

水稻品種の栄養生理的特性に関する研究

III. ^{15}N トレーサー法による施肥窒素の吸収利用特性

古山 芳広* 藤原 耕治* 南 松 雄*

Studies on the Nutritional and Physiological Characteristics
of the Rice Varieties in Hokkaido

III. The efficiency and absorption of nitrogen fertilizer
with labelled nitrogen (^{15}N)

Yoshihiro FURUYAMA*, Koji FUJIWARA*
and Matsuo MINAMI**

^{15}N トレーサー法によって、水稻による基肥窒素および追肥窒素の吸収利用特性を検討した。基肥窒素の利用率は、熟期の早い品種ほど高く、「イシカリ」が38.4%、「しおかり」が26.5%、「そらち」が16.1%であり、幼穂形成期追肥窒素の利用率は、それぞれ、41.5%、67.0%、49.0%であった。また、差引法による施肥窒素の利用率は、 ^{15}N トレーサー法の2倍以上も高かった。追肥窒素の利用率は低温年よりも高温年の方が高く、高温年における幼穂形成期表層追肥窒素が50%に対し、低温年の追肥時期別の利用率は30~40%の範囲であった。水稻に吸収された窒素は、追肥時期の遅いほど葉鞘・稈あるいは穂への配分比が高かった。深層追肥窒素の利用率は表層追肥窒素の1.7倍も高く、65~86%で、その吸収持続期間も長かった。硝酸態追肥窒素の利用率はアンモニア態窒素の1/2~1/3であり、黄褐色土壌よりもグライ土壌の方が高かった。

結 言

著者らは、水稻品種の施肥窒素に対する反応性の差異について、おもに、収量構成要素ならびに受光態勢や乾物生産の面から比較検討し、これらの特性におよぼす施肥窒素の影響が、品種によっていちじるしく異なることを明らかにしてきた³⁻⁶⁾。本報告は、基肥窒素および追肥窒素の吸収経過と施肥効率の面から検討を加えたものである。

一般に、水稻により吸収される窒素量は、施肥および土壌に由来する窒素と、施肥によって吸収促進される土壌窒素の3つの部分に分けることができる。従来の差引法による方法では、施肥することによって吸収促進される土壌窒素の部分を量的に把握することができず、また、施肥窒素の経時的吸収様式や水稻体内での挙動などについても正確に把握することは困難である。これらの点を明らかにするためには、重窒素 ^{15}N のトレーサー法がもっとも確実な方法である。

水稻の栄養生理と施肥の分野で、開場において ^{15}N

トレーサー法を用いた研究としては、基肥窒素または追肥窒素の施用時期に関するもの^{7-11,14,20-22)}、深層追肥の肥効¹⁹⁾、硝酸態窒素の利用率向上¹¹⁾に関するものなど、すでにいくつかの報告がある。しかし、本道のような寒冷地における施肥窒素の動向や水稻体による吸収機作に関する報告はきわめて少なく、そのうえ、施肥窒素の吸収利用特性の品種間差異を取扱ったものはほとんど見当たらない。したがって、著者らは、 ^{15}N トレーサー法によって、基肥窒素と追肥窒素の吸収利用特性の品種間差異について検討した結果(1973年)と、さらに、窒素追肥の時期と位置、ならびに追肥窒素の形態などのちがいによる追肥窒素の吸収利用特性の差異について検討してきた結果(1970, 1971年)をあわせて一括報告する。

なお、本試験を実施した1970年および1973年は高温年で、生育も順調であり高収量を得た年であった。一方、1971年は、減数分裂期前後の異常低温によって、本試験に供試した「そらち」は20%前後の不稔粒が発生し、なおかつ、登熟期の低温の影響を受けた

* 北海道立上川農業試験場 旭川市永山町

ため、遅延型冷害の様相を呈した年であった。

なお、本稿の校閲を賜った上川農試場長島崎佳郎博士に謝意を表する。

試 験 方 法

1. 試 験 項 目

本試験は ^{15}N ラベル肥料を用いて、(1) 品種による基肥窒素および追肥窒素の吸収利用特性の差異、(2) 窒素の追肥時期と追肥位置による吸収利用特性の差異、(3) 硝酸態窒素の吸収利用特性の差異の3項目について実施した。

2. 試 験 地

本試験は上川農試圃場（黄褐色土壌・壤土マンガ

型）において実施した。その土壌の理化学性は既報³⁾に示した。なお、硝酸態窒素の追肥試験では、土壌型による差異の対比として旭川市東鷹栖町の現地圃場（グライ土壌・強粘土斑鉄型）を加えた。

3. 供 試 品 種

品種別の基肥および追肥窒素の吸収利用特性に関する試験には、「イシカリ」（早・晩、穂数型）、「しおかり」（中・早、偏穂数型）、「そらち」（中・中、穂数型）の3品種を供試し、他の試験はすべて「そらち」を供試した。

4. 試験区名とその内容

試験年次、試験区名、窒素の施用量ならびに ^{15}N ラベル肥料の特性については表1に示した。

表 1 試 験 区 と 処 理 内 容

試 験 年 次	試 験 区	窒素施用量 (kg/a)		^{15}N ラベル肥料	
		基 肥	追 肥	窒 素 形 態	^{15}N excess %
1970	幼穂形成期表層追肥	0.6	0.2	$(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 粒状	9.63
	幼穂形成期深層追肥	0.6	0.2	"	9.63
1971	幼穂形成期後7日目表層追肥	0.6	0.2	$(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 粒状	9.63
	幼穂形成期後7日目深層追肥	0.6	0.2	"	9.63
	幼穂形成期表層追肥	0.8	0.2	$(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	4.73
	止葉抽出期表層追肥	0.8	0.2	"	4.73
	無 追 肥	0.6	—	—	—
	止葉抽出期 $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$ 追肥	0.6	0.4	$^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$	4.73
	止葉抽出期 $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ 追肥	0.6	0.4	$\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$	9.63
	出 穂 期 $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$ 追肥	0.6	0.4	$^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$	4.73
	出 穂 期 $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ 追肥	0.6	0.4	$\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$	9.63
	無 窒 素	—	—	—	—
1973	基 肥	0.8	—	$(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	4.73
	幼穂形成期追肥	0.8	0.2	"	4.73

5. 施肥方法および栽培条件

水田圃場内に 1.0 m^2 の木框またはアゼシートで内区を設置し、基肥窒素は全量全層に施用し、追肥窒素のうち、表層追肥は浅水としたうえ田面に全面散布し、深層追肥は手押式深層追肥機で畦間に深さ $10\sim 12\text{ cm}$ に条施した。

共通施肥量は、 P_2O_5 0.8 kg/a 、 K_2O 0.6 kg/a をそれぞれ過石と塩加で全層に施用した。栽植密度は畦幅 30 cm 、株間 15 cm 、2 本植 (m^2 当り 22.2 株) とし、移植苗は $30\sim 33$ 日苗を用いた。また、各年次および

品種別の生育期節は表2に示した。

6. 分 析 方 法

分析用サンプルは、処理区ごとに $3\sim 5$ 株を抜き取り、地上部のみを部位別に分画し、常法によって乾燥、粉碎し、全窒素の定量はケルダール法によった。 ^{15}N 定量用のサンプルは、硫酸を受液としてケルダール法により蒸溜、その全窒素をアンモニア態窒素として定量（苛性ソーダによって電位差滴定）し、中和液を蒸発乾燥し結晶化した。 ^{15}N の分析は光興業 K.K. に依頼した（質量分析計の型式；RMI-2）。

表2 年次別の生育期節* (月日)

試験年次	品 種	移 植 期	幼穂形成期	止葉抽出期	出 穂 期	成 熟 期
1970	そ ら ち	5. 27	7. 7	7. 26	8. 3	9. 22
1971**	そ ら ち	5. 26 (5. 25)	7. 12 (7. 12)	7. 30 (7. 30)	8. 9 (8. 10)	9. 27 (10. 1)
1973	イ シ カ リ	5. 26	7. 3	7. 17	7. 30	9. 14
	し お か り	5. 26	7. 6	7. 19	8. 2	9. 18
	そ ら ち	5. 26	7. 11	7. 23	8. 6	9. 26

* 各年次の基肥区について示した。

** () 内はグライ土壌における生育期節

試 験 結 果

1. 品種による基肥窒素および幼穂形成期追肥窒素の吸収利用特性の差異

草型および熟期の異なる本道の代表的品種である

「イシカリ」、「しおかり」、「そらち」の3品種を用いて、基肥窒素の吸収利用特性について比較検討した。

全窒素吸収量および¹⁵Nラベル肥料由来の窒素吸収量を表3に、基肥窒素および追肥窒素の利用率を図1に示した。

表3 品種別の基肥窒素および幼穂形成期追肥窒素の吸収経過 (1973)

試 験 区 名		全窒素吸収量 (g/m ²)				¹⁵ N 由来施肥窒素の吸収量* (g/m ²)			
		幼穂形成期	止葉期	出穂期	成熟期	幼穂形成期	止葉期	出穂期	成熟期
イシカリ	無 窒 素	1.03	2.06	2.71	4.88	—	—	—	—
	基 肥	3.62	6.62	7.53	9.63	1.51 (41.7)	2.97 (44.9)	3.07 (40.8)	2.56 (26.6)
	幼穂形成期追肥	—	7.85	8.24	11.51	—	0.60 (7.6)	0.69 (8.4)	0.83 (7.2)
しおかり	無 窒 素	1.18	1.99	3.28	5.41	—	—	—	—
	基 肥	4.28	5.53	6.69	8.30	1.51 (35.3)	1.96 (35.4)	2.12 (31.7)	1.81 (21.8)
	幼穂形成期追肥	—	6.30	8.04	11.46	—	1.19 (18.9)	1.31 (16.3)	1.34 (11.7)
そらち	無 窒 素	2.19	2.56	4.04	6.74	—	—	—	—
	基 肥	4.42	4.86	6.03	8.98	0.98 (22.2)	1.13 (23.3)	1.29 (21.4)	1.24 (13.8)
	幼穂形成期追肥	—	6.81	7.90	10.36	—	0.79 (11.6)	0.77 (9.7)	0.98 (9.5)

* () 内の数値は全窒素吸収量に占める施肥窒素の割合 (%) を示した。

基肥窒素の利用率は、いずれの品種も出穂期に最大に達し、「イシカリ」は38.4%、「しおかり」は26.5%、「そらち」は16.1%であり、品種によっていちじるしい差異が認められた。出穂期における全窒素吸収量に占める¹⁵N由来の基肥窒素吸収量の割合は(表3)、「イシカリ」が40.8%、「しおかり」が31.7%に対し、「そらち」はもっとも低く、21.4%であった。すなわち、熟期の早い品種ほど基肥窒素に依存する度合いが強い傾向を示した。時期別の基肥窒素吸収量についてみると、いずれの品種も出穂期に最大に達したが、そのうち、幼穂形成期までに「しおかり」と「そらち」は70%

以上吸収されているのに対し、「イシカリ」は50%で、幼穂形成期から止葉抽出期に至る基肥窒素吸収量がいちじるしく多いことが注目された。しかし、いずれの品種も止葉抽出期には90%前後吸収されており、品種によって若干の遅速は認められるが、基肥窒素の吸収は7月中旬頃(移植後50~55日)にはほぼ終了するものと推定された。

吸収された基肥窒素の水稲体内への配分比は表4に示した。それによると、幼穂形成期における葉身への配分比は、3品種ともおよそ70%前後であったが、その後、葉鞘・稈あるいは穂への移行の結果、葉

表 4 品種別の基肥窒素および幼穂形成期追肥窒素の
水稻体内への配分比 (1973) (%)

試 験 区 名		幼穂形成期		止葉抽出期		出 穂 期			成 熟 期		
		葉 身	葉鞘・ 稈	葉 身	葉鞘・ 稈	葉 身	葉鞘・ 稈	穂	葉 身	葉鞘・ 稈	穂
インカリ	基 肥	67.5	32.5	67.0	33.0	53.7	30.9	15.4	16.4	18.0	65.6
	幼穂形成期追肥	—	—	58.3	41.7	52.2	31.9	15.9	16.9	18.1	65.0
しおかり	基 肥	68.2	31.8	66.8	33.2	52.4	26.9	20.7	14.9	18.2	66.9
	幼穂形成期追肥	—	—	56.3	43.7	50.4	30.5	19.1	13.4	15.7	70.9
そらち	基 肥	73.5	26.5	63.7	36.3	50.4	31.8	17.8	11.3	18.5	70.2
	幼穂形成期追肥	—	—	62.0	38.0	51.9	31.2	16.9	12.2	20.4	67.4

表 5 品種別の基肥窒素および追肥窒素の穂への蓄積状況 (1973)

試 験 区 名		穂への施肥窒素蓄積量 (g/m ²)		出穂期後の 茎葉からの 施肥窒素 減少量 (g/m ²)	成熟期における穂の施肥窒素 蓄積量の内訳 (%)		
		出穂期	成熟期		出穂期の 蓄積量	茎葉からの 移行量	出穂期後の 吸収量
基 肥	インカリ	0.47	1.68	1.21	28.0	72.0	—
	しおかり	0.44	1.21	0.77	36.4	63.6	—
	そらち	0.23	0.87	0.64	26.4	73.6	—
幼穂 形成 期追 肥	インカリ	0.11	0.54	0.29	20.4	53.7	25.9
	しおかり	0.25	0.95	0.67	26.3	70.5	3.2
	そらち	0.13	0.66	0.32	19.7	48.5	31.8

身への配分比は漸次低下し、止葉抽出期以降の葉身への配分比は、「インカリ」>「しおかり」>「そらち」の順に、熟期の早い品種ほど高く推移する傾向が認められた。一方、成熟期における穂への配分比は、3品種とも 65~70% であったが、「そらち」>「しおかり」>「インカリ」の順に熟期の遅い品種ほど高い傾向を示した。しかし、表 5 に示したように、成熟期における穂への蓄積量そのものは、熟期の早い品種ほど明らかに多かった。出穂期以降においては、基肥窒素の吸収が認められないので、出穂期後の穂の基肥窒素増加分はすべて茎葉から移行したものとみられた。その移行量は、熟期の早い品種ほど多いが、成熟期における穂の基肥窒素蓄積量に対する茎葉より移行した基肥窒素の占める割合は、品種によって異なり、「そらち」が 73.6% でもっとも高く、ついで「インカリ」が 72.0% に対し、「しおかり」は 63.6% でもっとも低かった。これは、「しおかり」が他の 2 品種に比して、出穂期の穂への配分比がすでに高く (表 4)、出穂後の茎葉からの移行量に依存する割合が低いためと思われる。すなわち、成熟期における穂への配分比が品種によって

異なる理由は、出穂期における穂への蓄積割合と出穂期以降における茎葉からの穂への移行量の両者の差異によってもたらされるものと思われる。

幼穂形成期追肥窒素の吸収利用特性についてみると、追肥窒素の吸収量 (表 3) は、成熟期に最大となり、品種別の利用率についてみると、「しおかり」が 67.0%、「そらち」が 49.0%、「インカリ」が 41.5% で、「しおかり」の幼穂形成期追肥窒素の利用率がもっとも高く、かつその吸収速度も速やかであった。このように、3 品種とも、幼穂形成期追肥窒素の利用率は、基肥窒素の利用率を大きく上回わり、かつ、品種間差異が認められた。

一方、追肥窒素の水稻体内への配分比 (表 4) についてみると、止葉抽出期においては、各品種とも葉身への配分比がほぼ 60% 前後であり、「そらち」が他の 2 品種に比して若干高く、追肥による分げつ増加程度が大きいことを示唆している⁶⁾。また、基肥窒素の配分比と追肥窒素の配分比を比較すると、止葉抽出期においては、いずれの品種も基肥窒素の配分比に比し、追肥窒素の配分比は、葉身で低く、葉鞘・稈では高かつ

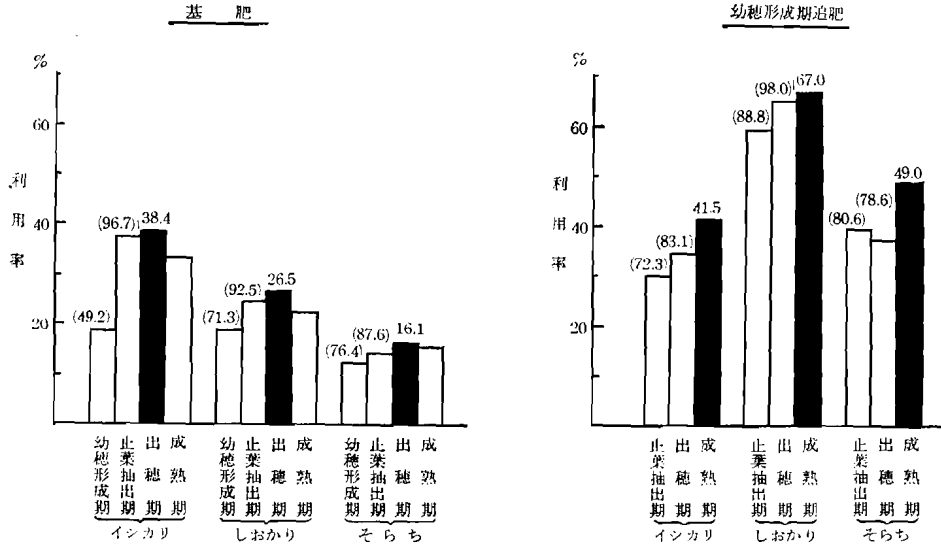


図1 品種による基肥窒素および幼穂形成期追肥窒素の利用率の差異 (1973)

注) 黒ぬりつぶし柱上の数値は利用率の最大値を示し、() 内の数値は最大値を100とした割合を示した。

表6 成熟期における¹⁵Nトレーサー法と差引法による窒素利用率の差異 (1973)

試 験 区 名		窒素の利用率 (%)			全窒素吸収量の内訳* (g/m ²)		
		差引法**	¹⁵ N トレー サー法	差引法 ¹⁵ N法	施肥由来	施肥による 土壌窒素 吸収促進量	無窒素区の 吸収した 土壌窒素量
基 肥	イシカリ	58.1	32.0	1.8	2.56 (26.6)	2.09 (21.7)	4.98 (51.7)
	しおかり	36.1	22.6	1.6	1.81 (21.8)	1.08 (13.0)	5.41 (65.2)
	そらち	28.0	15.5	1.8	1.24 (13.8)	1.00 (11.1)	6.74 (75.1)
幼穂形成期 追 肥	イシカリ	94.0	41.5	2.3	0.83 (44.1)	1.05 (55.9)	—
	しおかり	158.0	67.0	2.4	1.34 (42.4)	1.82 (57.6)	—
	そらち	69.0	49.0	1.4	0.98 (71.0)	0.40 (29.0)	—

* () 内の数値は全窒素吸収量に対する各分画の割合 (%) を示した。

** 基肥の場合は (基肥区の窒素吸収量 - 無窒素区の窒素吸収量) を、追肥の場合は (追肥区の窒素吸収量 - 無追肥区の窒素吸収量) を、それぞれ基肥および追肥窒素量で割った数値の割合を示した。

た。しかし、出穂期以降では、両者の差はほとんど認められなかった。このことは、追肥窒素は吸収直後においては、一時的に葉鞘・稈に蓄積されるものと見られた。ただし、「しおかり」では、成熟期においてむしろ追肥窒素の葉鞘・稈への配分比は、基肥窒素の配分比よりも低く、穂への配分比が高まる傾向が認められた。これは、「しおかり」は他の2品種に比し、追肥窒素の分けつ増加に関与する度合いが低いことと、稈の伸長が旺盛なため⁶⁾と考えられ、さらに、葉鞘・稈に蓄積された追肥窒素の穂への転流が速やかなためと考えられた。すなわち、表5に示したように、「しお

かり」は出穂期における穂への追肥窒素の蓄積量も多く、かつ、出穂後に茎葉から移行した追肥窒素の量、ならびに成熟期の穂の追肥窒素の蓄積量に占める茎葉から移行した追肥窒素の割合も高かった。

以上のように、基肥窒素または追肥窒素の吸収経過および利用率が品種によって異なることが示され、さらに、全窒素吸収量に占める施肥窒素の割合から、土壌窒素の寄与率の高いことも明らかになった。しかも、表6に示したように差引法による基肥窒素の利用率は、¹⁵Nトレーサー法の1.8倍も高く、追肥窒素の場合には「そらち」が幾分低い数値を示したが、他の

2品種はいずれも2倍以上であった。この両者の差異は、施肥によって土壌窒素の吸収が促進されたことを示すものであって、その量は無視できない。

基肥窒素の施用によって吸収促進された土壌窒素の量は、「しおかり」と「そらち」が約1 g/m²に対し、「イシカリ」は約2 g/m²と計算された(表6)。すなわち、「イシカリ」は基肥窒素の利用率高く、施肥による土壌窒素の吸収促進量も多いいわゆる基肥窒素依存型であり、「そらち」は基肥窒素の利用率がもっとも低く、土壌窒素依存型と考えられ、「しおかり」は両者の中間に位置した。

一方、幼穂形成期追肥による土壌窒素の吸収促進量は、「しおかり」>「イシカリ」>「そらち」の順に多く、それぞれ、1.8, 1.1, 0.4 g/m²であった。

2. 窒素の追肥時期および追肥位置による吸収利用特性の差異

各処理の全窒素吸収量と¹⁵Nラベル肥料由来の追肥

窒素の吸収経過および追肥窒素の利用率を表7に示した。

まず、「そらち」を用いて、1970年に行なった幼穂形成期における表層追肥窒素と深層追肥窒素の、追肥位置による吸収利用特性の比較試験についてみると、追肥窒素の吸収量は、表層追肥よりも深層追肥の方が明らかに大きく、表層追肥では止葉抽出期に、深層追肥では出穂期に最大に達し、追肥窒素の利用率は、それぞれ、50.9%と86.2%で、深層追肥窒素の利用率は表層追肥窒素の1.7倍であった。また、深層追肥窒素は表層追肥窒素よりもその吸収持続期間が長い傾向を示した。

さらに、吸収された追肥窒素の水稻体内での挙動を、その配分比で比較すると、表8のように、両者とも、出穂期では葉身に50%、葉鞘・稈に35%、穂に15%前後分布し、成熟期では、それぞれ、18%、15%、67%であったが、深層追肥窒素は表層追肥窒素に比してい

表7 追肥位置および追肥時期別の窒素吸収経過と利用率
(1970, 1971) (品種; そらち)

試 験 年	試 験 区 名	全窒素吸収量 (g/m ²)				¹⁵ N 由来追肥窒素の吸収量 (g/m ²)				窒素の利用率 (%)
		止葉期	出穂期	出穂期後20日目	成熟期	止葉期	出穂期	出穂期後20日目	成熟期	
1970	幼穂形成期	5.38	6.66	—	8.96	1.02	1.00	—	0.67	50.9
	表層追肥									
	幼穂形成期	6.52	7.43	—	9.77	1.65	1.72	—	1.48	86.2
1971	深層追肥									
	幼穂形成期後7日目表層追肥	—	7.42	8.75	10.05	—	0.65	0.75	0.78	39.1
	幼穂形成期後7日目深層追肥	—	6.97	11.92	11.39	—	0.91	1.30	1.09	65.0
	幼穂形成期追肥	6.63	7.51	8.84	9.07	0.53	0.57	0.63	0.63	31.5
	止葉抽出期追肥	—	7.03	8.69	8.68	—	0.40	0.49	0.72	35.9

表8 追肥窒素の水稻体内への配分比 (%)

試 験 年	試 験 区 名	止 葉 期		出 穂 期			出穂期後20日目			成 熟 期		
		葉身	葉鞘・稈	葉身	葉鞘・稈	穂	葉身	葉鞘・稈	穂	葉身	葉鞘・稈	穂
1970	幼穂形成期	56.4	43.6	51.5	33.7	14.8	—	—	—	18.6	14.5	66.9
	表層追肥											
	幼穂形成期	54.5	45.5	48.6	35.0	16.4	—	—	—	18.1	15.4	66.5
1971	深層追肥											
	幼穂形成期後7日目表層追肥	—	—	38.6	38.4	23.0	24.0	22.7	53.3	11.5	19.8	68.7
	幼穂形成期後7日目深層追肥	—	—	23.3	53.4	23.3	26.9	26.2	46.9	13.9	24.4	61.7
	幼穂形成期追肥	—	—	49.1	33.3	17.6	31.0	26.8	42.2	13.4	24.0	62.6
	止葉抽出期追肥	—	—	34.1	43.9	22.0	25.7	26.3	48.0	12.7	19.6	67.7

表9 追肥位置および追肥時期別の追肥窒素の穂への蓄積状況

試 験 区 名		穂への施肥窒素蓄積量 (g/m ²)		出穂期後の 穂の施肥 窒素増加量 (g/m ²)	出穂期後の 茎葉からの 施肥窒素 減少量 (g/m ²)	成熟期における穂の施肥窒素 蓄積量の内訳 (%)		
		出穂期	成熟期			出穂期の 蓄積量	茎葉から の移行量	出穂後の 吸収量
1970	幼穂形成期 表層追肥	0.15	0.45	0.30	0.64	33.3	66.7	—
	幼穂形成期 深層追肥	0.28	0.99	0.71	0.95	28.3	72.7	—
1971	幼穂形成期後 7日目表層追肥	0.15	0.54	0.39	0.26	27.8	47.2	47.2
	幼穂形成期後 7日目深層追肥	0.21	0.67	0.46	0.28	31.3	41.3	41.3
	幼穂形成期追肥	0.10	0.39	0.29	0.24	25.6	60.5	13.9
	止葉抽出期追肥	0.09	0.49	0.40	0.08	18.4	17.1	64.5

ずれの生育時期においても葉鞘・稈への配分比が高い傾向が認められた。

また、出穂期以降の穂の追肥窒素蓄積量は、表9に示したように、表層追肥よりも深層追肥の方が明らかにまじり、かつ、茎葉から穂へ移行した追肥窒素の量も多かった。

つぎに、1971年に行なった幼穂形成期後7日目の窒素追肥についてみると、追肥窒素の吸収量は、前年の幼穂形成期追肥の結果とは異なり、両者とも出穂期後20日目にほぼ最大に達し、その吸収持続期間がやや長いものと思われた。追肥窒素の利用率は、幼穂形成期後7日目表層追肥が39.1%、深層追肥が65.0%で、幼穂形成期追肥の場合と同様に、深層追肥窒素の利用率は表層追肥窒素の1.7倍であった。また、水稻に吸収された幼穂形成期後7日目の追肥窒素の体内配分比は、幼穂形成期における窒素追肥よりも追肥位置の差異がより明瞭に示された。すなわち、幼穂形成期後7日目の深層追肥は、生育時期のいかなを問わず、表層追肥よりも葉鞘・稈への配分比がいちじるしく高く、出穂期では、表層追肥が38.4%に対し深層追肥が53.4%、成熟期では、19.8%に対し24.4%であった。一方、成熟期における穂への配分比は、表層追肥が68.6%に対し、深層追肥が61.7%で、深層追肥窒素の穂への配分比は逆に表層追肥窒素よりもいくぶん低かった。また、出穂期および成熟期における穂の追肥窒素蓄積量は、いずれも深層追肥が表層追肥よりまじり、かつ出穂期以降の蓄積量も多かったが、茎葉から移行した追肥窒素の量は両者にほとんど差がなく、したがって成熟期における穂の追肥窒素蓄積量に占める茎葉から移行した追肥窒素の割合が低い。このことは、成熟期に

における追肥窒素の穂への配分比が表層追肥の場合よりも低いことを裏づけており、深層追肥窒素が表層追肥窒素よりも、登熟期においてもなお茎葉に残存する割合が高いことを示している。

つぎに、表層追肥に関して、幼穂形成期追肥と止葉抽出期追肥の窒素追肥時期による差異を比較すると(1971)、全窒素吸収量は、止葉抽出期追肥よりも幼穂形成期追肥の方が終始まじり傾向が認められた。一方、追肥窒素の吸収量は、幼穂形成期追肥では、出穂期後20日目に最大に達し、その後の吸収量がきわめて少ないのに対し、止葉抽出期追肥では成熟期に最大に達した。最大値に達した時期の追肥窒素の利用率は、幼穂形成期追肥が31.5%に対し、止葉抽出期追肥が35.9%で、止葉抽出期追肥の方がややまじった。

水稻体内への追肥窒素の配分比についてみると、止葉抽出期追肥窒素は幼穂形成期追肥窒素に比して、吸収後は葉身への配分比が低く、葉鞘・稈への配分比は明らかに高い傾向が認められた。その後、登熟の進行とともに穂への配分比は明らかにまじり傾向が認められた。すなわち、表9に示したように、幼穂形成期追肥よりも止葉抽出期追肥の方が出穂期後の穂への追肥窒素蓄積量が多く、その反面、茎葉から穂へ移行した追肥窒素量は、いちじるしく少ない点が特徴的であった。このことは、出穂期後における止葉抽出期追肥窒素の穂への蓄積増加分は、もっぱら、出穂期後に吸収された追肥窒素に依存するものと考えられた。その量は成熟期における穂の追肥窒素蓄積量のうち、幼穂形成期追肥がおおよそ14%を占めるのに対し、止葉抽出期追肥は65%にも達し、止葉抽出期に追肥した窒素は穂へ直接的に移行蓄積する割合が高いものと考えられた。

3. 硝酸態窒素の吸収利用特性

窒素形態、すなわちアンモニア態窒素と硝酸態窒素の吸収利用特性を明らかにするため、 $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$ と

$\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ の ^{15}N ラベル硝安を用いて、土壌別ならびに追肥時期別に検討した。全窒素吸収量および追肥窒素の吸収経過と追肥窒素の利用率を表10に示した。

表 10 $\text{NH}_4\text{-N}$ および $\text{NO}_3\text{-N}$ の吸収経過と追肥窒素の利用率 (1971) (品種; そらち)

試 験 区 名	全窒素吸収量 (g/m^2)			^{15}N 由来追肥窒素吸収量 (g/m^2)			窒素の利用率 (%)
	出穂期	出穂期後20日目	成熟期	出穂期	出穂期後20日目	成熟期	
黄褐色土壌	無 追 肥	5.44	6.12	7.78	—	—	—
	止葉抽出期 $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$ 追肥	6.60	8.58	9.27	0.50	0.63	34.0
	" $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ "	7.54	8.97	10.37	0.30	0.32	15.8
	出 穂 期 $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$ "	—	7.09	9.68	—	0.65	37.8
	" $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ "	—	8.12	10.28	—	0.20	11.2
グライ土壌	無 追 肥	7.44	8.33	8.51	—	—	—
	止葉抽出期 $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$ 追肥	8.95	12.21	10.21	1.16	1.06	55.8
	" $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ "	8.23	10.19	11.10	0.51	0.48	25.5
	出 穂 期 $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$ "	—	10.65	10.12	—	1.12	55.9
	" $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ "	—	9.64	10.52	—	0.27	17.3

まず、追肥以降の全窒素吸収量についてみると、土壌間では、黄褐色土壌に比してグライ土壌の方が各処理区ともにまさり、旺盛な生育を示した。各処理間では、本来、 $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$ 追肥区と $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ 追肥区の窒素吸収量は同等であるべきであるが、若干差異が認められた。

これは、圃場条件あるいはサンプリングの誤差によるものと思われるが、この点を考慮しても、追肥時期による窒素吸収量の差異、すなわち、止葉抽出期追肥と出穂期追肥の全窒素吸収量の差異は比較的小さいものと思われた。

つぎに、アンモニア態追肥窒素の吸収経過をみると、止葉抽出期に追肥した $^{15}\text{NH}_4$ 由来の追肥窒素吸収量は、黄褐色土壌では出穂期後20日目にほぼ最大に達したのに対し、グライ土壌では出穂期に最大に達し、その吸収ピークはグライ土壌の方が早かった。土壌別のアンモニア態追肥窒素の利用率は、黄褐色土壌で34.0%、グライ土壌では56.0%であった。

一方、出穂期に追肥した $^{15}\text{NH}_4$ 由来の追肥窒素の吸収量は、黄褐色土壌では成熟期に、グライ土壌では出穂期後20日目にそれぞれ最大に達し、アンモニア態追肥窒素の利用率は黄褐色土壌が37.8%に対し、グライ土壌では55.0%であった。このように、追肥時期のいかに問わず黄褐色土壌に比して、グライ土壌の方

がアンモニア態追肥窒素の利用率が高く、かつ吸収速度も速いものと考えられた。一方、追肥時期によるアンモニア態追肥窒素の利用率の差異はほとんど認められなかった。

つぎに、 $^{15}\text{NO}_3$ 由来の追肥窒素の吸収経過をみると、両土壌とも、止葉抽出期追肥では出穂期に、出穂期追肥では出穂期後20日目にそれぞれほぼ最大に達し、黄褐色土壌における硝酸態追肥窒素の利用率は、止葉抽出期追肥では15.8%、出穂期追肥では11.2%であった。

一方、グライ土壌においては、止葉抽出期追肥では25.5%、出穂期追肥では17.3%であった。このように硝酸態追肥窒素の利用率は、土壌型では黄褐色土壌よりもグライ土壌の方が高く、追肥時期では出穂期追肥よりも止葉抽出期追肥の方が高かった。結局、硝酸態追肥窒素の利用率は、両土壌とも、アンモニア態追肥窒素の利用率よりもいちじるしく低く、止葉抽出期追肥では1/2以下、出穂期追肥では1/3以下であった。

さらに、水稻体内への追肥窒素の配分比は表11に示したように、止葉抽出期追肥では、追肥後間もない出穂期においては、アンモニア態窒素よりも硝酸態窒素の方が葉身への配分比が高く、穂への配分比はむしろアンモニア態窒素の方が高かった。しかし、成熟期においては、両形態窒素の配分比にはほとんど差異が

第11 NH₄-N および NO₃-N の水稻体内への配分比 (1971)

試 験 区 名			出 穂 期			出穂期後20日目			成 熟 期		
			葉身	葉鞘・ 稈	穂	葉身	葉鞘・ 稈	穂	葉身	葉鞘・ 稈	穂
黄褐色土壌	止葉抽出期	¹⁵ NH ₄ NO ₃ 追肥	34.0	43.3	22.7	20.9	22.7	54.4	12.2	20.4	67.4
	"	NH ₄ ¹⁵ NO ₃ "	43.4	38.4	18.2	28.3	26.0	45.7	13.7	19.2	67.1
	出穂期	¹⁵ NH ₄ NO ₃ "	—	—	—	21.9	25.0	53.1	6.2	15.5	78.3
	"	NH ₄ ¹⁵ NO ₃ "	—	—	—	20.8	18.2	61.0	10.7	17.0	72.3
グライ土壌	止葉抽出期	¹⁵ NH ₄ NO ₃ 追肥	38.6	39.3	22.1	25.9	30.2	43.9	16.4	19.2	64.4
	"	NH ₄ ¹⁵ NO ₃ "	43.0	39.7	17.3	25.4	25.8	48.8	15.1	18.6	66.3
	出穂期	¹⁵ NH ₄ NO ₃ "	—	—	—	17.3	28.5	54.2	6.2	10.2	83.6
	"	NH ₄ ¹⁵ NO ₃ "	—	—	—	18.4	39.7	41.9	9.9	15.4	74.7

表12 NH₄-N と NO₃-N の穂への蓄積状況 (1971)

試 験 区 名			穂への施肥窒素蓄積量 (g/m ²)		出穂期後の 穂の施肥 窒素増加量 (g/m ²)	出穂期後の 茎葉からの 施肥窒素 減少量 (g/m ²)	成熟期における穂の施肥窒素 蓄積量の内訳 (%)		
			出穂期 (出穂期後 20日目)	成熟期			出穂期の 蓄積量	茎葉から の移行量	出穂後の 吸収量
黄褐色土壌	止葉抽出期 追肥	NH ₄	0.11	0.46	0.35	0.16	23.9	35.2	40.9
		NO ₃	0.05	0.20	0.15	0.14	25.0	73.5	1.5
	出穂期追肥	NH ₄	(0.35)	0.58	0.58	—	—	—	—
		NO ₃	(0.12)	0.16	0.16	—	—	—	—
グライ土壌	止葉抽出期 追肥	NH ₄	0.26	0.71	0.45	0.51	36.6	63.4	—
		NO ₃	0.09	0.33	0.24	0.26	27.3	72.7	—
	出穂期追肥	NH ₄	(0.30)	0.92	0.92	—	—	—	—
		NO ₃	(0.11)	0.26	0.26	—	—	—	—

認められなかった。このことは、追肥後、吸収されたアンモニア態窒素はすみやかに穂へ移行するのに対し、硝酸態窒素は一時葉身に蓄積されるものと思われるが、表12に示したように、登熟の進行とともに、茎葉から穂へ移行する割合は、逆にアンモニア態窒素よりも硝酸態窒素の方が高く、一時茎葉に蓄積された硝酸態窒素はアンモニア態窒素よりも穂への移行率の面ではまさることを示唆している。

一方、出穂期追肥では、成熟期における穂への配分比は、硝酸態窒素よりもアンモニア態窒素の方が高く、茎葉部に分布する割合はアンモニア態窒素よりも硝酸態窒素の方が高かった。また、追肥時期間の差異をみると、土壌型あるいは窒素形態のいかんを問わず、成熟期の穂部への配分比は、止葉抽出期追肥が65~67%に対し、出穂期追肥は72~84%であった。このことは、出穂期に追肥した窒素は、その形態のい

かんを問わず、止葉期追肥窒素よりも穂への移行率の面ではまさることを示している。

考 察

水稻に対する施肥窒素の利用率について、¹⁵Nラベル肥料を用いて検討した結果、その利用率は、基肥に施用した場合と追肥に施用した場合で異なり、かつ、品種の違いや追肥の時期あるいは追肥の位置、さらには追肥窒素の形態によっても異なる結果が得られた。また、年次によっても差異のあることが示された。

まず、品種による基肥窒素および追肥窒素の吸収利用特性について考察すると、基肥窒素の利用率は「イシカリ」>「しおかり」>「そらち」の順に熟期の早い品種ほど高く、それぞれ、38.4%、26.5%、16.1%であった。基肥窒素の利用率は、西垣ら¹⁴⁾によると33%、和田ら²¹⁾によると21~27%、猪父ら⁹⁾によると29%と

報告されており、おおよそ 20~30% の範囲にある。本試験の場合、3 品種の平均値は 27.0% であったが、既往の結果に比して、「イシカリ」では高く、「そらち」ではかなり低い値であった。また、基肥窒素の利用率は、いずれの品種も出穂期に最大に達したが、そのうち 90% が 7 月中旬 (移植後 50~55 日) に吸収し終った。和田ら²¹⁾ および西垣ら¹⁴⁾ によると、基肥窒素の吸収は、施肥後 1 カ月でほぼ終了するとされており、本報告の結果とはかなり異なった。この差異は、府県の水稲の初期生育が比較的高温条件下で推移し、水稻根圏の発達も早く、生育初期の養分吸収が旺盛であること、土壌的には、還元発達が早く、脱窒量も多いことなどが考えられる。さらに、本道では、土壌窒素の有効化が幼穂形成期以降に多くなり、水稻の養分吸収のパターンが府県の水稲よりも後半にずれこむためと考えられる^{1,17)}。

品種による施肥窒素の吸収利用特性の異なる要因について考察すると、品種による根の伸長、分布状態と根の活性の差異がもっとも重要と考えられる。

速水⁸⁾ によると、現在の品種は、旧来の品種に比して下層からの窒素吸収割合が高く、かつ、吸収された窒素の上位葉への分布割合が高まり、根の分布が全層分布型で根活性を高く維持している反面、旧来の品種は根分布が上層分布型の傾向を示すことを認め、さらに、追肥窒素の施肥位置を変えた場合、根分布および根活性の品種間差異と養分吸収との関係がより明瞭になったと報告している。本試験で扱った 3 品種についても上記のような差異が存在するものと考えられる。

著者らの、別の試験 (未発表) において、水稻根の伸長発達と根活性について調査した結果によると、幼穂形成期から止葉抽出期における基肥窒素吸収増加量の大小と根の伸長発達および根活性の差異とがよく一致した情報を提供している。このような根の発達と根活性の差異が、施肥による土壌窒素の吸収促進量の大小に反映するものと考えられる。また、根の分布位置については、調査の結果「イシカリ」や「しおかり」は、より下層に分布し、「そらち」はむしろ表層に広く分布しており、このことより前者は高濃度の施肥窒素を選択的に吸収し、後者では無機化した土壌窒素に依存する割合が高いものと推定される。一方、品種による追肥窒素の利用率の差異は、基肥窒素の場合よりも小さいが、前述と同様に、追肥した時点の根量と根活性に、さらには追肥による分げつ増加量や新根発生量の大小に強く支配されるものと考えられる。

つぎに、1970 年、1971 年の両年に、「そらち」を用

いて実施した追肥の位置と時期、および追肥窒素形態に関する試験結果について、まず、追肥位置の差異による吸収利用特性についてみると、追肥時期および年次が異なっても、表層追肥に対して深層追肥窒素の利用率が 1.7 倍も高く、その吸収持続期間も長く、幼穂形成期の深層追肥では、追肥後 20 日間以上吸収が持続し、幼穂形成期後 7 日目の深層追肥では、出穂期後 20 日目に至ってもなお吸収が持続していた。

一方、表層追肥窒素の施用時期による利用率の差異は、1971 年の結果を集約すると、幼穂形成期追肥が 31.5%、幼穂形成期後 7 日目が 39.1%、止葉抽出期追肥が 35.9%、出穂期追肥が 37.8% であって、いずれも 30~40% の範囲であった。追肥時期による利用率の差異については、基肥窒素の施用量や窒素形態の異なるものが含まれているので、厳密には断定できないが、追肥時期による差異は比較的小さいものと推定される。しかし、幼穂形成期追肥窒素の利用率は、1970 年では 50.9%、1971 年では 31.5%、1973 年は 49.0% で、年次によって異なった。すなわち、1971 年がとくに低い数値を示した原因は、この年が遅延型の冷害年であって、生育全期間にわたって低温条件下で推移したため、追肥窒素の利用率が低く、かつ、窒素の吸収も遅延したものと思われる。このことは、追肥時における水稻の生育相と追肥後の温度条件 (7 月中・下旬の平均気温は 1970 年が 21.8°C に対し、1971 年が 18.4°C であった) によって、追肥窒素の吸収様式が異なることを示唆するものである²²⁾。

水田圃場において ¹⁵N トレーサー法により追肥窒素の利用率を算定した府県における既往の報告^{9,10,12,22)} から平均値を算出すると、分げつ期追肥が 30% 前後、最高分げつ期頃の追肥が 50%、幼穂形成期頃の追肥が 57%、減数分裂期頃の追肥が 53% と計算された。また、出穂期²²⁾あるいは穂揃期¹⁰⁾については 30~80% と一定の傾向が認められなかった。平均値でみると、分げつ期よりも遅い追肥の方が利用率が高い傾向が認められるが、最高分げつ期から減数分裂期までの追肥窒素の利用率は、50~60% の範囲にあるものと見てよからう。本試験における追肥時期別の追肥窒素の利用率の差異を既往の結果と対比すると、利用率の絶対値は異なっても、時期的な優劣はほぼ一致するものと思われた。

つぎに、追肥窒素の吸収持続期間についてみると、いずれの追肥時期においても、追肥後 20 日間前後で、追肥窒素吸収量の最大値のうち 80~90% が吸収されており、和田ら²²⁾ の報告 (分げつ期追肥; 20 日間, 2

次枝梗分化期; 7~10日, 出穂期; 4日間以内) に比していちじるしく長い。この理由は、府県の水稲に比して、本道の水稲は比較的低い気温条件下で窒素吸収がなされることと、後まじりの生育経過をたどるためと思われる。さらに、本道の水稲は、出穂期以降の葉身の窒素濃度が高く推移し、茎葉同化力および根の活力も高いため、窒素吸収が持続的に行なわれるものと推定される。また、土壌的な面からみると、土壌還元下における追肥窒素の存在形態、経時的供給様式など、温度条件が府県に比して低いがゆえに、土壌中での窒素の挙動が異なることも考えられる^{1,16,22)}。

つぎに、追肥窒素の水稲による吸収機作や体内での挙動を、追肥時期の面から考察すると、追肥時期が早いほど葉身への配分比が高く、遅い追肥ほど葉鞘・稈または穂への配分比が高まる傾向が認められた。すなわち、追肥された窒素は生長の盛んな部位へ移行蓄積するものと考えられた^{7,10,18,23)}。

硝酸態窒素利用の意義については清野の詳述¹⁵⁾があり、後期追肥としての硝酸態窒素の有利性が認められている。著者らも圃場試験においてその効果を認めている²⁾。

¹⁵N ラベル硝安を用いた本試験の結果によると、硝酸態追肥窒素の利用率は、土壌間では黄褐色土壌よりもグライ土壌の方が高く、追肥時期では、出穂期追肥よりも止葉期追肥の方がまさったが、硝酸態追肥窒素の利用率は、アンモニア態窒素の利用率の1/2~1/3にすぎない。また、その吸収期間は、止葉抽出期追肥では、追肥後10日以内に吸収されてしまうのに対し、出穂期追肥では少なくとも20日間は吸収が持続した。このように、土壌あるいは追肥時期による利用率の差異は、水稲根の分布状態と根の活性の差異¹³⁾によってもたらされるものと考えられる。また、土壌条件としては、グライ土壌の方が黄褐色土壌よりも減水深が小さく、より還元的であることも1つの理由と考えられる¹¹⁾。

松崎ら¹¹⁾は、硝酸態追肥窒素(移植後34日目追肥)の利用率は27.8%で、アンモニア態追肥窒素の利用率の70%前後であるとし、その吸収期間は7~14日であると報告している。この硝酸態追肥窒素の利用率および吸収期間についての報告結果は、本試験のグライ土壌における止葉抽出期追肥の利用率に相当している。しかし、山室・河野²⁴⁾は、分げつ期追肥で15%、幼穂形成期追肥では50%と報告している。このような数値の幅が大きいことは、硝酸態追肥窒素の利用率が、追肥時の稲の栄養条件や土壌条件¹¹⁾に大きく左右

されることを示唆している。また、本試験において、吸収された硝酸態窒素の体内での移行・分布の様式がアンモニア態窒素とは異なり、登熟期間における無機成分および炭水化物の穂への移行についても差異があるものと推定される。

以上のように、本道における施肥窒素の吸収利用特性と暖地におけるその差異は、とくに、施肥窒素の吸収速度が遅く、反面吸収持続期間が長いことにあり、窒素の多肥による生育遅延の危険性を示唆している。

さらに、実際の施肥にあたって、品種間差異についても充分留意する必要がある。

引用文献

- 1) 出井嘉光 1970: 後期重点追肥と土壌条件. 土肥学会編, 近代農業における土壌肥料の研究 166-172, 養賢堂, 東京.
- 2) 古山芳広, 南 松雄, 野村美智子, 小田切弘一 1970: 寒地水田における硝酸態窒素の利用について. 第1報. 硝酸態窒素の追肥効果. 土肥要旨集 16: 126.
- 3) ———, ——— 1973: 水稲品種の栄養生理的特性に関する研究. 第1報. 品種の生理生態特性と基肥Nの反応性. 道農試集報 28: 1-12.
- 4) ———, ——— 1973: 同上. 第3報. 基肥Nと品種の生産構造について. 土肥要旨集 19 (II): 18.
- 5) ———, ——— 1973: 同上. 第4報. 炭水化物集積過程の品種間差異. 土肥要旨集 19: 80.
- 6) ———, ——— 1974: 同上. 第2報. 品種の生理生態特性と追肥窒素の反応性. 道農試集報 29: 148-160.
- 7) 速水和彦, 山下鏡一 1970: 寒冷地水稲の養分吸収利用特性に関する研究—窒素および磷酸の吸収・動態と品種間差異. 土肥要旨集 16: 127.
- 8) ——— 1974: 水稲品種の施肥反応と栄養生理特性について—根系分布, 活性と光合成能力, 養分吸収特性の関係. 土肥要旨集 20: 112.
- 9) 猪又 勉, 大平幸次, 藤原彰夫 1969: 湛水土壌における窒素の動向. 第1報. 水稲による施肥窒素の利用と土壌中での変化. 土肥要旨集 15: 96.
- 10) 松崎昭夫, 松島省三, 富田豊雄 1973: 水稲収量の成立原理とその応用に関する作物学的研究. 第113報. 穂摘期窒素追肥が品質に及ぼす影響. 日作紀 42: 54-62.
- 11) ———, ———, ——— 1973: 同上. 第114報. 分げつ期における硝酸態窒素利用率の向上について. 日作紀 42: 178-184.
- 12) 御子柴穆, 高橋正輝, 古田和五郎, 飯田一郎 1973:

- 水稻の施肥法に関する研究. 第4報. 土壌別にみた土壌窒素と時期別施肥窒素の吸収経過について. 土肥要旨集 19: 41.
- 13) 南 松雄, 古山芳広, 藤原耕治 1973: 水稻根圏の N 動態に関する研究. 第1報. 土壌別の根圏発達と N の消長. 土肥要旨集 19(II): 23.
 - 14) 西垣 晋, 渋谷政夫, 小山雄生, 花岡郁子, 上郷千春, 飯田一郎, 山口 啓, 御子柴穆, 清井敏博 1961: 長野水田圃場における窒素の行動. 第4回アイソトープ会議報文集 1140-1144.
 - 15) 清野 馨 1970: 水稻多収栽培における硝酸態窒素利用の意義. 土肥学会編, 近代農業における土壌肥料の研究 109-113, 養賢堂, 東京.
 - 16) 関矢信一郎, 志賀一一 1973: 水田土壌の動態と水稻の生育について (第2報). 土肥要旨集 19: 102.
 - 17) ———, ——— 1974: 同上 (第3報). 土肥要旨集 20: 73.
 - 18) 志賀一一, 宮崎直美 1974: 寒地水稻に対する窒素施用に関する研究—後期追肥について (6). 土肥要旨集 20: 7.
 - 19) 島田晃雄 1970: 養分吸収よりみた深層追肥 (1). 農及園 45: 99-103.
 - 20) 庄子貞雄, 和田源七, 斎藤公夫, 新保 到, 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2報. 基肥窒素の土壌中における行動. 日作紀 40: 281-286.
 - 21) 和田源七, 庄子貞雄, 高橋重郎 1971: 同上. 第1報. 基肥窒素の吸収. 日作紀 40: 275-280.
 - 22) ———, ———, ———, 斎藤公夫, 新保 到 1971: 同上. 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.
 - 23) ———, ———, ——— 1973: 同上. 第4報. 吸収窒素の水稻体内への配分について. 日作紀 42(1): 84-90.
 - 24) 山室成一, 河野通佳 1967: 水田における窒素の制御に関する研究. 第1報. 水田における施肥 $\text{NO}_3\text{-N}$ ・土壌の $\text{NH}_4\text{-N}$ ・水稻生育の動的相互関係について. 土肥要旨集 13: 74.

Studies on the Nutritional and Physiological Characteristics of the Rice Varieties in Hokkaido

III. The efficiency and absorption of nitrogen fertilizer with labelled nitrogen (^{15}N)

Yoshihiro FURUYAMA*, Koji FUJIWARA*
and Matsuo MINAMI*

Summary

This investigation was carried out to make clear the efficiency of basal and additional nitrogen absorption by rice plants with labelled nitrogen (^{15}N) in the paddy field.

The utilization ratio of basal and top-dressed nitrogen at the young panicle formation stage by rice plants was investigated with the rice varieties of "Ishikari", "Shiokari" and "Sorachi", in 1973. Experiments on the placement, the term of additional nitrogen fertilizer and the top-dressed nitrogen form ($^{15}\text{NH}_4$, $^{15}\text{NO}_3$) were conducted with the rice variety, "Sorachi", in 1970 and 1971.

The results were summarized as follows;

1) The utilization ratio of basal nitrogen fertilizer calculated from ^{15}N tracer methods were 38.4% in Ishikari, 26.5% in Shiokari and 16.1% in Sorachi, 27.0% on the average. The utilization ratios of top-dressed nitrogen fertilizer at the young panicle formation stage were 41.5%, 67.0%, 49.0%, respectively. It was confirmed that the absorption of basal nitrogen by rice plants almost finished in the middle of July in every rice variety.

2) The gross recovery of basal and top dressed nitrogen in the plant was about two times greater than that of recovery calculated from the ^{15}N tracer method.

3) The utilization ratio of top application to deeper layers of paddy soil in the young panicle formation stage and seven days after the young panicle formation stage was calculated from 65% to 86%, which was substantially higher than that of top-dressed nitrogen to the surface layer and absorbed gradually.

4) The utilization ratio of top-dressed nitrogen fertilizer at the young panicle formation stage was about 50% in a year of high temperature conditions (1970, 1973), and 32% in a year of low temperature conditions (1971). In a year of low temperature conditions, the utilization ratio of top-dressed nitrogen at various growth stages (young panicle formation stage, seven days after the young panicle formation stage, booting stage, heading stage) ranged from 30% to 40%, there was little reason to choose between those stages of top dressing.

5) The absorbed nitrogen derived from top-dressed nitrogen fertilizer, applied at earlier growth stage, was distributed in leaf blades than the leaf sheaths and stems. Nitrogen applied at a later growth stage was firstly found in leaf sheaths and stems, and it was translocated to the ears with the progress of ripening. On the occasion of top-dressed nitrogen at the heading stage, about 80% of absorbed top dressing nitrogen was found in the ear at maturity.

6) The utilization ratio of top-dressed $\text{NO}_3\text{-N}$ was inferior to that of $\text{NH}_4\text{-N}$, ranged from 11 to 26% in all plots.

* Hokkaido Prefectural Kamikawa Agricultural Experiment Station, Asahikawa, Hokkaido, Japan.