

高温生育条件下における「コシヒカリ」の 品質低下防止のための後期栄養維持施肥法

新潟県農業総合研究所
佐渡農業技術センター

専門研究員 土 田 徹

1. はじめに

近年、水稻生育期間の気候温暖化に伴い、胚乳部分が白く濁る未熟粒（白未熟粒）の多発による産米の品質低下や1等級比率の年次変動が大きくなっている。品質低下要因には、登熟期の高温条件、特に出穂期から登熟初期の高温が白未熟粒の発生に関与していることが指摘されている。この背景には、良食味米生産のため、玄米タンパク質含有率の低減が重視されて窒素施肥を控える等によって稲体が生育後期に栄養凋落することも影響していると考えられる。登熟期の窒素不足は高温登熟条件下で白未熟粒、特に基部未熟粒の発生を助長するとの報告もあり、過度な生育後半の窒素供給の制限が、外観品質の低下を招いている可能性は高い。

米粒の充実を良くするため、従来は穂揃期追肥が実施されていたが、外観品質を高める効果がある一方で玄米タンパク質含有率を高めて食味を低下させることから現在は施用しないよう指導されている。稲体の登熟能力を高く維持し、品質を高めるとともに、玄米タンパク質含有率を高めない、品質と食味が両立できる新たな施肥管理法の確立が大きな課題となっている。

そこで、高温登熟条件を水田内にビニールハウスを設置することで再現し、窒素溶出パターンの異なる3種類のリニア型被覆尿素肥料の肥効が外観品質等に与える影響について検討した結果を紹介する。

2. ビニールハウスによる高温処理

通常的气象条件の年でも暑い夏を再現するために水田内に長さ8m、幅1.5m、高さ1.8mのビニールハウスを設置し、出穂5日後から2週間程度高温処理を実施した（写真1）。処理期間の

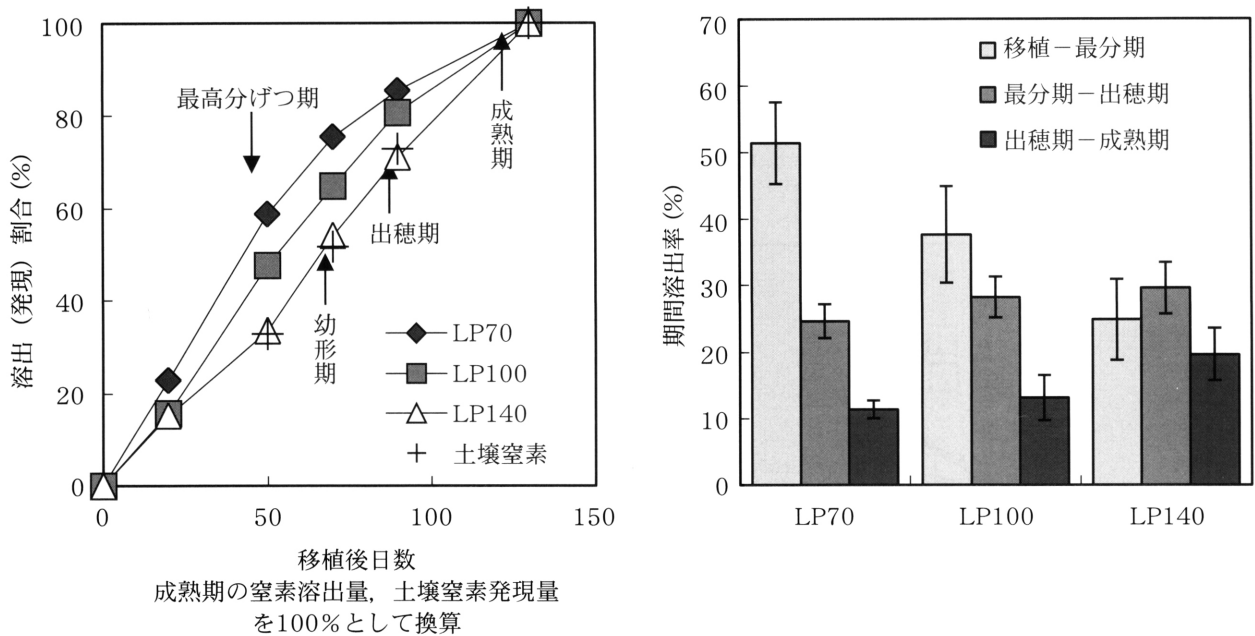


写真1. 水田内のビニールハウス設置状況

ビニールハウス内中央部分の気温は、日平均で1.2℃外気温より高まっていた。日射がある昼間の気温は平均で2.3℃外気温より高まっていたが、夜間の気温は0.3℃の上昇とビニールハウス内外の気温差はほとんどなかった。

3. 被覆尿素の溶出経過と土壌窒素発現量

リニア型被覆尿素の溶出割合と土壌窒素発現割合を図1に示す。生育後期の稲体栄養凋落を抑制するため、地力窒素の代替として窒素溶出パターンが異なるリニア型被覆尿素LP70、LP100、



(左図) 移植後の推移, (右図) 被覆尿素の期間溶出率

図1. 被覆尿素の溶出割合と土壤窒素発現割合

LP140の3種類を基肥施用時に基肥量(1.5または3.0kgN/10a)に上乗せで2kgN/10a施用した。被覆尿素からの窒素溶出率は、最高分げつ期頃までにLP70は約51%, LP100は約38%, LP140は約25%であった。出穂期以降成熟期までは、LP70で約11%, LP100で約13%, LP140で約20%であった。出穂期以降は最高分げつ期までと逆にLP140, LP100, LP70の順で窒素の溶出があった。試験設計の段階では新潟県の水田土壌からの窒素発現パターンはLP100の溶出パターンと同様と考えて3種類のリニア型被覆尿素を用いたが、センター内の土壤窒素発現を湛水密栓培養法で測定した結果、LP140の溶出パターンとほぼ一致した。

出穂期と成熟期の葉色値(SPAD値)とそれぞれの差を図2に示す。葉色値の推移を比較すると、出穂期では被覆尿素の上乗せ施用の有無による差はないが、成熟期では被覆尿素の施用で高まった。このことは、被覆尿素の上乗せ施用は出穂期以降も持続的に窒素が供給されるため、出穂期から成熟期にかけての葉色値の低下を抑制できることを示している。なお、いずれも被覆尿素の種類による差は小さかった。

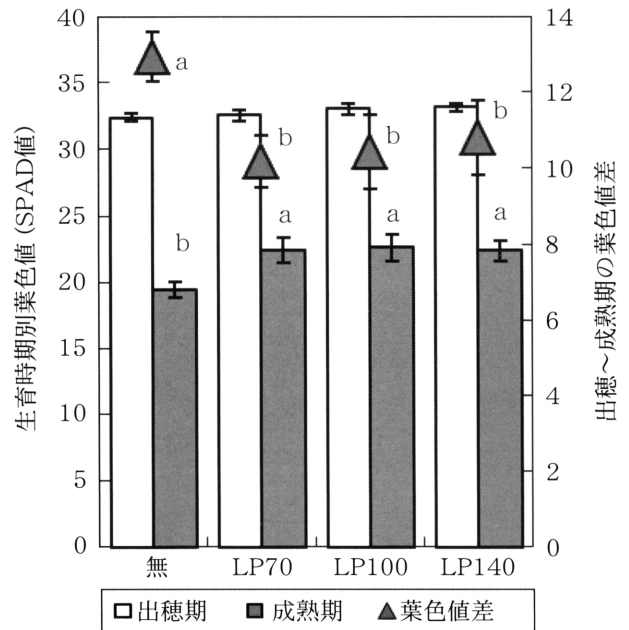


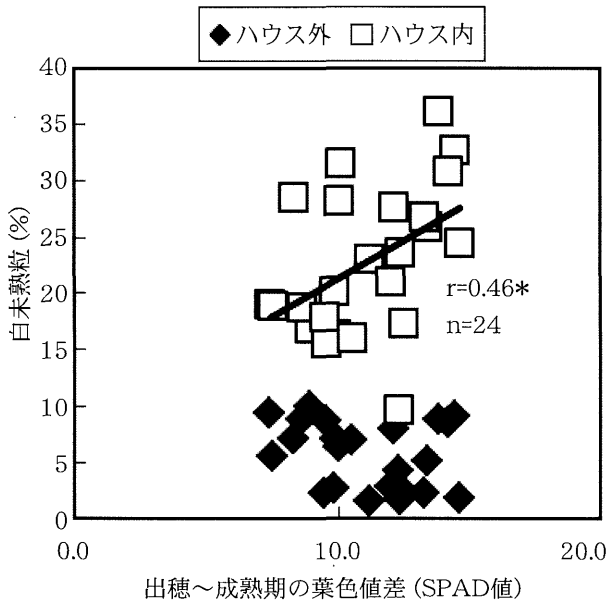
図2. 出穂期と成熟期の葉色値(SPAD値)と両期間の葉色値差

4. 外観品質

登熟初期が平年より高温であった2005~2007年の試験結果を中心に被覆尿素肥料の肥効が外観品質に与える影響を検討した。出穂期から成熟期

の葉色値の差と白未熟粒の関係を図3に示す。ハウス外では出穂期から成熟期の葉色値の差と白未熟粒の発生に関係が認められなかったが、ハウス

内では出穂期から成熟期にかけての葉色値の低下が大きいほど白未熟粒が増加する傾向にあった。成熟期にかけて葉色値が低下するような稲体の窒素栄養状態の場合、高温登熟条件では平年の気象条件下より白未熟粒の発生が多くなった。



2005～2007年，穀粒判別器（RGQI10，サタケ社製）

図3. 葉色値（SPAD値）と白未熟粒の関係

基肥3kgN/10a処理の試験区において、被覆尿素的の種類、高温処理の有無および栽培年次が外観品質に及ぼす影響を表1に示す。栽培年次別にみると、2005年では基部未熟粒は少なかったが、乳白粒、青未熟粒がやや多くなった。登熟初期に高温であった2006年では基部未熟粒が多発したが、2007年では整粒歩合が高かった。2005、2006年の総粒数は26,000粒/m²前後であり、倒伏程度も3以下であったので、品質低下の主な要因は登熟初期の高温であると考えられる。ハウス内ではハウス外に比べて基部未熟粒、乳白粒が多発した。これは、高温のほかにビニールフィルム自体の遮光等が影響したものと考えられる。

被覆尿素施用は無施用に比べて基部未熟粒が有意に減少した。種類別にみると、LP70では基部未熟粒が少ないが、乳白粒、青未熟粒が多くなる

表1. 外観品質に対する要因効果表（基肥N3.0，2005～2007の3年間）

要因	外観品質 (粒%) サタケ穀粒判別器 RGQI10								
	整粒	未熟粒	[白未熟	(乳白	基部未熟	腹白)	青未熟	その他未熟]	
総平均	64.8	31.1	14.0	5.4	6.5	2.1	1.2	15.9	
被覆 尿素	無	-2.6	1.9 a	1.3	-0.2	1.6 a	0.0	-0.5 b	1.1
	効果 LP70	0.4	-0.1 b	0.3	0.7	-0.7 b	0.3	0.7 a	-1.1
	LP100	1.3	-1.0 b	-0.7	0.1	-0.8 b	0.0	-0.1 b	-0.2
	LP140	0.9	-0.8 b	-0.9	-0.6	-0.1 b	-0.2	-0.2 b	0.2
	F値	3.1 Δ	4.5 *	1.3	1.6	12.2 **	1.0	10.1 **	1.7
寄与率	0.9	0.9	0.2	0.5	2.3	0.0	7.9	1.3	
高温 処理	効果 ハウス外	11.6	-9.4	-8.3	-3.3	-3.8	-1.3	-0.1	-0.9
	ハウス内	-11.6	9.4	8.3	3.3	3.8	1.3	0.1	0.9
	F値	557.6 **	866.2 **	340.7 **	234.5 **	602.7 **	171.3 **	3.0	7.0 *
寄与率	79.7	75.3	77.2	68.3	41.8	62.6	0.6	3.8	
栽培 年次	2005年	-0.2	1.0	-3.2	1.5	-3.9	-0.9	1.7	2.5
	効果 2006年	-2.4	1.6	4.3	-1.5	4.9	0.9	-1.1	-1.6
	2007年	2.6	-2.7	-1.1	0.0	-1.0	-0.1	-0.6	-1.0
	F値	8.6 **	17.9 **	24.4 **	17.2 **	281.1 **	28.1 **	119.8 **	12.9 **
	寄与率	2.21	2.9	10.6	9.5	38.9	19.9	68.2	15.1

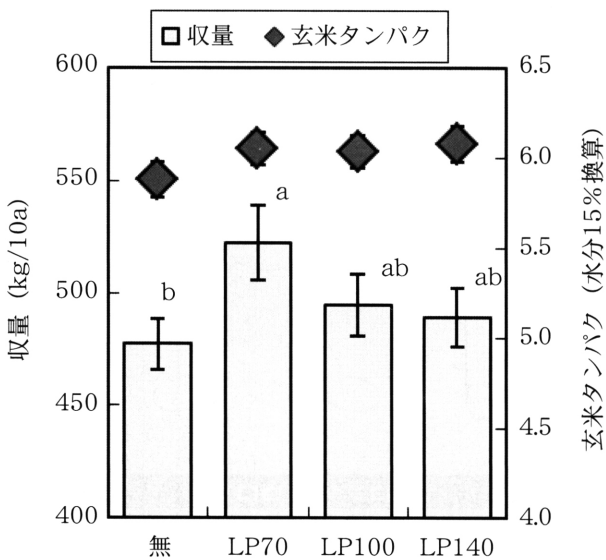
Δ, *, **はそれぞれ10, 5, 1%水準で有意, 同一英字間は5%水準で有意差なしであることを示す。
乳白粒と基部未熟粒, 腹白未熟粒の合計を白未熟粒, 白未熟粒, 青未熟粒, その他未熟粒の合計を未熟粒とした。

傾向がみられた。LP100では基部未熟粒がLP70と同程度に少なく、LP70のような乳白粒や青未熟粒の増加がみられなかった。LP140では基部未熟粒はLP70、LP100ほど少なくないが、乳白粒が少なかった。LP70は窒素の溶出が比較的早く、 m^2 当り籾数が多くなるため、籾数過多で発生が多い乳白粒や青未熟粒が多く、逆にLP140では溶出が遅いため、乳白粒の発生が少なかったものと考えられた。

高温条件で発生が多くなる基部未熟粒は、穂肥を増やすことで減少することが指摘されている。本試験も同様な結果であり、登熟期間が高温で推移した場合、リニア型被覆尿素を施用することによって登熟期間の葉色値の低下が抑制されるため、光合成活性が維持され、基部未熟粒の発生が抑えられて外観品質が向上するものと考えられた。

5. 収量と玄米タンパク質含有率

被覆尿素の種類別の収量および玄米タンパク質含有率を図4に示す。収量は被覆尿素の施用で高



2003～2007年、ハウス内外、エラーバーは標準誤差、同一英字間は5%水準(Tukey法)で有意差なしであることを示す。

図4. 被覆尿素の種類別の収量および玄米タンパク質含有率

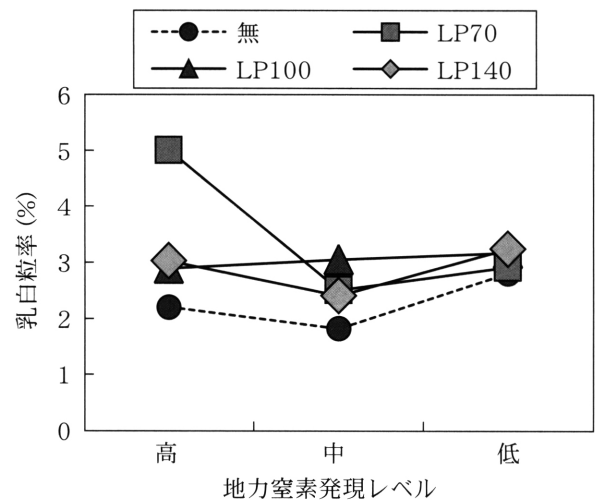
まる傾向がみられ、LP70では有意に高まった。玄米タンパク質含有率は被覆尿素の施用で高まる

傾向がみられたが、その差は小さく、食味を低下させるほどではないと思われた。

6. 現地試験

現地水田(ビニールハウスなし)で本施肥法を検討した結果、センター内と同様に被覆尿素を施用しない慣行施肥に比べて基部未熟粒が減少し、整粒歩合が高まる傾向がみられた。

その効果は水田土壌からの窒素発現パターンとほぼ同様なLP140が安定して高かったが、地力窒素発現量が多い水田では、LP70の施用により、籾数が増加して乳白粒が多発する傾向が認められた(図5)。地力窒素発現量を考慮し、被覆尿素の上乗せだけでなく、基肥に使用する速効性肥料を減肥するなどして生育量をコントロールする必要があると考えられた。



地力窒素発現レベルは培養窒素(30℃4週間, 30℃10週間)がそれぞれ「高」が4.6, 8.4mg, 「中」が4.0, 7.7mg, 「低」が1.8, 4.3mgであることを示す。

乳白粒率は2006～2007年、穀粒判別器(RGQI10, サタケ社製)で測定した。

図5. 現地水田における地力窒素発現量と乳白粒の関係

6. まとめ

高温登熟条件をビニールハウスを水田内に設置することで再現し、地力窒素代替効果が期待できるリニア型被覆尿素が産米品質に与える影響を検討し、以下のことが明らかになった。

(1) 高温登熟条件では出穂期から成熟期の葉色値の低下が小さいほど白未熟粒の発生が少なく、整粒歩合が高まる傾向がある。

(2) リニア型被覆尿素を基肥の速効性肥料と配合して本田に施用すると、出穂期以降も持続的に窒素が供給されるため、登熟期間の葉色値の低下を抑制できる。

(3) 被覆尿素の利用は登熟後半まで窒素供給が持続することで葉色値を維持し、基部未熟粒の発生を抑制する。高温登熟条件下では、慣行施肥に比べて白未熟粒の発生が少なくなり、整粒歩合が高まる傾向が認められる。

(4) 整粒歩合を高める効果は水田土壌からの窒素発現パターンとほぼ同様なLP140が安定して高

いが、地力窒素発現量が多い水田では、LP70の施用により、粉数が増加して乳白粒が多発する傾向がある。過剰生育や倒伏が懸念される場合は、基肥の速効性肥料を減肥する必要がある。

(5) 普及に当たっては、水管理による土壌からの窒素発現の促進や稲体の活力維持を基本とし、それでも登熟後半に稲体の栄養凋落がみられる水田において本施肥法を活用する。もちろん本施肥法だけで高温登熟条件での品質向上が可能となるわけではない。高品質米生産のためには適期田植えや適正な中干しなどの実践も大切である。

作物の生育にマッチした養分の供給! ジェイカムアグリのヨーティンダ肥料



原 肥		LPコート・エムコート	ロング・エコロング
		尿素	硝酸系化成肥料
主な溶出タイプ	直線型	20、40、70、100、120、140	40、70、100、140、180、270、360
	シグモイド型	30、40、60、80、100、120	70、100、140、180
使 用 場 面		水稲、麦、豆類、野菜など	野菜、花卉、果樹、茶など
主 な 製 品		LPコート複合、エムコート複合	ロング、エコロング、スーパーロング、スーパーエコロング