

25. 肥培かんがい

(基準 3.4.2 関連)

25.1 肥培かんがい施設の概要

肥培かんがいには、でんぷん廃液を利用するものもあるが、ここでは、今後の事業の多くを占めると考えられる家畜ふん尿を利用するものについて述べる。

肥培かんがいを行うには、図-25.1 に示したような諸施設が全体施設系としての機能を最も大きく発揮するため、次の諸点に関する検討が重要である。

- ① スラリーの物理性を考慮した搬送・施用施設の設計
- ② 諸施設の規模及びほ場面積当たり排泄量が量的及び収支的にバランスのとれたものであること。
- ③ ふん尿を施用する量及び方法が環境保全的であること。

なお、尿の物理性及び流動性は清水とほとんど同じであるため、施設設計及び資器材の選定は清水の場合に準じてよい。したがって、以下の記述は原則としてスラリー状の場合を対象とする。

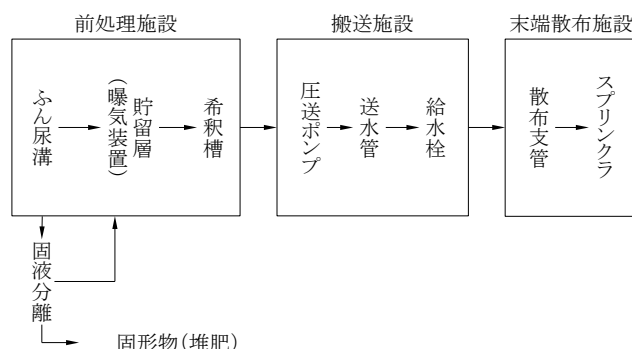


図-25.1 家畜ふん尿かんがいの基本的な施設系

25.2 前処理施設

(1) ふん尿溝

ふん尿溝の構造としては、水洗式、自然流下式、ストップパ式等があるが、計画に当たっては、飼養規模、貯留槽への搬入労力及び施設規模との関係を事前に検討しておく必要がある。

(2) 貯留槽

貯留槽の有効容量（ V_1 ）（ m^3 ）は次の式（25.1）から得られる。

$$V_1 = (a \cdot s + b) \cdot n \cdot d \quad \dots \dots \dots (25.1)$$

ここで、

a : 1日1頭当たりの排泄量（ m^3 ）

s : 舍内排泄率 = {24 - (舍外時間)} / 24

b : 水洗式の場合の1日1頭当たり洗浄用水量（ m^3 ）

n : 家畜頭数

d : 最大貯留日数（day）

ただし、排泄直後のふん尿の密度は約 1.0（0.97）である。

(3) 希釈槽

管路搬送に当たっては、搬送施設機能及び作物生理に障害を与えない濃度までスラリーを希釈調整する必要がある。

希釈方式には、希釈槽方式及びポンプ混入方式（混入弁）がある。希釈槽方式は、希釈精度及び維持管理の面からは有利であるが、施設費は嵩む。ポンプ混入方式は、ポンプの吸水側あるいは吐出側で水ライン、スラリーラインの流量を弁操作によって調整・混入するもので、施設費は低廉であるが希釈精度は若干劣る。いずれを採用するかは規模、施用体系、対象作物等を勘案し、比較検討の上決定する。

希釈槽の容量は、日最大散布量から定まる。一般には作物の必要度から散布量を期別に変化させるので、有効容量（ V_2 ）（ m^3 ）は次の式（25.2）から求められる。

$$V_2 = \frac{M \cdot d \cdot \alpha \cdot A}{D} \quad \dots \dots \dots (25.2)$$

ここで、

M ：年間 ha 当たりふん尿処理量＝ $365 \cdot a \cdot s \cdot n / A$ （ m^3/ha ）

d ：期別ふん尿処理率＝期別ふん尿処理量/ M

α ：希釈倍率（スラリー濃度が、作物の生長、かくはん、散布及び管路搬送に支障を来さないよう定める。）

A ：かんがい面積（ha）

D ：期別散布可能日数（気象条件、労力配分等を考慮して定める。）（day）

ただし、ここでの期別とは、各期別のふん尿処理量を期別ごとの散布可能日数で除して求めた日散布量の最大となる期別をいう。

なお、施設費の面から日定量散布方式をとる場合は、年間散布可能日数を N として上式の d/D を $1/N$ として求める。

25.3 搬送施設

(1) 管路設計

ア. 水理設計の手順

水理設計は次の手順で行う。

- ① 設計流速を定める。
- ② スラリー濃度を定める。
- ③ 設計流速及び計画流量から最も経済的な管径を定める。
- ④ 計画区間の高低差に対し、設計上の摩擦損失水頭及び各種の損失水頭を計算し、ポンプの必要揚程を定める。

イ. 具体的な手順

以上の手順を具体的に示せば次のとおりである。

- ① スラリー搬送に当たっての設計流速は、水撃圧の軽減、懸濁物質の沈殿、分離を考慮し、通常は $0.5 \sim 1.5 \text{m/s}$ を標準とする。
- ② スラリーの希釈倍率は、肥効及び水分補給の必要性を考慮して決めるが、その範囲は一般には $3 \sim 7$ 倍とする。ただし、 7 倍以上の場合の流動特性は清水の場合と同様に扱って差し支えない。

- ③ スラリー搬送では、損失水頭を小さくするため一般に乱流状態が好ましく、ヘーゼン・ウィリアムス公式における C 値は清水に対して 1.0 倍（密度 1.006、希釈倍率 7 倍程度に相当）～1.5 倍（密度 1.016、希釈倍率 3 倍程度に相当）をとればよい（図-25.2～4 参照）。

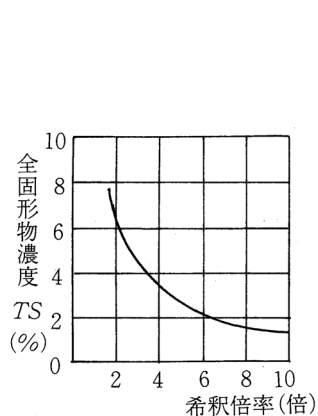


図-25.2 TSと希釈倍率との関係

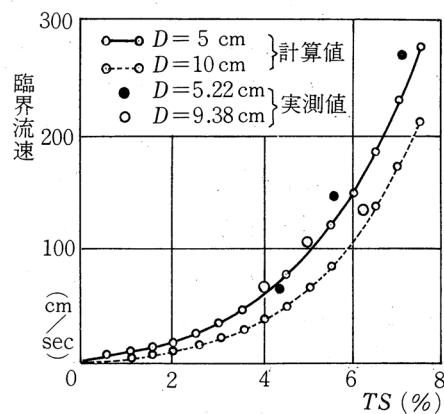
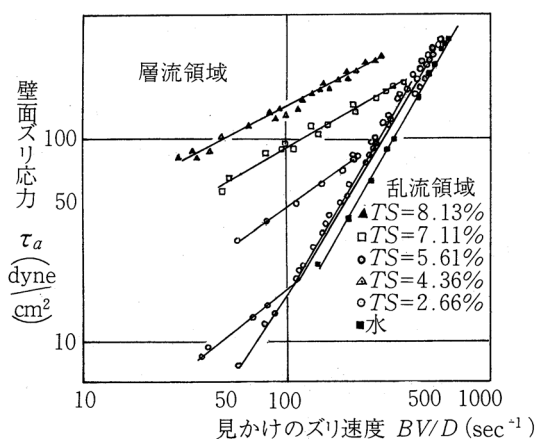


図-25.3 臨界流速とTSとの関係

図-25.4 牛ふんスラリーの流動曲線（ $D=5.22\text{ cm}$ ）

(2) 肥培かんがいにおける組織容量

ア. 末端組織容量

希釈槽（ポンプ混入方式の場合は混入弁）からほ場までの肥培かんがいにおける組織容量は次の式（25.3）で与えられる。

$$Q_1 = \frac{M \cdot d \cdot \alpha \cdot A}{3,600 \cdot T_1 \cdot D} \quad \dots \dots \dots (25.3)$$

ここで、

Q_1 : 末端組織容量 (m³/s)

T_1 : 1日の実散布時間 (hr)（散布以外の作業体系も考慮して決定する。）

なお、日定量散布方式をとる場合は、上式の d/D を $1/N$ として求める。

肥培かんがいは、窒素を中心とした物質循環体系、末端散布作業、スラリー搬送上の

技術等を総合的に検討して計画される。したがって、必要水量もそれら諸条件によってさまざまな拘束を受ける。時期別に必要な水量は、一般に春先の生長促進期又は水分補給の必要性が大きい夏期に最大となる。

イ. 配水組織容量

ファームポンドから下流側の組織容量は次の式 (25.4) で与えられる。

$$Q_2 = \frac{M \cdot d \cdot (\alpha - 1) \cdot A}{3,600 \cdot T_2 \cdot D} \cdot \frac{1}{E_m} \quad \dots \dots \dots (25.4)$$

ここで、

Q_2 : 配水組織容量 (m^3/s)

T_2 : 1 日の通水時間 (hr)

洗浄、希釈等の作業体系から決定

E_m : 搬送効率 (0.90~0.95)

なお、日定量散布方式をとる場合は上式の d/D を $1/N$ として求める。

また、ファームポンドから上流側の組織容量は 24 時間通水を原則とするので、上式において $T_2 = 24$ として求める。

ウ. ファームポンド容量

肥培かんがいにおけるファームポンド容量は次の式 (25.5) で与えられる。

$$V = 3,600 \cdot Q_2 \cdot (24 - T_2) \quad \dots \dots \dots (25.5)$$

ここで、

V : ファームポンドの有効容量 (m^3)

Q_2 : ファームポンド上流側の送水組織容量 (m^3/s)

(3) 配管計画

スラリーは、化学性、物理性、流動特性とも一般農業用水と本質的に異なるので、資器材の選定、工法については特に留意し、搬送機能に障害が生じないように努めなければならない。

- ① ほ場へのスラリー搬送は表-25.1 に示した方式に大別される。計画に当たっては、地形、施設費及び維持管理の面から総合的に比較検討しなければならない。
- ② 管種は、特殊な設計条件でない限り入手が容易で、かつ経済的な市販品を用いる。管種の選定に当たっては特に次の事項について留意する。
 - a. 内面粗度が小さく、スケールの付着がないこと。
 - b. 耐食性に優れていること。

表-25.1 スラリーの搬送方式

区分	条件	利点	設計上の留意事項
ポンプ直送方式	平坦又は緩傾斜地、特殊な条件でない限りこの方式を採用	維持管理、運転操作が容易	水頭及び流量の合理的な配分、流量制御方式、水撃圧等の検討が必要
ポンプ二段加圧方式	急傾斜への圧送、高低差が大きく、揚程が著しく大きくなる地形で採用	直送方式に比べポンプの全体出力が小さくてすみ、かつ、高压管が不要	同上
自然圧方式	基地が高位部にあり、必要水頭が十分確保できる地形で採用	維持管理が容易	末端圧力調整施設、通気施設、水撃圧について検討が必要

（草地開発事業計画設計基準による）

(4) ポンプ設備

ポンプ設備の計画に当たっては、対象流体の特性を十分検討し、効率的なポンプ型式を選定しなければならない。

現在広く普及しているポンプの特性から、ふん尿の性状に対する適応性を整理したものが表-25.2である。ポンプは、それぞれ構造及び機能により対象流体に対する適応性が異なるため、特徴を十分把握しておくことが大切である。

表-25.2 ふん尿用ポンプの種類と適用

種 類		項 目	ふん尿適用範囲		特 徴
			含水比（％）	乾物率（％）	
汲み上げ移送用	尿ポンプ 〔バキューム式 うず巻式〕	2,500 以上	4 以下	主として尿又はふん尿混合物を 3 倍以上の水で希釈したものを対象とする。	
	スラリーポンプ うず巻式 〔ローター式（ヘリカル ローター、ルーツ） ピストン式〕	— 2,000 以上 1,000～2,000	— 5 以上 5～10	ふん尿混合物で濃度の比較的高いものを対象とする。	
	カッターポンプ うず巻式 〔ナイフ受刃付き ナイフ付き〕	2,000 程度	5 程度		
	かくはん用	かくはんポンプ （うず巻式）	1,000～2,000	5～10	槽内に発生するスカム、沈殿物等をかくはん混合して物理的に均質化して搬送の効率を向上する目的で使用されるもの。

（草地開発事業計画設計基準による）

(5) 給水栓

給水栓にはスラリー用弁を用いる。一般の畑地かんがい施設に用いるアングル弁、スルース弁は機能障害のおそれがあるので注意を要する。また、ライザー管は構造上の強度を確保するため铸铁管、鋼管（内面ライニング）を用いる。さらに、寒冷地では凍結防止のため、給水栓内のスラリーを除去するドレーン施設を設ける。

25.4 散布方式

末端散布は、原則としてスプリンクラ方式とする。スプリンクラ方式には移動式、定置式、自走式がある（表-25.3）。いずれを採用するかは、地形、労力配分、経済性の面から比較検討して決定する。

25.5 環境保全対策

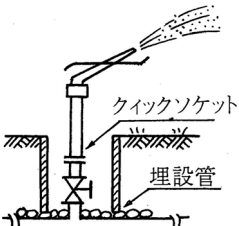
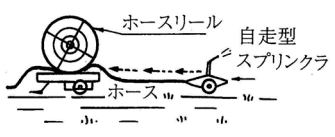
(1) スプリンクラ散布での汚水粒子の飛散

環境保全上合理的な散布方法は、スプリンクラの水圧を低圧とし、かつ、低仰角で散布することである。また、強風が発生する地域では強風下での散布を控えるとともに、遮断のための防風林帯の設置が有効である。防風林帯は、高さ 3～4m 以上、幅 7～10m 以上であることが望ましい。このような配慮をすることにより、集落近傍を除く広域畑地、牧草地等ではふん尿飛散による公害発生の防止が可能と考えられる。

(2) ふん尿の表面流出

化学肥料に比べてふん尿が特に流出しやすいことはない。また、牧草地では保水力及び浸入度が一般に大きく、かつ、養分吸収作用があるので、傾斜地の場合は傾斜下方に幅 10m 程度の無散布の緩衝帯を設けると、ふん尿流出の防止上極めて効果的である。

表-25.3 ふん尿のスプリンクラ散布方式

タイプ	散布方法	適用条件・労力等	施設費	その他
移動式	 給水栓より可搬式パイプあるいは耐圧ホース等により、台車に取り付けられた大型スプリンクラまで導水し、単体で散布を行う。散布後は台車とともに次の散布地点まで人力で移動を行う。ホースの延長距離は、ホースの移動労力面からみて100m程度が限界である。	最も一般的な方式で全ての地形・規模に適用可能。移動に労力を要す。可搬式パイプはホースに比較し移動が容易であり移動に伴う汚物感が少ない。	全体的に施設費は小さい。可搬式パイプの場合はホースに比較して大きい。	ふん尿散布の場合、集落近傍では環境保全対策が必要である（低圧、低角度散布）。
定量式	 大型スプリンクラの配置間隔に合わせたライザー管に、1日の散布作業に見合った数の大型スプリンクラを全て固定する。同日の散布作業は弁の切換えのみで行い、翌日は大型スプリンクラのみを次の散布ブロックのライザー管に移動して同様に散布作業を行う。通常同時に運転する大型スプリンクラの数は1～3個程度である。	比較的規模の大きい牧草・飼料畑のふん尿還元、かん水に適す。最も省力的な方式であり、ふん尿散布の場合移動が伴わないので汚物感がない。 ライザー管は一般に1haに1箇所程度となるので道路沿等に設ければ機械作業には、さほど障害を与えない。	他の方式に比較して大きい。	①同上 ②組織容量がある程度大きくないと省力化の割合が少ない。
自走式（リールタイプ）	 セミフレキシブル導水ホースが流体力（スラリーの場合は補助エンジン）によってリールに巻き取られ、ホースの末端に取り付けられた大型スプリンクラが牽引されつつ散布を行う。 大型スプリンクラの全移動距離（ホースの長さ）は200～300mが一般的である。大型スプリンクラの走行速度（かんがい強度）は無段変速が可能である。	平坦あるいは緩傾斜地で最低2ha以上の牧草・飼料畑の団地に形成されている場合に適用可能。 ふん尿還元及び水分補給の目的で使われ省力的なタイプである。	器種・タイプによって異なるが施設設計の方法によっては面積当たりの施設費は相当小さくなる	①1回のセットで大面積のかん水ができるので広域かんがいの場合は極めて省力的。ただし、使用水圧が高いため単位面積当たりの所要動力及び運転経費は若干増大する。 ②ふん尿散布の場合は低角度散布用のふん尿専用ノズルを用いる。

（旧農業土木試験場の資料による）

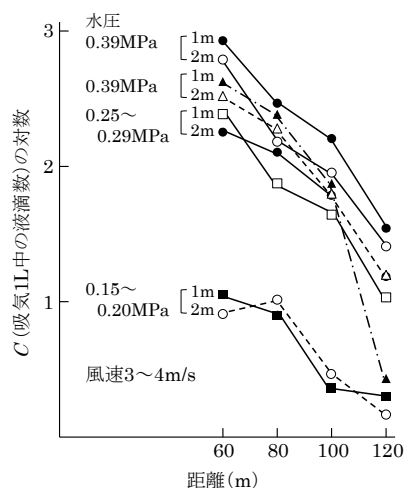


図-25.5 【参考】飛散液滴のてい減（旧農業土木試験場の資料による）

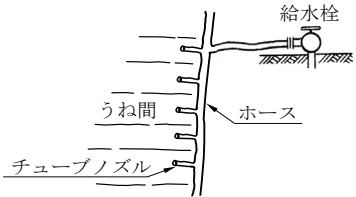
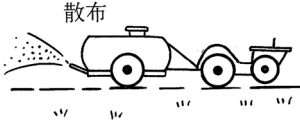
表-25.4 【参考】防風林による液滴の遮断効果

樹種	距離 (m)	受滴高さ (m)	防風林		照度計による 透過率	防風林の状態
			前	後		
ク リ	25	1	C=51.2	C=0	6%	高さ 3.0m
		2	47.0	0.5	67%	幅 6.0m
かん木	45	1	C=108.2	C=0	0%	高さ 3.5m
		2	131.3	0.3	0%	幅 7.5m

注) C : 吸気 1L 中の液滴数

(旧農業土木試験場の資料による)

表-25.5 【参考】ふん尿の搬送方法

タイプ	施用法	運用条件・労力等	施設費	その他
ホースかんがい 	給水栓よりフレキシブルホースにて導水し、うね間かんがい、水盤かんがい等地表かんがい方式によって、液状ふん尿施用を行う。 うね間用には左図に示した資材が開発されている。	地形が単純で起伏の少ない地帯。 末端圧は少なくてよいが比較的大きな流量を必要とする。 施設費は少ないが作業労力は他の方式に比較し大。	最も小	飛沫の発生がないので集落近傍での液状ふん尿等の施用に適する。
ポンプタンカー 	貯留槽又は末端ほ場の給水栓からスラリーをタンカーに充填し、還元地までタンカー搬送を行い、タンカーに装備されたスラリーポンプを駆動し、サイドスプレッド又はリアスプレッドで自走しながらスラリーを散布する。サイドスプレッドの飛散距離は30～50m、タンクの容量は2～4m ³ が一般的である。	平坦地又は緩傾斜地。 スラリーの搬送距離が比較的小さい場合は効率的である(共同利用が可能)。	比較的小	主な使用目的はスラリー散布であるが、その他防除・液肥施用又は水分補給等の末端システムとして多目的に使用される。
スラリーインジェクター 	搬送方式はポンプタンカーと同様。 スラリー施用は、タンカーの後部に装着されたチゼルにより耕土層内に亀裂を作り、走行しながらスラリーを土中に注入するチゼル型、あるいは耕運しながら土中に施用するロータリ型などがある。ロータリ型は主に元肥施用機として用いる。	礫などのない平坦地。 貯留槽から還元地までの搬送距離が近い場合に適す。(共同利用が可能)	同上	スラリー施用専用、土中にスラリーを注入施用するため悪臭・汚物感など生活環境に影響を及ぼさない。

(旧農業土木試験場の資料による)

注) この表は、末端ほ場の給水栓を利用して、スプリンクラ以外の方式により液状、ふん尿の施用を行う場合の例を示す。

26. 末端かんがい施設における調節装置の分類と選定

(基準 3.4.2 関連)

かんがい計画の設定条件に応じて流水量を規制し、適正な配水操作を行うためには、使用条件に適合した調節装置の設置が必要である。

末端かんがい施設における調節装置としては、弁、給水栓、混入器、量水装置等がある。

26.1 弁類

種々の目的に対応する各種の弁類があり、これを利用目的別に大別すると送水系の流量制御を自動的に操作する自動化用操作弁、管路を保全するための装置としての管路保全用弁、肥料、農薬等を散布するときに使用する薬液均等散布用弁等に区分される。

(1) 自動化用操作弁

ア. 電動弁

モータにより開閉する弁であり、比較的大口径の自動弁に採用される。この種の弁は ON-OFF 動作及び比例制御動作をさせることができる。

イ. 電磁弁

末端散布弁として使用され、電磁石にて弁を開閉するものである。

小電力で作動し、農業用のものは流体中の異物及びウォーターハンマを考慮したものが多い。動作は ON-OFF 動作で行う。

ウ. 順次弁

一つの入口と多数（4～10 個）の出口を有する弁である。

動作は、電気信号のパルスにより各出口を順次開閉する手法で行う。

動作は ON-OFF 動作で行う。

エ. 空気操作弁

圧縮空気を動力とし、弁を開閉するものである。

圧縮空気のため、大きな動力が得られ、また構造が簡単になる。

動作は ON-OFF 動作及び比例動作をさせることができる。

オ. 混合電磁弁

施肥、病虫害防除等を目的とした管路において、薬液や液肥を一定の割合で自動的に混合させる電磁弁である。

カ. 残液回収弁

施肥、病虫害防除等の際、管内に残る薬液を回収する施設において、散水電磁弁二次側の残液の圧力を感知し回収管へ回収する弁である。

キ. 凍結防止弁

ライザー管内の凍結を防止するため、ライザー管内の圧力が低下すると、自動的に管内残液を外部へ放出する弁である。

ク. 定流量ストップ弁

量水器とストップ弁が一体となっており、所定流量を流し終わると、自動的に閉となる弁である。なお、所定流量はダイヤルにて任意に設定できる。

ケ. 自動切換弁

各散水ブロックの流入部に取り付ける弁である。量水器とストップ弁が一体となっており、所定流量を通水すると自動的に弁が閉じ、同時に次の散水ブロックへの通水に切り換えることが可能となる。なお、流量はダイヤルで任意に調整できる。

(2) 管路保全用弁

ア. 二次圧力調整弁

いわゆる減圧弁で、使用場所の圧力が高すぎるときや圧力変動が激しいときに減圧して、弁の二次側圧力を一定に自動調整する。

管や機器を高圧から保護するためや、オリフィスとの組合せにより流量を調整するため等に使用される。

ライザー管に使用されるものは定圧弁とよばれることが多い。

イ. 一次圧力調整弁

弁の急閉等により圧力が急上昇する場合や使用量の変動により圧力が安定しない場合に、増圧分に応じた流量を自動排出して一次側の圧力を設定圧力以下に抑える。また、管路中に設置して、一次側圧力が設定圧力以下に下がらないよう、圧力保持の目的にも使用される。

一般に安全弁より連続作動に適している。

ウ. 空気弁

管路中の空気を自動排出し、あるいは管路に自動吸入して空気混入による障害や管路内が負圧になるのを防止する。

エ. 安全弁

安全弁は設定水压では開かないが、異常な高圧がかかると自動的に弁が開き、余剰水を排出して圧力を降下させ、散布支管や機器を高圧から保護する。

(3) 薬液均等散布用弁

ア. 定圧時作動弁

設定圧力を超えると開き、一定圧力まで下がると閉じる構造の弁である。スプリンクラの吐出し始めの時間差や各スプリンクラ間の落差によるボタ落ちによって、散布ムラが生じないように、通水を停止させる目的で各ライザー管に設置して使われる。

同時作動定圧弁、感圧弁、自動ストップ弁等ともよばれる。

イ. 定流量弁

圧力の変動に関係なく常に設定された一定の流量に自動調整する弁である。管路に設けて過大流量の防止、分岐点での適正流量配分のためや、ライザー管に取り付けて、各スプリンクラからの吐出量の均等化を図るため等に使用される。

ウ. 定流量定圧時作動弁

定圧時作動弁と定流量弁の機能を兼ね備えたものである。

エ. 液開気閉弁

散布ブロックの管内の薬液を完全散布して、薬液の管内残留による損失を防止するために設置する。ライザー管に装着し、空気圧を管内に圧入して、管内残液をスプリンクラから散布するときの空気圧の損失を防止する。

(4) その他

ア. 水位調整弁

貯水槽、調圧槽、沈殿槽等の水槽の水位を一定に維持するために自動給水又は自動排水を行う弁である。

水位調整の機能を有する弁には、ボールタップ・ディスク弁の直動式とパイロット式の水位調整弁あるいは定水位弁とよばれるものがある。

イ. 圧力測定弁

スプリンクラの吐出圧力を計測するための弁である。

ウ. 逆止弁

水の流れを一定方向に保ち、逆流を防止する。栽培管理の合理化の場合には、肥料、農薬が混合された用水が水源へ逆流することを防止するために設置する。

エ. 排水弁

散布支管の下流端は、管内の洗浄のために、確実にしかも簡単な止水洗浄弁方法が望ましく、排水弁や洗浄弁が取り付けられることもある。散布支管の膨張・収縮を吸収するため、散布支管の下流端と固定杭はゴムやバネなどで結ぶ必要がある。

病虫害防除に用いられる場合は、散布支管の下流端に自動排水弁が取り付けられる。散布支管内に水が流入し、所定の圧力に達するまでこの弁は開いているが、所定圧に達すれば閉じる。また、散布が終了して、散布支管内が所定圧以下になれば、この弁は開き管内の残液を排除する。したがって、エミッターからの薬液の前だれ及び後だれを防止することができるとともに、管内の残液を流し出すことができる。

26.2 元栓

配水管から給水管への通水を開始したり停止したりする。この元栓のすぐ下流側に蛇口を取り付けておけば、液肥等の希釈やフィルターの洗浄等に便利である。その他、末端制御装置には多くの仕切弁（スルース弁、バタフライ弁）が取り付けられる。

26.3 給水栓

管路の水を耕地面に取り出す装置で、その型式は配水する場所、かんがい方式、管内水压、使用水量等によって異なる。内水压が比較的大きい管路では、主としてアングル弁又はストップ弁が多く利用されている。

26.4 混入器

管路内に薬剤、液肥等を注入して散布施設を栽培管理の合理化に利用し、栽培管理作業の省力化を図る装置である。流量比例方式、差圧利用方式、定流量弁方式があり、対象面積、流量に応じて適用方式を選定することが必要である。

末端かんがい施設では、ベンチュリー管の原理を応用した小型のポータブル混入器が多く用いられている。

散布器具を使って、農薬や肥料を散布するためには、作物に薬害等を及ぼさずに散布の目的が達せられるよう準備と対策が必要になる。薬液は、薄められる倍率が正確で、畑全体に均一にかからないと効果にムラが出るばかりでなく、場合によっては薬害で作物が落葉又は枯死したり、収量又

は品質に悪い影響を与える。混入器の選定に当たっては性能及び部品の材質の検討も必要である。

26.5 量水施設

量水計には差圧式、面積式、電磁式、超音波式、回転翼式等があるが、末端施設に使われるのは精度、価格、維持管理面等からみて回転翼式が多い。回転翼式は流水の力によってプロペラが回転して流量を指示記録するものであり、管径は13～900mm、精度は±4%が一般的である。

26.6 圧力計

著しい圧力低下は、パイプが壊れて水が流出している可能性を示す。フィルターの上下流の圧力は、その差が大きければ、フィルターが目詰まりしていることを示す。また、長時間使用して、圧力差が生じないときはフィルターが粗すぎる可能性を示す。

26.7 除塵装置

除塵装置としては、沈砂池、スクリーン、除塵器、フィルター、ストレーナが挙げられる。これらは水中の浮遊物質の粗なるものから微粒子へと段階的に除くことが必要で、段階的に設置される。一般には、大スクリーンはポンプ場に置き、ファームポンド以降の末端かんがい施設に対しては、除塵器、フィルター、ストレーナが設置される。

マイクロかんがいでは、エミッターの目詰まりによって散水の均一性が著しく低下する。砂等の微粒子は、散布支管の下流端近くの流速が小さい箇所に堆積する。また、有機物など水に浮遊しているものもあり、管壁に付着し、管内に出っ張りを作ったりする。さらに、他の物質がそれに付着し、管路の断面積が小さくなり、流れが悪くなる場合もある。

27. 配 水 槽

(基準 3.4.3 関連)

地域内に所要の静水圧を得るのに十分な標高の高い箇所がある場合には、配水槽を設けることを原則とする。これが得られないような平坦地では、圧力水槽を設ける。

27.1 配水槽

(1) 一般事項

配水槽を用いた送水方式は、ポンプ送水方式としては最も望ましい方式で、スプリンクラかんがいの面からも最良の方式である。

配水槽は、主に①数十分程度のポンプ運転、②施設の連携動作の整合及び③過渡現象を緩和して施設の保護を図ることを目的として設けるため、調整容量は比較的小さくてすむ。しかし、停電が予想される台風時の潮風害防止を目的としている場合では、あらかじめ必要水量の全てを配水槽に貯留しておかなければならないため、かなり大きな容量を持たせている例もある。

(2) 配水槽の容量

一般に配水槽の最小容量は、槽内設定水位によってポンプの自動運転を行う場合には、ポンプの ON-OFF の許容頻度、空気混入や溢水の防止を考慮し決定する。

この場合の配水槽の全容量は、次の式 (27.1) で示される。

$$V = V_a + h \quad \dots \dots \dots (27.1)$$

ここで、

V : 配水槽の全容量 (m³)

V_a : 有効容量 (m³)

h : ポンプ運転に必要な容量及び空気混入や溢水の防止のための容量 (m³)

(3) 配水槽の位置

- ① 配水槽支配下のかんがい区域に、かんがい方式から要求される必要水頭の得られる位置(標高)にあること。
- ② ポンプ揚水費及び配管費が最も安価となる位置を選ぶこと。
- ③ 計画規模の敷地が十分得られること。
- ④ 管理に便利な位置であること。

なお、配水槽の設計上の留意点については、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」を参照すること。

27.2 圧力水槽

(1) 一般事項

- ① この方式は、定置式又は準定置式(いずれもポンプ固定の場合)かんがい施設として用いられるものの一つで、計画地区が平坦で、かつ、付近に配水槽式とするに必要な高さの得られる山等のない場合に適用される。
- ② 圧力水槽を併設し、圧力水槽内の圧力差を利用してポンプを自動運転させる。したがって、

一般に原動機はモータとする。

- ③ 揚水費、ポンプとその制御機器（電気設備）、パイプの維持保全等の点から、一般に 1 機場当たり支配面積は、原則として 30～60ha 以下（この程度の面積であれば、低圧受電によることができる。）の小規模かんがいの場合に適する。
- ④ 圧力水槽内の空気の補給は、空気圧縮機による。
- ⑤ 圧力水槽の構造は、「圧力容器構造規格」及び「ボイラー及び圧力容器安全規則」によるものとする。

(2) 圧力水槽の設置位置

- ① 圧力水槽は、機場に隣接して設置する。
- ② 圧力水槽の位置、すなわち、ポンプ場の位置によって、揚水費はもちろん管路工費に大いに差異を生ずるので、これらの工費が最も安くなる位置に設ける必要がある。したがって、他の条件が許されるならば、地区の中央付近に設けることが経済的である。

(3) 圧力水槽の効果

圧力水槽には、次の 4 つの大きな効果がある。

- ① 揚水ポンプの始動、停止の簡便を図る。
- ② 散布器の噴射圧力をほぼ一定に保つ。
- ③ 管路内の圧力変動（ウォーターハンマ）を吸収する。
- ④ 極めて少量の水利用の際の頻繁な断続運転を緩和する。

(4) 圧力水槽の容量決定算式

圧力水槽の容量は、次の式 (27.2) によって求める。

$$X(\alpha - \beta) = V = Q \cdot T_0 \quad \dots \dots \dots (27.2)$$

$$X = \frac{V}{(\alpha - \beta)} = \frac{Q \cdot T_0}{(\alpha - \beta)}$$

$$\alpha = 1 - \frac{p + 0.1013}{p' + 0.1013} \quad \beta = 1 - \frac{p + 0.1013}{p'' + 0.1013}$$

$$\alpha \leq 70\%$$

ここで、

- V : 有効貯水量 (L)
- X : 圧力水槽内総体積 (L)
- p : 初めの水槽内ゲージ圧力 (MPa)
- p' : 最高給水圧力 (MPa)
- p'' : 最低給水圧力 (MPa)
- α : 最高給水圧力下の水槽内水量 (%)
- β : 最低給水圧力下の水槽内水量 (%)
- T_0 : 断続運転時のポンプ休止時間 (min)
- Q : 断続運転時の給水量 (L/min)

上式によって、圧力水槽の容量を決定できるが、この場合 $\alpha \leq 70\%$ とする必要がある。

仮に、 $\alpha \leq 70\%$ とならない場合は、使用中の圧力水槽から空気が水に混入して逃げていくため、

あらかじめ圧力水槽内の空気に一定の圧力を加えたり、使用中に圧力を補給する必要がある。したがって、空気圧縮機は必ず設置すべきである。

また、空気圧縮機は自動のものとする。

28. 配水施設の規模と配置

(基準 3.4.4 関連)

28.1 配水施設の支配規模

(1) ローテーションブロックの決定上の留意点

- ① 水分補給の目的でかんがいを行う場合には、多量の水を連続して必要とする。この場合に施設計画では、ローテーション制を採ることによって、流量を均一化し、施設の遊び時間をなくして、施設容量の減少を図るのが普通である。したがって、このローテーションによって一つのかんがい作業体系が成立する。
一方、栽培管理の合理化を行う場合には、それぞれの利用目的について、使用条件及び制限条件を満たすようなローテーションブロックを設定する必要がある。
- ② 栽培管理の合理化を行う配水組織の計画では、末端作業性を保証する形での末端からの積上げ方式を採ることを基本とする。
- ③ 病虫害防除を行う場合には、一般に 1 日以内に 1 かんがいブロックの作業を完了することが要求される。したがって、病虫害の発生分布、年間防除計画、作業可能時間、散布資材の混入、残液の処理方法等を十分検討の上、ローテーションブロックを決定する必要がある。
- ④ 自動化の程度、ほ場の整備条件及び病虫害防除作業の組織は散布作業の能率に大きな影響を与える。
- ⑤ 急傾斜地では、使用する管材の耐圧強度、ポンプ設備、配水槽、減圧施設等の配置をあらかじめ考慮に入れ、用水に対する不必要なエネルギーの付与や減勢などを行わないですむように、ローテーションブロックを決定する必要がある。なお、これらはかんがいブロックの決定にもいえることである。
- ⑥ 1 つのファームポンド掛かりで、水田と畑が受益に混在する地域では、水田用水量の方が相対的に大きい場合、ローテーションブロックの設定に当たっては、留意する必要がある。
- ⑦ 急傾斜の畑や樹園地などでは、夜間作業が危険となる場合もあるため、1 日の実かんがい時間やローテーションブロックの設定に当たっては、留意する必要がある。

(2) その他の留意点

- ① スプリンクラによる病虫害防除において、1 チームが 1 日で作業できる散布ブロック数は既設施設での実態調査によれば、40～60 ブロック程度であり、散布ブロックの面積も、0.3～0.7ha 程度が多くみられる。したがって、12～40ha 程度が病虫害防除の作業単位となる場合が多い。
- ② 野菜を中心とする平坦地における配水施設としては、圧力水槽方式あるいはポンプ直送方式が中心となる。そのために、施設の支配規模もこれらの施設建設に係る費用、技術的問題及び維持管理の面から 15～50ha 程度となることが多い。

28.2 配水施設の構成と各種施設の配置

- ① 配水施設の構成のレイアウト及び各種施設の配置は、配水施設の水利的安全性、末端での作業性、施設の建設・維持管理に係る経済性及び施設の信頼性や安全性の観点から十分検討して決定しなければならない。

- ② スプリンクラシステムは、末端においてかなり高い作業圧力を必要とする。作業圧力の確保は自然圧を基本とするが、ポンプによる加圧を必要とする場合は、加圧区間を必要最小限に抑える必要がある。ポンプ場及びファームポンドの位置決定に当たっては、できる限り必要最小のエネルギーで配水ができるように、留意する必要がある。
- ③ ポンプ、ファームポンド及び管路は配水施設を構成する基本要素である。特に施設の建設費及び維持管理費の両面から、互いの調和を図る必要がある。
- ④ 急傾斜地の配水施設では、配水槽方式を採ることを基本とする。配水槽の配置は、ポンプによる配水槽までの揚水と、配水槽からの末端分水弁までの圧力調整、使用管種の耐圧等を考慮して決定しなければならない。特に、配水槽の配置と支配面積は、施設の建設費及び維持管理費に大きな影響を与える。
- ⑤ 平坦地では、ポンプ直送方式あるいは圧力タンク方式が一般的である。圧力タンク方式を採用する場合には、ポンプの制御は圧力スイッチによる ON-OFF 制御として、ポンプ運転制御と末端作業とは切り離すことを原則とする。ON-OFF 制御の時間間隔は、ポンプの仕様を十分に検討の上、適正に決定しなければならない。ポンプ直送方式を採用する場合には、圧力変動及び流量変動に即応できるよう制御機器及びその他の付帯機器について慎重な検討を要する。
- ⑥ 管路の配置は、分・配水操作作業及び残液処理操作と深い関わりを持つ。したがって、自動化の程度、ほ場の整備条件、残液の処理方式等を総合的に検討して配置する必要がある。
- ⑦ 管路の配置は、分水点までの最短距離を結ぶことを原則とするが、作業開始前の水張り操作、管内空気の処理、使用管種、管材から決まる耐圧強度及び維持管理を十分考慮して決定する必要がある。
- ⑧ 散布資材混入施設は、資材の搬入、とりわけ道路との関係を十分考慮して施設の位置を決定する必要がある。
- また、残液を回収する場合には、その処理や再利用との関連を十分検討しておかなければならない。
- ⑨ 栽培管理の合理化を行う場合では、特に厳格な圧力調整を要する場合が多いが、圧力調整に当たっては、単に動水勾配調整だけを目的とするのではなく、ウォーターハンマの吸収・放出、管内封入空気の処理も併せて検討し、水理的安定性と安全性を高める工夫が必要である。特に、過大な減圧はキャビテーションを伴い、水理的不安定性の大きな原因となるため、十分注意する必要がある。

キャビテーションに対する安全な減圧量（ ΔH ）は、次の式（28.1）に示すキャビテーション係数 σ の値によって見当をつけることができる。

$$\sigma = \frac{H_d - H_v}{\Delta H} \quad \dots \dots \dots (28.1)$$

ここで、

H_d ：減圧弁下流部の圧力水頭（m）

H_v ：大気圧に対する水蒸気圧（水頭換算値）（m）

ΔH ：減圧量（m）

減圧弁の構造・開度及び管径にもよるが $\sigma < 1.25 \sim 1.50$ とすることが一応の目安として与

えられる。

- ⑩ かんがい用水には、砂、礫、木片等が混入している場合が多い。したがって、除塵に対して、次のような配慮が不可欠である。
 - a. ファームポンドから配水管路の流入口にスクリーンを配置する。また、砂又は礫を巻き上げないような呑口の形状をとる。
 - b. 管内の主要な調圧弁、流量調整弁の上流にストレーナを配置するなど、除塵対策を講じなければならない。

29. 配水施設の施設容量と自由度

(基準 3.4.4 関連)

29.1 施設容量の決定

(1) 通常のかんがいを行う場合

一般に水分補給を目的とするかんがいで施設容量は、計画上では完全にローテーション制が実施されるものとして、次の式 (29.1) で計算する。

$$Q = 2.78 \frac{A \cdot E_2}{F \cdot T} \quad \dots \dots \dots (29.1)$$

ここで、

Q : 施設容量 (L/s)
 A : かんがいブロック面積 (ha)
 E_2 : 粗かんがい水量 (mm)
 F : 計画間断日数 (day)
 T : 1 日の実かんがい時間 (hr)

一方、病虫害防除のように末端スプリンクラの選択及び配置並びに散布ブロックの面積が制限条件を与える場合については、次の式 (29.2) が適用される。

$$Q = 2.78 \frac{h \cdot A_u \cdot N_a}{1 - E_m} \quad \dots \dots \dots (29.2)$$

ここで、

h : かんがい強度 (mm/hr)
 A_u : 散布ブロックの面積 (ha)
 N_a : 1 かんがいブロック中のローテーションブロック数、あるいは同時散布ブロック数 (整数)
 E_m : 搬送損失率

なお、施設容量に自由度 (f) を付加する場合は、式 (29.1) 又は式 (29.2) の両辺に f を乗じて求める。(自由度 f については「29.2 配水施設の自由度」の項を参照)

(2) 栽培管理の合理化を行う場合

栽培管理の合理化を行う場合は、各目的において必要とする施設容量のうち、最大値を配水施設計画上の施設容量とする。ただし、各目的間の施設容量に著しい差が生じないように、決定に当たってはどの目的が施設容量を規定しているかを明確にし、目的ごとの調和を図る必要がある。

(3) 施設容量決定の事例 (参考)

みかんを対象とした、水分補給、病虫害防除、液肥散布及び潮風害防止を行う配水施設の容量を決定する例を以下に示す。

ア. 配水施設の計画条件

配水施設の計画条件は、次のように与えられるとする。

- ① かんがいブロック面積 A は、管理組織を考慮し 30ha とする。

- ② かんがい強度 (h) は末端施設の計画で、スプリンクラの選択から 10mm/hr、スプリンクラの間隔は 14×14m、一本のスプリンクラの支配面積は 0.0196ha とする。
- ③ かんがい水量は用水計画から、時間拘束は作業体系から、表-29.1 のとおり与えられるとする。
- ④ 潮風害防止面積は 8ha とする。

表-29.1 容量決定条件

利用目的	対象面積 (ha)	計画条件					決定条件	
		ほ場かんがい水量 E_1 (mm)	1 日の実かんがい時間 T (hr)	間断日数 F (day)	全実かんがい時間 T' (hr)	かんがい強度 h (mm/hr)	1 日の散布可能ブロック数	全作業可能ブロック数
水分補給	30	35	18	6	108	10	(5.1)	30
液肥散布	30	20	14	5	70	10	7	35
病虫害防除	30	1	4	1	4	10	40	40
潮風害防止	8	5	5	1	5	10	10	10

注) 30: 制限条件

イ. 施設容量の計算

- ① 補給かんがい及び液肥散布について、1 日当たりの散布可能ブロック数を $T/(E_1/h)$ によって計算し、小数点以下を切り捨てる。
- ② 補給かんがい及び液肥散布について、①で計算した 1 日の散布可能ブロック数に間断日数を乗じて、作業可能ブロック数を決定する。
- 病虫害防除及び潮風害防止については、 $T/(E_1/h)$ によって、作業可能ブロック数を決定する。
- ③ 計算された作業可能ブロック数のうち最小のもの、この例では、水分補給の 30 ブロックを選び、配水施設計画上の基礎とする。
- ④ かんがいブロック面積 A (30ha) と、以上のようにして決定した 30 ブロックから同時散布面積を決定する。

すなわち、

$$N_a \cdot A_u = A/30 = 1.0\text{ha}$$

0.3 < A_u < 0.7ha の条件を考慮して、同時散布ブロック数 N_a 、散布ブロック面積 A_u を次のように調整する。

$$N_a = 2, A_u = 0.5\text{ha}$$

さらに、スプリンクラ 1 本の支配面積 0.0196ha を考慮して調整すると、スプリンクラ数 26 本、決定面積 0.5096ha となる。

- ⑤ 潮風害防止については、計画面積は可能面積 (1.0ha × 10 ブロック = 10ha) 以内であるから計画条件を満たす。したがって、全体の配水施設計画を制限するのは、水分補給である。
- ⑥ 施設容量は、前述の式 (29.2) によって次のとおりとなる。

$$Q = 2.78 \cdot \frac{h \cdot A_u \cdot N_a}{1 - E_m} = 2.78 \cdot \frac{10 \times 0.5096 \times 2}{1 - 0.05} = 29.8 \quad (\text{L/s})$$

29.2 配水施設の自由度

施設園芸や路地野菜の占める面積が大きい地区では、1 日のうちでも特定時刻に水利用が集中することが知られている（図-29.1 参照）。

一方、29.1 施設容量の決定で述べられているように、配水施設の施設容量は、ローテーション制を前提として式（29.1）で定められるか又はかんがいブロック内で同時に散布される散布ブロックの数を限定して式（29.2）で定められる。したがって、このような方法で計画された配水施設容量の下では、水需要の時間的集中に対応する余裕がないことになる。

そのため、水需要の時間的集中にある程度柔軟に対応するため、施設容量に余裕を持たせておくことが必要になる。この余裕の尺度を自由度という。

(1) 自由度の定義

ア. ローテーション制を前提とした場合

ローテーション制を前提とした場合の配水施設の施設容量（ Q ）は、前述の式（29.1）式で与えられる。

$$Q = 2.78 \frac{A \cdot E_2}{F \cdot T} \quad \dots \dots \dots (29.1)$$

これに対し、水需要の時間的集中によって、ローテーション制による流量の f 倍の流量を通水したとき（すなわち、ローテーション制によって限定されている同時散布ブロック数（ N_a ）の f 倍の開栓をしたとき）の施設容量（ Q_f ）は、次の式（29.3）で与えられる。

$$Q_f = 2.78 \cdot f \frac{A \cdot E_2}{F \cdot T} \quad \dots \dots \dots (29.3)$$

イ. 限定された散布ブロック数を前提とした場合

限定された散布ブロック数（ N_a ）個のみを同時に散布可能な配水施設の施設容量（ Q ）は式（29.2）式から、次の式（29.4）で与えられる。

$$Q = 2.78 \frac{h \cdot A_u \cdot N_a}{1 - E_m} \quad \dots \dots \dots (29.4)$$

これに対し、水需要の時間的集中によって、散布ブロック数（ N_a ）個の f 倍の開栓がなされたときの施設容量（ Q_f ）は、次の式（29.5）で与えられる。

$$Q_f = 2.78 \frac{h \cdot A_u \cdot (f \cdot N_a)}{1 - E_m} \quad \dots \dots \dots (29.5)$$

ウ. 自由度

以上より、自由度 f はア及びイのいずれの場合にも、次の式（29.6）で与えられる。

$$f = \frac{Q_f}{Q} \quad \dots \dots \dots (29.6)$$

すなわち、自由度 f は限定された散布ブロック数（ N_a ）の何倍まで水需要の時間的集中が可能かを表す尺度として定義される。

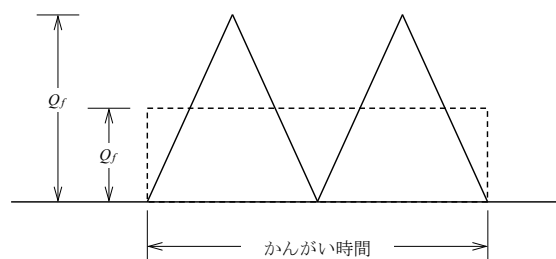


図-29.1 水需要の集中の模式

29.3 自由度の大きさ

一般に施設園芸地帯では、午前と午後の2回にわたり水需要のピークが発生することが多いことと、1日の散布移動回数が4回程度であることから、自由度を必要とする場合の f は2程度を原則とするが、費用対効果を検討の上、その効果が十分に期待できるのであればこれより大きくしてもよい。

なお、自由度 f を保证するための水量は技術書「30. ファームポンド」の項で述べるファームポンドの時間的集中緩和容量（ V_{F2} ）によって賄うものとする。

30. ファームポンド

(基準 3.4.4 関連)

30.1 ファームポンドの機能と役割

一般に、ファームポンドより上位の幹線水路の通水時間と末端でのかんがい時間とは異なる。そこで、末端でのかんがい休止時間中の幹線水路の通水量を一時貯留することによって、幹線水路の施設容量を下げ、管理損失の減少を図るとともに、上位幹線水路の送水管理を容易にすることができる。そのために設ける調整施設がファームポンドである。

さらに、ファームポンドは、末端での水利用の変動を平滑化し、末端における短い時間スケールの水利変動を吸収して、上位幹線水路の送水管理を容易にするとともに、逆に末端での水利用に対する幹線送水管理からの制限を緩和する機能も有する。したがって、ファームポンドは末端での水利用の自由度を大きくする。

また、水利変動の平滑化は、送・配水制御（特にポンプの始動及び停止の制御）を円滑にする上で重要である。

このように、ファームポンドは多くの機能を有しているが、いずれも幹線と末端での配水施設をつなぐ緩衝部としての役割であり、特に栽培管理の合理化又は自動化システムにおいて果たす意義は大きい。したがって、ファームポンドを計画するに当たっては、その形式、容量及び位置はファームポンドのどの機能を強調するか十分検討した上で決定しなければならない。

30.2 ファームポンド容量

(1) 末端かんがい時間と幹線通水時間の時間差調整容量

末端におけるかんがい作業時間は、地域の営農体系や営農作業可能な最大可照時間等を参考に決定し、このうちスプリンクラ等の移動時間を除いたものが実かんがい時間となる。一方、幹線水路の通水時間は水流制御や通水容量の問題等から 24 時間通水となるのが一般的であり、両者の時間差をファームポンドによって調整する。このために必要なファームポンド容量 (V_{F1}) (m^3) は、次の式 (30.1) により求める。

$$V_{F1} = \frac{D}{E_f} \cdot \frac{10}{24} \cdot (24 - T) \cdot A \quad \dots \dots \dots (30.1)$$

ここで、

D : 計画日消費水量 (mm/day)

E_f : かんがい効率

T : 計画日消費水量 D に対する 1 日の実かんがい時間 (hr)

A : ファームポンドの支配面積 (ha)

いま、計画最大日消費水量 (D_m) (mm/day) に対する実かんがい時間を T_m (hr) とすると、同一末端施設を利用する限り、計画日消費水量が D のときの実かんがい時間 T は、次の式 (30.2) のような関係がある。

$$D = \frac{D_m}{T_m} \cdot T \quad \dots \dots \dots (30.2)$$

式 (30.1)、(30.2) より D を消去すると、 V_{F1} は次の式 (30.3) のとおり T についての二次方程式となる。

$$V_{F1} = \frac{D_m}{E_f \cdot T_m} \cdot \frac{10}{24} \cdot (24T - T^2) \cdot A \quad \dots \dots \dots (30.3)$$

式 (30.3) から V_{F1} の最大値は $T = 12\text{hr}$ のときに生じ、次の式 (30.4) のように与えられる。

$$V_{F1} = \frac{60}{E_f} \cdot \frac{D_m}{T_m} \cdot A \quad \dots \dots \dots (30.4)$$

ただし、地区の計画最小日消費水量の時のかんがい時間が 12 時間以下とならない場合は式 (30.1) を使用する。この際の D 、 T は計画最小日消費水量のときの値とする。

また、ポンプでファームポンドへ送水する場合等で、送水流量 (m^3/s) の下限値が制限を受ける場合には、別途検討が必要である。

(2) 用水需要の時間的集中の緩和容量

配水組織に自由度を付加する場合は、それに対応できる容量をファームポンドに持たせる必要がある。

一般に、施設園芸地帯では午前と午後の 2 回にわたり水需要のピークが発生することが知られている。いまこの時間的集中状況を図-30.1 の (b) に示すような二つの三角形 (自由度 $f \geq 2$ を想定) で表わせば時間的集中を緩和するために必要な容量 (V_{F2}) (m^3) は次のようにして算定することができる。

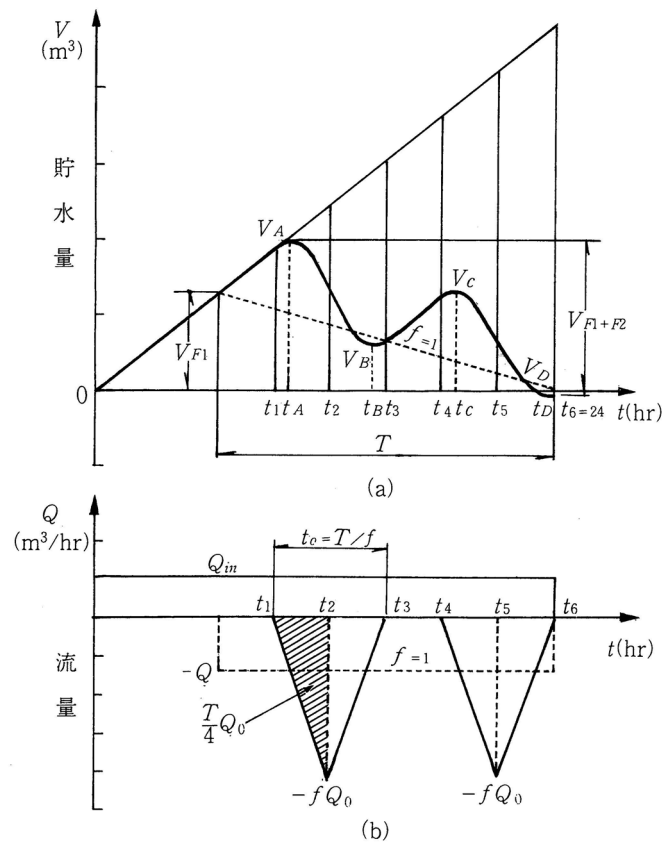


図-30.1 水需要パターンと貯水量変化

ア. 任意時刻における貯水量

水需要パターンに対応するファームポンドの貯水量変化を示すと図-30.1の(a)のようになり、任意時刻 t における貯水量(V) (m^3)は次の式(30.5)～(30.10)で表わされる。

$0 \leq t \leq t_1$ の場合

$$V = Q_{\text{in}} \cdot t \quad \dots \dots \dots (30.5)$$

$t_1 < t \leq t_2$ の場合

$$V = Q_{\text{in}} \cdot t - \int_{t_1}^t \frac{2f^2 \cdot Q_0}{T} \cdot (t - t_1) dt \quad \dots \dots \dots (30.6)$$

$t_2 < t \leq t_3$ の場合

$$V = Q_{\text{in}} \cdot t - \frac{T}{4} \cdot Q_0 + \int_{t_2}^t \frac{2f^2 \cdot Q_0}{T} \cdot (t - t_3) dt \quad \dots \dots \dots (30.7)$$

$t_3 < t \leq t_4$ の場合

$$V = Q_{\text{in}} \cdot T - \frac{T}{2} \cdot Q_0 \quad \dots \dots \dots (30.8)$$

$t_4 < t \leq t_5$ の場合

$$V = Q_{\text{in}} \cdot t - \frac{T}{2} \cdot Q_0 - \int_{t_4}^t \frac{2f^2 \cdot Q_0}{T} \cdot (t - t_4) dt \quad \dots \dots \dots (30.9)$$

$t_5 < t \leq t_6$ の場合

$$V = Q_{\text{in}} \cdot t - \frac{3}{4} \cdot T \cdot Q_0 - \int_{t_5}^t \frac{2f^2 \cdot Q_0}{T} \cdot (t - t_6) dt \quad \dots \dots \dots (30.10)$$

ここで、 Q_0 は自由度 $f=1$ のときの単位当たり時間の消費水量(m^3/hr)であり、次の式(30.11)で与えられる。

$$Q_0 = \frac{10 \cdot D_m \cdot A}{T_m \cdot E_f} \quad \dots \dots \dots (30.11)$$

Q_{in} はファームポンドへの流入流量(m^3/hr)であり、24時間送水とすれば、次の式(30.12)で与えられる。

$$Q_{\text{in}} = \frac{T}{24} \cdot Q_0 \quad \dots \dots \dots (30.12)$$

イ. 自由度を付加した場合のファームポンド容量 (V_{F1+F2})

貯水量変化曲線において、極大、極小を与える点、すなわち、 t_A ・ t_B ・ t_C 及び t_D におけるファームポンド容量は、それぞれ次の式(30.13)～(30.16)のように与えられる。

$$V_A = \frac{T}{48} \cdot (48 - T) Q_0 - \frac{T^2}{24 \cdot f} Q_0 + \frac{T^3}{48^2 \cdot f^2} Q_0 \quad \dots \dots \dots (30.13)$$

$$V_B = \frac{T}{48} (24 - T) Q_0 - \frac{T^3}{48^2 \cdot f^2} Q_0 \quad \dots \dots \dots (30.14)$$

$$V_C = \frac{T}{2} Q_0 - \frac{T^2}{24 \cdot f} Q_0 - \frac{T^3}{48^2 \cdot f^2} Q_0 \quad \dots \dots \dots (30.15)$$

$$V_D = -\frac{T^3}{48^2 \cdot f^2} Q_0 \quad \dots \dots \dots (30.16)$$

これらの式から、 $V_A > V_B > V_C > V_D$ の関係が成り立つので、自由度を付加した場合のファーム

ムポンド容量 (V_{F1+F2}) (m^3) は次の式 (30.17) で与えられる。

$$V_{F1+F2} = V_A - V_D = \frac{T}{48} \cdot (48 - T) Q_0 - \frac{T^2}{24 \cdot f} Q_0 + \frac{2 \cdot T^3}{48^2 \cdot f^2} Q_0 \quad \dots \dots \dots (30.17)$$

ここでファームポンド容量 (V_{F1+F2}) (m^3) は実かんがい時間 (T) (hr) によって変化する。計画におけるファームポンド容量が最大となる (T) (hr) の値は次の式 (30.18) により求められる。

$$T = 8f^2 + 16f - \sqrt{64f^4 + 256f^3 - 128f^2} \quad \dots \dots \dots (30.18)$$

ただし、地区の計画最小日消費水量のときの実かんがい時間が上式で求めた時間 (T) 時間以下とならない場合は、計画上の最小かんがい時間を使用する。また、ポンプでファームポンドへ送水する場合等で、送水流量の下限值が制限を受ける場合には、別途検討が必要である。

ウ. 自由度を付加したことによるファームポンド容量の増加量 (V_{F2})

ファームポンド容量の増加量、すなわち時間的集中を緩和するために必要な容量 (V_{F2}) (m^3) は次の式 (30.19) により求められる。

$$V_{F2} = V_{F1+F2} - V_{F1} \quad \dots \dots \dots (30.19)$$

ここで、 V_{F1} は式 (30.1) 又は式 (30.4) で求めた値、なお、時間的集中による水需要パターンは一般に三角形を示すが、ファームポンドの支配面積が比較的小さい場合や、営農形態、自動化の程度によっては散布時間を集中し、台形又は四角形を示す場合がある。ただし、これらパターンの採用に当たっては、施設規模と効果の関係を十分考慮する必要がある。

(3) 栽培管理の合理化のための容量

凍霜害防止、潮風害防止など特定時間に水利用が集中する場合の必要量 (V_{F3}) (m^3) は、別途計画値に基づいて算定する。

(4) 揚水施設及び分水施設の円滑な運転制御容量

ファームポンドの水位によって幹線水路からのポンプによる取水や分水施設の制御を行う場合には、取水の ON-OFF 制御を円滑にするための容量 (V_{F4}) (m^3) を必要とする。

これは、制御の安定性から、ファームポンドの水位差の下限值から制約を受ける。

$$V_{F4} = Q_p \cdot t_0 \quad \dots \dots \dots (30.20)$$

$$V_{F4} \geq 0.2^* \times A_0 \quad \dots \dots \dots (30.21)$$

V_{F4} は式 (30.20) 及び式 (30.21) の両式を満足していること。

ここで、

Q_p : ポンプ揚水量 (m^3/min)

t_0 : ポンプ休止時間 (min)

電動機の始動時の熱損失による温度上昇、電磁接触器そのほかの電氣的、又は機械的寿命なども考慮して、ポンプ仕様等から決定する。

A_0 : ファームポンド断面積 (m^2)

* : ポンプ始動停止用液面リレー、フロート弁等の不感帯などから決まる水位差で 20cm 以上を目安とする。

(5) 円滑な送水管理のための容量

長大な幹線系（開水路）で、取水地点と分水地点との間に生ずる流況操作の応答遅れによって、減量操作の場合には、無効送水が生じ大きな管理損失が発生する。また、増量操作の場合には、この遅れによって水需要に即応できなくなる。

このような管理損失水量を軽減させ、かつ、用水系の水管理操作を容易にするために、次の式(30.22)のような容量（ V_{F_s} ）（ m^3 ）をファームポンドにもたせる必要がある。

$$V_{F_s} = \Delta Q \cdot \tau \quad \dots \dots \dots (30.22)$$

ここで、

ΔQ : 流量変化（ m^3/s ）

（計画日消費水量の期別変化の差が最大となるときの流量差）

τ : 流況操作の応答遅れ時間（s）

応答遅れ時間（ τ ）の算定については次の方法が適用される。ここでは、長方形断面の開水路の場合について計算法を示す。

ア. 初期定常流況からの情報と到達状況の分類

波速による時間（ T_h ）（s）

$$T_h = l / \left(\bar{v}_b + \sqrt{g \cdot \bar{h}_b} \right) \quad \dots \dots \dots (30.23)$$

水路内の貯留変化による時間（ T_c ）（s）

$$T_c = \Delta V / \Delta Q \quad \dots \dots \dots (30.24)$$

ここで、

l : 水路の長さ（m）

g : 重力の加速度（ $9.80m/s^2$ ）

$\bar{v}_b$: 初期平均流速（ m/s ）

$\bar{h}_b$: 初期平均水深（m）

ΔV : 水路内の貯留変化量（ m^3 ）

イ. $T_h > T_c$ の場合

堰上げの影響が強く、かつ ΔV が小さい場合であり、用水到達状況は T_h でその全量に変化するので $\tau = T_h$ （s）で与えられる。

ウ. $T_h < T_c$ の場合

無次元曲線を模式的に示すと図-30.2を得る。ここで A 点の座標は（ $T_h/T_c, 0$ ）となる。また、B 点の横座標を $t/(\Delta V/\Delta Q) = 1.0$ としたときの B 点の縦座標は、0.667（実験定数）となる。すなわち、B 点の座標は（1.0, 0.667）である。

さらに、図-30.2 の斜線部分が貯留変化を示すことから、C 点の横軸の値 $[t/(\Delta V/\Delta Q)]_c$ は、 ΔABD と ΔBEC の面積すなわち S_1 と S_2 とを等しくするようにすると、

$$[t/(\Delta V/\Delta Q)]_c = 3.0 - 2.0 \frac{T_h}{T_c} = 3.0 - 2.0 \frac{1 / \left(\bar{v}_b + \sqrt{g \cdot \bar{h}_b} \right)}{(\Delta V/\Delta Q)} \quad \dots \dots \dots (30.25)$$

したがって、C 点の座標は、

$$\left(3.0 - 2.0 \cdot \frac{1/\left(\bar{v}_b + \sqrt{g \cdot \bar{h}_b}\right)}{(\Delta V/\Delta Q)}, 1.0 \right) \dots \dots \dots (30.26)$$

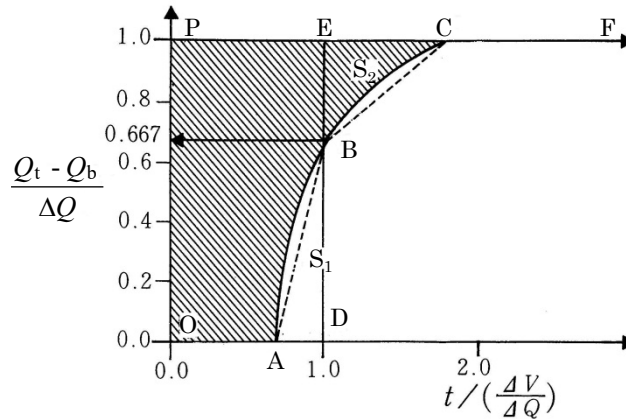


図-30.2 無次元表示曲線

となる。図-30.2 から明らかなように、 V_F の無次元量は図中の斜線部分の面積で与えられることになる。よって、図において $S_1 = S_2$ であるため、 V_F の無次元量は□ODEP の面積と考えてもよい。したがって、 V_F を式 (30.22) のように与えた場合の τ (sec) の値は、

$$\tau = \frac{\Delta V}{\Delta Q} \dots \dots \dots (30.27)$$

で与えられる。

エ. ΔV の求め方

水路勾配 1/3,000 以上の場合には、不等流計算で得られた長方形断面水路の初期定常流況の水面形 $h_b(x)$ と操作後定常流況の水面形 $h_e(x)$ から ΔV は次の式 (30.28) のように求められる。

$$\Delta V = b \int_0^l [h_e(x) - h_b(x)] dx \dots \dots \dots (30.28)$$

ここで、

x : 水路縦断方向の距離 (m)

b : 水路幅 (m)

この方法は長方形断面の水路に関して述べたものであるが、これと同様の考え方が放物線断面の水路にも適用できる。

図-30.3 のような放物線断面 $z = ay^2$ の水路では、通水面積 $A(h) = 4h^{3/2} / 3\sqrt{a}$ で与えられるので、

$$\Delta V = \frac{4}{3\sqrt{a}} \int_0^l \{ [h_e(x)]^{3/2} - [h_b(x)]^{3/2} \} dx \dots \dots \dots (30.29)$$

となる。ここで、 $h_e(x)$ 及び $h_b(x)$ はそれぞれ放物線断面水路における初期定常流況及び操作後定常流況の水面形である。

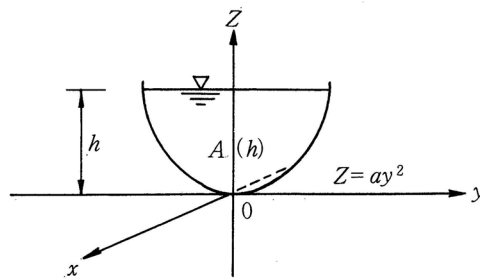


図-30.3 放物線断面水路の通水面積

30.3 ファームポンドの位置及び省略

(1) ファームポンドの位置

ファームポンドの位置は、以下の各項目を検討の上、決定する。

- ① かんがいブロックの近傍で、自然圧により必要圧力が確保できるところ。
- ② 維持管理が容易で経済的な場所。
- ③ 配水槽方式の場合には維持管理と経済性の側面から、支配規模と位置を検討する。高位部に集中して設けることは必ずしも有利になるとは限らない。
- ④ 既設のため池を有効利用する。
- ⑤ 施工条件や地盤条件もあらかじめ検討する。
- ⑥ 余水の放流や緊急放流を考え、放水路が容易に確保できるところを選ぶ。

(2) ファームポンドの省略

地形的及び経済的制約から、ファームポンドの設置ができない場合があり、その機能を幹支線の流量制御の高度化で補おうとする場合もある。一般のかんがい施設では計画時点で想定した水利用状況が必ずしも実現されず、また、それは年とともに変化していく場合が多い。ファームポンドは安全施設としての機能をも有するために、特にやむを得ない場合を除いてファームポンドの省略は避けるべきである。やむを得ず省略する場合には、水利用の安全性について十分配慮しておく必要がある。

30.4 ファームポンドの構造

ファームポンドの構造は、設計条件、現地の地形条件、経済性等を考慮して選定し、土砂、ごみ等の下流側管路への流入並びに風による雑物の飛来を防止する施設を考える必要がある。さらに、アオコ、藻、巻貝等の発生が予想される場合には、維持管理面からの方策も検討しておく必要がある。また、冬期間の通水の有無、除塵方式、凍上凍結対策、降灰等も検討の上、経済性に配慮して選定する。

なお、ファームポンドの計画・詳細については、土地改良事業設計指針「ファームポンド」等を参照すること。

31. 配管計画における管径の決定

(基準 3.4.4 関連)

31.1 ローテーションブロック内の流量

ローテーションブロック内への流量は、次の式 (31.1) による。

$$q = \frac{E_2}{8.64} \cdot \frac{24}{T_0} \cdot A_u$$

$$= N \cdot q_n / (1 - E_m) \quad \dots \dots \dots (31.1)$$

ここで、

q : ローテーションブロック内への供給水量 (L/s)
 E_2 : 粗かんがい水量 (mm)
 T_0 : 1 回の実かんがい時間 (hr) (ピーク時の 1 末端施設当たり)
 A_u : ローテーションブロック内の同時散布面積 (ha)
 N : ローテーションブロック内の同時作動スプリンクラ数 (個)
 q_n : スプリンクラ 1 個の平均吐出量 (L/s)
 E_m : 搬送損失率

配管施設の組織容量に自由度 f を見込む場合は次の式 (31.2) による。

$$q_f = \frac{E_2}{8.64} \cdot \frac{24}{T_0} \cdot f \cdot A_u$$

$$= N \cdot q_n \cdot f / (1 - E_m) \quad \dots \dots \dots (31.2)$$

ここで、

f : 組織容量の自由度
 (定義は技術書「29. 配水施設の施設容量と自由度」を参照すること。)

31.2 ローテーションブロックまでの流量

ローテーションブロックまでの流量は、次の式 (31.3) による。

$$Q = \sum_1^n q = q_1 + q_2 + \dots + q_n \quad \dots \dots \dots (31.3)$$

ここで、

Q : ローテーションブロックまでの供給水量 (L/s)
 $\sum_1^n q$: 通水断面を決定しようとする区間以降にある各ローテーションブロックへの供給水量の和 (L/s)

組織容量に自由度 f を見込む場合は、次の式 (31.4) による。

$$Q = f \sum_1^n q = f(q_1 + q_2 + \dots + q_n) \quad \dots \dots \dots (31.4)$$

31.3 水理公式

管径決定に用いる摩擦損失水頭は、次のヘーゼン・ウィリアムス公式（31.5）によることを原則とする。

$$H = \frac{6.819 \cdot L \cdot V^{1.852}}{C^{1.852} \cdot D^{1.167}} \quad \dots \dots \dots (31.5)$$

ここで、

H ：摩擦損失水頭（m）

D ：管径（m）

L ：管長（m）

V ：管内流速（m/s）

C ：係数

塩化ビニル管 150（ただし、管径 150mm 以下では 140）

強化プラスチック複合管 150

ダクタイル鋳鉄管（モルタルライニング）130

鋼管（エポキシ塗覆装）130

（ただし、鋼管 800mm 未満の溶接部の塗装は原則的に行わないので C 値は別途考慮する。）

31.4 管径の決定

管径の決定に当たっての留意点等は、以下のとおりである。

- ① 動水勾配は、最大距離や最大揚程等のうち最も厳しい制約条件を基準とする。
- ② 配水支管は、各支管の下流から計算を始め、順次、上流に向かって計算を進める。配水支管は、どの分岐点でも与えられた条件における最大損失水頭勾配線で設計する。
- ③ ファームpond又は配水槽以降の管路が自然圧式のときには、動水勾配線の最高位は、ファームpond（又は配水槽）の最低取水水位によって定まる。また、支派線では、分水点の動水勾配線によって定まる。したがって、管路の管径配列は、前記の動水勾配線の最高位を超えないよう決定する。
- ④ 自然圧方式の管路の管径配列の決定に際しては、管路の費用に対する損失水頭の比が一定となるように管径を選択する。すなわち、管路の費用に比例して有効水頭を配分する必要がある。
- ⑤ 動水勾配は、一定の流量に対して管径が小さいほど大きくなる。各分水点で必要とする動水勾配線の高さが定まれば、それに適する管径を求める。
- ⑥ 送水方式として配水槽方式又は圧力槽方式を用いる場合には、管径選択が直ちに揚水機の規模に影響を与えるので、揚水機の費用と管路の費用の組合せについて比較設計を行い、費用の最小化を図らねばならない。この場合、揚水機の費用には経常経費及び補修費等も含めて取り扱う必要がある。
- ⑦ いかなる場合にも、動水勾配線は管路の敷設縦断より上に設定する。
- ⑧ 分水位が定まっている場合の分派線の管径配列は、与えられた分水位の最終地点間の落差を最大限に活用する。この場合の管径配列の決定は、次の式（31.6）による（図-31.1 参照）。

$$x = \frac{H_0 - h_1 \cdot L}{h_2 - h_1} \quad \dots \dots \dots (31.6)$$

ここで、

- x : 小さい方の管径 (D_2) の管路長 (m)
- H_0 : 利用可能な有効水頭差 (m)
- L : 管路全長 (m)
- h_1 : 大きい方の管の単位長さ当たりの摩擦損失 (mm)
- h_2 : 小さい方の管の単位長さ当たりの摩擦損失 (mm)
- $L - x$: 大きい方の管径 (D_1) の管路長 (m)

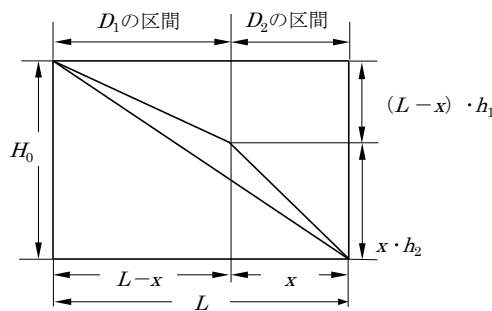


図-31.1 分水位が定まっている場合の分派線の管径配列

⑨ 延長が長い管路においては、曲管、分岐管、片落管等の異形管類及び制水弁類の局所損失水頭は、摩擦損失水頭に比べて小さいので無視することができる。また、局所損失を見込む場合の概略値としては、摩擦損失水頭の1割程度を加算してよい。

ただし、特殊な弁類、例えば自動化された多目的利用施設で採用される電磁弁、スプリンクラのライザー管に取付けられるストップ弁、ポンプ送水管に設けるチャッキ弁等では、2～5m程度の局所損失水頭を生ずるので、個々にこれらの損失を見込む必要がある。

⑩ 管内流速は、損失水頭との関連で、管路の経済性に影響を与える。路線の条件、使用管種、管径、管路形式等によって一律には決められないが、一般的な流速の範囲を示すと表-31.1のとおりである。

管内平均流速の許容最大限度は、管の内面の材質によって、表-31.2に示す値とする。なお、水中の浮遊物の沈積を避けるため、管内流速の最小限度は計画流量時において、0.3m/s以上とする。

表-31.1 設計流速の標準値

管径 (mm)	設計流速 (m/s)
75～ 150	0.7～1.0
200～ 400	0.9～1.6
450～ 800	1.2～1.8
900～1,500	1.3～2.0
1,600～3,000	1.4～2.5

表-31.2 許容最大平均流速

管内面状態	平均流速の許容最大限度 (m/s)
モルタル又はコンクリート	3.0
鋼又は鋳鉄	5.0
硬質塩化ビニル及び硬質ポリエチレン、強化プラスチック複合管	5.0

- ⑪ 配水組織は、樹枝状配管を基本とするが、管網とする場合には、組織を構成する各管路の流量分布は、一連の組織体としての水理的拘束を受けるので、その設計は管網流量計算によって行わねばならない。

なお、パイプラインの設計の詳細は土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「水路工」、「パイプライン」等を参照すること。

32. 薬液及び肥料混入処理

(基準 3.4.4 関連)

32.1 資材混入方式

病虫害防除及び液肥施用のための資材混入方式には、組織内における施設の配置によって、かんがいブロック混入方式、ローテーションブロック混入方式、散布ブロック混入方式の3方式がある。また、混入装置の機能面からは、全量希釈注入方式、流量比例方式、差圧利用方式等がある。

かんがいブロック混入方式及びローテーションブロック混入方式の混入装置は配水施設に属し、散布ブロック混入方式の装置は散布施設に属する。

(1) 各混入方式の特徴

ア. かんがいブロック混入方式

この方式は、支配面積数十 ha 程度の単一作物の大規模団地で、団地が1か所に集まっており、かつ、地形条件、営農形態及び作業体系が一つに集約される場合に採用すれば、施設の規模効果が期待でき、有利である（図-32.1 参照）。

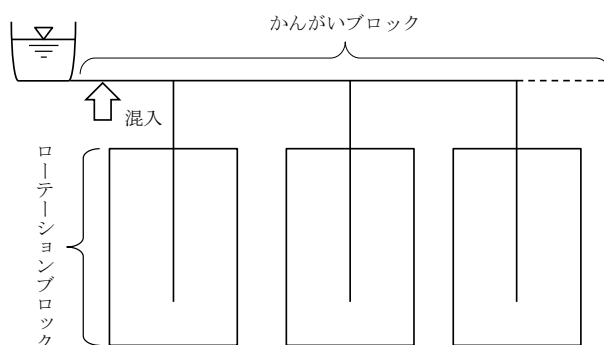


図-32.1 かんがいブロック混入方式

イ. ローテーションブロック混入方式

この方式は、次のような大規模団地に適している（図-32.2 参照）。

- ① ほ場が数 ha 単位に分散している大規模団地
- ② 1か所にまとまった大規模団地であっても、団地の作物構成が多岐にわたっており営農形態及び作業体系が数 ha～10ha ごとに集約される場合

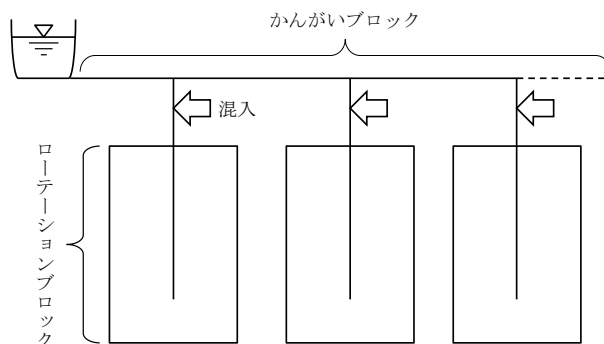


図-32.2 ローテーションブロック混入方式

ウ. 散布ブロック混入方式

この方式は、高級そ菜の集約栽培のように、個別経営を主体とした営農形態及び作業体系を確保するのに適し、その支配面積は、数十 a～数 ha 程度である（図-32.3 参照）。

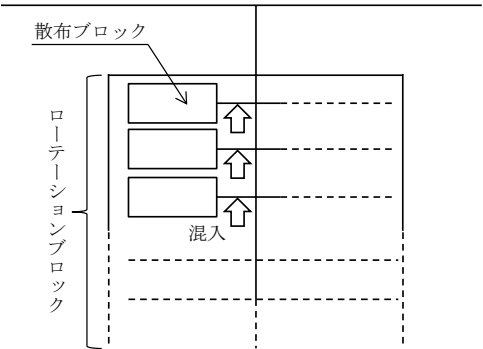


図-32.3 散布ブロック混入方式

各混入方式の適用について、組織規模別に整理すると表-32.1 のとおりとなる。

表-32.1 組織規模別の適用方式

方 式	組 織		
	大	中	小
かんがいブロック混入方式	○	×	×
ローテーションブロック混入方式	○	○	×
散布ブロック混入方式	○	○	○

(2) 薬液等混入の方法

全量希釈注入方式は混入機器を使用せず、調整槽又は貯留槽において所定の希釈濃度の薬液等を配管中に圧入して散布する方式である。

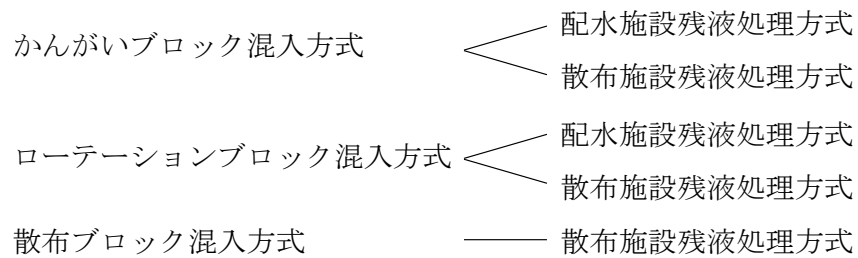
支配面積が大きいと大容量の調整槽又は貯留槽が必要となり、また、薬液等の調整に時間がかかりすぎると薬効上の問題が生ずる点に留意する必要がある。

この他に、流量比例方式、差圧利用方式、流量調整方式、流量利用方式、加圧ポンプによる注入方式など種々の方式が開発利用されている。

32.2 残液処理方式

栽培管理の合理化のための用水施設の配管は、一般に動噴散布の定置配管に比べ、口径の大きなパイプが用いられる。このため、薬液散布作業の後、管内に残留する薬液量が多く、薬液費が嵩む要因となっている。したがって、できる限り、残留薬液の回収、再利用を図らねばならない。残留薬液の回収は、通常、配水施設と散布施設とで別個に行う。

薬液等の混入方式と残液処理方式の組合せは、次のようになる。



(1) 配水施設内の残液処理方式

送・配水ラインの管径は散布ラインに比して、はるかに大きく、かなりの延長に達することから大量の薬液等の損失を生ずるおそれがある。

幹・支線管路内の残液処理方式としては一般に、①水押し方式、②逆流回収方式の2つの方式が採られている。

(2) 散布施設内の残液処理方式

散布施設内の残液処理方式は回収処理とほ場への散布処理に分けることができる。

- ① 回収処理
 - 順次回収方式
 - 同時回収方式
 - ダブル配管方式
- ② 散布処理
 - 水押し方式
 - 空気吸込方式

33. 送水方式の種類と選定

(基準 3.4.4 関連)

水源から計画地区へ用水を導入し、かつ、地区内のほ場での水需要を充足するように配水するための送水施設を、施設の操作、管理の方法も併せて勘案しながら選定することは、施設の優劣を左右する最も重要な課題である。

33.1 送水施設の選定

送水施設は、一般に図-33.1 に示すような複雑な施設となる。送水施設の選定に当たっては、1 地点における水使用が、その周辺の他地点あるいは全体に様々な影響を引起こすため、水理ユニットとよばれる互いに影響を及ぼし合う範囲にある施設群を一体として取り扱い、考えられるいくつかの施設についての比較案を作成し、それらの比較案の中から最良案を選定する必要がある。

比較案の検討に際しての評価基準は次のとおりである。

- ① 水資源の有効利用、特にポンプアップした水あるいはダムに貯留した水は無駄に放流することを極力避けること（無効放流の防止）。
- ② 容易な水管理の下で円滑な水配分が可能なこと（効率的な水配分）。
- ③ 施設費が低廉で、かつ過大でないこと（経済的な初期投資）。
- ④ 操作が単純で、故障が少ないこと（高い信頼度）。
- ⑤ 維持管理費が安いこと（低廉な管理費）。

上記の条件を満足するための送水施設の選定に際しては、ファームpond及び調整池の付加設置も含めて検討する必要がある、全体のつり合いを確保しつつ、細部が全体の均衡を崩さない範囲で、できる限り機能性と安全性を追求する。

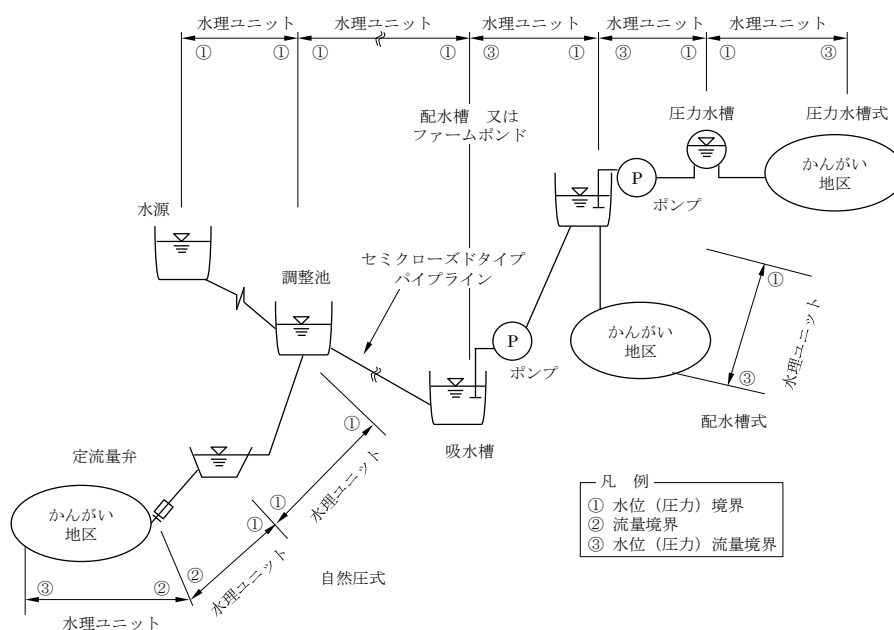
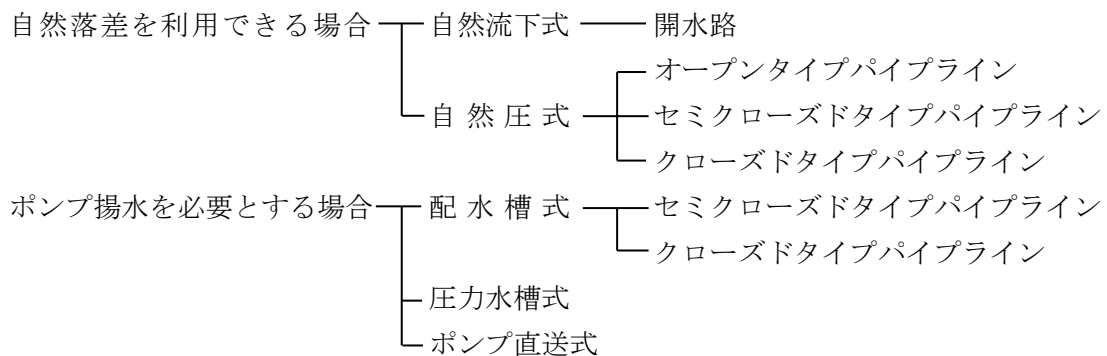


図-33.1 送水方式の組合せからなる送水施設の一例

33.2 送水方式の種類と選定

送水方式は、次の 5 種類に大別される。



上記 5 種類の方式のうち、自然流下式は大規模計画地区において、水源から調整池までの幹線導水路等に、ポンプ直送式は小規模な用水施設で、かつ、ウォーターハンマ対策に万全が期されている場合に採用が可能である。

一般の用水施設における送水方式としては自然圧式、配水槽式及び圧力水槽式が多く用いられる。送水方式の一般的な形を図-33.2 に示す。

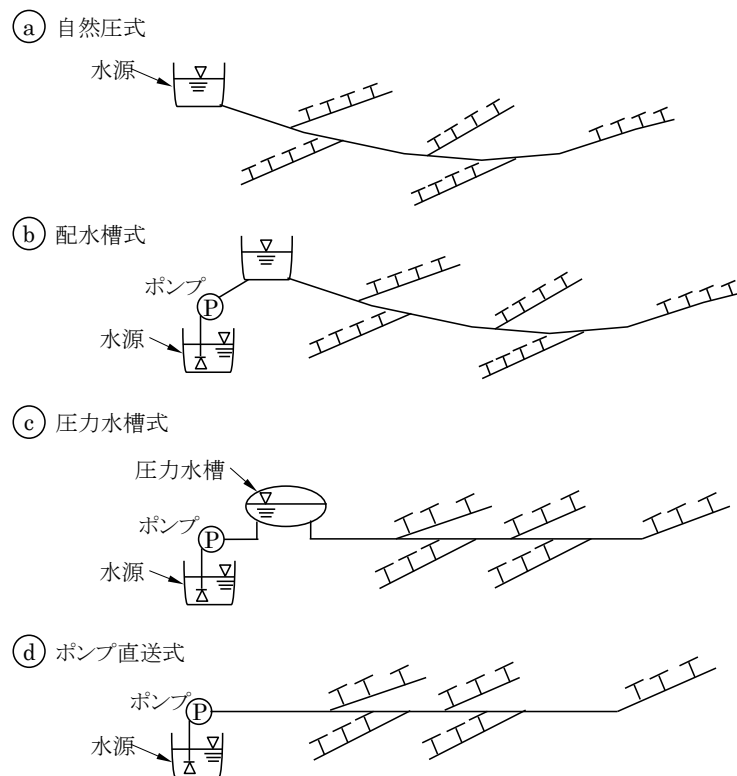


図-33.2 送水方式の種類

第一に検討すべきことは、最良の方式である自然圧式が利用できるかどうかである。したがって、地区の一部だけでも自然落差が利用できれば、その区域については自然圧式を採用すべきである。自然落差の利用できない地区では、配水槽式について検討し、配水槽式の採用ができない場合に限り圧力水槽式とする。ただし、圧力水槽式とする場合の 1 機場当たりの支配面積は、維持管理及び施設費の点からは、低圧受電で済む 30～60ha 以下とするのがよい。

計画地区が広大で、かつ、地区が分散しているような地区では、これらの送水方式のいくつかの組合せが考えられる。したがって、どのような組合せとするか、導水路の水路形式とも併せ考えられるいくつかの比較案を作って十分検討し、最良案を選定する必要がある。

例えば、ポンプ揚水の必要な地区で、水源からかんがい地区までかなり離れているような場合、水源位置でポンプ揚水して、一括送水するか、あるいは地区までの途中や地区内に導水した後ポンプ揚水して送水するか、また、送水方式も配水槽式か圧力水槽式か、導水路は開水路かセミクローズドタイプパイプラインかクローズドタイプパイプラインか、さらに調整池やファームポンドが必要かどうか、必要の場合どの位置に設けるか等、種々の組合せが考えられる。したがって、現地の水源とその位置、地区内の状況等を十分調査し、現地の各種条件に最も適した案を「33.1 送水施設の選定」で述べた評価基準により検討し、選び出す必要がある。

特に大規模計画地区では、送水方式の選択が水管理及び施設の維持管理を左右する最も重要な問題である。

急傾斜地等のように標高差が大きく、市販管の耐圧強度以上の高低差のあるところでは、原則として規格管の圧力の許容の範囲内で地区を等高線方向に区分し、2 段や 3 段揚水する方法を採る。

33.3 水路形式とその特徴

水路は、開水路とパイプラインに大別される。パイプラインには 3 種の形式があり、それぞれの特徴は表-33.1 に示すとおりである。

送水方式が定まると、計画に際して与えられる条件との関連で、水路形式はほぼ特定の形式に定まる。

表-33.1 パイプライン各形式の特徴

形式 条件	オープンタイプ	クローズドタイプ	セミクローズドタイプ
分水調節	スタンド位置で分水機能を兼用させられることから、スタンドの構造に工夫を加えれば、分水量の調節も比較的容易に、かつ、正確にできる。	同一配管系統中の一部の給水栓を開放すると直ちに他の給水栓の分水量に影響するという欠点がある。このような場合にも定量分水することができる分水装置も考えられるが工費が高む。	フロートバルブスタンド位置に分水施設を併設すればある程度の分水量の調節ができるので、クローズドタイプより若干有利である。
管 体	スタンド間の高低差を規制することによって低圧管を用いることができる反面、スタンド位置で一旦減圧されるので、管径が大きくなる傾向がある。	水頭を有効に利用できる反面、高圧パイプの使用が必要となる。しかし、標高差を最大限に活用できるのでオープンタイプに比して管径を細くでき、急傾斜地ではオープンタイプより管体費は安くなることもある。	フロートバルブを適当に設けることによって低圧管の使用が可能である。一般にオープンタイプより高圧管が必要となる。
ス タ ン ド	一方向傾斜地に沿った配管では、スタンド間隔を狭くしなければならず、スタンドの数が多くなる。	スタンドがないので、これに要する費用は全く不要である。	管の耐圧強度の範囲内で、フロートバルブを設ければよく、傾斜地でもオープンタイプよりスタンドが少なくて済む。
放 水 施 設	断面変化点（分水点）には必ず放水施設を必要とする。	断面変化点（分水点）に放水施設を必要としない。	フロートバルブ位置に余水吐をできるだけ設けた方がよい。最末端を河川等に接続しておく必要はないので、オープンタイプより放水施設費は少なくて済む。
水 管 理 損 失	水管理損失は開水路と同様大きい。特に 24 時間かんがいを行わない畑地かんがいの場合、この損失は予想以上に大きい。	水管理損失は少ない。	水管理損失は少ない。

なお、パイプラインの計画・設計の詳細は、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「水路工」、「パイプライン」等を参照すること。

34. 調 整 池

(基準 3.4.4 関連)

34.1 調整池の規模決定

(1) 配水管理を主目的とする場合

配水管理すなわち用水の円滑な配分を主目的とする場合には、調整池から下流の計画最大流量の半日か1日分程度の貯水能力を持たせることが望ましい。

この場合の調整池貯水量は次の式(34.1)により求める。

$$V = \frac{10 \cdot D_m}{E_f} \cdot \frac{N_t}{24} \cdot A = \frac{D_m \cdot N_t}{2.4 E_f} \cdot A \quad \dots \dots \dots (34.1)$$

ここで、

V : 調整池貯水量 (m³)

D_m : 計画最大日消費水量 (mm/day)

E_f : かんがい効率

N_t : 貯水時間 (hr) = 貯水日数 × 24

A : 調整池に係るかんがい面積 (ha)

(2) 水路施設の管理を主目的とする場合

水路施設の管理、すなわち補修・点検等の点から考える場合には、それに要する時間が規模の決定条件となる。

一般に 0.5m³/s 以下のパイプラインでは、破損時の補修は1日以内で終わることができる。しかし、それ以上の規模では、3～7日程度は必要となる。

(3) 補助水源として利用する場合

水配分や施設管理のみならず、補助水源としての役割を果たす場合には、その調整池に貯水すべき必要貯水量と調整池への流入水路の通水能力から規模を決定する。

34.2 調整池の配置

調整池の設置位置は、地区内にできるだけ数多く分散させることが理想であり、かつ、河川(ダムを含む)からの取水地区では、特に高水時の導入貯水も考えた補助水源的役割も果たさせるべきである。

また、調整池設置予定地点の立地条件、経済性、上下流パイプラインの水位計画等、総合的な水頭配分についても十分検討し決定する。

34.3 調整池の構造

調整池の構造は、大規模かんがい計画において貯水容量が大きい場合にダムを築造して調整するものから、小規模なものでは、合成ゴムシートライニング、アスファルトライニング、コンクリートライニングあるいは鉄筋コンクリート造の調整池までである。また、適当な余水放流施設を設け、河川や溪流に放水できるようにしなければならない。さらに、パイプラインへ土砂、ごみ等が流入しないような構造とする。いずれも、技術的な検討とともに経済性を考えてその構造を決定する。

なお、調整池の設計の詳細は、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「水路工」、「パイプライン」等を参照すること。

35. 総合水理解析の検討

(基準 3.4.4 関連)

35.1 施設総合機能の検討

取水施設、分水施設、送配水施設等を個別に設計し、それらを総合して一つのシステムとして作動させるとき、個々の施設は十分な機能を備えているにもかかわらず、全体として満足のいく作動特性を得られない場合がある。例えば、一つの送水施設に対して数か所からポンプで注入する、いわゆる多点注入システムでは、お互いのポンプが競合して、結果的にシステム全体としての作動特性が計画時点で想定したものと全く異なるものとなることがある。

図-35.1 は、5 か所に分散した水源から、ポンプで送水施設に用水を強制注入する多点注入システムの例である。各水源位置では、計画分担流量が取水可能量との関係で定められている。各ポンプの必要揚程を求めるため、計画分担流量を各注入点に与えて送水組織の水理計算が行われている。その結果を P_1 地点のポンプ分担流量について整理すると、例えば P_2 地点の必要揚程は図-35.2 の破線のようになり、これを基に各位置のポンプ揚程が定められ、ポンプが選定されている。

このようにして計画された送水施設について、今度は各ポンプの $Q \sim H$ 特性を考慮して総合水理解析を行うと、図-35.2 の実線で示すようになり、計画時点で想定したものとは全く異なった作動特性を示すことが分かる。これは、 P_1 の流量が減少するにつれ、他のポンプの分担流量が増加し、ポンプ特性を考慮しない場合には、この分担流量を増加させるために各注入点で注入水頭を増加させなければならない。しかし、ポンプの $Q \sim H$ 特性を考慮するならば、ポンプ分担流量の増加によってポンプ揚程は逆に小さくなる。そのために両者は全く異なってくるのである。

この例で示すように、個別に計画・設計された施設を統合すると、結果として想定した特性と似ても似つかないものとなることがある。したがって、計画・設計が完了した時点で、なるべく現実に近い条件を考慮して総合特性を検討しておくことが重要であると考えられる。

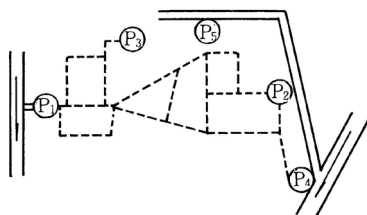


図-35.1 多点注入送水パイプラインの例

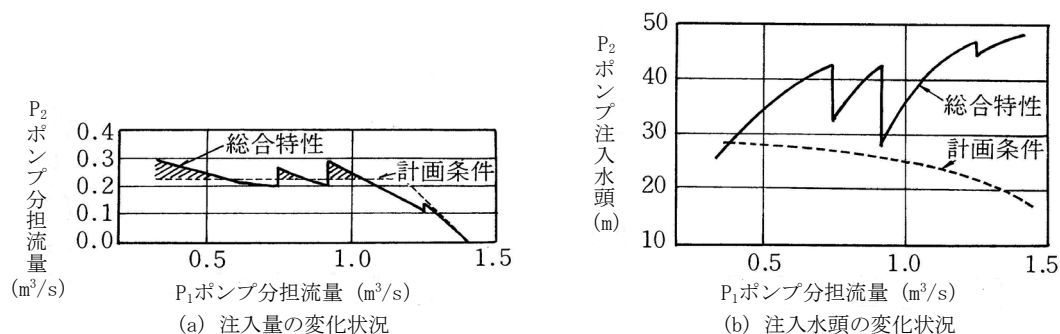


図-35.2 多点注入システムポンプ作動状況の解析例

35.2 水管理操作と施設連携機能の検討

多数のポンプをスムーズに連携運転させるためには、運転操作のための適当な操作容量を調整槽（バッファープOND）に持たせなければならない。ポンプ能力や水路通水能力、さらには貯留容量の間に適当な関係を持たせる必要がある。このような関係をシミュレーションによって検討した例を示す。

図-35.3 は、6 台のポンプが各水槽水位によって ON-OFF される送水施設の例である。各水槽水位をシミュレーションによって追跡した一例が図-35.4 であり、非常に複雑な水位変化をすることが分かる。このようなシミュレーションによって、末端施設の様々な運転状況に対する送水施設の連携機能を検討したところ、1 号水槽の貯留容量不足が原因となって、送水施設全体の連携機能が著しく阻害されることが分かった。

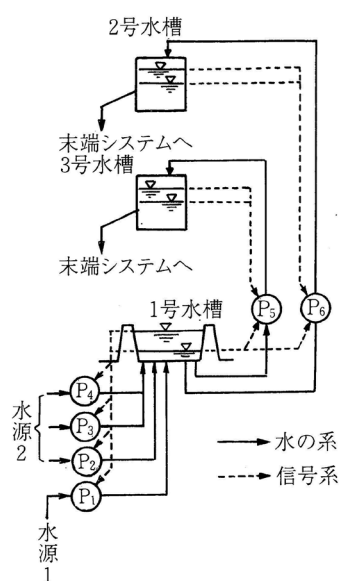


図-35.3 ポンプ連携システムの例

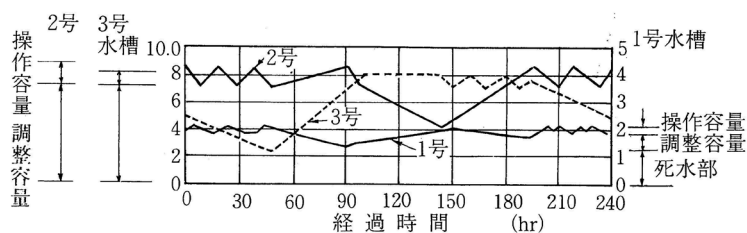


図-35.4 水槽水位追跡の一例

35.3 水管理操作に伴う過渡現象の検討

図-35.5 は、山頂の主水槽から各かんがいブロックの水槽まで、用水を自然圧によって送水する総延長約 6.5km のセミクローズドタイプの送水管路の例である。管材は、管径が 150～300mm のダクタイル鋳鉄管を使用している。この管路の最下流水槽端に取り付けられている定水位弁が閉鎖した直後にしばしば故障が発生した。そこで、この原因を調べるために、弁閉直後の水流の過渡現象のシミュレーションを行ったところ、図-35.6 に示すように 130m にものぼる水撃作用による圧力上昇が生じており、また、弁閉から約 10 秒後には水柱分離の発生していることが予想された。そこで、対策として直径 100mm のパイプを弁の一次側に接続して自由水面を作ることとし、その効果をシミュレーションによって検討したところ、同図に示すように水撃圧は小さくなり、負圧も発生しないことが分かった。現地測定でもこのシミュレーション結果と同じ効果が確認され、対策後に故障は発生しなくなった。

このように、電算機シミュレーションによって机上で過渡現象の状況を再現することができ、また、様々な安全対策法の効果をあらかじめ評価することが可能である。総合水理解析は、このような点でも大きな力を発揮することが分かる。

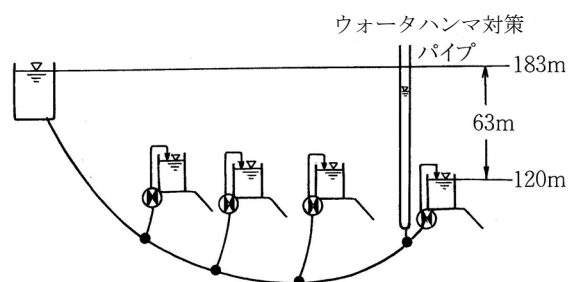


図-35.5 セミクローズドタイプパイプラインの水撃対策の例

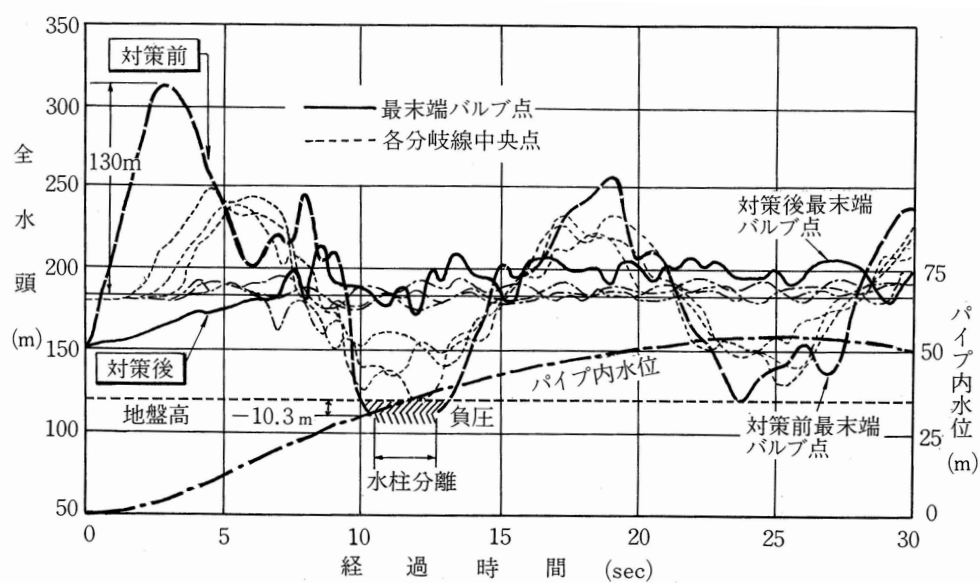


図-35.6 セミクローズドタイプパイプラインの過渡現象の解析例

36. 用水路の形式と構造

(基準 3.4.4 関連)

36.1 用水路の形式と構造の概要

用水路の形式には、開水路及び管水路並びにこれらの組合せがある。水路形式の選定は水路組織全体の機能及び安全性等を左右するため、それぞれの長所が発揮されるよう適切な形式を選定する。開水路は、一般に水理的に有利で切盛土量が平衡している場合、経済的であることが多い。また、管水路は、潰れ地が少ない、地形への対応性がよい、用水制御・安全管理が容易になることなどが開水路と比べて利点となるが、施設の保守・点検・修理上は、不可視による維持管理であるとともに水理学的な用水の挙動も考慮する必要がある。

このような比較には、一連の区間について規模、目的、立地などの条件に維持管理の状況と経済性の面から検討を行い、可能な形式を選定し、これらについて水路工事費、用地費、付帯工事費などの経済性から決定する。

なお、用水路の構造は、素掘り水路、ライニング水路、フリューム、サイホン、水路橋、暗渠（ボックスカルバート）、トンネル及び管路に区分される。

近年は、市街地の通過に際し、開水路等では、人の転落やゴミの投棄防止のための暗渠化、フェンス設置が行われている一方、親水機能の付与、周辺環境との調和を考慮する場合も多くみられる。

36.2 用水路の各構造の特徴

(1) 素掘り水路

漏水防止対策を考える必要がなく、流速及び構造物による流れの乱れ並びに湾曲部への流れの衝突による浸食の懸念がない場合に採用する。合流部、湾曲部など浸食が予想される部分には、局部的に護岸等を行う場合もある。

(2) ライニング水路

法面勾配が自立安定する場合に、止水、水路表面の平滑化、法面保護などを目的として薄い被覆がされた構造である。ライニングの材料の種類には、コンクリート、アスファルト、土（アースライニング）などがある。

大量の土工又は排水処理工若しくは基礎処理工を伴わなければ、経済的である場合が多い。

(3) フリューム

水路側壁と底版が一体となって土圧と水圧を支持する構造で形成される水路をいい、安定性及び安全性では信頼度が高い。また、組立て式のものもあり、広く利用される構造の水路である。一般に、通水断面を小さくできるので、用地面積と土工量が節減できる。

(4) サイホンと水路橋

河川、鉄道、道路、渓谷などを横断する場合に検討される構造である。サイホンは管体を地上布設あるいは地中埋設するので、基岩が堅く、深い渓谷を横断する場合などでは、水路橋で越える方法が有利となる。また、上下流の取付け部の構造には安全性と水理特性に留意する。

(5) 暗渠（ボックスカルバート）

開水路では切土面が長大となる、地下水位が高くなるなど構造的に不安定又は経済的に不利となる場合や鉄道、道路などの横断に土被りが十分確保できない場合などに採用される。特に近年、

都市化の進んだ地域などでは、転落防止のためや生活雑排水などの流入を防止するための対策として採用される場合もある。

(6) トンネル

山岳、台地など地形的に高位部において送水を行う場合は、トンネルが有利となる場合がある。岩質・風化の程度、層理節理の発達、断層の有無などの地質条件を勘案して、坑口の位置を選定し、最短距離を通過するように路線を定める。

トンネルは地下水に影響を与えることも多いので、路線の選定に当たっては周辺の状況に留意する。

(7) 管水路

設計流量が満流状態で流れる水路構造で、用水の動水勾配線以下に布設すれば、地形の変化に追随できる特徴があり、路線の選定の幅が広い。

しかし、管体に作用する内・外圧の大きさは路線により変化するので、これらの条件による管種・路線の選定に当たっての比較検討が、主に経済性の面から必要となる。

なお、管路の路線についても、他の構造の水路同様に道路又は耕地の境界に選定することが施工・管理の面から望ましい。

また、流水の制御機構からは、管水路の要所が開放されたオープンタイプと、末端まで連続して閉鎖されるクローズドタイプに大別される。オープンタイプは、分水位を確保するために、分水スタンドなどの水位調節施設を設置し水位を確保する必要がある。クローズドタイプは、水頭を保持して送水する場合に有利であり、地形勾配が路線選定に当たっての制約になりにくいという特徴を有する。

なお、用水路の各構造の特徴は以上のとおりであるが、詳細については、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「水路工」、「パイプライン」、「水路トンネル」等を参照すること。

37. 附帯施設の形式と構造

(基準 3.4.4 関連)

37.1 分水施設

分水施設は、複数の用水路に対して所定の必要用水量を適正に配分するために設けられる。かんがい期間を通じて、配分すべき用水の水量は一定ではないので、分水施設を計画するに当たっては地区又は用水系統ブロックにおける用水需要の変動に対応する分水機能が確保され、操作管理が容易に行えるなど適切な構造とする必要がある。

分水施設の位置の選定については、次の基本事項を満たすよう考慮する。

- ① 用水系統ブロックへの安定配水が経済的にできること。
- ② 高盛土や長大切土など災害が発生しやすく、危険の大きい場所に設置しないこと。
- ③ 維持管理が容易であること。

なお、分水施設には、施設の操作・管理を計画的に行うため、水路への分水量を把握する量水施設が併設される場合が多い。この場合には、量水施設の機能が十分に発揮されるように適切な計測要素（流量、流速、水位）、精度などを検討する必要がある。

分水施設の形式は、その機能及び操作形態により、操作式分土工、定量式分土工及び定比式分土工に分類される。

(1) 操作式分土工

ゲート・バルブ等の流量調節施設を持つもので機構が単純であり、配水操作に弾力性がある反面、分水量は不安定で、配水管理が不備な場合には、無駄の多い配水となることが危惧される。

代表的なものとして、ゲート式分土工、ダブルオリフィスゲート分土工等があり、テレメータ等を用いた遠方からの集中管理方式の分土工もこの形式に入る。

(2) 定量式分土工

幹線水路の流量が変化してもその分土工に設定された分水量をほぼ一定に保持する自動分水量調節装置を持つもので、水管理は容易でしかも効率的な配水ができる反面、施工費が他に比較して高くなる。

代表的なものとしては、上下流水位調節ゲートをディストリビュータとの組合せで分水量を調整するもの、ディスクバルブ又はフロートバルブにより分水後の水位を調整して一定分水量を保持するもの等がある。

(3) 定比式分土工

幹線水路の流量や水位が変化しても分水比率を一定に保持するもので、水田を対象として発達したものである。畑地かんがいや他の利水との共用水路では、流量調節装置を持たないため水需要の変動に対応しにくい。なお、分水比を規定する壁などの構造が可動となっているものもある。

代表的なものとしては、以下のものがある。

ア. 背割分土工

水路を背割壁によって所定の分水比に分配するもので、構造が簡単でかつ施工が容易で安価であるが、下流水路の水理条件の影響を受けて分水比が変化しやすい。

イ. 射流分土工

水路の一部に射流区間を設け、下流水路の影響を断ち、隔壁により所定の分水比に配分する

分土工である。射流の利用により分水精度が高くなり流量の把握が可能になる反面、背割分土工に比べて施設用地が多く必要となる。

ウ. 円筒分土工

水路の流水を、逆サイホン管等を用いて円筒形越流部に導き、所定の分水比によって分割した円周上の堰を越流させて分水するものである。数多く分水することが可能な反面、水理設計が複雑で、施工費も高額となる。

37.2 調圧施設

水位及び水圧の調整機能を兼用させるものと単独のものがあり、設計に当たっては、機構と水管理条件から形式、構造を決定する。

調圧施設の分類を表-37.1に示す。

表-37.1 調圧施設の分類

区分	形 式 の 細 分	概 要
水 位 調 節	ゲ ー ト ス タ ン ド 型	スタンドに設けるゲート（上流水位定置ゲート）により上流側水位を調節する。
	オーバーフロースタンド型	スタンド中央部に越流中壁を設け、その底部にスルースゲートを取り付け、水位、流量の調節は同ゲートの開閉により行う。
	バ ル ブ 調 節 型	送配水管路の途中に弁を設置し、その開度によって上流側水圧を調節する。
減 圧	減 圧 ス タ ン ド 型	パイプラインの途中に設ける減圧スタンドにより減圧するもので、付近に分土工はないが、管水路の耐圧強度上又は水理上減圧の必要がある場合に用いる。
	減 圧 弁 型	二次側の水圧を定置する弁
	フ ロ ー ト 弁 型	二次側の水圧を定置するフロート弁

37.3 通気施設

管水路内に空気が滞留すると、流れを不規則にし、不都合な圧力変動をもたらす、通水能力を低下させるので、これを速やかに排除する必要がある。一方、末端での放流、非常時あるいは補修、点検等で管水路内の水を排除する際に管路の凸部に負圧を生じる場合、又は弁の開閉操作により弁直下流に負圧を生じる恐れのある場合には、空気を管水路内に吸収する必要がある。通気施設は両方の目的のために設置されるが、配置場所についてはどの機能に重点を置くべきかを十分検討して決定する。

通気施設には、①通気孔、②通気スタンド、③空気弁などがある。

37.4 保護施設

保護施設は、非定常的な水理現象によって発生する圧力を緩衝する装置（サージタンク、安全弁等）と管内の水及び泥を排除するための施設（余水吐、排泥施設等）がある。

保護施設の設計に当たっては、操作管理上の配慮を行って十分安全性を確保できる位置、種類及

び構造とする必要がある。

37.5 管理施設

用水の円滑な配分と諸施設の維持管理上必要な施設であり、①除塵施設、②制水弁、③マンホール及び監査柵などがある。

37.6 安全施設

安全施設は、転落防止、危険区域内への立入り防止、転落者の救出等のために設置される施設であり、①ガードレール、②フェンス、③手摺、④救助ロープ、⑤照明・防音・換気施設等がある。

37.7 量水施設

量水施設については、技術書「26. 末端かんがい施設における調節装置の分類と選定」の項目を参照のこと。

なお、以上の附帯施設の詳細については、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「水路工」、「パイプライン」、「水路トンネル」等を参照すること。