

コシヒカリの窒素施肥反応と適正保有量

藤原耕治*・古山光夫*・山根忠昭**

Response of Rice Variety "Koshihikari" to
Nitrogen Application and Optimum Total Nitrogen
in the Plant for Stable Grain Production

Koji FUJIHARA, Mitsuo FURUYAMA and Tadaaki YAMANE

目 次

I 緒 言	15	2. 窒素施肥に対するコシヒカリの反応	18
II 試験方法	16	3. コシヒカリの適正窒素保有量	22
1. 試験地の土壌条件	16	4. 施肥窒素の利用率と施肥量の決定	25
2. 処理内容と栽培条件	16	5. 窒素保有量の簡易推定法	27
3. 調査及び分析方法	16	IV 摘 要	27
III 試験結果および考察	17	引用文献	28
1. 試験地水田土壌の窒素供給力と水稻生育	17	Summary	29

I 緒 言

食味のよい米に対する消費志向の高まりを背景に、島根県においてもコシヒカリの作付面積が年々増加し、1985年には全水稻作付面積の30%を占めるに至った。その後、転作面積の増加や米価水準の引き下げに伴って、価格面で有利なコシヒカリの作付け拡大が急速に進み、1989年の作付面積は14,400ha、その割合は54.8%に達した。

しかし、コシヒカリは長稈で倒伏しやすく、日本晴のような強稈で耐肥性の強い品種に比較して窒素の適正必要量の幅が狭いことから、安定して高い収量をあげるためには、その地帯の気象条件及び土壌条件に応じた適切な施肥管理技術が要求される。なかでも、土壌窒素供給力に応じて窒素を過不足なく効果的に施用

することが重要であり、それにはまず目標収量に対する水稻の適正窒素保有量を生育過程に即して明らかにする必要がある。この適正窒素保有量と土壌からの窒素供給量がわかれば、両窒素量の差から施肥の必要量(適正量)が算出でき、効率的な施肥が可能となる。

すでに、深山ら^{6,7)}は千葉県の奨励品種について最適窒素保有量に基づいた品種別施肥基準を策定し、その有効性を認めている。また、上野ら¹⁴⁾は窒素保有量を水稻の生育診断指標と見なし、これと土壌窒素無機化予測法を組み合わせた施肥診断システムを提案している。一方、同一品種であっても窒素保有量の適正水準(又は適正吸収パターン)は地域によって異なることが判明しつつある⁸⁾が、西日本におけるコシヒカリの適正窒素保有量についてはほとんど報告されていない。温暖地の西部に位置する本県のコシヒカリ栽培について、水稻の適正窒素保有量を明らかにすること

* 土壌肥料科

** 元土壌肥料科

ができれば、当地域におけるコシヒカリの施肥管理指針策定のための理論的根拠が得られると同時に、窒素吸収経過からみた本県コシヒカリの施肥管理上の地域的特徴も明確になると考える。

筆者らはこのような観点から、1981～85年にかけて、現地試験によりコシヒカリの窒素施肥に対する反応(レスポンス)について検討した。また、当地域において10アール当り550～600kgの収量を安定的に得るための適正窒素保有量を明らかにし、これに基づく適正施肥量の算出を試みた。ここに、得られた知見をまとめて報告する。

II 試験方法

1. 試験地の土壌条件

出雲市大島町の水田において、1981～85年までの5年間現地試験を実施した。供試水田は神戸川の沖積地にあり、排水は中庸で、土壌類型区分としては中粗粒灰色低地土・灰色系(加茂統)に属する。試験地水田土壌の性質を第1表に示す。作土及び次層の土性は埴壤土(CL)で、土壌のアンモニア生成量は19.5mgと易分解性有機物量のかかなり高い水田である。

2. 処理内容と栽培条件

試験区は1区面積19～25㎡の2連制とした。施肥量は1アール当り窒素(N)0～1.2kg、リン酸(P₂O₅)0.8kg、カリ(K₂O)0.8kgとし、それぞれ塩安、苦土重焼りん、塩化カリで施用した。箱育苗したコシヒカリの稚苗を5月2～8日に本田へ機械移植した。1㎡当りの栽植密度は1981及び1983年が18.5株、1982年が23.8株、1984及び1985年は20.8株であった。

窒素の施肥法については基肥と穂肥への分施を基本とした。基肥は代かき時に全層施用し、穂肥は原則として出穂20日前と10日前の2回に分けて等量ずつ施用した。窒素施用試験では基肥と穂肥への配分割合を一定にした条件で、窒素の総施用量を変えた場合の水

稲の反応について検討した。窒素の配分割合は当地域の標準的な配分割合(40:60)とした。窒素施用量は1981年が0, 0.4, 0.6, 0.8kg/aの4水準、1982年はこれに1.0, 1.2kgを加えた6水準、1983～85年は0, 0.6, 0.8kgの3水準であった。

また、1984, 1985年には施肥配分試験を実施し、基肥と穂肥の配分割合を40:60から20:80の範囲で変えた場合の効果を検討した。更に、1983年には基肥を表層と側条に施用し、窒素の肥効を全層施肥と比較した。

3. 調査及び分析方法

収量は1区4㎡の部分刈りにより調査した。生育及び収量構成要素はいずれも常法により調査した。稲体乾物重は、分けつ期、幼穂形成期、出穂期及び成熟期に平均茎数株を1区当り4～6株抜き取り、地上部のみについて60℃で熱風乾燥し、部位別に乾物重を測定した。稲体窒素濃度は、常法により粉碎した試料についてケルダール法により定量した。

差引法による基肥及び穂肥窒素利用率の算出は既往の方法に従った。これとは別に重窒素(¹⁵N)トレーサー法を用いて施肥窒素の利用率を求めた。1982年には現地水田に90×45cmの木枠(無底)を設置し、コシヒカリの稚苗を5月4日に手植えした。栽植密度は1株3本植えて22.2株/㎡であった。基肥窒素施用量は3.2g/㎡、穂肥窒素施用量は4.8g/㎡であり、穂肥は出穂20日前と10日前に2.4gずつ施用した。穂肥由来窒素の吸収量を調査するため、穂肥には¹⁵N標識硫酸(5.05 atom%)を施用した。P₂O₅とK₂Oはそれぞれ8g/㎡を苦土重焼りんと塩化カリで施用した。更に、1983年は現地水田に60×45cmの木枠(無底)を設置し、基肥に¹⁵N標識硫酸を施用して水稲による基肥由来窒素の吸収量を調べた。基肥窒素施用量は2.4g/㎡であり、施肥位置による利用率の違いを検討するため、全層施用区のほかに表層施用区及び側条施用区を設けた。穂肥施用量は3.6g/㎡であり、出穂20日前と10日前に1.8gずつ施用した。移植日は5月6日で、

第1表 試験地水田土壌の性質

層位	粒径組成(%)			土性	T-C (%)	T-N (%)	腐植 (%)	CEC (me/100g)	アンモニア生成量* (mg/100g)	リン酸吸収係数	遊離鉄 (%)
	砂合計	シルト	粘土								
1 (0～13cm)	52.7	31.9	15.4	CL	2.32	0.23	4.00	15.8	19.5	763	0.53
2 (13～26cm)	46.9	36.8	16.3	CL	1.81	0.18	3.13	15.5	14.0	790	0.59

* 風乾土を灌水密栓し、30℃で4週間培養

この他の栽培条件は1982年と同様である。水稲の抜き取りは兩年とも成熟期に行い、地上部のみについて窒素含量と重窒素の存在比を測定した。重窒素存在比の測定は発光分光法¹⁹⁾によった。

III 試験結果および考察

1. 試験地水田土壌の窒素供給力と水稲生育

1) 試験期間の気象条件と水稲生育

第2表に各試験年次の水稲生育期間における平均気温と日照時間を平年と対比して示した。本試験を実施した1981～85年までの5年間は気象条件の変動が大きく、水稲の生育にも顕著な年次変動がみられた。

1981年は分けつの発生が抑えられ、成熟期の穂数及び総粒数も少なかった。その原因は、活着期から分けつ期にかけての低温と日照不足のためと考えられる。1982年は、分けつの発生は順調で、穂数及び総粒数とも多かったが、登熟が劣った。その原因としては、5～6月の日照が多かったものの、生育後半の日照が不足したためと考えられる。1983年は初穂の生育や登熟

が順調に進まず、米粒の肥大及び充実が悪かった。これは7～8月の日照不足が原因と考えられる。1984年は初穂の生育と充実が良く、平年を大幅に上回る多収年となった。その原因は、生育全期間にわたって好天に恵まれ、特に7～8月が高温多照であったためと考えられる。1985年は茎数が不足し、成熟期の穂数は5年間で最も少なかった。これは分けつ期の日照不足が原因と考えられる。

第3表、第4表にはそれぞれ無窒素区と窒素施肥区におけるコシヒカリの窒素保有量、収量および収量構成要素を示した。

なお、本報では、既往の報告^{3, 6)}にならって、水稲がある生育時期までに吸収し、その時点において保有している単位は場面積当りの窒素量を窒素保有量とし、時間的推移を含む動的表現である窒素吸収量と区別して用いた。また、窒素施肥区の窒素施用量は0.8kg/aであり、これは後述するように施肥適量幅の上限に当たる量である。

無窒素区及び窒素施肥区における5年間の平均収量はそれぞれ44.7, 55.8kg/aであり、窒素施肥による

第2表 試験期間の平均気温及び日照時間

年次	平均気温(℃)					日照時間(h)				
	5月	6月	7月	8月	9月	5月	6月	7月	8月	9月
1981	15.9	20.6	26.4	25.6	20.4	187	109	169	203	152
1982	17.9	20.1	23.3	25.4	20.5	225	199	136	150	113
1983	17.3	20.3	24.0	26.5	22.9	199	167	142	161	124
1984	16.2	22.7	26.2	27.3	22.0	214	132	159	216	133
1985	17.5	20.7	25.9	28.3	23.3	168	102	170	239	132
平年	16.9	20.8	25.2	26.2	22.0	196	152	169	208	151

第3表 無窒素区におけるコシヒカリ稲体窒素保有量と収量及び収量構成要素

年次	N保有量(kg/a)			玄米重(kg/a)	穂数(本/㎡)	㎡当り総粒数(×100)	登熟歩合(%)	玄米千粒重(g)
	幼穂形成期	出穂期	成熟期					
1981	0.40	0.46	0.70	43.4	312	212	93.6	21.4
1982	0.43	0.65	0.71	44.3	371	246	88.0	20.5
1983	0.41	0.60	0.78	43.8	366	242	91.2	19.9
1984	0.38	0.67	0.75	49.5	352	237	94.7	22.1
1985	0.27	0.54	0.70	42.4	263	229	89.2	20.8
5ヵ年平均	0.38	0.58	0.73	44.7	333	233	91.3	20.9
C.V.(%)	14.9	13.1	4.4	5.6	12.2	5.2	2.8	3.6

第4表 窒素施肥区におけるコシヒカリ稲体窒素保有量と収量及び収量構成要素

年次	N 保有量 (kg/a)			玄米重 (kg/a)	穂数 (本/m ²)	m ² 当り総籾数 (×100)	登熟歩合 (%)	玄米千粒重 (g)
	幼穂形成期	出穂期	成熟期					
1981	0.55	0.99	1.12	56.0	396	260	92.5	22.6
1982	0.62	1.17	1.21	57.6	476	357	76.0	21.3
1983	0.55	1.12	1.15	52.2	447	339	80.2	19.3
1984	0.55	1.06	1.11	64.9	418	306	94.3	22.5
1985	0.43	1.07	1.23	48.3	346	330	69.8	21.0
5カ年平均	0.54	1.08	1.16	55.8	417	318	82.6	21.3
C.V.(%)	11.4	5.6	4.1	10.0	10.6	10.5	11.5	5.6

注) N施肥量 0.8kg/a (施肥配分 基肥 40%, 穂肥 60%)

増収率は平均25%であった。収量の年次変動係数は無窒素区に比べ窒素施肥区で明らかに大きい傾向が認められた。これは窒素施肥区で総籾数と登熟歩合の変動が大きいためである。また、窒素施用の有無にかかわらず穂数の変動が大きいのは、栽植密度が年次によって異なること、活着期から分けつ期にかけての生育量の年次変動が大きいことが原因であり、温暖地においても初期生育の良否がその後の生育相に影響し、収量の不安定要因になることを示唆している。

窒素施肥区で最も年次変動の大きい収量構成要素は登熟歩合であり、コシヒカリの安定生産には登熟向上を重視した技術対応が必要であることを示している。登熟歩合は登熟期間の気象条件に支配される面が強いが、一方で穎花数や受光態勢及び倒伏程度など稲体要因と密接に結びついている。したがって、耐倒伏性の小さいコシヒカリの栽培では、許容される倒伏程度の範囲内で適正な総籾数をいかに安定的に確保するかが技術的課題となる。

2) 試験地水田の土壌窒素供給力

水田土壌の窒素供給力は無窒素で栽培した水稻の成熟期の窒素保有量によって評価することができる。本試験を実施した現地水田の無窒素区における成熟期の稲体地上部窒素保有量は0.70~0.78kg/aの範囲にあり(第3表)、5年間の平均値は0.73kg/aであった。

また、無窒素区における生育時期別の窒素吸収経過をみると、移植期から幼穂形成期までに0.38kg/a、幼穂形成期から出穂期までに0.20kg/a、出穂期から成熟期までに0.15kg/a(いずれも地上部の吸収量で、5年間の平均値)吸収しており、時期別の吸収割合は

それぞれ52.1, 27.4, 20.5%であった。一方、窒素施肥区における成熟期の稲体地上部窒素保有量は5年間の平均で1.16kg/aであり(第4表)、このうち移植期から幼穂形成期までに0.54kg/a、幼穂形成期から出穂期までに0.54kg/a、出穂期から成熟期までに0.08kg/a吸収しており、時期別の吸収割合はそれぞれ46.6, 46.6, 6.9%であった。

2. 窒素施肥に対するコシヒカリの反応

1) 窒素施肥量に対する反応

前節で述べたように本試験を実施した5年間は水稻の作柄の変動が特に大きく、多収の年と低収の年では窒素施肥区で15kg/a内外の収量差がみられた。このような収量水準の違いにもかかわらず、コシヒカリの窒素施肥反応については、各年次ともほぼ同様の傾向が認められた。すなわち、窒素の施肥配分を一定(基肥:穂肥=40:60)にした条件での総窒素施肥量と収量及び収量構成要素の関係をみると、第5表に示すように窒素施肥量が0.6kg/a付近まではわら重、籾重及び面積1m²当り総籾数の増加に伴って玄米収量も高まるが、それ以上の施肥量では総籾数の増加分が登熟歩合の低下によって相殺され、収量は横ばいとなった。また、窒素0.6kg/aと0.8kg/aで収量を比較すると、年次によって0.6kg/aが勝る場合と0.8kg/aが勝る場合があったが、その差は全般に小さく、5年間の平均では両者の間にほとんど差がなかった。更に第6表に示すように、出穂期までの乾物生産量は窒素施肥量が多いほど勝るが、子実生産に対する寄与率の大きい出穂後の乾物生産量は窒素0.8kg/aで最大となり、それ以上の施肥量ではかえって低下する傾向がみられた。

第5表 窒素施肥量がコシヒカリの収量及び収量構成要素に及ぼす影響 (1982年)

N施肥量 (kg/a)	わら重 (kg/a)	籾重 (kg/a)	籾/わら	玄米重 (kg/a)	同左比	穂数 (本/m ²)	m ² 当り総籾数 (×100)	登熟歩合 (%)	玄米千粒重 (g)
0	50.8	58.6	1.15	44.3	100	371	246	88.0	20.5
0.4	59.4	71.3	1.20	52.5	119	400	306	81.3	21.2
0.6	66.1	76.4	1.16	56.5	128	452	331	80.4	21.2
0.8	70.4	79.7	1.13	57.6	130	476	357	76.0	21.3
1.0	75.0	80.7	1.08	56.8	128	484	382	70.4	21.3
1.2	76.7	81.5	1.06	57.2	129	492	390	68.7	21.3

注) Nの施肥配分 基肥 40%, 穂肥 60%

第6表 窒素施肥量がコシヒカリの乾物生産に及ぼす影響 (1982年)

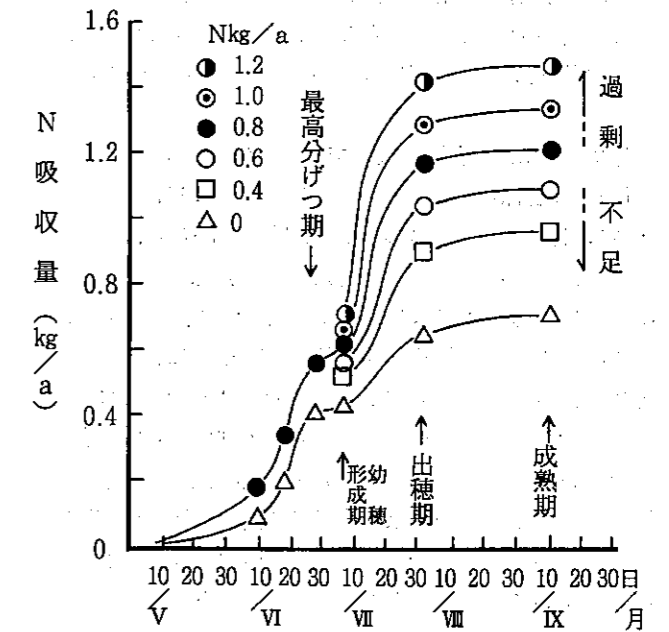
N施肥量 (kg/a)	葉身N濃度 (%)		出穂期の葉身乾物重 (g/m ²)	乾物重 (kg/a)		出穂期~成熟期の乾物生産量 (kg/a)
	幼穂形成期	出穂期		幼穂形成期	出穂期	
0	2.03	1.82	193	34.0	68.5	32.1
0.4	2.02	2.20	225	41.9	77.0	43.1
0.6	1.95	2.36	234	46.9	84.0	49.3
0.8	1.99	2.50	247	49.4	86.2	52.8
1.0	2.03	2.54	269	52.5	92.9	50.7
1.2	2.02	2.53	291	55.6	95.7	48.1

これは過繁茂の影響で受光能率が低下したためと考えられる。なお、このときの出穂期葉身窒素濃度は2.50%、1m²当り葉身乾物重は247gであった。

上記の結果からみて本試験田におけるコシヒカリに対する施肥窒素の適量は0.6~0.8kg/aの範囲にあり、そのうち基肥窒素の適量は0.24~0.32kg/aの範囲にあると判断される。

第1図にコシヒカリの窒素吸収経過を施肥水準別に示した。施肥の適量と考えられる0.6~0.8kg/aの窒素を施用した水稻の地上部窒素保有量は幼穂形成期で0.56~0.62kg/a、出穂期で1.04~1.17kg/a、成熟期で1.09~1.21kg/aであった。また、1981~85年の平均でみると、窒素0.8kg/a施用の場合幼穂形成期が0.54kg/a、出穂期が1.08kg/a、成熟期が1.16kg/aであった(第4表)。

丹野ら¹²⁾は福島県農業試験場の水田(細粒灰色低地土)において、60kg/aの収量水準にあるコシヒカリの地上部窒素保有量を調査し、幼穂形成期0.52kg/a、出穂期0.96kg/a、成熟期1.33kg/aと



第1図 窒素施肥水準とコシヒカリの窒素吸収経過 (1982年)

第7表 窒素の施肥配分がコシヒカリの収量及び収量構成要素に及ぼす影響

年次	N施肥量 (kg/a)	配分(%)		わら重 (kg/a)	籾重 (kg/a)	籾/わら	玄米重 (kg/a)	同左比	穂数 (本/m ²)	m ² 当り総穂数 (×100)	登熟歩合 (%)	玄米千粒重 (g)
		基肥	穂肥									
1984	0.6	40	60	70.8	79.7	1.13	65.1	100	399	294	96.5	23.0
		30	70*	75.6	84.1	1.11	67.8	104	435	320	94.1	22.6
	0.8	40	60	73.5	80.4	1.09	64.9	100	418	306	94.3	22.5
		30	70	78.8	87.5	1.11	70.7	109	402	333	93.5	22.8
1985	0.6	40	60	62.7	70.1	1.12	50.8	100	331	317	76.2	21.1
		30	70	58.0	66.8	1.15	47.8	94	348	310	73.5	21.0
	0.8	40	60	64.1	69.4	1.08	48.3	95	346	330	69.8	21.0
		30	70	63.6	66.9	1.05	46.3	91	373	326	67.9	20.9

* 出穂25日前施用

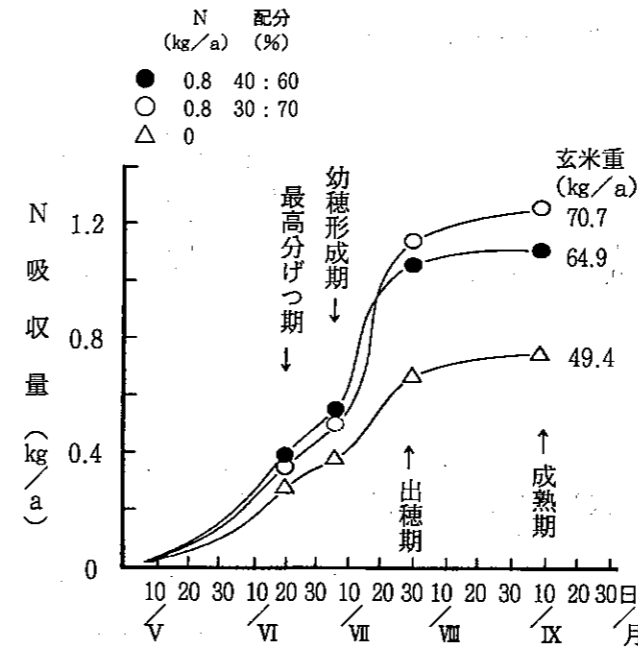
いう値(平均値)を得ている。また、北田²⁾は石川県の細粒ライ土水田と細粒灰色低地土水田合わせて105点のコシヒカリについて、収量水準別の窒素吸収パターンを求めている。それによると、細粒灰色低地土水田における収量55~60kg/a水準の地上部窒素保有量(平均値)は、幼穂形成期で0.54kg、出穂期で0.89kg、成熟期で1.12kgであった。これを筆者らの得た窒素0.6~0.8kg/a施用におけるコシヒカリの窒素保有量と比較すると、幼穂形成期までの窒素吸収量は丹野らや北田の得た値とあまり差はないが、幼穂形成期から出穂期にかけての窒素吸収量は筆者らの値が多く、出穂期の窒素保有量は丹野ら及び北田の値に比べて筆者らの得た値の方が多く特徴がみられた。しかし、出穂期以降の吸収量は筆者らの値の方が少なかった。

先に述べた丹野らの試験では、平均収量(1982~84年)は62.1kg/aであり、m²当り穂数は447本、総穂数は31,500粒、登熟歩合は83.4%、千粒重は22.5gであった。これを筆者らの得た結果と比較すると、総穂数では大きな差はないが、登熟歩合は丹野らの値がやや高いことと千粒重が1g程度重いために、玄米重で10%程度の差が生じている。また、出穂期における単位窒素保有量当りの籾数生産能率は明らかに丹野らの値の方が高く、同じ品種であっても同数の籾数を確保するのに本県の方がより多くの窒素を必要とすること、したがって同等の収量を得るのに繁茂量が大きくなりやすいことを示唆している。本県平坦部におけるコシヒカリの栄養生長期間の平均気温は福島県より1~2℃高く、両県の気象条件の違いが窒素の籾数生産能率に影響しているものと推察される。

2) 窒素施肥配分に対する反応

施肥窒素の総量のうち40%を基肥に、残り60%を穂肥に施用すると、前項で述べたように窒素総量が0.6~0.8kg/a付近で収量は限界に達した。その原因は基肥窒素の増加に伴ない栄養生長量が大きくなり過ぎたことにあると判断し、基肥への配分割合を減らすことによって収量の停滞傾向が改善されるかどうかを検討した。

第7表に示すように、気象条件に恵まれた1984年においては、基肥：穂肥の割合が30：70の場合に顕著な増収効果が認められた。しかも、窒素0.6kg/aと0.8kg/aでは明らかに0.8kg/aの収量が高く、0.8kg/a施用で最高70.7kg/aの多収が得られた。70.7kg/aの多収を得た時の窒素吸収パターンを第2図に示した。窒素0.8kg/a区の地上部窒素保有量を生育時期別にみると、最高分けつ期(6月20日)が0.35kg/a、幼穂形成期が0.50kg/a、出穂期が1.14kg/a、成熟期が1.26kg/aであり、基肥：穂肥の割合が40：60の場合に比較して幼穂形成期までの吸収量が少なく、それ以降の吸収量が多いパターンとなっている。これを本県における多収水準の窒素吸収パターンと見なし、北田²⁾の報告している収量水準別の窒素吸収パターンと比較すると、石川県の細粒灰色低地土水田の多収水準(65kg/a以上)における最高分けつ期、幼穂形成期、出穂期、成熟期の地上部窒素保有量はそれぞれ0.42, 0.55, 1.03, 1.29kg/aであり、幼穂形成期までの窒素吸収量並びに出穂期以降の窒素吸収量は北田の求めた値の方が多く、幼穂形成期から出穂期にかけての吸収量は筆者らの値がやや多かった。なお、筆者らの得た多収水準における収量構成要素は、登熟歩



第2図 多収年におけるコシヒカリの窒素吸収経過 (1984年)

合が高いことを除けば北田のそれと近似していた。出穂期保有窒素1g当りの籾数生産能率は筆者らの得た2,921粒に比べて北田の報告では3,078粒とやや高いが、前項で述べた丹野の試験における収量60kg/a水準の籾数生産能率(3,280粒)に比べるといずれもかなり低い。このように温暖地の本県において籾数生産能率の低い傾向は多収水準であっても明瞭に認められた。上述のように1984年は気象条件に恵まれて収量水準

が高く、しかも基肥：穂肥の配分割合を30：70とした穂肥重点施肥によって顕著な増収効果が認められた。しかし、1985年は穂肥重点施肥でかえって減収した。両年のコシヒカリの収量構成要素及び栄養状態(第7表、第8表)をみると、1984年の場合には基肥の減肥が栄養生長を適度に抑えるとともに、穂肥の増施が体内窒素保有量及び葉身窒素濃度を高め、幼穂形成期以降の乾物生産量の増大をもたらしている。このことが多収に必要な籾数の確保と高い登熟歩合につながったものと思われる。なお、70.7kg/aの多収を上げたコシヒカリの出穂期葉身窒素濃度は2.42%、1m²当り葉身乾物重は261gであった。他方、1985年の水稻は初期生育が著しく劣り、窒素吸収量の増加に見合う乾物生産量の増大がみられなかった。その結果、稲体窒素濃度は1984年に比べ0.5~0.7%も高く推移しており、穂肥重点施肥によって体内窒素がむしろ過剰気味になったため減収を招いたのであろう。

3) 基肥の施用位置と生育及び収量

施肥田植機による側条施肥技術は施肥の省力化のみならず肥料成分の利用効率向上、水質汚染の低減並びに水稻の初期生育促進に有効であることが確認されている⁵⁾。寒・高冷地のように初期生育量が不足しがちな地帯では、側条施肥による増収効果が認められているが、温暖地では初期生育の促進が必ずしも増収に結びつかず、寒冷地に比べて収量性の劣ることが指摘されている⁶⁾。

ここでは温暖地平坦部のコシヒカリに対する基肥の施用位置の影響をみるため、基肥を表層と側条に施用し、その効果を全層施肥と比較した。

第8表 窒素の施肥配分がコシヒカリの窒素吸収と乾物生産に及ぼす影響

年次	施肥量 (kg/a)	施肥配分 (%)	N 保有量 (kg/a)			葉身N濃度 (%)		出穂期葉身乾物重 (g/m ²)	乾物重 (kg/a)		乾物生産量 (kg/a)
			幼穂形成期	出穂期	成熟期	幼穂形成期	出穂期		幼穂形成期	出穂期	
1984	0.6	40:60	0.46	0.97	1.07	2.07	2.25	240	41.6	91.5	44.0
		30:70*	0.50	1.09	1.18	2.02	2.37	256	41.3	94.2	49.2
	0.8	40:60	0.55	1.06	1.11	2.08	2.25	250	43.4	93.1	44.8
		30:70	0.50	1.14	1.26	2.03	2.42	261	41.7	94.1	54.9
1985	0.6	40:60	0.38	0.89	1.13	2.60	2.73	187	21.5	66.7	50.8
		30:70	0.37	0.93	1.11	2.61	2.86	187	21.3	67.1	44.4
	0.8	40:60	0.43	1.07	1.23	2.73	2.86	210	23.5	75.0	44.0
		30:70	0.40	1.06	1.24	2.77	2.93	197	21.3	70.0	46.7

注) *1 基肥と穂肥の配分割合, *2 出穂期~成熟期, *3 出穂25日前施用

第9表 基肥の施肥位置とコシヒカリの生育及び収量 (1983年)

施肥位置	分けつ期 (6月22日)			N 保有量 (kg/a)			玄米重 (kg/a)	穂数 (本/m ²)	m ² 当り総粒数 (×100)	登熟歩合 (%)	玄米千粒重 (g)
	草丈 (cm)	茎数 (本/m ²)	乾物重 (kg/a)	6月22日	幼穂形成期	出穂期					
全層	41.7	581	17.0	0.41	0.50	1.10	49.3	418	323	79.5	19.3
表層	40.7	567	13.4	0.35	0.50	0.99	53.3	435	307	88.9	19.6
側条	41.5	619	19.0	0.45	0.56	1.03	50.6	446	317	82.8	19.3

注) N施肥量: 基肥 0.24kg/a, 穂肥 0.36kg/a

第9表に示すように水稻の初期生育は施肥位置の影響を受け、分けつ期の草丈、茎数、乾物重及び窒素保有量は側条施肥が最も優れ、次いで全層施肥、表層施肥の順であった。また、初期生育の良好な側条施肥は成熟期の穂数では全層施肥を上回ったが、一穂粒数が少ないため面積1m²当り総粒数は全層施肥、側条施肥、表層施肥の順に多かった。ただし、本試験を実施した1983年は7~8月の日照が不足し、登熟歩合の高低が収量の決定要因となり、玄米収量は総粒数が少ないものほど勝る結果となった。

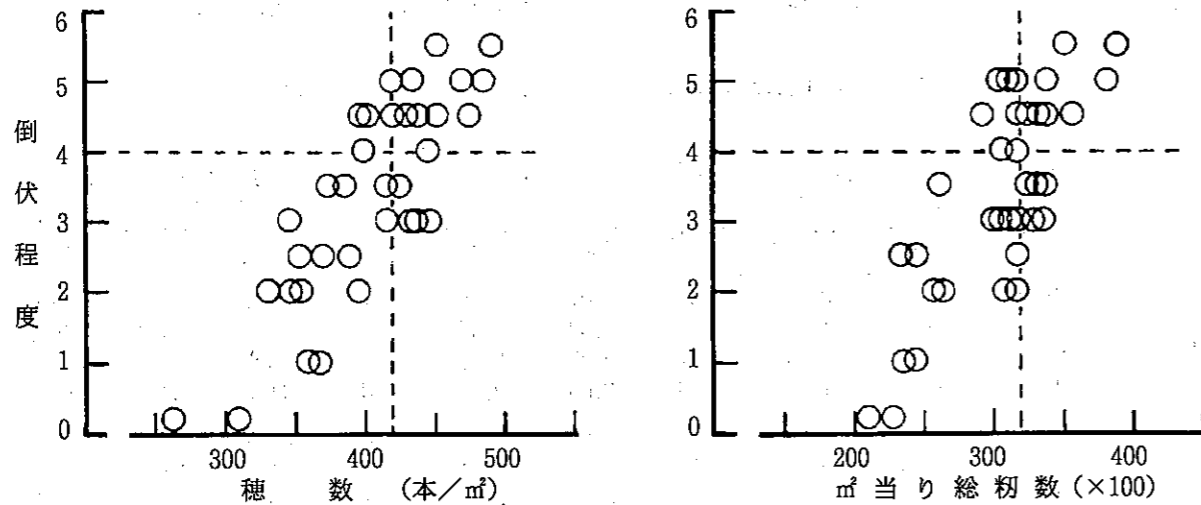
温暖地では側条施肥による初期生育の旺盛化が分けつ期の過剰と生育中期の栄養凋落を招き、このことが収量性の劣る原因とされている。コシヒカリの場合は最高分けつ期から幼穂形成期までのいわゆるラグ期間が短いことから、栄養凋落の度合は弱く、1回目の穂肥を早めることで必要な粒数を確保することが可能と考

えられる。しかし、分けつ期の過剰は倒伏を助長する要因となるため、施肥位置による肥料窒素の利用効率の違い(後述)を考慮した適切な施肥により初期生育の過大化を避けることが重要である。最近では、施肥位置(深さ・横方向)を変えたり、被覆肥料や緩効性肥料を利用して生育調節と肥効の持続を図る技術も実用化しつつある。

3. コシヒカリの適正窒素保有量

前節では窒素施肥に対するコシヒカリの反応を生育、収量、収量構成要素並びに窒素吸収経過の面から検討した。本節では、収量構成要素のうち穂数と総粒数が稲体窒素保有量とどのような関係にあるかを明らかにし、コシヒカリを安定的に生産するための適正窒素保有量について検討を加える。

島根県では、過去の栽培試験の結果を勘案し、57kg/aの玄米収量を安定して生産するための生育相と

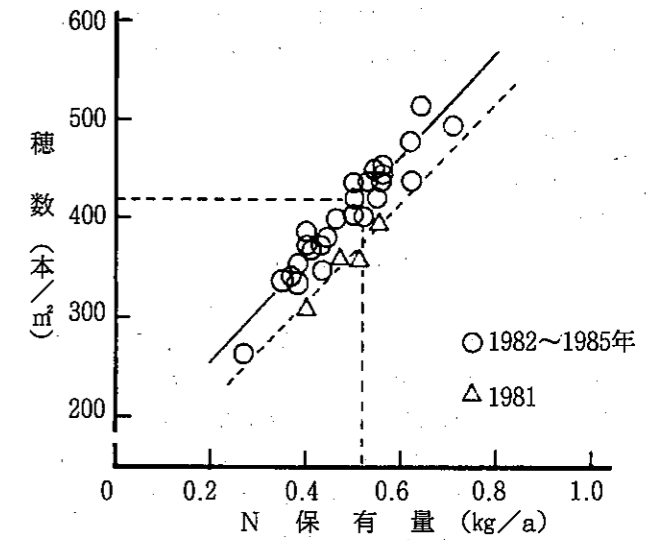


第3図 コシヒカリの穂数及び総粒数と倒伏程度の関係 (1981~1985年)
注) 一部 中粗粒強グライ土水田のデータ含む

して1m²当り穂数400本、総粒数32,000粒、登熟歩合81%以上、玄米千粒重22.0gを目安にしている。一方、第3図は本試験においてさまざまな施肥処理を受けたコシヒカリの収穫期における倒伏程度と面積1m²当りの穂数及び総粒数の関係を示したものである。なお、倒伏程度の判定は瀬古¹⁰⁾の方法に従った。

倒伏限界を4とすると、倒伏程度からみたコシヒカリの限界穂数は450本、限界総粒数は33,000粒付近にあるとみられるが、安全性を加味すれば、本県平坦部におけるコシヒカリの適正生育相として1m²当りの穂数は420本前後、総粒数は32,000粒前後が最適と判断される。これらの値は過去の栽培試験から得られた本県の指標値に近似している。

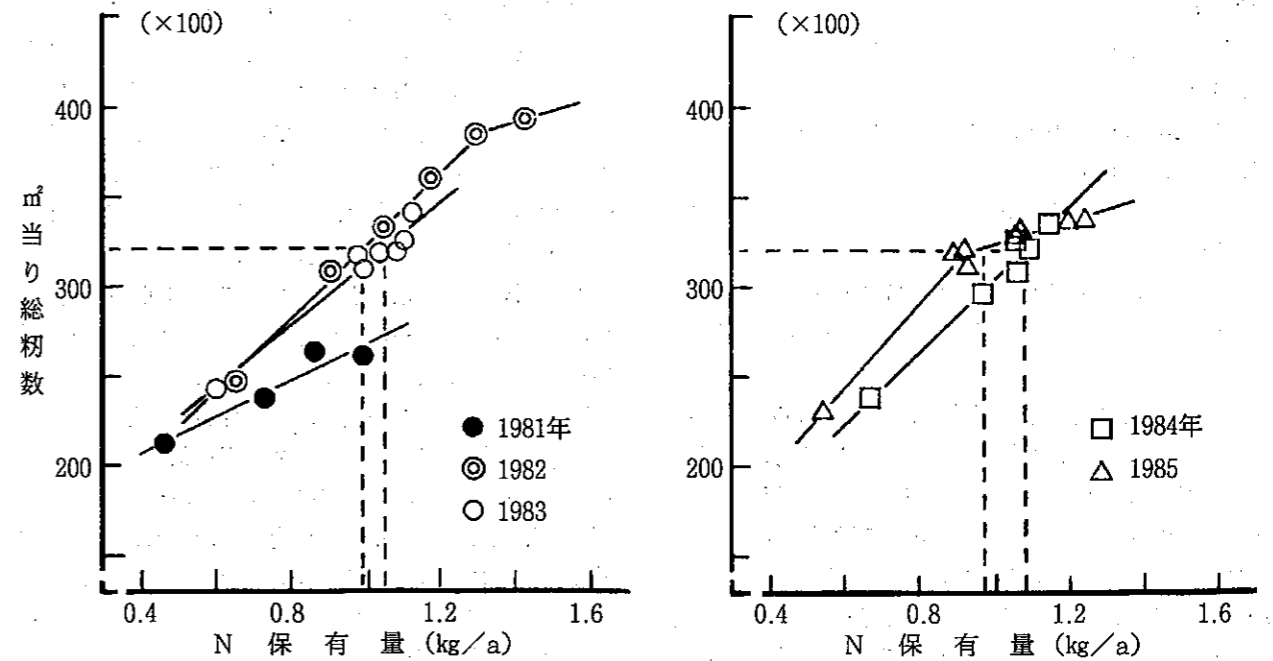
穂数および総粒数は収量を構成する基本的な要素であり、かつ施肥管理によって比較的容易に制御できる形質である。和田¹⁵⁾は穂数が穂首分化期の稲体窒素量と正の相関を示し、それ以降の窒素吸収量の多少に支配される面は少ないことを報告している。更に、総粒数の多少は分化穎花数と退化穎花数の差によって決まり、前者は穎花分化終期までの窒素吸収量と正の相関を示し、後者はそれ以降出穂期までの窒素吸収量及び乾物生産量と負の相関を示すことから、総粒数が出穂期の稲体窒素保有量と正の相関を示すことを指摘している。第4図、第5図に示すように、本試験におい



第4図 幼穂形成期におけるコシヒカリの窒素保有量と穂数の関係

ても幼穂形成期の稲体地上部窒素保有量と成熟期の穂数、更には出穂期の地上部窒素保有量と成熟期の総粒数の間にいずれも高い正の相関が認められ、それぞれに直線回帰式が当てはまった。

まず、幼穂形成期の窒素保有量 (X kg/a) と成熟期の穂数 (Y 本/m²) の関係を見ると、両者の間



第5図 出穂期における窒素保有量とm²当り総粒数の関係

には下記の回帰式(式1, 式2)が成立した。なお、1981年は活着期の低温で分けつ発生が抑制された年であり、窒素の穂数生産能率が例年になく低かった。

1981年
 $Y=509X+110$ ($r=0.947$) 式1

1982~85年
 $Y=520X+150$ ($r=0.948^{***}$) 式2
 (***) 0.1%水準で有意)

より平年に近い値が得られると考えられる式2に適正穂数として $Y=420$ 本を代入すると、対応する幼穂形成期の窒素保有量(適正值)は0.52kgとなる。

また、出穂期の窒素保有量(X kg/a)と成熟期の総粒数(Y 粒/m²)の間には下記の回帰式(式3~式8)が成立した。回帰式の係数はそれぞれ異なり、窒素の粒数生産能率が年次によって変動することを示唆している。1981年(式3)は直線の勾配が特に小さく、また1985年は窒素保有量0.9kg/aを境にして係数の大きく異なる2つの直線式(式7, 式8)で表わされた。

1981年
 $Y=9,960X+16,700$ ($r=0.960$) 式3

1982年 ($X \leq 1.3$)
 $Y=21,000X+11,200$ ($r=0.998^{***}$) 式4

1983年
 $Y=17,000X+14,100$ ($r=0.980^{***}$) 式5

1984年
 $Y=20,200X+10,100$ ($r=0.986^{***}$) 式6

1985年 ($X \leq 0.9$)
 $Y=22,800X+10,600$ ($r=0.988^*$) 式7

1985年 ($X \geq 0.9$)
 $Y=6,390X+25,800$ ($r=0.925^{**}$) 式8
 (* 5%水準, ** 1%水準, *** 0.1%水準で有意)

これらの回帰式に適正粒数として $Y=32,000$ 粒を代入すると、対応する出穂期の窒素保有量は、1981年が1.54, 1982年が0.99, 1983年が1.05, 1984年が1.08, 1985年が0.97kg/aとなる。1981年の数値はほかの年次に比べかけ離れているので、これを除く4年間の平均値をとると、1.02kgとなり、出穂期における窒素保有量の適正水準はこの付近にあるものと推察される。

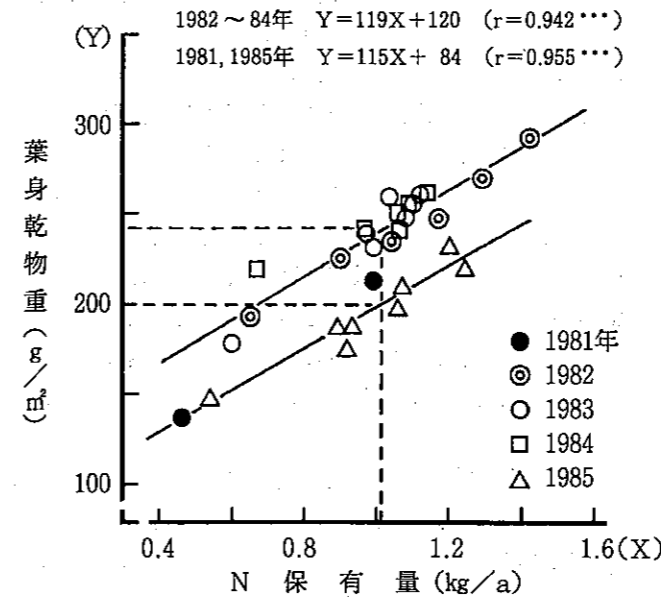
なお、幼穂形成期の窒素保有量が0.1kg/a増加すれば、穂数は50本/m²程度多くなり、また出穂期の窒

素保有量が0.1kg/a増加すれば、m²当り総粒数はおよそ2,000粒前後増えることが回帰式より推定される。

深山ら⁶⁾は、千葉県のコシヒカリについて、収量水準を56kg/aとすると、最適穂数は440本/m²、最適粒数は33,000粒/m²、最適葉面積指数は5~6であることを明らかにし、これに対応する地上部の最適窒素保有量は幼穂形成期0.50~0.55, 出穂期0.95~1.05, 成熟期1.1~1.2kg/aであることを報告している。収量水準は筆者らの試験と同程度であるが、最適穂数及び粒数はそれよりやや多い。筆者らの得た適正窒素保有量は、深山ら⁶⁾が報告している最適保有量の範囲内にある。

ところで、窒素保有量の増加は同化産物の受容系である粒数の増加をもたらすと同時に、一方で葉面積の拡大を伴うため、窒素保有量と葉面積指数の間にも一般に正の相関が認められる⁶⁾。本試験においても第6図に示すように出穂期の地上部窒素保有量と単位は場面積当りの葉身乾物重の間に高い正の相関が認められた。

棟方ら⁹⁾は、水稻品種の子実生産に及ぼす登熟期気象要因の効果について検討し、繁茂量の指標として穂揃期葉身乾物重をとると、子実生産に対して最適葉身乾物重が存在すると報告している。しかも、最適葉身乾物重は登熟期の気温(穂揃後30日間の平均気温)が高ほど軽くなること、一方、低温ほど最適葉身乾物重は重くなるが、最適曲線のピークが不明瞭になることを見いだしている。本県の場合、コシヒカリの登熟期気温は25℃~27℃の範囲にあり、最適葉身乾物重は棟方らの計算図表によれば200~220g/m²となる。出穂期における適正窒素保有量を1.02kg/aとすれば、対応する葉身乾物重は、第6図に示すように1981及び1985年は200g/m²付近に分布し、1982~84年は240g/m²付近を中心分布している。初期生育の抑制された1981年と1985年の葉身乾物重はほぼ最適値に近いが、ほかの年次では適正域を超えている。すなわち温暖地のコシヒカリの場合、窒素保有量が適正水準にあっても、繁茂量としてはすでに過剰傾向にあることが予想される。本報では収量構成要素のうち穂数と総粒数を指標として適正窒素保有量を求めたが、その地域で安定的に多収を上げたコシヒカリの窒素保有量をもって適正窒素量としている報告もある¹⁰⁾。したがって、水稻品種の適正窒素保有量については葉面積指数や登熟歩合など他の形質をも加味した多面的な検討が必要であり、今後に残された課題である。



第6図 出穂期におけるコシヒカリの窒素保有量と葉身重の関係
 注) *** 0.1%水準で有意

4. 施肥窒素の利用率和施肥量の決定

適正窒素保有量と土壤窒素供給量の差から施用すべき窒素量を決定するには、水稻による施肥窒素の利用率を把握しておくことが必要である。

第10表には差引法により求めた基肥窒素の利用率を示した。窒素は全層に0.32kg/a施用しており、コシヒカリによる利用率は43.8~59.4%の範囲にあって5年間の平均値は50.6%であった。一方、重窒素トレーサー法で求めた基肥窒素の利用率を第11表に示した。

第10表 差引法で求めた施肥窒素利用率

年次	幼穂形成期		出穂期	
	基肥N 吸収量 (kg/a)	基肥N 利用率 (%)	穂肥N 吸収量 (kg/a)	穂肥N 利用率 (%)
1981	0.15	46.9	0.38	79.2
1982	0.19	59.4	0.33	68.8
1983	0.14	43.8	0.38	79.2
1984	0.17	53.1	0.22	45.8
1985	0.16	50.0	0.37	77.1
5ヵ年平均		50.6		70.0
C. V. (%)		10.6		18.1

注) 施肥量 基肥N 0.32kg/a, 穂肥N 0.48kg/a

第11表 重窒素(¹⁵N)トレーサー法により求めた基肥窒素の利用率(1983年)

施肥位置	稲体N保有量 (g/m ²)	基肥N吸収量 (g/m ²)	基肥N利用率 (%)
全層	10.63	0.571	23.8
表層	9.53	0.332	13.8
側条	10.02	0.822	34.3

注) 施肥量 基肥N 2.4g/m², 穂肥N 3.6g/m²

基肥窒素の利用率は施用位置によって明らかに異なり、利用率が最も高いのは側条施肥で、次に全層施肥が高く、表層施肥は最も低かった。表層施肥で利用率が小さいのは脱窒による損失が多いためと考えられる。また側条施肥で利用率の高い理由は、根の近傍に施肥窒素が高濃度に存在することで吸収が促進されたこと、地中への局所施用であるため脱窒や流亡による損失が少なかったことによると考えられる。全層施肥では根系発達に依存しながら養分が吸収されるため、この間に有機化する窒素や脱窒及び流亡により損失するものが多くなり、利用率が側条施肥より低下したものと推察される。

差引法で求めた利用率がトレーサー法で求めた値より20%程度高くなったのは、無窒素区の水稲の窒素吸収量(S_0)と窒素施肥区の水稲による土壌からの窒素吸収量(S)に差があるためである。施肥量を F とすると差引法による利用率とトレーサー法による利用率の間には次の関係式が成り立つ。

$$(\text{差引法による利用率}) - (\text{トレーサー法による利用率}) = \frac{S - S_0}{F} \times 100$$

ここで、一般に $S > S_0$ であるため差引法による利用率の方がトレーサー法による利用率よりも $[(S - S_0)/F] \times 100$ だけ大きくなることを示しており、 $S = S_0$ のときのみ両者は一致する。したがって、差引法による利用率を用いて施肥量を計算する場合には土壌からの窒素供給量(天然窒素供給量)として S_0 を用いるが、トレーサー法による利用率を用いて計算する場合には土壌からの窒素供給量として S を用いなくてはならない。

$S > S_0$ となる原因としては、第1に窒素施肥が根の成長を促進し、また根の活性を高め、より広い根域から無機化窒素を効率よく吸収すること、第2には施

第12表 重窒素 (¹⁵N) トレーサー法により求めた 穂肥窒素の利用率 (1982年)

稲体N保有量 (g/m ²)	穂肥N吸収量 (g/m ²)	穂肥N利用率 (%)
11.58	3.31	69.0

注) 施肥量 基肥N 3.2g/m², 穂肥N 4.8g/m²

肥した窒素が土壌窒素の無機化を促進する (priming effect) ことが考えられる。そして第3には、施肥窒素が微生物の働きで土壌窒素の無機化・有機化過程に取り込まれ、施肥窒素の有機化量に見合う量だけ土壌無機化窒素の残存量が増加することが指摘されており^{4, 18, 22)}、量的には最も多いことが報告されている¹⁹⁾。なお、最近、山室²¹⁾は同位体 (¹⁵N) トレーサー法を用いて水田土壌の priming effect について検討し、第2の原因については否定的な結果を得ている。いずれにしても、差引法では窒素施肥による土壌からの窒素吸収量の増加分 (S-S₀) が肥料からの窒素吸収量の増加として処理されるのに対し、トレーサー法では (S-S₀) は土壌からの窒素吸収量に算入される。したがって、水稲生産への寄与という面からみれば、トレーサー法の利用率は差引法のそれに比べて肥料窒素の役割を過小評価することになる。また、土壌からの窒素供給量はS₀によって評価するのが一般的であり、既往の調査成績も多いことから、施肥量を算出する際は差引法による利用率の方がより現実に即しているといえよう。

次に、穂肥窒素の利用率についてみると、差引法では45.2~79.2%の間にあり、5年間の平均は70.0%であった (第10表)。一方、重窒素トレーサー法で求め

た穂肥窒素の利用率 (第12表, 1982年) は69.0%となり、同年の差引法で求めた値 (68.8%) とほぼ一致した。これは、この時期のSとS₀がほぼ等しいことを意味しており、前述した第3の原因による施肥窒素と土壌無機化窒素との微生物による交換があまり起こらなかったものと推定される。その理由として、根が作土層全体に及び上根の発達もよく、土壌無機化窒素や施用された穂肥窒素の吸収速度が大きいこと、また穂肥は田面に施用されるため肥料窒素と土壌無機化窒素は一時的に分離されていること、更には窒素の無機化量と有機化量の絶対量がこの時期少ないことなどがあげられる¹⁾

なお、本試験において差引法並びにトレーサー法によって求めた基肥窒素及び穂肥窒素の利用率は、いずれも既往の報告^{7, 16, 17, 20, 22)}の結果とほぼ一致しているか、又はその変動の範囲にあった。

差引法で求めた施肥窒素の利用率を用い、適正窒素保有量と土壌窒素供給量からコシヒカリの適正施肥量を計算した結果、第13表に示すように、試験田における基肥の適量は0.28kg/a、穂肥の適量は0.43kg/aとなった。実用的には、類似の灰色低地土におけるコシヒカリの施肥基準として基肥は0.25~0.30kg/a、穂肥は0.40~0.45kg/aが適正な範囲と判断される。

通常、作物の同化能および同化産物の受容系容量は体内の窒素量の多少に規制されており、乾物重と窒素濃度の積である窒素保有量は、水稲の生理生態的な要因として収量成立に深くかかわっている。したがって、適正窒素保有量に基づいて策定した施肥基準は、従来の施肥試験によって帰納的に求められた基準よりも一層合理的である。また、施肥量の算出根拠が明確であるため、地帯や土壌ごとのきめ細かな施肥管理指針の策定が可能となり、コシヒカリの安定生産に寄与する

第13表 適正窒素保有量から求めたコシヒカリの適正施肥量 (灰色低地土, CL)

目標収量 (kg/a)	適正N保有量(kg/a)		土壌窒素供給量 (kg/a)		N利用率 (%)		適正N施肥量 (kg/a)		
	幼穂形成期 (a ₁)	出穂期 (a ₂)	移植期~幼穂形成期 (b ₁)	幼穂形成期~出穂期 (b ₂)	基肥 (c ₁)	穂肥 (c ₂)	基肥 (d ₁)	穂肥 (d ₂)	合計
55~60	0.52	1.02	0.38	0.20	50.6	70.0	0.28	0.43	0.71

注) 施肥量の計算式: $d_1 = \frac{a_1 - b_1}{c_1} \times 100$, $d_2 = \frac{(a_2 - a_1) - b_2}{c_2} \times 100$

ところが大きいと考えられる。

なお、水稲の保有する窒素の穂数生産能率及び籾数生産能率は、極端な生育条件の違いがない限りその品種固有の安定した値を示すことから、適正窒素保有量はその地域における普遍的な指標値になりうるものと考えられる。しかし、土壌条件によって窒素の籾数生産能率が影響を受けることも指摘されており³⁾、目標の籾数を確保するのに必要な体内窒素量である適正窒素量が、土壌や気象など環境要因によって変動することが予想される。したがって、適正窒素保有量とそれに基づく施肥基準の地域適応性については、今後更に実証的な検討が必要である。

5. 窒素保有量の簡易推定法

水稲によって吸収される窒素量は一定の範囲内で窒素供給量に依存しているが、供給と吸収は独立した過程であり、基準どおり施肥した場合でも稲体及びそれをとりまく環境要因、特に気象条件によって吸収される窒素量は変動する。また、土壌からの窒素無機化量も気象条件の影響を受ける。筆者らも本試験で幼穂形成期の窒素保有量の年次変動が窒素施用の有無にかかわらず大きいことを認めている。そこで、コシヒカリ栽培でより安定的に目標とする収量を得るためには、生育制御が可能な時期に水稲の窒素保有量を稲体形質から推定し、その結果に対応した適切な施肥管理によって目標とする窒素保有量に近づけてやる必要がある。

本試験で種々の施肥処理を受けたコシヒカリの幼穂形成期における窒素保有量 (Y kg/a) は、その時期の草丈 (X₁ cm), 茎数 (X₂ 本/m²), 及びカラスケール (富士工業社製) 葉色値 (X₃) を説明変数として次の重回帰式で表された。

$$Y = -0.554 + 0.00651X_1 + 0.00118X_2 + 0.0193X_3$$

(n=25, R²=0.886)

ここでカラスケール葉色値は個葉葉色値であり、完全展開葉のうち上位2葉の平均値を用いた。なお、個葉葉色値は通常群落葉色値より0.5程度高くなるので注意が必要である。上式が一般に成立するかどうか実証的に検討する必要があるが、幼穂形成期における窒素保有量を草丈、茎数及び葉色値から推定できれば、窒素保有量の診断に基づいた穂肥の施用が可能となる。すなわち、適正窒素保有量 (0.52kg/a) を基準として、不足している場合には穂肥の量を増やすか、1回目の穂肥を早めることで籾数の増加を図り、また過剰の場合には穂肥量を減肥するか、1回目の穂肥を遅らすことで籾数の適正化と倒伏防止を図ることがで

きる。穂肥の量は出穂期の適正窒素保有量 (1.02kg/a) と幼穂形成期の推定窒素保有量並びに土壌窒素供給量 (供試水田では0.2kg/a) から第13表と同様に計算される。

ところで、最適施肥量を求めるためには、土壌ごとに異なる窒素の供給力を的確に評価することが重要であり、本報では無窒素で栽培した水稲の窒素吸収量をもって土壌窒素供給量とした。これは現実に即した信頼性の高い方法であるが、現地試験により水稲の窒素吸収量を調べなくてはならないため、多くの時間と労力を要する。最近、土壌窒素供給力を評価する方法として、培養実験による速度論的な推定法¹¹⁾が開発され、施肥管理への応用について研究が進められている¹²⁾。当面、土壌窒素供給力の予測方法を更に簡便化し、適正窒素保有量と土壌窒素供給力に基づいた地帯別・土壌類型別の施肥基準を策定することが急務であり、コシヒカリの安定生産技術の新たな展開を図る上でも重要な課題となっている。

IV 摘 要

出雲平坦部の灰色低地土水田において、コシヒカリの窒素施肥に対する反応について検討した。また、1アール当り55~60kgの収量を安定的に生産するための稲体地上部の適正窒素保有量を明らかにし、これに基づいて窒素の適正施肥量を決定した。

1. 無窒素で栽培した水稲の成熟期における窒素保有量は、5年間の平均で0.73kg/aであった。このうち、幼穂形成期までに0.38kg/a、幼穂形成期から出穂期までに0.20kg/a、出穂期から成熟期までに0.15kg/aの窒素が吸収されていた。

2. 施用窒素の総量が0.6kg/aまでは、施肥量の増加に伴って玄米収量も高まったが、標準の施肥配分では、それ以上増施しても倒伏や登熟低下を招き、収量増加に結びつかなかった。そこで、基肥への配分割合を総量の30%まで減らし、穂肥の割合を70%とした結果、1984年には窒素0.8kg/a施用で71kg/aの多収が得られた。また、基肥窒素の施用位置が水稲の生育、収量に及ぼす影響についても検討した。

3. 玄米収量 55~60kg/a を得るためのコシヒカリの適正穂数は m²当り420本、適正総籾数は m²当り32,000粒前後と判断された。これらを確保するための稲体地上部窒素保有量の適正水準は幼穂形成期で0.52kg/a、出穂期で1.02kg/a 付近にあった。

4. 重窒素トレーサー法により求めた基肥窒素の利用率は側条施肥が34.3%, 全層施肥が23.8%, 表層施肥が13.8%であり, 同法で求めた穂肥窒素の利用率は69.0%であった. 差引法により求めた基肥窒素及び穂肥窒素の利用率は5年間の平均でそれぞれ50.6%, 70.0%であった.

5. 適正窒素保有量と土壤窒素供給量に基づいて求めたコシヒカリの適正施肥量は, 基肥窒素が0.28kg/a, 穂肥窒素が0.43kg/aとなった. 実用的には, 類似の灰色低地土水田における施肥基準として基肥窒素は0.25~0.30kg/a, 穂肥窒素は0.40~0.45kg/aが適正な範囲であろう.

6. 幼穂形成期の稲体窒素保有量を, その時期の草丈, 茎数及び葉色値を説明変数とした重回帰式により推定した.

引用文献

- 1) 安藤 豊・庄子貞雄・相沢喜美 (1985): 水田土壌中における穂肥窒素の挙動について. 土肥誌56: 53-55.
- 2) 北田敬字 (1990): コシヒカリの多収水準における窒素吸収パターン. 土肥誌61: 187-189.
- 3) 河野通佳・森田晃司 (1979): 水稻総粒数の生産効率に対する土壌肥沃度の影響. 北陸農試報22: 1-33.
- 4) 前田乾一 (1983): 水田に施用された窒素の行動の定量的評価. 農研センター研報1: 121-192.
- 5) 御子柴稔 (1982): 水稻の施肥位置 (日本土壤肥料学会編: 施肥位置と栽培技術). 博友社, p.139-194.
- 6) 深山政治・岡部達雄 (1984): 水稻の品種特性と最適窒素保有量. 土肥誌55: 1-8.
- 7) 深山政治・岡部達雄 (1986): 水稻の窒素吸収特性の品種間差と施肥法. 土肥誌57: 272-279.
- 8) 深山政治 (1990): 水稻の最適窒素保有量と土壤窒素吸収パターンからみた施肥 (日本土壤肥料学会編: 水田土壌の窒素無機化と施肥). 博友社, p.63-97.
- 9) 棟方 研・川崎 勇・仮谷 桂 (1967): 気象および稲体要因からみた水稻生産力の定量的研究. 中国農試報A14: 59-96.
- 10) 瀬古秀生 (1961): 水稻の倒伏に関する研究. 九

州農試報7: 419-495.

- 11) 杉原 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.
- 12) 丹野文雄・武田敏昭 (1986): 水稻の栄養診断と予測技術に関する研究 (第5報) 総合計量化方によるコシヒカリ、ササニシキの生育予測. 福島農試報25: 21-48.
- 13) 東北土壌窒素無機化パターン研究グループ (1988): 東北地域における土壌窒素無機化パターンのモデル化とその活用技術の現状. 農業技術43: 161-164, 208-213.
- 14) 上野正夫・安藤 豊・藤井弘志・佐藤俊夫 (1988): 水稻の理想的な窒素吸収パターンと土壌窒素無機化量の関係. 土肥誌59: 316-319.
- 15) 和田源七 (1969): 水稻収量成立におよぼす窒素栄養の影響. 農技研報A16: 27-167.
- 16) 和田源七・庄子貞雄・高橋重郎 (1971): 水田における窒素の動態と水稻による窒素吸収について (第1報) 基肥窒素の吸収. 日作紀40: 275-280.
- 17) 和田源七・庄子貞雄・高橋重郎・斉藤公夫・新保到 (1971): 水田における窒素の動態と水稻による窒素吸収について (第3報) 追肥窒素の土壌中における行動ならびに水稻による吸収. 日作紀40: 287-293.
- 18) WILD, A. (1988): Plant nutrient in soil: nitrogen, Russell's Soil Conditions & Plant Growth (eleventh edition), Longman Scientific & Technical, p687-688.
- 19) YAMAMURO, S. (1981): The accurate determination of nitrogen-15 with an emission spectrometer. Soil Sci. Plant Nutr. 27: 405-419.
- 20) 山室成一 (1984): 湿田と乾田における施肥および土壌無機化窒素の有機化、脱窒および水稻による吸収. 土肥誌55: 557-563.
- 21) 山室成一 (1988): 施肥由来有機態窒素の再無機化量の求め方と「プライミング効果」. 土肥要旨集34: 310.
- 22) 吉野 喬・出井嘉光 (1978): 水田土壌における施肥窒素の行方および窒素肥料の土壌窒素無機化に及ぼす影響. 農事試報28: 91-113.

Summary

Field experiments were conducted to examine responses of rice variety "Koshihikari" to nitrogen application, in a paddy field of Gray Lowland soils in Izumo plains. On the basis of experimental results, we estimated optimum amount of nitrogen uptake in the plant for obtaining yields as high as 5.5 to 6.0 tons of brown rice per hectare, and determined optimum rate of N application for "Koshihikari".

1. Rice plants, receiving no fertilizer N, absorbed N as much as 0.73 kg/a on the average of five years during the growing season from transplanting to maturity. The increase of N uptake during each growth period, from transplanting to young panicle initiation, from young panicle initiation to heading and from heading to maturity was 0.38 kg/a, 0.20 kg/a and 0.15 kg/a, respectively.

2. Rice yield heightened with increasing application rate of fertilizer N up to 0.6 kg/a in total. When more than 0.6 kgN/a was applied at the standard ratio (40 : 60) of basal dressing to topdressing at panicle formation, there were no significant increments in brown rice yield because of lodging and poor ripening. Then we modified the ratio of basal dressing to topdressing into 30 : 70. This improved practices gave the yield as high as 7.1 tons of brown rice per hectare at application rate of 0.8 kgN/a in 1984.

3. The adequate number of panicles for producing 5.5 to 6.0 tons of brown rice per hectare was 420 per square meter, and the adequate number of spikelets for producing yields of the same level was 32,000 per square meter. The optimum amount of total N in the plant for obtaining these target numbers of panicles and spikelets was 0.52 kg/a at panicle initiation stage and 1.02 kg/a at heading stage.

4. The experiments using fertilizer enriched in ¹⁵N revealed that the percentage recovery of the basal dressing ¹⁵N applied in three different sites of placement was 34.3 % for band dressing near the side of seedlings, 23.8 % for whole layer application and 13.8 % for surface layer application, and that the recovery of topdressing ¹⁵N applied at panicle formation stage was 69.0 %. On the other hand, the apparent recovery of fertilizer N was estimated at 50.6 % for basal dressing and 70.0 % for topdressing, on the average of five years.

5. The optimum rate of N application for "Koshihikari" was evaluated at 0.28 kg/a for basal dressing and 0.43 kg/a for topdressing at panicle formation. In practical application for Gray Lowland soils of the same kind, it can be considered that the recommended rate of basal dressing N and topdressing N ranges from 0.25 to 0.30 kg/a and 0.40 to 0.45 kg/a, respectively.

6. The amount of plant N uptake at panicle initiation stage could be estimated from the measurements of plant height, number of tillers and leaf color value, as independent variables in a multiple regression equation.