

## フルクタン蓄積作物ヤーコン研究の現状と今後

四国農業試験場・杉浦 誠

ヤーコンは、1985年ニュージーランドの種苗会社を通じ日本に導入され、現在日本各地で栽培されている。日本でのヤーコン研究は、1989年福島県教諭の菅野の報告より本格的に始まり、学会発表も含めた報告数は数十報に及ぶ。四国農業試験場（四国農試）では、ヤーコンを地域振興のための有用作物の一つとして、1988年より育種工学研究室で組織培養の研究を、また1990年より旧資源作物研究室を中心に、導入育種、特性解明、栽培法の開発等の研究を行ってきた。ここでは、筆者らの未発表の研究も含め、今までのヤーコンの生育に関する研究を振り返り、今後の研究方向について考えた。

## 1. ヤーコンとは

ヤーコン (Yacon, *Polymnia sonchifolia* Poepping & Endlicher) はキク科、メナモミ族、*polymnia* 属の多年生草本である。多年草といっても日本では冬季に地上部が枯死する。2n = 60 と言われているが、最近ではほとんどの系統は 2n = 58 であるとの報告がある。ベネズエラ、コロンビアからアルゼンチンにかけてアンデス山脈の標高 2,000m 程度の高地で自生している。南米各地やアメリカ、イタリア等で栽培が報告されているが、現在ではほとんど栽培されていない。日本では、導入されて以来徐々にではあるが栽培が広がっている。ヤーコンは地下部に繁殖器官である塊茎と貯蔵器官である塊根を着生する。ヤーコンの植物体には直鎖状のイヌリン型 ( $\beta$  2 $\rightarrow$ 1 結合) フルクタンが含まれており、特に塊茎及び塊根には多量のフルクタンが存在する。フルクタンとはフルクトースからなるホモ多糖の総称で、末端にグルコースが結合している。しかし含まれているフルクタンは、イヌリン等の多糖類は少なく、主に糖の重合度が 10 以下のオリゴ糖で、これらは特にフラクトオリゴ糖と呼ばれている。塊根中のその含量は植物の生育と共に増加し、地上部が枯れる頃には全糖含量の 90% 以上を占める。フラクトオリゴ糖は難消化性糖類で、甘みがあり、腸内のビフィズス菌を増加させ、血清コレステロールなどを低下させる等の効果を持っている。そのため、フラクトオリゴ糖は人や家畜の体質改善に効果があり、ヤーコンの塊根は天然のフラクトオリゴ糖を大量に含んでいる機能性食品として注目され、フラクトオリゴ糖の原料作物としても考えられている。ヤーコンは主に塊根を、サラダ、和え物、炒め物や天ぷらにして食す。また、ジュースやパンの増量剤としても利用され、試作・販売されている。地上部は食べることもできるが、主にお茶や飼料として利用できる。

## 2. ヤーコン研究の現状

ヤーコンでは、これまで生育特性、栽培、育種、大量増殖、病虫害、機能性物質（抗アレルギー性、抗菌性）に関する研究が行われてきた。研究は多岐に渡り報告されているが、それぞれの研究内容は余り深化していない。紙面の都合もあるので、ここでは生育に関係した研究報告について、筆者らの研究を中心に紹介する。なお、ほとんどの研究は一般的に国内に普及しているペルー A 系統群を用いている。

塊根数および塊根重は地上部の生育と共に増加し、その増加は秋以降急激に見られるが、塊根の肥大の促進には短日長の影響は見られない。株当たりの塊根重と地上部重の間には正の相関が見られ、

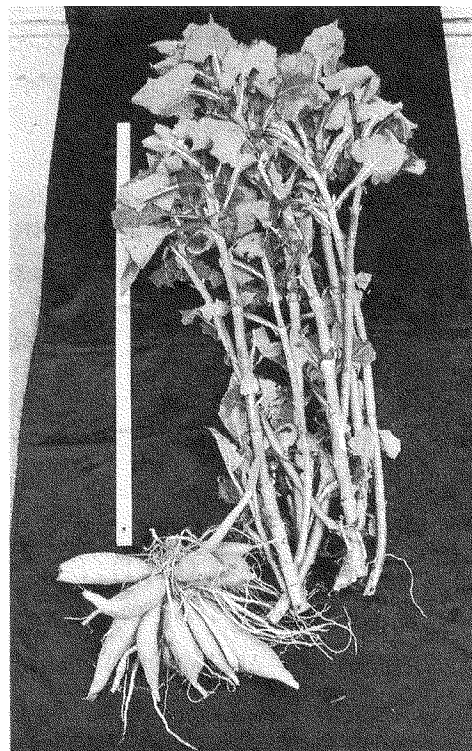


図. ヤーコンの地上部と地下部。  
茎の横の物差しは 1m の物差し。

地上部の生育が良い個体は塊根収量が高い。日平均気温が 25 °C以上になると葉の生長が押さえられることから、生育には日平均気温が 25 °C以下が望ましい。そのため四国地域等の西南暖地では、夏季の高温による地上部の生育の停滞が起こる。この地域では、9月以降地上部の生育量は増加するが、塊根重の再増加は地上部の生育量の増加より遅れる。通常、茎の節数の増加が速いため次々と新しい葉が展開するが、最上位展開葉から 7～8 枚目で葉は落葉し、夏季の高温期では節数の増加が鈍い。光合成は典型的な C3 植物型で、純光合成速度は  $18 \sim 20 \mu \text{moleCO}_2\text{m}^{-2}\text{sec}^{-1}$  で、最適温度は 28～30 °Cである。単位面積当たりの純光合成が最も高いのは最上位展開葉から 3～4 枚目で、個葉あたりでは最上位展開葉から 4 枚目が純光合成は最も高い。塊根重は生育と共に増加するが、温暖地では塊根重の増加と共に亀裂のある塊根数が増加し、これらの発生は 12 月には全塊根の 70 %を越えるが、冷涼地では亀裂のある塊根の発生は温暖地ほどではない。また、四国農試では亀裂のある塊根の発生は 8 月以降で、7 月まではほとんど観察されない。塊根の肥大は系統により異なり、現在国内に一般的に普及しているペルー A 系統群は、生育と共に塊根重が増加するが、ペルー B 系統群は地上部重がペルー A 系統群と同じであるにも関わらず 7 月下旬までの塊根重の増加が非常に小さい。

ヤーコンの根は主に 6 原型と考えられ、細根、梗根及び塊根が存在する。細根は直径 1mm 程度、梗根は直径 20mm 程度までしか肥大生長しない。塊根は木部肥大型の根で、中心柱がはっきりと存在し、同じ木部肥大型のダイコンやカンショより維管束の発達には劣っている。塊根では柔細胞が多く、炭水化物等の蓄積には有効であると考えられるが、維管束の発達が悪いことは炭水化物等の転流が効率的に行われない可能性を示し、塊根中に多糖類をほとんど含まないことと関係があるかもしれない。また、塊根の皮層にはニンジン等で見られる油導に類似した組織が存在する。

ヤーコンはフラクトオリゴ糖を塊根中に多量に蓄積する。フルクタンはキク科の植物をはじめ、ユリ科、ムギ類、牧草類等の温暖地及び乾燥地で発達した植物に多く存在している。しかし、ヤーコンの塊根では他の植物に比べ大量のフラクトオリゴ糖を蓄積することから、この蓄積はヤーコンにとって重要な意味を持つと考えられる。一般にフルクタンは、植物体内で短・長期的な貯蔵炭水化物であり、浸透圧調節能による耐乾性及び耐凍性の向上等の働きがあることが分かっている。ヤーコンの塊根においても、フルクタンは短期的な貯蔵炭水化物として働いていると考えられている。また、ヤーコンの塊根の含水率が約 85～87 %で非常に高いことは、フラクトオリゴ糖含量との間に何らかの関係があることが伺われ、土壤の乾燥時に塊根で乾物重あたりの糖含量は余り変化しないが、フルクタンの比率が低下したことから、塊根中のフラクトオリゴ糖の分解および合成による浸透圧調整が行われている可能性がある。またフルクタン合成及び分解に関与する酵素のうち、主に高重合度のフルクタンを合成する fructan:fructan fructosyltransferase の活性が生育期間中の塊根では非常に低い(未発表)。このため塊根中で分子量の大きいフルクタンの蓄積が進まない可能性は高い。

塊茎は地下部の側芽の肥大した器官で、10 月以降急激に形成・肥大し、短日条件は塊茎の形成を促進する。塊茎の組織の構造は未だ調査されていないが、外観及び断面から類推すると、キクイモの塊茎によく似ていると考えられ、柔組織がよく発達した器官であることが考えられる。今後塊根及び塊茎の形成及び組織の発達に関して組織学的、生理学的な更なる研究が望まれる。

### 3. ヤーコン研究の今後

ヤーコン研究の現状で分かるように、根の肥大に関する情報は乏しい。ヤーコンの可食部が根である以上、根の肥大に関連した研究は更に進める必要がある。そこで今後の研究として以下の事柄を挙げた。

#### 1) 効率的な塊根の肥大に関する研究

塊根収量を上げるためには、塊根に生長する根を多く出させ、塊根への炭水化物の蓄積が効率よく行われることが重要である。今までの研究では、根の塊根化のメカニズムと塊根化を促進させる要因についてほとんど分かっていない。根の発達様式を更に詳しく解明する必要がある。また、ヤーコンは地上部を大きく生育させないと塊根収量は上がらない。そのため、塊根収量を上げるためには春の終霜から初冬まで生育させる必要がある。そして、塊根収量には年次変動、地域較差および個体変動が大きい。これらのことから塊根肥大が早く安定的に収量が得られる収量性の高い個体選抜と、安定

した収量を得るための栽培地域に適した栽培技術の開発が不可欠である。

## 2) 亀裂のある塊根の発生要因説明

暖地では塊根には亀裂が入りやすい。塊根の亀裂は、組織学的にどのようなもので、どのようにして発生するか明らかにされていない。塊根の亀裂の発生は、土質、栽培方法および土壤水分等の急激な変化に影響を受けると考えられる。特に土壤の水分の急激な変化は、塊根の肥大生長に大きな影響を及ぼすことが考えられ、栽培方法の改良により改善される可能性は高い。また、塊根に亀裂の発生しにくい品種の改良も重要である。

## 3) 塊根の高付加価値付与

ヤーコンの栽培を普及するには、収益性の向上が重要であり、そのために安定した収量を得る栽培技術の開発、外観品質の向上やフラクトオリゴ糖含量の高い塊根の生産技術の開発および品種改良が重要である。筆者は、四国地域等の暖地での栽培方法の一つとして早掘り栽培法を考えている。早掘り栽培は、終霜時に苗を植え付け、7月から8月にかけて収穫する栽培方法で、これにより塊根中のフラクトオリゴ糖含量は低い、皮色がきれいで亀裂が無く、えぐみの少ない塊根が株当たり1kg程度収穫でき、地上部の莖葉も利用可能である。またこの栽培では、他の作物（イネ、ムギ、野菜・花卉）を組み合わせた輪作が可能で、農家の経済的安定が図られることが期待できる。このように、栽培技術の開発や品種改良およびそれらに役立つ基礎研究を進める必要がある。

## 4) ヤーコンの植物学的研究

ヤーコンの塊根にはフルクタン、特にフラクトオリゴ糖が多量に含まれる。塊根中にフルクタンが多量に含まれる理由は色々考えられるが、基本的にヤーコンの繁殖は、塊茎で行われるため、塊根は次世代の増殖には必要ない。しかし、塊根は大量に作られることから、塊根の植物体に対する存在意義はよく分かっていない。塊根は短・長期的な炭水化物の貯蔵器官であり、水分の保持器官である可能性は高いが、それ以外に何らかの重要な意味を持つ可能性は高いと考えている。

## 4. 最後に

このように、ヤーコン栽培の定着化には更に研究が必要である。残念ながら四国農試では旧資源作物研究室が1996年に廃止され、筆者は今もヤーコン研究を行っていないが、現在でも上席研究官を中心にヤーコン研究が行われている。新作物には、従来栽培されている作物にはない植物学的特性がある。今後、ヤーコンを初めとする新作物の特性を明らかにすることにより、従来の作物の改良に役立つ知識が得られる可能性は大きいと考えている。なお、ヤーコンについて興味のある方のために、以下に参考文献を挙げた。現在筆者らの研究成果は、学会誌に投稿中及び投稿準備中である。

## 参考文献

- 浅見輝男・大山卓爾・南沢 究・月橋輝男 1989. 多量のフラクトオリゴ糖を含む新しい根菜ヤーコン—機能性食品およびフラクトオリゴ糖の原料として注目—。農及園 64:1033-1036.
- 浅見輝男・南沢 究・月橋輝男 1991. 大量のフラクトオリゴ糖を含むヤーコンの世界と日本における栽培と利用。農及園 66:413-416.
- 菅野元一 1989. 薬用植物ヤーコンの栽培。農及園 64:538-540.
- 中西建夫 1992. キク科植物の有用性とヤーコンの開発研究。農業技術 47:241-246.
- 中西建夫 1997. ヤーコンの栽培—栽培研究と地域適応性—。農及園 72:1192-1198.
- National Research Council (USA), Advisory Committee on Technology Innovation 1989. Yacon. In *Lost Crops of the Incas : Little-known plants of the Andes with promise for world cultivation*. National Academic Press, Washington 115-123.

Title : The Present Condition and the Future of Researches in Yacon, in Which Fructan is Accumulated.

Author (Institute) : Makoto SUGIURA (Shikoku National Agricultural Experiment Station)