

国営かんがい排水事業芽室川西地区の水管理制御設備設計

金津麻里子

1. はじめに

国営かんがい排水事業芽室川西地区は、帯広市および河西郡芽室町の約20,000haを受益とする畑作地帯である。2017年度（平成29年度）に着工し、現在、ダムおよび用水路の改修、新設が進められている。

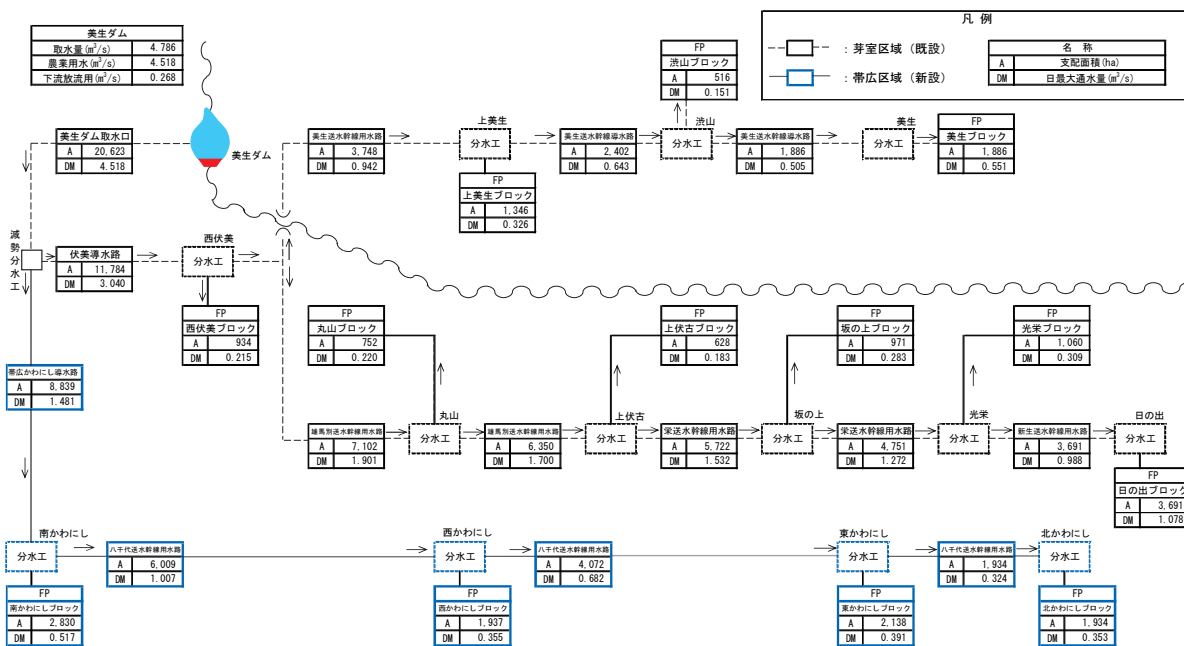
芽室町の区域（以下「芽室区域」という）は、国営芽室土地改良事業（昭和56年～平成19年）により造成された美生ダムとそれより取水する用水路施設（パイプライン）で構成されるかんがいシステムが運用されているが、近年の営農状況の変化に伴い水需要が変化しているとともに、用水路施設の経年的な劣化が見られている。一方、帯広市の区域（以下「帯広区域」という）は、用水路施設が未整備であった。本事業では、農業用水の安定供給による農業生産性の向上と農業経営の安定を目的として、水需要の変化に対応した用水再編と、これに対応したかんがいシステムの改修、新設が行われる。

このかんがいシステムを対象とした水管理制御設備は、新たな区域を加えた円滑な水利用に資するため、地域的水需要変動への安全で確実な対応や、用水管理の合理化と省力化の実現に資するものとして、その更新・新設整備が計画されている。

本報は、2019年度（令和元年度）に帯広開発建設部よりご発注いただいた設計業務の成果から、本地区のかんがいシステムを対象とする水管理制御設備の特徴および設計の留意点等について紹介する。

2. かんがいシステムの概要

芽室川西地区のかんがいシステムは、既設の美生ダムを芽室区域と帯広区域の共有の水源施設とし、ダム直下の減勢分水工（改修）から分水・接続する幹線用水路により各区域に送配水するものである（図－1）。減勢分水工から接続する送水系幹線用水路は、既設の芽室区域ではオープンタイプパイプ



図－1 芽室川西地区 かんがいシステム系統図

インが採用され、新設の帯広区域は地形条件や経済性などの条件にもとづく検討からセミクローズドタイプパイプラインが計画されている。

芽室区域の送水系幹線用水路には分水工9箇所が設置されファームポンド（以下「F P」という）に分水する。同様に、帯広区域では4箇所のF Pに分水する。F Pから接続する配水系幹線用水路は、いずれの区域もクローズドタイプパイプラインである。

両区域の水利用期間は、4月から9月までの湿潤かんがい用水（散水方式）とそれ以外の期間のハウス・施肥用水を併せて通年である。また、日々の送配水管理は、送水系幹線用水路が24時間通水、配水系幹線用水路が22時間通水の計画である。

芽室区域（既設）と帯広区域（新設）を併せたパイプラインは、最大口径1,650mm、総延長300km以上に及び、送水系および配水系のいずれも1MPaを超える高圧パイプラインを含む大規模な水路システムとなっている。その立地は、美生ダムおよび送水系幹線用水路の上流部は起伏が比較的大きく、見通しの利かない山間域である。一方、送水系幹線用水路の下流部やF Pを起点とする配水系幹線用水路は、なだらかな丘陵部あるいは平坦部に敷設され、民家や幹線道路あるいは市街地に隣接する場合がある。以上の特徴から、当該施設は、その運用にあたり、利水面の管理に加えて安全面（防災・減災）への配慮が重要な施設である。

3. 用水管理の概要

これまで芽室区域単独で行われてきた水管理に、新たに帯広区域が加わる場合の用水管理の要点を以下に記す。

(1) 美生ダム（減勢分水工、小水力発電施設含む）の管理

- 1) 美生ダムでは、受益区域の水利用に応じて水利使用規則の範囲内で取水し、減勢分水工で帯広区域と芽室区域のかんがい用水の分水調整を行う。
- 2) 減勢分水工には小水力発電施設が併設される。

かんがい施設の操作は、当該施設との連携により行う。

- 3) ダム管理者は帯広市及び芽室町の共同が予定される。

(2) 用水路の管理

- 1) 減勢分水工から分水後の用水管理は、帯広区域は帯広市が、芽室区域は芽室町がそれぞれ行う。
- 2) 送水系幹線用水路では、期別および降雨によって変化する所要水量やF Pの水位変動に応じて、各分水工からF Pへの分水量の調整を行う。
- 3) 上記の操作では、水利使用規則に規定される「年間総取水量」の遵守および無効放流の抑制に留意して、ダム取水と各区域（各分水工）への分水量のバランスを調整する。
- 4) F Pの水位変動を確認し、必要により利害関係者と調整を行う。

(3) 情報管理

- 1) 上記の用水管理のため、美生ダムおよび用水路施設の分水工・F Pで水位、流量の水利情報およびゲート開度・状態などの施設情報を監視し、必要に応じて適宜に操作を行う。
- 2) この際、共有の水源施設である美生ダムの情報は、帯広市と芽室町で共有する。

4. 水管理制御設備設計

(1) 基本事項

水管理制御設備の検討・設計にあたり、その一般的な概念や基本事項は「水管理制御方式技術指針（計画設計編 平成25年3月）」¹⁾に準拠した。水管理制御設備の導入目的および具備すべき条件を以下に、また、当該設備設計の作業手順を図-2に示す。

[導入目的]

- ①水の有効利用：無効放流の低減等
- ②水の合理的配分：地域的需要量の変動への対応等
- ③施設の保全と災害防止：施設・機器等の異常の

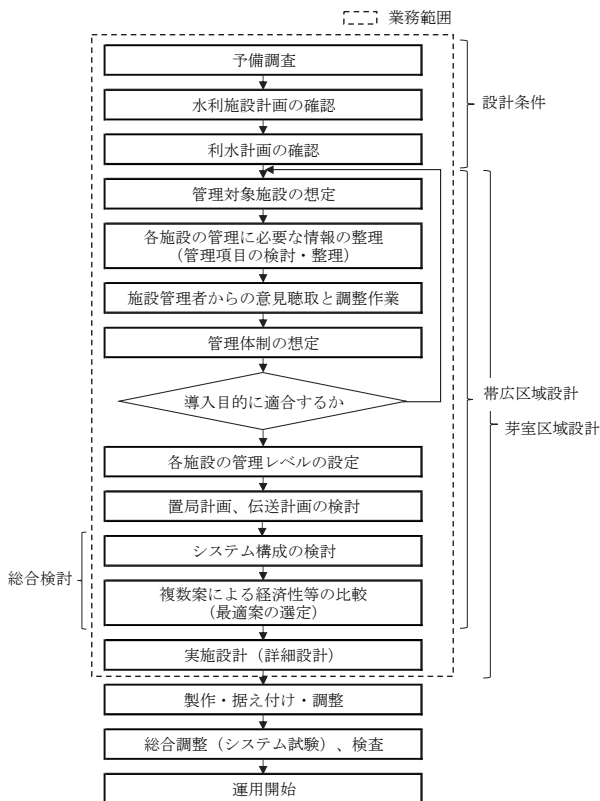
早期発見等

- ④維持・管理費の低減：管理労務費の節減等
- ⑤情報提供：情報の配信・共有による運用の円滑化
- ⑥連絡・通報の即応性等

[具備すべき条件]

- ①動作の信頼性が高いこと
- ②操作が容易で誤操作の恐れがないこと
- ③一部の故障がシステム全体の機能に著しい影響を与えないこと
- ④設置される環境に耐えうること（耐久性）
- ⑤維持管理性および経済性（維持管理コスト低減）
- ⑥機能の拡張性

本業務では、既設の美生ダムおよび芽室区域の用水路施設を対象とした水管理制御設備は「更新」のための実施設計を、新設の帯広区域の用水路施設を対象とした水管理制御設備は「新設」のための基本設計を行った（図－2）。



図－2 水管理制御設備の計画・設計の作業手順

本設計にあたっては、上記の指針に準拠しつつ、対象地域に適合した水管理制御設備の計画・設計を念頭に、芽室区域の水管理実績（管理課題）および現況設備の状況、関係組織体制、利用可能な通信インフラなどの地域特性（設計条件）の把握に留意した。

本業務の特徴として、①用水の公平かつ合理的配分、②帯広市と芽室町による情報管理（情報の共有とセキュリティ）、③設備の運用に係る管理の省力化、維持管理費の低減、④防災・減災と水管理作業の安全性向上に留意した検討・設計が挙げられる。

(2) 設計条件

- 1)水管理実績にもとづく意見・要望（管理課題）
 - a)通信コストの削減
 - b)美生ダムにおける緊急時などに対応する通信の強化

2)既設の水管理制御設備の内容と現況

【設備の内容】

- a)既設の水管理制御設備は、美生ダムおよび用水路施設の分水工・FP9箇所を管理対象施設（子局）とし、芽室町市街地に所在する美生ダム中央管理センターを親局（中央管理所）とするシステム構成である。
- b)管理レベルは、中央管理所による子局の遠方監視（テレメータ）と集中管理（情報収集、処理、記録）である。
- c)子局と親局とのデータ伝送方式は、美生ダムと親局がNTT専用回線、そのほかの子局と親局はNTT一般加入回線である。
- d)管理項目は、美生ダムが貯水位、放流量等の水利情報および機械設備等の状態情報である。分水工・FPは、水位、配水幹線流量および緊急遮断弁の開閉状態の情報である。分水ゲート等の開度情報は含まれない。

【設備の現況】

- a) 本設計時点で設備機器の導入から15年以上を経過し、計測装置や情報通信機器は耐用年数を超過している。
- b) 子局では、近年、機器の故障による通信不良が増加傾向にある。
- c) 既設のシステム機器のオペレーションシステム（OS）は、現在流通する機器のOSと互換性がない。

3) 水と設備の利用状況

- a) かんがいシステムが既設である芽室区域では、水および水管理制御設備は通年利用されている。
- b) このため、水管理制御設備は、更新整備の際も稼働させた状態とする必要がある。

4) 管理組織体制

国営芽室土地改良事業で造成された美生ダムを水源施設とする既設のかんがいシステムは、当該事業完了後に芽室町によって管理が行われてきた。芽室町市街地に所在する美生ダム中央管理センターを親局（中央管理所）として芽室町職員が常駐し、美生ダムおよび用水路施設の分水工・FPを子局として管理情報の遠方監視（テレメータ）を行う体制である。

一方、新設する帯広区域の用水路施設の管理は、帯広市による管理が予定されている。また、用水再編により水源の美生ダムを芽室区域と帯広区域で共有することになるため、ダムの管理者として帯広市が加わることとなる。

すなわち、芽室川西地区の事業完了後のかんがいシステムの管理は、帯広市と芽室町が共同する管理体制が想定される。

5) 情報通信基盤の性能確認

本業務時点において、対象地域で利用可能な情報通信基盤は、既設の水管理制御設備で採用されているNTT回線のほかに、地上波携帯電話回線

（パケット通信：4G/LTE）、デジタル簡易無線回線、衛星波回線があった。なお、光回線は対象施設周辺の多くで未整備であった。

かんがいシステムの構成や管理実績から水管理の要所に位置づけられる美生ダムおよび用水路施設の分水工・FPにおいて、上記の新たな情報通信基盤の性能調査を行った。

情報伝送方式は、管理対象施設ごとの伝送情報の特徴と本調査結果にもとづき、ダムは衛星波回線、分水工・FPは地上波携帯電話回線を選定した。

a) 地上波携帯電話回線の性能調査

対象の分水工地点でモバイルルーターを用いて地上波携帯電話回線の性能試験を行い、いずれの位置でも水管理情報の伝送に十分な通信性能を有することを確認した（写真－1）。一方、美生ダムは、当該回線では通信の安定性や速度などの性能面から、水管理情報の伝送が難しいと判断された。



写真－1 地上波携帯電話回線性能調査状況

b) デジタル簡易無線回線の性能調査

本調査は、地上波携帯電話回線では所要の通信性能が得られなかった美生ダムを対象に行った。デジタル簡易無線は、数百MHz程度の周波数帯を使用するため、数GHz帯の周波数を使用する無線LAN通信などに比して指向性が低く、電波の回り込みが効くため、見通しの利か

ない場合でも数キロメートルの距離間で通信が可能である。

美生ダムは、地上波携帯電話回線が使用可能な区域と数キロメートルの距離にあり、さらに、当該区域と見通しが利かない。当該条件を踏まえ、美生ダムからの直線距離が、デジタル簡易無線の通信圏内である3キロメートル程度に位置する分水工とダムとの間で通信性能調査を行い、通信が可能であることを確認した(写真-2)。ただし、管理方法の検討の結果、美生ダムは伝送情報が多くなり、デジタル簡易無線では通信速度が不足するため、これに対応可能な衛星波回線を用いることとした。



写真-2 デジタル簡易無線回線性能調査状況

(3) 水管理制御設備設計

1) 管理対象施設と管理項目(監視・制御方式検討)

管理対象施設は、芽室区域の管理実績や本地区のかんがいシステムの特徴を踏まえ、用水の公平で合理的な配分に係る水管理の要所として、美生ダムと水路に付帯する分水工・FPを想定した(表-1)。

管理項目は、芽室区域については、従来の分水工1次水槽水位、FP水位・流量および緊急遮断弁信号に、新たに「分水工ゲート開度」を加えるとともに、現場での分水量の「演算処理(越流公式)と表示」の機能を追加する計画とした。帯広区域は、水利情報として、FPへの分水管理に係る分水工1次水槽水位とFP水位および分水ゲート開度の監視に加えて、セミクローズドタイプパ

表-1 管理対象施設と管理項目一覧表

区分	施設名	管理項目		
		ダム諸量	減勢分水工水位	ゲート開度
美生ダム	美生ダム	ダム諸量	減勢分水工水位	ゲート開度
		小水力発電諸量	画像	
芽室区域	西伏美分水工・FP	分水工水位(1次)	分水ゲート開度	分水量
		FP水位	配水量	緊急遮断弁信号
	上美生分水工・FP	分水工水位(1次)	分水ゲート開度	分水量
		FP水位	配水量	緊急遮断弁信号
	浪山分水工・FP	分水工水位(1次)		
		FP水位	配水量	緊急遮断弁信号
	美生分水工・FP	分水工水位(1次)		
		FP水位	配水量	緊急遮断弁信号
	丸山分水工・FP	分水工水位(1次)		
		FP水位	配水量	緊急遮断弁信号
	上伏古分水工・FP	分水工水位(1次)		
		FP水位	配水量	緊急遮断弁信号
坂の上分水工・FP	分水工水位(1次)			
	FP水位	配水量	緊急遮断弁信号	
光栄分水工・FP	分水工水位(1次)			
	FP水位	配水量	緊急遮断弁信号	
日の出分水工・FP	分水工水位(1次)			
	FP水位	配水量	緊急遮断弁信号	
帯広区域	南かわにし分水工・FP	分水工水位(1次)	分水工水位(2次)	分水ゲート開度
		FP水位	配水量	緊急遮断弁信号
	西かわにし分水工・FP	分水工水位(1次)	分水工水位(2次)	分水ゲート開度
		FP水位	配水量	緊急遮断弁信号
東かわにし分水工・FP	分水工水位(1次)	分水工水位(2次)	分水ゲート開度	
	FP水位	配水量	緊急遮断弁信号	
北かわにし分水工・FP	分水工水位(1次)		分水ゲート開度	
	FP水位	配水量	緊急遮断弁信号	

イプラインの特性を踏まえ、管路の機能維持と安全性に係る管路の満流確認を目的として、分水工の「2次水槽水位」を管理項目に加えた。

2) 管理体制と管理レベル

本地区のかんがいシステムの管理は、帯広区域は帯広市、芽室区域は芽室町、美生ダムは帯広市と芽室町の共同での管理が想定されている。

水管理は、芽室区域および帯広区域のいずれも期別単位が基本であり、降雨の状況によって日単位の対応を行う「定常的」な管理方式が想定されている。

水管理制御設備の管理レベルは、当該管理方式や芽室区域における管理実績を踏まえて、現場側(子局)の管理レベルは遠方監視(テレメータ)を基本とし、中央管理所(親局)は収集した情報の表示、演算処理、記録、出力および配信の機能を計画した。

3) 置局計画と情報伝送計画

本地区のかんがいシステムを対象とした水管理制御設備の中央管理所(親局)や子局等の配置は、①帯広市と芽室町による共同管理、②管理対象施

設と施設管理者事務所の立地、③既設の美生ダム中央管理センターの活用を念頭に、全体の情報を統括管理する中央管理所（親局）として美生ダム中央管理センターを位置づけ、施設管理者事務所を支局、管理対象施設を子局とする置局計画とした。

各局間の情報伝送方式は、通信インフラの現地試験結果と遠方監視する情報の特性（情報量、監視の頻度など）を踏まえ、通信性能や維持管理費用などの側面からの比較検討を加えて、中央管理所と支局間は光回線、中央管理所と子局間は4G/LTE回線による地上波携帯電話回線を選定した。一方、これらの回線が利用できない美生ダムは、当初デジタル簡易無線を検討したが、画像伝送を含む伝送容量の特性から衛星波回線を選定した。なお、これらの通信はインターネットを介するため、セキュリティに配慮してVPN方式とした。

①中央管理所（親局）と支局は市街地に所在しており、相互の通信は、通信性能や経済性で有利な光回線の利用を計画した。

②美生ダムは、その立地から3G、4GおよびLTE回線のいずれでも地上波携帯電話回線の圏外である。近傍の分水工との間でデジタル簡易無線（150MHz帯）の通信が可能であるが、伝送項目が比較的多く、将来的に画像情報を加える可能性もあり、これに対応可能な衛星波回線を計画した。

③水路システムに付帯する分水工やFPは、いずれも4GあるいはLTE回線による地上波携帯電話回線の利用が可能であり、当該方式の利用を計画した。

4) 維持管理のコスト低減

水管理制御設備の運用に係る維持管理費は、通信費のウェイトが大きく、これを低減することが施設管理者の負担軽減と管理精度の維持の両立に重要となる。

NTT一般加入回線や同専用回線を利用する現況の通信方式を、対象地域で利用可能な地上波携

帯電話回線等に変更した場合は、管理項目や情報伝送頻度などの管理レベルを同等とすれば、1,000千円/年程度の通信費用の低減が見込まれる（表-2）。

表-2 通信費用の対比表（芽室区域+美生ダムの比較）

施設名	現在		将来(更新後)	
	契約種類	通信費	契約種類	通信費
美生ダム中央管理センター	NTT一般加入回線	602,700	光回線	165,600
美生ダム	NTT専用回線	735,144	衛星波回線	276,000
芽室区域 分水工・FP	NTT一般加入回線	221,316	地上波携帯電話回線	98,400
合計		1,559,160		540,000

5) 防災・減災と作業安全への配慮

a) 情報通信方式の二重化

水源施設の美生ダムは、用水管理上の重要度から常時はもとより、防災・減災の側面から災害発生時など、非常時の情報通信設備の信頼性（冗長性）確保が重要である。その手段の一つとして、情報通信方式の二重化が挙げられる。このため、美生ダムでは、防災情報ネットワーク事業による通信回線が確保される計画であることから、当該計画と調整を図り、これとは別に通信回線（衛星波回線）を整備することで二重化し、非常時の通信の信頼性確保と管理費用の抑制の両立を図ることとした。

b) 収納盤類の耐震化

本地区は、有感地震あるいは強震動の比較的多い北海道東部に位置しており、かんがいシステムの安全管理に係る水管理制御設備には、防災・減災の側面から所要の耐震性能を具備することが重要である。

水管理制御設備では、情報処理に係る多種の電子機器が用いられ、これらは機能ごとに適宜にまとめて収納盤などに設置される。地震によってこの収納盤が転倒などすると、断線や機器の損傷により、その機能が失われる可能性がある。収納盤の耐震化（転倒・落下防止）として、盤を床や壁に設置する際のアンカーボルトは、関係する指針²に準拠した構造計算を行い、所要の強度を確認のうえで選定した。

c) 非常用電源の確保

電子機器の故障防止のために安定した電力を供給するため、および商用電力設備の不具合や災害等によりその供給が停止した場合でも一定期間は中央管理所のシステム機器の正常な稼働を担保するため、予備電源装置の設置を検討した。

通常時の一時的な停電に備えては、UPS（無停電電源装置）機能を備えたCVCF（定電圧定周波数装置）を計画した。また、停電の期間が比較的長期に及ぶ可能性のある災害時に備えては、非常用電源装置（発動発電機）の設置を検討した。本装置は、設置スペースの制約、取り扱いの容易性、設置費用と維持管理費用の経済性などを指標として、可搬型の機器を選定した。

d) 管理作業の効率化と安全性向上

現況の水管理制御設備には、水位や流量を確認する機能が具備されていない。分水量等を現地で確認する場合は、水槽内を直接目視する必要があり、管理作業の効率面と安全面から改善が望まれた。

改善対策として、現地（子局）に設置するデータ伝送盤に「分土工水槽水位（水深）」「分水ゲート開度」およびこれらにもとづき演算処理した「分水量」を表示し、この表示を目安としながら分水量の調整（分水ゲート操作）を可能とする機能を計画した（図-3）。

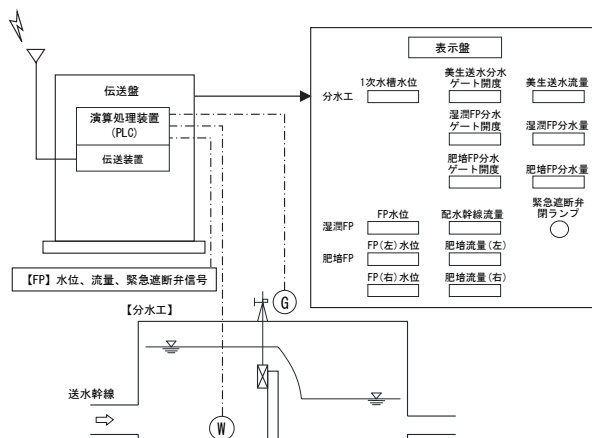


図-3 分土工（子局）の情報管理機能イメージ

6) 総合検討

a) 水管理制御設備の全体システム構成

信頼性、情報セキュリティおよび予定管理者の意見などを勘案し、親局機能はクラウドサービスを利用せず、自前で構築するシステム構成を基本とした。

本地区のかんがいシステム構成と管理組織体制を踏まえ、水管理制御設備の全体システム構成は、下記の2案を作成した。

[第1案]

用水路施設を区域別に個別管理することを基本とし、親局機能は美生ダム中央管理センターに整備する。親局の機器（ハード）は共有し、処理機能（ソフト）はそれぞれ独立した構成とする（図-5 a）。

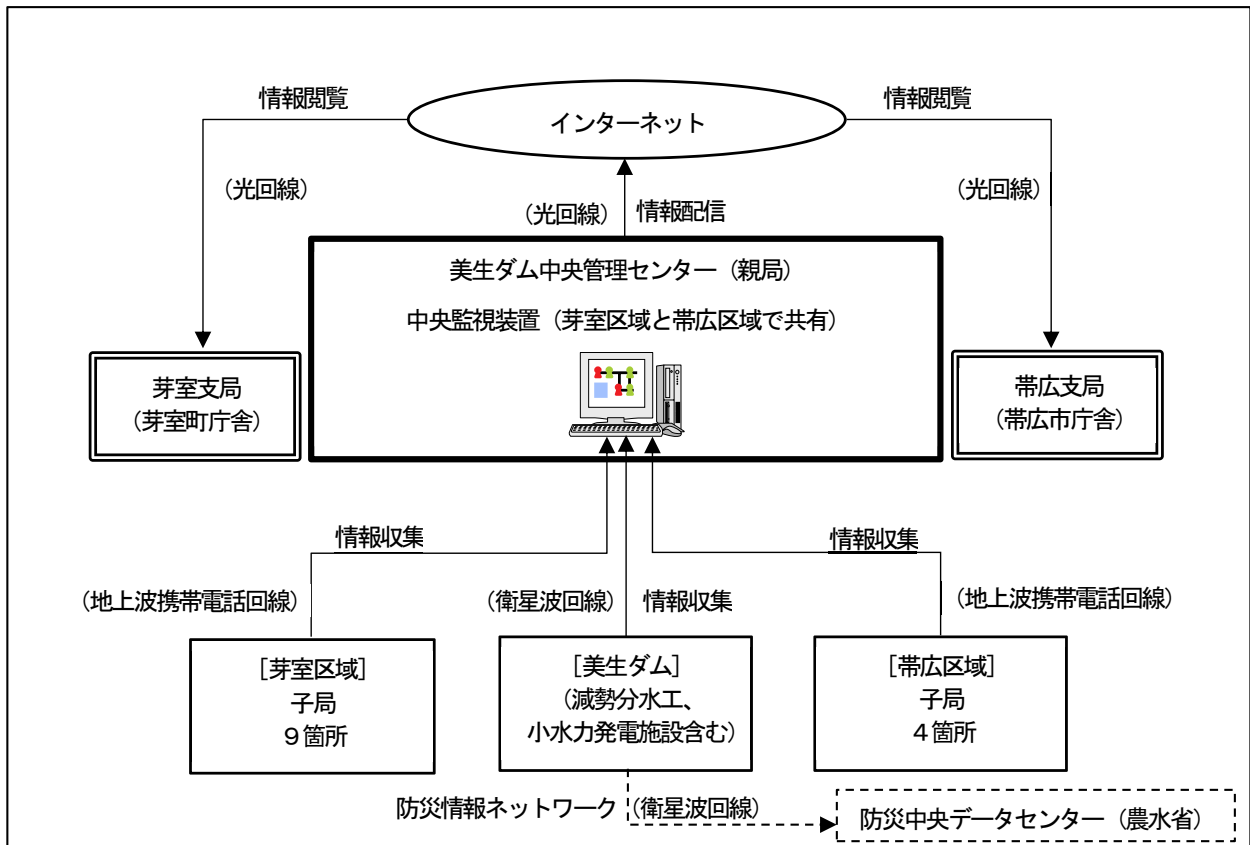
[第2案]

用水路施設を区域別に個別管理することを基本として、芽室町と帯広市のそれぞれに親局機能を整備する。機器（ハード）および処理機能（ソフト）のいずれも独立した構成である。ただし、各親局装置の設置場所は、いずれも美生ダム中央管理センターとする（図-5 b）。

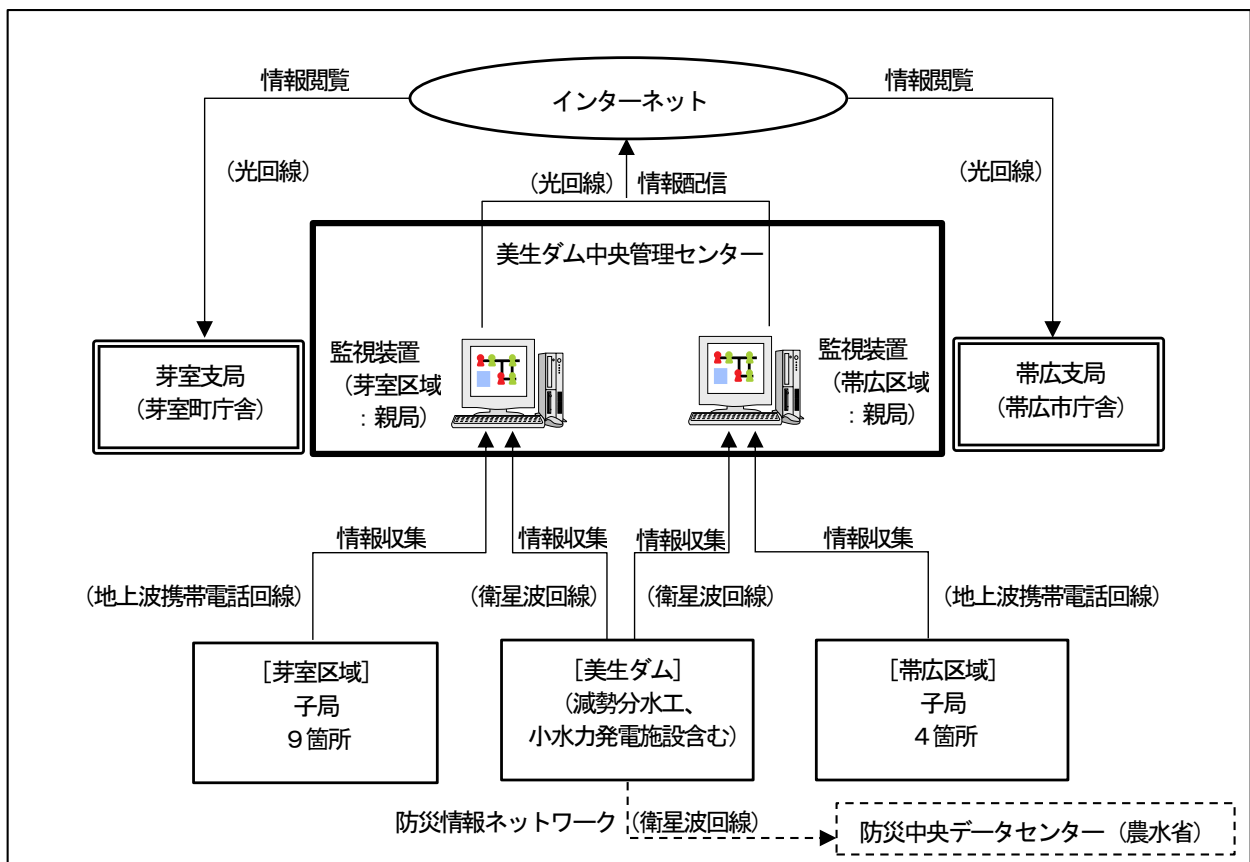
本設計では、上記2案のうち、構成機器を極力少なくして経済性に配慮した「第1案」を本地区の水管理制御システム構成として選定した。

b) 通年利用に配慮した更新整備計画

現況設備の更新を計画する芽室区域では、通年で水利用が行われている。水利用にあたっては、水管理制御設備による管理支援が必須であることから、更新の際もシステムを停止することはできない。このため、設備の更新は、現況システムを稼働させた状態で行うことを想定し、現況システムと更新システムは一定期間並設し



a. 第1案



b. 第2案

図-5 水管理制御設備の全体システム構成

て、更新システムの機能を確認したのちに現況システムの撤去を行う計画とした。

本設計時点で、既設の芽室区域の用水管理担当者（数名）は、芽室町市街地に所在する美生ダム中央管理センターに常駐しているが、令和2年12月からは芽室町役場新築庁舎に移る予定であった。これにより、令和3年以降は、現況システム機器を存置しつつ、当センターの執務室内に、更新整備するシステム機器の設置スペースの確保が可能である。

5. まとめ

本業務は、対象地域の特性や関連技術動向、施設管理者への丁寧な説明と合意形成に留意して進めた。その要点は以下のとおりである。

- (1) 情報伝送方式は、現地試験を行ったうえで、現況のNTT回線に比して通信性能や通信費の面で優位な地上波携帯電話回線および衛星波回線を選定し、通信性能の強化と通信費の低減を図るとともに、インターネット利用はVPN方式として情報セキュリティを確保した。
- (2) 利水面と安全面からとくに重要度の高い美生ダムは、防災・減災機能強化の側面から情報伝送機能の二重化に留意して情報伝送方式（衛星波回線）を設計した。
- (3) 防災・減災機能強化として、中央管理所（美生ダム中央管理センター）に非常用電源装置の設置を検討した。
- (4) 芽室区域の管理実績を踏まえ、管理操作の効率化と安全確保として、分水工の管理項目は、既設の水位にゲート開度を加えるとともに、現地で分水量の演算処理を行い、計測データとともに現場表示する機能を追加した。
- (5) 水管理制御設備のシステム構成と情報処理方式は、施設の管理区分（共有、区域別）、美生ダム中央管理センターの活用などに留意して決定した。
- (6) 既設システムの通年利用を踏まえ、一定期間の新旧システムの併存を可能とする機器設置方法お

よび施工手順を検討した。

- (7) 本設計では、施設管理者への複数回の説明・調整を経て、当該設備や維持管理の内容について合意を得た。

6. おわりに

令和元年度の業務として、芽室川西地区のかんがいシステムを対象とした水管理制御設備の設計を行った。本地区では、①帯広区域が基本設計段階であることに加えて、②美生ダムの減勢分水工などの付帯施設や管理設備の整備が進められていること、また、③対象地域では、補助事業を利用した光ファイバケーブルの整備構想があるなど、今後、水管理制御設備の整備に係る条件の変化が予想される。

今後、水管理制御設備の整備に向けては、対象地域の用水施設管理に適合した有用な設備となるよう、これらの整備状況などに留意して、本業務成果をベースとして適宜に機能の追加・調整を行っていく必要がある。

本報の内容は、令和元年度に北海道開発局帯広開発建設部よりご発注いただきました国営土地改良事業芽室川西地区の水管理制御設備設計業務の内容について紹介しました。本業務の遂行にあたり、多くのご指導・ご教示を賜りました帯広開発建設部の関係各位には、ここに記して御礼申し上げます。

最後に、本稿発表の機会を下さいました北海道土地改良設計技術協会各位に感謝申し上げます。

（株）アルファ技研 水利システムグループ 課長

【参考資料】

- 1) 一般社団法人農業土木機械化協会：水管理制御方式技術指針（計画設計編）、平成25年3月、P. 3～5
- 2) 一般社団法人 農業土木機械化協会：電気設備計画設計技術指針（高低圧編）農林水産省農村振興局整備部編、平成19年3月、P. 4-143～4-144