水 田 灌 漑 (第5報)

筑後地方水田温度の概況

佐 藤 正 一*

(農林省九州農業試験場)

Microclimatic studies on some methods of irrigation in the rice-field. (5)

SHŌICHI SATŌ

(Kyūshū Agricultural Experiment Station)

1. 緒 言

筑後平野は自然・社会両条件よりして本邦第1級の米作地であるが、気候特徴として熊本・佐賀平野と共に本邦夏期の最暑地の部に属し、夏の平均最高気温は南九州や薩南諸島よりも高い(秋以後は南九州より低温)。水田の温度も略々これに準ずる。

筆者は昭和20年より当地に於て稲作試験を行い、灌漑法変更が水田微気候或は稲に及ぼす影響を調べて既に一部発表した¹⁾が、一般に暖地水田気象の測定は少いので、ここに当地の普遍的晩稲栽培における慣行の湛水管理による水田温度をまとめて報告する。測定は九州農業試験場の実験田で行つたが、地理環境よりして略々当地の水田温度を代表するものと云える。

2. 観測体系及び結果の整理について

当地の晩稲栽培は5月末に苗代播種、6月末～7月始に挿秧、9月10日前後に出穂、落水は10月上旬、完熟は10月末日頃である。

栽培期間の水田気象測定は滑川・高須両氏の微細気象研究方法に準じて例年次の三種体系とした。

- a, 特定時期の水田気象諸要素の日変化測定。
- b, 全期間簡易測定。
- c, 其他の特殊測定。

季節及び稲生育段階を勘案して微気象特徴のよく現れる晴天日に a 測定を随時行い、b 測定は後述の方法で長期間継続した。微細気象解析には a が必要であるが稲に対する影響を考えるには b 測定がむしろ重要であり、本篇に記すものも b 測定の結果である。b の簡易測定では、水田面上150cm及び15cm気温^{*}、水温(約5cm水深中央)、並に地面温に就ては毎日の最高・最低温度と10時温度を測り、地中5・10・20・30cm温度

は10時に測つた。測器は棒状最高・最低寒暖計と曲管地中寒暖計を用い、気・水温用には日射覆を附して直射を避けた。

稲及び気象推移の特色は1～2旬ごとに区分してみると便利なので、栽培期間日々の記録整理には各種温度ごとに旬平均値、旬間の高極値、旬間低極値をとり、各々の数年分の平均を夫々 M, H, 及び L とした。

一般に日最高温度の旬高極と日最低温度の旬低極とは快晴の際に現れ、日最高温度の旬低極と日最低温度の旬高極は曇雨天の際に現れる。ただ秋には地上部の日最低温度の旬低極が雨天に現れることもある。また或る旬に晴天日が多ければ、日最高温度の旬高極と旬平均との差は、旬平均と旬低極との差よりも小さい。

3. 栽植畦間温度の季節的推移

挿秧活着期を含む7月前半は梅雨末期である。7月下旬から1ヶ月間が典型的盛夏安定の晴天続き(驟雨はある)、8月終頃から9月前半は例年かなり雨がある。10月は秋晴が多いが9・10月の晴雨状況は年次変動が多く、気温も相当な振れが週期的天候変化の途上に現れる。此の期間の水田温度及び対照としての露場に於ける気温は第1, 2表の如くである。

(1) 水田の地上部各層の日最高温度

日最高温の旬平均は梅雨齊れから8月上旬まで35°C以上であるが、稲が最高分蘗に達した中旬は35°弱となり、出穂前9月上旬まで30°以上、登熟期間は9月末まで略25°以上で収穫期にも20°以上である。

晴天の値たる日最高温の旬高極は例年8月末まで35°を越し特に7月下旬と8月上旬の水・地表温は40°以上であり、また旬高極 H と旬平均 M が近いのも盛夏の

* 150cm 気温は年により欠。10時測定にはアスマンをも併用。15cm 気温はなるべく水温の影響の大きい所を狙つた(湛水以外の灌漑法による水温の気温に対する影響と比較するためである)。

* 昭和28年4月5日 28年度総会にて発表

第1表 水田の栽植畦間温度及び露場気温の日最高と日最低 (九州農試 昭和23~27. 平均)

項 目		月 旬		July. 7 月			Aug. 8 月			Sept. 9 月			Oct. 10 月		
		Ⅰ上	Ⅱ中	Ⅲ下	Ⅰ上	Ⅱ中	Ⅲ下	Ⅰ上	Ⅱ中	Ⅲ下	Ⅰ上	Ⅱ中	Ⅲ下		
毎日の最高温度 Daily Max. Temp. °C	露場気温 Air-temp. in Met. Observati- on Field	旬高極H	29.9	34.8	34.9	34.5	34.8	33.3	32.0	31.2	29.2	27.2	26.9	26.0	
		旬平均M	27.4	32.0	32.6	33.0	32.7	30.8	30.2	28.0	26.1	24.3	24.1	21.5	
		〃〃m	29.4	31.4	32.6	33.0	32.9	31.7	30.3	27.8	26.3	24.3	23.3	21.4	
		旬低極L	24.4	28.5	29.7	30.9	29.5	27.5	27.1	24.3	23.3	21.6	20.8	17.2	
水田の栽植畦間温度 Temp. in the Rice-field.	H高極	気温a			37.0	36.5	36.9	35.1	33.2	31.7	29.0	28.1	28.0	28.0	
		水温w			41.2	40.2	38.7	36.2	33.8	31.3	27.5	26.4	落水	後水	
		地面温s			40.5	39.3	37.8	35.8	32.1	29.4	26.1	24.2	26.5	26.2	
		M平均	28.6	34.7	35.0	34.7	34.3	32.1	31.0	28.3	26.2	24.8	25.1	23.5	
水田の栽植畦間温度 Temp. in the Rice-field.	M平均	気温a	不測	35.1	37.2	38.0	35.1	32.6	31.2	28.0	25.5	24.0	—	—	
		水温w	29.4	36.7	36.5	36.8	34.3	31.8	29.8	26.9	24.3	22.7	23.5	21.5	
		地面温s			32.0	32.1	30.0	27.9	26.6	23.9	22.4	21.0	21.5	18.3	
		L低極			33.2	34.6	29.8	27.6	26.9	23.8	22.6	21.2	—	—	
水田の栽植畦間温度 Temp. in the Rice-field.	L低極	気温a			32.0	32.1	30.0	27.9	26.6	23.9	22.4	21.0	21.5	18.3	
		水温w			33.2	34.6	29.8	27.6	26.9	23.8	22.6	21.2	—	—	
		地面温s			32.0	33.5	29.6	27.8	26.3	23.8	22.0	20.3	19.9	16.6	
毎日の最低温度 Daily Min. Temp. °C	露場気温 Air-temp. in Met. Observati- on Field	旬高極H	24.7	25.0	24.6	25.2	25.1	24.5	23.5	22.9	20.5	17.6	17.1	17.9	
		旬平均M	20.2	23.6	23.1	23.5	22.9	22.2	21.2	19.6	16.1	13.9	12.2	10.9	
		〃〃m	22.1	23.1	23.4	23.4	23.4	22.3	20.8	18.9	16.2	14.0	12.0	9.4	
		旬低極L	16.2	21.1	21.1	22.1	20.6	20.0	18.4	14.6	11.2	9.4	8.4	5.3	
水田の栽植畦間温度 Temp. in the Rice-field.	H高極	気温a			24.5	25.1	24.5	24.5	23.7	22.7	20.4	17.7	16.8	17.8	
		水温w			25.5	26.5	25.8	25.8	25.4	24.5	22.0	19.7	—	—	
		地面温s			25.9	26.8	26.4	26.0	25.6	24.4	22.1	19.2	18.3	18.0	
		M平均	20.9	23.3	22.4	23.4	22.8	22.5	21.5	19.9	16.5	14.3	12.5	10.7	
水田の栽植畦間温度 Temp. in the Rice-field.	M平均	気温a	不測	23.2	23.8	25.2	24.5	23.7	23.4	22.0	18.9	16.9	—	—	
		水温w	22.3	23.4	24.5	25.7	25.1	24.5	23.8	22.3	19.3	17.0	15.1	13.1	
		地面温s			20.3	21.9	20.6	20.6	18.8	15.7	12.1	10.6	9.1	5.3	
		L低極			22.2	23.8	23.2	22.4	21.8	18.7	15.6	13.9	—	—	
水田の栽植畦間温度 Temp. in the Rice-field.	L低極	気温a			22.9	24.3	23.6	22.9	22.2	19.4	16.3	14.2	12.5	9.2	
		水温w													
		地面温s													

H: the highest temp. in a decade.
M: the mean temp. of a decade.
L: the lowest temp. in a decade } years of observation (1948~1952)

m: the mean temp. of a decade.....years of observation (1929~1952)

▲ Ist & IInd decade in July.....1952 only. (excepting m)

◎ IIIrd decade in July.....1949~1952 (excepting m)

a: 畦間 15cm 気温 air-temp. [Kyushu Agr. Expt. St.]

w: " 水 温 water-temp.

s: " 地面温 soil surface temp.

特色である。旬高極は9月中旬まで30°以上、収穫期も25°を越す。日最高温度の旬低極は盛夏30°弱~35°弱、出穂期まで25°以上、登熟期間24°~16°である。

(2) 水田の地上部各層の日最低温度

旬平均日最低温度は最高分蘗期までの盛夏は水・地表温が25°内外、畦間気温約23°である。授精完了の9月半ばまで20°以上、登熟後半期が15°内外である。

夏と初秋の曇雨天には日最低温も出穂期までは25°を下らず、9月末まで20°以上である。(日最低温の旬高極)、日最低温の旬低極は一般に出穂期まで20°以上、

9月終まで15°以上とみなし得る。気団の関係から特に夜間放熱が大であれば9月中旬開花直後に気温は15°内外まで下る事も稀にはあるが、かかる日に限つて昼間は30°辺りまで昇温するので低温害の危惧は殆んど無い。

(3) 水田の鉛直位置各層の10時温度

地上部の10時温度は日平均温度より高く、地中10~20cm深の10時温度は其の日平均より低いが、一種の代表温度と見做し慣例に従つて各位置の10時温度を測つた。其の旬平均値は盛夏に地上部は30°を越し、出穂期までは各層とも25°以上、登熟期間が25°弱~16°で

第2表 水田栽植畦間温度及び露場気温（九州農試 1948～1952）

項 目	旬	月	July 7 月			Aug. 8 月			Sept. 9 月			Oct. 10 月		
			▲ I 上	▲ II 中	◎ III 下	I 上	II 中	III 下	I 上	II 中	III 下	I 上	II 中	III 下
露場気温 Air-temp. °C in Met. Observati- on Field. (10 a.m.)	旬	高極 H	26.2	30.7	30.5	30.7	31.2	30.7	29.3	28.0	25.7	23.7	22.6	22.7
		平均 M	24.0	27.9	29.1	29.3	29.1	27.6	27.1	24.9	22.7	21.0	20.1	18.6
		〃 m	26.4	28.1	29.0	29.4	29.1	28.2	26.9	24.7	23.0	21.3	19.8	17.9
		低極 L	19.9	25.0	27.4	27.4	26.4	24.3	24.4	21.5	19.8	18.4	16.6	13.6
水田の栽植畦間温度 (午前10時) Temperatures in the Rice Field. (at 10 a.m.)	H 旬 高極	15cm 気温 a			32.6	32.4	32.7	30.9	29.6	26.9	25.0	23.0	23.0	23.4
		水温 w			34.1	33.2	32.1	30.5	28.5	26.3	23.7	22.0	—	—
		地面温 s			33.7	32.4	31.2	29.3	27.5	25.9	23.1	20.8	20.9	20.8
		地中 5cm			29.2	29.6	28.5	27.7	26.8	25.5	23.0	20.5	19.9	19.7
		10cm depth in soil			27.3	28.4	28.0	27.6	26.7	25.4	23.0	20.8	20.0	19.4
		20cm depth in soil			27.1	28.4	28.1	27.6	26.7	25.7	23.2	21.7	20.4	19.6
	M 旬 平均	15cm 気温 a	24.7	29.7	30.5	30.4	30.1	28.5	27.1	24.6	22.4	20.8	20.5	19.0
		水温 w	不測	30.2	31.7	31.2	30.0	27.5	26.6	24.1	21.4	19.9	—	—
		地面温 s	24.7	30.5	31.1	30.4	29.0	26.8	25.6	23.6	20.7	18.9	18.5	17.1
		地中 5cm	24.3	27.8	27.7	28.6	27.5	26.3	25.4	23.7	21.1	19.2	17.9	16.2
		10cm depth in soil	23.8	25.6	26.2	27.5	27.1	26.3	25.5	24.0	21.5	19.5	18.2	16.3
		20cm depth in soil	23.9	25.2	25.7	27.5	27.4	26.5	25.6	24.3	22.2	20.4	19.2	17.4
	L 旬 低極	15cm 気温 a			28.8	27.9	26.6	24.4	24.0	21.3	19.7	18.3	17.2	14.8
		水温 w			28.1	28.5	27.1	25.2	24.9	20.9	19.1	18.0	—	—
		地面温 s			28.4	28.2	26.7	24.9	24.1	20.5	18.6	17.1	16.3	13.3
		地中 5cm			26.2	27.2	26.4	25.0	24.1	21.5	19.1	17.6	16.2	13.4
		10cm depth in soil			24.5	26.5	26.2	25.2	24.4	22.3	20.0	18.0	16.6	13.8
		20cm depth in soil			23.8	26.3	26.6	25.5	24.7	23.0	21.2	19.2	18.0	15.2

H, M, L, m, a, w, s, ▲, ◎………See Table 1

ある。登熟初期までは各層とも 10 時温度旬高極は 22° 以上、また旬低極が 20° 以上である。

以上 (1)～(3) を通じての特色は、慣行の湛水管理に於て盛夏 1 ヶ月間の水田温度の著しい高温の連続である。

(4) 灌漑用水の温度

当地の主要河川本流は於ては 5, 6 月水温 20°±3°, 盛夏は約 25° を中心とし 10 月始め 20° 内外に戻る。本流から分れた用水川及び用水溝を経て水田に灌漑するが、水田直前の水路内の温度を第 3 表に掲げる。例年これと大差なく、用水温に就て特に問題はない。

第 3 表 灌漑用水の温度 (旬別平均の日最高及び日最低) 九州農試, 昭和 26 年
Temperatures of irrigating water for the Rice-field. Kyushu A.E.S., 1951.

項 目	旬	月	June 6 月			July 7 月			Aug. 8 月			Sept. 9 月			Oct. 10 月	
			I 上	II 中	III 下	I 上	II 中	III 下	I 上	II 中	III 下	I 上	II 中	III 下	I 上	II 中
Daily Max.	t.		23.8	24.3	24.2	26.0	25.1	28.9	28.9	28.9	27.9	25.0	23.4	23.2	21.5	22.0
Daily Min.	t.		18.0	18.9	19.5	21.5	20.5	23.8	24.6	23.5	23.3	20.8	20.1	19.6	18.6	17.8

4. 水田温度における稲の植被としての影響

稲の生長繁茂は次第に田地面の受光と通風を制限して前述の畦間温度ならしめ、即ち稲自体が微気候構成に一役を演ずる。其の程度を知るために例年試験区の一部を無栽植の裸水田として残し、栽植畦間と対照して気・水地温を測つた。裸水田の温度を明かにしておく事は最近の暖地の極塩植などに際しても役に立つ。

ここには既述の栽培生育進行に伴う栽植地と裸地の温度差を第 4 表に記す。栽培と生育の詳細は第 6 報に譲る

第4表 水田の栽植畦間が無栽植裸水田より低温の程度 (°C)

負号は畦間が裸地より高温なることを示す

項 目		旬 月		July			Aug. 8 月			Sept. 9 月			Oct. 10 月		
				Ⅲ下	Ⅰ上	Ⅱ中	Ⅲ下	Ⅰ上	Ⅱ中	Ⅲ下	Ⅰ上	Ⅱ中	Ⅲ下		
日最高 D. max. temp.	15cm	気温 a	0.1	0.1	-0.2	0.2	0.2	1.6	1.6	2.0	2.0	1.6	2.0	2.0	1.6
		水温 w	-1.0	0.4	0.2	1.9	2.8	3.4	3.8	2.9	—	—	2.9	—	—
		地面温 s	0.5	1.0	2.1	2.4	3.7	3.7	4.3	4.0	6.0	7.2	4.0	6.0	7.2
日最低 D. min. temp.	15cm	気温 a	-0.1	0.1	-0.1	-0.6	-0.7	-0.6	-1.1	-0.5	-0.8	-0.8	-0.5	-0.8	-0.8
		水温 w	0.1	-0.4	-0.6	0.0	-0.6	-0.4	-0.5	-0.2	—	—	-0.2	—	—
		地面温 s	-0.3	-0.3	-0.5	-0.7	0.0	0.3	0.3	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
午前 10 時 Temp. at 10 a.m.	15cm	気温 a	0.9	0.4	0.8	0.7	1.0	1.4	1.1	1.4	2.0	2.0	1.4	2.0	2.0
		水温 w	0.3	0.1	0.8	1.4	1.7	1.7	2.0	2.3	—	—	2.3	—	—
		地面温 s	0.5	0.7	2.3	2.2	2.8	2.3	2.5	2.9	4.5	5.4	2.9	4.5	5.4
時溫度 Temp. at 10 a.m.	地中溫度 Depth in soil	5cm	0.4	0.3	1.0	0.8	1.2	0.8	0.9	1.1	2.1	1.8	1.1	2.1	1.8
		10	0.0	-0.2	0.0	0.1	0.5	0.4	0.7	0.4	1.0	0.8	0.4	1.0	0.8
		20	0.0	-0.1	-0.1	0.2	0.9	0.8	0.8	0.9	1.1	1.2	0.9	1.1	1.2
		30	0.0	-0.2	-0.2	0.2	0.5	0.8	0.7	0.8	1.0	1.4	0.8	1.0	1.4

Mean differences (B-A) between the temperatures in Rice-planted Field (A) and those in Non-planted Bare Field (B).

Minus figures show that the temp. in A are higher than in B. Kyushu A. E. S. 1948~1951. 四ヶ年平均 a, w, s…… See Table 1

i) 最高分蘗期以前は稲の被覆も割に小さいので裸地と畦間は大差ない。畦間は裸地より放熱が小さいため地上部各層の日最低温と地中 10cm 以深 10 時温度は裸地よりも高い。また当時は屢々気・水温の日最高も畦間が裸地より高い事があるのは、受熱は裸地と略同様ののに通風・蒸発抑制等によつて放熱が裸地より少いたためであらう。

ii) 最高分蘗期以後は時間に於て夜間放熱が少いため気・水温の日最低温のみは裸地より僅かに高く留るが、全般的に気・水・地中を通じて明かに裸地より低温となり、其の差は秋に漸増する。落水後の地温の差が著しい。

5. 露場に於る温度と水田温度との関係

水田温度と一般気候(その一表現として露場の気・地温)との関係につき、両所の温度差と温度相関の二点につき簡単に述べる。

々の温度昇降がよく相応ずる。

(露場気温と水田畦間の気・水・地温の日最高日最低との相関係数は種類により又季節によりやや異なるが 0.663~0.993 の間の値をとつており概ね 0.9 近くのものが多い。)

ただ温度そのものは第 1, 2 表にみる如く出穂期以前の水田地上各層温度の日最高は露場気温日最高より数度高く、日最低温に関する両所の差はやや少いが水田の水・地表温日最低が露場気温日最低より常に二、三度高い。

なお半旬平均値を用いて露場気温と水田地上部温度、或は露場と水田の各同深地温との相関係数を算出したが何れも +1 に近い。此等の事から当然に露場の温度より水田の各温度も推定されるのであるが、これは本篇の主題ではないので総て略す。

Résumé

In northern Japan, close attentions have been paid to the temperatures of rice-field in reference to the injuries of low temperature to the rice plant.

In the plains of south-western Japan, the conditions are rather contrary.

It should be noticed that the water- and soil-temperatures become so high the customary management of irrigating water as unfavorable for the crop growth in mid-summer season. See Tables 1 & 2.

露場は水田より 150m 離れ地面は 1.2m 高いが両所の各地面上 1.5m 気温は常に殆ど等しい。ただ稲の丈が 1m を越え稲体上面が第一反射層となつた後に水田 1.5m の日最高気温が露場の其れより平均 1° 内外高い傾向がみられた。

次に水田畦間の気・水・地面温は日最高・最低とも露場気温の其れと正相関が高く日