

IV 施肥と地力培養に関する技術解析

1. 上川農業試験場

(1) 育苗様式並びに品種別の収量性

1) 稚苗と成苗水稻の収量性：昭和51年度における稚苗及び成苗水稻の収量性を過去3ヵ年(48～50年)の平均値と比較すると表IV-1に示す通りである。

表IV-1 稚苗と成苗水稻の収量性

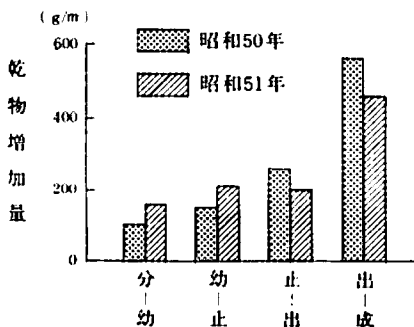
育苗様式	㎡ 当 り 穂 数(本)			1 穂 穂 数			㎡ 当 り 穂 穂 数×100		
	昭 和 年 51	昭和48 ～50年	昭和48 ～50年 対 比	昭 和 年 51	昭和48 ～50年	昭和48 ～50年 対 比	昭 和 年 51	昭和48 ～50年	昭和48 ～50年 対 比
稚 苗	564	545	103	48.9	50.3	97	276	274	101
成 苗	521	492	106	59.1	60.9	97	308	299	103

育苗様式	玄 米 千 粒 重(g)			登 熟 歩 合(%)			玄 米 収 量(kg/a)		
	昭 和 年 51	昭和48 ～50年	昭和48 ～50年 対 比	昭 和 年 51	昭和48 ～50年	昭和48 ～50年 対 比	昭 和 年 51	昭和48 ～50年	昭和48 ～50年 対 比
稚 苗	21.2	21.5	98	64.8	79.9	81	47.9	52.9	91
成 苗	21.5	21.9	98	73.3	81.8	90	51.1	54.5	94

注) 品種「イシカリ」、施肥N量—基肥N0.8kg/a。
51年出穂期—稚苗8月4日、成苗8月1日。

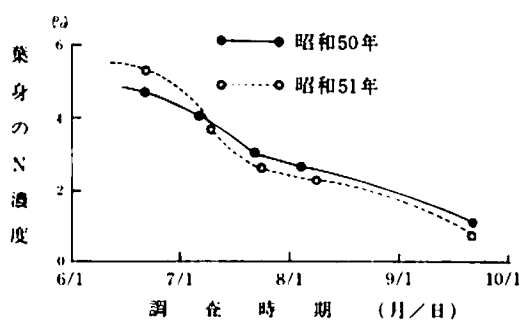
昭和51年度の場合、過去3ヵ年の平均収量と比較すると、稚苗及び成苗水稻とも、6～9%減収しているが、その減収度合は明らかに成苗よりも稚苗の方が大きい。これを収量構成要素の面よりみると、不稔歩合の増加や有効茎歩合の低下よりも寧ろ登熟歩合の低下に基因する度合の方が明らかに大きい。

—イシカリ・稚苗・N0.8kg—



図IV-1 生育時期別の乾物生産量

—イシカリ・稚苗・N0.8kg—



図IV-2 葉身のN濃度推移

本年度の気象経過との関連でみると、6月下旬及び7月中旬頃の低温寡照によって乾物生産が停滞し、更に8月上旬以降の長期に亘る低温（8月の平均気温が平年に比べて2.5℃前後低い）が初期登熟を不良にし、穂への養分移行を悪化せしめて登熟歩合の低下を招来したものと推定される。

又、栄養生理面よりみると、稚苗水稻は成苗水稻に比して、特に幼形期から止葉期前後にかけての窒素吸収と乾物生産量の停滞が特徴的であった。

2) 品種及び窒素施用量の関係：品種の早晚と窒素施用量の差異による冷害の被害程度を示したのが表Ⅳ-2である。

表Ⅳ-2 品種と窒素施用量の差異による収量性の比較(成苗)

品 種	N 用 量 (kg/a)	昭 和 51 年							昭和50年
		出 穂 期 (月・日)	玄米収量 (kg/a)	稈 当 り 粒 数 ×100	不 稔 歩 合 (%)	登 熟 歩 合 (%)	千 粒 重 (g)	青 米 歩 合 (%)	玄米収量 (kg/a)
イシカリ (早の晩)	0.4	7.31	39.7	182	5.6	79.9	21.9	3.5	38.5
	0.8	8.2	58.7	296	9.6	72.6	20.9	7.1	50.7
	1.2	.5	71.6	422	15.5	68.4	20.9	12.2	56.3
栄 光 (中の晩)	0.4	8.5	43.7	247	3.7	72.8	20.5	22.9	49.5
	0.8	.11	52.4	373	15.2	52.9	19.8	30.9	54.4
	1.2	.15	53.7	461	37.7	40.9	19.8	42.2	57.4
ユーカラ (晩の早)	0.4	8.10	40.5	235	6.4	72.6	21.4	15.9	41.3
	0.8	.14	47.5	280	13.6	54.6	20.5	36.5	51.9
	1.2	.19	39.6	419	39.2	38.7	19.5	41.7	60.0

平常年の場合には、各品種とも、N施用量が1.2kg/a以下では、基肥Nの増施によって穂数や粒数が顕著に増加する反面、登熟性の低下割合が小さく、何れも高い増収率を示すが、冷害年においては出穂期の早晚とN施用量の差異が顕著に認められる。

昭和51年度の場合、特に8月上旬以降の長期に亘る低温の影響は、品種の早晚性及び出穂期の遅速によって著しく異なり、8月10日以降に出穂期に入った中・晩生種や生育の遅延したものは穂ばらみ期、開花期が大幅に延長し、不稔歩合の増加と登熟歩合の低下によって著しく減収している。更に、適量以上のN施用は出穂開花期の遅れを助長し、一層冷害の被害を大きくし、たとえ或る程度の玄米収量を得たとしても、青米などの未熟粒の増加によって米質の低下も著しい。

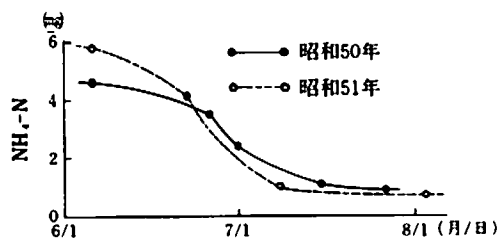
(2) 地温及び土壌養分の動向

表Ⅳ-3 洪水期間中の水田地温(℃)

月 旬 年	5 月	6 月				7 月				8 月	
	下	上	中	下	上	中	下	上	中	上	中
昭和51年	16.7	17.3	18.0	18.8	19.1	20.3	21.8	20.1	18.2		
平 年	15.3	16.4	17.7	18.2	19.7	20.0	21.8	21.7	20.8		

注) 水田地温は地中深5cmの地温

昭和51年度における地温及び土壌NH₄-N量の推移を平常年と対比してみると、表Ⅳ-3、図Ⅳ-3に示す様に、5月下旬から6月下



図Ⅳ-3 土壌中の $\text{NH}_4\text{-N}$ の消長(N 0.8kg, 作土)

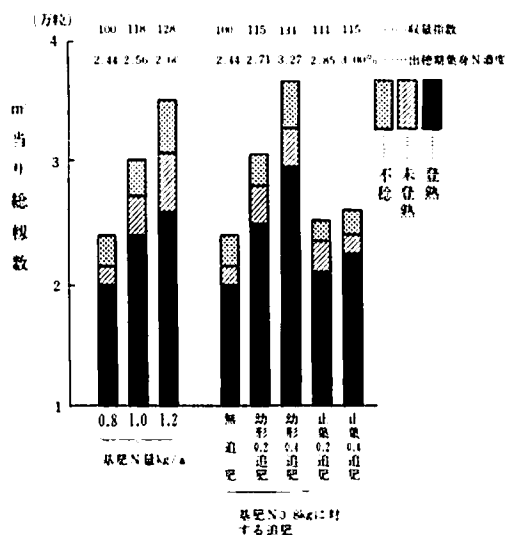
(3) 窒素の施肥反応

1) 窒素の分追肥：平常年の昭和50年と冷害年の51年における稚苗水稻（機械移植水稻）に対する基肥N及び追肥Nの反応を示すと表Ⅳ-4の通りである。

表Ⅳ-4 稚苗水稻に対する窒素の追肥効果

区 分				昭 和 50 年				昭 和 51 年			
				玄米重 (kg/a)	指 数 (%)	m ² 当り 総 穂 数 ×100	登熟歩合 (%)	玄米重 (kg/a)	指 数 (%)	m ² 当り 総 穂 数 ×100	登熟歩合 (%)
基 肥	N	0.8	kg	51.7	100	279	85.3	47.9	100	262	80.0
	"	1.0	kg	54.1	105	315	85.1	56.5	118	301	77.9
	"	1.2	kg	59.2	115	335	83.2	61.2	128	349	74.4
追 肥	幼形期	N 0.8+0.2		60.5	117	341	86.1	55.3	115	309	80.9
		N 0.8+0.4		61.6	119	342	86.3	64.4	134	366	80.2
肥	止葉期	N 0.8+0.2		54.2	105	284	87.5	53.0	111	262	83.8
		N 0.8+0.4		56.4	109	290	87.3	55.0	115	269	86.9

注) 昭和50年—幼形期7月5日、出穂期8月2日。
昭和51年—幼形期7月9日、出穂期8月2日。

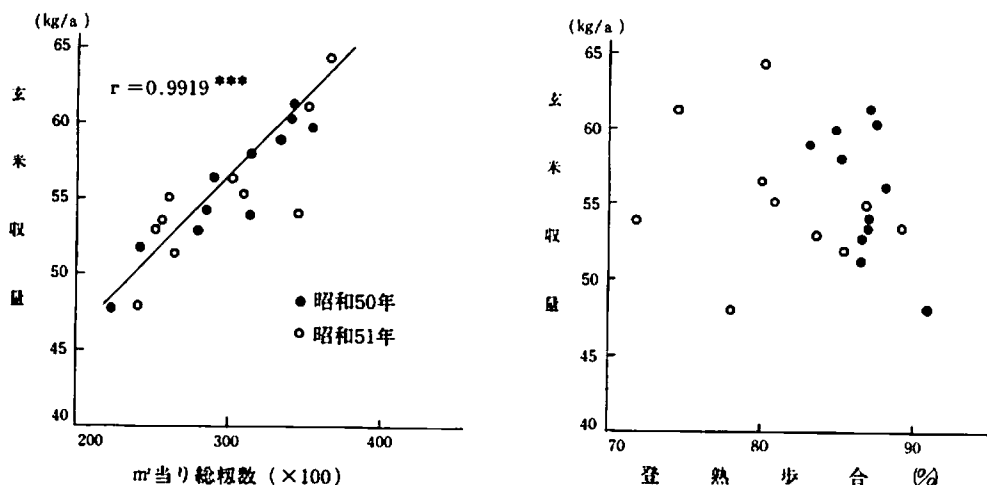


図Ⅳ-4 窒素施用と不稔、未登熟穂の関係(昭和51年)

旬にかけて地温が平常年よりも高く推移したため、土壌還元のピークが平常年に比して早く、且、強度に現われ、その上、土壌Nの有効化量も多かった事が、水稻の初期生育及び分けつ発生を促進したものと思われる。又、8月以降の地温が低目に経過した事が強度な土壌還元を抑制する結果となり、これが水稻根の老朽化防止にも役立った。

平常年及び冷害年ともに、稚苗に対する基肥Nの増肥並びにN追肥による増収効果が極めて高く、N追肥時期としては止葉期追肥よりも幼形期追肥の方が、又、N追肥量としては0.2kgよりも0.4kgの方が明らかにまざっている。更に、窒素施用と不稔及び未登熟穂の関係をみると、図Ⅳ-4に示すように、基肥Nの増施及び幼形期N追肥によって穎花数が著しく増加すると共に相対的に不稔粒と未登熟粒が増大しているが、登熟穂数の絶対値が多いことが結果的に増収要因となっている。

従来、単位面積当りの穂数が少ない場合は、基肥多肥、幼形期追肥などの効果が大きいが、或る程度穂数が確保された段階では止葉期追



図Ⅳ－５ 玄米収量と㎡当り総穂数及び登熟歩合の関係(稚苗水稻)

肥が安定した効果を示すと云われているが、図Ⅳ－５に示すように、稚苗水稻の場合は玄米収量と㎡当り総穂数の間に高い正相関が認められ、総穂数が38,000粒までは収量の低下がみられず、穂数増加を狙うN施肥法が有効であることを示唆している。

一般に、稚苗は成苗に比べて幼形期から止葉期のN吸収量が少なく、且、この時期の乾物生産能率の劣ることが、有効茎歩合の低下や1穂穂数の減少要因となっている。従って、この点が施肥に当たっての1つの重要なポイントとなっている。

2) 施肥位置：一般に、機械移植水稻は成苗手植水稻に比べて植付深度が浅く、且、分けつ期には表層に根が多く分布する事が知られているので、水稻の根系発達と初期生育の促進と密接な関連をもつ施肥位置の試験結果を表Ⅳ－５に示した。

表Ⅳ－５ 施肥位置の相違と水稻の収量性(稚苗)

区 分	基肥N量(kg/a)			昭和50年					昭和51年				
	全層	表層	条間	㎡当り 穂数 (本)	1穂 穂数	㎡当り 総穂数 ×100	登熟 歩合 (%)	玄米 収量 (kg/a)	指 数 (%)	㎡当り 穂数 (本)	㎡当り 総穂数 ×100	玄米 収量 (kg/a)	指 数 (%)
全層施肥	1.0	—	—	631	51.3	324	80.5	52.4	100	571	317	47.7	100
表層施肥	0.6	0.4	—	556	49.4	275	83.4	48.2	93	553	306	46.6	98
条間施肥	0.6	—	0.4	678	52.0	353	80.7	55.6	106	582	324	49.9	105

注) 施肥N利用率(%)—全層施肥56.2、表層施肥43.3、条間施肥60.7%。

従来、成苗植に対して活着の良化、初期生育の促進などの条件を充たす施肥法として有効な表層施肥法は、初期生育の良好な乾田の稚苗植に対しては生育促進の効果が殆んど認められず、表層施用によるN損失の増大が逆に有効茎歩合、1穂穂数及び総穂数の減少を招来して昭和50年、51年ともに全層施肥法に比して減収し、施肥Nの利用率も低かった。

一方、条間施肥法は有効茎歩合の向上を通じて穂数及び穂数増加に反映する度合が大きく、両年とも5～6%の増収率を示し、肥効の持続性及び施肥Nの利用率向上の点からも表層施肥並びに全層施肥法に比べて有効な施肥技術であると云える。

表Ⅳ－6 ペースト肥料の側施効果(対慣行区指数)

ペースト肥料 基肥N量 (kg/10a)	調査 事例数	分けつ期 茎数	有効茎 歩合	m ² 当り 穂数	1 穂 数	m ² 当り 穂数	登熟 歩合	玄米 千粒重	玄米 収量比
3.5 ~ 5.0	11	124	93	109	101	109	99	101	111
5.1 ~ 6.5	5	128	100	118	101	119	94	99	113
6.6 ~ 9.0	6	132	90	105	110	117	92	99	111

注) ペースト肥料の側施－植付株の2cm横、5cm深に条施。

更に、この施肥位置の関連で注目されるのがペースト肥料の側条施肥である(表Ⅳ－6)。

従来の粒状化成肥料と物性の異なるペースト肥料の側条施肥は、粒状化成肥料の全層施肥に比較して、局所的に施肥されるため、根圏の養分濃度を高め、初期生育の促進を通じて早期に莖数を確保し、結果的に穂数及び穂数の増加に反映し、収量面でも10%以上の増収率を示し、且、その変動も小さく、慣行施肥法に比してより安定的な増収技術である。

何れにしても、潜在的に遅延型冷害を受け易い稚苗水稻に対する初期生育促進の技術対策として、施肥位置を加味した施肥法が極めて有効である事を示唆している。

(4) 復元田の安定化対策

昭和51年度の稲作冷害を助長した要因の1つに復元田における生育遅延と登熟不良があげられている。上川管内では7,700ha、全道では19,700haの復元をみたが、その大部分は牧草及び豆作からの復元田である。一般に復元田では初期生育の不振とNの過剰吸収による生育遅延が著しいため、復元田に対する肥培管理は、前作物の種類や石灰、堆肥施用の有無などの前歴によって異なるが、施肥面では対照の連作田よりも20~60%減肥するように指導されている。

表Ⅳ－7 復元田に対する密植及びN増施の効果

区 分		連 作 田				復 元 田			
		昭 和 50 年		昭 和 51 年		昭 和 50 年		昭 和 51 年	
		収 量 (kg/a)	比 (%)	収 量 (kg/a)	比 (%)	収 量 (kg/a)	比 (%)	収 量 (kg/a)	比 (%)
栽 植 密 度	粗	46.4	100	46.0	100	50.3	108	57.8	126
	密	44.6	100	43.8	100	50.1	112	59.9	137
基 肥 N 施 用 量 (kg/a)	0.6	43.5	100	44.8	100	48.5	111	58.1	130
	0.8	47.5	100	45.0	100	52.0	109	59.6	132
平 均		45.5	100	44.9	100	50.2	110	58.9	131

注) 復元田の前作－大豆(3年連作)。
栽植密度－粗(30×15cm)、密(30×12cm)。
昭和51年度出穂期－連作田8月11日、復元田8月9日。
土壌の種類－グライ土壌。

表Ⅳ－7に示す様に、元米、透水性不良のために初期生育が不振なグライ土壌の復元田は一時的な畑地化に伴う土壌の乾燥によって透水性が著しく改良され、対照の連作田に比して初期生育が旺盛となり、収量的にも昭和50年度は6%、51年度は31%の高い増収率を示し、品質面でも青米歩合の低下度合が著しかった。更に、復元田のNの適量は連作田よりも高く、密植による初期生育の促進効果が顕著に認められた。

(5) 冷害と地力培養

1) 有機物の施用効果：北海道では古くから、堆厩肥など有機物の施用は単に地力増強のみならず、冷害対策技術の1つとして取り上げられているが、有機物施用と冷害軽減効果との関係については、今なお論議が続いている。

表Ⅳ-8 粗大有機物の運用効果

区 分	10ヶ年 平均収量 (kg/a)	昭和51年						51年 収量 10ヶ年 平均収量
		m ² 当り 穂 (本)	m ² 当り 穂 ×100	登熟歩合 (%)	穂/わら	玄米収量 (kg/a)	指 数 (%)	
化学肥料連用(N0.8kg)	45.4	442	293	70.8	1.42	44.2	100	97%
化学肥料増施(N1.0kg)	50.8	455	312	54.9	1.29	47.9	108	94
堆 肥 800kg 連 用	50.9	491	348	60.5	1.38	49.9	113	98
稲 わら400kg秋鋤込	51.2	473	337	70.4	1.35	49.4	112	97

注) 土壌の種類-黄褐色土壌、出穂期-8月5日～6日。

表Ⅳ-8に示す如く、昭和51年度の様に登熟期全般を通じて低温に推移した年でも、収量的には堆厩肥及び稲わら秋鋤込など有機物施用の結果が顕著に認められている。内容的には、初期生育の促進を通じて穂数及び穂数増加に強く反映しており、登熟歩合は必ずしも向上していない。しかし、有機物施用効果は単純な化学肥料の増施効果よりも安定的（登熟歩合及び穂/わら比より推定される様）に大きいと云える。又、冷害年における有機物の施用効果を昭和51年収量/10ヶ年平均収量比でみる限り、何れも97～98%で、特に有機物施用が冷害年の場合に直接的卓効を現わすという結果が得られなかった。

更に、有機物の施用効果を水稻の生育相及び根の特性面より解析してみると、表Ⅳ-9に示

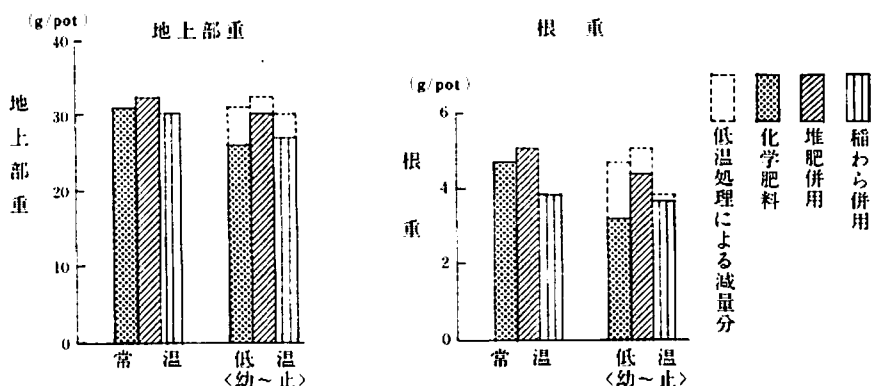
表Ⅳ-9 有機物の施用と生育相及び根の特性

区 分	6月9日	7月9日			出穂期 月・日	pot当り 総穂数	7月9日	7月9日		
	葉 数 (枚)	茎 数 (本/株)	地上部重 (g/pot)	根 重 (g/pot)			¹⁵ N利用率 (%)	根のN (%)	根の全糖 (%)	根の炭水化物 (mg)
化学肥料施用	6.05	27.3	6.8	1.8	8.16	1,422	39.2	2.00	2.63	131
堆 肥 併 用	6.25	31.2	11.3	3.2	.15	1,540	61.6	1.75	3.74	262
稲 わら 併 用	6.05	25.6	7.3	2.5	.17	1,448	45.0	1.98	2.58	192

注) a/5000 pot 試験

す様に、堆肥の施用によって出葉速度及び分けつ発生速度が増し、出穂をも早めるなどの生育促進効果が明らかに認められた。又、堆肥施用区は化学肥料単用区に比して、生育前半の幼形期頃までは明らかに根数及び根量が多く、形態的にも白く太い根が多い。その上、根の糖含量、炭水化物含量が高く、施肥Nの利用率も高い特徴的傾向が認められた。

次に、低温条件における有機物施用の効果についてみると、図Ⅳ-6に示される様に、有機物施用区は化学肥料単用区に比して低温処理（幼形期～止葉期）による地上部及び根部の減少量が何れも少ない。このことは有機物の施用が水稻の低温抵抗性を高め得る可能性のあること



図Ⅳ－6 低温処理による乾物重の推移(8月2日調査)－人工気象箱

を示唆している。

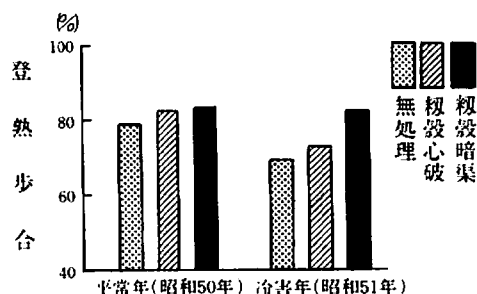
これらの諸事象と生育後半におけるN供給量が増大することより、有機物特に堆肥の施用効果を推察すると、堆肥は水稻の根数及び根量の増加並びに根活性の向上を通じて初期生育の促進、茎数増加に寄与し、生育後半は堆肥の分解により供給される緩効的な養分によって土壌Nの供給力増大に寄与しているものと判断される。従って、堆肥などの有機物施用効果は生育後半における低温年よりも寧ろ初期生育の遅延を招来する生育前半の低温年の方が大きいものと推察される。

2) 透水性改善の効果：近年、稲作の機械化が進展すると共に大型機械の導入や土壌条件を無視

表Ⅳ－10 透水性改善の効果

区 分	昭 和 50 年		昭 和 51 年						昭和51年 収量 昭和50 年収量
	玄米収量 (kg/a)	指 数 (%)	m ² 当 り 穂 数 (本)	m ² 当 り 穂 数 ×100	登熟歩合 %	青米歩合 %	玄米収量 (kg/a)	指 数 (%)	
無 処 理	48.2	100	634	318	68.4	25.8	53.6	100	111
籾殻心破	48.9	102	648	311	72.5	9.6	55.0	103	112
籾殻暗渠	50.3	104	637	346	82.3	7.9	60.5	113	120

注) 土壌の種類－グライ土壌、昭和51年出穂期－8月2日～4日(機械植)。
籾殻心破、籾殻暗渠－昭和49年施工。



図Ⅳ－7 透水性改善と登熟歩合の関係

した画一的な機械化作業によって、透水性不良の水田が多く目立ち、これが収量や米質の変動を大きくしている。元来、土壌の透水性は稲作の全期間を通して根の環境良化、養分吸収の調節及び気象災害よりの保護などによって水稻の安定多収及び米質の向上を図る上に重要な要因としてあげられている。

平常年と冷害年における透水性改善の効果を表Ⅳ－10、図Ⅳ－7に示した。

強粘質で透水性不良な湿田では、籾殻心破、籾殻暗渠などの透水性改善の効果が土壌的に

も、又、作物収量的にも極めて大きく、水稻の初期生育促進及び登熟性の向上に寄与し、無処理に比べて平常年では2～4%、昭和51年の冷害年では3～13%の増収率を示した。特に稲穀暗渠施工による透水性改善の効果が著しく高く、冷害年においても、透水性改善による根の環境改良、土壌健全化の効果が大きいことが充分に窺われる。

3) 浅耕化対策：こ、数年来、水田の耕土層は稲作の機械化及び作業機械の大型化傾向と裏腹に浅耕化し、地方実態調査の結果によると、平均した耕土層は12～13cm前後である。このように、耕起する土層の深さが浅くなった事は、有機物補給の減少と相俟って耕土層の堅密化を招来し、地力低下の要因となっている場合が多い。

事実、表Ⅳ-11に示す様に、耕起方法としてロータリー耕(12cm)とプラウ耕(20cm)の

表Ⅳ-11 耕起方法による地力変化

土 壤	耕 起 方 法	作土の化学性(7.7)		穂/わら	玄 米 収 量 (kg/a)	指 数 (%)
		NH ₄ -N (mg)	F ₂ ⁺ (mg)			
黄 褐 色 土 壤	ロータリー耕	1.8	179	1.05	42.0	100
	プ ラ ウ 耕	2.4	157	1.18	47.5	113
強グライ土壤	ロータリー耕	8.9	155	1.10	41.2	100
	プ ラ ウ 耕	9.8	90	1.13	42.5	103

注) ロータリー耕-12cm、プラウ耕-20cm

差異について比較検討した結果、両土壤とも、プラウ耕はロータリー耕に比して、耕土層を深くすると共に生育中期以降のN肥沃度を高め、土壤の還元化を緩和し、収量面でも3～13%の増収率を示している。特に土

壤の種類としては、乾田タイプの黄褐色土壤(粘土鉱物組成がアロフエン、カオリン鉱物を主体とし、土壤粒子の凝集性が強い)の方が湿田タイプの強グライ土壤(粘土鉱物組成がモンモリロナイト鉱物を主体とし、土壤粒子の分散性が強い)よりもその効果が極めて高い。

この様に、冷害年においても、プラウ耕などによる耕土層の拡大は地力の容量すなわち土壤の緩衝力を増すなど土壌的にも、又、作物収量的にもその効果が大きいと云える。

(6) 要 約

昭和51年の試験結果を過去の平常年及び冷害年の結果と対比し、土壤肥料的な問題について検討した結果の概要は次の通りである。

1) 稚苗と成苗水稻の収量性：育苗様式別では、昭和51年度の水稲収量は平年に比して成苗よりも稚苗の方が明らかに減収割合が大きく、その減収要因は有効茎歩合の低下や1穂穂数の減少よりも寧ろ登熟歩合の低下に基因する。栄養生理的にみると、稚苗水稻は成苗水稻に比して幼形期から止業期にかけてのN吸収と乾物生産の停滞が特徴的である。

2) 品種及び窒素施用量の関係：昭和51年度の水稲冷害の被害は出穂期の遅速とN施用量によって著しく異なり、8月10日以降に出穂した中・晩生種や適量以上のN増施によって生育遅延したものは出穂開花期が大幅に延長し、不稔歩合の増加と登熟歩合の低下によって著しく減収した。

3) 地温及び土壌養分の動向：昭和51年度の気象経過との関連で、5月下旬から6月下旬にかけての生育前半における地温は平年よりも0.3～1.4℃前後高く推移し、そのため、土壤還元のピークが早く現われ、土壤Nの有効化量も多かった。

4) 窒素の分追肥：昭和51年度の登熟遅延型冷害年においても、稚苗(機械移植)に対する基

肥Nの増肥並びにN追肥による増収効果が極めて高く、N追肥時期としては止葉期追肥よりも幼形期追肥の方が、又、N追肥量としては0.2kgよりも0.4kg/aの方が明らかにまさった。特に、稚苗は株内の穂揃性が良好なため、N増施による登熟性の低下度合が比較的小さく、且、玄米収量と m^2 当り総粒数の間に高い正相関が認められ、 m^2 当り総粒数が38,000粒までは粒数の増加をもたらす施肥法が有効である。

5) 施肥位置：機械移植の稚苗は成苗手植えに比べて植付深度が浅く、表層に根が多く分布する特性をもつため、水稻の根系発達の特徴に対応した立体的な施肥位置の導入効果が顕著に認められ、施肥位置としては表層施肥や全層施肥よりも初期生育の促進と肥効の持続性を具備した条間施肥の効果が比較的大きかった。特にペースト肥料の側条施肥の効果は著しく高く、安定的な増収施肥法として注目される。

6) 復元田の安定化対策：復元田は前作物の種類や前歴によってその程度は異なるが、一般にNの過剰吸収による生育、登熟遅延の傾向を示すが、元来、透水性不良のために初期生育が不振なグライ土壌の復元田では、畑地化によって透水性が著しく改良され、密植技術の導入によって対照の連作田に比して極めて高い増収率を示し、品質面でもその有利性が認められた。

7) 有機物の施用効果：堆肥並びに稲わら秋鋤込みなど有機物施用効果が顕著に認められ、内容的には初期生育の促進を通じて穂数及び粒数増加に強く反映している。N肥料の増施よりも有機物施用の方がより安定的であるが、冷害年の場合に有機物施用が特に直接的卓物を現わす結果が得られなかった。

しかし、堆肥施用効果の機作は水稻の根数及び根量の増加と根活性の向上を通じて初期生育の促進、茎数増加に寄与し、生育後半は堆肥の分解により供給される暖効的な養分によって土壌Nの供給力増大に寄与しているものと判断された。

8) 透水性改善の効果：強粘質で透水性不良な湿田では、稃殻心破、稃殻暗渠など透水性改善の効果が土壌的にも、作物収量的にも極めて大きく、冷害年において透水性改善による根の環境良化、土壌健全化の効果が顕著に認められた。

9) 浅耕化対策：冷害年においても、平常年と同様に耕起方法としてブラウ耕による耕土層の拡大はロータリー耕よりもその効果が大きく、土壌の種類としては湿田タイプの強グライ土壌よりも乾田タイプの黄褐色土壌の方が遙かにその効果は顕著であった。

昭和51年度の冷害は、従来にみられる初期生育の遅延や冷害危険期の低温障害に基づく冷害とは異なり、出穂、開花期を含めて登熟期間全般を通じての低温によるもので、前例の少ない特異な型の冷害と云える。従って、冷害の被害程度も稚苗及び成苗の如何を問わず、出穂期の遅速によって著しく異なった。

従って、施肥面では機械移植水稻の根系発達とその特性に対応した生態的施肥法（特に施肥位置と追肥時期の組合せ）を導入し、土壌的には緩衝力の大きい地力の向上（耕深、有機物施用、透水性附与など）を含めて、基本技術を守る事が気象変動に対して有効な土壌肥料的技術と考えられる。

2. 中央農業試験場稲作部

昭和51年における異常気象による水稻の生育不良、収量低下の要因解析に当っては、田植の機械化に伴う移植方法の変化が大きいが、累年資料が未だ極めて乏しい。

そこで、本道の水田分布の中核的位置にありながら、主として気象立地的条件により初期生

育不振地帯と目されている石狩川下流低地に所在する中央農試稲作部圃場における試験の中から、水稻の施肥反応と機械移植水稻の生育相について各々別個に検討し、今後も続く予測されている異常気象に備える栽培技術改善への一助に資そうとする。

(1) 肥料要素欠除試験にみられる年次的相違

当部内グライ低地土水田における肥料要素連用試験の中から、昭和42～51年の分について、無肥料(－F)、無ちっ素(－N)、無りん酸(－P)、完全(NPK)区をとりあげ、冷害年と称される昭和44、46年、普通年としてその他の42～50年の間、および昭和51年を対比してみる。

表Ⅳ－12 肥料要素欠除と玄米収量(グライ低地土)

年次別	区 別	－ F	－ N	－ P	N P K
昭和44～46年平均		61	61	77	85
その他の昭和42～50年平均		74	71	95	100(529kg/10a)
昭和51年		53	56	71	77

備考) 昭和42～50年の中44、46年を除くNPK平均を100として指数化

P欠除では77%となり、N欠除では無肥料と並んでさらに16%も減じている。これらに対して、昭和51年は、完全区でも77%で、P欠除により一段と、さらにN欠除により甚だしく減収となっていてその傾向は過去の冷害年と同様である。ただし、昭和51年の収量低下は過去10年間で最も激しかったということが言えよう。

表Ⅳ－13 肥料要素欠除と穂数(グライ低地土)

年次別	区 別	－ F	－ N	－ P	N P K
昭和44～46年平均		57	62	83	86
その他の昭和42～50年平均		68	66	97	100(23.0本/株)
昭和51年		62	54	96	104

備考) 昭和42～50年の中44、46年を除く、NPK区の平均を100として指数化。

い。N欠除では著しく少なく、無肥料も同様で、この2区では玄米収量と同傾向である。

有効茎の獲得される状況をみる便法として幼形期茎数/穂数の比をとると、過去の冷害年には完全区でも98%、その他の区も100%に近いところで前後している。しかし、昭和51年は、完全、P欠除区は40%以上の無効茎があったこととなり、N欠除区も穂数は少ないがその決定の早かったことを示している。

表Ⅳ－14 肥料要素欠除と幼形期茎数/穂数の比(グライ低地土)

年次別	区 別	－ F	－ N	－ P	N P K
昭和44～46年平均		104	97	96	98
その他の昭和42～50年平均		103	111	105	108
昭和51年		105	116	145	142

備考) 幼形期茎数/穂数×100で表示

玄米収量は普通年でP欠除により、95%となるに過ぎないが、N欠除によっては無肥料と並んで70%台に減じている。冷害年には完全区でも85%となり、

穂数は普通年および冷害年共に、玄米収量とほぼ平行的関係にある。ところが、昭和51年は、完全、P欠除区は普通年と同程度で玄米収量の低下と一致していな

これらのことから、昭和51年は分けつ数からみた初期の生育が普通年にまさる程であったが、その有効茎歩合が低く、また開花後の登熟不良などから収量

に結びつかなかったとみられる。その原因としては、生育初期の時期的な遅れと開花後の気象条件の急低下があげられよう。

次に、土壌のN供給量が大きく、施肥N量の少ない泥炭土について、同様の考察を加える（以

表Ⅳ－15 肥料要素欠除と玄米収量(無機質表層低位泥炭土)

年次別	区別	－ F	－ N	－ P	N	P	K
昭和44、46年平均		68	73	74	71		
その他の昭和42～50年平均		95	97	99	100(506kg/10a)		
昭和51年		55	54	52	66		

下の3表の表わし方は夫々前掲と同じ。

玄米収量は、普通年ではP欠除によってもほとんど減少せず、N欠除、無肥料でも97～95%とそ

の影響は小さい。しかし、冷害年では完全区でも71%とグライ低地土におけるよりもその影響が一層大きく、無肥料区では68%となっており、肥料要素の種類に関わらず、全区にわたって減収がみられる。この傾向は、昭和51年にも同様でさらに減収幅が大きかった。

表Ⅳ－16 肥料要素欠除と穂数(無機質層低位泥炭土)

年次別	区別	－ F	－ N	－ P	N	P	K
昭和44、46年平均		87	89	93	90		
その他の昭和42～50年平均		83	86	94	100(23.5/株)		
昭和51年		61	57	75	67		

穂数は冷害年では完全区で90%、その他の区は±3%以内で、肥料要素の種類による差は小さい。昭和51年は普通年に比べて完全区で

も著しく少なく、肥料要素の種類の差を問題とし得ない程に各区共に少なかった。

普通年の完全区ではグライ低地土の23.0本/株と比べて23.5本/株と余り大きな差はないが、冷害年には全区を通じて著しく減少し、収量の減少と平行的で、この傾向は昭和51年も同

表Ⅳ－17 肥料要素欠除と幼形期基数/穂数の比(無機質表層低位泥炭土)

年次別	区別	－ F	－ N	－ P	N	P	K
昭和44、46年平均		58	72	59	67		
その他の昭和42～50年平均		64	74	57	76		
昭和51年		58	64	59	67		

様であった。

この土壌の水田では、分けつ形成にみられる初期生育が、グライ低地土水田より著しく劣り、普通年の完全区でも幼形

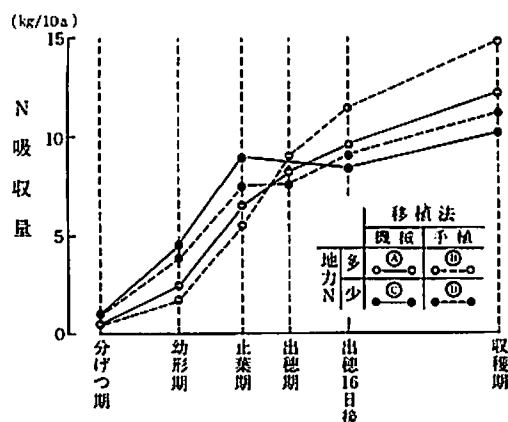
期までに穂数の76%が出来ているに過ぎない。冷害年ではこの状況が一層悪化し、肥料要素のうち、P欠除によって普通年、冷害年ともそれぞれさらに10%近く不良となっている。

以上のことから、比較的施肥依存度の高いグライ低地土では初期生育後の不良条件が地力養分依存度の比較的高い泥炭土では、初期生育の不振、遅延が最近10年間の冷害年における稲作不良に対し大きな影響をもったものとみられ、昭和51年についても同様と考えられる。

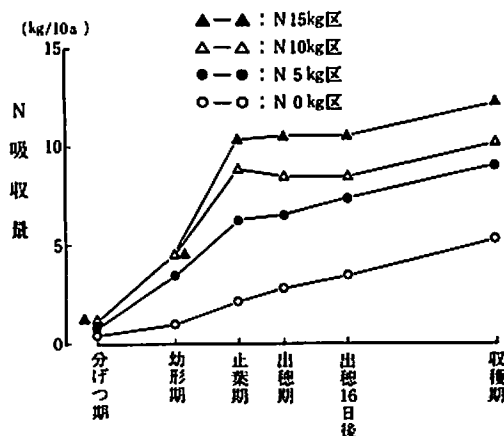
(2) 機械移植条件下にみられる特徴

1) 機械移植水稻の生育相：昭和51年における水稻のN吸収経過を図Ⅳ－8に示す。

生育初期は止葉期の調査まで、多い順に少地力N－機械植③>少地力N－手植①>多地力N－機械植④>多地力N－手植②であったが、出穂16日後の調査では③>④>①>②のように、両土壌、および機械植と手植の間で逆転した。両土壌間の逆転は、施肥N量が地力Nとは逆の



図Ⅳ-8 移植方法によるN吸収経過の差 (昭和51年)

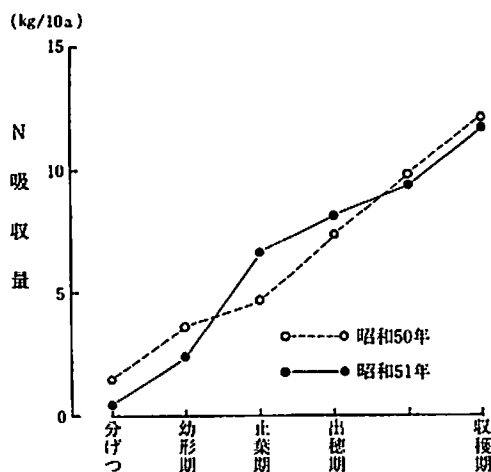


図Ⅳ-9 N施用量別のN吸収経過(昭和51年)

関係で差があるため、施肥Nと地力NとからのN供給源の交替を反映していたと考えてよいであろうが、機械植と手植の間での逆転は機械移植苗に対する施肥改善を検討する上で重大な特徴点と言える。即ち、生育初期において機械移植稲は、単位面積当りの植付株、本数が慣行的手植稲より多いことから、単位面積当りN吸収量も多く算出されるが、分けつのうちの有効茎が決まり、それが伸長、充実する時期には、手植稲に追い越される程の弱さのあることを示している。

地力Nが少なく、施肥反応が泥炭土より現われ易いグライ低地土水田について、機械移植稲(マット中苗)のN施用量とN吸収経過の関係を図Ⅳ-9に示す。

この図から、N施用量の増加によるN吸収量の増加が幼形期～止葉期の間で顕著であることが示されているので、機械移植稲の幼形期以降における劣勢を施肥法改善によって補強する可能性をうかがい知ることが出来る。



注) 品種…昭50年: ゆうなみ

昭51年: イシカリ

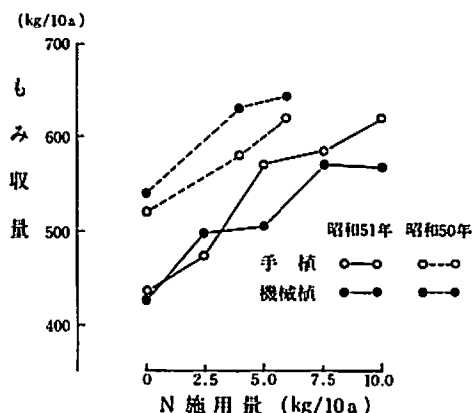
図Ⅳ-10 昭50, 51年のN吸収量の比較

昭和51年を昭和50年と比較した機械移植苗のN吸収経過が図Ⅳ-10である。

両年で品種が異なるため厳密な比較とは言えないが、昭和51年は昭和50年に比して幼形期までのN吸収量が少なく、その後は50年を上廻る増加をみたが、最終的には再び若干少なくなった。

次に、N用量との関係を加えてもみ収量を図Ⅳ-11に、もみ/わら比を図Ⅳ-12に示す。

この図から、昭和50年はN6kgまでの処理であるが、もみ収量は各N段階とも機械移植が手植より多かった。昭和51年は移植方法の何れの場合も昭和50年より、各N段階とも少なかった。N施用量によっては、手植の方が2.5kg区で機械移植より僅か少ない他、N施用量の多い程多くなっていた。機械移植は



注) 手植は成苗、機械移植はマット中苗を使用

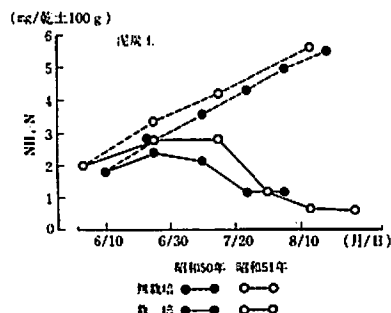
図Ⅳ-11 昭和50, 51年のN施用量別のもみ収量

5, 10 kg とN施用量を多くしても手植えのようにはN吸収量が増加せず、10 kg ではかえって減少の傾向を示した。

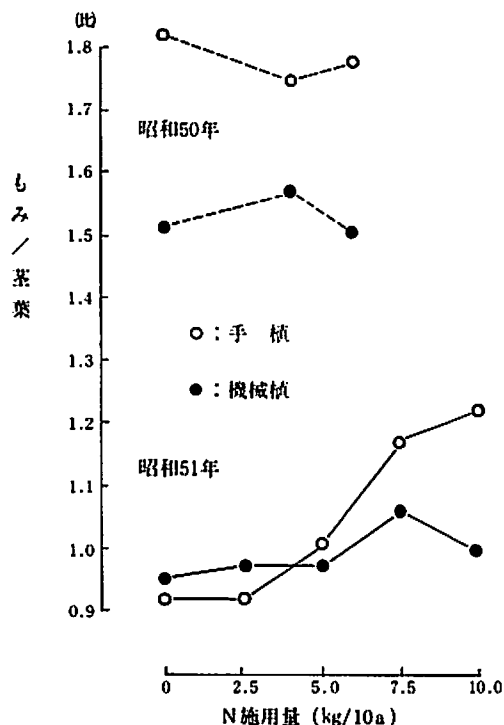
これより昭和51年が昭和50年に比し、全般的にもみ/わら比が低かったが、昭和51年については手植が10 kg 区まで上昇しつづけるのに反し、機械植では0~2.5~5.0 kg とほとんど変りなく、7.5 kg 区で僅かに上るが10 kg 区では再び下っていた。これを前掲の図Ⅳ-11 と併せて考えると、昭和51年のもみ生産は非常に効率が悪く、N施用量の増加分はわら重量を増加し、もみ生産を高効率とするようには影響していなかったとみられよう。

2) 土壌のN供給状態: 水稻のN吸収は気、水温や日照などの気象条件の直接的影響と土壌のN供給状態の影響が重なって相異なるものと考えられ、さらに後者もまた温度などの気象条件の影響をうけるというように、複雑な要因の影響をうけて変化するものであろうが、ここでは施肥Nと地力Nとの分離を行わず、土壌中 $\text{NH}_4\text{-N}$ 含量を以って、水稻に対するN供給状態と見做すこととし、前項のN吸収の背景をさぐってみる。

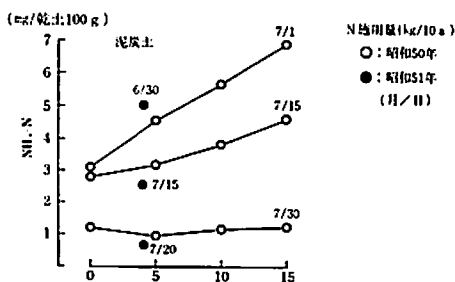
図Ⅳ-13 はN無施用区について、土壌中 $\text{NH}_4\text{-N}$ を測定したものである。無栽培区が土壌か



図Ⅳ-13 N無施用区における土壌中の $\text{NH}_4\text{-N}$



図Ⅳ-14 昭和50, 51年のN施用量別もみ/茎葉乾物重比



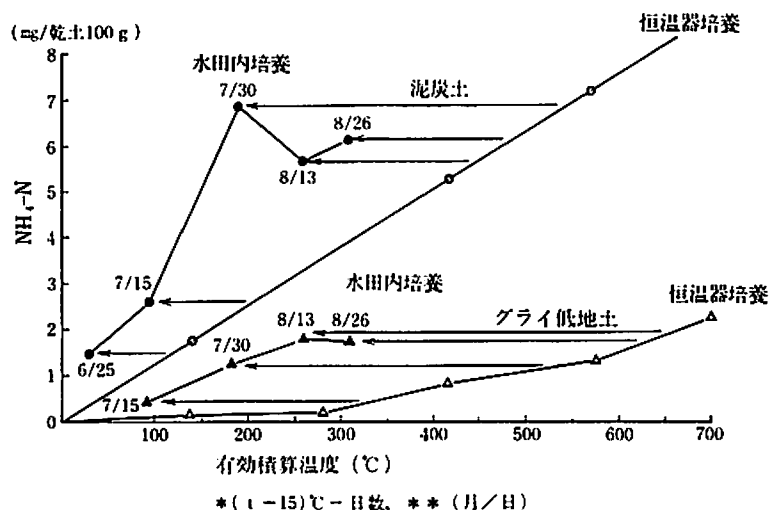
図Ⅳ-14 N施用量別の土壌中の $\text{NH}_4\text{-N}$

らの供給をそのまま表わすとして、昭和51年は50年の普通年より多い供給体制であったと考えられる。栽培区について水稻によるN吸収の影響した跡をみると、止葉期の調査までは無栽培区と同様に昭和50年の方が上廻り、その後はかえって下廻るという経過を示している。このことは、止葉期にかけてN吸収が盛んに行なわれたと考えられ、図Ⅳ-10におけるN吸収量の推移と符合する関係である。

図Ⅳ-14は昭和51年におけるN施用量別の土壤中 $\text{NH}_4\text{-N}$ を3時期について示し、昭和50年の4kgN施用区と対比したものである。

昭和51年の分から、N施用量に対応して土壤中の $\text{NH}_4\text{-N}$ が初めの7月1日では直線的に多くなり、7月15日には多くなっているが勾配が小さくなり、特に0～5kgの間でその変化が大きく、遂に7月30日には各N施用区の間ではほとんど同程度となっている。この減少は主として水稻の吸収によるが、昭和51年の5kg区と昭和50年の4kg区とを以て兩年の比較をすると、初めの6月30日辺りでは昭和51年より50年が多く、幼形期頃の7月15日には昭和51年が多く、この時期の水稻によるN吸収が少なかったと推測させるが、止葉期頃（7月30日）ではその差が狭まり、この頃にはかなり盛んなN吸収があったとみる図Ⅳ-13と符合するものであった。

土壌自体のN無機化の状況として比較年を持たない結果であるが図Ⅳ-15に示す。

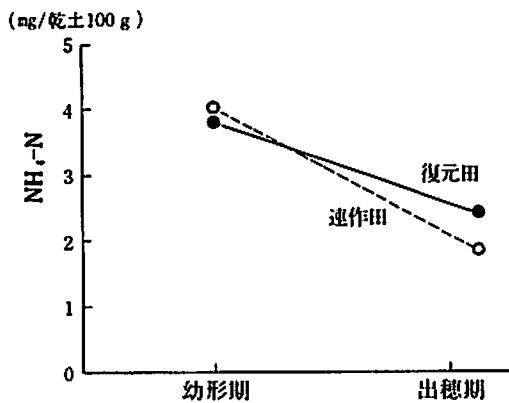


図Ⅳ-15 土壌 $\text{NH}_4\text{-N}$ の発現経過（有効積算温度*との関係、昭和51年）

これでは、水田内培養が25℃の恒温器内培養よりも著しく少ない有効積算温度（水田5cm深地温の9時定時測定値より15℃を減じた積算）のところで（図中の←が表わしている）同量の $\text{NH}_4\text{-N}$ が生成されることを示している。 $\text{NH}_4\text{-N}$ 生成量は泥炭土がグライ低地土より著しく多いが、同量 $\text{NH}_4\text{-N}$ を生成する場合の早まりはグライ低地土の方で顕著であった。この様相を年次的に比較することは出来ないが、昭和51年における土壌Nの無機化作用は相当に良好であったと一応は考えられ、これが不足による不良原因は恐らくなかったとみられる。

（3）復元田における水稻生育の問題点とその対応技術

昭和51年の収量低下を助長した一因として復元田があげられている。これの詳細な試験成績



図Ⅳ-16 復元田、連作田の土壤NH₄-N含量 (昭和50年)

として、牧草跡は「肉資源の確保を目的とした飼料作物導入による水田輪換方式確立に関する試験」を、普通作物跡は「稲作転換畑における栽培技術の確立に関する試験」を、総合助成をうけて実施し、夫々報告にとりまとめているが、その中から若干の摘録をすると、復元田は普通年でも幼形期頃までの生育が劣って遅延的となり、図Ⅳ-16のように後期に連作田よりも多く発現して来る土壤中のNH₄-Nを有効に利用し得る体制でないため、もみ/わら比が小さく、粗玄米収量は多目となるが、登熟不良乃至は遅延による米質低

表Ⅳ-18 復元田、連作田の収量、登熟性の比較(昭和50年)

水田区分	項目 わら重 kg/10a	梗重 kg/10a	もみ/わら	粗玄米収量 kg/10a	玄米の外見的類別*		
					完全米	青米	死米
復元田	535	545	1.02	456	68.2	15.1	10.3
連作田	368	500	1.36	423	73.1	13.5	9.3

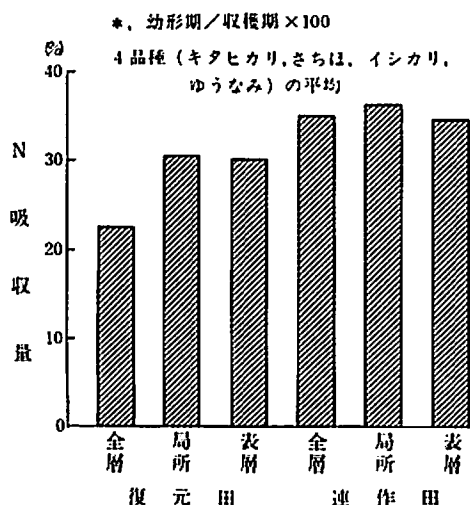
注) *粒数%。品種「イシカリ」、泥炭土。復元田は昭和48、49年に小豆作付

下が著しく、これが激しい場合には玄米収量自体の減少ともなる(表Ⅳ-18)。

したがって復元田稲は、本来的に遅延し易く、遅延型冷害気象条件下ではその被害が激化し易いと考えられる。

前記2試験の結果から、この対応技術として、次の諸点をあげている。

- ① 旧米の熟苗手植によっては、復元田の特性を克服して、対照の連作田より高収を得たが、熟苗の使用は今や実用性を欠く。これが代替、接近は、紙筒育苗による中苗を30株/m²程度とやや密植することでは達成出来た。



図Ⅳ-17 復元田、連作田における施肥法による初期のN吸収量の比較※(昭和50年)

- ② 初期生育の促進、充実をはかるため、施肥N養分の効率的供給方法である表層施肥が有効であり、さらに機械移植と結合した改良変法とみられるところの高粘度懸濁複合肥料の局所(移植株の側方下)施肥が有効であった(図Ⅳ-17)。

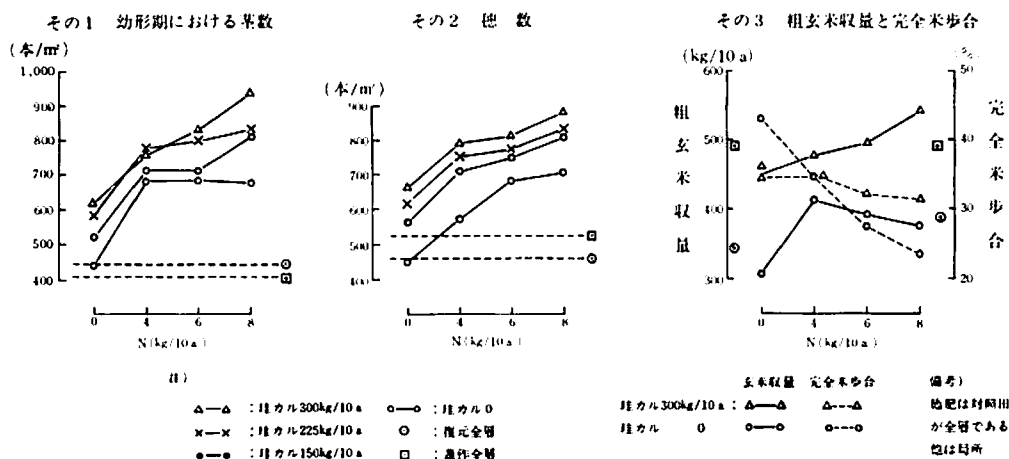
- ③ 珪カルの併用によって、茎数増加が促進され、期待穂数を確保するのに必要なN用量を安全に施用し得るので、連作田を上廻る玄米収量を獲得し、かつこの場合の完全米歩合の低下は、珪カル無施用に比し軽度であった。

(4) 地力対策との関係

昭和40年頃と現在との約10年間に於いて、水田土壌の有機物含量は減少し、塩基類は増加していることを認めている(昭和50, 地力実態調査, 中央農試化学部)。前者は稲わら, その他の有機物施用量の減少によるものであろうし, 後者は珪カル, ようりんなどの土壌改良資材の施用が普及したことによると考えられる。

肥料要素連用試験から、有機物および土壌改良資材の施用効果を冷害年との関連でみると、

1) 有機物施用の効果：土壌のN供給量が大きい泥炭土における堆肥併用の効果は、玄米収量では昭和47年を除き、各年とも増加している。冷害年のうち昭和46年の差は大きい、44年、51年については特に大きい差ではない(図Ⅳ-18)。また同図に示す幼形期莖数/穂数の比は玄米収量と平行的であり、初期生育の促進を通じて増収効果があったものと推測出来る。



図Ⅳ-18 復元田に対する珪カルの施用効果(昭和51年)

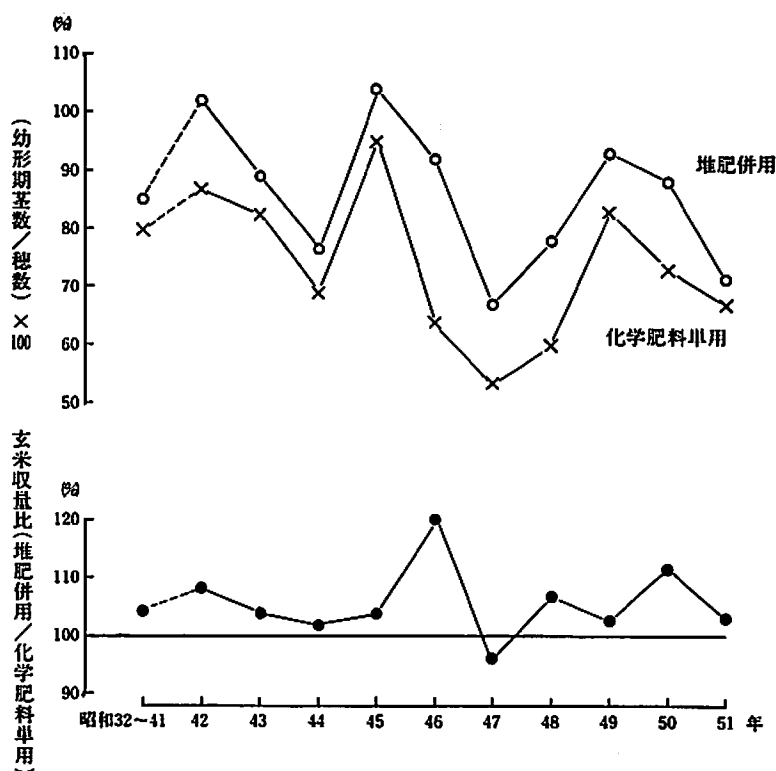
このように、有機物含量が比較的多い泥炭土でも堆肥による有機物施用が生育促進に効果的であることは、今後において説明を要する多くの問題を示している。

土壌のN供給量が泥炭土より小さいグライ低地土における堆肥併用の効果は(図Ⅳ-19)、昭和43, 47年を除く各年とも化学肥料単用区より僅かながら増加し、昭和51年も増収効果を示した。冷害年のうち昭和46年はかなり大きい⊕効果であるが、昭和44年は化学肥料単用区との差がなく、冷害年との間に一貫した関連は見出し難い。

幼形期莖数/穂数の比は1以上であり、初期生育の促進効果を以って堆肥の施用を意義づけることは困難である。むしろ本試験水田が透水不良であることにかんがみ、有機物分解に伴う弊害をも合わせて検討すべきで、有機物施用と並べて排水条件の整備を勧めている目下の指導方針を裏付けている。

このことは、稲わらの処理方法として最も不適当と目される春散布・スキ込みの適用区で一層甚しく、玄米収量は平均一5%程度で低く、昭和44, 51年の冷害年および47年は極めて明白であるがその他の年次でも幼形期莖数/穂数の比が小さく、甚だしい分げつ抑制のあることを示している。

2) 土壌改良資材施用の効果：表Ⅳ-19にまとめたように、両土壌とも普通年では珪カル, よう

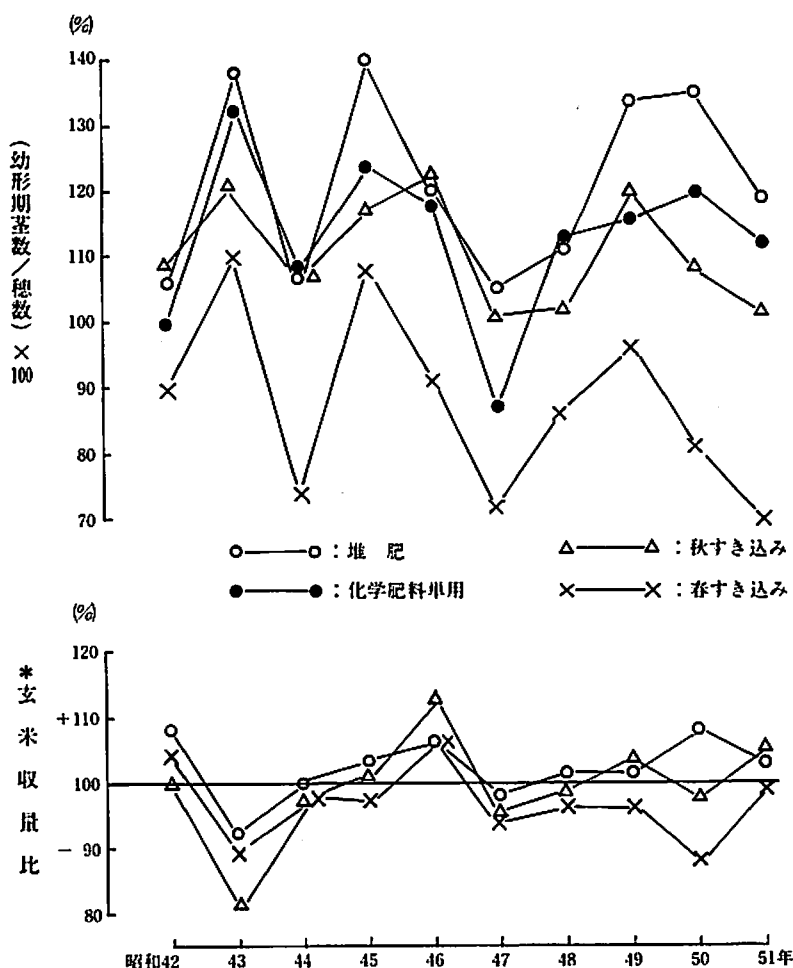


図Ⅳ-19 堆肥併用効果の推移(泥炭土)

表Ⅳ-19 珪カル、ようりんの施用効果

年次別	土 区 別	表層無機質低位泥炭土			グ ラ イ 低 地 土		
		N P K のみ	珪カル併用	ようりん併用	N P K のみ	珪カル併用	ようりん併用
玄米収量							
昭 和 44、46 年 平 均		71	56	62	85	88	83
その他の昭和42~50年平均		100 (506kg/10a)	103	97	100 (529kg/10a)	101	101
昭 和 51 年		66	65	71	77	89	90
総 数							
昭 和 44、46 年 平 均		90	89	84	86	97	87
その他の昭和42~50年平均		100 (235本/㎡)	98	106	100 (230本/㎡)	100	98
昭 和 51 年		67	68	80	104	99	96
幼形期茎数／穂数×100							
昭 和 44、46 年 平 均		67	57	64	98	103	100
その他の昭和42~50年平均		76	75	75	108	102	112
昭 和 51 年		67	66	76	143	133	141

注) 表示は表Ⅳ-12~Ⅳ-14と同様



図IV-20 堆肥など有機物併用の効果の推移

りんによる玄米収量の変化は±3%程度で、冷害年の昭和44、46年には泥炭土では珪カル、ようりんともにかえって減収が大きく、グライ低地土では余り変りなかった。

昭和51年は泥炭土に対するようりんが+5%、グライ低地土に対する珪カルで12%、ようりん13%の増加であった。この効果は別途に解析を行なうべき不明の点も多いが、この試験から泥炭土においてはより多い穂数を早く獲得し得たこと、グライ低地土では穂数がかなり少ないながら増収となっていることから、登熟が良好であったと推定される。

(5) 要約

1) 肥料要素の種類による生育、収量に対する影響の表われ方の相違：昭和51年の冷害年の稲作不良は、分けつ期間における低温による分けつ数の不足と幼形期、開花期などの生育相展開の遅延に特徴がある。開花期およびその後の低温については広義の障害とも言えるので一応除外する。そうすれば、当部の立地条件が初期生育遅延の常習地帯といわれることと併せて考えて、昭和51年を質的に特異な年とみるより、生育遅延程度の甚だしかった年とみるにより、従来

料要素連用試験の中で並べて考察し得よう。

本道稲作を上川地方と大凡二分している空知支庁管内において主要な土壌は約 45% を占める低地土と約 28% を占める泥炭土である。

低地土の一つであるグライ低地土では、昭和 51 年は従来の冷害年と同様に、或いはより強度に、N 供給不良において落ちこみ段階まで減収となったが、ほぼ適正と思われる施肥条件のもとで初期生育の莖数増加には普通年と変わりがなく、穂数が玄米収量に結びつかなかったその後の経過に問題があったと推測される。

一方、土壌の N 供給量の大きい泥炭土では、生育初期に関する限り適正な施肥条件を与えていないことから、初期生育の不良が普通年より一層激しく、これが収量低下の先決要因となったと推測される。

2) 機械移植稲の生育相と施肥改善の課題：機械移植稲の乾物重、N 吸収量の増加推移では、幼形期頃までは慣行の成苗手植より多いが、その後の増加が停滞し、収量結果の増大を引きとめるとみられ、この点を施肥条件によって改善するのが急務と思われる。昭和 51 年において、土壌の $\text{NH}_4\text{-N}$ 供給状態は十分であったが、水稻の側の吸収に問題があったと思われる。さらに、これらの関係を気象及び土壌地帯的に、かつ年次的に解析出来る永年累積資料の整備が切望される。

3) 復元田に対する改善技術：復元田は全般的に地力 N が大となっている場合が多いので、生育初期に対して、施肥効率を向上させる改善対策を適用するのが有効である。試験結果から、昭和 51 年においても、珪カル施用と高粘度懸濁複合肥料を用いる局所施肥の効果を認めたが、後者の資材の供給は当面、望めないのが惜まれる。

4) 地力増強について：水田における有機物即ち稲わらの施用は、堆肥を用いて泥炭土について初期生育の促進効果を認めたが、冷害年との関連は少なかった。グライ低地土については、堆肥を用いても明らかな効果は認め難く、冷害年との関連も明らかでなかった。これは、本土壌では透、排水条件が有機物の施用効果より優先することを示唆するものであった。

珪カル、ようりんの無機質塩類土壌改良資材の施用効果は、昭和 51 年に泥炭土では穂数増により、グライ低地土では穂数増によらずに減収を阻止していた。過去の冷害年に比し効果が一層明らかであったのは、連用 10 年を経過したためと推測しているが、これらの効果の解析、特に珪カル、ようりんの各個及び併用効果については別に説明する要があろう。