

総説

中山誠二¹: 縄文時代のダイズの栽培化と種子の形態分化Seiji Nakayama¹: Domestication of the soybean (*Glycine max*) and morphological differentiation of seeds in the Jomon period

要旨 本稿では、レプリカ法によって確認された縄文時代のダイズ属種子圧痕を集成し、比較することによって、それらの大きさや形態の時間的変化を明らかにした。その結果、中部日本において縄文時代早期中葉（紀元前8千年紀後半）から存在するダイズ属の種子が、縄文時代を通じて大型化し、特に紀元前4千年紀後半の縄文時代中期以降、栽培型ダイズの種子が顕在化することが明らかとなった。この現象は、植物の栽培化に伴う一つの特徴である種子の大型化現象を示している。さらに、縄文時代のダイズ属種子は4つの形態に分類され、野生種の利用から栽培化の過程で形態的な変化が生じ、複数の品種に分化した可能性を指摘した。

キーワード: 縄文時代, ダイズ属種子の大型化, 形態変化, 品種分化, 栽培化

Abstract This review revealed the size and morphological changes of soybean (*Glycine max*) seeds in the Jomon period by compiling and comparing their impressions detected by the replication method. This review confirmed that soybean seeds that first appeared in the middle phase of the initial Jomon period, the latter half of the 8th millennium BC, in central Japan become larger through later Jomon periods. Soybean seeds of cultivated types came to be distinguished by the middle Jomon period, the latter half of the 4th millennium BC. This enlargement in seed size is one of the characteristics accompanying plant domestication. Four morphological types can be recognized in the soybean seeds of the Jomon period, and this indicates possible differentiation of soybean breeds during the Jomon period through the use of wild soybeans to that of domesticated ones.

Keywords: breed differentiation, domestication, enlargement of soybean seeds, Jomon period, morphological change

1. はじめに

栽培ダイズ (*Glycine max* subsp. *max*) は、これまで弥生時代前期以降、稲作とともに大陸から日本列島に伝播した栽培植物と考えられてきた(星川, 2003; 寺沢, 1986)。ところが、小畑ほか(2007)のレプリカ法を用いた圧痕研究とマメ科植物の同定のための基礎研究によって、縄文時代後期～晩期のダイズが発見され、従来「ワクト石タイプ」とされていた不明植物痕跡がダイズの臍部分の圧痕であることが解明された。小畑ほか(2007)はこれらの資料を「クマダイ」と命名し、縄文時代に栽培型ダイズが存在すると主張した。中山ほか(2008)および保坂ほか(2008)は、同様の分析手法を用いて縄文時代の中中部・関東地方の資料調査を行い、縄文時代中期にも栽培型ダイズが存在することを推定した。小畑(2008, 2010, 2011)や中山(2009, 2010)の基礎研究は、現生標本の形態観察や臍構造の分析によるマメ科植物の同定法の確立と、縄文時代のダイズ属種子との比較、さらには東アジアにおける植物考古学的な資料の検討などによって構築されている。

また、中山(2009)は、農業生物資源研究所のジーン

バンクに保存される世界の5800あまりのダイズ標本を調査した結果、縄文時代のダイズに類似した16品種ほどの在来ダイズが存在することを明らかにした。特に縄文時代中期のダイズ圧痕は、現生栽培ダイズの標本の形態や大きさ、臍の断面形態からみると、小型扁平形タイプのPeking (JP28432)や赤仁田種 (JP29617)などに類似し、野生ツルマメと現生の中・大型栽培ダイズとをつなぐ、中間的な特徴を備えた小型扁平形タイプに極めて近い栽培ダイズであったと推定した。小畑(2009, 2010)は、中部高地における栽培型ダイズの存在を踏まえ、東アジアにおけるアズキやダイズの起源地の一つが縄文時代の中中部高地・西関東地域に存在したとし、マメ類の利用が盛んになる前期後半以前に意図的な耕作行為 (pre-domestication cultivation) が行われていた可能性を指摘した。

中山(2009)は、これらの研究を通じて、縄文時代のダイズが日本列島の中で野生型ダイズであるツルマメが馴化され、栽培型ダイズへと変化したと考えているが、これはあくまでも種子の大型化という形態的変化を基にした仮説であり、遺伝学的に実証されたものではない。また、そも

¹ 〒400-8505 山梨県甲府市丸の内1-6-1 山梨県教育委員会学術文化財課

Education Board of Yamanashi Prefecture, 1-6-1 Marunouchi, Kofu, Yamanashi 400-8505, Japan

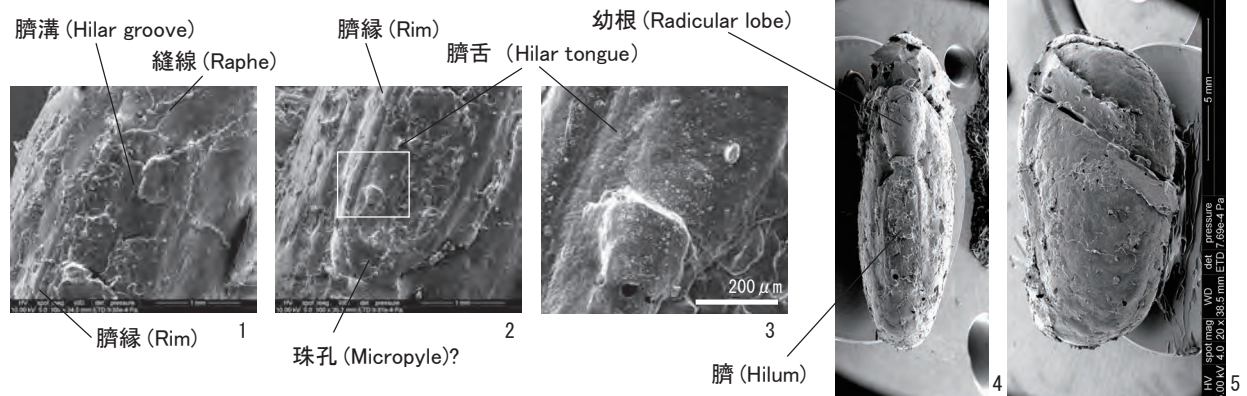


図1 縄文時代中期の山梨県酒呑場遺跡から検出されたダイズ属種子圧痕のSEM画像。1, 2: 臍部, 3: 臍舌部, 4: 種子臍側, 5: 種子側面。

Fig. 1 SEM photos of a soybean seed impression detected from the Sakenomiba site, Yamanashi Prefecture, of the middle Jomon period. 1, 2: hilum, 3: hilar tongue, 4: hilum side, 5: lateral side.

そも列島内におけるダイズ属の利用がどこまでさかのぼるのか、栽培型ダイズはどの地域で、どの時期から出現するのか、栽培型ダイズの形態変化はどのように進行するのかなど、これまでの限定的な情報からは未解決の問題が残されていた。このため、中部地方を中心にその後も縄文時代のダイズ属の検出を進め、試料の蓄積を行ってきた(中山, 2014)。

ダイズの大型化に関する先行研究(小畑, 2011)では圧痕試料と炭化種子の二つの異なる性格の資料が用いられているが、検出事例が少ない圧痕試料のみによる検証研究はこれまでなされていない。そこで、本論ではこれまでに集積されてきた縄文時代のダイズ属圧痕試料の形態観察や現生ダイズ属試料との比較を行うことで、ダイズ属種子の大型化や形態変化について再検討し、当該期におけるダイズ属の栽培化と形態分化の実態を明らかにしてみたい。

2. 縄文時代のダイズ属の形態と臍構造

縄文時代のダイズ属種子の圧痕試料は、土器の表面または断面に部分的に押圧痕跡が残されているものが多く、植物同定が可能で状態が比較的良好な試料でも欠損部分が見られる(図2)。しかし、種子の完全な全体形状と表皮構造がわかる唯一の試料として、山梨県酒呑場遺跡の土器から検出されたSAK001がある(図1; 中山ほか, 2008; 保坂ほか, 2008)。この試料は、縄文時代中期中葉の井戸尻I式土器(ca. 5080 ~ 5000 cal BP; 小林, 2013)の把手部の胎土内に埋め込まれていたもので、把手が偶然欠損したことにより、初めて全形を確認することができたものである。この試料を用いて、縄文時代のダイズの形態と臍構造などの特徴をまず捉えておきたい。

この試料は臍のある面を上部として上面からみると扁平

楕円形を示し、全長11.8 mm、幅5.7 mm、厚さ3.7 mmを測る。側面形態は隅丸の台形状を呈し、幼根と臍の接する部分が大きく盛り上がる(図1-4)。この幼根部の盛り上がりは、実験によって種子が水分を吸収した状態または煮豆状に膨張した状態に極めて類似する(中山, 2010)。このような特徴は、種子が未成熟の枝豆の状態にも見られるが、100 g中に含まれる水分は完熟種子を煮沸した状態で63.5 g、枝豆状態で71.7 gとされ(文部科学省, 2005)、子葉内に水分が多く含まれる時の状態を示している。

特徴となる臍部は、長さ4.1 mm、幅1.7 mmの長円形を呈し、rimと呼ばれる臍縁によって囲まれる露出型の構造を示す(図1-1, 1-2)。臍の長軸中心部には臍溝(hilar groove)の一部が観察されるが、図1-2のように臍上部では不明瞭となる。また、臍の一部に臍舌(hilar tongue)が観察される(図1-2)。この臍舌は、倍率を高めて観察すると、臍の長軸方向に対し直交する繊維状組織が認められる(図1-3)。この薄い膜状の臍舌は現生ダイズを観察すると必ず存在するが、縄文ダイズの中で確認ができるのは、今のところ本試料のみである。

さらに、臍溝延長線上の臍外部には縫線(raphe)と推定される溝が存在する(図1-1)。また、臍と幼根の接する部分に発芽口となる珠孔(micropyle)と考えられるわずかな窪みが確認された(図1-2)。

以下、縄文時代のダイズ属種子と同定された圧痕試料は、いずれも上記の一部の形態と臍構造が確認され、同定が可能なものである。

3. 縄文時代のダイズ属種子圧痕の検出状況

縄文時代のダイズ属の種子圧痕は、これまで60点あまりが検出されており、特に圧痕調査が進んでいる九州地方

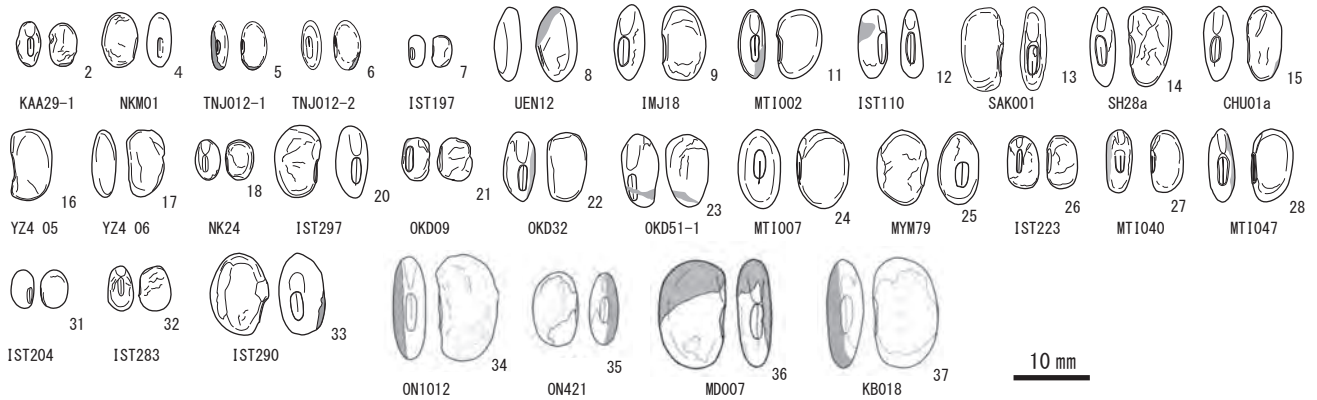


図2 縄文時代のダイズ属種子. 資料の詳細は表1を参照 (5, 6, 13, 24, 28 : 中山, 2009 ; 34-37 : 小畑ほか, 2008).

Fig. 2 Soybean (*Glycine max*) seeds in the Jomon period. Refer to Table 1 for information for each specimen (5, 6, 13, 24, 28: Nakayama, 2009; 34-37: Obata et al., 2008).

と中部高地に集中している。この中には、ダイズ属の臍の痕跡とされる「ワクド石タイプ」とされる圧痕 21 点が含まれる (小畑, 2010)。以下では、ワクド石タイプの臍圧痕を除いた、種子の大きさや全体形状を知ることができる 37 点の試料を対象に、ダイズ属種子圧痕の検出状況を時期毎に確認する (表 1, 図 2)。

日本列島のダイズ属種子圧痕の中で最も古い試料としては、宮崎県王子山遺跡で草創期の試料が確認されている。検出された圧痕は極めて小粒であるが、臍などの特徴から栽培ダイズの祖先野生種とされるツルマメ (*Glycine max* subsp. *soja*) と同定されている (小畑・真邊, 2011)。この遺跡では、同時期の炉跡または土坑から出土したコナラ属炭化子葉や炭化鱗茎類の AMS 法による ^{14}C 年代測定が行われ、その年代は $11,505 \pm 35 \sim 11,430 \pm 35$ ^{14}C BP の範囲に収束し、IntCal09 による較正年代では $13,350 \sim 13,300$ cal BP 前後を中心とした時期に位置づけられている (工藤, 2011)。

早期の事例としては、長野県山の神遺跡で早期中葉の細久保式 (ca. 9500 ~ 9000 cal BP ; 工藤, 2012) (中沢, 2011), 山梨県上暮地新屋敷遺跡で田戸上層式並行 (図 2-2 ; 中山・篠原, 2013), 御坂中丸遺跡で早期後葉の野島式 (ca. 8600 ~ 8200 cal BP ; 工藤, 2012) 並行 (図 2-4 ; 中山, 2011a) のダイズ属の種子圧痕が確認されている。

前期の事例では、山梨県天神遺跡で前期後葉の諸磯 b 式 (ca. 5900 ~ 5800 cal BP ; 工藤, 2012) の土器から 2 点 (図 2-5・6 ; 中山ほか, 2009), 同県石之坪遺跡からは前期末葉の十三菩提式 (ca. 5600 ~ 5470 cal BP ; 小林, 2013) の土器から 1 点 (図 2-7), ダイズ属種子圧痕が検出されている (中山, 2014)。

中期では、中部高地を中心に検出数が増えてきてお

り、計測可能な試料のみでも 26 点が存在する (図 2-8 ~ 2-33)。この時期のダイズ属種子圧痕の検出事例は、八ヶ岳山麓の酒呑場遺跡 (縄文時代中期中葉~後葉) では土器片 2572 点中 4 点 (0.15%), 甲府盆地内の鋳物師屋遺跡 (縄文時代中期中葉) では土器片 2876 点中 2 点 (0.07%), 同地域の釈迦堂遺跡 (縄文時代中期中葉~後葉) で土器片 4393 点中 0 点 (0%) と、特に中期の八ヶ岳周辺の高山麓地域での検出率が他地域に比べ若干高い傾向を示す。中部高地における縄文時代中期の年代研究では、中期初頭の五領ヶ台式が ca. 5470 ~ 5380 cal BP, 中期中葉の藤内式が ca. 5280 ~ 5080 cal BP, 井戸尻式が ca. 5080 ~ 4900 cal BP, 中期後葉の曾利式が ca. 4900 ~ 4420 cal BP という較正年代が出されており (小林, 2013), 本稿ではそれらを試料の年代に適用する。当該地域ではこの時期、ササゲ属アズキ亜属 (*Vigna* subgen. *Ceratotropis*) やシソ属 (*Perilla* sp.) の試料も多く、ダイズ属と組み合わせられた栽培植物の利用状況が看取されている (中山, 2014)。

後期から晩期にかけての圧痕は、中部高地の検出例が未確認であるが、西関東に位置する東京都下宅部遺跡の堀之内 2 式土器からダイズ属種子を確認されている (小畑ほか, 2014)。この時期以降検出例が増える九州地方では、長崎県大野原遺跡出土の 2 点のダイズ属種子圧痕のうち、ON1012 (図 2-34) が縄文時代後期前半 (ca. 4100 ~ 3600 cal BP) 末の太郎迫 I 式, ON421 (図 2-35) が後期後半 (ca. 3600 ~ 3400 cal BP) の中ごろの御領式にそれぞれ比定されている (小畑ほか, 2007)。熊本県三万田遺跡の MD007 (図 2-36) は後期後葉 (三万田式~天城式, ca. 3600 ~ 3400 cal BP), 同県礪石原遺跡の KB018 (図 2-37) は晩期 (ca. 3400 ~ 3000 cal BP) 前半中葉の黒川式の深鉢から検出されている (小畑ほか, 2007)。小畑ほ

表1 縄文時代のダイズ属の種子圧痕（ワクド石タイプの臍圧痕を除く）

Table 1 Seed impressions of the soybean in the Jomon period except the hila impressions of the Wakudoishi type

番号	県名	遺跡名	試料名	時期（縄文時代）	マメ圧痕（mm）						文献*	乾燥推定値			長幅厚比（%）			簡易 体積	
					形態	分類	長さ	幅	厚さ	臍長		臍幅	長さ	幅	厚さ	長さ	幅		厚さ
1	宮崎県	王子山	OJY003	草創期	扁平	A	3.8	2.98				a	3.8	3.0					
2	山梨県	上暮地	KAA29	早期中葉（田戸上層並行）	楕円	A	6.8	4.2	3.2	2.5	0.9	b	4.9	3.8	3.0	41.9	32.5	25.6	55.9
3	長野県	山の神		早期中葉（細久保式）	扁平	A	7.0	4.2	2.5			c	5.0	3.8	2.4	44.6	33.9	21.4	45.6
4	山梨県	御坂中丸	NKM01	早期後半	扁平	B	7.6	4.8	3.4	2.9	0.7	d	5.5	4.4	3.2	42.0	33.6	24.4	77.4
5	山梨県	天神	TNJ012-1	前期後葉（諸磯b式）	扁平	A	6.8	3.5	2.7	2.8	0.8	e	4.9	3.2	2.6	45.8	29.9	24.3	40.8
6	山梨県	天神	TNJ012-2	前期後葉（諸磯b式）	楕円	A	6.8	3.4	2.8	2.7	0.9	e	4.9	3.1	2.7	45.8	29.0	25.2	41.0
7	山梨県	石之坪	IST197	前期末葉（十三菩提式）	楕円	A	4.3	2.6	2.2	1.7	0.6	f	4.3	2.6	2.2	47.3	28.6	24.2	24.6
8	山梨県	上の平	UEN12	中期初頭（五領ヶ台式）	扁平	B	9.5	5.3	3.4	2.5	1.0	f	6.8	4.8	3.2	45.9	32.4	21.6	104.4
9	山梨県	鋳物師屋	IMJ18	中期中葉（藤内式）	扁平	B	9.8	5.8	4.0	3.8	1.4	f	7.1	5.3	3.8	43.8	32.7	23.5	143.0
10	山梨県	酒呑場	SAK035-2	中期中葉（藤内式）	楕円	A	6.1	4.1	3.4	2.3	0.7	g	4.4	3.7	3.2	38.9	32.7	28.3	52.1
11	山梨県	女夫石	MTI02	中期中葉（藤内式？）	扁平	B	9.0	6.0	3.6	3.6	1.3	h	6.5	5.5	3.4	42.2	35.7	22.1	121.6
12	山梨県	石之坪	IST110-1	中期中葉（藤内式）	扁平	B	8.5	4.3	3.1	3.9	1.3	f	6.1	3.9	2.9	47.3	30.2	22.5	69.0
13	山梨県	酒呑場	SAK01	中期中葉（井戸尻I式）	扁平	B	11.8	5.7	3.7	4.1	1.7	i, j	8.5	5.2	3.5	49.4	30.2	20.3	154.7
14	山梨県	諏訪原	SH28a	中期中葉（井戸尻式）	扁平	B	10.2	4.5	3.1	3.8	1.5	f	7.3	4.1	2.9	51.0	28.7	20.3	86.8
15	山梨県	竹字I	CKU01a	中期中葉（井戸尻式）	扁平	B	9.8	4.6	3.1	3.2	1.1	f	7.1	4.2	2.9	50.0	29.6	20.4	86.5
16	山梨県	山崎第4	YZ4 05	中期後葉（曾利I式）	扁平	B	9.1	5.4	3.7	2.9	0.9	f	6.6	4.9	3.5	44.0	32.7	23.3	113.2
17	山梨県	山崎第4	YZ4 06	中期後葉（曾利I式）	扁平	B	8.7	4.9	3.4	3.1		f	6.3	4.5	3.2	45.0	32.1	22.9	90.7
18	山梨県	西川	NK24	中期後葉（曾利II式）	楕円	A	5.5	3.3	3.8	2.1	0.8	f	4.0	3.0	3.6	37.7	28.3	34.0	43.2
19	山梨県	宮尾根	MOC02	中期後葉（曾利II式）	楕円	A	6.2	4.7	3.3	2.7	1.1	f	4.5	4.3	3.1	37.8	36.1	26.1	60.0
20	山梨県	石之坪	IST297	中期後葉（曾利式前半）	楕円	C	9.7	6.1	5.1	3.5	1.4	f	7.0	5.6	4.8	40.2	32.2	27.6	188.2
21	山梨県	隠岐殿	OKD09	中期後葉（曾利III～V式）	楕円	A	5.4	5.2	3.0	3.1	1.1	k	3.9	4.7	2.9	33.9	40.9	25.2	53.2
22	山梨県	隠岐殿	OKD32	中期後葉（曾利III式）	扁平	B	9.0	5.8	4.0	3.7	1.4	k	6.5	5.3	3.8	41.7	34.0	24.4	130.9
23	山梨県	隠岐殿	OKD51-1	中期後葉（曾利IV式）	楕円	C	9.0	5.5	4.8	4.2	1.0	k	6.5	5.0	4.6	40.4	31.1	28.6	149.5
24	山梨県	女夫石	MTI007	中期後葉（曾利IV式）	楕円	C	11.5	7.7	6.2	4.0	1.5	h	8.3	7.0	5.9	39.2	33.0	27.8	342.8
25	山梨県	宮ノ前	MYM79	中期後葉（曾利IV～V式）	楕円	C	10.4	7.4	6.1	3.2	1.3	f	7.5	6.7	5.8	37.5	33.5	29.0	291.5
26	山梨県	石之坪	IST223	中期（曾利V式）	楕円	B	7.2	4.2	3.6	2.7	0.8	f	5.2	3.8	3.4	41.9	30.6	27.4	67.2
27	山梨県	女夫石	MTI40	中期	扁平	B	8.5	4.5	3.5	3.0	1.4	h	6.1	4.1	3.3	45.2	30.4	24.4	82.5
28	山梨県	女夫石	MTI47	中期	扁平	B	10.0	5.5	3.5	4.0	1.5	h	7.2	5.0	3.3	46.5	32.3	21.3	118.8
29	山梨県	女夫石	MTI54	中期	扁平	B	8.5	6.5	3.5	3.0	1.6	h	6.1	5.9	3.3	39.9	38.6	21.6	118.8
30	山梨県	酒呑場	SAK041	中期	楕円	A	4.6	3.3	2.7	2.1	0.7	g	3.3	3.0	2.6	37.1	33.7	29.2	25.7
31	山梨県	石之坪	IST204	中期	楕円	A	4.9	3.7	3.1	2.2	0.7	f	4.9	3.7	3.1	41.9	31.6	26.5	56.2
32	山梨県	石之坪	IST283-1	中期	楕円	A	6.2	4.3	3.6	2.4	1.1	f	4.5	3.9	3.4	38.1	33.1	28.8	59.7
33	山梨県	石之坪	IST290	中期	楕円	C	10.7	7.6	5.4	4.1	2.0	f	7.7	6.9	5.1	39.1	35.0	25.9	271.0
34	長崎県	大野原	ON1012	後期前半末（太郎迫I式）	扁平	D	13.7	7.7	4.9	4.4	1.4	l	9.9	7.0	4.7	45.8	32.4	21.8	325.7
35	長崎県	大野原	ON421	後期後半中頃（御領式）	扁平	B	9.1	5.8	3.9	3.6	1.3	l	6.6	5.3	3.7	42.3	34.0	23.7	129.4
36	熊本県	三万田	MD007	後期後葉（三万田式～天城式）	扁平	D	14.3	8.6	4.8	4.2	1.4	l	10.3	7.8	4.6	45.4	34.4	20.3	369.6
37	熊本県	礫石原	KB018	晩期前半中葉（黒川II式）	扁平	D	14.8	8.7	5.3	4.9	1.3	l	10.7	7.9	5.0	45.3	33.5	21.2	422.7

MD007の長さ、ON421の幅、TNJ012-1、MTI47、MTI54、ON1012、OKD32、KB018の厚さは復元推定値、OJY003、IST197、IST204は臍潤が認められず圧痕の計測値を推定乾燥値とした。簡易体積は乾燥推定値の長さ×幅×厚さを、長幅厚比は乾燥時の長さ、幅、厚さの数値の合計値に対する各辺の比率を表す。

*a：小畑2011，b：中山・篠原2013，c：中沢2011，d：中山2011a，e：中山ほか2009a，f：中山2014，g：中山2010，h：中山・間間2009b，i：中山ほか2008，j：保坂ほか2008，k：中山2011b，l：小畑ほか2007。

か（2007）は、縄文時代後晩期のこれらの試料に「クマダイ」という名称を与え、大型扁平形ダイズのグループであることを指摘している。

4. 縄文時代のダイズ属種子の形態と時間的变化

1) ダイズ属種子の形態復元

縄文土器から検出されるダイズ属種子圧痕は、幼根部の盛り上がりや外皮に皺などが認められる事例が多い（図2）。

現生ダイズの水浸実験では、水浸1～3時間後までに種子が急激に膨張し、5～6時間以降ほぼ横ばいあるいは微増の状態となり、20～23時間後には子葉部分の膨張によって外皮が縦方向に割裂する（中山，2010）。また、膨張や収縮過程で外皮と子葉部分の膨張率の違いによって皺ができることが観察されている。したがって、これらの圧痕も種子が水浸または煮沸など水分の吸収によって膨張し、割裂する前の状態を示していると見なすことができる。た

表2 現生ダイズの形態比較

Table 2 Morphological comparison of modern soybeans

番号	品 種	ジーンバンク 番号*	状態	形態	長さ (mm)	幅 (mm)	厚さ (mm)	臍長 (mm)	臍幅 (mm)	体積 (mm ³)	試料数	長幅厚比 (%) **		
												長さ	幅	厚さ
1	栃木黒千石	JP29299	乾燥	小型楕円	8.1	6.7	5.4	3.5	1.6	293.1	50	40.1	33.2	26.7
2	茶千石9号	JP28041	乾燥	小型楕円	8.4	6.7	5.2	3.6	1.7	292.7	50	41.4	33.0	25.6
3	クラカケ	JP76509	乾燥	扁平	11.6	9.4	4.8	4.4	1.6	523.4	47	45.0	36.4	18.6
4	ゲダイズ	JP80036	乾燥	小型扁平	5.5	4.5	3.3	3.0	1.7	81.7	50	41.4	33.8	24.8
5	けまめ	JP35299	乾燥	楕円	10.7	9.9	7.1	4.3	1.8	752.1	15	38.6	35.7	25.6
6	黒豆 L105	JP35256	乾燥	球形	9.8	8.6	7.9	4.1	1.7	665.8	15	37.3	32.7	30.0
7	アオマメ	JP85533	乾燥	楕円	9.3	8.5	6.8	3.7	1.5	537.5	42	37.8	34.6	27.6
8	Novosadska White	JP30646	乾燥	小型扁平	7.5	5.1	4.0	3.0	1.3	153.0	15	45.2	30.7	24.1
9	Chousen Shu (Cha)	JP28912	乾燥	小型楕円	6.7	5.1	4.0	3.0	1.5	136.7	17	42.4	32.3	25.3
10	Wolfsthaler	JP30595	乾燥	小型扁平	8.1	5.5	4.3	3.4	1.4	191.6	15	45.3	30.7	24.0
11	Chestnut Washington	JP30559	乾燥	小型扁平	8.6	5.8	4.4	3.2	1.3	219.5	14	45.7	30.9	23.4
12	Rose Non Pop	JP30922	乾燥	小型扁平	7.3	4.9	3.1	2.9	1.2	110.9	14	47.7	32.0	20.3
13	Southern Prolific	JP27373	乾燥	小型扁平	7.7	5.0	3.2	3.1	1.3	123.2	15	48.4	31.4	20.1
14	PI (USA)	JP28984	乾燥	小型扁平	7.5	5.2	3.6	3.0	1.3	140.4	15	46.0	31.9	22.1
15	鶴豆	JP27584	乾燥	小型楕円	7.3	5.6	4.4	2.9	1.4	179.9	15	42.2	32.4	25.4
16	Jet	JP28431	乾燥	小型扁平	8.3	5.6	4.1	3.4	1.5	190.6	15	46.1	31.1	22.8
17	Nepal (ACCO169)	JP30420	乾燥	小型扁平	7.1	4.2	3.3	2.6	1.2	98.4	16	48.6	28.8	22.6
18	Kadi Bhatto	JP30419	乾燥	小型扁平	6.7	4.8	2.9	2.8	1.2	93.3	15	46.5	33.3	20.1
19	Early Brown	JP30525	乾燥	小型扁平	9.3	5.9	4.6	3.1	1.2	252.4	15	47.0	29.8	23.2
20	Peking	JP28432	乾燥	小型扁平	7.3	5.1	3.3	3.1	1.1	122.9	15	46.5	32.5	21.0
21	赤仁田	JP29617	乾燥	小型扁平	7.3	5.0	3.4	3.0	1.1	124.1	15	46.5	31.8	21.7
22	Kuro Mame (Nagata)	JP29328	乾燥	小型扁平	7.0	5.1	3.4	2.9	1.2	121.4	15	45.2	32.9	21.9
23	もやし豆	JP27681	乾燥	小型扁平	7.4	6.3	4.5	2.9	1.4	209.8	15	40.7	34.6	24.7
24	Kuro Massh	JP30024	乾燥	小型扁平	8.6	5.8	4.3	3.3	1.3	214.5	17	46.0	31.0	23.0
25	青ダイズ		乾燥	楕円	9.3	8.8	7.0	3.9	1.6	572.9	50	37.1	35.1	27.9
26	黄ダイズ		乾燥	楕円	8.4	8.0	6.6	3.9	1.7	443.5	15	36.5	34.8	28.7
27	黒ダイズ		乾燥	楕円	10.8	9.0	8.0	4.6	1.7	777.6	15	38.8	32.4	28.8
28	クロヒラマメ		乾燥	扁平	12.2	9.3	5.6	4.3	1.7	635.4	15	45.0	34.3	20.7
29	ツルマメ		乾燥	小型扁平	4.3	3.3	2.4	2.5	1.1	34.1	50	43.0	33.0	24.0

*JP: 農業生物資源研究所, 空欄: 収集ダイズ, ** 長さ, 幅, 厚さの数値の合計値に対する各辺の比率.

だし, OJY003, IST197, IST204 などの所見では幼根部の膨張が見られない事例もあり, その見極めが必要である。現生のツルマメの水浸実験では 10 個中 1 ~ 2 個が膨張するのみで, 同一条件下でもほとんどは変化が認められない。これはおそらくろう粉 (wax bloom) と呼ばれる網状組織が種子を覆っているため, 野生種の非吸水性に関与したもの と推定される。これらの実験を通して, 圧痕種子の水浸膨張による変化は, ある程度予測可能である。

マメ科種子の圧痕の場合は小畑 (2008) がすでに指摘しているように, その形成過程までに, ①水分を含む粘土中での種子の吸水膨張, ②成形後の乾燥による種子の収縮, ③土器焼成による種子の焼成 (炭化) と空間の収縮という三つの段階があり, それぞれの形状変化を考慮しなければならない。

筆者は, 縄文時代のダイズ属種子圧痕の乾燥した段階での大きさや形状を知るため, 土器焼成実験およびマメ種子の水浸実験を行った (詳細は中山 (2009) を参照)。

まず, 土器の焼成に伴う粘土の収縮率の算定である。実

験に使用した粘土は, 縄文時代中期の土器の焼成実験や体験学習用に使用される甲府盆地内で産出した粘土で, 焼き上がりの色調や状態は縄文土器に極めて近いものである。この粘土を使用して, 一辺 5 cm, 厚さ 1 cm の正方形の粘土板を 2 枚作成し, 焼成実験を行うと, 15 日間の乾燥段階で 91.2%, 800 °C の焼成後で 89.2% となった。

次に, 現生栽培ダイズの種子の水浸実験によって膨張率を求めた。結果的には, 22 種類 (N = 50) 平均で長さ方向に 156.7%, 幅方向に 123.8%, 厚さ方向に 118.3% とそれぞれの方向への拡大率が異なることが明らかになった (中山, 2009)。したがって, 圧痕の計測値は, 長さ方向に 139.8%, 幅方向に 110.4%, 105.5% に膨張した数値を示していることになる。

この膨張率と縄文土器焼成に伴う収縮率を勘案して膨張係数を求めると, 上記の数値の逆数, すなわち長さ方向に 72%, 幅方向に 91%, 厚さ方向に 95% となり, 種子圧痕の計測値に膨張係数を乗ずれば, 乾燥段階における大きさの値が導きだされる。

縄文時代のダイズ属の野生種(型)、栽培種(型)の種子は、形態的に相似形をなすためその違いを示すことは困難であるが、大きさの違いが両者の区分の重要な判断要素になる。本論では、種子の水浸による様々な形状変化を想定する中で、「種子圧痕の最小乾燥値>現生ツルマメの乾燥値」を満たすか否かによって、ツルマメと栽培ダイズの区分を行った。

現生ツルマメ(N=50)では、乾燥段階で長さ3.5~5.5 mm、幅2.8~3.8 mm、厚さ1.9~2.9 mmの範囲に収まり、50粒あたりの簡易体積平均は34.1 mm³となる(表2)。ツルマメの最大簡易体積は60 mm³であり、本稿では簡易体積60 mm³未満の種子をツルマメ型、それ以上を栽培ダイズ型と区分する。ただし、大きさのみではツルマメと未成熟の栽培型ダイズの厳密な分離は困難であり、境界となる60 mm³の近似値にはツルマメ、栽培型ダイズ両者の雑種や未成熟試料が含まれている可能性を前提とする。

2) 縄文時代のダイズ属種子の時間的变化

前項で求めたダイズの膨張係数を基本に、縄文時代のダイズ属種子圧痕の最小乾燥値を求め、長幅厚を乗じた簡易的な体積の数値を示した(表1)。この簡易体積は、単純に長さ、幅、厚さの最大値の掛算によるものであり、曲面的な種子の実体積はこれよりやや小さくなる。また、圧痕試料の観察所見から幼根部の膨張が認められなかったOJY003、IST197、IST204については、圧痕試料の計測値を用いた。これらの簡易体積値を年代毎に比較した(図3)。また、縄文時代のダイズ属種子との比較のため現生のツルマメと栽培ダイズ28品種の乾燥段階の数値を提示した(表2)。これらの図表を基に、ダイズ属種子の時間的変遷を捉えてみたい。なお、以下では、乾燥値の長さ、幅、厚さをL、W、Tで表記し、小数点第2位以下は四捨五入とする。

縄文時代草創期のOJY003は、SEM画像を観察する限り、幼根部の肥大がみられず、水浸などによる膨張が認められないと判断した試料である。長さ、幅は明らかにされているが、残念ながら厚さに関する情報が無く、体積を求めることができない。しかし、L3.8 mm、W3.0 mmから見て、現生ツルマメの大きさに匹敵する種子がすでに更新世末期に存在したと見ることができるとする。

縄文時代早期中葉の試料は、KAA29がL4.9 mm×W3.8 mm×T3.0 mmで体積55.9 mm³、山の神遺跡の試料がL5.0 mm×W3.8 mm×T2.4 mmで体積45.6 mm³と比較的近似した大きさを示し、現生ツルマメの数値の中に収まる。早期後葉のNKM01は、L5.5 mm×W4.4 mm×T3.2 mm、体積は77.4 mm³とやや大型で、現生の飼料用ダイズで知られるゲダイズ(JP80036)などと近似した

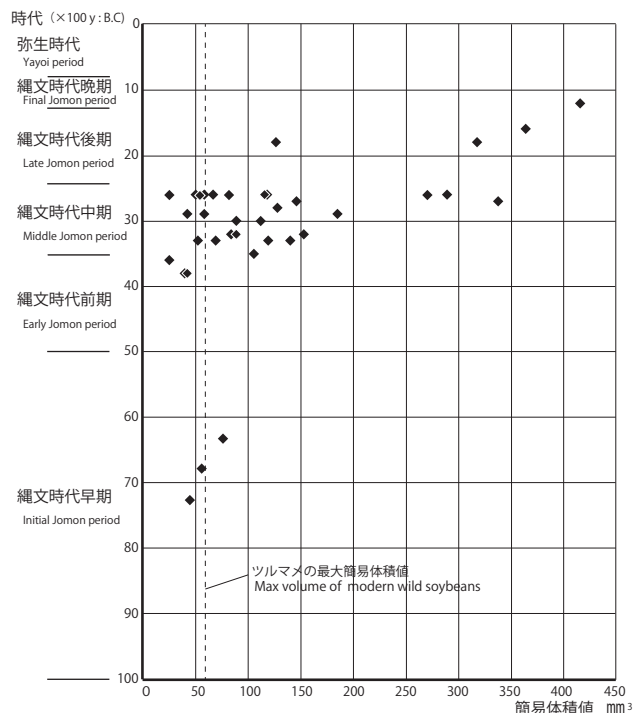


図3 縄文時代のダイズ属の大きさの時代的变化。

Fig. 3 Size change in soybean seeds of the Jomon period.

数値を示す。

縄文時代前期では、前半期の試料は未確認であるが、前期後葉の諸磯b式段階の試料TNJ12-1ではL4.9 mm×W3.2 mm×T2.6 mmで40.8 mm³、TNJ12-2ではL4.9 mm×W3.1 mm×T2.7 mmで41.0 mm³と近似した大きさ、形状をもつ。前期末の十三菩提式期のIST197は、吸水による膨潤が見られず、圧痕計測値を乾燥値と見なすとL4.3 mm×W2.6 mm×T2.2 mm、簡易体積24.6 mm³で、大きさは天神遺跡例とそれほど差異がない。いずれにしろ、早期から前期の試料は、早期後葉のNKM01以外はツルマメの大きさに収束し、ツルマメ型に分類される。ここでの大きな問題は、NKM01がツルマメ型より大型である点である。これを栽培型ダイズと捉えるならば、小畑(2009)が予測した野生ツルマメの栽培行為に伴う種子の大型化の兆候、すなわち栽培化症候群(domestication syndromes)が、すでに縄文時代早期後半におこっていたと見られるからである。現時点では1点の試料のみであることから、この問題は可能性にとどめ、今後同様の試料の蓄積をまって議論を深める必要があろう。

縄文時代中期になると、様相が一変する。該期の試料26点は、乾燥値がL3.3~8.5 mm、W3.0~7.0 mm、T2.6~5.9 mmで、簡易体積を比べてみても25.7~342.8 mm³と13倍以上の開きがある。約3割(26点中7

点)の種子は、現生ツルマメと極めて近い数値を示す一方、ツルマメの簡易体積の最大値 60 mm^3 を大きく凌駕する種子が7割 (26点中19点) を占めるようになり、この中期前葉を境に一挙に増加する。体積分布をみると、 190 mm^3 以下の一群と 250 mm^3 を超える一群で分離される傾向が見られる (図3)。ツルマメ型から小型栽培ダイズとされる種子への変化は連続的かつ漸移的なものである。

現生試料の中で $80 \sim 190 \text{ mm}^3$ のダイズは、ゲダイズ (JP80036), Novosadska White (JP30646), Chousen Shu (VAR040777), Rose Non Pop (JP30922), Southern Prolific (JP27373), PI USA (JP28984), 鶉豆 (JP27584), JET (JP28431), Nepal (JP30420), Kadi Bhatto (JP30419), Peking (JP28432), 赤仁田 (JP29617), Kuro Mame (Nagata)(JP29328) など極小粒の栽培ダイズが知られている (表2)。これに対し、 $250 \sim 350 \text{ mm}^3$ の大きさの現生品種として、栃木黒千石 (JP29299), 茶豆 (JP28041), Early Brown (JP30525), もやし豆 (JP27681), Kuro Massh (JP30024) などのダイズがある。いずれにしろ、現在一般的に食用とされている青ダイズや黄ダイズなどよりは小型のダイズであることが言える。

九州地方の後晩期のダイズは、大野原遺跡で中期同様の大きさの試料がみられる一方、小畑ほか (2007) がクマダイと命名した大型扁平形ダイズが存在する。これらの試料は、 $L9.9 \sim 10.7 \text{ mm}$, $W7.0 \sim 7.9 \text{ mm}$, $T4.7 \sim 5.0 \text{ mm}$, 簡易体積が $318 \sim 420 \text{ mm}^3$ で中期の中部高地に分布するダイズよりさらに大型の試料が存在する。これらの数値は現生黄ダイズなどに迫る値である。

一方、この時期の西日本から九州にみられる「ワクド石タイプ」の臍圧痕は長さ $4.0 \sim 6.0 \text{ mm}$, 幅 $1.2 \sim 1.6 \text{ mm}$ で、ツルマメの臍の2~3倍、大型扁平形ダイズとほぼ同様の大きさを持つことが知られており、大型化したダイズはかなり普遍的に存在していることがわかる (小畑ほか, 2007)。

以上のように、ダイズ属の利用は、縄文時代草創期から早期にさかのぼり、早期後半段階にはやや大型化した栽培型ダイズが出現する。種子の大型化は中期にはいっそう顕在化し、九州の後晩期ではさらに大型化が進行している (図3)。筆者は、現生ツルマメの簡易体積の最大値を超えるものを栽培化初期段階のダイズと位置づけている (中山, 2009)。現生ダイズの中には、ツルマメと栽培ダイズの間中型の形態形質をもつ“グラシリス”と呼ばれるダイズの存在が知られ、栽培植物への進化過程の中間型として、または栽培植物と野生祖先種との雑種として栽培植物の進化の過程で重要な役割を果たしたのではないかと考えられている (阿部・島本, 2001)。縄文時代の栽培型ダイズの種子は、大きさの点ではまさにこれらの中間型タイプと同

じ形態的特徴を持っているのである。

栽培型ダイズが出現した中期においても、一定割合でツルマメ型が混在し、利用されていることも重要である。ツルマメ型の中には、栽培型の未成熟試料も含まれる可能性はあるが、筆者が現在進めている当該期の遺跡の圧痕の中には、完熟後のツルマメに多く見られるろう粉 (wax bloom) に覆われた試料も確認されており (未報告), この大きさの試料の中にも野生ツルマメ (*Glycine max* subsp. *soja*) が存在している可能性は高いと考える。

3) 種子の形態分類

前項ではダイズの大きさに注目して時代的な変化を追ってきたが、次に形態的な変化を捉えてみたい。種子形態の差異は、長さ、幅、厚さの比率と大きさの違いによって表すことができる (表1)。特に注目されるのが、厚さの違いである。酒呑場遺跡の縄文中期のダイズや九州地方の縄文後晩期のダイズの発見以降、その形態は扁平形タイプを示すものと推定されてきたが、厚さに注目すると全体的に丸みを帯びた楕円形を示す試料も存在する可能性が明らかになってきた。

扁平形と楕円形の境界は、現生ダイズでは、長・幅・厚比の内、厚さ比が概ね25%を超える個体については楕円形、それ以下が扁平形として認識できる。また、長さ、幅、厚比がいずれも30%台となる黒豆 L105 (JP35256) などは球形に近い形態をもつ (表2)。この形態分類を縄文時代のダイズ属に適用し、厚比が25%以上の試料を楕円形 (oval type), それ未満の試料を扁平形 (flat type) と捉えることとした。長さとの関係を示したのが、図4である。現生のツルマメ (N = 50) の計測では、 $L3.5 \sim 5.5 \text{ mm}$, $W2.8 \sim 3.8 \text{ mm}$, $T1.9 \sim 2.9 \text{ mm}$ で簡易体積の最大値が概ね 60 mm^3 以下となる。この形態的な差異に大き

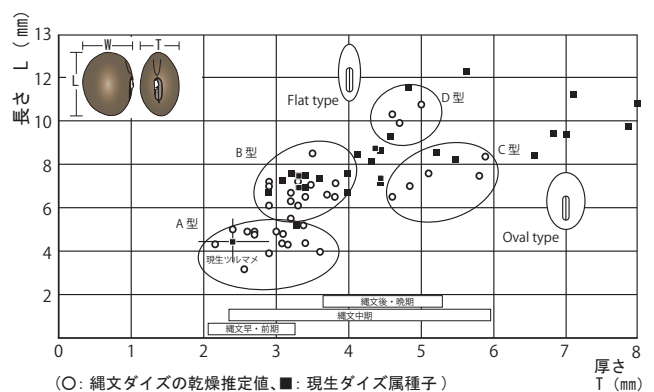


図4 縄文時代のダイズ属種子の形態変化。
Fig. 4 Morphological change in soybean seeds of the Jomon period.

さの違いを加味すると、縄文時代のダイズ属は以下のよう
に4種類の型に分類される(図5)。

A型：ツルマメ型：15～60 mm³程度の簡易体積を持ち
現生ツルマメと同じ大きさの範囲に収束するタイプで、厚
さ比が25%未満の扁平形と25%を超える楕円形のもの
が含まれる。

B型：小型扁平ダイズ型：61～150 mm³の簡易体積を
持つ小型栽培型の種子で、厚さ比が全体の25%未満の
タイプ

C型：大型楕円ダイズ型：151～350 mm³の簡易体積
を持つ大型栽培型の種子で、厚さ比が全体の25%を超
えるタイプ

D型：大型扁平ダイズ型：300～450 mm³の簡易体積
を持つ大型栽培型の種子で、厚さ比が全体の25%未満
のタイプ

以上4タイプのダイズ属種子を年代別に比較すると、A
型は縄文時代草創期・早期～中期まで継続的に存在して
いる。B型は縄文時代早期後半に出現し、中期初頭以降の
中部地方に多く見られるタイプで、九州地方の後期試料
にも同様の形態が存在する。C型は今のところ縄文時代
中部高地にのみ認められるが、時期が確定視されるのは
中期後葉の曽利式になってからである。D型は現段階で
は九州地方の縄文時代後晩期に限定される。

これらの種子形態の違いは現生ダイズでも捉えること
が可能で、現生では縄文時代では見られない450～700
mm³台のさらに大型化したものが認められる(表2)。形
状的にはC型が現生の黒ダイズ、黄ダイズ、青ダイズなど
の楕円形から円形、D型はクロヒラマメやクラカケなど
の扁平形のダイズと相似的關係を示す点は留意しておく
必要がある。

4) 種子の形態的形質変化と品種分化

以上の考察から、縄文ダイズは野生ツルマメと現代の
栽培ダイズをつなぐ中間的な大きさや形態をもつものと
考えられる。また、縄文時代中期初頭以降大型化した
栽培型ダイズ種子の中には、扁平形、楕円形の違いが
既に認められ、縄文時代中期後葉には大型楕円形、
後晩期には大型扁平形のダイズが出現することから、
形態的形質の分化が進行している可能性を指摘する
ことができる。

これらの4種類の形態を厚さに注目して時代的な
変化をみると、中期のB型は扁平のツルマメタイプ
から派生し、後晩期のD型に相似形を保ちつつ大型
化している傾向が読み取れる(図6)。B型とD型の
間には、これまで蓄積された圧痕試料では断絶が
認められるが、現生の在来ダイズにはこの中間に
位置するものも存在し(図4)、両者の推移はある
程度連続的であったと予測される。一方、C型の

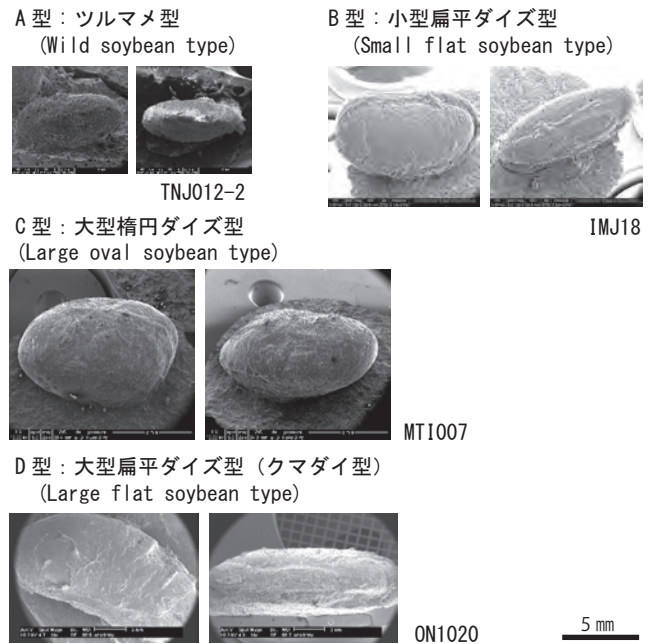


図5 縄文時代のダイズ属種子の形態タイプ。資料の詳細は表1参照。

Fig. 5 Morphological types in soybean seeds of the Jomon period. Refer to Table 1 for informatino for each specimen.

大型楕円形タイプは、ツルマメの中に見られる楕円形
タイプと相似形を示すがA型とC型の間をつなぐ大き
さの種子は、唯一IST223のみで、むしろ例外的である。
このことから、C型の楕円形タイプは単純にツルマメ
から大型化したものではなく、栽培によって大型化
したB型の中から楕円形タイプが派生した可能性も
捨てきれない。C型ダイズの発生の問題解決には、
より多くの資料を蓄積が必要である。

品種とは、生物分類学上の分類群のうち種より下
位の階層を示す一単位で、「育種学において飼養・培
養あるいは栽培する生物の実用的形質に関して、他
の集団とは区別しうる遺伝的特徴をもった集団」と
定義される(巖佐ほか, 2013)。また、国際栽培植
物命名規約では栽培品種は、「ひとつの特定の属性
または属性の組合せのために選抜された植物の集
合であり、それらの特性が明瞭で、均一で、かつ
安定して、さらに適切な方法により繁殖されるとき
にそれらの特性を維持する集合である」と定義され
ている(大場, 2008)。

縄文時代のダイズ種子に見られる形態的形質の
違いの時代的な変化は、個体別偏差のレベルを超
えた品種差として捉えられ、その栽培化の過程
で、いくつかの品種分化が進行した可能性があ
ると、筆者は考える。

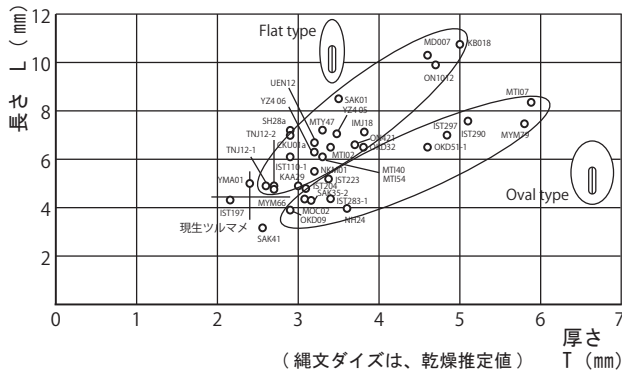


図6 縄文時代のダイズ属種子の形態の相似。

Fig. 6 Resemblance in the shape of soybean seeds of the Jomon period.

5. まとめ

野生の植物栽培行為に伴う栽培種への特性変化は、栽培化症候群 (domestication syndromes) と呼ばれ、西南アジアのムギ類、インドのリョクトウやケツルアズキ、中国のイネなどでの存在が知られている (Fuller, 2007a, 2007b; Fuller et al., 2007)。イネ科の植物の場合、①非脱粒性の出現、②発芽抑制 (休眠性) の喪失、③種子の大型化、④完熟の同時性などがその特徴となる。マメ科植物の場合、①早生化、②草型への変化と巨大化、③莢の裂開性 (散布能力) と種子休眠性の欠如、④種子の色の多様化などの特徴として現れる (山口, 1994, 2001)。

植物考古学的にこれらの要件のすべてを明らかにすることは現状では極めて難しいが、種子の大型化と形態による特徴変化によって、野生種 (型) から栽培種 (型) への変化を捉えることが可能であると考えられる。

本稿では、レプリカ法による植物圧痕研究によって確認されてきたダイズ属の種子圧痕を集成し、それらの大きさや形状の変化を時代別に明らかにしてきた。

その結果、中部高地において縄文時代中期中葉 (紀元前 8 千年紀後半) から存在するダイズ属の種子は、縄文時代を通じて大型化していることが再確認された。種子の大型化の兆候は、すでに縄文時代早期後半にもわずかに認められるが、特にそれが顕在化するのが中期 (紀元前 4 千年紀後半～紀元前 3 千年紀前半) である。縄文時代中期前半以降の栽培型ダイズ種子は、簡易体積比にしてツルマメの数倍から 10 倍にも及ぶ種子が出現し、九州地方の縄文時代後晩期 (紀元前 2 千年紀) ではさらに大型化していることも判明した。筆者は現生ツルマメ種子の最大体積を上回るものを、栽培化症候群の一つの特徴である種子の大型化現象としてとらえて、栽培化初期段階の栽培型ダイズと判断した (中山, 2009, 2010)。当該期の東アジア全体を

みても、これほど大型化した種子は現在では日本列島のみに見られる現象である (小畑, 2010)。

一方、縄文時代のダイズ属種子は、種子長幅厚の比率を基にした形態的な違いがあることも判明した。本稿では、大きさと形態による違いから 4 つのタイプに分類し、その時代的变化を追った。ツルマメ型は縄文時代草創期・早期から中期まで継続的に存在し、早期後半以降の栽培型ダイズとされる中でも小型の扁平タイプ、大型の扁平タイプと楕円形タイプの 3 つの形態が存在することがより鮮明になった。しかも、これらは漸移的に変化していることから、縄文時代のダイズ属種子が野生種の利用から栽培化の過程で大きさや形状に変化が生じ、複数の形態的形質に分化している可能性が高い。換言すれば、A 型と B・C・D 型との間には、野生型と栽培型という亜種 (subspecies) レベルの比較的大きな変化があるのに対し、B 型、C 型、D 型間の変化は、栽培型の中での品種 (form) レベルの変化である可能性が指摘できるのである。

ダイズは、近年の遺伝学的研究によれば東アジアの複数の地域で栽培化が進行し、日本もその起源地の一つと考えられている植物である (島本, 2003)。縄文時代のダイズ属の圧痕試料は、まさに日本列島で野生のツルマメから栽培化が進み、栽培型のダイズが出現するプロセスを物語っていると考えられる。

つまり、当初は自然繁茂または二次植生帯に自生した野生ツルマメを縄文人たちが採集していた段階から、やがてそれを意識的に播種・育成・収穫して利用ようになる。小畑 (2009) が指摘するように、この野生種の栽培行為 (pre-domestication cultivation) が栽培型の形態を備えたダイズを生み出し、時代とともに形態変化が進んだとみられるのである。本稿の分析を通して、その変化は縄文時代早期後半に遡り、特に中期段階には栽培型ダイズの存在が顕在化し、複数の品種に分化していた可能性が指摘できる。

では、なぜこのような形態変化が縄文時代中期以降に顕在化するのか。現状では縄文時代前期後半と中期前半の間に存在する海退期 (福沢, 1995; 宮本, 2009)、すなわち気候の寒冷化に伴うボトルネック効果、中期以降の打製石斧の増加に伴う耕作地の深耕 (Fuller, 2007b; 小畑, 2011) などが要因として考えられる。筆者は、縄文時代の人々が寒さと乾燥土壌から種子を保護するために、打製石斧などによる耕作地の深耕を促進させ、その結果として大型化したダイズが増加したという栽培化への道程を推定している。

形態的な変化に着目した本稿の仮説の実証には、縄文時代のダイズ属の出土種子による遺伝学的な検証や種子形態変化を誘引する原因の究明が今後必要である。

謝 辞

本論は日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究 A「植物・土器・人骨の分析を中心とした日本列島農耕文化複合の形成に関する基礎的研究」(課題番号:25244036)の成果の一部である。本稿を執筆するにあたり、小畑弘己氏からは九州地方の圧痕 SEM 画像の提供、工藤雄一郎氏からは較正年代、友岡憲彦氏からは現生ダイズに関するご教示をいただいた。また、英文要旨に関して、Mark Hudson 氏の協力を得た。記して感謝申し上げたい。

引用文献

- 阿部 純・島本義也, 2001. ダイズの進化: ツルマメの果たしてきた役割。「栽培植物の自然史-野生植物と人類の共進化」(山本裕文・島本義也編), 77-95. 北海道大学図書刊行会, 札幌.
- 福沢仁之, 1995. 天然の「時計」・「環境変動検出計」としての湖沼の年縞堆積物. 第四紀研究 34: 135-149.
- Fuller, D. Q. 2007a. Contrasting patterns in crop domestication and domestication rates: Recent archaeological Insights from the Old World. *Annual of Botany* 100: 903-924.
- Fuller, D. Q. 2007b. Non-human genetics, agricultural origins and historical linguistics in South Asia. "The Evolution and History of Human Populations in South Asia" (M. D. Petraglia & B. Allchin, eds.), 393-443. Springer.
- Fuller, D. Q., Harvey, E., & Qin, L. 2007. Presumed domestication? Evidence for wild rice cultivation and domestication in the fifth millennium BC of the Lower Yangtze region. *Antiquity* 81: 316-331.
- 保坂康夫・野代幸和・長沢宏昌・中山誠二, 2008. 山梨県酒呑場遺跡の縄文時代中期の栽培ダイズ *Glycine max*. 山梨県埋蔵文化財センター研究紀要 No. 24: 23-34.
- 星川清親, 2003. 栽培植物の起原と伝播, 改訂増補版, 311 pp. 二宮書店, 東京.
- 巖佐 庸・倉谷 滋・斉藤成也, 2013. 岩波生物学辞典, 第5版, 1178 pp. 岩波書店, 東京.
- 小林謙一, 2013. 山梨県における縄文時代中期の年代測定研究. 山梨県考古学協会誌 No. 22: 123-139.
- 工藤雄一郎, 2011. 王子山遺跡炭化植物遺体の¹⁴C年代測定. 「王子山遺跡」, 73-76. 都城市教育委員会, 都城.
- 工藤雄一郎, 2012. 旧石器・縄文時代の環境文化史, 373 pp. 新泉社, 東京.
- 宮本一夫, 2009. 農耕の起源を探る イネの来た道, 254 pp. 吉川弘文館, 東京.
- 文部科学省, 2005. 五訂増補日本食品成分表, 文部科学省科学技術・学術審査会資源調査分科会報告書 http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijutu3/toushin/05031802.htm
- 中沢道彦, 2011. 長野県大町市山の神遺跡出土早期中葉土器のツルマメ類似種子圧痕から派生する問題について. 「第12回関西縄文研究会: 押型土器期の諸相」(関西縄文研究会編), 113-116.
- 中山誠二, 2009. 縄文時代のダイズ属の利用と栽培に関する植物考古学的研究. 古代文化 61: 374-393.
- 中山誠二, 2010. 植物考古学と日本の農耕の起源, 302 pp. 同成社, 東京.
- 中山誠二, 2011a. 御坂中丸遺跡の植物圧痕の同定. 「御坂中丸遺跡」(山梨県埋蔵文化財センター編), 59-60. 山梨県教育委員会, 甲府.
- 中山誠二, 2011b. 山梨県隠岐殿遺跡の植物圧痕の同定. 「隠岐殿遺跡II」(韮崎市教育委員会他編), 81-92. 韮崎市教育委員会, 韮崎.
- 中山誠二, 編, 2014. 日韓における穀物農耕の起源, 402 pp. 山梨県立博物館, 笛吹.
- 中山誠二・長沢宏昌・保坂康夫・野代幸和・榎原功一・佐野 隆, 2008. レプリカ・セム法による圧痕土器の分析(2) - 山梨県上ノ原遺跡, 酒呑場遺跡, 中谷遺跡 - . 山梨県立博物館研究紀要 No. 2: 1-10.
- 中山誠二・長沢宏昌・保坂康夫・野代幸和, 2009. レプリカ・セム法による圧痕土器の分析3 - 山梨県天神遺跡, 酒呑場遺跡 - . 山梨県立博物館研究紀要 No. 3: 1-22. 山梨県立博物館, 笛吹.
- 中山誠二・篠原 武, 2013. 上暮地新屋敷遺跡の植物圧痕. 山梨県考古学協会誌 No. 22: 115-122.
- 中山誠二・関間俊二, 2009. 山梨県女夫石遺跡の縄文時代中期のマメ圧痕. 山梨県考古学論集 No. 6: 1-20.
- 小畑弘己, 2008. 極東先史古代の穀物3, 日本学術振興会平成16~19年度科学研究費補助金(基盤B-2)「雑穀資料からみた極東地域における農耕受容と拡散過程の実証的研究」研究成果報告書, 333 pp. 熊本大学, 熊本.
- 小畑弘己, 2009. 日本先史時代のマメ類と栽培化. 「さまざまな栽培植物と農耕文化: ユーラシア農耕史4」(木村栄美編), 252-261. 臨川書店, 京都.
- 小畑弘己, 2010. 縄文時代におけるダイズ・アズキの栽培について. 「先史学・考古学論究V」(龍田考古会編), 239-272.
- 小畑弘己, 2011. 東北アジア古民族植物学と縄文農耕, 309 pp. 同成社, 東京.
- 小畑弘己・真邊 彩, 2012. 王子山遺跡のレプリカ法による土器圧痕分析. 「王子山遺跡」(宮崎県都城市教育委員会編), 92-93. 宮崎県都城市教育委員会, 都城.
- 小畑弘己・真邊 彩・百原 新・那須浩郎・佐々木由香, 2014. 圧痕レプリカ法からみた下宅部遺跡の種実利用. 国立歴史民俗博物館研究報告 No. 187: 279-295.
- 小畑弘己・佐々木由香・仙波靖子, 2007. 土器圧痕からみた縄文時代後・晩期における九州のダイズ栽培. 植生史研究 15: 97-114.
- 大場秀章, 2008. 国際栽培植物命名規約, 第7版, 159 pp. アポック社, 東京.
- 島本義也, 2003. ダイズ. 「食用マメ類の科学: 現状と展望」(海妻矩彦, 喜多村啓介, 酒井真次編), 2-14. 養賢堂, 東京.
- 寺沢 薫, 1986. 畑作物. 季刊考古学 No. 14: 23-31.
- 山口裕文, 1994. アズキの栽培化—ドメスティケーションの生態学. 「植物の自然史—多様性の進化学」(岡田 博・植田邦彦・角野康郎編), 129-145. 北海道大学図書刊行会, 札幌.
- 山口裕文, 2001. 栽培植物の分類と栽培化症候. 「栽培植物の自然史—野生植物と人類の共進化」(山口裕文・島本義也編), 3-15. 北海道大学図書刊行会, 札幌.

(2014年11月25日受理)