

コメの品質,食味向上のための窒素管理技術(1)

誌名	農業および園芸 = Agriculture and horticulture
ISSN	03695247
著者名	近藤,始彦
発行元	養賢堂
巻/号	82巻1号
掲載ページ	p. 31-34
発行年月	2007年1月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



コメの品質，食味向上のための窒素管理技術〔1〕*

— 水稻の高温登熟障害軽減のための栽培技術開発の現状と課題 —

近藤 始彦**

〔キーワード〕：水稻，高温登熟，品質，施肥，食味

1. はじめに

1990年代に入り高温による白未熟粒（ここでは乳白粒，背白粒，基白粒などの総称として用いる）の発生を中心としたコメの品質低下が問題として大きく取り上げられるようになった。とくに1999年に東北地域まで発生が広がって以来，白未熟粒に関する多くの事例報告と発生要因の解析がなされ，栽培技術対策の方向性が示されている（松村2005，寺島ら2001など）。これらの方向性を基礎に具体的な対策技術の検証と確立が各地域で進められており，その効果や白未熟粒のタイプ間での反応の相違などが明らかになってきている。同時に限界・課題も見えてきている。とくに登熟期の低窒素状態によって発生が助長されることが明らかになり窒素管理法の改善が急がれている。1980年代後半より，コメの食味重視の傾向が強まりコメの低タンパク化が進められるとともに窒素施肥レベルは全国的に低下してきた（図1）。とくに北陸，九州地域で施肥レベルが低くなる傾向にある。施肥量の低下は施肥効率の改善に起因する部分もあり必ずしも食味重視のためだけではないが，水稻の窒素吸収量は低下してきていると推定される。高温対策のための窒素施肥法の改善はこうした低窒素施肥化に相反する側面があるため，品質と食味を両立する窒素管理法の確立が大きな課題となっている。このような背景より本稿では各地域での高温登熟対策技術の現状，とくに品質と食味の両立の方向を概観するとともに問題点に

ついて述べたい。

2. 白未熟粒タイプ別の発生要因

近年の白未熟粒の発生増加の要因について乳白粒と背白・基白粒の違いが整理されてきている（高橋2006）。乳白粒については高温に加えて高稲数と低日射が主要な助長要因となっている。とくに低日射は広い地域で大きな発生助長要因となっていると考えられる。これらの状況より乳白粒発生の生理的要因としては高温による穎花の肥大の加速とデンプン合成基質の競合の増加により胚乳で一時的・局部的に基質が不足することが引き金であると想定されている。一方，背白・基白粒の発生は乳白粒より温度依存性が高く高温に起因する部分が大きいと思われる。また，登熟期間の植物体の窒素含有率が低いと助長されることが明らかになっている。窒素含有率の低下の理由としては施肥量の低下，生育初期の高温による初期生育・茎数の増加や土壌窒素の無機化の早期化などが指摘されている（松村2005）。これらより背白・基

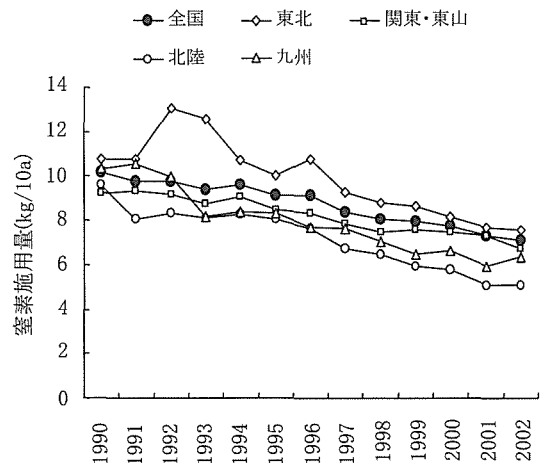


図1 水稻作における窒素（化学肥料）施用量的変化
農林水産省

*本稿は2006年7月に鹿児島県において開催した平成18年度高温登熟研究会「高温登熟対策技術マニュアルの点検・地域比較」（主催，作物試験研究推進会議・プロジェクト研究「低コストで質の良い加工・業務用農産物の安定供給技術の開発」）における報告，議論に基づいてまとめたものである。

**独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構作物研究所
(Motohiko Kondo)

白粒の発生は登熟後期の登熟能の低下に関係すると推察される。このような知見から発生軽減対策についても白未熟粒のタイプを考慮して検討が進められている。

3. 対策の概要，作期移動

栽培技術対策の方向としては、登熟期間中の気温や稲体の温度を低下させる、籾数と登熟期の栄養状態を適切に維持する、早期落水を避けるなど登熟を維持・向上する土壌環境の形成を促進する、にまとめられる（日本作物学会シンポジウム記事2005、松村 2005 など）。これらを達成するための技術対策が作期移動、植え付け方法、施肥・土壌管理法、水管理法に求められている。

具体的な作期の移動の目安としては出穂後 10～20 日の平均気温が 26～27℃を下回るように移植適期を設定している地域が多い。こうした基準に基づき早植え地帯、西日本の普通期栽培地帯においては移植時期の遅延により品質向上が図られている。移植時期を遅らせることは、過剰な初期生育や籾数の制御を通して高温への耐性を高める効果もあると考えられる。一方、作期の移動には問題、限界がある場合もみられる。千葉県などでは現在の 4 月中の移植を遅らせた場合、倒伏の増大や秋雨への遭遇が想定されるため現在の移植時期が適当とされている。高知県の早期栽培では現在の 4 月上旬の移植を遅くすることは気温の低下につながらず、早めた場合には活着期や穂孕み期の低温への遭遇の危険性がある（坂田 2006）。また一般的に登熟期間の気温を下げた場合日射量の低下を伴いやすい。大規模経営における作業分散の必要性、水利の面から作期の移動には限界があることも指摘されている。

今後さらに最適な作期の策定には、出穂期前の気象条件についての考慮も必要と思われる。広島県のコシヒカリの 1 等米比率は、減数分裂期から出穂期の高温と関係が認められている（古土井 2002）。乳白粒の発生には出穂前の気温とも相関が認められている（近藤 未発表）。出穂前の高温が発生に関与する機構としては、籾数の増加や出穂の早期化、さらに低日射と重なった場合には出穂期までの炭水化物蓄積の低下などが考えられる。

4. 窒素施肥法の改善

窒素施肥改善の方向は、主に乳白粒を対象とした籾数の制御と背白・基白粒を対象とした登熟期の植物体の適正な窒素レベルの維持の 2 つからなる。従来よりコシヒカリを中心に主に幼穂形成期の葉色・茎数を指標として、倒伏を避けながら籾数、収量を確保しコメ中タンパク含有率を制御するための施肥診断法が多く地域で確立されている。これらの診断に加え、高温下での品質低下を考慮した施肥時期・量の目標が設定されつつある。コシヒカリでの目標の籾数・収量は多くの地域でそれぞれ 26,000～32,000 粒/m²、480～540kg/10a、の範囲にある。各地域で確立・検討されている窒素施肥法でほぼ共通している点は、初期の施肥を抑制するとともに幼穂形成期以降の施肥と植物体の窒素状態の維持に重点をおいていることである。初期の施肥の抑制は過剰げつを抑え籾数の制御を容易にすることや高い初期乾物生産による幼穂形成期の稲体の窒素含有率の急激な低下を防ぐことが目的である。また幼穂形成期までの窒素吸収量を高めすぎると籾数当りの窒素保有量が高まり玄米タンパク含有率は上昇しやすい（松田ら 1997）。

穂肥の時期・量については、籾数を過度に増加させずに登熟期の葉色を高めるために遅めに設定する、あるいは後期穂肥に重点をおいている場合が多い。従来の 2 回の穂肥をまとめて 1 回にしている地域も見られる。ただし後期穂肥量をあまり高めたり出穂期近くまで遅らせたりした場合、玄米タンパク含有率の上昇が懸念される（建部 2006）。このため幼穂形成期以降ある程度高く窒素状態を維持しておくことが必要である。幼穂形成期～出穂期の地上部の窒素状態の維持は根系発達の促進を通して登熟期間中の根機能を高める効果もあると思われる。このような窒素栄養状態の誘導手法のひとつとして栽植密度の調節が試みられ、16～18 株/m² 程度の疎植にすることで効果がみられている（高橋 2006）。ただし、疎植により一穂籾数が高まった場合に乳白粒が増加しやすい面もあることから、最適な穂数、穂相についてはさらに検討を要する。また、疎植は普通期栽培地帯などでは玄米タンパク含有率の増加につながり

やすいともいわれ地域間差に考慮する必要がある。

5. 窒素状態と食味

玄米タンパク含有率（水分 15%換算）と食味の関係については、7%以上の範囲ではタンパク含有率の増加により一般的に食味の低下が見られる。一方、7%以下では低タンパク化するほど食味が必ずしも上昇するわけではないと思われる。山梨県でのコシヒカリの食味官能試験の結果では 6.5%以下の領域では食味総合評価値のばらつきが大きく、タンパク含有率の増加による明瞭な食味評価の低下は見られない（図 2）。むしろ 5.5~6%以下では、やや総合評価値や味は低下する傾向にあった。また、登熟期の過度の植物体の低窒素状

態は登熟の低下により玄米の小粒化ももたらし、コメ中タンパク含有率の抑制に結びつかない（吉永 2006）。さらに、出穂期以降の葉色や体内窒素含有率が低い場合に白未熟粒、とくに背白・基白粒の発生が増加することが多く示されている（坂田 2006, 高橋 2006 など）。これらより登熟期の窒素レベルの過度の低下は白未熟粒発生を助長するのみならず食味を向上させない、あるいは低下させる可能性が高い。タンパク質のうちプロラミンが胚乳の周縁部で増加すると食味を低下させるとされるが、コメ中タンパク含有率が低い領域で食味を左右する要因についてはタンパク質組成、分布からさらに検討を要する（増村 2006）。

6. 窒素施肥の問題点

以上のように登熟期の植物体の窒素レベルの維持方法や下げ過ぎた場合のマイナス面は明らかになってきている。一方、食味と品質を両立させる実用的な診断指標の策定については課題も見えてきている。白未熟粒発生の抑制効果が認められる植物体の窒素状態は温度域により異なるため、想定温度を設定する必要がある。また、これまで得られているコシヒカリでの出穂期前後の葉色と背白・基白粒発生との関係（坂田 2006, 高橋 2006）から葉色 (SPAD 値) の下限値を 33~34 程度とし、食味維持のための玄米タンパク含有率の上限を多くの地域で採用されている平均値の 6.5%とすると、一般的にはこの両者を両立させるのは容易ではないと推察される。背白・基白粒発生率と玄米タンパク含有率との関係で見ても、6.5%程度以上で発生抑制効果が見られている（近藤ら 2006）。玄米タンパク含有率は葉中窒素レベルだけでなく籾数と茎葉部のバランスにも影響されることより（熊谷ら 1998）、今後籾数も加味した登熟期の窒素状態の指標をより明確にする必要があると思われる。また、当然ながらコメ中タンパク含有率を高めずに登熟を促進し品質を維持する栽培管理技術の増強は不可欠である。ケイ酸の供給は群落光合成能を促進しコメ中タンパク含有率を低下する効果があることが知られる（安藤ら 2004）。肥効調節型窒素肥料の追肥利用は葉の窒素状態と光合成能を安定化しながら穂への窒素の転流を低く抑えるために有効である可能性があり、吸収窒素の

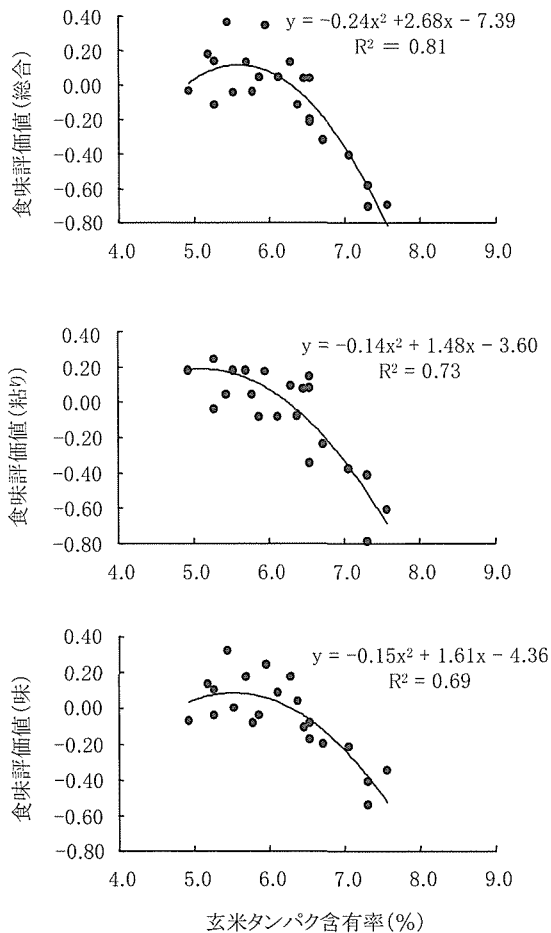


図2 玄米タンパク含有率（水分 15%換算）と食味官能評価値との関係
品種：コシヒカリ（山梨県総合農業技術センター）

体内動態と品質への影響の検証が期待される。

植物体の窒素状態と白未熟粒発生の関係の生理メカニズムに基づいた診断指標の精密化も求められる。好適な植物体の窒素状態による白未熟粒発生抑制のメカニズムとしては光合成能の促進、転流・転送器官の老化の抑制などが想定されるが検証が不足している。このため診断の指標とすべき時期、形質などについて明確でない部分が残っている。

7. 今後の課題

窒素施肥レベルの下げすぎによる白未熟粒発生の助長を抑制するためには、茎葉部窒素の下限水準だけでなくコメ中タンパク含有率の下限値を設定することも検討に値すると思われる。一方で、平均気温で28℃以上の高温域では植物体の窒素状態の改善だけでは白未熟粒発生軽減効果は十分ではないと考えられることから(近藤ら 2006)、このような条件では引き続き作期の移動など窒素施肥法以外の対策の強化も求められる。コメ中タンパク含有率が上昇しにくい品種の開発利用も長期的には有用であろう。また、乳白粒については現在粒数の抑制が主体となっているが、今後は粒数・収量レベルを高めても発生を抑制する方向も見出す必要がある。さらに乳白粒の大きな発生要

因である低日射に対する対策は、技術開発の蓄積が少なく今後品種間差異の検討も含めた基盤的研究が進むことが期待される。

参考文献

- 安藤豊・安藤正・森静香・藤井弘志 2004. ケイ酸質肥料の効果的な施用法. 農業技術体系土壌肥料編 6-1 120-16-120-22.
- 熊谷勝巳・富樫正博・上野正夫 1998. 山形県における水稻の栽培条件と食味及び食味関連成分の関係 東北農試研究資料 22:87-96.
- 古土井悠 2002. 広島県における「コシヒカリ」の1等米比率と気温との関係. 日本作物学会中国支部研究集録 43:16-17.
- 近藤始彦ら 2006. 水稻の乳白粒・基白粒発生と登熟気温および玄米タンパク含有率との関係—全国連絡試験による解析—日本作物学会講演予定 日作紀 75 別 2:14-15.
- 坂田雅正・高田聖 2006. 高知県における高温登熟による品質低下に対応する品種と技術開発. 農及園 81:102-109.
- 高橋渉 2006. 気候温暖化条件下におけるコシヒカリの白未熟粒発生軽減技術. 農及園 81:1012-1018.
- 建部雅子 2006. コメのタンパク質, アミノ酸等の登熟にともなう推移と窒素栄養による変動. 農及園 82(1):35-42.
- 寺島一男・齋藤祐幸・酒井長雄・渡部富男・尾形武文・秋田重誠 2001. 1999年の夏期高温が水稻の登熟と米品質に及ぼした影響. 日作紀 70:449-458.
- 日本作物学会シンポジウム記事 2005. 温暖化する気象条件下での早期栽培イネにおける品質・収量低下に対する技術的対応 日作紀 (別1)74:80-93.
- 増村威宏 田中国介 2006. イネ種子タンパク質の合成・集積と米粒内分布に関する分子機構. 農及園 82(1):43-48.
- 松田祐之・藤井弘志・柴田康志・小南力・長谷川愿・大淵光一・安藤豊 1997. 水稻の窒素吸収量から見た初生産効率と精米中のタンパク質含有率の関係 土肥誌 68:501-507.
- 松村修 2005. 高温登熟による米の品質被害—その背景と対策—. 農業技術 60:437-441.
- 吉永悟志 2006. 東北地域における少肥による玄米低タンパク化の品質・食味への影響. 農及園 82(1):49-54.