

水稻の冷水被害軽減に関する研究(1)

誌名	東北農業試験場研究報告
ISSN	04957318
著者名	羽生,寿郎 内島,立郎 菅原,俐
発行元	[農林省東北農業試験場]
巻/号	19号
掲載ページ	p. 28-36
発行年月	1960年9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



水稻の冷水被害軽減に関する研究

第1報. ポリエチレンチューブの効果について

羽生 寿郎・内島 立郎・菅原 俐

Studies on the reduction of cold water damage in the paddy field

1. On the effect of polyethylen tube irrigation

Jurō HANYU, Tatsurō UCHIJIMA and Satoshi SUGAWARA

1. ま え が き

冷水により常習的に水口被害のおこる水田の面積は北日本ではかなり大きく、また西日本でも山間高冷地の水田は被害をうけ、いろいろの軽減対策が行われてきているが、近年その対策の一方法としてポリエチレンチューブが考案された。チューブは長さ約45m、半径4.6cm、膜厚0.05mmの緑色チューブで、水口にその一端を取りつけ、チューブを比較的あたたかい水田の中をまわして、チューブの周囲の水からの熱伝達と日射により水温上昇をはかるとともに、チューブ出口の位置をときどき変更することにより冷水域を分散し、冷水被害を緩和しようとする意図したもので、取扱いの簡便さとあいまって実用性が期待されている。

筆者らは1958年及び1959年の2カ年にわたり現地水田で調査を行い、その実用性を検討するとともに、冷水被害査定基礎となる用水温・水量と冷水被害率との関連性及び障害水温を驗知するための資料を得ようとした。この稿では主として1959年の成績についてのべる。

この研究実施にあたり懇篤な指導と校閲の労をとられた当场栽培第二部長八柳三郎博士に感謝する。なお研究の端緒を与えられた天辰研究企画管理官・坪井研究企画官並びに試験圃設定に助力された岩手県雫石町産業課・雫石地区農業改良普及所の方々、また観測に助力された高橋昌一・青山欽弘両技官及び山本久一氏に謝意を表する。

2. 試 験 設 計

1. 試験圃の概況

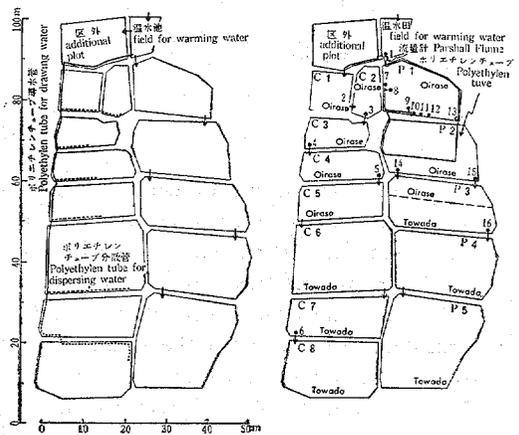
岩手山南麓の岩手県雫石町篠崎にあり、北上川の支流葛根田川水系の上流域に属し、冷水による被害を年々うけている。土壌は礫層土壌砂土河床型に属し、作土は砂礫を含む火山灰黒ボク土壌で、減水深は50~80mm/dayで

ある。

2. 試験区とチューブの配置

1959年は第1図Bに示すように、約30aの水田を対照区(図の左側、C記号)14.5aとチューブ区(図の右側、P記号)15.6aに分け、常時掛越しかんがいをおこない水じりからできるだけ流出しないようにした。ただし1958年は試験区を逆にとった。

チューブの長さは、1958年の減水深の測定からチューブ中の水の通過時間が7分になるように計算し70mとしたが、パーシャルフリューム自記流量計による測定期間(6月15日~7月8日)の平均流入量では8.0分となった。チューブは図のように一枚目の水田はあぜぎわをまわし、二枚目は中をまわし、出口は水温測定点番号7。



第1図. 試験圃におけるチューブ・品種・水温観測点の位置

注: C記号; 対照区, P記号; チューブ区.
黒点及び肩の数字は水温観測点及び番号.

Fig. 1. Arrangements of plots, tube, rice varieties and observed points in the experimental field
C, P, black points and added numerals show respectively control, tube plot, observed points of water temperature and its numbers.

8・9・10の4方向に1週間ごとに変更した。1958年は第1図Aに示すように実験的に導水管と分散管(チューブに一定の間隔で小穴がある)とを配置し、分散かんがいの併用をはかった。

3. 栽培条件

品種：オイラセ(水口部分；全面積の38%)・トワダ

(残りの部分)

苗代様式：保温折衷苗代

移植期：6月8〜9日

栽植様式：24cm×12cm (23株/m²)

施肥量：標準

4. 観測要素と測器

年次	観測要素	観測時刻	使用測器	観測点位置
1958	流入水温	13~14時	水銀棒状温度計	第1図A
	水田水温	"	"	"
	減水深	"	M型ノギス	"
1959	流入水温(最高,最低)	9時	{ 鉄管入ルサフオード型最高温度計 " 最低温度計	第1図B
	水田水温(最高,最低)	"	{ "	"
	流入量(日量)	"	3インチ・バーシャルフリューム自記流量計	"

3. 結果と考察

1. 流入量と生育収量補正

流入量を測定した結果、第1表に示すように対照区は平均25.9mm/dayだけ多量にかんがいきられており、冷水被害を大きくしているものと考えられる。

第1表. 平均流入水量(VI.15~VII.8平均)
Table 1. Average amounts of irrigation
(from June 15 to July 8)

区 Plots	面積 Area	流入水量 Amounts of irrigation	
対照区 Control	m ² 1,454	m ³ /day 115,504	mm/day 79.4
チューブ区 Tube plot	1,564	83,728	53.5

したがって単位面積当り所要水量が等しくなるように流入量補正をしなければ両区の生育収量を比較することができない。今、対照区の所要水量もチューブ区と同じ53.5mm/dayであるとみなすと、対照区は実際のかんがい面積よりΔAだけ余分の面積をかんがいたと考えてさしつかえない。すなわち対照区の流入量及び実際のかんがい面積をそれぞれq_c及びA_c、チューブ区のそれをq_p及びA_pとすると

$$\frac{q_c}{A_c + \Delta A} = \frac{q_p}{A_p} \dots\dots\dots(1)$$

上式に第1表の値を代入すると

$$\Delta A = 705 m^2 \dots\dots\dots(2)$$

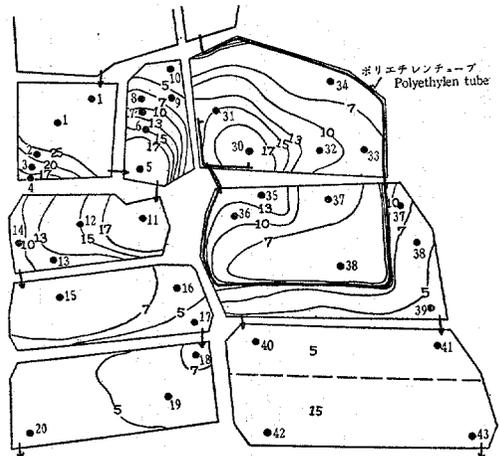
となる。したがって対照区のかんがい面積は2,159m²に相当し、ΔAの部分は冷水被害をうけない面積である。以下この稿の生育・収量調査の結果はすべてこの流量補

正をした値を掲げてある。

2. 水稻の生育・収量

水稻の冷水による影響を判定する一手段として出穂期の分布を調べた。その結果を第2図に示す。冷水の影響のない平衡水温区域のトワダは8月15日にいっせいに出穂期に達した。

両区の同一期日の未出穂面積を各々の区のかんがい面積に対する比率で比較すると、第2表のように、8月13



第2図. 出穂期の分布と収量調査点

注：等値線の数字は8月の日付、黒点及び肩の数字は収量調査点及び番号を示す。

Fig. 2. Distributions of heading date and sampling positions for the growth and yield estimation. Numbers on the equivalent line, black points and added numerals show respectively date of August, sampling positions for yield estimation and its numbers.

日にチューブ区の5.1%が出穂期に達していないのた
いし、対照区は8.9%でその差3.8%、8月20日にはチ
ューブ区が全部出穂期に達したのたいたし、対照区の2.6
%は出穂しておらず収穫皆無となった。なお8月7日の
未出穂期面積を比較すると、対照区の方がわずかに少な
くなっている。これはチューブを高水温域にまわし、チ
ューブ周囲の水温を低下させたことによるもので当然の
結果といえる。

第2表. 水稻の未出穂期面積比率

(オイラセ)

Table 2. Rate of non-heading area
(Var.: Oirase)

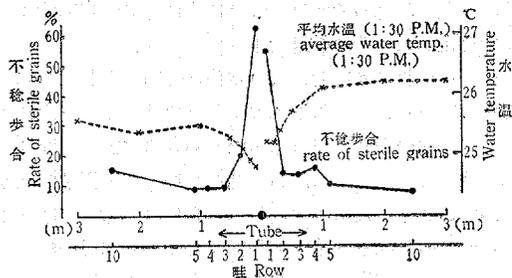
期	日	対 照 区	チ ュ ー ブ 区
Date		Control	Tube plot
VIII	7	15.1	17.5
"	10	10.1	9.6
"	13	8.9	5.1
"	17	4.3	1.3
"	20	2.6	0

第3表. 収 穫 物 調 査 結 果

Table 3. Yields and several characters of harvested rice plants

区 Plots	品 種 Varieties	調 査 番 号 Sampling No.	稈 長	穂 長	穂 数	ワラ重	全 重	不稔歩合	精 粒 重	総玄米重
			Length of plants	Length of ears	Number of ears per hill	Weight of straw	Total top weight	Rate of sterile grains	Weight of perfect grains	Weight of hulled grains
			cm	cm		g/hill	g/hill	%	kg/a	kg/a
対 照 区 Control	オ イ ラ セ Oirase	1	46.4	12.9	9	17.6	19.3	99.9	0.0	0.0
		2	58.9	13.3	10	22.3	25.0	91.0	1.4	1.2
		3	66.1	13.3	9	23.2	27.4	83.0	4.2	3.2
		4	67.1	14.8	11	16.9	28.6	30.5	24.0	19.2
		5	61.7	13.1	9	21.4	25.3	82.1	3.7	3.0
		6	72.5	15.0	11	15.4	27.9	26.5	25.6	20.8
		7	69.4	15.4	12	13.0	27.0	17.3	29.1	23.6
		8	70.9	16.3	12	12.1	28.9	8.7	34.7	28.0
		9	74.8	17.3	12	12.6	30.4	8.8	37.9	30.7
		10	78.2	17.5	11	14.1	33.8	6.4	40.9	33.3
		11	63.0	13.4	10	13.6	22.8	43.2	17.6	14.3
		12	67.5	14.5	11	13.3	26.5	17.6	27.7	21.9
		13	74.0	15.4	13	15.8	32.7	19.6	36.5	29.6
		14	62.5	16.2	13	16.2	37.1	10.8	44.1	35.8
		15	77.8	16.3	15	17.4	39.8	15.1	47.5	34.9
		16	69.1	16.1	13	12.9	31.0	7.6	38.4	30.7
		17	74.2	15.5	13	15.1	34.3	9.6	40.7	33.0
		18	71.3	16.3	13	13.8	31.4	6.7	37.7	31.2
		19	70.9	16.0	12	13.0	29.2	7.4	35.1	28.4
		20	78.4	16.7	13	16.5	38.0	6.6	45.3	36.7
トワダ Towada	21	75.4	16.6	12	22.3	48.7	14.4	56.4	44.1	
	22	79.8	16.2	13	21.9	47.5	18.3	55.4	45.7	
	23	75.3	15.5	11	23.4	47.8	9.3	52.7	43.7	
	24	78.8	15.9	14	24.4	52.8	11.5	61.9	51.3	
	25	81.1	16.1	15	27.6	58.7	18.3	68.8	55.4	
	26	75.6	15.6	13	23.4	47.7	10.1	54.5	34.7	
	27	79.5	16.5	14	22.4	48.8	19.7	55.7	45.0	
	28	80.5	16.5	15	26.7	56.9	23.4	63.1	51.5	
	29	82.8	16.1	13	25.4	52.5	18.5	57.8	47.1	
チ ュ ー ブ 区 Tube plot	オ イ ラ セ Oirase	30	69.1	16.0	11	17.6	27.7	43.6	19.4	15.7
		31	76.1	16.5	14	14.2	33.9	22.9	40.7	33.3
		32	71.4	16.6	12	16.8	33.2	18.5	33.3	27.3
		33	74.6	16.9	12	13.3	31.8	17.6	40.7	32.6
		34	72.7	17.5	12	13.4	31.9	13.4	39.0	31.9
		35	79.9	16.7	17	20.3	41.4	30.1	42.7	31.0
		36	72.4	16.1	15	17.6	36.5	26.0	37.7	31.0
		37	78.9	17.5	15	23.4	47.2	14.4	50.8	40.9
		38	73.8	16.2	14	15.3	36.0	10.1	41.7	35.8
		39	78.7	17.3	14	19.1	42.4	15.4	48.5	40.2
		40	84.9	17.3	16	19.1	42.5	18.7	48.7	39.3
41	73.9	16.2	13	14.8	33.9	9.1	42.3	32.8		
トワダ Towada	42	78.1	16.8	13	22.8	50.1	18.5	57.5	47.4	
	43	73.3	16.1	11	28.1	53.3	12.6	53.6	42.7	
	44	78.2	16.3	12	23.0	50.7	17.8	58.7	47.6	
	45	75.6	16.7	13	25.0	54.2	14.4	61.9	51.1	
	46	77.2	16.6	12	20.3	48.0	15.3	58.7	46.9	
	47	75.5	16.6	12	25.1	50.9	9.2	55.0	46.7	
	48	80.4	16.8	14	30.1	62.4	15.6	69.1	35.2	
	49	79.5	16.1	14	25.8	55.9	10.3	64.4	53.1	

固定したチューブにそって、両側各1畦目は5~6日、2畦目は1~2日の出穂遅延がみられたが、3畦目はほとんど影響をうけていない。その一例として不稔歩合の分布を第3図に示す。ただし測定位置はP2水田のほぼ中央、チューブ入口から45m附近であり、入口に近いほどチューブから離れた方に被害が及ぶことが想像される。



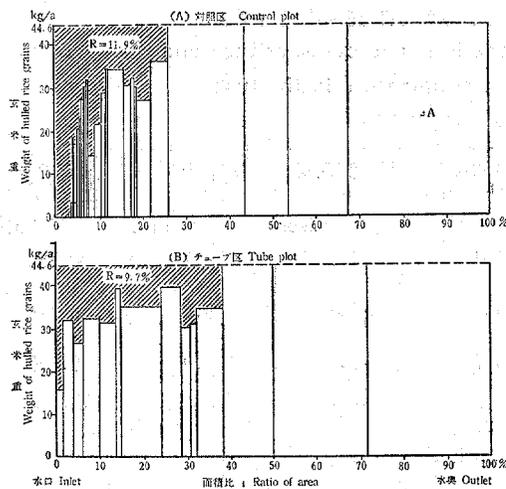
第3図. チューブ両側の水温と不稔歩合の分布

Fig. 3. Distributions of water temperature and the rates of sterile grains on both sides of Polyethylen tube

出穂期の分布から第2図の●印の地点で刈取りを行い分解調査をした。その結果を第3表に示す。対照区の水口が収穫皆無なのにたいしチューブ区はかなり稔実しており、生育量に格段の差がみられる。

3. 冷水被害率

両区の収量差を判定するには、同一水口からの全かんがい面積について冷水被害率を算出して比較するのが最も適当である。



第4図 収量分布と冷水被害率

Fig.4. Distributions of rice yields and the ratio of cold water damage

一般に冷水被害率Rは次式で表わされる。

$$R = \frac{Y_e - Y}{Y_e} \dots\dots\dots (3)$$

ここに $Y_e = \bar{y}_e A = \bar{y}_e \sum_i a_i \dots\dots\dots$ 総平衡収量

$Y = \sum_i y_i a_i \dots\dots\dots$ 総実収量

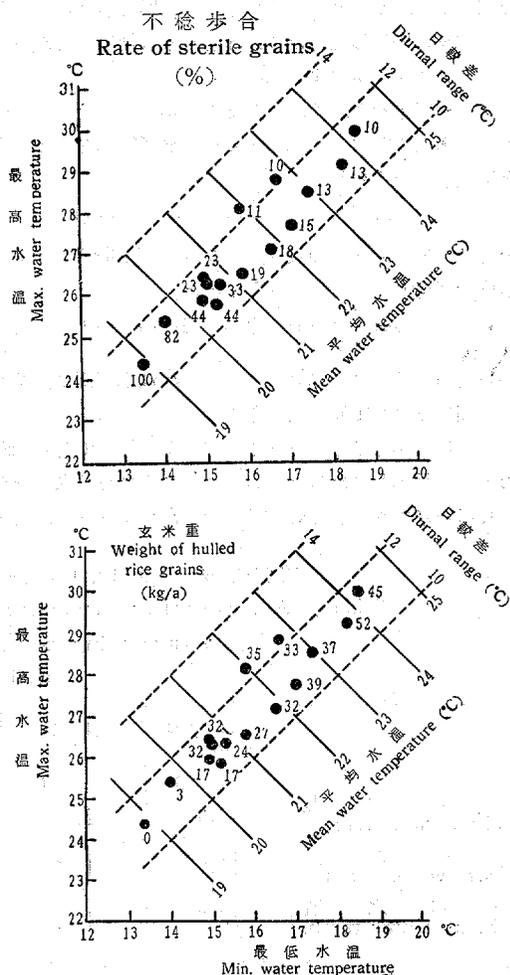
$A = \sum_i a_i \dots\dots\dots$ 全面積

\bar{y}_e : 単位面積当り平衡収量

y_i : 出穂期 i 日の単位面積当り平均実収量

a_i : 出穂期 i 日の占める面積

第4図の収量分布から、冷水被害をうけていないトワ



第5図. 平均水温 (VI.16~VIII.7) と不稔歩合 (A) 及び玄米重 (B) との関係

Fig.5. Relation between average water temperatures from June 16 to August 7 and the rates of sterile grains (A) or the weight of rice grains (B)

ダの平均収量44.6kg/aを平衡収量として冷水被害率を求めると、チューブ区は9.7%で対照区の11.9%よりも2.2%少ない(対照区の収穫率88.1%を100とすると、チューブ区は102.5となる)。

4. 水温と稔実

6月16日～8月7日の間(活着～出穂期間に相当)の平均水温と稔実及び収量との関係を示すと、第5図にみられるように、オイラセでは平均最高水温28°C、最低水温16°C、平均水温22°Cを境としてそれ以上ではほとんど被害がなく、それ以下になるとだいに不稔歩合が高まり収量が低下してゆく。また平均水温20°C以下になると不稔歩合は80%以上となり、ほとんど収穫皆無となる。

5. チューブによる水温上昇

チューブ中を流れる水の温度上昇率 γ は、チューブ出入口の水温差を $\Delta\theta$ 、水のチューブ通過時間を τ とすると次式から求められる。

$$\gamma = \frac{\Delta\theta}{\tau} \dots\dots\dots(4)$$

一方、 τ はチューブの長さ L 、チューブの断面積 A_t 、単位時間当り流入水量を q とすると

$$\tau = \frac{LA_t}{q} = \frac{L}{Ad} \cdot A_t \cdot t \dots\dots(5)$$

からえられる。ここに $q = \frac{Ad}{t}$ 、 A は水田面積、 d は t 時間当りの水田減水深である。

6月16日から7月7日までの観測値を使ってその期間の平均上昇率を求めると、第4表のように最高水温で平均0.256°C/min.、最低水温で0.126°C/min.である。

6. 水温

出穂期の分布はおおむね水温の分布と一致する。しかしチューブ区のようにチューブ出口の位置を変えた場合には、平均された水温分布にしたがって出穂期が分布されるので、各時期毎の水温分布とは一致しない。チューブ区の水田水温の分布は出口の位置により一定の型があると考えられたので各位置ごとに1回、最高水温時に分布を測定した。その結果を第6図に示す。

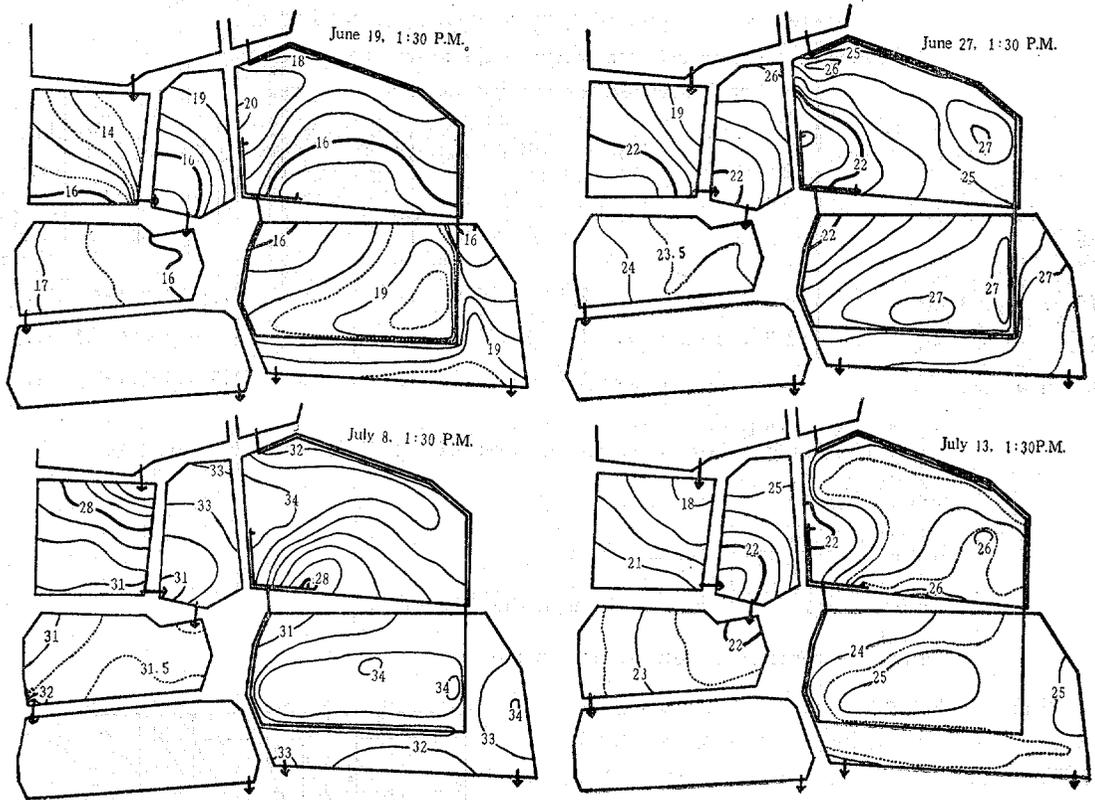
チューブ出口の方向により水温の分布はそれぞれ特徴をもっている。出口附近にはかなりの低水温域を生じているが、他の期間に出口にあたる部分の水温はかなり高温を示しており、かんがい期間を平均すると極端な低温域がないことになる。すなわち6月16日から8月7日までの両区の各測点(第1図A参照)の平均水温(第5表)から、チューブ出口と水温の差を求めると第6表のようになり、チューブ出入口の平均水温差が最高水温で3.3°C、最低水温で1.3°Cにたいし、チューブ出口に当る各点の水温との差は4地点を平均するとそれぞれ5.4°C・2.4°Cであり、チューブ出口変更によってチューブによる水温上昇値に匹敵する2.1°C・1.1°Cの昇温をえている。これらを第5図からえられた障害水温と比べると、第6表にみられるようにチューブを変更しない場合はなお最高水温で4.0°C、最低水温で2.1°C不足するが、出口変更によりそれぞれ1.9°C・1.0°Cに短縮しており、チューブ出口変更の重要性を示している。

第4表. チューブ出入口水温と平均水温上昇率 (VI.16～VII.7平均)

Table 4. Average water temperatures at the inlet and outlet of tube and the average rising rate of water temperature in the tube (from June 16 to July 7)

	入口水温 θ_1 °C	出口水温 θ_2 °C	出入口水温差 $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$ °C	平均流入量 q ℓ/sec	流下時間 τ min.	平均水温 上昇率 $\gamma = \Delta\theta/\tau$ °C/min.
最 高 水 温 Max. water temp.	19.8	21.9	2.1	1.2	8.2	0.256
最 低 水 温 Min. water temp.	11.7	12.9	1.2	1.1	9.5	0.126
平 均 水 温 Mean water temp.	15.7	17.2	1.5	1.2	7.9	0.190

- θ_1 : Water temperature at the inlet
- θ_2 : Water temperature at the outlet
- $\Delta\theta$: Daily range
- q : Amount of irrigation
- τ : Passing time of water through the tube
- γ : Rising rate of water temperature



第6図. チューブ出口の位置をかえた場合の水温分布の例
 Fig. 6. An example of distribution of water temperatures for each tube exit at day time

第5表. 6月16日～8月7日平均水温(°C)
 Table 5. The average water temperatures from 16th June to 7th August 1959

区分 Division 測点番号 Measur. No. 要素 Element	用水 Irrigated water	対照区 Control				チューブ区 Tube plot										チューブ出 Tube exit	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		15
最高水温 Max. water temp.	20.7	24.4	25.4	28.1	28.8	30.0	26.4	26.3	25.8	25.9	26.3	26.5	27.1	27.7	28.5	29.2	24.0
最低水温 Min. water temp.	12.6	13.4	14.0	15.8	16.6	18.5	14.9	15.0	15.2	14.9	15.3	15.8	16.5	17.0	17.4	18.2	13.9
平均水温 Mean water temp.	16.7	18.9	19.7	22.0	22.7	24.3	20.7	20.7	20.5	20.4	20.8	21.2	21.8	22.4	23.0	23.7	19.0

7. 1958年の結果

調査結果のうち冷水被害率についてみると、対照区の5.5%にたいしチューブ区は3.0%でその差は2.5%であった。この年は農家で田植した後に試験圃を決定したので、この方法にたいする理想的品種の配列ができなかった。したがって品種の適正な配列によりチューブ区の被害率はこの結果よりなお少なくすることができる。

'58年及び'59年の冷水被害軽減の効果はほぼ等しく、数値的には'58年の方がややまさっているが(有意性はわからない)、使用したチューブの長さが'59年の4.5m/aにたいし'58年は7.7m/aを要し、経済的に不利でありまた取扱いも不便で、'58年の方法は実用に供しえないようである。

8. チューブの長さの決定

第6表. チューブ出口水温と障害水温との関係
Table 6. Relation between water temperature of the tube and critical water temperature inducing damage

要素 Element	区分 Division 測点番号 Measur. No.	チューブによる水温上昇値* (°C) $\theta_t - \theta_0$					チューブ出口各位置の水温上昇値* (°C) $\theta_p - \theta_0$					チューブ出口位置水温と障害水温との差 (°C) $\theta_p - \theta_c$						
		チューブ出口各位置の水温上昇値* (°C) $\theta_p - \theta_0$					チューブ出口水温と障害水温との差 (°C) $\theta_t - \theta_c$					チューブ出口位置水温と障害水温との差 (°C) $\theta_p - \theta_c$						
		7	8	9	10	7~10平均	7	8	9	10	7~10平均	7	8	9	10	7~10平均		
最高水温 Max. water temp.		3.3	5.7	5.6	5.1	5.2	5.4	2.4	2.3	1.8	1.9	2.1	-4.0	-1.4	-1.7	-2.2	-2.1	-1.9
最低水温 Min. water temp.		1.3	2.3	2.4	2.6	2.3	2.4	1.0	1.1	1.3	1.0	1.1	-2.1	-1.1	-1.0	-0.8	-1.1	-1.0
平均水温 Mean water temp.		2.3	4.0	4.0	3.8	3.7	3.9	1.7	1.7	1.5	1.4	1.6	-3.0	-1.3	-1.3	-1.5	-1.6	-1.4

* : 1959年6月16日~8月7日の平均
Average rising value of water temperatures from 16th June to 7th Aug., 1959

- θ_0 : かんがい水温
Irrigated water temperature
- θ_t : チューブ出口水温
Water temperature at the tube exit
- θ_p : チューブ出口各位置の水温
Water temperature at each position of the tube exit
- θ_c : 障害水温
Critical temperature of cold water damage

冷水被害を少なくするために、チューブの長さをいくらにすべきかということは簡単にはいえないが、この試験結果及び各地で行われた結果から、チューブの水温上昇率は最高水温時でだいたい0.25°C/minとみられる。

今、ある期間の平均障害限界水温を θ_c 、流入水温を θ_0 とすると、障害を全く起さないチューブの長さは、チューブ中の水の通過時間を τ_c とすると、(4)式より

$$\tau_c = \frac{\theta_c - \theta_0}{\gamma} \dots\dots\dots (6)$$

となる。しかし前述のようにチューブ出口の変更により $\Delta\theta$ だけ水温上昇が期待できるので、実際に障害を起さない水の通過時間 τ_c は

$$\tau_c = \frac{(\theta_c - \Delta\theta) - \theta_0}{\gamma} \dots\dots\dots (7)$$

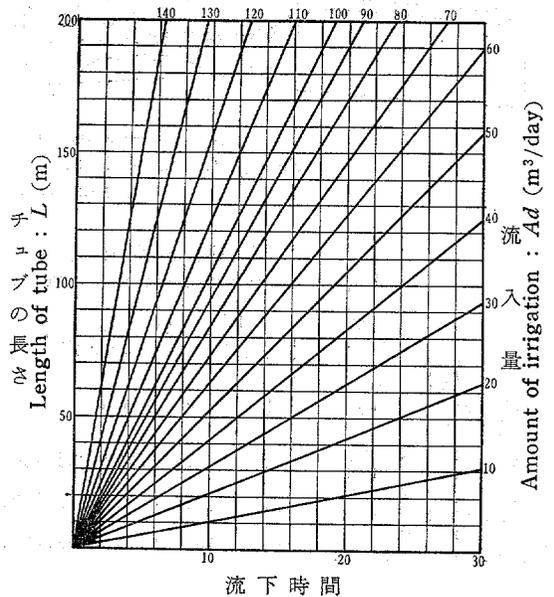
である。 τ_c を維持するに必要なチューブの長さ L_c は(5)式より

$$L_c = \frac{\tau_c q}{A_t} = \frac{\tau_c Ad}{A_t f} \dots\dots\dots (8)$$

(5)式または(8)式からチューブの半径が4.6cmのときの L_c 、 τ_c 、 $Ad (=qt)$ の関係を图示すると第7図のようになり、チューブの長さが簡単に求められる。

9. チューブ使用上の注意

チューブの熱収支がよくわかっていないので最終的結論をのべることはできないが、チューブの受熱が主として日射によるものと、周囲の水田水からの熱伝達による



第7図. チューブの長さとして流入量及び流下時間の関係図 (チューブ半径 ; 4.6cmの場合)

第7図. Relation of the tube length to the irrigated amount in the paddy field and the passing time of water through the tube (Tube radius ; 4.6cm)

Fig. 7. Relation of the tube length to the irrigated amount in the paddy field and the passing time of water through the tube (Tube radius ; 4.6cm)

ものであることは先にのべた。このうち日射による受熱はチューブの配置のしかたでそう変らないであろう。水田水からの熱伝達の機構は複雑であるが、伝達熱量 Q は一般に次式で表わされる¹⁾。

$$Q = \alpha F (\theta_1 - \theta_2) \tau \dots \dots \dots (9)$$

ここに α : 熱伝達率

F : 水田水と接触するチューブの表面積

θ_1 : 水田水温

θ_2 : チューブを流下する水の平均温度

したがって伝達熱量を大きくするためにはなるべく水田内の水温の高い部分にチューブを配置する必要がある、また α を大きくするためチューブ周囲の水が流動していることが望ましい。チューブ出口を変更することの重要性についてはすでにのべたが、できるだけ冷水域が前回のそれと重ならないよう留意すべきことはいまでもない。また(4)、(5)式から明かなように、流入量が増加するとチューブ中の水の通過時間はそれに反比例して少なくなり、上昇値が小さくなるので、流入量はできるだけ少なくなるようにしなければならない。

4. あ と が き

ポリエチレンチューブの実際の効果がこの試験結果から明らかとなったが、チューブの熱収支については今後実験により明らかにし、水温上昇の理論と効率的使用方法を確立したい。また冷水障害温度については一応この試験の結果だけを使用した。椋本氏の実験²⁾・田中氏の水田試験³⁾等の多くの研究があり、今後一般気象・品種等と関連して検討し、水温上昇対策及び冷水被害算定の基礎資料をえたいと考えている。

5. 摘 要

1. 1958, '59両年にわたり15aの水田で試験を行い、主として'59年の結果を検討した。使用したチューブの

長さは70m (4.5m/a, チューブを流下する水の平均通過時間は8分)、1週間ごとにその出口を変更して水温上昇効果を検討するとともに慣行掛越しかんがいと比較した。

2. 冷水被害率は対照区が11.9%、チューブ区が9.7%で、チューブかんがいにより被害は2.2%軽減された。

3. チューブの水温上昇率は6月16日から7月7日までの平均で、最高水温時に0.256°C/min、最低水温時に0.126°C/min、であった。またチューブ出口の変更により出口部分の平均水温はさらに最高水温で2.1°C、最低水温で1.1°C昇温した。

4. オイラセ品種の冷水障害をうけない限界水温は6月16日~8月7日の平均最高水温で28°C、最低水温で16°C、平均水温で22°Cであった。これらと流入水温の差をチューブの受熱だけでうめることは困難で、チューブ出口を変更し冷水域を分散して平均水温を高めることが必要である。

5. チューブによる水温上昇は水のチューブを通過する時間 τ にはほぼ比例し、適当な水温を獲得するに要するチューブの長さ τ と流入水量によってきまることを(7)式及び(8)式または第7図によって示した。

引 用 文 献

- 1) 大賀恵二. 1946. 熱及熱力学通論. アルス. 東京.
- 2) 椋本中衛. 1937. 冷水かんがいの水稻特性に及ぼす影響(5). 農及園. 12(12): 3035~3043.
- 3) 田中 総. 1954. 水稻冷害の実際的研究7. 農業気象9(2): 41~44.
- 4) 日本農業気象学会編. 1955. 水稻冷害の文献的研究. 農林省改良局.
- 5) 戸荻義次・三原義秋・大沼一己. 1959. 用水温の変化が稲の収量に及ぼす影響について. 水温の研究. 3(2): 78~85.

Résumé

In 1958 and 1959, the practical effect of polyethylen tube (its radius ; 4.6 cm, a green coloured, cylindrical tube made of thin polyethylen film) irrigation and relation between the rising effect of water temperature and amount of irrigation were examined by using famer's paddy rice field on the foot of Mt. Iwate, where cold water had been continuously irrigated during summer season.

The results obtained were as follows :

1. Length of tube used for irrigation was 70 m (4.5 m/a : average passing time of water through the tube was about 8 minutes) and the outlet of tube was situated in four different

directions weekly.

2. The rates of damage for rice yield were 11.9% for control cold water irrigation plot and 9.7% for tube irrigation plot. So, the reduction of the rate of damage resulted in 2.2% by using tube.

3. The average rising ratio (γ) of water temperature of tube from rooting to heading was 0.256 °C/min. at the case of maximum water temperature and 0.126 °C/min. at the minimum. When the position of outlet of tube was changed, the average water temperature rose 2.1°C at the case of maximum water temperature and 1.1°C at the minimum and it was effective to disperse and reduce cold water damage at one portion of paddy field.

4. For rice variety, *Oirase*, the critical water temperatures free from cold water damage were respectively 28°C (maximum), 16°C (minimum) and 22°C (mean) ranging from rooting to heading.

5. The suitable length of tube in practical use should be decided by the rising values of water temperature required at that field and the amount of irrigation. When θ_c represents the critical water temperature free from cold water damage, θ_0 the irrigated water temperature and $\Delta\theta$ the rising water temperature in the case of changing position of tube exit, the passing time of water through the tube τ_c necessitating to reach to θ_c is given by the following formula.

$$\tau_c = \frac{(\theta_c - \Delta\theta) - \theta_0}{\gamma}$$

And the tube length (L_c) needed for supporting τ_c is as follow :

$$L_c = \frac{\tau_c q}{A_t} = \frac{\tau_c A d}{A_t t}$$

where $q (= \frac{A d}{t})$ is an amount of irrigation, A_t is a cross section area of tube, A is an area of paddy field, and d is percolation amount in depth.