

4 水管理に係る課題と農業水利システムの再構築

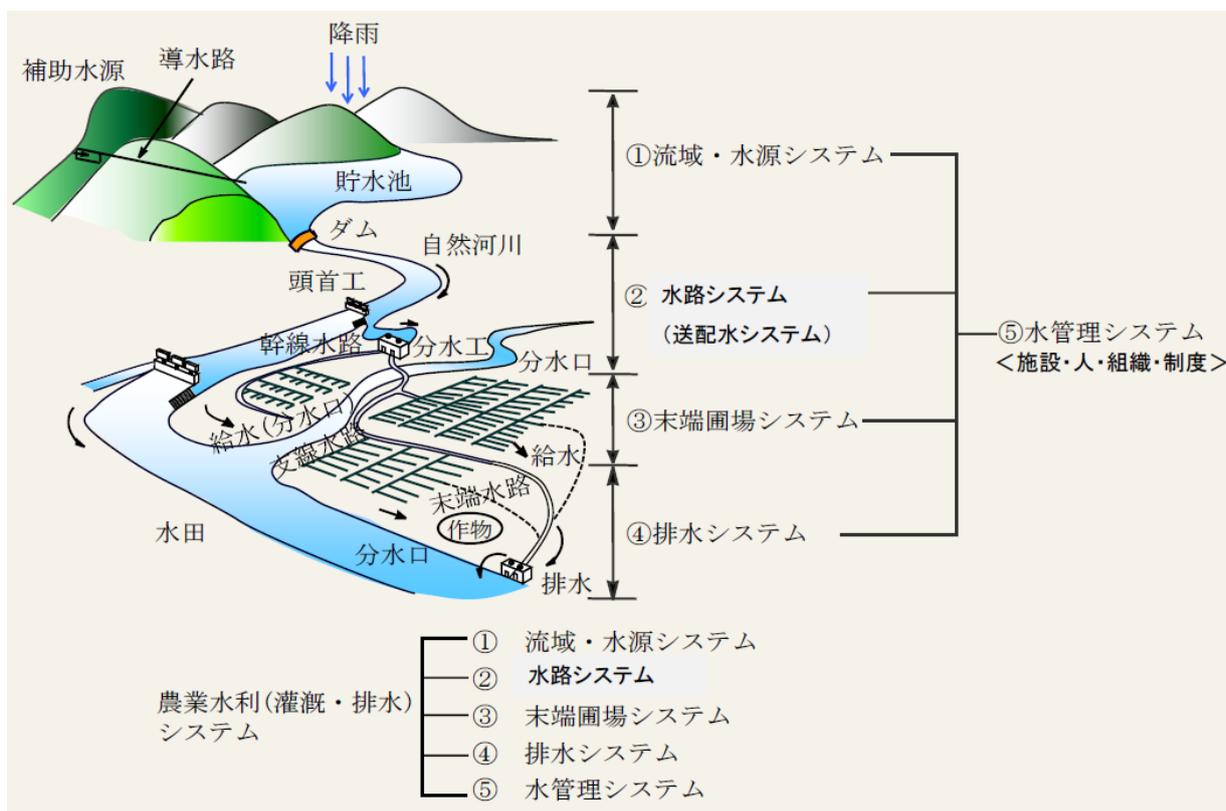
本章では、農業水利システムにおける水管理システムの位置付け等について解説するとともに、農業・農村の変化を踏まえた農業水利システムの再構築の在り方とICT技術の活用について整理する。

(1) 農業水利システムとその構成

農業用水に関わる系全体を包含する概念である農業水利システムは、

- ・ 自然物や物理的な施設である以下①～④のシステムと、
 - ① 流域・水源システム（自然河川・ダム・導水路など）
 - ② 水路システム（頭首工・揚水機場・水路など）
 - ③ 末端ほ場システム（給水栓など）
 - ④ 排水システム（排水路・排水機場など）
- ・ これら①～④が本来の機能を発揮するよう配置・組織化された
 - ⑤ 水管理システム（水管理施設・水管理組織・水利秩序）

により構成されている（図4-1）。



中・樽屋著:水路システム工学 より引用

図4-1 農業水利システムにおける水管理システム

この中で、⑤の水管理システムは、①から④にわたる農業水利施設を通じて用水の供給・配分又は農地からの排水などの用排水制御を行うため、それぞれの施設の維持・管理を担当する行政組織、土地改良区・土地改良区連合等（以下、「土地改良区等」）、水利組合等、農家等の水管理組織が、地域の慣行

や合意等により形成された水利秩序の中で、水管理施設又は現場の操作盤等において監視・操作を行うものである。

水管理が適切かつ円滑に行われるには、

- ・ 地域における営農や農業用水需要・水管理の現状
- ・ 高齢化に伴う農業者の減少や、担い手への農地集積等に伴うこれら営農や水管理に係る地元の意向を踏まえた今後の見通し

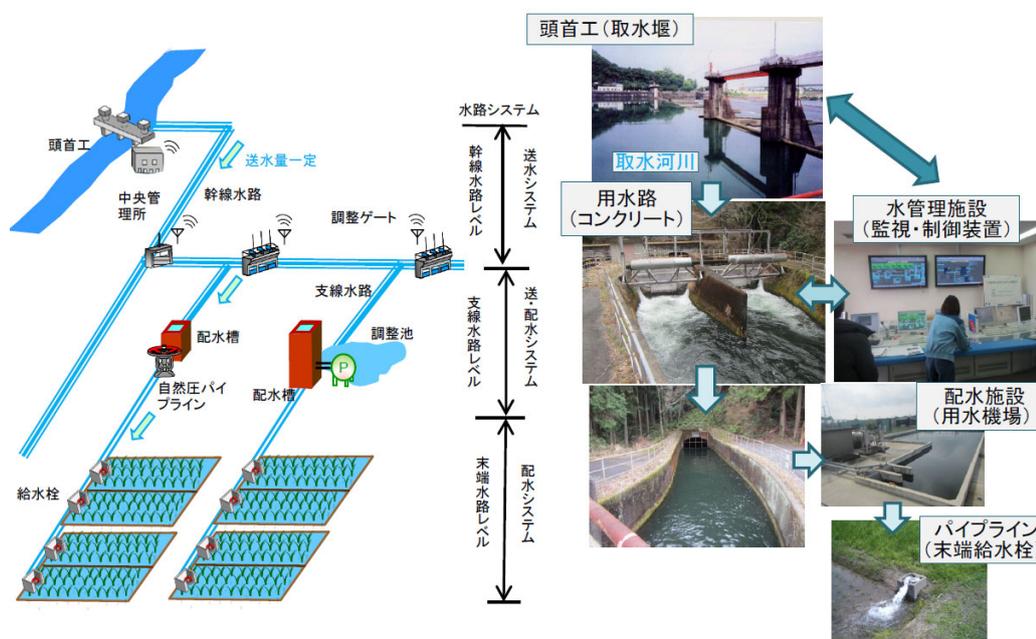
等を踏まえ、農業水利システムにおける農業水利施設、水管理組織及び水利秩序をバランス良く見直ししていくことが必要である。

ア 流域・水源システム・水路システムと幹線・支線・末端水路レベル

用水系の農業水利施設に着目すると、

- ・ 流域・水源システム（図 4-1 の①）には、ダム、補助水源からダムへの貯水を可能とする導水路が含まれ、
- ・ 水路システム（図 4-1 の②）には、用水を河川から取水し、ほ場まで送水・配水するための頭首工、揚水機場、幹線水路、分土工、支線水路、調整池、配水施設、末端水路などが含まれる。

②の水路システムについて、幹線水路、支線水路、末端水路の形式には、開水路と管水路があり、これらの施設が適正に組み合わせられて、水源からほ場まで農業用水が送水・配水される（図 4-2）。



資料：令和2年度農業土木事業協会 WEB 研修会資料「ほ場及び広域を対象とした水管理システムの現状と課題（中矢哲郎）」

図 4-2 水路システムの構成（例）

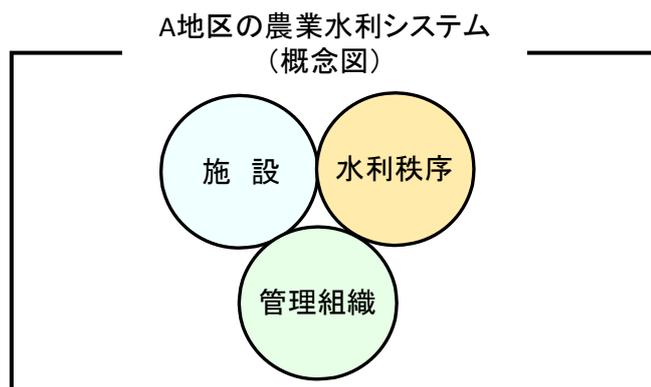
これら農業水利施設の規模や取水量については、日消費水量と受益面積

を基に用水需要量を積み上げ、ほ場での需要集中を想定せず、24 時間かけてほ場に用水供給されることを前提に決定されている。

イ 水管理組織と水利秩序

水管理は、施設（農業水利施設）に加え、土地改良区等・水利組合等・末端農家組織などの管理組織と、これら組織内及び組織間の水利秩序（制度・慣行等のルール）が相まって機能する（図 4-3）。

※ 図 4-1 に照らせば、①～④の施設と、⑤に含まれる土地改良区等や水利組合等、制度・慣行等のルールが相まって水管理が機能するということを意味する。



※施設には、水路の物理的構造（制御場所、水路形式）が含まれる

図 4-3 農業水利システムを支える 3 要素

施設規模や取水量の制約の下、典型的な例として、土地改良区が幹線レベル、水利組合や集落が支線レベル、地域の多数の農家がほ場レベルの水管理を担うといった重層的な役割分担の上、上位からの供給量を基に水利用のルールが構築され、用水配分がなされてきた（図 4-4）。

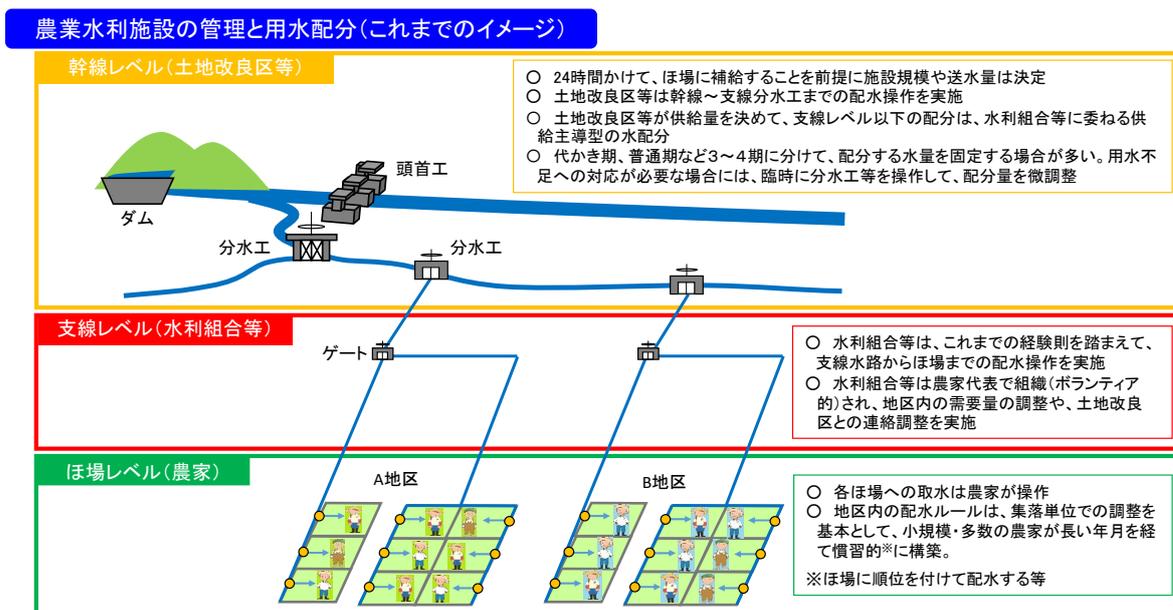


図 4-4 農業水利施設の管理と用水配分（これまでのイメージ）

土地改良区等が管理する幹線レベルにおける用水配分は、土地改良区職員が自ら実施する場合や、幹線から支線への分水操作等を配水管理委託者に依頼して実施する場合が多い。

支線に配水された用水は、水利組合等が、地区内のルールに則り利水調整を行うが、地区内のルールについて、慣行によるルールはあるものの明文化されていない地区が大宗を占めている。また、新規就農者や集落外からの入作農家に対して、地区内のルールを周知・伝達する機会を持たない地域もある。

幹線レベル、支線レベル、ほ場レベルにおける水管理の例を以下に示す。

【幹線レベル（土地改良区）】

- ・ 24時間かけて、ほ場に補給することを前提に施設規模や送水量は決定
- ・ 土地改良区等は幹線～支線分水工までの配水操作を実施
- ・ 土地改良区等が供給量を決めて、支線レベル以下の配分は、水利組合等に委ねる供給主導型の水配分
- ・ 代かき期、普通期など3～4期に分けて、配分する水量を固定する場合が多い。用水不足への対応が必要な場合には、臨時に分水工等を操作して、配分量を微調整

【支線レベル（水利組合）】

- ・ 水利組合等は、これまでの経験則を踏まえて、支線水路からほ場までの配水操作を実施
- ・ 水利組合等は農家代表で組織（ボランティア的）され、地区内の需要量の調整や、土地改良区等との連絡調整を実施

【ほ場レベル（農家）】

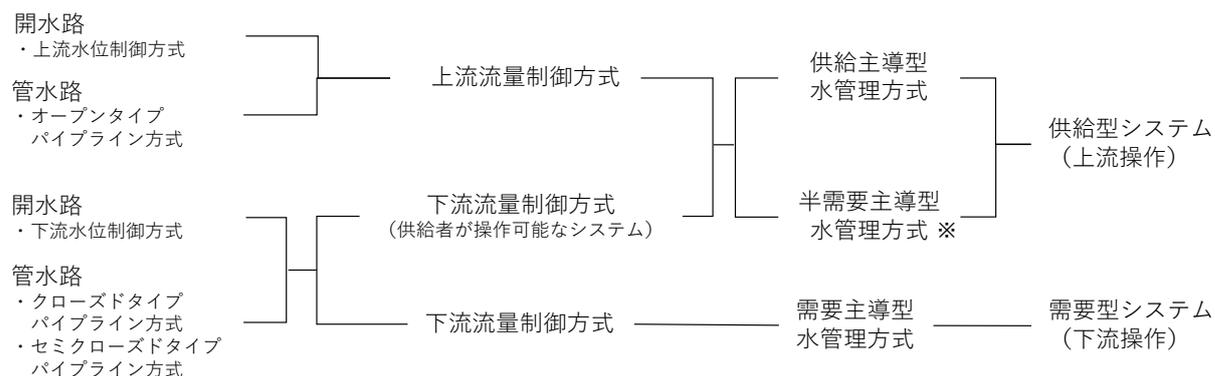
- ・ 各ほ場への配水は農家が操作
- ・ 地区内の配水ルールは、集落単位での調整を基本として、小規模・多数の農家が長い年月を経て慣習的[※]に構築。

※ ほ場に順位を付けて配水する等

ウ 水管理方式

水路システムに着目したとき、一般的には図 4-2 のように幹線水路レベル、支線水路レベル及び末端水路レベルにより構成されるが、これらそれぞれの水管理の方式は、それぞれの施設の物理的構造、制御箇所を操作する者、下流の需要側との調整頻度などにより、供給主導型・半需要主導

型・需要主導型の3タイプに分類される（図4-5、表4-1）。



※需要者からの申し込み水量を基礎に供給側が供給量を決定・操作する方式

資料：農業水利のための水路システム工学（中・樽屋著：2015）の図を基に編集

図4-5 水管理方式と水路形式

表4-1 水管理方式と水路形式

【施設】 水路の物理的構造		【組織・人】 組織的側面	【制度】 水利秩序	水管理 方式
制御場所	水路形式	制御場所を 操作する者	需要者との 調整頻度	
水路の 上流部で 流量制御	・開水路（上流水位制御方式） ・オープンタイプ管水路	供給側の者 （供給型システム）	低い	供給 主導型
			高い	半需要 主導型
水路の 下流部で 流量制御	・クローズドタイプ管水路 ・セミクローズドタイプ管水路 （・開水路（下流水位制御方式））		低い	供給 主導型
			高い	半需要 主導型
		需要側の者 （需要型システム）		需要 主導型

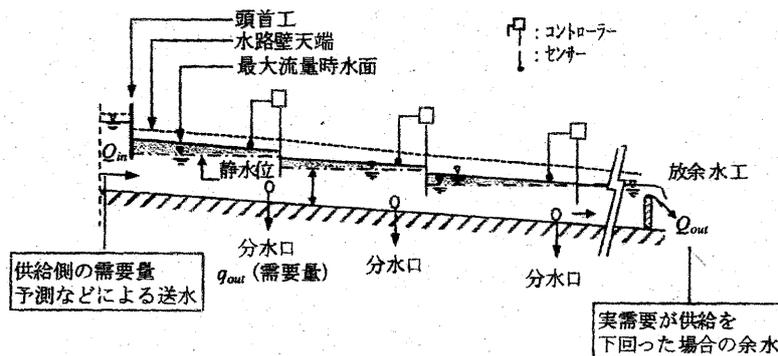
【水路の物理的構造】

○ 上流側で流量制御するタイプ

・開水路（上流水位制御方式）（図 4-6）

幹線水路システム内において、水源から取水した用水を自然流下で通水させ、各分水工から末端ブロックへの必要水量を取水する形式。水源からの供給量が実需要量を上回る場合には、その差が水路流末部から余水として放流される。

水路の上流域で優先取水できる特性がある一方、下流域で水不足を招く、用水到達に長時間を要する等の課題もある。

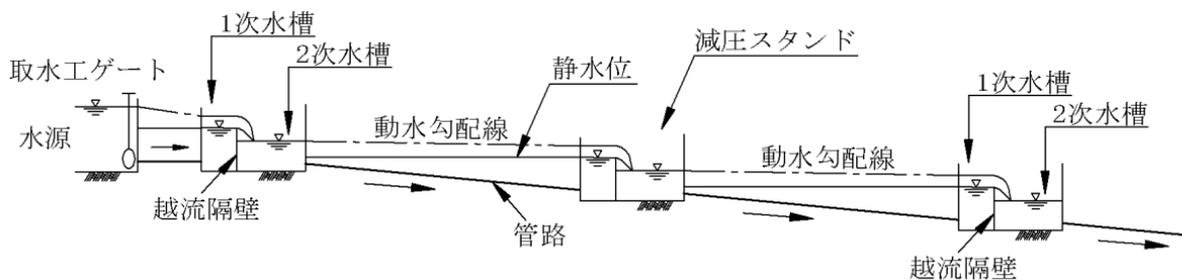


資料：農業水利のための水路システム工学（中・樽屋著：2015）

図 4-6 開水路（上流水位制御方式）概要図

・オープンタイプ管水路（図 4-7）

パイプラインに沿った要所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に多く用いられ、開水路に準じた水路形式であり、余水はすべて放流されるため、節水の必要がある地域では、調整池等を設けて無効放流を防ぐ必要がある。



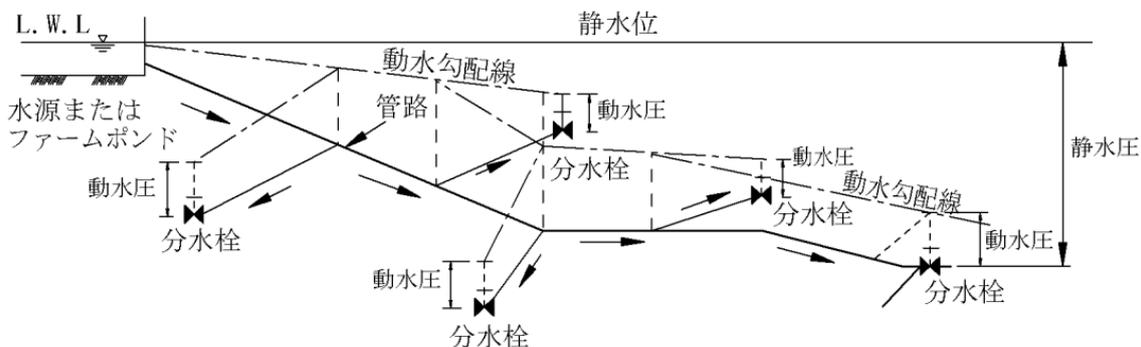
資料：土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「パイプライン」（農林水産省：令和3年6月）

図 4-7 オープンタイプ管水路概要図

○ 下流側で流量制御するタイプ

・クローズドタイプ管水路（図 4-8）

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方式。特に給水圧力を必要とする用水路に最適である。

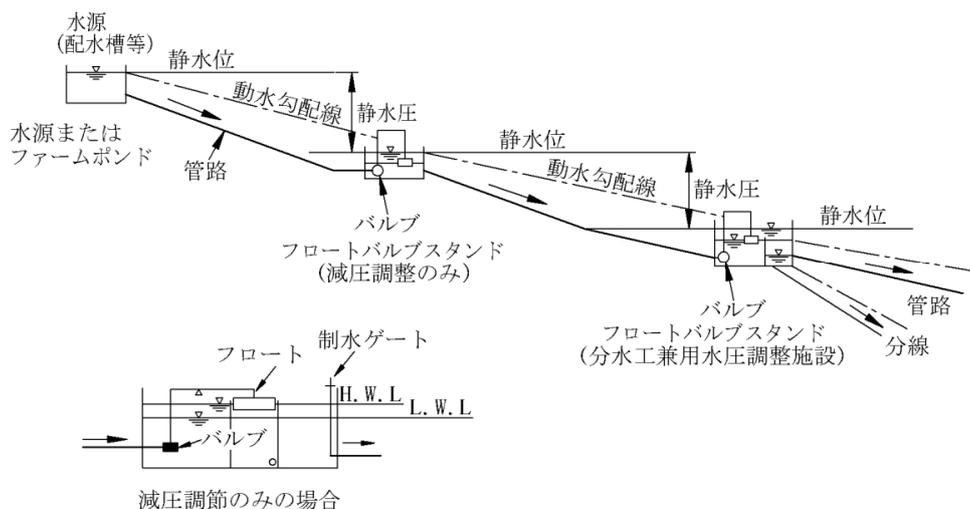


資料：土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「パイプライン」（農林水産省：令和 3 年 6 月）

図 4-8 クローズドタイプ管水路概要図

・セミクローズドタイプ管水路（図 4-9）

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であり、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ほか、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。



資料：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」（農林水産省：令和 3 年 6 月）

図 4-9 セミクローズドタイプ管水路概要図

・開水路（下流水位制御方式）

支線水路の始点に設けられた水位調整ゲートによって、その下流水位を一定にし、分土工の下流で流量を制御する方式。制御方式としては優れた面を持ちながらも、水路構造の変更や工事費の増嵩から、勾配のある開水路系で採用された例は限定的である。

【制御場所の操作者、需要者との調整、水管理方式】

○ 供給主導型

供給側が、水資源状況及び作付け状況と過去の管理経験などから需要量を想定して水の供給（量）を決定し、施設を操作する方式である。

施設が開水路（上流水位制御方式）やオープンタイプ管水路の場合、供給側が上流の取水口等を操作する。施設が開水路（下流水位制御方式）やクローズドタイプ・セミクローズドタイプ管水路の場合、供給側が分土工等の下流施設を操作する。

○ 半需要主導型

需要者からの予定の申し込み水量を基礎に、供給側が水の供給（量）を決定し、操作する方式である。申し込み水量についてのデータの処理時間と制御システムの応答特性の時間により、実際の用水供給に遅れが生じる。

施設が開水路（上流水位制御方式）やオープンタイプ管水路の場合、供給側が上流の取水口等を操作する。施設が開水路（下流水位制御方式）やクローズドタイプ・セミクローズドタイプ管水路の場合、供給側が分土工等の下流施設を操作する。

○ 需要主導型

水資源量及び施設容量の範囲内で需要者が水の配分を決定し、また即座に供給を受けることができる方式である。

施設は開水路（下流水位制御方式）やクローズドタイプ・セミクローズドタイプ管水路であり、需要者が分土工等の下流施設を操作する。

(2) 水管理に係る基本的課題

水管理に係る基本的な課題は、各ほ場に必要な時期に必要な水量を供給するために、用水の供給側である土地改良区等や水利組合等、そして用水の需要側である個々の農家について、それらの労力や電気代などのコストの縮減と、無効放流の縮減を、どのように達成するかということとなる。

【用水供給側：水管理組織の負担】

農業水利施設の規模により水源容量、取水量、水路の送水・配水能力などは制約されるため、水管理組織は、これらの制約の下、需要に応じて農業用水を効率的にほ場まで送水・配水する必要がある。

農業水利施設が位置する範囲は広域に及ぶため、水管理組織は、多数の施設を操作する労力を要する。特に水資源に制約のある地域においては、水不足や無効放流が生じないように適切に施設を操作する労力を要する。

また、地形条件、施設条件等により、揚水機場、排水機場、電動ゲート、除塵設備等の施設機械設備を設置している場合、その運転にかかる電気代負担は小さくない。

【用水需要側：個々の農家の負担】

ほ場で農業用水を利用する農家の水管理についても、営農の多様化、かんがい期間の前後倒し等に対応するため、きめ細やかな分水量・水位制御を行う労力を要する。特に、大規模経営体については、分水量・水位制御を広範囲で行う必要があるため多大な労力を要する。

(3) 農業・農村の変化に伴う水管理に係る課題

少子・高齢化、人口減少の本格化、ライフスタイルの変化や海外市場の拡大、農地面積や農業就業者の減少による生産基盤の脆弱化、地域コミュニティの維持に対する懸念など、我が国の農業・農村をめぐる情勢は大きく変化している。

このような農業・農村をめぐる情勢の変化、そしてこれに伴う農業用水の需要の変化により、農業用水の需要と供給の不一致が発生する可能性がある。

ここでは、以下のような農業・農村の変化を例とし、これに伴う農業用水の需給及び水管理に係る課題について述べる。

- ・ 農村社会の変容（農業従事者の減少や農村の混住化・都市化）
- ・ 農業構造の変化（農業経営の大規模化）
- ・ 営農の変化や農地面積の変化
- ・ 農地整備の進展

ア 農村社会の変容に伴う利水調整・送配水管理の効率化

【ポイント】

農業従事者の減少や農村の混住化・都市化により、水管理組織の空洞化が進む可能性があるため、利水調整や送水・配水管理の見直し・効率化が必要となる。

我が国では農業を支える基幹的農業従事者の減少、高齢化が進行している（図 4-10）。

また、農村地域では、混住化・都市化の進行により、農家と土地持ち非農家の比率が、昭和 60 年では 9 : 1 であったものが、平成 27 年では 6 : 4 となり、土地持ち非農家が増加している（図 4-11）。

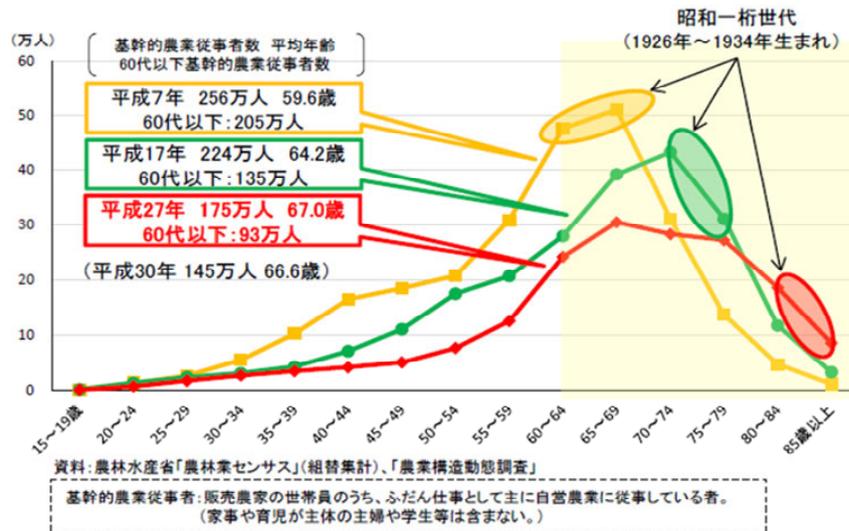


図 4-10 基幹的農業従事者の年齢構成の推移

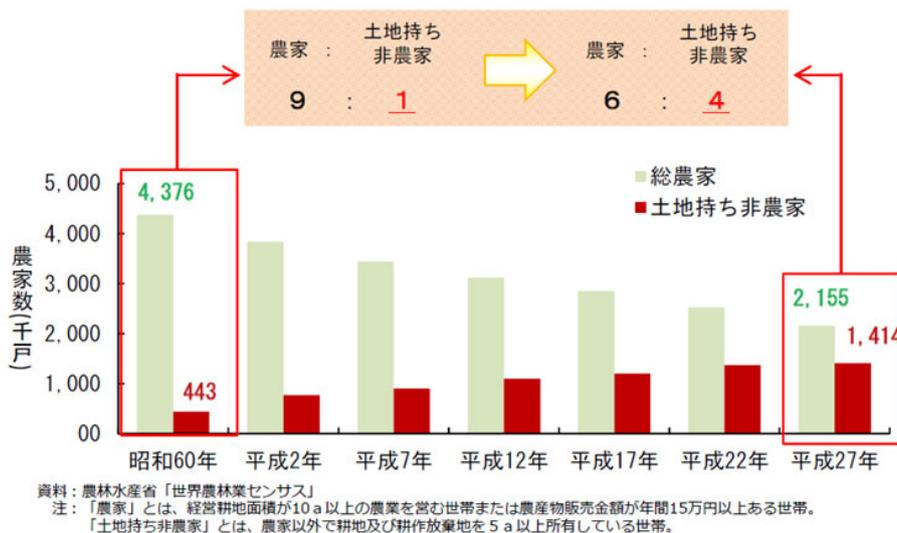


図 4-11 総農家及び土地持ち非農家数の推移

このような農業従事者の減少や農村の混住化・都市化がさらに進行すると、支線水路レベルを管理する水利組合や、末端水路レベルを管理する農業従事者同士の互助体制を維持できないなど、水管理組織の空洞化が進む可能性がある。

このような場合、従来の水管理体制（土地改良区等、水利組合等、農家の三重構造の体制）の下、それまでは集落全体として慣行的に取り組みされてきた利水調整や送水・配水管理について、新たな状況に対応し、更なる効率化や体制の見直し等が求められることが考えられる。

イ 農業構造の変化と集落内・集落間の利水調整

【ポイント】

農地集積が進み、集落をまたぐ大規模な農業経営体が増える中、以下のような集落内・集落間の利水調整に係る課題に対応する必要がある。

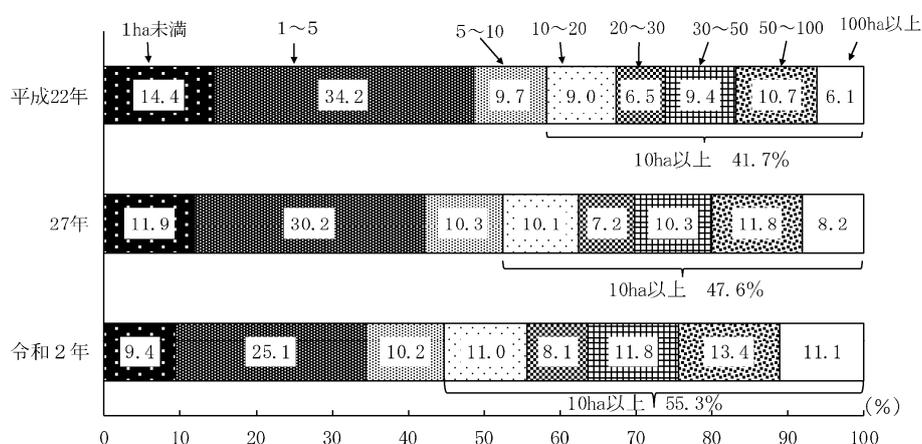
- ・ 大規模経営体が他集落に入作する際、その集落において、集落外の居住者に対し集落の利水調整ルールを周知する仕組みとなっていない場合、入作した大規模経営体は計画的な営農に支障をきたす可能性がある。
- ・ 集落をまたぐ大規模経営体の水需要に対し、複数集落間での利水調整が困難な場合がある。

【大規模な経営体の増加】

少子高齢化・人口減少が本格化し、農業者が減少する中であっても、我が国の農業が持続的に発展していくためには、一層効率的かつ安定的な農業構造に転換していくことが重要である。このため、農林水産省は、地域計画の策定による将来の農地利用の姿の明確化、農地の集積と集約化、農業生産基盤整備、次世代の担い手への農地をはじめとする経営基盤の円滑な継承を推進している。

このような中、大規模な農業経営体や集落営農組織が全体に占める割合が大きくなっている。

図 4-12 に示すように、農業経営体の経営耕地面積規模別に経営耕地面積の割合をみると、30ha 以上の農業経営体は平成 22 年には 26.2%だったところ、令和 2 年には 36.3%に増加している。一集落当たりの耕地面積は一般的に 30~50ha 程度と考えられることから、このような 30ha 以上を経営する経営体は集落全域あるいは複数の集落をまたいだ農業経営を行っていると考えられる。

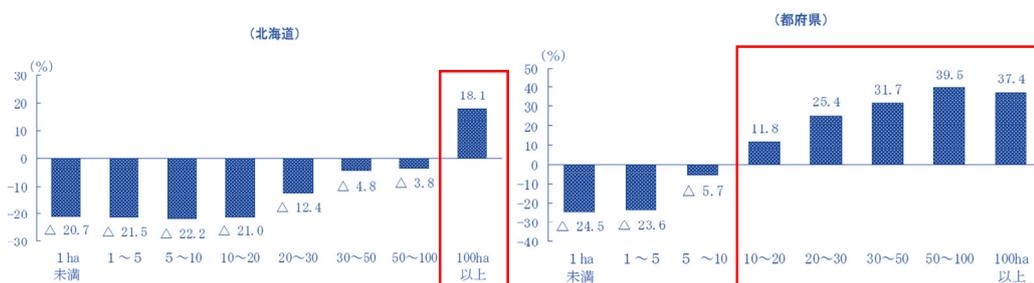


資料：農林水産省「2020年農林業センサス」

図 4-12 経営耕地面積規模別経営耕地面積の割合（全国）

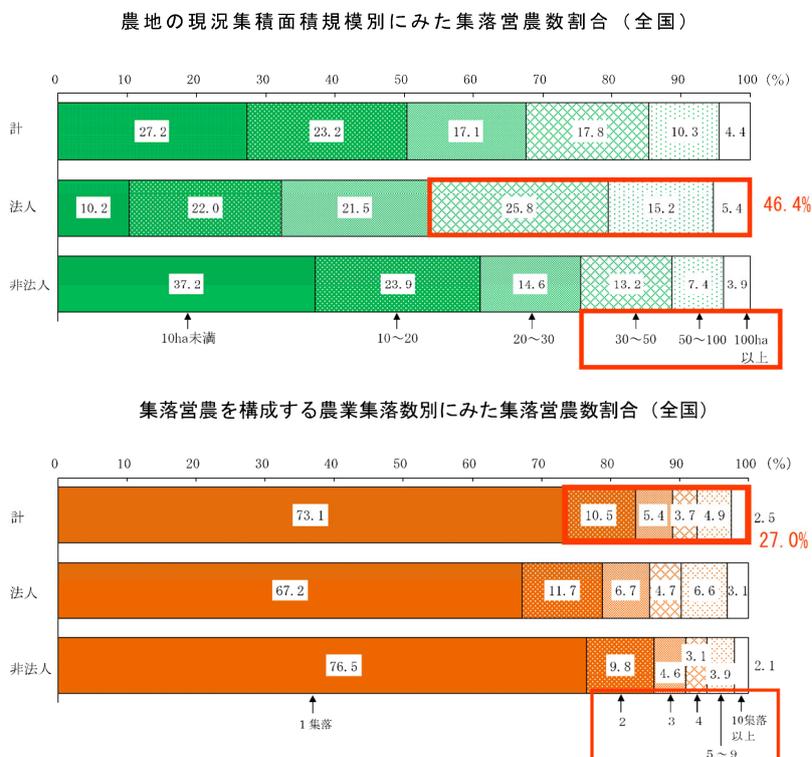
図 4-13 に示すように、経営耕地面積規模別の農業経営体数は、平成 27 年から令和 2 年までの 5 年の間に、北海道では 100ha 以上が増加、100ha 以下が減少、都府県は 10ha 以上が増加、10ha 以下が減少するなど、5 年間で大きく変化している。

図 4-14 に示すように、集落営農組織のうち法人格を有する集落営農組織の耕作面積（経営面積＋農作業受託面積）については、1 集落の規模（30～50ha 程度）より大きな 30ha 以上の組織数が令和 2 年において全国平均で 46.4%を占めている。また、集落営農に取り組む範囲に着目すると、2 集落以上の規模で広域化に取り組む組織が、令和 2 年において全体の 27.0 %となっている。



資料：農林水産省「2020年農林業センサス」

図 4-13 経営耕地面積規模別農業経営体数の増減率（平成 27 年から令和 2 年の比較）



資料：農林水産省「令和 2 年集落営農実態調査報告書」

図 4-14 集落営農組織の変化

【集落内・集落間の利水調整に係る課題】

このように農業経営が大規模化すると、所在集落の外の集落において、入作する形となる農業経営体も出てくる。その際、入作農家に対して集落内の利水調整ルールを周知する方法を有していない地域や、土地改良区組合員ではない耕作者（貸借地の所有者が継続的に組合員である場合）に対して利水調整ルールを周知する方法を有していない地域の場合には、入作農家となる大規模経営体が地域の利水調整ルールを把握できず、水管理を含む計画的な営農に支障をきたし、また地域の他の経営体と利水調整に関しトラブルに発展する可能性が考えられる。

また、複数の集落間での利水調整の課題も生じる場合が考えられる。従来、支線レベルを担う水利組合等などの水管理組織は、集落内での利水調整を担ってきた。しかし、複数の集落をまたぐ大規模経営体が増加する中、水管理組織がこれら大規模経営体による多様な用水需要を的確に把握し、集落内部の利水調整を行いつつ、他の集落の水管理組織との利水調整を同時に行うことは困難と考えられる。このため、大規模経営体サイドが集落組織単位の用水配分に合わせて営農を行っている等の状況も生じる。

大規模経営体としては、地域の利水調整ルールに精通した集落内の農家等に水管理を委託することも考えられるが、この場合、水管理の委託先の継続的な確保が課題となる。

ウ 営農の変化や農地面積の変化への対応

【ポイント】

農業経営規模の拡大や消費者ニーズの多様化等に伴って営農が変化し、用水需要にも変化が生じる。これに対応して農業水利システムを見直す中で、水管理についても見直す必要が生じる。

【営農の変化】

経営規模を拡大した経営体においては、労働時間の分散・省力化として作期の異なる水稻品種の導入、直播栽培の導入等の動向が確認されている（図 4-15）。また、多様化する消費者ニーズへの対応、経営戦略から新たな水稻品種の導入、高収益作物への転換等の動きもみられる。

こうした営農の変化に伴い、水利用が多様化し、かんがい期間の延長、使用水量の変化、冬期用水の確保など、用水需要の変化が生じている。特に、中～大規模経営体においては使用水量が多い。

このような用水需要の変化に対応するには、その程度に応じて施設の見直しや水利権の見直しが必要となり、水管理についても、幹線、支線、末端の各レベルにおいて、施設、水利権、用水需要の変化に合わせた対応が求められる。

<地区事例：H法人（新潟県）>

○ 経営規模の拡大（9ha（H18）→106ha（H27））に伴い、農作業の効率化を図るため、水稻品種を多様化。

収穫時期		作付品種	
月	旬	従来	現在
8月	下旬		ゆきん子舞（主食用米）
			五百万石（酒米）
9月	上旬		こしいぶき（主食用米）
	中旬	コシヒカリ（主食用米）	コシヒカリ（主食用米）
	下旬		
10月	上旬		笑みの絆（兼務用米）
			みずほの輝き（主食用米）
	中旬		北陸193号（飼料用米）
11月	上旬		みつひかり（兼務用米）

資料：農林水産省農村振興局「土地改良法の改正について（土地改良区の在り方）」

図 4-15 多様化する作付品種

【農地面積の減少】

我が国の農地面積は、近年一貫してゆるやかな減少傾向が続いている（図 4-16）。各地区では、受益面積は減少するものの、開水路による用水システムの場合、幹線水路から支線水路、支線水路から末端水路、末端水路からほ場に分水する際、円滑に配水するための水位維持用水（ゲタ水）などの配水管理用水の確保が新たに必要となる場合がある。

このような変化に対応し、水管理における送配水量の見直しが生じる。

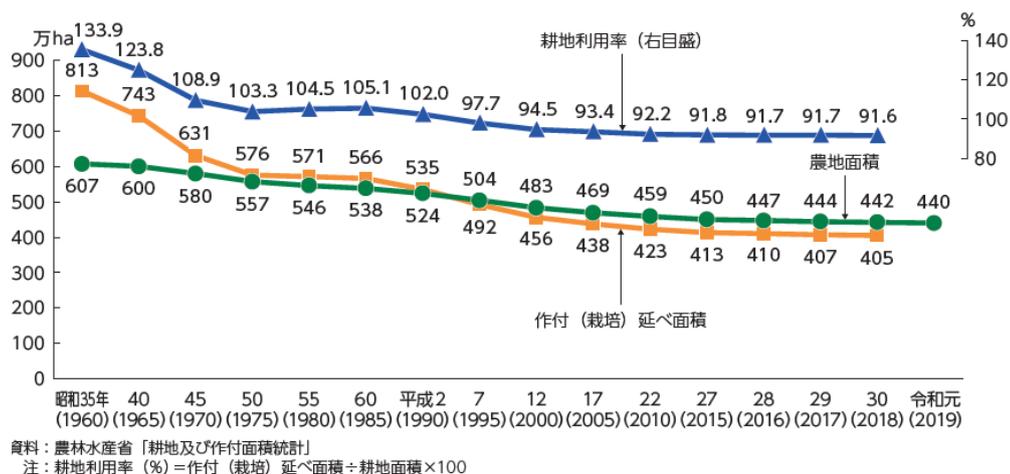


図 4-16 農地面積、作付(栽培)延べ面積、耕地利用率

エ 農地整備による用排水分離に伴う変化への対応

【ポイント】

農地整備による大区画化・用排水分離に伴い、水管理の見直しが生じる場合がある。

【営農の変化】

農業競争力の強化に向けて効率的かつ安定的な農業経営を確保するため、農地整備事業による農地の大区画化・汎用化が進められている。農地整備により用水と排水が分離されると、従来の田越しかんがいから、ほ場単位での給排水が可能となり、個々のほ場の水利用の自由度が向上する（図 4-17）。

他方、これにより用水需要の集中が見込まれる場合、水利権の見直しとともに、水管理についても合わせて見直すことが必要となる。

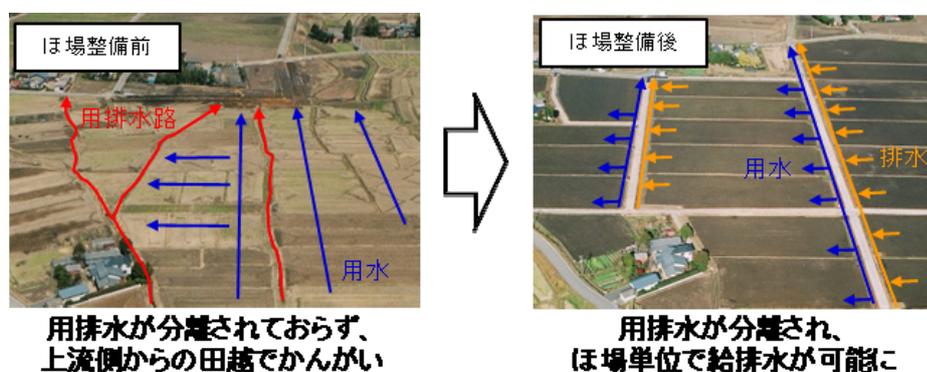


図 4-17 ほ場整備による用排水分離（イメージ）

(4) 農業水利システムの再構築と水管理におけるICT技術の活用

ア 状況に応じた農業水利システムの再構築

(2) で示したように、現況の水路システムを用いつつ、現在の農業経営に合わせた効率的な水管理を行う際、無効放流を縮減しつつ、土地改良区等、水利組合等、農家等に生じる労力や電気代などの負担を軽減することが基本的な課題となる。

農業水利システム(図4-1)を構成する現況の水路システムを所与としてこれらの課題に対応する場合、農業水利システムのうち、水管理に係る組織や秩序(ルール)を再構築することで対応することとなる。

他方、(3)で示したように、農業用水の需給に不一致が生じると、供給側である土地改良区等・水利組合等には送配水管理労力や電気料金の増大などが生じ、また、需要側である農家等には計画的な用水補給に支障が生じるなど、双方の負担が増加する。

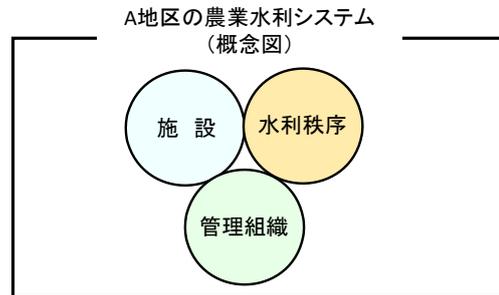
これに対し、水管理に係る組織や秩序(ルール)の再編のみで対応できない場合は、水路システムの再編や水利権の変更を含めて農業水利システムを再構築して用水需給の不一致を解消しつつ、土地改良区等・水利組合等による計画的な用水供給、管理労力の軽減、農家による計画的な営農などを目指す必要がある(図4-18)。

このように、農業水利システムの再構築に当たっては、地域の実情や地元の意向を踏まえつつ、今後の担い手への農地集積の進展に伴う営農の変化等を見据え、農業水利システムを構成する水路システム、それを運用する組織や秩序をバランスよく変更することが重要となる。

現 状

現状の農業水利システムでは農業構造の変化や用水需要の変化に対応した用水配分ができておらず、土地改良区等、水利組合等、農家等に生じる労力や電気代などが負担になっている。

土地改良区	<ul style="list-style-type: none"> ○見回り等、配水管理に多大な労力 ○無効放流の発生に伴う高額な電気代の負担 ○用水配分に対する農家からの苦情への対応
農家	<ul style="list-style-type: none"> ○予定どおりの取水ができず、ほ場において必要以上に水管理に労力がかかる ○作物が必要なときに用水補給ができない ○無効放流の発生により、賦課金が上がる



※丸の大きさは、その要素の相対的な比重を表現。

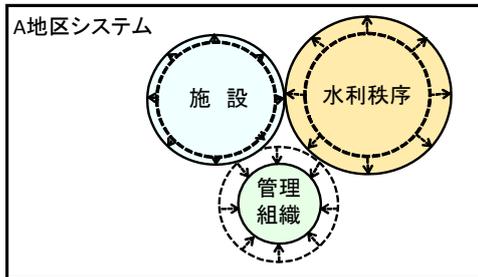


農業構造等の変化に応じて、施設、管理組織、水利秩序を見直し

見直し後

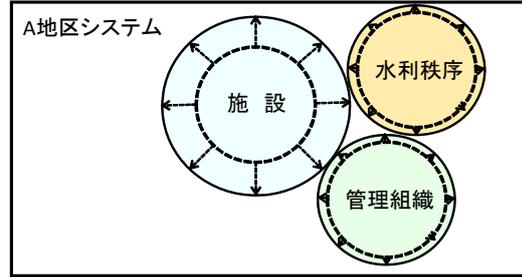
農業構造の変化や用水需要の変化に対応した用水配分を実現するためには、農業水利システムを構築する水路システム、それを運用する組織や秩序をバランスよく変更することが重要

(パターン1) 施設改修と水利秩序に対応する場合



(例) 配水管理に多大な労力を要している課題に対して、電動ゲート(機側操作)の設置等により操作労力を軽減しつつ配水を円滑に行うとともに、取水ルール調整を行うことにより配水管理労力を削減して対応するケース

(パターン2) 主に施設の機能向上に対応する場合



(例) 無効放流が発生している課題に対して、調整施設の設置により水の有効利用を図りつつ、調整施設を設置したことによる管理労力の微増と取水ルールの変更を伴うケース



将来像

水路システム、それを運用する組織や秩序をバランスよく、変更することで、配水にかかる課題の解消につながる。

土地改良区

- 計画的な用水の供給
- 調整や施設操作に係る労力の軽減
- 無効放流の削減による電気代の軽減

農家

- 営農の予定が立てられる用水の配分(配分と合わせた水配分に係る情報の提供)
- 計画的な配水に基づく水管理労力の軽減
- 無効放流の削減による賦課金の軽減
- 適切な水管理による作物の品質確保
- 用水供給の状況等の情報が双方に平等に共有されることにより、農家間の不公平感が解消

図 4-18 農業水利施設の再構築のイメージ

イ 水管理における I C T 技術の活用

【 I C T 技術を活用する際の基本的な考え方】

水管理における基本的な課題や、用水需要の不一致などの課題に対し、農業水利システムの各構成要素（水路システム、組織、秩序等）を状況に応じバランスよく変更し再構築することが重要と述べた。

この再構築を行う中で、より効率的な水管理に向けて、I C T 技術を活用することが今後一層重要となる。例えば図 4-19 に示すように、現状の課題に対し、施設の機能向上に加え I C T 技術を活用することにより、用水需要の変化に対応しつつ、水管理組織の負担軽減・水利秩序の改善が期待できる。

I C T 技術の活用にあたっては、地域農業の将来像や、それを支える水路システムと水管理システム（組織・秩序など）の在り方等について、コスト、効果、効率性を踏まえながら、関係者とともに検討することが重要である。

また、上流側の幹線水路から末端のほ場までを一度に I C T 化すると、現行の水管理システムにおける組織や秩序に混乱をきたす可能性があることから、段階的に導入することが望ましい。

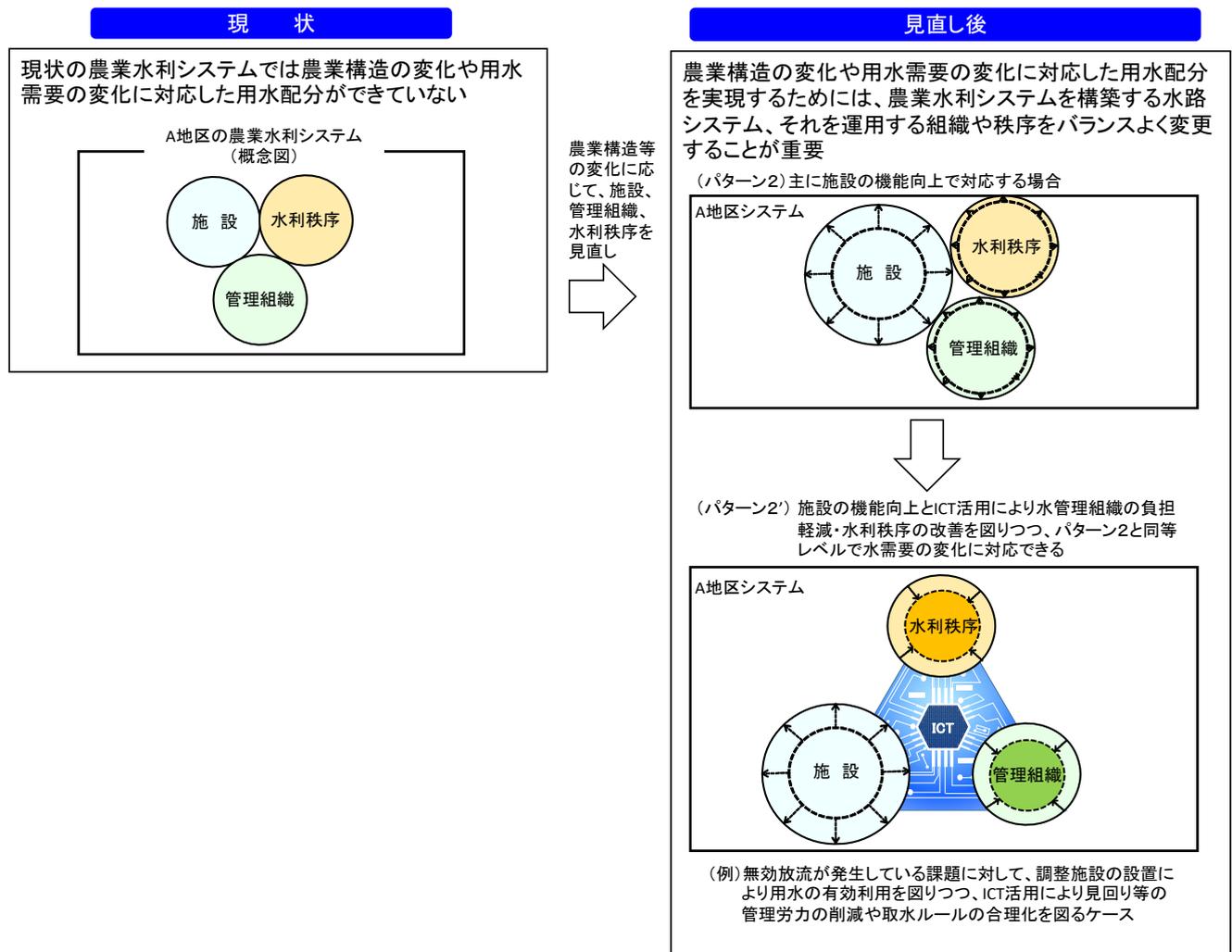


図 4-19 ICTを活用した農業水利システムの再構築のイメージ

コラム

～水路システムの幹線・支線・末端レベル毎の水管理方式の組合せと特徴～

概念的なパターン分け

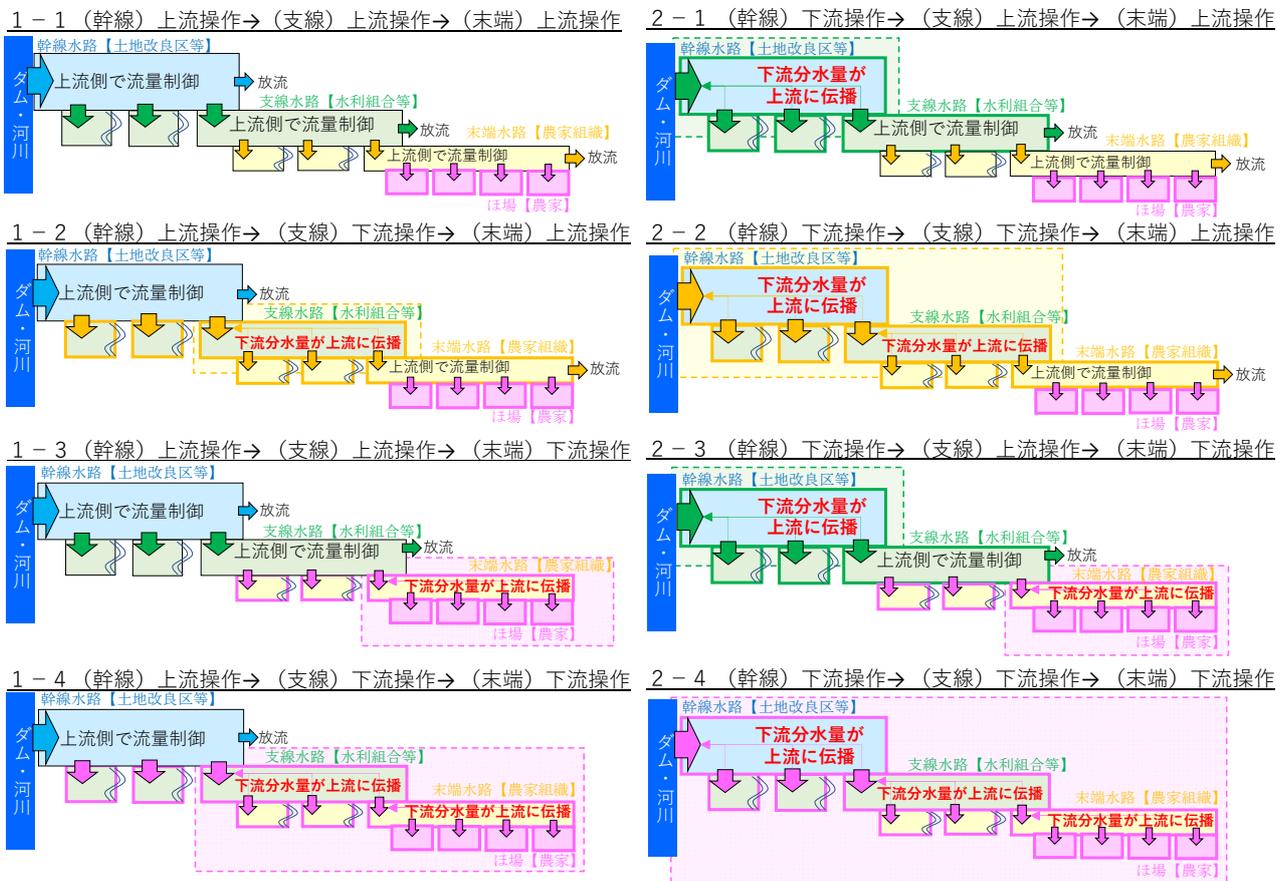
(1) ア及び(1)イに示したように、水路システムは概念的に幹線水路レベル、支線水路レベル、末端水路レベルに分類され、それぞれにおいて、典型的には土地改良区等、水利組合等、地元農家の組織などにより、水管理が行われている。

そして、(1)ウに示したように、それぞれのレベルにおける水管理の方法は、水路の物理的構造(水路形式・制御場所)や、上流側・下流側の組織との関係において、供給主導型・半需要主導型・需要主導型に分けられる。

ここでは、幹線・支線・末端レベルの水路システムの各構成要素の水路形式・制御場所とその組み合わせにより、水路システム全体としての水管理方式がどのような特徴を有するかについて論じる。

コラム図 4-1 は、幹線・支線・末端水路レベルにおける水路形式・操作場所の概念的パターンを示している。幹線・支線・末端水路レベルは、それぞれ上流側操作での流量制御(例えば上流制御型の開水路)又は下流側の分土工操作での流量制御(例えばセミクロードパイプライン)のいずれかとし、 $2 \times 2 \times 2 = 8$ 通りのケースを想定している。

ただし、現実には地区内に複数ある支線水路系統又は末端水路系統は、必ずしも開水路(典型的には上流側操作)又はパイプライン(典型的には下流側での流量制御)に統一されていない。このため、実際は水路システムの各系統が別々のパターンに該当し、地区全体としてはこれらのハイブリッド構造になっていることが多いと考えられる。



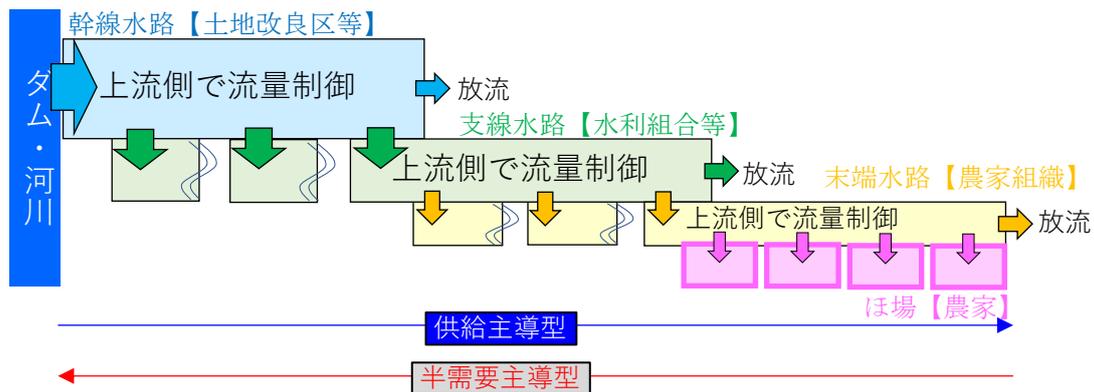
コラム図 4-1 水路システムの各レベルにおける形式・操作場所の組合せ

コラム図 4-1 における留意点は以下のとおりである。

- ・ 各パターンの見出しについて、「上流操作」としているところは、上流水位制御方式の開水路又はオープンタイプの管水路、「下流操作」としているところは、下流水位制御方式の開水路又はセミクローズドタイプ若しくはクローズドタイプの管水路である。
- ・ ある水路が上流操作の場合、必ずしも上流の河川又は水路からの取水量の全量を下流側の水路に分水しないため、(無効)放流が生じる。
- ・ 下流操作の場合、下流側の水路又はほ場からの取水量の合計が、上流側の水路からの取水量となる(ただし、上流側の水路に十分な流量があることが前提)。図において、このことは矢印の色で表現されている。

以下に各パターンの特徴を示す。水管理に I C T 技術を活用することを検討する際、対象とする地区がいずれのパターンに該当する又は近いのか、そしてその管理上の特徴・課題を検証した上で、何を目的とし、いずれの場所に、どのような I C T 技術を導入すべきか検討することは有効であると考えられる。

【1-1】（幹線）上流操作→（支線）上流操作→（末端）上流操作



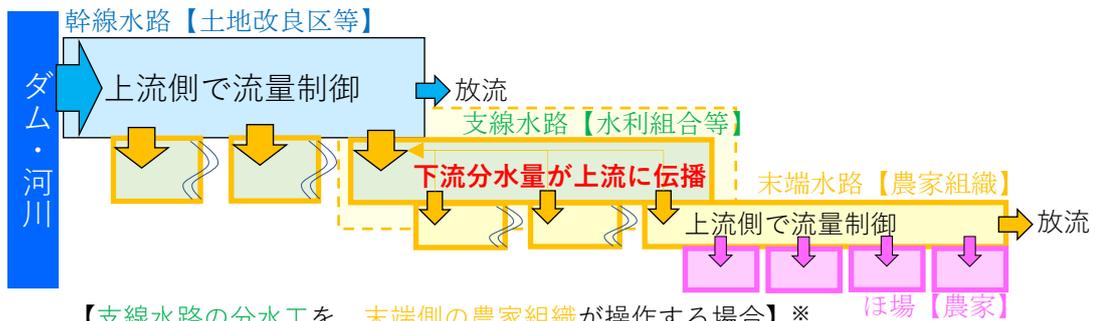
農家の水需要を農家組織→水利組合等→土地改良区等が集計し、それを踏まえ供給を行う場合

幹線水路	土地改良区等	水路形式	<ul style="list-style-type: none"> ・開水路（上流水位制御方式） ・オープンタイプ管水路
		制御/水収支	<ul style="list-style-type: none"> ・最上流のダム又は河川の取水口を操作・流量制御し取水された量が水路を流下 ・下流側で取水されなかった残量は放流
		水管理方式	<p>【基本的には供給主導型】</p> <p>【下流側の水利組合等の需要情報に基づき、最上流を操作・流量制御する場合、半需要主導型】</p>
支線水路	水利組合等	水路形式	<ul style="list-style-type: none"> ・開水路（上流水位制御方式） ・オープンタイプ管水路
		制御/水収支	<ul style="list-style-type: none"> ・水路の最上流で操作・流量制御し分水された量が水路を流下 ・下流側で取水されなかった残量は放流
		水管理方式	<ul style="list-style-type: none"> ・基本的には供給主導型となる ・他方、下流側の農家組織の需要情報に基づき、最上流を操作・流量制御する場合、半需要主導型となる
末端水路	農家組織	水路形式	<ul style="list-style-type: none"> ・開水路（上流水位制御方式） ・オープンタイプ管水路
		制御/水収支	<ul style="list-style-type: none"> ・水路の最上流で操作・流量制御し分水された量が水路を流下 ・下流側で取水されなかった残量は放流
		水管理方式	<ul style="list-style-type: none"> ・基本的には供給主導型となる ・他方、下流側の農家の需要情報に基づき、最上流を操作・流量制御する場合、半需要主導型となる
ほ場	農家	取水	<ul style="list-style-type: none"> ・農家は末端水路に流水がある際に取水

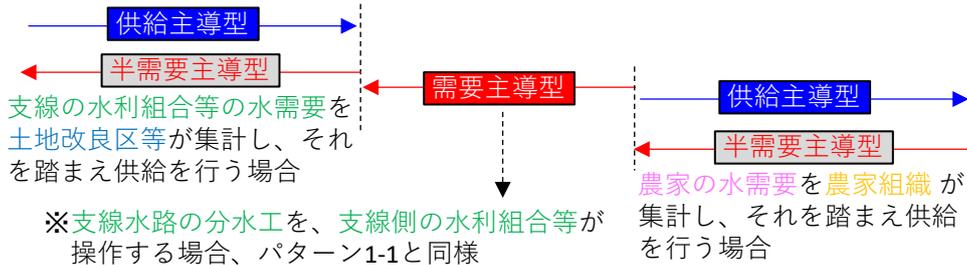
コラム図表 4-1-1

我が国において最も基本的なパターンであり、基本的には系全体として供給主導型の水管理となる。他方、下流側から収集した需要情報を反映し、上流側が供給を行う場合、半需要主導型の水管理となる。

【1-2】（幹線）上流操作→（支線）下流操作→（末端）上流操作



【支線水路の分水工を、末端側の農家組織が操作する場合】※

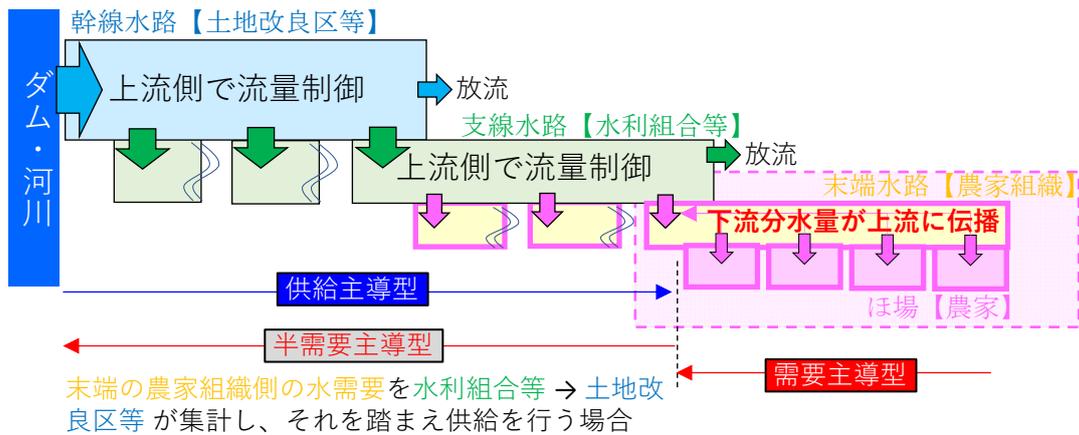


幹線水路	土地改良区等	水路形式	<ul style="list-style-type: none"> ・開水路（上流水位制御方式） ・オープンタイプ管水路
		制御/水収支	<ul style="list-style-type: none"> ・最上流のダム又は河川の取水口を操作・流量制御し取水された量が水路を流下 ・下流側で取水されなかった残量は放流
		水管理方式	<p>【基本的には供給主導型】</p> <p>【下流側の水利組合等の需要情報に基づき、最上流を操作・流量制御する場合、半需要主導型】</p>
支線水路	水利組合等	水路形式	<ul style="list-style-type: none"> ・開水路（下流水位制御方式） ・クローズドタイプ管水路・セミクローズドタイプ管水路
		制御/水収支	<ul style="list-style-type: none"> ・下流の分水工で取水された量が上流側に伝播し、幹線分水口から取水する（ただし、幹線分水工地点の流量の範囲内）
		水管理方式	<p>【分水工を下流側の農家組織が操作する場合、需要主導型】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水利組合等は幹線分水口からの分水量監視と、土地改良区等・農家組織との連絡調整 <p>【分水工を水利組合等が操作する場合、実質的に供給主導型】</p> <p>（下流の農家組織の需要情報を踏まえる場合、半需要主導型）</p>
末端水路	農家組織	水路形式	<ul style="list-style-type: none"> ・開水路（上流水位制御方式） ・オープンタイプ管水路
		制御/水収支	<ul style="list-style-type: none"> ・水路の最上流で操作・流量制御し分水された量が水路を流下 ・下流側で取水されなかった残量は放流
		水管理方式	<ul style="list-style-type: none"> ・基本的には供給主導型となる ・他方、下流側の農家の需要情報に基づき、最上流を操作・流量制御する場合、半需要主導型となる
ほ場	農家	取水	<ul style="list-style-type: none"> ・農家は末端水路に流水がある際に取水

コラム図表 4-1-2

開水路の幹線水路よりも標高が高い台地に揚水し、水槽から支線管水路で送水し、台地の末端開水路に注水するようなパターンである。地区全体がこのようなパターンというよりも、一部受益地への支線水路システムがこのパターンとなっていることが想定される。

【1-3】（幹線）上流操作→（支線）上流操作→（末端）下流操作



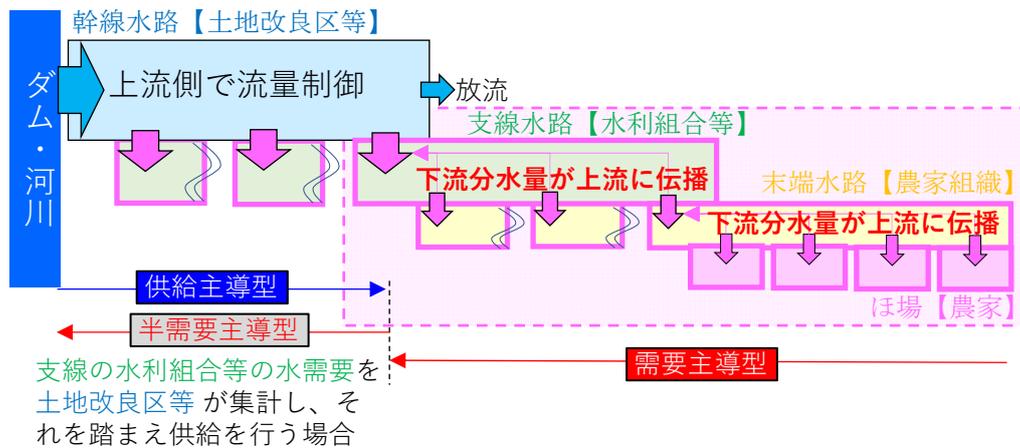
幹線水路	土地改良区等	水路形式	<ul style="list-style-type: none"> ・開水路（上流水位制御方式） ・オープンタイプ管水路
		制御/水収支	<ul style="list-style-type: none"> ・最上流のダム又は河川の取水口を操作・流量制御し取水された量が水路を流下 ・下流側で取水されなかった残量は放流
		水管理方式	<ul style="list-style-type: none"> 【基本的には供給主導型】 【下流側の水利組合等の需要情報に基づき、最上流を操作・流量制御する場合、半需要主導型】
支線水路	水利組合等	水路形式	<ul style="list-style-type: none"> ・開水路（上流水位制御方式） ・オープンタイプ管水路
		制御/水収支	<ul style="list-style-type: none"> ・水路の最上流で操作・流量制御し分水された量が水路を流下 ・下流側で取水されなかった残量は放流
		水管理方式	<ul style="list-style-type: none"> ・基本的には供給主導型となる ・他方、下流側の農家組織の需要情報に基づき、最上流を操作・流量制御する場合、半需要主導型となる
末端水路	農家組織	水路形式	・クローズドタイプ管水路・セミクローズドタイプ管水路
		制御/水収支	・末端ほ場で取水された量が上流側に伝播し、支線水路の分水口から取水する（ただし、支線分水工地点の流量の範囲内）
		水管理方式	<ul style="list-style-type: none"> 【基本的に需要主導型】 ・農家組織は支線分水口からの分水量監視と、水利組合等・農家との連絡調整
ほ場	農家	取水	・農家は末端水路に流水がある際に取水

コラム図表 4-1-3

最末端の水路がパイプライン化され、需要主導型となっているパターンである。末端水路最上流部が接続する支線水路の分水工からは、末端ほ場の需要合計量をそのまま取水するが、開水路の支線水路には必ずしも必要量が流れていない可能性がある。

このため、供給主導型と需要主導型の結節点である末端水路最上流部に調整施設を設置するか、各末端水路ブロック間での番水制などの需要調整が行われることが望ましい。

【1-4】（幹線）上流操作→（支線）下流操作→（末端）下流操作



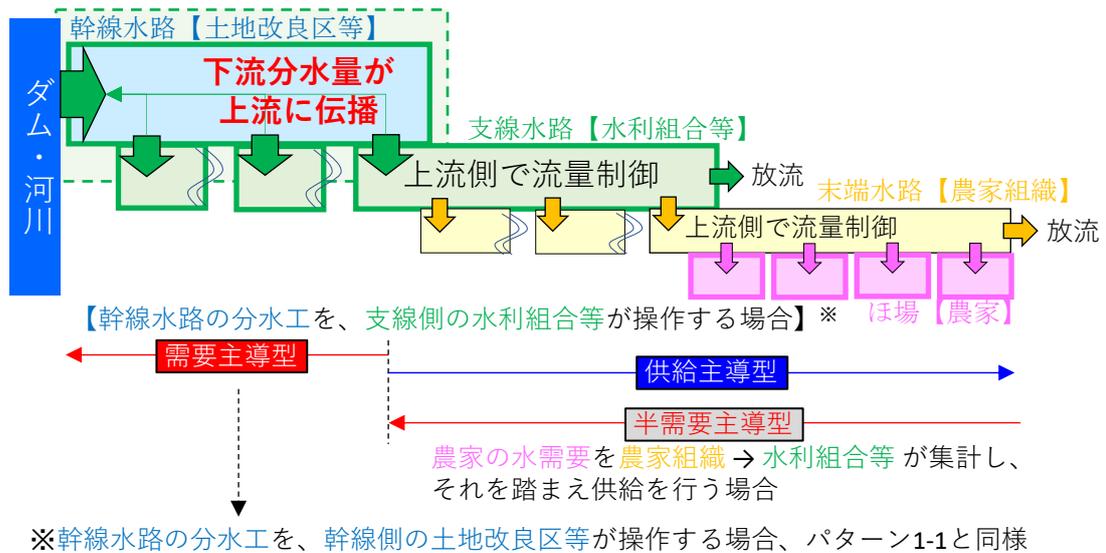
幹線水路	土地改良区等	水路形式	<ul style="list-style-type: none"> ・開水路（上流水位制御方式） ・オープンタイプ管水路
		制御/水収支	<ul style="list-style-type: none"> ・最上流のダム又は河川の取水口を操作・流量制御し取水された量が水路を流下 ・下流側で取水されなかった残量は放流
		水管理方式	<ul style="list-style-type: none"> 【基本的には供給主導型】 【下流側の水利組合等の需要情報に基づき、最上流を操作・流量制御する場合、半需要主導型】
支線水路	水利組合等	水路形式	<ul style="list-style-type: none"> ・開水路（下流水位制御方式） ・クローズドタイプ管水路・セミクローズドタイプ管水路
		制御/水収支	<ul style="list-style-type: none"> ・下流の分水工で取水された量が上流側に伝播し、幹線分水口から取水する（ただし、幹線分水工地点の流量の範囲内）
		水管理方式	<ul style="list-style-type: none"> 【基本的に需要主導型】 ・水利組合等は幹線分水口からの分水量監視と、土地改良区等・農家組織との連絡調整
末端水路	農家組織	水路形式	<ul style="list-style-type: none"> ・クローズドタイプ管水路・セミクローズドタイプ管水路
		制御/水収支	<ul style="list-style-type: none"> ・末端ほ場で取水された量が上流側に伝播し、支線水路の分水口から取水する（ただし、支線分水工地点の流量の範囲内）
		水管理方式	<ul style="list-style-type: none"> 【基本的に需要主導型】 ・農家組織は支線分水口からの分水量監視と、水利組合等・農家との連絡調整
ほ場	農家	取水	<ul style="list-style-type: none"> ・農家は末端水路に流水がある際に取水

コラム図表 4-1-4

最末端から支線までの水路がパイプライン化され、需要主導型となっているパターンである。支線水路最上流部が接続する幹線水路の分水工からは、末端ほ場の需要合計量をそのまま取水するが、開水路の幹線水路には必ずしも必要量が流れていない可能性がある。

このため、供給主導型と需要主導型の結節点である支線水路最上流部に調整施設を設置するか、各支線水路ブロック間での番水制などの需要調整が行われることが望ましい。

【2-1】（幹線）下流操作→（支線）上流操作→（末端）上流操作



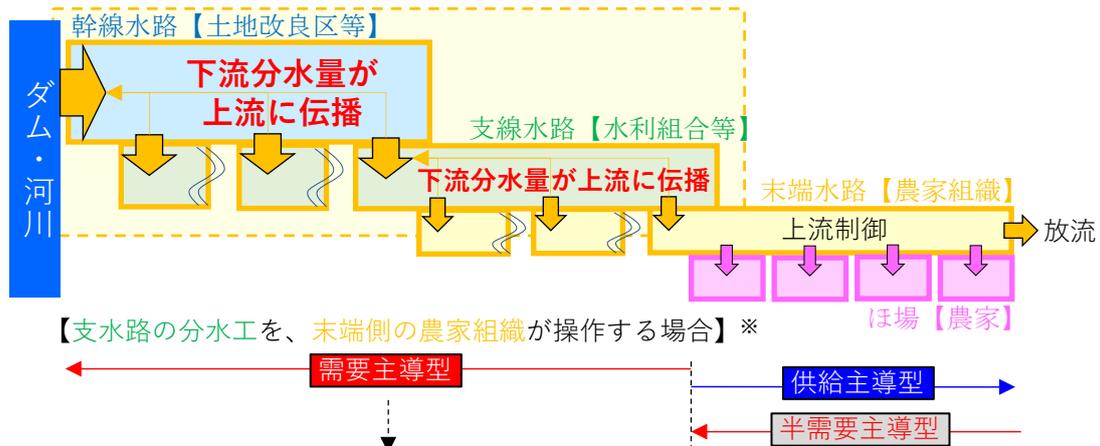
幹線水路	土地改良区等	水路形式	<ul style="list-style-type: none"> ・開水路（下流水位制御方式） ・クローズドタイプ管水路・セミクローズドタイプ管水路
		制御/水収支	<ul style="list-style-type: none"> ・分水工で取水された量が上流側に伝播し、取水口から取水する
		水管理方式	<ul style="list-style-type: none"> 【分水工を下流側の水利組合等が操作する場合、需要主導型】 ・土地改良区等は取水口の取水量監視と水利組合等との連絡調整（各分水工の期別最大取水量を設定・指示） 【分水工を土地改良区等が操作する場合、実質的に供給主導型】 （下流の水利組合等の需要情報を踏まえる場合、半需要主導型）
支線水路	水利組合等	水路形式	<ul style="list-style-type: none"> ・開水路（上流水位制御方式） ・オープンタイプ管水路
		制御/水収支	<ul style="list-style-type: none"> ・水路の最上流で操作・流量制御し分水された量が水路を流下 ・下流側で取水されなかった残量は放流
		水管理方式	<ul style="list-style-type: none"> ・基本的には供給主導型となる ・他方、下流側の農家組織の需要情報に基づき、最上流を操作・流量制御する場合、半需要主導型となる
末端水路	農家組織	水路形式	<ul style="list-style-type: none"> ・開水路（上流水位制御方式） ・オープンタイプ管水路
		制御/水収支	<ul style="list-style-type: none"> ・水路の最上流で操作・流量制御し分水された量が水路を流下 ・下流側で取水されなかった残量は放流
		水管理方式	<ul style="list-style-type: none"> ・基本的には供給主導型となる ・他方、下流側の農家の需要情報に基づき、最上流を操作・流量制御する場合、半需要主導型となる
ほ場	農家	取水	<ul style="list-style-type: none"> ・農家は末端水路に流水がある際に取水

コラム図表 4-2-1

幹線水路がパイプライン化され、既存の開水路支線に分水するようなパターンである。畑地かんがいを中心とし、一部水田受益地（補給水）を持つ用水系統の場合、水路システムの一部系統が当該パターンとなっている場合がある。

幹線からの分水量を下流の水利組合等の任意とし需要主導型とすると、河川取水口の場合、水利権超過の可能性もある。このため、分水工を土地改良区が操作し実質的な供給主導型とするか、幹線水路の分水工を水利組合等が操作する場合でも、期別最大量の設定・遵守が必要となる。

【2-2】(幹線) 下流操作 → (支線) 下流操作 → (末端) 上流操作



※幹線水路の分水工を幹線側の土地改良区等が操作し、支線水路の分水工を支線側の水利組合等が操作する場合、パターン1-1と同様

農家の水需要を農家組織が集計し、それを踏まえ供給を行う場合

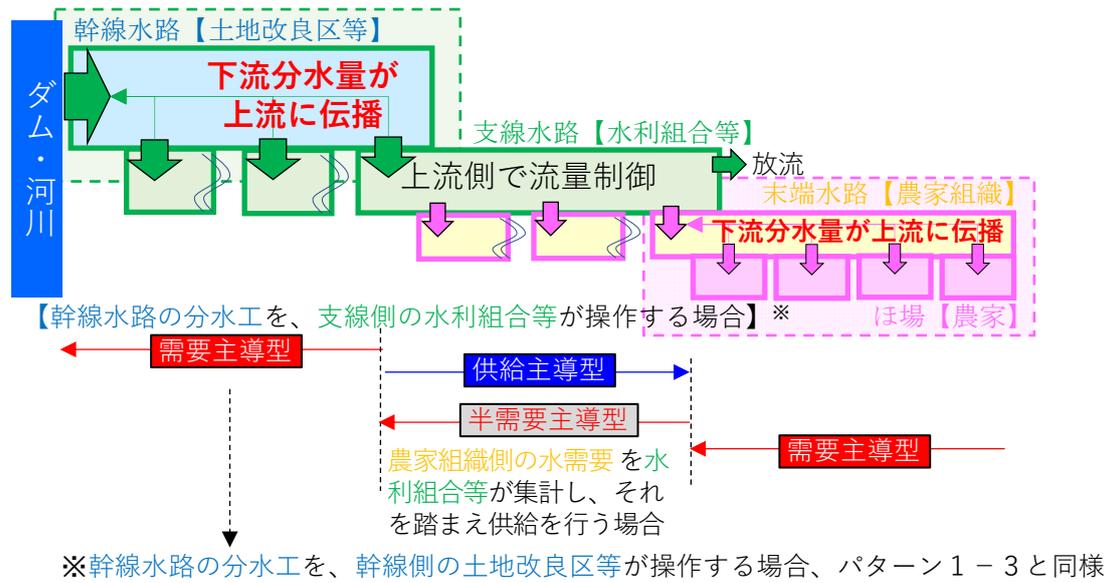
幹線水路	土地改良区等	水路形式	<ul style="list-style-type: none"> 開水路（下流水位制御方式） クローズドタイプ管水路・セミクローズドタイプ管水路
		制御/水収支	<ul style="list-style-type: none"> 分水工で取水された量が上流側に伝播し、取水口から取水する
		水管理方式	<ul style="list-style-type: none"> 【支線水路の下流分水工の需要量が支線水路を介し伝播する場合、需要主導型】 ・土地改良区等は取水口の取水量監視と水利組合等との連絡調整（各分水工の期別最大取水量を設定・指示） 【分水工を土地改良区等が操作する場合、実質的に供給主導型】 （下流の水利組合等の需要情報を踏まえる場合、半需要主導型）
支線水路	水利組合等	水路形式	<ul style="list-style-type: none"> 開水路（下流水位制御方式） クローズドタイプ管水路・セミクローズドタイプ管水路
		制御/水収支	<ul style="list-style-type: none"> 下流の分水工で取水された量が上流側に伝播し、幹線分水口から取水する（ただし、幹線分水工地点の流量の範囲内）
		水管理方式	<ul style="list-style-type: none"> 【分水工を下流側の農家組織が操作する場合、需要主導型】 ・水利組合等は幹線分水口からの分水量監視と、土地改良区等・農家組織との連絡調整 【分水工を水利組合等が操作する場合、実質的に供給主導型】 （下流の農家組織の需要情報を踏まえる場合、半需要主導型）
末端水路	農家組織	水路形式	<ul style="list-style-type: none"> 開水路（上流水位制御方式） オープンタイプ管水路
		制御/水収支	<ul style="list-style-type: none"> 水路の最上流で操作・流量制御し分水された量が水路を流下 下流側で取水されなかった残量は放流
		水管理方式	<ul style="list-style-type: none"> 基本的には供給主導型となる 他方、下流側の農家の需要情報に基づき、最上流を操作・流量制御する場合、半需要主導型となる
ほ場	農家	取水	<ul style="list-style-type: none"> 農家は末端水路に流水がある際に取水

コラム図表 4-2-2

幹線・支線水路が管水路化され、既存の末端開水路に分水するようなパターンである。末端水路ブロックからの需要量がそのまま伝播する需要主導型とすると、河川取水口の場合、需要集中時に水利権を超過する可能性がある。

このため、幹線水路の分水工を土地改良区が操作し分水量を制御し、実質的な供給主導型にすることも考えられる。

【2-3】（幹線）下流操作→（支線）上流操作→（末端）下流操作

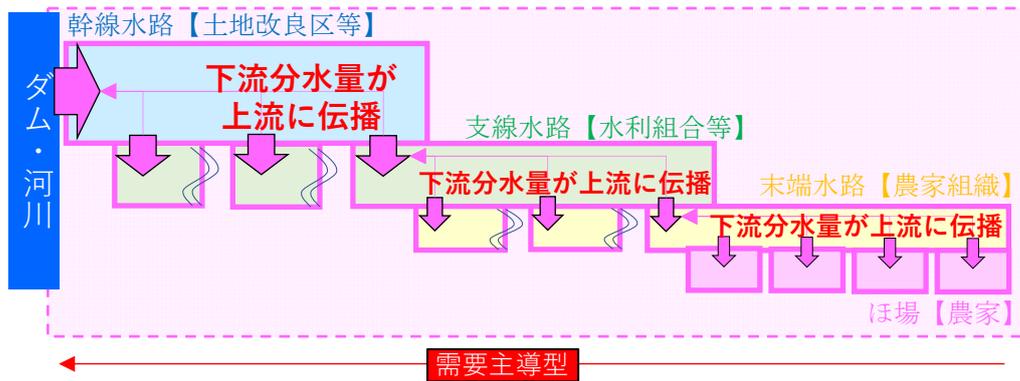


幹線水路	土地改良区等	水路形式	・開水路（下流水位制御方式） ・クローズドタイプ管水路・セミクローズドタイプ管水路
	水利組合等	制御/水収支	・分水工で取水された量が上流側に伝播し、取水口から取水する
		水管理方式	【分水工を下流側の水利組合等が操作する場合、 需要主導型 】 ・土地改良区等は取水口の取水量監視と水利組合等との連絡調整（各分水工の期別最大取水量を設定・指示） 【分水工を土地改良区等が操作する場合、実質的に 供給主導型 】 （下流の水利組合等の需要情報を踏まえる場合、 半需要主導型 ）
支線水路	水利組合等	水路形式	・開水路（上流水位制御方式） ・オープンタイプ管水路
	農家組織	制御/水収支	・水路の最上流で操作・流量制御し分水された量が水路を流下 ・下流側で取水されなかった残量は放流
		水管理方式	・基本的には 供給主導型 となる ・他方、下流側の 農家組織 の需要情報に基づき、最上流を操作・流量制御する場合、 半需要主導型 となる
末端水路	農家組織	水路形式	・クローズドタイプ管水路・セミクローズドタイプ管水路
	ほ場	制御/水収支	・末端ほ場で取水された量が上流側に伝播し、支線水路の分水工から取水する（ただし、支線分水工地点の流量の範囲内）
		水管理方式	【基本的に 需要主導型 】 ・農家組織は支線分水工からの分水量監視と、水利組合等・農家との連絡調整
ほ場	農家	取水	・農家は末端水路に流水がある際に取水

コラム図表 4-2-3

幹線水路が管水路化され、既存の開水路支線に分水するが、最末端の管水路ブロックが需要主導型となっているパターンである。地区全体というよりも、一部の末端ブロックへの水路システムが当該パターンとなっているケースが想定される。（特徴としては2-1と1-3のハイブリッドである。）

【2-4】（幹線）下流操作→（支線）下流操作→（末端）下流操作



幹線水路	土地改良区等	水路形式	<ul style="list-style-type: none"> ・開水路（下流水位制御方式） ・クローズドタイプ管水路・セミクローズドタイプ管水路
		制御/水収支	<ul style="list-style-type: none"> ・分水工で取水された量が上流側に伝播し、取水口から取水する
		水管理方式	<ul style="list-style-type: none"> 【基本的に需要主導型】 ・土地改良区等は取水口の取水量監視と水利組合等との連絡調整
支線水路	水利組合等	水路形式	<ul style="list-style-type: none"> ・開水路（下流水位制御方式） ・クローズドタイプ管水路・セミクローズドタイプ管水路
		制御/水収支	<ul style="list-style-type: none"> ・下流の分水工で取水された量が上流側に伝播し、幹線分水口から取水する（ただし、幹線分水工地点の流量の範囲内）
		水管理方式	<ul style="list-style-type: none"> 【基本的に需要主導型】 ・水利組合等は幹線分水口からの分水量監視と、土地改良区等・農家組織との連絡調整
末端水路	農家組織	水路形式	<ul style="list-style-type: none"> ・クローズドタイプ管水路・セミクローズドタイプ管水路
		制御/水収支	<ul style="list-style-type: none"> ・末端ほ場で取水された量が上流側に伝播し、支線水路の分水口から取水する（ただし、支線分水工地点の流量の範囲内）
		水管理方式	<ul style="list-style-type: none"> 【基本的に需要主導型】 ・農家組織は支線分水口からの分水量監視と、水利組合等・農家との連絡調整
ほ場	農家	取水	<ul style="list-style-type: none"> ・農家は末端水路に流水がある際に取水

コラム図表 4-2-4

幹線から末端までパイプラインがフル装備された畑地かんがいダム地区において見られるパターンである。

幹線水路の取水口からは、末端ほ場の需要合計量をそのまま取水する。取水口がダム取水塔である場合、取水口が調整施設に直結されている形となり問題が生じない。他方、取水口が河川である場合、需要ピーク時に水利権超過となる可能性があるため、水路系の中に調整施設を設置するなどの工夫が必要となる。

異なるパターンの組合せの例

上述のように、実際には、地区内に複数ある支線水路や末端水路について、管水路や開水路が混在する場合が多い*。

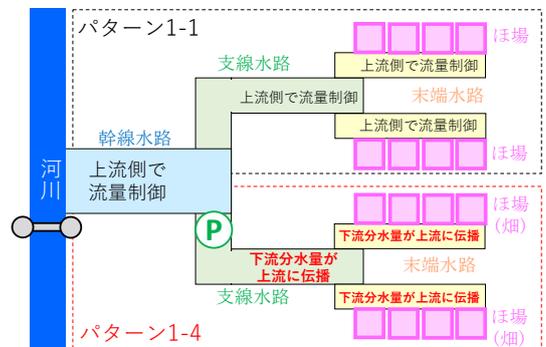
※ これは、例えば、ある幹線水路系の支線水路や末端水路を管水路化する場合、個々の支線水路系統や末端水路系統ごとに別の都道府県営事業や団体営事業により実施され、それらの進捗状況が異なるためである。

このような場合、同一の地区において、幹線水路の形式は同一であるが、それぞれの支線水路系統が別のパターンとなり、地区全体としてはそれらの組み合わせとなる。そして、地区全体の特徴は、組み合わせられる複数ケースの特徴を併せ持つこととなる。

以下に組合せの例を示す。

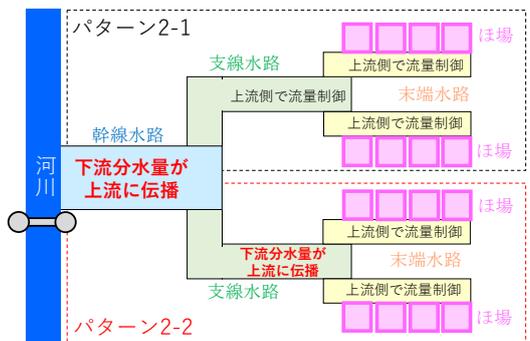
【パターン1-1、1-4の組合せ】

- ・ 河川から取水する幹線水路は上流操作型の開水路。
- ・ 多くの水田受益地には上流操作型の開水路である支線水路・末端水路により配水。
- ・ 畑受益は台地にあり、幹線水路の分水工に揚水機場が設置され、揚水された水は高台の水槽に吐水。
- ・ 高台部分の水槽の先の支線水路・末端水路はクローズドパイプラインの需要主導型であり、水槽水位に応じ揚水機場のポンプが稼働。



【パターン2-1、2-2の組合せ】

- ・ 河川から取水する幹線水路は国営事業で整備されたセミクローズドパイプライン。
- ・ 各水利組合等が管理する水路は、支線水路として幹線水路の分水工から取水。
- ・ 支線水路や末端水路は、旧来の開水路が多いが、中には県営事業等で管水路化されたものもある。



【パターン2-4、2-1の組合せ】

- ・ 幹線水路は国営事業で整備された下流操作型のクローズドパイプラインであり、ダムから直接取水。
- ・ 畑地受益までは、完全に管水路化された支線・末端水路により配水（完全な需要主導型）
- ・ 水田受益には、補給水として既存の開水路に補水（水田の主水源は他にある）

