

コシヒカリの全量基肥施肥法による乳白粒の発生軽減と 玄米品質の向上

西端善丸*・牧田康宏*・伊森博志*

Reduction of Milky White Rice Grain Generation and Qualitative Improvement of Rice Grain of “Koshihikari” by Using Basal Application of Controlled-Release Coated Urea

Yoshimaru NISHIBATA*, Yasuhiro MAKIDA*, Hiroshi IMORI*

施肥から一定期間を経過した後に溶出を開始する被覆尿素 (LPSS100) を用いたコシヒカリの全量基肥施肥法は、収量は若干劣るものの、慣行施肥に比べて玄米の乳白粒割合が低く、タンパク含量も低かった。また穂相調査において、不稔粒の割合も低かった。これらは、LPSS100 の溶出がシグモイド型であること、幼穂形成期ころの窒素供給量が慣行施肥より少なく、穏やかな肥効であるため、乳白粒の発生しにくい籾の着き方になるためと推察された。

Key Words: 全量基肥施肥法, 被覆尿素, 乳白粒, 玄米品質, 穂相, コシヒカリ

I. 緒言

現在まで稲作の低コスト化に向けての取り組みが数々なされてきているが、その中で全量基肥施肥法は中間追肥・穂肥などを省略し、基肥の1回の施肥で生育期間の全肥料を賄ってしまおうという技術である。この技術は、農家の追肥の労力を大幅に削減する施肥技術⁶⁾であるばかりでなく、水稻への窒素の利用率が高いことから、環境に優しい低投入型持続的農業の施肥法とも位置付けがなされてきている^{1) 7)}。

このように画期的な全量基肥施肥法は、新しく開発された被覆尿素を利用することによって現場で多く実践されるようになったが⁴⁾、福井県内においては全国に先駆けてその使用に取り組んだ結果、平成12年度実績において、水稻作付面積の約30%がこの方法で実施された。これからも、その実施面積の増加が予想されている。

一方、米の品質向上は米価低迷の中、消費者ニーズとあい

まって米づくりの重要な課題となっており、県においては「おいしい福井米のグレードアップ」のための各種施策がとられているところである。

現在までの玄米品質の状況について、食糧事務所の検査結果によると、2等米への格落ち理由の主なものは、年によってこの順位に変動があるものの「乳白」、「胴割れ」、「斑点米」が常に上位を占めており、これらの発生抑制対策により本県産米のグレードアップが可能と考えられる。

今回、水稻の全量基肥施肥法によって、玄米品質が向上する知見が得られたので報告する。

II. 試験方法

1. 被覆尿素肥料の窒素溶出試験

栽培に供した肥料の被覆尿素的単品 (LPSS100) を、1g ずつ秤量し寒冷袋に包みこんで栽培試験と同一圃場に埋め込んだ (深さ5cm)。埋め込みは、水稻の移植当日行い、定期的に圃場から掘上げて肥料中の残存 T-N 含量を測定、溶出率を算

* 福井県農業試験場 生産環境部 土壌環境研究グループ

出した。

また、埋め込みと同時に地温の測定を行った。測定位置は肥料埋め込み位置と同じ深さで、測温間隔は30分で行い、日平均地温、並びに積算地温を算出した。なお測定には、マイクロデータロガー（MDL, I/B社製）を用いた。

2. 栽培試験

福井県農業試験場内水田（細粒強グライ土）で、コシヒカリ（稚苗、播種量：箱あたり乾籾120g）を用いて圃場試験を行った（1997年～1999年）。試験規模は約88㎡、2反復で行った。

5月上旬に側条施肥田植え機（乗用6条植え, I社製）で移植した。側条部分への施肥は、側条4.5cm、深さ5cmである。使用した肥料は、慣行区基肥：苦土塩加燐安（10-20-15）、慣行区穂肥：燐加安V555号（15-5-15）、全量基肥区：LP複合024V50（20-12-14、被覆尿素LPSS100-N50%）を使用した。施肥量は基肥窒素で3g㎡、穂肥窒素で3g㎡（慣行区は出穂前18日と10日にそれぞれ2g㎡、1g㎡を分施、全量基肥区は移植時に6g㎡を一括施肥）とした。慣行区の3要素施用量と全量基肥区の3要素施用量を合わせるため、ようりん並びに塩化加里を移植前の耕起時点に施用した（P₂O₅ 3.4g㎡、K₂O 3.3g㎡）。

それぞれの試験区における主要時期の生育状況（草丈、茎数、葉色、籾体窒素濃度と吸収量など）と成熟期における収量および玄米品質、枝梗別の玄米品質について調査し、被覆尿素を用いた全量基肥施肥が玄米品質に及ぼす影響を明らかにしようとした。

III. 結果および考察

1. 積算地温と被覆尿素LPSS100の窒素溶出量

1997年～1999年の土中に埋め込んだLPSS100の窒素溶出量の結果を図1、図2に示した。また、表1に移植日から幼穂形成期までの積算地温を年度ごとに示し、また、図3に栽培期間中の積算地温の推移を示した。

移植と同時に施用された被覆尿素は、その特性から、初期の窒素溶出は極めて低く抑えられているが、施肥後50日程度経過したところから徐々に溶出し始め、稲の生育ステージが幼

穂形成期に達した頃には、年によって若干の幅はあるものの、およそ10%程度の溶出が認められた。また幼穂形成期ころから日ごとに溶出量が多くなり、出穂期頃には約50%程度溶出した。出穂後も溶出は続くが、収穫期までにはほぼ90%に達した。このような溶出パターンはシグモイド型と呼ばれているが、溶出のための誘導期間と溶出の立ち上がり開始時期、幼穂形成期での溶出割合、最終溶出割合について、本県におけるコシヒカリ栽培に適しているかどうかの判定が重要であった^{2) 3) 6)}。'97～'99年において移植から幼穂形成期までの積算地温は1330～1350℃でほぼ一定の値であり、この時のLPSS100の溶出量も10%程度で安定していた（表1、図1、図2）。

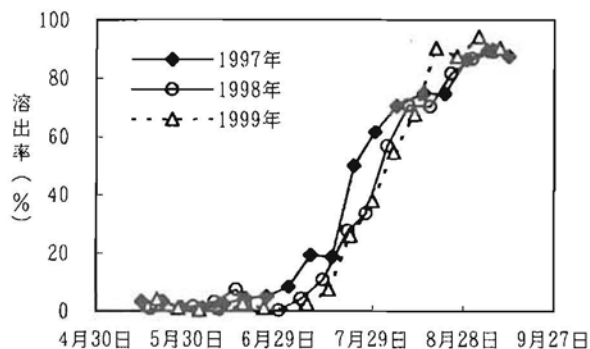


図1 暦日とLPSS100の溶出

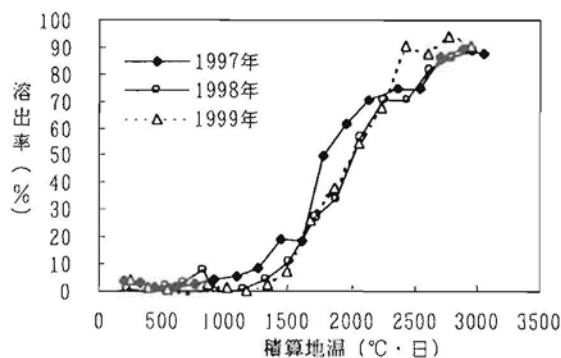


図2 積算地温とLPSS100の溶出

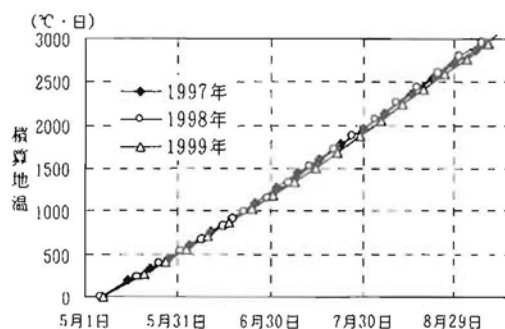


図3 積算地温の推移

表1 各年度の移植から幼穂形成期までの積算地温*

| 年度 | 移植日 | 幼穂形成期 | 積算地温 |
|------|------|-------|---------|
| 1997 | 5月6日 | 7月5日 | 1,352°C |
| 1998 | 5月6日 | 7月8日 | 1,331°C |
| 1999 | 5月7日 | 7月7日 | 1,337°C |

*：深さ5cmにて測定

2. 水稻の生育・収量および玄米の品質

全量基肥施肥と慣行施肥の初期生育には大差は無く、同等の生育をした。しかし、葉色の推移では幼穂形成期前後において慣行施肥の方が淡いが、1回目の穂肥施用後以降には逆転し、葉色の違いが顕著となった(図4)。また窒素吸収量において、幼穂形成期頃にはほぼ同等な吸収量であるが、慣行施

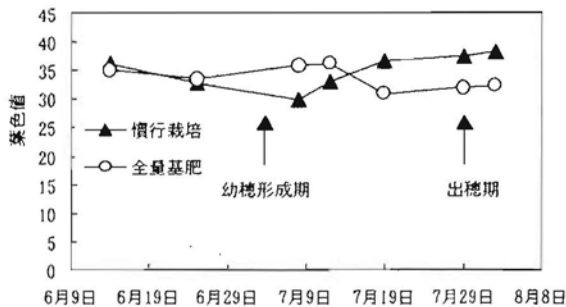


図4 SPAD502による上位展開第2葉の葉色値(コシヒカリ, 1999年)

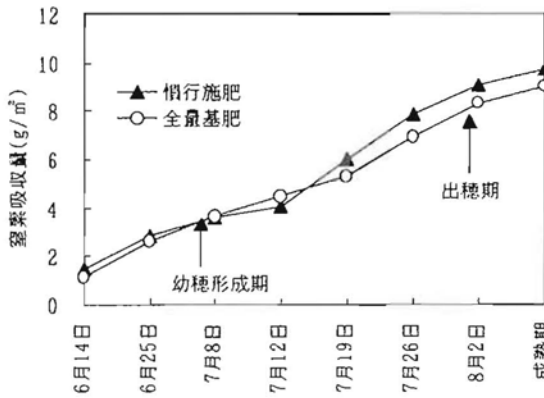


図5 施肥法の違いによる時期別窒素吸収量(コシヒカリ, 1999年)

肥において穂肥が施用されてからは急激に吸収量が高まるのに対し、全量基肥施肥における吸収量の増加は緩やかな時期を経過した後、慣行と同等な吸収量の増加を示した。

葉色や窒素吸収量の推移は稲の大きさや生育速度に大きく関係するが、全量基肥施肥での葉色や窒素吸収量の推移は、被覆尿素肥料の溶出開始時期と溶出量に関係していると考えられ、特に幼穂形成期前後から出穂期ころの窒素供給量の違いに起因すると考えられる(図1, 2)。すなわち、シグモイド型の溶出パターンであるLPSS100は幼穂形成期ころから緩

やかに窒素が溶出開始するのに対し、慣行栽培では速効性肥料を与える直前である。幼穂形成期を過ぎた出穂前18日ころになると、慣行栽培では1回目の穂肥が施用され、窒素が速効的に稲に供給されるのに対し、LPSS100からの供給量は慣行より少ない。2回の穂肥によって供給される量を全量基肥の場合は、日々少しずつ供給されつづけ、出穂期以降も継続するためと考えられる(図6)。

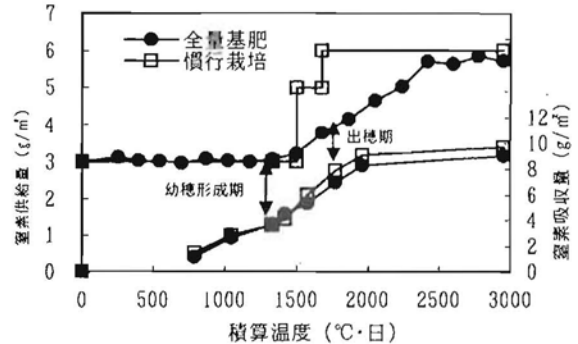


図6 施肥法の違いによる窒素供給パターン(コシヒカリ, 1999年)

全量基肥施肥の収量は慣行施肥と比較すると、ほぼ同等からやや下回った。これは千粒重が若干小さいこともあるが、着初数が少なくなることに原因があると考えられる²⁾(表2)。着初数の減少についても同様に、窒素供給パターンが異なっているため穂の分化・発育過程に及ぼす影響が異なり、窒素供給量の少ない全量基肥は、初数の減少程度が大きいと考えられる(図6)。

一方、玄米の品質についての各地の調査結果から、良質粒割合が高まり、乳白粒割合は減少した。またタンパク含量も減少した(表3)。さらに玄米の粒厚分布を調査したところ、慣行より厚みが薄いものの比較的粒厚の分布幅が狭かった(図7)。全量基肥施肥によって玄米品質が向上すると推察された。

さらに玄米の品質について検討を深めるため、株上げしたすべての籾を1次枝梗と2次枝梗に分類し、穂相調査を行った。その結果、全量基肥施肥は慣行施肥に比べて稔実初割合が、1次・2次枝梗とも高く、逆に不稔実初割合が低かった(図8)。さらに枝梗別の玄米品質を調査した結果、1次枝梗での乳白粒割合は全量基肥施肥の方が慣行施肥より低く、タンパク含量も低く、品質的に優れていた。2次枝梗においては、1次枝梗よりもそれらの比率は高くなるが、慣行施肥より優れた品質であった(図9)。これらのことは、着初数が

減少し、登熟期間中の穂のsinkが減少することによって乳白粒の発生しにくい十分な source が得られた結果と推察された⁵⁾

表2 施肥法の違いと収量構成要素 (コシヒカリ)

| 年次 | 施肥法 | 籾数 百粒/m ² | 収量 kg/10a | 整粒歩合 % | 登熟歩合 % | 千粒重 g |
|------|------|-------------------------|--------------|-----------|-----------|----------|
| 1998 | 慣行施肥 | 319 | 541 | 94.5 | 82.5 | 21.8 |
| | 全量基肥 | 288 | 525 | 96.5 | 88.4 | 21.4 |
| 1999 | 慣行施肥 | 279 | 494 | 97.2 | 82.3 | 22.2 |
| | 全量基肥 | 256 | 484 | 98.5 | 89.4 | 21.5 |

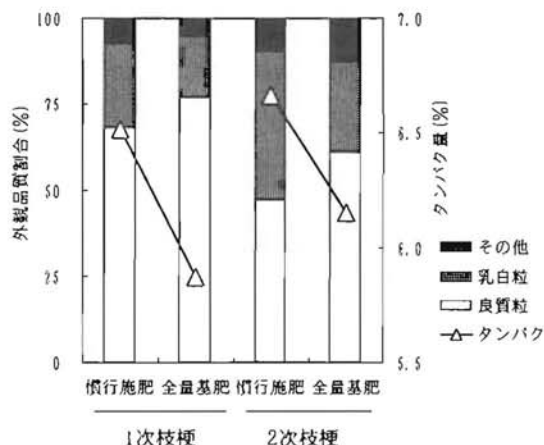


図9 枝梗別の玄米品質* (1998年, 4株調査)

*: 品質判定機RS-2000 (静岡精機)

表3 施肥法の違いと収量・玄米品質* (コシヒカリ)

| 年次 | 圃場 | 収量(kg/a) | | 乳白粒(%) | | 良質粒(%) | | タンパク量(%) | |
|------|--------|----------|------|--------|------|--------|------|----------|------|
| | | 慣行施肥 | 全量基肥 | 慣行施肥 | 全量基肥 | 慣行施肥 | 全量基肥 | 慣行施肥 | 全量基肥 |
| 1999 | 農試験場内B | 49 | 48 | 12.9 | 4.9 | 72 | 83 | 6.3 | 5.8 |
| 1998 | 福井市 | 46 | 45 | 16.6 | 7.1 | 74 | 83 | 6.2 | 6.0 |
| | 農試験場内A | 56 | 56 | 20.0 | 11.6 | 64 | 71 | 7.0 | 6.6 |
| | 農試験場内B | 54 | 53 | 15.5 | 7.8 | 71 | 81 | 6.7 | 6.4 |
| | 美浜町 | 51 | 53 | 12.1 | 3.7 | 69 | 83 | 7.3 | 6.3 |
| 1997 | 福井市 | 50 | 49 | 10.7 | 8.0 | 62 | 65 | 6.5 | 5.7 |
| | 農試験場内A | 54 | 60 | 11.4 | 5.8 | 72 | 79 | 6.7 | 6.3 |
| | 農試験場内B | 61 | 61 | 10.9 | 5.9 | 69 | 77 | 6.9 | 6.6 |

*: 静岡精機RS-2000を使用

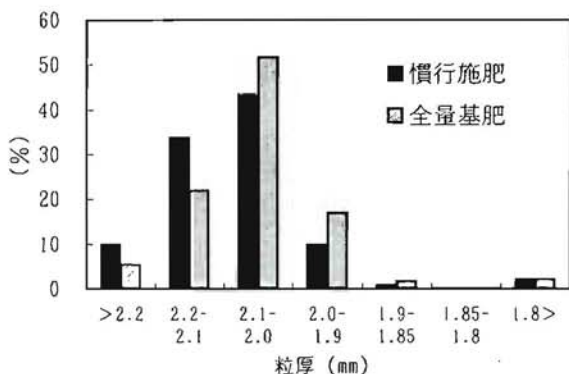


図7 施肥法の違いと玄米の粒厚分布 (コシヒカリ, '99年)

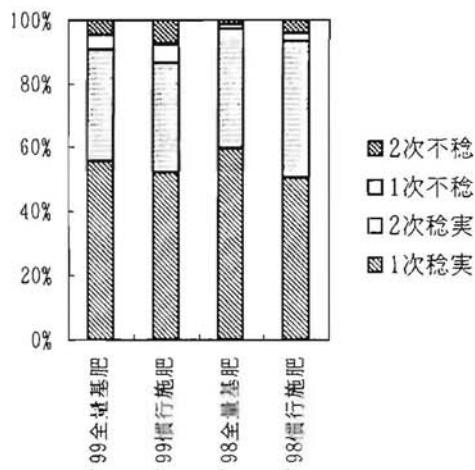


図8 施肥法の違いによる籾の枝梗別の稔実割合 (コシヒカリ, '98~'99年)

IV. 総合考察

コシヒカリの全量基肥施肥で使用する被覆尿素 (LPSS100) は施肥されてからの水分と地温に感応して窒素の溶出を始めるが、各年次とも幼穂形成期ころには約 10%の溶出が認められ、田植えから幼穂形成期までの積算地温も安定していた。

また、LPSS100 の溶出パターンはシグモイド型であり幼穂形成期ころの溶出率は少なく、それ以降は日々高まった。このことは、葉色や窒素吸収量に深く関係しており、さらに玄米の品質にも影響していると考えられた。

慣行施肥では幼穂形成期から 5 日後に 1 回目の穂肥を施用し、さらに 7 日後に 2 回目の穂肥を施用する。稲は施肥された窒素を急激に吸収し、穎花数の増加、特に 2 次枝梗への着籾数増加につながると考えられる。したがって、穎花の分化期以降に気象的な原因などによる、栄養状態の減退があれば、弱勢穎花を中心とした籾の退化、不稔籾の増加、乳白粒の増加、あるいは千粒重の低下などが助長されると考えられる。

一方、被覆尿素 LPSS100 を用いた全量基肥施肥では、幼穂

形成期にすでに 10%程度の窒素溶出はあるものの、供給される窒素量は慣行に比べて少なく、緩やかである。このため、着初数の増加はあまり期待されないものの、かえって栄養状態の減退に伴う玄米品質の低下が緩和され、また出穂期以降も少しずつ窒素が供給され続け、結果的に慣行より優れた玄米品質を維持できるものと推察された。

全量基肥施肥法は必ずしも増収技術ではないが、環境へのインパクトの少ない環境保全型農業技術とうたわれている他に、乳白粒割合やタンパク含有量の少ない品質の高い米生産技術として今後益々注目される技術と考えられる。

引用文献

- 1) 塩崎尚郎, 新機能肥料による省力・環境保全型施肥法, 肥料便覧 第5版, 249-253, 農文協, 東京 (1998).
- 2) 伊森博志, 施肥田植機によるコシヒカリの全量基肥施肥法, 肥料, 27-38 (1993).
- 3) 伊森博志・坂東義仁 ほか, 遅効性肥料を利用した施肥田植機によるコシヒカリの全量基肥施肥法, 福井県農業試験場研究報告, 31, 53-63 (1994).
- 4) 北村秀教・今井克彦, 肥効調節型肥料による施肥技術の新展開, 1 水稲の全量基肥施肥技術, 土肥誌, 66, 71-79 (1995)
- 5) 玖村教彦, 物質生産・物質分配からみた多収性の生理, 稲学大成 生理編, 555-581, 農文協, 東京 (1990)
- 6) 伊森博志, コシヒカリ 究極の省力施肥, グリーンレポート, 156, 全農総合営農対策部, 10-11 (1992)
- 7) 尾和尚人, 新肥料・土壌改良資材の開発と利用技術, 環境保全型農業技術, 農林水産研究文献No.21, 180-183, 農林水産技術会議事務局(1995)

Reduction of milky white rice grain generation and qualitative improvement of rice grain of “Koshihikari” by using basal application of controlled-release coated urea

Yoshimaru NISHIBATA, Yasuhiro MAKIDA, Hiroshi IMORI

Summary

We studied the effect of the basal application of controlled-release coated urea (LPSS100) to rice variety “Koshihikari” in terms of the quality of rice grain. Qualitative improvement of rice grain is a very important theme for increasing the competitiveness among different rice growing areas. In Fukui prefecture, development of countermeasures to reduce the generation of milky white grain is one of the most important issues. We used LPSS100 for a fertilizer applicator-rice transplanter after compounding with quick-acting fertilizer, and examined growth, grain yields, ear characteristics and quality of rice grain. LPSS100 was applied in the soil when rice plant was transplanted, and we measured the soil temperature and examined the nitrogen release from LPSS100.

The result obtained are summarized as follows:

1. Nitrogen release from LPSS100 was not observed in the early growth stage of rice plant. But nitrogen began to release at the panicle formation stage, when the integrated temperature reached about $1330^{\circ}\text{C} \cdot \text{day}$. Its release pattern looked like a sigmoidal curve. At the panicle formation stage, 10% of applied N was released, and this ratio was stable in the every investigated year.
2. At an early growth stage, growth of rice plant was the same between the basal application plots and the control plots. But at the panicle formation stage, the leaf color was deeper in the basal application plots than in the control. And the absorption of nitrogen was the same as, or superior to, that in the control. After the topdressing at the panicle formation stage, however, the leaf color and the absorption of nitrogen in the control plots became superior to those in the basal application plots, and this situation continued until harvest.
3. Grain yields in the basal application plots were almost equal to those in the control. But the quality of the grain improved comparatively. These results were mainly due to reduction of the number of spikelets and also likely had much to do with the nitrogen release pattern of LPSS100 in the ripening stage.
4. In addition, we examined ear characteristics. For the primary and the secondary rachis branch, the ripening ratio was higher in the basal application plots than in the control. And in the basal application plots, the milky white grain ratio and the protein content in hulled rice of the primary and the secondary rachis branch were less than those in the control plots. So the quality of grain improved in the basal application techniques considerably.
5. Although basal application techniques of controlled-release urea do not always increase yields, we believe that they deserve more attention as low-input sustainable techniques for qualitative improvement of rice grain.