

# 水口流入施肥器を用いた大区画水田における水稻液肥流入の 均一施肥効果と効率的施肥条件の検討

土田 徹\*1・高橋能彦\*2・大竹憲邦\*3・大山卓爾\*3・久保田勝\*4

キーワード 水稻, 液肥, 流入施肥, 尿素, 窒素利用率

## 1. はじめに

近年、圃場整備による水田の大区画化や乗用機械の発達に伴い、田植えや稲刈りなどの基幹作業の効率が大きく高まっている。しかし、追肥作業等の中間管理作業は未だ背負い式動力散布機などの人力に頼る場合が多い。大区画水田において一部では乗用管理機が利用されているが、機械経費が高いことや新潟県平野部に主として分布する粘土質土壌では機械の埋没・走行不能等の問題が生じている。また、穂肥散布作業は夏場の暑い時期に実施しなければならず、大区画水田では畦畔からの散布では水田の中央部分にまで肥料が届かないため、足下の不安定な水田内で作業をせざるを得ないという問題もある。特に高齢化の進んでいる地域では作業強度の点から改善すべき重要な課題となっている。また、動力散布は作業者の目視によるために、施肥精度の面からも施肥ムラによる生育の不均一化や不安定化が懸念される。

これに対し、省力的な施肥法として、水に溶けやすい顆粒状肥料を水口に流し込む方法（以下顆粒肥流入）や液状肥料の流入施肥が検討され<sup>1-6)</sup>、一部実用化されているが、大区画水田では施肥ムラが大きいことや大量のかんがい水を必要とすること、高い畦畔を要することなどの制約条件が問題となっている。

本報告では久保田<sup>7-9)</sup>の開発した流入施肥器を用い、水口において液状肥料を一定の流量でかん注施用（以下液肥流入）することによって大区画水田に均一に施肥する技術を検証した。また、重窒素で標識した尿素と硫酸を用いて追肥後の動態を追跡した。これを基に施肥窒素の形態や施肥時の田面水深、減水深等との関係で、環境や肥料利用率の面で最も効果的な施肥条件の策定を試みた。

## 2. 試験方法

### 1) 大区画水田試験

1997年と1998年の2カ年、現地農家圃場で施肥試験を

実施した。1997年は粒状肥料を背負式動力散布機で施用する方法（以下粒状動散）を対照として、液肥流入の検討を行った。試験場所は新潟県南蒲原郡中之島町（中粗粒強グライ土）で、1筆60a区画（60×100m）の水田2枚で実施した。圃場整備後4作目で、見かけの減水深は0.6~0.7cm日<sup>-1</sup>、田面高低差は2.6~3.5cm、水口は短辺の中央に1つであった。1998年は顆粒肥流入を対照として、液肥流入の検討を行った。試験場所は新潟県西蒲原郡岩室村（細粒グライ土）で1筆1ha区画（80×125m）の水田2枚で実施した。圃場整備後5作目で、見かけの減水深は1.0~2.0cm日<sup>-1</sup>、田面高低差は2.0~2.6cm、水口は短辺に2つであった。両地区とも用水はパイプライン方式で供給されている。2カ年とも稚苗機械移植コンヒカリを供試し、5月5日に移植した。栽植密度は20株m<sup>-2</sup>で、基肥は32kgNha<sup>-1</sup>を全層施肥した。穂肥の供試肥料成分は表1、施肥条件は表2のとおりである。

本試験の液肥流入区では久保田<sup>7-9)</sup>の開発した液状肥料水口流入施肥器（図1）を用いた。この流入施肥器は、サイホン式マリオット装置によって、タンク内液量の多少にかかわらず、一定の速度で液肥を流出できる。口径の異なるパイプの交換によって、タンク内の液量50Lをかんがい流量にあわせて2, 3, 4, 5, 6時間の5段階で流出できるように調整することが可能である。一定流量のかんがい用水中に、一定量の液肥を確実に供給できるので、かんがい用水中の肥料濃度を一定に保つことができ、均一に施肥することを可能にする。

施肥前の水田に水がない状態のかんがい水を入れ、同時に液肥を一定流量で流入した。施肥器は中之島圃場では1台、岩室圃場では水口が2カ所なので2台を同時に使用した。2カ年とも1回目は6~7cm、2回目は3~4cmの水深で施肥が終了するようにかん水量と液肥投入量を調節した。

中之島町の対照区では、農業者が背負式動力散布機を用いて、粒状肥料を湛水田面に2回追肥した。各回とも窒素成分で10kgha<sup>-1</sup>施用であるが、1回目は尿素、アンモニア、有機態窒素含有肥料、2回目はアンモニア態窒素含有肥料を施用した。

岩室村の対照区では、顆粒状肥料を1, 2回目とも10kgNha<sup>-1</sup>水口から流入施用した。顆粒状肥料はメーカーの取り扱い要領に準じて施用した。1回目は水田の施肥前水深を1~2cmとして水尻を閉じ、肥料を2つの水口に

\*1 新潟県農業総合研究所 (940-0826 長岡市長倉町 857)

\*2 新潟県農業総合研究所 (現在, 新潟大学農学部フィールド科学教育研究センター 950-2181 新潟市五十嵐 2-8050)

\*3 新潟大学農学部 (950-2181 新潟市五十嵐 2-8050)

\*4 元 新潟県農業試験場 (940-0826 長岡市長倉町 857)  
2004年10月7日受付・2005年1月26日受理  
日本土壤肥料学雑誌 第76巻 第6号 p.811~816 (2005)

表 1 穂肥施用量および供試肥料の成分

試験 場所	肥料形状	穂肥量 (kg N ha <sup>-1</sup> )		供試肥料の成分 (粒状・顆粒状 10 g kg <sup>-1</sup> , 液状 10 g L <sup>-1</sup> )						
		1回目	2回目	全 N	(尿素 N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	有機-N)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1997年 中之島	粒状配合	10		14	3.5	7		3.5	8	10
	粒状化成		10	14		14			4	14
	液状	10	10	12	10	2			5	7
1998年 岩室	顆粒状	10	10	16		13.5	2.5		16	10
	液状	15	15	12	10	2			5	7

表 2 施肥条件

	穂肥時期	処理区	施肥法	水深 (cm)		流入時間 (h)
				施肥前	施肥後	
1997年 中之島	1回目	粒状動散	背負動散	3.3	3.3	—
		液肥流入	流入施肥器	0	5.9	5
	2回目	粒状動散	背負動散	2.6	2.6	—
		液肥流入	流入施肥器	0	3.8	2
1998年 岩室	1回目	顆粒肥流入	水口1回投入	1.5	7.6	5
		液肥流入	流入施肥器	0	6.9	4
	2回目	顆粒肥流入	水口2回投入	1.4	4.5	4
		液肥流入	流入施肥器	0	3.1	2.5

顆粒肥流入の流入時間は、水口に肥料を投入後、かんがい水を入れた時間。

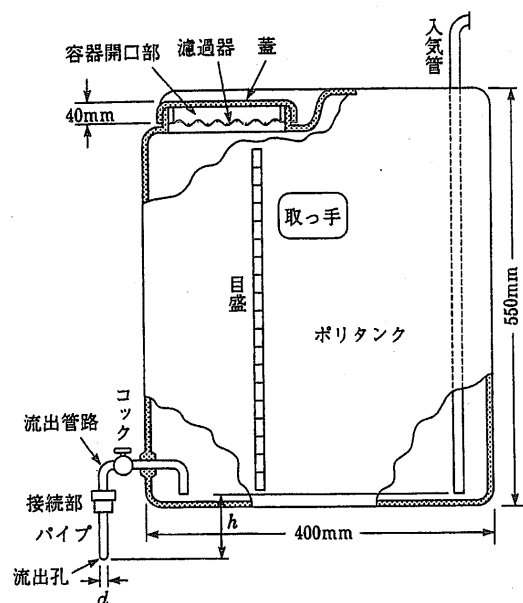


図 1 流入施肥器の概要

半透明ポリエチレン製円筒型タンク：容量 50 L，直径 400 mm，高さ 550 mm，厚さ 3.5 mm，本体重 3.5 kg.

均等に分け、流入し続けるかんがい水中に 1 分程度で投入し、引き続きかんがい水を流し続けて水深が 7~8 cm になったらかん水を止めた。2 回目は 1 つの水口分の肥料をさらに 2 つに分け、最初の投入から 1 時間後に残りの肥料を投入し、引き続き用水を流し続け、水深が 4 cm になったらかん水を止めた。本肥料は本来畑用に製造された顆粒状であり、硝酸態窒素を含有している。

施肥ムラを検討するために 1 圃場について 9 調査地点を設定し、施肥直後と 48 時間後に田面水を採取し、同時に水深を測定した。田面水は 50 mL のポリビンを用いて 1

調査地点につき、10~20 mL ずつ合計約 250 mL 採取し、No.6 のろ紙でろ過後、分析に供した。従来、施肥ムラは田面水の EC 値で判断されていたが、高橋らの報告<sup>10)</sup>によると施肥 2 日後では EC 値で施肥養分の分布を説明することが困難であることから、EC のほかにアンモニア、尿素、硝酸態窒素、カリ、リンの施肥養分を高橋ら<sup>10)</sup>と同様の方法で分析した。

## 2) <sup>15</sup>N 標識肥料，枠試験

1998 年に新潟県農業総合研究所の 4 a 区画水田圃場内(細粒グライ土)で施肥試験を実施した。効率的な施肥条件、施肥時の水深と施肥窒素利用率の関係を検討するために <sup>15</sup>N 標識肥料を用いて枠試験を行った。肥料は <sup>15</sup>N 標識の尿素 (<sup>15</sup>N 濃度 5.04 atom %) と硫安 (10.1 atom %) を供試し、施肥時の水深を 3, 5, 8 cm に設定し、各区とも 3 株ずつ処理した。実際の施肥時水深は平均で 1.2, 4.5, 7.0 cm であった。5 月 11 日にコシヒカリを移植し、30×30 cm の正方形金枠を圃場内にランダムに配置し、耕盤層まで差し込むように設置し、枠内の 1 株苗数を 4 本に調整した。施肥は出穂 13 日前に 1 枠内に <sup>15</sup>N 標識の尿素あるいは硫安を窒素成分 0.18 g 表面施用した。これは 20 kg N ha<sup>-1</sup> に相当する。施肥方法は、肥料を約 10 mL の水に溶かし、スポイトで枠内に均一に滴下した。施肥時の水深を測定し、24 時間後と 48 時間後に採水し、同時に水深を測定して日減水深を求めた。田面水はピーカーを用いて 1 枠につき、10~20 mL ずつ合計約 50 mL 採取し、No.6 のろ紙でろ過後、分析に供した。尿素、アンモニア、硝酸態窒素、リンとカリを高橋ら<sup>10)</sup>と同様の方法で分析した。施肥 7 日後に水稻地上部を収穫し、発光分光法による <sup>15</sup>N 濃度分析値から水稻の吸収量を算出し、

施肥窒素利用率を計算した。

### 3. 結 果

施肥後の田面水中の養分濃度の推移を表3に示す。9地点の分析値の変動係数は、1997年の中之島町圃場では1回目施肥直後、48時間後ともに粒状動散区に比べて液肥流入区のほうがアンモニア態窒素、尿素態窒素、カリ、リンともに小さく、肥料成分は均一な分布であったと判断される。2回目施肥では粒状動散区では尿素無含有の肥料であるために尿素は検出されないが、アンモニア態窒素の変動係数は両区とも同等であった。

1998年の岩室村圃場では穂肥1回目、2回目ともに施肥後の養分濃度の変動係数は、顆粒肥流入区より液肥流入区

のほうがアンモニア態窒素、カリ、リンともに小さく、肥料成分は明らかに均一に分布していた。

また、流入施肥において、中之島では5時間（施肥後水深5.9cm）で流入した1回目のほうが2時間（水深3.8cm）で流入した2回目よりも養分含有量の変動係数がやや小さかった。長時間かけて流入施肥したほうが短時間で施肥するより田面水の肥料成分量の分布は均一になるようである。岩室では4時間（水深6.8cm）で流入した1回目と2.5時間（水深3.1cm）で流入した2回目の窒素成分量の変動係数はほぼ同じであった。

表4に水深を基に算出した単位面積当たりの養分含有量を示す。表3、表4は同様の傾向であり、中之島町圃場の2回目施肥以外は液肥流入区の均一性が確認できた。図2

表3 施肥後の田面水のECと養分濃度（単位水量中）および変動係数

穂肥時期	採水時期	処理区	EC		NH <sub>4</sub> -N		尿素N		K		P		
			av	cv	av	cv	av	cv	av	cv	av	cv	
1997年 中之島	1回目 出穂19日前	施肥直後	粒状動散	0.24	27.0	10.9	48.1	8.6	43.9	15.6	30.1	3.3	42.0
		液肥流入	0.13	6.8	2.3	16.5	15.2	9.7	10.1	7.1	2.3	15.7	
		48時間後	粒状動散	0.21	23.4	4.5	58.2	1.5	91.4	11.3	25.9	0.2	175
		液肥流入	0.13	8.7	2.7	22.2	4.3	21.2	7.1	10.5	0.1	56.3	
	2回目 出穂8日前	施肥直後	粒状動散	0.21	31.1	6.8	60.1	N.D.	—	11.1	30.9	0.6	67.6
		液肥流入	0.13	19.6	3.6	38.5	18.8	41.9	12.7	25.6	3.2	40.5	
		48時間後	粒状動散	0.27	18.5	1.7	102	N.D.	—	11.9	21.7	N.D.	—
		液肥流入	0.15	24.1	2.7	74.8	1.6	57.1	8.3	36.7	N.D.	—	
1998年 岩室	1回目 出穂17日前	施肥直後	顆粒肥流入	0.20	44.9	5.5	138	N.D.	—	6.1	83.8	1.9	132
		液肥流入	0.19	10.1	3.8	22.7	20.9	21.0	12.7	15.0	3.0	22.7	
		48時間後	顆粒肥流入	0.15	32.9	0.9	154	N.D.	—	3.4	89.2	0.8	91.9
		液肥流入	0.16	10.9	2.0	68.8	3.6	46.5	7.3	19.4	0.7	50.4	
	2回目 出穂9日前	施肥直後	顆粒肥流入	0.27	51.5	9.3	119	N.D.	—	9.0	80.3	3.8	126
		液肥流入	0.23	6.6	5.2	16.2	24.9	19.5	14.6	21.5	4.3	18.7	
		48時間後	顆粒肥流入	0.21	28.9	1.7	77.3	N.D.	—	6.0	74.3	2.5	138
		液肥流入	0.16	9.3	1.1	32.6	2.1	19.8	5.8	20.3	0.4	120	

avは平均値（EC：mS cm<sup>-1</sup>，NH<sub>4</sub>-N，尿素N，P，K：mg L<sup>-1</sup>），cvは変動係数（%），—は水量僅少のため測定値なし。

表4 施肥後の水深と田面水養分含有量（単位面積当たり）および変動係数

穂肥時期	採水時期	処理区	水深		NH <sub>4</sub> -N		尿素N		K		P		
			av	cv	av	cv	av	cv	av	cv	av	cv	
1997年 中之島	1回目 出穂19日前	施肥直後	粒状動散	3.3	28.7	356	51.5	288	56.6	511	39.4	107	49.9
		液肥流入	5.9	19.5	139	24.1	903	22.4	599	19.9	135	20.9	
		48時間後	粒状動散	1.8	54.0	79	90.1	31	111	211	63.6	2	132
		液肥流入	4.8	21.6	130	35.0	212	38.0	344	25.5	4	77.7	
	2回目 出穂8日前	施肥直後	粒状動散	2.6	37.8	173	87.2	N.D.	—	284	51.6	16	98.2
		液肥流入	3.8	23.8	140	48.9	722	50.2	491	38.4	124	47.6	
		48時間後	粒状動散	1.3	48.2	17	88.5	N.D.	—	148	53.1	N.D.	—
		液肥流入	2.6	36.4	81	104	42	66.1	219	60.9	N.D.	—	
1998年 岩室	1回目 出穂17日前	施肥直後	顆粒肥流入	7.6	13.8	476	144	N.D.	—	491	94.9	159	141
		液肥流入	6.9	11.5	263	27.9	1,441	26.5	875	19.2	208	27.1	
		48時間後	顆粒肥流入	4.9	22.3	42	187	N.D.	—	195	108.2	42	103
		液肥流入	5.4	13.6	114	75.4	203	56.2	400	28.1	39	57.4	
	2回目 出穂9日前	施肥直後	顆粒肥流入	4.5	22.7	487	137	N.D.	—	452	100.5	200	144
		液肥流入	3.1	19.9	163	30.0	776	28.0	454	29.4	134	26.8	
		48時間後	顆粒肥流入	0.4	133	×	×	×	×	×	×	×	×
		液肥流入	0.2	212	×	×	×	×	×	×	×	×	

avは平均値（水深：cm，NH<sub>4</sub>-N，尿素N，P，K：mg m<sup>-2</sup>），cvは変動係数（%），×は水量僅少のため測定値なし。

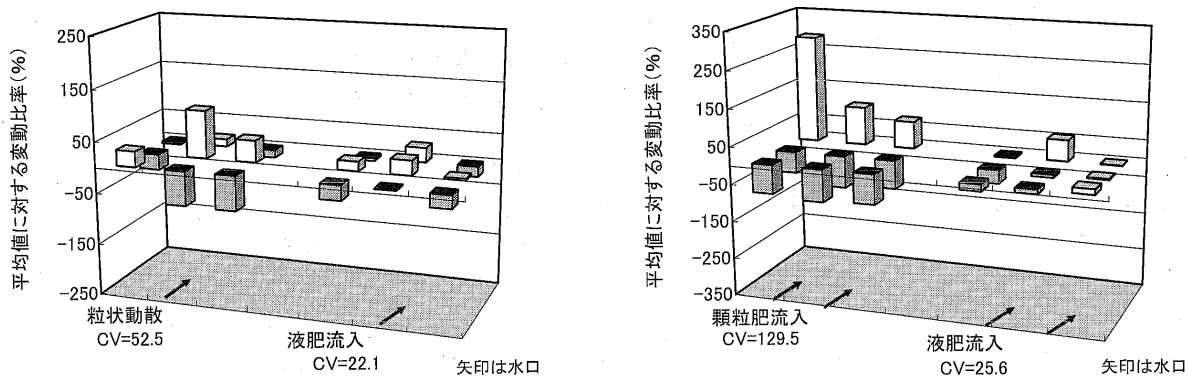


図2 施肥直後の水溶性窒素の分布 (左:中之島 97/7/19, 右:岩室 98/7/19)  
水溶性窒素は田面水の水素濃度に水深を乗じた値。

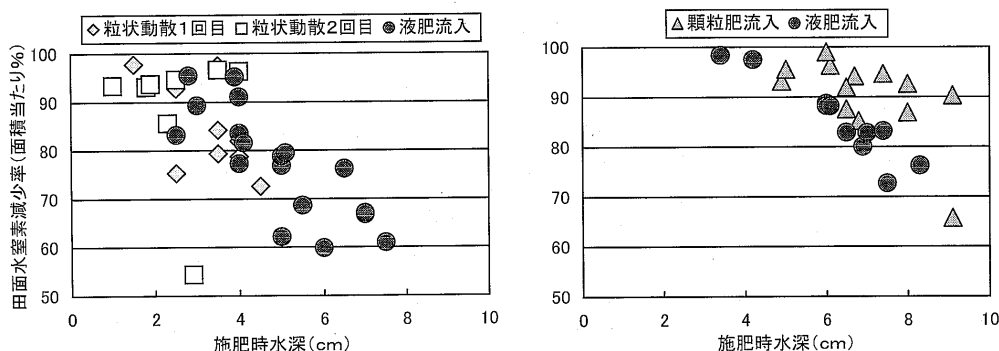


図3 施肥時の水深と2日後の窒素減少率 (左:中之島, 右:岩室)

は各試験年の第1回目施肥直後の水溶性窒素量(アンモニア態, 尿素態, 硝酸態窒素の合計量)の分布を図示している。液肥流入では粒状動散, 顆粒肥流入より施肥直後の水溶性窒素量が均一に分布していた。顆粒肥流入では水口側の水溶性窒素量が低く, 水尻側が高まる傾向であった。この傾向は48時間後も継続しており, 肥料を2回に分けて投入した2回目の穂肥施用でも同様な傾向であった。

図3に施肥時の田面水深と施肥2日後に田面水中に存在する窒素量の変化について示す。圃場の減水深等の違いによる相違はあるが, 尿素含有肥料の1997年粒状動散区1回目と同年液肥流入区, 1998年の液肥流入区は施肥時の水深が深いと田面水の窒素量の減少が遅くなる傾向であった。これに対してアンモニア態窒素主体の1997年粒状動散区2回目と1998年顆粒肥流入区では施肥時水深と田面水窒素量の変化とに関係は認められなかった。

図4は1998年に研究所内圃場の枠試験で実施した施肥時の水深と24時間後, 48時間後の枠内田面水の面積当たり窒素減少率を示す。尿素区, 硫安区ともに施肥時の水深が深いほど田面水中の窒素の減少が遅くなる傾向であった。施肥時の水深が6~7cmの場合は, 施肥24時間後の減少率は尿素区で30~40%, 硫安区で50~60%と尿素区の窒素の減少が約20%程度抑制された。施肥48時間後でも尿素区が硫安区より窒素減少が少なかったが, 5cmより浅い場合は尿素区と硫安区ともに90%以上の窒素が減少し, 両区の差は認められなくなった。施肥時の水深が3

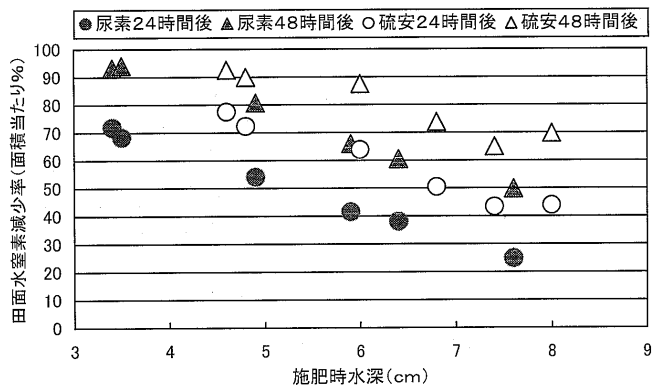


図4 施肥時の水深と窒素減少率 (1998年所内)

cm以下の場合には48時間後では採水不可能であり, 結果を得ることができなかった。

1998年研究所内圃場で実施した枠試験により, <sup>15</sup>N標識肥料で追跡した施肥窒素の吸収利用率について, 追肥時の田面水深との関係を図5に示す。施肥時に4~6cm程度の水深で硫安窒素, 尿素窒素ともに50%以上の利用率となった。

田面水の日減水深と施肥窒素利用率の関係を図6に示す。尿素窒素の利用率は試験区の日減水深と正の相関が認められたが, 硫安窒素では明確な傾向はなかった。日減水深が0.8cm以上で尿素窒素と硫安窒素の利用率はともに50%以上であったが, それ以下の減水深では尿素窒素の利

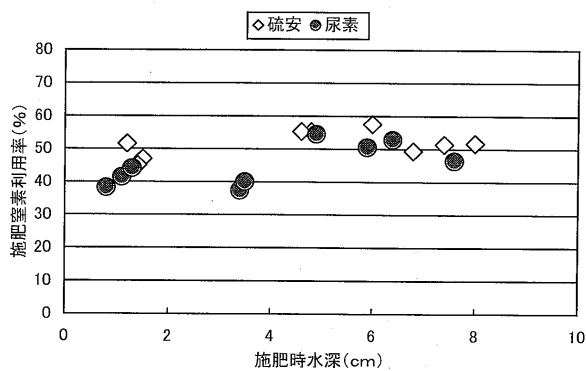


図5 施肥時の水深と施肥窒素利用率 (1998年所内)

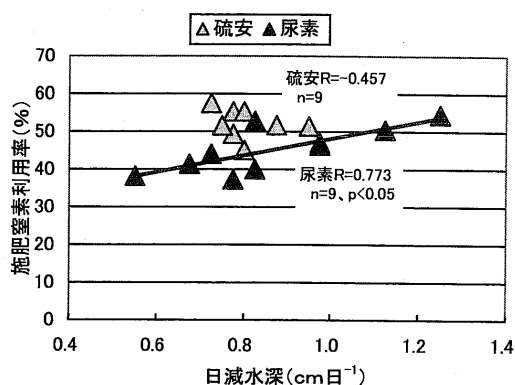


図6 日減水深と施肥窒素利用率 (1998年所内)

用率は40%程度以下であった。

#### 4. 考 察

1997年および1998年の両現地圃場試験において、施肥後の田面水養分濃度および面積当たりの養分分布は液肥を水口流入施用したほうが、粒状肥料を動力散布した場合や顆粒状肥料を水口流入施用した場合より高い均一性が認められた。これは継続的に一定量の液状肥料を水口で用水と混合しながら施用する本施肥法の利点と思われる。西川・渡部<sup>2)</sup>も8~9a規模の圃場で流入施肥器を利用し、用水と混ぜる方法で液肥を滴下させた追肥で高い均一性を報告している。本試験では実際の大区画水田で同様の効果を確認したといえる。

1997年は粒状肥料の動力散布を比較対照としたが、経験ある農業者の散布により均一に施肥できたものと推察される。2回目の施肥で両区の変動係数が同等になったのは流入時間が2時間と短く、施肥直後の水深も3.8cmと浅いためと思われる。一定の養分分布の均一性を担保するには少なくとも平均4cm以上程度の水深になるような流入時間が必要と判断される。1998年は顆粒状肥料の流入施肥を比較対照としたが、1回目、2回目ともに液肥流入区のほうが明らかに均一な施肥であり、面積当たりの養分分布も同様に液肥流入区で均一であった(表3, 4)。顆粒状肥料の流入施肥は、肥料を水口に短時間に施用するため、施用開始直後は高濃度の肥料溶液が流入するが、かん水を

続けて肥料が減少すると濃度が低下し、さらに、流入したかんがい水によって押しやられ、最初に流入した高濃度の肥料溶液が水尻に集まったと考えられる(図2)。また、本試験に供試した液肥は尿素主体である。尿素は電的に中性であり、硫安主体の顆粒状肥料よりも土壤による吸着の影響が小さく、このため拡散しやすいので、均一性が高まったものと思われる。

現地圃場での施肥時の水深と2日後の田面水での窒素減少率は液肥流入区で両年とも施肥時の水深が浅くなるに従って高まった。1998年岩室圃場のほうが1997年中之島圃場より同じ水深でも減少率が高いのは両圃場の減水深の違いと考えられる。減水深の大きい岩室圃場では減水に伴い、田面水の尿素が土壤のウレアーゼ活性でアンモニアに転化し水稻による吸収あるいは土壤表面の酸化層で硝酸化成することによる溶脱や脱窒作用を受けて田面水から減少する速度が速くなったものと思われる。一方で尿素態窒素を含まない1997年中之島の粒状動散区2回目施肥と1998年岩室の顆粒肥流入区は水深と窒素減少率に明確な関係が認められない。これらの肥料はアンモニア態窒素を主体としており、アンモニアは田面水の深淺にかかわらず、土壤に吸着される速度が同様なためかもしれない。

しかし、1998年の枠試験では施肥時の水深と24時間後、48時間後の窒素減少率の関係は尿素、硫安ともに認められた。硫安に比べて尿素態窒素の減少速度は遅く、施肥24時間後では約20%程度の差があった。ただし、48時間後ではその差は小さく、特に施肥時5cm以下の水深では両区の差は小さくなった。

田面水からの肥料窒素の減少は硫安等のアンモニア態窒素の場合、土壤表面へのアンモニア吸着、水稻上根による吸収と土壤表面数mmの酸化層による硝酸化成で硝酸の下方への溶脱あるいはその後の脱窒による消失によるものが主な原因と考えられる。尿素の場合は電荷を持たないため土壤に吸着されにくく、アンモニアに至るまでにウレアーゼによるアンモニア化成の過程が必要であるため<sup>11)</sup>、図4に示されるように硫安より減少速度は遅くなる。図5の結果から、施肥時の田面水深の違いは施肥窒素の吸収利用率に対して大きな影響を及ぼす要因にはならないと思われる。

図6で日減水深と尿素態窒素の利用率に正の相関がみられるのは減水深が0.8cm日<sup>-1</sup>以下では田面水中に尿素態窒素が滞留している時間が長く、ウレアーゼ活性の影響が弱いと考えられる。ただし、いわゆる漏水田のような3cm日<sup>-1</sup>以上では施肥窒素は根圏外に溶脱する割合が増加して利用率は低下すると考えられる<sup>12)</sup>。硫安態窒素は減水深と利用率とに関係は認められない。本試験では尿素と硫安の窒素利用率は0.8cm日<sup>-1</sup>以上では同等であった。本県において最も減水深の少ない強粘質水田の平均日減水深は1.1cmであり<sup>13)</sup>、理想的な減水深も1.5~2.5cm日<sup>-1</sup>と定義されている<sup>11)</sup>。通常圃場条件では尿素と硫安の利用率は同等と考えられる。

大区画圃場に対応した液状肥料の水口流入施肥は作業労力の軽減と施肥の均一性から今後更なる普及を進めるべきである。本報告で紹介した流入施肥の適用条件を具体的に示すと、高低差が3 cm程度と田面の均平度が高く、安定した用水流量が確保できること、一定の日減水深があり、施肥終了時の目標水深4~5 cmと判断することができる。

### 5. 要 約

1) 大区画水田に対応する省力均一追肥技術として新たに開発された流入施肥器を用い、60 a および1 ha規模の現地試験を実施した。本施肥法は粒状肥料の動力散布や顆粒状肥料の水口流入施肥より高い均一施用効果が得られた。

2) 窒素成分が尿素主体の場合、追肥時の田面水深が浅いほど田面水中から施用窒素の減少消失率が大きくなった。また、同じ田面水深の場合、日減水深が大きい条件でより減少率が大きかった。

3)  $^{15}\text{N}$  標識硫安の施用試験では施肥時の田面水深と水稻の施肥窒素利用率には、一定の傾向は認められなかった。硫安は施肥条件にかかわらず50%前後の施肥窒素利用率であったが、尿素は日減水深0.8 cm以下で利用率が40%以下に低下し0.8 cm以上では硫安と同等の50%の利用率であった。

### 文 献

- 1) 山崎欣多・久津那浩三・瀬川篤忠・上森 晃・平井弘義：水田における液体肥料の流入施用に関する研究，富山農試研報，**1**，27~33 (1966)
- 2) 西川康之・渡部富男：水稻の施肥における液肥の流入施肥方法，千葉農試研報，**36**，11~22 (1995)
- 3) 本村 悟：水稻「流し込み施肥法」，技術と普及，6月号，76~80 (1995)
- 4) 本村 悟：流し込み施肥大区画圃場でも肥効は均一—各種実証試験から—，同上，8月号，78~82 (1996)
- 5) 市川岳史・有坂通展・種田貞義・植木一久：水口流入による穂肥施用技術，北陸作物学会報，**30**，38~39 (1995)
- 6) 齋藤祐幸・有坂通展・市川岳史・佐藤 徹：水口流入による穂肥施用技術 第2報 大区画圃場への適応性について，同上，**32**，22~24 (1997)
- 7) 久保田勝：水稻に対する流入施肥の現状と新しい流入施肥法 (1)，農及園，**73**，685~689 (1998)
- 8) 久保田勝：水稻に対する流入施肥の現状と新しい流入施肥法 (2)，同上，**73**，795~799 (1998)
- 9) 久保田勝：液体施肥器の開発と水田への利用法，新潟アグロノミー，**33**，59~62 (1997)
- 10) 高橋能彦・土田 徹・久保田勝：水稻流入施肥における田面水の電気伝導度と肥料養分の相互関係，土肥誌，**69**，638~640 (1998)
- 11) 岡崎正規・安西徹郎・加藤哲郎：新版土壤肥料，p. 119，(社) 全国農業改良普及協会，東京 (2001)
- 12) 日本土壤肥料学会編：水田土壌の窒素無機化と施肥，p. 93，博友社，東京 (1990)
- 13) 新潟県農地部：土地改良事業と土壌調査，p. 25 (1995)

## Improvement of Application Method of Liquid Fertilizer with Irrigation Water for Uniform Topdressing and Change in Nitrogen Concentration of Flooded Water after Application

Toru Tsuchida, Yoshihiko Takahashi\*, Norikuni Ohtake\*, Takuji Ohyama\* and Masaru Kubota  
(Niigata Agric. Rec. Inst., \*Niigata Univ.)

The application method of liquid fertilizer with irrigation water was tested in large scale paddy fields using a newly developed fertilizer supplier which can make a supplying rate of liquid fertilizer constant. Uniformity of fertilization, change in the nitrogen concentration of flooded water and absorption of applied nitrogen by paddy rice were examined. High uniformity of fertilization was achieved with this method as compared with a conventional broadcast application of granular fertilizer, or an inflow fertilization of granule-like fertilizer with irrigation water.

When urea was applied as liquid fertilizer, the fertilizer-N disappeared quickly from ponding water under shallow conditions of ponding water depth. In the case of the same depth of ponding water, the rate of reduction was large under conditions of large permeability of water.

The nitrogen utilization rates of urea and ammonium sulfate labeled with  $^{15}\text{N}$  were not related to the depth of ponding water at the time of fertilization. When ammonium sulfate was supplied the nitrogen utilization rate was around 50% regardless of fertilization conditions; however, the urea-N utilization rate fell to 40% or less at a permeability of ponding water of 0.8 cm day<sup>-1</sup> or less, while it increased to 50% equivalent to ammonium sulfate, at 0.8 cm day<sup>-1</sup> or more permeability.

*Key words* liquid fertilizer, N utilization, paddy field, topdressing with irrigation water, urea

(Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr., **76**, 811-816, 2005)