第 2 節　麦類等の冬作物に関する試験研究

本県の麦作は全国有数であり、土地利用型農業の重要な冬作物に位置づけられ、生産振興が図られている。3 麦 (二条大麦、六条大麦、小麦)の作付面積は、この 20 年間で若干の浮沈はあるが、14,000 ha 前後で推移しており、約 7 割を二条大麦が占める。

二条大麦の大半を占めるビール大麦の栽培は従前から、最も体系的に整備された取引形態といわれている大手ビール会社と生産者団体による契約取引の上で行われているが[1]、3 年毎の契約更改の度に、契約数量未達や需要量そのものの減少等の影響で契約限度数量を減らしているのが実情である。しかしながら、全国ベースに比べて本県の下げ幅は小さく、全国に占める本県のシェアは 20 年間で 29 %から 41 %に増加しており、本県ビール大麦の重要性が益々高まっている。なお、契約限度数量の減少にもかかわらず作付面積が維持されているのは、見込み単収を実績に基づき引き下げて契約達成率の向上に努めているからである。

このような状況の中、ビール大麦の課題は第一に高い契約達成率を実現するための高位安定生産であると考え、大麦縞萎縮病等の病害抵抗性や、早生、多収、凍霜害耐性等の特性を備えた新品種の開発とその栽培法確立に取り組んできた。また、ビール大麦に求められる品質は、この 20 年間でエキス分が多いことや、デンプン分解酵素活性 (ジアスターゼ力)が高いことに加え、麦芽の溶けが適正であることや、麦汁 β-グルカンが低いことも重要視されるようになり、さらに最近ではビールの香味耐久性 (鮮度)向上にも目を向けられるなど多岐にわたっており、新たな項目にも対応した高品質特性を備えた新品種の開発にも力を注いできた。

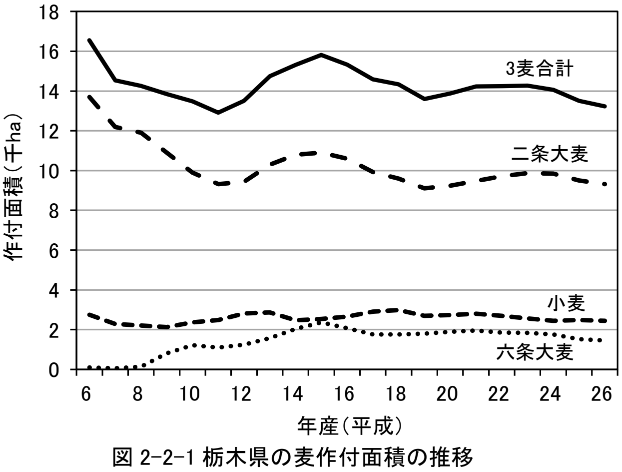

図 2-2-1 栃木県の麦作付面積の推移

注)　農林水産省「作物統計」より作成.

一方、六条大麦、小麦及び大粒二条大麦については需給制度がこの 20 年間で様変わりした。つまり、国際化への対応や「需要と生産のミスマッチ」解消のために、平成 12 年産を境に従来の政府間接統制から民間流通体制へと移行した[2]。これにより、需要に応じた高品質品種を安定的に生産することの重要度が益々強まった。そのため、麦類の新品種選定基準を栽培特性の優秀性のみならず、実需者評価も重視して行ってきた。同時に、高品質安定生産技術の確立にも取り組んできた。大粒二条大麦については、ビール大麦の契約限度数量減少に伴う作付面積減少を未然に防ぐために、高付加価値を持たせた食用等の新たな需要を開拓する品種開発にも取り組んだ。

1　二条大麦の品種育成に関する試験

高品質、早生、多収、大麦縞萎縮病及びうどんこ病抵抗性、凍霜害耐性等を育種目標にした。平成 6 年度から 25 年度までに、交配は 4,299 組合せ (基礎試験用を含む)行い、育種法は、F3 まで集団を維持し F4 以降個体・系統選抜する派生系統育種法を中心とし、一部を系統育種法、戻し交雑育種法とした。F1 から F3 までの集団は、平成 18 年度までは F1 を場内ガラス温室(7 から 10 月)、F2 を鹿児島県(11 から 4 月)、F3 を北海道(5 から 8 月)で養成し、1 年で 3 世代進めていたが、現在では F1 のみ世代促進している。栃系 244 から栃系 359 の 116 系統を系統適応性検定試験及びビール大麦育成系統合同比較試験(系比試験)等に供試し、この内、21 系統に関東二条 28 号から 44 号及び栃木二条 45 号から 48 号を付し、各県奨励品種決定調査及びビール大麦育成系統合同比較試験 (品比試験)等に供試した。なお、指定試験地として平成 22 年度までに育成した系統には関東二条番号を、それ以降に育成した系統には栃木二条番号を付けている。

この中からビール大麦として、タカホゴールデン (関東二条 28 号)、スカイゴールデン (関東二条 32 号)、サチホゴールデン (関東二条 35 号)、アスカゴールデン (関東二条 42 号)を品種登録申請した。これらの品種については、高品質安定生産

引用文献
1) 鴻巣 正, ビール麦の契約取引の意義と展開. 調査と情報 205: 10-16 (2003)
2) 横山英信, 「新たな麦政策」と国内麦需給. 農業市場研究 50: 3-13 (2000)

の実現のために育成と同時期に、品種特性に適した栽培法を提示した。また、高付加価値品種として、とちのいぶき (関東二条 41 号)、HQ10 (栃木二条 48 号)を品種登録申請した。

(1)　ビール大麦の品種育成

ア　タカホゴールデン

平成 6 年産においてヤチホゴールデンが現場製麦・醸造試験で問題点が見つかり、試験栽培の途中で生産中止の判断が下された。当時、作付面積 1 位のミサトゴールデンは、大麦縞萎縮病抵抗性の早生・多収品種であるが、ビール醸造品質が不十分であると指摘されていた。一方、同病抵抗性で早生のミカモゴールデンは品質が極めて優れる品種であるが、小粒であることやうどんこ病に罹病するなど栽培特性に問題があった。また、大麦縞萎縮病に罹病するあまぎ二条等の作付けも多く、被害が増大していた。そこで、ミサトゴールデン並の早生・多収性を持ち、大麦縞萎縮病及びうどんこ病に抵抗性で、醸造品質が優れる品種の育成を行った。

(ｱ) 育成経過及び品種特性

タカホゴールデンは、醸造品質が優れ、うどんこ病抵抗性の大系 R2068 (Mona/新田二条 1 号//新田二条 1 号)を母、栃系 144 (後のミサトゴールデン)を父とする組合せから、栃木分場で育成された。交配は昭和 57 年度に行われ、63 年度より栃系 211 として系統適応性検定試験及び本県奨励品種決定調査(平成元年度より)等に供試、平成 3 年度より関東二条 28 号を付し各県奨励品種決定調査等に供試し、成績優秀なため、6 年度に品種登録申請した (品種登録：平成 9 年 3 月、登録番号：第 5547 号)。

本品種の特性は、ミサトゴールデンに比べ、出穂期は同程度の早生種。稈長はやや短く、穂数は同程度で、耐倒伏性も同程度である。千粒重や整粒歩合は大きく、整粒重は同程度かやや優れる。外観品質は優れ、大麦縞萎縮病ウイルスⅠ型系統及びうどんこ病に抵抗性である。麦芽品質をあまぎ二条と比べると、エキス、粗蛋白含量、可溶性窒素は同程度かやや高く、コールバッハ数とジアスターゼ力は同程度かやや低く、麦芽 β-グルカンとフライアビリティは優れ、総合的にやや優れた。(昭 57-平 6：指定試験事業)

栃木農試研報 43：107-126 (1995)

栃木農試成果集 14：15-16 (1995)

(ｲ) 栽培法

栃木分場の細粒灰色低地土水田で試験を実施した。タカホゴールデンは子実粗蛋白含量が変動しやすく、その増加に伴い醸造品質が低下するので、窒素施肥量は水稲跡ドリル播で 0.7 kg/a 程度とし、多肥栽培には向かないことを明らかにした。またこの試験では当時主力品種でありながら整粒歩合の低下が指摘されていたミカモゴールデンについても試験を行い、安定生産のためには施肥量・播種量ともに控えめとし、水稲跡ドリル播で窒素施肥量 0.6kg/a、播種量 0.6 から 0.8 kg/a 程度とする指針を示した。(平 8-9：指定試験事業)

栃木農試成果集 17：17-18 (1998)

栃木農試研報 48：39-46 (1999)

(ｳ) 普及状況

平成 7 年産より現場製麦・醸造試験のための試験栽培が始まり、3 年後から一般栽培に移行したが、最大普及面積は 11 年産の約 1,550 ha にとどまった。本品種はミカモゴールデンに替わる品種 (ミサトゴールデンは醸造品質に問題があり平成 9 年産を最後に生産中止)として大きな期待がかけられたが、耐倒伏性が優れるが故に、多肥栽培による高蛋白化を招き、これが大きな要因となって生産撤退を余儀なくされた。この教訓からこれ以降は新品種を現場に出す際には栽培法を併せて提示するよう努めた。

イ　スカイゴールデン

大麦縞萎縮病ウイルスⅢ型系統の被害が昭和 62 年に確認され、平成 10 年頃には県南部全域に発病するまで拡がった。ウイルスⅢ型系統は従来抵抗性 (後にウイルスⅠ型系統抵抗性と改められる)とされた、当時の主力品種ミカモゴールデンなども罹病することから、被害回避のため、Ⅰ型とⅢ型の両系統に抵抗性の高品質品種育成が急務であった。なおウイルスⅡ型系統は、ビール大麦品種の大部分が抵抗性を持つので問題になることはない。

(ｱ) 育成経過及び品種特性

スカイゴールデンは、醸造品質が優れ、うどんこ病抵抗性の関東二条 25 号を母、大麦縞萎縮病ウイルスⅠ・Ⅲ型抵抗性の栃系 216 を父とする組合せから、栃木分場で育成された。交配は平成元年度に行われ、7 年度より栃系 258 として系統適応性検定試験等に供試、9 年度より関東二条 32 号を付し各県奨励品種決定調査等に供試し、成績優秀なため、12 年度に品種登録申請した(品種登録：平成 15 年 11 月、登録番号：第 11466 号)。

本品種の特性は、ミカモゴールデンに比べ、出穂期は 1 から 2 日早い早生種。稈長は同程度、穂長はやや長く、穂数は同程度かやや少ない。千粒重や整粒歩合は明らかに大きく、

整粒重は優れる。外観品質は同程度。大麦縞萎縮病ウイルスⅠ-Ⅲ型系統 (後にⅠ-Ⅴ型系統抵抗性であることが判明)及びうどんこ病に抵抗性である。麦芽品質については、エキス、ジアスターゼ力、最終発酵度は高く優れるが、粗蛋白含量が同程度で高くなりやすい。可溶性窒素とコールバッハ数も高い。麦汁 β-グルカンと麦汁粘度は同程度で優れる。

現場製麦･醸造試験を開始するに当たり、可溶性窒素やコールバッハ数が高く、「蛋白質の溶けすぎ」が問題点として指摘され、急遽、製麦を種々の条件に設定した試験を行った。その結果、本品種は製麦の初期段階から澱粉、蛋白質、細胞壁多糖の分解が進む特性があるが、浸漬度を低く発芽温度を高く設定すれば、「蛋白質の溶けすぎ」を緩和できることを示した。その後、現場製麦･醸造試験を本品種に適した条件で試験してもらえることになり、子実粗蛋白含量を適正範囲に収めれば対応可能という回答をビール会社から得ることができた。(平 1-12：指定試験事業、平 11-12：受託試験【麦緊急開発】)

栃木農試研報 50：1-18 (2001)

栃木農試研報 50：19-25 (2001)

栃木農試成果集 20：5-6 (2001)

栃木農試成果集 20：15-16 (2001)

(ｲ) 栽培法

栃木分場の細粒灰色低地土水田で試験を実施した。スカイゴールデンは窒素施肥量を多くすると子実粗蛋白含量が高くなりやすく多肥栽培には適さないことがわかった。水稲跡ドリル播の適正な窒素施肥量は 0.6 から 0.8 kg/a であったが、現場圃場との地力差を考慮し、0.55 から 0.65 kg/a とした。播種量については、多播にすると少播や標準播に比べ子実粗蛋白含量が低くなったが、整粒歩合が低下するなど、本品種の特長を出せなかったことから、水稲跡ドリル播の適量は 160 から 190 粒/㎡ (約 0.8 kg/a 相当)と判断した。(平 13-14：受託試験【21 世紀プロ】、平 15：受託試験【ブランド･ニッポン】)

栃木農試新技術シリーズ 9 (2004)

栃木農試研報 53：35-41 (2005)

栃木農試成果集 23：45-46 (2005)

(ｳ) 普及状況

平成 13 年産より現場製麦・醸造試験のための試験栽培が始まり、3 年後から一般栽培に移行した。当初はビール大麦契約対象品種の限定品種にランクされたが、翌年 (平成 17 年産)に指定品種に格上げされた。最大普及面積は平成 22 年産の約 7,200 ha である。平成 24 年産に不稔粒が多発し、これが原因で高蛋白化を招いた。これを境に作付けを急激に減らしたが、本品種の普及により、深刻だった大麦縞萎縮病ウイルスⅢ型系統の被害から救うことができた。本県以外では岡山県が平成 25 年度に採用した。

ウ　サチホゴールデン

本品種の育成当時 (平成 17 年頃)、スカイゴールデンが順調に作付面積を拡大させていたが、ビール醸造品質に若干の問題点を抱えていた。一方、主力品種ミカモゴールデンは、醸造品質が高く評価されていたが、栽培性に問題があった。そこで、大麦縞萎縮病ウイルスⅠ・Ⅲ型系統に抵抗性で栽培性が優れ、醸造品質が優れる品種を育成する必要があった。

(ｱ) 育成経過及び品種特性

サチホゴールデンは、早生・短稈の大系 R4224 (新田系 30/大系 R3180 (後の関東二条 29 号))を母、麦芽品質が優れ多収で広域適応性がある、関東二条 29 号を父とする組合せから、栃木分場で育成された。両親ともに大麦縞萎縮病ウイルスⅠ・Ⅲ型に抵抗性である。交配は平成 5 年度に行われ、11 年度より栃系 284 として系統適応性検定試験等に供試、13 年度より関東二条 35 号を付し各県奨励品種決定調査等に供試し、成績優秀なため、17 年度に品種登録申請した(品種登録：平成 21 年 2 月、登録番号：第 17311 号)。

本品種の特性は、ミカモゴールデンに比べ、出穂期は 4 日早く成熟期は同程度の早生種。稈長は短く、穂長は長く、穂数はやや少ない。千粒重や整粒歩合は明らかに大きく、整粒重は 2 割程度多い。外観品質はやや優れるが、側面裂皮粒の発生がやや多い。大麦縞萎縮病ウイルスⅠ-Ⅲ型系統及びうどんこ病に抵抗性である。麦芽品質については、エキスは約 2 %高く優れる。ジアスターゼ力は高く、最終発酵度は同程度である。粗蛋白含量はやや低く、可溶性窒素は同程度からやや高いため、コールバッハ数は高い。麦汁 β-グルカンは低く優れ、麦汁粘度は同程度である。

関東二条 35 号を付ける段階で、スカイゴールデンの時のように「蛋白質の溶けすぎ」が懸念されたが、製麦の発芽温度を 3 段階設定し、発芽期間中の可溶性窒素と β-グルカンを調査したところ、両形質ともにサチホゴールデンはミカモゴールデンとスカイゴールデンのほぼ中間値であることがわかり、不安を払拭できた。(平 5-17：指定試験事業、平 14：受託試験【21 世紀プロ】、平 15-17：受託試験【ブランド･ニッポン】)

栃木農試研報 58：59-77 (2007)

栃木農試成果集 25：3-4 (2007)

表 2-2-1 ビール大麦品種の諸特性一覧

品種名	育成年度	出穂期	成熟期	稈長	穂長	穂数	整粒重	千粒重	エキス	麦芽粗蛋白	コールバッハ数	ジアスターゼ力	麦汁β-グルカン
		月.日	月.日	cm	cm	本/㎡	kg/a	g	d.m.%	d.m.%	%	WK/TN	mg/L
タカホゴールデン	1994	4.16	5.28	103	5.8	782	51.3	43.6	82.6	9.2	49.3	200	64.4
スカイゴールデン	2000	4.19	5.30	98	5.9	822	50.2	40.5	84.3	9.9	54.3	237	19.3
サチホゴールデン	2005	4.16	5.28	94	6.6	760	53.5	44.2	84.6	9.7	51.6	252	23.2
アスカゴールデン	2011	4.18	5.29	94	6.0	886	53.7	42.0	84.3	9.7	46.9	262	19.8

注）アスカゴールデン参考成績書, スカイゴールデン参考成績書, タカホゴールデン参考成績書より作成.

(ｲ) 栽培法

栃木分場の細粒灰色低地土水田で試験を実施した。サチホゴールデンは、窒素施肥量を少なくすると、穂数を確保できず大幅な減収となり、側面裂皮粒の発生が多くなった。一方で多肥にすると子実重及び整粒歩合が高まったが、稈長が高くなり倒伏の可能性が高くなった。よって、水稲跡ドリル播では、やや多肥の 0.65 から 0.75 kg/a が適すると判断した。播種量を多くすると、穂数がやや多くなるが 1 穂粒数及び千粒重が小さくなるため増収効果はなかった。一方で少なくすると、子実粗蛋白含量が高くなる傾向が見られた。よって、水稲跡ドリル播の適正播種量は 0.85 kg/a と判断した。播種時期は、早播 (10/28) では側面裂皮粒の発生が多く見られ、遅播 (11/25)では子実粗蛋白含量が増加したので、標準播 (11/18)が適した。(平 16-18：指定試験事業)

栃木農試研報 59：37-43 (2008)

栃木農試成果集 26：14-15 (2008)

栃木農試新技術シリーズ 15 改訂版 (2015)

(ｳ) 普及状況

平成 18 年産より現場製麦・醸造試験のための試験栽培が始まり、3 年後からビール大麦契約対象品種の指定品種にランクされ一般栽培に移行した。徐々に普及拡大しており、平成 26 年産の普及面積は約 17,000ha と、全国のビール大麦作付面積の 6 割強をシェアしている。本県ではビール大麦の約 8 割を占める。本県の他には群馬県、滋賀県、京都府、佐賀県、大分県が採用している。また、島根県や山口県でも採用の動きがあるなど今後も拡大する見込みである。

エ　アスカゴールデン

前に育成したサチホゴールデンは麦芽の溶けが進みやすいものの許容範囲内であり、ビール原料として高い評価を受けている一方で、ビール原料に求める特性はビール製造の多様化の中で二分化し、ミカモゴールデン並に麦芽の溶けが適正な特性を持つ品種が求められていた。加えて、サチホゴールデンは大麦縞萎縮病ウイルスⅣ型とⅤ型系統に罹病することがわかり、将来被害が発生する懸念が生じた。そこで、麦芽の溶けが適正で、大麦縞萎縮病Ⅰ-Ⅴ型まですべてのウイルス系統に抵抗性を有する品種が必要とされた。

(ｱ) 育成経過及び品種特性

アスカゴールデンは、早生・多収で大麦縞萎縮病ウイルスⅠ-Ⅲ型に抵抗性の栃系 283 (サチホゴールデンの兄弟系統)を母、麦芽の溶けが適正で同病ウイルスⅠ-Ⅴ型に抵抗性の九州二条 15 号を父とする組合せから育成された。交配は平成 12 年度に行われ、18 年度より栃系 326 として系統適応性検定試験等に供試、20 年度より関東二条 42 号を付し各県奨励品種決定調査等に供試し、成績優秀なため、23 年度に品種登録申請した (品種登録：平成 25 年 3 月、登録番号：第 22415 号)。

本品種の特性は、サチホゴールデンに比べ、出穂期は 2 日遅く成熟期は 1 日遅い早生種。稈長は同程度、穂長は短く、穂数は多い。千粒重や整粒歩合はやや小さいが、整粒重は同程度である。外観品質も同程度だが、側面裂皮粒の発生は少ない。また、大麦縞萎縮病ウイルスⅠ-Ⅴ型系統及びうどんこ病に抵抗性である。麦芽品質については、エキス、ジアスターゼ力は同程度で、最終発酵度はやや高い。粗蛋白含量は同程度だが、可溶性窒素は低く、コールバッハ数も低い。麦汁 β-グルカンと麦汁粘度は同程度である。可溶性窒素とコールバッ

写真 2-2-1 ビール大麦品種の立毛
左からスカイゴールデン，サチホゴールデン,アスカゴールデン

ハ数はミカモゴールデンと同程度で適正である。(平 12-22：指定試験事業、平 23：実用技術開発事業)

栃木農試成果集 30：17-18 (2012)

栃木農試研報 71：1-25 (2013)

(ｲ) 栽培法

栃木分場の細粒灰色低地土水田で、穂数型品種アスカゴールデンの持つ高品質・安定多収性を発揮させるための栽培法を検討した。窒素施肥量を多くすると穂数が立ちすぎて千粒重や整粒歩合が低下し、標準量の施肥と収量が変わらなかった。よって、水稲跡ドリル播の適正施肥量は、サチホゴールデンよりも少ない 0.55 から 0.65 kg/a とした。一方、播種量に関しては少播でも一定の穂数を確保でき多収となった。逆に標準量では穂数が立ちすぎて収量が低下することから、水稲跡ドリル播の適正播種量はサチホゴールデンよりも 2 割少ない 0.65 から 0.7kg/a とした。播種時期は遅れると子実粗蛋白含量が高まるので、11 月中旬の標準播が最適であった。(平 21-22：指定試験事業、平 23：実用技術開発事業)

栃木農試成果集 32：3-4 (2014)

栃木農試新技術シリーズ 14 (2014)

栃木農試研報 73：1-10 (2015)

(ｳ) 普及状況

平成 24 年産より現場製麦・醸造試験のための試験栽培が始まり、26 年度にビール大麦契約対象品種の指定品種にランクされ、翌年産から一般栽培に移行する。平成 26 年産の普及面積はまだ 128 ha であるが、本県では今後普及拡大させる計画であり、群馬県、島根県、岡山県 (以上はビール大麦)、茨城県 (大粒大麦)でも採用に向けて有望視している。

オ　低リポキシゲナーゼ活性大麦

大麦種子のリポキシゲナーゼ (LOX)は、ビールの香味耐久性や泡持ち性等を低下させる。そこで、低 LOX 活性大麦の開発とそれに関わる基盤研究を行った。

(ｱ) 品種育成

低 LOX 活性の有望系統として、現在 (平成 25 年度)、栃木二条 45 号、同 47 号、栃系 356 を育成中である。栃木二条 45 号は大系 LM1 を母、サチホゴールデンを父とする F1 にサチホゴールデンを 5 回戻し交配して育成された準同質遺伝子系統である。最初の交配は平成 17 年度に行われ、21 年度より栃系 348 として系統適応性検定試験等に供試、23 年度より栃木二条 45 号を付し各県奨励品種決定調査等に供試している。

栃木二条 47 号は大系 LM1 を母、サチホゴールデンを父とする F1 にスカイゴールデンを 4 回交配して育成されたスカイゴールデン準同質遺伝子系統である。最初の交配は平成 17 年度に行われ、22 年度より栃系 351 として系統適応性検定試験等に供試、24 年度より栃木二条 47 号を付し各県奨励品種決定調査等に供試している。

栃系 356 は大系 LM2 を母、アスカゴールデンを父とする F1 にアスカゴールデンを 5 回戻し交配して育成された。最初の交配は平成 19 年度に行われ、24 年度より栃系 356 として系統適応性検定試験等に供試している。(平 17-22：指定試験事業、H23-24：実用技術開発事業、H25：農食科学技術研究推進事業)

育種学研究 17 (別 1)：65 (2015)

(ｲ) 基盤研究

低 LOX 活性大麦の開発を開始するに当たり、先ず主要な国内ビール大麦品種・系統の LOX 活性を調査し、原麦 LOX (LOX-1)活性に最大 2.2 倍の差異があり、育成年次の古い品種に高活性ものが多いことを明らかにした。次に、色素退色反応を利用した大豆の LOX アイソザイム判別法を一部改変した LOX 活性簡易評価法を用いて、アメリカ六条大麦 Karl にアジ化ナトリウムによる突然変異誘発処理を行った M2 個体から LOX-1 活性欠失個体を見出し、大系 LM1 とした。大系 LM1 の *Lox-1* 遺伝子の塩基配列解析を行ったところ、第 3 エクソン内で 1 塩基置換によるナンセンス変異を生じていることが明らかとなり、既報の LOX-1 活性欠失系統とは変異部位が異なっていた。

また、サチホゴールデンにアジ化ナトリウム突然変異誘発処理した M2 から LOX-1 活性欠失の大系 LM2 を選抜した。大系 LM2 の *Lox-1* 遺伝子は、第 2 エクソン内の 1 塩基置換によるナンセンス変異であることが明らかになり、やはり既報の LOX-1 活性欠失系統とは変異部位が異なっていた。この変異箇所を利用した CAPS マーカーと 2 塩基ミスマッチを導入したミスマッチプライマーを開発し、*Lox-1* 遺伝子の正常型、変異型、ヘテロ型の判別が可能となった。

さらに、LOX-1 活性欠失に加えて、発芽時に誘導される LOX-2 活性を欠失した系統を選抜するために、園芸用セルトレイで 25 ℃ (室温)4 日間発芽させた幼根を細胞磨砕機で粗抽出し、96 穴プレートを用いて色素退色反応により測定する簡易法を確立した。

大系 LM1 と原品種 Karl を用いて、麦芽品質と精麦品質の分析を行った。麦芽品質には両系統間で大きな差異は見られ

ず、*Lox-1* 欠損遺伝子 *lox1* は麦芽品質に悪影響を及ぼさないと考えられた。また、55 %搗精麦 10 g の密閉容器を用いた少量炊飯法による官能比較を行い、大系 LM1 は麦飯固有の臭いが少ないことが明らかとなった。(平 17-22：指定試験事業)

育種学研究 9：55-61 (2007)

栃木農試成果集 26：2-3 (2008)

栃木農試成果集 28：45-46 (2010)

栃木農試成果集 29：57-58 (2011)

カ　関東二条 29 号

関東二条 29 号は、<西海皮 33 号/栃系 133//あまぎ二条>F4 を母、栃系 166 を父とした組合せから、栃木分場で育成された。交配は昭和 59 年度に行われ、平成 2 年度より栃系 225 として系統適応性検定試験等に供試、4 年度より関東二条 29 号を付し各県奨励品種決定調査等に供試した。成熟期が中生のあまぎ二条よりも遅かったので品種にするのを断念したが、その後の育種に極めて重要な役割を果たした。

本系統は、麦芽品質が極めて優れ、両親や系譜上の親よりも上回っていることから、高品質に関与する遺伝子が集積した可能性がある。また、収量性が高く、その要因としては 1 穂粒数が多く登熟が良いためである。高品質と高収量性は、九州から北海道まで発揮され、広域適応性を持つと考えられる。また本系統は、大麦縞萎縮病ウイルスⅠ-Ⅲ型系統抵抗性で抵抗性遺伝子 *rym3* を持つ最初の配付系統である。それまでは *rym3* を持つ有望系統が育成できず、*rym3* は劣悪な農業特性と連鎖していると考えられていた。本系統は、優れた特性からその育種上不利な連鎖を打破したものと推測され、実際に本系統を交配親に使った後代から多くの有望系統が生まれている。サチホゴールデンは系譜上に本系統が 3/4 含まれ、多くの優良特性がサチホゴールデンに受け継がれた。また、アスカゴールデンの母はサチホゴールデンの兄弟系統であり、アスカゴールデンの中にも本系統の優良特性は受け継がれていると考えられている。(昭 59-平 7：指定試験事業)

栃木農試研報 44：91-108 (1996)

栃木農試成果集 15：19-20 (1996)

キ　β-グルカン欠失大麦

大麦や麦芽の β-グルカンは、麦汁ろ過工程での操業性に劣悪な影響を及ぼすことから、β-グルカン欠失大麦系統の開発を目指した。

岡山大学資源生物研究所で作出された赤神力の β-グルカン欠失突然変異である OUM125 (並性)を母材として、栃木分場において平成 20 年度に大系 HV37 を育成した。組合せは、関東二条 32 号を母、<<栃系 253/OUM125 (並性)>F2//栃系 253>F3 を父とし、交配は平成 9 年度に行われた。なお、関東二条 32 号は後のスカイゴールデン、栃系 253 は大麦縞萎縮病ウイルスⅠ-Ⅴ型系統抵抗性の多収系統である。大系 HV37 の特性は、ミカモゴールデンに比べ、β-グルカン含量が極めて低く、麦汁が低粘度でろ過時間が短い。他の麦芽品質についてはエキス、ジアスターゼ力がともに低い。農業特性については、寒さに弱く分げつが抑制される。出穂期及び成熟期は 4 日遅く、稈長は短く、穂数はやや少ない。粒が細長く整粒歩合が低く低収である。このように改良の余地が多く残されているが育種素材として活用されている。

また、サチホゴールデンにアジ化ナトリウムによる突然変異誘発した M3 から β-グルカンを欠失した T-793A と T-1612A を選抜した。この 2 系統は、サチホゴールデンに比べ、出穂期及び成熟期が 5 から 7 日遅い中生種で、稈長が短く穂数はやや少ない程度だが、千粒重が軽く低収である。耐寒性は劣るが大系 HV37 よりは優れる。2 系統について遺伝子解析を行ったところ、OUM125 (並性)と同座であるセルロース合成酵素様遺伝子 *HvCSLF6* のコード領域中の各々異なる箇所にアミノ酸置換をもたらす 1 塩基置換が見出された。さらに、それぞれの変異を検出する CAPS マーカーを開発した。(平 9-22：指定試験事業)

栃木農試成果集 28：47-48 (2010)

栃木農試成果集 30：67-68 (2012)

ク　低蛋白大麦

ビール大麦は子実粗蛋白含量が高すぎるとエキスの低下、麦汁濾過の遅延、ビール混濁等の原因となる。また低すぎると、酵素力の低下や酵母の栄養源不足を引き起こす。そのため適正範囲が 10.0 から 11.0% と定められている。遺伝的に粗蛋白含量が低い品種があれば、施肥量を現行より増やしても適正粗蛋白含量のビール大麦を生産でき、高品質多収化に役立つと考え開発を行った。

子実粗蛋白含量が特異的に低い六条大麦 Karl を栃木分場では昭和 50 年代後半に積極的に交配親に使用し、<Karl/野洲二条 3 号 (後のさつきばれ)>F1 を母、吉系 8 (後のニシノゴールド)を父とする組合せから大系 HC-15 を育成した (交配は昭和 58 年度)。本系統は子実粗蛋白含量が安定して低く中間母本として優れていたので、平成 7 年度に二条大麦中間母本農 1 号として登録された。

大系 HC-15 は、子実粗蛋白含量がミカモゴールデンよりも

2.1 %低く、多くの品種・系統と比較して最も低いクラスである。麦芽品質についてはエキスがミカモゴールデンよりも高く総合評点でも優れる。交配親の Karl は晩生、長稈、耐倒伏性「弱」、大麦縞萎縮病「弱」であり、日本での栽培には適さないが、本系統はミカモゴールデン並に栽培性が改良された。しかしながら、窒素転流特性は Karl と一般品種の中間であることがわかり、種子貯蔵蛋白質の一種であるホルデインの含有比が特異的に低い Karl の特性も引き継いでいなかった。そこで今一度 Karl に立ち返り、ミカモゴールデン/Karl の組合せから、平成 10 年度に大系 HL138 を育成した。(昭 58-平 12：指定試験事業)

その後、低蛋白特性を有する Research を母、関東二条 35 号 (後のサチホゴールデン)を父とする組合せから、栃木分場において平成 19 年度に大系 HU48 を育成した (交配は平成 15 年度)。本系統は、子実粗蛋白含量がミカモゴールデンよりも 1 %以上低く、熟期や収量性がサチホゴールデンと同程度に優れ、大麦縞萎縮病ウイルスⅠ-Ⅲ型系統及びうどんこ病に抵抗性である。ただし、寒さによる葉先枯れが見られることがあるのと、耐倒伏性が劣ることが欠点である。麦芽品質についてはサチホゴールデンとほぼ同程度である。まだ改良の余地が残されているが育種素材として利用されている。(平 15-21：指定試験事業)

日作紀 63：247-253 (1994)
栃木農試研報 41：1-49 (1994)
栃木農試研報 44：67-82 (1996)
栃木農試成果集 15：21-22 (1996)
栃木農試成果集 30：63-64 (2012)

(2)　高付加価値大麦の品種育成

ア　プロアントシアニジンフリー大麦

大麦種子のプロアントシアニジンなどのポリフェノール類は、ビール濁りの原因となることの他に、炊飯時の褐変の原因物質でもある。そのため、プロアントシアニジンフリー (PAF)大麦の開発とそれに関わる基盤研究を行った。

(ｱ) とちのいぶきの育成

a 育成経過及び品種特性

とちのいぶきは栃系 253 を母、<栃系 216/ant28-494>F1 を父とする組合せから、栃木分場で育成された。栃系 253 及び栃系 216 は大麦縞萎縮病ウイルスⅠ-Ⅴ型系統抵抗性であり、ant28-494 は PAF である。交配は平成 6 年度に行われ、10 年度に大系 HL107 として選抜したが、穂発芽耐性が劣るため育種を中断した。平成 14 年度に民・官共同研究として育種を再開し、18 年度より栃系 331 として系統適応性検定試験及び本県奨励品種決定調査等に供試、19 年度より関東二条 41 号を付し各県奨励品種決定調査等に供試した。その結果、ビール用としては不適であるが、精麦用として実需者から期待されたので、平成 20 年度に品種登録申請した(品種登録：平成 24 年 3 月、登録番号：第 21710 号)。

本品種の特性は、スカイゴールデンに比べ、出穂期、成熟期は同程度だが、ビール大麦ではないので 2-3 日早く収穫できる。稈長はやや短く、穂長は長く、穂数は多い。千粒重、整粒歩合、整粒重は同程度である。側面裂皮粒の発生は少なく外観品質は優れる。大麦縞萎縮病ウイルスⅠ-Ⅴ型系統に抵抗性だが、うどんこ病に罹病する。赤かび病抵抗性は同程度の「やや強」である。穂発芽耐性は劣り「極易」である。精麦時間はやや長いが、精麦白度は高く砕粒率が低く精麦特性は優れる。本品種は *PAF* 遺伝子 *ant28* を有するため、プロアントシアニジン含量が極めて低く、炊飯麦の加熱・保温による色相の変化が極めて小さい。(平 6-20：指定試験事業、平 16-19：高度化事業)

栃木農試成果集 28：1-2 (2010)
栃木農試研報 66：53-66 (2011)

b 普及状況

平成 21 年産に栽培を開始してから徐々に作付けを増やし、26 年産の普及面積は約 230 ha である。実需者から一定の需要がある。

写真 2-2-2 とちのいぶきの炊飯麦色相の経時変化

(ｲ) 基盤研究

栃木分場で育成した *PAF* 遺伝子 *ant13*、*ant17*、*ant28* を有する系統の農業特性及び品質 (麦芽品質、精麦品質、炊飯後褐変特性)を評価した。大系 HL107 (後のとちのいぶき)等、*ant28* を有する系統は、他よりも整粒重が重く、ミカモゴールデンよりも優れていた。しかし、いずれの PAF 系統も穂発芽耐性が劣った。麦芽品質も *ant28* を有する系統が他よりも相対的に優れたが、ジアスターゼ力が低く、麦汁 β-グルカンが高かった。すべての PAF 系統で炊飯後褐変は認められず、精麦白度も高く優れていた。砕粒率は *PAF* 遺伝子との関連性はなく、その他の要因によって大きな系統間差異が見られた。

次に、作物研究所育成の各種 *PAF* 遺伝子を持つ準同質遺伝子系統を用いて、*PAF* 遺伝子の違いによる麦芽品質の差異を詳細に調査した。その結果、*ant28* と *ant29* を有する系統は麦芽品質が優れ、*PAF* 遺伝子の中では有望と考えられた。ただし、*PAF* 遺伝子を有する準同質遺伝子系統は、すべて穂発芽耐性が反復親品種よりも 1-2 ランク劣った。また、PAF 系統は栽培条件を変えて子実粗蛋白含量を高めると精麦時間が長くなり精麦白度が劣るが、炊飯後褐変の程度には影響しないことが明らかとなった。(平 16-19：高度化事業)

PAF 遺伝子 *ant28* と 0.4-0.9cM で連鎖する DNA マーカーを開発した。このマーカーは国内の主要な大麦品種で利用可能であった。また、共優性の CAPS マーカーであるので、ヘテロ判別が可能であり、戻し交雑育種法と組み合わせることで、PAF 品種の育種が効率的になると考えられた。(平 20-21：指定試験事業)

栃木農試研報 58：79-86 (2007)
栃木農試成果集 25：45-46 (2007)
栃木農試成果集 27：4-5 (2009)
育種学研究 11 (別 1)：194 (2009)
栃木農試成果集 28：43-44 (2010)
栃木農試研報 66：37-42 (2011)

イ　プロアントシアニジンフリー・低リポキシゲナーゼ活性大麦

炊飯麦の褐変が起こりにくい *PAF* 遺伝子 *ant28* と、ビール香味耐久性向上効果があり麦臭低減効果も期待される *Lox-1* 欠損遺伝子 *lox1* の導入・集積を図り、精麦適性とビール醸造適性を併せ持つ革新的高付加価値大麦の開発を行った。

lox1 を有する<大系 LM1/サチホゴールデン*4>BC3F3 を母、*ant28* を有する大系 RF0831 を父とする組合せから、栃系 353 を育成した。交配は平成 18 年度に行い、23 年度より系統適応性検定試験等に供試した。栃系 353 の特性は、とちのいぶきに比べ、精麦時間は同程度だが砕粒率はやや少ない。精麦色相の黄色みが少なく白度が高い。炊飯麦の褐変は同程度で極めて少ない。一方、麦芽品質をサチホゴールデンと比べると、可溶性窒素及びコールバッハ数は同程度で、ジアスターゼ力は高いが、エキスが低く、最終発酵度がやや低く、総合的に見るとビール醸造品質は劣る。農業特性をサチホゴールデンと比べると、出穂期及び成熟期は 3 日程度遅い「やや早生」で、稈長は同程度に短い。収量性はやや劣るがスカイゴールデン並である。大麦縞萎縮病ウイルスⅠ-Ⅲ型系統及びうどんこ病に抵抗性である。穂発芽耐性は劣り、とちのいぶき並の「極易」である。本系統は精麦特性が優れたが、穂発芽耐性が改善されていないことから、二条番号付与を断念した。(平 18-22：指定試験事業、平 22-23：受託試験【水田底力】、平 24-25：受託試験【革新的低コスト】)

栃木農試成果集 33：31-32 (2015)

ウ　極高ジアスターゼ大麦

麦芽のジアスターゼ力は、澱粉分解酵素の総活性であり糖化工程の要となる形質である。そこで、ジアスターゼ力が一般の品種よりも極めて高い品種の開発とそれに関わる基盤研究を行った。

(ｱ) HQ10 の育成

a 育成経過及び品種特性

HQ10 は、関東二条 32 号 (後のスカイゴールデン)を母、<大系 HG32//<大系 HC-15/四 R 系 1363>F1>F4 を父とする組合せから育成された。交配は平成 9 年度に行った。なお、四 R 系 1363 は高リジン遺伝子 *lys1* を有し、ジアスターゼ力の主活性である β-アミラーゼ活性が高いことが知られていた。平成 15 年度に極高ジアスターゼ力の大系 HQ10 を選抜し、その後交配母本として活用するとともに固定化を図った。平成 20 年度よ

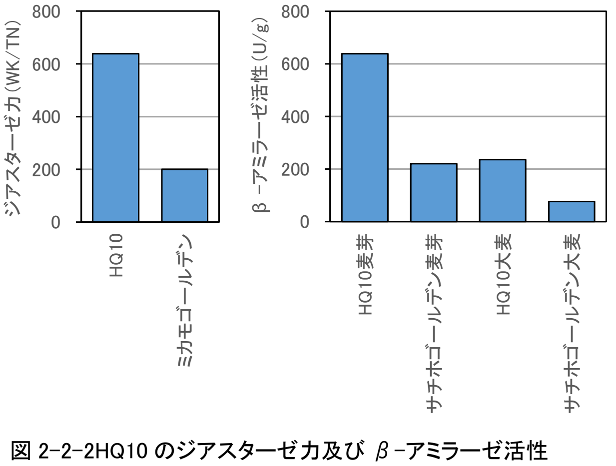

図 2-2-2HQ10 のジアスターゼ力及び β-アミラーゼ活性

り生産力検定試験等に供試したが、収量性が劣ることから系統適応性検定試験は行わなかった。その後実需者から高 β-アミラーゼ活性の大麦品種の要望があったことから、平成 24 年度より栃木二条 48 号を付し本県奨励品種決定調査等に供試した。その結果、極高ジアスターゼ力を活かした新たな需要創出が期待できることから、平成 26 年 4 月に品種登録申請した。

本品種の特性は、ミカモゴールデンに比べ、粗蛋白含量が高く、ジアスターゼ力及び β-アミラーゼ活性が約 3 倍高い。水感受性は劣り、エキスは同程度からやや低く、最終発酵度は高い。農業特性については、出穂期は同程度だが成熟期は 5 日程度遅い「やや早生」で、稈長はやや長く、穂長は長い。整粒重はほぼ同程度だが、千粒重が軽く整粒歩合が低い。大麦縞萎縮病ウイルスⅠ-Ⅴ型系統及びうどんこ病に抵抗性である。

HQ10 について、浸漬後発芽期間中の緑麦芽の澱粉糖化力を調査したところ、いずれのステージでもサチホゴールデンに比べて有意に高かったが、増加パターンはサチホゴールデンと同様であり、最初の 24 時間の増加率が最大で、その後穏やかに増加し、72 から 96 時間でほぼ最高値に達した。(平 9-22：指定試験事業、平 23-25：県単)

栃木農試成果集 30：61-62 (2012)

栃木農試成果集 31：55-56 (2013)

b 栽培法

異なる栽培条件における β-アミラーゼ活性や収量性の特性を把握し、酵素活性が向上する高品質安定栽培法を検討した。β-アミラーゼ活性は、追肥時期が遅く、追肥量が多くなるほど増加した。β-アミラーゼ活性の向上に伴い、比活性 (β-アミラーゼ活性 units/粗蛋白含量 mg)も増加するので、追肥がもたらす窒素成分が効果的に酵素生合成に寄与していると考えられた。また、出穂後の追肥により整粒歩合や千粒重が増加し、粒大の改善効果が認められた。播種量については β-アミラーゼ活性や収量性に及ぼす影響は見られなかった。(平 25：県単)

第 239 回作物学会講演会要旨集：153 (2015)

c 普及状況

高蛋白になりやすい地域に対してビール大麦の代替品種としての普及が期待できることから、平成 26 年産から約 3 ha の試験栽培を開始した。

(ｲ) 基盤研究

a ジアスターゼ力の簡易選抜法

麦芽ジアスターゼ力の効率的な選抜法を開発するため、2 種類の RIL 集団 (大系 HG32/ミサトゴールデン、関東二条 25 号/南系 B4641)を用いて農業形質との関連を調査した。その結果、麦芽ジアスターゼ力と高い相関がある原麦ジアスターゼ力は、うどんこ病抵抗性の有無 (1H 染色体)、葉鞘毛の有無 (4H 染色体、秋播性遺伝子と連鎖)を指標に選抜できることを示した (平 8-10：受託試験【新用途畑作】)。

また、原麦で麦芽ジアスターゼ力を評価する方法をミカモゴールデン/Harrington の DH 系統を用いて検討した。還元剤を用いない場合の原麦 β-アミラーゼ活性 (活性型)は、β-アミラーゼ遺伝子 (*Bmy1*)の遺伝子型別に見れば麦芽ジアスターゼ力との間に正の相関が認められた。より効率的な方法としては、還元剤を用いて不活性型を活性型に変換した後に原麦 β-アミラーゼ活性を測定すれば、遺伝子型に関わりなく麦芽ジアスターゼ力を推定できることを明らかにした。(平 11-12：受託試験【麦緊急開発】、平 13：受託試験【21 世紀プロ】)

栃木農試研報 48：47-52 (1999)

栃木農試成果集 18：9-10 (1999)

栃木農試成果集 21：3-4 (2002)

栃木農試研報 53：17-25 (2005)

b 極高ジアスターゼ力の簡易選抜法

高リジン遺伝子 *lys1* を有する四 R 系 1363 (HQ10 の交配親)及びその後代系統について、極高ジアスターゼ力を効率的に選抜する方法として、原麦の SKCS 値 (穀粒硬度計 SKCS4100)を測定する簡易法を確立した。SKCS 値は小麦の硬軟質性を支配するピュロインドリンと相同性を持つ大麦ホルドインドリン B2 遺伝子 *Hinb-2* の遺伝子型に支配され、*Hinb-2* 欠損型が高 SKCS 値で硬質となる。国内の主要なビール大麦品種・系統はほとんどが正常型で軟質であった。SKCS 値の品質に及ぼす影響を調査したところ、高 SKCS 値になるに従い精麦時間は長くなった。また、高 SKCS 値になると砕粒率は低くなる傾向が見られたが、それほど強い関係ではなく、砕粒率は SKCS 値と千粒重との一次回帰式で推定できることを示した。(平 15-19：指定試験事業)

栃木農試成果集 24：3-4 (2006)

日作紀 77 (別 1)：164-165 (2008)

栃木農試成果集 28：41-42 (2010)

日作紀 81：292-298 (2012)

(3)　品種育成を支える基盤研究

ア 大麦縞萎縮病抵抗性に関する研究

(ｱ) ウイルス系統の同定

抵抗性遺伝子 *rym5* を侵すウイルスⅢ型系統が昭和 62 年に茨城県で最初に発見され、栃木県壬生町でも平成 3 年に発病が認められ、その後 1-2 年後に被害が拡大していることが確認された。また、山口県及び栃木県大田原市で抵抗性遺伝子 *rym3* を侵すウイルス系統は、判別品種の反応とウイルス外被蛋白質のアミノ酸相同性から、それぞれⅤ型、Ⅳ型とされた。さらに、判別品種の反応の違いから宮城県でもⅠ-Ⅴ型と異なるウイルス系統が確認され、ウイルス外被蛋白質のアミノ酸相同性からも別クラスターに分類された。(平 4-22：指定試験事業)

育種学雑誌 47 (別 1)：279 (1997)

Archives of Virology153：1783-1786 (2008)

栃木農試成果集 27：2-3 (2009)

日作紀 79：29-36 (2010)

栃木農試成果集 30：59-60 (2012)

(ｲ) Ⅲ型発病の収量及び品質への影響

ウイルスⅢ型系統が発病する圃場において、抵抗性遺伝子 *rym5* を有する品種の減収程度は 35-40 %であることが確認された。また、麦芽品質については麦芽エキスの低下が認められた。(平 11-12：受託試験【麦緊急開発】、平 13：受託試験【21 世紀プロ】)

栃木農試研報 51：1-8 (2002)

栃木農試成果集 21：7-8 (2002)

(ｳ) *rym3* 及び *rym5* の遺伝解析

大麦縞萎縮病Ⅲ型ウイルス系統に抵抗性のはがねむぎ由来抵抗性遺伝子 *rym3* の早期導入を目指し、*rym5* を単独に持つ系統と *rym3* を単独に持つ系統の交配組合せの F5 及び F6 における遺伝子型頻度をⅠ型及びⅢ型に対する抵抗性の有無とエステラーゼアイソザイム遺伝子型により解析した。その結果、理論値に比べ *rym5* ホモの頻度は高く、*rym3* ホモの頻度は低くなることが明らかとなり、*rym5* の近傍に優れた農業形質遺伝子が連鎖しているか、*rym3* の近傍に劣悪な農業形質遺伝子が連鎖していると推測され、*rym3* を持つ系統の育成には農業形質を選抜する前の初期世代での選抜が必要であることを提唱した。(平 1-6：指定試験事業)

栃木農試成果集 13：45-46 (1994)

栃木農試研報 43：95-106 (1995)

日作紀 77：174-182 (2008)

栃木農試研報 67：1-55 (2012)

(ｴ) *rym3* 及び *rym5* の対立遺伝子の同定と育種素材の開発

有用な抵抗性遺伝子を持つ遺伝資源に、はるな二条等を戻し交雑して育成した系統について、Ⅰ型、Ⅱ型、Ⅲ型及びⅤ型ウイルス系統に対する反応を調査した。その結果、*rym3* と同座と見なされている、はがねむぎ、イシュクシラズ、会津 6 号、倍取、朝鮮及び米イラズ由来の抵抗性遺伝子は全てⅠ-Ⅲ型に抵抗性でⅤ型に罹病することが明らかとなった。また、*rym3* の 5H 染色体上の連鎖分析を行った。さらに、*rym5* と同座と見なされている、羽系 I-41、横綱及び Solan の抵抗性遺伝子は、従来の *rym5* とは反応が異なることから作用の異なる対立遺伝子であることなどが明らかとなった。育成系統はその後も戻し交雑を続け、収量、麦芽品質ともに反復親のはるな二条に近づいた準同質遺伝子系統を育成し、育種素材とした。(平 5-11：指定試験事業)

育種学雑誌 47 (別 1)：277 (1997)

栃木農試研報 47：65-77 (1998)

栃木農試成果集 17：11-12 (1998)

栃木農試成果集 21：5-6 (2002)

(ｵ) *rym3* の DNA マーカー開発

ダイセンゴールド (罹病性)/Ea52 (*rym3*)の F3 分離集団を用いて、各系統の抵抗性反応を調べるとともに、抵抗性と罹病性の各々10 系統から DNA バルクを作成し、これを鋳型とする RAPD 解析を行い、多型を示したプライマーセットについて、各系統の多型と抵抗性反応の連鎖解析により、*rym3* と 0.6cM の組換価を持つマーカーを開発した。(平 6-10：受託試験【DNA マーカー育種】)

その後の研究で、*rym3* 座乗領域の EST 配列から作成したプライマー等から、解析集団の親の塩基配列を決定し、得られた配列多型を基に CAPS マーカーを作成した。作成した 2 種類のマーカーは *rym3* の上流 0-0.5cM と、下流 1.4cM にそれぞれ位置していた。(平 19-22：指定試験事業)

栃木農試成果集 16：13-14 (1997)

栃木農試成果集 30：65-66 (2012)

(ｶ) 未利用遺伝子の評価

既知の抵抗性遺伝子 *rym1-15* (*rym10*、*14* を除く)について、大麦縞萎縮病ウイルスⅠ-Ⅴ型系統に対する反応を調査した。すべてのウイルス系統に抵抗性を示したのは *rym1* と *rym5* (木石港 3)、あるいは *rym3* と *rym5* (スカイゴールデン、とちのい

ぶき)を集積した遺伝子型であった。また、マイルドモザイクウイルスに対する反応も調査したところ、*rym1*、*2*、*7*、*12*、*13* 及び *15* が抵抗性を示した。(平 21-22：指定試験事業、H23-24：実用技術開発事業、H25：農食科学技術研究推進事業)

日作紀 81 (別 2)：20-22 (2012)

栃木農試成果集 31：53-54 (2013)

イ　赤かび病及びストレス抵抗性に関する研究

(ｱ) 赤かび病に関する研究

麦類の赤かび病は産生される毒素デオキシニバレノール(DON)により安全性が損なわれることから重要病害の一つとされている。そこで育成系統について、赤かび病抵抗性程度と DON 産生程度をポット検定法により評価した。その結果、ほとんどの系統は抵抗性「強」から「やや強」であり、DON 産生も少なかった。また、ミサトゴールデン/カシマムギの SSD 系統を用いて圃場検定法により抵抗性程度と穂形態の関連性を調査したところ、抵抗性に関わる形質は条性及び穂密度が大きく、次いで開閉花性であった。(平 13-18：指定試験事業)

栃木農試成果集 22：9-10 (2003)

育種学研究 8 (別 1)：189 (2006)

(ｲ) 凍霜害、湿害等のストレスに関する研究

秋播性程度Ⅱ-Ⅲで日長反応性がやや大きいヤチホゴールデンについて播種期移動試験を行い、茎立期が春播性品種より遅く幼穂凍死率が顕著に低いことを明らかにするとともに、極早播区の 3 月中旬の幼稈長が春播性品種と同等以上だったにもかかわらず幼穂凍死率が低かったことから純粋に耐凍性が強いことが示唆された (平 2-4：指定試験事業)。

大麦の耐湿性は小麦より弱く栽培上大きな問題となっていることから、耐湿性に関して選抜指標の検討、育成系統及び遺伝資源の評価を行った。その結果、出芽 10 日後から幼苗期にかけて 3 週間の湛水処理を行い、節間伸長前に黄化程度を示す「黄化指数」で評価する方法が耐湿性の一次スクリーニング基準として有効であった。また、遺伝資源の中から耐湿性が優れる有用素材を見出した。(平 16-17：指定試験事業)

種々のストレスに対して耐性のある品種を育成する目的で、秋播性程度や草型等の異なるビール大麦育成系統を用い、冬期寒暖、地力差及び湿害の影響を想定した栽培試験を行い、収量や麦芽品質の変動率を調査した。冬期寒暖を想定した播種期移動試験では早播きは凍霜害の影響で変動が大きかったが、秋播性系統 (関東二条 43 号、大系 RD0521)は変動が小さかった。地力差を想定した施肥試験では少肥は変動が大きかったが、秋播性系統 (大系 RD0521)や穂数型系統 (関東二条 42 号)は変動が小さかった。湿害を想定した湛水試験 (分げつ期処理及び出穂・登熟期処理)では、分げつ期処理よりも出穂・登熟期処理の方がより低収となったが、秋播性系統(関東二条 43 号、大系 RD0521)や穂重型系統 (関東二条 40 号)は変動が小さかった。麦芽品質についても分げつ期処理よりも出穂・登熟期処理の方がより劣化したが、秋播性系統 (大系 RD0521)は比較的変動が小さかった。(平 18-21：受託試験【加工プロ】)

栃木農試研報 42：53-64 (1994)

育種学雑誌 45 (別 1)：221 (1995)

栃木農試研報 59：55-60 (2008)

栃木農試成果集 26：6-7 (2008)

栃木農試研報 66：43-52 (2011)

栃木農試成果集 29：41-42 (2011)

栃木農試成果集 29：55-56 (2011)

(ｳ) 不稔及び穂発芽被害の実態調査

平成 24 年産において不稔粒の多発が大きな問題となった。不稔粒は、平成 24 年 4 月下旬～5 月上旬に日最高気温 26～27℃の日が数日続く高温により発生した。調査の結果、不稔粒の発生には品種間差があり、スカイゴールデンは宇都宮市で約 30％、栃木市で約 10％と多発した。一方、サチホゴールデン、アスカゴールデンの不稔粒率は数％と少なかった。また、不稔粒発生割合と子実蛋白質含有率との間には、強い正の相関関係(r=0.845)が認められた。このため不稔粒の多発したスカイゴールデンの一部で、高蛋白化を招き、ビール大麦として扱われない事態となった。(平 23：県単)

平成 26 年産ビール大麦において穂発芽粒が県内全域に発生し、甚大な被害となった。発生ほ場の平均穂発芽粒率は 33％で、これによる栃木県の損害額は約 20 億円であった。今回の穂発芽の発生要因は、登熟期後半の高温(平年差+5.7℃)、成熟期の多雨(平年比 964％)と低温(平年差-4.2℃)と考えられた。調査の結果、スカイゴールデンは他の品種に比べて穂発芽率が少なく、品種間差が認められた。また、成熟期の発芽率と成熟期 4 週間後の発芽率の間には関連性がないことから、穂発芽耐性が優れる実用的なビール大麦品種の育成が可能であることが推察された。(平 25：県単)

育種学研究 15 (別 2)：245 (2013)

第 239 回作物学会講演会要旨集：153 (2015)

ウ　品質評価法の開発に関する研究

(ｱ) 麦芽の｢溶け｣に関する研究

a 細胞壁多糖の「溶け」に関する選抜法

麦芽の｢溶け｣が重要視され始めたので、細胞壁多糖で、溶けの指標になる β-グルカンに着目した研究を行った。原麦 β-グルカンは､高蛋白麦ほど高含量になり製麦中の溶けも緩慢になること、β-グルカン含量の遺伝的改良のために F5 世代での選抜が可能であり近赤外分析装置の利用が有効であることを示した。また、麦芽 β-グルカン含量、β-グルカナーゼ活性及びフライアビリティについても F5 世代での選抜が可能であることを明らかにした。さらに、麦汁 β-グルカン含量は麦芽 β-グルカン含量及び β-グルカナーゼ活性の代用が可能であり､Congo Red 法を用いることにより測定が簡易になり選抜の効率化が図れることを明らかにした。(平 6-7：受託試験【高品質輪作】、平 8-9：指定試験事業)

もう一つの細胞壁多糖であるアラビノキシランについて､酸加水分解液をオルシノールにより呈色させる簡易測定法を確立させた。後に、酸加水分解した遊離アラビノース量を、ガラクトースデヒドロゲナーゼによる反応で生成する NADP 量で定量する方法に改良した。(平 9-14：指定試験事業)

栃木農試成果集 13：69-70 (1994)

栃木農試研報 43：127-138 (1995)

栃木農試成果集 14：19-20 (1995)

育種学雑誌 45：471-477 (1995)

育種学雑誌 45 (別 1)：257 (1995)

栃木農試研報 47：57-64 (1998)

栃木農試成果集 17：13-14 (1998)

栃木農試研報 48：49-64 (1999)

栃木農試成果集 18：13-14 (1999)

b 細胞壁多糖の「溶け」に関する QTL 解析

β-グルカナーゼ活性は熱失活しやすいなど評価が難しいこともあり、β-グルカンの溶け関連形質を的確に評価するために QTL 解析を行った。先ず Clipper/ヤチホゴールデンの後代系統集団を用い､β-グルカナーゼアイソザイムⅡ構造遺伝子 (7H 動原体近傍)の PCR 増幅産物に DNA 多型が存在すること、Clipper 型を示す系統の β-グルカナーゼ活性が有意に高いことを明らかにした。

次に、関東二条 25 号/南系 B4641 の RIL 集団を用い、溶け関連形質の QTL 解析を行った。その結果、β-グルカナーゼ活性が 5H、原麦 β-グルカン含量と麦芽 β-グルカン含量が 1H、麦汁 β-グルカン含量が 2H と 7H に QTL 領域が検出された。また､アラビノキシラン含量の QTL 解析を関東二条 25 号/南系 B4641 の RIL 集団を用いて行ったところ、1H と 2H に QTL 領域が検出された。(平 6-10：受託研究【DNA マーカー育種】)

育種学雑誌 48 (別 1)：148 (1998)

育種学雑誌 48 (別 1)：149 (1998)

育種学研究(別 1)：22 (1999)

育種学研究 (別 1)：23 (1999)

c 麦芽の「溶け」の要因解明

スカイゴールデンの育成が大きな契機となり､麦芽の溶けに関する育種目標が、澱粉や細胞壁多糖の溶けは従来どおりに溶けやすい方向で、蛋白質の溶けは進みすぎる方向から適正になるように方向転換が図られた。そこで、蛋白質の溶けが適正な品種を育成するために､スカイゴールデンの過剰に蛋白質が溶ける特性の要因を解析した。その結果、種子貯蔵蛋白質の遺伝子型とは関連せず、プロテアーゼ活性が高いことと、原麦高分子 β-グルカンが少ないことの相互作用により､製麦過程での種子軟化が進みやすくプロテアーゼによる蛋白質分解が容易になったことによると推察された。(平 14：受託試験【21 世紀プロ】、平 15-17：受託試験【ブランド･ニッポン】)

育種学研究 5 (別 2)：115 (2003)

(ｲ) 水感受性に関する研究

遺伝資源を評価した中から見出された水感受性が極めて低く優れる系統 WI-2585 と、ニシノチカラとの RIL 集団を用いて水感受性の遺伝解析を行ったところ､WI-2685 並の水感受性を持つ系統の出現頻度がニシノチカラ並の系統より多く、またニシノチカラを超える極高水感受性を示す系統も分離した。関東二条 25 号/南系 B4641 の RIL 集団を用いて QTL 解析を行ったところ、2H 染色体長腕に寄与率の高い QTL 領域があることが推定された。(平成 8-10：受託試験【DNA マーカー育種】)

育種学雑誌 45 (別 1)：258 (1995)

育種学研究 1 (別 1)：40 (1999)

(ｳ) 機能性成分に関する研究

ビール大麦の原麦粉は、玄米粉に比べて総遊離アミノ酸含量が 3 倍以上多いこと、製麦すると総遊離アミノ酸含量が原麦粉の 6 から 13 倍に増加すること､ビタミン E の中では特に抗酸化性の優れる α-トコトリエノールが多いことなどを明らかにした。(平 16-17：受託試験【ジーンバンク事業】)

栃木農試成果集 26：40-41 (2008)

栃木農試研報 63：69-75 (2009)

(エ) その他の品質形質に関する研究

a 粗蛋白含量の近赤外分析

近赤外分析装置を用いた粗蛋白含量の測定法を確立するため、粉体サンプルと原麦非破壊サンプルを比較検討した。粉体サンプルでは 1.1g の少量でも標準誤差 0.24 の高精度で測定可能であった。また、原麦非破壊でも標準誤差 0.26 で測定可能であった。(平 9-10：指定試験事業)

栃木農試研報 48：53-58 (1999)

栃木農試成果集 18：11-12 (1999)

b 最終発酵度測定法の検討

最終発酵度測定法の再検討を行い、従来の 7 日間静置発酵法は EBC-analytica 法の 48 時間振とう発酵法による測定値との間に 0.95 の相関があることを認めるとともに、7 日間静置発酵法の方が約 2 %低くなることを明らかにした。(平 13-14：指定試験事業)

栃木農試成果集 22：11-12 (2003)

エ 変異拡大に関する研究

関東二条 29 号の早生化をねらってγ線照射による突然変異誘発処理を行った。目的とした実用的な早生系統を得ることができなかったが、育種上あるいは遺伝解析上有用と思われる突然変異系統を多数獲得した。(平 7-8：指定試験事業)

また、サチホゴールデンのアジ化ナトリウムによる突然変異誘発処理から裸性を 2 系統 (U490、 T883A)作出した。皮性遺伝子 *Nud* を解析したところ、U490 では AP2/ERF ドメイン内の 1 塩基置換、T883A では C-terminal モチーフ内の 1 塩基置換が見出された。(平 17-20：指定試験事業)

突然変異処理による有用系統の作出は、各項に記述したようにリポキシゲナーゼ-1 欠失やβ-グルカン欠失でも成功している。

遺伝変異を拡げる目的で、国の事業で行われた遺伝資源探索チームの一員としてパキスタン北西部から 133 点を収集した。また、数多くの大麦遺伝資源について一次及び二次特性を評価した。(平 7-9：受託試験【遺伝資源】)

栃木農試成果集 20：13-14 (2001)

育種学研究 12 (別 1)：99 (2010)

日作紀 80：254-255 (2011)

栃木農試成果集 30：69-70 (2012)

オ　育種法に関する研究

(ア) 循環選抜法及び一代雑種法

遺伝的組換の機会を多くして有用遺伝子を効率良く集積させるために、遺伝子雄性不稔を利用した循環選抜法を検討した。農業研究センター (現農研機構作物研究所)から雄性不稔系統の分譲を受け、収量性や高品質性など有用形質を持つ品種を数回交配し、有用形質集積雄性不稔系統を作出した。また、雄性不稔遺伝子 (*msg6*)と密に連鎖した標識遺伝子 (*o*：橙色頴、*sex1a*：しわ粒)により識別した可稔系統と混合採種することにより、変異性に富んだ他殖性の有用形質集積集団を作出した。(平 7-12：指定試験事業)

二条大麦の一代雑種利用の可能性を検討するため、ミサトゴールデンと外国の 21 品種との F1 について農業形質及び麦芽品質を調査し、ヘテロシスは稈長、1 穂粒数、千粒重及び整粒歩合等に顕著に表れること、麦芽品質には少なくともマイナス効果はないことを示した。(昭 61-63：指定試験事業)

栃木農試研報 44：83-90 (1996)

栃木農試成果集 15：35-36 (1996)

(イ) QTL 解析及び DNA マーカー育種

細胞壁多糖の溶け関連形質や水感受性の QTL 解析の他にも、関東二条 25 号/南系 B4641 の RIL 集団を用い、RFLP マップと農業形質調査をとおして、出穂期、成熟期、稈長、穂長、粒大、粒重、穀皮のしわ・厚さ、茎立性、不稔障害抵抗性など多くの形質の QTL 領域を明らかにした。また、RFLP 分析の非放射性検出法として ELC 法と DIG 法を比較検討した。(平 6-10：受託試験【DNA マーカー育種】)

各項に記述したように、原麦リポキシゲナーゼ遺伝子 *lox-1*、プロアントシアニジンフリー遺伝子 *ant28*、大麦縞萎縮病抵抗性遺伝子 *rym3* 等の DNA マーカー開発を行った。この内、*Lox-1* 欠損を検出できる CAPS マーカー及びミスマッチプライマーと、外国で開発された、製麦中の蛋白質分解に関わるセリンプロテアーゼ遺伝子 *Cxp1*、大麦縞萎縮病抵抗性遺伝子 *rym5*、うどんこ病抵抗性遺伝子 *mlo*、秋播性遺伝子 *vrn-H2* について、日本品種への適応性を評価するとともに、育種利用上の問題点を明らかにした。(平 16-19：指定試験事業)

栃木農試研報 46：49-56 (1997)

栃木農試成果集 16：15-16 (1997)

育種学研究 (別 1)：40 (1999)

栃木農試研報 59：45-54 (2008)

栃木農試成果集 26：4-5 (2008)

2　麦類の品種選定に関する試験

平成 6 年度から 25 年度までの 20 年間に、県単事業で実

施した奨励品種決定調査により、次に掲げる品種 (二条大麦：6 品種、六条大麦：2 品種、小麦：4 品種)が本県の奨励品種に採用された。同時に、品種特性に適した栽培法を確立した。なお、本県で育成したビール用二条大麦品種の栽培法確立試験は、品種育成の一環として行ったので、前項でとりあげた。

(1) 二条大麦

ア　タカホゴールデン

本県育成品種。本県への適応性を試験するため、平成元年度より栃系 211 として予備調査、3 年度より関東二条 28 号として本調査に供試し、6 年度に採用された。特性及び栽培法は前出のとおり。

平成 7 年産から 16 年産まで生産され、最大普及面積は 11 年産の約 1,550ha であった。

イ　みょうぎ二条

本品種は、サッポロビール株式会社 (群馬県太田市新田)において、栃系 144 (後のミサトゴールデン)を母、高品質のやす系 50 (後のさつきばれ)を父とした組合せから育成された。本県への適応性を試験するため、新田二条 13 号として平成 2 年度より予備調査、4 年度より本調査に供試し、7 年度に採用された。本品種は、あまぎ二条と比較して、出穂期は 2 日、成熟期は 4 日早い早生種。稈長及び穂長は短く、穂数はやや少ない。耐倒伏性が優れ、千粒重、整粒歩合、整粒重は同程度。粒の外観品質も同程度であるが、側面裂皮粒の発生が多い。麦芽品質については、エキスは高く、コールバッハ数はやや高い。ジアスターゼ力及び最終発酵度は同程度で総合的に優れる。

早生・短強稈で栽培しやすく県南地域を中心に平成 7 年産から 20 年産まで生産された (最大普及面積は平成 17 年産の約 690 ha)。

栃木農試成果集 15：3-4 (1996)

ウ. スカイゴールデン

本県育成品種。本県への適応性を試験するため、平成 9 年度より関東二条 32 号として予備調査、10 年度より本調査に供試し、12 年度に採用された。特性及び栽培法は前出のとおり。

平成 13 年産からの 3 年間の試験栽培の後、徐々に普及拡大した。最大普及面積は平成 22 年産の約 7,200 ha で、その後は徐々にサチホゴールデンに切り替わっている。

栃木農試成果集 20：7-8 (2001)

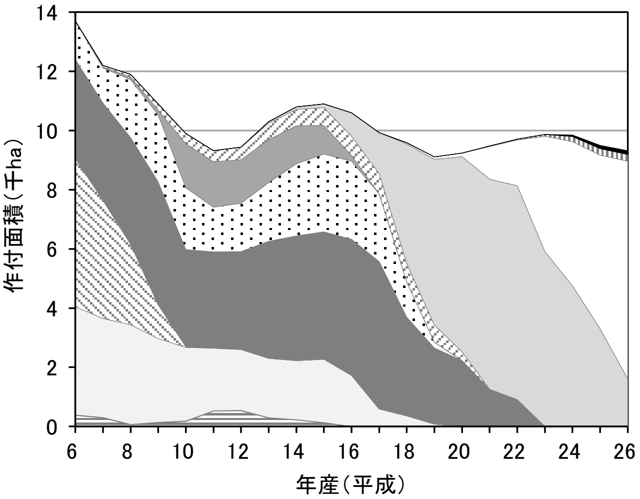

図 2-2-3 栃木県における二条大麦の作付面積推移
作付面積合計は農林水産省「作物統計」より,品種別割合は県データより作成.

エ. サチホゴールデン

本県育成品種。本県への適応性を試験するため、平成 13 年度より関東二条 35 号として予備調査、14 年度より本調査に供試し、17 年度に採用された。特性及び栽培法は前出のとおり。

平成 18 年産からの 3 年間の試験栽培の後、徐々に普及拡大している。平成 26 年産の作付面積は約 7,400 ha で、ビール大麦の約 8 割を占める。

オ. とちのいぶき

(ｱ) 採用経過

本県育成品種。本県への適応性を試験するため、平成 18 年度より栃系 331 として予備調査、19 年度より関東二条 41 号として本調査に供試し、22 年度に採用された。特性は前出のとおり。

栃木農試成果集 30：13-14 (2012)

(ｲ) 栽培法

本場黒ボク土水田 (転換畑)でドリル播栽培の試験を実施した。窒素施肥量が基肥 0.4kg/a+ 茎立期追肥 0.2 から 0.3 kg/a の体系で、千粒重、整粒歩合、整粒重がともに優れ、精麦白度も高く優れていた。播種時期は 11 月上旬播きで整粒重が重く精麦白度が高くなった。播種量は 0.6 から 0.8 kg/a で整粒歩合、千粒重ともに向上した。また、真岡市の現地圃場で栽培したところ、整粒重が現行の二条大麦の平均単収比 124 %と多

収となり、収益性を試算した結果、小粒大麦から転換する場合、総収入は 6,352 円から 15,194 円/10a 増加した。(平 19：高度化事業、平 20-21：実用技術開発事業)

栃木農試成果集 29：3-4 (2011)

(ｳ) 普及状況

平成 21 年産から生産が始まり徐々に普及しているが、近年伸び悩んでいる。平成 26 年産の作付面積は約 230 ha である。

カ. アスカゴールデン

本県育成品種。本県への適応性を試験するため、平成 20 年度より関東二条 42 号として予備調査、21 年度より本調査に供試し、23 年度に採用された。特性及び栽培法は前出のとおり。

平成 24 年産から試験栽培が始まり、27 年産から一般栽培に移行する予定。平成 26 年産の作付面積は 128ha である。

栃木農試成果集 31：11-12 (2013)

(2) 六条大麦

ア　シュンライ

(ｱ) 採用経過及び品種特性

シュンライは、長野県農事試験場において、ミノリムギを母、東山皮 68 号を父とした組合せから育成された。本県への適応性調査は昭和 60 年度から開始したが、平成 2 年度に採用の見込みがないために試験を中止した。その後、実需者からの六条大麦への要望が高まり、六条大麦の作付けを本作化するにあたり、過去の成績が良好であったために平成 7 年度に採用された。本品種は、カシマムギと比較して、出穂期は 1 から 4 日、成熟期は 4 から 8 日遅い中生種。稈長は長く、穂長はやや長い。穂数は同程度で耐倒伏性は優れる。千粒重は重く収量は多い。大麦縞萎縮病には比較的強いが高度抵抗性は持たない。うどんこ病にはやや弱い。精麦品質については、精麦時間が短く、精麦歩留及び精麦白度が高く、加工適性は優れる。

写真 2-2-3 ビール大麦合同比較試験登熟期調査

栃木農試成果集 15：5-6 (1996)

(ｲ) 栽培法

本場黒ボク土水田で水稲跡ドリル播栽培の試験を実施した。シュンライは早播き (10 月第 6 半旬)しても茎立ちがそれほど早まらず、幼穂凍死の発生が少なかった。また、早播きは千粒重がやや軽くなるが、1 穂粒数が多くなり収量は標準播き (11 月第 1 半旬)に比べても遜色なかった。遅播き (11 月第 2 から 3 半旬)では精麦白度が低下し加工適性が劣った。多肥 (窒素 1.2 kg/a)は少肥 (0.6 kg/a)や標肥 (0.9 kg/a)に比べて収量が増加するが、倒伏が発生するとともに精麦時間が長くなり精麦白度が低下した。以上のことから、播種時期は 10 月第 6 半旬から 11 月第 1 半旬、窒素施肥量は 0.6 から 0.9 kg/a が適正であるとした。(平 7-10：県単)

栃木農試成果集 17：3-4 (1998)

(ｳ) 普及状況

平成 15 年産に約 2,200 ha まで普及拡大したが、ここ数年は微減が続いており、26 年産では約 1,500 ha となっている。本県の六条大麦はすべて本品種である。

イ　シルキースノウ

シュンライの作付けが連作地や畑地に拡大され、硝子粒の発生や精麦白度の低下が問題となって実需者評価が低下してきたため、硝子粒率が低く精麦白度が高い品種が望まれていた。

(ｱ) 採用経過及び品種特性

シルキースノウは、長野県農事試験場において、関東皮 73 号を母、東山皮 86 号を父とした組合せから育成された。本県への適応性を試験するため、平成 14 年度より東山皮 101 号として予備調査、15 年度より本調査に供試し、17 年度に採用された。本品種は、シュンライと比較して、秋播性程度がⅣ (シュンライはⅠ)で、出穂期は 3-4 日早く、成熟期は同程度から 1 日早い早生種。稈長は短く、穂長は同程度からやや長い。穂数はやや多く、耐倒伏性は同程度で優れる。千粒重はやや軽いが収量は同程度からやや多い。大麦縞萎縮病には「極強」である。精麦白度が高く砕粒率が少なく優れる。

栃木農試成果集 25：5-6 (2007)

(ｲ) 栽培法

播種量の増減は収量及び精麦白度に影響せず、窒素施肥

量は多肥にするほど多収になったが精麦白度が低下した。しかし、単年度の試験で判然としなかった。(平 17：県単)

(ｳ) 普及状況

平成 21 年産に約 110 ha まで普及したが、小粒と赤かび病に弱いことが致命的な欠点となり現在は作付されていない。

(3) 小麦

ア　バンドウワセ

(ｱ) 栽培法

農業研究センター (現農研機構作物研究所)で育成された日本めん用の品種で、採用は平成 3 年度である。早生・短強稈・多収で、関東地域の主力品種になることが期待されたので、先ず本場黒ボク土水田において本品種に適した播種時期を検討した。農林 61 号と比較すると適期幅が広く、1 週間から 10 日遅らせることにより、凍霜害を回避した安定生産が可能になることを示した。次に、本場黒ボク土水田において水稲跡ドリル播栽培の追肥体系を検討した。茎立期の追肥は穂数が増加して増収したが、稈長が伸びる傾向にあった。茎立期 20 日後の追肥は稈長の伸びや穂数増加が抑えられたが、1 穂粒数が増加することによって増収した。出穂期の追肥は収量及び収量構成要素に変化が見られなかったが、子実粗蛋白含量が高まり外観品質が低下した。以上より、倒伏に強い本品種は、最も増収効果が高い茎立期に追肥し、追肥の判断基準を葉色値 46 以下、草丈×葉色値 900 以下とすることを提唱した。また、倒伏しやすい農林 61 号は、茎立期 20 日後に追肥し、追肥の判断基準を草丈×茎数 40,000 以下、草丈×葉色値 1,500 以下、茎数×葉色値 40,000 以下とした。(平 3-8：県単)

栃木農試成果集 13：65-66 (1994)

栃木農試成果集 13：67-68 (1994)

栃木農試成果集 14：29-30 (1995)

栃木農試成果集 15：27-28 (1996)

栃木農試研報 47：1-12 (1998)

(ｲ) 普及状況

農林 61 号に替わる主力品種になることが期待され、平成 12 年産には最大で約 1,400 ha まで普及拡大した。しかしながら、品質が不安定であることが指摘されるようになり、民間流通麦制度への移行に伴い、より高品質な品種が求められ、平成 13 年産を最後に撤退した。

イ. イワイノダイチ

晩生で耐倒伏性が劣るなど栽培性に問題の多い農林 61 号の作付けは徐々に減少していたが、バンドウワセの作付けがなくなったことによって、再び農林 61 号に頼らざるを得ない状況になってしまった。そのため、早生・多収で栽培性が優れ、製粉性・製めん適性が優れる品種が急務であった。

(ｱ) 採用経過及び品種特性

イワイノダイチは、九州農業試験場 (現農研機構九州沖縄農業研究センター)において、秋 9 を母、西海 168 (後のきぬいろは)を父とした組合せから育成された。本県への適応性を試験するため、平成 8 年度より西海 181 号として予備調査、9 年度より本調査に供試し、12 年度に採用された。本品種は、農林 61 号と比較して、秋播性程度がⅣ (農林 61 号はⅡ)で、出穂期は 5 から 7 日、成熟期は 2 から 5 日早い早生種 (バンドウワセ並)。稈長は短く、穂長はやや長い。穂数は同程度からやや多く、耐倒伏性は優れる。千粒重は重く収量は多い。アミロース含量はやや低い。製粉歩留がやや高く製粉性に優れ、めんの色、粘弾性、滑らかさ等の食感に優れ、製めん適性も高い。

栃木農試成果集 20：3-4 (2001)

(ｲ) 栽培法

本場黒ボク土水田で水稲跡ドリル播の安定栽培法について窒素施肥量・播種量・播種時期を変えた試験を実施した。基肥窒素量は農林 61 号より多い 1.5 kg/a の成績が最も良かった。播種量は標準量より 3 割減の 140 粒/㎡ (0.6 kg/a に相当)までは収量や子実粗蛋白含量への影響が見られなかった。早播きすると成熟期は前進したが収量及び子実粗蛋白含量が低下し、遅播きは収量がやや低下したので、標準的な 10 月第 6 半旬から 11 月第 1 半旬が適期であった。(平 11-12：受託試験【麦緊急開発】、平 13-14：受託試験【21 世紀プロ】)

現場で問題となっていた低蛋白化を解決するため、本場黒ボク土水田で最適な水稲跡ドリル播栽培の追肥体系を検討した。子実粗蛋白含量を (当時の)A ランク 9.5 から 11.5 %に収めるには、極端な多肥栽培にする必要があり、多収になるものの倒伏の発生や粉色の低下を招いた。しかたがって、本品種の適正な子実粗蛋白含量は 9 %台前半と考えられた。この値に近づけるには、基肥窒素を 1.2 kg/a とし、茎立期の葉色が 38 以下の場合には窒素 0.2 から 0.4 kg/a を追肥する体系を提唱した。(平 15-17：受託試験【ブランド･ニッポン】)

また、降雨による品質低下を防ぐために、収穫適期診断法の策定を検討したところ、成熟期前後の穀粒水分、外観品質などの経時変化から判断して、成熟期前日から収穫可能であると考えらえられた。その時の状況は、穀粒水分 30 %、穂首・外頴が完全に黄化した穂が約 7 割、淡い緑色粒がわずかに見

える状態である。(平 14：県単)

栃木農試成果集 22：3-4 (2003)

栃木農試成果集 23：43-44 (2005)

栃木農試成果集 25：35-36 (2007)

(ｳ) 普及状況

実需者の評価が高く、現在でも主力品種である。平成 26 年産の作付面積は約 620 ha。

ウ　タマイズミ

一般に畑地で作付けすると子実粗蛋白含量が高くなり、ビール用、食用、日本めん用のいずれも品質が低下しやすいので、畑地への振興が困難であった。そこで、粗蛋白含量が高いほど高品質とされる醤油醸造用に着目し、高蛋白な硬質小麦の試験を開始した。

(ｱ) 採用経過及び品種特性

タマイズミは、農業研究センター (現農研機構作物研究所) において、関系 W364 を母、関系 W361 を父とした組合せから育成された。本県への適応性を試験するため、平成 10 年度より関東 123 号として予備調査、13 年度より本調査に供試し、14 年度に採用された。本品種は、農林 61 号と比較して、出穂期は 3 から 4 日、成熟期は 1 から 5 日早い早生種。稈長は短く、穂長は同程度からやや長い。穂数は同程度からやや少なく、耐倒伏性は優れる。容積重及び千粒重は重く収量は多い。白粒で外観品質は同程度である。子実粗蛋白含量がやや高い。赤かび病抵抗性は「中」で同程度、穂発芽耐性は「やや難」でやや劣る。

栃木農試成果集 22：1-2 (2003)

(ｲ) 栽培法

本場黒ボク土水田及び灰色低地土水田において試験を実施した。高蛋白含量を確保するためには、基肥窒素に肥効調節型肥料を付加し、出穂期 10 日後に硫安追肥を併用するのが有効であった。この結果を基に「タマイズミ専用肥料」が開発された。また、実需者の要望に対応して生産開始年を早めるため、14 年度と 15 年度に緊急に必要な種子を増殖した。(平 14-16：県単)

本場黒ボク土水田において窒素追肥の生育診断技術を確立するため、基肥に速効性肥料のみを使った場合の追肥体系について検討した。出穂期 10 日後に止葉または第 2 葉の葉身長計測、あるいは葉色の測定により子実粗蛋白含量を予測することが可能であり、止葉 23 cm、第 2 葉 29 cm、葉色 48 以下の場合は子実粗蛋白含量が 12 %を下回る可能性が高いので追肥を行うことを提唱した。ただし、肥効調節型肥料を基肥に施用した場合は適用できない。(平 20-21：実用技術開発事業)

栃木農試成果集　29：1-2 (2011)

(ｳ) 普及状況

実需者の要望が強く、現在でも主力品種であるが、小麦縞萎縮病が発生して被害が拡大しており、作付面積は漸減している。平成 26 年産の作付面積は約 580 ha。

エ　ゆめかおり

国内各地の小麦育成地においてパン用小麦の品種開発が取り組まれ、高品質品種が育成されつつあった。当時、北海道以外にはパン用小麦の産地がまだなく、需要拡大が見込まれたことから、試験を開始した。

(ｱ) 採用経過及び品種特性

ゆめかおりは、長野県農事試験場において、西海 180 号を母、KS831957 を父とした組合せから育成された。本県への適応性を調査するため、平成 17 年度より東山 42 号として予備調査、18 年度より本調査に供試し、21 年度に採用された。本品種は、農林 61 号と比較して、出穂期は 2 日早く、成熟期は同程度。稈長はやや長いが耐倒伏性は優れる。穂長は短く、穂数はやや多い。千粒重は重く収量は多い。小麦縞萎縮病に強く、穂発芽耐性はやや優れる。子実粗蛋白含量は高く (タマイズミよりも高い)、生地を強めるグルテニンサブユニット 5 + 10 を持ち、生地を弱める Glu-Alc 遺伝子を持たないので、パン加工上のグルテンの質が格段に優れる。

栃木農試成果集 29：7-8 (2011)

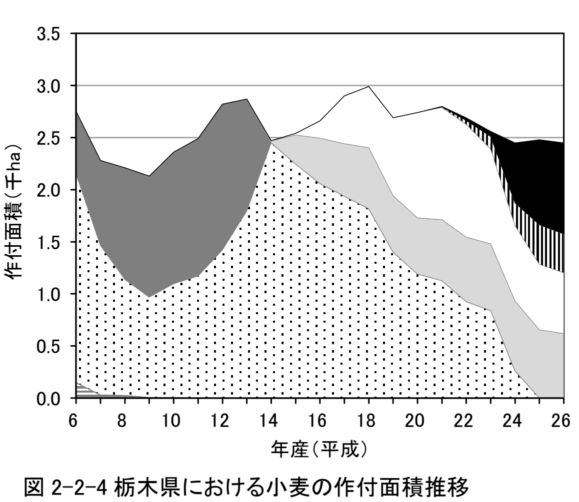

図 2-2-4 栃木県における小麦の作付面積推移
作付面積合計は農林水産省「作物統計」より，品種別割合は県データより作成.

■さとのそら　Ⅲゆめかおり　□タマイズミ
□イワイノダイチ　■バンドウワセ　□農林61号
⊟その他

(ｲ) 栽培法

本場黒ボク土水田でドリル播栽培の施肥試験を実施した。基肥に速効性肥料のみを施用した場合、追肥なしでも窒素施用量の増加に伴い子実粗蛋白含量が高まる傾向であったが、目標の 12.5 %に達しなかった。目標値以上を確保するためには、出穂 10 日後に窒素 0.4 kg/a を追肥する必要があった。水稲作業との競合を避けるために茎立期 20 日後に追肥するならば、基肥に肥効調節型肥料 (タマイズミ専用 866)を窒素 0.8 kg/a 施用し、LP30 を窒素 0.4 kg/a 追肥する必要があった。また、堆肥の施用量が生育・収量・品質に及ぼす影響について検討した結果、堆肥施用 400 kg/a 区では窒素無施用でも肥効調節型肥料区の 8 割程度の収量が確保された。(平 22-23：県単)

栃木農試成果集 31：13-14 (2013)

(ｳ) 普及状況

一定の需要があるが作付面積はやや伸び悩んでいる。平成 26 年産の作付面積は約 350 ha。

オ　さとのそら

日本めん用小麦としてイワイノダイチが導入され普及したが、需要量が限られるため、農林 61 号の作付けが依然として 1,000 ha 超あり、晩生で耐倒伏性が劣るなど栽培性に問題があることから、小麦の作付面積が減少傾向にあった。そのため、農林 61 号に替わる、栽培性が優れ製粉性・製めん適性が優れる品種が望まれていた。

(ｱ) 採用経過及び品種特性

さとのそらは、群馬県農業試験場において、東山 25 号 (後のしゅんよう)を母、西海 168 号 (後のきぬいろは)を父とした組合せから育成された。本県への適応性を試験するため、平成 17 年度より利根 3 号として予備調査、18 年度より本調査に供試し、22 年度に採用された。本品種は、農林 61 号と比較して、秋播性程度がⅣで、出穂期は 4 日、成熟期は 4 日早い早生種。稈長は短く、穂長は同程度、穂数は多い。耐倒伏性は優れる。容積重はやや軽いが収量は同程度からやや多い。小麦縞萎縮病及びうどんこ病に強い。赤かび病抵抗性は同程度。農林 61 号と同じ通常アミロース含量を持ち、製粉歩留は高い。生地物性がやや弱いが製めんの色はやや優れる。

栃木農試成果集 30：11-12 (2012)

(ｲ) 栽培法

本場黒ボク土水田の転換畑 (夏期湛水)でドリル播栽培の試験を実施した。早播きは肥効調節型肥料 (タマイズミ専用 866)を使用し薄播きすることにより高収量となったが、子実粗蛋白含量が目標値の 9.7 % (A ランク下限値)に達しなかった。一方、遅播きは収量が適期播きに及ばなかった。次に追肥体系について検討したところ、高収量は基肥 (速効性肥料)0.8 kg/a+ 茎立期追肥 0.2 kg/a+ 出穂期追肥 0.2 kg/a で得られたが、高蛋白になり粉色を低下させることから、高収量で A ランクを満たすには、基肥 (速効性肥料)0.8 kg/a+ 茎立期追肥 0.2 kg/a が最適と判断した。さらに、基肥一発施肥を可能にする肥料を試作し、市販品 (さとのそら一発)と比較検討したところ、収量や子実粗蛋白含量に違いが認められなかった。(平 22-23：受託試験【水田底力】、平 24-25：受託試験【革新的低コスト】)

栃木農試成果集 33：3-4 (2015)

(ｳ) 普及状況

北関東 (群馬県、埼玉県、茨城県、栃木県)の統一品種として農林 61 号に替えて普及を図っている。本県では採用後 3 年で農林 61 号から完全に切り替えた。平成 26 年産は約 880 ha である。

3　麦類等、冬作物の高品質多収技術に関する試験

(1)　ビール大麦の追肥法の検討

本場黒ボク土水田において、タカホゴールデンの追肥栽培法を検討した。茎立期追肥では稈長が伸び倒伏が増え、追肥時期が遅くなると子実粗蛋白含量が高まる結果となり、適正な追肥時期は茎立期 20 日後頃、追肥量は 0.3 kg/a とした。(平 6-9：県単)

スカイゴールデンが育成された際にも、栃木分場の細粒灰色低地土水田において追肥の可能性について検討した。総施用窒素量が同じ場合、基肥のみと比べて茎立期の追肥は子実粗蛋白含量を上げる効果が高く、茎立期 20 日後の追肥は穂数が少なくなるものの千粒重の増加による整粒重の向上と子実蛋白質含量を高める効果が認められた。また、現地試作圃場において、基肥のみで目標粗蛋白含量を得ても、基肥+ 追肥により目標粗蛋白含量を得ても、エキスやジアスターゼ力等の麦芽品質に差が無いことを明らかにした。ただし、追肥判断基準に考えていた葉色は、子実粗蛋白含量との間に年次によっては相関関係が認められず、追肥技術の確立は今後の課題として残された。(平成 13-14：受託試験【21 世紀プロ】、平 15：受託試験【ブランド・ニッポン】)

サチホゴールデンの栽培法確立試験実施の際にも、栃木分場細粒灰色低地土水田において追肥の可否を検討した。茎立期及び茎立期 20 日後に追肥して増肥すると、基肥のみに比べ

て整粒歩合を下げたが穂数が増加し整粒重が増加する傾向が見られた。しかし、茎立期 20 日後の追肥は遅発茎、青未熟粒が多発した。また、出穂期の追肥により増肥すると、子実粗蛋白含量を高める効果がみられたが、側面裂皮粒が多発した。茎立期の草丈及び茎数、茎立期 20 日後の草丈、茎数及び葉色 (完全展開最上位葉)、出穂期の草丈、茎数及び葉色(完全展開最上位葉)は、子実粗蛋白含量との間に 1 から 5 % 水準で正の相関が見られ、追肥の判断指標に使える可能性が示された。その後の試験では、稈長、止葉及び止葉 - 1 の葉身長で得られた回帰式が子実粗蛋白含量を実用的な精度で推定できることを示したが、年次により回帰式の傾きや切片が変わるので、追肥技術の確立は、後の研究進展に委ねられた。(平 16-18：指定試験事業)

栃木農試研報 53：27-34 (2005)

栃木農試成果集 23：47-48 (2005)

栃木農試成果集 30：15-16 (2012)

(2)　六条大麦の硝子粒発生要因の解明

シュンライ及びシルキースノウの硝子粒発生が問題となっていたことから、これが増加する要因を本場黒ボク土水田及び灰色低地土水田において調査した。1 年目は遅播き、厚播き、基肥窒素の多肥、出穂 10 日後の追肥によって増加した。特に追肥の影響が大きかった。2 年目は基肥窒素の多肥、出穂 10 日後の追肥、成熟期 5 日前の高水分刈り取りによって増加した。3 年目は基肥窒素の多肥、茎立期及び出穂期の追肥によって硬質粒が増加した。刈取時期や乾燥温度の影響は認められなかった。(平成 16-18：県単)

栃木農試成果集 27：30-31 (2009)

(3)　不耕起栽培に関する試験

水稲跡及び大豆跡で麦類の不耕起栽培を検討した。水稲跡では土壌の硬さ・透水性の悪さから出芽数が低下し生育不良となったが、大豆跡では慣行栽培並の生育を確保できた。不耕起栽培の適正な播種量及び窒素施肥量は、水稲跡では 240 粒/㎡及び 1.0 kg/a、大豆跡では 200 粒/㎡及び 0.6 kg/a であると提示した。(平 11-15：地域基幹技術体系化研究)

栃木農試成果集 23：77-78 (2005)

(4)　地下水位制御システム (FOEAS)の実証試験

本場黒ボク土水田に FOEAS システムを施工し、ビール大麦の収量・品質への影響を調査した。地下水位を－30 cm 以下にすると、降雨後の土壌水分の急激な上昇が抑制され、整粒重の低下を緩和できることが示された。また、収量増による低蛋白化を回避するため追肥を行ったところ、子実粗蛋白含量が 0.35 %/N kg 増加することを確認した。ただし、粗蛋白含量適正化のための追肥判断基準や追肥量などについては課題が残された。(平 22-23：受託試験【水田底力】、平 24：受託試験【革新的低コスト】)

栃木農試成果集 32：31-32 (2014)

(5)　その他の試験

麦類に関しては生育診断に関する試験 (平 6-25：県単)と除草剤適用試験 (平 6-25：日植調受託試験)がある。

他の作物に関しては平成 19 年度から 21 年度にナタネの品種比較と播種時期の検討を行った。4 品種・系統を 9 月下旬から 10 月中旬まで 3 時期に播種し比較検討したところ、晩生品種ほど生育量や子実重が多い傾向があり、キザキノナタネ、ななしきぶの子実重が優れた。また、今回試験した播種期間の中では、遅くするほど子実重が多くなる傾向が見られた。(平 19-21：県単)

栃木農試成果集 30：5-6 (2012)

写真 2-2-4 野沢の黒ボク土ほ場での出芽状況

コラム 2

農業試験場に想う

農業試験場長に就任して考えたことは二つありました。

一つ目は今後の農業試験場の体制の在り方です。二つ目は研究の在り方と職員の育成方針です。

体制の問題は、私が新採職員として農業試験場に着任した昭和四十四年に都市化により研究環境が悪化した今泉の試験場から現在の試験場に移転しました。先輩たちは設置場所の選定、研究に耐えられる圃場にするための多くの苦労談を時に触れお聞きしました。県央地域に沖積土壌と洪積土壌の二種類の水田と果樹園を含めた広大な畑面積を確保できる試験場にするため多くの候補地から野沢の試験場を選定したとのことです。この考え方を継承すべきと考えています。野沢の試験場が継続することになり喜んでいます。

研究は「現場の緊急的課題を解決する研究」「十年後二十年後の将来を見据えた研究」「自由発想に基づく研究」の三部門を考えて実施すべきと考えます。特に三番目の研究は特化した部門を深い見識と考察に基づいた研究になります。県政に重要な提案をする研究者が多く誕生することを祈念いたします。

渋江　修