

スプリンクラーかんがいの多目的 利用施設に関する研究

太 田 頼 敏*

Yoritoshi OHTA

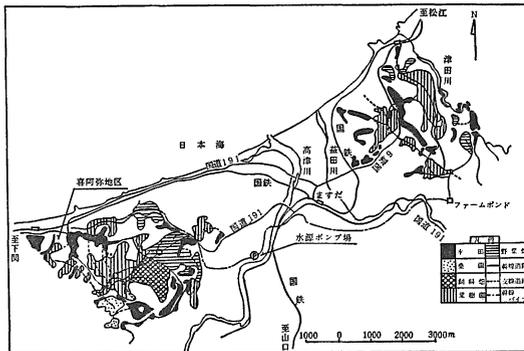
Studies on the Multipurpose Sprinkler Irrigation System.

1. まえがき

このたび機会を得て、国営益田地区畑地かんがい事業の推進基地として設けられた高津工区喜阿弥地区のぶどう園 12.7ha を対象にして、ぶどうに対するかんがいと防除の多目的利用施設が計画されることとなり、筆者は終始この施設計画について検討することが出来た。今後同様の施設の計画・設計・施工を行なう場合の参考になれば幸いであると考え、これを報告するものである。

2. 施設のあらまし

農地造成により造成された 719ha について、ぶどう、野菜、飼料作物、桑等の作物を導入して経営規模の拡大を計り、あわせて農地の基盤を整備し、農業の近代化を進め、特に畑地かんがいと多目的利用施設を完備することにより、豊かな農村社会を建設し、地域農業の開発と発展を計らんとしている。



第1図 益田地区農地開発事業一般計画平面図

* 農業施設工学研究室

なお畑地かんがいと多目的利用施設については、上記の喜阿弥地区にぶどうを主としたモデル圃場を作り、技術と営農の推進基地とする構想である。

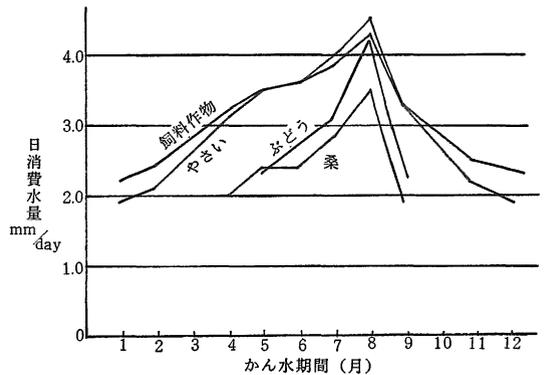
本工事の概要を示す図面を示すと次のとおりである。

モデル圃場は、計画平面図の左端の末端に存在している。

3. かんがい計画諸元

(1) 日消費水量

第2図のとおりである。



第2図 作物別消費水量の変化

(2) TRAM=25.7mm

(3) 計画間断日数=TRAM/作物最大日消費水量
=25.7÷4.5≒5 day

(4) かんがい効率=80%

(5) かんがい時間

かんがい期間のピーク時において、18時間を原則とする。但し、水源である高津川の揚水機場の運転時間は

24hr 通水とし、水源と末端の時間差はファームポンドで調整する。

(6) かんがい強度

かんがい強度は一般に土壤の流亡等を考慮して、傾斜地でベーシックインタークレートの $\frac{1}{2}$ 、平坦地で $\frac{1}{3}$ 程度を目安とするが、「畑地かんがい計画設計基準案」によれば、傾斜地における許容散水強度は次のようになっている。

砂質土：20mm/hr、壤土：10mm/hr、粘質土：7mm/hr

本地区のインタークレートは 40.2mm/hr が最小であり、そのため $40.2 \div 5 = 8\text{mm/hr}$ となるが、この地区の土質条件が重粘土内至壤土であることよりして、10mm/hr 内外として計画する。

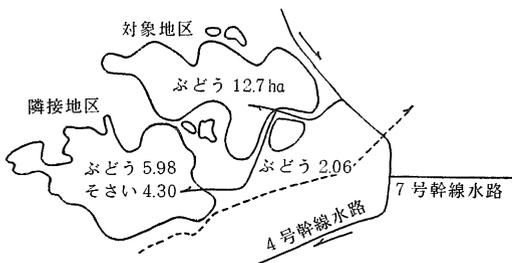
4. モデル圃場の計画概要

(1) かんがいモデル圃場の計画

モデル圃場は、高津工区喜阿弥地区第6団地内(第3図)に位置しており、巨峰、デラウェア、ベリーA等のぶどうが栽培されている。

面積は 12.7ha で、この内、かんがい区(かんがいのみ) 10ha はハウスぶどうであって、電磁弁による自動化が考えられている。また残りの 2.7ha は露地ぶどうであって、防除等の多目的利用の自動化が考えられている。両区とも1圃場の大きさは 60a で、長辺 120m、短辺 50m になっている。

なお、3. で述べたかんがい諸元よりして、かんがい水量は次のように計算される。



第3図 モデル圃場

1回の純かん水量 $V = 4.2 \times 5 = 21\text{mm}$

1回の粗かん水量 $V' = 21.0 \div 0.85 = 24.71\text{mm}$

この地区に適合する散水器容量、 $q(\ell/\text{min})$ は次のようになる。

$$q = \frac{b \times s_1 \times s_2}{60T}$$

b : 1回の粗かん水量 (mm), s_1, s_2 : スプリンクラー支管の間隔とはスプリンクラー間隔、いずれも m,

T : かんがい作動時間 (hr)

かんがい地区の s_1, s_2 は 15m, 12m であるから

$$q = \frac{24.71 \times 15 \times 12}{60 \times 2.85} = 26.01(\ell/\text{min.}) \text{ となる。}$$

この容量に適合し、散水仰角 10° 程度のもので国産器を求めると、K社の30L 5型、ノズル口径 4.4mm \times 2.4mm、散水圧力 $p = 2.5\text{kg/cm}^2$ 、流量 $q = 26.0\ell/\text{min.}$ が最適の器種となる。

この器種について、念のため大学構内で無風時、安来市の砂丘地で有風時の散水実験を行った結果から得た単一散水分布図を基本にして、図解法による各種散水分布効率を求めた結果が次の第1表である。

第1表 重複散水分布成果表

風速 m/sec	無風			有風		
	0	3.62	2.64	2.53		
圧力 kg/cm^2	2.0	2.5	3.0	2.0	2.5	3.0
C_u	86.30	85.65	85.01	75.21	79.59	82.30
E_p	80.57	79.72	80.37	65.32	70.36	67.99
S	1.57	1.55	1.58	2.52	2.14	1.79
V	0.20	0.18	0.18	0.38	0.29	0.22
E_a	79.32	76.71	72.99	55.08	58.94	55.69
A	165.46	194.06	160.65	200.36	145.05	86.44
h_m	7.81	8.50	8.87	8.69	7.40	8.00

上表中、 C_u : 均等係数, E_p : パターン効率, s : 標準偏差, V : 変動係数, E_a : 水適用効率, A : 分布効率, h_m : 受水缶の平均水深 (mm)

第1表より各効率等を検討してみると、無風時の値は相当高い値を示しているが、有風時は予想通り多少低下した値を示している。しかし配管上の経済性から見てほぼ実用上満足できる値と見てよいので、この器種選定に間違いはないと考えた。

次に多目的利用のモデル圃場 2.7ha についての合理的なスプリンクラー配置について検討することにした。

(2) 多目的利用(スプリンクラー防除)モデル圃場の計画

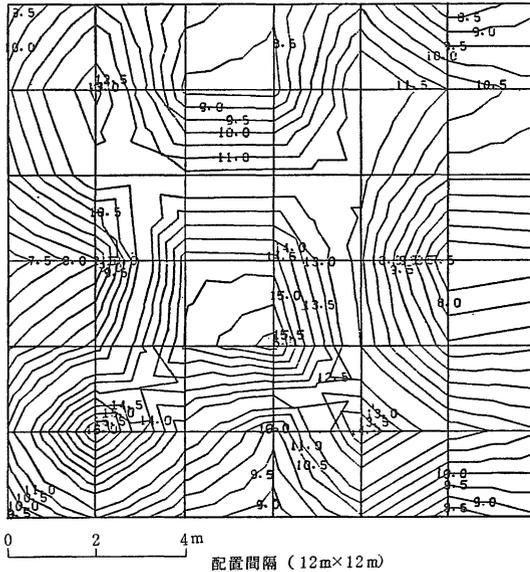
スプリンクラー防除の場合は、無風又はそれに近い場合に実施することよりして、主として大学構内で無風時(早朝 5:00~7:00)に実験を行い、検討を加えた結果、この場合は、かんがいにくらべさらに精度を高める必要がある、ピッチを散布直径の50%以内とする必要がある。この器種では平均値が 27m であることよりして s_1, s_2 、共に 12m を採用することにした。なお 10m, 14m の場合も検討した結果が第2表である。

現地においては、多少の圧力変動が起ることもありうるので、総合判断の結果、配置間隔 12m \times 12mで、設

第2表 散水分布成果表

配置	10m × 10m			12m × 12m			14m × 14m		
	2.0	2.5	3.0	2.0	2.5	3.0	2.0	2.5	3.0
kg/cm ² 庄力	2.0	2.5	3.0	2.0	2.5	3.0	2.0	2.5	3.0
C _u %	85.32	88.35	89.83	84.46	82.64	81.77	88.11	84.63	79.99
E _p %	78.04	79.69	82.86	79.55	76.45	73.01	78.53	78.86	73.62
S	2.24	2.10	2.03	1.92	2.25	2.47	1.11	1.57	2.10
V	0.17	0.15	0.13	0.20	0.21	0.22	0.15	0.19	0.24
E _a %	70.66	71.62	73.34	76.21	73.12	68.36	79.25	78.64	73.85
A	97.80	92.29	120.25	137.84	144.79	153.40	87.84	156.85	134.19
h _m	12.93	14.29	15.56	9.50	10.56	11.43	7.26	8.09	8.69

30L5, V=0.0, P=2.5,



第4図 重複散水分布図

計圧力を 2.5kg/cm² とするのが適当であると思われる。第4図に上記の間隔の場合の重複散水分布図を示す。この図は本学の電算器室のXYプロッターによって描いたものである。

ここで、散水強度 $I = \frac{60 \times q}{s_1 \times s_2} = \frac{60 \times 26.0}{12 \times 12} = 10.8 \text{ mm/hr}$,

1回のかん水時間 $t = \frac{V'}{I} = \frac{24.71}{10.8} = 2.29 \text{ hr}$

(3) 圃場内配管の設計

大区画圃場の標準形状を次の第5図のように、短辺50m、長辺120mとすると、一般の樹枝状配管の場合は10本立の並列となり、1制水弁掛りのスプリンクラー数は20ヶとなる。

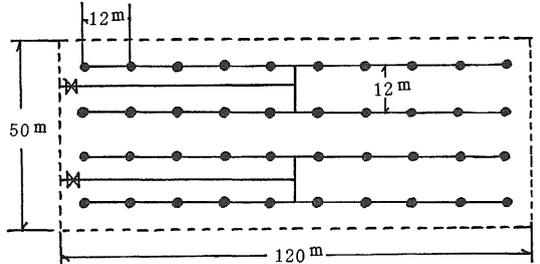
管径決定のために、Scobey 公式を使用し、末端圧力差を10%以内になるように計算すると、単管路に対して65mm φ 24m, 50mm φ 84m となる。

$$\text{計算式 } H_f = F \times \left(\frac{2.59 K_s \left(\frac{4}{\pi} \right)^{1.9} L \cdot Q^{1.9}}{1000 \cdot D^{4.9}} \right)$$

$$\text{但し } F = \frac{1}{m+1} \cdot \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{m-1}}{6N^2}$$

上式中 H_f: 摩擦損失水頭 (m), D: 管径 (m),

Q: 全流量 (N·q)(m³/sec), K_s: スコビー公式中の係数, m: 係数で1.9とする。L: 支管長 (m), N: 散水器数, q: スプリンクラー容量 (m³/sec), さてここで管路中の残液処理が問題となるが、この場合、空気圧追出方式を採用することとして、なるべく残液量の少ない配管方式をとる必要があるので、H型配管を計画し、第5図のように考えた。



第5図 H型配管

以上の配管計画に基づき、残液処理施設に関する諸計算を行うことにする。

$$V = \frac{Q \times \frac{1}{2} \times (1+p_2) \times s}{(1+p_1) - (1+p_2)}$$

上式において、 $s = \frac{2 \times q}{Q \times \frac{1}{2}} \times 1.1 = \frac{q}{Q} \times 4.4$

V: 空気溜め容積 (ℓ), Q: かん水量 (ℓ/min),
 p₁: 貯ぞう圧力 (kg/cm²),
 p₂: 空気放出圧力 (kg/cm²),
 s: 残液処理時間 (min.), q: 残液量 (ℓ)

$$s = \frac{412}{520} \times 4.4 = 3.49 \text{ min.}$$

$$V = \frac{520 \times 0.5 \times (1+2.0) \times 3.49}{(1+7.0) - (1+2.0)} = 544.4 \ell$$

すなわち、1バルブ当たり、3分29秒の残液処理時間を必要とする。

またこのための空気溜容量は最低 544.4ℓ 必要となることが分る。

このことは1ブロック散布時間が次のように約12分間

で終了することとなり、全園5ブロックとして、約1時間で終了できるという驚異的なスピードとなるから、早朝とか夜間の無風時に散布できることとなり、薬液の飛散損失をなくすることが可能であり、ひいては公害防止となり、高い効率の散布が可能となる。

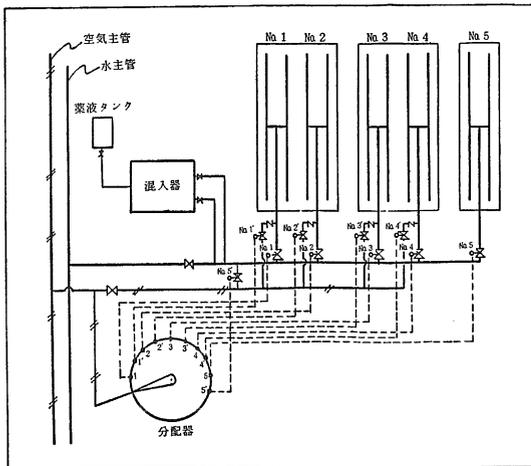
1 ブロックの薬液散布時間	4.62 min
〃 〃 残液処理時間	3.49 〃
〃 〃 薬液供給時間	4.00 〃

1 ブロックの総防除時間 約 12 min
× 5

全園の総防除時間 約 60 min

5. スプリンクラー防除基幹施設の計画

空気圧方式による圃場配管への薬液注入と各ブロックへの遠隔操作について、図示すると第6図のようになる。



第6図 スプリンクラー防除施設図

操作手順について、次に説明する。

- (1) 薬液タンクに一次稀釈液をつくる。
 - (2) 薬液コック、水主弁を開く。
 - (3) 分配器の指針を1.に合わせる。(この時 No. 1の弁が開状態となり、No. 1ブロックで薬液散布が開始される。)
 - (4) 分配器の指針を1'に合わせる。(この時 No. 1の弁が閉じ、No. 1'の弁が開状態となって、空気が送られ、残液処理が行われる。)
- 以上のことを繰り返して No. 1ブロックから No. 5ブロックまで薬液散布と薬液処理が完了する。

6. 混入装置の精度試験

混入装置の精度を試験するために、試薬として液体肥料(住友1号)を使用して、混入試験を実施した。

(1) 予備試験

各濃度(%)に対する電気伝導度(μS/cm)を電気水質計によって求め、濃度—伝導度直線を作成した。

第3表 予備試験結果

原水 (cc)	薬液 (cc)	水温 (°C)	濃度 (%)	電導度 (μS/cm)
1000	0.0	8.8	0.000	65
1000	2.5	8.8	0.025	152
1000	5.0	8.5	0.050	234
1000	7.5	8.5	0.075	315
1000	10.0	8.5	0.100	400

この表から、最小自乗法によって、上記直線を求めると次のようになる。

$$y = 3.0 \times 10^{-4} \cdot x - 0.02$$

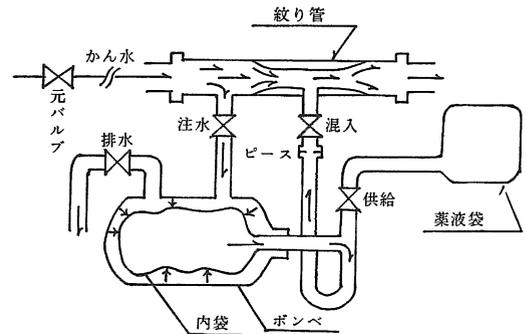
x: 電気伝導度 (μS/cm), y: 濃度 (%)

(2) 本試験

実験装置はスミゼット20型である。(第7図)

これは配管の一部にベンチュリー管を取り付け、水の流量に比例して生じる差を利用するものである。

スプリンクラーからの吐出薬液を各圧力毎に採取して、それぞれの電気伝導度を電気水質計によって測定する。



第7図 混入器構造図

実験には原水に液肥を10%混入し、これを試薬液として使用し、次に0.5%濃度になるようにピースを設定した。これでもって計画濃度は、1:2000(0.05%)となる。精度は次の式によって求めた。

$$\text{精度} = \frac{\text{スプリンクラー採液実測値}}{n \text{ 倍率} \times n \text{ 倍規定値}} \times 100$$

第4表 混入器精度

圧力 (kg/m ²)	電導度 (μS/cm)	水温 (°C)	濃度 (%)	精度 (%)
3.4	168	7.7	0.0315	0.358
3.0	165	7.8	0.0305	0.353
2.5	172	7.8	0.0325	0.368
2.0	172	7.8	0.0325	0.368
1.5	174	7.9	0.0330	0.372

7. 考察

以上述べたように、落葉果樹、とくにぶどうに対してスプリンクラー防除施設については、ノズル噴口角度が 10° の中間圧式スプリンクラー（ノズル口径 $4.4\text{mm} \times 2.4\text{mm}$ ）を使用し、噴射圧力 2.5kg/cm^2 でもって配置 $12\text{m} \times 12\text{m}$ で散布した場合、 C_u 値は無風時は勿論、有風時 (2.6m/s) においてすら充分基準値の 80% を満足していることが分った。

なお、散水強度から見ても 10.8mm/hr と本地区の土性のインタークレートにマッチするものであり、充分かんがいに適するものである。

次に配管配置は、筆者考案のH型配管にすれば、 $50\text{m} \times 120\text{m}$ の大規模圃場における残液処理能力において合理的な管径の決定が可能となり、空気圧押出方式の採用により薬液の100%利用ができることになる。

なお、ベンチュリー管利用の差圧型薬液混入器の精度

は大層高いことが判明したので、これらを総合システムに組込むことにより適切な施設となりうることを確認したものである。

おわりに本研究に対し絶大なる実験協力をしてもらった昭和56年度本学卒業生の溝口英智氏、川口学氏に感謝するとともに、各種の資料を提供してもらった中国四国農政局益田開拓建設事業所の所長山根磯真氏と当時の工事課長西沢彰一氏に対し厚くお礼申し上げる。

参考文献

1. 中国四国農政局益田開拓建設事業所概要書 1978.
2. 益田開拓建設事業畑地かんがい計画についての検討業務報告書 日本農業土木総合研究所 1980, 34-54.
3. 猿渡良一：畑地かんがいハンドブック 畑地農業振興会 東京 1978, P.559-639.

Summary

In this paper, the Multipurpose Sprinkler Irrigation System applying agricultural medicines in a grape orchard is investigated.

At the facilities, the medicines were mixed with water at terminal pipes, and the orchard were sprinkled from the pressure tank. It is possible to operate the system by automatic operation with use of many multipurpose values.

The concentrations of sprinkled fluid were examined by an electric conductance meter to make use of liquid fertilizer as reagent and fluid pressure at the sprinkler nozzle was measured at the same time. Moreover, the appropriate distribution pattern of sprinkled fluid was examined.

From the test, the following results are obtained ;

- 1) In this case of the Multipurpose Sprinkler System, the measured values of the concentration of sprinkled fluid are obtained highly precise.
- 2) The uniformity coefficients of sprinkler distribution are attained 79.6% and 85.6% at the set of sprinkler space of $12\text{m} \times 12\text{m}$, and appropriate pressure are 2.5kg/cm^2 , at sprinkler nozzle.