

高冷地に於ける灌漑に関する研究

小 林 満

Study on the Irrigation in the Cooler Region of High Elevation.

Mitulu. Kobayasi

1. 緒 言

高冷地に於ける稲作が暖地の稲作に比して氣象的諸條件に左右されること甚しく、就中氣温と水温とがその主要なる制限因子であることは言を俟たない。而して前者の氣温に關しては苗代期間の油紙被覆とか防風柵の設置等が考慮されているが一般にこれを人為的に制御することは難かしく、又後者の水温に就いても、その低温障害を軽減すべく温水溜池、迂廻水路、ぬるみ等の如く用水を水源より直ちに田区内に導入せず、太陽熱の吸収により升温せしめた後に灌漑する方策、或は床締による滲透防止用水節約などの施策が擧げられ、その機能や適性規模の研究が行われている。然し高冷地稲作に於ては水稻の生理的要求に少しでも合致せんが爲に灌漑方法そのものも輕視出来ぬものではなからうかと考えられる。即ち連続灌漑(掛流し)か間斷灌漑(止め水)か、又灌水の深さは如何程にすべきであるか等を検討してみることも意義あることと信じ、こゝにその実験觀測結果の一部を發表し批判を仰ぐ次第である。

2. 漑水時刻による水田水温

九州等の暖地に於ては掛け流し灌漑の方が止め水灌漑より良好な成績を示すこともあるが、高冷地に於ては水口の青立不稔防止の上から低温なる用水の掛流しは不可にして止め水灌漑の絶對的なことは実證せられており、問題は寧ろその止め水の時刻であると思考せられる。筆者はこの目的により高冷地水田の灌漑時刻の相違による水口より水尻にかけての水温変化の実態を、日本アルプス白馬岳東山麓長野縣北安曇郡北城村細野部落の水田に於て調査觀測した。

此處は標高720米~750米、白馬岳よりの極めて低温なる雪融水を灌漑水源に仰ぎ、然も途中にて発電用水に利用されトンネルを通過する結果、夏季に於てすら早朝は10°Cに達すること稀であり、晝間の最高水温も辛じて12°Cを越す程度である。故に一田區全体に亘つて水稻を栽植すること能わず、水口近くの數坪は稗、次に黒しけ、更に數十坪に早生の赤倉、而して残りの部分に信濃糯3號或は陸羽132號か農林17號を栽植する等數品種にわたる状態である。農民自体も灌水に大いに意を用い掛流し灌漑は行わず、専ら間斷灌漑を行い、なるべく早朝短時間に灌水することを望んでいるが、實際には配水關係の都合で希望通りには出来ない現状である。

觀測は晴天の日を選び、第一回は8月3日より4日に、第二回は8月8日より9日にかけて面積約八畝位の隣接せる4枚の水田 A, B, C, Dに於て、A水田は朝6時に灌水停止、B水田は8時に、C水田は12時にD水田は16時に灌水停止をなし、灌水停止後2時間置きに翌朝まで水口より A₁, A₂, A₃, A₄, B₁, B₂, B₃, B₄ ……と各品種の境界及び田區の隈の水温を測定した。これ等の結果は第一表、第二表及び附圖第一圖~第八圖の示す如くである。

灌水直後は当然水口より水尻にかけて温度の開きがあるが、A水田に於ては6時間後の12時、B水田に於ても6時間後の14時にその開きは大きなくなり、夜の20時及び翌朝6時には殆ど差を認め難い。然し12時に灌水停止のC水田と16時に灌水停止せるD水田に於ては、その開きは少しは小さくなるが依然として残っている。問題は水稻の栽植されている境界のA₃, B₃の水温が斯る低温の用水を灌漑せる後何時間にして如何なる升温をなすかにあり、A₃に於ては3時間後の9時には20°Cを越え、B₃は第一回觀測に於ては4時間後の12時過に、第二回觀測に於ては2時間半後に20°Cに達している。一方C₃に於ては午前中の灌水が升温している所へ冷水が灌水される關係上、第一回では影響なく、第二回に於ても20°Cを

(附表) 第一表 長野縣北安曇郡北城村(白馬岳麓)細野
灌水時刻別水田水溫觀測表 (I)

日 時	8 月 3 日									8 月 4 日		備 考
	6 時	8	10	12	14	16	18	20	6	8		
氣 溫	19.6	25.0	27.8	29.4	29.5	28.4	27.6	25.6	18.6	25.0	8月3日 (max 30.5°C min 17.4°C) 8月4日 min 17.6°C	
A 水 田	流入水溫	3.8									灌水時刻 2日 18時~3日6時迄	
	A ₁ 水溫	9.0	13.8	15.6	24.5	26.8	26.3	26.0	25.8	20.4		23.9
	A ₂ "	9.3	14.9	17.8	26.0	27.4	27.0	27.0	26.2	21.3		24.5
	A ₃ "	11.4	16.0	22.4	27.3	29.0	28.1	27.4	26.3	21.2		24.4
	A ₄ "	17.4	18.1	24.6	28.5	29.1	28.1	27.5	26.4	21.5		24.5
	A ₅ "	21.7	22.8	24.5	25.0	25.5	25.2	25.0	25.0	21.3		25.0
	A ₆ "	21.4	22.9	25.5	26.4	26.8	26.6	25.4	25.0	21.2		24.8
水 深	15Cm	14	14	13	12	11	10	10	8	8		
B 水 田	流入水溫		10.0								灌水時刻 3日 6時~3日8時	
	B ₁ 水溫		10.0	15.4	17.5	27.0	27.7	26.0	24.6	18.5		19.3
	B ₂ "		10.3	15.6	17.9	27.1	27.8	26.0	24.8	19.0		19.5
	B ₃ "		11.1	17.3	18.9	27.5	28.0	26.4	25.0	20.6		22.5
	B ₄ "		14.0	17.8	19.5	28.1	28.9	26.9	25.3	21.0		22.0
	B ₅ "		23.4	23.8	26.1	30.3	30.0	28.0	26.5	21.6		22.6
	B ₆ "		24.0	24.0	26.5	31.5	30.9	28.3	26.7	21.7		22.4
水 深		10	10	9	9	8	7	7	5	5		
C 水 田	流入水溫				11.5			漏水流入			灌水時刻 3日 10時~12時	
	C ₁ 水溫				12.0	15.9	15.4	15.0	14.5	17.3		20.1
	C ₂ "				12.5	24.5	21.2	19.3	16.5	18.1		20.1
	C ₃ "				29.1	32.0	30.0	27.3	26.3	21.1		23.0
	C ₄ "				30.0	32.3	30.1	27.3	26.0	20.4		22.1
	C ₅ "				24.5	28.5	27.1	25.0	24.1	19.7		22.1
	C ₆ "				29.0	30.5	29.0	25.5	24.3	21.3		22.1
水 深				10	10	9	8	7	5	5		
D 水 田	流入水溫						12.5				灌水時刻 3日 14時~16時	
	D ₁ 水溫						12.5	13.0	12.1	10.3		11.5
	D ₂ "						16.5	19.3	18.6	16.0		18.3
	D ₃ "						31.3	28.0	26.5	21.5		23.0
	D ₄ "						28.5	27.0	26.0	21.3		23.8
	D ₅ "						33.8	28.5	27.3	21.3		22.5
水 深						12	11	10	6	6		

越すに左程時間を要していない。勿論以上の変化は湛水の深淺に大いに左右され、又日射量及び気温の影響も大であり今回の観測のみでは結論的なものは得られないが、温水溜池等の灌漑水溫上昇施設がなく用水の低溫である時には早朝灌水が良き効果を與えるのではないかと思慮せられる。

3. 湛水深の差異による水溫並に地溫

一日の気温較差が甚しい高冷地に於ては湛水深の差異が晝間の吸熱昇溫及び夜間の放熱溫度降下の上に如何程影響するかを觀測してみた。場所は信州大学農学部構内の水田にして標高770m、よく搦き固め

第二表

灌水時刻別水田水温観測表 (II)

日	時	8 月 8 日						8 月 9 日		備 考	
		6 時	8	10	12	14	16	18	6		8
氣 温		20.7 ^{°C}	25.6	28.5	29.7	30.0	29.3	25.8	19.8	20.6	8月8日 max 32.5 ^{°C}
A 水 田	流入水温	9.5 ^{°C}									灌水停止時刻 6時
	A ₁ 水温	9.5	14.0	16.3	25.8	29.1	27.2	24.9	20.1	20.6	
	A ₂ "	10.0	17.3	22.1	28.1	29.9	28.1	27.0	22.0	22.5	
	A ₃ "	11.8	19.5	26.8	28.5	30.1	27.9	27.0	22.1	22.7	
	A ₄ "	18.3	23.8	27.0	28.6	29.3	28.0	27.1	21.6	22.9	
	A ₅ "	22.0	24.4	25.5	25.8	26.4	25.5	25.1	21.3	21.9	
	A ₆ "	22.0	24.5	26.0	27.1	28.0	26.8	25.5	21.4	22.1	
B 水 田	流入水温		10.5								灌水停止時刻 8時
	B ₁ 水温		10.5	16.0	22.2	28.1	27.8	26.3	21.4	22.3	
	B ₂ "		11.1	16.8	22.6	29.8	28.0	26.8	22.2	22.3	
	B ₃ "		12.3	18.8	25.5	31.4	29.0	28.4	22.8	24.3	
	B ₄ "		25.6	27.9	30.1	31.8	29.9	28.6	23.0	24.5	
	B ₅ "		24.9	25.7	27.4	29.3	26.5	25.8	22.4	23.8	
	B ₆ "		23.4	25.6	28.6	31.1	28.3	26.7	22.2	23.8	
C 水 田	流入水温				12.3						灌水停止時刻 12時
	C ₁ 水温				13.5	20.5	19.7	18.4	12.3	14.8	
	C ₂ "				15.5	26.0	24.3	23.6	18.3	20.2	
	C ₃ "				18.0	29.6	26.7	25.6	20.8	22.8	
	C ₄ "				22.0	33.3	28.8	27.1	22.8	23.8	
	C ₅ "				32.5	32.3	28.3	26.4	22.8	24.5	
	C ₆ "				33.5	32.7	27.8	27.0	22.8	24.9	
D 水 田	流入水温						13.0				灌水停止時刻 16時
	D ₁ 水温						13.0	16.8	19.2	20.5	
	D ₂ "						16.0	18.6	19.8	20.6	
	D ₃ "						32.3	25.3	23.3	24.3	
	D ₄ "						29.3	28.0	22.5	23.3	
	D ₅ "						30.8	25.5	22.5	23.4	

た巾2尺の畦畔に圍まれた3間平方の正方形の田区4枚を田の字形に並べ、温水田で20^{°C}程度に達した同一温度の用水を灌水出来る様にし、6月16日に農林17號1株3本で一尺間隔の正條植をなした。観測日は特に定めず7日乃至10日に一回、各田区の灌水深を5Cm, 8Cm, 12Cm, 15Cmと異ならしめ、各田区の中央に設けた曲管寒暖計により、水温、地表温、-5Cm, -10Cm, -20Cmの地中温度、及び傍に在る百葉函により気温を2時間置きに一晝夜連続観測を行つた。観測終了後は各田区共同一灌水深とし次の観測の始めの水温、地温に差の少い様にした。この爲全生育期間にわたる灌水深の差異が水稻の生育並に収量に及ぼす実験は今回は出来なかつた。

さて灌水深の差異により当然水温、地温に相異を生ずるが、これが水稻の莖葉の繁ける地上部の気温にも差をもたらすであろうかを一應アスマン通風寒暖計により測定したが、接水気層10Cm位までは1^{°C}以内の差はあつてもそれ以上の気層には差は認められず地上部の微気象には灌水深は影響しないものと考えられる。又灌水深の差異により水温、地温の変化の一日の平均温度が影響されるであろうかを各観測結果より推計学的検定を行つてみたが有意性は全く認められなかつた。故に灌水深の熱効果は温度較

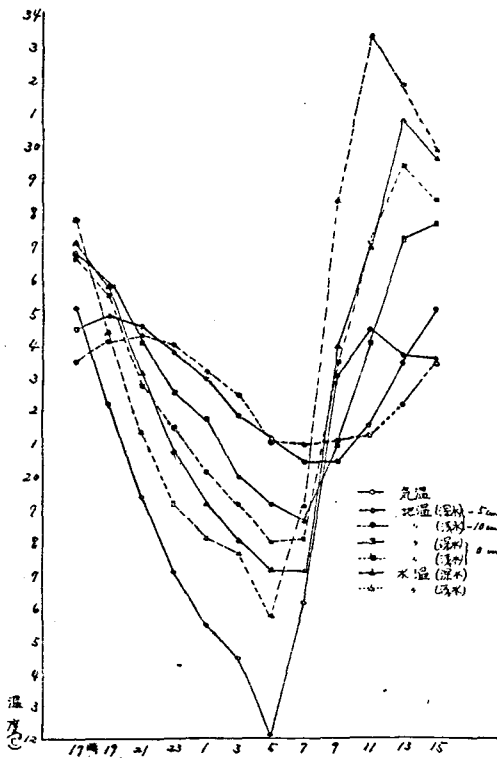
第三表 水 温・地 温 変 化 表 (夕 刻 灌 水)

日 時	氣 温	水 深		水 温		地 温 (0cm)		地 温 (-5cm)		地 温 (-10cm)		
		深水区	浅水区	深水区	浅水区	深水区	浅水区	深水区	浅水区	深水区	浅水区	
時	°C	cm	cm	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	
七月二日	17	25.1	10.0	4.0	27.1	27.8	26.8	26.7	24.5	25.5	23.5	24.8
	19	22.2	9.7	3.8	25.8	24.4	25.8	25.5	24.9	25.7	24.1	24.3
	21	19.4	9.2	3.2	23.2	21.4	24.1	22.8	24.6	24.3	24.3	23.6
	23	17.1	9.0	3.0	20.8	19.2	22.6	21.5	23.8	23.4	24.0	23.0
七月三日	1	15.5	8.4	2.9	19.2	18.2	21.8	20.2	23.0	22.1	23.2	21.9
	3	14.5	8.2	2.7	18.2	17.7	20.0	19.2	21.9	21.0	22.5	21.2
	5	12.1	7.8	2.5	17.2	15.8	19.2	18.0	21.2	20.4	21.1	20.5
	7	16.2	7.5	2.4	17.2	19.2	18.7	18.1	20.5	19.9	21.0	21.5
	9	23.1	7.2	2.0	24.0	23.4	21.0	23.5	20.5	21.7	21.1	22.4
	11	24.5	6.9	1.7	27.0	33.4	24.1	27.1	21.6	24.3	21.3	23.3
	13	23.7	6.4	1.5	30.8	31.9	27.2	29.4	23.5	26.7	22.2	24.2
	15	23.6	6.0	1.3	29.7	29.9	27.7	28.4	25.2	27.2	23.5	25.4
	17						27.2	27.7	25.6	27.2	24.1	25.3
較 差	12.4			13.6	17.6	9.0	11.4	5.1	7.3	3.1	4.9	

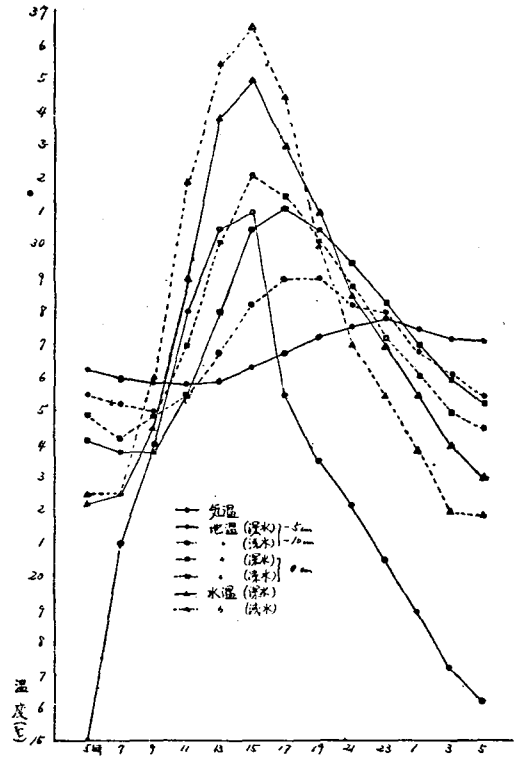
第四表 水 温・地 温 変 化 表 (早 朝 灌 水)

日 時	氣 温	水 深		水 温		地 温 (0cm)		地 温 (-5cm)		地 温 (-10cm)		地 温 (-20cm)		
		深水区	浅水区	深水区	浅水区	深水区	浅水区	深水区	浅水区	深水区	浅水区	深水区	浅水区	
時	°C	cm	cm	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	
七月三十一日	5	15.0	15.0	5.0	22.3	22.5	24.3	24.7	26.2	26.0	26.2	25.5	27.0	27.0
	7	21.0	15.0	5.0	22.5	22.5	23.7	24.3	25.7	25.0	26.0	25.3	26.8	26.8
	9	24.0	14.9	5.0	24.5	26.0	23.7	24.8	25.5	24.8	25.9	25.0	26.6	26.8
	11	28.0	14.8	4.8	29.0	31.8	25.5	27.0	25.5	26.0	25.8	25.5	26.5	26.9
	13	30.5	14.6	4.6	33.8	35.5	28.2	30.3	26.0	27.7	25.9	26.7	26.5	26.8
	15	31.0	14.0	4.4	35.0	36.7	30.5	32.2	27.0	29.6	26.3	28.3	26.5	26.6
	17	25.5	13.8	4.2	33.0	34.5	31.2	31.5	27.9	29.9	26.8	29.0	26.6	26.7
	19	23.5	13.5	4.0	31.0	29.9	30.5	29.9	28.4	29.5	27.3	29.0	27.0	27.2
	21	22.2	13.4	4.0	28.6	27.0	29.5	28.6	28.7	28.7	27.5	28.3	27.2	27.5
	23	20.5	13.0	3.9	27.2	25.5	28.4	27.3	28.4	27.8	27.8	28.0	27.5	27.5
八月一日	1	18.9	12.6	3.7	25.4	23.7	27.0	26.1	27.8	26.8	27.5	27.0	27.5	27.5
	3	17.2	12.3	3.6	24.0	22.0	26.0	25.0	27.4	26.0	27.3	26.1	27.5	27.5
	5	16.2	12.0	3.4	23.0	21.8	25.3	24.6	27.1	25.4	27.2	25.6	27.5	27.4
較 差	16.0			12.7	14.9	7.5	7.9	3.2	5.1	2.0	4.0	1.0	0.9	

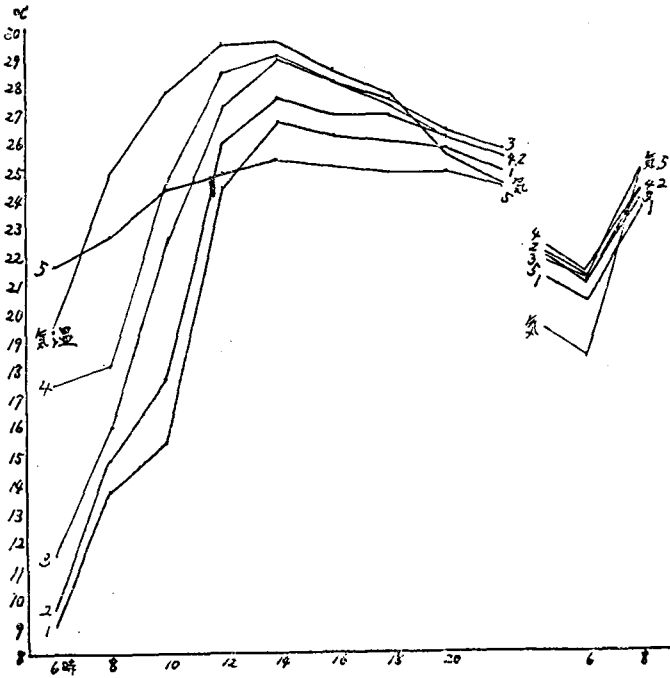
差にこそ重要性を持つものと思われる。観測結果の中より二つの例として夕刻灌水せる場合と早朝灌水せる場合の水温、地温の一日變化を第3表、第4表に掲げ、それを圖示したのが第9圖と第8圖である。一見して判る如く浅水にする程較差は大になり晝間の昇温も大であるが、夜間の温度降下もまた大である。灌水深をx軸に較差をy軸にとれば大体双曲線的な関係にある様である。又較差は気温の日較差が大なる程大となり、水温が最も較差大きく地表から地下へと順次減少する等のことは云うまでもない。然しこゝで考慮すべきは前述の如く一日の平均温度に見るべき差がなくとも、較差の大小、及び最低温度が作物の生理の上に於てその日の最高温度によつて果して補い得て障害を興えないものであろうかと云うことである。或は寧ろ適当な温度較差のある方が穀と藁收量との比をよくする爲に望ましいのでは



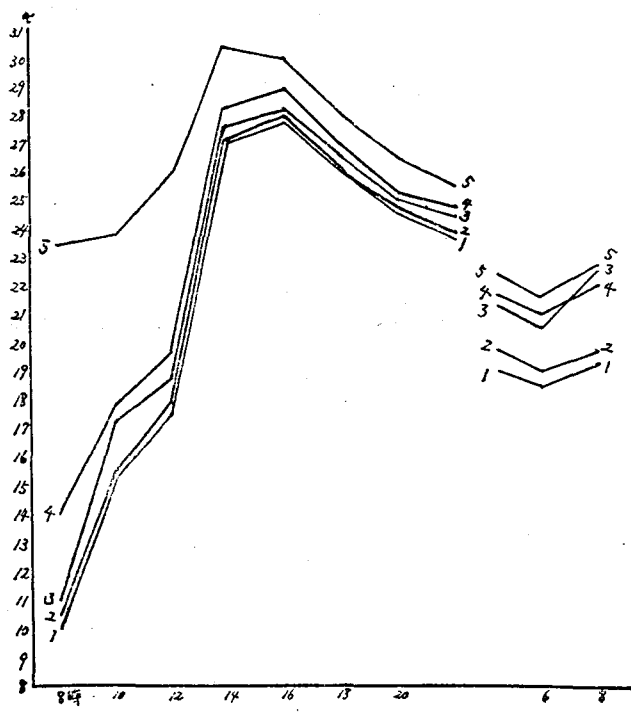
第一图 2期浮秧水田温度变化图



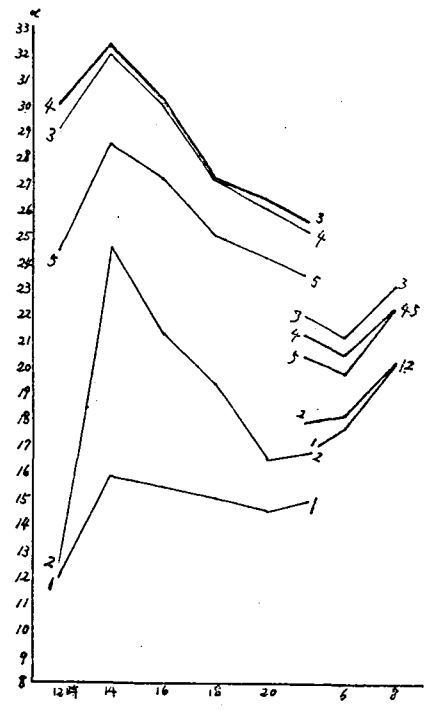
第二图 早期插秧水田温度变化图



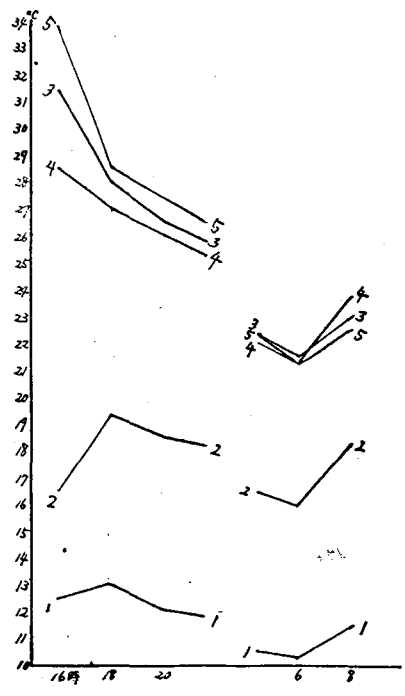
第三图



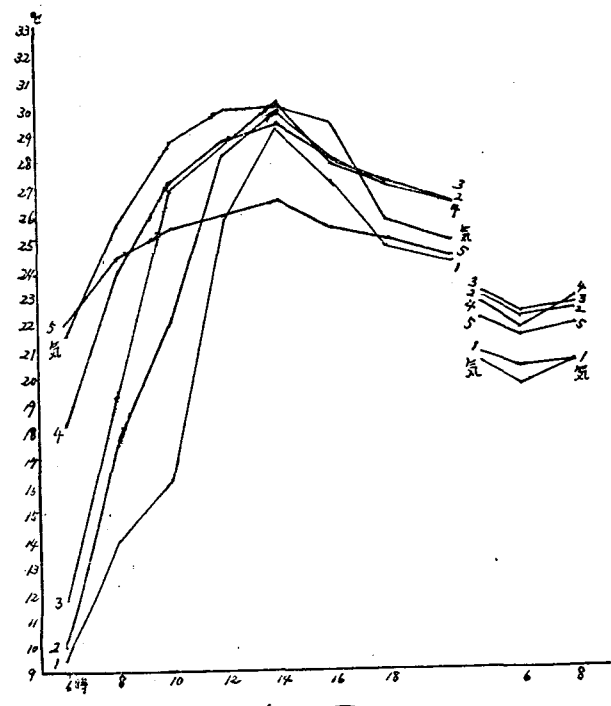
第四图



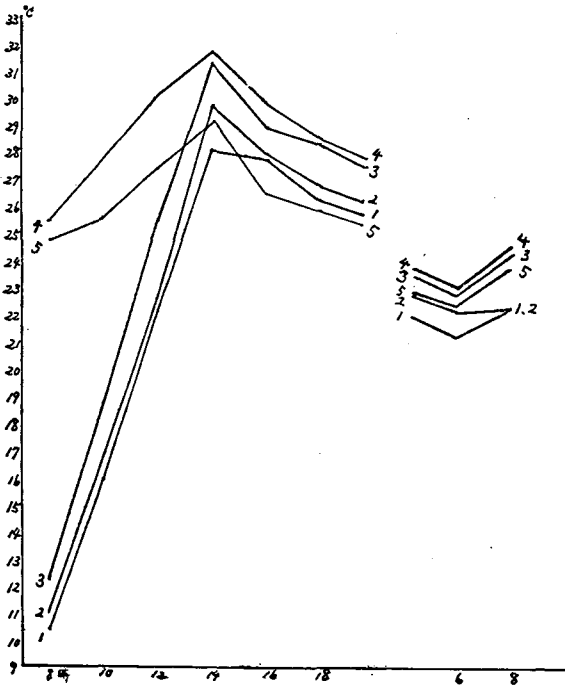
第五图



第六图



第七图



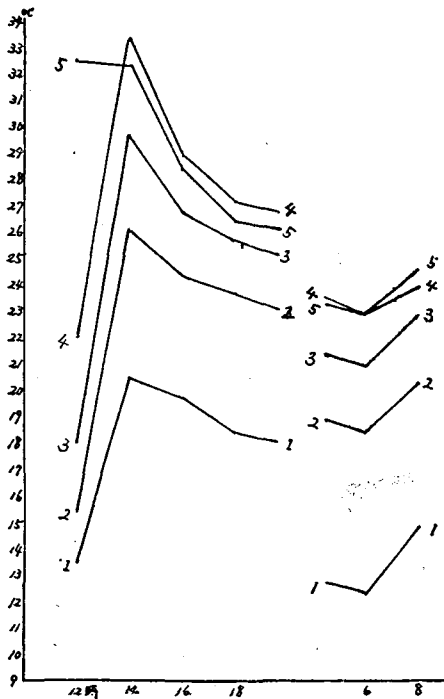
第八图

ないか等、これらの点が今後追求さるべきであろう。

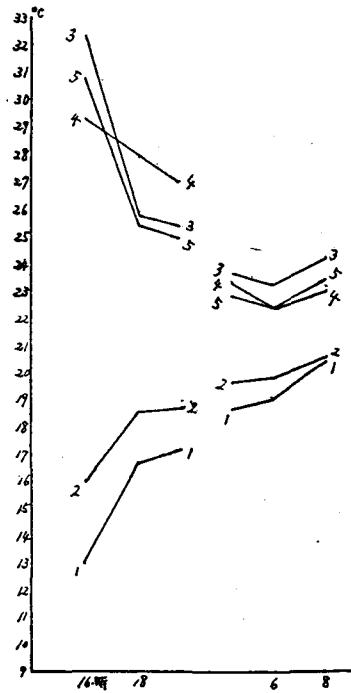
殊に従来の水温と水稻生育の關係の研究が恒温に保つた云わば静的なものであつたのに反し、これを一日の温度較差のある動的な週期的變化の場合、最低温度の程度較差の振幅の程度が検討されるべきであろうと考えられる。勿論湛水深の問題は温度的熱効果の面よりのみ論すべきでなく、植付直後の苗の保護、無効分蘗の抑制、積孕期の水の量、雑草の繁茂等色々の條件が附隨して來るのであるが、今回は高冷地水田の温度變化のみにとどめた次第である。

4. あとがき

本調査研究は文部省科学試験研究費「灌溉水温上昇施設に關する研究」の一部を充てて行つたものであり、觀測に協力を頂いた長野縣白馬高校小野教官並に現在北海道新得高校中原教官に対し、又終始御指導を賜つた東大農学部秋葉教授に対し深甚の謝意を表する次第である。



第九图



第十图

参 考 文 献

- | | | | |
|---------|--------------|-----------------------------------|--------------|
| 農業氣象 | 第 4 卷 | 水田灌溉と微氣象 | 佐藤正一 |
| " | 第 6 卷 1 号 | 湛水田の熱經濟 | 三原矢欣氏 |
| 農業研究 | 第 14 卷 | 稻の灌溉水の水温について | 吉川祐輝 |
| 札幌農林学会報 | 第 35 卷 第 2 号 | 水口よりの距離を異にする地点に於ける水温並に地温と水稻生育との関係 | 権平昌司
高橋俊行 |