16. 環境との調和への配慮（水質）

（基準　1.2.5、2.2、2.3.8、3.1.1、3.1.2、3.2.6、3.2.7、3.3.5、3.4、3.5 関連）

本章においては、水田かんがいを主とする農業用水確保のための用水施設整備の実施に併せて、環境との調和への配慮の観点から行う水質保全対策を計画する場合に参考となる考え方を解説するとともに、事例を紹介する。

なお、ここでいう水質保全対策とは、①農村景観の一部を形成する、②生態系を維持・保全する、③地域住民の憩いの場となる等、地域の環境に対して農業用水が担う役割を認識し、その保全及び活用を図ろうとする場合に行われる水質面での対策をいう。それらの対策に関する具体的な調査や手法は、農作物が生育阻害を受けている場合等の水質の保全・改善対策と大きく異なるものではないが、ここに示す基本的な考え方や留意事項をもとに、地域の特性に応じた様々な創意工夫を取り入れることが必要である。

16.1　環境との調和への配慮の観点から行う水質保全対策の基本的な留意事項

16.1.1　地域の環境を担う基本要素

用水施設内の水質は、施設構造、水量とともに、質の高い農村の景観の構成、魚類その他の水生生物の保全、水域を中心とした生態系の保全、親水空間を確保するための重要な要素である。また、用水施設内の水質の保全は、下流の水環境の形成に対して寄与することになる。

また、漁業権が設定されている河川に排水（工事排水を含む）を排出する場合は水質への影響調査を求められる場合があるので関係機関と調整しておく必要がある。

このため、事業計画の策定に当たっては、用水施設内及びその下流の水質保全との調和に配慮するとともに、事業を契機として、良好な水環境を創造するような検討が求められる。

16.1.2　水質保全の目的の明確化

水質保全を検討する際には、現状又は事業に伴い懸念される水質に関する障害の内容を具体的に想定した上で、水質保全の目的と必要性を明確にすることが重要である。

水質保全の計画、実施から管理に要する労力と経費を適切に確保、配分し、効果的な水質保全が図られるよう、水質保全の目的を明確にした上でそれに応じた的確な対策と、その実施と効果の評価のための水質等調査を設定すべきである。

16.1.3　農家、地域住民等の意向を踏まえた水質保全

用水施設が果たすべき農村環境の一部形成、生態系保全、親水等の機能や、それを発揮するために要求される水質の状態は、地域の自然環境、用水利用形態やその歴史的背景等の地域特性によって一様でない。また、地域の環境の管理に対する農家、地域住民等の主体的な関与なしには、用水施設の水質の向上と維持はできない。このため、水質保全対策を検討する際には、地域住民や関係機関の意向を踏まえた計画とすることが重要である。

16.2 調査計画の基本的な進め方

ここでいう水質保全対策では、改善目標及び対策手法等に絶対的な指標があるものではないため、その決定に当たっては、全体コストの妥当性と必要な対策の両立を図る観点から、地域の実情、特に関係農業者、関係機関及び地域住民の意向を踏まえて、適切な施設整備と維持管理が行われるような計画とすべきものである。したがって、調査、計画の各段階においては、関係農業者等と十分な調整を図ることが極めて重要となる。

用水施設の整備に併せて水質保全対策を実施する場合に参考となる基本的事項を、概査、基本構想の策定、精査、計画樹立の段階ごとに示す。

一般に、用水施設の整備は広域にわたる場合が多く、近年の都市化、混住化の進行等により、生活雑排水の流入等多様な水質汚濁の要因が考えられることから、施設整備上の配慮のみで目標とする水質保全を図ることが困難な場合が多い。このような場合には、必要な負荷軽減に向けた役割分担について、関係農業者のみならず関係機関や地域住民とも十分に調整し、用水施設が担うべき機能や水質改善目標を基本構想段階で概定することが重要となる。

16.2.1 概査

概査は、水質保全対策を実施する必要性を明らかにするために行うものである。

このため、①水質に関する問題点、②関係農業者を含む地域住民の水質保全に対する意向、③土地改良区等施設予定管理者等の意向、④関係市町村等の方針等を、資料の収集及び聞き取り調査等によって把握しておく必要がある。

特に、用水施設整備に併せて水質保全対策に取り組む必要のある地区の場合には、関係機関によって水質調査が経年的に実施されている場合が多いので、水質に関する問題の所在等を明確にするためにこれらのデータ等を活用しておくことは有効である。

また、幹線用水路や貯水池等の基幹的な施設の整備に併せて、新たな親水空間を創出しようとするような場合には、当該施設が水質保全対策上で担うべき役割・機能について、近隣地区の事例等も参照しつつ、関係機関等と十分に調整を図っておく必要がある。

16.2.2 基本構想

基本構想は、概査によって水質保全対策の必要性が明確化された場合に、計画の骨格をなす各要素の相互関連を検討し、大まかな方向付けを行うものである。

このため、概査の結果を踏まえつつ、①水質改善の目的・テーマ、②達成すべき水質改善目標、③目標を達成するための手段、④予定管理者等による適正な管理の可否等について、基本構想で概定しておく必要がある。

基本構想の策定に当たっては、関係農業者のみならず関係機関や地域住民とも十分に調整するとともに、特に、水質改善目標やそのための手段などの検討に際しては、水環境の専門家等の助言を得ながら進めることが有効である。

[参　考]水質保全対策の検討項目整理表

水質保全対策を策定する際の主な検討項目を**表-16.1** に示す。

なお、実際の検討に当たっては、本表にある項目のほか、必要となる項目を適宜追加する等、地域の事情に応じて適切な項目について整理することが望ましい。

表-16.1　水質保全対策の主な検討項目

検討項目	内容例
①検討対象施設	ダム、調整池、用水路、排水路その他流域の負荷発生源等
②負荷との関係	流入負荷対策、流出負荷対策等
③水質に関する課題	水質改善を検討するに至った背景、課題等
④関係市町村等の方針や水質保全の取組状況	田園環境整備マスタープランにおける位置付け、それに基づく他機関の取組等
⑤対策のテーマ	景観配慮、生態系保全、親水空間の創設、下流公共用水域への負荷軽減等
⑥対策の目的	貯水池の有機性汚濁の改善等
⑦水質改善目標	水質目標値の設定、水生生物の生息数、多様性の向上等
⑧対策の内容	手法、規模、施設等
⑨水質モデル	類似参考地区、数値シミュレーション等
⑩対策検討に当たって特に配慮すべき事項	地域住民の施設に対する理解の向上等
⑪維持管理内容	管理者、作業内容、費用等
⑫モニタリング	継続観測調査の内容等
⑬農家の取組	営農面での水質改善に向けた取組等
⑭地域住民の関わり	地域住民の意向、役割分担等

16.2.3　精査

精査は、概査を補完するとともに、基本構想に基づき、精度を上げて現状を把握することを通じて、①水質改善の目的・テーマ、②水質改善目標、③対策の規模・手法、④維持管理手法等を具体化するために行うものである。

このため、常に計画策定段階と連携を図りながら進めていくことが重要である。

水質調査に当たっては、水質改善の目的・テーマ（景観形成、生態系の保全、親水空間の創設、下流公共用水域の負荷軽減等）、水質汚濁発生の原因・時期等を踏まえて、調査箇所、測定時期・項目等を決定する必要がある。

16.2.4　計画

計画策定の段階においては、基本構想及び精査結果を踏まえ、①水質改善の目的・テーマ、②水質改善目標、③対策の規模・手法、④維持管理手法等の詳細を定める。

特に、幹線用水路や貯水池等を対象とした大規模、広範囲に及ぶ対策を検討する場合には、初期建設費とともに、維持管理のための体制や費用も十分に勘案しておくことが必要である。

さらに、事業完了後のモニタリング調査を継続的に実施することは、対策の有効性等の検証や効果

的な維持管理手法の導入にもつながる等、対策の効果を持続・増大させるためにも有効である。

このため、維持管理体制を検討する際には、モニタリング調査についても併せて検討し、関係者間でその役割分担について合意形成を図っておく必要がある。

16.3 水質調査手法

水質調査を行う際には、水質の状態を把握すると同時に、水質の形成要因、水質とその他の環境要素との相互関係に関する情報を収集する。また、水質を把握するためには、直接的に水質を把握する調査（水質調査）のほか、底質中に含まれる物質又は水中の生物相や水生植物から間接的に水質の程度を判定することができる調査（底質調査、水生生物調査、水生植物調査）がある。

農業用の用水施設の配置は広域にわたるので、水質保全対策の対象とする範囲や内容に応じて的確な測点、測定項目等を選定する必要がある。

16.3.1 水質調査

用水施設整備の実施に併せて、水質保全に取り組む場合の水質調査としては、主に貯水池等（調整池やファームポンド等の貯留施設を含む。）や水路の現況の把握と整備後の水質を予測するための基礎資料の取得を目的とする。

この場合、上流域や周辺からの汚濁水の流入が水質汚濁の原因になることが多いことから、汚濁水の流入箇所を中心に汚濁の状況を把握するとともに汚濁負荷の発生源に関する調査を併せて行うことが重要である。

(1)水質調査の目的

水質調査は、貯水池等や水路の水質、及びこれらの用水施設に流入する汚濁水の水質の把握を通じて、対策の必要性の有無、対策を行う場合の水質改善の対象区間と水質改善目標、水質改善手法、水質改善施設の規模及び維持管理方法等を決定するために行う。

したがって、まずは用水施設内の水質の分布と時間的な変動状況、地区外から流入する汚濁水の水質が、貯水池等や水路の水質に及ぼす影響を把握する必要がある。

また、下流の公共用水域において水質保全計画が策定されている地区など、地区外に排出される排水の水質を対象とした対策を講じる必要がある地区については、用水施設の整備が下流域の新たな負荷発生源とならないかを評価するための水質調査が必要となる場合がある。

(2)既存データ等の収集

当該地区内及びその周辺で既に行われている調査結果等を収集し、整理する。用水施設整備の実施に併せて水質保全に取り組む必要がある地区の場合、既に関係行政機関等によって水質調査が経年的に行われ、水質の目標値も設定されている場合が多い。このため、これらの調査結果等を把握、整理することを通じて、当該地区における水質改善目標、測定項目、測定頻度等の参考にすることが重要である。また、既存データの整理に当たっては、測定法、器具、分析方法等についても確認しておくことが必要である。

(3)測定項目、測点、測定時期等

他の行政機関による取組や計画がある場合は、それらの機関とも十分連携・調整を図りつつ、

測定項目、測点、測定時期を決定する必要があるが、**表-16.2** に一般的な考え方を紹介する。

なお、景観の向上を目的とする地区においては、ある程度の水量感と透明感が求められることがあるので、水位（流量）と併せて透視度も測定することが望ましい。同様に、生態系保全を目的とする地区にあっては、溶存酸素量（DO）、生物化学的酸素要求量（BOD）、水温等を、親水空間の形成を目的とする地区にあっては、浮遊物質量（SS）、透視度のほか大腸菌群数も併せて測定しておく必要がある。

また、測定時期と頻度には、必ずしも絶対的な決まりはないが、水環境の通常の状態を評価する必要がある場合には、渇水や洪水等を避けて調査を行うようにする。貯水池等へ流入する汚濁水の水質調査は、流入する負荷量を把握することが主要な目的となるため、頻度については、汚濁水の種類、水質・流量、水温、降雨量等によって異なることに留意する必要がある。特に、農地その他非点源汚染源から排出される負荷は、営農（施肥、代かき、田植等）や降雨等による排水量の増加に伴い、短期的に大量の負荷が排出される場合があり、測定時期と頻度の設定に留意する必要がある。

水温、水素イオン濃度（pH）、溶存酸素量（DO）等の項目は日変動を示す場合があるため、定期調査においては測定結果の比較が可能となるよう、原則として毎回同一又は近接した時刻に測定することが望ましい。水質の時間変動の実態把握を目的とする場合には、必要に応じて通日測定を実施する。

表-16.2 水質調査の一般的考え方

主な調査対象	測定項目	測　点	測定時期・頻度等
貯水池等	水位、水温、生物化学的酸素要求量(BOD)、化学的酸素要求量（COD)、水素イオン濃度（pH)、浮遊物質量(SS)、溶存酸素量(DO)、電気伝導度（EC)、透視度、全窒素（T-N)、全リン（T-P)、クロロフィルａ　等	河川等から貯水池への流入地点、貯水池内の上層及び下層、貯水池から用水路及び下流河川への流出地点　等	月１回程度で少なくとも季節別が望ましい。極端に低い水位や悪天候の場合はできるだけ避ける。また、各測定は同時刻で、さらに午前中であることが望ましい。
水路	流量、水温、生物化学的酸素要求量(BOD)、化学的酸素要求量（COD)、水素イオン濃度（pH)、浮遊物質量(SS)、溶存酸素量(DO)、電気伝導度（EC)、全窒素（T-N）等	取水（分水）地点、支線用水路の最上流地点、汚濁源が用水路へ流入する地点の上・下流地点　等	月１回程度。汚濁しており時間変動が大きい場合には、年数回の通日測定も行う。

16.3.2 底質調査

底質中に含まれる物質が、底質直上の水質環境、若しくは、周辺環境に影響を及ぼす可能性が高い場合、又は、堆積した底質が出水時に下流域へ流出し、下流域の水環境に影響を及ぼす可能性が高い場合は、底質調査を実施する。

(1)採泥の時期

底質中に含まれる物質が、水利用に悪影響を及ぼす時期を含め、季節別に年４回程度、水質調査と併せて実施することが望ましい。

(2)採泥地点

地形等により堆積泥が多く底質悪化が考えられる地点又は水質調査地点の近傍、若しくは重要な底生生物が生息する地点を選定する。

(3)採泥の方法

採泥は、同一場所で少しずつ位置を変えて行うことを原則とする。表泥採取は、エクマンバージ採泥器又はこれに準じる採泥器によって３回以上底質を採取し、それらを混合して試料とする。貯水池等で必要と認められる地点では、柱状採泥を行う。

(4)測定項目及び整理すべき事項

現場で、泥温、酸化還元電位、水素イオン濃度及び底質の状態（堆積厚、堆積物の状態、色相、臭気）を記録し、速やかに物質の含有量、底生生物量等の分析を行い、採泥日時、採泥地点、採泥地点付近の地形、地質、採泥方法と併せて整理を行う。貯水池等の底泥で、栄養塩類の溶出が富栄養化の原因と考えられる場合には底質からの栄養塩の溶出速度試験を、低層の貧酸素化がみられる場合には底質の酸素消費速度試験を、必要に応じ実施する。

16.3.3 水生生物調査

生態系の保全を目的とする地区においては、生態系に配慮すべき種等を把握するために水生生物調査を行う。また、水中には、バクテリア、藻類、底生動物、魚類等の様々な種類の生物が多く生息しており、それぞれの環境によって違った種類の生物が棲み着いていることから、生物相を調べることによって水質汚濁の程度を判定することができる。

(1)貯水池等における調査方法

水生生物調査は、水路や貯水池等における汚濁や富栄養化と水生生物の生息状況との関係や生物群集の年間挙動等を明らかにすることが目的であるため、季節変化が十分把握できる頻度で水質調査と併せて実施する。

調査時期は、流況のできるだけ安定した時期を選び、出水直後や極端な渇水時は避ける。

(2)水路における調査方法

水路における浮遊生物（クロロフィル a 等）は上流から流下したものが大部分であり、その場所の水質を示さない場合が多い。したがって、水質判定はその場所に生息している生物で行う必要がある。

水路での底生動物や付着物は、流速や水深など環境条件によって変わるので、比較のためには、できるだけ環境条件が類似した場所を選ぶ。また、調査前の数日間に出水又は増水のあった場合は試料採取を延期する等の配慮が必要である。

16.3.4 水生植物調査

水生植物を調査することにより、生態系に配慮すべき種などを把握するとともに、水質の汚濁状況を概定することもできる。

また、水生植物の利用による水質改善や親水空間形成を目的とした植栽等を考えている地区においては、これらに活用する種が在来種なのか外来種なのかの選定の参考にもなることから、必要に応じ

て水辺の植物調査等も行うとよい。

16.4 水質の予想と評価

農業水利施設の整備後の水質を予測し、その結果を目標とする水質や現況と比較することによって水質保全対策の要否、適切な対策手法と規模を判断する。

水質予測は、①整備しようとする用水施設と類似する既存施設の水質を参考にする方法、②簡単な負荷収支によって年間又はかんがい期の平均水質を概算する方法、③生態系モデルによる数値解析によって年間の水質変動を計算する方法がある。水質保全の目的、調査等から得られる情報等を総合的に検討し最も合理的な方法を選択することが必要である。

予測した水質の評価には、有機性汚濁に関する指標（BOD 及び COD）は年間の 75%値、栄養塩類濃度（T-N 及び T-P）については年間の平均値を用いる。

16.5 水質保全対策

水質保全の対策としては、地区外からの流入汚濁量（負荷）をできるだけ軽減した上で、貯水池等や水路に水質改善施設を設置することを通じて、地区内の水質を改善することが重要である。

16.5.1 対策検討上の留意点

対策の検討に当たっては、用水施設への流入負荷を軽減するために講じられる別途の取組と整合したものとするとともに、地域住民や関係農家等の意向も十分反映させることが重要である。

また、対策の多くは、その持続的効果発現のために維持管理を適切に継続していく必要があるため、維持管理の容易さ、体制、費用及びそれらを踏まえた持続可能性についても十分考慮が必要である。

以下に、各施設における水質保全対策を検討する際の留意点を示す。

(1)貯水池等における対策

貯水池等は、水生生物の保全のほか、美しい景観を形成する親水空間として、地域内外の住民の憩いの場としての機能を発揮させる観点からも良好な水質維持に努めることが望ましい。さらに、貯水施設を計画する際には、下流の水環境への影響をできるだけ軽減するような対策を講じることが下流側の利水や水生生物の保全上重要である。

貯水池等に水を貯留することは、水量を確保する上で必要であるが、貯水池等は水路とは異なり、水の入替えが少なく滞留するため、栄養塩類の濃度、水温、日照等の諸条件によっては藻類の増殖速度が水の入れ替わる速度よりも大きくなって、藻類の異常増殖が起こる。また、貯水池の水深が浅い場合には、夏期に水温躍層を形成し、貯水池表層の水温が上昇する。

貯水池等の水質汚濁は、池内における藻類の増殖と汚濁物質の流入によって起こるが、仮に流入汚濁量（負荷）が大きい場合、流入汚濁量（負荷）を特定し、軽減することが一層重要となる。

一方で、その面的、量的スケールが大きいことから、対策の選定に当たっては、経済性や維持管理の手間も十分考慮して、現地の状況に応じた手法の選択及び組合せを考える必要がある。

(2)水路における対策

かんがい期の水路は、一般的に水量及び流速が大きいため、水質改善のための対策を講じて効果を上げることは困難であるが、非かんがい期の水路は、一般的にかんがい期に比べて、①流量

が少ない、②流速が小さい、③水深が浅くなるという特徴を有している。このため、特に非かんがい期においては、生活排水等からの汚濁物質が流入した場合、流水の有機性汚濁のほか、水が滞留することから底質がヘドロ化して悪臭を放つ等、水質悪化の問題を引き起こす場合がよくある。また、降雨時は水路の上流に堆積していたヘドロが流下し、地区内の水質を悪化させる場合もあるので、留意が必要である。

このため、水路においては、通常の施設管理だけでなく水質改善の観点からも、非かんがい期の水路の泥上げや清掃等の維持管理を適切に行うことが効果的であり、対策の検討に当たっては、維持管理の方法や体制等について十分検討する必要がある。

なお、水路が居住地内を流下し、水路を含めた周辺環境が貴重な親水空間として位置づけられる場合は、生活環境の向上という観点からも地域住民の意向を踏まえた検討が必要である。

16.5.2 主な水質改善手法

農業水利施設の整備実施に当たり、貯水池等や水路で活用可能と考えられる水質改善手法を**図-16.1**に紹介するとともに、主要な手法の特徴及び留意点を以下に示す。

※ 直接方式：貯水池等や水路内に水質改善施設を設置し、直接的に水に作用させる方式

※ 分離方式：貯水池等や水路の水をポンプ等で本流から分離し、水質改善施設で処理してから戻す方式

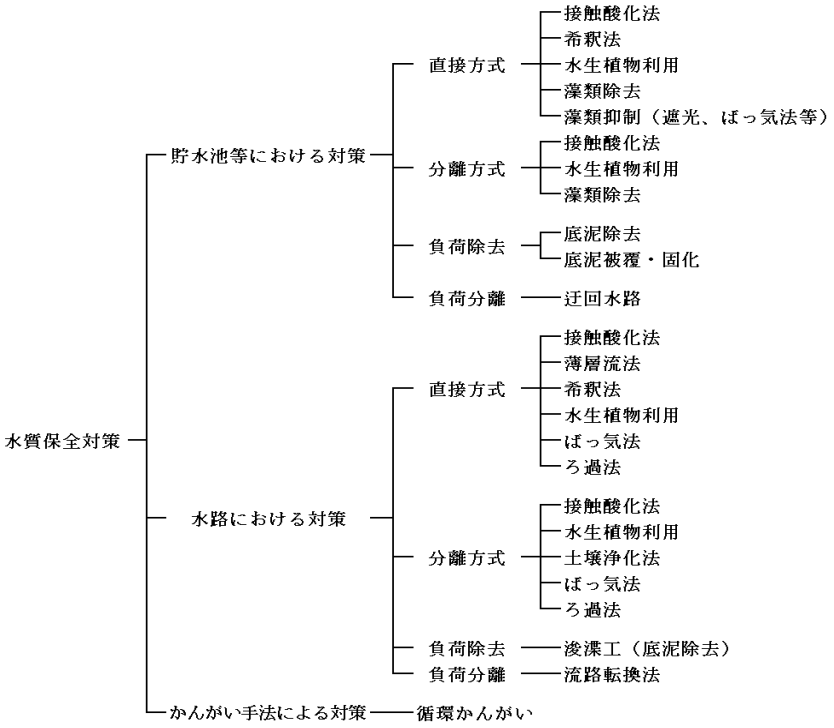


図-16.1 主な水質改善手法

(1)希釈法

ア 特徴

① 水質濃度の低い水を多量に流入させることにより、希釈する手法である。

② 伏流水をポンプ等で汲み上げて希釈水として利用すると同時に水路底から地下への浸透速度をあげることで自然浄化機能の向上を図る伏流浄化法と、浄化用水を導水し水質濃度を低減させる導水法がある。

イ 留意点

① 清澄な希釈水が近傍にあることが必要である。

② 少量の導水では、藻類の増殖を抑制する効果が期待できない。

③ 大量に導水する場合は、排水路の流下能力や下流への影響等を考慮することが必要である。

(2)ばっ気法

ア 特徴

① 有機物による汚濁が進行し嫌気状態となった貯水池等や水路に、積極的に空気を供給し貧酸素状態を解消すると同時に底泥からの栄養塩の溶出を抑制する手法である。

② 貯水池等では、ばっ気による上下層の攪（かく）拌によって、表層の水温上昇と藻類増殖を抑制する効果がある。

③ 空気を水中に直接送気する方法、噴水による方法、人工滝又は堰による方法、攪拌による方法がある。

イ 留意点

① 攪拌によって、下層の栄養塩類が有光層へ供給され藻類の増殖を促進する可能性がある。

② 攪拌によって、表層水温の低下や平均水温の上昇をもたらす。

③ 水深が浅く水底まで太陽光が到達するような貯水池等では、藻類の増殖の抑制対策としての効果が現れにくい。

(3)水生植物利用

ア 特徴

① 水生植物の生育による窒素・リンの吸収、吸着等を活用した手法である。

② 水中植物の除去により、生体内に吸収された栄養塩類が水域から除去される。

③ 自生している植生を利用できる。

イ 留意点

① 水生植物を回収、除去することが必要であるため、除去した水生植物の有効利用についても検討することが望ましい。有効利用の例としては、ヨシを肥料として利用する取組などがある。

② 植物の育成期間に効果が左右され、植物の密集度の違いにより、育成条件が異なる。

③ 広い用地を必要とする。

④ 周辺の生態系への影響や害虫・獣の生息場とならないよう、導入する植物の選定と適切な維持管理が行われるようにする必要がある。

⑤ 水路では、水生植物によって通水阻害が生じないように設計、管理する必要がある。

(4)底泥除去・被覆・固化

ア 特徴

① 貯水池等や水路の底に溜まった泥の除去、若しくは底泥の上に砂等被覆材を被覆、又は底泥を固化することによって底泥からの有機物・栄養塩類の溶出を防止する方法である。

② 底泥からの溶出負荷と舞い上がり負荷の削減、底層の溶存酸素の回復の効果がある。また、底泥を除去することで水深の維持・回復等の効果がある。

イ 留意点

① 水質改善の根本的解決にはならないため、効果の持続性を評価した上で、流入負荷の軽減についても併せて検討が必要である。

② 対象範囲、深度が大きくなるほど困難になる。また、作業の際に生じる汚濁が、下流域や末端施設に与える影響についても検討する必要がある。

③ 底泥を除去する場合には、泥の処理コストが高くなること（耕地に還元できない場合、廃棄物になる可能性がある。）も多く、また、土砂の受入れ先との協議が必要である。

(5)循環かんがい

ア　特徴

①　排水を極力地区外に出さずに水田が有する水質改善機能を活用するという考えで、排水先に調整池を設け、その水を用水に再利用し、排水量の削減と水稲の生育による吸収や水田の持つ脱窒作用等により水質改善を図るもので効果は高い。

イ　留意点

①　循環かんがい用水の水質濃度が上昇するため、循環かんがい区域内の作物の生育、水生生物の保全その他必要な機能を損なわないような対策が必要となる場合がある。

②　排水を用水として反復利用することに対する農家の理解が必要である。

③　新たな調整池が必要となる場合が多く、ポンプ運転等にかかる経費が発生する。

16.6　参考事例１

(1)地区概要

本地区は、河川を水源とする平坦な水田地帯である。近年、上流に点在する工場や地区内における混住化、開発等により農業用水の水質が悪化してきた。そこで、調整池の自然浄化機能を発揮させることで水質改善に取り組むとともに、その周辺の環境整備を行った。

(2)水質改善目標等

上記(1)に示す背景により、化学的酸素要求量（COD）と水素イオン濃度（pH）に関して定めた。

(3)水質調査

地区内には、上流域や周辺環境の変化から汚濁水が流入し、水質汚濁の原因となっているため、汚濁水の流入箇所を中心に汚濁の状況を把握する観点から、調査地点、測定項目、測定頻度を以下のように設定している。

ア　水質調査地点

水質調査地点の選定としては、**表-16.3** 及び**図-16.2** に示す調整池導入水路部（No.１）、調整池内部（No.２）、調整池流下点（No.３）で調査を行った。

イ　測定項目

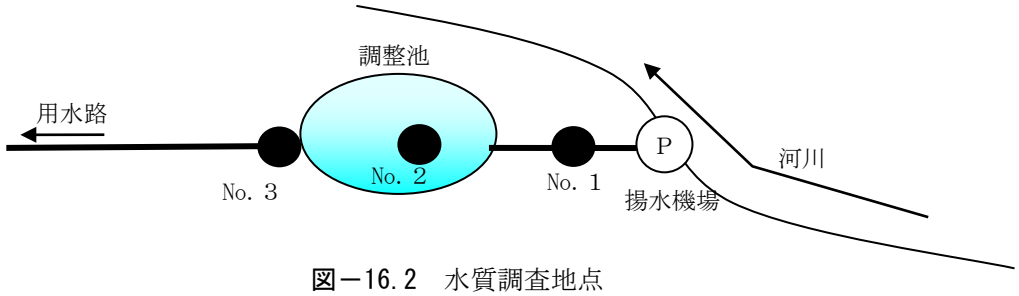
測定項目としては、本地区の水質目標を踏まえ、化学的酸素要求量（COD）、水素イオン濃度（pH）を測定するとともに、浮遊物質量（SS）、溶存酸素量（DO）等、水質改善手法の選定に当たり参考となる項目も調査している。

ウ　測定頻度

調整池の水利用に短期的な変動がないことから、測定時期を、経験的に水質の悪化が顕著になる時期とし、かんがい期に２回、非かんがい期に１回の頻度で測定を実施している。

表-16.3　本地区における水質調査

水質調査地点	測定項目	測定頻度
No. 1～3	化学的酸素要求量（COD）、全窒素（T-N）、浮遊物質量（SS）、水素イオン濃度（pH）、溶存酸素量（DO）	かんがい期　2回 非かんがい期　1回



図－16.2　水質調査地点

(4)水質保全対策

本地区では、水生植物（水生植物利用法）による調整池内での水質改善に加え、調整池下流に玉石、礫、土水路によって形成される水質浄化水路（接触酸化法、薄層流法）を新設し、更なる水質の改善を目指している（**図-16.3**）。

また、調整池及び水質浄化水路周辺の整備を一体的に行い、親水空間や生態系保全、景観整備としての機能が盛り込まれている（**写真-16.1**）。

なお、地域住民の憩いの場としての調整池の役割に鑑み、水質保全対策の決定に当たっては農家だけではなく、非農家の意見を反映することに努めた。具体的には、調整池内の水生植物の種類や、水路の構造等の決定に当たり、事業実施後の維持管理手法と併せて検討するため、水利組合、学識経験者、地域住民、行政機関等で構成される環境整備委員会を設置して、話合いにより合意形成を図っている。

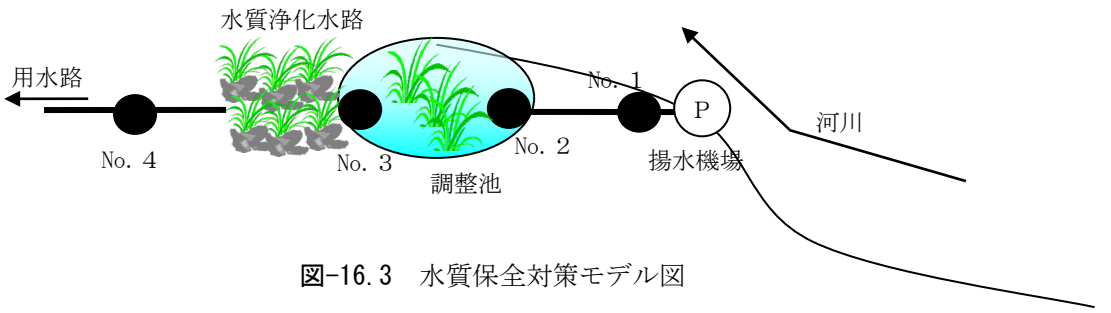


図-16.3　水質保全対策モデル図

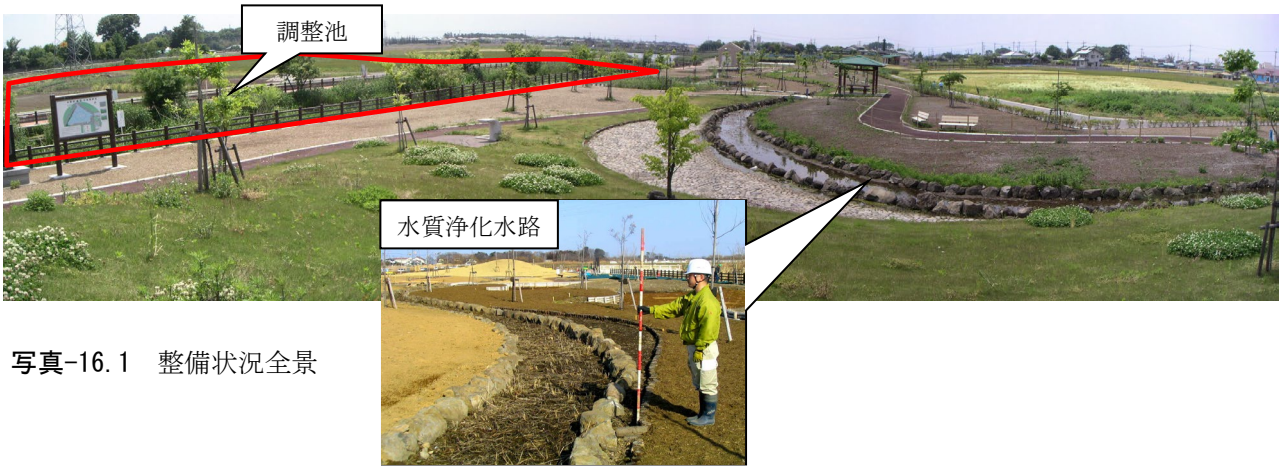


写真-16.1　整備状況全景

(5)モニタリング及び維持管理

水質保全対策の有効性の確認や維持管理の改善のために、モニタリング調査を実施している。

観測位置としては、実施に当たり測定した地点（No.１及びNo.２）に加え、貯水池に対する水質保全対策の効果を確認するための調整池流下点（No.３）と、新設された水質浄化水路の効果を確認するための水質浄化水路の下流（No.４）を追加して測定している。

また、測定項目は、調査段階と同様のものとし、測定頻度も時期による測定条件の相違が生じないように調査時に測定した頻度と時期に合わせることとしている。

なお、今後も本地区はモニタリングを継続する予定であるが、モニタリングに係る費用の確保が課題となっている。

16.7 参考事例２

(1)地区概要

本地区は、市の中心部から海岸線に広がる平野部に位置し、上流域は市街化地域、下流域は農村地域と明確に区分される。地区内の用水路は、江戸時代に開削され、昔から身近な水辺として周辺住民の生活のふれあいの場としても活用されてきた。

用水は一級河川から取水しており、利水者、施設所有者は市であり、施設の管理は上流域の施設を市が、それ以外を土地改良区が管理委託により行っている。

(2)環境用水導入に至った背景

地区内の下水道は、整備年次が古く「合流式下水道」（汚水と雨水を一緒に集めて処理する方式）で、降雨時にはその汚水が用水路に流れ込む状況であった。そのため、用水取水のない冬期間は下水のみが流下することとなり悪臭がひどく、さらにごみの投棄により水路の周辺環境も悪化していた（**写真-16.2**）。

そのことから、住民より景観回復、悪臭対策といった要望が出され、市が非かんがい期においても可能な限り通水を行うよう取り組むこととなった（**写真-16.3**）。



写真-16.2 導入前の状況



写真-16.3 導入後の状況

(3)導入までの取組及び対応

市では、最初に水循環に関する勉強会において検討を行い、その後、関係行政機関により設立された協議会において実現のための取組を具体化させ実施し、平成17年１月４日に「浄化及び修景」を目的とする環境用水の水利権を取得した。

ア　協議会

地域全体としての望ましい水循環のあり方やこれからの取組を検討する場として、平成 11 年９月に地方整備局、農政局、県、市の関係機関を構成員（土地改良区はオブザーバー）とする協議会が設立され、市民代表と学識経験者の協力を得て地域の水循環に関するマスタープランとそれに基づくアクションプランが作成された。本地区の取組は、このアクションプランの一つに位置付けられ、検討が進められた。

イ　必要水量の算定方法

必要水量の算定は、最初に景観の観点に着目して算定し、次に試験通水で行われている地域住民アンケート調査の結果を分析することにより必要水量を検証するという方法とした。

景観の観点としては、本水路が市街地を流れていることから「穏やかで、心が和むような水の流れ」が求められていると想定し、流速を 0.2～0.4m/s に設定して用水量を算定した。

地域住民アンケート調査は、「景観」「臭気」「水質」「堆積物」の四つの項目に着目し、試験通水の流量を変化させ検証した（**表-16.4**）。なお、水質及び臭気については、別途試験によっても確認を行った。

その結果、必要水量は、0.3m^3/ｓで十分であることが確認された。

表-16.4　試験通水内容

回数	年度	流量（m^3/ｓ）	確認内容
第１回	H11	0.5	水路周辺環境の改善効果確認
第２回	H13	0.5、1.0、1.5、2.0	0.5m^3/ｓで十分
第３回	H14	0.3、0.5、0.7	0.3m^3/ｓで十分
第４回	H15	0.2、0.3	0.2m^3/ｓでは水量感が乏しい
第５回	H16	0.3	住民との連携体制の検証

ウ　施設の管理等

非かんがい期の通水に伴う管理体制については、基本的に行政レベルで調整及び監視を行い実施している。

市では、水路周辺における事故やスクリーンのごみ詰まりなどの緊急事態の対応を地域住民による監視・通報体制とし、また、身近な水路と感じられるよう町内会による水路の清掃等を促し、さらには、小、中学校の環境学習の場として活用されるよう、水路を活用した市民まつり等の啓発イベントの開催により、豊かな水環境が次世代に引き継がれることを目指している。

(4)導入後の取組

平成 18 年度及び平成 20 年度に水路沿線の住民アンケート調査を行っており、導入前の平成 14 年度実施分と併せてそれぞれの結果を図-16.4 に示す。アンケート調査からは、周辺住民が通水による環境の改善を実感していることが確認できる。

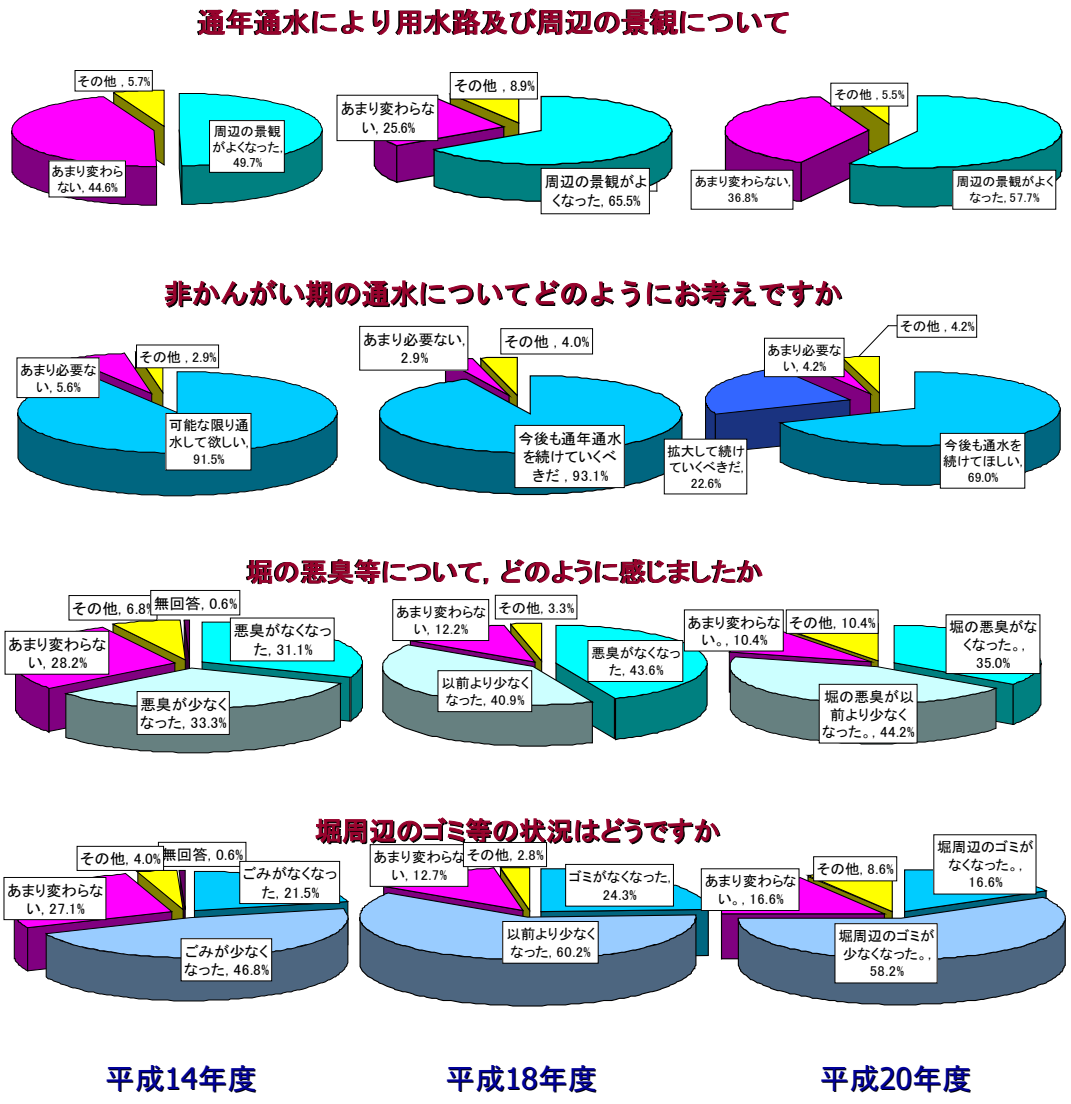


図-16.4　住民アンケート調査結果

16.8　参考事例３

(1)地区概要

本地区は、都市近郊農村地帯に位置し、田面標高の３分の２以上が海抜０ｍ以下にある低湿な輪中地帯であった。しかし、近年は、排水改良事業の実施に伴い農地の乾田化が進むとともに市街地化が急速に進展している。

(2)環境用水導入に至った背景

市街地化の進展に伴い農業用排水路に地域の雑排水等が流入し水質悪化が顕著化し、特に水量

の少ない非かんがい期は著しく、地域住民から水環境の改善に対する声が大きくなっていた（**写真-16.4**）。



導入前（藻発生状況）



導入前（ごみ堆積状況）

写真-16.4 非かんがい期の水路状況

(3)導入までの取組及び対応

本地区は、農林水産省と国土交通省が連携し関係機関の協力のもと水環境の改善に資する方策の整備等を実施する「都市化地域水環境改善実証調査」のモデル地域となり、この調査において試験通水が実施され水質改善に必要な用水量が検証された。また、関係行政機関と地域住民等が一体となった各種協議会において水環境改善に向けた地域活動が検討され、市が平成 19 年 10 月 18 日に「水質保全、景観保全及び生態系保全」を目的とする環境用水の水利権を取得するに至った。

ア　協議会

行政機関、土地改良区、自治会等で構成された三つの協議会が設立され、相互に連携を図りながら水質及び環境保全等のための活動の検討が行われた。

イ　必要水量の算定方法

必要水量は、２か年の非かんがい期の試験通水による各排水路の流量、水質データから算定することとし、環境用水が最終的に湖沼へ流入することから化学的酸素要求量（COD）５mg/ℓ以下（環境基準「湖沼類型Ｂ」）を目標水質とした。

算定は、各排水路の比流量と COD 濃度との関係式を求め、COD 濃度が５mg/ℓとなるための必要比流量及び必要流量を推定し、さらに非かんがい期の過去５年間の月別平均水収支より、排水路ごとの基底流量を求めて、必要流量との差を環境用水量とした（**表-16.5**）。

表-16.5 環境用水取水量

取水地点	排水路	環境用水量(m^3/s)			
		9～10 月	11～1 月	2～3 月	4 月
揚水機場	排水路①	0.49	0.24	0.53	0.52
	排水路②	0.59	0.29	0.62	0.58
	排水路③	0.67	0.33	0.72	0.66
	排水路④	0.21	0.07	0.22	0.27
	排水路⑤	0.06	0.02	0.06	0.06
環境用水取水量(m^3/s)		2.02	0.95	2.15	2.09



写真-16.5　実証調査の結果（導入前(左)、導入後(右)）

ウ　施設の管理等

環境用水が導水される施設の所有者が国、県、土地改良区であったことから、利水者である市も含めた４者により施設使用に関する協定を締結し、また、市と土地改良区において、管理及び経費負担について協定を締結した。それにより、施設管理及び維持管理に係る人件費は土地改良区が行い、維持管理費及び水質調査費等は市が負担することとなった。

今後は、「環境用水を用いた魅力あるイベントの開催・水辺の整備・景観の創造・疑似湿地等多様な生物の場の創造」に向けて、農業用排水路の水質改善とともに、親水性の向上や動植物等の生息・生育環境の保全が期待されている（**写真-16.5**）。

引用文献

1)　（社）農村環境整備センター：農村に適した水質改善手法（1995）

参考文献

■　農林水産省農村振興局整備部水資源課：農業水利施設を利用した環境用水の水利権取得に関する手引き（平成21年３月）

17. 貯水施設

（基準　3.4.1関連）

貯水施設は、利水のための貯水機能を有する施設であり、ダム等の貯水池、湖沼等の施設が該当する。貯水施設はその種類や利用方法、位置等の条件により、発揮可能な機能が異なるため、合理的な施設配置、容量配分等を検討するとともに、用水利用における弾力的な運用が可能となるよう配慮した計画とすることが望ましい。

本章においては、貯水施設計画の基本的考え方について解説する。

なお、具体的な設計手法等については、土地改良事業計画設計基準　設計「ダム」等を参考にする。

17.1　基本事項

貯水施設は、必要な貯水量の確保及び安全かつ合理的な管理が可能となる機能が備わり、施設及びその周辺の構造物が安全であることを確認の上、可能な範囲で経済的となるよう計画するものとする。その際には、自然環境や社会環境等への影響を十分配慮する。

ここでいう機能は、施設の耐用期間において必要な補給水量を充足し得る有効貯水容量を確保し、また、必要な水量を容易な操作で安全かつ確実に放流できる施設の設置により充足されるものである。

安全性については、施設自体が工学的に安定しており、想定する洪水時等に上下流に悪影響を発生させないこと等を考慮するものとし、経済性については、施設の施工及び維持管理に要する費用が最小限になるよう、また、周辺環境との調和への配慮等も含めて、地域にとって最適な計画となるように検討する必要がある。

17.2　規模・位置の検討

(1)調査項目

ダムの計画設計に必要となる調査項目には次のものがあり、ダム以外の貯水施設に関しても参考となる。

ア　気象・水象調査

ダムの規模決定、設計洪水流量の決定、堤体の設計、取水・放流設備の設計、仮排水路の設計、施工計画の策定、管理システムの構築等のため、ダムを建設する河川の流域及びダム建設予定地点の降水量、河川流量、風向・風速等を資料収集、観測等により把握する。

イ　河川状況の調査

ダム建設後の河床変動、堆砂形状の予測等のため、河川の縦横断形状を把握するとともに必要に応じて河床堆積物等を調査する。

ウ　地形調査

ダムサイト及びダムタイプの決定、貯水容量及び堆砂形状の決定、堤体の設計、取水・放流設備の設計、仮設備の設計、貯水池周辺の斜面対策の設計等に当たって

必要となる地形データを測量等により把握する。

エ　地質調査

ダムサイトの適地及びダムタイプを選定するとともに、ダムサイト及び貯水池周辺地山等の力学及び透水特性を把握するため、①地質構造調査、②力学性調査、③透水性調査、④第四紀断層調査、⑤斜面対策調査を行う。

オ　堤体材料の調査

ダムの築造に必要な材料の所在、採取可能量及びその特性について資料収集、調査、試験等により把握する。

カ　関連工事に係る調査

工事用道路、建設発生土受入地、仮設備等の建設地点の地形及び地質状況について資料収集、調査試験、測量等により把握する。

キ　環境等の調査

ダム建設予定地点を中心として、環境条件、社会条件等について資料収集、調査等により把握する。

(2)施設規模の設定

洪水調節等貯水施設に複数の利用目的がある場合は、各々の用途における利用期間を考慮して、制限水位を設ける等の調整を行い、それぞれの用途に必要な貯水容量を確保する。

貯水池では、湖面からの蒸発と地山への浸透等によりある程度の水量の損失がある。さらに、ダムから河道に放流して、下流で再度取水する方式では、取水施設に到達するまでに河道においても浸透等による損失が発生する。このため、必要に応じてそれらの容量も考慮するものとするが、これら個々の要因を分析してその損失水量を算定することは合理的ではないので、一定の損失量（通常貯水容量の５％）を計上する手法をとっている。

(3)施設位置の選定

複数の貯水施設設置可能地点を対象として、技術上又は地域の社会経済上等の総合的な視点から、次のような項目に留意して設置位置を選定する。

ア　地形・地質条件

設置される構造物が安全であり、かつ、必要な諸元を満足する条件を有する位置を選ぶ。例えば、ダムでは、池敷は縦断勾配が緩やかな広い谷幅が有利であり、築造地点は、谷の形状や尾根と沢の位置等に問題がなければ、狭さくな地点が有利である。

また、河床堆積物が少ない良好な岩盤、あるいは、適当な処理による弱点部の補強が確実に見込まれる基礎の上に構造物を設置できる位置を選定する。

さらに、施設は、湛水敷内における斜面の崩壊、異常な漏水等の問題が想定されない範囲に設置する。特に、フィルダムを計画する場合には、工事費に占める割合が大きい洪水吐きの検討を併せて行う。

イ　地域社会・経済との条件

ダム等の貯水池を計画する場合には、水没区域の集落、道路、農地、森林、漁場等の地域の生活に関連するもののほか、文化財、天然記念物等への影響も配慮して、支障が発生しないように、又は、補償その他必要な対策を講じることが可能となる位置とする。

特に、水没に係る地域住民等の移転補償が生じる場合には、あらかじめ十分な検討を行い、関係者の合意形成を図ることが必要である。

また、他事業による水源開発の状況を把握し、これとの調整を考慮して位置を選定する。共同事業とすることが有利となる場合には、その可能性を検討する。

ウ　受益地域との関わり

受益地域に近接し、かつ、自然流下の可能な標高が確保できる位置が望ましい。地区内における用水需要の発生状況及び流域の状況等を勘案して、用水の効率的利用を行い得る単一又は複数の貯水施設の位置を決定する。その際、管理運用面からの妥当性も考慮することが必要である。

エ　施工条件

築堤材料の確保、輸送路の設定、仮設備の設置等を総合的に勘案し、経済的で良好な施工条件を確保する観点から位置を選定する。その際、施工に伴う一時的な人口や交通量の増加、排水、騒音・振動の発生等による地域への影響についても併せて検討する。

オ　周囲の環境との関連

周囲の環境との調和に加え、構造物の設置による環境の変化（水温の変化、富栄養化等の現象を含む）に留意しつつ、その保全にも配慮して位置を検討する。

17.3　概略設計

(1)ダム、大規模調整池、ため池等

ダムについては、用水計画を充足する上で必要な有効貯水量に堆砂等による死水容量を加えた総貯水量、常時満水時及び洪水時等の水位に基づく堤高、設計洪水流量を安全に流下させる洪水吐き等の規模を決定する。

ダムの高さは、有効貯水量を確保する常時満水位、サーチャージ水位及び設計洪水流量から定まる設計洪水位を基礎として、風等による波浪高に所定の安全な高さを加えて算定する。

ダムタイプは、主としてダムサイトの地形、地質、気象、水象等の自然条件や築堤材料の賦存状況等から選定される。また、ダムの使用目的、規模、工期等についても考慮する必要がある。ダムタイプは、これらの条件を総合的に検討した上で、当該地点に最適なものを選定する。コンクリートダムとフィルダムを比較すると、一般に、ダムサイトの形状係数（堤長／堤高）が小さい場合には、堤体積が小さくなるコンクリートダムの方が経済的に優れているとされている。

一方、フィルダムは、コンクリートダムに比べて地盤に与える応力が小さく、基礎地盤に対する適応の幅が広い。ただし、経済比較に当たっては、フィルダムの場合全体工事費に占める洪水吐き工事費の割合が大きいので、この点を慎重に検討する必要がある。

フィルダムは、堤体材料の配置により均一型、ゾーン型及び表面遮水型に大別されるが、ダムの高さが低い場合は、いずれのタイプを選定しても構造上問題はなく、一般に施工が簡明で容易に堤体の止水性が確保されることから断面の単純な均一型が適している。ダムの高さが 30m を超えるような場合には、材料のせん断強度や間隙圧の発生の問題等があり、一般に均一型以外のタイプを選定することが望ましく、せん断強度の大きい材料を使用できること及び不透水性ゾーンが薄く間隙圧の消散が早いことから、土石質材料によるゾーン型のフ

ィルダムが多い。寒冷地及び多雨地帯においては、土質材料の含水比が高くなりやすく施工性等に鋭敏に影響するので、土質材料を利用する場合には、施工可能日数に制限が生ずることが多い。このため、これらの地域では、土質材料の所要量が少ない型式が適しており、均一型は不利である。また、表面遮水型等不透水部の薄い型式では、堤体の沈下・変形の可能性が重要な検討項目となる。

大規模調整池、ため池等の概略設計は、一般にダムの基本的事項、標準的な考え方を適用できる場合が多い。

(2)湖沼・淡水湖

自然河川の窪地への流入により形成される形態の貯水を主に利用する方式であり、河川法の適用を受ける区域である場合も多い。

利用量は、流入量の観測が困難であるため、これを未知として、貯留量の変動と流出量との差から水収支計算を行うことにより求める方法が一般的である。これらは水位と湛水面積の関係から算定する。

湖沼の利用可能水量の決定には、流出口の地形条件による技術的な問題よりも、湖沼周辺に及ぼす影響の方がより大きな要素となる。したがって、湖沼の場合には、下流の水需要に応じて必要な湖面変動範囲を決定する、又は、補償その他の条件により湖面変動範囲を定めることにより、その範囲内で利用可能量を求めることとなる。利用可能量を増加させ、無効放流量を減少させるために、水位調整施設が必要となる場合には、一般に可動堰あるいは水門を設置する場合がある。また、湖沼が洪水の調節機能を有する場合は、制限水位が設定される。

淡水湖の場合には、締切り堤防の位置でその諸元が決まる場合も多く、水源開発量からみて他種水利との共同開発が望ましいこともある。また、表層のみを利用する場合には、選択取水施設の設置が必要となる。

さらに、平地部の湖沼等は、従来から周辺住民が生活に密着してその利用を図っていることが一般的であり、湖面に変動を生じることによる以下のような影響も十分考慮する必要がある。

① 水位・水質の変化 … 湖沼の利用（港湾、舟溜り、漁業、観光）
流入河川への影響（河床変動等）、環境への影響

② 地下水位の変化 … 周辺の井戸、用水施設、農業用水

ア 水位調整施設

利用水位の範囲等から規定される制限水位をもとに、計画洪水流量と取水方式を勘案して、水位調整施設の諸元を定める。

水位調整施設は、利水容量の調整を主目的として設けるが、洪水時には洪水調節をも兼ねることになるため、径間長は流木その他の障害とならないよう決定しなければならない。

利水調節水門の敷高は、利用下限水位を基準として決められるが、河川改修計画で定めた計画河床高がある場合には、両者の関係を十分検討して定める。治水調節水門の敷高は、所要通水断面積を水門の幅員で除して得られる水位が、計画洪水位を超えること

とならないように定める。

また、必要により 閘門、魚道等を設ける。

イ　湖岸堤防

計画高水位より地盤高が低い後背地を控える場合は、地形・地質を考慮して堤防線を決める。また、市街地等で堤防用地の確保が困難な場合を除き、原則として盛土による堤防を計画する。

波浪の影響が大きい場合は護岸、消波工を、また、越波が生じるおそれのある場合は、コンクリート等による被覆工、裏法尻沿いの排水路の設置等を、それぞれ検討する。

ウ　内水排除施設

湖岸堤防の建設により、内水排除機能が悪化する場合は排水門を設置し、また、内水位が許容できない湛水となる場合は機械排水を計画する。

施設の設置は、地区の低位部で、基礎地盤の支持力が安定して得られ、かつ、地下水による揚圧力の問題が生じない位置を選定し、堤防との取付けが構造上問題とならない地点とする。また、地区条件及び経済性から複数の地点の設置も検討する。

エ　補償施設

水位の変動が、既存施設の機能を損なうときには補償を検討する必要がある。このような補償の一環として整備すべき施設（補償施設）には以下のようなものがある。

①　水利施設　…　用排水樋門・樋管、揚水機・導水路及び吸水槽の改築並びにポンプ原動機の取替え

②　港湾、桟橋、舟溜り　…　浚渫、改築、防波堤の補強等

18. 取水施設

（基準 3.4.2関連）

取水施設は、利水のための取水機能を有する施設であり、頭首工、揚水機場、地下水工等の施設が該当する。取水施設の種類、形式等は、受益地区との位置関係、水源の種類等により影響されるので、地域の実情を踏まえた合理的な施設計画となるよう検討するとともに、用水利用における弾力的な運用が可能となるよう配慮した計画とすることが望ましい。

本章においては、取水施設計画の基本的考え方について解説する。

なお、具体的な設計手法等については、土地改良事業計画設計基準　設計「頭首工」、「ポンプ場」等を参考にする。

18.1　基本事項

取水施設は、必要な取水量の確保及び安全かつ合理的な管理が可能となる機能が備わり、施設及びその周辺の構造物が安全であることを確認の上、可能な範囲で経済的となるよう計画するものとする。その際には、自然環境や社会環境等への影響を十分配慮する。

ここでいう機能は、施設の耐用期間において計画用水量を取水し得る施設容量、水頭等を確保し、また、必要な水量を容易な操作で安全かつ確実に取水できる施設の設置により充足されるものである。

安全性については、施設自体が工学的に安定しており、想定する洪水時等に上下流に悪影響を発生させないこと等を考慮するものとし、また、経済性については、施設の施工及び維持管理に要する費用が最小限になるよう、また、周辺環境との調和への配慮等も含めて、地域にとって最適な計画となるように検討する必要がある。

施設容量については、最大用水需要量が通過できる容量に余裕や安全を見込んだ容量で計画することを原則とするものの、短期間に大きなピーク用水量が出現する場合の取水施設の容量については、事業全体の経済性を重視して、末端需要の変動を緩和する調整施設の設置、用水利用におけるローテーション制の導入、作付作物・体系の多様化等、地域農業の展開方向に合致させつつピーク用水量を低減させるよう検討することも有効である。

なお、設計に当たっては、河川法等の関係する各種の法令を遵守するとともに、関連する他の計画と整合を図らなければならない。

18.2　頭首工

(1)調査項目

頭首工の計画設計に必要となる調査項目には次のものがある。また、これらについては次節「揚水機場」に関しても参考となる。

ア　河川状況の調査

河川の流況、河床の状況及び感潮河川における塩分侵入の状況について把握する。

イ　治水、利水に関する調査

当該河川において河川管理者が治水上定める計画、構造物の設置状況、計画地点上下

流区画の排水の流入状況及び河川水の利用状況について把握する。

ウ　地形調査

計画地点付近の地形条件について地形図、航空写真、測量図等を把握し、計画設計に必要となる図面を作成する。

エ　地質調査

計画地点付近における地盤の構成と性質、支持力、河床堆積物の状況及び地下水の水位と流動状況について把握する。

オ　環境調査

頭首工造成に伴う周辺住民の生活環境及び自然環境の保全対策の検討に必要な環境調査（振動、騒音、生物、生態系、水質、景観調査等）を行うとともに、地域住民等の意向を把握する。

カ　工事施工条件に関する調査

頭首工の建設工事が合理的に行える設計内容となるよう当該地点の気象、河川流況、地下水の状況、河床の状況、工事用資機材の入手条件や搬出入条件、工事用動力源、工事に必要な用地の確保条件、工事に伴う補償物件の有無や条件、工事に伴う騒音振動や交通阻害等が周辺住民の生活環境、生態系等の自然環境に及ぼす影響について把握する。

キ　管理に関する調査

建設後の頭首工の管理が適正に行われるよう管理体制、管理方法、取水後の水利形態、水利慣行の状況等について把握する。

(2)位置の選定

頭首工の位置は次の各項に示す諸条件を総合的に検討し最も有利な地点を選定する。

①　みお筋が取り入れようとする川岸に近く安定している地点であること。
②　渇水時でも確実な取水ができる地点であること。
③　取水とともに著しい土砂の流入が生じない地点であること。
④　堰上げによる上下流への影響が少ない地点であること。
⑤　基礎地盤が良好で構造上の安定が得られ、かつ工事費が安くなる地点であること。
⑥　維持管理を行う上で便利な地点であること。

(3)施設設計

頭首工の概略設計においては、河川の勾配、規模等に応じて適切な取水方式、構造、施工方式等を選定する。特に、構造については、堰頂標高及び可動部ゲートの敷高（可動部のある場合）を基本に、土砂吐を含む可動部の径間長、ゲート形式、魚道等を計画するとともに、必要に応じ閘門等の附帯施設や管理施設を計画する。

頭首工は、基礎の状態により、岩盤に設置されるフィックスドタイプと砂礫等浸透地盤に築造されるフローティングタイプに区分される。フローティングタイプは、一般に地盤の支持力を改善するために基礎処理を要する。

取水口の構造は、流速と土砂の流入を考慮して、取水の確保と取水に伴う土砂の流入防止とを満足するよう適正な取水口の敷高及び幅員を有し、用水量の調節ができる水門を設置する。敷高を十分に高くする等の土砂流入防止装置を設置したにも関わらず、水路内に土砂の

流入が想定される場合には、沈砂池を設置する。

また、頭首工の設置による他の河川利用への影響を考慮するとともに、河川の治水機能を阻害せず、かつ、その設置が防災上の支障にならないよう、頭首工自体の安定も含め、河床の変動、堰上げによる流入河川、水路への影響、下流構造物の根固め、根入れへの影響等についても検討する。なお、頭首工を設置する河川に工事実施基本計画がある場合は、その内容と計画の実施時期について調査し、必要な調整を行った上で計画を作成する。

特に、頭首工の設置に際しては、河川区域内での工事が多く、河川の仮締切等の仮設、非洪水期間内の制約を受けた施工計画は事業費に影響するので、概略設計の際に十分検討を行う。

18.3 揚水機場

(1)必要性の検討

揚水機は、原則として以下のような場合に採否を検討する。

ア　自然流下方式では導水路延長が長大となり、その建設と維持管理面で経済的とならず、かつ、技術的な困難が大きい場合。

イ　受益地区が台地上にあること等から、高位部において水源が求められない場合で、経済性の観点から以下の計画の可能性を検討する。

①　かんがい対象区域を標高別に区分し、高位部、低位部等の用水ブロックを分割し、ブロックごとに自然流下、又は、揚水の方式を検討する。

②　高位部のみ多段揚水、又は、自然流下用水路からの揚水とする。

(2)調査項目

前節「頭首工」を参照。

(3)施設計画

施設計画において、吸込水位、吐出し水位及び実揚程は、所要の用水量を確保するよう用水計画及びポンプ運転計画を十分検討して適切に決定する。また、揚水機の計画揚水量は、地区のかんがい方式、かんがい期間等を考慮して計画基準年時と平年時について、それぞれ期別用水量をもとに計画最大揚水量と常時揚水量を決定する。

ポンプの計画設計に当たっては、次の事項を検討し、合理的かつ経済的なものとする。

ア　台数割

普通期の常時運転用のポンプ吐出し量をもとにして、代かき期等の計画最大揚水量まで対応できるようポンプ吐出し量と台数を決定するが、危険分散を考慮して極めて小規模の場合を除き複数台とすることが望ましい。

イ　全揚程

全揚程は、実揚程に諸損失水頭を加えて決定する。諸損失水頭の算定に当たっては、主ポンプの形式と吐出し量、吸込・吐出し管及び弁の配置等を十分検討し決定する。

ウ　ポンプ形式

ポンプ形式は、設計点における吐出し量及び全揚程から軸形式、機種形式及び据付形式を検討して決定する。また、ポンプの設置条件及び管理の容易性、騒音、振動による

影響等も併せて検討する。

エ　ポンプの据付高さと回転速度

ポンプの据付高さと回転速度は、運転範囲を勘案して有害なキャビテーションを起こさないように決定する。

オ　ポンプの材料

ポンプに使用する材料は、ポンプの性能を十分発揮できるものとし、設置条件、使用条件も踏まえ、安全で耐久性に優れたものを選定する。

18.4　貯水施設における取水設備

貯水施設と取水施設の組合せ形態は様々である。

取水設備を貯水施設内に建設する場合は、利用水深に応じた取水が確保されるよう取水口を設置することが重要である。

特に、自然取り入れ方式では、取入口の前面を現況の岸壁面に一致するようにし、波浪の影響が最小限となるよう検討する。

18.5　地下水工

地下水工の多くは管井であるが、山間部では湧水箇所に集水暗渠を設置して地下水を集める場合も見受けられる。また、特殊な例として、直径数ｍの縦坑内から放射状の水平ボーリングを設置して、縦坑内に集水する方法がある。さらに石灰岩質の島しょ等では、地下ダムを集水施設とする農業用水確保が行われている。いずれも経済的かつ安定的に取水することが肝要であり、地盤沈下等周辺地域への悪影響が発生しないよう計画する。

地形・地質の類型により、地下水の賦存形態等には多くの共通性が見られ、調査の留意点やポイントにも多くの共通性が見られる。中でも、地形に着目することにより、その地質や地下水状況をある程度想定できる場合が多い。地形は、一般に、低地、台地、山地・丘陵地、火山及び島しょに大別される（**図-18.1**）。地形区分ごとの特徴、構成地質、主な土地利用、地下水の状況等の概要は、**表-18.1** のとおりである。

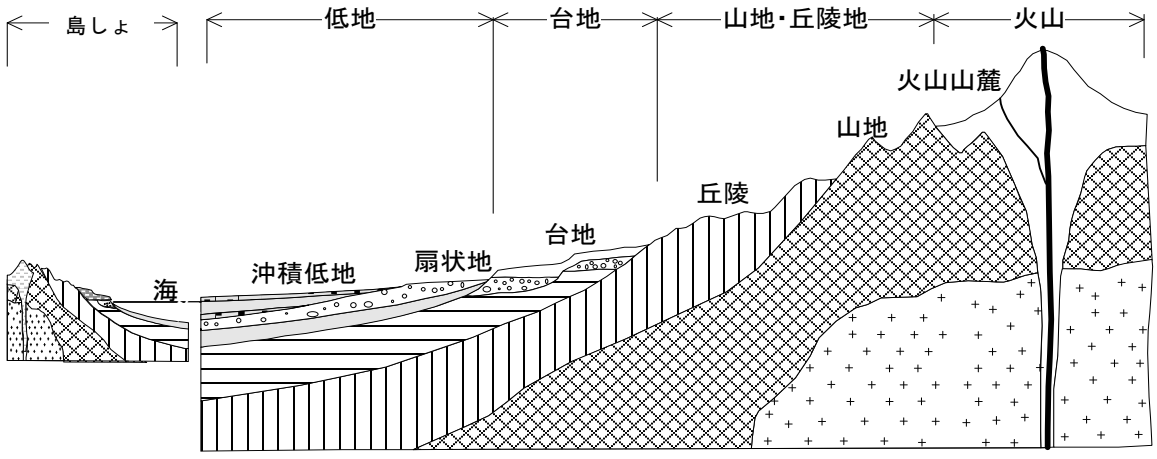


図-18.1　地形の模式図[1)]

表-18.1 地形ごとに区分した地質と地下水等の特徴[1)]

名　称	島しょ	低　地	台　地	山地・丘陵地	火山
地形の特徴	四方が海域に囲まれている地域。	河川とほぼ同じ高さで、下流ほど勾配の小さな平坦地。	平坦な頂上を持つ高台又は階段状の平坦地。 数段に分かれ、谷で分離したものもある。	標高約500m以上で尾根と谷との比高300m以上を山地、標高500m以下を丘陵地と称する。	火山活動により地表付近に生じた地形。山頂を中心に対照的な形。
地表付近の地盤の形成時代と特徴	火山島の場合は、火山と同じ。 島の形成過程により異なる。	第四紀完新世 未固結な粘土、シルト、砂、砂礫。	第四紀更新世～完新世 未固結なローム、砂、砂礫、粘土、火山灰等。	＜丘陵地＞ 第三紀の堆積岩、火山岩、風化花崗岩等の軟岩。 ＜山地＞ 第三紀以前の堆積岩、変成岩、火成岩の硬岩。	第四紀更新世～完新世 溶岩、岩塊、火砕流堆積物、火山灰等。
地下水開発における特徴	一般的に地下水は乏しいので、水収支での検討が必要。 過剰な揚水は塩水化を招く。	不圧地下水・被圧地下水が混在する。比較的地下水位は浅く、豊富な地下水がある。 地盤沈下や塩水浸入等の地下水障害に注意する必要がある。	不圧地下水・被圧地下水が混在する。 地下水位は低地より深いが、水量は豊富。	＜丘陵地＞ 主に被圧地下水、水量は少ない。 ＜山地＞ 層状水は期待できない。断層沿いや、割れ目が多い箇所でのれっか水に期待する。	地盤の透水性は地質により大きく異なる。 透水性の高い地層の分布形状を把握することが重要。

地下水を水源として利用する際は、かんがい対象地域に近接して取水施設を設置できる利点があるが、地下水位の低下に伴う地盤沈下や、塩水浸入等の地下水障害、既存の地下水利用に対する影響等を生じないよう取水量、取水方法等を検討する必要がある。特に、地盤沈下地域では、地盤沈下防止等対策要綱等による制限があるほか、条例等によって揚水量、口径、採取深度等が規制されている場合があるので注意を要する。

このようなことから、地下水利用を計画する場合には、以下のような調査・検討を行う必要がある。

① 調査対象地域について、地下水開発の可能性を検討するために必要な既存資料を収集・分析するとともに、現地調査によりこれを確認し、また不足している情報収集に努める。

② ①（既存資料の収集・分析及び現地調査）の結果に基づき、対象地域での地下水開発の可能性を検討する。

③ 水文地質構造調査（地質踏査、物理探査、ボーリング調査等）を実施し、対象地域の水文地質構造を明らかにする。

④ ③（水文地質構造調査）までの調査結果を踏まえて、対象地域について、帯水層の有無、その広がり等を検討し、開発帯水層の選定を行う。

⑤ 試掘井を掘削し、揚水試験を実施することにより、地下水開発の対象と想定した帯水層の水理定数を求めるとともに、井戸による揚水可能量等を把握する。また、揚水試験に合わせて、水質試験を実施して必要な水質が確保されるか確認する。

⑥ 揚水試験結果等のデータに基づき、対象地域における全体の開発可能量を試算する。また、

周辺環境への環境影響評価や揚水試験時の水質分析結果の検討を行い、計画揚水量を検討する。

⑦　全体の事業計画を勘案しつつ、地下水取水施設の種類、配置、設置深度（帯水層）、各施設の取水量等を検討し、地下水開発計画を立案する。

⑧　立案した地下水開発計画について、地下水利用の継続性、周囲への環境影響等の観点から、妥当性を検討する。

⑨　地下水取水施設の維持管理方法や周辺環境の保全についてのモニタリング計画を併せて作成し、地下水開発計画を決定する。

(1)管井

管井は、帯水層から取水する井戸のことで、ケーシング、スクリーン及びケーシング内に吊り下げた揚水管とポンプからなり、帯水層に挿入したスクリーンを通じて直接ポンプで揚水し、農業用では深さ 200m 以浅のものが多い。

ケーシングの口径はおおむね揚水量によって決定されるが、地盤の掘削の難易も考慮する必要がある。井戸として最も重要なのはスクリーンの位置であり、帯水層の厚さに見合った十分な長さが必要である（**図-18.2**）。

安定した揚水量を確保するためには、十分な調査を行って良好な帯水層を見いだし、その帯水層に適したスクリーンの設置や揚水量に見合った能力のポンプ選定などが必要である。

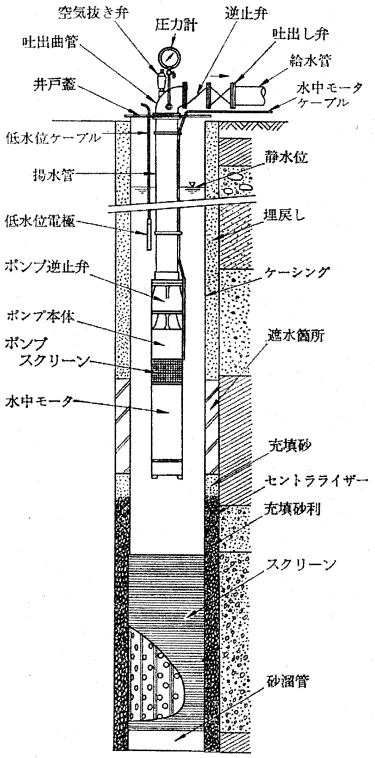


図-18.2　管井の基本構造図[2)]

(2)集水渠

集水渠は、鉄筋コンクリート構造等の管渠あるいは開水路で、伏流する地下水を取水する施設である。

砂礫等の透水性の良好な帯水層を選んで設けることが多く、流況が良ければ安定した取水が可能である。

地上構造物が築造できない場所にも設置可能な取水施設としての利点がある。

河川近傍での取水の場合、河川の流量への影響が顕著である場合に対しては河川法第 23 条（流水の占用）の規定が適用されることがある。河川区域や河川保全区域における伏流水の取水は、設置による影響を考慮した上で、河川管理者と十分協議を行う必要がある。

集水渠の構造は、鉄筋コンクリートの有孔管渠造りとすることが多い。その断面形状は、円形、馬蹄形が一般的である。また、洗掘のおそれがある堤外地に設けるときは、鉄筋コンクリート枠等で防護するとともに河床にも床固め等を行う必要がある。

(3)放射状集水井

放射状集水井は、直径数ｍの縦坑と、縦坑内から帯水層の深度で放射状に配置した水平ボーリング孔の複合構造からなる井戸であり、水平ボーリング孔を通じて帯水層から縦坑内に集水する仕組みを持つ。

縦坑の断面は水平ボーリング孔の掘削及び各孔への多孔集水管挿入のための機械が容易に設置･操作できる大きさとする。また、縦坑は土圧、揚圧力等に十分耐えられる構造とする。

放射状集水井は、縦坑の側壁から帯水層中へ多孔集水管を突き出した分だけ井戸の径が大きくなるため大量取水に有利であるが、近傍の井戸への影響について配慮する必要がある。また、縦坑の井底を難透水層（泥岩等）まで到達させることが望ましい。

(4)井筒井戸

井筒井戸は、不圧地下水又は伏流水を取水する比較的浅い井戸で、一般に鉄筋コンクリート製の井筒を地下に設置し、その底面（井底）から筒内へ集水し、その水をポンプ等で揚水する施設である。なお、井筒のほか、放射状集水井同様、側面に集水孔を刻んだ鋼管（スクリーン）等で集水することもある。

深さ８～10ｍの比較的浅い井戸は、掘削しながら井筒を設置していく工法を採るが、崩れやすい砂礫層が多いので、それ以上深い井戸は鋼管等を打ち込むケーシングによる工法が一般的である。

引用文献

1) 農林水産省農村振興局農村政策部農村環境課：農業用地下水開発の手引き、p.I-19（2009）

2) 日本水道協会：水道施設設計指針（2000）

19. 送配水施設

（基準　3.4.3関連）

送配水施設は、利水のため用水を送配水する水路組織を構成する施設であり、用水路（サイホン、水路橋、暗渠、水路トンネル等含む）、分水工、余水吐、放水工、落差工、急流工等の施設が該当する。送配水施設は、取水地点から末端ほ場に至るまで、地域内をくまなく網羅する施設であり、施設全体がシステムとして機能する必要があることから、地域の自然、社会的条件、受益地区の特性、施設の施工条件や運用管理面を総合的に勘案し、合理的な施設配置（路線選定）、形式等を検討するとともに、用水利用における弾力的な運用が可能となるよう配慮した計画とすることが望ましい。

本章においては、送配水施設計画の基本的考え方について解説する。

なお、具体的な設計手法等については、土地改良事業計画設計基準　設計「水路工」、「パイプライン」、「水路トンネル」等を参考にする。

19.1　基本事項

送配水施設は、計画用水量の確保及び安全かつ合理的な管理が可能となる機能が備わり、施設及びその周辺の構造物が安全であることを確認の上、可能な範囲で経済的となるよう計画するものとする。その際には、自然環境や社会環境等への影響を十分配慮する。ここでいう機能は、施設の耐用期間において必要な水量を送水・配水し得る施設容量等を確保し、また、必要な水量を容易な操作で安全かつ確実に送配水できる施設の設置により充足されるものである。

安全性については、施設自体が工学的に安定しており、施設及び周辺地域の安全性を確保するための放水工や余水吐等の適切な設置等を考慮するものとし、経済性については、施設の施工及び維持管理に要する費用が最小限となるよう、また、周辺環境との調和への配慮等も含めて、地域にとって最適な計画となるように検討する必要がある。

施設容量については、最大用水需要量が通過できる容量に余裕や安全を見込んだ容量で計画することを原則とするものの、短期間に大きなピーク用水量が出現する場合の送配水施設の容量については、事業全体の経済性を重視して、末端需要の変動を緩和する調整施設の設置、用水利用におけるローテーション制の導入、作付け作物・体系の多様化等、地域農業の展開方向に合致させつつピーク用水量を低減させるよう検討することも有効である。

19.2　送配水施設の路線選定

路線の選定に当たっては、受益地への配水に必要な水頭を確保できるよう計画するだけでなく、送配水施設の構造並びに水路組織内の各施設の配置及び形態を考慮するとともに、用地取得の可否、水利慣行の有無等の社会的要因も勘案して検討を行う。

水路は路線の選定に応じて経済性が変化するため、以下のような点に留意して路線案の比較検討を行う。

①　管水路形式の水路では、地形上の制約が比較的少ないことから、路線はなるべく直線とし、短い距離を通すことが望ましい（一般に道路下埋設）。また、開水路形式の水路は、短い距

離とするとともに、大量の切盛土を避けることが望ましい。ただし、いずれの形式においても水路の許容流速を満足できるように路線を選定する必要がある。

② 施設の安定のため、土質が悪い地点を避けるとともに、人家や交通に障害を及ぼさないよう配慮する。

③ 施設の保安、保全等の面からも、盛土上部への水路を設置することはなるべく避けるようにする。

また、調整池を始め、分水工、放水工、余水吐等は、その機能確保の要請から、その位置が制約される場合があるため、それらの適切な位置を選定した後に、可能な路線案について経済性を比較検討する方法もある。

さらに、高位部の占める割合が全体の受益面積に比して少ない場合には、その部分のみを機械揚水とすることも検討する等、いくつかの案につき工事費及び維持管理費の総費用等を比較検討し最適な路線を決定する。

19.3 用水路の形式と構造

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等の利点があるが、目視による保守・点検が困難なことや水撃圧等の特徴的な水理特性への対応を要すること等も考慮する必要がある。

このような形式の検討では、一連の区間について規模、目的、立地等の条件及び維持管理の面から、可能な形式をいくつか選定し、それらについて工事費、用地費、付帯工事費等の経済性を比較する。

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

近年は、市街地の通過に際し、開水路等では、人の転落やごみ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、周辺環境や生態系への配慮、農村景観の保全・形成等を考慮する場合も多くみられる。

(1)素掘り水路

漏水防止対策を検討する必要がなく、流速及び構造物による流れの乱れ、浸食の懸念が低い場合に採用する。

(2)ライニング水路

法面が自立安定する場合で、漏水防止、水路表面の平滑化、法面保護等を目的として薄く被覆された構造である。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）等がある。

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)フルーム

側壁と底版が一体となって土圧と水圧を支持する構造の水路をいい、安定性及び安全性では信頼度が高く、また、組立て式のものもあり、通常広く利用される構造である。一般に、

他の構造に比べて部材断面を小さくできるため、用地面積と土工量を節減できる。

(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形態であるため、基岩が堅く深い渓谷を横断する場合等では、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り、地下水位が高くなる等により構造的に不安定又は不経済となる場合、鉄道、道路等を横断する場合等において採用される。特に近年、都市化の進んだ地域等では、転落防止のための対策として、また、生活雑排水等の流入を防止するため採用される場合もある。

(6)トンネル

山岳、台地等において送水を行う場合は、トンネルとすることが有利な場合がある。

岩質・風化の程度、層理節理の発達、断層の有無等の地質条件や施工条件等を勘案して、経済的となる路線を定める。トンネル周辺は地下水に影響を与えることも多いため、路線の選定に当たって留意する。

(7)管水路

設計流量が満流状態で流れる構造であり、地形の変化に追随して設置できることから、路線の選定の幅が広い。

管体に作用する内・外圧の大きさは敷設箇所により異なるので、路線の決定に当たっては管種等の相違による経済比較が必要となる。

なお、他の構造の水路同様に道路下又は耕地の境界に敷設することが施工・管理の面から望ましい。

また、流水の制御機構の違いからは、管水路の要所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等の水位調節施設を設置する必要がある。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。

19.4 その他の送配水施設

(1)分水工

分水工は、複数の用水路に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量は一定ではないため、その変動に対応し得る分水機能が確保され、また、操作管理が容易に行える等の適切な構造とする必要がある。

分水工の位置の選定については、以下のような点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可能なこと。

② 高盛土や長大切土等、災害発生の危険度が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、分水工には、施設の操作・管理を計画的に行うため、分水量を把握する量水施設を併設することがある場合が多い。その場合は、量水施設の必要な計測要素（流量、流速、水位）について、十分な精度が得られるよう量水施設の構造や位置等を検討する。

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

ア 操作式分水工

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

イ 定量式分水工

幹線水路の流量が変化してもその分水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とディストリビューター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。

ウ 定比式分水工

幹線水路の流量・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り、流量調節装置を持たないため、畑地かんがいや他の利水との共用水路等における水需要の顕著な変動に対応しにくい。なお、分水比を規定する壁等が可動の構造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）背割分水工

水路を背割壁によって所定の分水比に分配するもので、構造が簡単かつ施工が容易で安価だが、下流水路の水理条件の影響を受けることにより分水比が変化しやすい。

（イ）射流分水工

水路の一部に射流区間を設けて下流水路からの影響を断ち、隔壁により所定の分水比に配分する分水工である。射流の利用により分水精度が高くなり流量の把握が容易に可能になる反面、背割分水工に比べて施設用地が多く必要となる。

（ウ）円筒分水工

流水を逆サイホン管等を用いて円筒形越流部に導き、所定の分水比となるよう円周上に設けた堰を越流させて分水するものである。多くの水路に分水することが可能な反面、水理設計が複雑で一般に施工費も高額となる。

(2)余水吐

余水吐は、周辺からの雨水の流入や分水停止に伴い発生する余剰水等を処理する施設である。

余水吐では、分水工等の水路組織の構成、路線の立地条件、周辺からの流入水の流入位置及び流入量、余水吐からの放流を受ける河川の状況等を勘案し、余水吐下流の水路断面は一般に縮小できること等も考慮の上、設置位置に関する以下の基本的考え方に沿って、水路組織の安全が確保でき経済的となる配置及び構造を計画する。

① 分水操作や雨水流入等により、箇所の流量が５～10%以上増加する場合に、流量変化点の直下
② 水路が通過する高盛土部の上流側
③ 長大なサイホン、トンネルなどの呑み口手前
④ ①～③のほか、水理条件が急激に変化する地点の手前
⑤ 流下能力のある河川等放流先として適切なものに近接した位置

(3)放水工

放水工は、水路管理の都合により、又は、補修時や緊急時に水路内を空虚にする目的で、水路の全通水量を放流できる容量を持つ施設である。放水工の設置については、余水吐における基本的考え方が準用でき、原則として余水吐と併設することが適当である。

(4)落差工及び急流工

水路組織が安全かつ経済的となり、施設の機能性が向上するよう地形的に段差のある箇所に設置する構造物で、フルーム構造にする等安定性に十分留意する。

人家等に近接して設置する場合は、騒音、飛沫、振動等による影響を考慮して、支障のない位置、構造を検討する。

［参　考］複合水路系の送配水に生じやすい課題と対策

配水施設がクローズドタイプの管水路である場合には、その配水施設への分水流量は大きな日内変動を示すことがある。**図-19.1**のような複合水路系で調整施設がない場合には、その日内変動に起因して、幹線用水路の流量及び水位も変動する。このような傾向が著しい場合には、次のような問題が生じるおそれがある。

① 幹線用水路の末端付近で、支線用水路への分水が不安定となる。
② **図-19.2**のように、支線管水路への分水量が小さい時間帯に、幹線用水路の流量が計画流量を上回り、放余水工への負担が大きくなる。
③ 幹線用水路に手動操作式チェック工がある場合には、ゲート操作の頻度の増大や併設するバイパス・余水吐の容量不足が生じる。

複合水路形式の用水施設において、これらの問題を防止し、安定した送配水を行うためには、システム内の管水路部分で生じる分水量の変動を考慮した図上シミュレーションや数値シミュレーションを実施し、調整施設の要否やその容量を適切に検討することが望ましい。

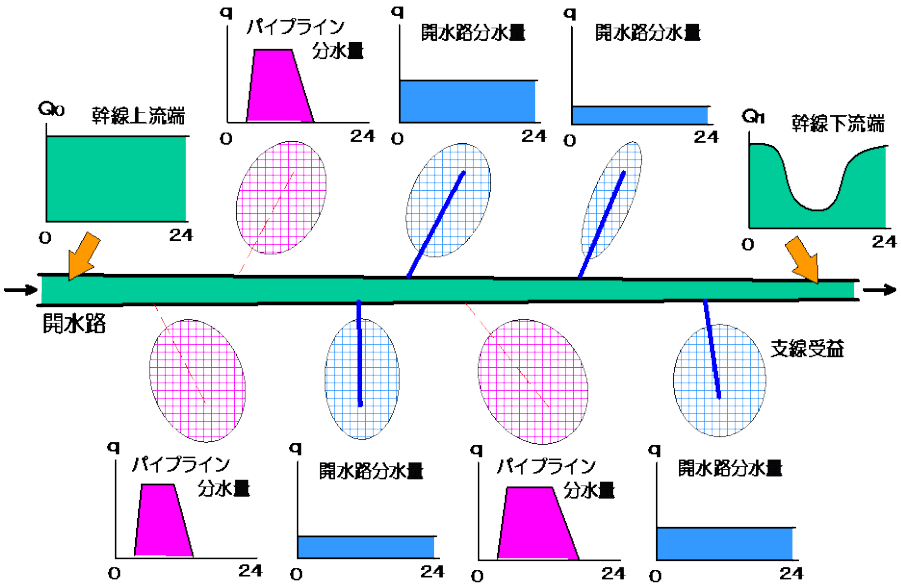


図-19.1　複合水路形式の用水施設での流量変動[1)]

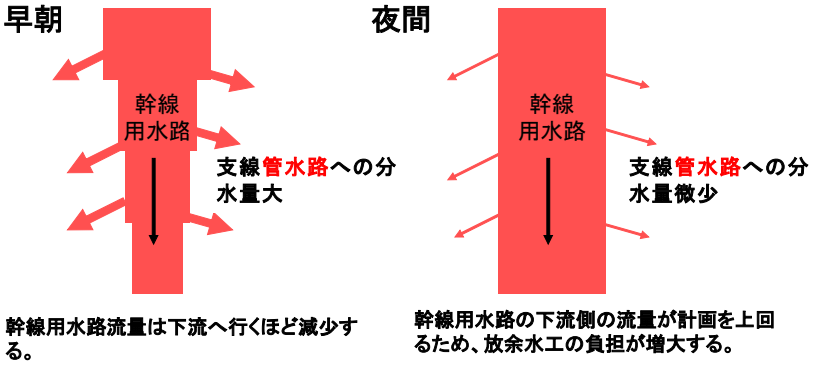


図-19.2　支線管水路への分水量の変動に起因する放余水工の負担増大

引用文献

1)　中村和正・山田修久・磯部 武・土橋博幸・手嶋真澄：支線開水路に対する分水量の日変動の許容範囲、農業農村工学会大会講演会講演要旨集、p. 290-291（2007）

参考文献

■　中村和正・長谷川和彦：水田パイプラインにおける配水管理の課題と対策、農土誌70(4)、p. 301（2002）

20. 調整施設

（基準　3.4.4関連）

調整施設は、用水系統における水量の変動を調節する機能を有する施設であり、調整池（１日～数日の需要調整を図るもの）、ファームポンド（主として１日以内の需要調整を図るもの）等の施設が該当する。調整施設は、一時的に発生する用水需要量の変動、施設の制御操作の遅滞等、その対応すべき課題に適応した合理的な施設の配置、容量等を検討するとともに、用水利用における弾力的な運用が可能となるよう配慮した計画とすることが望ましい。

本章においては、調整施設計画の基本的考え方について解説する。

なお、具体的な設計手法等については、土地改良事業計画設計基準　設計「ダム」、設計指針「ファームポンド」等を参考にする。

20.1　基本事項

調整施設は、必要な調整容量の確保、安全かつ合理的な管理が可能となる機能が備わっていることを確認の上、できる限り経済的となるよう計画する。その際には、自然環境や社会環境等への影響に十分配慮する。

ここでいう機能は、施設の耐用期間を通じて必要な調整容量を充足し得る規模を有し、また、容易な操作で安全かつ確実に水量調整できることにより充足されるものである。

安全性については、施設自体の工学的安定性と、事故の発生や施設の誤操作等に対応し得る一定の緩衝機能等を考慮するものとし、経済性については、施設の施工及び維持管理に要する費用が最小限になるよう、また、周辺環境との調和への配慮等も含めて、地域にとって最適な計画となるように検討する必要がある。

なお、調整施設の種類としては、調整池、ファームポンドに加え、数十分程度のポンプ運転、施設の連携動作の整合及び過渡現象を緩和して施設の保護を図るための配水槽、水位調整施設がある。

20.2　調整池

用水需要の発生時期と取水・送水時期とのタイムラグへの対応が、調整池の主な機能であり、これに要する容量は、その果たすべき機能に応じて算定される。例えば、通常見込まれるのは１～２日程度の調整であるが、事故による通水障害に備えるためには、数日間の容量が必要となる。

調整池の設置位置は、水位差の確保という点では水路組織の上流側が、用水量の調整という点では下流側が適当となるが、双方の機能を勘案し、経済性にも配慮して選定する。また、複数の調整池を設置することが効果的な場合もある。

20.2.1　参考事例

(1)調整池容量の拡大事例

この地区は、水田への用水補給を目的とした地区で、営農管理形態の変化等（日中に用水利用が集中することによって上流域の受益地で用水が先使いされる）に伴い、中下流域の受

益地で用水不足が生じていたため、長大水路における到達時間の遅れ対策として設置された調整池を含む開水路の更新整備に当たり、調整池容量を再検討したものである。

調整池拡大前後の調整池水位の変化につき、調整水量が最も大きくなる５月下旬の状況を**図-20.1**に示す。

拡大前は激しい水位変化が見られる、水位低下は連日昼頃に頭打ちとなり低水位の状態が続いている。これは、用水需要に対する調整池の貯水量が底をつき、それ以上調整できなくなった状況を示しており、容量不足を表している。

一方、拡大後は、水位変化の幅は小さく、水位低下の頭打ちも見られない。これは、調整池が需要と供給のアンバランスを余裕を持って吸収する役目を果たしていることを示している。しかも最低水位は高く維持されており、取水の安全性も増大している。

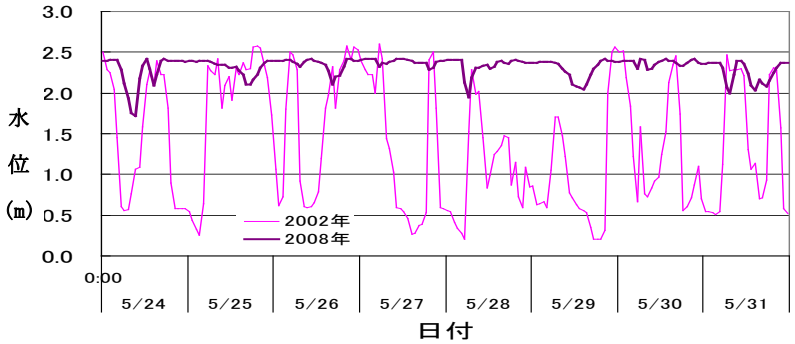


図-20.1　調整池拡大前（2002年）と拡大後（2008年）５月下旬における調整池水位の変化

ある一定期間における調整量は、いったん調整池内に貯留された後、下流に供給された量の総量、すなわち、

調整量（V）＝Σ調整池水位低下量（m）×調整池面積（m^2）

また、調整率は、当該期間供給量に占める調整量の割合とすると、

調整率（F）＝調整量（V）／供給量（V_{out}）

と表せる。

調整池拡大前（2001～2004 年の平均）拡大後（2007～2008 年の平均）の調整量及び調整率をそれぞれ**図-20.2** 及び**図-20.3** に示す。

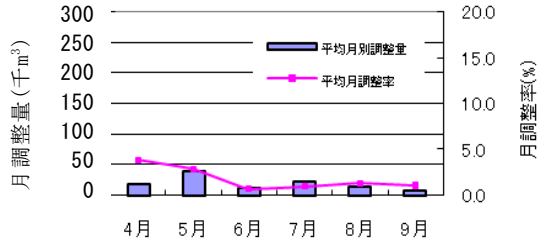


図-20.2　調整池拡大前の月調整量と調整率

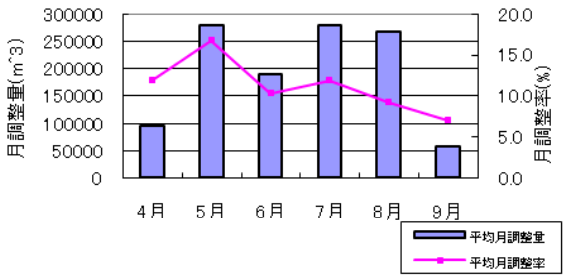


図-20.3　調整池拡大後の月調整量と調整率

※　拡大前は、かんがい期間（４月～９月）を通した調整量は８千～40千m^3/月、平均で20千m^3/月。
また、調整率は0.7～3.9%、平均で1.8%。

※　拡大後は、かんがい期間（４月～９月）を通した調整量は７千～279千m^3/月、平均で194千m^3/月。
また、調整率は7.1～16.8%、平均で11.2%。

このように拡大前と拡大後を比べると、調整量は全体平均で約 10 倍に、調整率は約６倍に増大した。調整量に対し調整率の倍率が低くとどまったのは、拡大前は下流への供給量が拡大後と比較して、大幅に少なかったことによる。

図-20.4 は、拡大前と拡大後の供給量を比較したものであるが、かんがい期間を通じた拡大前の供給量約 817 万 m^3 は拡大後の供給量約 1,360 万 m^3 と比べ、３分の２の規模でとどまっている。

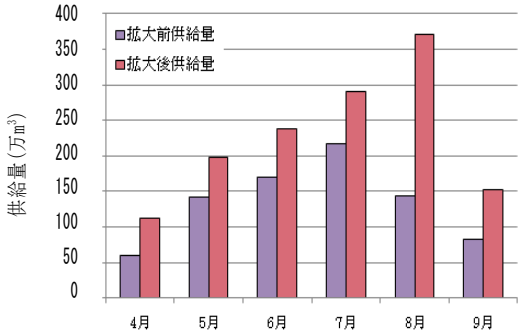


図-20.4 調整池拡大前と拡大後の供給量

(2)調整池の利用実態

また、扇状地の地形勾配を利用した水田かんがい地区についての水収支調査からは、①調整池は７月後半から８月にかけて多く利用される、②調整池に依存する度合いは受益面積が小さいものほど大きい、③調整池からの最大取水量が普通期最大用水量を上回ることが多く、かんがいの自由度が高まることなどが報告されている[1)2)]。

表-20.1 に調整池容量の計算を含めた調整池の計画諸元を示す。

表-20.1 調整池の計画諸元

頭首工からの距離(km)	1.7	7.5	5.7	9.5
受 益 面 積 A (ha)	86.7	83.6	123.3	63.1
水 路 損 失(%)	10	15	15	10
代かき減水深(mm) 代かき用水量 Q (m^3/s)	170～180 0.532	140～185 0.525	140～185 0.820	140～150 0.324
普通期最大減水深（平均）(mm/d) 普通期最大用水量 q (m^3/s)	32 0.357	25～41(31) 0.353	25～41(33) 0.554	24～28(25) 0.203
調整池容量の計算(m^3)	q×6×3,600 = 7,711	q×6×3,600 = 7,625	q×6×3,600 = 11,966	q×6×3,600 = 4,385
設計調整池容量 V (m^3)	7,730	7,680	12,140	4,540

※ 調整容量を普通期最大用水量６時間分として計画

表-20.2に調査結果の一部を示す。この表の受益面積（A）と調整池依存率（Q_{po}/Q_{fi}）の関係からは、上記②のとおり、受益面積が小さいほど調整池依存率が大きい傾向にあることが分かる。

表-20.2 調整池のかんがい期間水収支（５月～８月、４か月間の合計、雨量観測所は異なる）

受益面積 A (ha)	年	調整池への流入量 Q_{in} (mm)	かんがい地への取水量 Q_{fi} (mm)	調整池の有効利用量 Q_{po} (mm)	降雨量 R (mm)	作付率 S (%)	調整池余裕率 Q_{in}/Q_{fi} (%)	調整池依存率 Q_{po}/Q_{fi} (%)
83.6	1983	2,691	2,100	86	872.0	86.1	128.1	4.1
	1984	2,807	1,703	93	514.5	88.2	164.8	5.5
	1985	3,207	1,707	86	889.5	86.5	187.9	5.0
	1986	3,306	1,664	90	436.0	83.1	198.7	5.4
	1987	3,663	2,471	59	460.5	77.8	148.2	2.4
	平均	3,135	1,929	83	634.5	84.3	165.5	4.5
123.3	1987	4,477	3,474	73	460.5	85.4	128.9	2.1
	1988	2,767	2,113	92	658.5	82.3	131.0	4.3
	1989	4,624	3,788	88	554.0	87.9	122.1	2.3
	1990	3,982	3,333	151	503.0	85.8	119.5	4.5
	平均	3,963	3,177	101	544.0	85.4	125.4	3.3
63.1	1986	1,456	751	132	599.5	99.3	193.9	17.5
	1987	1,707	1,209	151	556.5	94.3	141.2	12.5
	平均	1,582	980	142	578.0	96.8	167.6	15.0

20.3 ファームポンド

ファームポンドの主たる機能は、用水の供給量と需要量との１日以内の時間的な差を調整することである。これにより、末端の用水利用の短期変動による用水需要の最大量の平滑化を図ることが可能となる場合もある。

ファームポンドは、幹線水路系の末端に設置されることが一般的である。その調整容量は、おおむね１日において時間とともに変動する送水量と配水量の差とすることで十分な場合が多い。

また、その構造にはコンクリートタンク、ゴムシート張り等があり、設置位置の地形条件等を勘案の上、経済性を考慮して選定する。

なお、位置や規模等を定めるに当たっては、配水対象地の営農状況はもとより、用水管理組織の状況等について十分踏まえる必要がある（**図-20.5**）。

(1)ファームポンド規模の決定

ファームポンドの規模は、所要の調整容量から定まるが、大規模となり現場条件等から設置が困難な場合は、下流の複数の分水工位置に分割して設置する等の検討が必要となる。また、気象条件等により用水管理上必要となる容量を加える場合もある。

(2)ファームポンド位置の選定

ファームポンドの位置は、経済性の観点からできる限り末端側の用水路分岐点等で、自然圧による配水ができ、既存の水利施設を活用しやすいところとするが、維持管理面や地盤条件、放水路の確保手法等も十分に検討し選定する必要がある。

(3)ファームポンドの計画に係る留意事項

更新事業においては既存の水利施設の有効活用を図りつつ、求められる機能・性能を満足する事業計画を策定することが求められる。

更新事業を計画する場合等、前歴事業完了時から地域の営農形態が変化する等により、末端においての用水需要の短期的な変動が生じ、一時的に用水不足となる状況が発生してきていることがある。例えば水田では作付け時期が変化したり、また畑では施設作物の増加等である。

特にファームポンドの配水域内に水田と畑が混在する場合には、地域の営農形態の変化により、かん水する時間や期間が違うため水使用量のピークが変化する。このため水田用水の需要が多い時期や連続干天時等は、ファームポンドからの配水量や末端ほ場における給水栓での給水量を調整すること、またローテーションかんがいを実施する等、水管理操作についてシミュレーションを行うことが有効である。また、用水量としては水田用水の占める割合が大きい場合が多いため、水田用水の時間・期間的な変動を十分に検討する必要がある。

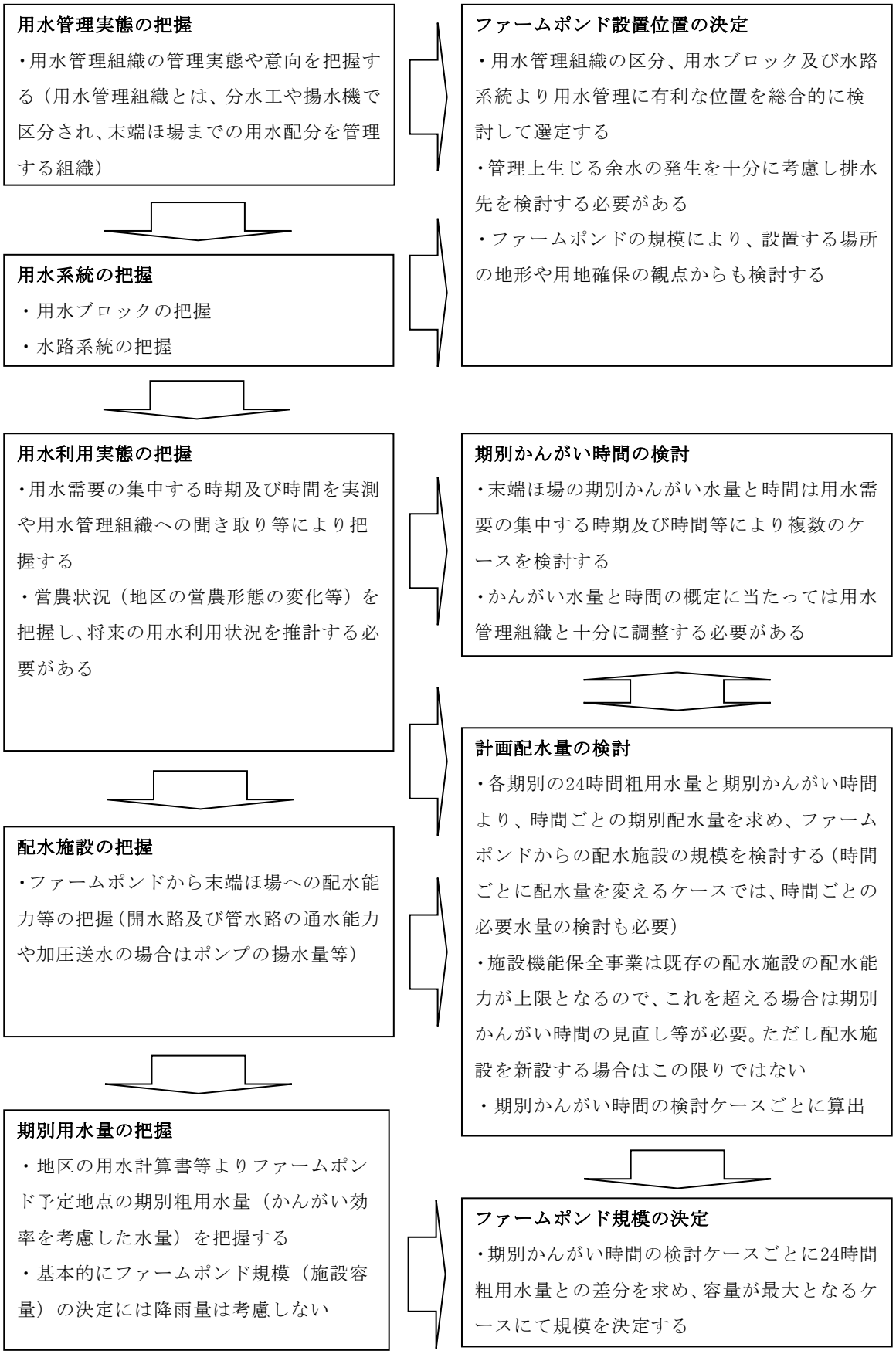


図-20.5 ファームポンドの計画手順模式図

20.3.1 参考事例

以下に、いくつかのファームポンドに関する計画の実施事例を紹介する。

(1)かんがい時間の設定事例

この事例は、パイプライン方式による 24 時間かんがいを行っている地区の施設更新に当たり、近年、経営規模の拡大や良質米生産に向けた用水の適時管理が必要となってきたこと等から、朝夕等に水利用が集中し時間的な水不足が生じている状況を解消するため、既設の加圧機場にファームポンドを設けるかんがいシステムを導入したものである。

具体的には、①時間的な水不足解消、②かんがいの自由度向上、③コスト低減といった課題に対処するため、ファームポンドかんがい方式を採用し、かんがい時間は、①現在の営農形態に合わせ加圧ポンプの夜間運転は行わないこと、②効率的な管理運営が可能であることを考慮し 16 時間と決定した（**図-20.6、20.7**）。

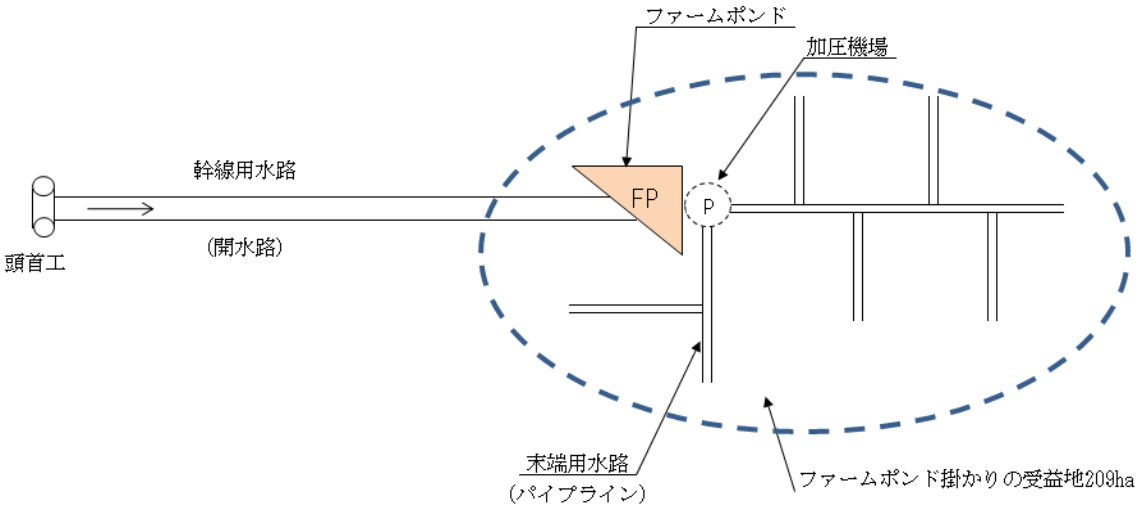
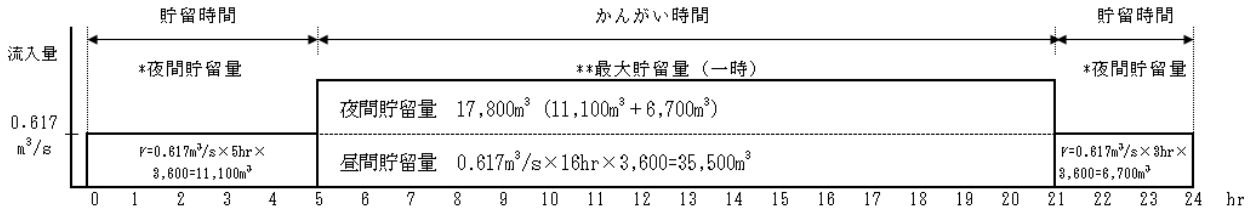


図-20.6 事例地区模式図



* 夜間貯留量 ：夜間、ファームポンド内に幹線用水路から直接流入し貯留した水量。
**最大貯留量（一時）：ファームポンドに一時貯留される用水の最大総量。実際には受益地へ配水しつつ幹線用水路から流入することから貯留量が変動する。

図-20.7 ファームポンド貯留量、かんがい時間の検討図

(2)フィードバック機能付き分水ゲートによるファームポンドへの送水量制御事例

広大な水田地帯では、分水口からファームポンドまでの水路延長が長大となるため、上流部の過大な取水により、下流部では用水不足が生じ排水を反復利用することがある。そのため水質が悪化して余分な施設が必要となり、維持管理費が嵩む要因となっている。

本事例では、幹線用水路から支線用水路への分水口にフィードバック機能付きの分水ゲートを設置して、支線用水路の末端にあるファームポンドに隣接したポンプの運転台数及びファームポンドの水位によりゲート開度を自動的に制御させている（図-20.8、20.9）。

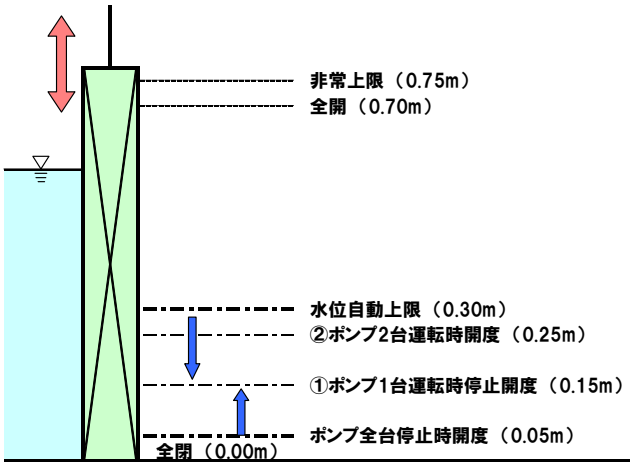


図-20.8　分水ゲートの設定開度

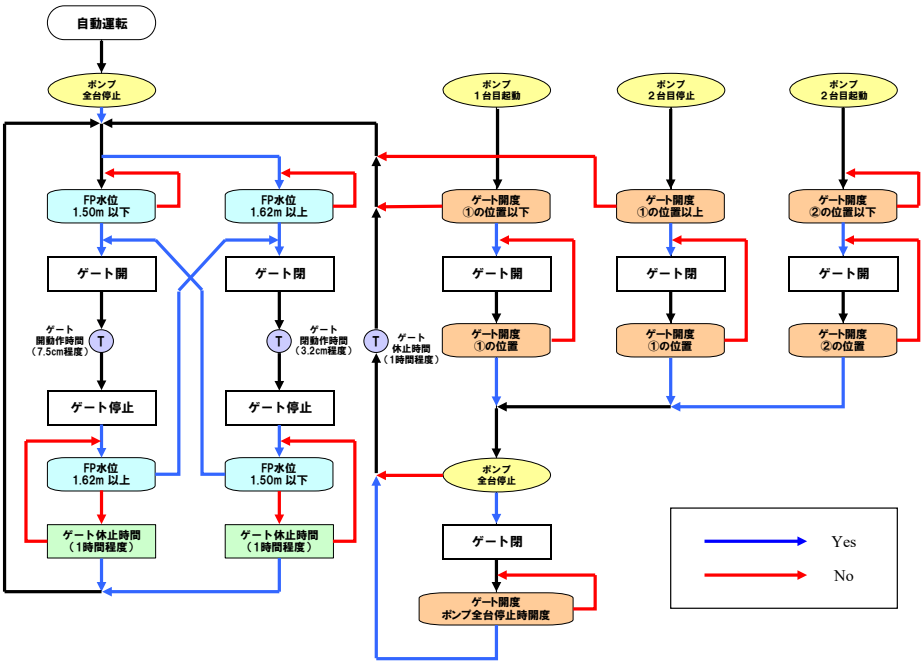


図-20.9　分水ゲートの操作ロジック

フィードバック機能付き分水ゲートを設置することにより日平均取水量は半分以下となり、フィードバック機能付き分水ゲートは、需要に応じた断続的な取水管理による節水効果が大きいと確認された。

(3)反復利用の設定事例

ア　地区概要

本地区は、かつて末端まで開水路により送水を行っていたが、代かき期等には用水需要が集中することにより、しばしば用水不足が発生し、また、普通期にも用水の安定した配分が困難であった。このような状況を解消するため、ほ場整備事業を実施し、揚水機場及び調整池を設置してパイプライン方式で圧送することにより、用水利用の効率化を図ることとした。また、水田から還元する自己排水を用水路に合流させて反復利用しており、第１揚水機場の調整池への流入量は、地区のほぼ全体からの排水と幹線用水路からの補給水からなっている。なお、本地区では地区内を経由して、下流の地区へも送水するため、その分を多く取水している。

本地区のかんがい期間は４月下旬～８月末日である。そのうち、４月下旬～５月上旬の代かき期及び出穂期には、揚水機場は 24 時間運転が行われているが、それ以外の時期は、降雨時を除き６時～18 時の 12 時間運転が手動により行われている（**図-20.10**）。

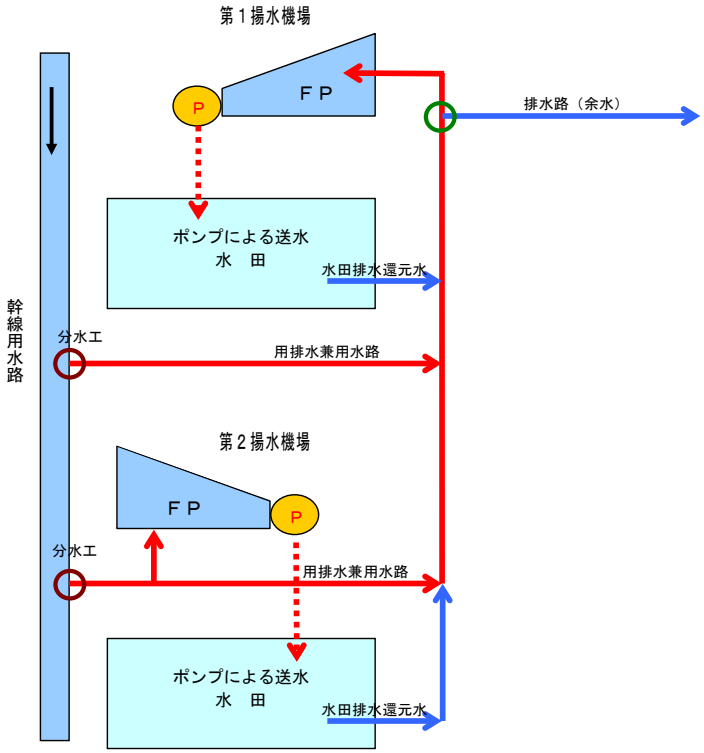


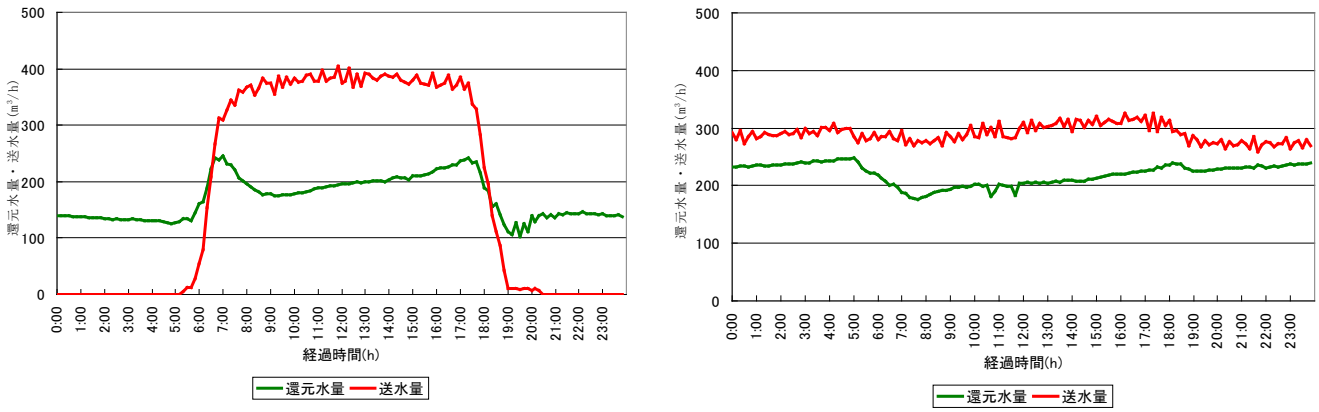
図-20.10　反復利用の事例地区模式図

イ　水収支

第１揚水機場による還元水量は、ポンプの昼間 12 時間運転時では、運転開始後に増加した後、いったん減少し、その後運転停止まで徐々に増加する。24 時間運転時では５時から７時にかけて還元水量は減少し、その後 18 時ごろまで徐々に増加する（**図-20.11**）。

また、かんがい期間中の還元率は、営農期別にばらつきがみられるものの、平均で 70％であった。

このように、大量の還元水を利用できることから、第１揚水機場の調整池は、12 時間運転の下でも水位低下は少なく、調整池容量を節減できる可能性を示している。



昼間12時間運転　　24時間運転

図-20.11　還元水量と送水量の時間変化

ウ　水質

水田の排水を反復利用する場合は、水質の悪化がみられることがあるため、幹線用水路からの分水直後の地点と反復利用する排水が流入する第１揚水機場調整池の入口において水温・水素イオン濃度（pH）・溶存酸素量(DO)・電気伝導度(EC)・浮遊物質量(SS)・化学的酸素要求量(COD)・生物化学的酸素要求量(BOD)・全窒素濃度(T-N)・アンモニア性窒素(NH_4-N)・全リン(T-P)の各項目について調査を行った。

両者を比較した結果、いずれの項目もあまり変化がなかったが、一般的には、用排水系統や流入・流出量等の違いにより水質の状況も様々予想されることから、それぞれの地区ごとに十分な検討が必要である。

また、水稲の生育に関する一般的な水質以外にも、環境面での水質が問題視される場合があるため留意する必要がある。

20.4　配水槽

配水槽は主にポンプの運転時間及び停止時間の間の送配水調整を行うことを目的とする施設であり、この調整のための容量は比較的小さくても良いが、容量が大きいほど調整施設としての他の機能を兼用することが可能となるため、ポンプ設備の維持保全及び用水の円滑な配水管理の面からは有利となる。

一般に、配水槽の必要最小容量は、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の許容頻度を考慮し決定する。また、配水槽の設置位置は、必要水頭の確保の可能性、ポンプ揚水費及び配管費の経済性、用地の確保や管理の容易性等の諸点を考慮の上選定する。

20.5 水位調整施設

水路内に設置する水位調整施設は、水路の水位調整により流量、流速の調整、分水工や放余水工の機能調整等を行うためのゲート（以下「水位調整ゲート」という）である。水位調整ゲートの配置や構造形式の検討に当たっては、管理制御方式や分水工、放余水工の位置、水路の水位変化や流量変動等を考慮する必要がある。

また、水位調整施設の形式には上流水位制御方式、下流水位制御方式、貯留量制御方式があり、水管理方式に応じて適切な形式を選定するとともに、水位調整施設の計画は維持管理（重要施設の集約による管理の重点化、機器点検補修のための道路確保等）や現況水路における既存の調整施設の配置、機能等を考慮して決定する必要がある。

20.5.1 参考事例１

(1)地区概要

本地区では、水田への用水補給の安定化を目的として開水路の整備（水位調整ゲート（１）（**写真-20.1**）含む）を行ったが、営農形態の変化により朝夕にかん水の需要が集中するなど、時間的な用水不足が生じていた。

このため、需要主導型の適切な水管理に適合する貯留量制御方式を導入し、ゲートによる水位管理を通じて、夜間等に水路内に用水を一時的に貯留し、朝方の需要に対応するなど地域における用水需要の集中に対応した。



写真-20.1 水位調整ゲート（１）

(2)水路内貯留の方法

用水不足が生じる期間において、給水の時間制限を実施し、給水時間外は分水工を閉め水路内貯留を行っている。具体的には、給水を5:00～19:00、給水停止を19:00～5:00とした。水位調整ゲートで区切られた区間の番水期間（４～５月）中の水位変化を**図-20.12**に示す。朝の給水開始とともに水位は低下し、その後、12時頃まで緩やかに低下し、14時頃から水位は回復する。給水停止後も、０時頃まで水位は徐々に回復する様子が分かる。

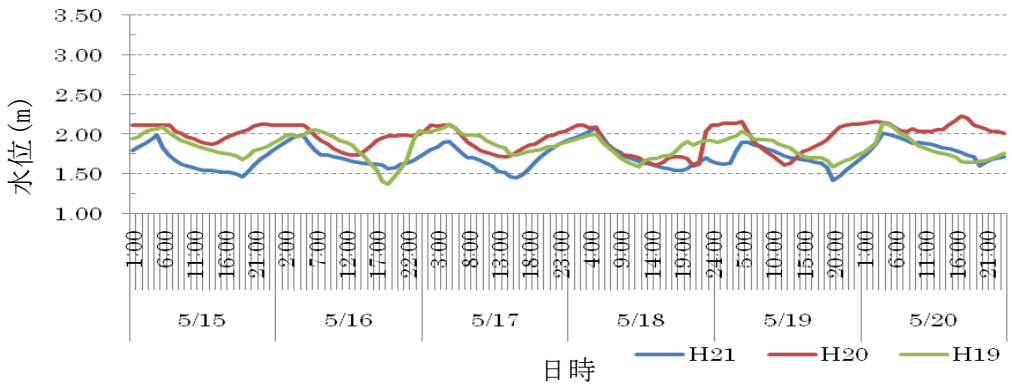


図-20.12 水位調整ゲートでの水位の変化

(3)水路内貯留機能（効果）

ここで、2007～2009年度の全かんがい期間において、地区内の全用水路に貯留された調整量及び調整率を**表-20.3**及び**図-20.13**に示す。

全かんがい期間の月別の調整量を３か年の平均で見ると、4,873千～23,932千m^3/月、月調整率は14.5～25.0%となり、水路内貯留について一定の効果が発現されている。

表-20.3　月別の調整量、調整率（2007～2009）

月調整量千m^3、月調整率%

		4月	5月	6月	7月	8月	9月
2007年	月調整量	4,898	8,840	18,347	22,283	20,092	25,239
	月調整率	20.0	13.1	15.4	19.2	14.6	24.3
2008年	月調整量	4,850	10,143	25,453	17,902	17,188	19,399
	月調整率	21.4	16.4	23.1	12.6	12.5	26.2
2009年	月調整量	4,872	9,582	20,322	25,789	24,938	27,159
	月調整率	19.1	14.0	15.9	19.3	20.0	24.5
平均	月調整量	4,873	9,522	21,374	21,991	20,739	23,932
	月調整率	20.2	14.5	18.1	17.0	15.7	25.0

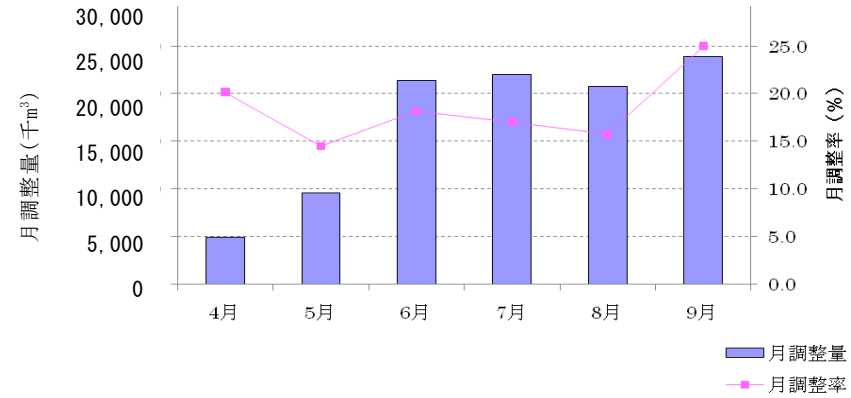


図-20.13　月別の調整量、調整率（2007～2009の平均）

20.5.2　参考事例２

(1)地区概要

本地区は、老朽化した頭首工・用水路の改修、水需要の増加に対応した用水路規模の確保、維持管理費の軽減を目的とした地区であり、用水路の改修に当たり、通水最小流量を検証したところ必要分水位が確保されない箇所が確認されたことから水位調整ゲート（２）（**写真-20.2**）の設置を検討したものである。



写真-20.2　水位調整ゲート（２）

(2)検討内容

ア　不等流計算

必要分水位の確認には不等流計算を用いた。一般に、不等流計算の目的は以下に示す

とおりであり、本検討においては「③必要水位高の検証」を目的として水面追跡を行った。なお、計算に用いた流量は、分水の誤操作や上流分水工による先取り取水等を考慮した最小流量として、普通期粗用水量の 50%流量とした。

① 水路の流下能力の検証（現況や改修後における流下能力の確保）
② 水路の安全性の確認（フリーボードの確保や許容流速のチェック等）
③ 必要水位高の検証（分水工必要水位やチェック水位の確保）
④ 水路貯留変動量の算定（水路のバッファ容量検討）
⑤ 計画断面の算定（等流以外で水路断面を計画する場合）
⑥ 急激な断面変化による流況（局所流）の検討

イ 配置の検討

不等流計算の結果から、以下に示す手順に従い水位調整ゲートの配置位置を決定する。

① 水理設計終点地点の水位より上流側へ水面追跡を行う。なお、この時点で全ての分水工地点の水位が必要水位よりも高ければ水位調整施設は不要となる。
② 必要な分水位が得られなかった場合には、分水工下流に水位調整ゲートを設置し、その地点のチェック水位より再度水面追跡を行う。
③ 全ての必要分水位が満足できるまで②の作業を繰り返す。

20.6 調整容量検討における解析上の留意点

調整池等調整施設の必要容量の決定においては、調整施設への流入量が安定しているか否かに留意する必要がある。この流入量が安定しているならば、調整施設下流側の取水パターンを考慮して必要容量を検討できるが、流入量が日内変動する場合には、不定流解析が調整容量検討の有効な手段となる。不定流解析を行った事例としては、中ら(2003)[3] が参考になる。

不定流解析の実施の有無にかかわらず、調整容量決定に当たっては、配水系管路における水需要量の日間変動及び日内変動をどのように想定するかが重要である。**図-20.14** 及び**図-20.15** は、冷涼な気候下にある北海道での実測データをもとにした取水量のモデル化の事例である[4]。**図-20.14** は、水稲作付面積 275ha の支配区域における活着期～出穂期直前の期間で、日内の変動が大きかった取水量を示している。この図をもとにした取水量モデルが**図-20.15** であり、台形の斜辺の傾きは、**図-20.14** での流量の増加・減少に要した時間に対応している。また、台形の高さは、管水路の通水容量としている。このモデルには、①早朝に給水栓の開操作が集中すること、②管水路の流量は短時間で通水容量に到達すること、③その後数時間を経過した後に水需要量が徐々に減少することが反映されている。台形の面積は、日取水量に相当する。日取水量は**図-20.16** のように変動をするため、実測データから境界条件として適当な値を決定し、台形の面積が支配区域全体での日取水量に等しくなるよう、上底と下底の長さを決める。

このように、解析に当たっては、用水計画を検討するそれぞれの地域で、既存の流量データを活用しつつ、給水栓操作の時間帯や兼業化の程度等の農家の水管理特性を反映させて作成したモデルを用いることが望ましい。

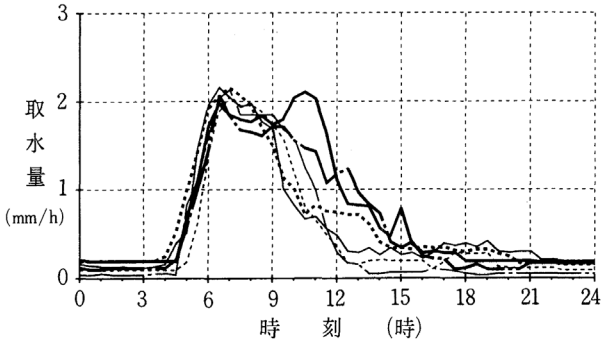


図-20.14 取水量の日内変動

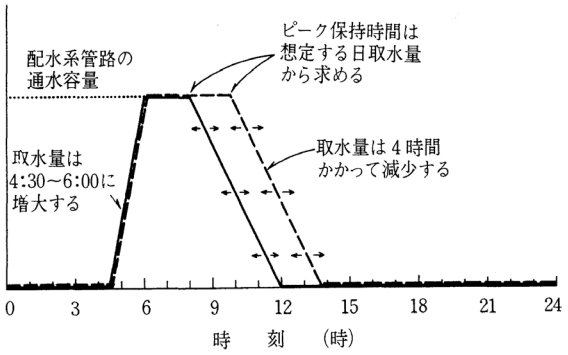


図-20.15 管水路の取水量モデル

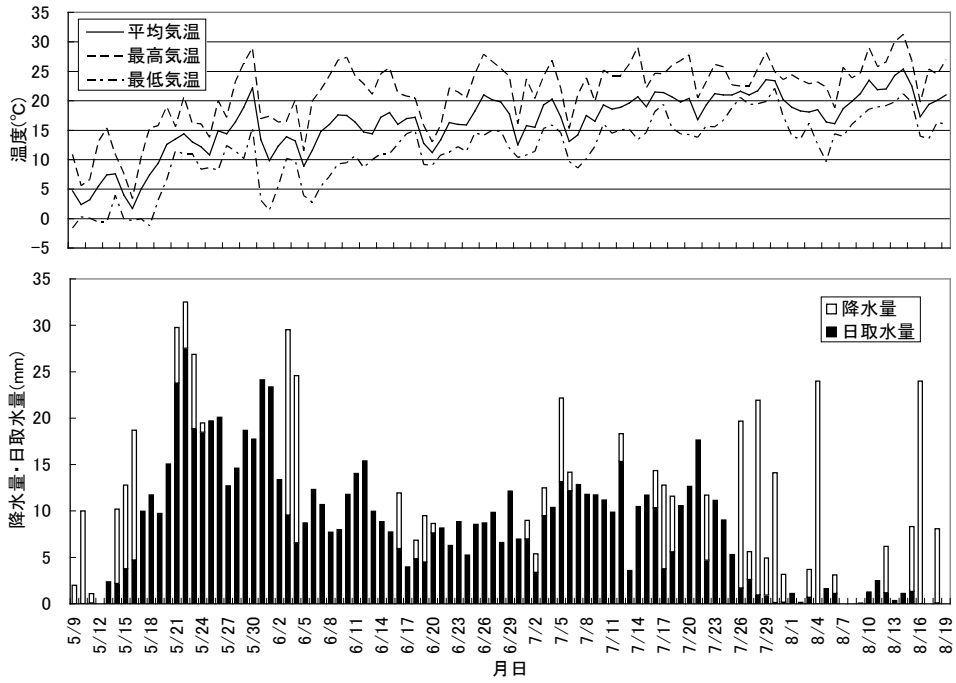


図-20.16 配水系管路における日取水量

引用文献

1) 広瀬慎一：調整池の水収支の特性、農業土木学会論文集 No.175、p.29-36（1995）

2) 広瀬慎一：貯留時間による調整池容量の検討、農業土木学会論文集 No.175、p.37-45（1995）

3) 中達雄・島武男・田中良和・青木克己・伊藤秀明：長大用水路システムの水利調整機能の分析事例、水と土、135、p.57-67（2003）

4) 中村和正・九本康嗣・沢口芳範・島崎昌彦：水田配水管路の水需要のモデル化、農土誌、65(3)、p.43-48（1997）