

勇払東部地区の水管理システム計画

室蘭開発建設部 胆振東部農業開発事業所 ○佐々木 文華
西村 知
株式会社アルファ技研 金津 麻里子

本地区の農業水利施設群は、従来の厚真ダム・厚真川に補助多目的厚幌ダムを新規に加えた水源システムと、厚幌導水路（L=29.1km）を基幹とした水路システムから構成されるかんがいシステム¹⁾である。

本報は、従来に比して大規模かつ高度化する当該かんがいシステムを対象に、水利施設とかんがい用水の安全かつ合理的な管理の支援を目的として整備を計画する水管理システムについて紹介する。

キーワード：水管理システム、パイプライン、情報共有

1. 事業概要

国営勇払東部土地改良事業は、北海道の胆振東部に位置する勇払郡厚真町および同郡むかわ町を受益（3,290ha）とする。本地域の農業は、水稻を中心として、水田の畑利用等による小麦、大豆、野菜等を組み合わせた営農体系を主としている。

本地域の農業用水は、従来、厚真川とその支流河川ならびに国営厚真土地改良事業（昭和 37～46 年度）で造成した厚真ダムに依存し、同事業とその関連事業によって整備された頭首工、揚水機および用水路などの農業水利施設により利用されてきた。しかし、近年は、河川流況の不安定化、営農の近代化のための用水不足、さらに、用水施設の経年劣化や維持管理費用の増大など、農業経営に係る諸問題が顕在化していた。

このため、本事業では、厚真ダム等の用水施設および幹線排水路の整備を行い、関連事業において造成される厚幌ダムに新たな水源を求め、支線用排水路等の整備やほ場の大区画化など区画整理を行うことにより、農業用水の安定供給、用水管理の合理化および排水性能の向上を図り、農業生産性の向上および農業経営の安定に資するものである。

2. 水管理システム計画の留意点

水管理システムは、水源・水路システムと同様にかんがいシステムのサブシステムに位置付けられる（図-1）。その整備目的は、農業水利施設群の安全で円滑な運用の支援である。本地域の水管理システム計画にあたり、とくに、①新規の水利施設を含む新たな水利使用とその付帯条件（法規）、②農業水利施設の構造および水理特性（施設）、③多様な施設とその管理体制（人）への配慮に留意した。

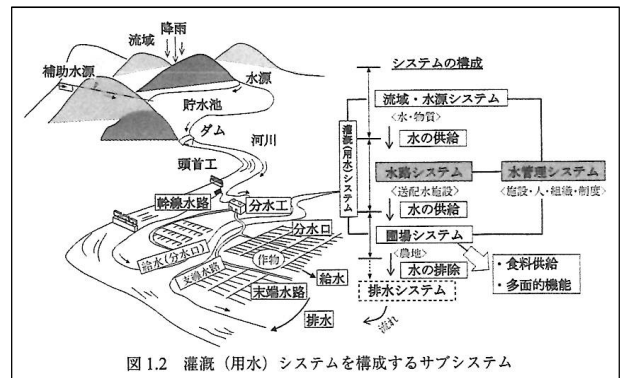


図 1.2 灌漑（用水）システムを構成するサブシステム

中 達雄、樽屋啓之：農業水利のための水路システム工学, 2015年, p. 6

図-1 かんがいシステムの概念図

2.1 水利使用の付帯条件

国営勇払東部土地改良事業の水管理計画の概要は以下のとおりである。

- ◆管理対象は、厚真ダム、厚真川の美里頭首工、9区頭首工（9区揚水機）および厚幌ダムから直接取水する厚幌導水路である。
- ◆厚真町土地改良区に中央管理所を設置して、必要水量、水源状況および施設状況などを把握し、関係者に連絡・指示を行うなど、総合的な管理を行う。
- ◆かんがい用水の補給量は、主として厚幌ダム貯留水により確保されるため、河川管理者（北海道）によって設置される厚幌ダム管理所と中央管理所が必要水量、取水量等の情報共有を行う。

2.2 農業水利施設の機能と特徴

本地区の農業水利施設は、厚幌ダムおよび厚真ダムが属する“水源システム”および、厚真川に設置された頭首工・揚水機および厚幌導水路やそれより分水する水路施設が属する“水路システム”をサブシステムとするかんがいシステムである（図-2、図-3）。

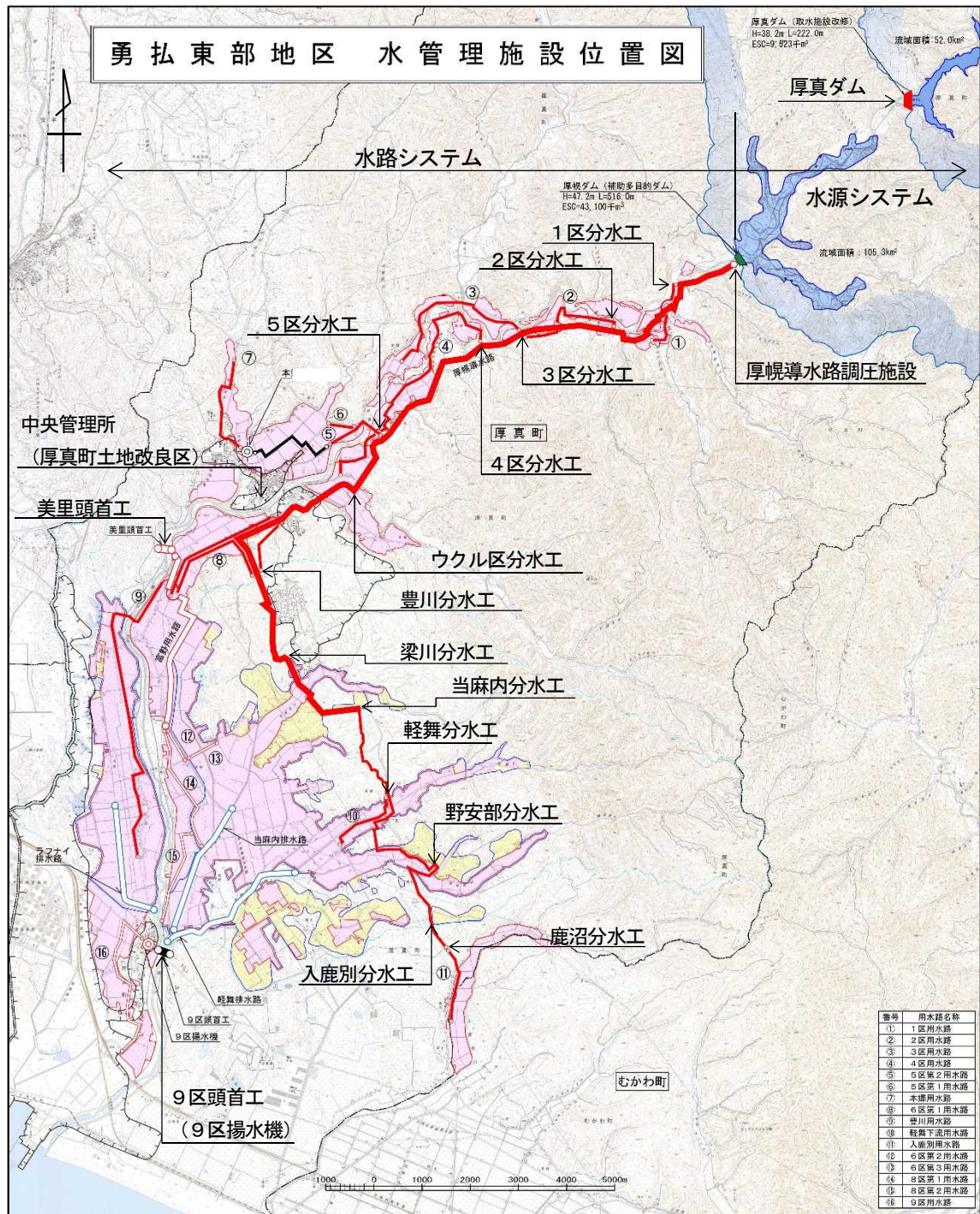


図-2 農業水利施設位置図

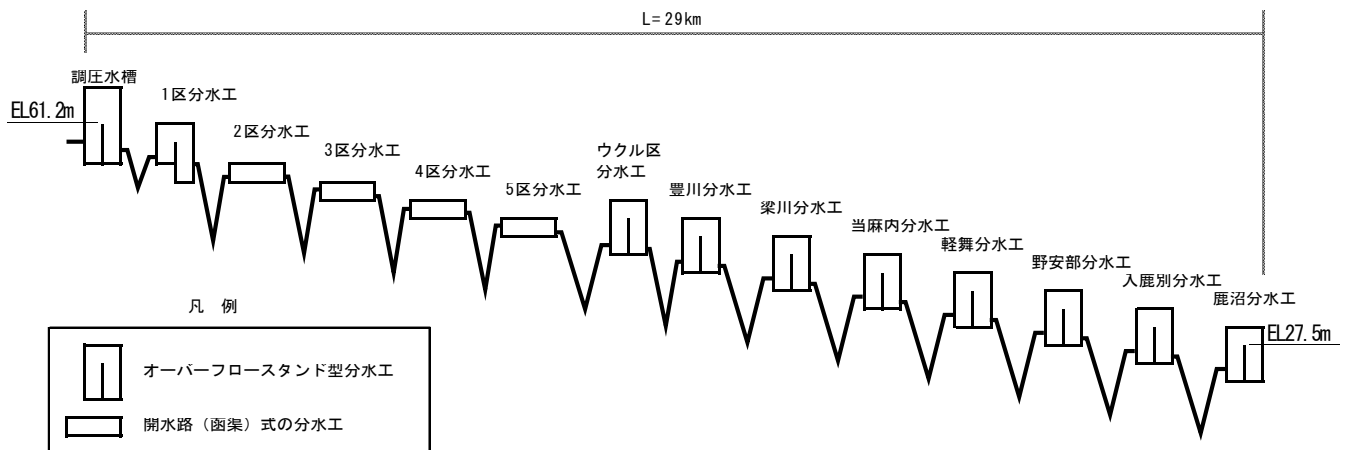


図-3 厚幌導水路の概略縦断面図

1) 水源システム

本地区のかんがい用水の水源は、従来から利用する厚真川と厚真ダムに、新設の厚幌ダムが加わる。厚幌ダムは、厚真ダムの約 5km 下流に配置する。厚真ダムより一定量を注水し、厚幌ダム貯留水と合わせて厚幌ダムより取水する。

厚幌ダムの取水設備は、ダム直下の導水管途中から管路で利水放流設備（厚幌ダム管理）と農業用施設に分岐する。分岐後、かんがい用水は、調圧施設で流量制御を行い厚幌導水路へと流下する。（図-4）

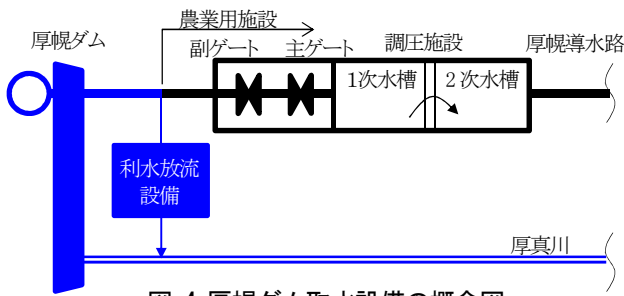


図-4 厚幌ダム取水設備の概念図

2) 水路システム

本地域の水路システムは、厚真川を経由する“自然系”の水路システムと厚幌導水路を基幹用水路とする“施設系”の水路システムに大別される。

(1) 自然系の水路システム

自然系の水路システムは、厚幌ダム下流の厚真川より取水する美里頭首工と9区頭首工（9区揚水機）ならびにこれらより接続する用水路が含まれる。当該施設は、厚真川の自流量で不足するかんがい用水を厚幌ダム貯留水に依存し、利水放流設備（厚幌ダム管理：北海道）を経由し厚真川に注水を受けて取水する。

自然河川を送水路として利用することから、利水操作に係る特徴は、以下のとおりである。

- 厚幌ダムから取水施設までの流下距離は最大 25km に及ぶ。注水量の到達には相応の時間を要し、河川流況の把握と用水到達の確認が重要となる。
- 厚真川からの取水は、厚幌ダム注水量の到達に併せて行う。厚真川からの取水にあたり、河川の水位・流量および取水量の測定と報告の義務がある。

(2) 施設系の水路システム

施設系の水路システムは、厚幌ダム直下の調圧施設より繋がる厚幌導水路、およびこれより分水する幹支線用水路で構成される。

厚幌導水路は、水路延長約 29km、最大口径 2,200mm、計画最大流量 $Q=8.11\text{m}^3/\text{s}$ の大規模なパイプラインである。その線路は、厚幌ダムからの導水にあたり起伏のある地形を通り、水路途中には余剰水頭の調圧と分水の機能を併せたオープン形式の分水工 13 箇所を計画している。厚幌導水路は、オープンタイプパイプラインが連続する構造である。（図-3）

その利水操作に係る特徴は、以下のとおりである。

- 厚幌導水路は長大で、さらに水路の一部に開水路区間を含むことから、流量変更操作などによる流況変化の伝播には、パイプラインのみの場合より長い時間を必要とする。
- オープンタイプパイプラインが連続する区間は、流量変動を生じた場合の過渡的な水理現象としてサージング（オープンスタンドの水面変動）が発生し、下流への流況伝播の過程で変動幅が増幅する可能性がある。サージングは、水面変動の大きさ（振幅）や継続時間によっては、水利用機能や構造機能に影響を生じる場合がある。
- 厚幌導水路は、その水路形式やゲート等の制御設備機能から、水の監視・制御に係る水理的な特性は開水路に準じる。起点の調圧施設（2次水槽）から導水路に一旦流入した用水は、分水や余放水操作等で導水路外に流出するまで流下する。すなわち、流水の制御は、上流操作方式（供給主導型）となる。
- 一方、厚幌導水路の分水工より分水する用水路は、オープンタイプパイプラインとセミクローズドタイプパイプラインがあり、その下流は既存の開水路へと繋がる。セミクローズドタイプパイプラインは下流流量制御の需要主導型であるが、厚幌導水路の分水工から直接接続するため、厚幌導水路の流況（オープンスタンド分水工の水位）を踏まえた下流の分水管理を必要とする。また、オープンタイプパイプラインは上流流量制御の供給主導型であり、末端から接続する開水路の流況を踏まえた上流の分水管理を必要とする。いずれも、需要側と供給側の情報共有が重要となる。

2.3 管理体制（管理組織と施設の管理区分）

本地区の新たな水利使用に係る主要施設の管理区分は、表-1 のとおりである。

厚幌ダムの操作管理および情報管理は、河川管理者の北海道により行われる。

農業用施設の操作管理は、厚真ダムおよび厚幌導水路が厚真町土地改良区の管轄である。厚幌導水路の分水工以下の用水路および頭首工・揚水機は、水利組合等の管轄を計画している。一方、情報管理は、厚真ダムおよび厚幌導水路のほか、頭首工・揚水機を含めて土地改良区が管轄する。

表-1 主要施設の管理区分一覧表

区分	施設名称	操作管理			情報管理		
		北海道	厚真町 土地改良区	水利組合等	北海道	厚真町 土地改良区	水利組合等
水源システム	厚幌ダム	○	—	—	○	○ ^{※1}	—
	厚真ダム	—	○	—	○ ^{※1}	○	—
水路システム	厚幌導水路調圧施設	—	○	—	○ ^{※1}	○	—
	厚幌導水路および分水工	—	○	—	—	○	—
	分水工以降の用水路	—	—	○	—	—	—
	美里頭首工	—	—	○	—	○	○
	9区頭首工（9区揚水機）	—	—	○	—	○	○

※1. かんがい利水に係る厚幌ダムの貯水位、放流量等の一部の情報を共有する。（北海道 → 農業）

※2. 厚幌ダム運用に係る農業用施設の放流量、取水量等の一部の情報を共有する。（農業 → 北海道）

3. 水管理システム計画

3.1 農業水利施設の水利特性の把握

水管理システムは、多種・多様な農業水利施設で構成される水源・水路システムの安全で適正な運用の支援を目的とする。この際、新規造成かつ長大な厚幌導水路の管理は、その要となる。厚幌導水路の管理ポイント選定の指標とするため、その構造特性にもとづく定常および非常の数値シミュレーションを行い、分水操作の影響やサージング特性等を把握した。

(1) 分水操作

厚幌ダムからの取水量を減量しないまま厚幌導水路の5区分水工で $Q=1\text{m}^3/\text{s}$ を超える減量（計画最大分水量から分水量ゼロとする）が行われた場合に、当該分水工（函渠）において水位が水路高（人孔高）を越えて溢水し、同様の構造で上流に位置する2区分水工、3区分水工および4区分水工でも人孔部まで水位が上昇する可能性を示唆した。開水路区間からの溢水による災害防止として、これらを管理ポイント（水位監視）に想定した。

(2) 用水到達時間

厚幌導水路は主としてオープンタイプパイプラインで構成されるが、その延長は $L=29\text{km}$ に及び、途中に開水路区間を含む。起点（厚幌ダム）の流量変更に伴う末端の流況安定（全量到達）までに約1時間を要する結果となった。厚幌導水路の分水管理は、用水到達時間に留意を必要とし、とくに、分水規模が比較的大きい5区分水工や豊川分水工は、分水操作が厚幌導水路本線の流況に及ぼす影響も大きくなることから、これらを管理ポイント（水位監視）に想定した。

(3) 過渡期の流況（サージング）

期別の流量変化（変更操作）の範囲において、水槽からの溢水など施設やその周辺の安全を脅かす規模のサージングを生じる可能性は低い結果となった。

この際、厚幌導水路のサージングは、オーバーフロー式のオープンスタンド型分水工が連続する5区分水工より下流で比較的大きくなる傾向を示した（図-5）。サージングは、流量を増加した場合に比べて減量した場合にその振幅は大きく、また、継続時間は長くなった。水槽水位の変動は分水管理に影響するため、当該形式の分水工を管理ポイント（水位監視）に想定した。

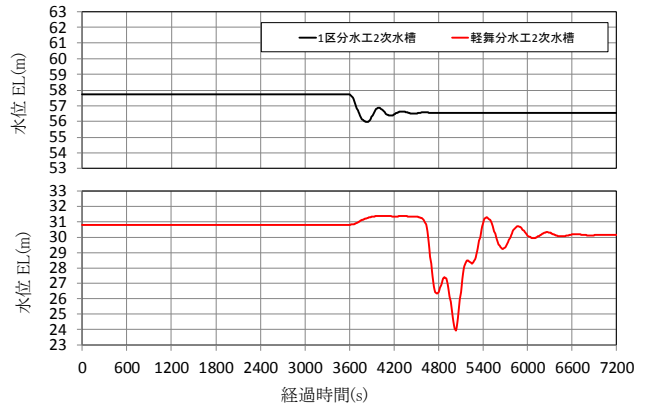


図-5 数値シミュレーションによるサージング検討例

3.2 管理対象施設と管理レベル

水管理システムの管理対象施設と管理レベルは、水利使用の付帯条件に加えて、新規造成の厚幌導水路の構造・水利特性および管理組織体制を勘案して選定した。管理対象施設は、中央水管理所を除き17施設を計画した。これらの管理レベルは、水管理における重要度、必要な監視精度および管理組織体制などを勘案し、遠方監視（テレメータ：TM）を13箇所、現場監視のみを4箇所として、中央管理所で集中管理を行うものである（表-2）。なお、テレメータ機能の実装は管理者の維持管理費負担の増加を伴うことから、予定管理者（厚真町土地改良区）の意見・要望を確認のうえ箇所数を最終決定している。

表-2 管理対象施設と管理レベルの選定一覧表

整理番号	名称	現場監視	遠方監視 (テレメータ)	主な選定理由	備考
1	厚真ダム	○	○	水利使用の付帯条件、管理組織体制	
2	厚幌導水路調圧施設	○	○	水利使用の付帯条件、管理組織体制	厚真ダムおよび厚幌ダムの情報含む
3	1区分水工	○	○	水利特性、水利用特性、管理組織体制	
4	2区分水工	○	-	水利特性、水利用特性、管理組織体制	
5	3区分水工	○	○	水利特性、水利用特性、管理組織体制	
6	4区分水工	○	○	水利特性、水利用特性、管理組織体制	
7	5区分水工	○	○	水利特性、水利用特性、管理組織体制	
8	ウクル区分水工	○	-	水利特性、水利用特性、管理組織体制	
9	豊川分水工	○	○	水利特性、水利用特性、管理組織体制	
10	梁川分水工	○	-	水利特性、水利用特性、管理組織体制	
11	当麻内分水工	○	○	水利特性、水利用特性、管理組織体制	
12	軽舞分水工	○	○	水利特性、水利用特性、管理組織体制	
13	野安部分水工	○	○	水利特性、水利用特性、管理組織体制	
14	入鹿別分水工	○	-	水利特性、水利用特性、管理組織体制	
15	鹿沼分水工	○	○	水利特性、水利用特性、管理組織体制	
16	美里頭首工	○	○	水利使用の付帯条件、管理組織体制	
17	9区頭首工(9区揚水機)	○	○	水利使用の付帯条件、管理組織体制	
	計	17箇所	13箇所	-	
	中央管理所	情報処理		水利使用の付帯条件、管理組織体制	厚真町土地改良区

3.3 情報伝送方式とシステム構成

本地区の情報伝送方式は、管理対象施設の立地条件、伝送する情報の種類（データ容量）、伝送頻度から見た使用性能および通信費等の経済性を総合的に判断して選定した。システム構成計画を図-6に示す。

a. 厚真ダム管理事務所～ゲート操作室の情報伝送

本区間は、山間域のため携帯電話回線が利用できない。また、ダム堤体の上下流に位置し、直線距離 L=200m と短距離だが見通しの利かない立地条件にあった。

ゲート操作に係る貯水位や放流量の情報伝送方式は、データ伝送の信頼性（断線がない）、施設整備および維持管理における経済性等の比較検討から「デジタル簡易無線」を計画した。本方式は、通信速度は比較的遅いが（4.8kbps）、通信維持費が廉価（数百円/年/箇所）で、電波の回り込みが効く特徴がある。

b. 厚幌ダム～厚幌導水路（調圧施設）の情報伝送

本区間は、調圧施設から約 100m の距離に位置する利水放流設備（厚幌ダム施設）を経由して、メタルケーブルと光ケーブルにより直送する方式とした。

c. 9区頭首工～9区揚水機の情報伝送

本区間は、直線距離約 L=150m で見通しがきく立地条件にある。情報伝送方式は、当該条件と各種の伝送方式の特性を勘案して、通信費が不要で整備費も比較的廉価な「小電力無線（2.4GHz 帯無線 LAN）」を計画した。本方式は、通信距離が最大 L=0.2km 程度で見通しの利く場合に有効である。

d. 各施設～中央管理所の情報伝送

本区間は、情報伝送距離が数 km～十数 km であり、沢地形が多いが携帯電話回線が利用可能である。情報伝送方式は、立地条件と各種の伝送方式の特性を勘案して、他地区でも実績のある「携帯電話回線（パケット通信方式）」を計画した。

e. ネットワークセキュリティの確保

管理対象施設間の通信網は、インターネット上の仮想専用線となる VPN 網（バーチャル・プライベートネットワーク）のサービスを利用することにより、ネットワーク利用上のセキュリティを確保する方式とした。

f. 厚真ダム～厚幌ダムの情報伝送

厚幌ダムの運転に係る厚真ダムの貯水位や放流量等の情報は、厚幌ダム建設事業（北海道）で整備する雨量局（厚真ダム管理事務所の傍）および単一无線を介して、厚幌ダムに伝送される。

g. 警報発信機能

水管理の安全性向上として、予め設定した上下限値を逸脱する観測値や現場（子局）装置の電源異常等を、自動的に中央管理所やあらかじめ指定した携帯電話などに警報としてメール発信する機能を計画した。

h. 中央管理所のシステム機能

子局から定期的に伝送されるデータを一括収集し、当該データにもとづく演算処理、表示、記録を行う。子局の計測・伝送は、定期に加えて中央管理所からの指示により任意に可能である。これらの、中央管理所に集約された水利情報等は、専用の Web サイト（ID、パスワードで閲覧管理）を開設し、関係者間の効率的な情報の共有を図る。

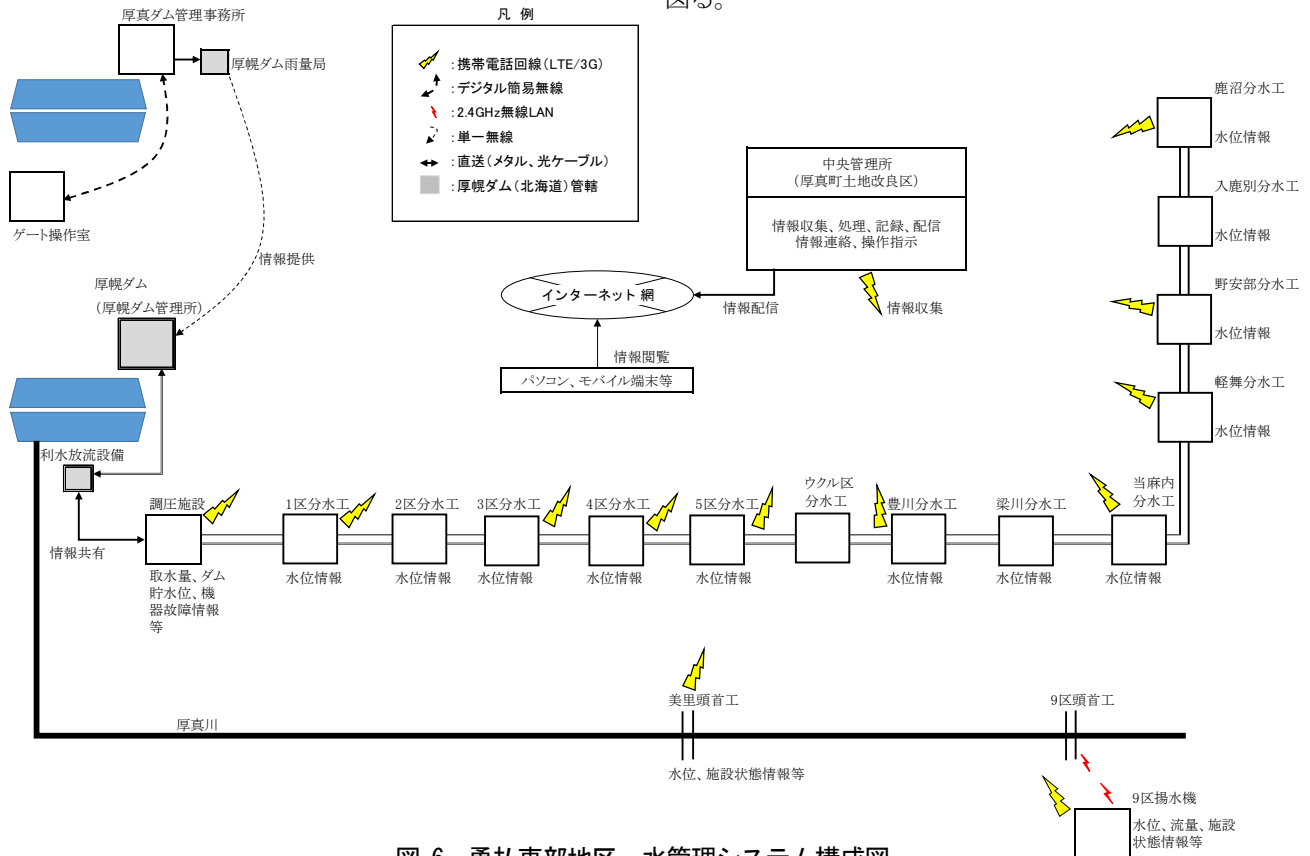


図-6 勇払東部地区 水管理システム構成図

4. まとめ

本地区における水管理システムの特徴をまとめると、以下のとおりである。

- (1) 本水管理システムは、既存の厚真ダムと、新規水源の厚幌ダム（補助多目的ダム）との間で水利情報の共有を行う。すなわち、中央管理所と河川管理者（北海道）との情報共有が特徴の一つである。
- (2) 管理対象施設は、水利使用の付帯条件の遵守を基本としつつ、新規に造成する長大な厚幌導水路の安全で効率的な管理を実現するため、数値シミュレーションによりその水理特性を把握し、管理組織体制を考慮のうえで選定した。
- (3) 情報伝送方式は、管理対象施設の立地と伝送する情報の特徴（情報量）にもとづき、箇所ごとに適正な方式を選別し、耐久性、施工性および維持管理段階の経済性に配慮して選定した。本水管理システムの情報伝送方式は、広域で多様な地形条件を対象とする特徴から「直送」「デジタル簡易無線」「2.4GHz帯無線LAN」「携帯電話通信（パケット通信）」の組み合わせとした。
- (4) 携帯電話回線の利用にあたり、VPN（バーチャル・プライベートネットワーク）のサービスを活用し、情報セキュリティの確保に配慮した。
- (5) 中央管理所は、現場の計測データ等を定期的に収集・処理・表示・記録し、地区全体の一元的な水管理を可能とする。また、専用の Web サイトを開設し、用水管理に係る監視員および受益者などが、パソコンや携帯電話などにより、ID とパスワードを用いてインターネットを介して必要な情報を閲覧することにより、情報共有を可能とした。

本水管理システムは、新設される水利施設の機能試験や供用開始時期の違いなどから、複数年の段階的な整備を計画している。

本年度はその初年目に当たり、厚幌導水路の通水に向けて、関連する厚真ダム、厚幌ダム、厚幌導水路調圧施設および中央管理所のシステム整備を進めている。

今後、厚幌導水路の供用開始に向けて、残るシステム機器の整備を進めるが、関連する技術やサービスの動向にも注意し、安全で信頼性の高いシステム構築を確実としたい。

参考文献

- 1) 中 達雄、樽屋啓之：農業水利のための水路システム工学-送配水システムの水理と水利用機能-, 2015年8月20日