

胚及び胚珠培養によるヤマトイモとジネンジョとの種間交雑個体の作出とその特性

鈴木健司・小原麻里*1・岩佐博邦・深澤嘉人*2

キーワード：ヤマノイモ, ヤマイモ, 種間交雑, 胚培養, 粘度

I 緒言

国内で栽培されているヤマノイモ属作物には、ヤマイモ (*Dioscorea polystachya* Turcz.)、ジネンジョ (*Dioscorea japonica* Thunb.)、ダイジョ (*Dioscorea alata* L.) などがある。これらのうち、栽培の最も多いヤマイモは芋の形状により、長形のナガイモ群 (以下ナガイモとする)、扁形のイチウイモ群 (以下ヤマトイモとする) 及び塊状のツクネイモ群 (以下ツクネイモとする) の3群に分類される (佐藤達雄, 1997)。

ヤマノイモ属植物は雌雄異株で (浅野・今川, 1999)、主に虫媒や風媒により受粉している (Mi-Mi Li et al., 2014)。ジネンジョでは、雌雄両株が存在し、稔性が高く完全な種子を容易に獲得できる (浅野・今川, 1999)。一方、ヤマイモについては、ナガイモでは、突然変異と考えられる雌株の存在が報告されているが (八鍬ら, 1981)、通常は雄株である。また、ヤマトイモ及びツクネイモでは雌株しか存在しない。そのため各品種群内での交雑ができない。さらに品種群間における種子の獲得は自然条件下では困難である (浅野・今川, 1999)。これらのことから、従来ヤマイモの育種では、系統選抜による優良系統の固定が一般的に行われてきた (甲村ら, 1998; 岩佐ら, 2002; 平井ら, 2015)。近年は、胚培養を利用してヤマトイモ及びツクネイモとナガイモとの品種群間の交雑や、ジネンジョの雌株とナガイモとの種間交雑が試みられ、新たな品種が育成されている (Araki et al., 1983; 浅野・今川, 1999; 前田ら, 2003; 田縁ら, 2014)。ナガイモでは、芋をすり下ろしたとろろの粘度が他の品種群やジネンジョよりも低いため、これらの交雑育種は、ナガイモよりも粘度が高い品種の育成を可能とし、品質の向上に寄与している。

一方、ヤマトイモ及びツクネイモは、それらのとろろの高い粘度特性から、ナガイモとの交雑育種によるとろろ品質の向上効果が期待できない。千葉県では、ヤマトイモ及びジネ

ンジョが栽培されており、特にヤマトイモは群馬県と並び国内トップクラスの生産を誇っている (千葉県, 2017)。ヤマトイモは、ナガイモに比べてとろろの粘度が高いことが評価され、市場で比較的高値で取引されている (岩佐ら, 2002) が、形状が不安定であるという欠点がある。そのため、とろろ粘度が高く、芋がバチ形から棒形で、形状が安定した品種の育成が求められている。ヤマイモ品種群間やジネンジョとナガイモとの種間交雑で得られた実生は遺伝的に多様で (前田ら, 2003)、交配親以上のとろろ粘度を示す個体の報告もある (荒木ら, 1986)。これらのことから、ヤマトイモよりも品質・形状の優れた品種を育成する新たな方法として、胚・胚珠培養を利用して、とろろ粘度がより高いジネンジョとの交雑が試みられている (田中ら, 2006a; 田中ら, 2006b)。しかし、品種育成に成功した報告はまだない。そこで、著者らはヤマトイモの品質・形状の向上を目的に、ヤマトイモとジネンジョとの種間交雑による新たな品種の育成に取り組んだ。その結果、両者の雑種個体が作出でき、それらの地上部及び芋の特性を明らかにしたので報告する。

II 材料及び方法

1. 胚珠及び胚培養による交雑実生の作出

試験は、千葉県農業試験場畑作研究室及び生物工学研究室 (現千葉県農林総合研究センター, 千葉市緑区) で 1995 年から 1999 年に行った。交配親として、雌株にはヤマトイモ 3 系統 (「ふさおうぎ」、「多古毛なし」及び「千系 53-16」)、雄株には千葉県で選抜したジネンジョ 2 系統 (「No.2」及び「No.6」) を用いた。植え付け時期は、4 月下旬から 6 月上旬とした。各雌株系統の栽培区画内または隣接した位置に雄株系統を各数株ずつ配置し、慣行により栽培を行い、放任受粉させた。8 月下旬から 11 月上旬にかけて肥大した蒴果を雌株 (ヤマトイモ) から採取し、培養に供した。また、1995 年には、上記の栽培におけるヤマトイモ株に着生した蒴果とともに、ジネンジョの雌株と雄株を混植栽培して得られたジネンジョの蒴果を 10 月 28 日に採取し、それぞれの胚珠及び胚の発育状況を調査した。

胚・胚珠培養は、以下のとおり行った。採取した蒴果を

受理日 2017 年 8 月 4 日

*1 現千葉県立農業大学校

*2 現千葉県香取農業事務所

第1表 胚及び胚珠培養培地における植物成長調節剤の濃度組合せ

植物成長調節剤 (mg/L)	無添加	BA(mg/L)				
		0.1	0.2	0.4	0.5	1.0
	無添加	AB a	C	BC b	b	
NAA	0.02		B			
	0.1	a			B a	
	0.2					c
	0.5					c
	1.0	a		c		a
IAA	0.05			b		
	0.1				b	
	0.2					c
	1.0			c		

注)A, B及びCはそれぞれ1995年, 1996年及び1997年の胚培養, a, b及びcはそれぞれ1995年, 1998年及び1999年の胚珠培養における濃度組合せであることを示す。

70%エタノール及び次亜塩素酸ナトリウム(有効塩素 1%)液で表面殺菌し, 実体顕微鏡下で蒴果内の種子から胚または胚珠を摘出し置床材料とした。胚・胚珠培養の培地組成は, MS 基本培地とし, ショ糖 30g/L 及び Agar 8g/L に加え, 植物生長調節剤として α -ナフタレン酢酸(以下 NAA とする)及びインドール酢酸(以下 IAA とする)と 6-ベンジルアデニン(以下 BA とする)を第 1 表に示した濃度組合せで添加し, pH5.8 に調整した。なお, 1997 年を除き, カザミノ酸 0.2g/L も添加した。培養は, 25°C, 16 時間日長照明下(白色蛍光灯 60 μ molm⁻²S⁻¹)で行った。

発芽した個体は生育状態によって, 植物成長調節剤を含まない, または NAA0.04mg/L を添加した 1/2MS 基本培地に移植し, 同様の条件下で培養して十分に発根させ, 馴化した。

2. 雑種性の確認

馴化できた胚・胚珠培養由来の交雑実生個体について, フローサイトメトリーにより雑種性を確認した。すなわち, 網室内で栽培した各個体の緑葉又はシュートの先端をカミソリで細かくきざみ, 鈴木ら(2005)の方法により DAPI (4'6Diamidino-2-penyinidole Dihydrochloride) 溶液(植物 DNA 用試薬キット, Partec 社製)で染色し, 30 μ m メッシュのフィルターでろ過後, フローサイトメーター(PAS 型, Partec 社製)で核 DNA 蛍光強度を測定した。比較として, 生育環境やステージを揃えて栽培したヤマトイモ及びジネンジョを用いて同様に核 DNA 蛍光強度を測定した。ジネンジョの DNA 蛍光強度の値を 1.0 として, 胚・胚珠培養由来個体及びヤマトイモの蛍光強度の相対値を求めた。

3. 交雑個体の特性

馴化した胚・胚珠培養由来の交雑実生は, 個体ごとに交雑実生系統として番号を付した。ガラス室内で系統ごとにポット栽培した後, 網室内で栽培して増殖した。生育が良好な 3 系統(「No.4」, 「No.8-1」及び「No.8-2」)につ

いて, 2003 年から千葉県農業総合研究センター育種研究所畑作物育種研究室圃場(現千葉県管理地, 長生郡長生村)の網室パイプハウス内で栽培した。作出した 3 系統の特性を調査するために, 2004 年には網室パイプハウス内で, 2005 年から 2007 年には露地圃場で栽培を行った。対照には親品種・系統としてヤマトイモ「ふさおうぎ」とジネンジョ「No.2」(2004 年度を除く)を供試した。

栽培試験圃場は, 植え付け約 1 カ月前に, メチルイソチオシアネート・D-D 油剤で土壤消毒をした。株間 25cm の 2 条植えとし, 条間は試験年次により異なった。

2004 年には, 条間を 160cm とし, 50~80g/個の種芋を用い, 常温で催芽したのち, 6 月 14 日に 1 系統当たり 4 ~5 株を植え付けた。植え付け深さは 5cm とした。

なお, 育成過程での芋の肥大状況の観察から, 芋形状が長い交雑実生系統「No.4」及び「No.8-2」とジネンジョは, 栽培容器を地中に埋設してその中で芋を肥大させるパイプ栽培とした。栽培容器は, 塩化ビニルパイプ(長さ 150cm, 口径 65mm)を半裁したものを使用し, 蒸気消毒した赤土(黒ボク下層土)を充填し, 地表面に対して 10°の角度で埋設した。その他の系統は栽培容器を用いなかった。

植え付け後に設置した支柱にネットを展張し, つるを誘引した。7 月 23 日に CDU 化成肥料(15-15-15)を 66.7g/m²(窒素, リン酸及び加里を各 10g/m²)施用し, 培土を行った。収穫日は 2005 年 2 月 18 日であった。

2005 年から 2007 年には, 50g/個の種芋を条間 180cm で, 1 系統 10 株を植え付けた。ただし, 2007 年の「No.8-1」及び「No.8-2」はそれぞれ 3 株, 4 株とした。各年の植え付け日は, 2005 年が 4 月 27 日, 2006 年が 5 月 1 日, 2007 年が 5 月 8 日であった。2005 年は 6 月 17 日に CDU 化成肥料(15-15-15)を 30g/m²及び 8 月 5 日に NK 化成肥料(16-0-14)を 5g/m²施用し, m²当たり合計窒素 5.3g, リン酸 4.5g, 加里 5.2g とした。2006 年は 6 月 30 日に, 2007 年は 7 月 6 日にそれぞれ CDU 化成肥料 66.7g/m²を施用し, m²当たり窒素, リン酸及び加里を各 10g とした。各年の収穫日は 2006 年が 2 月 13 日, 2007 年が 2 月 7 日及び 2008 年が 2 月 25 日であった。そのほかの管理は, 2004 年と同様とした。

地上部の生育は生育盛期の 8 月下旬に, 地下部の生育は収穫時に, ヤマノイモ特性調査基準(農林水産省農産園芸局編, 1983)に基づき調査した。

交雑実生 3 系統及びヤマトイモ「ふさおうぎ」, ジネンジョ「No.2」及び「No.6」の芋をすりおろしたとろろの粘度を, 2005 年に回転式粘度計(VT-06, リオン社製)を用いて, 鈴木ら(2010)の方法により測定した。なお, すりおろしたままの希釈しないとろろ 150g 及びとろろ 150g に 150ml の蒸留水を加えて均一に攪拌した 2 倍希釈のと

第2表 ヤマトイモ×ジネンジョ交雑での胚珠及び胚培養における
蒴果採取時期と植物生長調節剤濃度の影響 (1995年)

蒴果 採取日	No.	植物生長調節剤		置床 部位	置床数	発芽 個体数	馴化 個体数	発芽後の生育 ²⁾
		NAA (mg/L)	BA (mg/L)					
8月23日	①	—	—		9	0	0	
	②	0.1	—		9	0	0	
	③	1.0	—	胚珠	9	0	0	
	④	0.1	0.5		9	0	0	
	⑤	1.0	0.5		9	0	0	
9月14日	①	—	—		16	1	1	発根、本葉1枚
	②	0.1	—		16	0	0	
	③	1.0	—	胚珠	16	2	0	不定胚形成
	④	0.1	0.5		16	1	0	発根、シュート奇形
	⑤	1.0	0.5		16	1	1	発根、本葉20枚展開
11月6日	①	—	—	胚	13	3	1	発根、本葉4枚展開個体1 カルス形成2個体

注1)培地はMS基本培地にショ糖30g/L, Agar8g/L, カザミノ酸0.2g/Lを添加し、pH5.8に調整

2)発芽後の生育は1996年3月9日時点

第3表 ヤマトイモ×ジネンジョ交雑における
胚及び胚珠培養の置床数と馴化個体数

処理年	培養部位	置床数	馴化個体数	採取時期
1995	胚珠	125	2	8月下旬 ～9月中旬
1995	胚	13	1	11月上旬
1996	胚	34	2	10月下旬
1997	胚	28	1	10月下旬
1998	胚珠	312	1	9月
1999	胚珠	773	1	10月
合計		1,285	8	

注)培地はMS基本培地にショ糖30g/L, Agar8g/L, カザミノ酸0.2g/L (1997年を除く) 及び植物成長調節剤 (第1表参照) を添加し、pH5.8に調整した。

ろろを用いた。いずれも300mlガラスビーカーに入れて、1系統・品種当たり3個体について測定した。

Ⅲ 結 果

1. 胚珠及び胚培養による交雑実生の作出

1995年の胚珠及び胚培養における蒴果採取時期と植物成長調節剤濃度の影響を第2表に示した。8月23日の採取では、未発達な胚が多かったため胚珠ごと培養したが、いずれの培地とも発芽個体は得られなかった。9月14日採取の蒴果も胚珠培養とした。その結果、置床数16個中、培地①区(植物成長調節剤無添加)、培地④区(NAA0.1mg/L+BA0.5mg/L)、培地⑤区(NAA1.0mg/L+BA0.5mg/L)でそれぞれ1個体、培地③区(NAA1.0mg/L)で2個体が発芽した。さらに、培地①区及び培地⑤区でそれぞれ1個体が馴化に至った。培地③区では不定胚の形成が認められた。11月6日の採取では、球状から子葉がわずかに分化したステージの胚が多かったことから胚培養とした。培地①区に13個を置床し、3個体で発芽し、そ

のうち1個体が馴化に至った。

1996年及び1997年は10月下旬に採取した蒴果から合計62個の胚を培養し、馴化個体3個を得た。1998年及び1999年は9月から11月に採取した胚珠1,085個を培養し、馴化個体2個を得た。1995年から1999年の5年間で胚及び胚珠をそれぞれ1,210個及び75個培養し、馴化に至ったのは胚及び胚珠ともに4個体であった(第3表)。また、馴化個体を得られた植物成長調節剤の種類と組み合わせは、胚培養では植物成長調節剤無添加が1個体、BA0.1mg/Lのみが1個体及びBA0.2mg/Lのみが2個体、胚珠培養では植物成長調節剤無添加が1個体、BA0.2mg/Lのみが1個体、NAA1.0mg/LとBA0.2mg/Lの組み合わせが1個体及びNAA1.0mg/LとBA0.5mg/Lの組み合わせが1個体であった。

ヤマトイモとジネンジョから1995年10月28日に採取した蒴果の胚及び胚珠の発育状況を第4表に示した。ジネンジョとの交雑と考えられるヤマトイモ種子では、192個中肥大胚珠は13個、胚は2個で、胚を持つ種子の割合は1.0%と低く、胚の発達は球状から子葉分化初期にとど

第4表 胚の発育状況 (1995年10月28日採取)

雌株	胚珠の状況 ²⁾		数 (a)	胚の状況		胚を有する 種子の割合 (a/b) (%)	蒴果の 色	調査数	
	肥大	不稔		発育 ステージ	縦長 (mm)			蒴果 ¹⁾	種子 (b)
ヤマトイモ	13	179	2	球状～ 子葉分化初期	0.05 ～0.08	1.0	黄～ 淡褐	32	192
ジネンジョ	46	13	42	成熟胚	0.2 ～1.0	71.2	緑	10	59

注1)ジネンジョ雄株との隣接栽培圃場において、肥大した蒴果のみを採取

2)胚珠は、肥大：胚の有無に関係なく肥大、不稔：しなびて小さい、とした。

第5表 フローサイトメトリーによる交雑実生系統の
核DNA蛍光強度の比較

品種・系統名	培養年	交配親 (母親系統)	ジネンジョと の相対値 ²⁾	調査年
交雑実生				
No.1-1 ³⁾	1995年	ふさおうぎ	1.5	1997年
No.1-2				
No.3	1995年	ふさおうぎ	1.8	1997年
No.4	1995年	ふさおうぎ	1.7	1997年
No.5	1996年	ふさおうぎ	1.6	1998年
No.6	1996年	千系53-16	1.6	1998年
No.7	1997年	多古毛なし	— ¹⁾	
No.8	1998年	ふさおうぎ	1.6	1999年
No.9	1999年	ふさおうぎ	— ¹⁾	
ヤマトイモ				
ふさおうぎ			2.4	1997年
多古毛なし			2.5	1998年
多古毛なし			2.5	1999年

注1)フローサイトメーター (PAS型、Partec社製) で個別に測定。「No.7」、「No.9」は生育中に枯死したため測定できなかった。

2)ジネンジョとの相対値は、ジネンジョの核DNAの蛍光強度を1.0として、各系統の蛍光強度を比較した値

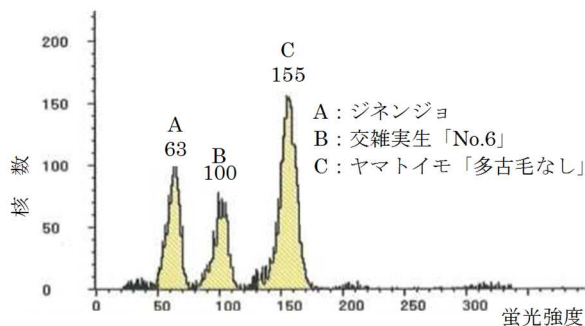
3)「No.1」は1つの胚から2個体に分かれたため分けて測定

4)調査日は、1997年が10月27日、1998年が12月8日、1999年が9月29日

まっていた。一方、ジネンジョでは、ジネンジョ同士で交雑した種子と判断されるが、胚を持つ種子の割合は71.2%と高く、いずれも成熟胚であった。

2. 雑種性の確認

馴化した交雑実生個体のうち6個体、7系統について、フローサイトメトリーによる核DNA蛍光強度を測定した結果を第5表に示した。また、ジネンジョ、交雑実生「No.6」及びヤマトイモ「多古毛なし」のフローサイトメトリーによる測定結果を第1図に示した。なお、「No.1」の個体については、培養中に肥大した胚からシュートが2本生育して分かれたため、「No.1-1」及び「No.1-2」とし、別系統とした。ジネンジョ系統の蛍光強度を1.0としたときの各品種・系統の核DNA蛍光強度の相対値は、ヤマトイモでは「ふさおうぎ」が2.4、「多古毛なし」が2.5であった。それに対して、交雑実生個体では、「No.1-1」が1.5、「No.5」、「No.6」及び「No.8」が1.6、「No.1-2」及び「No.4」が1.7、「No.3」が1.8であり、いずれもジネンジョとヤマトイモの中間の値であった。



第1図 フローサイトメトリーによる相対的核DNA量の比較

注1)フローサイトメーター (PAS型、Partec社製) で、3系統を混合して測定

2)ピーク上の数値は蛍光強度の値を示す。

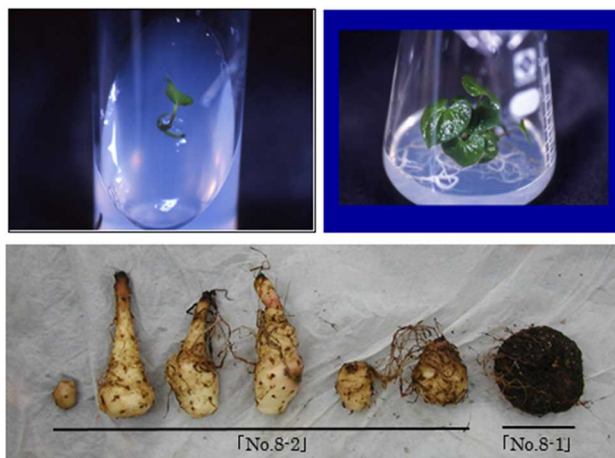


写真1 ヤマトイモ×ジネンジョの胚培養状況と得られた実生個体

注)左上, 右上: 胚培養中の生育

下: 変異個体が出現した交雑実生「No.8」の芋

3. 交雑個体の特性

「No.8」の個体は担根体及びむかごを用いて増殖したところ、担根体由来とむかご由来とで肥大した芋の特性が異なったことから(写真1)、それぞれ「No.8-1」、「No.8-2」とし、別系統とした。馴化に至った10系統のうち、「No.4」、「No.8-1」及び「No.8-2」の3系統は生育が旺盛であり、増殖が可能であったが、それら以外の2系統は枯死し、5系統は芋の肥大が緩慢であった。

交雑実生系統「No.4」, 「No.8-1」及び「No.8-2」の2005年における地上部の特性を第6表に示した。草勢は、ジネンジョ「No.2」が“やや強”, ヤマトイモ「ふさおうぎ」は“中”に対して, 「No.8-2」は“極弱”で主茎の葉は早期に落葉した。「No.4」は“弱”, 「No.8-1」は“中”であった。交雑実生系統はいずれも親品種・系統に比べて分枝が少なかった。つるの色は, 「No.4」が“緑”, 「No.8-1」が“緑赤”,

「No.8-2」が“赤”であった。主茎のつるの太さは, 「No.8-2」が親系統に比べてやや細く, 「No.4」及び「No.8-1」は同程度かやや太かった。葉序はヤマトイモ及びジネンジョと同様に, いずれの系統とも下位節が互生し上位節が対生となる“混生”であった。対生になる葉位節は, 「No.8-1」が9.7節で, ヤマトイモ「ふさおうぎ」の10.9節と同様に低く, 「No.4」及び「No.8-2」はそれぞれ19.4節, 13.2節で, ジネンジョ「No.2」の23.9節とヤマトイモ「ふさおうぎ」との中間であった。交雑実生3系統はすべて雌株であった。

第6表 ヤマトイモ×ジネンジョ交雑実生系統の地上部の特性 (2005年)

品種・系統名	草勢	分枝性	つるの色	つるの太さ (mm)	対生葉位 (節)	雌雄性	葉脚部の葉柄の着色
交雑実生							
No.4	弱	少	緑	2.7	19.4	雌	有 (微)
No.8-1	中	少	緑赤	3.0	9.7	雌	有
No.8-2	極弱	少	赤	2.3	13.2	雌	有
ヤマトイモ							
ふさおうぎ	中	中	緑に赤斑	2.7	10.9	雌	有
ジネンジョ							
No.2	やや強	多	緑赤	2.5	23.9	雄	無

注1) 2005年8月30日, 1区10株調査

2) ヤマトイモの種苗特性分類調査基準 (農林水産省農産園芸局編, 1983) による

葉の特性について2006年に測定した結果を第7表に示した。「No.4」は他の品種・系統より葉の長さ, 葉幅とも小さく, 小葉であった。葉の縦横比については, ヤマトイモ「ふさおうぎ」が1.29, ジネンジョ「No.2」が2.29に対して, 「No.4」は1.59, 「No.8-1」は1.41, 「No.8-2」は2.09でいずれの系統ともヤマトイモ「ふさおうぎ」とジネンジョ「No.2」の中間の値であった。葉脚部のくぼみ深さの程度は「No.4」と「No.8-1」が0.21で他の系統・品種よりも大きかった。

第7表 ヤマトイモ×ジネンジョ交雑実生系統の葉の特性

品種・系統	葉の長さ	葉幅	葉の縦横比	葉脚部のくぼみ深さ	くぼみ深さの程度
	(a) (mm)	(b) (mm)	(a/b)	(c) (mm)	(c/a)
交雑実生					
No.4	65 c	41 c	1.59 c	14 c	0.21 a
No.8-1	108 b	77 a	1.41 d	22 a	0.21 a
No.8-2	106 b	51 b	2.09 b	19 ab	0.18 bc
ヤマトイモ					
ふさおうぎ	103 b	80 a	1.29 e	18 b	0.18 b
ジネンジョ					
No.2	118 a	52 b	2.29 a	19 b	0.16 c
分散分析	**	**	**	**	**

注1) 2006年8月29日調査。1系統当たり10株2反復について, 14~16節に着生した各株1葉を対象とした。

2) 異なるアルファベット間にはTukey-Kramer法により5%水準で有意差があることを示す。

3) **は階層的分散分析の結果, 1%水準で有意であることを示す。



写真2 交雑実生系統の芋と葉の形状

注1) 左: 交雑実生「No.4」の芋, 中央上: 交雑実生「No.4」の葉, 中央中: 交雑実生「No.8-1」の葉, 中央下: 交雑実生「No.8-1」の芋

右上: 交雑実生「No.8-2」の葉, 右下: 交雑実生「No.8-2」の芋
2) 葉の写真中のバーは長さ5cmを示す。

第8表 ヤマトイモ×ジネンジョ交雑実生系統の芋の特性

品種・系統名	形状	同左形状の発生割合 (%)				芋長 (cm)	芋幅 (cm)	芋重 (g/個)	外皮色	外皮の粗滑
		'04年	'05年	'06年	'07年					
交雑実生										
No.4	細長	100	80	100	80	80 a	3	406 bc	褐色	滑
No.8-1	塊形	100	90	75	100	13 b	13	867 a	黒褐色	粗
No.8-2	長紡錘	100	90	75	75	32 b	4	282 c	淡褐色	やや粗
ヤマトイモ										
ふさおうぎ	仏掌	100	70	85	90	19 b	17	806 a	黄褐色	中
ジネンジョ										
No.2	細長	100	100	100	100	100 a	6	669 ab	黄褐色	やや滑
分散分析	品種・系統					**	—	**		
分析	年次					*	—	**		

注1) 芋長, 芋重は2004年から2007年 (ただし, ジネンジョは2005年から2007年) の平均値, 芋幅は2006年の値

2) 異なるアルファベット間には, 多重比較 (Tukey-Kramer法) により5%水準で有意差があることを示す。

3) **, *は, それぞれ分散分析の結果, 1%水準で有意, 5%水準で有意を示す。

芋の形状は、ヤマトイモ「ふさおうぎ」が「仏掌」、ジネンジョ「No.2」が“細長”に対して、「No.4」は“細長”，「No.8-1」はツクネイモ状の“塊形”，「No.8-2」は“長紡錘”であり，それら形状の系統ごとの発生割合は75～100%で，各系統とも形状は4年間を通じてほぼ安定していた（第8表，写真2）。なお，発生割合を下げた主な要因は，「No.4」では栽培容器からの芋のはみ出しによる奇形，「No.8-1」では“丸”の発生，「No.8-2」では肥大不良であった。平均の芋長は，「No.4」が80cmと長く，一方「No.8-1」及び「No.8-2」はそれぞれ13cm，32cmでジネンジョの100cmに比べて明らかに短かった。1個の芋重は，「No.8-1」が867gで「ふさおうぎ」と同程度であったが，「No.4」及び「No.8-2」はそれぞれ406g，282gで肥大性が低かった（第8表）。

芋をすりおろしたとろろの色は，「No.4」が薄茶で，「No.8-1」がヤマトイモと同様にやや黄色味を帯びた白，「No.8-2」がジネンジョ同様の白であった。希釈なし及び2倍希釈の粘度は，「No.4」がそれぞれ26.0Pa・s，1.60Pa・sでジネンジョと同程度，「No.8-1」がそれぞれ31.3Pa・s，1.13Pa・sでヤマトイモと同程度，「No.8-2」はそれぞれ46.7Pa・s，2.23Pa・sで希釈なしではヤマトイモ，ジネンジョより高く，2倍希釈においてもヤマトイモとジネンジョ「No.2」より高かった（第9表）。

IV 考 察

1995年の胚珠及び胚培養において，9月14日以降に採取した蒴果で発芽個体及び馴化個体が得られた。（第2表）。荒木ら（1987）は，ナガイモの胚培養において，成熟が進み0.5mm以上となった胚で実生に発育したことを報告している。ヤマトイモ及びジネンジョの開花時期は8月中旬であることから，ヤマトイモとジネンジョとの交雑においても生育個体を得るためには，受粉後1か月以上経過した9月下旬以降で，発達した状態の胚を培養に用いることが有効と考えられる。しかし，ヤマトイモの自然条件下における交雑胚は，10月中旬になっても発育中のものが少なく，発育ステージもジネンジョと比べて遅れており，大部分の胚珠では，胚乳とともに胚も退化し，不稔と思われた（第4表）。このことから，本研究の交配組合せにおいても交雑個体を作出するためには胚・胚珠培養が必要と考えられた。そのため，1996年から2年間は胚を取り出し置床したが，62個にとどまり，馴化個体も3個と少なかった。初年度の培養において，胚珠培養であっても発芽個体を得られていることから，1998年からは置床作業の効率が良い胚珠培養に切り替えることとし，2年間で1,085個の胚珠を置床し，2個の馴化個体を得た（第3表）。ヤマトイモの胚珠培養で

第9表 ヤマトイモ×ジネンジョ交雑実生系統の
とろろの品質（2005年）

品種・系統名	とろろの粘度 ¹⁾		とろろの色
	×1 (Pa・s)	×2 (Pa・s)	
交雑実生			
No.4	26.0 b	1.60 bc	薄茶
No.8-1	31.3 b	1.13 cd	黄色味を帯びた白
No.8-2	46.7 a	2.23 a	白
ヤマトイモ			
ふさおうぎ	23.0 b	1.03 d	黄色味を帯びた白
ジネンジョ			
No.2	27.0 b	1.60 bc	白
No.6 ²⁾	26.7 b	1.73 ab	白
分散分析	**	**	

注1) 粘度は回転式粘度計（VT-06，リオン社製）を用いて測定。×1は希釈なし，×2は純水で2倍に希釈したとろろを供試した。

2) ジネンジョ「No.6」は同一圃場，別区画で同様の肥培管理で栽培した芋を供試した。

3) 異なるアルファベット間には，多重比較（Tukey-Kramer法）により5%水準で有意差があることを示す。

4) **は分散分析の結果，1%水準で有意であることを示す。

は，置床直後からの種皮の褐変や雑菌による汚染リスクが高まるので注意が必要であるが，置床作業にかかる時間と手間が大幅に削減されるメリットがある。前田ら（2003）はヤマトイモとナガイモとの交雑種子の胚培養の結果から，ヤマノイモ属交雑胚の発育には，サイトカイニンが不可欠と述べている。本試験ではサイトカイニンであるBAとオーキシンであるNAA及びIAAについて，植物成長調節剤の添加の有無及び濃度を変えて培養をしたが，これらの添加による明確な効果は認められなかった（第2表）。また，浅野・今川（1999）は，ヤマトイモとジネンジョとの人工交配により得られた種子は，小花当たり0.1個と少なく，交雑種子が全く形成されなかったジネンジョ系統があることを報告している。本試験においても，胚を有する種子の割合は1.0%と非常に低く（第4表），交雑実生を効率的に得るためには，培地条件と併せて，交配に用いる系統の検討も必要と考えられる。

本試験で得られた交雑実生は，雌株のヤマトイモ蒴果の胚から得ている。ヤマトイモには退化した雄ずいが存在するため，ヤマトイモの自殖種子あるいは単為結実の可能性もある（前田ら，2003）。このため，フローサイトメトリーを用いた核DNA蛍光強度により雑種性を確認した結果，交雑実生系統はいずれもジネンジョとヤマトイモの中間を示した（第1図，第5表）。フローサイトメトリーは，染色された細胞内核DNAの蛍光強度をDNA含有量の相対値とみなして計測するものである（高村・吉村，2007）。田中ら（2006a，2006b）は，RAPD分析で雑種性を確認したヤマトイモとジネンジョとの交雑実生個体について，フロ

一サイトメトリーにより核DNA量を比較し、核DNA蛍光強度は、ジネンジョを200とした場合に、ヤマトイモでは480、交雑実生では340であった報告している。これは、ジネンジョの蛍光強度を1.0としたときの相対値では、ヤマトイモで2.4、交雑実生で1.7となり、本試験の結果とよく一致しており、本試験で得られたいずれの交雑実生系統とも、ヤマトイモとジネンジョの核DNAを合わせ持つ雑種と考えられる。

また、「No.8」は増殖の過程で、ツクネイモ様の黒皮色の個体とヤマトイモ様の個体に分かれた（写真1）。ツクネイモは、通常の種芋分割による増殖においても、遺伝的変異によりナガイモまたはヤマトイモ様の芋が出現することが知られている（水野，1955）。また、著者らは別の試験において、ヤマトイモの突然変異処理個体から、ツクネイモ様の個体が出現することを観察している。これらのことから、「No.8」においても、茎頂または担根体の生長点のいずれかが変異を起こし、特性の異なる「No.8-1」と「No.8-2」に分かれたと考えられる。

ヤマトイモ種群間やジネンジョとナガイモとの交雑で得られた交雑実生は、遺伝的に多様で、葉の形状、芋の形状及び品質の変異幅が広く、交配親には認められない特性を示す個体もある（前田ら，2003）。ジネンジョとナガイモとの交雑において、ジネンジョの粘度以上の個体が出現したとの報告もある（荒木ら，1986）。本試験においても、葉の大きさ及び芋の形状で、両親よりも幅広い変異が得られ、とろろ粘度では両親を超える変異が認められた（第7表，第8表，第9表）。さらに、とろろが白色、芋の形状が長紡錘形など実用的に優れた形質も備えた個体を作成できた（写真2，第8表，第9表）。なお、「No.8-2」は、芋の品質及び形状が優れるものの、草勢が弱く、収量性が低いなどのため、品種には至らなかった。ただし、作出した他の交雑実生系統の中には、「No.8-1」のように草勢が親品種と同程度で芋の肥大性の良い系統もあることを考慮すると、収量性と品質性の両面で良い特性を合わせ持つ系統の作出も可能と考えられる。

以上のように、新たな品種の育成には至らなかったが、ヤマトイモとジネンジョとの種間交雑で、品質・形状の優れた系統を作成できることが明らかとなった。今後、ヤマトイモよりも品質の優れた品種を育成する1つの手法として、有効利用が進むことが期待される。

V 摘 要

ヤマトイモの新品種育成を目的にヤマトイモ×ジネンジョの種間雑種の育成に取り組んだ結果、雑種個体を作成し、その特性を明らかにした。

1. ヤマトイモとジネンジョを混植または隣接して栽培し、放任受粉により得られた胚及び胚珠を培養した結果、馴化個体8個を得た。
2. 胚及び胚珠培養における培地組成は、ショ糖30g/L、Agar8g/L及びカザミノ酸0.2g/Lを加えたMS基本培地を基本とし、NAA、IAA及びBAの添加の有無及び濃度を変えて検討したが、これら植物成長調節剤の添加による馴化個体獲得の明確な効果は認められなかった。
3. 馴化した個体について、フローサイトメトリーにより、実生個体がヤマトイモ×ジネンジョの交雑実生であることを確認した。
4. 馴化後に生育が旺盛だった3系統の特性を調査したところ、葉の大きさ、芋の形状、とろろの粘度において、両親の形質よりも幅広い変異が認められた。さらに、1系統で、ジネンジョよりも高い粘度特性を示した。
5. 以上のことから、ヤマトイモ×ジネンジョによる種間交雑育種は、ヤマトイモよりも高品質なヤマノイモの育種に有効な手段であることが示された。

VI 引用文献

- 荒木肇・浅野裕司・八鍬利郎（1989）ヤマトイモ交雑実生からの優良株の選抜。園学雑。58別1:196-197。
- Araki, Hajime, T. Harada and T. Yakuwa（1983）Some Characteristics of Interspecific Hybrids between *Dioscorea japonica* Thunb. and *Dioscorea opposita* Thunb.. J. Japan. Soc. Hort.Sci.52(2):153-158.
- 荒木肇・原田隆・八鍬利郎（1987）ナガイモの蒴果、種子及び胚の生長過程と胚培養の可能性—ヤマトイモ属（*Dioscorea*）の性状に関する基礎的研究第V報—。北大農邦文紀。15:133-139。
- 荒木肇・鈴木賢一・原田隆・八鍬利郎（1986）ヤマノイモ属の性状に関する研究（第9報）ナガイモ×ナガイモとジネンジョ×ナガイモ交雑種の品質に関する2、3の観察。園学要旨。昭61秋:174-175。
- 浅野裕司・今川正弘（1999）ナガイモ、イチョウイモ、ツクネイモおよびジネンジョの間の交雑種子形成。園学雑。68:591-597。
- 千葉県（2017）千葉の園芸と農産。pp. 87。
- 平井剛・田縁勝洋・鳥越昌隆・柴田浩之・前塚研二・三口雅人・岡崎智哉・澤崎明弘・高山直保・渡邊隆士・宮村透・赤間智史・茂古沼真二（2015）ナガイモ「とちち太郎」の育成。北海道立総合研究機構農試集報。99:25-34。
- 岩佐博邦・深澤嘉人・松田隆志・鈴木一男（2002）ヤマトイモ新系統「千系53-16」の育成経過と特性。千葉農

- 総研研報. 1:91-96.
- 甲村浩之・井本征史・平尾晃 (1998) ヤマトイモ多収系統
‘広系1号’の育成. 広島農技セ研報. 66:25-31.
- 前田英博・木村修司・鷹見敏彦・山下聡・下中雅仁 (2003)
胚培養によるイチョウイモとナガイモの交雑品種‘ね
ぱりっ娘’の育成 (第1報) 交配法及び胚培養条件の
確立と育成した交雑系統の特性. 鳥取県園試報. 6:1-
15.
- Mi-Mi Li, Qin-Qin Yan, Xiao-Qin Sun, Ya-Mei Zhao, Yi-
Feng Zhou and Yue-Yu Hang (2014) A preliminary
study on pollination biology of three species in *Di-
oscorea* (*Dioscoreaceae*). *Life Science Journal*.
11:436-444.
- 水野進 (1955) 大和黑皮種 (蕷薯) より生じる長薯並びに
銀杏薯について. 日作紀. 24:207-208.
- 農林水産省農産園芸局編 (1983) 昭和57年度種苗特性分
類調査報告書. 日本園芸協会. 東京.
- 佐藤達雄 (1997) 担根体のタンパク質分析によるヤマノイ
モ属栽培種の類縁関係. 園学雑. 66:535-541.
- 鈴木健司・小原麻里・岩佐博邦 (2005) 倍加ジネンジョの
作出とその特性について. 千葉農総研研報. 4:61-68.
- 鈴木健司・小原麻里・岩佐博邦・長谷川理成 (2010) ジネ
ンジョ新品種「ちばとろ」の育成とその特性. 千葉農
林総研研報. 2:41-48.
- 田縁勝洋・鳥越昌隆・田中静幸・高宮泰宏・入谷正樹・黒
崎友紀・柴田浩之・前塚研二・三口雅人・岡崎智哉・
澤崎明弘・高山直保・渡邊隆士・宮村透・赤間智史・
茂古沼真二 (2014) ヤマノイモ新品種「きたねぱり」
の育成. 北海道立総合研究機構農試集報. 98:15-24.
- 高村武二郎・吉村奈津紀 (2007) フローサイトメトリーを
用いたシクラメン植物体および花粉の倍数性検定. 香
川大農学報. 59:49-53.
- 田中一史・榎川聡・藤村真・木村康夫 (2006) イチョウイ
モ (*Dioscorea opposite* Thunb.) ×ジネンジョ (*D.
japonica* Thunb.) における種間雑種の作出. 園学雑.
75別1:149.
- 田中一史・榎川聡・藤村真・木村康夫 (2006) フローサイ
トメトリーによるイチョウイモ (*Dioscorea batatas*
Decne.) ×ジネンジョ (*D. japonica* Thunb.) 種間雑
種の雑種性確認. 園学雑. 75別2:184.
- 八鍬利郎・原田隆・笠井登・荒木肇・奥山功 (1981) ヤマ
ノイモ属 (*Dioscorea*) の性状に関する基礎的研究: 第
1報 ‘ながいも’ 雌株に着生した花, 果実及び種子の
構造と発芽過程. 北大農邦文紀. 12:271-280.

Characteristics of Interspecific Hybrids between Yamatoimo (*Dioscorea polystachya* Turcz. cv. Ichoimo) and Japanese Yam (*D. japonica* Thunb.) by *in vitro* Embryo and Ovule Culture

Kenji SUZUKI, Mari OHARA, Hirokuni IWASA, Yoshihito FUKASAWA

Key words: *Dioscorea*, Chinese yam, interspecific hybridization, embryo culture, viscosity

Summary

With the aim of developing superior Chinese yam (Ichoimo) cultivars, we produced interspecific hybrids between Yamatoimo (*Dioscorea polystachya* Turcz. cv. Ichoimo) and Japanese yam (*D. japonica* Thunb.), and investigated their characteristics.

1. The capsules were obtained from open-pollinated Japanese yams that were planted in or on the borders of fields where Yamatoimo were cultivated. Eight seedlings were produced from them by *in vitro* embryo and ovule culture.
2. Murashige and Skoog's medium, containing sucrose 30 mg/L, agar 8 g/L and Casamino acids 0.2 g/L, was used for the basic medium in both cultures. Supplementation and several combinations of NAA, IAA and BA were examined for embryo development, but they did not show any specific effectiveness.
3. The seedlings were identified, by flow cytometry, as hybrids between Yamatoimo and Japanese yam.
4. The characteristics of three hybrid strains were investigated. They clearly differed from their parents in leaf size, tuber shape, and viscosity, and showed wide variation. One strain showed higher viscosity than Japanese yam.
5. The potential was thus suggested for obtaining new *Dioscorea* cultivars with superior characteristics by interspecific hybridization between Yamatoimo and Japanese yam.