

2 ビール大麦生産日本一を支える品種

- 栃木県の麦類の収穫量（令和6（2024）年産）は二条大麦が31,300t（全国1位）、六条大麦が3,490t（同6位）であり、全国有数の麦作県です。
- 中でもビール用二条大麦は、明治39年（1906）年に栽培が開始され、大正6年（1917）年に初めて生産量日本一に躍進してから100年あまりほぼ毎年“日本一”の座を維持しています（図1）。
- 本県ではビール大麦の育種を昭和29（1954）年から本格的に開始し、以来66年間で12品種（他に食用等3品種）を育成しました（表1）。

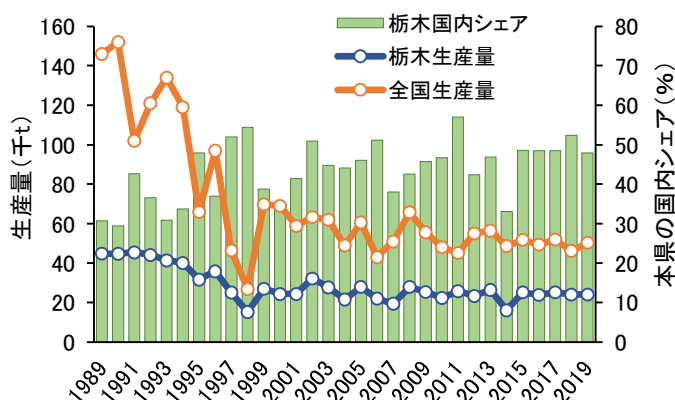


図1 栃木県のビール大麦生産量と国内シェアの年次推移

表1 栃木県農業総合研究センターで育成した大麦品種

品種名	登録 申請年	用途	現況
ニューゴールデン	1965	ビール用	
アズマゴールデン	1971	ビール用	
ミホゴールデン	1975	ビール用	
ヤシオゴールデン	1984	ビール用	
ミサトゴールデン	1985	ビール用	
ミカモゴールデン	1987	ビール用	
ヤチホゴールデン	1992	ビール用	
タカホゴールデン	1994	ビール用	
スカイゴールデン	2000	ビール用	岡山県で作付
サチホゴールデン	2005	ビール用	佐賀県等で作付
とちのいぶき	2008	食用	本県で作付
アスカゴールデン	2011	ビール用	群馬県で作付
ニューサチホゴールデン	2014	ビール用	本県等で作付
HQ10	2014	酵素用	
もち絹香	2017	食用	本県で作付

1 多収・良質の両立と病害の克服に向けて

昭和60年代に相次いで育成された「ミサトゴールデン」と「ミカモゴールデン」は、前者は早生・多収ですがビール醸造品質が不十分、後者は品質が優れますが栽培特性に問題がありました。

「ミサトゴールデン」の品質を問題視する実需の声が次第に強くなり、対応を急ぐため通常スキームより1年早い平成4（1992）年に「ヤチホゴールデン」を育成しました。熟期が中生でしたが多収で大きな期待がかけられました。しかし、ビール工場の試験で発酵性に問題があることが判明し、試験栽培の途中で撤退を余儀なくされました。次に育成された「タカホゴールデン」は工場規模の試験に合格して「今度こそは」と現場から期待されましたが、耐倒伏性が優れるがため多肥栽培による子実粗蛋白質の高含有率化を招き、これが大きな要因となり生産撤退となりました。この経験は我々に「品種を出した後のフォローアップが重要」との教訓を与えました。

一方で、オオムギ縞萎縮病に関しても激震が走りました。昭和62（1987）年に「木石港3」由来の抵抗性遺伝子 *rym5* をもつ「ミサトゴールデン」を侵すウイルスⅢ型系統が茨城県で発見されたのです。オオムギ縞萎縮ウイルスの感染に起因するオオムギ縞萎縮病は大麦にとって最重要病害で、感染すると収量と品質が低下します。世界に先駆けて本病抵抗性品種「ミサトゴールデン」の開発に成功し、「これで縞萎縮病の被害は克服できた」と思った矢先のことでした。茨城県に続き、本県でも平成3（1991）年に発病が認められ、その1～2年後には被害が拡大していることが確認されました。その後、「はがねむぎ」の持つ抵抗性遺伝子 *rym3* がⅢ型抵抗性であることがわかり、既に交配親として使用していたため、この抵抗性遺伝子に活路を求めることにしました。*rym3* を持つ最初の栃系となる「栃系216」と、品質が優れて *rym5* を持つ「関東二条25号」との組合せから、Ⅲ型ウイルス汚染は場での選抜と *rym5* マーカーによる選抜が行われ、平成12（2000）年に *rym3* と *rym5* の両方を持ち、世界で初めてⅠ～Ⅴ型の全てのウイルス系統に抵抗性を示すビール大麦品種「スカイゴールデン」が育成されました（写真1）。

「スカイゴールデン」の品質（エキス）は最高水準と言われてきた「ミカモゴールデン」を上回りました（図2）。しかし、ビール製造時の蛋白質の分解程度を表すコールバッハ数が高すぎるとの想定外の指摘を受けました。そこで急ぎよ試験を行い適正な分解になる条件を提示することでビール工場の試験に進級することができ、1年余計にかかりましたが、平成17（2005）年に奨励品種になりました。実需から及第点をもらった「スカイゴールデン」でしたが、コールバ

ッハ数がより適正值に近い「サチホゴールド」を、次いで適正範囲に収まる「アスカゴールド」を続けて育成することに成功しました（図2）。「サチホゴールド」は栃木県以外にも広く普及し、最大時には全国のビール大麦の約65%を占めるまで拡大しました。

平成23（2011）年に県内全てが *rym3* を持つⅢ型ウイルス抵抗性品種になり、厄介だった縞萎縮病の被害をなくすることができました。しかし、令和2（2020）年産でサチホゴールドの後継のニューサチホゴールドを侵すウイルスの感染例が確認されました。まだ縞萎縮病との闘いは続きます。



写真1 縞萎縮ウイルスⅢ型汚染は場で健全に生育する「スカイゴールド」

注）「ミカモゴールド」は感染して萎縮症状が見られる

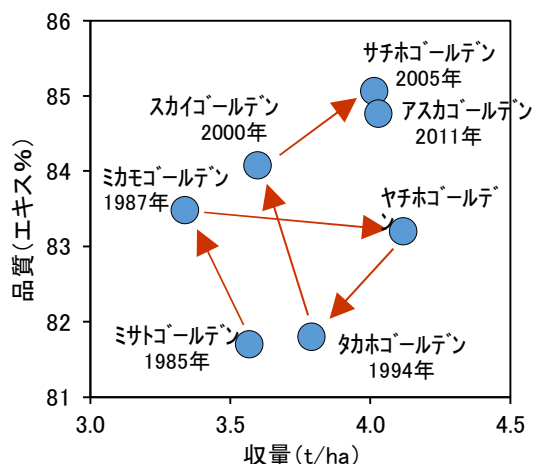


図2 育成品種の収量と品質の改良の経過

2 より美味しいビールのために

「サチホゴールド」が開発された頃、大麦の LOX を減少させて過酸化脂質の生成を抑制できれば、より美味しいビール製造が可能になるという論文が発表されました。

サッポロビールが先行して研究していましたが、2年遅れの平成15（2003）年に栃木県でも研究を開始しました。米国の六条大麦品種「Karl」にアジ化ナトリウムによる突然変異誘発処理を行い、幸運にも LOX-1 活性欠失個体を見出すことができました。これに「大系 LM1」の系統名を付け、多くの交配を行いました。同時に「大系 LM1」の LOX-1 活性欠損遺伝子の塩基配列解析を行い、既報の遺伝子とは変異部位が異なる新規の対立遺伝子ということで *lox1-2005* と呼称しました。

「サチホゴールド」にもアジ化ナトリウム突然変異誘発処理を行い、LOX-1 活性欠失個体を選抜しました。これは「大系 LM2」と名付けて、多くの交配を行いました。

「大系 LM2」の LOX-1 活性欠損遺伝子は、やはり既報の LOX-1 活性欠損遺伝子とは変異部位が異なっていました。この遺伝子は *lox1-785* と呼称しました。実用的な低 LOX 品種を育成するために、「大系 LM1」や「大系 LM2」を1回親として、「サチホゴールド」や「アスカゴールド」を反復親とする戻し交配の戦術をとりました。交配と選抜を、世代促進温室を利用して実行すれば、早期に品種育成できると考えたからです。「大系 LM1」に「サチホゴールド」を5回戻し交配した中から、平成26（2014）年に国内初の低 LOX 品種の育成に成功しました。通常では12年かかるところを9年と短期間で開発できました。

低 LOX 以外の特性は「サチホゴールド」と全く同じであったことから（図3）、「ニューサチホゴールド」と名付けました。この品種はビール醸造過程で LOX 活性や過酸化脂質生成が減少することを確認するとともに、一定期間保存

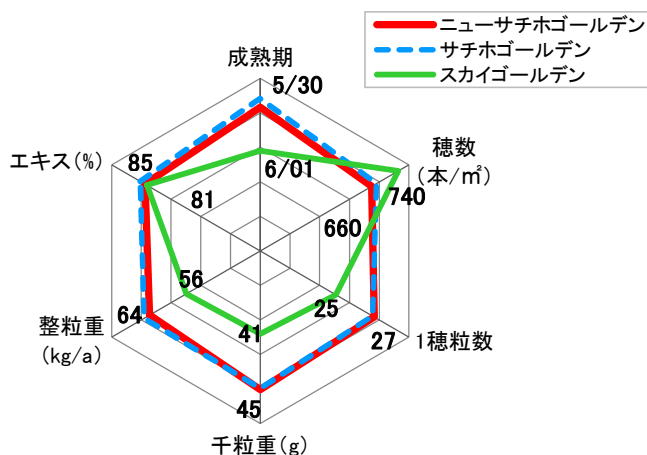


図3 「ニューサチホゴールド」の特性

後のビール香味が優れることを立証しました。栃木県では 2019（令和元）年産より全てのビール大麦が「ニューサチホゴールデン」に切り替わっています。

3 機能性を追求した食用大麦の育種

ビール大麦の品質研究の成果を食用大麦育種に応用した例を紹介します。大麦種子中に含まれるポリフェノール的一种であるプロアントシアニジンはビールの濁りの原因となるので、プロアントシアニジンフリー（PAF）突然変異系統を外国から取り寄せて日本の品種と交配しました。その中から PAF 系統を選抜しましたが、穂発芽耐性が劣るため一旦育種を中断しました。平成 14（2002）年に民官共同研究として育種を再開しました。その結果、PAF 系統はビール用としては不適格でしたが、精麦用として実需者の要望に叶う特性を備えていたので、平成 20（2008）年に最良の系統を「とちのいぶき」として育成しました。この品種は PAF 遺伝子 *ant28* を有するため、プロアントシアニジン含有率が極めて低く、炊飯麦の加熱・保温による色相の変化が極めて小さいのが最大のセールスポイントです（写真 2）。

その後、「ニューサチホゴールデン」で実用化された低 LOX 特性を食用大麦に応用することを目指しました。麦ご飯が敬遠される一因として“麦臭”がありますが、低 LOX にすることで麦臭を低減できると考えたからです。それに加えて、機能性の β -グルカン含有率が高まることと、食感が良くなる理由で糯（もち）性の付与を目指しました。こうして平成 29（2017）年に「もち絹香」を育成しました。低 LOX、PAF、糯性を兼ね備え、短程で倒伏しにくいので栽培しやすく、多収を狙うことが可能ですので、今後の普及拡大が期待されています（写真 3）。

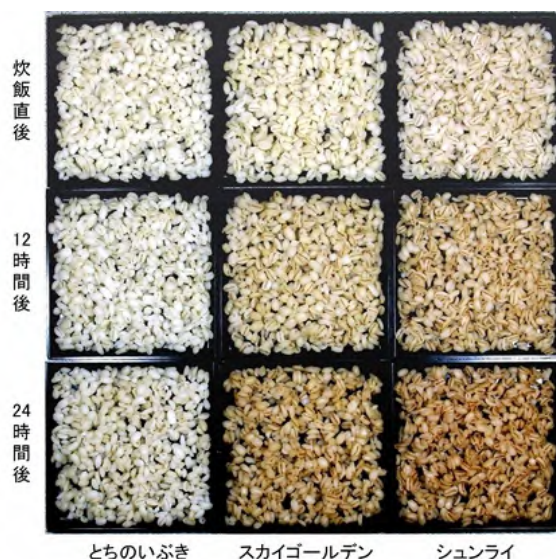


写真 2 「とちのいぶき」の炊飯麦色相の経時変化



写真 3 「もち絹香」の乳熟期頃の草姿
※左から「サチホゴールデン」「とちのいぶき」「もち絹香」

4 今後の研究の方向性

今後は、麦作農家の経営安定化と栃木麦ブランド力向上のために、生産と品質のさらなる高位安定化を目指していきます。現在、品種開発では気候変動でクローズアップされている穂発芽、不稔、病害などに対する耐性強化に取り組んでいます。また、ビール用途の他にも機能性成分の含有量が多く、美味しい食用大麦の開発にも力を注いでいます。

育種の基盤技術としては、効率アップのための DNA マーカーの開発を引き続き行っていきます。これまでに縞萎縮病抵抗性遺伝子 *rym3*（連鎖マーカー）、LOX-1 欠損遺伝子 *lox1-785*、PAF 遺伝子 *ant28*、穂発芽耐性（休眠性）遺伝子 *qsd1* については独自に DNA マーカーを開発しました。縞萎縮病抵抗性遺伝子 *rym5*、秋播性遺伝子 *Vrn-H2*、日長感应性遺伝子 *PhyC*、糯性遺伝子 *wx*、高アミロース遺伝子 *amo1* などは他で開発して公開された技術を活用しています。今後もより多くの形質について、さらに効率よく迅速に検定が可能な DNA マーカーの開発を進めたいと考えます。以上のことにスピーディーに取り組み、一日でも早く現地に役立つ技術の開発を目指します。

（麦類研究室）