

19. スプリンクラ等の分類と選定

(基準 3.4.2 関連)

19.1 スプリンクラの分類

スプリンクラは、大別して回転式と非回転式とがあり、回転式スプリンクラは、一般に散布距離が大きく、かつ散布の均等性が優れている。一方、非回転式スプリンクラは、一般に小型であり、低水圧で使用されるため散布距離は小さい。ノズルの構造によって散布形状は円形、方形、蝶形等がある。水圧によって水滴径を変えることもでき、ミストによって空気湿度の調節に用いられることもある。主として施設園芸用ハウス、幼木樹園地等に採用されており、回転式に比べると一般にかんがい強度は大きく、散布の均等性は劣る。

さらに、回転式スプリンクラは、回転機構及び散布範囲（回転角度の範囲）により次のとおり分類できる。

(1) 回転機構による分類

ア. インパクト方式

ノズルからの流水の噴射が反動かんを動かし、スプリング又はカウンターウェイトによる反動の衝撃力によって回転させるものであり、この方式が最も広く採用されている。

イ. 水車方式

スプリンクラ内部の流水中で水車を回転させ、その回転をギヤでスプリンクラの軸に伝え、回転させるものである。

ウ. 羽根車方式

ノズルからの流水の噴射によって羽根車を回転させ、羽根車の軸に取り付けられた歯車とヘッド取付け台の歯車のかみ合わせによって回転させるものである。

エ. ジェット反射方式

ノズルからの噴射水の反動によってスプリンクラを直接回転させるものである。高速回転のため上記三種に比べると散布距離は小さく、樹下散布、小規模散布等にまれに採用されている。

(2) 散布範囲による分類

ア. 全円式

全円式は、一定方向に定速回転して円形状に散布するものである。

イ. 分円式

分円式は回転角度が自由に調節でき、扇状に散布するものであり、散布するほ場外への水の飛散を防止するのに好都合であるため、道路沿いのほ場や隣接ほ場が水管理、肥培管理を異にする場合、あるいは階段畑等でも有効に用いられる。

一般に分円式スプリンクラはかんがい強度が大きいので、ほ場形状が狭小かつ複雑な場合には土壌侵食の点で注意が必要である。

19.2 スプリンクラの設計諸元

現在広く使われている回転式スプリンクラについて、設計上重要な諸元は次のとおりである。

(1) スプリンクラのノズル仰角

水利用の目的、作物の種類、地形条件等によって、おおよその角度を設定する。作物の種類が

同じでも、その高さ等が変化していく過程では、ノズル仰角を変更するよりも、むしろライザーの高さを変えることにより対応する方がよく、散水分布の調節も正確に行うことが可能である。

角度可変型ノズルは、射出口付近で不連続な径の変化があり、渦流が生じやすい。このため、一般的に角度固定型に比べると、散水分布にムラが生ずる場合があり注意を要する。

ただし、角度可変型も大幅に作目を変更する輪作体系をとるほ場や栽培期間中に樹上かんがい、樹下かんがい等かんがい方法の変更を伴う作物の栽培に係るほ場では、有効な場合もある。

水分補給かんがいでは、1個のスプリンクラで可能な限り広い面積に散布するため、ノズル仰角は高いことが望ましいが、樹下かんがいでは低角度とする。栽培管理の合理化では目的によって適正なノズル仰角は異なるが、一般的には比較的低角度である。すなわち、病虫害防除を目的とする場合は水滴を作物葉にできるだけ多く当てる必要があるため 20° 以下がよく、風食防止、潮風害防止、ふん尿、でんぷん廃液等の散布を目的とする場合では風の影響を少なくするため、中間角度の器種が多く用いられる。

ただし、栽培管理の合理化において、あまり極端な低角度のスプリンクラを採用するとスプリンクラの配置密度を高めることになり、施設費の面から不利となるので、現場の諸条件から慎重な配慮が必要である。

上記を角度ごとに区分すると、表-19.1 のとおり 4 つに区分できる。

表-19.1 ノズル仰角と水利用目的

角 度 の 区 分		適 用 例
低角度	10°以下	樹下かんがい
中間角度	(I) 11~16°	茶、ぶどう等の病虫害防除
	(II) 17~22°	みかん、もも等の病虫害防除、風食防止、ふん尿散布
普通角度	23°以上	樹上かんがい、水分補給かんがい

注) 仰角はいずれも主ノズルについて示した。

(2) スプリンクラのノズル口径

ノズル口径に対応して、適正な水圧の範囲があり、それによって吐出水量、散布直径、かんがい強度等が定まるため、ノズル口径を使用目的に対応して区分しておく为好都合である。表-19.2 は、このような観点からスプリンクラ本体の大きさを、S、M、L の 3 段階に考え、M をさらに 2 つに区分して主な使用目的との対応を例示したものである。

(3) スプリンクラの回転時間

一般の補給かんがいにおいては、散布する水量も多いので、回転時間の差によって散布ムラが問題になることはなく、回転時間について基準値を決める必要性は少ない。補給かんがいに用いられるスプリンクラの回転時間はおおむね 1~5 分間の範囲にあり、大型ほど回転時間は長い。

しかし、栽培管理の合理化、特に病虫害防除では、散布時間が極めて短いので、回転時間差により散布ムラが生ずるおそれがあり、20~60 秒の比較的短い時間の範囲が適当である。

表-19.2 使用目的より見た主ノズル口径の区分

区分	主ノズル口径 (mm)	圧力 (MPa)	ノズル流量 (L/min)	散布直径 (m)	主な使用目的の例	
S	~2.9	0.10~0.20	1.5~7.0	~26.0	防霜専用又は軟弱な作物に対する補給かんがい	
	3.0~3.9	0.10~0.25	6.5~18.0	26.0~32.0		
M	MI	4.0~4.9	0.20~0.28	18.0~35.0	補給かんがいと多目的一般	
		5.0~5.9	0.29~0.34	40.0~63.0		
	MII	6.0~7.4	0.29~0.39	70.0~100.0		35.0~38.0
		7.5~9.9	0.38~0.49	90.0~190.0		
L	10.0~19.9	0.39~0.59	120~650	40.0~	粗放作物に対する補給かんがいやふん尿かんがい等	
	20.0~	0.49~0.98	780~2,500			

注) 散布直径は無風で平坦地における概略値（水圧 0.29MPa、ノズル仰角 30°）

19.3 【参考】水利用目的の種類とスプリンクラの選定

(1) 水分補給

通常の畑地かんがいでは、散布距離が大きく、かつ散布の均等性のよいものが要求される。この点からは、回転式スプリンクラが主体となる場合が多く、なかでもインパクト方式が多い。また、比較的平坦な地形で粗放的な条件で栽培される畑作物に対し、より散布距離を伸ばしたいときには、大型の水車方式、羽根車方式等が使われる。

一方、温室、ハウス等では、比較的狭い場所で低圧で散布されるため、非回転式スプリンクラ方式が使われる場合が多い。

(2) 栽培環境の改善

播種や定植期のかんがいや耕起、整地作業を円滑にするためのかんがい等では補給かんがいに準じてスプリンクラを選定すればよい。

(3) 気象災害の防止

ア. 風食の防止

強風下で散布を実施しなければならないので、回転式スプリンクラでも大型のものは、風の影響を受ける欠点がある。したがって、中型のものを使用し、ノズル仰角は普通角度のものよりも低めで中間角度、低角度のものを選定すれば良好な結果が得られる。しかし、角度を極端に低くすれば、単位面積当たりの設置箇所の増大を招くので、風食に対する使用頻度も考慮して適正な器種を選定すべきである。

イ. 凍霜害防止

凍霜害の防止には、水滴をできるだけ細かくして連続的に均一に散布する必要がある。このとき、かんがい強度は補給かんがいの場合を相当下回ってよく、また、無風に近い条件下であるので、風に対する配慮は必要ない。

したがって、補給かんがい施設を活用するならば、まず、かんがい強度の低減ができるよう散布器具の機能を調整する必要がある。回転式スプリンクラで、ノズルが複口の場合は片方のノズルを閉じるのが有効な手段である。また、水滴を細かくするため、散布の均一性を乱さない範囲で、水圧を高めるのも一つの方法である。

凍霜害防止が主要な目的となるときには、小型の回転式スプリンクラ（多くの場合単孔である。）を採用し、微細な水滴を散布する方法をとる。また、非回転式スプリンクラによりミストを発生させて凍霜害防止を行う方法もある。

ウ. 潮風害の防止

強風下で、しかも、作物が危険量に達する塩分を受けてから限られた時間内に散布を行わなければならない。この点から風食防止の散布と条件が類似するので、散布器具の選定もこれにならって行う。

(4) 管理作業の省力化

ア. 液肥の散布

散布器具の選定には、特に制限要素はない。補給かんがいが円滑に実施できる散布特性が保証されていれば十分である。

イ. 病虫害防除、摘果剤の散布

回転式スプリンクラのうち、インパクト方式が主体となる。病虫害防除では散布の均一性が良好であると同時に、直接薬液が作物体に十分に付着する必要がある。したがって、ノズル仰角を、作物の種類によって選定する必要が生ずる。病虫害防除においては、中間角度のうちでもやや低角度のものを使用し、樹高が大きくなり、薬液を付着させ葉層部がある幅を持つ場合には、ややノズル仰角を高めると良好な結果が得られる場合が多い。

このほか、ノズルの仰角の選定において、考慮すべきものに風の影響がある。病虫害防除において、風により散布が乱される強風地帯では、角度も低目のものを採用する方が適切な場合がある。

また、ノズル口径は現在、表-19.2のような8区分が考えられるが病虫害防除を主体とする栽培管理の合理化に使用されるスプリンクラは、主としてMタイプのものである。ここで、ノズル口径は、地形、気象、ほ場整備と作目の集団化条件等を考慮して、適正なものを選定しなければならない。一般に地形が比較的平坦で、風が少なく集団化が行き届いているような条件下ではMIIタイプの採用が可能であるが、急傾斜の強風地帯で、作目が分散し、ほ場の整備が行われていないような条件下ではMIタイプが主体となる。

MIについて見ると、最もよく使われる標準タイプのノズル口径は4.0~4.9mmの範囲にある。なかでも病虫害防除が主体のときには、かんがい強度をできるだけ小さくすることが好ましく、4.0~4.4mmの範囲が選ばれる場合が多い。なお、このような主ノズルに対する副ノズルの適切な組合せは2.4~3.2mmの範囲のものから選定する。

MIIについて見ると、よく使われる標準タイプのノズルの口径は6.0~7.4mmの範囲にある。このうち、6.0mm付近のノズルでは、散布距離の伸びが不良であるので、6.4mm付近のものからノズル口径を選定するとよい。なお、この場合の副ノズルの組合せは、4.4~4.8mmの範囲のものから選定するとよい。

ウ. ふん尿、でんぷん廃液処理

比較的粗放に栽培される作目（牧草等）が対象作物になることが多いので、回転式スプリンクラの中でも大型のものが使われる場合が多い。

また、ふん尿散布の場合、異物でノズルが詰まるのを防止するため、ノズルが金属でなく特殊加工されたゴムを使用する場合もある。

20. スプリンクラの散布特性

(基準 3.4.2 関連)

20.1 スプリンクラの散布図型

(1) 散布特性の調査

スプリンクラは様々な器種が開発、使用されているが、それらの特性を明確にし、目的に応じて適正に選択するため、流量、散水分布等の散布特性を調査することが望ましい。

(2) スプリンクラの散布図型

散布図型の作成は、次の手順で行う。

- ① 1個のスプリンクラを中心にして、2~4m 間隔の方眼状に量水缶を配置
- ② 散布されて量水缶の中に入った水の深さを計測
- ③ ②の水の深さをその地点の散布深とし、等水深曲線を作成

1個のスプリンクラによる散布図型を、図上で縦、横の配置間隔を様々に組合せると図-20.1 のとおりスプリンクラ及び散布管路の間隔による散布効率が得られる。

散布図型は圧力により大きく変わるため、スプリンクラの配置においては適正使用圧力を明らかにすることが重要である。一定形式のスプリンクラには、そのノズルの大きさに応じた適正範囲の圧力がある。この範囲内では、図-20.1 に例示したようにスプリンクラから遠ざかるにしたがって散布量が減少していくような標準散布図型を示すが、この範囲を超えた圧力では、満足な散水分布が得られないのが普通である。すなわち、圧力が過小になると水滴は大きくなり、スプリンクラから少し離れた位置に輪状に落下する傾向を持つ。過大圧力では、微細な水滴がスプリンクラ周辺に集まり、また、風にかく乱されやすくなる。

散布図型が風に大きく影響されることは当然であるが、広範囲の散布に対しては、風の影響を少なくするため、支管の方向を風向と直角になるように計画するとよい。

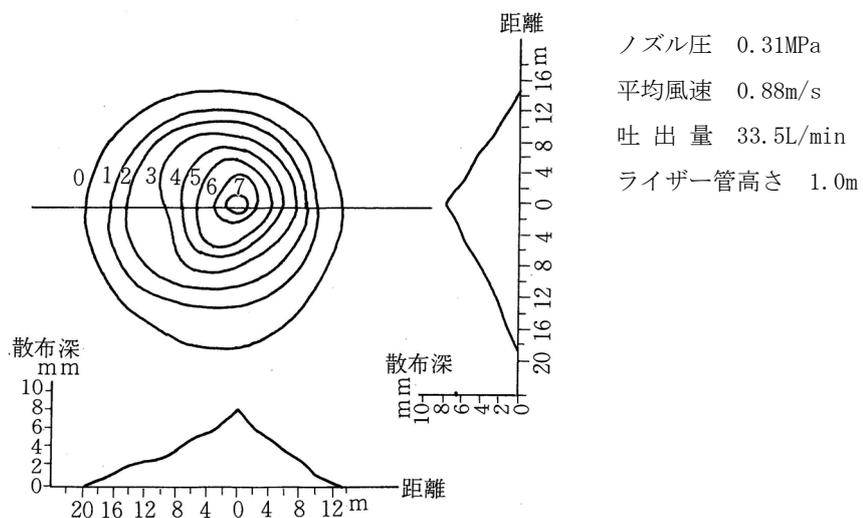


図-20.1 散布図型例

20.2 スプリンクラかんがいの効率

スプリンクラかんがいの損失は、散布水滴の飛散、蒸発、葉面付着によるものと、散水分布の不均一性によるものに分けられる。散水分布の不均一性による損失は散布効率で表され、ほ場内の全部の損失を見込んだものを適用効率という。

(1) 散布効率

スプリンクラと散布ラインの配置が理想的なものであっても、完全に均等な散水分布をさせることは不可能に近く、散水分布にはムラができる。したがって、散布量の少ないところに所要のかんがいを行ったとき、多い所では過剰かんがいとなり、有効土層外への無効浸透損失となる。すなわち、散水分布の不均一性によって損失水量が生ずることになり、これらの関係は次の式(20.1)のように散布効率(E_p)で示される。

$$E_p = \frac{h_m}{h_a} \times 100 \quad (\%) \quad \dots \dots \dots (20.1)$$

ここで、

h_a : 平均散布深 (地表面に到達した水量の平均値)

h_m : 最小散布深 (全測定個数の 25% に相当する個数を測定値の小さい方から集計して求めた平均値)

散布効率は適用効率決定の基礎となるほか、使用器種の選定、配置等の決定根拠ともなる。散布効率は、実際には風速、風向、スプリンクラの配置、傾斜地におけるライザー管の立て方及び地形等によって異なるものであるが、使用器種、配置等の計画については 60% 以上の効率になるようにしなければならない。

しかし、一般には、下層土は比較的湿潤であるので、散布された水は地中浸入後に土壌水分の平衡化作用によって平均化される。また、散布量の不均一性がある程度残っても作物生育には大きな影響はなく、これらの不均一性もおおよそ全容易有効水分量 (TRAM) 以上の降雨によってなくなってしまうこと等が明らかにされている。したがって、適用効率決定の際の散布効率としては、85% 程度としてよい。

なお、おおよその目安としては、散布直径から推察することも可能である。すなわち、補給かんがいのような場合のスプリンクラ及び支管の間隔は散布直径の 0.55~0.60 倍とし、病虫害防除等の場合はこの値が 0.50 程度となる。ただし、かんがい期間中の一定方向の季節風及び傾斜等については十分考慮する。また、病虫害防除のような場合には、薬液の作物体に対する直接の付着状況を調べ、これを参考にするとよい。

散水分布の均等性を評価する方法としては、他にもいろいろ提案されている。式(20.2)に示す均等係数(C_u)は広く用いられており、式(20.3)のように散布効率との換算式も見出されている。

$$C_u = \left(1 - \frac{\sum |h_a - h_d|}{h_a \cdot n} \right) \times 100 \quad \dots \dots \dots (20.2)$$

$$E_p = 1.59C_u - 59 \quad \dots \dots \dots (20.3)$$

ここで、

h_d : 散布深の各測定値

n : 測定個数

また、表-20.1 に配置間隔に及ぼす風の影響を参考に示す。

表-20.1 配置間隔に及ぼす風の影響

平均風速 (m/s)	配置間隔 (散布直径比) (%)
0	65
~2.5	60
2.5~5.0	50
5.0~	30

(2) 適用効率

ノズルから噴射された水滴は、地表面に到達するまでに蒸発飛散、葉面遮断等によって若干の水量が失われるから、これらを損失水量として余分に見込まなければならない。散布効率にこのような損失水量を見込んだものを適用効率 (E_a) といい、次の式 (20.4)、(20.5) のように表す。

$$E_a = E_p - E_r \quad \dots \dots \dots (20.4)$$

$$E_r = \frac{h_r}{h_n} \times 100 \quad \dots \dots \dots (20.5)$$

ここで、

h_r : 葉面遮断、蒸発飛散等による損失水量

h_n : スプリンクラノズルからの吐出水量

E_r : 葉面遮断、蒸発飛散等による損失率

E_r の値は、普通 5% とするから、散布効率を 85% で計画すると、適用効率は 80% となる。なお、平坦地で比較的無風日の多い場所では、さらに、10% 程度高い数値を採用することが望ましい。

20.3 スプリンクラのかんがい強度

(1) かんがい強度

使用するスプリンクラのノズル口径、圧力及び配置間隔が一応決まったら、次の式 (20.6) によりかんがい強度を計算する。

$$h = \frac{60 \cdot Q}{D_n \cdot D_1} \quad \dots \dots \dots (20.6)$$

ここで、

h : かんがい強度 (mm/hr)

Q : スプリンクラ吐出量 (L/min)

D_n : スプリンクラの間隔 (m)

D_1 : 散布支管の間隔 (m)

(2) 許容かんがい強度

補給かんがいにおけるスプリンクラの配置間隔は、かんがい強度が許容限界値を超えないように定めなければならない。

許容かんがい強度は、傾斜地では測定されたベーシックインテークレートの 1/5、平坦地では 1/3 程度を目安とする。

普通の土壌では、ほぼ表-20.2 に示す値を目安とする。

なお、かんがい強度の決定には、傾斜地における土壌侵食や流去による散水分布の不均一化等を防止するため、土壌型、勾配、植生状態等の土地条件を考慮することが大切である。このほかに営農計画上、最も効率的なかんがい作業計画を勘案して、所定の散布が最も都合のよい時間で終わるようなかんがい強度となるように計画する。

表-20.2 許容かんがい強度

土 壤	許容かんがい強度 (mm/hr)	
	平 坦 地	傾 斜 地
砂 質 土	30	20
壤 土	15	10
粘 質 土	10	7

(3) 栽培管理用水としてのかんがい強度

栽培管理の合理化においては、それぞれの水利用の目的に応じて、次のようなかんがい強度が実現されることが望ましい。

- ① 病虫害防除：かんがい強度があまり大きすぎると、短時間で散布が終わることとなり、散布ムラの原因ともなるので 10mm/hr を超えない方がよい。
- ② 凍霜害防止：かんがい強度は小さい方がよい。3mm/hr 前後が一応の目安となるので、補給かんがい用器種では片ノズル運転か、間断散布を試みる必要がある。
- ③ 風食防止、潮風害防止：かんがい強度はむしろ大きめのほうがよい。
- ④ 液肥施用：かんがい強度は特に問題とならない。

(4) ライザー管の立て方

茶の凍霜害防止では、ライザー管の高さは若干高くする程度でよい。一方、みかん等の病虫害防除ではライザー管の高さをあまり高くすると、風の影響も受けやすく、葉裏への薬液の付着も不良となる。そこで、みかん等の病虫害防除では、ライザー角度を考慮してスプリンクラヘッドを樹高より若干低くすることが望ましい。

また、幼植物の段階で生長が続いている場合は、その生長に応じてライザー管の高さを調節する工夫が望ましい。なお、極端に樹高が大きくなるりんご等の病虫害防除の場合にも検討が必要である。

なお、10° 以上の傾斜地ではライザー管の立て角度を調整する必要がある。このときの調節角度は、ライザー管を鉛直方向に対し傾斜度の 1/2 を目安にして谷側に傾けるとよい。

21. スプリンクラかんがいにおける配管方式の決定

(基準 3.4.2 関連)

21.1 配管方式の決定

(1) ほ場内管路の設置方式

管路の移動性によって次のように区分することができる。

ア. 人力移動方式

結合の自由な継目を有するパイプ上にスプリンクラを設置し、散布が終わったらパイプを取り外して、ローテーション計画に従って次の散布ラインまで人力で移動させる。大型スプリンクラの場合には台車にスプリンクラを設置し、給水栓からホース等で導水する。散布が終わったら、台車及びホースを人力で次の散布地点まで移動させる。

イ. 埋設定置方式

埋設管路を全て地中に埋設固定する。

ウ. 地表定置方式

ある作物のかんがい期間の初めに耐圧性ホース、ポリエチレン管、塩化ビニル管等を使用した散布セットを地表に定置し、かんがい期間が終わったら撤去する。

エ. 自走式

スプリンクラを動力で自走又は牽引させて次の散布地点まで移動する。

スプリンクラかんがいの末端組織は、スプリンクラの種類と移動方式の組合せによって定まるが、かんがい作業の省力化、ほ場の区画との関連を考慮するとともに、栽培作物、営農条件等に適応したものを選択することが大切で、そのおおよその目安は表-21.1のとおりである。

従来のスプリンクラかんがい方式は、移動式スプリンクラセットにより一定面積を順次かんがいでいく方法で、最も経済的なシステムであるが移動に労力がかかる。省力化の点では散布管路を固定すればよいが、これには相当の費用を要するので、収益性の高い作物ほ場又は傾斜地の樹園地を除いては経済的に問題となる。また、ほ場内の定置施設は機械作業の障害となることが多い。

高圧のスプリンクラを使用すると、同じ面積のかんがいでは移動回数及びスプリンクラ個数を少なくできるので、かんがい労力を軽減できる。しかし、効率的使用にはある程度の作物団地が形成されることが条件で、使用に当たっては特に集団栽培計画との関連を重視しなければならない。

一般に栽培管理の合理化のための末端施設は、補給かんがいのみを目的とした施設に比べて利用頻度も高い。また、凍霜害等の気象災害の防止を目的とする場合には、一斉散布を行う必要が生じ、特に、病虫害防除は一作業単位の散布が数分間で終了するので、可搬式では作業効率の観点から対応できない。このような理由から栽培管理の合理化の場合、通常、末端管路は定置方式が採用される。

表-21.1 ほ場内管路設置方式

管路設置方式	低圧スプリンクラ	中間圧スプリンクラ	高圧スプリンクラ	特徴
人力移動	・一部の野菜類 (多孔管)	・普通畑、野菜畑 ・最低 10~20a 程度の 作物団地の形成が必要	・普通畑、牧草畑、樹園 地 ・最低 50a 以上の作物 団地の形成が必要 ・ふん尿かんがい用	・10a 当たり器具費は 安い移動に労力を 要する。
埋設置	・高級野菜などの集約 ほ場	・樹園地 ・病虫害防除、施肥	・施肥	・最も省力的である。 ・施設費は高価となる が、ほ場内での営農 作業の障害とならな い。凍結による管破 裂等のトラブルを避 けることができる。
地表設置	・輪作体系をとる高級 野菜等 ・急傾斜樹園地 (多孔 管)	・輪作体系中にかんが い頻度の高い作物が 10~20a 程度の作物 団地を形成している。 ・大型機械が導入され るほ場 ・病虫害防除、施肥等に 利用する場合	・1ha 以上の団地にかん がい頻度の高い作物が 栽培されている場合 ・施肥	・施設費の割に省力化 の程度は大きい。 ・凍結による破損を生じ やすい。 ・機械作業の障害となる こともある。
自走式		・比較的平坦地ではほ場 整備が行われている場 合 ・牧草畑	・牧草畑 ・高度の集団栽培ほ場で ほ場整備が行われてい る場合	・省力的でしかも経済的 である。

21.2 配管型式

配管型式の基本型としては、くし歯型、魚骨型及びフォーク型の3型式がある。

いずれの型式を採用するかについては、末端散布ブロックの規模、形状を考慮して定めなければならない。

それぞれの配管型式を図-21.1に示す。

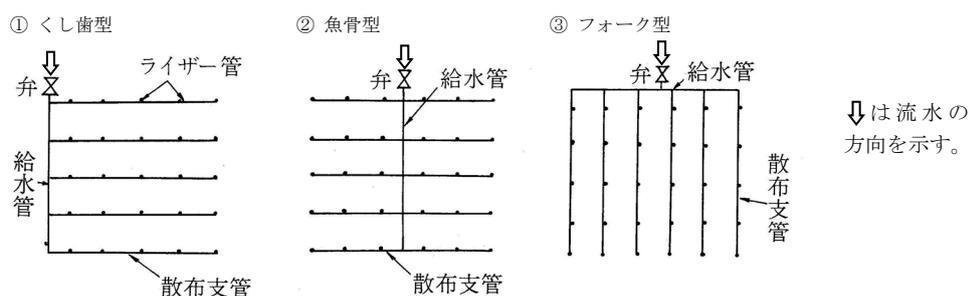


図-21.1 配管型式

魚骨型及びフォーク型の配管型式においては、末端散布ブロックの規模は70a程度まで拡大することができる。また、正方形又は長方形のほ場に適用することができる。長方形のブロックにこれらの配管型式を用いる場合には、散布支管の位置及び方向を適切に定めることによって、散布支管に小口径管の使用を可能とし、10a当たりの工事費を安くすることができる。

また、同時に、管内流速を大きく維持できることになり、各スプリンクラからの吐出時間差を小さくすることができる。このことは、病虫害防除に際して、薬液損失を低減するのに都合がよい。

これに対し、くし歯型での末端散布ブロックの規模は、30a が限界であり、その形状がおよそ、正方形に近いほ場にのみ適している。

同一規模の散布ブロックに対し、上記 3 種類の配管型式の工事費を比較した場合、

魚骨型 ≒ フォーク型 < くし歯型

の関係がある。

このような理由によって、ほ場条件、営農条件から給水管の設置個所に制約がない限り、くし歯型を避け、魚骨型又はフォーク型を用いるべきである。

21.3 自走式スプリンクラの特徴と適用性

諸外国では、平坦な大規模ほ場を対象として省力的な自走式スプリンクラの適用事例が増えている。技術開発の歴史が比較的新しいので今後さらに改善されていくものと思われるが、現時点での代表的なものとして、次の二つのタイプがある。

(1) リールスプリンクラシステム (写真-21.1)

ア. 構造

- ① 本 体: ホース巻取り用の大型リールが、走行用二輪車の台座に取付けられており、ホースを全部巻き取り、スプリンクラを台車ごとにつり上げると二輪車はトラクタで牽引することができる。ホース巻取りの動力には流水エネルギーの一部又はエンジンが用いられ、巻取り速度の調整ができる。
- ② スプリンクラ: スプリンクラが台車に取り付けられホースに接続されている。
- ③ ホース: 一般には直径 25~110mm、長さ 100~300m のフレキシブルホースが用いられる。

イ. 操作

システム本体をトラクタで牽引してほ場の一端に設置し、トラクタによりほ場の他端にスプリンクラを牽引してホースを引き出す。給水栓又はポンプとシステム本体をホースで接続して散布を開始する。

一回当たりかんがい水量とかんがい強度の設定は、スプリンクラノズルの大きさと巻取り速度で調節する。巻取りが終了すると、散布は自動的に停止する。

ウ. 特徴

リールスプリンクラの搬送及びかんがい操作は 1 人で可能であり、かんがい作業が極めて省力的である。ほ場に対して所定の散布量を与え、運転経費を少なくするためには、ノズル流量、ホースサイズ、揚水施設規模相互のバランスをとる必要がある。スプリンクラの走行はほ場形状によりある程度曲線を描いてもよい。走行方向の散水分布の均等性は良好である。直角方向の均等性は若干劣るが、回転式スプリンクラに比べて均等性はかなり高いので、走行間隔は散布幅よりやや小さくする程度でよい。若干の設備を付加することにより、家畜ふん尿散布に用いることもできる。

なお、北海道などの大規模畑作地帯では、ブームタイプのスプリンクラを設置したシステムの導入事例がある。これには、水滴による土跳ねが少なく、作物の損傷が少ないことや培土が破壊されにくいことなどの特徴がある。

エ. 適用性

給水栓密度が極めて小さく、ほ場内に施設を持ち込むことがない。起伏が少なく、30~50a

以上のほ場への適用性が優れている。



写真-21.1 リールスプリンクラシステムの例

(2) センターピボットスプリンクラシステム

ア. 構造

複数個のインパクト型スプリンクラがパイプに取り付けられ、そのパイプは車輪付き移動タワーによって空中に支えられている。タワーは中央の旋回軸（センターピボット）を中心にして電力、ディーゼル又は流水エネルギーを利用してゆっくり回転する。水源は河川やほ場中央部に深井戸を設けることがある。

- | | |
|------------|-----------------|
| ① 支配面積 | 5～100 ha |
| ② 流量 | 200～5,000 L/min |
| ③ 回転速度 | 2～250 hr/回 |
| ④ スプリンクラ水圧 | 0.25～0.64 MPa |

イ. 操作及び特徴

パイプを支えている複数の移動タワーは常に一直線を保ちながら回転するよう自動制御されており、散布量の調節、散布停止等の操作もほとんど自動化されている。このため、人手は故障の修理及び監視に要するのみである。

回転速度を変えることにより散布量の調節ができるほか、肥料や農薬を精度よく散布することもできる。散布範囲は円形となるため、ほ場の四隅の土地には農場施設、貯蔵所等が設けられることがある。なお、四隅の散布も可能にするため、コーナーピボットを取り付けたものもあり、現在のシステムは土地の起伏に対しても支障が少なくなっている。

ウ. 適用性

アメリカでは約 50 年前に開発されており、当時は立地条件が厳しいため、かんがい効率や労力の面で地表かんがいや可搬式スプリンクラを適用することが困難な地域で用いられてきた。その後、改善が続けられ、ヨーロッパ、中東等にも導入が拡大している。我が国でも前項で示したリールスプリンクラシステムより更に大規模かつ省力的なシステムとして牧草畑等への適用が考えられる。

22. スプリンクラ及び管路の設計と管材

(基準 3.4.2 関連)

22.1 スプリンクラの設計

スプリンクラの設計は、営農条件、対象作物、地形、土壌等の諸条件を考慮して次の順序で行う。

- ① 対象作物、使用目的、地形等を考慮して、使用するスプリンクラのタイプを決定する。
- ② 散布効率が 60%以上となるような散布支管の間隔、スプリンクラの間隔を決定する。
- ③ 1 回のほ場かんがい水量 = (1 回の純かんがい水量 / 適用効率) を求める。
- ④ 決定したスプリンクラと散布支管の配置からかんがい強度を求める。かんがい強度が許容限界値以上の場合にはスプリンクラの配置とともに使用器種の再検討を行う。
- ⑤ 1 回の実かんがい時間 (T_0) を定める。

$$T_0 = \text{ほ場かんがい水量} / \text{かんがい強度}$$

- ⑥ 1 回のかんがい作業時間は、1 回の実かんがい時間 (T_0) に移動又は切換え時間を見込んだものであるが、移動時間のかんがい方式によって相当異なるので、現地の実情に即して定めるようにする。散布セットの 1 日当たりの移動回数は、

$$1 \text{ 日の作業時間} / (1 \text{ 回の実かんがい時間} + 1 \text{ 回の移動時間})$$

で求められる。1 日の作業時間は、普通はピークで概ね 16~20 時間とする (したがって、ピーク時以外ではこれを下回る。また、現地の実状によって異なる場合がある。)。自動化された固定式の場合は、24 時間かんがいを計画してもよい。

- ⑦ スプリンクラの容量の決定

スプリンクラの容量は次の式 (22.1) で算出する。

$$q = \frac{E_1 \cdot D_n \cdot D_l}{60 \cdot T_0} \dots \dots \dots (22.1)$$

ここで、

q : スプリンクラの容量 (L / min)

E_1 : ほ場かんがい水量 (mm)

D_n : スプリンクラの間隔 (m)

D_l : 散布支管の間隔 (m)

T_0 : 1 回の実かんがい時間 (hr)

- ⑧ かんがい組織全体の散布量の決定

組織全体の必要散布量は組織容量とよばれ、次の式 (22.2) で算出する。

$$Q = 166.7 \frac{A \cdot E_1}{F \cdot T} \dots \dots \dots (22.2)$$

ここで、

Q : 組織容量 (L / min)

A : かんがい面積 (ha)

E_1 : ほ場かんがい水量 (mm)

F : 間断日数 (day)

T : 1 日の実かんがい時間 (hr)

⑨ 同時に運転すべきスプリンクラの数 (N) の決定

同時に運転すべきスプリンクラの数は、次の式 (22.3) で算出する。

$$N = \frac{Q}{q} \dots \dots \dots (22.3)$$

ここで、

q : スプリンクラの容量 (L/min)

N : 同時に運転すべきスプリンクラの数

畑地かんがいではかんがい面積をブロック割してかんがいを行うが、その各ブロックの面積が均等であり、また、1日のかんがい回数が等しい場合には前記の計算でよい。しかし、実際には、各種の条件により、ブロックの面積を均等に分割できない場合が多いので、スプリンクラの個数は、ブロックごとに積上げ計算する必要がある。

⑩ 同時に運転するスプリンクラの総数が決定されたほ場区画に合わせて標準的な散布セットの管の長さや管上のスプリンクラの数を決定する。

22.2 散布管路の設計

スプリンクラかんがいにおける散布管路の設計では、管路上の最大圧力点におけるスプリンクラの散布量と最小圧力点における散布量の比は、1.1以下とする。

① 管路中の水の流れには、常に摩擦による水頭の損失が伴う。摩擦損失は主として管の内面の粗度、管径及び流速によって定まるものである。散布管路の水圧は、噴射孔が等間隔に取り付けられた多くの流出孔を有する管内の水の流れとして、それぞれの区分ごとに分けて逐次計算していく方法で求められる。散布管路における摩擦損失は管中の水の流れによって変わるが、水の流れはスプリンクラの散布量に比例し、スプリンクラの散布量は水圧の平方根に比例する。すなわち、次の式 (22.4) で表せる。

$$q_a = K\sqrt{P} \dots \dots \dots (22.4)$$

ここで、

q_a : スプリンクラの散布量 (L/min)

P : スプリンクラにおける水圧 (MPa)

K : スプリンクラの噴射孔の形状に関する定数

② 散布管路における水圧は摩擦損失のために変化するので、各スプリンクラの散布量は同一ではなく、皆異なった値を示す。しかしながら、全てのスプリンクラの散布量は、管路中のその位置における水圧の平方根に比例する。すなわち、次の式 (22.5) で表せる。

$$\frac{q_x}{q_0} = \sqrt{\frac{p_x}{p_0}} \dots \dots \dots (22.5)$$

ここで、

q_x : 水圧 p_x である任意のスプリンクラの散布量 (L/min)

q_0 : 水圧 p_0 である管路末端のスプリンクラの散布量 (L/min)

③ 水圧の差が小さい場合には近似的に次の式 (22.6) が成り立つ。

$$\frac{q_x - q_0}{q_0} \doteq \frac{1}{2} \left[\frac{p_x - p_0}{p_0} \right] \dots \dots \dots (22.6)$$

また、各スプリンクラからの吐出流量の変動幅は10%、圧力変動幅は20%までが許されるので、かなり小口径の管の使用が可能である。

管径の選択と組合せを行う際には、給水管としては内径50~200mmの管、散布管では内径25~50mmの管を市販管から選び、適当に組み合わせて用いることを一応の目安とする。

22.5 配管勾配

散布管の配管を上り勾配とするか、水平方向とするか、下り勾配とするかにより、選択される管径に大きな差異を生ずる。上り勾配として配管すれば、位置のエネルギーに逆らって水を押し上げるため、管径は水平又は下り勾配の場合に比べてかなり大きくなる。一方、下り勾配の場合は、水の輸送に位置のエネルギーを活用できるので、管径を相当に絞ることが可能である。散布管（管径50mm以下）の末端が開放されている場合は、管内流速は10.0m/sまでを許容することができるものとして、管径を選択する（実際の条件下での流速は5.0m/s以内で収まる場合が多い）。したがって、病虫害防除の計画においては、急勾配では上り勾配の配管で管内残液を再利用する方式よりも（急傾斜の上り勾配ではボタ落ち現象により完全回収できないときがある）、下り勾配の配管として、管内残液をできるだけ少なくしておき、病虫害防除実施後のほ場内に散布して処置した方が建設費、維持費よりみて安価な場合がある。

ある地区の設計例によると、水平勾配の配管の場合に比べて、上り勾配（1/16）のときは、塩化ビニル管重量で約30%増、管内残液量で約40%増であった。反対に下り勾配の配管（5/16）のときは、管重量で約22%減、管内残液量で約40%減となった。また、上り勾配の配管の方が、下り勾配の配管に比べて、調圧弁の使用個数が多い傾向となった。

このように、散布管の勾配は、管径すなわち配管の材料費や管内残液量を左右する大きな因子であるため、地形やほ場の状況、病虫害防除作業との関連を慎重に配慮して決定すべきである。

なお、管内の許容平均流速については、土地改良事業計画設計基準 設計「パイプライン」では、水撃圧（ウォーターハンマ）等に対して安全性を確保するため、水理ユニット内の流速の平均値の限界は原則として2.0m/s以内と規定しているが、スプリンクラかんがいにおける散布管路においては、上述のとおり末端が開放されている場合は、水撃圧の発生の危険がないことから10.0m/sまでを許容できるものとしている。

22.6 栽培管理の合理化（病虫害防除）のための利用と管路設計

スプリンクラ利用による病虫害防除のための管路設計においては、管路内の農薬を有効に使うため、次のような工夫が必要である。

(1) 時間差と散布剤の損失

スプリンクラノズルからの薬剤散布の時間差は、散布ムラの原因になるとともに、薬液損失を引き起こすため、過大とならないように設計するべきである。

薬剤散布の時間差は、末端ブロックのレイアウト及び配管設計によって、微妙に変化する。したがって、末端配管の設計においては、特にきめ細かい配慮を必要とする。

- ① 一般のスプリンクラによる病虫害防除では、5分間程度散布されるのが普通であるから、2割を散布損失の限界とすると、1分の時間差が設計の限界となる。
- ② 急傾斜地では、低位部でのスプリンクラから散布が始まり、終了も低位部スプリンクラが最も遅くなるため、特にその周辺に過大な薬液量が投下されるおそれがある。

- ③ 散布時間差 T (min) は、管総容積を V (L)、薬液置換時の配水システムからの薬液供給量を Q^* (L) とすると、次の式 (22.10) によっておおよその値を算出することができる。

$$T = f \cdot (V/Q^*) \quad (\text{min}) \dots \dots \dots (22.10)$$

ここで、 f は、薬液置換時にスプリンクラから無効に散布される薬液の比率を表す係数である。

管内が最初空であるときには、

$$f \doteq 1.25$$

水で充満されているときには、

$$f \doteq 1.50$$

とおくことができる。

(2) 管路内薬液損失

末端管路の設計に当たっては、管路内に残留する薬液量はできる限り小さくするように、常に留意しなければならない。

残留薬液は、可能な限り回収して再利用することが望ましいが、回収施設の導入に当たっては施設費用、耐用年数、ランニングコスト、さらに、回収薬液の実際の散布作業の難易、その施設により期待できる効用等についても十分検討する必要がある。

地形勾配があるときには、散布管を上り勾配とするよりも、下り勾配とすると、管路内に残留する薬液量を相当に減少させることができる。

- ① 従来のスプリンクラ散布では、全散布量の 2 割程度が末端管路内での損失として見積られるのが普通であるが、配管設計を適切に行うと、例えば 50a の散布ブロックでは約 80L/10a 程度にすることが可能である。かんがいを目的として設計された組織では、かなり大きいのが普通である。
- ② 末端配管総体積で残液損失量を見積もることができるが、おおよその総容量 V (L) は次の式 (22.11) によって算出することができる。

$$V = \frac{5,000 \cdot A_u^2}{D_n \cdot F} \quad (\text{L}) \dots \dots \dots (22.11)$$

ここで、

D_n : スプリンクラ間隔 (m)

A_u : 散布ブロック面積 (ha)

F : 管路分岐係数

管路分岐係数 F は、散布ブロック内のスプリンクラ総数 N を、給水栓から順に数えて最も遠いスプリンクラの番号 M で除した値として、次の式 (22.12) のように定義される。

$$F = \frac{N}{M} \dots \dots \dots (22.12)$$

この F は、フォーク型の配管形式 (図-22.1) では、 F 列の散布支管からなることを意味し、 F と M とで散布ブロックの形状を表す。

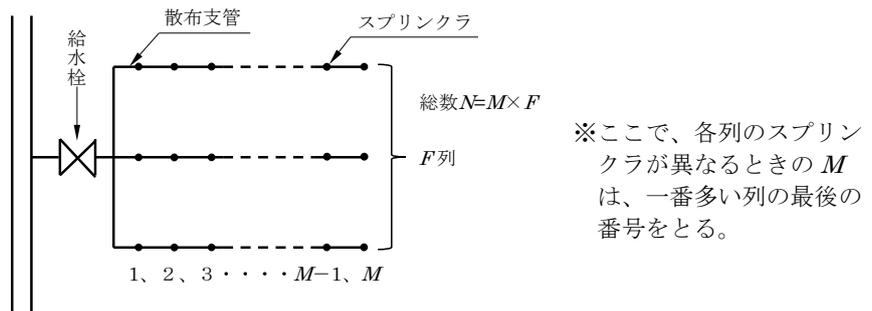


図-22.1 管路分岐係数の説明図（フォーク型の等価配管の例）

- ③ 残液の回収あるいはその有効化については種々の方式が考案されている。いずれもかなりの追加的投資を要する上に、散布作業の複雑化をもたらし、あるいは保守管理に多大な労力と費用を要することが多い。したがって、その導入及び方式の選定に当たっては、全体からみたバランスに配慮を要する。
- ④ 散布剤の損失と残液損失の合計損失は、次の式 (22.13) で算出できる。

$$(f-1) \cdot Q^* \cdot T + V = \{f \cdot (f-1) + 1\} \cdot V \quad \dots \dots \dots (22.13)$$

空気置換では管総体積 (V) の 1.3 倍、水置換では 1.8 倍程度が目安となる。

- ⑤ 以上のことから分かるように、管総体積を小さくすれば、散布損失及び残液損失を小さくすることができるため、与えられた条件の中でできる限り管の体積、すなわち管径を小さくするよう心掛けるべきである。
 なお、管総体積はブロック面積、ヘッドの型、スプリンクラ間隔、かんがい強度、ブロックの形状等、末端システムのレイアウトに際して決定すべき事項と深い関係を持っている。

22.7 参考

図-22.2 に示すような、500m×400m (20ha) のほ場を例にして補給かんがい計画の策定手法を述べる。

- ① 1 回のかんがい水量を 30mm、間断日数 (F) を 6 日とする。
- ② 適用効率を 85% とするとほ場のかんがい水量 (E₁) は 30/0.85=35mm となる。
- ③ 実かんがい時間 (T) を 18 時間とし、管の移動 5 回とすると、1 回の実かんがい時間 (T₀) は 3.6 時間となる。
- ④ スプリンクラの間隔 (D_n) 及び支管間隔 (D₁) をそれぞれ 14m として、式 (22.1) よりスプリンクラの容量 (q) を求める。

$$q = \frac{E_1 \cdot D_n \cdot D_1}{60 \cdot T_0} = \frac{35 \times 14 \times 14}{60 \times 3.6} \cong 31.8 \quad (\text{L/min})$$

スプリンクラのうち、このような散布量を持ち、圧力の適当なものをカタログから探すと、ノズル口径 4.8×3.2mm、使用圧 0.25MPa、散布量 32.0L/min、かんがい強度 9.8mm/hr が見い出せる。

- ⑤ ローテーションブロックの決め方は、いろいろな考え方がある。ここでは、現在最も多く行われている、支線単位を 1 ローテーションブロックとする方法を採用する。すなわち、図-22.2 のように幹線を中心に 6 つのブロックに分けることにする。

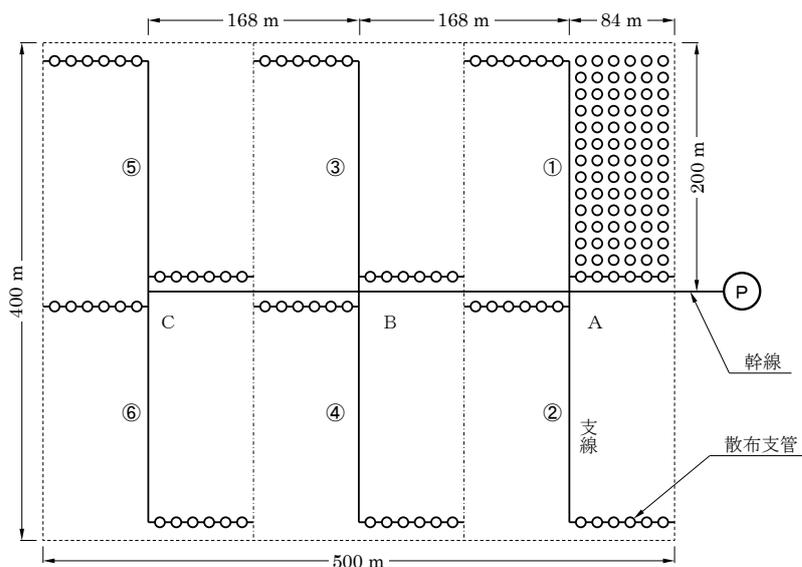


図-22.2 配管設計例

- ⑥ 幹・支線の配置は、地形及び営農条件を考慮して定められるが、まず幹線の位置は、比較的高い部分で、対象地区をなるべく平均的に支配するような所に求める。支線は同じく、1ローテーションブロックを平均に支配する位置に定める。この例の場合には、図-22.1 に示す位置に幹線と支線①～⑥号を配置するものとする。
- ⑦ 図-22.1 から明らかなように各ブロックとも 6 本立ての散布支管にすると、全地区をほぼ平均に支配できることになる。
- 各ブロックとも散布支管の総数は 28 個であるから、1 日 5 回移動、6 日間断とすると、各ブロックでは、6 本立 1 セットの散布支管があればよいことになる。したがって、1 回のかんがいに使用するスプリンクラの数は 6 ブロック×6 個/ブロック=36 個である。
- ⑧ かんがい組織容量 (Q) は、式 (22.2) より次のとおり算出される。

$$Q = 166.7 \frac{A \cdot E_1}{F \cdot T} = 166.7 \frac{20 \times 35}{6 \times 18} \doteq 1,081 \quad (\text{L/min})$$

ここで、

A : かんがい面積 (ha)

これは、どのような計画の下でも、地区全体として必要な散布量であるが、実際には、1 回のかんがいに使用するスプリンクラ数により、 $32.0\text{L/min/個} \times 36 \text{ 個} = 1,152\text{L/min}$ の散布が行われる計画である。ただし、この両者の計算値の差が非常に大きいときには、過大計画であるので計画をやり直す必要がある。この場合には、散布器種、作業時間、散布支管の配置の 3 つが主な修正対象となる。

- ⑨ ①～⑥号までの支線パイプの管径を定めるため、各々長さ 189m で最大流量 202L/min ($32\text{L/min/個} \times 6 \text{ 個} / (1 - 0.05)$) としてあらかじめ摩擦損失を計算しておく必要がある (ただし、0.05 は搬送損失率)。

ここでは次の 3 種類について行った。

管径	65mm の場合	0.04MPa
管径	75mm の場合	0.02MPa

管径 100mm の場合 0.004MPa

- ⑩ 散布支管を 50mm パイプとすると、摩擦損失は 0.03MPa となる。
- ⑪ ポンプに一番近いスプリンクラと一番遠いスプリンクラにかかる圧力の差異を 2 割以内に抑えるためには、この間の損失水頭は 0.05MPa (使用圧 0.25MPa×0.2) 以内でなければならない。

したがって、支線パイプに 65mm 管は使用できない。また、75mm 管を使用する場合には幹線 A～C 間の損失を 0.01MPa、同じく 100mm 管を使用する場合には 0.02MPa 以内にしなければならない。

ポンプ～A 点 流量 1,152L/min 距離 83m

A～B 点 流量 768L/min 距離 168m

B～C 点 流量 384L/min 距離 168m

上記のような条件で各種管径別パイプの損失水頭計算を行うと、表-22.1 のとおりとなる。

表-22.1 損失水頭 (MPa)

管径 (mm)	100	125	150	200	250
A～B 点	0.005	0.016	0.007	0.002	0.0005
B～C 点	0.013	0.005	0.002	0.0004	

以上の計算から、支線パイプに 75mm 管を使用する場合には、幹線パイプは 200mm (AB 間) と 125mm (BC 間)、同じく 100mm 管を使用する場合には、150mm (AB 間) と 100mm (BC 間) でよいことになる。これらのいずれを採用するかは、工事費の安い方とする。

- ⑫ A 点からポンプまでの距離とパイプの管径を定めれば、ポンプ位置までの全損失水頭が分かるため、所要流量、全揚程を考え合わせて揚水機的设计を行う。

参考文献

- 農林水産省農村振興局整備部設計課：土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「パイプライン」(2009)

23. マイクロかんがい

(基準 3.4.2 関連)

23.1 散布支管の配置方式

(1) マイクロエミッターかんがいに対する配置方式

マイクロエミッターを用いる場合の散布支管の基本的な配置方式には、**図-23.1** に示すものがある。エミッターの配置間隔は、一般には野菜類のような条植栽培作物には湿潤域が帯状分布となるよう、果樹やスイカのような栽培間隔の広い作物には湿潤域が独立円分布となるよう計画する。この際には、できるだけ全ての作物が湿潤域内に栽植されていることが望ましい。

配置方式には、①地表配置方式、②樹上（頭上）配置方式、③地上棚配置方式（棚配置方式）、④地中配置方式等種々の方式がある。これらの方式には、利点、欠点を含めて、それぞれ特徴があり、いずれの方式を採用するかは、作物の種類、植栽方法、営農条件、薬剤散布等栽培管理の合理化への利用の有無、露地あるいはハウス（施設）の別等を勘案して決定する。

(2) 点滴かんがい及び多孔管かんがいに対する配置方式

エミッターは、散布支管の管壁に直接差し込まれる。散布支管の配置方式は、地表配置方式が一般的である。また、わい化栽培のリンゴに対しては、樹列に沿って散布支管がある高さに配置される地上配置方式も用いられ、多孔管も同様である。

なお、ドリップチューブは、地中配置方式が採用されることもある。

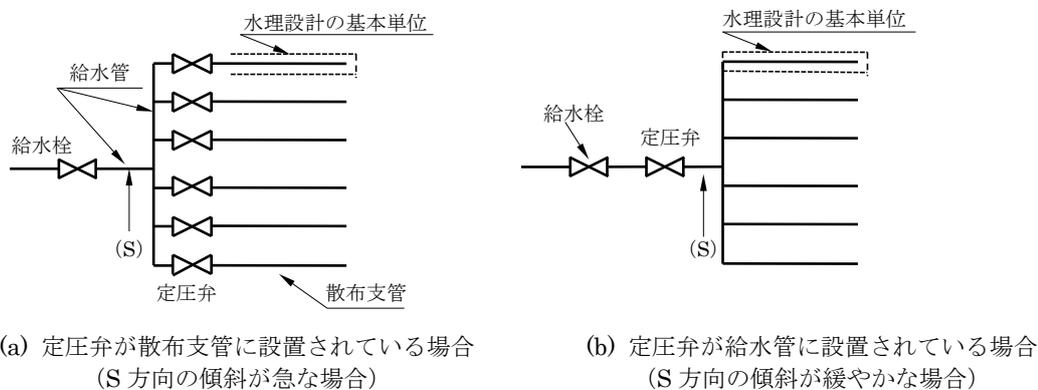


図-23.1 水理設計の基本単位

23.2 エミッターの選定

エミッターは、散布支管又はライザー管の噴出口に取り付けて、吐出し流量を調整する装置で、非常に多くの種類が開発されている。それらの特性を十分に把握して、利用目的に合ったものを選定する。

(1) マイクロエミッターの選定

ア. マイクロエミッターの特徴

マイクロエミッターは、本来、果樹に対する湿潤範囲を限定した部分かんがいのために開発されたものであり、原則として散水域を全く重複させないとされている。したがって、果樹 1 本に対してそれぞれ 1 個のエミッターでかんがいをすることとなる。

もちろん、従来のスプリンクラと同様に、4個のマイクロエミッターで散水域を重複させたり、あるいは散布支管の延長方向だけで散水域を重複させて使用することもできる。また、我が国では露地栽培あるいは施設栽培の軟弱野菜等にも利用されている。

マイクロエミッターは、果樹の場合、樹冠の濡れを防ぐために、ノズル仰角は低角度であり、設置位置も低いのが一般的である。また、各種の条件に合わせて、飛散距離、散水強度、水滴径などを変えることができる。そのような条件においても、散水分布の均等性が確保できるように配慮されている。

なお、マイクロエミッターには非常に多くの種類があり、水分補給以外に、施肥、病虫害防除、凍霜害防止などの栽培管理の合理化にも利用されている。

イ. マイクロエミッターの種類

マイクロエミッターは、一般には合成樹脂製であり、少水量、節水型として特徴付けられている。散水直径 0.5~10.0m、圧力 0.10~0.25MPa、吐出し流量は 30~180L/hr 程度で、形状あるいは散水方式により次の三つに分類される。

(ア) マイクロスプレーヤ (非回転式)

直径 50~100 μ m の細かな霧状で、水平、扇状あるいは円錐状に散水する。飛散距離は短く、水滴は非常に小さい。ノズル口径 0.8~1.0mm、圧力 0.20~0.25MPa、飛散距離 0.5~1.5m、吐出し流量 30~60L/hr である。

マイクロスプレーヤは、主として施設（ハウス）で使用され、微気象調節、病虫害防除、定植時かんがい用等に利用される。

(イ) マイクロジェット (非回転式)

マイクロスプレーヤよりやや大きい噴霧状で散水する。圧力 0.10~0.20MPa、散水直径 1.0~4.0m、吐出し流量 50~150 L/hr で、目的とする方向と広がりには散水させるための非回転式の部品（スプレッダ）によって、飛散距離、水滴径、散水分布、散水仰角などを変化させることができる。また、帯状、扇型などの円形以外の不定形の散水パターンを作ることができる。さらに、逆吊りの使用も可能である。

したがって、育苗、温度調節、病虫害防除、栽植密度の高い果樹、散水域を限定する場合の施設（ハウス）での使用が適している。

(ウ) マイクロスプリンクラ (回転式)

マイクロスプリンクラは、回転しながら噴霧状から比較的大きな粒子までの水を放射状に散水する。マイクロスプレーヤ及びマイクロジェットとは異なり、マイクロスプリンクラは小さなスプリンクラと位置付けられる。なお、飛散距離が長く、散水強度が低く、水滴が大きく、より均一な散水分布が得られる。圧力 0.10~0.25MPa、散水直径 4.0~10.0m、吐出し流量 90~180 L/hr である。

放射状に散水させるための回転式の部品（スイベル）を取り替えれば、回転速度、散水仰角、散水パターンを変化させることができる。

ウ. 適性水圧と吐出し流量

マイクロエミッター及びマイクロスプリンクラには、様々な型式とサイズのものがある。吐出し流量は適用水圧によって変動する。一般に水圧の増加とともに流量と飛距離は増加する。しかし、ある水圧の限界を超えると小さな水滴が増加し、飛距離は増加せず、飛散損失が増大する。散布システムの計画・設計に際しては、カタログ及び仕様書を十分に吟味の上、型式と

サイズの選定とこれに対応する適正水圧の設定を行わねばならない。

エ. かんがい強度

マイクロジェットとマイクロスプリンクラの基本的な相違点は、かんがい強度と飛散距離の関係にある。マイクロスプリンクラでは小スイベルから大スイベルに取り替えることにより、散水直径を大きくして、かんがい強度を低下させることができる。また、マイクロジェットでは、水平スプレッダから凸型スプレッダに取り替えることにより逆に散水直径を小さくして、高いかんがい強度とすることも可能である。

かんがい強度による分類は、次のようになる。

- ① 低かんがい強度 (1.0~5.0mm/hr) : 大部分のマイクロエミッターがこのグループに入る。
- ② 中かんがい強度 (5~15mm/hr) : 水平スプレッダのマイクロジェットがこのグループに入る。
- ③ 高かんがい強度 (15~50mm/hr) : 凸スプレッダのマイクロジェットとパートサークルマイクロスプリンクラがこのグループに入る。

オ. 散水域を重複させる場合の配置間隔の決め方

マイクロスプリンクラを凍霜害防止や薬液散布等の栽培管理の合理化に用いるためには、従来のスプリンクラと同様に散水域を重複させる必要がある。すなわち、4個のマイクロスプリンクラで囲まれた内部の散水深の分布が、均等係数75%以上となるように配置間隔を決めなければならない。

(2) ドリップエミッター及びドリップチューブの選定

ア. ドリップエミッター及びドリップチューブの特徴

散布支管に沿って配置されたエミッターから少量の用水を頻繁に土壤に供給し、根群域の土壤水分を一定の状態に保つことができる。すなわち、ほ場のある限られた位置に、大気圧に近い状態で少量ずつ水を供給するものである。その供給速度は、1時間当たり数リットルあるいは1秒当たり数 cm^3 程度であり、この程度の供給速度では表面流去を起こすことなく、用水は土壤中の限られた範囲を垂直方向と水平方向に移動する。

イ. ドリップエミッター及びドリップチューブの種類

ドリップエミッター等は、一般には合成樹脂製であり、かんがいの適正水圧はもともと低いが、さらに水圧を減少させ、用水を小流量で流出させる機器である。多種多様なエミッターの中から目的に合ったものを選定することになる。

(ア) ドリップエミッター

散布支管の管壁に差し込むドリップエミッターには、次のようなものがある。

- ① オリフィス型 : オリフィス(流出孔)からジェット流となりエミッター内部に入った用水を各所に衝突させ減圧・流出させる。
- ② オリフィス・過流型 : オリフィスからエミッター内部に入った用水に過流を起こさせ減圧・流出させる。
- ③ 長流路型 : ドリップチューブのような小口径で長いエミッターの流路に用水を通し、摩擦損失で減圧・流出させる。

(イ) ドリップチューブ

エミッターと散水支管が一体化したドリップチューブには、次のようなものがある。

- ① バイウォール（二重）チューブ：延長方向に二重の流路があり、用水が1次側流路管壁の小孔から2次側流路に入ることにより減圧し、2次側流路管壁の細孔から流出させる。トライウォール（三重）チューブもある。

- ② 湿潤域：多孔質でできた管壁から用水を浸潤させる。

ウ. 適正水圧

水圧による分類では、低圧（0.05MPa以下）、中間圧（0.05～0.10MPa）、高圧（0.10MPa以上）に区分される。

エ. 吐き出し流量

流量による分類では、小流量（4L/hr以下）、中流量（4～10L/hr）、大流量（10L/hr以上）に区分される。

オ. 口径

口径による分類では、小口径（0.8mm以下）、中～大口径（1.5mm以上）に区分される。

(3) 多孔管の選定

ア. 多孔管の特徴

多孔管は、一般にアルミニウム、塩化ビニル、ポリエチレン等の硬質管や高分子材料の軟質ホースに細孔を設けたもので、地表に定置される場合が多い。口径は13～50mm程度で、硬質多孔管では、軸方向には曲がらないため長い距離のかん水が必要な場合は、管を接ぐ必要がある。多孔ホースは、未使用時にはコイル状に巻いてあり、継手なしでは場に配管することができる。

多孔管の特徴は、以下のとおりである。

- ① 葉面や土壌面に対する水滴の衝撃が小さく、発芽前後のかんがいにも支障が少ない。
- ② 散水における水滴の飛散時の高さは比較的低く、かつ、水滴粒子が大きいので風による飛散損失が小さい。
- ③ 低水圧でよいが、かんがい強度は他のかんがい方式と比較して大きく、傾斜地などでの土壌侵食・表面流去の点について計画する際に留意する必要がある。

イ. 多孔管の散布特性

多孔管かんがい方式は、通常、少量頻繁に用水を供給可能なマイクロかんがい方式に分類される。ただし、多孔管かんがい方式のうち、水滴が小さく散布距離が大きい散水型の多孔管を用いた降雨状散水方式は、スプリンクラかんがい方式に近い特徴を持つ。そのため、散水型の多孔管を設置する場合は、スプリンクラかんがい方式の考え方を参考として散布特性等を検討する必要がある。

散水型の多孔管による降雨状散水を行った事例では、スプリンクラと散水型の多孔管を比較して以下の特徴が見られた。

- ① 必要な水圧が高いスプリンクラと異なり、散水型の多孔管は低圧でも機能する。
- ② 散水型の多孔管はスプリンクラと比較して散布時の水勢が弱く、散布効率は風速変化の影響を受けやすい傾向がある。また、散布効率を上げるためには個々の機材の特性に応じて重複範囲を決定する必要がある。露地ほ場（愛知県）の事例では、平均風速が0～1.5m/sと2.5m/sの場合で散布効率を比較したところ、風速増によって散布効率は割合にして約12%減少した。
- ③ スプリンクラに比べて、散水型の多孔管は移動・再配置しやすく、風向・風速に応じて重複

範囲を変えることが可能である。

これらの特徴から、散水型の多孔管による降雨状散水を行う場合は、風速に影響を受けやすい一方で、それに対応した配置の変更等が比較的容易であることから、ほ場の状況に応じて柔軟に運用することが望ましい。

23.3 水理設計の基本

マイクロかんがいに係る施設の計画に当たっては、散布支管を基本単位として水理設計を行う。散布支管に取り付けられる各エミッターの流量の均等性は、変動係数を指標として評価する。

散布支管より上流側に配置される管の一般的な水理については、ヘーゼン・ウィリアムズ式を用いて通常の管水路として設計する。

(1) 水理設計の基本単位

水理設計の基本単位は、図-23.1 に示すように給水管に接続される個々の散布支管とする。なお、給水管の上流端に定圧弁が配置され、給水管に接続される全ての散布支管が同時に作動される場合には、水理設計の基本単位は散水ブロックとすることが望ましい。しかし、給水管の口径を散布支管に比べて十分大きくしておけば、給水管の損失水頭を極めて小さく抑えることができるため、給水管に沿った水圧のばらつきを考慮する必要がなくなる。したがって、定圧弁が給水管の上流端に配置される場合でも、水理設計の対象は散布支管だけとする。

(2) エミッターの流量の変動係数

作物の品質を一定に保つためには、散布支管に取り付けられる各々のエミッターの流量が同一であることが望ましい。しかし、一般には、種々の要因により同一とはならない。散布支管に沿ったエミッターの流量のばらつき(変動量)を変動係数(q_{cv} : 変動係数=標準偏差/平均値)で表し、均等性の評価及び水理設計の指標とする。エミッターの流量の変動係数は、0.10 以内($q_{cv} \leq 0.10$)が望ましい。

24. 地表かんがい

(基準 3.4.2 関連)

24.1 うね間かんがい

(1) かんがい計画

ア. 適正ほ場流入量の決定

うねの長さ方向のかんがい水深差を少なくするためには、ほ場の上下流端でのかんがい時間差を少なくすればよい。すなわち、うね間への適正ほ場流入量とは、土壤侵食を起こさない範囲内での最も大きな流入量をいう。最大流入量は、ほ場の下流端まで水足を到達させると、それ以後はインテークレートの低下に応じて流入量を切下げ、ほ場下流端からの越流損失を防ぐ必要がある。ただし、インテークレートが長時間にわたって漸減し続けるのに対して、流入量を連続的に切下げることが実際上不可能であり、一般には流量切下げを 1~2 回行うことが多い。

うね間の流速を支配するのは主として、うねの勾配と 1 うね当たりの流量であり、計画に当たっては、与えられた勾配のうね間に実際に通水して、上流部で浸食の模様を調べた上で、最大流量を決定する。表-24.1 に最大うね間流量の一例を参考に示す。

表-24.1 うね間勾配 1% に対する最大うね間流量

土 質	うね間流量
火山灰土	0.8 L /sec
砂 質 土	0.9 "
壤 土	0.8 "
埴 質 土	0.6 "

(旧愛知用水公団の資料による。)

うね間勾配が異なる場合は、1%のときの数値に次の表-24.2 に示す修正係数を乗じて求める。

表-24.2 勾配別流量修正係数

うね間勾配 (%)	0.25	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00
流量修正係数	1.4	1.2	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8

(旧愛知用水公団の資料による。)

イ. うね間の水足の速さとうね間インテークレートの決定

うね間かんがい設計の基礎データとして、実測により、うね間の水足の速さとうね間インテークレートを決めなければならない。測定は、ほ場の土壤水分が要かんがい期に近い状態のときに行うものとする。

(ア) うね間の水足の速さ

うね間を水が流れていくとき、その先端の速さを水足の速さとよぶ。これはうね間の勾配、形状、給水量及びうね間インテークレートの影響を受ける。また、うねの管理状態によって

も異なってくる。

a. 水足の測定

- ① 試験うねとして、その地区の平均的勾配のうねを選び、うねの中の土くれなど流量の障害になるものを除いて、5m おきに標識を立てる。うねの始端には小型パーシャルフリューム又は三角堰を設けて流入量を計れるようにする。
- ② 最大うね間流量以下の4種類位の流量を決め、流量ごとにそれぞれ数本のうねに対して給水し、水足の速さを測定する。
- ③ うね長及びうね間勾配を任意に定められる場合には、試験うね長は25~50m、勾配は原則として0.5、1.0、2.0%の3階級とし、それぞれについて試験を行う。

b. 測定結果の整理

水足の到達距離(L)と時間(t)とを両対数方眼紙にプロットするとほぼ直線となる。そこで、次の式(24.1)によりα及びβを決定する。

$$t = \alpha \cdot L^\beta \quad \dots \dots \dots (24.1)$$

ここで、

α、β：水足定数

(イ) うね間インテークレートの決定

技術書「4. インテークレートの調査」による。

ウ. かんがい時間の決定

かんがい所要時間は、うね長、かんがい水量、インテークレート、うね間の水足の速さ等の実測データを用いて次の手順で決めることができる。

長さL(m)のうね間にD(mm)のかん水深でうね間かんがいをする際のT_fは、次の式(24.2)で示される。

$$T_f = T + t = \left[\frac{60 \cdot D \cdot (n+1)}{K} \right]^{\frac{1}{n+1}} + \alpha \cdot L^\beta \quad \dots \dots \dots (24.2)$$

ここで、

T_f：長さL(m)のうね間に深層損失を考慮したかんがい水量を与えるための時間

T：うね間のある一点で、所要のかん水深(D)(mm)を与えるための時間

t：うね間のある一点に水足が到達するまでの時間

距離Lの点(末端)までの間での積算浸入量(D)と、浸入に要する時間(T)との関係は、前述のうね間インテークレートI = K · Tⁿを積分することによって得られる。

すなわち、

$$D = \frac{1}{60} \int I \cdot dT = \frac{K}{60 \cdot (n+1)} \cdot T^{n+1} \quad (\text{mm}) \quad \dots \dots \dots (24.3)$$

したがって、所要のかん水量D(mm)を浸入させるための必要時間は、

$$T = \left[\frac{60 \cdot D \cdot (n+1)}{K} \right]^{\frac{1}{n+1}} \quad (\text{min}) \quad \dots \dots \dots (24.4)$$

この浸入時間は、水足が末端に到達してからのものであるから、これに水足到達時間

$t = \alpha \cdot L^{\beta}$ を加えた T_f が全所要時間となる。

エ. うね長及びうね幅の決定

(ア) うね長の決定

うね間かんがいでは、うね長はかんがいの適用効率、耕土の保全等により制約を受ける。

最大許容うね長は、土壌侵食や大きな深層損失等を伴わずに水足が到達し得る長さであって、うね間流量が大きいほど、また、インテークレートが小さいほど長くなる。

1 回の水配分の労働効率を向上させるためには、うね長は長いほどよいが、かんがいの適用効率との関係で限度がある。図-24.1 は、ある土性と勾配をもったうね間に、種々の流量で水を流したときの、経過時間と水足の到達距離との関係を示した図である。仮に b (L/min) を超える流量では侵食を生じるものとする。次項で述べる適用効率の関係から $m=4$ (すなわち $t=T/4$) をとるとすれば、許容最大うね長 L_{\max} は図のように表わされる。

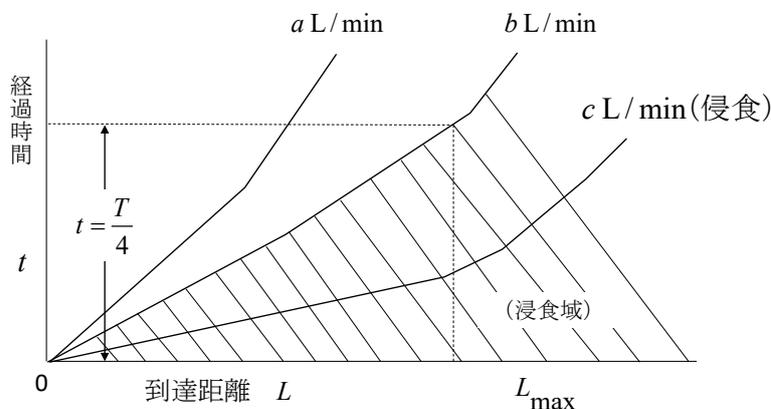


図-24.1 許容最大うね長

表-24.3 は土壌別の許容最大うね長の一例である。保水力が小さく、インテークレートが大きい砂土の最大うね長は 10m 以下であるため、かんがい労力の点からみてうね間かんがいの適用は困難である。

表-24.3 土壌別許容最大うね長の例

土 壌	根群域深	1 回のかんがい水量	最大うね長
砂 土	40 cm	16 mm	4 m
火山灰土	40 cm	44 mm	29 m
砂 壤 土	40 cm	34 mm	36 m
壤 土	40 cm	38 mm	99 m
埴 土	40 cm	44 mm	121 m

注) うね間勾配はいずれも 10%

(イ) うね幅の決定

うね間かんがいでは、かんがい後に浸入水がうねの横断方向にどう分布するかを考慮しなければならない。すなわち、かんがい水が側方にも浸入して、根群域がこの浸潤域に十分含

まれるような間隔のうね幅とする必要がある。

均一の土壌からなるうね間に水を与えたときのおおよその形は図-24.2 のようになり、埴壤土では横方向への浸入もかなりあるが、砂質土の場合には下方への浸入が主となる。したがって、砂質土では、うね間かんがいの場合、うね幅をあまり広くできない一方、深層への損失を防ぐためには、断面に一度に与えられる水量にも制限を生じることから、うね間かんがいは好ましいものとはいえない。いずれにせよ、設計に当たっては、うねの一部（約 50cm）を仕切って所要水量だけ湛水し、水の横断方向の浸入の模様を調べ、深層損失を少なく抑えるように、1 回に与える水量を決める。作物が成長したときの根群域が浸潤域に含まれないような広いうね幅の場合は、通水位置を作条に近づける必要がある。

実験的に得た最大のうね幅の一例を図-24.3 に示す。

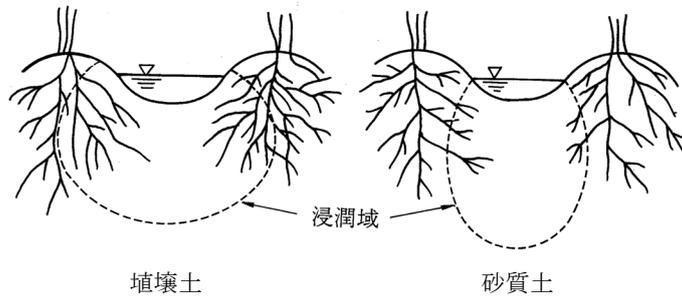


図-24.2 うね間の横方向浸潤

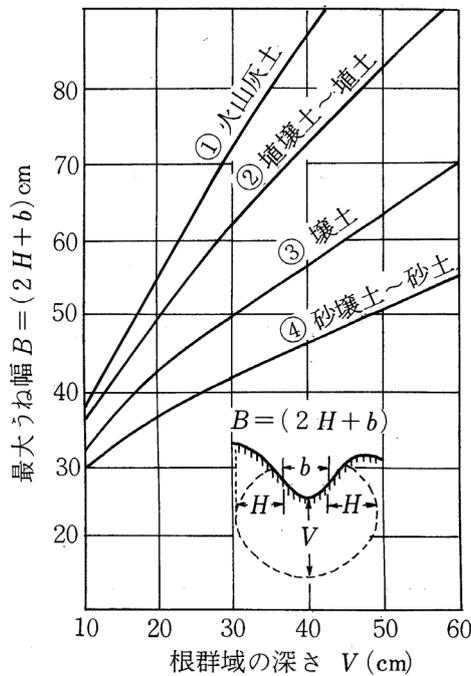


図-24.3 根群域の深さと最大うね幅の関係

(旧愛知用水公団の資料による。)

オ. かんがい効率

ほ場内におけるかんがい効率の概念としては、かんがいされた水のうちのどの程度が根群域内に貯留されて作物に用いられたかという割合を示す適用効率がある。計画に当たっては、うね間かんがいの場合、適用効率が70%以上となるように定めるものとする。

かんがい水をうね間に流入させ、 t 分後に末端まで到達したとする。末端でかんがい水が土中への浸入を開始したときには、既に始端では t 分間にわたって浸入が続いていたわけである。

図-24.4において、末端で D (mm) の浸入水深を得るのに T 分を要するならば、始端での浸入時間 $(T+t)$ 分であるから、そこでの浸入量 D' は、次の式(24.5)のように示される。

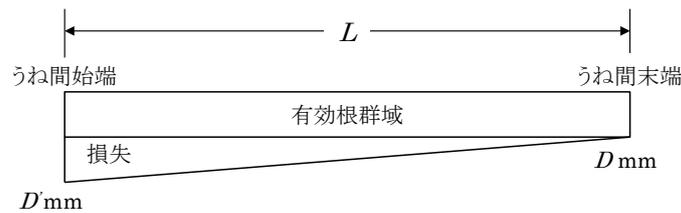


図-24.4 うね間かんがいの損失水量

$$D' = \frac{K}{60 \cdot (n+1)} \cdot (T+t)^{(n+1)} \quad (\text{mm}) \quad \dots \dots \dots (24.5)$$

したがって、転換畑のようにほ場が水平で、ほ場の下流端を締め切ることにより、越流損失を防ぐことが可能な場合の適用効率 E_a は次の式(24.6)で示される。

$$E_a = \frac{D}{\frac{1}{2} \cdot (D' + D)} \times 100 = \frac{200 \cdot D}{\frac{K}{60 \cdot (n+1)} \cdot (T + \alpha \cdot L\beta)^{n+1} + D} \quad (\%) \quad \dots \dots \dots (24.6)$$

有効根群域から下方へ浸透した水の割合を、うね間かんがいでは、深層損失(W_L)とよび、次の式(24.7)で示される。

$$W_L = (1 - E_a) / 100 \quad \dots \dots \dots (24.7)$$

実際のうね間かんがい作業を考慮して、一般には、 T/m 時間にかんがい水がうねの末端に達するような方法を用いる。すなわち、このときは $t = T/m$ で、 m の値は土壌のインテーク定数 K 、 n によって定められる。

いま、

$$D = \frac{K}{60 \cdot (n+1)} \cdot T^{n+1} \quad \text{において} \quad \frac{K}{60 \cdot (n+1)} = C \quad \text{とおくと}$$

浸入水深(D)は、次の式(24.8)のとおりとなる。

$$D = C \cdot T^{n+1} \quad \dots \dots \dots (24.8)$$

図-24.5において、 t 分後の浸入水深はA点で D_1 、B点でゼロであり、 $2t$ 分後にはA点で D_2 、B点で D_1 となる。したがって、 mt 分後の浸入水の分布はA点で D_m 、B点で D_{m-1} 、 $(m+1)t$ 分後にはA点で D_{m+1} 、B点で D_m の水深となる。

すなわち、次の式 (24.9) のようになる。

$$D_{m+1} = C \cdot \{(m+1) \cdot t\}^{n+1} = C \cdot t^{n+1} \cdot (m+1)^{n+1} \dots \dots \dots (24.9)$$

$$D_m = C \cdot (m \cdot t)^{n+1} = C \cdot t^{n+1} \cdot m^{n+1}$$

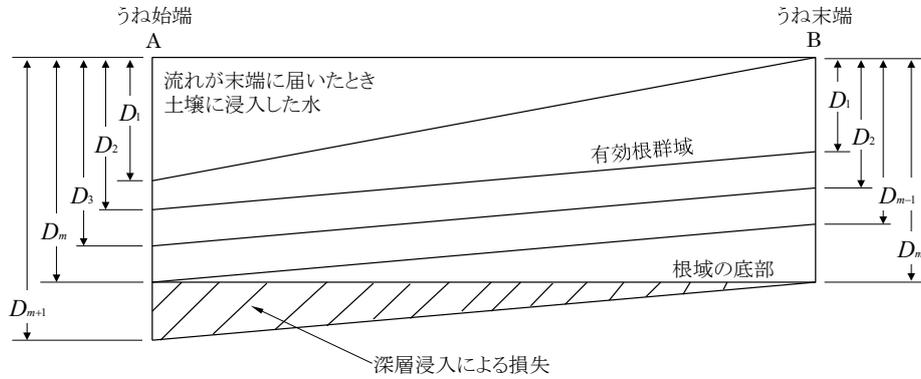


図-24.5 うね間かんがいの適用効率

したがって、適用効率 (E_a) は次の式 (24.10) のようになる。

$$E_a = \frac{D_m}{\frac{1}{2} \cdot (D_{m+1} + D_m)} \times 100 = \frac{2 \cdot m^{n+1}}{(m+1)^{n+1} + m^{n+1}} \times 100 \dots \dots \dots (24.10)$$

この模様を描いたものが図-24.6 である。

m が大きくなるにつれ、流量が大きくなり侵食が起こりやすくなるので、 m はあまり大きくとらない方がよく、経験的には 3~4 が適当である。

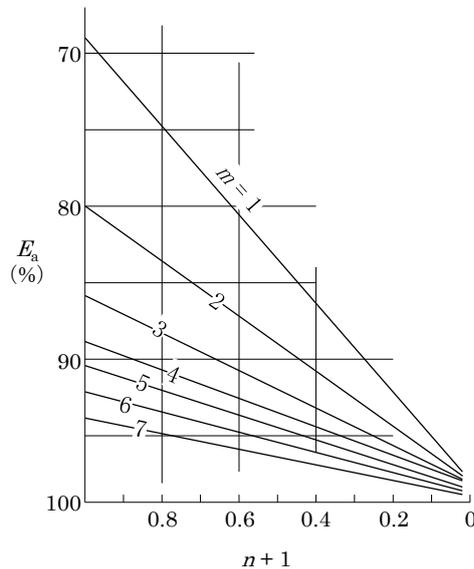


図-24.6 適用効率計算図表

「24.1(1)ア. 適正ほ場流入量の決定」で述べたとおり、インテークレートの低減に応じて流入量の切下げを行うことは実際上困難である。

したがって、土地条件に応じた越流損失を実験的に明らかにしておき、深層損失水量と合わせた水量を適用効率の対象にとらざるを得ない。

(2) 末端水路の計画

ア. 給水組織

うね間かんがいにおける末端水路断面の大きさは、効率的なかんがいを行うのに必要なほ場流量によって決められる。ほ場流量は、所要かんがい水量をある適用効率の範囲で流すのに必要な流量と、同時に省力的にかんがいできるうね間数で求められる。これまでの検討によれば水管理操作上、好都合なほ場流量は最低 5~10 L/s とされており、それにローテーションブロック内での同時取水箇所数を乗じたものが、末端水路の組織容量となる。給水栓の間隔は土地条件によって若干異なるが、通常は、最低 1 耕区に 1 か所は必要である。1 耕区の区画が 30×100m で短辺沿いに水路が通っているとすれば、給水栓間隔は 30m となる。樹園地のように不定形な区画でも、最大 100m 間隔には設置すべきと考えられる。

傾斜地で、等高線うね間かんがいをするとき、水路は傾斜方向に通ることが多いので、管路では下流側が高圧となる。このような場合は、水圧調整構造物を途中に設けて、給水栓に過大な圧力のかかることを防がねばならない。給水栓構造物の例を図-24.7、水圧調整の例を図-24.8 に示す。

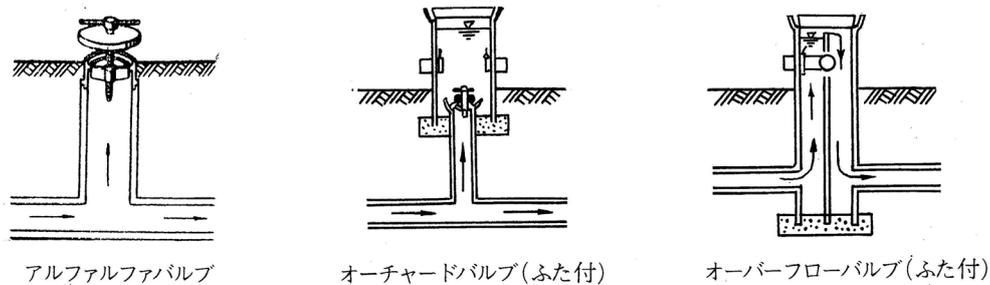


図-24.7 給水栓構造物の例

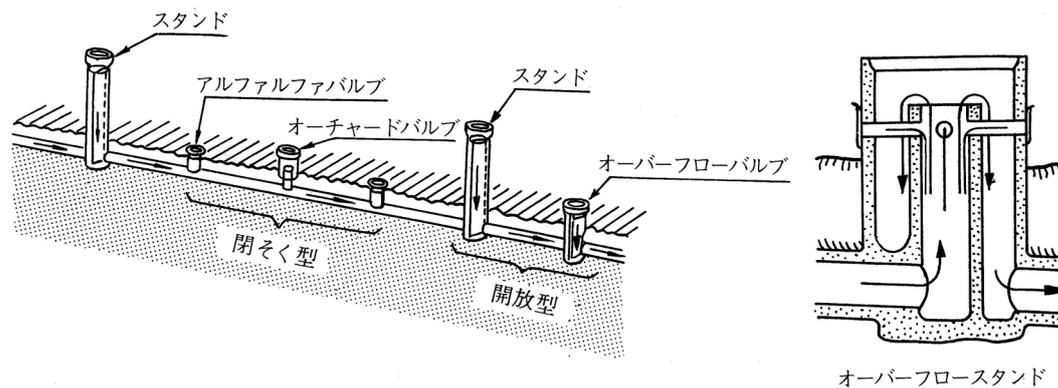


図-24.8 水圧調整の例

イ. うね間かんがい用施設

(ア) 配水施設

ほ場への配水施設は、用水の配分操作が容易で、水路施設によるつぶれ地が少なく、管理作業の障害にならないものがよい。したがって、一般には開水路より埋設管路が優れているが、作物及び土地条件からみて地表かんがいを効率的に行える場合には、開水路の検討も忘

れてはならない。

a. 開水路方式

うね間かんがいの末端給水路として土水路やコンクリート製フリュームを用いる場合には、ほ場面と15～20cm以上の落差を付けておけば、スライドゲート、サイホン等でうね間への取水が容易である。ほ場利用計画を事前に十分検討してつぶれ地や作業上の障害物を少なくしておく必要がある。

b. パイプライン方式

開水路に比べて工事費が嵩むが、維持管理が容易で、地形の制約を受けず、配水制御を精度よく省力的に行える。構造上クローズド式とオープン式とがあるが、うね間かんがいには施設費の安い低圧のオープン式水路で十分である。オープン式は、オーバーフロースタンドやフロート弁等の調圧構造物を用いて平坦地では5m以内、傾斜地でも10m以内に減圧すべきである。

(イ) うね間への取水装置

開水路から取水するサイホンは、塩化ビニルのほか、ゴム等で作られている。口径によって流量調節ができるが、とう性管の流量は理論値とかなり異なる場合がある。箱といやサイホン等で副水路に取り入れたのち、土管や竹筒によって複数のうね間を同時にかんがいの方法もあるが、いずれの場合でも給水路下流側を堰止めることにより越流水位を一定にする必要がある。

パイプラインの場合には、開放式給水栓、オーバーフロー型給水栓、アングル弁等の立上りにスライドゲート付パイプ、有孔ホース、ゲート付フリューム等を接続して各うね間へ取水する。いずれもうね幅に合わせて孔が設けられており、流量調節が可能である。

(ウ) 量水装置

開水路で落差が十分な場合は、流量に応じて各種の堰が用いられ、平坦な開水路ではパーシャルフリューム又はクリティカルフローメータが一般に用いられる。いずれの場合でも設計どおりの接近速度が得られるような維持管理が必要である。パイプラインの場合には回転翼式量水計が広く用いられる。

24.2 ボーダーかんがい

ボーダーかんがいは、耕地を低い畦畔で細長く帯状に区切り、一定の勾配を付けて水を低いうね間又は周縁間のボーダーストリップを薄層流として全面流下させ、土壤中に浸潤させる方式である。うね間かんがいに比べてかんがい労力は少ないが、その反面、大きな流量を要するのが特徴である（図-24.9）。

条播される雑穀類や陸稻の場合は4%以下の傾斜地に、芝生状の牧草地では6%以下の傾斜地に適用される。周縁のうねはかんがい水が越流しない程度の高さを必要とするが、あまり高すぎて、農耕用機械の運行に支障を来さないようにする必要がある。ほ場流量が30～50 L/sの場合には、高さ15cm、幅40～60cmくらいが適当である。

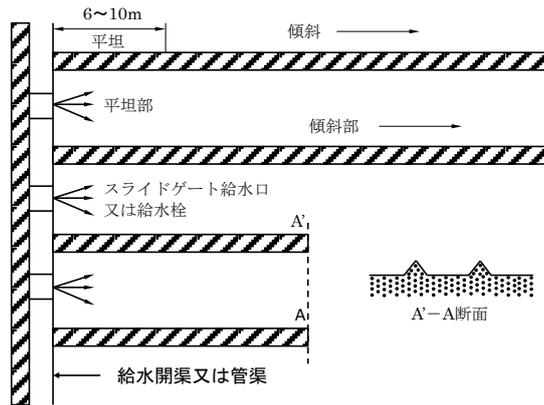


図-24.9 ボーダーかんがいの一例

(1) かんがい計画

ア. ほ場流入量の決定

ボーダーかんがいの設計に当たっては、1区画のほ場への給水量を慎重に定めないと、末端まで均等に水を行き渡らせることができない。ほ場流入量はインテークレートと掛流し試験を行い、次の式(24.11)から求める。

$$Q = \frac{100 \cdot A \cdot I}{\left(\frac{I - 10 \cdot S \cdot h}{\mu \cdot c} \right)^{1/n}} \dots \dots \dots (24.11)$$

ここで、

Q : ほ場流入流量 (L/min)

A : 区画面積 (a)

I : 1回のかん水深 (mm)

μ : 水足進行の均等指数

砂質土で0.5~0.6、壤土で0.6~0.7、粘質土で0.7~0.8の値をとる。

h : 水口の湛水深 (cm)

普通5~10cmをとればよい。

S : 湛水の型によって実験的に定まる係数

勾配 1/1,000、流量 70~90 L/min (幅 1m 当たり) で 0.6、勾配 0、流量 60~120 L/min (幅 1m 当たり) で 0.7~0.8 の値をとる。

ただし、うね間かんがいの場合と同じく、積算浸入特性と水足進行特性の形は、それぞれ次の式(24.12)のように表わされるものとする。

$$\begin{aligned} D &= c \cdot T^n \\ t &= \alpha \cdot L^\beta \end{aligned} \dots \dots \dots (24.12)$$

ここで、

D : 積算浸入量 (mm)

T : 浸入に要する時間 (min)

L : 水足進行距離 (m)

t : 水足先端が先行するのに要する時間 (min)

c, n, α, β : 実験定数

また、 μ の値は水足進行の一般形として、次の式(24.13)のように表わされる。

$$\mu = 1 - \frac{n}{\beta + 1} \dots \dots \dots (24.13)$$

アメリカでは、土壌構造とベーシックインテークレートから、図-24.10のようなほ場の単位幅当たり流入量を示している。

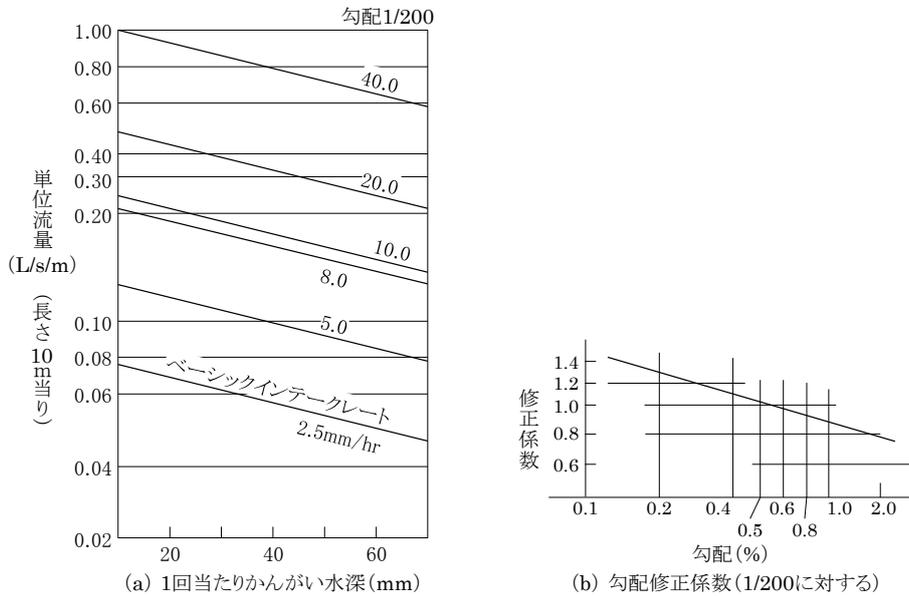


図-24.10 単位流量算定図表

イ. 区画の幅と長さ

区画の幅は利用される流量の大きさ、土地の傾斜、整地の程度、作業機の種類等で決まるが、これを主としてかんがい勾配との関係で示したものが表-24.4である。

区画の長さは、主にかんがい勾配と流量によって決定される。できるだけストリップの上端から下端までを均一にかんがいをすべきであり、インテークレートによってほ場別に決定すべきである。一般には区画内の全ての地点で根群域の80%以上を湿潤にすべきである。

表-24.4 勾配別限界周縁幅

かんがい勾配 (%)	周縁幅 (m)
0~0.1	36
0.1~0.5	18
0.5~1.0	15
1.0~2.0	12
2.0~4.0	9
4.0~6.0	6

(2) 末端水路の計画

ア. 配水施設

末端給水路の間隔は、一般にはボーダー長さに等しくし、ほ場下流端には排水路を設けてお

くことが望ましい。開水路からの取水においては、水位を一定に保つため水路内にチェックゲートや可搬式止水板を設ける必要がある。

イ. 取水装置

各ボーダーストリップ当たりの流入量が大きいため、給水栓は一般にアルファルファバルブや金属製大口径サイホンが用いられ、コンクリート水路の側面にスライドゲート付き欠口を設けたりすることがある。給水管路からの取水にはアングル弁付の給水栓が用いられるが、圧力水のため、流水による水口の土壌侵食に対する考慮が必要である。

ボーダー幅は、横断方向のほ場勾配によって規制されるため、各ほ場当たり 1~2 か所の割合で給水栓を設けると仮定すれば、前項で述べたように、給水栓の間隔もほ場の横断勾配により異なることとなる。ただし、転換畑等のように水平に近い大区画ほ場でも流水の広がりを一化し、水口の土壌侵食を防止するため給水栓の配置間隔を 30~40m 以上として流入量を大きくするのは好ましくない。