

水稻の緩効性肥料利用による肥培管理

鎌田 健造

(青森県農業試験場)

Manuring Practice by Application of Slow-release Nitrogen Fertilizers on Rice

Kenzo KAMADA

(Aomori Agricultural Experiment Station)

1. はじめに

近年、環境問題が一段と高まり、農業も避けて通れない状況にある。また、農業、取り分け米を巡る国際情勢は厳しく、より一層の低コスト化が求められている。

一方、消費者の志向は、より安全で、よりおいしい農産物へと高まり、ややもすれば化学肥料が悪者扱いを受けかねない状況下にある。

化学肥料の利用にあっては、作物の安定生産を得るため、その資材の特性を生かしながら、より利用効率を高めるための使用法、すなわち、施肥の改善を進めてきたところである。

しかし、化学肥料はその時代の農業を取り巻く状況の中で評価されるもののようで、環境問題や安全性志向の高まっている今日、その利用法も質的に変わってくるのかもしれない。

最近、農水省の事業の中で、「肥効調節型肥料導入実験事業」が実施されることになった。その中で、“環境にやさしい肥料”として確認・実証しようとしている肥効調節型肥料には、①

被覆肥料、②化学的合成緩効性肥料、③硝酸化成抑制剤入り窒素肥料等が上げられている。

肥効調節型肥料の利用法については、各県とも古くから数多くの試験を行い、その成果はすでに実用化されているところである。

したがって、ここでは、本県において実施した肥効調節型肥料の試験事例を紹介しながら、今後の諸情勢に対応した肥培管理の方向について若干触れてみたい。

2. 青森県における水稻収量の変遷

統計資料に残る明治19年(1886年)以降の単収を5か年平均で全国平均と比較すれば、本県の平均単収が全国平均を上回るまでの収量水準に達したのは昭和25年(1950年)以降からである(図-1)。それ以前はいずれも低く、昭和22年頃までは常に全国最下位グループにあった。しかし、昭和30年以降からは極度の冷害年を除いて、常に、全国のトップグループに位置するまでの収量水準に至った。

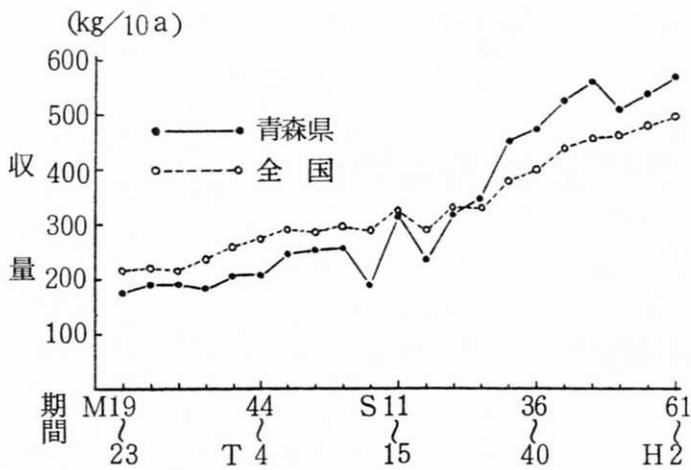


図-1 水稻の収量（5カ年平均）趨勢

このような背景には、冷害からの脱却を目指した栽培技術の改善によるところが多い。その技術内容は多岐に亙るが最も大きいものとして、①耐冷・早熟・多収品種の育成、②保護苗代の普及による健苗早植え、③後期栄養を重点とした施肥技術の進歩等が上げられる。

3. 施肥技術の進歩

施肥技術の改善は、資材の利用効率の向上と、

生育・収量の安定化を目的に進められてきた。すなわち、脱窒現象の理論に基づいた全層施肥法の開発、水稻の後期栄養に重点をおいた追肥技術の開発と発展、そして、農業機械の開発・進歩に即応して側条施肥技術の開発と進められてきた。とくに、後期栄養を中心とした分施肥技術は、いろんな方法が提唱されたが、本県で開発した深層追肥技術は特筆されよう。

深層追肥技術は、過剰分げつを抑制するため、少量基肥で出発し、追肥時期としては最も悪いとされた穂首分化期頃、下層（深さ12cm）へ肥料を施用する技術で、収量性は、表-1に示すように、①有効茎歩合が高まり、②籾数が増加し、③収量が約5～20%程高まることから、昭和36年に奨励し、その普及面積は年々増え昭和49年には62.8%に達した。

しかし、昭和40年代中頃より、量から質への時代となり次第にその面積は減少した。

表-1 深層追肥の施肥量の違いと生育・収量

(昭41：青森農試、品種；フジミノリ)

施肥法	施肥量 (kg/a)		稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 本株	有効茎歩合 (%)	籾数 (×100/m ²)			登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	籾殻	玄米重	
	全基	追肥					1次 枝梗	2次 枝梗	計				kg/a	指数
全基	1.1	0	91.5	19.5	12.7	69.0	125	106	232	90.1	23.1	1.00	53.7	(100)
深追	0	1.1	87.8	22.1	9.9	90.9	104	108	212	89.3	23.7	1.03	50.2	93.5
	0.3	0.8	88.2	21.2	12.7	84.1	135	110	245	89.2	23.6	1.11	57.9	107.8
		1.0	91.0	21.1	12.3	77.9	147	108	255	89.8	23.5	1.11	59.8	111.4
		1.2	96.6	22.2	13.4	79.3	143	127	270	88.0	23.1	1.13	62.2	115.8
		1.4	95.5	22.3	12.3	84.6	140	119	259	89.2	23.2	1.12	60.1	111.9
	0.5	0.6	91.3	20.8	13.2	79.0	134	107	241	89.7	23.5	1.12	56.6	105.4
		0.8	92.4	50.5	13.1	82.4	135	112	247	90.6	23.5	1.05	57.9	107.8
		1.0	93.8	20.4	13.4	85.4	144	115	259	87.0	23.1	1.13	59.9	111.5
		1.2	98.0	21.5	14.4	88.9	164	121	285	84.0	22.8	1.09	65.1	121.2
		1.4	96.3	21.6	14.0	91.5	165	111	277	83.6	22.9	1.19	63.3	117.9

一方、側条施肥については、昭和51年より試験を行い、昭和55年に「側条施肥が水稻の生育・収量に及ぼす影響」と題して指導上の参考事項に取り上げられた。しかし、試験はその後も継続し、主として気象条件の不良な地域での効果確認や施肥養分の動向等について検討してきた。これら、一連の試験結果の概要は次のとおりである。

側条施肥の施肥位置の違いによる、稲の窒素吸収量では明らかな差異は見られなかったが、施肥位置が浅いと草丈が劣る傾向にあり、施肥位置が深いと籾数は多いが登熟歩合が低下することから、施肥の深さは5 cm位が適当であるという結果が得られた(表-2)。

側条施肥の施肥量の違いが水稻の生育・収量に及ぼす影響について検討した結果では、側条

基肥窒素の減肥割合の大きい程、生育初期の茎数及び乾物重は少ない傾向にあるが、全層施肥に比べ、側条施肥区は何れも高く、また、穂数確保の面でも効果的であった。

側条施肥の減肥率の違いと収量性では、15%減肥より25%減肥と、減肥の割合が大きい程収量は少ない傾向を示したが、何れも全層施肥より4~8%の増収であったことから、側条施肥栽培における基肥窒素量が、全層施肥栽培における基肥窒素量の15~25%減肥しても全層施肥より収量が多い結果が得られた(表-3)。

しかし、減肥割合が多い(25%減肥)と穂首分化期頃から稲体窒素濃度が低く、肥切れが早い傾向を示したことから、穂肥の施用時期について更に検討する必要性のあることが示唆された。

表-2 側条施肥の深さと初期生育 (昭52:青森農試、品種;アキヒカリ, 移植;5月18日)

施肥の深さ	施肥法・量(kg/a)			茎数の推移(本/m ²)				N吸収量(g/m ²)		
	全層	側条	表追	6/25	7/5	7/15	穂数	6/16	6/25	7/5
全層	1.0	0	0.3	211	431	500	442	0.47	0.65	1.92
側条3cm	0.5	0.5	0.3	299	588	632	482	0.65	0.92	4.12
側条5cm	0.5	0.5	0.3	352	647	626	480	0.70	1.22	3.20
側条7cm	0.5	0.5	0.3	341	655	664	482	0.68	0.93	3.28

表-3 側条施肥の基肥量の違いと生育・収量 (昭59:藤坂、品種:アキヒカリ, 追肥;7月23日)

施肥の深さ	N施肥量(kg/a)			稈長(cm)	穂数(本/m ²)	有効茎歩合(%)	玄米重		総籾数(×100/m ²)	登熟歩合(%)	玄米千粒重(g)
	基肥		追肥				(kg/a)	同左比			
	全層	側条									
全層施肥	0.8	-	0.3	79.0	392	55.2	63.1	(100)	316	89.1	23.2
側条3cm	-	0.60	0.3	75.0	392	51.9	65.8	104	307	92.4	23.6
側条5cm	-	0.60	0.3	77.0	401	53.5	66.8	106	317	92.7	23.4
側条3cm	-	0.68	0.3	77.0	413	52.3	66.6	106	346	85.5	23.1
側条5cm	-	0.68	0.3	77.7	415	51.5	67.9	108	346	86.3	23.3

側条施肥栽培における施肥窒素の利用率は全層施肥に比較して、生育初期から極めて高く経過し、窒素の最大利用率は、全層施肥（施肥窒素：0.8 kg/a）で42%，側条施肥で（0.8 kg/a）58%，側条施肥30%減肥で（0.56kg/a）60%，最終利用率は全層施肥34.5%，側条施肥53.3%，側条施肥30%減肥56.4%で側条施肥された窒素の利用率は極めて高いことが認められた（図-2）。

また、側条施肥は全層施肥に比べて、リン酸を30%，カリを20%減肥しても、収穫期における各養分の吸収量は減少せず、施肥養分の利用率は全層施肥に比べて高いことが伺われた（表-4）。

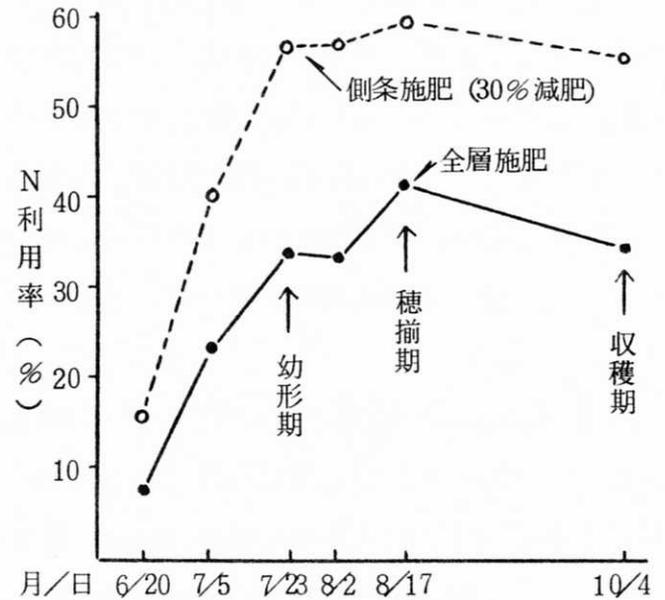


図-2 施肥窒素の利用率の推移
(昭58：黒石，アキヒカリ)

表-4 側条施肥の減肥率と成熟期の養分吸収

(昭和58年：藤坂)

区名	基肥量 (kg/a)			基肥量の減肥率 (%)			吸収量 (kg/a)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
全層 8.0	0.80	1.40	0.90	0	0	0	1.19	0.58	2.04
側条 5.2	0.52	0.83	0.62	35	41	31	1.04	0.54	1.96
側条 6.0	0.60	0.96	0.72	25	31	20	1.18	0.61	2.07
側条 6.8	0.68	1.09	0.82	15	22	9	1.31	0.58	2.22

注. 1) 全区とも幼形期にNのみ0.3 kg/a 表追
2) 全層0.8区の施肥量はほぼ施肥基準どおり

4. 緩効性肥料による肥培管理

(1) 緩効性肥料の流通動向

水稲に対して緩効性肥料の利用が、統計的に見られたのは昭和45年からで、そのときの使用面積割合は、全作付け面積の4.6%に相当し、使用形態は全量基肥栽培であったが、昭和47年の7.4%を境に漸減し、昭和57年以降は複合肥料の中に包含され、統計上からその姿が消えた。

従って、本県における緩効性肥料の流通は、

早い時期からあったと推察されるが、統計的には現在のところ、その流通実態は不明である。しかし、一部メーカーの資料によれば表-5に示すとおり、いわゆる化学合成緩効性肥料及び硝酸化成抑制剤入り肥料の出荷量は、昭和60年度の2,700トン余から漸減傾向を示し、平成元年度では1,600トン余となっている。一方、被覆肥料の出荷は昭和63年度からであるが漸増傾向にあり、今後更に増えるものと予想される。

表-5 緩効性肥料の流通状況

(トン)

銘 柄	成 分	対象作物	S-60	S-61	S-62	S-63	H-1
GU-050P	10-15-10	水 稲	52	133	96	70	50
GU-055P	10-15-15	水 稲				2	
GU-286	12-18-16	水 稲		23	2	4	0
GU-636	13-3-16	追肥用	856	864	609	517	468
IB-050 (大粒)	10-15-10-1.5	水 稲	995	995	863	705	742
LP 苦土安055 (40日)	10-20-15-3	水 稲				6	30
LP 苦土安2号 (40日)	12-16-14-3	水 稲				4	8
LP 苦土安2号 (70日)	12-16-14-3	水 稲				7	6
チオP286	12-18-16	水 稲	818	720	632	640	19
ジシアン286	12-18-16	水 稲					342
合 計			2,722	2,735	2,202	1,955	1,665

(2) 全量基肥栽培における緩効性肥料の肥効
 化学的合成緩効性肥料及び硝酸化成抑制剤入
 り肥料の肥効試験は、昭和34年から実施され、
 昭和43年に施肥技術の1つとして取り上げられ

た。その主な成績は表-6、表-7に示すと
 おりである。

緩効性肥料区は、施肥量の如何に係わらず、
 生育初期における草丈・茎数は速効性肥料区よ

表-6 全量基肥栽培における緩効性肥料の肥効

(kg/a)

試験年度	項目 試験区名	収 量 (kg/a)			玄米重 指 数	糶 重 (kg/a)	屑米重 (kg/a)	玄 米 千粒重 (g)	窒 素 利用率 (%)
		わら重	精籾重	玄米重					
40年	対 照 区	73.8	67.3	56.7	(100)	0.19	0.12	21.5	40.9
	IB化成区	76.3	75.4	64.3	113	0.26	0.21	21.2	51.2
	IB化成2割減区	73.0	71.5	60.3	106	0.30	0.19	21.3	59.1
41年	対 照 区	74.5	66.0	55.4	(100)	0.19	0.15	21.7	59.2
	増肥対照区	69.5	62.2	52.3	94	0.17	0.11	21.7	41.4
	IB化成区	75.5	68.9	57.5	104	0.59	0.29	21.5	68.0
	IB化成増肥区	77.0	70.1	58.5	106	0.48	0.64	22.0	68.3
42年	対 照 区	83.5	83.2	69.2	(100)	0.11	0.46	22.7	72.5
	増肥対照区	84.5	85.6	70.7	102	0.21	0.85	22.4	59.2
	IB化成区	79.5	81.2	67.3	97	0.11	0.43	23.0	68.1
	IB化成増肥区	85.5	89.4	73.8	107	0.16	1.01	22.7	68.7
	GUP化成区	84.5	86.8	72.0	104	0.10	0.50	22.6	80.2
3カ年 平均	対 照 区	77.3	72.2	60.4	(100)	0.16	0.24	22.0	57.5
	IB化成区	77.1	75.2	62.9	104	0.32	0.31	21.9	62.4
2カ年 平均	増肥対照区	77.0	73.9	61.5	(100)	0.19	0.48	22.1	50.3
	IB化成増肥区	81.3	79.8	66.2	108	0.32	0.83	22.4	68.5

注 1) 施肥料: N, P₂O₅, K₂Oとも1.1 kg/a, 増肥区1.3 kg/a, 2) 対照区の肥料: 尿
 素硫加磷安, 3) 供試品種: フジミノリ, 4) 窒素利用率: 差引法による。

表-7 硝酸化成抑制剤入り肥料の肥効

試験年度	項目 試験区名	施肥時期	収量 (kg/a)			玄米重 指数	糶重 (kg/a)	屑米重 (kg/a)	玄米 千粒重 (g)	窒素 利用率 (%)
			わら重	精粳重	玄米重					
40年	対照区	灌水10日前	73.8	67.3	56.7	(100)	0.19	0.12	21.5	40.9
	AM化成区	"	75.3	70.5	59.9	106	0.20	0.16	21.4	47.3
	AM2割減肥区	"	71.8	65.3	55.2	97	0.18	0.16	21.6	47.7
	チオ尿素化成区	"	75.0	72.3	61.0	108	0.28	0.19	21.6	48.2
	チオ尿素化成区	灌水20日前	72.0	66.0	56.1	99	0.20	0.17	21.3	41.2
41年	対照1区	灌水4日前	69.5	63.7	53.4	(100)	0.18	0.17	22.8	55.2
	対照2区	灌水20日前	69.0	66.4	52.8	98.8	0.16	0.10	22.5	55.2
	AM化成区	"	72.5	66.4	55.6	104.1	0.21	0.15	22.3	59.3
	チオ尿素化成区	"	72.0	66.2	55.7	104.3	0.19	0.16	22.8	56.3
42年	対照1区	灌水5日前	78.2	72.6	60.2	(100)	0.15	0.32	22.5	60.0
	対照2区	灌水14日前	74.5	67.6	55.9	92.9	0.07	0.22	22.4	39.3
	対照3区	灌水21日前	73.5	67.1	55.9	92.9	0.09	0.21	22.6	40.6
	チオ尿素化成区	"	75.0	68.2	57.6	95.7	0.08	0.20	22.4	41.9

注 1) 施肥料: N, P₂O₅, K₂Oとも1.1 kg/a, 増肥区1.3 kg/a, 2) 対照区の肥料: 尿素硫加磷安, 3) 供試品種: フジミノリ, 4) 窒素利用率: 差引法による。

り劣る傾向にあったが、分けつ期に入ると、草丈・茎数ともに多くなり、秋まさり的な稲の生育形態を示し、緩効性肥料の肥効の持続性が認められた。このことは、稲体の窒素濃度及び窒素吸収量が生育初期では低い、穂揃期以降では高く推移し、また、施肥窒素の利用効率(差引法による)も緩効性肥料区で高いことから伺われる。

一方、収量は年次間差はあるが、緩効性肥料利用により、登熟歩合が劣る傾向にあるもの、穂数及び穂長が長く、また、粳数が多いことで4~13%の増収が得られた(表-6)。

硝酸化成抑制剤入り肥料の肥効については、施肥時期を変えて検討したが、供試した硝酸化成抑制剤入り肥料は、灌水20日前に施肥しても、

慣行の施肥時期(灌水5~10日前)と収量性に変わりなく(3年平均で99.5%)、硝酸抑制剤入り肥料の効果が認められた。

このことは、同一施肥時期(灌水10日及び20日前)では、硝酸化成抑制剤入り肥料を用いることにより、3~8%の増収が期待できることから伺われる。

(3) 側条施肥栽培における緩効性肥料(被覆肥料)の肥効

側条施肥栽培下では、田植後1カ月目頃から幼穂形成期にかけて、稲体窒素濃度の低下が全層施肥栽培に比べ大きいことから(図-3)、追肥は従来の追肥適期より早めに行う必要のあることが認められている。

一方、最近の傾向として側条施肥栽培は大規

模面積で実施される場面が多く、きめ細かな栽培管理が難しくなっている。

このようなことから、側条施肥体系における田植後1カ月目頃からの稲体窒素濃度の急激な低下を緩和する目的で、また、省力施肥技術の一手段としての全量基肥栽培の可能性について、側条表層追肥体系、側条深層追肥栽培体系、側条全量基肥栽培及び全層全量基肥栽培における緩効性肥料（被覆肥料）の利用法について、昭

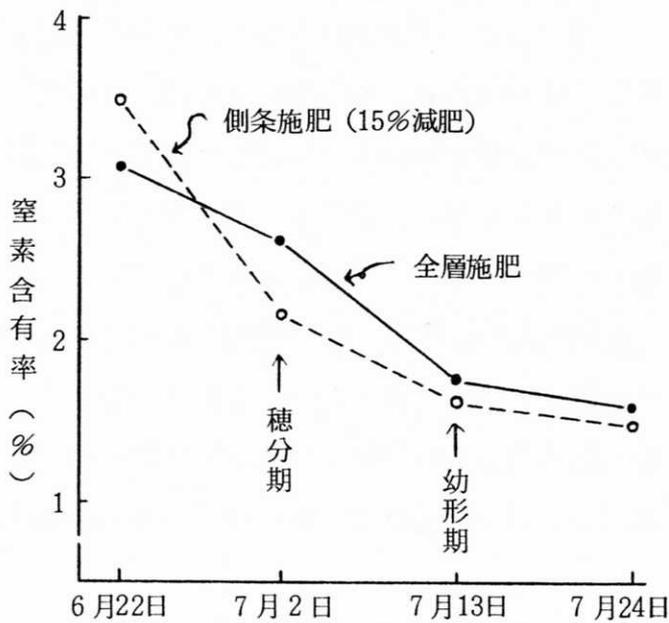


図-3 側条施肥栽培における窒素含有率の推移 (昭59: 黒石, アキヒカリ)

和61年より試験を実施した。

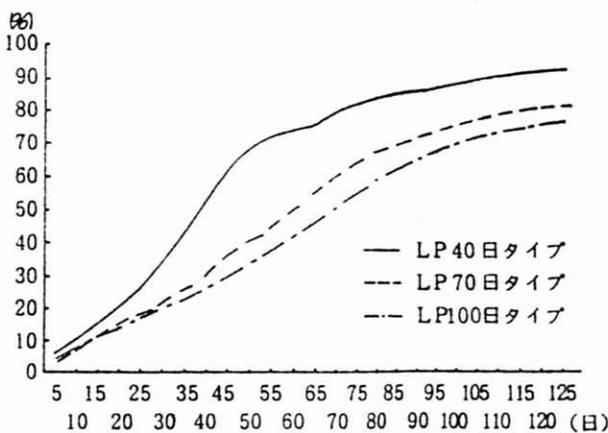
1) 緩効性肥料（被覆肥料）の溶出率

緩効性肥料（被覆肥料）は温度条件が変化すると肥料成分の溶出率が変わる特性を有することから、肥効持続期間の表示法として、温度25℃の恒温条件下の土壌で、肥料成分の80%が溶出するのに要する日数が用いられている。

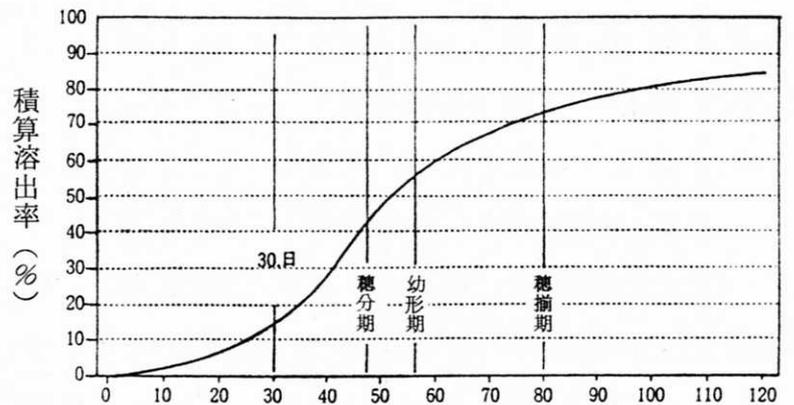
従って、肥効持続期間を表示する肥料が温度条件の低い本県において、どのような溶出経過をするのかを知る必要があることから、緩効度の異なる各種緩効性肥料（被覆肥料）を、本県における平年の水田地温（5 cm）を基に、時期別溶出量を算出した。

その結果、図-4に示すように、それぞれの溶出率が80%に達する日数は、LP40日タイプで70日、LP70日タイプで115日、セラコートUMタイプで96日を要したが、LP100日タイプでは125日後でも累積溶出量が80%に至らなかった。

このことは、本県のような水田地温の低い地域では、緩効度60~70日タイプで全生育時の窒素供給量がカバー出来る事を意味している。



LPコートのタイプ別積算溶出率



セラコートUMの積算溶出率

図-4 各種緩効性肥料の溶出率 (黒石作況田の平年の平均水田地温 5 cm を用いて算出)

2) 側条施肥表層追肥体系下での緩効性
(被覆肥料) 入り肥料の肥効

本県における主要な施肥体系は、幼穂形成期の1回表層追肥体系と幼穂形成期及び減数分裂期に追肥を行う2回追肥体系が取られている。

側条施肥栽培においても基本的にはこれに準じて行っていることから、表層追肥1回追肥体系において側条施肥の基肥に緩効性肥料(被覆肥料)を用いた追肥体系、表層追肥2回体系において2回目の追肥(減分期追肥)を省略することから1回目の追肥に緩効性肥料を用いて施肥時期を変えて検討した。

表追1回施肥体系において、基肥に即効性肥料を用いた区に比べ、緩効性肥料(被覆肥料)を用いた区は、生育初期から幼穂形成期にかけて、草丈・茎数は劣る傾向にあるが、成熟期の稈長・穂長は勝る傾向が見られた。また、稲体の窒素濃度は穂首分化期頃までは、同等かやや低い状態で推移するが、穂揃期以降の窒素濃度

は高く経過し、基肥に即効性肥料を用いた時の問題点であった穂首分化期以降の急激な稲体内の窒素濃度の低下は見られず、緩効性肥料の肥効の持続性が認められた。

収量は、緩効性肥料を用いることにより、茎数はLPでは少ない傾向にあるが、1穂粒数が多く、また、登熟歩合が高まることで、セラコートでは穂数並びに単位当たりの粒数の多いことで収量は高く、また、玄米の検査等級の低下も見られなかった(表-8)。

一方、表層2回追肥体系において、2回目の追肥(減分期追肥)を省略するため、1回目の追肥に緩効性肥料を用いて(緩効性肥料の追肥時期:減分期5日前, 減分期, 減分期5日後, 幼穂形成期)検討した結果を表-9に示した。

緩効性肥料追肥区は、追肥時期を遅らせる程生育は劣る傾向にあったが、収量は粒数レベルが対照区(速効性肥料2回追肥)に比べ同程度か、それ以上でも登熟歩合の低下が認められず、

表-8 側条施肥表層追肥体系下での緩効性肥料の側条施肥の肥効(その1)
(kg/a, ×100粒/m², %, g)

試験年度	項目 試験区名	施肥量(kg/a)		追肥時 (出穂)	収穫期N%		玄米 重	同左 指数	総粒 数	登熟 歩合	玄米 千粒 重	検査等級
		基肥	追肥		茎葉	粒						
62年	側条対照	0.64	0.3	-19	0.49	1.03	68.0	(100)	372	80.5	22.9	-
	尿素コートM	0.64	0.3	-19	0.57	1.03	68.9	101	421	71.4	23.1	-
	全層・穂肥	0.80	0.3	-22	0.57	1.14	68.3	100	405	76.1	22.8	-
63年	側条対照	0.64	0.3	-34	0.52	1.10	60.4	(100)	378	76.3	20.7	1下~2上
	LP40苦土安	0.64	0.3	-26	0.53	1.11	65.0	108	373	79.8	21.4	1下~2上
	LP70苦土安	0.64	0.3	-26	0.64	1.18	70.3	116	377	84.3	21.7	1下
	側条対照	0.64	0.3	-26	0.49	1.15	61.1	(100)	369	76.0	21.3	1下~2上
	セラコートUN	0.64	0.3	-26	0.58	1.13	68.4	112	411	76.1	21.8	1下~2上

注 1) 供試品種:昭和63年;アキヒカリ, 平成元年;むつほまれ
2) 出穂期:昭和63年;8/10, 11, 平成元年;8/4

表-9 側条施肥表層追肥体系下での緩効性肥料の側条施肥の肥効（その2）

(kg/a, ×100粒/m², %, g)

試験年度	項目 試験区名	施肥量(kg/a)		追肥時 (出穂)	収穫期N%		玄米 重	同左 指数	総籾 数	登熟 歩合	玄米 千粒 重	検査 等級	備 考
		基肥	追 肥		茎葉	籾							
62年	6+3+2	0.6	0.3+0.2	-20,-10	0.46	1.15	66.3	(100)	349	85.6	23.5	1中	幼形・減分
	6+5(緩表A)	0.6	0.5	-31	0.49	1.14	67.7	102	343	89.3	23.3	"	穂分
	6+5(緩表B)	0.6	0.5	-25	0.48	1.14	71.0	107	365	85.3	23.2	1下	穂分+5
	6+5(緩表C)	0.6	0.5	-20	0.51	1.15	68.2	103	327	92.9	23.5	1中	幼形
63年	6+3+2	0.6	0.3+0.2	-27,-19	0.55	1.18	60.2	(100)	360	77.4	21.6	1中	幼形・減分
	6+5(緩表A)	0.6	0.5	-30	0.73	1.38	57.1	95	331	78.0	22.8	2上	穂分+5
	6+5(緩表B)	0.6	0.5	-27	0.61	1.24	52.0	86	279	85.4	21.6	2上	幼形
元年	6+3+2	0.6	0.3+0.2	-18,-8	0.56	1.12	72.1	(100)	358	84.9	23.4	1下	幼形・減分
	6+5(緩表A)	0.6	0.5	-32	0.57	1.11	73.2	102	351	88.6	22.9	1下	穂分-5
	6+5(緩表B)	0.6	0.5	-26	0.64	1.22	76.0	105	354	91.8	23.1	1下	穂分+5
	6+5(緩表C)	0.6	0.5	-21	0.60	1.19	72.6	101	324	93.8	23.2	1下	幼形

注 1) 供試品種：昭和63年；アキヒカリ，平成元年；むつほまれ

2) 出穂期：昭和63年；8/10, 11, 平成元年；8/4

収量は上回る傾向が見られたことから，表追2回追肥に代わるものとしての緩効性肥料の肥効が認められた（表-9）。

以上の結果から，表層追肥1回追肥体系において，基肥に緩効性肥料を用いる場合，本県においては，緩効度が40~70日タイプが適し，表層追肥の時期は幼穂形成期頃が適するものと判断された。

また，表層追肥2回体系で，2回目の追肥（減分期追肥）省略のため，追肥に緩効性肥料を用いる場合，緩効度が40日タイプのものが適すると思われ，追肥時期としては，穂首分化期頃から穂首分化期後5日以内の追肥で効果が認められた。

3) 側条施肥深層追肥体系下での緩効性肥料（被覆肥料）入り肥料の効果

側条施肥深層追肥体系下において，基肥に即

効性肥料を用いた場合は，5日程追肥時期を早めなければその効果が期待できなかったが，基肥に緩効性肥料を用いた場合は，肥効の持続性が認められ追肥時期は全層施肥の時の追肥時期（深層追肥の場合穂首分化期）で良いことが認められた。

稲体窒素濃度及び窒素吸収量は，基肥に緩効性肥料を用いた場合，穂首分化期頃まで高めに推移するが，収穫期ではほとんど差が見られなかった。

また，深追時期を同じく行った場合，基肥に緩効性肥料を用いた区は，基肥に速効性肥料を用いたものと，穂数は同程度であったが，籾数が多くなり増収した。

なお，深層追肥体系下で，基肥に緩効性肥料（被覆肥料；LPコート）を用いる場合，40日タイプのものが適するものと判断された。

表-10 側条施肥深層追肥体系下での緩効性肥料の側条施肥の肥効

(品種：アキヒカリ，kg/a，×100粒/m²，%，g)

試験年度	項目 試験区名	施肥量(kg/a)		追肥時 (出穂)	収穫期N%		玄米 重	同左 指数	総籾 数	登熟 歩合	玄米 千粒 重	検査等級
		基肥	追肥		茎葉	籾						
62年	側条・深追	0.40	0.60	-31	0.64	1.26	72.9	(100)	424	77.0	23.3	1中~1下
	L P 40 苦土安	0.50	0.60	-27	0.66	1.34	72.5	99	395	81.8	23.6	1下~2上
63年	側条・深追A	0.40	0.60	-32	0.71	1.23	66.2	(100)	340	86.7	22.0	1下~1下
	側条・深追B	0.40	0.60	-39	0.61	1.12	71.9	109	425	76.9	21.2	2上~2上
	L P 40 苦土安	0.40	0.60	-32	0.61	1.21	69.8	105	394	78.7	21.8	1下~1下

注 1) 出穂期：昭和63年；8/2，昭和63年；8/9

4) 側条全量基肥及び全層全量基肥方式での緩効性肥料（被覆肥料）入り肥料の効果

側条施肥栽培の基肥に緩効性肥料（被覆肥料）を用い，無追肥栽培の可能性について検討した。

緩効性肥料（被覆肥料）全量基肥区は，対照（側条・穂肥）区に比べ稲体の窒素濃度は全般に高めに経過し，また，穂揃い期以降の窒素吸

収量も多い傾向にあり，緩効性肥料の肥効の持続性が認められたが，各肥効タイプの違いによる稲体の窒素濃度に及ぼす影響は明らかでなかった。

収量構成要素では，全量基肥区は，対照（側条・穂肥）区に比べ穂数は少ないが，一穂籾数が多く，また，登熟歩合が高いことで，対照区並かそれ以上の収量が確保でき，検査等級の低下も認められなかった（表-11）。

表-11 側条施肥全量基肥方式での緩効性肥料の肥効

(品種：むつほまれ，kg/a，×100粒/m²，%，本/m²，g；昭61~平元)

試験区名	項目 施肥量(kg/a)		幼形期 N%	収穫期N%		玄米 重	同左 指数	総籾 数	登熟 歩合	穂数	玄米 千粒 重	検査等級	備考
	基肥	追肥		茎葉	籾								
側条対照	0.64	0.3	2.15	0.54	1.09	68.2	100	392	78.8	492	22.3	1中~2上	4カ年平均
L P 70 苦土安	1.00	0	2.03	0.61	1.13	73.2	107	406	80.0	478	22.2	1中~2上	4カ年平均
L P 100 苦土安	1.00	0	2.16	0.61	1.14	74.9	110	417	80.2	460	22.0	1下~2上	2カ年平均
側条対照	0.64	0.3	1.88	0.51	1.07	67.2	100	377	79.1	436	22.2	1下~2上	3カ年平均
セラコートUM	1.00	0	1.86	0.52	1.06	67.7	101	374	82.0	441	22.1	1下~2上	3カ年平均
セラコートUL	1.00	0	1.82	0.53	1.15	66.7	99	340	86.6	424	22.3	1下~2上	3カ年平均

※ L P 70及びL P 100（14-20-16のうち被覆尿素7.0），70及び100日

セラコートUM（14-18-4のうち被覆尿素8.5，60~70日タイプ），セラコートUL（15-15-15のうち被覆尿素8.5，100~120日タイプ）

表-12 全層全量基肥方式での緩効性肥料の肥効

(品種：むつはまれ, kg/a, ×100粒/m², %, 本/m², g)

試験 年度	項目 試験区名	施肥量(kg/a)		幼形 期 N%	収穫期N%		玄米 重	同左 指数	総籾 数	登熟 歩合	穂数	玄米 千粒 重	検査 等級
		基肥	追肥		茎葉	籾							
元年	全層穂肥	0.70	0.3	1.99	0.60	1.06	70.1	(100)	396	78.0	451	22.9	1下
	セラコートUM全	1.00	0	2.02	0.61	1.07	73.4	105	347	90.2	408	22.7	1下
	セラコートUM減	0.85	0	1.88	0.58	1.13	70.4	100	335	90.7	376	22.9	1下
	セラコートCM全	1.00	0	2.45	0.63	1.10	75.0	107	365	90.7	456	22.7	1下
	セラコートCM減	0.85	0	2.08	0.59	1.11	72.0	103	350	90.0	380	23.1	1下

※ セラコートUM：14-18-14（うち被覆N 6.5），セラコートCM：14-18-14（うち被覆N 5.5，被覆K 2.5）

一方、全層施肥栽培における緩効性肥料の肥効について検討した結果は表-12に示すとおりである。

セラコートUM区は、窒素15%減肥では茎数は少なかったが、全量区では、穂首分化期頃までは対照区（全層・穂肥）並に経過したものの、それ以降の分けつが少なく、最終的な穂数は10%程少なかった。稲体窒素濃度は、穂首分化期頃で対照区（全層・穂肥）より高かったが、その他の時期はほぼ対照区（全層・穂肥）並に経過し、減肥による稲体窒素濃度の低下は見られなかった。窒素吸収量は穂揃期で低かったが、それ以降の日当たり窒素吸収量が多く、収穫期ではほぼ同程度となったが、減肥区は約5%程少なかった。

セラコートCM区は全量及び窒素15%減肥区とも、幼穂形成期頃までは茎数が多かったが、穂数は全量区で対照（全層・穂肥）並、窒素15%減肥区で約10%の減となった。稲体の窒素濃度は、生育期間を通じて高く、特に全量区で高く推移した。窒素吸収量は、窒素15%減肥区において穂揃期で対照区（全層・穂肥）より低

かった以外、いずれも高く、基肥窒素の利用率も12~14%対照区（全層・穂肥）に比べ高かった。

収量は、セラコートUM及びセラコートCMの全量並びに窒素15%減肥区とも全般に対照区（全層・穂肥）よりm²当たりの総籾数は少ないものの（5~15%）、登熟歩合が高く（12~13%）、収量は0~7%の増収で、減肥による収量低下は認められなかった。

以上のことから、省力栽培の一手段として、比較的気象条件に恵まれた地域（津軽中央部）では、緩効性肥料の利用による無追肥栽培は可能であると考えられる。

なお、側条全量基肥栽培及び全層全量基肥栽培に適すると思われる緩効性肥料の形態は、本県の気象環境から推察して、60~70日タイプのものが適すると思われる。

また、全層全量基肥栽培の基肥に緩効性肥料を用いる場合の、窒素施用量は全層穂肥体系下での窒素基準総量の15%位減じてても良いものと判断された。

5. 今後の肥培管理について

はじめにも若干ふれたように、水稻の肥培管理に当たっては肥料の利用効率を高め、高品質で、安定した収量の確保を図ることを中心に従来から進めてきたところである。

その結果として、全層施肥、水稻の後期栄養に重点をおいた分施肥技術の発展、さらには側条施肥技術が開発されてきた。このような施肥技術における肥料（施肥窒素）の利用率は表-13に示すとおり、全層施肥では30～40%、側条施肥では50～60%、表層追肥では60～70%、深層追肥では70～80%、また、単肥よりは固形及び肥効調節型肥料栄養分の利用率が高いなど、肥料の施用時期、施用方法、施肥位置及び肥料の形態等により差のあることが認められた。

このことは、これからの肥培管理（施肥技術）を考える場合重要なポイントになるろう。

施肥技術は、その時代の農業を取り巻く環境条件の中で変化してきた。即ち、増産のための施肥技術、高品質で安定収量を確保するための施肥技術から、今後は、より低コスト化へ向けての施肥技術、より付加価値を高めるための施肥技術に加えて環境にも配慮した施肥技術が求められている。

施肥技術面から低コスト化を図るとすれば、施肥回数の削減があげられる。一方、農業労働力が今後益々不足することが予想されると同時に、大区画圃場による大規模経営形態での施肥体系は、自ら全量基肥体系が基調になってくるものと予想される。

全量基肥栽培体系については、被覆肥料を利用した側条施肥体系及び全層施肥体系で可能性のあることが認められたが、地温の低い本県に適した溶出量を持つ肥料の選択と速効性部分と

表-13 施肥法別施肥窒素利用率

肥料の形態	施肥量 (kg/a)	基 肥		追 肥						備 考	
		全層	側条	深追	表 追						
				穂分	穂-7	穂-5	穂分	穂+5	幼形		減分
¹⁵ N 硫安	1.0	38.1	-	-	-	-	-	-	-	-	S47～H3年, 成苗, レイメイ
	0.8	34.6	53.3	-	-	-	-	-	-	-	中苗, 20点の平均
	0.6	35.8	-	76.1	-	-	-	-	-	-	中苗, 12点の平均 (深: 13点平均)
	0.56	-	56.4	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.5	29.2	-	-	-	-	-	-	-	-	中苗, 6点の平均
	0.3	-	-	-	-	-	-	-	60.9	-	中苗, 2点の平均
	0.2	-	-	-	-	-	-	-	61.0	61.2	中苗, 2点の平均
¹⁵ N 固形	0.46	-	-	81.0	-	-	-	-	-	-	41年, 畑苗, フジミノリ
被覆肥料 (¹⁵ N-LP)	0.7	-	-	-	67.6	-	-	-	-	-	1年, 中苗, ほまれ
	0.5	-	-	-	-	67.3	54.0	49.2	-	-	H1～2年, 中苗, ほまれ
	0.3	-	-	-	68.0	67.1	50.2	42.0	-	-	H1～2年, 中苗, ほまれ

のブレンド率，気象条件の更に厳しい地域での利用についての検討が残されている。

高付加価値米生産のための施肥技術については，高付加価値のものさしをどこに置くかで対応が異なる。無肥料・無農薬栽培を前提とすれば，経営として成り立つ条件を策定するには難しく，面の技術にはなり得ないと判断される。しかし有機栽培という側面から見れば，土壌管理を含めた施肥技術を確立する必要がある。

環境問題に対応した肥培管理については，水質汚染，地球温暖化等に関与する物質を，農業系内（作物の生育期間）で消化できる範囲内の

資材の投入にとどめると同時に生産が十分に確保できる肥培管理技術について，検討しておく必要があると思われる。

以上の情勢をふまえ，今後，環境に調和した肥培管理を行うに当たっては，①目標収量に応じた施肥技術，②肥料の利用効率をより一層高めるための施肥技術，③土壌環境に過度の負荷を与えない施肥技術，④土壌養分を最大限活用する施肥技術，⑤品質を落とさない施肥技術，⑥経営規模別・栽培様式の多様化に対応した施肥技術等，営農形態と環境保全の両面を考慮した施肥技術を確立する必要があるものと思われる。