

2. ビール大麦の高品質化と安定生産

2-1 ビール大麦の粗蛋白質含量の安定化に向けた取り組み

栃木県農業試験場栃木分場・二条大麦育種指定試験地 加藤 常夫

1. はじめに

ビール大麦の子実粗蛋白質含量はビールの品質を左右する重要な形質であり、10～11%が適正とされている。そのため、生産県においては生産者毎の粗蛋白質含量分析を実施し、生産現場の実態把握および分析結果をもとにした栽培指導を行っているが、年次変動を緩和させることは困難であり、しばしば高蛋白あるいは低蛋白化が問題になる。また、栃木県をはじめとする関東地域では基肥窒素施用のみの栽培方法であり、これは収量的な観点からすると必ずしも望ましい方策とはいえない。一方、最近の育成品種・系統は麦芽製造工程における蛋白質の「溶け」が進みすぎる傾向があり、麦芽可溶性窒素やコールバッハ数（可溶性窒素／全窒素×100、以下KIとする）が高くなりすぎることが問題点として指摘され、新たな対応が求められている。ここでは、栃木分場において、粗蛋白質含量の安定化と生産性の向上を実現するために行っている試験と、蛋白質の「溶け」の制御を目指した試験について紹介する。

2. 粗蛋白質含量の安定化に向けた育種的アプローチ —低蛋白ビール大麦の育成—

窒素施肥水準を現状より多くすることにより、高収量を実現し、かつ子実粗蛋白質含量を適正值に収めるためには、低蛋白ビール大麦の育成が重要であると考えられる。アメリカの六条大麦Karlは特異的に粗蛋白質含量が低いため、栃木分場ではKarlを母本にした交配を積極的に行い、1995年に二条大麦中間母本農1号（旧系統名：大系HC15）を育成した。この系統は粗蛋白質含量がミカモゴールドンよりも約2%低く、茎葉から穀粒への転流が少ないことが判っている。しかし、原品種Karlとミカモゴールドンの中間的な特性を示すなど、Karlの低蛋白特性を完全に受け継いでいなかった（佐々木,1994；石川ら,1996）。そこで、外国品種を中心に低蛋白母本のスクリーニングを再度行ったが、低蛋白でその他の麦芽品質についても比較的良好である母材は見あたらなかった（図1）。そのため、再度Karlに立ち返

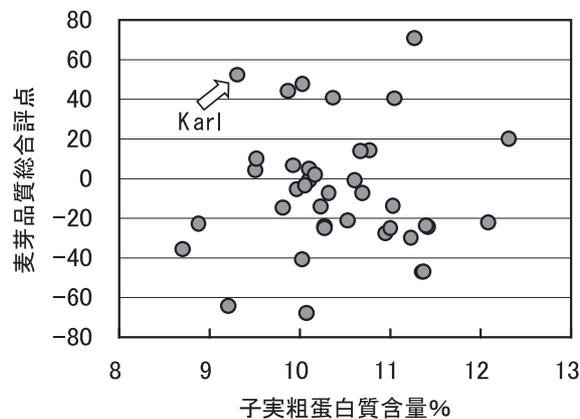


図1. オオムギ遺伝資源の子実粗蛋白質含量および麦芽品質の品種間差異

り、ミカモゴールドン/Karlの組合せから大系HL138-8-7を育成した。この系統の粗蛋白質含量は中間母本農1号よりもさらに低く、ほとんどKarlと同レベルであり、追肥栽培（追肥時期：茎立期、茎立20日後、出穂期）でも比較品種（関東二条35号）よりも安定して約2%低く、出穂期追肥区でも9.5%であった（図2）。また、追肥区の平均収量（整粒重）は58.5kg/aであり、基肥のみ区に比べて14%増収した。大系HL138-8-7の蛋白蓄積特性は未だ十分に解析されていないが、穀粒が収穫期を迎えても茎葉は依然として緑色がぬけないという外観上の特性は中間母本農1号よりもKarlに近い。窒素成分の穀粒への転流が抑制されていることから整粒歩合や整粒重の低下が懸念されたが、大系HL138-8-7はミカモゴールドンとほぼ同等である。しかしながら、多収系統と比べると収量性や耐倒伏性が不十分であり粒外観品質も劣ることから、今後は低蛋白特性を持たせながらこれらの栽培性を改良する必要がある。

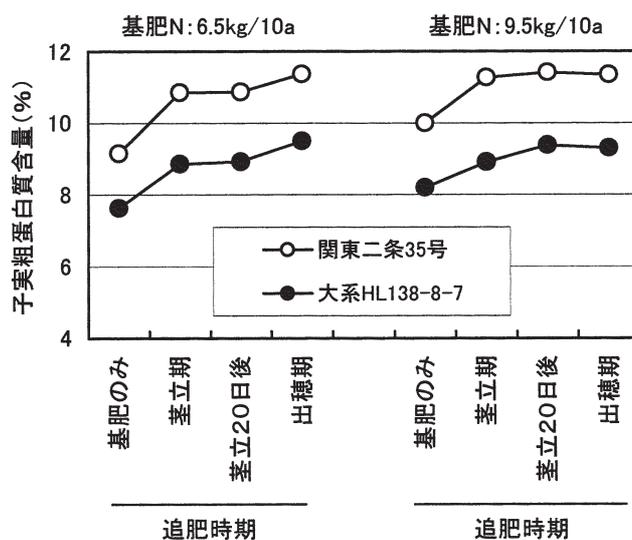


図2. 各種栽培条件下の粗蛋白質含量の品種間差異
注) 追肥N: 2 kg / 10a

3. 粗蛋白質含量の安定化に向けた栽培的アプローチ —生育診断と追肥による制御—

子実粗蛋白質含量の環境変動を緩和させる追肥技術を確立させる目的で、追肥が粗蛋白質含量と収量に与える影響を明らかにするとともに、生育診断による粗蛋白質含量推定の可否を検討した（条川ら、2004）。粗蛋白質含量を増加させるには、総窒素施肥量が同じ場合には分施時期（2 kg/10a分施）を遅くするほど効果が大きく、茎立20日後の分施では基肥のみに比べて1%以上増加し、茎立期追肥で増肥した場合（3.5kg追肥、総窒素量1.5kg増）と同等であった。この分施による増加効果は、基肥のみで多肥にした時よりも大きかった。収量性に関しては、分施時期を遅くするほど穂数および1穂粒数が減少し、千粒重が増加したが、収量増は見られなかった。一方、基肥のみで多肥にすると千粒重増加にはつながらないが、穂数および1穂粒数が増加して増収した。これらに対して、茎立期追肥で増肥すると、基肥のみで多肥にした時に比べて穂数増は見られないが、1穂粒数および千粒重が増加し、増収効果が大きかった（図3）。以上のことから、基肥を減量しても茎立期の追肥量を増量すれば粒数及び粒重増加による増収と粗蛋白質含量の増加が期待できる。また、生育量（茎数）が確保されていれば後期追肥ほど高蛋白質化が期待でき、逆に生育量が不足気味の時は比較的早期（茎立期）の追肥が望ましいといえる。

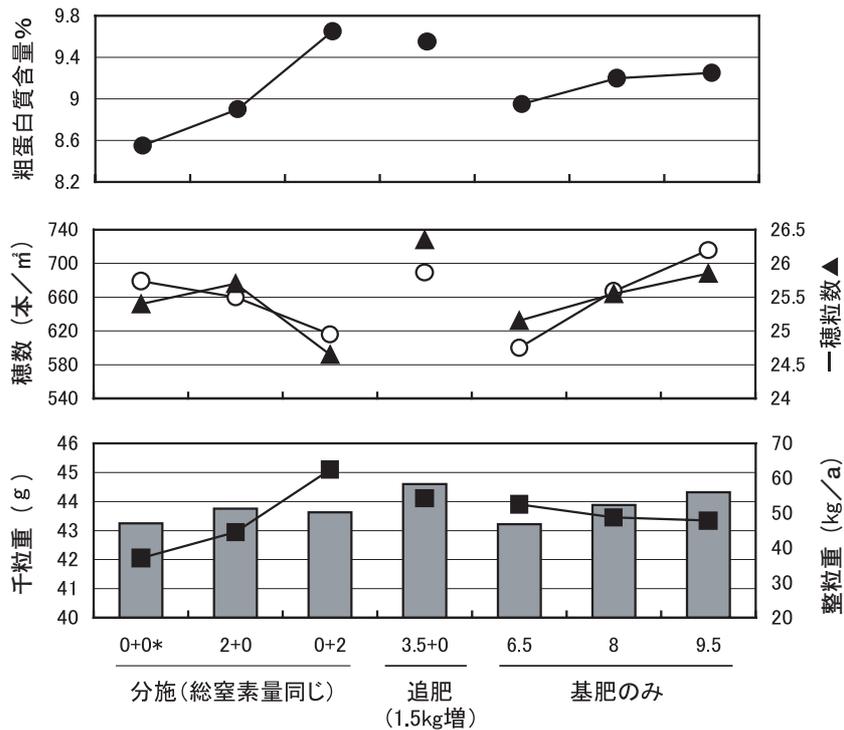


図3. 追肥が子実粗蛋白質含量と収量に及ぼす影響

*：茎立期+茎立20日後、数値は追肥量 (kg/10a)

生育診断技術確立のために葉色値と粗蛋白質含量との関係を見ると、茎立期の葉色値は場内圃場、現地圃場のいずれにおいても粗蛋白質含量との間に一定の関係が見られなかったが、茎立20日後の葉色値では正の相関が認められた。しかしながら、2カ年の回帰式には差が生じ、適正範囲と推測された葉色値に年次間変動が見られることから、葉色値のみでは画一的な指標値にはなり得ないことが判った(図4)。現在は、葉色値に加えて土壌中の硝酸態窒素含量を簡易的に測定している。単年度の結果では粗蛋白質含量との相関係数は硝酸態窒素含量のデータを加味しても変わらなかったが、回帰式の年次間変動を緩和できる可能性があると考えている。現時点では、現地の多様な生育・圃場条件に適応させるには、茎立20日後に葉色値と硝酸態窒素含量を測定し、土壌の種類や前作毎に診断することがベターと考える。

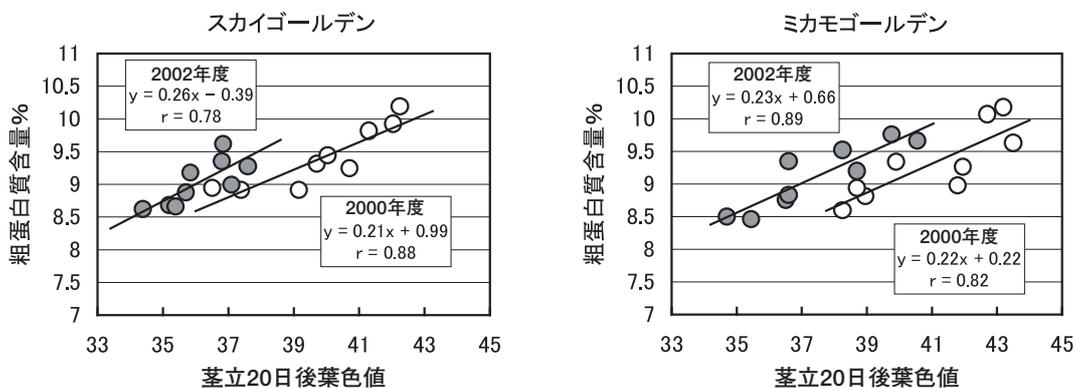


図4. 場内圃場における茎立20日後の葉色値と子実粗蛋白質含量との関係

4. 蛋白質の「溶け」の制御

スカイゴールデンなど最近の育成品種・系統の一部では蛋白質の「溶け」が進みすぎて、麦芽可溶性窒素やKIが高くなりすぎるのが問題点として指摘されている（関和ら,2001）。蛋白質分解に関わる因子を検討するため、①プロテアーゼ活性、②蛋白質組成比率（ホルデン比率）、③蛋白質分子種、④製麦中の胚乳軟化度、について調査した。スカイゴールデン／ニシノチカラのSSD系統を用いた実験の結果、麦芽プロテアーゼ活性とKIには相関（ $r=0.52^{**}$ ）があり、プロテアーゼ活性が高いほどKIが高くなる傾向が示された。ただし、麦芽プロテアーゼ活性は α -アミラーゼ活性（ $r=0.78^{**}$ ）、 β -グルカナナーゼ活性（ $r=0.55^{**}$ ）と相関があるため、麦芽プロテアーゼ活性の抑制による蛋白質の溶けの制御は、澱粉や細胞壁多糖の分解に悪影響を及ぼす可能性が高い。プロテアーゼアイソザイム群のうち、低分子システインプロテアーゼ遺伝子型がKIに強く影響することが報告されているが（木原ら,2001）、関東以南のビール大麦品種では品種間変異が少なく、過剰な溶けを示す品種に特異的なシステインプロテアーゼ遺伝子型は見られなかった。また、浸麦過程でのプロテアーゼ発現パターンにも溶けと関わる変異は見られなかった。

ビール大麦の種子貯蔵蛋白質はアルブミン、グロブリン、ホルデンイン、グルテリンに分画される。スカイゴールデン／ニシノチカラのSSD系統を用いて各画分の蛋白質含量とKIとの関係を調べた結果、原麦での各画分量比とKIは無関係であることが判った（図5）。また、ホルデンイン遺伝子型（Hor1, Hor2, Hor3）についてはこれまでにKIとの関連が報告されているが（何ら,1993；山口ら,1998）、スカイゴールデンやその他の高KI系統に特異的な遺伝子型は見られなかった。貯蔵蛋白質分子種については、グロブリン画分、アルブミン／グロブリン画分についてもSDS-PAGEにより変異を調べたが、やはり溶けと関係のある遺伝子型は見られなかった（渡邊ら,2003）。

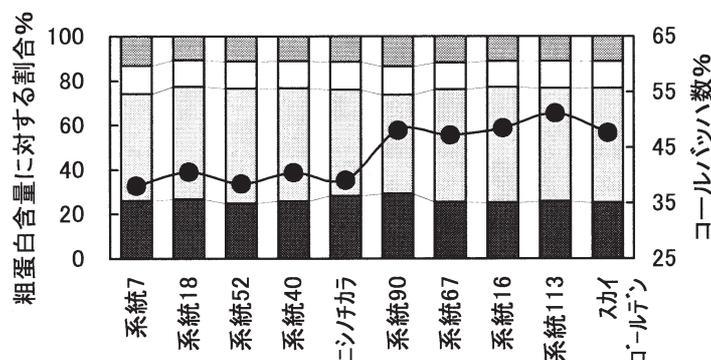


図5. 大麦種子中の蛋白質画分含量の品種間差異

■ 残渣 □ アルコール溶 □ 塩溶 ■ 水溶 ● KI

ビール大麦種子は製麦（浸麦・発芽）過程で軟化する。製麦過程の種子を凍結乾燥し、その硬度を測定したところ、スカイゴールデンなど溶けが進みやすい品種・系統では浸麦開始直後から一般品種よりも軟化程度が大きくなる傾向が見られた（図6）。この結果は、溶けの進みやすい品種では浸麦中に胚乳構造の軟化が進み、種子貯蔵蛋白質に対するプロテアーゼ作用が容易になり、可溶性窒素やKIが高くなるという可能性を示唆する。育成系統など56品種・系統を用いた実験の結果、麦芽硬度はKIと負の相関（ $r=-0.63^{**}$ ）があり、麦芽あるいは浸麦種子の硬度を指標とした選抜法開発の可能性はある。今後、浸麦中の胚乳軟化の機構及び蛋白質分解に対する影響についてさらに検討する必要がある。

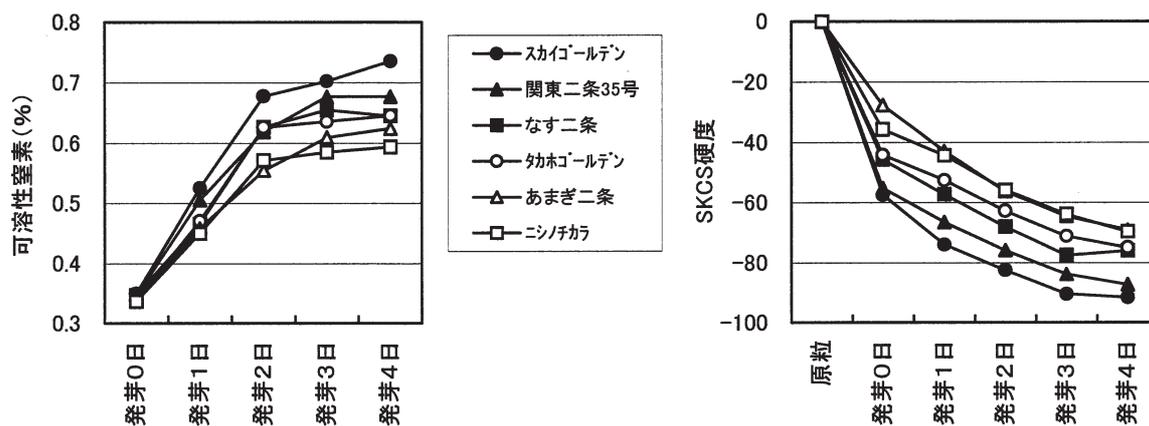


図6. 製麦中における可溶性窒素及びSKCS硬度変化の品種間差異
SKCS硬度：原粒を0として表示。

参考文献

- 何克栄, 吉田久, 早乙女和彦, 梶原英之, 小松節子, 平野久 (1993) ビールオオムギ種子貯蔵蛋白質と麦芽品質. 育種学雑誌 43: 81-89
- 石川直幸, 大塚勝, 徳江紀子, 小玉雅晴, 加藤常夫, 神永明, 佐々木昭博, 桐生光広, 田谷省三, 伊藤浩, 天谷正行, 早乙女和彦, 小松田美津留, 氏原和人, 関口忠男 (1996) 醸造用低タンパク質二条大麦中間母本「大系 HC-15」(二条大麦中間母本農1号)の育成. 栃木農試研報 44: 67-82
- 木原誠, 斉藤渉, 朝倉隆司, 伊藤一敏 (2001) オオムギプロテアーゼに関する育種的研究2. オオムギ麦芽中プロテアーゼのザイモグラムパターンと麦芽品質との関連. 育種学研究 3 (別2): 229
- 糸川晃伸, 谷口義則, 山口昌宏, 渡邊修孝, 山口恵美子, 関和孝博, 加藤常夫 (2004) ビール大麦への追肥が収量と麦芽品質に及ぼす影響. 栃木農試研報 53 (印刷中)
- 佐々木昭博 (1994) 醸造用低蛋白二条オオムギの育成に関する育種学的研究. 栃木農試研報 41: 1-49
- 関和孝博, 大塚勝, 常見讓史, 加島典子, 小田俊介 (2001) 二条大麦「スカイゴールデン」の溶け特性. 栃木農試研報 50: 19-25
- 渡邊修孝, 長嶺敬, 池田達哉, 関和孝博, 加藤常夫 (2003) ビールオオムギ種子貯蔵蛋白質グルテリンおよびホルデインの遺伝変異. 育種学研究 5 (別2): 115
- 山口修, 馬場孝秀, 古庄雅彦 (1998) 日本のビール大麦種子貯蔵蛋白質ホルデインの遺伝子型と麦芽品質との関係. 育種学雑誌 48: 309-314

2-2 ビール大麦の被害粒発生に及ぼす環境要因と被害粒耐性評価法の確立

中央農業総合研究センター・北陸水田利用部・畑作物育種研究室 馬場 孝 秀

1. はじめに

北部九州地域は、国内におけるビール大麦の主産地であるが、暖冬や多雨等の天候不順年には、収量や品質が低下することが多く、高品質安定生産を行う上で問題となっている(松江ら 2000, 河田 2004)。特に従来から生産者団体と醸造会社との契約栽培であるビール大麦では、厳しい検査規格が設定されており、等級格付けを左右する外観品質の良否は、ビール大麦の生産・流通上重要な位置づけにある。したがって、外観品質は、ビール大麦の育種を進めるにあたって重要な評価形質として取り扱う必要がある。

しかし、近年、外観品質を低下させる側面裂皮粒や凸腹粒といった被害粒の発生が、生産現場において問題となっている(浜地・吉田 1989, 松江ら 2000)。側面裂皮粒とは、内外穎の境目が開いた状態となった被害粒で、節間伸長期～出穂期の日照不足や低温といった不良環境条件下で穎の発育が抑制された場合、穎と子房の大きさのアンバランスが生じることによって発生が多くなることが明らかとなっている(浜地ら 1989)。凸腹粒とは、粒の縦溝側が膨らみ、縦溝が開いた状態となった被害粒で、発生の機構は不明であるが、登熟期に多雨条件となった場合に多発することが報告されている(浜地・吉田 1989, 福田ら 1993, 吉川ら 1995)。

このような背景から、福岡県農業総合試験場麦類育種チーム(農林水産省二条大麦育種指定試験地)では、これら被害粒の選抜手法の開発に取り組み、一定の成果を上げることができた。そこで、被害粒発生に及ぼす環境要因や確立した評価手法について、以下報告する。

2. 被害粒発生に及ぼす環境要因

1) 年次による被害粒発生の品種間変動

5カ年4品種のビール大麦生産力検定試験の結果(図1, 2)について、被害粒発生の品種間変動を解析した結果、側面裂皮粒では、品種間差が有意であったものの、品種と年次の交互作用が検出された。一方、凸腹粒では、品種間差、年次間差、交互作用いずれも有意ではなかった(表1)。したがって、通常の生産力検定試験では、これら被害粒の品種間差を毎年コンスタントに評価するのが困難であった。側面裂皮粒では、節間伸長期が寡照で経過した1991年と1994年(播種年度、以下同じ)で発生が多く、この2カ年のみについて分散分析を行った結果、交互作用は検出されず、品種間差のみが有意となった(表2)。また、凸腹粒では、登熟期間が多雨で、発生が顕著であった1994年のみについて分散分析を行った結果、品種間差が有意となった(表3)。以上の結果から、被害粒が発生しやすい条件で品種の評価を行うことで、耐性品種の選抜が可能であるものと考えられた。

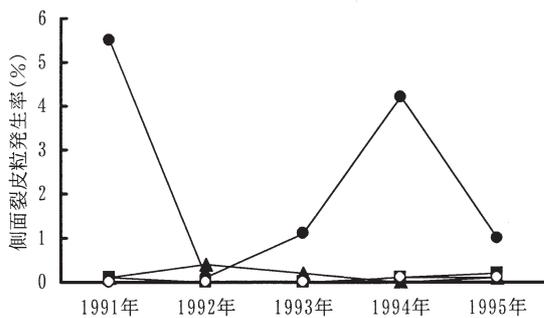


図1. 年次別の各品種の側面裂皮粒発生率

●ニシノゴールド ■アサカゴールド ▲ミハルゴールド ○あまぎ二条

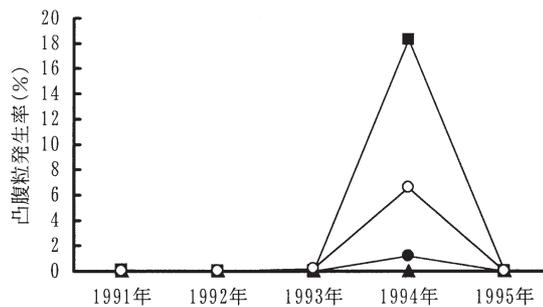


図2. 年次別の各品種の凸腹粒発生率

●ニシノゴールド ■アサカゴールド ▲ミハルゴールド ○あまぎ二条

表1. 品種と年次を要因とした分散分析結果

| 要因 | 側面裂皮粒 | | 凸腹粒 | |
|------|-------|-----------|-----|--------|
| | df | ms | df | ms |
| 品種 | 3 | 170.73 ** | 3 | 1.18ns |
| 年次 | 4 | 15.78 ns | 2 | 0.12ns |
| 交互作用 | 12 | 21.23 ** | 6 | 1.25ns |

注) 分散分析には、発生率を逆正弦変換した値を用いた(以下同様)。また、凸腹粒の分散分析では、1992, 1994年の分散分析における誤差分散が他の年度と異なったため、この2カ年は分析から除外した。

表2. 4品種の1991, 1994年の2カ年における側面裂皮粒発生率の分散分析結果

| 要因 | df | ms |
|------|----|-----------|
| 品種 | 3 | 231.86 ** |
| 年次 | 1 | 0.52 ns |
| 交互作用 | 3 | 2.68 ns |

表3. 4品種の1994年における凸腹粒発生率の分散分析結果

| 要因 | df | ms |
|------|----|-----------|
| 品種 | 3 | 231.86 ** |
| 年次 | 1 | 0.52 ns |
| 交互作用 | 3 | 2.68 ns |

2) 栽培条件の違いによる被害粒の発生

ミハルゴールドとほうしゅんを用いて、栽培条件が被害粒発生に及ぼす影響について検討した。側面裂皮粒は、いずれの試験においても播種期が早いほど発生が増加した。施肥量や出芽本数の違いによる発生の差はみられなかった(表4, 5)。以上の結果から、側面裂皮粒の発生は播種期の影響が大きく、早播によって発生が増加した。したがって、耐性評価法を検討するにあたっては、早播とすることが重要であると考えられた。一方、凸腹粒は、発生が全くなかった1995年以外の試験ではいずれも播種期間差が有意であったが、播種期の早晚と発生の多少に一定の傾向はみられなかった。施肥量や出芽本数の違いによる発生の差はみられなかった(表4, 5)。以上の結果から、凸腹粒の発生は播種期の影響が大きいものの、播種期の早晚と発生の多少に一定の傾向がないことから、耐性評価法を検討するにあたっては、登熟期間中の降雨時期や量を検討することが重要であると考えられた。

表4. 播種期, 施肥量および出芽本数の違いによるミハルゴールドの被害粒発生

| 試験年次 | 要因 | 側面裂皮粒発生率 | 凸腹粒発生率 |
|-------|-------------------------|----------|--------|
| 1994年 | 播種期 | ** | ** |
| | 11月15日 | 3.2c | 7.1b |
| | 11月21日 | 2.1bc | 2.6ab |
| | 11月28日 | 1.1ab | 0a |
| | 12月5日 | 0.5a | 0a |
| | 施肥量(基肥+追肥, Nkg/a) | ns | ns |
| | 0.6+0.3 | 1.7 | 2.3 |
| | 0.8+0.4 | 1.7 | 2.3 |
| 1995年 | 播種期 | * | — |
| | 11月15日 | 1.5b | 0 |
| | 11月30日 | 0.3a | 0 |
| | 12月15日 | 0.5ab | 0 |
| | 出芽本数(本/m ²) | ns | — |
| | 100 | 0.7a | 0 |
| | 150 | 0.8a | 0 |
| | 200 | 0.9a | 0 |

注) 各平均値に付した同一英文字間には, TUKEYの多重検定で5%水準で有意差がないことを示す。

表5. 播種期および出芽本数の違いによるほうしゅんの被害粒発生

| 試験年次 | 要因 | 側面裂皮粒発生率 | 凸腹粒発生率 |
|-------|-------------------------|----------|--------|
| 1996年 | 播種期 | ** | ** |
| | 11月15日 | 6.5b | 1.1a |
| | 11月29日 | 6.9b | 2.8b |
| | 12月16日 | 1.0a | 0.2a |
| | 出芽本数(本/m ²) | ns | ns |
| | 100 | 4.8a | 1.4a |
| | 150 | 5.0a | 1.4a |
| | 200 | 4.6a | 1.3a |
| | 播種期 | * | ** |
| | 11月26日 | 1.0b | 0a |
| | 12月4日 | 0.1a | 0a |
| | 12月16日 | 0.4ab | 0.3b |
| | 出芽本数(本/m ²) | ns | ns |
| | 150 | 0.4a | 0.03a |
| | 200 | 0.6a | 0.1a |
| | 250 | 0.5a | 0.2a |

注) 各平均値に付した同一英文字間には, TUKEYの多重検定で5%水準で有意差がないことを示す。

3. 被害粒耐性評価法の確立

1) 側面裂皮粒耐性評価法

早播と節間伸長期～出穂期の遮光処理を組み合わせた側面裂皮粒耐性評価法について検討した。早播・遮光処理は, 11月上旬に早播した植物体を節間伸長期～出穂期に黒色寒冷紗を用いて50%遮光した。まず, 同一の材料を用いて, 早播・遮光処理した区と適期播種で遮光処理を行っていない対照区とで, 側面裂皮粒の発生を調査した。対照区ではほとんどの品種が10%以下の発生であったが, 早播・遮光区では発生率90%までの広範囲に連続的に分布した(図3)。また, これらについて平均値の差の検定を行ったところ, t 値=6.25 ($P < 0.001$) で早播・遮光区が有意に高かった。したがって, 早播・遮光処理は, 発生が少ない気象条件の年でも人為的に発生を助長させることができる有効な手法であると考えられた。また, 各区の千粒重を平均値の差の検定により比較したところ, t 値=14.72 ($P < 0.001$) で早播・遮光区が有意に軽かった。これまでの研究で, 側面裂皮粒は, 穎の発育が不良環境条件で抑制され, 穎の大きさと子房のバランスが崩れることによって発生することが明らかとなっている(浜地ら1989)。早播・遮光区では千粒重が軽かったにもかかわらず, 側面裂皮粒の発生が助長されたことは, 早播・遮光処理が穎の発育を抑制したものと考えられた。

次に早播・遮光処理と側面裂皮粒多発年における側面裂皮粒発生の関係を解析した。側面裂皮粒多発年のデータは, 発生が特に多かった1996, 1997年の生産力検定試験のデータを用いた。両者の間には, 1%水準で有意な正の相関が認められた。また, 発生が多いニシノゴールドや発生が少ないあまぎ二条

の値が示すように早播・遮光処理が品種の側面裂皮粒耐性を的確に反映していた。被害粒耐性系統として選抜した九州二条16号は、早播・遮光処理条件下でも側面裂皮粒の発生が少なかった(図4)。以上の結果から、早播と遮光処理を組み合わせることで、側面裂皮粒の発生が少ないような気象条件の年でも人為的に発生を助長させることが可能であり、側面裂皮粒耐性系統の選抜に有効であった。

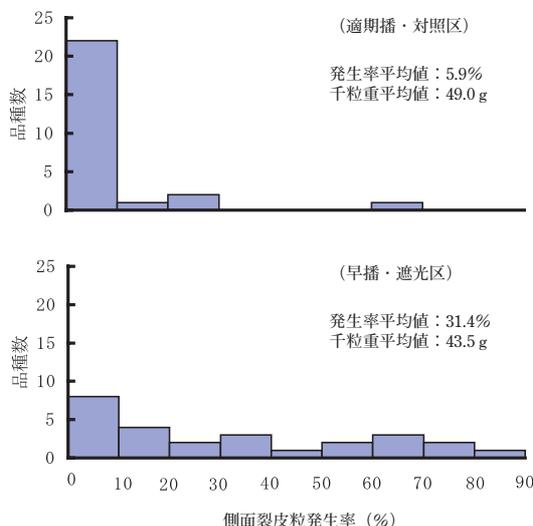


図3. 適期播・対照区および早播・遮光処理区の側面裂皮粒発生率の度数分布

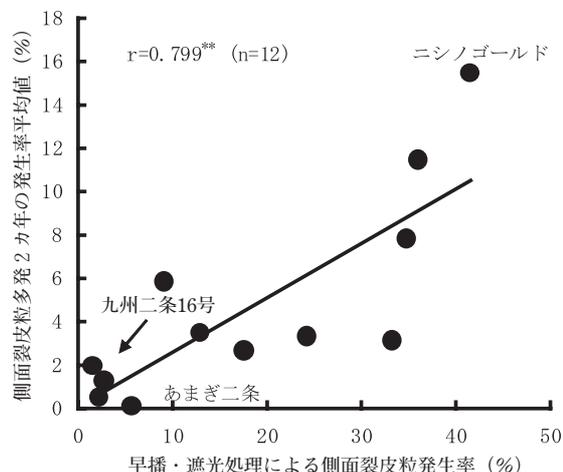


図4. 早播・遮光処理と多発年における側面裂皮粒発生との関係

2) 凸腹粒耐性評価法

まず、耐性評価法の確立のために、登熟期のいずれの時期の降雨が凸腹粒発生に関与しているかを検討した。登熟期を前、中、後期の3時期に分け、全天候型ハウスを用いてそれぞれの時期に散水処理を行った。その結果、散水処理を行わず降雨時には雨よけした対照区では、凸腹粒の発生は全くみられなかった。前期散水区と後期散水区では、供試品種の約半数弱で発生したが、いずれも1%以下の少発生であった。一方、後期散水区では、ほとんどの品種で発生がみられ、発生率0~4.5の広い範囲にほぼ連続的な分布を示した(図5)。また、後期散水区が他の区よりも有意に発生が多くなった(データ省略)。したがって、登熟後期の降雨が凸腹粒の発生を助長することが明らかとなった。しかし、多発年の試験結果(図2)と比べて、発生程度が低いという現象が生じた。今回の試験では、登熟後期において1日当たり約30mmの水をほぼ毎日連続的に散水したが、山口らの研究(2000)から、断続的な散水処理が凸腹粒発生の評価に有効であることが示唆されている。このため、今回の試験で生じた凸腹粒発生程度の低さは、連続的な散水とした散水方法に原因があったものと考えられた。

そこで、登熟後期のビール大麦に多量の水を断続的に散水処理することによる凸腹粒耐性評価法の有効性について検討した。ガラス温室内において試験を行った。散水方法は、畝溝に直接設置した灌水チューブを用い、植物体全体に散水した。散水処理は、1日当たり50mmの雨量に相当する量を連続2日間散水し、これを2日間隔で5回実施した。散水時には風による散水むらを防ぐため、ガラス温室の側窓、天窓を全て閉めた。無散水の2日間は側窓、天窓とも開放した。また、散水による倒伏を防ぐため図6登熟後期の断続的な散水処理と多発年における倒伏防止ネットを設置した。登熟後期の凸腹粒発生の関係断続的な散水処理と凸腹粒多発年における凸腹粒発生の関係を解析した。凸腹粒多発

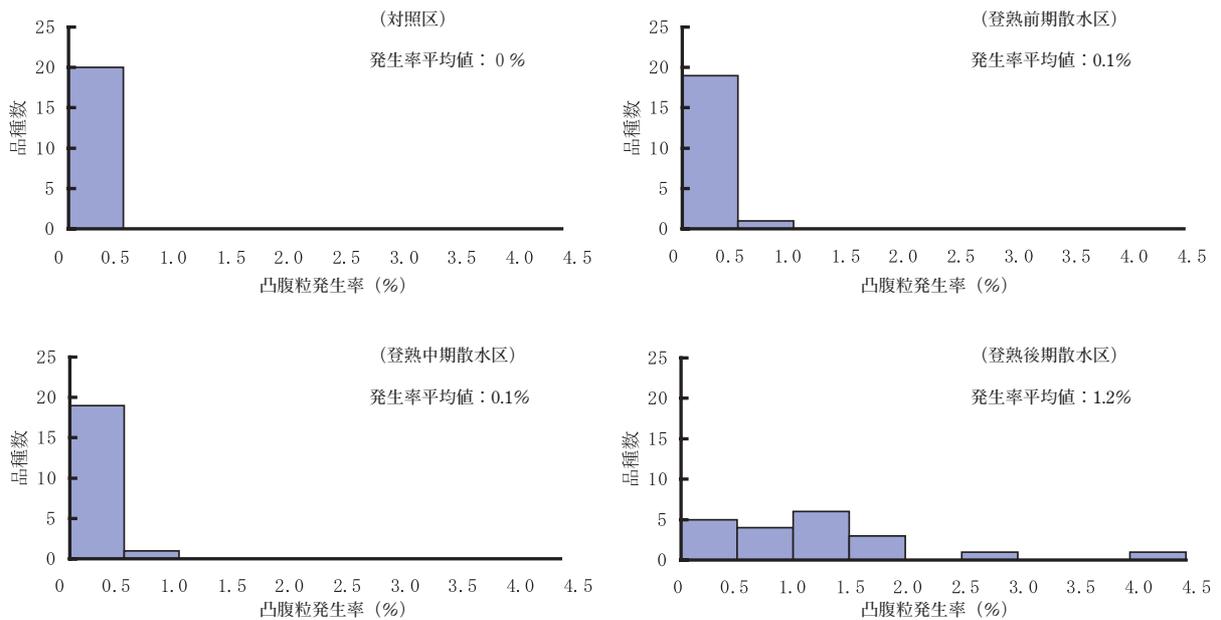


図5. 各散水時期ごとの凸腹粒発生率の度数分布

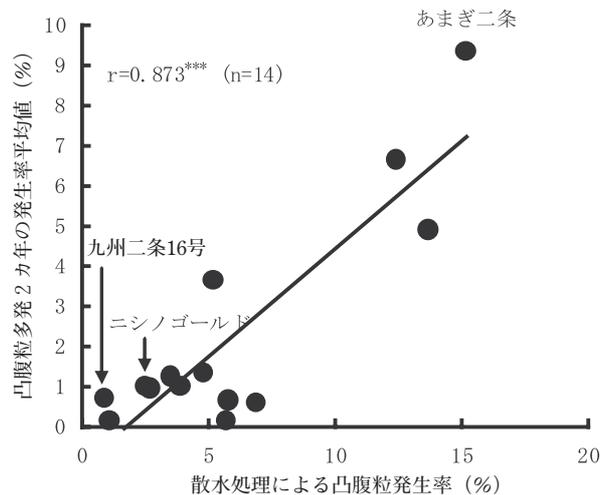


図6. 登熟後期の断続的な散水処理と多発年における凸腹粒発生との関係

年のデータは、発生が特に多かった1996、1997年の生産力検定試験のデータを用いた。両者の間には、1%水準で有意な正の相関が認められた。また、発生が多いあまぎ二条や発生が少ないニシノゴールドの値が示すように登熟後期の断続的な散水処理が品種の凸腹粒耐性を的確に反映していた。被害粒耐性系統として選抜した九州二条16号は、登熟後期の断続的な散水処理条件下でも凸腹粒の発生が少なかった(図6)。以上の結果から、登熟後期の断続的な散水処理は、凸腹粒の発生が少ないような気象条件の年でも人為的に発生を助長させることが可能であり、凸腹粒耐性系統の選抜に有効であった。

4. 今後の研究方向

以上のように側面裂皮粒と凸腹粒について耐性評価法を確立できた。これらの評価法を用いて選抜した九州二条16号は、数年間の生産力検定試験においてもこれら被害粒の発生がきわめて少なく、検査

等級が安定して優れており、外観品質が優れるビール大麦として非常に有望な系統であった。現在も確立した評価法を用いて被害粒耐性品種の育成に取り組んでいる。しかし、これらの評価法は、通常の栽培管理に加えて遮光処理や散水処理を行わなければならない労力を要すること、また、収穫した材料を調査しなければならないため品種の評価を行うまでに時間がかかることなど課題も残されている。したがって、育種の効率化や早進化が求められている昨今、DNA マーカー等を利用した効率的な選抜技術の確立が重要であると考えられる。これらの被害粒については、DNA マーカーの研究を実施中であり、QTL 解析によって、側面裂皮粒に関してはオオムギ染色体の 2H, 3H, 6H 上 (Kai et al. 2003) に、凸腹粒に関しては 1H, 2H 上 (未公表) に選抜上有効と考えられる DNA マーカーを選定した。今後は、これらの STS 化を図るとともに選抜効率について明らかにする予定である。なお、マーカーの STS 化は現在順調に進んでいる。また、脱穀の際に生じる剥皮粒に関して、小型脱穀機を用いた評価手法を確立 (塚崎ら 2003) し、遺伝様式の解明を進めているところである。今後とも外観品質に関する選抜手法の開発を進め、確立した選抜手法を用いて外観品質に優れるビール大麦の品種育成に取り組んでいく予定である。

本稿をまとめるにあたり、福岡県農業総合試験場農産部麦類育種チーム古庄雅彦チーム長には、最新の情報を提供していただいた。ここに感謝の意を表す。

参考文献

- 福田敬・中村大四郎・山本勇・三原実 1993. 1992 年産麦における凸腹粒の発生について. 九農研 55 : 17.
- 浜地勇次・吉田智彦 1989. 最近のビール大麦における品質低下の実態・原因・対策. 農及園 64 : 395 - 402.
- 浜地勇次・古庄雅彦・吉田智彦 1989. ビール大麦における側面裂皮粒の発生に及ぼす環境条件の影響. 日作紀 58 : 507 - 512.
- Kai, H., Baba, T., Tsukazaki, M., Uchimura, Y. and Furusho, M. 2003. The QTL analysis of hull-cracked grain in Japanese malting barley. *Breed. Sci.* 53 : 225 - 230.
- 河田尚之 2004. 麦作技術の歩みと展望 (1980 ~ 2002) . 日作九支報 70 : 158 - 164.
- 松江勇次・山口修・佐藤大和・馬場孝秀・田中浩平・古庄雅彦・尾形武文・福島祐助 2000. 1988 年における北部九州の麦類不作の要因解析とその技術対策. 日作紀 69 : 102 - 109.
- 塚崎守啓・内村要介・古庄雅彦 2003. ビール大麦における剥皮粒検定法の開発. 育種学研究 5 (別 2) : 187.
- 山口修・馬場孝秀・古庄雅彦 2000. ビール大麦における凸腹粒の気象要因と発生時期. 育種学研究 2 : 5 - 9.
- 吉川亮・水田一枝・山口修 1995. ビール大麦の側面裂皮粒, 凸腹粒の気象的発生要因. 福岡農総試報 14 : 30 - 35.

2-3 総合討論

河田（座長・九州沖縄農研）：蛋白の話題と被害粒の話題とでは、遺伝的にも実際の対応も全然違いますので、まず加藤さんの「ビール大麦の粗蛋白質含量の安定化に向けた取り組み」について質問をいただいで論議していこうと思います。何かご質問とかご意見とかありますか。

小田（九州沖縄農研）：蛋白の溶けの制御の話で、製麦中の胚乳軟化度が関係あるということについてですが、溶けとプロテアーゼ活性に相関関係があって、更にそのプロテアーゼ活性とグルカナーゼ活性とが相関関係があるという話ですよね。そうすると、ここで見ている軟化度というのが、グルカナーゼ活性による結果を見ている可能性もあるわけです。そこで、蛋白の溶けがどういうステップを踏んでいくのかと仮説を立てて、どこの段階を指標にしているのかというのを見ていかないと、これは非常に難しい問題だと思います。スカイゴールデンのように溶け過ぎると言われているものについての解析が、今後はちょっと大変かなという気がします。

加藤：おっしゃるとおりで、胚乳軟化度については、プロテアーゼ、グルカナーゼの段階ではなくて、結果として蛋白の溶けが進んでいることによる最終的な現象しか見ていないのでは何にもならないと思っています。その前の段階の、例えば細胞壁の分解のステップで溶けの進み易い、進み難いの差があるとすれば、一つの要因にはなるのかもしれないと考えていますので、もう少し詳しく解析しようと思っています。

河田：今の問題については、製麦の過程の問題としてサッポロビールさんでも解析が進んでいますから、それぞれの要因がどういうプロセスで動いていくのか分かってくればという期待はあります。できればもっと前の段階で、品種というよりむしろ栽培上でコントロールするメカニズム・方法等で何かご意見がありますか。

石川（近中四農研）：成熟期になっても茎葉がまだ緑色をしているのが面白いと思ったのですが、そう言われてみると、これまで四国で裸麦の育種をやっていると、二条を作ると系統によっていつまで経っても茎葉が黄色にならない、枯れなくてずっと緑色しているものが結構目につきました。そういうものを選抜していけば低蛋白の品種ができるのかと思って、なるほどなと思いました。そういう選抜は有効なのでしょうか。

加藤：十分に解析をしていませんが、有効ではないかと思っています。HC-15はKarlの低蛋白特性が完全には引き継がれませんでした。もう一回ミカモゴールデン/Karlという交配から選抜を始めるときに、見た目がいつまで経っても青いというのをある程度指標にして選抜しましたが、簡単な選抜方法には成り得ると思います。

石川：その様にいつまで経っても茎葉が枯れないと、実際に収穫する場面で、水分が高くてコンバインに詰まり易いという様な問題はありませんか。

加藤：極端にまだ青々しているのでしたら問題ですが、そこまでは大丈夫ではないかと思えます。後は熟期の問題で、いくら実が先に熟しても、どうしても収穫期が遅くなるという問題はあると思いますが、一般の早生品種に比べてその辺は別物として考えれば良いかなと思っています。

中村（東北農研）：先ほど HL-138 の窒素含量が少ない理由がいくつか挙げられていましたが、今のことにも関係するのではないのでしょうか。子実粒の窒素含量は少ないということですが、植物全体については窒素含量はどうですか。

加藤：HL-138 については詳細な結果は出ていません。先に育成した HC-15 とか Karl などのデータを見ると、子実には少ない分、茎葉には残っておりトータルでは同じという感じです。

中村：葉の葉緑体が分解するとそれが窒素源になって子実に転流する、と教科書で読んだことがあります。普通の品種であれば、枯れ上がりと同時に、その過程で葉の窒素が子実まで行って、同時に枯れていきますが、この場合は葉が青いにも関わらず子実の方は先に登熟に入るので、そういう意味で単純に収支決算で移行していないのではないかと思います。

渡邊（作物研）：茎に緑色が残っているだけなのか、葉も緑色が残っているのかお聞きしたい。と言うのは、もしもそういう段階まで光合成ができれば、デンプンが上手く蓄積してくれれば多収につながるのではないかと思ったのですが、あまり収量に影響していないようなので。

加藤：葉も青々としています。純粋な isogenic line ではないので単純に比較はできませんが、育成系統はミカモゴールデンに比べて結果的には多収につながっていませんでしたが、もしかするとその様な増収効果が見られるものもあるかもしれません。

中村：それは、子実の登熟を何で規定するかですけど、徐々に乾燥して最後は programmed cell death で死んでいきます。そうしたらいくら葉の光合成に能力があっても、デンプン合成とか蛋白合成ができないことになりませんか。収量に関係することも、同時に進行するのであればあり得ますが、貯める方が既に機能的に落ちていく以上、葉や茎に能力があっても結局貯められないと思います。

加藤：おっしゃることをもう少し詳しく解析してみたいと思います。

河田：今後の問題としては、品種と言ってもなかなかどうこうという話ではないので、栽培上の問題としてどうコントロールしていくかについてやって行かないといけないと思いますのでよろしくお願ひし

ます。

次に馬場さんの「ビール大麦の被害粒発生に及ぼす環境要因と被害粒耐性評価法の確立」について、ご意見・ご質問はありますか。

加藤（栃木分場）：側面裂皮耐性と言われている九州二条16号（しゅんれい）などは、湛水処理条件でも確実に安定して出ないのでしょうか。また、より厳しい検定が必要ないのか、それとももっと厳しくやった方が強い選抜がかかるのでしょうか。

馬場：九州二条16号や他の系統に関しても、湛水処理をして遮光処理をするという厳しい選抜を行ったことはまだありません。その様な厳しい条件だと、どこまで側面裂皮が出るかはやってみないと分からないのですが、そこまできつい選抜をすると、良い系統というか選べる系統というものが無くなるのではないかと危惧しています。

河田：私の印象では、あまり条件を厳しく設定しなくても十分に選抜できると思います。ビール麦に側面裂皮の問題がでるのは、サッポロビールの一部の系統で、自然条件に一切関係なしに必ず側面裂皮が発生するものがあって、その血がかなり入っているからという印象です。

石川：凸腹粒というのは穂発芽とはまったく関係ないですか、それとも何らかの関係があるのですか。

馬場：関係は無いと思いますが、もう少し詳しい試験をしてみないと何とも言えません。

長嶺（栃木分場）：九州二条16号は粒形が細長いという話でしたが、細長いと被害粒が出難いという傾向はありませんか。

馬場：選抜の段階でいろいろと見ていますが、その辺の関係は無いと思います。特に細長いから被害粒が出難いとか出易いということはないと思います。

塔野岡（作物研）：側面裂皮と凸腹粒の両方の検定とも、極早生から中生まで同じ時期に一斉に処理してしまうのですか。

馬場：そうです。

塔野岡：そうすると、それぞれ障害の出やすいsensitiveな時期が、早晩性によってずれてくるとは思いますが、出穂期と被害粒発生の相関はありませんか。

馬場：確認しましたがそれはありません。早生から晩生まで一度に検定できるように若干広めの時期を

設定してやっています。

塔野岡：マーカーで側面裂皮の2H染色体のものと、凸腹粒の2Hのマーカーは同じ位置ですか。出穂期のQTLが2H染色体上に報告されていますが、それと同じものではないですか。その辺も含めて出穂期との相関があるのかなど。

馬場：マーカーの位置関係について確認していません。出穂期との相関はありませんでした。

河田：凸腹粒については、毎年登熟後期に雨が降って自然に選抜できるのなら検定は不要ですが、普通そういう年はなかなかありませんから、条件設定した検定をせざるを得ないですね。

時間が来ました。これで総合討論を終了します。