

持続的発展に向けたてん菜の多用途利用

(独)農業・食品産業技術総合研究機構 北海道農業研究センター 畑作研究領域
主任研究員 高橋 宙之

1. てん菜が置かれている状況

国内では北海道のみで栽培されているてん菜は、砂糖国内消費量の約3割を賄うとともに、ムギ、バレイショ、マメ類とともに畑輪作体系の主要品目であり、製糖工場を中心とした地域産業の基幹を形成している。しかしながら、輸入糖とのバランス調整のための交付金対象数量の制限（てん菜糖64万tまでが交付金対象）や、WTO、FTA/EPA、TPP 交渉など、混迷する国際貿易情勢の見通しの不安定さなどを反映して、生産者の耕作意欲は低下して、栽培面積は漸減傾向にある（図1）。てん菜栽培面積の減少は日本だけではなく、特に欧州での減少が顕著であり、てん菜栽培面積の世界総計は、20年前の半分にまで落ち込んでいる。そのため、てん菜の砂糖原料以外の利用法の開発は、てん菜関係者にとって世界共通の急務となっている。

2. 従来からの副産物利用

てん菜は製糖用原料として栽培されているため、それ以外の用途で利用されることはなかったが、茎葉部や製糖工程で発生する副産物は、以前より有効に利用されてきた。

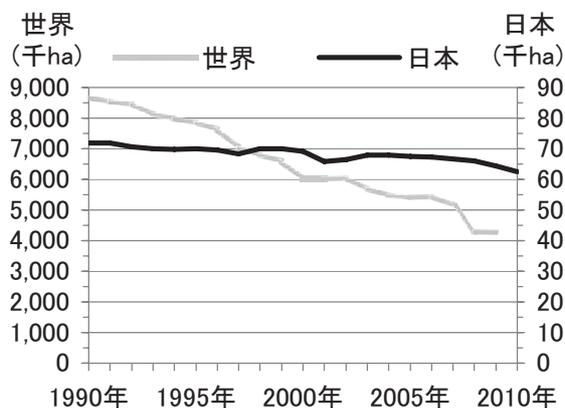


図1 てん菜の栽培面積の推移（日本、世界総計）

出典：国際連合食糧農業機関（FAO）、FAOSTAT-ProdSTAT (<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>)

1) 茎葉部

てん菜は、飼料ビートから選抜・改良されてきた作物であり、収穫期に根部と同程度の重量となる茎葉部は、良質な飼料とされている。しかしながら、茎葉部のみを収穫する術がない上に、腐敗しやすく貯蔵が困難なため、北海道では飼料としての利用はほとんどない。その代わりに、茎葉部に窒素分および灰分が多く含まれていることから、緑肥同様、圃場に漉き込んで、地力の維持・増強に利用されている。

2) ビートパルプ

裁断した根部（コセット）からショ糖分などが抽出された残渣で、脱水・乾燥の後、キューブ状またはペレット状に圧縮成型されたものが飼料として利用されている。ビートパルプには、繊維質の他に、微量の糖分、無窒素物、粗蛋白質、鉍物などを含んでいるため乳牛の飼料として好適であり、嗜好性も高い。

3) 廃糖蜜

糖液から砂糖の結晶を回収した後の残液で、ショ糖を多く含んでいるため、エタノール製造や酵母培養の原料として利用される。また、アミノ酸や灰分も富むため、特に欧米では飼料と配合して栄養および嗜好性の向上に利用されている。ただし、海外のてん菜製糖工場と比べて北海道の工場では、糖液の精製を繰返し行うため、廃糖蜜の生産量は少ない。

4) その他微量物質

てん菜根部に微量に含まれているアミノ酸やオリゴ糖は、製糖過程における結晶化を阻害する物質であるが、単離・精製することで有用物質として利用されている。

アミノ酸の一種であるベタイン（グリシンベタインもしくはトリメチルグリシン）は、調味料、水産加工品の風味改良剤、食品の水分活性低下剤

など食品添加物として利用されるほか、その優れた保湿作用を生かして化粧品などにも利用される。

ラフィノースをはじめとするオリゴ糖類は、ビフィズス菌などの善玉腸内細菌を増加させる効果があり、健康食品として利用される。

現段階においても、てん菜は余すことなく有効に利用されていると言えるが、これら利用法は砂糖生産の結果生ずる副産物利用であり、てん菜の利用拡大に直接つながるわけではない。用途拡大を図るには、新たなてん菜の利用法が必要であるが、その一つとして次に示すバイオエタノール原料としての利用がある。

3. バイオエタノール原料としての利用

光合成産物がショ糖の形で蓄積されるてん菜では、エタノール製造においてでん粉原料に必要な糖化プロセスが不要なため、発酵原料として有利である。

表1 バイオエタノール原料別温室効果ガス削減率

原料名	製造条件	削減率
てん菜		52%
サトウキビ		71%
小麦	限定なし	16%
	一般ボイラー+天然ガス	34%
	コジェネレーション+天然ガス	47%
トウモロコシ	天然ガス	49%

出典：EU 委員会

表2 原料作物別のエタノール収量

原料作物	エタノール収量	
	重量当たり (リットル/t)	耕地面積当たり (リットル/ha)
テンサイ	83.3	3,854
ジャガイモ	87.1	2,797
トウモロコシ	336.9	2,133
米	302.8	1,637
グレインソルガム	325.5	1,263
大麦	333.1	861
小麦	302.8	692
オーツ麦	242.3	533
ライ麦	299.0	505
サトウキビ	56.8	5,191
サツマイモ	128.7	1,777

出典：USDA (2002) "USDA's 1998 Ethanol Cost-of-Production Survey", Agric. Econ. Report, No. 808.

1) 海外の状況

てん菜の主産地である欧州、中でもフランス、ドイツなどでは、余剰てん菜を利用したバイオエタノール生産が以前から行われてきた。また、2005年4月にEUからの砂糖輸出がWTO規則に違反しているとの裁定（WTO裁定）を受けて2006年から始まった砂糖制度改革に加え、温暖化対策として2008年12月に合意された「再生可能資源エネルギー利用促進指令（利用促進指令）」を受けてより推進される方向にある。バイオエタノールの原料として、てん菜の他に小麦やトウモロコシが利用されているが、EU内で栽培される作物の中でてん菜の温室効果ガス削減率は高く（表1）、2017年以降基準が現在の35%から50%に引き上げられることになっており、てん菜は有利であると考えられる。

2) 日本での状況

日本国内でてん菜からバイオエタノールを製造しているのは、北海道上川郡清水町で稼働している「北海道バイオエタノール株式会社・十勝清水工場」のみである。本工場は、隣接するホクレン農業協同組合連合会・清水製糖工場から供給される濃縮糖液（シックジュース）を原料としている他、規格外小麦の利用も可能で、年間15千キロリットルの生産を目標としている。なお本事業は、農林水産省補助事業「バイオ燃料地域利用モデル実証事業（バイオエタノール混合ガソリン事業）、2007～2011年」で実施している。

てん菜は、表2に示すように、北海道で栽培可能な作物中で最も耕地面積当たりのエタノール収量が最も高い作物である。ただし、原料ポテンシャルは高いが、北海道におけるてん菜栽培は約10万円/ha（2010年）と高コストであるため、原料価格をいかにして下げるかが、今後のてん菜バイオエタノール事業展開の鍵であろう。また、エタノール原料てん菜生産に関わる政策的なバックアップにも十分配慮して、生産者の耕作意欲を高めることも欠かせない。

4. 将来的な利用

栽培面積の維持、そしてバイオマス生産性の高いてん菜の有効利用を図るために、砂糖やエタ



図2 てん菜を利用した多様な製品開発

ノール原料、または副産物利用以外の利用法を検討する必要がある。

1) 高付加価値物質の単離、変換利用

前出の副産物利用にも該当するが、北海道農業研究センターでは、ビートパルプに肌の保湿効果を有する機能性物質であるセラミドが含まれていることを明らかにした。また、糖蜜を主原料として軽油に代わる燃料（バイオディーゼル）を生産可能であることを明らかにしている。今後、これらの技術を発展させて実用化することで、砂糖およびバイオエタノール製造コストを補填することが可能と考えられるとともに、これらの物質生産を主体とした新たな産業形成も可能である。

2) 有用物質の生産媒体として

てん菜のバイオマス生産性の高さを利用して、てん菜を有用物質の生産工場として利用することも考えられる。有用物質の生合成に関わる遺伝子やメカニズムが解明されれば、それらをてん菜に形質転換して大量に物質生産させて、まったく新しいてん菜の用途開発の道が開かれることになる。

5. 終わりに

てん菜は、北海道の健全な畑輪作体系、畑作地帯の産業形成を維持する上で欠かせない作物である。しかし、砂糖消費量の低下や輸入糖との競合など、てん菜を取り巻く環境は複雑で厳しく、ただ単に栽培コストの低減を図るだけでは、根本的な解決にはなり得ない。今こそ、てん菜の持つ特性、そしてバイオマス生産性を再評価して、優点を十分に活用した新たな用途開発を産学官連携のもとで強力に進めるべきである。そして、その結果は、優良な品種開発と並行することで、てん菜が新たな有用作物として、北海道のみならず広範な地域で利用される可能性を生み出すであろう。

6. 参考資料など

- 1) てん菜糖業年鑑2011、(社)北海道てん菜協会、2011.
- 2) (独)農畜産業振興機構 HP、砂糖 (<http://www.alic.go.jp/sugar/index.html>).
- 3) (独)農業・食品産業技術総合研究機構北海道農業研究センター HP、北海道農業成果情報 (<http://cryo.naro.affrc.go.jp/seika/whatsnew-main.html>).