

# 暖地における水稻生育に及ぼす灌漑水温の影響について (第1報) 低水温効果の時期別観察

植木健至・寺山保彦

## I. 緒言

水と土壤を稲の全生育期間に亘り恒温に保つた実験研究としては、吉川,<sup>1)</sup> 吉川及び東条,<sup>2)</sup> 近藤<sup>3) 4)</sup> 等、の恒温槽実験結果がある。これ等を総合するに、子実収量に対する最適水温は 32°C 附近と認められる。又榎本<sup>5)</sup> は、出穂、稔実と水温との関係につき、その限界点を 25°C とし、同温度以下において顕著な障害のおこる事を指摘している。

然し水稻生育に及ぼす最適水温の決定は、その土地の気象条件、並びに生育時期に依り、相対的に決定されるべきであつて、殊に暖地における稲作については、その特異性として、気温或は水温の過高が却つて稲に悪影響を与え、それが引いては暖地秋落の重要な一因をなす場合のあることが近年しばしば指摘されている。九州において行われた一例をとると、佐藤<sup>6)</sup> は水田灌漑方法と、稲の収量につき数年間行つた実験結果に依り、高温多湿な年に水温の低い掛流区が、湛水区より多収である事を示し、九州平坦地での掛流しの効果につき、暑熱地帯での地温の引下げに役立つ。としている。朝隈<sup>7)</sup> は全期間特に最高分蘗期直前の高水温の障害の著しい事を報じているが、逆の立場(吉田)<sup>8)</sup> をとる場合もあつた必ずしも一様ではない。

斯様に灌漑水温と、水稻の生育との相互関係を、外部的、並びに内部的により深く研究することは、暖地稲作の特異性把握への一つの道であると思われる。

著者等は従来言われて居る適温より低く、むしろ榎本の言う限界温度に近い低水温の、水稻生育に及ぼす効果を、生育時期別に観察した結果、生育状況、並びに収穫物に、顕著な差異を見出し得たのでここに報告する。

なお、本実験は 1952, 1953 両年に亘り、鹿児島において行つたものであつて、本実験に当り始終懇切な御指導を賜つた、今は亡き松尾大五郎教授に深甚なる謝意を表する。

## II. 実験材料並びに方法

コンクリート水槽二つを設け、一つは昼間(9 a.m. ~ 5 p.m.) 水道水を掛流し、他は貯溜したが、日中水温差は第1図に示す通りであつた。この水槽に5万分の1反ワグネルポットに植えた水稻を入れ、全期間貯溜区、全期間掛流し区の2区と、その中間に所定の期間づつ一方から他方に移動させる区を設けて処理した。試験区別、並びに栽培法は第1表に示す通りである。試験区の配列は乱塊法に依り、各区4ポット('52)、8ポット('53)を用いた。

1952年度の実験に依り、9月中旬以降掛流区と貯溜区との温度差は僅少で、又その効果を認め得

第1表 試験条件

## 1) 1953年度

区別	処理期間	処理方法	区別	処理期間	処理方法
I	7.16 <sup>月日</sup> ~7.31 <sup>月日</sup>	掛流(処理)其他貯溜	VII	7.16 <sup>月日</sup> ~7.31 <sup>月日</sup>	貯溜(処理)其他掛流
II	8.1~8.15	同上	VIII	8.1~8.15	同上
III	8.16~8.31	同上	IX	8.16~8.31	同上
IV	9.1~9.15	同上	X	9.1~9.15	同上
V	9.16~9.30	同上	XI	9.16~9.30	同上
VI	生育全期	貯溜(標準区)	XII	7.16~10.15	掛流

## 2) 1953年度

区別	処理期間	処理方法
I	全育全期	貯溜(標準区)
II	7.27 <sup>月日</sup> ~8.10 <sup>月日</sup>	掛流(処理)其他貯溜
III	8.11~9.11	同上
IV	8.11~8.24	同上
V	8.25~9.11	同上
VI	7.27~9.11	同上

なかつたので、1953年においては、幼穂発育期を中心に区数を簡略化し、多少栽培法を変更し、1区当りポット数を倍にして、前年度の実験結果を更に細かく検討することに努めた。

栽培方法; 1952年度一品種瑞宝 播種6月8日 移植7月11日 ポット当1株1本2株植 基肥 N, P, K 各 0.5 gr 追肥 なし、

1953年度一品種 瑞宝 播種 6月13日 移植 7月7日 ポット当1株1本1株植 基肥 N, P, K 各 0.5 gr. 追肥 (7月26日) N. 0.25 gr.

## III. 実験結果並びに考察

1952, 1953の2ヶ年を通じて、苗代期間中寡照多雨の為、若干苗の徒長がみられたが、本田移植後処理期間中は気温(最高, 最低)日照時間共に平年並であり、降雨量は少なく、颱風其の他の気象的災害もみられなくて、順調な天候であつた。

貯溜区の7月中旬~9月上旬の日中水温を見るに(第1図), max. 29~35°C, min. 約 26°C 内外で、実際の水田に比べて低温なのは深さ 30 cm の貯水槽を用いた事に依るのであつて、近藤等の言う最適水温に近い。これに対し掛流区は max. 25~29°C, min. 約 22°C 内外で、所期の温度差が得られたと思われる。

1952年の試験区分において、VII~XIの5区を設けた理由は、I~V及びVII区において見られる低温効果の時期を、高温障害と言う逆の立場から観察する為であつて、両者の時期の全く一致する事に依り、水温の時期的な影響について確信を深めた訳である。

## I) 生育状況

1) 草丈, (第2表) 幼穂形成期に掛流処理を行つた区は何れも全期間貯溜区に比し、5~10 cm

第 2 表 草 丈、 茎 数

1) 1952 年度

項目 \ 区 別	I	II	III	IV	V	VI	VII	XIII	IX	X	XI	XII
草 丈 (cm)	106.6	105.9	111.6*	101.4	104.3	103.4	113.8**	114.3**	106.0	111.6	115.0**	115.8**
最高茎数	44.3	44.8	45.5	46.0	46.0	46.8	45.3	45.5	44.5	42.5	45.5	44.3

2) 1953 年度

項目 \ 区 別	I	II	III	IV	V	VI
草 丈 (cm)	108.5	108.6	116.1**	110.7	110.4	113.0*
最高茎数	41.0	38.5	41.0	40.3	42.2	39.8

註 \*, \*\*, \*\*\* は分散分析の結果で〔VI区('52)、I区('53)〕に対して5%, 1%, 0.1% で有意差を認む。以下同じ、

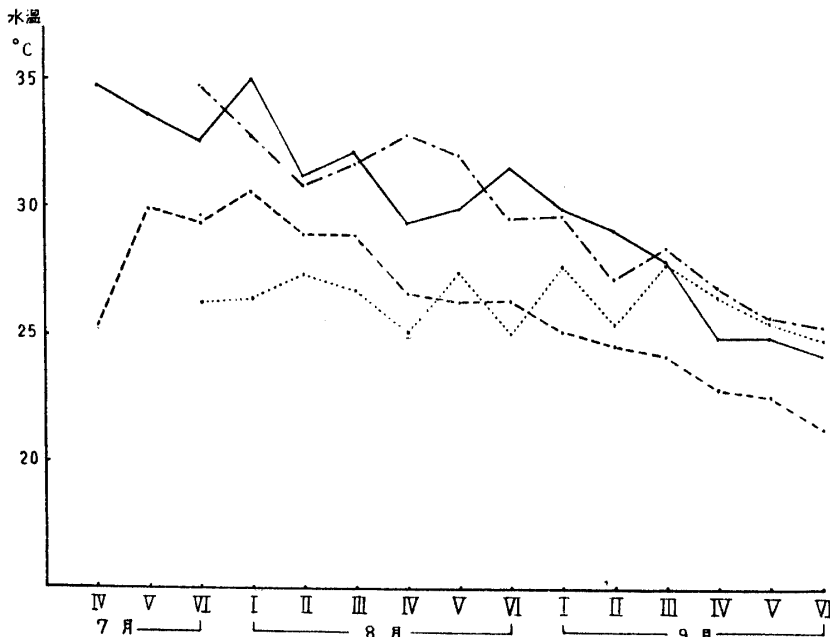
の増加をみている。此の時期は16, 17葉(止葉)の抽出期で、後述の様に掛流処理に依る葉身長が増大が草丈の伸長をもたらしたと思われる。

2) 茎数, (第2表) 最高茎数, 最高分蘗期, 有効茎数, 有効茎歩合等、何れも処理に依る有意差はみられなかつた。

唯 I, II 区('52), II 区('53)は何れも最高茎数平均2本少なく、逆の VII, VIII 区('52)において出穂直前まで晩期無効分蘗の発生が認められた事を思うと、分蘗期における低温処理は茎数の増加を抑制する傾向があるものと思われる。

3) 葉の状態(主稈調査 1953年度)

a) 出葉期(第2図) 生育初期に掛流処理を行つた区は何れも出葉期が2~4日おくれ、この初期の遅延は最後まで回復出来ず、また幼穂形成期以後の処理については、その影響を認め得なかつた。

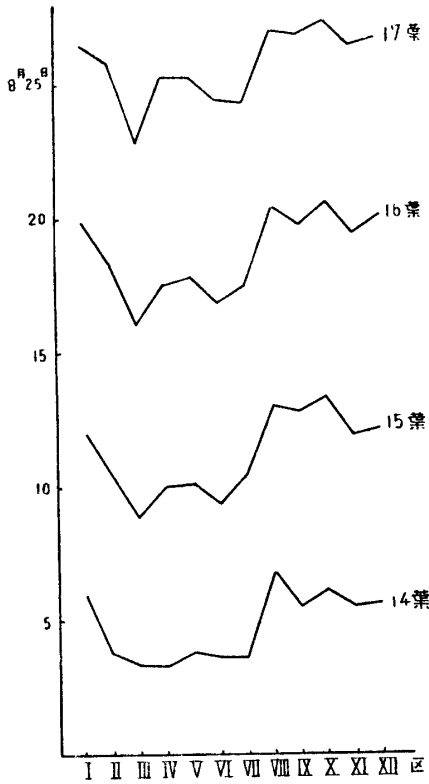


第 1 図 半 旬 別 水 温 (午後2時測定)

— 1952年貯溜区    - - - - 1953年貯溜区  
 - - - - 同上掛流区    ····· 同上掛流区

b) 葉位別最大葉面積 (第3表) 16葉迄は区間差を認め得ないが、17葉(止葉)において III, IV, VI 区、即ち 8月11~24日掛流区の優つていることが分る。

c) 主稈全葉面積, 緑葉面積, 緑葉歩合(何れも12葉以上)を出穂時に調査したものに依ると(第3図), III, V, VI 区、即ち、8月25日~9月11日掛流し処理区は、何れも三者とも全期貯溜区に優り、葉枯程度の

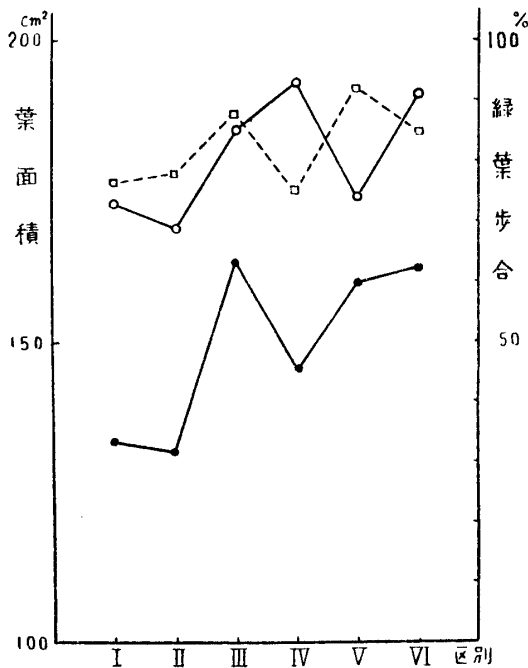


第2図  
主程出葉期

減少を示している. なお IV 区が全葉面積は最大でありながら出穂時には緑葉止合が著しく減少している事は, 水温の葉枯進行に対する直接影響を示すものであろう. また出穂時における総緑葉面積と籾重との間には, 高い相関の有意性がみられる事から (第4図) ( $r=0.532$ ,  $t$  検定で  $0.1\%$  の有意差を認む), 出穂時の緑葉面積の多少は籾収量に大きな影響を及ぼすことが

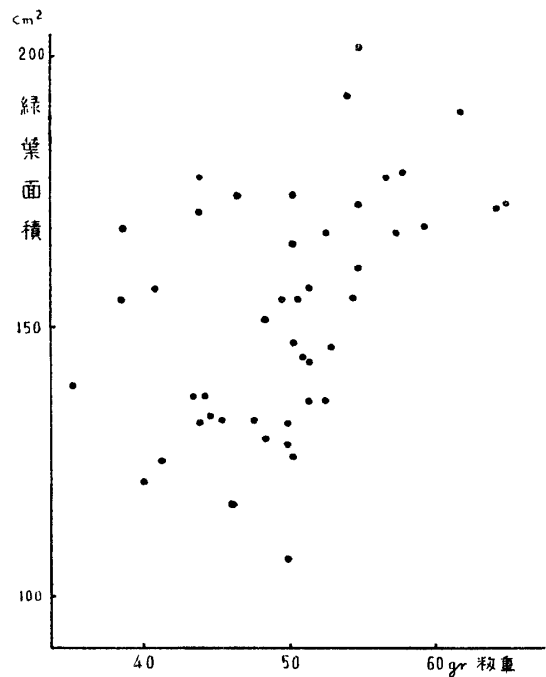
第3表 葉位別最大葉面積 (単位  $cm^2$ )

区別 葉位	I	II	III	IV	V	VI
17葉 (止葉)	20.5	19.7	30.3	30.8**	20.4	25.6
16	27.4	26.9	30.1	32.6	27.6	30.6
15	30.9	29.4	28.8	31.1	30.4	31.3
14	31.9	30.7	31.0	31.3	31.6	33.5
13	31.6	31.4	31.9	34.3	30.8	34.7
12	34.3	31.0	33.0	33.4	33.6	35.0



第3図

- 緑葉総面積 (主程)
- 全葉面積 (主程12葉以上)
- ……□ 緑葉止合



第4図

主程緑葉面積 (出穂時) と籾重との相関

考えられ、この点からも、上述の事実と相俟つてこの時期の掛流しの意義が存するわけである。

Ⅰ) 出穂期, 成熟期, 区間差を認め得ず。

第4表 収獲物調査

1) 1952年度

項目 \ 区別	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
程長 (cm)	88.1	84.8	89.9 <sup>*</sup>	83.7	84.8	85.3	91.6	92.2 <sup>**</sup>	86.9	90.8 <sup>**</sup>	94.3 <sup>*</sup>	93.0 <sup>**</sup>
穂長 (cm)	19.1	18.7	21.1 <sup>**</sup>	18.9	18.1	18.0	21.3 <sup>**</sup>	21.9 <sup>**</sup>	18.7	20.5 <sup>**</sup>	21.5 <sup>**</sup>	21.6 <sup>**</sup>
穂数	18.3	22.0	19.3	20.3	19.5	20.8	21.6	20.5	20.8	21.5	21.0	21.3
籾重 (gr)	34.9	40.9	40.5	37.5	35.6	33.6	45.8	46.1 <sup>*</sup>	40.1	48.4 <sup>**</sup>	50.2 <sup>**</sup>	51.8 <sup>**</sup>
藁重 (gr)	50.2	53.6	65.2 <sup>*</sup>	53.6	52.5	51.0	75.7 <sup>**</sup>	73.5 <sup>**</sup>	66.0 <sup>**</sup>	64.5 <sup>**</sup>	74.6 <sup>**</sup>	76.1 <sup>**</sup>
根重 (gr)	22.8	27.0	26.6	25.8	23.6	24.8	27.7	26.2	24.8	24.4	28.5	28.9
籾・藁比 (%)	69.7	76.7	62.0	70.1	68.1	75.9	61.5	62.6	60.6	75.5	67.2	68.1
精籾 1,000粒重 (gr)	29.7	28.9	31.2 <sup>***</sup>	29.8	30.4	29.8	29.6	31.1 <sup>**</sup>	29.0	29.5	30.2	30.4
主程着粒数	88.0	92.7	93.3 <sup>**</sup>	81.9	82.6	82.4	108.3	95.6 <sup>**</sup>	97.8 <sup>**</sup>	103.6 <sup>**</sup>	113.3 <sup>**</sup>	120.8 <sup>**</sup>

2) 1953年度

項目 \ 区別	I	II	III	IV	V	VI
程長 (cm)	88.7	86.9	95.5 <sup>*</sup>	88.6	92.4	96.9 <sup>**</sup>
穂長 (cm)	18.2	20.1 <sup>*</sup>	22.9 <sup>***</sup>	19.7	19.9 <sup>*</sup>	20.8 <sup>**</sup>
穂数	22.0	20.0	21.5	22.0	22.0	21.5
籾重 (gr)	40.7	42.8	56.6 <sup>***</sup>	49.2 <sup>*</sup>	52.2 <sup>*</sup>	55.0 <sup>***</sup>
藁重 (gr)	54.4	49.1 <sup>*</sup>	60.4 <sup>**</sup>	57.8	60.0 <sup>**</sup>	57.0
籾・藁比 (%)	74.5	87.0	93.8	85.0	86.8	98.0
精籾 1,000粒重 (gr)	30.9	31.8	32.1	30.2	33.3 <sup>*</sup>	29.8
主程着粒数	77.8	104.3 <sup>**</sup>	112.3 <sup>***</sup>	101.5 <sup>**</sup>	97.0 <sup>*</sup>	131.0 <sup>***</sup>

Ⅲ) 収獲物 (第4表)

1) 先ず全期貯溜区と全期掛流区とを比べるに、籾重において著しい差がみられるが、このような収量差を生じた事について地上部の生育と照合すると、穂数、1,000粒重には顕著な影響は認められず、程長、穂長、1穂粒数に依るものと解される。これ等は掛流しに依る低温処理が単に栄養生長のみならず、穎花の分化にも影響している事を示すものである。

2) 全期貯溜区に対し、分蘗期の掛流し処理においては籾重の変化がみ

られない。莖数、藁重は幾分減少しているが、1穂粒数の増加で補っているからである。

3) 幼穂發育全期間の掛流し処理区は全期間掛流区と全く同一の様相を示す。唯1953年度の実験より幼穂發育期を前期 (IV区) と後期 (V区) に分けて考えるに、両区とも、穂長、1穂粒数、籾重の増加を見ている事は同じであるが、後者において精籾 1,000粒重の増加が認められた。これ

は前述の如く V 区 ('53) が出穂時において最も高い緑葉歩合を示した事と関係があるように思われる。

4) 出穂後の処理については、出穂前処理区に比し、その時期丈の処理効果の認められる項目は一つもない。本実験 ('52) では水温差も僅少で、この時期の考察は不可能である。

以上実験結果の概要を述べたが、先に緒言で述べた佐藤の実験において「掛流区」は8月中旬、日中最高水温、 $34^{\circ}\text{C}$ 、最低水温、 $25^{\circ}\text{C}$ 、であり、また朝隈の言う「低温区」は日中最高水温、 $28\sim 34^{\circ}\text{C}$  であつて、何れも従来の恒温槽実験で示されている最適水温に近いものであり、本実験の場合における貯溜区の水温に酷似している。これ等を考えるに、両氏の場合は主として高水温障害を問題としたのに対し、本実験では所謂自然温より低い水温の効果を追求している故に、朝隈等の実験結果と多少異つて来るのは当然である。

暖地水稻の秋落現象が気象条件、殊に夜温の高低に依り影響を受ける事実は、既に三原に依り指摘されているが、<sup>9)</sup>水温もこれに関与する事は想像に難くない。事実上述の如く多くの人々がこの点に触れており、疑問の余地はないが、唯本実験において、幼穂発育期における比較的短期間の低水温処置が、稲の生育を旺盛にし、籾重の増加をもたらしていると言う事から、生育の或時期において、低水温そのものの植物体に及ぼす直接的効果と言つたものも考えられるのではないか。若しくは、暖地における最適水温と言うものが、幼穂発育期附近において、従来考えられているものより低い所にあるのではないかと考えられる。勿論本実験はポット試験であり、得られた実験結果を直ちに実際の水田に結び付けるのは聊か早計であつて、この点については、また別の角度からの研究が必要であらう。

#### IV. 要 約

書間掛流し灌漑に依る低水温 (7, 8 月 max.  $25\sim 29^{\circ}\text{C}$ ) の水稻生育に及ぼす効果を、生育時期別に地上部の生育状況、並びに収穫物について調査した。

幼穂発育期間に低水温処理をした区においては、何れも、貯溜区 (7, 8 月 max.  $29\sim 35^{\circ}\text{C}$ , min. 約  $26^{\circ}\text{C}$ ) に比し、葉枯の進行が遅れ、稈長、穂長、1 穂粒数、並びに籾重の増加をみた。

これに反し、分蘖期、並びに出穂期以後の処理区においてはその効果を認め得なかつた。

(附記) 本報告の概要は昭和 29 年 4 月、第 103 回日本作物学会で講演した。

## 文 献

- 1) 吉川祐輝; 農学研究 14 (1930)
- 2) Kikkawa S. & Tōjō K.; Proc. Forth Pacific Sci. Cong. (1929)
- 3) 近藤万太郎, 岡村保; 農学研究, 15 (1930)
- 4) ———, ———; ———, 17 (1931)
- 5) 榎本中衛; 農業及園芸 12; 11, 12. (1937)
- 6) 佐藤正一; 農業氣象 6 (1951)
- 7) 朝隈純隆; 九州農業研究 10 (1952)
- 8) 吉田義夫; 農業氣象 6 (1951)
- 9) 三原義秋; 鈴木清太郎教授還曆記念論文集 (1947)

## R É S U M É

**On the Influence of Temperature of Irrigating Water  
upon the Growth of Paddy Rice in the Warmer District**

**I. The Effect of Colder Temperature of Irrigating Water  
at the Different Stages of the Growing Period**

Kenji UEKI and Yasuhiko TERAYAMA

The present study was designed to determine the influence of colder temperature due to continuous watering upon the growth and the yield of paddy rice in the warmer district in Japan. The rice plants were cultivated in the pots which were immersed into reserved water of the concrete tank. At the different stages during the growing period, several pots were transferred into the another tank which was supplied with running water in order to obtain the colder temperature. The temperature of running water during the daytime (from 9 a.m. to 5 p.m.) was colder (maximum: 25–29° C, minimum: ca. 22° C) in comparison with that of reserved water (maximum: 29–35° C, minimum: ca. 26° C).

The results obtained in 1952 and 1953 were summarized as follows.

When the plants were subjected to the colder condition at spike differentiating period, the withering of the lower leaves was delayed, and the length of stem and spike, the number of grains per spike and the weight of grains per pot were significantly superior to those cultivated under the warmer irrigation throughout the growing season.

Either during tiller or after the heading period, both the growth and the yield were not affected by the colder irrigating water.