

水稻の高温対策

高温時の窒素追肥、飽水管理で等級低下を防ぐ

国立研究開発法人 農研機構
中日本農業研究センター 水田利用研究領域 作物生産システムグループ 上級研究員
新潟大学 農学部 教授

石丸 努
山崎将紀

2023年と2024年は、日本各地で記録的な猛暑となった。日本のほとんどの地域での登熟期に当たる8月の猛暑は、コメの外観品質に甚大な被害をおよぼす。登熟期の高温傾向は今後も続く予測されており、国民の主食であるコメの安定供給を持続させるためには、水稻の高温対策は喫緊の課題である。2023年の著しい品質低下を受けて、新潟県で開催された「令和5年産米に関する研究会」での「コシヒカリ」の高温対策技術を、これまでの研究成果を交えながら紹介する。

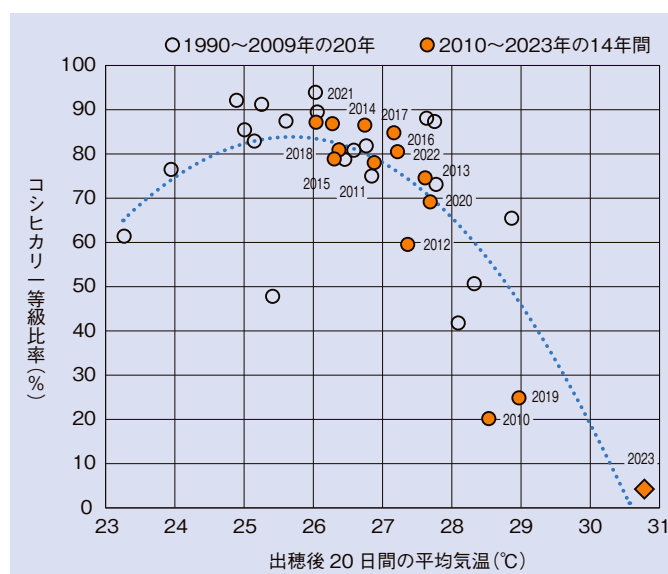


図1 「コシヒカリ」における出穂後20日間の日平均気温と一等級比率との関係(新潟県、1990～2023年)
日平均気温は新潟市・長岡市・上越市(高田)の平均値
「令和5年産米に関する研究会」(2023)の図を改変(図2も同様)

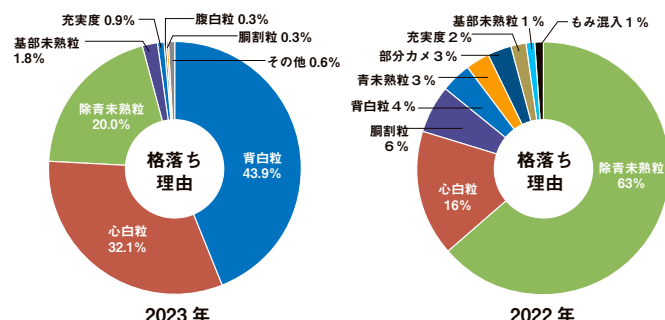


図2 2023年の新潟県産「コシヒカリ」の格落ち要因
(県内検査機関への聞き取り調査、2023年の一等級比率4.3%に対し、80.3%だった2022年の格落ち理由を右側に表示)

白未熟粒の発生メカニズム

「コシヒカリ」の高温登熟耐性は、新潟県を含む寒冷地南部で「やや弱」と評価されており、出穂後20日間の日平均気温が27℃を上回ると一等級比率が低下する(図1)。高温年での最大の格落ち要因は背白粒である(図2)。背白粒は、高温に加えて、高日射で発生するリスクが高まる(若松ら・2008)。背白粒では、糊粉層の内部の貯蔵物質の蓄積が不良で精米時に粒が削られやすくなること(写真1 A、B)、玄米の最外層に位置する糊粉層(糠層)が厚くなること(写真1 C)から、精米歩留まりが低下すると考えられる。背白粒は、玄米タンパク質含有率が低いと発生率が高まる傾向にある(若松ら・

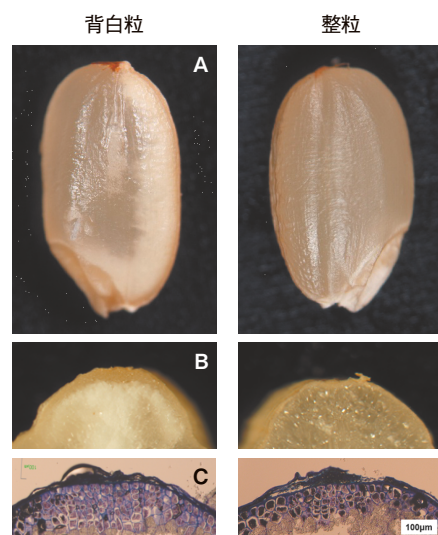


写真1 「コシヒカリ」で発生した背白粒(A)、背白部の拡大(B)、背白粒における分厚い糊粉層(C)
一部の図を Ishimaru et al. (2019) Plant Cell Physiol. から引用
整粒の同部位を右側に表示している

2008)。新潟県における「コシヒカリ」の玄米タンパク質含有率の平年値5.5%に対し、2023年は5.0%と著しく低かった[「令和5年産米に関する研究会」(2023)]。「コシヒカリ」のような高温に強いとはいえない品種の玄米外観品質を向上させるためには、玄米タンパク質含有率を適度に高める必要がある。

高温時における窒素追肥の重要性

玄米タンパク質含有率を適度に高める栽培技術として最も効果的なのが、窒素追肥である。高温年は、登熟期に葉色の低下が早く進行するため、登熟期の前に追肥を

行う必要がある。穂揃期のSPAD値（葉色）が高いと玄米タンパク質含有率は高まる（若松ら・2008）。新潟県では、2023年8月の登熟期に猛暑が予想されたため、新潟県農林水産部は、高温対策臨時号として、葉色が淡い場合は後期栄養の確保を優先し、出穂数日前の追加穂肥の施用を発出した〔「令和5年産米に関する研究会」（2023）〕。実際に、同部が生産者に向けて行ったアンケートでも、出穂数日前の追加穂肥を施用した生産者のなかには「玄米外観品質が向上し等級によい影響があった」という回答が多くみられた。新潟県では、この出穂数日前の追肥を「3回目穂肥」と呼び、高温年における品質向上技術として定着し、成果が出始めている。新潟県よりも例年登熟期の気温が高く、高温による玄米外観品質への影響がより大きい三重県では、出穂期前後の追加穂肥を「耐暑肥（たいしょごえ）」と呼び、高温対策として窒素追肥が重要であることを明確に表現している。

耐暑肥（3回目穂肥）の適切な施用量については今後栽培指針の確立が急務であるが、現状では窒素成分で1 kg/10 aを目安に施用する指導がなされている。これは高温時における「コシヒカリ」の後期栄養状態を確保しつつ、倒伏や玄米タンパク質含有率の過度な上昇による食味低下を抑制する効果がある実用的な施肥量と想定される。

新潟県では、2023年だけでなく、2019年にも「コシヒカリ」の1等級比率が25%まで落ち込んだ。新潟県農業総合研究所の栽培試験によると、両年とも玄米タンパク質含有率と整粒歩合との正の相関がみられ、玄米タンパク質含有率が1ポイント高まると、整粒歩合は13ポイントも向上することがわかった（図3）。さらに注目すべきは、より高温だった2023年のほうが2019年よりも同じ玄米タンパク質含有率でも整粒歩合が低かった点である。まだ仮説の域を超えないが、登熟期が高温になるほ

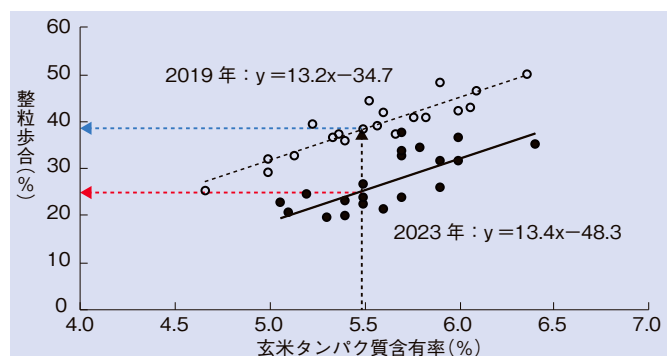


図3 2019年と2023年の「コシヒカリ」における整粒歩合と玄米タンパク質含有率との関係(新潟県農業総合研究所、新潟県長岡市)〔令和5年産米に関する研究会(2023)の図を改変〕
両年とも直線の傾きは13.2と13.4だったことから、1ポイントの玄米タンパク質含有率の上昇により、整粒歩合が理論上13ポイント回復できる。2019年の青矢印と2023年の赤矢印は玄米タンパク質含有率が両年で同じ5.5%だったとしても、より高温年だった2023年で整粒歩合が低くなることを表している

ど窒素追肥の整粒歩合向上に対する効用が弱まることを示している。気温上昇が進行した場合、等級向上や食味維持に対して窒素追肥が期待するほどの効果を上げることができない時期が来るかもしれない、そのときは高温登熟耐性品種への全面的な転換が必要となるであろう。

高温時における水管理

2023年の新潟県では、異常高温だけではなく、降雨不足による渇水も同時に起こった。限りある用水を節約しながら土壌を酸化的に保ちつつ地温を下げる効果がある飽水管理（写真2）は、有効な水管理である。高温時における水管理や

水分調整は、白未熟粒だけではなく、胴割粒に対しても重要である。胴割粒は、出穂後6～10日の登熟初期の日最高気温が高いと発生率が高まる（長田ら・



写真2 飽水管理の例
湛水は2 cmほどまで、土の表面から数cmの深さまで水がなくなったら湛水する
(写真提供：新潟県農林水産部)

2004)。2023年の新潟県では、すべての品種で登熟初期に異常高温に遭遇しており、胴割粒の発生リスクが高い状態であったものの、①出穂期25日後以降も飽水管理を継続する水管理②収穫開始を積算気温で50℃（2日程度）早める早期刈り取り③加温乾燥を避け常温で通風乾燥する収穫後の水分調整、などの指導を徹底したため、胴割粒による格落ち要因はわずか0.3%にとどまった（図2）。胴割粒は、適切な水管理や水分調整で大幅に軽減できると考えられる。



今号では、白未熟粒の発生メカニズム、窒素追肥、水管理に絞って「コシヒカリ」の高温対策技術を紹介した。これらの対策は「コシヒカリ」以外の高温には強くない品種にも適用できる可能性がある。2023年と2024年の日本各地における登熟期の異常高温は、コメの品質に甚大な被害をおよぼしたものの、これまでの研究成果の活用や生産者からの有効な技術の掘り起こし、ドローンやICTなどの最新技術の導入により、今後も生産者が実行可能な対策技術を打ち出していく必要がある。

引用文献

- Ishimaru et al. (2019) Plant Cell Physiol. 60, 626–642.
長田ら(2004)日作紀 73, 336–342.
令和5年産米に関する研究会(2023)令和5年産新潟米の1等級比率低下要因と対応について。
若松ら(2008)日作紀 77, 424–433.