

1 4.5 水路設計

2 4.5.1 水路区分とその特徴

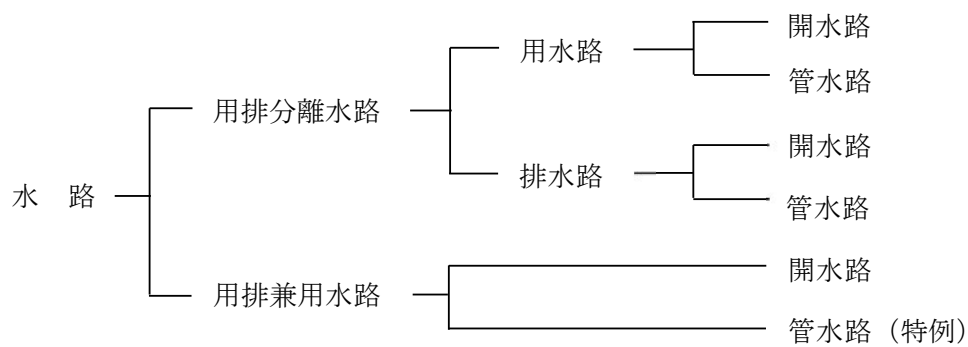
用水路は、農作業の安全性や維持管理労力の低減等の観点から、原則として排水路と完全に分離し、暗渠を基本とする。その構造は、工事費、維持管理費、維持管理の難易等を総合的に検討の上決定する。

3 1 水路区分

4 一般に、ほ場整備の水路はその機能によって図-4.5.1のように区分される。原則として用水路と排水路は分離し、用排水路の構造は暗渠を基本とする。

6 水路形式は、水路内の自由水面の有無により、自由水面をもたない管水路方式（パイプライン）と自由水面をもつ開水路方式（暗渠を含む）に分けられる。

8



9

図-4.5.1 水路区分図

10

11

12 2 水路形式の選定

13 水路形式の選定に当たり、考慮すべき事項は次のとおりである。

- | | | |
|---------|---------------|---------------|
| ①工事費 | ②取水条件 | ③維持管理条件 |
| ④節水の必要性 | ⑤水管理の省力化の必要性 | ⑥防災機能の確保 |
| ⑦排水量 | ⑧用水の多目的利用の必要性 | ⑨水路中の水温上昇の必要性 |

14

1 4.5.2 用排水路の暗渠化・管水路化

営農作業上の障害を除去できること、水路の除草や浚渫の維持管理労力が軽減できることなどから、末端の用水路及び排水路を暗渠および管水路形式で整備することが有効である。

2 1 用排水路の暗渠化による効果

3 暗渠化することで、次のような効果が期待できる。

- 4 ① 水路の除草や浚渫の労力・費用の節減
- 5 ② 営農作業上の障害物の除去及び機械作業時の安全性向上
- 6 ③ 水路上部の有効利用（つぶれ地率の減少、農道の拡幅、農道ターン方式の導入等）
- 7 ④ 道路抜き工法により、区画の長辺方向への統合・拡大が可能

8 2 用排水路の管水路化による効果

9 暗渠化の効果に加えて、管水路化においては次のような効果が期待できる。

- 10 ① 供給主導型から需要主導型への転換による、用水利用の自由度向上
- 11 ② 用水量の節減
- 12 ③ 汚水流入防止や有害鳥獣の侵入防止（開水路はハクビシン、タヌキ等の侵入経路になり得るため）
- 13 ④ 以下の場合における工事費の削減（開水路との比較）
 - 14 ・平坦地で水路勾配が小さく、開水路の断面が著しく大きくなる場合
 - 15 ・平坦地で水路勾配を確保するために水路が田面よりはるかに高くなり、ほ場への導水が不便
 - 16 となる場合
 - 17 ・土地の起伏が不規則で、開水路の配置が複雑になる場合
 - 18 ・急傾斜地のため、開水路にすると多数の落差工等を必要とし、工事費が嵩む場合

20 3 課題・留意事項

21 (1) 暗渠

22 暗渠化に当たり、次のような課題、留意事項が挙げられる。

- 23 ① 管内に土砂が堆積しないような流速を確保できる構造にするものとし、刈草等のゴミが水路に
- 24 詰まらないよう、田面からの落水口にスクリーンを設置する等、管の閉塞防止対策を検討する。
- 25 堆積状況を定期的に点検し、必要に応じてフラッシングする。
- 26 ② 現地盤及び埋戻し土の液状化の影響を検討する必要がある。
- 27 ③ 構造物との接続、及び地形や土質の変化点で管路の損傷を生じやすいため、経済性を勘案し、
- 28 地域の実情に応じた最も適切な対策を検討する（伸縮可とう継手等）。
- 29 ④ 管の点検等の維持管理労力及び破損時等における補修費用の負担について、十分な検討が必要
- 30 となる。
- 31 ⑤ 地下水位が高いことが想定される場合等には、必要に応じ管路の浮上に対する検討を行う。
- 32 ⑥ 予想を上回る豪雨の場合、呑口部で溢水する懸念があるため、その場合の周囲への影響を十分に
- 33 考慮する。
- 34 ⑦ 開水路に比べ、工事費が高額となる場合がある。
- 35 ⑧ 埋設勾配を確保できない地区及び土砂等の流入が多い地区においては、点検及び土砂等の撤去

のため、管径の変化点や勾配が緩くなる方向（特に緩くなると想定されるのは大規模再編整備による大区画化を行う区画の長辺方向）の一定区間毎に監査桝（管理孔）を設置することが望ましい。

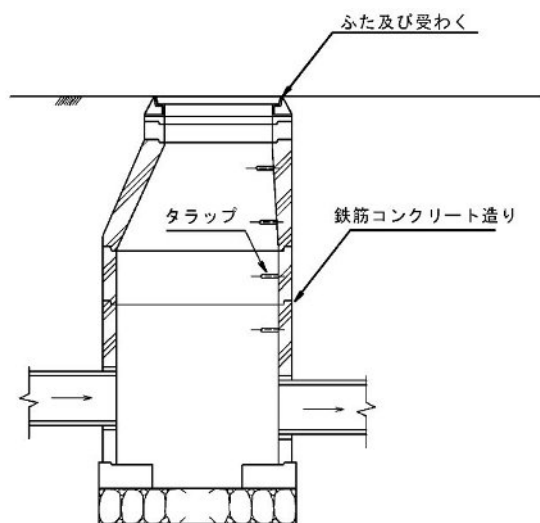


図-4.5.2 監査桝の例

(2) 管水路

管水路化に当たっては、暗渠化の課題、留意事項に加え、次のような課題、留意事項が挙げられる。

- ① 地形条件を踏まえ、必要な水頭、想定する水管理方式、維持管理費を考慮した最適なパイプライン型式を選定することが重要である。
- ② 担い手に対し、水管理方式の変更についての説明や計画的な水管理方法の提示等が必要である。
- ③ 各ほ場の高低差が大きい傾斜地において、給水地点の標高差が顕著になり、均等な配水を実現するための圧力管理が重要となる。
- ④ 山林、宅地、地区外からの排水を受ける場合は、ゴミ処理対応等の管理が煩雑になるため、管水路型式を採用する場合は十分な検討が必要となる。

【事例】再整備による管水路形式の配置

図-4.5.3 では、標準区画の小排水路の位置に排水用の暗渠管を敷設し、区画の拡大に当たっては、その直上の畦畔と旧排水樹と水閘を撤去し、耕区長辺長を 200m に延伸している。なお、耕区長辺長のセンターに排水管を敷設することで、排水距離は 100m にとどまっている。

図-4.5.4 の小排水路の両側設置では、両側排水方式を採用しており、暗渠化した小排水管を小用水管と並行して農道脇に配置し、2 本の農道の間中部に排水路はなく、耕区長辺（ほ区短辺）は 200m であるが、両側排水方式であるため排水距離は 100m を保っている。

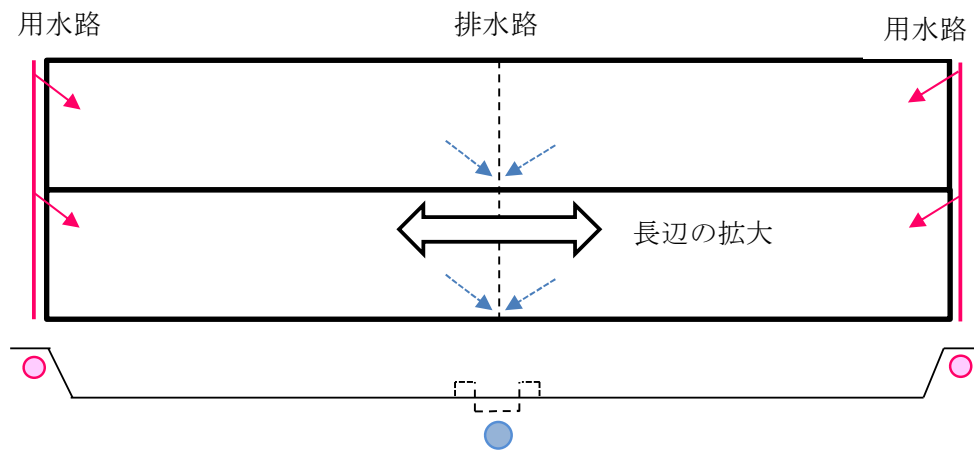


図-4.5.3 用排水路の暗渠化の例(1)

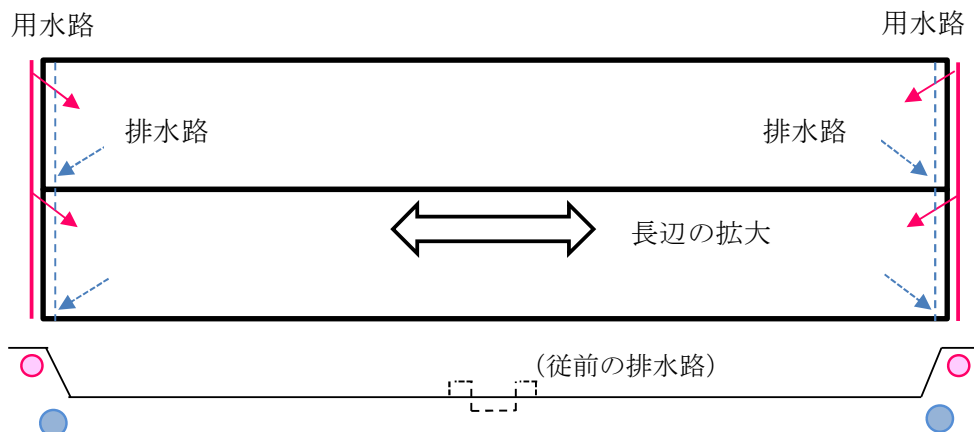


図-4.5.4 用排水路の暗渠化の例(2)

参考文献

- 農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準・計画「ほ場整備（水田）」（平成 25 年 4 月）
- 農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準・計画「農業用水（水田）」（平成 22 年 7 月）
- 農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準・設計「水路工」（平成 26 年 3 月）
- 農林水産省農村振興局：自動走行農機等に対応した農地整備の手引き（令和 5 年 3 月）

1 4.6 用水路

2 4.6.1 計画用水量

用水量は、ほ場整備の実施や田畑輪換等に伴って変化が生じる。このため、現況の用水実態を把握した上で、事業後の営農計画やほ場の用水量変化を総合的に判断して計画用水量を決めなければならない。なお、ほ場整備事業で取り扱う計画用水量の検討に当たっては、土地改良事業計画設計基準 計画「農業用水（水田）」基準書・技術書に準拠する。

3 1 蒸発散浸透量（減水深）の決定

4 (1) 一般事項

5 蒸発散浸透量は、蒸発散量と浸透量のそれぞれを別途に測定してそれらの和として算出するほか、
6 直接測定によることもでき、一般に蒸発散量と浸透量に分離する必要はない。また、期別蒸発散浸透
7 量は、計画地区のほ場の土壌条件及び水理条件によって異なるので、これらの条件を左右する土地
8 利用形態、ほ場条件及び栽培様式を勘案した合理的な量とする。

9 現況におけるほ場条件が計画におけるほ場条件と同一である場合は、栽培様式の変化のみを考慮
10 し、ほ場条件が現況から大きく変わる場合には、計画におけるほ場条件に合った蒸発散浸透量を推
11 定することが一般的である。ほ場条件としては機械化を前提とするだけでなく、水田の高度利用（水
12 田時にあつては、かんがい期における適正浸透の維持と非かんがい期における迅速な排水性、畑転
13 換時において適正水分の維持管理）が更に志向されてくるものと考えれば、透水性が高まり浸透量
14 は増加する傾向となる。

15 (2) 地形区分

16 蒸発散浸透量を決定する水理条件・土壌条件は、地形別にもそれぞれの特徴を有しており、地形ご
17 とに一定の傾向を示す。主な地形区分ごとに地下水位と土壌条件との関連で浸透量の傾向を整理す
18 ると表-4.6.1 のようになる。

1

表-4.6.1 地形区分と浸透量の傾向

地形区分	地下水位	土壌条件	浸透量
扇状地	扇頂・扇央部低い	下層に砂礫層が多い、堆積状態によって異なる	沖積平坦地に比べ浸透量が大となる。
	扇端部高い	〃	沖積平坦地とほぼ同じ。用排分離され透水係数の大なるものほど大となる。
台地	低い	火山灰土	一般に沖積平坦地と比べ大となる。
		洪積粘質土	全体的に小さい。土層改良後、適正浸透量に近くなる。
		洪積砂礫層	全体的に大きく漏水防止工法が必要。
谷底平野	全体的に高い	堆積様式によって異なる	全体的に小さい。
	山麓、台地に接する部分は被圧になりやすい	〃	排水改良によって浸透量を増加させることが望ましい場合が多い。
山間傾斜地 火山山麓	低い	火山灰土	平坦地に比べ大きい。ほ場整備等によって減少させることができる。
一般傾斜地	地形条件によって異なる	粘土質	平坦地と同じで地下水位が高く粘質な土壌ほど小さい。
		礫質土壌	地下水位が低く礫質なものほど大となる。逆に地下水位の高い場合には湧水が生じ浸透量が小さくなる。
沖積平坦地	高い	堆積様式によって異なる	湿田で粘質なもののほど小さい。乾田化した水田で大となる。
	低い		
低湿地	高い	堆積様式によって異なる	湿田で粘質なもののほど小さい。排水改良後の乾田化で大きくなる。

2

3 (3) 土壌タイプ別蒸発散浸透量

4 近傍整備完了地区を参考にして蒸発散浸透量を求める場合は、土壌条件及び地下水位の状況につ
5 いて十分検討する必要がある。参考として水田土壌タイプ別の標準減水深を図-4.6.1～図-4.6.3 に
6 示す。

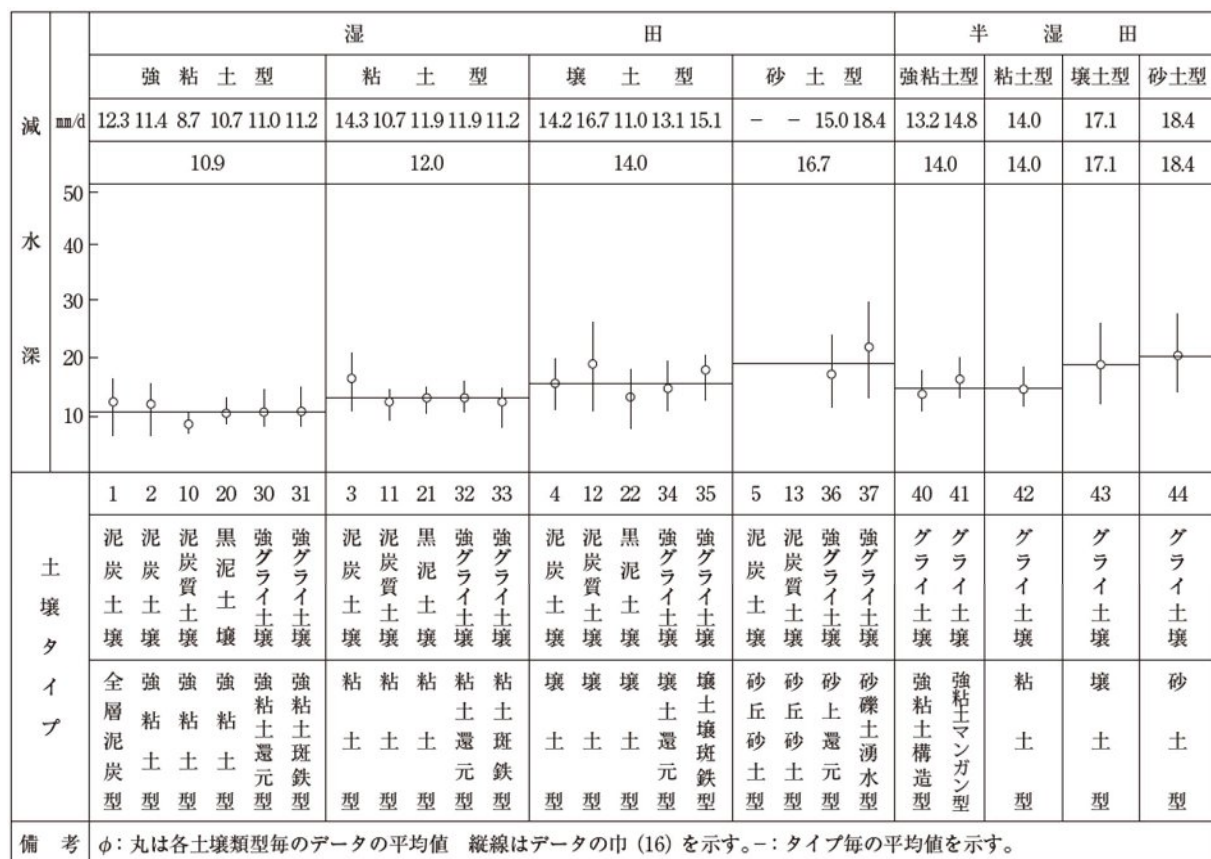


図-4.6.1 (参考)水田土壌タイプ別標準減水深 (1/2)

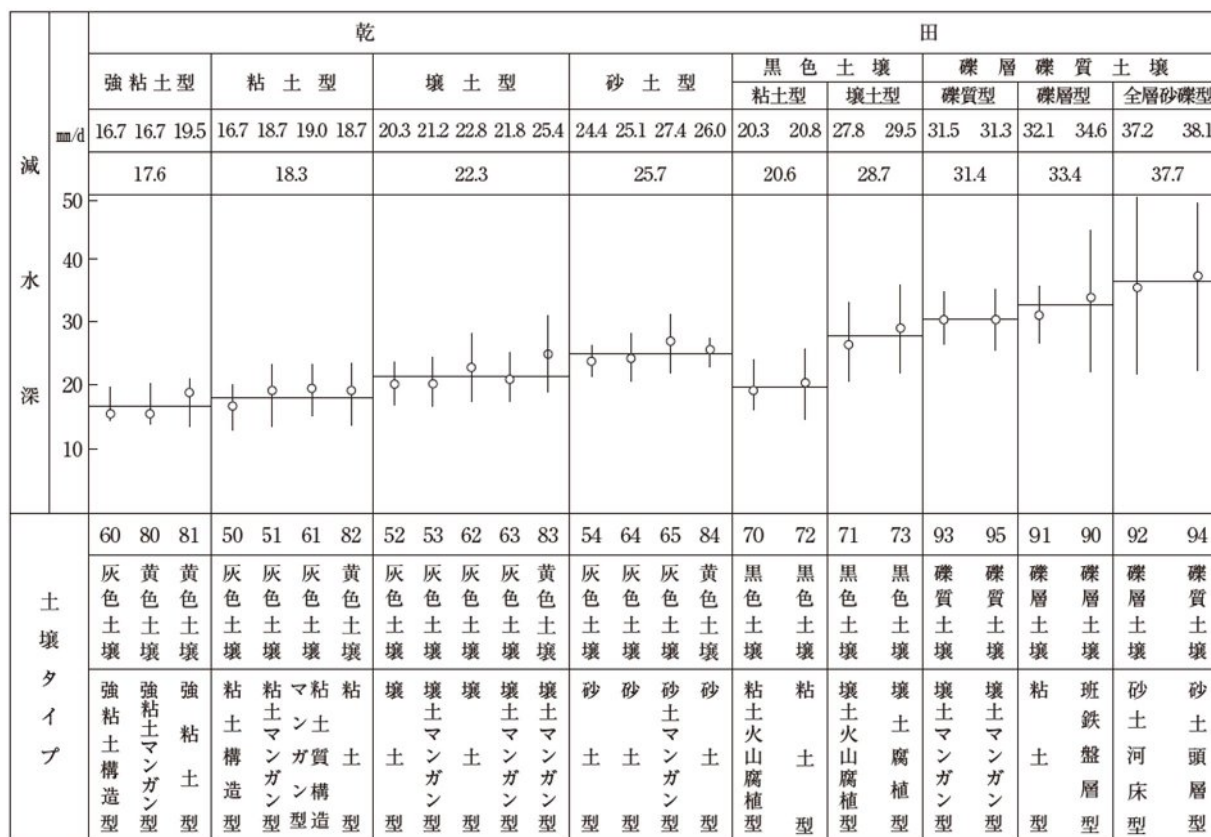


図-4.6.2 (参考)水田土壌タイプ別標準減水深 (2/2)

土 壤 統 名		現 況 水 深	減 水 深 の 行	計 画 減 水 深	基 本 土 壤 型 (施肥改善土壌型)
泥炭土壌	粘質型	⊖			A ₁ A ₂ A ₃
〃	壤質型	△			A ₄
〃	砂質型	□			A ₅
泥炭質土壌	粘質型	●			B ₁₀ B ₁₁
〃	壤質型	△			B ₁₂
〃	砂質型	□			B ₁₃
黒泥土壌	粘質型	●			C ₂₀ C ₂₁
〃	壤質型	△			C ₂₂
強グライ土壌	粘質型	●			D ₃₀ D ₃₁ D ₃₂ D ₃₃
〃	壤質型	△			D ₃₄ D ₃₅
〃	砂質型	□			D ₃₆ D ₃₇
グライ土壌	粘質型	○			E ₄₀ E ₄₁ E ₄₂
〃	壤質型	△			E ₄₃
〃	砂質型	□			E ₄₄
非グライ土壌	粘質型	○		○	F ₅₀ F ₅₁ G ₆₀ G ₆₁ I ₈₀
〃	壤質型	△		△	I ₈₁ I ₈₂
〃	砂質型	□		□	F ₅₂ F ₅₃ G ₆₂ G ₆₃ I ₈₃
黒色土壌	粘質型	×		×	F ₅₄ G ₆₄ G ₆₅ I ₈₄
〃	壤質型	◇		◇	H ₇₀ H ₇₂
〃	砂質型	◇		◇	H ₇₁ H ₇₃
礫層 (質) 土壌	粘質型	●		●	J ₉₁
〃	壤質型	▲		▲	J ₉₀ K ₉₃ K ₉₅
〃	砂質型	■		■	J ₉₂ K ₉₄

図-4.6.3 (参考)乾田化による土壌タイプと減水深の移行

2 代かき用水量の決定

各地区における既往の代かき実態から、代かき用水量はおおむね表-4.6.2に示すような範囲になっており、次のような特徴を有する。

- ① 輪換田や水稻・麦体系で耕作される水田に見られるように、耕起深が大きく、耕盤層以下の透水係数が大きい水田ほど代かき用水量は大きくなる。
- ② 代かき時に地下水位を比較的早く高め得る地帯や湛水部分から代かきするような場合には、用水量を小さくすることが可能である。

表-4.6.2 水田の立地条件と代かき用水量

水田の立地条件	代かき用水量 (mm)	土壌の透水係数		
		10 ⁻⁶ cm/s 以下	10 ⁻⁵ ～10 ⁻⁴ cm/s	10 ⁻³ cm/s 以上
湿田状態	80～120	80～100mm	100～120mm	120mm
乾田状態	120～180		120～150mm	150～180mm
漏水田	150～250			150mm 以上

代かき用水量は、土層置換容気量と用水取水時の浸透量の大きさの差異によって異なるので、現地調査結果によるのが一般的であるが、近隣類似地区の観測値を参考に決定する場合もある。

なお、乾田直播栽培においては、代かきを行わないので代かき用水を必要としないが、それに代わ

る初期かん水が必要となる。初期かん水量は、実測値又は類似地区における調査の値等を参考として、
土壌条件と地下水位条件を勘案して決定する。

3 還元田の用水量

畑利用から再度水田利用へ転換したほ場、すなわち還元田では、水田の用水量を左右する主な要因
である土壌条件、水理条件及び水利条件が、水田として継続利用されるほ場に比べ著しく変化し、こ
れにより用水量が増大するものと考えられる。

還元田の用水量の増加について定量的な把握は困難であるため、各地区における調査又は類似地に
おける調査例を参照するとともに、次の諸点を考慮して決定する。

- ① 汎用化により、土壌条件及び水利条件が用水量の増加の方向へ変化している場合が多い。
- ② 用水量の増加の程度は、土壌条件及び水利条件の組合せにより異なる。
- ③ 代かき、畔塗り、中干し、湛水深の調節、きめ細かな水閘管理等により、用水量の増加を抑えることができる。
- ④ 還元田についても、ピーク用水量は後述の表-4.6.3 に従い比較検討して決定する。

1 4.6.2 用水量の算定

水田では、作物生育のためだけでなく、代かき作業、薬剤散布等の農作業・栽培管理のためにも用水が必要である。したがって、計画用水量はこうした期別変化に留意して決定する。

2 1 ピーク用水量

3 ピーク用水量は、用水路断面の算定等末端用水施設の規模を決定する上で重要である。一般に、代
4 かき用水量がピークとなるが、表-4.6.3 のような場合についても検討する必要がある。なお、兼業化
5 の進んだ地域では、休日・祭日等の特定日に農作業が集中することにも留意しなければならない。

6

7 表-4.6.3 ピーク用水量算定において比較検討する項目

項 目	備 考
代かき用水時	整備された乾田では 120～180mm 程度の場合が多い。大区画では、田面の不陸を考慮し、10～20mm を加算することが望ましい。流量が小さく、かん水時間が長いと水量は増加する。
乾 田 直 播 初期かん水時	代かき用水量に比べ、20～40%少ない。ただし、直後の用水量が増大し、地区としてのピークが高まる場合がある。
湛 水 直 播 芽 干 し 時	生育初期の芽干し後の再かん水時に一斉に取水すると、地区としてのピークが高まる場合がある。
防 除 ・ 施 肥 作 業 後	一旦落水して除草剤等を散布する作業では、再かん水時にピークが高まる。液肥も一旦落水した後に流入施用するので、ピークが高まる場合がある。
中 干 し 後	中干し後の再湛水時に多量の水を要し、その後の用水量の増加もありピークが高まる。

8

2 用水量の算定

(1) 粗用水量

粗用水量は用水路等の施設容量を決定する際に用いられ、(式(4.6.1))のように求める。

$$q_a = \frac{q_b}{1-P} \quad \dots\dots\dots (4.6.1)$$

ここに、 q_a ：粗用水量

q_b ：純用水量

P ：施設管理用水量の割合

施設管理用水量の割合 P は、クローズドタイプのパイプラインで 10%、これ以外の開水路、トンネル等で 15%、土水路やブロック、石積み水路等で明らかに水路損失が大きいと思われる場合は実情に合わせて計上する。

(2) 代かき用水量

ア 代かき日数

代かき日数は、最大計画用水量を決定する際に重要な事項であり、水稻の作付体系・好適作期、代かき作業機的能力、地域の実態及び動向等を勘案して作業を効率よく行い得る日数とすることが基本となる。

また、代かき日数は機械の作業能力に規定されることが多く、水田区画の大きさに対応した大型トラクタの作業能力から決めることが合理的となる場合もある(表-4.6.4 参照)。

表-4.6.4 (参考)日当たり代かき作業能力

使用機械	型式	日当たり作業量
30～60ps トラクタ	水田ハロー 3.6m 幅	6.72ha
70～145ps "	" 4.97m "	8.4 ha
80～145ps "	" 6.51m "	16.24 ha

※日当たり作業量＝作業能率 (ha/h) × 8 (h) × 0.7 (実作業率)

ほ場間の移動時間は考慮していない

イ 代かき用水量

代かき期間中の必要水量は、代かき期間の取り方と代かき方式によって大きく異なるが、最大必要水量と総取水量との相互関連については式(4.6.2)、式(4.6.3)の等面積方式のようになる。

$$q_i = \left\{ \frac{q \cdot A}{n} + \frac{d \cdot A}{n} (i-1) \right\} \cdot 10 \quad \dots\dots\dots (4.6.2)$$

$$q_{max} = \frac{10 \cdot A}{n} \{q + (n-1) \cdot d\} \quad \dots\dots\dots (4.6.3)$$

q_i ：代かき開始後 i 日目の必要水量 (m³/d)

n ：計画代かき日数 (日)

d : 代かき後の普通期ほ場単位用水量 (mm/d) i : 代かき開始からの日数 (日)

q : 代かき用水量 (mm) A : 全計画面積 (ha)

q_{max} : 代かき期間中の最大必要水量 (m³/d)

ここに、

(3) 普通期用水量

$$Q = A \times q' \times \frac{1}{1 - P} \dots\dots\dots (4.6.4)$$

ここに、 Q : 普通期最大必要水量 (m³/d)

A : 全計画面積 (ha)

q' : 普通期最大蒸発散浸透量 (mm/d)

P : 施設管理用水量の割合

(4) 末端用水施設の規模決定に用いる用水量

末端用水施設の規模は、代かきの日当たり作業能力に応じたものとする。等面積方式の場合、全計画面積に対する代かき作業機の持込み台数及び必要水量は、表-4.6.5 のようになる。

表-4.6.5 代かき作業機持込み台数及び必要水量の算出 (等面積方式の場合)

全 計 画 面 積	代かき作業機 持込み台数	代かき期間中の最大必要水量	代かき日数
$A \leq AM$	1	$Q = \frac{A \cdot q}{(1 - P)}$	1 日以下
$AM < A \leq N \cdot AM$	1	$Q = \frac{AM \cdot q + (A - AM)d}{(1 - P)}$	1 日超
$N \cdot AM < A \leq 2N \cdot AM$	2	$Q = \frac{2AM \cdot q + (A - 2AM)d}{(1 - P)}$	
\vdots		\vdots	
$(n - 1)N \cdot AM < A \leq n \cdot N \cdot AM$	n	$Q = \frac{n \cdot AM \cdot q + (As - n \cdot AM)d}{(1 - P)}$	

ここに、 Q : 代かき期間中の最大必要水量 (m³/d)

q : 代かき用水量 (mm/d)

d : 代かき後の普通期ほ場単位用水量 (mm/d)

A : 全計画面積 (ha)

AM : 代かき作業機日当たり能力 (ha/d)

N : 計画代かき日数 (日)

n : 代かき作業機持込み台数

P : 施設管理用水量の割合

4. 6. 3 パイプラインの設計

ほ場整備事業で扱うパイプラインの検討に当たっては、土地改良事業計画設計基準 設計「パイプライン」基準書・技術書（以下「設計基準「パイプライン」」という。）に準拠する。

1 基本事項

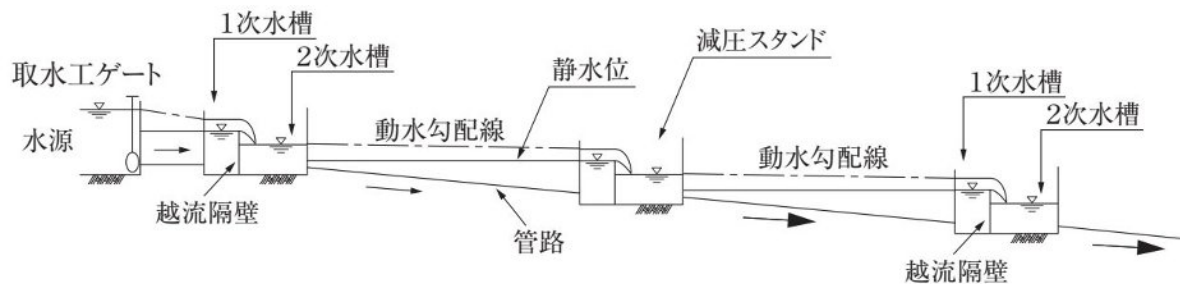
(1) パイプラインの分類

パイプラインには、次のような分類がある。

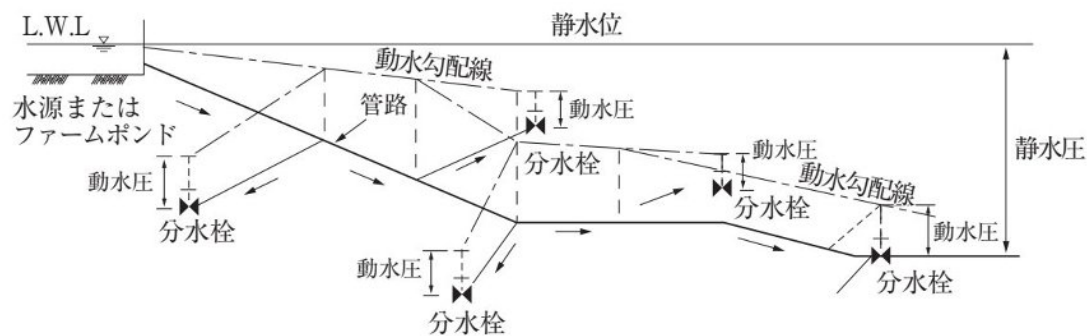
ア 機構上の分類（パイプライン形式）

パイプラインの機構上、オープンタイプとクローズドタイプに大別され、さらにクローズドタイプはクローズドタイプ（完全クローズドタイプ）とセミクローズドタイプに分類される（図-4. 6. 4 及び表-4. 6. 6 参照）。

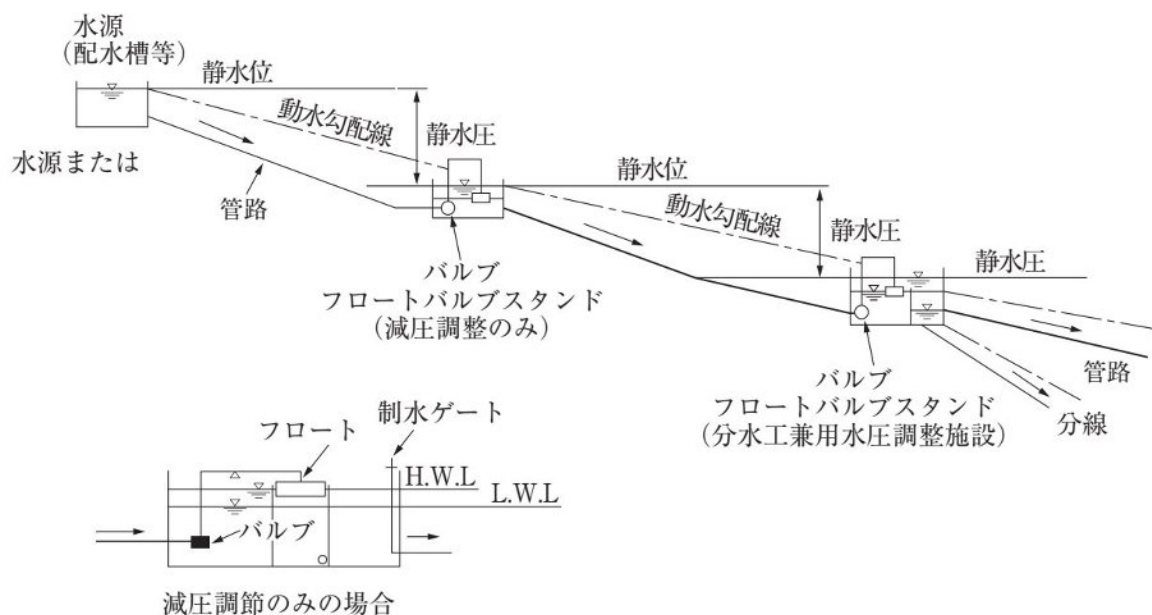
送配水に利用できる水頭差、水利用計画上必要な圧力水頭及び想定している水管理制御方式を考慮して、いずれかの方式を選定する。



(a) オープンタイプの例



(b) クローズドタイプの例



(c) セミクローズドタイプの例

図-4.6.4 パイプラインの機構上の分類

表-4.6.6 パイプライン形式の特徴

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
<ul style="list-style-type: none"> パイプラインに沿った要所に自由水面を持つスタンドを配置した形式。 本形式は、水田かんがい用水路に多く用いられる。 開水路に準じた水路形式であり、余水は全て放流されるため、節水の必要がある地区では調整池等を設けて無効放流を防ぐ必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 上流から末端まで閉管路で流水が連続し、末端の給水栓を開くことにより所要の水量及び水压を得る形式。 特に、給水圧力を必要とする用水路に最適である。 	<ul style="list-style-type: none"> フロート弁類を連続的に用いることにより構成される形式。 下流側のバルブを開閉しない限り水の流動は生じないため、オープンタイプのような無効放流はない。 水田かんがい用水路として、オープンタイプに代わって利用されることが多い。 クローズドタイプでは管路にかかる静水圧が大きくなり過ぎる場合に、静水圧を切る目的で用いられることが多い。

イ 水圧からの分類（水压区分）

配水系パイプラインは、水压によって表-4.6.7のように区分される。

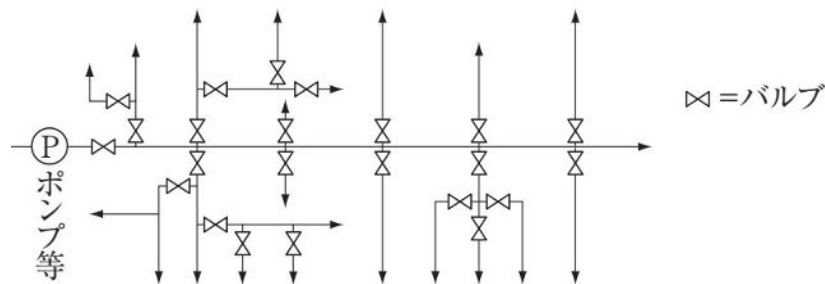
水田かんがいにおいては、主に低圧パイプラインを対象とするが、畑地の混在等により高圧で送配水する方式を採用する場合は、水田かんがいに対する減圧対策が必要である。

表-4.6.7 水圧区分（配水系パイプライン）

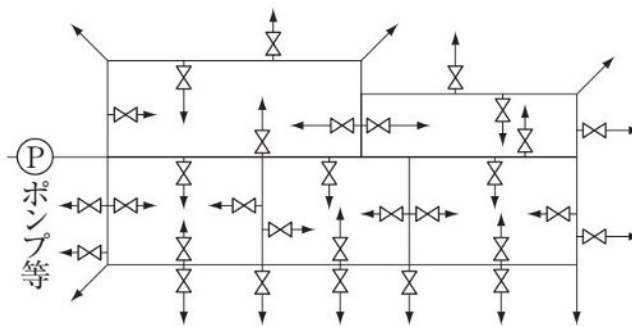
高圧パイプライン	低圧パイプライン
末端給水栓で、おおむね 0.15MPa 以上の水圧を必要とする、主として畑地かんがい用いるものを高圧パイプラインとする。	末端給水栓の必要水圧が小さい、（おおむね 0.15MPa 未満）主として水田かんがい用いるものを低圧パイプラインとする。

ウ 配管上の分類（配管方式）

パイプラインの配管方式には、樹枝状配管と管網配管がある（図-4.6.5 及び表-4.6.8 参照）。
地形条件、水利用形態等から、いずれかの方式を選定する。



(a) 樹枝状配管方式の例



(b) 管網配管方式の例

図-4.6.5 パイプラインの配管方式の分類（例）

表-4.6.8 配管方式の概要

方式区分	配管方式の概要
樹枝状配管	流路が幹線、支線及び派線と順次分岐し、水は上流から下流に向かって一定方向に流れる方式
管網配管	分岐点が網目状に連結していて、使用給水栓の位置、制御バルブの開閉等の関係により、管内の水は正逆いずれの方向にも流れ得る方式

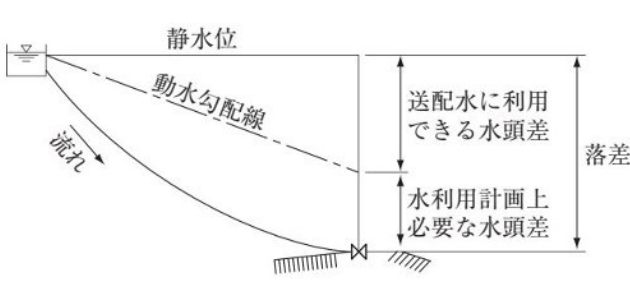
エ 送配水上の分類（送配水方式）

パイプラインの送配水方式は、自然圧式（自然流下式）とポンプ圧送式に大別され、さらにポンプ圧送式は配水槽式、圧力水槽式、ポンプ直送式に分類される（表-4.6.9 及び図-4.6.6 参照）。
路線及び分水工の位置が概定された後、地盤高及び水利用計画に必要な圧力水頭から、送水に必

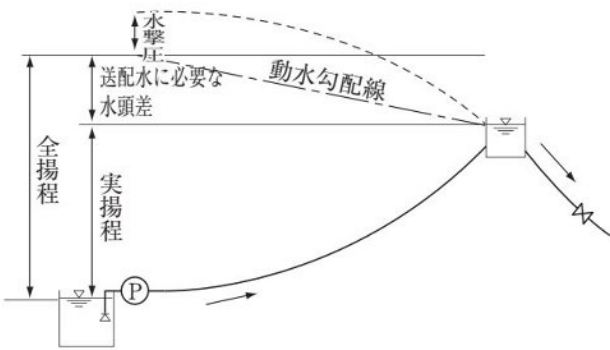
1 要な水頭差あるいは送水に利用できる水頭差を求め、いずれかの方式を選定する。

2 表-4.6.9 送配水方式の概要

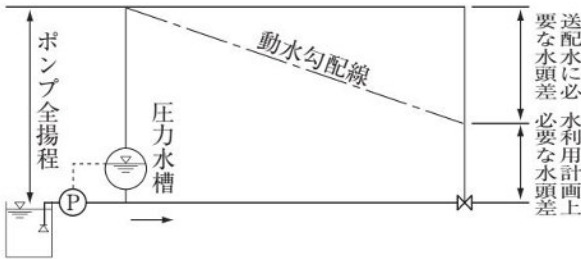
送配水方式		送配水方式の概要
自然圧式		地形上の自然落差を利用して送配水する方法
ポンプ圧送式	配水槽式	送水あるいは配水のために必要な水頭が得られる場所に配水槽を設け、それにいったんポンプ等で揚水したのち、自然圧式で送配水する方法
	圧力水槽式	ポンプ直送の場合で、特に水撃圧防止、自動運転及び頻繁な断続運転を回避する目的で、ポンプの吐出し口近くに圧力水槽を設ける方法
	ポンプ直送式	所定の落差が地形上得られない場合や、所定の水圧が必要な場合、直接ポンプによって圧送する方法



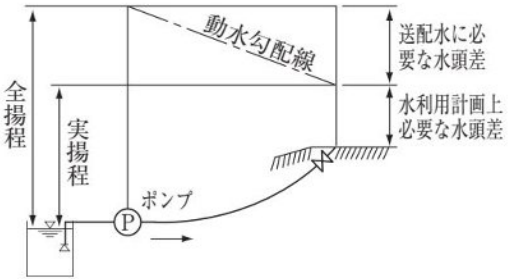
(a) 自然圧式



(b) 配水槽式



(c) 圧力水槽式



(d) ポンプ直送式

図-4.6.6 パイプラインの送配水方式の分類

(2) 路線選定

パイプラインの路線は、環境との調和に配慮しつつ、受益地を含めた自然条件、施設条件、施工性、経済性、社会条件、整備後の水管理及び維持管理等を考慮して選定しなければならない。また、ほ場整備地区内の路線は、将来の維持管理を考慮して農道肩下付近に埋設する場合が多い。

(3) 管種選定

管種の選定に当たっては、水理条件、構造条件、施工条件、経済比較により決定するが、製品の市場性や維持管理の面からも検討する。ほ場整備においては、一般的に硬質塩化ビニル管が多く用いられるが、この場合においても機能性・経済性を検討して決定するものとする。

1 (4) 設計上の留意事項

2 ア 機構上の分類と配管

3 オープンタイプ及びセミクロズドタイプのパイプラインは樹枝状とし、管網配管とはしない。

4 イ 地区の形状との関係

5 計画地区が幅広い場合は、管網配管の特徴を活かした組織ができる。しかし、細長い地区では樹
6 枝状配管とする方が経済的にも有利な場合が多い。

7 ウ 地形

8 平坦地又は一定方向の緩傾斜地の場合は、管網配管とすることによってその効果が得られるが、
9 土地の起伏が激しく、また、地区内の高低差が大きい場合には、自由に管路を連結することができ
10 ないので、樹枝状配管とするか、部分的な管網配管とするのがよい。

11 エ 地区の広さ

12 広域の場合、主要幹線を基幹管網として計画し、末端を管網あるいは樹枝状配管とする方法もあ
13 るが、経済性及び水管理の両面から十分比較検討することが必要である。

14 中小地区の場合は、施設費の点からみると樹枝状配管の場合の方が一般に有利となる。しかし、
15 水利用の面からみた場合、特に施設園芸地帯等では工事費は多少高くなっても管網配管とする方が
16 需要変動への対応性があるので有利である。

17 オ ポンプ圧送の場合の支配面積

18 受変電設備は一般に電圧が低いほど設備費が安価であり、設置面積が小さく、保守も容易である
19 ため、1 機場の支配面積は、低圧受電（50kw 未満）の範囲内とすることが望ましい。また、圧力制
20 御バルブの操作等の配水管理を考慮し、一般的には 100ha 以下程度を目安とする。

21 カ ポンプ圧送の場合の管径の検討

22 口径を小さくすれば管関係費を削減できるが、通水抵抗の増加により、動水勾配が急となってポ
23 ンプ揚程が高くなるため、ポンプ設備費と運転費が増加する。逆に口径を大きくとればポンプ関係
24 費を削減できるが、管関係費が増加する。したがって、ポンプ圧送式管路の流速は、管関係費とポ
25 ンプ関係費の和が与えられた流量に対して最小となるように経済比較を行って決定することが望
26 ましい。

28 2 設計条件

29 パイプラインの水理設計は、対象とするパイプライン組織が水利用計画のいかなる条件のもとでも
30 計画最大流量までの用水量を安全確実に通水し得るように、パイプラインの通水断面並びに附帯施設
31 の規模及び制御方式を検討し、パイプライン組織がその機能を十分に果たせるように検討することを
32 目的とする。

33 (1) 用水量の決定

34 計画用水量の算定は、**4.6.2 用水量の算定**によるものとする。ポンプ利用の場合、ポンプの運転時
35 間はピーク用水量の期間が特に長時間に及ばない限り、原則として 24 時間運転とする。

36 (2) 設計に用いる流量

37 通常、パイプライン施設の規模（口径、水槽類）は設計流量をもとに決定されるが、断面、構造等
38 の決定にはそれ以外の流量についても必要に応じ検討を行う（表-4.6.10 参照）。パイプラインシス
39 テムの設計においては、設計流量よりも小さな流量時の挙動に留意する必要がある。

表-4.6.10 設計に用いる流量

Case	対 象 流 量	検 討 項 目	留 意 事 項
1	計画最大流量	パイプライン口径の決定、敷設縦断の決定（動水勾配線の検討）、最大及び最小流速の検討、水撃圧の検討、機器類の仕様検討（バルブ制御機能、キャビテーションの検討を含む）	対象流量を定める場合、水管理体制を明確にし、実際に行われるであろう水管理をも想定して検討しなければならない。
2	最多頻度流量	動水勾配線の検討、機器類の仕様検討（バルブ制御機能、キャビテーションの検討を含む）	オープンタイプパイプラインの場合、管路の布設縦断によっては通水量により管内の水は自由水面を持った流れになることがあるので、当該箇所には適切な対策を講じる必要がある。また、クローズド若しくはセミクローズドタイプパイプラインの場合、バルブの制御機能やキャビテーションに対する安全性を検討する必要がある。対象流量は最多頻度流量を目安とするが、流量変化が定かでない場合には計画最大流量の50%程度を用いる。
3	最 小 流 量	動水勾配線の検討、機器類の仕様検討（バルブ制御機能、キャビテーションの検討を含む）	オープンタイプパイプラインにおいて、非かんがい期に通水が計画されている場合（例えば、維持用水、凍結防止用水等）については、Case-2 と同様の理由で検討を行う。対象流量が定かでない場合は、計画最大流量の20%程度を用いる。

3 水理設計

管路の定常的な水理現象の検討は、水利用計画に基づく流量を適正な流速で輸送するために必要な管径及び水頭を求めることを目的とし、管路の状況等を考慮して適切な水理公式によって行うものとする。

(1) 水理計算

ア 管径の決定

摩擦損失水頭及び平均流速の算定は、ヘーゼン・ウィリアムス公式の適用を原則とする（式(4.6.2)）。

$$V = 0.849 \cdot C \cdot R^{0.63} \cdot I^{0.54} \dots\dots\dots (4.6.2)$$

式(4.6.9)をもとに、円形管について次の各式が誘導される。（式(4.6.3)～式(4.6.6)）。

$$V = 0.355 \cdot C \cdot D^{0.63} \cdot I^{0.54} \dots\dots\dots (4.6.3)$$

$$Q = 0.279 \cdot C \cdot D^{2.63} \cdot I^{0.54} \dots\dots\dots (4.6.4)$$

$$D = 1.626 \cdot C^{-0.38} \cdot Q^{0.38} \cdot I^{-0.21} \dots\dots\dots (4.6.5)$$

$$I = h_f/L = 10.67 \cdot C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot Q^{1.85} \dots\dots\dots (4.6.6)$$

ここに、 V ：平均流速（m/s）

C ：流速係数（設計基準「パイプライン」参照）

R ：径深（m）（管が満流の場合 $D/4$ ）

I ：動水勾配

D ：管内径（m）

Q ：流量（m³/s）

h_f ：摩擦損失水頭（m）

L ：管路長（m）

イ 各種損失水頭

設計条件に応じて、次の各種損失水頭を考慮しなければならない。詳細については、設計基準「パイプライン」を参照する。

- ① 流入による損失水頭
- ② 流出による損失水頭
- ③ 湾曲及び屈折による損失水頭
- ④ 断面変化（漸拡、漸縮）による損失水頭
- ⑤ 直角分流による損失水頭
- ⑥ 合流による損失水頭
- ⑦ バルブによる損失水頭
- ⑧ 量水器による損失水頭
- ⑨ スクリーンによる損失水頭

(2) 設計流速

ア 許容最大流速及び許容最小流速

管内の平均流速の許容最大限度は、管内面が摩耗されないような値としなければならない。一般には、管内面の状態、継手の水密性等によって異なり、コンクリートの場合は **3m/s**、それ以外の場合（鋼管又はダクタイル鋳鉄管を含む）は **5m/s** とする。

また、水中の浮遊土砂等が管内に沈殿することを避けるため、管内流速の最小限度は設計流量時で **0.3m/s** 以上とする。

イ 自然圧式管路の許容平均流速

自然圧式の場合、水理ユニット内の流速の平均値の限界は **2.0m/s** 以内が望ましい。ここでいう流速の平均値とは、縦断方向の加重平均値（流速のバラツキは平均値の **10%** 以下が望ましい）を指す。しかし、動水勾配が大きくとれる場合には、経済性の観点から、水撃圧等の影響を検証し安全を確認した上で、平均流速の限界値を **2.5m/s** まで高めてもよい。

ウ ポンプ圧送式管路の許容平均流速

ポンプ圧送式の場合、管関係費とポンプ関係費の和が与えられた流量に対して最小となるように経済比較を行って決定することが望ましく、この際の水理ユニット内の平均流速の目安として、表-4.6.11 がある。

表-4.6.11 ポンプ圧送式の平均流速

口 径 (mm)	平均流速 (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

(3) 設計上の留意事項

ア 末端余裕水頭

管径決定における水理計算において、水理計算の精度、施工の状況、水管理の状況等に対する余裕として、送水系パイプラインの末端接続水槽の計画水位（又は分水位）は、かんがいに必要な末端水位（又は分水位）にそれまでの区間の全損失水頭の **10%** 又は地区状況に応じた適切な値を加算することが望ましい。

イ 水田パイプラインの特性

- ① システムの設計に当たっては、パイプラインが支配する地区の水理的最遠点で代かきが行われる場合だけでなく、普通期についても、使用する圧力制御バルブの有効制限域におけるパイプラインの圧力管理の可否について検討しておく必要がある。
- ② 給水量は、給水栓地点のわずかな圧力水頭差によって大きく影響を受ける。このため水田の配水ブロックの大きさは、流量・圧力調整の観点から、関係者間で協議できる又は巡視人等による給水栓操作が可能な範囲とし（例えば **100ha** の場合、**4～5** ブロックに分割）、各ブロック入口に圧力又は流量制御バルブを設けることが重要である。

- ③ 取水量と実使用量が相違した際、個別の給水栓の開閉による微細な変化を取水量に反映させようとすれば、パイプライン途中の減圧水槽のバルブ等の操作方法を考慮する必要性が生じ、場合によってはかんがい不良が発生する。これらを回避するためには、ファームポンドや調整池の設置が有効であり、水源の河川、ダム等の状況に規制されない送配水操作がある程度可能となる。
- ④ 図-4.6.7のように管網又は樹枝状にする場合でも、幹線管路系と支線管路系を分離する。また、幹線系から支線系への分岐点である分土工は、必ず圧力又は流量制御の可能な施設とする。さらに、水源の流量配分を調整するための切替えバルブを要所に設置することにより、扱いやすく、故障時等の原因究明に寄与する水田パイプラインの水力設計が可能になる。

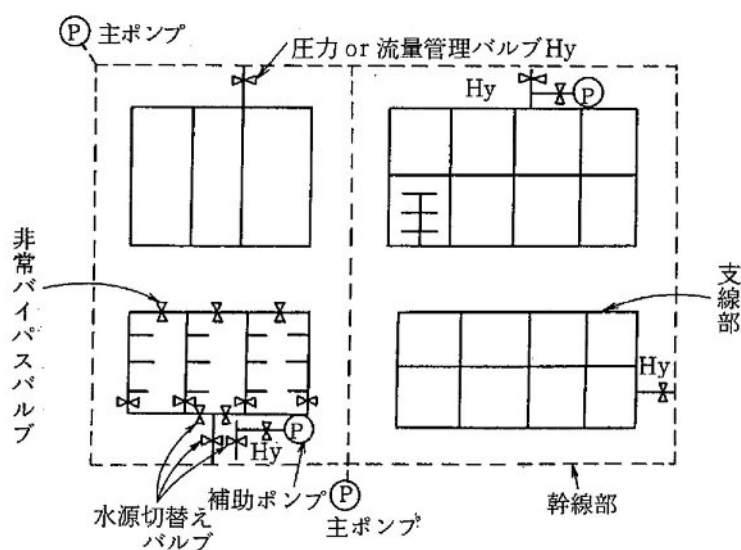


図-4.6.7 幹支線間のパイプラインと管理施設類の概要

ウ 管網配管の水力計算

送配水組織を管網に組んだ場合、樹枝状配管のように末端分土工流量の積上げで定量的に計画流量を定めて口径を決定することはできない。一般に、管網配管における水力計算では、口径を仮定して流量計算を行い、管内流速の制限、分水圧力の制限等の条件を考慮し、その制約条件のなかで得られる最も小さな口径を決定する。したがって、管網配管の水力計算は1回の計算で口径が定まることは少なく、数回の試算が必要であり、特に分水点の分水量や分水位置が変動する場合には更に多くの試算を繰返して使用口径を決定することになる。

管網水力計算の詳細な手順及び留意点については、設計基準「パイプライン」を参照する。

4 構造設計

管路の構造設計は、地形条件、土質条件、水理条件、施工条件等を考慮して管種と埋設深を想定した後、荷重を決定し、続いて管体の横断方向及び縦断方向の構造計算を行う。検討内容は、耐圧強さ、移動、変形、水密性等とする。

(1) 埋設深

埋設深は、管頂から埋戻し土（又は盛土）の表面までの深さとし、現場の条件に応じて次により選定する。

ア 道路下埋設

公道及び道路構造令に準拠する農道下では 1.2m 以上、道路構造令に準拠しない農道下では 1.0m 以上とするのが一般的である。なお、公道又は市町村道等に認定され道路構造令に準拠している農道下において、管径が 300mm 以下の鋼管、ダクタイル鋳鉄管、水道用ゴム輪形硬質ポリ塩化ビニル管(JWWA K 129)、及び管径が 200mm 以下の水道用ポリエチレン二層管(JPS-04、JIS K 6762)については、0.6m以上として良い旨が通知されている。（詳細については、建設省道政発第 32 号の 2、建設省道国発第 5 号の 2 参照）

イ 軌道下埋設

軌道下に埋設する場合は、軌道管理者と協議の上決定する。

ウ 河川下埋設

河川下に埋設する場合は、河川管理者と協議して決定するが、河川構造令では河床（現況又は計画河床）から 2.0m 以上となっている。その他の場合については現場条件等から決定する。

エ 耕地下埋設

耕地下に埋設する場合の埋設深は、作土深+0.6m 以上を標準とする。作土深は耕作状況、管の敷設状況等を考慮して決定する。

オ 山林下埋設

山林下に埋設する場合の埋設深は、0.6m 以上を標準とする。

カ 寒冷地における埋設

寒冷地における埋設深は、凍結深以上を標準とする。凍結深の算定については、設計基準「農道」を参照する。

キ 浮上のおそれがある場合の埋設

地下水位が高く管路が浮上するおそれがある場合は、管体空虚時に管路が浮上しない深さとする。なお、被圧地下水が予想される場合は、排水対策と併せて検討するものとする。

(2) 基礎工法

ア 基礎及び埋戻し材料

管体の基礎工法は、管体の設計条件、基礎の土質、地下水の状態、管の種類・口径、施工方法及び経済性等を考慮して選定しなければならない。管体の基礎及び埋戻し材料は、原則的として砂礫・砂又は良質な地盤材料を用いるものとする。

管体の基礎及び埋戻し材料に関する留意事項は、次のとおりである。

① 管体の基礎材料には、管体及び継手に悪影響を及ぼすものを使用してはならない。

② 管体の基礎及び埋戻し材料は液状化の影響を踏まえて検討する必要がある。液状化の詳細な検討方法については設計基準「パイプライン」を参照する。

イ 基床厚

(ア) 岩盤の場合

管体の敷設地盤が岩盤等堅固な場合、砂礫、砂又は良質な地盤材料で厚さ 300mm 以上置換し十分締固めた基床を設ける（図-4.6.8 参照）。なお、口径が 300mm 以下の小口径管では該当口径の呼び径に相当する基床厚とし、最小基床厚は 100mm 以上確保するものとする。

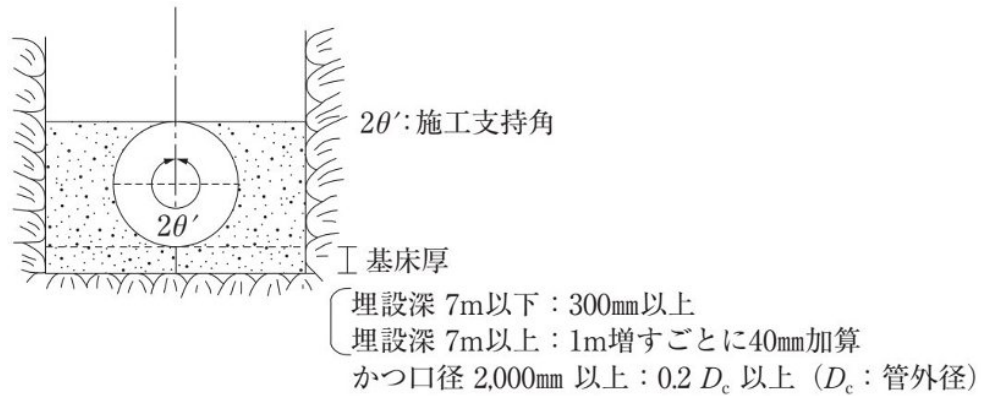


図-4.6.8 岩盤の場合の基礎工

(イ) 普通地盤の場合

直接管体を敷設すると不同沈下が起こる可能性がある地盤は、砂礫、砂又は良質な地盤材料で十分締固めた基床を設け、その上に管体を敷設する（表-4.6.12 及び図-4.6.9 参照）。

表-4.6.12 普通地盤の基床厚

口 径 (mm)	基床厚 (mm)
200 以下	100 以上
250 ～ 450	150 以上
500 ～ 900	200 以上
1,000～2,000 未満	300 以上
2,000 以上	0.2 D_c 以上

D_c ：管外径 (mm)

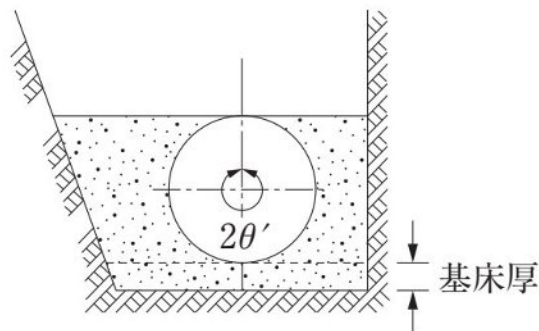


図-4.6.9 普通地盤の場合の基礎工

(ウ) 軟弱地盤の場合

パイプラインにおける軟弱地盤は表-4.6.13を目安とし、砂礫、砂又は良質な地盤材料で十分締固めた基床を設け、その上に管体を敷設する。また、軟弱層が深い場合の基礎工法は、図-4.6.10によるものとする。

軟弱地盤の基床厚としては、均等支持に必要な基床厚が確保できれば支障はないが、普通地盤における基床厚以上とし、施工性を考慮した表-4.6.14を目安とする。

表-4.6.13 軟弱地盤の目安

土 質	軟 弱 地 盤 の 目 安
粘 性 土	$N \leq 2 \sim 5$ 、又は自然含水比 70%以上
砂 質 土	$N \leq 5 \sim 10$ 、又は液状化の可能性のある土層

注) N : 標準貫入試験の N 値。

表-4.6.14 軟弱地盤の基床厚 (目安)

口 径 (mm)	基床厚 (mm)
200 以下	150 以上
250~450	200 以上
500~900	300 以上
1,000~2,000 未満	500 以上
2,000 以上	$0.3D_c$ 以上

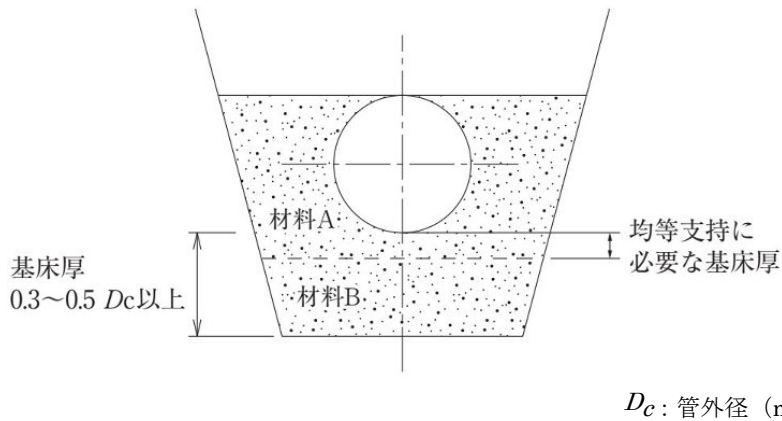


図-4.6.10 軟弱地盤の場合の基礎工例

ウ 設計支持角

土基礎の設計支持角は、管種、基礎材料の特質と施工支持角等を考慮して決定するものとし、表-4.6.15の値を標準とする。

また、コンクリート基礎の設計支持角は、コンクリートの巻立て角をもって設計支持角とする。

1 表-4. 6. 15 締固めた土基礎の設計支持角 (°)

管種		不とう性管		とう性管
施工支持角 (°)				
日本統一分類 注 1) (中分類)		120 以上	180 以上	360
土質分類				
礫質土・碎石	{G}、{GS}、{GF}	90	120	120
砂質土	{S}、{SG} のうち小分類において (SW)、(SW-G)、(SGW)	90	120	120
	{S}、{SG} のうち小分類において (SP)、(SP-G)、(SGP)	90	90	90
	その他の {S}、{SG} のうち小分類にお いて (S-F)、(S-FG)、(SG-F)、{SF}	60	60	90
固化処理土	—	—	—	180

- 2 注 1) 設計支持角は、管体が基礎上に敷設された状態において確実に均等な反力分布が期待できる範囲とし、基礎材と
3 して適当と判定された材料について、土質試験による分類に応じこの表の値を使用する。
- 4 2) とう性管の基礎材は管底部の反力とともに管側部の反力にも有効に働かなくてはならない。スパングラーによれ
5 ば、その反力は管底から管頂までの埋戻し材(基礎材)の施工状態に支配されるとしている。
- 6 この意味から、従来は基礎部、埋め戻し部と区分していたものを管底から管頂まで同一の基礎材で埋め戻すもの
7 とする（施工支持角は 360° となる）。なお、固化処理土の施工支持角は 180° としても良いが、管頂までの基礎
8 材料は礫質土又は砂質土を使用する。
- 9 3) φ300mm 以下の小口径管において基礎材料に ML、CL を使用する場合は設計支持角は、不とう性管 30°、と
10 う性管 60° とする。ただし、この場合でも管底部より下の基礎材料は礫質土又は砂質土を使用する。
- 11 4) 日本統一土質分類法の分類記号は、{ } が中分類、() が小分類を示す。
- 12 細粒分 5%未満の粗粒土の細分類は、*W*が粒径幅の広い均等係数 $U_c \geq 10$ 、*P*が分級された $U_c < 10$ を示す。
- 13 5) 不とう性管の基礎材料に固化処理土を使用する場合の施工例が少ないため、採用する場合は専門技術者に相談す
14 るなどの検討が必要である。
- 15

エ その他

- ① 不とう性管が大きな荷重を受ける場合や敷設傾斜角度が大きい場合には、一般にコンクリート基礎が用いられる。しかし、とう性管の場合には基礎境界の管体の部分に応力が集中するので、コンクリート基礎等はできるだけ避けることが望ましい。
- ② 基礎地盤の急激な変化は、不同沈下の原因になり管体の折損・破損事故につながるので、急激な基床の変化を避けるために図-4.6.11のように緩和区間を設けることが必要である。

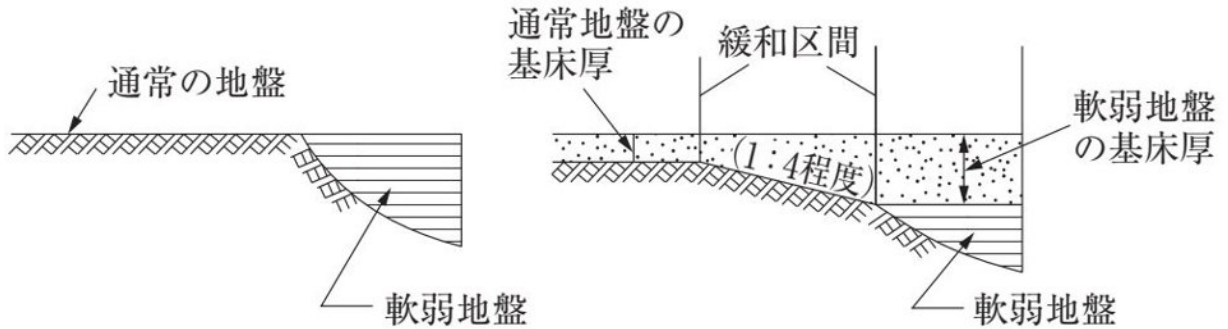


図-4.6.11 基礎地盤が急変する場合の基礎の一例

- ③ スタンド（分水、調圧、通気等）、スラストブロック、制水弁、マンホール、監査柵等との接続部には、短管を用い特殊継手などとするとともに、砂、砂利等で基礎を構築する。

5 附帯施設

(1) 給水栓

給水栓は、パイプラインの最末端で受益地に散水又は給水するための施設で、その種類と特徴、及び選定に当たっての留意すべき事項は次のとおりである。

ア 給水栓の種類と特徴

農業用の給水栓として一般に使用される給水栓の種類と特徴は、表-4.6.16 のとおりである。

水管理の省力化を図るため、例えば、大規模経営体が多数の農地を管理する場合等においては、1 区画に 1 か所以上の多機能型自動給水栓を設置することは効果的である。また、情報通信環境整備が難しい場合等により多機能型自動給水栓の導入が難しい場合は、自動給水栓の導入が効果的である。

表-4.6.16 給水栓の種類と特徴

種 類	水田	畑		材質		口 径 (mm)	耐 圧 (Mpa)	保護工	特 徴
		低圧	高圧	金属	プラスチック				
多機能型自動給水栓	○				○	メーカー仕様による	同左	水位設定及び保護のための枠を設ける	センサーで水位を計測し、スマートフォン等により水位等の遠隔監視、遠隔操作が可能となる。(図-4.6.12 参照) また、深水管理や高温対策などに対応した高度な水管理が可能となる。
自動給水栓	○				○	50～75	0.74	水位設定及び保護のための枠を設ける	全自動又は半自動(止水のみ自動)により水位制御を行う(図-4.6.13 参照)
傘形弁	○	○		○	○	50～100	0.98	口径の5～6倍の保護槽	主に水田用で流量(開度)特性良好、現地解体組立て可能(図-4.6.14 参照)
アングル弁	○	○	○	○	○	25～100	1.96	-	取出し角度45～90°、水平360°回転構造あり(図-4.6.15 参照)
ゲートバルブ	○	○	○	○	○	40～300	0.49～0.98	-	(図-4.6.16 参照)
電 磁 弁		○	○	○	○	20～150	0.69～2.94	保護ボックス内は乾燥保持	遠隔操作に用いる。近年損失水頭、水撃圧、除塵等に改良が見られる(図-4.6.17 参照)



図-4.6.12 多機能型自動給水栓

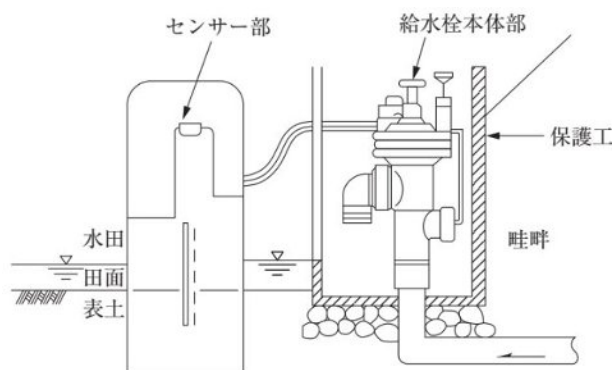


図-4.6.13 自動給水栓

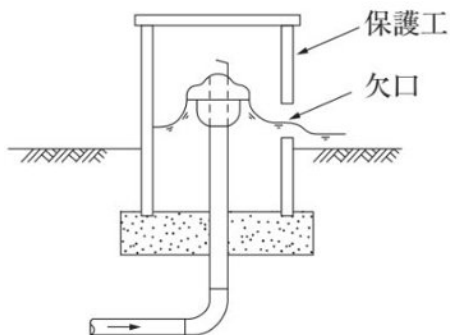


図-4.6.14 傘形弁型式の給水栓（下向き）

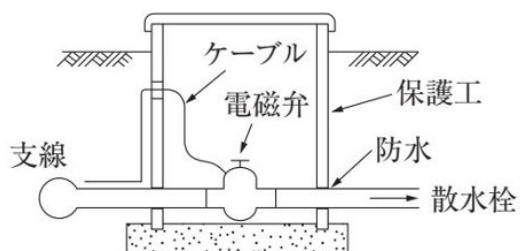


図-4.6.15 アングル弁型給水栓

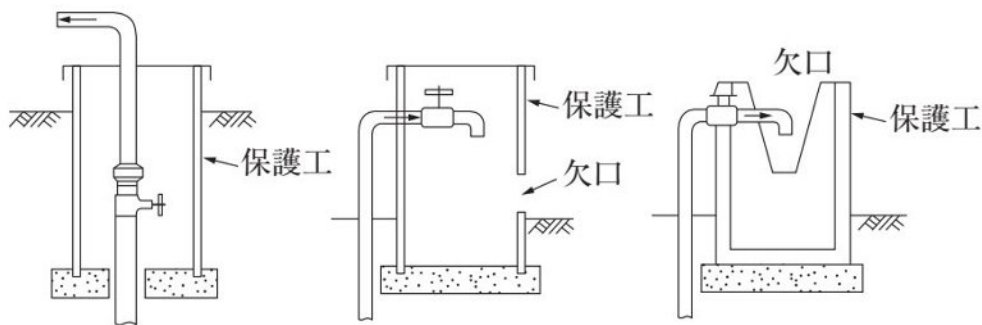


図-4.6.16 ゲートバルブ型給水栓

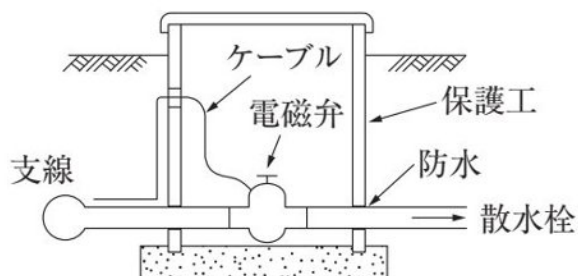


図-4.6.17 電磁弁給水栓

イ 選定に当たっての留意事項

- ① 給水点で最低動水頭のときでも、計画最大給水量を給水できる能力があること。
- ② 管理誤差等に対処するため、給水点において十分水頭があること。特に、低圧パイプラインの給水栓では水頭の余裕が必要である。
- ③ 操作がしやすく、施設費が安価で、耐久性があること。
- ④ ごみが詰まりにくく、詰まったごみの処理が容易であること。
- ⑤ 水撃圧が小さいこと。
- ⑥ 給水栓の設置個数は、実際の給水能力を反映した算定により決定する。
- ⑦ 農業機械の走行を妨げないよう、給水栓の構造や設置場所に留意する。
- ⑧ 営農計画や地域の土地利用及び用水形態を十分踏まえ、効率的かつ省力的な水管理を必要とする場合は、自動給水栓を採用することが望ましい。
- ⑨ 自動給水栓を導入する場合は、代かきなどの最大用水量を取水するのに必要な箇所数とする基本的な考え方にに基づき 1 耕区に複数の給水口を設置する場合は、自動給水栓の数を通常の用水管理に必要な最低限の箇所数（例えば、必要となる用水量を半日でかん水できる数）に絞り込み、1 耕区において自動給水栓と手動給水栓を組み合わせで設置することが望ましい。
- ⑩ 耕区辺長が長くなると風浪の影響が大きくなり、自動給水栓の誤作動を生じる場合がある。
- ⑪ 多機能型自動給水栓を導入する場合は、実用性、耐久性、費用対効果などの実証や機器の改良が行われているところであり、これらの状況を勘案し、導入の是非を判断することが望ましい。
- ⑫ 多機能型自動給水栓を導入する場合は、盗難防止対策、冬場の機器の保守管理（保管方法）等をどうするか、将来的な維持・更新費用の負担をどうするかなど費用負担を含めた維持管理方法を決定する必要がある。特に、バッテリーや電子部品は定期的な更新が必要になること、機器によっては 1 台ごとに通信費用がかかることから、農家の意向を十分踏まえつつ、慎重に検討する必要がある。

(2) 制水弁

制水弁は、事故の復旧補修、点検、新設管との連絡管、洗浄排水（排泥）等の目的でパイプラインの流水を遮断するもので、設計水圧に耐える強固な構造を有し、かつ操作が容易で耐久性のあるものを選定する必要がある。また、制水弁の開閉方向には、右開きと左開きがあるため、地区内で混乱が生じないように留意する必要がある。

なお、その他の附帯施設を含む詳細な設計については、設計基準「パイプライン」を参照する。

1 4.6.4 開水路の設計

ほ場整備事業で取り扱う開水路の検討に当たっては、土地改良事業計画設計基準 設計「水路工」基準書・技術書（以下「設計基準「水路工」」という。）に準拠する。

2 1 水理設計

3 水理設計は、要求される水理機能を満足するために必要な断面規模や安定した流況が得られること
4 を目的として、許容流速、粗度係数等を適切に選択して行う。

5 (1) 水理計算

6 ア 流量計算

7 水路の断面寸法は、原則として設計流量について平均流速公式を用いて求める（式(4.6.7)）。な
8 お、開水路系の等流流速の計算は、原則としてマニング公式を用いる（式(4.6.8)）。

9
$$Q = A \cdot V \dots\dots\dots (4.6.7)$$

10
$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \dots\dots\dots (4.6.8)$$

11 ここに、 Q ：流量（ m^3/s ）

12 A ：通水断面積（ m^2 ）

13 V ：平均流速（ m/s ）

14 R ：径深＝ A/P （ m ）

15 P ：潤辺（ m ）

16 I ：水路勾配

17 n ：粗度係数

18 イ 粗度係数

19 水路設計に用いる粗度係数は、設計基準「水路工」を参照する。

(2) 許容流速

水路の流速は、土砂の堆積が起こらず、かつ水中植物が繁茂しない最小許容流速と、水路内面を構成する材料の流水に対する耐久性が確保され水理的に不安定な流況が発生しない最大許容流速の範囲内とすることを標準とする。

流量と流速の条件を満足する水路勾配を選定するものとし、地形状況により適当な勾配が得られない場合は、落差工や急流工を設けて調整する。

ア 最小許容流速

最小許容流速を制約する要素は不明確で、適切な値を確定することは必ずしも容易ではない。一般的に、シルト及びそれよりも大きい粒径の土砂が少ない場合、各粒径に応じて $0.45 \sim 0.90 \text{ m/s}$ の平均流速があれば、浮遊土砂の堆積を起こさず、また 0.70 m/s 以上の平均流速があれば著しく流れを妨げるような植物の生育も防止できるとされている。(表-4.6.17)

表-4.6.17 最小許容流速

水路の状況	最小許容流速
浮遊土砂の堆積が懸念される水路	$0.45 \sim 0.90 \text{ m/s}$
水中植物の繁茂が懸念される水路	0.70 m/s

イ 最大許容流速

最大許容流速は、水路を形成する材料によって著しく相違し、不明確なので、経験や他の例から判断せざるを得ないが、水路及び水路構造物内面の材質及び部材厚によって、ほぼ表-4.6.18 のような値が制限値とされている。詳細については、設計基準「水路工」を参照する。

表-4.6.18 最大許容流速

種別	流速(m/s)	種別	流速(m/s)
砂質土	0.45	厚いコンクリート(18cm程度)	3.00
砂質ローム	0.60	薄いコンクリート(10cm程度)	1.50
ローム	0.70	アスファルト	1.00
粘質ローム	0.90	ブロック空積(控30cm以下)	1.50
粘土	1.00	ブロック空積(控30cm以上)	2.00
砂混り粘土	1.20	ブロック練積	2.50
軟岩	2.00	プレキャストコンクリートパイプ	3.00
中硬岩	2.50	鋼管	5.00
硬岩	3.00	プレキャストコンクリート水路(柵渠を除く)	3.00

(3) 余裕高

水理上の安全性を確保するため、設計流量に対応する設計水面上に余裕高(式(4.6.9)、式(4.6.10)に示す F_b) を見込んで通水断面を決定しなければならない。余裕高は原則として、水路粗度係数の変動に対する余裕、流速水頭が静水頭に変換される可能性に対する余裕及び水面動揺に対する余裕を加えて決定する。

用水路の余裕高及び水路壁高の算定は、図-4. 6. 19 に示すフローチャートに基づいて行う。
 なお、プレキャストコンクリート水路の余裕高については、設計基準「水路工」を参照する。

ア 無ライニング水路並びにライニング水路

$$F_b = 0.05d + \beta \cdot h_v + h_w \dots\dots\dots (4.6.9)$$

ここに、 F_b ：余裕高（m）

d ：設計流量に対する水深（m）

h_v ：流速水頭（m）

β ：流速水頭の静水頭への変換係数で 0.5～1.0 をとる。

h_w ：水面動揺に対する余裕（m）

イ 擁壁型水路(フルーム、擁壁水路、箱形暗きょ、既製品水路等)

擁壁型水路の余裕高は、原則として式(4. 6. 10) による。

$$F_b = 0.07d + \beta \cdot h_v + h_w \dots\dots\dots (4.6.10)$$

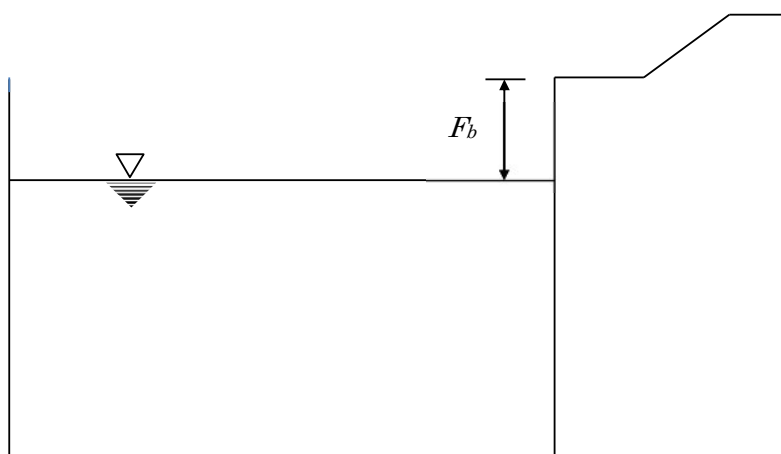
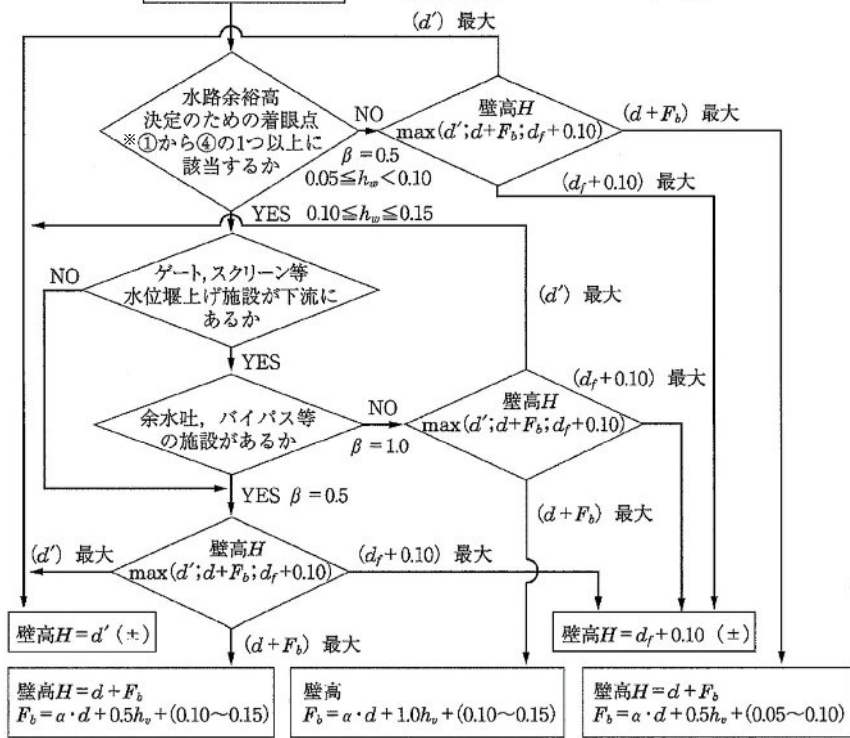


図-4. 6. 18 用水路の余裕高

設計条件 (用水路)
 ・設計流量: Q (m³/s) ・洪水流入時流量: Q_f ($Q+q_f$) (m³/s)
 ・設計水深: d (m) ・同上等流水深: d_f (m)
 ・設計流速: V (m/s) ・ $1.2Q$ の等流水深: d' (m)
 ・流速水頭: $h_v = \frac{V^2}{2g}$ (m) 小規模の用水路では洪水流入量 q_f を無視することができる。

F_b 計算基準式
 $F_b = \alpha \cdot d + \beta \cdot h_v + h_w$

無ライニング水路
 並びにライニング水路 : $\alpha = 0.05$
 擁壁型水路 : $\alpha = 0.07$



注) 水路余裕高決定のための着眼点②, ③の場合で、水理的検討により必要と判断される場合、上式以外により壁高算定を行ってもよい。

図-4.6.19 用水路（開水路）の余裕高算定と壁高決定のフローチャート

※水路余裕高決定のための着眼点

ア 規模、重要度、立地条件

余裕高の決定に当たっては、水路の規模、重要度を考慮しなければならない。広い地域に関係する重要な幹線水路とこれ以外の幹・支線、分線又は派線水路を同等に扱うことは不都合であり、同様に人家に近い盛土水路と山間部の水路では余裕高にいくらかの差を設けることができる。

イ 工種

水路は通水施設の工種、断面形により不測の事態に対する適応性が異なる。内圧サイホン、トンネル、円形又は馬てい形暗渠等は、一定の限界を超えると水頭の増加や通水能力増加の関係が変化する。したがって、余裕高の決定に当たっては、水路の工種、配置及び水理特性についても考慮すべきであり、これらの工種の直上流の開水路では余水吐等の検討とともに余裕高の決定は慎重に行う必要がある。

ウ 構造物の配置と水路の湾曲

水路中の構造物（落差工、急流工、ゲート、スクリーン等）及び水路の急な湾曲は、堰上げ背水や波動の原因となる。このため、余裕高の付与に当たっては、これらとの関係も考慮し、水路によっては標準値以上の余裕高が必要となる場合もある。

エ 管理

水源流量の変化の可能性、分土工、余水吐の構造と管理状況によっては、予定以上の流量が水路を流下する場合がある。このような、特に水路の場合、取入口付近の余裕高の付与に当たっては、これらの要素を考慮しなければならない。

オ 洪水の流入

用水路において、やむなくある流域の洪水流を取込む場合や水路敷内に降下流入する雨水については、その水量を考慮して余裕高を決定しなければならない。この場合、護岸頂まで 10cm 程度の余裕が残されることが望ましい。また、水路内面に水草が繁茂し大幅に粗度を増大させている事例も報告されている。このような水草は通常の維持管理作業により撤去されるが、困難な場合もありやむを得ないと判断されるときは適切な粗度係数の推定を行い、余裕高を増加させる等の対策をとるものとする。

2 構造設計

(1) 一般事項

- ① 幹支線用水路の断面は、原則として分水地点ごとに決定する。小用水路の断面変化は原則として考慮せず、一路線一断面とする。
- ② 用水路（開水路）は、原則としてプレキャストコンクリート製品で施工するものとし、維持管理上最小断面を上幅 250mm 程度とする。
- ③ 小用水路の断面は、ピーク用水時点を検討の上、最大通水量により決定する。
- ④ 用水路底高が田面より高すぎると農業機械のは場内進入に支障を来すのみでなく、各耕区の水口に洗掘防止施設が別途必要となる。また、底高が低すぎると耕区への取水が困難になる。よって、底高は田面に比して $-5\sim+10\text{cm}$ の範囲とすることが望ましい。
- ⑤ 溝畔の形状は、維持管理上の利便性にも配慮し決定する。

(2) 構造設計

構造設計については、**設計基準「水路工」**に準拠する。

3 附帯構造物

(1) 分土工

末端用水路には小規模な分土工を設置するものとし、その構造は、プレキャスト製品の柵に簡易ゲート又は角落しを付け流量調節が可能なものとする。

(2) 屈曲部

用水路の急な曲部（ 45° 以上）には、プレキャスト製品の柵等を設け、流水の飛散防止を行い停滞なく流下できる構造とする。また、一般には落差を 5cm～10cm 程度設けるものとする。

(3) 落差工

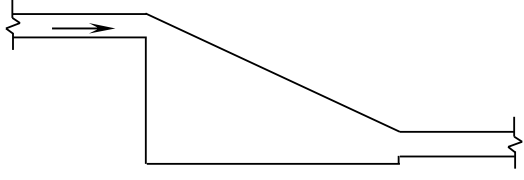
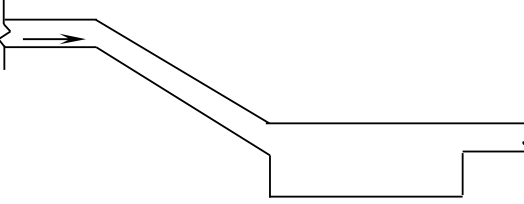
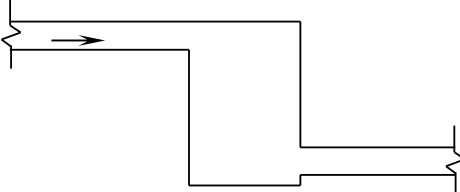
落差工の設置に当たっては、地形的に落差のある地点等付近の地形と調和した場所を選定する。

また、流水に対して好ましくない波を発生させないため、上下流にわたって水路の線形が直線的である区間を選定することが望ましい。

落差工設置部分の溝畔は、落水の飛散による侵食を防止するため張ブロック等で保護する必要がある。

一般的に使用されている落差工型式を表-4. 6. 19 に示す。

表-4. 6. 19 一般的な落差工形式

	形 状	留 意 事 項
階段式 落差工		<ul style="list-style-type: none">・流量が大きく、落差が小さい(1.0m 以下) 場合に使用する。・プレハブ式構造のプレキャスト製品もある。
シュート 式落差工		<ul style="list-style-type: none">・小～中程度の流量で、落差が大きい(1.0m 以上) 場合に使用する。・プレキャスト製品の組合せにより構成され、落差に応じて静水部の延長を調整する。
円筒(桝式) 落差工		<ul style="list-style-type: none">・流量が小さく、中程度の落差(2.0m 以内) の場合に使用する。・落差部は、ヒューム管又はプレキャスト製品の落差桝の組合せによって落差を調整する方式のものがある。

(4) 水口（取水工）

水口は、各耕区の小用水路に沿う辺に1か所以上、間隔 50m 以内に設けることが望ましいが、工事費の削減、維持管理労力・水管理労力の軽減のため、かん水に支障を来さない範囲で複数の水口を集約化することが有効である。設置箇所が1か所の場合は辺の上流側に設けるものとする用排水長が100～150m 程度を超えるほ場については、用水操作の難易を考慮し水口を耕区の両側に設置することも検討する。

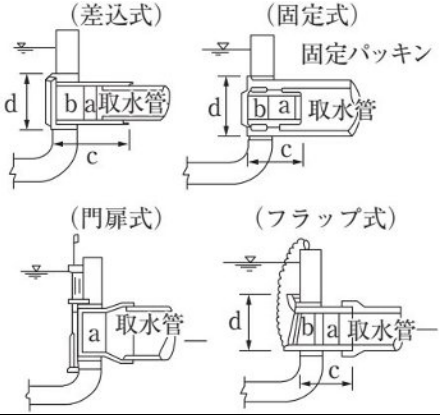
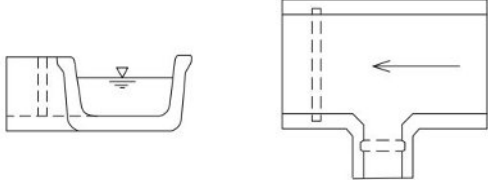
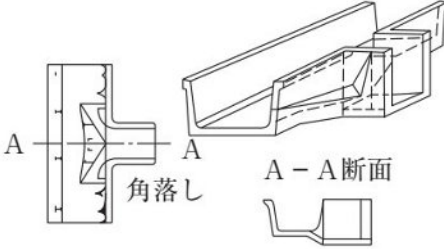
水口の断面は、開水路の場合には取水量に応じて幅を最大 50cm 以内とし、それ以上の幅を要する場合には2か所以上に分ける。敷高は、小用水路の底高に左右されるが、流入時の洗掘防止等から田面から0～10cm の範囲にあることが望ましい。

構造は開閉操作に便利なものとし、越流水深等により流量計測が簡易に行える構造とする。急勾配用水路からの取水については、安定的な取水が可能な水口構造とする必要がある。

なお、農業機械の走行を妨げないよう、水口の構造や設置場所に留意する。

一般的に使用されている水口の型式を表-4. 6. 20 に示す。

表-4. 6. 20 一般的な水口の型式

	型 式	留 意 事 項
給 水 栓		平坦地水田地帯（勾配が緩く、比較的用水路断面が大きく水深が確保できる場合）で使用される。支線用水路等より、直接分水しなければならない。
分 水 工		最も一般的に使用されている型式である。 傾斜地では、水路勾配が急になると取水が困難になる場合がある。また、堰上げにより流水が飛散し周辺を侵食するおそれがある。
急 流 分 水 工		上記の分水工を傾斜地水田用に改良したものである。

2 【参考】急勾配（射流）水路からの取水について

3 用水路に急勾配水路を採用した場合、急流（斜流）からの安定的取水が問題となる。急勾配取水工
4 法の詳細については、計画基準「ほ場整備（水田）」を参照する。なお、適用に当たっては地形条件等
5 の現場状況を十分検討する必要がある。

6 (5) 安全施設

7 水路の安全施設には、水路内への侵入、転落を防止する施設、誤って転落した場合極力安全を確保
8 し速やかに排出できる施設、その他警告する施設等に区分し、状況を的確に判断し適切な計画とし
9 なければならない。

10 水路及びその周辺に設置する安全施設としては次のものがある。その設置に当たっては、使用目
11 的に合致した形式及び構造とする。また、設置場所については十分検討を行い決定する。

- 12 ① 車両等の転落防止や運転者の視線誘導のための防護柵、フェンス、ガードレール等
13 ② 開水路及び水路諸施設周辺への立入り並びに危険区域への立入りを防止するためのフェンス、
14 通行止門扉、警戒標識、立札等
15 ③ 水路内の昇降用のステップ、梯子、階段等
16 ④ 転落者救出用の安全ロープ、浮輪、安全棒等
17 ⑤ 照明施設、換気施設、防音施設等

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

参考文献

- 農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準・計画「ほ場整備（水田）」（平成 25 年 4 月）
農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準・設計「水路工」（平成 26 年 3 月）
農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」（令和 3 年 6 月）
農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準・計画「農業用水（水田）」（平成 22 年 7 月）
(公社)農業農村工学会：改訂 6 版 農業農村工学標準用語事典（令和元年 8 月）
石井敦（2018）：真の低コスト稲作のための農地の利用集積・圃場整備と土地改良法の改正、土地と農業 48、p.26-42

