付　　録

技　　術　　書

目　次
（技　術　書）

１．水田地域の農業用水	（基準　1.2.1 関連） ……	91
２．農業用水の区分・特徴	（基準　1.2.2、2.3.4 関連） ……	104
３．地元意向の把握	（基準　2.2、2.3.1 関連） ……	109
４．他事業関連調査	（基準　2.3.9、3.2.1 関連） ……	111
５．営農・土地利用関連の調査計画	（基準　2.3.3、3.2.2、3.3.2 関連） ……	112
６．用水量調査	（基準　2.3.4、3.3.3 関連） ……	118
７．ほ場単位用水量	（基準　3.2.3、3.3.3 関連） ……	147
８．栽培管理用水量	（基準　3.2.3、3.3.3 関連） ……	172
９．施設管理用水量	（基準　3.2.3、3.3.3 関連） ……	175
10．有効雨量	（基準　3.2.3、3.3.3 関連） ……	179
11．地区内利用可能量	（基準　3.2.3、3.3.3 関連） ……	181
12．機能保全対策と更新等	（基準　1.2.4、2.3.1、2.3.4、3.2.5、3.4、3.5 関連） ……	185
13．機能診断調査と機能診断評価	（基準　1.2.4、2.3.1、2.3.4、3.2.5、3.4、3.5 関連） ……	189
14．環境との調和への配慮（生態系）	（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） ……	202
15．環境との調和への配慮（景観）	（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） ……	222
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） ……	240
17．貯水施設	（基準　3.4.1 関連） ……	256
18．取水施設	（基準　3.4.2 関連） ……	261
19．送配水施設	（基準　3.4.3 関連） ……	268
20．調整施設	（基準　3.4.4 関連） ……	274
21．管理制御施設	（基準　3.4.5 関連） ……	288
22．小水力発電施設	（基準　3.4 関連） ……	294
23．管理運営計画	（基準　3.5 関連） ……	302

１．水田地域の農業用水

（基準 1.2.1 関連）

水田地域における農業用水は、我が国の稲作農業の長い歴史の中で、先人による幾多の労苦、調整を経て開発・整備されてきた。また、農業用水は農村地域を流下するという特性から、農作物の生育のみならず、営農作業や農業者等地域住民の生活にも密着して利用され、地域の用水として成立したという経緯がある。

本章においては、このような農業用水や用水路等の成立や変遷、昨今の動向等を解説するとともに、環境用水、資源保全の取組に係る事例を紹介する。

1.1　水田かんがいの変遷

(1)日本の水田かんがい

我が国の水田かんがいは、おおよそ２千５百年前の弥生時代早期の九州地方の遺跡から出土している。その後数百年のうちに遺跡は東北地方にまで広がっている。以来、米は日本人の主食として重要な位置を占め、それを生産するための水稲作及び水田かんがいは、日本の経済、社会、また日本人の生活にとって極めて大きな存在であった。

水田かんがいに基づく水稲作が日本で広まり定着した背景には、日本の夏は気温が高く、全体としては雨期であり、水稲の生育に適していたということ、食糧生産という観点から、水稲作が河川下流部に広がる低湿地、低平沖積地の利用の方式として最も有利であったということ、また日本の気象・水文条件、地形条件等から、ほとんどの地域、土地でかんがいなしには水稲作が成立し得なかったことがあると考えられる。古代遺跡から出土する用水路は、水稲作をある程度の広さで安定的に行おうとすればかんがい施設が不可欠であったことを物語っている。

水稲の生育期である日本の夏は、洪水の季節でもある。よって、水稲作を安定的に運営するためには、用水の確保に加え水田自体及びかんがい施設の水害対策が重要な課題になる。したがって、水田及びかんがい開発の歴史は、それぞれの時代における食糧確保の要請に対して、用水と排水という二つの条件を確保するため、技術力、物的、人的資源等を動員し、様々な取組がなされてきた結果である。

日本人は、初め、洪水の危険が少なく、安定して水を得ることができる谷地（谷津）や小河川の周辺に米の栽培場所を見いだしたと思われる。また香川県の満濃池で弘法大師(774-835年)がその再建に関わったという話が伝わっているように、早くから大きな洪水の危険が少ない比較的小さな谷や窪地にため池を建設するなど、土木的な取組がなされている。その後も水田面積の拡大と安定的な水稲作のために長い間かんがい排水施設の整備、改善の努力を続けてきた日本の水田かんがいは、現在でも天水田が広範に広がっている多くの東南アジア諸国とは異なる特徴と歴史を持っている。

(2)江戸期の水田と用水の開発

大量の用水を確保し、広大な沖積平野を水田化するためには大河川から取水するのが望ましいが、そのためには河川の氾濫をある程度制御することが必要である。しかしながら、そ

のような行為は容易ではなく、大規模用水の整備は江戸期まで待たざるを得なかった。徳川幕府の成立（1603年）によって封建制度が完成すると、各国の大名はそれぞれの領地内の水田開発に力を注ぐようになった。幕府も、利根川、木曽川のような大河川に対しては直接それらの整備に関与した。

関東平野では、幕府が1630年頃にかけて、埼玉平野及び江戸周辺に流れ込んでいた荒川、利根川、渡良瀬川などの大河川の付け替え、整備を行い、迂回させることによって平野部の洪水に対する安全度を高める一方、用水の整備を行っていった[1)]。

江戸期には、河川下流部の沖積平野で多くのかんがい用水が開発されている。それらの多くは、それまで洪水の度に沖積平野を乱流していた河川の流路を１本に定めて堤防を建設し、残りの旧河道を幹線用水路として整備、利用したものである。建設した堤防に取入口を設け、旧河道に流すことによって、比較的容易に広範囲のかんがいシステムを作ることができたのである。その代表例が葛西用水で、これは利根川の分派川を締め切り、洪水が入らないようにするとともにその流路（古利根川）を幹線用水路として利用したものである。したがって、その幹線用水路から取水するためにはところどころに堰上げ施設を設ける必要があった。この幹線用水路は、元々河川であったことから低い位置を流れ、地域の排水を集めることになるので、用水と排水の両方の機能を持つ用排兼用水路となった。このような地域では、低平な地形条件もあって、用水を取水するために堰上げを行う下流側と、堰上げによって水害の危険が高まる上流側との地域的な対立関係（水争い）の発生が避けられなかった。

日本の農地利用においては、水稲作が最も有利であったことから、水源が安定的に得られる限り水田が開発され、江戸前期（1600年代）には水田面積は急速に増大した。それは、水田開発適地がある限り、各河川の利用可能水量を利用し尽くすまで続いた。ただし、河川を横断する堰を建設できないような大河川などでは、渇水時といえども流量の全部を取水できない場合もあった。

日本の主要河川の多くでは、その渇水時の流量を水田かんがいが占用するに至り、一つの河川から取水する複数の用水の間で、用水の配分を巡って対立が生じるようになった。そのような場合の水配分は、一般的に先に開発された用水（古田）が後に開発された用水（新田）よりも強い権利を持つ（古田優先）とされるが、実際は上流部に位置する用水が下流部の用水より有利に取水できる立場を持つ（上流有利）ことから、実際の農業用水間の配分は極めて複雑になる。これに、用水を開発し管理する各藩の関係もまた権利関係に影響を及ぼした。

特に、農業用水が不足する干ばつ時には、山地流域から流出する水が全て農業用水に取入れられるばかりでなく、一つの用水地区から河川に還元流入する排水も下流の用水によって全量使用されることになり、流域レベルで水資源は徹底的に利用された。そのようなときには、各用水地区の内部でも水不足によって地域間の厳しい対立が起こり、一旦かんがい用水として利用され、排水路に流出した水も用水として全て再利用された。旧河川を利用した用排兼用水路のように自動的に用水の反復利用が行われる場合のほか、排水を用水路に戻したり、排水をそのまま用水として使用したりするための施設が建設されるなどの結果、ほとんど全ての水田かんがい地区内には、無駄な水を一切出さない、極めて高い水利用効率を実現する徹底的な用排再利用システムができあがった。

(3)河川法と慣行水利権

江戸期から明治期への移行に伴って、農業用水は深刻な問題を抱えた。幕藩体制下の用水管理体制が崩壊し、新たな秩序が形成されなければならなかったからである。

明治29年に河川法が制定され、河川から取水しようとする者は河川管理者の許可を必要とする制度が導入された。しかし、その際、以前から取水を行っていた用水については、河川法施行規則の中で「許可ヲ受ケタルモノト看做ス」とされ、取水の権利が自動的に認められることになった。いわゆる慣行水利権である。この慣行水利権に対する考え方は、昭和39年施行の新河川法（昭和39年法律第167号）でも踏襲された。

(4)戦後の農地改革と土地改良区

戦後、農地改革が行われ、それまで全農地面積のおおよそ46％を占めていた小作地のほとんどが従来の小作人に売り渡され、日本の農業は、北海道を除いて平均経営面積約１haという、小規模の自作農によって担われることとなった。この成果を受けて、昭和24年に土地改良法（昭和24年法律第195号）が施行され、それまでの用排水改良、耕地の区画整理、開拓事業等のほか、事業完成後の用水管理も、一元的に土地改良法によって取り扱われることになった。これら土地改良事業に対する地元受益者の団体としては土地改良区が新たに設立されることになり、従来の耕地整理組合、普通水利組合、北海道土功組合は、土地改良区に一本化された。

土地改良区は、従来の組合が地主によって構成されていたのとは異なり、耕作者を組合員とする原則を採用した。また、土地改良区の運営に当たっては組合員一人につき１票の選挙権が与えられ、一定人数規模以上のものについては総代（代議員）制がとられた。最高議決機関は総会、又は総代会であることから、実質的に全ての組合員に土地改良区運営参加の機会が与えられ、情報開示がなされることになった。新しい水利事業等の開始に当たっては、全組合員数の３分の２以上の同意があればよいとされ、旧組合にあった大地主の発言権を重視する制度は廃止された。

その結果、ほとんど全ての農家が自作農となり、土地改良区の組合員になったことによって、多くの農民が自らの農地を改良する水利事業等に積極的に取り組み、投資する社会的基盤が形成された。

(5)戦後の農業用水需要期の変化

戦後に導入された水稲の早期栽培は、農業用水の需要期を大きく変えたという点で重要な意味を持つ。日本においては伝統的に、関東地方以西の多くの水田では二毛作が行われ、裏作には主として麦が作付けされてきた。麦の作期は、地方によって多少の差があるものの、その収穫期は大体６月で、麦の収穫が終了するとすぐに水田の代かき作業が行われた。６月には日本の各地が梅雨に入り（近畿地方での平均的な梅雨入りは６月７日、梅雨明けは７月21日）、ちょうど代かき用水確保の時期と合致していたので好都合であり、梅雨時期の田植の風景が日本人の原風景として定着した。そして10月から11月にかけて収穫するのが水稲の一般的作期であった。一方北関東以北では、気候の制約から水稲・麦の二毛作は行われず、水稲の単作が採用されてきた。田植の時期は西南暖地と同様６月が中心であったが、それは、本田は空いていても、春先の気温が低いため、早い時期に苗代で苗を育てることができなかったからである。

しかし、戦後、苗代の改良に伴って水稲の早期栽培が導入され、関東地方以西に普及していった。早期栽培は極早期、標準早期、準早期の三つに大別され、そのうち九州（奄美は除く）以北の最も早い暖地の極早期栽培では、改良苗代で育てた苗を３月下旬～４月下旬に移植し８月中に収穫する。利根川流域は早期栽培が普及した代表的な地域で、例えば千葉県では、昭和25年における田植の最盛期は６月中旬であったが、昭和44年には５月上旬になった。わずか20年の間に１か月以上の早期化が見られたことになる。早期栽培が普及した理由は多面にわたる。その主なものは、９月の台風による風水害の回避、登熟期における日照時間の確保、干害を受けやすい穂ばらみ期・出穂開花期の水不足の回避、老朽化田などにおける秋落ち対策である[2)]。

一方、東北地方でも冷害の回避という目的から、やはり改良苗代を利用した早植によって水稲作期が早まった。岩手県における田植の盛期は、昭和25年に６月上旬だったものが昭和58年には５月中旬に変わった[3)]。

早期化は当然河川水利用と深い関わりを持つ。一つ目は用水需要期の移動である。関東地方以西では、梅雨の前に用水需要期が移ることによって、代かき用水の確保が不安定になるという問題が生じる可能性をもった。二つ目には裏作との関係で、なかなか地域全体が早期栽培を採用できないという理由から用水需要期が分散し、農業用水の需要期が全体として長くなり取水量が増加したという点である。

(6)取水施設の改良と農業用水の統合

明治前期までの農業用水の取水施設は、多くが自然取入れ又は簡単な導流施設を持つ程度であったと思われる。全国的に見ると、吉井川、物部川を始めとして中小規模の河川では全川を横断する斜め堰が散見されるが、大河川を横断する堰はなく、しかも、河床に石を積んだ構造のものでは堰底からの漏水は不可避だった。江戸期に成立した利根川水系小貝川下流の福岡、岡、豊田の３堰は、関東三大堰として有名で、これは逆に関東地方では小貝川程度の大きさの河川が全面締切り堰の限界であったことを示している。３堰のうち最上流に位置する福岡堰では、明治19年に木造堰枠が築造されるまで、毎年、小土堤に丸太、竹、萱を用いて堰立てし、かんがい期終了後は舟運のために切り流していた。

河川の取水施設は、洪水によって被害を受けることが多く、取水の不安定要因であるとともに、その修復にかかる費用は水利組合にとって大きな負担であった。しかし、農業用水の対立、取決めが制約となって、一つの用水単独での取水施設の改良が実現しないこともあった。技術的には可能でも用水間の関係が阻んでいたのである。

このように、施設の改良や不合理な用水配分の改善といった方向が見いだせないという閉塞状況は、河川改修への対応（常願寺川、高梁川等）、発電ダム建設への対策（黒部川、庄川等）等、外部からの働きかけに対応する形で散発的に打開されてきた[4)5)]。また戦後には、干ばつ被害の解消、用水配分の合理化などを目的とする国営かんがい排水事業によって、複数用水の統合（合口）や取水施設の改良が進んだ。さらに、都市用水の需要増加に伴って、河川の上流部に数多くの多目的ダムが建設され、それに対応して中下流部の取水体制を整備した。

これまで、主要な河川で農業用水の取水施設の改良と合口が進められ、このことが、水利用合理化及び河川管理の改善に果たした役割は極めて大きい。

第一に、大河川を横断する堰の建設によって、渇水時に河川流量としては十分でありながら、取水することができないために起こる干ばつ被害を回避できるようになった。第二に、洪水による取水施設の被害とその修復のための農民負担を軽減できた。第三に、農業用水間の水配分に関する紛争の内部化（水配分を農業用水利施設内で調整できる）によって、より合理的な調整が実現できたのである。さらに、識者が早くに指摘[5]していたように、従前のように数多くの取入口を持っていては水利調整は極めて困難なままであったが、河川における取水施設・体制の単純化により水配分調整合理化が実現した例もある。利根大堰と河口堰ができた利根川や、犬山頭首工、馬飼頭首工の２堰に統合された木曽川などがその例である。

このような改良が実現できた基礎的条件の一つに、貯水池建設による水源の増強がある。明治期に入るまでに、ほとんどの河川で渇水時の全河川流量を使い切っても、まだ不足するほど多くの水田が開発され、農業用水同士ばかりでなく、各農業用水の内部でも用水の分配をめぐって激しい対立が存在する状況では、水源の増強なしに用水取水体制の整備・合理化は不可能であった。かんがい排水事業による農業用ダムや多目的ダムの建設は、主目的である新規用水の実現、既存用水の水不足解消に貢献したが、併せて取水体制の整備促進に寄与したのである。

(7)ほ場整備の進展と農業用水需要量への影響

かつて、水田の耕作は各農家が飼う牛馬の畜力に頼っており、耕地の大半は今日の棚田で見られるように不整形であった。現在では、ほ場整備事業と農作業の機械化が進んで、水田における水利用の仕方も大きく変わった。

従来の牛馬による耕作が変わり始めたのは戦後である。昭和28年頃から歩行型の耕うん機が普及し始め、急速に台数が増えて昭和42年には全国の所有台数は約300万台に達した。ちょうどそのころ、より大型で大馬力の乗用型トラクタが普及し始め、平成元年に200万台を超えた。さらに、今では当たり前となっている田植機も昭和45年から普及が始まり、平成元年には約220万台に達した。その後、農業機械は大型化・高性能化が進み、現在では農業機械の台数は横ばいから減少傾向にある一方で、トラクタ約160万台、田植機約100万台が普及するなど、ほ場整備の進展や農地の集積・集約化と相まって効率的な作業体系へ移行している。

水田を長方形区画にする耕地整理事業は、地主制下にあった戦前ではあまり進展せず、農地改革後、区画整理事業として大いに進むことになった。昭和38年から始まったほ場整備事業では、１枚の水田の大きさが0.3ha（＝30a、100m×30m）の標準区画が採用されて、末端用排水路の整備及び必要な地区には暗渠排水が実施された。各農家が多くの場所に分散して所有していた小区画の水田は換地によって２～３か所にまとめられた。この事業は、全国的な農業機械の普及を背景にしており、農業機械が通行するための農道整備も含んでいる。ほ場整備事業は、国、都道府県等の補助制度による支援もあって急速に普及し、平成３年までの28年間に151万haが整備され、平成21年度末でほ場整備率が62%に達した。その後も整備は進展し、令和５年時点では、水田のほ場整備面積は約160万ha、ほ場整備率は約69%となっている。また、更なる効率化や生産性向上、担い手への農地の集積・集約化を図る観点から区画規模の拡大が進められており、50a以上の区画整備は約29万ha（12%）、１ha以上の大区画化は約15万ha（6.3%）となっている。さらに、こうした基盤整備と一体的に担い手への農地の集積・集約化が進められており、担い手が利用する農地面積の割合（担い手への農地集積率）

は約61％となっている。

ほ場整備事業では、用水路と排水路を分離して独立に配置し、１枚ごとに水口と落水口を付けること、排水路は田面下１m程度と十分に深くして乾田化を図るのが標準的な方式である。これによって湿田の状態を解消して農業機械の導入条件を整え、高い作業効率を実現するとともに、個々の農家の用排水作業を容易に行えるようにするなどの効果を生んでいる。

ほ場整備の実施と大型トラクタ及び田植機の使用は水田用水需要へ影響を与えた。第一に、代かき田植の効率向上によって、短期間に作業を終えることができるようになったため、大量かつ安定的に用水を確保する必要がある代かき田植の期間が従前と比べて短縮され、用水需要量が高まった。第二に、田植機による田植では、手植の場合より丈の小さい稚苗を使用するため、田植時期が更に早期化する一方、苗が育苗箱の中で育てられることから、かつての苗代用水確保の問題は解消した。第三に、ほ場整備により深い排水路が整備されることによって水田からの浸透量が増大して減水深の増をもたらすとともに、水田１枚ごとから排水される水はほ場整備地区内では一般に用水として再利用されないので、地区全体としての用水需要量が増加することになった。第四に、担い手への農地の集積・集約化の進展に伴い、作期分散を目的とした品種構成の多様化等が進み、用水需要の時期や配水管理のあり方にも変化が生じている。

一方、地形条件等から区画拡大や機械化に制約がある地域では、農業者の減少や高齢化が深刻な状況にあり、農地及び農業水利施設の維持管理が課題となっている地域もみられる。特に中山間地域の水田は、食料生産に加え、国土保全、水源涵養、景観形成等の多面的機能の発揮に重要な役割を果たしており、その保全と営農の継続に向けた取組が重要となっている。

(8)農業用水の水利権と水資源管理

明治29年の河川法施行以後、慣行水利権を持つ農業用水が取水施設等河川に係わる改変、改良を行う際には、従前の慣行水利権を放棄し新たに許可水利権を取得することになったため、それら施設の改良などを契機に、順次、慣行水利権が許可水利権に切り替わってきた。平成12年度の農業用水実態調査（農林水産省）によれば、かんがい面積が1.0ha以上の用水取水施設は全国で113,911件あり、そのうち20％が許可水利権であるが、全かんがい面積に占める割合は53％である。

慣行水利権の内容は、取水の実行手段、取水方法等で定まっているものが多く、取水量は明確になっていないものが多い。また、その機能には、生活用水、防火用水、環境用水等地域用水としての機能を有している場合がある。

これに対し、許可水利権は、かんがいの時期別に最大取水量（期別最大取水量）が設定され、その後、年間の総取水量を制限する総量規制方式も付加されて今日に至っている[6)]。水利使用の目的も、農業用水ではなくかんがい用水と限定的に規定されている。

1.2 かんがい方法、用水路の昨今の動向

(1)かんがい方法等の動向

農業水利技術は時代とともに進展してきたが、それぞれの時代で主流となっていたかんがい方法が、その割合こそ変わってきているものの、現在においてもなお混在している実態に

あると考えられる。

図-1.1は水田のかんがい方法をタイプごとに模式図に示したものである。それぞれのタイプごとに特徴があることから、地域の実情に応じてその特徴を生かした形で取り込まれている。

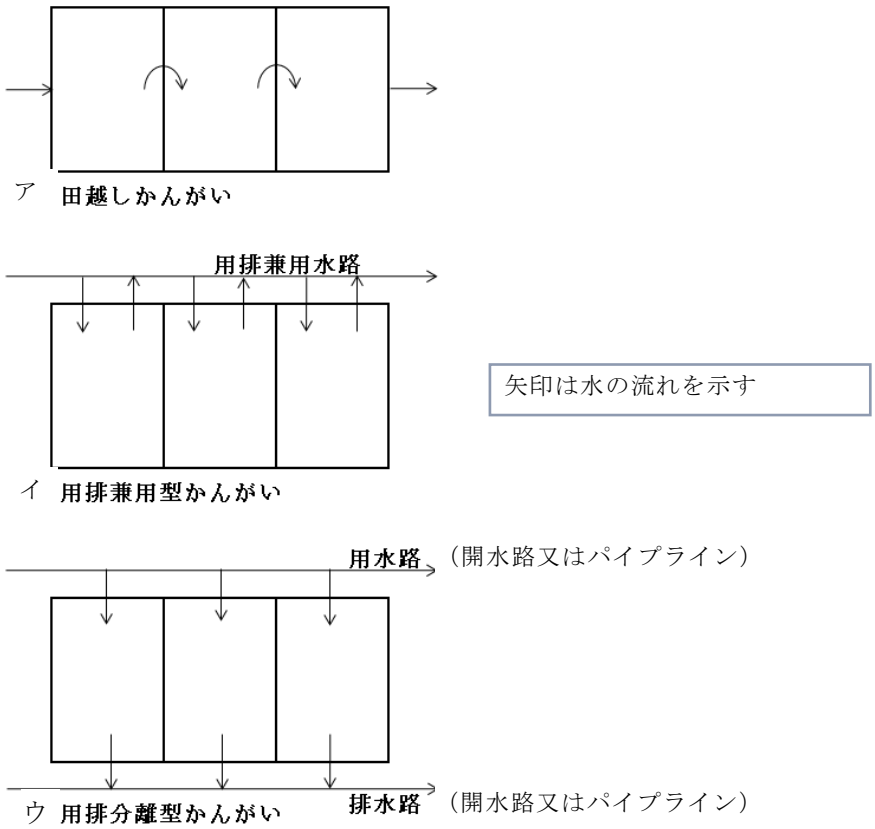


図-1.1　かんがい方法のタイプ

ア　田越しかんがい

いくつかの不整形の水田が一団として構成され、上流の水田から下流の水田へ順々に水が流れる仕組みとなっており、最も単純な形で水の持つ位置エネルギーを利用した方法と言える。明治期に至るまで主としてこの方法が続く。この方法では、農作業は一斉に順序良く進める必要がある。農作業の共同性が必然だったため各農家が独立して作業する自由がない一方、区画ごとの水管理が不必要なため全体としては作業が効率的である。

イ　用排兼用型かんがい（用排兼用水路）

明治時代になって土地の所有制が確立するとともに、集団的な区画整理が行われるようになり、この時期に多く、短辺に沿った用排兼用水路が配置された。水田に水を入れるときは、堰によって水位を田面以上に上げることにより、水の出し入れが可能となり、用水確保に苦慮している地域では反復利用のためのシステムとして利用されている。一方、他の水田と独立した水管理が行えないため、営農形態に合わなくなってきている地域がある。

ウ－１　用排分離型かんがい（開水路）

用排分離型かんがいは、用水路と排水路を分離して配置する方式であり、各水田で独立した水管理が可能となることから、多様な営農形態への対応や水管理の合理化に優れる。明治時代には既に試みられていたが、水路のためのつぶれ地が増えることと、用水の量が増えるため水が潤沢な場合にしか実施できないことから、この時代ではあまり普及しなかった。昭和24年の土地改良法の制定後、食糧増産対策として盛んに農地が開発されるとともに、用排兼用型から用排分離型への再整備により、用排水管理の機能性が改善され労働生産性が向上した。また、開水路による方式は、水路の状況を目視で確認しやすい一方、水路敷地を必要とし、溝さらえや草刈り等の維持管理作業を要する。

ウ－２　用排分離型かんがい（パイプライン）

本方式は、用排分離水路の一つの形式であり、一筆ごとにパイプラインから給水栓を通じて直接給水でき、水路敷地としてのつぶれ地がなくなる、開水路のような溝さらえや草刈りといった維持管理作業が省ける、途中で汚水が混入しないため水質が保持できる等の利点があり、農家にとって便利な方法である。圧力は自然圧とポンプによる加圧の場合があり、後者の場合、かんがい区域の最下流にポンプ場を配置することにより、排水を再利用する循環かんがいも可能となる。起伏に富む入り組んだ地形の場合や、逆に勾配の小さい低平地等の場合において開水路に比べて送配水上の利点が大きい。一方で、建設費が開水路に比べて割高になる場合があり、ポンプを配置すれば動力費がかかる。また、地中埋設区間においては、管内閉塞への対応や故障箇所の特定に手間を要する場合がある。

(2)地域資源としての農業用水

近年では、農村において過疎化、高齢化、混住化等の進行により、農業生産活動の停滞や集落機能の低下がみられ、農地、農業用水等の地域資源の適切な保全管理が困難になりつつある等、国土の保全や水源の涵養、自然環境・景観の保全等といった多面的機能の発揮に支障を来すことが懸念されている。人々の価値観・ライフスタイルが多様化している中で、農村で農業が営まれることにより発現される多面的機能は、農業を支えている農業者だけでなく、集落や都市部に住む多くの国民の生命・財産と豊かな暮らしの維持に貢献している。

そのことから、農地、農業用水等の地域資源は、食料の安定供給のみならず多面的機能の発揮の基盤となる社会共通資本として位置付けられており、地域の農業者だけでなく、地域住民や都市住民も含めた多様な主体の参画を得て、これらの地域資源の適切な保全管理を行うとともに農村環境の保全等にも役立つ地域協働の取組が各地で進められている。

1.3　慣行的な水利用、資源保全の取組等の事例

農業用水は、長い歴史の中で水田をかんがいするとともに生活用水、防火用水等にも利用されてきた（**写真-1.1～1.7**）。また、最近では、水源涵養や自然環境・景観の保全等といった多面的機能が期待され、農家だけでなく地域住民も含めた保全活動が進められている。

(1)慣行的な水利用の事例

ア　生活用水



写真-1.1　生活用水としての利用状況



写真-1.2　用水路に設置された洗い場



写真-1.3　親水水路に設置された洗い場



写真-1.4　「カワジ」と呼ばれる水くみ場

イ　防火用水



写真-1.5　道路下の暗渠脇にある防火水槽



写真-1.6　洗い場下の防火桝

ウ　消流雪用水



写真-1.7　用水路を利用した消流雪溝

(2)地域環境（歴史・文化）の保全に役立っている事例

ア　地区の概要

図-1.2は老朽化した用水路の改修の際に、同用水の豊富な水を利用して、石積み護岸水路、五連式揚水水車の設置、遊歩道及び休憩施設の整備を行った事例である。

地区の西側にはチューリップ公園、東側には他事業で整備した水車苑の公園等が隣接しており、これらの公園計画と足並みを合わせ、水辺空間を活用した生活環境や農村と都市住民との交流の場の創出を図ったものである。

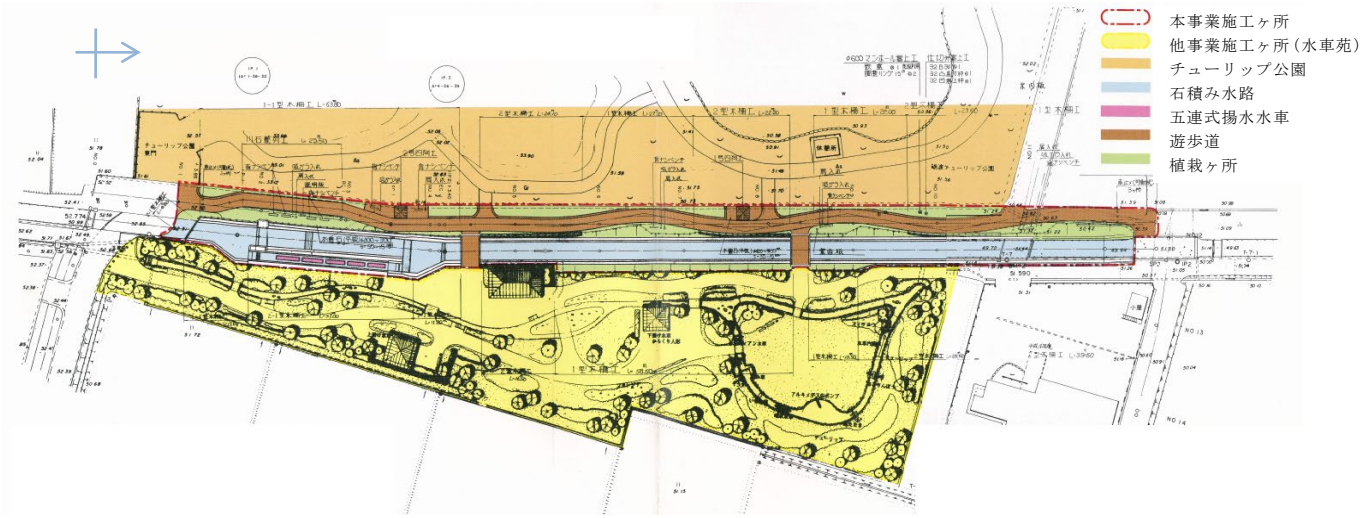
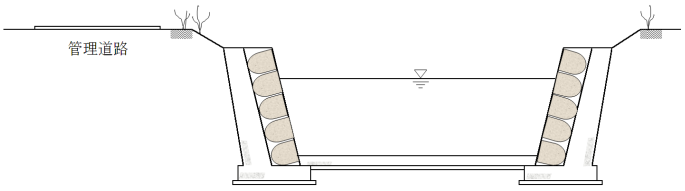


図-1.2　計画平面図

イ　用水路（**図-1.3**）

農業用水路は、昭和14年度に完成した合口堰堤（国登録有形文化財）から取水し、左岸幹線用水路を流下して、約1,000haの農地にかんがいしている。

この用水路は、古くから防火や消流雪等の地域の生活用水としても利用されている。



用水路の諸元

形式：石積み護岸水路　L=220m

上幅：4.78m

下幅：3.91m

高さ：1.30m

流量：約 6.3m^3/s

図-1.3　用水路断面図

ウ　五連揚水水車（**写真-1.8**）

地区内では、古来より急勾配の地形を豊富に流れる水を活用する上掛水車やらせん水車等各種の水車が各所で見られ、脱穀、精米、籾すり、わら打ち、縄ない等の農作業の動力源として利用されていた。しかし、近年の用水改良事業とともに水車は年々減少の一途をたどり、昭和の後半にはその姿を消している。このような先人たちの英知や苦労を多くの人々に伝えるため、水車の復元を行った。



五連式揚水水車の諸元
直径：4.10m～5.46m
幅　：1.0m
台数：5台
材質：松材、杉材、鉄材、樫材を利用

写真-1.8　五連式揚水水車

(3)地域協働の資源保全活動の取組事例

ア　地区概要

急峻な山岳地帯の麓に広がる扇状地帯において、豊富な雪解け水が流れ込む県内でも有数の水質良好な一級河川より取水していることから、用水路には清流を好むイワナやカジカが生息している地区である。上流部は天然林の中を流下しており、ムカシトンボやヒメギフチョウなどの希少種が生息していることから、環境に配慮した空石積み護岸により整備された。

また、この整備を契機として、行政・土地改良区・自治会等で構成された地域用水対策協議会が設立され、施設や農村環境、地域用水の重要性など身近な環境の重要性を広く住民に認識してもらうための活動を展開している。

イ　農業用水路を活用した自然学習

この豊かな環境を生かし、地域の子供たちを対象とした自然観察会（**写真-1.9、1.10**）や水路を流れる水の水質調査（**写真-1.11**）など野外環境学習の場として活用されている。このような活動を通じ､水路や周辺に生息する生き物に直に触れ、きれいな水が流れていることを体感することにより、この自然環境やきれいな水を守る大切さを子供たちに伝えている。



写真-1.9　水生昆虫の観察会



写真-1.10　専門家を招いての自然観察会



写真-1.11　野外授業で行った水質調査

ウ　水路を守り、はぐくむ協働活動

農業者と地域住民が一体となり、親水水路や周辺環境の整備（**写真-1.12**）を行うことで、地域住民が親しめる親水広場づくりを行っている。また、水路周辺の草刈りや清掃（**写真-1.13、1.14**）、特定外来生物に指定された植物の駆除を定期的に行うなど、環境の維持にも努めている。

この活動を通じて、農業者以外の住民にも身近にある農業用水路と自然環境に関心を持ってもらい、資源保全活動を推進していく機運の醸成に努めている。



写真-1.12　住民との協働による親水広場づくり



写真-1.13　水路周辺の雑草除去作業



写真-1.14　水路の清掃活動

引用文献

1) 大熊孝：利根川治水の変遷と水害、東大出版会(1981)
2) 科学技術庁資源局：水稲早期栽培と農業水利(1962)
3) 東北農政局：北上川水系農業水利誌(1995)
4) 新沢嘉芽統：農業水利論、東大出版会(1955)
5) 新沢嘉芽統：河川水利調整論、岩波書店(1962)
6) 岡本雅美：水利権問題の周辺、ジュリスト総合特集 23 号、有斐閣(1981)

参考文献

■ 農林水産省：改正基本法に基づく初の食料・農業・農村基本計画（参考資料）(2025)
■ 農林水産省生産局：農業機械をめぐる現状と対策 (2013)
■ 関東農政局：水稲作期現況調査報告書(1981)
■ 石川日出志：農耕社会の成立、岩波新書 1271、岩波書店(2010)
■ 大橋欣治：耕地の区画整理（土地改良事業）の展開と展望、農業土木学会誌、67(8)(1999)
■ 岡本雅美：水田農業用水の計画需要水量の推定法、水利科学、17(2)(1973)
■ 金子良：農業水文学、共立出版(1973)
■ 佐藤政良：農業用水の特性と今後のあり方、水資源・環境研究、10 巻(1997)
■ 新沢嘉芽統・小出進：耕地の区画整理、岩波書店(1963)
■ 新沢嘉芽統：水利の開発と調整（上巻）、時潮社、(1978)
■ 全国土地改良事業団体連合会：土地改良制度資料集成、第一巻(1980)
■ 農業土木学会：農業土木史(1979)
■ 農業土木歴史研究会：大地への刻印、全国土地改良事業団体連合会(1996)
■ 農業水利問題研究会編：農業水利秩序の研究、お茶の水書房(1961)
■ 農林省農地局：日本農業と水利用(1960)
■ 農林水産省農村振興局計画部資源課：環境保全計画基準化調査委託事業報告書 (2003)
■ 広田純一：戦後の水田経営形態の変化と圃場整備方式の展開、農業土木学会誌、67(9)(1999)

２．農業用水の区分・特徴

（基準 1.2.2、2.3.4 関連）

本章においては、農業用水の区分について解説するとともに、農業用水が有する特徴あるいは機能等について具体的な事例を交えて紹介する。

2.1　農業用水の区分

農業用水は、農業・農村において、それらの維持・発展に係る利水の総体であり、かんがい用水としての機能のみならず、地域用水としての機能を有している。農業用水の基本的な区分は、**表-2.1** に示すとおりであり、地域用水がかんがい用水に機能として内在する場合と外在する場合がある。

表-2.1　農業用水の区分

区　分		機　能	代　表　的　な　例
かんがい用水		作物の生育促進 栽培管理 施設の管理 水質の改善	 苗代、代かき、深水、高温障害対策の掛け流し、 準備用水（地下水位上昇、水田の融雪） 栽培環境の改善、気象災害の防止、管理作業の省力化 配水管理、水路維持 農作物への被害防止
地域用水	かんがい用水ではない営農用水	洗浄 農業用施設の管理 家畜飲雑用	収穫物・農機具の洗浄 施設の保温・冷房 家畜飲用、畜舎の洗浄・冷房、牛乳の冷却
	狭義の地域用水	飲雑用 防火・消流雪 環境の維持等	農業集落等の飲用・生活用 防火用、農業集落一般の消流雪用 景観維持修景用（親水）、環境維持用（浄化）

水田かんがい用水以外の農業用水を確保しようとする場合においては、農業用水の機能等を十分に検討した上で、当該用水量を水田かんがい用水量とは別個のものとして取り扱う必要がある。

以下に、地域用水について解説する。

(1)かんがい用水ではない営農用水

かんがい用水以外に、農業を営むために利用される用水であり、収穫物・農機具の洗浄や施設の保温・冷房、家畜の飲用、畜舎の洗浄等のための用水が含まれる。

(2)狭義の地域用水

営農用水以外の地域の生活に密接な関連を有する用水であり、農業集落等の飲用・生活用、防火用、農業集落一般の消流雪用、景観維持修景用、環境維持用等のための用水が含まれる。

ア　飲雑用水

飲雑用水については、上水道の普及等により、需要は減少している。

イ　防火用水

防火用水の使用は、流水の排他的かつ継続的使用に当たらないことから、水利使用の目的にはなり得ないという解釈がある。それゆえ、現在、水利使用目的に記載されている場合についても、水量は「かんがい用水」の内数であることが多い。

ウ　消流雪用水

豪雪地帯では克雪対策の一環として、消流雪施設の整備が進められている。

エ　環境用水

環境用水は、水質、親水空間、修景等生活環境又は自然環境の維持、改善等を図ることを目的とした用水である。農業水利施設を活用して、新たに消流雪用水、環境用水を流す場合には、一般に市町村が水利権を取得し施設の他目的使用をしている。なお、これらの用水の取得については国土交通省から許可基準等[1)2)]が発出されている。

2.2　農業用水の特徴

(1)広域的な水循環

農業用水の大きな特徴は、自然界の水循環と融合した形で利用されていることにある。上流で取水され農地に導かれた農業用水は、使用後河川や地下水に還元され、下流で再び農業用水や都市用水などに利用される性格を持っており、上水、工業用水等がその使用量の大部分を消費してしまうのに対し、顕著な特色を有している。また、水田や水路を通る過程で、ろ過され酸素を取り込むことで、水質を浄化する機能が発揮される場合もある。

(2)必要水量の変動

農業用水の必要量は、作物の生育の過程により変化するほか、気象条件、土壌条件等の自然的諸条件の変化等によっても影響を受けるという特性を持っている。

水稲作では、最初に苗代用水が、次いで代かき用水が必要となり、一般的にこの時期が農作業期間を通じて最も多量の水を必要とする。田植の終わりから活着、分げつ期までは、生育上用水の補給は不可欠である。その後中干しの時期となり一時的に水を落とす。そして、穂ばらみ期は、水稲が全生育期間中最も水を必要とする時期となり、出穂後１か月程度で落水する。代かきから出穂後の落水まで約100日間というのが我が国の標準的なかんがい期間であるが、近年は栽培方法の多様化等により長くなる傾向がある。

稲は、品種により早生、中生、晩生があり、それぞれ作期が違うことから水利用のパターンが異なるので、品種の選択は水利用に大きな変化を与えることとなる。また、田植機の導入や、農家の兼業化に伴う休日農業や栽培管理上の理由などの影響により、水使用のピークが特定の時間帯に集中する傾向がみられる。

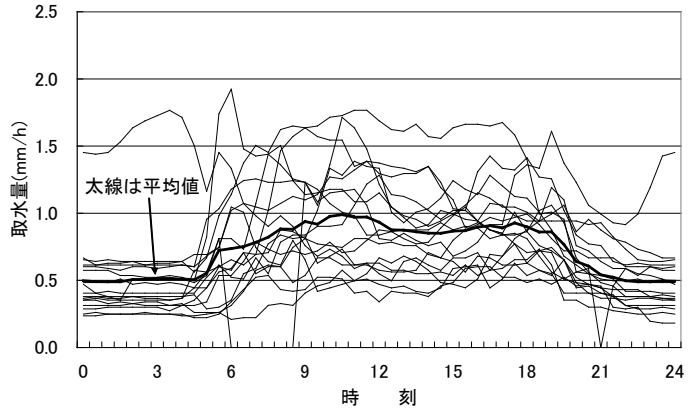
このほかにも、降雨量の変動は、かんがいの必要量を変動させるほか、その長期的な変動傾向は水源水量の安全度にも影響を与える。さらに、低温による生育の遅延等によってかんがい期間を延長することや冷害対策としての深水管理、高温障害対策として間断かんがいや夜間通水の必要が生じるなど、気象条件によってかんがいの時期、期間、水量が変化することがある。

ほ場への取水が管水路から行われる場合には、給水栓の開操作の時間的集中に起因して、給水栓ごとの吐出量に大きな差が生じるなど、送配水管理上の障害が発生することがある。

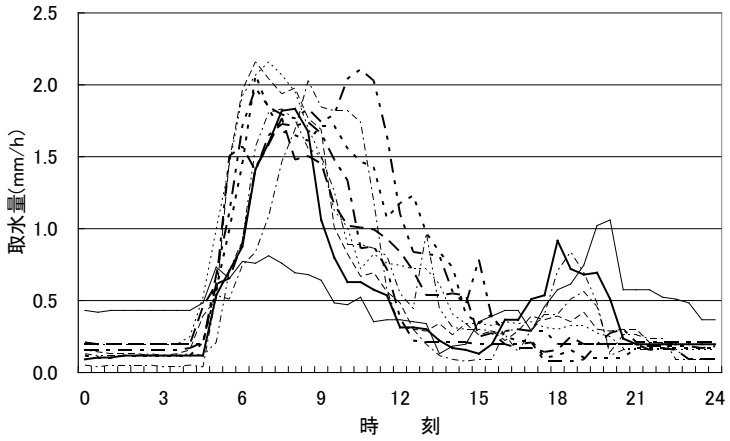
また、開水路形式の幹線用水路から管水路形式の配水施設に分水される場合には、分水量の短期変動が幹線用水路の水位・流量に影響して送水管理を不安定にすることもある。これらの障害を回避するためには、管水路形式の配水施設における用水利用の特徴を理解しておく必要がある。

図-2.1は、北海道にあるクローズドタイプ管水路の配水施設における取水量の日内変動の事例である。ここでの取水量は、配水施設全体への分水量を作付面積で除した値である。冷害の危険のある地域では、活着期から幼穂形成期の始めにかけて、水田水温の保持のために早朝あるいは夜間に取水することが推奨されている。この事例では、活着期～出穂期直前の期間において、早朝の４時前後に給水栓の開操作が始まり、６時には取水量が最大値を示している。この最大流量は、管水路の設計流量にほぼ等しい。夜間の取水も推奨されているものの、早朝に比べて夜間の取水量は小さい。深夜の給水栓操作は労力の負担が大きいために、開栓・閉栓の両方が負担の小さい時刻になるように、取水時間帯が選択されていると考えられる。

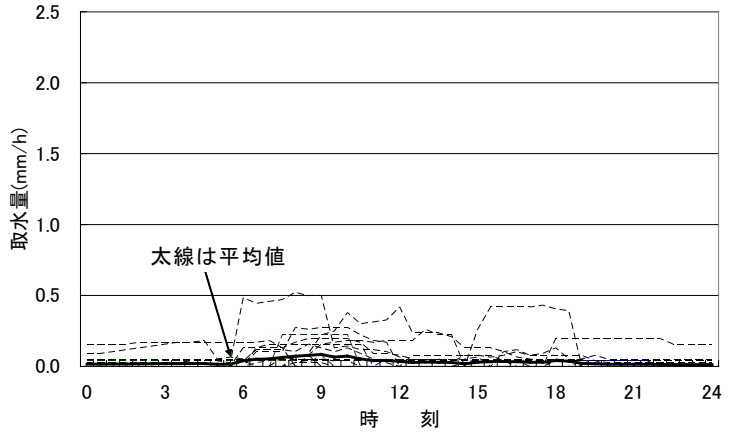
このようなことから、更新整備によって小用水路の形式が開水路から管水路に変わる場合には、ほ場での取水量やそれに伴う配水施設への分水量の日内変動と、その変化について、十分に検討する必要がある。



代かき移植期（５月 17 日～６月２日）



活着期～出穂期直前（６月３日～７月 25 日のうち日取水量の上位 10 位までを作図）



出穂以降（７月 26 日～８月 19 日）

図-2.1　管水路形式の配水施設における取水量の１日の変動
（計画受益面積 390ha、作付面積 275ha の管水路での 1996 年の調査結果）

引用文献

1)「消流雪用水の取扱いについて(平成４年８月 31 日　建設省河調発第９号、建設省河源発第 12 号)」、及び「消流雪用水の取扱いについて(平成 12 年 12 月 12 日　建設省河調発第８号、建設省河源発第 12 号)」

2)「環境用水に係る水利使用許可の取扱いについて(平成 18 年３月 20 日 国土交通省河調発第 12 号、国土交通省河流第７号)」

３．地元意向の把握

（基準　2.2、2.3.1 関連）

現行の土地改良法では、土地改良事業計画の概要について、市町村との協議を求めるとともに、国営・都道府県営事業については、あらかじめ計画の概要を公告・縦覧し、地域住民はこれに関する意見書を提出できる仕組みとなっている。調査・計画の段階から、受益農家のみならず地域住民からも、事業の内容に関する意向・要望の把握を行い、これらを踏まえて事業計画を作成することが重要となる。

本章においては、地域住民が地域景観の維持保全へ積極的に参画した事例を紹介する[1)]。

(1)取組概要

国営かんがい排水事業「Ａ地区」では、基幹的排水路の整備改修を行うに当たり、地域住民参加によるワークショップ等を通じて、環境に配慮した工法や住民参加型の施設管理のあり方等について合意形成を図った（**写真-3.1**）。



写真-3.1　ワークショップの開催状況

(2)取組内容

基幹的排水路の整備を行う際、土水路で樹木の残された区間（約 200m）を景観重点区間と位置付け、住民参加によるワークショップを開催し、環境配慮の設計施工や維持管理のあり方を議論し決定した。これを受け、事業者は沿線樹木を残す等、住民意見を取り入れて工事を施工した（**写真-3.2、3.3**）。



写真-3.2　改修工事前



写真-3.3　改修工事後

また、20回以上にわたるワークショップ等の開催を契機として、地域住民による自主的な維持管理支援組織が設立され、土地改良区と連携して維持管理を実施するなど地域住民の維

持管理への積極的な参画につながった（**表-3.1**）。

その後、景観を含めた環境の保全・向上について検討することを目的として、地元自治体、土地改良区、維持管理支援組織及び国（土地改良調査管理事務所）による環境検討会が組織され、農業者、地域住民及び行政が一体となり、将来の維持管理体制を構築すること等について検討が行われた。

表-3.1　ワークショップ等の開催内容

年　月	ＷＳ・検討会	内　容
H15.11～H16.1	ＷＳ・第１回～３回	現状認識と要望、イメージ図の作成
H16.2～H16.3	工法検討会３回	イメージ図の評価、断面の技術検討
H16.4～H16.8	ＷＳ・第４回～７回	工法検討会案の報告・了承 完成後の維持管理について
H16.11～H17.1	維持管理検討会10回	工事完了後の住民参加型維持管理の検討
H16.5～H18.2	イベント等の実施	草取り、魚のつかみ取り、ウォーキング、自然観察会（**写真-3.4～3.6**）
H18.2	ＷＳ・第８回	管理組織案の報告
H18.2	設立総会	維持管理支援組織を設立



写真-3.4　草取り状況



写真-3.5　魚のつかみ取り開催状況



写真-3.6　自然観察会開催状況

引用文献

1)　食料・農業・農村政策審議会農業農村振興部会技術小委員会：
農村環境の広域的な保全に向けた構想づくりガイドブック、p.80（平成22年８月）

４．他事業関連調査

（基準　2.3.9、3.2.1 関連）

本章においては、他の関連する事業との連携調整や関連機関との各種協議調整について、調査計画段階での留意事項等を解説する。

(1)関連農業農村整備事業

地区及びその周辺地域について、土地改良法に基づく事業（農業用用排水施設整備、区画整理、農道整備等）、農村生活環境等の整備についての実施状況（計画中、実施中、実施済）を確認する。さらに、各事業がある場合には、それぞれの事業において定められた計画及び設計の諸元等（路線配置、施設の構造、施工年度、施工時の状況、地元負担金、負担金の年償還状況）について調査する。また、これらの事業に対する土地改良区、都道府県、市町村、農業協同組合、農家等関係者の評価等について調査するとともに、必要に応じてこれら関係者との協議調整を行う。

また、用水計画の作成に当たっては、事業主体や事業規模の大小を問わず、調査の対象範囲を水源施設から末端ほ場までの一連の水利システム全体とすることが必要である。このため、末端ほ場において予定される関連事業がある場合には、用水計画の基礎諸元の整合を図るなど、施設計画や管理運営において課題が生じないよう関連事業主体との十分な調整が必要である。

(2)河川の改修事業等

地区及びその周辺地域における河川については、河川整備基本方針及び河川整備計画の内容を確認する。特に、路線位置、河川幅、断面、勾配、計画高水位、平水位、敷高、単位排水量、地区の湛水状況、用地の生み出し方法、施工年次計画等について把握し、事業計画の策定において協議調整が必要となる事項についての整理が必要である。

(3)道路の改修・新設事業等

地区及びその周辺地域において、国道、都道府県道及び市町村道の改修や新設の計画がある場合は、路線位置、用地幅、構造、幅員、施工時期、用地の生み出し方法等について把握し、事業計画の策定において協議調整が必要となる事項についての整理が必要である。

(4)地区周辺の市街化区域等での事業等

都市計画法による市街化区域、農業以外の用途に使用される区域を明確にするとともに、これら区域における関連の事業等、事業計画の策定において協議が必要となる事項についての整理が必要である。

５．営農・土地利用関連の調査計画

（基準　2.3.3、3.2.2、3.3.2 関連）

本章においては、営農・土地利用計画を策定するに当たって、農業の現況に関する調査の具体的な項目、内容等について解説するとともに、事業を契機とした地域水田農業のあるべき姿の実現に向けた計画策定の事例を紹介する。

5.1　農業に関する各種現況調査

農業に関する各種現況調査の標準的な調査項目とその内容は以下に示すとおりであるが、必要に応じて適宜調査項目を選択又は追加する。

(1)地域社会経済に関する項目（地域とは原則として当該地区を含む市町村の範囲とする。）

①　市町村計画における当該地区の位置付け
②　農業振興地域、都市計画区域等の指定状況
③　産業別就業者数、生産額等
④　農地転用の実態
⑤　各種地域指定

(2)地域農業に関する項目

①　経営耕地面積規模別経営体数
②　農産物販売金額規模別経営体数
③　農業経営組織別経営体数
④　主副業別・専兼業別農家数及び認定農業者数の動向並びにこれらの経営規模別戸数
⑤　地目別耕地面積の動向
⑥　農家世帯員の農業就業状態別、性別及び年齢別人数
⑦　作物別作付面積、生産額
⑧　農業産出額の推移

(3)農業構造等調査

ア　農業経営構造調査

地区の農業経営構造の実態を明らかにするとともに、営農類型別の経営収支や作物ごとの収益性についても明らかにし、地域が目指す水田農業の姿に照らして、その課題と対策を検討する。

イ　農業生産構造調査

地域における農作物作付、家畜飼養頭数及び農業産出額の動向を整理し、地域農業構造を金額的に把握し、その課題と対策を検討する。

ウ　農業経営類型調査

市町村が策定する農業経営基盤の強化の促進に関する基本構想などの既存資料を収集し、地域の優良な経営指標などを把握し、その課題と対策を検討する。

エ　所得構造調査

地域における農家経済の動向及び代表的農家の所得実態を明らかにし、その課題と対策を検討する。

オ　流通構造調査

農産物の作物別、時期別の流通量と価格及び流通体系を調査するとともに、作物ごとの需要見通しを明らかにし、その課題と対策を検討する。

カ　水利構造調査

現況の土地条件及び水利条件を明らかにするとともに、既往の事業の展開過程、水利慣行の形成過程等について調査し、農業の発展を阻害している要因を土地利用面・水利面から明らかにし、その課題と対策を検討する。

(4)土地利用現況調査

ア　非農業的土地利用の現況、各種の土地利用規制及び土地利用計画、地域の開発振興計画等を調査分析する。特に都市的土地利用と農業的土地利用の競合状況とその調整方向を明らかにする。

イ　農用地の利用区分､作付方式､作物別作付面積及び土地利用率の現況を明らかにする。

ウ　農用地の土地利用のあり方(地目､作物)を中心とする現況の地帯区分の設定を行う。

(5)営農立地調査

ア　主要作物と栽培管理体系に関する調査

（ア）栽培作物等調査

過去数年間の農林統計及び農業普及指導センター等の資料により、また、現地調査を併せて行うことにより、市町村ごとに栽培作物の種類及び作付率を調査する。

（イ）栽培期調査

主要作物について、農業関係試験研究機関、農業普及指導部局、農業協同組合等からの聞き取り及び現地調査により作物別の栽培期（播種期、移植期及び収穫期等）を把握する。

（ウ）栽培技術調査

主要作物について、農業関係試験研究機関、農業普及指導部局、農業協同組合等からの聞き取り及び現地調査により作物別の栽培技術及び家畜飼養技術の概要を調査する。特に、水稲については、品種構成（早生、中生、晩生）、栽培方式（移植栽培、乾田直播、湛水直播、不耕起栽培、有機栽培）、苗代方式、代かき及び田植の時期、水管理状況、施肥・防除方法、かんがい方式、かんがい期間、生産組織等を調査する。

また、農業普及指導部局や農業協同組合等による、栽培、営農指導の内容、実施状況についても把握する必要がある。

イ　収量及び被害量調査

（ア）収量調査

統計資料等により、異常年を除く最近５年間の収量を市町村別に調査することを原則とし、必要により現地調査を行い補足する。

また、地区の事情により、上記による収量が現実と著しく相違すると考えられる場合には、現地ほ場での収量調査（坪刈り）等のデータも参考として決定する。

（イ）被害量調査

統計資料、農業共済組合の資料等から得た最近 10 年間の市町村別被害量（要因別）を基に、市町村、農業協同組合等地元関係機関の被害調査記録の把握及び聞き取りを中心として調査を行い、被害の発生地域、面積、程度、要因等を明らかにする。なお、調査結果は、被害発生状況図にまとめることが望ましい。

(6) 土壌調査

用水量、暗渠排水や客土の必要性等の検討のため、土壌の形態とその成因、形成過程、分布の状況等を把握し、土壌区分について整理する。

土壌の基本的性状について、全国的に調査され体系的にまとめられたものとしては、施肥改善事業*1及び地力保全基本調査*2による成果がある。

土壌断面調査の結果を用いて土壌区を設定するためには、各調査地点の土壌諸性質のうち重要と考えられるものを組み合わせて土壌類型の基本形を作り、施肥改善事業に示す土壌区分基準に準拠して取りまとめる。

＊1　施肥改善事業

戦後の食糧増産対策を背景として、都道府県農業試験場において昭和 28～36 年度に水田を対象として実施された土壌調査事業であり、土壌区分及び施肥標準の設定が行われた。

＊2　地力保全基本調査

農耕地の地力保全対策の推進を目的として、都道府県農業試験場において昭和 34～51 年度に実施された土壌調査事業であり、土壌統を基本とした体系的な土壌区分が整理された。

5.2 計画事例

水利施設の更新整備計画の検討に当たり、営農検討組織の設置等を通じて、土地利用率の向上等に向けた営農・土地利用計画を策定した事例を紹介する。以下に、調査計画の各段階における取組を示す。

(1)概査

概査では、地域農業の現状や土地利用、地域農家の動向等について、センサス等統計資料や県農業普及指導部局の将来ビジョン、各市町村の農業経営基盤の強化の促進に関する基本的な構想及び農業振興地域計画等から把握した。

望ましい農業構造の早期実現を見据え、目標とする農業経営類型に係る経営見通しを判断した上で事業の推進を図ることが重要となるため、その基礎となる資料について収集するよう努めた。

(2)基本構想の策定

地域の自然及び社会経済条件、各種振興計画・開発プロジェクト等を把握した地域社会経済の概況調査結果や、農業経営、農業生産、農業所得、流通、水利等を把握した農業構造調査結果から、県・市町村等関係機関の地元意向及び各種計画との整合性を持たせ、土地改良事業の持つ意義（農用地の整備、農村生活環境の整備等を通じた農村の産業・生活・文化の維持発展、国土の防災・保全、地域資源の維持増進等）を十分踏まえた上で基本構想を策定した。

(3)精査及び計画策定

精査では、作物の作付方式（例えば水稲ならば作型の違いによる生育ステージごとの水管理の違い等も整理）や土地利用、営農類型の整理と経営収支の試算等を行い、営農・土地利用計画の策定に反映させた。

ア　営農検討組織の設立・運営

地域の営農の方向及び事業後の農業経営の内容を十分に検討し、受益農家の意向を踏まえた営農計画となるよう、営農検討組織は事業主体、県、市町村、農業協同組合、土地改良区、受益農家代表で構成した。

営農検討組織の会合は計５回開催し、まず、地域農業の現状についての認識共有から始め、土地利用の計画、作物別の作付方式の整理、農産物の流通体系の把握、営農類型の設定と農業所得の推計、今後の地域農業の特徴ある展開の方向を検討し、結果を営農計画書として取りまとめた。

イ　営農類型の整理と経営収支の試算

地域の農業経営の近代化と安定を実現する基本的な営農類型の整理を行い、また、事業後の償還の妥当性を十分検討するため、類型ごとに経営収支を試算した。

営農類型の設定に当たっては、高度な基盤整備水準のほ場を有する本地区の特性に合わせ、県で策定されたビジョンに掲げる「ビジネス経営体」の育成方針や、各市町村の農業経営基盤の強化の促進に関する基本構想で掲げる「効率的かつ安定的な農業経営の推進」をもとに整理した。

ウ　地域農業の動向

地域農業の状況については、調査計画段階において設置した営農検討組織が、地域一体となって営農計画書を取りまとめたことなどから、地域の営農意識が高まり、経営体の育成及び経営規模の拡大が進んでいる。温暖な気候と、自由度が高くなった用水利用による畑作物や施設園芸の導入が盛んで、農道整備により良好となった運搬条件を生かして、県内のみならず東京、名古屋などの市場に多く流通しており、水稲＋野菜の複合経営が確立されている。

また、事業を契機に地域農業の柱となる農業生産法人が、高齢化や混住化が進む地域の水田集積や大型機械導入による水稲作業受託の拡大を進めるとともに、小麦・大豆などの転作作物の作付拡大や農地の高度利用（水田裏作）としての秋冬作レタス栽培、食味値*80 以上の一等米の出荷等、収益性の高い経営の実践がみられる（**写真-5.1**）。



写真-5.1　レタスの定植状況

さらに、営農意識の高まりが要因の一つとなり、事業の着実な進展に合わせて育成された経営体の中には、地域の子供たちに、田植、さつまいも掘り、落花生の植付けと収穫、収穫した作物でのお菓子作りなどを体験させ、農業や食への関心を高める食農教育の場を提供している事例もある（**写真-5.2**）。



写真-5.2　食農教育の状況（さつまいも掘り）

＊　食味値

「アミロース」「タンパク質」「水分」「脂肪酸度（玄米）」の４成分を測定し、『おいしさ』を点数で表したもの。100 点満点で表し数値が高いほどおいしい米になる。

（農林水産省農村振興局農村政策部農村環境課調べ(2011)）

参考文献

■ 構造改善局計画部長通知（平成６年11月16日6-10）：受益農家の意向を踏まえた営農計画の策定について

６．用水量調査

（基準　2.3.4、3.3.3 関連）

水田かんがいのための計画用水量の算定に必要となる水量には、代かき用水量、期別蒸発散浸透量（減水深）、栽培管理用水量、さらには、送水損失水量、配水管理用水量及び施設機能維持用水量からなる施設管理用水量等がある。

本章においては、現況用水量の把握及び計画用水量の算定の基礎となるこれらの水量を把握するための基本的な調査方法と留意事項等について解説する。

6.1　一筆ほ場での用水量調査

6.1.1　調査の概要

ほ場単位用水量を把握するための調査の概要と一般的留意事項は以下のとおりである。

① 代かき用水量及び普通期ほ場単位用水量の調査は、実測により行う。ほ場における観測は、一筆ごとの減水深により湛水期間中毎日行うことを原則とするが、各生育ステージ別の集中観測で代替してもよい。

実測調査は、原則として２か年以上実施する。単年調査では、対象水田の蒸発散浸透量（減水深）を代表する（平均する）値が得られているかどうかの評価が困難であるため、できるだけ同一ほ場で複数年にわたり調査を行うことが望ましい。特に、代表地点については可能な限り継続し、観測値の十分な蓄積を行う。同一ほ場での継続的な観測ができない田畑輪換を行う水田においては、ほ場の大きさ、周辺環境、土壌物理性、作付作物や栽培管理などの営農状況等、条件ができるだけ類似しているほ場を選定して調査を行うことが望ましい。

② 調査箇所は、想定される減水深タイプごとに最低２点以上は必要であり、調査密度を３～５点/100ha 程度（例えば、一つの減水深タイプの面積が 100ha 以内である場合は 20～30ha 当たり１点、100～300ha の場合では 50ha 当たり１点、300ha 以上の場合では 100ha 当たり１点の割合）として、減水深タイプ数及び面積規模に応じて十分な調査精度が得られるよう設定する。なお、畑利用から再度水田利用へ転換した水田、すなわち還元田の調査箇所は普通田との比較対照が可能となるよう設定する。

③ ほ場での通常の単位用水量のほか、必要に応じて深水かんがい用水等栽培管理用水の単位用水量の調査を行う。

④ 代かき用水量調査地点及び普通期ほ場単位用水量調査の代表地点で、土壌断面及び土壌物理性の調査を行う。

⑤ 観測値の取りまとめは、代かき期及び普通期における生育ステージに関連させて整理するとともに、地形、地質、土壌、地下水位等からみて同一のほ場単位用水量パターンとする区域を表すほ場単位用水量区分図を作成する。

⑥ 事業の実施により減水深等の変化が予測される地区にあっては、地区内の暗渠排水施工田あるいは周辺の乾田化された水田で減水深を測定する等により、計画減水深等の推定を行う。

⑦ 還元田の代かき用水量及び減水深は大きい傾向にあるが、地下水位の高いほ場では連作田との差が小さい、あるいは鎮圧を実施したほ場では連作田より小さい等の場合もあるため、用水量の

割増率を実測データをもって検討する必要がある。なお、水田を畑利用する場合のほ場単位用水量は、畑地かんがいの諸元調査によることとなり、その方法は計画基準「農業用水（畑）」に準じる。その際、水田と隣接する畑利用のほ場を調査する場合は、水田からの横浸透（畦畔浸透）の影響に留意する。

⑧　調査地点における実測値は抽出標本というべき値であるので、計画値は取水実績、広域的水収支結果、先行事例、その他の調査項目の成果等を含めて、総合的に検討することが必要である。

⑨　ほ場単位用水量調査は、計画地区内の水田で行うものとするが、調査対象水田がない場合（乾田化、客土、田畑輪換等を計画する場合）には、代表的な調査地（又はほ場）を設定する。

⑩　調査期間は、水稲の作期、土地利用（裏作、輪作体系等）を十分に把握して判断する。

⑪　測定結果については、気象（雨量、蒸発量）及び農作業（中干し、落水等の水管理、機械体系）等の記録と照合させて整理する必要がある。

⑫　かん水技術や水管理方法の変化に伴い、ほ場単位用水量の把握に当たっては、減水深測定に加え、ブロック水収支調査、一筆取水量測定等による実測データの収集が重要となっている。このため、流量規模、水路条件及び測定目的に応じて、計量堰、パーシャルフリューム、流量計、転倒枡、オリフィス等を適切に選定し、流入量及び流出量の把握に努めることが望ましい。

6.1.2　初期ほ場単位用水量調査（代かき用水量調査）

初期ほ場単位用水量は、短期間のうちに多量に必要な場合がある（代かき時等）ことから、水源計画や用水路の断面の決定など用水量計画上重要な役割を持っている。

その調査は、地形、土壌、土地利用、代かき方法などが周辺地域を代表している水田を選び、流入量と所要時間を実測して求める。地形、流入等の諸条件を考慮し、流量の測定は水口にパーシャルフリューム、三角堰等を設置して行うが、流入量が時間的に大きく変化する場合には自記水位計を設置するか、流量測定を数回繰り返すことによって精度を高める。この実測結果を計画に結び付けるためには、単なる流量の測定だけでなく、次の条件を同時に調査する必要がある。

①　代かき前 10 日間程度の降雨を記録する。

②　代かき前の作土及び心土の三相分布を測るために、５～10cm、20～25cm、35～40cm の３層程度を一筆内で３か所程度以上採土測定し、土壌水分条件を明らかにする。

③　代かき後、田面上の平均湛水深を測定する。この測定法としては、一筆内の５～６か所についてその付近の田面を手で均して、計測した湛水深を平均する。

④　全代かき用水量から平均湛水深を用いて算定した水量を引いた値が、その水田の用水消費の特徴を示す水量になる。

①②で測定・記録した結果は、代かき用水量のうち、降下浸透量・横浸透（畦畔浸透）量及び作土層置換容気量・心土層置換容気量に反映する。

なお、大区画ほ場において複数の水口が設置されている場合、全ての水口で測定することとすると管理面及び費用面の負担が大きくなることから、地元調整を行った上で調査箇所を絞る方法もある。この場合において調査箇所以外の水口より用水を利用する場合は、水口の開度を調査箇所と同じにして、かんがい時間から用水量を把握する方法がある。

6.1.3 普通期ほ場単位用水量調査（蒸発散浸透量（減水深）調査）

(1)調査の手順

普通期ほ場単位用水量調査は、地形、土壌、地下水位、水管理の実態等の資料を収集整理して、代かき期間の段階で着手することが望ましい。

蒸発散浸透量（減水深）の測定方法には、一筆水田の平均蒸発散浸透量（減水深）を測定する「一筆減水深測定法」と「Ｎ型減水深測定法」があるが、各々に一長一短があるので、両者の併用が望ましい。

なお、Ｎ型減水深測定法の特徴は以下のとおりである。

① 日蒸発散浸透量（減水深）が 15㎜/d 程度以下の水田では、一般に場所による浸透量のムラも少ないので１～３個設置して、その平均値を取れば一筆全体の蒸発散浸透量（減水深）が求められる。これは横浸透（畦畔浸透）量を含まないので、浸透量の少ない水田では一筆蒸発散浸透量（減水深）との差から間接的に横浸透（畦畔浸透）量を求めることができる（機器については 6.1.4(6)エを参照）。

一筆蒸発散浸透量（減水深）＝Ｎ型減水深＋横浸透（畦畔浸透）量

Ｎ型減水深＝降下浸透量＋蒸発散量

② 蒸発散浸透量（減水深）の測定困難な掛け流し水田でも使用できる。

このほか、パーシャルフリューム、三角堰、水道メーター、電磁流量計等を用いて流入量、流出量及び湛水深の変化を測り、これを体積換算し、面積で除して蒸発散浸透量（減水深）で表す方法がある。

(2)測定方法

ア 調査地、測定位置等

調査地については､以下のような水田を選定し､水田内測定位置は畦畔から 1.0m 以上離れ、風の吹き寄せ等のないところを選ぶ。ただし、測定の容易性から畦畔近傍に測定位置を設定する場合には、降下浸透量の影響範囲を考慮することが重要である。

① 周囲の水田との位置、高低差、１耕区の面積、耕区と排水路の配置関係から付近一帯の水田状態を代表し得る。

② 畦畔が完全で亀裂による漏水がない。

③ 独立した水管理が可能である。

④ 正確な計測者が得られる（数か所を専従者によって行うのも精度向上の一方策である）。

また、大区画水田においては対角線上に少なくとも水口側と落水口側に１か所ずつ設ける。

自記記録計による測定が無理な場合は毎日１回、24 時間ごとに観測する。ただし、中干し直後など、蒸発散浸透量（減水深）が大きく湛水が 24 時間持続しないような場合には、日中の短時間の測定値から換算する。この場合には、蒸発散量の時間的変化も考慮する。なお、測定時間は、一般には午前９時（気象資料との関連で整理（近年の気象データは蒸発量を除き０～24 時で整理））がよい。

かんがい期間中の減水深の期別変化を把握する上では、活着期、中干し前、中干し後及び出穂期以降の４期程度について確実な実測値が得られればおおむね十分である。このため、労力等の制約により毎日の測定が困難な場合には、水稲の生育期別(活着、分げつ、穂ばらみ、

出穂、開花)及び中干し前後に各々５～10 日程度の集中観測を行うことが望ましい。特に、信頼性が十分に確保できない毎日の観測を継続するよりも、これらの時期について確実な集中観測を行うことが重要である。集中観測を行う場合には、降雨直後や降雨中、取水・落水中を避けて測定を行う。

調査に当たっては、土性、土壌タイプ（施肥改善事業の土壌調査による分類等）と地下水位の高低から地域内を減水深タイプ別に区分した上で、測点数を検討し決定する。減水深タイプを土壌と地下水位から区分する方法は、浸透量が土壌の透水性と水理的条件によって決まるという考え方に基づいている。測点数は、最小限度とするが、特に地形が複雑な団地では多数を必要とする。

イ　水位の測定方法

毎日の水位測定には、自記水位計法、モノサシ法、フックゲージ法等各種あるが、調査ほ場の水管理が十分規制できず、かんがい期間を通じて多数の測定値を得たい場合は、自記水位計による測定が望ましい。水位の時間変化がわかるので、１日の中でも正常に減水していると思われる数時間の値から 24 時間減水深を推定することも可能である。なお、自記水位計で測定する場合は作動状況を定期的に確認することが望ましい。また、観測値の信頼度を高めるため、モノサシ法、フックゲージ法等による手測を併用して行うことが望ましい。

ウ　観測期間中の見回り

観測値の精度向上のため、観測期間中は見回りを行い、測定環境を維持する。調査ほ場では次のような水管理、畦畔管理が必要である。

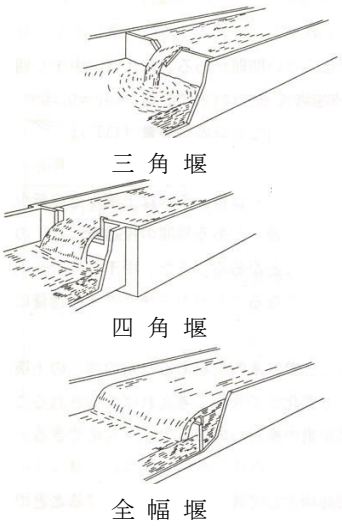
① 水口・落水口の開閉操作を正確に行い、特に測定中の漏水や排水障害に注意する。
② 周囲の畦畔を随時見回り、モグラ穴など極端な漏水を防止する。
③ 隣接ほ場及び排水路からの越水や漏水に注意する。
④ 測定者が歩く畦畔は、あらかじめ強固なものにしておく。
⑤ 調査ほ場の水管理は周辺水田とほぼ同様に行い、かん水は水位測定時に合わせ短時間で済ませる。

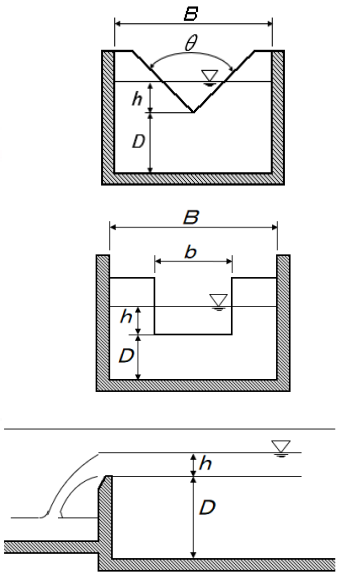
6.1.4　ほ場単位用水量調査に用いる機材と留意事項

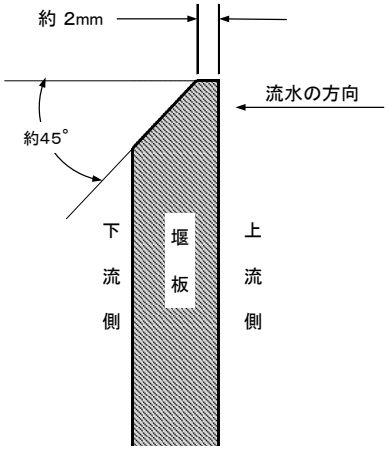
本項においては、ほ場単位用水量調査の際に使用する調査機材の取扱い等を中心に、各種調査に際して留意すべき事項等について解説する。

(1)計量堰

堰の形状には**図-6.1** に示すように、三角堰（**写真-6.1**）、四角堰、全幅堰等があり、いずれも越流する水が接触する縁は刃型にとがらせる。使用範囲は**表-6. 1** のとおりである。各々の堰に適用可能な実験公式などを使って流量を測定する。実施に当たっては、JIS 規格（JIS B 8302）が参考となる。







堰の上縁部における堰板の断面図

B：水路幅(m)、 b：切欠き幅(m)、 h：越流水深(m)、 D：水路底面から堰縁までの高さ(m)
θ：角度(°)

図-6.1　刃型堰の種類と堰の上縁部

表-6.1　刃型堰の使用範囲

堰の形式	幅(m) (**図-6.1** の $B(b)$)	越流水深(m) (**図-6.1** の h)	水量範囲 (m^3/min)
三角(60°)	0.45	0.040～0.120	0.018～ 0.26
〃 (90°)	0.60	0.070～0.200	0.11 ～ 1.5
〃 (90°)	0.80	0.070～0.260	0.11 ～ 2.9
四角	0.9(0.36)	0.030～0.270	0.21 ～ 5.5
〃	1.2(0.48)	0.030～0.312	0.28 ～ 9.0
全幅	0.6	0.030～0.150	0.36 ～ 4.0
〃	0.9	0.030～0.225	0.54 ～11.4
〃	1.2	0.030～0.300	0.72 ～24
〃	1.5	0.030～0.375	0.90 ～42
〃	2.0	0.030～0.500	1.2 ～86



写真-6.1　三角堰

〔設置時の留意事項〕

① 測定対象の水量に合わせ、堰の形式・規模を選択する必要がある。

② 計測する越流部が整流となるよう設置する。

③ 設置の際にはしっかり水平を保ち、不同沈下しないよう工夫する。また、越流部以外からの漏水を生じないように工夫する。

〔測定時の留意事項〕

① 自記水位計を用いる場合は、記録紙の縮尺や、記録計のワイヤースリップ、機器内の湿度上昇や雨水浸入による記録紙のひずみ、記録の不具合に注意する。

② 圧力式水位計を使用する場合には、センサー位置の固定化、センサー周辺の堆砂等に留意する。

③ データ回収時には、計測されたデータの検証のため、当該日時と実測水深や天候等を記録しておく。これは水位計のゼロ設定の経時的な誤差の確認、インクにじみ時のデータ読み取りの手がかり、機器の不具合時対応のために行う。

④ 土砂の堆積に注意し、こまめに清掃する。

(2)パーシャルフリューム

パーシャルフリュームは、水路の途中に絞り部を設けて限界流を発生させ、計測した水深から流量を求めるもので、計量堰ほど落差が必要ないため緩勾配水路でも使用できる利点がある。

形状を**図-6.2** 及び**写真-6.2、6.3** に、規格寸法を**表-6.2** に示す。実施に当たっては、JIS 規格（JIS B 7553）が参考となる。

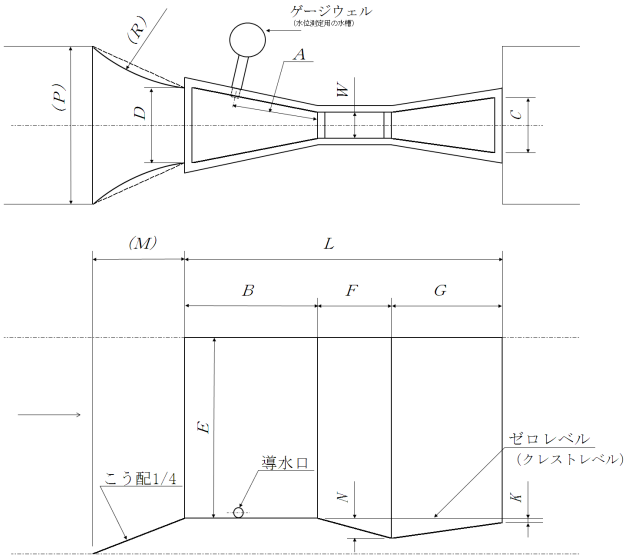


図-6.2　パーシャルフリュームの形状



写真-6.2　水口側設置例



写真-6.3　落水口側設置例

表-6.2　パーシャルフリュームの寸法

単位　mm

呼び	*W*	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	*K*	*L*	*N*	参考（最小値）		
												(M)	*(P)*	*(R)*
PF-03	76.2	311	457	178	259	610	152	305	25	914	57	305	768	406
PF-06	152.4	414	610	394	397	610	305	610	76	1,525	114	305	902	406
PF-09	228.6	587	864	381	575	762	305	457	76	1,626	114	305	1,080	406
PF-10	304.8	914	1,343	610	845	914	610	914	76	2,867	229	381	1,492	508
PF-15	457.2	965	1,419	762	1,026	914	610	914	76	2,943	229	381	1,676	508
PF-20	609.6	1,016	1,495	914	1,207	914	610	914	76	3,019	229	381	1,854	508
PF-30	914.4	1,118	1,645	1,219	1,572	914	610	914	76	3,169	229	381	2,223	508
PF-40	1,219.2	1,219	1,794	1,524	1,937	914	610	914	76	3,318	229	457	2,711	610
PF-50	1,524.0	1,321	1,943	1,829	2,302	914	610	914	76	3,467	229	457	3,080	610
PF-60	1,828.8	1,422	2,092	2,134	2,667	914	610	914	76	3,616	229	457	3,442	610
PF-70	2,133.6	1,524	2,242	2,438	3,032	914	610	914	76	3,766	229	457	3,810	610
PF-80	2,438.4	1,626	2,391	2,743	3,397	914	610	914	76	3,915	229	457	4,172	610

備考　*M*、*P*及び*R*は水路の寸法であり、参考として示す。流量を正確に測定するためには、これらの寸法はフリューム本体の寸法同様に重要であり、この値にしたがって施工することが望ましい。
流量範囲は３m^3/h～14,221m^3/h。

〔設置時の留意事項〕

①　パーシャルフリュームを自ら製作する場合には、各部寸法の誤りがないように留意するとともに、使用前には試験通水等により流量換算式を検証することが望ましい。

②　設置に際し、波立ち等により正確な測定が阻害されないよう静水池を広くとる必要がある。

③　設置の際には水平を保ち、底面に木杭を打つ等して不同沈下が生じないように工夫する。また、パーシャルフリュームと水路との接続部分から、漏水を生じないように工夫する（**写真-6.2、6.3**）。

④　パーシャルフリューム内にもぐり流又は逆流が生じないように設置、施工する。

〔測定時の留意事項〕

①　フロート式自記水位計と一体で使用する場合には、以下の点に留意する。

- 記録計の速度（計測インターバル）設定に応じた記録用紙の縮尺の確認
- ペンの重心調整
- 記録計のワイヤースリップ等に故障がないかの点検
- 記録計器内の湿度上昇や雨水浸入による記録紙のひずみ及び記録の不具合等

②　圧力式水位計を使用する場合には、センサー位置の固定化、センサー周辺の堆砂等に留意する。

③　データ回収時には、計測された水位データの検証のため、当該日時と実測水位や天候等を記録しておく。

④　パーシャルフリューム内や導水口、ゲージウェルへの土砂の堆積や刈草の詰まりに注意し、時々点検・清掃する。

(3)流量計

流量計には、高精度の電磁式、流体と非接触で測定可能な超音波式、比較的小型で軽量な羽根車式及び構造が簡単で故障しにくい差圧式等があり、それぞれの特徴を考慮して現地に適したタイプの流量計を選定する（**図-6.3**）。

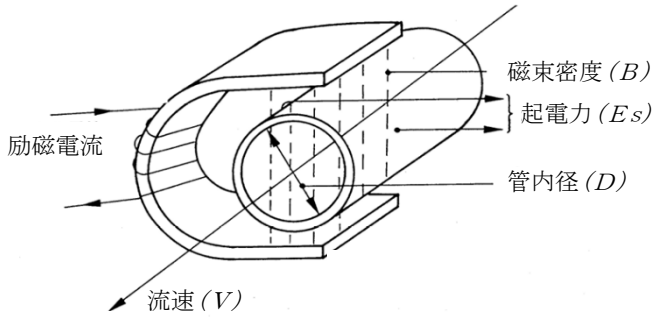
電磁式流量計は、パイプと直交する方向に磁場（磁束密度 *(B)*）を発生させた状態で、管径 *(D)* のパイプ内に導電性流体を平均流速 *(V)* で流すと、磁場と流れの双方に直角な方向に起電力 *(Es)* が生じる。この起電力が流速に比例する関係を利用し、流量を算出するものである[1)]。

超音波式流量計は、液体中を伝搬する超音波の伝搬速度が、液体の流速によって偏位する原理を利用して流速を求め、流水断面積を乗じて流量を算出するものである[1)]。

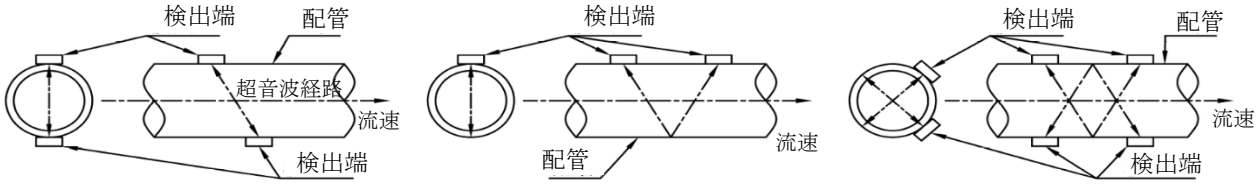
羽根車式流量計は、流量計内部に組み込まれた羽根車が流速によって回転数を変化させることを利用し、その回転数から流速を求め、流量を算出するものである。

差圧式流量計は、管路の途中に設けた絞り部の前後に生じる圧力差（差圧）を測定し、流量を算出するものである。

［電磁式］

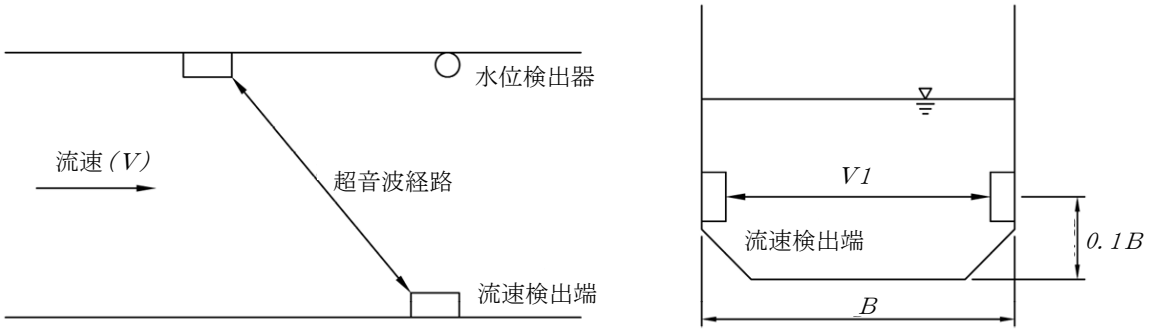


［超音波式（管路用）］



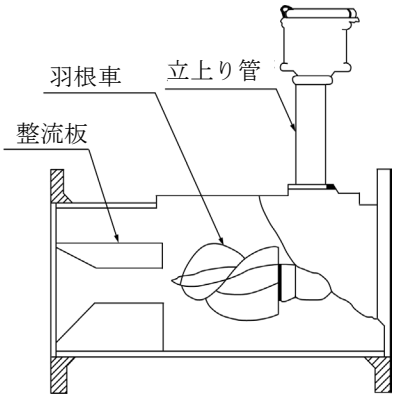
Z法（透過法）　V法（反射法）　X法（交差法）

［超音波式（開渠用）］

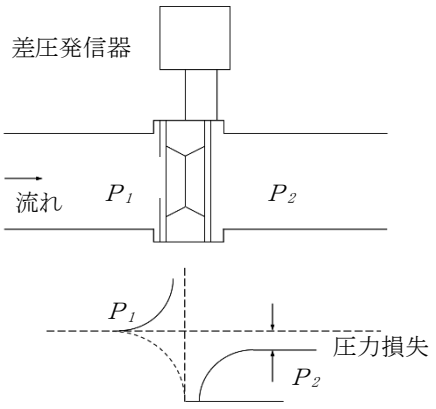


（平面図）　（横断面図）

［羽根車式］



［差圧式］



P_1：上流側圧力　P_2：下流側圧力

図-6.3　各種流量計の仕組み

〔設置時の留意事項〕

① データロガーやバッテリー部分については湿気、降雨や風雪等から保護する必要がある（**写真-6.4**）。

② 草刈り等の営農作業により、ケーブル等を損傷するおそれがあるため、保護管を用いるほか、設置機器の位置が明確になるように測量ポールや旗竿等による目印を設ける。

③ 流量計の種類によっても異なるが、一般に計測部分は、満流であることや上下流に必要直管長を設けることが設置条件となる場合が多い[1)]。

④ ごみ、流木、水草等の浮遊物及び魚類等の生物が流入し計測に支障を来たす可能性がある場合は、除去装置の設置等の対策を行う。

〔測定時の留意事項〕

① 電池切れや落雷、動作不良に備えるため、データ回収の間隔は安易に長期間にはしないことが望ましい。特に、当該箇所で初めて調査する場合には、設置後、数日で初回のデータ回収・確認を行うことで、現地条件に起因する予想困難な欠測トラブルの防止につながる。

② データ回収時には、計測されたデータの検証のため、当該日時と実測流量（排出口にバケツ等を設置し実測）や天候等を記録しておくことが重要である。



写真-6.4 電磁式積算流量計設置例

③ 冬期は、計器内の水が凍結して計器を破損することがないよう必要な防寒処理を行う。

(4)転倒枡

転倒枡は、暗渠排水量や雨量等微少流量の計測に用いられる。**図-6.4** のように、支点の両側に容積一定の三角枡があり、シーソーのように動く。支点真上の流入口から落ちてくる水で上に上がった枡が満杯になると下がり、反対側の枡が上に上がる。枡が下がったとき枡内の水が全量排出されるようにしておけば、枡の容積に転倒数を掛けて流出量が分かる（**写真-6.5、6.6**）。

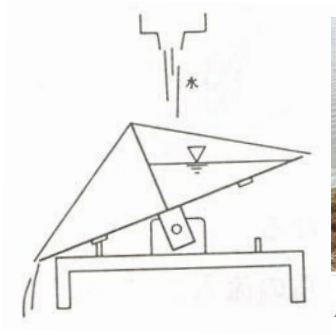


図-6.4 転倒枡の原理



写真-6.5 転倒枡型雨量計

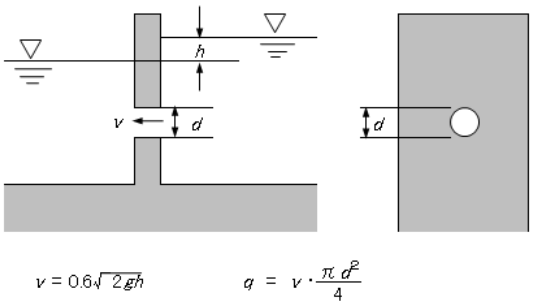


写真-6.6 転倒枡型雨量計設置例

(5)オリフィス

簡易に概略の流量を知りたい場合にはオリフィス（絞り通水口）が便利である。水の流れを板で堰止め、板に小さな通水口を開けておくと、板の両側に水位差が生じる。その水位差を測定すれば、**図-6.5** に示すように流速 v が分かり、通水口の断面積を掛ければ流量が得られる。オリフィスは形状が極めて簡単で測定に必要な落差も少なくて済む。

この方法を用いれば、**図-6.6** のようにして、排水路水位が暗渠吐出口より高い場合の暗渠排水量を実測することもできる。



$v = 0.6\sqrt{2gh}$　　$q = v \cdot \frac{\pi d^2}{4}$

図-6.6　オリフィスによる暗渠排水量の測定

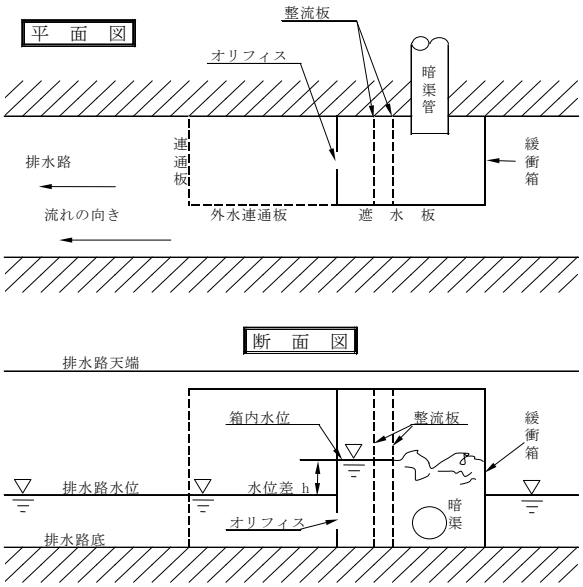


図-6.5　オリフィスによる流量測定の原理

(6)水位測定器

蒸発散浸透量（減水深）等の測定に用いられる水位測定器について以下に解説する。

ア　モノサシ

図-6.7 のように、測定位置に、横向きに釘を打ちつけた適度の長さの木杭を、その釘が水田の土壌面と水平になるように垂直に立てる。木杭に打った釘を基準の標高ラインとし、これにモノサシを当てて湛水位を測定する。このほか、あらかじめ木杭にモノサシを張り付けておき、その目盛りを読み取る方法もある。設置期間は田植直後から落水までとし、目印を立てておくとよい。また、モノサシによる計測データは、自記水位計での計測データのチェックにも役立つ。

〔設置時の留意事項〕

① 水口や落水口、田面の凹凸部を避け、畦畔より 0.5m 以上離れた位置に設置する（**写真-6.7**）。

〔測定時の留意事項〕

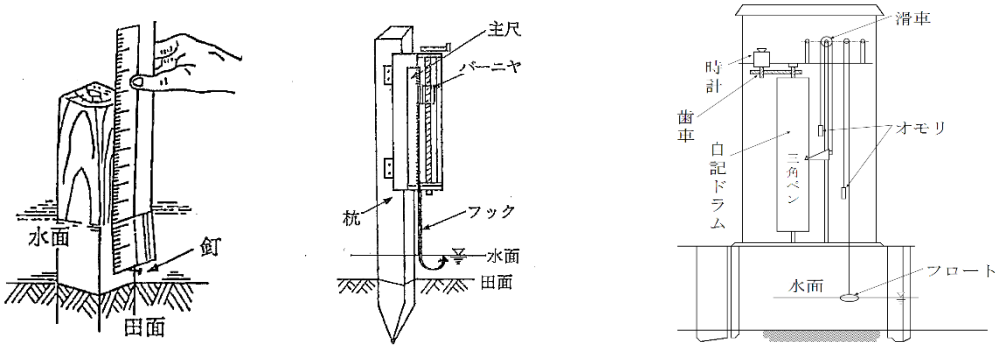
① モノサシは 30cm 程度の竹製がよく、その片側に黒板塗料を塗り、乾いた表面に白墨の粉をすりつけて使用済みの黒板面のような状態にする。水位を測るには、モノサシを垂直に保ちつつ釘に触れ



写真-6.7　モノサシ法に用いる木杭設置例

るまで水中に下ろす。水から上げたモノサシの表面には、しばらくの間、水あとがついていることから立った姿勢で正しく読むことができる。

② 風による水面の波立ちが大きい時は、水位を正確に読み取ることが難しい。



モノサシ　　フックゲージ　　自記水位計

図-6.7 水位測定器（モノサシ、フックゲージ、自記水位計）

イ フックゲージ

1㎜以内の測定精度を必要とするとき役立つ（**図-6.7**）。

ウ 自記水位計

毎日の観測が困難な場合は自記水位計を用いると便利である（**図-6.7、写真-6.8、6.9**）。

〔設置時の留意事項〕

① 水口や落水口、田面の凹凸部を避け、畦畔より0.5m以上離れた位置に設置する。

② 圧力式の場合は、低水位時にもセンサーが水中に没するよう設置高さに留意し、必要に応じて掘り下げや保護管の設置を行う。フロート式の場合は、水深ゼロ（田面）付近でもフロートが土に着かないよう、フロート直下部の田面を10cm程度掘り込む。

③ 圧力式水位計を保護管内に設置する場合は、降雨の侵入に留意する。一方で、保護管内を密閉すると内部の温度変化に伴う圧力変動により測定誤差が生じることがあるため、通気性を確保しつつ降雨の侵入を防ぐ構造とすることが望ましい。

④ 調査器具設置時及びその後の調査期間中、器具が水平に保たれているか確認する。なお、修正設置した場合には、標高の確認が必要である。

⑤ 強風によって計器が動かないように設置する。

⑥ 湛水位と地下水位、排水路、周辺ほ場との関係等、様々な視点から解析する場合に、仮基準点を設けた上で水準測量を実施し、田面や湛水面も標高換算できるようにしておくことが望ましい。



写真-6.8　自記水位計（圧力式水位計）本体



写真-6.9　自記水位計設置例

〔測定時の留意事項〕

① 圧力式水位計を使用する場合には、センサー位置の固定化、センサー周辺の堆砂等に留意する。記録間隔（測定インターバル）の設定状況を確認するとともに、データロガーの記録状態、電源（電池）の残量、配線・接続部の異常の有無を定期的に確認する。また、センサーのゼロ点のずれや異常値の発生がないか、取得データの点検を行う。

② 用紙に記録するタイプの場合、記録計の速度（計測インターバル）設定の確認、ペンの重心調整（ペン先が浮いて紙の上を走らない場合がある）、フロートの調整（可動部へごみが詰まる場合がある）に留意するとともに、雨水等の浸入（用紙の過湿によりインクがにじむ場合がある）、電池の残量、泥や水による計器の故障等がないか、用紙交換時等に確認する。また、用紙の交換時等の際、手測で値のチェックを行う。

③ データ回収時には、計測されたデータの検証のため、当該日時と湛水深の実測値や天候等を記録しておくことが重要である。

④ 夏期にはほ場内の水温が高温となる場合があるため、温度の影響による計測誤差に注意する。

⑤ 設置ほ場の耕作者には、入水、落水（暗渠含む）した日時を記録してもらうことが有効である。

エ　Ｎ型減水深測定器

蒸発散浸透量（減水深）測定方法には、一筆全体の蒸発散浸透量（減水深）を測定する方法と、水田内に枠を打ち込み、その中の蒸発散浸透量（減水深）を測定する方法がある。前者では、（蒸発散量＋降下浸透量＋横浸透（畦畔浸透）量）の合計が測定可能であるが、現実には水管理は不規則であり、畦畔管理、水口、落水口の操作記録も不正確となりやすいことから、実測された値は信頼し得ない場合がある。後者では、打ち込みによる土壌構造や耕盤の破壊、枠壁に沿う側壁浸透誤差、枠内外に生ずる水位差による潜流誤差が生じることがある。これらの誤差をなくすために考案されたのが、Ｎ型減水深測定器である（**図-6.8**、**写真-6.10**、**表-6.3**）。

本器は鉄板枠からなり、この枠は田面に浅く（約５cm）差し込めばよく、打ち込み誤差を抑えることができ、また、枠側壁に氷のうを取り付けて枠内外の水位差を解消することにより、潜流誤差が発生せず正しい値が測定できる。

測定数は水田の状態によって異なるが、減水深が 15mm/d 程度以下の湿田地帯や耕盤の発達した熟田等では、設置場所による浸透量の差も少ない。このような水田では３個程度設置すればほぼ平均した値が得られる。また、15mm/d 程度以上の水田（砂土～砂壌土除く）では浸

透量のばらつきも大きいので、ばらつきの程度によって測定個数を増す。

具体的な測定方法としては、枠を設置した後に氷のうを取り付け、氷のうがその機能を果たす湛水深で測定を実施する。普通３～４cm の深さが望ましい。枠外の蒸発散浸透量（減水深）が枠内より大きい場合には氷のうが動く部分を掘り下げておくと、湛水深が浅い場合でも氷のうが作用する。氷のうは内外水位差を一定にするのが目的であるから、枠外の減水深が枠内より小さい場合には、氷のうの中に水がいっぱいに入った状態から測り始め、逆に枠外が枠内の減水深より大きい場合（一般には枠外の方が大きい）には、逆に氷のうを空の状態にして測り始める。氷のうの調節能力には限りがあるため、枠内外の減水深に大差がある場合には 24 時間観測でなく短時間観測となる。氷のうは先端を持ち上げ、氷のう中の水を完全に枠内に戻して測定する。測定終了後は氷のうを元の状態に戻す。

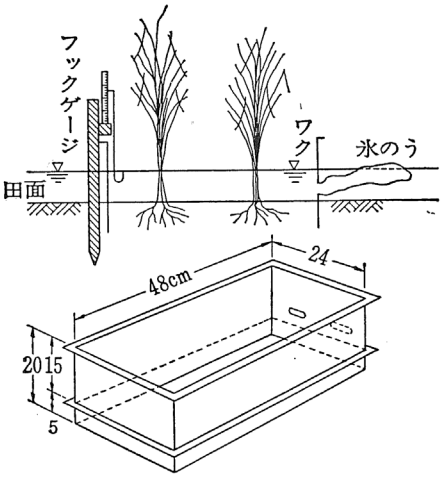


図-6.8　N型減水深測定器 [2)]

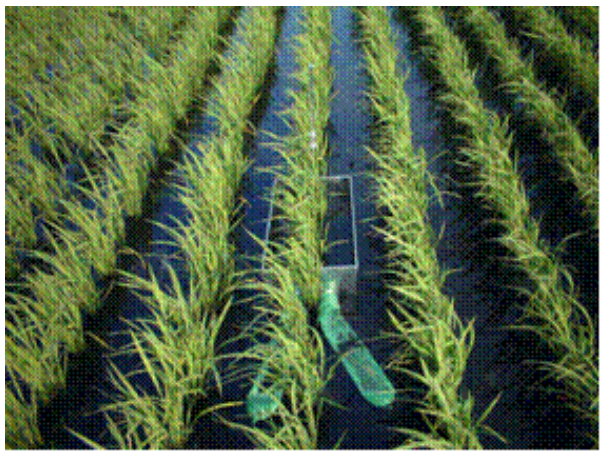


写真-6.10　N型減水深測定器設置例

表-6.3　N型減水深測定器の適用範囲 [3)]

減水深 / 目的	100mm/d 以上	50mm/d 程度	20mm/d 以下
ある場所の減水深	解析に注意 短時間観測（４～８時間）が必要	信頼性高い 24 時間観測がやや困難 １日２回測定が必要	信頼性高い 24 時間観測が可能
一筆減水深	場所によるムラが大きいので、実際利用不可能	５個以上の測定が必要 信頼性あまり高くない	３個程度の測定が必要 信頼性高い

〔設置時の留意事項〕

① 水口や落水口、田面の凹凸部を避け、畦畔より 1.0m 以上離れた位置（５m 程度まで）に設置する。

② 設置の際には均等に力を加えて田面に約５cm 押し込む。設置した枠に沿う水みちができないよう枠の外縁の土を指先でならす（内縁には触れない）。

③ 測定作業のみならず農作業に支障を来たさないよう、N型減水深測定器設置位置には、測量ポールや旗竿を目印として立てる等、分かりやすくしておくことが必要である。

〔測定時の留意事項〕

① 氷のうは日照と水浸の繰り返しに弱いため１週間から 10 日間に１回程度で新品と交換する必要がある。特に氷のう取付け部が破損しやすい。このため、調査に当たっては、あ

らかじめ十分な数を準備しておく必要がある。

② 測定中の降雨、流入流出水量の影響を避けるため、重点的に観測する期間を決めて連続観測を行うとデータの確保が容易となる。

③ 測定は枠の天端から枠内水面までの下がりをモノサシで読み取る。読み取り誤差を少なくするため同一人物が継続して測定することが望ましい。

④ フックゲージを使用すると、より精度の高い測定が可能である。

⑤ 測定者の踏圧により、測定箇所周辺の土壌中の水圧が一時的に変動し、測定値に影響を及ぼす場合がある。このため、測定位置に到達した後は数分間待機し、土壌中の水圧が安定してから測定することが望ましい。

オ 漏水量迅速測定器

漏水量迅速測定器による測定は、一筆減水深調査結果のチェックのために行うのが一般的である。

（ア）フロート式（**図-6.9**）の使用方法

① 湛水下で測定部分に、本体を静かに押し込む（あまり深く押し込む必要はない）。

② 次に木製の板に取り付けられた目盛りを、ピンチコックを開いたまま水に浸して管内に水を充満させ、そのまま水面に浮かべてから、その一端を本体にゴム栓でつなぐ。

③ 水中でピンチコックを閉じれば、水平に横たわった管の中の水は、周囲の水面と同一の水頭の状態を保ちながら本体の中に吸い込まれていく。

④ その速さを１分、５分など時間を決めて測れば、直ちに本体を押し込んだ部分の漏水量が日減水深（㎜/d）で求められる。繰り返し測定もピンチコックの動作一つで極めて簡単にできる。

（イ）マリオット式（**図-6.10**）の使用方法

① マリオット式は目盛り管を垂直に立てたものである。ただし、垂直なため測定部分に余分の水圧がかかったり、水面の低下につれ圧力水頭の変化が起こらないよう、マリオット管の原理を使って漏水面にかかる水圧が自然の水面下にあるときと全く変わらないようにしてある。

② 取付け操作や読み取りも、極力簡単となるよう工夫されているが、フロート式に比べると多少練習が必要である。

③ マリオット式は水面が動揺する場合やフロートを浮かべるほどの水面が確保できないポット試験の場合に適している。

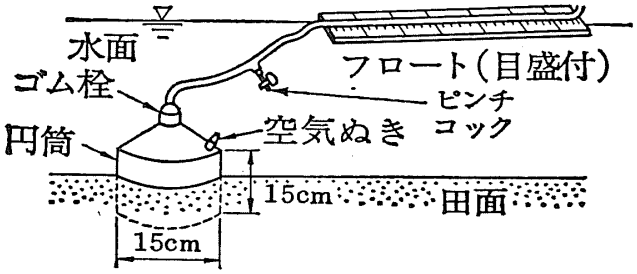


図-6.9 フロート式[3)]

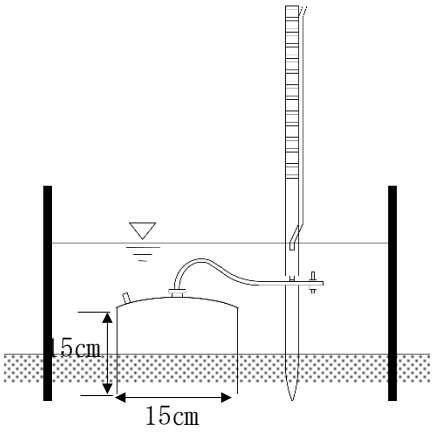


図-6.10 マリオット式

※円筒の直径及び高さは参考値であり、変更可能である。

表-6.4 漏水量迅速測定器の適用範囲[3)4)]

浸透量 / 透水係数	200mm/d 以上	50mm/d 程度	20mm/d 以下
10^{-3}cm/s 以上	使用可能 信頼性高い	使用やや困難 解析に注意	使用不能
10^{-4}cm/s 以下	使用可能 信頼性高い	使用可能 信頼性高い	使用やや困難 解析に注意

〔測定時の留意事項〕

① 本測定器を使用する際には**表-6.4** を考慮する。

② 湛水深が浅いときには、測定器を深く押し込みすぎて土壌を圧縮することがあるので、測定は４cm 以上の水深がある位置で行う。

③ 枠を押し込むときの土壌の攪乱に注意する。特に、粘質水田では影響があるので、押し込み直後の測定は避ける。

④ 泥炭など未分解の繊維を含む土壌では、あらかじめ鋭利なナイフなどを用いて土を切断して枠の押し込みを助ける。

⑤ 測定者の踏圧による土壌への影響を避けるため、測定時は50cm以内には踏み入らない。踏圧による土壌内の水圧の変化は時間を大きく取れば減少するので、影響が大きいと考えられる場合は、測定者が機器の近くに立ってから、ある程度の時間経過後に測定を実施する。また、著しい水圧の変動を受けるような土壌では踏み板などを用いるとよい。

(7)蒸発散量の測定方法

耕地面からの蒸発散量を測定・推定する方法を分類すると次のようになる。

- 蒸発散量の測定方法
  - 直接測定法
    - 秤量法(有底箱、ライシメータ、ポット)
    - 変動法（乱流微変動法、チャンバー法)
    - 水収支法（土層内水分収支、降雨と流出量の収支）
  - 間接測定法
    - 熱収支法（耕地面のエネルギー収支）
    - 傾度法（空気力学的方法）
    - 複合法（熱収支と傾度法の組合せ）
    - 気候学的方法（経験法、実験式）

水田用水量計画には有底箱による直接測定法が従来用いられてきた。有底箱は、現在の計画実務で一般に採用される測定方法ではないものの、水田蒸発散量に関する基準の技術的背景を示す手法の一つであることから、参考として以下に示す。

有底箱で蒸発散量を実測する場合には**図-6.11**のような規模、構造の装置により次の点に留意して測定する。

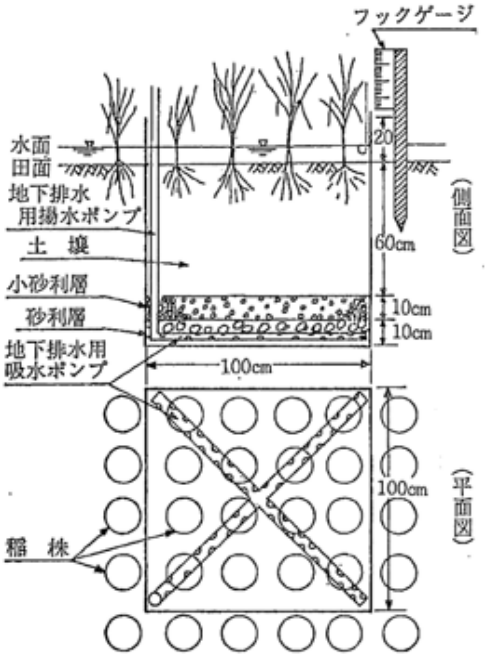


図-6.11　水田蒸発量測定装置[5)]

① 有底箱は漏水のない鉄板製とし、面積は稲20株程度が植えられる１m×１m以上とし、深さは田面下50cm以上、田面上の立ち上がりは壁による微気象変化を防ぐため20cm以内とする。

② 箱の底には、10～20cmの砂利層を設け、そこからパイプを田面上に立ち上がらせる。観測期間中ここから随時ポリホースポンプなどで水を吸い上げ、降下浸透を発生させて土壌中の水の腐敗を防ぎ水稲の健全な生育を図る。

③ 設置は畦畔より１m以上離し、周辺水田と全く同様に稲を植えて微気象条件の変化を防ぐ。

④ 設置初年目は土壌の詰め替えにより周辺水田と生育に差が生じやすいので肥培管理に注意し、数年連続して観測する場合には非かんがい期にも排水を行って過湿になるのを防ぐ。

⑤ 観測期間中の田面湛水位は、周辺水田と差がないように管理し、水位測定に高い精度を必要とする場合はフックゲージを設ける。

⑥ 毎日の水位測定は、降雨量の測定時間と合わせて定時に行うことが望ましい。なお、以上の測定に並行して蒸発計蒸発量も測定すること及び測定値を半旬あるいは旬別平均値として整理することが、観測結果の利用上有用である。

(8)降下浸透量の測定方法

浸透量の定義については、田面から耕盤をとおり浸透する場合を全て降下浸透量、耕盤より浅い部分の畦畔から浸透する場合を横浸透（畦畔浸透）量とする。

以下、このように定義された降下浸透量の浸透機構やその測定方法について述べる。

ア　閉鎖浸透と開放浸透

非かんがい期にも地下水位が高い水田では、湛水時には田面水と地下水とが飽和連続した状態で降下浸透が起こる。このような飽和の場合の浸透を閉鎖浸透と呼ぶ。

これに対し、非かんがい期に地下水位が非常に低い水田等では、湛水時には田面水と地下水の間に不飽和領域が生じ、土壌中の空気が大気と通じ合う状態で浸透が起こる場合がある。このような大気と連続した開放気泡帯が存在し、水が土壌粒子の壁を伝って降下するような状態の浸透を開放浸透と呼ぶ。

開放浸透の水田では、排水路水位や地下水面は、浸透を規制する要因とならず、浸透量の大小を決めるのは土壌の透水性だけとなる。しかし、閉鎖浸透の水田では、排水路水位は土壌中の動水勾配に関係し、浸透量の変化要因となる。また、平時は閉鎖浸透でも排水路水位を極端に低下させると、土壌条件によっては開放浸透に変わり、それ以下に水位を下げても浸透は増加しないといった場合も起こり得る。

両者の浸透が現れやすい水田には、それぞれ次のような場合が多い。

① 閉鎖浸透…地下水位が常時高い湿田や半湿田、区画整理や暗渠整備で乾田化された水田、平坦地の用排兼用地域の水田、かんがいに伴い地下水位が急上昇する台地水田。

② 開放浸透…地下水位が常時低い乾田、地下水位が低い扇状地、心土に粗孔げきの多い水田、耕盤の透水性が心土よりかなり小さい水田、地下水位が田面から１ｍ以下に下がった場合の排水路近傍の水田、頻繁に田面が干されるような水田。

なお、両者の判別には、土中水圧分布の測定が必要であるが、湛水中の水田で深さ１ｍ程度の穴を掘った場合に、全く湧水しないときは、ほぼ開放浸透を起こしていると考えてよい。

イ　降下浸透量の測定方法

（ア）Ｎ型減水深測定器（**「６．用水量調査」**の 6.1.4(6)を参照）

（イ）漏水量迅速測定器（**「６．用水量調査」**の 6.1.4(6)を参照）

（ウ）浸透量測定装置（Ｋ型）

浸透量測定装置（Ｋ型）による降下浸透量の観測値は、排水改良後の用水増加量算定の基礎資料とするもので、装置の構造は**図-6.12** に示すとおりである。１ｍ角の鉄製内枠を周囲を掘削しつつ枠内の土壌構造を破壊することなく打ち込み、さらに外枠を設け両枠の間は空間とする。地下水が高いと両枠の間に水が浸入して地下水面を形成するが、この水位をポンプで常に一定水位に保持させると内枠内の湛水面との間に水位差が生じ降下浸透が促進される。なお、内枠内の田面下 100cm 付近に径 10cm の暗渠２条を掘削する。暗渠については測定区画の中央直下を横断するよう、両枠の間の空間を利用して区画の両側から土を掘り出し、砂利等の疎水材を充填して造成する。これにより、内枠内を排水改良状態とし、地下水位を低下させて乾田状態を形成する。この状態でＮ型減水深測定器を設置し、浸透量を測定する。

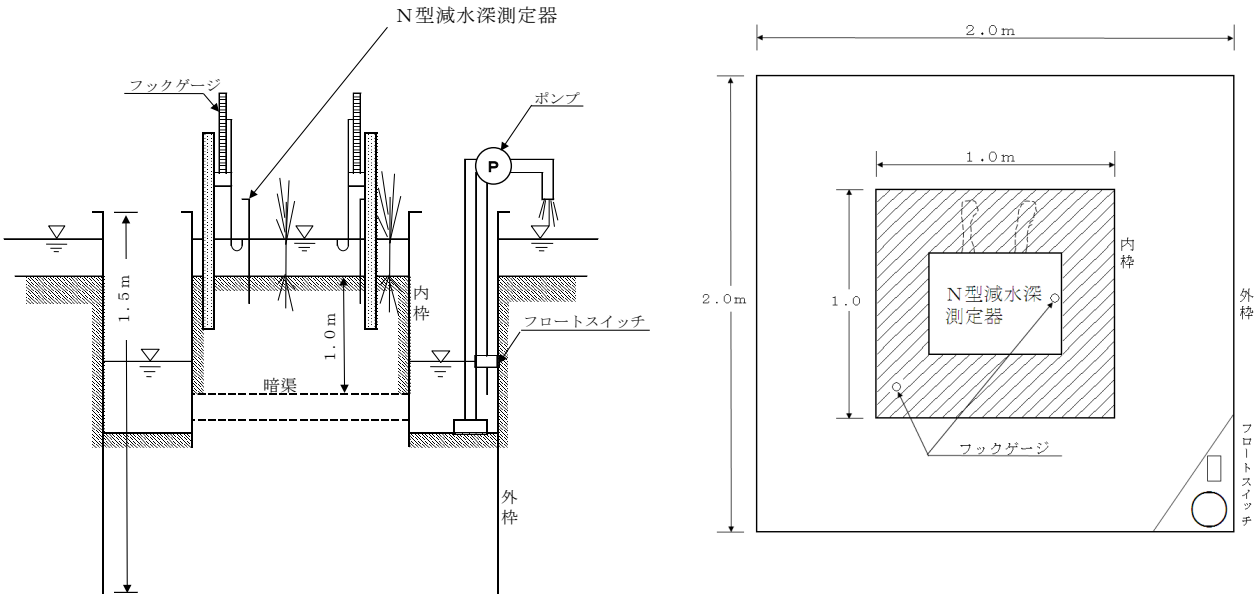


図-6.12　浸透量測定装置（K型）[6)]

(9)横浸透（畦畔浸透）量の測定方法

田面から耕盤より浅い部分の畦畔をとおり、隣接水田や排水路へ浸透する量を横浸透（畦畔浸透）量という。横浸透（畦畔浸透）量は、隣接するほ場の畑利用等により増大することも考えられることから、その取扱いにつき検討が必要となる場合がある。

ア　横浸透（畦畔浸透）量の消費機構と実態

一筆水田を対象に横浸透（畦畔浸透）を見ると、**図-6.13** に示すように畦畔を通じて４つの浸透がある。図中①②は対象水田に浸入する横浸透（畦畔浸透）である。各水田が一様に湛水され、各畦畔の透水性等に大差がなければ、①で浸入した水と同量の水が③から浸出するため、横浸透（畦畔浸透）としての消費水量は、排水路沿いの畦畔（溝畔）からの浸出量と用水路沿いの浸入量との差のみとなる。すなわち、水田群内部の一筆水田の消費水量としての横浸透（畦畔浸透）量は主として④の排水路沿いの横浸透（畦畔浸透）量の大小で決まる。

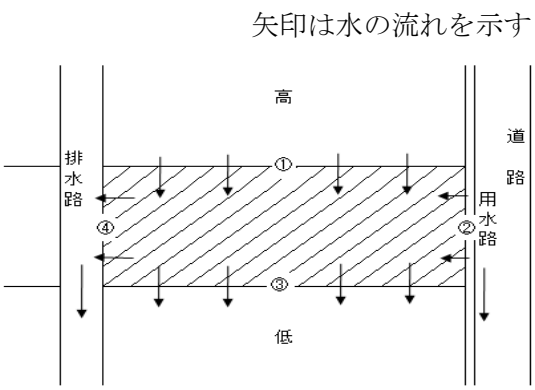


図-6.13　平面的な横浸透（畦畔浸透）のイメージ[7)]

ただし、各ほ区の最上流部や①③の畦畔の間に断面・透水性・田面標高等に差がある場合、あるいは隣接ほ場が畑である場合等では横浸透（畦畔浸透）量が大きな値を示すことがある。

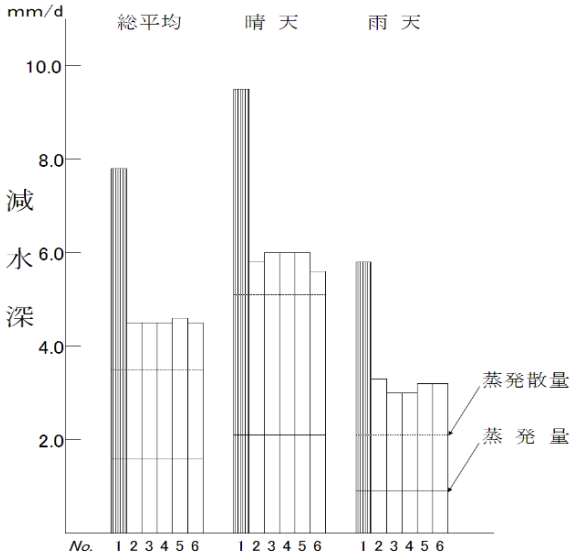
横浸透（畦畔浸透）量に関して検討する際、注目すべき点は、畦畔近くの降下浸透量である。一般には耕盤は畦畔直下や近くではその生成が少なく、水田中央に比較してその透水性が大きいのが普通である。よって耕盤下の透水性が大きい水田では、畦畔から周辺水田へ漏水する横浸透（畦畔浸透）よりも、畦畔近くからの降下浸透量の方が大きいことが多い。

畦畔近くの降下浸透量は、隣接した水田で再び利用される横浸透（畦畔浸透）量とは異な

り、一筆減水深の測定でも純消費水量とされるものである。一筆減水深に対し水田内部に設置した数個のＮ型減水深測定器の測定値と横浸透（畦畔浸透）量の合計を比較した場合、一筆減水深の方が大きくなるのは、横浸透（畦畔浸透）量のみではなく畦畔近くの降下浸透量も相当に含まれるためと考えられる。

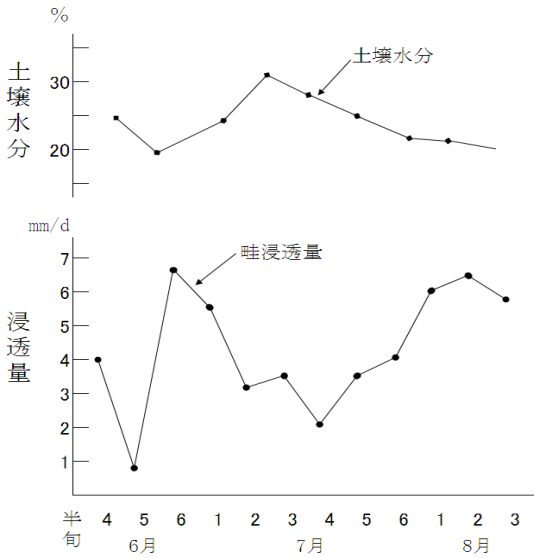
図-6.14 に示す試験結果によれば、畦畔からおおむね 0.3m 程度までの範囲では降下浸透量が大きくなる傾向がある。水田内部の降下浸透量を測定するには、畦畔から 1.0m 以上離れたところに測定器を設置すればよい。

なお、横浸透（畦畔浸透）量の大小は、隣接水田との田面差や水位差等の水理的条件と畦畔自体の透水性によって決まる。畦畔の透水性は土質、断面、畦塗りの程度等によって異なるが、同じ畦畔でもかんがい期間中に大きな変化を示す。畦畔は乾湿が繰り返され中干しや干天が続くと透水性は増し、湛水や降雨で減少する。**図-6.15** は畦畔の土壌水分と浸透量の変化を対比した例であるが、このほか、ザリガニ、モグラ、野ネズミ、蛇などが作る穴が畦畔の漏水に大きな影響を与える。



※１　宮城県農試（1962），５月15日～８月15日の平均値
※２　測定位置　*No.*1…畦より 0～0.24m、
*No.*2…畦より 0.24～0.48m、*No.*6…畦より1.20～1.44m

図-6.14　畦畔からの距離と減水深[7)]



※　宮城県農試（1962）

図-6.15　横浸透（畦畔浸透）量と土壌水分の関係[7)]

イ　横浸透（畦畔浸透）量の測定方法

畦畔の透水性は場所による不均一性が大きい。一筆水田の総横浸透（畦畔浸透）量を測定するためには、一筆減水深、蒸発散量、降下浸透量等から間接的に求める。

間接的測定方法には二つの方法があり、一つは一筆蒸発散浸透量（減水深）から蒸発散量と降下浸透量の和あるいはN型減水深を差し引いて求める方法であり、他の一つは条件の類似した二つの水田を選び一方を自然状態、他方をビニル畦畔として横浸透（畦畔浸透）を防止し、その両者の一筆蒸発散浸透量（減水深）の差から求める方法である。ただし前者の場合には、畦畔近くの降下浸透量も含まれるので、解析に注意が必要である。

隣接地が転作畑である場合等、特定の畦畔の横浸透（畦畔浸透）量を直接測定する方法を以下に紹介する。

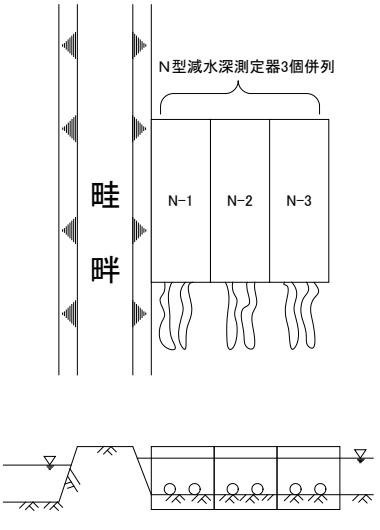


図-6.16　横浸透（畦畔浸透）量の直接測定説明図１[7)]

（ア）Ｎ型減水深測定器を並列しての測定

図-6.16 に示すようにN型減水深測定器の一方の側面を取ったものを畦畔にセットして測定することが可能である。数個の測定器を並列すれば、畦畔からの距離による浸透量分布を測定することができる。

（イ）畦畔を利用しての測定事例を、**図-6.17** 及び**図-6.18** に示す。

①　畦畔の一部分を利用しての測定

- 水田の畑利用側に底幅 0.3m 程度、長さ 3.0m、深さ耕盤までの溝を掘り、図のようにアクリル板、ビニルシートで止水する。このとき、アクリル板は耕盤下 0.1m 程度埋設し、また、アクリル板側もビニルシートなどで止水する。
- 水位変化から水量を算出するので、溝の断面が均一になるよう整形する。
- 溝内にたまった水位を測定するため、水準測量の基準点の設置や量水標等の活用を検討する。また、可能であれば複数か所で測定する。
- 設置後にたまった水を抜き取り、１時間程度おきに３～５回程度水位を測定する（継続観測）。
- 水位から浸透量を算出し、転作畑に接した横浸透（畦畔浸透）を評価する。

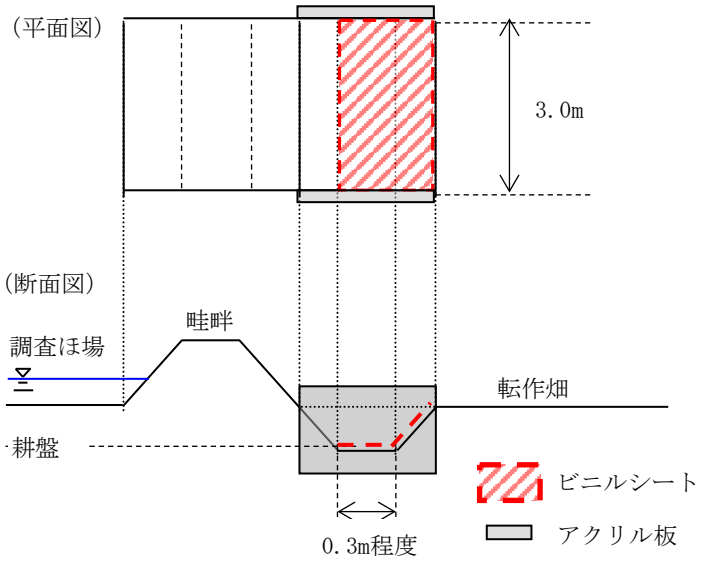


図-6.17　横浸透（畦畔浸透）量の直接測定説明図２

② 畦畔（長辺）の一辺全長を利用しての測定

- **図-6.18** に示すような断面で、明渠と浸透量測定溝をほ場の長辺方向に既設畦畔に沿って設置する。
- 浸透量測定溝に横浸透（畦畔浸透）以外の浸透水が流出しないよう、転作畑の表面水を受け入れる明渠、仮畦畔、畦畔用波板等を併設することが望ましい（**写真-6.11**）。
- 浸透量測定溝の流末側は塩ビ管等により小排水路に接続し、三角堰等を利用して流出量を測定する（**写真-6.12**）。

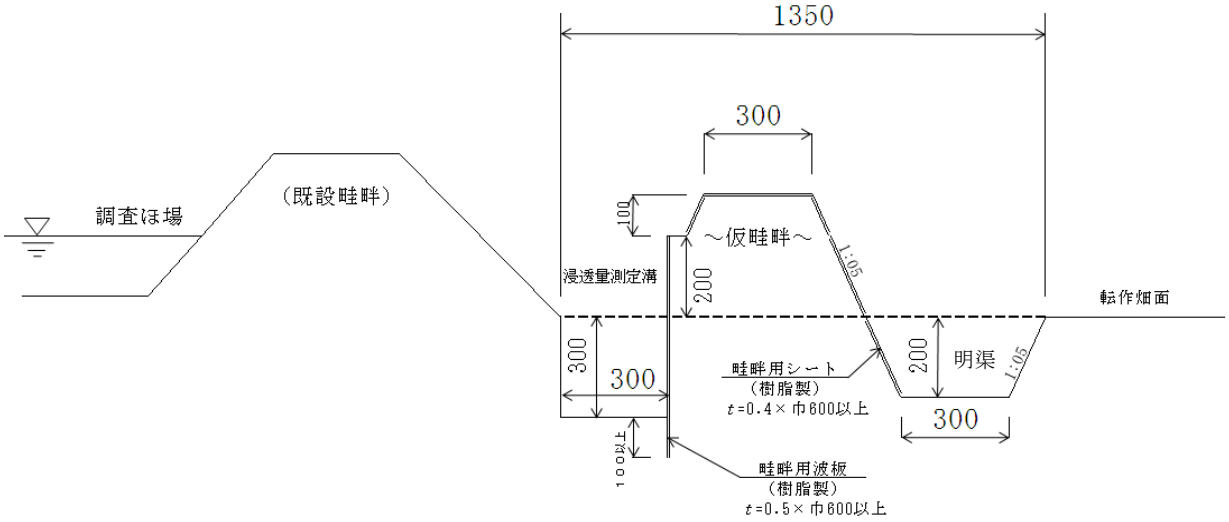


図-6.18　横浸透（畦畔浸透）量の直接測定説明図３（単位：mm）



写真-6.11　畦畔の辺全長を利用しての測定例



写真-6.12　流末側の三角堰設置例

(10)排水路浸出量の測定方法

水田から浸透した水の大半は付近の排水路等に浸出し、台地、扇状地、傾斜地等の水田を除いては地下深く浸透する水量は比較的少ない。排水路に浸出するものは、浸透のうち横浸透（畦畔浸透）と、降下浸透量のうちの排水路浸出を加えたものである。この水量である排水路浸出量は用水の反復利用可能水量を求める場合等に必要となるものである。

排水路浸出量の測定方法としては、地区内小排水路の一定区間（100m 以上）について、水田の落水口からの水の流出を停止させ上流部と下流部で水路流量を測定して浸出量を求める方法があ

る。小流量の場合には、上下流端を一時的に堰止めて一定時間内の排水路水位の上昇高と平均水路断面積から浸出量を求める。この際、時間の経過とともに水位の上昇速度は遅くなるため、堰止めた後水位が安定した時点から５～10cm 以内の水位上昇の範囲について測定する。

排水路が大きく大流量の場合は、水田の落水口からの水の流出を停止できないので、測定水路区間を長く（300～500m 以上）とり、上下流部の流量と同時に排水路への地表流入（水田から見れば流出）も測定し、水収支から浸出量を求める。

以上で求めた浸出量を水収支等で横浸透（畦畔浸透）量として用いる平均浸透水深に換算するためには、排水路の影響範囲を知る必要がある。

一般に整備済水田では、小排水路間隔の半分、水田一筆の長辺の長さを影響範囲に取ればよい。未整備地区や下層が砂礫の場合、大排水路の場合等には、排水路から一定間隔ごとに観測井を設置し、地下水位（厳密にはポテンシャル）を測定してその影響範囲を求める。

例えば、**図-6.19** のように延長 150m の小排水路区間を対象にした場合、水田区画が 30m×100m であれば、影響範囲は 100m となり、関係する水田面積は水路の片側で 100m×150m＝15,000m^2（1.5ha）、両側で３ha となる。よって測定された浸出水量が 2.5ℓ/s とすると周辺水田の平均浸透水深は、0.0025m^3/s×86,400s/d÷30,000m^2＝0.0072m/d、すなわち 7.2mm/d に相当する。

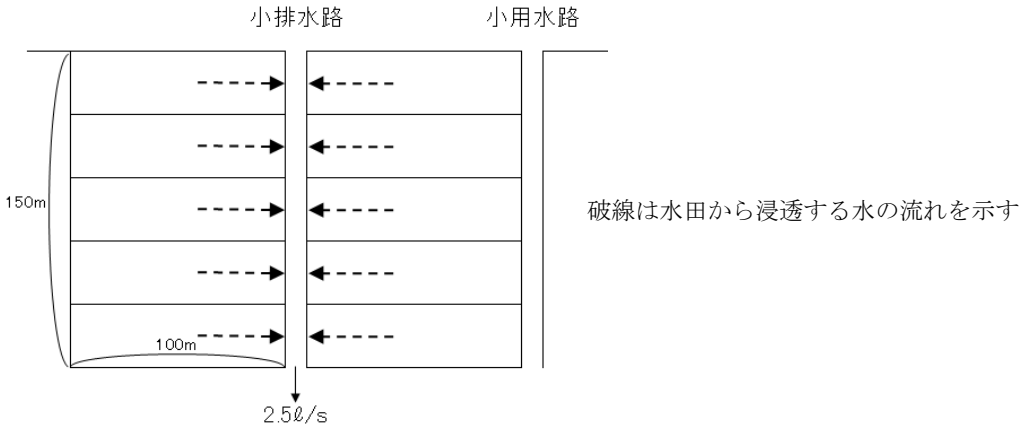


図-6.19　小排水路浸出量の測定

(11)転作作物の地下かんがいにおけるほ場単位用水量の測定方法

地下かんがい水量の実測に当たっては、(3)流量計に準じることとするが、以下の事項に留意する必要がある。

ア　調査ほ場は、横浸透（畦畔浸透）の流出が少ないほ場を選定する必要があるため、隣接するほ場は、調査ほ場との高低差が少なく、土地利用も同様であることが望ましい。

イ　調査目的に合ったほ場を選定し、結果を考察するために、栽培履歴を調査しておく必要がある。

ウ　ほ場かんがい水量の実測結果の詳細な検討を行う場合は、現地の気象、排水量、土壌水分及び地下水位の観測を行うとともに、水収支の計算を行うことが望ましい。

(12)水田地下水位の測定方法

水田の降下浸透量を測定するに当たって、水理的条件を明らかにしておくことは重要であり、必要に応じ付近の排水路水位、水田内の地下水位、土中水圧（ポテンシャル）などを併せて測定する。水田内の地下水位の測定においては、測水管周辺を丁寧に埋め戻すなど、測水管内に水田の地

表水が流入しないよう留意することが必要である。

また、地下水位と湛水位、排水路水位、周辺ほ場の地下水位等との関係を解析する場合には、仮基準点を設けた上で水準測量を実施し、測水管上端や田面の標高を把握して、地下水位を標高換算できるようにしておくことが望ましい。

ア　水位計の種類

（ア）手測による計測

地下水位の一番簡易な測定方法である。**図-6.20** に示すようにほ場内に測水管（口径 75mm 程度の塩ビ管を加工）を埋設し、測水管の上端部の高さを測量して、この上端部から水面までの高さをコンベックス等を利用して測定することで地下水位の変化を観測することができる。

長所としては、安価で測定箇所を多く設定できることであるが、欠点として人力による測定のため測定方法が煩雑で、細かい時間的な変化が確認できないことが挙げられる。しかし、この計測は測定箇所が多くとれることで、自記記録式水位計による計測と併せて測定することで地区全体の地下水位の傾向が確認できる。測水管の設置をより簡素化した方法としては、田面に測水用の孔を開け、ドーナツ型の円盤を設置し、この面を基準として測定する方法もある（**図-6.21**）。この方法は測水管の設置が省け、更に多くの箇所の測定が可能であるが、欠点として作物や雑草の繁茂で測定箇所が確認しにくくなることと、孔の保護をしないことから測水用の孔の形状を保つことが困難なことである。

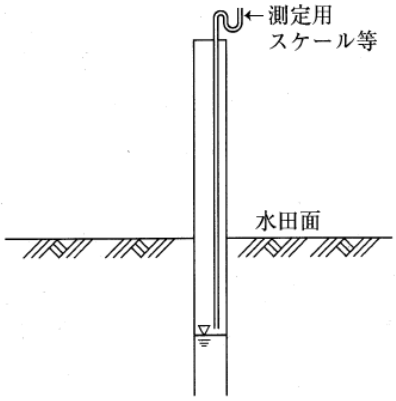


図-6.20　手測による測定

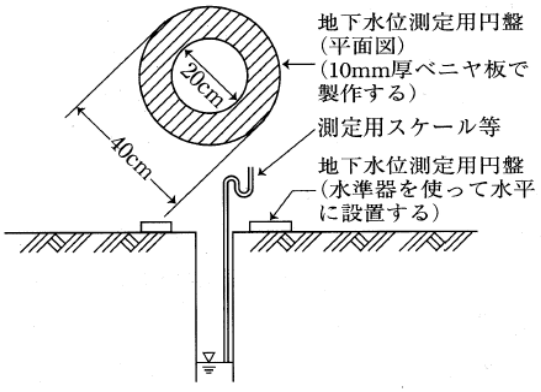


図-6.21　地下水位測定用に円盤を利用する測水管を用いない場合の例

（イ）フロート式水位計（データロガー記録）による計測

図-6.22 に示すように、水位の変化をフロートによって感知し計測する水位計である。構造は、巻き取られたワイヤーに吊り下げられたフロートにより、水位が低下すればワイヤーが引き出され、水位が上昇すればワイヤーが自動的に巻き取られる。この際にワイヤーの引き出された量に比例した電気的信号が発信され、これをデータロガーで記録する構造である。データロガーに記録されたデータはコンピュータによって読み取り、数値化及びグラフ化が容易にできる。

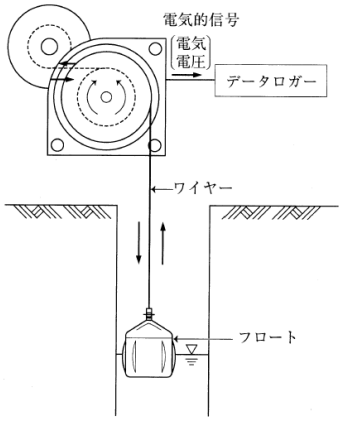


図-6.22　フロート式水位計
（データロガー記録）による計測

（ウ）フロート式水位計（ペン書記録）による計測

現在まで広く利用されてきた地下水位の計測方法である。**図-6.23** に示すようにフロートと錘を糸で吊してバランスをとり、水位の変化に伴ってフロートが上下する際の糸の動きを大小のプーリーにより一定の割合で縮小し、回転する円筒に巻かれた記録紙にてその変位をペン書きし、時間の経過に伴った地下水位の変化を記録する方法である。記録紙には日巻きと週巻きがあるが長期にわたって記録できる方法もある。

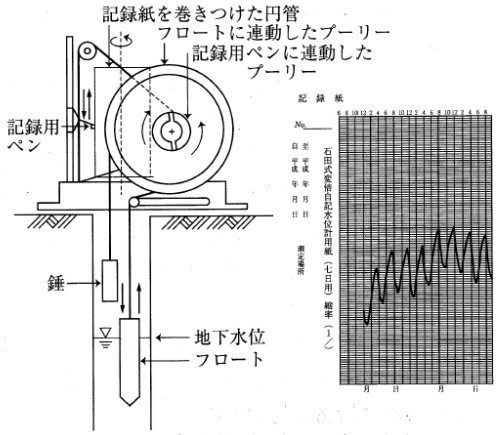


図-6.23　フロート式水位計（ペン書記録）による計測

長所としては、水位の変化を直接確認できることである。欠点としては、何らかの障害で円筒の記録紙が回転しなかったり、ペンの位置が他の部分との接触や、糸のもつれ及び回転軸の油切れなどで固定したままになることである。また、円筒が１回転するごとに記録紙の交換を行うことができなかった場合には、１回転後の時刻が記録紙の値とずれることから時刻の修正が必要となる。

（エ）ゲージ圧式水位計（データロガー記録）による計測

この水位計は、**図-6.24** に示すように、水圧式水位センサーを利用することにより、水深による圧力と大気圧との差圧（ゲージ圧）を電気的信号に変換し、その信号をデータロガーに記録するものである。この水位計はデータロガーと一体になった型式（**写真-6.13**）と、水位センサーにデータロガーを接続する型式（**写真-6.14**）の２種類がある。

一体化された型式は、水位センサーを水中に投げ込むだけで計測を始めることができ、センサー電源にリチウム電池が利用されていることから、半年間程度連続して利用できる。

しかしながら、電池が長期に利用できることは電池交換のタイミングを忘れやすく、電池の交換時期を本体に記載するなどの注意が必要である。

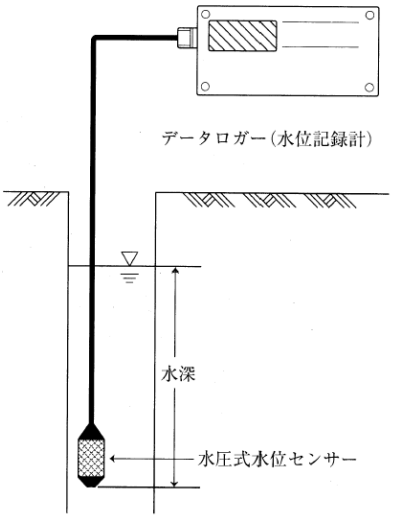


図-6.24　ゲージ圧式水位計
（データロガー記録）による計測



写真-6.13　ゲージ圧式水位計（一体型）設置例



写真-6.14　ゲージ圧式水位計（分離型）設置例

（オ）絶対圧式水位計（データロガー記録）による計測

この水位計は、（エ）ゲージ圧式水位計と同様に圧力を電気的信号に変換して記録するもの（**図-6.25**）であるが、大気圧を含む絶対圧を測定する方式である。このため、大気圧補正が必要であり、補正に用いる大気圧の観測地点と水位計設置地点の間に標高差がある場合は、その気圧差による影響を補正する必要がある。

また、データロガー及び電池が水位計本体に内蔵されており、水位計を埋設することができる（**写真-6.15**）ため、計測期間において営農に支障は生じにくい一方で、収穫が終了するまでデータを確認できない。加えて、栽培形態や湛水条件等によっては、地下水位を示す場合と、湛水深の影響を含む水圧として記録される場合があるため、データの解釈には留意する必要がある。

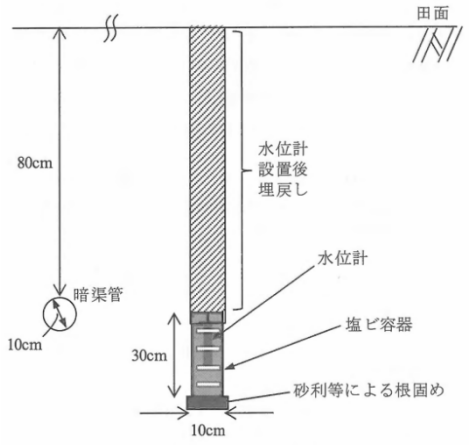


図-6.25 絶対圧式水位計（データロガー記録）による計測の例[8)]



写真-6.15 埋設された絶対圧式水位計

イ 観測井設置用孔の掘削

測水管の口径は、使用する水位計のフロート、水圧式水位センサーのスムーズな上下動に十分な大きさが必要である。口径75mmの塩ビ管の利用の場合に、観測井設置用の孔の掘削は、口径100mmのポスト・ホール型オーガーを利用することで容易に行うことができる。

ウ 観測測水管の加工（ストレーナのスリットの開け方）

水田の場合、地下水位の測定は地表面下1.0m程度の範囲でよい。地上部の長さは、測水管に異物の混入を避けるために1.0m程度必要である。測水管の全体の長さはおおよそ2.0mに切断して利用する。口径75mm塩ビ管利用の測水管の設置例を**図-6.26**に示す。ストレーナのスリットは、口径10mm程度の穴をドリルで開け、ジグソーで加工す

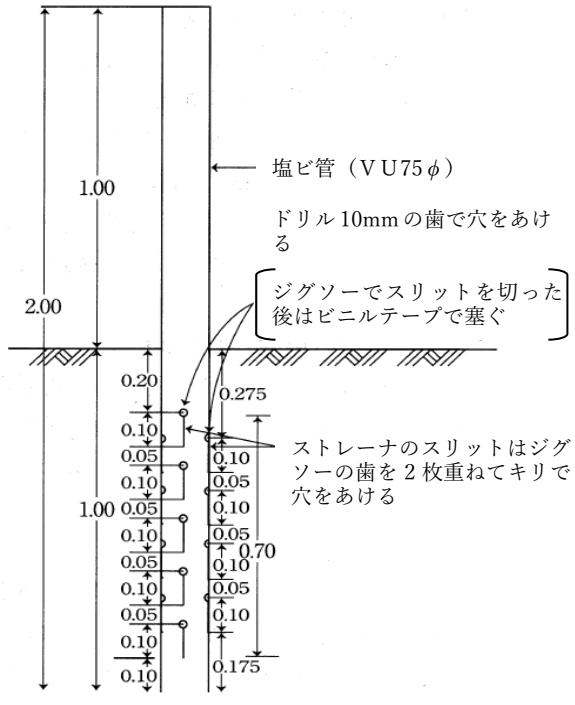


図-6.26 地下水位計測用測水管の設置例

る。この際、ジグソーの刃を２枚重ねて利用し、２㎜幅程度で行う。この後、穴はビニルテープで塞ぐ。これは測水管に土砂等が流入するのを防ぐためである。

エ　測水管の設置方法

測水管を設置する孔を掘削した後、測水管を垂直に埋め込む。測水管に傾きがあるとフロート等が接触し、測水管の内面に接触したまま固定されてしまうことがあるので注意する。次に、ストレーナのスリットを開けた高さまで直径２㎜以上の砕石等を投入する。砕石等の投入が適当でない場合には、ナイロン網等をフィルター材として測水管の周囲を覆い、なるべく粒度の荒い土で埋め戻す。

地表面から20cmの深さまでは降雨等による地表水が測水管に流入するのを防ぐため、埋戻しの土を硬く締め固めることが必要である。

オ　水位計台の製作

フロート式水位計による計測では、水位計本体を設置するための台が必要である。各タイプの水位計には、専用の台がオプションで用意されている機種もある。材料が入手しやすく、製作が容易で取り扱いやすい水位計台の構造例を**図-6.27**に示す。

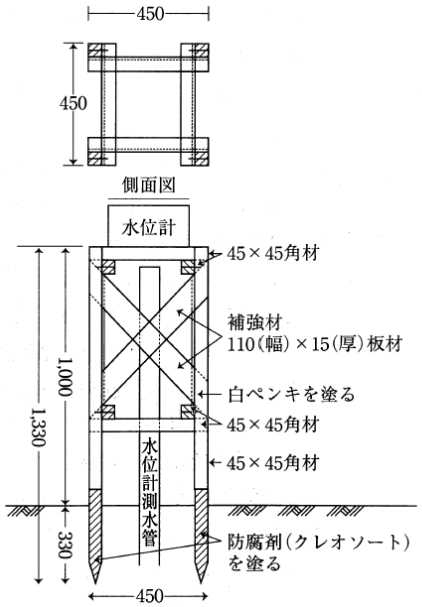


図-6.27　水位計台構造例

材料は4.5×4.5cmの木の角材と11×1.5cmの板材である。柱になる角材は133cmの長さに４本切断し、先端を削る。水平に位置する角材は45cmの長さに８本切断する。**図-6.27**のように組み立て木ねじで固定する。最後に、板材を柱材の斜めに補強のために取り付ける。塗装は、上部は白のペンキを塗り、下部は土壌中に固定するため防腐剤を塗布する。

現地での設置では、測水管を立て込んだ後、測水管に台をかぶせ、掛矢で打ち込んで土壌中に固定する。この際に、水準器で台の水平状態を確認し、台が水平になるようにすることが必要である。台の固定後、木ねじが緩んだ箇所は再度ねじの締め付けを行う。この後、水位計を固定する板を固定し、水位計を取り付ける。水位計台の高さが１m程度あると、現地での記録紙の取替え等の作業がしやすい高さでもあり、作物が繁茂しても水位計の場所が確認できる。

カ　ほ場と水位計台の測量

地下水位等の計測で、その高さの基準点を定める必要がある。一般的に平均田面を基準にする。

平均田面は、稲の収穫後が一番測定しやすい。水位計台の高さをペンキ等で記入しておくと便利である。

キ　水位計の設定及び計測

水位計の設置の際に、設置時の地下水位の確認は、水位計台から地下水位面までの高さ H_W をコンベックスや水位センサー付巻尺等を利用して計測し、台の高さ H_d を差し引いて地下水位の高さ H_h を求める。

地下水位の高さ H_h＝水位計台から地下水面までの高さ H_W －水位計台の高さ H_d

①　フロート式水位計（ペン書記録）の場合は、記録チャートのペンを計測した地下水位の

位置に合わせる。また、記録紙の取替え時も地下水位の位置を測定してペンの位置が正確な位置を示しているかの確認を行う必要がある。

② フロート式水位計（データロガー記録）の場合は、出力されている電圧・電流をデジタルテスターで確認し、異なった水位の時の電圧・電流を計測して地下水位の位置と出力している信号の関係式を作りなおす必要がある。

③ 水位センサー式水位計（データロガー記録）の場合は、水位計台は必ずしも必要ではないが、確認された基準の高さからセンサー感知部までの高さを正確に計測しておく必要がある。出力される内容はセンサー先端から水面までの高さであるので、地下水位の高さではないことを十分理解しておく必要がある。なお、データ収集時に手測でも水位を測定し、その時の水位センサー式水位計の値とチェックするとよい。

ク データの収集及び整理

① 手測による測定は、一定期間ごとにコンベックスや水位センサー付巻尺等を用いて調査を行い、一定の基準高さから地下水位を測定し、基準高さを差し引いて地下水位を算出する。

② フロート式水位計（ペン書記録）は、記録紙のチャートを一定期間ごとに交換し、時間ごとの地下水位を読み取り、整理を行う。ただし、一定期間以上経過し記録紙に数回転にわたって記録がなされた時は、取替え時の日付と時刻を正確に記録紙に記入する。そして、記録紙にペン書きされた回数分のコピーを取り、水位の変化を追いながらコピーされた記録紙をつなぎ、この変化を蛍光ペンで順次マークし、最後の記録内容までこの作業を続ける。その後、一定期間（一週間ごと）の目盛りを記入し、読み取り時間ごとに水位の変化を読み取る。効率的な読み取り方法としては、コンピュータに接続して利用するデジタイザーを活用した読み取りソフトを利用することができる。

③ フロート式水位計（データロガー記録）のデータはデータロガーに記録されており、コンピュータを利用してデータを読み取り、現地で確認した水位とそのときの電気的信号（電圧・電流）の関係式が一次式で表せるので、その関係式から各電気的信号の値を水位の値に変換する。

④ 水位センサー式水位計（データロガー記録）の一体型は、処理ソフト関係が完備されており、出力したデータは直ちにグラフ化まで可能である。

⑤ 一体型でなく、センサーとデータロガーを接続した型式では、③の整理方法と同様な内容で処理を行うことができる。

6.2 調査事例

調査計画における参考とするため、蒸発散浸透量（減水深）の調査事例を示す。

なお、本事例は普通期の減水深調査であり、水圧式自記水位計を用いた一筆ほ場の減水深を測定したものである。

(1)調査時期

本地域の普通期は５月 26 日～８月 31 日であり、普通期全期間において３か年調査を実施した。

(2)調査地点数

調査地点数は、**表-6.5** のとおり減水深タイプごとの面積規模から決定した。

表-6.5　減水深調査地点数基準表

減水深タイプごと面積	調査地点数
100ha未満	20ha当たり１点
100～300ha未満	50ha当たり１点
300ha以上	100ha当たり１点

(3)調査ほ場の選定

調査ほ場は、関係土地改良区及び調査協力農家とともに現地立会を行い、以下の点に留意し決定した。

①　周囲の水田との位置、高低差、１耕区の面積、耕区と排水路の配置関係から付近一帯の水田状態を代表し得る水田を選定する。

②　畦畔が完全で亀裂等による漏水がないこと。また、用水路から直接取水ができ、独立した水管理ができること。

③　事前に普通期の水管理状況を確認し、掛け流し等により水管理されているほ場は避ける。

④　データの回収を考慮し、車両の進入しやすいほ場を選定する。

(4)調査方法等

水圧式自記水位計により、１時間ごとに水深の自動計測を行った。また、取水操作を行った時間帯を除外するため、耕作者に水管理野帳の記録を依頼した。

以下に水位計設置時の留意点等を示す（**図-6.28、6.29**）。

①　水位計設置高さは、１㎜単位で計測するため地盤より低い位置で計測し、データ回収後に水深に換算する。

②　水位計は保護管（塩ビ管φ50㎜）の上から吊るし、保護管には異物が混入しないよう上蓋をして杭に固定する。

③　水位計の設置位置は、ほ場内の平均的な標高地点とし、水口・落水口付近は避け、畦畔から0.5～1.0m離れた場所に設置する（**写真-6.9**）。

④　水口付近に水管理野帳を設置し、取水操作を行った時間を記録する。水管理野帳は防水紙を使用してバインダーに挟み込み、杭に固定した保護ケースに収納する（**写真-6.16**）。

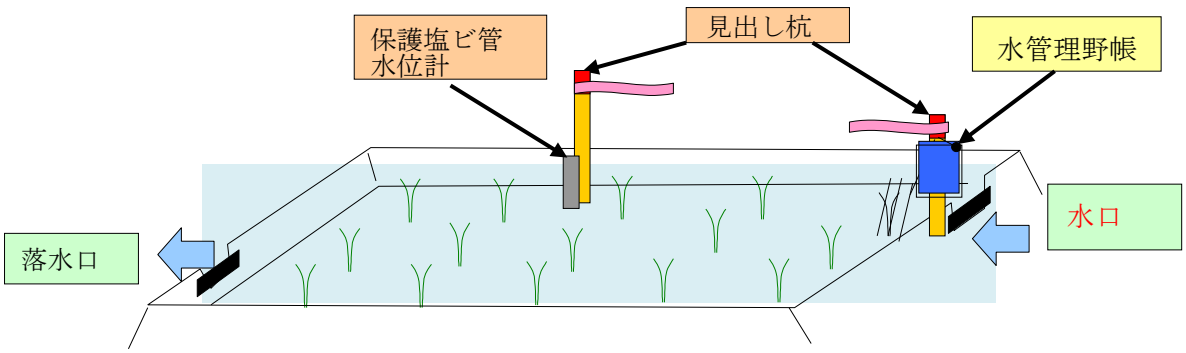


図-6.28　調査ほ場全体イメージ

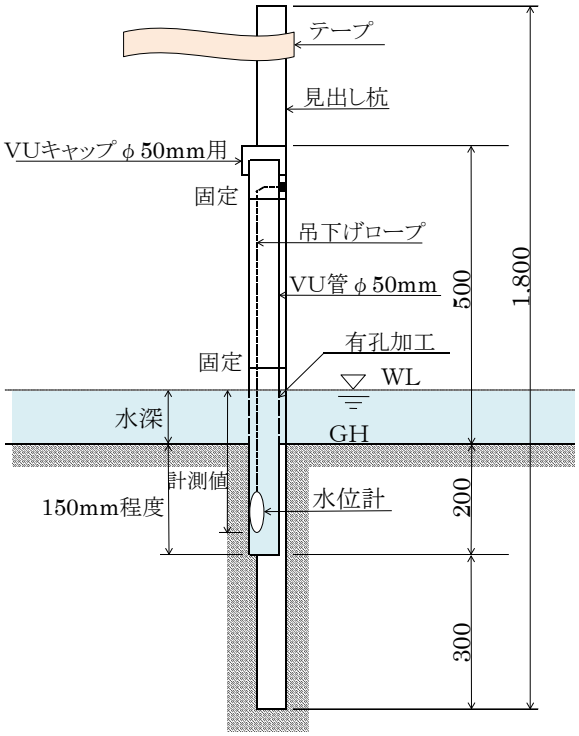


図-6.29　水位計設置概略図



写真-6.16　水管理野帳設置状況

引用文献

1)　(社)農業土木機械化協会：水管理制御方式技術指針（計画設計編）、p. 422-437(令和６年 10 月)

2)　丸山利輔　他：新編潅漑排水 上巻、養賢堂、p. 94（1986）

3)　中川昭一郎：水田用水量調査計画法（その４）、農土誌 34(9)、p. 15-22（1966）

4)　山崎不二夫・八幡敏雄：研究の資料と記録　第 14 集、東京大学土地改良研究室（1965）
（竹中 肇：漏水量迅速測定器の 2､3 の問題点とその改良について）

5)　水管理研究会　編：水田の水管理と圃場整備（中川昭一郎、用水量調査測定法）、地球出版、p. 224（1972）

6)　中川昭一郎：水田用水量調査計画法（その６）、農土誌 34(11)、p. 12-19（1967）

7)　中川昭一郎：水田用水量調査計画法（その５）、農土誌 34(10)、p. 13-19（1967）

8)　古檜山雅之　他：地下灌漑が可能な大区画化水田における圃場水管理、農業農村工学会論文集、No. 290、p. 23-32 (2014)

7．ほ場単位用水量

（基準　3.2.3、3.3.3関連）

水田のほ場単位用水量は、地域の栽培様式や水管理方式、ほ場条件等によって大きく変化するので、必要な時期に必要量が確保されるよう、営農に係る現況実態や今後の動向も勘案して、合理的な計画を策定する必要がある。

本章においては、ほ場単位用水量の主要素であり、調査計画の基礎単位として取り扱われる蒸発散浸透量（減水深）を中心に解説する。

7.1　初期ほ場単位用水量（初期用水量）

初期用水には、移植栽培を実施する場合には苗代用水と代かき用水、湛水直播栽培を実施する場合には代かき用水、また、乾田直播栽培を実施する場合は初期かん水がある。

以下に、苗代用水、代かき用水について解説する。

7.1.1　育苗方式と水管理

苗代用水は、育苗期間中のかん水や苗床の保湿に必要な用水である。苗代用水量は、育苗面積と育苗方式によって異なる。日数については、例えばハウスによる育苗方式では、稚苗で21日、中苗で35～36日、成苗で40～45日程度となり、苗代における育苗方式では35～45日程度とみればよい。

用水計画に当たっては、どのような用水を使用するか用水系統を含めた検討が必要である。

7.1.2　代かき用水の特徴

乾いた田面に当初かん水された場合の代かき用水の配分内容は、一般的には次のように表される。

代かき用水量＝湛水量＋作土層置換容気量＋心土層置換容気量（C）
＋水面蒸発量＋降下浸透量（E）＋横浸透（畦畔浸透）量

(1)代かき用水量に影響を及ぼす要因

代かき用水量の多寡は、次に挙げるような様々な条件によって左右される。

①　かん水前の作土及び心土における土壌水分の大小、これに影響する水田地下水位の高低とかん水前の降雨状況が関係する。一般に排水のよい乾田で多く、湿田で少ない。

②　土性による相違は主として心土の置換容気量で決まり、砂質土の方が降下浸透が速く、深い土層まで土壌水分が増加するので、粘質土より大きい。

③　水位の低い乾田では、心土に亀裂や礫層など水みちとなる大間隙が存在すると、耕盤から下方へ直接漏水する水量が多く、耕土の薄い扇状地等で特にこの水量が大きくなる。

④　単位面積当たりの取水平均流量が小さくかん水時間が長くなると、同一条件の水田でも浸透量等の要素が大きくなり、多量の水を要する。

⑤　代かき作業の方法によっても用水量は異なる。漏水田等でかん水と同時に水の回った部分から次々に代かきしていくと水量は少なくてすむ。

⑥　かん水前の耕起方法によっても差が出る。例えば、深耕を行うとその年は心土層置換容

気量（C）、降下浸透量（E）が大きくなり多量の水を要することが多い。

以上のように、代かき用水量は水田の立地条件や水管理方式等によって必要量が異なるので、その決定に当たっては、将来におけるほ場の立地条件（土壌条件・水理条件）、水管理方式等を勘案して行うものとする。

(2)代かき用水量の実態と特徴

各地における既往の代かき実態からまとめた代かき用水量は、おおむね**表-7.1**に示すような範囲になっており、以下のような特徴を有する。

① 輪換田や水稲・麦体系で耕作される水田にみ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くなる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-7.1 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。

7.1.3 代かき日数

(1)代かき日数の考え方

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、長くするほど施設容量は小さく有利となるが、ある程度の期間を超えると水稲生育に支障を来すという制限がある。したがって、代かき日数の決定には地域の営農形態を踏まえ、水稲の作付体系・好適作期と代かき作業機の能力を勘案して効率よく行い得る日数とすることが基本となる。

また、代かき日数の規定要因は、計画地区全体では水稲の作付体系と好適作期により、ほ区単位では経営体系にある機械の作業能力によることが多い。

水稲の移植時期は、水稲の生理的要因と管理上から決まり、田植期がこれら好適期に適合するように代かきを実施するためには、同一作期における代かき日数は最大でもほぼ７～10日間となる。また、農作業上又は気候による収量変動等の危険分散から品種を分散する農家が多いので、作付体系から作期がずれる場合には同一作期より長い代かき日数となる。

一方、代かき作業機の能力は、作業機が大型化するほど１日の作業面積は増大する。将来の営農を考えると、基本的に大型機械化体系が導入される傾向に向かうと予想されるので、代かき日数の計画に当たっては、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。

しかしながら、担い手への農地集積や経営規模の拡大、兼業農家の営農形態等により、代かきや田植作業が特定期間に集中し、従来の代かき期間や用水需要の実態に変化が生じる場合があるので、これらの実態についても十分な検討が必要である。

7.1.4　代かき期間中の必要水量

(1)代かき期間中の必要水量

代かき・田植期の水管理は、代かきを行った後土壌の安定を待っていったん落水した後、再びかん水して田植を行い、その後湛水管理を行うのが一般的である。したがって、代かき期間中の日必要水量は、（当日における代かき用水量）＋（田植（播種）水田における田植（播種）直後のかん水量）＋（前日までの代かき実施済み水田における普通期ほ場単位用水量）となる。

このため、地区の代かき期間中の日必要水量及び最大必要水量は、代かき用水量、普通期ほ場単位用水量、代かき日数が決まれば計画できる。なお、水稲の有機栽培において、雑草抑制等のため複数回の代かきを行う場合は、２回目以降の代かき用水量を、深水代かきを行う場合は、湛水深確保に必要となる上乗せ分の代かき用水量を見込む必要がある。また、地区の事情により田植（播種）後の再かん水量を見込む必要のある場合がある。

(2)等面積方式及び等水量方式の算定式と特徴

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を示す代表的な例は以下のようになる。なお、「等面積方式」は、毎日同じ面積ずつ代かきを行う場合、「等水量方式」は、一定の水量を取水し、その範囲でできる限りの面積の代かきを行う場合で、それぞれ地域の実情（地区の水源、施設規模、水利慣行等）を勘案し採用する。

ア　等面積方式の場合

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

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

式中　q_i：代かき開始後 i 日目の必要水量（㎥/d）
i：代かき開始からの日数（日）
q_{max}：代かき期間中の最大必要水量（㎥/d）
q：代かき用水量（mm）
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）
A：全計画面積（ha）

イ　等水量方式の場合

$$q_i = \frac{10 \cdot d \cdot A}{1 - \{(q-d)/q\}^n} = 一定$$

$$a_i = \frac{(q-d)^{i-1}}{q^i} \times \frac{d \cdot A}{1 - \{(q-d)/q\}^n}$$

式中　q_i：代かき開始後 i 日目の必要水量（㎥/d）
i：代かき開始からの日数（日）
q：代かき用水量（mm/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）
A：全計画面積（ha）
a_i：代かき開始後 i 日目の代かき面積（ha）

最大必要水量では等面積方式の方が等水量方式より大きくなるが、代かき期間中の総取水量では逆に等水量方式の方が等面積方式より大きくなる（ただし、$n=1$ の場合に限りこれら４種の水量は等しい値となる）。

また、等面積方式では、代かき期の最終日に代かき期における用水量の最大値が生じ、等水

量方式では、代かき初日に代かき面積の最大値が生じる。

7.2 普通期ほ場単位用水量（普通期用水量）

普通期ほ場単位用水量は、期別蒸発散浸透量（減水深）と栽培管理用水量の和として定まり、下記の点に留意して、適正に決定しなければならない。

① 期別蒸発散浸透量（減水深）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。

② 栽培管理用水量は、ほ場条件や栽培様式だけでなく、用排水施設及びその管理方式、水源状況など、様々な要因により変化する。

③ ほ場単位用水量は、栽培様式及び水管理方式の変更及びほ場条件によって大きく変化するので、用水計画に当たっては、将来の条件も想定し、その変化量を明らかにした上で、将来における計画の妥当性をも検討しておく。

7.2.1 期別蒸発散浸透量（減水深）の期別変化

蒸発散浸透量（減水深）の期別変化は、栽培様式並びに測定水田の透水条件によって異なり、おおよそは**図-7.1**に示すような傾向で変動する。

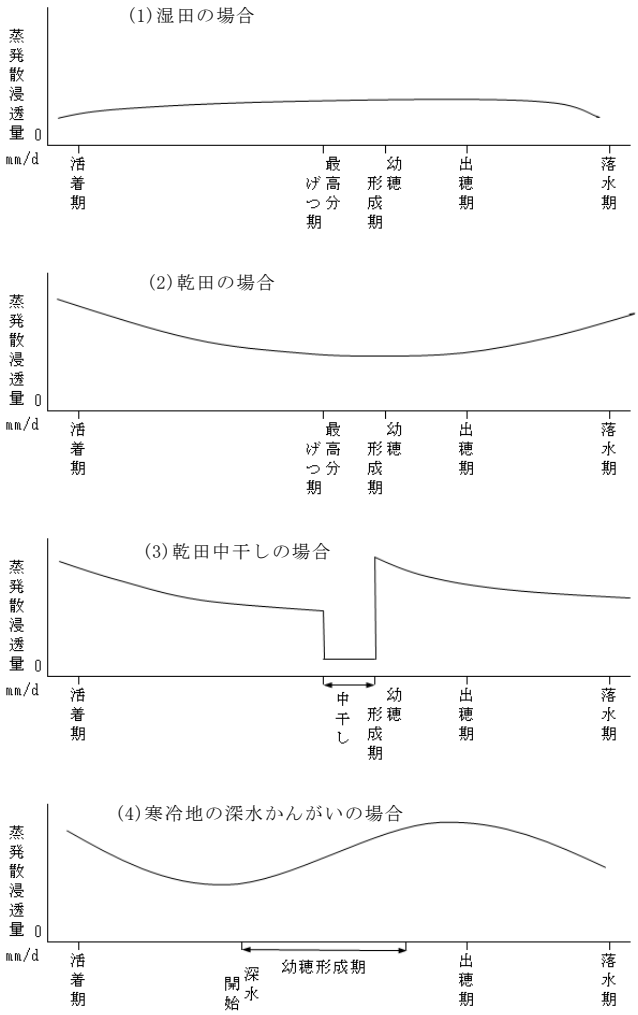


図-7.1 蒸発散浸透量(減水深)の標準的期別変化[1)]

7.2.2 計画における蒸発散浸透量（減水深）

計画期別蒸発散浸透量（減水深）は、試験ほ場における実測あるいは類似地区資料等を用いて将来の土地利用方式、栽培様式、水管理方式等を勘案し設定することとする。既往のデータから整理した試験ほ場の観測値、あるいは類似地区資料が得られない場合には計画地区の立地条件、栽培様式、水管理方式等を勘案して、計画地区の蒸発散浸透量（減水深）を推定できる。

地区内利用可能量算定に際しての留意事項は以下のとおりである。

(1)ピーク蒸発散浸透量（減水深）

蒸発散浸透量（減水深）のうち蒸発散量は、土壌区分、栽培様式等の相違による増減があまり見られないので地区のピーク蒸発散浸透量（減水深）は、浸透量が最大となる時期を採ればよい。また、用排水分離を前提とする単位ブロックの用水計画では、浸透量はかんがい期における土壌条件（透水性）と水理条件（排水路水位又は地下水位によって代表される土壌中の動水勾配）の両者の相互関係によって決まる。一般に、乾田中干しの場合、ピーク蒸発散浸透量（減水深）は中干し後にくることが多い。

(2)計画の基本構想と蒸発散浸透量（減水深）

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（減水深）を推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（水田時にあっては、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は増加する傾向となる。

(3)地形区分との関連

蒸発散浸透量（減水深）の大きさを決定する土壌条件、水理条件は、地形条件に応じた特徴を有しており、一定の傾向を示す。

地形別に見た地下水位の概況は**図-7.2**に示すようになっており、地形別にそれぞれ特徴を持っている。主な地形区分ごとに地下水位と土壌条件との関連で蒸発散浸透量（減水深）の傾向を整理すると**表-7.2**のようになる。

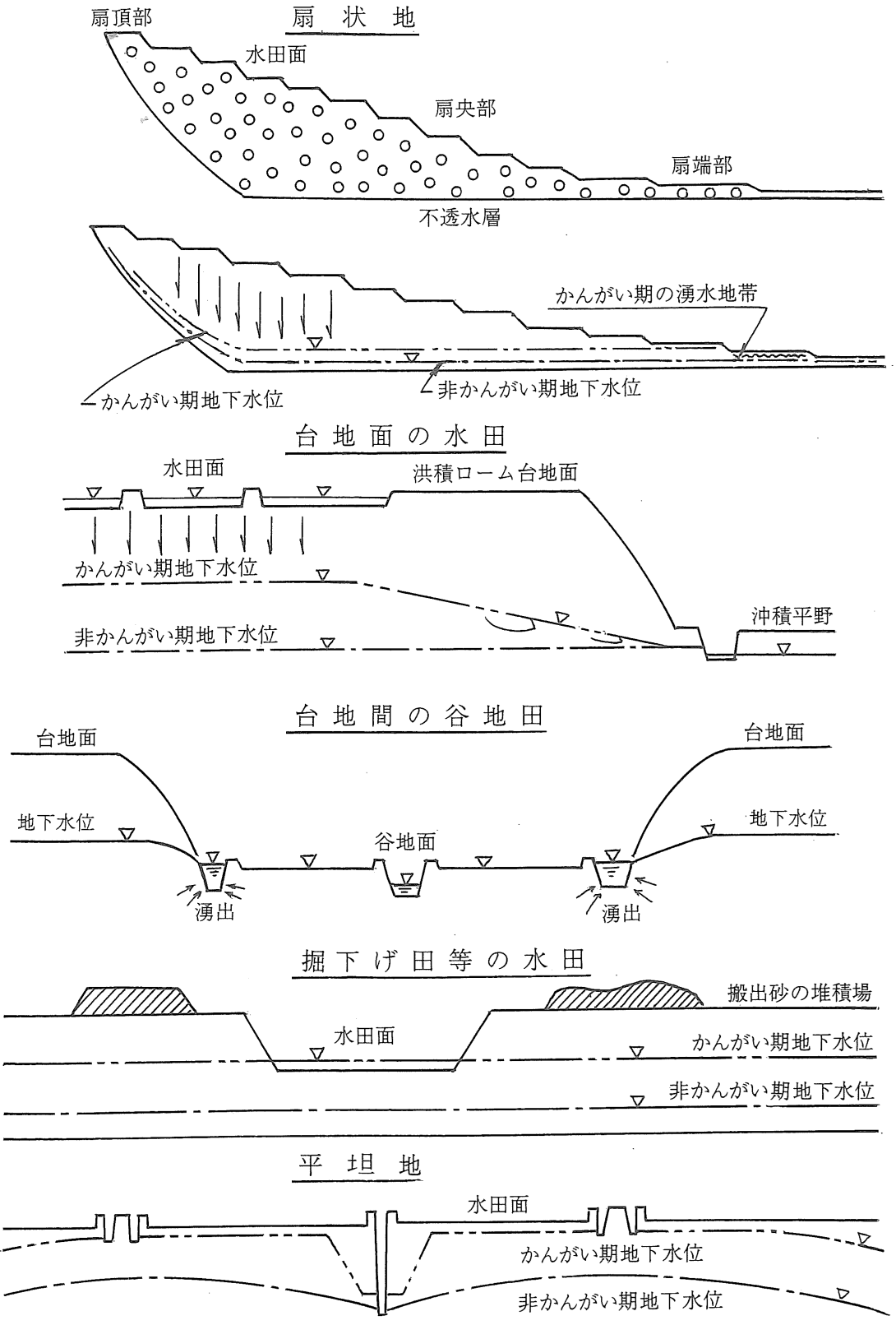


図-7.2 地形別地下水位と浸透機構の模式図

表-7.2 地形区分と浸透量の傾向

地形区分	地下水位	土壌条件	浸透量の大きさ
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。土層改良後で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	平坦地に比べ大となる。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	湿田で粘質なものほど小さい。排水改良後の乾田化で大きくなる

7.2.3 期別蒸発散浸透量（減水深）の算定

(1)期別蒸発散量

計画地区において用水の反復利用可能量を求めるためには、消費されて反復利用できない蒸発散量の算定を必要とする場合がある。また、栽培条件、ほ場条件、水管理条件等の変化に対する蒸発散浸透量（減水深）の変化を算定する場合、比較的変化の少ない蒸発散量を分離して、浸透量の変動を解析することも考えられる（関連項目**6.1.4**(10)排水路浸出量の測定方法）。

期別蒸発散量の算定は、原則として既存資料をもとに、期別の蒸発散量の実測例を参考にするか、用水計画の検討を行う年の蒸発計蒸発量（若しくは気象資料から適当な方法により計算で求めた蒸発散位）に期別の比率を乗じた値によって行う。

(2)地方別期別蒸発散量

蒸発散量の地方別・旬別の標準的な値と、それらの値と蒸発計蒸発量との比として**表-7.3**及び**表-7.4**の実測例が得られている。この表は、実測値の旬別の平均値をとったものであり、計画基準年などの干ばつ年に問題となるような連続干天時における蒸発散量は、この表の値に更に余裕を見込んだものとなる。

具体的には、地方の条件別に、測定された**表-7.3**の最大蒸発散量の値に１㎜程度の余裕を見込んだ値を、**表-7.5**の計画蒸発散量としていることが多い。

表-7.3 地方別蒸発散量の信頼し得る実測値（旬別平均mm/d）[2)]

地方別	4			5			6			7			8			9			10			平	備考
月 旬	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	均	
北海道							3.4	4.9	4.1	4.3	5.0	5.2	5.9	4.4	4.3							4.6	4地区延べ21年間平均
東 北							3.8	4.2	3.3	3.7	4.6	5.4	5.5	5.5	4.5	4.4	3.6					4.4	2 〃 13 〃
関 東								3.4		3.7	4.3	6.4	6.2	6.4	5.6	4.5	4.5	4.5				5.0	1 〃 10 〃
北 陸							3.6	3.9	4.1	4.2	4.0	6.1	5.3	6.4	4.8	6.6						4.9	3 〃 4 〃
東 海								3.8		4.4	3.5	－	5.3	7.1	5.5							4.9	1地区（延べ）1年間の値
近 畿										4.2	4.9	5.7	6.1	4.8	6.5	7.3	5.7	4.7				5.5	1 〃 1 〃
山 陰								5.0		4.5	5.4	6.0	6.4	5.1	5.0	4.3	3.7					5.0	1地区延べ4年間平均
山 陽										4.1	5.0	7.0	6.7	6.6	6.3	4.9	4.4	4.7				5.5	2 〃 4 〃
四 国								3.7		4.9	5.6	6.0	5.8	5.9	5.2	5.0	5.9	4.9	4.7			5.2	1 〃 4 〃
九 州										3.7	5.9	6.1	6.0	6.5	6.3	5.1	5.4	5.1	5.0	4.8		5.4	3 〃 9 〃
全国平均							3.6	4.3	3.9	4.2	4.8	6.0	5.9	5.9	5.4	5.3	4.7	4.8	4.9	4.8		4.9	19 〃 71 〃

※ 数字の下の—は地方別の旬別第１位、…は第２位を示す。

表-7.4 蒸発散量対蒸発計蒸発量比の地方別大勢（mm/d）[2)]

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	備考
北海道			1.1～1.3	1.3～1.4	1.4～1.6			4地区延べ16年間平均
東 北			1.1～1.2	1.2～1.3	1.3～1.4	1.4～1.5		2 〃 11 〃
関 東			1.3	1.3～1.5	1.4～1.5	1.7		1 〃 10 〃
北 陸			0.9～1.0	1.0～1.4	1.5～1.7	1.3		2 〃 2 〃
東 海			0.8	1.0～1.2	1.2～1.6			1地区1年間の値
近 畿				0.8～1.2	1.2～1.4	1.5～1.7		2地区延べ2年間平均
山 陰			1.1	1.1～1.2	1.1～1.2	1.2		1 〃 4 〃
山 陽				1.2～1.4	1.4～1.6	1.5～1.7		2 〃 4 〃
四 国			1.1	1.0～1.2	1.0～1.2	1.1～1.5		1 〃 4 〃
九 州				1.0～1.1	1.2～1.4	1.4～1.6	1.5～1.4	3 〃 9 〃
全国平均			0.9～1.2	1.0～1.4	1.1～1.6	1.3～1.7	1.5～1.4	19 〃 63 〃
早期栽培		0.8～1.0	1.1～1.2	1.3～1.5	1.3～1.4			3 〃 6 〃
晩期栽培				0.8	0.9～1.0	1.1～1.4	1.4～1.1	1 〃 4 〃

表-7.5 地方別計画蒸発散量（mm/d）

地 方	計画蒸発散量	地 方	計画蒸発散量
北海道	6.0～7.0	近 畿	7.0～8.0
東 北	6.0～7.0	山 陰	6.5～7.5
関 東	6.5～7.5	山 陽	7.0～8.0
北 陸	6.5～7.5	四 国	7.0～8.0
東 海	7.0～8.0	九 州	7.0～8.0

(3)期別浸透量

ほ場における浸透条件は、①土地生産力の増大による水稲の収量増大・品質向上、②土地利用の高度化、③機械化による労働作業の能率向上、④水管理の合理化、等を図る上で重要な役割を有しているので、地区状況に応じて適正な浸透量を確保できるよう検討する必要がある。

浸透量は、栽培様式及び水管理方式によって大きく変化するほ場の水理条件及び土壌条件に規定されるので、浸透はこれら条件の変動を勘案して期別に算出する。

浸透量のうち、上記の条件によって著しく変化するのは主に降下浸透量である。降下浸透量はかんがい期の土壌条件（透水性）と水理条件（排水路の水位や地下水位によって代表される土壌中の動水勾配）に左右される。したがって、両条件とその変化の状況を的確に把握する。

7.2.4 栽培技術における適正浸透量の考え方

(1)透水条件による水田の分類

一般に降下浸透量を左右する要因としては、かんがい期における土壌条件と水理条件の二つがあり、この両者の相互関係によって浸透量は決まってくる。この関係を定性的に示すと**表-7.6**のような水田の分類が可能となる。この表で水理条件は、あくまでもかんがい期間中の水理条件を意味し、非かんがい期に地下水位が低下するような乾田でも、かんがい期に排水路水位や地下水位が田面近くまで高まる場合には、水理条件は不良となる。また、土壌の透水性は、水田土層（深さ0.6～1.0mくらいまで）のうちの最も透水性の小さい土層の透水係数を意味し、一般には耕盤の透水性がこれに該当する場合が多いが、ときには代かきした作土の透水性が該当することもある。なお、（ ）内の数字はいずれもおおよその目安であって厳密なものではない。厳密には土壌水分吸収力で表すのが妥当であるが、実用上あえて排水路水位で代表させた。よって台地や扇状地の水田などで地下水位が低く開放浸透を起こしている場合には、例え排水路水位が高くても水理条件としては良好と考えてよい。

この表において、Ａ～Ｉのそれぞれの水田の性格を述べると以下のようになる。

Ａ：土壌の透水性が大きく、地域全体の地下水位が常時低い浸透量の過大な漏水田である。礫質台地、扇状地、火山山麓、砂丘地等の水田がこれに当たり、粘質土の客土、床締め等によりＤの状態に近づける必要がある。

Ｃ：透水性は大きいが、かんがい期の地下水位が高いために浸透が過少となっている水田である。低湿地帯の中にある砂質土、泥炭地がこれに当たり、排水改良乾田化や用排水の分離によってＡに近づき、浸透量は著しく増加する。

Ｇ：地形的に見て水理的条件は良いにもかかわらず、土壌の透水性が悪いことに起因する湿田である。①亀裂の発達しない粘質土地帯、②不透水層の浅い水田、③耕盤が特に発達した水田、④代かきで作土の透水性低下が著しい水田等がこれに当たり、①～③は土層改良によって、④は乾田直播によって浸透量は増加する。

Ｉ：水路水位が常時高く、かつ、透水性が悪い浸透不良田である。一般の低湿田地帯は、そのほとんどがこの両者に起因して浸透が少なく、単純な排水改良だけではあまり浸透量は増加しない。適正浸透量に近づけるためには、暗渠を浅く密に行って非かんがい期の土壌乾燥効果により亀裂を発達させて透水性を改良するか、心土破砕等の土層改良を行ってＤの状態に近づけねばならない。

B、D、E、F、H：

A、C、G、Ｉのそれぞれ中間的性格の水田でB、D、Eは一般にほぼ適正浸透量を示す標準的な水田と考えてよく、F、Hは浸透不良田に属する水田である。

表-7.6 透水条件による水田の分類[3)]

水理条件＼土壌条件		土壌（最小透水量）の透水性		
		大（$k=10^{-3}$以上）	中（$k=10^{-4\sim-5}$）	小（$k=10^{-6}$以下）
排水路水位	低（田面より0.8m程度以下）	A	D	G
	中（田面より0.8～0.3m程度）	B	E	H
	高（田面より0.3m～湛水面）	C	F	I

※ kは土壌の透水係数（cm/s）

(2)適正浸透量についての知見

水田の透水性が水稲の収量に及ぼす効果に関し、適正浸透量（水稲生産のために望ましい水田土壌の降下浸透量）を意識した水管理が一般化している。また、機械化を前提とする水稲作では、生育後半の浸透が重要であり、収量の低下を来すことなく十分な地盤の支持力を発現させるため、浸透性の確保が必要である。さらに、水田の高度利用という観点から浸透性の確保は一層重要となってきていることから、以下のア～ウに基づき適正浸透量を構成することが可能である。

しかしながら、適正用水量（適正浸透量＋蒸発散量＋栽培管理用水量）から計画用水量を先に定め、それを実現させるような土地改良事業を進める考え方においては、水田の適正浸透量に近づけるような対策が必要となるため、工事費面からの検討が必要となる。具体的には、過度の漏水田に対しては粘質土の客土・床締め等によって過大な浸透を防止し、排水不良の湿田に対しては暗渠排水によって乾田化を図り、不透水性の土層を有する水田では心土破砕等の土層改良を行うなどが考えられる。

ア　水稲の高収条件

水稲の収量を高める上での透水効果については多くの研究がなされ、水稲の収量と降下浸透量との間にはある程度の相関があり、収量の増加を図る上での適正浸透量が存在することが明らかになってきた。この適正浸透量を決定する要因としては①養分吸収の調節、②阻害要因の排除、③これら①、②の関連による根の活性の強化及び光合成の増加等が相互に複雑に関連することが挙げられ、それらが総合された結果として水稲の生育、収量に影響を及ぼすものとされている。

高収条件としての浸透量は、地域及び土壌条件によって異なることが知られている。また、期別での透水効果は、最高分げつ期以前はむしろマイナスに働き、後期においてその効果が著しい傾向がある。

イ　機械走行効率

水稲作の機械化は、耕うん・整地・防除の各作業が中心であり、機械一貫作業体系（播種、田植及び収穫運搬を含めた一連の機械化作業体系）が確立されている（**表-7.7**）。こうした中で、水田における地耐力が主要な問題となってきている。水田における地耐力

は、乾燥によって発揮された強度増加もかんがい期の湛水により元に戻るという履歴を繰り返すことから、地耐力を高めるためには排水・乾燥を早める土壌構造、排水機構としなければならない。排水・乾燥を早めるには土壌の透水性は大きいほど好ましい条件であるが、大きすぎると、水稲の高収条件の点で問題が起こってくる。現在のところ、機械の走行性や水稲の収量低下限界等から考えると、20～30mm/d程度の蒸発散浸透量（減水深）が確保されていることが望ましいとされる（**表-7.8、7.9**）。

表-7.7　水田機械化のためのほ場条件（重粘土地帯）[4)]

	耕　種　作　業		ほ場条件の内容
機械走行性（支持力）	耕起（砕土）	ホイルトラクタロータリ（プラウ）	コーン支持力 作土層（平均）200kN/m²以上 耕　盤（平均）300kN/m²以上 （6.0ｃｍ² コーン）
	防除作業	トラクタマウント型散粉機	
	代かき	ホイルトラクタ（補助走行装置装着）	コーン支持力 作土層 耕　盤（平均）250kN/m²以上
	収　　穫	コンバイン､バインダ	コーン支持力 作土層（平均）150kN/m²以上 耕　盤（平均）250kN/m²以上
ほ場排水土壌乾燥	水　田	水稲湛水期	蒸発散浸透量（減水深）10～20mm/d
		水稲非湛水期	湛水排除　２日 地下水位降下速度（湛水消失後２日　40cm）
	畑（乾　田）	作物普通畑作物 乾直水稲 水稲畑作を含む	湛水排除　１日 地下水位、地表下50cm以下 地下水降下速度、降雨後１日、40cm以下
		砕土時の土壌水分	塑性限界以下までの土壌乾燥化が容易

表-7.8　重粘土水田の排水に関する目標値[4)]

時期別／項目		湛　水　期 移植栽培 中干し期まで	非湛水期 湿　潤　期 太平洋側刈取り期まで 日本海側秋冬期	非湛水期 乾　期 太平洋側秋～春期 日本海側春期	参　考 （転換畑）
蒸発散浸透量（減水深）		10～20mm/d	25～50mm/d	—	—
湛水（降雨）消失速度		—	50mm/d	60mm/d	50～100mm/d
降下浸透速度		10～15mm/d	25～50mm/d	50～60mm/d	50～100mm/d
土壌透水係数		10^{-5}cm/s	5×10^{-5}cm/s	10^{-4}cm/s	10^{-4}cm/s以上
降雨後２日目の	20cm土壌水分	—	pF0.7	pF1.2	—
	地下水位	—	30cm	40cm	40cm
降雨後７日目の	20cm土壌水分	—	pF1.5	pF1.7	—
	地下水位	—	50cm	50cm	60cm

表-7.9 土層の改良目標[5)]

項目			改良目標値
水田	透水性	降下浸透量	15～25mm/d（20～30mm/d）
		最小透水土層の透水係数	10^{-4}～10^{-5}cm/s
	地耐力※	耕うん時又は収穫時	平均 400kN/m^{2}以上 最小 200kN/m^{2}以上
		代かき時	平均 200kN/m^{2}以上
畑	透水性		20～50mm/d 以上

※ コーンペネトロメーター（コーン面積6.45cm^2、先端角30°）を使用して、田面から深さ０～15cmの間を５cmごとに測ったコーン指数。

ウ 水田の高度利用から見た適正浸透量

田畑輪換を行う水田では、畑としての利用時に畑状態としての好適条件を、田としての利用時に水田状態の好適条件を確保する必要があり、水田の畑利用を行わない場合よりは透水性が良くなければならない。このため、田畑輪換を行う水田の蒸発散浸透量（減水深）は、連作田の蒸発散浸透量（減水深）より大きめになる傾向がある。よって、田畑輪換を行う水田においては、浸透管理が十分にできるよう排水組織及び管理施設の整備による用排水の制御を図ることが重要である。

大区画の田畑輪換を行う水田においても、連作田と比較して蒸発散浸透量（減水深）は大きめになる傾向にあるが、畑地又は水田としての利用頻度、地下水位等の栽培様式以外の要因や、鎮圧等の作業による物理的要因によって、一般的な傾向と異なる浸透が生じる場合がある。このため、適正浸透量の検討に当たっては、地域の田畑輪換におけるこうした実情を踏まえることが望ましい。

7.3 ほ場単位用水量の変化

一般に、ほ場単位用水量の増減は、主に蒸発散浸透量（減水深）の増減の傾向に対応し、代かき田植期と中干し後の再かん水時から出穂期にかけて極大値を持ち、その後は漸減するといった傾向がある。

このほ場単位用水量の増減パターンは、小ブロック水田における実測によるほか、用水管理が比較的よく行われており、反復利用がない支線用水路掛りの用水系統ブロック（最大は地区単位）で計測された取水量（又は分水量）をもとに、施設管理用水量等を勘案して作成することもできる。

また、ほ場単位用水量は、期別の変化だけでなく、短期的、長期的に需要量が変化するという特徴を有する。このうち、長期的な用水量の変化の要因としては、気象等の自然条件の変化による影響を始めとして、以下のような社会経済的諸条件の変化が考えられるので、計画策定段階では、地区の実情を十分踏まえ、弾力的な運用が可能となるように留意する。

(1)栽培・水管理方式に伴う変化

機械化、省力化を軸とする栽培方式（乾田直播法、湛水直播法等）は、従来と全く異なるかんがい期初期の水管理を要求することはいうまでもなく、用水量そのものにも影響を及ぼす。

また、水田の高度利用（田畑輪換、裏作の実施）や経営規模の拡大に伴う水田利用体系の変化、有機栽培における雑草抑制のための水管理、寒冷地における深水かんがいの実施等は、土壌条件や作期、水管理方式等を変えてきており、期別用水量にも影響を及ぼしている。

さらに、集団で行う防除作業等が水田の用水管理に影響を与える状況もある。例えば、一部の除草剤を集団作業で散布する場合には、広い面積にわたって同時に落水しておくことが前提となり、落水後一斉に再湛水することになると、一時的に多量の用水を取水する必要が生じる。

それぞれの栽培・水管理方式に対応する用水量計画上の留意点と事例調査から得られた用水量変化は以下のようになる。

ア　直播栽培に伴う変化

乾田直播栽培は、代かきを行わないというほ場管理上の特徴から用水量にも大きな変化をもたらす場合がある。乾田直播田の用水量に関する試験結果から見ると、乾田直播栽培の導入に伴う用水量変化はあらゆる水田地域で起こるわけではなく、火山灰地、沖積扇状地、暗渠排水による乾田化の進んだ水田等の、心土層の透水性が大きく、かつ、かんがい期にも地下水位があまり高くならない水田においてその変化が著しく、従来、代かきを入念に行って作土に不透水層をつくり、それによって浸透を抑制していたような水田で浸透量の増加が著しい。一方、かんがい期に地下水位が高くなるか、あるいは心土層や耕盤等に著しく透水性の低い土層が存在するような水田では、その変化がほとんど現れていない。乾田直播栽培における用水消費機構と用水量変化の特徴を透水条件との関連で整理すると以下のようになる。

① 代かき用水量は不要となるが、その代わりに初期かん水量が必要となる。ただし、その水量は代かき用水量より20～40%程度少なくてすむ場合が多い。

② 心土層の透水性が大きいこと等により用水量の増加が見られる場合には、初期かん水直後の浸透量が特に大きく、かん水後10～20日でほぼ安定した値にまで低下するが、安定後も普通移植栽培に比べればなお大きな値を示す。

③ 浸透量増加の原因は、代かきを省略するための降下浸透量増加と横浸透（畦畔浸透）量増加の二つであり、周囲の条件によっては後者が大きな増加要因となる場合がある。

④ 降下浸透量の増加は、耕盤以下の心土層の透水性及びかんがい期地下水位（排水路水位）によって決まる。心土に透水係数が 1×10^{-5}cm/s程度以下の土層が存在する場合やかんがい期の地下水位が当初から田面近くまで高まっている場合等においてはその増加量は小さい。

⑤ 作土層は、代かきを行わなくとも湛水するだけで、浸水により透水性の低下が進行する。これは、かん水後、浸透量が次第に低下する原因である。

⑥ ケンブリッジローラ等によってほ場面を適切に鎮圧したほ場は、鎮圧を行わないほ場に比べて降下浸透量が抑制され、用水量が少なくなる場合がある。

乾田直播栽培方法は、その導入に伴う用水量増加が著しいと推定される地区において広く導入する場合、作期の分散等について検討が必要である。また、乾田直播栽培に伴う用水増加量が大きいと推定される場合には、排水路の堰上げによる浸透抑制、ベントナイト客土、床締め等の対策が効果的な場合もある。

なお、乾田直播は一般の移植栽培に比べて湛水期間が10～20日程度短いのが普通であるから、初期浸透量がやや増大しても、かんがい期間中の総用水量はそれほど増加しない場合もあり、貯水池などの水源計画に際しては、浸透量の増加と作期の移動、湛水期間の短縮などの両面から期別用水量を検討しなければならない。

さらに、湛水直播栽培の場合には、代かきの有無が用水量に関係する。しかしながら、湛水直播は一般には浸透量の少ない低平地帯に導入される場合が多いので、代かきが行われなくても乾田直播に比べて用水量増加はあまり問題にならないことが多い。代かきを行う場合には、蒸発散浸透量（減水深）の変化は移植栽培と基本的に変わるところはない。

イ　飼料用米等の栽培に伴う変化

主食用米と作期の異なる飼料用米等を作付けすることにより、労働時間及び水需要のピークが分散される。作期の変化に伴ってかんがい期間も変化することから、水利権を変更しない場合にはかんがい期間が水利権の許可期間外となることがあることに留意する必要がある。

ウ　作期の変化

作期移動の原因としては、田畑輪換あるいは水稲裏作麦の導入・廃止、営農面の作物の組合せ、水稲品種の変化、早植及び遅植の実施等が挙げられる。

作期の移動に伴う用水量の変化としては、水管理の変化による浸透量の変化と気象条件の変化に伴う蒸発散量の変化が考えられるが、作期移動に伴う蒸発散量の変化は少ないため、水管理の変化による浸透量変化によるものが大部分となる。

浸透量は、中干しの前後で大きく異なるため、作期の変化に伴う中干し期の移動が用水量へ影響する。また、作期移動はかんがい期間とかんがい期における期別必要水量を大きく変えることから、計画における作期別面積配分には十分な検討を要する。

エ　水田の畑利用

田畑輪換に伴う用水量変化としては、①水田を畑利用した場合の用水量と②畑利用から再度水稲作へ転換した場合の検討が必要である。水田を畑利用した場合の用水量は、転換作目によって異なる。水田時の用水量より小さくなるのが一般的であるが、水田非かんがい期における用水の確保が必要となることが多い。

一方、水田を畑利用し再度水稲作に転換した場合、透水性が大きくなっているため、一般的には降下浸透量が増加する傾向にあり、横浸透（畦畔浸透）量も増加している場合がある。

水田畑利用後（還元田）の水田透水性の変化は、畑利用時における土壌条件の変化によって異なる。畑利用時の土壌条件は、土壌の透水性と構造を迅速な排水性と適度な保水性、通気性といった畑地土壌の好適条件に近づけるよう努力がなされる。したがって、還元田の土壌条件については、若干なりとも畑地の性質を得て耕盤層の透水性が良くなっており、初期用水量及び中干し後の用水量が増加する場合が多い。

また、田畑輪換が地区内の用水量全体に及ぼす影響は、輪換面積によって異なる。輪換面積の小さいうちは、浸透量の増加分が畑利用部分の水田に相当する水量より少ないため全体の取水量が全面積水稲作付時より少なくなるが、輪換面積が大きくなると還元田の増加使用水量が大きくなり、全体取水量が全面積水稲単一作付時より大きくなるお

それもあるので注意する。

なお、田畑輪換においては、還元田の前の作目が何であるかによって、かんがい期の時期が変化することもあり、作目の選定は用水計画における用水量を設定する上で重要な要素となる。

オ　防除作業上の水管理

（ア）薬剤使用に伴う水管理

病虫害防除や除草作業において、その薬剤の種類によっては、いったん田面湛水を落とす場合がある。このような時には再湛水時に一時的にピークが現れる。こうした方法を導入しようとする場合には、計画の合理性を判断するため、用水量ピークの高まる程度、用水路断面改造の程度等を踏まえた方法を慎重に比較検討する。

（イ）有機栽培における雑草抑制のための水管理

水稲の有機栽培においては、除草作業に要する労力の多さが普及拡大の阻害要因の一つとされており、その対策の一環として、複数回の代かきや深水管理が行われている。

水稲の有機栽培における代かきは、主に発芽した雑草や雑草種子の除去・埋没を目的としており、一般に数週間ほど間隔をあけて２～３回程度行われる。また、深水管理は、代かきと組み合わせて雑草の発生及び生育の抑制を図るものである。

なお、対象とする雑草の種類、深水管理の実施期間、目標とする湛水深などは地域により異なることから、各都道府県で指導されている栽培技術の内容を確認することが重要である。

カ　冷害対策上の水管理

冷害地帯における水田の水温は、収量に大きく影響する。東北・北海道では７月中旬から８月上旬にかけての水温が高いほど収量が増加することが認められている。特に、幼穂形成期における低温の発生は水稲の収量に決定的な障害となる。この幼穂形成期における低温対策として深水による幼穂保護効果が大きいことが認められており、深水かんがいが広く実施されるようになってきている。深水による温度効果と稔実歩合の間には密接な関係があり、湛水深15cm以上で効果が著しいと言われている。

なお、幼穂形成期の低温によって異常が起こる障害型冷害の危険期は、出穂前12～13日を中心とした１週間程度である。しかし、危険期に一挙に地区全体の湛水深を増加することは水量的にも困難が伴うので、有効穂数決定期から徐々に湛水深を増加させ危険期の初めまでに必要湛水深を確保するという方法もある。

深水かんがいに伴う稔実歩合の変化には**図-7.3**に示すような試験結果がある。

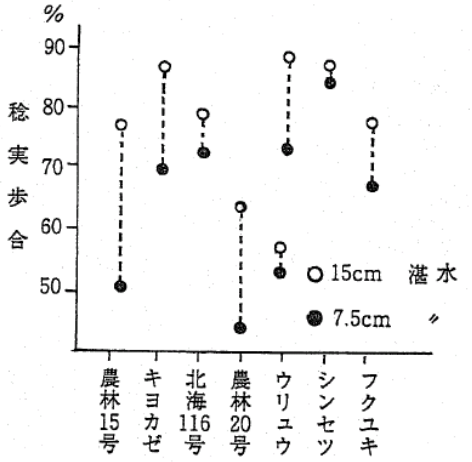


図-7.3　水深を異にした場合の品種別稔実歩合（昭和40年移植、遠別）

キ　中干し期間の延長

メタンガス排出抑制を目的として、地域の慣行的な中干し期間より長期間の中干しを行う取組が進められている。一般に中干し後はほ場の浸透量が増え、再かん水時に必要となる用水量が増加する傾向にある。中干し期間の延長が実施される場合、湛水期間や再かん水時期が変化するため、総用水量やピーク用水量への影響について留意する必要がある。

(2)ほ場条件による変化

区画整理や用排水分離等が実施されると用水量が大きく変化する地区がある。取水量の増加により計画用水量の確保が可能な地区では、このための用水量変化を事業の用水計画の中に見込んでおく必要があり、また、水源量が十分でなく取水量増加を期待できない地区では、ほ場整備に伴う水量増加を抑制する措置、又は、反復利用等の対策について検討する必要がある。これらについて変化の傾向は以下のとおりである。

ア　用排水の分離

区画未整理地区に多い用排水兼用の水田地域及び田越しかんがい地域は、用水量の点からみれば反復を有効に利用する用水組織となっている。このような地区で各筆水田の任意な水管理や地下排水の必要上、用排水を分離するほ場整備を行う際は、これに伴う用水量の増加が問題となる。

一般に、用排水が分離され、乾田化が進むと、蒸発散浸透量（減水深）の増大のみでなく各水田における栽培管理用水の需要も大きくなる。また、耕区ごとに独立した水利用になることで残水は直接排水路に排水されて反復利用の機会は少なくなり、さらに、堰上げなどにより浸透を抑制してきた水田では、地下水位の低下に伴い浸透量が増加するなど、用排水を分離する場合には用水量は一般に増加する。

広域に及ぶ水田地域については、用水の組織的な反復利用を図ることにより、用排水の分離に伴う地域全体の元入れ水量の増加を抑えることができる。

イ　区画の再整備

ほ場単位用水量は、（横浸透（畦畔浸透）量）＋（降下浸透量）＋（蒸発散量）＋（栽培管理用水量）からなるため、区画拡大等の再整備に伴う用水量の変化は、浸透量と栽培管理用水量の変化に起因することになる。

区画拡大に伴い浸透量は、横浸透（畦畔浸透）の変化量とかん水時における浸透量によって変化する。

浸透量のうち横浸透（畦畔浸透）量の水田面積に対する畦長の割合は区画拡大に伴い減少するので、一般的には区画拡大に伴いその割合は減少する。また、栽培管理用水量は、区画拡大に伴い均平精度が悪くなるような場合には、凸部の湛水を確保するために、平均湛水深は必然的に大きくなり、必要水量が大きくなるとされる。

ウ　大区画ほ場

長辺長が長大となる大区画ほ場では、水口からの取水量が小さい場合には、かん水時に末端までの水足の到達に時間を要することになる。例えば、長辺長が 115m、短辺長が 98m、地表取水口及び地表・地下兼用の集中管理孔が各 1 か所のほ場（北海道）では、地表取水開始後、排水側の湛水位が田面以上になるまでに湛水の早い取水側の地点と比較し

て８～27 時間の差が見られた。

7.4 水稲の直播栽培面積が増加する場合の水利用パターンの変化（北海道の事例）

経営規模が拡大した稲作農家・法人では、育苗、移植などの春作業での過重労働が課題となり、労働力の節減や労働時間の平準化のため、従来の移植栽培に加えて、乾田直播栽培や湛水直播栽培を取り入れている事例がある。また、地下水位制御が可能な大区画化ほ場に整備された地区では、地下からの給水によって水管理作業の効率化や省力化に繋がることから、乾田直播栽培や湛水直播栽培の面積が増える事例もある。

図-7.4 は、移植栽培における北海道での水利用パターンの事例である。直播栽培と移植栽培では栽培管理が異なるため、用水を必要とする時期や用水量が異なる。そのため、直播栽培が拡大する地区を対象として用水計画を策定する場合には、水利用パターンの変化を想定する必要がある。

以下に、栽培方式ごとの水利用パターンの想定事例を紹介する。

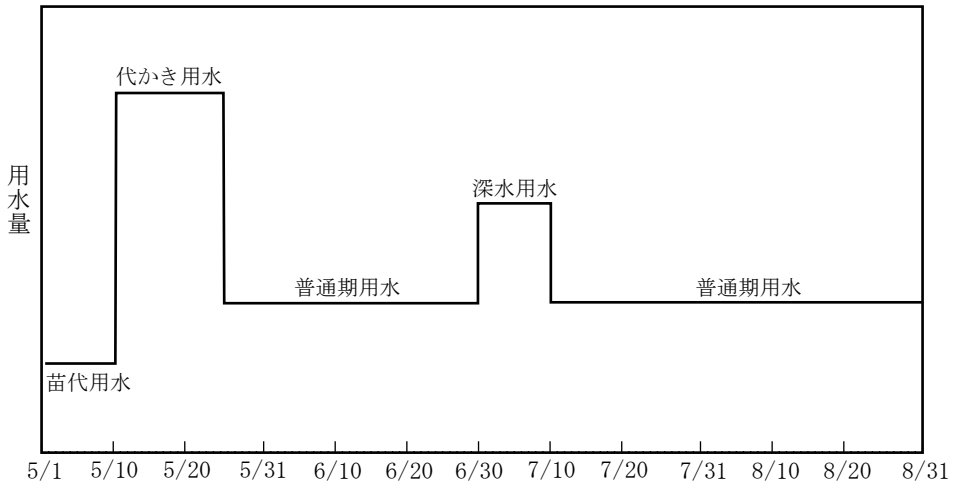


図-7.4 移植栽培での水利用パターン（北海道の事例）

7.4.1 栽培方式別の栽培管理と水管理

移植栽培と直播栽培、また直播栽培の中でも乾田直播栽培と湛水直播栽培では、栽培管理と水管理の方法が異なる。これらの管理の要点について、北海道空知管内にあるＡ農業協同組合の指導内容を事例として示す。

(1)栽培管理

ア　移植栽培

耕起後に代かきを行い、除草剤（初中期剤）を散布して移植に備える。移植後にも、水田の状況を見ながら、除草剤（中後期剤）を散布する。その後も、ほ場の状況を観察し、病害虫の発生予察を徹底する。

イ　乾田直播栽培

代かきを行わずに、耕起・均平後、乾籾又は浸種籾を５月６日からの10日間に播種し（**写真-7.1**）、入水に伴い籾が浮かないよう鎮圧する。なお、田面の凹凸により播種から出芽まで停滞水があると、発芽や苗立ちが不安定となり、収量に影響が出るので、レ

ーザー付均平機での均平作業が必須である。１葉期前に除草剤散布（初中期剤）を行い、４葉期となった後に２回目の除草剤散布（中後期剤）を行う。なお、移植栽培と同様に、病害虫の発生予察を徹底する。

ウ　湛水直播栽培

移植栽培と同様に耕起後に代かきを行い、播種に備える。播種には催芽籾を使用し（**写真-7.2**）、これと併せて肥料と除草剤（初期剤）を同時に散布する。その後、初期剤の効果が見られなければ、１葉期前に除草剤散布（初中期剤）を行い、４葉期となった後、再度除草剤散布（中後期剤）を行う。なお、移植栽培と同様に、病害虫の発生予察を徹底する。



写真-7.1　乾田直播栽培の播種作業



写真-7.2　湛水直播栽培の播種作業

(2)初期かんがいの水管理

栽培方式別の初期かんがいの水管理は次のとおりである（**図-7.5**）。

ア　移植栽培

代かき時には土が見える程度に入水し、移植に備える。移植前には、水田の表面が乾燥しない程度の水深まで落水する。移植後は、苗が水没しない程度の水深まで入水する。

イ　乾田直播栽培

鎮圧後、種籾の発芽を促すため、地表面が湿る程度に地下かんがいにより入水する。地下かんがいができない水田では、地表かんがいにより２日間程度入水し、余分な地表水は落水させる。出芽するまでは、地表面の乾燥状態を見ながら入水する。出芽後、４葉期前までは、湛水のための入水は行わない。出芽後は、１葉期前に３cm程度の浅水にする。４葉期になったら、分げつ促進のため、３～４cm程度の浅水になるように入水し、その後湛水状態に移行する。

ウ　湛水直播栽培

移植栽培と同様に、代かき時には土が見える程度に入水し、播種に備える。播種前には、ほ場表面に少し水が残る状態まで落水する。播種後、４葉期までは湛水のための入水は行わない。なお、播種後の初めての入水では、催芽途中の種籾が24時間以上浸水しないように注意する。長時間の浸水は、種籾を死滅させることがある。播種後は、１葉期前に３cm程度の浅水にする。４葉期になったら、分げつ促進のため、３～４cm程度の浅水になるように入水し、その後湛水状態に移行する。

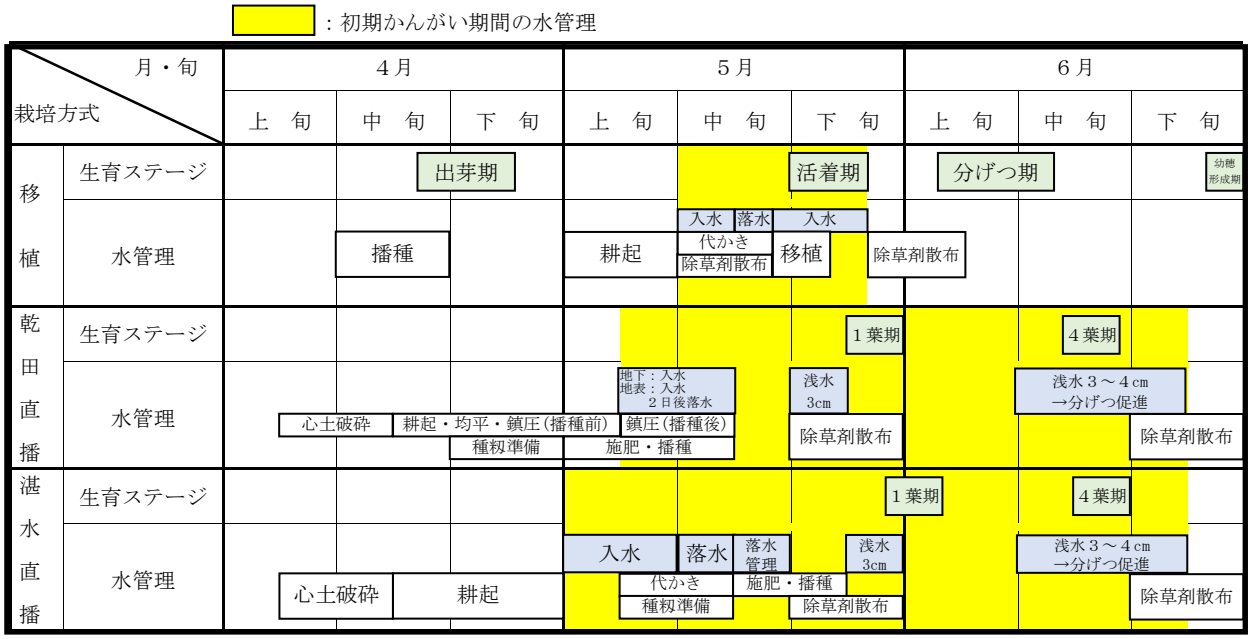


図-7.5　初期かんがいの指導内容

(3)普通期以降の水管理

普通期以降の水管理は、移植栽培、乾田直播栽培、湛水直播栽培いずれも類似している。しかし、それぞれで生育の時期が異なるので相違点もある。冷害の危険性のある北海道での、栽培方式ごとの水管理の共通点と相違点は次のとおりである（**図-7.6**）。

ア　移植栽培

幼穂形成期以降、冷害危険期に備えて、７月１日から10日までの10日間で、「深水かんがい」用水を入水し、幼穂が水で保護されるように、水深を15～20cm程度に確保する。「深水かんがい」とは、冷害危険期に湛水深を15～20cmまで大きくし、幼穂を低温（気温）から保護することである。冷害危険期以降、好天が続く場合には落水して、根に酸素を供給するが、冷害危険期中の低温時は中干しせずに、水の入れ替えで酸素補給を図る。また、冷害危険期終了後も低温が継続した場合には中干しは行わない。出穂が始まったら浅水にして、ほ場に亀裂が入る前に入水する。

イ　乾田直播栽培、湛水直播栽培

普通期以降の水管理は、移植栽培と類似しているが、乾田直播栽培と湛水直播栽培では、冷害危険期である幼穂形成期が移植栽培より遅いため、深水かんがいの時期が遅れる（概ね10日間程度、移植栽培より遅れる）。また、移植栽培では８月下旬に落水を行うが、乾田直播栽培と湛水直播栽培では生育状況を見ながらかんがい用水が使用可能な８月末までに十分な入水を行い、９月以降の生育に備える必要がある。

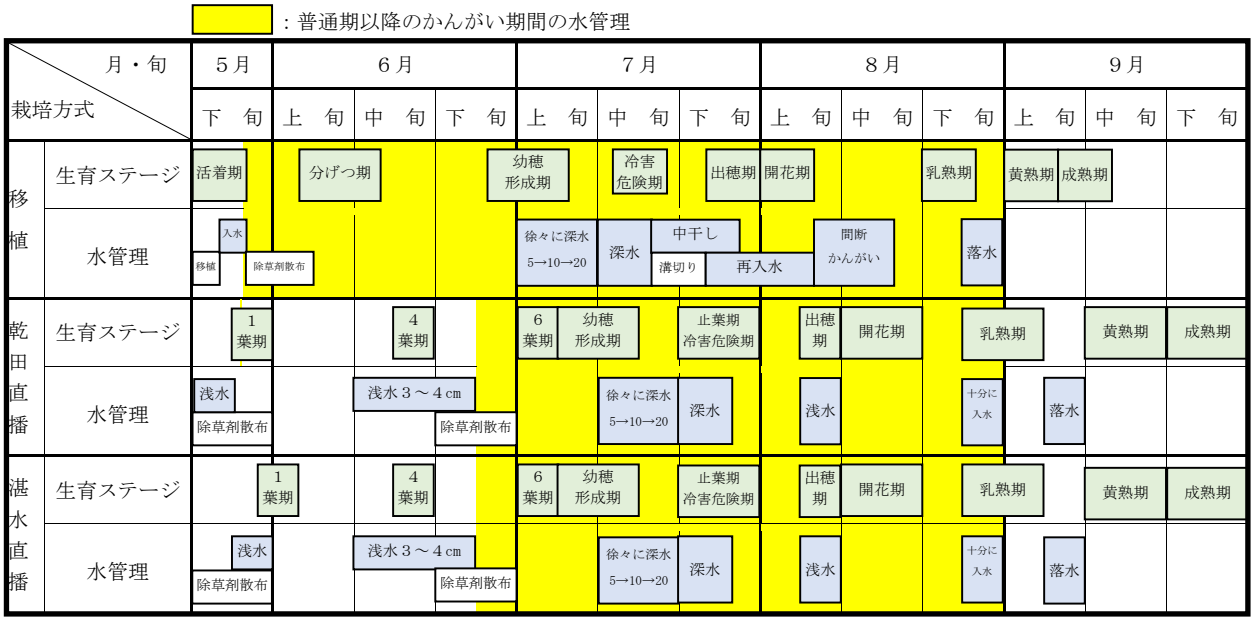


図-7.6　普通期以降のかんがいの指導内容

7.4.2　直播栽培面積が拡大した場合の水利用パターンの想定

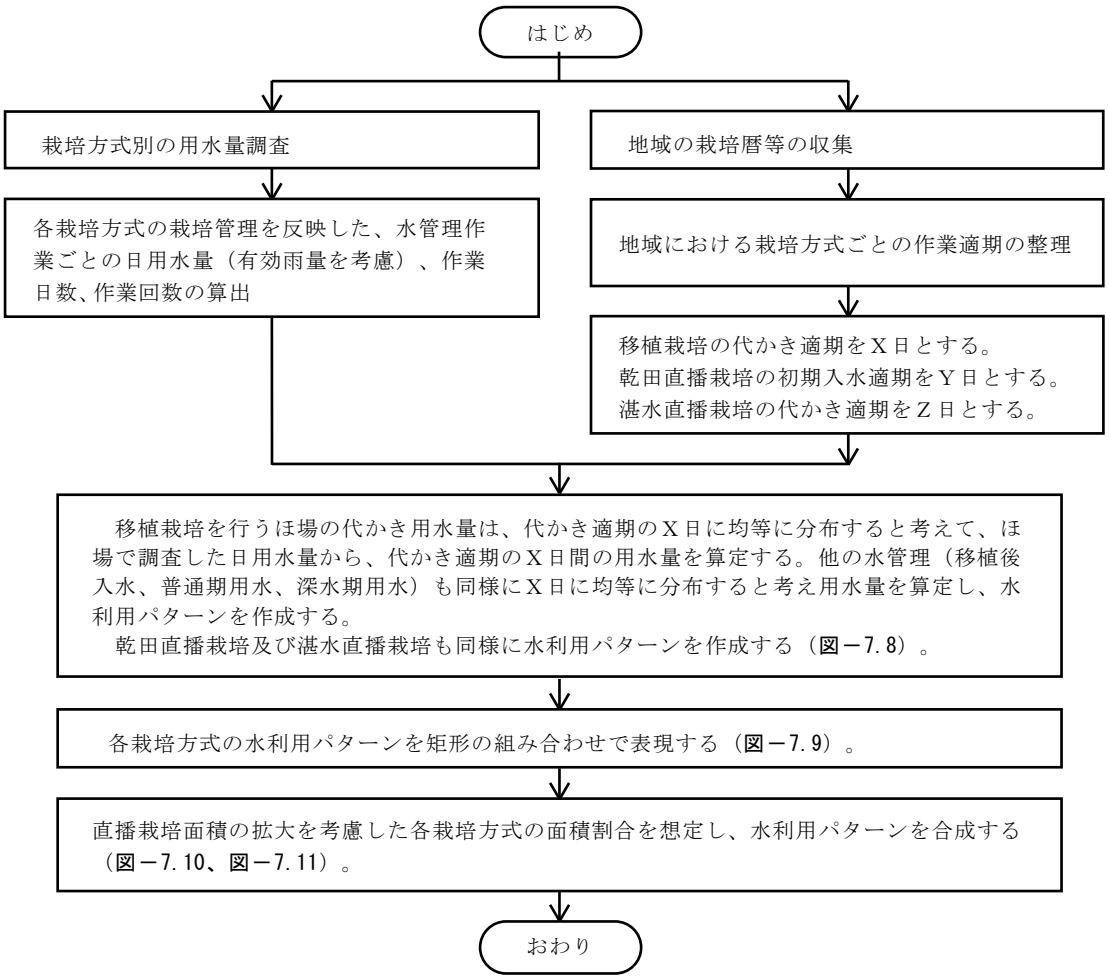
乾田直播栽培や湛水直播栽培の面積が拡大した場合には、水利用パターンは、**図-7.4**の形から変化する。このような水利用パターンの変化の想定手順を**図-7.7**に示す。

水利用パターンの変化を想定するためには、各栽培方式の単位用水量と作業適期（かんがい期間）の情報が必要である。乾田直播栽培を例にすれば、上記で紹介した栽培歴では、播種適期は５月６日からの10日間であり、この播種適期の10日間に均等に播種（入水）するものとする。また、単位用水量には、過去に実施した大区画ほ場での用水量調査結果（平成28年度～平成30年度）を用いる。これらの情報を用いて算出した水利用パターンが**図-7.8**である。

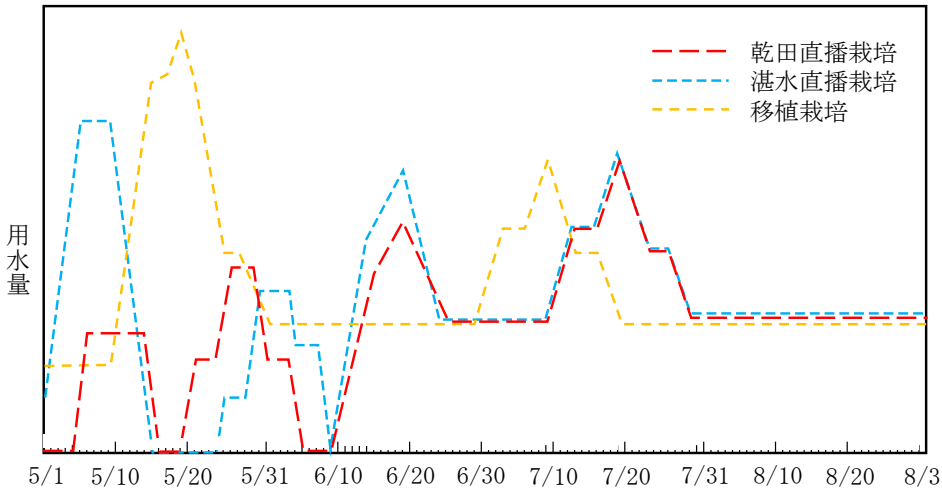
なお、実際のかんがい施設での水管理においては、**図-7.8**のように頻繁な用水量調整が困難であることから、**図-7.4**と同様に矩形を組み合わせた水利用パターンとすることが一般的である。**図-7.9**は**図-7.8**を基にして、栽培方式ごとに矩形を組み合わせた水利用パターンである。

図-7.10と**図-7.11**は、乾田直播栽培や湛水直播栽培の面積が拡大した場合の水利用パターンを想定した事例である。これらは、**図-7.8**の水利用パターンを用いて、各栽培方式の面積比率を想定し算出したものである。**図-7.10**は、作付比率を移植栽培：乾田直播栽培：湛水直播栽培＝６：２：２とした場合の水利用パターンである。また、**図-7.11**は、移植栽培：乾田直播栽培：湛水直播栽培＝５：５：０とした場合の水利用パターンである。

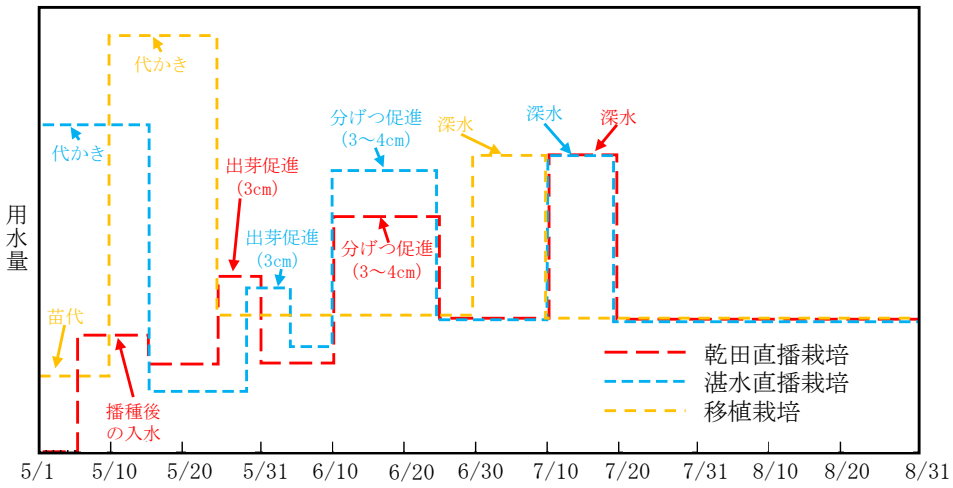
これらの図のように、乾田直播栽培及び湛水直播栽培の作付が拡大すると、５月上旬には乾田直播栽培の播種後入水及び湛水直播栽培の代かき用水が、また、６月中旬には乾田直播栽培と湛水直播栽培で湛水状態に移行するための用水が、さらに７月上旬から下旬にかけては、従来に比べて長期間の深水用水が、それぞれ必要になると予想される。



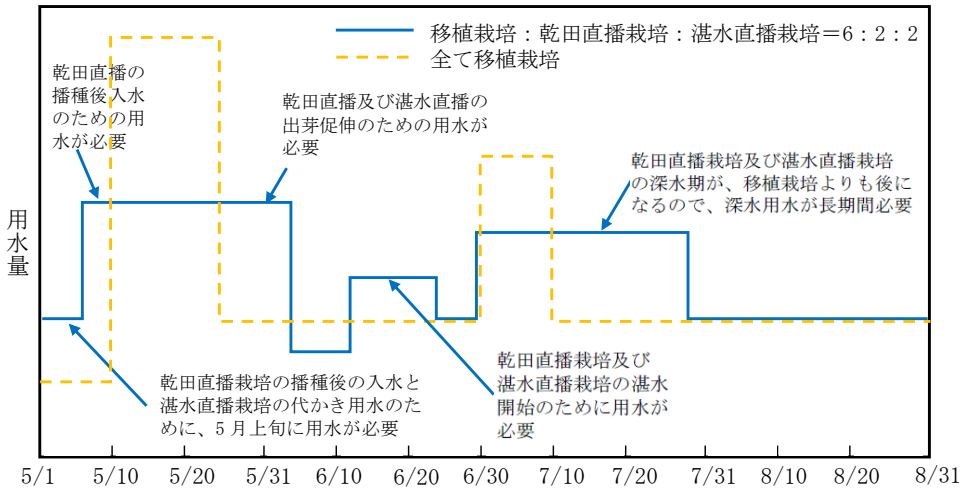
図－7.7　直播栽培面積が拡大した場合の水利用パターンの想定手順



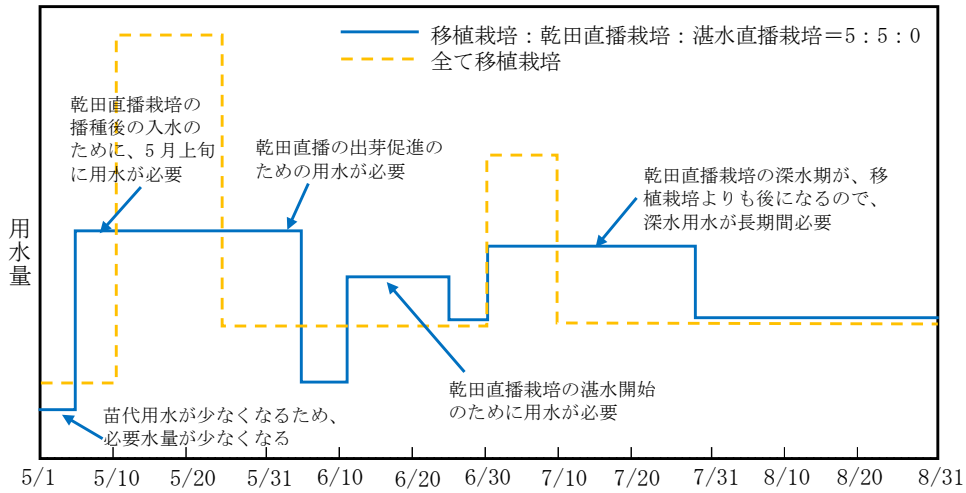
図－7.8　ほ場での日用水量と栽培適期から作成した３種の栽培方式の水利用パターン
（イメージ図のため縦軸には数値を記していない）



図－7.9　矩形の組み合わせにした３種の栽培方式の水利用パターン
（イメージ図のため縦軸には数値を記していない）



図－7.10　移植栽培：乾田直播栽培：湛水直播栽培＝６：２：２の場合の水利用パターン
（イメージ図のため縦軸には数値を記していない）



図－7.11　移植栽培：乾田直播栽培：湛水直播栽培＝５：５：０の場合の水利用パターン
（イメージ図のため縦軸には数値を記していない）

7.5 調査事例

7.5.1 ブロックローテーションにおける横浸透（畦畔浸透）量（北海道）

北海道では、田畑輪換に取り組む地域において、耕作道や排水路を境界としたブロック単位で、水稲と水田の畑作利用（麦・大豆等）による輪作を行う、ブロックローテーションが進められている。

本地域内において、地下水位の高い泥炭地域の水田を対象に、耕作道（幅員4.0m、砂利舗装）を境界として接する水稲ほ場と畑利用ほ場との間の横浸透(畦畔浸透)量について調査を行った。

調査の結果、水稲ほ場と畑利用ほ場との間で横浸透（畦畔浸透）量について大きな差は認められなかった。

このことから、本事例における耕作道を境界として実施されるブロックローテーションでは、隣接ほ場の畑利用による横浸透（畦畔浸透）量の増大は生じにくいものと考えられる。

7.5.2 水稲の有機栽培における雑草抑制を目的とした水管理（関東及び北陸地方）

関東及び北陸地方において、水稲の有機栽培に取り組むほ場を対象に、雑草抑制を目的とした水管理の実態について調査を行った。

調査の結果、いずれの事例においても代かき期間は３週間～１か月間程度であり、期間中に３回の代かきを実施していた。この代かき期間に必要な用水量は、慣行栽培における１回代かきの場合の２～３倍であることが確認された。なお、１回目の代かきは地域の慣行栽培と同時期に実施されていた。

また、移植後は２週間～１か月間程度、湛水深 10～15 cmを目標とした深水管理が行われていた。

さらに、関東地方の事例では、抑制対象とする草種に応じて、代かき時に 10～15 cm程度の深水又は５cm程度の浅水となるよう水位を調整していた。

これらの水管理により、ヒエ類に対する顕著な抑制効果が認められた。

7.5.3 中干し期間延長に伴う用水量変化（東北及び中国四国地方）

東北及び中国四国地方において、中干し期間を延長したほ場の用水特性について２か年調査を実施した。調査では、中干し期間を14日間程度としたほ場（中干し期間延長ほ場）と、７日間程度の中干しを行うほ場（慣行中干しほ場）を対象として、中干し後の再かん水開始から５日間程度までの用水量（以下「再かん水量」という。）及び中干し後から落水までの累加用水量（以下「累加用水量」という。）を比較した。

調査の結果、再かん水量については、中干し期間延長ほ場の方が必ずしも大きくなるわけではないことが確認された。

特に、東北地方の調査１年目の事例では、中干し期間の延長により再かん水量が微増したが、湛水期間がおおむね７日間短縮されたことから、中干し期間延長ほ場の累加用水量の方が少ない結果となった。

一方、中国四国地方の調査２年目の事例では、中干し期間の延長により湛水期間の短縮効果を

上回る再かん水量の増加が確認され、中干し期間延長ほ場の累加用水量の方が多い結果となった。

図-7.12、図-7.13に、各地方における再かん水量及び累加用水量の変化のイメージ図を示す。

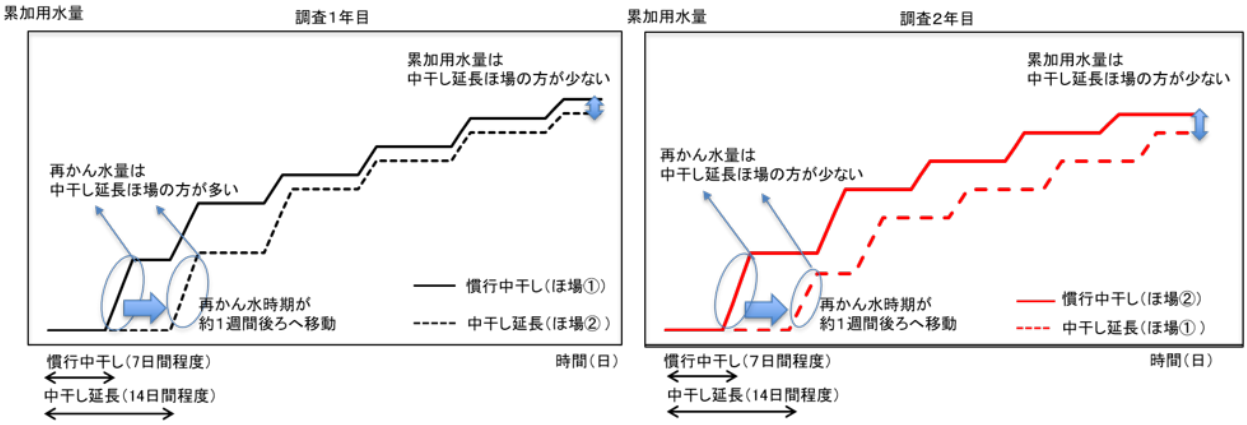


図-7.12　東北地方における再かん水量及び累加用水量の変化（イメージ図）

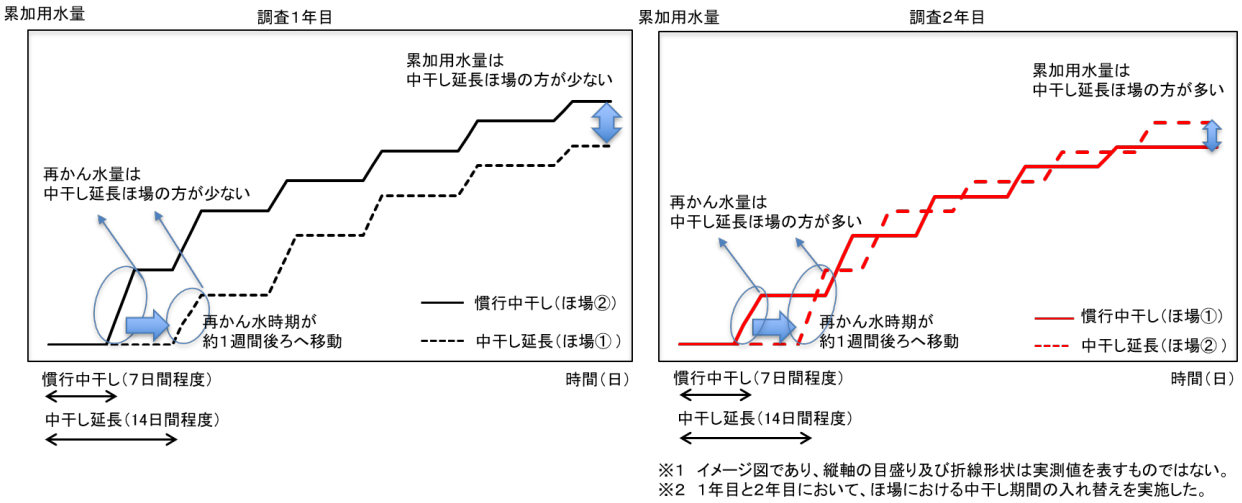


図-7.13　中国四国地方における再かん水量及び累加用水量の変化（イメージ図）

引用文献

1) 古木敏也他：水田計画水量の決定方式に関する研究（1）、p.18（1982）
2) 中川昭一郎：水田用水量調査計画法（その２）、 農土誌34(2)、p.27-32(1966)
3) 中川昭一郎：湿田の乾田化に伴う透水条件の変化について、農土試報（2）、p.19-85(1964)
4) 根岸久雄他：重粘土地帯水田の土層改良と用排水組織に関する研究Ⅰ、 農土誌10、p.56-57(1972)
5) 農林水産省構造改善局：土地改良事業計画設計基準 計画「土層改良」、p.24（1984）

参考文献

■ 農業農村工学会：農業農村工学ハンドブック（改訂七版）、pp.151-152(2010)
■ 越山直子・大津武士・中村和正：北海道美唄地区における水稲栽培方式ごとの用水量の決定因子、平成30年度農業農村工学会大会講演会、講演要旨集、pp.804-805(2018)
■ 計画基礎諸元調査報告書（令和元年度）
■ 計画基礎諸元調査報告書（令和７年度）
■ 栃木県：水稲有機栽培実践マニュアル（令和７年２月）
■ 農研機構：深水管理による省力的な有機水稲栽培を実現する農地整備＆栽培管理マニュアル（2025年３月）
■ 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構：高能率水田用除草機を活用した水稲有機栽培の手引き（2020年３月）
■ 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構東北農業研究センター：乾田直播栽培技術マニュアル（2019年２月）

8．栽培管理用水量

（基準　3.2.3、3.3.3関連）

ほ場での水稲の栽培環境の保持、改善を実現する上で消費される水量として、蒸発散浸透量（減水深）に加え栽培管理用水量が必要である。この栽培管理用水量は、ほ場ごとの水管理方式等によっても異なるので、その算定に当たっては、地区内におけるこれまでの利用実態や既往の数値等から確認するとともに、今後の営農・土地利用等の地域農業の展開方向からも影響を受けることから、近隣地区の実態等も参考にしつつ、地区の実情を十分に勘案することが必要となる。

本章においては、栽培管理用水の役割について補足するとともに、事例を紹介する。

8.1　栽培管理用水の役割

水田においては、湛水深を一定に保つだけでなく、冷害や高温障害等の防止、塩害の防止、除草剤等の薬剤使用や雑草の抑制、水稲生育の制御、田植機の導入及び農作業効率の向上等、生産性の向上を目的として、深水、浅水、間断かんがい、中干し、掛け流しかんがい等が行われる。こうした管理に要する用水を栽培管理用水という。**図-8.1** は暖地普通期の場合の水管理の一例である。

こうした管理方式が採用されると、強制的な落水や掛け流しによってほ場外へ流出する水が発生する。したがって、ほ場で純粋に消費される蒸発散浸透量（減水深）だけではなく、これらの水量もほ場においては必要であり、用水計画においては、管理方式に対応して必要な時期に必要な水量を見込むことが必要である。

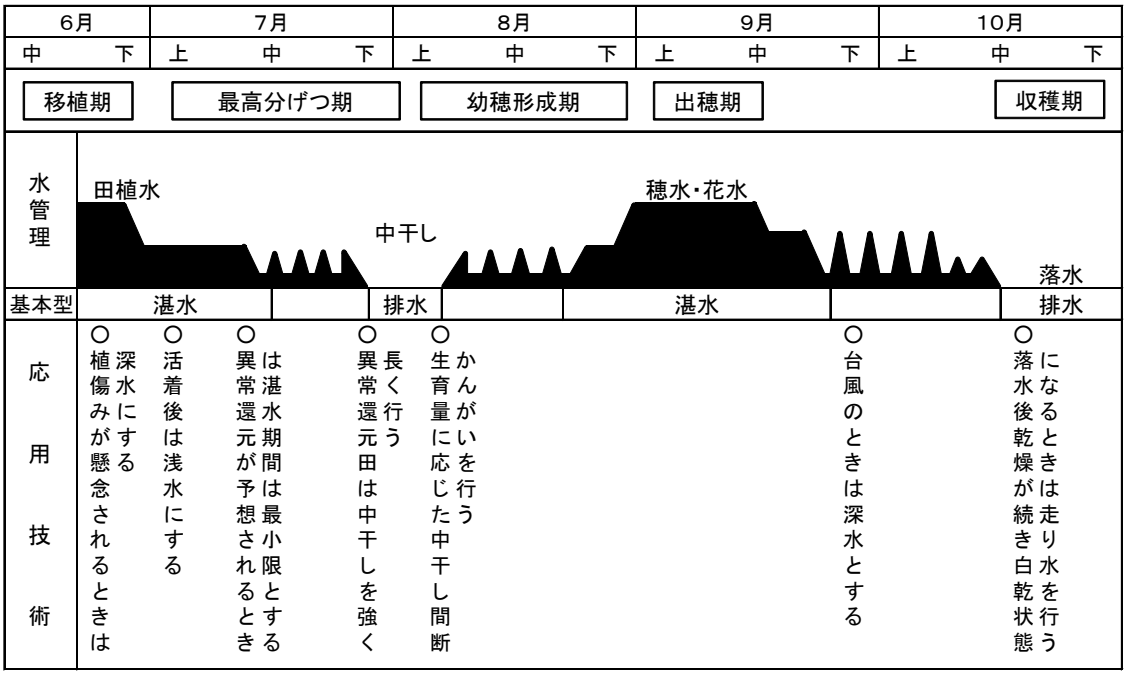


図-8.1　暖地普通期水稲のほ場での水管理例 [1)]

8.2　深水管理

(1)寒冷地水田における冷害対策上の水管理

北海道・東北等の寒冷地帯では、夏季の低温により水稲の生育に障害が発生し、収量・品質に大きな影響を与えることがあり（障害型冷害）、このような冷害に対しては湛水深を管理することにより被害を防止する方法（深水管理）がある。

地方によっては、農業協同組合等が、前歴期間の 10 日間において通常の湛水深から徐々に水位を上昇、冷害危険期間において湛水深 18～20cm を目標に水管理を行うよう営農指導している例がある（**図-8.2**）。

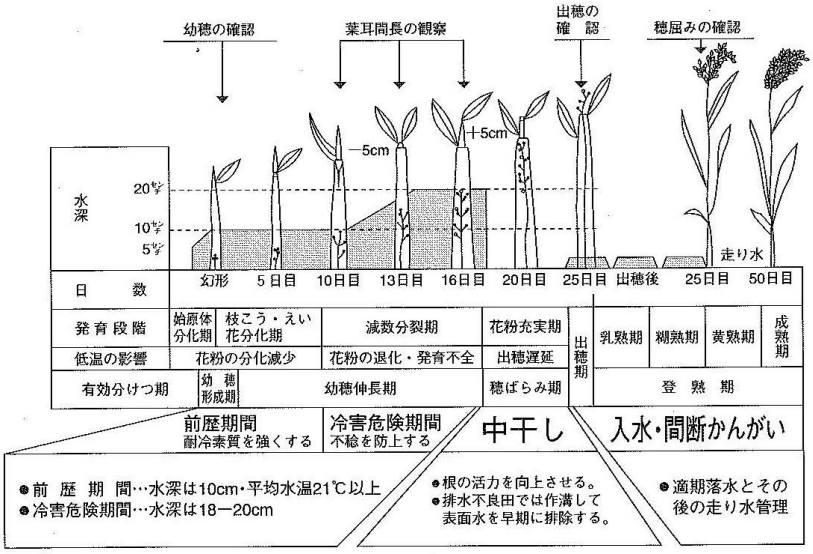


図-8.2　幼穂形成期から成熟期までの水管理（1986上川農試）

なお、前歴期間と冷害危険期間の水管理による冷害防止効果については、**表-8.1**に示す試験結果がある。

表-8.1　前歴深水と危険期深水による冷害防止（1987佐竹ら）

前歴水温	水深 前歴	水深 危険期	ポット当たり籾重(%)	稔実歩合
21 ℃	3 cm	3 cm	4 g (9%)	10 %
		10	6 (13)	13
		20	8 (17)	17
	10 cm	3 cm	13 (28)	25
		10	14 (30)	32
		20	26 (55)	58
24 ℃	3 cm	3 cm	17 g (36%)	32 %
		10	21 (45)	42
		20	33 (70)	71
	10 cm	3 cm	35 (74)	72
		10	38 (81)	72
		20	42 (89)	90
対照（常温）区			47 (100)	88

*危険期水温はいずれも18℃

(2)寒冷地水田における深水用水量の計算事例

深水管理を考慮した用水計算事例を以下に示す。

深水管理の期間における湛水深を普通期（６cm）＋９cm の 15cm とし、10 日間の配水でこの湛水深を確保できる一定の用水量を「深水用水量」として設定した（**図-8.3**）。

計算結果は下式のとおり。

深水用水量 ＝ 普通期用水量（減水深） ＋ 深水用水

深水用水は、90㎜を10日間で配水するため次式にて計算する。

$$深水用水量 = \frac{上乗せ湛水深（0.09m）\times 単位面積（1,000ha）\times 10,000m^2/ha}{配水期間（10日間）\times 1日の秒数（86,400秒）}$$

$$= 1.04（m^3/s/1,000ha）$$

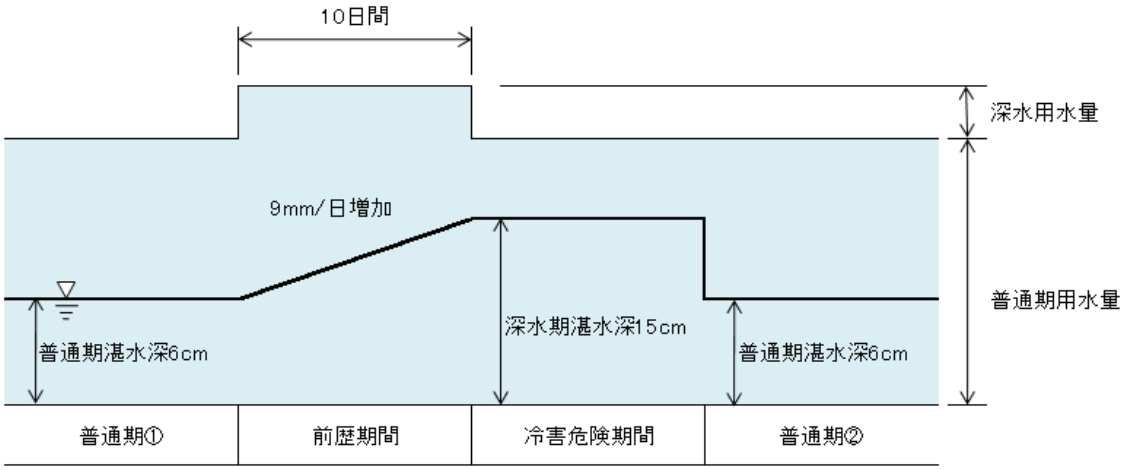


図-8.3 深水用水量のイメージ

(3)有機栽培における雑草抑制のための水管理

水稲有機栽培においては、雑草抑制を目的とした深水管理の取組が進められている。深水管理は発芽に酸素を必要とするヒエ類の抑制に効果的とされ[2)3)]、関東及び北陸地方の事例では、湛水深 10～15 cmを目標とした深水管理によりヒエ類の抑制効果が顕著に確認されている（「**7．ほ場単位用水量**」の 7.3(1)オ（イ）及び 7.5.2 を参照）。

引用文献

1) 長智男、黒田正治、星野孝文：暖地における水田水管理の特性、農土誌、p.17-22（1984）

2) 農研機構：深水管理による省力的な有機水稲栽培を実現する農地整備＆栽培管理マニュアル、p. 9（2025年３月）

3) 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構：高能率水田用除草機を活用した水稲有機栽培の手引き p.12（2020年３月）

９．施設管理用水量

（基準　3.2.3、3.3.3関連）

施設管理用水量のうち、送水損失水量の決定に当たっては、地区の立地条件、水路延長、水路形式等を勘案することが必要となり、また、配水管理用水量の決定に当たっては、水路形式、管理組織・体制、施設の整備水準、水田の分散状況等を考慮することとなる。また、施設機能維持用水量については、開水路のみならず、管水路であっても考慮が必要な場合もある。

これら水量の決定根拠については、地区内におけるこれまでの利用実態や既往の数値等から確認するとともに、今後の営農・土地利用等の地域農業の展開方向を踏まえ、また、近隣地区の実態等も参考にしつつ、地区の実情を十分に勘案することが必要となる。

本章においては、送水損失水量の考え方を示すとともに、配水管理用水量及び施設機能維持用水量の算定事例を紹介する。

9.1　送水損失用水量

水源からほ場までの搬送中に蒸発・浸透などで失われる損失は、水路の舗装状態や水路の延長によって異なり、その要因としては水路面における水面蒸発及び浸透漏水量が考えられ、５～10%の範囲とされている。このため送水損失は、一般に、パイプライン等全面満流する場合５%、これ以外の開水路、函渠、トンネル等一部でも自由水面を持った流れがある場合 10%、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している。

9.2　配水管理用水量及び施設機能維持用水量の算定事例

(1)地区概要

本地区では、河川総合開発事業の一環として、国営事業等により農業用水施設が造成され、地域農業の発展に大きな役割を果たしてきた。しかし、築造後の年月の経過により施設の老朽化が進行していたことから、施設の改修整備を行い、農業用水の安定供給と適正利用を図るとともに、地域の水資源の有効活用に資することとしている。

地区内では、受益面積の減少や水田から果樹園等への営農形態の変化に伴い用水量が減少しているが、水路は用排兼用であること等から施設の規模が大きく、改修後においても現況と同程度の水路断面を確保する必要がある。

そのため、減少した用水量のみで分水口等での水位が確保できるか（**写真-9.1**）、また、水路内の浮遊土砂の堆積を抑制できる流速が確保できるか（**写真-9.2**）について検討する必要が生じた。

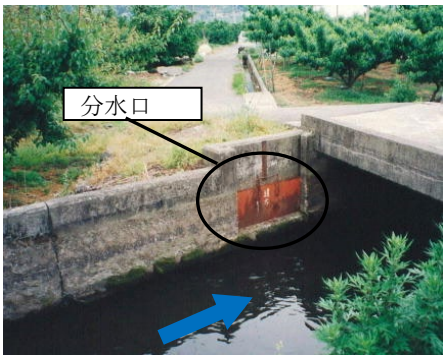


写真-9.1　分水口の状況



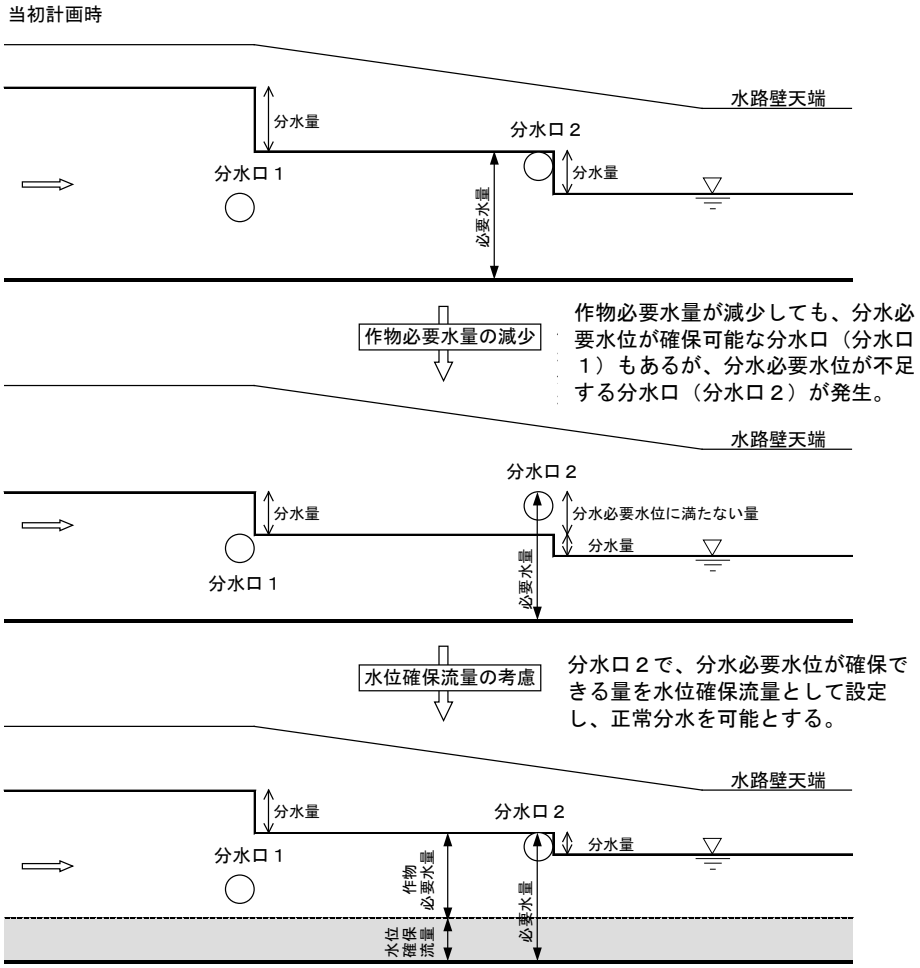
写真-9.2　水路の状況

(2)配水管理用水量

ア　考え方

本水路は用排兼用のため水路断面が大きく、用水量の減少により必要な分水位が確保できない箇所がある。また、降雨時には排水が流下するため、ゲート等による水位の堰上げは出水時の維持管理上、困難である。このため、別途一定の水位確保のための用水量を確保する必要がある。

検討に当たっての基本的な考え方は、図-9.1 のとおりである。



※水位確保流量の決定地点となる分水口が下流にある場合、水位確保流量は、作物必要水量の外数で確保する必要がある。

図-9.1　配水管理用水検討の基本的考え方

イ　算定方法

算定手順は、以下のとおりである。

①　水田、樹園地等の面積及び減水深、消費水量より作物必要水量を算出

②　各分水口位置と高さを把握

③　路線を分水口単位にブロック分け

④　不等流計算により作物必要水量を流したときの水位を計算
その水位で現状の分水口より分水可能（水位は分水口頂部まで確保する）か確認

⑤　分水不可能な箇所がある場合は、下流から上流に向けて各ブロックで分水必要水位が確保できるよう水位確保流量を算定

(3)施設機能維持用水量

ア　考え方

用水量が減少することにより流速が落ちた結果、「土地改良事業計画設計基準　設計　水路工」に示される浮遊土砂の堆積を防ぐための最小許容流速の下限値を確保できない路線が存在することが分かった。最小許容流速が確保できないと、土砂の堆積により水路の通水能力が阻害されることが予想される。また、現状の施設管理者の人員構成では、長大な延長を持つ本水路の浚渫作業を定期的に行うことは困難なことから、最小許容流速の確保が必要不可欠である。

このことから水路機能を維持・保全するために、施設機能維持用水量を確保する。

イ　算定条件

算定に当たっては、下記の条件を設定した。

①　堰上げゲートがある地点については、ゲート閉鎖時には、流速の低下、土砂等の堆積が避けられない。ただし範囲が限定されており、集中した維持管理が可能と考えられる。
このことから堰上げゲート地点では、全開状態での最小許容流速を確保するものとする。

②　余水吐工など土砂の堆積、排砂を機能として持つと考えられる区間については、最小許容流速確保の対象外とする。

ウ　算定方法

算定手順は、以下のとおりである。

①　水田、樹園地等の面積及び減水深、消費水量より作物必要水量を算定

②　路線を分水口単位にブロック分け

③　不等流計算により作物必要水量を流したときの流速を計算
その流速が最小許容流速0.45m/sを確保できているか確認

④　同流速が確保できていない箇所がある場合は、下流から上流に向けて各ブロックで同流速が確保できるよう流速確保流量を算定

(4)検討結果

上記の検討結果を**図-9.2**及び**図-9.3**に示す。

対象区間において、水位確保流量及び流速確保流量を満足させつつ、堰上げの追加とともに最適な水路改修断面を計画している。

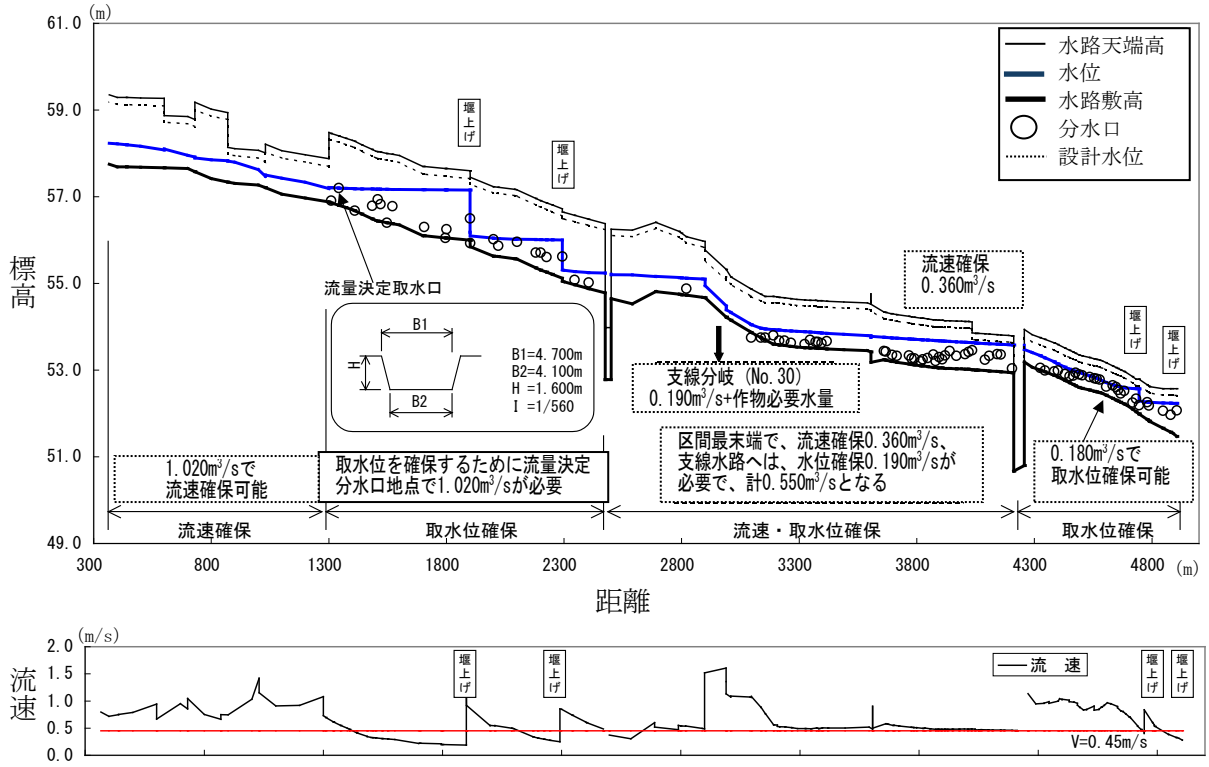


図-9.2　現況ケースでの検討結果（水位確保流量1.020m³/s）

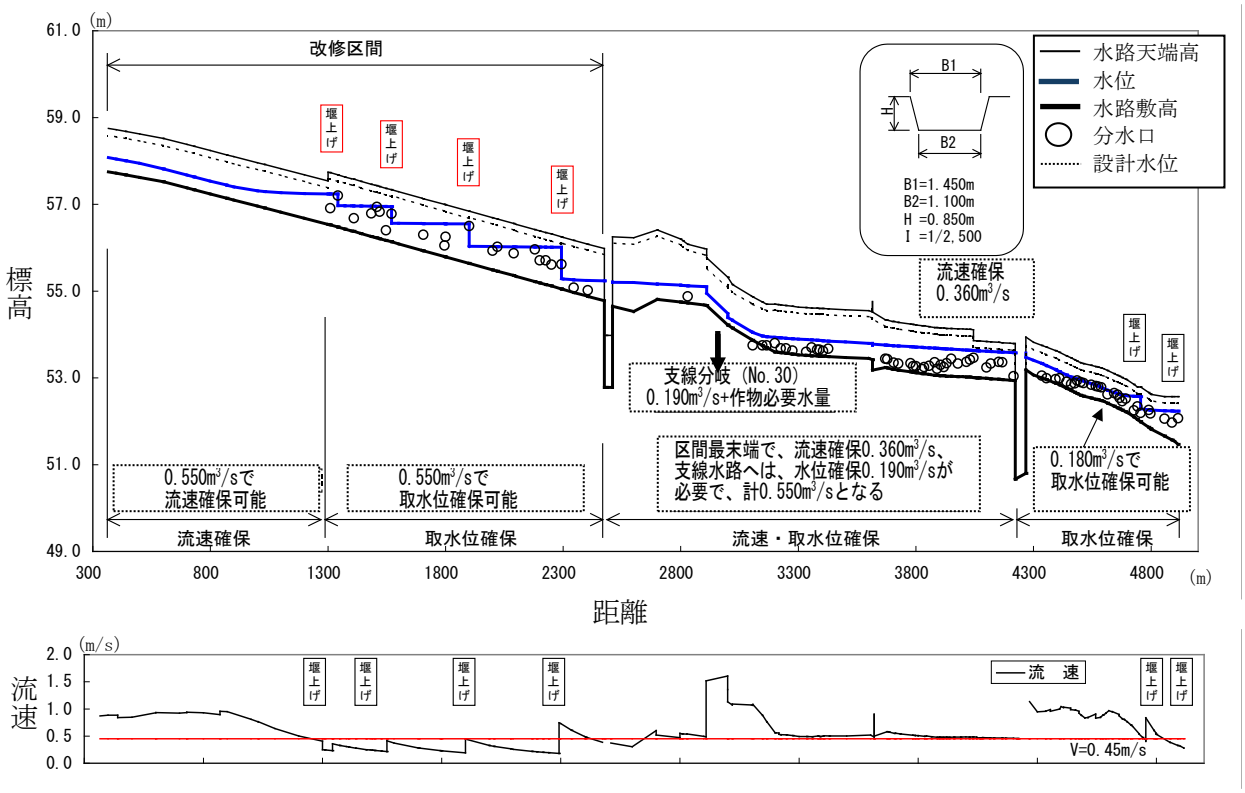


図-9.3　計画ケースでの検討結果（水位確保流量0.550m³/s）

10. 有効雨量

（基準　3.2.3、3.3.3関連）

本章においては、有効雨量の算定について解説する。

10.1　有効雨量算定の基本的考え方

有効雨量は、用水計画上の概念で、計画の補給水量を算出する際に降雨のうち、かんがいに有効利用できる水量を算定するために用いられ、基本的にはその有効活用可能量を指す。有効雨量は、降雨が落水口等から流出せずにほ場内に貯留されて、必要水量の補給の役割を担うことになることを基礎とする。その量は、降雨量に上・下限値を設け、その範囲内の降雨量に一定比率（有効化率）を乗じて算出する。水田の用水計画においては、降雨の一部は稲等に付着し、残りが水田面に到達してかんがい用水と一体となって利用されることと、大きな降雨であれば一定量以上は水田から直ちに流出して利用できないこと等から、日降雨量に対して下限を５㎜、上限を 80㎜とし、その 80%が補給量の減少に寄与すると考え、それを有効雨量として算出するのが一般的である。

用水計画における有効雨量は、降雨による補給すべき水量の減少の複雑な過程や、計画地区におけるさまざまな関係要因を総合的に評価する標準ルールを定めて算定するものである。実際にほ場で用水と一体となって利用される水量は、降雨パターン、水稲生育時期、ほ場条件（土壌、排水路等）、水管理条件（湛水、取水、落水管理等）等によって異なり、地区の補給すべき水量の削減は、ほ場の条件に加えて、地区の規模や水源の安定度、かんがい施設の機能や形態、取水や送配水に要する費用等によって異なるものである。

10.2　ほ場における降雨貯留の規定条件

有効雨量は、用水計画上の概念であり、その算定はさまざまな関係要因を加味した標準ルールによっている。その考え方の基本に置かれているほ場における降雨の貯留について、実態を規定している要因を多変量解析によって分析した結果を以下に示す。

ほ場における降雨の貯留（有効化）は、降雨時のほ場条件により規定され、さらには耕作者の水管理に左右される。ほ場条件は、ほ場により、また、期間によって一定の傾向を有するものであり、それが有効化の程度の基本的な枠を定めることになる。特に、中干し後の非湛水状態は、降雨の有効化の機構や程度に大きな影響を与え、ほ場の降雨貯留能力が増加することから、一般に有効化率は増大する。

(1)ほ場における降雨貯留（有効化）

降雨の有効化の大小には降雨量及び降雨強度が強く影響し、落水口の敷高が高ければ大きくなる。なお、有効化の程度（率）は、降雨の貯留には上限値的な限界があることから、降雨量との相関は負となる。

(2)降雨量の多少と貯留（有効化）の程度

降雨量が少ない場合では、その多くがほ場内に貯留されることから、降雨の貯留（有効化）

の量、降雨量の多少に大きく左右される。一方、降雨量が多くなると、その貯留（有効化）の量や程度は、降雨量よりもほ場の貯留能力を規定する落水口敷高や湛水深が大きく影響する。

(3)水稲生育期ごとの降雨貯留（有効化）の程度

生育前期（中干し前）では、通常は常時湛水されているために、ほ場の貯留能力は落水口敷高と湛水深で規定されることになり、降雨の貯留（有効化）は降雨量によって規定される傾向が強い。一方、生育後期（中干し後）では、非湛水の間断かんがい状態となることが多くなり、ほ場の貯留能力は土壌への浸透量で規定され、降雨の全体量の寄与は減少して、降り方（継続時間・降雨強度）等の寄与が大きくなる。

(4)取水の有無と降雨貯留（有効化）の程度

ほ場で降雨時に取水がなされているか否かは、降雨の有効化に大きな影響を及ぼす。取水がある場合の降雨の貯留（有効化）は、無い場合に比して極めて小さくなる。

参考文献

■ 丸山利輔：農業用水の需要構造の変化、昭和58年度科学研究費補助金研究成果報告書（1984）

11. 地区内利用可能量

（基準　3.2.3、3.3.3関連）

一般に、地区内利用可能量の供給源は、補助的水源と反復利用とに区分して扱う。
本章においては、地区内利用可能量の算定に係る留意事項や方法について解説する。

11.1　補助的水源

補助的水源の主なものとしては、ため池、渓流、地下水（湧水含む）等があり、それぞれの地区内利用可能量算定に際しての留意事項は以下のとおりである。

(1)ため池

ため池の利用に関しては、かんがい期及び非かんがい期における導入可能量、降雨による貯水量回復など安定水源としての検討を行う。また、利用可能量は小規模利用なため池を整理し、ため池の使用回数の実態を調査し決定することに留意する。

(2)渓流

渓流取水の場合、計画基準年における渓流依存度及び渓流取水地点の流況等からその妥当性についての検討を行っておく必要がある。渓流の流況は不安定な場合が多いので、観測データに基づいた流出解析等により利用可能量の検討を行うことが肝要である。

(3)地下水（湧水含む）

地下水は、表流水に比べて確保できる量が少ないため、水源として比較的容易に開発できる等の理由で設けられた小規模な施設が多い。

また、地下水は生活用水、工業用水等に利用されていることが多く、これらとの競合によって地盤沈下等の障害を引き起こす危険があることに留意する。

11.2　反復利用

水田に流入したかんがい用水は、蒸発散量と深部への浸透量を除き、そのかなりの部分が近傍あるいは下流部へ流出する性格を持つので、広い範囲の面積を対象とすれば、同一地区の計画の中で、それらの水を再度用水に利用できる可能性を有する。水田かんがいを主とする農業用水には、水田面積を拡大するために、自然条件から可能な用水の反復を最大限に利用した運用が歴史的に形成された経緯を持つものも多い。各地の水収支実測調査からは、取水量が多い場合であっても大量に水が消費されるわけではなく、利用後は還元流出するなど水田における効率的な利水実態が報告されている。

反復利用水源となる排水を用水路に流入（還元）させるに当たっては、以下に例示するような形態が必要となり、最適な手法を計画する。

①　ほ場周辺の用排水兼用水路…傾斜地等での排水路の堰上げ、クリーク地帯の低揚程ポンプかんがい
②　排水路の用水路への接続……連絡水路、標高差の利用による水路機能の変化
③　用水路への排水の圧送……ポンプによる強制反復

これまでも、地域の実情に応じた用水の反復利用が行われてきたが、系統的な用水の反復利用の推進は、用水の利用効率を更に増加させ、取水地点の計画用水量の抑制を図る上で大きな役割を果たす可能性を持つ。

なお、排水を再度用水として利用することから、良好な水質が確保されるよう留意する必要がある。

11.2.1 反復利用可能水量の算定

ほ場単位用水量は、蒸発散量、浸透量及び栽培管理用水量により構成され、このうち、消費される蒸発散量と地下水の涵養（かん）となる深部への浸透量を除き、栽培管理用水量と浸透量の一部は、ブロックからの表面流出となり、反復利用可能水量として還元水量に寄与する。

還元水量（R）は、次式のようにブロックごとにほ場単位用水量（D）から蒸発散量（E）を控除した値に還元率（r）、水田面積（A）を乗じて算出される量である。

$$R=(D-E)\cdot r\cdot A$$

この場合、各ブロックは、浸透水の再利用が可能な規模（ブロックが小さいと還元率も小さく測定されるので、通常は低平地で数十 ha 以上）となるように選定する。また、還元率の測定には、一般に、盛夏の連続干天時の水田の水管理が安定した期間における水収支のデータが必要である。

一般に、還元率は、用水の深部への浸透量の大小を決定する地形・土質条件により大きく左右される。例えば、扇状地の扇頂部では、地下浸透のほとんどが地表に浸出せず、還元率はゼロに近い。また、扇端部周辺あるいは台地下の平地や谷地では、還元率そのものも大きくなるとともに、その変動幅も地域差が顕著になり、地区外からの湧水が集まる場合など、見掛け上の還元率が１を超える場合もある。なお、平坦地や台地上では、地下水涵養に貢献する浸透は数 mm/d 以下と小さくなる。

反復利用が安定して発生すると想定される水稲の生育期間では、蒸発散量の変動はあまり大きくないため、深部への浸透量が用水の還元水量を規定する。

11.2.2 ＣＢ法[1)]

ＣＢ（Critical Block）法は、用水の反復利用が行われている地区に対する普通期計画最大用水量の算定方法の一つである。

計画地区内の水田を単位ブロックに分割し、それらのブロックを、反復利用を含む用排水の流れによって関係づけると、全てのブロックは頭首工地点における取水必要量（Q）に対する影響の仕方から、ＲＢ、ＣＢ、ＮＢ、ＤＢの４種類のブロックに分類される。

４種類のブロックは次の基準で分類される。

(1)ＲＢブロック

上流からの還元水量だけではそのブロックを含む下流の必要水量をまかなえず、当該ブロックからの還元水は下流部で全量使用されるもの。そのブロック内での消費水量分（取水量と還元量の差）だけQを増大させる。

(2)ＣＢブロック

上流からの還元水量だけではそのブロックを含む下流の必要水量をまかなえず、当該ブロ

ックからの還元水は下流部で全量は使用されないもの。そのブロックへの取水量分だけQを増大させる。

(3)ＮＢブロック

上流からの還元水量だけでそのブロックを含む下流の必要水量がまかなわれ、当該ブロックからの還元水は下流で全量は使用されないもの。Qに対する寄与はゼロで、増やしも減らしもしない。

(4)ＤＢブロック

上流からの還元水量だけでそのブロックを含む下流の必要水量がまかなわれ、当該ブロックからの還元水は下流部で全量使用されるもの。そのブロックからの還元水量分だけQを減少させる。

用水反復利用におけるブロックの組合せの基本形を**図-11.1**に示す。

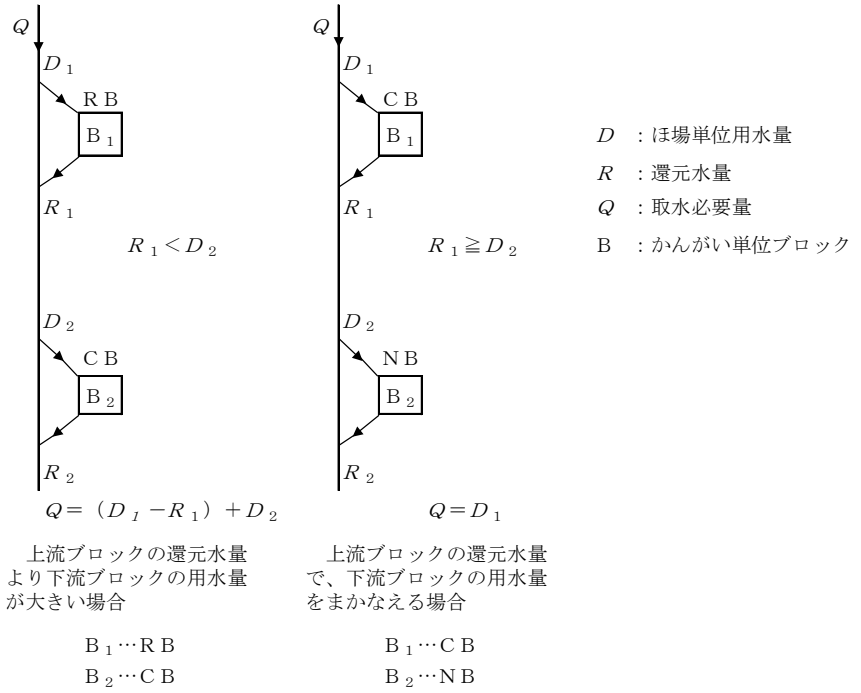


図-11.1　ＣＢ法によるブロック組合せの基本形

具体的には、次の手順で行われる。

① 水田を、その内部で反復利用のない用水ブロックに区分する。

② 各ブロックへの流入量及び下流への流出量を流入出地点の測定により把握し、還元率を定める。

③ 還元率に基づき各ブロックからの還元量を求め、各ブロックの性格を判定し、ＲＢブロック、ＣＢブロック、ＮＢブロック及びＤＢブロックの４種類に分類する。

ＣＢ法ブロック判定のモデル例を**図-11.2**に示す。これと**図-11.1**を照合し、総面積（1,550ha）に減水深（20㎜/d）を乗じて算定すると、全体で日当たり 31 万㎥の使用水量となる。一方、ＣＢブロックの総面積（650ha）に減水深（20㎜/d）を乗じた数とＲＢブロックの総面積（700ha）

に消費水量（10mm/d）を乗じた数を足して算出すると、反復利用によって取水量としては 20 万 m^3 に減少することが分かる。

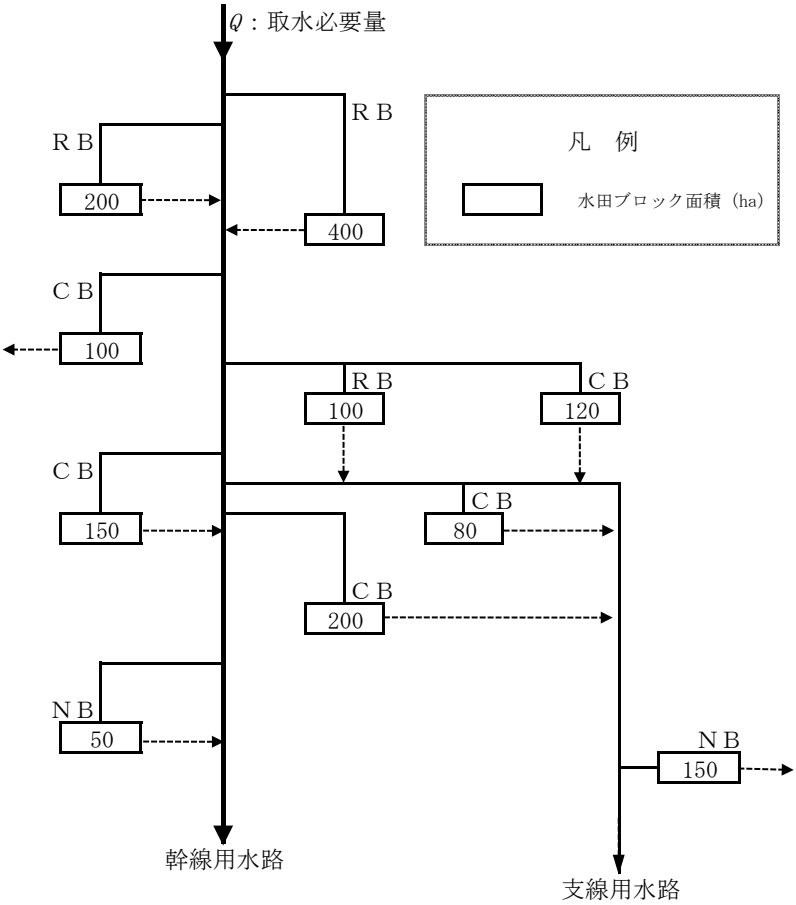


図-11.2　ＣＢ法ブロック判定のモデル例（減水深20mm/d、消費水量10mm/d）

引用文献

1)　農業農村工学会：農業農村工学ハンドブック（改訂七版）、pp.159-161（2010）

12. 機能保全対策と更新等

（基準　1.2.4、2.3.1、2.3.4、3.2.5、3.4、3.5 関連）

農業水利施設については、これまでに、基幹的なダム、頭首工、用排水機場等の施設が全国で約 7,800 箇所、基幹的な農業用用排水路は約 5.2 万 km 整備されている（令和５年３月時点）。これらの施設の多くは、戦後の食糧増産の時代から高度経済成長期にかけて整備されており、標準耐用年数を超過する施設が増加していることから、財政的制約も考慮しつつ、効率的な保全・更新を進めることが課題となっている。

本章においては、事業計画の作成に当たり、農業水利施設の機能保全対策を、より的確かつ効率的に実施するための基本となる考え方について解説する。詳細については、「農業水利施設の機能保全の手引き」を参照されたい。

12.1　基本的な考え方

農業水利施設の機能保全は、かつて、劣化の進行に伴う施設性能の著しい低下や営農形態の変化等に伴う施設改良の必要が生じた時点で、更新を中心として対応することが一般的であった。

しかし、近年、老朽化が進む施設ストックの増加に対応し、一定期間に発生する対策工事費、維持管理費用等のコストの総額（以下「機能保全コスト」という。）の一層の節減が求められていることから、予防保全の手法を取り入れた長寿命化等の機能保全の取組が広がってきた。

そこで、農業水利施設の機能保全対策を、より的確かつ効率的に実施するため、以下の取組を段階的・継続的に実施することとしている。

①　施設管理者による日常管理としての点検、補修
②　施設造成者等による定期的な機能診断
③　水準の設定、対策時期と対策工法、対策実施シナリオの検討、機能保全コストの算定、施設監視計画の作成［機能保全計画の策定］
④　施設監視計画に基づく施設監視
⑤　関係機関との適切な役割分担による対策の実施
⑥　調査・検討の結果や対策に係るデータの蓄積と関係者間での共有

12.2　ストックマネジメントの基本事項

(1)ストックマネジメントの基本概念

農業水利施設を構成する設備や部材ごとに見ると、発生する変状は一様ではなく、更新する以外に対策がないほどの変状が生じている部分、補修や補強により対処（長寿命化）できる部分、当面経過を観察しても性能に支障がないと判断される部分が混在し、個々の設備や部材の状態に応じた適時・適切な対策をとることが効率的である場合が多い。

このため、定期的な機能診断と継続的な施設監視を行い、その結果に基づき、施設の要求性能を満たすために必要な対策を検討した上で、経済的かつ効果的な対策工法とその対策時期を選択して実施することが重要である。

この定期的な機能診断及び継続的な施設監視に基づく適時・適切な機能保全対策を通じて、

リスク管理を行いつつ、農業水利施設の機能を保全することで施設の長寿命化とライフサイクルコスト（以下「ＬＣＣ」という。）の低減を図る技術体系及び管理手法を総称してストックマネジメントという。

なお、この取組の充実により、補修・補強・更新等に係る経費について、長期的な視点で平準化を図ることも可能となる。

(2)ストックマネジメントの視点

農業生産を支えるインフラである農業水利施設は、耐用年数を迎えれば廃棄するという施設とは異なり、永続的な利用を前提としている。そのため、ＬＣＣは厳密には適用しがたい面がある。

そこで、農業水利施設のストックマネジメントにおける経済性の比較検討においては、ＬＣＣに代えて、一定期間に発生する対策工事に係る費用、維持管理費用等のコストの総額である機能保全コストを用いることとしている。

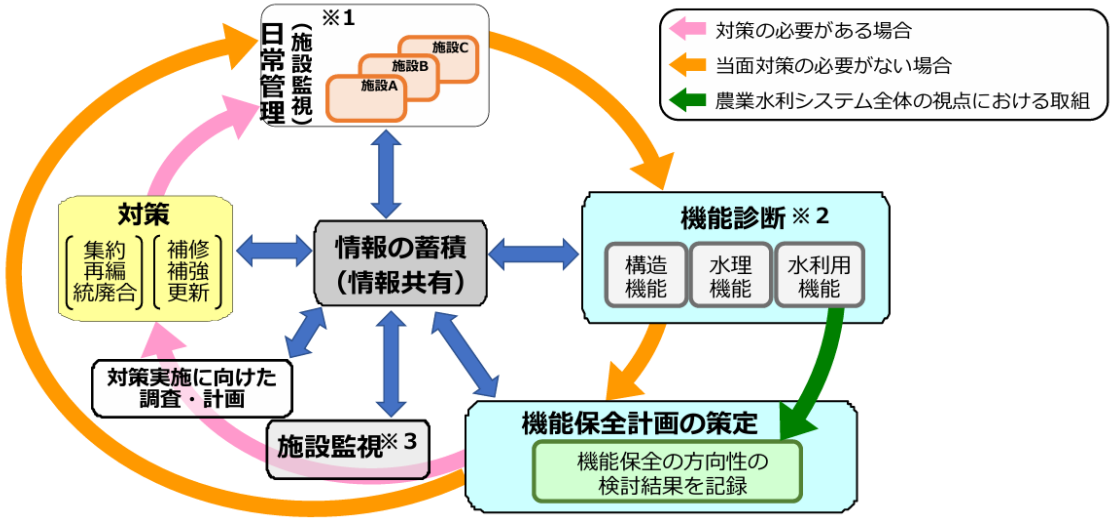
機能保全コストに基づく経済比較においては、施設の重要度、リスク評価等も勘案して対策の検討を行うものとする。施設の重要度に応じて許容できるリスクは異なることに十分留意しつつ、施設管理者等の意向も考慮して対策を経済的に実施することが求められる。

(3)ストックマネジメントの実施項目と流れ

ストックマネジメントのサイクルは、次のプロセスで構成されている。

① 農業水利システムを構成する個別施設の視点からの日常管理
② 施設の状態を継続的に把握するために行う機能診断
③ 診断結果に基づく機能保全計画の策定
④ 計画に基づく施設監視及び対策の実施
⑤ 上記の取組に関するデータの蓄積・活用及び関係者間の連携・情報共有

このプロセスの中で、例えば、施設の重要度評価を踏まえた機能保全計画の策定と対策の実施など、リスク管理の視点を取り入れていくことが求められる。この際、電子化された機能診断調査結果や対策の実施内容などの情報を蓄積し、機能診断精度向上のための集計・分析や、ストックマネジメントの各段階での取組において活用を図る。このストックマネジメントのサイクルとプロセスを**図-12.1、12.2**に示す。



※１：日常管理の一環として継続的に行う施設監視（結果は機能診断・機能保全計画策定等に活用）
※２：構造機能、水理機能は、水利用機能の発揮を支える関係にある
※３：機能保全計画の精度を高め、適期に対策工事を実施するために継続的に行う施設監視

図-12.1　ストックマネジメントのサイクル[1)]

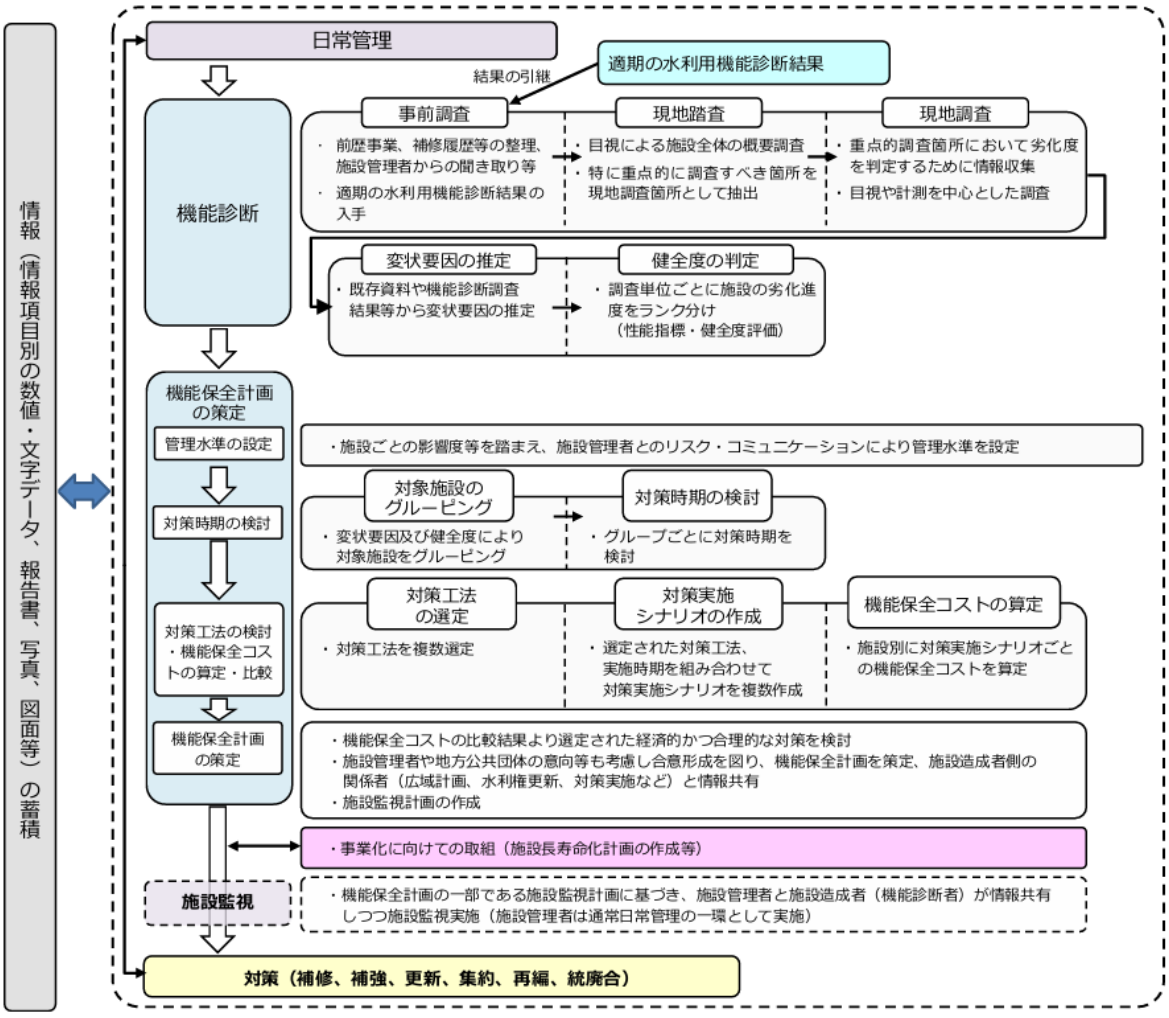


図-12.2　ストックマネジメントのプロセス[1)]

引用文献

1) 農林水産省農村振興局：農業水利施設の機能保全の手引き、p. 7－8（令和５年４月）

参考文献

■ 内閣府 第 43 回 国と地方のシステムワーキング・グループ 農林水産省説明資料：インフラの老朽化対策について（令和７年４月）

13. 機能診断調査と機能診断評価

（基準　1.2.4、2.3.1、2.3.4、3.2.5、3.4、3.5 関連）

農業水利施設の機能保全対策をより的確かつ効率的に実施するためには、施設の機能診断に基づく健全度や劣化要因等の評価を踏まえ、機能保全コストの低減を図る観点から、複数の対策工法の組合せについて比較検討することにより、最適な対策手法を選択して実施する必要がある。

本章においては、事業計画を作成する際の機能診断調査と機能診断評価について解説するとともに事例を紹介する。詳細については、「農業水利施設の機能保全の手引き」を参照されたい。

13.1　基本的な考え方

(1)農業水利施設の機能と性能

農業水利施設の基本機能は、水利用機能、水理機能、構造機能に分類される。農業水利施設の目的は、水利用機能の発揮であり、水理機能及び構造機能は、水利用機能の発揮を支える関係にある。また、これらの基本機能のほかに自然災害や事故等におけるリスクなどに対する安全性・信頼性や経済性、環境性といった社会的機能がある。これらの機能を発揮する能力が性能であり、指標として具体的な数値等で表すことができる。農業水利施設（土木施設）の機能のイメージと性能及び指標の種類をそれぞれ**図-13.1**、**表-13.1** に示す。

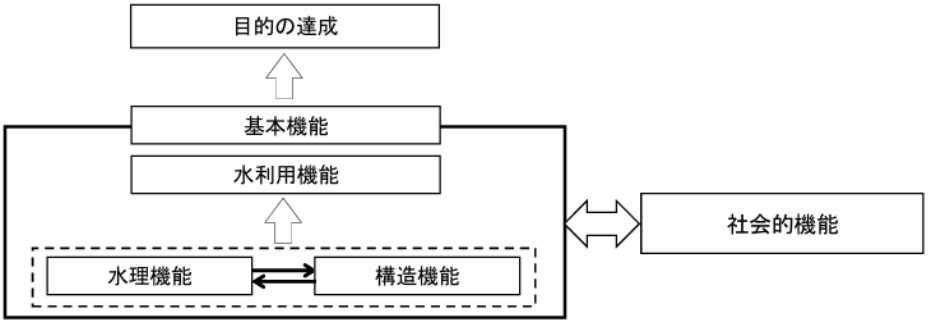


図-13.1　農業水利施設（土木施設）の機能のイメージ [1)]

表-13.1　農業水利施設の機能と性能及び性能指標の種類 [1)]

機　能		性　能	性能の例	性能指標の例
基本機能	水利用機能	水利用に対する性能 （水利用性能）	送配水性、配水弾力性 保守管理・保全性	送配水効率（送配水量、漏水量）、自由度、 調整容量、保守管理頻度（費用）、容易性
	水理機能	水理に対する性能 （水理性能）	通水性、水理学的安全性 分水制御性	通水量、漏水量、 分水量・水位の維持状況
	構造機能	構造に対する性能 （構造性能）	力学的安全性（耐荷性） 耐久性、安定性	ひび割れ幅、変形量、腐食量、摩耗量、 沈下量、継手間隔
社会的機能			安全性・信頼性 経済性、環境性	漏水・破損事故歴（率・件数）、補修歴、 耐震性、建設費、維持管理経費、 生物の生息の有無、洪水低減量

(2)機能診断調査と機能診断評価

既存施設を対象とした機能保全対策や更新整備の場合は、水利システムが現存し、実際に運用が行われていることから、事業計画を作成する際には、現況の水利システムの機能・性能を適切に評価した上で、要求される機能・性能を特定していくという視点が重要となる。そのため、構造面のみならず、過去の事業実施時と現況の営農形態や土地利用形態等の変化に伴う用水需要や水管理方法の変化も想定し、地域営農の展開方向も踏まえた上で機能診断調査と機能診断評価を行うことが必要である。

13.2 機能診断調査

機能診断調査は、対象となる農業水利施設の機能全般について把握するとともに、対策計画の作成に必要な対策時期の検討、変状要因の特定及び対策工法の検討に必要な事項について調査を行うものである。埋設されたパイプライン等の目視が困難な施設を除き、原則として専門的な知見を有する技術者が、調査を行う定点を設定するなどしつつ、現地における目視や計測により実施することを基本とする。計測による調査は、施設管理者が行う日常管理の情報や過去の補修履歴などの基礎資料に加え、事前調査及び現地踏査の結果を踏まえ、効率的に実施する。

効率的に進める観点から、次の３段階で実施することを基本とし、必要に応じて詳細調査を実施する。

(1)事前調査

水利用機能診断結果､設計図書､維持管理記録等の資料収集や聞き取り調査のことをいう。

事前調査では、水利用機能診断結果、設計図書、管理・事故・補修記録等の文献調査や情報システムの参照、施設管理者からの聞き取り調査等により、施設が機能停止した場合の影響度やリスクの把握に必要な情報を含む機能診断調査に関する基本的情報を効率的に収集し、現地踏査や現地調査をどのように実施するか等を検討する。

(2)現地踏査

調査対象となる施設の全体について、専門的な知見を有する技術者の巡回目視によって、施設の変状の概況等を把握する調査のことをいう。

現地踏査では､専門的な知見を有する技術者が巡回目視により対象施設を調査することで、変状が生じている位置や程度等を大まかに把握するとともに、変状要因を推定する。これらを踏まえ、現地調査の単位、定量的な調査項目等を決定しつつ、安全対策の必要性の有無など、現地調査の具体的な実施方法を検討する。

(3)現地調査

事前調査と現地踏査の結果を踏まえ、所要の地点において、近接目視、計測、試験等により行う定量的な専門調査のことをいう。

現地調査は、専門的な知見を有する技術者による近接目視のほか、施設の劣化予測や対策工法検討のために必要な指標について、定量的な調査を実施する。

現地調査による調査結果だけでは判定できない特殊な状況にあるなど､特に必要がある場

合には、専門家や試験研究機関等による詳細調査を実施する。

事前調査により、水利用機能・水理機能の低下が明らかとなった場合には、必要に応じて、その要因等を明らかにするため詳細調査を実施する。その際、農業水利システムとして機能が適切に発揮されているかどうかに着目して調査することが重要である。なお、性能低下の原因究明の調査を行う場合は、その事象が発生している時点等、適切なタイミングで調査することに留意する。

埋設されたパイプライン等の農業水利施設の調査については、漏水試験、水圧調査、流量調査等を地上から間接的に実施する定量調査（間接的定量調査）のほか、近接目視、計測、試験等を管内等から直接的に実施する定量調査（直接的定量調査）を必要に応じて組み合わせて行うことが望ましい。

標準的な調査事項の例を**表-13.2** に示す。

調査項目は、事前調査や現地踏査の結果を踏まえ、必要に応じて劣化の状況や主要な劣化要因等を特定するために必要な項目を追加する。また、当該施設における調査項目の有効性や施設の置かれた状況等を勘案して、調査項目を絞り込むこともできる。

表-13.2 鉄筋コンクリート構造物に関する標準的な調査事項の例

区分	調査項目	調査手法	記録手法
ひび割れ	ひび割れ最大幅	定量計測（クラックスケール）	定量記録、写真記録、図化
	ひび割れ延長	定量計測（スケール）	〃
	ひび割れタイプ	タイプ判別	〃
材料劣化	浮き	目視による有無、打音調査	写真記録、図化
	剥離・剥落・スケーリング	目視による有無、計測（型取りゲージ等）	定量記録、写真記録、図化
	ポップアウト	目視による有無	写真記録、図化
	（析出物）エフロレッセンス	〃	〃
	（析出物）ゲルの滲出	〃	〃
	錆汁	〃	〃
	変色	〃	〃
	摩耗・風化	目視による有無、計測（型取りゲージ）	定量記録、写真記録、図化
	漏水（痕跡）	目視による有無	写真記録、図化
	鉄筋露出	〃	〃
変形・歪み		目視による有無、計測（下げ振り、ポール、傾斜計）	定量記録、写真記録、図化
圧縮強度		反発頻度法、機械インピーダンス法等	定量記録、写真記録
中性化	中性化深さ／中性化残り	ドリル法	〃
	鉄筋被り	設計図書の確認、電磁波レーダー法、電磁誘導法	定量記録、写真記録、図化
目地の劣化	目地の開き	目視による有無、計測（スケール）	〃
	段差	〃	〃
	止水板の破断	目視による有無	写真記録、図化
	漏水痕跡	〃	〃
	周縁コンクリートの欠損等	目視による有無、計測（スケール等）	定量記録、写真記録、図化
地盤変形	背面土の空洞化	目視による有無、打音調査	写真記録、図化
	不同沈下	目視による有無、計測（スケール等）、縦断測量	定量記録、写真記録、図化

※１：調査手法が「目視による有無」の場合で、変状が「有」の場合は、定量的な調査を行う。
※２：ひび割れの記録を行う場合、クラックスケールを当てて近接撮影を行う。

13.3 機能診断評価

劣化予測や対策工法の検討を行うため、機能診断調査の結果明らかとなった「施設状態」に基づき、対象施設の「健全度評価」を行う。健全度評価は、主に構造性能に係る指標に基づいて、対象施設の変状がどの程度のレベルにあるかを総合的に評価することを基本とするが、状況に応じて水利用性能、水理性能に係る指標も併せて考慮する。

具体的には、コンクリートのひび割れ幅や管路の漏水量、構造物の欠損・損傷の有無、管路のたわみ量等、様々な事象を捉えた指標から、健全度を評価する。

施設の健全度評価は、変状の程度に応じて、**表-13.3** に示すような健全度指標を定義し、機能診断調査結果から対象施設の状態がどの健全度に該当するかを判定することにより行う。

表-13.3 健全度指標（土木施設・施設機械設備）の例[1)]

健全度（ランク）	施設の状態	
	土木施設	施設機械設備（設備・装置・部位等）
S-5	変状がほとんど認められない状態	異常が認められない状態
S-4	軽微な変状が認められる状態	軽微な変状が認められるが、機能上の支障はない状態
S-3	変状が顕著に認められる状態	放置されると機能に支障が出る状態
S-2	施設の構造的安定性に影響を及ぼす変状が認められる状態	著しい性能低下により、機能に支障が出る状態
S-1	施設の構造的安定性に重大な影響を及ぼす変状が複数認められる状態。近い将来に施設機能が失われる、または著しく低下するリスクが高い状態。	設備等の信頼性が著しく低下しており、近い将来に設備の機能が失われるリスクが高い状態。性能が総合的に著しく低下している状態

13.4 参考事例

13.4.1 調査計画事例

(1)地区の概要

本地区は、２市１町にまたがる受益面積約 10 千 ha の水田地帯である。地区内の基幹水利施設である頭首工、揚水機場及び幹線用水路は、昭和 40 年代に国営土地改良事業により造成されたが、造成後相当の年数が経過しており、老朽化が著しいことにより、農業用水の安定供給に支障を来しているとともに、施設の維持管理に多大な経費と労力を要していた。

このため、国営かんがい排水事業により、基幹施設である頭首工及び幹線用水路を改修するとともに、施設の維持管理の軽減を図り、農業経営の安定に資するものである。

(2)調査概要

地区内の施設は、事業完了後約 40 年が経過し老朽化が著しいため、機能診断調査を実施して施設の状態を把握、評価し、実施すべき望ましい対策を検討して事業計画に反映した。

調査は、「農業水利施設の機能保全の手引き」等を参考とし、機能診断調査結果は、**表-13.4** により内部要因（ひび割れ、劣化等）、外部要因（外力による変形等）、その他要因（目地の開き、漏水等）のそれぞれについて施設状態を整理・評価した。健全度評価は、それぞれ

の変状別の項目ごとにS-5～S-1に区分し、最も大きい変状のランク（最小値）をそれぞれの施設の健全度ランクとした。

表-13.4　施設状態評価表

地区名							評価年月日					
施設名							評価者					
定点調査番号							調査地点（測点等）					
施設の状態	S-5；変状なし　S-4；変状兆候（要観察）　S-3；変状あり（補修）　S-2；顕著な変状あり（補強）　S-1；重大な変状あり（改築）											
評価項目					評価区分				評価の流れ→			
									変状別評価	主要因別評価	総合評価	
健全度ランク					S-5	S-4	S-3	S-2				
内部要因	構造物自体の変状	ひび割れ	形状と幅	タイプ：初期ひび割れ 形状：目地間中央や部材解放部の垂直ひび割れ 原因：乾燥収縮・温度応力	最大ひび割れ幅 0.2mm未満	最大ひび割れ幅 [0.2～0.6mm] 0.2～1.0mm	最大ひび割れ幅 [0.6mm以上] 1.0mm以上	S-3に該当するものが全体的				
				タイプ：劣化要因不特定のひび割れ 形状：特徴的な形状を示さないひび割れ 原因：症状が複合的であり劣化要因を特定できないもの	最大ひび割れ幅 0.2mm未満	最大ひび割れ幅 [0.2～0.6mm] 0.2～1.0mm	最大ひび割れ幅 [0.6mm以上] 1.0mm以上	S-3に該当するものが全体的				
				タイプ：ひび割れ先行型ひび割れ 形状：格子状・亀甲状等のひび割れ 原因：ASRや凍害等の劣化要因	最大ひび割れ幅 0.2mm未満	最大ひび割れ幅 [0.2～0.6mm] 0.2～1.0mm	最大ひび割れ幅 [0.6mm以上] 1.0mm以上	S-3に該当するものが全体的				
				タイプ：外力によるひび割れ 形状：側壁を横切るような水平若しくは斜めのひび割れ 原因：構造物に作用する曲げ・せん断力	最大ひび割れ幅 0.2mm未満	最大ひび割れ幅 [0.2～0.6mm] 0.2～1.0mm	最大ひび割れ幅 [0.6mm以上] 1.0mm以上	S-3に該当するものが全体的				
				タイプ：鉄筋腐食先行型ひび割れ 形状：鉄筋に沿ったひび割れ 原因：中性化・塩害	無		有	S-3に該当するものが全体的				
			進行性（ASRや凍害等の場合）		有の場合1ランクダウン							
			ひび割れ規模				①　ひび割れ密度（ひび割れ幅0.2mm以上）50cm/m²以上 ②　有 ③　滲出し、漏水跡、滴水	S-3に該当するものが全体的 又は 流水、噴水				
			ひび割れ付随物（析出物、錆汁、浮き）		無							
			ひび割れからの漏水		無							
			ひび割れ段差		無			有				
		ひび割れ以外の劣化	浮き		無	部分的	全体的					
			剥離・剥落		無	部分的	全体的					
			析出物（エフロレッセンス・ゲル等）（ひび割れを含むものをのぞく）		部分的（S-4の場合以外）	全体的又は鉄筋に沿った部分的						
			錆汁（ひび割れを含むものをのぞく）		無	有						
			摩耗・すりへり		細骨材露出	粗骨材露出	粗骨材剥落	－				
					全体的の場合、1ランクダウン							
			鉄筋露出の程度		無		部分的	全体的				
		圧縮強度	反発強度法（圧縮強度換算）		21N/mm²以上	15～21N/mm²	15N/mm²未満					
		中性化	ドリル法（中性化残り）		残り10mm以上		残り10mm未満					
外部要因		変形・歪み	変形・歪みの有無		無		局所的	全体的				
		欠損・損傷	欠損・損傷の有無		無		局所的	全体的				
		不同沈下	構造物の沈下、蛇行		無		局所的	全体的				
	構造物周辺の変状	地盤変形	背面土の空洞化		無	局所的	全体的					
			周辺地盤の陥没・ひび割れ		無	局所的	全体的					
			抜け上がり（目視）		無	20cm未満	20～50cm	50cm以上				
その他要因	構造物附帯物の変状	目地の変状	目地の開き		無	局所的	全体的					
			段差		無	局所的	全体的					
			止水板の破断		無		有					
			漏水の状況		無	漏水跡、滲出し、滴水	流水、噴水					
			周縁コンクリートの欠損等		無	局所的	全体的					

※1：　「部分的」とはおおむね全体の50%未満を示し、「全体的」とは全体の50%以上を示す。
※2：　「変形・歪み」、「地盤変形」等における「局所的」とは施設の一部で当該変状が生じている状態を指し、「全体的」とはそれが構造物全体に及んでいる状態を指す。
※3：　「1ランクダウン」については、1変状項目当たり1回のみ有効であり、複数の「1ランクダウン」があってもランクダウンは1階級のみとする。
※4：　変状別評価から主要因別評価を行う場合は、最も健全度が低い評価を代表値とする。総合評価については、今後の性能低下により影響すると思われる支配的要因を検討し、その評価区分を採用する。
※5：　S-1の評価は、この評価表に依らず評価者が技術書的観点から個別に判定する。
※6：　圧縮強度及び中性化の調査は、必要に応じて実施する。
※7：　ひび割れの規模に係る評価区分S-3は、①+②又は①+③を満たす場合に該当する。
※8：　ひび割れ幅における[0.6mm]は、厳しい腐食環境の場合適用する。

(3)調査結果の概要

機能診断調査結果の概要は**表-13.5**のとおりである。

表-13.5 機能診断調査結果の概要

施設名	工種	名称	規格	完了年度（供用開始年）	耐用年度		調査内容	調査及び機能診断結果	補修範囲	判定
					標準耐用年数	残利用年数				
頭首工	本体工	堤体、堰柱	ﾌﾛｰﾃｨﾝｸﾞ（一部ﾌｨｯｸｽﾄﾞﾀｲﾌﾟ） 上型式　全可動 堰長　166.9m 堰高　3.6m	S49年	50	15	事前調査 目視調査 シュミットハンマー	頭首工堰体の表面は凍害による劣化があり、ひび割れやエフロレッセンスが生じているが、コンクリートの剥離や欠損は見られず表面上の劣化と思われる。取水工ではコンクリートの欠損も見られるため、断面修復が必要である。	1式	S-3
	機械設備工	洪水吐ｹﾞｰﾄ 土砂吐ｹﾞｰﾄ 取水ｹﾞｰﾄ 制水ｹﾞｰﾄ	（洪）29.7m×3.05m×4門ﾛｰﾗｰｹﾞｰﾄ （土）20.0m×3.55m×1門ﾛｰﾗｰｹﾞｰﾄ （取）5.0m×6門、2.3m×1門ﾛｰﾗｰｹﾞｰﾄ （制）5.4m×6門、2.7m×1門ﾛｰﾗｰｹﾞｰﾄ	S49年	30	−5	塗装厚、板厚測定 運転試験 ワイヤーロープ径測定 バックラッシュ、歯当測定 ほか	土砂吐ｹﾞｰﾄ二次診断：扉体40点、戸当り75点、開閉装置67点 洪水吐ｹﾞｰﾄ二次診断：扉体40点、戸当り75点、開閉装置67点 取水工ｹﾞｰﾄ二次診断：扉体50点、戸当り95点、開閉装置77点 制水工ｹﾞｰﾄ二次診断：扉体70点、戸当り95点、開閉装置85点 全施設開閉装置及びローラーの更新	開閉装置19門 主・サイドローラ76基	S-1
	付帯工	管理事務所 ゲート操作室	鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ構造2階建 現場打ち鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ	S49年	45	10	事前調査 目視調査	管理事務所外壁及び内壁は変状部を除去し、注入充填工法等の部分補修を行う。軒天端周りはﾓﾙﾀﾙ部の補修と塗装の塗り替えを行う。耐震診断の実施をし、耐震補強の必要性について判断する。ゲート操作室外壁及び内壁はゲート開閉装置更新のためコンクリート撤去・復旧工を行う。	1式	S-3
用水路1	1号幹線用水路	開水路 分水工	現場打ち鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ B6.8～4.0×H3.8～2.8	S49年	40	5	事前調査、目視調査 反発度法による圧縮強度試験 コア抜き中性化試験	全体として水路天端の凍害による剥離、欠損、ひび割れが多く、場所によっては鉄筋が露出している場所もある。中性化や摩耗、強度低下などの経年劣化はほとんど進んでいない。構造上重大な影響を与えるひび割れはない。	9,174m	S-3
		サイホン	現場打ち鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ箱形 B5.0～3.0×H3.5～2.0	S49年	50	15	事前調査、目視調査	変状の大半は洗掘や欠陥、ジャンカ等の局所的なものや微細なひび割れ、及びこれに伴う漏水、目地開きであり、構造上重大な影響を与える損傷は見られない。	161m	S-3
		機械設備工	ゲート設備工	S49年	30	−5	一次診断（外観調査、操作ﾁｪｯｸ） 二次診断（総合評価）が10点以上の施設	○○○サイホンは二次診断の結果、開閉装置が190点以上であり開閉装置の更新が必要。○○分水工は開閉装置の補修が必要。※他施設は継続使用。	2か所	S-1
	2号幹線用水路	サイホン	現場打ち鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ箱形 B2.6×H2.6	S49年	50	15	事前調査、目視調査 反発度法による圧縮強度試験 コア抜き中性化試験	変状の大半は洗掘や欠陥、ジャンカ等の局所的なものや微細なひび割れ、及びこれに伴う漏水であり、構造上重大な影響を与える損傷は見られない。ひび割れや継目からのの漏水は側壁が湿っているものが大半である。ただし、頂板からは滴となって落下している部分がある。底版は摩耗による欠損が進行し、骨材露出が多く見られる。ﾄﾗﾝｼﾞｼｮﾝ部やﾋﾟｯﾄでは摩耗による欠損やひび割れが見られる。	375m	S-3
	3号幹線用水路	開水路 分水工	現場打ち鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ B2.8～2.3×H1.7～1.5	S49年	40	5	事前調査、目視調査 反発度法による圧縮強度試験 コア抜き中性化試験	目地開き、シール切れ、漏水など目地部の損傷が多く、また目地部では段差など変形も見られる。この他天端において凍害による欠損、剥離も多い。強度低下や中性化などはあまり進行していない。	5,355m	S-3
		サイホン	現場打ち鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ箱形 B1.65～1.35×H1.65～1.35	S49年	50	15	事前調査、目視調査 反発度法による圧縮強度試験	変状の大半は洗掘や欠陥、ジャンカ等の局所的なものや微細なひび割れ、及びこれに伴う漏水、目地開きであり、構造上重大な影響を与える損傷は見られない。	372m	S-3
		機械設備工	ゲート設備工	S49年	30	−5	一次診断（外観調査、操作ﾁｪｯｸ）	△△分水工は外観調査12点、操作ﾁｪｯｸ24点で開閉装置の更新が必要。※他施設は継続使用。	1か所	S-1
用水路2	4号幹線用水路	開水路 分水工	現場打ち鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ B3.0×H1.8	S49年	40	5	事前調査、目視調査 反発度法による圧縮強度試験 コア抜き中性化試験	開水路は凍害による剥離、欠損などがあり、暗きょ部では初期欠陥による鉄筋露出がある。	1,713m	S-3
		サイホン	現場打ち鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ箱形 B2.1×H2.1 HPφ1,800	S49年	50	15	事前調査、目視調査 反発度法による圧縮強度試験	サイホンは洗掘や欠陥、ジャンカ等の局所的なものや微細なひび割れ、及びこれに伴う漏水であり、構造上重大な影響を与える損傷は見られない。	96m	S-3
		機械設備工	ゲート設備工	S49年	30	−5	一次診断（外観調査、操作ﾁｪｯｸ）	特に異常はなく継続使用可能と判断する。	−	S-5
		トンネル	鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ巻立馬蹄形水路 2r=2.44	S49年	50	15	事前調査、目視調査 反発度法による圧縮強度試験 トンネル覆工背面調査	トンネルは目地部からの漏水や漏水後が見られる。トンネル全体として初期欠陥や損傷が変状の大半を占めている。トンネル出口から150m～300mの区間ではｱｰﾁ部にひび割れが集中している部分（最大5mm程度）がある。覆工背面調査の結果、顕著な異常ではなく変状は落ち着いている。	4,088m	S-3
	5号幹線用水路	開水路 分水工	現場打ち鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ B2.7～2.3×H2.0～1.4	S49年	40	5	事前調査、目視調査 反発度法による圧縮強度試験 コア抜き中性化試験 水路沈下量測定調査	開水路は凍害による剥離、欠損、ひび割れが多い。本水路は交通量の多い道路に隣接していることもあり、目地部で変形による段差も多々見られる。沈下量測定結果、水路の沈下はほとんど起こっていない。	9,806m	S-3
		サイホン	現場打ち鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ箱形 B1.75～1.5×H1.75～1.3 HPφ1,800	S49年	50	15	事前調査、目視調査 反発度法による圧縮強度試験	変状の大半は洗掘や欠陥、ジャンカ等の局所的なものや微細なひび割れ、及びこれに伴う漏水であり、構造上重大な影響を与える損傷は見られない。	194m	S-3
		機械設備工	ゲート設備工	S49年	30	−5	一次診断（外観調査、操作ﾁｪｯｸ） 二次診断（総合評価）が10点以上の施設	△△△分水工は二次診断の結果、扉体が130点であり扉体の更新が必要。□□放水工は扉体が55点であり塗装・水密ゴム交換が必要。□□□分水工は外観調査24点、操作ﾁｪｯｸ70点であり水密ゴム交換。※他施設は継続使用。	3か所	S-1
	6号幹線用水路	開水路 分水工	現場打ち鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ B3.55～3.1×H2.15～1.8	S49年	40	5	事前調査、目視調査 反発度法による圧縮強度試験 コア抜き中性化試験	軟弱地盤であるため沈下による段差が目地部で見られる。天端部において凍害による剥離、欠損も多い。初期欠陥としては被り不足による鉄筋露出が顕著である。初期欠陥による損傷及び凍害によるもの劣化が大半であるが、開水路の局所的に発生しているため、広範囲にわたる面的な劣化は見られない。	15,524m	S-3
		サイホン	現場打ち鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ箱形 B3.0～1.6×H2.1～1.65 HPφ2,200～1,500	S49年	50	15	事前調査、目視調査 反発度法による圧縮強度試験	変状の大半は洗掘や欠陥、ジャンカ等の局所的なものや微細なひび割れ、及びこれに伴う漏水であり、構造上重大な影響を与える損傷は見られない。	333m	S-3
		機械設備工	ゲート設備工	S49年	30	−5	一次診断（外観調査、操作ﾁｪｯｸ） 二次診断（総合評価）が10点以上の施設	JRサイホンは二次診断の結果、扉体が55点であり扉体・戸当たり塗装、水密ゴム交換が必要。▽▽分水工は扉体が85点であり扉体更新、開閉装置カバー交換。▽▽▽分水工は扉体が150点であり扉体更新が必要。※他施設は継続使用。	3か所	S-1
	小用水路	開水路	現場打ち鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ B2.0×H1.2	S48年	40	4	事前調査、目視調査 反発度法による圧縮強度試験	初期欠陥や損傷等の変状は比較的少なく、十分な強度を有していると想定される。全体的な変状は少ないが、局所的（特定のﾊﾞﾚﾙ）に大きなひび割れや変状が集中している。	1,264m	S-3

(4)機能保全計画

機能診断調査の結果から、ゲート設備を除く土木構造物の健全度は「S-3」となった。

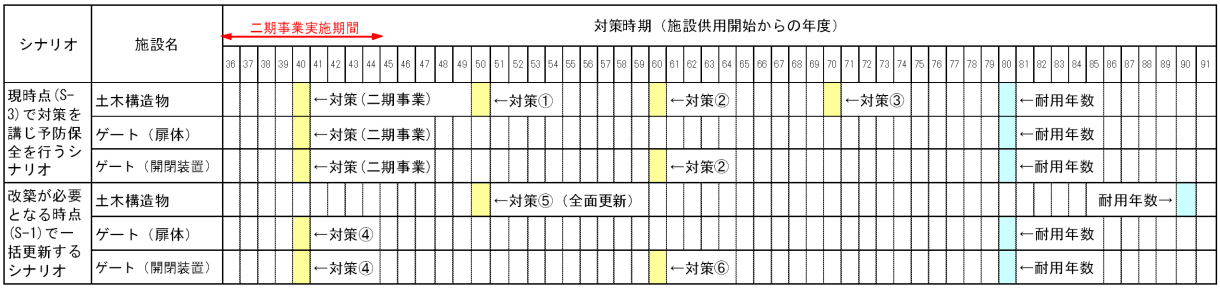
頭首工や各幹線用水路はひび割れや剥離、欠損、鉄筋の露出が見られる状況であり、今後対策を行わなければ経年劣化が進行して構造的安定性や施設機能に著しい影響を与えることから、機能保全計画の考え方は、以下に示す「現時点（S-3）で対策を講じ予防保全を行うシナリオ」、「改築が必要となる時点（S-1）で一括更新するシナリオ」について比較検討を行った（**図-13.2、表-13.6**）。その結果、経済的となる前者を採用した。

① シナリオ１：現時点（S-3）で対策を講じ予防保全を行うシナリオ

健全度指標 S-3 段階で対策を講じる予防保全的なシナリオ。10 年ごとにひび割れ部の樹脂注入や欠損部修復等による補修対策を行い、施設の耐用年数がゼロとなる供用開始後 80 年に全面更新を行う。

② シナリオ２：改築が必要となる時点（S-1）で一括更新するシナリオ

健全度指標 S-1 が過半数を占める段階で、全面更新を行う事後保全的なシナリオ。施設の耐用年数がゼロとなる供用開始後 50 年に全面更新を行う。



※１：供用開始年度を昭和 49 年のモデルとした。
※２：対策は、二期事業の５年目（工期９年の中間）に講じるモデルとした。

図-13.2　シナリオ別対策時期

表-13.6　機能保全コストの算定

単位：千円

施設名	予防保全を行うシナリオ			一括更新するシナリオ			差額
	土木構造物	機械設備	①計	土木構造物	機械設備	②計	(①－②)
○○頭首工	201,175	2,022,829	2,224,004	597,112	2,022,829	2,619,941	▲ 395,937
A幹線用水路	297,476	188,080	485,556	2,947,256	188,080	3,135,336	▲ 2,649,780
B幹線用水路	170,546	31,051	201,597	397,324	31,051	428,375	▲ 226,778
C幹線用水路	395,183	31,050	426,233	1,281,199	31,050	1,312,249	▲ 886,016
D幹線用水路	245,301	147,057	392,358	889,105	147,057	1,036,162	▲ 643,804
E幹線用水路	542,692	221,325	764,017	1,579,835	221,325	1,801,160	▲ 1,037,143
F幹線用水路	31,831	0	31,831	65,610	0	65,610	▲ 33,779
計	1,884,204	2,641,392	4,525,596	7,757,441	2,641,392	10,398,833	▲ 5,873,237

※ 機能保全コストの考え方

① **図-13.2** の対策（二期事業、①～⑥）の工事費を計上。

② シナリオにより土木施設の残耐用年数が異なるため、残存価値相当分を工事費から控除し機能保全コストを算出。

③ 工事は、○○二期地区の事業費と同じ単価を基本とするが、対策⑤（全面更新）は前歴事業に支出済換算係数を乗じた額とした。

13.4.2 水路の調査・診断システムの事例

水路の機能診断では、目視調査が基本的な手法として用いられているが、変状の記録や判定において、見落としや調査結果のばらつきが生じる場合がある。このため、目視調査の効率化、高精度化、デジタル化を図るための調査・診断システムが開発されている。ここでは、その事例の一つを紹介する[2)]。

(1)調査対象水路

本事例で紹介する水路の調査・診断システムは、小型の計測車両を水路内に搬入し、調査員が装置を運転・操作して計測を行う。このため、調査の対象となる水路は、調査員が進入可能な規模の断面の農業用水路等であり、標準的には以下の断面を有する水路を計測対象としている。

① 水路トンネル（内径 1.5～8.0m）

② 開渠（幅 1.0～6.0m）

(2)システム構成及び仕様

本システムは、水路壁面の連続画像を計測及び記録することを基本機能とし、覆工背面情報等の取得も可能な装置となっている。システムの構成を**表-13.7** に示す。

表-13.7 システムの構成

内容	計測手法
① 壁面連続画像計測技術１	レーザースキャニング法
② 壁面連続画像計測技術２	ＣＣＤラインカメラ法
③ トンネル覆工背面調査技術	レーダー法
④ 覆工背面地山簡易計測技術	簡易貫入法
⑤ 水路断面形状計測技術	回転レーザー測距法

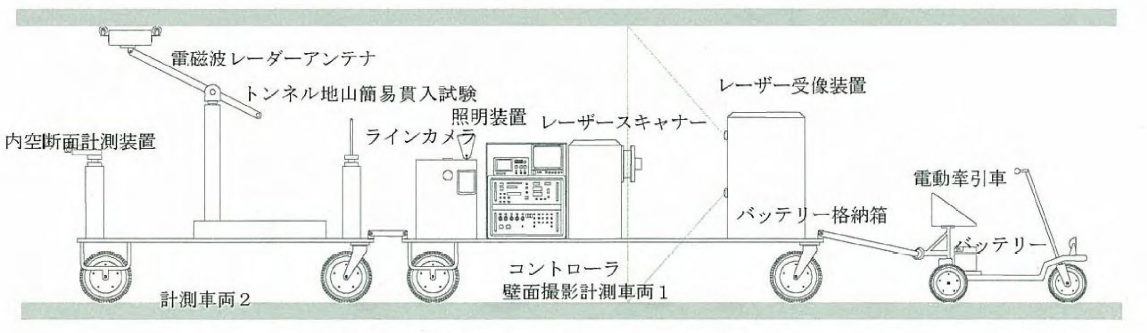


図-13.3 システムの概要

システムの概要を**図-13.3** に、システム全体の仕様を**表-13.8** に示す。なお、水路や調査の必要性に応じて、これらの仕様の一部だけを調査車両に搭載し、調査を行うことも可能である。

表-13.8 システムの仕様

計測装置	項目	性能
システム全体	搬入・搬出条件	最小通過径　0.9×0.9m
	計測条件	滞水：50cm以下
	迅速性	短い断水期間で計測が可能
	再現性	計測者に依存せずに同じデータが計測可
	記録性	延長距離で各データを同期化し、デジタルデータとして記録
壁面連続画像計測	計測項目	ひび割れ・湧水・目地の損傷等の目視で観察可能な変状
	計測速度	1.0km/h程度 （安全に歩行しながら、遅滞なく調査できる速度）
	１日の標準計測距離	2.0km程度
	良好な条件下での最小検出ひび割れ幅	0.1mm （通常の水路条件で0.2mm程度）
覆工背面調査	計測項目	覆工厚さ、覆工背面の空洞の有無・厚さ、覆工背面の地山性状
	計測速度	連続計測1.0km/h程度 （安全に歩行しながら、遅滞なく調査できる速度） 地山計測30分/箇所（調査孔の施工復旧時間を除く）
	１日の標準計測距離	2.0km程度
	覆工厚及び空洞の計測誤差	±５cm程度
	地山性状評価	３～４段階 （土砂・軟岩・硬岩）
	計測範囲	覆工表面から１m程度
内空断面計測	計測項目	内空断面形状
	計測ポイント数	１断面当り200ポイント程度
	計測誤差	±１～３mm
	計測時間	１断面当たり10分程度

(3)壁面連続画像計測システム

壁面連続画像計測システムは、トンネルやボックスカルバート構造に適するレーザースキャニング法と開渠（開水路）に適する CCD ラインカメラ法の２つを装備している。それぞれの仕様を**表-13.9** に示す。また、システムの外観を**写真-13.1**、計測状況を**写真-13.2** に示す。

表-13.9　壁面連続画像計測システムの仕様

項　目	レーザースキャニング	CCDラインカメラ
利　点	暗所での調査に有利 大口径のトンネル調査が可能	明所での調査に有利 カラー画像で計測可能
主撮影デバイス	モータ回転式レーザー光源＋フォトマル４台	7,500画素のラインカメラ２台 キセノン照明装置
分解能	後処理で１mmに変換	１mm：トンネル高さ2.5mまで
クラック検出能力 （理論上）	0.1mm レーザービーム径　φ0.36mmから	0.1mm １画素の15%にクラックを含んだ場合を認識できるとして
スキャン速度（最大）	200断面/秒	1000断面/秒
計測速度（標準）	1.00km/h程度	1.00km/h程度
画　像	4,096階調のうち256階調表示 （白黒）	16,777,216色カラー （R、G、B　各８ビット）
記録断面	360度	約280度
記録フォーマット	12ビットバイナリ	24ビット≧16ビット圧縮バイナリ
照　明	不要	約3,000ルクスの照度が必要
消費電力	350VA	350VA＋照明電力（500VA）
データ記録媒体	ハードディスク	ハードディスク
記録装置転送速度	1.5Mバイト/秒	10.7Mバイト/秒
１日の計測距離	２km程度	２km程度
１日の作業で必要とする 計測用電源電池本数	４本（12V/160AH　41.5kg）	４本（12V/160AH　41.5kg）
牽引用車両電源	２本（12V/130AH　30.5kg）	



写真-13.1　システムの外観
（CCDラインカメラ＋内空断面計測＋地山簡易貫入試験）



写真-13.2　計測状況

計測された画像は、**写真-13.3** に示すような壁面展開図として記録・出力される。また、その画像を拡大すると、**写真-13.4** 及び**写真-13.5** のように詳細なひび割れの状態まで確認することができる。

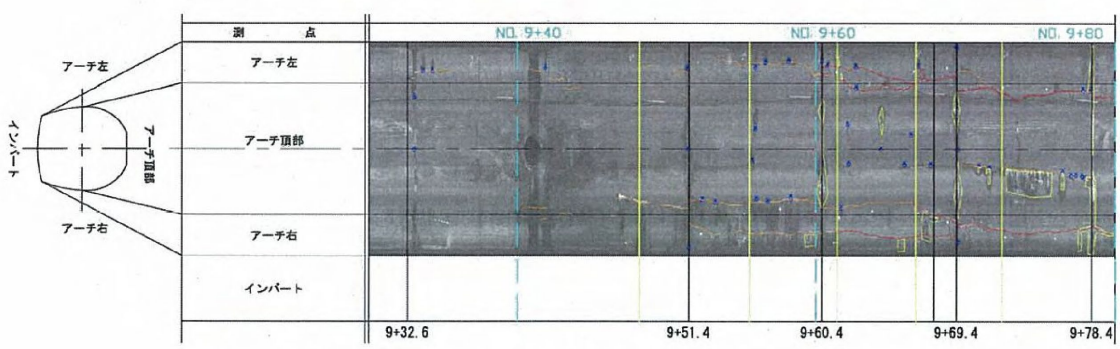


写真-13.3　壁面連続画像の計測結果例（レーザースキャニング法）

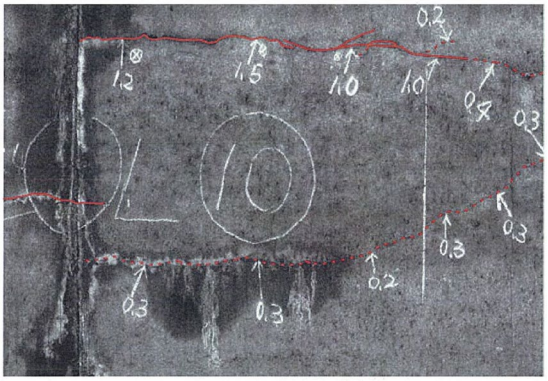


写真-13.4　レーザースキャニング法による連続画像の拡大図

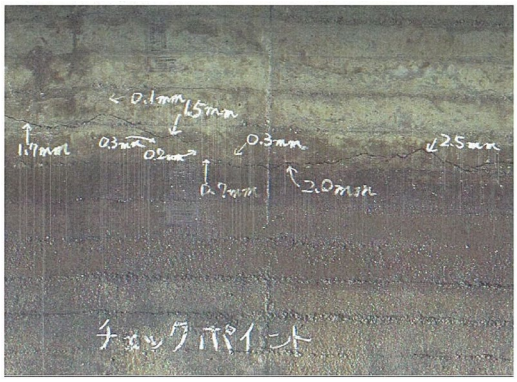


写真-13.5　CCDラインカメラ法による連続画像の拡大図

(4)覆工背面調査

ア　レーダ法

道路や水路トンネルの覆工背面に空洞が発生することがある。これらの覆工背面の空洞は、トンネル自体の安定性に影響を与えるほか、地表面陥没等の原因になる場合がある。

本システムでは、レーダ法により覆工厚・鉄筋のピッチ・覆工背面の空洞の有無や規模を計測できるほか、簡易な地山貫入試験により地山強度を計測することができる。**図-13.4** に装置の概要、**写真-13.6** に計測データ例を示す。

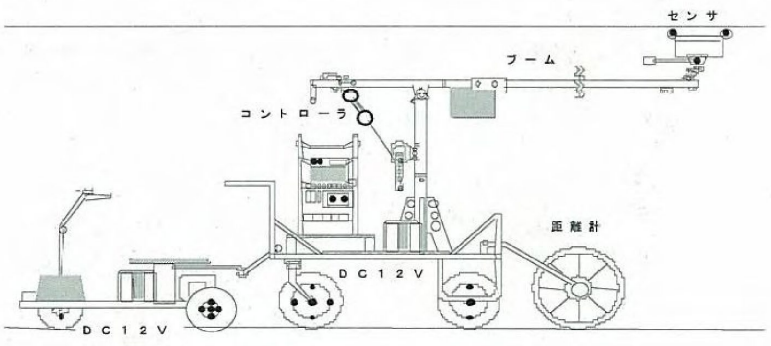
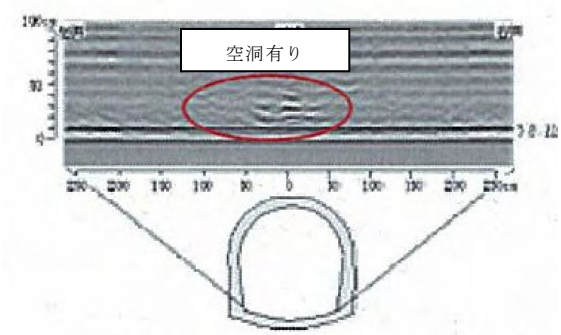
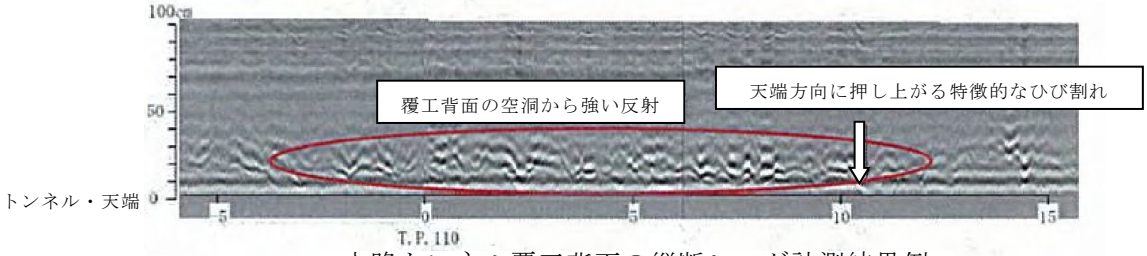


図-13.4　水路トンネル用レーダ計測台車



水路トンネル覆工背面の横断レーダ計測結果例



水路トンネル覆工背面の縦断レーダ計測結果例

写真-13.6　水路トンネル用レーダ画像例

イ　地山簡易貫入試験

水路トンネルの安定性を評価する上で、トンネル覆工背面の地山の性状を把握することは極めて重要な事項である。

水路トンネル用地山簡易貫入試験機は、小口径の水路内に人肩搬入が可能であり、バッテリーで駆動する。覆工に設けた調査孔から地山に手動ねじ込み方式によって貫入棒を貫入させ、貫入力及び貫入長を測定する。**図-13.5** に簡易地山貫入試験装置の概要を示す。

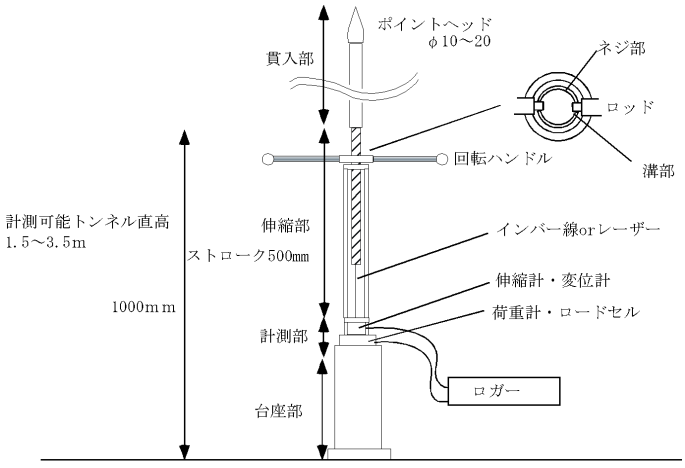


図-13.5　地山簡易貫入試験装置の概要

引用文献

1) 農林水産省農村振興局：農業水利施設の機能保全の手引き、p.12、38（令和５年４月）

2) 農林水産省官民連携新技術研究開発事業:効率的な農業用水路維持管理のための非破壊調査技術および劣化診断システムの開発、p.１－６

14. 環境との調和への配慮（生態系）

（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）

土地改良事業における環境との調和への配慮については、地域の自然的、社会経済的及び文化的な実情や地域住民の意向等を十分に調査した上で、計画を作成することが必要である。生態系や地区事情等は当然のことながら固有性があり、したがって、画一的でない地道な調査や調整が不可欠であること、また、安易な前例や他地区事例の適用は地域の生態系にマイナスとなる場合もあることに留意すべきである。また、生態系の応答を十分な精度で予測することは非常に困難であるため、後述する「順応的管理」の手法により、保全対策の効果を段階的に向上させる取組が一般的に行われている。生態系に配慮した計画作成に当たり、今日までの状況推移を調査把握した上で、将来を見通した実効ある順応的管理を考慮しておくことも課題となる。

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生態系配慮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。

14.1　土地改良事業における環境との調和への配慮の取組

食料・農業・農村基本法（平成 11 年法律第 106 号、令和６年改正）においては、今後の食料・農業・農村施策の目指す基本理念の一つとして、「農業の有する多面的機能（国土の保全、水源の涵養、自然環境の保全等）の発揮」が掲げられているとともに、令和６年の改正により、新たに「環境と調和のとれた食料システムの確立」が基本理念として位置付けられた。また、同法第 29 条では「国は、（中略）農業の生産性の向上を促進するとともに、（中略）農業生産活動が継続的に行われるようにするため、地域の特性に応じて、環境との調和（中略）に配慮しつつ、（中略）農業生産の基盤の整備及び保全に必要な施策を講ずるものとする。」と定められている。

土地改良事業については、平成 13 年度に土地改良法が改正され、事業の実施に際し「環境との調和に配慮」（環境配慮）することが原則化され、「環境との調和に配慮した農業農村整備事業等基本要綱」（平成 14 年２月 14 日付け 13 農振第 2512 号農林水産事務次官依命通知）を制定し、対象とする事業等が明確化された。

この環境配慮の取組を具体的に進めるための技術的な拠り所として、平成 13 年度から平成 16 年度までに生物・生態系への配慮の基本的な考え方や手順について示した「環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き（第１編～第３編）」（以下「環境配慮の手引き」という。）、生態系ネットワークの重要性の整理、工種横断的な環境配慮の方法や工法を具体的に示した技術参考資料として「環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の技術指針」（平成 18 年３月制定、平成 27 年５月改定、令和８年８月改定）（以下「環境配慮の技術指針」という。）が制定・改定され、農地・農業水利施設等の整備に当たってこれらの手引き・技術指針に基づき生態系配慮が進められてきた。

14.2 「環境配慮の手引き」及び「環境配慮の技術指針」との関連について

「環境配慮の手引き」は、国や地方公共団体等で実際に農業農村整備事業に携わる者を対象に、環境に係る調査、計画策定と設計に当たり、その内容が環境との調和に適切に配慮されるよう、基本的な考え方や仕組み、留意事項等をまとめたものである。また、「環境配慮の技術指針」は、農地・農業水利施設等の整備に当たり、生態系ネットワークの保全・形成に視点を置き、調査から維持管理に至る各段階の環境配慮の方法を具体化することにより現場適用性を向上させ、環境との調和に配慮した事業や環境保全活動の推進を目的としている。

農業生産性の向上と農村環境の保全・形成を両立させるために作成する環境配慮計画の検討に当たっては、環境配慮の手引き及び環境配慮の技術指針で生態系配慮に関する基本的知識等を習得した上で、本章の内容を参考とすることとし、これらの適切な運用を図るものとする。

14.3 農村地域の特徴と生物多様性の保全

農村地域における自然環境の大きな特徴は、二次的自然ということである。二次的自然とは、過去、現在の人間活動によって形成・保全される自然のことであり、その多くが「遷移」の途中相である。様々な遷移段階の緑地等がモザイク状に配置されることにより、時間的、空間的に生態系の多様性が高い状態が保たれている。

過疎化・高齢化等に伴い人為が縮小、すなわち水路などの維持管理等が滞り、生態系の遷移が不可逆的に進めば、その多様性は失われることになる。土地改良事業における環境配慮は、単に施設だけの問題ではなく、地域社会が抱える問題にも目を向けなければならないところに難しさがある。

また、我が国の農村地域には、様々な土地利用が混在しているという特徴がある。この要素とは、農地（水田、畑、樹園地）、農用林野（採草地、放牧地、農用林（薪炭林等））、農業施設（水路、ため池、農道等）、居住域（農家、屋敷林）等に区分される。これらの土地利用はモザイク的に分布し、歳月を経て周囲の環境と調和した農地や農業水利施設等の呈する良好な景観が形成されてきた。農村地域に生息する生物にはこの生態系モザイクをうまく利用している種も珍しくない。特に陸域・水域双方を利用している種が多いことは特筆される。例えばシュレーゲルアオガエルは、水田で産卵、幼生期を過ごし、上陸後は近隣の緑地で生活する。本種には水域と陸域、そして両者が断絶されていない生態系ネットワークが必要なのである。

水田を中心に保全されてきた我が国の農村地域では、水域ネットワークもまた水田生態系を特徴付けるキーワードである。水生動物の生息場所としての質が確保され、かつ水路のネットワークによって水域が連続することは水生動物の円滑な世代交代の必要条件である。水田生態系の水域は、流れの有無によって流水域と止水域に、出現時期によって恒久的水域と一時的水域に分けられる。これは水域の多様性といってよい。魚類は生育ステージ、季節等によって、これらを使い分けている。

近年の農村地域における生態系の変質は、(1)営農方法の変化、(2)都市化、開発行為、(3)農地・農業水利施設の整備等による複合的な影響の結果だと考えられる。このうち(3)に関しては、①区画の拡大、②湿田の乾田化、③用排水路の構造による生物生息空間の喪失・悪化、④ビオトープ等の生態系ネットワークの分断等の、環境負荷を生む側面がある。

土地改良事業を計画する上では、農業生産性向上や農村地域に在住する人たちの生活を重視す

ることはもちろんであるが、同時に、我が国における農村地域の特徴に留意しながら、環境配慮することが責務である。すなわち、効率的な農業を実現しつつ、環境への負荷や影響の回避・低減により生物多様性や農村景観に配慮し、持続可能な社会の実現に寄与することが必要である。

14.4 生態系配慮に関する基本的な考え方

環境配慮の調査・計画に当たり、生態系の保護・保全を図る上での一般的な考え方を理解しておくことが必要である。本節では、いくつかの重要な概念を以下に整理する。

ただし、生物生息空間の形態・配置の６原則（14.4.3 項）、順応的管理（14.4.6 項）等の概念を土地改良事業における環境配慮にそのまま導入するのではなく、前述の農村地域の特徴と生物多様性の保全（14.3 節）に留意しながら、それらの基本的な考え方を環境配慮に反映させることが重要である。

14.4.1 生物多様性

生物多様性条約によれば、「『生物の多様性』とは、全ての生物（陸上生態系、海洋その他の水界生態系、これらが複合した生態系その他生息又は生育の場のいかんを問わない）の間の変異性をいうものとし、種内の多様性、種間の多様性及び生態系の多様性を含む」とされている。つまり、多くの種が生息しているだけでなく、生態系が多様であること、種内（遺伝子）の多様性が保たれていることが含まれている。種内の多様性は馴染みが薄いが、隣の河川間で、あるいは同じ流域の中でも農業水路ごとに、同じ魚種であってもそれぞれ固有の遺伝子の多様性を持つことが、近年になって明らかにされてきた[1)2)]。農村地域の生態系において遺伝子の多様性をどのように保全するかについては、今後の課題である。

令和５年３月に閣議決定された「生物多様性国家戦略2023-2030」によれば、我が国の生物多様性は、①開発など人間活動による危機、②自然に対する働きかけの縮小による危機、③人間により持ち込まれたものによる危機、④地球環境の変化による危機に直面しており、これらに対処することが欠かせないが、同時にこの「四つの危機」を引き起こす社会の価値観と行動を変えなければならないとされる。このうち①と②の点で、土地改良事業は生物多様性に対して、直接的・間接的に影響を与えていることに留意すべきである。

これまでの取組では、生物種の保全を重視した配慮対策が主流であったが、生態系ネットワークの分断や、地域の遺伝子への配慮を伴わない善意の移植、放流によって、遺伝子の多様性の劣化が懸念されている[3)]。そのため、生態系・生物種・遺伝子の多様性を総体的にとらえた環境配慮が求められる。

14.4.2 ミティゲーション５原則

ミティゲーション５原則は、「米国 NEPA（国家環境政策法）」*で用いられている考え方で、事業が環境に与える影響を回避、軽減等により緩和する措置の一般を示すもので、用水施設の整備に際し、環境配慮するに当たっての具体的な手順を検討するための有効な手段となる（**図-14.1**）。

これまでの事業の中には、「代償」や「低減」（「最小化」、「修正」、「影響の軽減/除去」）ありきで計画が樹立されることがあったが、まずは「回避」を検討し、それが困難な場合は「低

減」を検討すること、「低減」についても困難であり、事業の実施が環境に大きく影響を与えざるを得ない場合は「代償」を検討するという手順が肝要である。「代償」では、従前の生息・生育地が消失すること、人工的に創出された新たな生息・生育地に生物を移動させることになるため、環境配慮対策が十分な効果を発揮、持続しないリスク、場合によっては地域の生態系に悪影響を与えるリスクを伴う。

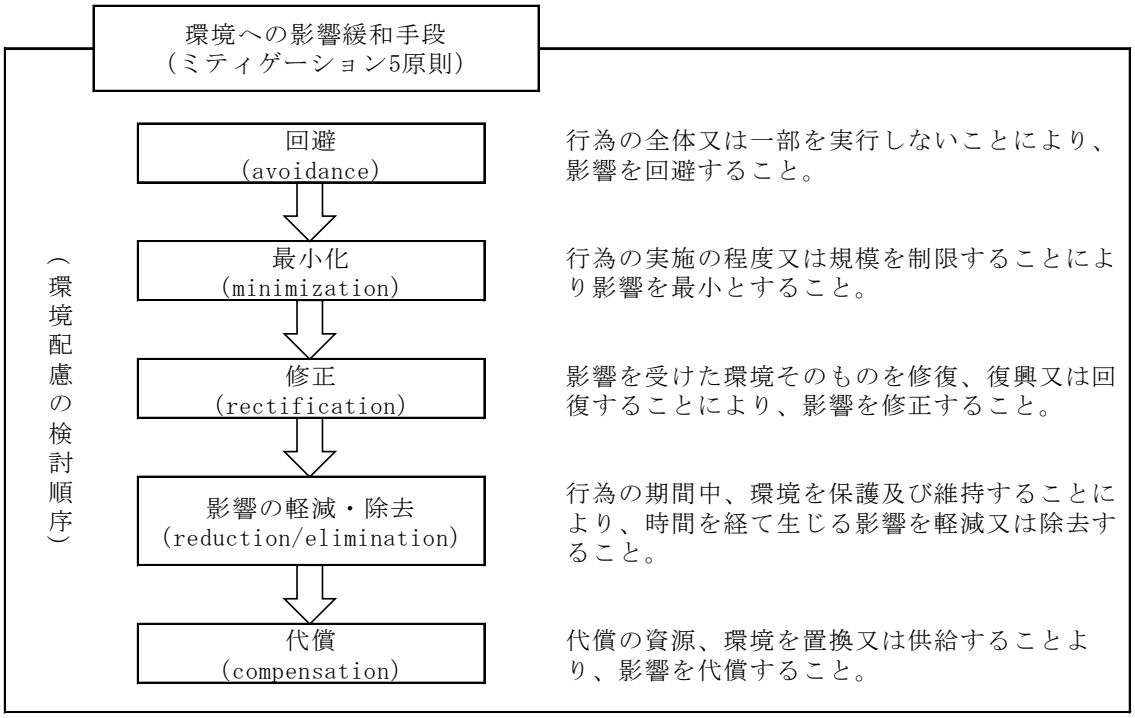


図-14.1　ミティゲーション５原則[4)]

＊　米国国家環境政策法（NEPA：National Environmental Policy Act）

世界に先駆けて成立した米国の環境アセスメント制度。1969 年連邦議会を通過。NEPA は、連邦政府の関わるあらゆるレベルの行為(政策、計画、事業等)に対して、必要な場合、環境アセスメントを行うことを義務付け、連邦政府の環境保全の役割、責任を法的に明らかにしている。

（農林水産省農村振興局農村政策部農村環境課調べ（2011））

14.4.3 生物生息空間の形態・配置の６原則

生物生息空間の形態・配置等に関して、国際自然保護連合（IUCN）*では**図-14.2**のように提唱している。これは、ダイヤモンド（Diamond, J.M.,1975）等による実証的研究によって明らかにされたものである。

用水施設の整備に当たっては、これらの原則を参考に個々の生息・生育地を合理的に配置しながら保全するとともに、生息・生育場間のネットワーク（生物学的回廊、エコロジカルコリドー）の保全に留意することが肝要である。

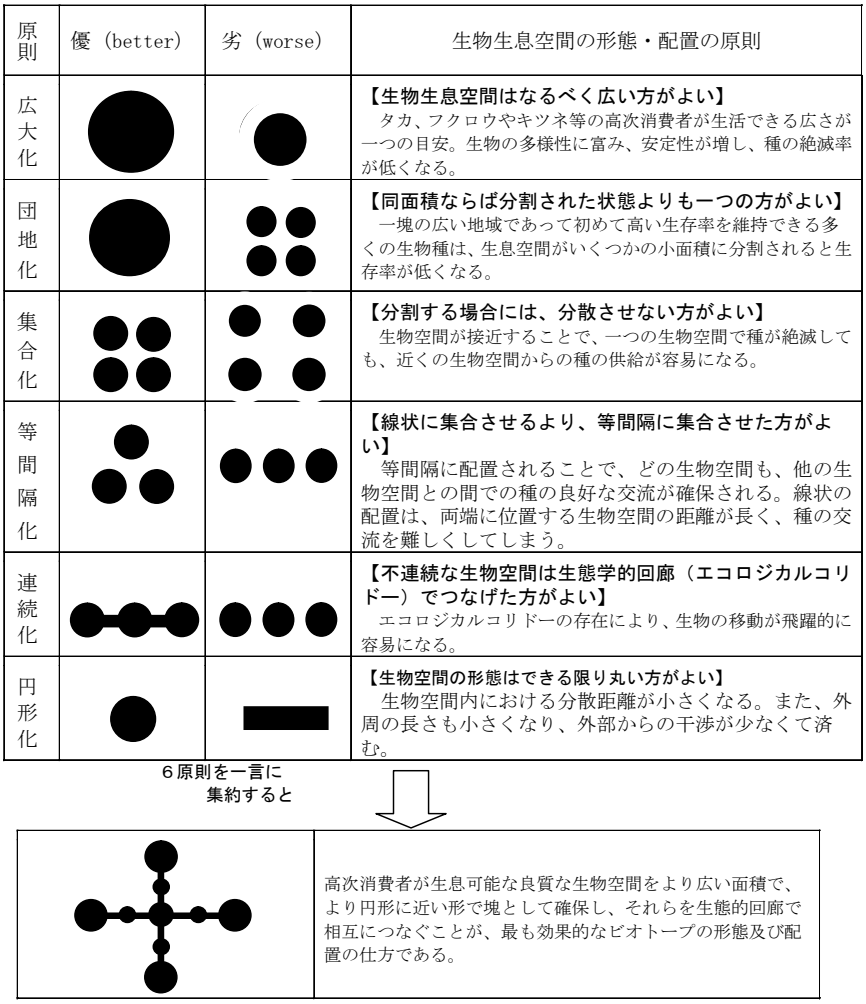


図-14.2 生物生息空間の形態・配置の６原則 [4)]

＊ 国際自然保護連合

（IUCN: International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources）

自然環境の保全、自然資源の持続的な利用の実現のため、政策提言、啓発活動、自然保護団体への支援を行うことを目的に設立（1948）された国際的な自然保護の連合団体。国家、政府機関・非政府機関（NGO）などを会員とし、日本では環境省をはじめとして各種団体が会員として加入。日本政府は 1995 年に国家会員として加入。（農林水産省農村振興局農村政策部農村環境課調べ（2011））

14.4.4　環境に配慮した土地改良事業

土地改良事業における環境配慮では、農業生産性向上等の本来の目的を踏まえた上で、事業による環境への影響を極力小さくする、あるいは損なわれた環境を回復するために、適切な環境配慮対策を検討することが重要である。未整備地区については、地域の生態系の中で注目すべき生息地や保全すべき景観等の良好な環境が存在している場合が多いことから、必要に応じて現況を保全する回避エリアを設定することを検討する。整備を行う区域でも良好な環境が存在する箇所の保全を図るとともに、周辺にある水路、ため池、雑木林等の環境要素との連続性を踏まえ、水路内、水田―水路間や水路―ため池間のネットワーク等を確保できるよう、エリアの設定と、エリアにおける配慮対策を検討することが重要である。

整備済地区では、水田―水路間や水路―ため池間のネットワーク等の連続性が分断されていることが多い。連続性の回復は、再整備時における最重要事項である。なお、前歴事業で環境配慮が行われていなかった地区においても、近隣の良好な生息・生育地からの生物の供給が期待できる場合には、再整備時に生態系ネットワークを良好に整備することで、地域の生態系を回復できる可能性がある[5)]。

14.4.5　農家の理解と農家を含む地域住民等の参加及び合意形成

環境配慮の取組は、事業実施だけでなく、維持管理においても労力的、経費的に負担が増えることが多いため、環境配慮の取組の各段階において、地域環境に関する情報の提供、啓発活動、農家意向の把握に努める等、関係農家の十分な理解と合意を得ることが不可欠である。ほ場整備による農地や水路、農道等の整備は、ダム、頭首工、幹線水路等の大規模な水利施設と比べて地域にとって身近な場所で実施され、地域住民等が自身で管理を行う施設の場合はなおさらである。

また、地域の自然環境は、農家を含む地域住民等（以下「地域住民等」という。）が恩恵を享受できる共有の財産であること、非農家の維持管理への参画が期待できることから、できるだけ早い段階から農家のみならず地域住民等の多様な主体の参画が得られる体制を整備し、環境情報の共有化や配慮対策検討の際の意見反映等を図ることが重要である。

なお、事業以外でも、水田魚道の設置など、簡易な整備や参加型の直営施工等により、補完的に環境の向上を図る事例が増えている。こうした取組は生態系保全の直接的な効果だけでなく、地域住民が自らの地域の生態系を考える契機となるため、地元調整の段階において各地の取組事例を紹介する等、事業制度の枠組みにとらわれない対応が有効である。

14.4.6　順応的管理

生態系は複雑で常に変化しており、配慮対策に対する生態系の応答を精緻に予測することはできないことから、環境配慮対策を講じても必ずしも十分な効果が得られない場合がある。したがって、環境配慮対策について、想定どおりの効果が発揮されているかを継続的にモニタリングし、その結果を踏まえて必要に応じて施設の補修や修正を行うこと（順応的管理：アダプティブ マネジメント）が重要である。

事業においても効果が想定以下であった場合には、地域の事情に応じた工夫のもとで当該施設の修正を検討する。また、このような対応を可能にするため、施工中・施工後とモニタリング結

果を比較できるように、調査・計画時から、モニタリングの手法（時期、頻度、方法）を検討するとともに、データの蓄積に努めることが重要である。

14.4.7 環境配慮に関する技術的知見の蓄積と普及

生態系や地区事情等には固有性があり、画一的な調査・計画、設計手法は存在しないが、生態系や景観等に関する基礎的情報や環境との調和に配慮した工法の知見の蓄積は、他の事業地区において環境配慮対策の充実を図る上で大いに参考になる。そのため、調査・計画、設計、施工、モニタリング等の知見を蓄積するとともに、研修会や技術発表会等の機会を設け、各地域で取り組まれている環境配慮対策事例等の情報の共有と技術的知見の蓄積と普及を図ることが重要である。その際には、データの解釈に偏りや誤りが生じることがないよう、行政担当者だけでなく専門家の知見を活用することが望ましい。そして、整備後に住民等の意見を聞くことも含め情報を集約して系統的に蓄積し、広報・普及を図ることが有効である。

14.5 調査計画の進め方

環境配慮対策の検討を的確に行うため、地域における生態系や景観等の特徴、事業実施が及ぼす影響の範囲並びに内容及び程度、田園環境整備マスタープラン*等における地域環境のビジョン等の環境配慮対策の検討に必要な情報を調査する必要がある。特に地域の生態系における生物の生息・生育状況や環境基盤の情報等を収集し、注目すべき生物の生息・生育状況や生態系ネットワークを明確にするとともに、事業による生態系ネットワークへの影響を予測する。

調査では対象地域において「概査」と「精査」を効率的かつ効果的に実施し、計画策定に必要な情報を把握する。なお、環境配慮した整備や将来の維持管理（作業内容、費用負担等）に関する合意形成をより円滑に行うためには、事業構想策定時のなるべく早い段階から、行政、土地改良区、有識者、地域住民等の関係者が一体となって意見交換や合意形成を図るための体制を整備する必要がある。

具体的な調査実施の手順については以下に示すとおりであり、参考までにフロー図を**図-14.3**に示す。

＊ 田園環境整備マスタープラン

事業採択に先だって関係市町村が作成するものであり、地域の環境概況、現状と課題、将来的な地域環境のあり方、事業による整備に当たっての環境配慮のあり方等の基本事項を取りまとめるとともに、環境創造区域（自然と共生する環境を創造する区域）及び環境配慮区域（環境への影響緩和等について配慮した工事を実施する区域）を設定するものである。（農業農村整備事業研究会：農業農村整備事業計画作成便覧、p.60（2003））

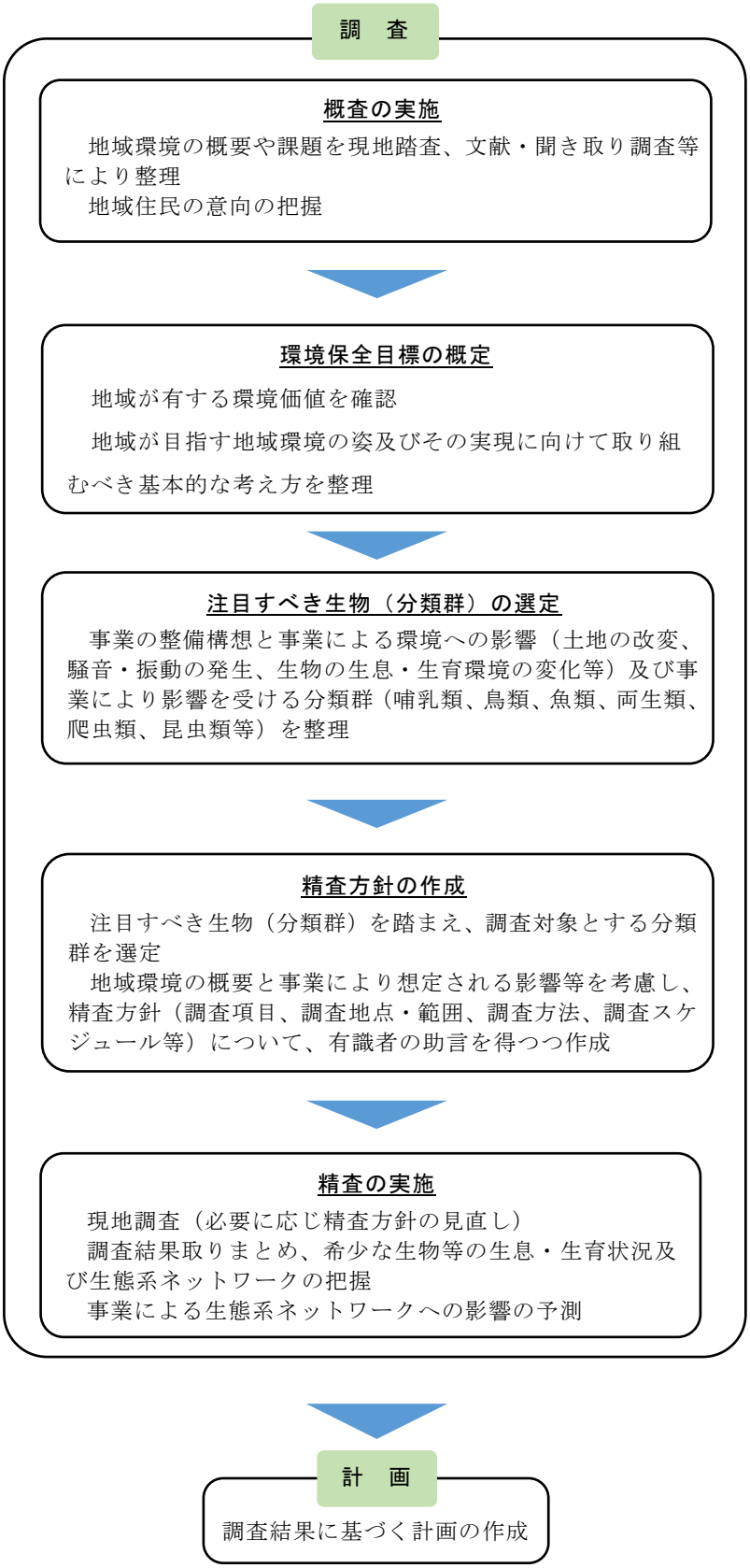


図-14.3　調査のフロー図 [6)]

(1)概査の実施

マスタープラン等で整理されている地域環境の現況や環境配慮の基本方針を把握するとともに、地域の環境、生息する生物、事業により想定される影響、地域住民等の意向を把握する上で有効となる情報について、文献調査、アンケート調査、聞き取り調査及び現地調査により収集・整理する。概査に当たっては、地域の環境特性等を踏まえ、あらかじめ環境配慮の見通しを想定しつつ有効な情報の効率的な把握に努める。この段階で、地域の生態系の成り立ち等を考慮して、広域的に調査を行い、事業実施が及ぼす影響の範囲を概定しておくことが重要である。

(2)環境保全目標の概定

概査の結果を踏まえ、地域が目指す将来の地域環境の姿及びその実現に向けた基本的な考え方を環境保全目標として概定する。環境保全目標の概定に当たっては、農家を含む地域住民が地域の環境価値を確認し、環境価値が形成された自然的・人為的な要因（人の大地への働きかけ、すなわち地域の農業活動による二次的自然の形成）を再認識し、環境価値を保全するための目標について共通認識を持つことが重要である。

(3)注目すべき生物（分類群）の選定

精査方針の作成に活用するため、事業の整備構想と事業により想定される環境への影響（土地の改変、騒音・振動の発生、生物の生息・生育環境の変化等）及び事業の影響を受ける生物（哺乳類、鳥類、魚類、両生類、爬虫類、昆虫類といった高次の分類群）を整理する。

(4)精査方針の作成

環境配慮対策の検討に当たり、有識者等の意見を踏まえつつ、より詳細な情報の把握や重点的な調査が必要な項目等を概査結果より抽出し、それらに係る精査方針（調査対象、調査内容、調査範囲等）を作成する。精査方針は、事業における環境配慮対策及び事業実施中・完了後のモニタリング等を想定しつつ、検討に必要な調査項目、調査方法(調査範囲、調査手法、調査時期、頻度等)について、基本的な考え方を位置付けるものである。また、マスタープラン等で目指している地域環境の姿や環境配慮の方針、概査で把握した地域環境に係る情報を基本として、必要に応じて環境に係る情報協議会における意見交換を反映させて決定する必要がある。

なお、作成に当たっては、調査の結果を施工中や施工後におけるモニタリング結果と併せて環境配慮対策の評価を行うために活用することを念頭に置くことが重要である。

(5)精査の実施

精査方針に基づいて現地調査を実施する。調査の実施に伴い、概査段階では確認されていなかった希少な生物の生息・生育地が確認されることがある。このような場合、必要に応じて調査範囲や項目を追加するなどして、生態系ネットワークが把握できるようにする。

希少な生物や外来生物等の生息・生育状況を整理するとともに、環境基盤などの情報を基に生態系ネットワークを把握する。また、現在は分断、消失しているが、事業により回復が可能な生態系ネットワークも把握する。

把握した希少な生物や外来生物等の生息・生育状況や生態系ネットワークに事業の整備計

画を重ね合わせ、影響の内容と程度を予測するとともに、影響の要因を分析する。

調査結果を踏まえ、事業による生態系ネットワークへの影響について整理し、調査結果は、事業地区全体をとらえた地域スケールの図面に整理する。また、生態系ネットワークへの影響が大きい重要な移動経路、産卵場、越冬場等については詳細な図面に整理するなど、分かりやすく取りまとめる。

14.6 計画策定の進め方

事業目的と農村環境の保全・形成を両立させるため、環境保全目標や環境配慮対策、維持管理計画等を取りまとめ、事業地区における環境との調和に配慮した計画（以下「環境配慮計画」という。）を作成する必要がある。

具体的な計画策定の手順については以下に示すとおりであり、参考までにフロー図（**図-14.4**）を示す。

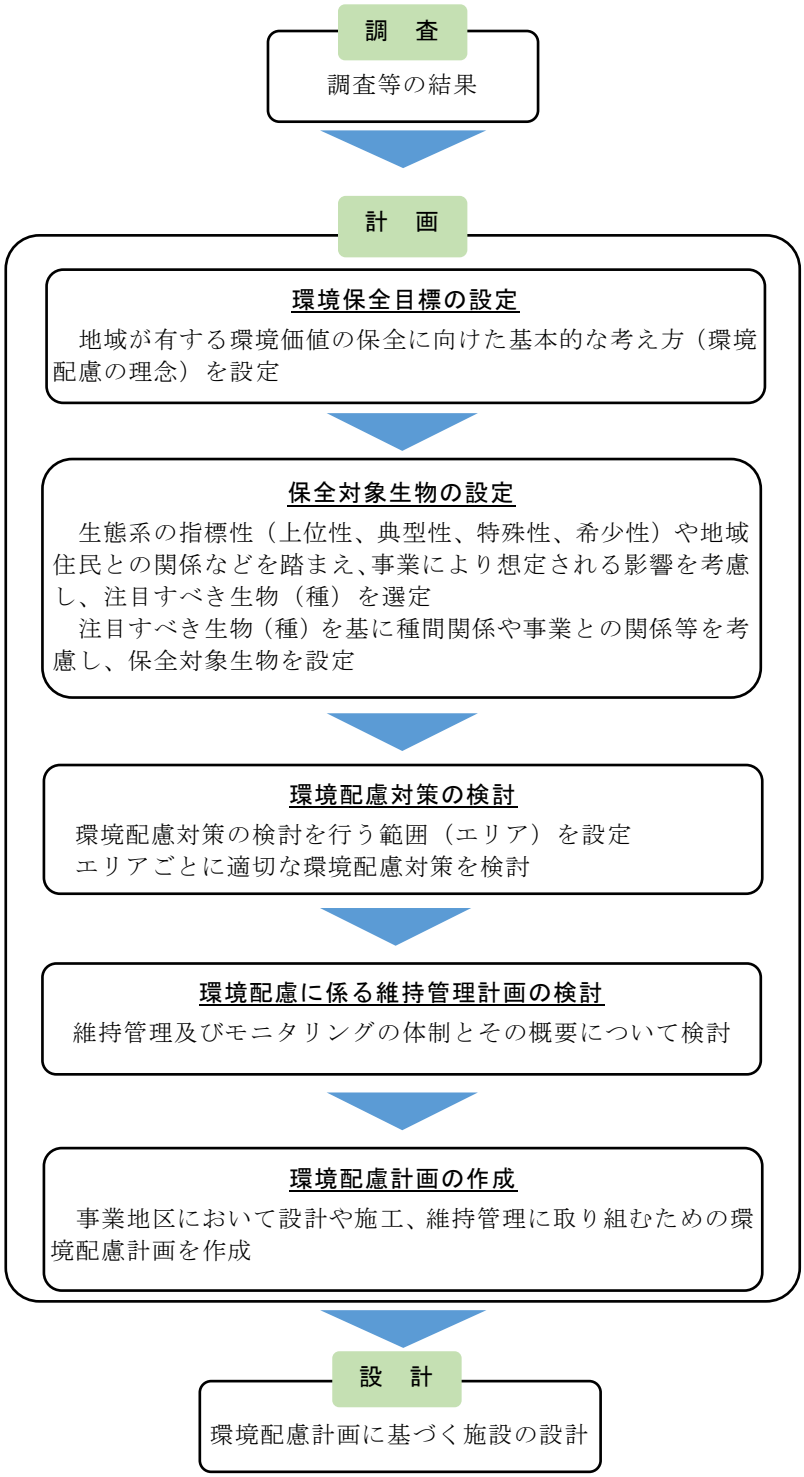


図-14.4 計画のフロー図[6)]

(1)環境保全目標の設定

調査段階で概定した環境保全目標を点検し、地域が有する環境価値及びその保全に向けた基本的な考え方（環境配慮の理念）を環境保全目標として設定する。概査の段階で複数の環境保全目標を概定していた場合は、計画段階で候補の絞り込みを行う。

目標の設定に当たり、地域住民等に積極的に情報を提供し、地域住民等への啓発を図りながら、アンケート調査や聞き取り調査、ワークショップ等の実施により、地域住民等が持つ環境に関する情報収集や意向を把握する。目標は、精査の結果や、マスタープラン等の各種計画、地域住民等のニーズ・意向、生態系や景観等に関する有識者の指導・助言を踏まえ、地域住民等の合意を得て決定する。

(2)保全対象生物の設定

ア　注目すべき生物（種）の選定（**図-14.5**）

注目すべき生物（種）は、生態系の指標性（上位性、典型性、特殊性、希少性）や地域住民との関係を踏まえ、事業により想定される影響を考慮し選定する。

生態系の指標性の判断は、地域の生態系の構造により異なることから、有識者の助言を得て行うことが重要である。

なお、外来生物は、地域の生態系や農業の生産活動に大きな影響を与えるおそれがあるため、地域内での分布が確認されている場合は、事業による環境の改変や環境配慮対策の実施により分布が拡大しないよう、監視すべき生物として別途選定し、必要に応じて駆除や拡大防止等の対策を講じる。

イ　保全対象生物の設定

選定した注目すべき生物（種）について、有識者の意見や地域住民の意向を踏まえ、生態系ネットワークや事業との関係等から絞り込みを行い、保全対象生物を設定する。

設定に当たっては、選定・非選定の考え方を明確に整理する必要がある。

なお、保全対象生物が保全されれば地域の生態系が守られたと単純に評価できるわけではない。保全対象生物の生息状況は、当該種が代表する生態系がある程度守られた結果を表しているのであり、その保全だけが目標ではないことに留意して、保全対象生物の生息地の保全、ネットワーク化等、地区内の生態系の健全性確保を念頭に計画を樹立することが重要である。

注目すべき生物（種）の選定に当たっては、まず、その地域において生息・生育すると考えられる生物（種）の中から、上位性・典型性・特殊性・希少性を有すると考えられる生物（種）を選定の候補とする。

次に、生活史や必要とする生息環境が同様な生物（種）については、以下の観点からグルーピングし生物の絞り込みを行う。

最後に選定の結果や理由の整理を行い、「注目すべき生物（種）の選定表」として取りまとめる。

～生活史や生息環境が同様な生物（種）のグルーピング～

水田周りにある水路で確認された３種の生物（ドジョウ、キンブナ、タモロコ）についてグルーピングを行う。いずれも、水田周りの生態系における代表となる生物（典型性）であるが、ここでは「事業による影響の程度」、「環境配慮対策との関連」の観点から検討しキンブナを注目すべき生物（種）に選定した。

選定の候補

ドジョウ、キンブナ、タモロコ

↓

グルーピングの観点

・ ３種とも水路～水田の生態系ネットワークを代表（典型性）する生物であり、事業による影響の予測が可能。
・ ドジョウは他の２種に比べると、コンクリート水路内でもわずかな水や堆積した泥があれば生息できる等環境が悪くても対応できるため、水路の改修による影響の程度が判断しにくい。
・ キンブナは、体高が最も高く、水田魚道や落差工等ではキンブナが遡上できれば他の２種も遡上可能と予想される。

↓

「キンブナ」を注目すべき生物（種）に選定

図-14.5 注目すべき生物（種）の選定の例[6)]

(3)環境配慮対策の検討

計画的かつ効率的に生態系ネットワークを保全・形成するために、環境配慮対策の検討を行う範囲（以下「エリア」という。）を設定し、生態系ネットワークの阻害要因や事業による影響予測結果に基づき、ミティゲーション５原則（14.4.2項）を踏まえて、エリアごとに具体的な環境配慮対策を検討する。なお、生物によってはエリア間あるいは事業地区内外を移動し得ること[3)]、事業地区が未整備地区か整備済地区かによって環境配慮の方針が大きく異なることに留意し（14.4.4項）、事業地区内のみならずその周辺の生態系ネットワークも踏まえて、エリアの規模・配置を設定する。

また、エリア内において、事業による影響予測結果等を踏まえ、生態系ネットワークの「広がり（量）の確保」と「質の向上」を図る環境配慮対策の案を農家や地域住民の意向と有識者の意見を踏まえながら事業実施主体により作成する。対策の組合せの違いにより複数案が作成される場合は、維持管理を行う地域住民等の意向把握や合意形成を効果的かつ計画的に行うため、生態系ネットワークの保全面、農業生産面、維持管理面、経済性、景観面等から比較をし、持続的な農業と環境保全が両立するよう絞り込む。

(4)環境配慮に係る維持管理計画の検討

生態系の保全には、事業における環境配慮対策の実施だけではなく、適切な維持管理が継続的に行われることが不可欠である。このため、環境に配慮して計画された施設について必要となる維持管理項目や内容、管理主体の検討を、関係者の合意形成を図りつつ行い、維持管理計画として取りまとめる。

なお、計画段階では具体的な維持管理の内容が決定できない場合であっても、項目・内容・頻度をある程度想定して、管理主体を決めておくことが重要である。また、工事が終了し、維持管理がスタートした段階で、実態に応じた内容への修正を図っていくことが望ましい。

(5)モニタリング計画の策定

計画、設計段階においては、維持管理計画の策定と同時に、環境配慮施設整備前の調査結果を基にモニタリングの範囲、方法、期間をモニタリング計画として整理し、設置前後の状態を比較できるようにすることが必要である。

(6)環境配慮計画の作成

事業地区全体の環境保全目標や環境配慮対策、維持管理計画等を取りまとめ、事業地区における設計や施工、維持管理に取り組むための環境配慮計画を作成する。取りまとめに当たっては、環境配慮対策の実施により保全・形成を図る生態系ネットワーク、環境配慮対策等が示された図面等を作成し、設計、施工における環境配慮の検討の資料として活用できるようにする。

この環境配慮計画は、事業主体のほか、市町村や地域住民等が地域の環境に関する意識を高めることや、環境保全に対して意思の統一を図るための資料としても活用できるように分かりやすいものとする。また、設計、施工の検討等を踏まえ、内容の充実、見直しを行うことが重要である。

環境配慮施設の維持管理やモニタリングの機会を契機とした地域づくりは、地域の環境保

全の必要性や理解醸成につながることが大いに期待できる。このため、環境配慮計画作成に併せて、調査計画の段階から地域の合意形成を図りつつ、地域づくりの構想を作成しておくことが有効である。

14.7 参考事例

調査計画の進め方の参考とするため、用水施設の整備に当たって、具体的な配慮対策を実施した事例、順応的管理の取組を行っている事例等をもとに、調査計画の各段階における取組について紹介する。

14.7.1 生態系配慮対策を実施した事例１

(1)地区の概要

本地区は、6,000ha の水田及び樹園地の地域で、昭和 25 年から実施した事業により造成された施設の改修整備を行っている。

工事の実施に当たり、改修区間 4,400m の水路内において、環境省のレッドデータブック（2000）の絶滅危惧Ⅱ類に指定されているリュウノヒゲモ*の群生が確認されたことから（**写真-14.1**）、改修工法等の検討を行い、生育環境を確保した。



写真-14.1 リュウノヒゲモの群生状況

(2)生態系配慮の検討及び内容

生態系配慮の検討は、行政機関、土地改良区、地域住民による委員会を設立して行い（**写真-14.2**）、学識経験者の指導のもと保全対策区間、水路改修構造、移植方法等について決定した。

「リュウノヒゲモの保全に関する委員会」
委　員：県立自然博物館副館長、地元町役場課長補佐、土地改良区理事長、地元総代
事務局：県農村計画課、農政局事業所



写真-14.2 リュウノヒゲモの生育状況調査（殖芽数調査）

＊　リュウノヒゲモ

湖沼､河川や水路の淡水､河口の汽水域に群生する多年草のヒルムシロ科リュウノヒゲモ属の沈水植物で、全体的に細長く葉の形が“竜のひげ”に似ていることからこの名前が命名された。葉は幅１㎜ほどで、長さは15～20㎝、茎の径は2～3㎜で、地下茎の先には冬を越すための白い「殖芽」がついているのが特徴。（農林水産省農村振興局農村政策部農村環境課調べ（2011））

ア　保全対策区間

保全対策区間は、繁殖状況により全面改修区間の 600m とし、移植先の確保等を考慮して２か年での施工とした。なお、保全対策工法検討のために試験区を前年度に施工した。

イ　保全対策工法

水路底版に「土砂止工」を設置し、育成のため厚さ10㎝の土砂を敷設する方法とした（**図-14.6**）。

土砂の敷設構成は、試験区の施工後の生育状況を確認した結果、良好であったことから、試験区と同様に５つの工法の構成とした（**図-14.7**）。

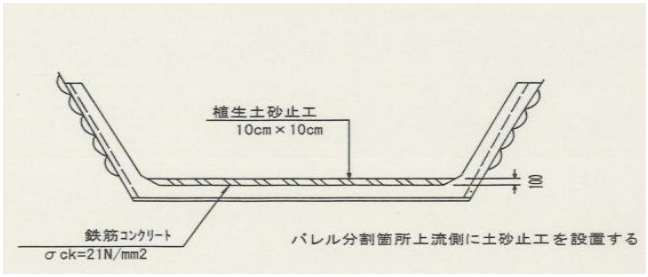
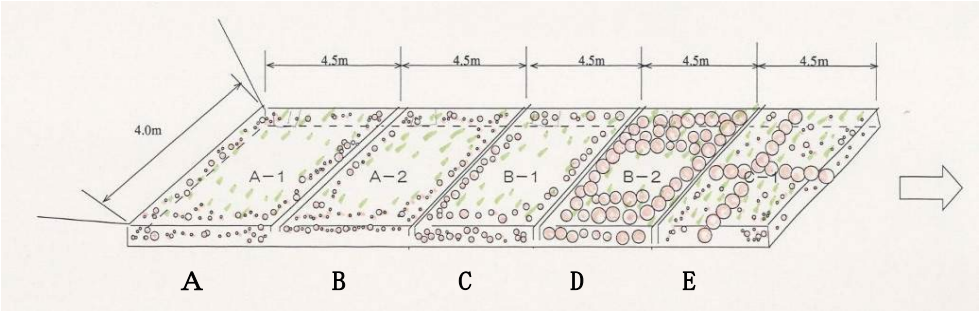


図-14.6　保全対策区間水路改修断面図



A：殖芽を含んだ泥を砂と混合投入
B：殖芽を含んだ泥を砂と混合投入・砕石で被覆
C：殖芽を含んだ泥を砕石と混合投入
D：殖芽を含んだ泥を栗石を敷き詰めた間に投入
E：殖芽を含んだ泥を砂と混合、十字においた栗石間に投入

図-14.7　試験区の工法配置

ウ　移植の実施方法

改修区間外の上流側に土のうにより締め切った仮移植先（**写真-14.3**）を確保し、施工前に殖芽を含んだ泥を仮移植する。そして、施工時に敷設材等と混合しながら殖芽を含んだ泥を移植した（**写真-14.4**）。

なお、仮移植については、近隣小学校の児童達に手伝いを依頼し実施した（**写真-14.5**）。



写真-14.3　仮移植先の状況



写真-14.4　施工状況



写真-14.5　小学生による引っ越し大作戦

エ　施工後の状況

施工後の生育状況については、学識経験者にモニタリング調査を依頼し確認した。その結果、どの工法も施工前の状況をしのぐ繁茂状況が確認され、今回施工した底質の流失を防ぐための工法は有効であった（**写真-14.6**）。



写真-14.6　施工後のリュウノヒゲモの生育状況

オ　順応的管理による見直し

一部でリュウノヒゲモの過繁茂が見られ、通水障害の発生が懸念されたため、水路の一部をコンクリート化することで、通水能力を確保しつつ、リュウノヒゲモの生育環境の保全に配慮した（**写真-14.7**、**図-14.8**）。



写真-14.7
環境配慮対策改善後の水路

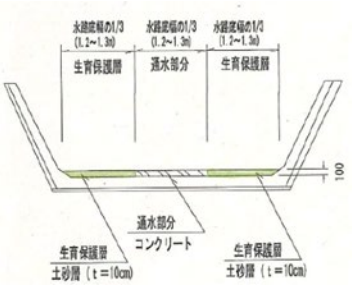


図-14.8
水路断面

14.7.2　生態系配慮対策を実施した事例２

(1)地区の概要

戦後、国営開拓建設事業により水路造成及び開田が実施されたが、近年になり素掘りトンネル（**写真-14.8**）の落盤や開水路底版の洗掘が著しくなったため、国営かんがい排水事業により施設の更新を実施した地区における事例を示す。



写真-14.8　改修前のトンネル

トンネルの改修に当たり施工前に生態系調査を実施したところ、未改修区間において多数のコウモリの生息が確認され（**写真-14.9**）、また、過去に改修済みの区間ではライニングの滑面化により足がかりを失っている状況が確認された。そのため、改修後も坑内においてコウモリが生息できるよう配慮対策を講じることとした。





写真-14.9　コウモリの生息状況

(2)生態系配慮の検討及び内容

生態系配慮対策は、環境配慮検討委員会を立ち上げ、学識経験者の指導のもとオブザーバーとして関係自治体、施設管理者、地域代表者の参画を得て合意形成を図りながら検討した。

ア　配慮事項

施工前の調査において、コウモリは３種類（コキクガシラコウモリ、ユビナガコウモリ、モモジロコウモリ）確認され、一般的な配慮事項は以下のとおりである。

①　風を嫌う（ぶら下がった状態での揺れ、体温低下、飛立つ時に影響）

②　金属を嫌う（体温との温度差が大、結露により体が濡れる）

③　足がかりは、ある程度の大きさが必要（飛行しながら捕まるため）

イ　対策内容

対策工法は、試験施工によりコウモリの使用状況を２年間確認し、また、経済性等も勘案して決定した。

その結果、足がかり材は、プラスチック網（ユビナガコウモリ、モモジロコウモリ用）と火山岩シート（コキクガシラコウモリ用）とし、その前後に風よけ材（ジャバラ管）を設け、子育てを行うための規模として６㎡/か所以上とした（**写真-14.10、図-14.9**）。また、コウモリはトンネル深部まで生息していることから、トンネル延長約６kmにおいて100m間隔で60か所設置した。



写真-14.10　設置後のコウモリピット

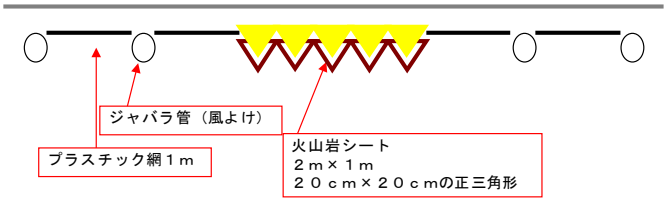


図-14.9　コウモリピット概要図

(3)施工後のモニタリング調査

施工後の調査においては、施工前と同様に３種のコウモリが確認された（**写真-14.11、14.12**）が、全体の生息数は減少していた。しかし、過年度に施工した工区では、年数が経過するとともに生息数が増加していたことから、今後増加していくものと考えられる。



写真-14.11　コウモリの利用状況（火山岩シート）



写真-14.12　コウモリの利用状況（プラスチック網）

また、調査では、風よけの支えに足が引っかかり死亡したコウモリ（**写真-14.13**）が確認されたことから、シーリング材で隙間を塞ぐ（**写真-14.14**）等の対応を行った。

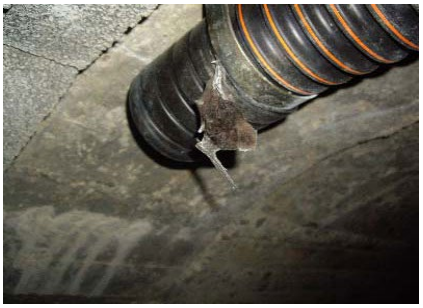


写真-14.13　足が引っかかり死亡したコウモリ



写真-14.14　シーリング材による対応

引用文献

1) 小出水規行・竹村武士・奥島修二・森淳・蛯原周：
DNA 標識を利用した農業水路系における魚類個体群の交流実態の検討－千葉県谷津田域のドジョウ個体群を事例として－、河川技術論文集 12、p.365-370（2005）

2) 小出水規行・渡部恵司・高振麗・水谷正一・森淳・竹村武士：
マイクロサテライト DNA を用いた栃木県小貝川上流域のホトケドジョウ集団の予備遺伝解析、
農業農村工学会論文集 256、p.55-61（2008）

3) 水谷正一・森淳（編）：春の小川の淡水魚―その生息場と保全―、学報社（2009）

4) 食料・農業・農村政策審議会農村振興分科会農業農村整備部会技術小委員会：
環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き　第 1 編「基本的な考え方・水路整備」、p.31-36（平成 14 年３月）

5) 竹村武士・渡部恵司・水谷正一・小出水規行・森淳・朴明洙：
水域のネットワーク化による魚類個体群の再生を予測するモデルの開発に向けた自然増加率パラメータの設定、農業農村工学会論文集 271、 p.９-16（2011）

6) 農林水産省農村振興局：環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の技術指針、p.36-98（令和８年８月）

参考文献

■ 食料・農業・農村政策審議会農村振興分科会農業農村整備部会技術小委員会：
環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き　第 3 編「ほ場整備（水田・畑）」（平成 16 年５月）

■ 食料・農業・農村政策審議会農村振興分科会農業農村整備部会技術小委員会：
環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き　第 2 編「ため池整備　農道整備　移入種」（平成 15 年４月）

■ 農林水産省農村振興局計画部資源課：環境保全計画基準化調査委託事業報告書（2003）

■ 身近な水域における魚類等の生息環境改善のための事業連携方策調査委員会（農林水産省農村振興局資源課・国土交通省河川局河川環境課）：
身近な水域における魚類等の生息環境改善のための事業連携方策の手引き（平成 16 年３月）

■ 農林水産省農村振興局企画部資源課：水田生態系の保全技術ガイドブック（平成 18 年３月）

■ 森淳・水谷正一・高橋順二：水田生態系の特徴と変質―水田生態工学の視点から―、
農業農村工学会論文集 254、p.127-137（2008）

15. 環境との調和への配慮（景観）

（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）

農村では、人間と自然が共生する二次的な自然を基礎として、農業生産活動、人々の生活、さらには、地域の歴史・伝統文化等が調和し、独自の景観を形成している。このような農村特有の良好な景観は近年その価値が改めて認識されており、農村の魅力を視覚的に表す景観の保全及び形成を推進する必要がある。このため、農業用の用水施設整備に当たっても、これらの背景を十分に踏まえて、農村景観の保全及び形成に配慮した計画を樹立することが必要である。

我が国において、農村集落は水の確保等営農や生活の利便性、洪水に対する安全性等から、里山の麓や水辺において発達し、水田の開発が進むに従い平野部全域に形成されてきた。我が国の文化は、こうした二千年以上に及ぶ水田開発と稲作を中心としてきた農村集落での営みにより育まれ、水田を基調とする農村景観は日本人の原風景となっている。

近年、経済社会の変化に伴い国民の価値観が多様化する中で、自然環境や農村の有する多面的な価値への関心が高まっており、農村や農村景観の持つ魅力が再認識されている。

しかしながら、都市化や混住化による土地利用や水利用の変化、過疎化、高齢化の進行等により、農業と農村の活力低下、地域の個性の喪失が進み、農村景観の維持が課題となっている。

このため、土地改良事業の実施に当たっては、景観への配慮を適切に行い、地域の特性を生かした良好な農村環境の保全及び形成を推進することが求められている。

農村景観とは生産や生活の営みを反映した視覚的な表現である。このような景観に配慮することは、地域の生産、生活の営みの継承、重要性を認識するとともに、地域住民がいきいきとした暮らしを営むための契機となるものである。

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景観配慮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。

15.1　景観配慮への取組

平成 16 年度に、地方公共団体における景観条例の制定の動向、国民の景観に対する関心の高まり等を背景に、都市、農山漁村等における良好な景観の形成を図るため、景観法（平成 16 年法律第 110 号）が制定された。この法律では、景観計画の策定、景観計画区域、景観地区等における規制などが定められている。こうした動きを踏まえ、農業農村整備事業における景観配慮の取組を具体的に推進するための技術的な拠り所として、農村景観の保全・形成の理念や配慮の考え方を体系的に整理した「農業農村整備事業における景観配慮の手引き」（平成 18 年８月 18 日付け企画部長、整備部長通知）（以下「景観配慮の手引き」という。）が策定され、これに続いて「農村における景観配慮の技術マニュアル」（平成 22 年３月整備部農地資源課長通知）が策定された。

また、農村環境の広域的な保全とそれを生かした地域の構想づくりに必要なプロセスや手法に係る基本的な事項を取りまとめた「農村環境の広域的な保全に向けた構想づくりガイドブック」（平成 22 年８月 30 日付け農村政策部長、整備部長通知）が策定された。

その後、全国で景観配慮の取組事例の蓄積は進み、新たな技術的知見が得られてきたことを踏まえ、「農

業農村整備事業における景観配慮の技術指針」（平成 30 年５月策定、令和７年４月改定、農林水産省農村振興局）（以下「景観配慮の技術指針」という。）が策定・改定され、これらに基づき農地や農業水利施設等の整備に当たって景観配慮が進められている。

15.2 「景観配慮の手引き」及び「景観配慮の技術指針」との関連について

「景観配慮の手引き」は、①農地、農業水利施設等の整備に当たり、農村景観に配慮した調査・計画・設計・施工及び維持管理の推進、②市町村における田園環境整備マスタープラン等の策定・見直し等への活用、③地方公共団体が農村景観の保全・形成に向けた総合的な取組を行うに当たり、農村景観に関する基本的な考え方を整理するための参考資料として活用することなどが考えられる（**景観配慮の手引き**の**「1.2 手引きの目的」**参考）。また、「景観配慮の技術指針」は、農業農村整備事業において、良好な農村景観への配慮のため、農地、農業水利施設等の整備に当たって、調査から維持管理に至る各段階の景観配慮手法を具体化し、景観配慮の取組の現場適用性を向上させることを目的としている（**景観配慮の技術指針**の**「第１章 2.技術指針の目的と内容」**参考）。

農業用の用水施設整備における具体的な景観配慮の検討に当たっては、景観配慮の手引き及び景観配慮の技術指針で景観配慮に関する基本的知識等を習得した上で、本章の内容を参考とすることとし、これらの適切な運用を図るものとする。

15.3 農業用の用水施設整備における景観配慮の基本的な留意事項

15.3.1 用水施設の基本的性格を踏まえた景観配慮

ダム、頭首工、揚水機場、ファームポンド、幹線水路等の大規模な施設は、おのずから周辺の景観に大きな影響を及ぼすこととなる。このため、事業計画策定に当たっては、周辺景観との調和に配慮するとともに、事業の実施を契機として魅力的な景観の創造についても十分な検討が求められる。

農村における都市化、混住化が進む中、町中を流れる農業用水路とその管理用道路は地域住民等に憩いや安らぎを与える空間としての機能も期待されることから、特に、これらを活用した潤いある農村景観の創造（親水機能や生態系保全機能等も含む）に向けて、地域住民等の安全性確保にも留意しつつ、効果的な施設整備を検討することが望ましい。その際、防護柵等の安全施設に木材などの自然素材を活用することで、経年変化により周辺になじみ良好な景観を形成する効果が期待される一方で、素材の耐久性や素材感の視認性にも留意することが求められる。

なお、近年、更新事業地区が主体となっている中、古い農業用水路等の施設は、疏水百選や地域の産業遺産等、地域を代表する景観を構成する施設として貴重な存在となっていることがあり、これらの施設の改修整備等に当たっては、新旧施設の調和に十分な配慮が求められる。

15.3.2 農家及び地域住民等の意向を踏まえた景観配慮

ダムや頭首工、幹線水路等の基幹的な施設は、地域内外の来訪者が集う地域の交流拠点ともなり得る施設であることから、地域の歴史・文化との調和や、地場産材活用等により、地域らしさを十分に生かした整備を検討することが望ましく、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。

15.4 調査及び計画における基本事項

景観に配慮した計画樹立のための一般的な手順は**図-15.1** のとおりである。以下に、概査、基本構想の策定、精査、計画樹立の各段階の基本的考え方を示す。

なお、調査と計画は常に連携を保ちつつ並行的に進め、計画作成の途上で生じてくる新たな事態に応じて、所定の調査が円滑に実施できるよう心掛けることが必要である。

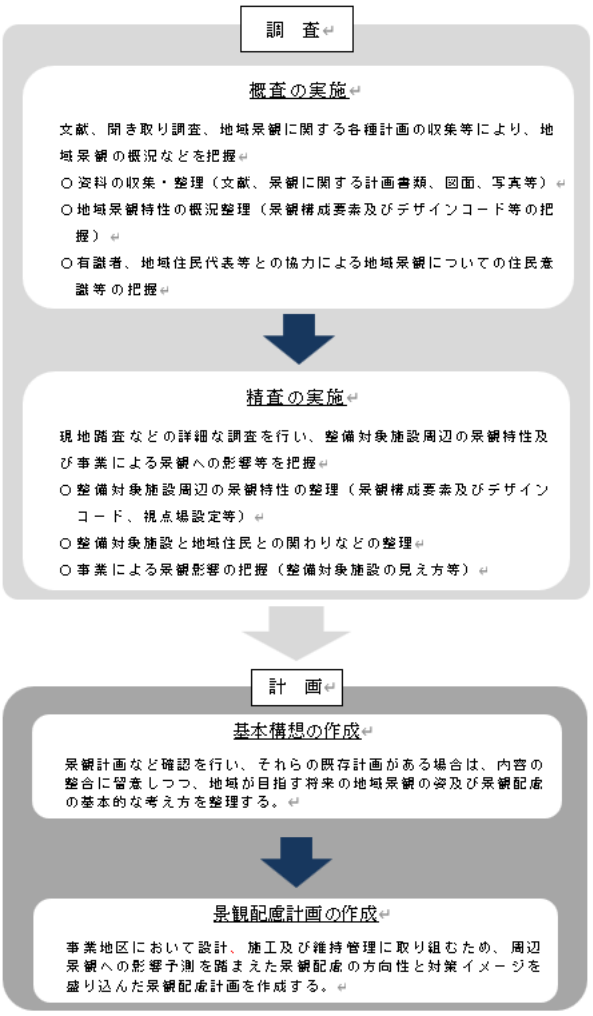


図-15.1 景観に配慮した計画樹立のための一般的な手順 [1)]

15.4.1 概査

（景観配慮の手引きの「5.2 基礎調査」、景観配慮の技術指針の「4.1.1 調査の進め方」参考）

概査では、事業区域の関係市町村等を調査の範囲として、文献、聞き取り調査、地域景観に関する各種計画の収集等により地域景観特性の概況（景観構成要素、デザインコード等）を整理する。特に、現在の地域景観となった成り立ちと要因を把握する視点は重要である。

(1) 調査範囲の設定

調査範囲は用水施設の整備を実施する区域を基本とするが、地域の歴史や文化、行政区域等の地域のまとまりを踏まえ設定する。

(2) 調査体制の整備

景観配慮対策は、用水施設の整備のみならず、周辺地域で実施される他事業等を含めた総合的な対策として実施することが必要であることから、関係機関とは十分連絡調整することが重要である。

また、調査の早い段階に地域の代表者や関係機関によって構成される検討組織を設立することが有効であり、必要に応じて景観に関する専門家の意見を求める。

(3) 関係市町村等の景観配慮に関する方針の把握

田園環境整備マスタープランを始めとする環境に関する各種計画・条例等を収集し、関係市町村等の景観配慮に関する方針を把握する。この中で、田園環境整備マスタープランにおける環境創造区域等のように、特に景観に配慮すべき区域についても把握する。

(4) 文献等による景観に関する基本的情報の把握

文献、地形図等により景観に関する基本的情報を把握する。把握する情報としては地域の景観に関する情報（自然、地形、土地利用、施設、植栽、社会環境、住民意向等）である。これらは

地域の景観を構成する重要な景観要素で地域のアイデンティティを構成するものである。なお、水田地域の用水施設整備における景観構成要素の主な例は、**表-15.1**に示すとおりである。

また、景観構成要素の把握に当たっては、地域の生活様式、文化的背景及び歴史的な意味も併せて考慮することが必要である。

表-15.1　水田地域の用水施設整備における景観構成要素の主な例

景観要素	景観構成要素
自然・地形	平地、台地、山、河川、湖沼、ため池、自然植生、土壌　等
土地利用	農地（水田、畑）、水辺、林地、宅地、道路　等
施設・植栽等	［農業水利施設等］ ダム、頭首工、調整池、ファームポンド、水路、管理用道路、揚水機場 ［生活用施設］ 公共施設、人の集まる場所、工場、倉庫、住宅地
その他 （歴史・文化・ アイデンティティ に関する項目）	［農業関係］ 水利遺構（疏水）、古い農業施設（頭首工、分水工等）、棚田、農作業（田植、稲刈り） ［生活関係その他］ 史跡・遺跡、鎮守の森、神社、祠（ほこら）、舟、地域の来歴、故事、 シンボルとされている大河や山並み等、地区の花、草、木

(5)現地踏査

現地踏査では、現地で地域景観の特徴を把握するとともに文献調査等で把握した景観構成要素について現地で確認する。特に、田園環境整備マスタープランにおいて環境創造区域が設定されている場合は詳細に把握することが必要である。

主に遠景、中景の視点から、地形、土地利用、施設等を調査し、地域景観の特徴を把握する。また、これと併せて景観に影響を与える阻害要因（野積みされたごみ、景観に配慮されていない人工物（工場、倉庫等）等）についても把握する。

(6)地域住民の意向把握（**景観配慮の手引き**の**「4.2 住民参加による景観配慮の取組」**参考）

概査における地域住民の意向把握では、地域住民の景観についての認識の度合いを主に把握し、併せて文献では把握できない地域住民になじみが深い景観構成要素やその文化的背景等についても把握する。意向把握の方法としては、農家を含む地域住民の代表者等に対する聞き取り、アンケート調査等により行う。

特に、ダム、頭首工、幹線水路等の大規模な施設については、事業費や将来の維持管理費にも大きな影響を及ぼすことから、可能な限り早い段階から地域住民の意向把握に努めるとともに、概査から計画樹立に至るまで連続した関わりを持つことが有効である。

(7)取りまとめ

文献調査、現地踏査等により把握した地域景観に関する基本的情報を地形図、整理表等で整理する。

ア　地域の景観に関する情報の整理

文献調査、意向調査で把握した景観に関する情報を現地踏査等で把握した景観構成要素等とともに地形図で整理する。

イ　景観を保全する必要性の整理

調査によって把握した景観構成要素について、関連情報等をもとに保全する必要性を整理する。その際、石碑や祠（ほこら）等のように特に配慮を要するものについても整理する。

ウ　景観を創造する必要性の整理

景観構成要素を現状のまま保全できない場合は、用水施設の整備と併せて新たな景観の創造について検討することが望ましい場合がある。例えば、水路を新設する周辺地域が歴史的景観を有し、特に景観に配慮する必要がある場合は、水路を石積み水路として整備し、新たに景観を創造する等の工夫を取り入れることが望ましい。また、現地踏査において景観に影響を与える阻害要因が確認された場合は、それらを除去・遮蔽（しゃへい）、修景・美化する必要性について整理する。

(8)地域住民に対する概査結果の説明

景観に配慮した事業の円滑な実施のためには、地域住民の理解が不可欠であることから、概査の段階で取りまとめた結果を説明し、地域住民の景観への関心を高めるとともに、完成後の維持管理の必要性についても理解を得ることが有効である。

また、地域住民が意識していない保全すべき景観構成要素が存在する場合もあることから、専門家の助言に基づき、そのような景観構成要素についても、地域住民に提示することが望ましい。

15.4.2　基本構想の策定（景観配慮の手引きの「6.2 基本構想」参考）

基本構想の策定では、概査に基づき、地域が目指す将来の景観の姿や景観配慮の方向性を概定し、取りまとめる。

(1)景観配慮の必要性の判断

概査及び地域住民に対する説明結果を踏まえ、用水施設整備と地域の景観との関わり、地域住民の意向、専門家の意見等を考慮して、景観に配慮した事業実施の必要性及び妥当性を判断する。

(2)景観配慮区域の設定

田園環境整備マスタープランにおける環境創造区域の設定有無も踏まえつつ、概査で把握した景観に関する情報、景観構成要素の配置等を考慮して、景観特性、地域景観上の重要度から景観配慮区域を設定する。なお、効率的な調査、計画、実施の観点からも、景観配慮区域を特定しておくことは重要である。

また、景観特性を踏まえた区域分けを行った上で、それぞれの区域の特徴に応じた景観配慮を採用することが望ましい場合もある。例えば、路線延長が長い場合は、区間ごとに様々な景観が水路周辺に現れることが想定されることから、周辺の景観の特徴に応じて区間分けを行った上で、それぞれの区間の特徴を生かした景観配慮とすることが望ましい。

(3)将来の景観の姿の概定

概査で把握した景観構成要素のうち、地域における景観上の重要度、地域住民の意向等を考慮して、保全すべき景観構成要素を選定するとともに、必要に応じて新たな景観創造についても検

討し、地域全体が目指すべき将来の景観の姿について概定する。この場合、整備する部分だけでなくその周辺についても、農家を含む地域住民の意向を踏まえつつ、景観配慮の在り方について検討し、基本的考え方を整理する。

また、除去・遮蔽（しゃへい）等の対策を講じる必要のある景観阻害要因への対応についても概定する。

(4)施設の配置、規模の概定

施設の配置、規模の概定に当たっては、生産性の向上等の施設本来の目的を十分踏まえつつ、地勢、水系構造、山並みの稜線や家並みの輪郭線（スカイライン）、土地利用等の周辺状況と景観構成要素との関係を総合的に考慮して検討する。

(5)景観に配慮した基本構想策定と地域住民に対する基本構想の説明

上記(1)～(4)を踏まえて、基本構想（案）を作成し、地域住民に説明した上で、地域住民の意向を基本構想に反映させることが必要である。

特に、景観配慮区域内や景観の保全、形成で影響を受ける地域住民に対しては十分説明することが必要である。

15.4.3　精査（景観配慮の手引きの「5.3 詳細調査」、景観配慮の技術指針の「4.1.3 精査の実施」参考）

精査では、基本構想に基づいた計画樹立のため、現地踏査を中心に整備対象施設を眺める視点場の設定、景観構成要素、デザインコードの収集等により、景観との調和を図るための詳細な情報を収集・整理する。また、計画樹立の作業とも連携を図りながら進める。

(1)視点場、視対象を踏まえた景観把握（**景観配慮の手引き**の**「3.2.2 景観の概念を成り立たせる「視点」と「視対象」」**参考）

事業による景観への影響を把握するため、視点場、視対象を踏まえた現地踏査を行い、主要な景観を把握する。なお、ダム、頭首工のような大規模施設では、周辺の山等の高台、直下流の河原等、不特定かつ多数の者が観賞できる複数の場所を視点場として選定する。

視点場、視対象を踏まえた景観の検討では、まず施設全体を見渡せる遠景から検討を行い、次いで中景、近景へと検討を進めることにより全体の景観をイメージする。

ア　遠景における検討（**景観配慮の手引き**の**「3.2.3 景観をとらえる視点」**参考）

水路等、線的要素の整備の際には計画路線と周辺景観との関係を見渡せる場所（展望所、橋の上、山腹の駐車帯等）を視点場として選定し、背景となる家並みや田園景観との調和に配慮して検討する。

また、ダム、頭首工のような構造物については、周辺景観への影響が大きいことから、複数の場所から、位置、建屋の高さ、形状、色調等について検討が必要である。

イ　中近景における検討（**景観配慮の手引き**の**「3.2.3 景観をとらえる視点」**参考）

地域に存在する周辺の他の景観構成要素及び遠景時に検討した山々を背景又は添景とするなど農村景観において「主役」と「脇役」、「図」と「地」との関係を意識して景観構成要素間の位置関係を総合的にとらえて検討することが望ましい。

視点場の検討では、主要な幹線道路等地域の人々のよく集まる場所から選定する。

(2)景観形成のためのデザインコードの把握（**景観配慮の手引き**の**「3.2.4 景観特性のとらえ方」**及び**「5.3.2 景観特性の把握」**参考）

地域ごとに地域独特の景観が存在していることから、用水施設整備においても地域固有のデザインコードを反映させ、地域の個性を生かした景観配慮をすることが重要である。このため、地域景観に共通する固有の景観特性をデザインコードとして把握し、施設のデザインの基礎データとする。

調査に当たっては、まずデザインコードを反映させるべき対象施設を選定し、その施設にふさわしいデザインコードの収集を現地において実施する。

デザインコードの収集に当たっては、以下について留意する。

ア　景観構成要素からのデザインコードの把握

デザインコードの材料としては、概査において把握した景観構成要素が重要な手掛かりとなる。景観構成要素は、地域景観を構成する重要な要素になるとともに、地域のアイデンティティを形成するものであり、これらといかに調和させることが可能かを十分検討することが必要である。

イ　デザインコードの背景の把握

デザインコードは、地域のデザイン的な特徴を表す個性であるとともに、地域の伝統、風土によって培われてきたものである。したがって、単に視覚的なデザインだけをとらえるのではなく、そのデザインを成り立たせている背景についても把握することが必要である。

(3)事業による景観への影響の把握（**景観配慮の手引き**の**「6.3.2 景観への影響の検討」**参考）

計画樹立に先立ち、基本構想及び精査における視点場、視対象の検討やデザインコードの把握を踏まえ、事業による地域景観への影響を把握することが必要である。また、農村景観は地域の営農及び生活活動によって維持されてきたものであることから、用水施設整備後の営農及び生活の変化による将来の営農体系も考慮した景観への影響についても併せて検討することが望ましい。

以下に、用水施設整備において、景観への影響を把握するに当たっての主要な検討事項を記載する。

ア　周辺の景観構成要素との調和

ダム、頭首工等の整備によって形成される景観が、地域周辺を囲む山々や森、地域内を流れる河川等、周辺の自然と調和しているか、揚水機場、水路等の整備によって形成される景観が地域内に存在する樹木、祠（ほこら）、神社、史跡等を含めた周辺の田園景観と調和しているかなど、地域の景観構成要素と空間的に調和しているかについて検討する。

イ　地域内の景観構成要素の再配置

地域内に存在する樹木、石碑等の移動可能な景観構成要素を施設整備に伴い再配置する場合、その配置は景観上適切かについて検討する。

ウ　地域景観に影響を与える阻害要因への対応

景観に影響を与える阻害要因（野積みされたごみ、景観に配慮されていない人工物（工場、倉庫等）等）については、施設整備に併せて除去・遮蔽（しゃへい）又は修景・美化する可能性について検討する。

(4)地域住民の意向の把握

精査における意向把握では、施設ごとの具体的な整備内容とその景観配慮の考え方を明らかにした上で、地域住民の意向、評価等について把握する。その方法としては、農家を含む地域住民に対するワークショップ、聞き取り調査等が有効である。

また、精査の結果、新たに判明した内容についても、地域住民に対して説明し、理解を得ることが必要である。この中で、景観配慮によって事業費が増えたり、新たな維持管理が必要となる場合や、利水条件に影響を与える場合は、それらの内容についても十分な説明を行うことが重要である。

(5)取りまとめと地域住民に対する精査結果の説明

精査により把握した詳細な情報について、概査の取りまとめと同様に、地形図、整理表等で整理する。また、地域住民に対し精査結果を説明し、合意形成に向けて、地域の景観への意識の醸成や高揚に努めることが望ましい。

15.4.4　計画樹立（景観配慮の手引きの「6.3 景観配慮計画」、景観配慮の技術指針の「4.2 計画」、「6.2 維持管理」参考）

計画樹立では、基本構想、精査結果を踏まえ、景観に配慮した計画を樹立する。

(1)景観配慮方針の策定

基本構想において設定した景観配慮区域内において、基本構想、精査結果を踏まえて計画範囲の設定、景観への影響の検討等を行い、景観との調和についての基本的な考え方である景観配慮方針を策定する。

(2)具体的な景観配慮対策の検討

具体的な景観配慮対策の検討に当たっては、生産性の向上といった事業本来の目的、景観配慮の基本原則（除去・遮蔽（しゃへい）、修景・美化、保全、創造）（**景観配慮の手引き**の**「3.3.1 景観配慮の基本原則」**参考）、景観上の役割（整備対象の「主役」・「脇役」、景観の基調としての「地」の検討）、調和の方向（「融合調和」、「対比調和」）（**景観配慮の手引き**の**「3.3.2 景観調和の方針」**参考）、景観設計要素（**景観配慮の手引き**の**「3.3.3　景観設計の要素」**参考）を踏まえつつ行う。**表-15.2** に景観配慮対策の検討に当たって参考となる視点を示すが、いずれの場合においても、景観シミュレーション等の手法を用いて関係者間でイメージを共有しながら、比較検討することが重要である（**景観配慮の手引き**の**「6.3.2 景観への影響の検討」**参考）。なお、全ての対策は当該事業だけで対応できるものではなく、そのようなものについては、関係市町村等と調整を行い、他の事業の活用についての検討も併せて行うことが有効である。

表-15.2 景観配慮対策の検討に当たって参考となる視点

景観配慮の基本原則	景観配慮の対象	景観配慮対策の検討に当たっての視点
「除去・遮蔽（しゃへい）」 景観の質を低下させる要素を取り除いたり隠すこと	地域全体	景観の阻害要因となっている施設等の移転が望ましい。 整備対象の配置及び規模を工夫することにより、地域のアイデンティティであり景観を特徴付けている施設等の視認性を確保することが望ましい。
	整備対象施設	景観を阻害する施設は、周辺への植栽や埋設化することが望ましい。例えば、施設に送電線が必要となる場合は、地下埋設方式とすることも検討する。
「修景・美化」 景観阻害のインパクトを軽減したり、美化要素を付加して景観レベルを上げること	地域全体	景観に影響を与える阻害要因のうち、撤去が不可能なもの（景観に配慮されていない人工物等）については、周辺に植栽するなどして景観への影響を緩和することが望ましい。
	整備対象施設	整備対象の水路を周辺景観に調和させることが必要な場合は、石積み水路としたり、水路沿線に河畔木、草花等を植栽するなどにより配慮することが望ましい。その際、景観とともに生態系にも配慮することが望ましい。また、新たに建屋等を建設する場合は、地域景観との調和を図るため、地域のデザインコードを踏襲した形状、色彩、素材とすることが望ましい。
「保全」 調和のとれた状態を保全し管理すること	地域全体	地域内に存在する伝統的な施設、神社、鎮守の森、史跡等の景観構成要素については、可能な限り現状のままの状態で保全する方向で検討する。現状のまま保全できない場合は、移設等によって、地域の景観構成要素として残すことが望ましい。この場合、景観構成要素の再配置については、現況の景観特性とともに、新たに整備される施設も十分踏まえて検討することが必要である。
	整備対象施設	石積み水路等、地域の景観や歴史・文化的価値の観点から保全することが好ましい施設については、可能な限り現状のままの状態で保全する方向で検討する。現状のまま保全できない場合は、その素材や様式等を新たな施設に採り入れることが望ましい。
「創造」 新しい要素を付加することで新たな空間調和を創り出すこと	地域全体	地域住民や景観の専門家等から、斬新なアイデアを募るなどにより、地域の歴史・文化等に根ざした新たな景観の創造を通じて地域らしさを創出し、地域内外の交流の場とする等、地域の活性化に結びつけることが望ましい。
	整備対象施設	地域住民の要望等を考慮して、新たに石積み水路、親水空間等を整備することを検討する。その際、素材については地元産のものを使用したり、石積み工法等についても地元の伝統的工法を用いるなど、地域らしさを創出することが望ましい。

(3)景観資源の価値を高める工夫

景観配慮計画の作成に当たっては、「事業が周辺景観に与える影響」、「地域づくりにおける将来像との調和」及び「事業による景観資源の創出」といった観点から景観配慮を検討することは、地域の景観資源の認知拡大や、地域づくりへの気運醸成につながり、景観資源の価値を高めることにつながる。

(4)維持管理方法の決定

景観に配慮した施設を整備することにより、新たに維持管理が生じる場合は、その施設の整備内容、維持管理内容及び手法、維持管理体制並びに費用負担の方法について検討する。

景観に配慮した施設は、一般に農家のみならず地域住民を含めた形で維持管理することが好ましい場合が多いことから、具体的な維持管理協定の制定、維持管理組織の設立等についても検討することが望ましい。このため、調査計画の各段階を通じて、地域住民の理解が醸成されるような取組に努めることが極めて重要である。

特に、対象とする施設の規模が比較的大きなものである場合には、施設そのものの本来の機能の維持と併せて、その周辺の景観の持続的な管理のあり方について、検討組織の場を活用するなど、関係行政機関や予定管理者等とも十分調整を行うことが重要である。

(5)計画樹立と地域住民に対する計画の説明（**景観配慮の手引き**の**「7.3 景観設計案の比較検討と最終案への合意形成」**参考）

上記(1)～(4)を踏まえて、計画（案）を作成し、地域住民に計画内容の詳細を説明し、その意向を十分に把握しながら合意形成を図っていくことが必要である。その際、多数決だけに依存せず、関係者相互で議論し、その優劣評価の考え方について意思統一を図り、合意形成に向けて話し合うことが重要である。

この段階では、具体的な景観配慮の内容や景観配慮によって生じる影響、特に、景観に配慮した施設について新たな事業費負担や維持管理費負担が生じる場合、その施設の内容や管理内容、住民の負担等についても十分説明し、理解を得ることが必要である。

(6)多様な住民の参加

農地、農業水利施設等は多面的な機能を有し、農村地域だけでなく、都市地域の住民のゆとりと安らぎの形成にも貢献していることから、地域内外の多様な住民が関係主体となり得る。このため、施設の整備及び維持管理に係る景観配慮対策の検討や活動への住民参加を促すことが重要である。

その際、施設に対する「近づきやすさ」、「親しみやすさ、使いやすさ」、「愛着・我が事感の醸成」といった観点から景観配慮を検討する。これにより、多様な住民の意見や地域の実情が対策に反映され、対策の質的な向上に加え、維持管理活動への参画や住民交流の促進など、地域づくりへの波及効果が期待される。

15.5 景観配慮事例（調査計画）

調査計画の進め方の参考とするため、用水施設の整備に当たって景観に配慮した地区事例をもとに、調査計画の各段階における取組について一例を紹介する。

15.5.1 景観配慮の概要

本地区は、一級河川右岸側に広がる平野部に位置し、水稲を主体とした大規模農業が営まれている。また、住居に配した「築地松（ついじまつ）」は、散居集落とあいまって地域特有の景観として、四季を通じて県内外の人々に親しまれている（**写真-15.1**）。

このため、築地松を配した集落内を緩やかな曲線を描き流れる用水路の改修に当たっては、築地松景観と調和させることが重要な課題であることから、地域の景観特性の把握、デザインコードの把握等を行うとともに、地域住民の意向を反映した整備構想を策定するため、関係行政機関も含めてワークショップを実施した。



写真-15.1 地域の景観特性となっている「築地松」

15.5.2 調査計画の各段階における取組

(1)概査

概査では、関係行政機関の景観配慮に関する方針、地区内の主な景観構成要素等について把握した。調査範囲としては、水路改修事業の受益地域及び整備対象施設がある地先の関係市町村全てとした。市町村作成の田園環境整備マスタープラン等の既存文献の調査や現地踏査により地域の景観構成要素等を調査し、「地形図」及び「整理表」として取りまとめ、地域景観特性を把握した。景観構成要素の把握に当たっては、これらの歴史的価値、生活との関わり等についても把握するよう努めた。

(2)基本構想の策定

基本構想の策定では、まず、整備対象水路周辺の現状、地域の景観特性、水路やその周辺の整備等について、地域住民の意向を把握することを目的として、地区の代表者を対象としたワークショップを実施した。その結果得られた地域住民の意向と、概査の結果把握された地域景観特性を勘案し、本地区の景観保全目標を設定した。

次いで、重視すべき景観構成要素が集積している範囲や住民の意向を勘案し、三つのエリアにゾーニングを行い景観配慮区域として設定し、それぞれのエリアに応じた景観配慮の方向性を検討した。

(3)精査及び計画樹立

精査では、水路の整備計画を樹立するための基礎資料を取りまとめた。これと併行して、具体的な景観配慮対策の内容や維持管理方法を決定し、計画を樹立した。

なお、景観配慮の内容を具体化させるため、学識経験者から構成される検討委員会を設置する

とともに、ワークショップを通じて地域住民の意向の把握を行った。

以下に景観配慮対策を検討するために実施した取組内容について示す。

ア　デザインコードの把握

整備対象水路を視対象として可視領域に留意し、原則としてその両岸おおむね 100m の範囲を対象とした。なお、眺望範囲だけでは、情報が偏る可能性があることから、歴史、文化や生活習慣等の情報についても把握できるように、主要道路との交差点や住民の日常生活に密着した公共施設（公民館、学校、病院、寺院等）の付近等、多くの人の目に触れる地点では重点的に調査を行い、施設周辺の景観特性からデザインコードを把握し、整理図に取りまとめた（**図-15.2**）。



図-15.2　デザインコード整理図

イ　具体的な景観配慮対策の検討

特に地域住民の整備に対する意向が多かった整備対象箇所については、景観特性とデザインコードを勘案して、景観に配慮した整備のイメージ図を作成し（**図-15.3**）、具体的な景観配慮整備の概要を取りまとめた。

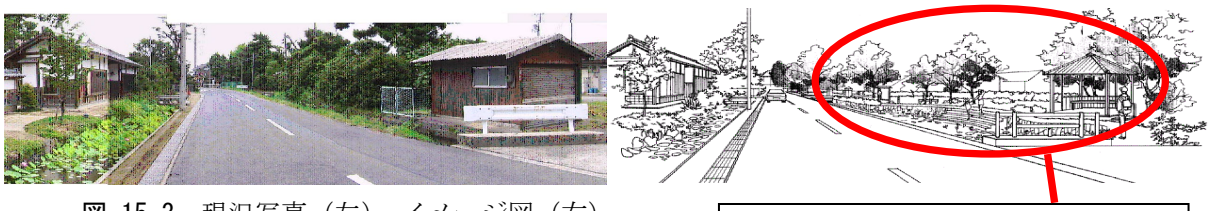


図-15.3　現況写真（左）、イメージ図（右）

ウ　ワークショップの実施

ワークショップは地域住民と関係行政機関とが参集し、上流側と下流側の２班に分かれて、基本構想の策定段階に実施した。

ワークショップでは、ワークショップとは何かの説明、概査で把握した景観特性等の説明、他地区の整備事例、図面を広げての意見交換、地域が目指す将来の景観の姿の概定と景観配慮区域ごとにおける方向性の検討等、基本構想の取りまとめを行った。

なお、ワークショップの結果については、設計、施工、管理の各段階でも、地域住民の意識向上を図り、整備後の地域住民による維持管理、活動方針等についての合意形成を図る上での基礎資料として活用する。

15.6　景観配慮事例（対策）

多様な施設や地域の実態に応じた景観配慮のあり方の参考とするため、特色ある施設の整備や地域のデザインコードの導入を検討した事例をもとに、それぞれの特徴について紹介する。

15.6.1　ダムや調整池の整備において周辺景観に配慮した事例

(1) 景観配慮の概要

ダム建設予定地において、景観機能を最大限に発揮するための周辺整備を実施するに当たり、堤体部の舗装を行う上で、周辺景観や自然環境と調和した配色を決めるために、色彩シミュレーションを実施した。

色彩の検討に当たっては、下記(2)の①～⑤の手順により検討を行った。

①　イメージパースの作成
②　分類型の検討
③　基調色の検討
④　舗装色のシミュレーション
⑤　舗装色の決定

(2) 具体的検討内容

①　イメージパースは、現況の色彩を把握し、色彩シミュレーションを実施するための基図と

するために作成した（**図-15.4**）。

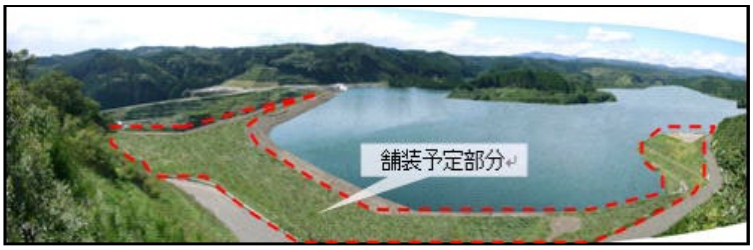


図-15.4　基図となるイメージパース

② 分類型の検討では、方向性は有機化（自然型）なのか無機化（都会型）なのか、配色は同化（類似型）なのか異質化（対比型）なのかを検討し、色彩計画の方針を決定した。

③ 基調色の検討では、色彩の調和を図るため、作成したイメージパースから色彩検証を行い、背景の色である基調色を把握した。

④ 舗装色のシミュレーションでは、色相環を用いて、類似系調和色、対比系調和色及びその中間系を選定し、施工後のイメージパースを３案作成して比較検討した（**図-15.5**）。色の３属性（色相、明度、彩度）においては、類似的な色彩の組合せによる類似系調和と、対立的な組合せによる対比系調和が代表的である。基調色と同系統の色であれば、周辺景観に溶け込み、逆の色であれば浮かび上がって見えることになる。

［第１案：管理棟敷地＝グレー系、堤体＝イエロー系］



[第２案：管理棟敷地＝グレー系、堤体＝オレンジ系]



[第３案：管理棟敷地＝グレー系、堤体＝グレー系]



図-15.5　色彩シミュレーション例

⑤ 舗装色の決定では、当該施設は周囲を低い山々に囲まれ、供用開始後は水面と背後の山、空、雲といった自然界の要素で占められることから、類似系色では単調となり、対比系色で

は人工的な景観となることから、第３案の中間系色を採用した（**写真-15.2**）。なお、中間系の場合は、色の経年変化が少なく、材料の入手が容易等、維持管理の観点からも利点があった。



写真-15.2　整備後 11 年経過

15.6.2　頭首工の整備において周辺景観に配慮した事例

(1) 景観配慮の概要

本地区は、自然豊かな山林と渓谷の中にあり、河川沿いに山岳観光地へ続く国道が整備されていることもあって、四季折々の彩りある風景が多くの観光客を引きつける場所となっている。

当該頭首工は、この国道にある道の駅から眺望できる場所にあることから（**写真-15.3**）、その改修に当たっては、多くの人が集まる道の駅を主な視点場としてとらえ、周辺景観との調和に配慮した整備構想を策定することとした。



写真-15.3　事業実施前の頭首工（遠景）

その検討においては、道の駅からの眺望のイメージ図等を用いながら地域住民等によるワークショップを開催して、全体の整備構想の取りまとめを図った。

(2) 具体的検討内容

景観配慮のワークショップの手順として、まず参加関係者を任意にグループ分けして自由に討論してもらい、その後、グループごとの検討結果を土台にして意見交換を重ねることで、徐々に合意形成に結びつけるという手法をとった。その際、別途募集した地域住民からの意見・要望や、道の駅からの眺望をシミュレーションしたイメージ図（**図-15.6、15.7**）等を参考として活用した。



図-15.6　改修整備の景観シミュレーション（遠景）



図-15.7　改修整備の景観シミュレーション（近景）

ワークショップは４回に分けて実施され、①グループ別の討論、②グループ討論の結果を踏まえたイメージ図の作成と意見交換、③全体の意見の集約、④集約された構想案の提示と詳細検討といった流れで進めた。

小グループに分けて議論することにより、グループごとに多彩な発想のもとで議論が充実し、さらに他のグループと意見交換することで、地域の景観保全に関する多様な考え方、認識が深まるとともに、結果として効率的な意見の集約、合意の形成という点でも有効な手法となった（**写真-15.4、15.5**）。



写真-15.4　事業実施後（遠景）



写真-15.5　事業実施後（近景）

15.6.3　用水路の整備において周辺景観に配慮した事例

(1)景観配慮の概要

整備対象となる用水路は、明治年間にオランダ人技師デ・レーケにより設計された石積み水路である（**写真-15.6**）。そこで、改修整備を行う際にも、地域関係機関の意向を踏まえつつ、用水路の歴史的背景等に配慮した景観保全対策を行った。



写真-15.6　事業実施前の用水路



写真-15.7　事業実施後 － 松並木と石積みの保全

(2)具体的検討内容

当該用水路の沿線には、江戸時代に、洪水防止や堤防破損時の補修材として活用することを目的として植栽された松並木があり、「殿様林」と呼ばれ、地域のシンボルとなっていることから、これらの一部を保全した（**写真-15.7**）。

また、用水路内には、固有名称を持ち地域に親しまれている堤や閘門等の史跡も現存することから、これらについても可能な限り現況のまま保全した（**写真-15.8、15.9**）。



写真-15.8 事業実施後-水利遺構（堤）の保全



写真-15.9 事業実施後-水利遺構（閘門）の保全

地域の歴史・文化・アイデンティティに深く結びついているこれらの地域景観特性については、地域景観の形成上重要な役割を果たしていることから、特に地域関係機関の意向を重視して整備構想を取りまとめた上で、受益農家にも繰り返し説明の機会を持った。

その結果、維持管理計画において、玉石を用いた石積み水路について、本来の用水機能維持のため、土地改良区が水路の泥上げ、草刈りの管理作業を年２回行うこととし、松並木については、景観維持のため、市町村がせん定や降雪対策の雪吊りを行うこととなった。

15.6.4 デザインコードの検討事例

デザインコード検討の参考とするため、用水路及びその周辺にみられる歴史的デザインコードを生かした整備事例を紹介する。

本地域は、約 400 年前から地域内を流れる三つの大きな河川を活用した城下町の形成、新田開発、川舟による水運等により市域が形成され、現在に至るまで地域住民の暮らしは、これらの水辺と深く関わっている。さらに、本地域では、良質な花崗岩が産出され、古くから地域の水路整備や城壁・堀に用いられてきた。

整備事例の用水路は、約400年前に農業用水、生活用水に利用するため整備が行われたものであり、疏水百選にも選ばれている。用水路の護岸、洗い場、船着場は、地場産の石材（花崗岩）による石積み（谷積み）により構成されている（**写真-15.10、15.11**）。



写真-15.10 古くから残る水路護岸の石積み



写真-15.11 古くから残る船着場

このため、近年の改修整備においては、護岸、洗い場等の保全・再生により、親水性の向上を図ることとした。その際、石積みの仕様をデザインコードとして活用することとし、古くから残る護岸や

洗い場の再生では、石の積み方を谷積みとし（**写真-15.12**）、護岸周辺の石組みやベンチの設置等による親水空間の創造では、地場の石材である花崗岩を使用した（**写真-15.13**）。



写真-15.12　谷積みを踏襲した護岸、洗い場の再生



写真-15.13　歴史的に水路整備に用いられてきた地場産の石材を活用した親水空間の創造

さらに、護岸周辺の整備に際し、市木、市花や地域に多くみられる樹種を積極的に植栽した。

これらの取組により、当該事例は、地域景観との調和だけでなく、地域の景観形成を先導する役割を担っている。

引用文献

1)　農林水産省農村振興局：農業農村整備事業における景観配慮の技術指針、p.31、57（令和７年４月）

参考文献

■　美の里づくりガイドライン編集委員会：美の里づくりガイドライン、農林水産省農村振興局（2004）

■　食料・農業・農村政策審議会農村振興分科会農業農村整備部会技術小委員会：
農業農村整備事業における景観配慮の手引き、農林水産省農村振興局（平成 18 年５月）

■　自然との触れ合い分野の環境影響評価技術検討会：環境アセスメント技術ガイド自然とのふれあい、
（財）自然環境研究センター（2002）

■　食料・農業・農村政策審議会農村振興分科会農業農村整備部会技術小委員会：
農村環境の広域的な保全に向けた構想づくりガイドブック（平成 22 年８月）

■　農林水産省農村振興局整備部農地資源課：農村における景観配慮の技術マニュアル（平成 22 年３月）

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

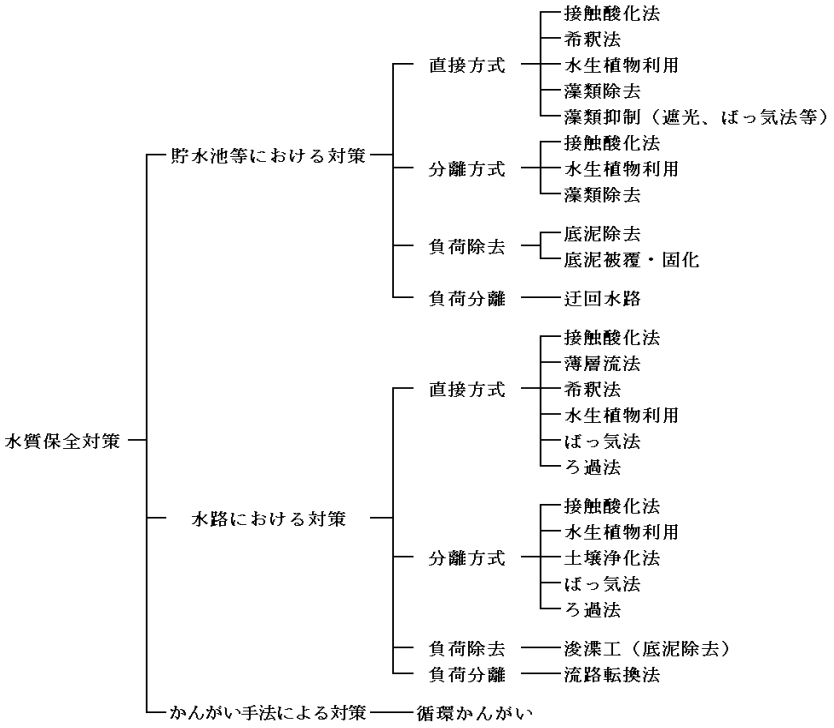


図-16.1 主な水質改善手法

(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

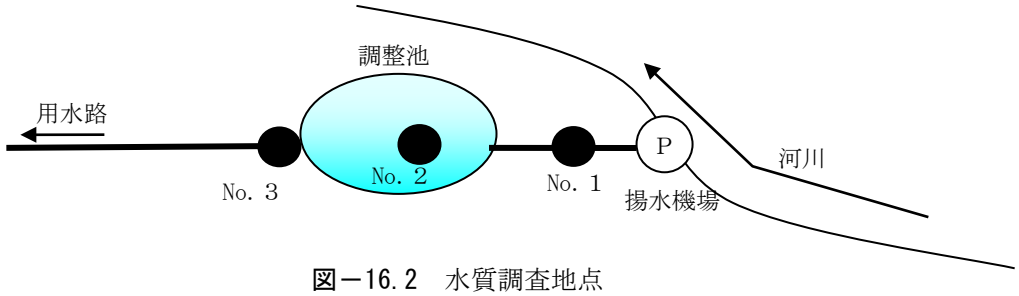
測定項目としては、本地区の水質目標を踏まえ、化学的酸素要求量（COD）、水素イオン濃度（pH）を測定するとともに、浮遊物質量（SS）、溶存酸素量（DO）等、水質改善手法の選定に当たり参考となる項目も調査している。

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。

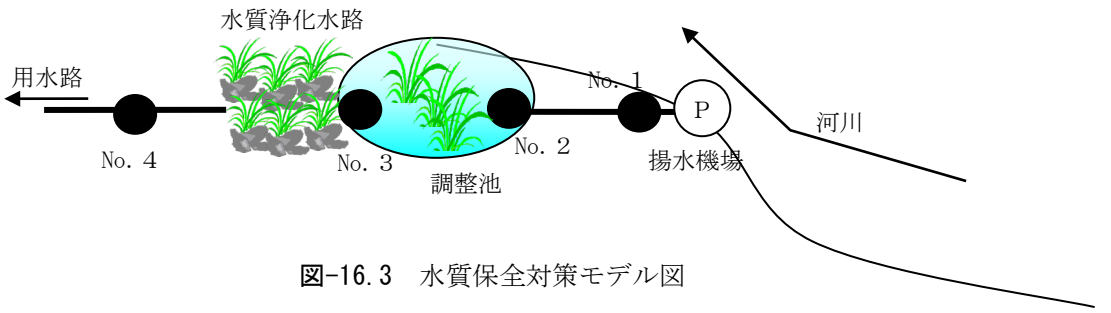


図-16.3　水質保全対策モデル図

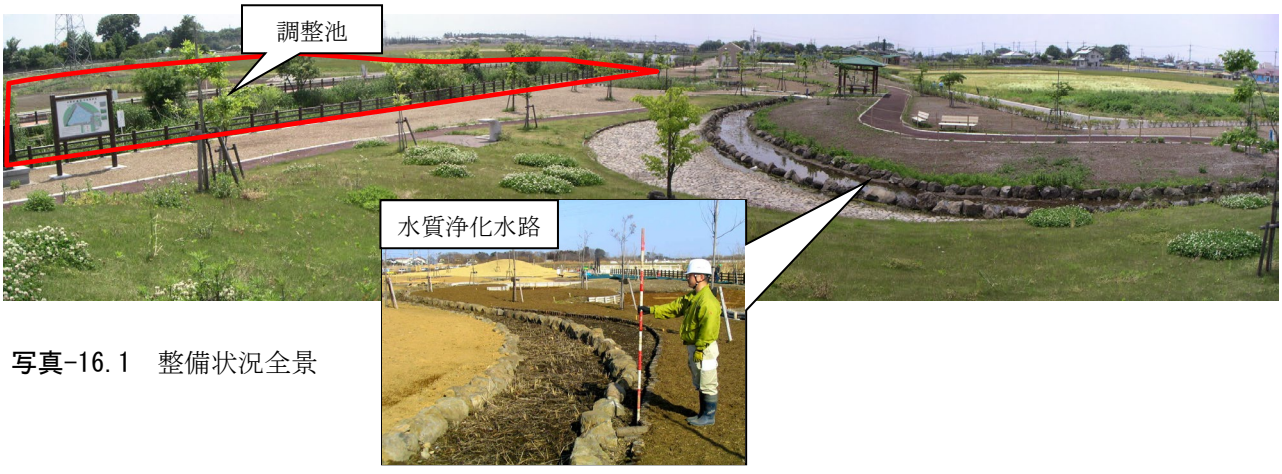


写真-16.1　整備状況全景

(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。

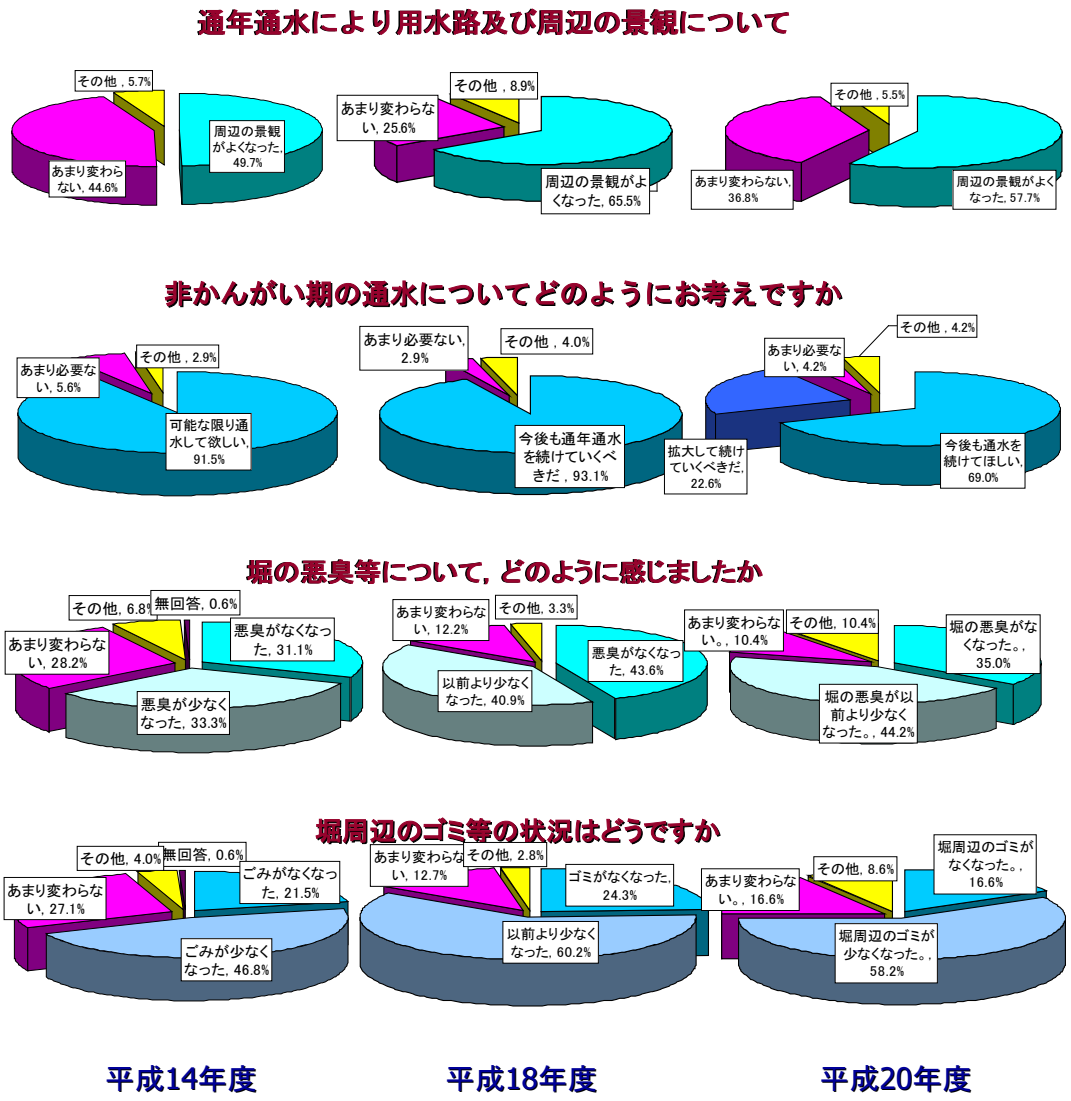


図-16.4　住民アンケート調査結果

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

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。

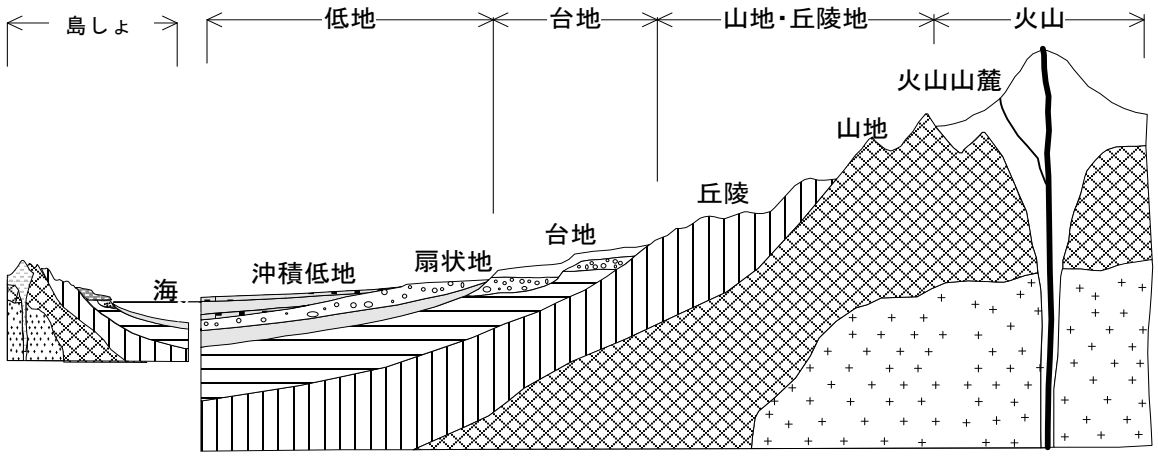


図-18.1　地形の模式図[1)]

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。

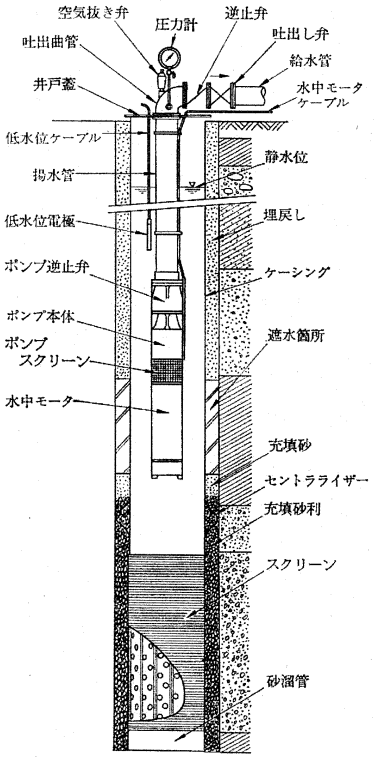


図-18.2　管井の基本構造図[2)]

(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。

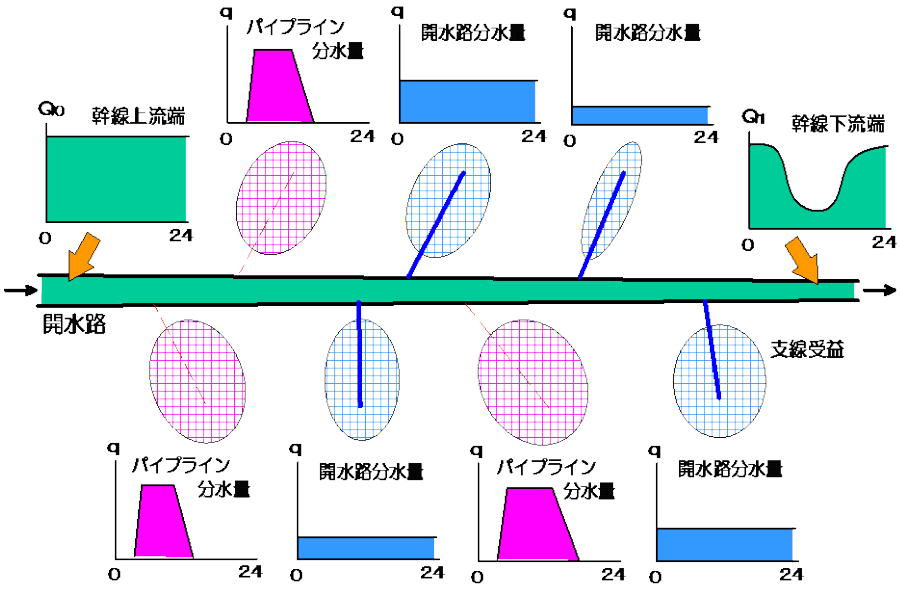


図-19.1　複合水路形式の用水施設での流量変動[1)]

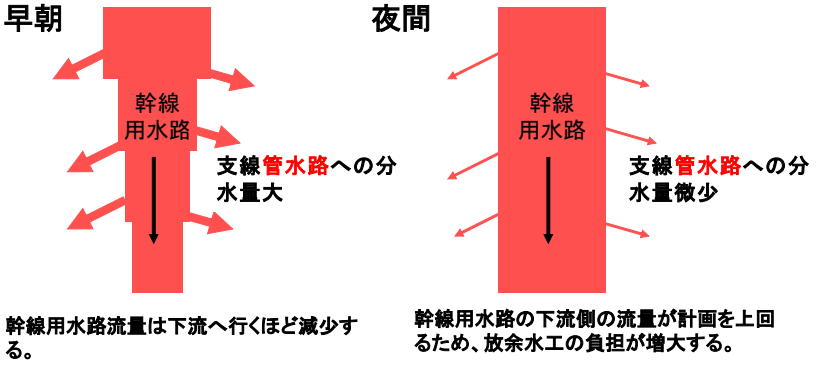


図-19.2　支線管水路への分水量の変動に起因する放余水工の負担増大

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。

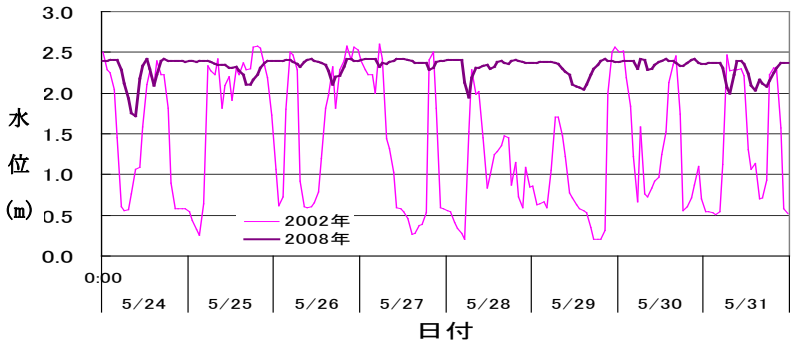


図-20.1　調整池拡大前（2002年）と拡大後（2008年）５月下旬における調整池水位の変化

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。

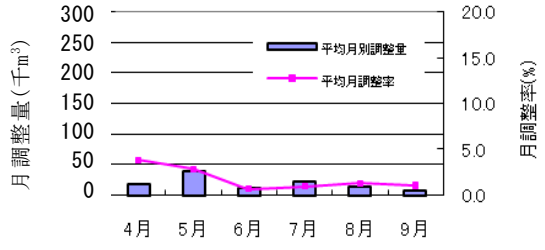


図-20.2　調整池拡大前の月調整量と調整率

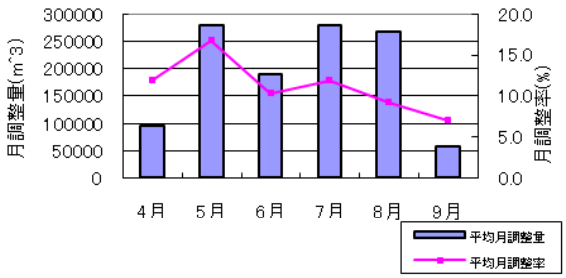


図-20.3　調整池拡大後の月調整量と調整率

※　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。

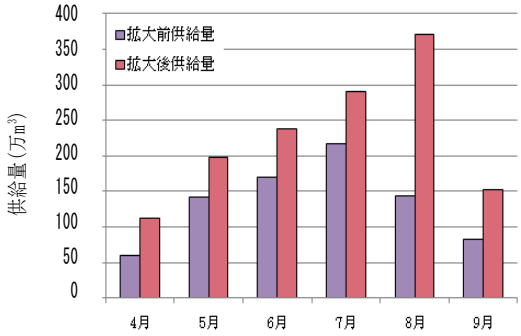


図-20.4 調整池拡大前と拡大後の供給量

(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。

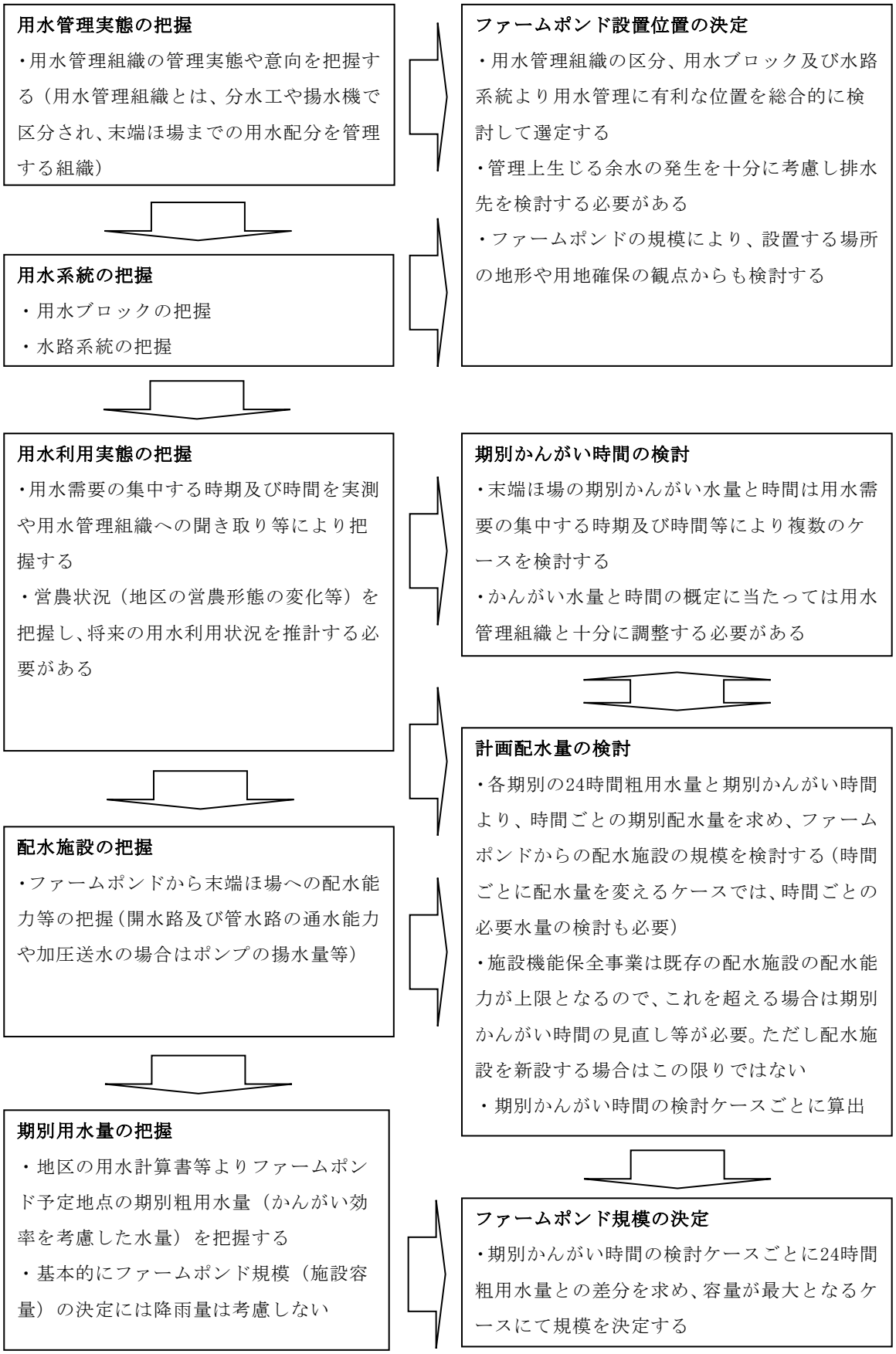


図-20.5 ファームポンドの計画手順模式図

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**）。

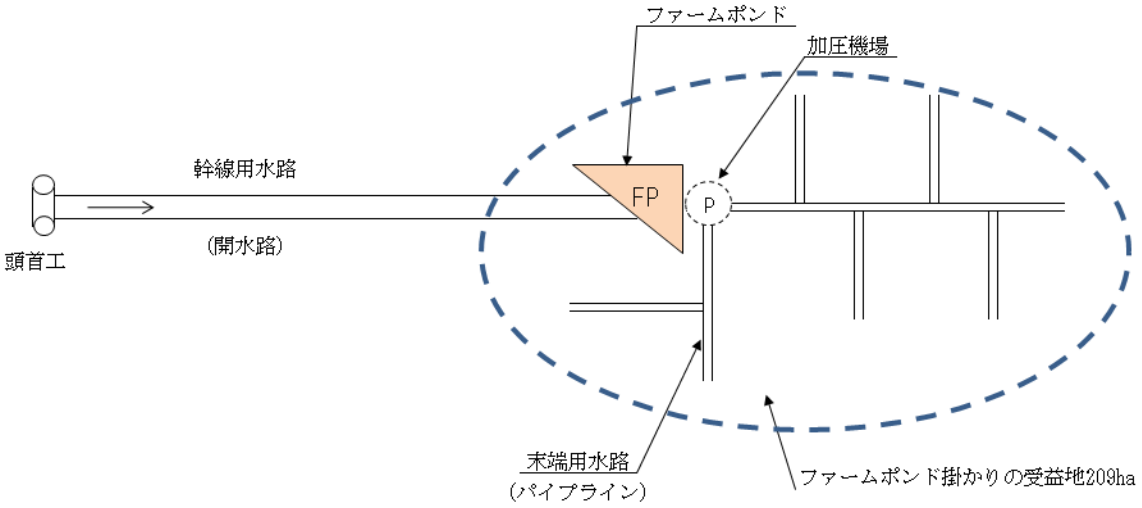
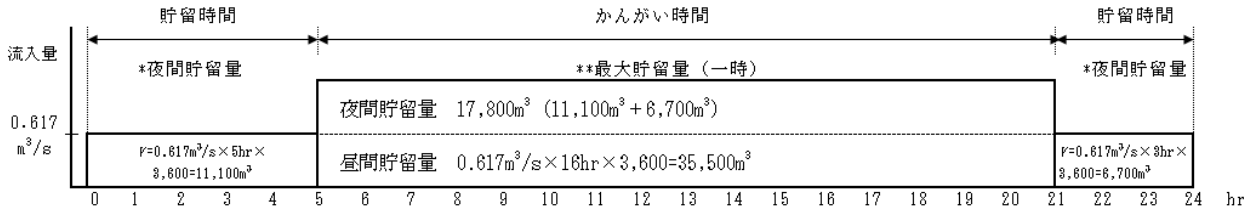


図-20.6　事例地区模式図



＊ 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）。

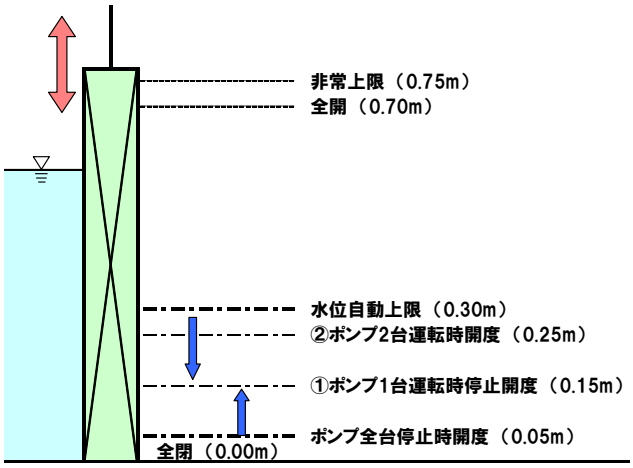


図-20.8　分水ゲートの設定開度

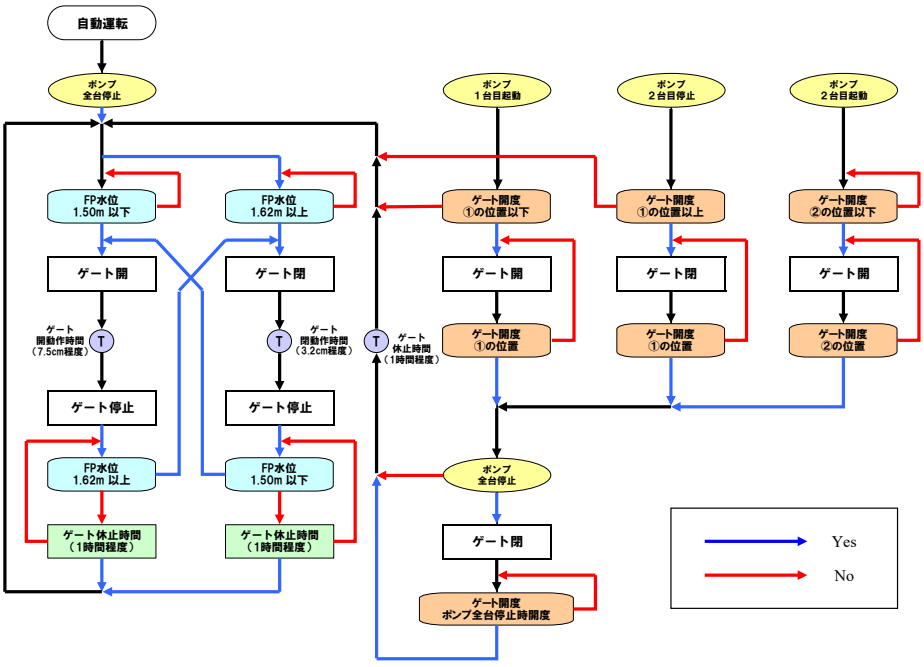


図-20.9　分水ゲートの操作ロジック

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**）。

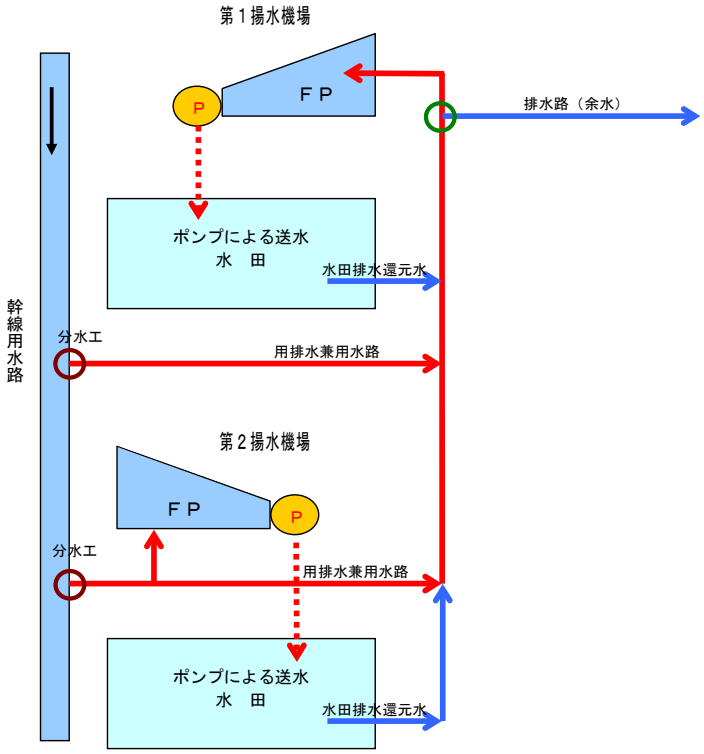


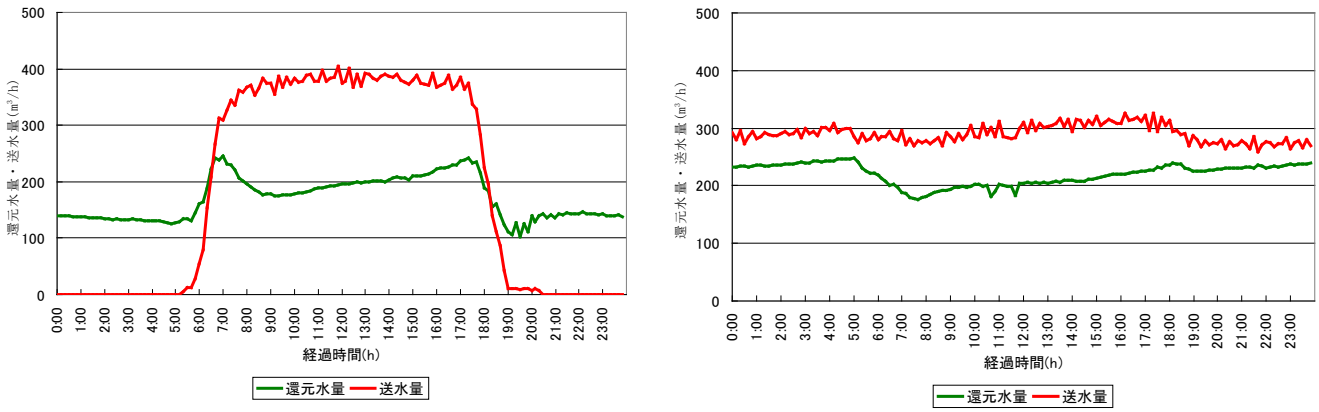
図-20.10　反復利用の事例地区模式図

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。

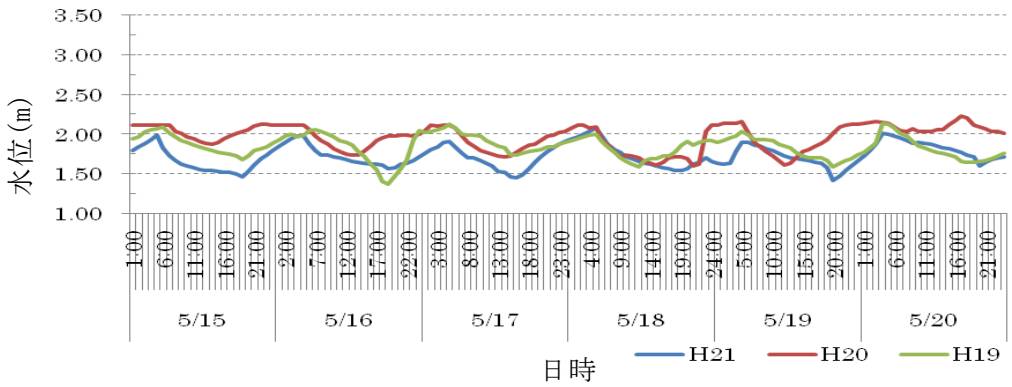


図-20.12 水位調整ゲートでの水位の変化

(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m³/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㎥、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

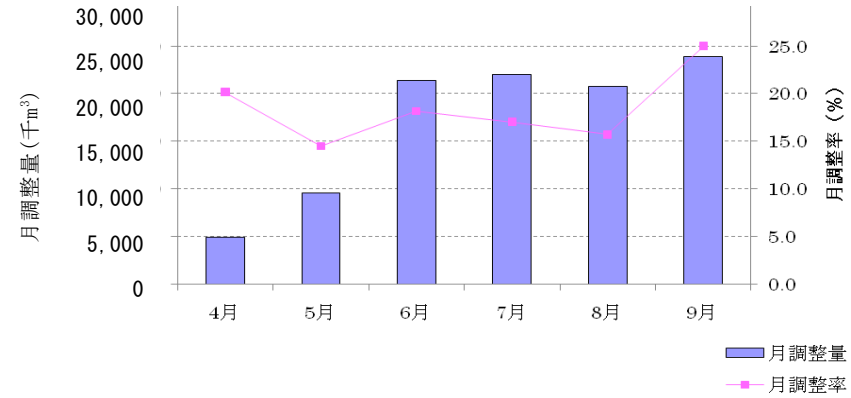


図-20.13 月別の調整量、調整率（2007～2009の平均）

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。

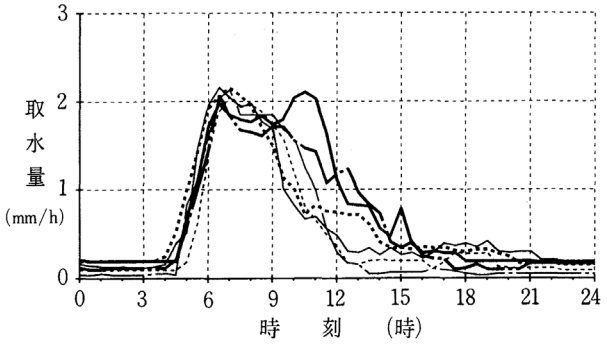


図-20.14 取水量の日内変動

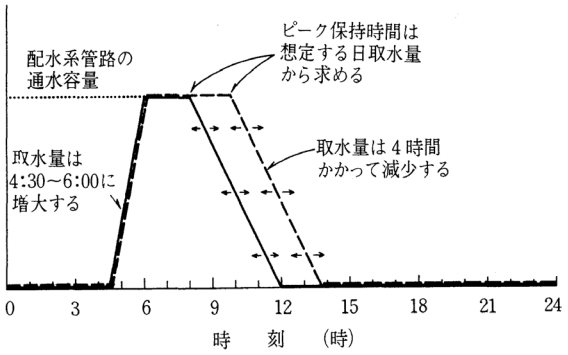


図-20.15 管水路の取水量モデル

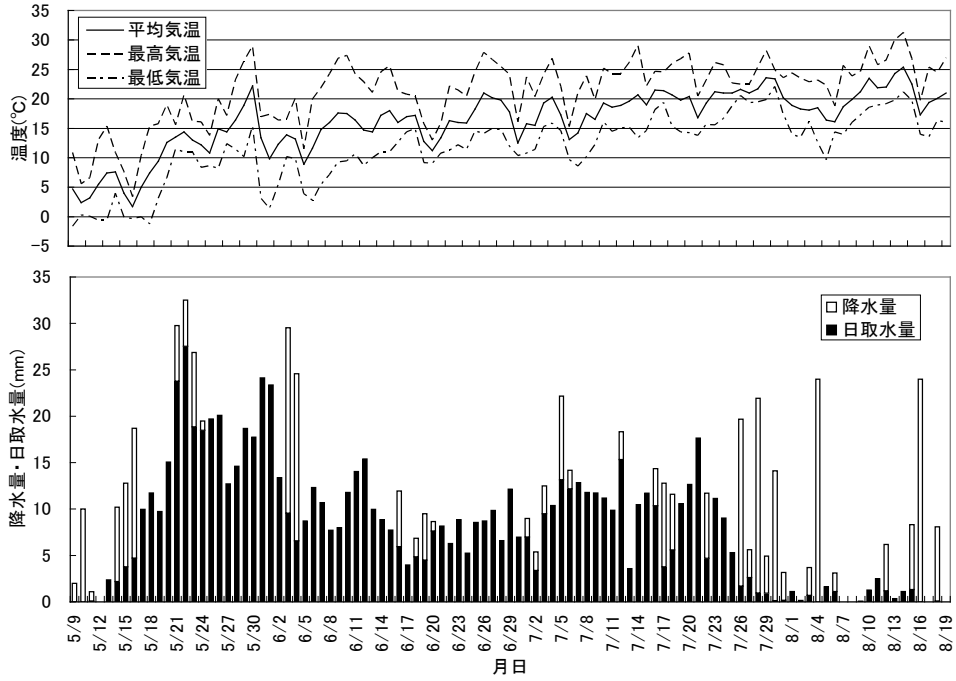


図-20.16 配水系管路における日取水量

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）

21. 管理制御施設

（基準　3.4.5関連）

管理制御施設は、用水や施設を管理、制御する機能を有する施設であり、水源の確保量、水路の通水能力等の水理諸元をもとに、用水利用の効率化を図るために施設計画全般の中で検討されるものであることを認識するとともに、適確な管理運営計画と一体的に計画することが重要である。

本章においては、管理制御施設計画の基本的考え方について解説する。

21.1　基本事項

管理制御施設の計画に当たっては、短期間に発生する用水需要量の変動、施設制御操作の遅滞等の課題に対応した合理的な配置、構造等を検討し、用水利用における弾力的な運用が可能となるよう配慮することが望ましい。

末端の水利用において短期的な需要変動が大きい場合には、水利システム内に一時的な水理的非定常状態が発生することがあるが、このような現象に追随して対応できる管理制御システムとすることは、経済面及び技術面等における課題が大きくなることが多い。したがって、このような場合には、時間平均により現象を定常状態として扱う方法、又は、変動量を事前に推定することにより予測制御を行う方法等の実用的な方法を選択することが一般的である。

水源容量の制約、経済的な水路断面検討の必要性等により、用水供給側の送水能力には一定の限界がある。一方、用水の需要変動は用水の供給能力とは一般に無関係に発生する。水利システムに要請される最も重要な機能は、水利システムの末端における水需要の発生に応じて用水を円滑に配分することである。この要請への対応のあり方によって、水利システムの構成は、いわゆる需要主導型と供給主導型の２つの運用方式に分類される。

いずれの運用方式であれ、用水需要量に応じた制御を供給側で実施するためには、計画流量の範囲の変動調節であっても高度な制御施設及び保守管理技術を必要とするため、管理制御施設の計画においては経済性、運用操作面、技術面等を勘案して、需要主導型と供給主導型を適宜折衷する構成とするのが一般的である。

また、調整池等、上下流に独立した水量の調整機能を持つ施設の設置により、上流においては調整容量の範囲内で需要に影響がなくなり送水を平滑化できる一方、下流においては発生する用水需要の変動にもある程度自由に対応できることとなる。この結果、需要量変動と供給量調節との差分を緩衝することが可能となり、複雑かつ高度な制御施設や技術の必要性を軽減することができる場合があるため、こうした調整施設の設置は、管理制御施設の検討に特に関連することに留意する。

以下に参考として、施設の種類と配水方式の特徴について記す。

(1)供給主導型の開水路

開水路は、供給主導型の性格を有する。

上流地点で任意に操作される水路の流量が下流地点での需要量を上回る供給量になる場合には、その差が無効放流となるとともに、水路内に形成される水面は上流からの用水の

供給量に対応するため、上流地点での流量操作が下流に伝播する時間を要する分、需要量の変動に対する流量調整の即応性に欠けることは否めない。

このため、開水路系では、用水の需要変動に可能な限り対応し、無効放流を減少させることに制御の目標がある。

(2)需要主導型の管水路

クローズドタイプの管水路は、需要主導型の性格を有する。

バルブを開けることで流量が発生する方式のため、無効放流は生じず、また、正常な機能を確保するために管内を満流に保つため、上流のバルブ操作により供給量規制を行うことはできない機構である。

需要主導型の性格を有する管水路系の制御目標は、用水需要量に相応した用水供給量の確保と適正な配水の維持を前提にした末端のバルブの操作による流量・圧力の制御等のほか、流量の調節の際に発生する衝撃に対する安全性の確保等にある。

21.2 管理制御施設の構成

各種の施設からなる複雑な水利システムにおいて管理制御システムを検討する際には、**図-21.1**のように管理制御項目を分割し、又は管理機能の分担を明確化することにより、個々の管理制御施設の機能を単純化する方法がある。また、**表-21.1**に管理制御施設における管理制御項目の例を示す。

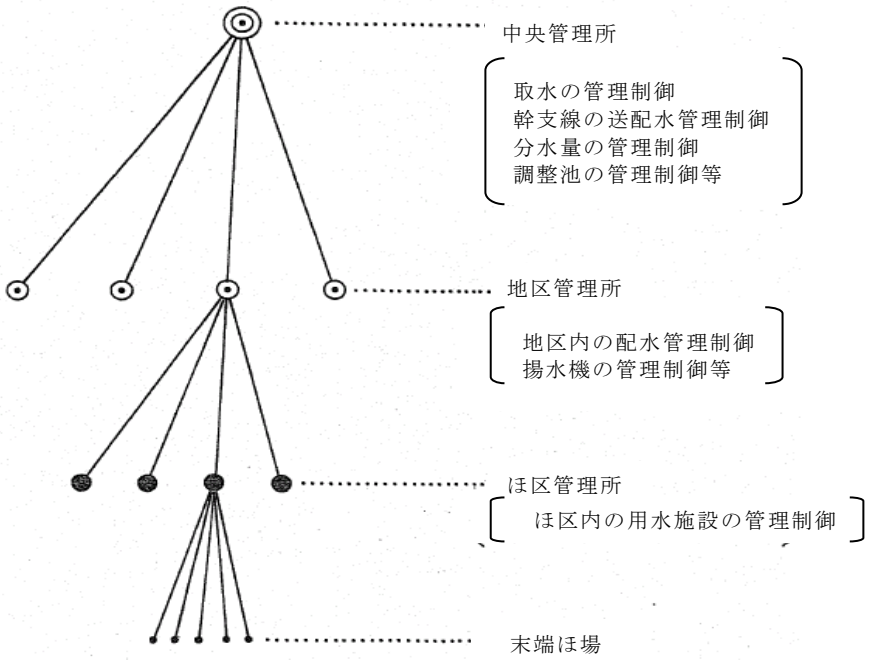


図-21.1 管理制御システムの分割と機能分担

表-21.1 管理制御施設における管理制御項目

対象施設名称	管理事項 監視 項目	管理事項 監視 センサー	管理事項 制御	関連施設
(1)ダム	降水量 流入量 貯水位 取水量 放流量 機器動作	雨量計 水位計 流量計 開度計	ゲートの開閉 バルブの開閉	観測設備 （ダム本体） 放流警報設備 気象観測設備 除塵施設
(2)頭首工	上流水位 下流水位 取水量 機器動作	水位計 流量計 開度計	ゲートの開閉 バルブの開閉	除塵施設
(3)取水口	取水位 取水量 機器動作	水位計 流量計 開度計	ゲートの開閉 バルブの開閉	除塵施設
(4)開水路及びトンネル	水位 流量 機器動作	水位計 流量計 開度計	ゲートの開閉	排泥施設 除塵施設 沈砂施設
(5)管水路	流量 圧力 機器動作	流量計 圧力計 開度計	バルブの開閉	通気施設 減圧施設 排泥施設
(6)分水工	水位 流量 圧力 機器動作	水位計 流量計 圧力計 開度計	ゲートの開閉 バルブの開閉	通気施設 減圧施設
(7)調整池 （ファームポンド）	流入流量 流出流量 流出水位 機器動作	水位計 流量計 開度計	ゲートの開閉 バルブの開閉	排泥施設 除塵施設 放余水施設 フロートバルブ
(8)揚水機場 （加圧機場）	吸込水位 吐出水位 流量 圧力 機器動作	水位計 流量計 圧力計 開度計	ゲートの開閉 バルブの開閉 ポンプの運転	除塵施設 制水弁 逆止弁(ﾁｪｯｷ弁) 圧力タンク 水撃緩衝機
(9)配水管路	流量 圧力 機器動作	流量計 圧力計 開度計	バルブの開閉	通気施設 減圧施設 水撃緩衝機
(10)末端分水工	圧力 機器動作	圧力計	バルブの開閉	末端弁類
(11)散水器	機器動作			

21.3 管理制御機能の水準

個々の地区における管理制御機能の水準は、計画地区内全域にわたり同一とする必要はなく、単位水利系統ごとに管理制御システムの機能性及び信頼性を勘案の上、経済性の検討等を行い、それぞれの系統ごとに必要な水準を満足させることにより、最適な全体計画を作成できる。

一般に、管理制御機能の水準は監視、記録及び制御の各段階における以下のような各要素の組合せにより定まる。

① 中央管理施設の有無 … 遠方監視・操作の実施の採否
② 制御の手動・自動の別 … 操作方法、設定値制御装置の有無等
③ 監視・制御を行う位置の機側・遠隔の別 … 動作の位置による分類（パトロールから中央管理まで）
④ データ処理の程度・内容 … 報告記入様式のあり方、情報処理装置の導入の有無等

これらの内容については、それぞれの水準に応じて以下のように整理される（**表-21.2**、**図-21.2**、21.3）。

表-21.2 管理制御施設の制御レベル

制御レベル			方式の説明
現場	機側	機側手動操作	機側盤で手動操作によりゲート、バルブの開閉、ポンプ運転停止等の制御を行う。最も基本的な操作で他の全ての操作に優先し、かつ他の制御形態のバックアップとしても使用される。
	遠隔	遠隔手動操作	機側盤と１：１に対応して制御ケーブルで結ばれた操作室、又は現場管理所の操作盤で機側と同様の操作を行う。
		遠隔手動設定値制御	現場管理所に設置する単機能の制御装置で、開度、流量、水位、圧力等の設定値（制御目標値）を保つよう、ゲート等の制御を行う。
		遠隔自動制御	現場管理所に設置された情報処理装置により、各種データから制御目標値に対する操作量を自動的に設定し、ゲート等を制御する。
遠方		遠方手動操作	中央管理所にて現場管理所からテレメータ装置で送られてくる開度、流量、水位、圧力、機器状態等を監視し、テレコントロール装置によりゲートの開閉や開度調整等を行う。
		遠方手動設定値制御	中央管理所からテレコントロール装置を介して手動で設定値制御装置に設定を行う。
		遠方自動設定値制御	中央管理所の情報処理装置が各種データを処理し、設定値を定め、設定値制御装置に自動的に設定を行う。

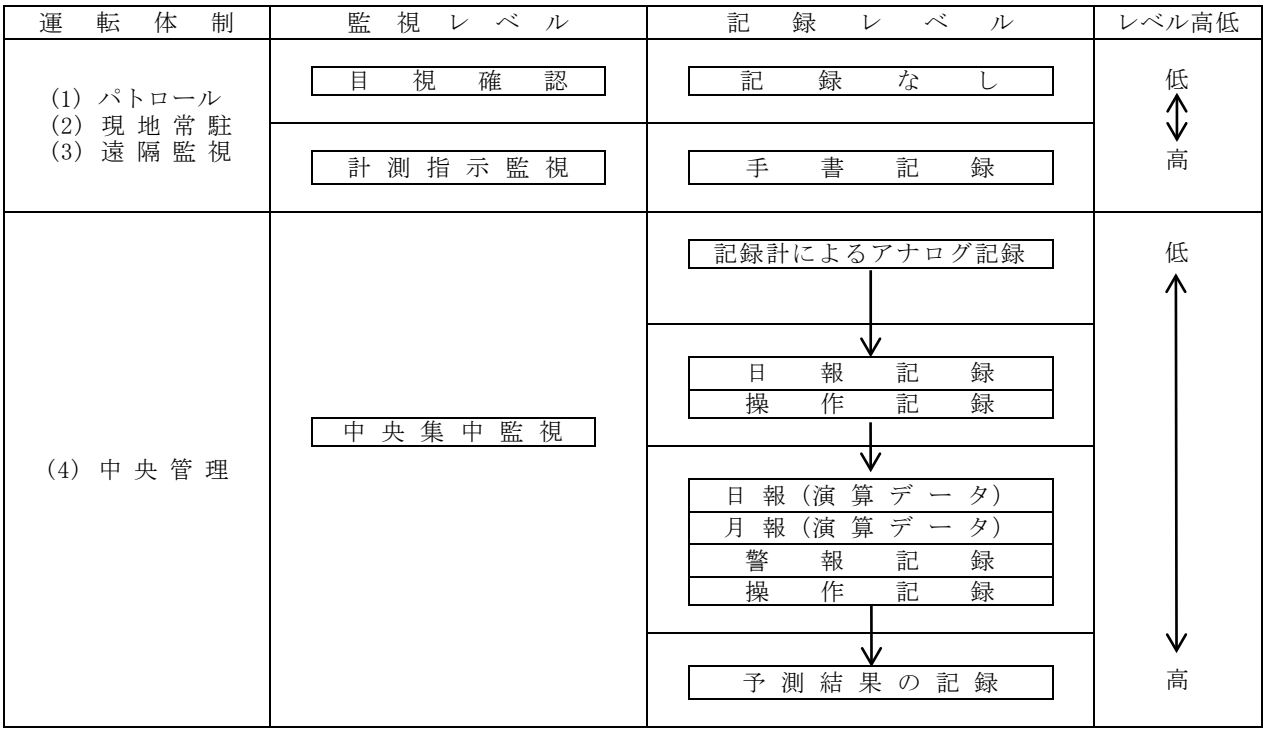


図-21.2 監視及び記録レベル

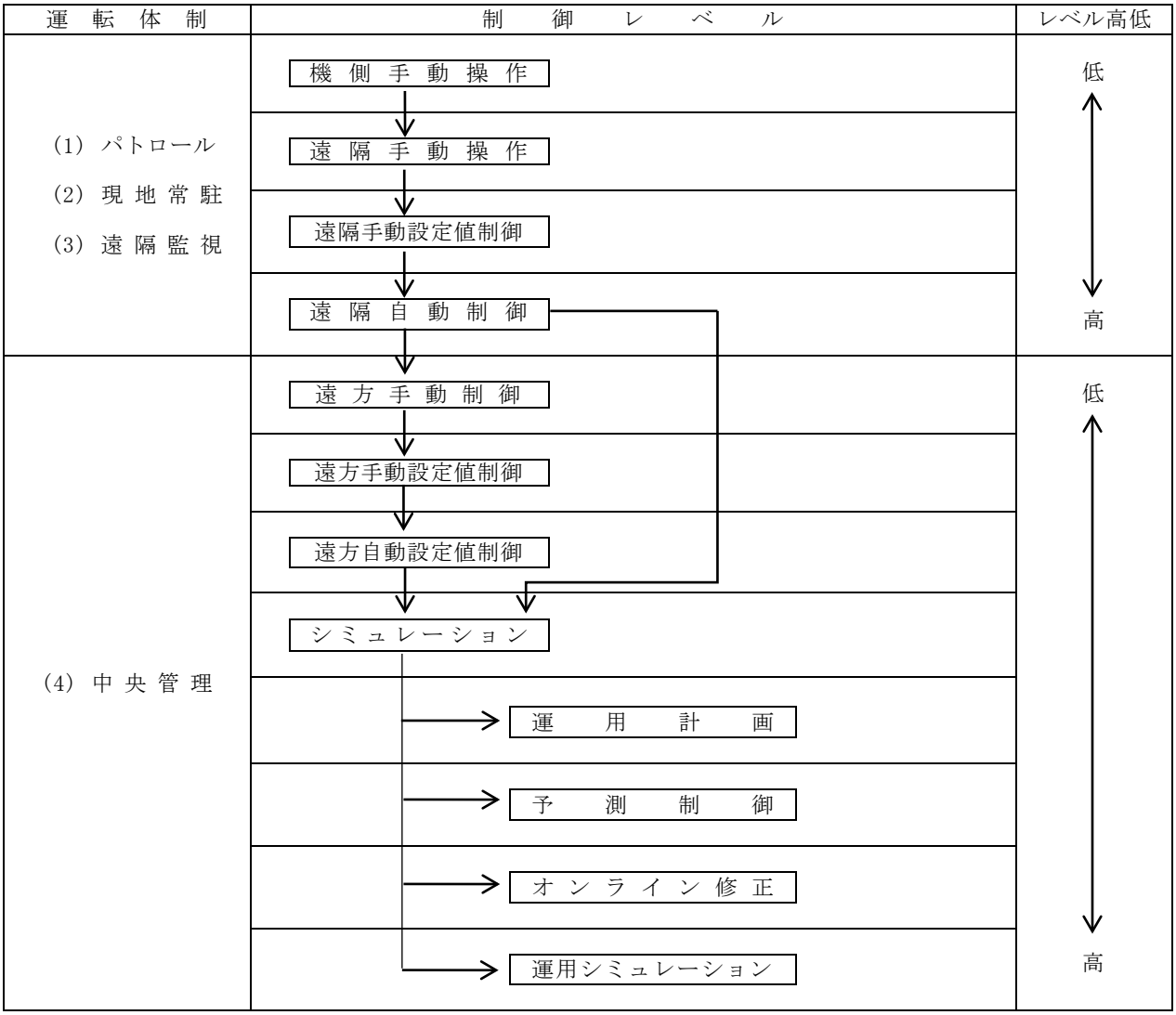


図-21.3 制御レベル

21.4 機器の構成

管理制御施設を構成する機器は、確保すべき管理水準の程度により、計画地区の施設ごとに最適な組合せを選定する。

その際、互換性部品又は予備機器による互換の範囲を拡大することは、総体として管理制御施設が低価格となる場合があること、また、同一の装置又はユニット（例えば、電磁弁、電源ユニット等）の台数を多くすることが経済的に有利となる場合があるため、個々の装置・機器と全体構成の関連を十分に検討する。

21.5 管理制御施設計画の手順

管理制御施設の計画の策定に当たっては、その性格上、農業を始め、土木、電気、機械等多岐にわたる技術分野の知識を活用することが必要である。また、地区の利水条件により管理制御施設に要求される機能は異なるため、対象地区の営農、用排水、関連事業計画等の内容を十分に把握し、適正な取水と送配水を通じて整備目標が達成されるよう留意する。

管理制御施設に関する一般的な作業フローを図-21.4 に示す。

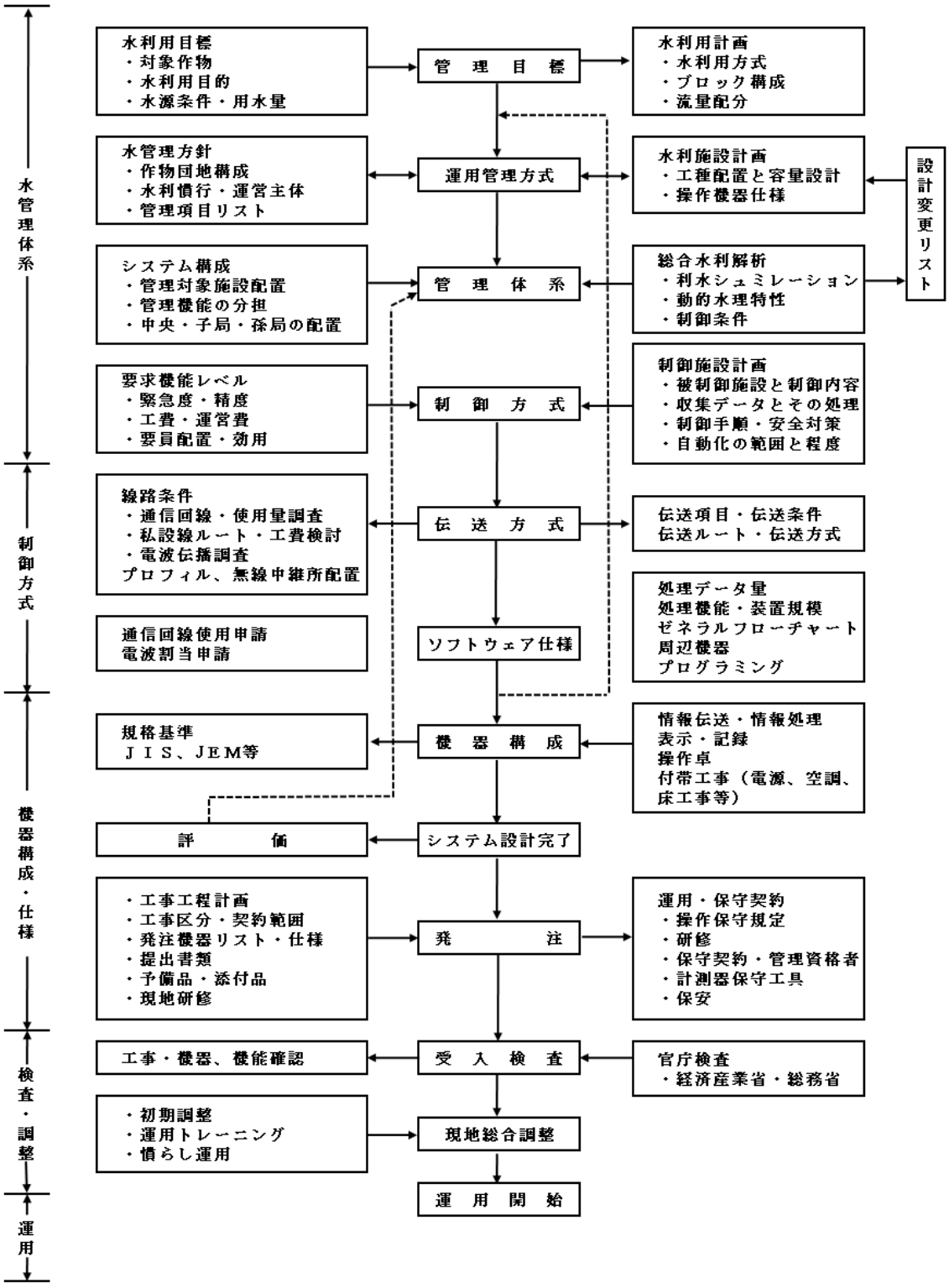


図-21.4　管理制御施設の計画・設計・施工の手順

22. 小水力発電施設

（基準　3.4 関連）

本章においては、農業水利施設の整備に併せて、再生可能エネルギーの有効利用等の観点から、小水力発電施設を計画する際の留意事項及び参考となる事例について紹介する。

22.1　農業水利施設を利用した小水力発電

気候変動対策や脱炭素社会の実現に向けて、再生可能エネルギーの導入・利用拡大が求められている。また、近年では、自然災害の激甚化・頻発化を背景として、エネルギー供給の強靭化や非常時における地域のエネルギーの安定供給確保の観点から、自立・分散型エネルギーシステム整備の社会的要請も高まっている。

小水力発電は、一般に数十～数千 kW 程度の比較的小規模な発電の総称であり、CO_2 を排出しないクリーンエネルギーであるとともに、供給安定性に優れる等、様々な利点を有する発電方式である。

農業水利施設を利用した小水力発電は、土地改良施設の維持管理費の軽減や農村の活性化に資するものであり、農業農村整備事業等で整備された小水力発電は、令和８年３月末時点において、191 施設となっており、出力規模は数 kW～3,000kW 程度となっている。

農業水利施設を利用した水力発電の形式としては、施設の利用形態の違いから、落差利用型と流水利用型に大きく分けることができる（**図-22.1**）。落差利用型は、ダム・頭首工・落差工・急流工・分水工等に存在する落差を利用するもので、流水利用型は、落差のない水路において水の流れを利用するものである。

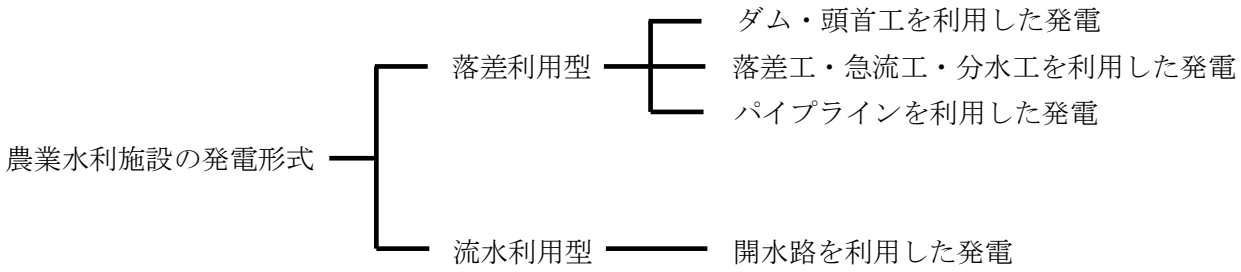


図-22.1　農業水利施設の発電形式

小水力発電の導入に際しては、発電による収入（電気料金の節減費、売電収入）、建設費用及び維持管理費用を把握し、採算性を確認するとともに、管理方法を定めることが重要である。また、関係機関との事前協議、河川法及び電気事業法に関する協議、電気事業者との協議並びに再生可能エネルギー電気の利用の促進に関する特別措置法に基づく手続等が必要となることにも留意する。

なお、具体的な導入に際しては、(財)日本水土総合研究所（2009）「農業用水を利用した小水力発電導入の手引き」等の資料が参考となる。

22.2 計画する際に留意すべき事項

(1)開発の可能性の検討

小水力発電の計画を検討する場合には、まず、小水力発電の発電能力すなわちポテンシャルを把握する必要がある。水力発電のポテンシャルは、基本的に流量と有効落差によりその大きさが決まる。流量については、流量が記載された用水系統図等から、有効落差については、流速や水路の図面等から把握し、発電ポテンシャルを算出する。

落差と流量から得られる発電量を**表-22.1** に示す。ただし、算定表はポテンシャルを大まかに把握するための概略の目安であり、具体化の段階で別途詳細な検討が必要である。なお、具体的な発電量の計算に用いる落差は、水路工作物等による損失落差を差し引いた有効落差が必要であり、また、水車、発電機の形式により水車効率や発電機効率が異なる。

表-22.1 落差と流量から得られる発電量

単位：kW（出力）

			有効落差							
			1m	2m	3m	4m	5m	10m	15m	20m
流量	0.1	m^3/s	0.7	1.4	2.1	2.7	3.4	6.9	10.3	13.7
	0.2	m^3/s	1.4	2.7	4.1	5.5	6.9	13.7	20.6	27.4
	0.3	m^3/s	2.1	4.1	6.2	8.2	10.3	20.6	30.9	41.2
	0.4	m^3/s	2.7	5.5	8.2	11.0	13.7	27.4	41.2	54.9
	0.5	m^3/s	3.4	6.9	10.3	13.7	17.2	34.3	51.5	68.6
	1.0	m^3/s	6.9	13.7	20.6	27.4	34.3	68.6	103	137
	2.0	m^3/s	13.7	27.4	41.2	54.9	68.6	137	206	274
	3.0	m^3/s	20.6	41.2	61.7	82.3	103	206	309	412
	4.0	m^3/s	27.4	54.9	82.3	110	137	274	412	549
	5.0	m^3/s	34.3	68.6	103	137	172	343	515	686
	10.0	m^3/s	68.6	137	206	274	343	686	1,029	1,372

※ 発電出力[kW]＝9.8×有効落差[m]×流量[m^3/s]×水車効率ηt×発電機効率ηgにより試算
（ここでは、概算値として、$\eta t \times \eta g = 0.7$と仮定）

次に、地域又は施設ごとの電力の需要量、需要の変動状況等を調査する。新規の需要施設を対象とする場合には、電力使用パターンを想定し、需要量の予測を行う。なお、かんがい排水事業により小水力発電を整備する場合は、一連の管理体系下にある土地改良施設に必要な電力を供給することを目的としている等、小水力発電の整備事業により、需要施設の対象が異なることに注意が必要である。

小水力発電施設の設置の可能性については、需要と供給（発電ポテンシャル）の量的バランスや位置関係を考慮した地点で検討する。発電ポテンシャルが大きく需要量も大きい場合は、需給の位置が離れていても、系統連系を前提に比較的大規模な施設を設置する場合も考えられる。

以下に、農業用水を利用した小水力発電の設置地点を検討する際に留意すべき事項を示す。

発電ポテンシャル：落差、流量（流水利用型の場合は、流速）
関 連 法 規 制：河川法、自然公園法、自然環境保全法、国有林野法、砂防法等
関 連 計 画：農業農村整備事業等地域の農業水利施設の整備計画、農業振興地域整備計画、都市計画、その他の開発計画等
立 地 環 境：施設設置スペース、工事用スペース、周辺環境（住宅地や畜舎等への騒音の影響、生態系、景観）等
接 道 状 況：維持管理や工事のためのアクセス道路の有無、幅員等
既存電力系統：既存電力系統までの距離とその配電電圧等
そ の 他：塵芥の流下状況

また、地点検討に必要となる基本的な資料としては、以下のものがある。これらの資料をもとに検討を行い、必要に応じて現地での状況確認を行った上で、候補地点の検討を行う。

地 形 図：国土地理院発行 1/25,000 図
用水系統資料：地区の用水系統図、水利権資料
水路等施設図：施設図（平面図・横断図・縦断図）
流 量 デ ー タ：流量測定データ（無い場合は、流量観測を行う）
関連計画資料：農業水利施設の更新・改修計画、その他の開発計画
関 連 法 資 料：地域指定を示した図、当該地の指定状況
日本水土図鑑 GIS：水路位置、管理者、小水力適地情報

(2)導入に当たっての留意点

農業用水を利用した小水力発電の導入に当たっての主な留意点を以下に示す。

① 季節による発電量の変化

農業用水は、一般的にかんがい期と非かんがい期で利用できる水量が大きく異なり、季節により発電量が変化する。

② 各種協議・手続

土地改良法、電気事業法、河川法等に関する協議・手続が必要で、系統連系（電力会社の電力系統と接続すること）する場合は電気事業者との協議も必要となる。

特に、河川協議の際は流量観測データの提出を求められることから、早い段階から流量等の基礎データの収集・整理を行うことが望ましい。

③ 助成制度

農林水産省等では小水力発電整備に際して各種助成制度を設けているが、助成制度ごとに補助率、条件等が異なるため、発電計画に応じた助成制度を活用する。

④ 事故発生時の対応

かんがい期の用水供給の停止は、営農に与える影響が大きいことから、事故発生時の対応について検討しておく必要がある。

⑤ ごみ等の対策

ごみ、落葉、礫・砂等の流入を防ぐ堆砂施設や除塵設備等が必要となる。また、収集したごみ等を処分するための方法を検討する必要がある。

22.3 計画事例

農業用水路の有する小さな落差や流速に着目した小水力発電は、既存の農業用水路を改修することなく、かつ簡易に設置できること、初期導入費用が安価であること及びメンテナンスが容易かつ安価であることから、導入の進捗が期待される。

22.3.1 落差利用型の実証事例

(1)地区の概要

本地区では、古来より川の氾濫を繰り返しながら日本でも代表的な扇状地が形成され、その分流、入川跡を利用してできた用水は平安時代後期ごろより農地に利用されてきた。明治 36 年には洪水や渇水対策のため、後世に「明治の大改修」と呼ばれる取水口を１つにする大改修が行われ、その後約 140km の水路を対象とした「昭和の大改修」を経て、施設の老朽化、営農の多様化と都市排水に対応した「平成の大改修」に取り組んでいる。

近年では、環境に配慮した親水護岸への改修や親水公園等の整備を進めると同時に、豊富な水量を活用した小水力発電を導入し、土地改良施設の維持管理費の低減を図ることを目指している。

(2)実証事業の概要

本事例は従来利用されていなかった農業用水路の小さな落差（１～２m）を利用した発電が可能なマイクロ水力発電システムの実証であり、発電機もコンパクトなものである。本地区は比較的高低差が少ない地域であるが、それでも適用できる落差が 620 か所あると推定されている。

水車はスクリューのようならせん状の羽根を持ち、農業用水路等の小規模な落差工に垂直に設置し、落水の重力で羽根を回し発電する形式であり、低流量・低落差での設置に適している。また、新たな水路構造物を必要最小限とすることにより、比較的低コスト、短期間での現地施工が可能である。

施設で発電した電力は、施設近傍にある自転車・歩行者専用道路の街灯やゲート、小水力発電施設の啓発掲示板に供給される。最大出力は 2.4kW であり、一般家庭のおよそ２、３世帯分の電気を賄うことが可能である（**表-22.2**、**図-22.2**、22.3、**写真-22.1～22.5**）。

表-22.2　発電施設の概略仕様

使 用 水 量	0.38m³/s（通年一定取水、農業用水完全従属）
有 効 落 差	1.0m（＝総落差 1.16m－水路損失 0.16m）
水 車 形 式	縦軸らせん水車（ガイドベーンなし）
寸　　法	H：2,564mm、W：1,100mm、L：2,500mm
発　電　機	発電出力 約 2.4kW　3 相 3 線 220V 永久磁石同期発電機 容量 3.7kW
制御連系盤	周波数制御、電圧制御、系統連系機能、単独運転検出機能
流 量 制 御	流量制御機能なし
導水路仕様	水路幅 0.9m×延長約 25m
水車部構造	鋼板製溶接構造

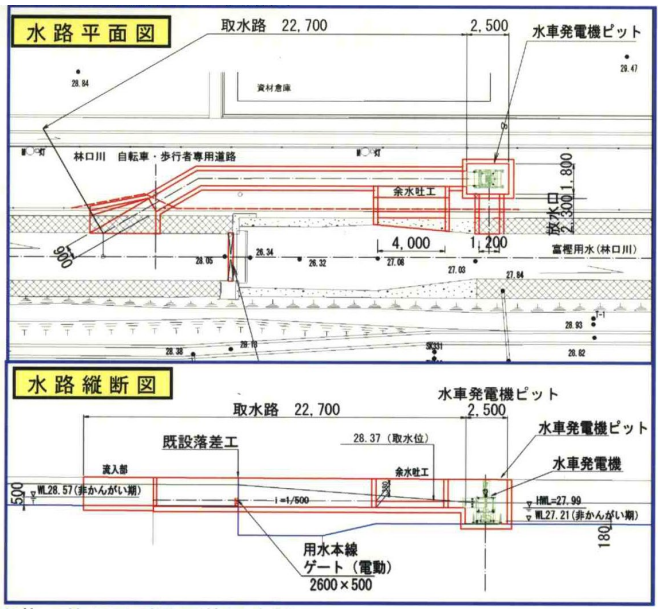


図-22.2　水路の平面図と断面図

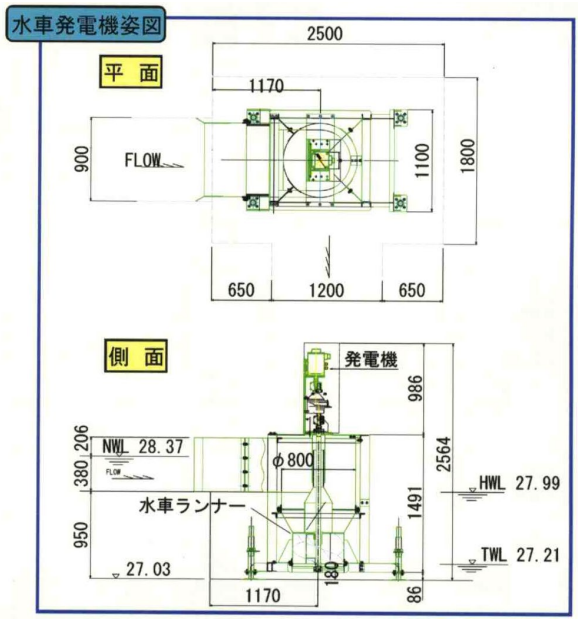


図-22.3　水車発電機の平面図と側面図



写真-22.1　取水口
（左のゲートから発電の用水を導入）



写真-22.2　導水路の余水吐(左)と放水口発電機(右)



写真-22.3 発電機



写真-22.4 取水路部の上部（下流側から撮影）
（コンクリートの下に発電機が設置）



写真-22.5 水路脇にある街灯（発電した電気を供給）

(3)事業の特徴（従来工法・手法との比較）

① 水車と発電機本体は一体化されており、輸送据付工事はクレーンで吊り下ろし、アンカーで固定するだけの簡単なものとなる。また、保守点検時も地上への吊り上げは容易である。

② 開水路落差工用発電システムは、既設水路の落差工部に直接機器を設置することにより発電が可能であり、低コスト化も可能である。ただし、本地区の用水路は用排兼用水路であり洪水時の流水阻害を招かないよう、バイパス水路にシステムを設置している。

③ 水車発電機システムは、インバータ・コンバータシステムに組み込まれた電力品質確保機能と単独運転検出機能により、一般の電力系統と連系し発電が可能である。

④ 通年一定通水とすることにより、水車はガイドベーン機能、ランナー可変機能を省略し、低コスト化を図っている。

本施設の発電出力は約 2.4kW と小さいが、本地区においても設置可能な場所が 620 か所（一般家庭約２千世帯分の電力に相当する包蔵水力）もあると推定されていること等を考えると、今後多くの地区での実用化が期待される。

22.3.2 流水利用型の実証事例

(1)流水利用型の小水力発電の概要

一般に、農業用水路の勾配は緩く設計されるため、落差利用型の発電方式により工事費等の初期費用を回収できる地点は限られている。一方、農業用水路の有する流速に着目した流水利用型の小水力発電は、既存の農業用水路を改修することなく、かつ簡易に設置できること、初期導入費用が安価であること及びメンテナンスが容易かつ安価であることから、農業用水路を活用した新たな小水力発電としての可能性を有している。

(2)流水利用型の実証試験

２タイプの流水利用型の水車（カスケード水車、シグナスミル型水車）につき、農業用水路において実証試験が行われた事例を示す。

ア　カスケード水車

カスケード水車は、流水に対し一定角度をもって並べた羽根により、流水のエネルギーを直角方向への運動エネルギーへ変換し発電する新しいタイプの水車である。また、水路中へ直接設置するため、側水路が不要となるメリットを有している。

実証試験では、水路幅３m、平均流速 1.5m/s の農業用水路に、幅 1.08m のカスケード水車を設置し、98W の発電、発電効率 38%程度の動力特性を得ている（**写真-22.6**、**図-22.4**）。

水路幅全幅を用いて発電した場合、753W の発電が期待でき、水車を 10m 間隔で縦列設置できることから、100m 区間では最大 8.3kW の発電が可能である。発電効率の向上も望めることから、実用化が大いに期待できる。



写真-22.6　試験状況

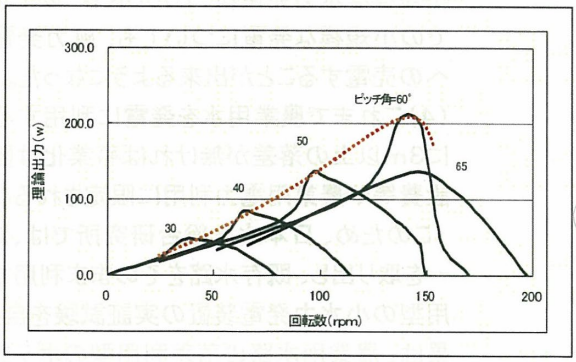


図-22.4　理論性能曲線

イ　シグナスミル型水車

シグナスミル型水車は、風車で活用されている設備を水車用に転換した金属製下掛け水車である。

実証試験では、水路幅４m、流速 2.0m/s の農業用水路に、直径 2.25m、幅２m の金属製下掛け水車を設置し、216W の発電、発電効率 12%程度の出力特性を得ている。この出力特性から、この水車では同じ流速において 773W までの発電が可能であり、用水の持つ運動エネルギー 3,600W の 21.5%を取り出すことが可能である（**写真-22.7**、**図-22.5**）。また、側壁近くを除き、水路幅の 75%まではおおむね流速 2.0m/s で安定していたことから、理論上は水車幅を３m

まで拡大することで出力を 50%増加させることが可能である。



写真-22.7　試験状況

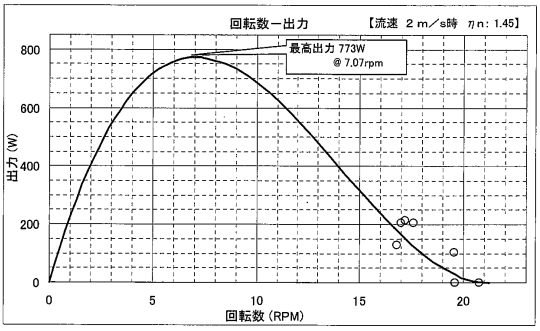


図-22.5　理論性能曲線

ウ　発電出力について

発電機の１基当たりの出力は小規模(700W/台)であるが、安価な装置であること、町の鉄工所で修理可能な簡易な構造であること、設置が容易であることから設置台数を増やすことで、需要に応じた出力とすることが可能である。例えば、それぞれ 10m 間隔で設置可能としていることから 100m 区間に 11 台直列設置することで、平均的な集落(86 戸)の年間必要電力量の 14%に相当する電力を取り出すことが可能である。

以上により、水路の他目的使用の承認等クリアすべき手続があるとしても、小規模、安価かつ簡易に設置可能な小水力発電機は、十分に実用化の可能性が高いと考えられる。

参考文献

- 農林水産省農村振興局：農業農村整備事業等による小水力発電の整備状況（整備完了）
- 農林水産省農村振興局、国土交通省水管理・国土保全局：農業水利施設等を活用した小水力発電施設導入の手続き・事例集（令和３年９月）
- (財)日本水土総合研究所：農業用水を利用した小水力発電導入の手引き（2009）
- クリーンエネルギー普及検討会　：小水力発電事業化へのＱ＆Ａ（改訂版）（2005）
- 農林水産省構造改善局 建設部設計課・水利課 監修：農業用水利施設小水力発電設備計画設計技術マニュアル（2005）
- ＮＥＦ 水力本部: ハイドロバレー計画ガイドブック（2005、2008）
- ＮＥＤＯ 新エネルギー導入促進部：マイクロ水力発電導入ガイドブック（2003）
- (財)水道技術研究センター：管路内設置型水車発電設備導入マニュアル（2005）
- (財)日本農業土木総合研究所（現：(財)日本水土総合研究所）：海外技術マニュアル 小水力発電（1987）
- (財)広域関東圏産業活性化センター：小水力発電導入手引書（2007）
- 全国小水力利用推進協議会：小水力発電事例集（2007、2008）
- 石崎彰／共編 古市正敏／共編：小水力発電読本（1982）
- 小水力利用推進協議会　：小水力エネルギー読本（2006）

23. 管理運営計画

（基準　3.5 関連）

農業用水を適正かつ効率的に利用するためには、管理制御すべき項目、施設の保守・点検方法・管理体制等につき管理運営計画において適切に定める必要がある。

本章においては、管理運営計画作成に当たっての留意事項について解説する。

23.1　管理運営の体制及び組織

歴史的には、施設の維持管理は施設の用水利用者自身によりなされてきた経緯があり、一般に用水の管理のための慣行等が成立している。また、番水の形態以外の用水管理を実施する地域では、流量調節施設の性能による制約から、比較的単純な制御操作による水管理が確立されていることも多い。

一方、近年は、水資源需要のひっ迫や水利用の高度化に伴い、より精緻な用水管理が要請される状況にある。また、農家の兼業化が進行した結果、個々の農家が直接に用水の管理運営には参加せず、管理運営組織に対して費用負担を行う形態も一般化した。このような状況に対応して、施設の適正な管理を維持するため、管理制御の装置化・システム化が計画される事例が多くなってきている。

一般的な管理制御システムでは自動化が困難な以下のような項目については、人が直接関与する形の管理運営方法を定めて対応する。

①　取水・送配水計画　…　水需要の発生に伴う用水の申込み、取水・送配水の時期、順位の決定等

②　異常時の対応　…　緊急対応動作（事故の処理、判断に基づく対策等）

③　施設の点検・整備　…　保守点検及び整備補修作業

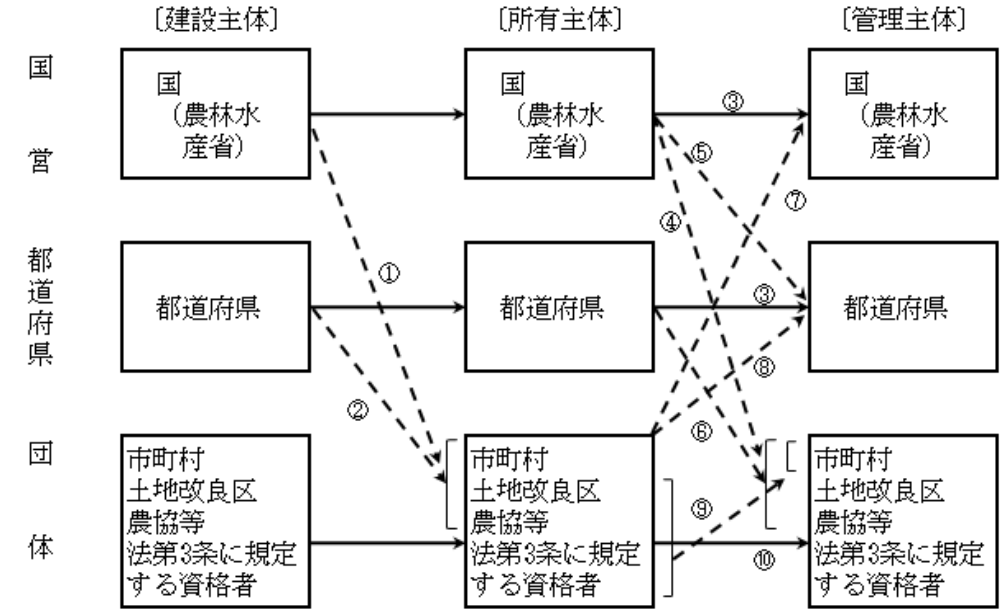
④　管理記録の利活用　…　将来の補修・補強、更新等、利用目的に応じたデータの整理・解析方法の決定

⑤　渉外関係　…　外部関係機関との対応、関連他事業との調整

一般に、土地改良施設の管理は、施設の所有主体ではない者であっても、土地改良法に基づく所定の手続を経て行うことができる。

所有主体と管理主体との関係は、事業主体、規模等により、**図-23.1** のような形態に区分される。

管理主体は計画により明らかにする必要がある。国が管理主体となることは、一定の要件を満たす大規模施設等に限られる。



(注) ① 法第94条の3による譲与（条件付譲与）
② 条例による譲与（地方自治法第238条の5）
③ 法第85条による直轄管理
④ ⑤ 法第94条の6による管理委託
⑥ 法第94条の10又は条例管理
⑦ ⑧ ⑨ 法第93条又は第96条の4による申出管理
⑩ 法第57条による管理（建設主体の管理義務）

図-23.1 土地改良施設の所有主体と管理主体との関係[1)]

23.2 ストックマネジメントにおける適切な日常管理

ストックマネジメントによる機能保全のプロセスは、施設管理者による施設の日常的な管理、施設の状態を継続的に把握するために施設造成者が定期的に行う機能診断調査、施設の機能保全のための費用を低減させるための適時・的確な対策の実施について、関係者が連携・情報共有を図りつつ継続的に実施することである。

この中で、施設管理者による施設の日常的な運用や管理は、施設に本来期待されている性能の発揮とその維持のために重要な行為であり、また、経年的な施設の劣化や地震等による偶発的な施設の変状を把握する上でも重要な機会である。さらにそこで得られる各種の情報は、機能診断調査を効果的・効率的に実施するために有効である。

そのため、施設管理者は、施設の適切な運用手法や管理技術の向上及び施設性能の維持に努めなければならない。

(1) 日常的な管理

ア 基本事項

施設管理者が行う日常的な維持管理（点検、整備）を通じて、常に施設を良好な状態に保つことを心がける必要がある。その際、運転記録、事故や点検・整備等の履歴は、これを適切に整理、保存する必要がある。

また、定期的に機能診断を実施し、専門的な知見を持つ者から日常点検の中で留意すべき事項について指摘を受けておくことが望ましい。

① 日常管理の重要性

構造物や周辺状態の巡回目視、設備の運転操作時等における点検及び日常的な範囲で処置できる軽微な整備が適切に行われることが、施設の信頼性や安全性の確保だけでなく、施設の長寿命化に直接影響を与える。このため、施設管理者は施設の良好な状態を維持できるよう、施設の機能が停止した場合の影響度や機能診断結果（健全度）等を踏まえ日常管理を適切に行う必要がある。

特に、施設機械設備は、構成部品の一部に異常が発生した段階で設備全体の機能停止に至る場合があるため、施設の種類や特性に応じて、適切な点検、整備を行う必要がある。なお、部品供給の停止等により、機能保全が困難となる場合があることにも留意する。

② 機能診断と日常管理

施設の機能診断を行った場合、調査に当たった専門的知見を有する技術者等は、日常管理の中での点検（監視）のポイント等を、施設管理者に対して示しておくことが必要である。

施設管理者は、機能診断の結果である機能保全計画等も踏まえ、日常管理を行う必要がある。

日常管理において施設管理者が施設の水利用機能に影響を与えるような変状を発見した場合には、直ちに施設造成者に通報する。また、高度な技術的判断や日常管理を超える規模の対策が必要と思われる変状を発見した場合には、随時、施設造成者に情報提供を行い、施設造成者は必要に応じて緊急の機能診断や対策を検討する必要がある。

③ 日常管理に関する情報の蓄積

水路の水位や流量、ポンプの稼働状況等の運転記録、操作記録、日常管理における点検、整備のデータは、変状の発見や次回以降の点検・整備に役立つばかりでなく、主に施設造成者が定期的に行う機能診断時の基礎的な情報として重要であるため、適切に整理し保管・管理する。

また、大規模地震の発生等、施設に影響を与える偶発的な事象があった際には、定期的な点検や機能診断とは別に、施設の変状を把握し関係機関に報告するとともに、その結果を適切に記録する。

イ 日常管理の留意点

日常的な点検・整備については、土地改良施設管理基準等に基づき行うものとする。また、機能診断の結果、特に留意すべき点検項目が示された場合は、これを踏まえ適切に対応する必要がある。

日常管理においては、通常時の状況と異なる現象が生じていないかを常に意識しつつ、運転操作や点検に臨む必要がある。具体的には、

① 施設の構造に変状はないか（変形、沈下、変色、異音、異臭）
② 通水性等の施設機能に異常はないか（水位変動、水撃圧、キャビテーション）
③ 周辺環境に影響は生じていないか（地盤沈下、倒木、湛水）
④ 利用者や周辺住民等からの苦情等はないか

等に留意する。

施設の点検項目、頻度、整備等については「土地改良施設管理基準」を踏まえ、また、「農業水利施設の機能保全の手引き」等を参考に、地区の状況に応じて適切に対応するものとする。なお、対応する管理基準やマニュアルがない工種については、地区の状況に応じて適切に対応する必要がある。

(2)情報の保全・蓄積・活用

施設の劣化予測の精度を向上させ、適切な対策工法を検討するためには、造成時の設計・施工情報、過去の機能診断調査や補修の履歴情報が必要となる。このため、施設ごとに履歴情報を保存・蓄積した情報システムを整備し、機能診断や対策の検討等の場面で、その活用を図ることが重要である。

ストックマネジメントの実施に当たっては、点検結果や施設監視結果等に関する随時参照可能な現場データが重要な情報となる。点検においては、目視や非破壊検査によって構造物の変状や性能の変化をよく観察し、継続的かつ客観的に把握しておくことが必要であり、このことが適切な機能診断の基礎データとなる。しかし、これらの基盤情報は十分に整備されていない場合や、データが紙媒体で保存されていることも多く、情報の引き出し・加工・分析に時間を要し、情報の紛失や活用が不十分な事例もみられる。

このため、施設基本・諸元情報、補修等履歴情報、維持管理費情報、機能診断情報等に関する国が運用する情報システムに蓄積し、これらを随時容易に更新、検索、編集できる支援システムの構築が重要である（図-23.2）。

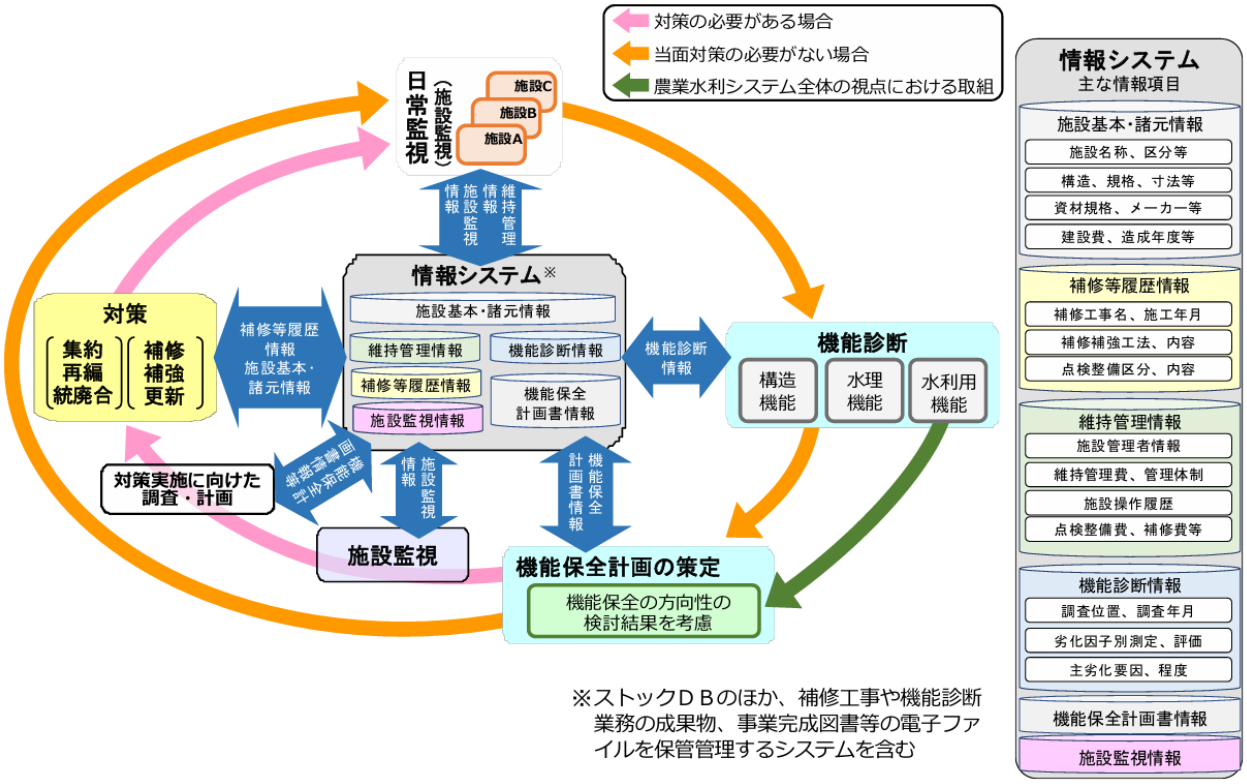


図-23.2　ストックマネジメントのサイクルと情報システム[2)]

引用文献

１）農林水産省農村振興局：土地改良施設管理 Q&A、p. ２－３（令和４年３月）

２）農林水産省農村振興局：農業水利施設の機能保全の手引き、p.88（令和５年４月）