

スプリンクラーの散水特性に関する研究

—中間圧式標準型の場合—

太 田 頼 敏[※]

Yoritosi Ōta

Studies on the Characteristics of Sprinkler
Distribution Patterns.

—On the Middle Pressure Type Sprinkler—

1 ま え が き

著者がかねてより数十種類のスプリンクラーの開発、改良および現地への適用について数多くの検討を行なって来た。その結果大方の協力を得てその大部分が完成し、国内、外に普及しつつあるが、特に最も汎用性のある中間圧式標準型のスプリンクラーについてはほぼ完成の域に達したといえる。

しかしながら今後一般の畑地かんがい利用するのみならず液肥および薬剤散布を初めとする多目的利用のためにはさらに一層の努力が必要であり、多数の研究者、技術者および営農者の相互協力によるグループ研究体制が必要であり、単なる個人の研究ではその成果が期待できない。今回はスプリンクラーの散水特性をより深く、しかも改良を行なわんとする場合、その方向を明確にするために主ノズル、副ノズルおよび付属オリフィスについてそれぞれを独立に採り上げて分析的な研究を行なった。

このことによりそれぞれのパートが散水分布に対して受持つところの役割を究明し、その性格が明らかとなった。さらに又風のある現実の場での実験によりその各パートが受ける影響を詳細に知ることが出来た。

2 実 験 方 法

2.1 スプリンクラーの性能

口径 4.8×3.2mm, ノズル圧力 2.5kg/cm², 散水量 32.0ℓ/min., 散水直径 28.5m (無風時), 製作会社共立金属工業株式会社

2.2 実験場所および方法

※ 農業施設工学研究室

本学農学部南棟の東側の芝生地に 2m 方眼の座標点を約250カ所設置した。この地点に直径 200mm の受水カンを設置し、30分間の散水を行ない、その散水量を求めることにした。風の観測にはピラム式の風向、風速計を用い、あわせて森式の風向、風速自画器を用いた。

なお気温、湿度、蒸発量の観測を実施し、散水量の補正も行なった。圧力のコントロールは専らバルブの開度調節によって行なった。

散水量より散水深 (mm) に換算し、これを座標点にプロットし等散水線を描き、風の観測によって得たデータをもってウインドローズを描き、紙上に最多風向線を設定し、これをグラフ紙の縦軸として使用することにした。この方法により風との関係は極めて明確に把握できる。

各ノズルの散水特性およびオリフィスの効果を分析的に究明する方法として次の手順により実験を行なった。

実験 1 主・副両ノズル完備の状態で散水実験……これを完全両ノズル散水と称する。記号：M+Sv

実験 2 オリフィスを欠いた副ノズルと取りかえて散水実験……これを不完全両ノズル散水と称する。記号：M+S

実験 3 副ノズルを閉じ主ノズルのみによって散水……これを主ノズル散水と称する。記号：M

実験 4 上記の各実験データより図解法により副ノズルおよびオリフィス単独の散水図が得られるので、これでもってそれぞれの効果が判明する。前者を副ノズル散水、後者をオリフィス散水と称する。記号：前者を Sv, 後者を S とする。

3 無風下の実験結果

3.1 完全ノズルの実験 (M+Sv)

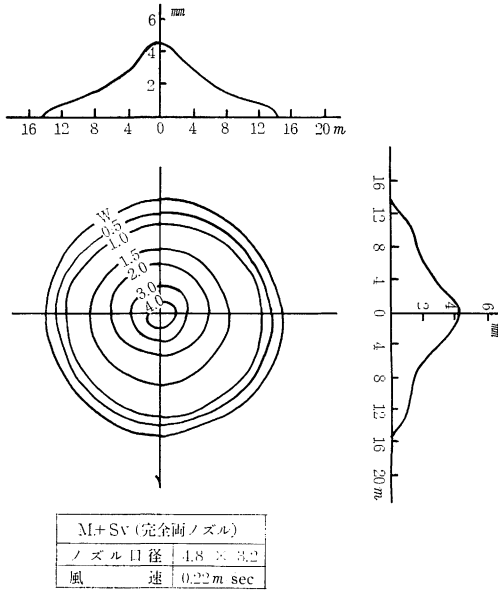


Fig. 1

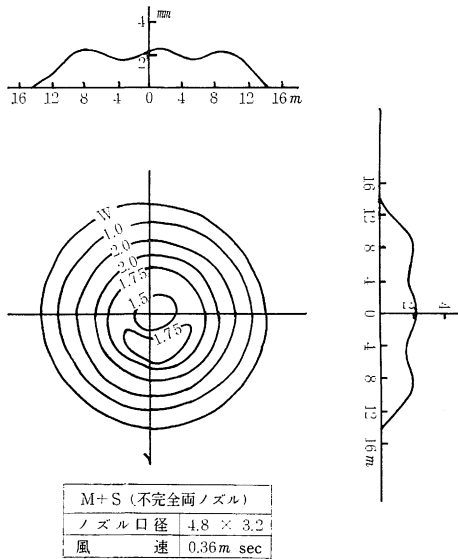


Fig. 2

Fig. 1 に示すように散水図は同心円となり、従ってその断面図は左右対称の三角形となる。とくにこの場合の散水図の中心はスプリンクラーの位置と一致する。

3.2 不完全ノズルの実験 (M+S)

次に Fig. 2 に示したものは副ノズルにオリフィスを用いたものを使用し、同様の実験を行なったものであ

る。

これによると断面図で判明するようにスプリンクラーを中心とした部分と、中心より 8m (半径の約60%) 付近に中心部分とほぼ同高の高散水部が発生している。

3.3 主ノズルのみによる実験 (M)

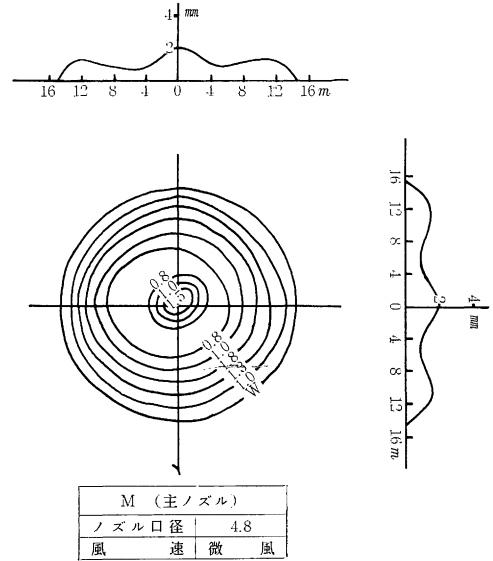


Fig. 3

Fig. 3 に示したものは、副ノズル部分をプラグにより閉じ、主ノズルのみによって散水した場合であり、この結果、3.2の場合の傾向がさらに著しく現われた状態となり、しかも中心部のピーク散水部の水深が低下することである。しかもスプリンクラーよりさらに遠ざかる位置、この場合、12m (半径の約80%) 付近に第2の高散水部が発生している。この場合の散水深はピーク散水部の約65%である。

3.4 副ノズルおよびオリフィスの散水図 (SvおよびS)

既述の図解法により副ノズルおよびオリフィスの散水図を画いた結果が Fig. 4 および Fig. 5 であり、

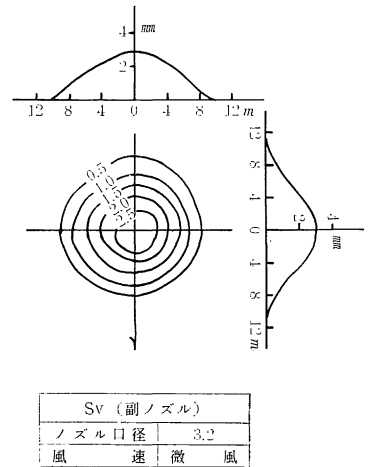
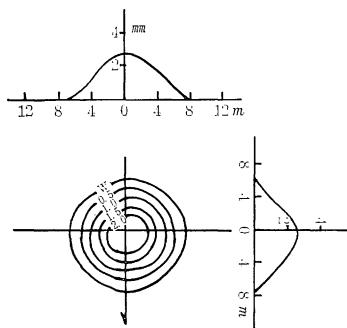


Fig. 4



S (不完全副ノズル)	
ノズル口径	3.2
風速	0.12 m/sec

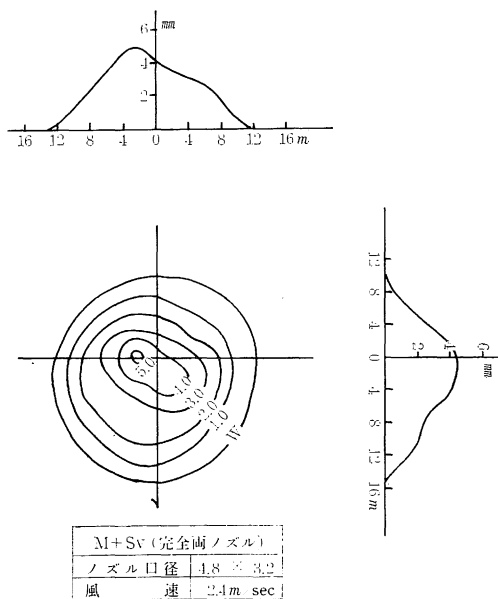
Fig. 5

いずれも散水図は同心円であり、断面図は三角形となる。副ノズルの場合は主ノズル散水の場合と比較し散水直径は70%，中心部の散水深は150%となる。さらにオリフィスの場合は散水図および断面図は副ノズルの場合と相似であるがその範囲は狭小となり、散水直径は70%，中心部の散水深は97%となり、総合的に散水量にして約60%程度に減少する。

4 風の影響試験

実際の散水を現地で実施する場合、必ずといって良いほど風の影響を受けるものである。筆者は各風速段階での実験を行なった。その結果を次に示す。

4.1 完全両ノズルの実験 (M+Sv)



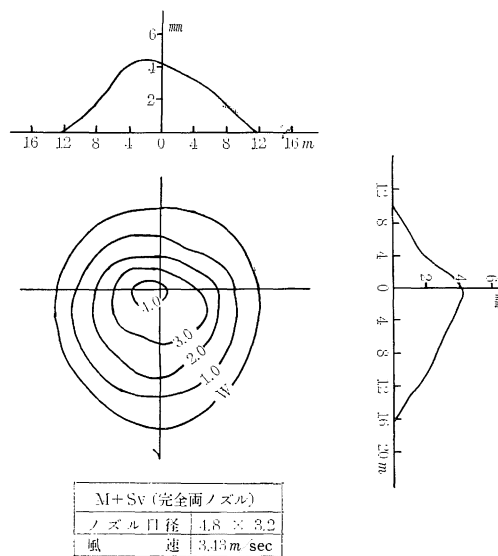
M+Sv (完全両ノズル)	
ノズル口径	4.8 × 3.2
風速	2.4 m/sec

Fig. 6

4.1.1 風速2.42m/sec の場合

Fig. 6 に示すように散水図は同心円であるが、断面図については無風の場合と異なり、またスプリンクラーが右回転のために、最多風向と直角方向ではピーク部分が左方にわずかに移動し、同一方向では下流に移動している。無風時と比べて散水直径は85%，ピーク散水深は98～110%とほとんど変化がない。すなわちこの程度の風速では散水性能にはほとんど差がないと考えてよい。

4.1.2 風速 3.43m/sec の場合



M+Sv (完全両ノズル)	
ノズル口径	4.8 × 3.2
風速	3.43 m/sec

Fig. 7

Fig. 7 に示したが、4.1と同様に散水図および断面図共に余り変化がないといえる。すなわち無風時の場合に対し、散水直径で84%，散水深については変化がない。

4.1.3 風速 5.14m/sec の場合

Fig. 8 に示したが、一般にこのような強風下では実際の圃場での散水は余り実施されないと考えられる。しかしあえて実験を強行した。この場合には散水図および断面図において風による乱れによって相当の変化が認められる。すなわち無風時の場合に比べて散水直径は70%，散水深においては変化がない。しかし風向と平行方向では相当の変化が起りスプリンクラー位置より上流部と下流部の散水半径比が1：3.5となり、著しい流下傾向を示している。

断面図は三角形よりはむしろ頂部が丸味をもったヘルメット型とも称すべきであり、以上の現象から推論して以後の実験は実際的な要望にマッチする風速限界の約3m/sec程度を対象とすることに決めた。

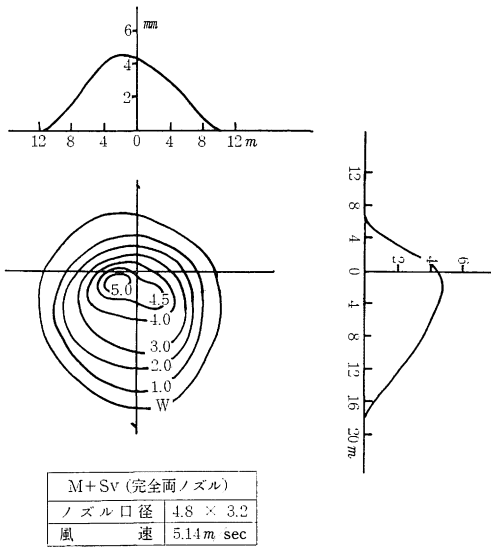


Fig. 8

4.2 不完全両ノズルの実験 (M+S)

この場合は副ノズルにオリフィスを欠いているので、4.1.2の場合と相当に異なり風による乱れが生じてくる。すなわちこの場合は風速については、ほぼ同一と見てよいが散水図に大きな乱れが生じている。

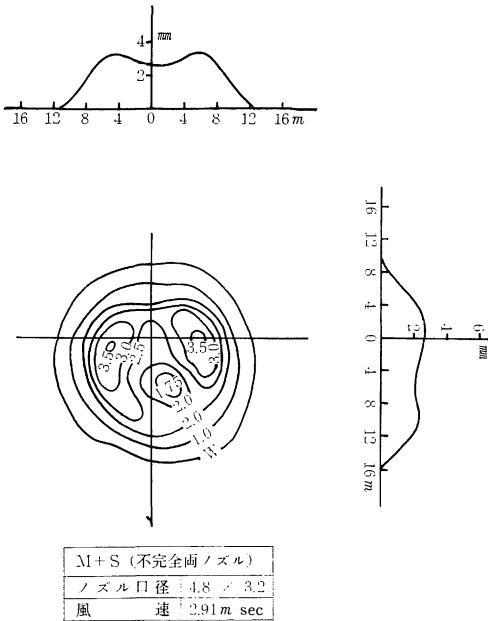


Fig. 9

Fig. 9 に示したように同心円とはならず、したがって断面図において三角形とはならぬ。最多風向と直角方向では中心部が凹部となり、周囲にほぼ対称的に高散水

部が発生する。

また平行方向で見ると、相当下流への流下現象が顕著で、散水半径比で1:1.7となり、この場合副ノズルおよび付属のオリフィスの効果が逆に良く判明する(オリフィスの形状はV形である。)

4.3 主ノズルの実験

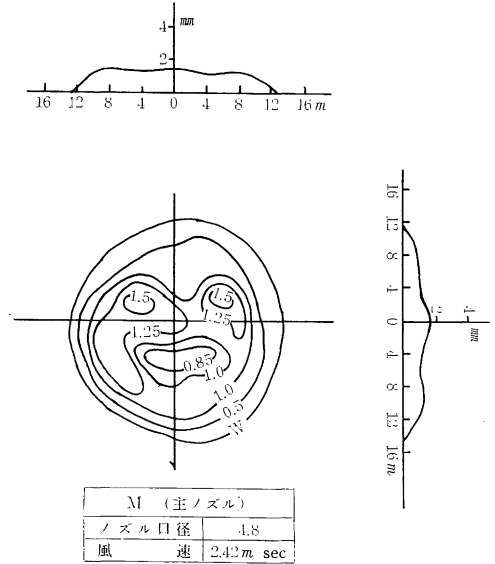


Fig. 10

無風の場合の実験 Fig. 3 と比較していえることは散水図が全く異なり、同心円とはならず相当不規則となり、スプリンクラーの右上方に高散水部が発生することである。

Fig. 10 で示したように断面図としてはほぼ同様の形となり、むしろ無風の場合よりフラット化する傾向すら現われている。無風時に比べて散水直径については直角方向で87%、平行方向で94%となり、最大散水深で75%となる。

ここにおいても副ノズルの欠除が大きな影響力となることがわかる。

4.4 副ノズルおよびオリフィスの散水図型

Fig. 11 の上図は副ノズルのみによって散水した場合を図解法によって得たものであり、風速 2.42m/sec の場合であるが、この図によってわかるように、散水図はスプリンクラーの位置する付近に2つのピーク散水部をもつところのほぼ同心円状の散水分布をなしている。従って散水断面図について見れば、最多風向と直角方向では頂点がやゝ左にかたよった三角形断面となり、平行な方向では完全に二つの山をもつ丘陵形となる。

さらに風速が増加し、3.43m/sec になると、Fig. 11

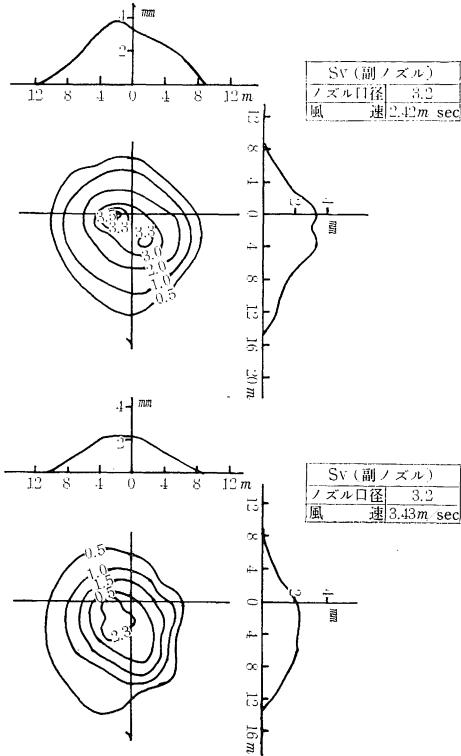


Fig. 11

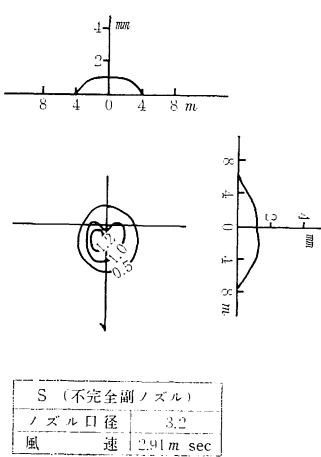


Fig. 12

のように変化する。既に散水図の内部にあった二つのピーク散水部が一つに統一され、やゝ変形した同心円散水となる。したがって散水断面図は平坦化される傾向となり、なだらかな山形断面となる。

次に Fig. 12 に示したものはオリフィスを持たぬ副ノズルであり、風速 2.91m/sec においては極めて小範囲の散水となり、散水直径および散水深とも40%程度と

なる。

5 実験結果の考察

以上の実験結果につき無風の場合および風のある場合につき、特に散水断面図により散水特性を比較し総合判断の資料としたものが Fig. 13, 14, 15 である。

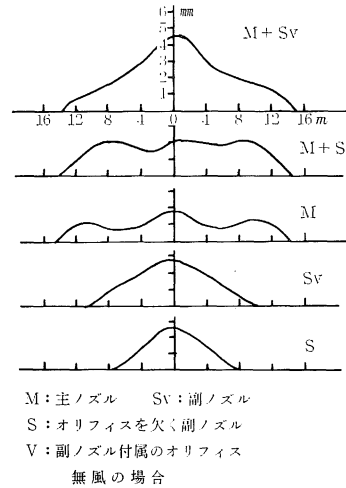
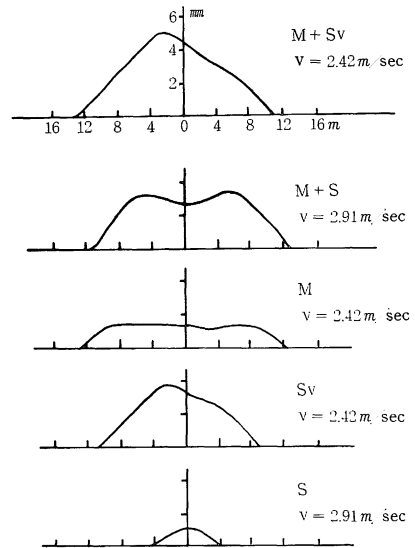


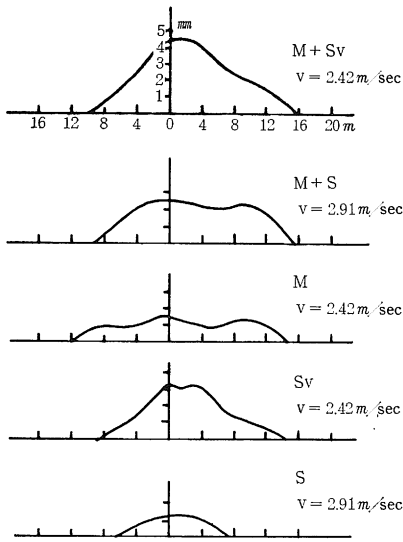
Fig. 13



風のある場合
(風向と直角方向)

Fig. 14

既に述べたように完全両ノズルの場合はほぼ三角形断面であるのに対し、副ノズルのオリフィスを欠いた場合、不規則な山形断面となるが、風力下ではその傾向が



風のある場合
(風向と同一方向)

Fig. 15

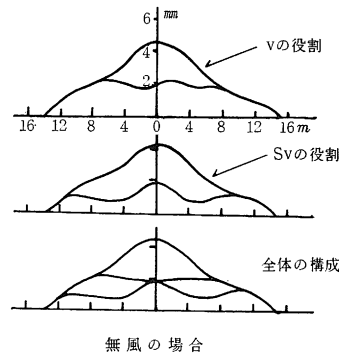
著しくなり、しかも散水範囲が狭くなることがわかる。このことはオリフィスよりの水滴が比較的スプリンクラーの位置に近く落下すること、およびその内の微細な水滴が風により飛散しやすいことを示している。これは特にオリフィスが副ノズルの側面にあり、横方向に散布されることより、最多風向と直角方向でその影響が顕著であり、一方平行な方向では上、下流で逆流と流下作用を多く受けやすいことを示している。

主ノズルのみの散水では無風下では典型的なドーナツ現象が生じている。これに対し風力下ではほとんど平坦な山形となることが注目される。しかしこの場合の散水範囲の変化が余り認められない。このことは主ノズルが回転の動力であり、そのため反動桿付属のスプーンによる衝撃水滴が発生した場合、比較的細滴のものが飛散することにより現出するものと考えられる。

次に副ノズルおよびオリフィスの散水特性は既述のように三角形となり、オリフィスを欠いたものは非常に散水範囲が狭少である。ほとんどピーク散水深に差がないことよりしてオリフィスの役割が顕著であるが、無風の場合に比べて風力下ではその影響は非常に大である。

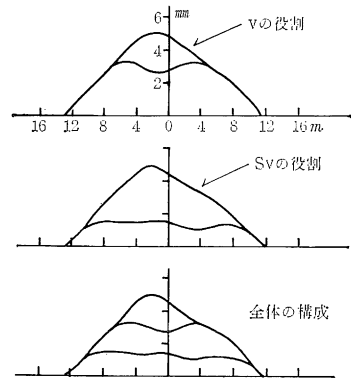
以上の考察を基にしてこれを図解によって示したものが Fig. 16, 17, 18 である。

これらの図はスプリンクラーの副ノズル特に付属のオリフィスの有無によりその基本断面形が不規則形となる過程を明らかにしたものである。無風の場合には、勿論風力下でオリフィスの役割が如何に大きく表われるかが



無風の場合

Fig. 16

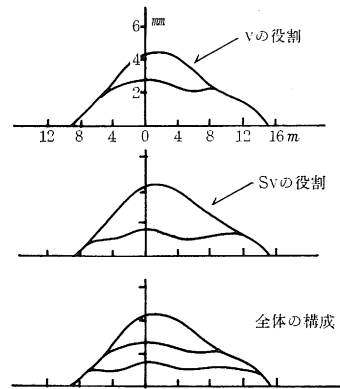


風のある場合

(風向と直角方向)

$v = 2.4 \sim 2.9 \text{ m/sec}$

Fig. 17



風のある場合

(風向と同一方向)

$v = 2.4 \sim 2.9 \text{ m/sec}$

Fig. 18

ここで明らかとなる。

我々は現実の圃場での利用を第一に考えねばならない

ので、多くのスプリンクラーラインによる組合せ散水の場合を想定し、このことを主体にして、散水分布効率の向上、散水時間の短縮等の要求に応ずるためには一応三角形分布を良しとするならば、あくまでも副ノズル、特に付属のオリフィスについてこれを重要視し、これの性能向上について究明することがスプリンクラーの発展への近道であることを痛感したのである。

以上で本文を終えることにするが、筆者はさらに現在開発された噴流交叉型スプリンクラーについても同様の手段で実験を行ない検討しているが、これについては次回に報告する。

終りに本実験のために場所を提供して下さいた大学当局ならびに各種の器材開発に終始努力して下さいた共立金属工業株式会社の技術部各位に厚く御礼申し上げる。

6 む す び

本研究は中間圧式標準型スプリンクラーの散水特性を究明するための実験的研究である。この研究の特色はスプリンクラーの主、副ノズルおよび副ノズルに付属するオリフィスの散水特性をそれぞれ別個に散水実験を行なったことである。

無風時と風力下での実験を行なうことにより、三角形の散水断面を構成するのに大きな役割を演ずるのは、副ノズルおよびオリフィスであることを究明した。

このことよりスプリンクラーの開発にとって最重要なメドが見ついたことを報告するものである。

参 考 文 献

- 1) 杉 二郎：Sprinkler の研究（散水かんがいの基礎問題）part 1, 畑地農業 35, 1960.

- 2) 杉 二郎：Sprinkler の研究（散水かんがいの基礎問題）part 2, 畑地農業 36, 1961.
- 3) 岡村俊一：スプリンクラー散水の理論的考察（I）農土論集, 26, 1968.
- 4) 岡村俊一：スプリンクラー散水の理論的考察（II）農土論集, 26, 1968.
- 5) 岡村俊一：スプリンクラー散水の理論的考察（III）農土論集, 26, 1968.
- 6) 岡村俊一：スプリンクラー散水の理論的考察（IV）農土論集, 28, 1970.
- 7) 岡村俊一：スプリンクラー散水の理論的考察（V）農土論集, 29, 1970.
- 8) 岡村俊一：スプリンクラー散水の理論的考察（VI）農土論集, 29, 1970.
- 9) 岡村俊一：大気中に噴出された微小水滴の挙動 農土論集, 39, 1972.
- 10) 水之江政輝, 長谷部次郎：傾斜地かんがいに於ける散水分布の解析 農土大会, 1969.
- 11) 井上裕雄：香川大学 農学部 学術報告, 14 (2), 1963.
- 12) 近畿農政局計画部技術課：計画基準畑地かんがい調査「粉河・切畑」地区報告書, 1966.
- 13) 和歌山県果樹園芸試験場：昭和46, 47年度果樹試験研究成績, 1972.
- 14) 太田頼敏：スプリンクラー散水における風の影響に関する実験的研究, 1961.
- 15) 大畑昇一, 猿渡良一：Field Irrigation Hand Book, 畑地農業振興会, 1972.

Summary

This paper is the result of experimental study on the characteristics of distribution patterns by a middle pressure type (Standard type) Sprinkler.

The distinction of this study was that it specially experimented on the Sprinkler nozzle at the main, Sub-nozzle, and attach orifices.

All of these experiments were at wind and windless condition.

The author infers from certain measurements that an important part was played by the Sub-nozzle and that its orifice made up a triangular distribution pattern, hence we reduced the prospect of the Sprinkler development.