

4. 食と健康に貢献するサツマイモ育種の現状と未来

(社) 農林水産先端技術産業振興センター

農林水産先端技術研究所研究第3部長 山川 理

(司会) 次に「食と健康に貢献するサツマイモ育種の現状と未来」というテーマで、農林水産先端技術研究所研究第三部長の山川さんに報告をいただきたいと思います。山川さん、よろしくお願いいたします。

(山川) 社団法人・農林水産先端技術産業振興センター・先端技術研究所の山川です。私の主要な研究業務として、植物遺伝子の解析を行っています。遺伝子解読に関しては、世界でもトップレベルの技術をもっています。今後、マーカー育種が普及してきますと、いろいろな研究所が独自でDNA解析を実施しては、莫大な時間とコストがかかってしまいます。私どものセンターでは、ロボットを使って1年間を通じて遺伝子解析を行っています。ほとんど無人で24時間運転を実施しています。

本日、私はDNAの話ではなくて、皆さんの食と健康という日常的な視点から育種の話をしていただきます。大きく5つの視点から、話をさせていただきます。第1はサツマイモというのはどういう植物かについて、第2にサツマイモが持っているポテンシャルについて、第3はサツマイモの機能性について、第4は機能性の視点からサツマイモの持っている色素の健康機能を品種育成と絡めながらお話をしようと思います。第5はサツマイモの茎葉部の栄養的・機能的な面から葉っぱを食べる品種について話をします。

それでは、まずサツマイモの全体的な話をします。サツマイモは、16世紀の初めにコロンブスがジャガイモと一緒にヨーロッパへ持ち帰ったと言われていています。それが中国を経て日本に17世紀に入ってきました。現在のわが国の栽培面積は4万ヘクタール程度ですが、昭和24~25年ごろの食料危機のときには、45万ヘクタールまで作付けされていました。もし、サツマイモが日本になかったら、当時の3分の1の国民は餓死していただろうと言われていています。ちなみに江戸時代の薩摩藩はサツマイモを門外不出の作物としておりましたが、江戸時代を通じて餓死者が1人もいないと言われていています。サツマイモのエネルギー換算上、コメの3倍の人口を養うことができると言われています。原産地のペルーでは、約紀元前1万年の遺跡から炭化したサツマイモが見つかっており、昔からサツマイモが食品として利用されていたことが分かります。またこのサツマイモの遺跡が見つかる地域には、野生種で2倍体のものがたくさん存在しています。なお、野生種の育種利用については日本が非常に進んでいます。1950年代に遺伝資源探索隊を中南米に派遣して、相当数の野生種を日本に持ち帰っております。その成果としてミナミユタカという品種が、昭和50年ごろ世界で初めて野生種を使った品種として日本で開発されました。

次にサツマイモの用途について説明します。サツマイモの用途は大きく3つに分けるこ

とができます。第 1 は、バイオマスとしての用途です。最近バイオマスエネルギーが注目されていますが、実はバイオマスは、エネルギーだけではなくて多様な用途があります。私は生物を活用するものはすべてバイオマスという呼んだ方がいいと考えていますが、その中で植物のバイオマス生産量としては、サツマイモは最大クラスに入ります。例えば 10 アール当たりで、1 トンの乾物生産があるというデータがあります。現在のサツマイモの日本での収量の最高水準は、暖地でだいたい 6 トンといわれています。これにでんぷん含量 30% を掛ければ 1.8 トンのでんぷんがとれることがわかります。さらに、こうした沢山の でんぷんをとるためのエネルギー収支を見ても、サツマイモのエネルギー収支の効率は 3 以上になります。つまり、1 のエネルギーを投入して 3 のエネルギーが得られるという極めてエネルギー効率の高い作物であることがわかります。サツマイモよりエネルギー効率が 高い作物にはサトウキビがありエネルギー収支は、6 ぐらいになります。コメやトウモロコシのエネルギー収支は、辛うじて 1 を超えるぐらいです。これを見ても、サツマイモのバイオマスとしての能力はとても高いといえます。また、バイオマスを作るときに環境に優しいことが重要です。例えば生産する時に農薬や肥料を多用するのでは問題です。幸い、サツマイモでは農薬の使用はとても少なく、無農薬でも生産できます。また窒素肥料を見ても、茎の中に内生菌という菌がいて、空中窒素を固定し、それによって 30% の必要窒素量を賄っています。このように、サツマイモはとても環境に優しいバイオマス作物であることが分かります。

次に食品用途について見ます。サツマイモは食品として非常に優れていることは、400 年前に中国で出版された『本草綱目』という本に載っています。コメなどの五穀は食べないでサツマイモを食べている沿岸地域の人々はとても長寿だという記録があります。海岸地域の人々はサツマイモとともに、ワカメ、コンブ、魚、小魚等、ミネラルの多いものと組み合わせて食べています。そのことが、長寿に結びついていると思います。実際にサツマイモを成分分析表で見ますと、ミネラル、ビタミンなどの栄養バランスが非常に良く、しかもポリフェノール成分、あるいはカロテンとかが多く含まれています。そのため、準完全栄養食品と言われています。

サツマイモの次の機能として、環境美化機能があります。地球温暖化、都市の過密化、高層ビルの建築により、様々な環境問題が発生しています。こうした中で、いかに緑（グリーン）豊かな環境を整備することが重要になってきています。緑化にうまく使える植物として、樹木以外ではサツマイモが有望です。こうした視点で研究をしたところ、サツマイモの葉とか形状、色には遺伝的な変異があることがわかりました。普通サツマイモの葉っぱは、スペードの形をしています。遺伝資源をいろいろ調べてみますと、モミジのように切れ込みが多いもの、あるいは、檜の穂先のようにとがったもの等、変わったものがあります。また、葉色もグリーンだけではなくて紫、黄色、さらには斑入りのものなどがあり、観賞用としても大変面白い特徴があります。また、サツマイモは花が咲かないと思われていますが、遺伝資源の中には春から秋にかけて絶えず花が咲くものもあり、

観賞用として利用できそうです。夏の暑いときに花を咲かせる植物は少なく、サツマイモはそういう点で面白い材料になると思います。それから都市緑化に絡んで大事なものは、盛夏の 30 度を超える暑さの中でも、地上部が活発に生育していく性質です。特に夏のビルの屋上は、45 度ぐらいになります。サツマイモの場合、こうした高温下でも生育しますから、屋上緑化用の植物として優れています。ちなみに屋上緑化の試験は、サツマイモ以外の植物を利用して行われ、45 度の温度が 15 度下がって 30 度になるという結果が得られています。なお、屋上緑化で問題になるのは、屋上に土を入れるために、ビルに大きな負担が掛かるという点です。その点、サツマイモは、水を流すチャンネルを一部設置して、そこに植えていくことによって屋上全部を覆うことができます。また、生育もとても早いのが特徴です。写真 1 は、変わった色の派を持つサツマイモの品種です。薄黄色、紫のものまであり、現在ヨーロッパ、アメリカへの輸出も考えているようです。ヨーロッパ、アメリカでの販売も考えられているようです。サツマイモをベランダに植えて下の方に垂らすような栽培が行われているようです。今 2 種ですが、このほかにもモミジの形をした葉や、花が咲くような品種を今、作っているところです。



写真 1 観賞用サツマイモ新品种

次に今日の本題である食品としての観点からサツマイモを詳しく見ていきたいと思いません。第 1 は、栄養学的な観点からです。食品分析表で見ます。サツマイモにはカロテンが 23 マイクログラム、ビタミン C が 29 ミリグラムと書かれています。一般的にはサツマイモは、ビタミン C がジャガイモと並んで豊富であり、しかもでんぷん作物のビタミン C というのは加熱によって壊れにくい特徴があります。それからビタミン E がイモ類としては非常に多く含まれています。それからカロテン含量については品種によって相当大きな差があります。多いものは食品成分表の数値の 100 倍のカロテン含量があります。それからビタミン C についても、3 倍以上高い品種もあります。ビタミン E についてもかなり品種間で差があります。それからミネラルでは特にカリウムが多く含まれています。カルシウム、鉄はバレイショよりも多く含まれています。なお、塊根の 30% はでん粉であることから、サツマイモはコメやムギと同様にでんぷん性作物と呼ばれています。穀類のでん粉は老化しやすいとか、バレイショのでんぷんは老化しにくいといった特性の違いが指摘され

ていますが、サツマイモの品種によってでん粉特性がかなり異なっています。例えば、サツマイモの持っているでん粉の糊化特性、すなわち何度で糊になるか、また糊になった後の硬化特性も、品種によって大きく異なります。作物のブリーダーは、決められた従来の目標に沿って機械的に選抜していけばいいというものではありません。常に新しいもの、今までにないものを創造するのが、本来のブリーダーであると私は考えています。そのため、新しいマーケットを見つけて、そのマーケットに合わせた育種をすることが大切になります。これまでに存在していないものを新たに創造していくことが、本来の育種の面白さだと思います。そうした意味でサツマイモのでん粉研究は、すごく面白い結果を生み出しています。でんぷんの糊化温度が非常に低い品種、クイックスイートの開発につながりました。写真2はクイックスイートという品種です。糊化温度が、一般のサツマイモの70度に対し、52度と極めて低い値を示しています（表1を参照）。

表1 品種別の糊化温度



写真2 クイックスイート

品種	糊化温度 [°C]	
	7% *	10% *
クイックスイート	52.6	51.4
コガネセンガン	70.7	69.8
ベニアズマ	71.6	71.3
九州30号	73.6	72.6

* 試料溶液中のデンプン濃度 (w/v)

これまででしたらもうこれで試験は終わりです。糊化温度が低い品種が見つかったので育種は終了してしまいます。しかし、現在のサツマイモのブリーダーは、低い理由を追究します。ブリーダーは論文が書けないと一般的に言われますが、決してそんなことはありません。何でもこういう現象が起こったのかを研究することは、でん粉化学の基礎研究につながります。この結果、でんぷんを構成するアミロペクチンについては、分枝の長さに品種間差異があることがわかりました。分枝したでん粉の長さが短い品種は、でんぷんの糊化温度が低いことがわかったのです。さらに、電子顕微鏡ででん粉粒子を見ますと、この鎖が短いためにきれいなでん粉粒子ができない。ひびが入るため、でん粉が糊化しやすくなることがわかりました。そして、熱湯が侵入して溶けて、そこにβアミラーゼが働いて甘くなるというメカニズムがわかりました。この研究とは、化学者ではなくてブリーダーが行い、化学の専門誌に論文を出しています。このように育種というのは、とても面白い学問であるということを強調したいと思います。

次に栄養的な観点からサツマイモの特性をもう少し詳しく見て行きます。先ほどサツマイモにはタンパク質がわずかしが含まれていないということを言いましたが、実はタンパ

ク質の特性を見ますと、アミノ酸のスコアが高く栄養学的にバランスが取れています。アミノ酸スコアが高いということは、このタンパク質を摂取すれば追加的な必須アミノ酸を取る必要がないということです。このスコアが80以上だったら動物性のタンパク質と同じだといわれますが、サツマイモの場合は80以上あります。先ほどタンパク質が1.2%と言いましたが、品種改良によって5倍の7%~10%ぐらいまでこの値を上げることができます。

それから、このタンパク質の成分としてβアミラーゼが多く含まれています。これも食品加工用のβアミラーゼ原料として、有望だと考えています。また、タンパク質の中には、酵素だけでなく、トリプシンインヒビター活性、いわゆるタンパク質分解酵素を阻害する特性があることが分かりました。このトリプシンインヒビター活性をほとんど取り去って、タンパク含量だけを高めることが育種的には可能であることが明らかになりました。

このようにサツマイモには、常識を超えるような面白い特性を持つ遺伝資源をもつものがあります。サツマイモには整腸作用をもつ食物繊維が多く含まれています。食物繊維はセルロース、ヘミセルロース、ペクチンという3つの成分からなっています。セルロースは水溶性ではありませんが、他の2つは水溶性です。これをバランスよく取ることが大切です。例えばセルロースだけ多く取りますと、ミネラルが吸着されて、食物繊維を採ったためにミネラル欠如を起こすという場合があります。だから、バランスよく採ることが大事です。実はサツマイモの繊維は非常にバランスが良くなっています。また食物繊維の含量そのものに品種間差異があることが私どもの研究で明らかになっています。健康機能、特に便秘の改善機能を見ていけば、もっと面白い育種ができると思います。また、サツマイモには脂質が0.2%含まれています。その中にヤラピン（ヤラピン酸エステル結合）というヤニ成分があります。この含量にも品種間差異があります。食物繊維は便の量を増やすことによって便秘を解消しますが、このヤラピンには便を軟らかくする効果があります。ヤラピンについての研究は、ほとんど行われていません。

次に機能性に関する研究を紹介します。最も研究が進んでいるのは、オレンジ、紫イモの機能性です。オレンジ色はカロテン類ですが、ニンジンと違って、カロテンの成分の大部分はβ-カロテンです。ニンジンの場合はβ以外にもα、γなども入っています。最近、新しいカロテン成分が見つかっています。この新しいカロテン成分は、ニンジンとかにはないサツマイモ独自のものであることが分かっています。この成分の機能性については、現在、研究中です。それから紫はアントシアニンという色素です。サツマイモのアントシアニンは、シアニジンとペオニジンという2つの基本骨格からなっています。目に良いというブルーベリーのアントシアニンはシアニジンです。おコメの赤米もシアニジンです。それからサツマイモのアントシアニンには、有機酸が付いているために分子量が大きいという特徴があります。そのことが、光や熱でアントシアニンの色が消失するのを防ぐ理由になっています。サツマイモのアントシアニンを分析しますと、約18種類のタイプがあり、その中で人体に吸収されやすいアントシアニンはどれかということも明らかになっています。黄色はフラボノイドですが、まだほとんど研究がされていません。

サツマイモの品種について紹介します（写真3、4）。ベニハヤトは約30年も前に育成されました。それからジェイレッドやサニーレッド、これは平成年代に入って作られています。ジェイレッドはジュース用、サニーレッドはパウダー用の品種です。サツマイモではネコブセンチュウの被害が問題となります。ネコブセンチュウというのは、南九州の産地で大変重要な土壌病害です。ジェイレッドは、ネコブセンチュウを減らす物質を出していることが明らかになりました。ジェイレッドを作付けした後にニンジン植えますと、センチュウの被害が出ません。



写真3 九州120号



写真4 左からベニハヤト、ジェイレッド、サニーレッド

カロテン系の品種というのは、もともとあまり日本では作られていません。アメリカで盛んに育種をされています。赤ちゃんの離乳食用、パイの原料として、オレンジ品種の研究を進めてきました。日本ではサラダに使うアヤコマチ、それから干しイモに使うハマコマチといったカロテン品種が開発されています。次にアントシアニン品種についてですが、アントシアニンをもつサツマイモが話題になったのは平成に入ってからです。鹿児島県の山川町に面白い品種がある。この品種は収量性が低く、アントシアニンの含量も少ないというので、色素抽出用として栽培されることは出来ませんでした。そのため、アントシアニン含量や収量を高めるという育種を行い、わずか5年間ぐらいでアヤマラサキという品種を作りました（写真5）。アヤマラサキの特性は、従来の山川紫に比べ、アントシアニンの含量で3倍、収量で10倍という画期的なものでした。アヤマラサキの登場によって、紫サツマイモが加工品になり、あるいはサツマイモから紫の天然色素を抽出する新産業が生まれました。その後もアヤマラサキの味を変えたり、さらに色素含量を高めたりした品種ができています。味を改良した食用の、パープルスイートロード、干しイモ用には九州137号という品種を開発しました。さらに最近のデータを見ますと、アヤマラサキよりもさらに3倍の色素を持っているものも存在しています。アヤマラサキの3倍の色素を持つということは、ブルーベリーを乾燥したものと同一含量です。これほどのアントシアニンが何

で生のサツマイモの中に入っているのか非常に興味深い現象です。

最後に茎葉利用の話をしてします。サツマイモの葉は一般には食べません。家畜は食べていますが、人間にはえぐみがあってとても食べられません。しかし、葉の中にはタンパク質、

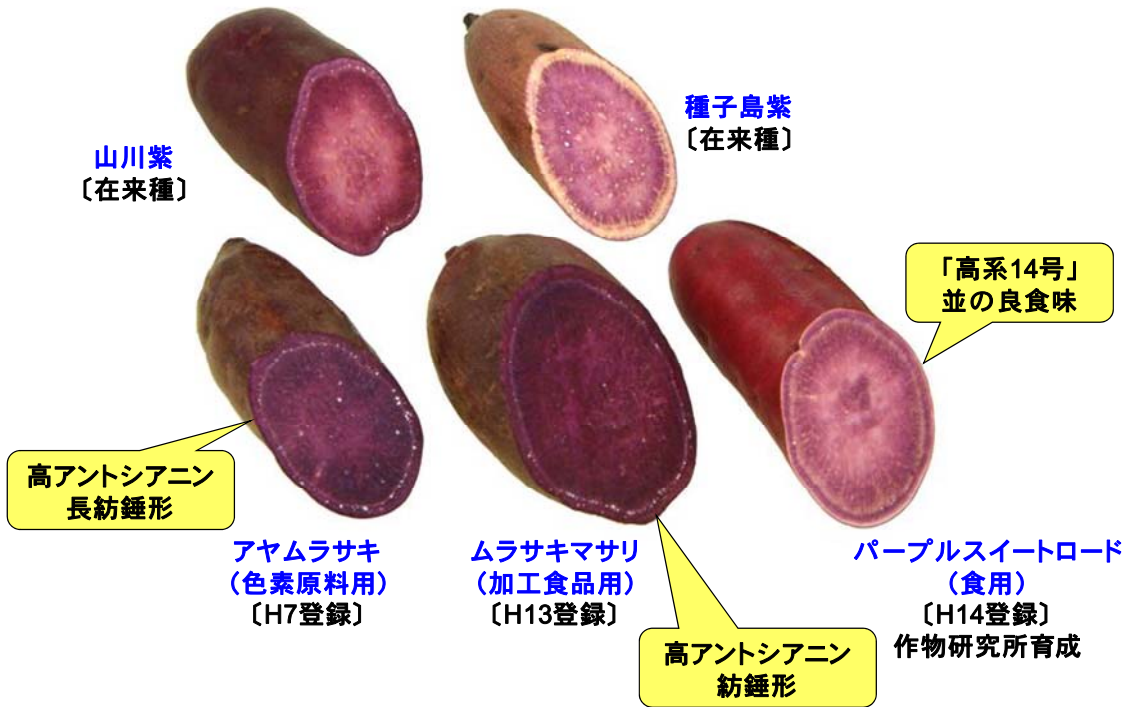


写真5 紫色のサツマイモ品種

カロテン、ビタミン K、カルシウム、食物繊維がたくさん含まれています。こうした栄養素をまんべんなく含んでいるという点でサツマイモの葉は突出して優れています。またカロテノイドの1種であるルテイン、目の老化、すなわち加齢黄斑変性症や白内障を防ぐ成分を豊富に含んでいます。それからカフェ酸誘導体というポリフェノールの中で、トリカフェオイルキナ酸という機能性の極めて高い成分が大量にサツマイモの葉に含まれています。この物質は、他の植物には含まれていません。葉を食材として利用するという視点で、すいおうという品種を開発することができました。この品種の開発には、わずか2~3年かっただけです。収穫した後の葉の再生能力が高いという特性を利用しています。また、すいおうでは葉を収穫しても塊根も肥大しますので、葉を利用し、塊根も利用することができます。最近、すいおうの塊根から作った焼酎は非常においしいというので評判になっています。ポリフェノールの総量ではすいおうとシュンギクは同レベルですが、抗酸化作用の点ではすいおうがかなり高くなります(図1を参照)。その理由として、トリカフェオイルキナ酸という特殊な成分が多いことがすいおうに多いことがあげられます。ルテインの含量については、すいおうとケールでほぼ同じですが、ほかの野菜よりはるかに多く含まれています(図2を参照)。すいおうは、パウダー、青汁、そして葉柄はキムチに、それ

からパンやアイスクリームに混ぜたり、お茶に加工されています。

以上です。ご清聴ありがとうございました。

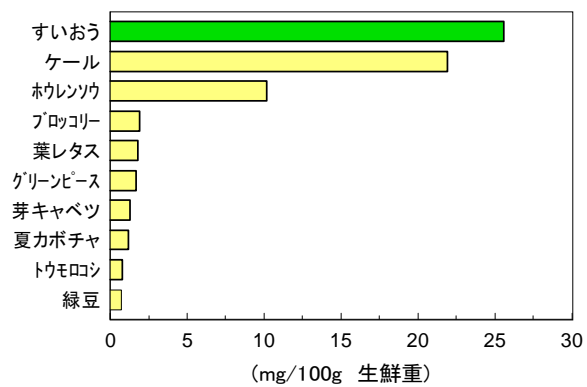
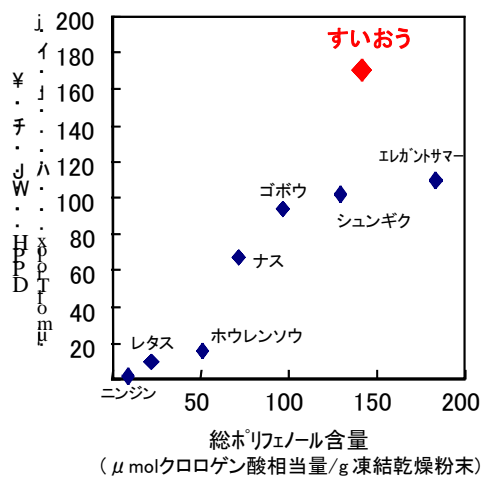


図1 総ポリフェノール含量と DPPH ラジカル消去能

図2 すいおう茎葉と野菜のポリフェノール含量の比較