

(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。

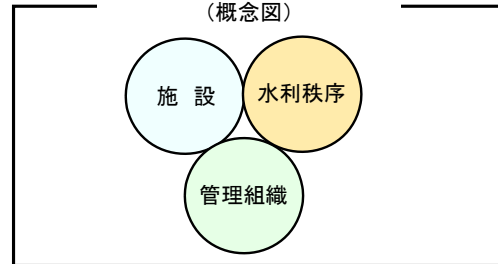
土地改良区

- 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

- 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

A地区の農業水利システム
(概念図)



※丸の大きさは、その要素の相対的な比重を表現。

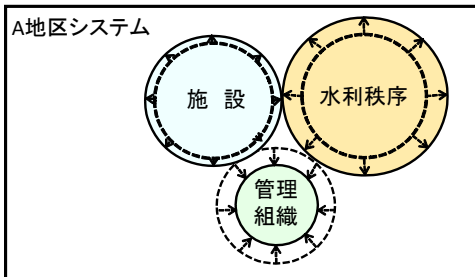


農業構造等の変化に応じて、施設、管理組織、水利秩序を見直し

見直し後

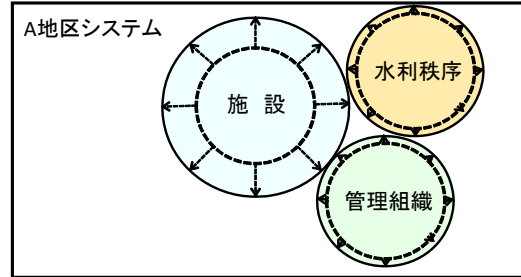
農業構造の変化や用水需要の変化に対応した用水配分を実現するためには、農業水利システムを構築する水路システム、それを運用する組織や秩序をバランスよく変更することが重要

(パターン1)施設改修と水利秩序で対応する場合



(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、取水ルールの変更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で対応する場合



(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用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 技術の活用に当たっては、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。

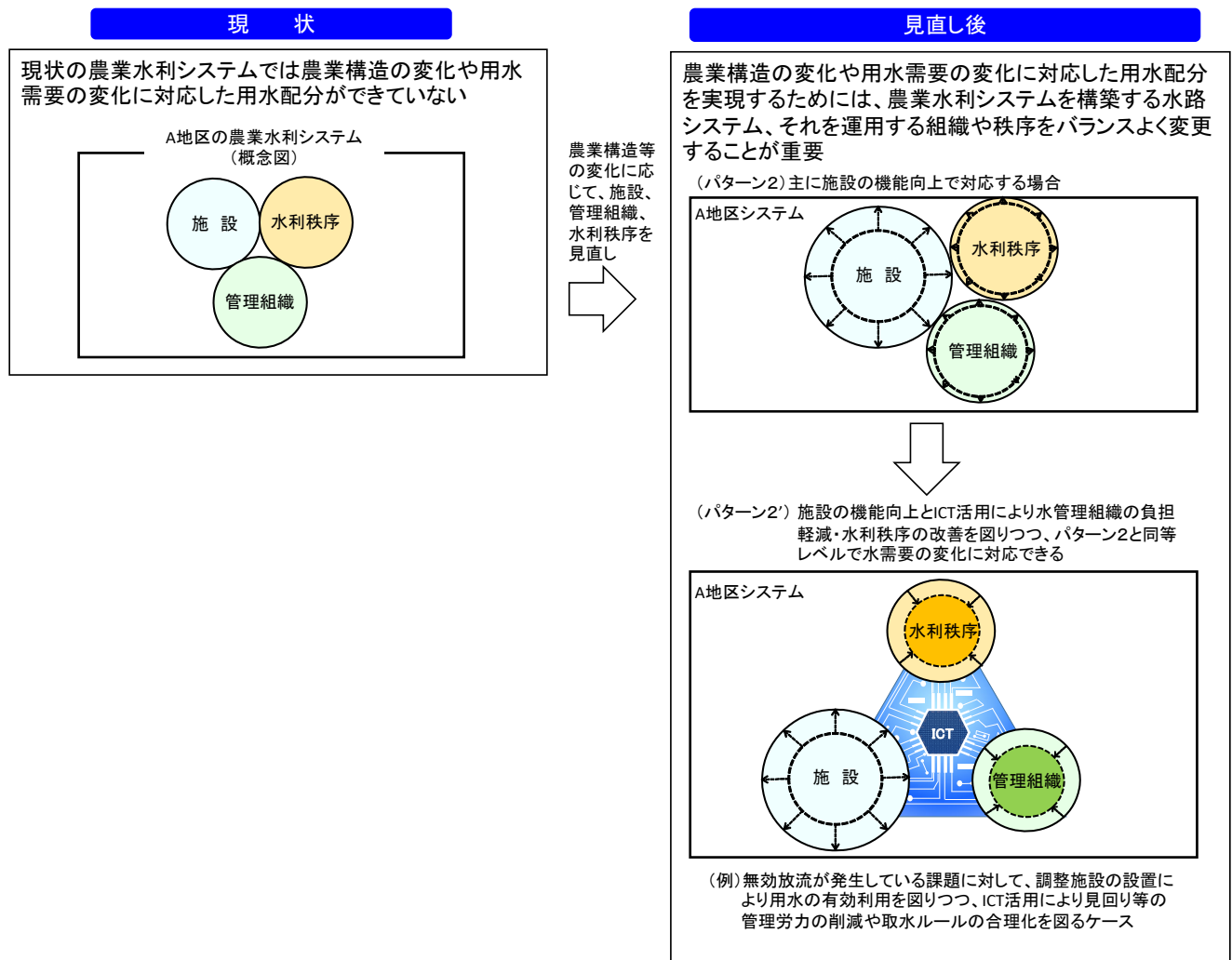


図 4-19 ICTを活用した農業水利システムの再構築のイメージ

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

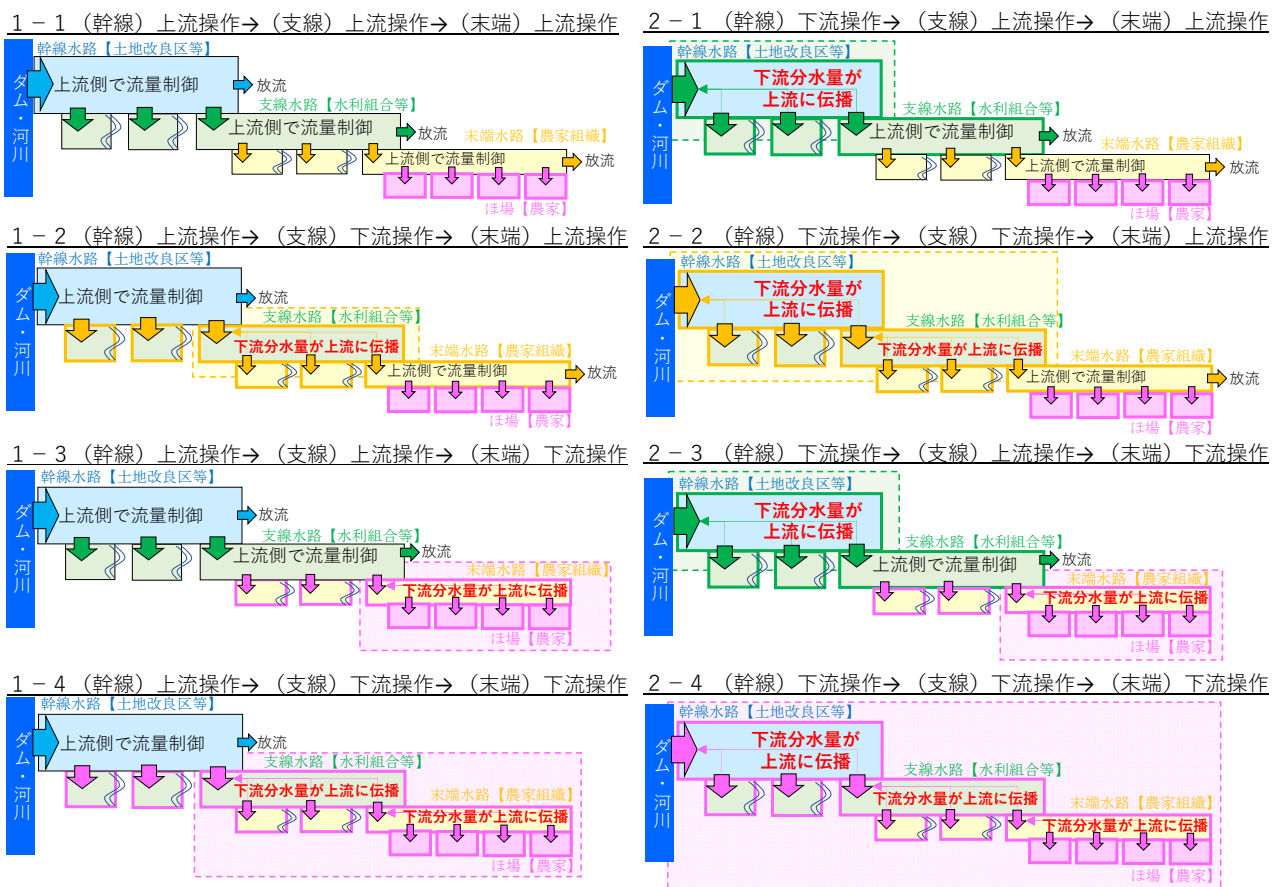
(1) ア及び(1)イに示したように、水路システムは概念的に幹線水路レベル、支線水路レベル、末端水路レベルに分類され、それぞれにおいて、典型的には土地改良区等、水利組合等、地元農家の組織などにより、水管理が行われている。

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。



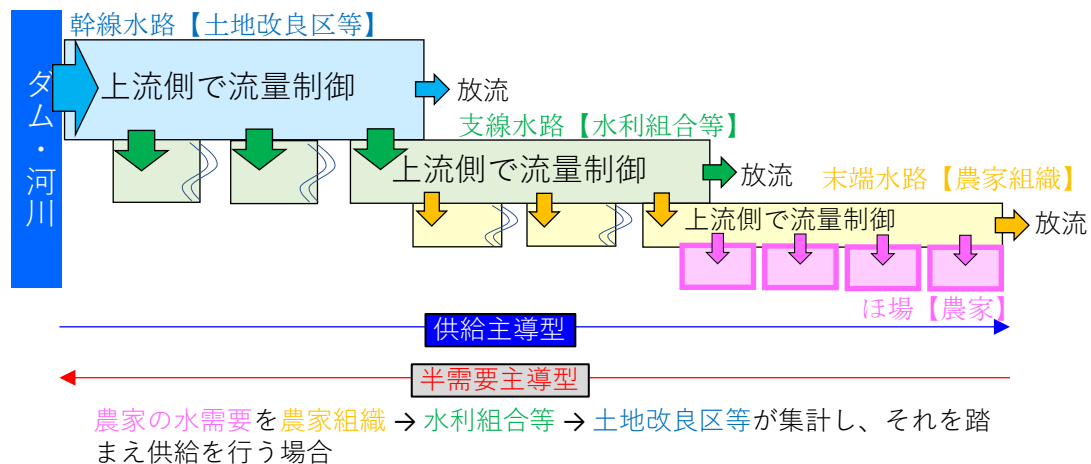
コラム図 4-1 水路システムの各レベルにおける形式・操作場所の組合せ

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

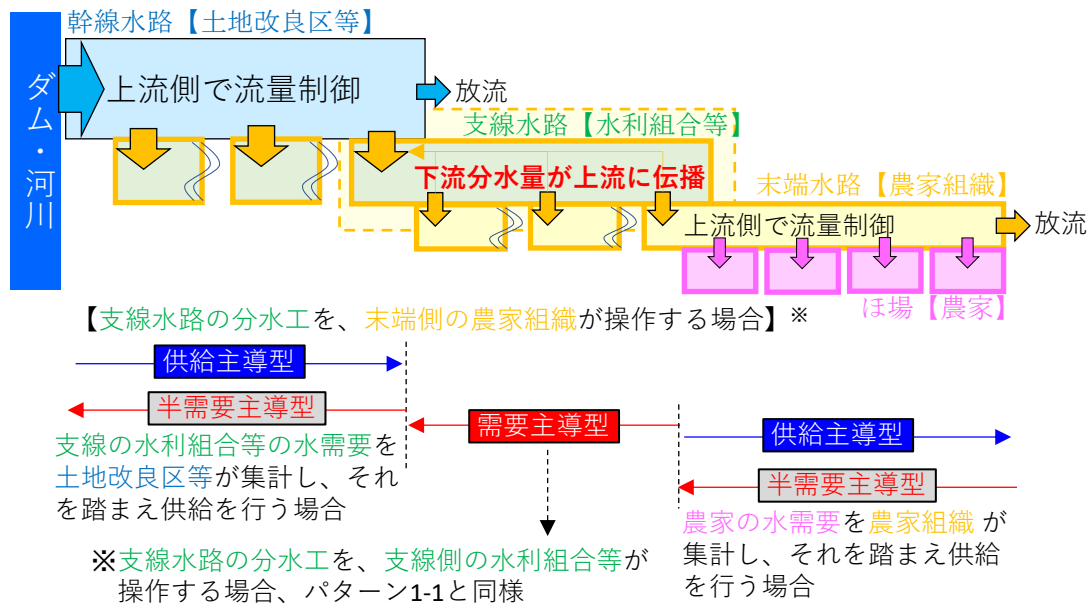


幹線水路	土地改良区等	水路形式	・開水路（上流水位制御方式） ・オープンタイプ管水路
		制御/水収支	・最上流のダム又は河川の取水口を操作・流量制御し取水された量が水路を流下 ・下流側で取水されなかった残量は放流
		水管理方式	【基本的には供給主導型】 【下流側の水利組合等の需要情報に基づき、最上流を操作・流量制御する場合、半需要主導型】
支線水路	水利組合等	水路形式	・開水路（上流水位制御方式） ・オープンタイプ管水路
		制御/水収支	・水路の最上流で操作・流量制御し分水された量が水路を流下 ・下流側で取水されなかった残量は放流
		水管理方式	・基本的には供給主導型となる ・他方、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	・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	・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	・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

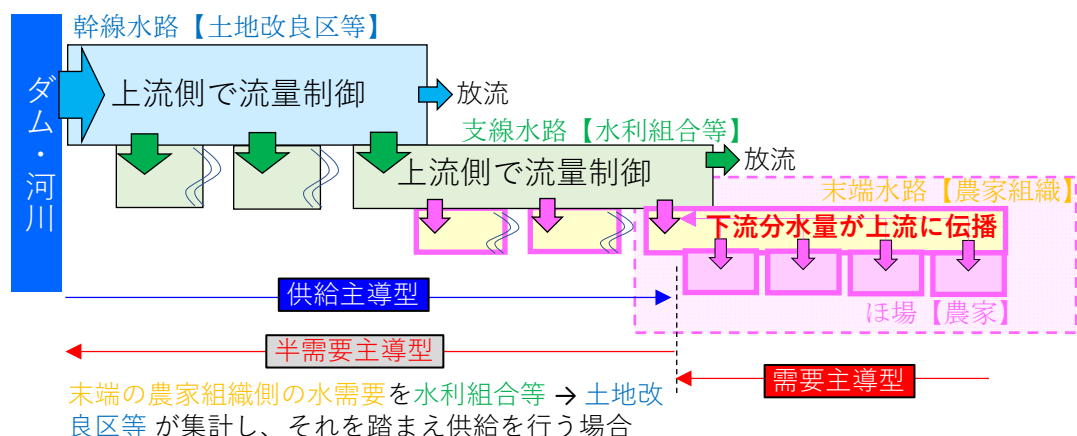


幹線水路	土地改良区等	水路形式	・開水路（上流水位制御方式） ・オープンタイプ管水路
		制御/水収支	・最上流のダム又は河川の取水口を操作・流量制御し取水された量が水路を流下 ・下流側で取水されなかった残量は放流
		水管理方式	【基本的には供給主導型】 【下流側の水利組合等の需要情報に基づき、最上流を操作・流量制御する場合、半需要主導型】
支線水路	水利組合等	水路形式	・開水路（下流水位制御方式） ・クローズドタイプ管水路・セミクローズドタイプ管水路
		制御/水収支	・下流の分水工で取水された量が上流側に伝播し、幹線分水口から取水する（ただし、幹線分水工地点の流量の範囲内）
		水管理方式	【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	・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	・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	・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



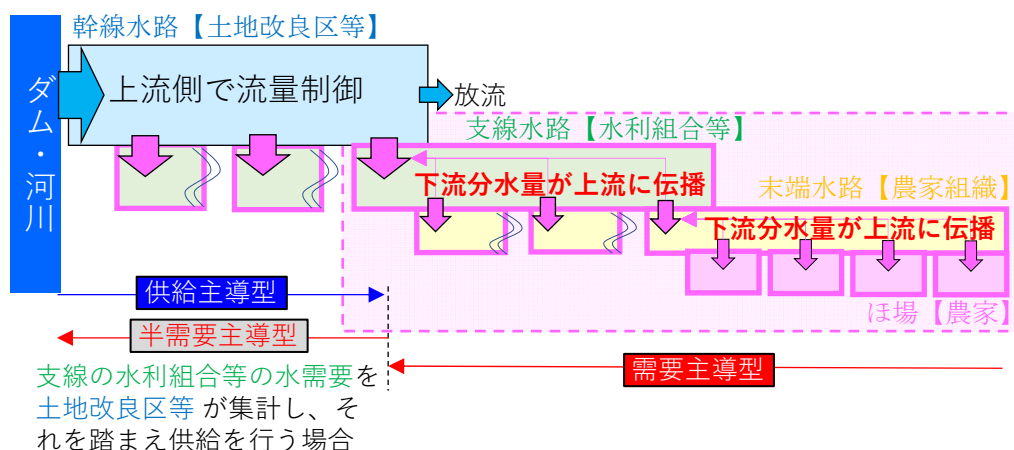
幹線水路	土地改良区等	水路形式	・開水路（上流水位制御方式） ・オープンタイプ管水路
		制御/水収支	・最上流のダム又は河川の取水口を操作・流量制御し取水された量が水路を流下 ・下流側で取水されなかった残量は放流
		水管理方式	【基本的には供給主導型】 【下流側の水利組合等の需要情報に基づき、最上流を操作・流量制御する場合、半需要主導型】
支線水路	水利組合等	水路形式	・開水路（上流水位制御方式） ・オープンタイプ管水路
		制御/水収支	・水路の最上流で操作・流量制御し分水された量が水路を流下 ・下流側で取水されなかった残量は放流
		水管理方式	・基本的には供給主導型となる ・他方、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
		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	【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



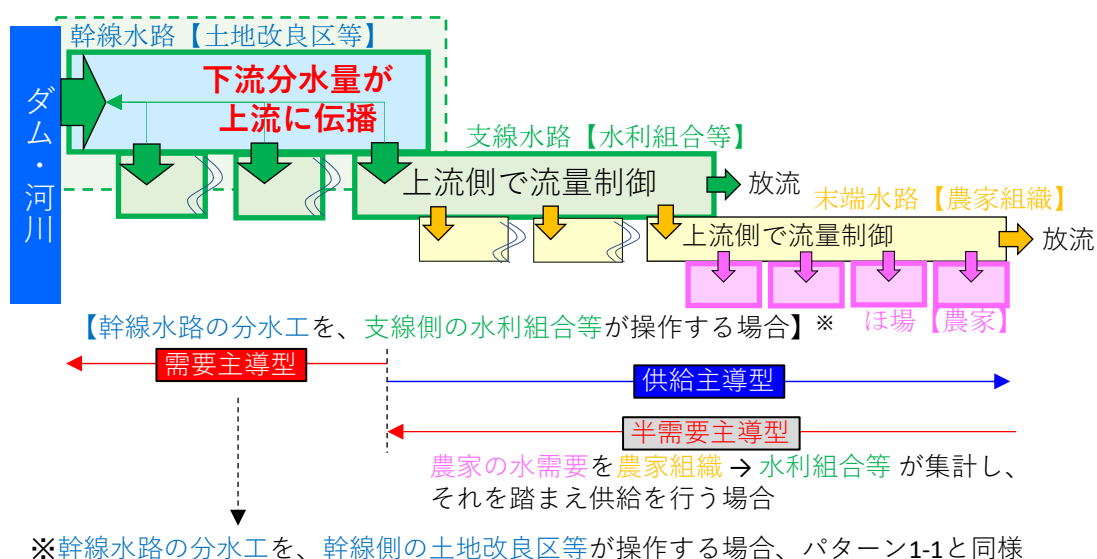
幹線水路	土地改良区等	水路形式	・開水路（上流水位制御方式） ・オープンタイプ管水路
		制御/水収支	・最上流のダム又は河川の取水口を操作・流量制御し取水された量が水路を流下 ・下流側で取水されなかった残量は放流
		水管理方式	【基本的には供給主導型】 【下流側の水利組合等の需要情報に基づき、最上流を操作・流量制御する場合、半需要主導型】
支線水路	水利組合等	水路形式	・開水路（下流水位制御方式） ・クローズドタイプ管水路・セミクローズドタイプ管水路
		制御/水収支	・下流の分水工で取水された量が上流側に伝播し、幹線分水口から取水する（ただし、幹線分水工地点の流量の範囲内）
		水管理方式	【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	・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	【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 4-1-4

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



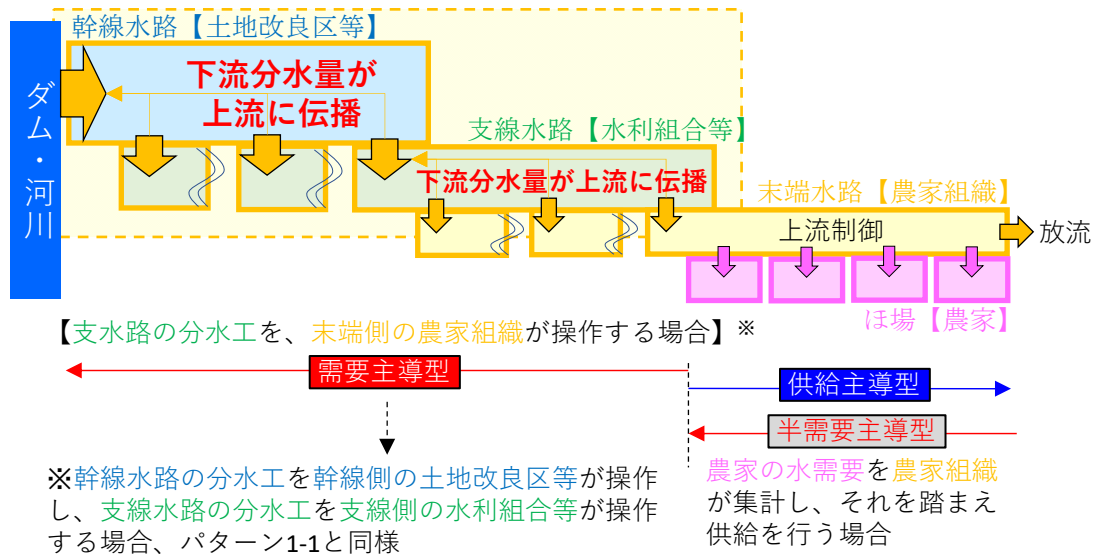
幹線水路	土地改良区等	水路形式	・開水路（下流水位制御方式） ・クロードタイプ管水路・セミクロードタイプ管水路
		制御/水収支	・分水工で取水された量が上流側に伝播し、取水口から取水する
		水管理方式	【分水工を下流側の水利組合等が操作する場合、 需要主導型 】 ・土地改良区等は取水口の取水量監視と水利組合等との連絡調整（各分水工の期別最大取水量を設定・指示） 【分水工を土地改良区等が操作する場合、実質的に 供給主導型 】 （下流の水利組合等の需要情報を踏まえる場合、 半需要主導型 ）
支線水路	水利組合等	水路形式	・開水路（上流水位制御方式） ・オープンタイプ管水路
		制御/水収支	・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	・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	・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	・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がある。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



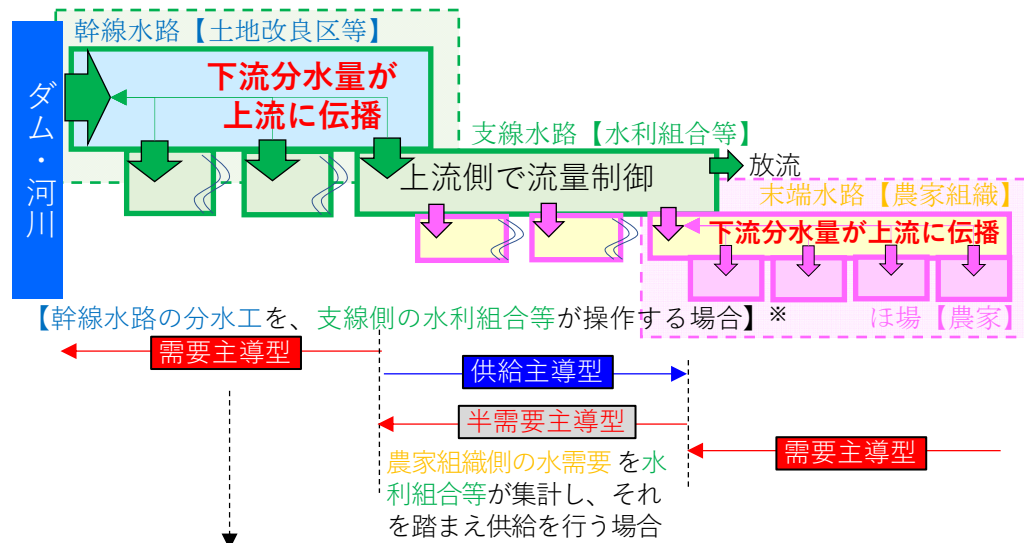
幹線水路	土地改良区等	水路形式	・開水路（下流水位制御方式） ・クロードタイプ管水路・セミクロードタイプ管水路
		制御/水収支	・分水工で取水された量が上流側に伝播し、取水口から取水する
		水管理方式	【支線水路の下流分水工の需要量が支線水路を介し伝播する場合、 需要主導型 】 ・土地改良区等は取水口の取水量監視と水利組合等との連絡調整（各分水工の期別最大取水量を設定・指示） 【分水工を土地改良区等が操作する場合、実質的に 供給主導型 】 （下流の水利組合等の需要情報を踏まえる場合、 半需要主導型 ）
支線水路	水利組合等	水路形式	・開水路（下流水位制御方式） ・クロードタイプ管水路・セミクロードタイプ管水路
		制御/水収支	・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	【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	・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	・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	・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



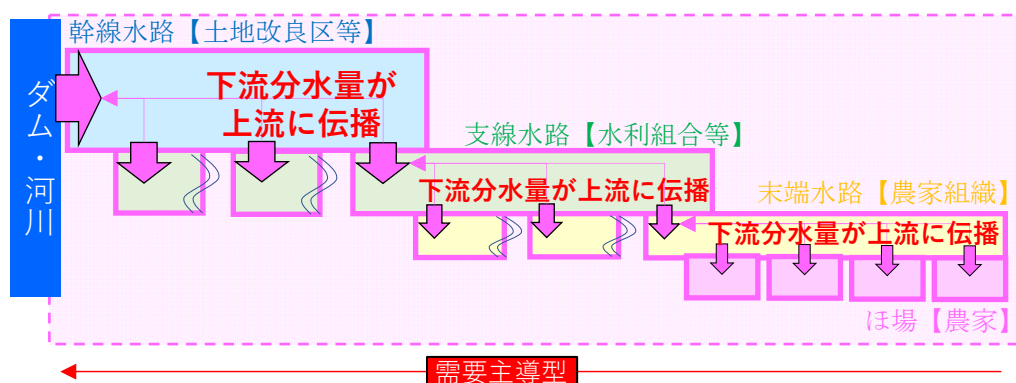
※幹線水路の分水工を、幹線側の土地改良区等が操作する場合、パターン1-3と同様

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） ・クロードタイプ管水路・セミクロードタイプ管水路
		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
		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	・クロードタイプ管水路・セミクロードタイプ管水路
		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	【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 4-2-3

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	・開水路（下流水位制御方式） ・クロードタイプ管水路・セミクロードタイプ管水路
		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	【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	・開水路（下流水位制御方式） ・クロードタイプ管水路・セミクロードタイプ管水路
		制御/水収支	・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	【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	・クロードタイプ管水路・セミクロードタイプ管水路
		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	【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 4-2-4

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※。

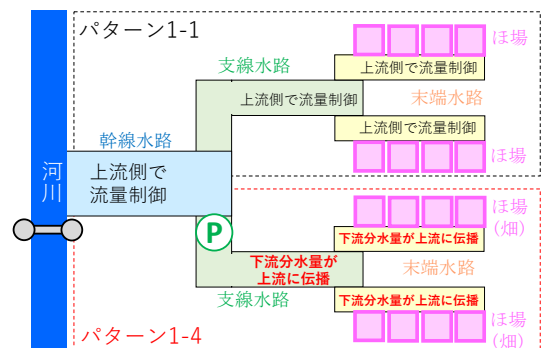
※ これは、例えば、ある幹線水路系の支線水路や末端水路を管水路化する場合、個々の支線水路系統や末端水路系統ごとに別の都道府県営事業や団体営事業により実施され、それらの進捗状況が異なるためである。

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。

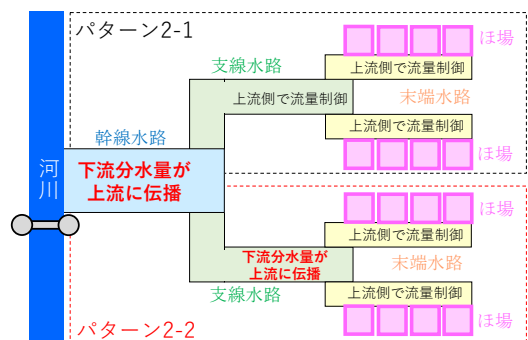
【パターン 1-1、1-4 の組合せ】

- 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）

