

有機物施用および深耕による生産力増強

大山 信 雄

(東北農業試験場)

Improvement of Rice Production by Application of

Organic Matter and Deep Tillage

Nobuo OHYAMA

(Tohoku National Agricultural Experiment Station)

1 はじめに

昭和55年以来、4年続きの不作の原因は異常気象によるところが大きいですが、稲作の基本技術がおろそかにされていることにも原因があるのではないかとされている。その一つとして、土づくりがおろそかにされ、地力が低下しているのではないかと疑問が出されている。

戦後の稲作は増産のために種々の技術が開発され、かつ、総合化されて、単収が急速に上昇したが、それと平行して農作業の機械化が進み、労働生産性は著しく高まった。そして、最近の栽培管理は増収のためというよりは、作業の機械化とその能率化が優先されて行われているように思われる。家畜に代って機械が水田を耕起するようになり、堆肥の施用量は減少し、一方、コンバインの普及により稲わらが施用されるようになった。水田の浅耕化、中干しの強化および登熟期における落水の早期化は機械作業の能率向上のために行われているといえる。また、重量機械による基盤整備のために、一部の水田では排水不良になり、稲わら施用下で水稻の生育、収量に悪影響を与えている。

このように稲作における種々の機械化作業は水田の土壌環境を著しく変え、水田の地力を活用しにくくしており、ひいては水稻の耐冷性を弱め、収量の不安定化を助長していると考えられる。

ここでは、堆肥の施用が最近の異常気象下における水稻の生育、収量に及ぼす効果および生わら施用障害について、また、水田の中干しおよび落水に伴う排水性、土壌酸化の堆肥および水分供給力の変動など、土壌の物理性に及ぼす堆肥の効果についても述べる。深耕については、水稻生育に関連する2、3の問題点を指摘する。

2 異常気象下の水稻に対する堆肥の施用効果

(1) 東北地方各試験地における堆肥連用試験

東北6県農試および東北農試において継続実施されている堆肥連用試験および三要素試験の昭和50~58年(9年間)の収量結果を表-1にまとめた¹²⁾。堆肥の性質は試験地によって若干異なるが、施用量は1~1.2トン/10aである。試験開始年次も試験地により異なり、もっとも

表一 収量に対する堆肥の効果

試験地 (堆肥)	昭和50—58年 の平均収量 (kg/10a)	左の 変動係数 (%)	*** 対照年の 平均収量 (kg/10a)	冷害年の収量指数 (対照年 = 100)					
				昭51	55	56	57	58	
黒石	-	535 (100)	11.3	558	90	86	78	97	96
	+	576 (108)	8.3	601	96	96	78	99	95
大瀧	-	655 (100)	16.5	733	—	105	65	82	83
	+	626 (96)	13.6	664	—	107	68	94	97
秋田	-	480 (100)	15.2	511	102	104	74	—	71
	+	546 (114)	14.1	583	102	102	80	—	65
大曲	-	534 (100)	9.0	535	94	108	91	98	109
	+	609 (114)	7.7	614	95	107	89	93	109
新庄	-	585 (100)	11.7	605	90	81	94	109	—
	+	568 (97)	14.9	592	78	85	102	102	—
藤島	-	566 (100)	8.6	589	92	95	95	84	99
	+	630 (111)	9.3	657	93	95	91	85	100
会津	-	656 (100)	7.5	656	—	112	97	96	96
	+	694 (106)	4.9	698	—	108	99	98	91
軽米	-	476 (100)	20.2	442	112	—	71	124	142
	+	482 (102)	17.3	454	104	—	81	112	142
滝沢	-	465 (100)	8.1	491	100	87	82	90	92
	+	526 (109)	9.2	536	93	88	85	95	90
名取	-	433 (100)	10.6	421	101	103	106	—	111
	+	452 (104)	7.6	459	107	88	—	—	97
岩沼	-	460 (100)	16.7	515	84	80	62	—	—
	+	484 (105)	18.0	547	85	76	58	—	—
相馬(湿田)	-	543 (100)	10.5	589	93	72	91	89	85
	+	542 (100)	9.2	582	93	80	95	85	87
相馬(乾田)	-	558 (100)	15.3	621	96	67	80	83	83
	+	580 (104)	11.5	639	94	74	87	84	79
郡山	-	585 (100)	11.3	627	89	90	83	74	104
	+	608 (104)	9.7	651	88	89	88	77	99
平均	-	538 (100)	12.3	564					
	+	564 (105) *(107)	11.1	591					

注. * 堆肥施用量 1 ~ 1.2 トン/10a
 ** 大瀧, 新庄を除く収量指数 (堆肥区)
 *** 昭和50, 52, 53, 54年の平均収量

長く継続されているのは会津坂下 (福島農試会津支場) の1920年開始で, ついで, 黒石 (青森農試) の1930年開始である。もっとも新しいのは大瀧 (秋田農試大瀧支場) の1978年開始である。

14試験地の平均収量では, 堆肥施用により5%増収し, 効果の認められない大瀧および新庄 (山形農試最北支場) を除くと7%の増収であった。

収量の安定性を示す変動係数の平均は12%前後で, 堆肥区と無堆肥区との差は小さかった。

また, 冷害の発生しなかった昭和50, 52, 53および54年 (対照年) を基準にして, 冷害年の収量変動を指数で示すと, 堆肥区と無堆肥区ともにほぼ類似の年次変動を示し, 指数は多くの試験地で低下した。すなわち, 気象変動に伴う収量の変動は大きく, 堆肥の有無に関係なく, かなり不安定であることを示している。ただ, 試験地別にみると, 黒石, 会津, 軽米 (岩手農試県北分場), 名取 (宮城農セ), 相馬 (福島農試相馬支場) の乾田, 郡山 (福島農試) では, 堆肥区の変動係数が若干小さく, 全体では14試験

地中9試験地で小さくなっているのに、堆肥施用が収量の安定化に若干は寄与しているものとみられる。このように、堆肥施用による収量の安定性はかならずしも高くないが、単収そのものは堆肥区が無堆肥区より豊作年や冷害年にかかわらず高く(大潟, 新庄を除く)、冷害年の堆肥区の収量が普通年の無堆肥区の収量に匹敵することが多いことを考えると、冷害年における堆肥の効果は高いといえよう。

なお、昭和50年代で冷害のもっとも激しかった昭和55年に、多くの試験地で収量指数が100を越えているのは、この年は生育そのものは旺盛であったので、障害不稔が発生しなかった試験地ではむしろ豊作であったことを示しており、日本海側の試験地でその傾向が強かった。

収量構成要素に対する堆肥の効果は表一2に

示すとおりである。試験地の平均でみると、穂数は6%増、総粒数は12%増になり、登熟歩合は6%減になり、千粒重は同じであった。登熟歩合の低下は総粒数の増加のためであろう。

また、対照年と9年間との比較をすると、穂数は9年間の平均値が多くなっており、つまり、冷害年には多けつ型になりやすいことを示している。総粒数は無堆肥区と堆肥区とで逆の結果になっており、はっきりしないが、登熟歩合は明らかに冷害年が低かった。千粒重も冷害年が若干小さかった。

成熟期における乾物重は堆肥施用により6%増加し、養分吸収では、加里吸収量に及ぼす効果が13%でもっとも高く、ついで窒素(12%)、珪酸(10%)、りん酸吸収量(5%)の順であった。冷害年と対照年との差異は明瞭でなかった。

表一2 収量構成要素, 乾物重および養分吸収に対する堆肥の効果

項 目 (堆肥)	試験地数	昭50~58年の平均	左の変動係数 (%)	対照年の平均 (50, 52, 53, 54年)
穂 数 (本/㎡) { - +}	12	421 (100) 448 (106)	11.8 10.3	404 429
粒 数 (×10 ² /㎡) { - +}	11	291 (100) 328 (112)	11.8 10.6	262 335
登 熟 歩 合 (%) { - +}	11	85.2 (100) 80.6 (94)	7.0 9.0	87.5 83.1
千 粒 重 (g) { - +}	13	21.5 (100) 21.5 (100)	2.7 2.8	21.8 21.9
乾 物 重 (g/㎡) { - +}	8	1293 (100) 1368 (106)	9.0 9.4	1311 1363
N 吸 収 量 (g/㎡) { - +}	12	10.74 (100) 11.75 (112)	14.5 13.8	10.62 11.58
P ₂ O ₅ 吸 収 量 (g/㎡) { - +}	10	6.01 (100) 6.22 (105)	15.6 13.8	6.18 6.37
K ₂ O 吸 収 量 (g/㎡) { - +}	10	12.98 (100) 14.46 (113)	17.1 16.4	12.45 14.18
SiO ₂ 吸 収 量 (g/㎡) { - +}	5	79.9 (100) 88.0 (110)	19.1 16.2	81.8 86.4

(2) 堆肥施用量試験 (大曲)

昭和43年から東北農試(大曲)において実施されている堆肥施用量試験の昭和50年代における試験結果、とくに、昭和56, 57および58年の気象条件における水稲の生育特徴と堆肥の効果について検討した。

図-1に示すように昭和51, 56, 57および58年は低温であったが、56年の冷害年を除く3年は生育初期に弱めの低温が襲来した。後期は51年は低温になったが、57および58年は好天になり、収量は普通作か豊作であった。このような気象条件の影響を受けて、生育経過は年次によ

って異なり、いくつかの特徴が認められた。

(a) 草丈(稈長), および茎数(穂数)

草丈(稈長)および茎数(穂数)の年次変動を表-3に示した。昭和51~55年を基準にすると、初期の低温が厳しかった56年には(6月上旬まで平均気温が約12~15℃), 草丈が約20%短くなり、茎数はほぼ基準年並みであった。7月に入り、天候が回復したため、出穂期には草丈はほぼ基準年並みになった。これに対し、57および58年には、初期の弱めの低温により、草丈は抑制され、一方、茎数は著しく増加し、いわゆる冷害型生育といわれる短稈多けつ型になり、

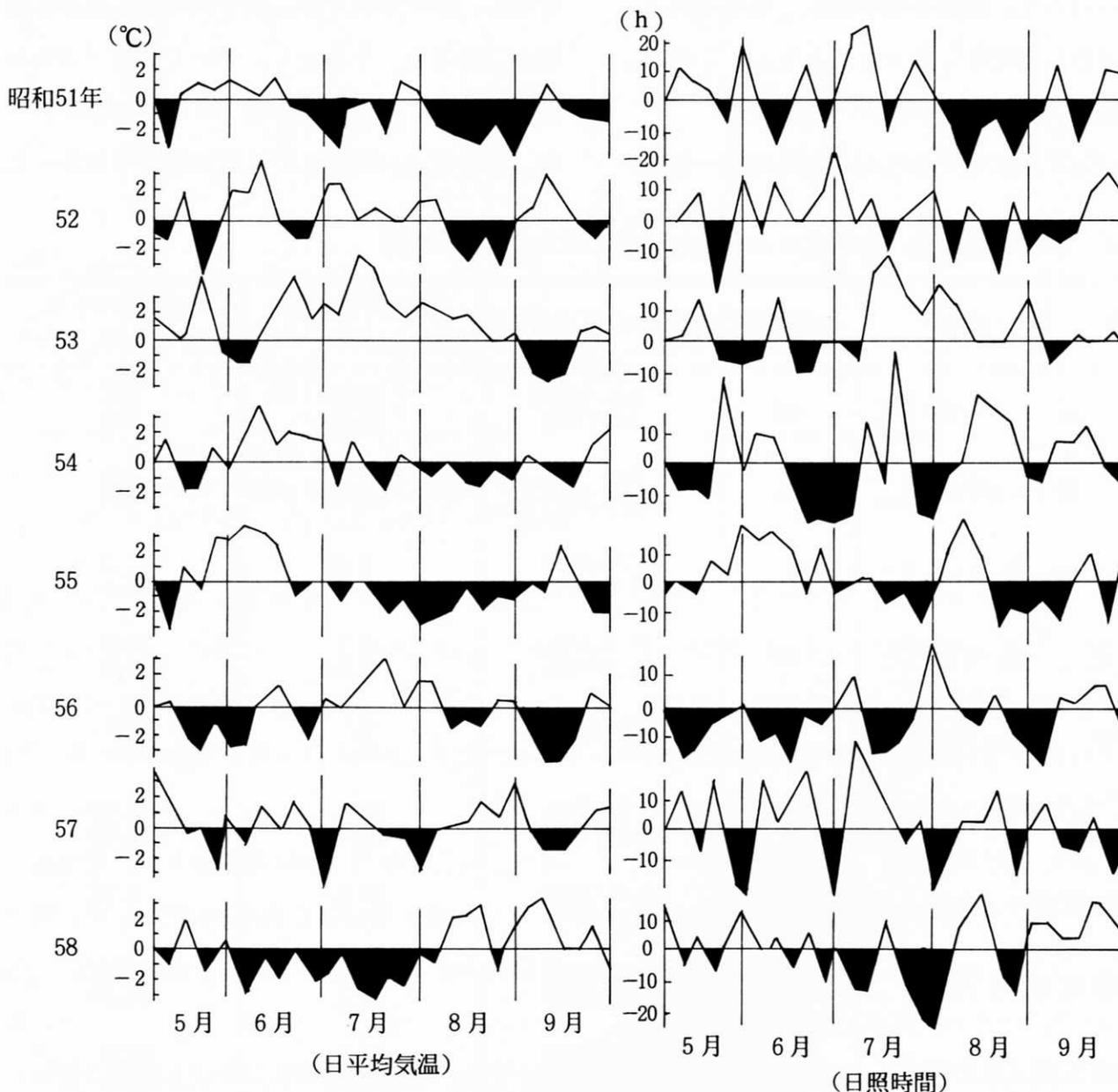


図-1 気温および日照時間の年次値との較差(大曲)

表一 3 低温年における草丈および茎数の変動

項目	堆肥 施用量 (t/10a)	7月4日あるいは5日				成熟期			
		昭51~ 55年	56年	57年	58年	昭51~ 55年	56年	57年	58年
草丈 (稈長) (cm)	0	55.5	44.3 (80)	43.5 (78)	47.5 (86)	75.2	73.2 (97)	65.1 (87)	71.2 (95)
	1	56.7	47.5 (84)	47.8 (84)	52.6 (93)	81.6	80.7 (99)	65.8 (81)	73.3 (90)
	2	56.8	45.4 (80)	45.4 (80)	52.0 (92)	83.6	80.8 (97)	67.7 (81)	75.0 (90)
	3	57.2	46.1 (81)	46.1 (81)	52.4 (92)	86.5	85.3 (99)	72.6 (84)	76.9 (89)
	4	55.9	46.0 (84)	46.0 (82)	48.8 (87)	89.0	87.1 (98)	75.1 (84)	80.0 (90)
茎数 (穂数) (本/m ²)	0	493	405 (82)	598 (121)	655 (133)	357	306 (86)	364 (102)	423 (118)
	1	484	513 (106)	703 (145)	665 (137)	362	364 (101)	442 (122)	417 (115)
	2	522	626 (120)	769 (147)	712 (136)	404	394 (98)	469 (116)	462 (114)
	3	532	597 (112)	768 (144)	739 (139)	419	444 (106)	514 (123)	514 (123)
	4	569	562 (99)	768 (135)	731 (128)	457	434 (95)	481 (105)	493 (108)

注. 昭和43年試験開始。品種キヨニシキ, N, P₂O₅, K₂O各8kg/10a全量基肥。
()内の数は51~55年を100とした場合の指数。

成熟期の稈長および穂数も同様の傾向を示した。このような経過の中で堆肥の施用量が増すにつれて、稈長は長くなり、穂数は増加する傾向を示したが、無堆肥区(0トン区)の穂数が56年には基準年に比べ18%少なくなり、多けつ型の57年にも、ほぼ基準年並みしか確保されなかった。このように無堆肥区では低温年に分けつが抑えられることがあることが明らかとなった。

(b) 乾物重および窒素濃度の推移

昭和56, 57および58年の乾物重および窒素濃度の推移を図一2に示した。

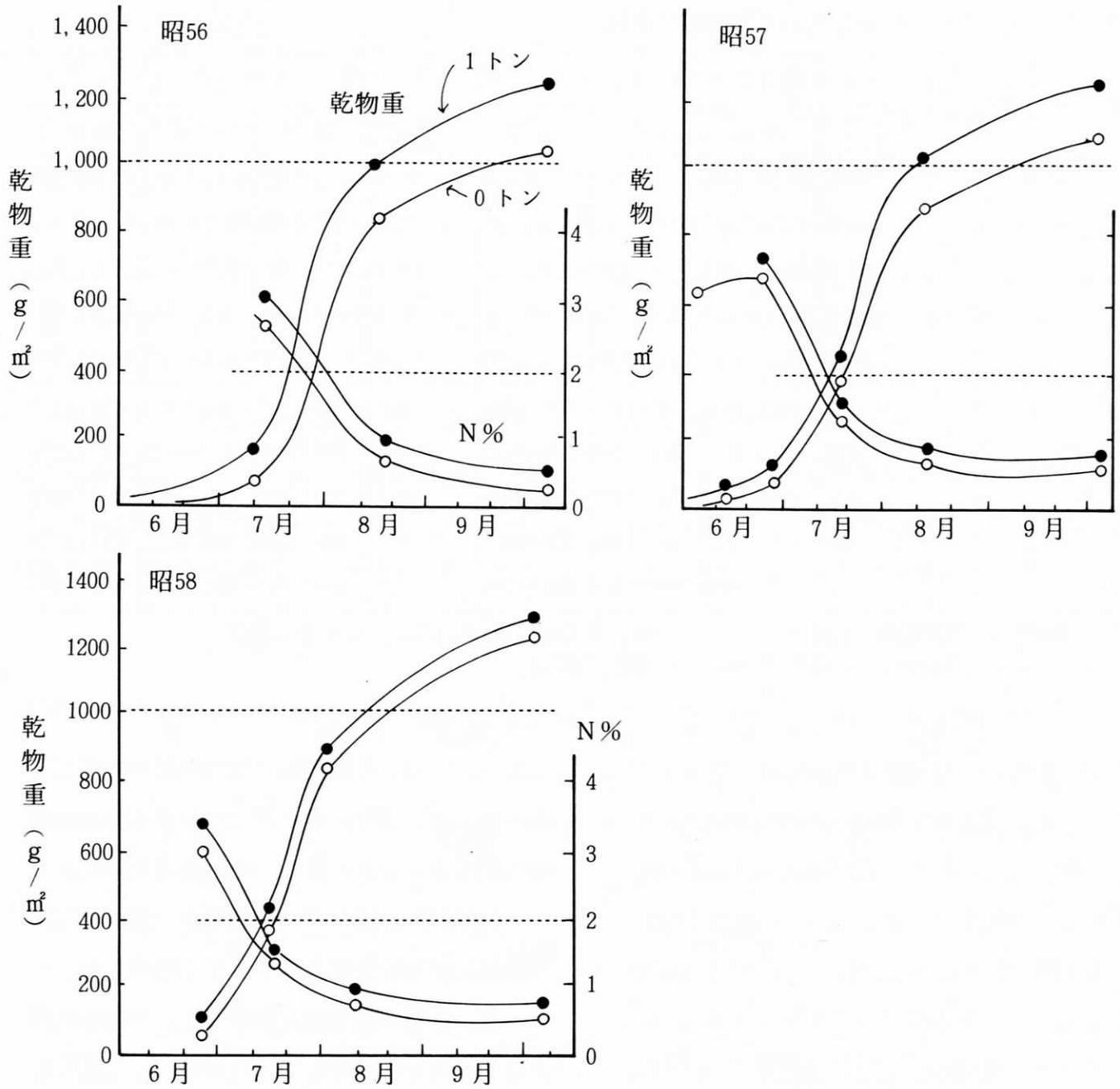
56年は初期の乾物増加量が小さく、その後は出穂期まで急激に増加した。57年は出穂期まではやや多めに増加したが、出穂後の増加量は小さかった。58年は出穂期まではやや少なく、出穂後の増加量が大きかった。この傾向は一畝当たり乾物重でみると一層顕著であった(図一3)。このような乾物増加の経過の中で、堆肥区(1トン区)では56年には初期の乾物増加量が顕著

であった(むしろ堆肥区の乾物増加量が著しく小さかった)。57年には出穂期における乾物重が無堆肥区より大きくなり、その後は大差なかった。58年には初期から、成熟期までほぼ平行的に堆肥区が無堆肥区よりやや多く推移した。

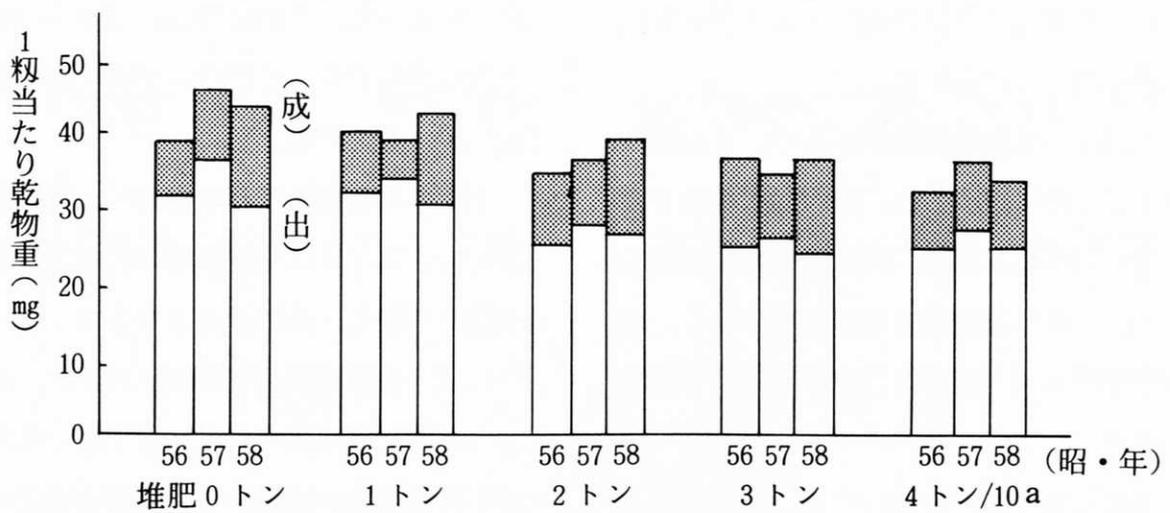
一方、水稻の窒素含有率は堆肥区が無堆肥区よりやや高めに、そして、ほぼ平行して推移した。年次のちがいによる特徴としては、56年の初期はとくに高く推移し、幼穂形成期には2%以上であった。これに対し、57および58年には2%以下になり、57年の方がやや低く推移した。

(c) 窒素吸収

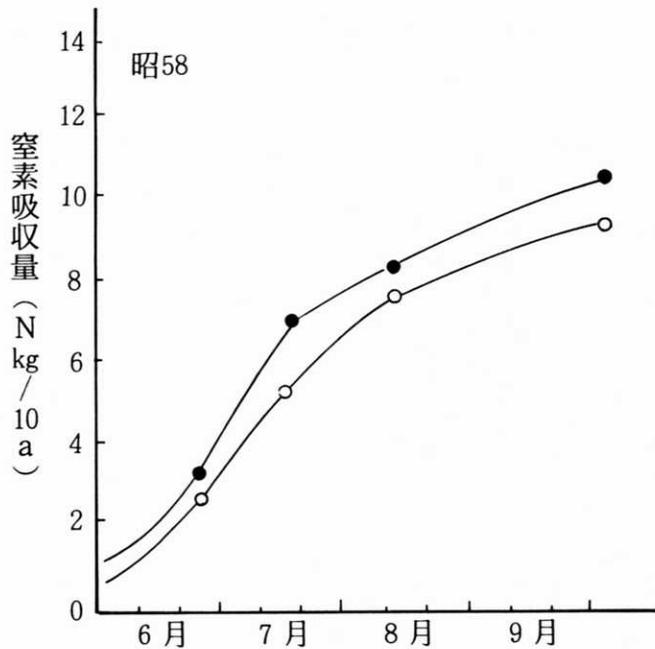
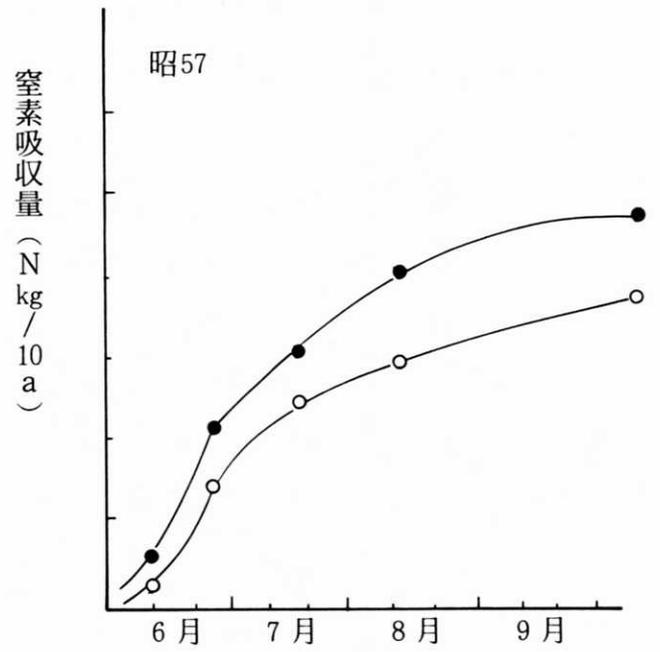
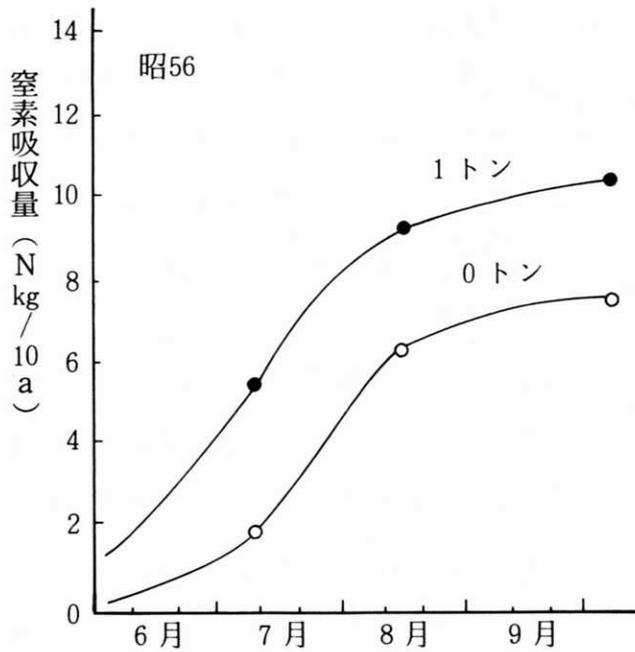
水稻による窒素吸収の推移は、気象条件を反映して、56年には生育初期の吸収量は少なく、中期に増加し、出穂後はまた少なくなった。57年には、初期は順調に吸収されたが、8月上旬(出穂期)以降は吸収量が若干伸びなかった。58年には初期から後期まで順調に吸収された。(図一4)



図一 2 乾物重および窒素濃度の推移に及ぼす堆肥の効果



図一 3 一粍当たり乾物重



図—4 水稻の窒素吸収に及ぼす堆肥の効果

堆肥区と無堆肥区とを比較すると、3カ年とも初期から堆肥区の窒素吸収量が多く推移したが、初期に厳しい低温が続いた56年には顕著な差がみられた。これは、無堆肥区において窒素吸収が著しく小さくなったためであり、初期の窒素吸収量の差が成熟期までほぼ継続した。57年には生育中期に堆肥区の窒素吸収が伸び、58年には初期から後期まで似た傾向で推移した。3年間の窒素吸収量の変動をみると、堆肥区より無堆肥区において変動が大きく、56、57年の

吸収量が少なかった。これは図—5からも明らかである。

(d) 窒素吸収量と収量との関係

堆肥の施用量が増すにつれて、窒素吸収量が多くなり、収量も窒素吸収量の少ない段階では増加する傾向を示した(図—5)。しかし、窒素吸収量が11~12kg / 10 a前後で収量が最高になると(キヨニシキ)、それ以上の吸収量では、生育後期の天候が良かった57、58年には横ばいか微増するが、そのほかの年次ではむしろ低下し

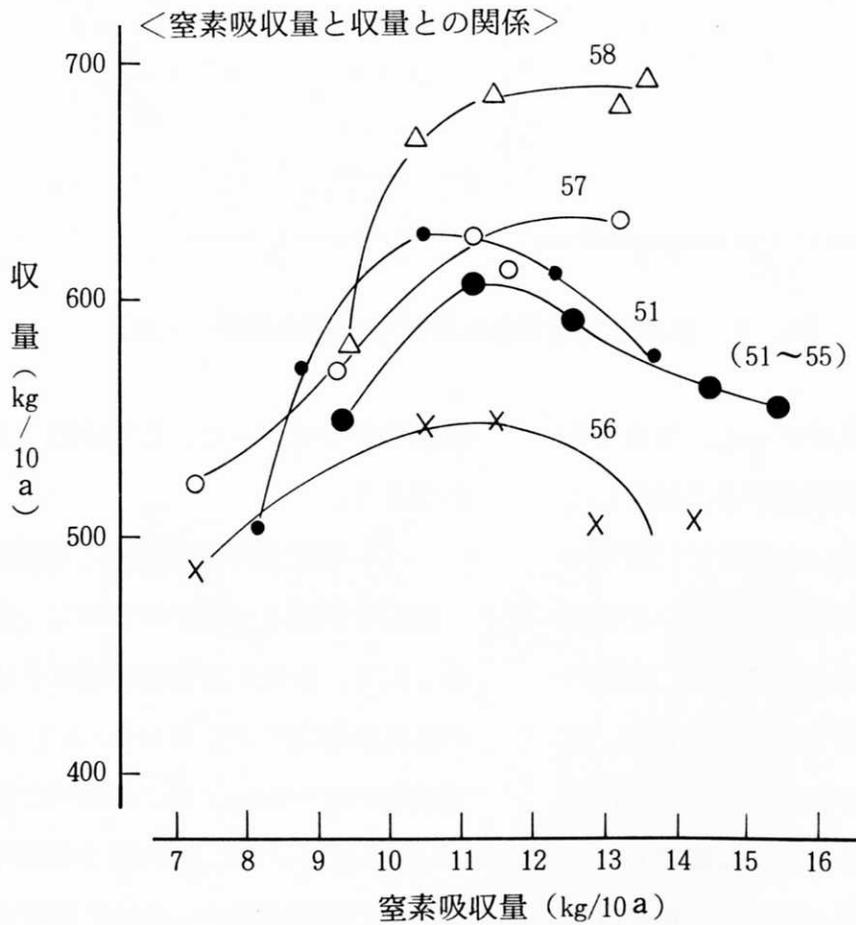
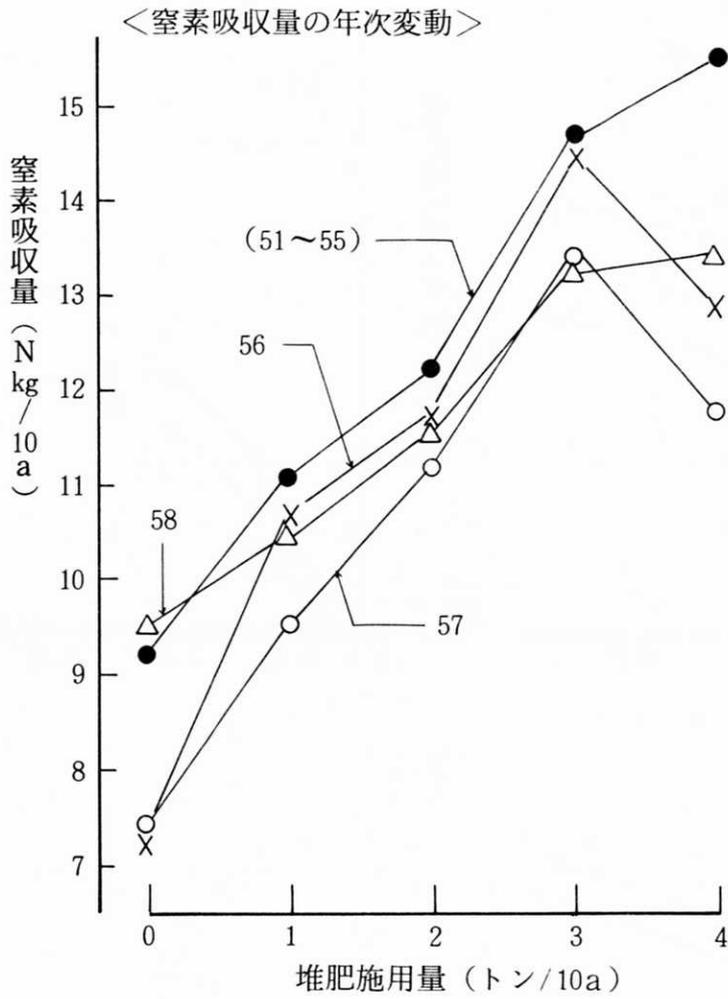


図-5 窒素吸収量と収量との関係

た。すなわち、堆肥施用量を増し、堆肥からの窒素供給量を増加させても、水稻の窒素要求量（最適窒素吸収量）を越える窒素供給があった場合には、むしろ減少することを示している。^{6,8)}したがって、堆肥連用により窒素肥沃度が高まった水田では、それに対応して窒素肥料の施用量を減らす必要がある。なお、図-5の下の図において、窒素吸収量が7~8 kg / 10aを示している区が3点あるが、これは先にも述べたようにいずれも51, 56, 57年の無堆肥区であり、無堆肥栽培を続けると低温年には窒素吸収量が激減することがあることを示している。

(e) 収量の年次変動

これまで述べてきたように、堆肥の施用量が増すにつれて、穂数、籾数および窒素吸収量はほぼ増加の傾向を示したが、収量はかならずしもその傾向を示さなかった(図-6)。収量の傾

向は年次によって著しく異なり、51~55年の平均では、堆肥1トン区が最高になり、ついで2トン区になり、3, 4トン区は過繁茂と倒状により減収した。56年の冷害年には、51~55年とほぼ同様の傾向を示し、全体に低収になった。これに対し、57, 58年は短稈多けつ型の生育になり、倒状が回避され、多けつは穂数増につながり、3, 4トン区で増収傾向を示し、とくに、8月の天候が良かった58年には4トン区で最高収量を示した(700 kg / 10a)。このように、気象条件の推移のちがいにより、収量の傾向が異なるが、堆肥の施用量が多い区、つまり窒素肥沃度の高い水田ほど、前半が低温ぎみに推移し、後半の天候が回復した場合に増収効果が高い。このように、東北地方の日本海側では、初期に低温であっても真夏にはかなり高温になるために、57, 58年のように普通作か豊作になること

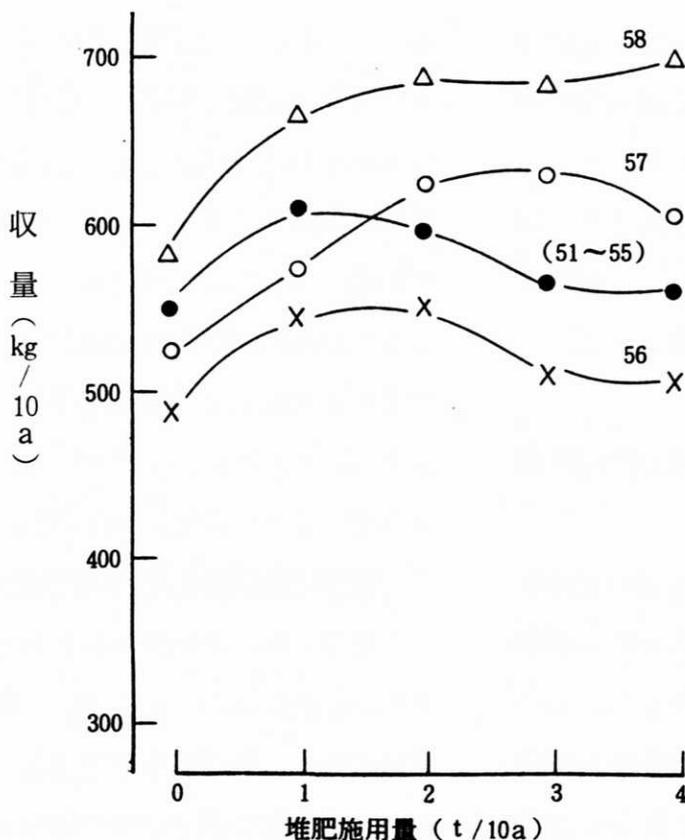


図-6 収量の年次変動

が多い。一方、太平洋側では初期の低温はヤマセの影響をうけて夏期になっても上らず、日本海側に比較し2~3℃は低いことが明らかにされている¹¹⁾。そのため、初期の生育量の不足が回復せず、そのまま成熟期に至り低収に止まることが多い。

通常の堆肥施用量は1トン/10a程度であるので、この試験の0トン区と1トン区とを比較すると、類似の傾向があり、0トン区の収量が高い年次には1トン区の収量も高く、逆に、0トン区が低い年次には1トン区も低くなった。このような傾向は先に述べた東北6県の試験結果とほぼ一致する。堆肥施用により、初期から窒素供給量が増加し、水稻の初期生育が促進され、乾物重も増加して収量は高くなったが、気象変動の影響を受けてかなり変動した。

水稻に対する堆肥の効果については、多くの研究がある。天野¹⁾は堆肥施用により障害不稔が軽減され、収量が安定することを報告している。また、鎌田²⁾らは、堆肥施用により、白い太い根が増え、根の活性が高まること、葉緑素の分解が抑制され、登熟が良くなると述べている。したがって、堆肥の効果は生育量を増加させ、増収させるという量的な効果のみでなく、耐冷性との関連で、質的な面の検討が重要である。

3 中干しによる土壤酸化に及ぼす堆肥の効果

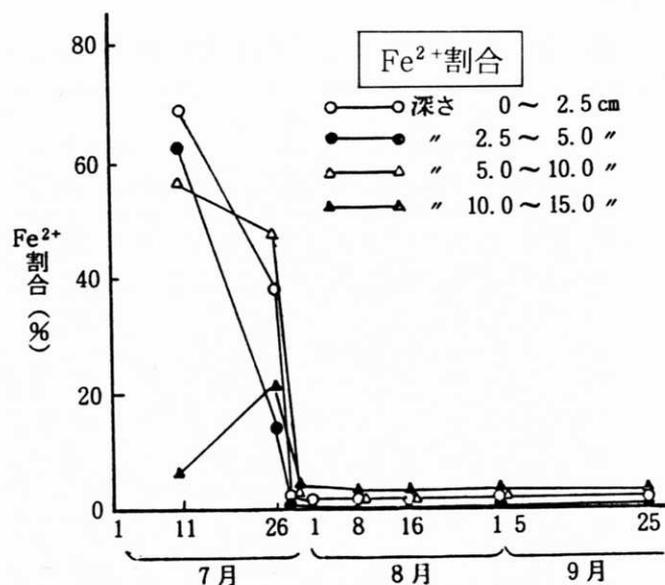
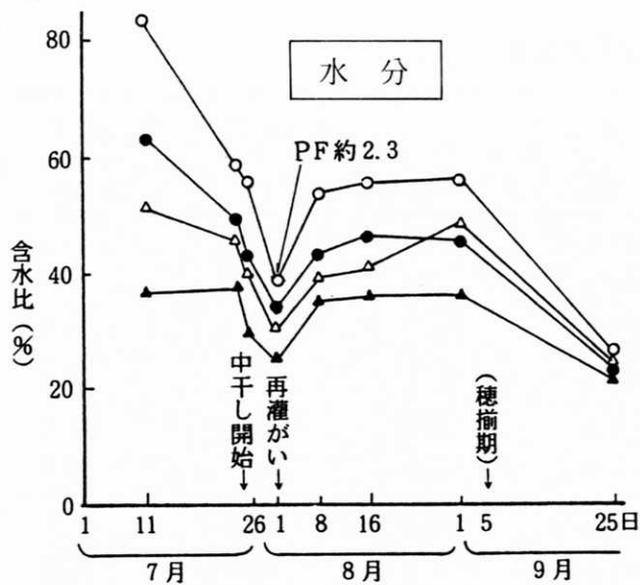
中干しの目的は①土壤を酸化して根の活性を後期まで維持する。②主に、土壤水分および養分窒素を制御して、初期生育を確保したのちの水稻の生育調整を行う。③水田の地固めを行い収穫時の機械の走行性を良くするためなどと考えられる。

中干しによる土壤酸化は施肥法とともに多収穫技術の重要な柱であるが、図一7に示すように、堆肥連用田では軽い中干し(pF 2.3)を短期間行うことによって土壤が容易に酸化され、その後も酸化的に推移したのに対し、無施用田では、長期に強い中干し(pF 3.5)を行わないと土壤は酸化されにくく、再灌水後は環元に戻りやすかった⁵⁾。そのために、間断灌漑も強めに行われたが、このような低い水分含量では肥料切れ(窒素切れ)が起こりやすく、茎数が激減し(有効茎歩合の低下)、低収になりやすい。一方、堆肥連用田では水管理がやりやすく、土壤水分含量は比較的高く維持され、中干し期間中の地力窒素の供給も維持されるので、茎数の減少は少なく、一穂粒数は多くなり、高収に結びつく。地固めを目的とした中干しはさらに強い中干しになるため、水稻にとってマイナス面が大きい。

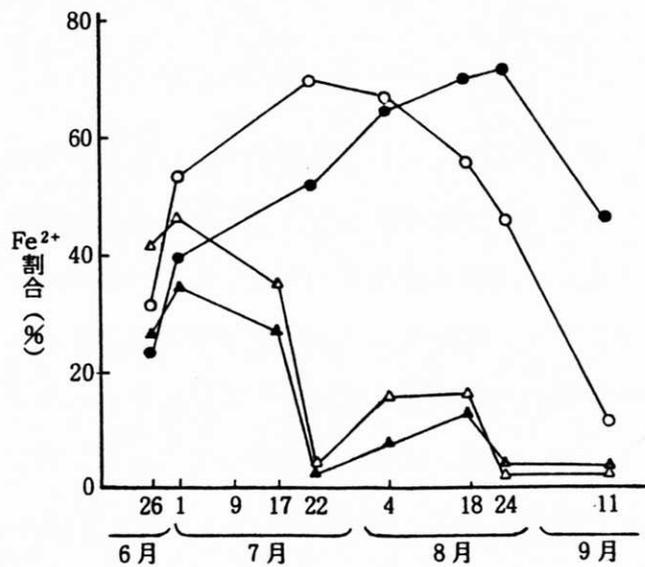
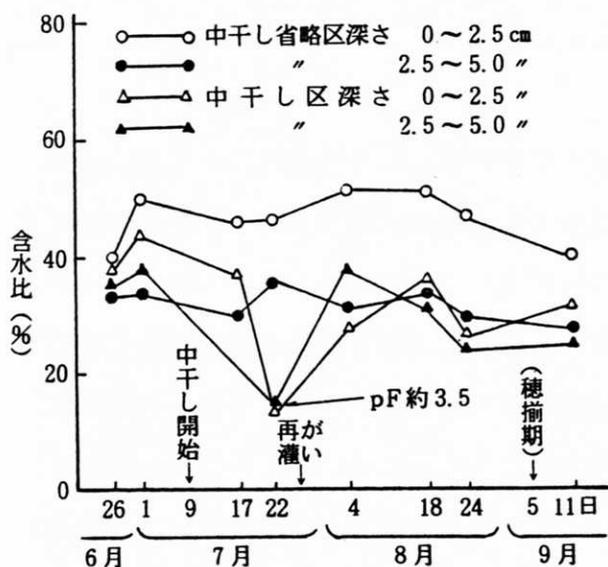
また、中干しを毎年行っている水田では常時湛水の水田に比べ、作土の窒素肥沃度が低下する(表一4)。この試験では中干しを実施することにより無堆肥の場合、一年当たり約3.1kg/10aの窒素が作土から流亡した。これは水稻の吸収量の3割弱に当たり、作土の全窒素の約1.5%に相当する。そして、堆肥を2トン/10a連用することにより窒素肥沃度が維持された。したがって、中干しは堆肥など有機物を施用して行うべきであり、過度な中干しは、水稻および土壤の両面からみてマイナスが大きいので控えるべきである。

4 登熟期落水における堆肥の効果

宮城県では、昭和57年にさほど強い低温にならなかったにもかかわらず、一部の地域で登熟不良になり、作況指数が急落した。その理由として、登熟期の落水がやや早めに行われ、その後、降雨がわずかしかなかったために、土壤水



堆肥連用水田



無施用水田

5) 図一7 中干しによる土壤酸化に及ぼす堆肥施用効果

表一4 中干しによる水田窒素肥沃度の変動

水管理	堆肥の有無	試験開始時 (昭 43) 全N (%)	14 年 後 (昭 57) 全N (%)	14年間の集積量 N (%) 全N (%)	1 年 当 たり 集 積 量** (Nkg/10 a)
中 干 し	無 堆 肥	0.224	0.180	- 0.044	- 3.1
	堆 肥*		0.228	+ 0.004	+ 0.3
常 時 湛 水	無 堆 肥	0.174	0.164	- 0.010	- 0.7
	堆 肥*		0.203	+ 0.029	+ 2.9

注. * 堆肥 2 トン/10 a 連用, ** 作土 100 トン/10 a として計算

分が欠乏し、登熟不良になったものと推定されている。このように、最近では地固めを目的として早めに落水する傾向があるが、これに、浅

耕、無降雨、熱風などの条件が重なれば、水分欠乏による登熟不良や萎凋が発生することは容易に予想される。

表一 5 厩肥施用による作土の三相分布および水分含量の変動

区名	層位 (cm)	固相重量 (g)	三相分布 (%)			含水比 (%)	全孔隙 (%)
			固相	液相	気相		
厩肥 0 t	0 ~ 5	100.0	37.6	55.0	7.4	55.0	62.4
	5 ~ 10	110.9	41.9	55.9	2.2	50.4	58.1
	10 ~ 15	110.7	41.9	54.4	3.7	49.1	58.1
1 t	0 ~ 5	91.2	34.4	53.9	11.7	59.1	65.6
	5 ~ 10	99.8	37.1	56.4	6.5	56.6	62.9
	10 ~ 15	107.9	40.6	57.4	2.0	53.2	59.4
2 t	0 ~ 5	77.9	29.2	66.1	14.7	72.0	70.8
	5 ~ 10	85.4	31.9	57.5	10.6	67.3	68.1
	10 ~ 15	95.7	36.2	59.8	4.0	62.5	63.8
4 t	0 ~ 5	67.1	24.7	51.4	23.9	76.6	75.3
	5 ~ 10	73.3	27.5	55.4	17.1	65.6	72.5
	10 ~ 15	85.8	32.2	61.2	6.6	71.3	77.8

注. 昭 55. 10. 16 調査 (厩肥連用 13 年目)

堆肥を連用している水田作土では孔隙が増加し、保水量が増加する(表一 5)。落水した場合にも水分含有率は高く、水分供給力は高いので、水分不足になりにくい。また、落水による水田の亀裂の生成は堆肥施用量の多いほど大きくなるので表面水の排除が速やかであり(写真⁷⁾したがって、落水時期を遅らすことが可能となる。

登熟期における落水は収穫作業における機械の走行性を良くするためのねらいもあるが、まず、水分を十分に供給し、水稻の登熟良化をわかり、収量を安定化することを優先して考えるべきである。このような観点に立って、出穂後の稈中の水分と炭水化物の推移(図一 8)から落水の適期を判定した。

稈中の炭水化物は出穂と同時に急速に穂に移行するので、稈中の炭水化物含量は低下し、出穂後 25 日目頃には最低になる。その後は、そのまま横ばいするか、若干増加するが、これと対称的に稈中の水分は推移する。すなわち、出穂後 25

日目頃までは増加し、その後は徐々に減少する。ちょうど炭水化物が穂に移行し、その細胞の空間に入れ代って水分が満たされていくようにみえる。この水分は細胞組織と強く結合している水分ではなく、水稻体内をかなり自由に移動できる水分と考えられる。したがって、出穂後 25 日目頃までは落水により水分供給が制限された場合に、蒸散によって急速に脱水されることが推定される。そのため、水稻は急性萎凋(青枯れ)を起こすことがあり、⁴⁾また、そうでなくとも、登熟不良になると考えられる。登熟期も半ばを過ぎると(出穂後 25 日目以降)、水稻の活力が徐々に低下し、気温は低くなり、蒸散量も減少するために、水分代謝は衰え、水稻の水分欠乏は起こりにくくなるものと推定される。したがって、出穂後 25 日目頃までは水稻に十分に水分を供給するようにすることが大切であり、水田の落水は出穂後 25 日目頃を中心に行うべきで、排水不良の湿田ではやや早めに、一方、乾田では遅めにするのが良いと思われる。

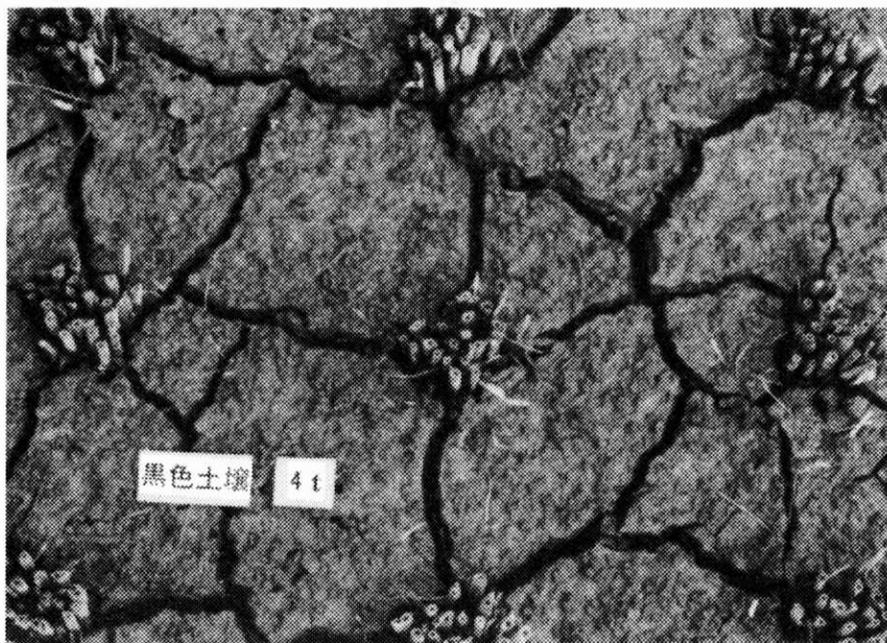
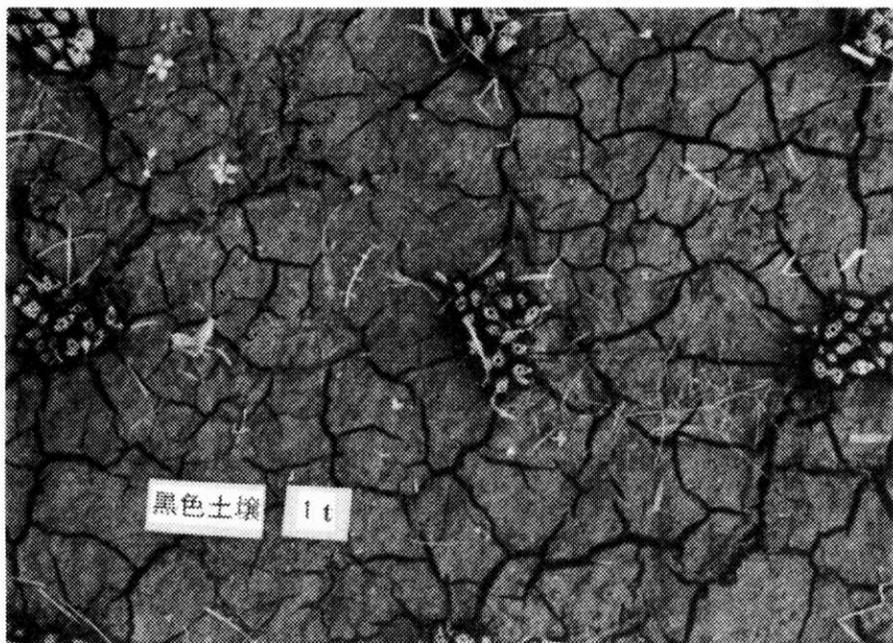
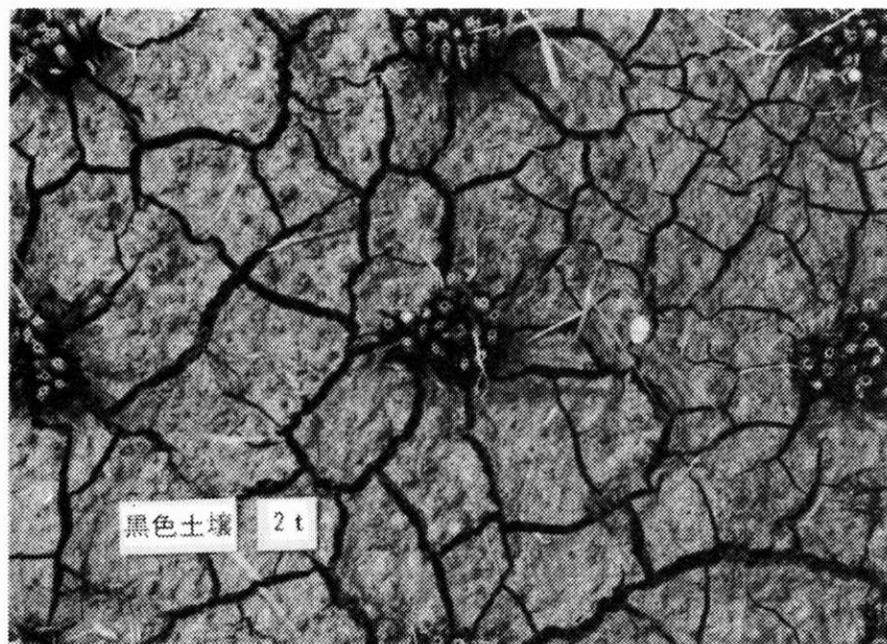
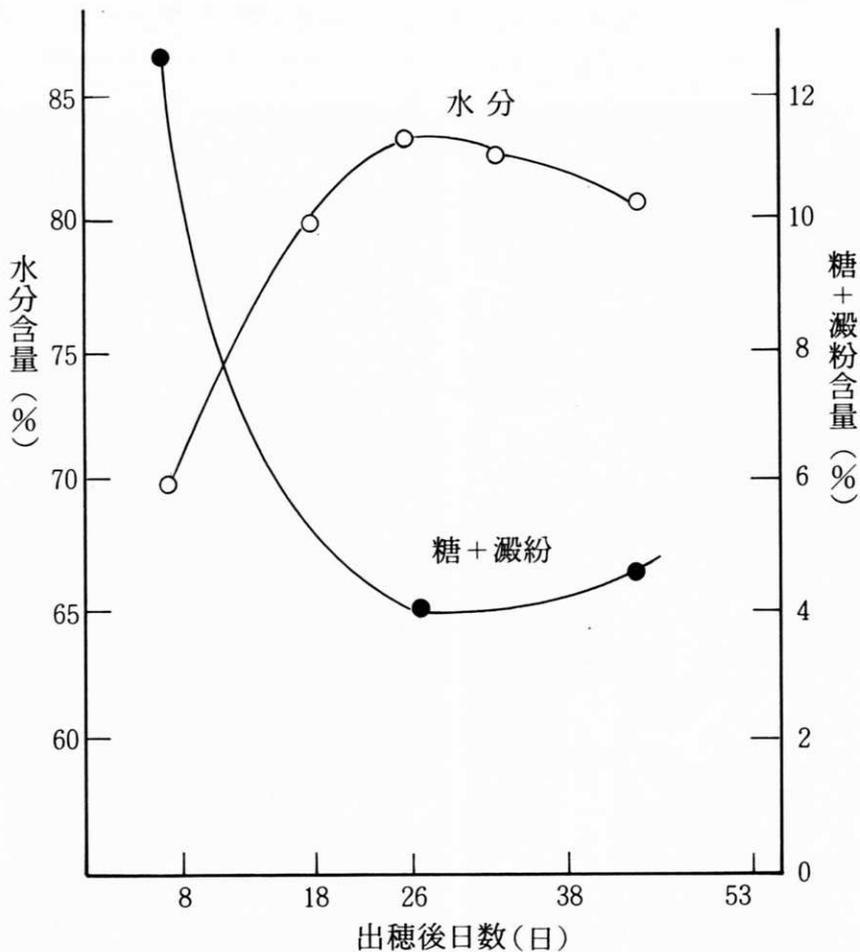


写真 登熟期落水による亀裂生成に及ぼす堆肥の効果



図一 8 出穂後の稈の中の水分と炭水化物の消長

4 深 耕

(1) 深耕の効果

最近の収量の不安定化の原因の一つは浅耕によるものではないかとの疑問が出され、深耕についての関心が高くなった。深耕についてはすでに20年以上も前の米の多収穫時代に、深耕多肥、密植といわれ、実施されているが、その効果としては次のようなことが考えられる。

- ① 土壌表面積の拡大
- ② 養分保持力および供給力の拡大
- ③ 根域の拡大
- ④ 水分供給力の拡大
- ⑤ 生わら施用障害の軽減

土壌の生産力は基本的には表面積の多少によって決まると考えられるので、深耕の意義は表

面積の拡大にあるといえる。その効果を具体的に述べると、②以下のような事項が考えられるが、最近では、水田の落水が強化されつつあること、また、堆肥に代り稲わらが施用されるようになったことを考え合わせると、深耕による水分供給力の拡大と生わら施用による生育障害の軽減は今日の問題として重要であろう。

(2) 水田における生わら施用障害の軽減

土壌の水分供給力を増大させることの重要性については、先に述べてきたので、ここでは生わら施用障害について述べる。

最近、埼玉県大里村の稲、小麦2毛作田において、水稻の異常生育（不稔など）が発生している。これまでの調査から、稲わら、麦わらおよび雑草など、多量の有機物が水田に投入され、

表一6 各種土壌における有機物処理と水管理が水稻の生育経過および穂の状態に及ぼす影響 (1980年)*

水管理	土 壤	有機物	莖数 / ポット		穂数 / ポット	わら重 (g/ポット)	穂 重 (g/ポット)	穂/わら比	1 穂 花 数	総穎花数 / ポット	不稔歩合 (%)	異常内容
			7月10日	7月31日								
常	大里村水田(1)	なし	12	42	46	72	75	1.04	88	4045	10.2	なし
		ろ紙	9	11	22	22	[3]	[0.14]	[18]	[399]	[100.0]	奇形, 不稔
		大麦わら	4	12	50	104	[20]	[0.19]	85	4241	[98.8]	不稔
時	農事試水田	なし	17	48	37	62	57	0.92	72	2675	3.5	なし
		ろ紙	16	17	14	26	13	[0.50]	50	716	[32.5]	不稔
		大麦わら	5	22	25	23	35	1.52	74	1843	8.8	なし
		イタリアン	5	32	32	48	55	1.15	93	2931	9.7	なし
湛	沖積畑	なし	13	53	39	69	71	1.03	89	3458	5.6	なし
		ろ紙	12	13	11	13	12	0.92	49	525	3.4	なし
		大麦わら	4	11	27	28	37	1.32	81	2160	13.1	不稔少
水	洪積畑	なし	15	59	42	74	75	1.01	84	3543	3.4	なし
		ろ紙	11	9	10	9	8	0.89	37	378	13.7	なし(遅れ穂)
長期 中干し	大里村水田(1)	なし	13	47	48	71	70	0.99	74	3581	9.2	なし
		ろ紙	8	15	18	22	27	1.23	73	1337	9.5	なし
	農事試水田	なし	17	47	38	55	57	1.04	66	2542	3.4	なし
		ろ紙	14	17	16	23	18	0.78	54	883	6.4	なし
	沖積畑	なし	14	46	40	55	63	1.15	77	3059	5.8	なし
		ろ紙	13	14	14	17	17	1.00	52	714	5.4	なし

注. 中干し開始7月16日, 再湛水8月19日, 出穂期8月28日。 * 志賀らによる。⁹⁾

[] は異常と判断されたもの。

それが異常な分解過程を経る際に生成する有害物が原因で不稔などの異常が発生するものと推定されている。現地水田における発生状況を見ると、耕耘機、シロカキ機などの機械が方向転換する場所で発生している例が多く、方向転換する際に土壌がねり返され、透水不良になることと関係あるものと推定されている。表一六は現地水田土壌と正常な農事試水田土壌等を供試し、ろ紙（セルロース）などの有機物を添加して（ポット試験）、異常生育の再現を試みたものである。現地水田では有機物の添加によって異常が発生したが、農事試水田土壌においてもろ紙添加によって同様に不稔が発生した。このことは、有機物処理をあやまれば、普通の水田においても異常生育が起こりうる可能性のあることを示している。⁹⁾

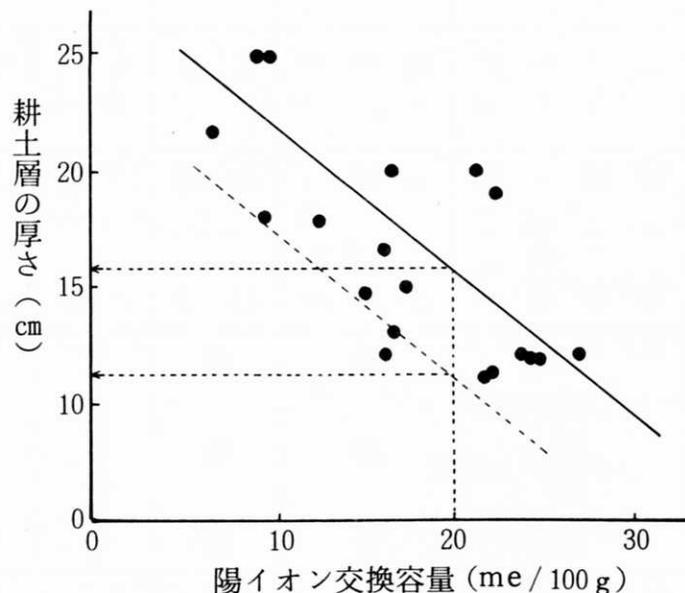
このような激しい障害でなくても、最近のように低温が続くと、稲わら施用田における生育遅延が問題になっている。とくに、高冷地や排水不良田で低収になるのはすでに明らかにされているが、大型機械による基盤整備によって、³⁾一部の水田では排水不良になり、そこに稲わら

が施用され、水稻に悪い影響を与えている。これらの障害の軽減対策の一つとして深耕が有効と考えられる。

(3) 深耕の程度

多収穫水田の調査によれば、作土の厚さと置換容量（≡表面積）との間に負の関係があることが明らかにされている。¹⁰⁾すなわち、置換容量の大きい土壌では作土が浅くなっており、反対に、置換容量の小さい土壌では作土が深い（図一九）。現在、農家の水田では一般的に以前に比べ浅耕の傾向にあるといわれているので、もっと深耕すれば、多収田の条件の一つが得られ、多収の可能性あることを示唆している。図一九から耕深を求めると、例えば、置換容量が20 meの水田では約16cmの耕深が必要になる。

しかし、深耕すれば、直ちに増収するとは限らない。深耕により耕盤が破かいされ、漏水が激しくなる場合がある。また、下層のやせた土壌が作土に混入し、初期生育が抑えられることもある。したがって、深耕した場合には、それに適した土壌管理、水管理および施肥法などの工夫が大切である。



図一九 多収穫田の耕土の厚さと陽イオン交換容量との関係（青峰）

5 今後の問題点

堆肥の施用が水稻の生育、収量および水管理（中干し、落水）に有利であり、また、深耕が水分供給力の拡大および稲わら障害軽減に対し有効であることを述べた。しかし、機械作業に対する堆肥施用や深耕の影響については不明な

点が多い。とくに、機械の走行性などに関連して、土壌の力学的性質（地耐力）を含む物理性が、中干し、落水による土壌水分の変動（減少）によってどのように変わるかについては明らかでないので早急に究明する必要がある。

引 用 文 献

- 1) 天野高久. 1982. 堆肥を施用した水稻の形態と機能——穂孕期不稔に関連して——. 日本作物学会第174回講演会シンポジウム要旨.
- 2) 鎌田金英治, 岡田晃治, 山口邦夫. 1976. 水稻の栽培条件と根の活性——堆肥施用の効果——. 日作記 45 (別刷1); 25—26.
- 3) 南 松雄. 1976. 水田地力の現状と有機物の意義. 北農 43(1); 3—17.
- 4) 大山信雄, 坂井 弘, 鈴木新一. 1965. 水穂青枯れに関する研究(第2報). 水稻体の各種処理が出穂後の萎凋発生に及ぼす影響について. 土肥誌 36; 75—78.
- 5) _____, _____. 1971. 水管理による水田耕土の酸化還元状態の変化(第1報). 現地高収水田の実態. 土肥誌 42; 317—322.
- 6) _____, 佐藤智男, 住田弘一. 1983. 水稻の収量変動に及ぼす堆肥施用量と窒素施用量との関係. 東北農業研究 33; 49—50.
- 7) 佐藤智男, 白石道夫. 1978. 水田土壌の肥沃度増進に伴う土壌物理性の変化(第2報). 土肥学会講演要旨集 24; 98.
- 8) _____, 大山信雄, 住田弘一. 1984. 水稻に対する堆肥の連用効果——とくに、堆肥施用量の違いの影響——. 土肥学会講演要旨集 30; 108.
- 9) 志賀一一, _____, 鈴木正昭. 1983. 二毛作水田における水稻の異常穂発生要因. 土肥誌 54; 383—388.
- 10) 植物栄養・土壌・肥料大事典編集委員会. 1976. 多収水田土壌の特徴. 植物栄養土壌肥料大事典. 養賢堂. p. 580—587.
- 11) 谷口利策. 1982. 昭和56年の気象と被害(東北農業試験場編, 東北地域における56年冷害の記録——水稻冷害と風害の実態と解析) 盛岡. 東北農業試験場. p. 93—100.
- 12) 東北農業試験場編. 土壌肥料ブロック会議および推進会議資料. 昭和50—58年.