第 4 章　大区画ほ場整備の設計

4.1 一般事項

4.1.1 大区画化の基本的考え方

本章は、地区または団地の標準的な耕区が 1 ha 以上となる大区画ほ場整備の設計を対象とする。

ほ場の大区画化に当たっては、大区画化の目的と意義を十分理解し、地元受益者、土地改良区等団体の意見・要望や社会的要請とを調和させ、地域計画に基づく地域農業の将来像も考慮し取りまとめる。また、調査、資料収集、協議等の範囲が広く、多くの労力と時間を必要とするため、合理的で有効な設計のためには、関係市町村、土地改良区、農業協同組合等各種団体の全面的な協力と理解がなければならない。

本章においては、特に営農上の負担軽減、生産性の向上、生産コストの低減効果が期待できる 1 ha 以上の大区画ほ場の設計について述べる。

1　大区画化の目的と意義

我が国の食料・農業・農村を取り巻く状況として、今後の農業者の減少を踏まえると、未整備の農地や小規模な農地での農作業は営農上の負担となっていき、良好な営農条件が確保されていない農地については、担い手が借り受けしづらく、地域計画でも受け手不在農地となる可能性が高い。令和 5 年の水田の整備状況を見ると、水田面積全体（234 万 ha）に対して、30a 程度以上の区画に整備済みの面積は 68.7%（160 万 ha）であるが、50a 以上の区画や、1 ha 以上の大区画に整備済みの面積はそれぞれ、12.3%（29 万 ha）、6.3%（15 万 ha）に留まっており、将来の食料安全保障の確保のためには、大区画化を図っていくことが極めて重要となっている。

そもそもほ場整備の目的は、農地等の区画形質の変更を中心に、用排水、道路等のほ場条件を総合的に整備するとともに、担い手の育成に資するための農地の利用集積や非農用地を含む土地利用の秩序化を一体的に実施することによって、将来の営農形態に適合した農業機械の効率的な利用や合理的な水管理等、生産性の高いほ場条件を整備するものである。

特に、大区画化に当たっては、水管理労力や土地改良施設の維持管理労力・補修費を縮減するために、立地条件・営農状況等を考慮しつつ、末端の農道や用水路・排水路、水口・落水口を可能な限り削減することや、整備後の大区画ほ場に適した大型農業機械の導入の検討、機械に合わせた進入路やほ場内農道の幅員の設定を行うことが重要である。また、ほ場整備は、ほ場条件の整備や土地利用の秩序化等を通じて、生産性の向上とともに農村環境の整備、地域の活性化等にも重要な役割を担うものであるため、事業計画の作成に当たっては、その多面的な効果を十分発揮できるよう配慮することが必要であり、次のような基本的考え方に基づいて一体的・総合的に策定されなければならない。

(1)　生産性向上の観点

①　広範囲の区域を対象とし、事業に含まれる多くの工種が相互に密接に関連することから、ほ場、用排水路、農道の各計画は切り離すことなく総合的に検討すべきである。

② 担い手の育成や農地の利用集積等に伴い、変化が予測される将来の社会条件、営農形態に適合し、土地及び労働生産性が高く、効率的かつ永続的な営農を行い得るほ場条件を整備することが求められる。

(2) 農村環境整備の観点

地域の生産・生活環境との一体的整備を図るとともに、これまで農地が育んできた、生態系等の自然環境との調和への配慮や、土壌侵食や洪水の防止といった防災・減災効果等の多面的機能について考慮することが求められる。

(3) 地域活性化の観点

① 他の土地改良事業、一般公共事業、既設公共施設等との関係が極めて密接である。

② 換地の手法を用いることにより、将来の土地利用構想を具体化させるとともに、地域における社会的及び経済的波及効果についても留意することが必要である。

2 設計上の留意点

ほ場整備の設計に当たっては、次のような留意点が挙げられる。

① 地域特性や担い手の意向（規模、営農形態、それらに基づく土地利用計画の構想）を踏まえた将来の営農計画と導入する先進技術（ICT 等を活用した水管理システム、地下かんがい等）や農業機械に対応し、農作業の省力化及び安全性確保に配慮した基盤整備が求められる。

② 関係者の要望を反映するため、設計・施工上の制約を受けやすい。

③ 関係農業者の営農再開時期等により、工期が一定時期に制限される。

④ ほ場整備事業により造成された農道、水路等は、農業農村整備全体の中で大きな割合を占め、それらの保全管理が農業農村整備全体の動向に大きく影響すると考えられる。したがって、建設費・維持管理費の抑制、生産コストの削減及び水管理・維持管理労力の軽減を図るため、末端の用排水路、農道等の造成施設の節減、暗渠化・管水路化や幅広畦畔等の省力化整備等に積極的に取り組むことが重要である。

⑤ 大区画化に当たって、その効果を最大化するためには、スマート農業や大型農業機械の導入が必要不可欠であることに留意する。効果的な営農を行うためには、耕区長辺長ができるだけ長く取れるよう区画を大きくする必要があるほか、農業機械１台当たりの利用面積を拡大させるためには、労働ピークを崩して労力を分散するため作期をずらす方法のほか、農業機械の使用に要する時間を減らすことが必要となる。

⑥ 進入路については、大型農業機械（想定されるインプルメントを含む）の導入を考慮し、４m 以上の幅員とすることが望ましく、特殊車両の農業機械の使用等が想定される場合には作業機との組み合わせを含め、その幅員や勾配等の構造を検討する必要がある。ほ場内農道についても、同様に余裕を持たせた幅員とする必要がある。ほ場進入時の旋回も考慮し、出入口に旋回スペースの設置や、旋回の安全性を高める隅切りの設置の検討も必要である。状況に応じて進入路付近の障害物（電柱、給水栓等）の除去又は移設を行うことが望ましい。

⑦ １ha を大きく超える大区画水田の場合、代かき用水等の初期用水を、大区画化前のほ区・農区等のまとまった範囲に集中して配水する必要が生じることもあり、確実にほ場内に配水ができるよう、用水路・給水栓の配置や施設規模等を検討する必要がある。

⑧ 工事の実施段階になって仕様変更や手戻りが生じることがないように、事業構想段階に引き続き設計段階においても関係者への聞き取りやワークショップ等を通じて地域の課題や要望を

把握し、その課題等の解決に向けた整備水準・整備計画について技術的、経済的な比較や検討を行うとともに、その整備計画について関係者に提案・説明し、合意形成を図ることが重要である。なお、その際、３次元データ（BIM/CIM）を活用し、３次元モデルによる視覚的にわかりやすい資料を用いて説明することで、整備により形成される法面の規模や、そこでの維持管理作業の労力、事故のリスク等がイメージしやすくなり、関係者との円滑な情報共有が期待できる。

⑨　上記①～⑧を勘案しつつ、区画規模及び整備内容の検討に当たっては、当該地区の立地・農作業・水利条件等の各条件の全てが最適とはならない場合もあるが、各条件の全体最適（最大公約数的）なものになるように計画し、建設費・維持管理費の抑制と生産コストの削減が図られるように検討する必要がある。

4.1.2　大区画ほ場の整備計画及びその整備手法

大区画ほ場を整備するに当たっては、整備前の状況や農道、用排水路の配置や規模、整備水準、劣化状況等を考慮して整備計画を検討する。また、地域の立地条件や営農状況等の諸条件から適切な大区画ほ場を計画、整備する。なお、その整備手法は、狭小や不整形の区画、中小区画のほ場や農道、用排水路を再編して整備する手法と、整備前の農道や用排水路を可能な限り活用しつつ、畔抜き工法や小排水路の移設によって大区画化を図る手法がある。整備に係る時間や費用等がそれぞれ大きく異なることから将来の営農も見据えて、十分に検討を行う。

1　一般事項

①　整備計画の策定に当たっては、抜本的な大区画整備を行うべきか、畦畔除去による区画拡大や老朽化した用排水施設等の整備による汎用化等の再整備を行うべきかについて、地域の目指す将来の営農計画、地形条件、経済性等を総合的に検討した上で決定することが必要である。

②　全国の水田のうち約７割は 30a 程度以上の区画に整備済（令和５年３月時点）であり、こうした地域では担い手への農地集積も進んできている。

③　再整備は、区画整理が完了している地区において、生産性の高い土地利用型農業を展開するため区画の拡大を行うものである。再整備を行う場合には、地形勾配、ほ区均平の状況、現況の用排水路及び道路の利用可能性を勘案し、効率的に区画拡大が行える手法を決定しなければならない。

④　特に、区画拡大の際、初期かん水をこれまでと同様に行う場合は、用水路の規模、給水栓の配置等の変更が生じることがある。

2　整備の手法

(1)　大規模な再編整備による大区画化

整備前の区画が狭小である場合や不整形である場合、農道や用排水路の配置や規模が適切でないことがある。また、中小区画のほ場を広範囲に大区画化する場合がある。この場合、地域の営農計画や立地条件等を考慮しつつ農道や用排水路の大規模な再編整備を図る。また、用排水路が老朽化し改修が必要な場合や、道路幅が狭く大型農業機械の通行に支障がある場合等においては、中長期

的視点から抜本的な整備を行う方が効果的となることもある。大規模な再編整備によって大区画化を図る際、次のような留意点が挙げられる。

① 地区の等高線に沿って幹線用水路、幹線排水路を配置する。幹線水路から 300m 以上の間隔で支線用水路、支線排水路、通作道を配置することが望ましい。

② 立地条件、農作業条件、水利条件、社会経済条件を検討し、可能な限り大区画化を図る（4.2.4 **耕区の形状及び面積** 参照）。

③ 大規模な再編整備による大区画水田では、ほ区を耕区とすることが望ましい。

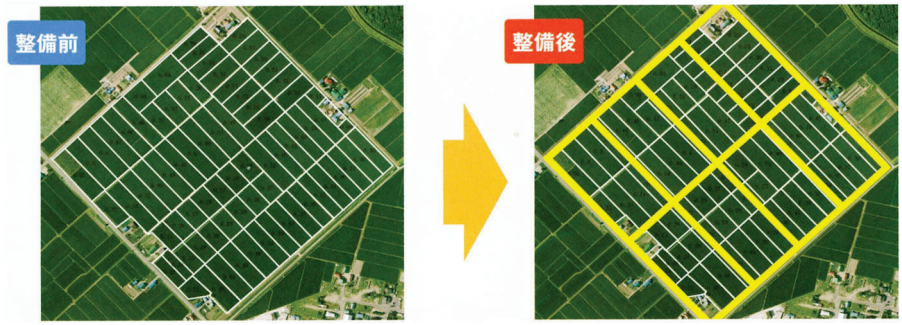
④ 大区画化は機械作業の効率化に加えて、管理作業の省力化も不可欠である。そのため、農道や用排水路の配置を考慮し、農区とほ区と耕区とが同一となることもある。

⑤ 大区画化の他に用排水路の暗渠化・管水路化や地下水位制御システム、多機能型自動給水栓の導入等将来の営農形態を見据えた整備が必要である。

⑥ 自動走行農機の導入がしやすいほ場の配置や形状、農道の拡幅や進入路、農道ターンの整備も併せて検討し、大区画化と併せてスマート農業の普及を推進する。

⑦ 整備前に排水路のあった付近は排水不良や不同沈下が起こりやすいため、暗渠排水等の排水対策が必要である。

⑧ 大区画化に伴い、地域によっては春先の風浪の影響がより顕著になる場合があるため、耕区の向きや長さが極端とならないよう留意する。



0.3～0.5ha/区画　　3.4ha/区画

図-4.1.1　大規模再編整備前後の区画の変化（イメージ）

(2)　畔抜き工法や小排水路の移設等による大区画化（ほ区均平を含む）

整備前の区画が、過去の整備で用水路と排水路が分離され、耕区が 30a 区画等に整形されている場合、現況の水路・道路等を一部利用しつつ畦畔を撤去する工法（畦抜き工法）、傾斜がありほ区均平が困難である場合に、小排水路を移設し道路下等に埋設して区画を拡大する工法により、可能な限り均平区を拡大することで耕区の大区画化を図る（**図-4.1.2** 参照）。この際、立地条件や営農状況等の諸条件が整えば、均平区がほ区と同一になるように大区画化（ほ区均平）を図る。なお、均平区と耕区が同一となる必要はなく、地域の営農状況を考慮して耕区の設定を検討するが、将来の営農を見越して可能な限り均平区は大きくしておくことが重要である。なお、区画の定義や考え方については、**4.2.1 区画の定義及び考え方**を参照する。

畔抜き工法や小排水路の移設等により大区画化を図る際、次のような留意点が挙げられる。

① 立地条件、農作業条件、水利条件、社会経済条件を検討し、可能な限りほ区均平による大区画化を図る（**4.2.4 耕区の形状及び面積** 参照）。

② 農道の幅等が大区画化後の営農に支障がないか十分に考慮し、必要に応じて農道の再整備を図る。

③ 区画拡大した耕区（従前のほ区又は農区）のピーク用水時の用水補給を 24 時間以内で完了させる営農計画とする場合には、支線用水路の通水能力を増加させる必要が生じるため、既設水路の通水能力を確認し、必要に応じて再整備する。

④ 維持管理作業の省力化や安全面（転落防止・熱中症対策等）の観点から、用排水路の暗渠化・管水路化を検討する。暗渠化・管水路化や施設の老朽化等に伴う再整備の際には、整備前の位置ではなく、農道に沿う位置に用排水路を整備することで、均平区を最大で農区まで拡張することができる。

⑤ ほ区均平によって田面標高が整備前の田面標高と変わることで、既設の給水口と落水口の高さと合わなくなるため、新たに給水口や落水口を設置する必要がある。その際に、多機能型自動給水栓の設置や落水口を額縁明渠（ほ場内の給水・排水を促すために、ほ場を囲む形で畦畔沿いに設置する明渠のこと。）からの排水にも対応できる敷高に改修するなどの整備を検討する。

⑥ 従前に暗渠排水が整備されている場合、ほ区均平の切土部分については暗渠管の高さが田面に近くなり、営農に支障を来す場合がある。暗渠管や疎水材の材質によっては、ほ区均平時に既存の暗渠の埋め殺しや撤去を行う必要がある。

⑦ 畦畔の撤去（畦抜き工法）等と均平化を組合せた大区画化においては、整備前と異なり均平区の長辺側が最も長くなることが多い。地域によっては春先の風浪の影響がより顕著になる場合があるため、成苗の定植や浅水管理等での対応が必要な場合がある。

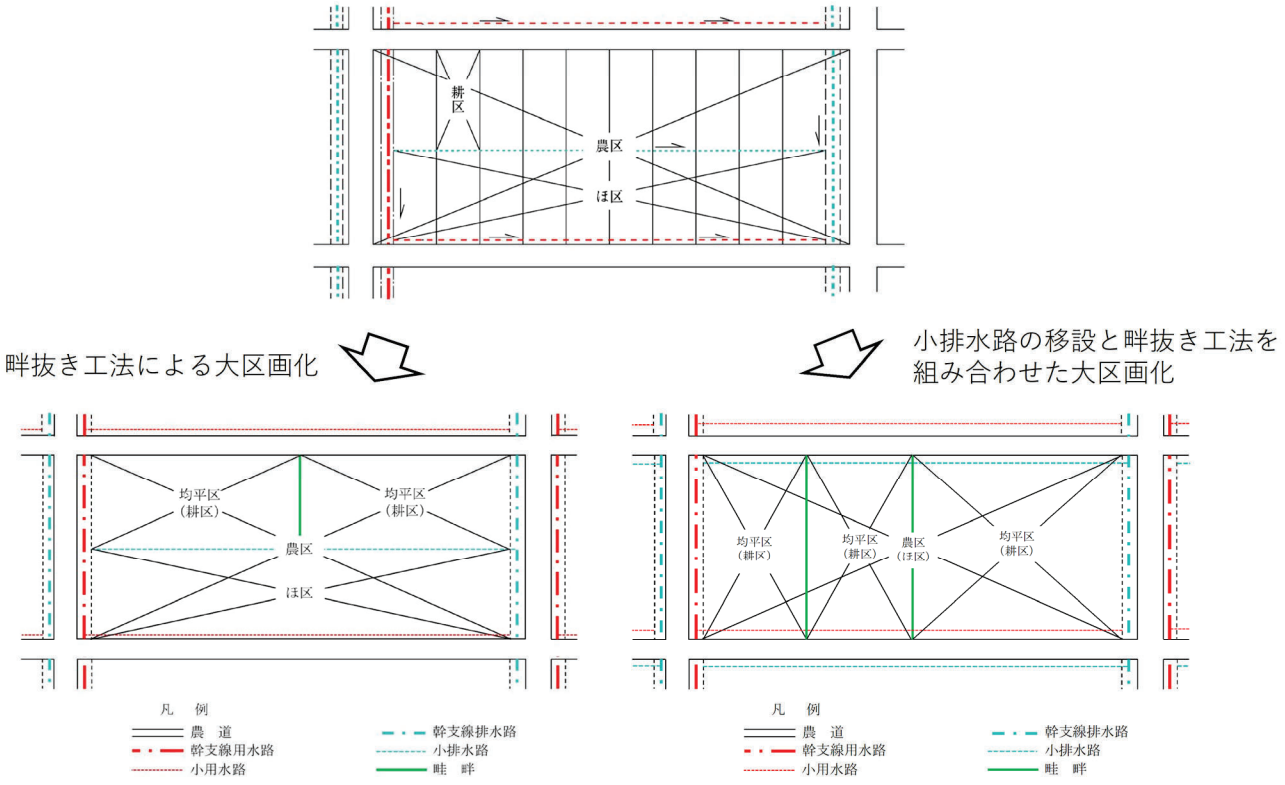
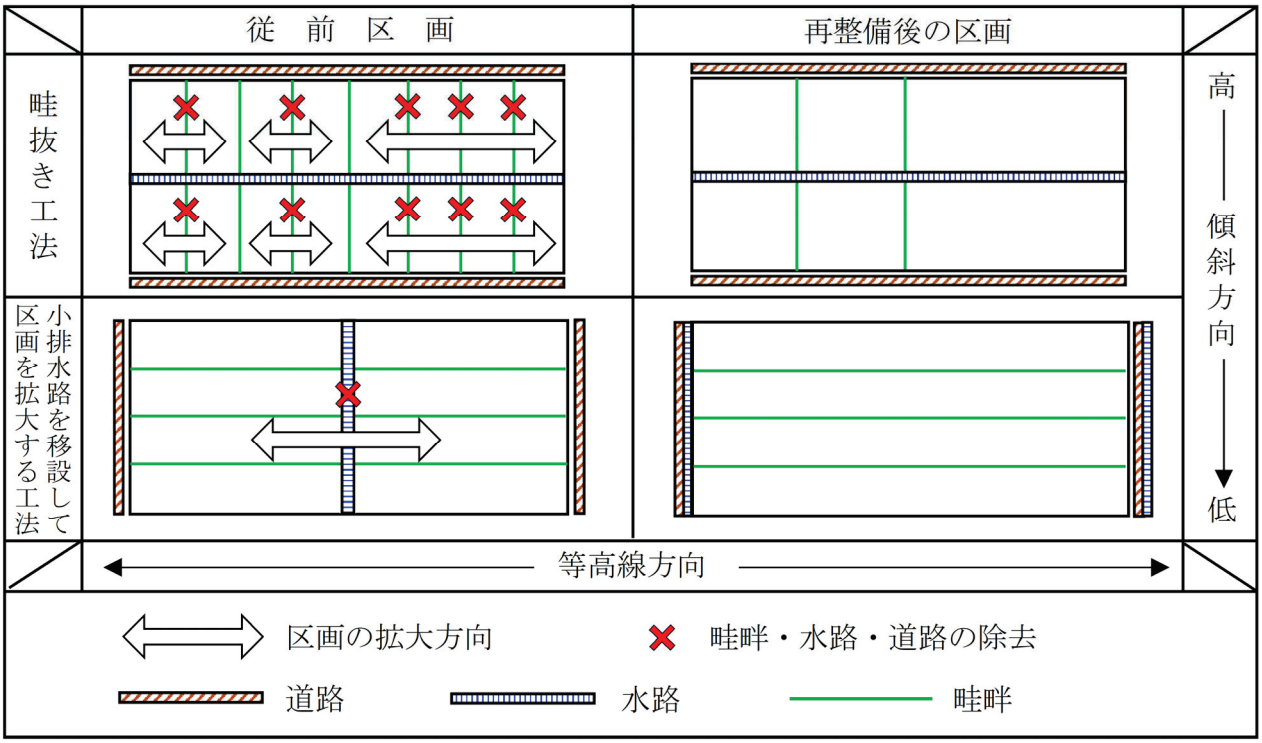


図-4.1.2　畔抜き工法や小排水路の移設等による整備前後の区画の変化

表-4.1.1　畦抜き工法及び小排水路を移設して区画を拡大する工法



4.1.3　水田の汎用化

水田の有効活用を進めるには、排水改良による水田の汎用化が不可欠である。汎用化を図るためには、暗渠排水、排水路の掘り下げ、地下水位制御システム等の整備を検討する。

1　水田の汎用化の効果

水田の汎用化とは、通常の肥培管理により麦・大豆等の畑作物や野菜の栽培が可能となるよう、排水路や暗渠排水の整備等により水田の排水性を改良することであり、農業競争力及び産地収益力の強化に向け、水田の大区画化と併せて推進していくことが重要である。

一般に、畑作物は湿害に弱いため、水稲よりも高水準の排水性が求められる。水田の排水性の改良方法として、排水路の掘り下げ、暗渠排水の設置、土層改良による排水機能の回復・向上等がある。

また、地下水位制御システムは、暗渠排水機能による排水性の維持・向上と地下排水高さの操作により、地下水位の管理を行うもので、畑作物の湿害・干害を防ぎ、安定生産と品質の向上が図られるものであり、水田を高度利用するため、必要に応じて導入を検討する。詳細については**4.3.3 土層改良及び土壌改良**、**4.8.7 地下かんがい**に述べる。

2　水田の畑利用時の留意点

水田の畑利用について、次のような留意点が挙げられる。なお、水田を一時的に畑作物の栽培に利用することを「水田の畑利用」、水田を恒久的に畑地化することを「水田の畑地化」とする。

①　転作作物に合わせた排水改良（暗渠排水、額縁明渠の追加施工等）が必要となる。

②　隣接するほ場からの横浸透量（畦畔浸透量）が増加することがある。このため、隣接するほ場で作付作物を揃えるなどの対応が必要となる。

③　再度水稲作に転換した場合（還元田）、水田として継続利用した場合に比べ浸透量が増加する。
④　畑地化を進める場合は、排水条件が重要となることが多いため、排水計画を検討する際に留意が必要である。
⑤　平坦地においては、集約的営農を展開するほ場においても将来更なる大区画化の可能性があるため、できる限りほ区内は段差をなくし、同一標高に均平としておくことが望ましい。
⑥　集約的営農では、作物ごとに使用する機械が異なるため、将来の営農形態を踏まえて機械の作業能力等を想定し、耕区の大きさ・形状を検討する必要がある。
⑦　集約的営農、特にハウス園芸を導入するほ場において、迅速な地表排水及び収穫物の搬出労力軽減を特に必要とする際は、耕区長辺長を短くするか、耕作のための道路及び小排水路を耕区両側に配置することを検討する。

3　ゾーニングの検討

①　汎用化の計画に当たっては、地区内の全てのほ場で汎用化の整備を行うのではなく、水田専作、畑専作及び輪換田のゾーニングを検討する。その際、地下水位が低い場所に畑地、輪換田をあてるなどすれば、汎用化のための特別な工事の量を削減でき、ほ場整備の建設費を削減できる可能性がある。[7)]
②　輪換田のゾーン内において、年単位で水稲作と畑作のブロックローテーションを行うことで、畑作ブロックの地下水位を低下させ、輪換田の排水性を改善できる場合もある。
③　ゾーニングは複数の集落をまたいで広域で行った方が効率的であるが、検討に当たっては、地域の意向を十分に配慮しなくてはならない。

4.1.4 スマート農業への対応

スマート農業とは、ロボット技術や情報通信技術（ICT）等の先端技術を活用して、農作業の省力化・精密化や高品質生産の実現等を推進する新たな農業のことであり、農業生産現場の課題を解決するため、大区画化とともにスマート農業の展開が進められている。

1　スマート農業の展開

農業分野では、農作業の省力化、人手の確保、負担の軽減が重要な課題であるが、ロボット技術や情報通信技術（ICT）等の先端技術を活用して、農作業の省力化・精密化や高品質生産を実現するスマート農業技術により、現場課題の解決に向けた取組が進められている。特に、ほ場の大区画化やそれに伴う区画形状の均整化、地物障害物の撤去等を行うことで、自動走行農機やドローンによる農作業の効率化が促進される。一方で、大区画化によって地力や均平のムラが大きくなるが、データを活用したスマート農業導入により最適な栽培が可能となることから、経営規模拡大のためには大区画化とスマート農業導入についてあわせて検討を行うことが望ましい。

本指針では、農作業の省力化・生産性向上に資する先進技術導入のための基盤整備の設計手法を**表-4.1.2** のとおり記載している。

表-4.1.2　本指針における先進技術導入のための基盤整備の設計手法に関する記載内容

節・項番号	記　　載　　内　　容
4.2 区画設計	スマート農業の導入を考慮した区画設計
4.3.6 畦畔	畦畔の草刈りの省力化技術
4.3.7 進入路	自動走行農機の導入のための進入路設計
4.4 ほ場内農道	自動走行農機及びドローンの導入のためのほ場内農道設計
4.6.3 パイプラインの設計	多機能型自動給水栓
4.10 水管理システム	ICT を活用した水管理システム
4.11 情報通信環境整備	情報通信環境整備

2　対象とするスマート農業機器

本指針では、主に次のようなスマート農業関連機器の導入を想定した基盤整備を対象としている。

①　自動操舵機能付乗用トラクタ、田植機、コンバインによる水稲栽培作業の省力化

②　ドローンによる乾田・湛水直播、防除作業の省力化

③　ICT 等を活用した水管理システムによる水管理の遠隔化・自動化

④　リモコン草刈機等による畦畔等の除草作業の遠隔化・自動化

4.1.5　大区画化による農作業の省力化及び安全性向上効果

ほ場の大区画化や農道、用排水路等の一体的整備により、農作業の効率化及び安全性向上、水管理や維持管理の省力化が図られる。

1　農作業の省力化

ほ場の大区画化により、次のような農作業の更なる省力化が期待される。

①　担い手への農地の集積・集約化や生産コストの削減を図る農地の大区画化等の基盤整備の推進により、大型で高性能な農業機械が導入可能となり、作業効率が改善される。

②　農道、用排水路、水口等の整備（統合・集約化を含む）により、人・農業機械の移動や水管理の労力が軽減される。

③　畦畔の本数が減少、畦畔の拡幅、畦畔法面の緩勾配化により、除草の労力が軽減される。

2　農作業の安全性向上

農道の拡幅、進入路や畦畔法面の緩勾配化、用排水路の暗渠化・管水路化（**図-4.1.3** 参照）等により、農業機械の走行やほ場周辺の作業時の安全性向上が図られる。

一方で、ほ場整備により営農・維持管理作業上の変化を生じさせる場合もあるため、農作業の安全性を確保する観点も含めて、地区の整備後の営農展開を勘案し整備水準を決定する必要がある。

加えて、整備後は年数を経るに従い、施設の劣化や構造物の形状変化が生じるため、**表-4.1.3** のような安全性向上対策を適時適切に行うことが重要である。

表-4.1.3　農作業時の事故原因と基盤整備に関連する安全性向上対策

事故発生場所	事故原因	想定される安全性向上対策
ほ場内	・不整形ほ場や狭小区画（法面・畦畔への接触、旋回・後退作業時の危険性）	・機械の乗上げ・転落の危険性の高い場所の畦畔の拡幅 ・機械によるほ場端部の作付け、耕耘の回避 ・作付可能エリアを示す目印（ポール等）の設置
	・進入路の法先とほ場面の段差	・良質土等への置換による段差解消 ・機械によるほ場端部の作付け、耕耘の回避
	・ドローン使用時の架線接触	・電線、電柱の高さの変更や移設
進入路	・形状（急勾配、幅員不足） ・機械の大型化、インプルメント使用等による機械と環境のミスマッチ ・路面の不陸	・機械やインプルメント装着時を想定した進入路の改修（緩勾配化、拡幅等） ・道路接続部における水平部や隅切りの設置 ・路面舗装、滑止め舗装 ・路面補修、不陸修正
	・雑草繁茂	・ポール等の目印の設置 ・除草等の適時適切な維持管理 ・集落点検
	・天候の影響	・進入路位置を示す目印の設置 ・滑止め舗装
	・進入路周りの障害物	・電線、電柱の高さの変更や移設 ・作業スペースの確保
農道･耕作道	・形状（急勾配、幅員不足）	・舗装、路肩の整備、拡幅・緩勾配化 ・用排水路の暗渠化・管水路化による農道の拡幅 ・ポール等の目印の設置 ・機械の仕様に応じた走行ルートの設定 ・集落点検
	・維持管理不足（雑草繁茂、路面劣化）	・路面補修、不陸修正等の簡易補修 ・路肩等、風化しやすい場所のコンクリート化 ・除草等の適時適切な維持管理 ・集落点検 ・障害物等の点検と除去
	・天候の影響	・降雨や積雪を考慮した滑止め舗装や余裕幅の設定 ・道路線形等を示す目印の設置
畦畔・法面	・除草場所における障害物（農道舗装用の砂利を含む）	・ほ場の大区画化、用排水路の暗渠化・管水路化による法面の削減 ・リモコン草刈機・乗用草刈機等の使用、それらに適した法面形状と機械搬入路等の整備 ・芝等による法面の植生転換 ・障害物等の点検と除去
	・除草作業の足場が不安定 ・草刈機の切返し作業等による転倒	・法面の緩勾配化 ・足場確保のための畦畔天端の拡幅、小段設置 ・リモコン草刈機に適した畦畔形状

【事例】用排水路の暗渠化・管水路化による農道の拡幅

用排水路を管路にしたことで、農業機械の転落を防止し維持管理の軽減にも寄与した。また、耕作道の拡幅により、大型機械の走行や車両のすれ違いが可能となるなど、農作業が効率的になるとともに交通事故防止に寄与した。



図-4.1.3　用排水路の暗渠化・管水路化による農道拡幅事例 [8)]

4.1.6　水田の多面的機能

水田には、食料を生産する本来の機能に加え、洪水防止、地下水かん養等の多面的な機能を有する。ほ場整備に当たっては、これらの機能を十分発揮できるよう配慮することが必要である。

水田は、主に次のような多面的機能を有する。

1　洪水防止機能

水田は、雨水を一時的に貯留し河川や周辺への流出を遅らせ、地域の浸水や下流での洪水を防止する働きがある。

2　土砂崩壊防止機能・土壌侵食防止機能

水田が維持されることにより、土砂流失を抑制し、水質汚濁等の被害の防止につながる。また、水田はほ場面が均平であり、周囲を畦畔で囲み湛水しているため、土壌侵食や土砂流失が発生しにくい構造である。

3　地下水かん養機能・河川流況安定

水田に貯留されたかんがい用水や雨水の多くは地下に浸透し地下水になるとともに、時間的遅れを伴って河川に還元されることで、下流の生活用水や工業用水等に利用されるだけでなく、河川の流量を安定させる働きもある。

4　大気調節機能

水田の蒸発散には、大気の熱循環を促し暑さを和らげる働きがある。また、農作物の光合成作用は、温室効果ガス（二酸化炭素）を吸収し酸素を発生させ、大気汚染ガスを吸収・吸着する働きがある。

4.1.7 二次的自然空間としての水田

水田には、耕起、湛水及び田植という人間の働きかけ（人為的攪乱）による環境に対応した様々な植物、水生昆虫、魚類、両生類、鳥類等が生息・生育し、良好な二次的自然空間が形成されている。ほ場整備に当たっては、このような生態系との調和に配慮することが必要である。

水田では、田植を境にそこで繁殖する生物種が大きく変化する。田植前の期間は北方系の生物の繁殖が、田植後は南方系の生物の繁殖が認められ、年間を通じて生物の生息環境を提供している。これは、もともと洪水によって毎年造り変えられる氾濫原の浅い池という不安定な環境に適応していた生物が、人間によって造りだされた同じような環境（水田）に移り棲んだことによる。[11)]

水田では耕起、湛水及び田植が定期的に行われ、このような人間の働きかけ（人為的攪乱）による環境の変化に対応して、様々な水生植物、水生昆虫、魚類、両生類、鳥類等が生息・生育し、良好な二次的自然空間が形成されている。

4.1.8 環境との調和に配慮する考え方

ほ場整備における環境との調和に配慮した設計に当たっては、農作業の安全性、効率性、維持管理作業性、経済性等を十分に検討した上で、生物の生息・生育環境の保全や景観の保全等の実現を目指した区画計画や施設整備計画を立てることが基本である。

1　生態系配慮

環境配慮対策は、生態系ネットワークの保全・形成を視点に置き、調査、計画、設計、施工、維持管理・モニタリングの各段階を通じて行う。

事業主体は、調査実施時から、農業者を含む地域住民、市町村、土地改良区、NPO、有識者等が参画する仕組みを整備し、地域の環境の保全・形成について、維持管理体制や方法等の検討を行うなど、地域が一体となった取組を進めることが重要である。

(1)　設計条件の設定の考え方

現地調査や環境配慮計画等を踏まえ、農業の生産基盤等として施設を設計するために必要な基本的な条件（計画用水量、計画排水量、計画水位、用排水系統、計画交通量、幅員等）を考慮し、保全対象生物の生息・生育環境及び移動経路の保全・形成のための条件、流域・洪水・渇水条件、用水・排水条件、用地条件、資材利用条件、維持管理条件等、個々の現地の条件から設計条件を明らかにする。

設計条件を設定するに当たっては、有識者（学識経験者、研究機関の職員、環境に関する資格[注)]を有するもの、コンサルタント等）の指導・助言を得ながら、農業者を含む地域住民、市町村、土地改良区、NPO に説明し、合意を形成することが重要である。

注）環境に関する資格としては、技術士（公益社団法人 日本技術士会）、ビオトープ管理士（公益財団法人 日本生態系協会）等がある。

(2) 保全対象生物の生息・生育環境及び移動経路の保全・形成のための条件

保全対象生物の生息・生育環境及び移動経路の保全・形成のために適した環境条件（水深、流速、流量、底質、水質、周辺の緑地や水路内の隠れ場等の環境等）を整理し、生態系ネットワークに極力影響を与えないような設計条件を設定する。

(3) 流域・洪水・渇水条件、用水・排水条件

水路と河川、水路の上下流、水田と水路、水田と樹林地の間を移動する生物の移動経路の阻害や、水路やため池の乾燥や水枯れ、水際の植物や樹林の伐採等による生物の生息・生育環境の消失を引き起こさないよう、施設構造・規模、施工時期、施工期間、工事の仮設計画、施工方法、施工範囲等を設定する。

(4) 用地条件

水路や農道等の整備に際し、現況の用地幅と比較して施設用地や工事区域を広くする場合や地形、周辺構造物等により環境配慮工法を導入するための施設用地や工事区域の確保が困難で導入できる工法が限定される場合等は、用地条件として設定する。

(5) 資材利用条件

経済性や景観面、資源の有効利用の観点から地域で採取・利用できる自然材料（石材、間伐材等）や現地発生材（水路底土、表土、ため池の浚渫土、栗石、ブロック等）を環境配慮工法の資材として利用する場合は、種類や資材としての賦存量（利用可能量）等を把握する。

また、地区内外から土砂等を調達する場合は、生態系への影響を防ぐため、外来生物が混入しないよう留意する。

(6) 維持管理条件

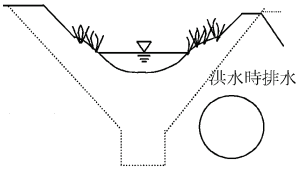
市町村や農業者を含む地域住民等が維持管理に関与する程度を勘案しつつ、計画段階で設定された維持管理計画に基づき、過度な負担が生じないような作業の内容、範囲、頻度等の維持管理条件を設定する。

想定される生物への影響例及び配慮対策の例を**表-4.1.4、表-4.1.5** 及び**図-4.1.4** に示す。

表-4.1.4 想定される生物への影響例

工種	整備内容	影響の内容	影響を受ける生物（分類群）
ほ場整備	区画整理	表土はぎによる直接的影響、畦畔減少	水田を越冬場としているカエル類、畦畔で蛹期を過ごす水生昆虫等
	用排水路の分離	排水路と水田の段差による移動経路の分断	水田に遡上して産卵するフナ類、ドジョウ等の魚類
	暗渠排水の整備	乾田化による水たまりの消失	早春に産卵するアカガエル類、サンショウウオ類等の両生類
施工時の影響		重機による騒音・振動の発生 掘削による濁水の流出 土砂の移動等による外来生物の侵入、流出 水路の締切による流量や水深の変化 工事用道路やヤード設置による生物の生息・生育地の消失や移動経路の分断等	生息・生育する生物全般

表-4.1.5　各工種における具体的配慮対策の例[12)]

工　種	具　体　的　配　慮　対　策
区画整理	①田面 ・ビオトープ池、ビオトープ水田及び冬期湛水田の創設 ・在来植生の保全（畦畔の表土扱い） ・大規模な地形改変の抑制（地形に応じた区画整理） ・承水路の保全 ・畦畔木の保全 ②周辺環境との連続性 ・水田、水路、河川の連続性を考慮した現況の良好な環境の保全 ・近隣のため池や湿地等の地域資源との連続性を活かした区画配置、規模設定 ・水路と水田の連続性確保（水田魚道）
道　路	・生物生息・生育域の回避 ・連続性の確保（道路横断工の設置） ・多様な生息・生育空間の確保（法面の石積み） ・エコロジカルコリドーの創出（沿線の緑化）
用 水 路	①パイプライン ・代償施設（２段水路）の設置 ②開水路 ・多様な流速の確保（瀬や淵の形成、ワンド等） ・多様な生息・生育空間の確保（土水路、木工沈床等） ・周辺環境との連続性確保（緩傾斜護岸） ・小動物の落下防止等（蓋、脱出施設） ・低水期の生息・生育空間の確保（保全池、避難場所）
排 水 路	①暗渠 ・代償施設（２段水路）の設置 ②開水路 ・多様な流速の確保（瀬や淵の形成、ワンド等） ・多様な生息・生育空間の確保（土水路、木工沈床等） ・上下流の連続性確保（急流工、階段魚道） ・周辺環境との連続性確保（緩傾斜護岸） ・小動物の落下防止等（蓋、脱出施設） ・低水期の生息・生育空間の確保（保全池、深みの設置）  ２段水路

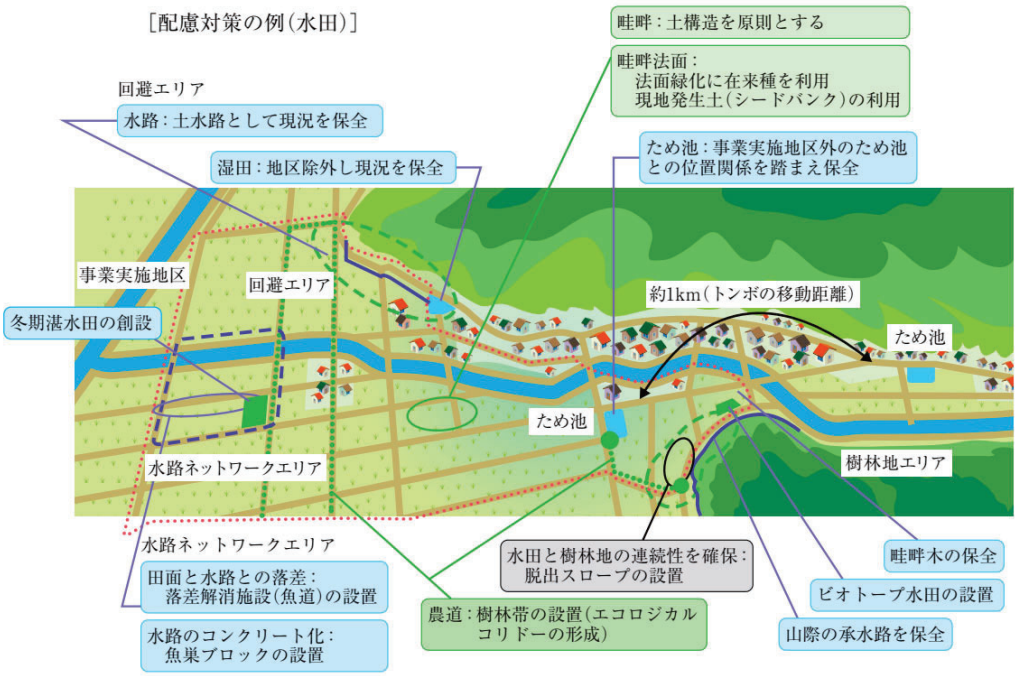


図-4.1.4　配慮対策の例 [12)]

(7)　ミティゲーション５原則（環境配慮の５原則）

農業農村整備事業における環境との調和に配慮する対策は、ミティゲーション５原則により選定することを基本とする。

ミティゲーション５原則の適用に当たっては、農業生産性の向上等の事業目的の確保を前提とし、保全対象生物の生活史を踏まえた上で、保全対象生物の生息・生育環境の保全、事業への影響や費用、維持管理等の観点から、自然状態での生息・生育環境の保全（回避）が可能かどうかを十分検討し、それが不可能な場合は実施の可能性を順次検討し、最も適当なものを選定する。ミティゲーションは、回避、最小化、修正、影響の軽減／除去、代償の５原則に分類され、代償は検討の結果やむを得ない場合にのみ適用する。（**図-4.1.5** 参照）

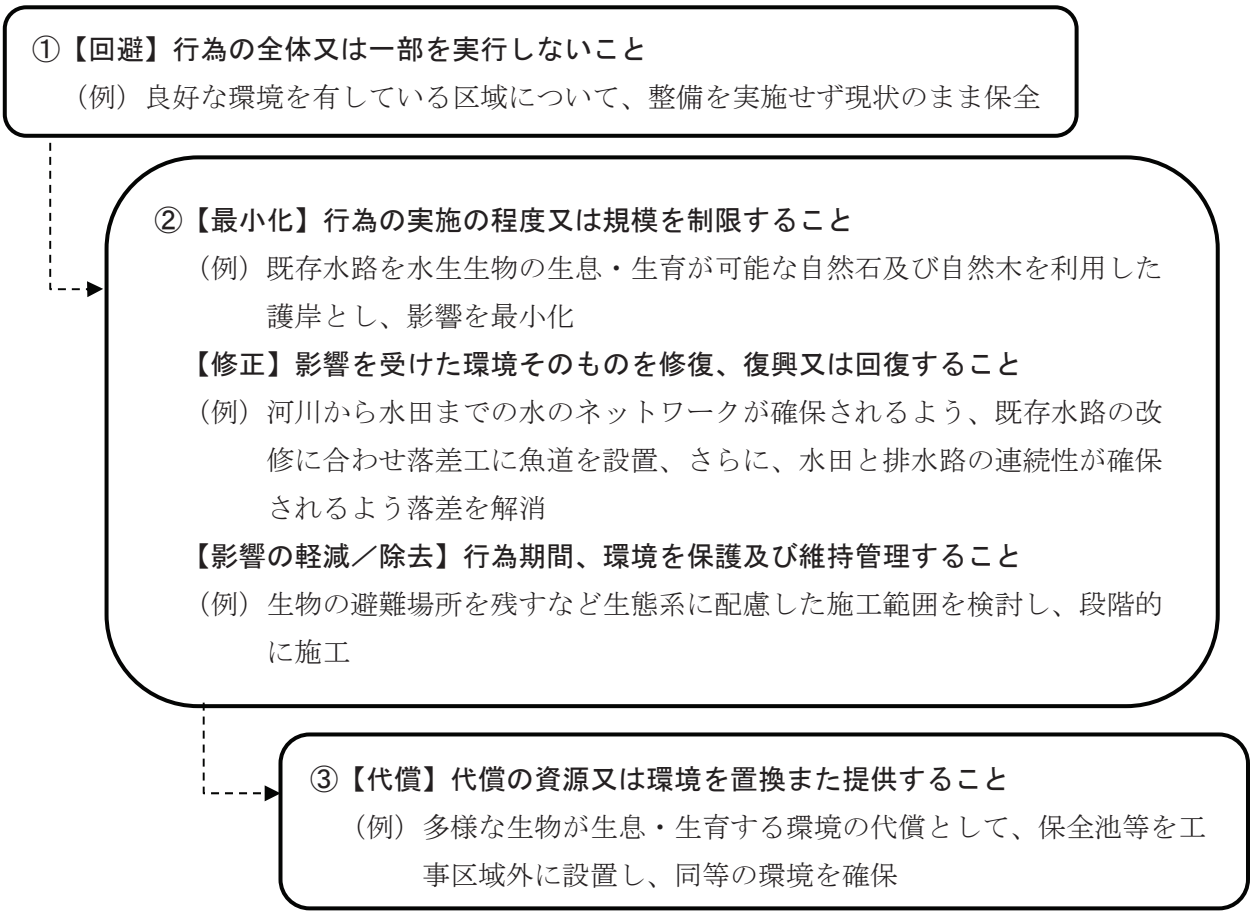


図-4.1.5　ミティゲーションの分類 [12)]

(8) 外来生物対策を考慮した設計

外来生物が調査段階で確認された場合は、外来生物が定着しにくい水路構造にするなどの検討を行う。

・カワヒバリガイへの対策については固着防止資材が複数開発されており（シリコーン系資材によるライニング等)、現地においても一定の効果を示しているが、経済性や効果の持続性が課題である。

・タイワンシジミは、パイプライン内部で成長・繁殖し、管内を一気に流下することで詰まり、末端給水栓において蛇口をひねっても水が出ない症状を引き起こす。こうしたタイワンシジミの詰まりを予防する施工上の対策として、給水栓の構造で対応する方法がある。給水栓の構造として、管水路の下から給水するタイプと、横から給水するタイプがあり、横から給水するタイプの方が詰まりにくい。ただし、費用が嵩む上、ほ場と配管の位置関係から下から給水する構造とせざるを得ない場合もある。

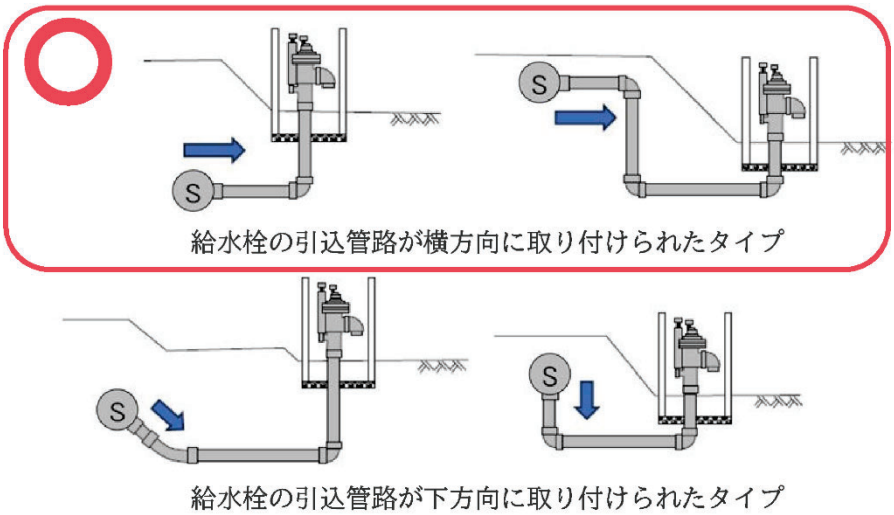


図-4.1.6　給水栓の構造によるタイワンシジミの詰まり対策例 [13)]

ナガエツルノゲイトウ、オオバナミズキンバイ、オオフサモ、ブラジルチドメグサ等、多年生の抽水～湿生植物は、水路やため池の水際護岸に定着し、その後水面を覆うように群落を拡げる。そのため、コンクリート水路であっても水位が高く維持されている水路では土羽に根を下ろし定着してしまう。こうした外来植物の定着を防ぐため、環境配慮を要する水路と要しない水路でメリハリをつけて、要しない場合で外来植物繁茂のリスクがあると想定される場合は、水際部をコンクリートにするなど未然防止策を検討する。

【事例】施工時における配慮の例

表-4.1.6　外来生物の流出防止対策の例 [14, 15)]

項　目	配　慮　内　容
外来生物の流出防止	・(魚類・甲殻類・水生植物等) 外来生物が下流域に流出しないように、排水口や排水路に流出防止用のカゴや網を設置する。また、破損した場合に流出することを避けるため、カゴや網は二重・三重に設置することが望ましい。 ・植物は、乾いた陸上にも根付いて再生するため、厚手のブルーシートやアスファルト等の上に置く。 ・重機等に断片が付着して運ばれる可能性があるため、作業後移動する際に洗浄を行い断片の流出を防止する。



①外来魚類の流出防止を目的としたカゴの設置



②外来植物の流出防止を目的とした網の設置



③駆除した外来植物を袋に詰め、ブルーシートの上に置く

出典）① 環境省東北地方環境事務所（2010）：池干しによるオオクチバス等駆除マニュアル～宮城県伊豆沼・内沼流域の事例から～
②、③ 農林水産省、環境省、農業・食品産業技術総合研究機構（2025）：ナガエツルノゲイトウ駆除マニュアル

図-4.1.7 外来生物の流出防止対策の例 [14, 15]

【参考】発生した問題と対応方針の例

■ 調査・計画段階では確認されなかった希少な生物が見つかった。

[発生した問題点]
施工時に希少な生物の生息・生育が確認された。

[対応方針]
①関係者へ連絡するとともに、有識者に種の同定を依頼し、対策について協議する。
②工事を続行する場合、希少な生物を一時避難させる移動先を検討する。
③有識者と連携して移動計画と作業者を検討する。
④希少な生物の移動とモニタリングを行う。

■ 切土面から湧水が発生した。

[発生した問題点]
山際を掘削中に湧水が発生。下流の土水路の水位が低下し、生息するホトケドジョウへの影響が懸念された。

[対応方針]
①湧水箇所を確認し、仮設パイプで集水する。
②周辺の土水路や湿地等の水位に大きな変化がないか確認する。
③下流の土水路の水位が低下していたため、監督職員、有識者等に立会ってもらい対応を検討する。
④土水路に生息するホトケドジョウへの影響が示唆されたため、集水した湧水を下流の土水路に導水する。

■ 新たに造成した法面や仮置き土の上に特定外来生物が繁茂した。

[発生した問題点]
掘削土をヤードに仮置きしていたところ、特定外来生物のオオキンケイギクが生えてきて繁茂してしまった。

[対応方針]
①繁茂したオオキンケイギクを駆除し、適切な方法で処分する。
②工事区域内やその周辺にオオキンケイギクがほかにも繁茂していないか確認し、ほかにも確認された場合には駆除を行う。
③仮置土にブルーシートをかけるなどして、再度繁茂しないよう処置を行う。
④一度オオキンケイギクが繁茂した仮置土の処分方法については、有識者等の指導を仰ぐ。

図-4.1.8 発生した問題と対応方針の例

2　景観配慮

良好な農村景観を形成するためには、景観法や景観条例等の地域景観に関わる各種計画等が定められている場合には、それらの計画等を遵守しつつ、農業農村整備事業における景観との調和に配慮した取組と担い手を含めた地域住民を主体とした景観形成活動等との連携や、他の公共事業等における景観形成の取組を総合的に展開することが必要である。また、良好な景観の形成に当たっては、長期的な視点に立ち計画的、段階的な推進を検討することが必要である。

その上で、農業農村整備事業における景観との調和への配慮は、農業の生産性の向上等事業本来の目的を踏まえ、地域景観の特性に応じた、良好な景観形成を推進するための景観配慮対策を講ずることである。

景観配慮における基本原則として、「除去・遮蔽」、「修景・美化」、「保全」、「創造」の４つがある。また、複数の基本原則を組み合わせることもある。

(1)　除去・遮蔽

除去・遮蔽とは、景観の質を低下させる要因を取り除いたり隠したりすることであり、景観の質を維持するための配慮のひとつである。景観の質の低下をもたらすと懸念される施設等景観の質を低下させる負の要素（現状の景観に違和感をもたらす、秩序を乱す要素）に対して適用する景観配慮の基本的な対策である。

(2)　修景・美化

修景・美化とは、新たな構造物の設置、又は既設構造物の改修の際に、周辺構造物と形、色彩、素材等を揃えたり、植栽等の美化要素を加えたりすることで、周辺景観に違和感を与えないよう、なじませる対策である。

(3)　保全

保全とは、長い年月をかけた営農活動を通じて形成されてきた農村文化を現す景観を守るため、営農活動によって形成された土地利用の形状を基に、秩序に混乱をもたらす要素の侵入、介入を防ぎ、農村の文化的価値を維持していくための対策である。

(4)　創造

創造とは、新たに要素を付加することで、新たな空間調和を創造するものである。空間調和を実現していく上では高度な考え方で、除去・遮蔽、修景・美化、保全というプロセスを踏まえた上で、より高い景観の質を目指す場合に用いられる対策である。

引用・参考文献

1）農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準・計画「ほ場整備（水田）」（平成 25 年 4 月）
2）農林水産省農村振興局：自動走行農機等に対応した農地整備の手引き（令和 5 年 3 月）
3）石井敦（2018）：真の低コスト稲作のための農地の利用集積・圃場整備と土地改良法の改正、土地と農業 48、p.26-42
4）國光洋二ら（2015）：農業農村整備の投資と社会資本ストックの動向、農業農村工学会論文集 83(1)、p.59-67
5）農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準　計画「暗渠排水」（平成 29 年 5 月）
6）農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準・計画「農業用水（水田）」（平成 22 年 7 月）
7）杉浦未希子ら（2013）：今こそ、経営と水田区画の規模拡大を、農業農村工学会誌 81(1)、p.11-14
8）農林水産省農村振興局：農業生産基盤整備等を通じた農作業事故のない安全な農村の実現に向けて全国の取組事例（令和 4 年 4 月）
9）農林水産省農村振興局：「田んぼダム」の手引き（令和 8 年 3 月）
10）農林水産省農村振興局：土地改良事業設計指針「ため池整備」（平成 27 年 5 月）
11）丸山利輔ら（1998）：水利環境工学、朝倉書店、p.17-18
12）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・設計の手引き（第 3 編）「ほ場整備（水田・畑）」（平成 16 年 5 月）
13）農林水産省農村振興局鳥獣対策・農村環境課：外来種等が農業水利施設に及ぼす影響と対策の手引き（改訂版）（2025）
14）環境省東北地方環境事務所：池干しによるオオクチバス等駆除マニュアル～宮城県伊豆沼・内沼流域の事例から～（2010）
15）農林水産省、環境省、農業・食品産業技術総合研究機構：ナガエツルノゲイトウ駆除マニュアル（2025）
16）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（平成 30 年 5 月）

4.2 区画設計

4.2.1 区画の定義及び考え方

ほ場の区画は、農区、ほ区及び耕区に分けられるが、その形状と大きさはそれぞれ相互に関連を有している。また、大区画化によって、耕作上の最小単位である耕区が、ほ区あるいは農区となる場合がある。

1　区画の定義

ほ場の区画の単位は、農区、ほ区及び耕区とする。それらの関係を**図-4.2.1**に示す。

(1) 農区

農区は、その周辺を農道によって囲まれた区画で、土地利用計画上の単位となるものである。条件が整えば、農区内では同一条件の水管理及び作業管理を行い得るため、経営上及び栽培管理上の単位にもなる。

(2) ほ区

一つの農区が小排水路によって分けられた場合、それぞれをほ区と称する。このように、ほ区とはその周囲を農道及び水路（小用水路及び小排水路）によって囲まれた区画のことである。ほ区は、稲作における水管理を適切に行い得る最大の区画である。

(3) 耕区

耕区は、ほ区を畦畔によって細分化した区画である。耕区は耕作上の最小単位であり、効率的な作業管理や適切な用排水管理を行い得るように、その規模が決定される。なお、耕区において、小排水路の直角方向の辺を耕区長辺、平行方向の辺を耕区短辺と定義しており、大区画化によって耕区短辺長が耕区長辺長より長くなる場合についても同様とする。

(4) 均平区

ほ区の長辺方向に同一標高で整備された区画である。立地等の諸条件が整えば可能な限り均平区を大きくし、最大で農区と同一にすることができる（ほ区均平)。

2　大区画化による区画定義の考え方

大区画ほ場においても区画定義は変わらない。耕区は畦畔で囲まれた耕作上の最小単位であるが、ほ区均平によってほ区が１つの耕区となった場合、耕区とほ区が同一となる。

また、大規模な再編整備による大区画化によって、ほ場の両側に小用水路と小排水路が整備され、さらに四方に農道も整備される場合は、耕区がほ区となり、農区となる。

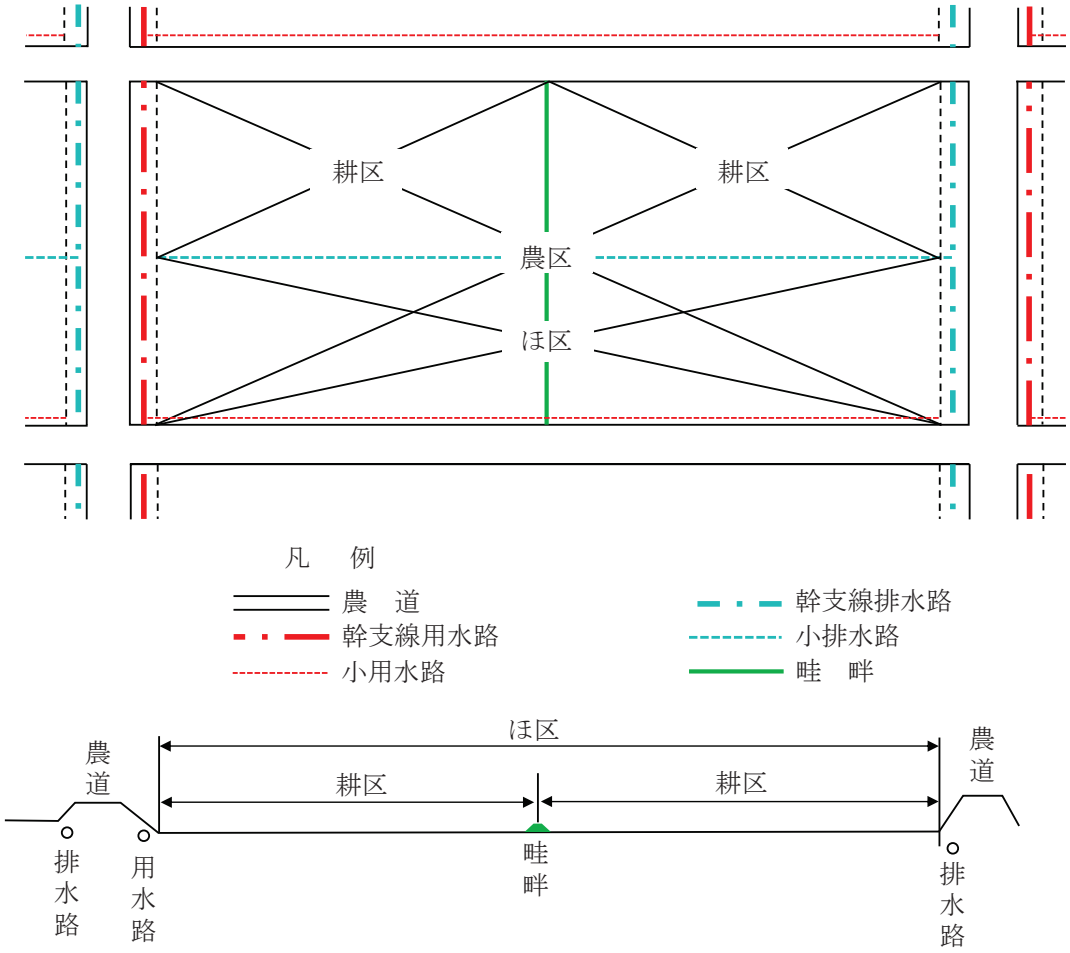


図-4.2.1　農区、ほ区及び耕区の関係のイメージ

【参考】ほ場整備事業における水路の種別

ほ場整備事業において、水路はその規模から次のように大別される。

表-4.2.1　ほ場整備事業における水路の種別

用水路	幹線用水路	河川等から直接取水し地区全体を支配する水路
	支線用水路	幹線から分水され農区等を支配する水路
	小用水路	支線又は幹線から分水され、ほ区及び耕区を支配する水路
排水路	幹線排水路	支線及び小排水路からの排水を河川、海等に流下させる水路
	支線排水路	農区単位の排水を河川及び幹線排水路に流下させる水路
	小排水路	ほ区及び耕区単位の排水を支線及び幹線排水路に流下させる水路
	承水路	地区外の排水を支線及び幹線水路に流下させる水路

3　傾斜区分

本指針では、地形勾配が 1/100 未満を「平坦地」、1/100 以上 1/20 未満を「傾斜地」とする。

4.2.2 区画・用排水路及び農道の配置

区画、用排水路及び農道の配置に当たっては、絶えず地形や傾斜等に応じた耕区の形状と規模を想定しておかなければならない。また、大区画化の整備方法によって、その配置の考え方は変わる。

1　一般事項

水田の区画設定に当たっては、地形や傾斜等に応じた標準的な耕区の形状と大きさを想定しながら、原則として用排水路及び農道密度が最小限となるよう配置する必要がある。

区画の配置において、用水の取水位置・取水方法・水利慣行・用水不足の状況等は、用水路設計で考慮し、河川の位置・流況・改修の状況等は排水路設計で考慮する。また、農道配置は既設道（国道・都道府県道・市町村道）・改修計画道等を考慮して、それぞれが区画設定に活かせるよう配慮することが重要であり、これら広域の現況と将来計画との関連を十分検討して配置設計を行う必要がある。

また、一般的に、ほ場整備は一度実施すると再整備まで数十年を要するため、地域計画構想を踏まえた農地の集積・集約化を検討し、可能な限り大区画化を実施することで、当面は再整備の必要がない状況を確保する。

2　大規模な再編整備による大区画化に向けた用排水路、農道配置の考え方

(1) 一般的な配置の手順

① 等高線に沿って、幹線用水路と幹線排水路（どちらも数十 ha～100ha 程度以上の面積をカバーする水路）を配置する。

② 幹線用排水路から分岐する支線用排水路及び農道は可能な限り 300m 以上の間隔で配置することが望ましい。なお、この間隔がほ区の長辺となることから、水利条件や農作業条件等を考慮して決定する（**4.2.3 ほ区の形状及び面積** 参照）。

③ ほ区短辺が可能な限り 100m 以上となるように計画する。主勾配方向の均平となるため、均平時の土工量や法面の高さ等を考慮して決定する（**4.2.3 ほ区の形状及び面積** 参照）。

④ ほ区２つ（農区）ごとに、ほ区長辺に沿って農道を配置する。

⑤ なるべく耕区とほ区が同一となるように均平を行うことが望ましいが、地形条件等により、ほ区均平を図ることが困難な場合には、ほ区内に畦畔を設置し２つ以上の均平区に区分けする。また、農業者のニーズや経営規模等に応じて、均平区内に畦畔を設置し２つ以上の耕区に区分けする場合もある。この際、畦畔を幅広畦畔にして維持管理を軽減することも必要である。

(2) 区画配置における留意点

① ほ区及び農区の長辺が、地区の等高線に沿うように区画配置を行う。

② ほ場の規模ごとに区域をゾーニングすることで、それぞれの区域に適合した施設整備を行うことができる。

③ 大区画水田の整備を考えることを基本とするが、農地の集積が進み、大規模経営体が主となる場合等には、更なる大区画水田での整備を検討する。

④ 区画の配置、形状、規模の決定に当たっては、まず用排水管理を考慮して固定的施設である用排水路に囲まれるほ区を決め、次にそのほ区をもとにして、地形傾斜、関係農業者の経営規模、農地の集積・集約化の状況、農業機械の作業効率等を考慮して耕区の大きさを決める。

⑤ 将来の畦畔除去等による区画拡大が容易となるよう、ほ区や農区を均平化することが望ましい。

また、それらが容易に実施できるような末端用排水路や水口の配置とすることが望ましい。

(3) 用排水路配置における留意点

① 原則として、用排水路は完全分離とし、幹線用水路は高位部に、幹線排水路は低位部に配置する。しかしながら、平坦地においては主傾斜の制約を受けないこともある。ほ区や農区を耕区として設定できる場合は、その区画規模や水利条件により小用排水路を省略し、支線用排水路から給水と排水ができる配置を検討する。(**図-4.2.2** 参照)

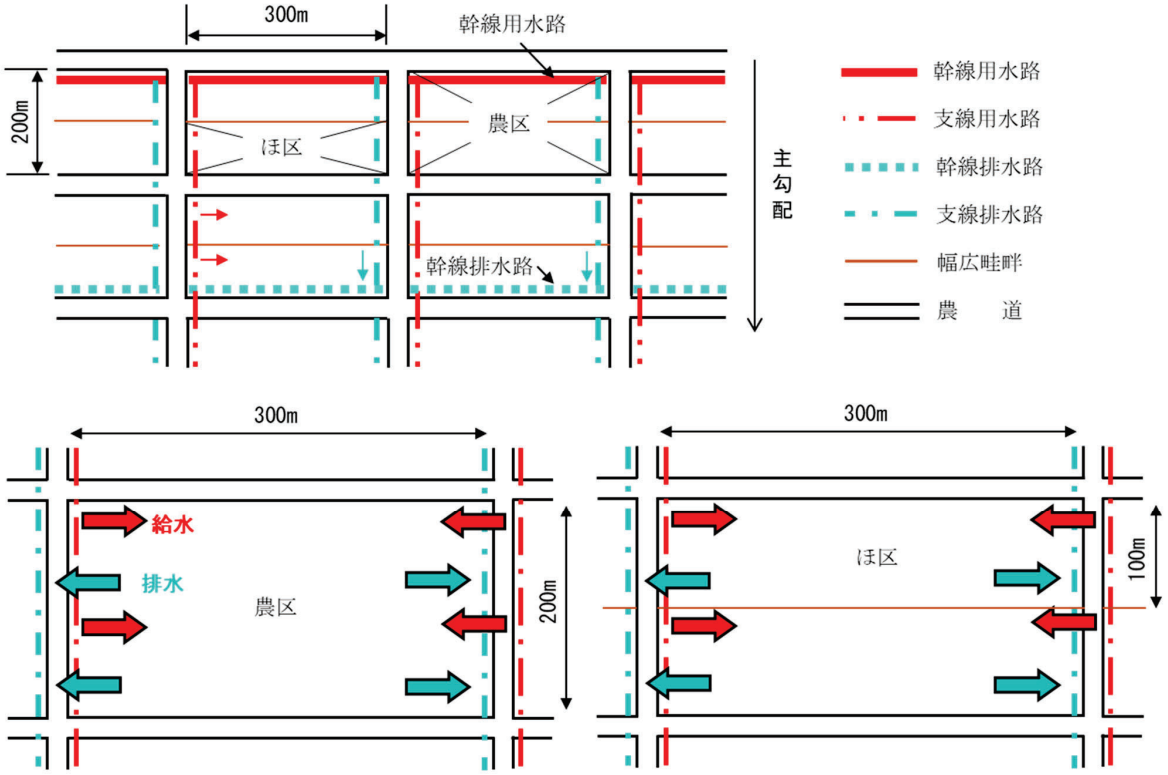


図-4.2.2 大区画化に向けた用排水路、農道の配置例

② 耕区の区画規模や耕区の設定により小用排水路が必要となる場合は、支線からの小排水路を道路を挟んで両側に出す型(**図-4.2.3** 参照)と片側に出す型(**図-4.2.4** 参照)とに分けられるが、これは地形条件や地域の事情によって決まる。

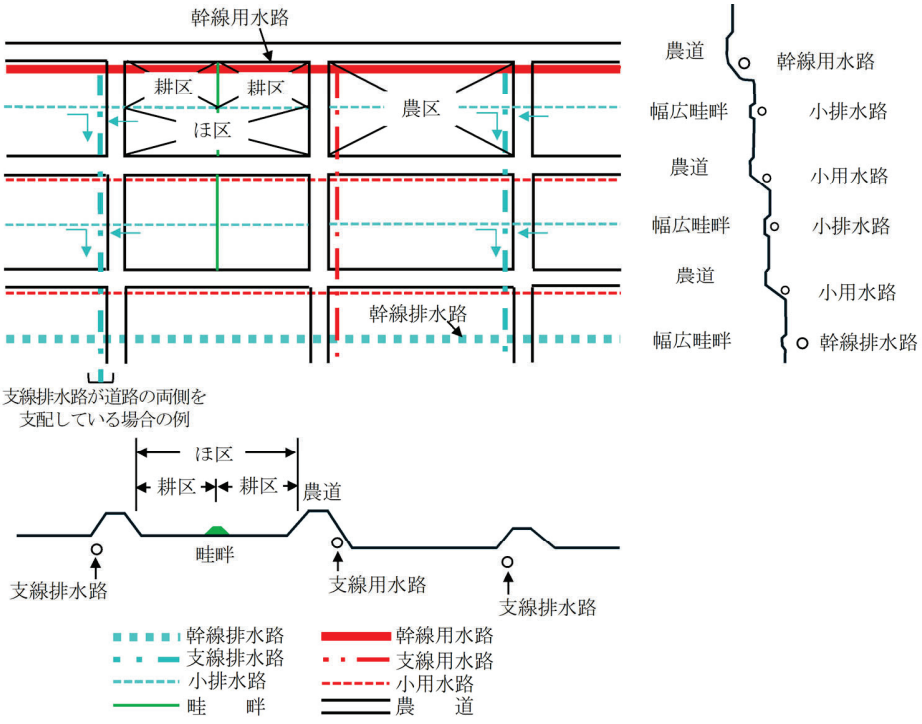


図-4.2.3　用排水路の配置例

（用水パイプライン方式で支線排水路が道路の両側を支配する型）

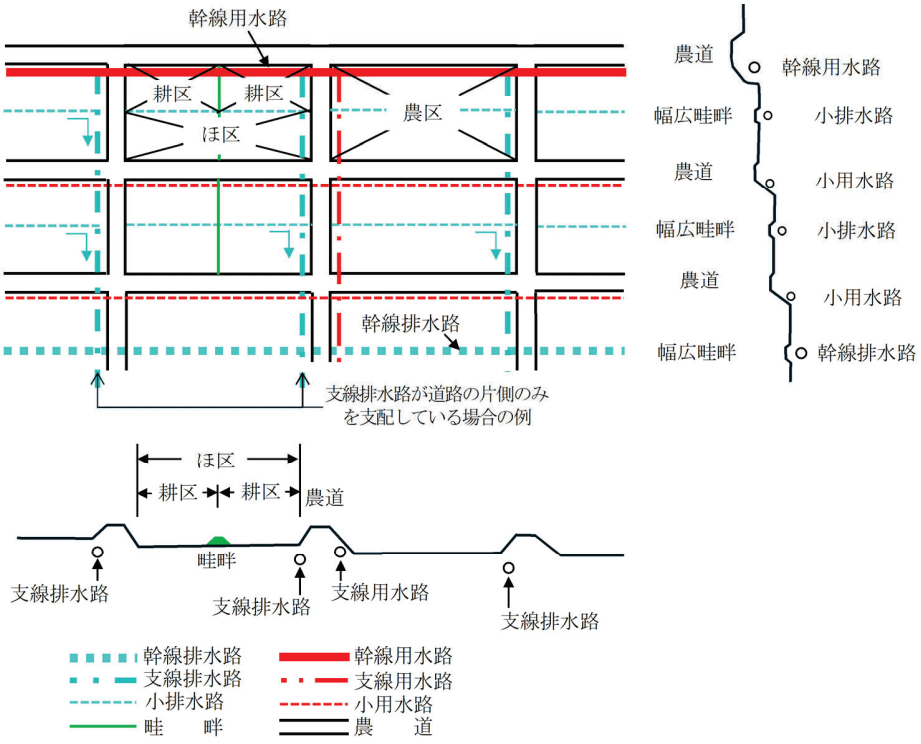


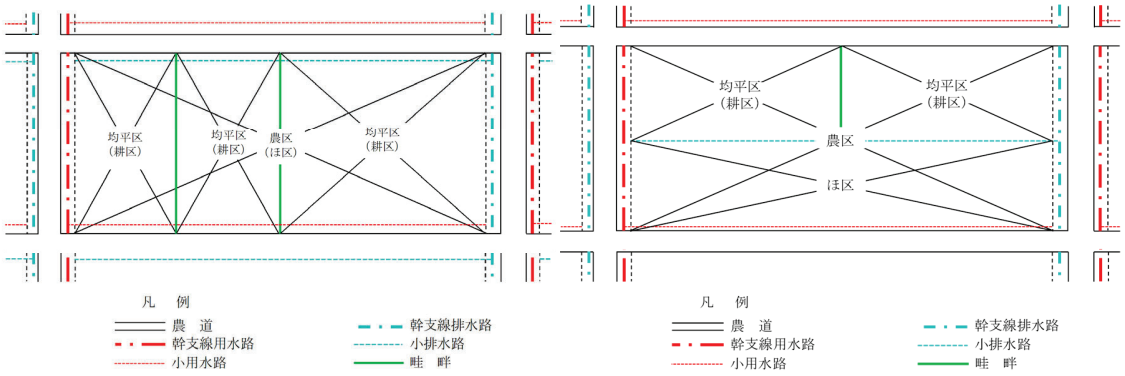
図-4.2.4　用排水路の配置例

（用水パイプライン方式で支線排水路が道路の片側のみを支配する型）

③　小用排水路を設置する場合は、ほ区の長辺に沿って配置する。また、支線用排水路は、ほ区の短辺に沿って配置し、幹線とその小用排水路とを無駄なく連絡させるように配置する。

④　地区内に河川がある場合の幹線排水路の配置については、河川改修の有無・排水系統・合流工の位置等について関係機関と協議し決定する。

⑤　小排水路を設置する場合、維持管理作業の省力化や安全面（転落防止・熱中症対策等）の観点から暗渠化・管水路化することを基本とする。一つの農区の端（道路沿い）に配置する方法と農区の中央に小排水路を配置する方法があるが、維持管理上は前者の方が望ましい（**図-4.2.5** 参照）。



(a)農区の端に小排水路を配置する方法　　(b)農区の中央に小排水路を配置する方法

図-4.2.5　小排水路の配置方法

⑥　ほ場の地表排水と地下排水を系統分離し、地下排水は暗渠排水を介して支線排水路に流下させ、小排水路を地表水排除に専用化した場合は、小排水路を従来よりも小断面かつ浅い位置に建設できる。また、支線用水路からほ場への直接給水を可能とすることで、小用水路の一部を省略できる場合がある。さらに、地表排水を支線排水路に直接流下させることで、小排水路を省略できる場合がある。これらにより、工事費の縮減及び維持管理労力の軽減を図ることができる。

(4)　農道配置における留意点

①　効率的な農作業が可能となるよう、農道（通作道）は耕区の一辺に沿わせなければならない。

②　用水管理の効率化のため、原則として農道は幹支線用排水路及び小用水路に沿って配置する。

③　地区全体の農道網は、上位道路（国道・都道府県道・市町村道等）の位置によって左右されることから、上位道路網の現況改修計画等を十分調査し整合性のある配置とする。

3　畦抜き工法又は小排水路の移設による大区画化に向けた用排水路、農道配置の考え方

用排水路が分離され、30a の標準区画以上に整備された地域は、既に地形に応じた幹線用水路や幹線排水路が整備され、それに付随して支線用水路や支線排水路、農道が備わっている。畔抜き工法により大区画化を進める場合には、これらの施設を活用しつつ、将来的な営農を見据えた整備を行う必要がある。

ほ区均平によって大区画化を図る際、次のような留意点が挙げられる。

①　基本的に既設の幹線用水路、幹線排水路及び支線用水路、支線排水路を活用する。老朽化している場合は必要に応じて改修する。

②　区画の拡大に伴い支線用水路からほ場への直接給水が可能となれば、小用水路の一部を削減で

きる場合がある。また、地表排水を支線排水路に直接流下させることが可能であれば、小排水路を削減できる場合がある。これらにより、維持管理労力の軽減を図ることができる。

4.2.3 ほ区の形状及び面積

ほ区の形状は、用排水管理、農作業の効率化等のため長方形を基本とする。また、その寸法（長・短辺長）は、主として用排水操作等の水利条件によって決定する。

1　一般事項

ほ区の形状は、用排水管理、農作業の効率化等のため長方形を基本とし、その寸法（長・短辺長）は主として用排水操作等の水利条件によって決定する。また、ほ区の配置は、地形等立地条件を考慮して決定しなければならない。さらに、地区の縁辺部や現況の用排水路、河川等の線形を活かす場合には、長方形以外の区画が形成されるため、農作業等に支障が生じないような区画配置を検討する。

ほ区は、農業機械の作業効率を高めるために同一標高での均平（ほ区均平）を基本とし、それが困難な場合には可能な限り隣接する耕区同士を同一標高で均平（均平区）する。これにより、将来畦畔を除去することで、ほ区を機械作業及び用排水管理の基本単位とすることができる（**図-4.2.6** 参照）。このため、ほ区を基本区画としてその配置及び大きさを決定し、用排水路及び農道をそれに合わせて計画するとよい。また、過去に 30a 程度に区画整理された地区で再整備する場合は、既設農道等の利用可能性、経済性等を考慮し、従前のほ区又は農区単位での効率的な区画の拡大を検討する。

ほ区均平に当たって検討する項目は、次のとおりである。

①　ほ区均平のために要する切盛土工量及び運土距離

②　地形の傾斜による用排水路、農道の勾配・断面、つぶれ地法面の高さ・勾配・面積

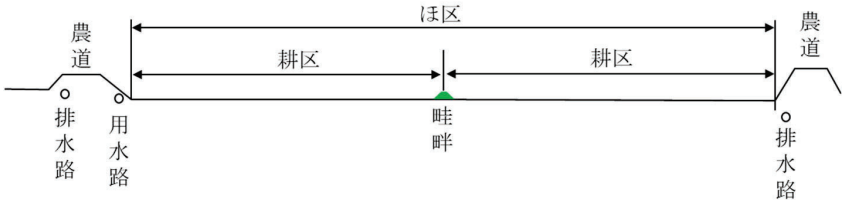


図-4.2.6　ほ区均平の考え方

2　ほ区の形状及び面積

(1)　大規模な再編整備による大区画化の場合

ほ区の長辺を決める要因は、ほ区の短辺に沿う支線用排水路の間隔であり、この間隔は 300～600m とすることが望ましい（600m は農区内に小用排水路を設置した場合）。なお、小用水路を管水路とすることで、通水量を増大させ長辺をより長くとることができると考えられる。

ほ区の短辺を決定する要因は、主に田面の用排水操作であり、一般にかん水よりも田面排水の難易によって決まると考えてよい。田面排水の難易は、支線排水路からの距離、土性、地下水位、暗渠排水の有無、田面均平度等によって異なるが、ほ区の短辺の限界は、片側排水の場合 100～150m、両側排水の場合 200～300m とするのが適当である。

なお、防除作業に使用する動力散布機のタンク容量、田植機に一度に積載できる苗箱枚数、コンバインのグレンタンクの積載量は作業に与える影響が大きいが、今後の農業機械の進歩を考慮すると、

許容長さは用排水操作上の利便性を主たる要因として考えた方が妥当である。

以上により、水路間隔から導かれるほ区の望ましい形状は 100m×300m（３ha）～300m×600m（18ha）となり、立地条件等を総合的に判断しつつ可能な限り大区画とすることが望ましい。なお、我が国ではこれまでに、都府県では 100m×300m、北海道では 170m×520m 等のほ区が採用されている。

(2) 畦抜き工法又は小排水路の移設による大区画化の場合

畔抜き工法による場合は、ほ区の長辺・短辺は整備前から原則変わらない。小排水路をほ区両端に移設し、等高線方向に区画を拡大する場合には、ほ区と農区が同一となり短辺は延びる。

4.2.4 耕区の形状及び面積

耕区の形状・規模は、地区における立地条件、農作業条件、水利条件、社会経済条件等を検討の上決定する。

1 一般事項

耕区の形状・規模の決定に当たっての基本的な検討事項は、次のとおりである。

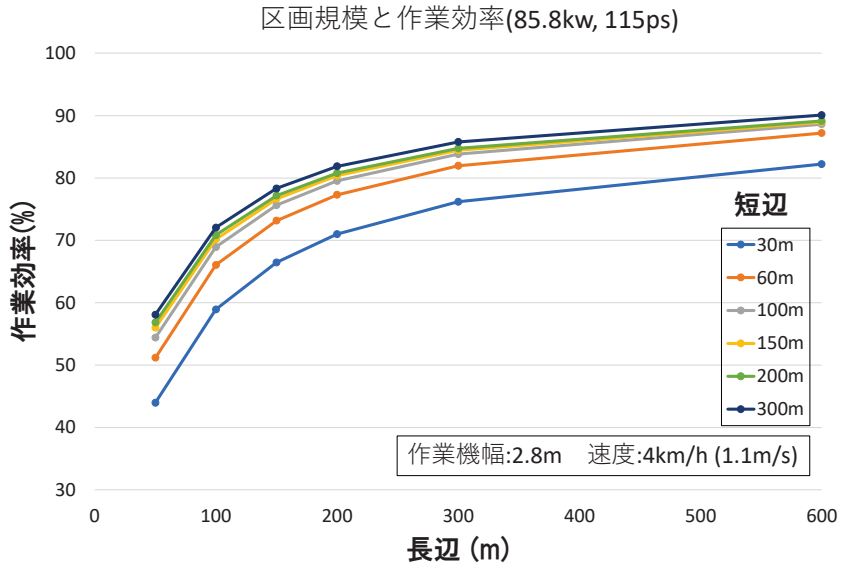
① 地形、傾斜、気象等の立地条件

② 農業機械の作業性等の農作業条件

③ 用排水操作等の水利条件

④ 経営規模、スマート農業の導入計画等の社会経済条件

農業機械（トラクタ、田植機、防除作業機、コンバイン）の作業性は、ほ場の規模や形状に影響され、耕区の規模が大きいほど、また、短辺が同じであれば長辺が長いほど作業効率（総作業時間における正味作業時間の割合）は向上する傾向にある。このため、ほ場内における実作業時間を削減するには、トラクタ等の作業方向となる耕区長辺長をできるだけ長くすることが望ましい（**図-4.2.7** 参照）。したがって、区画規模の検討に当たっては、上記①～④の基本的な検討事項を考慮しつつ、区画の長辺長が長くなるよう、耕区の大区画化を検討する必要がある。



※農業機械の作業方向を長辺とする

図-4.2.7　耕起作業における耕区の形状と作業効率の関係

※農研機構農村工学研究部門による試算

2　耕区の大区画化に関する留意事項等

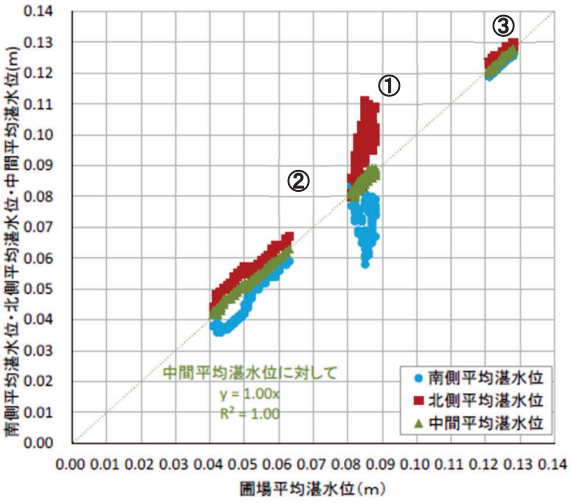
平坦地で地域の立地条件に制約がなく、農地の集積・集約化が進み規模拡大が可能な場合に、1 ha以上の大区画として整備する。また、農地の集積・集約化が更に進んだ場合は、より一層の生産コスト削減及び一人当たりの経営規模拡大を実現するため、畦畔除去等の再整備を含む、更なる大区画化を検討する。なお、大区画化に伴い落水口への距離が延びるため、余剰水に対する暗渠排水の必要性が高まることや枕地での練り返しによる排水不良を防ぐ農道ターン方式の導入（**4.4.3　附帯構造物**参照）等も検討する。

(1)　立地条件

①　強風の吹く地域では区画が大きくなるほど風の影響により風上と風下の田面水位差が生じ、作業に支障を来すことや、浮き苗の発生等生育への影響が懸念されるなどの風による吹き寄せの影響を受ける可能性がある。防風設備の必要性や風向きと同じ方向に極端に長いほ区とならないような区画設定等にも留意する。

【参考】大区画ほ場における風浪の影響

大区画ほ場（長辺 260×短辺 88m、面積 2.3ha）における風速 10m 程度の風浪の影響を調査したところ、稲の草丈が 20cm 未満では平均湛水深に対し最大 2.3cm の差が生じるが、稲の草丈が 20cm 以上になるとその影響が小さくなった事例がある（**図-4.2.8** 参照）。



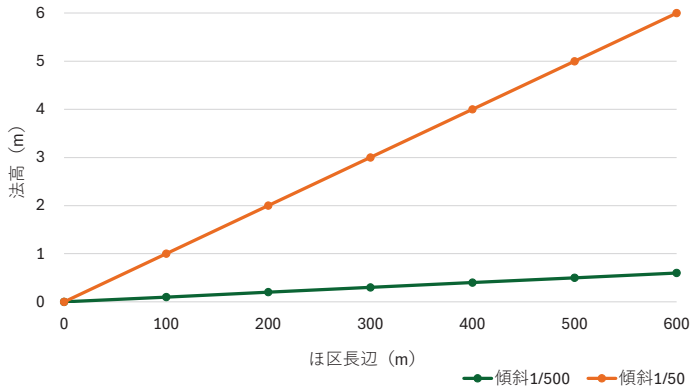
	① 6月12日	② 7月3日	③ 7月31日
イネの草丈	20cm未満	20cm以上 30cm未満	30cm以上
平均風速	5.0m/s	6.7m/s	3.6m/s
最大風速	9.8m/s	11.4m/s	8.1m/s
最小風速	0.7m/s	1.2m/s	0.1m/s
最頻風向	南西	南南西	南

図-4.2.8　ほ場平均湛水位と地点ごとの平均湛水位 [9)]

② 更なる大区画として整備する場合は、ほ区又は農区を 1 枚の耕区とする整備を基本とし、再整備の場合は、既設道路や用排水路施設を利用した「畦抜き工法」「小排水路を移設して区画を拡大する工法」による整備を検討する。

③ 地形勾配によって再区画整理やほ区均平後の法高は大きく異なり、傾斜が大きくなると等差級数的に法高が増加する（**図-4.2.9** 参照）。ほ区均平の長辺が 600m の場合、傾斜 1/500（平坦地）では法高は 60cm の増加であるが、1/50（傾斜地）では法高が 6 m 増加する。そのため、大区画化後の法面管理のことも考慮して耕区の設定やほ区均平を行う必要がある。

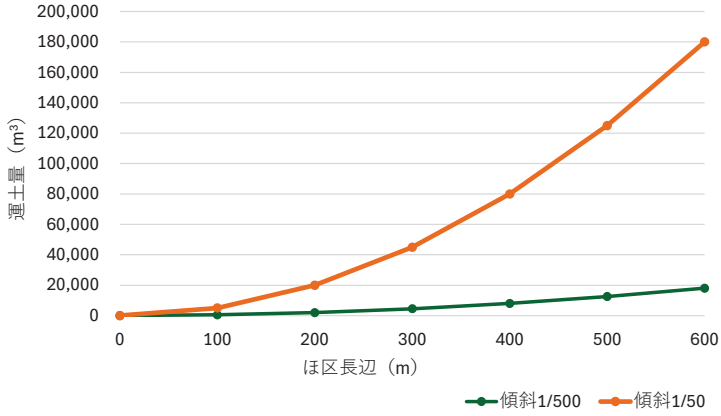
④ 同様に地形勾配によって再区画整理やほ区均平時の運土量は大きく異なり、傾斜が大きくなるほど運土量が増加する（**図-4.2.10** 参照）。ほ区均平の長辺が 600m の場合、傾斜 1/500（平坦地）では運土量が 1.8 万 m^3 発生するが、1/50（傾斜地）では 18 万 m^3 発生する。そのため、大区画化の際の造成コストのことも考慮して耕区の設定やほ区均平を行う必要がある。



算出条件：長辺 600m、短辺 100m のほ区において、長辺方向に一定の勾配があると仮定し、ほ区均平を行った際の高低差を算出。なお、ほ区外への土の持出はないとする。

図-4.2.9　傾斜度とほ区均平後の法高の関係

※農研機構農村工学研究部門による試算



算出条件：長辺 600m、短辺 100m のほ区において、長辺方向に一定の勾配があると仮定し、ほ区均平を行った際の運土量（切土）を算出。なお、表土扱いはせず、ほ区外への土の持出もないとする。

図-4.2.10　傾斜度とほ区均平時の運土量の関係

※農研機構農村工学研究部門による試算

(2)　農作業条件

①　大規模経営体の場合、生産コストの削減及び作業効率向上のため、将来的な大型農業機械の導入を想定した区画規模の拡大（更なる大区画化）を検討することが望ましい。また、区画拡大後は、作業効率の向上を図るため、区画規模に適した大型農業機械の導入を検討する必要がある。

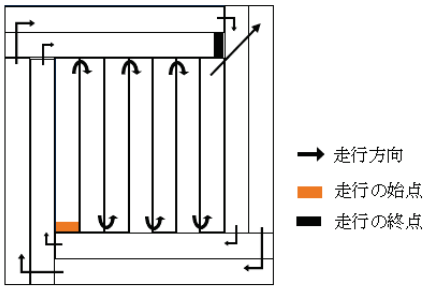
② 区画形状や使用する農業機械、作業内容によって機械の作業効率は異なるため、栽培方法や栽培作物、使用する機械を考慮して作業効率が最大化するように区画の長辺と短辺を決める必要がある。なお、作業効率は、実作業時間に占める理論作業時間の割合で算出する（理論作業時間を実作業時間で除する）こととする。実作業時間は**式（4.2.1）**によって、ほ場内におけるすべての作業時間を合計して算出する。また、理論作業時間は、実作業時間から旋回や枕地作業、資材の補給時間といったロス時間を省いた作業時間をいう。

短辺から枕地分を引いた距離
長辺から枕地分を引いた距離
1周化×回数×（半周分の長辺短辺）

$$T = \frac{y-2z}{v}\left\lceil\frac{x-2wn}{w}\right\rceil + \frac{2n(x+y-2z)}{v} + \left(\left\lceil\frac{x-2wn}{w}\right\rceil - 1\right)t_1 + 4nt_2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.2.1)$$

1往時間　往復回数　内作業時間　枕地作業時間　内周旋回時間　枕地旋回時間

T	ほ場内作業時間	(s)
v	作業速度	(m/s)
w	有効作業幅	(m)
x	ほ場短辺	(m)
y	ほ場長辺	(m)
z	車体及び作業機の全長	(m)
n	枕地(外周)の工程数	(回)
t1	往復作業時の旋回時間	(s)
t2	枕地(外周)作業時の旋回時間	(s)



耕起作業の走行ルート

③ 耕起作業における機械別の作業効率は、機械の出力の大きさに関わらず、長辺（作業方向）が長くなることで作業効率は向上する（**図-4.2.11** 参照）。また、短辺方向が長くなっても、特に小さい出力のトラクタでは短辺 60m までは作業効率が向上するが、それ以上では大きく向上はしない。大きい出力のトラクタでは短辺 150m までは作業効率が向上する。

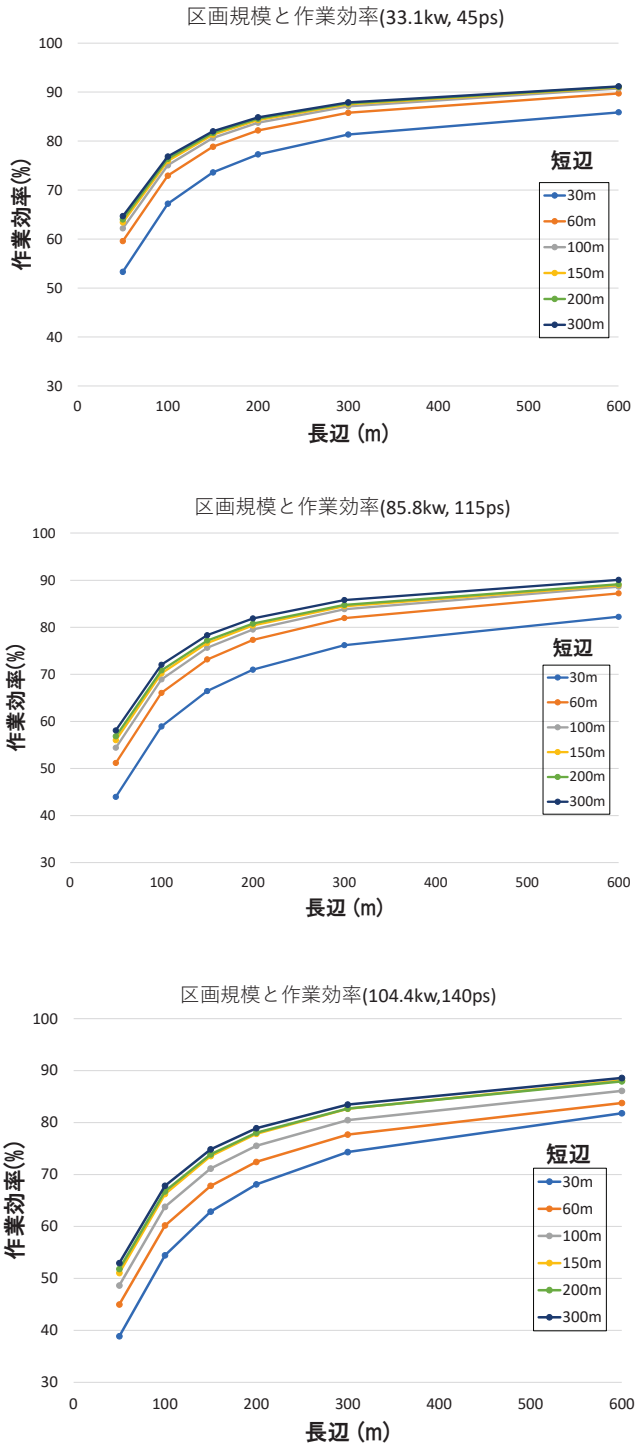


図-4.2.11　耕起作業における機械別の作業効率

※農研機構農村工学研究部門による試算

④　田植作業における機械別の作業効率は、実作業量の算定式（**式（4.2.1）** 参照）に苗の補給時間や株間、植付け本数による苗の消費量を考慮して求める。田植では苗の補給作業が生じるため他の作業に比べて全体的に低くなる。長辺（作業方向）が長くなることで作業効率は上昇傾

向にあるが、長辺が 200m（本算出条件では最大 205m まで往復可能）を超えるとあらかじめ苗のせ台にセットした苗では足らなくなり、田植機を停止して予備の苗のせ台から苗を補給する必要が生じるため、作業効率は低下する。また、長辺が 150m 以上では往復ごとに苗を補給する必要があるため、長辺 100m よりも作業効率が下がる場合がある。なお、株間や苗の植付け本数を調整することで、作業効率低下の閾値（いきち）は変化する。加えて、苗の補給がほ場の両側で可能（往復しないで補給可能）な場合は、長辺が 400m 程度まで作業効率が向上する。短辺は 30m から 100m までは顕著に作業効率は向上する。

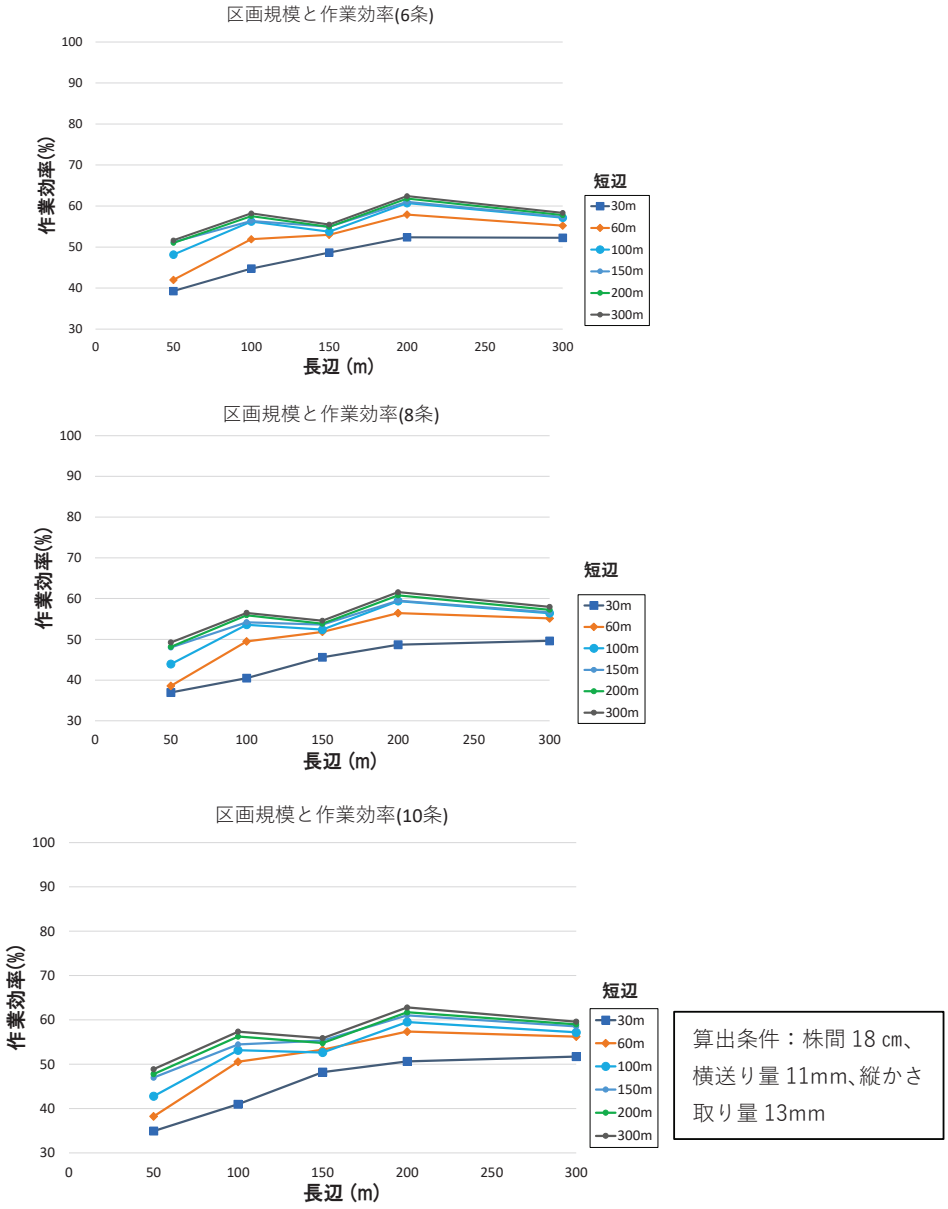
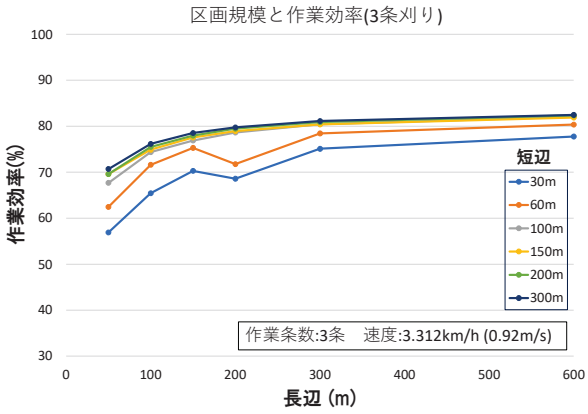
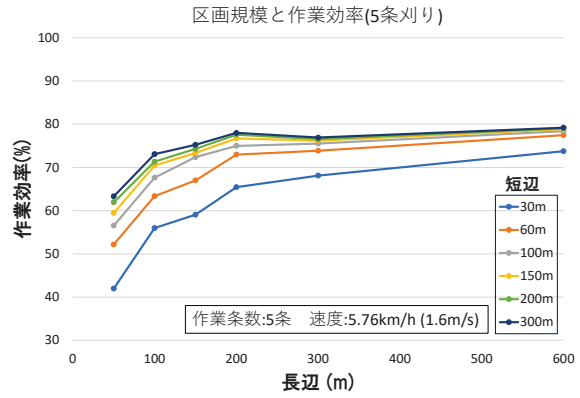


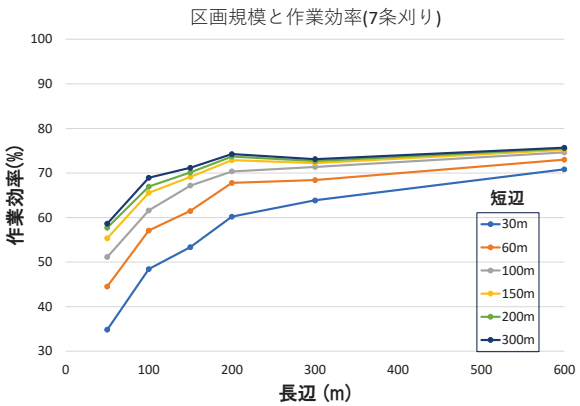
図-4.2.12　田植作業における機械別の作業効率

※農研機構農村工学研究部門による試算

⑤　収穫作業の機械別の作業効率は、実作業量の算定式（**式（4.2.1）** 参照）に排籾時間やタンク容量を考慮して求める。収穫では籾の排出作業が生じるため他の作業に比べて全体的に低くなる。長辺（作業方向）が長くなることで作業効率は向上するが、長辺が 300m 以上になるとタンクが満載になり籾の排出時間の割合が多くなるため５条刈り以上で作業効率は低下傾向になる。また、短辺は 30m から 100m までは顕著に作業効率は向上する。





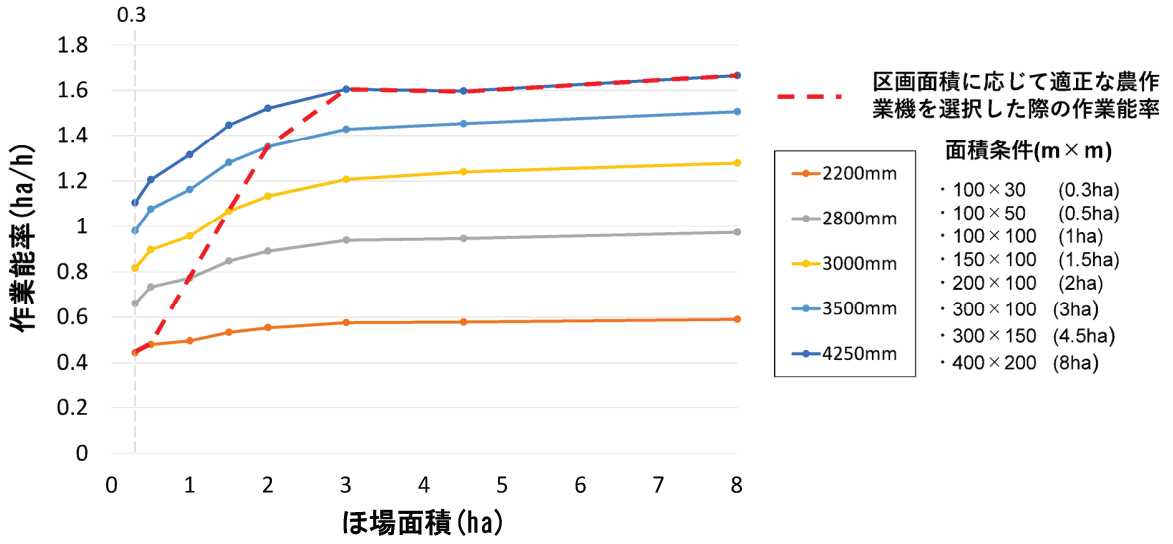


算出条件：収量を 540 kg /10a とし、生籾重と玄米重の比率を 0.8 として生籾重を算出

図-4.2.13　収穫作業における機械別の作業効率

※農研機構農村工学研究部門による試算

⑥　大区画化とそれに伴う農業機械の大型化の効果をみるため作業能率を求めた。作業能率とは、単位時間当たりに作業を行うことができる面積であり、**式（4.2.1）**で求めた実作業時間(h)を用いて、区画の大きさや形状、使用する農業機械別に算出した。耕起作業では、0.3ha 区画から 3 ha 区画に拡大するとともに面積規模に適した性能を有する農業機械を導入することで、作業能率は 3.6 倍に向上する。



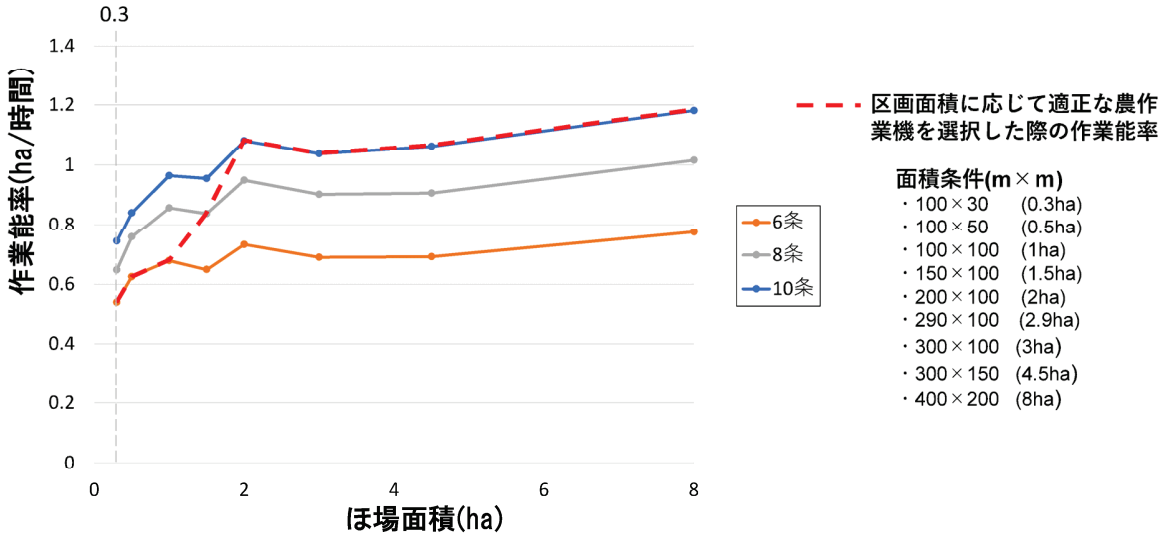
耕耘機の選定条件

耕耘機作業幅(mm)	2200	2800	3000	3500	4250
適用トラクタ(ps)	45～75	100～140	100～160	100～160	180～340
作業機全長(mm)	1245	1405	1370	1370	1800
作業速度(km/h)	3.0	4.0	5.0	5.0	4.6
重量(kg)	513	945	1086	1180	3000

図-4.2.14　耕起作業における作業能率

※農研機構農村工学研究部門による試算

⑦　田植作業における作業能率を区画の大きさや形状、使用する農業機械別に示す（**図-4.2.15** 参照）。田植作業では、0.3ha 区画から 2 ha 区画に拡大するとともに面積規模に適した性能を有する農業機械を導入することで、作業能率は 2.0 倍に向上するが、他の作業に比べて上昇率は低い。また、株間や植付け本数等の算出条件によって 2 ha 以上になると作業能率は低下するが、株間等の栽培条件は地域によっても異なることから、作業能率低下の閾値（いきち）は変化する。なお、田植作業は苗の補給等により作業効率が低いため、区画拡大による効果は大きくないが、乾田直播栽培といった苗の補給が不要な栽培方法を導入することで作業能率の大幅な上昇が期待できる（**【参考】大区画水田における作業能率を向上させる栽培方法及び農作業機（乾田直播）**参照）。



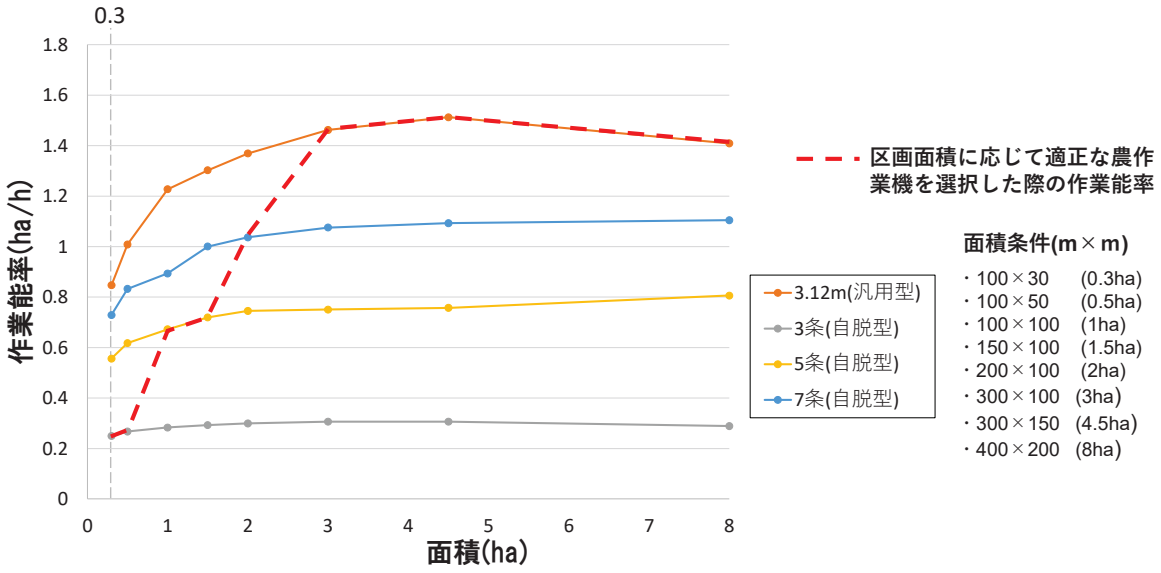
田植機の選定条件

	6条植	8条植	10条植
株間条間	30cm	30cm	30cm
予備苗搭載数	6	8	10
横送り量 (mm/回数)	11/26	11/26	11/26
縦かさ取り量	13	13	13
作業速度(km/h)	6.7	6.7	6.0
重量(kg)	465	873	1080

図-4.2.15　田植作業における作業能率

※農研機構農村工学研究部門による試算

⑧ 収穫作業における作業能率を区画の大きさや形状、使用する農業機械別に示す。収穫作業では、0.3ha 区画から 3 ha 区画に拡大するとともに面積規模に適した性能を有する農業機械を導入することで、作業能率は 5.7 倍に向上する。



収穫機の選定条件

	3条刈り（自脱型）	5条刈り（自脱型）	7条刈り（自脱型）	3.12m（汎用型）
刃幅(mm)	1150	1725	2189	3120
作業速度(km/h)	3.3	5.8	6.5	7.3
タンク容量(L)	800	1600	2000	2300
排籾時間(秒)	125	85	90	100
重量(kg)	2165	3910	カタログ記載なし	5570

図-4. 2. 16　収穫作業における作業能率

※農研機構農村工学研究部門による試算

⑨ 農業機械は今後も農業者のニーズ等に応じて改良されるものと考えられることから、現時点での作業効率や作業能率を目安としつつ、将来的な技術進歩を見据えた区画設計の視点も重要である。

⑩ 大型農業機械の利用のため、暗渠排水等による地下水位の低下や客土による地耐力の強化が重要である。

⑪ 防除作業については、水田管理作業機に少量散布機を搭載してほ場内を走行しながら薬剤散布する技術が確立され普及が進んでいること、空中散布（無人ヘリコプター、無人マルチローターを含む）技術の普及等から、長辺長・短辺長とも薬剤散布作業が制限要因になることは少ない。

⑫ ほ区均平等によって従前の耕区の短辺方向に大区画として再整備した場合、耕区の長辺距離が短くなり、耕起作業等における農業機械の走行経路が変わることがある。一方で、畝立て等給

水と排水の方向が重要となる作業では水口と落水口の位置や距離が重要となるため、農作業全体を考慮して耕区の区画を考慮する必要がある。

⑬ 区画形状が矩形とはならず不整形な形状となる場合や、ほ場内に鉄塔等の障害物がある場合、大型農業機械による作業効率は低下することから、営農形態を考慮した換地や効率的な作業管理が可能な耕区設定を行うことが望ましい。

⑭ 生育ムラ・農薬等の効果のムラを少なくして栽培管理を容易にし、用排水管理を効果的に行うため、田面をできるかぎり均平にする必要がある。このため、GNSS レベラー等を用いた効率的な田面均平が有効であり、農業者自身による均平作業の可否も考慮する必要がある。また、これまでに 2 ha を超える規模の区画として整備された地区においては、長辺長が 500m 程度の延長でも効率的な機械作業を行っている事例がある（**図-4. 2. 26** 参照）。なお、一般に 200m 以上の長辺長のほ場での機械作業では、GNSS ガイダンスシステムによる、走行位置の補正が有効である。

⑮ 区画の拡大によって耕区間の中畦畔が減少するため畦畔管理（除草）の省力化を図ることができる。ほ区面積が 6 ha（長辺 600m、短辺 100m）では、30a 区画の場合は 20 筆の耕区が存在するため中畦畔の延長は 1,900m となる。一方で、区画を 2 ha に大区画化した場合は 200m となり、除草が必要となる中畦畔延長を約 90%削減することができる（**図-4. 2. 17** 参照）。

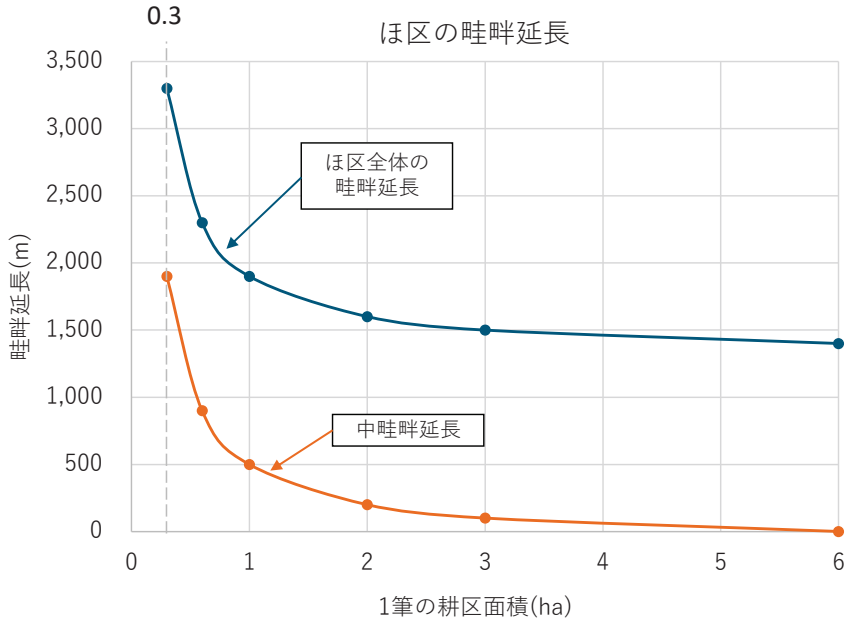


図-4. 2. 17 ほ区における耕区面積と畦畔延長の関係

※農研機構農村工学研究部門による試算

(3) 水利条件

① 排水操作上、片側に排水施設を配置する場合、長辺長は 150m 程度（乾田で 200m 程度、湿田で 100m 程度）までが可能であり、排水性の良い土層の場合はそれ以上にすることもできる。このため、耕区長辺の中間に暗渠化した小排水路を敷設する、又は排水路を耕区の両側に設置することで、排水距離を 150m 以内とし、辺長を 200～300m 程度に設定することができる（**4.5.2 用排水路の暗渠化・管水路化** 参照）。

② 区画拡大後においても、ピーク用水量となり得る代かき用水の給水を滞りなくできるようにする必要がある。そのため、1 耕区の給水補給を 24 時間以内で完了させる営農計画とする場合、片側給水では、水口から落水口までの距離とかん水時の給水能力によって区画の面積が制限されることがある。代かき時における初期かん水の到達距離を水足進行モデルによって算出することで耕区の長辺長の限界値を推定することができる（**図-4.2.18** 参照）。水足進行モデルは実際の初期入水を短辺方向（1 つの水口によりかん水される幅）に対して均一に流れるとし、**式**（4.2.2）の水収支から水足の進行距離と時間の関係を表すことができる。

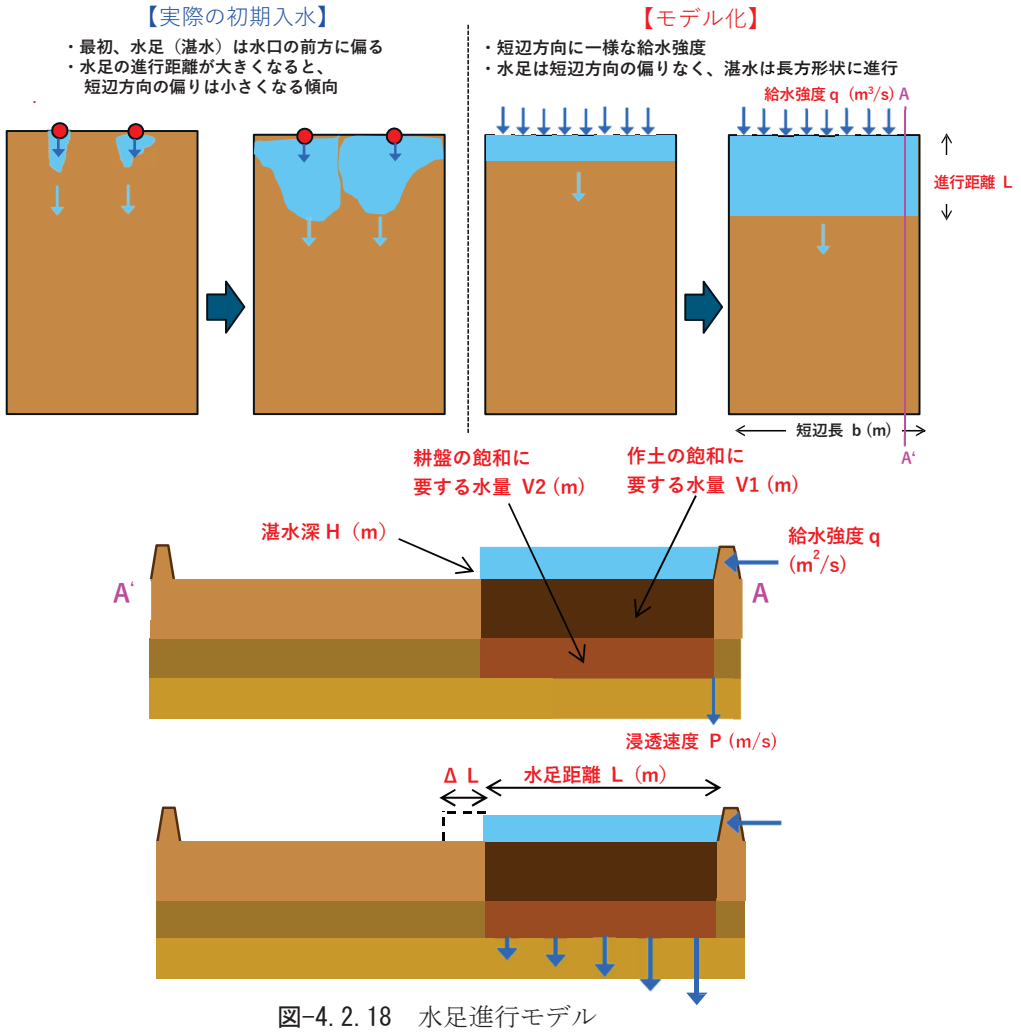


図-4.2.18 水足進行モデル

上図において、水収支は

$$q\Delta t = \Delta L(H + V_1 + V_2) + PL\Delta t$$

A = H +V_1 +V_2 と置いて、微分形式にして整理すると

$$dt = A\frac{dL}{q - PL}$$

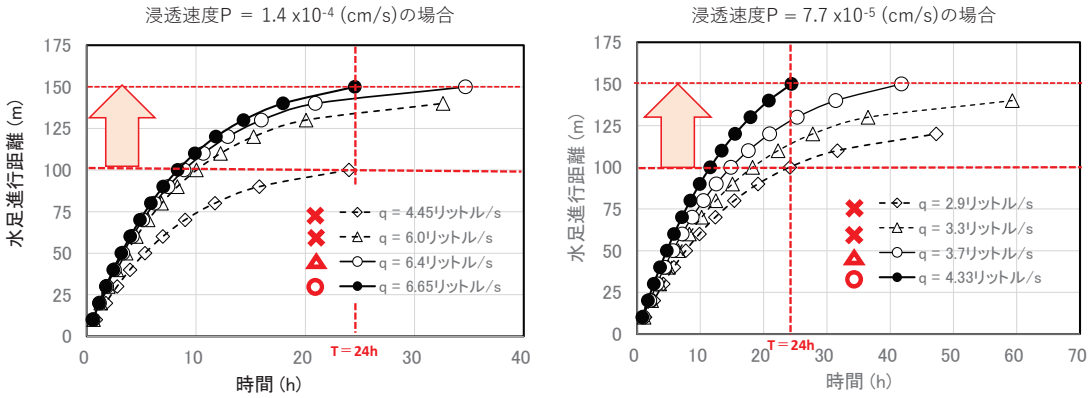
α = q - PL と置いて積分すると、置換積分の定理より

$$t = -\frac{A}{P}ln(q - PL) + B$$

給水時間t = 0のとき進行距離L = 0と置いて不定定数Bを求め整理すると

$$t = \frac{A}{P}ln\left(\frac{q}{q - PL}\right) \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.2.2)$$

③ 水足進行モデルによって算出した事例では、浸透速度（透水係数）（P）が 1.4×10^{-4} cm/s の場合、用排水長（L）を 100m から 150m に拡大すると従来は給水強度（q）が 4.5ℓ/s（日用水量 128mm）であれば 24 時間で排水路側に水足が到達するが、拡大後は 6.7ℓ/s（日用水量 196mm）が必要となる。同様に、浸透速度が 7.7×10^{-5} cm/s の場合、従来は給水強度が 2.9ℓ/s（日用水量 84mm）であれば 24 時間で排水路側に水足が到達するが、拡大後は 4.3ℓ/s（日用水量 127mm）が必要となる。このため、水足を延ばすためには浸透速度が大きい土壌であるほど、給水強度をより大きく増加させる必要があるため、計画ほ場において取水できる給水強度も踏まえた上で用排水長を検討する。



算出条件：湛水深（H）2.5 ㎝、作土と耕盤を飽和するための水量（V1）1.5cm、（V2）0.15cm
給水口の間隔 30m

図-4. 2. 19　給水時間と水足進行距離の関係

※農研機構農村工学研究部門による試算

④ 区画が大きくなるほど給水時の水足確保や落水口から離れた場所での排水不良が危惧され、給水速度が上がると苗等が流されるおそれがあることから、営農状況に応じて額縁明渠を設置し、給水・排水を促すなどの対策を検討する。なお、額縁明渠の設置に当たっては、農道ターン方式を採用する場合等、農業機械が明渠を横断することがないよう、農道に接する辺は明渠を設置しないなど留意する。

⑤　区画拡大した耕区（従前のほ区又は農区）のピーク用水時の用水補給を 24 時間以内で完了させる営農計画とする場合には、支線用水路の通水能力の増加を検討する必要がある（**図-4. 2. 20** 参照）。

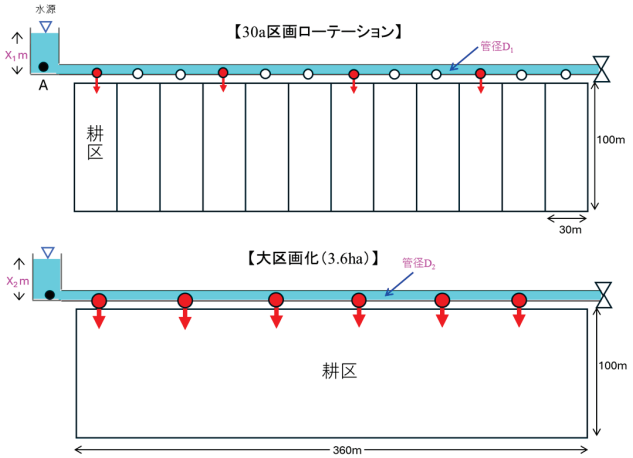


図-4. 2. 20　区画拡大後も 24 時間以内に給水する場合の給水状況の変化（イメージ）

⑥　畦抜き工法又は小排水路の移設による大区画化の場合においては、工事費、水利施設の補修・更新費、災害復旧費等の縮減、維持管理労力・水管理労力の軽減を図るため、末端の用排水路、道路及び水口・落水口については経済性を考慮した上で、地域の営農に合わせ、かん水に支障を来さない範囲で可能な限り削減することが望ましい。

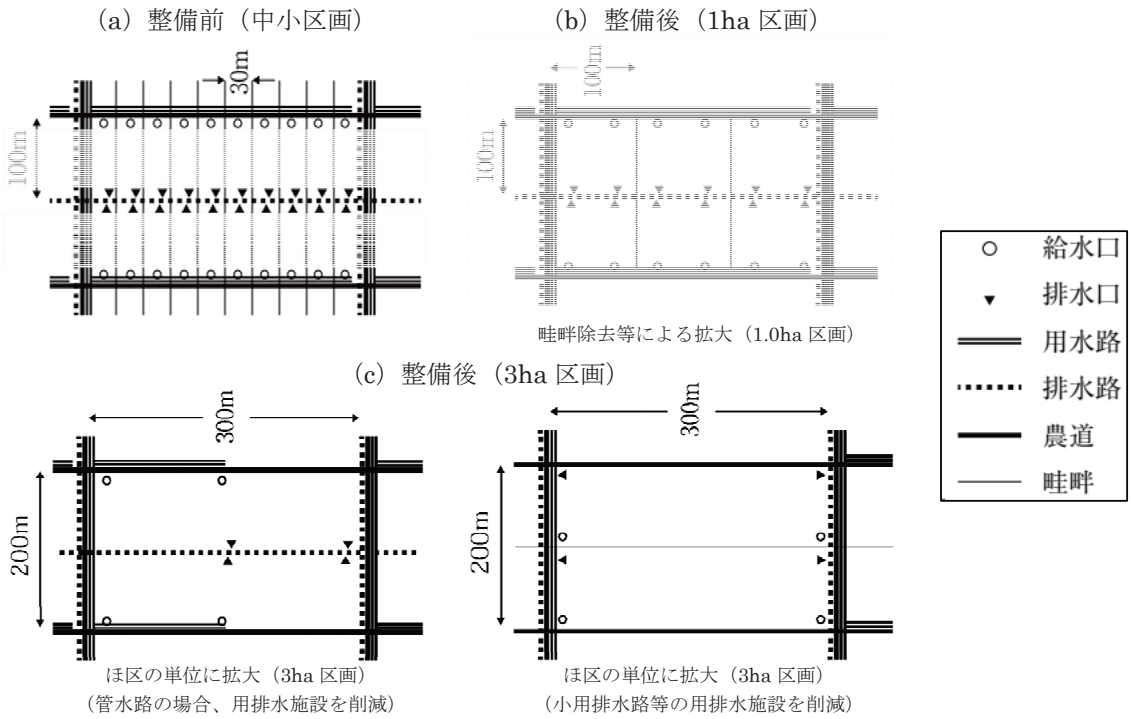


図-4. 2. 21　大区画整備による用排水施設の削減の例 [7)]

(4) 社会経済条件

① 区画拡大において、立地・土壌・水利条件等の優劣により各農業者等の利害が対立しないことを確認する。また、風水害、病害虫への危険分散や労働ピークの分散、水田畑利用の状況等にも左右されるため、これらについても検討する。

② 担い手への農地集積・集約化及び区画拡大に向けて、換地による大区画内への所有権の移転や共有地化を地権者に理解してもらう必要がある。

③ 更なる大区画化を目指すためには、目標とする大規模経営体を定め、大規模経営体とそれ以外の小規模農家等の耕作地とのゾーニングを行い、農地の集積・集約化をほ場整備の際に一気に推進することが望ましい。

④ 更なる大区画化やそれに伴う区画形状の均整化、地物の障害物撤去等を行うことで、自動走行農機やドローンによる農作業の効率化が促進される。一方で、大区画化によって地力や均平のムラが大きくなるが、データを活用したスマート農業導入により最適な栽培が期待できることから、経営規模拡大のためには大区画化とスマート農業導入について、あわせて検討を行うことが望ましい。

⑤ 更なる大区画化に伴う水利施設の合理化により、地区全体での自動給水栓等の設置数を減らすことができる。また、水管理作業はほ場への移動に多くの時間を要しているため、遠隔でのモニタリングや制御が可能な多機能型自動給水栓を活用することで約８割の省力化が期待できる。

⑥ スマート農業機器については、再整備による区画拡大に伴い区画規模に見合った機器の更新等が必要になる場合がある。

(5) 均平度

① 均平度の低下は、生育ムラや除草剤の効果のムラ、用水量の増大に繋がり、大区画では中小区画に比べて均平化を図ることがより困難となる。そのため、造成時や営農時において精度が高く効率的に整地できる技術を用いる必要がある。

② 造成時の整地、均平はレーザー制御のブルドーザの他に、RTK-GNSS による制御が可能なブルドーザによって施工する。同様に営農時においてもレーザーレベラーや GNSS レベラーによって均平化を図ることで、高い均平精度を維持することができる。

③ レーザー制御による精度限界は発光機からの距離で 300m 程度（地面の曲率による誤差、発光機が振動した際のブレ幅が拡大）となる。また、近隣ほ場でレーザーを使用していた場合、レーザー光線の錯綜が生じて誤作動が生じることがある。

④ GNSS 制御によるレベラーは距離による精度の劣化がなく、位置情報や補正情報の錯綜も生じない。また、標高マップを作成することができ、切土部から盛土部にピンポイントに運土が可能となるため大区画ほ場での整地に適している。レーザーレベラーとの作業時間の比較では GNSS レベラーを使用することで約４割程度の省力化を図ることができる。

⑤ 大区画ほ場においてより省力的な栽培技術である直播栽培では、安定した発芽・苗立ちを図るため、均平精度は通常の±3.5cm よりも高い±2.5cm を目標とする。

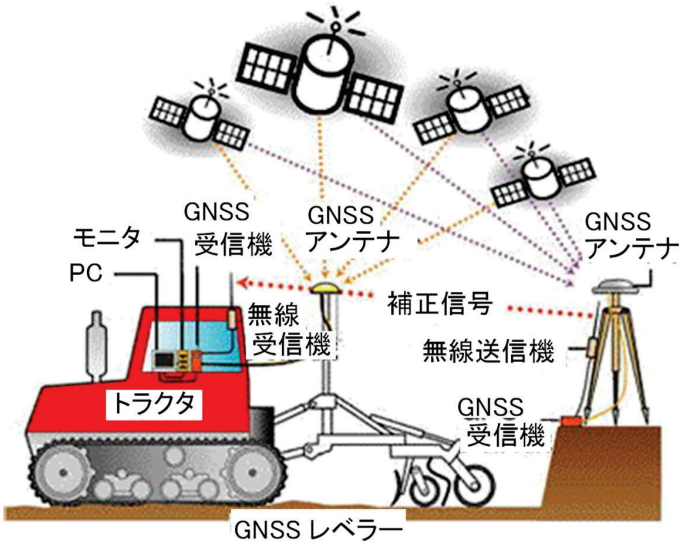


図-4.2.22　GNSS レベラーによる均平システム構成 [11)]

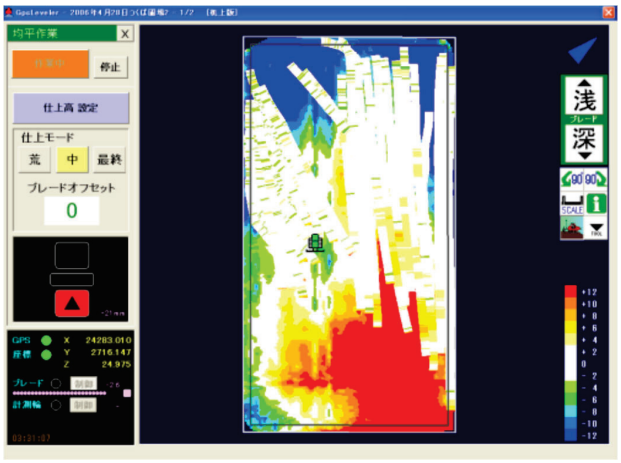
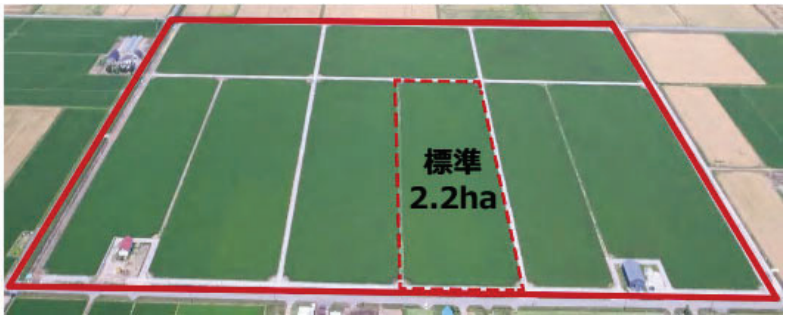


図-4.2.23　操作画面の標高ヒートマップの例 [11)]

【事例】大区画及び更なる大区画の整備

(1) 整備事例（A 地区）

A 地区では、標準 2.2ha の大区画化整備に併せ、GNSS ガイダンスシステム搭載のトラクタ等の導入により、省力化・低コスト化を実現している。また、将来ほ区を 1 枚のほ場にすることで更なる大区画（4.4ha）の創出も可能となっている。



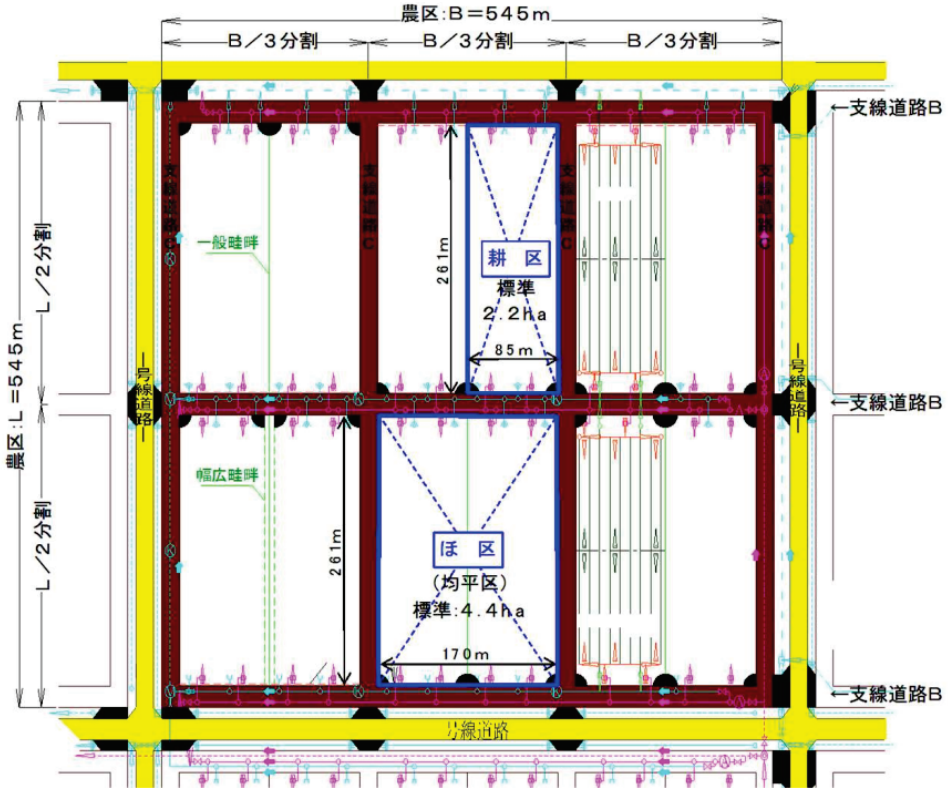


図-4.2.24 大区画の整備事例（A 地区）

(2) 整備事例（B 地区）

B 地区 a 工区では、ほ場整備事業にあわせた農地の集積等により、農区を 1 枚のほ場にして 6.8ha と 4.7ha の区画が創出された。また、隣接する b 工区でも同様にして 3.4ha の区画が創出されたが、小用排水路、水口、落水口の一部を削減する工夫がなされている。

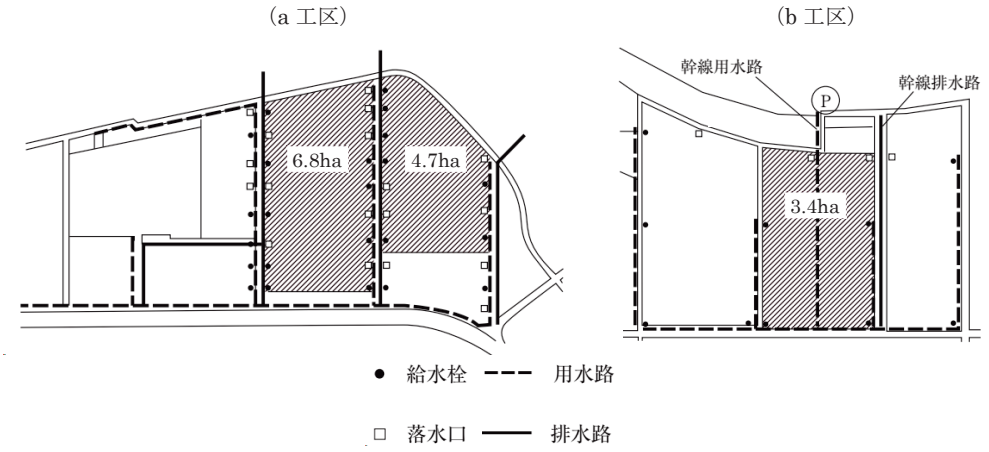


図-4.2.25　更なる大区画の整備事例（B 地区）

(3) 整備事例（C 地区）

C 地区では、6.8ha の水田（長辺 520m×短辺 130m）において、GNSS ガイダンスシステム搭載のトラクタによる耕起や代かき作業のほか、長辺長 520m の田植が可能な田植機の導入等により、2ha を超える区画の水田におけるメリットを最大限に活かした効率的な機械作業を実現している。



図-4.2.26　更なる大区画の整備事例（C 地区）

(4) 整備事例（D 地区）

D 地区では、将来の農業機械の性能向上や乾田直播栽培等の省力化技術への移行を見据えた２haの標準区画が導入されている。また、可能な限り隣接する耕区と田面標高を同一にしていることから、将来ほ区又は農区を１枚のほ場にすることで更なる大区画水田（４ha、６ha）の創出も可能となっている。

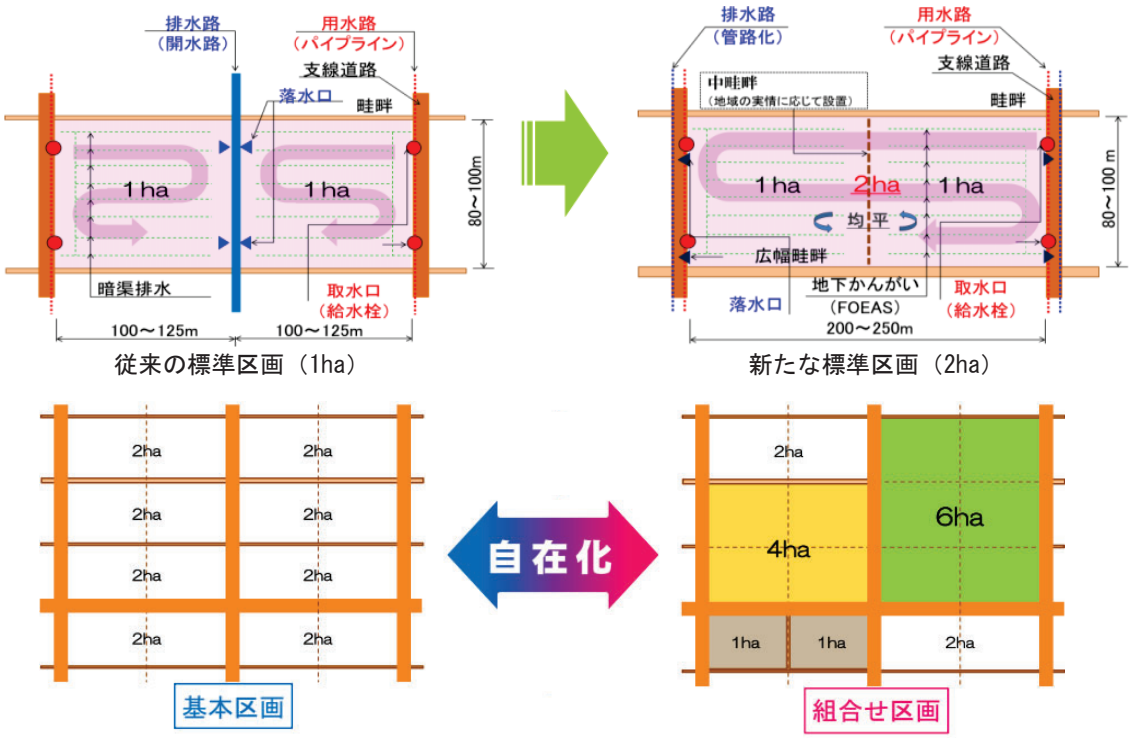


図-4.2.27　大区画及び更なる大区画の整備事例（D 地区）

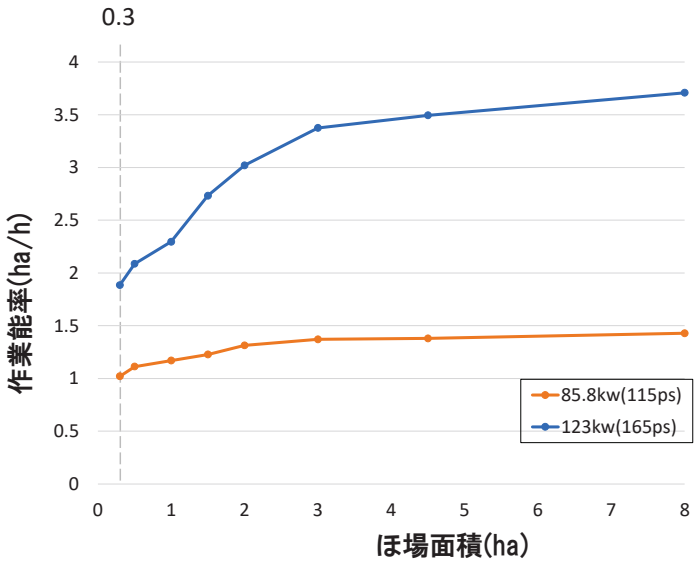
【参考】大区画水田における作業能率を向上させる栽培方法及び農作業機（乾田直播）

乾田直播は乾いた田に種籾を直接播く栽培方法である。育苗や代かきを省略し、田植時の苗運びも不要で田植機よりも高い作業能率を有する播種機を使うため、少人数で広い面積の作付けが可能となる。一方で、代かきを省略するため雑草の発生が旺盛となることから、播種直後から除草剤を３回程度散布する必要がある。作業能率は２ha 区画において、移植では 1.1ha/h 程度（**図-4.2.15** 参照）であったが、汎用播種機による直播では 1.3ha/h 程度となる（**図-4.2.28** 参照）。特に、麦用の高速播種機であるグレンドリルを使用することで 3.0ha/h 程度となり、５ha 区画以上でも作業能率は低下しない。

また、良好な苗立ちや初期生育、除草剤の効果発揮には高い均平精度が必要となることから、レーザーレベラー等による均平作業は不可欠となる。加えて、乾田直播の導入には均平作業時や播種作業時において乾田状態が求められるため暗渠排水整備が必要となる。

併せて、給水・排水を迅速に行うため、額縁明渠を検討する。

なお、新たな機械の導入コストが必要になることや乾田状態を作り出すことが困難な地域も存在するため、農業者の意向を十分に考慮する必要がある。



トラクタ	115ps	165ps
播種機	汎用播種機	グレンドリル
作業幅(mm)	2400	3000
作業機全長(mm)	1640	3000
作業速度域(km/h)	7	15
タンク容量	25×4	600
重量(kg)	786	970

面積条件(m×m)

・100×30　(0.3ha)
・100×50　(0.5ha)
・100×100　(1ha)
・150×100　(1.5ha)
・200×100　(2ha)
・300×100　(3ha)
・300×150　(4.5ha)
・400×200　(8ha)

図-4.2.28　乾田播種作業における作業能率

※農研機構農村工学研究部門による試算

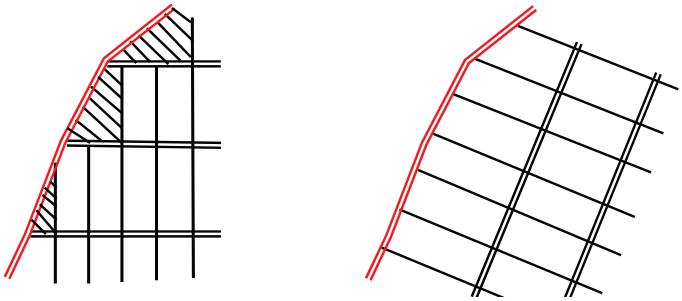
4.2.5　不整形田の取扱い

立地・営農条件等により地区としての標準的な考え方の耕区が設定できない場合には、地区の実情に合わせた検討を行う。

1　縁辺部における不整形田の形成

事業地区の形状が長方形であることはまれであることから、地区縁辺部において不整形田が生じることは避けられない。しかし、その場合であっても農道計画を工夫することで、全体として不整形田を減らすことに心掛ける。地区が鉄道や道路等の直線状の構造物と接する場合には、農道をこれと並行又は直角に配置すればこれを回避できる。

不整形な耕区であっても、例えば**図-4.2.29**（a）のように不整形田が形成される場合には、地形条件等で著しく不利となる場合を除き、**図-4.2.29**（b）のように支線農道を平行に配置することにより機械作業効率の低下を避けることができる。



（a）　（b）

図-4.2.29　不整形田の形成例

2　非方形区画

方形を崩した区画としては、**図-4.2.30** のように４種が考えられる。

（a）三角形

（b）長辺平行、短辺非平行の台形

（c）長辺非平行、短辺平行の台形

（d）長辺、短辺ともに非平行の四辺形

それぞれに機械作業効率を検討すれば、次のとおりである。

①　(a) のような三角形で旋回回数を少なくするには、斜辺に沿って機械作業することが最も旋回回数も少なく合理的になる。しかしターンが鋭角になり、また、角 B に近づくにつれて直線距離が短くなり不合理である。

②　(b) の四角形 ABCD は、短辺の交角が著しい鋭角でない限り、長方形 DEFG と枕地長さも大差がなく効率的である。

③　(c)（d）の長辺非平行（非等幅）の区間は機械作業上、台形又は長方形と三角形との複合になるから好ましくない。

以上から、できるだけ（b）のように長辺平行（等幅）区画にすることが望ましい。

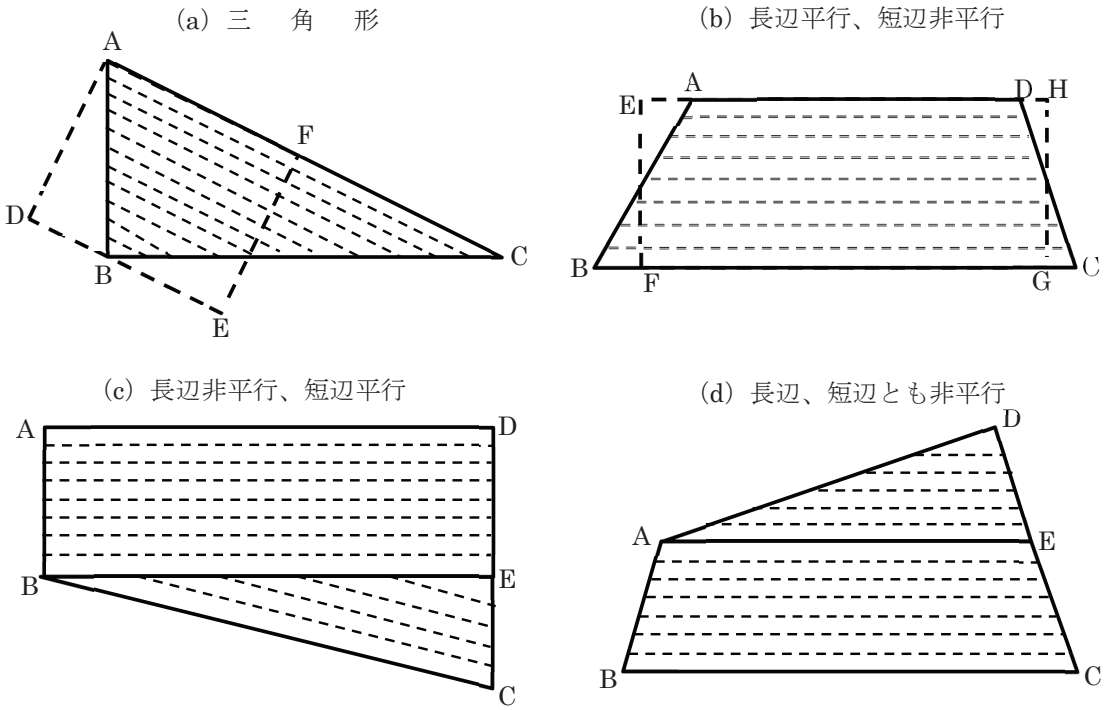


図-4.2.30　非方形区画

引用・参考文献

1）農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準・計画「ほ場整備（水田）」（平成 25 年４月）
2）農林水産省農村振興局：自動走行農機等に対応した農地整備の手引き（令和５年３月）
3）新沢嘉芽統、小出進（1963）：耕地の区画整理、岩波書店、p.110-112
4）石井敦（2003）：利用集積地の集団化による巨大区画水田の創出、東京大学大学院農学生命科学研究科博士論文
5）杉浦未希子ら（2013）：今こそ、経営と水田区画の規模拡大を、農業農村工学会誌 81(1)、p.11-14
6）石井敦（2018）：真の低コスト稲作のための農地の利用集積・圃場整備と土地改良法の改正、土地と農業 48、p.26-42
7）石井敦（2020）：巨大区画水田の整備方策と効果、機械化農業 2020-3、p.5-10
8）黒田久雄ら（2022）：大区画水田への額縁明渠灌漑排水方式について、農業村工学会大講演要旨、自動走行農機の手引き、P.35
9）酒井美樹ら（2017）：大区画水田における地下水位と湛水位の代表値の把握方法、寒地土木研究所月報 No.768、p.10-18
10）若杉晃介ら（2017）：ICT を用いて省力・最適化を実現する圃場水管理システムの開発、農業農村工学会誌 85（1）、p.11-14
11）若杉晃介ら（2016）：大区画圃場における RTK-GPS 測位を用いた圃場管理技術の実証、農業農村工学会誌 84（3）、p.23-26

4.3 整地

4.3.1 一般事項

整地の手順は、表土はぎ取り、基盤切盛（下層土)、基盤整地、表土戻し、表土整地を基本とする。

1　基本的な作業手順

整地の手順は、以下を基本とする。



ただし、表土及び下層土が混合しても差し支えない、あるいは混合が望ましい土地においては、表土扱いの必要がなく、また、山間部やその他特殊条件地区においては、このような一環した作業で施工できない場合もある。

このような地区での整地作業に当たっては、地区内の土壌及び地耐力調査結果、運搬路等の調査結果を次のような区分により、地区の平面図に工種別に細分（色分け）して記入・整理し、機械施工法の選定に利用する。

①　標準機械のみで施工可能な箇所
②　湿地用機械で施工可能な箇所
③　小型湿地用機械に限定される箇所
④　仮設排水路の施工後でないと湿地機械でも施工できない箇所

この色分けした図面に基づき、地区の状況及び土の特性に応じて機械の能力が最大限に発揮できる機種と台数を選定することが、工事費、工程及び品質確保に大きく影響する。

2　整地の土工量

整地の土工量の算定に当たっては、現況地形の把握が重要である。また、傾斜地等で複雑な地形においては、設計作業の効率化・迅速化のため３次元モデルによる検討が有効となる。

4.3.2 表土扱い

切盛工事においては、原則として表土扱いを行う。

1　一般事項

表土扱いは、一般に耕起の対象となる作土を確保するために行うものであるが、この費用は整地工事費の中で比較的大きい割合を占める。このため、表土扱いの要否は、表土の地力、厚さ、下層土の理化学性、傾斜、地形、換地等に対する担い手の意向や、表土扱いを省略することによる経済効果等を総合的に判断して決定されるべきである。ただし、病害虫等の混入により作物生育に支障のある土は、表土として使用してはならない。

2　表土扱い

(1) 表土扱いの厚さ

表土扱いをする場合の表土は、15cm を目標とする。ただし、下層に礫又は泥炭層がある場合や畑

利用により高収益性作物等の導入を行う場合には、これを 20cm としてもよい。

(2) 表土扱いを行わない場合

次の場合には、表土扱いを行わない。

ア 表土扱いが困難な場合

① 排水の悪い軟弱地盤や湿田を施工する場合

② 急傾斜地水田で施工する場合

上記の場合、土層改良及び土壌改良を実施する。

イ 表土扱いを必要としない場合

① 下層土が表土とほぼ同質で、表土扱いを省略しても、整地後において有効土層厚が 30cm 以上となり、肥培管理によって表土となし得る場合

② 表土の肥沃度が低く、表土と下層土を混合することによりかえって地力増進になる場合

③ 切土、盛土深が 5 cm 以内の平坦な地区の場合

3 施工方法

表土扱いには、次の図に示すとおりはぎ取り戻し工法、順送り工法、運土量削減型整地工法（表土扱いを行う工法）があり、主に当該地区の地形条件によって工法を選定する。

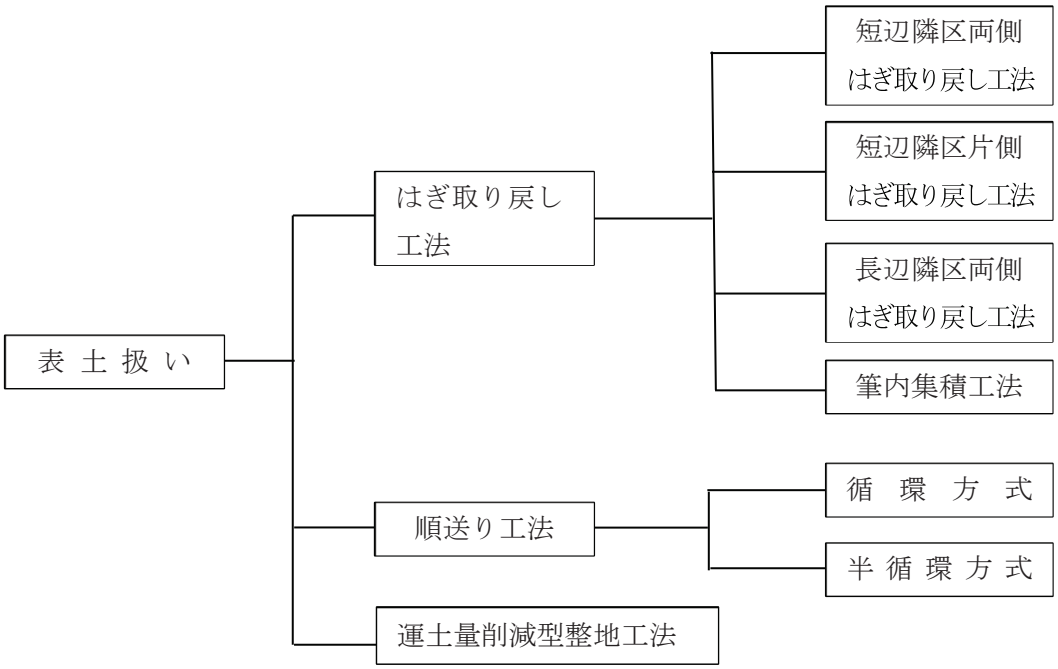


図-4.3.1 表土扱い工法

（各工法の詳細は**表-4.3.1** を参照）

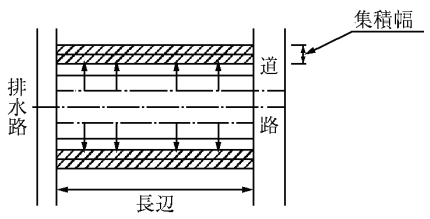
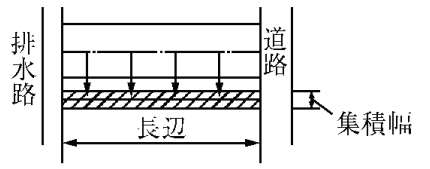
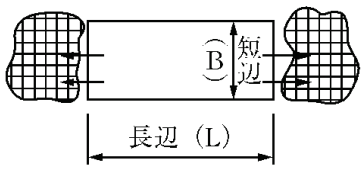
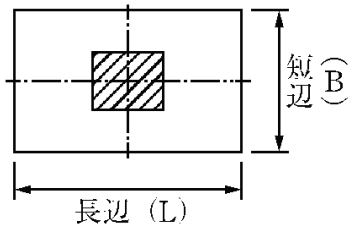
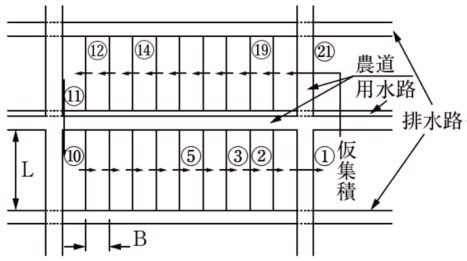
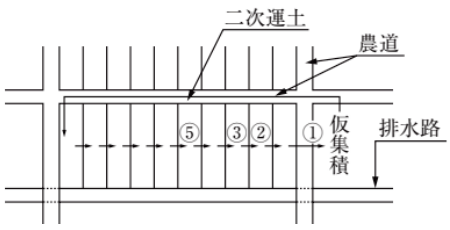
(1) はぎ取り戻し工法

はぎ取り戻し工法とは、はぎ取った表土を一時集積し、それをまた元の所に戻す工法であって、はぎ取った表土の一時集積場所の違いによって各種の工法があり、この工法の相異によって運土距離計算方法が異なる。

(2) 順送り工法

順送り工法とは、計画田面標高差が 0.5m 未満の平坦な地区又はブロック（ほ区又は農区）の基盤の切盛が一区画内で処理される場合に適した方法で、農道及び用排水路によって区切られたブロック（ほ区又は農区）単位に行うこととなる。

表-4.3.1　表土扱い工法

	内容		適用区分
はぎ取り戻し工法	短辺隣区両側はぎ取り戻し工法		計画筆外の短辺隣区両側に表土を集積し、基盤整地後に表土を戻す工法である。 表土扱いを必要とする計画田面が、隣接工区と計画田面標高差が 0.5m 未満で、点在しているほ区の場合に適用する。
	短辺隣区片側はぎ取り戻し工法		計画筆外の短辺隣区片側に表土を集積し、基盤整地後に表土を戻す工法である。 表土扱いを必要とする計画田が、田差 0.5m 以上で連続しているほ区の場合に適用する。
	長辺隣区両側はぎ取り戻し工法		計画筆外の長辺隣区両側に表土を集積し、基盤整地後に表土を戻す工法である。 隣接する耕区との計画田面標高差が、0.5m 以上の場合に適用する。
	筆内集積工法		計画筆内の整地標高に近い現況田に表土を集積し、基盤整地後に表土を戻す工法である。 隣接区画に関係なく、独立して施工できるので基盤整地の安定を待つ場合や工期に制限のある場合に適用する。 区画内の中央部又は隅部の田面標高と計画田面標高との差が± 5 cm 程度の場合は、中央部又は隅部に集中的に集積する。
順送り工法	循環方式		基盤整地の完了した耕区に隣接耕区から表土をはぎ取り同時に送り込む工法である。 ① 表土扱いをする最初の耕区と最終の耕区が連続している。 ② 各耕区の扱い土量が均等である。 ③ 隣接工区との計画田面標高差が 0.5m 未満である。 ④ 逆田修正を伴わない。
	半循環方式		循環方式と同様に隣接耕区に表土を送り込むが、下段にのみ押土を行い、最終の耕区には最初の耕区（仮集積）から二次運土する工法である。特に、上段の耕区と下段の耕区の計画田面標高差が大きい場合に有効である。 ① 表土扱いをする耕区がある程度以上連続している。 ② 各耕区の扱い土量が均等である。 ③ 搬入土の必要な耕区を含まない。 ④ 最初の耕区と最終耕区が連続していない場合。

(3) 運土量削減型整地工法

大区画の整地工では、ほ場内での運土距離が長くなり、整地工事費が増加しているため、これに対する低コスト工法として、運土量削減型整地工法が確立された。運土量削減型整地工法は、ゴムクローラトラクタけん引のレーザープラウを用いて土壌を反転し、ほ場の乾燥後レーザーレベラーまたはレーザーブルドーザで運土・整地を行うものである。ほ場の土壌構造を傷めない排水性に優れた低コストな整地工法として全国で導入事例がある。なお、工法の種類として、表土扱いを行う工法（最大田面標高差約 0.5m）と表土扱いを省略できる工法（最大田面標高差約 0.2m）がある。施工方法については、**5.3 各工種の施工【参考】コスト縮減に資する技術**に示す。

4.3.3 土層改良及び土壌改良

有効土層の確保のため、必要に応じて土層改良を行う。また、水稲の生育に及ぶ障害が大きければ、土壌改良が必要である。

1 有効土層の保持

有効土層とは、水稲根が容易に伸長し、そこから養分を吸収し得る土層であり、その厚さは 30cm を確保する必要がある。また、水田の畑利用に伴い当該地区の営農計画における主要作物種を対象に有効土層厚 30cm 以上を確保することを検討する。

有効土層では、土壌の硬さ、土性等の物理的性質が植物根の伸長に適していなければならない。それを阻害する土層には次のようなものがあり、これらが存在する場合は、適切な処理が必要となる。

① 粗砂及び礫の含量が多い土層（重量で 55%以上）
② 堅い土層（山中式硬度計による緻密度が 24mm 以上）
③ 泥炭層又は黒泥層
④ リン酸の不足する土層（リン酸吸収係数 2,000 以上）

2 土層改良

土層改良の種類及び工法については、地区の土層の状況、用土の必要賦存量の有無、機械の施工性等を総合的に判断の上、検討する。

表-4.3.2　土壌と土層改良の工法

土壌・地域	主たる不良要因	主たる生産阻害状況	土層改良の種類
浅耕土地帯	・作土厚、有効土層深の不足	・根の伸長困難 ・保水力、保肥力不足	下層が良質土の場合：混層耕、心土破砕 下層が硬盤、石礫層、基岩等の場合:客土、不良土層排除、床締め
礫質土	・作土厚、有効土層深の不足 ・粒度組成の不良	・根の伸長困難 ・作業機械の損傷大 ・けん引抵抗大 ・保水力、保肥力不足	客土、除礫
砂質土	・粒度組成の不良	・保水力、保肥力不足	客土
粘質土	・粒度組成の不良	・透水性、通気性不良 ・地耐力不足 ・けん引抵抗大 ・養分固定力大	下層が良質土の場合：混層耕、心土破砕 下層が不良土の場合：客土、心土破砕
泥炭土	・構成成分の不良	・保水力過大 ・地耐力不足	客土、混層耕
粗粒火山灰土	・粒度組成の不良	・根の伸長困難 ・透水性、通気性過大 ・養肥分不足	混層耕、客土

(1)　客土

客土は、浅耕土地帯での作土厚の増加、作土の理化学性の改良、水田の浸透抑制、泥炭地での地耐力増強等を目的として、土取場を設け、採土、搬入により行われるものである。また、客土は客入土の搬入方法により、搬入客土工法、ポンプ客土工法、流水客土工法に区分される。

(2)　混層耕

混層耕は、作土が、火山灰土、泥炭土、砂礫土等の理化学性が劣る土壌であって、心土に肥沃な沖積土や洪積土等の土層が存在する場合に、これらを同時に耕起、混和、反転等を行い作土厚の増加、作土の理化学性の改良等を図るものである。混層耕は施工方法により、混層耕工法、反転客土工法、改良反転客土工法、深耕工法、心土耕工法に区分される。

(3)　心土破砕

心土破砕は、下層に耕盤等の堅密な層が形成され、十分な透水性、通気性が得られない場合や作物根が伸長できない場合に、これを破砕して膨軟にするものである。また、火山灰地帯のコラ（九州南部地方に分布）、マサ（中国地方等に分布）等の火山性砂礫層が粘土粒子によって固結し、比較的薄い耕盤層を形成する場合に、透水性、通気性の改良及び作物根の伸長を可能にする耕盤破砕工法も心土破砕として扱う。

(4)　除礫

除礫は、石礫含層の多い土層において、保肥力、保水力の増大等、作物の生育環境改善と農業機械の作業性向上を目的として、作物生育、耕作の支障となる大きさの作土内の石礫を対象として、排除

又は細砕及び混合等を行うものである。

(5) 不良土層排除

不良土層排除は、ボラ層（九州南部地方に分布）や表層の軽石層等、物理性又は化学性の不良な土層が厚く分布する特殊な土層を成す火山灰地帯において、これらの不良土層を排除して作土厚や有効土層厚を増加させるものである。

ただし、ここでいう不良土層とは、物理性又は化学性あるいは両者が作物生育に大きな障害となる土層で、取り除く以外に改良の手段のないものをいう。例えば、①火山灰地帯に存在するコラ層のように、特殊な土層を形成し、作物根の下方への伸長を全く許さず、下方からの水分や養分の供給を許さない土層、②その土層が保水力及び保肥力を全く欠き、作物生産に障害となる土層をいう。

(6) 床締め

床締めは、水田浸透量が過大な漏水田に対して浸透抑制を行うことを目的とするもので、水稲栽培上、水温上昇、肥料流亡防止等の効果があり、さらに用水量の節減にも有効である。

また、ほ場整備工事による耕盤層の破壊又は漏水田における生育むらを防止するため、耕盤造成対策として心土破砕転圧工法を実施する場合もある。

以上の土層改良の種類及び特徴を整理すると、**表-4.3.3** に示すとおりになるが、改良対策としては土層改良のほか、土壌改良、暗渠排水等も勘案しなければならない。

表-4.3.3　土層改良技術の特徴

工法	土層に生じる変化	土層改良の対象となり得るほ場の状態	特　　徴
客土	・作土の理化学性変化 ・作土厚の増加 ・地耐力の増加	・作土の土性が極端に砂質又は重粘質である。 ・泥炭地で鉱物質土壌に乏しい。 ・作土中に微量要素が不足している。 ・老朽化している。（水田）注) ・漏水が大きい。（水田） ・地耐力が小さい。 ・浅耕土である。 ・作土が薄く、そのままでは汎用農地化ができない。 ・表土戻しの土量が不足している。 ・地盤が低く、かさ上げが必要である。 ・土壌流亡が生じ、作土厚が不足している。 ・作土に石礫が多く、それを取り除く適当な方法がない。 ・土の入替えを要する。（施設畑）	・様々な状態に対応し得る、応用範囲の広い技術である。 ・適当な客入土の得られる土取場を探す必要がある。 ・客入土が、有利な条件でほ場まで入れられない限り、コストはかなり高くなる。 ・運土に工夫を要する。 ・段階的施工又は追加施工を要することがある。
混層耕	・有効土層の理化学性変化 ・有効土層厚の増加	・成層性火山灰土の畑で、適当な深さの下層に表土より質の良い埋没土がある。 ・表土に比べて、下層土が比較的肥沃である。 ・心土が全般的に堅密である。	・特殊な成層の場所でのみ採用し得る技術である。 ・特殊なプラウが必要である。 ・施工後、直ちには効果を生じない場合もある。
心土破砕	・土層内の堅密な部分の破砕と膨軟化	・土層中に堅密な層があるため作土が薄い。 ・土層中に堅密な層があるため有効土層が浅い。 ・耕盤の形成が著しい。 ・土層の透水性、通気性が悪い。	・透水性、通気性の改善に有効な技術である。 ・乾燥期に施工すると効果的である。 ・効果の持続性に若干問題がある。 ・有効水分量を増大させる。
除礫	・作土内の石礫の減少又は粒化	営農上支障となる石礫が土層の中にある。	・特殊な作業機械が必要である。 ・乾燥期に施工すれば、かなり目的を達することができるが、機械的施工のみで完全に除礫するのは難しい。
不良土層排除	・不良土層の消失	深耕して、作土と混和しても、風化してない軽石層等が表層又は作土の下に厚く分布する。	・特殊な土層の農用地に限り施工するものである。 ・コストが高い。 ・排除土の処理に工夫を要する。
床締め	・耕盤の形成 ・耕盤の強化	・開田後、浸透過多が予想される。（水田） ・漏水田 ・浸透過多が予想される。（還元田）	・施工時期を選んで転圧すれば効果的である。 ・農用地の造成及びほ場整備の段階では、施工機械による転圧を繰返して受け、土層が締固められることも多いので、計画に当たってはこの適用に留意する必要がある。

注）鉄やマンガンその他有効塩類の溶脱が激しいため、生産力が低下している状態。

【参考】望ましい水田土壌の性質と改良のための工法

望ましい水田土壌の性質と改良のための工法を整理すると、**表-4.3.4** 及び**図-4.3.2** に示すとおりである。

表-4.3.4　（参考）望ましい水田土壌の性質

項　　目	理　想　値	許　容　値	改良のための工法
1. 作　土　深	15～20cm	10cm	客土（深耕）
2. 有効土層深	50cm 以上	30cm	心土破砕
3. 透　水　性	（弱グライ土）		
降下浸透量	10～20mm/日	10～35mm/日	許容値よりも 小さい場合：暗渠 大きい場合：床締め
（日減水深）	15～25mm/日	10～40mm/日	
最小透水土層の透水係数	10^{-5}cm/s	10^{-4}～10^{-5}cm/s	
4. 粒径組成			
土　性	L～CL （壌土～埴壌土）	SL～LiC （砂壌土～軽埴土）	砂土：客土 強埴土：砂客土暗渠
石礫 （径 3.5cm 以上）	ないこと	容積 10%以下	除礫
5. 地耐力 コーンペネトロメータ	390kN/m² 以上	200kN/m²	許容値よりも小さい場合：床締め 暗渠

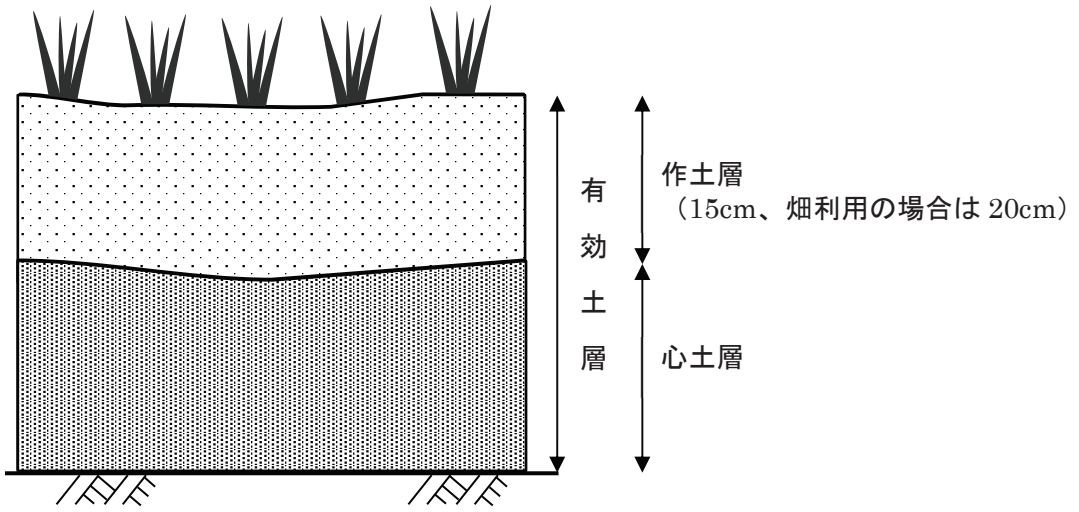


図-4.3.2　土壌断面図

3　土壌改良

土壌改良は、元来造成当初の土地生産力を確保するため、作土の理化学的性質を改善する措置として行われてきたものである。

土壌改良は酸性矯正及びリン酸の補給であり、これは作土に炭酸カルシウムとリン酸肥料が土壌改良資材として散布混合されるものである。また、表土の不足した農地では、土壌改良工事として有機質資材の投入も行われる。

(1)　酸性土壌の改良

作物の生育に適当な pH は一般に 6.0～6.5 と弱酸性である。pH の低い酸性の土壌に対しては、炭酸カルシウムの投入によって作付作物に適した pH に改良する必要がある。

炭酸カルシウムの投入量は、一般的に緩衝能曲線による方法で求められる。

【参考】緩衝能曲線図による炭酸カルシウムの投入量の算定法

作土より採取した試料について、緩衝能法（H_2O）により緩衝能を測定し、これを方眼紙に記入して緩衝能曲線図を作成する。$CaCO_3$ の必要量は、0mg、10mg、25mg、50mg、100mg、200mg の 6 区分とし、必要に応じて追加する。

図-4.3.3 の緩衝能曲線図に示すように、現況 pH5.5 の作土を pH6.5 に改良するために必要な炭酸カルシウム（市販）の投入量は、次のように求める。

緩衝能曲線図より、乾土 10g 当たりの $CaCO_3$ の必要量は 100mg－25mg＝75mg となる。

$$1\text{ha 当たり炭酸カルシウムの投入量（t/ha）} = L \times d \times (w \times 10^{-4}) \div 1.79 \div (p \times 10^{-2}) \times 10^{2}$$

$$= \frac{L \times d \times w}{1.79p} \cdots\cdots (4.3.1)$$

ここに、L：土壌改良深（cm）

d：試料が属する土壌の現地容積重（土層別の現地容積重を各土層厚により加重平均した値）（g/cm³）

w:改良目標 pH まで酸性矯正するために要する試料乾土 10g 当たりの $CaCO_3$（mg）

p：市販炭酸カルシウム中の $CaCO_3$ 含量（標準 80%）

例えば、土壌改良深 15cm、d＝1.1、w＝75mg、p＝80%とした場合、

$$1\text{ha 当たり炭酸カルシウムの投入量} = \frac{15 \times 1.1 \times 75}{1.79 \times 80} = 8.6\text{t / ha}$$

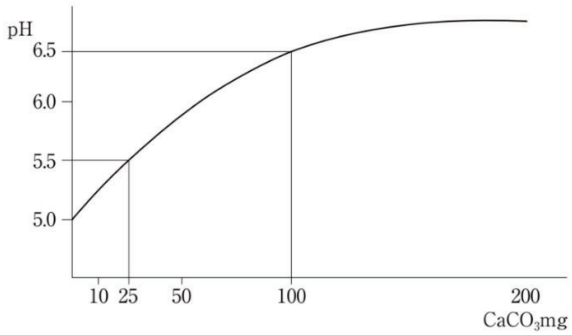


図-4.3.3　緩衝能曲線図

(2) リン酸吸収能の抑制

リン酸吸収係数が高い場合（700 以上)、営農の初期の段階で施肥されるリン酸肥料は、作物に供給される割合が少ないため、土壌のリン酸吸収能をあらかじめ抑制する目的でリン酸吸収係数の 1 %に相当するリン酸を工事中に投与する。

$$1\text{ha 当たりリン酸肥料の投入量（t/ha）} = L \times (p \times 10^{-5} \times 10^{-2}) \times d \div (r \times 10^{-2}) \times 10^{2}$$

$$= \frac{L \times p \times d}{r} \times 10^{-3} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.3.2)$$

ここに、L：土壌改良深（cm）

p：リン酸吸収係数（試料乾土 100g 当たりの P_2O_5 の吸収量（mg））

d：現地仮比重（g/cm^3）

r：リン酸肥料中の P_2O_5 の含有率（標準 19%）

例えば、土壌改良深 15cm、p＝1,500、d＝1.1、r＝19%とした場合、

$$1\text{ha 当たりリン酸肥料の投入量} = \frac{15 \times 1{,}500 \times 1.1}{19} \times 10^{-3} = 1.3\text{t / ha}$$

4.3.4 基盤切盛

現況地形と計画で定められた区画との関連を精査したのち、設計作業の省力化と精度向上を考慮して最も適した土量計算方式を選択し、切盛土量、施工面積等を決定する。

1　作業手順

計画標高等の算出の作業手順を**図-4.3.4** に示す。

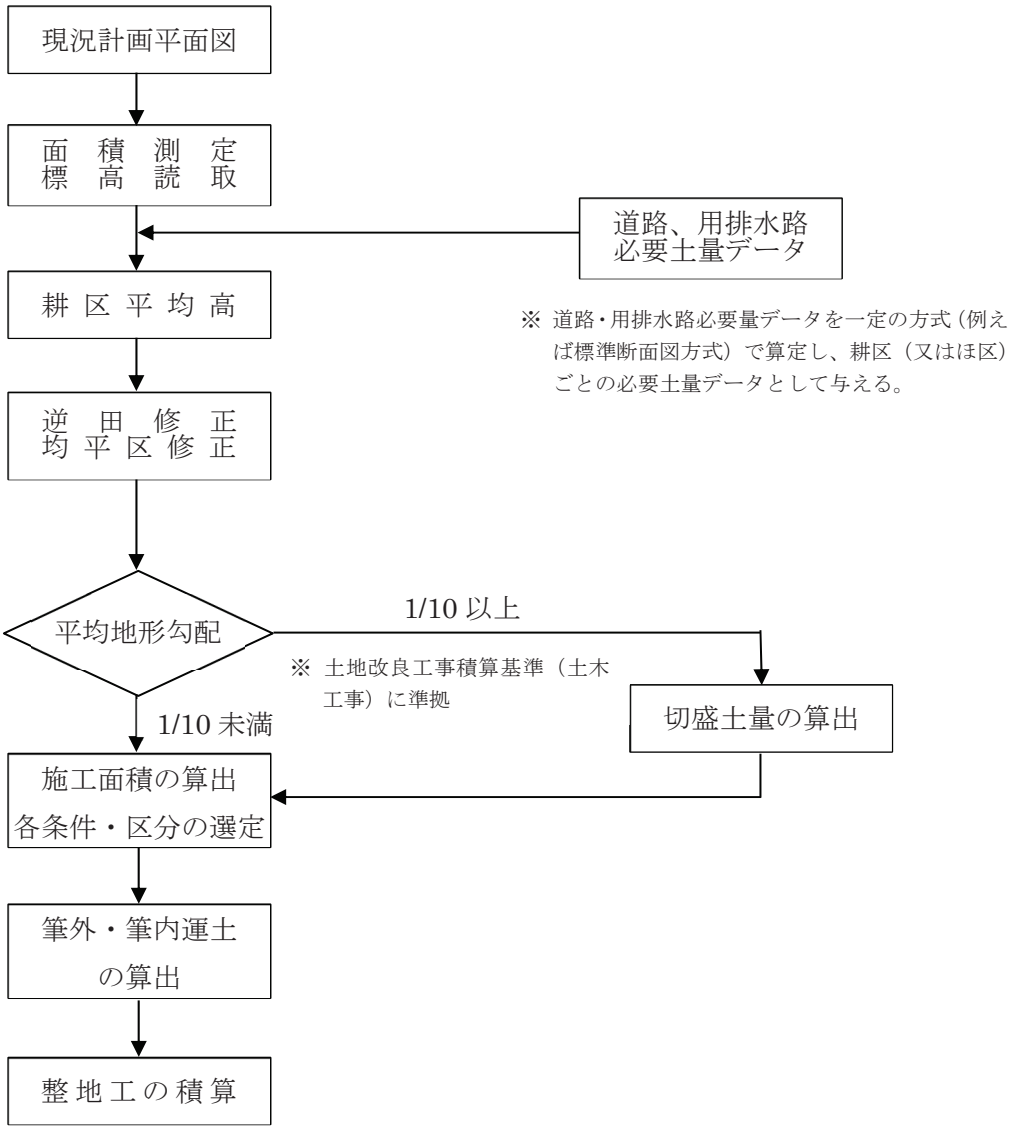


図-4.3.4　基盤切盛の設計手順

2　計画標高等の算定

基盤の計画標高等の算定は、道路及び用排水路の配置に沿って、基盤の切盛、運土計画を行うもので、一般に加重平均法を用いる。そのほか、格子分割法、メッシュ法等がある。

加重平均法は計画耕区内の現場地積から移動すべき土量に見合った計画標高を定め、計画標高に合わせて基盤を切盛するために計画区画に分けて１筆ごとに切盛、運土計画を立てるものである。

(1)　計画標高

現況ほ場１筆ごとの標高と面積から各筆の水準面上の土量を求め、集積して水準面上の総土量とし、道路・用排水路に必要な土量を差し引いた残りの土量を総面積で割って計画標高を求める（**式**(4.3.3) 参照)。

$$FH = \frac{\sum E_i \cdot A_i - B}{\sum A_i} \cdots\cdots (4.3.3)$$

ここに、FH：計画標高

E_i：各筆の整地前の標高

A_i：各筆の整地前の面積

B：道路・用排水路に必要な土量

ただし、残土は標高換算で１cm 未満は切り捨てる。

(2) 運土距離

運土距離（$\overline{D}$）は**式(4.3.4)**によって求める。

$$\overline{D} = \frac{\sum V_i \cdot di}{\sum Vi} \cdots\cdots (4.3.4)$$

ここに、V_i：各筆の切取り土量

d_i：各筆の運土距離（重心→重心）

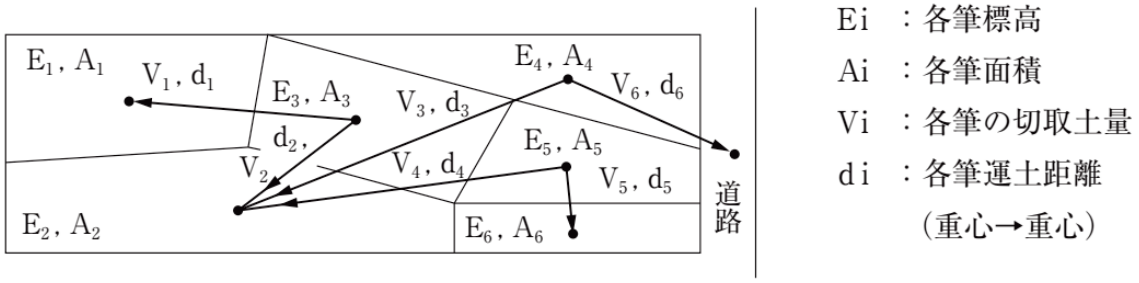


図-4.3.5　運土ベクトル

【計算例】加重平均法による算定

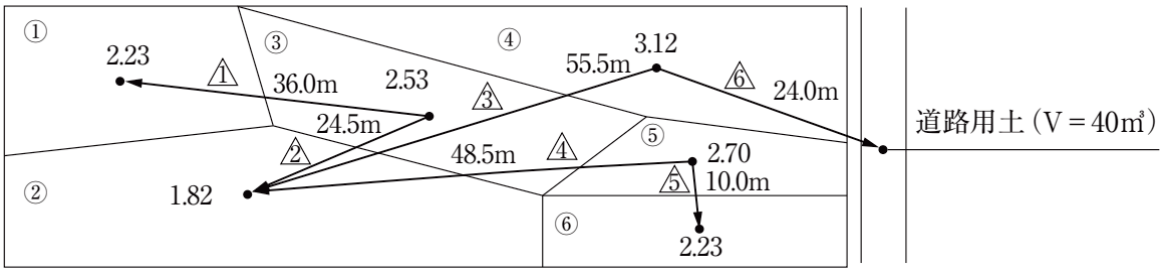


図-4.3.6　計画耕区

表-4.3.5　計画標高、土量計算表

土　量　計　算　表

○○区	農区○○		ほ区○○	耕区○○	耕区内道路・用排水路必要土量			40.0m³
計画標高	2.37m	面積	3000.0m²	切土量	579.5m³	盛土量	534.3m³	差引土量	45.2m³

地番	地盤高 (m)	面積 (m²)	切高 (m)	盛高 (m)	切土量 (m³)	盛土量 (m³)	表土扱い	備考
①	2.23	523.3	-	0.14	-	73.3		残土45.2m³
②	1.82	760.2	-	0.55	-	418.1		ただし標高
③	2.53	495.4	0.16	-	79.3	-		換算1cm
④	3.12	472.1	0.75	-	354.1	-		未満は切り
⑤	2.70	442.8	0.33	-	146.1	-		捨てる
⑥	2.23	306.2		0.14	-	42.9		
計		3000.0			579.5	534.3		

$$FH = \frac{2.23 \times 523.3 + 1.82 \times 760.2 + 2.53 \times 495.4 + 3.12 \times 472.1 + 2.70 \times 442.8 + 2.23 \times 306.2 - 40.0}{3{,}000}$$

$= 2.37\text{m}$

表-4.3.6　運土距離計算表

番号	Vi	di	Vi・di	経　路	$\overline{D}$
①△	73.3m³	36.0m	2,638.8	③→①	$\frac{26{,}612.6}{579.5} \fallingdotseq 46.0$
②△	6.0	24.5	147.0	③→②	なお、各筆からの筆内、外運土については、土地改良工事積算基準（土木工事）に準拠して計上すること。
③△	314.1	55.5	17,432.6	④→②	
④△	103.2	48.5	5,005.2	⑤→②	
⑤△	42.9	10.0	429.0	⑤→⑥	
⑥△	40.0	24.0	960.0	④→道路	
計	579.5		26,612.6		

【参考】格子分割法

ア　計画標高

この方法は**図-4.3.7** に示すように計画耕区の短長辺をそれぞれ m、n 等分する格子を設定し、各格子を代表する標高として、その格子内で最大面積を占める現況区画の筆標高をとり、この格子を単位として切盛計算を行うものである（**式(4.3.5)** 参照)。

$$FH = \frac{\sum Hio}{\text{有効格子数}} \quad \cdots\cdots (4.3.5)$$

ここに、FH：計画標高

Hio：有効格子の整備前の代表標高

計画耕区の短辺・長辺をそれぞれ m・n 等分して区切る（比較的平坦地の場合は、m=３・n=５の枠に、傾斜地で現況区画の小さい場合は、適宜 m・n の分割数を増やし標高算定精度を高める)。

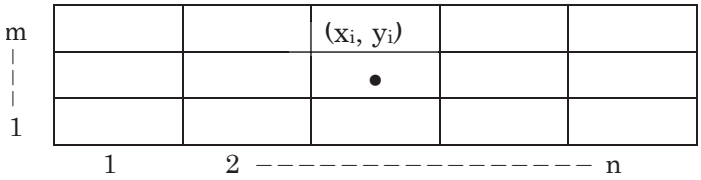


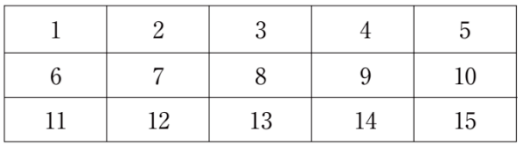
図-4.3.7　格子の分割方法

不整形ほ場に対する方策は**図-4.3.8** に示したように、計画耕区の格子内に半分以上の面積が含まれる格子を有効格子とし、計算を進める（**式(4.3.6)** 参照)。

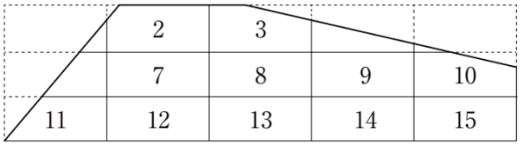
$$\left.\begin{aligned} FH &= \frac{\sum Hio}{\text{有効格子数}} \\ A' &= \frac{A}{\text{有効格子数}} \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots (4.3.6)$$

ここに、A'：有効格子当たりの面積

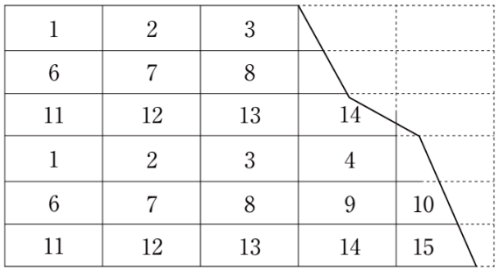
ただし、等面積で分割した一個当たりの面積が、A'の面積とほぼ等しい値になるよう有効格子数を調整する。



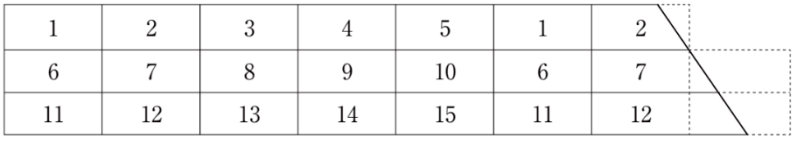
(1) 整形田，有効格子数15



(2) 不整形田，有効格子数11



(3) 不整形田，有効格子数24



(4) 不整形田，有効格子数21

図-4.3.8　不整形ほ場の取扱い

イ　土量計画・運土距離

(ア) 移動土量

（切土量＝盛土量：V）は、計画耕区の面積をAとすると、**式(4.3.7)**で与えられる。

$$\left.\begin{aligned} V_C &= \frac{A}{m \cdot n} \cdot \sum(hi_C - FH) \\ V_B &= \frac{A}{m \cdot n} \cdot \sum(FH - hi_B) \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots(4.3.7)$$

ここに、V_C：切土量（m³）

V_B：盛土量（m³）

hi_C：切土格子の切高（m）

hi_B：盛土格子の盛高（m）

A　：計画耕区面積（m²）

(イ) 切盛ブロックの重心位置

切盛ブロックの重心位置は、**式(4.3.8)**で与えられる。

$$\left.\begin{aligned}(x_C,\ y_C) &= \left(\frac{\sum(hi_C \cdot x_i)}{\sum hi_C},\ \frac{\sum(hi_C \cdot y_i)}{\sum hi_C}\right)\\ (x_B,\ y_B) &= \left(\frac{\sum(hi_B \cdot x_i)}{\sum hi_B},\ \frac{\sum(hi_B \cdot y_i)}{\sum hi_B}\right)\end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots(4.3.8)$$

ここに、$(x_C,\ y_C)$：切土ブロックの重心位置

$(x_B,\ y_B)$：盛土ブロックの重心位置

$(x_i,\ y_i)$：各任意格子の座標

(ウ) 運土距離

運土距離は切高、盛高を重さとする切盛ブロックの重心間距離として求められる（**式(4.3.9)**参照)。

$$D = \sqrt{(x_C - x_B)^2 + (y_C - y_B)^2} \quad \cdots\cdots(4.3.9)$$

ここに、D：運土距離

3　逆田修正

営農上からも排水路側の田面標高が高くなり逆勾配となること（逆田）は望ましくないため、**図-4.3.9**の例により逆田修正を行う。

なお、こねまわしや過転圧を防ぐため、逆田修正時に動かした土を再び他の耕区へ流用する計画は避け、次のことを考慮して計画する。

① 用排水路の管理上支障が生じない程度に田差を考慮して、最小限度の逆田修正にとどめる。

② 運土距離は、計画区画の重心から重心までとし、隣接田からの流用を主体に移動量を最小にとどめる。

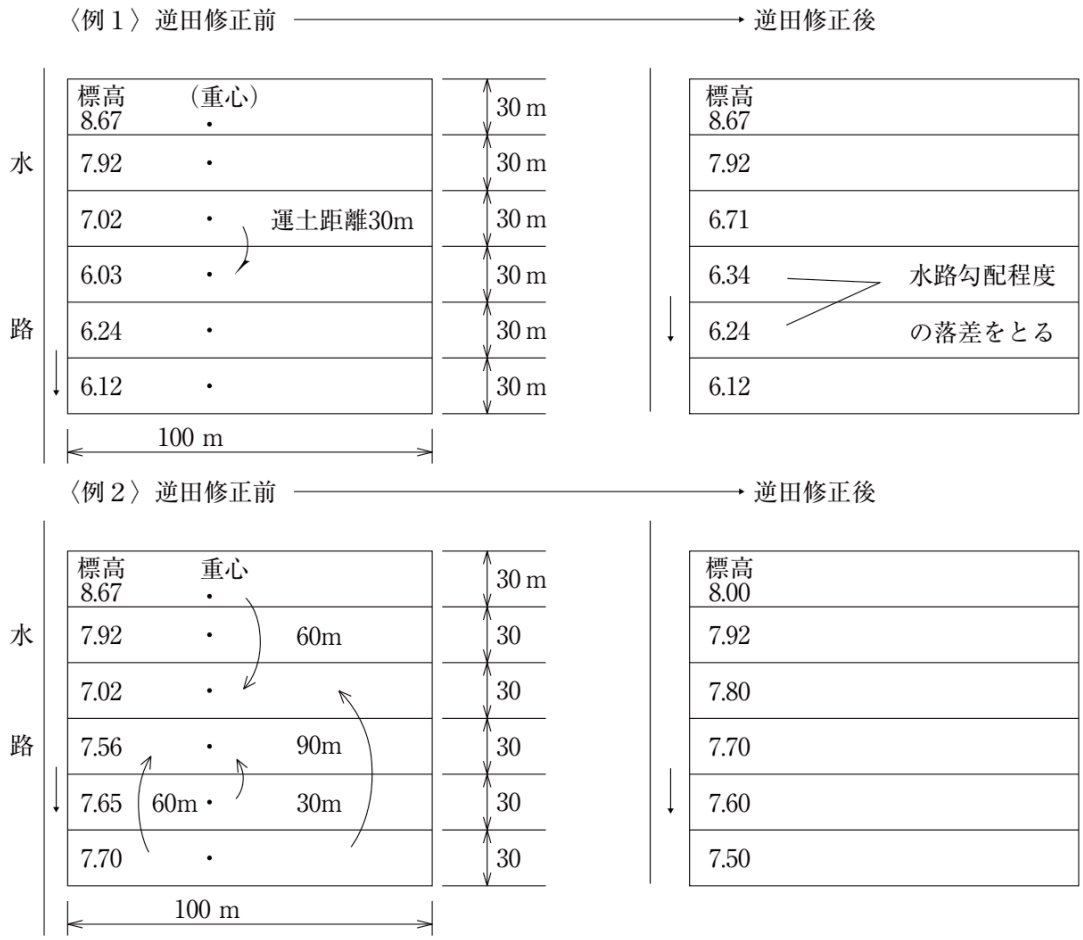


図-4.3.9　逆田修正の例

4.3.5　均平整地

均平整地は、基盤切盛完了後に行う基盤整地と、表土戻し完了後に行う表土整地に区分される。

1　基盤整地

基盤整地は、表土戻し作業に先立ち、基盤切盛作業によって生じた不陸状態を均平に仕上げる作業である。

基盤整地の良否は、田面乾燥や作土厚の均質化等に影響を与え、作物生育にむらを生じさせる要因となる。また、表土戻し後の手直し作業も困難であるので、表土整地以上に細心の注意を払う必要がある。

2　表土整地

表土整地は、表土戻し作業完了後の表土の不陸を均平に仕上げる作業である。基盤整地と同じく均平の良否により、田面乾燥、作土厚、機械作業等に大きな影響を与えるので入念に施工する必要がある。また、仕上りの均平精度は、稲作栽培上の制約と施工上から±3.5cm を目標とする。

表土整地工として、乾土均平工法又は湛水均平工法が採用されることが多いが、工法選定に当たっては、施工区域の地形、土質等を考慮する必要がある。（**表-4.3.7** 参照）

表-4.3.7　表土整地工法の比較

項　　目		乾土均平工法	湛水均平工法
心土の土質	礫､栗石混じり土の場合	・表土に含まれている石礫の除去が必要。	・漏水田の床締め効果が期待できるものの、心土の間隙を表土で補填することで表土の不足が生じることがあるため不適である。 ・心土基盤を乱し、透水不良になる場合がある。
	細砂及びシルトの場合	・乾土均平により作土に適当な空隙を作り、作物の生育上好ましい。	・湛水均平により、作土に適当な空隙がなくなり、作物の生育上好ましくない。
	粘土及び泥炭土の場合	・施工時期が天候に左右される。 ・泥濘化を避けることができる。	・水中均平も可能。 ・基盤が十分に造成されていないと泥濘化による深い泥田を作ることがある。
施工期間		・制約されない。	・水源確保が必要。 ・ため池等に水源を依存する地区では、田植期直前の実施は水不足を生じさせる場合があるので留意する。
天候		・含水比によって均平精度が変動し、施工日数が多く必要となる場合がある。	・水源があり粘質田であれば、降雨時でも施工可能である。
稲作を考慮した場合		・保水性、透水性、通気性が確保される。 ・土質が硬く耕起不可能な場合がある。	・還元状態になりやすく、アンモニア態窒素による根腐れを生じる原因となるため生育上好ましくない。
工事費(均平時間を含む)		・機械損耗は小さい。 ・表土戻しが十分にできている場合は作業能率が良い。 ・石礫を除去しなくてはならない。	・機械損耗は大きい。 ・表土に含まれる石礫除去作業を軽減できる。 ・水廻しの作業員が必要となる。 ・施工中畦畔の崩壊等が発生することがある。

4.3.6　畦畔

畦畔は、各耕区の境界線に設け、構造は土盛りを原則とする。畦畔法面は、防災及び維持管理を考慮した構造・形状とする。

1　畦畔構造

畦畔の構造は、原則として土構造物とし、用土が不良の場合を除いて、付近の水田土壌を用いて築造する。コンクリート畦畔、合成樹脂等の畦畔は、機械作業の障害等となる場合が多いため、採用に当たっては十分に留意する必要がある。

維持管理労力の軽減のため、リモコン草刈機やロボット草刈機の導入を検討することを基本とする。リモコン草刈機等は様々な機種が存在するが、概ね車体幅が 60～120cm であるため少なくとも上幅を 60cm 以上の幅広畦畔にする必要がある（**図-4.3.10** 参照）。畦畔断面が台形の場合、草刈りをする面が３面あり、傾斜面の草刈りも困難である。そのため、断面を三角形にすることで草刈りをする面を２面に減らし、刈残しや横転のリスクを解消できる。三角畦畔でリモコン草刈機による除草を行ったところ、刈払機に比べて約６割の省力化を図ることができた事例がある。また、**図-4.3.11** のように草刈機のインプルメントを装着したトラクタが走行できる「幅広畦畔」とすることが有効であるが、その場合、つぶれ地が大きくなる、将来的に畦畔除去といった簡易な整備手法による区画拡大が困難になるといった課題が生じることから、導入に当たっては農業者等の意向を十分踏まえて計画する必要がある。

リモコン草刈機等やトラクタに対応した畦畔にしない場合には、上幅 30cm、高さ 30cm、法面勾配 1:1.0 程度の台形を標準とするが、水稲栽培に必要な水深を確保した上で、田んぼダムの取組、草刈り等維持管理の省力化や地域の意向を考慮し、高さを 30cm よりも低くすることができる。また、寒冷地等では深水かんがいの必要性や凍上による崩壊を考慮し、上幅 50cm、高さ 40cm 程度（傾斜地においては別途検討が必要）まで大きくすることができる。さらに、漏水防止及び防除・草刈り等の通路の確保又は傾斜地等の地形条件により、幅広にすることもある。特に大区画ほ場においては湛水時の波浪による畦畔の越水や侵食が大きくなることから、地域によっては標準よりも上幅や高さを大きくする必要がある。

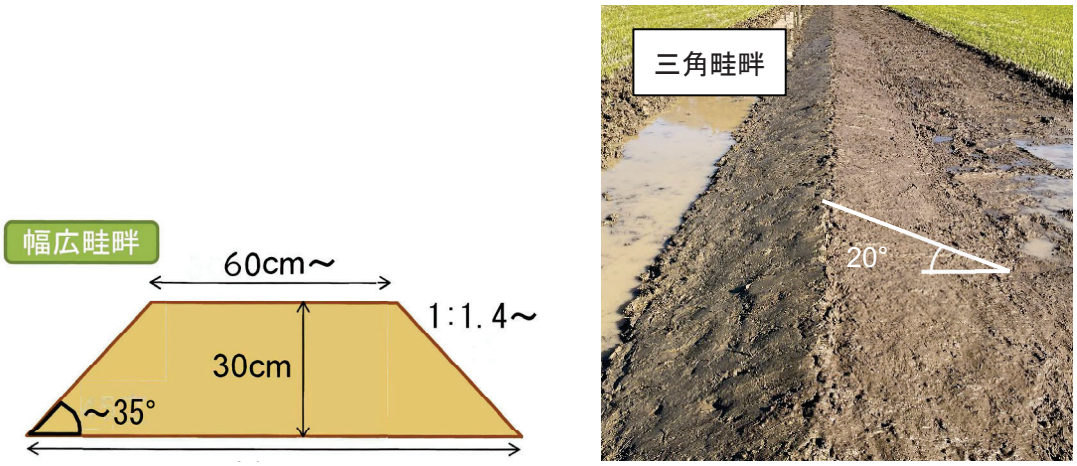


図-4.3.10　リモコン草刈機に対応した畦畔断面 [4)]

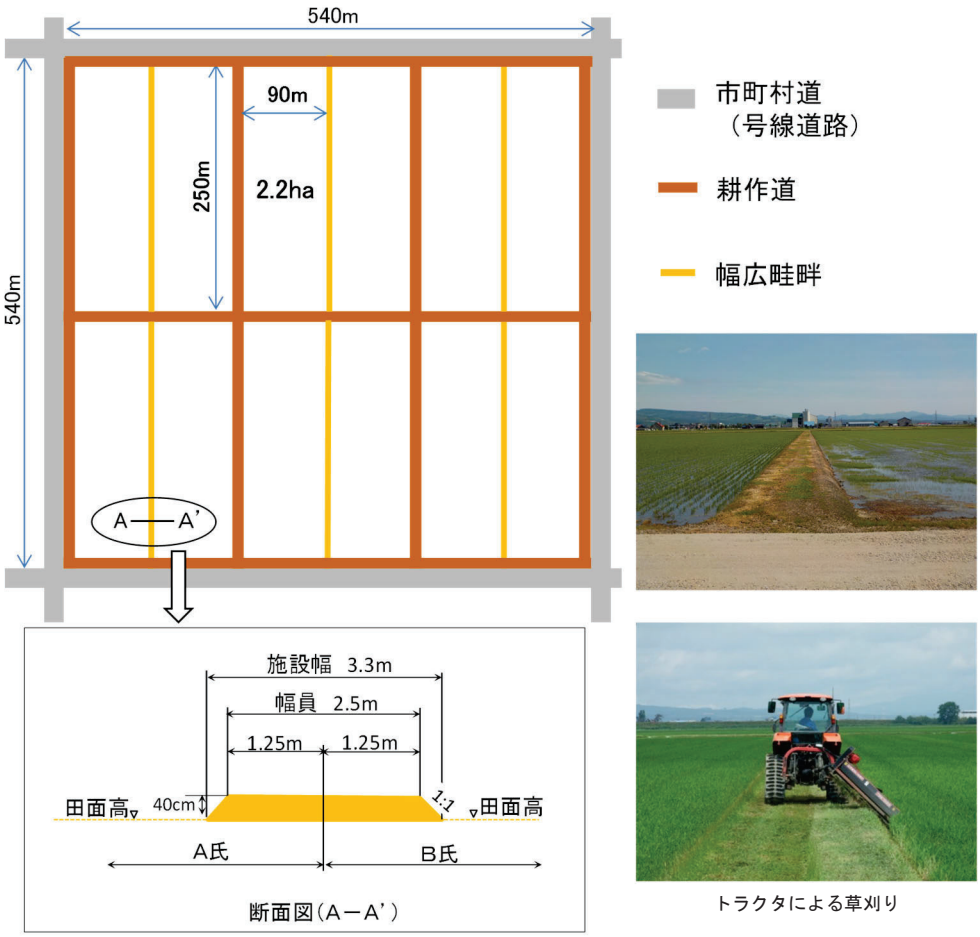


図-4.3.11　幅広畦畔の事例[3)]

2　畦畔法面

(1)　構造・形状の検討

傾斜方向への区画の拡大を行った場合、畦畔法面も大きくなる。このため、畦畔法面の有する湛水維持、区画形成及び区画保全の機能を踏まえて、防災上（安全性、不透水性、法面安定性）及び維持管理上（除草等の作業の安全性と効率化）の観点から総合的に検討し、構造・形状を決定する必要がある。畦畔法面の形状、小段の取付位置等については、地区の土地利用計画を踏まえ、つぶれ地の程度を含め受益者や担い手との協議の上、検討することが必要となる。

ア　除草作業に適する小段の位置

除草作業時の足場確保や転落防止のため、法先小段及び法面中段の小段を設置する。小段上からの除草作業ができる範囲は、小段上側に対して 1.0～1.5m、小段下側に対して 0.5m 程度、合計 1.5～2.0m であることから、除草作業の実態を踏まえて小段を設置することが重要である（**図-4.3.12** 参照）。また、法先小段は、区画間段差が 0.5m 以上のところで、法面中段の小段は、法面長 2.0m 以内の間隔を目安に設置を検討する。

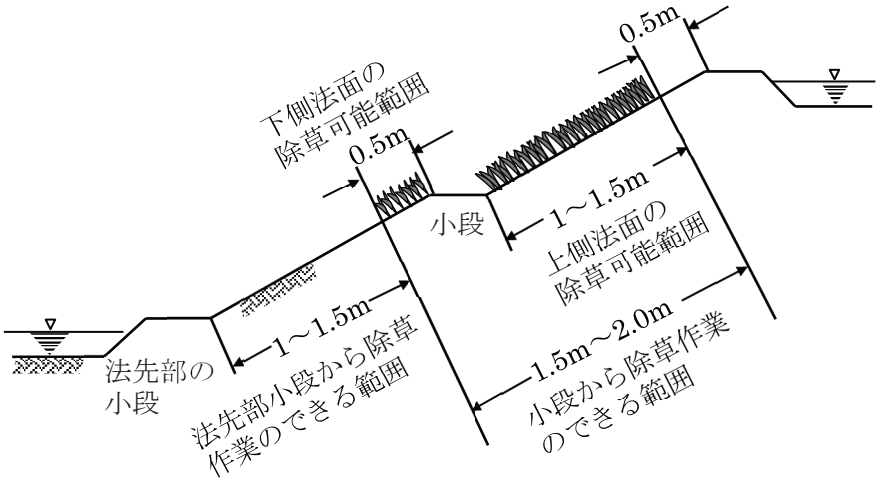


図-4.3.12　除草刈幅に対応した畦畔法面

(2)　具体的な構造・形状

安全性及び維持管理の検討を踏まえ、畦畔法面の構造と形状が決められる。具体的な構造及び形状は、**図-4.3.13** 及び**表-4.3.8** のとおりである。

なお、草刈り作業時の転倒原因やリモコン草刈機等の障害とならないよう、水管理施設等を法面上に存置・設置しないよう可能な限り留意する。

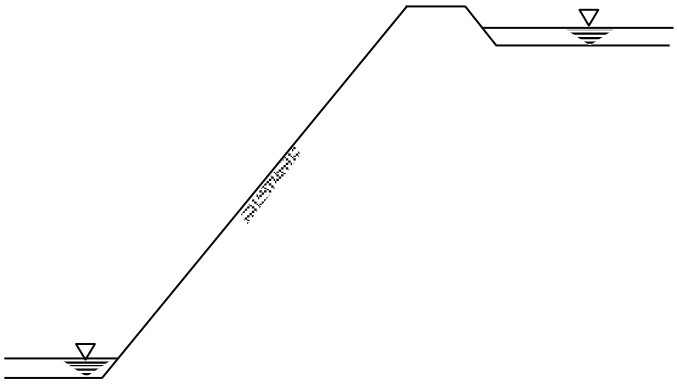


図-4.3.13　畦畔法面の形状例

表-4.3.8 畦畔法面の構造と形状（参考値）

区画間段差	外法の形状	外法勾配		内法勾配	畦畔[注)]内高	畦畔上幅
		リモコン草刈機等を導入する場合	リモコン草刈機の導入が困難な場合			
0.5m 未満	均一勾配型	リモコン草刈機 26°～35° （1：2.0～1.4） ロボット草刈機 20°～30° （1：2.8～1.7） 使用する草刈機の最大傾斜角度より 5°～10°緩くする。	45° （1：1.0）	1：0.5～1.0	0.3m	0.3～0.6m
0.5～1.5m	均一勾配型 法先小段設置の検討		40°～45° （1：1.2～1.0）	1：1.0		
1.5～4.0m	均一勾配型 法先小段設置の検討 （リモコン草刈機の使用が困難である場合は、法面中段の小段設置型を検討）		33°～40° （1：1.5～1.2）			0.6m
4.0m 以上	画一的に設定せず、法面の安定と維持管理を考慮して決定する					

注）寒冷地等で深水かんがいを行う場合は、これ以上にすることも検討する。

(3) 畦畔法面保護工

畦畔法面保護工を行う場合は、まず植生による保護工を検討する。その際、現場の土壌が植物の生育に不適であれば、客土の考慮や土羽土としての良質な土壌で被覆して、その上から植生工を施工することも考えられる。植生工だけでは法面の安定が確保できない場合には、植生工と構造物工との併用を検討する。それでもなお不安定となる場合には、構造物工だけによる検討を行う必要がある（**表-4.3.9** 参照）。

植生については、景観の改善・形成に配慮しつつ、法面管理の省力化に資する保護工を選択することが有効である。地被植物（グランドカバー・プランツ）を畦畔に被覆することで、景観を損ねることなく雑草を抑制して除草作業を軽減した事例がある（**写真-4.3.1** 参照）。なお、植生の選定に当たっては、在来種の保護及び外来種による生態系の破壊に対して考慮することも必要である。

表-4.3.9　畦畔法面保護工の検討例

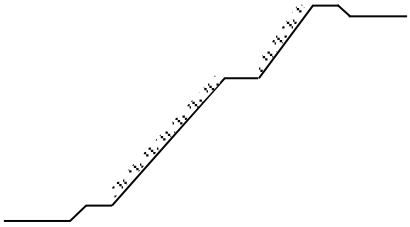
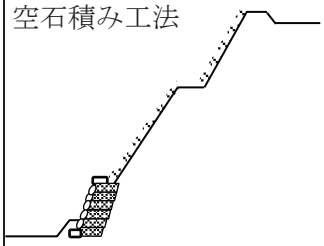
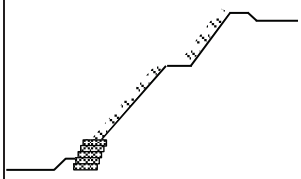
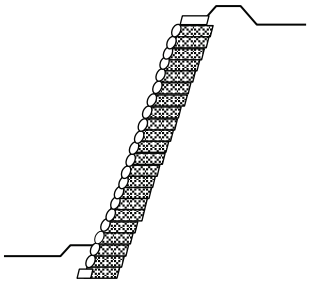
法面保護工の種類	形　　状	特　　徴
①　植生	地被植物 	・土中深く根を張り、土壌の流出を防止する効果が期待できる。 ・雑草の繁殖が抑制される。 ・被覆性が強いため、草刈り作業の軽減を図ることができる。
②　植生＋構造物	地被植物＋アンカー式空石積み工法  地被植物＋ふとんかご 	・植生構造物を組み合わせた工法。 ・構造物のみによる対策工より安価である。
③　構造物	アンカー式空石積み工法 	・最大で 1：0.3 まで法面を立てることが可能であり、法面工によるつぶれ地を減らすことができる。 ・従来の石積み工法に比べて施工が容易である。 ・農村景観としての評価が高い。




写真-4.3.1　地被植物（グランドカバー・プランツ）によって畦畔法面を被覆した事例 [3)]

3　　リモコン草刈機等に対応した畦畔

近年、写真-4.3.2 のような法面等に適用できるリモコン草刈機が普及しているが、機種によって対応可能な傾斜角度が異なる。一般的な機種の最大傾斜角度は 35°～45°（1:1.4～1:1.0）程度であるが、安全かつ効率的に作業を行うには最大傾斜角度から 5°～10°緩い傾斜で整備し、畦畔中段の法面の傾斜角度は最大でも 35°（1:1.4）とするのが望ましい。なお、リモコン草刈機を導入する場合、法面中段の小段の段差により転倒のおそれがあることや農道から法面へのアクセス性について

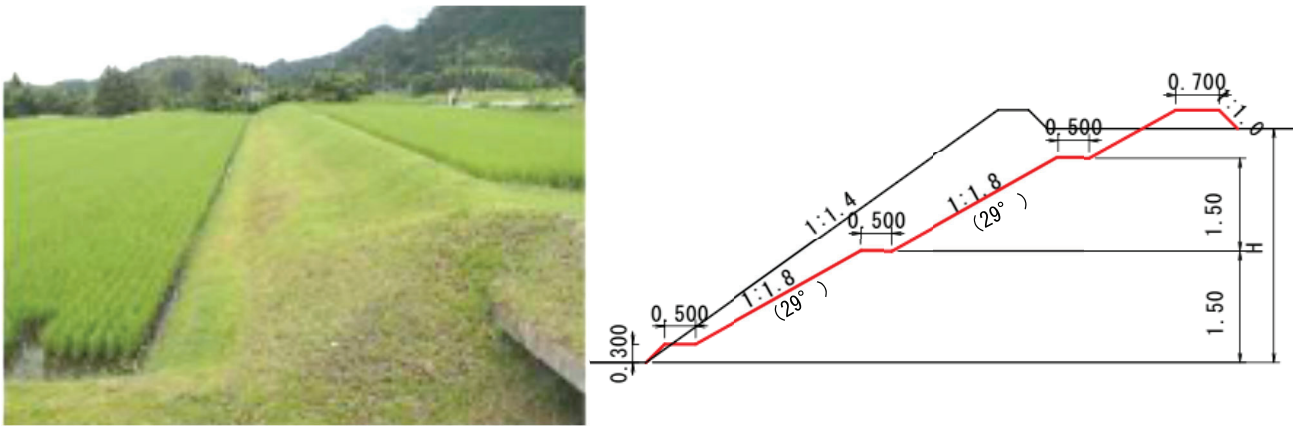
留意し、担い手の保有する機種や導入予定の機種の能力、将来の維持管理方法を踏まえた上で法面勾配・形状を検討する必要がある。

一方、ロボット草刈機は、傾斜や起伏にも脆弱であることから、畦畔の草刈りには適さず、また、エリアワイヤー、充電ステーション、電源設備の設置を必要とすることから、これまでは主に樹園地での活用に留まっていた。しかしながら、最近では、GNSS 及び LTE を用いて位置情報を取得するモデルも開発されており、畦畔を緩勾配化し、法面長を導入する機種の幅に応じたものにすることなどにより、導入に向けた検討も可能となってきている。一般的な機種の最大傾斜角度は 20°～30°（1:2.8～1:1.7）程度であるが、最大傾斜角度から 5°～10°緩い勾配で整備するのが望ましい。今後のロボット草刈機の導入を見据え、緩勾配での畦畔や法面の整備も考慮する。



写真-4.3.2　リモコン草刈機 [3)]

また、将来のリモコン草刈機等の導入を見据え、長大法面を緩勾配化した事例を**図-4.3.14** に示す。なお、法面中段の小段は草刈機の転倒要因となることから極力設置しないことが望ましい。このため、法面長や将来の維持管理方法を考慮した上で法面中段の小段の設置を判断する必要がある。



単位：m

図-4.3.14　長大法面の緩勾配化の事例（法面中段の小段がある場合）[3)]

4　「田んぼダム」に取り組む水田の畦畔

田んぼダムに取り組む水田は、大雨の際に雨水を一時的に貯留し、時間をかけてゆっくりと下流に流すことで洪水被害を防止・軽減する役割を果たす。

このため、落水口の構造と合わせて貯留効果が発揮される畦畔が必要となることから、地域における許容湛水位等を踏まえた適切な畦畔高（一般的には 30cm 程度）とし、漏水・損傷しにくい堅固なものにする必要がある。（**4.7.4 附帯構造物** 参照）

【事例】リモコン草刈機による除草が可能な三角畦畔

従来の畦畔は上幅が小さくリモコン草刈機の走行が困難となるため、三角畦畔が考案されている。三角畦畔は断面形状を三角形とすることで、斜面長を長くした畦畔である。

斜面の傾斜角度を 20°（1:2.8）とし、リモコン草刈機による除草を行ったところ、刈払い機による除草と比べて、所要時間が約６割削減された。

なお、三角畦畔は現行の畦塗機では対応できないため、年数が経過すると横浸透量が増加する危険性がある。このため、砂質土や黒ボク土等の透水性の高い土壌の場合は、造成時に畦畔内部に遮水シートを埋設するなどの工夫が必要である。



図-4.3.15　三角畦畔 [4)]

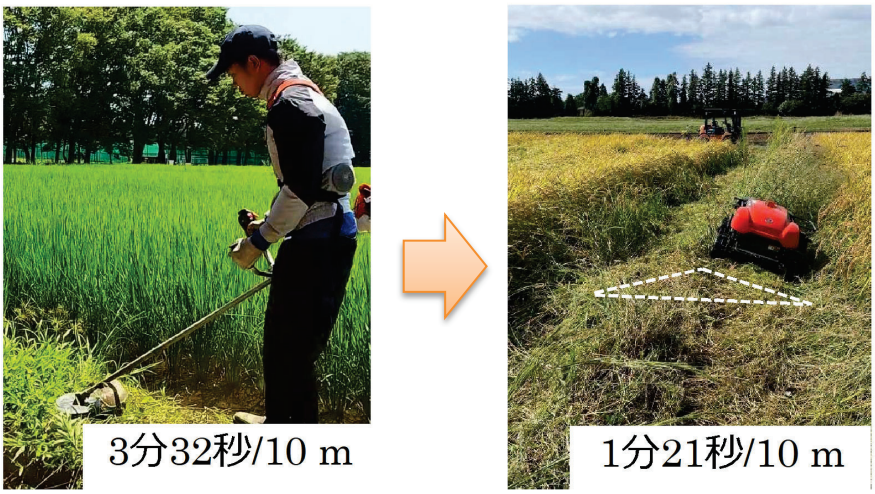


図-4.3.16　三角畦畔における所要時間の削減 [4)]

4.3.7 進入路

進入路は、農道から耕区に農業機械が自由に進入するために設置されるもので、農道と田面との間に段差がある場合、農道沿いに小用水路がある場合等に必要となる。進入路は安全確保を第一に考え、農業機械の転倒・転落を生じないような配置、形状及び構造でなければならない。特に、進入路の勾配は作業者に危険を与えない勾配としなければならない。

1　一般事項

ほ場整備計画時には、進入路ができるだけ不要となる区画配置計画とすることが重要である。

区画の拡大により農道と田面間に段差が生じないよう、区画配置、農道配置と勾配との関係を十分検討する必要であるとともに、進入路の安全には十分配慮しなければならない。

2　構造

進入路の構造は、実際のほ場条件や使用機械、利用者特性等に応じて検討する。

(1) 縦断勾配、高低差

進入路の縦断勾配は、農業機械の登坂能力に加え、安全性を考慮し 12°（1：4.7 程度）以下とすることが望ましく、地域によっては 7°（1：8.0）以下を原則とする場合もある。また、自動走行農機を導入する場合には、登坂時の障害物感知センサーの死角や路面の状況変化等を考慮し、より緩勾配とすることが望ましい。なお、やむを得ず勾配が急になる場合は、コンクリート舗装とするなど配慮が必要となる。

また、進入路を設置する場合、十分安全な構造とするために進入路の高低差を１m 未満にすることが望ましい。

(2) 幅員

大型農業機械の利用を考慮し、４m 以上の幅員を有することが望ましい。特殊車両の農業機械や作業機の使用が想定される場合には、つぶれ地の発生等も考慮し、より大きい幅員を検討する。また、自動走行農機を導入する場合には、自動走行における測位誤差（地図データ、通信、制御によるもの）を考慮し、余裕を持たせた幅員を設定するとよい。

(3) 箇所数、配置

① 大区画ほ場の場合、進入路は農作業の効率を考慮し１耕区当たり１～２か所を目安に設定する。

② 一般的に、コンバインによる刈取作業は、ほ場の外側から反時計回り（左回り）に行う。このため、進入路の設置位置は、コンバインがほ場に進入後効率的に作業ができるよう、ほ場に向かって短辺の右側が望ましい（**図-4.3.17** 参照）が、農道と田面間の高低差や担い手等の要望に配慮し検討することが必要となる。

③ 進入路は、道路と直角方向に配置するのが一般的である（**図-4.3.18** 参照）。しかし、安全な勾配が採用できない場合、道路との段差に加えて下段区画の段差が大きい場合（耕作者の視野に入る段差が大きい場合）、進入路の突き出しによる農作業に支障がある場合等の対応として、区画短辺沿いに道路と平行して進入路を配置することもある（**図-4.3.19** 参照）。また、クランク形状の進入路で幅員が狭く、農業機械の走行に危険があったものについて、自動走行農機の走行シミュレーションを用いた設計により幅員を拡幅したことで安全性を向上させた事例もある（**図-4.3.20** 参照）。

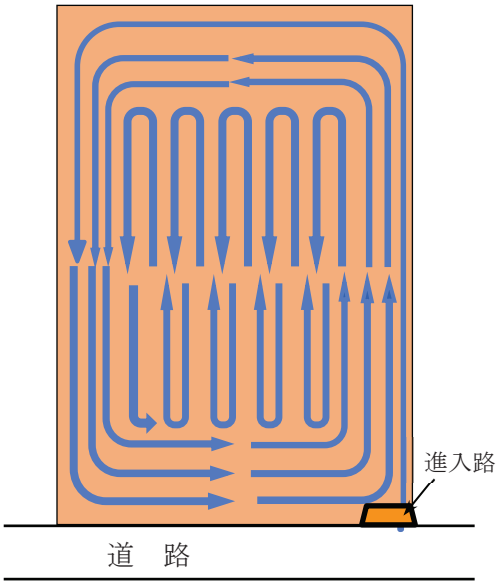


図-4.3.17　コンバインによる刈取作業の一般的な走行経路

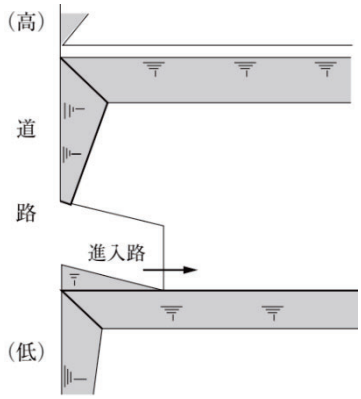


図-4.3.18　道路と直角に配置された進入路の例

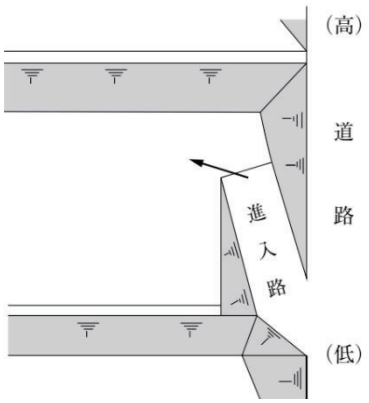


図-4.3.19　道路と平行に配置された進入路の例

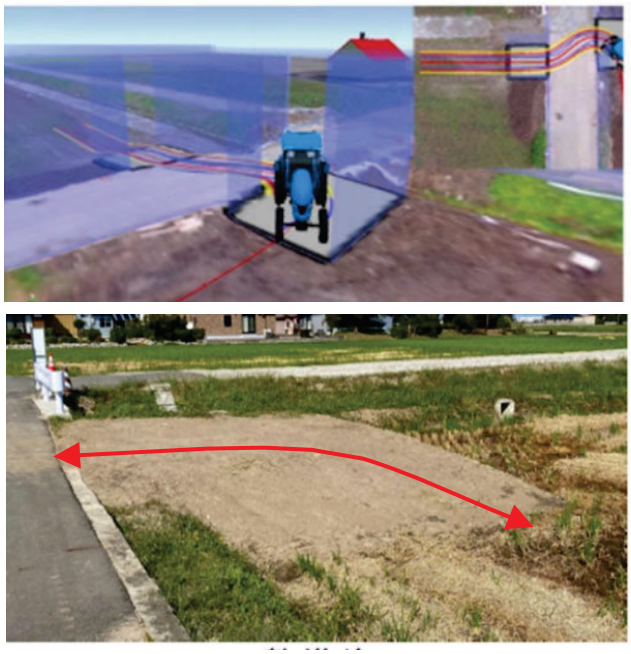


図-4.3.20　クランク型の進入路事例（上図は走行シミュレーション）[3)]

(4)　その他

①　進入路は、侵食や営農作業による影響を受けやすいため、わだち掘れ等の変形に対して必要な強度が維持されるような構造とする。

②　大型農業機械を導入する場合には、進入路の出入口（道路接続部）において、視認性の確保、スロープでの停止の回避及び方向転換時（農業機械をスロープに対して正対させる場合を含む）の安全性向上のため、水平部分や隅切りの設置を検討する（図-4.3.21 参照）。

③　大型農業機械及び自動走行農機の円滑な走行のため、走行経路周辺の給水栓等の配置に留意するとともに、必要に応じて電柱等の既設構造物の移設又は撤去を行うことが望ましい。また、路肩の雑草繁茂は自動走行農機の走行に支障を与える可能性があることから、走行経路周辺の雑草を抑制する対策を講ずるなど、維持管理にも留意が必要である。

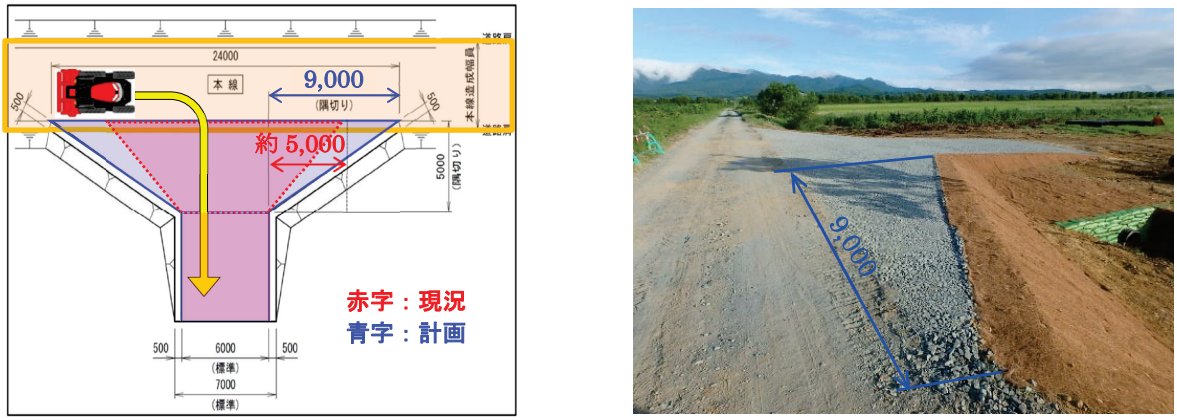


図-4.3.21　進入路の隅切り部分を拡幅した事例[7)]

3　農業機械が必要とする進入路の構造

トラクタ及びコンバインの走行時に必要とされる進入路の構造を以下に示す。

表-4.3.10　トラクタが必要とする進入路の構造

進入路を必要とする段差	進入路の構造
30cm 程度	田面からの高さが 30cm 以上で区画との間に水路がある場合には幅４m 以上

表-4.3.11　コンバインが必要とする進入路の構造

種別	進入路を必要とする段差	進入路の構造	周辺障害物の有無
Ⅰ	20cm 以上	幅員は走行部の全幅以上であり、形状は進入しながら刈取りが可能なものであること	機体の外側より 0.5m 以内に走行の支障になるものがないこと
Ⅱ	25cm 以上		
Ⅲ	25cm 以上		
Ⅳ	40cm 以上		

Ⅰ：自脱型で刃幅　0.8～1.2m 未満　7.4kW 以上

Ⅱ：　〃　1.2m 以上　11.0kW 以上

Ⅲ：普通型で刃幅　2.5～3.5m 未満　36.8kW 以上

Ⅳ：　〃　3.5m 以上　58.8kW 以上

引用・参考文献

1）農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準・計画「ほ場整備（水田）」（平成 25 年４月）

2）農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準　計画「土層改良」（昭和 59 年１月）

3）農林水産省農村振興局：自動走行農機等に対応した農地整備の手引き（令和５年３月）

4）農業・食品産業技術総合研究機構農：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（令和７年３月）

5）農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準・設計「農道」（令和６年３月）

6）農林水産省農村振興局：「田んぼダム」の手引き（令和８年３月）

7）農林水産省農村振興局：農業生産基盤整備等を通じた農作業事故のない安全な農村の実現に向けて全国の取組事例（令和４年４月）

4.4 ほ場内農道

ほ場整備事業で取り扱うほ場内農道は、ほ場への通作、営農資材の搬入、ほ場からの農産物の搬出等の農業生産活動に利用されるものであり、その標準的種類、配置及び構造は本節に示すとおりである。詳細は、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「農道」基準書・技術書（以下「設計基準「農道」」という。）に準拠する。

4.4.1 ほ場内農道の種類

ほ場内農道は、幹線農道、支線農道、耕作道に区分される。

ほ場内農道の配置例を以下に示す。

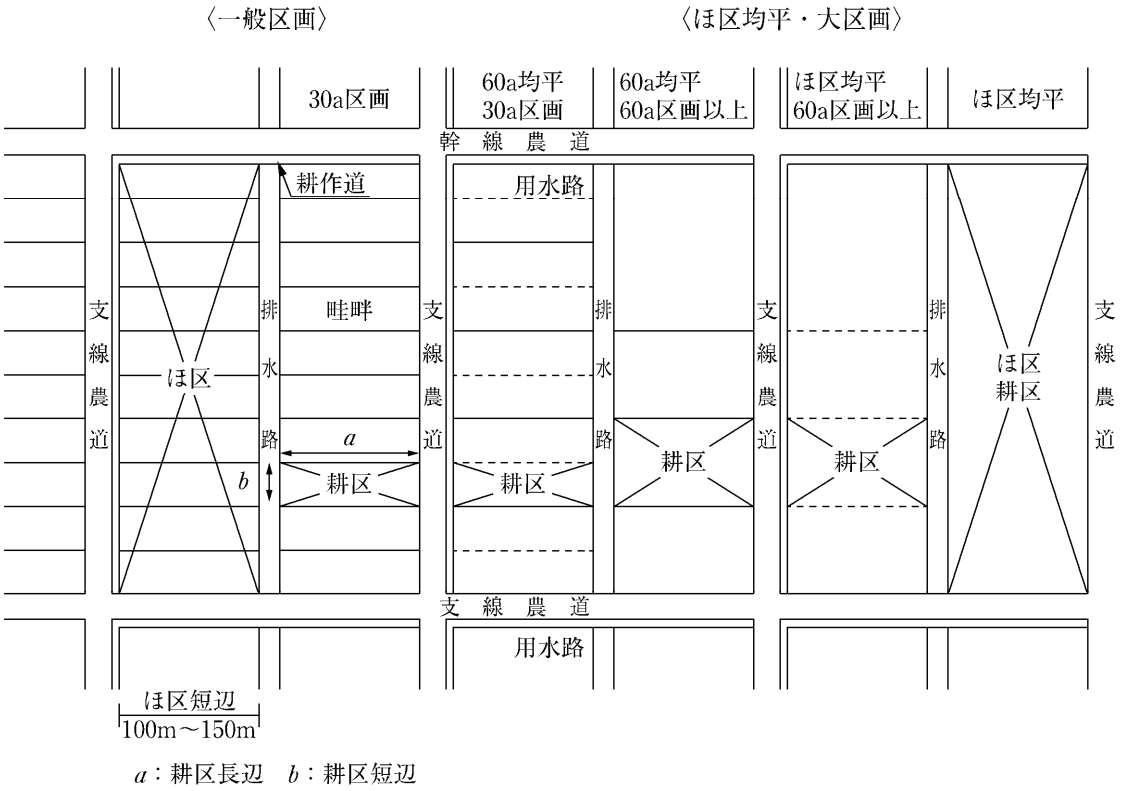


図-4.4.1　ほ場内農道の配置イメージ図

1　幹線農道

幹線農道は、集落とほ場区域、ほ場区域相互間、一般道路とほ場区域、ほ場区域と生産・加工・流通施設等をそれぞれ結ぶ主要な農道であり、農業機械等の安全な走行を確保するよう検討しなければならない。

(1)　配置

幹線農道の配置計画に当たっては、地区及びその周辺地域の自然条件、ほ場、集落、貯蔵・加工流通施設、既設道路等の相互関連と集落整備との関係を検討する。また、既設道路配置とほ場整備計画との関連を検討し、できるだけ既設の道路を整備・改修して幹線農道として利用することが望ましい。

(2) 幅員

ほ場内農道の幅員は、農道の種類及び性格に応じて地域特性、経済性等を考慮し、計画交通量、計画交通機種、歩行者及び自転車の交通等を検討の上、弾力的に決定する。

車道幅員の決定方法には、計画交通量による方法、計画交通機種による方法等があるが、ほ場整備での設計では、一般的に計画交通機種によって所要幅員を求める。計画交通量による幅員決定方法については、**設計基準「農道」**を参照する。

近年は農業機械及び運搬車両の大型化や自動走行農機の導入により、農道での走行性が求められている。加えて、農道では路外逸脱による事故が多く、更なる安全性も求められており、農道での走行性や安全性を考慮した検討を行うことが重要である。

なお、参考として、農林水産省では「農作業死傷事故の発生状況」を毎月公表している。

（農作業死傷事故の発生状況：

https://www.maff.go.jp/j/seisan/sien/sizai/s_kikaika/anzen/jikojoho.html）

【参考】計画交通機種による幅員決定方法

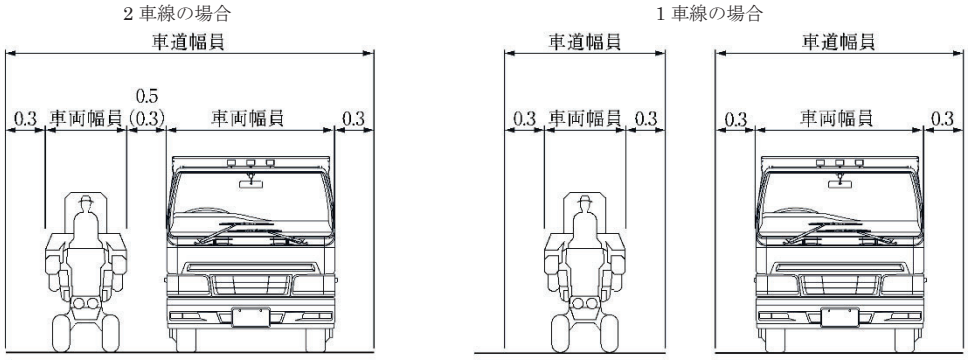
ほ場整備計画では、一般的に計画交通機種によって所要幅員を求める。

車道部の幅員は、車道幅員と路肩幅員に分けられる。車道幅員に両側の路肩幅員を加えたものを全幅員（全幅）といい、車道幅員は有効幅員ともいう。

車道幅員は、当該農道の計画交通機種の車両幅員に、２車線の場合はすれ違い間隔（0.5m）及び車両の外側の余裕（0.6m、両側におのおの 0.3m）を、１車線の場合は車両の外側の余裕（0.6m、両側におのおの 0.3m）を加えた幅員とする。なお、計画交通量 500 台／日未満の２車線の農道の場合は、すれ違い間隔を 0.3m に減ずることができる。また、一般に直線部における車道幅員の標準値は、0.5m 単位に丸めた幅員で決定される。

計画交通機種により車道幅員を決定する場合の略図を**図-4.4.2** に示す。計画交通機種により車道幅員を決定する場合の車両幅員は、**表-4.4.1** を参考とする。インプルメントを装着して走行する場合、車両幅員はインプルメントを装着した状態での最大幅のことを指す。

特に大区画水田においては、大型農業機械に応じた車道幅員が求められるため、将来の計画等を踏まえて十分検討の上、幅員を決定する必要がある。また、近年は大型の自動走行農機の開発が進められており、将来導入が想定される地域においては、**表-4.4.1** によらず導入機種の幅員も考慮して決定することが望ましい。なお、詳細は、「**自動走行農機等に対応した農地整備の手引き（農林水産省農村振興局）**」等関連する技術書を参照する。路肩幅員、歩道等の幅員については、**設計基準「農道」**を参照する。



単位：m

図-4.4.2　計画交通機種による車道幅員の決定方法

表-4.4.1　代表的な農業機械等の幅員と高さ

名　称	車両幅員（m）	高さ（m）	名　称	車両幅員（m）	高さ（m）
トラクタ　（36.8kW(50Ps)級）	1.8	2.6	ボトムプラウ	2.7	1.7
〃　（50kW(68Ps)級）	2.6	2.7	ディスクプラウ	2.1	1.2
〃　（80kW(109Ps)級）	2.6	3.1	チゼルプラウ	3.6	1.7
〃　（160kW(215Ps)級）	2.6	3.2	ライムソワ（700ℓ級）（マウント）	3.5	
自脱型コンバイン（３、４条）	1.7	2.0	ロールベーラ	1.7	2.4
〃　（５条）	2.0	2.7	ファームワゴン（自走式、牽引式）	2.0	2.5
〃　（６条）	2.3	2.7	スピードスプレーヤ（400ℓ）	0.9～1.1	2.0
〃　（７条）	2.4	2.7	〃　（500～1000ℓ）	1.5	2.0
普通コンバイン（58.8kW(80Ps)級）	2.3	2.0	コーンハーベスタ（自走式、牽引式）	2.4	3.7
〃　（88.3kW(120Ps)級）	3.8	2.9	フォレージハーベスタ（刃幅 1.5m 未満）	2.6	3.4
田植機（４条）	1.6	1.5	〃　（刃幅 1.5m 以上）	3.3	5.6
〃　（５条）	1.9	1.5	ポテトハーベスタ（牽引式）	3.0	3.0
〃　（６条）	2.2	1.6	〃　（自走式）	2.5	3.0
〃　（８条）	2.2	1.7	乗用管理機	2.2	2.5
〃　（10 条）	3.4	2.6	汎用いも類収穫機	2.2	2.8
トレーラー（牽引式）	1.9	1.3	風筒式防除機（歩行型）	1.0	
シードドリル（マウント）	3.0		果樹用管理ビークル	0.9	
鎮圧ローラー（牽引式）	2.0～3.0		小型クローラ運搬機	0.6	1.0
マニュアスプレッダー（自走式、牽引式）	1.6～3.3	2.8	高速耕うんロータリ及び高速代かき機	2.6～4.1	1.5
ディスクハロー（マウント）	2.3		高精度水稲湛水直播機	2.0～2.6	1.6
軽自動車（軽トラック）	1.5	2.0	高精度水田用除草機	2.0～2.6	1.7
乗用車	1.7	2.0	山間地域対応自脱コンバイン	1.3	1.3
大型トラック（58.8kN 以上）	2.5	3.8	野菜全自動移植機	1.7	1.9
小型トラック（19.6kN）	1.7	2.8	キャベツ収穫機	1.5	1.8
自転車	1.0		ごぼう収穫機	2.2	2.3
			だいこん収穫機	2.2	1.9
			ねぎ収穫機	1.4	1.5
			簡易草地更新機	2.5	1.3
			細断型ロールベーラ	0.8	1.0

※農業機械等の幅員が 2.5m を超える機種により車道の幅員を決定する場合は、車両制限令により幅 2.5m を超える車両が規制を受けることとなるため、一般交通の用に供する（道路交通法の適用を受ける）農道においては、幅員決定の根拠として使用しないものとする。

(3) 形状及び構造

ア　縦断勾配

幹線農道の縦断勾配は８％以下とし、地形状況等の特別な理由によりやむを得ない場合 12%以下とする。荷重の大きい農業機械においては、登坂よりもむしろ降坂の場合に安全上勾配を緩くすることが必要となり、地形、ほ場の区画、形状等を勘案してできるだけ緩勾配にすることが望ましい。ただし８％以上の縦断勾配に対しては 100m を限度とする制限長を設け、これに接続して勾配 2.5%以内、長さ 30m 以上の区間を設ける必要がある。

イ　横断勾配

幹線農道の横断勾配は、交通機種、走行速度、気象、線形、縦断勾配、路面の種類等を考慮して検討すべきであるが、一般的には、アスファルト又はコンクリート舗装道の車道部は 1.5%、土砂系舗装道は 3.0～6.0%、歩道等は 2.0%を標準とする。また、横断形状は、原則として車道については車道中央を頂点として両端に向かって下り勾配とし、歩道等については農道の中心に向かって直線の下り勾配とする。ただし、側溝等の位置に留意する。

ウ　路床

(ア) 基本事項

路床用土は、一般的に幹線道路では地区外からの搬入土を用いることが多いが、基盤造成時に地区内から良質な粗粒土が得られる場合は、それを流用することも検討するものとし、土質や施工事例等の資料を参考にして、路床土としての適否や路床改良法の経済性を比較検討して決定する。

盛土に先立ち、道路敷の表土を以下の図のようにはぎ取り、耕区へ流用する。これは道路の質を高めるだけでなく、不足がちになる表土を確保するためにも必要である。

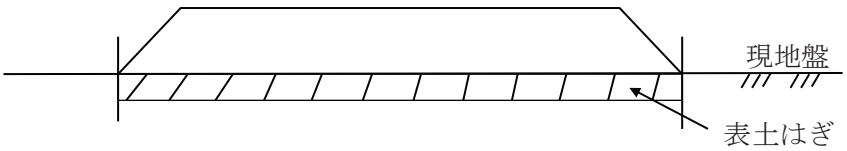


図-4.4.3　表土はぎ取り断面

(イ) 路床用土の基準

路床は舗装の下層面から深さ約１m の土の部分をいい、舗装及び路面上の交通荷重を支持するために必要な支持力を有しなければならない。

路床材料としては、75μm ふるい通過分が 35%以下、設計 CBR が３以上の土が望ましく、有機質土やベントナイト等吸水・圧縮性が大きく、せん断強さの低い土は使用してはならない。在来路床土の CBR が３未満の場合は、良質土による盛土工法、置換工法、安定処理工法、サンドイッチ工法等により処理する。

【参考】設計 CBR 試験の方法と適用

CBR 試験は、原則として１か所当たり２個ずつ行い、平均値をその地点の CBR とし同一舗装厚区間の設計 CBR を計算する。

CBR 試験は、新設農道で路床構築以前に舗装設計する場合や既設砂利道を舗装する場合及び新設農道で路床構築後に舗装設計する場合等により、以下の図のとおり実施する。

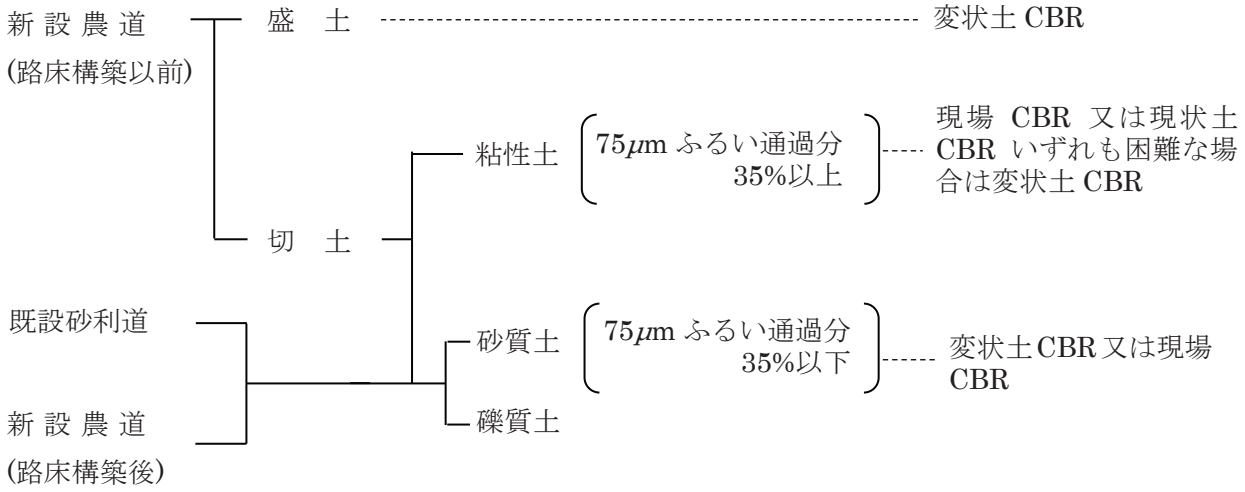


図-4.4.4　設計 CBR 試験の適用 [3)]

エ　舗装

農道の舗装工種は、アスファルト舗装、コンクリート舗装、土砂系舗装等に分けられる。いずれの構造とするかは、長期的なライフサイクルコストの比較やメリット・デメリットを総合的に勘案し、決定することを基本とする。

舗装厚さの設計については、**設計基準「農道」**を参照する。

表-4.4.2　舗装の一般的特徴

舗装工種	構成	特徴	
		優位性	劣位性
アスファルト舗装	アスファルト舗装とは、骨材を瀝青材料で結合して造った表層を持つ舗装をいい、一般に表層、基層及び路盤からなる。	・たわみ性が大きく、変形に対して比較的順応しやすい。 ・施工時間の短縮、安価な単価、施工直後の供用等維持修繕が容易である。	・耐熱性や耐摩耗性が低く、寿命が短い。 ・施工及び材料運搬時の温度管理に慎重を要する。
コンクリート舗装	コンクリート版を表層とする舗装をいい、一般に表層及び路盤から構成される。	・耐久性、耐摩耗性、耐熱性が高い。 ・表面が白色系なので夜間等での視認性が良い。	・配筋や養生を要し、施工に時間と費用を要する。 ・剛性が高いため騒音と振動が発生する。
土砂系舗装	路床の上に砂利、砕石等で層（路盤）を造り、その表面を路面として用いるものをいう。	・交通量の少ない支線道路、耕作道で実施されている例が多い。	・耐久性が低い。

オ　交差

農道の交差部には、計画交通量等を勘案の上、必要に応じて隅切りを設ける。隅切りの一辺の長さは、農道の幅員、交通機種、交通量、交差角、用地等を考慮して決定する。なお、隅切りを設けると耕区が長方形とならないので、必要最小限にとどめることが望ましい。

交差角が直角に近いときの隅切りの一辺の長さは、以下に示す値を標準とするが、大型農業機械や自動走行農機等、対象となる農業機械に応じて個別に検討する。また、交差角が直角でない場合、その他特別の場合にあっては、周囲の状況等を勘案して曲線とすることも考慮する。

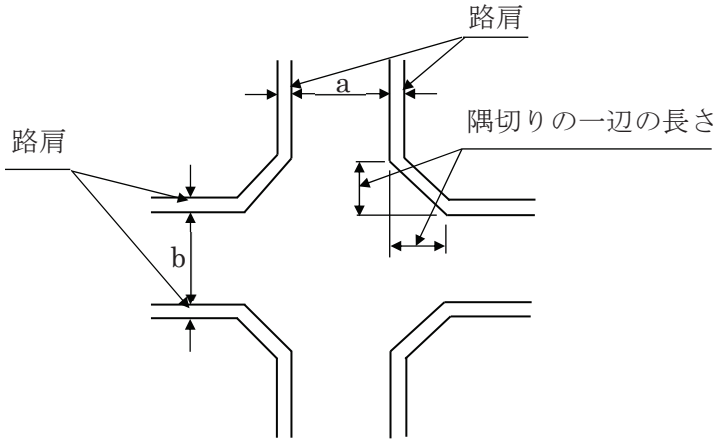


図-4.4.5　隅切り図（1）

表-4.4.3　隅切りの一辺の長さ

交差する農道の車道幅員（m）		a		
		3	4	5
b	3	2.0	1.5	1.0
	4	1.5	1.0	0.5
	5	1.0	0.5	－

近年の農業機械の大型化に伴い上記の隅切り長では小さいと判断される場合、対象となる農業機械に合わせた隅切り長を個別に検討することとする。**表-4.4.4** に、**「草地開発整備事業計画設計基準」**の例を示す。

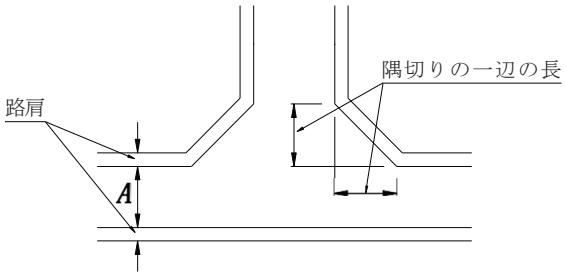


図-4.4.6　隅切り図（2）[5)]

表-4.4.4　隅切りの一辺の長さ（例）[5)]

広い道路の車道幅員A（m）	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0
隅切り長さ（m）	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5

2　支線農道及び耕作道

支線農道は、幹線農道から分岐し、ほ区又は耕区に連絡する農道であり、農業機械等の安全な走行性に加え、営農の利便性を考慮し計画しなければならない。

支線農道には通作道（縦支線農道）と連絡道（横支線農道）がある。通作道とは各耕区の短辺に接し幹線農道と各耕区を結ぶ農道をいい、連絡道とは通作道を横に結ぶ連絡用の農道をいう。

耕作道は、耕区の境界部又は耕区内に設けられるものをいう。支線農道と同様に、農業機械等の安全な走行性に加え、営農の利便性を考慮し計画しなければならない。

(1)　配置

作付品種、ほ場の区画形状、用排水路の配置、農業機械の使用状況、戸当たり経営耕地面積等を考慮し、支線農道、耕作道を配置する。

通作道は、一般に耕区の短辺に沿っているため、その間隔は耕区の長辺により決まり、連絡道はほ区の大きさで定まる。長辺方向道路の場合は、300m～600m 程度の間隔となる。

○ 一般的な場合

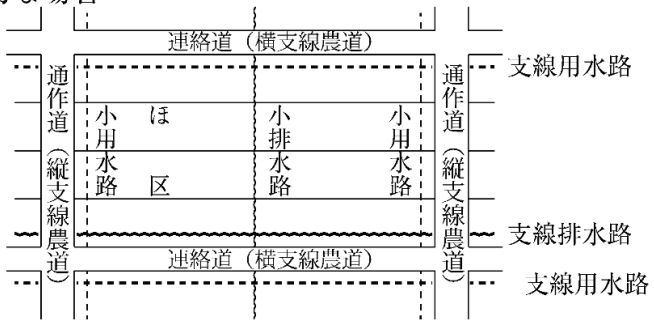


図-4.4.7　通作道と連絡道の配置イメージ図

(2)　幅員

支線農道及び耕作道の幅員については、前述の幹線農道の考え方に準じるものとし、コンバイン等の走行を考慮して３～５m 程度を標準とするが、農業機械の導入計画等を踏まえて、２車線相当も含めた拡幅を十分検討の上、決定する必要がある。また、自動走行農機を導入する場合には、自動走行における測位誤差を考慮し、余裕を持たせた幅員を設定するとよい。

農道上での農業機械の旋回（農道ターン方式）を計画する場合には、農業機械の旋回幅を考慮して幅員を決めるが、つぶれ地率が増加する点にも留意する。

(3)　形状及び構造

支線農道及び耕作道の横断勾配、路床、交差については、前述の幹線農道の考え方に準じる。

支線農道の縦断勾配は、農道から耕区への出入りが容易になるよう区画の配置、段差等に応じた勾配とする。この場合、各耕区への進入路の構造と併せて検討することが重要である。

耕作道の縦断勾配は、車両の登坂能力、制動能力、路面の維持、営農形態、車両走行の安全性等を考慮の上、決定する。なお、導入する農業機械（インプルメントを含む）の登坂能力を確認しておくとよい。

路面高は、田面より 30cm 以上を目安とするが、土質状況、農業機械の進入、法面管理、大雨時の溢水等の条件に配慮し、道路機能の保持及び水稲栽培に必要な湛水深の確保の面から支障がなければ、これよりも低くすることができる。

舗装は、土砂系舗装を基本とするが、砂塵・飛散砂利による農地・農業用施設への被害防止、農

産物輸送時の荷傷み防止及び土砂流亡・わだち掘れの補修等維持管理の省力化等の観点から、アスファルト舗装等の必要性も検討する。特に、自動走行農機の走行を想定する場合においては、路面の凹凸等による走行支障を除去し、走行安定性を確保するため、アスファルト舗装等が望ましい。

【参考】自動走行農機の走行に適した舗装工法について

自動走行農機は同一の軌道を走行することから、土砂系舗装では交差点や進入路付近でわだち掘れが発生し転倒のリスクが高まる。また、路面や路肩に雑草が繁茂することにより、道路境界が不明瞭になり自動走行に支障を来す場合がある。

この対策として、アスファルト舗装やわだち掘れを軽減するジオセンティックスによる舗装工法等が有効と考えられる。

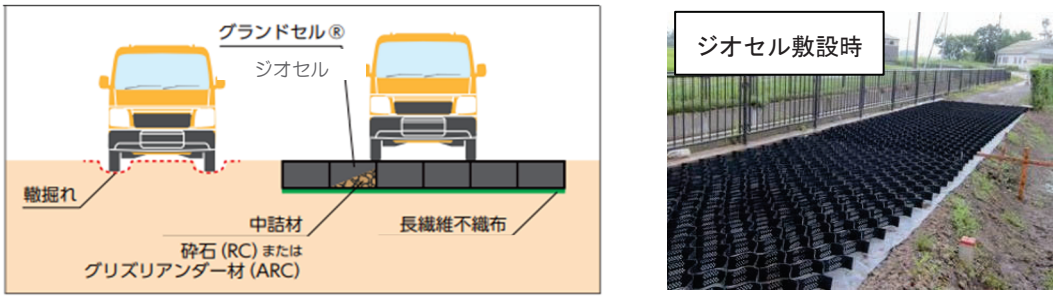


図-4.4.8　ジオセル（ジオセンティックスの一つ）による舗装の例 [4)]

【事例】農区内支線農道の配置及び耕作道の拡幅

農区内に支線農道を配置することで、公道を走行せずにほ場間移動することが可能となり、一般車両との接触事故防止に寄与する。また、公道を走行しないことにより、農作業に伴う道路上の泥汚れの清掃作業を省略できることも利点である。

耕作道についても、大型農業機械の幅員に対応させることで、農作業効率を向上させるとともに、転倒及び転落防止を図ることができる。

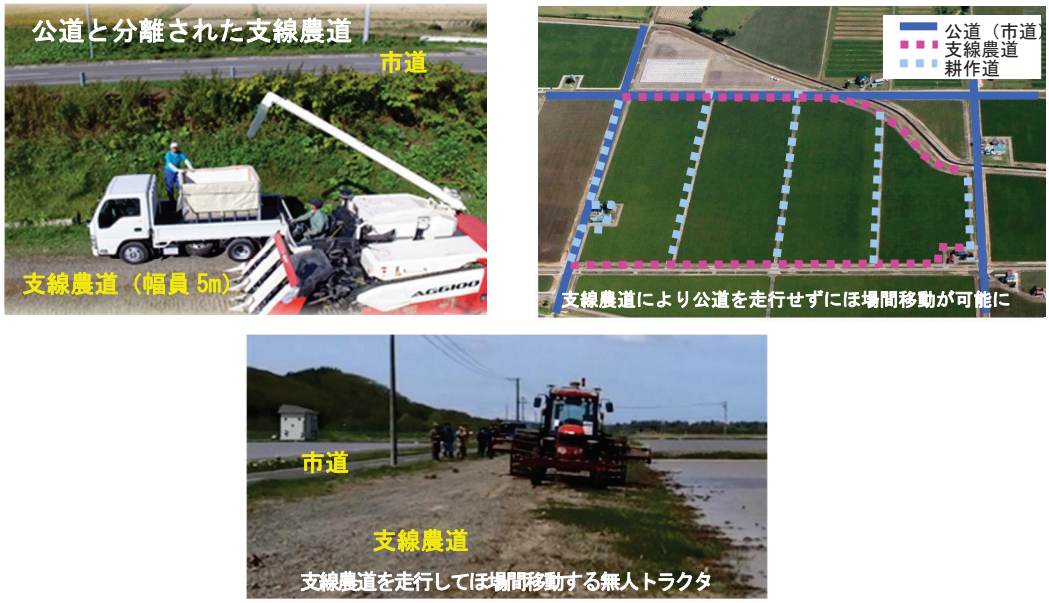


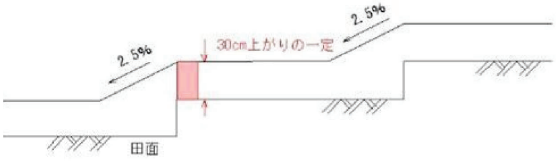
図-4.4.9　農業機械の接触事故防止を考慮した支線農道の整備事例 [6)]

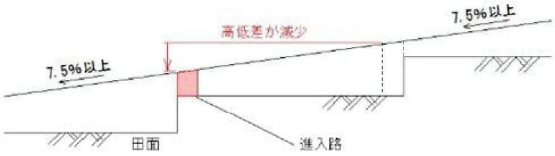
【事例】農道の路面高、進入路の位置

進入路取付位置の農道とほ場田面との高低差を小さくするため、農道の縦断線形を田面と合わせて水平に計画し、ほ場の段差に応じて縦断勾配を与える線形とすることにより適切な位置に進入路を取り付けた。また、本対策が取れない場合、一部のほ場では反時計回りでの農作業が出来ないようになるが、ほ場への出入りを容易にするため農道と田面との高低差の小さい下方側に進入路を取り付ける設計とした。









農道を田面に水平に設置し進入路を取付けることで、ほ場出入りの走行性・安全性が向上

進入路を下方側に設置することで、縦断勾配の大きい農道においても進入路の法長を短く施工することが可能

図-4.4.10　農道の路面高、進入路の位置の事例[4)]

3　農道ターン方式の機能を有する農道（ターン農道）

農道ターン方式は、ほ場からの登坂部（スロープ）を設けることにより、農業機械が路面又は登坂部での旋回を可能とするものである。農道ターン方式の導入は、農作業の効率化、農業機械による枕地の練り返しによる排水不良の防止、農業機械の農道とほ場間の安全な進入・退出、大型農業機械を含む車両のすれ違い等に有効である。

(1)　幅員

幅員は、将来導入が想定される農業機械が旋回可能なものとし、作業効率の低下とつぶれ地の大きさを十分に把握した上で適切に計画する。

(2)　路面高

路面高は、道路機能の保持の面からは高い方が良いが、つぶれ地を軽減する上では低い方が有利であり、路面高 15cm とした事例もある。ただし、良質の盛土材料が得られ、舗装等により路面が傷むおそれがないなどの条件を十分に確認するとともに、湛水深の確保や大雨時の溢水等にも配慮する必要がある。

(3)　登坂部（スロープ）

①　登坂部は機械が走行又は旋回する部分であるので、荷重に対する支持力及び安定性について特に検討を要する。飽和状態でこね返されても、ある程度安定している土質でなければならず、法先付近でも所定の厚さを確保する必要がある。

② 登坂部の勾配は、路面高さが 30cm 程度であれば、20%（11°）程度で十分であるが（**図-4.4.11** 参照）、これ以上の勾配とすると農作業に支障等が生じる。例えば、ブームスプレーヤーで薬剤散布をする場合、稲が 50～60 cm、路面高さが 30 cm、ブーム長が 5 ～ 6 m 程度であるとすれば、勾配を 20%（11°）以上の急勾配にするとブームが稲に当たり農作業に支障を来すこととなる。

③ 登坂部の勾配が急である場合、自動走行農機が登坂中に障害物センサーの誤認識により異常停止を起こすなど、機械の安定性の低下をまねくおそれがあるため、自動走行農機を導入する場合には、つぶれ地や作業効率、導入機械を勘案した上で、より緩勾配とすることが望ましい。

(4) その他

① 農道ターン方式の導入に当たり、用排水路の暗渠化・管水路化が必要となる場合がある。

② 自動走行農機を導入する場合には、走行ルート周辺に電柱等の障害物がないこと、舗装面はできる限り凹凸がないことが望ましい。

③ 耕区短辺に登坂部を設置することで、つぶれ地の発生は最小化できるが、将来区画を拡大する場合には、区画内の農業機械の走行経路が従前の耕区の長辺方向から短辺方向に変わることがある。この場合、区画拡大以前に設置したターン農道は有効利用できないこともあるため、将来の営農形態や経営規模等について関係者の意向を十分に踏まえ計画する必要がある。

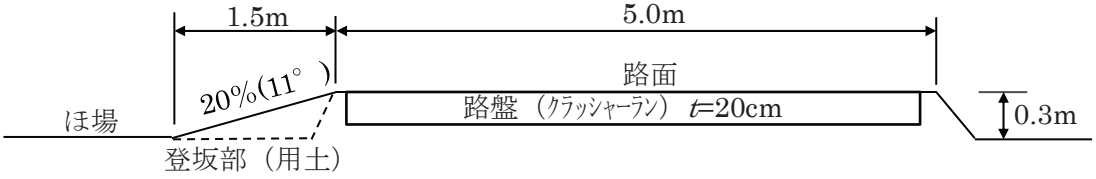


図-4.4.11 農道ターン方式を導入した場合の道路横断面の例

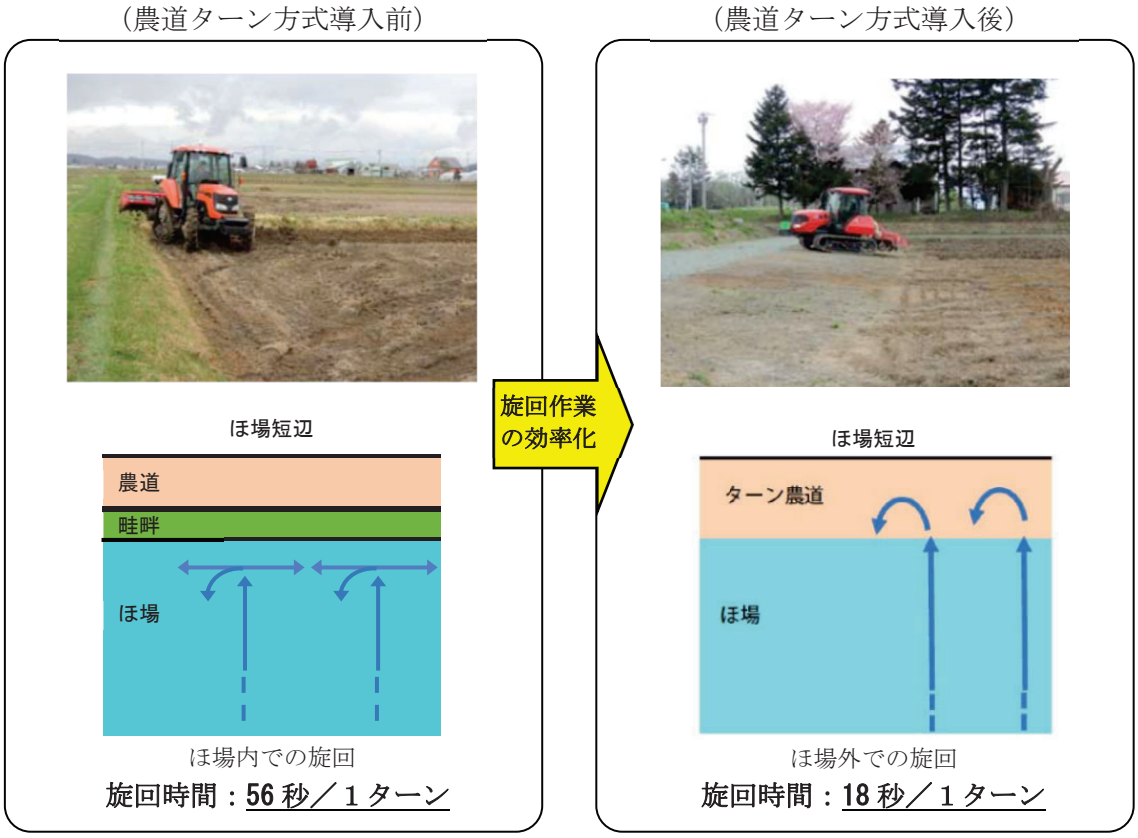


図-4.4.12　農道ターン方式を導入した場合の旋回作業の効率化の例 [4)]

【事例】ターン農道部分の給水栓設置

ターン農道部分の給水栓や落水桝が農業機械の走行の支障とならないように、地表に突出しない形状、位置としている。これにより、自動走行農機が走行する際に、障害物検知センサーの誤認識を回避することも可能と考えられる。



写真-4.4.1　埋設した給水栓 [7)]

4.4.2　橋梁

橋梁の設計に当たっては、架橋予定地付近の地形、地質、河川、排水路、周辺の構造物、それらに基づく重要度等を十分把握し、自然環境への影響に配慮しつつ、適切な架橋位置、線形及び構造を決定しなければならない。

本項は、ほ場内の用排水路等に架設する農道橋のうち、以下の事項全てに該当する小規模農道橋の設計に適用する。なお、小規模農道橋以外については、「**道路橋示方書・同解説（公益社団法人　日本道路協会）**」等に準拠することとする。

① 道路構造令に準拠しないほ場内農道のうち、支線農道・耕作道においてほ場内の用排水路等に架かる農道橋で、万一地震による被害を被ったとしても、地域社会や上下流流域に大きな影響を及ぼすおそれがなく、速やかな撤去又は復旧が可能なもの

② 単径間、単純支間長 24m 以下及び橋台高 6 m 程度以下のもの

③ 設計自動車荷重 196kN 以下、1 車線及び車道幅員 5.5m 未満のもので、想定荷重を超える車両の通行規制標識や進入防止ブロック等を設置するもの

④ 農道橋は上部工と下部工が支承又は剛結により接続する施設であり（**図-4.4.13** 参照）、橋台等に床版のみを載せて渡せるようにしている施設については小規模農道橋として扱わない。

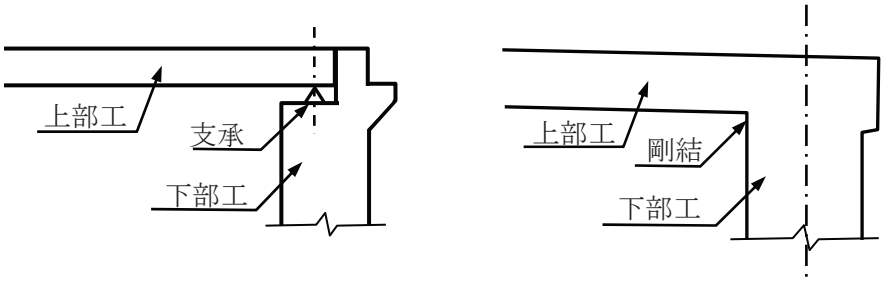


図-4.4.13　上部工と下部工との接続の概要図（左：支承による接続、右：剛結による接続）

1　一般事項

(1) 位置の選定

農道橋の位置は、前後の路線との調和がとれ、河川等の被横断物への支障が少なく、かつ、安全で経済的に架橋できる地点を選定する。

(2) 平面線形

平面線形は、直線で河川等を直角に横断する直橋とすることが望ましい。斜橋となる場合でもできるだけ直角に近い角度となるよう設定し、曲線橋は特別の場合を除いて用いない。

(3) 縦断線形

縦断線形は、架橋地点の条件から定まる橋面高に合わせるとともに、縦断線形の連続性を考慮し、その前後の縦断勾配と調和のとれた計画とする。

(4) 幅員構成

橋梁の幅員構成は、車道及び必要に応じて設けられる歩道、自転車道等の要素からなる。これらの幅員は、前後の道路幅員と同一とすることを原則とするが、農道の特殊性から、農業機械の通行、農作業等の利用に支障のないような計画としなければならない。また、橋梁と農道の交差部における隅切りについては、**4.4.1 ほ場内農道の種類**に準じて設定する。

2　構造

(1)　上部工

上部工の形式は、支間長に応じ、さらに現場立地条件により経済性、構造特性、施工性、維持管理等を検討し、環境との調和や美観を考慮して選定する。設計に当たっては、設計自動車荷重等を上部工に作用させ、部材が安全性を満足するように決定しなければならない。

一般に、小規模農道橋の上部工の形式は、①鉄筋コンクリート床版橋、②単純 H 型鋼桁橋、③プレテンション方式 PC 単純橋が採用されるが、橋長、支間長、下部工等の条件、地形、周囲の環境等を考慮し総合的に選定する。この場合、将来水道管等を橋梁に添架する計画の有無についても、十分調整しておく必要がある。

(2)　下部工

下部工の形式は、上部工の形式、荷重、地形、河川状況、基礎地盤、施工条件等を考慮し、河川管理等に支障がなく、かつ安全で経済的な形式を選定する。下部工の設計に当たっては、上部工からの荷重及び下部工自体に作用する荷重を安全に地盤に伝えるとともに、上部工から与えられた設計条件を満足しなければならない。

小規模農道橋の下部工（橋台）は、上部工を支えるとともに取付け道路の土留めの役割を果たすので、背面からの土圧を躯体が安全に支える形式を選定する必要がある。また、背面盛土を保護するための壁（翼、そで）と併せて設けることが多いので、その取付けも十分検討しなければならない。

表-4.4.5 は、小規模農道橋に用いられる形式別による橋台高の一般的事例であり、施工性、経済性を考慮した比較検討を行った上で選定を行うのがよい。

表-4.4.5　形式別橋台高

形　　式	橋　台　高　(m) 5　　10　　15
重　力　式	3 ├──┤ 5
逆　T　式	5 ├──────┤ 15

【参考】プレキャストコンクリート製品の河川及び水路横断工への活用

近年、プレキャストコンクリート製品（ボックスカルバート、門形カルバート等）を河川横断工及び水路横断工に活用した事例が増えている。プレキャストコンクリート製品の活用により、次のような利点がある。

①　工場製品であるため品質が安定していること。

②　施工が容易となり、工期の大幅な短縮が可能となるため、コスト縮減が期待できること。

③　橋梁として扱われないことから、設計や河川協議が比較的容易であること。





写真-4.4.2　水路横断工として門形カルバートを用いた事例

4.4.3　附帯構造物

道路附帯構造物の設計に当たっては、当該農道の規模、重要度、環境条件等を考慮し、安全かつ経済的なものとしなければならない。

1　耕区間等移動通路

営農の効率化を図るためには、農業機械が道路を横断することなくほ区間移動を効率化する必要がある。土地に制約があり走行通路の用地を確保できない場合は、農業機械が畦畔や水路等を横断し、隣接する耕区等へ容易に移動することを可能とする、耕区間等移動通路を設置することが有効である。



図-4.4.14　耕区間等移動通路のイメージ[4)]

2　安全施設及び交通管理施設

農道には、車両、歩行者等の安全かつ円滑な交通を図るため、必要に応じて交通安全施設及び交通管理施設を設ける。

交通安全施設には、防護柵、視線誘導標、道路反射鏡等があり、交通管理施設には、道路標識、区画線、交通信号機等がある。

接触事故防止の観点から、これらの施設の配置の検討に当たっては、近年の農業機械及び運搬車両の大型化や自動走行農機の導入にも配慮することが望ましい。

表-4.4.6　安全施設の設置条件

種類	設置場所と位置	構造
防護柵	次頁参照。	農道の防護柵は路肩に設置する場合が多いので、一般的にはガードレール又はガードケーブルを使用する。
視線誘導標	農道の曲線部（半径 500m 以下）、幅員、縦断勾配の急変箇所、縦断勾配の急な区間（３％以上）、濃霧、豪雪地帯等で運転者の視線を誘導する必要のある区間に設置する。 設置位置は車道左側の路側を原則とし、最大設置間隔は 40m とする。反射体の設置高さは路面上 50cm 以上 100cm 以下の範囲で道路の区間ごとに定める。側方位置は、防護柵等の位置又は路肩外端とする。	反射体の直径は、交通の状況、沿道の状況等を勘案して定める。現在、主に直径 70mm、80mm、100mm の反射体が用いられているが、速度の速い区間、交通量の多い区間では反射光量を大きくし、視線誘導効果を高めるため、直径 100mm の反射体を用いることが望ましい。
道路標識	道路標識は、道路構造を保全し交通の安全と円滑を図るために設けるものである。 設置場所は、標識の視認性が妨げられないこと、交通障害とならないこと、道路管理上支障のないことなどに留意して決定する。	「道路標準、区画線及び道路標示に関する命令」（昭和 35 年総理府・建設省第３号）（以下「道路標識令」という。）による。
道路反射鏡	道路反射鏡は、他の車両、歩行者、障害物等を確認し、危険を防止する目的で設けるものである。その設置場所は、視距が不十分な場所、信号のない見通しの悪い交差点・踏切等で、事故が発生するおそれのある場所とする。	形式の選定に当たっては、次の点を考慮して決定する。 ・映像の視認性。 ・視界（鏡面数、鏡面形状、鏡面の大きさ、支柱等の色彩）。
区画線	区画線は車道の境界を明示し、車両及び歩行者の安全かつ円滑な通行を図る目的で設ける。	道路標識令による。

【参考】防護柵の設置区間

以下のいずれかに該当する区間又は箇所（以下「区間」という。）においては、農道及び交通の状況に応じて、原則として車両用防護柵を設置するものとする。

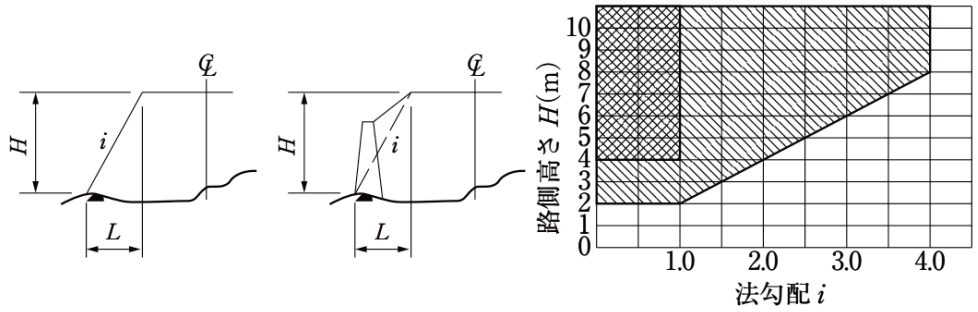
(1) 主として車両の路外への逸脱による乗員の人的被害の防止を目的として路側に車両用防護柵を設置する区間

① 盛土、崖、擁壁、橋梁、高架等の区間で路外の危険度が高く必要と認められる区間

② 海、湖、川、沼池、水路等に近接する区間で必要と認められる区間

③ 橋梁、高架、トンネル等への進入部、車道に近接する構造物等に関連し特に必要と認められる区間

路側高さ注) 4 m 以上、かつ法勾配注) 1.0 以下の区間（**図-4.4.15** の ▨ の範囲内にある区間）については、路外の危険度が特に高い区間として車両用防護柵を設置する。また、 ▧ の範囲内は ▨ の範囲の区間ほどではないものの、車両が路外に逸脱した場合に乗員に被害を及ぼすおそれがあると考えられる区間の目安を示したものであり、路外の危険度が高い区間と考えられる。



注）路側高さH：在来地盤から路面までの垂直高さをいう。
法勾配 i ：自然のままの地山の法面の勾配、盛土部における法面の勾配及び構造物との関連によって想定した法面の勾配を含み、垂直高さ１に対する水平長さ L の割合をいう($i = L / H$)。

図-4.4.15 路外の危険度が高い区間 [8)]

(2) 主として車両の路外等への逸脱による第三者への人的被害（以下「二次被害」という。）の防止を目的として車両用防護柵を設置する区間

① 主として車両の路外への逸脱による二次被害の防止を目的として路側に車両用防護柵を設置する区間

② 分離帯を有する道路において、車両の対向車線への逸脱による二次被害の防止を目的として分離帯に車両用防護柵を設置する区間

③ 主として車両の歩道、自転車道、自転車歩行者道（以下「歩道等」という。）への逸脱による二次被害の防止を目的として、歩道等と車道との境界に車両用防護柵を設置する区間

(3) その他の理由で必要な区間

① 事故が多発する農道又は多発するおそれのある農道で、防護柵の設置によりその効果があると認められる区間

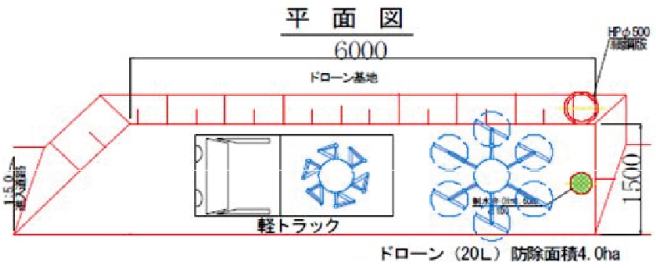
② 幅員、線形等農道及び交通の状況に応じて必要と認められる区間

③ 気象条件により特に必要と認められる区間

2　ドローンの飛行への対応

① 防除等にドローンの使用を想定する場合には、飛行に影響すると考えられる防護柵等の構造物の配置に留意する。また、作物の生育状況にもよるが、ドローンの飛行高度は２m 程度と比較的低空であることから、構造物の高さにも留意する。これらを踏まえ、環境や景観への影響にも配慮しつつ、必要に応じて電柱等の既設構造物の移設又は撤去、樹木の伐採等を検討する。

② 機体のバッテリー交換、薬剤等の補填及び離着陸・緊急降下等における安全確保のため、飛行距離 100m に１か所程度、農道脇等に作業スペースを設けるとよい（**図-4.4.16** 参照）。作業スペースの規模・位置については、大型農業機械のすれ違いのための待避所や作業時の駐車場等としての利用も含め、検討を行うことが望ましい。





※スペースの高さは道路と水平になるよう設置。ドローンの離着陸や運搬用車両の駐車スペースとして活用している。

図-4.4.16　ドローンの作業スペースを造成した事例[4)]

引用・参考文献

1）農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準・計画「ほ場整備（水田）」（平成 25 年４月）
2）農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準・設計「農道」（令和６年３月）
3）(公社)日本道路協会：舗装調査・試験法便覧（平成 31 年３月）
4）農林水産省農村振興局：自動走行農機等に対応した農地整備の手引き（令和５年３月）
5）農林水産省畜産局：草地開発整備事業計画設計基準（令和３年６月）
6）農林水産省農村振興局：農業生産基盤整備等を通じた農作業事故のない安全な農村の実現に向けて全国の取組事例（令和４年４月）
7）北海道開発局札幌開発建設部(2024)：岩見沢大願地区における大区画水田の設計･施工方法の統一化に向けた検討、北海道開発技術研究発表会論文
8）(公社) 日本道路協会：防護柵の設置基準・同解説 ボラードの設置便覧（令和３年３月）

4.5 水路設計

4.5.1 水路区分とその特徴

水路は、原則として用水路と排水路と完全に分離し、農作業の安全性や維持管理労力の低減等の観点から、暗渠・管水路を基本とする。ただし、地形・土壌条件、用排水操作を含む水利条件、環境配慮の必要性、建設費・維持管理費を含む経済性等を踏まえ総合的に判断し、水路形式を決定する。

1　水路区分

一般に、ほ場整備の水路はその機能によって**図-4.5.1**のように区分される。原則として用水路と排水路は分離し、用排水路の構造は暗渠・管水路を基本とする。ただし、地形・土壌条件、用排水操作を含む水利条件、環境配慮の必要性、建設費・維持管理費を含む経済性等を踏まえ総合的に判断し、管水路、開水路（暗渠を含む）のいずれとするかを決定する。

水路形式は、自由水面を持たず内水圧を受ける管水路形式（パイプライン）と自由水面を持つ開水路形式（暗渠を含む）に分けられる。（**土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「水路工」基準書・技術書**（以下「設計基準「水路工」」という。） 参照）

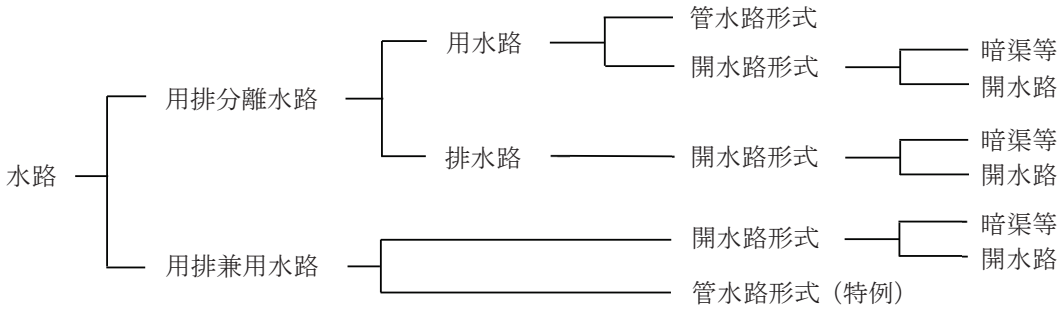


図-4.5.1　水路区分図（**設計基準「水路工」** 参照）

2　水路形式の選定

水路形式の選定に当たり、考慮すべき事項は次のとおりである。

①工事費	②取水条件	③維持管理条件
④節水の必要性	⑤水管理の省力化の必要性	⑥防災機能の確保
⑦排水量	⑧用水の多目的利用の必要性	⑨水路中の水温上昇の必要性
⑩環境配慮の必要性		

4.5.2 用排水路の暗渠化・管水路化

営農作業上の障害を除去できること、水路の除草や浚渫の維持管理労力が軽減できることなどから、地区内の用排水路を暗渠及び管水路形式で整備することが有効である。ただし、排水路の場合は、地区外からの排水流入の有無、維持管理方法、環境配慮の必要性等に十分留意する必要がある。

1　用排水路の暗渠化による効果

暗渠化することで、次のような効果が期待できる。

①　水路の除草や浚渫の労力・費用の節減

②　営農作業上の障害物の除去及び機械作業時の安全性向上

③　水路上部の有効利用（つぶれ地率の減少、農道の拡幅、農道ターン方式の導入等）

④　道路抜き工法により、区画の長辺方向への統合・拡大が可能

2　用水路の管水路化による効果

暗渠化の効果に加えて、管水路化においては次のような効果が期待できる。

①　供給主導型から需要主導型への転換による、用水利用の自由度向上

②　用水量の節減

③　汚水流入防止や有害鳥獣の侵入防止（開水路はハクビシン、タヌキ等の侵入経路になり得るため）

④　以下の場合における工事費の削減（開水路との比較）

・平坦地で水路勾配が小さく、開水路の断面が著しく大きくなる場合

・平坦地で水路勾配を確保するために水路が田面よりはるかに高くなり、ほ場への導水が不便となる場合

・土地の起伏が不規則で、開水路の配置が複雑になる場合

・急傾斜地のため、開水路にすると多数の落差工等を必要とし、工事費が嵩む場合

3　課題・留意事項

(1)　暗渠

暗渠化に当たり、次のような課題、留意事項が挙げられる。

①　管路内に土砂が堆積しないような流速を確保できる構造にするものとし、刈草等のごみが水路に詰まらないよう、田面からの落水口にスクリーンを設置するなど、管路内の閉塞防止対策を検討する。堆積状況を定期的に点検し、必要に応じてフラッシングする。

②　現地盤及び埋戻し土の液状化の影響を検討する必要がある。

③　構造物との接続及び地形や土質の変化点で管路の損傷を生じやすいため、経済性を勘案し、地域の実情に応じた最も適切な対策を検討する（伸縮可とう継手等）。

④　管路の点検等の維持管理労力及び破損時等における補修費用の負担について、十分な検討が必要となる。

⑤　地下水位が高いことが想定される場合等には、必要に応じ管路の浮上に対する検討を行う。

⑥　予想を上回る豪雨の場合、呑口部で溢水する懸念があるため、その場合の周囲への影響を十分に考慮して構造を検討する。また、開水路の場合、暗渠排水管の高さとの関係等から敷高が決まり、田面の高さ次第では計画排水量を超える排水を流下させることも可能であるが、暗渠にはこのような余裕がないことから、地区外からの排水流入がある場合やごみの流入が懸念される場合は開水路化も検討する。

⑦　開水路に比べ、工事費が高額となる場合がある。また、開水路の方が、表面水や湧水の処理能力や生態系保全等の効果は大きいことにも留意する。

⑧　埋設勾配を確保できない地区及び土砂等の流入が多い地区においては、点検及び土砂等の撤去のため、管径の変化点や勾配が緩くなる方向（特に緩くなると想定されるのは大規模再編整備による大区画化を行う区画の長辺方向）の一定区間毎に監査桝（管理孔）を設置することが望ましい。

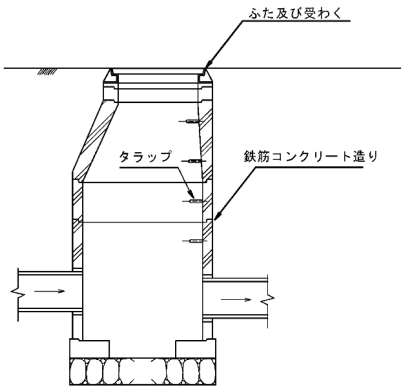


図-4.5.2　監査桝の例

(2)　管水路

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

①　地形条件を踏まえ、必要な水頭、想定する水管理方式、維持管理費を考慮した最適なパイプライン形式を選定することが重要である。

②　担い手に対し、水管理方式の変更についての説明や計画的な水管理方法の提示等が必要である。

③　各ほ場の高低差が小さい平坦地においては、自然圧送ができず、ポンプ圧送となる可能性があるほか、高低差の大きい傾斜地においては、給水地点の標高差が顕著になり、均等な配水を実現するための圧力管理が重要となる。

④　山林、宅地、地区外からの排水を受ける場合は、ごみ処理対応等の管理が煩雑になるため、管水路形式を採用する場合は十分な検討が必要となる。

【事例】再整備による長辺長の延伸（排水路の暗渠化）

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

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

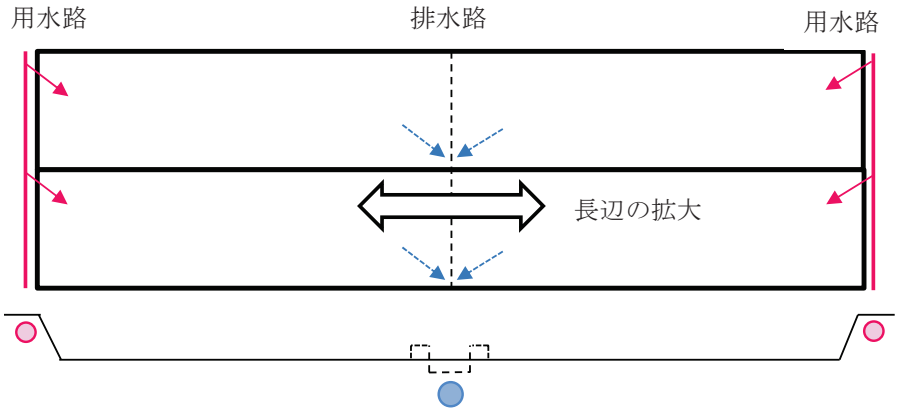


図-4.5.3　用排水路の暗渠化の例(排水路を従前位置に敷設)

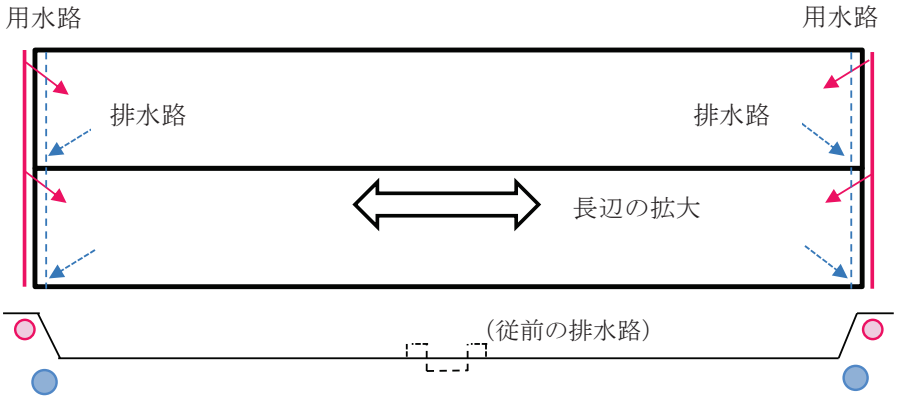


図-4.5.4　用排水路の暗渠化の例(排水路を耕区両側に移設し敷設)

参考文献

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

4.6 用水路

4.6.1 計画用水量

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

1　蒸発散浸透量（減水深）の決定

(1)　一般事項

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

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。

(2)　地形区分

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

表-4.6.1　地形区分と浸透量の傾向

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

(3)　土壌タイプ別蒸発散浸透量

近傍整備完了地区を参考にして蒸発散浸透量を求める場合は、土壌条件及び地下水位の状況について十分検討する必要がある。参考として水田土壌タイプ別の標準減水深を**表-4.6.2～表-4.6.4** に示す。

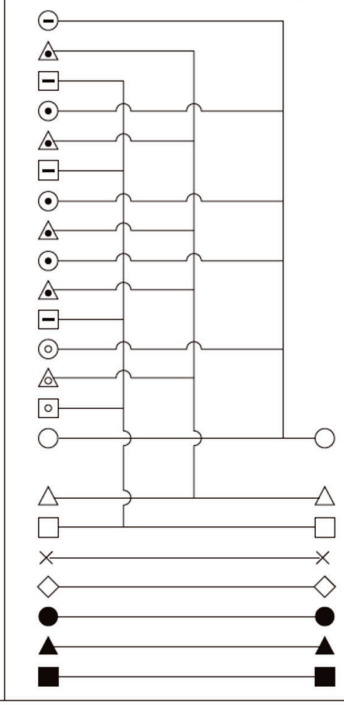
表-4.6.2　(参考)水田土壌タイプ別標準減水深（1/2）

		湿田																半湿田				
		強粘土型						粘土型					壌土型					砂土型		強粘土型		粘土型	壌土型	砂土型
減水深	mm/d	12.3	11.4	8.7	10.7	11.0	11.2	14.3	10.7	11.9	11.9	11.2	14.2	16.7	11.0	13.1	15.1	−	−	15.0	18.4	13.2	14.8	14.0	17.1	18.4
		10.9						12.0					14.0					16.7		14.0		14.0	17.1	18.4
		1	2	10	20	30	31	3	11	21	32	33	4	12	22	34	35	5	13	36	37	40	41	42	43	44
土壌タイプ		泥炭土壌	泥炭土壌	泥炭質土壌	黒泥土壌	強グライ土壌	強グライ土壌	泥炭土壌	泥炭質土壌	黒泥土壌	強グライ土壌	強グライ土壌	泥炭土壌	泥炭質土壌	黒泥土壌	強グライ土壌	強グライ土壌	泥炭土壌	泥炭質土壌	強グライ土壌	強グライ土壌	グライ土壌	グライ土壌	グライ土壌	グライ土壌	グライ土壌
		全層泥炭型	強粘土型	強粘土型	強粘土型	強粘土還元型	強粘土斑鉄型	粘土型	粘土型	粘土型	粘土還元型	粘土斑鉄型	壌土型	壌土型	壌土型	壌土還元型	壌土壌斑鉄型	砂丘砂土型	砂丘砂土型	砂上還元型	砂礫土湧水型	強粘土構造型	強粘土マンガン型	粘土型	壌土型	砂土型
備　考		φ：丸は各土壌類型毎のデータの平均値　縦線はデータの巾（16）を示す。−：タイプ毎の平均値を示す。																								

表-4.6.3　(参考)水田土壌タイプ別標準減水深（2/2）

		乾田																田									
		強粘土型			粘土型				壌土型					砂土型				黒色土壌				礫層礫質土壌					
																		粘土型		壌土型		礫質型		礫層型		全層砂礫型	
減水深	mm/d	16.7	16.7	19.5	16.7	18.7	19.0	18.7	20.3	21.2	22.8	21.8	25.4	24.4	25.1	27.4	26.0	20.3	20.8	27.8	29.5	31.5	31.3	32.1	34.6	37.2	38.1
		17.6			18.3				22.3					25.7				20.6		28.7		31.4		33.4		37.7	
		60	80	81	50	51	61	82	52	53	62	63	83	54	64	65	84	70	72	71	73	93	95	91	90	92	94
土壌タイプ		灰色土壌	黄色土壌	黄色土壌	灰色土壌	灰色土壌	灰色土壌	黄色土壌	灰色土壌	灰色土壌	灰色土壌	灰色土壌	黄色土壌	灰色土壌	灰色土壌	灰色土壌	黄色土壌	黒色土壌	黒色土壌	黒色土壌	黒色土壌	礫質土壌	礫質土壌	礫層土壌	礫層土壌	礫層土壌	礫質土壌
		強粘土構造型	強粘土マンガン型	強粘土型	粘土構造型	粘土マンガン型	粘土質マンガン構造型	粘土型	壌土型	壌土マンガン型	壌土型	壌土マンガン型	壌土マンガン型	砂土型	砂土型	砂土マンガン型	砂土型	粘土火山腐植型	粘土型	壌土火山腐植型	壌土腐植型	壌土マンガン型	壌土マンガン型	粘土型	班鉄盤層型	砂土河床型	砂土頭層型

表-4.6.4　(参考)乾田化による土壌タイプと減水深の移行

土壌統名		現況減水深	減水深の移行	計画減水深	基本土壌型（施肥改善土壌型）
泥炭土壌	粘質型				A_1 A_2 A_3
〃	壌質型				A_4
〃	砂質型				A_5
泥炭質土壌	粘質型				B_{10} B_{11}
〃	壌質型				B_{12}
〃	砂質型				B_{13}
黒泥土壌	粘質型				C_{20} C_{21}
〃	壌質型				C_{22}
強グライ土壌	粘質型				D_{30} D_{31} D_{32} D_{33}
〃	壌質型				D_{34} D_{35}
〃	砂質型				D_{36} D_{37}
グライ土壌	粘質型				E_{40} E_{41} E_{42}
〃	壌質型				E_{43}
〃	砂質型				E_{44}
非グライ土壌	粘質型				F_{50} F_{51} G_{60} G_{61} I_{80} I_{81} I_{82}
〃	壌質型				F_{52} F_{53} G_{62} G_{63} I_{83}
〃	砂質型				F_{54} G_{64} G_{65} I_{84}
黒色土壌	粘質型				H_{70} H_{72}
〃	壌質型				H_{71} H_{73}
礫層（質）土壌	粘質型				J_{91}
〃	壌質型				J_{90} K_{93} K_{95}
〃	砂質型				J_{92} K_{94}

2　代かき用水量の決定

各地区における既往の代かき実態から、代かき用水量はおおむね**表-4.6.5** に示すような範囲になっており、次のような特徴を有する。

① 輪換田や水稲・麦体系で耕作される水田に見られるように、耕起深が大きく、耕盤層以下の透水係数が大きい水田ほど代かき用水量は大きくなる。

② 代かき時に地下水位を比較的早く高め得る地帯や湛水部分から代かきするような場合には、用水量を小さくすることが可能である。

表-4.6.5　水田の立地条件と代かき用水量

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

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

なお、乾田直播栽培においては、代かきを行わないので代かき用水を必要としないが、それに代わる初期かん水が必要となる。初期かん水量は、実測値又は類似地区における調査の値等を参考として、土壌条件と地下水位条件を勘案して決定する。

3　還元田の用水量

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

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

① 汎用化により、土壌条件及び水利条件が用水量の増加の方向へ変化している場合が多い。
② 用水量の増加の程度は、土壌条件及び水利条件の組合せにより異なる。
③ 代かき、畔塗り、中干し、湛水深の調節、きめ細かな水閘管理等により、用水量の増加を抑えることができる。
④ 還元田についても、ピーク用水量は後述の**表-4.6.6** に従い比較検討して決定する。

4.6.2 用水量の算定

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

1　ピーク用水量

ピーク用水量は、用水路断面の算定等末端用水施設の規模を決定する上で重要である。一般に、代かき用水量がピークとなることが多いが、**表-4.6.6** のような場合には比較検討する必要がある。なお、兼業化の進んだ地域では、休日・祭日等の特定日に農作業が集中することにも留意しなければならない。

表-4.6.6　ピーク用水量算定において比較検討する項目

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

2　用水量の算定

(1)　粗用水量

粗用水量は用水路等の施設容量を決定する際に用いられ、**式(4.6.1)**により求める。

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

ここに、q_a：粗用水量

q_b：純用水量

P　：施設管理用水量の割合

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

(2)　代かき用水量

ア　代かき日数

代かき日数は、最大計画用水量を決定する際に重要な事項であり、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、代かき日数は地域の営農形態を踏まえ、水稲の作付体系・好適作期、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いては、最大でもほぼ 7～10 日間となる。一方、作業機が大型化するほど 1 日の作業面積は増大するが、代かき日数の計画に当たっては、将来の営農を考えて水田区画の大きさに対応した大型トラクタの作業能力（**表-4.6.8** を目安に示す。）から決めることが合理的となる場合もある。

イ　代かき用水量

代かき期間中の必要水量は、代かき期間の取り方と代かき方式によって大きく異なるが、最大必要水量と総取水量との相互関連を示す代表的な例として、毎日同じ面積ずつ代かきを行うなど面積方式の場合は、**式（4.6.2）**、**式（4.6.3）**のようになる。

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

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

ここに、

q_i：代かき開始後 i 日目の必要水量（m³/d）　　n ： 計画代かき日数（日）

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

q：代かき用水量（mm）　　A ： 全計画面積（ha）

q_{max} ：代かき期間中の最大必要水量（m³/d）

(3) 普通期用水量

$$Q = A \times q' \times \frac{1}{1-P} \times 10 \cdots\cdots (4.6.4)$$

ここに、 Q ： 普通期最大必要水量（m³/d） A ： 全計画面積（ha）
q' ： 普通期最大蒸発散浸透量（mm/d） P ： 施設管理用水量の割合

(4) 末端用水施設の規模決定に用いる用水量

末端用水施設の規模は、代かきの日当たり作業能力に応じたものとする。等面積方式の場合、全計画面積（かんがい支配面積）に対する代かき作業機の持込み台数及び必要水量は、**表-4.6.7** のようになる。なお、参考として大型トラクタを含む日当り代かき作業能力（**表-4.6.8** 参照）を目安として示しているが、当該地区の水利権、現況利用可能量、用水慣行及び地域の営農形態に適合した作業能力等を勘案した上で代かき作業能力を決定することが必要である。

表-4.6.7 代かき作業機持込み台数及び必要水量の算出（等面積方式の場合）

全計画面積（かんがい支配面積）	代かき作業機持込み台数	代かき期間中の最大必要水量	代かき日数
$A \leqq AM$	1	$Q = \dfrac{A \cdot q \cdot 10}{(1-P)}$	1日以下
$AM < A \leqq N \cdot AM$	1	$Q = \left\{\dfrac{AM \cdot q + (A-AM)d}{(1-P)}\right\} \cdot 10$	1日超
$N \cdot AM < A \leqq 2N \cdot AM$	2	$Q = \left\{\dfrac{AM \cdot q + (A-AM)d}{(1-P)}\right\} \cdot 10$	
⋮		⋮	
$(n-1)N \cdot AM < A \leqq n \cdot N \cdot AM$	n	$Q = \left\{\dfrac{n \cdot AM \cdot q + (As - n \cdot AM)d}{(1-P)}\right\} \cdot 10$	

ここに、 Q ： 代かき期間中の最大必要水量（m³/d） q ： 代かき用水量（mm/d）
d ： 代かき後の普通期ほ場単位用水量（mm/d） A ： 全計画面積（ha）
AM ： 代かき作業機日当たり能力（ha/d） N ： 計画代かき日数（日）
n ： 代かき作業機持込み台数 P ： 施設管理用水量の割合

表-4.6.8 （参考）日当たり代かき作業能力（目安）

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

※日当たり作業量＝作業能率（ha/h）×８（h）×0.7（実作業率） ほ場間の移動時間は考慮していない

4.6.3 パイプラインの設計

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

1　基本事項

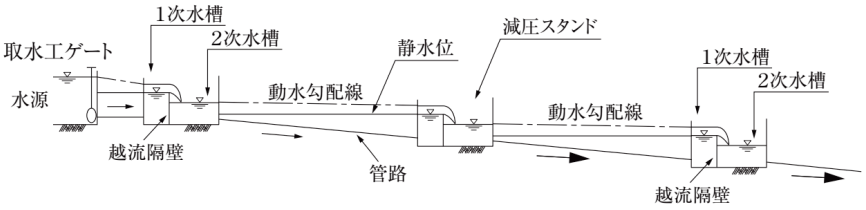
(1) パイプラインの分類

パイプラインには、次のような分類がある。

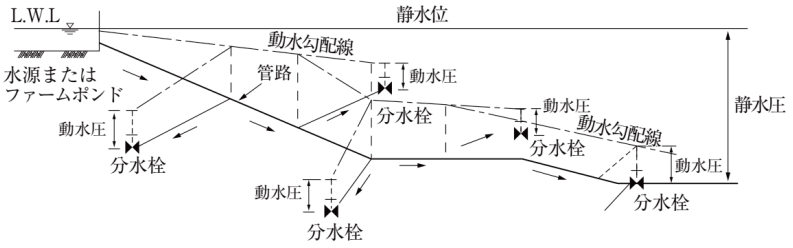
ア　機構上の分類（パイプライン形式）

パイプラインの機構上、オープンタイプとクローズドタイプに大別され、さらにクローズドタイプはクローズドタイプ（完全クローズドタイプ）とセミクローズドタイプに分類される（**図-4.6.1** 及び**表-4.6.9** 参照）。

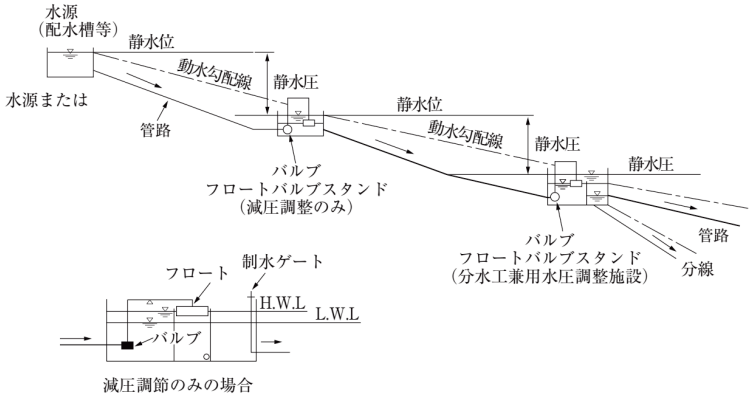
送配水に利用できる水頭差、水利用計画上必要な圧力水頭及び想定している水管理制御方式を考慮して、いずれかの方式を選定する。



(a) オープンタイプの例



(b) クローズドタイプの例



(c) セミクローズドタイプの例

図-4.6.1　パイプラインの機構上の分類

表-4.6.9　パイプライン形式の特徴

オープンタイプ	クローズドタイプ	セミクローズドタイプ
・パイプラインに沿った要所に自由水面を持つスタンドを配置した形式。 ・本形式は、水田かんがい用水路に多く用いられる。 ・開水路に準じた水路形式であり、余水は全て放流されるため、節水の必要がある地区では調整池等を設けて無効放流を防ぐ必要がある。	・上流から末端まで閉管路で流水が連続し、末端の給水栓を開くことにより所要の水量及び水圧を得る形式。 ・特に、給水圧力を必要とする用水路に最適である。	・フロート弁類を連続的に用いることにより構成される形式。 ・下流側のバルブを開閉しない限り水の流動は生じないため、オープンタイプのような無効放流はない。 ・水田かんがい用水路として、オープンタイプに代わって利用されることが多い。 ・クローズドタイプでは管路にかかる静水圧が大きくなり過ぎる場合に、静水圧を切る目的で用いられることが多い。

イ　水圧からの分類（水圧区分）

配水系パイプラインは、水圧によって**表-4.6.10** のように区分される。

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

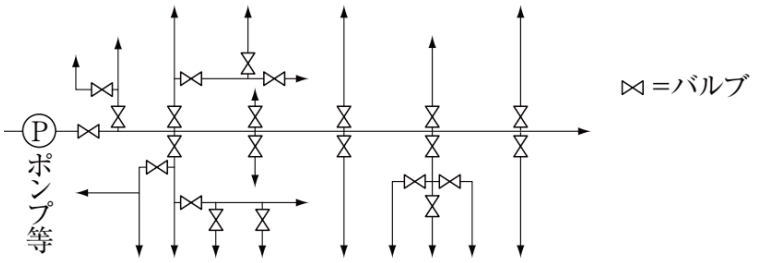
表-4.6.10　水圧区分（配水系パイプライン）

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

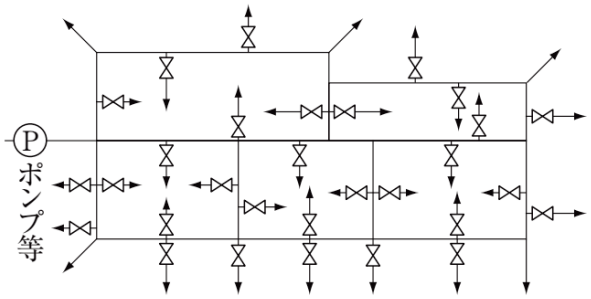
ウ　配管上の分類（配管方式）

パイプラインの配管方式には、樹枝状配管と管網配管がある（**図-4.6.2** 及び**表-4.6.11** 参照）。

地形条件、水利用形態等から、いずれかの方式を選定する。



（a）樹枝状配管方式の例



（b）管網配管方式の例

図-4.6.2　パイプラインの配管方式の分類（例）

表-4.6.11　配管方式の概要

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

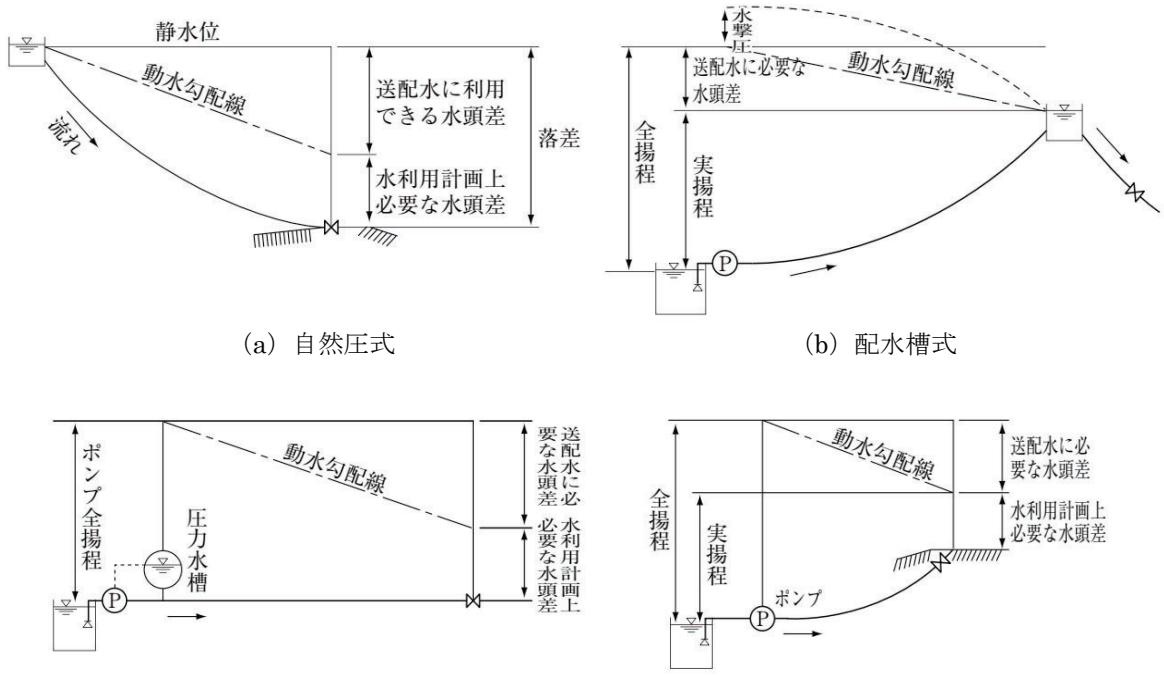
エ　送配水上の分類（送配水方式）

パイプラインの送配水方式は、自然圧式（自然流下式）とポンプ圧送式に大別され、さらにポンプ圧送式は配水槽式、圧力水槽式、ポンプ直送式に分類される（**表-4.6.12** 及び**図-4.6.3** 参照）。

路線及び分水工の位置が概定された後、地盤高及び水利用計画上必要な圧力水頭から、送水に必要な水頭差あるいは送水に利用できる水頭差を求め、いずれかの方式を選定する。

表-4.6.12　送配水方式の概要

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



(a) 自然圧式　　(b) 配水槽式

(c) 圧力水槽式　　(d) ポンプ直送式

図-4.6.3　パイプラインの送配水方式の分類

(2)　路線選定

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

(3)　管種選定

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

(4)　設計上の留意事項

ア　機構上の分類と配管

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

イ　地区の形状との関係

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

ウ　地形

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

エ　地区の広さ

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

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

オ　ポンプ圧送の場合の支配面積

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

カ　ポンプ圧送の場合の管径の検討

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

2　設計条件

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

(1)　用水量の決定

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

(2)　設計に用いる流量

通常、パイプライン施設の規模（口径、水槽類）は設計流量をもとに決定されるが、断面、構造等を決定する際には、それ以外の流量についても必要に応じ検討を行う（**表-4.6.13** 参照）。パイプラインシステムの設計においては、設計流量よりも小さな流量時の挙動に留意する必要がある。

表-4.6.13 設計に用いる流量

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

3　水理設計

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

(1)　水理計算

ア　管径の決定

摩擦損失水頭及び平均流速の算定は、ヘーゼン・ウィリアムス公式の適用を原則とする（**式**(4.6.5) 参照)。

$$V = 0.849 \cdot C \cdot R^{0.63} \cdot I^{0.54} \quad \cdots\cdots (4.6.5)$$

式(4.6.5)をもとに、円形管について次の各式が誘導される（**式**(4.6.6)～**式**(4.6.9) 参照)。

$$V = 0.355 \cdot C \cdot D^{0.63} \cdot I^{0.54} \cdots\cdots (4.6.6)$$

$$Q = 0.279 \cdot C \cdot D^{2.63} \cdot I^{0.54} \quad \cdots\cdots (4.6.7)$$

$$D = 1.626 \cdot C^{-0.38} \cdot Q^{0.38} \cdot I^{-0.21} \cdots\cdots (4.6.8)$$

$$I = h_f / L = 10.67 \cdot C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot Q^{1.85} \cdots\cdots (4.6.9)$$

ここに、V:平均流速（m/s）

C：流速係数（**設計基準「パイプライン」**参照）

R:径深（m）（管が満流の場合$D/4$）

I ：動水勾配

D：管内径（m）

Q：流量（m^3/s）

h_f:摩擦損失水頭（m）

L :管路長（m）

イ　各種損失水頭

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

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

(2) 設計流速

ア　許容最大流速及び許容最小流速

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

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

イ　自然圧式管路の許容平均流速

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

ウ　ポンプ圧送式管路の許容平均流速

ポンプ圧送式の場合、管関係費とポンプ関係費の和が与えられた流量に対して最小となるように経済比較を行って決定することが望ましく、この際の水理ユニット内の平均流速の目安として、**表-4.6.14** がある。

表-4.6.14　ポンプ圧送式の平均流速

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

(3)　設計上の留意事項

ア　末端余裕水頭

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

イ　水田パイプラインの特性

①　システムの設計に当たっては、パイプラインが支配する地区の水理的最遠点で代かきが行われる場合だけでなく、普通期についても、使用する圧力制御バルブの有効制限域におけるパイプラインの圧力管理の可否について検討しておく必要がある。

②　給水量は、給水栓地点のわずかな圧力水頭差によって大きく影響を受ける。このため水田の配水ブロックの大きさは、流量・圧力調整の観点から、関係者間で協議できる又は巡視人等による給水栓操作が可能な範囲とし（例えば 100ha の場合、４～５ブロックに分割）、各ブロック入口に圧力又は流量制御バルブを設けることが重要である。

③　取水量と実使用量が相違した際、個別の給水栓の開閉による微細な変化を取水量に反映させようとすれば、パイプライン途中の減圧水槽のバルブ等の操作方法を考慮する必要が生じ、場合によってはかんがい不良が発生する。これらを回避するためには、ファームポンドや調整池の設置が有効であり、水源の河川、ダム等の状況に規制されない送配水操作がある程度可能となる。

④　**図-4.6.4** のように管網又は樹枝状にする場合でも、幹線管路系と支線管路系を分離する。また、幹線系から支線系への分岐点である分水工は、必ず圧力又は流量制御の可能な施設とする。さらに、水源の流量配分を調整するための切替えバルブを要所に設置することにより、扱いやすく、故障時等の原因究明に寄与する水田パイプラインの水理設計が可能になる。

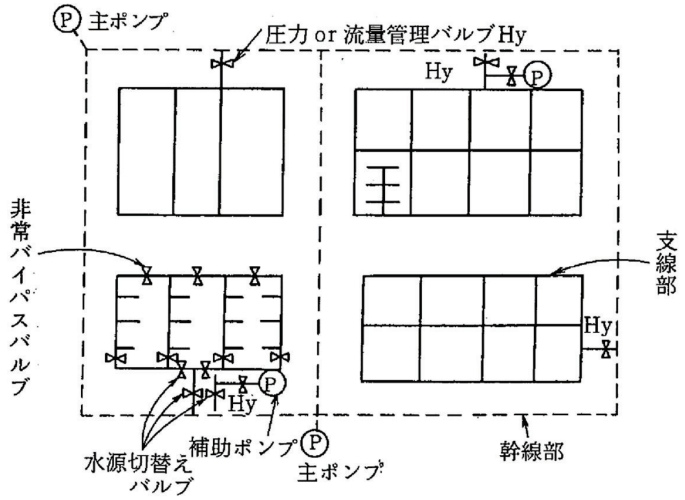


図-4.6.4　幹支線間のパイプラインと管理施設類の概要

ウ　管網配管の水理計算

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

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

4　構造設計

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

(1)　埋設深

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

ア　道路下埋設

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

イ　軌道下埋設

軌道下に埋設する場合は、軌道管理者と協議の上決定する。

ウ　河川下埋設

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

エ　耕地下埋設

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

オ　山林下埋設

山林下に埋設する場合の埋設深は、0.6m 以上を標準とする。

カ　寒冷地における埋設

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

キ　浮上のおそれがある場合の埋設

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

(2)　基礎工法

ア　基礎及び埋戻し材料

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

管体の基礎及び埋戻し材料に関する留意事項は、次のとおりである。

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

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

イ　基床厚

（ア）岩盤の場合

管体の敷設地盤が岩盤等堅固な場合、砂礫、砂又は良質な地盤材料で厚さ 300mm 以上置換し十分締固めた基床を設ける（**図-4.6.5** 参照）。なお、口径が 300mm 以下の小口径管では該当口径の呼び径に相当する基床厚とし、最小基床厚は 100mm 以上確保するものとする。

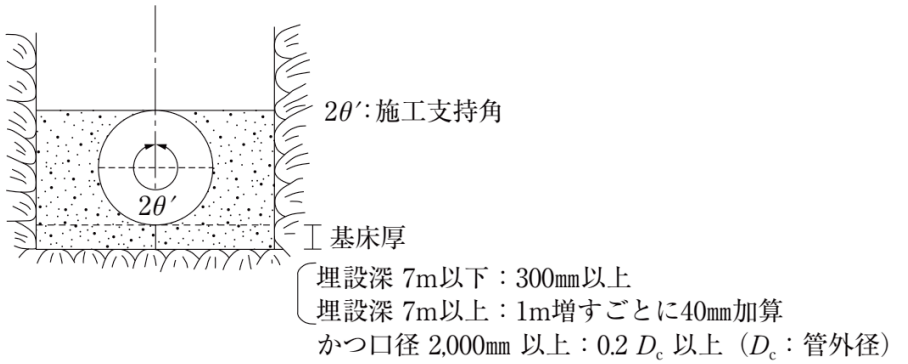


図-4.6.5　岩盤の場合の基礎工

（イ）普通地盤の場合

直接管体を敷設すると不同沈下が起こる可能性がある地盤の場合は、砂礫、砂又は良質な地盤材料で十分締固めた基床を設け、その上に管体を敷設する（**図-4.6.6** 及び**表-4.6.15** 参照）。

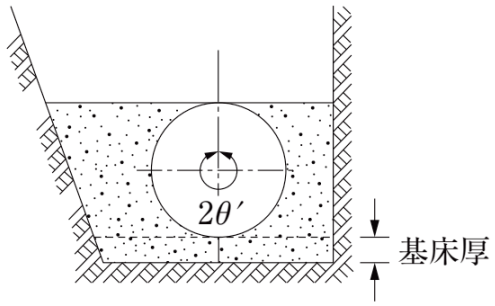


図-4.6.6　普通地盤の場合の基礎工

表-4.6.15　普通地盤の基床厚

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

D_c：管外径（mm）

（ウ）軟弱地盤の場合

パイプラインにおける軟弱地盤は**表-4.6.16** を目安とし、砂礫、砂又は良質な地盤材料で十分締固めた基床を設け、その上に管体を敷設する。また、軟弱層が深い場合の基礎工法は、**図-4.6.7** によるものとする。

軟弱地盤の基床厚としては、均等支持に必要な基床厚が確保できれば支障はないが、普通地盤における基床厚以上とし、施工性を考慮した**表-4.6.17** を目安とする。

表-4.6.16　軟弱地盤の目安

土　質	軟弱地盤の目安
粘　性　土	$N^{注)} \leqq 2 \sim 5$、又は自然含水比 70%以上
砂　質　土	$N^{注)} \leqq 5 \sim 10$、又は液状化の可能性のある土層

注）N：標準貫入試験の N値

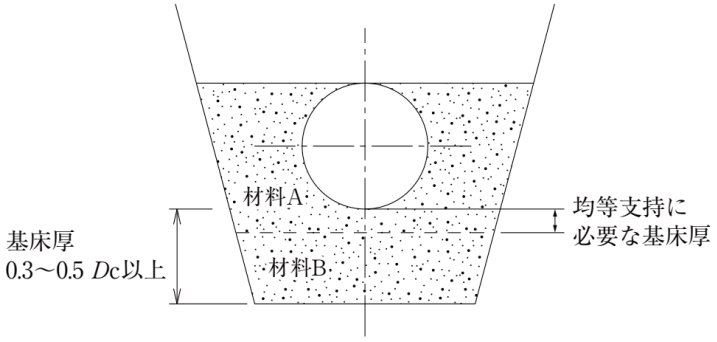


図-4.6.7　軟弱地盤の場合の基礎工例

表-4.6.17　軟弱地盤の基床厚（目安）

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

D_c : 管外径（mm）

ウ　設計支持角

土基礎の設計支持角は、管種、基礎材料の特質と施工支持角等を考慮して決定するものとし、**表-4.6.18** の値を標準とする。

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

表-4.6.18　締固めた土基礎の設計支持角（°）

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

注　1）設計支持角は、管体が基礎上に敷設された状態において確実に均等な反力分布が期待できる範囲とし、基礎材として適当と判

定された材料について、土質試験による分類に応じこの表の値を使用する。

2) とう性管の基礎材は管底部の反力とともに管側部の反力にも有効に働かなくてはならない。スパングラーによれば、その反力は管底から管頂までの埋戻し材(基礎材)の施工状態に支配されるとしている。
この意味から、従来は基礎部、埋め戻し部と区分していたものを管底から管頂まで同一の基礎材で埋め戻すものとする（施工支持角は 360°となる)。なお、固化処理土の施工支持角は 180°としてもよいが、管頂までの基礎材料は礫質土又は砂質土を使用する。

3) φ300mm 以下の小口径管において基礎材料に ML、CL を使用する場合の設計支持角は、不とう性管 30°、とう性管 60°とする。ただし、この場合でも管底部より下の基礎材料は礫質土又は砂質土を使用する。

4) 日本統一土質分類法の分類記号は、{ } が中分類、( ) が小分類を示す。
細粒分 5%未満の粗粒土の細分類は、Wが粒径幅の広い均等係数 $U_c \geqq 10$、Pが分級された $U_c < 10$ を示す。

5) 不とう性管の基礎材料に固化処理土を使用する場合の施工例が少ないため、採用する場合は専門技術者に相談するなどの検討が必要である。

エ　その他

① 不とう性管が大きな荷重を受ける場合や敷設傾斜角度が大きい場合には、一般にコンクリート基礎が用いられる。しかし、とう性管の場合には基礎境界の管体の部分に応力が集中するので、コンクリート基礎等はできるだけ避けることが望ましい。

② 基礎地盤の急激な変化は、不同沈下の原因になり管体の折損・破損事故につながるので、急激な基床の変化を避けるために**図-4.6.8** のように緩和区間を設けることが必要である。

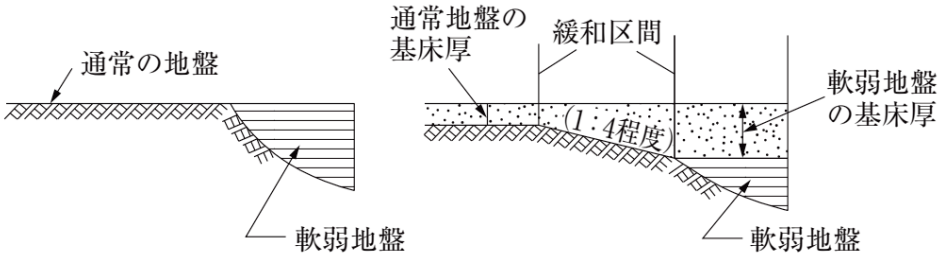


図-4.6.8　基礎地盤が急変する場合の基礎の一例

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

5　附帯施設

(1)　給水栓

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

ア　給水栓の種類と特徴

農業用の給水栓として一般に使用される給水栓の種類と特徴は、**表-4.6.19** のとおりである。

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

表-4.6.19　給水栓の種類と特徴

種　類	水田	畑		材質		口径（mm）	耐圧（Mpa）	保護工	特　徴
		低圧	高圧	金属	プラスチック				
多機能型自動給水栓	○				○	メーカ仕様による	同左	水位設定及び保護のための枠を設ける	センサーを活用し、スマートフォン等により水位等の遠隔監視、遠隔操作が可能となる。また、深水管理や高温対策等に対応した高度な水管理が可能となる（**図-4.6.9** 参照）
自動給水栓	○				○	50～75	0.74	水位設定及び保護のための枠を設ける	水位センサーやタイマー機能等により給水・止水を行い水位制御を行う（**図-4.6.10** 参照）
傘形弁	○	○		○	○	50～100	0.40～0.98	口径の５～６倍の保護槽	主に水田用で流量（開度）特性良好、現地解体組立て可能（**図-4.6.11** 参照）
アングル弁	○	○	○	○	○	25～100	1.96	-	取出し角度 45～90°、水平 360°回転構造あり（**図-4.6.12** 参照）
ゲートバルブ	○	○	○	○	○	40～300	0.49～0.98	-	（**図-4.6.13** 参照）
電磁弁		○	○	○	○	20～150	0.69～2.94	保護ボックス内は乾燥保持	遠隔操作に用いる。近年損失水頭、水撃圧、除塵等に改良が見られる（**図-4.6.14** 参照）

※上表の耐圧に係る記載は、一般的な例を参考として示したものである。



図-4.6.9　多機能型自動給水栓の例 [7)]

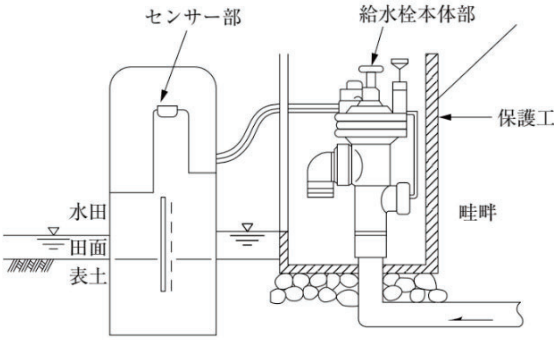


図-4.6.10　自動給水栓の例 [8)]

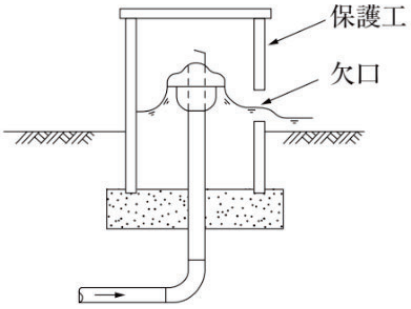


図-4.6.11　傘形弁型式の給水栓（下向き）の例

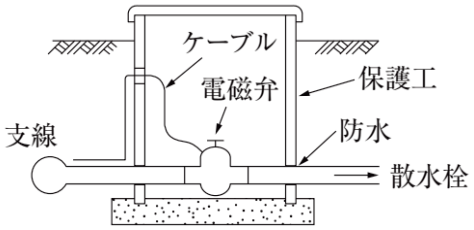


図-4.6.12　アングル弁型給水栓の例

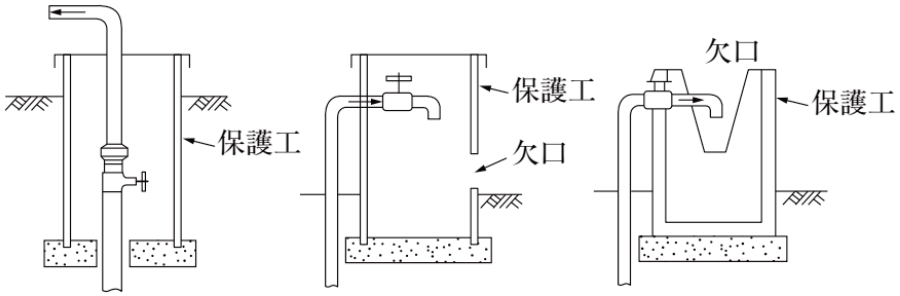


図-4.6.13　ゲートバルブ型給水栓の例

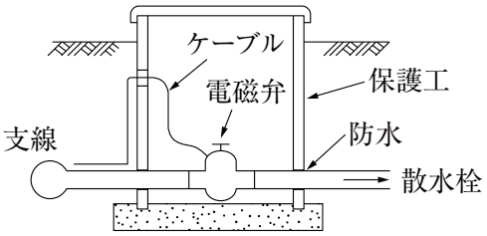


図-4.6.14　電磁弁給水栓の例

イ　選定に当たっての留意事項

① 給水点で最低動水頭のときでも、計画最大給水量を給水できる能力があること。

② 管理誤差等に対処するため、給水点において十分水頭があること。特に、低圧パイプラインの給水栓では水頭の余裕が必要である。

③ 操作がしやすく、施設費が安価で、耐久性があること。

④ ごみが詰まりにくく、詰まったごみの処理が容易であること。

⑤ 水撃圧が小さいこと。

⑥ 給水栓の設置個数は、実際の給水能力を反映した算定により決定する。

⑦ 農業機械の走行を妨げないよう、給水栓の構造や設置場所に留意する。

⑧ 営農計画や地域の土地利用及び用水形態を十分踏まえ、効率的かつ省力的な水管理を必要とする場合は、多機能型自動給水栓や自動給水栓を採用することが望ましい。

⑨ 多機能型自動給水栓（自動給水栓）を導入する場合は、代かき等の最大用水量を取水するのに必要な箇所数とする基本的な考え方に基づき１耕区に複数の給水口を設置する場合は、多機能型自動給水栓（自動給水栓）の数を通常の用水管理に必要な最低限の箇所数（例えば、必要となる用水量を半日でかん水できる数）に絞り込み、１耕区において多機能型自動給水栓（自動給水栓）と手動給水栓を組み合わせて設置することが望ましい。

⑩ 耕区辺長が長くなると風浪の影響が大きくなり、自動給水栓の誤作動が生じる場合がある。

⑪ 多機能型自動給水栓を導入する場合は、実用性、耐久性、費用対効果等の実証や機器の改良が行われているところであり、これらの状況を勘案し、導入の是非を判断することが望ましい。

⑫ 多機能型自動給水栓を導入する場合は、盗難防止対策、冬場の機器の保守管理（保管方法）等をどうするか、将来的な維持・更新費用の負担をどうするかなど費用負担を含めた維持管理方法を決定する必要がある。特に、バッテリーや電子部品は定期的な更新が必要になること、機器によっては１台ごとに通信費用がかかることから、農業者の意向を十分踏まえつつ、慎重に検討する必要がある。

(2) 制水弁

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

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

4.6.4 開水路の設計

ほ場整備事業で取り扱う開水路の検討に当たっては、設計基準「水路工」に準拠する。

1　水理設計

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

(1) 水理計算

ア 流量計算

水路の断面寸法は、原則として設計流量について平均流速公式を用いて求める（**式(4.6.10)** 参照)。なお、開水路系の等流流速の計算は、原則としてマニング公式を用いる（**式(4.6.11)** 参照)。

$$Q = A \cdot V \quad \cdots\cdots (4.6.10)$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad \cdots\cdots (4.6.11)$$

ここに、 Q：流量（m^3/s） A：通水断面積（m^2） V：平均流速（m/s）
R：径深＝A/P（m） P：潤辺（m） I：水路勾配
n：粗度係数

イ 粗度係数

水路設計に用いる粗度係数は、**設計基準「水路工」**を参照する。

(2) 許容流速

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

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

ア 最小許容流速

最小許容流速を制約する要素は不明確で、適切な値を確定することは必ずしも容易ではない。一般的に、シルト及びそれよりも大きい粒径の土砂が少ない場合、各粒径に応じて 0.45～0.90m/s の平均流速があれば、浮遊土砂の堆積を起こさず、また 0.70m/s 以上の平均流速があれば著しく流れを妨げるような植物の生育も防止できるとされている。（**表-4.6.20** 参照）

表-4.6.20 最小許容流速

水 路 の 状 況	最小許容流速
浮遊土砂の堆積が懸念される水路	0.45～0.90m/s
水中植物の繁茂が懸念される水路	0.70m/s

イ 最大許容流速

最大許容流速は、水路を形成する材料によって著しく相違し、不明確なので、経験や他の例から判断せざるを得ないが、水路及び水路構造物内面の材質及び部材厚によって、ほぼ**表-4.6.21** のような値が制限値とされている。詳細については、**設計基準「水路工」**を参照する。

表-4.6.21　最大許容流速

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

(3)　余裕高

用水路の余裕高は、**図-4.6.15** に示す高さである。

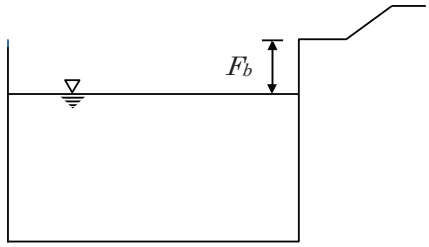


図-4.6.15　用水路の余裕高

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

標準的な水路余裕高の算定方法は、水路の目的、水路の形式及び断面形状別に、次のとおりとする。なお、プレキャストコンクリート水路（鉄筋コンクリートベンチフリューム等）の余裕高については、**設計基準「水路工」**を参照する。

ア　無ライニング水路並びにライニング水路

$$F_b = 0.05d + \beta \cdot h_v + h_w \quad \cdots\cdots (4.6.12)$$

ここに、F_b：余裕高（m）

d　：設計流量に対する水深（m）

h_v：流速水頭（m）

β　：流速水頭の静水頭への変換係数で 0.5～1.0 をとる。

h_w：水面動揺に対する余裕（m）

イ　擁壁型水路(フルーム、擁壁水路、箱形暗渠、既製品水路等)

擁壁型水路の余裕高は、原則として**式(4.6.13)**による。

$$F_b = 0.07d + \beta \cdot h_v + h_w \quad \cdots\cdots (4.6.13)$$

ウ　トンネル及び暗渠

円形又は馬てい形のトンネル及び暗渠(箱形暗渠の場合は擁壁型水路に準じる)の余裕高は、原則として、次の(a)、(b)のいずれか大きいほうにより断面の大きさを決める。

なお、排水路の場合は、地域の特性や上下流の水路との関連により余裕高を大きくするなどの対応が求められることもある。

(ア) 設計流量に対して

$d_1/D_1 = 0.80 \sim 0.83$

d_1：設計流量に対する水深（m）

D_1：高さ（m）

ただし、$(D_1 - d_1) \geqq 0.30$（m）

なお、$D \leqq 0.60$m の場合 $F_b = D/2$（m）とする。

(イ) 用水路で洪水を流入させる場合

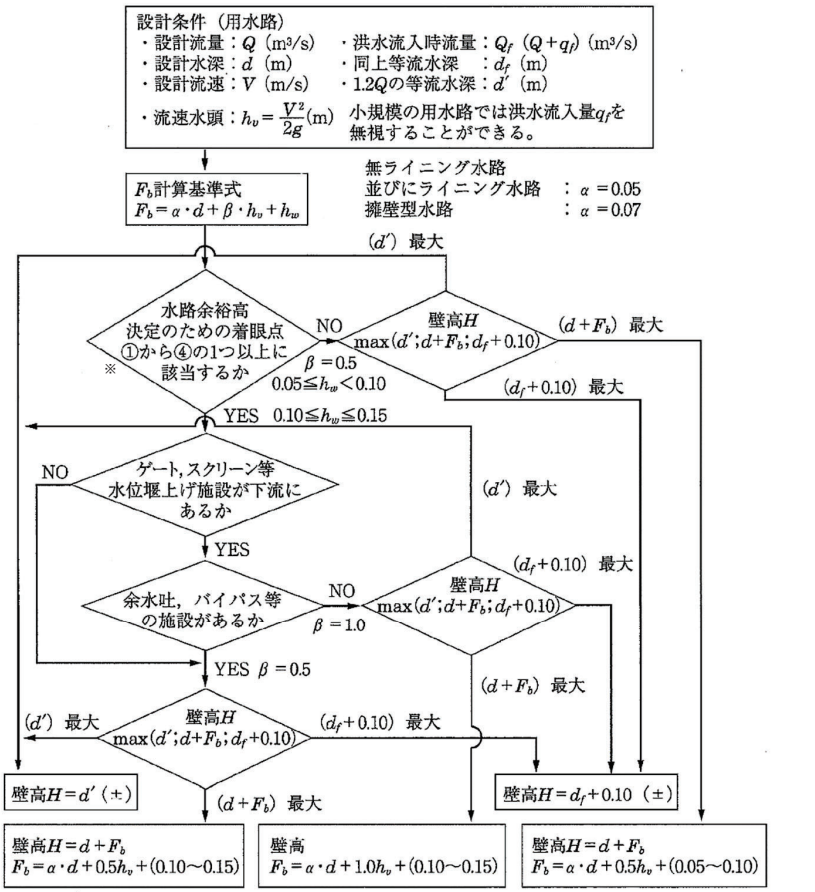
$d_2/D_2 = 0.90 \sim 0.93$

d_1：洪水を加味した流量に対する水深（m）

D_2：高さ（m）

(4)　水路の目的別余裕高と水路壁高の算定

用水路の開水路形式の余裕高及び水路壁高の算定については、**図-4.6.16** に示すフローチャートに基づいて行う。



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

※水路余裕高決定のための着眼点

① 規模、重要度、立地条件

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

② 工種

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

③ 構造物の配置と水路の湾曲

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

④ 管理

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

⑤ 洪水の流入

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

図-4.6.16　用水路（開水路）の余裕高算定と壁高決定のフローチャート

2　構造設計

(1)　一般事項

①　幹支線用水路の断面は、原則として分水地点ごとに決定する。小用水路の断面変化は原則として考慮せず、一路線一断面とする。

②　用水路（開水路）は、原則としてプレキャストコンクリート製品で施工するものとし、維持管理上最小断面を上幅 250mm 程度とする。

③　小用水路の断面は、ピーク用水時点を検討の上、最大通水量により決定する。

④　用水路底高が田面より高すぎると農業機械のほ場内進入に支障を来すのみでなく、各耕区の水口に洗掘防止施設が別途必要となる。また、底高が低すぎると耕区への取水が困難になる。よって、底高は田面に比して－５～＋10cm の範囲とすることが望ましい。

⑤　溝畔の形状は、維持管理上の利便性にも配慮し決定する。

(2)　構造設計

構造設計については、**設計基準「水路工」**に準拠する。

3　附帯構造物

(1)　分水工

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

(2)　屈曲部

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

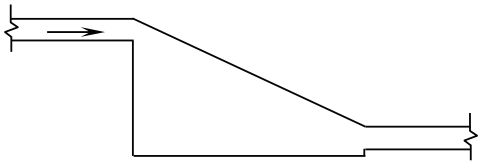
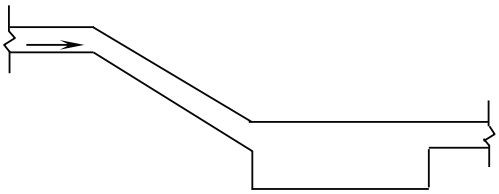
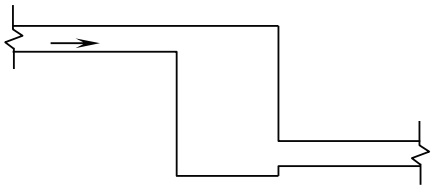
(3)　落差工

落差工の設置に当たっては、地形的に落差のある地点等付近の地形と調和した場所に選定する。また、流水に対して好ましくない波を発生させないため、上下流にわたって水路の線形が直線的である区間を選定することが望ましい。

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

一般的に使用されている落差工形式を**表-4.6.22** に示す。

表-4.6.22　一般的な落差工形式

形　　状		留　意　事　項
階段式 落差工		・流量が大きく、落差が小さい（1.0m 以下）場合に使用する。 ・プレハブ式構造のプレキャストコンクリート製品もある。
シュート 式落差工		・小～中程度の流量で、落差が大きい（1.0m 以上）場合に使用する。 ・プレキャストコンクリート製品の組合せにより構成され、落差に応じて静水部の延長を調整する。
円筒（桝式） 落差工		・流量が小さく、中程度の落差（2.0m 以内）の場合に使用する。 ・落差部は、ヒューム管又はプレキャストコンクリート製品の落差桝の組合せによって落差を調整する方式のものがある。

(4)　水口（取水工）

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

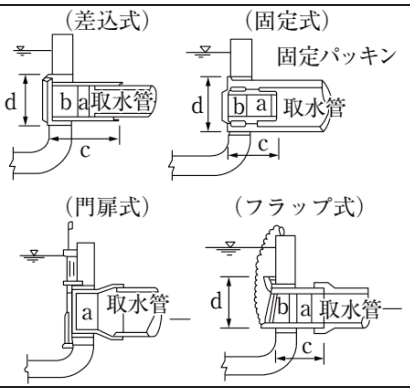
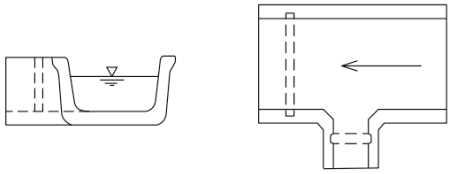
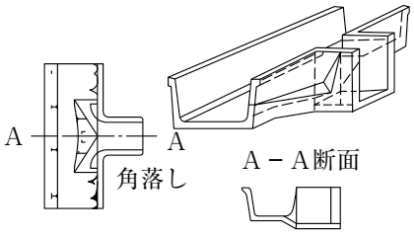
水口の断面は、開水路の場合には取水量に応じて幅を最大 50cm 以内とし、それ以上の幅を要する場合には２か所以上に分ける。敷高は、小用水路の底高に左右されるが、流入時の洗掘防止等から田面から０～10cm の範囲にあることが望ましい。

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

なお、農業機械の走行を妨げないよう、水口の構造や設置場所に留意する。

一般的に使用されている水口の型式を**表-4.6.23** に示す。

表-4.6.23　一般的な水口の型式

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

【参考】急勾配（射流）水路からの取水について

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

(5)　安全施設

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

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

①　車両等の転落防止や運転者の視線誘導のための防護柵、フェンス、ガードレール等

②　開水路及び水路諸施設周辺への立入り並びに危険区域への立入りを防止するためのフェンス、通行止門扉、警戒標識、立札等

③　水路内の昇降用のステップ、梯子、階段等

④　転落者救出用の安全ロープ、浮輪、安全棒等

⑤　照明施設、換気施設、防音施設等

引用・参考文献

1）農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準・計画「ほ場整備（水田）」（平成 25 年４月）
2）農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準・計画「農業用水（水田）」（平成 22 年７月）
3）(公社)農業農村工学会：改訂６版 農業農村工学標準用語事典（令和元年８月）
4）農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」（令和３年６月）
5）石井敦（2018）：真の低コスト稲作のための農地の利用集積・圃場整備と土地改良法の改正、土地と農業 48、p.26-42
6）農林水産省農村振興局：電気設備計画設計技術指針（高低圧編）（令和元年９月）
7）若杉晃介、鈴木翔（2017）：ICT を用いて省力･最適化を実現する圃場水管理システムの開発、農業土木学会誌 85、p.11-14
8）(公社)土地改良測量設計技術協会：農業農村整備事業品質確保・向上対策事業新技術等普及マニュアル（案）（平成 12 年３月）
9）農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準・設計「水路工」（平成 26 年３月）

4.7 排水路

4.7.1 計画排水量

ほ場における計画排水量は、ほ場の利用形態、作付体系、許容湛水等を考慮して決める。なお、ほ場整備事業で取り扱う計画排水量の検討に当たっては、計画基準「ほ場整備（水田）」、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 計画「排水」基準書・技術書（以下「計画基準「排水」」という。）に準拠する。

1　一般事項

① 計画基準雨量は、原則として 1/10 年程度の確率雨量とする。また、計画基準雨量は、気象観測資料を用いて確率統計解析により得られた実績降雨に基づく確率降雨量に、気温上昇時の気候予測資料により求めた降雨量変化倍率（過去実験値と将来実験値の各確率降雨量の比）を乗じることを基本とし推定する。なお、気候予測資料は全国５km メッシュアンサンブル気候予測データを使用する。

② 地区外流域をほとんど持たない末端ほ場であって、ある程度の湛水を許容する水稲作の場合には、日雨量日排除により算定して得た排水量とする。

③ 水田畑利用の場合においては、極力湛水を防止する方式とし、４時間雨量４時間排除により算定して得た排水量とする。

④ 地区外の山地流域をうける排水路や幹線排水路には、洪水到達時間内平均雨量を用いて合理式により計画排水量を算定する。

⑤ 低平地水田の下流部等、自然排水が不可能で樋門や排水機の設置を必要とする場合には、湛水区域、許容湛水深及び許容時間を勘案し排水量を算定する。

2　自然排水における計画排水量

(1)　日雨量日排除

計画日雨量が地区内に降った場合、それを１日で排除しようとする方式である。地区外流域をほとんど持たない末端ほ場であって、ある程度の湛水を許容する水稲作の場合に適用する（**図-4.7.1** 及び**式(4.7.1)** 参照）。

$$Q = \frac{\sum R_{24} \times f}{86.4} \quad \cdots\cdots (4.7.1)$$

ここに、　Q：計画排水量（$m^3/s \cdot km^2$）

$\sum R_{24}$：日雨量（mm/d）

f：ピーク流出係数（１時間や４時間の時間降雨量より流出係数は大きい）

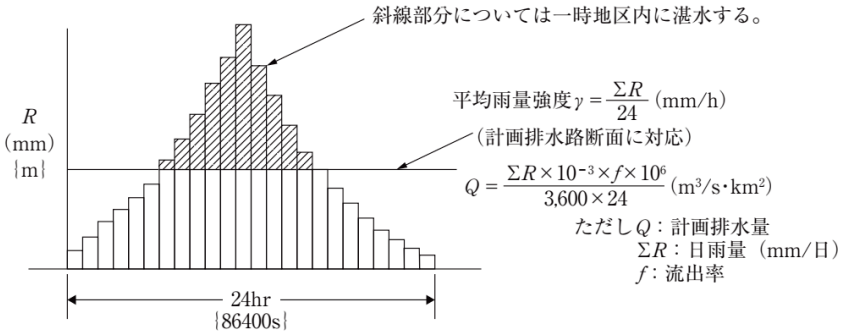


図-4.7.1　日雨量日排除の考え方

(2)　4時間雨量4時間排除

計画4時間雨量が地区内に降った場合に、それを4時間で排除しようとする方式であり、水田畑利用の場合に適用する（**図-4.7.2** 及び**式(4.7.2)**　参照)。

$$Q=\frac{\sum R_4\times f}{14.4} \quad \cdots\cdots\cdots\

(4) ピーク流出係数

ピーク流出係数は、地域の地質、地被、先行降雨等の諸条件により異なる。事業実施後のピーク流出係数を推定する場合や、実測資料の乏しい場合には、**表-4.7.1、表-4.7.2** に示す値を参考としてもよい。なお、土地利用が一様でない場合には、その構成比率による加重平均値を用いる。

表-4.7.1 ピーク流出係数 f

地形の状態	f
急峻な山地	0.75 ～ 0.9
三紀層山地	0.7 ～ 0.8
起伏のある土地及び樹林地	0.5 ～ 0.75
平らな耕地	0.45 ～ 0.6
かんがい中の水田	0.7 ～ 0.8
山地河川	0.75 ～ 0.85
平地小河川	0.45 ～ 0.75
流域のなかば以上が平地である大河川	0.5 ～ 0.75

※ 上表は、物部が河川の洪水時の値として与えたものであるが、流域の状況によって変化するとともに、安全係数に類するものも含めてあり、さらに対象とした洪水が大きなものであるため、土地改良事業で対象とする降雨に対しては大きな値となる傾向がある。特に水田の場合には、0.7～0.8 をとることはほとんどなく、おおむね 0.4～0.5 の範囲内と考えてよい。

表-4.7.2 ピーク流出係数 f [3)]

地形の状態	f
路面及び法面	0.70 ～ 1.00
市街	0.60 ～ 0.90
森林地帯	0.20 ～ 0.40

3 自然排水ができない場合の計画排水量

自然排水が不可能な低平な地区においては、地区内の湛水状況は降雨の状況（降雨強度及び継続時間）、外水位等の時間変動に対応して複雑に変化する。このため、自然排水が可能な地区で用いられる総排水量を算出するだけの簡易な計算方法を採用することは適当でなく、以下により詳細な検討を行う必要がある。

(1) 作業手順

① 計画内水位、計画外水位の決定

② 計画基準雨量（２～３日連続雨量）によるハイドログラフの作成

③ ②による地区内の湛水状況（湛水深、湛水面積、湛水時間等）の把握

④ ポンプによる排水量計算及び排水後の湛水状況

⑤ ポンプ等の諸元の決定

詳細については、**計画基準「排水」**を参照する。

(2) 許容湛水

ア　水稲作の場合

許容湛水深は 30cm とし、やむを得ず 30cm を超える場合は湛水時間が 24 時間を超えないものとする。

なお、計画内水位は最低田面標高に許容湛水深をプラスしたものとなるが、これにより事業費や維持管理費が増嵩し不経済となる場合には、計画内水位の設定には十分な検討を要する。

イ　水田畑利用の場合

畑作物においては原則として湛水を許容しない。ただし、著しく不経済となるときは、湛水をある程度許容する地域を設定し、その湛水深、湛水時間、作付体系等を十分検討する必要がある。なお、田面の不陸、うね立て等を勘案し、排水解析上 5cm 未満の湛水については湛水がないものとして取り扱う。

4.7.2　水理設計

計画洪水時排水及び計画常時排水のそれぞれにおいて、設計流量及び設計水位のいずれも満足するよう、排水路の断面形及び勾配を定める。

1　暗渠工

本項では、暗渠工（排水路）のうち管路（管型暗渠）及びボックスカルバート（箱型暗渠）を対象とする。

(1) 水理計算

ア　管路

管路の水理計算は、**4.6.4 開水路の設計**に準拠する。

なお、道路横断部等における開水路との取付けによる断面決定に当たっては、取付水路（上流水路）の流積 A_2 を求め、管路の通水断面 A_1 がこれを下まわらないものとする（$A_1 > A_2$）（**図-4.7.3** 及び**式(4.7.4)** 参照）。

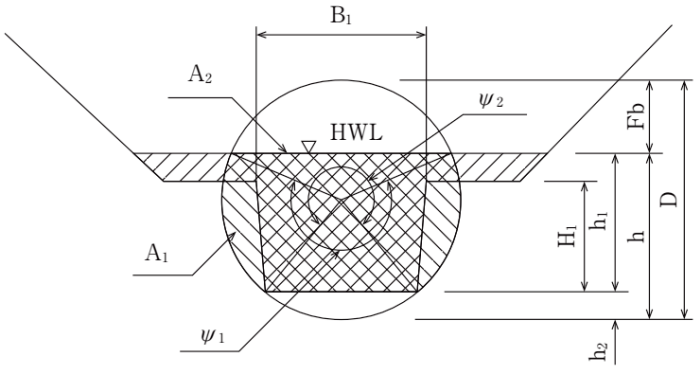


図-4.7.3　管路の通水断面

$$A_1 = \frac{1}{2} \cdot r^2 \cdot (\Psi_1 + \Psi_2 - 2\pi - \sin\Psi_1 - \sin\Psi_2) \cdots\cdots (4.7.4)$$

ここに、A_1：管路の通水断面　　Ψ_1，Ψ_2：角度（rad）

A_2：取付水路の通水断面　　r ：管の半径

【事例】管路の最小流速、最小口径、管種

管路の最小流速、最小口径、管種は関連する基準書に基づき、地域の実情等を十分に考慮して決定する。以下に設計事例を示す。

表-4.7.3　管路の最小流速、最小口径、管種の設計事例

地区	最小流速	最小口径	最小口径での管種	備考
A地区	0.60m/s	φ300mm	高密度ポリエチレン管	
B地区			高密度ポリエチレン管	
C地区			硬質ポリ塩化ビニル管	
D地区			硬質ポリ塩化ビニル管	用水路と排水路を連結させ、排水路内の堆積土砂をフラッシングにより除去可能
E地区	0.45m/s	φ200mm	耐圧ポリエチレンリブ管	

イ　ボックスカルバート

ボックスカルバートの水理計算は、**4.6.4 開水路の設計**に準じて行う。

なお、前述のア 管路と同様に、取付水路（上流水路）の流積 A_2 を求め、ボックスカルバートの通水断面 A_1 がこれを下まわらないものとする（$A_1 > A_2$）（**図-4.7.4** 及び**式(4.7.5)、式(4.7.6)** 参照）。

$$F_b = 0.07d + h_v + \alpha \quad \cdots\cdots (4.7.5)$$

ここに、F_b：余裕高(m)

D ：計画最大流量に対する水深(m)

h_v：流速水頭(m)

α ：0.05～0.15(m)

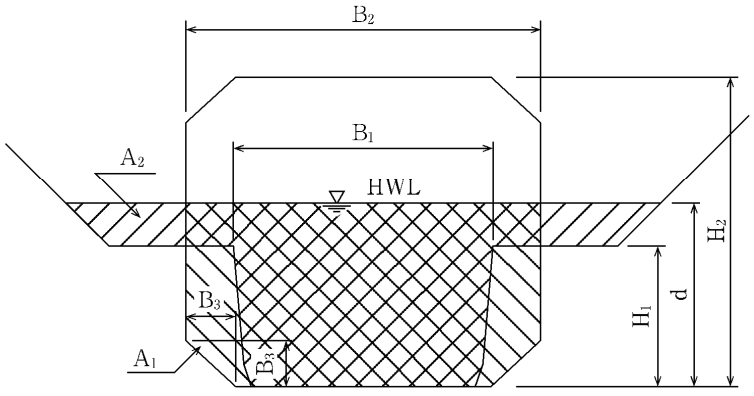


図-4.7.4　ボックスカルバートの通水断面

$$A_1 = B_2 \cdot d - {B_3}^2 \quad \cdots\cdots (4.7.6)$$

ここに、A_1：ボックスカルバートの通水断面

A_2：取付水路の通水断面

(2) 留意事項

① 土砂等の堆積による通水断面の縮小を考慮して余裕を見込んでおく。特に、豪雨の際に多量の土砂、木片等が流入するおそれのある場合には、更に必要な余裕を確保する。なお、暗渠の延長が長く流量が少ない場合でも、沈泥による有効断面の縮小や維持管理を考慮し内径又は内幅を 60cm 以上とすることが望ましい。

② 道路等の横断暗渠については、その延長が短いため、勾配変化等がなければ暗渠内流速は上下流水路の流速と差がないと考えられ、これらを考慮して断面を決定する。

2 開水路

(1) 水理計算

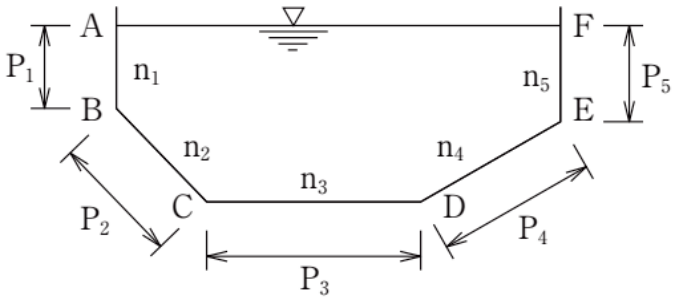
① 水理計算は、**4.6.4 開水路の設計**に準じて行う。詳細については**設計基準「水路工」、計画基準「排水」**を参照する。

② 複断面水路の合成粗度係数

潤辺の粗度係数が部分により異なる水路断面においてマニング公式を適用する場合は、全潤辺に対する合成粗度係数を計算して流速を求める（**図-4.7.5** 参照）。

合成粗度係数 n_i は、**式(4.7.7)**によって求める。

$$ni = \left(\frac{1}{\sum P_i} \left(P_1 {n_1}^{3/2} + P_2 {n_2}^{3/2} \cdots\cdots + P_5 {n_5}^{3/2} \right) \right)^{2/3} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4.7.7)$$



潤辺	粗度係数	潤辺長
AB	n_1	P_1
BC	n_2	P_2
CD	n_3	P_3
DE	n_4	P_4
EF	n_5	P_5
全潤辺	n_i	ΣP_i

図-4.7.5 合成粗度係数の算定図

ただし、排水路、河川等で**図-4.7.6** のように高水敷の水深が浅い場合、前記のような合成粗度係数によって流量計算を行うことは不適当であり、図示のように流積を区分して計算を進める方が適当な場合がある。この場合、区分の境界線は潤辺とみなさない。

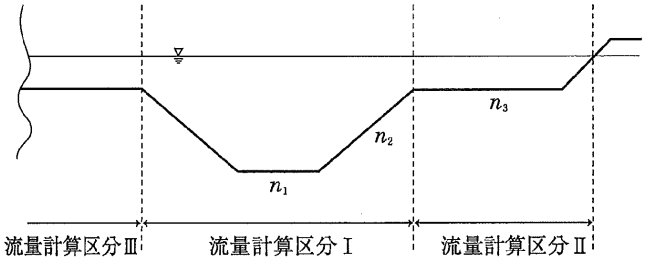


図-4.7.6 流量計算区分図

(2) 許容流速

最大許容流速は**4.6.4 開水路の設計**に準じるものとする。詳細については**設計基準「水路工」**を参照する。また、以下の点に留意する。

① 複断面水路の場合には、許容最大流速は使用材料のうち最小のものにより規定される。

② 護床又はその他適切な侵食防止処置が講じられる場合、コンクリートの厚さを増すなどで部材の補強が行われる場合、又は河川に相当する大きな排水路にあっては、最大許容流速は、当該水路の構造及び地形・地質並びに類似の実施例を参考にして定める。

最小許容流速については**設計基準「水路工」**を参照する。

(3) 余裕高

開水路形式の排水路を複断面水路とする場合、余裕高は原則として**式（4.6.12）(4.6.13)**によって決定する。ただし、隣接田面より 1/10 確率排水位が高くならないように留意し、下記により決定する。

① F_b＞盛土高（原則として 30cm 以上）ならば盛土余裕高=F_b

② F_b＜盛土高（原則として 30cm 以上）ならば盛土余裕高=30cm

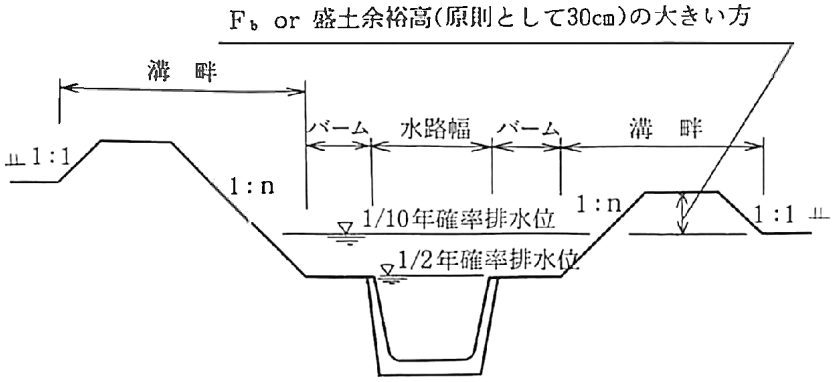
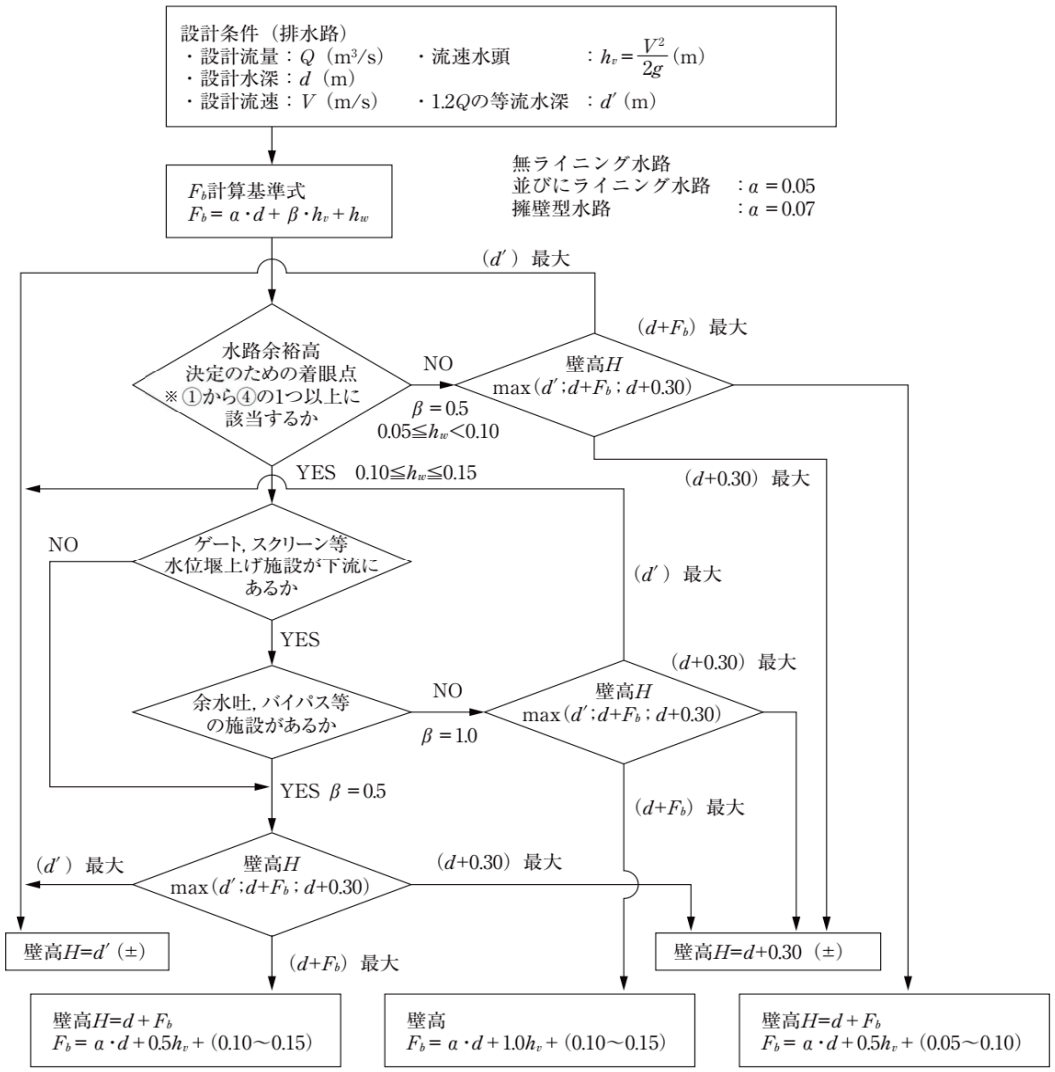


図-4.7.7 排水路（複断面）の余裕高

余裕高及び水路壁高の算定については、**図-4.7.8** に示すフローチャートに基づいて行う。なお、複断面水路の低水護岸高（原則として 1/1～1/2 年確率排水位）に対する余裕高は、原則として考慮しない。



注1）水路余裕高決定のための着眼点②，③の場合で，水理的検討により必要と判断される場合，上式以外により壁高算定を行ってもよい。
2）小規模の排水路では最小余裕高0.30mを低減することができる。

※水路余裕高決定のための着眼点については、**図-4.6.16** を参照する

図-4.7.8　排水路(開水路)の余裕高算定と水路壁高決定のフローチャート

4.7.3 構造設計

排水路の構造は暗渠を基本とし、計画排水量を安全に流下させることはもちろん、維持管理の省力化、工事費の抑制、つぶれ地発生の抑制等について総合的に検討して決定する。

1　一般事項

① 幹支線排水路の断面は、原則として合流点ごとに決定する。また、排水路断面は、上流側断面と整合するよう計画する。

② 排水路の構造は、維持管理作業の省力化や安全面（転落防止・熱中症対策等）の観点から暗渠を基本とし、現場条件等によりこれにより難い場合は開水路とする。

③ 開水路の場合、原則としてプレキャストコンクリート製品で施工するものとし、維持管理上最小断面を上幅 250mm 程度とする。

④　水路敷高は、耕区下流端で地下水排除機能が働き、かつ暗渠排水施設が取り合う深さとする。

⑤　小排水路延長が 600m 以上になると、工事費の増嵩が顕著となるため、600m 以内ごとに支線排水路に接続させることが望ましい。

2　水路断面

(1) 暗渠工

ア　一般事項

①　構造設計に当たっては、種々の荷重を適切に定めるものとし、特に農道等を横断するものについては、通行する車両の荷重条件を考慮し設計荷重を決定する。

②　数種類の構造が対象となっている場合は、経済比較とともに埋設される位置の立地条件、施工条件、維持管理から総合的な検討を行い決定する。

③　農道等の横断暗渠工は、施工性及び経済性から、極力直角に横断するよう計画する。

④　国道、河川等の横断暗渠工については、関係機関との協議を必要とする。

イ　暗渠工の構造

代表的な暗渠工の構造の特徴を**表-4.7.4** に示す。

表-4.7.4　暗渠工の構造

項目	管路（管型暗渠）					ボックスカルバート
	硬質ポリ塩化ビニル管	高密度ポリエチレン管 耐圧ポリエチレンリブ管	強化プラスチック複合管	遠心力鉄筋コンクリート管	重圧管	
現場条件	土被りがある程度期待できる場合で、比較的断面の小さい用排水路に使用する。				自動車荷重が大きく、土被りが少ない場所で、比較的断面の小さい用排水路に使用する。	管路や橋梁等との比較検討を行い使用する。
基礎	荷重条件により無基礎、砂基礎、砕石基礎、ソイルセメント基礎等の検討を行う。			荷重条件により、無基礎、砂基礎、コンクリート基礎等の検討を行う。		基礎地盤が良好な場合は敷コンクリートのみとするが、それ以外は均しコンクリートと基礎砕石又は杭基礎の施工を検討する。
留意事項	耐寒性が低いため、寒冷地で使用する場合には、管に衝撃が加わらないよう特に注意する必要がある。	管側部に作用する受動土圧が減少し、管に過大な変形やたわみが生じることがないよう十分な検討を行うとともに、埋戻しの際、十分な締固めを行う必要がある。		比較的口径が大きくなり、180°　又は 360°　コンクリート基礎とする場合には経済性で劣る場合がある。	土被りの少ない道路の縦横断用暗渠として適する。	ボックスカルバートの構造計算については、**設計基準「水路工」**に準じる。

(2) 開水路

ア　排水路断面

排水路断面はその維持管理の省力化が図られるよう、単一断面のプレキャストコンクリート製品の設置や全面コンクリート張りによる 1/10 年確率排水位までの護岸を基本とする。ただし、水路の幅や深さが大きくなり、むしろ水路内の土砂上げに苦労することにならないよう、地域の意向等への留意が必要である。このように単一断面のプレキャストコンクリート製品の設置等による 1/10 年確率排水位までの護岸が困難な場合であって、低平地及び緩傾斜の常流水路である場合には、複断面にすることを検討する。

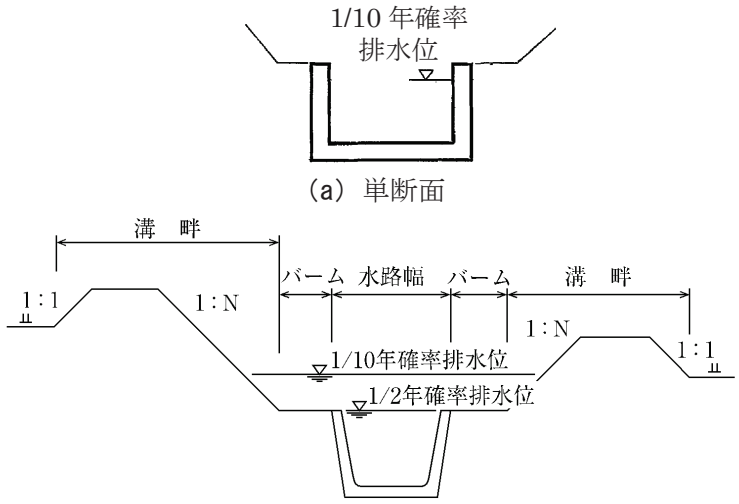


図-4.7.9　排水路標準断面図

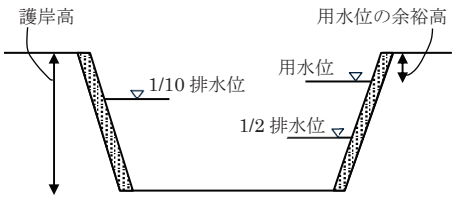
表-4.7.5　排水路の溝畔及びバームの構造

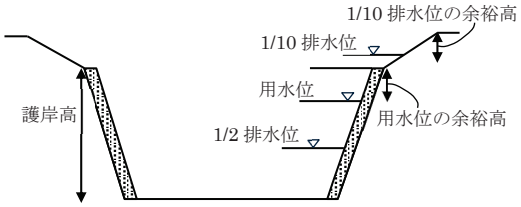
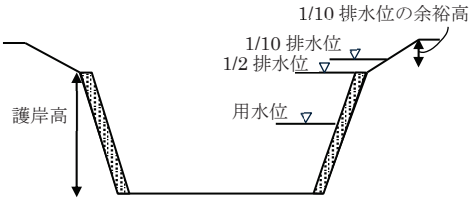
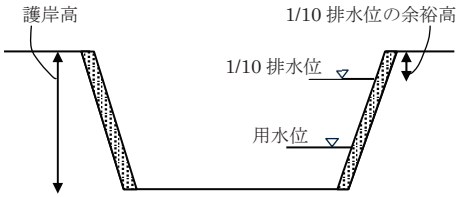
種　　別	留　意　事　項
溝畔の法勾配	内法は 1：1.0 を原則とし、外法は土質により決定するが、一般的には畦畔の構造と同様とする（**表-4.3.8** 参照）。 また、リモコン草刈機等への対応を含む維持管理上の利便性にも配慮する場合は、**4.3.6 畦畔 3 リモコン草刈機等に対応した畦畔**を参照する。
溝畔の上幅	溝畔の上幅は、溝畔の高さ又は排水路の維持管理上の利便性により決定されるが、幹・支線排水路で 50～100cm 程度、小排水路で 30～50cm 程度が望ましい。
バ　ー　ム （犬走り）	バームは、溝畔からの土砂落入防止と維持管理上の利便性を考慮し設置する。幅は、幹・支線排水路で 50～100cm 程度、小排水路で 20～30cm 程度が望ましい。

イ　用排兼用水路の断面

用排兼用水路の水路壁高は、用水路及び排水路で算定される余裕高の大きい方を採用して算定する（**4.6.4 開水路の設計**及び **4.7.2 水理設計**に準拠する）。また、護岸高さは**表-4.7.6** のとおりとする。

表-4.7.6　用排兼用水路の護岸（プレキャストコンクリート製品を含む）高さ

<table>
<tr><th>条　件</th><th>用水量 ≧ 排水量</th><th>用水量 ＜ 排水量</th></tr>
<tr><td>通　常
（低水護岸の場合）</td><td>【①≧②】
護岸高：(用水位)＋(用水位に対する余裕高)
 

【①＜③】
 
</td><td>【①＜②】
護岸高：低水護岸(1/1～1/2年確率排水位)
 
</td></tr>
<tr><td>1/10年排水位まで護岸する場合</td><td>【①≧③】
護岸高：(用水位)＋(用水位に対する余裕高)
 
</td><td>【①＜③】
護岸高：(1/10年確率排水位)＋(排水位に対する余裕高)
 
</td></tr>
</table>

※　①　(用水位)＋(用水位に対する余裕高)
　　②　1/1～1/2 年確率排水位
　　③　(1/10 年確率排水位)＋(排水位に対する余裕高)

4.7.4 附帯構造物

附帯構造物は、水管理及び施設維持管理が適切に行えるよう設計する。

1　落水口（水じり）

落水口の配置、断面、構造については**表-4.7.7**、標準図については**図-4.7.10**のとおりである。

表-4.7.7　落水口

項目	留　意　事　項
数と配置	・各耕区の排水路に沿う辺の下流側に１か所以上設ける。ただし、短辺長が 50m 以上になる場合は、50m 以内に１か所以上設けることが望ましい。 ・湛水深のコントロールや大雨時の田面貯留（後述の「田んぼダム」の実施）の必要性等に配慮しつつ、工事費の削減及び維持管理労力・水管理労力の軽減のため、落水口の統合・集約化についても検討することが望ましい。
断面	・幅は開閉操作を考慮して 50cm にとどめ、区画面積が特に大きく必要排水量からみて 50cm 以上の幅を要する場合には、２か所以上に分けて設ける必要がある。 ・落水口の敷高は、田面排水の迅速化を図る上で田面から５～10cm 下げることが必要であるが、田畑輪換等により畑作導入を重視する場合には、敷高は更に低く 15～20cm に下げる必要がある。また、大区画ほ場の場合等は地域の営農形態・排水管理方式を考慮した上で更に敷高を下げることも検討する必要がある。
構造	・区画が拡大されると排水量が大きくなり、その維持管理も困難となるので、従来の溝畔に設けた単なる欠口でなく、操作の便利なコンクリート等の構造物とすることが望ましい。型式は田面湛水深のコントロールを考慮し、数枚の角落しによる越流方式にすることが望ましい。 ・湛水深を自動制御する型式も開発されているが、導入に際しては水管理の省力化と動作の確実性を十分検討する必要がある。 ・排水管はφ150～φ200mm の硬質ポリ塩化ビニル管、高密度ポリエチレン管又は遠心力鉄筋コンクリート管を標準とし、落口の水路底には、土壌侵食を防止する底打ちコンクリートの設置を検討する。

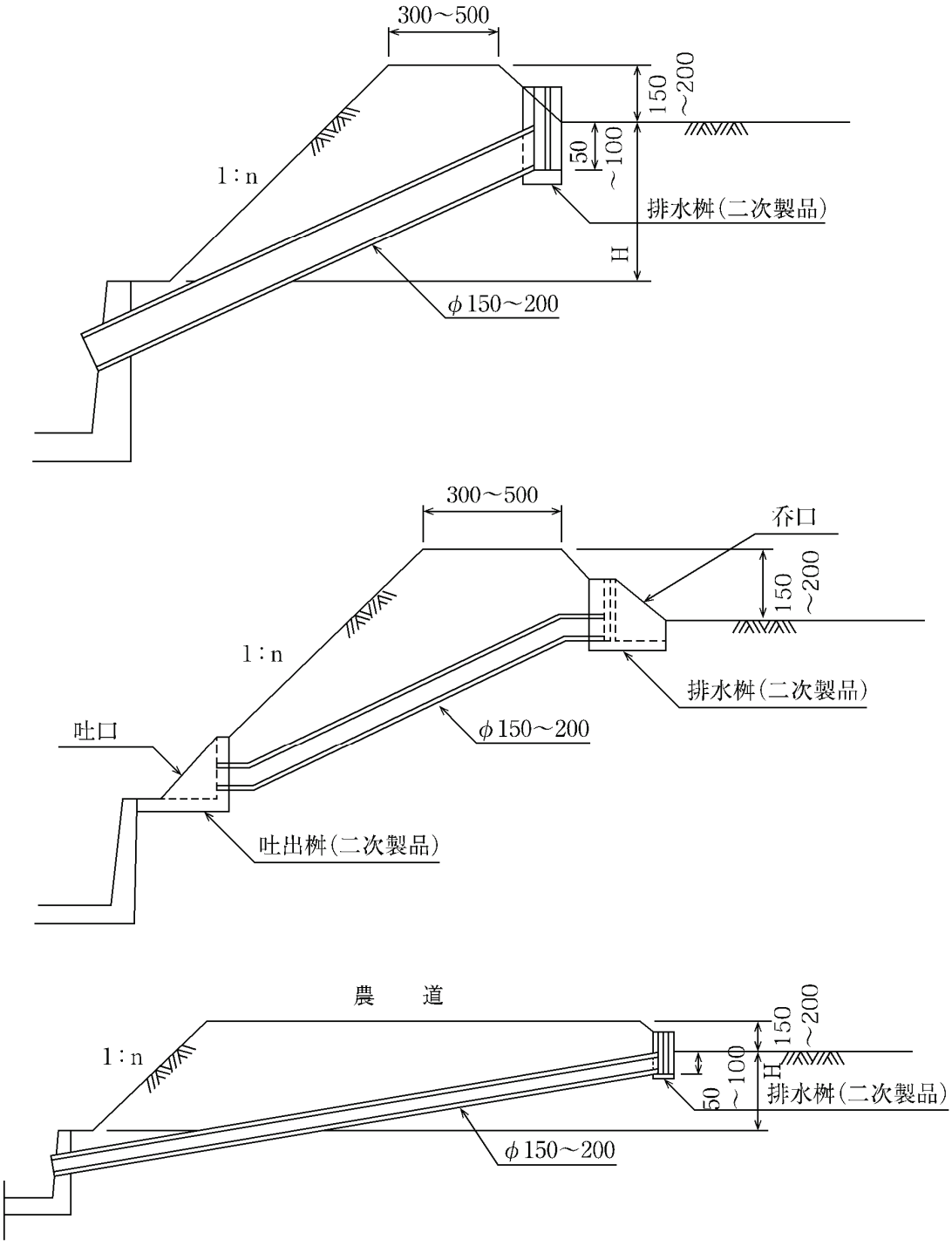


図-4.7.10　落水口標準図

【参考】田んぼダムの概要

(1)　「田んぼダム」とは

「田んぼダム」とは、水田が元来有している雨水貯留機能を強化することで、「田んぼダム」を実施する地域やその下流域の湛水被害リスクを低減するための取組である。

図-4.7.11 のように、水田の落水口に流出量を抑制するための小さな穴の開いた流出量調整板等の器具（以下「流出量調整器具」という。）を設置することで、水田に降った雨水を時間をかけてゆっくりと排水し、水路や河川の水位の上昇を抑制することで、水路や河川から溢れる水の量、範囲を抑制できる。

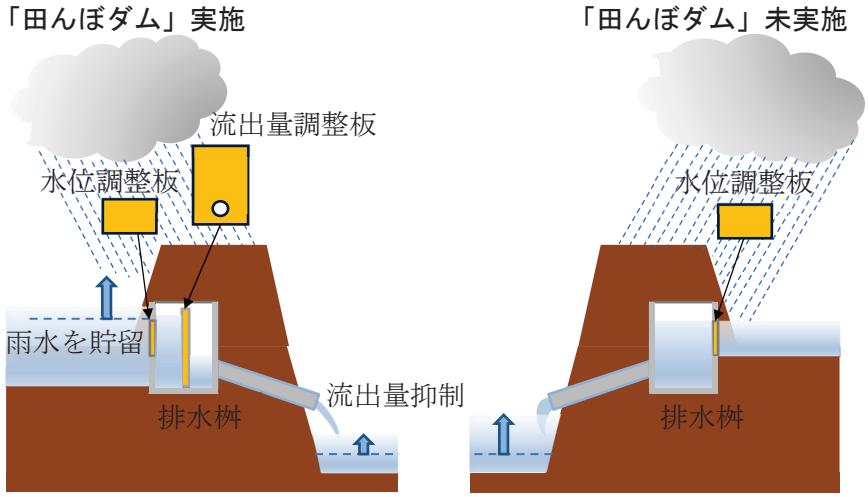


図-4.7.11　「田んぼダム」を実施している水田の排水イメージ[6)]

田んぼダムの実施による効果については、「**田んぼダムの手引き（農林水産省農村振興局整備部）**」（https://www.maff.go.jp/j/nousin/mizu/kurasi_agwater/attach/pdf/ryuuiki_tisui-207.pdf）に、実証に基づく効果の試算結果を記載しているので、参照されたい。

(2)　「田んぼダム」の実施に向けた検討

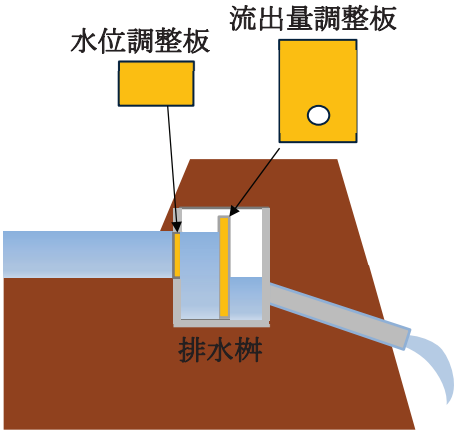
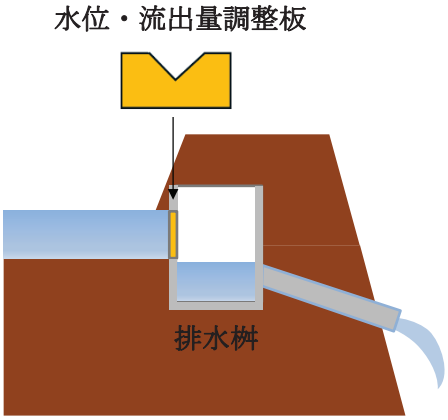
「田んぼダム」を実施する水田では、適切な畦畔高をもつ堅固な畦畔が必要である。これらの畦畔は、「田んぼダム」のためだけではなく、営農する上でも必要であり、「田んぼダム」の取組をきっかけとして、畦畔を適切に整備し維持していく仕組みを作ることが、地域の農業を継続していく上でも有効である。このため、畦畔高は、地域における許容湛水位等を踏まえた適切なもの（一般的には30cm 程度）とする。

また、「田んぼダム」においては、想定する降雨に対して雨水貯留機能を発揮し、貯留した雨水を適切に排水できる落水口が必要である。落水口の流出量調整器具として、水田の水管理を行う通常の水位調整板と別に、流出量調整板を設置する「機能分離型」と、水田の水管理を行う通常の水位調整板に流出量を調整する機能を持たせる「機能一体型」がある。（**表-4.7.8** 参照）

機能分離型と機能一体型とも「田んぼダム」効果を発揮するが、**表-4.7.8** に示すとおり、それぞれ特徴があることから、排水桝や取組に要する負担等の条件を踏まえて適切な流出量調整器具を選定することが重要となる。

また、田んぼダムを導入する地区で排水路の暗渠化を計画する場合も、排水路の下流接続部の流下能力も踏まえつつ、計画排水量に基づく施設規模を検討する。

表-4.7.8　機能分離型と機能一体型の概要[6)]

	機能分離型	機能一体型
概要図		
例		
特徴	・小さな降雨では流出抑制機能を発揮せず、大きな降雨で機能が現れる。 ・機能一体型よりも短時間で排水できる。 ・既存の排水桝に設置ができない場合があり、対応するには排水桝の交換、または設置可能な器具（例えば、スリットが１本の桝、溝のない桝や未整備圃場に対応した器具等）の選定が必要である。 ・非湛水期においても流出量抑制機能が継続するため、一定規模以上の降雨が発生した際には、田面が乾燥するまで時間を要する可能性がある。	・小さな降雨や初期降雨でも流出量抑制機能が発揮される。 ・機能分離型よりも排水に時間を要するため、水田に貯留される時間が長く、活着期から分げつ期の浅水管理時には、水位・流出量調整板の取り外しや高さ調整が必要な場合がある。 ・多くの場合、既存の排水桝に設置ができる。 ・非湛水期においては設置されない場合が多く、「田んぼダム」の効果が限定的で、一定規模以上の降雨があった場合は、水位・流出量調整板を取り外すため、「田んぼダム」なしの場合と同様になり、田面が乾燥するまでの時間が短い。

2　合流工（開水路）

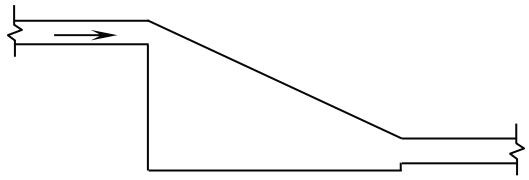
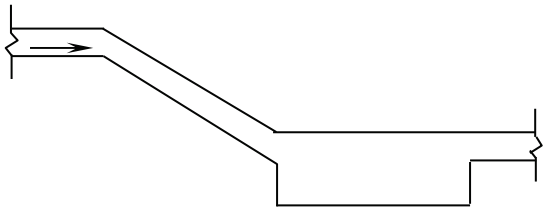
開水路の幹線と支線との合流工は、水理的かつ構造的に安全かつ経済的な施設となるよう設計しなければならない。また、支線水路と小排水路の流入は直角に取り付けるのが一般的であり、合流工には堰上げ背水等を考慮して流入・流出水路に 10cm 程度落差を設けるとよい。

3　落差工（開水路）

開水路における落差工の前後にはエネルギーが集中し、洗掘、崩壊等が発生しやすいため、十分な延長の護岸を設置しなければならない。また、生物の移動の障害とならないよう環境との調和にも配慮して決定する。

上流部の取付水路については、護岸の施工又は計画排水量が通水可能な断面とするのが望ましい。一般的に使用されている落差工型式を**表-4.7.9** に示す。

表-4.7.9　一般的な落差工形式

形　　状		留　意　事　項
階段式落差工		・落差が小さい（1.0m 以下）場合に使用する。 落差が大きい場合には、数箇所設置する。
シュート式落差工		・落差が大きい（1.0m 以上）場合に使用する。 ・流量が小さい場合にはプレキャストコンクリート製品を組み合わせた形状で対応できるが、流量が大きく落差が大きい場合には、シュート部は現場打ちコンクリート構造が望ましい。 ・静水部は、落差高及び流量に応じた延長とする。 ・設置部分の溝畔には、飛散対策のため護岸が必要である。

4　安全施設（開水路）

開水路における安全施設の設計は、**4.6.4 開水路の設計**に準じて行う。

5　管理施設（管路）

(1)　除塵施設

管路の機能を安全に維持管理するため、管路内に土砂が堆積しないような流速を確保できる構造にする。流速を確保できる構造にできない場合、フラッシュゲートを設け、用排接続により堆積土砂をフラッシングさせるなどの対策を行う（**【事例】用排接続による堆積土砂のフラッシング** 参照）。また、刈草等のごみが詰まらないような対策が必要となる。このため、原則として落水口に除塵スクリーンを設置するものとする。

【事例】用排接続による堆積土砂のフラッシング

排水路内の堆積土砂をフラッシングさせたい場合には、用水路と排水路を連結させる方法も取られる。フラッシング時には、排水路の下流側ゲートを閉塞し、通常時は閉塞している用水路と排水路の連結部のゲートを開放して排水路内に充水を行い、その後、下流側ゲートを開放することでポンプ圧送せずとも堆積土砂をフラッシングさせることができる。



写真-4.7.1　既設水路と管路接続部のゲート

【事例】落水口でのスクリーンの設置

ほ場内のごみ等が排水管路内に侵入し詰まらないよう、落水口にスクリーンを設置している。（**写真-4.7.2** 参照）



写真-4.7.2　スクリーン付き落水口 [8)]

(2)　監査桝（管理孔）

埋設勾配を確保できない地区及び土砂等の流入が多い地区においては、点検、土砂の撤去及び清掃等のため、管径の変化点や勾配が緩くなる方向の一定区間毎に監査桝を設置することが望ましい。なお、その構造は、監査桝における管理方法を考慮したものとし、鉄筋コンクリート造りで人が出入りできる大きさとした監査桝の例を以下に示す。（**図-4.7.12** 参照）

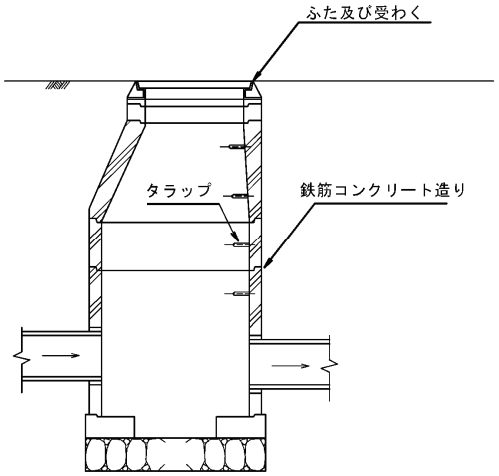


図-4.7.12　監査桝の例

引用・参考文献

1）農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準・計画「ほ場整備（水田）」（平成 25 年４月）
2）農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準　計画「排水」（令和７年４月）
3）（公社）日本道路協会：道路土工排水工指針（昭和 62 年６月）
4）農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準・設計「水路工」（平成 26 年３月）
5）農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」（令和３年６月）
6）農林水産省農村振興局：「田んぼダム」の手引き（令和８年３月）
7）石井敦（2018）：真の低コスト稲作のための農地の利用集積・圃場整備と土地改良法の改正、土地と農業 48、p.26-42
8）北海道開発局札幌開発建設部(2024)：岩見沢大願地区における大区画水田の設計･施工方法の統一化に向けた検討、北海道開発技術研究発表会論文

4.8 暗渠排水

暗渠排水の計画策定に当たっては、当該地区の現況排水状況、実施の目的、改良程度等を明らかにし、地区の実態に即した最適なものとしなければならない。なお、ほ場整備事業で取り扱う暗渠排水の検討に当たっては、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 計画「暗渠排水」基準書・技術書（以下「計画基準「暗渠排水」」という。）に準拠する。

暗渠排水の目的は一般に次のとおりである。

① ほ場の水管理を容易にし、作物の生育環境を良好にする。

② 農作業の環境を改善し、農業機械の作業性を向上させる。

③ 土壌の除塩を図る。

④ 融雪促進、凍上防止、地温の上昇を図る。

水田においては①、②が主な目的であり、これによって汎用性を高め、畑作物や高収益作物の導入等が可能となる。

4.8.1 計画暗渠排水量

計画暗渠排水量は、ほ場の土地利用形態（水田、畑等）に応じて決定する。

1 水田の場合の計画暗渠排水量の決定方法

水田の場合における計画暗渠排水量は 10～50mm/d の範囲とするが、20～30mm/d が標準的な値である（**表-4.8.1** 参照）。

表-4.8.1 計画暗渠排水量の範囲（mm/d）

区　　分	計画暗渠排水量
水　　田	10～50　＜標準値　20～30＞
水田の畑利用	＜標準値 30～50＞
畑	＜標準値 10～50＞

類似地において実測した排水量－時間曲線から求めた暗渠総排水量(V)を用いて、T 日で排水するのに必要な計画排水量(D)を D＝３V/T により求めることができる。また、暗渠排水工の完了した近傍地区等における値を参考とすることも、計画を作成する上で有効な手段と考えられる。

2 計画排水時間（地表残留水の排除日数）

水稲作の場合、農業機械の導入や適正な水管理のため、田面水は１～２日以内で排除可能でなくてはならない（**表-4.8.2** 参照）。

表-4.8.2　地表残留水の排除日数

期　　別	期別の区分	排　除　日　数
かんがい期	除草剤・液肥施用時	１～２日以内
	湛水直播芽干し時	１　〃
	中干し時	２～３　〃
	かんがい終了時	３～５　〃
非かんがい期（雨水排除）	耕起・砕土作業期	１～３　〃
	乾田直播播種作業期	１～２　〃
	乾田直播発芽期	１～２　〃
	収穫作業期	１～２　〃
	秋耕作業期	３～５　〃

3　水田の畑利用及び畑の場合の計画暗渠排水量

水田の畑利用の場合は、30～50 ㎜/d が標準的な値である。

計画暗渠排水量を算出する場合の基礎となる計画基準雨量は 1/10 年確率の４時間雨量とし、これをおおむね４時間で地表排水及び地下排水により排除することを排水目標とする。

また、計画基準雨量は、気象観測資料を用いて確率統計解析により得られた実績降雨に基づく確率降雨量（1/10 年確率の４時間雨量）に、気温上昇時の気候予測資料により求めた降雨量変化倍率（過去実験値と将来実験値の各確率降雨量の比）を乗じることを基本とし推定する。なお、気候予測資料は全国５km メッシュアンサンブル気候予測データを使用する。

なお、計画基準雨量の算定については**計画基準「排水」**を参照する。

4　単位計画排水量

(1)、(2) に基づき、単位計画排水量は**式(4.8.1)**によって求められる。

$$q = \frac{D \times 10^{-3} \times 10^{4} \times 10^{3}}{T \times 8.64 \times 10^{4}} = 0.1157D/T \quad \cdots\cdots\cdots\

2　地耐力と地下水位

水田において、農業機械の走行作業時に必要な地耐力として、コーン指数 390kN/m² 以上（地表面下 15cm までの間を５cm ごとに測定した４点平均）が必要とされる。地耐力は地下水位と密接な関係があり、地下水位の低下は地耐力確保のための必要条件で、暗渠排水は地下水位低下を図る有効な手段である。

表-4.8.3　土地利用区分別地下水位及び低下日数

土地利用形態	降雨後２～３日の地下水位	常時地下水位（降雨後７日以降）
水田（落水後）	地表面下　30～40cm	地表面下　40～50cm
畑 水田の畑利用	〃　40～50cm	〃　50～60cm
そのほか（樹園地等）	〃　50～60cm	〃　60～100cm

4.8.3　暗渠排水組織

暗渠排水組織は、排水がより迅速に行えるとともに、将来の維持管理が容易となるよう十分に検討し決定する。また、ほ場外への排水の調節を行う単位をひとまとまりとして計画し、吸水渠、集水渠、水閘、排水口等の配置を検討する。

1　暗渠排水組織の構成要素

暗渠排水組織は、一般に吸水渠、集水渠、水閘及び排水口から構成される。このほか、必要に応じて吸水渠の上流端に管内清掃用として立上り管を設置する。また、水閘の代わりに強制排水を行う集水槽・ポンプ、小排水路末端のゲートやポンプ、管排水路にマンホール等を設ける場合もある。

暗渠排水組織等の基本概念図は、**図-4.8.1** のとおりである。

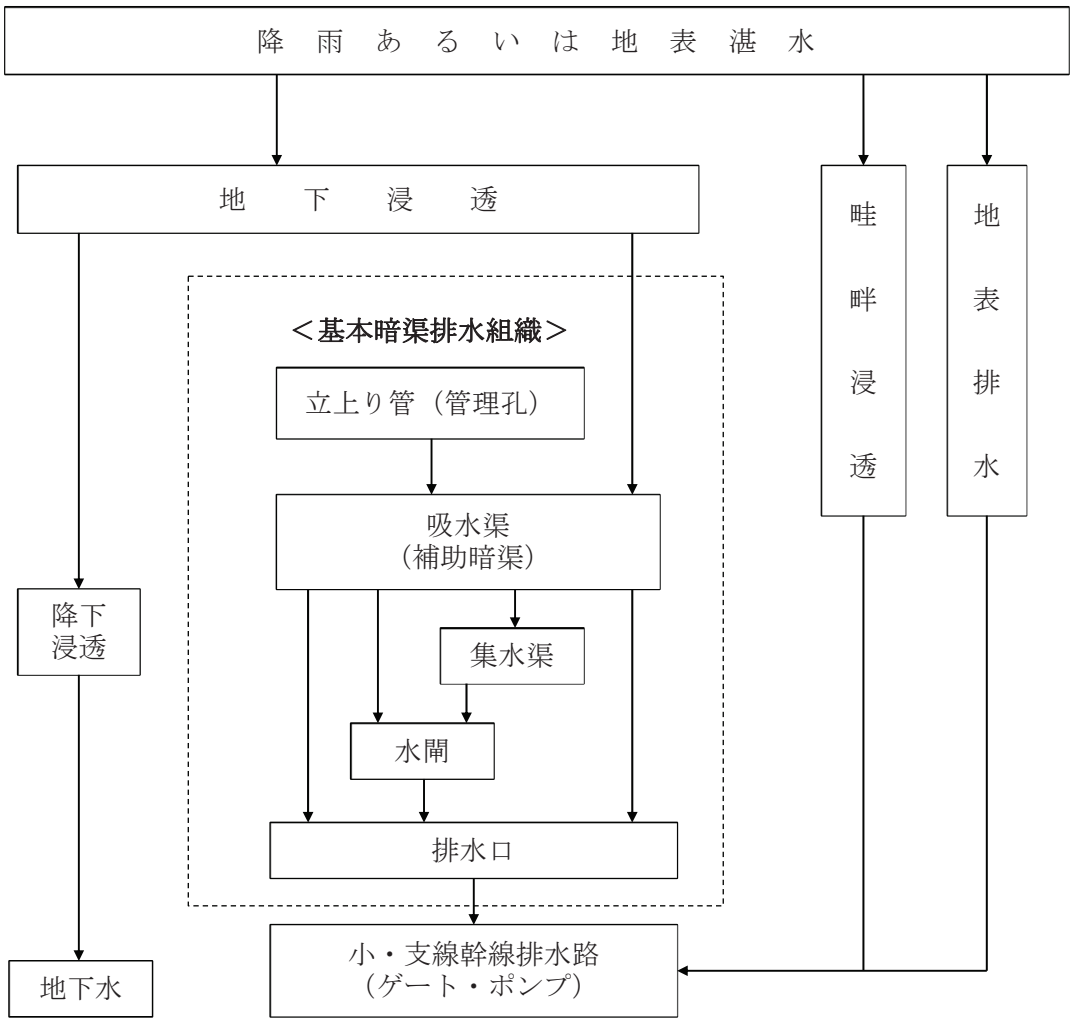


図-4.8.1 暗渠排水組織等の基本概念図

2　吸水渠

吸水渠は、地表残留水や過剰な土壌中の重力水を捕捉し、集水渠に導くものである。その構造は、吸水管及び疎水材から構成されるものを基本とするが、吸水管のみが単独で施工される場合もある。また、暗渠資材である吸水管や疎水材を用いない暗渠、吸水管又は疎水材のみを用いる暗渠については、補助暗渠として本暗渠と組み合わせて計画される。

3　集水渠

集水渠は、吸水渠により集められた水を排水口まで導水するものであり、吸水渠の水を遅滞なく排除し調節（抑制）する機能を備える。集水渠は、吸水渠の下流端（集水渠との合流点）を連ねることを原則とし、数本の吸水管によって吸水された排水を処理するため、所要の通水能力を持たせる必要がある。また、集水渠の敷設勾配を適正なものにするため、排水路の水位が高い場合には、吸水管の下流端の高さを規制することもある。

設計上の主な留意点は、次のとおりである。

①　地形が平坦で集水渠の勾配が過小となる場合や排水改良に伴い地盤沈下が予想される場合には、集水渠を明渠とすることがある。この場合は吸水渠を直接排水路に接続する形態（直接排水方式）となる。

② 吸水渠の合流点には分岐管を用い、両側から集水する場合は合流点をずらすことが必要である。

③ 集水渠の管径を算定する場合、マニング式の動水勾配は、集水渠の平均敷設勾配とする。また、集水渠の勾配が著しく変化する箇所や集水渠が合流する箇所が生じる場合及び落差工を要する場合は、マンホールを設けて流勢の減殺及び土砂の沈殿を図る。

④ 大区画水田において集水渠排水方式を採用する場合、ほ区全体の吸水渠を束ねた集水渠では、集水管が極端に大きくなる場合もある。このため、その経費や管理の難易等を総合的に検討し、30～50a を単位として処理する方法や両側へ排水する方法等も検討することが望ましい。ただし、小排水路の暗渠化と農道ターン方式を採用する場合には、水閘の管理や農業機械の作業性の面から集水渠排水方式を採用する。

4　水閘

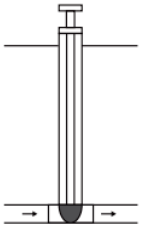
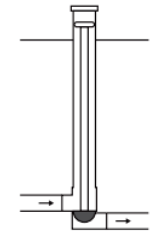
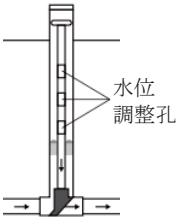
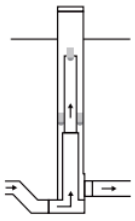
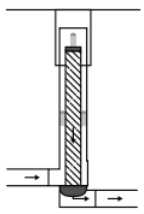
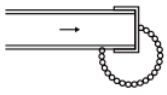
水閘は、地下水位の調節、逆流防止、管内土砂等の清掃等に用いる施設で、集水渠の途中又は末端に設置される。

(1) 水閘の形式

水閘は、竪管式と水栓式に大別される。竪管式の水閘は、吸水管又は集水管に垂直に設置した管を通じて暗渠の開閉操作を行うもので、一般に畦畔に設けられる。一方、水栓式の水閘は、暗渠の排水口に水栓式のキャップを設置し、その開閉操作によって暗渠排水量を調節するものである。各々の経済性、操作性、暗渠管の清掃の難易等を総合的に検討して選定することが必要である。

各水閘の特徴を**表-4.8.4** に示す。

表-4.8.4　各水閘の特徴

区分		標準構造図	設置場所	材質	操作方法	特徴
堅管式	水閘		主に水平整合箇所に使用	塩化ビニル製	・止水栓の開閉は、差し込み又はねじ込みにより行う。 ・水位調整孔の調節は、孔の開閉により行う。 ・水位調整器の調整は、中筒の上下により行う。	・複数の水田に繋がる暗渠においても、途中で止水ができる。 ・水位調整機能付水閘は、水稲栽培時の深水や畑地利用時等の地下水位調整ができる。 ・収納機能付水閘は、畦畔の草刈り作業や農業機械等の旋回等の障害にならない。 ・収納機能付水閘以外は、立上り部が地上に出ているため、畦畔の草刈り作業や農業機械等の旋回等による破損に注意しなければならない。 ・水栓式と比べてコストが高い。
			主に傾斜地の中間に使用			
	水位調整機能付水閘		水位の定位制御を要する箇所に使用			
			水位調整が無段階で可能。田面から＋20～－30cm			
		 (収納機能付)	水位調整が無段階で可能。田面から＋20～－30cm			
水栓式	キャップ水閘		暗渠末端の排水口に使用	・塩化ビニル製 ・ポリエチレン製	ねじ込み式でキャップの開閉により操作する。	・排水路まで降りて操作する必要があり、操作が困難な場合がある。 ・キャップ部が排水路から飛び出ている場合は、ごみが絡まり、通水阻害を起こすおそれがある。 ・鎖、パッキンがとれやすい。 ・補修が容易である。 ・堅管式と比べてコストが安い。

(2) 水閘の設置位置

① 水閘は排水の調節を一括して行う単位面積ごとに設けられるが、継続した水田の畑利用が進められる場合には、耕区ごとに排水調節が必要となるため、耕区単位に水閘を設置するのが一般的である。

② 堅管式水閘は、農業機械との接触や草刈り等の畦畔管理によって破損、損傷する事例が多い。したがって、対応策としては、担い手への注意喚起とともに、農業機械の走行に支障のない位置への設置、地上部にコンクリート管等の保護管（**図-4.8.2** 参照）を設けること、また、地上部に出さない構造とするなどの工夫も有効である。小排水路の暗渠化や農道ターン方式を採用する場合においては、水閘は竪管式を用いて隣接水田との畦畔に設けるなど、水閘の管理や農業機械の作業性から検討する必要がある。

③ 水閘の保護管には、陶管、合成樹脂管、コンクリート管等を使用することが多い。合成樹脂管の水閘の場合には、日光等による劣化のおそれや、積雪（冬期間水閘を開放する場合）による止水棒の破損のおそれがあるので、保護管に蓋を設けることも必要である。

④ 水閘は、設置位置が排水路、耕作道の脇又は畦畔上であることから、その前後に吸水孔のない管を用いる（**図-4.8.3** 参照）。

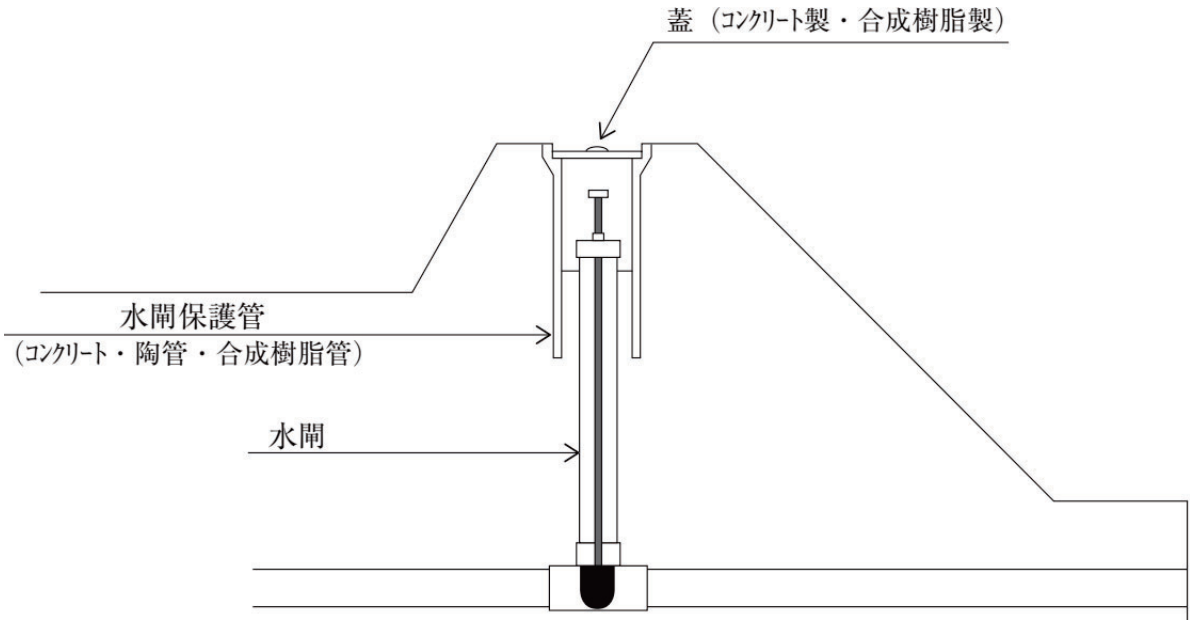
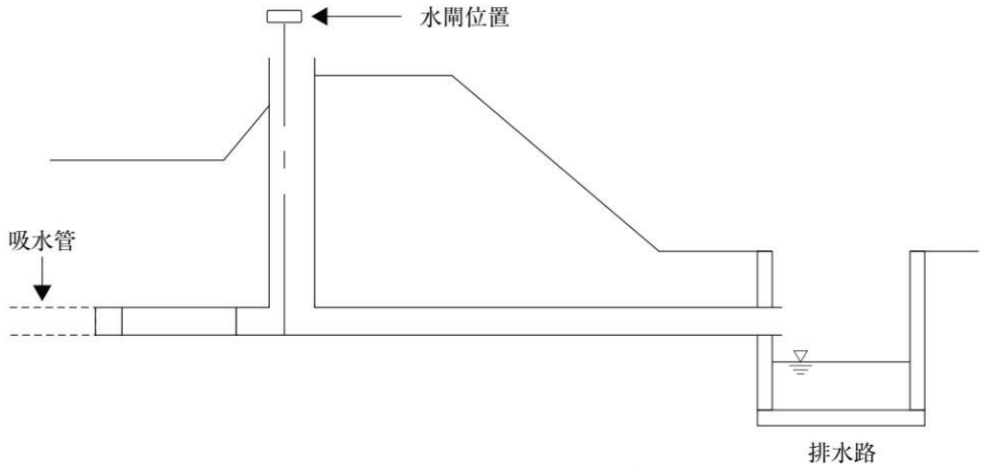
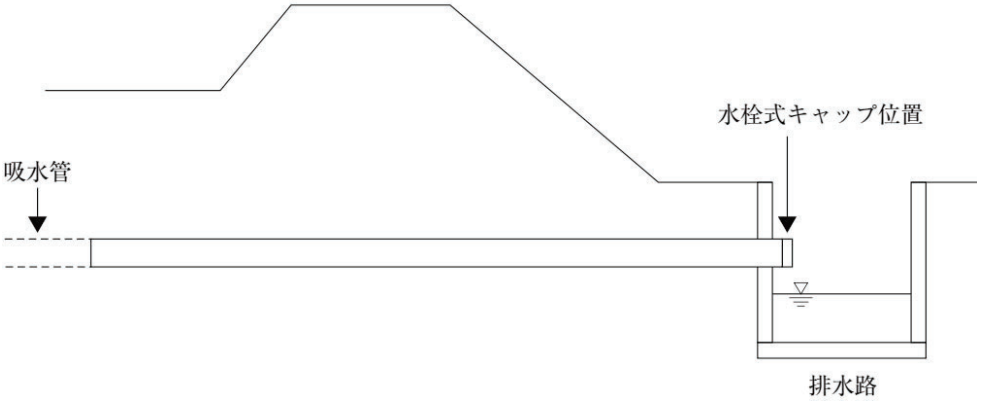


図-4.8.2 水閘保護管



（a）堅管式水閘



（b）水栓式水閘

図-4.8.3　水閘の設置例

5　立上り管（管理孔）及びマンホール

立上り管（管理孔）及びマンホールは、必要に応じて設置する。

① 立上り管（管理孔）は、吸水管の目詰まりや土砂等の堆積が生じたとき、管から注水して清掃を行うほか、吸水管及び集水管の給排気を行う機能を有する。立上り管の設置位置は、営農上支障とならない道路、水路の法面、畦畔等とする（**図-4.8.4、図-4.8.5** 参照）。

② マンホールは、集水渠の延長が長くなる場合、水勢の減殺、沈砂及び管路の点検を主たる目的として、管の合流点、管の勾配が急変する箇所等に設ける。なお、水閘と同様に、排水の調節を行う場合もある（**図-4.8.6** 参照）。

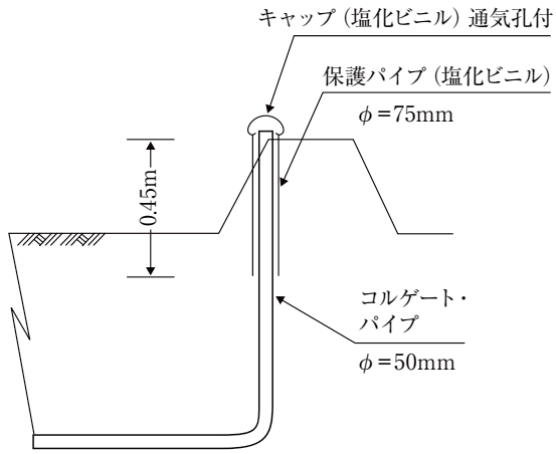


図-4.8.4　吸水渠における立上り管の施工例

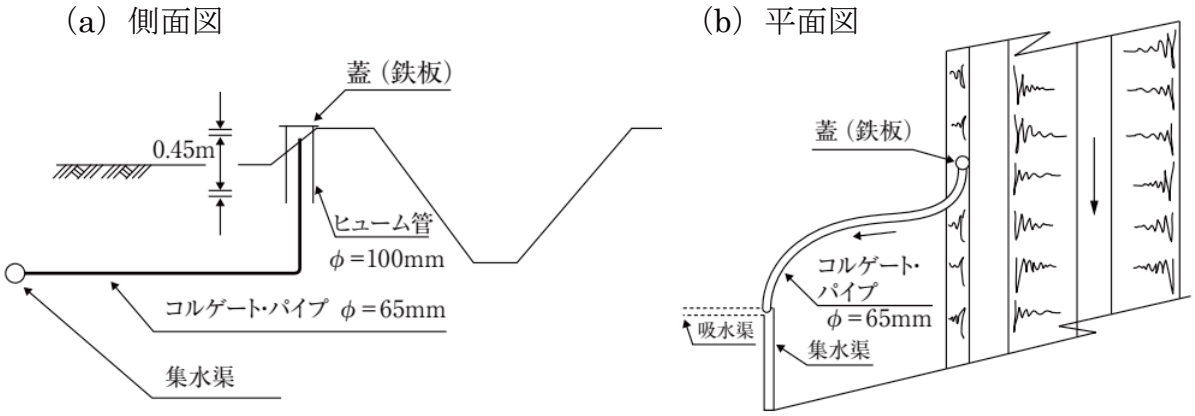


図-4.8.5　集水渠における立上り管の施工例

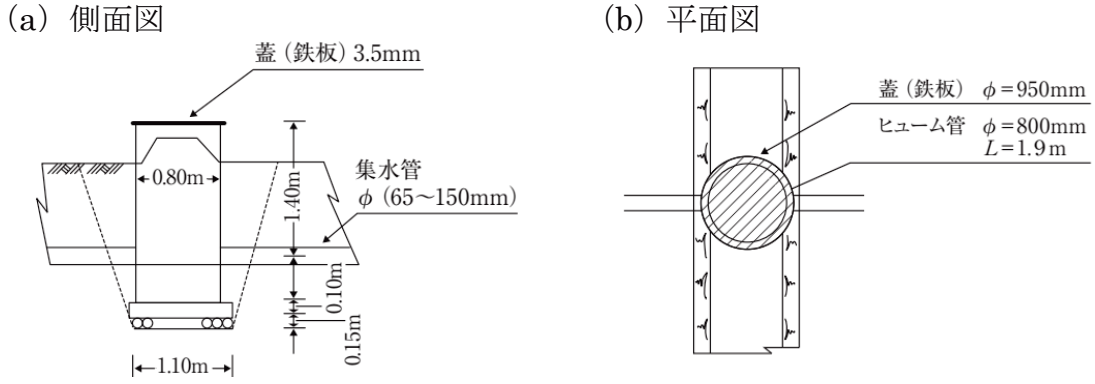


図-4.8.6　マンホールの施工例

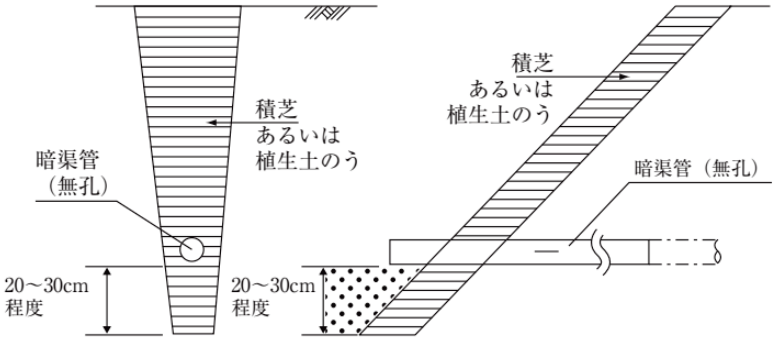
6　排水口

①　排水口は、吸水渠又は集水渠からの排水を排水路、河川等へ吐出させる施設であり、排水路、河川等の平常時の水位よりも高い位置に設けるのが望ましく、排水路等を損傷しない形状及び構造とする。また、洪水時又は外水位の上昇時にごみ又は泥土の流入が予測される場合には、逆流防止弁等を設けることも検討する。

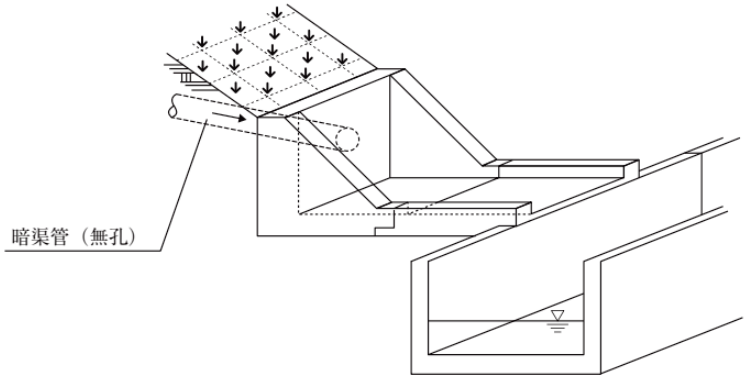
②　一般に、排水口下端の高さは、幹線排水路等においてはかんがい期の常時流量の水位から少な

くとも５cm 以上高くし、小排水路等では水路底より 20～30cm 程度高くして、排水口が水面下に没することのないよう配慮する。

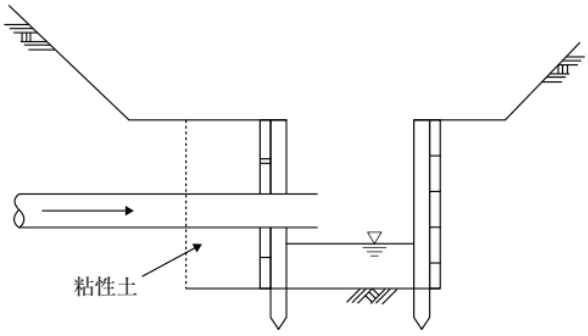
③　排水口の周辺部は特に入念に埋戻し、突固め、土羽打ちを行い、排水路本線の流水又はほ場の湛水によって崩壊しないようにする。排水口を幹・支線排水路や河川等に設置する場合、排水口付近に護岸工が必要な場合もある（**図-4.8.7** 参照）。



（a）小排水路の排水口



（b）コンクリート排水口



（c）コンクリート柵板の排水口

図-4.8.7　排水口の構造例

4.8.4 暗渠配置

吸水渠の配列方向、水閘等の暗渠排水施設の配置は、排水がより迅速に行えるとともに、排水機能がより長期間維持し得るよう十分検討し決定する。水田又は田畑輪換田における暗渠排水施設は、地下排水の調節が容易に行えるようにその配置を決定する。

1　吸水渠の配置

暗渠排水管の配置方式は、等高線に対してどのように渠線を配置するかにより、横走式、縦走式及びそれらの中間的な斜走式に区分される（**図-4.8.8** 参照）。

(1)　横走式

ほぼ等高線沿いに渠線を配置して、傾斜方向に流れている排水路に導く方式である。

ほ場整備後の水田は、形状や排水路の位置がこの方式に合致する場合が多く、また一耕区ごとの水閘の開閉を考慮して、ほとんどがこの配置となっている。この方式では、各々の水脈と直交しながら捕水するので、水の流れとしては、水脈から集水渠、排水路へと方向が 90° 変わるため、吸水渠に勾配がない（1/600 程度未満）場合は集水しにくい。

(2)　縦走式

渠線を等高線に対して直角に、すなわち地下水、浸透水の流れの方向に配置する方式である。

この方式では、「地下水→集水→排水」という過程において自然流下の助けを得やすく有利であるが、水脈が渠線と並行して走るため、吸水渠が浸透水を十分に捕らえるには相当な距離が必要である。また、傾斜地で難透水性ではない土壌の場合等においては、かえって水みちが発達しすぎてしまい、土砂の流失や侵食を誘発するおそれがある。

(3)　斜走式

渠線が等高線を斜めに降りていく方式で、地下水の流れに交差していることから、地下水吸水の効果が期待できる。しかし、縦走式と同様、ほ場整備後の水田の場合等では一耕区ごとの管理が行えないため、特に地形的に適切な場合以外は用いられず、畑や樹園地等で適用されることが多い。

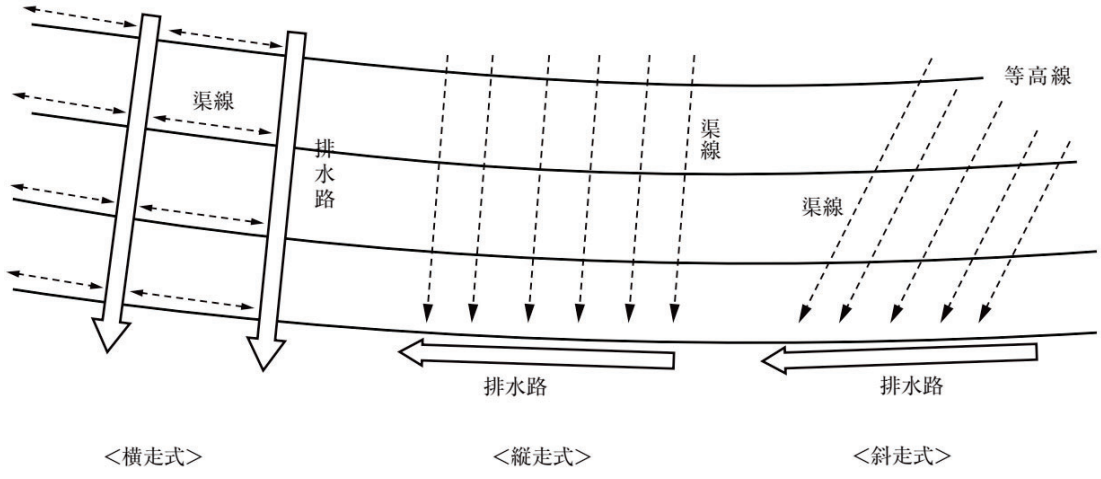


図-4.8.8　配置方式の分類

2　暗渠排水の調節方式

暗渠排水からの排水の調節方式については、**計画基準「暗渠排水」**を参照する。

3　暗渠配置の関連事項

(1)　地表排水との関連

地表水の排除においては、地表排水と地下排水は密接に関係するが、地下排水は地表排水に比べ排水速度が極めて遅いという特徴を有する。したがって、地表排水の強化により、暗渠排水の負担を減じ、迅速な排水を促すことが期待できる。

(2)　捕水渠

地区外からの浸入水を遮断するため、必要に応じて**図-4.8.9** 及び**図-4.8.10** のような捕水渠を設ける。浸入水は地表水が量的にも多いので、捕水渠は明渠とすることが多い。

ほ場整備事業の中で実施する場合には、用水路、排水路又は道路側溝等に捕水渠の機能を兼ねさせることが有効である。

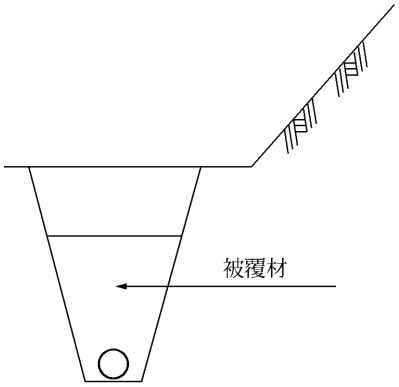


図-4.8.9　捕水渠の断面

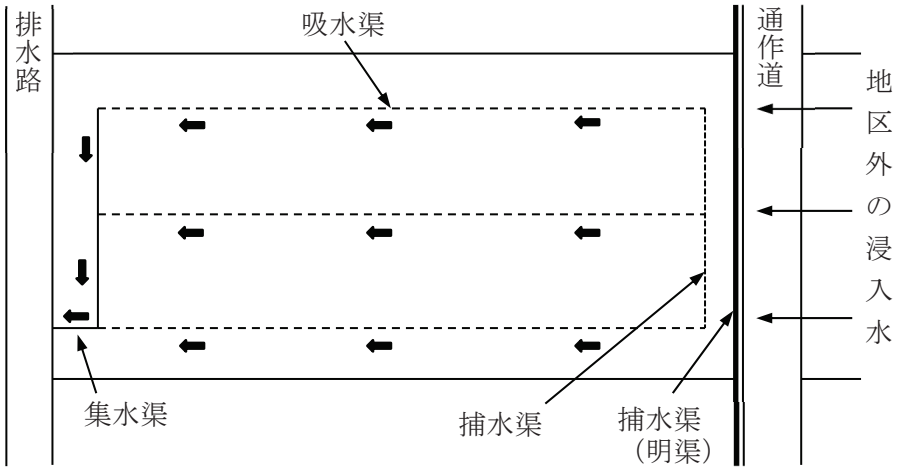


図-4.8.10　捕水渠、吸水渠、集水渠の配置例

(3) 吸水渠

吸水渠が、道路又は用水路と交差することはなるべく避ける。集水渠もできるだけ交差を避ける配置とする。暗渠が道路又は用水路を横断する部分は、無孔管を鞘管で覆うなどして強固な構造とし、横断の前後、少なくとも一方（原則として下流側）にマンホールを設ける。

用水路や浅い排水路から不要な透水を受けないよう吸水渠の配置には注意を払う必要がある。また、排水路の排水効果の及ぶ範囲と重複しない配置とする。

(4) 補充工事

ほ場内には、地形や上層の状態により特殊な排水不良箇所を生じていることがある。踏査により発見される、又は予測される特異部分については、これを考慮して暗渠（吸水渠）の配置を行うが、工事後に発見された排水不良箇所については補充工事を行って処理する。このため、暗渠は補充工事として吸水渠への接合が可能な構造としておくとともに、埋設標識等により設置位置を見つけやすいようにしておくことが必要である。

① 難透水性土壌の場合には、**図-4.8.11** のような弾丸暗渠等の補助暗渠を組み合わせた暗渠組織とする。

② 局部的地表滞水の処理対策として、**図-4.8.12** のような疎水材埋設暗渠を本暗渠（吸水管）と直角方向に配置すると効果的である。

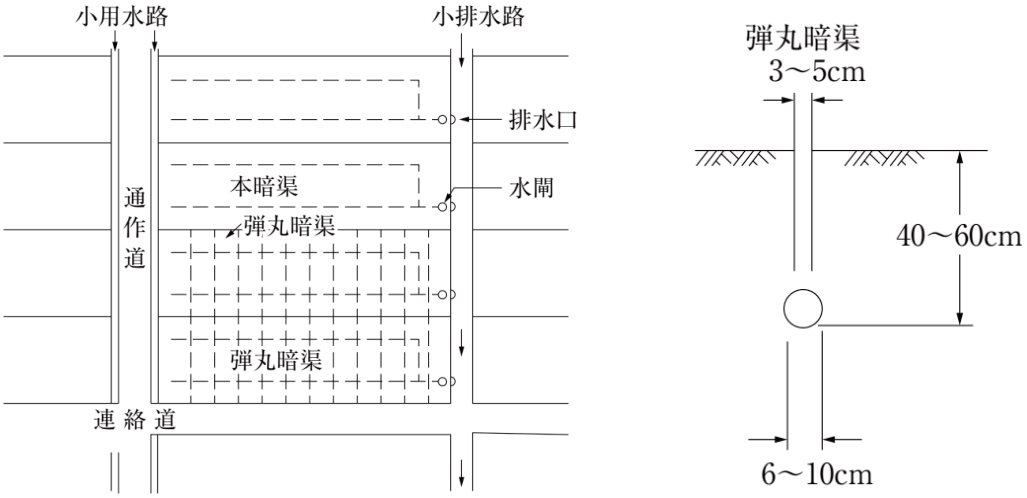


図-4.8.11 本暗渠と補助暗渠の組合せ設置例

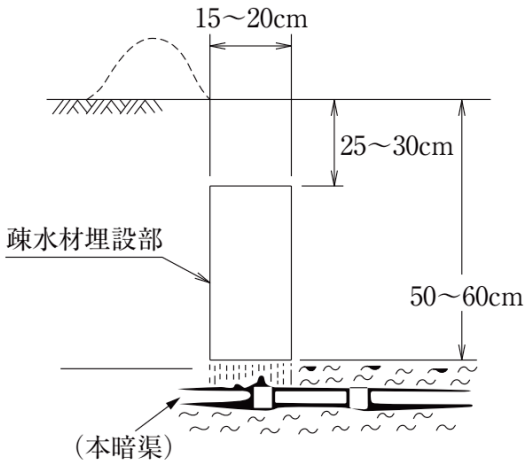


図-4.8.12 疎水材埋設暗渠

(5) 大区画水田における暗渠排水組織

担い手等の農作業の負担軽減・安全確保や、営農形態の変化に対応した水利用の高度化を図るため、大区画化等に伴う施設の合理化に加え、地下かんがいの導入等が進んでいる。

① 水田の大区画化に伴い、環境条件によって暗渠排水組織を検討することになるが、主に**図-4.8.13** 及び**図-4.8.14** のような暗渠排水組織で計画されている。

② **図-4.8.13** のように、ほ場間にある小排水路を通作道下に暗渠化し、両側排水することで吸水渠の延長が短くなり、乗用トラクタ等の機械作業時に障害となる水閘、地表排水口等を整理統合することが可能である。また、暗渠化により地上部が水田又は道路に利用でき、ほ場整備による敷地の有効活用が図られる。さらに、暗渠排水組織と組み合わせて地下かんがいの給水路として利用することも可能である。

③ **図-4.8.14** のように片側へ排水する場合には、大区画化に伴い管の延長が長くなることで、暗渠の排水口がより低くなり、深い排水路が必要となる。暗渠の勾配を水平（**計画基準「暗渠排水」　技術書 P159** 参照）にすることで暗渠の排水口位置を高くし、暗渠や排水路整備の低コスト化や、地形的に暗渠施工が困難な地域においても整備が可能となる。また、一般的な暗渠（勾配 1/500）と水平暗渠の降雨に対する地下水位調査の事例では、排水状況に大きな違いはみられない（**図-4.8.15** 参照）。

④ 大区画水田では暗渠管の延長が長くなることから、管が閉塞した際のフラッシングが困難になる。そのため、管が閉塞しないように疎水材の素材を十分に考慮し、長期に渡って土砂の流入を防ぐ必要がある。

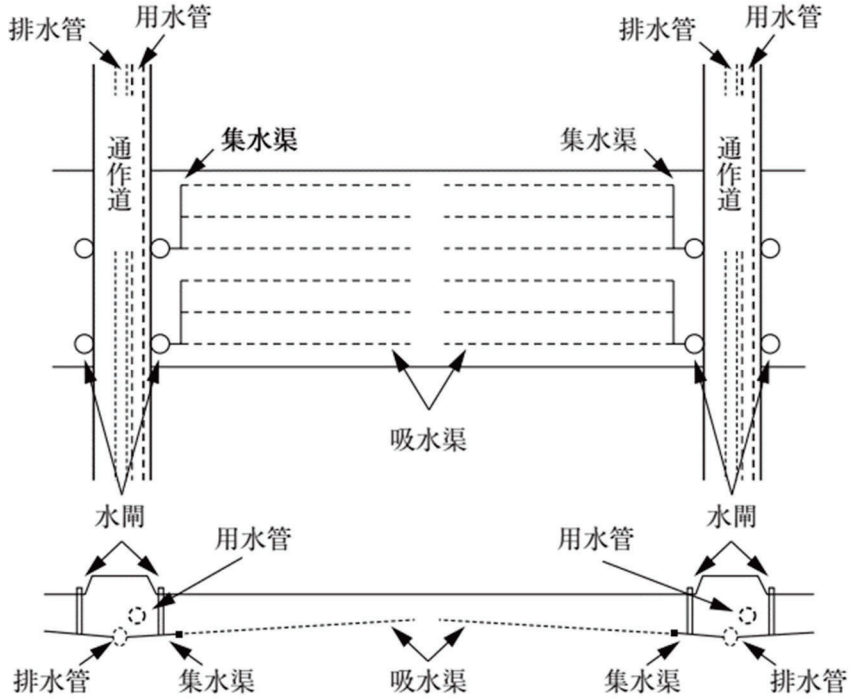


図-4.8.13　主な大区画水田の暗渠排水組織（両側へ排水する場合）

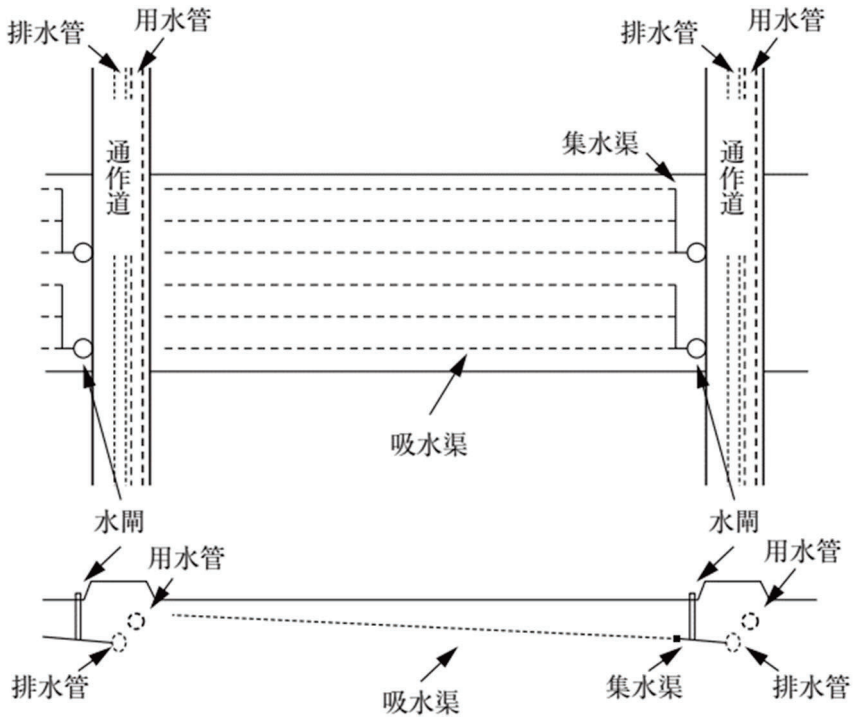
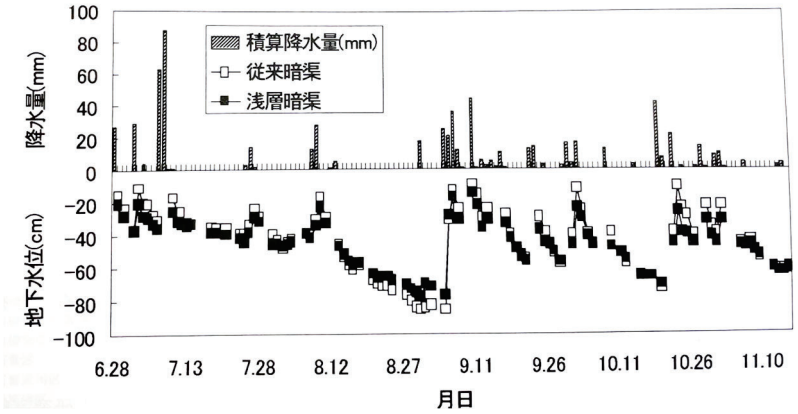


図-4.8.14　主な大区画水田の暗渠排水組織
（片側へ長尺な吸水渠で排水する場合）



一般的な暗渠は勾配1/500で深さ-60～80cmに吸水管を埋設。水平暗渠は無勾配で深さ-50cmに埋設。

図-4.8.15　一般的な暗渠（勾配 1/500）と水平暗渠の排水状況

4.8.5 暗渠の水理計算

暗渠の水理設計に当たっては、土性、疎水材等を勘案し、将来の維持管理に支障がないよう配慮する必要がある。暗渠管の管径は、その管路が受けもつ計画暗渠排水量と管の敷設勾配及び管内の粗度係数から、管内の流れを等流として算定する。

1　管径

暗渠管の最小管径は、50mm（断面が円形でない暗渠の場合には、管径 50mm の管が有する断面積（19.6cm^2）と同等の断面積）を標準とするが、排水・環境条件や地域の実情等を十分に考慮し決定する。

また、管径は管内での土砂等の沈積、水あかの付着等による管断面の縮小を考慮し、計画流量を管

径の 70%程度の水深で流し得るように決定することが望ましい。

2　勾配

暗渠管（吸水管及び集水管）の敷設勾配は、整地されたほ場の勾配、落口となる排水路の深さ、暗渠管の埋設深に大きく支配される。暗渠管の敷設勾配は、1/100～1/1,000 程度を標準とする。ただし、浅埋設暗渠や地下かんがいを実施する場合において、無勾配とすることもある。

3　水理計算

(1)　管内流速

管内の平均流速は、管周辺土砂の吸出し及び泥土の堆積が生じない流速を確保することを考慮し、一般には 0.2～0.5m/s の範囲を確保することが望ましく、0.3m/s を標準とする。集水管は、吸水渠から集水された水を速やかに排出する導水管的役割を主として担うため、集水管内の平均流速は、吸水管内の平均流速より 1.5 倍程度高める必要がある。

平均流速は、管内の流れを等流として**式(4.8.2)**のマニング式に従って流下するものと仮定する。

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad \cdots\cdots (4.8.2)$$

ここに、V：流速（m/s）

n：粗度係数（**表-4.8.5** 参照）

R：径深（m）（$=A/S$）

A：断面積（m^2）

S：潤辺（m）

I：敷設勾配

表-4.8.5　暗渠管の粗度係数

管　　種	粗度係数 n 注)
本焼土管（陶管）	0.012
素焼土管	0.013
合成樹脂管（内面平滑）	0.012
合成樹脂管（内面波状）	0.016

注　1）吸入孔の酸化物付着状況により n が増大する。
　　2）表に示す粗度係数は目安としている。

(2)　管径の選定

管径は、管内流速、管の敷設勾配、計画暗渠排水量を満足するように選定する。管内の流量及び流速をマニング式により簡便に計算する場合に使用する係数 α 及び β は、**表-4.8.6** に示すとおりである。

$$Q = D \cdot A = \frac{m \cdot D \cdot S \cdot L}{(8.64 \times 10^7)} \quad \cdots\cdots (4.8.3)$$

$$Q = \frac{1}{n} \cdot \left[\frac{d}{2}\right]^{8/3} \cdot I^{1/2} \cdot \alpha \quad \cdots\cdots (4.8.4)$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot \left[\frac{d}{2}\right]^{2/3} \cdot I^{1/2} \cdot \beta \quad \cdots\cdots\cdots\

4.8.6 吸水渠の構造と材料

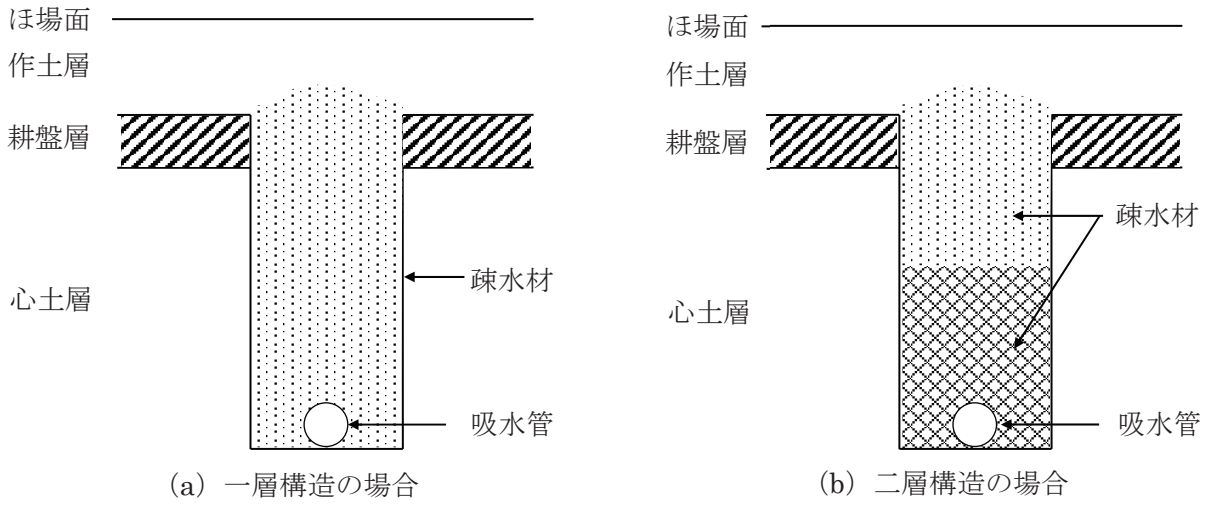
吸水渠の機能の良否と持続性が暗渠排水組織全体の機能を左右することから、吸水渠は疎水材を十分に充填した構造を基本とする。

1　吸水渠の構造と材料

(1) 吸水渠の構造

吸水渠の幅は、トレンチャによる掘削の場合は 15～20cm 程度、バックホウによる掘削の場合は 30～40cm 程度、非開削で土層を切り開く場合は 10～15cm 程度を目安とする。なお、疎水材は、入手の難易等の地域の実情等を踏まえ、一層構造又は二層構造とする（**図-4.8.16** 参照)。暗渠溝は一般的に一層構造で施工されているが、地域によっては、二層構造とすることで、埋戻し部の圧縮沈下と表土層厚さの増加を防止して表土層内底部の経年的な耕盤化をできるだけ回避し、暗渠溝における鉛直下向きの排水の流れが維持されるよう暗渠溝幅や深さを工夫して施工している事例もある。

疎水材の厚さは、渠溝底から作土層に達するところまでで設計することが望ましいが、作土を埋め戻した上を農業機械が走行した場合、踏み抜きの危険も伴うので、疎水材の材料、施工する上層の性状を検討の上定める必要がある。



（a）一層構造の場合　　（b）二層構造の場合

図-4.8.16　吸水渠構造の例

(2) 吸水管の材料の選定

吸水管は、必要な通水断面、強度、耐久性及び吸水性能を有し、施工性が良く経済的なものを選定しなければならない。

代表的な吸水管の種類は**表-4.8.7** に示すとおりであり、選定に当たっては下記の基本的事項を考慮する必要がある。

①耐圧力及び曲げ強度（物理的強度）　②耐蝕性（化学的強度）　③土壌の種類
④不同沈下の有無　⑤暗渠排水組織計画　⑥施工方法　⑦気象条件
⑧資材入手の市場調査　⑨経済性　⑩工期

表-4.8.7　代表的な暗渠排水資材の特徴

管　　種	概　　要	特　　徴
ポリエチレンコルゲート管（合成樹脂管） 	・長さ４m の定尺又は長さ 30～100m 程度までの巻物。 ・吸水孔はコルゲート凹部の円周上。 ・吸水孔の面積がポリエチレンストレート管に比べ大きい。	・ポリエチレンストレート管に比べ耐圧強度が高い。 ・ポリエチレンストレート管に比べ吸水面積が大きい。 ・硬質ポリ塩化ビニル管に比べ低温に強い。 ・硬質ポリ塩化ビニル管に比べ軽量。 ・掘削同時埋設や引込み式埋設も可能（巻物の場合）。
ポリエチレンストレート管（合成樹脂管） 	・長さ４m、口径 50mm 以上各種。 ・肉厚２mm 以上。 ・吸水孔の面積 15cm²/m 以上で均等分布。	・硬質ポリ塩化ビニル管に比べ低温に強い。 ・硬質ポリ塩化ビニル管に比べ軽量。
硬質ポリ塩化ビニル管（合成樹脂管） 	・長さ 2.5m、４m。 ・各種肉厚１～２mm。	・素焼土管に比べ軽量。 ・低温及び衝撃に弱い。
素焼土管 	・長さ 30cm、45cm。 ・陶管又は素焼き土管。	・主に管の継目から吸水。 ・やや重く、衝撃に注意。

(3)　疎水材の材料の選定

疎水材は、吸水渠の透水性の確保と吸水管への土砂の流入防止のフィルター機能を持ち、腐食しにくいものを選定しなければならない。これらの資材は、作物に有害な物質や、水質を汚染する物質を溶出するものであってはならない。

疎水材の種類は、有機資材と無機資材に大別される。疎水材としての適合条件としては、①透水性が良いこと、②安価であること、③透水性が持続するよう耐久性があること、④運搬等取扱いが容易であることなどがある。

一般には現場で短期間に大量に使用することになるため、現場付近で比較的容易に必要量を入手できることが材料を選定する際の大きな要件となる。また、作土層に近い部分に使用する疎水材の選定に当たっては、深根性作物の栽培や耕種管理としての心土破砕の施工等、営農や補助暗渠の施

工等に十分配慮しなければならない。

各種疎水材の特徴は、**表-4.8.8** に示すとおりである。

表-4.8.8　疎水材の特徴

種類	概　　要	特　　徴	備　　考
モミガラ	入手の容易さ等もあり、全国的に最も多く使用されている材料である。	・カントリーエレベーター、ライスセンター等から必要量を入手しやすい。 ・透水性が大きい。 ・地下水位変動が大きい場合（飽和状態と乾燥状態とが頻繁に相互する場合）は、腐食（疎水材としての機能が低下）しやすい。	・地域によっては、必要量の確保が困難な場合があることから、事前に土地改良区、JA 等の供給者との調整が必要である。
木材チップ	地域によって入手が困難な場合もあり、他の材料との経済性を比較して使用を検討する。	・疎水材投入と疎水材の厚さ管理が行いやすい。 ・モミガラに比べ、腐食が進みづらく、耐久性に優れている。 ・地下水位の状況等により、腐食が進みやすい場合がある。	・北海道ではカラマツ等の木材チップの確保が容易で多く使用されている。地域によってはスギ間伐材を利用している例もある。
砕石	耐久性に優れ、入手が容易であり、他の材料との経済性を比較して使用を検討する。	・耐久性に優れている。 ・目詰まりも少ない。 ・入手が容易である。 ・施工管理、品質管理が容易である。 ・単価が比較的高い。	・５～40mm 程度の材料（単粒度砕石等）を使用する。 ・砕石が作土に混入する可能性があるため、受益者の意向を確認しつつ、他の材料との経済性等の比較も必要。
その他の材料	貝殻、火山礫（ボラ等）、泥炭マット、瓦等がある。このほか、木炭、竹炭等のいわゆるバイオ炭が、ほ場からの温室効果ガスの削減に寄与する炭素貯留技術として注目されている。		

2　吸水渠の深さと間隔

(1) 吸水渠の深さ

吸水渠の深さは、計画地下水位（常時）に余裕深を加えた深さとする（**式(4.8.6)**）。水田の場合で 50～60cm 程度、水田の畑利用、畑等の場合で 60～80cm 程度を目安にする。

$$H = h + d \quad \cdots\cdots (4.8.6)$$

ここに、H：吸水渠の埋設深さ（m）

h：計画地下水位（m）

d：余裕高 0.2～0.4　（m）

（難透水性土壌・軟弱な地盤 0.2、砂質土壌・砂礫等 0.4、これら以外の土壌 0.3）

【参考】浅埋設暗渠技術

地下水位が高い低平地等において、水田汎用化には暗渠排水施設が不可欠であるが、排水路が浅いなどの現地条件により、前述の深さ（水田：50～60cm、畑利用：60～80cm）及び勾配（1/100～1/1,000）を満足する暗渠を敷設できない水田も存在する。このような現地条件に対応するため、深さ 50cm 程度で無勾配を含む、いわゆる浅埋設暗渠技術が開発され、一部地域で普及しており、本工法についても採用を検討する。詳細については**第５章【参考】コスト縮減に資する技術**に述べる。

(2) 吸水渠の間隔

吸水渠の間隔は、土壌の透水性、地形、土地利用形態等を勘案して、以下の方法により決定する。詳細については、**計画基準「暗渠排水」**を参照する。

① これから設計しようとする地区の近傍に土壌等の条件が同一の類似地があり、そこでの設計例をもとにすることが適当であると判断される場合に、そこでの設計値を参考にする方法
② 計画暗渠排水量、作土層の透水係数及び厚さから暗渠間隔決定式により算定する方法
③ 類似地（既暗渠排水施工地）において、暗渠排水試験を実施し、その結果に基づいて算定する方法

吸水渠間隔の下限値は 7.5m 程度とし、この下限値より間隔を小さくせざるを得ない場合は、本暗渠と補助暗渠との組合せ暗渠を検討する。

【参考】暗渠間隔決定式による計算

吸水渠の構造は**図-4.8.17** に示すものとし、土壌の排水条件は透水層を作土層に限定し、耕盤より下層の心土層を不透水層として、降雨は作土層を水平に流れて吸水渠に達するモデルを考える。この場合、２本の吸水渠の中央で水面がちょうど地表面に接する定常排水を考えると、暗渠間隔 S は**式 (4.8.7)** と表される。

$$S = 2H\sqrt{\frac{k}{D} \times 86.4} \cdots\cdots\cdots\

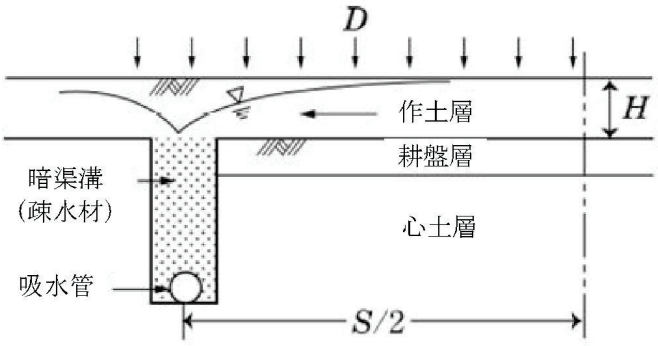


図-4.8.17　吸水渠構造の例

4.8.7 地下かんがい

地下かんがいは、地下水位を上昇させることによって作土層に給水したり、毛管上昇作用により作土層の水分を増加させる給水方式である。地下かんがいの実施に当たっては、地下かんがいに適した地形、土壌や水理条件が求められるため、計画に際しては、これらについても十分に調査・把握をしておかなければならない。

1　地下かんがいの概要

(1) 地下かんがいの分類

ア　用水利用型

水閘を閉め給水量で調整する方式で、自然圧方式と圧送方式に区分される。

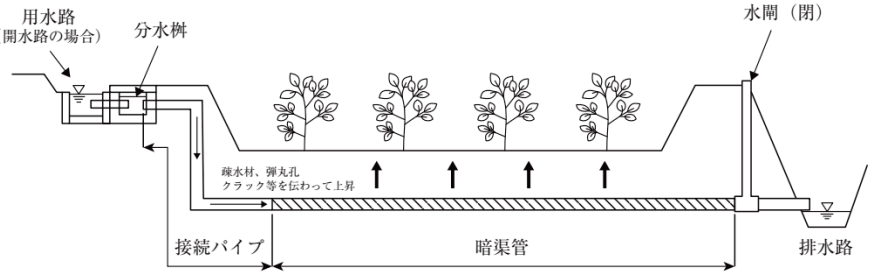


図-4.8.18　用水利用型

イ　用水利用型（地下水位制御）

水閘等に地下水位の調整機能を設けることで、ほ場内の地下水位を制御する方式である。

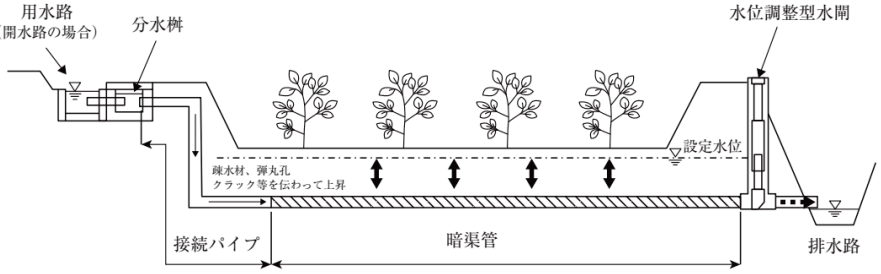


図-4.8.19　用水利用型（地下水位制御型）

ウ　排水利用型

排水路の水位を堰上げて、水位上昇による自然水圧で排水路から暗渠排水に下流から逆流させてかんがいする方式である。

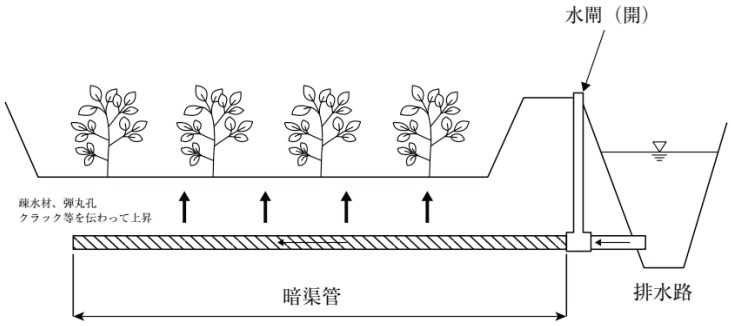


図-4.8.20　排水利用型

(2)　導入効果

①　地表かんがいと併用することで、均一なかん水が容易になる。また、地下水位制御機能がある場合、土壌水分をある程度調整できるため、乾湿状態が一様になり発芽・苗立ちが均一化し、乾田直播栽培の導入が容易になるなど、営農労力の軽減に寄与する。

②　転作時、地下水位を制御し一定に保つことで、モミガラ等の疎水材の腐食の防止が期待できる。

③　暗渠排水組織をかんがいにも利用することで、施設の有効利用が図られる。また、地下かんがい機能は暗渠管内の洗浄（**4.8.9 維持管理** 参照）にも活用でき、暗渠の長寿命化を図ることができる。

2　適地とその条件

地下かんがいの実施に当たっては、地下かんがいに効果的な地形、土壌及び水理条件が求められるため、十分な調査を行い適地を選定する必要がある。

(1)　地形条件

一般に、平坦な水田地帯では暗渠管下の浸透が、また、傾斜地の水田地帯では畦畔を横切って下部の水田へ至る浸透が、地下かんがいの効果や効率性に影響する主要な要因と考えられる。特に、隣接ほ場との間に段差があると水の流出移動が生じることから、ほ場間の段差を少なくするとともに、ほ区単位で栽培する作物を団地化することが望ましい。ほ場間の段差や畦畔からの浸透が大きい場合には、遮水シートの活用や畦塗り等の対策が効果的である。

(2)　土壌条件

地下かんがいは、敷設した暗渠管から作土層に水を供給するものであるから、暗渠管から土中に浸入した水が暗渠管より上方にある土層中に効率よく移動することが求められる。したがって、管より下方の土層は、上方の土層に比べ透水性が低くなければならない。また、安定した地下かんがいを実現する閾値（いきち）の目安として、暗渠管埋設深での透水係数が 1×10^{-5}cm/s 程度以下であることが研究機関により提示されている[3)]。

さらに、作土層の構造（特に間隙や亀裂）がよく発達しており、水の移動が容易であることが望ましい。

(3)　水理条件

地下水位が極端に低い場合、地下かんがいの水は暗渠管より下方へ流出し、損失が多くなると考

えられるので、ほ場の地下水位が高い方（地下水位が暗渠管の埋設位置付近又はこれより高いなど）が暗渠管下方への漏水の懸念は小さい。しかし、深根性の作物等は地下水位が高すぎると湿害を起こす場合があるので、作物ごとの適正な地下水位を考慮する必要がある。

また、地下水位が低くても暗渠管の下方の土層が難透水性であるなどにより、給水されたかんがい用水による地下水位の上昇が容易ならば、地下かんがいに有利な水理条件といえる。

3　留意事項

① 地下かんがいをより効果的に行うためには、排水路の水位管理や水閘操作の徹底等が重要となる。さらに、暗渠管の通水機能を十分に発揮するためには、担い手や水管理組織等の維持管理に対する関心を高める必要がある。

② 土粒子の堆積が懸念される場合は、暗渠管を定期的に清掃することが望ましく、水閘の操作で容易にフラッシングができるなど、暗渠管を洗浄できる方式の導入も検討するとよい。ただし、暗渠管の配置によっては、洗浄が困難となる場合があるため留意が必要である。

③ 地下かんがいは地表かんがいと比べてかん水時間が長く、土壌の透水性が異なることにより作土層の水分量が不均一な分布となる懸念がある。このため、給水のための本暗渠又は補助暗渠がほ場内に合理的に配置され機能することが重要である。特に大区画のほ場整備において地下かんがいを導入するに当たっては、かん水むらが生じることを防ぐため、切盛施工の際に均一な土壌構造が得られるようにする。

④ 将来の営農形態や土地利用計画等を踏まえた上で、暗渠排水管のほか地下水位調整施設等の整備に必要な費用を考慮し、地下かんがい方式等を選定することも重要となる。

4　地下かんがいの事例

用水利用型（地下水位制御）のうち、主に地下水位の制御を目的とした地下かんがいシステムの特徴を以下に示す。

(1) 概要（**図-4.8.21** 及び**図-4.8.22** 参照）

この地下かんがいシステムは、暗渠排水と地下かんがいを両立し、地下かんがい時の地下水位制御を可能とする。作物の生育状況に適した地下水位に制御することで、田畑輪換を自在に行うことを主な目的とする。

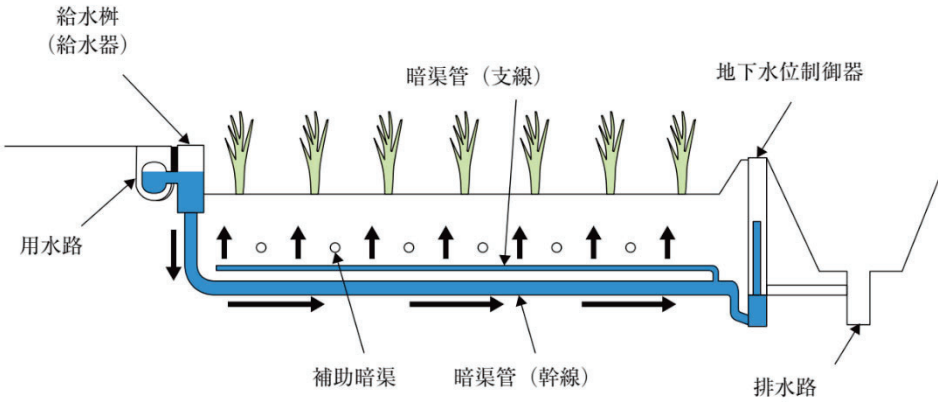


図-4.8.21　主に地下水位の制御を目的とした地下かんがい事例（断面図）

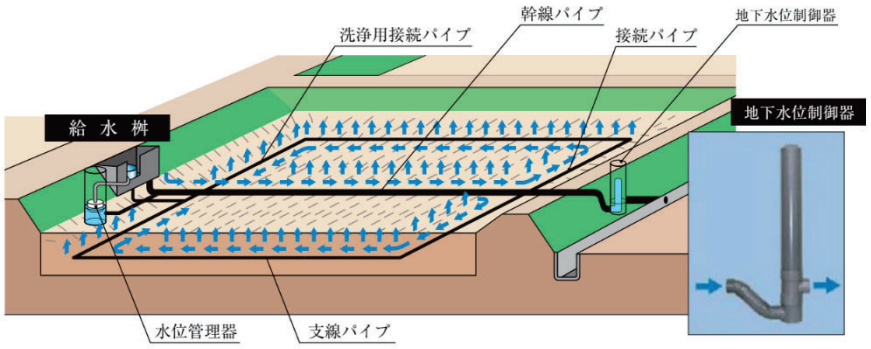


図-4.8.22　主に地下水位の制御を目的とした地下かんがい事例（模式図）

(2)　特徴

①　本システムは、地下に埋設する管路網、給水桝及び地下水位制御器で構成される。中央に幹線パイプ、周囲に支線パイプが配置され、これらは上流部及び下流部で接続されている。幹線パイプの底部は深さ 60cm で水平に配置され、支線パイプは幹線パイプより約 5 cm 高く水平に配置される。これにより、地下かんがい時の用水は幹線・支線の順に送られ、用水に含まれる泥土等は、主として直径の大きい幹線に沈澱することから、管路内清掃が容易にできる仕組みとなっている。

②　補助暗渠は、地下かんがいの均一性向上のために配置するもので、深さ 40cm（底部）の位置に 1 m 間隔の配置が標準である。

③　地下水位の制御には、暗渠上流部にフロート式の水位管理器を有する給水桝、下流部に上下に可動する内筒を有する地下水位制御器が使用される。上流部の給水器の管理水位及び下流部の地下水位制御器内の筒の高さを調節し、田面の高さより＋20 cm（水稲作時）から－30cm の間で任意の水位を設定することができる。この設定水位を下回れば自動的に給水し、上回れば水閘の設定水位を越えて自然に排水することで、地下水位の自動制御が可能となっている。このとき、開水路や自然圧パイプライン地区における給水バルブの位置は、対象田面標高に対し 25cm 以上の有効動水頭を確保する必要がある。なお、上記の給水桝から直接田面に給水する地表かんがいにも対応可能である。

④　代かきや降雨後等に耕起や均平作業を行うと不透水層が形成され、機能が低下する懸念があるため注意が必要である。

(3)　導入効果

本システムの導入効果は、次のとおりである。

（水稲作時）

①　地下水位を一定に維持することで、適度な土壌水分を保ち、無代かき移植や乾田直播が容易となる。

②　中干し期に落水した場合、田面下 20cm 程度に水位を維持することで水田全体が均一に乾く。

③　中干し後に田面下 10cm 程度で水位を維持することで、田面に水がなくとも根に酸素を供給しながら、生育に必要な水を供給することが可能。

④　一定の湛水深を維持できるため、水管理の省力化が可能。

（畑作時）

① 湿害と干ばつを回避でき、作物の高位安定生産が図られる。

② 密な弾丸暗渠施工による高い排水性により、適期の農作業が容易となる。

③ モミガラ等の有機質の暗渠疎水材は常時浸水することで腐食が進みにくくなり、耐用年数が長くなる。

④ 畝間かんがいによって生じる病害の回避。

【事例】地下かんがい施設の導入における隣接ほ場への漏水抑制対策

砂質土や黒ボク土等で透水性の高いほ場では、下層や畦畔から横方向への漏水が著しく、地下かんがいによる給水が困難になる。このような場合には、遮水シートの施工等の対策が必要である（**写真-4.8.1** 参照）。



ほ場整備事業における施工



農業者等による直営施工

写真-4.8.1 遮水シートの施工事例

【事例】土壌調査や栽培試験に基づく地下かんがい施設の導入判断基準の設定

地下かんがいシステムの効果的な導入判断基準として、従来の心土層における透水係数の基準だけではなく、新たに作土層の透水係数に関する指標を定め、各ほ場での土壌調査や栽培試験結果等を踏まえ、地区内での具体的な導入判断基準を設定した（**図-4.8.23** 参照）。

また、各ほ場の成育状況の把握にあたり、マルチスペクトルカメラ（**写真-4.8.2** 参照）を搭載したドローンを用いて実証ほ場全体を撮影し、可視光と近赤外光撮影にて生育状況や表土の体積含有率等を可視化した。このことにより、これまでの抽出調査で把握することができなかったほ場全体の成育状況を確認し、更に土壌水分と作物の発芽本数の相関関係を確認することで客観的かつ精度の高い評価を行った（**図-4.8.24** 参照）。

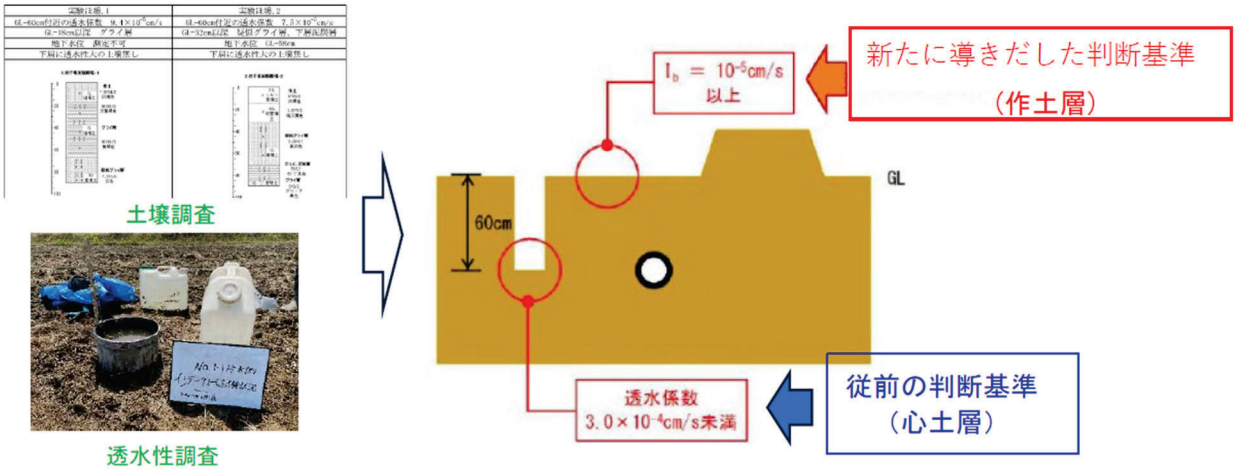
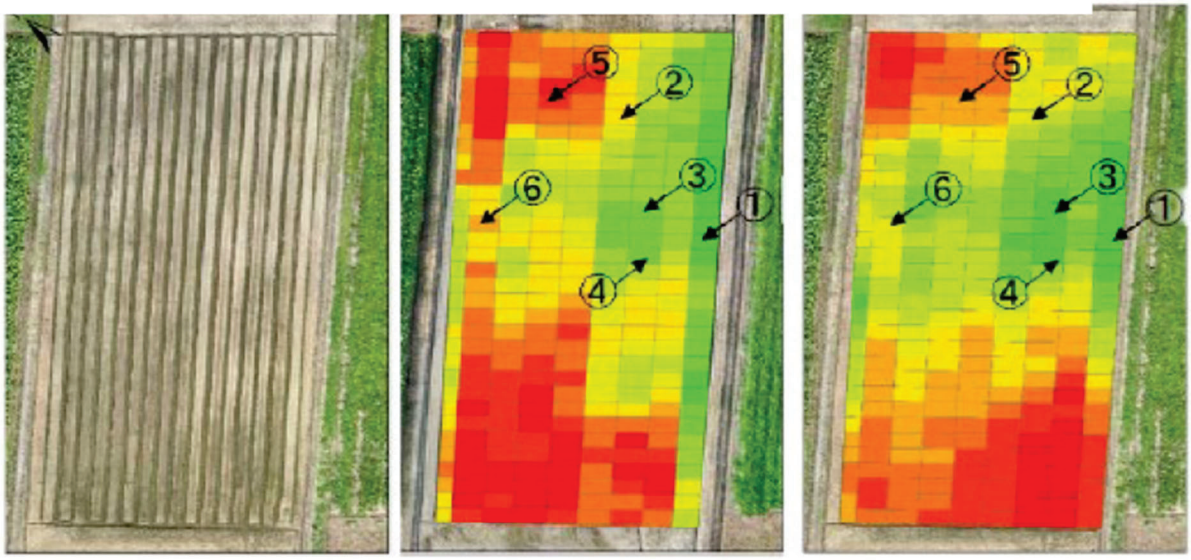


図-4.8.23　地下かんがいシステム導入の目安



写真-4.8.2　マルチスペクトルカメラを搭載したドローン



可視光画像　　体積含水率　　NDVI

図-4.8.24　マルチスペクトルカメラで撮影した実証ほ場の状況

4.8.8 湧水処理

傾斜地は、地形及び地質が複雑なため、湧水による排水不良地が不規則に点在していることが多い。このような場合には、湧水処理として特殊な排水対策が必要である。

1　湧水処理の要否の判断

(1) 湧水処理の意義

傾斜地において、山側の畦畔沿いや台地周辺部等、湧水部が地形沿いにある程度予測される場合には、用水としての利用の有無を確認した上で、暗渠又は明渠形式の捕水渠を法先に施工して排水する必要がある。

また、傾斜地では、地形、地質が複雑であるために不規則に湧水部が存在する場合があるが、その位置は予測し難く、また区画の整形工事の前後でその位置が変わる場合もある。したがって、画一的な施工が事実上不可能であるので、工事後のほ場面の様子を観察し、改めて湧水処理として別途排水対策を講じるのが最も効率的である。

(2) 湧水状況・範囲の確認

ア　現地調査

現地調査により、次の①～③を行うことが重要である。

① 浸透水の流れの方向を確認する。具体的には、除草後、試薬を投入して浸透水の移動速度を測定する。

② 水稲の青立ちの状況を平面図に記入する。

③ 地区の透水層表面の位置を測定する。

イ　排水量及び被圧力の解析

現地調査結果に加え、次の①～③に基づき排水量及び被圧力を解析する。

① 測量（地形測量及び縦横断測量）

② 地質調査

③ ①②に基づき調査井を設置し（ha 当たり２か所以上）、湧水量の測定を行う。

(3) 湧水処理の要否の判定

次のような場合には、湧水処理が必要と考えられる。

① 湧水部の湧水量が大きい（水田の場合、落水後に湧水部に囲いを設けて、その部分の水面上昇速度により湧水量の大小を判断する）。

② 湧水部の地温が低い（水田の場合、湛水状況下でも地温が周辺より低いのが通例である）。

③ 植生不良がある（湧水は冷水のため、植生の種類が周辺と異なる、又は草丈、葉色等に差が生じている）。

④ 地耐力が極端に低い（湧水が著しい場合、地耐力が低く人間ですら足を取られる場合が多い）。

2　湧水の形態

水田における湧水の形態は、被圧力を受けて集中的に湧水する「谷地田湧水」と、上位水田からの浸透水等による被圧力の小さい「棚田湧水」に区分される。

(1) 谷地田湧水

谷地田湧水は、谷地田や旧河川跡に造成された耕地に多く見られる。これらの地域は昔、海及び湖

沼等であり、下層土は砂又は砂質土で形成され、その上に浮遊土及び植物遺体が堆積して形成されているものが多い。このため、これらの水田の漏水は、主に台地の地下水が下層に存在する砂層中を流れ、上層の軟弱なヘドロ化した土壌を突き破り、湧水として不規則に発生する。また、その範囲が非常に広いものも見られ、通水層が帯のようになり集中的に発生して湧出するのが特徴である。

(2) 棚田湧水

棚田湧水は、中山間地帯の棚田に多く見られる。この原因は、台地及び上位水田の用水や降雨等が地下水となり下位水田の法先付近に湧出する場合及び整地工事における切盛によって現況地盤と盛土の間に水みちが生じてその部分から湧出している場合に分けられるが、両者とも被圧力や湧水量も少なく、法先付近が過湿になっていることが多い。

3 湧水処理工法

湧水対策に当たっては、湧水の実態を明らかにするため地形、地質及び地下水の水圧分布を事前に十分調査するとともに、関係農業者に過去の経緯等を聞き取り、現場に応じた排水方法を選定することが必要である。

湧水経路が明確で、湧水量が多い場合には、次のような工法で通水帯（透水層）から被圧水を直接排除するのが有効である。

① 湧水部が深く、狭い場合には、集水井型暗渠が用いられる。

② 湧水部が深く、広範囲に点在している場合には、縦型暗渠が用いられる。

③ 湧水部が浅く、広い場合には、本暗渠を密に行い、疎水材を十分に使用する工法や、湧水箇所に集水用の木箱を埋設し、導水管によって排水する箱型暗渠が用いられる。

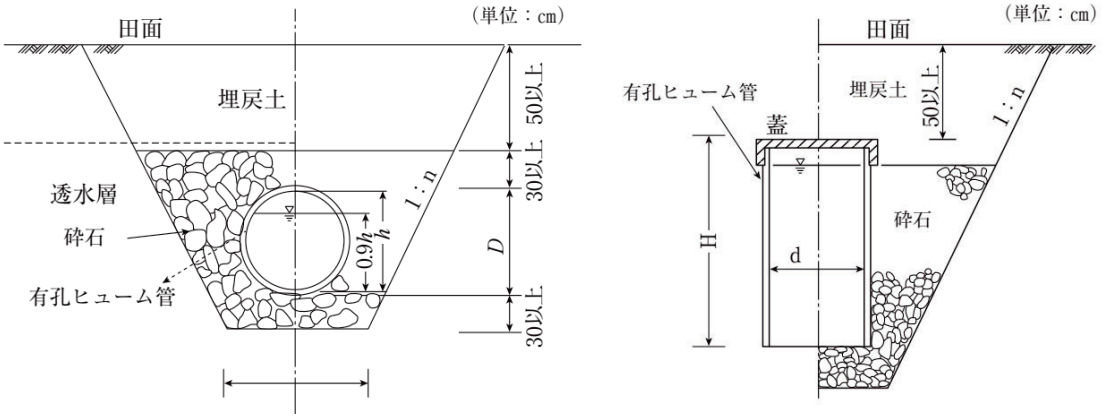
一方、湧水している土層が不明確な場合には、まず本暗渠を設け、その排水状況を把握した上で湧水処理を行うのが基本である。

(1) 集水井型暗渠

本工法は、集中的に被圧を受けている湧水や通水帯沿いに発生する湧水の排除に適している。

本工法はいずれも、被圧力を分散させるために広く開削し、ウェルポイント等によって地下水位を低下させ、掘削部を最小限に留めるなどの処置を行う。**図-4.8.25** のように、有孔ヒューム管（管径 300～1,000mm、孔径 20～30mm、例えば 1,000mm の管でφ20mm の孔を長さ 1.0m 当たりに 75 か所開けた場合、1.0ℓ/s の集水が可能）を横型（**図-4.8.25 (a)**）又は縦型（**図-4.8.25 (b)**）に敷設し、採水層の細砂の流出を防ぐため有孔ヒューム管の外側には粒径 30～100mm の砂利（5～40mm の砕石等）を 300～500mm の厚さで充填する。

集水した湧水は、速やかにある一定の勾配をもって暗渠及び明渠で排水路に排除する。この場合、高低差の関係で自然排除が不可能な場合には、マンホール等を設置しポンプによる排除を検討する。



（a）帯状集中湧水　　（b）集中湧水

図-4.8.25　集水井型暗渠の施工例

(2)　縦型暗渠

本工法は、広範囲に湧水部が点在している場合に有効で、**図-4.8.26** のように湧水部に縦型暗渠吸水管を設置し、湧水を集水管によって排水路に処理する方法である。

湧水状況を調査するため、調査井戸を掘り湧水量が安定するまでの期間（約１週間）自噴させ、湧水量・被圧力を田面下 0.50～0.60m の位置で２回/日測定し、最大値及び最小値を棄却して、残りの値の平均値をもって排水量・被圧力を仮定する。

仮定した排水量・被圧力に基づき、対象区域及び設計排水量・設計被圧力（余裕を 10%程度加え決定）を解析し、吸水管の間隔・管径及び集水管の管径を定める。

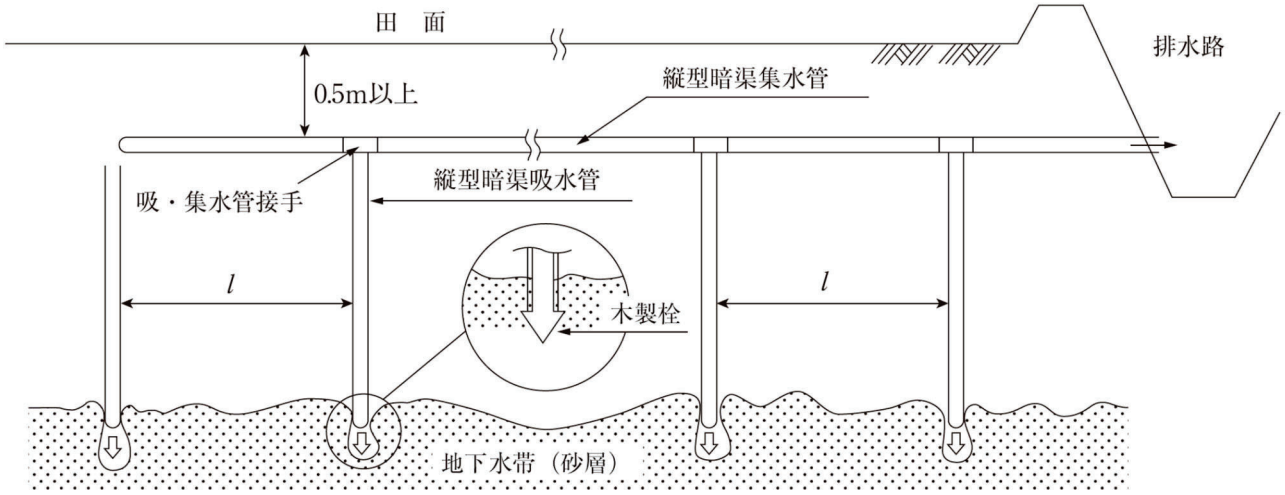


図-4.8.26　縦型暗渠の施工例

(3)　箱型暗渠

湧水箇所が浅く比較的その部分が軟弱な場合には、箱型暗渠を敷設する（**図-4.8.27** 参照）。また、縦型暗渠の上に箱型暗渠を載せ、両者の長所を組み合わせる場合もある。

まず、集水管を埋設し、自噴箇所に沿って掘削し、箱及び連結管、砕石、モミガラ等を設置する。箱設置後１～２か月放置して水みちができてから、再度箱の高さを修正し、箱の中の泥を除去し、埋戻しをする。

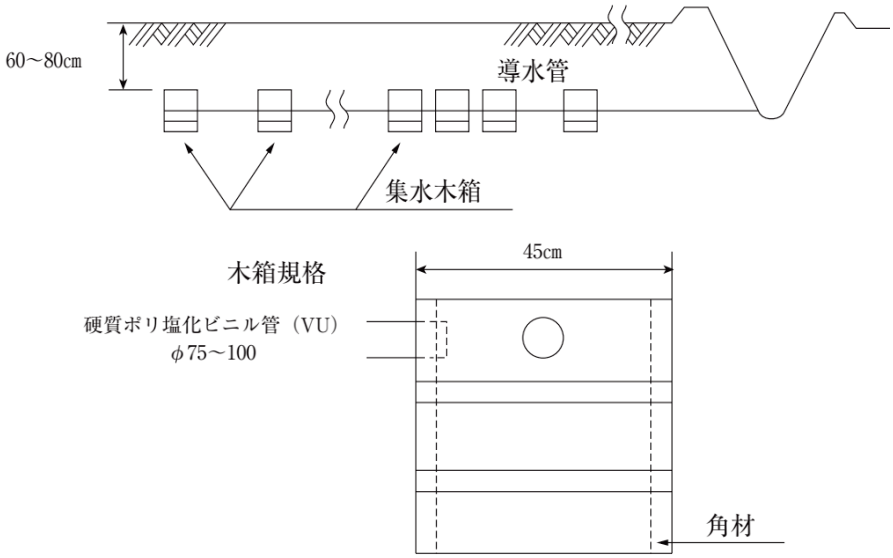


図-4.8.27　箱型暗渠の施工例

(4)　法先捕水渠

傾斜地の水田では、上位水田の法先部分が湿潤で排水不良の原因となることや、法面に浸透水が浸出し法面崩壊の原因となることがある。このような場合には、上位水田からの浸透水を遮断し、停滞する地表残留水からの浸透水を迅速に排除できるような特別な捕水渠（法先捕水渠）を設置する必要がある。

法先捕水渠には、明渠と暗渠の形態があり、湧水の形態によってその工法は**図-4.8.28**（a～c タイプ）のような３種類がある。

①　a タイプ：上流からの浸透水をできるだけ多く捕水するため、法先直下（１m 以内）に設置する暗渠タイプのもので、設置深さは約１m 程度と平坦地と比較してやや深く埋設する必要がある。

②　b タイプ：湧水が多く、法先に土壌侵食が生じている場合に採用される工法で、地表面流出及び浸透水を捕水するために、主に山側の切土法先部に明渠を設けるものである。

③　c タイプ：法長が長く、法先付近から湧水により土壌侵食を起こしている場合に採用される工法で、耕区間の畦畔法先への浸透水を捕水するために吸水渠を設けるものである。

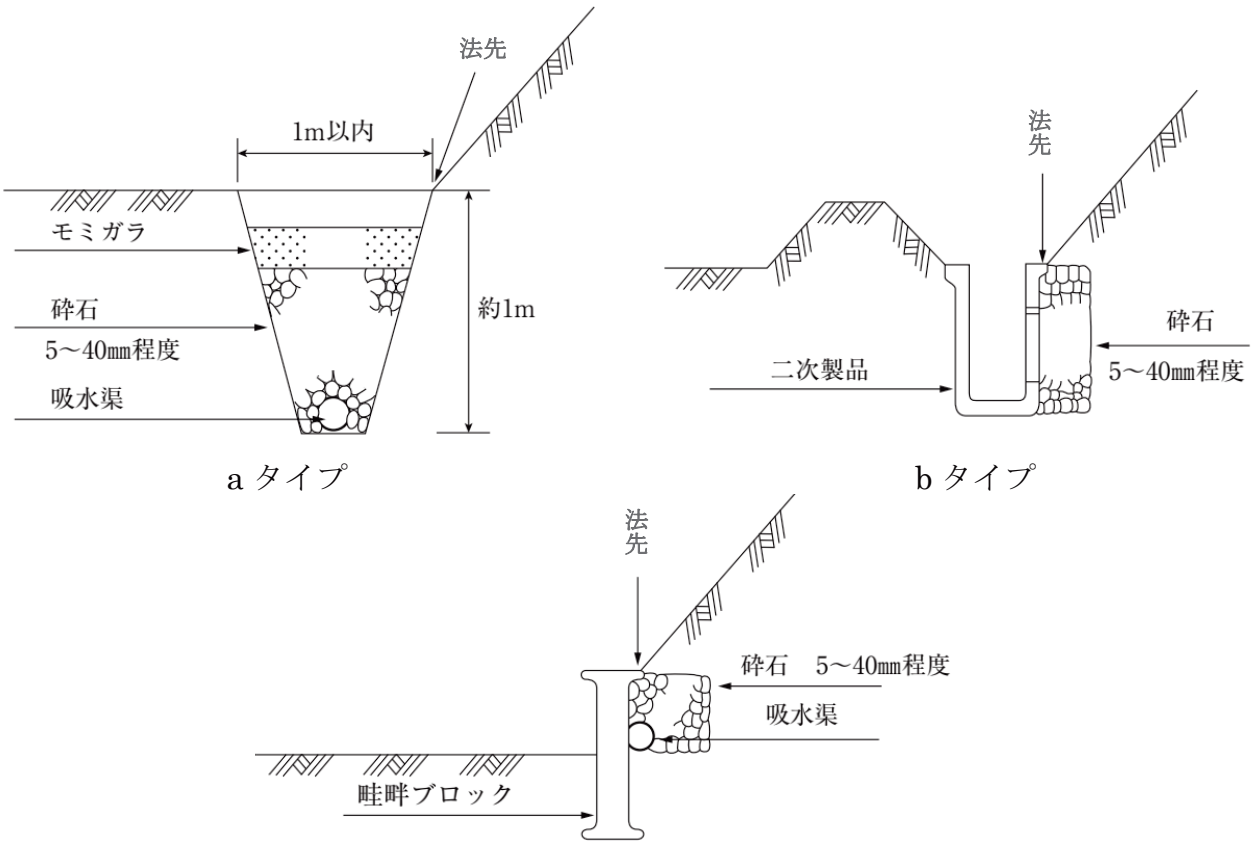


図-4.8.28　法先捕水渠の施工例

4.8.9　維持管理

暗渠排水の効果を十分に発揮させるため、暗渠排水組織各部の機能が保持されるよう各施設の保守及び管理を十分に行うことが必要である。

1　維持管理の基本

暗渠排水の効果を十分に発揮させるためには、以下の事項について実施する必要がある。なお、暗渠排水工の埋設位置を３次元データとして記録しておくことで、今後、埋設位置を確認する際に活用することができる。

①　維持管理が容易に行える構造とする。

②　暗渠排水の目的及び諸施設の機能の要点（取扱いに対する注意を含む）を関係者に周知徹底させる。

③　施設を定期的に巡回して故障、欠陥箇所の早期発見に努める。

2　施設の維持管理

暗渠排水組織の各施設がそれぞれの機能を保持するよう、維持管理を行うことが必要である。

(1)　暗渠の排水口及び排水路の維持管理

暗渠の機能を十分に保持するためには、暗渠排水口が排水路の水面上に出ていることが必要である。また、土砂が堆積し排水路底が上昇することや、排水口が枯草や沈殿物等でふさがれることもある。

このため、排水路の浚渫、除草、清掃等を定期的に行い、適切に管理することが重要である。

(2) 暗渠管の維持管理

ア　暗渠管の維持管理

暗渠管の清掃は、春の代かき前及び秋の落水期の年２回程度行うように努める。

清掃は、湛水状態から水閘を開放する操作による方法と、動力噴射機に接続したジェットノズルを暗渠出口から挿入する方法がある（**表-4.8.9** 参照）。

表-4.8.9　暗渠管の清掃方法

方　　法	解　　説
水閘操作による方法	暗渠機能を持続させるためには、暗渠の出口を泥土で埋没させないよう、維持管理の中で定期的に排水路の泥土を除去し、草刈り等も行う必要がある。併せて、管内の土砂の堆積、水あかの付着を流し出す必要がある。その方法としては、水閘を閉じて暗渠管内に水を十分に貯めてから、水閘を開け、急激に水を流し出す作業を年に数回行う。その際、水閘を数回急激に開閉させ、水の流れに衝撃を与える洗浄が効果的である。
動力噴霧機を利用して暗渠の目詰まりを除去する方法	水の圧送により管内の沈殿物を排除する。導流が可能な立上り管を暗渠管の上流部に設置することが必要である。また、その移動は暗渠管内の水流、ホースの後方からの押し込み力、逆噴射の推力及び暗渠管内に挿入されたロープの引張り力をそれぞれ組合せることにより容易となる。動力噴霧機を利用して暗渠の目詰まりを除去する方法としては、①上流押し込み方式、②ロープ式、③下流押し込み方式、④ホース流下方式がある。（詳細については、**計画基準「暗渠排水」**参照）

イ　暗渠の故障とその補修

(ア) 排水不良

排水口から水の流出が見られないときは、疎水材の目詰まり等の支障が予想される。暗渠の故障等には次のような場合がある。

①　暗渠管及び水閘の閉塞あるいは破損による排水不良

②　疎水材の目詰まり

③　施工時の不注意による暗渠管の接続部の不連続や、疎水材投入不足による透水性の不良

吸水管の不連続箇所を確認するには、グラスファイバー線（弾力線）を吸水管の出口、立上り管から挿入して、貫通不能な場所を確認する方法が効率的である。ただし、グラスファイバー線の弾力性が大きいことから、梱包状態から解放すると、四方八方へ広がり操作が困難になるため注意する必要がある。また、近年では噴射ノズルにカメラを取り付けて管内の堆積状況を確認・洗浄を同時に行う工法も普及している。

(イ) 疎水材の劣化

疎水材にモミガラを使用した場合、施工後にモミガラの腐食が進行することでその容積が減少し、地表面の下に空洞が発生する場合がある。その空洞が農業機械の走行等で作土に押し潰されると、地表面に穴が開き、暗渠の溝が土で塞がれて暗渠排水が機能しなくなる。また、空洞が発

生すると、水田として利用する際に地表面が陥没し、湛水に支障を来したり、農業機械の車輪の踏み抜きが生じたりする場合がある。

更新方法としては、弾丸暗渠の施工により、新たな水みちを発生させ、その効果が期待できる場合はこの方法がよいが、弾丸暗渠の施工深よりもモミガラの腐食が進み体積が減少した場合には、吸水渠に直交した方向にトレンチャで掘削し、モミガラを再充填する。

(3) 水閘の維持管理

ア 水閘の操作及び管理

① 水閘の閉塞は上流から下流に、開放は反対に下流から上流に向かって行う。同時に数個の水閘を開放すると管内の滞留水によって流量が過大となり、排水が一時管内に滞留し、この部分では流れが緩慢となる。この場合、管内における浮遊物の沈積が促進されるので注意を要する。

② 代かき前の水閘の取扱いは、用水源の条件（用水が豊富か否か）及び冬季の作付作物の状況によって地域ごとに異なるが、支障のない限りなるべく早く閉じて地下水位の上昇を図り、代かき用水量の節減を図るようにする。また、地下水位を一定に保つことで、モミガラ等の有機資材の腐食化が抑制されることから、暗渠排水の機能保全の観点からは、支障のない限り水閘を閉じることが有効である。

③ 水稲栽培期間に稲の生長に応じて水閘を操作する場合には、水位調節のできるものを用いる必要がある。

イ 水閘の故障とその補修

① 水閘を閉じたときにほ場面から水が噴出する場合、暗渠管の接合の不完全又は管の破損と考えられることから、早急に補修する必要がある。

② 水閘が破損していないにもかかわらず、閉じたとき水位が上がらない場合、水閘からの漏水が考えられる。水閘からの漏水には、栓の密着が不十分である場合と水閘管継手から漏水する場合がある。継手からの漏水に対しては、水閘を掘出し、継手部分を粘土、モルタル等で巻立て、さらに周囲をよく突き固めることが必要である。

引用・参考文献

1）農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準　計画「暗渠排水」（平成 29 年５月）

2）農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準・計画「ほ場整備（水田）」（平成 25 年４月）

3）原口暢朗、若杉晃介（2016）：水田における暗渠管を利用した地下潅漑に及ぼす下層土の透水性の影響、農業農村工学会誌、84(3)、p.205-208

4.9 客土

ほ場整備事業で取り扱う客土工の検討に当たっては、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 計画「土層改良」基準書・技術書（以下「計画基準「土層改良」」という。）に準拠する。

4.9.1 客土

客土は、ほ場整備の実施に伴い作土の状態を作物の生育と農作業に適するように改良するものである。

客土は作土の確保や物理性、化学性の改良を図る場合に施工される。工法の選定に当たっては、土壌、土層の状態、施工範囲、施工機械導入の難易、作業能率、使用資材、用土入手の難易、工事費等を検討し、土層改良の目的、目標に応じた工法を採用する。

4.9.2 客入土

客入土の物理性（礫の含有率、粒径、土壌構造、容積重、鉱物含有率等）及び化学性（酸性その他の毒性ないし不良化学性）は、作土として適切なものでなければならない。

一般に、作土として最も適している土壌は粘土含有率 30%程度の壌土であるが、客土対象地域の土質条件により、客入土を選定する必要がある。

諸条件に応じた客入土の要件は、以下のとおりである。

表-4.9.1 客入土の選定

客土対象条件	客入土
土壌流亡地、砂礫地等作土が不足している土壌	壌土
有機質含有量が大きく無機質に乏しいため、鉱物質の補給を必要とする泥炭土	鉱物質土壌
作土が乏しい上に肥効成分の流亡が著しい火山灰又は火山砂	有機質土壌又はコロイド分を多く含む粘質土
微粒子の単粒構造からなり、極めて堅密で空気の流通の悪い重粘土	砂質土
心土が砂質土等のため下層地盤の漏水性が大きい場合	心土と作土の間に粘質土を客土する。

4.9.3 客入土量の決定

客入土の土性と土量は、ほ場の土性及び改良の目標値によって決定する。

1　客入土量の算定

客土の目的によって 10a 当たりの客入土量を定め、地区内のほ場を単位面積当たりの客入土量の違いにより分類し、それぞれの区分ごとの面積に単位面積当たりの客入土量を乗じて積算すれば純客入土量が決まる。さらに、採土、運搬のロス及び余裕の土量を見込んで加えれば、その地区の客土に必要な総土量が決まる。

2　作土厚が不足する場合の対応

当該地区の作土の厚さが改良目標に満たない場合は、不足する部分を客土によって補うことが必要である。この際、土層換算係数による容積（厚さ）の変化又は客入土が作土に混入された場合の土層厚増加の割合等についても、資料又は現地試験によってあらかじめ調査しておく必要がある。なお、一作後に土層厚の標準値が得られるように、客土厚を決定することが望ましい。

3　作土の土性改良

(1)　一般の土性改良

適切な客入土量は、改良しようとする作土の土性と厚さ、客入土の土性の三者の関係から計算できる。したがって、計画に当たっては、土壌調査及び土取場調査等によりあらかじめそれらの要素を正確に測定しておき、客入後の土壌が作物に最適となるようにその量を決める。

土性の改良を目的とする場合は、一般に**式(4.9.1)**によって客入土量を求める。ただし、**式(4.9.1)**は改良土の厚さをH＋h、仮比重を$(HW_1+hW_2)/(H+h)$と仮定した場合である。

客入土混入後の作土の土性は、壌土となるのが理想であるが、客入土が近傍で得られない等のやむを得ない場合は、**表-4.9.1**に示した範囲を参考にして目標を定める。

$$h=\frac{H\cdot W_1(P_3-P_1)}{W_2(P_2-P_3)} \quad \cdots\cdots (4.9.1)$$

ここに、h　：客入土厚（cm、密度は土取場と同じとする）

H　：改良しようとする原土の土層の厚さ（cm）

W_1：原土の仮比重

W_2：客入土の仮比重

P_1，P_2，P_3：それぞれ原土、客入土、改良後の土中に含まれる改良粒子の含有率（%）

改良粒子とは、次のとおりである。

①　粘土含量による改良の場合：粘土

②　泥炭地における客土の場合：シルト以上の土粒子

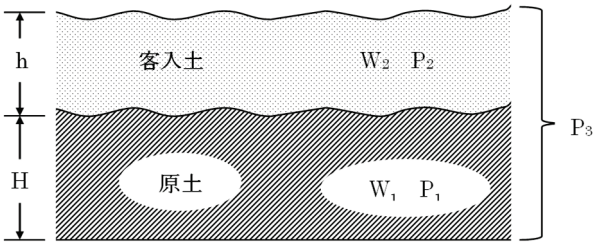


図-4.9.1　客土模式図

(2)　重粘土地帯の客土

重粘土地帯においては、表土の上に砂を散布し心土破砕を行う砂客土が行われている。

砂客土による効果は、作土層のみの改善ではなく、散布した砂がパンブレーカーに沿って膨軟になった心土まで侵入し、水みちとなって通気・透水性を改善することが主たるものであると考えられている。その他の効果としては、可塑性・粘着性の低下によって易耕性を改善し、作物収量が増加することが認められている。

砂客土量は10a当たり45m³まで増収効果が認められ、通常は30m³で十分であると考えられる。

4　水田の浸透抑制

一般に、水稲の収量の面からみた適正浸透量は 15～25mm/d、つまり日減水深にして 20～30mm 程度、最小透水層の透水係数が 10^{-4}～10^{-5}cm/s 程度であるとされている。この適正浸透量を目標に、原土及び客入土の土性を勘案し、必要に応じて試験を行った上で客入土量を決定しなければならない。なお、過大浸透を抑制する方法としては、粘土の客土のほかベントナイトの施用、床締め等がある。

5　泥炭地水田におけるほ場整備を前提とした地耐力増強のための客土

泥炭地水田の状態は、ブルドーザーの走行に対する地耐力の面からおおむね次の３つに区分される。このうち、ほ場整備が「不可能な状態」及び「やや可能な状態」の場合は、準備工事として「可能な状態」の程度に地耐力を増大させるための客土が必要である。

表-4.9.2　泥炭地水田の地耐力による区分

ほ場整備が不可能な状態	①開田後の歴史が浅い。 ②客入土量が少ない。 ③分解が不良である。 ④作土が薄く、乾田時にコーン指数 250kN/m^2 以上の土層が地表下 30cm 以内に見られない。 ⑤固相重量が 25g/100cm^3 以下である。
やや可能な状態	①客入土量が 150m^3/10a 以上で、下層の状態もやや安定している。 ②作土厚が 15cm 以上あり、乾田時にコーン指数 250kN/m^2 以上の土層が地表下 30cm 以内に見られる。 ③固相重量が 60g/100cm^3 以上である。 ④下層に分解不良の泥炭層がある。
可能な状態	①作土、心土の状態がともに良好である。 ②作土厚が 20cm 以上あり、その下層 10cm 以内にコーン指数 250kN/m^2 以上の土層がある。 ③泥炭の分解が良好である。

4.9.4　客入土の搬入

一般に、客土事業費は客入土の運搬費が大部分を占めるため、運搬方法、運搬用の機械、施設の規模の検討は最も重要である。したがって、土取場と客入地間の運搬経路及び距離、高低差、道路その他の交通状況、人家等について調査検討し、経済的な運搬方法を選択する。

1　土取場選定の条件

土取場の適否は客土工事及び客土効果に直接影響を及ぼすことから、土取場の選定は客土計画において最も重要である。選定に当たっての条件は、次のとおりである。

①　客入地までの距離が近い。
②　客土の目的に沿った客入土が十分量得られる。
③　採土できる土層が厚く、かつ採土が容易である。
④　客入土の入手単価が安く、補償関係が困難でない。
⑤　跡地利用の計画が適切である。

2　運搬方法

(1) 搬入客土工法

搬入客土は最も一般的な客土工法であり、ダンプトラックによる運搬が主流となっている。ダンプトラックは、道路状態が良ければ客土規模、運搬距離等に対しても融通性に富むが、同一経路を通過する台数がある程度以上になると、沿道に人家や学校等がある場合には「ダンプ公害」を引き起こすおそれもあるので、十分に注意しなければならない。

(2) ポンプ客土工法及び流水客土工法

土取場を含む現場条件等が適している場合において検討する。なお、本工法の詳細については、**計画基準「土層改良」**を参照する。

引用・参考文献

1）農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準・計画「ほ場整備（水田）」（平成 25 年 4 月）

2）農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準　計画「土層改良」（昭和 59 年 1 月）

4.10　水管理システム

人口減少及び高齢化に伴う労働力不足、並びに農業経営の大規模化・多角化による水管理作業の複雑化・負担増大への対応が喫緊の課題である。近年、次世代型水管理システムと呼ばれる、ほ場の水位や配水施設の運転状況を遠方監視し、遠方・自動で省力的かつ精緻な水管理を行う技術の普及が進んでおり、ほ場整備を契機として導入を検討することが望ましい。

1　次世代型水管理システム

次世代型水管理システムとは、ICT を活用して水管理を遠方・自動で制御するシステムであり、次世代型農業水利システム[注)]を情報通信・制御技術で支えるものである。水田の給水栓と落水口を遠方・自動で制御する「ほ場水管理システム」、支線レベルの配水施設を遠方・自動で制御する「配水管理システム」、幹線レベルの送水施設を遠方監視制御する「基幹水管理システム（TC/TM）」から構成される（**図-4.10.1** 参照）。

注）次世代型農業水利システム：少数の大規模経営の担い手が水利用の大宗を占める構造への転換を図る中で、水管理を土地改良区と担い手が中心となって担えるよう省力化・効率化し、農業経営戦略に基づく水の弾力的な利用を可能とするシステムであり、パイプライン、調整施設、ＩＣＴを導入し、末端需要主導型の水管理システム及び省力的な水管理を実現するものである。[1)]

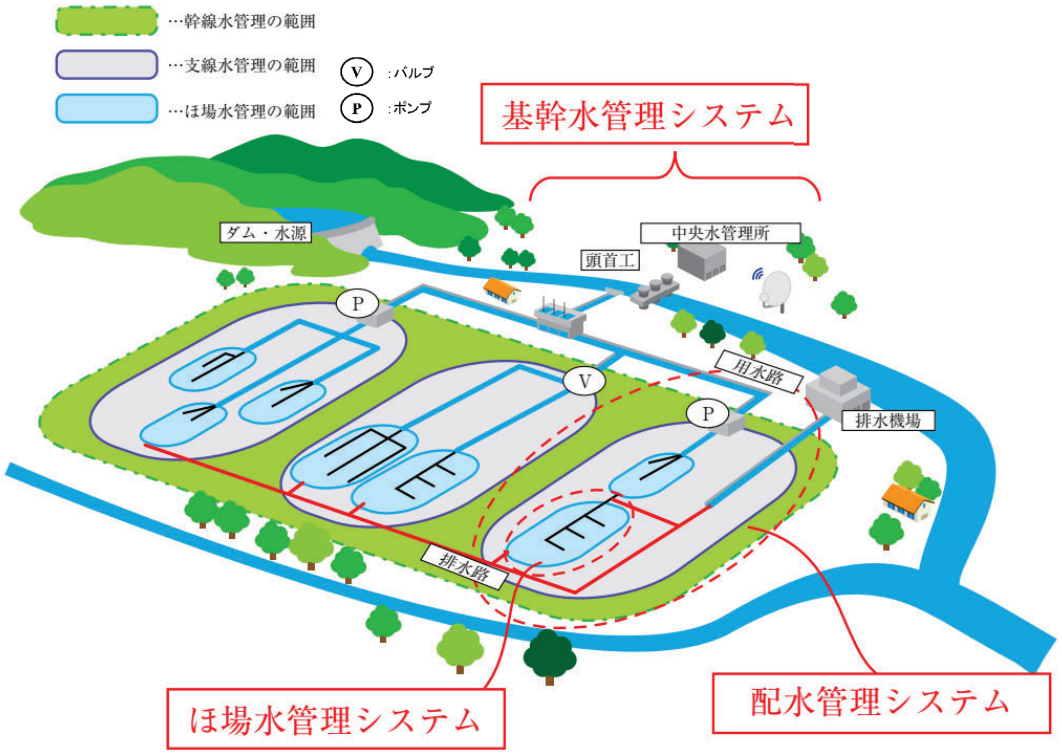


図-4.10.1　次世代型水管理システムの概念図[1)]

(1)　ほ場水管理システム

「ほ場水管理システム」は、以下のように ICT を活用し、ほ場レベルの湛水深等の遠方監視、給排水栓の遠方操作・自動化を可能とするものである。

「ほ場水管理システム」を活用することで、水管理労力の削減が見込めるとともに、蓄積されたデータを分析することにより、水稲の収量や品質の維持・向上も期待できる。

システムの導入に際し、ほ場の集約化・大区画化を行い給水栓を統合・削減することで、建設費、更新費等の縮減を図ることができる。

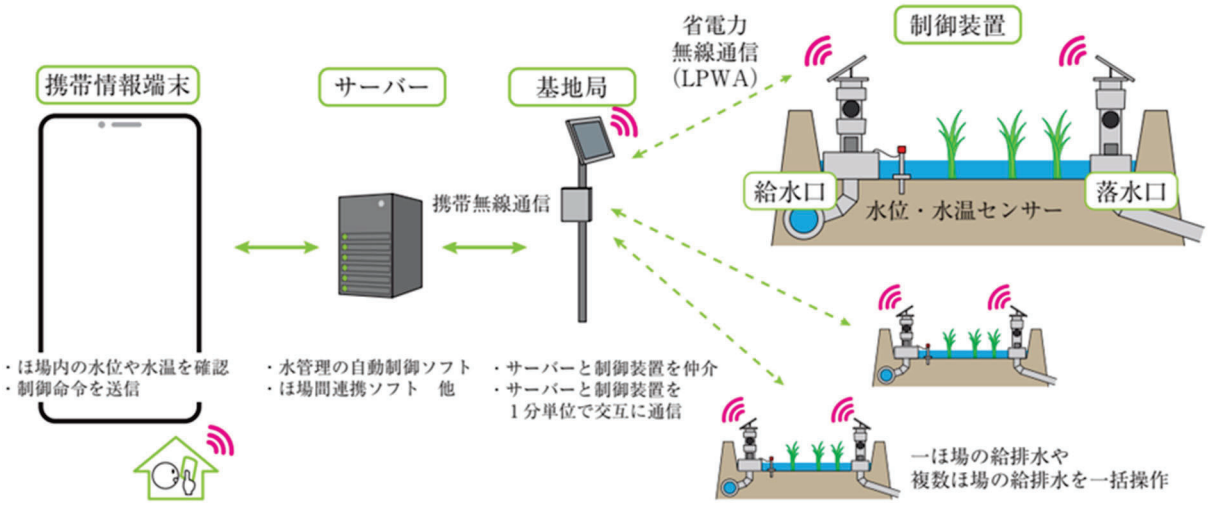


図-4.10.2　ほ場水管理システムの例 [1)]

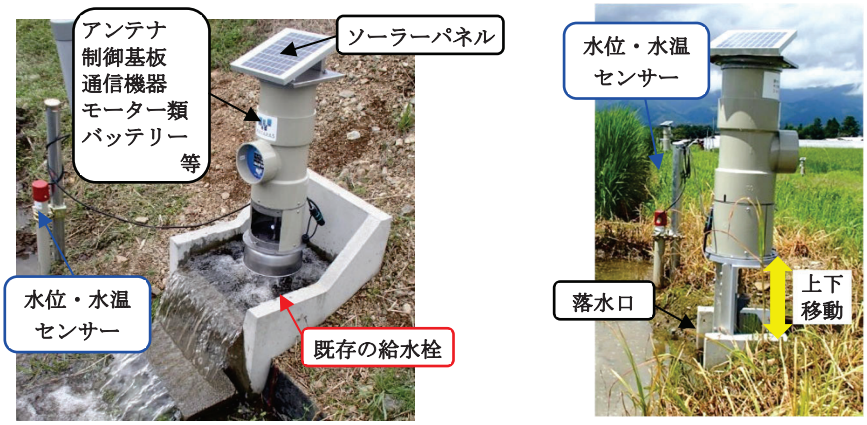


図-4.10.3　給水栓（左）及び落水口（右）に取り付けたほ場水管理システムの制御装置

(2)　配水管理システム

「配水管理システム」は、支線レベルにおける水管理のうち、土地改良区等が管理する揚水機場、分水工、調整池等の配水施設の遠方監視・制御の導入、配水・分水の自動化、最適配水シミュレーションによる効率的な配水管理等を実現するものであり、図-4.10.4 のように構成される。

配水施設における水管理労力の削減に加え、末端水需要の的確な把握により適時適量の配水が可能となり、節水・節電効果が期待される。また、配水期間の見直し等のソフト対策のみでなく、揚水機場におけるインバーターの設置等のハード対策の検討にも寄与する。

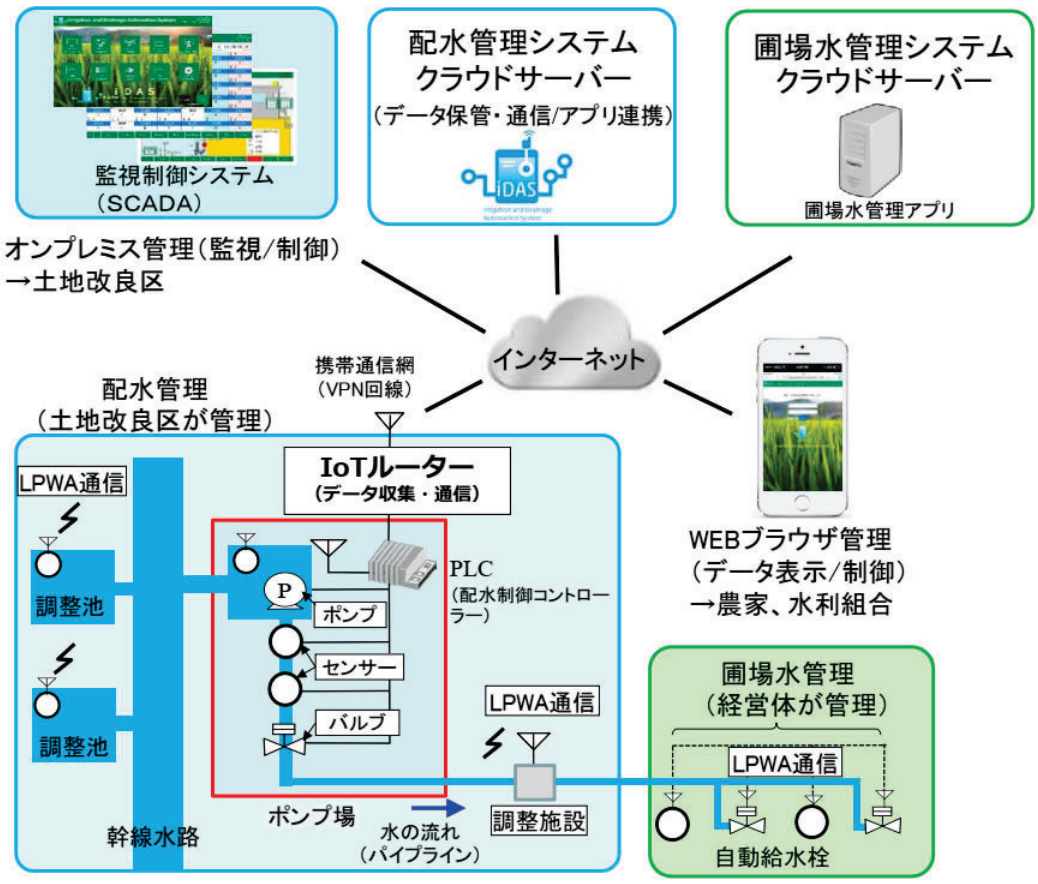


図-4.10.4　配水管理システムの構成 [1)]

(3)　基幹水管理システム

「配水管理システム」、「ほ場水管理システム」の上位には、基幹水利施設による地域の水管理を行う「基幹水管理システム（TC/TM）」が位置し、さらに支線レベルで集約した情報を共有することで流域全体の水管理につなげることができる。

2　導入における留意点

① 農業水利施設、水管理組織、水利秩序等の条件を確認するとともに、農業用水の不公平配分、維持管理労力の負担等の課題を整理した上で、導入効果、経済性、将来の管理体制、地元の意向等を十分考慮しつつ当該地域に最適な制御設備の整備水準を検討する。

② 導入後の配水方法、施設管理形態、また、システムから得られる水温や水位、水管理の操作履歴等のデータの最適な水管理への利活用等について関係者（農業経営体、水利組合、土地改良区等）を交えて検討し、合意形成を図る。

③ 末端制御装置のほか、基地局及びサーバーの管理体制やコストを検討するとともに、良好な通信環境の整備が必要である（**4.11 情報通信環境整備** 参照）。

④ 利用者への端末・ソフトウェアの使用方法のサポート体制についても検討が必要である。

⑤ 通信規格によっては規格の拡張や廃止が想定される場合があり、システム導入に当たっては今後の維持管理において、これらの点についても留意が必要である。

⑥ 不特定多数の第三者が接続するインターネットを利用する場合等、意図しないユーザからのアクセスや、通信を介した情報の漏洩・改ざん等のセキュリティリスクに対し、通信の秘匿性確保や利用者の認証、利用者環境やデータセンターのセキュリティ確保等の対策を講じる必要が

ある。特に、無線通信は電波を介した傍受リスクが有線通信より高いため、VPN の利用や通信の暗号化等セキュリティ対策に配慮する必要がある。

3　維持管理における留意点

① 自動給水栓の設置により、農業機械の走行や除草作業の障害となることがある。

② 自動給水栓は流草、ごみ等により内部が詰まると故障の原因になるが、これらの異物の除去が煩雑であるため、取付け取外しが平易であることが望ましい。

③ 小動物による機器の障害（センサーケーブルの切断や太陽光パネルの糞害等）が発生することがある。

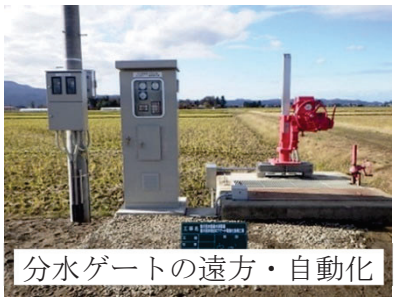
④ 自動給水栓を管理するシステムが混在することにより、管理が煩雑化する。また、担い手の習熟度不足等により、管理労力が低減されないことがある。

【事例】ほ場水管理システムの導入

平成 30 年度から、ICT を活用した水管理システムの導入モデル事業の実証試験が行われており、その一例を紹介する。

実証試験対象地区では、営農形態の変化に伴う用水需要の多様化により、用水の需要と供給が不均衡となり、一部のほ場においてかんがい不良が発生していた。また、経営規模の拡大に伴い、担い手の水管理労力が増大していた。

同地区ではこのような課題を踏まえ、一部支線において試験的に ICT を活用し、分水ゲート、揚水機場及びほ場給水栓を遠方・自動で制御するシステムを導入することで（**写真-4.10.1** 参照）、用水の不均衡配分の解消、ポンプの運転経費の節減及び水管理の省力化が図られるとともに、配水管理用水の削減にも有効であった。



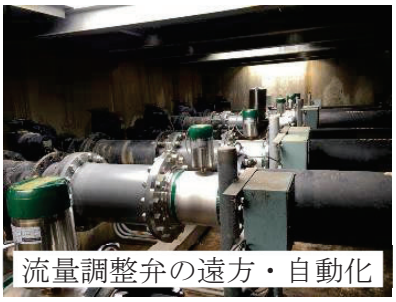




写真-4.10.1　ほ場水管理システムの導入事例

【事例】ポンプと連動した自動水管理の実現

S 地区の受益地では、水田への給水は手動操作のため水管理に多大の労力を費やすとともに、営農に合わせて水の需要量が多くなると、末端部で用水不足が発生するなど、用水供給が不安定となり、揚水機場のポンプが過度に稼働し、適切な用水管理が実施できていないという課題があった。

そこで、LPWA 基地局を揚水機場に設置し、水位水温センサー付きの多機能型自動給水栓（117 台）を受益ほ場(120 箇所)に設置するとともに、揚水機場のポンプの遠隔監視制御設備も導入し、揚水機場と多機能型自動給水栓が連動する水管理システムを構築した。

多機能型自動給水栓から水位、給水栓の開度に関するデータが揚水機場の制御システムに送られることで、自動で必要な水を供給し、全てのほ場に水が入ればポンプを停止することが可能になり、節水と省エネを行うことができる。実証試験では、約 25%の節水及び約６%の節電の効果が確認された。

水管理の省力化と水資源の有効活用を実現しただけでなく、手動で行っていた番水管理を自動化することで精神的負担も軽減できた。



写真-4.10.2　多機能型自動給水栓



写真-4.10.3　揚水ポンプ自動制御システム
(既存手動システムに後付けで遠隔操作機能を追加)

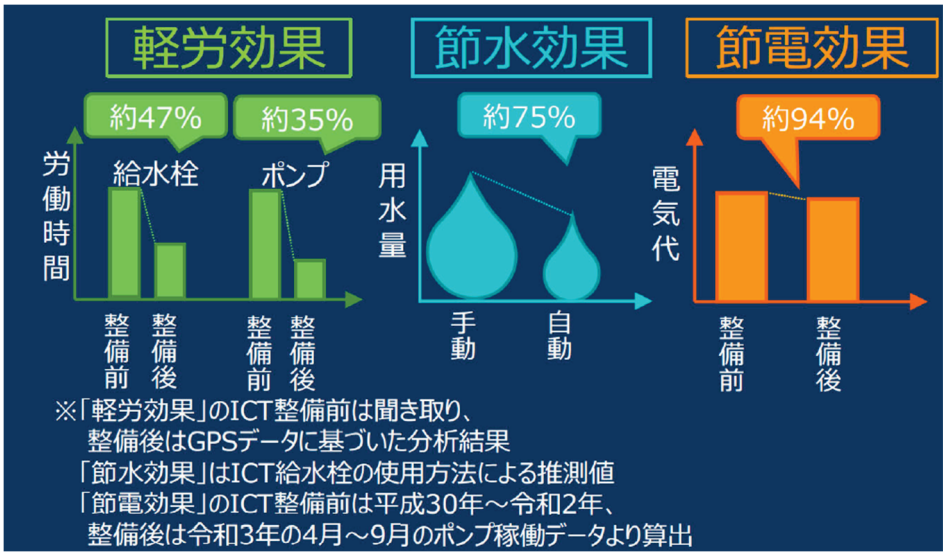


図-4.10.5　水管理システム導入の効果

引用・参考文献

1）農研機構農村工学研究部門：次世代型水管理システム導入ガイド（平成 31 年３月）

2）農林水産省農村振興局：ＩＣＴを活用した水管理システム導入の手引き（令和５年３月）

3）農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準・計画「ほ場整備（水田）」（平成 25 年４月）

4.11 情報通信環境整備

農業・農村地域の課題解決及び持続的発展に向け、ICT の活用とその基盤となる情報通信環境の重要性が高まっている。ほ場整備の設計に当たっては、地区の営農のニーズに応じて、これらの技術、システムの導入も合わせて検討することが望ましい。

1　情報通信環境整備の目的

ICT を活用した農業水利施設の省力化やスマート農業の導入は、維持管理体制の脆弱化や農業生産における労働力不足等、農業・農村地域が抱える課題の解決のための有効な手段として期待されており、これらの技術の基盤として情報通信環境が不可欠である。

我が国ではこれまでに、光ファイバ等の情報通信基盤の整備が進められ、令和３年度末時点で光ファイバの整備率（世帯カバー率）は 99.3%、携帯電話の人口カバー率は 99.99%となっているが、人が住まない農地やその周辺エリアでは、情報通信環境が十分整備されていないエリアも存在する。また、ICT を活用した技術の導入のためには、光ファイバや携帯電話等の基幹通信網に加えて、無線基地局等の通信設備が必要となる。

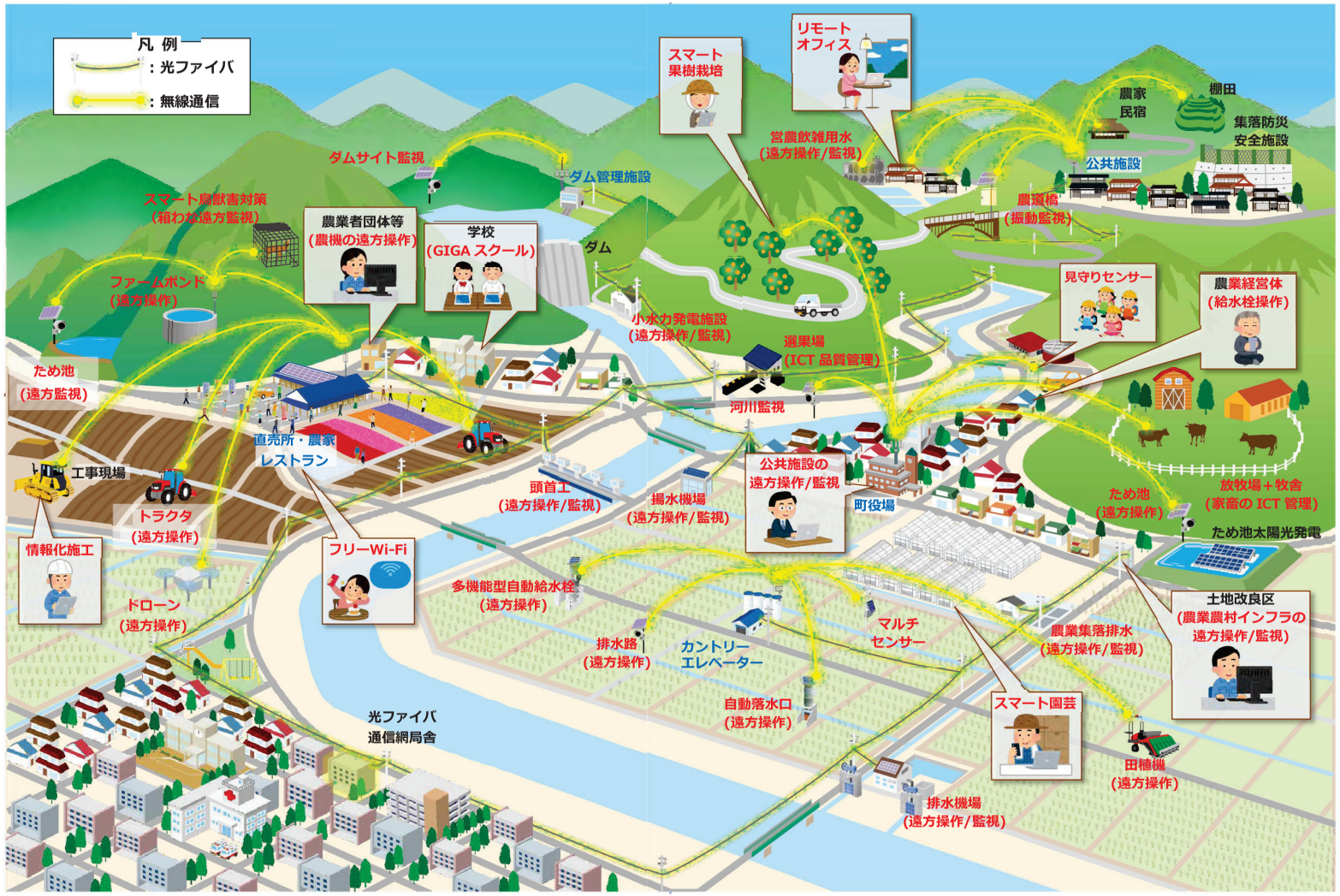


図-4. 11. 1　農村地域における情報通信環境整備による活用方法 [1)]

2　農業農村における ICT の活用事例

(1)　LPWA 注) を活用した水管理の自動化

水田の水管理に LPWA を利用した水田センサーと自動給水栓を導入することで、通信コストを抑えつつ、ほ場の水位・水温に連動したバルブの自動開閉・遠方操作が可能となり、水管理の省力化、精度の向上及び安定的な生産が期待できる（**写真-4.11.1** 参照）。

また、用水路や排水機場等の農業水利施設では、水位センサーやカメラを取り付けることで、遠隔で水位の監視を行い管理や操作の省力化を図ることができる（**写真-4.11.2** 参照）。

注）LPWA :「Low Power Wide Area」の略。通信速度は数 kbps から数百 kbps 程度と携帯電話システムと比較して低速なものの、一般的な電池で数年から数十年にわたって運用可能な省電力性や、数 km から数十 km もの通信が可能な広域性を有する無線通信技術の総称。



写真-4.11.1　水田水管理の自動化の事例 1)



写真-4.11.2　農業水利施設の水管理の省力化の事例 1)

(2)　ローカル５G 注) を利用した自動走行農機の導入

超高速通信、超低遅延通信、多数同時接続等の５G の特性を活かし、遠隔地における複数台の農業機械の同時監視制御を可能にし作業の効率化を図ることができる（**図-4.11.2** 参照）。

注）ローカル５G：地域の企業や自治体等の様々な主体が、地域や産業の個別のニーズに応じて自らの建物内や敷地内で、局所的かつ柔軟に構築可能となる第５世代移動通信システム。



図-4.11.2　ローカル５G を利用した遠隔監視による自動走行農機の導入事例 2)

(3) GNSS 位置補正情報

現在、平地における農業機械の自動走行等の農作業に不可欠な高精度な測位を実現するためには、GNSS 衛星からの受信信号のほかに、位置補正情報を利用することが必要となる。位置補正情報の利用方法は、地上に設置した基準局から補正信号を無線で配信・受信する RTK-GNSS 方式と、国土地理院が設置した電子基準点網から生成される位置補正情報を、スマートフォン等を使用したインターネット回線（プロバイダとの契約）を通じて受信する VRS 方式又は RRS 方式とがある。GNSS を使用する際の留意点を以下に示す。

① 市町村単位等の広域で位置補正情報の利用を図る場合は、RTK-GNSS 方式が採用されていることが多い。一方、2018 年 11 月に準天頂衛星システムみちびきの高精度測位サービスが開始されており、みちびき等による技術開発の進展を踏まえつつ、地域の営農に求める精度、現在及び将来的な需要、経済性等を総合的に勘案した上で、RTK-GNSS 基準局設置の必要性を含め検討する必要がある。

② RTK-GNSS 基準局のうちデジタル無線式の場合は、基準局を設置する際に、ほ場周辺の防風林や民家等の構造物が電波を遮るおそれがあることに留意する必要がある。

③ 各種自動走行農機への適用性、受信が必要なエリア、基準局の維持管理方法についても、関係者を交え事前に十分協議することが望ましい。

④ 建設工事、土木工事等でも RTK-GNSS を利用した施工が普及している。無線方式の場合、これらとの混線、占有による問題が生じないよう、ユーザ見込み、地域条件等を事前に検討し、利用する通信方式を決定する必要がある。

引用・参考文献

1）農林水産省農村振興局：農業農村における情報通信環境整備のガイドライン Ver.2.01（令和７年４月）

2）農林水産省農産局：農業機械の自動走行に関する安全性確保ガイドラインの概要（令和６年３月）

3）農林水産省農村振興局：自動走行農機等に対応した農地整備の手引き（令和５年３月）

4.12 換地

4.12.1 換地の意義

ほ場整備事業等において土地の区画形質を変更する工事を施行したときは、換地処分を行い、工事後の区画に対応するように権利関係を再編成することが必要である。

1　換地処分の意義

ほ場整備事業等において土地の区画形質を変更する工事を施行したとしても、工事の施行のみでは土地の形状に変更が生じるのみであって、耕作者等の権利の対象である土地の範囲にはなんら変更が生じるものではない。このため、所有権、利用権（地上権、賃借権等）等の権利を工事後の区画に対応させて再編成し、工事後の形状において耕作等を行うことを可能にする必要がある。この場合には、個々の土地について権利の移転、土地の分割と合併を繰り返すという通常の法律手法によることも理論的には可能であるが、膨大な筆数にのぼる土地を対象とするほ場整備事業等の実施地区で行うには、事務量があまりに多すぎる上、その処理も極めて複雑な様相を呈することになる。

このため、土地改良法（昭和 24 年法律第 195 号）では、事業主体が従前の土地に代わるべき換地を定め、法所定の手続をとることによって換地を従前の土地とみなし、権利の帰属関係を一挙に解決する特別の法律手段としての換地処分の仕組みを設けており、土地改良法を根拠として通常の法律手段によることなく、全ての土地を一括して同時に一つの法律行為によって再編成することができる。

なお、換地処分の効果として、換地は、都道府県知事による換地処分があった旨の公告の翌日から従前の土地とみなすなどがある。

2　換地計画

換地計画とは、従前の土地と換地を定めたものであり、換地設計基準、総括表、各筆換地等明細等により構成される。換地計画においては、換地は、土地改良法第 53 条第 1 項に掲げる要件を満たす必要がある。

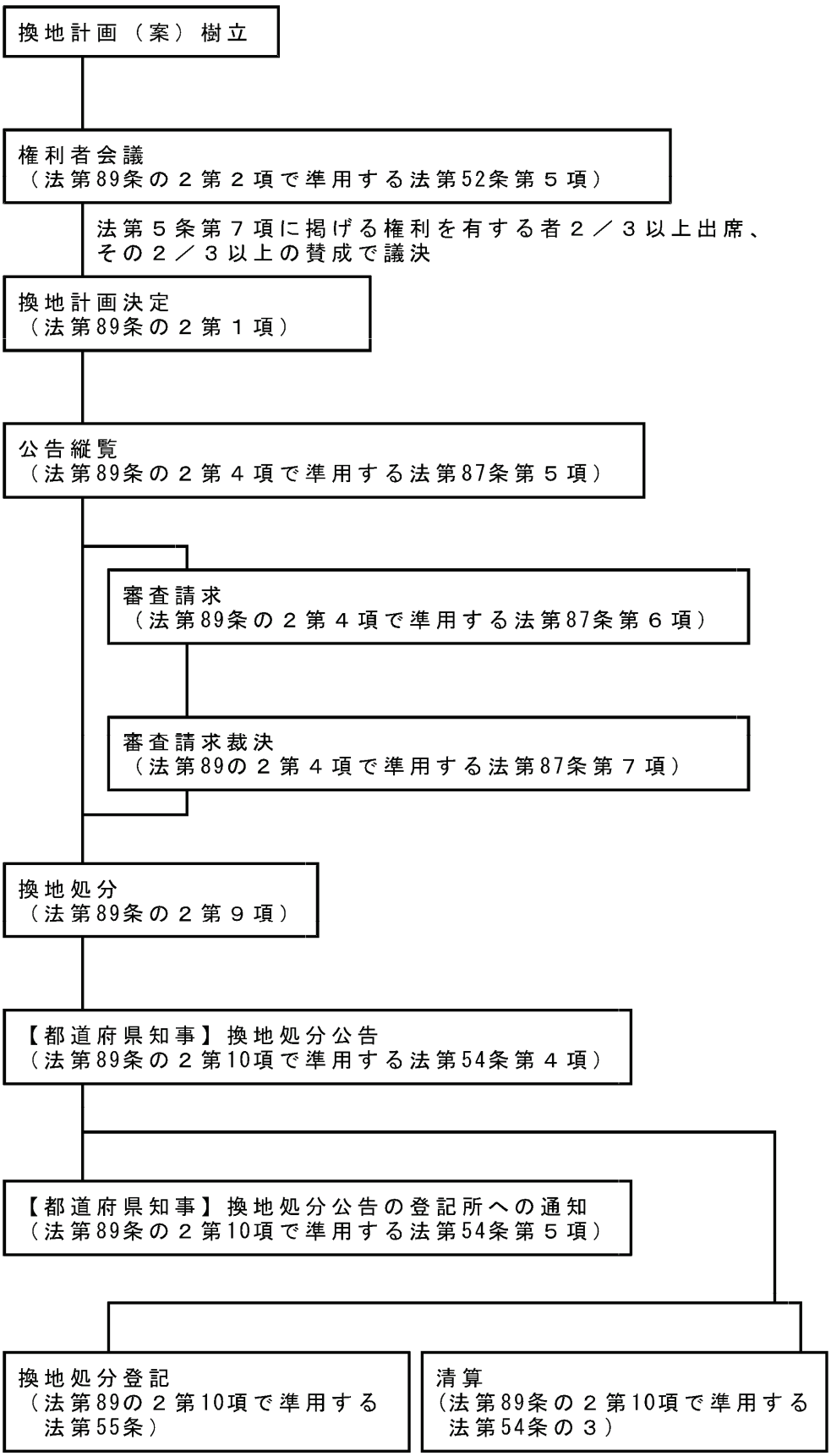


図-4.12.1　換地作業の流れ

3　換地設計基準

換地設計基準は、換地選定方法等の方針を定めるもので、換地計画を公平かつ公正に定めるのに必須であるだけでなく、換地計画の作成に関して生じる異議紛争を未然に回避し又は軽減するためにも極めて重要である。

換地設計基準に定める項目は、次のとおりである。

① 従前地の土地の地積の基準
② 清算金算定方法
③ 換地交付率の算出
④ 特殊地の取扱い
⑤ 地区内ゾーン設定の取扱い
⑥ 地帯別グループ別団地の設定と換地の方法
⑦ 一般の個人別換地の方法
⑧ 換地選定手順
⑨ 団体別集団化と個人別集団化の調整
⑩ 経営体育成方針の取扱い
⑪ 創設農用地換地の取扱い
⑫ 配分調整のための余裕率
⑬ 非農用地区域の取扱い
⑭ 一時利用地の指定の方法
⑮ 交換分合の取扱い
⑯ その他

4.12.2 換地の方法

調査計画においては、地区における換地計画の定め方に対応して、それに必要な資料の収集、合意形成等に努めるものとする。

1　換地手法の分類

換地計画の樹立に当たって、換地手法は次のように分類される。

(1) 普通換地

従前の土地とそれに対する換地の関係が、次の３つの条件のいずれも満たす場合の換地手法を普通換地という。なお、特定用途用地とは、土地改良事業施行前の従前の土地が農用地や土地改良施設用地等でない土地（非農用地）であって、土地改良事業施行後も非農用地である土地のことをいい、そのように定める換地を特定用途用地換地という。

① 換地が、特定用途用地を従前の土地とする場合にあっては非農用地区域内、特定用途用地以外の土地を従前の土地とする場合にあっては非農用地区域外の土地であること（土地改良法第 53 条第１項第１号）
② 換地及び従前の土地が、それぞれのその用途、地積、土性、水利、傾斜、温度、その他の自然条件及び利用条件を総合的に勘案して、換地が、従前の土地に照応していること（土地改良法

第 53 条第１項第２号）

③　換地交付基準地積（共同減歩による減歩地積や創設換地予定地積を調整して算出した換地交付の基準となる地積のこと）と換地の地積の増減の割合が２割未満であること（土地改良法第 53 条第１項第３号）

(2)　特別換地

上記の普通換地の要件の全部又は一部を満たさないものを、特別換地という。この特別換地は、従前の土地について、所有権、地上権、永小作権、質権、賃借権、使用貸借による権利又はその他の使用及び収益を目的とする権利を有する者の全員の同意を要することとされており（土地改良法第 53 条第１項）、次のような種類がある。

①　異種目換地（農用地である従前の土地に対応する換地を非農用地区域内の土地に定めること）（土地改良法第 53 条第１項ただし書き及び第 53 条の２）

②　従前の土地と換地が照応していない換地（土地改良法第 53 条第１項第２号）

③　換地交付基準地積に対し２割以上の増減のある換地（土地改良法第 53 条第１項第３号）

(3)　不換地・特別減歩

換地計画においては、従前の土地の各筆に対応して換地を定めることを前提とするが、農用地の集団化やその他の農業構造の改善の見地から必要があり、土地の所有者及びその他の権利者の申出又は同意があれば、従前の土地に対応する換地を定めない（いわゆる「不換地」という。）、又は一筆の土地の一部の地積を特に減じて換地を定めることができる（いわゆる「特別減歩」という。）。

この場合、従前の土地についての権利は換地処分により消滅し、金銭による清算をしなければならない。なお、創設非農用地換地の原資としての不換地又は特別減歩の申出又は同意があった従前の土地は、非農用地区域内への換地の予定を換地処分段階まで維持できるよう、事業計画の確定後できるだけ早くその土地を指定し、関係権利者に通知・公告することとしている（いわゆる「事前指定」という）（土地改良法第 53 条の２の２、第 53 条の２の３）。

(4)　飛び換地（土地改良法第 52 条第２項、第 54 条第６項）

土地改良事業の施行区域を数区に分けた場合、それぞれの換地区ごとに換地計画が定められることとなるが、必要があるときは、ある換地区の換地計画で他の換地区に従前の土地を、ある換地区にあるのと同様に取り扱ってその換地区内にこれに対する換地を定めたり、又は定めないことができる。これを飛び換地をいう。ただし、二重換地を避けるため、関係のある換地区の換地処分についての関係権利者への通知、都道府県知事への届出、換地処分公告、換地処分、登記所への通知及び換地処分の登記申請の手続は、関係換地区で同時に行わなければならない。

(5)　機能交換（土地改良法第 54 条の２第６項、第７項）

工事前の道路・水路等と工事後の道路・水路等の敷地である国公有地を、施設の機能に着目して、交換的に消滅及び帰属させることをいう。

(6)　創設換地

創設換地は、従前の土地に対する換地ではなく、新たに換地を生み出すもので、これには次の２つがある。

ア　共同減歩による創設換地（土地改良法第 53 条の３）

新たに必要な土地改良施設、農業経営合理化施設、生活環境施設等の予定土地を対応換地の対象から除外（いわゆる共同減歩）し、これらの施設用地を創設することをいう。なお、この換地の取

得者は、国、県、市町村、土地改良区、農業共同組合、同連合会、農事組合法人及びその他営利を目的としない法人に限られている。

イ　不換地・特別減歩見合いの創設非農用地換地（土地改良法第 53 条の３の２）

不換地により換地を定めない土地の地積又は特別減歩により減じた地積の範囲内で、新たに、公用・公共用地、住宅用地、工業用地等の非農用地を創設することをいう。

【事例】共同減歩による創設換地

(ア) 用地の全部を共同減歩で生み出せる施設

① 当該土地改良事業によって生ずる土地改良施設用地ため池、えん堤、揚水施設、農道、水路等

② 地区内の農業者が主として利用し、かつ、その大部分が利用する農業経営合理化施設用地
当該土地改良事業によって生ずる土地改良施設以外の土地改良施設、農業集落排水施設、ライスセンター等

(イ) 用地の一部だけを共同減歩で生み出せる施設

農業経営合理化施設用地については、地区内の農業者の大部分（おおむね７割以上）が利用し、地区外の農業者等も含めたとき、地区内の農業者が主として（利用割合が過半）利用する場合、その利用割合に応じて共同減歩で生み出すことができる（※２）

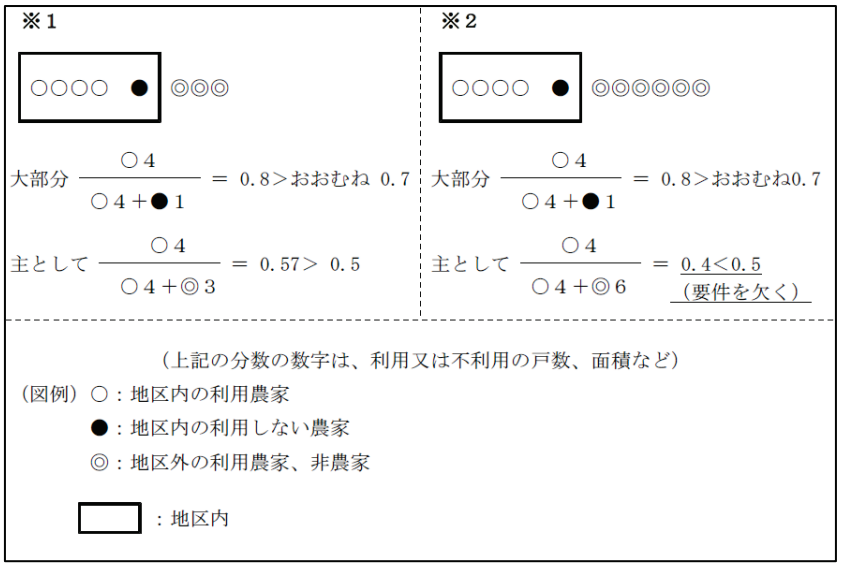


図-4.12.2　利用分量割共同減歩の概念図

2 換地計画樹立の時期

換地計画は、工事が完了したら速やかに樹立する必要がある。

【参考】換地計画の例

・農地の集団化：①②

・土地利用の整序化・土地の整形：③

・宅地用地(異種目換地)：④

・農村公園、工場用地創設(創設非農用地換地)：⑧⑨

・担い手への農地の集約・創設農用地：⑩

・道水路の位置変更、拡幅、公共用地の生み出し：⑤⑥⑦

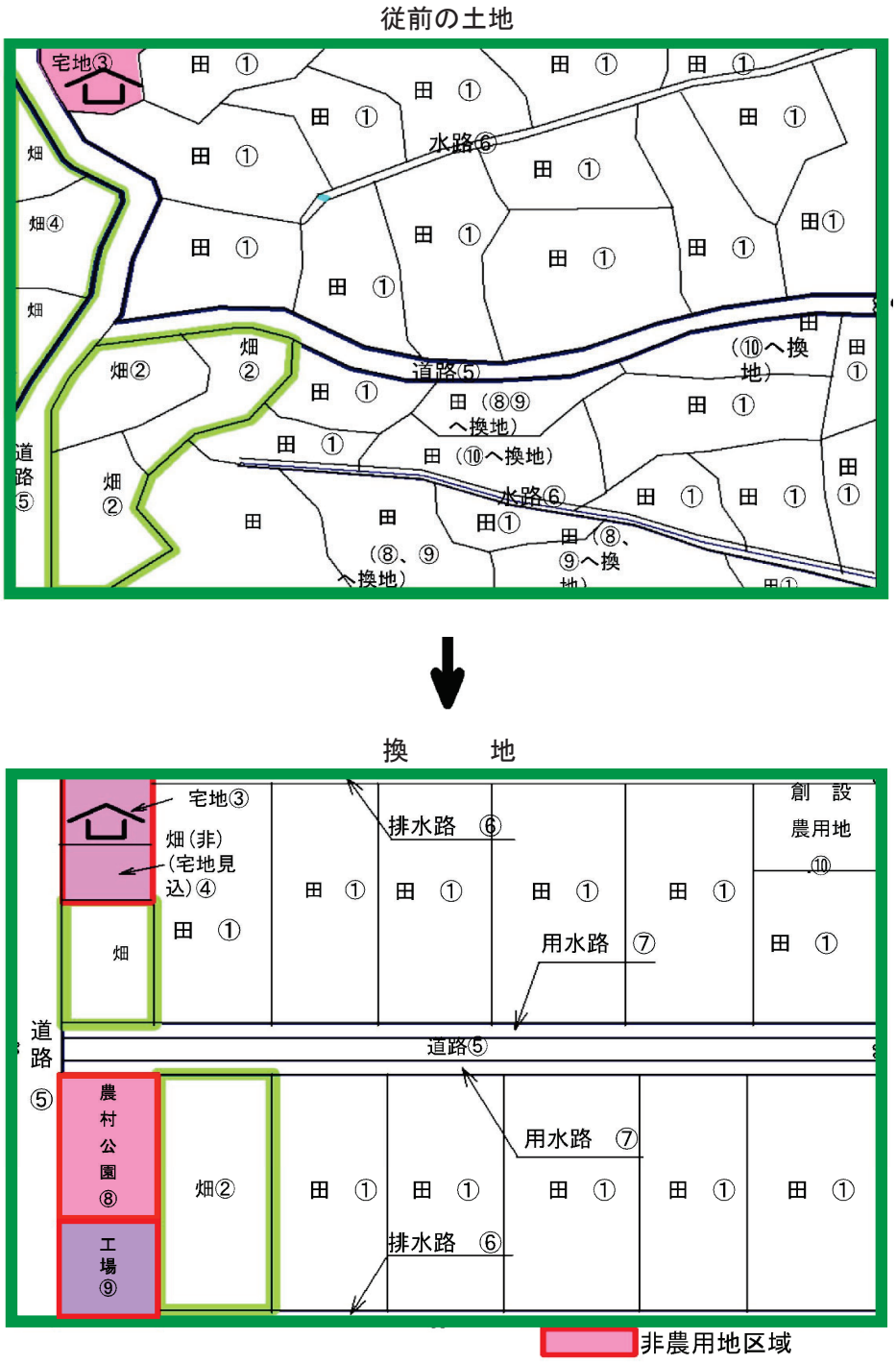


図-4.12.3　換地計画の例

4.12.3 換地と設計の流れ

換地処分に至る業務のうち、事業計画確定後から工事着手頃までに行うものは、従前地等の再調査、換地設計基準の確定、換地計画原案の作成等である。これらの作業の着手に当たっては、作業手順を十分に検討し、計画的に進めなければならない。

1　換地処分に至る業務

事業計画確定後から工事着手頃までに行う必要がある換地処分関係の作業は、おおむね次のような事項である。

① 評価・換地委員の選任
② 従前地等の再調査
③ 換地設計基準の確定
④ 土地の評価
⑤ 換地計画原案の作成
⑥ 地区界の分筆・相続等の代位登記

2　換地と設計の流れ

一般的な換地と設計の関連性及び作業フローを以下に示す。

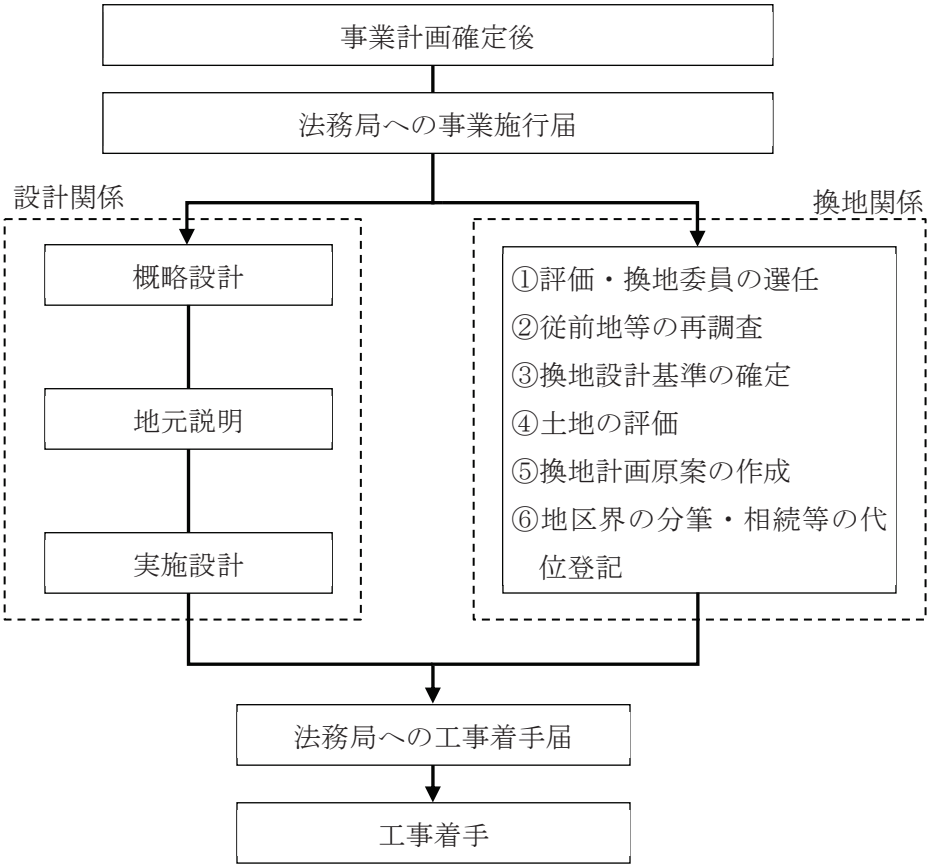


図-4.12.4　換地と設計のフロー

4.12.4 集積・集約化、法人化

農業の生産性を高め、競争力を強化していくためには、担い手への農地集積・集約化を加速し、生産コストを削減していく必要がある。また、経営体の強化を図るため、法人化を推進することが重要である。

1　農地集積・集約化

ほ場整備は、将来の営農（農業の継続、拡大、縮小、離農等）を具体的に考え、所有地の保持、売買、貸借を決定する機会であり、担い手農家への農地集積が大きく進展する機会である。そのため、関係者への意向確認とともに、集積・集約を進めることが重要である。

ほ場整備事業の実施に当たっては、**2.2.9 農業者等の意向調査**を踏まえた農地の集積・集約化の可能性を把握することが重要であり、これにより対象となるほ場整備事業区域について、担い手や中小規模の兼業農家、施設園芸農家等の意向、経営規模や土地利用形態等に応じたほ場整備を行うことが可能になる。農地の集積・集約化には、利用権等の設定等の所有権の移転を伴わない方法のほか、所有権を移転させる方法もある。その実施に当たっては、次のような施策との連携による事業実施の検討も必要である。

(1)　農地中間管理事業の実施

担い手への農地集積・集約化と農地の確保を目的として、平成 26 年度に全都道府県に農地中間管理機構が設置された。農地中間管理機構は、「信頼できる農地の中間的受け皿」となる組織であり、農地を貸したいという農業者（出し手）から農地を借受け、農地の有効利用や農業経営の効率化を進める担い手（受け手）へ貸し付けるという新たな権利設定の仕組みが、農地中間管理事業の推進に関する法律に規定されている。

(2)　地域計画の策定

高齢化や人口減少の本格化により農業者の減少や耕作放棄地が拡大し、地域の農地が適切に利用されなくなることが懸念されており、農地の集積・集約化に向けた取組の加速化が喫緊の課題である。

このような状況を踏まえ、令和４年５月に公布された農業経営基盤強化促進法（昭和 55 年法律第 65 号）等の一部改正に基づき、「人・農地プラン」（農業者が話合いに基づき、地域農業における中心経営体、地域における農業の将来の在り方等を明確化し市町村により公表するもの）が法定化された。これにより、「目標地図」（おおむね 10 年後の１筆ごとの農地の耕作者を示した地図）を明確化する「地域計画」を定め、それを実現すべく、地域内外から農地の受け手を幅広く確保しつつ、農地中間管理事業を活用した農地の集積・集約化等、農地利用の最適化を進めることになった。

2　法人化

「農業法人」とは、土地利用型農業をはじめ、施設園芸、畜産等、農業を営む法人の総称である。農業経営を法人化することにより、次のような利点がある。一方で、法人化に伴う経理・申告事務作業の増加、社会保険料の負担増加等に留意する必要がある。

(1)　経営上の利点

①　会計管理や利益配分等の経営管理能力や対外信用力の向上

②　高収益作物の導入や環境保全型農業の促進等の経営の多角化や経営発展の可能性の拡大

③　農業従事者の福利厚生面の充実
④　経営継承の円滑化

(2)　地域農業としての利点
①　新規就農の受け皿の確保

(3)　制度上の利点
①　税制面での優遇
②　融資額の拡大

4.12.5　非農用地区域の検討

非農用地換地の導入に当たっては、自然的・経済的・社会的諸条件、非農用地の需給の動向等を検討し、導入後の構想について明らかにしなければならない。その上で、非農用地区域設定の要否を決定するとともに、非農用地換地の手法を明確にし、関係権利者の同意を得ておくものとする。

非農用地換地を構想する動機として考えられるものを、以下に示す。
①　非農用地として利用する区域を計画的に配置し、地区内における農地利用の効率化を図る
②　河川、道路等の公共用地の捻出
③　農用地と非農用地又は農用地と集落用地等の適正な配置による農村地域での土地利用秩序の確保
④　非農用地換地により工業団地、住宅団地、農畜産物等の販売促進施設等を導入することによる地域経済の活性化及び雇用の場の確保
⑤　非農用地の創設に伴う換地清算金による事業負担金の軽減

1　非農用地換地の種類

非農用地換地は、次の３つに分類される。

(1)　特定用途用地換地

土地改良事業施行前に農用地や土地改良施設用地等でない土地であって、土地改良事業施行後も農用地や土地改良施設用地等でない土地を特定用途用地といい、そのように定める換地を特定用途用地換地という。特定用途用地には、建築物の敷地、墓地、境内地等がある。

(2)　異種目換地

農用地である従前の土地に対応する換地を非農用地区域内の土地に定めることをいう（土地改良法第 53 条第１項ただし書及び第 53 条の２）。

(3)　創設非農用地換地

不換地により換地を定めない土地の地積又は特別減歩により減じた地積の範囲内で、新たに、公用・公共用地、住宅用地、工業用地等の非農用地を創設することをいう（土地改良法第 53 条の３の２第１項第２号)。なお、創設非農用地換地には、その土地が共同減歩によって生み出されるもの（土地改良法第 53 条の３第１項２号及び３号該当）と、不換地・特別減歩見合いのもの（土地改良法第 53 条の３の２第１項２号該当）がある（4.12.2　**換地の方法** 参照)。

2　非農用地区域の設定

非農用地区域を設定することの要否の検討は、土地改良法第８条第５項の要件に照らし、次のよう

に行うこととする。ただし、非農用地区域の規模は、地区の面積の３割を超えることがないことに留意する必要がある。

① 特定用途用地その他農用地以外の土地で引き続き農用地として利用されない土地についての非農用地区域の設定は、当該地区における農用地の集団化、その他農業構造の改善に資する見地からみて、適切な位置にあり、かつ妥当な規模を超えないこと。

② 地区内の農業者の生活上又は農業経営上必要な施設の用に供する土地もしくは道路、河川等の公共施設の用に供する土地を、新たに生み出すための非農用地区域の設定は、当該施設の配置において適切な位置にあり、かつ妥当な規模を超えないこと。

③ 地区の自然的、経済的、社会的諸条件からみて一定の非農用地化が見通されることを考慮して非農用地区域を設定する場合には、引き続き農用地として利用されるべき土地の効率的な利用を確保する見地からみて、適切な位置にあり、かつ妥当な規模を超えないこと。

引用・参考文献

1）農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準・計画「ほ場整備（水田）」（平成 25 年４月）

2）広田純一（1994）：創設非農用地換地、農村計画学会誌 13(3)、p.53-54