の前処理として、パーボイル加工に相当する黒蒸法、白蒸法が施されてきた事例がある（橘 1981、竹井ら 1981、大野・畠山 1996）。たとえば、黒蒸法は脱穀したヒエ穀粒を大釜まで蒸してから、むしろに広げて乾燥させ、その後、ぼったり水車で搗精し、精白してヒエ米に加工した。

パーボイル加工の効果については次の 4 点が考えられる。①脱粒性の残る小種子の雑穀は脱粒が起こる以前の穂が未熟なうちに青刈り収穫をせざるを得ない。この場合にパーボイルすると胚乳が固くなり、粃摺り工程の際に潰れたりせず、作業効率がよくなる。②湯で加熱することにより、糠糊粉層のアミノ酸などが溶けて胚乳に浸透し、味と栄養が向上する。③加熱することにより、アルファ澱粉化し、後の調理が容易になる。④昆虫卵、カビなどを防除して、貯蔵性を良くする。これらの効果については今後の詳しい分析が必要である（FAO 1985）。非脱粒性の選抜が進んでいなかった段階の雑穀類については、脱粒防止のため、早朝に露を含んだ穂の青刈りがその後の加工処理上の問題解決法としてパーボイル加工の技術を生んだ可能性が高いのではなかろうか。

加工調整方法に関連して、穀粒の皮性と裸性について補足説明が必要であろう。皮性は種子に内・外穎などがしっかりと付着しており、粃摺りの加工工程が必要な穀粒の特性をいう。たとえば、ヒエやイネなどは皮性である。とりわけヒエは護穎のほか、内・外穎が堅固で容易に玄粒にできない。すなわち加工に手間はかかるが、反面、種子の劣化を防ぐことができ、生存期間が長く、飢饉の備えに備蓄されるのはこの理由による。モロコシやオオムギには皮性も裸性もある。一方、トウジンビエ、シコクビエ、トウモロコシなどは一般に裸性で内・外穎などが退化しているので粃摺りの加工工程がなくても容易に玄穀の状態にできる。遺伝的には皮性が顕性（優性）形質である。

さて、パーボイル加工の意味に関する上述の仮設を確かめるために、加工方法と穀粒成分の変化について高速液体クロマトグラフによる定量分析実験を行なってみた（Kimata et al. 1999）。穀粒の脱粒を避けるために、収穫時期を早めて若干未熟のうちに青刈りするか、あるいは朝露のある早朝に刈りとると、穀粒は水分含量が多い。そこでパーボイル加工を行うのだと栽培者たちは言っている。さらに、食味が良くなるとか、病害虫を防ぐとも言う。しかしながら、実験分析では未熟穀粒についてパーボイル加工の効果が粃摺り過程で認められたのは、イネとアワにおいてのみで、キビなどには効果はなかった。食味に關係する遊離アミノ酸は、パーボイル加工によって、キビではグルタミン酸、イネではアスパラギン酸が増加傾向にあったが、他の穀粒では効果が示されなかった。また、ヌクレオチド含量については穀類種間の差異が著しかった。栄養としてのタンパク質中のアミノ酸については、パーボイル加工による組成の変動は示されなかった。すなわち、パーボイル加工は主にイネに有効であった。

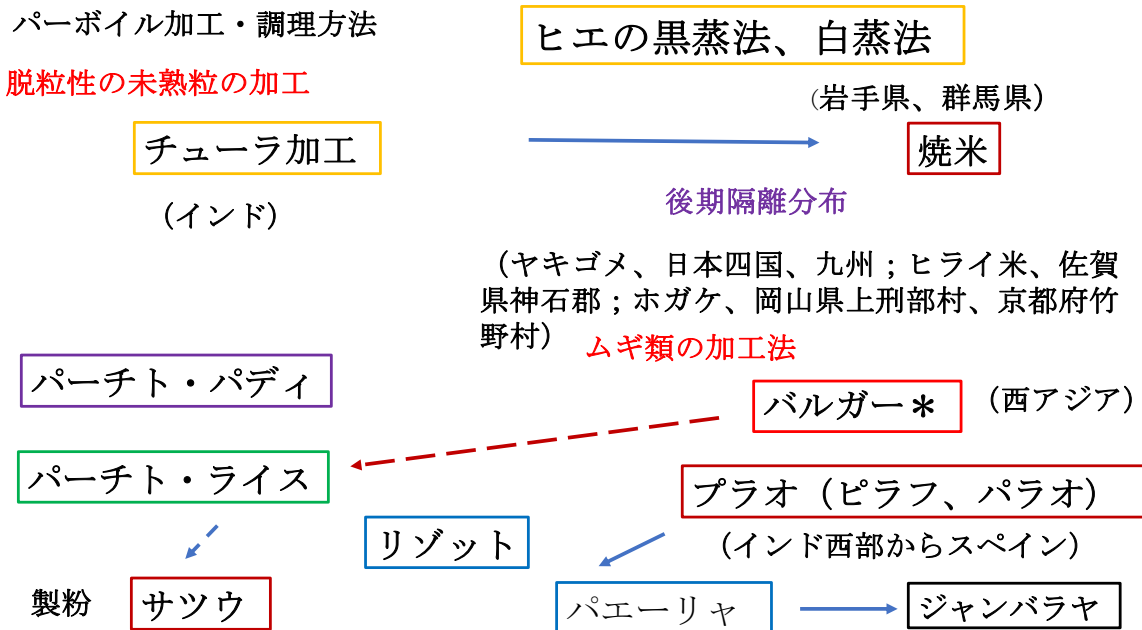


図 26. パーボイル加工および調理方法

粉食と製粉法

脱穀したイネ科穀類の穀粒を裸性の場合にはそのまま、または皮性の場合には粳摺りした後に、製粉した食材を全粒粉 *atta* と呼ぶ。種皮がついた穀粒、あるいは同じ物ではあるが粳摺りをした玄穀粒をさらに脱麩、種皮をはがして精白してから製粉した食材を精製粉 *maida* と呼ぶ。たとえば、日本で言うパンの類であるチャパティやロティの多くは全粒粉を使用した非発酵の粉食料理、一方、ナンは精製粉を使用した半発酵の粉食料理である。粉食は地中海農耕文化の麦類を食材としたパンやパスタなどの食文化に代表されるが、サバンナ農耕文化においてもウガリ *ugali* など雑穀類の粉食は広く見られる (中尾 1972)。

製粉という加工技術には大別して2方法がある。1つは乾式製粉法で、たとえば麦類は古くから臼やサドルカーンを用いて製粉されてきた (図 27)。コムギ粉を練ってパンやうどんを作るときを想像していただきたい。コムギ粉は冷水を加えて練るだけでも粘りが出るので、製粉は乾燥した状態で行なうより他はない。乾燥した硬い穀粒を砕いて細かくし、粉にするには強い力があるので、多くの労力と多少大掛かりな道具も必要となろう。製粉時に熱が加わると食材が変質するので、熱を吸収する石臼は望ましい道具である。インドでは電動臼もあるが、肝心な部位は旧来と変わらない石臼でできているのは、こうした理由である。



図 27. 穀粒の加工方法

シコクビエの乾式製粉法、a；石製挽き臼、パーチト・ライス調理方法 b；キビを砂で加熱し爆ぜさせるポップ・コーン、c；同じくモロコシのポップ・コーン（下）およびウピトウupitu（上）。

もう1つは湿式製粉法で、たとえばイネやアワ、キビなどは穀粒を水に潤し、軟らくしてから臼について製粉しても粘らず、そのまま天日乾燥すればサラサラした粉になる。したがって、強い力と結果として生じる熱を加えなくても、穀粒は容易に砕けるので、比較的簡略な道具で粉を得ることができる。日本の古い伝統的調理法で、神への供物として今日でも一部の神社で作られている生粉料理のしとぎ、またアイヌの人々が調理しているしとなどは、南中国、台湾、ボルネオ、ミャンマー、スリランカなど、大変広範囲に類似した料理として分布しており、典型的な湿式製粉法により加工される食材によるものである。アンドラ・プラデシュやタミール・ナドゥ州で調理されているマブ mavu もまったく同様な方法で作られている。イネ（米）粉に植物油を練りこみ、灯明ピリ・マブにしてヒンドゥの神々に供えている点は興味深いところである（図 28）。中尾（1972）はしとぎが南インドでは見られないとしているが、この点は修正せねばならない。



しとぎの加工・調理方法

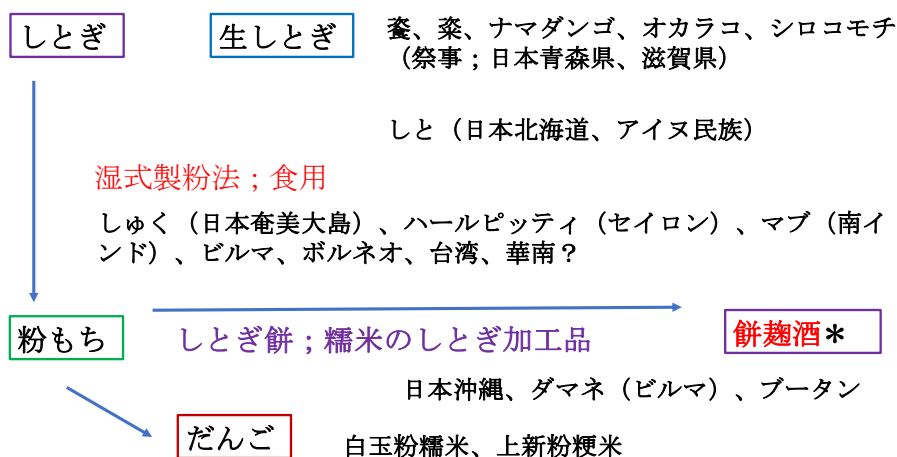


図 28. 湿式製粉法 (しとぎ) : a ; イネ精白粒を石臼で搗く、b ; 水漬して水切する、c ; 篩で精粉する、d ; 燈明のピディ・マブ。シトギから派生した調理方法。

インドの穀物調理

飯 *bhat* は最も一般的な食品で、提示した食材すべてを用いて作られる、穀粒を煮た食品である。飯は古代中国に発して、アッサムから東インド経由でインド亜大陸にもたらされた。{注：飯とめしは文献によって併用する}

パン *roti* は同じく一般的な食品で、穀物粉から調理し、肥沃な三日月地帯におけるコムギのパンに発して、西インド経由で亜大陸にもたらされた。おねり *mudde* は東アフリカからアラビア半島を経由してもたらされた *ugari* の調理法が受容された。伝統的な飯 (a) に豆煎餅 *papad* {注：豆類 *dal*、野菜および穀物粉を材料にした塩気の多いパリパリの煎餅} が添えられている。また、(b) *upma* と *kesari bhat*、(c) *dosa* ; (d) おねり *mudde* およびコルネの飯、(e) 揚げパン *puli*、(f) 蒸しパン *idli* などがある。

アフリカ起源の穀物では、モロコシとトウジンビエは主にパン *roti* を作るのに用いられ、シコクビエは主におねり *mudde* を調理し、アルコール飲料 *chan* の醸造に用いる。他

の穀物種は主に飯 *bhat* の調理に用いる。特別な食品であるしとぎ *mavu* は祭事に神々に供するためにアワとイネなどの生粉から調理する。アワのしとぎ *mavu* は植物油に浸して灯明にする。コルネを用いて9種類の食品が作られ、*mudde* はシコクビエと混合して調理する。チャパティはコムギ *Triticum aestivum* を用いて調理する。発酵食品に関しては、オオムギ *Hordeum vulgare* で作った種菌、発酵した *jar*、シコクビエを醸造したアルコール飲料 *chan*、ヨーグルト *dahi* などがある。

他に、*upma* は粗挽き粉の食品、*masala dosa* はジャガイモ・カレーを包んだ薄い発酵パンケーキ様の食品である。*idli* は *dosa* と同じ食材で調理する発酵パウンド・ケーキである。*vada* は新鮮な雑穀粒か豆類 *dal* を挽いて作るケーキ様の揚げ食品である。*ganji* は *mudde* と同じ食材を用いるととても薄い粉粥である。

人々は雑穀や他の穀物を利用していろいろな種類の食品を調理してきた。主には、飯 *bhat*、パン *roti*、おねり *mudde* などが穀物のおおかたを利用して頻繁に調理される (Kimata 1987)。

飯 *bhat* は最も一般的な食品で、提示した食材すべてを用いて作られる、穀粒を煮た食品である。飯は古代中国に発して、アッサムから東インド経由で、または、ゾミア地域経由でインド亜大陸にもたらされた。パン *roti* は同じく一般的な食品で、穀物粉から調理し、肥沃な三日月地帯におけるコムギのパンに発して、西インド経由で亜大陸にもたらされた。おねり *mudde* は東アフリカからアラビア半島を経由してもたらされた *ugari* の調理法が受容された。図 29 はインド亜大陸における穀物の調理法を示している。伝統的な飯 (a) に豆煎餅 *papad* (豆類 *dal*、野菜および穀物粉を材料にした塩気の多いパリパリの煎餅) が添えられている。また、(b) *upma* と *kesari bhat*、(c) *dosa*；(d) おねり *mudde* およびコルネの飯、(e) 揚げパン *puli*、(f) 蒸しパン *idli* などがある。

アフリカ起源の穀物では、モロコシとトウジンビエは主にパン *roti* を作るのに用いられ、シコクビエは主におねり *mudde* を調理し、アルコール飲料 *chan* (図 30) の醸造に用いる。他の穀物種は主に飯 *bhat* の調理に用いる。特別な食品であるしとぎ *mavu* は祭事に神々に供するためにアワとイネの生粉から調理する。アワのしとぎ *mavu* は植物油に浸して灯明にする。コルネを用いて9種類の食品が作られ、*mudde* はシコクビエと混合して調理する。チャパティはコムギ *Triticum aestivum* を用いて調理する。発酵食品に関しては、a オオムギ *Hordeum vulgare* で作った種菌、b 発酵した *jar*、c シコクビエを醸造したアルコール飲料 *chan*、d ヨーグルト *dahi* である。

upma 粗挽き粉の食品、*dosa* はイネとマメ粉の発酵食品である。マサラ・ドーサ *masala dosa* はジャガイモ・カレーを包んだ薄い発酵パンケーキ様の食品である。*idli* は *dosa* と同じ食材で調理する発酵パウンド・ケーキである。*vada* は新鮮な雑穀粒か豆類 *dal* を挽いて作るケーキ様の揚げ食品である。*ganji* は *mudde* と同じ食材を用いるととても薄い粉粥である。

コラティとサマイは混作されて、収穫物はそのまま常に混合して利用される。他にも同様の事例があり、二次作物ライムギと一次作物コムギは混作 (マスリン *maslin*) あるいは混合してライムギパンに調理する。これらはその栽培時の気象によって混合比が変化する。この混合比率で多様なパンができるのである。インドでは夏生一年生が旱魃に対する耐乾性の違いで、中央アジアなどでは冬生一年生が標高や緯度に応じた寒冷に対する耐寒性の違いによって、その栽培時の気象に従って、混作されている2種の収穫物の混合比が変化するのである。

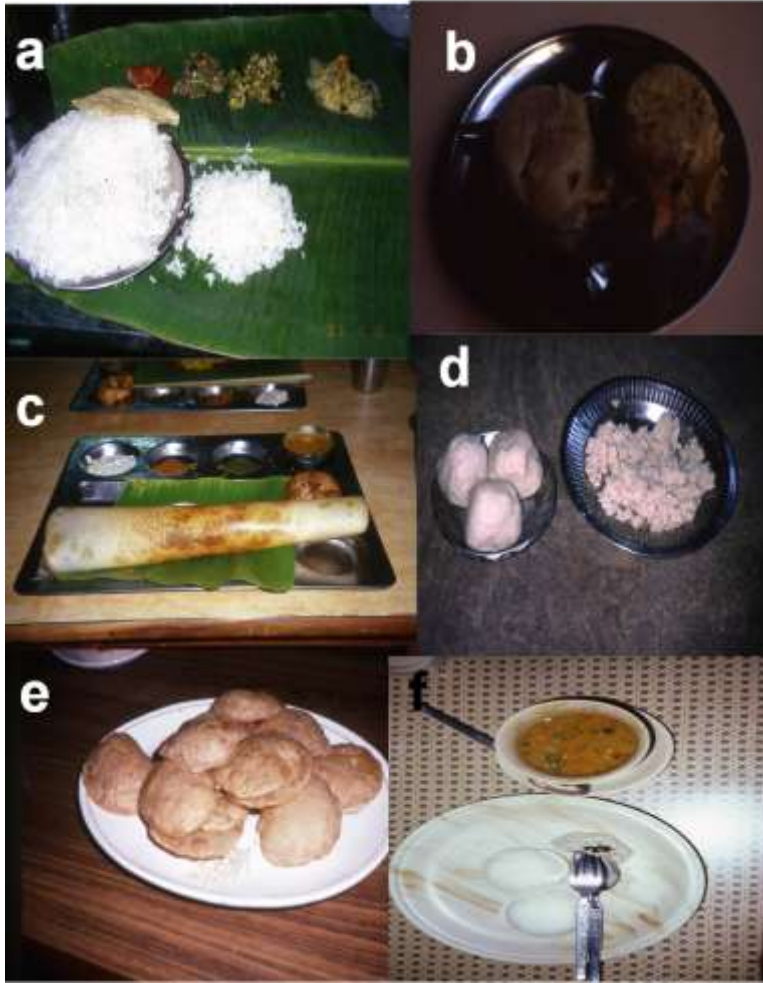


図 29. インド亜大陸における穀物の調理法

a 伝統的な飯に豆煎餅 *papad* (豆類 *dal*、野菜および穀物粉を材料にした塩気の多いパリパリの煎餅)が添えられている。また、b コムギの *upma* と *kesari bhat*、c マサラ・ドーサ *masala dosa*; d コラティのおねり *mudde* および飯、 e 揚げパン *puli*、f 蒸しパン *idli* などがある。



図 30. 発酵食品

a オオムギ *Hordeum vulgare* で作った種菌、b 発酵用の壺、c シコクビエのアルコール飲料 *chan*、d、ヨーグルト *dahi*。

穀物の利用と調理方法

人々は雑穀や他の穀物を利用していろいろな種類の食品を調理してきた。主には、飯 *bhat*、パン *roti*、おねり *mudde* などが穀物のおおかたを利用して頻繁に調理されている (Kimata 1987)。

コラティの穀粒は、オリッサ州、マッディヤ・プラデシュ州およびアンドラ・プラデシュ州でいくつかの調理、飯 *anna*、非発酵パン *roti*、粥 *sankati* および薄い粥 *ganji* または *peja* を作るのに用いられる。コラティの穀粒はすべてサマイと一緒に調理される。パーボイルしたコラティはオリッサ州の野外調査の折に一度だけ観察した。Jalaripalli 村では、6種類の食品を調理していた (1997年)。

コラティの穀粒料理は次のように用意される。飯 *annamu* はカルナタカ州のコルネで調理する *anna* とほとんど同じである。*sankati* は調理した飯 *annamu* を木製の棒で練って、球型に成形する。粥 *ganji* は調理した飯 *annamu* に煮立ったお湯と少しの塩、コショウを加えて、混合して作る。*uppitu* の調理はまず砕穀粒を水で洗う。トウガラシやタマネギなどの野菜は刻んでコリアンダー、マスタード、トウガラシ粉、塩と一緒に植物油でいためる。炒めた野菜に砕穀粒と水を加えて煮る。*kheer* は砕穀粒を多目の水で軟らかくなるまで煮る。余分の湯を捨て、この穀粒に砂糖を混ぜる。

コラティのパン *roti* は混合食材粉だけで調理する食品である。その調理過程はコルネの

*roti*と同じである。コラティの *sankati* とコルネの *nuchina mudda* はともに穀粒食品の変形であるが、他の穀物から調理するおねり *mudde* は通常、穀粉を用いるので一般的には粉食品に分類される。明らかに、これらの穀粒食品はむしろ近時の、新しい変形である。

食物の呼称から見て、イネが東インドから海岸沿いに、デカン高原を迂回して南インドに南下伝播するに伴って、飯 *chawal* の調理法が広がり、主要な食物になった。一方で、コムギが西インドから西ガーツ山脈南麓を南インドに南下伝播するに伴って、チャパティ *chapati* の調理法が広がって、主要な食物になった。おねり *mudde* はアフリカから伝播したサバンナ農耕文化の雑穀料理（たとえばシコクビエの *ugari*）の変形で、ヒマラヤ南麓ネパールと南インドで主要な調理法である。粉粥 *ganji* もおねりと類似した分布をしている。ドーサ *dosa* は南インドの主要な調理法である。

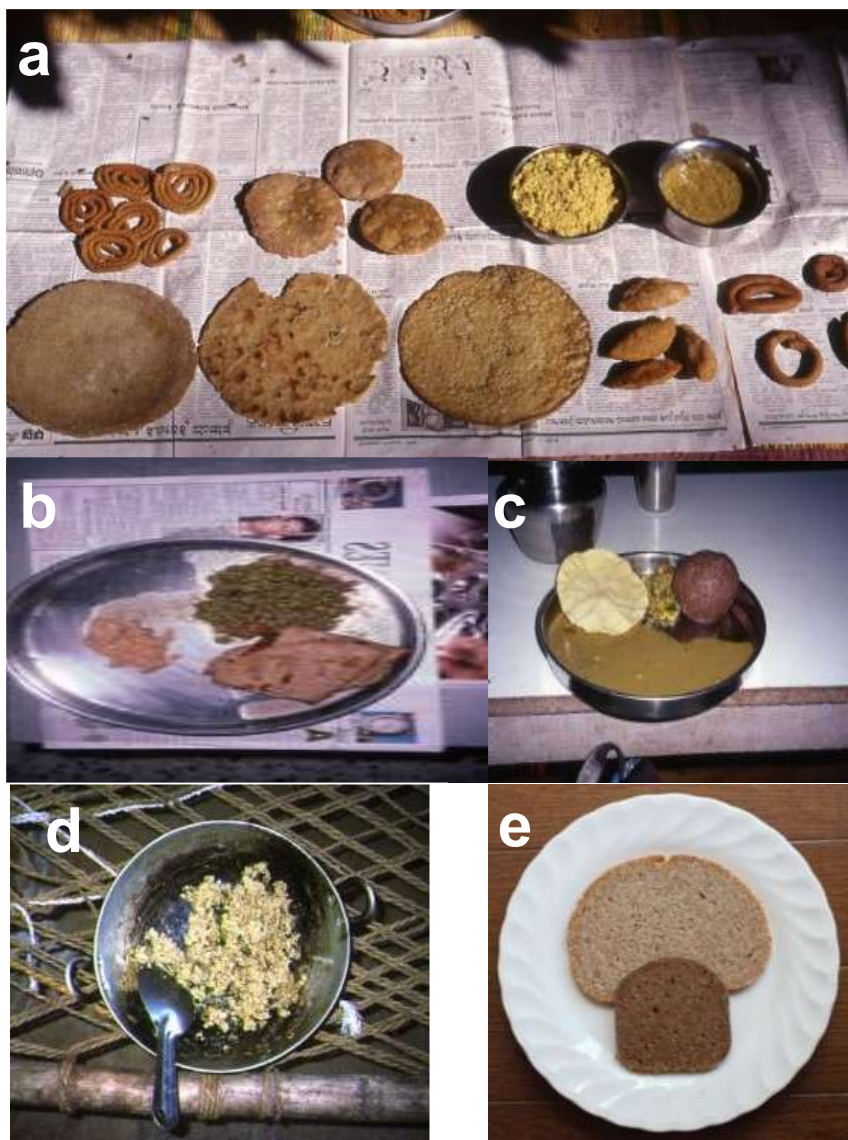


図 31. コルネほかの穀物調理方法

a コルネの調理法 9 種類：上、*chakkulli*、*nippattu*、飯 *anna*、キール *kheer*。下、ロティ *roti*、タマネギ・トウガラシ入り、穀粉のみ、ドーサ *dosai*、*kadabu*、*kodubale*。b コムギのチャパティ、c コムギのプーリとシコクビエのおねり *mudda*、d コラティのウプマ *uppitu*、e ライムギパン（ライ 30%と 100%）。

コルネの調理方法

コルネから作られる多様な食品については図 31. a に示した。9 種類の食品は粒食と粉食に分類できる。粒食品は穀粒を煮た飯 *anna* および甘い粥キール *kheer* の 2 種類である。粗挽き粉からはやや硬いおねり *nuchina mudda* を作る。穀粒がパーボイル加工されることはない。Tumkur 地区の農民は通常、月に 2 回飯として食べるが、キール *kheer* は祭事の際にしか食べない。4 種類の粉食には非発酵パン *roti*、発酵させた薄いパンケーキ *dosai*、およびいく種類かの揚げたスナック食品 (*nippattu*, *chakkulli*, *haralu*, *kodubale* and *kadabu*) がある。粒食品は水で煮ることで調理するが、粉食品は焼くか植物油で揚げて調理する。コルネの粒食品は次のように調理される。

(1) 飯 *anna*: まず、精白粒を水で洗う。熱湯が沸いた鍋に穀粒を入れる。ヘラで時々かき混ぜながら、6 分ほど強火で煮る。余分な熱湯を捨てる。再び、3 分間弱火で蒸す。調理された飯は *sambar* (香料の利いた野菜シチュー) あるいはヨーグルトとともに供する。

(2) キール *kheer*: 穀粒が軟らかくなるまで、多目の水で煮る。甘くするために砂糖か黒砂糖を混ぜ、粥の粘りを出す。炒った落花生をキールの飾りに用いる。また、キールは授乳中の母親にとって良い食品である。

(3) *nuchina mudda*: コルネの砕けた穀粒とシコクビエの穀粉を 1 : 4 の比で混合し、熱湯中に入れて、3 分間煮る。これをさらに木製の平たい棒 (10 x 60cm) で良く捏ねる。このバター *batter* を木製の皿の上に置き、鉄のヘラで捏ねて、手でボール様に成形する。

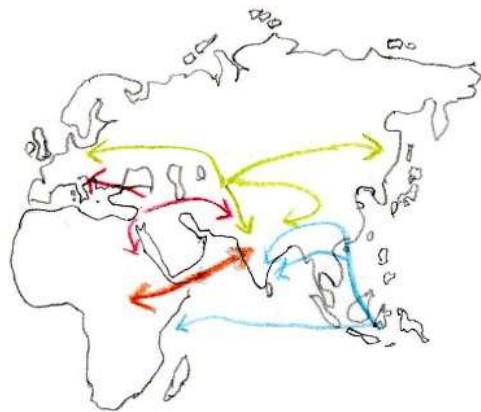
6 種類の粉食の調理は次のとおりである。(1) *Roti*: 水で粉を練って、刻んだタマネギを混ぜる。刻んだトウガラシ、砕いた落花生および食塩を味付けに加える。この厚いドウを手と麺棒で、平たく丸い形のパンケーキ状に成型する。フライパン *hanch* にサジ 1 杯の油で両面を焼く。

(4) *dosai*: 穀粉を水で溶き、薄いバターにする。これをフライパン状に広げて、サジ 1 杯の植物油で約 4 分間焼く。*dosai* と *roti* の焼く過程はおおよそ同じである。*dosai* は通常はココナツと香辛料を摺り合わせたチャツネ *chutney* とサンバー *sambar* を付け合せる (図 29)。

(5) *nippattu*, *kodubale* と *chakulli*: コルネの穀粉とケツルアズキの豆粉 {black gram, *Vigna mungo* (L.) Hepper}、およびコムギ粉 *maida* を多様な比率で混ぜて、油で揚げたスナック食品がある。炒ったヒヨコマメ {bengal gram, *Cicer arietinum*} と落花生を混ぜて、*nippattu* のドウを作る。

(6) *kadabu*: コルネの穀粉を水で混ぜる。このドウの少量を取って、麺棒で平らにし、甘い食材を包んで、落花生の油で金茶色になるまでよく揚げる。

第6章 穀物の新たな伝播仮説



中尾佐助の『栽培植物と農耕の起源』(1966) および『料理の起源』(1972) を常に参照しながら、阪本寧男の『雑穀のきた道』(1988) に導かれて雑穀の研究をしてきた。中尾(1966)の仮説の要点を次の8点にまとめてみた。しかしながら、これを再検討することが第6章の目的である。

(1) 根栽農耕文化の特色：①無種子農業、②倍数体利用が進歩、③マメ類と油料作物を欠く、④握り棒の農業、点播、⑤裏庭から焼き畑へ、⑥ハトムギの利用まで進む、⑦根栽農耕文化のアフリカへの伝播。

(2) ショクビエこそ雑穀中のあらゆる種類の中で、サバンナ農耕文化基本複合の基本となった要素である。インド北西部から西パキスタンにわたる乾燥地帯ではキビとアワが栽培化された。ボンベイ州ではセタリア・グラウカが栽培化されている。アワの原産地はインドとみなす。ヒエ類はインドで栽培された種類と、東北に進んで照葉樹林帯の温帯地域に達した時に栽培化され、日本にまで伝播した種類がある。

(3) サバンナ農耕文化の作物と雑草はまったく別物であって、絶対的に競争者の関係にある。ムギ類の雑草は、必ずしも反対者ではなく、麦作の雑草の中からはたくさんの二次作物が開発されてきたが、サバンナ農耕文化の中からは、一つの二次作物も生まれていない。雑穀を条播して、入念に除草する。

(4) サバンナ農耕文化は乾燥した熱帯であるサバンナ地帯で、夏のモンスーン雨期に生育した禾本科の草の穀実を採集して食用とすることから始まった。雨量の多い地帯に入っていくと湿生の禾本科植物の群落に出会う。それらの中で特に優れていて、人間に選びだされ、水田という新しい栽培地で栽培されるようになった雑穀が、イネである。他の雑穀からイネを基本複合としてはっきり区別する理由はない。稲作文化などという複合は存在しない。根栽農耕文化の影響を受けたサバンナ農耕文化複合である。

(5) インドでまず最初に始まったイネの栽培はサバンナ農耕文化の雑穀の一部としてである。イネは水田栽培という特殊性があって、それは平野水田の形態をとった。イネの品種が陸上で栽培され、オカボとなって品種群をつくるのは、イネが東方へ伝播して、アッサム以東の山地にかかってからである。

(6) イネの栽培は田植えをする。移植栽培はショクビエでも行われている。ショクビエはもちろん畑作だが、その移植はモンスーン雨期の7月ごろに行われるので、畑地に移植し

でもよく活着する。イネの移植はシコクビエの移植をまねたのかもしれない。イネの移植栽培はインドのビハール州で始まった可能性がある。

(7) アッサムの山地は堀棒でイモ類を栽培していた根栽文化の地帯で、イネという新しい作物を知ると、焼畑の山の斜面でイモを栽培するのと同じやり方で、掘り棒でイネを点播する。オカボはもうイネというより、アワ、キビなどの雑穀とほとんど同格の作物である。これにはモチ性のハトムギを伴っている。穀類はみな一年生植物だ。

(8) 野生の穀類の未熟がりでは、水分が多くて貯蔵に適さない。すぐに食べるか、加工する必要がある。九州の山間地に見るヤキゴメはモチゴメを早刈して、モミのまま蒸してから臼で搗くと、粒は扁平となり、粃殻が落ちる。これはアルファ米となっており、貯蔵性に優れ、水を加えただけで食べられる。明治中期まで日本農民の主要食料であったヒエの精白法は、白蒸法、黒蒸法と呼ばれる方法で、蒸してから精白されていた。

中尾（1966）の仮説がいかにも優れた着想によるとはいえ、すでに 60 年近くを経ており、この間に新たな研究成果が多く出されているので、中尾仮説は大幅な修正が必要となっている。たとえば、イネの起源地はインドではなく、中国の珠江周辺であることがほぼ確定したので、イネの起原や稲作文化に関しては大きく仮説を変えなくてはならない。8 つの要点について順次検討する。

(1) の根栽農耕文化の特色については大方、今でも有効であるが、イネの起原に関して稲作は根栽農耕の発展段階であるとの新たな仮説を提案したい。イネは湿地に自生する多年生草本である。株は生存し、翌年再び種子は生産され、周辺に散布され、芽生える。言い換えれば、湿地は原初の田圃である。株や発芽苗はバナナ、サトウキビ、タロイモと同じように栄養繁殖体や実生苗の移植栽培、田植えにつながる。すなわち、根栽農耕の発展応用段階であり、さらに西方山地帯、インド亜大陸デカン高原へと南下するに従って、湿地、水田、天水田、畑地でもイネを栽培する過程で、モンスーン雨季を期待する年間作付け体系によってイネは生態的一年生化して栽培化過程がいつそう進んだと考えることができる。ハトムギとコドラも多年生草本でありながら、イネの擬態随伴雑草として、二次作物へと栽培化過程が進んだ（図 32、図 33）。

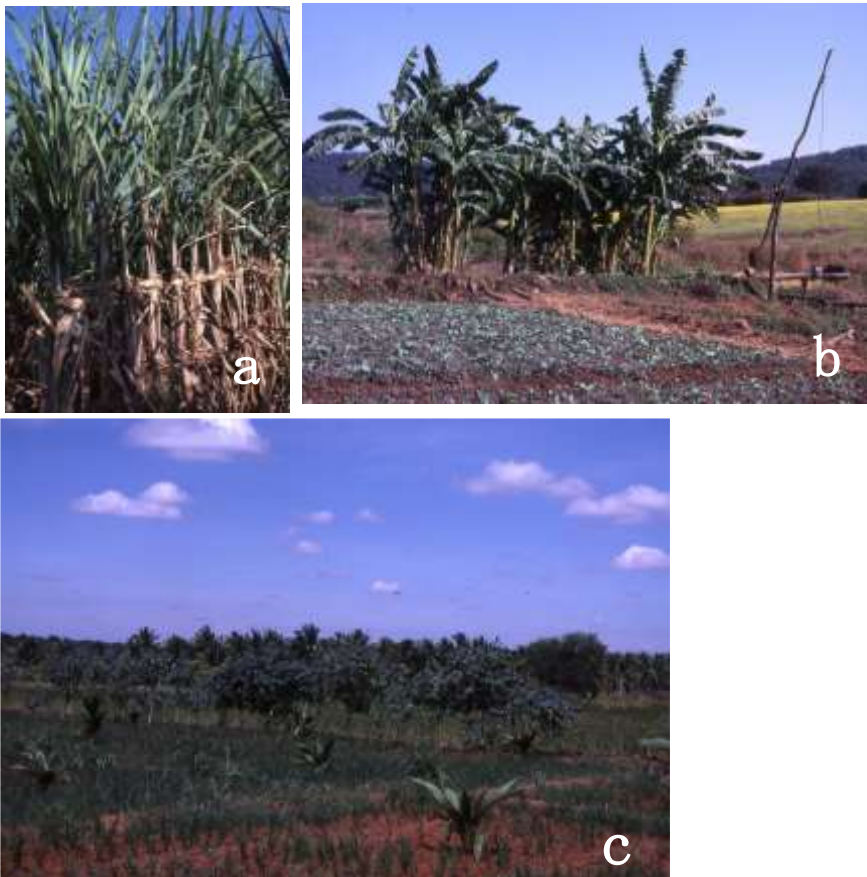


図 32. 東インド沿海地方のサトウキビ、バナナ、ココヤシと水田
 a, サトウキビ; b, バナナ; c, バナナ、ココヤシ



図 33. 東南アジア大陸部のバナナ、ココヤシと水田
 a, ヴェトナムのバナナと水田; b, バナナとココヤシ (伊能写真提供 2025);
 c, タイのバナナと水田; d, 古代イネの在来品種 (中込写真提供 2025)。

(2) に関して、シコクビエの指標植物の地位は変わらないとして、キビとアワはインド北西部を含めて天山山脈南麓地帯で栽培化過程が進んだと考える。インド起原の雑穀類インドビエ、サマイ、コルネ、コラティなどは、イネの擬態雑草から、より乾燥に強い二次作物として栽培化が進んだ。インドビエとは異なって、別種である日本のヒエは北日本の湿地で野生利用から栽培化過程に向かった。(3) でサバンナ農耕は条播で除草が完璧であるので、二次作物はまったくないというのはその通りで、東インドにおける二次作物は稲作農耕の南下のなかで、耐乾性を獲得した天水田や陸稲畑で見られる擬態随伴雑草から。栽培化過程が進んだ (図 34)。

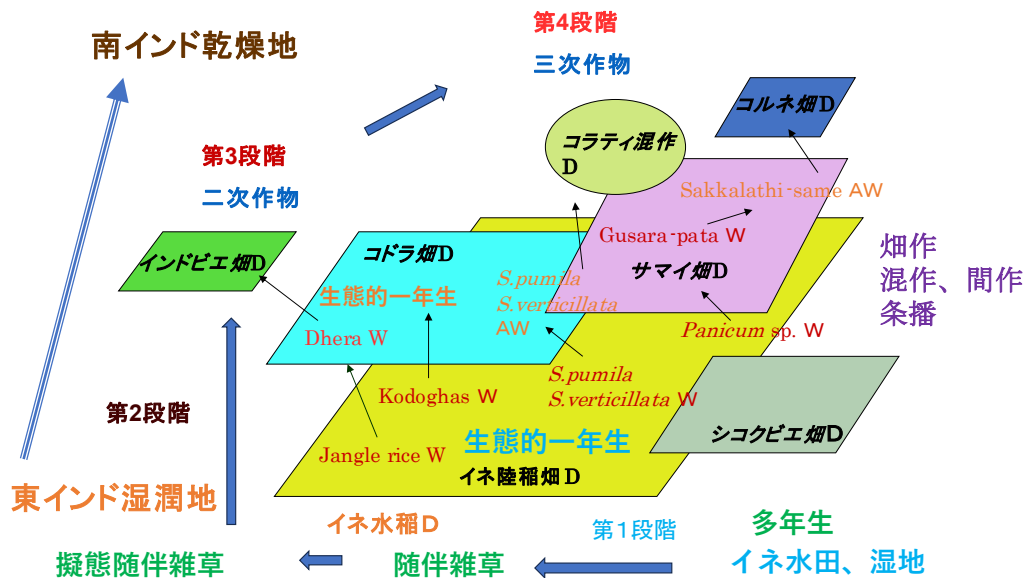


図 34. インドにおける雑穀の栽培化過程

(4) と (5) の見解とは異なって、稲作農耕は根栽農耕の発展段階であって、サバンナ農耕から強い影響を受けて発展したのではない。(6) イネの移植栽培はシコクビエの移植栽培の影響ではなく、反対にシコクビエがイネの移植をまねたのだと考えられる。(7) で記されていることは根栽農耕の発展応用段階にあるイネ陸稲であり、イネやハトムギがゾミア地域で、バナナやタロイモ、ヤムイモのように粘り気のある食味、モチ性品種を持つことも、そのことの証左である。(8) は穀実の加工方法でパーボイルやしとぎの加工工程はインドと共通に日本でも各地で伝統的加工方法として遺存している。

一次作物、二次作物、および三次作物

自然集団の中から人間も関与する栽培化過程を経て、作物になった種を一次作物という。この一次作物の栽培地に雑草として侵入、随伴し、さらに作物よりも低温や乾燥に強い耐性をもつゆえに擬態随伴雑草が栽培化過程を進め、二次作物になった。この後、さらに二次作物に擬態随伴してコラティのように三次作物になる種もあった。インド亜大陸における雑穀の栽培化過程の調査研究は、栽培化過程が現在進行形で観察できるので、とても面白い (図 34)。

中央アジアで栽培化された一次作物キビ、インド亜大陸で栽培化された二次作物サマイ、三次作物コラティを表 21 で比較する。3 種はすべて一年生草本で、C₄ 植物である。キビの

野生型についてはその存在は不明確ないしは消滅したとも言われているが、私はより野生的なイヌキビがまだどこかに存在していると期待している。第3章ではキビの祖先野生型から雑草型をイヌキビと結論した。現在も明瞭ではない野生型はおそらく草原の中で大きな個体群をなしていたのであろう。

キビの起源地である中央アジアのステップ気候では一年中あるいは乾季のみ晴天が続き、雨季には雨が降り（年間平均降水量は250～750mm）、短い草の草原が多い。黒色土や栗色土などの肥沃な土壌が分布している。ヨーロッパで見られるトウモロコシへの随伴雑草型は脱粒性が高い。キビは混作されることは少ないが、調理は他の穀物と混合することもある。伝播範囲が広いので、地方名は世界各地で多様にある（Kimata 2015）。

サマイの祖先野生種はインド亜大陸に現在もあり、湿地性植物である野生型の個体群は必ずしも大きくはなく、イネへの随伴雑草として安定的に年間周期がある稲作水田に侵入して生育地を獲得した。イネが陸稲として畑作されるようになると擬態随伴雑草になり、サバンナ気候のデカン高原で二次作物として栽培化段階に至った。擬態随伴雑草と雑種を作り、他種と混作されることもある。地方名は栽培地であるインド亜大陸に限定される。

コラティの祖先種は疎林地で生育を見たが、個体群は小さい。陸稲やシコクビエの畑の随伴雑草型はコドラやサマイなどの畑地で擬態随伴雑草になり、さらに乾燥の厳しい畑地で混作されるが、南インドで三次作物としておおよそ栽培化段階になった。擬態随伴雑草とは雑種を作る。収穫は主作物と同時になされて、調理も混合した穀粒のまま行われる。地方名は南インドに局在している（表25）。

表 25. 一次作物キビ、二次作物サマイおよび三次作物コラティの比較

特性	キビ <i>Panicum miliaceum</i>		サマイ <i>Panicum sumatrense</i>		コラティ <i>Setaria pumila</i>	
	現在	栽培化過程	現在	栽培化過程	現在	栽培化過程
	一次作物		二次作物		三次作物	
同種の野生型	(ある)	あった	ある	あった	ある	あった
個体群の大きさ	大きい	大きかった	小さい	小さかった	小さい	小さかった
種子の数量	多い	比較的多かった	多い	比較的多かった	少ない	少なかった
採集と利用	飼料	穀物、飼料として採集	ある	あったか少なかった	少ない	あったか少なかった
同種の雑草型	ある	脱粒性高い	ある	脱粒性高い	ある	脱粒性高い
異なる在来栽培種への擬態雑草型	ない	脱粒性高い	ある	脱粒性高い	ある	脱粒性高い
同種の栽培型への擬態雑草型	まれにある	脱粒性高い	ある	脱粒性高い	ある	脱粒性高い
同種の栽培型と擬態雑草型との雑種形成	まれにある		常にある		常にある	
異なる在来栽培種との混作	まれにある		ある		必ずある	
異なる在来栽培種とともに収穫	ない		ある		必ずある	
異なる在来栽培種とともに調理	まれにある		まれにある		必ずある	
栽培型または野生型の分布地域	世界各地	ユーラシアのステップ	インド亜大陸周辺		南インドの一部	ユーラシア
地方名の多様さと広がり	世界各地	中央アジア	インド亜大陸	東インド	インド内局的	南インド

阪本(1996)によれば、普通系コムギ *Triticum aestivum* は栽培二粒系コムギ *T. turgidum*

ssp. *dicoccoides* と随伴雑草のタルホコムギ *Ae. squarrosa* の雑種に由来する複二倍体植物として生じ、したがって、普通系コムギは二粒系コムギに対する随伴雑草から二次的に起原したことになる。また、ライムギはコムギの随伴雑草から二次的に起原した。

それではイネの一次作物としての起原、地理的起源については、現在、どのように考えられているのだろうか。Xuehui ら (2012) は世界各地から収集した栽培イネ *O. sativa* 1,083 品種、祖先種とされる野生イネ *O. rufipogon* 446 系統の全ゲノム解析を行い、③イネの栽培化は中国の珠江中流域で始まり、*O. rufipogon* の限られた集団からジャポニカ *O. sativa japonica* が種分化したことを明らかにした。また、ジャポニカの分化に続いて、東南アジアや南アジアの野生イネ系統とジャポニカの交雑により、インディカ *O. sativa indica* が種内分化したことが判明した (倉田・久保訳 2012)。

しかしながら、この珠江流域の遺跡からのイネに関する報告は今の所、寡聞であり、年代も 3,000~2,400BC と、長江下流部と比べて新しい。長江流域から上流に遡るにしたがって、さらにインドへと西方に、タイなどへと南下するにしたがって年代は新しくなっている。また、伝播経路は長江下流湿地帯から各地域の河川流域を遡上し、かつ源流部から西方や南方へと広がっている。イネは湿地性の多年生草本であるから、河川でつながることは生態的な可能性を示している。

インド亜大陸における雑穀の栽培化過程

これらの雑草型は畑作イネ (陸稲) や他の雑穀とともに多様な農耕生態的地位において生育しており、地域の農民はいろいろな地方名によって区別をしている。フィールド調査はこれらの希少な食用穀物の進化傾向、栽培化、および民族植物に関する情報を収集するために行った。こうして見いだされたことは栽培化過程 (図 34) が次の 4 段階を経ているということをサポートしている。(i) 湿地の野草からイネ水田の雑草、(ii) オカボ陸稲や他の雑穀の擬態随伴雑草、(iii) 二次作物であるサマイやコドラに混入する擬態随伴雑草、(iv) 混作されない独立した三次作物。また、この過程は湿潤気候の地域から乾燥気候の地域に伝播する中での適応によって促進され、順に農耕文化基本複合の多様化に組み込まれていった。

インド亜大陸での伝播経路

結論として、野外観察 (Kimata *et al.* 2000)、実験結果 (Kimata 2015a, 2015b) およびこれらの民族資料や言語資料に基づく雑穀の栽培化過程は非常に複雑であり、統合的仮説を必要とする。雑穀の栽培化センターは東ガーツ山脈と南部デカン高原に及んでいる。この栽培化過程は雑穀と近縁種の間でまことに複雑であるけれども、雑草型と擬態随伴雑草型を経て二次起源による栽培化を理解するためにはとても有効である。エンバクとライムギは耐寒性を発達させたコムギに対する二次作物 (Vavilov 1926) であるが、インド起源雑穀は耐乾性を発達させた陸稲への二次作物であった。コルネはコラティよりも早魃に耐え、独立した作物になった。コラティはほとんど常にサマイと一緒に栽培されるが、しかし、厳しい早魃時にサマイが生育し損なった時には単一で生育することを観察した。これら 2 種はともにいわゆる三次作物で、言い換えれば、これらは他の雑穀と陸稲に対して二重の二次作物である。雑穀の栽培化過程は雑草・作物複合および植物・人間共生としての農耕文化基本複合の重要性を示している。

さて、ここでインド亜大陸を中心に農耕文化複合の伝播について再度検討してみる。イ

インド亜大陸は極東の日本とは大きく異なる歴史地理的位置にあるからである。すなわち、東西南北から往来する文化複合の巨大な十字路であったからである。広大なインド亜大陸に流入した文化複合は単純な受容ではなく、変容し、独自の文化複合と融合もされ、さらに送り出されてもきた。古来、インドの人々の行動範囲も中央ユーラシアやインド洋を越えて、中国やアフリカへも広範囲に及んでいたからである。

西からは地中海・中東地域のムギ類の農耕文化基本複合、南西からはサバンナ・アフリカ地域の雑穀類の農耕文化基本複合、北からはステップ・中央アジア地域の雑穀文化複合、ヨーロッパ経由のトウモロコシの伝播、中国などの山間地からアッサムやゾミア地域経由で水田稲作農耕文化複合、東南からは根栽農耕文化複合が伝播してきた。さらに、サバンナ農耕文化や地中海農耕文化は東へと中国に向かい、日本にも伝わった。他方、根栽農耕文化複合はアフリカに伝わり、ヤムベルトを形成したと考えられる。日本、東南アジアから、南インドを経る東アフリカへの海洋の海流にのった伝播経路は古代からとても有効であったと考えている。

今日、多年生イネ *O. sativa* は世界の広い範囲で栽培されている。もう1種の栽培種、一年生アフリカイネ *O. glaberima* はアフリカ大陸の西部ニジェール川に湿地帯で栽培されている。近縁野生種は2倍体 AA ゲノムである。イネ属には B、C、D、E、G、H および J ゲノムを有する2倍体と4倍体の種が合計22種属している。多年生と一年生が熱帯周辺地域の各地に分布している(森島 2001)。この図に示されている囲い4は *O. rufipogon* であり、ここはまさに根栽農耕文化の起原地と主要な分布圏に重なる。すなわち、湿地性多年生植物の栄養繁殖を利用する根栽農耕から派生して拡大したのが稲作農耕文化であるとの仮説を提案する。原初的な田圃は湿地そのものであった。バナナ、サトウキビ、タロ、さらにはココヤシとともに、*O. rufipogon* は随伴雑草として生えており、多年生であるから株は残り、この親株の周辺には種子繁殖による幼苗もまるで苗床の様に育っていた。バナナやサトウキビと同じように、移植栽培されるのは必然的に推測できる。ことさら田植技術の発明を待つまでもなかったと考える。

丁(1933)によれば、野生イネは広州付近と華南各地のかなり深く水につかる沼沢地に分布し、水中で匍匐茎を出して横臥し、茎の各節から根を出して分けつし、宿根性の多年生の性質を示す。これを水田に移植すると、ほかのイネ科雑草と同様の形態を示す *O. perennis* Motnch である。この形態は栽培イネに類似し、栽培イネの直接祖先、インドの栽培イネの変種 *O. sativa* var. *fatua* Prain に相当する。Roschevicz は *O. sativa* f. *spontanea* と認めた。中国のイネの栽培は B. C. 2700 年に始まり、世界で最も古い。言語的には、イネは古い音読では dau、tao、tau、tu となる。現在、広西では hao、ho、hou と呼ぶ。華南では deu、teu である(岡彦一編訳 1997)。

中尾(1967)は、稲作は乾燥地域に発生したカリフ農耕が、その周辺の湿地気候地域に波及して、湿性の雑穀としてイネをとらえたときに始まったとしている。その後、イネは畦畔で区切られた貯水性のある天水田で栽培されるようになり、さらに天水田ではなく、大河の下流域で雨期の洪水を利用できるときに、豊産性を発揮した。東南アジアでは雑穀を圧倒してイネ単作地帯をつくりあげたと仮説を述べている。今日、イネは中国の南部、珠江中流域で、8000 B. C. 頃に起原したことが明らかにされている。中尾は東インドをイネの起原地と推定していたので、彼の仮説は棄却される。

中尾は稲作文化なるものは、東亜において独立して存在したとは言えない。ただ、カリフ農耕に加わったイネという大きなコブがあまりに巨大化したので、多くの人が思い違い

するのだろう。イネは、栽培植物としては、発展段階上若いものなのである、と述べている。しかし、今日では、この仮説は誤りと言うほかはない。むしろ、根栽農耕文化の発展型として稲作文化を捉えた方が適切だと考えられる。

飯沼・堀尾 (1976) におけるイネ作の起源の見解には、まったく同感である。タロイモの水田 (湿地) において随伴雑草であったイネが栽培化過程に進みながら、珠江や長江を西方山地帯へと伝播していった。移植栽培 (田植) は栄養繁殖と種子繁殖を共にできる多年生のイネがタロイモやバナナの栽培方法を模倣したと考えられる。すなわち、サバンナ農耕文化の影響によって湿地性のイネが栽培化過程に入ったのではなく、根栽培農耕文化の発展応用として、栽培化されたと考える方が植物的にはあり得る。山地帯に伝播する栽培化過程で、陸稲化が進んだのであろう。また、随伴雑草として、ヒエ属、スズメノヒエ属、ジュズダマ属などがあつた。これらの中から栽培化過程を進めたコドラやハトムギは湿地性の多年生草本である。こうした点では、中尾仮説と異なり、照葉樹林文化の基礎として、稲作文化が中国南部で起源したのだと修正提案をしたい (図 35)。

いちばん古い農耕は約 15000 年前に東南アジアで始まったイモ作で、堀棒と鋤だけを用いていた。鋤は狩猟採集段階では形跡がないので、農耕の開始とともに使い始められた。イモ作が約 10000 年前に西南アジアに達して、冷涼・乾燥地で野生ムギが作物化され、ムギ作農耕とともに犁が発達した。

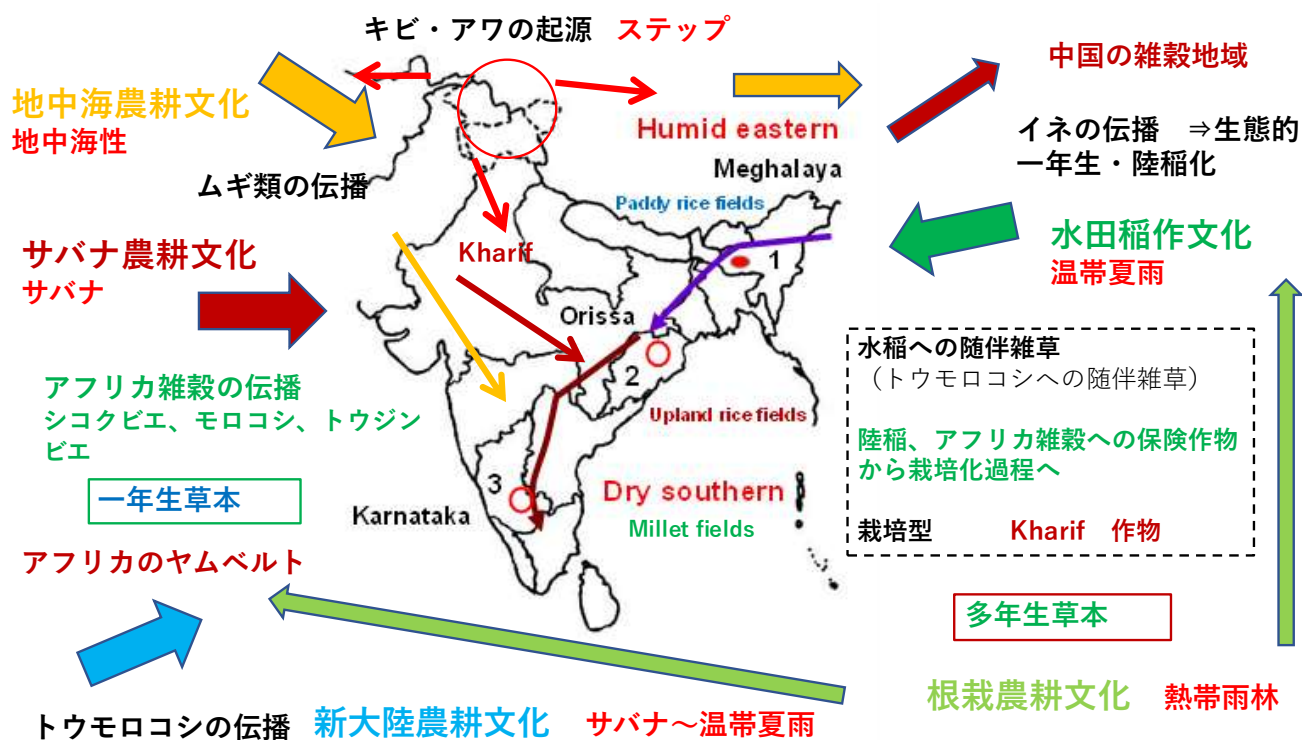


図 35. インド亜大陸における農耕文化の伝播仮説

イネはインド東部から東南アジア南部の水辺で、イモ作農耕の応用としてタロイモの水田雑草から作物化された。現代でも、たとえば、フィリピンのイフガオ族は山地の水田にタロイモと一緒にイネを作っている。成熟したイネは穂刈り、貯蔵されるが、苗代には穂のまま横に置かれ、生えてきた芽は本田に移植 (田植) される。あたかもイモ作の移植を思わせる。すなわち、イネの移植はイモ作における移植から始まったと考えられる。

沖縄県の西表島では現在も水田で里芋を栽培している。同様に、湿地性多年生植物のイネは生態的一年生化、陸稲化の方向に人為選択がなされた。湿地に生育する脱粒性の野生多年生から、耐乾性を強めて生態的一年生、非脱粒性、モチ性が人為選択されたということになり、種分化しつつ、西方の半乾燥地、丘陵地へと伝播する間に、加工・調理法を変容させてきたと考える。私は現地調査や実験研究による事実を基に、中尾（1967）が構想した仮説を学問の系譜に沿って検証してきた。

イネおよびその随伴雑草起源である二次作物ハトムギ、コドラなどはごく例外として、多年生でありながら、生態的一年生として順化が進んできたのである。後述するように、根栽農耕文化の影響のもとに起源した稲作はインド亜大陸方向に大河に沿って東伝して湿地帯の水田稲作から、デカン高原に達して半乾燥地の天水陸稲作へと技術的に変容していった。

日本の縄文農耕への影響とその関りが不明確であり、最近の考古学分野の成果からも加筆修正が必要である。しかしながら、私は中尾・佐々木の照葉樹文化論は今でも有効な統合的仮説であると考えている。東アジアにおける雑穀の伝播（鹿野1946）をその後の調査研究成果（竹井1997ほか）から修正した。主な修正は、ヒエが広域に伝播していない、シコクビエはスンダ列島を東進して伝播した、この2点である。また、モチ性穀物の分布範囲も有力な証左である。阪本（1989）や佐々木（1989）は根栽農耕文化のイモ食の延長としてモチ文化起源センターをゾミア地域に設定して、ここから沿海部を東北に伝播し、日本の北海道にまで至ったように描いている。日本列島は極東に位置しているとはいえ、海洋を海流に乗って、多数の島伝いに広範な場所から多様な出自の人々が辿り着き、住みついてきたと思われる。したがって、イネほかの穀物や栽培植物の伝播経路およびその時期は複数あり、度重ねて生じていたと考えることが妥当である。また、農耕文化基本複合も、多様な内容の組み合わせがあり、日本列島に伝播してきたのだろう。佐々木（2003）の詳細なまとめの考察では、東南アジア大陸からアッサムまでと、インド亜大陸では農耕文化基本複合がかなり異なる。

考古学からの再考

キビとアワは数少ないステップ起源の栽培植物であるとハーラン（1979）は指摘し、中国とヨーロッパでともに6,500～5,000BC年代に出土しているので、並行起源の可能性を示唆している。キビはドイツなどの線帯紋土器文化の遺跡（7,000～6,000BC）で、フランス西部では青銅器時代早期（1,800～1,500BC）中央ヨーロッパでは4,400～4,000BC、ギリシャでは無土器時代（6,000～5,000BC）の遺跡から出土している。イランの遺跡では1,550BCの層でキビがたくさん見つかった。アワは中国では6,000～5,000BCの間に黄河高原の南部で栽培化されたとヴァビロフは説いており、大地湾文化（6,000～5,000BC）や仰韶文化（5,000～3,000BC）の遺跡で出土している。

アフリカ起源の雑穀類の出土事例はまだ少ないので、モロコシは4,000BC頃に、シコクビエは3,000BC頃に、およびトウジンビエは2,000BC頃に栽培化されたと推定されている。これらは中東の南端を経てインド亜大陸に伝播してインダス文明の一部を支えた。アフリカ起源のトウジンビエは中東を経てインドにまで伝播したのは、インダス文明が崩壊し、その残影が南インドに移った頃のようなのだ。インダス文明の遺跡ではムギ類のほかに、ユーラシア起源のキビ、アワに続いて、アフリカ起源のシコクビエ、モロコシ、およびトウジンビエが順次、インド亜大陸全域に伝播したことが分かっている（Fuller and Madella 2000

Fuller *et al.* 2001)。一方、インド亜大陸ではインダス文明の影響を受けた新石器時代の遺跡から独自に起源した多くの雑穀が最近の発掘で出土している。考古学の発掘調査や分析技術も急進展しているため、南アジアにおいて最初に穀物が出現した時期を表 26 にまとめた。この表は Fuller *et al.* (2001) に基づくが、追加情報で補足した (Fuller and Madella 2001、Fuller 私信)。

オオムギ、コムギ属 (とても多い)、およびエンバク (少ない) はハラッパー遺跡の初期 (おおよそ 4,500 B.C.) で同定された。イネ (多い) とキビ (少ない) は最盛期 (おおよそ 2,600 B.C.) で同定された。その後、エノコログサ属 *Setaria* sp. (とても多い)、モロコシ (多い)、およびトウジンビエ (痕跡) は後期 (おおよそ 2,000 B.C.) で見つかった。シコクビエについてはまだ不明である。

南インドの早期の遺跡 (2,300 から 1,800 B.C.) ではサマイ (痕跡)、コルネ (多い)、ザラツキエノコロ (多い)、およびコラティ (痕跡) が見られた。その後、後期の遺跡 (1,800 から 1,200 B.C.) においてコドラ (痕跡) とコヒメビエ *Echinochloa cf. colona* (多い、おそらくインドビエ) が同定された。アジア起源雑穀は次の歴史的順序で生じた。すなわち、キビ、エノコログサ属、その後、コルネ、ザラツキエノコロ、サマイ、コラティ、インドビエ、およびコドラ、ごく新しく 19 世紀になってライシャンである。しかしながら、コルネ、ザラツキエノコロ、コラティ、およびコヒメビエは野生穀物として採集されてきた。

表 26. 南アジアの穀物の考古遺跡よりの出土概要

種名	年代			南インド		
	初期 4500 B.C. -	最盛期 -2600 B.C.	後期 -2000 B.C.	2300-1800 B.C.	1800-1200 B.C.	-0 A.D. 1500 A.D. 1900 A.D.
<i>Paspalum scrobiculatum</i>				trace	trace	
<i>Panicum sumatrense</i>					少ない	
<i>Echinochloa cf. colona</i>					多い	
<i>Brachiaria ramosa</i>			野生?	多い	多い	
<i>Setaria verticillata</i>			野生?	多い	多い	
<i>Setaria pumila</i>			野生?	痕跡	痕跡	
<i>Setaria</i> sp.			とても多い			
<i>Digitaria cruciata</i>						栽培化
<i>Digitaria sanguinalis</i>						不明、消滅
<i>Panicum miliaceum</i>		少ない				
<i>Panicum</i> sp.			少ない			
<i>Setaria italica</i>			可能性			
<i>Eleusine coracana</i>			?	可能性		
<i>Sorghum bicolor</i>			多い			
<i>Pennisetum glaucum</i>			痕跡	痕跡	痕跡	
<i>Coix lacryma-jobi</i>						可能性
<i>Oriza sativa</i>		多い		痕跡	痕跡	
<i>Hordeum vulgare</i>	とても多い			多い	多い	
<i>Triticum dicoccum</i>				痕跡	痕跡	
<i>Triticum durum/aestivum</i>				多い	痕跡	
<i>Triticum</i> sp.	とても多い			多い	多い	
<i>Avena sativa</i>	少ない					
<i>Zea mays</i>						導入

Fuller *et al.* 2001, Fuller and Madella 2001, and Fuller (私信) に基づいて作成

近年になって、インド亜大陸の初期農耕に関する非常に有用な考古学研究資料が示されるようになってきた。イネ科雑穀の遺残が南インドの新石器時代にある II 期 (2300-1800 cal. BC) と III 期 (1800-1200 cal. B.C.) の考古学水準から出てきた。それらは主として 2 種、コルネとザラツキエノコロ bristly foxtail millet-grass であると同定されてきた。コラティ yellow foxtail millet が限定的に存在し、おそらく野生種の採集と考えられる

(Fuller *et al.* 2001)。ハラッパー文明における穀物の初出は初期(2600 BC 以前)ではコムギ、オオムギ、およびエンバク、最盛期(2600-2000 BC)ではオヒシバ属 *Eleusine* sp. (不確か、シコクビエ)、エノコログサ属およびキビ属、後期(2000 BC より新しい)ではスズメノヒエ属 *Paspalum* sp.、ヒエ属 *Echinochloa* sp.、モロコシ属 *Sorghum* sp. およびチカラシバ属 *Pennisetum* sp. であった(Fuller and Madella 2000; Weber 1992)。

南アジアの初期農耕文化がどのように伝播展開したかを図 35 によって概観する(Misra 2001、Chakrabarti 1999 を改変)。アフガニスタン経由でムギ(冬生一年生草本)作を中心とする地中海農耕文化がインダス川流域に伝播してハラッパー文明を花開かせ、その後、農耕文明は西ガーツ山脈西麓に並行して西海岸を南下して南インドに、またヒマラヤの南北山麓に、向かった。いくらか遅れて、アフリカから雑穀シコクビエなど(夏生一年生草本)を中心とするサバンナ農耕文化も同様の経路をたどった。一方で、東南アジアからのイモ類を中心とした根栽農耕文化、続いて中国からイネを中心とする農耕文化が東インドに伝播して、東ガーツ山脈の東麓に並行して東海岸を南下、さらにケララ州を西海岸に沿って北上した。このイネ水稻(多年生草本)が水田から畑で栽培する陸稲に系統分化し、東インド、オリッサ州に伝播する経路で、湿地性のイネ随伴雑草ハトムギやコドラ(多年生草本)、およびインドビエやサマイ(一年生草本)がイネ陸稲の二次作物として栽培化過程に向かい、ついで南インドに伝播する経路で、コルネやコラティ(一年生草本)が二次作物インド固有雑穀に対して三次作物になったと考えられる。サバンナ農耕文化と稲作農耕が出会った東インドから南インドに向かう中で、耐乾性のある夏生一年生草本であるコルネやコラティが栽培化過程を辿るようになった。

イネの生育する地域はインド亜大陸において湿地から二次的に畑地に拡大した。順次、雑草的祖先種が水稻水田や陸稲畑に侵入した。これらの種は東インドにおいて陸稲よりも旱魃に対してさらに強い耐性を示したから、地域の農民たちは継続的に、サマイ、コドラ、インドビエを二次作物として栽培化した。この地域では次に示す数種の雑穀がさらに栽培化された。コルネ、ライシャン、コラティなどである(Chandra and Koppa 1990; de Wet *et al.* 1983a, b, c)。

こうした栽培化過程は上述した調査や実験結果から明らかである。現代農業まで含めて、作物の伝播経路を描いた。コロンブスが新大陸に上陸(1492)以降、ヨーロッパ経由で、南北アメリカ起源のトウモロコシやジャガイモなどの作物が伝播した。

言語学からの再考

農耕文化基本複合、いわゆる「種から胃袋まで」という方法論的概念は農耕の起源を研究する中で中尾佐助(1967)によって提案された。栽培植物は常に植物(種子)の遺伝的な生物多様性から始まって、人間の文化的な多様性としての栽培方法、加工方法、調理方法、儀礼利用、地方名、およびその他多彩な文化複合に伴われている(Kimata and Sakamoto 1992)。Bellwood and Renfrew (2002)は基層文化を広く比較する展望から考古学、言語学、および遺伝学の領域を超えて共同研究する「農耕／言語伝播仮説」を提唱し、検証してきた。たとえば、この第7章で扱う雑穀とその近縁雑草はまた、それぞれの地域や言語で多くの地方名をもっている。ここでは言語考古学を参照した地方名の視点から、栽培化過程について論考を補足したい。特にコルネとコラティの栽培化過程の再構成に関連しているが、これらインド固有の雑穀についての良好な言語学資料はいまだ十分にそろってはいない(Fuller 2002; Southworth 2005)。

雑穀の地方名は 1983 年以來、インド亜大陸での野外調査で収集してきた。農民は栽培化過程において雑穀とその近縁雑草の地位状態に適切な認識をもっている。この雑穀と農民との間の共生過程は畑の観察、植物学実験、民族調査資料、考古学資料、および言語資料を統合して考えることにより再構成される。東ガーツ山脈や南デカン高原には多様な地方名がある。これらの地域では、インド起源の雑穀が今日も近縁種とともに広範囲に栽培されている。古インド・アーリア語およびドラビダ語によるいくつかの呼称が雑穀の地方名に関係していることは明らかである。コルネとコラティはオカボ畑の周りで生育していた雑草型から、主にサマイや他の穀物に関連した擬態随伴雑草型を経て、栽培化されてきた。コルネは単作される独立した作物になったが、コラティはサマイや他の穀物と混作されている。したがって、コルネとコラティは単作と混作という地位状態に差異はあるが、三次作物と言えよう。つまり、栽培化過程をたどれば、始まりはイネの水田に侵入した雑草、次にイネの南下に伴うオカボ畑の随伴雑草、これらの中から擬態随伴雑草を経てサマイやコドラが二次起原し、さらに二次作物の擬態随伴雑草型からコルネとコラティが三次起原したことになる。歴史遺跡からの雑穀遺物の最初の出土の順序はこの進化過程を支持している。インド亜大陸における雑穀の栽培化センターは東ガーツ山脈や南デカン高原にあったようだ。

雑穀と他の穀物の言語考古学的呼称

コルネ、ザラツキエノコロ、コラティおよびサマイの古インド・アーリア語名は古代文献には見つけられない(cf. Southworth 2005)。このことはこれらの雑穀が比較的古い年代にインドで栽培化されたことを示しているようである。対照的に、コドラは *kodorava* と呼ばれているので、この語彙は *kodo* と *kodora* の語源と考えられる。インドビエの呼称 *syamaka* は *shama* と *sama* の由来と考えられる。キビの呼称 *cina(ka)* も同様に *cheena* の由来と考えられる。アワの呼称 *kanku(ni)* と *rahala* は広域で用いられる *kangani*、マハラシュトラ州で用いられる *rala* の語源である。シコクビエの呼称 *madaka* はウツタル・プラデシュ州の *mandua* の語源であり、語彙 **bajjara* はトウジンビエ *bajra* (*再構成形、Southworth 2005) の語源である。コドラとキビのドラビダ語名 **var-ak-* は、*varagu* の語源、アワの語彙 **tinai* と **nuv-an-ay* はタミル・ナドゥ州の *thenai*、アンドラ・プラデシュ州とカルナタカ州の *navane* の語源と考えられる。これらの種は古インド・アーリアン語またはドラビダ語の呼称をもち、考古学的根拠により西方地域から導入されたか、インドで比較的遠い過去に栽培化されたと考えられる(Weber 1992)。

大野(2004)はインドのタミル語と古代日本語の農耕用語が、著しく類似していることを、言語学の視点から多大な努力によって論証した(表 28)。しかしながら、おおかたの言語学者や考古学者は言語的に中継地域に事例が認められないからと、大野説には否定的であった。シコクビエなどが伝播したことを見るならば、海上ルートで伝播し、タミル語句はクレオール言語(ピジン言語)として、古代日本語に組み込まれた可能性については否定せずに、私は保留しておきたい。

表 28. タミル語と古代日本語における農耕用語の比較

English	Tamil	ancient Japanese	today Kanji
levee	acc-u, kur-ampu	az-e, kur-o	畔
bund	an-ai	un-e	畝
paddy field	vayal, tampal	tamb-o	水田
field	pat-ukar	fat-ake	畑
slash-and burn cultivation	kum-ari	kob-a	焼畑
mountain farmland	puravu		山の畑
foxtail mille	av-ai, tinai, enal	af-a	粟
rice	nel, enal	sin-e, ina, ine, nel	稲
paddy rice	pu	fo	水稻
rice grains	nel	ni	稲粒
rice offered to a god	kum-ai	kum-a	供米
bran	nukk-u	nuk-a	糠
boiled rice	arici	meshi	米飯
shitogi	cit-ai	sit-ogi	糎
mochi	mot-akam	mot-ifi	餅
mochi flour	ar-ai	ar-e	餅粉
porridge	kal-i	kay-u	粥
loose porridge	amp-ali	am-ari	ゆるい粥
parched rice	pori		炒り米
residue	kat-i	kas-u	糟

農民による雑穀の命名体系と栽培化過程

雑穀とその近縁雑草の命名法は表 29 に要約した。農民たちと植物との間の共生過程は 4 段階として認識される。すなわち、農民たちが意識しない I 段階、弁別しない II 段階、区別同定する III 段階、およびなんらかの在来系統を分類する IV 段階である (表 23)。

I 段階で、農民たちは野草や雑草に対して呼称をもたず、これらを一般名詞で *ghas* と *hullu* と呼ぶ。II 段階で、農民たちは、たとえばシコクビエでは作物 (*ragi*) と雑草 (*ragi*) を同じ名前で呼ぶ。

III 段階で、農民たちは雑穀を識別して特別な名前で、たとえば、栽培植物のシコクビエは *madua*、近縁雑草のオヒシバは *khadua* と呼ぶ。さらに、農民たちは雑穀名の語幹に少しの形容語を加える。たとえば、雑草を意味する *ghas lingudi* (コラティの雑草)、他の作物に似ていることで *same melatti* (サマイに似た擬態雑草)、また、形態的特性 *bilai lange* (ネコの尾)、生態的特性 *yerri arasamulu* (脱粒性のある雑草) および利用法 *pil sama* (飼料用コルネ) などである。IV 段階で、農民は雑穀をいくつかの在来系統に分類する。たとえば、シコクビエ *marua* は *agat-* (早生)、*madhyam-* (中生) および *pichhat-* (晩生)、雑草オヒシバは *maruani* として認識される。この調査結果として、農民たちは、時々、異なった場所の雑穀に同じ呼称を用いさえするが、雑穀と近縁種の地位を明瞭に認識していることははっきりしている (Kimata 2015)。

表 29. インドにおいて農民による雑穀と雑草の命名体系

段階	認知	典型事例 (種名) {意味}
I	認知しない	無名: ghas, hullu [雑草]
II	区別しない	雑草と穀物は同名 ragi, malwa (<i>Eleusine coracana</i>)/ragi, malwa (雑草 <i>E. indica</i>) kodo (<i>Paspalum scrobiculatum</i>) /kodo (雑草) kukuru lange (<i>Setaria pumila</i>)/kukury lange (擬態雑草)[犬の尾]
III	認知する	
1.	a specific word (大半の穀物はそれぞれの言語グループによって呼称されるいくつかの特異な名前がある)	madua (<i>E. coracana</i>)/khadua (<i>E. indica</i>) gruji suau (<i>Echinochloa frumentacea</i>)/dhera (雑草, <i>E. colona</i>) merendo, kodowar (擬態雑草, <i>P. scrobiculatum</i>)/matwali, kharasami (雑草, <i>Paspalum</i> sp.)
2.	形容語彙を加える	
2.1	雑草を意味する	lingudi (<i>Setaria pumila</i>)/ghas lingudi (雑草) kodo/kodo ghas
2.2	他の穀物に類似	same melatti (擬態雑草, <i>B. ramosa</i>) [サマイに似る] akki hullu (擬態雑草, <i>P. sumatrense</i>) [イネに似た雑草]
2.3	形態的特性を示す	ragi kaddi (雑草, <i>E. indica</i>) [杖のような穂をもつシコクビエ] bilai lange (雑草, <i>S. pumila</i>) [ネコの尾]
2.4	生態的特性を示す	samulu (<i>Panicum sumatrense</i>)/yerri arasamulu {脱粒性のある雑草} same (<i>P. sumatrense</i>)/samuru korra (<i>S. pumila</i>) [サマイ畑で育つアワ] varagu sakkalathi (<i>S. pumila</i>) [擬態雑草、コドラの第二夫人] sakkalathi same (擬態雑草, <i>B. ramosa</i>) [サマイの第二夫人]
2.5	特定する	same (<i>P. sumatrense</i>)/ pil same (<i>Brachiaria ramosa</i>) [飼料用]
IV	いくつかの在来系統に分類	marua (<i>E. coracana</i>): 3変種; agat- [早生], madhyam-[中生] および pichhat-[晩生] /maruani (<i>E. indica</i>) sama (<i>P. sumatrense</i>): 4変種; manchi-[夏], pala-[短い], ara-[高い]およびvaragu-[1月に播種]

農耕文化複合の特性の再検証

中尾佐助 (1966, 1967) は農耕の起源について、旺盛な学術探検での観察経験に基づき、優れた構想力で壮大な仮説を提案した。この中尾仮説と阪本寧男の導きによって、面白い研究人生を過ごすことができた。自らの現地調査における観察事実、収集した種子を用いた実験分析に基づき、中尾仮説、四大農耕文明を修正する仮説を提案をする。いかに優れた仮説でも、60年も経てば新たな研究成果が加わり、修正が必要になる。

特に、稲作農耕の位置づけに関して、中尾は農耕文化として成立していないと断言している。かつては、イネの栽培化起源地は東インドとされていた。現在は中国南部の珠江周辺であることがほぼ明確になっている。したがって、稲作文化について再考が求められる。

新たな仮説として、稲作は根栽農耕文化の発展型であるをしたい。イネは多年生植物で、湿地性、栄養繁殖もしている。湿地はいわば原初の田圃、栄養繁殖は移植、田植えの始まりとも言える。植物学的な流れに沿う、著しく飛躍した技術ではない (図 35)。また、東アジアに限定的なモチ食文化は、ヤム、タロ、バナナなどの粘り食の伝統がモチ性穀類品種を生んだと考えられる。特別な発明は無くても、自然の営みの積み重ねによって、イネの

栽培方法や加工・調理方法は生まれた。

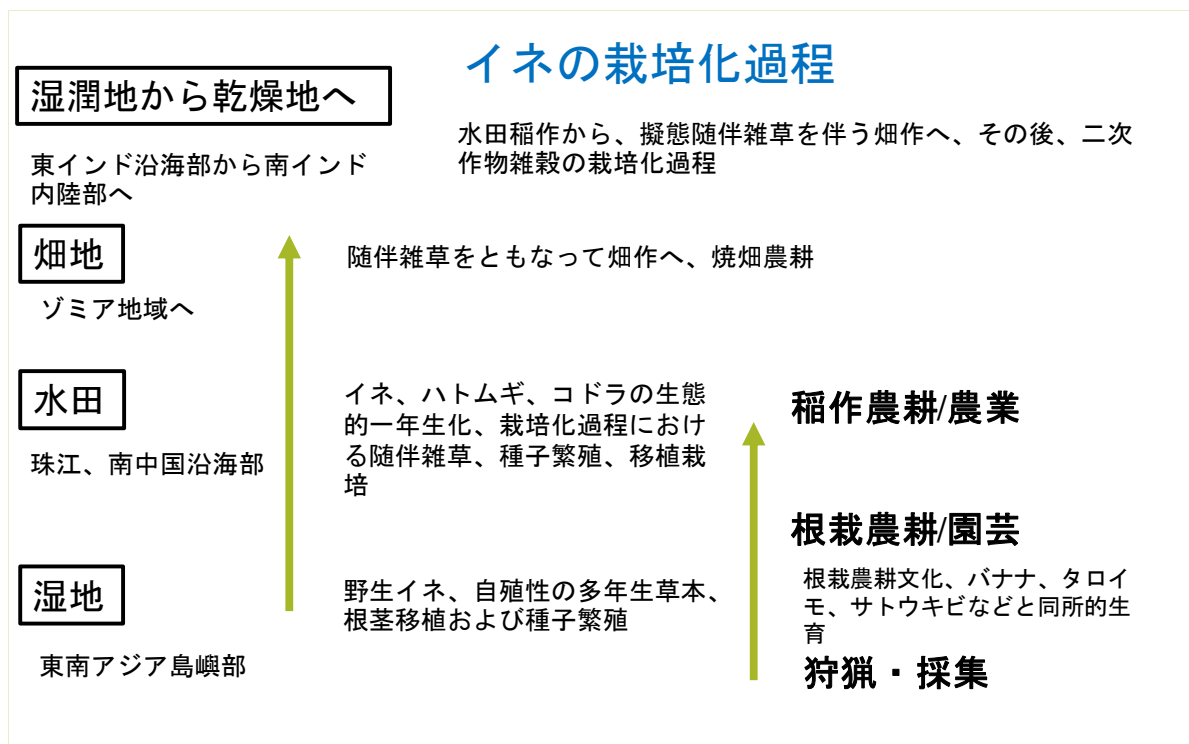


図 35. イネの栽培化過程と稲作農耕の変遷

インド亜大陸と中国の交流は、中尾仮説（図 36）に上書きするように、再考してみた。植物の生活型、繁殖様式は重要な要因となる。インドと中国を繋ぐ中央ユーラシアから中国への伝播ルートは河川（ブラナプトラ川など）、山麓（ゾミア地域）、海上（赤道海流）がある。イネが中国からインド亜大陸に伝播する栽培化過程で、生態的一年生化、さらに陸稲化が生じた。さらに、東インドからデカン高原を南下するなかで、天水田や陸稲畑の雑草、随伴雑草および擬態随伴雑草から、サマイ、インドビエ、コドラ、コルネ、コラティなどが栽培化過程を進めた。ここにはもちろん植物と人間の相互関与があった。

この研究結果に基づき、農耕文化の新たな仮説の構図を表 27 に提示した。四大農耕文化、すなわち根菜農耕文化、地中海農耕文化、サバンナ農耕文化および新大陸農耕文化を整理し、稲作農耕文化、ステップ農耕（遊牧）を加えた。これらを繋ぐ位置にあるのがインド亜大陸であった。ユーラシアの交流の十字路としてとても面白い位置にあった。古い時代でも、飛行機や自動車がなくとも、古来、旅する人間の行動距離は、長距離のお読んでいたと考える。

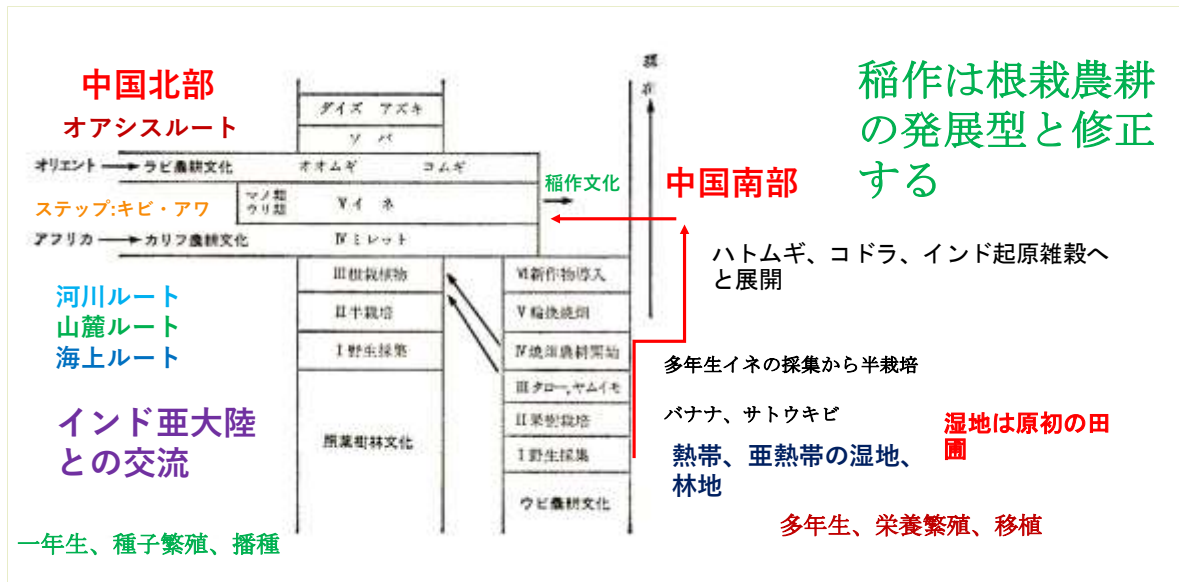


図 36. 中尾仮説の修正仮説提案

表 27. 農耕文化複合の特性の再検証

農耕形式	ラビRabi農耕	カリフKarif農耕	遊牧	インドの農耕文化複合	稲作農耕	ウビUbi農耕	新大陸農耕	
	地中海農耕文化	サバンナ農耕文化	グレート・ステップ		稲作混成文化	根栽農耕文化	メソアメリカ農耕文化	南アメリカ農耕文化
特徴	西アジア・地中海沿岸起源のムギ、冬作農耕	アフリカおよびインド起源の雑穀、夏作農耕	中央ユーラシアの遊牧	多くを受容した複合農耕	根栽農耕とカリフ農耕とイネの結合	東南アジア起源の根栽農耕	根栽農耕および夏作農耕	
起源地	オリエント	ニジェール川付近および東アフリカ	中央アジアの天山山脈南	インド亜大陸および世界各地	中国南部	マレー半島付近	メキシコを中心に北アメリカからメソアメリカ	アンデス山脈と東斜面低地
分布	地中海地域、オリエント、アフロアジア	サハラ、エチオピア、西インド	中央アジア、パキスタン、インド北西部、アフガニスタン、イラン	インド亜大陸、中央アジア天山山脈南麓地域	東アジア、東南アジアから東インド、スリランカ	オセアニア、マレーシア、インド、中部アフリカ	北アメリカ大陸南部	南アメリカ大陸北西部
人種	コーカソイド	ネグロイド	コーカソイド、混血種	混合、アーリアン、ドラヴィダ、モンゴロイド、オーストラロアジア	モンゴロイド	モンゴロイド	メスティソ	メスティソ
環境	冬雨性地中海気候、平地	夏雨性サバンナ、平地	夏雨性ステップ、砂漠、山麓、オアシス	サバンナ、ステップ、熱帯雨林、平地・丘陵・山地	常緑広葉樹、落葉樹混合林、熱帯雨林、平地・湿地、氾濫原、山地	熱帯降雨林	熱帯雨林	温帯夏雨、山地
作物生態	冬生一年生種子繁殖	夏生一年生、種子繁殖、栄養繁殖	夏生一年生、種子繁殖	混合	生態的一年生、種子繁殖、多年生、栄養繁殖		夏生一年生種子繁殖。多年生栄養繁殖	夏生一年生種子繁殖。多年生栄養繁殖
主要穀物	ムギ類	シコクピエ、モロコシ、トウジンビエなどの雑穀、イネ	キビ、アワ、エンパク	ムギ類、イネ、雑穀	イネ	ハトムギ	トウモロコシ、(サウイ)	(マンゴ)
主要マメ類	ヒヨコマメ・レンズマメなど	ササゲ・フジマメなど	レンズマメ	キマメ・リョクトウなど	ダイズ・アズキなど	キマメ・リョクトウなど	インゲンマメなど	ラッカセイ・インゲンマメなど
主要イモ類		ヤム		ヤム、タロ	タロ (サトイモ)	ヤム、タロ	サツマイモ	キャッサバ、ジャガイモ
主要油料	セイヨウアブラナ、カラシナ、ベニバナ、アマ、オリーブ	アブラヤシ、ニガシード、ヒマ		混合	アブラナ	ココヤシ、ゴマ	リクチメン、ヒマワリ	カイトウメン、ラッカセイ
嗜好飲料		コーヒー		チャ	チョウセンニンジン		カカオ	マテチャ
その他の主要作物	野菜類、果物類	メロン、スイカ	アサ、ニンニク、タマネギ、ニンジン、アズ、リンゴ、ナシ、スモモ、アーモンド、ピスタチオ	野菜類、果物類		バナナ、サトウキビ、果物、香辛料	センニシコク、ワタ、トウガラシ	キノア、センニシコク、タバコ、ワタ、トウガラシ
成立年代	B.C. 8000頃	B.C. 2500頃		B.C. 4500頃	B.C. 4500頃	B.C. 8000頃	B.C. 5000頃	
耕地利用	輪作、グラス・ファロー	連作園耕	夏季遊牧			焼き畑、ブッシュ・ファロー		
播種形式	散播	条播		散播混作、条播間作、移植	移植	点播、移植		
農具	スパード・アード	クワ				堀り棒		
加工	キルン (粉食)	タテギネ精白、 α -澱粉加工		パーボイル加工	シトギ (湿式製粉)、(粒食)	生食、石焼き		
食料経済	余剰豊富、貯蔵輸送容易	余剰貧弱	自給用			貯蔵輸送困難		
都市国の成立	B.C. 3000頃			B.C. 2500頃	B.C. 1600頃		B.C. 1000頃	B.C. 1500頃

Murdock (1959)、Guyot (1964)、中尾 (1967)、Harlanハーラン (1979)、阪本 (1987) らの仮説を一部加筆修正して改変。

第7章 人新世における生物文化多様性



インドの変わらないでほしい伝統的農耕文化

インド亜大陸の中でもとりわけ南インドのデカン高原や東西ガーツ山脈の丘陵山地地帯では、トウモロコシは今日も栽培が比較的少なく、ウプマ、ロティ、バダなどに時々調理されているに過ぎない。この理由は降雨が少なく土壌が肥沃でないなどの地理的な要因のほか、南インドの人々はめしやおねりにした時のトウモロコシの風味を好まないことがあげられよう。アフリカ大陸の雑穀栽培地帯、あるいはパキスタンやネパールでは、すでにトウモロコシは主要な作物として広く多量に栽培されており、伝統的な調理方法においても食材として多く組み込まれている（木俣 1990）。しかし、インドでは、こうした伝統を維持し、抵抗する意は M. K. ガンジーの紡ぎ車の精神性なのかもしれない。1983 年に初めて行ったニューデリーのタクシーはぼろぼろのアンバサダーかオートリクシャーばかりだった。速度計は壊れて、クリシュナ神のお札が貼ってあり、ドアの取手は引っ張ると取れてしまった。ヘッドランプも点灯しないタクシーもあった。パキスタンやネパールでは中古の日本車ダツンやトヨタが多かったのと対照的である。

その後、30 年余りにわたる緑の革命によって、コムギ、イネ、トウモロコシの 3 大穀物を中心に商業用品種による画一的な増産が図られ、世界各地で雑穀在来品種の多くが消滅の危機に瀕している。栽培植物の多様性が減少すると、諸々の環境変化に対応してきた多様な遺伝子も失われて、地球レベルおよび地域レベルの新たな環境変動に栽培植物が対応困難となると予測できる。また、農家が継承してきた郷土食文化を始めとする多彩な生活文化、自然と関わる伝統的知恵も失われることになる。このことに関してはインドのシヴァ（1993、2000）が具体的な事例をもって明確な批判を行ってきた。私は彼女が来日した折に 2 度会った。バンガロールにいる時に彼女の本『生物多様性の危機』を見つけて読み、とても興味深かったので出版社に翻訳を願い出たが、残念ながらすでにほかの方との契約が交わされていた。帰国後、大学院環境教育学専攻の講義で院生と一緒に訳本も読んだ。

日本の取り戻したい伝統的畑作農耕文化

私は民族植物学者として世界、中でもインドの雑穀の栽培と調理の調査研究をしてきた。もちろん日本人であるので、日本各地の雑穀の栽培と調理の調査も同時に行ってきた。民

族植物学は、民族と植物の歴史的関わりを明らかにする学問領域であるから、インドと同様に日本も民族的な視点から比較する必要がある。なぜなら、「電気の国から来た日本人がなぜインドに来て雑穀を調査するのか。インドを遅れた国と思い、軽く見ているのではないのか」と、オリッサの研究者たちと論争になったことがある。育種学者ではないので生産量に焦点を当てた品種改良に関心をあまりもっておらず、起原と伝播などという暇人がするような調査研究は彼らにとって理解しがたい内容であったからかもしれない。

私にとって、植物学の立場からすれば、イネもキビも、あるいは雑草も野生植物もどれも同じく好きな植物であって、対等の関心をもって進化の様相を見てきた。イネに限らず、特定の植物だけに思い入れはしていない。しかし、日本ではとりわけ明治維新以後、とりわけ、第2次世界大戦の敗北前後に、国家政策としてイネが抜きんできて重視されるように歴史が書き換えられてきたのではないかと考え始めた（木俣 2016）。水田稲作が強力に推進されてきた結果、麦や雑穀の栽培が前世紀中ごろから衰退した。本書ではインドと比較することに制限して、この主要因に関して民族の視点から若干の論及をし、詳細な論考は別書に譲る。

日本における雑穀栽培の現況

人類は動物であり、他の生命を犠牲にし、摂食しなければ自らの生命を維持できない。このため人類は植物を栽培化し、洗練された植物との共生関係を農耕、食料をめぐる環境文化として形成してきた。ヨーロッパやアジアの新石器時代文明はキビやアワを主な食料として築かれた。日本でも同様に縄文時代後期頃から雑穀類が栽培されるようになり、近年まで各地の農山村でキビ、アワ、ヒエ、シコクビエ、ハトムギおよびモロコシの6種のイネ科雑穀が栽培され続けている。イネ科雑穀の他にソバと、最近ではアマランサスやキヌアも、さらに、オオムギ、香米や黒米なども雑穀に含めることが多くなっている。

日本は山間地が多く、本来、農山村では多様な麦・雑穀が主要な食料となっていたのである。しかし、無理を承知で、多大な苦労を重ねて棚田を作って、イネを栽培してきた地域もある。主要なコメの産地である北陸地方の冬は豪雪なので、むしろ麦冬作が困難だから、稲夏作に挑戦したのだろうか。多様な栽培植物とこれらが生育している景観は生きた環境文化財ともいべきもので、とても美しい景観である。

ヨーロッパでもアジアでも、新石器時代の文明はキビやアワを主な食料として築かれた。今日でもキビやアワは乾燥地帯や山地・丘陵地帯で栽培され、食料にされている。第一次および第二次世界大戦時の食料難において雑穀は「救荒食料」となり、増産することにより食料難を乗り越えて、多くの日本人の命を救い、その後しばらくは畑作地帯の各地農山村で栽培が維持されていた。しかし、稲作が北日本の寒冷地でも品種改良などにより技術的に可能となり、その収量が安定するにつれ、稲作一辺倒の政策とあいまって雑穀の栽培面積は急減していった。現在、日本では雑穀栽培が極端に減少し、在来品種としてはもとより栽培植物種としても雑穀は絶滅寸前の状態にある。

毎年発行されている総理府統計局の『日本の統計』によると、この50年間においては1960年ころから約20万ヘクタールあった雑穀の栽培面積が急激に減少し、アワ、ヒエ、キビおよびモロコシは1969年で個別種の統計が取られなくなった。ソバのみは約2万ヘクタールで安定して今日に至っている。生産量も同じく急減傾向にあるものの、1969年にはアワは3千トン、ヒエは1万トン、キビは1千トン、ソバは2万2千トンであった。この年以前にモロコシ、シコクビエおよびハトムギはすでに統計値がない。現在の日本の雑穀生

産量はソバを除けば 300 トンにすぎないが、輸入量はモロコシを中心に約 246 万トンである。

FAOSTAT より抽出して現代史を振り返って見ると、日本の雑穀・モロコシ（1967 年以降データがない）生産量（トン）と最近、とみに健康食として注目を集めているキヌアの世界の生産量を対比してみた。すでに述べた事実にはたがわず、日本の雑穀とモロコシの生産（栽培）状況はあまりに少なく遺存的な栽培というほかない。

しかし、見方を変えれば、それでも栽培を続ける人々が連綿といることはむしろ不思議で素晴らしく、尊敬すべきことである。数千年の農耕文化の伝統を、栽培植物の生命をつないでいるからである。たとえば、古くからの食文化を大切に伝えながら、新しい工夫を加える。イネ、コムギやトウモロコシは種子の単位面積当たりの収量も多く、かつ美味しいが、キビ、アワ、ヒエなどの雑穀も C4 植物でバイオマスとしては 3 大穀物に引けを取らないか、厳しい環境下ではそれらを超えるものだ。

雑穀類も食農文化の多様性として、たまには上手に料理して食べてみようということである。美味しいかどうかは個人の味覚と調理技能によって決まる。飢餓による栄養欠乏とは反対に、先進国では栄養過剰の食生活が肥満からメタボリック・シンドロームと呼ばれる、一連の不健康な状態、糖尿病・脂質異常症・高血圧などの生活習慣病を引き起こしている。このために、健康長寿こそ願わしいので、有機・無農薬栽培の麦・雑穀と野菜の食生活改善を求める人々が多くなっている。

スコットも次のように言っている。作物化した植物が私たちの助けなしに繁栄できないのだとすれば、私たちも全く同じように、種としての生き残りを一握りの栽培品種に依存してしまっている。家畜化に関しても同じである。角度を変えてみれば、家畜化されたのは私たちの方だとも言える。植物には知能はないから、意図してヒトを隷属させたりはしないから、このギャグは面白いが、科学的ではなく賛同できない。昨今、流行っている自己家畜化論（表30）とは異なった次元の綾にすぎない。

本書を書き終えるにあたって、調理法に関してもう一点重要な著作がある。Wrangham（2009）の『火の賜物—ヒトは料理で進化した』である。ホモ属の出現を促したのは、火の使用と料理の発明であったと彼は言う。われわれは料理という食事法と深く結びついて、その結果が体も心も含む存在のすべてに反映されている。すなわちヒトは料理するサルであり、炎の動物である。ダーウィンは生物学的、進化論的に料理には意義はない、人類学者レヴィ＝ストロースも料理には生物学的な意義がないと考えていたようだ。一方で、美食家サヴァラン（1825）は、人類が自然を手なずけたのは火によってであると書いている。料理は食物の安全性を高め、食欲をそそる豊かな味を生み出し、腐敗を減らす。熱することで固い食物を開き、切り、磨り潰すことができる。料理は食物から摂取できるエネルギーを増やす。人間性は料理から生まれたとも言える。調理法の発達により継続的に消化の効率が高まり、さらに多くのエネルギーを脳の成長に回せるようになった。

自己家畜化への抵抗

第四紀新人世になって、森とむらに暮らす人々が減り、都会暮らしに人口動態が変わった。生活基盤は便利な金銭や機械に代替されて、自ら生活を創造する楽しみや誇りを衰微させてきた。時流に流されながらも、基礎基本である暮らしの伝統、これらを支えてきた基盤を継承すべく、自己家畜化には抵抗する（表30）。

表 30. 自己家畜化の定義

ヒトの自己家畜化	人類は文化の創造者であると同時に担い手であり、自らを文化環境の中に置いておくことである。人類の場合は単なる家畜化ではなく、自らを家畜化してきたことになる。	定義
友好性の進化	自然淘汰によって、異なる種や同じ種に対する友好性という性質を獲得して、ほかの人類が絶滅する中で、繁栄できた。	楽観的見方
狩猟採集民の食生活	タンザニアのハッザのような狩猟採集民は毎日、食べ物を探しに出かけ、野営地に戻って調理や食事をし、仲間と交流し、睡眠をとる。女性は地面から掘り起こしてきた塊茎類や、集めてきた果物を分け合う。男性は貴重な肉や蜂蜜を持って帰ってくる。類人猿も食べ物を集めているときに分け合うことはあるが、食べ物をすみかへ持ち帰ってくるのは人間だけだ。	統合された心の事例；自ら体験的に考える
都市民の食生活	日本の都市生活者は、食料をスーパーマーケットで買い、自ら調理することさえも少なくなった。核家族や単身世帯が多くなり、個別に調理された食品、インスタント物、冷凍品を買うか、食堂で食べるかが多い。	自己家畜化した心の事例；外付け情報装置に依存する
偏見	人々の1つの集団に対する否定的な感情。	差別
邪悪な力	脅威を感じたときに自分の集団以外の人々の人間性を無視できるようになった。人間性を無視することは、偏見よりもはるかに邪悪な力だ。よそ者に対して共感できないと、彼らの苦しみを自分のことのように感じない。攻撃は容認される。人道的でない扱いをするように求める規則や規範、道徳は適用されなくなる。	悲観的見方 ジェノサイド
動物の自己家畜化症候群	遺伝的適応の結果として従順になる。単一の種の中で、他種に促されることなく、反応的攻撃性が低下する過程を自己家畜化と呼ぶ。（家畜は文化の影響を受動的に受ける。）	ヒトの自己家畜化とは区別

ヘア&ウッズ (2020)、木俣 (2012)、ミズン (1996)、尾本編 (2002)、ランガナー (2019) 参照

おわりに

本書の主課題を攻究する過程では、最初にお礼を言うべきは雑穀を大切に栽培し保存している国内外のとても多くの農民の皆さんである。特に、降矢静夫・このゑ夫妻、守屋竹治・秋子夫妻、中川智、岡部良雄・節子夫妻には山村農について親しく教えていただいた。加えて、橋本光忠、橋本秀作は山村農の誇りを、身をもって教えてくださった。世情がどうであろうと生業を続けることは人間の根底的な営みである、強く敬意を表したい。

さらに、研究に関して師匠や先達に教示や助言を受け、支えられてきた。次に記す、特にお世話になった方々に深謝し、さらに記しきれない多くの方々にも、心よりのお礼を申し上げる（敬称や当時の肩書をつけないことをお許しください）。阪本寧男からは大きな課題を教唆され、謎解きの人生を楽しむことができた。畏友小林央往はインド亜大陸での調査にいつも同行して、現場での観察力を鍛えてくれた。先達、河野昭一（種生物学）、堀田満（植物分類学）、福田一郎（植物遺伝学）、館岡亜緒（植物分類学）、森島啓子（植物遺伝学）、山本紀夫（民族学）、上野実郎（花粉学）、西川五郎（工芸作物学）、花田毅一（作物生理学）、平宏和（栄養学）、安孫子昭二（縄文考古学）ほか、加えて竹井恵美子（民族植物学）、河瀬真琴（系統保存学）、藤村達人（植物学）、河原太八（栽培植物起原学）、福家真也（食物学）、遠藤節子（有機化学）、太田信宏（南アジア学）の皆様からは研究上の温かい

助言や助力を頂いた。また、直接の指導を受けることはほとんどなく、共同研究会などで数回ご助言をくださったのみであったが、中尾佐助（栽培植物起原学）の農耕文化基本複合という基本概念には大きな影響を受け、彼のフィールドにおける緻密な観察力、調査資料を統合的に考察して、大胆な仮説を立てる構想力を尊敬してきた。

海外では、インドでの共同調査をしてくださった A. Seetharam はじめ全インド雑穀改良計画の皆さん、Kopar、Mantor、Shankarl、Shivanandaiah、Jagadish、パキスタン国立農業研究センターの R. Anwar、中央アジアでの共同研究をしてくださった Khalikoulov Zakir、Ibragimovich はじめウズベク植物産業研究所の皆さん、考古学などに関する多くの文献をご教示くださった王立キュー植物園の M. Nesbitt (Archeology)、T. Cope (Taxonomy)、S. Linington (Conservation) およびケント大学の R. Ellen (Anthropology)、雑穀の起源と伝播についてご助言くださったケンブリッジ大学の M. Jones (Archeology) およびロンドン大学の D. Fuller (Archeology)、タイの民族調査に協力くださったラジャバト・プラナコン大学の R. Kanhaswan、Sonndarotok 夫妻に感謝の意を表します。

東京学芸大学環境教育研究センターではその時々、圃場試験の補助をしてくださった農夫の村野正男、新井富夫、宮野生一、平田大介、多くの院生・学部生と共同研究をしてきた。その成果の一部は必ず共著として、国内外のいくつかの学会で口頭発表し、また学会誌や書籍に掲載してきた。民族植物学研究室での楽しかった野外調査や実験の日々を思い出して、すべての皆様に御礼申し上げます。

日本および近隣諸国の雑穀の農耕文化複合、インド亜大陸の農山村民から学んだ民族植物学研究における基本的な報告や論文はすでに英文で公表してある。日本は中江兆民が言うように、大方の学問は輸入品、海外の書籍の翻訳が主要な仕事のようなようだ。多くの言語を使用することは凡人には難しいから、翻訳は大いにありがたい。ただ、文脈的に納得できない場合は原書を読み直す必要がある。しかし、日本の書籍が翻訳家に外国語に翻訳されることはごく稀であるので、自ら外国語で書かなければ、読んではもらえない。このために、研究内容が海外に及ぶ場合は、できるだけ英語で書いてきた。さらに、中尾佐助大先達の構想力（思い付き）と阪本寧男師の独行性（旋毛曲り）に導かれて、爾来、55年ほどの彷徨に基づくフィールド調査、実験研究、などに基づいて、書いてきた。インド亜大陸におけるフィールド調査は1983年から2001年まで、東京女子大学、京都大学、東京学芸大学などの学術調査隊や文部科学省在外研究員としてバンガロールにある農科大学の全インド雑穀改良計画において実施した。さらに、文部科学省在外研究員として、関連文献や腊葉標本の調査は2005年から2006年まで、イギリスのケント大学および王立植物園キューにおいて実施した。東京学芸大学を退職してから、東京外国語大学アジア・アフリカ言語研究所のご厚意でフェローとして2014年から2020年まで、インド関連の文献調査をさせていただいた。

FAOSTATデータ(1961~2020)から、穀物の栽培面積haおよび生産量トンの推移を抽出するだけでも、この第四紀人新世における自然災害や政治・戦争などによる超高速の激動、が窺われ、今後の展開が憂慮される。この国はユーラシア大陸の極東に位置し、海洋に囲まれながら、多数の巨大都市や工業地帯を構築した今日でさえ、ありがたいことに領域の約64パーセントが山林に被われている。島国であると同時に山国であるという特異な自然環境に立地している。台風や地震などの自然災害は多いが、このことを忘れずに、禍福転じて暮らせば、平常時にはとても穏やかで豊かな自然環境にある。大陸から直接東漸して、あるいは花綵列島を伝って間接的に南下あるいは北上して、次々と多様な民族集団が

それぞれの栽培植物を含む生活文化をもってやってきて、定住した。島々の先は太平洋だから、この先には行けなかった。豊かな自然は行く必要も感じさせなかったのだろう。約1万年前に農耕文化が獲得された後には、栽培植物を含む農耕文化複合も伴って移住してきた。この見方からすれば、このくには、ヤマト族だけではなく、少数民族であるアイヌ、オロッコ、ギリヤーク、朝鮮族、漢族などの混合民族によって構成され、山住の縄文文化の系譜をうけた畑作農耕から平住（低地）の弥生文化の系譜による水田稲作農耕へと歴史的に進展してきたと考えられる。農耕が始まる以前の無土器文化であれ、その後の農耕文化であれ、このくにの生活文化は途切れることのない時を経ながら重層的に蓄積されてきたはずだ。

ところが、第二次世界大戦後、何故か、柳田国男による日本の単一民族論、平住（低地）の弥生文化の系譜のみを重視する水田稲作農耕が優勢になった。これが今日の日本の農業や農耕のあり方を著しく歪め、父祖以来の食料自給の努力を捨て去り、食料輸入に依存する体制に導いた思想の一つであると考ええる。江戸時代の米石高制に加えて、明治維新の殖産興業、戦時中の米穀配給制度（雑穀も含む）、アメリカに敗戦した後の小麦・脱脂粉乳などの食料援助が、この国の人々をして、独立心を喪失した「米悲願単一民族」に仕立て上げた。柳田の思想の一部、微瑕が拡大解釈されて、この政策に与したのだろう。人間も生き物であるから、食料の安全・安心確保は第一の欲求である。ところが、この国の政策は食料安全保障を放棄したのである。水田稲作のみに集中した結果のイネ米の過剰生産を減反の強制によって対応した。生産を放棄することに対して補助金を出したのである。稲の多収よりも安全・安定生産、畑作の麦・雑穀の生産も維持すべきであった。世界的な人口激増や環境変動のもとで、不安定な食料生産と需要の拡大によって、海外からの食料輸入に全面的な依存はできない。この国が暮らしの基盤である森とむら、農林業生産を軽視し、食料安全保障を怠っているので、多様な食料の安全・安心は家族で、地域社会で確保せねばならない。加えて、自然や伝統的な生業を学ぶことを保証する必要がある。最近の山火事や野生動物の害は森とむらを衰退させた結果であり、気候変動以前の問題である。

第2の人生はユーラシア大陸各地および日本各地への旅に多くの年月を費やした。インド（バンガロール、農科大学）とイギリス（カンタベリー、ケント大学）の地方都市にはサバティカルで、タイ（バンコック、ラジャバト・プラナコン大学）には大学院の集中講義などで、しばらく暮らす機会を得た。このため、とりわけインド農村の暮らし、西欧の農村景観から大きな心象を受けた。第3の人生では、旅で観たこと、考えたこと、ユーラシアの旅行でたくさんの農家から分譲を受けた栽培植物の種子・標本を用いた実験研究およびフィールド調査研究の成果をアーカイヴすることにした。

引用文献

Acharyar, R. B. K. R. 1921. A handbook of some South Indian grasses. Government Press, Madras, India, pp 109-113.

Antonovics, J. 1968. Evolution in closely adjacent plants populations. V. Evolution of self-fertility. *Heredity* 23:219-238.

Aziz, K. 1983, *Indian Cooking*, Putnam Publishing Group, New York.

Baker, H.G. 1955. Self-compatibility and establishment after “long-distance” dispersal. *Evolution* 9:347-348.

- Baker, H.G. 1959. Reproductive methods as factors in speciation in flowering plants. Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol. 23:177-190.
- Baker, H.G. 1965. Characteristics and methods of origin of weeds. In H.G. Baker and G.L. Stebbins, ed., The Genetics of Colonizing Species. P.147-168. Academic Press, New York, USA.
- Baker, H.G. 1970. Plants and Civilization, Wadsworth Publishing Co., Inc., California, US.
- Baker, H.G. 1974. The evolution of weeds. Ann. Rev. Ecol. Syst. 5:1-24.
- Baker, H.G. 1976. The evolution of weeds. Ann. Rev. Ecol. System. 5:1-24.
- Beijing Institute of Botany, Academia Sinica 1975. Iconographia Cormophytorum Sinicorum. Tomus IV. Science Press, Beijing, China (in Chinese).
- Bellwood, P. and C. Renfrew ed. 2002, Examining the farming/language dispersal hypothesis, University of Cambridge, Cambridge.
- カルピニ・ルブルク 1245～1255 (護雅夫訳 1989). 中央アジア・蒙古旅行記—遊牧民族の実情の記録、光風社。
- Chandra, U., and M. N. Koppal. 1990. Diversity and domestication of minor millet species in Indian sub-continent. Indian Journal of Plant Genetic Resources 3(2):47-58.
- Chapman, G.P. 1996. The Biology of Grasses, CAB International, Oxon, UK.
- Chen, J. et al. 2022. Pangenome analysis reveals genomic variations associated with domestication traits in broomcorn millet. Nature Genetics 55:2243-2254.
- Clayton, W.D. and S.A. Renvoize 1986, Genera Graminum, Grasses of the World, Her Majesty's Stationary Office, London, UK.
- Clayton and Renvoize 1982
- Cotton, C.M. 1996. Ethnobotany —Principles and Applications, John Wiley & Sons, Ltd., London. 木俣美樹男・石川裕子訳 2004、民族植物学—原理と応用、八坂書房、東京。
- Cox, S., P. Nabukalu, A.H. Paterson, W. Kong, and S. Nakasagga 2018. Development of Perennial Grain Sorghum, Sustainability 10(1):172-. [Sustainability | Free Full-Text | Development of Perennial Grain Sorghum \(mdpi.com\)](#)
- de Wet, J.M.J., K.E. Prasada Rao KE, M. H. Mengesha and D. E. Brink. 1983a. Diversity in kodo millet, *Paspalum scrobiculatum*. Economic Botany 37:159-163.
- de Wet, J. M. J., K. E. Prasada Rao, M. H. Mengesha and D. E. Brink. 1983b. Domestication of sawa millet (*Echinochloa colona*). Economic Botany 37:283-291.
- de Wet, J. M. J., K. E. Prasada Rao, M. H. Mengesha and D. E. Brink. 1983c. Systematics and domestication of *Panicum sumatrense* (Gramineae), Journal d' Agriculture Traditional et Botanique Applique 30:159-168.
- ドゥ・カンドル 1883、加茂儀一訳 (1953・1958)、栽培植物の起原、上中下、岩波書店、東京。de Candolle, Alphonse, 1883, Origine des plantes cultivées, Bibliothèque scientifique internationale, Paris.
- Evans, G.M. 1995. Rye, *Secale cereale* (Gramineae-Triticinae), ed. by J. Smartt

and N. W.

Fuller, D. Q. and M. Madella 2000. Issues in Harappan archaeobotany: Retrospect and prospect. in *Indian Archaeology in Retrospect, Vol. II. Protohistory*. In: Settar S, Ravi Korisettar (eds) Publications of the Indian Council for Historical Research, Manohar, New Delhi.

Fuller, D. Q., R. Korisettar and P. C. Venkatasubbaiah 2001, Southern Neolithic cultivation systems: A reconstruction based on archaeobotanical evidence. *South Asian Studies* 17: 171-187

Fuller, D. Q. and M. Madella 2002, Issues in Harappan archaeobotany: Retrospect and prospect. In *Indian Archaeology in Retrospect, Vol. II. Protohistory*. S. Settar and Ravi Korisettar (eds.) Publications of the Indian Council for Historical Research. Manohar, New Delhi, 317-390.

Gerard, J. 1597. *The Herball or Generall Historie of Plantes*. Norton, London, pp73-81.

グレーバー, D. ・ D. ウェングロウ 2021、酒井隆訳 2023、*万物の黎明：人類史を根本からくつがえす*、光文社、東京、Graeber, D. and D. Wengrow 2021, *The Dawn of Everything: A new History of Humanity*, Allen Lane, .

Grime, J. P. 1979. *Plant Strategies and Vegetation Processes*. John Willey and Sons, Chichester, U. K.

Harlan, J. R. 1975. *Crops and Man*, Amer. Soc. Agron., Madison.

ハーラン, J. R. 1984、熊田恭一・前田英三訳、*作物の進化と農業・食糧*、学会出版センター。

Harlan, J. R. 1967, A wild wheat harvest in Turkey, *Archaeology* 20:197-201.

Harper, J. L. 1977. *Population Biology of Plants*, Academic Press, London.

堀田満 1974、*植物の進化生物学*第 III 卷、*植物の分布と分化*、三省堂、東京。

Hunt, H. V. et al., 2011. Genetic diversity and phylogeography of broomcorn millet (*Panicum miliaceum* L.) across Eurasia. *Molecular ecology* 20:4756-4771.

飯沼二郎・堀尾尚志 1976、*ものと人間の文化史* 19、*農具*、法政大学出版局、東京。

Jaffrey, M. 1987, *A Taste of India*, Pavilion Books Ltd. London.

Johnson, M. (ed.) 1992. Research on traditional environmental knowledge: its development and its role. In: *Lore: Capturing Traditional Environmental Knowledge*.

鹿野忠雄 1946、*東南亜細亜民族学先史学研究 I*、矢島書店。

加藤晋平、1977、*北方農耕覚書* 3、*縄文農耕・北野視点*、*どるめん* 13.

河野昭一 1974、*植物の進化生物学* II、*種の分化と適応*、三省堂、東京。

Kawano, S. 1975. The productive and reproductive biology of flowering plants. II. The concept of life history strategy in plants. *J. Coll. Lib. Arts. Toyana Univ.* 8:51-86.

Kawano, S. 1984. Reproductive strategy and life history evolution in weeds and ruderals. *Weed Res. Japan.* 29:1-10 (in Japanese).

Kawano, S. and Y. Nagai 1975. The productive and reproductive biology of flowering plants. I. Life history strategy of three *Allium* species in Japan.

- Bot. Mag. Tokyo 88:281-318.
- Kawase and Sakamoto 1982, Geographical distribution and genetic analysis of phenol color reaction in foxtail millet, *Setaria italica* ((L.) P. Beauv. Theor. Appl. Genet. 63:117-119.
- 木原均編 1954、改著コムギの研究、養賢堂、東京。
- Kimata, M. 2016, Domestication process and linguistic differentiation of millets in the Indian subcontinent, *Ethnobotanical Notes* 9: 12-24.
- 木俣美樹男・木村幸子・河口徳明・柴田一 1986、北海道沙流川流域における雑穀の栽培と調理、季刊人類学 17-1: 22-53。
- Kimata, M. 1978. Comparative studies on the reproductive systems of *Mazus japonicus* and *M. Miquelii* (Scrophulariaceae). *Plant Systematics and Evolution* 129(4):243-253.
- Kimata, M. and S. Sakamoto. 1979. Comparative studies on the population dynamics of *Mazus japonicus* and *M. Miquelii*, Scrophulariaceae. *The Botanical Magazine, Tokyo* 92:123-134.
- Kimata, M. 1983. Genecology and reproductive systems of weedy *Mazus* species, Scrophulariaceae. US-Japan Science Seminar, The New York Botanical Garden Cary Arboretum.
- 木俣美樹男 1984、サギゴケ属植物の生活史と種生態（分担執筆）、河野昭一編『植物の生活史と進化 1 雑草の個体群統計学』pp.123-137、培風館。
- Kimata, M. 1986. Genecology and reproductive systems of weedy *Mazus* species, *M. japonicus* and *M. Miquelii*, Scrophulariaceae. *Bull. Tokyo Gakugei Univ. Sect. VI* 38:1-12.
- 木俣美樹男 1990、ムラサキサギゴケ・トキワハゼ（分担執筆）、『フィールドウォッチング 1 新緑の季節を歩く』、pp.96-99、北隆館。
- Kimata, K. and F. Takei. 1991. Comparative studies on the life histories of two weedy *Mazus* species, *M. japonicus* and *M. Miquelii*, Scrophulariaceae. *Bull. FSI. Tokyo Gakugei Univ.* 2: 25-34.
- Kimata, M. 2016a. Tertiary domestication process of *korati*, *Setaria pumila* (Poaceae) through the mimicry to other grain crops in the Indian Subcontinent. *Ethnobotanical Note* 9:25-38.
- Kimata, M. 2016b. Domestication process of *korati*, *Setaria pumila* (Poaceae), in the Indian subcontinent on the basis of cluster analysis of morphological characteristics and AFLP markers. *Ethnobotanical Note* 9: 39-51.
- Kimata, M., E. G. Ashok and A. Seetharam. 2000. Domestication, cultivation and utilization of two small millets, *Brachiaria ramosa* and *Setaria glauca* (Poaceae), in South India. *Economic Botany* 54(2):217-227.
- Kimata, M and S. Sakamoto 1982, Interrelationships between the mode of reproduction and the habitat of two weedy Agropyron species, *A. tsukushiense* and *A. humidorm*, Gramineae. *Weed Research (Japan)* 27(2):182-205.
- Kimata, M. and S. Sakamoto. 1992. Utilization of several species of millet in Eurasia. *Bull. FSI. Tokyo Gakugei Univ.* 3: 1-12.

- Kimata, M., S. Fuke and A. Seetharam. 1999. Some Effects of Parboiling Process for Small Millets. *Environmental Education Studies*, Tokyo Gakugei Univ. 9: 25 - 40.
- Kimata, M. and M. Negishi. 2002. Geographical distribution of proso millet, *Panicum miliaceum* L. on iodostarch and phenol reactions; with special references to a northern propagation route into Japanese Islands. *Environmental Education Studies*, Tokyo Gakugei University. 12:15 - 22.
- Kimata, M., T. Kawamura, T. Maeno, and S. Endo 2007, Fatty acid composition neutral lipids in seed grains of *Panicum miliaceum* L. *Ethnobotanical Notes* 2:8-13.
- 木俣美樹男 1996、キビ-古代文明を支えた穀物、井上健編『植物の生き残り作戦』、平凡社。
- Kimata, M. 2016, Domestication process and linguistic differentiation of millets in the Indian subcontinent, *Ethnobotanical Notes* 9: 12-24.
- 木俣美樹男・木村幸子・河口徳明・柴田一 1986、北海道沙流川流域における雑穀の栽培と調理、季刊人類学 17-1: 22-53。
- 木俣美樹男 1988、南インドにおける雑穀の栽培と調理について、生活学第 13 冊: 127-149。
- 木俣美樹男 1995、西トルキスタンのモロコシとキビ、第 9 回雑穀研究会シンポジウム。
- 遠藤節子・阿部幸世・窪田ゆき子・木俣美樹男 1996、西トルキスタンのモロコシの脂質成分、東京学芸大学紀要第四部門 第 48 集: 21-36。
- 木俣美樹男 1996、キビ-古代文明を支えた穀物、井上健編『植物の生き残り作戦』 pp. 353- 261、平凡社。
- 木俣美樹男 1997、キビの栽培化と伝播およびその利用、育種学最近の進歩 第 39 集 63-66。
- 木俣美樹男 2016、巻頭言 多様な生活文化の中の雑穀 (特集)、民族植物学ノオト 9: 1。
- Kimata, M. 2016b, Tertiary domestication process of korati, *Setaria pumila* (Poaceae) through the mimicry to other grain crops in the Indian subcontinent, *Ethnobotany* 9:25-38.
- Kimata, M. 2016d, Domestication and dispersal of *Panicum miliaceum* L. (Poaceae) in Eurasia, *Ethnobotany* 9:52-66.
- 北村四郎・村田源 1961、原色日本植物図鑑草本編 II・離弁花類、保育社、大阪。
- 熊本記念植物採集会 1969、熊本県植物誌。
- 北村四郎・村田源 1964、原色日本植物図鑑(上)、保育社、大阪。
- Khush, G.S. and G.L. Stebbins 1961. Cytogenetic and Evolutionary studies in *Secale* I. Some new data on the ancestry of *S. cereale*.
- Kobayashi, H. 1987. Mimic and associated weeds with millets and cultivation methods of millets in the Indian subcontinent. In: S. Sakamoto (ed.) A preliminary report of studies on millet cultivation and its agro-postal culture complex in Indian sub-continent, I (1985). Kyoto University, Kyoto, Japan, pp 15-40.
- Kobayashi, H. 1989. Mimic and associated weeds with millet and rice cultivation in Orissa and Maharashtra in India. In: S. Sakamoto S (ed.) A preliminary report

of studies on millet cultivation and its agro-postal culture complex in Indian sub-continent, II (1987). Kyoto University, Kyoto, Japan, pp. 11-32.

小林央往 1988、ヒエ・アワ畑の雑草—擬態随伴雑草に探る雑穀栽培の原初形態、佐々木高明・松山利夫編、畑作文化の誕生—縄文農耕論へのアプローチ、日本放送出版協会。

小林往央 1990、インドにおける雑穀二次作物の起源、(阪本寧男編) インド亜大陸の雑穀農牧文化、学会出版センター、東京。

倉田のり・久保貴彦 2012、イネの栽培化の起源がゲノムの全域における変異比較解析により判明した、ライフサイエンス新着レビュー、Database Center for Life Science。

Lefévre, C. 1970. Self-fertility in maritime and zinc mine populations of *Armeria maritima* (Mill.) Willd. *Evolution* 24:571-577.

Linhart, 1974,

Longley and Sando 1930,

Lysov, Лысов, В.Н. 1968, Прос, Колос, Ленинград.

Matsumura, M. 1967. Genecological studies on the foxtail grass, *Alopecurus aequalis*, in Japan. *Res. Bull. Fac. Agri., Gifu Univ.* 25:129-208 (in Japanese).

松谷暁子 1984、走査電顕像による炭化種実の識別、古代文化財に関する保存科学と人文科学、総括報告書。

Mithen ミズン, S. 1996、心の先史時代、松浦俊輔・牧野美佐緒訳 1998、青土社、東京。

Mithen, S. 1996, *The Prehistory of The Mind; A search for the origins of art, religion and science.* Thames and Hudson Ltd., London.

森島啓子 2001、野生イネへの旅、裳華房、東京。

村上道夫 1961、Coix 属の改良に関する育種学的研究 (V) ハトムギとジュズダマの雑種 F₂ における遺伝的分離、京都府立大学学術報告書・農学第 13 号 : 111-120。

Murakami 1960,

中尾佐助 1966、栽培植物と農耕の起原、岩波書店、東京。

中尾佐助 1967、農業起原論、森下正明・吉良竜男編 1967、自然-生態学的研究、中央公論社、東京。

中尾佐助 1972、料理の起源、日本放送出版協会。

Ohwi, J. and S. Sakamoto 1964. Taxonomy, ecology and distribution of *Agropyron humidorum* Ohwi et Sakamoto. *Jour. Jap. Bot.* 39(4):109-114.

岡彦一編訳、稲作の起源—中国古代遺跡が語る、八坂書房。

大野康雄・畠山貞雄 1996、岩手県北地方のヒエの精白方法、雑穀研究 8 : 1-7。

大野晋 2000、日本語の形成、岩波書店、東京。

大野晋 2004、弥生文明と南インド、岩波書店、東京。

Oka, H. and Coworkers 1980. *The Ancesters of Cultivated Rice and Their Evolution*, Dept. of Applied Genetics, National Inst. Of Genetics, Mishima.

Ornduff 1969,

長田俊樹 1995、日文研双書、ムンダ人の農耕文化と食事文化、民族言語学的研究— インド文化・稲作文化・照葉樹林文化 —、国際日本文化研究センター、京都。

Quinby, J. R., N. W. Kramer, J. C. Stephens, K. A. Lahn, and R. E. Karper 1958. Grain sorghum production in Texas. *Texas Agr. Exv. Sta. Bull.*, 912.

Riley, R. 1955. The cytogenetics of the difference between some *Secale* species.

- J. Agric. Sci. 46:277-83.
- Sakamoto, S. 1973. Patterns of phylogenetic differentiation in the tribe Triticeae. Seiken Zihō No.24:11-31.
- Sakamoto, S. 1961. An early ecotype of *Agropyron tsukushiense* var. *transiens*. Seiken Zihō 12:45-58.
- Sakamoto, S.1966. Cytogenetic studies in the tribe Triticeae. IV. Natural hybridization among Japanese *Agropyron* species. Japan. J. Genet. 41(3):189-201.
- Sakamoto, S. 1982. Adaptation of two Japanese *Agropyron* species to the winter fallow paddy fields. Weed Res. (Japan): 23(3): 101-108. (in Japanese).
- Sakamoto, S. 1991, The cytogenetic evolution of Triticeae grasses, Chromosome Engineering in Plants: Genetics, Breeding, Evolution, Part A. ed. by P.K. Gupta and T. Tsuchiya, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, The Netherlands.
- 阪本寧男 1996、ムギの民族植物誌～フィールド調査から、学会出版センター、東京。
- 阪本寧男・河原太八 1979、アフガニスタンの灌漑ムギ畑の雑草ライムギおよび雑草エンバクについて、雑草研究 24 : 36-40。
- Sakamoto, S., M. Kimata and M. Kawase 1980, An analysis of species of cultivated millet collected in Halmahera, ed. N. Ishige, The Galela of Halmahera, A Preliminary Survey, Senri Ethnological Studies 17:181-190, National Museum of Ethnology, Osaka.
- Sakamoto, S.1966. Cytogenetic studies in the tribe Triticeae. IV. Natural hybridization among Japanese *Agropyron* species. Japan. J. Genet. 41(3):189-201.
- 阪本寧男 1983、日本とその周辺の雑穀、佐々木高明編、日本農耕文化の源流、日本放送出版協会。
- 阪本寧男 1988、雑穀のきた道—ユーラシア民族植物誌から、日本放送出版協会。
- 阪本寧男 1989、モチの文化誌、中央公論社。
- 阪本寧男 1996、ムギの民族植物誌～フィールド調査から、学会出版センター、東京。
- 佐々木高明 1989、東・南アジア農耕論—焼畑と稲作、弘文堂、東京。
- 佐々木 2003
- 佐竹義輔 1964、植物の分類—基礎と方法、第一法規出版、東京。
- Sencer, H.A. and J.G. Howkes 1980. On the origin of cultivated rye. Biol. J. Linn. Soc. 13:293-313.
- Scholz, H. and V. Mikoláš. 1991. The weedy representatives of proso millet (*Panicum miliaceum*, Poaceae) in Central Europe. Thaiszia, Kosice 1: 31-41.
- Shiva, V. 1993、高橋由紀・戸田清 1997 訳、生物の多様性の危機—精神のモノカルチャー、三一書房。
- シヴァ, V. 2000、浦本昌紀監訳 2006、食料テロリズム—多国籍企業はいかにして第三世界を飢えさせているか、明石書房。
- Southworth, F.C. 2005, Linguistic Archaeology of South Asia, Routledge Curzon, London.**
- Stebbins, G.L. 1950. Variation and Evolution in Plants. Columbia Univ. Press, New York.
- Stebbins, G.L. 1957. Self fertilization and population variability in the higher

- plants. *Amer. Naturalist* 91:337-354.
- Stebbins, G.L. 1958. Longevity, habitat, and release of genetic variability in higher plants. *Cold Spring Harbor Symp. Quant Biol.* 23:365-378.
- Stebbins, G.L. 1974. *Flowering Plants*. Harvard Univ. Press, Cambridge, Massachusetts.
- Swaminathan 2022, Preface and Acknowledgments, ed by S.Padulosi, E.D.Israel Oliver King, D.Hunter and M.S.Swaminathan, *Orphan Crops for Sustainable Food and Nutrition Security, Promoting Neglected and Underutilized Species*, Routledge.
- Suneson, G.A., K.O. Rachie, and G.S. Khush 1969. A dynamic population of weedy rye. *Crop Science* 9:121-124.
- 橘礼吉 1981、白山麓の焼畑における脱穀・精白慣行—白峰村の出作り地域の場合、加能民族研究第九号。
- 竹井恵美子・小林央往・阪本寧男 1981、紀伊山地における雑穀の栽培と利用ならびにアワの特性、季刊人類学第十二巻四号。
- 田村道夫 1974、植物の進化生物学第 I 巻、被子植物の系統、三省堂、東京。
- 田中正武 1975、栽培植物の起原、日本放送出版協会、東京。
- 山田隆治 1969、ムンダ族の農耕文化複合、風間書店、東京。
- Weber, S.A. 1992, *South Asian Archeobotanical Variability*. *South Asian Archeology* 1989. *Monographs in World Archeology* No.14:283-290. Madison, Wisconsin
- バァビロフ, N. I. 1926、中村英司訳 1980、栽培植物発祥地の研究、八坂書房。Vavilov, N. I. 1926. *Studies on the Origin of Cultivated Plants*. *Inst.Bot.AAppl. Amel. Plants, Breeding* 16:1-245, Leningrad.
- Xuehui Huang, Nori Kurata, Xinghua Wei, Zi-Xuan Wang, Ahong Wang, Quiang Zhao, Yan Zhao, Kunyan Liu, Wenjun Li, Yunli Cou, Yiqi Lu, Congcong Zhou, Danlin Fan, Quijun Weng, Chuanrang Zhu, Tao Huang, Lei Zhang, Yongehun Wang, Lei Feng, Hiroyasu Furuumi, Takahiko Kubo, Toshie Miyabayashi, Xiaopin Yuan, Qun Xu, Guojun Dong, Qilin Zhan, Canyang Li, Asao Fujiyama, Atsushi Toyoda, Tingting Lu, Qi Feng, Qian Qian, Jiayang Li, and Bin Han 2012, A map of rice genome variation reveals the origin of cultivated rice, *Nature* 490:497-501.
- 吉川瑞昌 1963、ハトムギの効用、六月社、大阪市。

略歴

愛知県生まれ、東京学芸大学名誉教授。民族植物学および環境学習原論専攻。雑穀の起原と伝播のフィールド調査、実験研究、環境学習の実践と理論研究。

静岡大学理学部生物学科卒業、東京教育大学大学院農学研究科修了、農学博士（京都大学）。農科大学（インド、バンガロール）客員教授、ケント大学・王立植物園キュー（イギリス）研修員、ラジャバト・プラナコン大学（タイ、バンコック）客員教授ほか、国立遺伝学研究所研修員、国立民族学博物館共同研究員、東京外国語大学アジア・アフリカ言語研究所フェロー、などを行った。東京学芸大学農場（現・環境教育研究センター）を40年間維持管理、学部環境教育専攻、大学院修士課程環境教育コース、連合大学院博士課程教育構造論講座（環境教育学研究）を担当し、自然文化誌研究会、雑穀研究会、日本環境教育学会、環境教育研究センターなどを創業した。環境教育推法を提案し、議員立法ができた。

主な書籍は、『持続可能な社会のための環境学習』（共編）、『インド亜大陸の農牧文化複合』（阪本寧男編、分担執筆）、『民族植物学』（C. Cotton、共訳）など。

雑穀の起原と伝播 — インド亜大陸の雑穀を巡る民族植物学

概要／増補改訂版

著者 木俣美樹男

発行者 発行所

特定非営利法人 自然文化誌研究会 植物と人々の博物館

連絡先 木俣美樹男 kibi20kijin@yahoo.co.jp

発行日 2026年6月24日

©2026 Mikio Kimata

著者名・引用先を明記しての複製は歓迎する。