

## 水田における水の効率的利用技術

誌名	山形県立農業試験場研究報告 = Bulletin of the Yamagata Prefectural Agricultural Experiment Station
ISSN	03887707
巻/号	25
掲載ページ	p. 51-62
発行年月	1991年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## 水田における水の効率的利用技術

小 南 力

(平成2年10月22日 受理)

### Efficient Using Techniques of Water in Paddy Field

Chikara KOMINAMI

本県の庄内地方において、水田が必要とする最適水量を明らかにしようとしたところ、次の結果を得た。

- 1 移植から期待茎数の60%を確保する6月上旬まで水深2~3cm, その後6月下旬までは4~6cm, 以降間断かん水した標準的水管理で最も安定した収量品質を示した。
- 2 上記の水管理の場合、代かきから秋の落水までのかん水量(用水量)は、年間降水量(6,300m<sup>3</sup>/ha)の条件で、ha当たり約9,000m<sup>3</sup>になった。
- 3 現地に設置されているパイプかんがい施設の稲作期間の揚水量は、8,000~11,000m<sup>3</sup>で上記水管理の用水量とほぼ一致する。

#### 目 次

I 緒 言	51
II 研究方法	52
1 水田かんがい水量と水稲の生育収量及び品質	52
2 パイプかんがい施設稼働実態調査	52
III 結 果	53
1 水田かんがい水量と水稲の生育収量及び品質	53
(1) 水温と地温	53
(2) 生育経過	53
(3) 収量及び品質	55
(4) 日減水深と収量及び品質	57
(5) かん水量	59
2 パイプかんがい施設の稼働実態調査	59
IV 考 察	59
V 摘 要	61
VI 参照文献	61
Summary	62

## I 緒 言

本県においては、水田基盤整備対象面積94,900haのうち、昭和62年度までにほ場整備が実施された面積比率は70%であり、同様に、かんがい排水整備率は77% (うち、用排水分離整備率93%) である。また、暗渠排水による汎用化水田の整備率は、その対象面積のうち51.1%である。

これら基盤整備に伴う用排水分離化及び暗渠施工の急速な進行は移植期間の短縮化傾向や兼業農家の休日を中心とした集中的な作業とあいまって、一時的に用水量を増大させることが予想される。

一方、都市化の進展に伴って農業用水への生活廃水の

流水量が増加し、その浄化のために、これまで以上の水量を必要としており、限りある水資源は、より効率的に利用する必要がある。

ここでは、水田かんがい水量(水管理)と水稲の生育収量及び品質との関係から必要用水量を検討するとともに、パイプかんがい施設の稼働実態調査から水田の用水量を把握し、水田かんがい用水の効率的な利用法を明らかにしようとした。

なお、本研究は、1985~1988年に実施し、この間に県立農業試験場機械土木部に勤められた渡部圖夫氏、高橋弘藏氏、土開義広氏には貴重なご助言をいただいた。ここに記して、心より謝意を表する。

## II 研究方法

### 1 水田かんがい水量と水稻の生育収量及び品質

1985年～1988年の4ケ年に、農試庄内支場と藤島町現地で、品種ササニシキを供試し、表1に示される区の構成で水管理と水稻の生育収量及び品質の検討を行った。

標準区は、移植から6月10日(期待茎数の60%に相当するm<sup>2</sup>当たり茎数約330本確保目標)まで、田面からの水深(以下、水位)を2～3cmとし、その後6月30日まで水位を4～6cmとした。

浅水区は、移植から6月30日まで水位を2～3cmとした。

深水区は、移植から6月10日(標準区と同時期)まで水位を4～6cmとし、その後6月30日まで水位を7～9cmとした。

各区とも6月に1～2回水交換を行った。各区の水位は、ほ場中央に減水位記録計(池田計器 RR-20)を設置して目標値の維持に努めた。また、7月以降の水管理は各区同様とし、中干し後に間断かん水とした。

地水温の観測は7日巻自記温度計で行い、測定部位は、

水温が地表面プラス1cm、地温が地表面マイナス5cmである。

### 2 パイプかんがい施設稼働実態調査

パイプかんがい施設の稼働実態調査は、1985年と1986年に、庄内地域において表2に示した3施設で実施した。

年間の水田用水量の把握は、揚水あるいは通水装置を備えたパイプかんがい施設を用いて行い、併せてポンプの動力を中心とした使用電力量も調査した。各施設の対象地区は、いずれも用排水路が分離されている。

A及びB揚水機場(以下、A、B施設)は平坦部にあり、かん水全量をポンプ圧送している。また、C調整水槽(以下、C施設)は対象地区が中山間から平坦部に拡がっており、原則的には地区内高低落差40m(平均勾配6/1000)の自然水圧を利用したかんがい方式であり、一部末端の平坦部においては、湯水期に排水を再利用するポンプ(以下、補水ポンプ)を備えている。かん水量は、AとB施設においては揚水量と、C施設においては自然水圧と補水ポンプによるかん水量を合わせ通水量と呼んだ。

第1表 試験区の構成

No 区名	水 深 (cm)		実 施 年 次 及 び 場 所			
	移植～6/10	6/11～6/30	1985	1986	1987	1988
1. 標準区	2～3	4～6	場 内	場 内	現地・場内	現地・場内
2. 浅水区	2～3	2～3	場 内		現地・場内	現地
3. 深水区	4～6	7～9		場 内	現地	現地・場内

第2表 調査施設の概要

\*1:地区内高低落差40mの自然水圧利用, \*2:地力保全調査事業土壌図(農試化学部)

施 設 名	対象面積	かんがい方式	ポ ン プ 能 力				湛水*2 透水性	同左 比率	土 性	
			揚水量	同 左 ha 当	揚 程	動 力			表 層	次 層
A 揚水機場	223	ポンプ圧送	m <sup>3</sup> /分	m <sup>3</sup> /分	m	kw	小	80	強粘	強粘
			60.1	0.27	15	210			中	粘～壤
B 揚水機場	153	ポンプ圧送	46.4	0.30	22	257	小	35	強粘～粘	強粘～壤
									中	粘～壤
C 調整水槽	1,230	自然圧送*1 とポンプ圧送	(212.0	(0.17)			小	70	強粘	強粘
			81.4	0.07					中	粘～壤

( ):通水量

### III 結 果

#### 1 水田かんがい水量と水稻の生育収量及び品質

##### (1) 水温と地温

まず、試験年次の日射量と気温の推移を図1～4に示した。

平年に比べると1985年は、6月下旬から7月中旬まで少照が入り、7月下旬以降は極多照になった。気温は全体的に並から高温で経過し、特に7月下旬以降が高温になった。1986年は、5月中旬、7月上旬に少照が入り変動の大きい年次であったが、全体的には平年並の日照であった。気温は田植から8月上旬まで低温で経過した。1987年は、7月上旬までは多照、7月下旬から8月中旬に少照であった。気温は全体的に高温で経過した。1988年は全体的に少照に経過し、特に、6月上旬と7月上旬は少照であった。気温は7月下旬まで低温で経過した。

次に、各試験区において、5月下旬から6月下旬までの地水温の推移を試験年次別に旬日平均でみた。尚、平均地水温は、日最高、最低の平均値である。

標準区と浅水区の地水温の推移は、1985年と1987年に調査し、図5-1～2と図7-1～2に示した。それによると、両年も地水温の変化は各区同傾向に推移したが、浅水区の地水温は最高が高く、最低が低く経過した。特に標準区と浅水区の最低地水温の差が拡大した1987年

については、1987年が高温多照に経過し標準区の地水温が高くなったことによると考えられる。

標準区と深水区の地水温の推移は、1986年と1988年に調査し、図6-1～2と図8-1～2に示した。それによると、1986年は、日射量変動が大で低温で経過した年次であり、深水区の最高地水温が低く、最低地水温が高くなった。1988年は、低温少照の年次であり、何れも1986年より低く推移し、深水区においては、標準区よりも最低水温がやや高くなった外はいずれも低くなった。即ち、少照年においては、深水により最高・最低・平均とも地温が低くなった。

##### (2) 生育経過

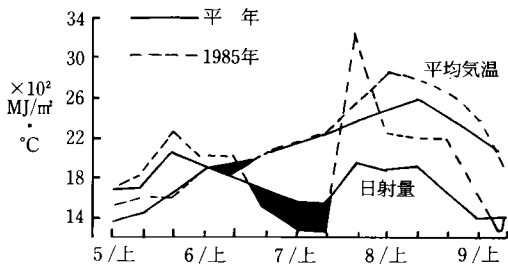
図9～12に各年次の草丈と茎数の推移を示す。

まず、4ケ年の場内試験の生育経過をみる。1985年は、浅水区の茎数が標準区より多く推移し、成熟期には穂数に差がなく、有効茎率が低下した。浅水区の草丈は、標準区より短く推移し、稈長も短くなった。

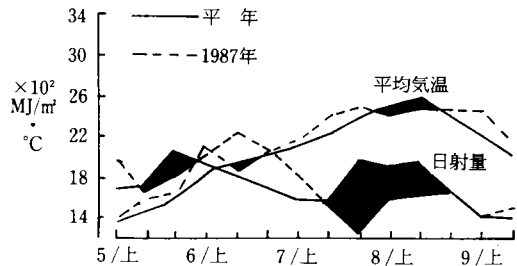
1987年は、浅水区の茎数と草丈が標準区と大差なく推移した。これは、6月の多照条件が区間差を少なくしたと考えられる。

1986年と1988年は同様の傾向を示し、深水区の茎数が標準区より少なく推移し、成熟期の穂数も少なくなった。草丈は、大差なく推移した。

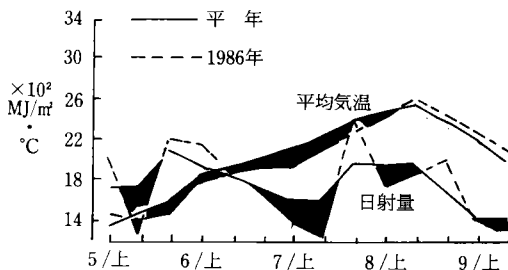
次に、2ケ年の現地試験の生育経過をみる。1987年において、茎数は、深水区<標準区≤浅水区の順に多く推



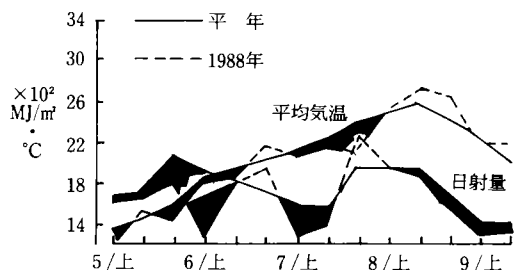
第1図 1985年の日射量と平均気温  
酒田測候所



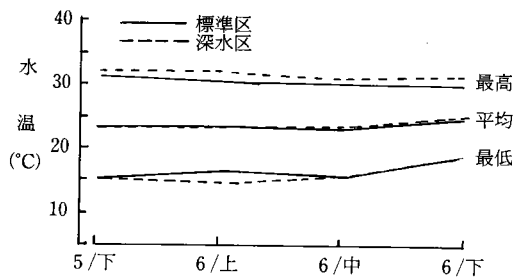
第3図 1987年の日射量と平均気温



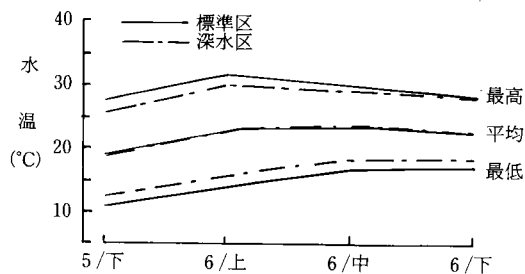
第2図 1986年の日射量と平均気温



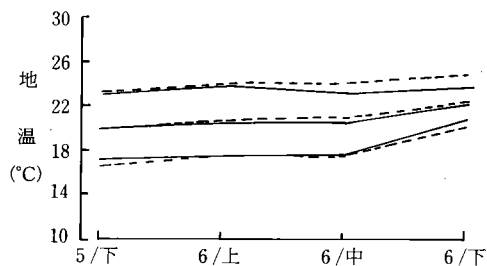
第4図 1988年の日射量と平均気温



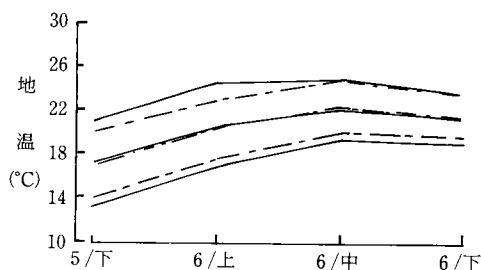
第5-1図 1985年の水温推移



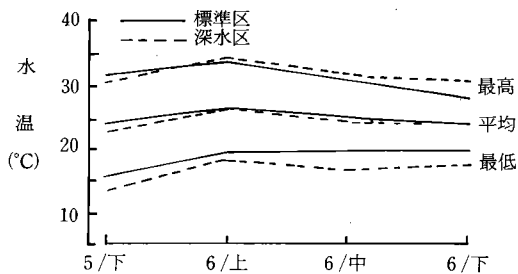
第6-1図 1986年の水温推移



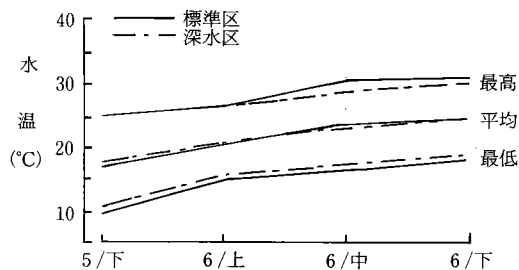
第5-2図 1985年の地温推移



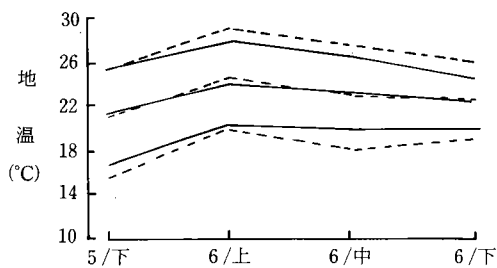
第6-2図 1986年の地温推移



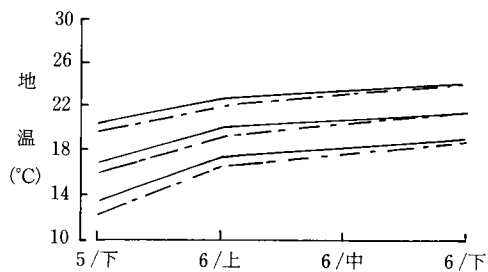
第7-1図 1987年の水温推移



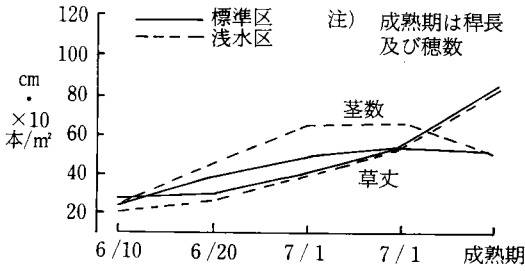
第8-1図 1988年の水温推移



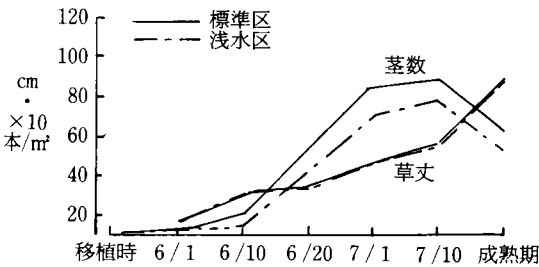
第7-2図 1987年の地温推移



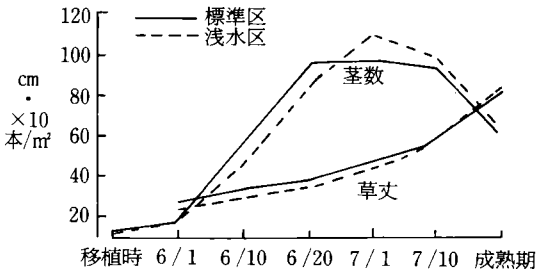
第8-2図 1988年の地温推移



第9図 1985年の草丈・茎数推移 (場内)



第10図 1986年の草丈・茎数推移 (場内)



第11-1図 1987年の草丈・茎数推移 (場内)

移し、成熟期の穂数も同様であった。標準区と浅水区の差が少なかったのは、前述同様に6月の多照条件によるとみられた。草丈は、7月上旬まで深水区<浅水区<標準区の順に長かったが、成熟期の稈長は、3株全稈を調査した表3より、浅水区<標準区<深水区の順に長くなった。深水区の稈長、穂長は、他区よりもバラツキが小さかった。

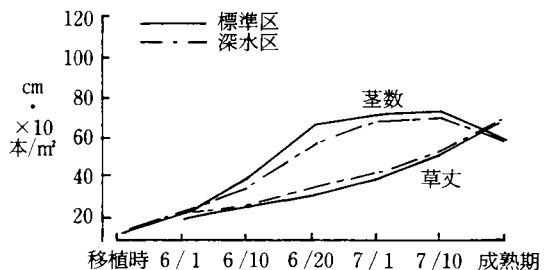
1988年は低温少照に経過した年次であり、茎数は深水区<標準区<浅水区の順に多く推移し、成熟期の穂数も同様であった。草丈は、6月中旬まで浅水区≤標準区<深水区の順に長く推移したが、その後は大差がみられなかった。成熟期の稈長は、表3より、浅水区≤標準区<深水区の順に長かった。深水区の稈長、穂長は、前年同様に他区よりもバラツキが小さかった。

以上のことから傾向として、穂数は深水区<標準区<浅水区、草丈は浅水区<標準区<深水区であった。

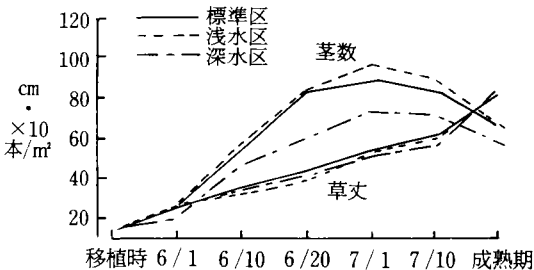
### (3) 収量及び品質

水管理法と収量の結果は、表4に示した。

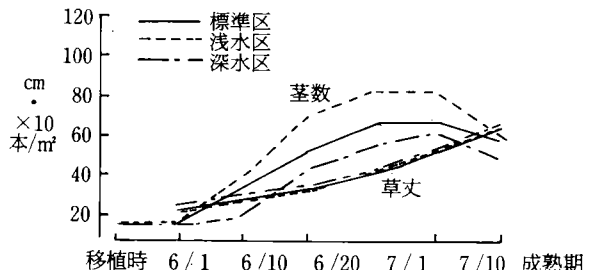
標準区の収量を100とした指数でみると、場内試験では、浅水区が1985年に94、1987年に93となり、深水区が1986年に102、1988年に98であった。同様に現地試験では、浅水区が1987年に97、1988年に98となり、深水区がそれぞれ101、98であった。



第12-1図 1988年の草丈・茎数推移 (場内)



第11-2図 1987年の草丈・茎数推移 (現地)



第12-2図 1988年の草丈・茎数推移 (現地)

第3表 3株全解分解調査

試験 年次	項目 No. 区名	稈長 (cm)		穂長 (cm)		一穂重 (g)		一穂枝梗数 (本)		総穂数 10 <sup>7</sup> /m <sup>2</sup>	一穂着粒数 (粒)			登熟歩合 (%)			精玄米 千粒重 (g)
		M±S	CV	M±S	CV	M±S	CV	一次 M±S	二次 M±S		一次	二次	合計	一次	二次	合計	
1987	1. 標準区	71.9±7.30	10.2	15.4±1.88	12.2	1.4±0.41	30.0	6.4±1.16	9.0±3.25	38.4	33.6	26.1	59.7	91.1	66.7	80.4	21.2
	2. 浅水区	69.3±8.14	11.7	15.2±2.21	14.6	1.3±0.46	34.7	6.1±1.38	8.7±3.55	36.9	36.9	33.5	57.5	92.2	66.0	81.2	21.2
	3. 深水区	74.5±5.89	7.9	15.5±1.57	10.1	1.4±0.37	26.6	6.7±1.12	10.4±3.37	38.3	38.3	37.0	69.1	92.7	66.9	80.8	21.2
1988	1. 標準区	61.2±5.09	8.3	14.6±1.60	11.0	1.4±0.48	35.3	6.3±1.40	8.6±4.28	32.2	33.4	23.1	56.5	89.5	86.8	88.4	20.5
	2. 浅水区	61.4±5.01	8.2	14.1±1.52	10.7	1.3±0.45	35.3	6.6±1.39	7.6±3.65	34.4	34.6	21.6	56.2	83.1	81.1	82.3	20.1
	3. 深水区	63.7±4.85	7.6	15.5±1.40	9.1	1.5±0.47	31.4	6.6±1.24	9.8±3.83	30.8	35.1	27.6	62.7	89.5	89.1	89.3	20.5

注) M±S: 平均土標準偏差, CV: 変動係数(%)

第4表 水管理法と収量 (kg/a)

( ): 標準区対比指数

年次・場所 No. 区名	1985	1986	1987		1988	
	場内	場内	現地	場内	現地	場内
1. 標準区	65.6(100)	66.9(100)	64.8(100)	60.6(100)	57.5(100)	61.6(100)
2. 浅水区	61.7( 94)		62.6( 97)	56.2( 93)	56.2( 98)	
3. 深水区		68.5(102)	65.5(101)		56.9( 98)	60.5( 98)

注) 日減水深: 場内 10mm, 現地 9mm

第5表 品質調査

(%)

試験場所	試験年次 No. 区名	項目	整粒				未熟粒				被害粒				
			完全	腹白 心白	その他	小計	乳白	青未熟	死来	小計	発芽	着色	その他	小計	
場内	1985	1. 標準区	61.2	16.6	4.4	82.2	9.4	5.6	2.1	17.1	0.2		0.5	0.7	
		2. 浅水区	53.1	19.4	3.6	76.1	15.0	5.1	3.2	23.3	0.1		0.5	0.6	
	1986	1. 標準区	72.7	6.3	4.0	83.0	7.9	4.0	4.5	16.4	0.1	0.2	0.3	0.6	
		3. 深水区	65.2	6.6	3.6	75.4	12.1	4.8	6.5	23.4	0.3	0.5	0.4	1.2	
	1987	1. 標準区	59.5	17.3	3.0	79.8	12.1	4.9	2.6	19.6	0.1	0.3	0.2	0.6	
		2. 浅水区	52.3	15.1	8.4	75.8	15.2	5.8	2.7	23.7	0.2	0.2	0.1	0.5	
	1988	1. 標準区	75.1	7.7	1.4	84.2	9.0	2.8	0.1	11.9		0.1	3.8	3.9	
		3. 深水区	72.8	9.6	0.5	82.9	7.5	4.8	1.4	13.7		0.1	3.3	3.4	
	現地	1987	1. 標準区	67.5	13.6	3.2	84.3	8.2	4.7	2.0	14.9	0.0	0.1	0.7	0.8
			2. 浅水区	69.2	14.3	2.0	85.5	8.3	3.6	2.0	13.9	0.1	0.1	0.4	0.6
			3. 深水区	68.0	10.5	3.1	81.6	9.6	5.6	2.3	17.5	0.0	0.2	0.7	0.9
		1988	1. 標準区	78.6	5.6	1.7	85.9	6.7	2.2	0.1	9.0		0.1	5.0	5.1
2. 浅水区			72.9	9.8	1.3	84.0	8.9	3.0	0.2	12.1		0.2	3.7	3.9	
3. 深水区			74.8	6.5	2.1	83.4	8.2	3.4	0.1	11.7		0.3	4.6	4.9	

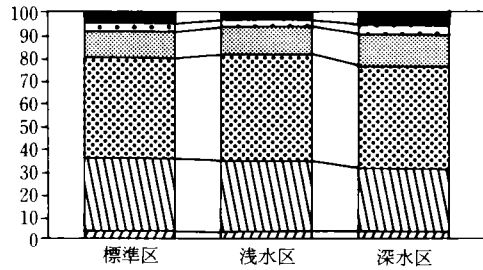
表3の現地試験の結果における収量構成及び決定要素をみると、一穂着粒数は2ヶ年も浅水区≦標準区<深水区の順に多く、m<sup>2</sup>当たり総粒数は、1987年が浅水区≦深水区≦標準区と大差なく、1988年が深水区<標準区<浅水区であった。また、登熟歩合は、1987年が標準区≦深水区<浅水区、1988年が浅水区<標準区≦深水区になり、千粒重は、1988年の浅水区がやや軽いほかは区間差がなかった。

品質は表5のとおりで、場内試験においては、整粒歩合は、各年次とも標準区が浅水区、深水区より高く、浅水区、深水区は未熟粒が多かった。現地試験においては、区間差は小さいが、ほぼ場内試験と同傾向であり、1988年に各区で多かった被害粒は、「ねじれ粒」であった。

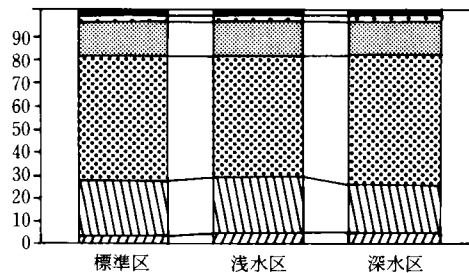
現地試験における粗玄米の粒厚分布は2ヶ年の結果を図13と14に示したとおりで、1.9mm以下の割合は標準区と浅水区で大差がなかったが、深水区で多かった。また、2.1mm以上の割合は標準区と浅水区と大差なく深水区で少なかった。

(4) 日減水深と収量及び品質

1988年に隣接するほ場において減水深を変え、水管理法と収量及び品質の関係をみた結果を表6に示した。な



第13図 1987年粒厚分布(現地) 注) 供試材料：粗玄米



第14図 1988年粒厚分布(現地)

第6表 日減水深と収量及び品質 (1988年)

No. 区名	項目 収量 (kg/a)	品質 (%)									
		整粒					未熟粒			被害粒	
		完全	腹白	心白	その他	小計	乳白	青未熟	死来	着色	その他
1 標準10mm区	61.6(100)	75.1	7.7	1.4	84.2	9.0	2.8	0.1	0.1	3.8	
1' 標準15mm区	63.8(104)	75.4	4.6	0.7	80.7	11.3	3.5	0.4	0.1	4.0	
3 深水10mm区	60.5(98)	75.3	4.7	1.0	81.5	12.6	0.8	0.3	0.1	4.7	
3' 深水15mm区	62.6(102)	72.8	9.6	0.5	82.9	7.5	4.8	1.4	0.1	3.3	

第7表 水管理法とかん水量 (m<sup>3</sup>/ha)

年次 場所・ 項目 No. 区名	1987							1988					
	現地 (移植 5 / 7)			場内 (移植 5 / 15)				現地 (移植 5 / 4)			場内 (移植 5 / 14)		
	かん水量	降水量	合計	代灌用水量	かん水量	降水量	合計	かん水量	降水量	合計	かん水量	降水量	合計
1. 標準区	5,500 (100)	8,670	14,220	1,600	6,150 (100)	8,470	14,620	8,300 (100)	4,260	12,560	7,800 (100)	3,460	11,260
2. 浅水区	3,260 (56)	8,670	11,930	1,600	3,720 (60)	8,470	12,190	6,780 (82)	4,260	11,040			
3. 深水区	6,930 (125)	8,670	15,600					10,300 (124)	4,260	14,560	10,060 (129)	3,460	13,520
降水量年比 (%)	135			136				65			55		

注) かん水量及び降水量：5月移植～9月10日，合計：かん水量+降水量



第8表 施設の年次別水量と電力量

単位：水量m<sup>3</sup>/ha, 電力量kwh/ha

施設		A施設 (4/27~9/7)				B施設 (4/28~9/7)				C施設 (4/24~9/10)				
		揚水量	降水量	水量合計	電力量	揚水量	降水量	水量合計	電力量	通水量	**揚水量	降水量	水量合計	電力量
1985	4下	630	40	670	40.7	315	0	315	37.9	653	30	180	843	2.3
	上	898	680	1,578	60.9	1,806	614	2,420	159.5	2,050	473	810	2,860	44.6
	5中	742	320	1,062	51.0	998	164	1,162	94.1	1,108	0	10	1,118	0
	下	564	310	874	47.0	692	404	1,096	64.7	1,045	0	210	1,255	0
	上	894	0	894	60.9	1,171	16	1,187	100.7	1,369	0	130	1,499	0
	6中	878	60	938	55.2	1,155	161	1,316	94.1	1,199	265	100	1,299	31.1
	9下	932	190	1,122	55.4	898	122	1,020	74.5	1,065	124	210	1,275	14.1
	8上	49	1,170	1,219	10.5	327	979	1,306	34.6	538	7	1,370	1,908	0.1
	7中	130	430	560	15.6	313	430	743	33.3	500	0	600	1,100	0
	下	970	50	1,020	58.6	1,144	61	1,205	94.8	1,636	203	120	1,756	20.7
	8上	1,097	0	1,097	65.9	1,737	43	1,780	149.0	1,591	602	0	1,591	56.2
	8中	1,111	270	1,381	65.2	1,205	373	1,578	99.3	1,312	497	230	1,542	47.3
下	1,245	60	1,305	73.8	1,554	80	1,634	138.6	1,087	448	320	1,407	40.1	
9上	732	430	1,162	46.5	897	550	1,447	80.4	829	221	390	1,219	22.5	
合計	10,872	4,010	14,882	707.2	14,212	3,997	18,209	1,255.5	15,982	2,870	4,690	20,672	279.0	
施設		A施設 (4/25~9/19)				B施設 (4/28~9/19)				C施設 (4/24~9/14)				
年・月・旬		揚水量	降水量	水量合計	電力量	揚水量	降水量	水量合計	電力量	通水量	**揚水量	降水量	水量合計	電力量
1986	4下	348	270	618	31.6	152	105	257	14.4	872	96	560	1,432	8.7
	上	1,062	130	1,192	75.7	1,937	125	2,062	165.4	1,771	533	170	1,941	48.2
	5中	434	520	954	38.3	701	480	1,181	69.9	805	84	570	1,375	8.8
	下	463	450	913	41.1	580	340	920	51.6	773	0	330	1,103	0
	上	719	210	929	53.2	967	130	1,097	85.6	1,068	137	70	1,138	14.0
	6中	742	640	1,382	48.8	754	635	1,389	68.0	829	119	610	1,439	11.3
	9下	629	540	1,169	48.2	663	485	1,148	61.4	603	0	500	1,103	0
	8上	122	420	542	20.0	540	280	820	52.9	622	0	290	912	0
	7中	11	880	891	6.7	74	800	874	11.1	128	0	670	798	0
	6下	664	210	874	51.3	984	165	1,149	85.6	925	112	330	1,255	11.9
	8上	684	1,020	1,704	47.6	898	965	1,863	71.2	893	165	950	1,843	11.7
	8中	913	290	1,203	60.3	1,207	285	1,492	106.5	1,149	368	400	1,549	38.1
下	1,026	250	1,276	68.3	1,256	175	1,431	119.0	1,321	451	620	1,941	43.1	
9上	361	690	1,051	28.6	451	750	1,201	43.8	270	126	830	1,100	13.4	
中	208	210	418	18.9	478	345	823	25.5	156	15	140	296	1.5	
合計	8,386	6,730	15,116	638.6	11,642	6,065	17,707	1,031.9	12,185	2,206	7,040	19,225	216.7	

\* 1) : 通水量中の補水ポンプによる揚水量

お、日減水深は、15mm ほ場では田植後から収穫まで暗渠の水こうを開放状態に、10mm ほ場では閉じた状態にすることにより確保できた。

収量は、標準区、深水区とも日減水深15mm ほ場で多収になり、日減水深10mm ほ場と15mm ほ場では標準区でやや多収になった。品質は、標準区においては日減水深10mm ほ場で整粒歩合が高くなり、深水区においては日減水深15mm ほ場で高い傾向であった。

#### (5) かん水量

場内及び藤島町現地ほ場(壤土、日減水深約10mm)で1987年と1988年に、前述の減水位記録計の水位測定値から降水量を差し引いた値をかん水量とし、表7に示した。1987年は、降水量が年比135%と多雨年であり、現地試験においては、田植から落水期に相当する9月10日までのha当たりかん水量は、標準区が5,550m<sup>3</sup>、浅水区が3,260m<sup>3</sup>(標準区対比56%)、深水区が6,930m<sup>3</sup>(同、125%)であった。また、場内試験においては、代かき時のかん水量を調査した結果、ha当たり1,600m<sup>3</sup>であり、移植から落水までのha当たりかん水量は、標準区が6,150m<sup>3</sup>、浅水区が3,720m<sup>3</sup>(標準区対比60%)であった。

1988年は、降水量が年比60%前後と少雨年であり、前年同様にみると、現地では標準区が8,300m<sup>3</sup>、浅水区が6,780m<sup>3</sup>(標準区対比82%)、深水区が10,300m<sup>3</sup>(同、124%)であった。また、場内では、標準区が7,800m<sup>3</sup>、深水区が10,060m<sup>3</sup>(標準区対比126%)であった。それぞれの区におけるかん水量の1987年と1988年の年次間差は大きい、かん水量に降水量を加えたha当たり水量合計でみると、その差は小さくなる。即ち、現地試験の結果でみると、標準区は1987年が14,220m<sup>3</sup>、1988年が12,560m<sup>3</sup>(1987年対比88%)に、浅水区はそれぞれ11,930m<sup>3</sup>、11,040m<sup>3</sup>(同、93%)に、深水区は同様に15,600m<sup>3</sup>、14,560m<sup>3</sup>(同、93%)になり、1987年の多雨年と1988年の少雨年の差は、10%前後であった。また、2ケ年の平均でみると、標準区が13,400m<sup>3</sup>/ha、浅水区が11,500m<sup>3</sup>/ha、深水区が15,100m<sup>3</sup>/haになる。この水量合計から同時期の年降水量6,300m<sup>3</sup>/haを差し引いた値が年の必要用水量と推定され、それぞれが約7,100、5,200、8,800m<sup>3</sup>/haになる。従って、平年の稲作期間必要用水量は、前述の代かき用水量(1,600m<sup>3</sup>/ha)を加え、標準区が8,700m<sup>3</sup>/ha(100)、浅水区が6,800m<sup>3</sup>/ha(78)、深水区が10,400m<sup>3</sup>/ha(120)になる。

## 2 パイプかんがい施設の稼働実態調査

A施設の対象面積は223haであり、装備されている揚水ポンプの能力は60.1m<sup>3</sup>/min、ha当りに換算すると0.27m<sup>3</sup>/minになる。また、ポンプの所要動力は210kwである。対象地区の土性と透水性は、地力保全調査事業土

壤図(山形農試 化学部)によると、強粘土で透水性程度「小」の面積割合が80%、粘土～壤土で同「中」が20%である。

B施設の対象面積は153haであり、ポンプの能力は46.4m<sup>3</sup>/min、ha当たり換算0.30m<sup>3</sup>/min、また、所要動力は257kwである。土性と透水性は、強粘土で透水性程度「小」が35%、粘土～壤土で同「中」が65%である。

C施設の対象面積は1,230haであり、通水量は地形の落差を利用した自然圧送分212.0m<sup>3</sup>/minと補水ポンプ分81.4m<sup>3</sup>/minの合計293.4m<sup>3</sup>/minの計画能力であり、ha当たり換算0.24m<sup>3</sup>/minになる。土性と透水性は、強粘土で透水性程度「小」が70%、粘土～壤土で同「中」が30%である。

2ケ年の調査結果を表8に示した。ほ場用水量の検討は、稲作期間を4月下旬から9月上旬として行った。

各施設の稲作期間の降水量は、それぞれ最寄りの地域気象観測値でみると、平年値が700～760mm(7,000～7,600m<sup>3</sup>/ha)であり、調査実施の1985年が平年の50～60%と少なく、1986年が平年の80～100%であった。A及びB施設の揚水量は流量計の直読値とし、C施設においては、閉鎖水路のため地区内の集落雑用水として一日当たり40,000m<sup>3</sup>放水しており、その通水量は流量計の読み値から雑用水量を差し引いた値とした。

各施設の稲作期間のha当たりかん水(揚水量、通水量)は、少雨年の1985年では、A施設が10,872m<sup>3</sup>、B施設が14,212m<sup>3</sup>、C施設が11,983m<sup>3</sup>になった。一方、平年に近い降雨年の1986年では、それぞれ8,178m<sup>3</sup>、11,164m<sup>3</sup>、8,590m<sup>3</sup>になった。C施設において、補水ポンプによる揚水量は全体の約18%に相当した。

また、ha当たりかん水量と降水量の合計水量は、1985年がA施設で14,882m<sup>3</sup>、B施設が18,209m<sup>3</sup>、C施設が16,663m<sup>3</sup>になり、1986年がそれぞれ14,698m<sup>3</sup>、16,884m<sup>3</sup>、15,490m<sup>3</sup>であり、施設毎の年次変動は少ない。

ポンプ稼働に要したha当たり電力量は、1985年がA施設で707kwh、B施設で1,256kwh、C施設で279kwhになり、1986年がそれぞれ620kwh、1,006kwh、215kwhであった。

## IV 考 察

初期生育に大きく影響する5月中下旬の地水温の状況を、観測データの揃った1985年と1986年でみると、表9及び表10のようになる。なお、同時期の気象は、1985年が並温・やや多照であり、1986年が低温・日照変動大であった。

表9は、標準区と浅水・深水区との日地水温平均値の差をt検定した結果であり、浅水区は最高地水温と最低地温に、深水区は最高地水温と最低地水温に有意差が認

第9表 5月中下旬の地水温平均値 (対応のある場合) のt検定 (対標準区, n=14)

年次:区名	最高		最低		平均	
	水温	地温	水温	地温	水温	地温
1985年・浅水区	***	**		**		
平均値の差	+0.81	+0.62	-0.31	-0.86	-0.19	-0.10
1986年・深水区	***	**	***	***		
平均値の差	-1.52	-0.99	+1.82	+0.71	+0.07	-0.14

められた。それによると、1985年の浅水区は、標準区と比べ最高水温が日当たり0.81°C、最高地温が同0.62°C各々高く、最低地温が同0.86°C低い。1986年の深水区は、標準区と比べ最高水温が日当たり1.52°C、最高地温が同0.99°C各々低く、最低水温が同1.82°C、最低地温が同0.71°C各々高い。

また、表10は日射量と地水温の相関を示した。それによると、水温は年次、各区とも日射量との相関が認められ、特に、最高水温は正の相関、最低水温は負の相関が高かった。一方、地温は1985年浅水区の最低地温で負の相関が、1986年標準区及び深水区の最高地温で正の相関が高かった。また、1986年標準区及び深水区の平均地温は、当日より前日の日射量との相関が高かった。

地水温の日較差は、浅水区で大きく深水区で小さい。この影響で、水稻の草丈・稈長は、浅水区<標準区<深水区になったと考える。また、日較差と水深の影響で、茎数・穂数は、深水区<標準区<浅水区に推移したと考えられる。以上の傾向を水稻栄養生長期の気象条件との関連でみると、高温・多照年(1987年)には標準区が浅水区に、低温・少照年(1988年)には標準区が深水区に接近した生育状況であった。

生育経過と収量をみると、標準区に比べ、浅水区は分けつが多く穂数も多くなる傾向があり、収量と千粒重及び品質がやや劣った。同様に、深水区は分けつ及び穂数が少なく、稈長がやや長くなり、収量と千粒重が並で、品質がやや劣った。品質については、浅水区は最高茎数が過剰で有効茎歩合が低くなり登熟期の葉身の枯れ上りが早かったこと、深水区は穂数が少なく一穂着粒数が多くなったことから、それぞれの区で未熟粒が多くなったと考えられる。

また、かん水量は、年次変動はあるが、降水量を加えたha当たり水量合計でみると、同じ水管理の区においては多雨年と少雨年の差が10%前後にとどまった。従って、平年の稲作期間の必要用水量は、必要水量合計から平年降水量を差し引き、標準区が8,700m<sup>3</sup>/ha、浅水区が6,800m<sup>3</sup>/ha(標準区対比78)、深水区が10,400m<sup>3</sup>/ha(同120)と推定された。

第10表 5月中下旬の日射量と地水温の相関 Y:温度(°C), X:日射量(MJ/m<sup>2</sup>)

年	地水温	区名	r	回帰式
1985	最高	水温	標準 0.911***	Y= 0.510 X+20.19
		浅水	0.914***	Y= 0.542 X+20.14
		標準	0.319	
		地温	(// 0.219)	
		浅水	0.372	
		(// 0.157)		
	最低	水温	標準 -0.816***	Y=-0.298 X+21.56
		浅水	-0.796***	Y=-0.326 X+21.89
		標準	-0.590*	Y=-0.407 X+26.55
		地温	(// 0.136)	
		浅水	-0.791***	Y=-0.260 X+22.55
		(// 0.023)		
平均	水温	標準 0.671**	Y= 0.250 X+17.62	
	浅水	0.616*	Y= 0.280 X+17.05	
	標準	-0.098		
	地温	(// 0.349)		
	浅水	-0.266		
	(// 0.158)			
1986	最高	水温	標準 0.838***	Y= 0.693 X+14.16
		浅水	0.807***	Y= 0.661 X+13.20
		標準	0.792***	Y= 0.456 X+12.60
		地温	(// 0.554*)	Y= 0.635 X+9.57
		浅水	0.730**	Y= 0.432 X+11.99
		(// 0.603*)	Y= 0.508 X+10.83	
	最低	水温	標準 -0.778**	Y=-0.352 X+17.08
		浅水	-0.761**	Y=-0.291 X+17.84
		標準	-0.551*	Y=-0.362 X+19.58
		地温	(// 0.028)	
		浅水	-0.536*	Y=-0.394 X+20.85
		(// 0.116)		
平均	水温	標準 0.624*	Y= 0.353 X+12.47	
	浅水	0.595*	Y= 0.368 X+12.36	
	標準	0.472		
	地温	(// 0.538*)	Y= 0.334 X+11.19	
	浅水	0.347		
	(// 0.569*)	Y= 0.322 X+11.25		

注) ( ): 前日日射量と当日温度の相関

第11表 かんがい施設別の土壌透水性と単位面積当たりかん水量(4月下旬~9月上旬)

施設	土壌透水性 (透水性小面積比率)	降水量別(平年比)	
		80~100%	50~60%
A	80%	100	133
B	35	137	174
C	70	105	147

庄内の3地域のパイプかんがい施設における、4月下旬から9月上旬までのかん水量は、土壤透水性からの地域特性と降水量からの年次特性により異なった。即ち、表11のように土壤透水性の大きい地域や、降水量の少ない年次は、単位面積当たりかん水量が多くなる。同じ施設においては、かん水量と降水量の合計水量の年次変動は少なく、年間降水量の条件では、かん水量が8,000~11,000m<sup>3</sup>/haになる。これは、場内及び現地で実施した標準区のかん水量とほぼ一致した。

揚水量m<sup>3</sup>当たりの使用電力量は、全量ポンプ揚水施設では、A施設(揚程15m)が65~78wh、B施設(揚程22m)が88~92whになり、揚程の大きいB施設が多くなった。また、自然落差水圧利用を主体としたC施設においては、ポンプ揚水量が全通水量の約18%に相当し、揚水量m<sup>3</sup>当たり使用電力量は97~98whになり、通水量全体ではm<sup>3</sup>当たり17~18whになる。従って、C施設においては、使用電力量だけみれば単純に計算するとかん水量m<sup>3</sup>当たり80wh節約になっている。

## V 摘 要

場内及び藤島町現地ほ場において、水管理方法別のかん水量と地水温及び生育収量を調査し、現地のパイプかんがい施設においては、かん水量(揚水量、通水量)と使用電力量を調査した結果、その内容は次のように要約される。

- 1 水管理方法別の5月下旬から7月上旬までの水温は、標準区に比べ、浅水区が最高水温で高く最低水温で低くなり、深水区がその逆であった。また、5月下旬から8月下旬までの地温は、浅水区が最高で高く、深水区が最高で低くなった。
- 2 水管理方法別の生育収量及び品質は、標準区即ち、移植から期待茎数の60%を確保する6月上旬まで水深2~3cm、その後6月下旬まで同4~6cm、以降間断かん水した区が最も安定した収量品質を示した。浅水区は、標準区に比べ、穂数が多く収量と千粒重及び品質がや

や劣った。深水区は穂数が少なく稈長が長くなり収量と千粒重が並で品質がやや劣った。

- 3 水管理方法別のha当たりかん水量は、代かき時から秋の落水までにおいて、年間降水量(5/11~9/10:6,300m<sup>3</sup>/ha)の条件下では、標準区が8,700m<sup>3</sup>(100)、浅水区が6,800m<sup>3</sup>(78)、深水区が10,400m<sup>3</sup>(120)になる。
- 4 パイプかんがい施設の4月下旬から9月上旬までのかん水量は、対象地域の土壤透水性と期間降水量で決まる。年間降水量(7,000~7,600m<sup>3</sup>/ha)の条件下では、ha当たり揚水量は、土壤透水性が比較的高い地域(粘~壤土65%、強粘土35%)で11,000m<sup>3</sup>、低い地域(粘~壤土20~30%、強粘土80~70%)で8,000m<sup>3</sup>程度になり、水管理方法別に調査した標準区のかん水量とほぼ一致した。揚水量m<sup>3</sup>当たり使用電力量は、揚程20m程度で80wh程度になり、約80%を自然落差水圧利用した施設では18whであった。

## VI 参考文献

- 1) 錦斗美夫ら(1987)：水稻生育相に及ぼす深水管理の影響，山形農試研報22，31-53
- 2) 中川昭一郎(1966-67)：水田用水量調査計画法(その1~6)，農土誌，34(1)，25-29，34(2)，85-90，34(6)，334-340，34(9)，517-577，34(10)，571-577，34(11)，626-633
- 3) 中谷 強(1975)：水田用水量の新算定方式と現地適用事例，水と土21，1-7
- 4) 羽根田栄四郎(1970)：稲作の水管理に関する研究，東北の農業気象15，35-40
- 5) 千葉文一，日野義一，宮本硬一(1971，73)：水田期間中の水田温度と露場気象との関係(第2，3報)，東北の農業気象，16，38-41，18，47-50
- 6) 日野義一(1984)：宮城県におけるかんがい用水温の特徴と水稻水管理法改善に関する研究，東北の農業気象29，30-37

## Efficient Using Techniques of Water in Paddy Field

Chikara KOMINAMI

### Summary

The requirement of water and electricity were investigated in irrigational facilities on the spot.

As a premise of water requirement investigation, water and ground temperatures, growth and yield of rice plant, were studied by changing water management. The main results were summarized as follows.

- 1 Maximum water temperature or ground one of shallow flooding was higher and those of deep flooding was lower than standard from last ten days of May to first ten days of July. Minimum temperature was opposite of those trends.
- 2 It showed the most stable yield and best quality in the standard irrigation. In this case, water level was kept 2~3 cm depth from planting to first ten days of June, 4~6 cm depth to last ten days of June, and intermittent irrigation followed. In shallow flooding, number of ears was more, yield was less, and quality was little worse than in standard flooding. In deep flooding, number of ears was less, culm length was longer and quality was little worse than in the standard irrigation.
- 3 The water requirement from a paddy-harrowing to a harvest was 8,700m<sup>3</sup>/ha in standard flooding, 6,800m<sup>3</sup>/ha in shallow flooding, 10,400m<sup>3</sup>/ha in deep flooding, under condition of mean precipitation (6,300m<sup>3</sup>/ha)
- 4 The Water requirement of each irrigational institution is settled by water permeability and precipitation. Under the condition of mean precipitation the water quantity was 11,000 m<sup>3</sup>/ha in the region where water permeability is high, 8,000m<sup>3</sup>/ha in the region where water permeability is low. It was almost same as irrigation amount of standard flooding.
- 5 The electric quantity per m<sup>3</sup> of pumpage was 80 watt-hours when pump-head was 20m, and 18 watt-hours in the irrigation facilities where 80% water was supplied by natural water drop system.