

輪換田水稻の栽培法に関する研究

第1報 輪換田水稻の生理生態的特性と窒素の施肥法*

狩野幹夫, 加藤弘道**, 酒井 一***, 小川吉雄, 笠井良雄, 石原正敏

Mikio KANO, Hiromichi KATO, Kuni SAKAI, Yoshio OGAWA,
Yoshio KASAI and Masatoshi ISHIHARA.

Studies on the plant husbandry of rice plants in the rotational paddy field.(I)
Physiological and ecological characteristics and Method of Nitrogenous Fertilizer
Application of rice plants in the rotational paddy field.

輪換田水稻は移植後の草丈および茎数とも連年水田より旺盛な生育を示し、その後も葉色の濃い状態で生育後期までまさった。また、単位面積当り同化率が高く、乾物生産速度は連年水田よりまさり、乾物重は重く推移した。

窒素吸収量は、最高分けつ期から急激な吸収がみられ、成熟期に至るまで連年水田より多かった。

輪換田の作土層における土壌からの窒素無機化量は、最高分けつ期から成熟期まで終始連年水田より多く、下層土の無機化量を加えるとさらに増加し、水稻の窒素吸収量とほぼ一致した。

輪換田土壌は初年目から2年目にかけて酸化的に経過するが、3年目には還元化がすすみ、連年水田にちかづいた。

根の活力は連年水田より高く、しかも下層まで根域の拡大がみられた。しかし、輪換後の経過年数に伴い輪換田3年目では連年水田並となった。

玄米収量は輪換田初年目で最も多収となり、輪換後の経過年数に伴い穂数、1穂初数が順次減少し、3年目には連年水田にちかづいた。

土壌肥沃度の異なる輪換田における強稈品種の初星、キヌヒカリと耐倒伏性の劣るコシヒカリの安定栽培のための輪換田年次別の基肥窒素施用量を明らかにした。

目 次

I. 緒 言	42
II. 試験期間における気象および水稻の 一般生育経過	42

III. 輪換田水稻の生理・生態的特性	43
1. 輪換田水稻の生育特性と収量構成要素	43
2. 輪換田水稻の窒素吸収特性	49
3. 輪換田の減水深ならびに土壌の窒素無機化量, Fe ⁺⁺ 濃度, 酸化還元電位の推移	51
4. 輪換田水稻の根の生理・形態的特性	53
5. 畑期間の差異と輪換田水稻の 生育・収量	57
IV. 輪換田水稻の窒素の施肥法	61

* 本報告の一部は1989年および1990年日本作物学会関東支部第78回(全農農業技術センター), 79回(埼玉農産共済会館)講演会において発表した。

** 現農業技術課, *** 現, 土浦市飯田

1. 輪換田水稻の基肥窒素量	61
2. 輪換田水稻に対する種肥の効果	65
3. 畑期間の差異と輪換田水稻の 基肥料窒素量	66
V. 考 察	68
VI. 摘 要	70
VII. 引用文献	70

I. 緒 言

米の供給過剰と国民1人当りの消費量の減少を契機に1970年以降から水田転作が推進されるようになった。これは、従来の米一辺倒から脱却し、需給に見合う米生産を行いながら一部畑作物を導入し、わが国の食糧生産の安定化を確立しようとするものである。県内における現在の土地利用方式としては、1年畑-3年水稻のブロックローテーションがひろく採用されてきているが、今後は土壌の物理性が改善され、より高い生産性が期待できる田畑輪換方式で水稻及び転作作物を計画的に作付することが望ましい。

本県における近年の田畑輪換に関する研究としては、導入畑作物を主対象とした陸田転換畑における野菜導入に関する研究⁴⁾、転作に導入する作物の選定とそのため地下水位適性⁷⁾、田畑輪換圃場に適した暗渠排水⁸⁾、転換畑における営農排水の施工法¹⁾、田畑輪換における畑・水田の適周期³⁾、大規模営農集団における麦-大豆作体系化技術⁹⁾などがあり、これらの研究成果は広く生産現場に普及されている。

一方、輪換畑から水田に戻した輪換田における水稻の生産力は連年水田に比べて高いことが知られている^{9,10,13,14,16,17)}。これら既往の成果は注目すべき知見も少なくない。しかし、水稻の高位生産力の解明に土壌の理化学性が変化するなかで水稻根に着目した知見はほとんどない。また、良食味品種をつくりこなす実用的な栽培指針を得たものも極めて少ない。

そこで筆者らは1985年以降、土壌型の異なる輪換田において良食味品種の栽培法試験を行い、輪換田水稻の生理・生態的特性について明かにし、輪換田年次別の地力

窒素の変化に対応した主要品種の窒素の施肥法が得られたので報告する。

II. 試験期間における気象および水稻の一般生育経過

① 試験期間における気象及び水稻の一般生育経過

試験期間の気象条件はつぎのとおりである。

1985年：5月は第1半旬の最高温度が異常に高かったが、その後の気温は平年並みからやや高めに経過した。その後も好天に恵まれたため、草丈は高く、茎数も多く推移し、葉色の退色も良好であった。出穂期は平年に比べ早生・中生品種とも1～2日早まった。いもち・紋枯病の発生は特に認められなかった。7月～9月前半は最高・最低気温とも平年より高く推移したため、成熟期は平年より早生で2日、中生で3～4日促進された。作柄は県作況指数104で「やや良」となった。

1986年：移植後の活着は良好であったが、その後の平均気温が低く経過したため、生育は緩慢であった。5月中～下旬および6月の梅雨入り後の低温によって早生・中生のいずれの品種も短草多げつ型の生育相を示した。出穂期は平年より早生で4日、中生で5日遅れた。成熟期は出穂期から登熟後期まで高温・多照に恵まれたことから平年並みとなった。県作況指数は99で「平年並」であった。

1987年：移植後の気温は平年より高めに経過したため、活着も良好で、茎数が著しく増加した。その後6月第3半旬～7月第1半旬まで低温で経過し、短草多げつ型の生育を示した。7月第2半旬～9月第2半旬までは高温・多照に推移したため出穂期は早生・中生品種とも4～6日、成熟期も5～8日早まった。穂数は平年に比べ多く、登熟も良好で県作況指数は104で「やや良」であった。

1989年：移植後は低温・少照傾向で推移し、活着はやや遅れ、初期生育は草丈・茎数とも平年を下回った。出穂期は梅雨明け後の天候の回復により平年並みとなった。8月上旬以降は高温・多照となり、台風の通過に伴う温乾風と土壌の還元化による水稻根の活力低下により乳白粒の発生がみられた⁹⁾。県作況指数は100で「平年並」となった。

1991年：移植後は5月上旬以降一時、低温、日照不足

になったが、おおむね天候に恵まれて生育が促進し、出穂期は平年より7～9日早まった。登熟は8月中旬までの日照不足もあって緩慢であったが、その後9月上旬まで天候に恵まれやや良好であった。9月中旬以降、台風と秋雨前線の停滞に伴う多雨・日照不足によりコシヒカリの倒伏、浸・冠水の被害が広範囲に発生した。県作況指数は100で「平年並」となった。

Ⅲ. 輪換田水稻の生理・生態的特性

1. 輪換田水稻の生育特性と収量構成要素

輪換田水稻の生育特性を把握するため、時期別の草丈、茎数、分けつ特性、乾物重の推移と収量構成要素等を連年水田と比較検討した。

1) 試験方法

調査は1985年から1989年の5カ年、中粗粒グライ土(竜ヶ崎市大徳町 茨城農試竜ヶ崎試験地)、細粒グライ土(東村六角)で実施した。品種は初星(細粒グライ土)、コシヒカリ(中粗粒グライ土)を供試し、移植時期は5月10日(竜ヶ崎試験地)、5月1日(東村六角)に2.1～2.2葉の稚苗を栽植密度30×15cm、5本/株を手植した。

各試験地の圃場前歴は、中粗粒グライ土では転換畑にコムギ、ダイズを3年連作し、収穫残渣は全量すき込ん

だ条件であり、細粒グライ土では畑期間3年で、以下に示したようなムギ・ダイズに野菜作が組み合わされた作付体系である。

1983年 1984年 1985年 1986年 1987年
 水稻 フロッキー・トウモロコシ ムギ・ダイズ・フロッキー ダイズ 水稻

試験区の構成と窒素の施肥量はつぎのとおりである。

中粗粒グライ土は輪換田3水準(初年目、2年目、3年目)、連年水田とし、基肥窒素量は輪換田0.5kg/a、連年水田0.6kg/aを施用した。穂肥は出穂前15日に窒素、カリを0.3kg/a施用した。試験年次と輪換田の対応は1985年が輪換田初年目、1986年は輪換田2年目、1987年は輪換田3年目になるような年次計画とした。

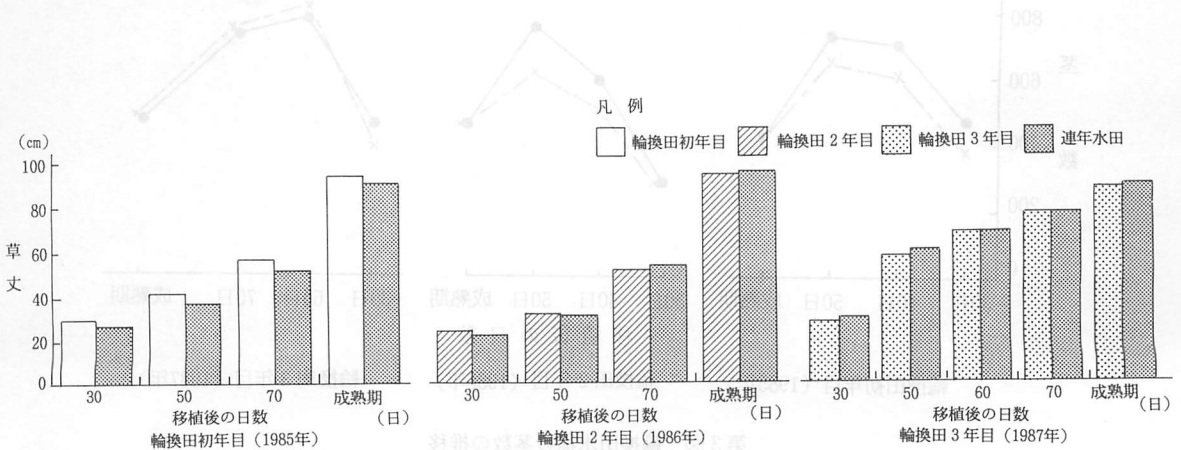
細粒グライ土では、輪換田3水準(初年目、2年目、3年目)、連年水田とし、基肥窒素量は輪換田0.2kg/a、連年水田0.5kg/aを施用した。穂肥は出穂前20日に窒素、カリを0.3kg/a施用した。

試験年次と輪換田の対応は1987年が輪換田初年目、1988年が輪換田初年目、輪換田2年目、1989年が輪換田初年目、輪換田2年目、輪換田3年目になるような年次計画とした。なお、参考に両土壌とも無窒素区を設けた。

2) 試験結果

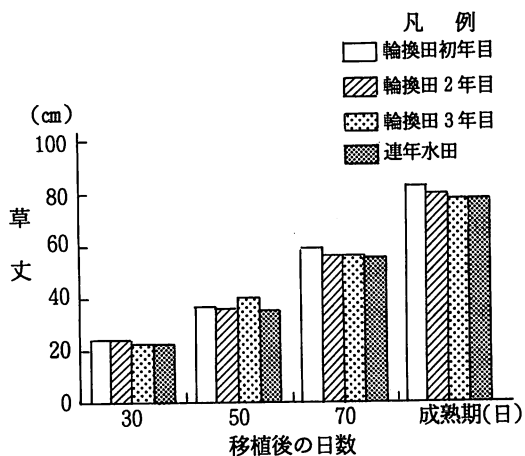
① 草丈の時期別推移

中粗粒グライ土ならびに細粒グライ土における輪換田



第1図 輪換田水稻の草丈の推移

(土壌型: 中粗粒グライ土)
 (品種: コシヒカリ)



第2図 輪換田水稻の草丈の推移 (1989年)

(土壤型: 細粒グライ土)
(品種: 初星)

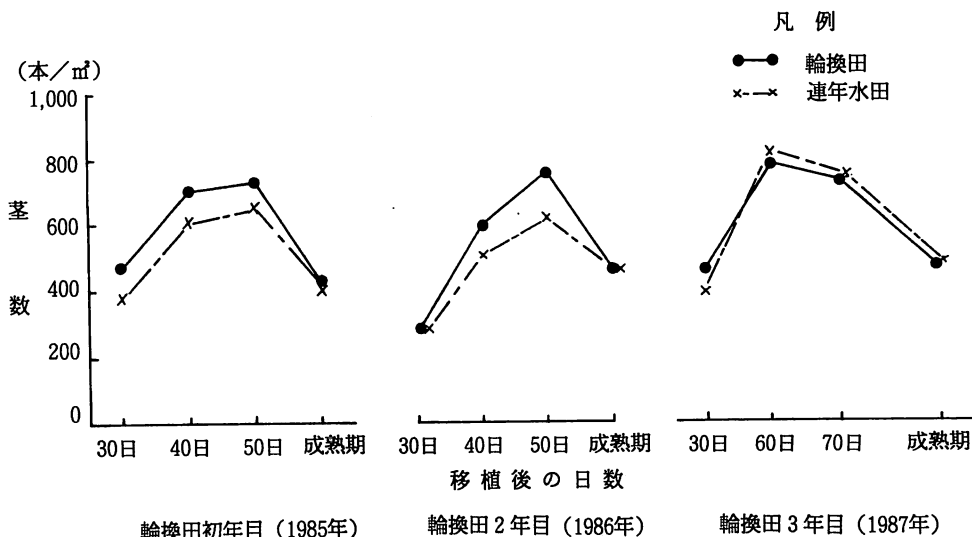
の経過年数に伴う草丈の推移を第1図～第2図に示した。

輪換田初年目における草丈は両土壤とも連年水田に比べ生育初期から後期まで高かった。輪換田2年目においても細粒グライ土では初期生育から後期まで高く推移したが、中粗粒グライ土では最高分けつ期以降連年水田並に推移した。輪換田3年目になると、両土壤とも輪換田水稻の草丈は各生育ステージにわたり連年水田との差は少なくなった。

② 茎数の時期別推移

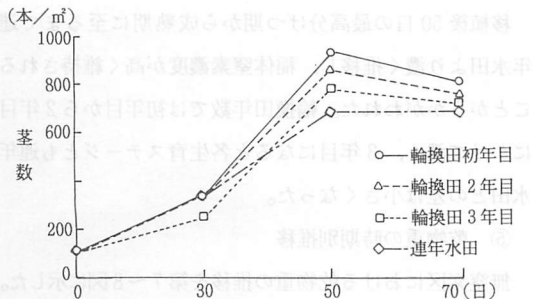
輪換田水稻の茎数の推移を第3図～第4図に示した。輪換田初年目の茎数は両土壤とも、生育初期から連年水田より分けつの発生が旺盛で、最高分けつ期には連年水田より中粗粒グライ土で10%、細粒グライ土で34%程度多くなり、その後、穂首分化期にかけても茎数は多めに推移した。有効茎歩合はやや過繁茂気味に経過したため低下したが、穂数は輪換田水稻のほうが多くなった。

輪換田2年目は移植後30～40日から増加し始め、最



第3図 輪換田水稻の茎数の推移

(土壤型: 中粗粒グライ土)
(品種: コシヒカリ)



第4図 輪換田水稻の茎数の推移 (1989年)

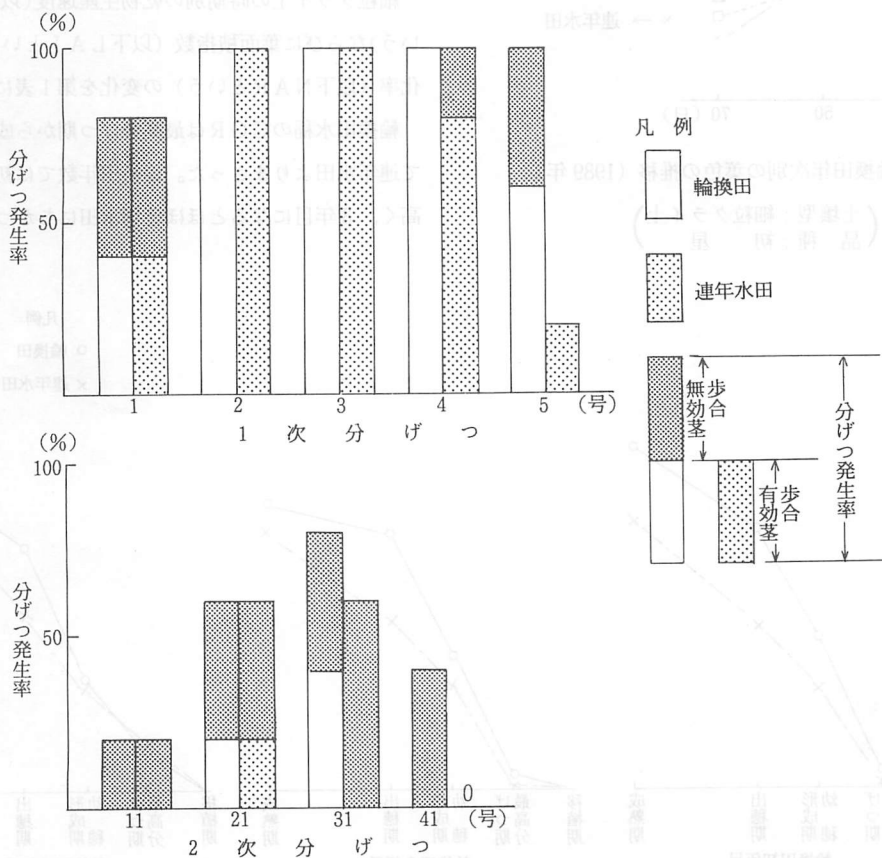
(土壤型: 細粒グライ土)
(品種: 初星)

高分げつ期には連年水田より中粗粒グライ土が16%、細粒グライ土が25%程度多くなった。穂数は、やや過繁茂気味に推移したため、初年目と同様に有効茎歩合が低下し、中粗粒グライ土では連年水田とほぼ同程度になったが、細粒グライ土では多くなった。

輪換田3年目になると、中粗粒グライ土の時期別の茎数増加曲線は連年水田にちかづき、穂数もほぼ同数となった。しかし、細粒グライ土では最高分げつ期において連年水田より13%程度多く、穂数も連年水田より多かった。

③ 輪換田水稻の分げつ構成

細粒グライ土の輪換田初年目における初星の個体当りの分げつの発生率を第5図に示した。



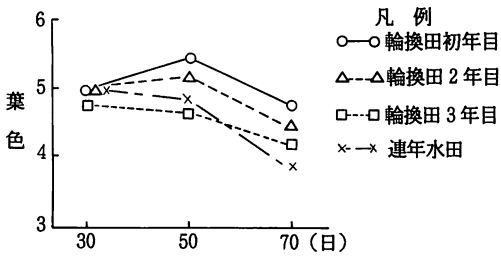
第5図 輪換田初年目における水稻の分げつ発生率 (1989年)

(土壤型: 細粒グライ土)
(品種: 初星)

1次分げつの発生は輪換田水稻, 連年水田水稻とも1号から5号まで発生がみられ, 特に5号分げつの発生率は輪換田水稻でまさる傾向を示した。2次分げつでは輪換田水稻が11号から41号まで発生したのに対し, 連年水田水稻では21~31号までであった。このように個体当りの分げつ発生率の高いことが輪換田水稻における茎数増の主因である。

④ 葉色の推移

細粒グライ土における輪換田年次別の葉色の推移を第6図に示した。



第6図 輪換田年次別の葉色の推移 (1989年)

(土壤型: 細粒グライ土)
(品種: 初星)

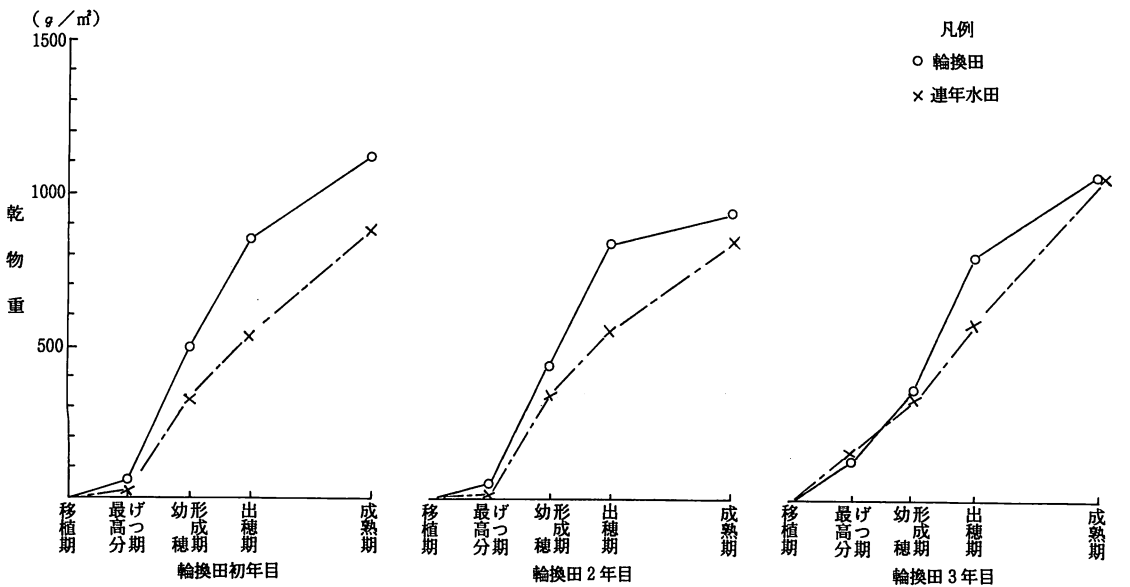
移植後50日の最高分げつ期から成熟期に至るまで連年水田より濃く推移し, 稲体窒素濃度が高く維持されることがうかがわれた。輪換田年数では初年目から2年目にかけて濃く, 3年目になると各生育ステージとも連年水田との差は小さくなった。

⑤ 乾物重の時期別推移

無窒素区における乾物重の推移を第7~8図に示した。輪換田初年目の水稻の乾物重は両土壤とも連年水田に比べ生育初期からまさり, 幼穂形成期以降も著しく増加する秋まさり型のパターンを示した。輪換田2年目においても輪換田水稻は連年水田より乾物重の増加程度がまさった。輪換田3年目になると乾物重は両土壤ともほぼ連年水田の乾物重の推移にちかづいた。

細粒グライ土の時期別の乾物生産速度(以下CGRという)ならびに葉面積指数(以下LAIという), 純同化率(以下NARという)の変化を第1表に示した。

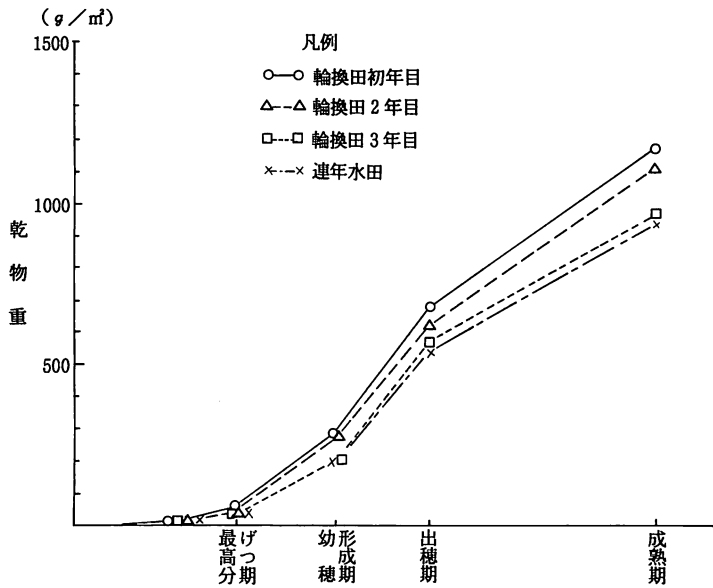
輪換田水稻のCGRは最高分げつ期から成熟期にかけて連年水田よりまさった。輪換田年数では初年目が最も高く, 3年目になるとほぼ連年水田にちかづいた。



第7図 輪換田水稻の乾物重の推移 (1985~87年)

(土壤型: 中粗粒グライ土)
(品種: コシヒカリ)
基肥窒素量: 無窒素

輪換田水稻の栽培法に関する研究



第8図 輪換田水稻の乾物重の推移 (1989年)

(土壌型: 細粒グライ土)
(品種: 初星)
(基肥窒素量: 無窒素)

第1表 輪換田水稻のCGRならびにNAR, LAI (1989年)

項目	圃場来歴	移植～	移植後30日～	最高分げつ期～	幼稚形成期～	出穂期～
		移植後30日	最高分げつ期	幼稚形成期	出穂期	成熟期
CGR (g/m ² /day)	輪換田初年目	0.5	4.6	12.7	25.3	17.2
	” 3年目	0.6	5.8	13.1	23.2	12.4
	連年水田	0.3	5.1	11.3	23.0	13.2
NAR (g/m ² /day)	輪換田初年目	—	6.84	4.47	4.93	4.09
	” 3年目	—	7.18	3.92	4.36	3.31
	連年水田	—	5.14	3.83	4.37	3.27
LAI (m ² /m ²)	輪換田初年目	—	0.67	2.84	5.13	4.21
	” 3年目	—	0.81	3.34	5.32	3.75
	連年水田	—	0.99	2.95	5.26	4.04

注. LAIは調査期間中の平均値。品種: 初星, 土壌型: 細粒グライ土

LAIは輪換田水稲が連年水田より最高分けつ期から大きくなり、最大LAIは出穂期において5.7を示した。成熟期では3.2と連年水田より大きく、下葉の枯れ上がりが少なかった。しかし、輪換田3年目になると成熟期のLAIは低下し、連年水田並となった。

輪換田水稲のNARは連年水田に比べ、最高分けつ期

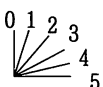
から高くなり、登熟期においても光合成活動の旺盛なことがうかがえた。輪換田年数では初年目において高く、3年目になると連年水田にちかづく傾向を示した。

⑥ 収量および収量構成要素と倒伏程度

輪換田水稲の収量、収量構成要素を第2表～第3表にそれぞれ示した。

第2表 輪換田水稲の収量・収量構成要素（中粗粒グライ土，コンヒカリ，1985～87年）

圃場来歴	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	籾/わら	玄米重 (kg/a)	千粒重 (g)	1穂籾数 (粒)	㎡当り籾数 (万粒/㎡)	登熟歩合 (%)	登熟度	倒伏程度 (0～5)
輪換田初年目	97	19.4	448	0.83	61.9	21.0	74	3.32	85	17.9	4.0
連年水田	96	18.5	416	0.98	58.5	21.4	75	3.12	88	18.8	4.0
輪換田2年目	94	17.0	482	1.09	56.9	21.1	70	3.37	83	17.5	3.0
連年水田	95	16.9	477	1.07	56.1	21.8	75	3.58	73	15.9	4.0
輪換田3年目	85	18.9	487	0.83	57.4	22.1	63	3.07	88	19.4	3.5
連年水田	85	18.5	496	1.13	60.5	22.1	65	3.22	89	19.7	3.5

注) 倒伏程度は  の6段階法で表示した。

第3表 輪換田水稲の収量・収量構成要素（細粒グライ土，初星，1989年）

圃場来歴	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	籾/わら	玄米重 (kg/a)	千粒重 (g)	1穂籾数 (粒)	㎡当り籾数 (万粒/㎡)	登熟歩合 (%)	登熟度	倒伏程度 (0～5)
輪換田初年目	82	18.3	547	1.27	67.2	23.1	64	3.50	82	18.9	2.8
“ 2年目	75	18.7	530	1.15	65.0	23.1	63	3.34	91	21.0	1.3
“ 3年目	74	18.1	536	1.21	62.6	23.6	59	3.16	91	21.5	1.5
連年水田	83	18.7	501	1.33	61.8	23.6	60	3.01	84	18.6	3.0

中粗粒グライ土の玄米収量は輪換田初年目が最も多収を示し連年水田比106%，2年目が同101%，3年目が同92%となり、輪換田の経過年数に伴って順次減収した。

細粒グライ土の玄米収量は、輪換田初年目が連年水田比109%と最多収を示し、2年目が105%，3年目が101%と順次減収し、連年水田にちかづいた。

このように輪換田の経過年数に伴い収量が変動した理由を収量構成要素からみると、中粗粒グライ土では輪換田水稲の㎡当り籾数が連年水田に比べ、輪換田初年目～2年目においては穂数増により多く確保できたが、3年目は穂数および1穂籾数の減少により少なくなった。ま

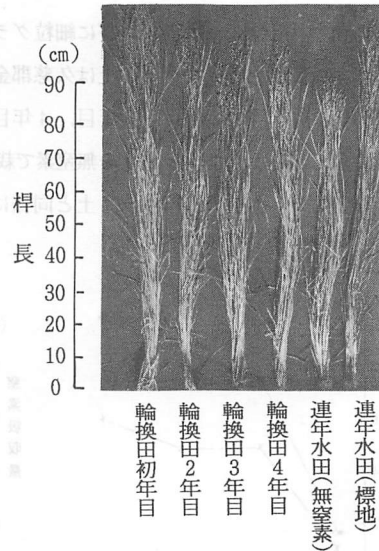
た、登熟関連形質の千粒重および登熟歩合では、輪換田2年目の登熟歩合が連年水田よりまさった他は、ほぼ連年水田並であった。これらのことから中粗粒グライ土の輪換田水稲の増収要因は主に穂数増により㎡当り籾数が多く確保されたためと判断された。

一方、細粒グライ土では輪換田水稲の㎡当り籾数が、輪換田初年目では穂数および1穂籾数がまさったため最も多くなり増収となったが、輪換田の経過年数がすすむと穂数および1穂籾数が減少して順次減収し、輪換田3年目で連年水田と同収となった。登熟関連形質では連年水田より千粒重は重く、登熟歩合も高く、登熟度がまさっ

た。輪換田年数では、輪換田の経過年数に伴い登熟関連形質の向上する傾向を示した。

倒伏程度に関係する稈長は第9図に示したように輪換田水稻の方が長稈化傾向を示すが、輪換田の経過年数にともない連年水田にちかづき、3年目でほぼ同程度となった。

倒伏程度は初星のように強稈品種では実用上の問題はみられなかったが、耐倒伏性の劣るコシヒカリでは、第4表に示したように輪換田初年目において下位節間長の伸長が顕著に認められ、倒伏程度も連年水田より大きく不安定な生育を示したが、輪換田の経過年数に伴い連年水田並となった。



第9図 成熟期(乾物)の輪換田水稻

第4表 輪換田水稻の下位節間長と倒伏程度

圃場来歴	基肥窒素量	節 間 長 (cm)		倒 伏 程 度 (0~5)
		第4節間	第5節間	
輪換田初年目	無 窒 素	9.8 ± 1.5	1.1 ± 1.6	2.8
	60 % 減 肥	10.8 ± 2.0	2.1 ± 2.7	3.8
	30 % "	12.0 ± 1.8	2.9 ± 2.7	4.0
	標 肥	13.0 ± 1.5	4.8 ± 2.8	4.5
輪換田2年目	無 窒 素	8.7 ± 2.1	0.6 ± 0.8	2.4
	60 % 減 肥	8.5 ± 1.4	0.7 ± 0.9	3.0
	30 % "	9.5 ± 1.6	1.1 ± 1.1	3.3
	標 肥	9.3 ± 2.2	2.4 ± 2.3	4.0
輪換田3年目	無 窒 素	8.1 ± 1.4	1.2 ± 1.4	2.8
	60 % 減 肥	8.5 ± 2.2	0.8 ± 0.7	3.0
	30 % "	9.0 ± 1.0	1.0 ± 1.8	3.0
	標 肥	9.0 ± 1.4	0.7 ± 0.9	3.0

注) 品種: コシヒカリ, 土壌型: 細粒グライ土

以上のように、輪換田水稻の玄米収量は初年目で最も多収を示したが、輪換田の経過年数に伴って順次減収し、連年水田にちかづくことが明かとなった。

2. 輪換田水稻の窒素吸収特性

輪換田水稻の安定多収を実現するには、好適な施肥法を確立する必要がある。そこで輪換田水稻の窒素の吸収特性を明らかにするため土壌型別の窒素吸収量について

検討した。

1) 試験方法

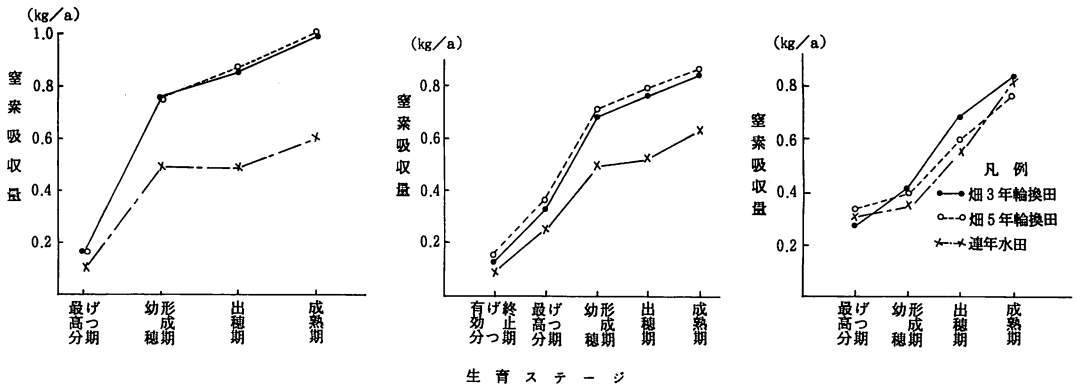
調査は1985~1991年の7カ年、中粗粒グライ土ならびに細粒グライ土、細粒強グライ土においてコシヒカリと初星を供試して、5月1日~5月10日に2.1~2.2葉の稚苗を30×15cmの5本/株に移植した。調査は各土壌とも無窒素区の試料を用いた。

圃場来歴は、中粗粒グライ土ならびに細粒グライ土、はⅢ-1試験に準じ、細粒強グライ土は久慈郡金砂郷村大方に輪換田(初年目, 2年目, 3年目, 4年目), 連年水田の試験区を設け、コシヒカリを無窒素で栽培した。栽培法は中粗粒グライ土, 細粒グライ土と同様に実施し

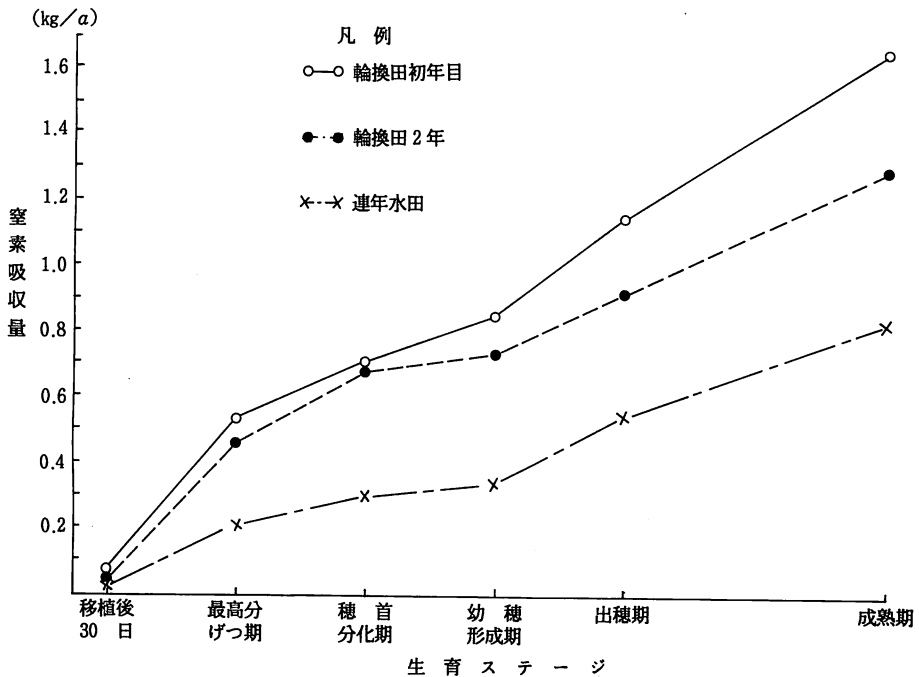
た。また、圃場来歴はムギ・ダイズ7連作である。

2) 試験結果

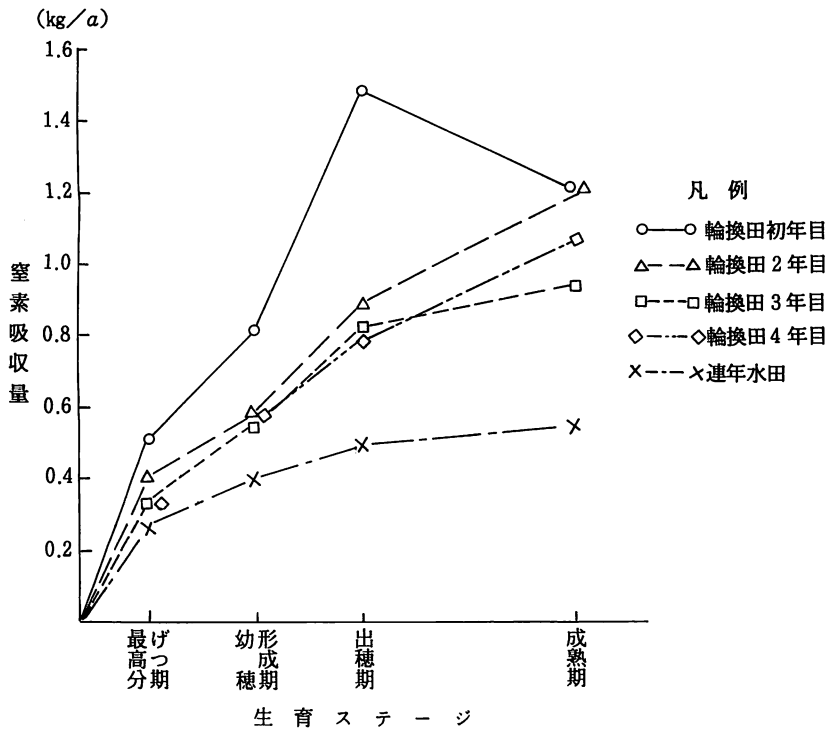
各土壌型別の生育時期別の窒素吸収量を第10~12図に示した。



第10図 中粗粒グライ土の無窒素区における水稻の窒素吸収量の推移 (1985~87年)



第11図 細粒グライ土の無窒素区における窒素吸収量の推移 (1988年)



第12図 細粒グライ土の無窒素区における水稻の窒素吸収量の推移 (1991年)

中粗粒グライ土の輪換田水稻は連年水田より生育初期から窒素吸収量がやや多く、最高分けつ期前後から急激に吸収量が多くなり、成熟期に至るまで多かった。成熟期の窒素吸収量は輪換田初年目がa当り約1.0kg程度となり連年水田の約1.7倍の吸収量を示し、2年目では0.82kgで連年水田の約1.3倍、3年目では0.82kgと減少傾向を示し、ほぼ連年水田にちかづいた。

細粒グライ土における窒素吸収量の時期別推移は中粗粒グライ土と同様なパターンを示し、成熟期における窒素吸収量は輪換田初年目がa当り1.67kgで連年水田の約2倍、輪換田2年目が1.31kgで連年水田の約1.6倍の吸収量を示し、先の中粗粒グライ土よりも多かった。3年目については調査しなかったが、初年目から2年目への減少割合からみてほぼ連年水田並に減少するものと推察された。

細粒強グライ土における窒素吸収量の時期別パターンも上記の土壌と同様であり、成熟期における窒素吸収量

は輪換田初年目がa当り1.49kgで連年水田の約3倍、輪換田2年目が1.2kgで連年水田の約1.8倍、3年目の窒素吸収量は1.08kgで1.7倍の吸収量を示し、輪換田の経過年数に伴って順次減少する傾向がみられたが、本土壌では畑転換による効果の持続年数は上記土壌より長いことがうかがえた。

以上のように、輪換田水稻の窒素吸収量は輪換田初年目において最も多くなり、中粗粒グライ土～細粒グライ土の輪換田ではその経過年数に伴い減少し、輪換田3年目になるとほぼ連年水田並に戻るのに対し、細粒強グライ土では輪換田3年目においても土壌からの窒素無機化量は多く発現しているものと推察された。

3. 輪換田の減水深ならびに土壌の窒素無機化量、 Fe^{++} 濃度、酸化還元電位の推移

輪換田水稻は窒素吸収量が多く、生育も旺盛となり、増収する。そこでこの原因が輪換田の理化学性の変化に起因していると考えられるので連年水田と比較検討した。

1) 試験方法

調査は1985～1989年の5カ年、Ⅲ-1試験の中粗粒グライ土および細粒グライ土で実施した。

2) 調査方法

(1) 培養窒素無機化量：施肥前の湿潤原土30gを内径2.5 cm、深さ10 cmの培養ビンにつめ、攪はん湛水条件で密閉し、各水田土壌に代かき後埋設した。所定の日に培養ビンを採取し、アンモニア態窒素を定量した。作土深と仮比重から10 a当りの窒素無機化量を算出した。

(2) Fe⁺⁺の測定：土壌は作土5 cmからサンプリングし、抽出は0.2%の塩化アルミニウムで行い、ジピリジル発色法により測定した。

3) 試験結果

① 輪換田の減水深

中粗粒グライ土における輪換田初年目の減水深を第5表に示した。

移植5日後の減水深は、暗渠の直上がその中間部よりやや大きかったが、7.2～8.8 mm/日の範囲内ではほぼ連年水田並の減水深であった。したがって、減水深の変化は輪換田の代かきを連年水田に準じて行った場合でも畑転換による影響は少ないものと思われた。

第5表 輪換田初年目における減水深 (1985年) (mm/日)

圃場来歴	直上	中間
輪換田	8.8	7.2
連年水田	9.0	9.0

- 注) 1. 土壌型：中粗粒グライ土
 2. 田植5日後にそれぞれ4ヶ所を調査した。
 3. 直上：暗きよ直上，中間：暗きよ間の中間

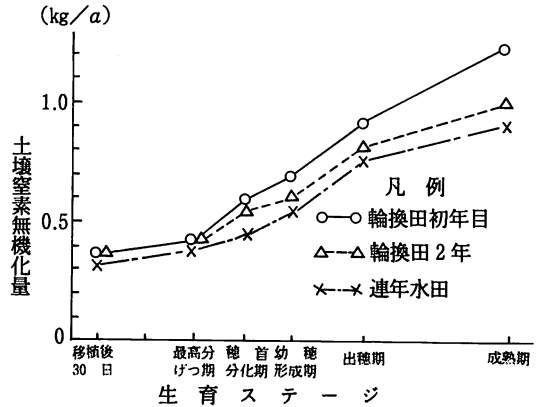
第6表 輪換田における作土内の無機化窒素の水稲による利用率 (1988年)

圃場来歴	移植後30日	最高分け時期	穂首分化期	幼穂形成期	出穂期	成熟期
輪換田初年目	18	129	124	124	128	137
輪換田2年目	13	110	125	123	115	129
連年水田	9	53	67	63	73	93

- 注) 1. 利用率は無窒素区における水稲の窒素吸収量/作土内の無機化窒素量×100で求めた。
 2. 供試土壌は細粒グライ土，作土深15 cm，耕盤のち密度20 mm。

② 土壌の窒素無機化量

輪換田における土壌の窒素無機化量の時期別推移について細粒グライ土の結果を第13図に示した。



第13図 土壌窒素無機量の時期別推移 (1988年) (土壌型：細粒グライ土)

輪換田は連年水田より移植後30日から最高分け時期まで微増傾向を示し、その後も増加し、穂首分化期になると輪換田初年目が対連年水田比で125%、2年目が123%で多かった。出穂期は輪換田初年目が117%、同2年目が106%、成熟期では初年目・135%、2年目・113%であった。輪換田3年目では初年目から2年目への減少割合からみて各生育ステージの窒素無機化量はほぼ連年水田にちかずくものと推定された。このことは、先に示した細粒グライ土の輪換田水稲の窒素吸収量とほぼ一致した。

前に第13図で示した無窒素区における水稲の窒素吸収量と第15図の作土内の無機化窒素量とから、無機化窒素の利用率をみると第6表のようになった。

輪換田水稻の無機化窒素の吸収は旺盛で、最高分け時期以降は明らかに連年水田をうわまわった。連年水田における利用率は終始 100% 以下で経過したが、輪換田ではいずれも 100% をこえた。このことは作土下の無機化窒素を利用していることを示唆しており、その時期は最高分け時期以前から始まるものと推定された。また、輪換田の無機化窒素の利用率を 100%、作土下の無機化窒素量を作土と同量とみなし、水稻が無機化窒素を吸収した深さを推定すると、輪換田初年目および 2 年目とも約 20 cm におよんでいた。

以上のように、窒素吸収特性および土壌の窒素無機化量から、輪換田水稻は土壌からの無機化窒素の利用率が生育初期から高く終始し、肥料成分の利用率においてもすぐれており、さらに作土下まで利用されていることがうかがえた。

③ Fe^{++} 濃度および酸化還元電位の推移

Fe^{++} 濃度の輪換田年次別の時期別変化を第 14 図に示した。

Fe^{++} 濃度は輪換田初年目が連年水田より酸化的に経過する傾向を示し、輪換田の経過年数に伴い連年水田と

の差が小さくなり、輪換田 3 年目になるとほぼ連年水田と同程度に還元化がすすんだ。

一方、作土 5 cm の酸化還元電位は第 15 図に示したように輪換田が連年水田よりいずれの生育ステージとも高く推移した。しかし、輪換田 3 年目になると移植後 50 日の最高分け時期以降から連年水田にちがづいた。

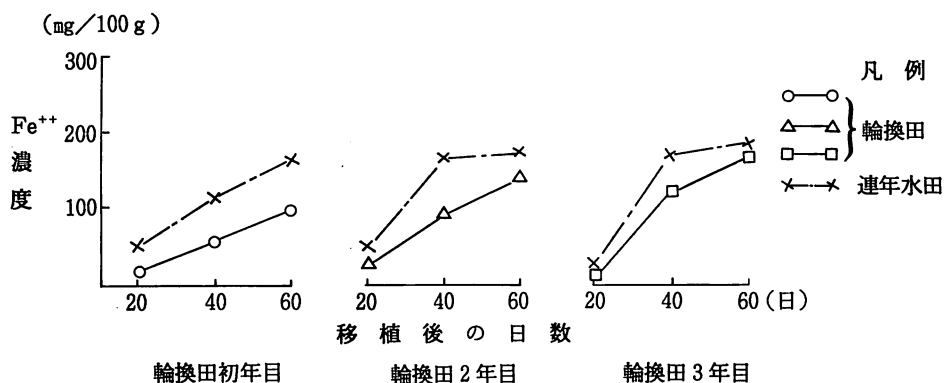
4. 輪換田水稻の根の生理・形態的特性

輪換田水稻の増収要因として、前項までに輪換田では窒素無機化量が多く、土壌も酸化的に経過し、水稻の窒素吸収量が多くなることがあげられたが、輪換田の経過年数に伴って土壌の理化学性が変化し、玄米収量も連年水田にちがづくことを明らかにした。しかし、その機作についてはこれらの結果からでは十分に解明されたいえない。そこで養分吸収の働きをする根に着目し、根の活力および根の形態・分布等について検討した。

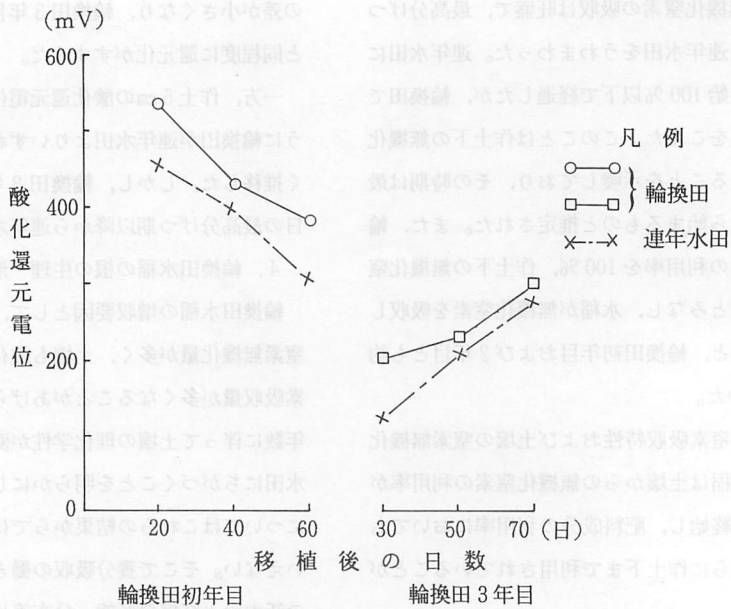
1) 試験方法

調査は 1986～1989 年の 4 カ年、Ⅲ-1 試験の中粗粒グライ土と細粒グライ土の輪換田、連年水田の標肥区で実施した。

2) 調査方法



第 14 図 輪換田における作土の Fe^{++} 濃度の推移 (1985～87 年)
(土壌型：中粗粒グライ土)



第15図 輪換田における作土のEh₆の推移(1985年, 1987年)

(1) 根の α -ナフチルアミン酸化量: 30×15×15 cmの木わくを圃場に埋設し, 所定の日に掘り出し, ただちに根をいためないようにして十分洗浄し, できるだけ水分を取り除いて, 吉田²⁰⁾の方法によって測定した。ただし, 根は分級による誤差を考慮して全量を用い, 浸漬時間を3時間とした。区制は3連。

(2) 根の分布: 出穂期における根の分布は40×60×5 cmのモノリスを用いた。

3) 試験結果

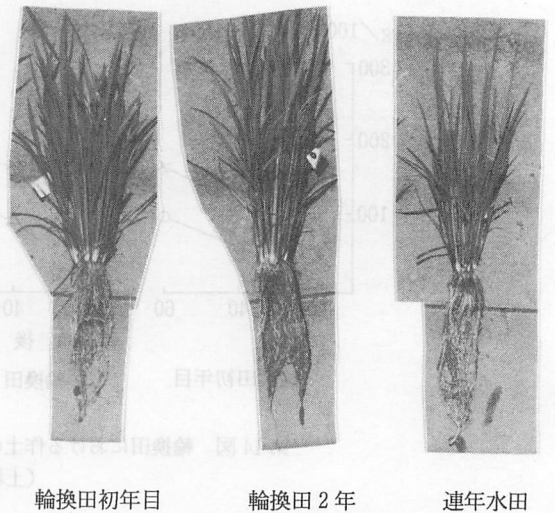
① 根量と根色

輪換田水稻の最高分けつ期における根量と根色を第16～17図に示した。

輪換田水稻の根は連年水田と比べ明らかに根量が多く, 養分吸収に有利であり, その結果地上部の生育も旺盛なことが観察された。根色は輪換田の経過年数でみると, 輪換田初年目は白色根が最も多く観察され, 明らかに連年水田より健全なことが認められた。2年目では白色の健全根と褐色根が混在しているものの, 連年水田より健全な根が多く, 3年目になると全体に褐色根と根腐れによる黒色根が混在し連年水田の根色にちかづいた。

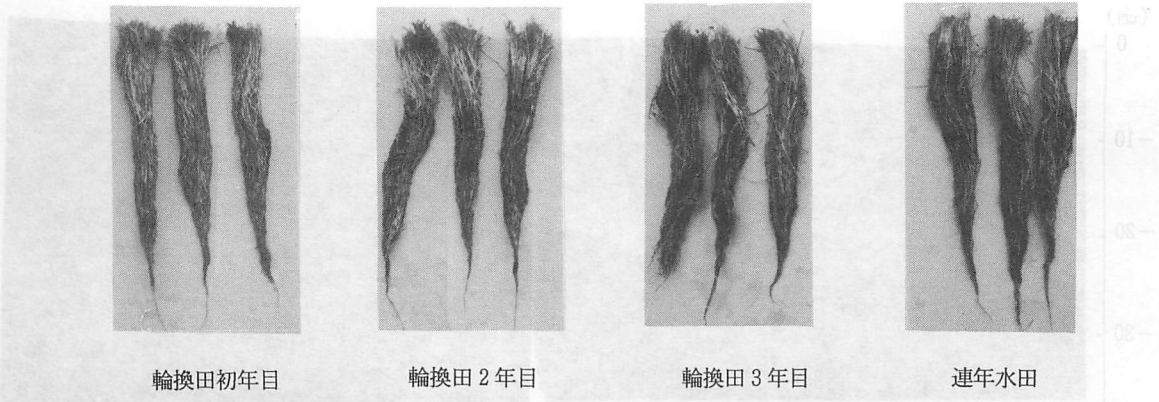
② 根の活力

各生育ステージにおける根の活力を連年水田の α -ナフチルアミン酸化量を100にした指数で第18～19図に示した。



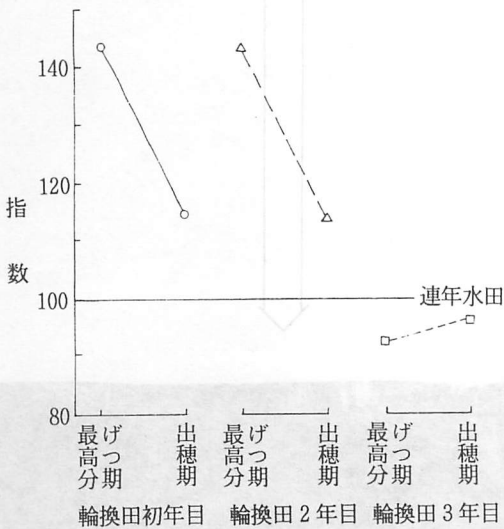
第16図 最高分けつ期の地上部の生育量と水稻根(1988年)

(土壌型: 細粒グライ土)
(品種: 初星)



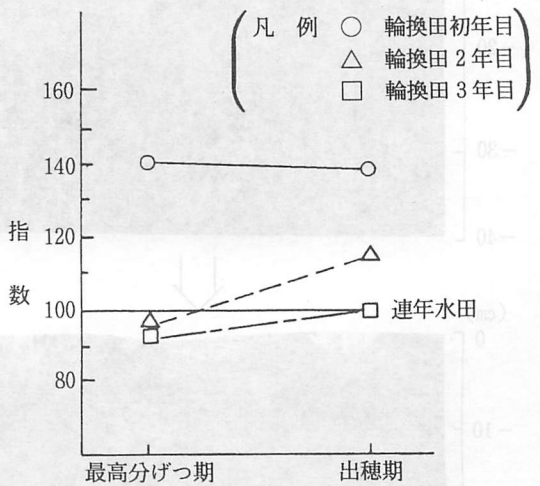
第17図 輪換田水稻の根色 (1989年)

(土壤型: 細粒グライ土)
(品種: 初星)



第18図 水稻根の α -ナフチルアミン酸化量 (1985~87年)

(土壤型: 中粗粒グライ土)
(品種: コシヒカリ)



第19図 水稻根の α -ナフチルアミン酸化量 (1989年)

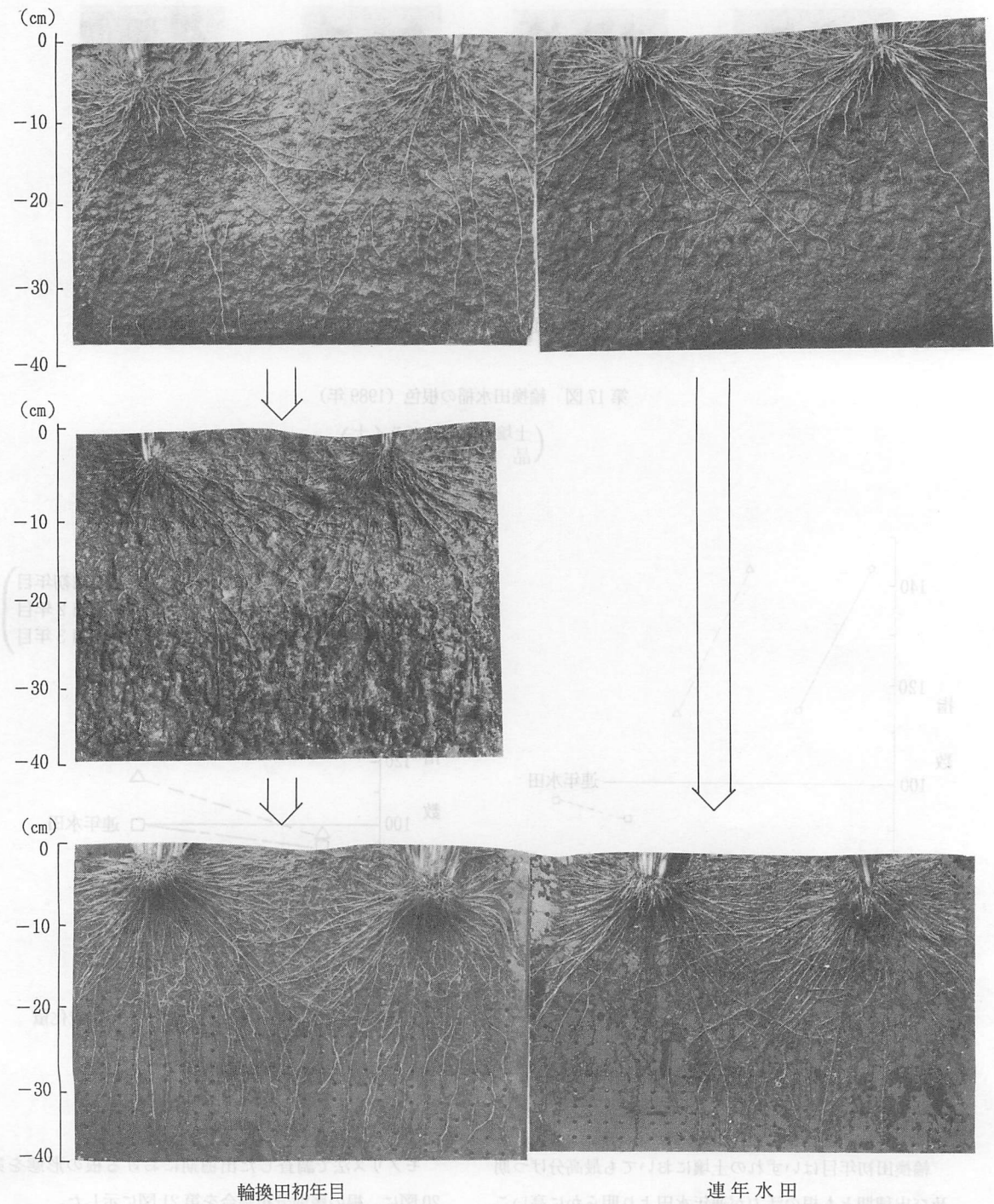
(土壤型: 細粒グライ土)
(品種: 初星)

輪換田初年目はいずれの土壤においても最高分げ期及び出穂期とも根の活力が連年水田より明らかに高いことが認められた。輪換田2年目もおおむね高い傾向を示し、輪換田3年目になるとほぼ連年水田並となった。

③ 根の形態と分布

モノリス法で調査した出穂期における根の形態を第20図に、根の層別分布割合を第21図に示した。

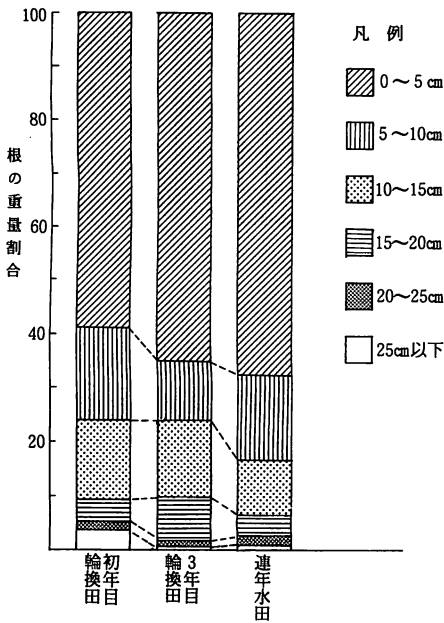
輪換田初年目は0~20cm層において横に伸長する根の形成量がまさり、下層に伸長する直根も連年水田より多く発達していた。3年目になると縦・横に伸長する根



第20図 モノリス法による水稻根の形態・分布 (1989年)

(土壌型：細粒グライ土、品種：初星)

輪換田水稻の栽培法に関する研究



第21図 輪換田水稻の深さ別根の重量割合 (1989年)

の発達が初年目より劣るようになり、連年水田とほぼ同様な根相が観察された。

根の層別重量分布割合をみると、輪換田初年目は連年水田より10 cm以下の割合が多く、作土下 25 cm以下の深根割合も多く、根域の拡大傾向が認められた。輪換田3年目になると0~5 cmおよび10 cm以下の根の割合が連年水田にちかづき、根域の拡大が抑制された。以上の結果から、前に輪換田では作土下の無機化窒素も吸収していることを述べたが、根の深さ別の分布からみてもこのことが裏付けられた。

5. 畑期間の差異と輪換田水稻の生育・収量

畑期間の違いが輪換田水稻の生育・収量に及ぼす影響を輪換田年次別に検討した。

1) 試験方法

中粗粒グライ土 (前記)、泥炭土 (河内村手栗) においてコシヒカリを供試し、畑期間2水準 (3年, 5年)、輪換田年数3水準 (初年目, 2年目, 3年目) を組み合わせて実施した。移植期は5月10日~11日、2.1葉の稚苗を栽植密度 30×15 cm, 5本/株に移植した。耕種概

要は、中粗粒グライ土はⅢ-1試験と同様。泥炭土は基肥窒素量が輪換田 0.4 kg/a, 連年水田 0.5 kg/a を施用した。穂肥は出穂前 15 日に窒素, カリを 0.3 kg/a 施用した。なお、泥炭土の圃場来歴はムギーダイズを3年, 5年連作した。

試験年次と輪換田の対応はⅢ-1試験の中粗粒グライ土と同様。

2) 試験結果

① 草丈の時期別推移

輪換田に戻す前の輪換畑期間の違いが草丈に及ぼす影響を第22図に示した。

中粗粒グライ土は初年目から3年目にかけて畑期間5年が畑期間3年に比べやや高い傾向を示した。泥炭土では初年目から2年目にかけて両畑期間による差が認められなかったが、3年目になると畑期間5年が畑期間3年よりやや高くなる傾向を示した。

② 茎数の時期別推移

畑期間の違いが茎数に及ぼす影響を第23図に示した。中粗粒グライ土は畑期間5年が畑期間3年に比較して輪換田初年目から2年目にかけては差が少なかったが、3年目では畑5年がやや多かった。泥炭土では初年目においては差がみられず、2年目~3年目にかけて畑5年がやや多目に推移した。

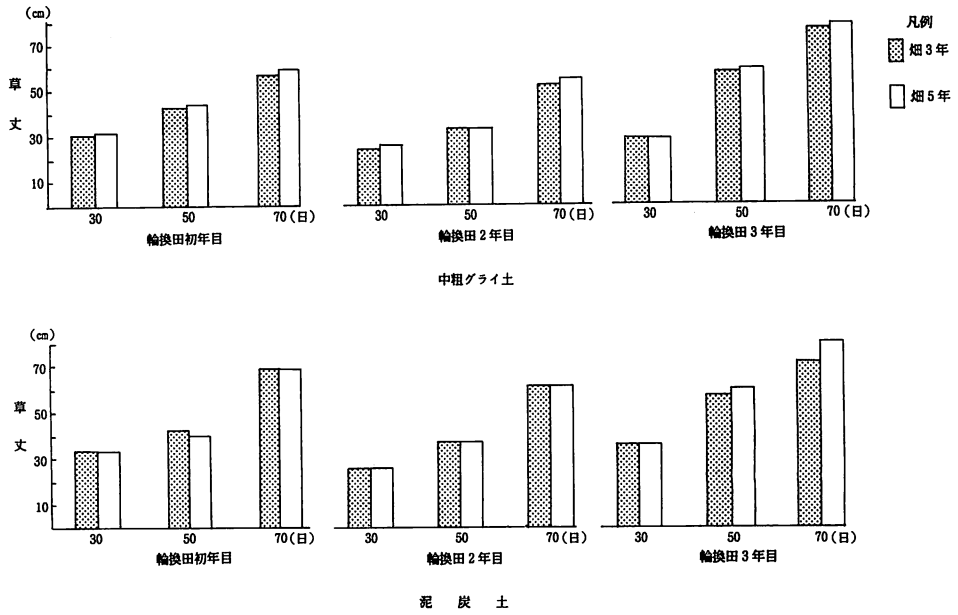
③ 葉色の時期別推移

畑期間の差異が葉色に及ぼす影響を第24図に示した。畑期間の長短による影響は、輪換田初年目から2年目までは畑期間5年でやや濃く、3年目になると畑期間による差はなくなり、いずれも連年水田にちかづいた。泥炭土では畑3年, 5年とも輪換田初年目においてはいずれも濃く推移し、両者の差がみられなかったが、輪換田2年目~3年目では畑5年が3年よりやや濃く推移した。

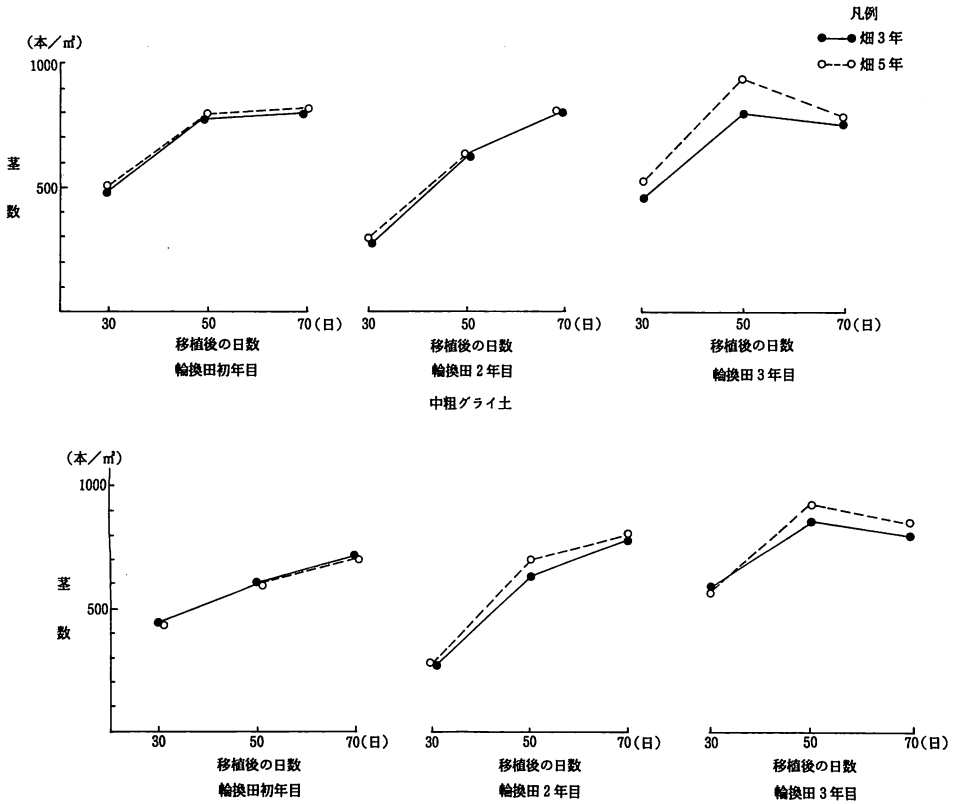
④ 乾物重の時期別推移

畑期間の差異が時期別の乾物重に及ぼす影響を第25図に示した。

畑期間による影響は、輪換田初年目から3年目にかけて各生育ステージに若干の変動があるもののその差は小さかった。

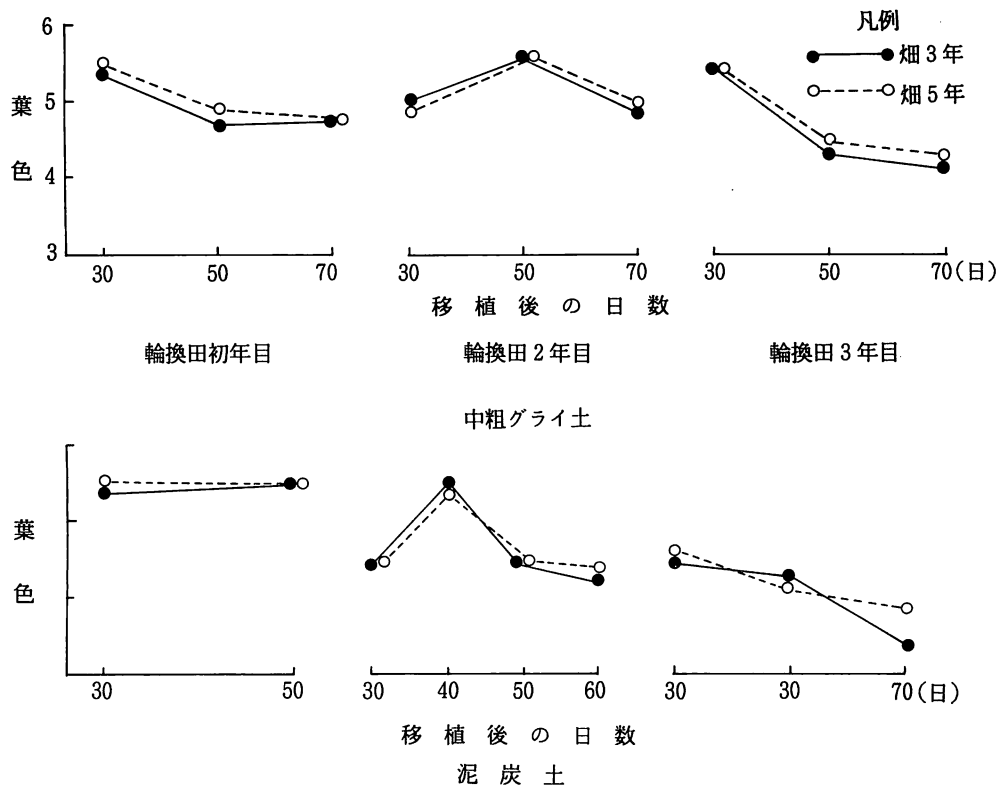


第22図 畑期間の違いと輪換田水稻の草丈の推移 (1985～87年)

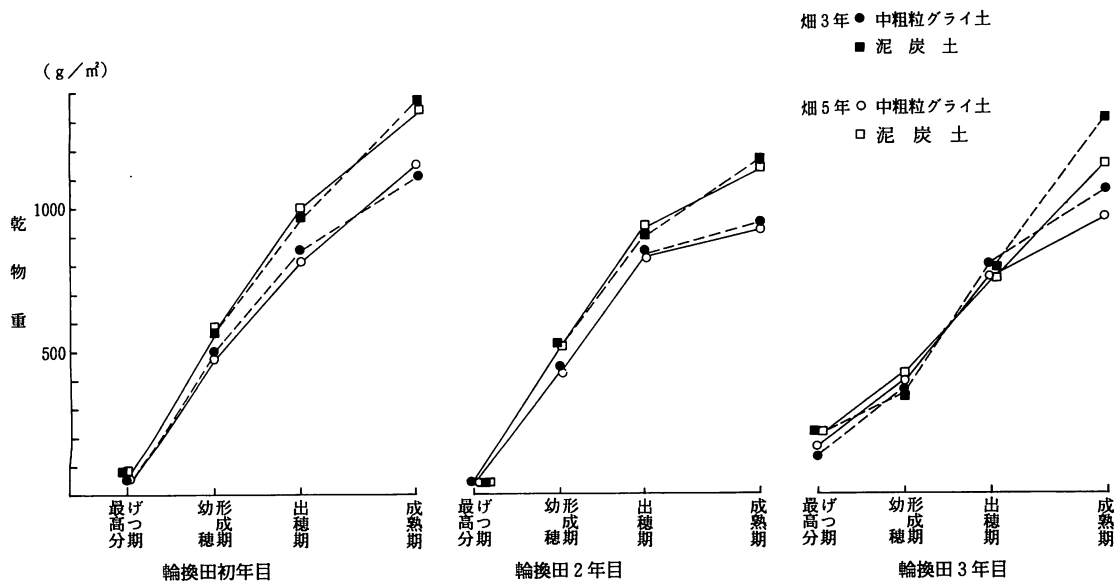


第23図 畑期間の違いと輪換田水稻の茎数の推移 (1985～87年)

輪換田水稻の栽培法に関する研究



第24図 畑期間による葉色の推移 (1985～87年)
(品種：コシヒカリ)



第25図 畑期間のちがいと乾物重の推移 (1985～87年)
(品種：コシヒカリ，無窒素区)

⑤ 収量・収量構成要素

畑期間の違いが収量に及ぼす影響は、第7表～第8表に示したように、畑3年を100%とした比率で見ると、中粗粒グライ土における畑5年の初星では輪換田初年目から3年目にかけて畑5年が輪換田初年目100%、2年目101%、3年目102%で同等かわずかに増収した。一方、コシヒカリは輪換田初年目96%、2年目が105%、3年目が101%となった。畑5年が初年目においてやや減収したのは、倒伏に起因して登熟歩合がやや低下した

ためである。畑5年が増収した理由は、畑3年に比べ各輪換田年次とも穂数および1穂初数が増加して㎡当り初数が多くなったことによる。

泥炭土における初星は畑5年が畑3年に比較して初年目～2年目にやや増収したものの、3年目になるとやや減収し、コシヒカリでは初年目にやや増収したが、2年目～3年目にはやや減収し、中粗粒グライ土とその傾向を異にした。

第7表 畑期間の違いが輪換田水稻の生育・収量に及ぼす影響 (品種: コシヒカリ, 1985～87年)

土 壤 型	圃場来歴	畑期間 (年)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	わら重 (kg/a)	玄米重 (kg/a)	千粒重 (g)	1穂初数 (粒)	㎡当り初数 (万粒/㎡)	登熟歩合 (%)	登熟度	倒伏程度 (0～5)
中 粗 粒 グライ土	輪換田初年目	3	92	18.8	416	86.9	57.8	21.5	75	3.12	86	18.5	3.6
		5	94	19.2	415	91.4	55.1	21.7	79	3.28	86	18.7	4.1
	輪換田2年目	3	91	17.1	447	68.1	53.2	21.4	67	2.99	84	18.0	2.8
		5	94	17.2	454	68.3	55.3	21.1	70	3.18	84	17.7	3.4
	輪換田3年目	3	83	18.2	462	71.3	53.0	21.9	65	3.00	86	18.8	2.7
		5	85	18.1	501	72.7	54.7	21.6	64	3.21	84	18.1	3.6
泥 炭 土	輪換田初年目	3	97	19.3	446	94.6	53.7	21.0	—	—	—	—	4.4
		5	100	19.4	417	99.8	55.8	21.2	—	—	—	—	4.4
	輪換田2年目	3	96	17.7	488	73.9	55.5	21.5	74	3.61	74	15.9	4.2
		5	95	17.8	474	74.3	52.8	21.0	74	3.51	71	14.9	4.3
	輪換田3年目	3	85	18.9	550	65.3	57.0	21.1	70	3.85	78	16.5	4.6
		5	84	18.4	538	69.9	55.8	21.0	69	3.71	76	16.0	3.6

第8表 畑期間の違いが輪換田水稻の生育・収量に及ぼす影響 (品種: 初星, 1985～87年)

土 壤 型	圃場来歴	畑期間 (年)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	わら重 (kg/a)	玄米重 (kg/a)	千粒重 (g)	1穂初数 (粒)	㎡当り初数 (万粒/㎡)	登熟歩合 (%)	登熟度	倒伏程度 (0～5)
中 粗 粒 グライ土	輪換田初年目	3	78	18.7	477	62.1	58.2	22.4	66	3.15	81	18.1	2.2
		5	79	19.1	478	62.3	60.0	22.5	67	3.20	78	17.6	2.2
	輪換田2年目	3	80	17.4	501	67.8	61.2	22.6	61	3.06	89	20.1	2.4
		5	81	17.5	520	70.4	62.0	22.5	62	3.22	89	20.0	2.9
	輪換田3年目	3	76	16.7	544	59.1	57.6	23.5	49	2.67	94	22.1	1.6
		5	77	16.5	575	63.9	60.0	23.4	47	2.70	95	22.2	1.8
泥 炭 土	輪換田初年目	3	85	18.7	483	83.6	58.6	22.3	70	3.38	78	17.4	3.4
		5	86	18.7	453	86.7	61.9	22.5	72	3.26	79	17.8	3.4
	輪換田2年目	3	84	17.3	564	69.5	61.8	22.6	63	3.55	77	17.4	3.4
		5	82	17.2	523	69.8	62.0	23.1	62	3.24	83	19.2	3.1
	輪換田3年目	3	79	16.7	610	61.6	62.4	23.1	52	3.17	92	21.3	1.2
		5	75	16.9	567	61.5	60.0	23.1	51	2.89	92	21.3	0.6

IV. 輪換田水稻の窒素の施肥法

肥沃度の異なる輪換田において、良食味品種に対する安定多収栽培法を確立するため、窒素の施肥量を検討した。

1. 輪換田水稻の基肥窒素量

1) 試験方法

試験は1985年から1991年の7カ年、Ⅲ試験で実施した4試験地で輪換田年数と基肥窒素量を組み合わせて検討した。各試験地の試験区の構成と品種はつぎのとおりである。

A 中粗粒グライ土

試験場所：竜ヶ崎市大徳町 竜ヶ崎試験地

圃場前歴：Ⅲ試験と同様

供試品種：初星，コシヒカリ

試験区の構成：輪換田年数3水準（初年目，2年目，3年目），基肥窒素量5水準（無窒素，連年水田の標肥，同15%減肥，同30%減肥，同15%増肥）を組み合わせ実施した。なお，対照区として連年水田（標肥区，無窒素区）を設けた。なお，輪換田の基肥窒素量は連年水田の標肥，初星が0.8 kg/a，コシヒカリが0.6 kg/aに対する減肥率で示した。1区面積及び区制は15 m²の2区制。耕種概要はⅢ試験に準じた。

試験年次と輪換田の対応：1985年が輪換田初年目，1986年輪換田2年目，1987年は輪換田3年目である。

B 細粒グライ土

試験場所：稲敷郡東村六角

圃場前歴：Ⅲ試験と同様

供試品種：初星，コシヒカリ

試験区の構成：輪換田3水準（初年目，2年目，3年目），基肥窒素量4水準（無窒素，標肥，30%減肥，60%減肥）を組み合わせ実施した。なお，輪換田水稻の基肥窒素量は連年水田の標肥，初星：0.6 kg/a，コシヒカリ：0.3 kg/aに対する減肥率で示した。1区面積及び区制は15 m²の2区制。耕種概要はⅢ試験に準じた。

試験年次と輪換田の対応：1987年が輪換田初年目と連年水田，1988年が輪換田初年目，2年目と連年水田，1989年が初年目，2年目，3年目と連年水田の比較が同一年次で評価できるように配置した。

C 細粒強グライ土

試験場所：金砂郷村大方

圃場前歴：Ⅲ試験と同様

供試品種：コシヒカリ，キヌヒカリ

試験区の構成：輪換田4水準（初年目，2年目，3年目，4年目）にコシヒカリの基肥窒素量3水準（無窒素，連年水田の標肥，同50%減肥），キヌヒカリの基肥窒素量4水準（無窒素，連年水田の標肥，同50%減肥，同75%減肥）をそれぞれ組み合わせ実施した。なお，輪換田水稻の基肥窒素量は連年水田の標肥。コシヒカリ：0.2 kg/a，キヌヒカリ：0.4 kg/aに対する減肥率で示した。1区面積及び区制は10～20 m²の1区制。耕種概要はⅢ試験に準じた。

試験年次と輪換田の対応：1991年に輪換田初年目，2年目，3年目，4年目と連年水田の比較が同一年次で評価できるように配置した。

D 泥炭土

試験場所：稲敷郡河内村手栗

圃場前歴：Ⅲ試験と同様

供試品種：初星，コシヒカリ

試験区の構成：輪換田3水準（初年目，2年目，3年目），基肥窒素量5水準（無窒素，連年水田の標肥，同15%減肥，同30%減肥，同15%増肥）を組み合わせ実施した。なお，基肥窒素量は連年水田の初星が0.7 kg/a，コシヒカリが0.5 kg/aに対する減肥率で示した。耕種概要はⅢ試験に準じた。

試験年次と輪換田の対応：1985年が輪換田初年目，1986年が輪換田2年目，1987年が輪換田3年目である。

2) 試験結果

輪換田水稻の施肥法試験として県南部の細粒グライ土（稲敷郡東村）と県北部の細粒強グライ土（久慈郡金砂郷村）の立毛状況は第26図に示したとおりである。



輪換田3年目

輪換田2年目

輪換田初年目

土 壤 型：細粒グライ土
供試品種：初 星
試験場所：稲敷郡東村六角



輪換田3～4年目

” 2年目

” 初年目

土 壤 型：細粒強グライ土
供試品種：コシヒカリ
試験場所：久慈郡金砂郷村大方

第26図 輪換田水稻の窒素施肥量試験の立毛状況

輪換田水稻の栽培法に関する研究

細粒グライ土は幼穂形成期の初星，細粒強グライ土では出穂期のコシヒカリを示し，両土とも手前が輪換田初年目の生育状況であり，順に2年目，3年目と配置してある。

基肥窒素量が収量と倒伏程度に及ぼす影響を土壌型別に第9～12表に示した。また，詳細な収量調査のデータを付表として付け加えた。

第9表 中粗粒グライ土における窒素の施肥量と収量・倒伏程度（1985～87年）

品 種	基肥窒素量	輪換田初年目		輪換田2年目		輪換田3年目	
		玄米重 (kg/a)	倒伏程度 (0～5)	玄米重 (kg/a)	倒伏程度 (0～5)	玄米重 (kg/a)	倒伏程度 (0～5)
初 星	無 窒 素	38.1	0.5	42.7	0	35.9	0
	30%減肥	61.9	2.75	63.2	2.0	58.4	1.3
	15% "	64.5	3.0	67.4	3.0	62.7	1.8
	標 肥	63.5	4.25	67.7	3.0	64.8	1.8
	15%増肥	63.1	4.0	66.5	4.0	66.5	3.5
コシヒカリ	無 窒 素	45.5	2.0	41.9	0	39.5	0
	30%減肥	57.4	3.5	54.9	3.0	54.5	2.75
	15% "	61.9	4.0	56.6	3.0	55.5	3.0
	標 肥	61.9	4.5	56.9	3.5	57.4	3.5
	15%増肥	62.4	4.75	55.6	4.5	58.4	4.25

注) □ は各輪換年次における基肥適量

第10表 細粒グライ土における窒素の施肥量と収量・倒伏（1989年）

品 種	基肥窒素量	輪換田初年目		輪換田2年目		輪換田3年目	
		玄米重 (kg/a)	倒伏程度 (0～5)	玄米重 (kg/a)	倒伏程度 (0～5)	玄米重 (kg/a)	倒伏程度 (0～5)
初 星	無 窒 素	65.7	1.5	64.1	0.5	61.2	1.8
	60%減肥	65.2	2.8	65.0	1.3	62.6	1.5
	30% "	67.5	2.8	66.3	1.3	67.3	2.3
	標 肥	69.1	3.8	67.4	2.5	68.9	2.0
コシヒカリ	無 窒 素	56.2	2.8	58.4	2.4	55.3	2.8
	60%減肥	57.8	3.8	58.8	3.0	54.2	3.0
	30% "	57.2	4.0	60.7	3.3	57.8	3.0
	標 肥	55.5	4.5	58.2	4.0	60.1	3.0

注) □ は各輪換年次における基肥適量

第11表 泥炭土における窒素の施肥量と収量・倒伏 (1985～87年)

品 種	基肥窒素量	輪換田初年目		輪換田2年目		輪換田3年目	
		玄米重 (kg/a)	倒伏程度 (0～5)	玄米重 (kg/a)	倒伏程度 (0～5)	玄米重 (kg/a)	倒伏程度 (0～5)
初 星	無 窒 素	56.6	2.0	56.3	0	55.8	0
	30%減肥	60.4	3.25	66.8	3.0	62.8	1.0
	15% "	57.6	3.5	63.6	4.0	64.1	1.0
	標 肥	57.4	3.75	61.8	5.0	63.4	1.5
	15%増肥	61.2	5.0	60.5	5.0	65.8	2.5
コシヒカリ	無 窒 素	53.8	2.75	52.9	2.75	57.7	3.0
	30%減肥	54.8	4.75	58.4	4.0	57.1	5.0
	15% "	53.5	4.5	56.2	4.5	57.8	5.0
	標 肥	52.9	4.5	56.3	5.0	58.7	5.0
	15%増肥	53.4	5.0	53.8	5.0	53.9	5.0

注) □ は各輪換年次における基肥適量

第12表 細粒強グライ土における窒素の施肥量と収量・倒伏程度 (1991年)

品 種	基肥窒素量 (kg/a)	輪換田初年目		輪換田2年目		輪換田3年目		輪換田4年目	
		玄米量 (kg/a)	倒伏程度 (0～5)	玄米量 (kg/a)	倒伏程度 (0～5)	玄米量 (kg/a)	倒伏程度 (0～5)	玄米量 (kg/a)	倒伏程度 (0～5)
コシヒカリ	無 窒 素	69.5	5.0	68.2	3.0	63.9	3.0	67.3	3.0
	50%減肥	52.7	5.0	69.1	3.0	75.4	3.5	68.5	3.3
	標 肥	45.1	5.0	70.0	3.8	73.1	3.5	69.3	3.5
キヌヒカリ	無 窒 素	66.0	3.5	70.1	0.5	68.8	0.5	65.3	0.5
	75%減肥	78.7	3.5	65.1	0.5	72.1	0.5	70.4	0.5
	50% "	72.4	4.0	68.6	0.5	74.0	0.5	71.5	0.5
	標 肥	71.4	4.8	75.8	0.5	80.8	0.5	74.1	0.5

注) □ 内は、各輪換田年次の基肥適量

(1) 中粗粒グライ土

中粗粒グライ土の基肥窒素の施肥量は、玄米収量および倒伏程度からみると、初星は輪換田初年目が連年水田の標準施肥量の15%減肥区で64.5 kg/aと最多収で、対連年水田比105%となり、倒伏程度も3.0と安定増収が得られた。基肥窒素量を標肥ないしは増肥すると穂数および一穂粒数が増加し、㎡当り粒数も多く確保できるが、稈が長くなり倒伏程度も大きく不安定な生育となっ

た。また、基肥窒素量が15%減肥区より少肥になるほど収量は低下した。輪換田2年目は標肥～15%減肥区で67.4～67.7 kg/a、対連年水田比102%で安定した増収効果がみられた。輪換田3年目になると標肥区で64.8 kg/a、対連年水田比102%となり連年水田並の基肥窒素量が適正と判断された。

一方、コシヒカリは倒伏の許容限界を3.5を前提とすれば輪換田初年目の基肥窒素量は30%減肥区がよく、

玄米収量も 57.4 kg/a 得られ、安定した生育を示した。基肥窒素量が 30% より少ない減肥率では倒伏程度が大きく不安定な生育となった。輪換田 2 年目は 15% 減肥区で 56.6 kg/a 得られ、対連年水田比 101% とほぼ連年水田並の収量性を示し、安定した生育となった。輪換田 3 年目は標肥区が適量と判断されたが、収量は対連年水田比 95~97% でやや減収した。

(2) 細粒グライ土

細粒グライ土における初星は、輪換田初年目では 30% 減肥区で 67.5 kg/a 得られ、連年水田より 111% 増収し生育も安定していた。輪換田 2 年目は 30% 減肥~標肥区で 66.3~67.4 kg/a 得られ、連年水田より 107~109% 増収し倒伏程度も小さかった。輪換田 3 年目は標肥区が 68.9 kg/a 得られ、連年水田より 111% 増収した。コシヒカリの輪換田初年目は、無窒素区が 56.2 kg/a の収量が得られ、連年水田より 116% 増収し安定した生育を示した。60% 減肥~標肥区は無窒素区より穂数が多く長稈化し、倒伏程度が大きくなり不安定な生育を示した。輪換田 2 年目は 30~60% 減肥区で 58.8~60.7 kg/a、連年水田より安定した生育で 121~125% 増収した。輪換田 3 年目では標肥区が 60.1 kg/a 得られ、連年水田より 124% 増収した。

以上のように、細粒グライ土における輪換田は、中粗粒グライ土に比べ輪換田 3 年目においても連年水田の標肥並に基肥窒素量を施用すれば増収することが認められた。

(3) 細粒強グライ土

細粒強グライ土における輪換田初年目のキヌヒカリは、75% 減肥区が 78.7 kg/a 得られ、対連年水田比 113% であった。輪換田 2 年~4 年目は連年水田並の標肥区が最も収量が高く、対連年水田比 103~109% で安定した生育を示した。

コシヒカリでは輪換田初年目が無窒素区で 69.5 kg/a、対連年水田比 110% であったが、倒伏程度が大きく作付は困難と思われた。輪換田 2~3 年目では 50% 減肥で 69.1~75.4 kg/a、対連年水田比 110~120% を示し、生育も安定していた。4 年目では連年水田並の施肥量で

69.3 kg/a、対連年水田比 110% で、いずれも連年水田より多収を示した。

(4) 泥炭土

泥炭土の輪換田初年目の初星は 30% 減肥区が 60.4 kg/a、輪換田 2 年目は 30% 減肥区が 66.8 kg/a、輪換田 3 年目では標肥区が 65.8 kg/a 得られ、いずれも収量が高く安定した生育を示した。コシヒカリは各輪換田年次とも窒素施肥区では倒伏程度が大きく不安定な生育となった。したがって、輪換田初年目~3 年目にかけては無窒素に適量があるものと推定された。

輪換田年数が玄米収量および倒伏の程度に及ぼす要因効果についてみると、収量は輪換田初年目で高く、輪換田の経過に伴って減収する傾向を示した。収量が輪換田年数に伴って漸減するのは、前に述べたように穂数と 1 穂粒数が減少し連年水田にちかづくためと考えられた。倒伏程度は初星およびキヌヒカリのような強稈品種では輪換田年次による差が小さく、コシヒカリのように耐倒伏性の劣る品種では初年目で大きく、2 年目以降から小さくなる傾向を示した。

2. 輪換田水稻に対する穂肥の効果

1) 試験方法

A 細粒グライ土。

(1) 試験区の構成は輪換田初年目の圃場において、基肥窒素量 3 水準（無窒素、連年水田の 30% 減肥、同 60% 減肥）、穂肥 2 水準（施用、無施用）を組み合わせた試験区を設けた。基肥窒素量は連年水田の標肥 0.6 kg/a に対する減肥率を示す。なお、穂肥の施用区は出穂前 20 日に窒素、カリ 0.3 kg/a を施用した。1 区面積及び区制は 15 m² の 2 区制。

(2) 耕種概要は IV-1 試験の B に準じた。

B 細粒強グライ土。

(1) 試験区の構成は輪換田 4 水準（初年目、2 年目、3 年目、4 年目）、穂肥 2 水準（施用、無施用）を組み合わせた試験区を設けた。基肥窒素量は各輪換田年次とも無窒素とした。なお、穂肥の施用区は出穂前 15 日に窒素、カリ 0.3 kg/a を施用した。1 区面積及び区制は 10~20 m² の 2 区制。

(2) 耕種概要はIV-1試験のCに準じた。

細粒グライ土の輪換田初年目における初収に対する穂肥の効果について第13表に示した。

2) 試験結果

第13表 輪換田水稻に対する穂肥の効果 (要因別平均値)

		稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	わら重 (kg/a)	玄米重 (kg/a)	千粒重 (g)	一穂粒数 (粒)	登熟歩合 (%)	倒伏程度 (0~5)
A. 基肥窒素	100%減肥	79	17.4	567	66.4	64.5	22.8 a	57	93	1.1
	60% "	82	17.0	622	72.1	65.2	22.7 a	53	93	1.5
	30% "	85	17.1	628	72.4	66.7	22.1 b	54	89	2.0
	有意水準(α=)	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	0.10	n.s	n.s	n.s
B. 栽植密度	30×15cm	81	16.9 a	629	71.7	65.1	22.6	52 a	93	1.8
	30×18cm	82	17.1 a	609	71.8	65.9	22.6	54 a	91	1.5
	30×21cm	83	17.4 b	580	67.4	65.4	22.4	58 b	92	1.5
	有意水準(α=)	n.s	0.05	n.s	n.s	0.10	n.s	0.01	n.s	n.s
C. 穂肥	有	83	17.4 a	603	68.7	66.4 a	22.5	56 a	90 a	1.8 a
	無	81	16.9 b	609	71.9	64.5 b	22.5	53 b	93 b	1.3 b
	有意水準(α=)	n.s	0.05	n.s	n.s	0.01	n.s	0.01	0.05	0.05
交互作用	A×B(α=)	0.05	n.s	n.s	n.s	0.05	n.s	n.s	n.s	n.s
	A×C(α=)	n.s	n.s	0.10	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	0.01
	B×C(α=)	n.s	0.05	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
	A×B×C(α=)	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s

収量は穂肥施用区が無施用区より明らかに増収傾向が認められた。これは主に1穂粒数が多く得られたためである。倒伏程度は施用区がやや大きくなり、登熟歩合もやや低下するが、実際場面では問題にならない程度であった。

細粒強グライ土におけるコシヒカリに対する穂肥の効果について第27図に示した。

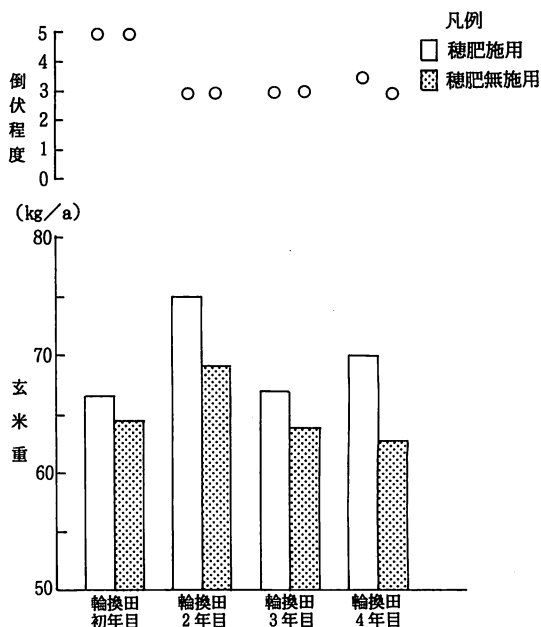
輪換田初年目は第12表にも示したように各区とも全面倒伏し、穂肥の効果が判然としなかった。輪換田2年目から4年目にかけては倒伏程度も許容限界内であり、穂肥施用区が無施用区より明らかに増収した。

3 畑期間の差異と輪換田水稻の基肥料窒素量

畑期間の異なる輪換田において、輪換田年次別の基肥料窒素量を検討した。

1) 試験方法

中粗粒グライ土および泥炭土で実施した。両土壌ともIV-1試験の圃場内に設けた。畑期間5年の圃場にIV-1試験と同一の試験区を設け、畑期間3年と比較できるようにした。供試品種および栽培法も同様にした。



第27図 穂肥が玄米収量・倒伏程度に及ぼす影響(1991年)

注) 品種: コシヒカリ
土壌型: 細粒強グライ土
基肥: 無窒素

輪換田水稻の栽培法に関する研究

2) 試験結果

畑期間3年と5年における輪換田年次別の基肥窒素量が収量と倒伏程度に及ぼす影響を第14～15表に示した。

畑期間3年については今までにのべてきたとおりである。畑5年の輪換田における基肥窒素量は収量・倒伏程度からみると、中粗粒グライ土の初星は初年目および2年目が15%減肥、3年目が標肥、コシヒカリは輪換田初

年目が70%減肥と推定され、2年目および3年目が30%減肥が適正と判断され、畑3年より減肥率がやや大きくなった。

泥炭土では、初星は輪換田初年目～2年目が30%減肥、3年目が標肥、コシヒカリは輪換田初年目から3年目にかけて無窒素で、畑3年とほぼ同じ施肥量でよいことが明かとなった。

第14表 畑期間の異なる輪換田における窒素の施肥量と収量・倒伏（中粗粒グライ土）

基肥窒素量	畑 3 年						畑 5 年					
	輪換田初年目		輪換田2年目		輪換田3年目		輪換田初年目		輪換田2年目		輪換田3年目	
	玄米重 (kg/a)	倒伏程度 (0~5)	玄米重 (kg/a)	倒伏程度 (0~5)	玄米重 (kg/a)	倒伏程度 (0~5)	玄米重 (kg/a)	倒伏程度 (0~5)	玄米重 (kg/a)	倒伏程度 (0~5)	玄米重 (kg/a)	倒伏程度 (0~5)
無窒素	38.1	0.5	42.7	0	35.9	0	43.9	0	44.1	0	36.1	0
30%減肥	61.9	2.75	63.2	2.0	58.4	1.3	63.5	3.0	65.8	2.0	65.3	1.8
15% "	64.5	3.0	67.4	3.0	62.7	1.8	64.5	3.0	68.1	3.0	65.1	1.8
標準	63.5	4.25	67.7	3.0	64.8	1.8	64.1	3.75	67.3	4.25	65.8	2.0
15%増肥	63.1	4.0	66.5	4.0	66.5	3.5	64.3	4.0	64.8	5	67.7	3.6
70%減肥	-	-	-	-	-	-	53.1	3.5	-	-	-	-
40% "	-	-	-	-	-	-	-	-	58.1	3.3	-	-
30% "	57.4	3.5	54.9	3.0	54.5	2.75	58.2	4.5	59.1	4.0	58.8	3.5
15% "	61.9	4.0	56.6	3.0	55.5	3.0	59.3	5.0	59.6	4.0	58.9	4.8
標準	61.9	4.5	56.9	3.5	57.4	3.5	55.0	5.0	59.2	4.0	57.8	4.8
15%増肥	62.4	4.75	55.6	4.5	58.4	4.25	58.3	5.0	57.4	5.0	60.0	4.8

第15表 畑期間の異なる輪換田における窒素の施肥量と収量・倒伏（泥炭土）

基肥窒素量	畑 3 年						畑 5 年					
	輪換田初年目		輪換田2年目		輪換田3年目		輪換田初年目		輪換田2年目		輪換田3年目	
	玄米重 (kg/a)	倒伏程度 (0~5)	玄米重 (kg/a)	倒伏程度 (0~5)	玄米重 (kg/a)	倒伏程度 (0~5)	玄米重 (kg/a)	倒伏程度 (0~5)	玄米重 (kg/a)	倒伏程度 (0~5)	玄米重 (kg/a)	倒伏程度 (0~5)
無窒素	56.6	2.0	56.3	0	55.8	0	61.0	2.0	55.5	0	50.2	0
30%減肥	60.4	3.25	66.8	3.0	62.8	1.0	63.6	3.5	64.5	2.5	62.1	1.0
15% "	57.6	3.5	63.6	4.0	64.1	1.0	61.2	3.0	63.4	3.5	61.7	1.0
標準	57.4	3.75	61.8	5.0	63.4	1.5	59.2	4.5	63.4	4.5	60.9	1.0
15%増肥	61.2	5.0	60.5	5.0	65.8	2.5	64.5	4.5	63.1	5.0	63.4	2.5
無窒素	53.8	2.75	52.9	2.75	57.7	3.0	56.6	3.75	51.1	2.5	55.5	1.5
30% "	54.8	4.75	58.4	4.0	57.1	5.0	56.2	5.0	55.2	4.0	58.0	3.5
15% "	53.5	4.5	56.2	4.5	57.8	5.0	58.9	4.5	54.8	5.0	54.8	4.0
標準	52.9	4.5	56.3	5.0	58.7	5.0	56.2	5.0	51.6	5.0	56.7	4.25
15%増肥	53.4	5.0	53.8	5.0	53.9	5.0	51.3	5.0	51.5	5.0	54.3	4.5

注) □ は各輪換田年次における基肥適量

V. 考 察

1. 輪換田水稻の生育特性

輪換田初年目の水稻の生育は土壌型および畑期間の長短にかかわらず、草丈、莖数とも連年水田よりまさり、葉色も穂首分化期から幼穂形成期にかけも濃く推移し、乾物生産力も最高分けつ期以降から成熟期にかけて旺盛であった。しかし、輪換後の経過年数に伴って生育量が順次減少し、輪換田3年目になると、各生育ステージの地上部および地下部とも連年水田の生育にちかづいた。

このように、輪換田初年目から2年目の水稻の地上部の生育量が連年水田より旺盛となった理由は、移植後の活着が優れ、根の発根および生長が連年水田よりまさるためと考えられる。すなわち、活着の良否の目安となる移植時の再生根は輪換田が連年水田に比べ、土壌の団粒化および孔隙量の増加に起因して日中は高温で夜間に低温となるため再生根長および再生根数などがまさること⁶⁾が明らかになっている。そのため活着を早め初期の草丈は高く、下位からの分けつの発生を促すのである。その後の生育ステージにおいても根の生育は、健全根が多く観察され、その生理的活力も高く、根の分布は作土15 cm以下の下層まで深く伸長し、養分の吸収域も拡大されているため地上部の生育も旺盛になるものと考えられる。また、輪換後の経過年数に伴い生育量が順次減少し輪換田3年目の生育が連年水田にちかづくのは、後述するように土壌の理化学性が連年水田にちかづき、根の活力および根圏域が連年水田にちかづくためと考えられる。

2. 輪換田水稻の収量・収量構成要素

輪換田初年目における強稈品種の初星やキヌヒカリの玄米収量は連年水田より増収した。収量構成要素からみた増収要因は、穂数と1穂粒数が連年水田より多いため㎡当たり粒数が多く得られ、しかも初わら比の高いことが特徴であった。このことは同化産物の穂への転流が良いことを示し、登熟度は単位面積当たりの粒数が増加しても連年水田よりわずかに上回った。しかし、耐倒伏性の弱いコシヒカリでは長稈化と下位節間の伸長に伴い倒伏程

度が連年水田より大きく、不安定な生育を示した。

輪換田2年目における輪換田水稻の玄米収量は、穂数または1穂粒数増により㎡当たり粒数が多く得られ、登熟度もまさるため連年水田より増収した。

輪換田3年目になると、地力のやや低い中粗粒グライ土や地力中の細粒グライ土では収量構成要素も連年水田に近づき、玄米収量もほぼ連年水田と同程度になったが、細粒強グライ土ではなお生育が旺盛であり、収量も連年水田より増収し、畑転換による効果の持続していることがうかがわれた。

一方、畑期間の長短が玄米収量に及ぼす影響は、畑5年が畑3年よりやや増収する傾向を示した。

以上のように輪換田水稻が連年水田に比べて生育が旺盛となり、増収することは、高橋ら^{16,17,18,19)}、金田ら⁹⁾、山形農試験・奈良農試^{13,14)}の結果とほぼ同様であった。また、畑期間の違いが収量に及ぼす影響については、畑期間3年は畑期間2年より、畑期間2年は畑期間1年より増収する¹⁴⁾ことが報告されているが、畑期間3年と畑期間5年の収量の比較では畑5年のほうがやや増収する傾向がみられた。しかし、水稻の収量がやや増収したとはいえムギ・ダイズを5年間連作すると、地力窒素が減少し、シストセンチウ、縞萎縮病等の病害の発生を助長し減収する³⁾ことが明かとなっている。したがって、田畑輪換における輪換田水稻は畑期間がほぼ3年後の輪換田が一般的と考えられる。

3. 輪換田水稻における収量変動の機作について

前述したように輪換田水稻の収量性が輪換田初年目において最も高く、その後経過年数にともない順次減少し、3年目で連年水田並にちかづいたのは主に畑期間の乾燥を経過した土壌の理化学性が連年水田とは異なることに起因しているものと考えられる。すなわち、過去の知見の多くは土壌の酸化還元電位が高いこと^{9,10,15,16,18)}をほぼ共通して報告している。このことは水稻生育期間中の土壌が酸化的に推移するため、水稻根の生理的活力が高くなることを示唆しており、本調査の結果とも符合している。また、土壌の窒素無機化量は輪換田が連年水田より多くなることが認められた。このことは城下ら¹⁵⁾の

輪換田水稻の栽培法に関する研究

いうように、水田を畑地化した転換畑では乾土効果、地温上昇効果が連年水田より低下し、腐植化の進行することが認められ、これを水田に戻した場合、輪換田初年目は有機物の分解が進むことにより地力窒素の供給が多くなるためと考えられる。一方、輪換田は営農排水施工による前作の輪換畑による乾燥亀裂の効果¹⁾と管理作業等により作土が連年水田よりやや深く、耕盤にも亀裂を生じているため、水稻根の伸長も下層まで深く分布し、根圏域の拡大がみられることがあげられる。その結果、輪換田水稻は窒素吸収量が旺盛となり、地上部の光合成活動とあいまって増収するものと考えられる。さらに、輪換田の土壤環境は登熟期における温乾風等による水分ストレスによる乳白米の発生が軽減されている⁵⁾ことから、気象災害に対する抵抗性も連年水田より強いといえよう。

輪換田2年目においても土壤の窒素無機化量は連年水田より多く、根の生理機能も高く維持され、水稻の窒素吸収量も多いことから畑転換による効果が持続しているため増収傾向がつづいている。

しかし、輪換田3年目になると土壤の窒素無機化量の

減少と還元化がすすみ、連年水田にちかづくため、中粗粒グライ土のように有機物の少ない土壤では潜在地力が低下し、連年水田よりやや減収するようになる。これに対し、有機物の多い泥炭土や粘土含量の多い細粒グライ土、細粒強グライ土では水稻の生理特性は連年水田にちかづくものの、無窒素区の収量水準が連年水田より高いことから明らかなように無機化窒素量の水準が高いため、畑転換による効果がなお持続しているものと推察される。

これらの結果から実際場面において安定した収量の維持を図るためには、第16表に示したような輪換田の経過年数に伴う土壤の変化に応じた基肥の窒素施用量でコントロールする必要がある。すなわち、輪換田土壤の肥沃度により減肥率が異なるが、おおむね輪換田初年目(一部の土壤ではコシヒカリの作付は困難である)から2年目は品種の耐倒伏性の強弱に関わらず減肥し、3年目になるとほぼ連年水田と同程度の基肥窒素量でよいことが明かとなった。これらの結果は強稈品種のトヨニシキを用いた八郎潟干拓地における輪換田年次別の窒素施用量⁹⁾の傾向とよく似ていた。

第16表 主要品種に対する土壤型別の基肥窒素施用量

土 壤 型	品 種	既成田の標準 施肥量(kg/a)	地力の 高 低	輪 換 田		
				初年目	2年目	3年目
中粗粒グライ土	初星・キヌヒカリ	0.8	低～中	15%減肥	30%減肥	標肥
	コシヒカリ	0.6		30%減肥	15%減肥	標肥
細 粒 グ ラ イ 土	初星・キヌヒカリ	0.6	中	30%減肥	30%減肥	標肥
	コシヒカリ	0.3		無チッソ	30～60%減肥	標肥
泥 炭 土	初星・キヌヒカリ	0.5	中～高	30%減肥	30%減肥	標肥
	コシヒカリ	0.3		3年間は倒伏の危険が高い		
細粒強グライ土	初星・キヌヒカリ	0.4	高	70%減肥	0～50%減肥	標肥
	コシヒカリ	0.1～0.2		倒伏の危険が高い	50～100%減肥	標肥

このように輪換田において高い収量レベルを容易に達成できたのは輪換田土壤の理化学性に由来するところが極めて大きく、今後水稻の多収穫田を考える上で1つのモデルとなろう。昭和24年から始まった米作日本一の高位収穫田をみると、①地力の培養(堆厩肥の増施)、深耕、暗渠排水を行っていること。②入念な灌排水の管

理を実施していること。③その結果として水稻の根系がよく発達し、活力維持を高めているとされている^{2,11)}。田畑輪換方式における輪換田も①にみられる、土壤からの窒素無機化量が多く、しかも酸化的である。その結果、水稻は③でみられるような根圏域の拡大がみられ、生理的活力も高く維持できるため窒素吸収量が旺盛となり、

既存の良食味品種を用いても多収になるという輪換田水稻の生育パターンと良く酷似していた。

このように輪換田水稻の増収効果は、3年以上徹底して畑地化し、それを水田に戻した場合についての結果であり、現在県内で広く行われている1年畑-3年水田のブロックローテーション方式では顕著に増収する効果は小さいと考えられる。

4. 今後の問題点として、現在試験を継続中であるが、①輪換田が水稻の品質・食味に及ぼす影響、②長期的に田畑輪換栽培を繰り返して行う場合、土壌からの潜在窒素の供給の減少、すなわち土壌からの有機物の消耗が大きいと考えられる。したがって、水稻はもちろんのこと畑作物の収量水準を維持していくためにも潜在地力の増強およびその維持を図ることが急務である。そのためには、畑期間および輪換田期間の適周期の見直しと有機物の補給を考慮した新輪作体系の確立を併せて検討していく必要がある。

謝 辞

現地試験にあたり東村の後藤利秋氏ならびに河内村の田口幸男氏、金砂郷村の元作業技術部長広木光男氏はここよく圃場を提供していただいた。また、圃場管理および調査には町田信夫氏、岡野きみよ氏、故山本澄江氏、鬼沢ひな氏、高橋政之氏、小坪まさこ氏に御助力いただいた。ここに記して感謝の意を表します。

VI. 摘 要

輪換田水稻の生理・生態的特性と窒素の施肥法を1985～1991年の7カ年検討した。その結果を要約すれば次のとおりであった。

1. 輪換田水稻は移植後の草丈および茎数とも連年水田より旺盛な生育を示し、その後も葉色の濃い状態で生育後期までまさらった。
2. 輪換田水稻の乾物生産速度は連年水田より高く、各生育ステージの乾物重は重く推移した。これは主にNARが輪換田水稻でまさらることから、光合成活動の旺盛なことがうかがえた。

3. 輪換田水稻の窒素吸収量は、最高分けつ期から急激な吸収がみられ、成熟期に至るまで連年水田より多かった。

4. 輪換田の作土層における土壌からの窒素無機化量は、最高分けつ期から成熟期まで終始連年水田より多く、下層土の無機化量を加えるとさらに30%程度増加し、水稻の窒素吸収量とほぼ一致した。

5. 輪換田は初年目から2年目にかけて酸化的に経過するが、3年目には還元化がすすみ、連年水田にちかづいた。

6. 輪換田水稻の根の活力は連年水田より高く、しかも下層まで根圏域の拡大がみられた。

7. 玄米収量は輪換田初年目で最も多収となり、輪換田の経過年数に伴い穂数、1穂粒数が順次減収し、3年目には連年水田にちかづいた。

8. 土壌肥沃土の異なる輪換田における強稈品種の初星、キヌヒカリと耐倒伏性の弱いコシヒカリの安定栽培のための輪換田年次別の基肥窒素施用量を明らかにした。

VII. 引用・参考文献

- 1) 平沢信夫・茂垣慶一・岡野博文・桐原三好・間谷敏邦・坂本 倫 (1986) : 転換畑における営農排水の施工法と施工の効果, 茨城農試研報第26号, 99～158
- 2) 平野 俊・白石勝恵 (1956) : 高位収穫田の研究, 農業技術11 2, 49～53
- 3) 笠井良雄・酒井 一 (1987) : 茨城県農業試験場成績概要
- 4) 梶田貞義・小坪和男・幸田浩俊・黒沢 晃 (1973) : 陸田転換畑におけるそ菜導入に関する研究, 茨城農試研報第13号, 103～162
- 5) 狩野幹夫・幸田浩俊・酒井 一・石原正敏・小川吉雄 (1990) : 平成元年度産水稻の乳白米発生要因の解明, 茨城農試研報第30号, 11～24
- 6) 木野内和夫・間谷敏邦・平沢信夫・桐原三好 (1990) : 転換畑を主体とした大規模営農集団における麦-大豆体系化技術の組立・実証, 茨城農試研報第30号,

輪換田水稻の栽培法に関する研究

- 33～88
- 7) 幸田浩俊(1982) : 野菜類と普通作物による低湿地帯の田畑輪換栽培に関する研究, 第1報 地下水位と作物の生育・収量・作土層の水分吸引圧, 気相率および土壌養分の動態との関係, 茨城農試研報第22号, 25～64
- 8) 幸田浩俊(1982) : 野菜類と普通作物による低湿地帯の田畑輪換栽培に関する研究, 第2報 田畑輪換圃場に適した暗渠排水, 茨城農試研報第22号, 65～90
- 9) 金田吉弘・三浦昌司・児玉 徹(1986) : 八郎瀧干拓地の輪換水田における土壌変化と, 水稻に対する窒素施用法, 土肥誌57, 604～606
- 10) 上郷千春(1953) : 田畑輪換田の水稻の生育と養分吸収, 農業技術8-11, 28～29
- 11) 上郷千春(1957) : 米作収量日本一位の技術解析, 農業及び園芸第32巻第5号, 727～731
- 12) 齊藤孝一(1956) : 田畑輪換田における水稻根の発育, 農業技術11-2, 78～79
- 13) 農林省農業改良局・奈良農試。(1955) : 田畑輪換に関する試験成績, 農業改良技術資料68, 1～117
- 14) 農林省農業改良局・山形農試。(1955) : 田畑輪換に関する試験成績, 農業改良技術資料68, 1～117
- 15) 城下 強・石居企救男・高橋和夫・金子淳一(1960) : 田畑輪換に関する土壌肥料的的研究, 関東東山農試研報 16, 50～96
- 16) 高橋浩之・渋沢梅次郎・飯田克実(1954) : 田畑輪換栽培に関する研究(Ⅲ) 輪換水田期間に於ける水稻の生育並びに収量, 関東東山農試研報 6, 1～53
- 17) 高橋浩之(1949) : 新しい水田の使い方—田畑輪換栽培の問題—, 農業技術4-8, 1～13
- 18) 高橋浩之・渋沢梅次郎(1963) : 田畑輪換栽培に関する研究(Ⅳ) 田畑輪換栽培における土壌の理化学性の変化と各作物の生育・収量について, 関東東山農試研報 16, 1～14
- 19) 高橋浩之・渋沢梅次郎, 林田多賀夫(1963) : 田畑輪換栽培に関する研究(Ⅵ) 施肥の差が田畑輪換の水稻に及ぼす影響, 関東東山農試研報 16, 26～49
- 20) 吉田武彦(1966) : 根の活力測定法, 日土肥誌37-1, 63～68

付表1 中粗粒グライ土における窒素の施肥量と生育・収量 (1985～87年)

品 種 : 初 星

圃場来歴	基肥N量	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	籾/わら	玄米重 (kg/a)	千粒重 (g)	1穂籾数 (粒)	登熟歩合 (%)	登熟度	㎡当り籾数 (万粒/㎡)	倒伏程度 (0～5)
輪換田初年目	15%増肥	85	19.4	523	1.18	63.1	22.0	72	78	17.2	3.77	4.5
	標 肥	86	18.9	529	1.13	63.5	21.8	68	74	16.1	3.60	4.5
	15%減肥	81	19.4	514	1.19	64.5	22.2	66	84	18.6	3.39	3.0
	30% "	78	19.1	503	1.29	61.9	22.9	60	87	19.9	3.02	2.8
	無 窒 素	62	16.9	317	1.15	38.1	23.3	—	—	—	—	0.5
輪換田2年目	15%増肥	87	17.7	560	1.17	66.5	21.8	62	87	19.0	3.47	4.0
	標 肥	85	17.4	552	1.08	67.7	22.4	61	89	19.9	3.37	3.0
	15%減肥	84	17.8	549	1.21	67.4	23.0	61	88	20.2	3.35	3.0
	30% "	81	17.8	491	1.17	63.2	23.0	61	91	20.9	3.00	2.0
	無 窒 素	65	16.4	353	1.01	42.7	23.0	—	—	—	—	0
輪換田3年目	15%増肥	83	17.0	583	1.13	66.5	23.1	54	92	21.3	3.15	3.0
	標 肥	82	17.2	640	1.19	64.8	23.6	50	94	22.2	3.20	1.8
	15%減肥	77	17.1	562	1.26	62.7	23.9	51	96	22.9	2.87	1.8
	30% "	75	16.9	544	1.26	58.4	23.7	49	93	22.0	2.67	1.3
	無 窒 素	62	15.4	391	1.03	35.9	23.6	40	95	22.4	1.56	0

品 種 : コシヒカリ

圃場来歴	基肥N量	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	籾/わら	玄米重 (kg/a)	千粒重 (g)	1穂籾数 (粒)	登熟歩合 (%)	登熟度	㎡当り籾数 (万粒/㎡)	倒伏程度 (0～5)
輪換田初年目	15%増肥	96	19.1	464	0.87	62.4	21.0	73	82	17.2	3.39	5.0
	標 肥	97	19.4	448	0.83	61.9	21.0	74	85	17.9	3.32	4.5
	15%減肥	94	19.0	432	0.88	61.9	21.8	75	88	19.2	3.24	4.0
	30% "	90	19.1	434	0.86	57.4	21.8	76	89	19.4	3.30	3.5
	無 窒 素	82	17.4	301	0.84	45.5	22.0	—	—	—	—	2.0
輪換田2年目	15%増肥	96	17.7	495	1.00	55.6	21.0	68	80	16.8	3.37	4.5
	標 肥	94	17.0	482	1.09	56.9	21.1	70	83	17.5	3.37	3.5
	15%減肥	94	18.1	467	1.02	56.6	21.7	65	85	18.4	3.04	3.5
	30% "	91	17.4	462	1.01	54.9	21.5	65	86	18.5	3.00	3.0
	無 窒 素	79	15.5	331	0.96	41.9	21.5	—	—	—	—	0
輪換田3年目	15%増肥	88	18.4	474	0.89	58.4	21.6	66	84	18.1	3.13	4.3
	標 肥	85	18.9	487	0.83	57.4	22.1	63	88	19.4	3.07	3.5
	15%減肥	84	18.2	488	0.95	55.5	22.0	64	87	19.1	3.12	3.0
	30% "	82	18.5	507	1.08	54.5	22.0	66	85	18.7	3.35	2.8
	無 窒 素	74	17.3	355	0.80	39.5	21.8	65	85	18.5	2.31	0

輪換田水稻の栽培法に関する研究

付表2 細粒グライ土における窒素の施肥量と生育・収量(1989年)

品 種: 初 星

圃場来歴	基肥N量	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	籾/わら	玄米重 (kg/a)	千粒重 (g)	1穂籾数 (粒)	登熟歩合 (%)	登熟度	㎡当り籾数 (万粒/㎡)	倒伏程度 (0~5)
輪換田初年目標	肥	87	18.5	596	1.19	69.1	22.4	64	77	17.2	3.81	3.8
	30%減肥	83	18.5	614	1.25	67.5	22.8	66	80	18.2	4.05	2.8
	60% "	82	18.3	547	1.27	67.2	23.1	64	82	18.2	3.50	2.8
	無窒素	76	19.4	518	1.36	65.7	23.6	64	84	19.8	3.32	1.5
輪換田2年目標	肥	81	18.1	618	1.05	67.4	22.7	65	82	18.6	4.02	2.5
	30%減肥	78	18.3	549	1.07	66.3	23.0	63	89	20.5	3.46	1.3
	60% "	75	18.7	507	1.15	65.0	23.9	56	96	22.9	2.84	1.3
	無窒素	73	18.9	496	1.16	64.1	23.6	62	95	22.4	3.08	0.5
輪換田3年目標	肥	85	18.2	573	1.07	68.9	23.7	61	86	20.4	3.50	2.0
	30%減肥	80	17.9	636	1.19	67.3	23.1	63	86	19.9	4.01	2.0
	60% "	74	18.1	536	1.21	62.6	23.6	59	91	21.5	3.16	1.5
	無窒素	72	19.1	489	1.24	61.2	23.6	59	87	20.5	2.89	1.5

品 種: コシヒカリ

圃場来歴	基肥N量	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	籾/わら	玄米重 (kg/a)	千粒重 (g)	1穂籾数 (粒)	登熟歩合 (%)	登熟度	㎡当り籾数 (万粒/㎡)	倒伏程度 (0~5)
輪換田初年目標	肥	95	19.2	522	0.94	55.5	20.9	89	58	12.1	4.65	4.5
	30%減肥	96	18.7	538	0.98	57.2	20.8	82	63	13.1	4.41	4.0
	60% "	95	19.1	465	0.96	57.8	21.1	84	70	14.8	3.91	3.8
	無窒素	93	19.2	463	1.07	56.2	21.4	83	67	14.3	3.84	2.8
輪換田2年目標	肥	91	19.0	482	1.01	58.2	21.0	82	70	14.7	3.95	4.0
	30%減肥	90	19.2	462	1.09	60.7	21.1	81	78	16.5	3.74	3.0
	60% "	91	19.2	505	1.08	58.8	21.2	84	70	14.8	4.24	3.3
	無窒素	87	18.8	473	1.19	58.4	21.5	76	75	16.1	3.59	2.4
輪換田3年目標	肥	91	18.9	504	1.02	59.4	21.5	77	72	15.5	3.88	3.0
	30%減肥	90	19.3	514	0.99	59.2	20.8	73	79	16.4	3.75	3.0
	60% "	90	19.7	487	1.00	54.9	20.3	75	76	15.4	3.65	3.0
	無窒素	85	19.6	456	1.15	55.1	21.7	69	79	17.1	3.15	2.8

付表3 泥炭土における窒素の施肥量と生育・収量 (1985～87年)

品 種：初 星

圃場来歴	基肥N量	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	籾/わら	玄米重 (kg/a)	千粒重 (g)	1穂籾数 (粒)	登熟歩合 (%)	登熟度	㎡当り籾数 (万粒/㎡)	倒伏程度 (0～5)
輪換田初年目	15%増肥	88	18.6	521	0.88	61.2	21.9	73	79	17.3	3.80	5.0
	標 肥	88	18.3	506	0.90	57.4	21.7	68	77	16.7	3.44	3.8
	15%減肥	87	19.0	487	0.86	57.6	21.9	75	79	17.3	3.65	3.5
	30% "	83	18.8	476	0.92	60.4	22.8	65	81	18.5	3.09	3.5
	無 窒 素	83	18.6	422	0.90	56.6	23.4	—	—	—	—	2.0
輪換田2年目	15%増肥	90	17.6	595	1.03	60.5	22.3	63	72	16.1	3.75	5.0
	標 肥	85	17.5	589	1.14	61.8	22.0	63	76	16.7	3.71	5.0
	15%減肥	85	17.2	589	1.12	63.6	22.4	63	77	17.2	3.71	4.0
	30% "	84	17.7	570	1.15	66.8	22.6	63	82	18.5	3.59	3.0
	無 窒 素	76	16.7	478	1.19	56.3	23.6	—	—	—	—	0
輪換田3年目	15%増肥	82	16.3	640	1.25	65.8	22.7	52	90	20.4	3.33	2.3
	標 肥	79	17.0	618	1.16	63.4	23.5	54	94	22.1	3.34	1.3
	15%減肥	80	17.1	611	1.21	64.1	23.1	53	90	20.8	3.24	1.0
	30% "	85	16.9	662	1.25	62.8	22.7	54	90	20.4	3.57	1.5
	無 窒 素	70	16.5	520	1.20	55.8	23.6	47	96	22.7	2.44	0

品 種：コシヒカリ

圃場来歴	基肥N量	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	籾/わら	玄米重 (kg/a)	千粒重 (g)	1穂籾数 (粒)	登熟歩合 (%)	登熟度	㎡当り籾数 (万粒/㎡)	倒伏程度 (0～5)
輪換田初年目	15%増肥	101	19.9	467	0.72	53.4	20.7	—	—	—	—	5.0
	標 肥	99	19.6	457	0.72	52.9	21.4	—	—	—	—	4.5
	15%減肥	97	19.5	442	0.77	53.5	20.9	—	—	—	—	4.5
	30% "	97	19.3	440	0.73	54.8	20.9	—	—	—	—	5.0
	無 窒 素	93	18.3	424	0.77	53.8	21.1	—	—	—	—	3.5
輪換田2年目	15%増肥	100	17.4	531	0.89	53.8	21.1	74	70	14.8	3.93	5.0
	標 肥	97	18.0	511	1.00	56.3	21.2	73	74	15.7	3.73	5.0
	15%減肥	96	17.8	508	0.97	56.2	21.7	73	74	16.1	3.71	4.5
	30% "	96	17.7	474	1.04	58.4	21.6	74	79	17.1	3.51	4.0
	無 窒 素	89	17.6	416	1.08	52.9	21.9	—	—	—	—	2.8
輪換田3年目	15%増肥	85	19.1	556	1.06	55.9	20.5	71	73	15.0	3.95	5.0
	標 肥	88	19.5	580	1.12	58.7	21.3	68	78	16.6	3.94	5.0
	15%減肥	87	18.8	582	1.06	57.8	21.2	73	78	16.5	4.25	5.0
	30% "	88	18.9	560	1.11	57.1	21.0	71	76	16.0	3.98	5.0
	無 窒 素	79	18.2	472	1.08	57.7	21.7	68	84	18.2	3.21	3.0

輪換田水稻の栽培法に関する研究

付表4 細粒強グライ土における窒素の施肥量と生育・収量 (1991年)

品 種 : キヌヒカリ

圃場来歴	基肥N量	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	籾/わら	玄米重 (kg/a)	千粒重 (g)	1穂籾数 (粒)	登熟歩合 (%)	登熟度	㎡当り籾数 (万粒/㎡)	倒伏程度 (0~5)
輪換田初年目	標 肥	94	19.3	529	0.93	71.4	21.7	98	66	14.3	5.18	4.8
	50%減肥	96	18.6	522	0.93	72.4	21.1	102	63	13.3	5.32	4.0
	75% "	89	18.7	473	1.04	78.7	21.2	97	76	16.1	4.59	3.5
	無 窒 素	93	18.5	449	0.97	66.0	21.3	118	58	12.4	5.30	3.5
輪換田2年目	標 肥	84	17.6	442	0.99	75.8	21.9	75	92	20.1	3.32	3.0
	50%減肥	83	17.9	380	0.99	68.6	22.6	85	94	21.2	3.23	3.0
	75% "	79	17.7	398	1.02	65.1	22.3	75	94	21.0	2.99	3.0
	無 窒 素	83	17.0	344	1.08	70.1	23.1	84	97	22.4	2.89	3.0
輪換田3年目	標 肥	90	17.8	507	0.93	80.8	21.8	94	92	20.1	4.77	0.5
	50%減肥	89	18.9	447	1.14	74.0	22.6	85	91	20.6	3.80	0.5
	75% "	87	18.3	389	1.08	72.1	22.8	94	94	21.4	3.66	0.5
	無 窒 素	85	19.2	331	1.16	68.8	21.4	105	95	20.3	3.48	0.5
輪換田4年目	標 肥	84	17.4	449	1.13	74.1	22.4	81	90	20.2	3.64	0.5
	50%減肥	86	17.6	487	1.22	71.5	21.9	81	87	19.1	3.94	0.5
	75% "	82	18.5	436	1.15	70.4	21.3	79	93	19.8	3.44	0.5
	無 窒 素	82	18.9	351	1.19	65.3	23.1	89	95	21.9	3.12	0.5

品 種 : コシヒカリ

圃場来歴	基肥N量	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	籾/わら	玄米重 (kg/a)	千粒重 (g)	1穂籾数 (粒)	登熟歩合 (%)	登熟度	㎡当り籾数 (万粒/㎡)	倒伏程度 (0~5)
輪換田初年目	標 肥	111	20.0	565	0.56	45.1	20.6	96	55	11.3	5.42	5.0
	50%減肥	107	19.9	536	0.68	52.7	20.0	97	53	10.6	5.20	5.0
	無 窒 素	98	20.2	460	1.11	69.5	22.0	88	78	17.2	4.05	5.0
輪換田2年目	標 肥	94	19.7	420	0.94	70.0	21.9	77	93	20.4	3.23	3.8
	50%減肥	93	19.7	398	1.13	69.1	22.0	83	92	20.2	3.30	3.0
	無 窒 素	94	19.1	418	1.10	68.2	21.7	77	94	20.4	3.22	3.0
輪換田3年目	標 肥	96	20.0	427	0.94	73.1	21.7	80	99	21.5	3.42	3.5
	50%減肥	98	19.6	456	1.04	75.4	21.4	80	97	20.8	3.65	3.5
	無 窒 素	87	18.8	371	1.07	63.9	21.9	86	92	20.1	3.19	3.0
輪換田4年目	標 肥	98	19.6	456	0.99	69.3	21.6	80	84	18.1	3.65	3.5
	50%減肥	95	20.3	396	1.20	68.5	21.7	93	87	18.9	3.68	3.3
	無 窒 素	90	20.3	378	1.22	67.3	22.8	86	91	20.7	3.25	3.0

フロアブル型水田用除草剤を利用した省力的散布技術の開発

小貫和裕, 間谷敏邦, 平沢信夫, 木野内和夫, 弓野 功

Studies on Development of Weed Control Methods for Paddy Rice Field
through the Application of Flowable Formulations

Kazuhiro ONUKI, Tosikuni AITANI, Nobuo HIRASAWA, Kazuo KINOUTI and Isao YUMINO

水田用フロアブル型除草剤ピリブチカルブ・プロモブチド・ベンゾフェナップ・フロアブルは、水中で有効成分が拡散しやすい性質を持っている。この性質を利用して、省力的かつ効果的に散布するために、次の散布法を検討した。

①ボトルからの直接散布法：水田用フロアブル型除草剤の登録が採れている散布法であるが、水稻移植後3～10日の湛水した水田に原液の入ったボトルを振って散布する。②噴霧器を利用した畦畔からの散布法：短辺が30m程度の圃場を対象に、噴霧器を利用して畦畔から8～10mの地点をねらって散布し、水田中を歩行しないで散布する。③滴下流入施用法：落水後、除草剤原液を水で希釈して水口に滴下して灌漑水とともに流し込む。④水口一括処理法：水口に対象圃場面積に必要とする量の除草剤原液を一気に施用し、灌漑水とともに流し込む。⑤RC・ヘリコプターによる散布法：RC・ヘリの噴霧装置のポンプを用い、ポンプにつながるパイプから直接原液を散布する。

いづれの散布法も省力的で薬害は認められず、かなり高い除草効果を得ることができた。

I 緒 言

茨城県の水田における除草剤散布作業の実態を調査した結果¹⁾、散布方法は手まき（容器散布を含む）30%、人力散粒機が58%、背負式動力散布機が11%であった。また、除草剤散布回数は、1回散布が55%、2回散布が39%、3回散布が6%で、1回当たりの散布作業時間は10a当たり20分以内がほとんどであった。そして、農家から次のような要望があった。①圃場内の歩行は疲れるので、畦畔からの散布や水口からの施用ができないか。②容器散布で1回処理が欲しい。③人力散粒機での散布ムラと疲れの解消。④除草剤入りの肥料ができないか。⑤安全で長効する畦畔除草剤の開発などである。

水稻作の作業は、育苗箱播種、田植、病害虫防除、収穫などかなりの部分が機械化されているにもかかわらず、除草剤散布作業の機械化が遅れていて、除草剤散布作業における疲労が特に問題にされている。

水中で有効成分が拡散しやすい性質を持つ水田用フロアブル型除草剤が開発された。この性質を利用した省力的かつ効果的な散布法を1989年から検討してきた。散布法の登録を採るまでには至っていないし、まだ、検討しなければならない面は残っているが、近い将来登録が採ればかなりの普及が見込めるものもあるので、その概要を報告し参考に供したい。

II 試験結果

1. フロアブル剤の拡散性に関する試験

1) 試験方法

- (1) 試験年次 1990年
- (2) 試験場所 農試水田 表層腐植質多湿黒ボク土
- (3) 供試除草剤 ピリブチカルブ・プロモブチド・ベンゾフェナップ・フロアブル
- (4) 水稻耕種概要 供試品種 キヌヒカリ（稚苗移植

栽培), 移植期 5月28日, 栽植様式 30cm×16cm

(5) 処理条件および方法

(i) 静水中での拡散性

① 処理法 圃場の短辺の畦畔から30cmの位置に畦畔に沿って原液を帯状に流し込み, どこまで拡散するかを知らうとする。

② 処理時期 6月4日(移植後7日)

③ 圃場条件 供試面積3a(30m×10m), 湛水深6.0cm, 減水深24mm/day

④ 処理量 原液 1,000ml/10a

(ii) 動水中での拡散性

① 処理法 2.5cmまで湛水した圃場で, パイプラインの水口にあるコンクリート製の弁に規定量の除草剤原液を一気にあげ, パイプラインの栓を全開にして, 水深6cmまで灌漑し, 除草剤を水の流れて圃場全面に拡散させよとする。

② 処理時期 6月4日(移植後7日)

③ 圃場条件 供試面積9a(30m×30m), 湛水深2.5cm, 減水深24mm/day

④ 処理量 原液 1,000ml/10a

⑤ 灌漑時間 75分

(6) 調査項目及び方法

(i) 薬剤成分の拡散性

施用位置から10m間隔で調査定点を設置し, 処理24時間後に各地点の薬剤成分の水中濃度を測定する。

(ii) 除草効果

調査定点に直径20cm, 高さ20cmの塩ビ管を地表面まで埋没し, 雑草種子(ケイヌビエ約150粒, イヌホタレイ約100粒)を深さ0~0.5cmに播種し, 自然発生の雑草を含めて処理40日後に発生量を調査する。

2) 試験結果および考察

薬剤を湛水した圃場に施用する静水処理及び湛水中の水口に施用する動水処理を行い, 処理24時間後の有効成分の水中濃度を処理位置からの距離別に調査した結果は第1表に示すとおりである。

静水処理では, プロモブチドは処理地点から30m離れても検出されたが, ベンゾフェナップとピリブチカル

ブは20m地点で検出されなかった。

第1表 施用位置からの距離別薬剤成分の水中濃度(施用後24時間)

(単位: ppm)

処理条件	施用位置からの距離	プロモブチド	ベンゾフェナップ	ピリブチカルブ
静水	10m	0.19	0.02	0.02
	20	0.15	ND	ND
	30	0.09	ND	ND
動水	1m	1.30	0.40	0.19
	10	1.01	0.20	0.09
	20	1.06	0.19	0.08

注) NDは検出限界(プロモブチド: 0.06ppm, ベンゾフェナップ: 0.02ppm, ピリブチカルブ: 0.02ppm)以下であることを示す。

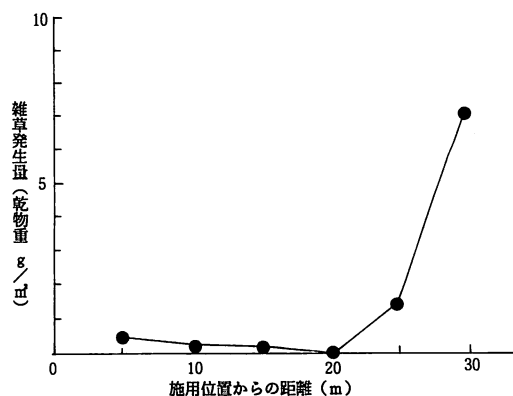
動水処理では, 3成分とも処理位置から遠くなるほど濃度は下がるが, 静水処理と違って各成分がかなり拡散する傾向がみられた。

(2) 除草効果

① 静水処理の除草効果 雑草発生量を処理後39日目に施用位置から5m間隔で調査した結果, 第1図に示すように施用位置から20mまでは雑草発生量が少ない。しかし, 25mからは増加に転じ, 30mでは急増した。

静水処理の有効拡散距離は, 薬剤成分の水中拡散性からみて20m以下, 除草効果からは20m程度とみられる。ボトルで直接散布する場合, 安全性を考慮して10~15mを散布間隔とすればよいものと考える。

② 動水処理の除草効果 雑草発生量を処理後39日目に施用位置から10m間隔で調査した結果は, 第2表



第1図 静水処理における距離別雑草発生量

に示すように雑草発生量が極めて少なかった。

動水処理の有効拡散距離は、成分の水中濃度や除草効果からみて静水処理より長いので、供試圃場でどのように拡散するかは実規模で試験をしなければならないが、水口からの一括処理の可能性が示唆された。

第2表 動水処理における距離別雑草発生量
(処理後39日)

施用位置 からの距離	生体重対無処理区比 (%)			
	ノビエ	1年生 広葉	イヌホ タルイ	合計
10m	t	0	0	t
20	0	0	0	0
無処理区 (生体重 g/m ²)	100 (1973.5)	100 (54.1)	100 (49.6)	100 (2077.2)

2. ボトルからの直接散布に関する試験

1) 試験方法

(1) 試験年次 1990年

(2) 試験場所

(i) 圃場内歩行ボトル散布

久慈郡金砂郷村大方 細粒強グライ土
供試面積 27 a (25 m × 108 m)

(ii) 畦畔歩行ボトル散布

岩井市勘助新田 細粒強グライ土
供試面積 18 a (21 m × 86 m)

(3) 供試除草剤 ピリブチカルブ・プロモブチド・ベンゾフェナップ・フロアブル

(4) 水稻耕種概要

(i) 圃場内歩行ボトル散布

供試品種 キヌヒカリ (稚苗移植栽培)
移植期 5月12日

(ii) 畦畔歩行ボトル散布

供試品種 コシヒカリ (稚苗移植栽培)
移植期 5月12日

(5) 処理条件および方法

(i) 圃場内歩行ボトル散布法 短辺25mの1/4と3/4の位置から長辺と平行に2行程で実施する。ボトル(包装容器)を1.7m間隔で左右に軽く振って散布する。

(ii) 畦畔歩行ボトル散布法 圃場内には入らず畦畔を歩行しながら、約3m間隔でボトルを振って圃場内に散布して圃場を一周する。

(iii) 処理時期

圃場内歩行：5月15日(移植後3日)

畦畔歩行：5月16日(" 4日)

(iv) 散布量 原液1,000 ml/10 a

(v) 圃場条件

圃場内歩行：湛水深 3.6 cm, 減水深 16 mm/day

畦畔歩行：湛水深 3.0 cm, 減水深 15 mm/day

(6) 調査項目及び方法

(i) 作業時間

(ii) 葉害

(iii) 除草効果 調査定点に直径20 cm, 高さ20 cmの塩ビ管を地表面まで埋没し、雑草種子(ケイヌビエ約150粒, イヌホタルイ約100粒)を深さ0~0.5 cmに播種し、自然発生の雑草を含めて処理50日後に発生量を調査する。

2) 試験結果および考察

(1) 作業時間

10 a 当たり作業時間は、圃場内歩行ボトル散布は5.4分、畦畔歩行ボトル散布は2.9分であった。

県内で約6割を占める人力散粒機を利用した除草剤散布作業時間15分と比較して1/3~1/5に省力化された。これは、フロアブル剤の場合、粒剤散布のように散布ムラがでないように丁寧に散布する必要がないため、歩行速度を早めることができるためである。また、圃場内歩行散布は、畦畔歩行散布と比較して約2倍の作業時間がかかったが、これは畦畔の方が歩きやすいことによる。

(2) 葉害 葉害は認められなかった。

(3) 除草効果

ボトル散布における雑草発生量は第3表に示すとおりである。圃場内歩行散布および畦畔歩行散布とも除草効果は極めて高かった。

以上のことから、フロアブル剤のボトルからの直接散布では、短辺が20 m程度の圃場であれば圃場に入ることなく畦畔から極めて省力的に散布できる。短辺が25 m以上の場合には、短辺の長さによって10~15 m間隔

第3表 ボトル散布における雑草発生量 (処理後50日)

散布法	調査地点 (畦畔からの距離)	生体重対無処理区比 (%)							合 計
		1年生雑草				多年生雑草			
		ノ ビ エ	カ ヤ ツ リ グ サ	コ ナ ギ	一 年 生 広 葉	ウ リ カ ワ	マ ツ バ イ	イ ヌ ホ タ ル イ	
圃場内歩行 ボトル散布	① 4 m	0	0	—	1	—	—	—	t
	② 8	0	0	—	2	—	—	—	t
	③ 12	0	0	—	3	—	—	—	t
	④ 16	t	0	—	1	—	—	—	t
	⑤ 20	0	0	—	0	—	—	—	0
	無処理区 (生体重 g/m ²)	100 (1239)	100 (48)	— (—)	100 (400)	— (—)	— (—)	— (—)	100 (1687)
畦畔歩行 ボトル散布	① 3 m	0	0	0	t	0	0	0	t
	② 6	0	0	0	1	0	0	0	t
	③ 9	0	0	0	5	24	0	0	6
	④ 12	0	0	0	1	0	0	0	t
	⑤ 15	0	0	0	0	0	0	0	0
	⑥ 18	0	0	0	t	0	0	0	t
無処理区 (生体重 g/m ²)	100 (72)	100 (8)	100 (34)	100 (81)	100 (48)	100 (9)	100 (20)	100 (272)	

で長辺に沿って圃場内を歩行して散布することで粒剤散布より省力的かつ効果的な散布作業が可能になる。

3. 噴霧器を利用した畦畔からの散布に関する試験

1) 試験方法

- (1) 試験年次 1990年
- (2) 試験場所 久慈郡金砂郷村大方 細粒強グライ土 供試面積 29 a (29 m×100 m)

(3) 供試除草剤 ピリブチカルブ・プロモブチド・ベンゾフェナップ・フロアブル

(4) 水稻耕種概要

供試品種 キヌヒカリ (稚苗移植栽培)

移植期 5月12日

(5) 処理条件および方法

(i) 散布方法 肩掛式噴霧器 (Y式S-7型) の噴口内部の中子を取り除き、噴霧させないで原液を散布する。畦畔を歩行しながら約5m間隔で圃場内の8~10mの地点をねらって施用するが、30 a程度の面積でも圃場内に入らずに畦畔から散布できることが、この散布法の目的である。

(ii) 処理時期 5月15日 (移植後 3日)

(iii) 散布量 原液 1,000 ml/10 a

(iv) 圃場条件 湛水深 3.6 cm, 減水深 16 mm/day

(6) 調査項目及び方法 「2. ボトルからの直接散布に関する試験」と同じ。

2) 試験結果および考察

(1) 作業時間

畦畔からの噴霧器による散布の10 aあたり作業時間は4分で人力散粒機による粒剤散布作業の約1/4と省力的であった。

(2) 葉害 葉害は認められなかった。

(3) 除草効果

処理後50日の雑草発生量調査の結果、第4表に示すように除草効果は極めて高かった。

以上のことから、噴霧器を利用した畦畔からの散布法は、短辺が30 m程度の圃場であれば圃場に入らず畦畔から散布でき、除草効果も高かった。原液は粘性が強いので噴口内部の中子を取り除き、噴霧させないで散布しようとしたが、薬液は勢いよくかなり霧状に噴出された。このため、風上に向かって散布する場合、到達距離がか

第4表 噴霧器散布における雑草発生量(処理後50日)

調査地点 (畦畔から の距離)	生体重対無処理区比(%)					合 計
	1年生雑草			多年生雑草		
	ノ ビ エ	カ ヤ ツ リ グ サ	一 年 生 広 葉	ウ リ カ ワ	イ ヌ ホ タ ル イ	
① 5 m	0	0	0	0	0	0
② 10	0	0	0	0	0	0
③ 15	0	0	0	0	0	0
④ 20	0	0	0	0	0	0
⑤ 25	0	0	0	0	0	0
無処理区 (生体重 g / m ²)	100 (68)	100 (4)	100 (31)	100 (6)	100 (36)	100 (145)

なり短くなると同時に、吹き戻されて薬液のしぶきがかかるので、風のない時にしか作業ができない欠点がある。

4. 滴下流入施用に関する試験

1) 試験方法

- (1) 試験年次 1989年
- (2) 試験場所 農試水田 表層腐植質多湿黒ボク土
供試面積 30 a (30 m×100 m)
- (3) 供試除草剤 ピリブチカルブ・プロモブチド・ベンゾフェナップ・フロアブル

(4) 水稻耕種概要

供試品種 キヌヒカリ(稚苗移植栽培)

移植期 5月19日

(5) 処理条件および方法

- (i) 処理時期 5月24日(移植後 5日)
- (ii) 散布量 原液 1,000 ml/10 a, 水で6倍に希釈して施用した。

(iii) 薬液滴下量 100 ml/min, 薬液の滴下にはマグネットポンプ(MD-10)を使用して、分液ロート(500 ml)を補助的に利用し、薬液の滴下量を一定に保つ。

(iv) 圃場条件 湛水深 0 cm, 減水深 10~17 mm/day

(6) 調査項目及び方法

- (i) 作業時間
- (ii) 薬害
- (iii) 除草効果 移植直後、圃場内18箇所に直径20 cm, 高さ20 cmの塩ビ管を地表面まで埋没し、雑草種子・塊

茎(ミズガヤツリ, ウリカワは各3個, イヌホタルイ, コナギ, アゼナ, ケイヌビエは各1 g)を播種し、処理後50日に雑草発生量を調査する。

2) 試験結果及び考察

(1) 作業時間

水口は、圃場の隅の1箇所で、その上部から薬液を滴下させた。灌漑は、2台の水中ポンプを使用して、810 l/minの水量を安定的に供給し、灌漑が終了するまでの時間内に薬液の滴下が完了するように滴下量を100 ml/minとした。原液の粘性が高いため、水で6倍に希釈して滴下したが、処理開始から約30分間は滴下量が予定の6~7割と少なく、滴下量は時間的に変動がみられた。圃場全体に水が行き渡ったのは、第2図に示すように約1時間40分後で、湛水深が5 cm程度になるまで灌漑を続け、薬液滴下の終了と同時に灌漑を止めた。灌漑(薬液滴下)時間は2時間55分であった。

(2) 除草効果

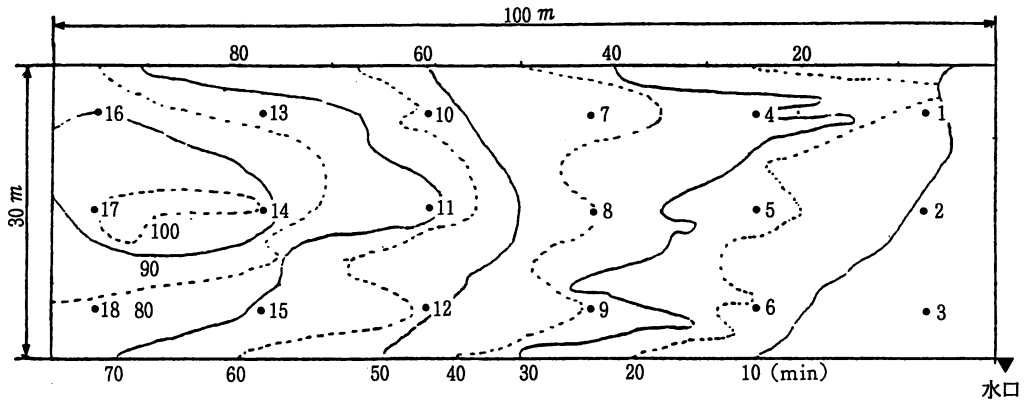
処理後50日に雑草発生量の調査を第2図に示した18地点で実施した結果、ミズガヤツリの発生が数地点でみられたものの地上部は枯れており、他の雑草の発生はほとんどなかった。

このことから、滴下流入施用では圃場内の拡散ムラは余りなく、除草効果は高いと考える。滴下法としては、多少の滴下量の変動が許されるとすれば、ポリの容器にコックの付いた簡単な器具でよいものとする。また、この施用を行う圃場の灌水が何時間かかるかを前もって調べて置き、灌水時間にあわせて滴下量を決める必要がある。

5. 水口一括処理に関する試験

1) 試験方法

- (1) 試験年次 1991年
- (2) 試験場所 笠間市飯田 厚層腐植質多湿黒ボク土
供試面積 36.4 a (75 m×48.5 m)
- (3) 供試除草剤 ピリブチカルブ・プロモブチド・ベンゾフェナップ・フロアブル
- (4) 水稻耕種概要
供試品種 アキニシキ(稚苗移植栽培)



第2図 灌漑水の到達時間

注) 図中の1~18までの数字は雑草調査地点を示す。

移植期 5月5日, 栽植様式 30cm×19.7cm

(5) 処理条件および方法

(i) 処理時期 5月13日(移植後8日)

(ii) 処理量 原液 1,000 ml/10 a

(iii) 処理法 あらかじめ圃場の水深を2cmに湛水し、パイプラインの栓を全開にしてから2箇所の水口のコンクリート製弁(30cm×30cm)の中に規定量の除草剤原液を半分づつ、ボトル(包装容器)から一気にあげ、水深5cmになるまで灌漑する。この灌漑水とともに圃場全体に行き渡らせようとする。

(iv) 灌漑水量 642 l/min, 灌漑時間 2.5時間

(v) 圃場条件 湛水深 2cm, 減水深 4mm/day

(6) 調査項目及び方法

(i) 作業時間

(ii) 薬害

(iii) 除草剤成分の拡散性 圃場内に8箇所の調査地点を設置し、水中濃度(処理後4, 24, 48時間), 土壌吸着(処理後24, 48時間)の状況を調査する。

(iv) 除草効果 処理前に、圃場内8箇所に直径20cm, 高さ20cmの塩ビ管を地表面まで埋没し、雑草種子(ケイヌビエ約110粒, コナギ約340粒, イヌホタルイ約110粒)を深さ1cmの位置に播種し、処理後20日, 40日に自然発生雑草を含めて雑草発生量を調査する。

2) 試験結果及び考察

(1) 作業時間

除草剤散布に要した作業時間は、除草剤を水口に流し込むだけであり、36.4 aの圃場に対して4分程度、10a当たり1.1分であった。この時間は、人力散粒機による粒剤散布作業時間15分/10aのわずか7%であった。また、水深を2cmから4.7cmまで湛水するのに要した時間は2.5時間であった。

(2) 薬害

観察の結果では、薬害の発生は認められなかった。

(3) 除草剤成分の拡散性

薬剤の水中濃度と土壌への吸着を経時的に調査した結果は、第5, 6表に示すとおりである。水中濃度は、処理後4時間程度ではまだ圃場全体に拡散しきれず検出されない部分があったが、24時間後にはほぼ全体に拡散し、48時間後には土壌に吸着されて水中濃度が薄まるという傾向が見られた。土壌への吸着は24~48時間以上かけて行われるようである。

距離別の水中濃度は、水口付近及び水尻の75m付近で薄い傾向が、また、土壌への吸着は水尻の75m付近で少ない傾向がみられた。

(4) 除草効果

処理後21日の雑草発生量調査の結果は、第7表に示すように水口付近でノビエ, コナギ, イヌホタルイが発生したが、これらは褐変症状がでて枯れかかっていた。

処理後40日の雑草発生量は、第8表に示すように、イヌホタルイが若干残ったが、1年生雑草には完全に効

フロアブル型水田用除草剤を利用した省力的散布技術の開発

第5表 薬剤成分の水中濃度の推移

(単位: ppm)

調査地点 (水口からの距離)	プロモプチド			ベンゾフェナップ			ピリブチカルブ		
	4時間後	24時間後	48時間後	4時間後	24時間後	48時間後	4時間後	24時間後	48時間後
① 0 m	N.D	1.31	1.35	N.D	0.19	0.05	N.D	0.11	0.04
② 25 m	4.46	2.97	2.65	3.22	0.68	0.15	1.77	0.37	0.08
③ 50 m	N.D	2.72	1.86	N.D	0.27	0.15	N.D	0.25	0.11
④ 75 m	N.D	0.88	0.88	N.D	0.17	N.D	N.D	0.13	0.03

注) N. Dは検出限界(プロモプチド:0.06 ppm, ベンゾフェナップ:0.02 ppm, ピリブチカルブ:0.02 ppm)以下であることを示す。

第6表 薬剤成分の土壌への吸着

(単位: $\mu\text{g}/\text{乾土}1\text{g}$)

調査地点 (水口からの距離)	プロモプチド		ベンゾフェナップ		ピリブチカルブ	
	24時間後	48時間後	24時間後	48時間後	24時間後	48時間後
① 0 m	3.56	5.25	9.37	6.21	1.59	1.44
② 25 m	3.95	7.08	6.70	7.39	2.27	2.88
③ 50 m	2.01	9.07	1.53	2.72	0.24	0.83
④ 75 m	0.73	0.51	0.81	0.96	0.02	N.D

注) N. Dは検出限界(プロモプチド:0.06 ppm, ベンゾフェナップ:0.02 ppm, ピリブチカルブ:0.02 ppm)以下であることを示す。

第7表 水口一括処理における雑草発生量(処理後20日)

第8表 水口一括処理における雑草発生量(処理後40日)

調査地点 (水口からの距離)	本数対無処理区比(%)			
	ノ	イヌホタルイ	合	
	ビ	エ	計	
① 0 m	28*	20*	26*	25*
② 25 m	10*	0	0	4*
③ 50 m	0	0	0	0
④ 75 m	0	0	0	0
無処理区 (本数 g/m ²)	100 (335)	100 (160)	100 (245)	100 (750)

調査地点 (水口からの距離)	生体重対無処理区比(%)			
	ノ	コ	イヌホタルイ	合
	ビ	ナ	エ	ギ
① 0 m	0	0	25	t
② 25 m	0	0	0	0
③ 50 m	0	0	4	t
④ 75 m	0	0	8	t
無処理区 (生体重 g/m ²)	100 (335)	100 (160)	100 (245)	100 (750)

注) *印は地上部が被害を受けて、枯れかかっているものを示す。

いていた。

水口一括施用法は、除草剤成分の拡散性やイヌホタルイなどの多年生雑草に対する除草効果がやや劣るなどの問題点がみられたが、薬剤散布に機械や器具を一切必要とせず、作業時間も薬剤を水口に流し込むだけで、非常に省力的である。

6. RCヘリコプターによる散布に関する試験

1) 試験方法

- (1) 試験年次 1991年
- (2) 試験場所 笠間市飯田 厚層腐植質多湿黒ボク土
供試面積 56a (56m×100m)
- (3) 供試除草剤 ピリブチカルブ・プロモプチド・ベンゾフェナップ・フロアブル
- (4) 供試機械 RCヘリコプター: Y式R-50(実用ペイロード20kg, 最高出力12ps), 散布装置: Y式L-09A(標準薬剤量10ℓ, 吐出量1.3ℓ/min, 薬

剤少量散布用)

(5) 散布条件および方法

(i) 散布時期 5月13日(移植後8日)

(ii) 散布量 原液 1,000 ml/10 a

(iii) 散布法 RC・ヘリの噴霧機のポンプを用い、ポンプから噴霧ノズルにつながるパイプから直接原液を散布する。RC・ヘリの飛行位置は、第3図に示すように圃場の短辺56mを3等分し、その中央部を飛行して散布する。圃場外に除草剤を飛散させないため、圃場の内側10mの位置でポンプを止める。

(iv) 圃場条件 湛水深 5.5 cm, 減水深 12 mm/day

(6) 水稻耕種概要

供試品種 キヌヒカリ(稚稻移植栽培),

移植期 5月5日, 栽植様式 30 cm×19.1 cm

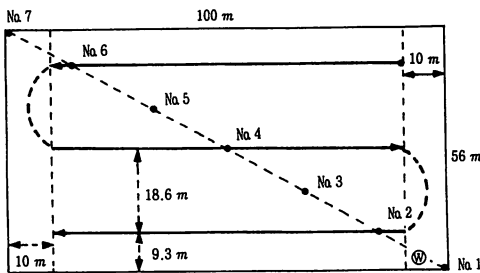
(7) 調査項目及び方法

(i) 作業性能

(ii) 薬害

(iii) 除草剤成分の拡散性 第3図に示すように、圃場内7箇所に調査地点を設置し、土壌吸着(処理後24, 48時間)の状況を調査する。

(iv) 除草効果 処理後40日に自然発生雑草量を調査する。



第3図 RC・ヘリコプターの飛行位置

注) 図中のNO. 1~7は薬剤成分の濃度と雑草の調査地点を示す。

2) 試験結果及び考察

(1) 作業時間

散布時の天候は晴れ時々曇で、風速は0.2~1.8 m/sで、飛行には適した条件であった。ポンプの吐出量が少

ないため、飛行速度を8.4 km/hrと遅くし、同じ飛行位置を2回重複散布した。56 aの圃場における全作業時間は、第9表に示すように16分で、10 a当たり作業時間は2.9分であった。

第9表 RC・ヘリコプターの作業時間

作業面積 (a)	56.0
全作業時間 (分)	16.0
実作業時間 (分)	3.5
内 旋回・移動時間 (分)	2.8
スタート準備 (分)	1.5
薬剤補給 (分)	3.5
訳小故障 (分)	2.9
打ち合わせ (分)	1.8
作業速度 (km/hr)	8.4±1.2
10 a 当たり作業時間 (分)	2.9

(2) 作業精度

散布量は、56 a 当たり 5.650 ml (目標の100.9%)で、ほぼ、目標どおり散布できた。また、散布装置の吐出量は、平均 27.4 ml/s (CV: 25.2%) であった。

圃場外へのドリフトを調査するため、圃場の周囲に薬剤の落下方散調査用紙を配置したが、薬剤の落下は認められず圃場外へはドリフトしかなかった。

(3) 薬害

観察による調査では、薬害はいずれの地点でも認められなかった。

(4) 除草剤成分の拡散性

第3図の7地点で、薬剤の土壌吸着量を調査した結果、第10表に示すように調査地点によって吸着量がかなり異なっていた。24時間後には検出されなかった地点でも48時間後には各成分が検出された。散布後、拡散するため飛行線上の吸着量が特に多くなるという傾向は認められなかった。

(5) 除草効果

処理後40日の雑草発生量を調査した結果は、第11表に示すとおりである。除草効果は、調査地点NO. 6を除き極めて高かった。

以上の結果、RC・ヘリコプターを利用した散布法は、省力的で除草効果も高いものとみられるが、次のことを

第10表 RC・ヘリコプター散布における薬剤成分の土壌への吸着

(単位: $\mu\text{g}/\text{乾土}1\text{g}$)

調査地点 (水口からの距離)	プロモブチド		ベンゾフェナップ		ピリブチカルブ	
	24 時間後	48 時間後	24 時間後	48 時間後	24 時間後	48 時間後
NO.1	0.68	0.32	0.89	1.06	0.01	0.04
2	0.93	0.48	4.08	5.35	0.87	0.81
3	1.80	1.73	1.74	1.89	0.16	0.07
4	N.D	0.98	3.98	4.04	0.38	N.D
5	8.09	8.65	6.06	4.44	2.07	3.23
6	5.52	6.43	4.38	4.81	1.61	1.96
7	13.21	9.57	4.94	3.95	5.22	3.69

注) N. Dは検出限界(プロモブチド: 0.06 ppm, ベンゾフェナップ: 0.02 ppm, ピリブチカルブ: 0.02 ppm)以下であることを示す。

第11表 RC・ヘリコプター散布における
雑草発生量 (処理後40日)

調査地点	生体重対無処理区 (%)					合 計
	1年生雑草		多年生雑草			
	ノ ビ エ	カ ヤ ツ リ グ サ	コ ナ ギ	一 年 生 広 葉	イ ヌ ホ タ ル イ	
NO.1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	t	t
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	2	0	1
6	0	0	0	29	0	9
7	0	0	0	2	0	1
無処理区 (生体重 g/m^2)	100 (2.8)	100 (0.5)	100 (2.1)	100 (34.6)	100 (67.4)	100 (107.4)

注) 調査地点NO.は第3図参照。

検討する必要がある。RC・ヘリコプターに標準装備されている液剤少量散布装置を利用する場合、吐出量が少ないので飛行間隔を5~10 mに狭めて散布すれば、同じ位置に重複散布したり、機体制御が困難になるほど飛行速度を下げる必要がなくなるとともに、飛行間隔を狭くすれば薬剤の圃場内拡散も均一になるものとする。

III 考 察

一前ら^{2) 3)}が、ピリブチカルブ+プロモブチド+ベンゾフェナップの3剤混合によるフロアブル剤(6+10+10%)と粒剤(4+4+4%)を同一有効成分と比較した結果、フロアブル剤の除草効果が粒剤より著しく

高く、イネの生育・収量に及ぼす影響では差がなかった。ピリブチカルブ・プロモブチド・ベンゾフェナップ・フロアブルの粒剤より除草効果が高く、水中で拡散しやすい性質を利用して、省力的でかつ除草効果の高いことを目標に5種類の散布法を検討した。

① ボトルからの直接散布法については、圃場の短辺が20 m程度であれば圃場の中に入らずに畦畔から散布できる。短辺が30 mになると畦畔からの散布では圃場中央部の除草効果が劣るので²⁾、圃場の中を歩行しながら散布しなければならない。現時点では、登録の採れている散布法はこの散布法だけであるが、人力散粒機より作業時間を1/3~1/5に短縮できる省力的な散布法である。

② 噴霧器を利用した散布法は、短辺が30 m程度の圃場であれば圃場の中に入らなくても畦畔から散布できるが、それ以上の大きい圃場になると圃場の中に入って散布しなければならない。圃場が大きい場合、同じように圃場の中を歩行して散布するのであれば、器具機材を必要としないボトル散布の方が簡易である。

③ 滴下流入施用法は、水口に薬剤を滴下して灌漑水によって圃場全体に拡散させようとする施用法である。原液の粘性が高いことと、灌水中滴下し続けるには、量がある程度多くなければならないため、水で6倍に希釈して滴下した。一前ら²⁾の試験結果から、フロアブル剤の滴下終了後30分間灌漑を続けると水口付近の除草効果が劣った。このため、灌漑と薬剤の滴下を同時に終わらせるために、圃場の灌漑が何時間かかるかを前もって

調べて置き、灌水時間にあわせて滴下量を決める必要がある。

本試験では、マグネットポンプを使用して滴下したが、ポリの容器にコックの付いた簡単な器具でよいものと考ええる。しかし、何筆かの圃場へ同時に施用する場合には、筆数分の滴下装置を要する。

④ 水口一括施用法は、滴下流入施用法と同様灌漑水によって薬剤を圃場全体に拡散させるが、この方法は器具機材を一切必要とせず、水口に原液を一気に投入するだけで、除草剤散布作業としてはこれ以上の省力化は考えられない。

この施用法は、まだ、他に実験例がなく、除草効果にもまだ問題がみられるので、施用時の水深はどの程度がよいのか、灌漑時間はどこまで許容されるのか、施用時期が田植直後の灌水時ではどうか、施用量はボトル散布と同じ1,000 ml/10aでよいのかなど詰めなければならない点はあるが、実用化されれば最も省力的で普及性の高い施用法であると考ええる。

⑤ RCヘリコプターによる散布法は、ポンプの吐出量によって飛行間隔を考慮しなければならないが、省力効果の高い散布法である。ただ、RCヘリコプターをチャーターしなければならず、その経費が必要になる。

以上のことから、水口一括施用法が省力化の本命と考ええるが、多くの研究機関で実用性が認められ、細かい施用上の留意点が付加されて、散布法の登録が採られることが望まれる。

IV 摘 要

フロアブル型水田用除草剤ピリブチカルブ・プロモブチド・ベンゾフェナップ・フロアブルは、ピリブチカルブ5.7%、プロモブチド10.0%、ベンゾフェナップ12.0%を成分とする比重1.1のフロアブル剤で、水中での拡散性が高い。この特性を活かした省力的散布法とその除草効果について検討し、次のような結果を得た。

1. 静水中で処理した場合の有効拡散距離は、成分の水中拡散性と除草効果からみて15~20m程度である。

2. ボトルからの直接散布は、短辺が20m程度の圃場であれば圃場に入ることなく畦畔からでき、10a当たり作業時間は2.9分であった。短辺が25m以上の場合には、短辺の長さによって10~15m間隔で長辺にそって圃場内を歩行して散布するが、10a当たり作業時間は5.4分であった。いずれも除草効果は高かった。

3. 噴霧器を利用した畦畔からの散布は、短辺が30m程度の圃場であれば圃場内に入らず畦畔から散布でき、作業時間は10a当たり4分であった。また、除草効果は高かった。

4. 滴下流入施用は、灌漑水によって圃場全体に拡散させる方法であるため、散布作業としては水口にフロアブル剤を滴下するだけであるが、除草効果は高かった。しかし、事前に施用する圃場の灌水時間を調べたり、その時間に合わせた滴下量の調整が必要である。

5. 水口一括施用は、機械や器具を一切必要とせず、作業時間は水口にボトルから流し込むだけで、10a当たり2.9分で、除草効果も比較的高かった。

謝 辞

本試験の遂行にあたり、副場長 坪 存氏（現銚田地区農業改良普及所長）、作業技術部長 広木光男氏（現茨城県園芸協会）、竜ヶ崎試験地主任 窪田 満氏からご助言を戴いた。また、フロアブル剤成分の水中濃度及び土壌への吸着量の分析は、三菱油化（株）筑波総合研究所にお願いした。ここに記して感謝の意を表する。

引用文献

- 1) 平沢信夫 (1991) : 水田における雑草防除作業の現状と今後の課題, 植調 25, 17 ~ 21
- 2) 一前宣正・近内誠登・竹内哲夫 (1991) : フロアブル剤による水田除草法についての一考察, 雑草研究 Vol 35 - 3, 261 ~ 267
- 3) 一前宣正・米山弘一・木下強・近内誠登・竹内哲夫 (1990) : 数種除草剤のフロアブル剤, 水和剤, 粒剤によるタイムビエ殺草効果の比較, 雑草研究 Vol 35 - 3, 268 ~ 272

輪換田における畑作物の窒素施肥量に関する研究

第1報 輪換畑小麦の窒素施肥量の診断*

山根 隆重**・小川 吉雄・酒井 一***

Studies on the Rate of Nitrogen Fertilizer Application on
Field Crops in the Rotational Paddy Field

Part I Determination on the Rate of Nitrogen Fertilizer Application
to Wheat Crop in the Rotational Paddy Field

Takashige YAMANE, Yoshio OGAWA and Kuni SAKAI

輪換田における小麦の安定多収をはかるため、窒素肥沃度の異なる県内の代表的な土壌において、最適な基肥窒素量および追肥窒素量の確認と、その作付前の窒素診断法の検討を行った。

農林 61 号の最適基肥窒素量は収量と倒伏程度からみると、土壌の肥沃度により異なった。幼穂形成期（2月下旬）における窒素追肥の効果はいずれの土壌でも認められ、施肥量は土壌型・肥沃度に関係なく 0.4 kg/a が最適であった。さらに、地力の低い圃場では最高分けつ期（3月下旬）に 0.2 kg/a の追肥が必要であった。

pH 7.0 リン酸緩衝液で抽出した窒素を土の深さと仮比重を考慮して求めた容積あたりの抽出窒素量は、無窒素区の窒素吸収量と相関が認められた。またこの抽出窒素量とその圃場における最適基肥窒素量とは高い相関があった。得られた回帰式により、作付前に基肥窒素量の診断が可能であることが認められた。

ニシカゼコムギ・バンドウワセについても同様の方法で診断が可能であった。

I はじめに

水田農業確立対策がすすめられるなかで、小麦は本県の重要な転作作物であり、大規模化・省力化をはかることのできる数少ない作物である。しかしながら、小麦は施肥窒素依存の高い作物といわれており²⁾、過剰な窒素

の施肥は倒伏をまねき収穫作業を困難にするとともに、子実の品質の低下を招く。また、施肥量が不足する場合は収量の低下をもたらす。このため、窒素の施肥設計が重要となる。本県では耕種基準¹⁾によって土壌型別に標準的な窒素施肥量が示されている。しかし、現場では田畑輪換の年数や前作物等によって適切な窒素施肥量の把握がむずかしい。本県における土壌環境基礎調査の結果からも、かなりの幅をもって施肥されていることがうかがい知れる³⁾。

さらに、最近では農業から環境への負荷が問題となっ

* 本報告の一部は 1988 年日本土壌肥料学会関東支部大会（新潟大学）および 1989 年同大会（信州大学）において発表した。

** 現笠間地区農業改良普及所

*** 現退職

ており、畑作における過剰な窒素の施肥は硝酸態窒素の農業系外への流出をうながし、水系等へおよびす影響も少なくない³⁾。適正な窒素施肥は作物を良好に生育させるだけでなく、環境へ与える影響を最小限にとどめることにもつながる。

作付前の土壌診断による施肥法については水稻で研究がすすめられているものの^{3, 22, 23, 24)}、麦類に関しては少ない^{1, 17)}。

筆者らは、窒素肥沃度の異なる圃場において、輪換畑における小麦の最適な基肥窒素量および追肥窒素量とその診断法について検討してきた。その結果、土壌からpH 7.0 リン酸緩衝液によって抽出された窒素量を指標にした最適基肥窒素量の診断法をみだしたので報告する。

なお、本研究は農林水産省の特定研究である「北関東輪換畑における麦類の生産力高度化技術の確立」および「多湿水田地帯の田畑輪換圃場における耕盤管理と地力培養技術の確立」のうち1986年から1990年までに実施したものの一部をとりまとめたものである。

II 輪換畑小麦の窒素の適施肥量試験

1. 目的

輪換畑における小麦(農林61号)栽培での最適な基肥および追肥の窒素施肥量を把握する。また、収量の限界、窒素の吸収量さらには施肥窒素の利用効率を明らかにし、輪換畑での小麦の施肥法を確立する。

2. 研究方法

1) 土壌型別施肥適量

供試品種は本県の奨励品種である農林61号を用いた。供試土壌は、表層腐植質多湿黒ボク土(水戸市)・中粗粒グライ土(竜ヶ崎市)・細粒グライ土(東村・IおよびIIの2地区)・細粒灰色低地土(常陸太田市)・泥炭土(河内村)の本県の代表的な5土壌型を用いた。輪換畑期間は3年以内を対象とし、暗きよの施行された連作障害や湿害の影響の少ない圃場を選定した。

基肥窒素量は、耕種基準と周辺農家からの聞きとり調査によって最適窒素施肥量を推定し、0.2 kg/aの増減で3水準の区を設けた。

追肥については、幼穂形成期(2月下旬)に0, 0.2, 0.4 kg/aの3水準を組合わせた区を設けた。さらに、最高分げつ期(3月下旬)に中粗粒グライ土、細粒グライ土、泥炭土の3土壌で、0, 0.2 kg/aの2水準を組合わせた区を設けた。

また、各土壌ごとに無窒素区を設け、小麦の収量および窒素吸収量を調査した。

1区あたりの面積は12~20 m²で、すべて2反復で実施した。

毎年11月上旬から中旬に、土壌改良剤の散布、施肥および播種を行った。各土壌とも作付前の土壌分析の結果をもとに、pH(N-KCl)は6.0、有効態リン酸は20 mg/100 gに矯正した。窒素肥料以外の施肥量は、リン酸1.0(表層腐植質多湿黒ボク土では1.3) kg/a、カリ1.0 kg/aとした。

播種量は0.8 kg/a、畦幅30 cmのドリルまきとした。踏圧はおおむね2回実施した。

上記のこと以外は耕種基準に準拠した。

2) 施肥窒素利用率の検討

施肥窒素の利用効率を把握するため枠試験を実施した。枠試験圃場の土壌は中粗粒グライ土で、枠は60 cm×60 cmの木枠、基肥のみ、追肥のみ、基肥および追肥に重窒素でラベルした硫酸アンモニウム(7.09 Atom%)を施肥し、施肥別の窒素吸収量を調査した。試験は2反復で実施し、は種量、施肥量はともに前述の施肥適量試験と同様とした。

3. 結果および考察

1) 土壌型別最適基肥窒素量

基肥および幼穂形成期(2月下旬)追肥の窒素施肥量と収量の関係を第1表に示した。

コンバインでの収穫作業を前提に考えると、倒伏程度(無~甚の6段階を0~5と表示する)は中(3)以下を適正とし、そのうちで最高の収量をあげた区の基肥窒素量を最適基肥窒素量とした。

試験期間中の生育概況を年次別にみると、試験を実施した2年間のうち1987年は前年末から2月上旬にかけて暖冬、4月中旬の高湿・多照により生育が促進され、

輪換畑における畑作物の窒素施肥量に関する研究

茨城県における作況指数は「106」の「良」であった。1988年は、種後から低湿・少雨傾向で初期生育は抑制気味に経過した。年明けから気温は上昇したものの、5～6月の降雨による湿害により作況指数は「96」の「やや不良」であった⁹⁾。そのため、年次により収量差の大きい圃場も認められたが、最適窒素量をみると、表層腐植質多湿黒ボク土で0.6 kg/a、中粗粒グライ土で1.0 kg/a、細粒グライ土Iで0.6 kg/a、細粒グライ土IIで0.4 kg/aであ

り、土壌型により最適窒素量は異なった。また、同一土壌型でも最適窒素量が異なるほ場もみられた。

各土壌とも、この最適窒素量より0.2 kg/a増肥した場合にはほとんど倒伏程度が3を越えた。また、0.2 kg/aの減肥では2～21%の減収となった。このことは、0.2 kg/aの幅での施肥量の差は小麦の生育に与える影響が大きいことが示唆され、基肥では0.1 kg/aの増減が診断の許容範囲であると推察された。

第1表 窒素の施用量と収量（農林61号）

(単位：kg/a)

収穫年次	追肥窒素量	表層腐植質多湿黒ボク土			中粗粒グライ土		細粒グライ土I			細粒グライ土II		細粒灰色低地土		泥炭土		
		0.6	0.8	1.0	0.8	1.0	0.6	0.8	1.0	0.6	0.8	0.4	0.6	0.4	0.6	0.8
	0	47.3	45.0	57.1▲	—	—	41.6	45.5	51.5					43.9	49.4	47.6
1987	0.2	52.0	59.5▲	58.8▲	37.2	45.2	45.7	57.4	61.0▲					50.7	49.8	55.6▲
	0.4	56.0	59.7▲	56.9▲	38.9	48.9	59.8	59.6▲	63.4▲					55.5	47.4▲	56.2▲
1988	0.2	45.8	51.0		47.6	54.7				42.2	47.5	53.7	55.2▲			
	0.4	53.7	46.8▲		56.5	57.6				44.3	50.2	56.7	52.4▲			

注) □ は窒素施肥適量、▲ は倒伏程度が3を超えるもの、追肥の時期は幼穂形成期（2月下旬）
細粒グライ土IとIIでは圃場が異なる。

2) 窒素追肥の時期および施肥量

幼穂形成期（2月下旬）の窒素追肥の増収効果は、第1表のとおりで各年次、各土壌型とも認められた。追肥窒素量については、0.2 kg/a区より0.4 kg/a区の方が増収した。0.4 kg/aの窒素追肥により、無追肥区と比較して18～43%増収した。窒素追肥をすることにより倒伏程度が増加する傾向が認められたものの、最適窒素量の範囲では倒伏程度が3を越えることはなかった。

最高分けつ期（3月下旬）の窒素追肥の効果については第2表に示した。表層腐植質多湿黒ボク土、細粒グライ土および泥炭土では最高分けつ期の窒素追肥により倒伏程度が3を越えた。しかし、中粗粒グライ土では倒伏程度が3を越えることはなく、最高分けつ期の無追肥区

と比べ5～7%の増収となった。

このように最高分けつ期の窒素追肥の効果は土壌型により異なった。これを土壌の窒素肥沃度との関連でみると、最高分けつ期の窒素追肥の効果が認められた中粗粒グライ土（最適窒素量1.0 kg/a）の無窒素区の収量は15.1～23.9 kg/aであるのに対し、倒伏した他の3土壌型（最適窒素量0.8 kg/a以下）の無窒素区の収量は29.5～38.0 kg/aであった。このことから、最高分けつ期の窒素追肥の要否は地力窒素量に支配されるものと推察され、最適窒素量が1.0 kg/a以上の圃場ではこの時期の窒素追肥の効果は認められた。

小麦の窒素吸収割合は幼穂形成期から最高分けつ期にかけて多い。また、窒素吸収速度は最高分けつ期に最も

第2表 最高分け時期(3月下旬)追肥と収量(農林61号)

(単位: kg/a)

最高分け時期 窒素追肥量 年次 基肥窒素量	中粗粒グライ土		表層腐植質多湿黒ボク土	細粒グライ土 I	細粒グライ土 II	泥炭土
	1987	1988	1988	1987	1988	1987
0	48.9	57.6	53.7	59.8	50.2	55.5
0.2	51.3	61.4	43.2▲	56.4▲	52.3▲	49.3▲

注) 各年次各土壌とも幼穂形成期(2月下旬)に窒素0.4 kg/aを追肥してある。

▲は倒伏程度3を越えるもの。細粒グライ土 I と II では圃場が異なる。

高い。したがって、小麦の栽培にあたっては最高分け時期に至る時期の適切な窒素供給がきわめて重要であるとの報告がある¹⁰⁾。本試験の追肥時期もこれと合致しており、時期として適切であると思われた。

3) 収量と窒素吸収量の関係

農林61号の収量と窒素吸収量との関係を第1図に示した。両者の間には高い相関が認められ、高収量を得るためには窒素吸収量を高める必要があることがうかがわれた。しかし、収量55 kg/aを越えると倒伏程度3を越えるものはいくつかあらわれ、60 kg/a以上ではほとんど全面倒伏に近い状況になった。同様に窒素吸収量と倒伏の関係では窒素吸収量が1.4 kg/aを越えると急激に倒伏程度が増加した。このことから、農林61号の収量の限界はおおむね60 kg/a、その窒素吸収量は1.4 kg/aと推定された。

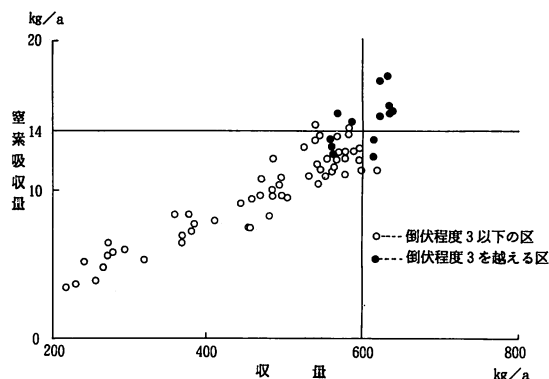
4) 施肥窒素の利用効率

窒素でラベルした硫酸アンモニウムの吸収量から、基肥および追肥窒素の利用効率を推定した。その結果を第3表に示した。施肥窒素の利用率は、基肥で48.9%、追肥では61.0%であった。また、全窒素吸収量のうち施肥窒素の占める割合をみると、基肥で35%、追肥で18%、土壌からの窒素は47%であった。

本試験での収量をアールあたりに換算すると60 kgになり、窒素吸収量は13.8 kgであった。

5) 小 括

以上のように、輪換畑小麦の適施肥量は基肥に関しては年次による変動は認められず、土壌型により異なった。



第1図 収量と窒素吸収量の関係(農林61号)

また、同一土壌型でもほ場により異なる結果が得られた。

窒素追肥の時期および窒素施肥量については、幼穂形成期(2月下旬)の窒素追肥の効果はどの土壌型でも認められ、その窒素量は0.4 kg/aが最適であった。また、中粗粒グライ土では、最高分け時期(3月下旬)に0.2 kg/aの窒素追肥の効果も認められた。

小麦の収量と窒素吸収量とは相関が認められ、農林61号の収量の限界はおおむね60 kg/a、その場合の窒素吸収量は1.4 kg/aと推定された。また、施肥窒素の利用率は基肥で48.9%、追肥で61.0%であった。

III 輪換畑小麦の基肥窒素診断法の確立

1. 目的および基本的な考え方

第3表 施肥窒素の利用率

	施肥量 (g/m ²)	窒素吸収量 (g/m ²)			窒素利用率 (%)
		茎 葉	子 実	計	
基 肥 窒 素	10.00	1.08	3.81	4.89 (35)	48.9
追 肥 窒 素	4.00	0.47	1.97	2.44 (18)	61.0
施肥窒素計	14.00	1.55	5.78	7.33 (53)	52.4

土壌由来窒素	—	1.08	5.36	6.44 (47)	—

合 計	—	2.63	11.14	13.77 (100)	—

注) 1. 基肥および追肥には重窒素でラベルした硫安 (7.09 Atom%) を用いた。

2. () 内は全吸収量のうち各窒素の比率

3. 供試土壌 中粗粒グライ土, 供試品種 農林61号

前述の適施肥量試験の結果から、土壌型により最適基肥窒素量は異なるものの、作業効率などからみた農林61号の本県での限界収量はおおむね 60 kg/a、そのときの窒素吸収量は 1.4 kg/a、追肥窒素量は 0.4 kg/a と推定した。また、小麦に対する基肥および追肥窒素の利用率もあきらかにした。これらの試験結果にもとづき、輪換畑小麦の基肥窒素診断法の確立を試みた。その基本的な考え方を第4表に整理して示した。

小麦 60 kg/a を得るための全窒素吸収量を T、土壌由来窒素量を S、基肥窒素量を F₁、その利用率を f₁、追肥窒素量を F₂、その利用率を f₂ とすると、次式のような関係が成り立つと考えられる。

$$T = S + F_1 \times f_1 + F_2 \times f_2 \quad (1)$$

全窒素吸収量(T)、追肥窒素量(F₂)、基肥および追肥窒素の利用効率(f₁およびf₂)は前述の試験で推定されており、以下のように置き換えることができる。

$$F_1 = K - a \times S \quad (2)$$

$$\left(\begin{array}{l} K = 1 / f_1 (T - F_2 \times f_2) \\ a = 1 / f_1 \end{array} \right)$$

定数Kと係数aは既知数であり、土壌由来窒素量(S)を推定することにより、最適基肥窒素量(F₁)を診断することができるがわかる。

このことから、土壌由来窒素量を推定し、それを用いて最適な基肥窒素量を診断する方法を検討した。

検討にあたっては以下のことを前提とした。

- (1) 初作圃場でも作付前に診断ができること。
- (2) 普及所等でも診断が可能なこと。
- (3) 診断方法として汎用性が高いこと。

第4表 基肥窒素診断法を確立するにあたっての基本的な考え方

品 種	農林 61 号
目標収量	60 kg/a
目標収量時の窒素吸収量	1.4 kg/a
追肥窒素量(幼穂形成期)	0.4 kg/a
基肥窒素の利用効率	48.9 %
追肥窒素の利用効率	61.0 %

2. 結果および考察

1) 土壌由来窒素量の推定

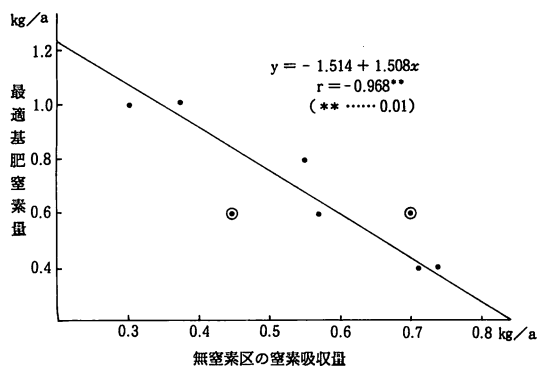
土壌由来窒素量を測定するため、土壌の窒素肥沃度の指標としてよく用いられる無窒素区における窒素吸収量を用いることとした。

まず、前述の適施肥量試験で求めた最適基肥窒素量と同一圃場における無窒素区の窒素吸収量との関係を検討した。両者の間には高い負の相関が認められ、無窒素区の窒素吸収量が高くなるにつれ最適基肥窒素量は減少する傾向を示した。このことは、前項の式(2)が利用可能で

あることを裏づけた。しかし、表層腐植質多湿黒ボク土では、最適基肥窒素量は同じであるにもかかわらず無窒素区の窒素吸収量には1.5倍の差が認められた。

本県の火山灰土壌の水田の多くは本来畑地として利用されていた。昭和30年代以降、新規開田により水田となり「陸田」と呼ばれている。沖積田では次層に耕盤があり、地下水位も高いため養分を吸収できる根群域も限られている。その点陸田では、すき床はあるもののその土壌硬度は小さく、排水は良好である。このため養分の吸収可能な根群域は下層にまでおよび、下層土のpH等により根の伸長に差を生じ、窒素の吸収ならびに生育収量に大きな影響を与えらると思われ^{8,16,20}。そのため火山灰土壌の水田は沖積田と異なり、作土層内での窒素肥沃度だけで最適基肥窒素量を推定することは困難であると思われる。また、本県水田での火山灰土壌の占める率は低く、ここでは沖積土壌についてのみ検討を加えることとした。

無窒素区の窒素吸収量が高いということは、言い換えれば土壌からの窒素供給量が高いともいえる。土壌中の窒素は大きくわけてアンモニア態および硝酸態の無機態窒素と有機態窒素とがある。大部分を占める有機態窒素



第2図 無窒素区の窒素吸収量と最適基肥窒素量との関係

(注. 農林61号, ●は表層腐植質多湿黒ボク土, 回帰式では除いて計算してある。)

は微生物の働きによって無機態に変化し、はじめて作物に吸収される。したがって無窒素区の窒素吸収量を推定するためには、無機態窒素と栽培期間中に無機化可能な有機態窒素すなわち可給態窒素を測定すれば良いということになる。

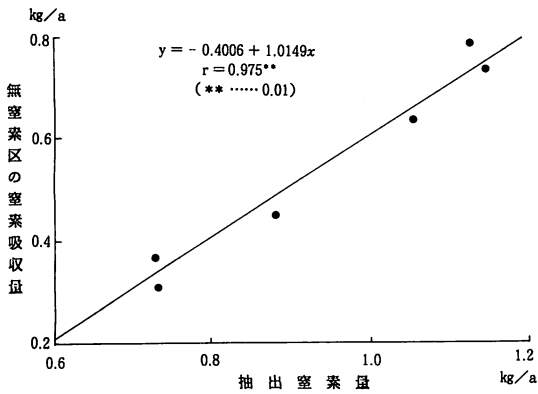
2) 可給態窒素の簡易測定方法

可給態窒素の測定方法には微生物的方法¹¹と化学的方法⁷⁾とがあるが、現在常法としては微生物的方法を用いたインキュベーション法(保温静置法)が広く用いられている。また、最近では土壌の活性化エネルギーを算出し土壌窒素の無機化量を推定する方法が検討されている¹⁸⁾。しかし、どちらの方法とも測定に時間がかかり現場対応としては土壌診断に利用しにくい。

一方、可給態窒素の簡易推定法としては、熱水抽出法、0.5 N NaOH抽出法^{14,15,16)}等いくつか検討されているが、筆者らはインキュベーション法と相関が高く、作付前に簡易かつ迅速に測定できるpH 7.0 リン酸緩衝液抽出による可給態窒素の推定法¹³⁾を用いて検討を行った。本県においては、すでにこの方法を秋播ミツバの簡易基肥診断⁹⁾に利用しており、その実用性を確認している。本法で測定される窒素はアンモニア態窒素と易分解性の有機態窒素である²⁾。播種前の土壌中の硝酸態窒素は、本県のような麦・大豆の作付体系では残存量も少ないので考慮しないこととした。

作物の吸収できる窒素量は、吸収可能な根群域内の容量により異なる。そのため秋播ミツバの基肥診断⁹⁾では作土深と仮比重から容積あたりの窒素量を求め、これを診断に用いている。

そこで本法もこれにない、作付前に採取した土壌からpH 7.0 リン酸緩衝液により抽出した窒素を作土深と仮比重から容積あたりの窒素量(以下「抽出窒素量」とする)に換算した。つぎに、この抽出窒素と無窒素区の窒素吸収量との関係を見た。その結果を第3図に示した。両者の間には高い相関が認められ、この試験で用いた土壌の肥沃度の範囲内では、抽出窒素量を測定することにより無窒素区の窒素吸収量を推定できることがわかった。



第3図 抽出窒素量と無窒素区の窒素吸収量との関係 (農林61号)

3) 基肥窒素診断法

前述の式(2)から、無窒素区の窒素吸収量が推定できれば、これと一次式の関係にある最適基肥窒素量を診断することができる。この無窒素区の窒素吸収量を抽出窒素量で評価し、最適基肥窒素量との関係を見た。その結果を第4図に示した。両者の間には高い相関が認められた。得られた回帰式および相関係数は次のとおりである。

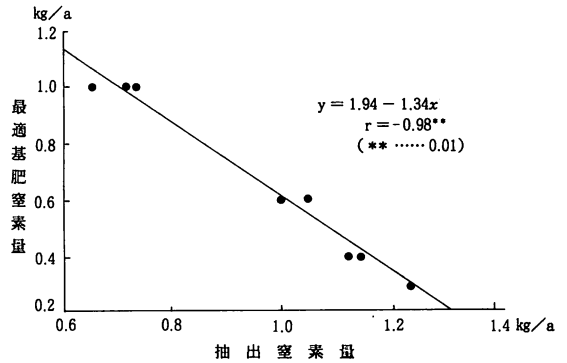
$$y = 1.94 - 1.34x \quad (3)$$

$$r = -0.98^{**} \quad (** \dots\dots 0.01)$$

(y : 最適基肥窒素量 (kg/a))
 (x : 抽出窒素量 (kg/a))

この回帰式を用いて求めた基肥窒素量と試験により得られた最適基肥窒素量とを比較した。その差は第5表のとおりで、許容範囲の±0.1kg/a以内におさまリ、抽

出窒素量を用いることにより最適基肥窒素量の診断が可能であることが示唆された。



第4図 抽出窒素量と最適基肥窒素量の関係 (農林61号)

IV 現地実証試験

1. 目的

抽出窒素量を用いた基肥窒素診断法の適応性を確認するため、農林61号を用いて現地での実証試験を行う。また、本県の準奨励品種であるニシカゼコムギとバンドウワセの適応を検討するため、同様の試験を農林61号と比較検討する。

2. 試験方法

作付前に土壌調査を行い、作土深・仮比重および採取した土壌をpH7.0リン酸緩衝液で抽出し、ケルダール

第5表 診断基肥窒素量と最適基肥窒素量 (農林61号)

(単位: kg/a)

土 壌 型	収穫年次	抽出窒素量	診断基肥窒素量	最適基肥窒素量
中粗粒グライ土	1987	0.65	1.07	1.0
〃	1988	0.73	0.96	1.0
細粒グライ土 I	1987	1.05	0.53	0.6
〃 II	1988	0.89	0.74	0.8
細粒灰色低地土	1988	1.14	0.41	0.4
泥 炭 土	1987	1.12	0.43	0.4

注) 細粒グライ土 I と II では圃場が異なる。

分解後蒸留法により窒素を測定した。これを容積あたりの抽出窒素量に換算し、式(3) ($Y = 1.94 - 1.34x$) により基肥窒素量を推定した。得られた基肥窒素量と0.2 kg/a 増減した区を設けて農林61号を栽培した。

供試した土壌は、中粗粒グライ土I (竜ヶ崎市) およびII (同市), 細粒灰色低地土I (水戸市) およびII (同市), 泥炭土 (新利根村) を用い実施した。耕種の概要については、IIの適施肥量試験と同様である。

ニシカゼコムギとバンドウワセへの適応については、両品種とも倒伏抵抗性が高いことから農林61号に対する診断基肥窒素量とそれより0.2, 0.4 kg/a の増肥区を設けた。供試土壌は、ニシカゼコムギでは中粗粒グライ土, 細粒灰色低地土, 泥炭土を用い, バンドウワセについては中粗粒グライ土, 細粒灰色低地土で実施した。その他の耕種の概要は農林61号と同様である。

3. 結果および考察

1) 農林61号における現地実証試験

診断した基肥窒素量と各施肥窒素量における収量を第6表に示した。中粗粒グライ土Iでは診断基肥窒素量が1.04 kg/a であるのに対し施肥適量は1.0 kg/a, 同IIでは1.07 kg/a が1.0 kg/a, 細粒灰色低地土では0.29 kg/a が0.3 kg/a, 同IIでは0.13 kg/a が0.2 kg/a, 泥炭土では, 0.64 kg/a が0.6 kg/a となった。これらはすべて診断値に対する許容範囲である±0.1 kg/a に収まった。これにより抽出窒素量を用いることに

よる基肥窒素量の診断法が利用可能であることが裏づけられた。

2) ニシカゼコムギおよびバンドウワセに対する診断施肥法の適応試験

ニシカゼコムギおよびバンドウワセの基肥および追肥窒素量と収量を第7表に示した。

ニシカゼコムギの施肥適量を同一圃場の農林61号の最適基肥窒素量と比較すると中粗粒グライ土で0.2~0.4 kg/a, 細粒灰色低地土で0.2~0.3 kg/a, 泥炭土で0.2 kg/a の増肥を必要とした。

同様にバンドウワセでは, 中粗粒グライ土, 細粒灰色低地土とも0.2 kg/a の増肥を必要とした。

両品種とも農林61号に対する基肥診断値に比べ増肥することにより, ニシカゼコムギでは15~28%, バンドウワセでは11~12%増収した。

追肥窒素については, ニシカゼコムギは農林61号と同様幼穂形成期に0.4 kg/a の施肥が最適であった。バンドウワセでは追肥窒素量は0.4 kg/a 区のみを設置であったが, 実施した両ほ場とも収量は60.0 kg/a を越えており, 最適であろうと推定された。

以上のことから, ニシカゼコムギおよびバンドウワセの両品種の最適基肥窒素量は農林61号に比べニシカゼコムギで0.2~0.4 kg/a, バンドウワセで0.2 kg/a の増肥が必要であり, 基本的に農林61号と同様の手法で施肥窒素量の診断が可能であった。

第6表 現地実証試験での基肥窒素の施肥量と収量 (農林61号)

(単位: kg/a)

土 壤 型	中粗粒グライ土I		中粗粒グライ土II		細粒灰色低地土I		細粒灰色低地土II		泥 炭 土		
診断基肥窒素量	1.04		1.07		0.29		0.13		0.64		
基 肥 窒 素 量	1.0	1.2	1.0	1.2	0.3	0.5	0.2	0.4	0.4	0.6	0.8
収 量	42.4	31.3▲	64.0	64.7	66.6	66.7	56.5	58.4▲	44.2	48.8	48.2

注) □ は施肥適量, ▲ は倒伏程度が3を越えるもの。

幼穂形成期 (2月下旬) に窒素0.4 kg/a を追肥してある。

中粗粒グライ土I およびII, 細粒灰色低地土I およびII では圃場が異なる。

輪換畑における畑作物の窒素施肥量に関する研究

第7表 窒素施肥量と収量（ニシカゼコムギ・バンドウワセ）

(単位: kg/a)

品種 土壤型 基肥窒素量 追肥窒素量	ニシカゼコムギ										バンドウワセ					
	中粗粒 グライ土I		中粗粒 グライ土II		細粒灰色 低地土I		細粒灰色 低地土II		泥炭土		中粗粒 グライ土II		細粒灰色 低地土II			
	1.0	1.2	1.0	1.2	0.6	0.8	0.4	0.6	0.8	0.6	0.8	1.2	1.4	0.4	0.6	0.8
0.2					66.6	73.4▲				41.8	44.9					
0.4	63.9	66.3	60.8	68.8	72.2	72.3▲	40.6	52.1	51.5▲	50.7	55.4	64.0	64.7	70.5	69.4	71.9
農林61号の 施肥適量	(1.0)		(1.0)		(0.3)		(0.2)			(0.6)		(1.0)		(0.2)		

注) □ は施肥適量, ▲ は倒伏程度が3を越えるもの, () 内は同一圃場の農林61号の施肥適量
中粗粒グライ土IおよびII, 細粒灰色低地土IおよびIIでは圃場が異なる。

V まとめ

以上の結果から、輪換畑での小麦（農林61号、ニシカゼコムギ、バンドウワセ）の作付前の施肥窒素診断の手順を整理して第5図に示した。

作付前に土壤断面を調査し、作土深を測定するとともに、コアで作土層をサンプリングし仮比重を測定する。また、作土層の土壤を採取する。風乾細土をpH7.0リン酸緩衝液により抽出し、ケルダール分解、蒸留法により窒素を定量する。作土深、仮比重から容積あたりの土量を算出し、定量した窒素量とにより容積あたりの抽出窒素量を求める。求めた抽出窒素量から下記の式を用いて基肥窒素量を計算する。

$$y = 1.94 - 1.34x$$

$$\begin{pmatrix} y : \text{最適基肥窒素量 (kg/a)} \\ x : \text{抽出窒素量 (kg/a)} \end{pmatrix}$$

これは農林61号の最適基肥窒素量であるのでニシカゼコムギではさらに0.2~0.4kg/a、バンドウワセでは0.2kg/aの増肥を必要とする。

追肥については、幼穂形成期（2月下旬）に0.4kg/a窒素を施肥する。地力の低いほ場（最適基肥窒素量が1.0kg/a以上）ではさらに最高分け時期（3月下旬）に0.2kg/aの窒素を施肥する。

VI 摘要

土壤窒素肥沃度の異なる県内の代表的な輪換圃場において、小麦（農林61号・ニシカゼコムギ・バンドウワセ）の基肥および追肥窒素の適量とその作付前の診断法を検討した。

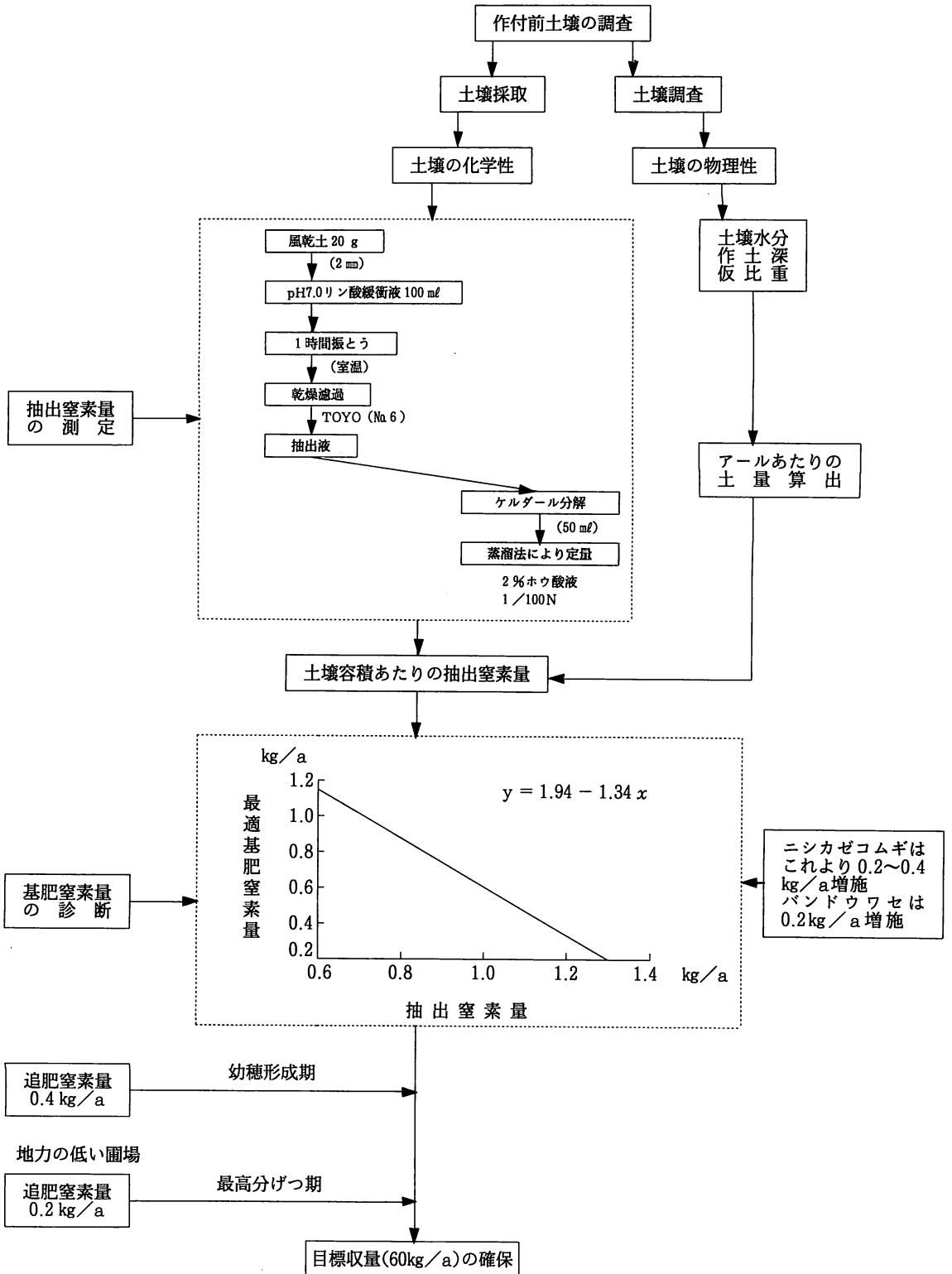
1. 収量と倒伏程度からみた農林61号の最適基肥窒素量は年次による変動は少ないものの、土壤の窒素肥沃度により異なった。

2. 幼穂形成期（2月下旬）の窒素追肥の効果はどの土壤型でも認められ、その追肥窒素量は0.4kg/aが最適であった。また、地力の低いほ場（最適基肥窒素量が1.0kg/a以上の圃場）ではさらに最高分け時期（3月下旬）に0.2kg/aの追肥の効果認められた。

3. 収量と窒素吸収量とは密接な関係があり、農林61号の収量の限界は60kg/a、その場合の窒素吸収量はおおむね1.4kg/aと推定された。

4. 重窒素でラベルした硫酸アンモニウムを用いて施肥窒素の利用率をみると、中粗粒グライ土では基肥で48.9%、幼穂形成期の追肥で61.0%であった。また全窒素吸収量のうち各由来別窒素の占める割合は、基肥が35%、追肥が18%、土壤由来は47%であった。

5. 小麦の全窒素吸収量をT、基肥窒素量をF₁、その利用率をf₁、追肥窒素量をF₂、その利用率をf₂、



第5図 輪換畑小麦の作付前施肥窒素診断のフローチャート

土壌由来窒素量をSとすると以下の関係が得られた。

$$F_1 = K - a \times S$$

$$\left(\begin{array}{l} K = 1 / f (T - F_2 \times f_2) \\ a = 1 / f \end{array} \right)$$

これをもとに土壌由来窒素量を推定すれば最適基肥窒素量を診断できることがわかった。

6. pH7.0 リン酸緩衝液により抽出した窒素量を作土深と仮比重から容積あたりの窒素量(抽出窒素量)に換算した。抽出窒素量とその圃場における農林61号の最適基肥窒素量との関係を一次式で求めた結果は次のとおりであった。

$$y = 1.94 - 1.34x$$

$$\left(\begin{array}{l} y = \text{最適基肥窒素量 (kg/a)} \\ x = \text{抽出窒素量 (kg/a)} \end{array} \right)$$

7. この式を使って得られた最適基肥窒素量と現地試験との結果はほぼ一致し、ここで得られた抽出窒素量を用いて基肥窒素量の診断法へ利用することが可能であることが裏づけられた。

8. ニシカゼコムギおよびバンドウワセは農林61号と同様の手法で窒素施肥量の推定が可能であった。両品種とも農林61号に比べ倒伏抵抗性が強いので、基肥でニシカゼコムギでは0.2~0.4 kg/a, バンドウワセで0.2 kg/aの増肥が必要であった。

謝 辞

本研究をおこなうにあたり、農試管理部笹沼照子氏、高柿つる江氏、綿引克巳氏、宇留野千香子氏には作物の生育管理、調査および分析に御協力いただいた。また、土壌肥料部、竜ヶ崎試験地、作業技術部、作物部の関係各位には貴重な助言をいただいた。ここに記して感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 江口久夫(1983):小麦の多収・良質化のための窒素施肥法, 農及園 58-6, 790~794
- 2) 樋口太重(1982):緩衝液で抽出される有機窒素化合物の性質について, 土肥誌 53-1, 1~5

- 3) 茨農試土肥部(1986):土壌環境基礎調査(定点調査)成績書
- 4) 茨城県農林水産部(1990):普通作物耕種基準
- 5) 今泉諒俊・北村秀教(1989):土壌窒素発現量に基づく水稲の施肥適量の推定, 農及園 64-8, 939~944
- 6) 加藤弘道・小川吉雄・本田宏一・高井 昭(1987):可給態窒素を指標とした秋播ミツバの施肥法, 土肥要旨集 33, 119
- 7) KENNEY, D. R. and BREMMER, J. M. (1966): Comparison and evaluation of laboratory methods of obtaining and index of soil nitrogen availability, Agron. J. 58, 498~503
- 8) 喜田村俊明・庄子貞雄・尾形佳彦(1986):パーレー種タバコに対する黒ボク土下層からの無機態窒素の供給について, 土肥誌 57-4, 414~417
- 9) 三田村剛・鯉淵幸治・中川悦男・石原正敏(1990):表皮準奨励品種「マサカドムギ」について, 茨農試研報 30, 1~9
- 10) 深山政治・勝木田博人・斉藤研二(1989):コムギの生育時期別最適窒素保有量と出穂以降の窒素吸収について, 土肥誌 60-2, 106~115
- 11) 農林水産省農産園芸局農産課編(1979):土壌, 水質及び作物体分析法, 84~85
- 12) 小川吉雄・石川 実・吉原 貢・石川昌男(1979):火山灰畑地からの窒素の流出に関する研究, 茨農試特別研報, 41~71
- 13) 小川吉雄・加藤弘道・石川 実(1989):リン酸緩衝液抽出による可給態窒素の簡易推定法, 土肥誌60-2, 160~163
- 14) 六本木和夫・秋本俊夫(1987):畑土壌における可給態窒素の簡便な評価法, 土肥要旨集 33, 267
- 15) 六本木和夫・秋本俊夫・林 雄(1987):畑土壌における可給態窒素の簡便な評価法-0.5 NNaOH分解窒素との関係, 土肥要旨集 33, 119
- 16) 三枝正彦・庄子貞雄・酒井 博(1983):黒ボク土下層の酸性がムギ類の施肥窒素吸収と生育収量にお

- よぼす影響, 土肥誌 54-6, 460~466
- 17) 下野勝昭 (1985) : 北海道の秋播コムギ栽培における合理的な窒素管理技術, 土肥誌 56-1, 62~64
- 18) 杉本 進・金野隆光・石井和夫 (1986) : 土壌中における有機態窒素無機化の反応速度論的解析法, 農環研報 1, 127~166
- 19) 鈴木則夫・松浦英之・望月一男・堀内正美 (1988) : 畑土壌における地力窒素の簡易測定法とその活用, 土肥要旨集 34, 120
- 20) 庄子貞雄・三枝彦彦・後藤 純 (1986) : 黒ボク土下層の酸性状態とソルガムの窒素吸収および生育について, 土肥誌 57-3, 264~271
- 21) 武田元吉 (1976) : 生育のステージと生理生態, 農業技術大系・作物編・麦 4, 基48~基50
- 22) 丹野文雄・飯島正光 (1989) : 水稻の栄養診断と予測技術に関する研究, 福島農試研報 30, 1~10
- 23) 山本富三・久保田忠一 (1986) : 速度論的解析による水田土壌の窒素無機化特性, 土肥誌 57-5, 481~486
- 24) 上野正夫・大竹俊博 (1988) : 土壌窒素有効化パターンの解析と水稻の窒素栄養診断法, 農及園 63-9, 1053~1057

Summary

The experimental result can be summarized as follows.

1. Judging from the grain yield and degree of lodging in the wheat experiments wheat crop (NORIN 61 GOU), the variation over years was small and the variation over soil types in the optimum amount of nitrogen content in the basic fertilizer.

2. The top dressing of nitrogen fertilizer at stage of the formation of young head (late february) was effective on all five type of soil examined, the amount of which was the most optimum at the level of which was the most optimum at the level of 0.4 kg/a.

On the experimental field, in the low level of soil fertility, the effect of top dressing of nitrogen fertilizer, 0.2 kg/a, was recognized at the stage of maximum tillering (late march).

3. Grain yields were closely with the amounts of nitrogen absorbed by wheat plants.

In this experiment the highest grain yield of wheat (NORIN 61 GOU) was 60kg/a, the amount of nitrogen absorbed was 1.4 kg/a.

4. The rate of nitrogen fertilizer utilized by plants was 48.9% in case of basic fertilizer applied MEDIUM & COARSE TEXTURED GREY SOILS, and 61.0% in case of the top dressing at the stage of the formation of young head.

35% of the total nitrogen absorbed by plants was derived from the basic fertilizer, 18% from the top dressing, and 47% from the soil in the root sphere.

5. The most optimum amount of basic nitrogen fertilizer, F_1 , can be evaluated through the following formula :

$$F_1 = K - a \times S$$

$$\left(\begin{array}{l} K = 1 / f_1 (T - F_2 \times f_2) \\ a = 1 / f \end{array} \right)$$

輪換畑における畑作物の窒素施肥量に関する研究

T : the total amount of nitrogen absorbed by plants

f_1 : the utilization rate of basic nitrogen fertilizer

F_2 : the top dressing of nitrogen

f_2 : the utilization rate of top dressing

S : the amount of nitrogen come from soil to be estimated

6. The amount of nitrogen per the unit volume of soil in root sphere was evaluated by the amount of nitrogen extracted by the phosphate buffer solution (pH 7.0) .

In case of NORIN 61 GOU, the linear regression equation of the most optimum amount of basic nitrogen fertilizer on the nitrogen amount in the root sphere was as follows :

$$Y = 1.94 - 1.34 x$$

7. The most optimum amount of basic nitrogen fertilizer, correspond to the experimental results in the field.

8. In case of other wheat varieties, NISHIKAZE KOMUGI and BANDO WASE, the optimum amount of basic nitrogen fertilizer was estimated in the same method as in NORIN 61 GOU.

Both varieties were more resistant to the lodging than NORIN 61, therefore, NISHIKAZE KOMUGI requested more basic nitrogen by 0.2 ~ 0.4 kg/a, and BANDO WASE by 0.2 kg/a.