

環境に配慮した水稲の減化学肥料栽培のための被覆尿素的 利用効果

誌名	福岡県農業総合試験場研究報告
ISSN	13414593
巻/号	23
掲載ページ	p. 1-6
発行年月	2004年3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



カキを加害するフジコナカイガラムシの天敵相 正誤表

記載箇所	誤	訂 正
68 頁 和文要約 5 行目	<i>Trisopsis incisa</i>	<i>Trisopsis</i> sp.
68 頁 英文要約 5 行目	<i>Trisopsis incisa</i> impotant	<i>Trisopsis</i> sp. important
68 頁 左 段落 最終行 ~ 右 段落 1 行目	安部 順一郎 博士	安部 順一郎 博士
69 頁 第 1 表 2. 捕食性天敵 1)	<i>Trisopsis incisa</i>	<i>Trisopsis</i> sp.
70 頁 第 4 図	<i>Trisopsis incisa</i>	<i>Trisopsis</i> sp.
70 頁 左 段落 24 行	210 倍	10 倍以上
70 頁 右 段落 8 ~ 14 行	卵塊からは 2 種の タマバ工類が 今回調査に 新種と確認 された。	卵塊からは 2 種の タカコナカイガ ラムシが 採集された。 この科に属する 種は、今までの 調査で <i>Diadiplosis hirticornis</i> と <i>Trisopsis</i> sp. が 見つかった。
71 頁 左 段落 9 行目	<i>T. incisa</i>	<i>Trisopsis</i> sp.
71 頁 引用文献	1) Abe, J. (2003) Taxonomic and Ph. D. thesis at Kyushu Unibersty, 107 pp.	削除

環境に配慮した水稻の減化学肥料栽培のための 被覆尿素の利用効果

荒木雅登*・田中浩平・山本富三・満田幸恵

水稻「ヒノヒカリ」に対して、速効性肥料を配合せずに被覆尿素のみで慣行施肥量を大幅に削減した全量基肥栽培を行い、環境に配慮した減化学肥料栽培の可能性について検証した。その結果、作況不良の異常年を除くと窒素施肥量を50%削減した場合、4~18%程度の減収となった一方で、玄米中の窒素含有率は低く抑えられ、食味は向上する傾向にあった。被覆尿素の種類として、リニア型30日タイプとシグモイド型80日タイプを1:1で配合して用いる場合の方が、リニア型100日タイプを施用する場合よりもわずかに収量が上回る傾向にあった。なお、施肥後から移植直前までの田面水中窒素濃度は、被覆尿素を用いることで著しく低く抑えられ、窒素を全く施用しない場合と同水準で推移したことから、施肥窒素が水田外に表面流去するリスクが低減されることが明らかとなった。

[キーワード：水稻，減化学肥料栽培，被覆尿素，田面水]

Effect of Coated Urea for Low Chemical Fertilizing Cultivation of Rice Plants to Prevent Pollution of Irrigation Water. ARAKI Masato, Kohei TANAKA, Tomizou YAMAMOTO and Yukie MIZDA (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 23: 1- 6 (2004)

The influence of a single basal application of coated urea, without the use of readily available fertilizer on the yield and palatability of 'HINOHIKARI' rice and the quality of water in a paddy were examined to determine whether this fertilizing would be applicable to farming. The research revealed that the application of nitrogen at a rate reduced by 50% resulted in a yield of 82 to 96% compared to conventional fertilizer application. On the other hand, the palatability score of the former was superior to that of the latter because there was a difference in the nitrogen content in the brown rice. With regard to the choice of coated urea, in one case, mixture with a 1:1 ratio of linear 30-day type and sigmoid 80-day type was administered; and in another case, linear 100-day type alone was administered, resulting in a better yield. At the same time, the concentration of nitrogen in the paddy water remained at a remarkably low level, once the coated urea was applied to immediately before planting, and the risk of applied nitrogen run-off from the paddy was reduced.

[Key words: coated urea, low chemical fertilizing cultivation, rice, water in a paddy]

緒 言

水田は水の浄化機能を有している^{3,6)}が、その反面、代かき時には、農業用水の窒素濃度が高くなるとの報告がある⁴⁾ように、施肥された肥料成分の一部が田面水に溶けて水田の外（以下系外とする）へと流亡し、環境に負荷を与えることが危惧されている。系外へと流亡した肥料成分は、水稻に吸収されないため、農業生産上、非効率で生産性を低下させる。したがって、環境負荷軽減と米の生産性の両面から、施肥直後の肥料成分の流亡を軽減することは重要である。

他方で、近年、輸入農産物の増加に伴って、消費者の農産物に対する「安全・安心」の意識が高まっており、「有機栽培」にみられるように、農産物に付加価値を付与して販売を有利に展開しようとする動きがある。このような状況の下、「有機農産物及び特別栽培農産物に係る表示ガイドライン」が示され、その後のJAS法の改正により「有機農産物」への規制が強化されたが、各県においても、特別栽培農産物を認証しようとする取り組みが広がっている。本県においても、2002年12月から「減農薬・減化学肥料栽培農産物認証制度」がスタートした。減化学肥料栽培は化学肥料施肥量を窒素成分で慣行施肥量の50%以上削減する栽培法である⁵⁾。しかし、この栽培法で従来の慣行の収量水準を維持するためには、化学肥

料の窒素成分の利用率を高めたり、化学肥料の代替として有機質肥料を利用する等が必要である。

作物による窒素利用率の高い資材としては被覆尿素等の肥効調節型肥料が挙げられ^{1,7)}、この被覆尿素利用が、減化学肥料栽培の対策のひとつとして期待できる。ただし、通常被覆尿素を利用する場合は、窒素溶出が始まるまで水稻の初期生育を促すために速効性窒素を配合した肥料が使用されている¹⁾。被覆尿素と比べて流亡しやすいこの速効性窒素成分をゼロにして、被覆尿素のみを施用すると窒素利用率がさらに高まり、環境負荷が低減できると考えられる。

そこで、窒素全量を被覆尿素で施用し、慣行と比較して大幅に窒素削減した場合の収量、食味への影響を窒素削減率および資材の配合割合別に明らかにするとともに、環境負荷低減の効果について検証した。

試験方法

品種は「ヒノヒカリ」を供試し、1999~2000年に福岡県農業総合試験場筑後分場内の水田圃場（細粒灰色低地土、LiC）、2000~2002年に福岡県農業総合試験場の場内水田圃場（中粗粒灰色低地土、SL）で試験を実施した。移植期は6月下旬、筑後分場については機械植えで栽植密度20.5株/m²、1区22m²の2連制で、本場については手植えで1株4本、栽植密度20.8株/m²、1区20m²の2連制とした。試験区の構成を第1表に示した。試験区として、速効性肥料を基肥と穂肥2回の計3回に分けて施用する対照区と

* 連絡責任者（土壌・環境部）

第1表 試験区の構成

試験区名	窒素施肥量(g/m ²)				対照区に 対する 窒素減肥率 (%)	筑 後				本 場			
	基肥	穂肥I	穂肥II	合計		1999年	2000年	2001年	2002年	1999年	2000年	2001年	2002年
対照	5.0	2.0	1.5	8.5	—	○	○	—	—	—	○	○	○
L6 ¹⁾	6.0	0.0	0.0	6.0	29	○	○	—	—	—	○	—	—
L6 ¹⁾	4.0	0.0	0.0	4.0	53	○	○	—	—	—	○	○	○
L3+SS1 ²⁾	4.0	0.0	0.0	4.0	53	○	○	—	—	—	—	—	—
L2+S2 ³⁾	4.0	0.0	0.0	4.0	53	—	—	—	—	—	—	○	○
無窒素	0.0	0.0	0.0	0.0	100	○	○	—	—	—	○	○	○

1) リニア型100日タイプ被覆尿素を用いた。

2) リニア型100日タイプとシグモイド型100日タイプを3:1の割合で配合して用いた。

3) リニア型30日タイプとシグモイド型80日タイプを1:1の割合で配合して用いた。

被覆尿素による1回全量基肥区を設けた。対照区は県の施肥体系に準じて出穂前20～18日に穂肥の1回目を、その7～10日後に2回目を施用した。対照区で使用した速効性肥料は、基肥が尿素入り硫加燐安48号(N-P₂O₅-K₂O=16-16-16%)、穂肥が尿素入り窒素加里化成2号(16-0-16)で、設定した窒素成分量になるように施用した。なお、他区のりん酸、加里についてはりん酸加里高度化成40号(0-20-20)で両成分が4g/m²となるよう施用した。被覆尿素はシグモイド型100日(日数は、25℃で窒素成分の80%が溶出するのに要する日数)および80日タイプ、リニア型100日および30日タイプの4種類を使用した。シグモイド型の両資材は主として幼穂形成期前後の肥効、リニア型100日タイプは作付期間を通しての緩やかな肥効発現を期待して、また被覆尿素区は速効性の窒素成分をゼロとしているため、リニア型30日タイプは初期生育確保を重視して試験に供試した。施肥は全面全層としたが、筑後分場については移植4日前に、本場については移植2日前に、それぞれ施肥・植代かきを行った。

被覆尿素的溶出は、各種被覆尿素1gをポリエステル製お茶パックに詰め、本田の地表面下5cmのところ埋設し、経時的に取り出すことで調査した。取り出し後、ケルダール分解・水蒸気蒸留法にて残存窒素量を測定し、窒素溶出率を求めた。田面水は試験区中央部3ヵ所にて水面表層1cmのところから駒込ピペットで採取した。採取時期は、施肥直前、施肥6時間後、1日後および2日後とし、さらに筑後分場については施肥4日後にも採取した。アンモニア態窒素はインドフェノール法、硝酸態窒素は高速液体クロマトグラフィーにて測定した。有機態窒素は、全窒素を紫外吸光度法で測定し、これからアンモニア態および硝酸態窒素量を差し引いて算出した。

結 果

1 気象経過と生育概況

1999年は、移植後から7月5半旬にかけて低温寡照気味で推移した。7月6半旬以降の気温は平年並であったが、著しい寡照で経過した。その後も寡照傾向は成熟期にかけて続いた。登熟期間中の寡照と9月24日に襲来した台風18号の影響で著しい不作となった。2000年、2001年、2002年については各年次とも水稲作付期間中の気温は平

年並～やや高め度で推移し、日照時間は時期による多少はあったが総じて平年を下回ることはなかった。このため、これら3ヵ年の作柄はやや良であった。

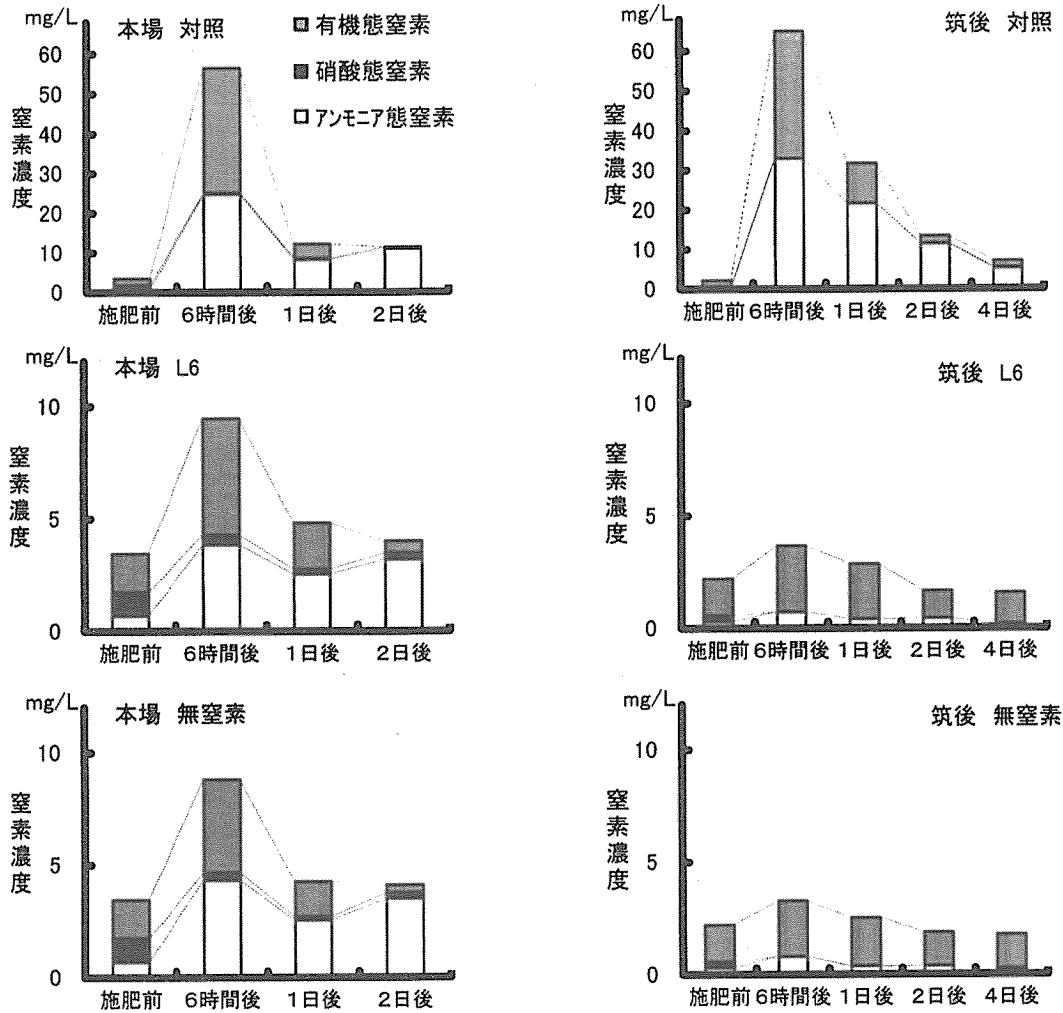
なお、県内水稲の作況指数は1999年で88、2000年104、2001年104、2002年は103であった。

2 施肥から移植までの田面水窒素濃度

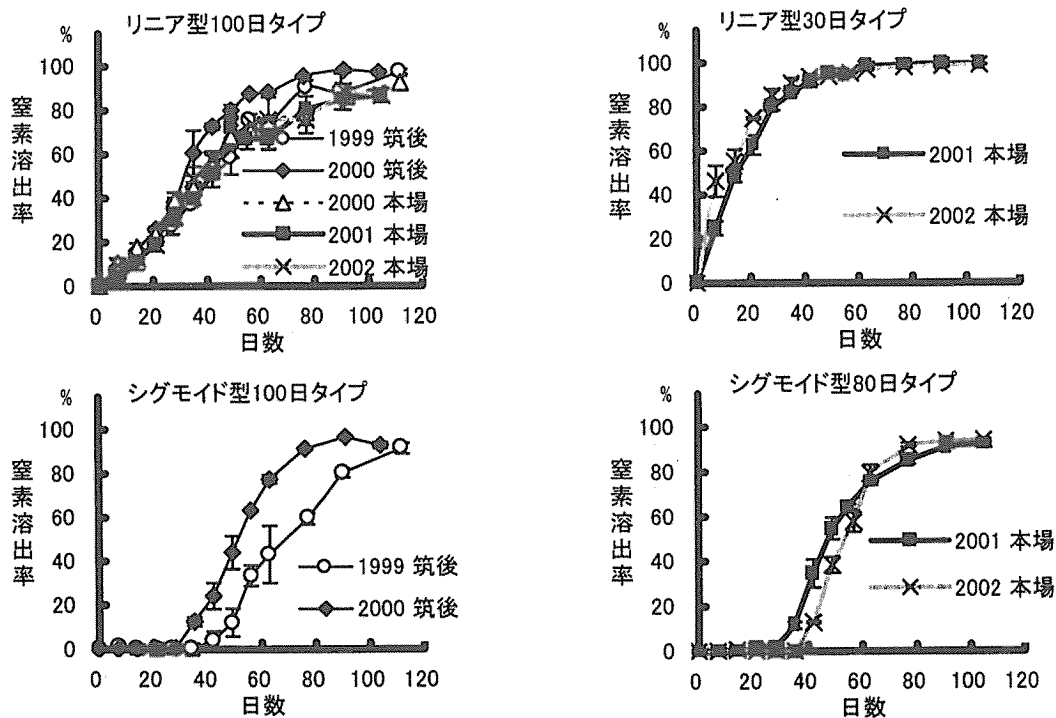
第1図に施肥・代かき直前から移植までの間の田面水窒素濃度の推移を示した。本場、筑後分場ともに田面水中のアンモニア態窒素濃度は施肥6時間後において、各区とも最高値を示した。対照区においては、その後移植日にかけて低下し、本場では、移植直前である施肥2日後において11mg/L、筑後分場では5mg/L(4日後)と施肥6時間後に比較すると大きく低下していた。しかし、無窒素区と比較するとこれらの移植直前のアンモニア態窒素濃度は本場で3倍、筑後分場で20倍以上であり、代かきから移植までの間の大雨による田面水のオーバーフローや移植時の水位調節のための落水等に伴う施肥窒素の系外への流亡が懸念された。一方で、被覆尿素を施用したL6区のアンモニア態窒素濃度は両場所ともに、調査期間中終始、無窒素区と同様の挙動を示し、施肥の影響が認められなかった。したがって、このように施肥窒素全量を被覆尿素とすることで、表面流去による系外への窒素流出のリスクを著しく減じることが明らかとなった。

3 被覆尿素からの窒素溶出

被覆尿素的溶出試験の結果を第2図に示した。リニア型30日タイプについては、供試した2ヵ年で溶出パターンに大きな差は認められず、両年とも約30日で窒素成分の80%が溶出していた。また、シグモイド型80日タイプについても2ヵ年とも約60日で溶出率は80%に達しており、大きな差は認められなかった。これに対して、シグモイド型100日タイプでは、溶出パターンが1999年と2000年で大きく異なっていた。すなわち、1999年に比べ2000年は溶出開始が約10日早く、溶出率が80%に達する日数も1999年の90日に対し2000年は約60日と、年次間で大きな差が認められた。これは、2000年が1999年と比較して、日平均地温が6月下旬～7月下旬で約2℃、6月下旬～9月下旬で見ると約0.5℃高め度で推移したためと考えら

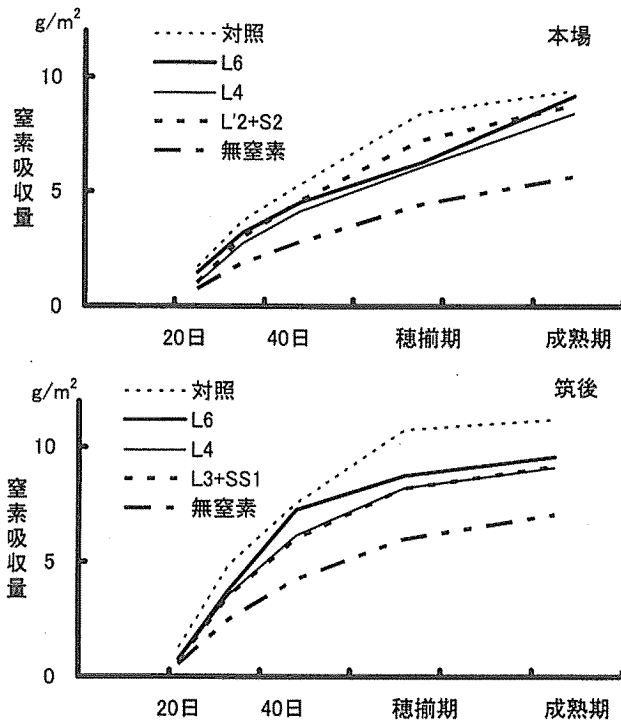


第1図 施肥直前から移植までの田面水窒素濃度の推移 (2000年 本場, 筑後)



第2図 被覆尿素の溶出パターン

注) I は標準偏差



第3図 水稻の窒素吸収量の推移

注) 筑後は1999, 2000年, 本場は2000~2002年の平均値。

れた。また、リニア型100日タイプは、2000年の筑後で若干溶出が早まった傾向が認められた以外は、ほぼ同様のパターンを示した。

4 水稻の窒素吸収量の推移

水稻の窒素吸収量の推移を第3図に示した。2カ年の結果を平均した筑後分場では、窒素吸収量は窒素施肥量に対応していた。また、窒素施肥量が4g/m²と同じL4区とL3+SS1区では同様の窒素吸収パターンを示し、両者に明確な差は認められなかった。一方、本場では、試験の実施年数が異なるが、窒素施肥量が同一のL4区に対してL2+S2区が上回る傾向にあった。このことから、リニア型100日タイプを単用するよりも、溶出期間が30日と短いリニア型のものと、シグモイド型80日タイプを1:1の割合で組み合わせて利用した方が窒素利用率がわずか

ではあるが、向上することが示唆された。さらに、本試験で供試した被覆尿素と異なるタイプの利用およびその混合割合についても、窒素利用率が向上するケースがあると想定され、今後検討を要する。

5 収量と品質への影響

収量とm²当たり粒数を第2表に示した。各年次、各場での試験区間の収量差は1999年の筑後分場を除いて同様の傾向を示した。1999年は全体的に収量水準が低かったことから、被覆尿素区は窒素施肥量を対照区に対して減じているにもかかわらず、収量は対照区比で2~3%減に留まった。一方、他年次においては、被覆尿素区の収量は窒素施肥量を反映し、6g/m²施用したL6区で対照区比91~99%、4g/m²施用で82~96%と対照区を下回る傾向にあった。4g/m²施用では対照区に対する減収率の幅が大きかったが、用いた被覆尿素的の種類により若干異なった。すなわち、リニア型100日タイプのみをL4区と比較して、リニア型30日タイプとシグモイド型80日タイプを1:1の割合で配合したものをL2+S2区の方がわずかに収量が上回る傾向にあった。一方で、シグモイド型100日タイプをリニア型100日タイプと1:3の割合で組み合わせたL3+SS1区とL4区との間に収量差は認められなかった。収量はm²当たり粒数の影響が大きく、被覆尿素区のm²当たり粒数が対照区を上回っている場合、対照区に対する減収率は10%以下と比較的小さかった。

第3表に食味総合評価と玄米中窒素含有率について示した。被覆尿素区の食味評価は対照区を上回る傾向にあり、その傾向が筑後分場で顕著であった。しかし、被覆尿素区間の差は明らかでなかった。また、米粒中の窒素含有率が高いほど食味は劣る²⁾とされているが、玄米中窒素含有率を見ても、対照区が有意に高かった。被覆尿素区間では、4g/m²施用において用いたタイプの違いで一定の傾向は認められなかったが、L6区とL4区を比較する限り、窒素施肥量が増加すると被覆尿素を用いても玄米中の窒素含有率が高まる傾向にあった。

考 察

施肥窒素の全量を被覆尿素とすることで代かき時から移植直前までの間、田面水のアンモニア態窒素濃度を窒

第2表 収量と粒数

試験区名	収 量 (g / m ²)					m ² 当たり粒数 (×100)				
	筑 後		本 場			筑 後		本 場		
	1999年	2000年	2000年	2001年	2002年	1999年	2000年	2000年	2001年	2002年
対照	530 (100)a	596 (100)a	557 (100)a	521 (100)a	607 (100)a	310a	334a	285a	251a	305a
L6	519 (98)a	545 (91)ab	553 (99)a	— (—)	— (—)	313a	300b	283a	—	—
L4	518 (98)a	531 (89)b	492 (88)a	426 (82)a	558 (92)a	297a	290bc	272a	227a	312a
L3+SS1	517 (97)a	543 (91)ab	— (—)	— (—)	— (—)	284a	291b	—	—	—
L2+S2	— (—)	— (—)	— (—)	458 (88)a	582 (96)a	—	—	—	250a	318a
無窒素	409 (77)b	501 (84)b	373 (67)b	322 (62)b	416 (69)b	229b	271c	200b	178b	224b
分散分析	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

注) **, *は各1.5%水準で有意であることを示す。また、同一文字間には5%水準で有意差がないことを示す(Tukey)。

第3表 食味と玄米中窒素含有率

試験区名	食味総合評価 ¹⁾					玄米中窒素含有率 (×10g/kg)				
	筑後		本場			筑後		本場		
	1999年	2000年	2000年	2001年	2002年	1999年	2000年	2000年	2001年	2002年
対照	-0.26	-0.30	0.28	0.53	0.50	1.47a	1.34a	1.20a	1.17	1.24a
L6	-0.05	0.13	0.30	—	—	1.37b	1.24b	1.15ab	—	—
L4	0.14	0.13	0.43	0.47	0.50	1.36b	1.18c	1.11ab	1.16	1.15ab
L3+SS1	0.18	0.19	—	—	—	1.33b	1.23bc	—	—	—
L'2+S2	—	—	—	0.56	0.50	—	—	—	1.11	1.15ab
無窒素	0.13	0.14	0.35	0.68	0.74	1.22c	1.12d	1.07b	1.10	1.05b
分散分析 ²⁾	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	*	*	n.s.	*

1) 基準米は本場産「コシヒカリ」とした。

2) **, *は各1.5%水準で有意である, n.s.は有意でないことを示す。また, 同一文字間には5%水準で有意差がないことを示す (Tukey)。

素を施用していない場合と同程度まで低く抑えられていた。全窒素濃度でも同様の傾向であり, このことから, 環境負荷低減が可能であることが明らかとなった。調査した被覆尿素区はリニア型100日タイプを用いたが, 初期に窒素の溶出が抑制されるシグモイド型被覆尿素^{8,9)}を用いても, 田面水の窒素濃度は同様の推移を示すと考えられた。また, 第2図の溶出試験の結果を見ると, 1週間後の平均溶出率がリニア型100日タイプの8~9%に対して, 溶出期間が比較的短いリニア型30日タイプでは35%と, 若干の差が見られた。しかし, 施肥から移植までの日数は, 2~4日であり, 1週間後ほど差は大きくないと考えられること, L'2+S2区ではリニア型30日タイプの施用量はL6区のリニア型100日タイプの3分の1に過ぎないこと等を勘案すると, 本試験での各被覆尿素区の移植までの期間中の田面水窒素濃度はL6区と同様であると考えられた。

被覆尿素を利用して大幅に施肥窒素を減じた場合の収量性について検討した。このうち, 被覆尿素区の対照区に対する減収幅が最も小さかったのは, 作柄が悪かった1999年における筑後分場であり, 対照区比で97~98%と遜色がなかった。しかし, いずれの場所においても作柄がやや良であった他年次においては, 29%窒素を減肥したL6区では対照区に対する減収率は10%以内に留まったものの, 53%減肥すると4~18%の減収となった。したがって, 減化学肥料栽培への取り組みとして, 被覆尿素のみを利用して, 有機質肥料で代替することなく施肥窒素の総量を50%以下にする場合は, 水田の窒素肥沃度や気象条件にもよるが, この程度の収量減は想定しておく必要がある。しかし, 同施肥量でもシグモイドタイプとリニアタイプ被覆尿素を組み合わせると施用したほうが, リニアタイプの場合よりも若干上回る傾向にあった。本試験の結果から, 6月中~下旬移植の「ヒノヒカリ」に対しては, リニア型30日タイプとシグモイド型80日タイプの1:1の配合が適すると考えられたが, さらに他のタイプの被覆尿素の利用について検討する余地が残されている。

被覆尿素区は, 収量が若干劣るものの, 玄米中窒素含

有率は対照区を下回り, 食味評価については対照区を上回る傾向にあり, 食味にプラスとなった。これは, 被覆尿素を施用すると窒素利用率が向上する⁴⁾が, 窒素施用量が少なく水稻が吸収した総窒素吸収量が少ないためと考えられた (第3図)。また, 被覆尿素を用いた区の間で窒素施用量の違いは食味と玄米中窒素含有率に反映されたが, 同施肥量での資材の種類の影響は認められなかった。したがって, 食味を考慮しても, 減化学肥料栽培を行う際には, リニア型30日タイプとシグモイド型80日タイプの配合が適当と考えられた。

本県でスタートした「減農薬・減化学肥料栽培認証制度」の中では, 減肥の基準となる窒素成分の施用量が普通期水稻では7.25kg/10aとされていることから, 本試験の対照区よりも収量水準は若干低い程度と考えられる。このため, 「慣行施肥」に対する被覆尿素による「減化学肥料栽培」の減収率については, 本試験の結果を適用できると思われる。減収する一方で, 被覆尿素区では食味が向上するため, 流通上, 有利に展開できると考えられる。さらに, 化学肥料の減肥分を有機質肥料で代替することにより減収を防止できると考えられるが, ①有機質肥料が割高で肥料代がかかること, ②食味への影響, ③環境負荷軽減効果については明らかにされていない等の問題も残されている。

米の生産調整政策も大きな転換期を迎えており, 単位面積あたりの高収量は必ずしも必要でなくなりつつある。本報で論じてきたような収量性に捉われない, 環境に配慮した「減化学肥料栽培」も, 今後, 農家の選択肢の一つとして期待できると考えられる。

引用文献

- 1) 井上恵子・山本富三・末信真二 (1994) 水稻「ヒノヒカリ」に対する被覆尿素肥料の施用法. 福岡農経試研報 A-13 : 17-22.
- 2) 石間紀夫・平宏和・平春枝・御子柴穆・吉川誠次 (1974) 米の食味に及ぼす窒素施肥および精米中のタンパク質含有率の影響. 食総研報 29 : 9-15.
- 3) 伊藤信 (1981) 水質汚濁と水田の水浄化機能. 農及

- 園 56 : 1105-1110.
- 4) 水田一枝・角重和浩・平野稔彦 (2001) 福岡県における農業用水の水質とその経年変化. 日作紀 70 : 255-260.
 - 5) 農経企画情報センター編 (2002) 特別栽培農産物“認証”問題. Think&SAY-新感性- 46 : 2-3.
 - 6) 小川吉雄・酒井一 (1985) 水田における窒素浄化機能の解明. 土肥誌 56 : 1-9.
 - 7) 柴原藤善・辻藤吾・西村誠 (1991) 被覆尿素肥料利用による水稻の施肥効率向上と肥料成分の流出軽減. 滋賀農試研報 33 : 17-29.
 - 8) SHOJI, S., GANDEZA, A. T. and KIMURA, K. (1991) Simulation of Crop Response to Polyolefin-Coated Urea: II. Nitrogen Uptake by Corn. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 55: 1468-1473.
 - 9) SHOJI, S., GANDEZA, A. T. and YAMADA, I. (1991) Simulation of Crop Response to Polyolefin-Coated Urea: I. Field Dissolution. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 55: 1462-1467.