総説

穀類における貯蔵澱粉のウルチ-モチ性と その地理的分布

阪 本 寧 男*

(昭和56年8月29日受理)

Waxy Endosperm and Perisperm of Cereals and Grain Amaranth and Their Geographical Distributions

Sadao SAKAMOTO

*Plant Germ-plasm Institute, Faculty of Agriculture, Kyoto University
(1, Nakajo, Mozume, Muko, Kyoto 617, Japan)*

Cereals with waxy (*i. e.* glutinous) endosperm, such as rice, foxtail millet and common millet, are staples commonly found not only in Japan but also in various countries of East Asia. In the present article the geographical distributions of the waxy endosperm of seven species of cereals and their ethnobotanical significance are discussed. Based on recent findings and analyses of waxy and non-waxy perisperms in *Amaranthus hypochondriacus* collected in Nepal, the origin and dispersal of waxy perisperm of this species are also reported.

Waxy endosperm is found in *Oryza sativa* (rice), *Zea mays* (maize), *Hordeum vulgare* (barley), *Coix lacryma-jobi* var. *ma-yuen* (Job's tears), *Setaria italica* (foxtail millet), *Panicum miliaceum* (common millet) and *Sorghum bicolor* (sorghum).

Cryza sativa: The waxy endosperm of *Oryza sativa* was first reported by Gris in 1860. After examining many indigenous varieties to nine geographical regions ranging from India to Japan, Iizuka *et al.* (1977) concluded that (1) in India, Sri Lanka and Nepal there were almost no waxy forms, (2) waxy varieties were abundant in samples from Indochina, Thailand and Burma, whereas (3) rather high frequencies were observed for non-waxy varieties from Japan and northern China. Watabe (1967) indicated that glutinous rice cultivation in Southeast Asia appears to center in northern and northeastern Thailand and Laos spreading to the surrounding regions of Burma, Yunnan, Vietnam and Cambodia.

Zea mays: Waxy maize was found by Collins (1909) in a collection of specimens from China. This type of maize has generally been reported from northern Burma, Assam, China, Korea and Japan. Maize was domesticated first in the New World, but the waxy variety clearly originated from East Asia having developed after the introduction of maize from the New World.

Hordeum vulagre: The waxy form of barley is found only in China, Korea and Japan. In Japan it was found sporadically in areas facing the Seto Inland Sea and in northern Kyushu. According to Nakao (1950), this form can be classified into three varieties which have in common naked and purple-colored grains.

Coix lacryma-jobi var. *ma-yuen*: Kempton (1921) observed both waxy and non-waxy forms of Job's tears in samples from Burma, India, the Philippines and China. However, in East Asia, only the waxy form is commonly grown.

Setaria italica: Of the 406 samples collected by the author at various locations ranging from

* 京都大学農学部植物生殖質研究施設(617 向日市物集女町中条 1)

Europe to East Asia, 221 had waxy endosperm (54.4%) and 185 had non-waxy endosperm (45.6%). The former was found in Japan, Korea, China, Formosa, Luzon Island (the Philippines) and Thailand, but only the non-waxy form was isolated in samples from the Batan Islands (the Philippines), Halmahera Island (Indonesia), Nepal, India, Afghanistan, Central Asia and Europe. The obvious gaps in the geographical distribution of the waxy form of foxtail millet have been recognized in two places. One is the Bashi Channel between Formosa (including the Lan Yü Islands) and the Batan Islands. The other seems to be between Nepal-India and Assam. It is assumed that the gap at the Bashi Channel is related to the importance of the waxy variety in the ritual life of the native tribes inhabiting the Formosan mountains and the Lan Yü Islands. No reasonable explanation, however, of the other can be given at present.

Panicum miliaceum: In spite of the wide occurrence of this species in Eurasia, studies of the geographical distribution of its waxy varieties have not been made. To the extent that could be examined by this study, the waxy form was detected only in specimens from Japan, Korea and China. The small number of samples from Afghanistan, Central Asia and Europe included only the non-waxy form.

Sorghum bicolor: The waxy form of this species has been reported from Java, India, the Philippines, China and Japan. According to the present survey, the waxy form is very common in Korea and Japan. However, very few waxy samples have been identified from Formosa, Halmahera Island or Nepal by this author. All of the samples collected from Ethiopia were non-waxy.

From all of the information obtained concerning the seven cereal species which have waxy endosperm varieties, the following conclusions can be drawn: The waxy varieties of *O. sativa*, *Z. mays*, *C. lacryma-jobi* var. *ma-yuen*, *S. italica* and *S. bicolor* are distributed over wide areas of East Asia from the mountainous regions of Assam to Japan. The waxy forms of *H. vulgare* and *P. miliaceum* are confined to China, Korea and Japan. On the contrary, they are not found in the western half of Eurasia, especially in the areas ranging from India to Europe.

Recently both waxy and non-waxy perisperms have been found in the seed of a species of cultivated *Amaranthus*, *A. hypochondriacus*, collected in Nepal. The biochemical and chemico-physical properties of the starches isolated from both types were nearly identical to those of cereal grain starches. *A. hypochondriacus* is a domesticate from Mesoamerica. It is assumed that the waxy perisperm originated from the non-waxy form in Mesoamerica during the early domestication process, and was later brought to the Old World. It is cultivated particularly in the mountain villages in the foothills of the Himalayas.

はじめに

年の始めのもっとも重要な伝統的習慣は、床の間に鏡餅を飾り、餅の入った雑煮を食べて新年を祝うことである。また神仏に餅を供え、おめでたいときには赤い強飯を炊いてお祝いをする。このように餅や強飯はわれわれの生活に溶け込んだ食生活文化といえるが、その素材は糯米（もちごめ）である。一方、粳米（うるちごめ）は毎日の三度の食事には欠かせないものである。このように粳米を食べ、糯米で餅を搗ぎ、お菓子をつくり、またモチ性のアワやキビで粟餅や黍餅をつくったり、さらにモチ性の穀類を発酵させて地酒をつくるといった伝統は、日本のみならず東アジアに広く分布している食生活文化であるといわれている。

このような伝統的文化の植物学的基礎を明らかにするためには、穀類にみられるモチ性品種がどのような地理

的分布をしているかを調査することが、この問題を解く一つの方法であろう。それによってモチ性とわれわれの食生活との結び付きがより具体的に把握できるものと考えられる。本稿では、イネ科穀類にみられるウルチモチ性について、今までの植物学的研究を要約し、その地理的分布をとくにアワを中心に述べる。それとともに、最近明らかにされた、双子葉植物のヒユ科のセンニソク類に見出されたウルチモチ性についても紹介する。

イネ科穀類のモチ性

世界に栽培されているイネ科の穀類は多種多様であるが、それらをこの科の族 (tribe) レベルでまとめてみると、表1のようになる。イネ科穀類の穎果の内乳（内胚乳）貯蔵澱粉には、ウルチ性とモチ性のものが知られている。表1に黒丸印のついた種は、ウルチ性のみならずモチ性の貯蔵澱粉が今までに明らかにされたものである。

表 1. イネ科の分類群からみた世界の主要な穀類の所属, 染色体数および地理的起源

栽 培 植 物 名	染色体数(2n)	地理的起源
イ ネ 族		
● <i>Oryza sativa</i> L. (イネ)	24	東 南 ア ジ ア
<i>Oryza glaberrima</i> Steud. (アフリカイネ)	24	西 ア フ リ カ
コ ム ギ 族		
<i>Triticum monococcum</i> L.	14	西 南 ア ジ ア
<i>Triticum turgidum</i> L.	28	西 南 ア ジ ア
<i>Triticum timopheevi</i> Zhuk.	28	西 南 ア ジ ア
<i>Triticum aestivum</i> L. (パンコムギ)	42	西 南 ア ジ ア
● <i>Hordeum vulgare</i> L. (オオムギ)	14	西 南 ア ジ ア
<i>Secale cereale</i> L. (ライムギ)	14	西 南 ア ジ ア
ヌ カ ボ 族		
<i>Avena strigosa</i> Schreb.	14, 28	南西ユーラシア
<i>Avena sativa</i> L. (エンバク)	42	南西ユーラシア
<i>Avena byzantina</i> C. Koch	42	南西ユーラシア
ヒ ゲ シ バ 族		
<i>Eragrostis abyssinica</i> Schrad. (テフ)	40	東 ア フ リ カ
<i>Eleusine coracana</i> Gaertn. (シコクビエ)	36	東 ア フ リ カ
キ ビ 族		
<i>Echinochloa frumentacea</i> Link (インドビエ)	54	東 南 ア ジ ア
<i>Echinochloa utilis</i> Ohwi et Yabuno (ヒエ)	54	東 ア ジ ア
● <i>Panicum miliaceum</i> L. (キビ)	36	ア ジ ア
● <i>Setaria italica</i> P. Beauv. (アワ)	18	ア ジ ア
<i>Pennisetum americanum</i> (L.) Schum. (トウジンビエ)	14	ア フ リ カ
ヒメアブラサスキ族		
● <i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench (モロコシ)	20	ア フ リ カ
トウモロコシ族		
● <i>Zea mays</i> L. (トウモロコシ)	20	北 ア メ リ カ
● <i>Coix lacryma-jobi</i> L. <i>ma-yuen</i> (Roman.) Stapf. (ハトムギ)	20	東 南 ア ジ ア

黒丸はウルチおよびモチ性両型の内乳澱粉の見出された種を示す。

この両型の澱粉が今までに見出された穀類は、イネ、オオムギ、アワ、キビ、モロコシ、トウモロコシおよびハトムギの7種である。この表から明らかなことは、人類はイネ科の各グループの野生祖先種から、世界の各地域で種々の穀類を栽培化したことである。またモチ性の内乳澱粉はイネ科の特定のグループにのみ見出されるのではなく、一つの並行変異として出現していることがわかる。また興味あることには、一つの属内でもたとえばイネにはモチ性がみつがっているが、アフリカイネには知られていない。同一の族内をみると、たとえばキビ族に属するアワやキビに見出されているが、ヒエには見当たらない。ともに西南アジアで起源した穀類のうち、オオムギにモチ性はあっても、コムギやライムギにはみつがっていない。またモチ性は栽培種のみに見出されており、イネ科

の野生祖先種、野生近縁種、その他の野生種における報告は今のところ見当たらない。

ヨード・ヨードカリ液によって、ウルチ性の澱粉は青色に染まり、モチ性の澱粉は赤褐色に染まるので、容易に両型を区別することができる。ヨード液によって赤く染まる澱粉は、19世紀後半に相ついで見出された。イネ科での最初の発見は、1860年 Gris によってイネで行われたが、同じことは1884年 Kreusler と Dafert によっても観察された。つづいて1885年 Dafert は中国由来のキビで、またその翌年には Meyer がモロコシで同様のことを報告している¹⁰⁾。さらに1909年 Collins は中国産のトウモロコシのなかにモチ性の品種を発見した⁷⁾。

イネのウルチ性およびモチ性の花粉をヨード液によって染め分けして識別したのは Parnel であるが⁴¹⁾、

表 2. 各種の澱粉におけるアミロース含量の比較³⁷⁾

澱粉原料	amylose 含 量 (%)	澱粉原料	amylose 含 量 (%)
糯 米	0	玉 蜀 黍	21
糯 玉 蜀 黍	0	馬 鈴 薯	22
糯 大 麦	0	膨脹玉蜀黍	23
タビオカ	17	小 麦	24
米	17	サ ゴ	27
パ ナ ナ	20.5	百 合	31

Weatherwax はその翌年トウモロコシの種実を用いて同じことを観察している⁶³⁾。イネ科穀類においてはモチ性の貯蔵澱粉は穎果の内乳 (endosperm) と花粉 (pollen) のみに見出されている。前者は重複受精によって二つの極核と精核が受精し、それが分裂を繰り返して生じた三倍性 (3n) の組織であり、後者は半数性 (n) である。このようなモチ性品種でも、これら以外の組織または器官に存在する澱粉はふつうウルチ性である。たとえばモチ性のイネでは、胚、受精前の子房、稈、葉、穎および根において見出される澱粉はすべてウルチ性のヨード反応を示す^{57,62)}。今までに報告された例外はオオムギで、葉でもヨード反応で赤褐色に染まる澱粉が報告されている³⁹⁾。また従来モチ性澱粉はイネ科の穀類においてのみ見出されていたが、後述するように最近双子葉植物ヒユ科のセンニンコク類でもウルチ性およびモチ性の両型の澱粉が見出された。

1) モチ性の化学的性状

ウルチ性とモチ性澱粉の化学的性質の差異については、おもにイネ、トウモロコシ、モロコシを用いた研究が行われ、両者のちがいがアミロースとアミロペクチンの含有量の相対的な量の差によることがわかっている。その分析結果の一例を二國より引用したものが表 2 である³⁷⁾。この表よりウルチ性のイネ、トウモロコシ、コムギならびにジャガイモなどの貯蔵澱粉は、約20%のアミロースと約80%のアミロペクチンとの混合からなっている。これに対してモチ性のイネ、トウモロコシおよびオオムギの貯蔵澱粉はアミロペクチンのみからなり、アミロースを含まないことが明らかである。Meyer はヨード液で赤く染まる澱粉が被子植物のいろいろな科の約15属の植物に見出されたことを報告している³¹⁾。二、三の例外を除き、鱗茎、塊根などの顕著な栄養繁殖体にモチ性澱粉が貯蔵されている例は今までに報告されていない。

2) モチ性の遺伝学的研究

モチ性が遺伝的には単一の劣性遺伝子によって支配されていることは、最初トウモロコシにおいて分析された⁹⁾。その後、イネ¹⁸⁾、モロコシ²⁴⁾、オオムギ²³⁾、アワ²⁷⁾ などにおけるモチ性×ウルチ性の交雑実験によって分析されている。F₁ はウルチ性で、F₂ でウルチ性とモチ性の個体が 3:1 の比に分離することがわかっている。また F₁ 植物に生じたウルチ性とモチ性の花粉が 1:1 の比に分離することは、イネ⁴¹⁾、トウモロコシ⁵⁾、オオムギ²³⁾ およびモロコシ²²⁾ で確認されている。このような結果から、モチ性はウルチ性より劣性の突然変異によって生じたと考えられており、遺伝子記号ではウルチ性は Wx (non-waxy) または Gl (non-glutinous) で示され、モチ性は wx (waxy) または gl (glutinous) で表わされている。

この遺伝子座には自然の状態で突然変異を生じるが、トウモロコシの穎果や花粉を用いて調べられた結果では、Wx→wx の自然突然変異率は 10⁻⁴~10⁻⁶ の値を示している⁴⁰⁾。またこの遺伝子座については wx 遺伝子のシストロン内での突然変異の位置が系統によって異なることを利用して、その微細構造が分析されている³⁶⁾。

モチ性品種の地理的分布

前にも述べたように、内乳貯蔵澱粉にウルチ性およびモチ性の両型が今までに見出された栽培穀類は、イネ、オオムギ、アワ、キビ、モロコシ、トウモロコシおよびハトムギである。一般にこれらの穀類のモチ性品種は東アジアに広く分布するといわれており、モチ性澱粉と農耕文化との強い結び付きが推定され、イネ科穀類ではモチ性の品種がインド以东の東アジアの特産であることが指摘されている^{22,35)}。したがってアジアにおける穀類のウルチ性品種とモチ性品種の地理的分布は、世界の他地域ではみられない民族植物学的に非常に興味ある問題を提出しているといえよう。しかしこの問題について広い地域にわたって、各種の穀類について具体的なデータを示した研究はほとんどないのが現状である。

そこでモチ性澱粉をもつ品種が知られている個々の穀類において、まずこの形質がどのような地理的分布をしているかを調べ、それらを地図の上にプロットして重ね合わせることで具体的な分布地域を浮き上らせることが可能になると考えられる。そのための資料は今のところまだ不十分であるが、まずイネ、トウモロコシ、オオムギおよびハトムギの順に、現在までに明らかにされていることを要約し、そのあとアワを中心にキビおよびモロコシについて、筆者の調査結果をややくわしく述べて

図 1. アジア 9 地域におけるイネのウルチ-モチ性品種の地理的分布¹⁷⁾

みよう。

1) イネ (*Oryza sativa* L.)

イネはアジア原産のもっとも重要な穀類で、その栽培の歴史は古く、われわれの日常の食生活にもっとも強く結びついた作物である。モチ性のイネについてのもっとも古い記録は中国の古典である禮記 (AD127~200) に「稌」という文字で示されている⁴⁾。李時珍は「本草綱目」(1578) のなかで、「その性が粘って軟かなところから糯という。…糯種は南方で水田に多く種ある。その性は粘るもので、醸して酒にもなり…」と記している²⁸⁾。

前に述べたように、イネのモチ性の品種の存在については19世紀の後半にわかっていたが、この問題について広い地域について示したのは、飯塚らである¹⁷⁾。図1に示したように、インドから日本にいたる9地域のウルチ性品種とモチ性品種の出現頻度の地理的分布を明らかにしたものである。これは農林水産省農業技術研究所に系統保存されているアジアの在来種、1042品種を対象にウルチ-モチ性程度を7段階に分けて調査した結果である。この図から、i) 南端のインド・スリランカ・ネパールではウルチが多くモチはほとんど出現せず、ii) 北端の日本・北中国でもウルチの頻度が高い、iii) インドシ

ナ・タイ・ビルマでは両型が出現し多様性がみられた。イネのモチ性品種は明らかに東は日本から西はタイにかけて分布していることがわかる。東南アジアにおけるモチ性のイネの栽培は、タイ北部、タイ東北部、ラオス、ビルマ、中国雲南省、ベトナムおよびカンボジアを含む北緯15~25°の地域であり、この地域ではモチ性のイネが日常の主食となっており、いわゆるモチ種栽培圏を形成している⁶¹⁾。

2) トウモロコシ (*Zea mays* L.)

トウモロコシは新大陸で紀元前約5000年頃起源した唯一のイネ科穀類である。1492年コロンブスがアメリカを発見した当時、トウモロコシはすでに北米東北部から南米アンデスに至る広大な地域にわたってアメリカインディアンによって栽培されていた。そして爆粒種、軟粒種、硬粒種、馬齒種、甘味種、有稃種と呼ばれる主要な型はすべてコロンブス時代以前に成立していた。唯一の例外はモチ種であり、これは1909年中国の在来種のなかから発見された⁷⁾。モチ性のトウモロコシの澱粉は粘度が高く、この性質はそれまで工業用澱粉として用いられてきたキャッサバの根に含まれるタピオカ澱粉に代用できる特性をもつことがわかり、中国で発見されたモチ性遺伝子をアメリカの品種に導入することにより、工業用澱粉原料として利用されるようになった¹⁵⁾。そのため、歴史的にみるとトウモロコシのモチ性の発見は、他の穀類のそれに比べてもっとも新しいにもかかわらず、もっともよく研究が進んだという結果をもたらした。

その後モチ性のトウモロコシは、北ビルマ⁸⁾、アッサム高地⁵⁴⁾から報告されている。おそらく東アジアにおいては、在来のモチ性トウモロコシは少なくとも今世紀の初頭にすでに中国、朝鮮半島および日本に広がっていたと考えられる。これらの地域におけるモチ品種の古い記録は見当たらないが、澤村は1933年頃朝鮮各地から収集した数百点のトウモロコシのなかに、ヨード反応によって数点のモチ種を発見している⁵³⁾。1951年の農林省の統計によると、表3に示すように、モチ性の在来種が、宮城、山形、福島、愛知の各県および京都府で計7系統(4%)が記録されている³⁸⁾。筆者も1973年高知県物部村において、また1974年長野県秋山郷において在来種のモチ系統を観察・収集している。

新大陸においても、モチ性の突然変異は北アメリカやアルゼンチンで発見されているが^{1,3,30)}、Collinsによって調査された新大陸産の在来種1013系統のなかにはモチ種は1品種も見出すことができなかった⁸⁾。このようにみると、トウモロコシは新大陸起源の穀類であるが、そ

表 3. 日本におけるトウモロコシ、キビおよびモロコシのウルチ-モチ性品種の地理的分布
(文献 38) より阪本編集)

地 方	トウモロコシ				キ				モロコシ			
	品種数	ウルチ	モチ	モチ (%)	品種数	ウルチ	モチ	モチ (%)	品種数	ウルチ	モチ	モチ (%)
北海道	5	5	0	0	7	1	6	85.7	—	—	—	—
東 北	12	7	5	41.7	6	3	3	50.0	12	3	9	75.0
関 東	13	13	0	0	5	2	3	60.0	12	5	7	58.3
中 部	15	14	1	6.7	20	1	19	95.0	10	5	5	50.0
近 畿	1	0	1	(100)	5	2	3	60.0	—	—	—	—
中 国	—	—	—	—	12	4	8	66.7	3	0	3	(100)
四 国	22	22	0	0	5	1	4	80.0	4	1	3	75.0
九 州	11	11	0	0	4	2	2	50.0	—	—	—	—
計	79	72	7	8.9	64	16	48	75.0	41	14	27	65.7

のモチ性は旧大陸、とくにユーラシア大陸のアジア東部において、トウモロコシがこの大陸に導入された後に起源したものと考えられる。

3) オオムギ (*Hordeum vulgare* L.)

オオムギはコムギやライムギと同じく西南アジアで栽培化された重要な穀類で、紀元前3000年頃までにヨーロッパから中国に至る広大な地域に伝播したと考えられている。モチ性のオオムギは中国、朝鮮および日本においてのみ知られている⁵⁸⁾。中国における分布域については明らかでないが、李時珍の「本草綱目」には、「大麥もやはり粘のあるものをば糯麥と名け、醸酒の材料にする」と記している²⁸⁾。1695年の「本朝食鑑」にも「また一種、餅麦というのものもある。すなわち糯麦である」という記述がみられる¹⁴⁾。

相田によれば、日本においては、中国地方と四国地方の瀬戸内海沿岸の諸県および九州北半の諸県下にわずかに存在していたが、モチムギまたはダンゴムギという呼称をもつ²³⁾。また中尾によると、モチ性オオムギに3変種が認められており、共通していることは穎果が紫色を呈し裸性である点で、このオオムギは実用上粘りの強さが利用され、製菓用あるいは餅として利用されていた³⁴⁾。

4) ハトムギ (*Coix lacryma-jobi* L. var. *ma-yuen* (Roman.) Stapf.)

ハトムギはその近縁野生種のジュズダマから栽培化されたと考えられている。中尾によれば、東南アジアに起源し、東亜の生み出した最古のモチ性の穀類で、水田作タロイモの畦から二次作物として起源したと推定している³⁵⁾。ハトムギはモチ性であると一般にいわれているが、Kempton は var. *ma-yuen* と分類された軟らかい苞鞘

表 4. 満州におけるアワとモロコシのウルチ-モチ性品種の比率 (文献 32, 33) より阪本編集)

雑 穀 名	品種数	ウルチ	モチ	モチ (%)
ア ワ	252	196	56	22.2
モロコシ	225	171	54	24.0

をもつ20サンプル(ビルマ15, インド1, フィリピン3, 中国1)のうち、モチ性のもの8, ウルチ性とモチ性の混合サンプル5, ウルチ性7を報告している²⁴⁾。筆者らの調査結果では、台湾、日本の各1系統、韓国7系統ならびにインドシナのはルマヘラ島の2系統はすべてモチ性であった^{47, 48)}。李時珍は「その米は色白く、糯米のやうなもので、粥、飯にもなり、また麴に磨って食ひ、米と共に酒にも醸し得る」と述べている²⁸⁾。

5) アワ (*Setaria italica* P. Beauv.)

アワはつぎに述べるキビとともに東アジアで古くから栽培されている穀類で、中国の古典には古くからウルチ性およびモチ性のアワが記録されている。アワのウルチ性-モチ性品種の出現頻度については、今までにアジア東部の満州、朝鮮半島、日本および台湾で調査された報告がある。

満州のアワについては1930年南満州鉄道株式会社農事試験場において調査されたもので、表4に示される³³⁾。1914年以来満州の各地域から収集された252品種のうち、ウルチ性品種が196(77.8%), モチ性品種が56(22.2%)となっており、ウルチ性品種が約8割を占めモチ性品種数より卓越している。朝鮮半島については、朝鮮総督府農事試験場において、各地より収集された多数の品種を

表 5. 朝鮮半島におけるアワのウルチ-モチ性品種の比率の地理的勾配⁶⁾

地 方	ウルチ (%)	モ チ (%)
咸 鏡 北 道	72.2	27.9
咸 鏡 南 道	78.2	21.8
平 安 北 道	84.7	15.3
平 安 南 道	82.1	18.0
黄 海 道	78.9	21.4
江 原 道	67.1	39.2
京 畿 道	49.6	50.4
忠 清 北 道	62.8	37.2
忠 清 南 道	62.8	37.2
慶 尚 北 道	30.5	69.5
慶 尚 南 道	47.7	52.4
全 羅 北 道	8.5	91.5
全 羅 南 道	15.4	84.6
内 地	24.0	76.0
支 那	83.7	16.3

用いた調査結果が表5のようにウルチ性とモチ性の百分率でのみ示されている⁶⁾。これによると、京畿道ではウルチ性およびモチ性品種はほぼ 1:1 の比であるが、それより北部の地域に向かうにつれて、ウルチ性品種が多くなり、北部ならびに西北部の五道ではウルチ性が70～80%を占め、前に述べた満州における比率(77.8%)と非常に酷似した値を示す。逆に南方に下るにつれて、モチ性品種の占める割合が高くなり、全羅北道および全羅南道では、80～90%とモチ性品種の比率がきわめて高い値を示す。このように朝鮮半島にはウルチ-モチ性の比率において南北に明瞭な勾配 (cline) がみられたことはきわめて興味深いことである。おそらく朝鮮半島においては北へゆくほど畑作地帯が多くなり、南に下るほど水田地帯が広がることと対応していたのではないかと推測される。北部の地域においてはウルチ性のアワが主食糧の一部として重要な位置を占めていたのではないかと考えられる⁴⁶⁾。

日本におけるアワのウルチ性品種とモチ性品種の比率は、農林省農業改良局研究部の統計資料³⁸⁾を基にして、澤村によってまとめられている(表6)⁵³⁾。それによると、調査した108品種のうち、36品種(33.3%)がウルチ性で、72品種(66.7%)がモチ性であり、モチ性のものの比率がやや高い値を示している。地域別にみると、九州地方のみがウルチ性の品種が多く、21品種中71.4%を占め、全国の平均値とちょうど逆の比率が表われている。

表 6. 日本におけるアワのウルチ-モチ性品種の地理的分布⁵³⁾

地 方	品種数	ウルチ	モ チ	モチ (%)
北 海 道	2	0	2	100.0
東 北	14	5	9	64.3
関 東	35	12	23	65.7
北 陸	6	0	6	100.0
東 山	7	1	6	85.7
東 海	11	1	10	90.9
中 国	12	2	10	83.3
九 州	21	15	6	28.6
計	108	36	72	66.7

表 7. 台湾におけるアワのウルチ-モチ性品種の比率(文献25)より阪本編集)

地 方	品種数	ウルチ	モ チ	モチ (%)
台 北 州	4	2	2	50.0
新 竹 州	4	1	3	75.0
台 中 州	21	10	11	52.4
花蓮港庁	21	6	15	71.4
台 南 州	10	7	3	30.0
高 雄 州	8	3	5	62.5
台 東 州	18	12	6	33.3
澎 湖 州	2	1	1	50.0
計	88	42	46	52.3

九州地方ではウルチ性のアワがコメと混食されていた地域が多かったことをとくに示唆している。

台湾のアワについては貴田によって報告されている²⁵⁾。その調査結果のうちウルチ性とモチ性の品種について、取寄先地方別に表示すると表7のようである⁴³⁾。地方によってモチ性品種の出現頻度は異なるが、台湾全域としては88品種のうちで、ウルチアワ42品種、モチアワ46品種で、ほぼ両者の比率は等しかった。この報告のなかで貴田はつぎのように述べている。「粟の梗糯の別は利用上から見て判然とした区別のあるものである。即高砂族は梗粟は蒸して食するが、糯粟は酒を醸し、又餅として食す。即酒用のものと餅用のものとは何れも糯粟を用ひるのであるが、所に依っては更に之を区別することがある。例えば台中州東勢郡の平岩山社、佳陽社(何れもタイヤル族)等では糯粟中、醸造用に供するものは子実の表皮稍厚く堅く稍大粒にして黄色で之をへツキリタラシケンと呼び、反之餅用のものは子実の表皮薄く小粒で白味を帯び之をビールンと呼ぶ。」アワのウルチ性とモチ

表 8. アワのウルチ-モチ性系統の地理的分布⁴⁴⁾

地 域	調 査 系統数	ウルチ	モチ	モチ (%)
日 本(1972~79)				
東 北	2	0	2	(100)
関 東	2	1	1	(50)
中 部	19	8	11	57.9
近 畿	42	1	41	97.6
四 国	33	3	30	90.9
九 州	19	8	11	57.9
沖 縄	22	4	18	81.8
小 計	139	25	114	82.0
韓国半島部(1977~78)	90	30	60	66.7
済 州 島(1973~77)	12	7	5	41.7
小 計	102	37	65	63.7
中 国(1975)* ¹	25	22	3	12.0
台 湾(1972~77)	28	3	25	89.3
蘭 嶼(1977~78)	19	8	11	57.9
バタン諸島(1973~77)	22	22	0	0
ル ソ ン 島(1977)	4	2	2	(50)
ハルマヘラ島(1976)	5	5	0	0
タ イ (1974)	1	0	1	(100)
ネ パ ール (1975~76)	5	5	0	0
イ ン ド (1977)* ²	32	32	0	0
アフガニスタン (1977~78)	13	13	0	0
中央アジア(1974)* ³	7	7	0	0
ヨーロッパ(1975~79)* ⁴	4	4	0	0
合 計	406	185	221	54.4

*¹ 農林省農技研より分譲を受けたもの。*² インドの2研究機関より分譲を受けたもの。*³ ソ連の All-Union Institute of Plant Industry より分譲を受けたもの。*⁴ ヨーロッパの3植物園より分譲を受けたもの。

性が現地の農家の人びとによってきわめて明確に認識されていることが示されていてたいへん興味深い。

1972~1979年に東アジアよりヨーロッパにかけて、ユーラシア大陸の広い地域で収集したアワ 406 系統を用いて、ウルチ-モチ性の地理的分布について調査した。その結果を表 8 に示す⁴⁴⁾。用いた系統のうち、中国の25系統は農林省農業技術研究所より、インドの32系統はインドの2研究機関より、中央アジアの7系統はソ連の All-Union Institute of Plant Industry より、そしてヨーロッパの4系統はベルギー、チェコスロバキアおよびド

イツの植物園から分譲を受けたものである。残りの 338 系統はすべてそれぞれの地域において現地地で収集されたものである。

表 8 で明らかなように、日本の各地域ではいずれもモチ性系統の数がウルチ性系統のものよりも多い。全国平均では調査した 139 系統のうち、82.0%がモチ性であった。第二次世界大戦敗戦後にイネを栽培できない山村にまでコメが流通するようになったため、雑穀栽培の減少とともに、とくにコメの代用として重要性のあったウルチ性品種の需要が急速に低下して消えてゆき、現在ではモチ性品種の残存が特徴的であることを示している。しかし中部地方や九州地方にはまだウルチ性のアワがかなりよく残存して栽培されていることを表 8 は物語っている⁴⁶⁾。モチ性系統は韓国で63.7%、台湾89.3%、蘭嶼(紅頭嶼) 57.9%で、これらの地域にはモチ性系統がウルチ性のもよりも多い。中国の25系統ではモチ性のアワの比率が12.0%と低いが、中国大陸のどの地域から収集されたものであるか明らかでない。しかしこの値は表 5 に示した中国(支那)のモチ性品種の割合、16.3%に近い。おそらく伝統的にアワの栽培の多い中国北部から収集された品種が多いためであろう。これに対して東南アジアの島嶼部ならびにネパール~インドより西の地域においてはヨーロッパに至るまでモチ性系統は認められず、ほとんどすべての系統がウルチ性を示した。これらの結果に基づいて、アワのモチ性系統の地理的分布を図 2 に示す⁴⁴⁾。なおこの図には満州のアワについて、前に述べた南満州鉄道株式会社農事試験場の資料に基づいたモチ性品種の比率22.2%が示されている。

図 2 よりアワのモチ性系統が明らかに東アジアにおいて高い頻度で出現することが認められた。そしてその地理的分布の上で、二つの地点(地域)において明らかなギャップが認められた。一つはバシー海峡を隔ててそこから北の台湾および蘭嶼と、南のフィリピンのバタン諸島の間である⁴³⁾。台湾と蘭嶼ではモチ性のアワがウルチ性のもより高い比率で認められた。一方、バタン諸島のアワはイトバヤットおよびバタン両島で収集されたが、すべての系統がウルチ性であった。ルソン島北部山村で収集された脱穀穎果 1 標本にはウルチ性とモチ性のものが混在していたが、同じ地域の他の村で収集された 1 系統はウルチ性を示した。またインドネシアのハルマヘラ島のアワ 5 系統はすべてウルチ性であった。台湾山地においてアワのモチ性品種の多いことは、モチ性のアワが主として地酒の醸造や粟餅の材料とされ、各種の儀礼や接客用などのいわゆる「ハレ」の穀物としてきわめて重

図 2. アワのモチ性系統の地理的分布⁴⁴⁾

モチ性系統の比率で示す。*満州の値は表 4 より引用。

要視されている。一方、ウルチ性のアワについては栽培は古いが儀礼には全く用いられないという事実が認められている⁵¹⁾。これに対してバタン諸島のバタン島では、アワはプディングや菓子に用いられるにすぎないということ²¹⁾、と対応しているように思われる。またバタン諸島ではヤムイモをめぐる農耕儀礼が発達している⁴⁹⁾のに対し、台湾山地や紅頭嶼（蘭嶼）においてはアワに関する農耕儀礼がきわめて顕著である事実^{11,20)}と、アワのウルチ性およびモチ性系統の分布のギャップと相通ずるものであると考えられる⁴³⁾。

図 2 に示すように、アワのモチ性系統の地理的分布に関してもう一つのギャップが、ネパールーインドーアッサム付近に存在することが推定される^{44,46)}。アッサム以東の東南アジア北部から華南に至る山岳地帯に栽培されているアワは、ほとんど植物学的調査がなされていないが、アワは上記の山岳地帯では栽培の歴史の古い穀類の一つと考えられる。たとえば、中国南部のヤオ族は焼畑にオカボ（陸稻）、トウモロコシ、サツマイモのほかに、シコクビエ、アワ、モロコシを栽培している⁵⁵⁾。北ラオスのラメット族はオカボを植えた焼畑の周辺に、シコクビエ、ハトムギ、アワを栽培している¹⁹⁾。またアッサム高地のセマ・ナガ族はイネ、ハトムギとともにアワを混作していることが知られている¹⁶⁾。Bor はアッサム高地に居住する多くの部族によってアワは大量に栽培されており、いろいろな形質において変異の高い多くの品種が栽培されている、と述べている²⁾。これらの調査は中国南部からアッサムにかけての山岳地帯に、アワの栽培が広く行われていることをよく物語っている。しかしながらこれらの地域におけるアワのウルチーモチ性品種両型の地理的分布については、具体的なデータがほとんどな

いのが現状である。表 8 でわずかにタイ北部のメオ族の村で収集されたアワ 1 系統が、モチ性であることが判明しているにすぎない。またこの表には出ていないが、最近入手した中国雲南省南部および貴州省南部のアワ 3 系統はすべてモチ性であった。タイ北部、ビルマ北部にかけての地域には、モチ性のイネ^{17,61)}、モチ性のトウモロコシ^{8,54)}ならびにモチ性のハトムギ²⁴⁾の分布していることが知られている。したがってこれらの地域にはアワのモチ性品種が広く存在していることも十分推測できるであろう。

台湾や蘭嶼のアワのモチ性品種の多くは東南アジア北部から華南に至る山岳地帯から、古い時代に南シナ海を横切って伝播した可能性が高いと考え、バシー海峡に存在するアワのウルチ性とモチ性の分布上の一つのギャップが説明できるようである。しかしその場合、ではバタン島やハルマヘラ島などで認められたような、東南アジア島嶼部のウルチ性のアワが、どのような経路を辿ってどの年代に広がったか。またフィリピン、ボルネオ、ジャワ、スマトラなどの島嶼のアワもほとんどウルチ性系統であるかどうか。これらの地域のアワはインドのウルチ性のアワとより高い類縁関係が認められるかどうか。今後これらの疑問を一つひとつ解いてゆく必要がある。ネパールーインドとアッサムの間にその存在が推定されたもう一つのギャップについては、これに対する明快な解答は今のところ得られていない。アワの地理的起源については諸説があるが、もし東アジア起源でなくインド西北部付近で起源したと考えると、まずウルチ性のアワが栽培化されて、そこからアワが東へ伝播する過程で、アッサムから中国南部にかけての山岳地帯で、モチ性の品種群が成立したと考えることもできるであらう。

表 9. キビのウルチ-モチ性系統の地理的分布⁴⁶⁾

地 域	調 査 系統数	ウルチ	モチ	モチ (%)
日 本(1972~76)				
関 東	1	0	1	(100)
中 部	9	1	8	88.9
近 畿	19	0	19	100
四 国	23	0	23	100
九 州	1	0	1	(100)
小 計	53	1	52	98.1
韓 国(1977~78)	12	0	12	100
アフガニスタン (1977~78)	15	15	0	0
中央アジア(1974)	6	6	0	0
ヨーロッパ(1975~78)	6	6	0	0
合 計	92	28	64	69.6

表 10. モロコシのウルチ-モチ性系統の地理的分布⁴⁶⁾

地 域	調 査 系統数	ウルチ	モチ	モチ (%)
日 本(1972~79)				
東 北	2	1	1	(50)
中 部	3	0	3	100
近 畿	13	0	13	100
四 国	11	0	11	100
九 州	3	1	2	(33.3)
小 計	32	2	30	93.8
韓 国(1977~78)	96	9	87	90.6
台 湾(1972)	1	0	1	(100)
バタン諸島(1977)	1	1	0	(0)
ハルマヘラ島 (1976)	3	2	1	(33.3)
ネパール(1975)	5	4	1	20.0
アフガニスタン (1978)	1	1	0	(0)
エチオピア(1967~68)	39	39	0	0
合 計	178	58	120	67.4

う^{43,46)}.6) キビ (*Panicum miliaceum* L.)

キビはアワと同じく、アジア東部では古くから栽培されており、両種が中国黄河の流域の新石器時代の遺跡から発掘されており、ここで発祥した文明を育んだ原動力であったといわれている。モチ性のキビも中国の古典によく記録されている。李時珍は「本草綱目」のなかで、「粘るものが黍、粘らぬものが稷であり、稷は飯になり、黍は酒に醸し得る。稲に粳と糯とがあるようなものである」と記している²⁸⁾。Meyer によれば、Dafert (1885) は中国より導入されたキビの貯蔵澱粉が赤く染まることを報告している³¹⁾。

キビのモチ性品種の地理的分布のデータはほとんど見当たらないが、表3に示したように、わが国に栽培されているキビの75%はモチ性のものである。1972~1978年に収集したキビ92系統におけるウルチ-モチ性の分布は表9のようである。日本を除いては十分な材料が得られていないが、この表より明らかなことは、日本および韓国のキビはほとんどがモチ性である。なおこのなかにはヨード反応で中間を示すもの* がいくらか見出されたが、ここではモチ性に分類されている。これに対して材料はきわめて貧弱であるが、アフガニスタン以西ではウルチ性ばかりでモチ性のものは全然認められなかった。

7) モロコシ (*Sorghum bicolor* Moench)

モロコシはアフリカで栽培化された穀類で、約2000年前にアフリカからインドに導入されたと考えられている¹³⁾。李時珍の「本草綱目」には、「二種あって、粘するものは糯^{じゆじゆう}球に和して酒に醸し、食料となる。粘せぬものは糲^{かう}にし、粥にして凶作の場合の食料なり、…」と記しており²⁸⁾、当時中国ではウルチ性およびモチ性のモロコシが人口に膾炙していたことをよく物語っている。前にも述べたように、Meyer は日本および中国産のモロコシでヨード反応で赤く染色される澱粉を観察している³¹⁾。また Kempton²⁴⁾ は中国およびフィリピンの、Karper²²⁾ はフィリピン、中国、インドおよびジャワの系統のなかにモチ性品種を報告している。

南満州鉄道農事試験場報告(1928)によれば、満州で栽培されているモロコシ(高粱)の225品種の特性について表示されているが³²⁾、ウルチ-モチについてまともしてみると、そのうち171品種がウルチ性で、54品種(24.0%)はモチ性であった(表4)。日本における分布については、表3に示すように、平均66%の品種がモチ性であった。1972~1979年にかけて収集したモロコシのウルチ-モチ性の比率についてまとめたものが表10である⁴⁶⁾。日本の32系統について調べたところ、30系統(94%)がモチ性を示し、わずか2系統のみがウルチ性で、

* 最近の分析でアミロースを約1%含むことがわかった⁵⁹⁾(表12参照)。

これらは箒木用のホウキモロコシであった。同様に韓国で収集した96系統を調査して90.6%のものがモチ性であることが明らかになった。その他の地域については調査系統数がごくわずかであるが、台湾南部山地、インドネシアのハルマヘラ島およびネパールのカトマンズ郊外で収集された各1系統がモチ性を示した。エチオピアの39系統はすべてウルチ性であった。

モチ性の地理的分布とその民族植物学的意義

前節では、モチ性品種の見出された7種のイネ科穀類について、モチ性の地理的分布を中心に述べた。それらを総合して考えると、いずれの穀類においてもモチ性の品種はインド以東のアジア東部に局限されていることが明らかになった。現在までに明らかになったことを要約するとつぎの2点になる。

まず第一に、タイ北部からアッサムにかけての山岳地帯から、東は日本までの広い地域にわたって、イネ、トウモロコシ、ハトムギ、アワ、およびモロコシのモチ性品種がウルチ性の品種とともに分布し、また中国、朝鮮および日本にはモチ性のオオムギとキビが分布している。これに反して、ネパールやインドなどでは、たとえばイネはほとんどがウルチ性品種からなっており、ごくわずかのモチ性品種が見出されるにすぎない¹²⁾。

ついで第二に、今まで述べたウルチ-モチ性の地理的分布の調査の結果、モチ性の系統はアッサム以東のアジア東部に広く分布するが、ネパール-インド以西よりヨーロッパにかけての広い地域には、モチ性の系統が発見されずすべてがウルチ性であったことである。

以上の2点より、イネ科穀類の種類には関係なく、ネパール-インドとアッサム付近の間に、モチ性系統の地理的分布に一つの明瞭なギャップが認められると結論できるであろう。これについては、たとえばモチ性のイネ科の穀類が、ブータン-シッキム-ネパールを結ぶヒマラヤ山脈の山麓地帯を通して、どうして西方に伝播しなかったか、また多種多様な雑穀の栽培の歴史が古く、その栽培が今なお盛んなインド平原に、なぜモチ性の穀類が浸透しなかったという、栽培植物や農耕文化の伝播を考えるうえで、重大な2つの疑問を提示するであろう。しかしながらこれらの疑問に対する明快な解答は今のところまだ得られていない。

アジア東部とくにインド以東に穀類のモチ性の分布が局限されていることを、最初に指摘したのは Karper である²²⁾。また、中尾らは照葉樹林文化という仮説的な文化複合の特徴の一つとして、モチ性穀類の創出をとり上

げている⁶⁰⁾。今まで述べてきたように、各種の穀類のモチ性品種の分布は、必ずしもこの文化圏内に局限されているわけではない。しかしイネ科穀類のモチ性品種の形成に重要な役割を果たした可能性が高いと推定される地域は、華南およびタイ北部の山岳地帯からアッサム高地にかけての地域であり、照葉樹林文化を特徴づけると考えられる、他の諸文化要素の源流を辿ってゆくと、それらもまたこの地域に史的収斂 (retrospective convergence) を示すようにみえる点はいへん興味深いことであろう。

ではアジア東部において、イネ科のなかでも系統的に異なるいくつかの穀類において、どうして並行的にモチ性品種が形成されたのであろうか(表1参照)。この疑問は東アジアに独自のしかも非常に興味ある民族植物学的問題である。その最も顕著で不思議な例は、前に述べたトウモロコシである。他のいろいろな穀類においてモチ性品種がすでによく知られていた16世紀に、新大陸から導入されたこの全く新入りのトウモロコシにさえも、アジア東部でモチ性品種が創出され、かなり広い地域に伝播し、各地域に在来品種が確立していたという事実が認められるからである。

これについて中尾は「ハトムギ説」とでもいうべき考えを提唱している³⁵⁾。つまり東アジアの生み出したもっとも古い穀類はハトムギであり、ハトムギがモチ性であったため、モチ性澱粉に対する嗜好がまず獲得され、これが強い文化的選択圧となって、その後この地域に導入された雑穀類やムギ類、さらにトウモロコシまでもモチ性品種を創り出したという考えである。もう一つ他の考えは、佐々木による「イモ説」とでもいうべきものである⁵⁰⁾。モチ性への嗜好はネパネバした食品が好きだということであり、それは東アジアの文化の基層にある根栽農耕文化を代表するタロイモやヤマモにその原因が求められるとする考えである。これらのイモ類をつぶした粘性のかなり高い食品に対する嗜好性が、そのあとに導入された各種の穀類のなかからモチ性の品種を選択し栽培するようになったと考える説である。

ハトムギ説およびイモ説はともに興味深い考えである。しかしハトムギ説の問題点は、ハトムギの起源についてはまだ研究がよく進んでいない点があり、またこの穀物が東アジアの初期農耕で果たした役割についても具体的にわかっていないことである。イモ説については、現在イモ類を主体とした根栽農耕が顕著にしかも広汎にみられる東南アジアの島嶼部に、たとえば表8のアワの例にみられるように、モチ性の穀類がほとんど見出せな

い現状とこの説は必ずしも軌を一にしていない点があげられる。しかし表10に示したインドネシアのハルマヘラ島で収集されたモチ性のモロコシ1系統は、形態的にみてウルチ性の2系統よりもずっと原始的な特徴を示している⁴⁷⁾。また最近入手したスラウェシ(セレベス)島のアワ1系統が、ウルチ性とモチ性の混合サンプルであったことなどから考えて、この問題の解決にはより木目の細かい史的考察が必要であることを示唆している。どちらの考えがより理屈に合っているか、あるいはまたもっと別の考え方が見出せるかどうかは、今後さらに具体的なデータを基にして論じられるべきものであろう。

東アジアには、モチ性のアワ、キビ、モロコシとともに、他のイネ科穀類のヒエやシコクビエが広く分布し、これらがしばしば相伴って夏作物として栽培されていることが多い。またモチ性が見出されたオオムギとともにパンコムギも東アジアにおいては古くから栽培されてきた。しかし今までに、ヒエ、シコクビエ、パンコムギなどにはモチ性品種が知られていない。これはどうしてであろうか。考えられる理由の一つはつぎのような遺伝学的側面に起因するものであろう。

表1に示したモチ性が見出された穀類は、四倍体のキビを除いて、イネ、オオムギ、アワ、モロコシ、トウモロコシおよびハトムギはすべて二倍体の種であることが指摘できる。たとえば、六倍体のヒエ、パンコムギ、エンバクにはモチ性品種は知られていない。これらの種はすべて異質六倍体であり、ウルチ性の系統においてモチ性の遺伝子突然変異を生じて、モチ性の形質が表現型として現われるチャンスは非常に低いことに起因していると考えられる²⁶⁾。四倍体のシコクビエにも同じことがあてはまるであろう。もしオオムギとともに、二倍体のコムギやライムギが初期の段階で東アジアへ伝播していたと仮定すれば、あるいはコムギにもモチ性品種が創り出されていたかもしれないと推測されるのである。

ヒユ科センニンコク類の外乳澱粉の ウルチ-モチ性

1975年9月～11月、筆者は東京都立大学ネパール学術調査隊の一員として、ネパールの栽培植物の調査に従事した。そのとき、カトマンズ周辺およびランタンヒマラヤのルートに沿った標高1000～1500mの山村で栽培されている、双子葉植物のヒユ科の2種のセンニンコク類(grain amaranths), *Amaranthus caudatus* L. を8サンプル、ならびに *A. hypochondriacus* L. を16サンプルを収集する機会を得た。これらの種子をくわしく調べ

てみると、種子が半透明のものと不透明のものがみつき、アワなどのイネ科穀類にみられる内乳澱粉のウルチ-モチ性との外見的類似が認められた。そこでヨード・ヨードカリ液を用いて染色してみると、*A. caudatus* の8サンプルの種子はすべて青く染まったが、*A. hypochondriacus* では、青く染まったもの3、赤褐色に染まったもの12、両者の混合1サンプルが見出された。イネ科植物では貯蔵澱粉が、内乳(内胚乳, endosperm, $3n$ 組織)に貯蔵されているが、ヒユ科植物では、母体の一部である胚嚢をとりまく珠心(nucellus)の変化した外乳(外胚乳, perisperm, $2n$ 組織)に種子澱粉が貯蔵されており、この点がたいへん異なっている。

センニンコク類の両型の澱粉の生化学的および物理化学的性質について分析した結果を表11⁵⁶⁾および表12⁵⁹⁾に示す。この分析には比較のために、イネ科穀類のウルチ-モチ性の両型の澱粉が用いられた。ヨード反応で青く染まった澱粉は、アミロース5～22%およびアミロペクチン95～78%を含み、赤褐色に染まったものは、アミロペクチン100%を含んでおり、表11および表12に示したように、イネ科穀類のウルチ性およびモチ性ときわめて類似した値が得られた。その結果、前者はウルチ性、後者はモチ性であることが判明した。*A. caudatus* はヨード反応ですべてウルチ性を示したが、表12のようにアミロース含有量は5～8%と低い値を示した。ネパールのランタンヒマラヤにおける両型の澱粉をもつ系統の分布を図3に示す⁴⁵⁾。ネパールではモチ性の *A. hypochondriacus* が広く栽培されていることが、この図から推察された。

これらの2種のセンニンコク類はともに新大陸起源の栽培植物である。*A. caudatus* は南米のアンデス高地で、また *A. hypochondriacus* は北米のメキシコ付近でそれぞれ栽培化された植物である⁵²⁾。とくに後者はアステカ王朝時代には重要な年貢用の穀物であった⁴²⁾。しかし現在では、新大陸よりもユーラシア大陸の、とくにヒマラヤ山麓やインド南部を中心に中国にまで、その分布が知られており⁵²⁾、イネ、コムギ、トウモロコシのような主穀にはなっていないが、minor crops として栽培面積は少ないが、定着した作物となっている。ネパールではこの種子を炒るとポップコーンのようにはげて膨らむので、それをバター茶や蜂蜜と混ぜて食べたりするが、インドでは粉にして独特のパンがつくられている。

A. hypochondriacus に見出されたモチ性澱粉はどのようにして起源したのであろうか。この種における外乳澱粉のウルチ-モチ性の起源と伝播の可能性を簡単に図示したものが図4である⁴⁵⁾。起源地域のメキシコ付近に

表 11. *Amaranthus hypochondriacus*, イネおよびトウモロコシのウルチーモチ系統のアミロース含量とアミロペクチンの鎖長分布^{*56)}

供 試 材 料	Fr. I (%)	中間区分 (%)	Fr. II (%)	Fr. III (%)	ピークの鎖長	
					Fr. II	Fr. III
<i>Amaranthus hypochondriacus</i>						
ウ ル チ	14.4	4.3	18.1	63.3	42	13
モ チ	0	5.0	21.4	73.6	47	13
<i>Oryza sativa</i> (イネ)						
ウ ル チ	15.6	3.3	18.9	62.2	45	14
モ チ	0	4.6	22.3	73.1	46	15
<i>Zea mays</i> (トウモロコシ)						
ウ ル チ	27.7	2.0	13.8	56.5	48	15
モ チ	2.9	2.0	20.7	74.4	43	13

* 各 Fraction は starch-I₂ complex の $\lambda_{\max}$ で区別. Fr. I, $\lambda_{\max} \geq 620\text{nm}$; 中間区分, $620\text{nm} > \lambda_{\max} > 600\text{nm}$; Fr. II, $600\text{nm} > \lambda_{\max} > 540\text{nm}$; Fr. III, $540\text{nm} > \lambda_{\max}$.

表 12. センニンコク類2種, キビ, ヒエおよびアワのウルチーモチ性系統のアミロース含量とアミロペクチンの鎖長分布^{*59)}

供 試 材 料	Fr. I (%)	中間区分 (%)	Fr. II (%)	Fr. III (%)	Fr. II/Fr. III
<i>Amaranthus hypochondriacus</i>					
76345-5 (ウルチ)	21.8	4.7	19.3	54.2	2.8
76338-2 (モ チ)	0	3.0	24.3	72.7	3.0
<i>A. caudatus</i>					
76325-3 (ウルチ)	5.0	3.4	20.1	71.5	3.6
76327-1 (ウルチ)	5.1	2.5	20.1	72.3	3.6
76330-2 (ウルチ)	6.9	2.4	18.9	71.8	3.8
<i>Panicum miliaceum</i> (キビ)					
SGK-110 (ウルチ)	28.4	3.7	14.5	53.4	3.7
76373 (モ チ)	0	1.5	22.8	75.7	3.3
76382 (中 間)	1.0	1.5	20.8	76.7	3.7
<i>Echinochloa utilis</i> (ヒエ)					
	25.6	2.3	15.8	56.3	3.6
<i>Setaria italica</i> (アワ)					
Yellow (モ チ)	0	2.3	26.6	71.1	2.7
Black (モ チ)	0	2.6	20.5	76.9	3.8

* 表11の注と同じ.

生育する祖先野生種(Sauer は *A. powellii* S. Wats. と考えている⁵²⁾)はウルチ性である可能性が高く, 栽培種が成立した過程(domestication)で, あるいは栽培種の初期の歴史において, ウルチ性→モチ性の突然変異が起った可能性が高い. 新大陸産の *A. leucosperma* (= *A. hypochondriacus*?) および *A. cruentus* L. の外乳澱粉がヨード反応で赤褐色に染まり, イネ科穀類のモチ性に類似するということは, すでに Wolf *et al.* や Mac-

Masters *et al.* によって報告されている^{29,64)}. この点から考えると, 前節で述べたイネ科穀類とは異なり, センニンコク類ではモチ性は明らかに新大陸で起源したものと考えられる. これらの種にウルチ性のものがあるという報告は今までに報告されておらず, ネパールで収集した *A. caudatus* と *A. hypochondriacus* のサンプルのなかにウルチ性のものがみつかったことが, おそらく最初の報告であろう.

図3. ネパールのランタンヒマラヤにおけるセンシコ科類の分布⁴⁵⁾

△, *A. caudatus* (ウルチ性); ○, *A. hypochondriacus* (ウルチ性); ●, *A. hypochondriacus* (モチ性); ◐, *A. hypochondriacus* (混合).

図4. *A. hypochondriacus* におけるウルチ-モチ性の起源と伝播⁴⁵⁾

コロンブスによる新大陸発見後, *A. hypochondriacus* は新大陸から旧大陸に伝播し, ヒマラヤ山麓やインドなどで広く栽培されるようになった。その際, ウルチ性とモチ性の両型のものが伝播したか, あるいはモチ性のものが伝播し, ネパール付近でモチ性→ウルチ性の突然変異が生じたかはまだ十分よくわからない問題である。しかし図3の分布をみても, ウルチ性のサンプルがモチ性のものより少ない点を考えると, 後者の可能性も十分考えられよう。今後, 新大陸の栽培種およびその近縁野生

種の標本について, ウルチ-モチ性の分布を調査することが, *A. hypochondriacus* にみられるモチ性の起源を解くもっとも重要な鍵となるであろう。

本稿は, 昭和56年2月14日名古屋で開催された, 日本澱粉学会中部支部総会における講演の記録に加筆してまとめたものである。このような発表の機会を恵与いただき, また心からのご配慮をいただいた, 大阪市立大学生活科学部 不破英次教授, 日本澱粉学会会長 鈴木繁男博士, ならびに日本澱粉学会中部支部支部長 後藤富士雄教授に深謝の意を表します。

文 献

- 1) R. P. BEAR: *J. Am. Soc. Agron.*, **36**, 89~91 (1944).
- 2) N. L. BOR: *The Grasses of Burma, Ceylon, India and Pakistan*, Pergamon Press, Oxford, p. 362 (1960).
- 3) F. G. BREGGER: *J. Agron.*, **19**, 111 (1928).
- 4) E. BRETSCHNEIDER: *Botanicon Sinicum. II. The Botany of the Chinese Classics*, Kelley & Walsh, Ltd., Shanghai, p. 141 (1892).
- 5) R. A. BRINK and J. H. MACGILLIVRAY: *Am. J. Bot.*, **11**, 465~469 (1924).
- 6) 朝鮮総督府農事試験場: 朝鮮総督府農事試験場25周年記念誌, 下巻, p. 89 (1931).
- 7) G. N. COLLINS: *U. S. Dep. Agric. Bur. Plant Ind. Bull.*, **161**, 1~30 (1909).
- 8) G. N. COLLINS: *Science*, N. S. **52**, 48~51 (1920).
- 9) G. N. COLLINS and J. H. KEMPTON: *Proc. IV. Int. Genet. Congr.*, pp. 347~356 (1911).
- 10) G. ERIKSSON: *Hereditas*, **63**, 180~204 (1969).
- 11) 古野清人: 民族学研究, **18**, 34~40 (1953).
- 12) H. HAMADA: in *Land and Crops of Nepal Himalaya*, H. KIHARA ed., Fauna and Flora Research Society, Kyoto Univ., pp. 263~312 (1956).
- 13) J. R. HARLAN and A. STEMLER: in *Origins of African Plant Domestication*, J. R. HARLAN, J. M. J. DeWET and A. STEMLER eds., Mouton Publ., The Hague, Paris, pp. 465~478 (1976).
- 14) 人見必大: 「本朝食鑑」, 1, 平凡社, p. 57~60 (1976).
- 15) R. M. HIXON and G. F. SPRAGUE: *Ind. Eng. Chem.*, **34**, 959~962 (1942).
- 16) J. H. HUTTON: *The Sema Naga*, Oxford Univ. Press, London, pp. 60~61 (1968).
- 17) 飯塚 清, 中川原捷洋, 林 健一, 宮崎尚時, 川上潤一郎: 育種学雑誌, **27**(別冊2), 262~263 (1977).
- 18) S. IKENO: *Z. Pflanzenzücht.*, **2**, 497 (1914).
- 19) K. IZIKOWITZ: *Lamet, Hill Peasants in French Indochina*, Etnografiska Museet, Göteborg, p. 240 (1951).

- 20) 鹿野忠雄: 東南亜細亞民族学研究, **1**, 380~397 (1946).
- 21) 鹿野忠雄: 東南亜細亞民族学研究, **2**, 57~75 (1952).
- 22) R. E. KAPER: *J. Hered.*, **24**, 257~262 (1933).
- 23) 柏田清一: 日作紀, **2**, 193~194 (1930).
- 24) J. H. KEMPTON: *J. Hered.*, **12**, 396~400 (1921).
- 25) 貴田武捷: 台湾農林学会報, **5**, 150~163 (1941).
- 26) H. KIHARA: *Seiken Zihō*, **27-28**, 45~47 (1979).
- 27) H. W. LI, J. C. MENG and C. H. LI: *J. Am. Soc. Agron.*, **32**, 426~438 (1940).
- 28) 李 時珍: 「新註校定國譯本草綱目」, 第七冊, 春陽堂 (1975).
- 29) M. M. MACMASTERS, P. D. BAIRD, M. M. HOLZAPFEL and C. E. RIST: *Econ. Bot.*, **9**, 300~302 (1955).
- 30) P. C. MANGELSDORF: *Science*, N. S. **60**, 222~223 (1924).
- 31) A. MEYER: *Ber. Dtsch. Bot. Ges.*, **4**, 337~362 (1886).
- 32) 南満州鉄道株式会社農事試験場: 南満州鉄道株式会社農事試験場彙報, 第27号, 24~35 (1928).
- 33) 南満州鉄道株式会社農事試験場: 南満州鉄道株式会社農事試験場彙報, 第31号, 156~169 (1930).
- 34) 中尾佐助: 生研時報, **4**, 111~113 (1950).
- 35) 中尾佐助: 「自然一生態学的研究」, 森下正明・吉良竜夫編, 中央公論社, p. 329~494 (1967).
- 36) O. E. NELSON: *Science*, **130**, 794~795 (1959).
- 37) 二國二郎: 「澱粉化学」, 朝倉書店, p. 82 (1951).
- 38) 農林省農業改良局研究部: 農業改良技術資料, 第7号, pp. 340 (1951).
- 39) T. ONO and H. SUZUKI: *Seiken Zihō*, **8**, 11~19 (1957).
- 40) 大曾根謙一: 「植物遺伝学II, 核酸と生合成産物」, 林 孝三編, 裳華房, p. 313~338 (1977).
- 41) F. R. PARNELL: *J. Genet.*, **11**, 209~212 (1921).
- 42) W. E. SAFFORD: *Science*, N. S. **44**, 870 (1916).
- 43) 阪本寧男: 国立民族学博物館研究報告, **3**, 682~708 (1978).
- 44) 阪本寧男: 育種学雑誌, **29** (別冊2), 192~193 (1979).
- 45) 阪本寧男: 育種学雑誌, **31** (別冊2), 238~239 (1981).
- 46) 阪本寧男: 「日本民族文化の源流. I. 農耕文化」, 佐々木高明編, 日本放送出版協会(印刷中) (1982).
- 47) S. SAKAMOTO, M. KIMATA and M. KAWASE: *Senri Ethnol. Stud.*, **7**, 181~190 (1980).
- 48) 阪本寧男, 李 弘和, 河瀬眞琴: 「韓国における環境変遷史 —中間報告—」, 日韓合同調査隊編, 文部省, p. 21~32 (1980).
- 49) 佐々木高明: 「バタン島の自然と文化—その調査記録」, 立命館大学探検部編, p. 77~88 (1971).
- 50) 佐々木高明: 「南島の古代文化」, 国分直一, 佐々木高明編, 毎日新聞社, p. 53~87 (1973).
- 51) 佐々木高明, 深野康久: 国立民族学博物館研究報告, **1**, 33~125 (1976).
- 52) J. D. SAUER: *Ann. Mo. Bot. Gard.*, **54**, 103~137 (1967).
- 53) 澤村東平: 「農学大系=作物部門 雑穀編」, 養賢堂, pp. 205 (1952).
- 54) C. R. STONER and E. ANDERSON: *Ann. Mo. Bot. Gard.*, **36**, 355~405 (1949).
- 55) H. STÜBEL: *Monumenta Serica*, **3**, 345~384 (1938).
- 56) H. SUGIMOTO, K. YAMADA, S. SAKAMOTO and H. FUWA: *Stärke*, **33**, 112~116 (1981).
- 57) 田尻龍彦: 農及園, **16**, 674 (1941).
- 58) 高橋隆平: 「最近の生物学」, 第5巻, 駒井 卓, 木原 均編, 培風館, p. 186~228 (1955).
- 59) Y. TOMITA, Y. SUGIMOTO, S. SAKAMOTO and H. FUWA: *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **27**, 471~484 (1981).
- 60) 上山春平, 佐々木高明, 中尾佐助: 「統・照葉樹林文化」, 中央公論社, p. 63~88 (1976).
- 61) T. WATABE: Glutinous Rice in Northern Thailand, The Center for Southeast Asian Studies, Kyoto Univ., pp. 160 (1967).
- 62) 渡部忠世, 梅景 修: 日作紀, **27**, 441~442 (1958).
- 63) P. WEATHERWAX: *Genetics*, **7**, 568~572 (1922).
- 64) M. J. WOLF, M. M. MACMASTERS and C. E. RIST: *Cereal Chem.*, **27**, 219~222 (1950).