

カンショの塊根の肥大と形状の成立要因

—塊根形状の異なる2品種の比較—

佐々木修*・西原英典・津曲雄治・下田代智英
(鹿児島大学)

要旨 : 塊根の肥大特性の異なる2品種のカンショ (アヤマラサキ, 高系14号) を用いて, 生育に伴う塊根の肥大の特徴および形状の成立過程について検討を行った. 塊根収量および形状に関する塊根数, 塊根長および塊根幅の3形質のうち, 塊根数と塊根長は肥大の初期 (挿苗後50日) にはほぼ決定していた. 塊根数は品種間で差は認められなかったが, 塊根長はアヤマラサキが高系14号より長い傾向を示した. しかし, 各個体に形成される塊根数および個々の塊根の長さはそれぞれ2~13個, 5~30 cmの範囲で著しく変動した. 一方, 塊根幅の増大は塊根長と密接な関係があり, 塊根長の長い塊根ほど塊根幅の増大速度は大きい傾向を示し, その程度は高系14号が, アヤマラサキより著しかった. 以上のような塊根長と塊根幅の生長特性をもとに塊根の形状 (幅長比: 塊根幅/塊根長) の推移を見たところ, 肥大初期には塊根の長さにより, 形状の変動幅は大きかったが, 生育が進むに従ってその変動幅は次第に収束する傾向を示した. また, 生育に伴う幅長比の増大は高系14号がアヤマラサキより大きかったため, 最終的に高系14号は紡錘形, アヤマラサキは長紡錘形の塊根が多くなった. 以上のことから, カンショの塊根は肥大初期に決定する塊根数および塊根長の変動幅が著しいという欠点がある一方, 生育に伴う塊根の肥大はその形状が揃う方向に進むという望ましい特性を持っていることが推察された.

キーワード : 塊根, 塊根長, 塊根幅, カンショ, 形状, 肥大, 品種.

カンショの塊根の用途はでんぷん原料用, 青果用, 加工用, 醸造用など多岐にわたり, それぞれ用途によって重要視される形質は異なっている. とくに青果用, 加工用については収量性に加えて, 外観 (形状, 揃い, 皮色など) や食味は重要な形質である. 一般に栄養器官を利用する根菜類は禾穀類と異なり, 収穫部分の大きさの変動が大きい作物である. 特にカンショはジャガイモなど塊茎に比べて塊根の大きさや形状などの変動が大きく, このことが収益性を高める上で制限要因の一つとなっている (渡辺1981, 岩瀬ら1984, 宇都木ら1984). これまで形状の揃った塊根を生産するために優良品種の開発, 栽培方法の改善への努力がなされてきているが, 一方でこのような形状のばらつきが生じる過程についてはあまり研究がなされていない. そこで本研究ではその第一歩として塊根の形状の異なる2品種を用い, 生育に伴う塊根の肥大の特徴および形状の成立過程について検討を行った.

材料と方法

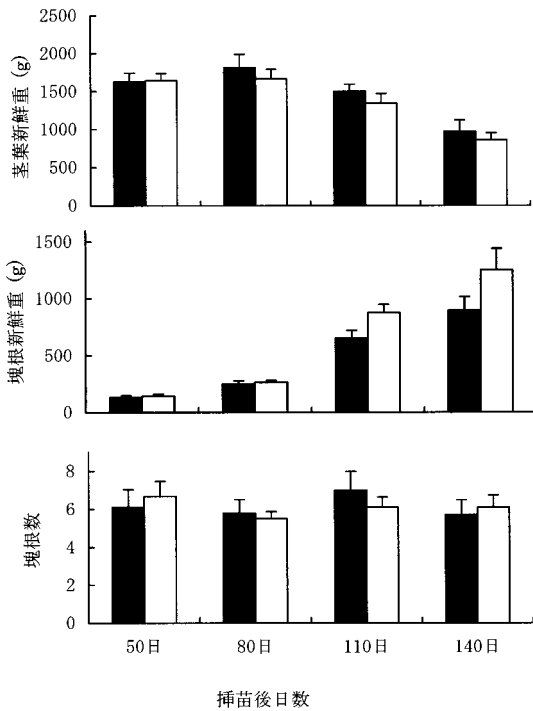
供試材料としてカンショ品種アヤマラサキおよび高系14号を用いた. 塊根の形状特性としてアヤマラサキは著しい長紡錘形を示し, 用途は食品加工用で天然色素抽出用, ペースト用, 醸造用などに利用される. 高系14号はアヤマラサキより若干短い紡錘形の傾向を示し, 用途は食用で主に青果用として利用される. 実験は2002年に鹿児島大学農学部附属農場の圃場 (シラス沖積土) で行った. 肥料は元肥として10 a当たり, 堆肥: 1000 kg, 苦土石灰: 80 kg, N: 6 kg, P₂O₅: 6 kg, K₂O: 18 kgを施用し, 追肥は行わなかった. 畦幅は90 cm, 畦高は30 cm, 株間を40

cmとし, シルバーポリフィルムのマルチを行い, 6月10日に8節苗の基部3~4節を斜め植えて植え付けた. 植え付け面積は両品種とも1区120 m² (30本/畦×11畦) の2区制とし, この場合, 1a当たりの植え付け本数は275本であった. 材料の採取は, 植え付け後50日, 80日, 110日, 140日に両品種とも10個体ずつ行った. 採取したそれぞれの個体について, 個体ごとに塊根数, 茎葉および塊根の新鮮重を測定した. この際, 根の最大肥大部の直径が1 cmを越えたもの塊根とし, 塊根の基部 (蔕梗) 側および尾部側の直径が1 cmに満たない部分を切除して測定に供した. 塊根についてはさらに, 個々の塊根長と塊根幅を測定した.

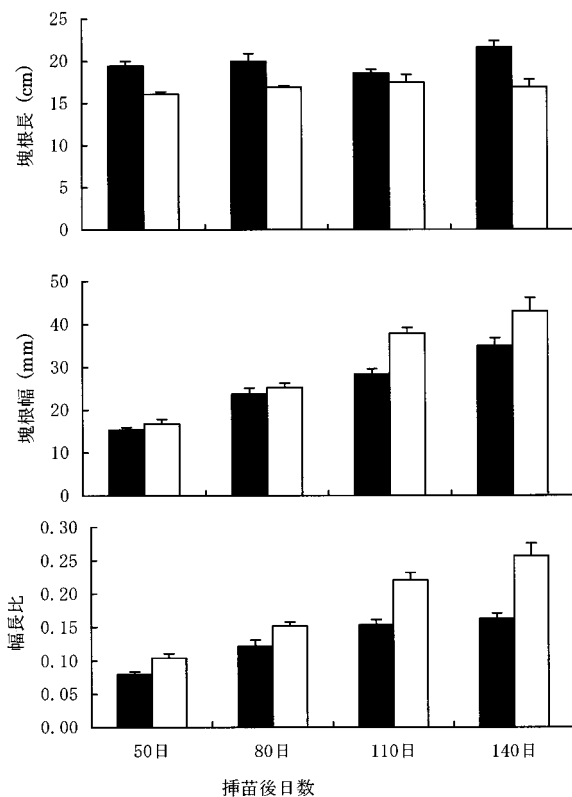
結 果

1. 個体当たりの諸形質の推移

個体当たりの器官別新鮮重および塊根数の推移を第1図に示した. 茎葉の生育は両品種で差はなく, 生育初期に著しく発達し, 植え付け後50日ではほぼ最大 (1600 g) に達した. 生育後半に茎葉重は減少したが, とくに葉の脱落の進行が著しい傾向を示した. 植え付け後110日以降は, 茎葉の生育適温とされる平均気温25℃を下回り, 140日目には15℃まで低下したことから, この時期の気温低下が葉の脱落を促進したものと考えられる. 塊根数は茎葉と同様, 両品種で差はなく, 植え付け後50日ではほぼ最大となりその後増加する傾向は示さなかった. すなわちこの時期以降に新たに塊根化する根はなかったと判断された. 一方, 塊根重は植え付け後80日以降急激に増大すると共に両品種で明瞭な差が認められ, アヤマラサキに対する高系14



第1図 器官別新鮮重および塊根数の推移。
 ■：アヤムラサキ，□：高系14号。
 棒グラフの縦線は標準誤差。



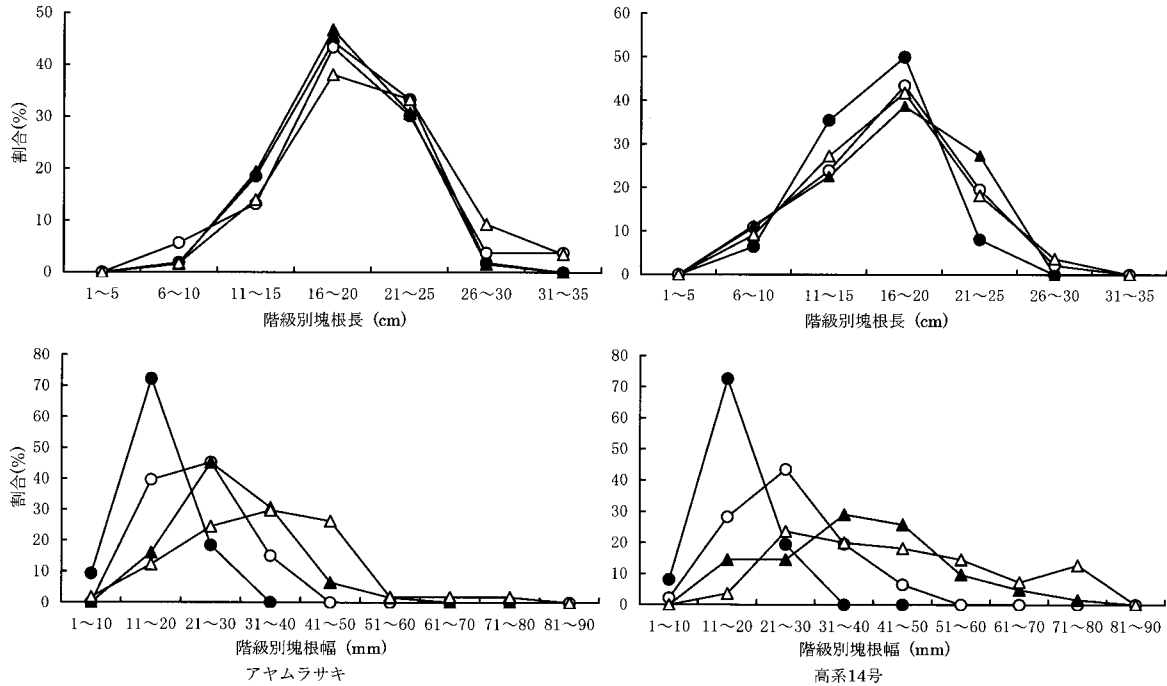
第2図 塊根の諸形質の推移。
 ■：アヤムラサキ，□：高系14号。
 幅長比は塊根長に対する塊根幅の比である。
 棒グラフの縦線は標準誤差。

号の重量割合は110日目で134%，140日目で140%に達した。また、これらの時期における茎葉重に品種間差がなかったことから、個体重に対する塊根重の割合はアヤムラサキで30.3% (110日)、48.0% (140日)、高系14号で39.4% (110日)、59.3% (140日)であり、高系14号が10%ほど勝っていた。

次に塊根の形状に関わる形質として塊根長と塊根幅についてみる(第2図)と、塊根長は両品種とも植え付け後50日以降は大きな変動を示さなかったが、その値はアヤムラサキが高系14号より3~4cm勝っていた。このことから両品種とも塊根長は生育初期にはほぼ決定されるものと考えられた。これに対して塊根幅は生育とともに次第に増大したが、植え付け後80日以降に品種間で差があらわれ、高系14号がアヤムラサキより勝る傾向となった。そこで塊根の形状を示す指標として塊根長に対する塊根幅の比(幅長比)求めて品種間で比較してみると、幅長比は生育とともに次第に増大したが、その値は常に高系14号で勝っており、両者の差は生育が進むにしたがって拡大した。両品種で幅長比に差が生じた原因として高系14号がアヤムラサキに比べて塊根長が短いことおよび塊根の肥大が勝っていたことの双方が関係していた。

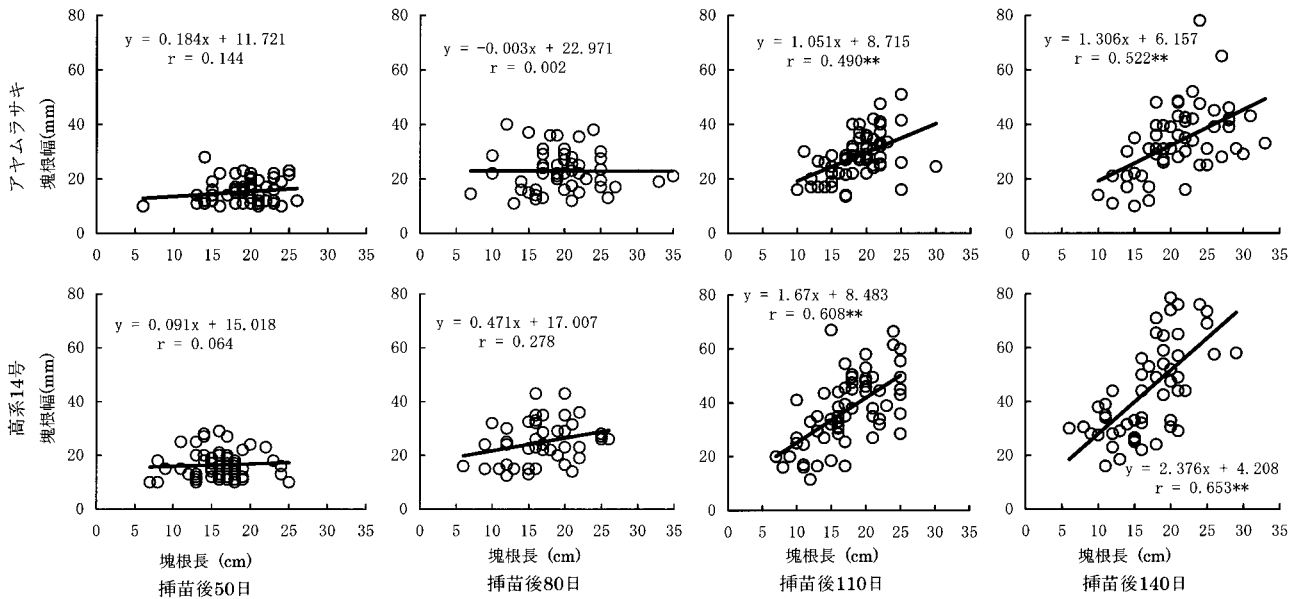
2. 階級別塊根長および塊根幅の割合

上記の結果では諸形質の個体平均値をもとに比較を行ったが、栄養器官である塊根は同一品種さらには同一個体であっても種々の長さや幅の塊根が混在して形成される事が一般である。そこで採取した塊根を長さ別および幅別に区分し、それぞれの分布割合を求めたものを第3図に示した。まず、塊根長についてみると両品種とも16~20cmの塊根が占める割合が最も多い点で共通していたが、アヤムラサキでは高系14号に比べて塊根長の長いものの割合が高く、このことによって平均塊根長が長くなったと考えられた。また、多少の変動があるものの、それぞれの階級の塊根の割合が採取時期に関わらずほぼ一定であることが注目された。このことから個々の塊根についてみても、長さは生育の初期(植え付け後50日)にはほぼ決定し、それ以降の伸長は小さいことが分かった。次に、塊根幅についてみると、両品種とも塊根幅の小さいものの割合が多く、11~20mm幅のものが全体の約70%を占めていたが、生育が進むに従って幅の大きな塊根の割合が高くなった。この場合、生育に伴う塊根幅の増大は高系14号がより著しく、植え付け後140日で見ると、アヤムラサキでは51~60mm以上の幅のものが認められなかったのに対して、高系14号では約35%が幅が51mm以上の塊根で占められていた。従って平均塊根幅が高系14号で勝ったのは、個々の塊根の塊根幅の増大がより著しかったことによるものと考えられた。



第3図 階級別塊根長と塊根幅の割合の推移.

●：挿苗後50日，○：挿苗後80日，▲：挿苗後110日，△：挿苗後140日.



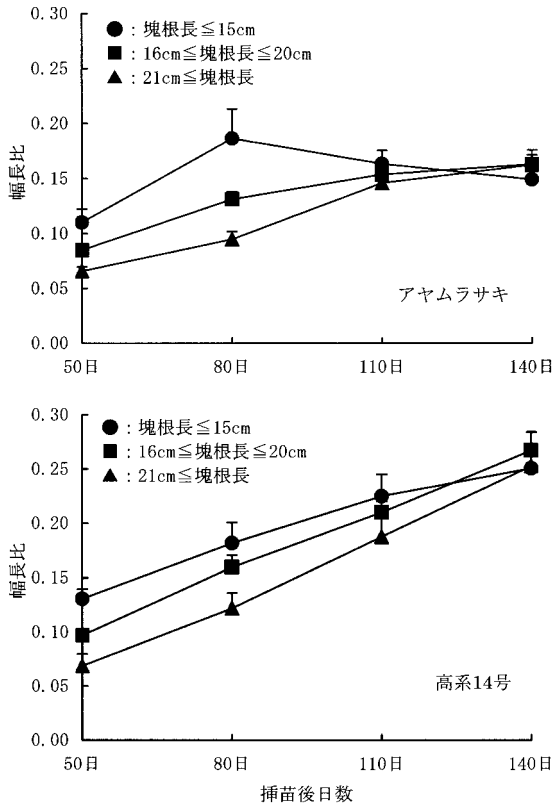
第4図 塊根長と塊根幅の相関.

**，*：それぞれ1%，5%水準で有意.

3. 塊根長と塊根幅および幅長比の関係

第3図下段のグラフにおいて生育期別の各折れ線グラフが同一の形状を示していないことから、個々の塊根の肥大速度は異なっていることが示唆される。そこで生育初期にすでに決定している塊根長と塊根幅との関係を生育時期別に見たものが第4図である。挿苗後80日までは塊根長と塊根幅の間には相関は認められなかったが、110日目と140日目では高い正の相関（1%水準で有意）が認められ、

塊根長の長いものほど塊根幅は大きかった。さらに、回帰直線の係数は110日目より140日目の方が大きいことから、塊根長の長いものほど肥大の速度が早いことが示唆された。品種間で比較すると、高系14号の方が回帰直線の係数は大であることから、肥大速度がアヤムラサキに勝っていたと考えられる。また、10 cm 前後の長さの塊根についてみると、80日目に塊根幅が20 mm程度に達した後、140日目までほとんど変化していないことから、短い塊根



第5図 長さ別塊根の幅長比の推移。
折れ線グラフの縦線は標準誤差。

は肥大の前期に生長を停止したとも考えられる。一般に塊根の形状はその長さとの幅の比によって決定されるが、上で述べたように塊根長と塊根幅の間に密接な関係が認められた。そこで生育が進むに従って長さの異なる塊根の形状がどのように変化するかを見るために、塊根を長さによって3グループに分け、それぞれの平均幅長比の推移を第5図に示した。生育の初期には長い塊根ほど幅長比が小さい値を示したが、生育が進むに従って、グループ間の差は小さくなり、挿苗後140日にはアヤムラサキで0.16、高系14号で0.25付近に収束する傾向を示した。

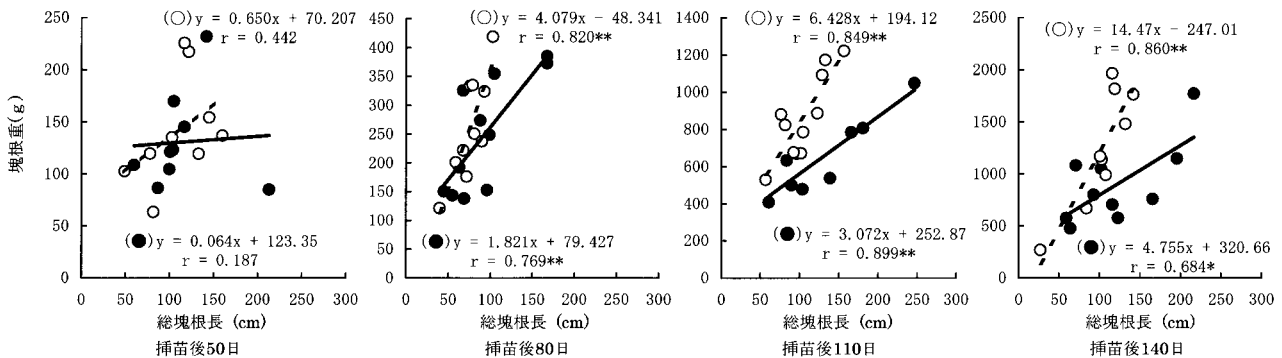
4. 個体における塊根数、塊根長および塊根重の間の関係

結果2.および3.では個体を考慮せずに品種ごとに塊根を一括して取り扱い、検討を進めてきたが、実際には、個体によって形成される塊根の数は異なり、本実験でも個体当たり塊根数は2~13個とかなりの変動が認められた。そこでいくつかの形質について個体間の比較を行ってみた。一般に塊根長が長く、塊根幅が大であるほど塊根重も大きいと考えられる。一方、すでに述べたように長い塊根ほど肥大が著しい傾向が認められたことから、塊根形成期に長い塊根が形成された個体ほど最終的な塊根収量が大きいことが予想される。そこで各個体に形成された塊根の長さの総和を総塊根長とし、塊根重との関係を見たものが第6図である。挿苗後50日では両品種とも有意な相関を示さなかったが、80日以降いずれも高い正の相関(1%あるいは5%水準で有意)を示した。さらに品種間で比較すると、高系14号がアヤムラサキに比べて単位根長当たりの塊根重は著しく高い値を示した。ただし、総塊根長50cm程度の個体では品種間に差は認められなかった。

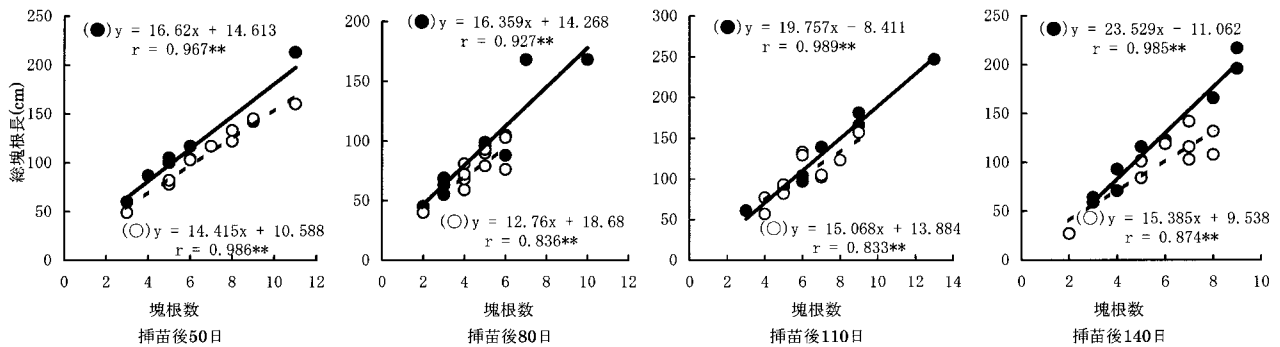
次に、塊根数と総塊根長の関係をみてみると、すべての生育時期で高い正の相関(1%水準で有意)が認められた(第7図)。塊根1本当たりの平均の長さはアヤムラサキが高系14号より若干勝っていた。塊根数と塊根重の間には、挿苗後50日では相関は有意でなかったが、80日、110日、140日ではいずれの品種も正の相関(5%水準で有意)が認められた(データ省略)。なお、茎葉重と塊根数、総塊根長、塊根重の間の関係については、高系14号で塊根重との間に正の相関(5%水準で有意)が認められたが、その他の形質については有意な相関はなかった。

考 察

カンショの根は活着後約一ヶ月ほど肥大せずに伸長し、そのうち生長の旺盛な数本の根が肥大を開始することが知られている(戸刈1950, 国分1973)。その後、塊根の第1期形成層および第2期形成層の活発な活動によって急速に肥大し、秋の低温期まで肥大は継続する。塊根の収量については、形成される塊根の数、個々の塊根の長さとの幅の増



第6図 総塊根長と塊根重の相関。
●:アヤムラサキ, ○:高系14号。
**, *:それぞれ1%, 5%水準で有意。



第7図 塊根数と総塊根長の相関。

●：アヤムラサキ，○：高系14号。

総塊根長：各個体の塊根長の総和。

**，*：それぞれ1%，5%水準で有意。

大が関係し、形状については塊根の長さとの増大のバランスが関係すると思われる。そこでまず、塊根数と塊根長の経時的な推移をみると、いずれの品種についても塊根の肥大初期（挿苗後50日）に最大に達し、その後大きな変動を示さなかったことから、この時期には塊根数と塊根長はほぼ決定しているものと考えられた（第1～3図）。これらの形質の決定期に関する報告は少ないが、Lowe and Wilson (1974) は塊根数について挿苗後7週目には決定すると報告している。また、塊根長に関して岩瀬ら (1984) は110日目、Somdaら (1991) は8週目には決定するとの報告があり、両者は必ずしも一致していないが、岩瀬らの結果によると挿苗後70日から110日の間に1 cm (5%)程度しか伸長していないことから、Somdaらの結果と大きく違わないと考えられる。戸刈 (1950) は挿苗後40日の塊根について塊根の基部（諸梗）と尾部の組織観察を行い、基部は梗根と類似の組織構造すなわち2次木部の木化が進行していること、尾部は細根と類似の組織構造であることを観察している。このことは塊根の基部と尾部の形成層、とくに第2期形成層の発達が起こりにくいことを示唆しており、この時期以降の塊根の肥大領域の拡大は小さいと考えられる。アヤムラサキが高系14号に比べて塊根長が長かったことについては塊根形成期に根軸上の肥大領域が大きかったことによると考えられるが、このような塊根の長さおよび数の決定には品種以外に地温、通気性、水分、肥料などの土壌の物理化学的要因（戸刈1950、渡辺1979）および体内の生理的要因（加藤・北条1972、中谷・古明地1991）が関与していると考えられ、不明な点も多く今後の課題である。また、高系14号が紡錘形、アヤムラサキが長紡錘形の形状特性を持つことは、両品種の幅長比の差を見れば明らかであるが（第2図）、そのような形状の差違をもたらした原因は高系14号が高系14号に比べて最終的な塊根長が短いということに加えて、同一の長さの塊根であっても高系14号の方がアヤムラサキより肥大速度が著しく勝っている事によるものと考えられた（第4図）。このように塊根の肥大速度に差違を生じる背景として両品

種で乾物生産能力あるいは塊根への乾物転流能力に違いがあるのではないかと推察されるが、この点についてはさらに茎葉部の生長解析などの検討を行う必要がある。

上述したように塊根の長さは肥大の初期にほぼ決定するが、その後の肥大は塊根の長さによって一定の傾向が認められ、いずれの品種についても塊根長が長いものほど肥大速度は大きいことが明らかとなった（第4図）。このように塊根の長さとの肥大速度の間には密接な関係があることから、生育に伴う塊根の形状の推移についても一定の方向性が認められることが分かった。すなわち、肥大初期には塊根の長さによって幅長比の変動も大きいことから形状の異なる塊根が多数認められたが、生育が進むにしたがってその幅長比の変動幅は次第に縮小する傾向を示し、その結果得られた塊根の形状は次第に類似したものとなった（第5図）。塊根の肥大が上記の傾向と逆あるいはその長さに関わらず一様に肥大すると仮定すると、形状の変動幅は生育の進行とともに著しく拡大すると考えられる。したがって上記のように長い塊根ほど肥大速度が速いという特性は、塊根の形状を維持する上で望ましい特徴であると考えられる。ただし、このような特性が種々の環境条件下でも同様に成り立つかどうかは不明であり、今後の検討が必要である。

すでに述べたように長い塊根ほど肥大が著しい傾向が認められたことから、各個体に形成される塊根の数とその長さは個体の塊根収量と密接な関係があるのではないかと推察される。そこでこの点について検討した結果、塊根数、総塊根長および塊根重の3形質の間には相互に高い正の相関が認められた（第6、7図）。一方、塊根重の増大は全生育期間にわたって継続するが、塊根数および塊根長は肥大の初期に決まることを考慮すると、これら2形質の数量的な決定はその後の個体の塊根の収量の良否に少なからぬ影響を及ぼすものと考えられる。北条ら (1971)、加藤・北条 (1972) は肥大性の異なるカンショ品種を用いて接木実験を行った結果、塊根の肥大は台木の特性に大きく規制されることから、塊根の肥大は茎葉よりもむしろ塊根自体の

肥大能力に大きく依存することを示した。このことから塊根数および塊根長は個体内における塊根の肥大能力に関係する要因の一つとして位置づけられるのではないかと考えられる。

以上述べてきたように、形状に関係する形質である塊根長と塊根幅は個々の塊根で著しく異なっていたが、その肥大の進行は塊根長に密接に関係しており、このために塊根の形状は生育の進行に伴って次第に収束する方向に向かうことがわかった。この特性は、塊根の形状を維持する上で有用な特徴であると考えられる。今後、本実験でみられた傾向が、栽植密度、施肥条件、土壤水分条件など環境条件を変えた場合にも同様に認められるかどうか検討することが必要である。また、塊根数、塊根長は肥大初期に決定するものの、その変動幅はそれぞれ2~13本、5~30 cmと大きいため、形状にばらつきをもたらす大きな要因であることから、これらの形質の決定期以前の時期に焦点を当てて検討する必要がある。

謝辞：本実験の遂行に当たって鹿児島大学農学部附属農場の松元里志技官、下敷領耕一技官に懇切なご協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

引用文献

北条良夫・村田孝雄・吉田智彦 1971. 甘しょ接木植物における塊根

の發育. 農技研報告 D 22 : 165—191.

岩瀬一行・坪 存・鯉淵登・宇都木久夫・新妻芳弘 1984. サツマイモの商品性向上に関する研究. 第1報 耕種的にみた丸いも発生要因と対策. 茨城県農試研報 23 : 95—107.

加藤真次郎・北条良夫 1972. *Ipomoea* 属近縁野生種および栽培種間の接木植物における¹⁴C-光合成産物の転流. 日作紀 41 : 496—501.

国分禎二 1973. 甘しょ品種の塊根の組織構造とでん粉蓄積能力との関係に関する育種学的研究. 鹿大農学術報告 23 : 1—126.

Lowe, S.B. and L.A. Wilson 1974. Comparative analysis of tuber development in six sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) cultivars. 1. Tuber initiation, tuber growth and partition of assimilate. Ann. Bot. 38 : 307—317.

中谷誠・古明地通孝 1991. サツマイモにおける内生ゼアチンリポシド並びにアブシジン酸レベルの塊根内部位間差. 日作紀 60 : 322—323.

Somda, Z.C., M.T.M. Mahomed and S.J. Kays 1991. Analysis of leaf shedding and dry matter recycling in sweetpotato. J. Plant Nutr. 14 : 1201—1212.

戸刈義次 1950. 甘藷の塊根形成に関する研究. 農事試報告 68 : 1—96.

宇都木久夫・岩瀬一行・本田宏一・小坪和男・石川実 1984. サツマイモの商品性向上に関する研究. 第2報 土壤肥料的にみた丸いも発生要因とその対策について. 茨城県農試研報 23 : 109—120.

渡辺和之 1979. カンショの過剰栄養生長機構に関する栽培学的研究. 農事試研報 29 : 1—94.

渡辺和之 1981. 多収のための基礎理論. 畑作全書 いも類編. 農文協, 東京. 501—525.

Factors Determining the Thickening and the Shape of the Tuberos Root in Sweet Potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). — Comparison of two cultivars having different shapes in tuberous root — : Osamu SASAKI, Hidenori NISHIHARA, Yuji TSUMAGARI, Tomohide SHIMOTASHIRO (Fac. of Agr., Kagoshima Univ. Kagoshima, 890-0065, Japan)

Abstract : Length and width of tuberous roots in sweet potato were measured at intervals throughout the growing season. In this experiment, two cultivars Kokei 14 and Ayamurasaki, which have a spindle—and long—spindle—shaped tuberous root, respectively, were used. The number and length of tuberous roots were virtually determined within about 50 days after the planting, but individual values widely varied from 2 to 13 in number and from 5 to 30 cm in length. However, the width of tuberous roots kept increasing until the end of the growth period. Furthermore, lateral growth of tuberous roots closely related with the length of tuberous roots, i. e., the thickening rate was higher in the long tuberous root than in the short one. Therefore, the width/length ratios of tuberous roots, which widely varied among individuals at the early growth stage, gradually became uniform with the plant growth.

Key words : Cultivar, Length of tuberous root, Shape, Sweet potato, Thickening, Tuberous root, Width of tuberous root.