

設備の更新による効果とIT技術による業務の効率化

林 宏之¹・ 田口 智浩²

概要：

三重用水管理所では、近年のインターネット技術を積極的に採用し次の内容を実施した。2005年までに通信網（多重無線回線）をIP（Internet Protocol）化。2007年3月までに水管理設備（水管理制御処理設備、監視カメラ設備、IP電話設備、専用通信網など）の更新を完了。さらに新しい取組みとして、テレビ電話、防災支援システム、お知らせ配信システムなどの導入。

本報文は、水管理設備の更新による効果とIT技術を利用した業務の効率化について報告するものである。

キーワード：水管理制御処理設備、防災支援システム、お知らせ配信システム

1. はじめに

三重用水の事業地域は、北に養老山地を擁し、西に標高1,200m級の鈴鹿山地から20km先には伊勢湾があり、地形は非常に急峻で、かつ、その地盤は沖積層からなり、降雨はすぐに地下に浸透するため、年間1,800mm～2,000mmの降雨があるものの、昔から水の確保に苦勞してきた地域である。（図-1）



図-1 三重用水施設位置図

このような特性を有する地域で水資源開発を行うため、当事業では如何に小溪流から効率的に集水、貯留し、安定的に需要に応じた補給を行うかに十分

配慮した水利計画が策定されている。

当事業では施設計画上の年間総補給水量約5,000万 m^3 を効率よく集水して配水するため、8ヶ所の溪流取水から取水した水を中里ダム外4ダム（以下、8取水工と5ダムを併せて「水源施設」という。）で調整し、これらの水源施設を効率的に運用して供給するとともに、非かんがい期には翌年のかんがい期開始に向けて、貯水量が満水となるように継続的に取水を行っている。

当事業は図-2のとおり、流域外からの取水および急峻な地形からの溪流取水という厳しい条件の中で、取水した水をパイプラインで効率よく配水する管理運用を実行しなければならない。そのためには広範囲に及ぶ水源施設と膨大な延長の水路施設をきめ細やかに管理する必要があり、水管理設備の効果が非常に大きいものである。

本報告では、水管理設備の更新による効果とIT技術を利用した業務の効率化について述べるものである。

ここで、本論文で発表するにあたり三重用水の水管理設備とは、水管理制御処理設備をはじめとする電気通信設備、専用通信設備、監視カメラ設備などの総称とする。

-
- 1. 三重用水管理所 予算・修繕班 主幹
 - 2. 三重用水管理所 電気・機械班 主幹



図-2 三重用水の水の流れ

2. 更新および新たに導入した設備

2.1 三重用水の水管理制御処理設備

三重用水の水管理制御処理設備は5つのダム（打上、中里、宮川、菰野、加佐登）と1つの溪流取水工（牧田川取水工）を監視・制御し、13ヶ所のテレメータから10分間隔で雨量・水位・流量のデータを収集する設備である。（図-3）

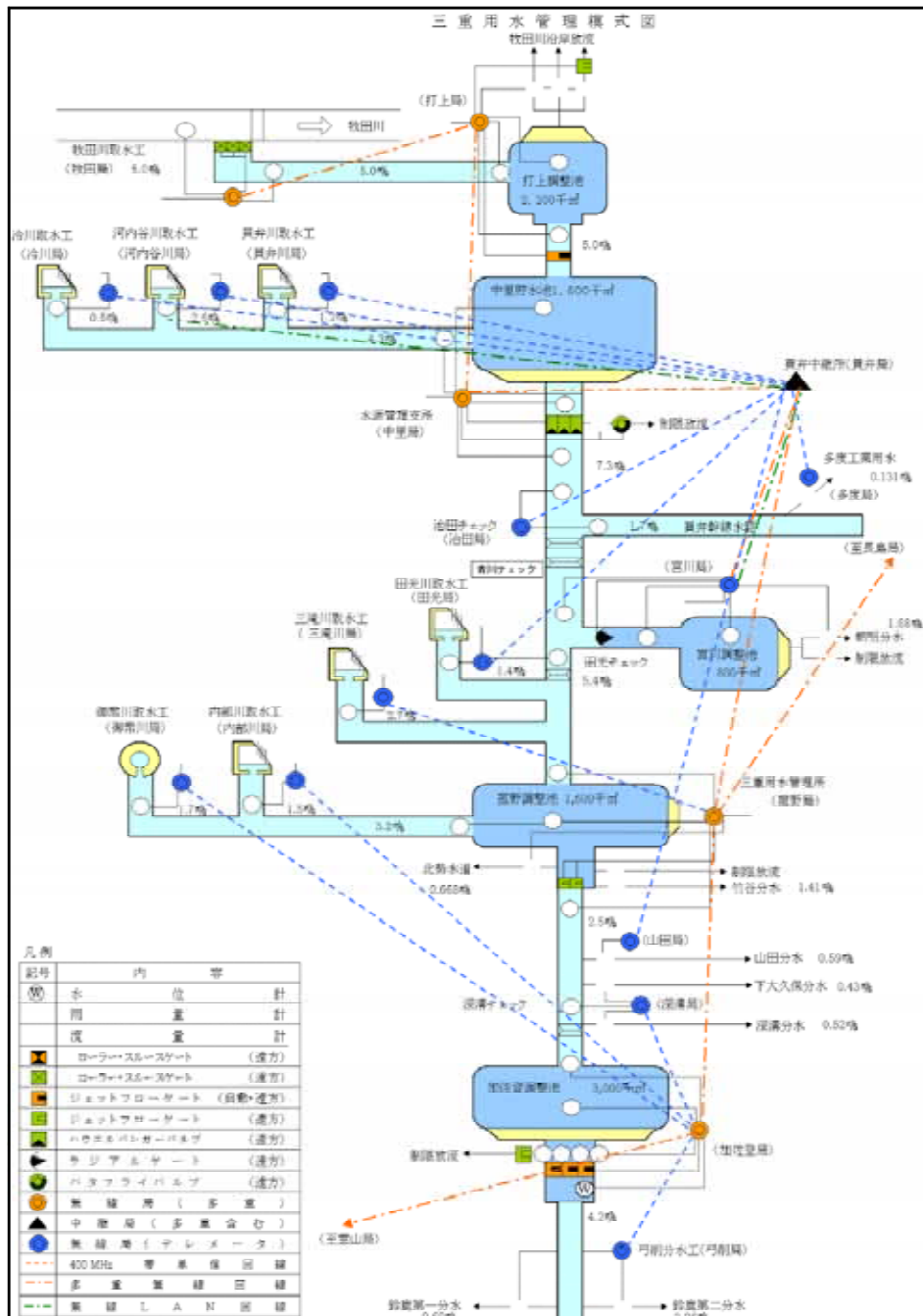


図-3 三重用水水管理模式図

2.2 水管理設備の更新について

三重用水の水管理設備は平成元年度に設置され、平成5年度の本管理開始より運用を行ってきた。その後、設備の老朽化に伴い平成15～18年度にかけて設備

の更新を行った。(表-1)

更新および新たに導入した設備は近年のインターネット技術を積極的に採用することで、表-2のとおり従来の他事業にはない特徴的なものとなっている。

表-1 設備更新の状況一覧

設備名所	設備の概要	H元	H15	H16	H17	H18	H19	H20
多重無線装置	7区間、8箇所							
デジタル端局装置	現在は、菰野、加佐登							
IP変換器	通信網のIP化 ¹⁾	-						
テレメータ設備	13箇所							
水管理制御処理設備								
自動電話交換設備	IP電話の導入							
	無線LAN対応携帯電話設備の導入	-						
監視カメラ	ネットワークカメラの導入	-						
専用通信網監視制御装置	牧田、打上、中里、員弁中継所、宮川、菰野、加佐登	-						
水温観測設備	中里ダム・菰野調整池	-						
無線LAN(河内谷～員弁中継所)	1.1km(監視カメラ用)	-						
無線LAN(宮川～員弁中継所)	8.9km(IP電話・無線LAN設備用)	-						
お知らせ配信システム	汎用制御用端末、制御用ソフト、汎用PC	-						
防災支援システム	防災態勢発令、掲示板	-						
テレビ電話を利用した設備	携帯電話によるテレビ電話 ²⁾	-						

表-2 三重用水の水管理設備の特長

	三重用水	他事業所
通信網	管内通信網のTCP/IP化	整備中
設備の接続条件	TCP/IP規格に対応の設備に統一	従来型通信方式・設備は不統一
機能	管内通信網内で無線LAN対応の機器が利用可能	

3. 水管理設備の更新とその効果

3.1 水管理制御処理設備の効果

水管理制御処理設備は、施設管理規程に基づき水運用に係る諸設備を確実かつ容易に操作するため、ダムの流水管理に関わる演算処理や水路施設の操作ならびに操作の支援を行うための設備である。

三重用水では広範囲に及ぶ水源施設と膨大な延長の水路施設を効率かつ迅速に管理運用することが要求されるため、水管理制御処理設備の役割は大変重要である。今回の更新によって生まれた効果は次のとおりである。

(1) 省スペース

水管理制御処理設備の更新に伴い設備の外形・寸法が大幅に小型化(菰野管理所50%、水源管理支所80%に小型化)したことから、図-4のとおり、菰野管理所および水源管理支所のレイアウトを大幅に改善で

きた。従来、グラフィックパネル(グラパネ)・操作卓および別区画に設置されていた制御装置が占有していた操作室の中核部分は、監視カメラ・テレメータなどの強化された機能を有するPC等を組み合わせた端末装置群(図-5)に集約され、全ての情報を一元的に把握でき、操作機能が飛躍的に向上した操作室に生まれ変わった。

PC等の端末装置群は水管理制御群を中央に配置し、その左右に映像監視群と専用通信監視および気象水文群を配置している。

従来の横5m、縦1.8mのグラパネの内容はプラズマディスプレイおよび21インチのディスプレイ内に効率よく収められており(図-6)、さらに職員が椅子に腰掛けた際に操作用PCの画面とプラズマディスプレイを重ねるに見ることができるよう操作性を考慮し、人間工学²⁾に基づいて配置を決定している。

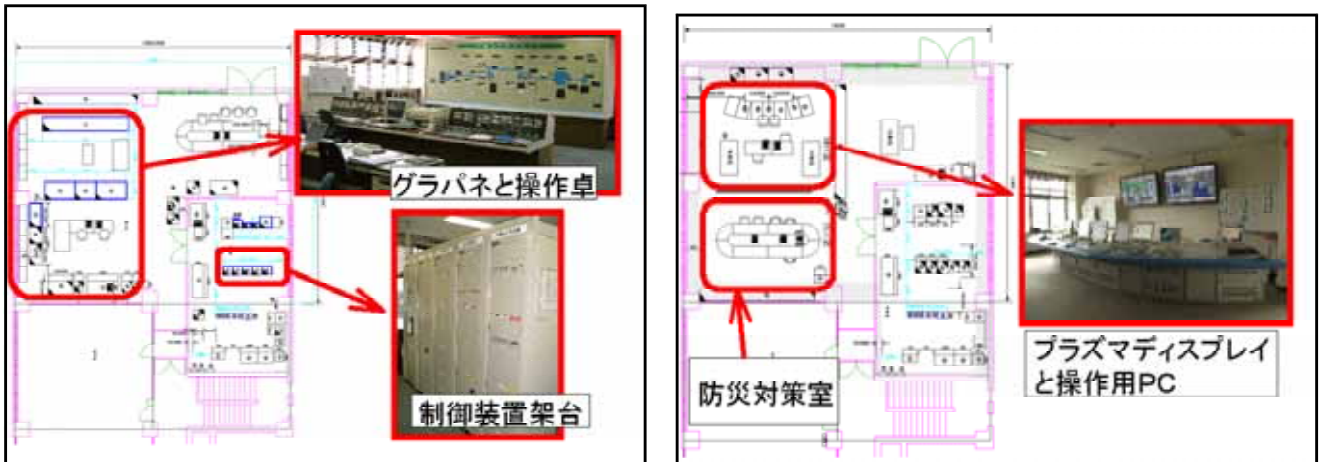


図-4 菟野管理所の省スペース化（左;更新前、右;更新後）



図-5 グラパネと操作卓（左;更新前）と端末装置群（右;更新後）

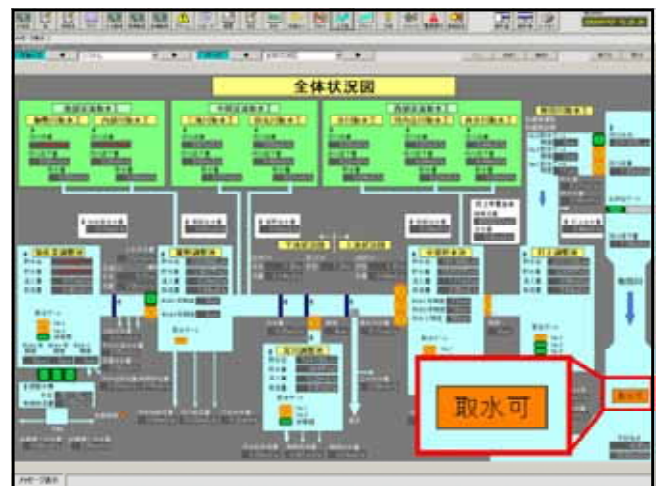


図-6 グラパネ（左;更新前）と21インチ画面（右;更新後）

(2) コスト縮減

更新にあたっては汎用品を多く採用することで、単純更新に比べ、表-3のとおり大幅なコスト縮減を達成

している。また汎用品を多く採用したことで、機器故障時の修理の迅速化に繋がり、さらには施設の利用形態の変化に対応した拡張性が飛躍的に向上した。

表-3 コスト縮減効果等

水管理制御処理設備のコスト縮減内容	
更新前	更新後
データ処理を各調整池で分散処理 監視表示板(グラパネ) 操作卓で制御	三重水管理所で集中処理 プラズマディスプレイ パソコンで制御
分散処理装置を集中演算処理化することにより データ処理装置を6台から2台に集約 汎用機器等の利用による設備費の縮減 更新費を347百万円から246百万円に縮減 縮減額 約101万円、縮減率約29%	

(3) 見直し

設備の更新では当初導入から今回更新までの利用実態から表-4のとおり工夫および見直しを行っている。

表-4 見直し内容

操作性	
前	・必要な画面表示に到達するまでの階層が多く、数10秒を要した。各施設毎に演算処理装置を配置していたためデータのやりとりに時間がかかる。
後	・全体図から該当する施設をクリック後すぐに表示されるように、必要な画面に到達するまでの階層を少なくした。演算処理装置を2台とすることでデータのやりとりに要していた時間を短縮。
データ整理	
前	・毎正時データを紙で保存しており、保存データはPCで二次利用が不可能。
後	・正分、定時、正字、帳票の電子データを保存しており、PCでの二次利用可能。
危機異常周知	
前	・グラフィックパネルで監視をしていて、警報は操作卓でのみ鳴る。その後、操作卓の故障ランプを確認し、詳細を確認。 ・休日、夜間を問わず宿直が職員に電話。
後	・警報は執務室でも鳴り、さらに操作卓では音声で故障箇所を知らせる。 ・休日、昼夜を問わず24時間警報（水理水文、機器異常、システム異常）発生時には自動でメール通知。
水文観測	
前	・雨量データは時間雨量のみ表示。
後	・雨量データは10分雨量も表示。

画面設計	
後	<p>操作者に違和感がない画面設計とした。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・監視、制御をする場合は2クリックを基本（図-7）。 ・メニューには通常利用する頻度の高いアイコンを優先的に配置（図-7）。 ・グラパネでの表示内容を21インチディスプレイ画面に集約し、より詳細な状況を表示（図-6）。 ・前回値に対して上昇または下降である場合には で表示。
牧田川からの取水可否表示	
後	・牧田川からの取水について、可能、不可能の表示（図-6）。
年間貯水容量曲線	
後	・過去十年間の平均（4ダム合計）の表示と、任意の年の平均をグラフで表示（図-8）。

前：更新前 後：更新後

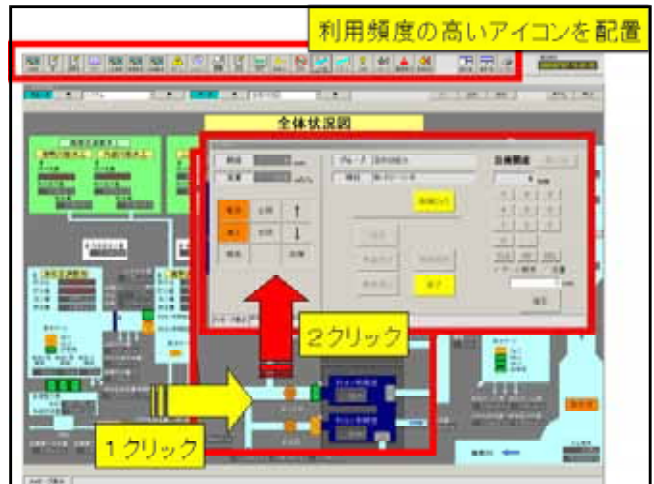


図-7 画面設計の工夫

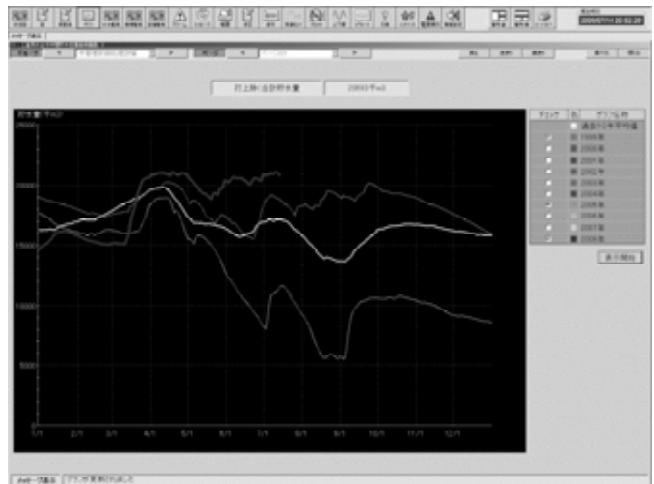


図-8 年間貯水容量曲線の表示追加

(4) 危機管理

従来、上下限值の設定といえば河川流量やゲート開度等が想像されるが、水管理諸量値の上下限値を詳細に設定できるものとした。三重用水では、パイプラインの配水量の上限値を設定することで漏水事故の早期発見に役立つ工夫(図-9)をしている。なお、ほぼ全ての水管理諸量値に対し上下限值の設定が可能である。

従来の水管理諸量値の確認方法は、大型のグラパネによる数字の確認であったが、これでは表示内容に限りがあ、情報不足による人為的な単純ミスが発生する可能性があった。このため、従来のグラパネの全体模式図に加え、ダムの状態画面などを模式図化(図-10)することや、各施設の例えば各ゲートの「開」「閉」などの状態や、ランプの常時点灯位置が分かるような工夫をすることにより、人為的な単純ミスの発生を限りなく少なくするように努めている。

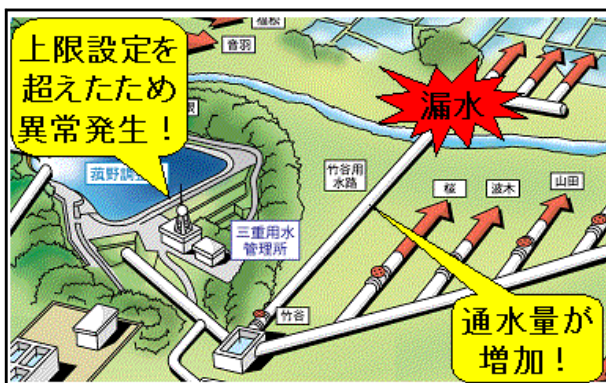


図-9 漏水事故早期発見のイメージ図

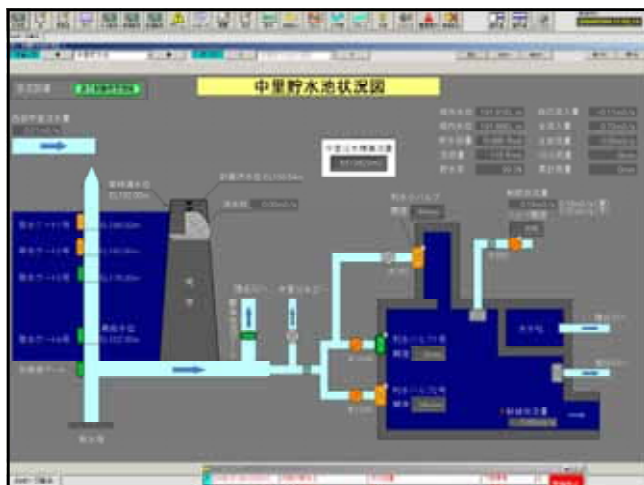


図-10 ダム状況画面

(5) セキュリティー

水管理制御処理設備は菰野管理所で一元集中管理しており、大変重要な設備であることは前述のとおりである。施設の操作や設定値の変更をするためには職員一人一人に割り振られたパスワードを入力し

ないと起動しない仕組みとなっている。

これにより、施設の操作や設定値の変更時には操作者の記録が必ず残ることになり、第三者による不当操作防止対策を目的とした厳重なセキュリティー管理を実現している。

(6) 電子データの活用および保存

当事業は流域外からの取水および急峻な渓流から取水した水を水源施設に貯留し水路施設を通じ運用するという、いわば全ての水を自己施設で生み出している。このため、水源施設の流況特性を把握していなければ効率的な水運用はできない。

そのためには、水源施設および水路施設の管理記録を解析し、各施設の特性を把握する必要がある。

水管理制御処理設備の更新に伴い、管理データを時系列に表計算で利用できる形式で保存することができるため、正確および迅速に管理記録の解析を実施することができるようにした。

また、標準仕様書でのデータの保存方法は、保存年数と記録媒体についてのみの記載であり、実際に運用すると、バックアップ作業のため職員負担が大きくなってしま。そこで、他ダムなどで採用している方法と同じように、全てのデータ、日報、帳票やCSVでの保存(正分、正時、定時)のデータも全て自動保存を行い、またフォルダには自動的にファイル名が付いたものが保存されるようにしており、これにより職員による手動バックアップの実施忘れを防止している。(図-11)

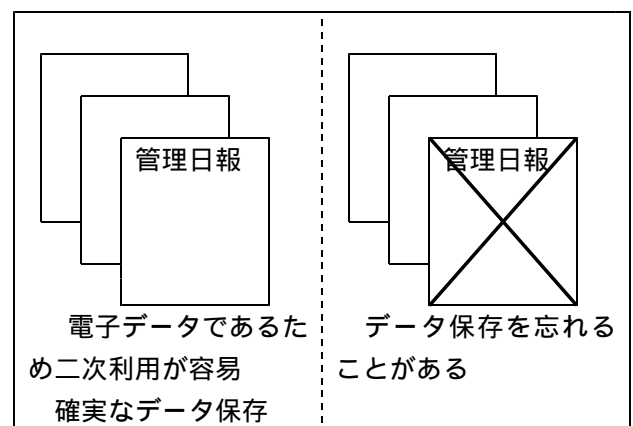


図-11 電子データの活用および保存

(7) 携帯端末

水管理制御処理設備で処理したデータは、携帯電話やパソコン・PDA等からも取得可能なものとした。(図-12)

これにより従来、管理所内でしか取得ができなかった水管理処理設備のデータを現地で閲覧することで、

施設の全体像を把握しながら点検業務等を行えるようにした。



図-12 現地でのデータ取得画面（携帯電話）例

また、地震発生時には、基準地点またはダムに設置した地震計において震度4以上あるいは25gal以上を観測した場合、防災業務計画細則に基づく防災態勢が自動発令となる。地震発生後の情報収集の現状は、テレビやラジオによる基準地点の震度の確認と、ダム地震計の観測値を管理所内の操作従事者へ電話で聞き取っていたが、この方法では初動体制の確立に時間がかかる。そのため、基準地点の震度とダム地震計の観測値については携帯電話への自動メール通知を採用すること及びダム地震計の観測値の閲覧を可能とすることで、初動体制確立の迅速化へと繋げている。（図-13）

さらに水管理制御処理設備の水理水文異常発生、機器異常発生、システム異常発生、気象の注意報や警報についても携帯電話への自動メール通知としている。



図-13 携帯電話による地震情報の入手と表示

3.2 無線LAN設備の効果

三重用水では図-14のとおり、無線LANの範囲を確保しており、その中であれば特別な設備投資をすることなく、執務室と同水準のデータ閲覧ができることが大きな特長である。（表-4）

特に現場作業では水管理制御処理設備のデータ更新間隔の短さおよび執務室と同様のWEB画面を扱えること、そして監視カメラの制御が可能なることから効果は大きいと考えている。

なお、無線伝送装置を用いることで緊急的な通信網の延長が可能である。（図-16）



図-14 管内無線LAN範囲

表-4 携帯電話回線と無線LAN回線の比較

設備名	携帯電話回線	無線LAN回線
水管理制御処理設備	<ul style="list-style-type: none"> データの更新間隔10分 携帯電話画面（職員専用、一般公開用） 警報のメール通知可 	<ul style="list-style-type: none"> データの更新間隔3分 執務室のWEB画面と同様（図-15） 警報のメール通知不可
監視カメラ	<ul style="list-style-type: none"> 操作不可 	<ul style="list-style-type: none"> 全て操作可能 範囲外も増設可能
地震情報	<ul style="list-style-type: none"> 閲覧可能 	<ul style="list-style-type: none"> 閲覧可能
テレビ電話	<ul style="list-style-type: none"> 可能 	<ul style="list-style-type: none"> 不可能
防災態勢発令	<ul style="list-style-type: none"> 可能 	<ul style="list-style-type: none"> 可能
専用通信網監視制御設備	<ul style="list-style-type: none"> 警報のメール通知可 	<ul style="list-style-type: none"> 警報のメール通知不可

防災支援システムのアラーム一覧で閲覧可能

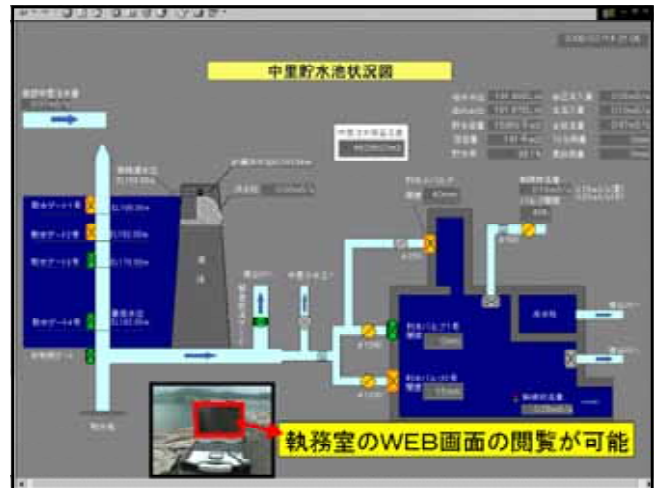


図-15 外出先（無線LAN回線範囲内）での画面入手



図-16 無線伝送装置を用いた緊急的な通信網の延長

平成20年度の地震防災訓練では、図-16のとおり、防災室と500m離れた貯水池対岸で緊急的な通信網の延長訓練を実施した。訓練の結果、設営撤去に要した時間は20分と5分であり通信網の延長が迅速に実施できることを確認した。

また、ダム地震時一次点検のように時間の制約がある現場作業においても、ダム本体の地震点検範囲を無線LANでカバーしておけば、目視確認では確認に時間を要する箇所も監視カメラを制御することによって迅速な点検が可能となる。

さらに、専用通信網監視制御設備（水管理制御設備以外の監視情報を集約）に機器異常が発生した場合、携帯電話へ自動メール通知を行っている。

今後は、ダム本体の地震点検範囲と西部三溪流（員弁取水工、河内谷取水工、冷川取水工）をカバーできるよう随時拡大する予定である。

3.3 監視カメラの効果

監視カメラを導入するまでは、「施設状態は現地で確認」、「釣り人に対する警告は現地で行う」といったように、全て現地に行かなければならなかった。

監視カメラの導入によって、これら作業が全て操作室から可能となり、さらに数台のカメラによる多角的視点による施設監視が可能となった。

監視カメラには安価で拡張性の高い汎用製品を採用しているが、図-17・18・19のとおり、鮮明な画像で、侵入者の情報やダム地震時一次点検などの利用にも十分耐えうるものであり、また3.2で述べたように無線LANの範囲内であれば監視カメラの制御や緊急的な増設が可能である。

平成18年度に発生した更新前の水管理制御処理設備の故障では、設備が停止し演算が不可能となり、グラフィック表示も不可能となった。この時には、中里ダ

ム操作室表示板、宮川ダム貯水池水位計、加佐登ダム貯水池水位計、菰野幹線放流量計、牧田川取水工に監視カメラを設置し監視することで障害対応を行った。



図-17 日中の監視カメラ映像（河内谷川取水工）



図-18 夜間の監視カメラ映像（牧田川取水工）



図19 菰野管理所から貯水池上流側約600mの映像

4. 新しい取組み

三重用水では、前述したとおり水管理設備の更新に伴う大幅な機能向上によって施設管理業務の効率化を達成しているが、更なる効率化を目指し、次のような新しい取組みを行っている。

4.1 テレビ電話

従来、監視カメラで撮影のできない施設での状況把握は、職員が現地へ行き現地で電話での状況連絡、携帯電話で撮影した写真の送付、および事務所へ戻り撮影した写真を編集し報告書作成といった流れで行われていたことが一般的である。

三重用水ではこのような作業の流れは業務の効率が悪いと考え、携帯電話のテレビ電話機能を利用した画像・音声伝送を行えるようにビデオ伝送装置を導入している。これにより、現場の状況について即時性があり、より核心のある報告ができるようになった。また、現地作業をしている職員に対して管理所から作業方法の支援が容易かつ確実にできるようにもなっている。(図-20)



図-20 テレビ電話装置による現地情報の収集例

4.2 防災支援システム

従来行われてきた電話およびメールによる防災連絡では時間を要し、さらに受信確認の確実性が低いことから防災支援システムの検討を行い導入した。

防災支援システムは、サーバ(メール、グループウェア)からなり、携帯電話へ防災態勢発令や気象情報などを通知することを目的とし、汎用のグループウェアなどを利用して防災業務に必要な項目について導入を行ったものである。(図-21)

なお、携帯電話で利用できる機能は、外作業で利用頻度の高いものに限ったものとした(表-5)。

また、このシステムは携帯電話が利用できない箇所での利用も考慮し、管内無線LANの範囲内であれば、無線LANIP電話や無線LANPCで同様の内容を実行することを可能としている。



図-21 防災支援システム画面(PC版)

表-5 防災支援システムの概要

P C 画面		携帯画面
掲示板	アラーム一覧 調整池概要 渓流取水工概要 インターネットURL 無線LANURL 設備別掲示板 操作室掲示板	全て可能
スケジュール	スケジュール機能	可能
防災態勢	防災態勢発令	可能
メール	メール送信	
業務報告書	業務報告書作成	
ファイル管理	サーバ内ファイル管理	
防災資材一覧	防災資材管理	

(1) 防災態勢発令機能の追加

従来行っていた防災態勢の発令は、防災要員に対して電話での指示および確認のみであり、PCや携帯電話を利用したメールの一斉配信も可能であったが、職員が受信したか分からず、また返信の際には文書入力をする必要があり送受信共に手間がかかっていた。

導入した防災態勢発令機能では、発令する内容は表-6に示す 入力画面～確認画面のとおり、文字を入力する箇所を2箇所とし、その他は全て選択制とすることで入力の簡素化を図り、また受信確認もワンクリックで完了できるため送受信共に大幅な時間短縮を可能とした。(図-22)

平成20年度は本機能を利用して、5月～9月の5ヶ月間に23件の態勢発令を実施している。

表-6 防災態勢発令手順

入力画面		入力画面	
選択項目	手順	選択項目	手順
文章番号	数字入力	送信元	
態勢内容		PC	対象選択
注意態勢		携帯	
第一警戒	対象選択	サーバ	
第二警戒		本文	発令理由を簡潔に入力
非常態勢		次へ	次頁へ
態勢種類			
発令更新	対象選択		
削除			
その他			
次へ	次頁へ		

入力画面		入力画面	
選択項目	手順	操作項目	手順
発令日時	数字選択	アドレス選択	送信者選択
受信確認しない		次へ	事項へ
確認のみ指示を仰ぐ	対象選択		
次へ	次頁へ		

確認画面	
------	--

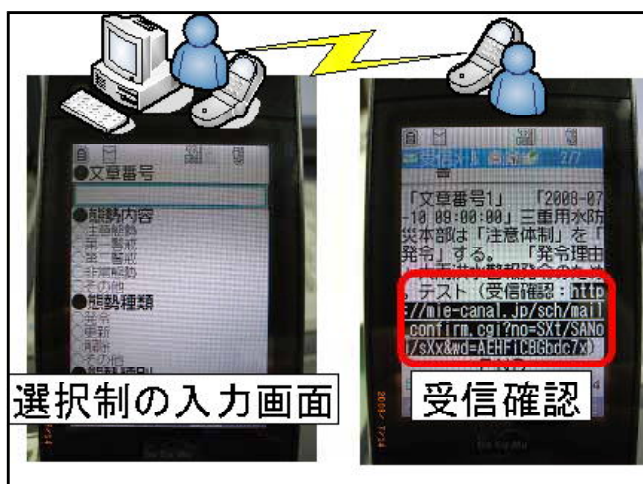


図-22 防災態勢発令機能（携帯電話・無線LAN・IP電話）の例
（2）掲示板機能の追加

操作室での操作経過の引継ぎや周知したい事項については、ホワイトボードに記載し職員一人一人が操作室で内容の確認をしていたが、当然のことながらホワ

イトボードの内容は操作室でしか確認できず、確認漏れ等が発生する状況にあった。

これに対し、掲示板機能を導入することで、操作経過の引継ぎや周知事項の確認を操作室以外でも確認することができ、確認漏れの発生を防止している（図-23）。



図-23 掲示板機能（携帯電話・無線LAN・IP電話）の例
（3）アラーム掲示板の追加

水管理制御処理設備、専用通信網からの異常警報、気象通報、防災態勢発令をアラーム掲示板（図-24）として取りまとめることにより、情報入手の迅速化を図っている。

また、ダム、取水工の施設概要や、水位計のスケール範囲等備忘録にも活用している。

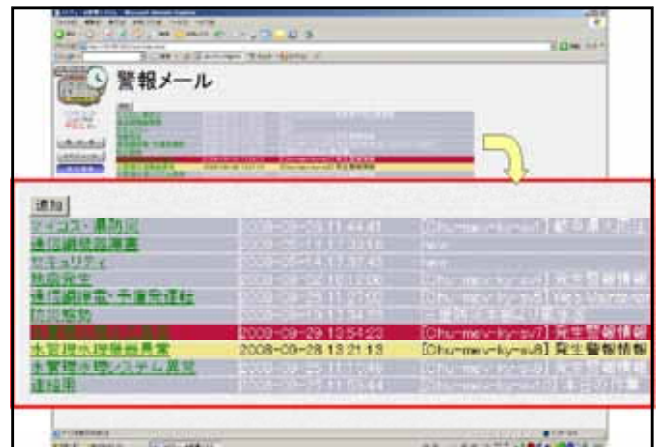


図-24 アラーム掲示板（PC版）

（4）スケジュール機能の追加

職員のスケジュールを登録する機能であり、今後は操作室当番や夜間の監視当番、作業予定などのスケジュールを登録する予定である。（図-25）

さらに後述するお知らせ配信システムと連動させWEB画面のスケジュールを自動的に番組として放映することを検討している。

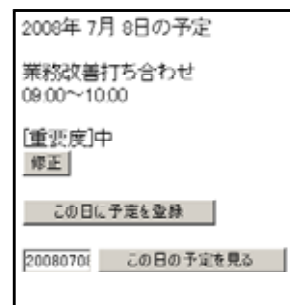


図-25 スケジュール機能（携帯電話・無線LAN・IP電話）

4.3 お知らせ配信システム

お知らせ配信システムは、見学者や職員へ施設情報や危機管理情報を周知することを目的に、図-26のとおり汎用PCや制御ソフト、クライアントソフトからなる構成で、外出先や管内無線LANの範囲内でも運用可能なように整備をしている。

このシステムは、予め作成しておいた番組素材を、番組登録しておいた予定のとおり放映できるものである。

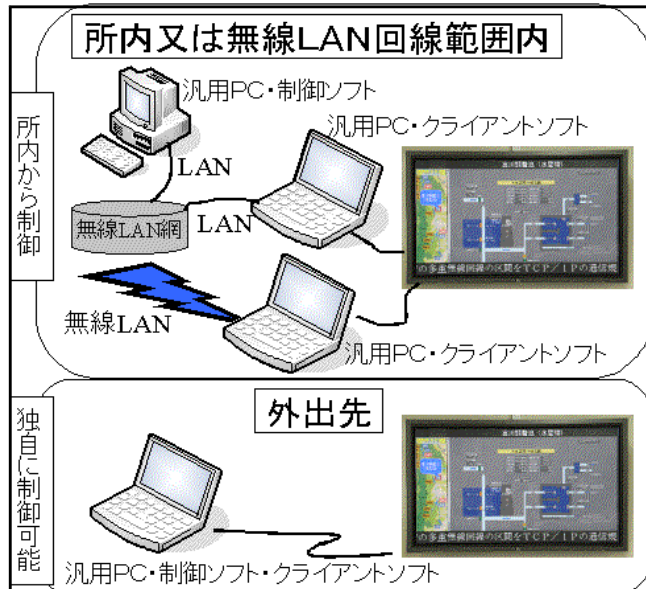


図-26 お知らせ配信システムの構成

お知らせ配信システムは、図-26のとおり所内または無線LAN回線範囲や外出先で利用できる。番組内容は番組素材（PDF、パワーポイント、ビデオ）とテロップで構成され、番組素材は1画面または比率が自由な2画面で表示することができる。操作方法は至って簡易であり、番組素材を作成し構成を決定した後、配信するだけである。なお、緊急連絡などの番組を割り込むことも可能である。

放送計画を立てることができ、番組作成などの操作が複雑ではないこのシステムの利用方法として、三重用水では次のとおり運用し、今後の展開を検討している。

(1) 事務所職員への周知（運用中）

事務所職員への各種周知については、連絡回覧やノートメールで行っていたが、リアルタイムな情報配信はできないことが現状であった。

お知らせ配信システムの導入により、気象注意報・警報の周知、防災態勢表示、安全協議会からのお知らせなどの情報提供をリアルタイムで周知できるようになり、職員の意識向上を図っている（図-27）。



図-27 職員への情報周知

(2) 外出先のイベントや見学者への説明（今後の展開）

構成した番組はノートPCに登録したり、独自に制御することで、外出先のイベントなどではノートPCをディスプレイに接続するだけで番組を放映することが可能である。

このため、イベント中は一度番組スケジュールを組むことで、その都度生じるビデオソフトの入替えや、説明用ソフトの起動などの手間が省けることとなる。

(3) 配信用の番組一覧

本格運用に向け作成した番組の一部を紹介する。

（表-7）

なお、番組については職員自ら作成を行い、今後も事務所の取組として行っていくものである。

表-7 配信用の番組一覧

番組名	内容
水管理WEB番組	水管理設備の現在の状況WEB画面とパワーポイントを組合わせたもの。（図-28）
監視カメラWEB番組	監視カメラの現在の状況WEB画面とパワーポイントを組合わせたもの。
来客者用番組	三重用水の概要、各調整の概要。
防災、気象、安全啓発	防災体制、気象情報、安全啓発を割込み番組として作成。



図-28 水管理WEB番組

5. まとめ

三重用水管理所では、図-29のとおり、水管理設備の更新により業務の効率化を取り組んできた。

今後は、特に外出先での業務の効率化をさらに進める計画であり、これにより通常の維持管理業務と危機管理業務のさらなる効率化を図る予定であり、「安心して良質な水を安定して安く供給する」事業理念をさらに追求していきたいと考えている。

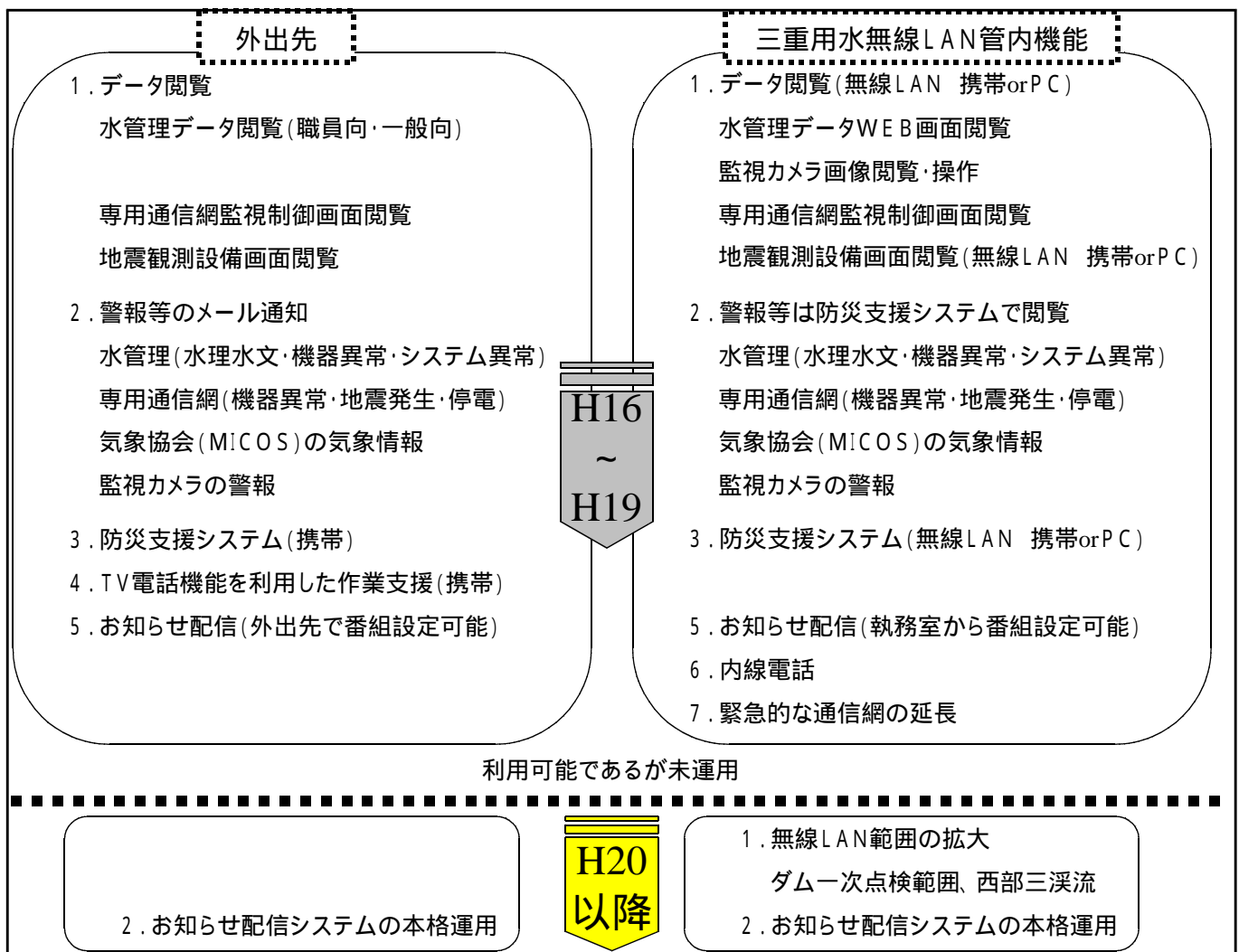


図-29 現状と今後の展開

参考文献

- 1)通信網のIP化によるコスト縮減と業務改善の可能性
- 平成17年度水資源機構技術研究発表会論文
- 2)三重用水におけるIT技術を利用した業務改善と危機管理対応について - 平成18年水資源機構技術研究発表会論文
- 3)エンジニアのための人間工学 - 横溝克己・小松原明 著