

広範囲に影響を及ぼす施設事故に関する課題検討会  
(広島県事故ケーススタディー)

報 告 書

平成 19 年 3 月

社 団 法 人 日 本 水 道 協 会

広範囲に影響を及ぼす施設事故に関する課題検討会 委員名簿

	委員名	所属団体・役職
座長	峯川 操	広島市水道局 施設部計画課長
委員	山本 英明	独立行政法人 水資源機構 経営企画部計画課長
	早川 清治	東京都水道局 浄水部浄水課工務係長(課長補佐)
	藤元 利夫	広島県公営企業部 水道整備室主任主査
	中尾 優之	呉市水道局 業務部総務課主幹兼企画調整係長
技術顧問	小泉 明	首都大学東京大学院教授
事務局	中村 恒夫	(社)日本水道協会 工務部技術課長
	佐藤 常男	(社)日本水道協会 工務部技術課副主幹
	大谷 和久	(社)日本水道協会 工務部技術課技術専門監
	堀 朋信	(社)日本水道協会 工務部技術課技術専門監
事務局 補 佐	竹村 雅之	(株)日本コン 東京水道事業部長
	若松 亨二	(株)日本コン 東京水道事業部技術第一部技術第四課長

広範囲に影響を及ぼす施設事故に関する課題検討会  
(広島県事故ケーススタディー) 報告書

目 次

1. 調査目的.....	1
2. 広島県送水トンネル崩落事故.....	1
2-1. 水道施設と管理体制の現状.....	2
1) 広島県営水道.....	6
2) 呉市水道局.....	10
3) 江田島市企業局.....	14
4) 近隣の水道事業.....	15
2-2. 送水トンネル崩落事故の概要.....	16
1) 事故の状況と原因.....	16
2) 崩落事故の復旧.....	17
3) 実施した対策.....	18
4) 事故後の経過.....	22
2-3. 問題点等の抽出.....	26
1) 水道施設及び管理面の問題点.....	26
2) ライフラインとしての問題点.....	28
3. 広範囲に影響を及ぼす施設事故を教訓とする課題と提言.....	30
3-1. 課題.....	30
1) 今回の事故の特徴から (原因・・・結果) .....	30
2) 一般論として.....	30
3-2. 提言.....	31
3-2-1. 当面の対応.....	31
1) 施設の整備や維持管理による対策 (主にハード面) .....	31
2) 事故対応のための危機管理対策 (主にソフト面) .....	41
3-2-2. 中長期的な対応.....	43
4. 今後の課題.....	46

参考資料.....	47
資料 1. 全国水道事業体における水道施設の維持管理状況（厚生労働省調査）	49
資料 2. 維持管理事例.....	61
①水資源機構.....	63
②東京都水道局.....	75
資料 3. 広島県送水施設事故調査 報告書「第 2 章 今後のトンネル点検のあり方」 （広島県送水施設事故調査委員会）より.....	83

## 1. 調査目的

平成 18 年 8 月 25 日に広島県の送水トンネルで崩落事故が発生し断水が生じた。

厚生労働省では、当該事故後の 8 月 30 日に水道事業者・水道用水供給事業者に向けて「水道施設の維持管理状況調査」として、導水施設の維持管理状況のアンケート調査を行い、その結果に基づいて、「水道施設の適切な維持管理及び事故対応の徹底について」（平成 18 年 11 月 9 日）で、適切な施設管理の実施等の指導を行った。

このような状況を踏まえて、(社)日本水道協会では、発生した広島県送水施設(トンネル)崩落事故をケーススタディーとして、①危機管理体制の実態、②明らかとなった問題点を整理し、③課題と提言という形で取りまとめ、今後の水道行政に活用していくことを目的として、広範囲に影響を及ぼす施設事故についての検討を行った。

## 2. 広島県送水トンネル崩落事故

送水トンネル崩落事故に伴い、断水被害の発生した呉市・江田島市の位置を図 2.1 に示す。

平成 18 年 8 月 25 日（金）、送水トンネル内において崩落事故が発生した。事故発生は、午後 0 時 26 分、送水トンネル接合井の異常水位上昇により確認された。

水位の異常は、監視計器により確認され、その事故位置は、矢野開閉所側での水位低下と西谷接合井での水位上昇から、その間で異常が発生したものと判断した。その後の現地での調査の結果、送水トンネル内への岩盤等の崩落によるトンネル閉塞であることが判明した。

国土地理院承認 平14総複 第149号



図 2.1 呉市・江田島市の位置

崩落箇所を図 2.2 に示す。この事故により、水道用水及び工業用水が停止し、最大時に 32,050 世帯（県衛生部発表）、県営工業用水を受水している 4 社が、最長 11 日間にわたり断水した。



図 2.2 送水トンネル崩落箇所

なお、本報告書は、事故施設の名称・構造、事故原因等の事故の詳細については、「広島県送水施設事故調査 報告書」(平成 19 年 3 月 22 日 広島県送水施設事故調査委員会) によるものとする。

## 2-1. 水道施設と管理体制の現状

今回の送水トンネル崩落事故の影響を受けた水道事業と主な施設について概要を示す。図 2.3 及び図 2.4 は、主な施設の位置及びつながりを示したものである。本地域の水道施設は、工業用水道施設も含めて複数事業の共同施設が多く、施設の所有及び管理の状況が複雑である。その状況について主な区分で示すと、広島県営水道用水供給事業、呉市水道事業、江田島市水道事業の各単独施設、広島県管理及び呉市管理の各共同施設である。



図 2.3 トンネル崩落事故に関係する主な施設









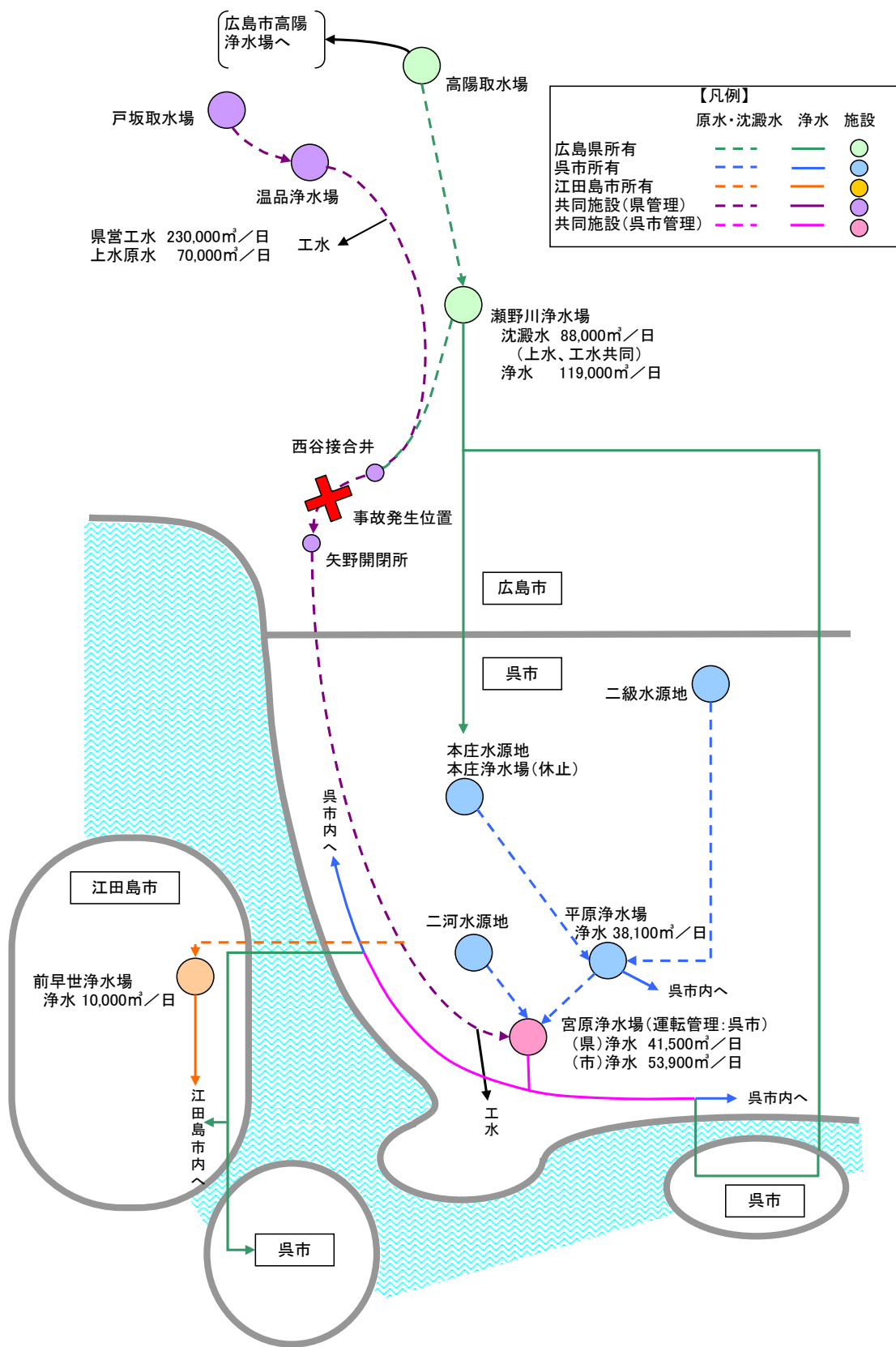


図 2.4 主な水道施設の概要

## 1) 広島県営水道

### (1) 施設

本事故の発生した広島県の広島水道用水供給事業と太田川東部工業用水道事業の概要を表 2.1 及び表 2.2 に示す。

広島水道用水供給事業の瀬野川浄水場は、上水道の原水及び工業用水を供給するため凝集沈澱処理を行うほか、浄水を供給するため沈澱処理・急速ろ過処理を行っている。

また、温品浄水場の工業用水道施設は、230,000m<sup>3</sup>/日の工業用水と、共同事業として呉市・江田島市・広島市が保有する水源 70,000m<sup>3</sup>/日の合計 300,000m<sup>3</sup>/日の凝集沈澱処理を行っている。

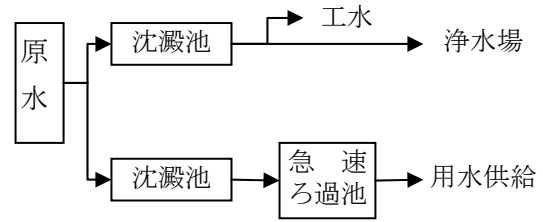


図 2.5 瀬野川浄水場

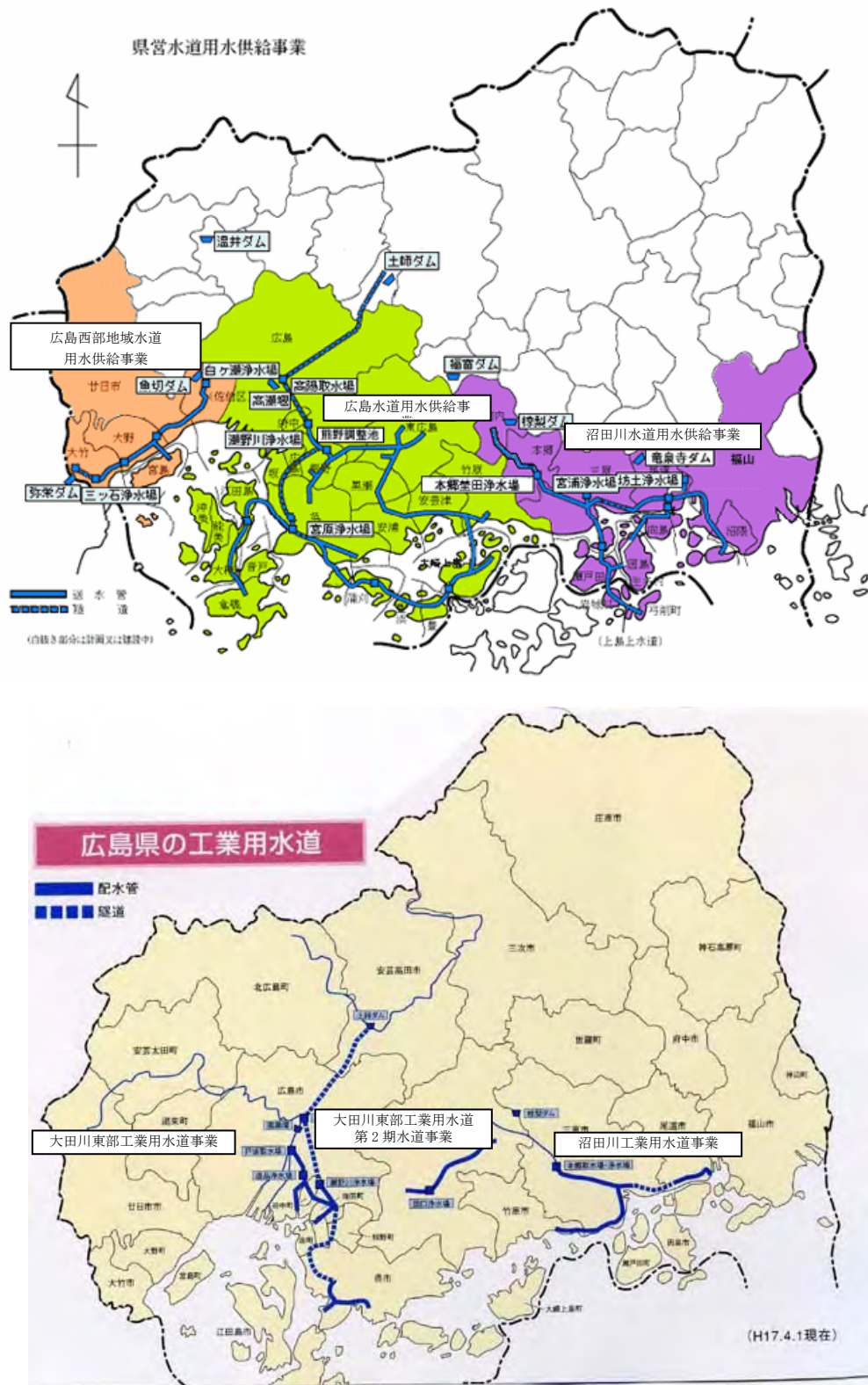
表 2.1 事業の概要

項目	広島水道用水供給事業	太田川東部工業用水道事業	太田川東部工業用水道事業（第二期）
水源	土師ダム：100,000m <sup>3</sup> /日 高瀬堰：64,000m <sup>3</sup> /日 温井ダム：100,000m <sup>3</sup> /日	太田川表流水： 230,000m <sup>3</sup> /日	土師ダム： 100,000m <sup>3</sup> /日
給水開始	昭和 49 年 4 月	昭和 40 年 4 月	昭和 54 年 7 月
計画給水量	240,000m <sup>3</sup> /日	230,000m <sup>3</sup> /日	93,000m <sup>3</sup> /日
現有施設能力	204,000m <sup>3</sup> /日	230,000m <sup>3</sup> /日	23,250m <sup>3</sup> /日
給水対象・給水区域	広島市、呉市、竹原市、東広島市、江田島市、海田市、熊野町、大崎上島町	広島市、呉市、安芸郡	広島市、呉市、安芸郡

表 2.2 施設の概要

施設区分	広島水道用水供給事業		太田川東部工業用水道事業		太田川東部工業用水道事業（二期）	
水源・取水施設	高陽取水場	207,000m <sup>3</sup> /日	戸坂取水場	300,000m <sup>3</sup> /日	高陽取水場	23,250m <sup>3</sup> /日
導水施設	導水トンネル	約 7.8km	導水トンネル	約 2.8km	導水トンネル	広島水道用水供給事業と同じ
浄水施設	瀬野川浄水場	凝集沈澱・急速ろ過処理（沈澱水） 88,000m <sup>3</sup> /日 （浄水） 119,000m <sup>3</sup> /日	温品浄水場	凝集沈澱処理（工水） 230,000m <sup>3</sup> /日 （上水原水） 70,000m <sup>3</sup> /日	瀬野川浄水場	凝集沈澱処理（工水） 23,250m <sup>3</sup> /日
	宮原浄水場	急速ろ過処理（浄水） 41,500m <sup>3</sup> /日				
送水施設			送水トンネル	約 25.3 km	送水トンネル	約 18.6km * 左記太田川東部との共同施設

広島県営水道用水供給事業と工業用水道の給水区域図を図 2.6 に示す。



(県公営企業部 HP より)

図 2.6 広島県営水道用水供給事業・工業用水道事業給水区域図



## (2) 危機管理対策

### (7) 施設整備

危機管理体制としての施設は、水源や浄水場の複数化、送水ルート of 系統化、一部ルート of ループ化(今回の事故では、ループ管の逆送を行い影響の軽減を図った。図 2.10 参照) 等が整備されている。

なお、平成 19 年度から 2 年間で「県営水道の送水のあり方」について、市町との役割分担を含めて検討を行うこととしている。

### (4) 応急対策等

危機管理としての応急対策等は、水道施設事故対策要綱等としてマニュアルの整備を行っており、管路路線の維持管理点検、訓練は定期的実施している。その他、資機材の備蓄等を行っている。

#### ① マニュアル・行動指針等

公営企業部防災対策要綱

水道施設事故対策要綱

水道施設事故対策要領

#### ② 維持管理点検の実施状況

管路点検は、「広島県水道施設維持管理計画」にしたがい実施している。管路点検の内容は、「水道施設維持管理指針」(広島県企業局)による。管路パトロールについては、月 2 回のうち 1 回は職員により実施、1 回はラインごとに区割りして弁・マンホール点検業務と共に地元(市町・土木業者等)に委託している。

表 2.3 広島県営水道用水供給事業の管路・水管橋等の点検項目例

整理区分	設備名	建屋・構造物	点検期	備考
	機器・設備名	管路・水管橋等		
点検区分	点検項目	点検内容	点検期	備考
定期点検	1 管路	(1) 管路埋設部の陥没、舗装の破損はないか (2) 管路埋設部よりの漏水はないか	2 回 / 月	
	2 マンホール	(1) 蓋の破損、ガタつきはないか (2) 漏水はないか		
	3 水管橋	(1) 発錆、汚・破損等はないか (2) ジョイント部よりの漏水はないか (3) 歩廊出入口の施錠状態		
定期点検	1 制水弁・排水弁	(1) 発錆、汚・破損等はないか (2) グランド部よりの漏水はないか (3) スピンドルの状態	1 年	マンホール内部排水・清掃は点検に支障がある場合に実施
	2 空気弁	(1) 発錆、汚破損等はないか (2) 漏水はないか		
	3 マンホール	(3) 副弁の開閉操作確認 (1) 溜り水の排水 (2) 配管類の発錆はないか (3) マンホール内への湧水はないか		
定期整備	1 空気弁 2 管路	(1) 各部分解清掃、動作確認 (1) 管内の沈澱泥の洗浄排水	5 年 必要の都度	

③ 訓練等の実施状況

各年内容を変えて、訓練を実施している。なお、共同訓練は、用水受水団体、工水ユーザー、管理委託業者等の関係者と実施している。

表 2.4 災害・事故への対応訓練実績 (H16-18)

事業名	実施日時	訓練内容	参加機関
広島水道用水供給事業 太田川東部工業用水道事業	7月23日 9:00~12:00	安芸灘地震 (震度5強の地震が休日に発生) ・初動体制の確立 ・災害対策支部の設置及び運用 ・情報の受信発信及びメモの整理と報告 ・二次災害の防止	公営企業部関係機関 工水:給水企業の一部 用水:供給市町 緊急時対応の協定業者
広島西部水道用水供給事業	7月29日 13:25~ 16:30	弥栄ダム水質汚染事故 (落下物による取水口の白濁) ・水源の水質汚染に対する各浄水場の対応 ・給水区域の変更等を伴う水運用 ・給水水質監視 ・各関係機関との連絡	公営企業部関係機関 県危機管理室(危機管理対策監) 用水:供給市町
沼田川水道用水供給事業 沼田川工業用水道事業 公営企業部	7月30日 13:30~ 15:00  10月27日 9:00~12:00	沼田川水質汚染事故(し尿の河川流出汚染) ・事故対策本部の設置 ・現地状況調査 ・水質監視 ・関係機関との連絡調整  東南海・南海地震 (広島県沿岸部震度5強)	公営企業部関係機関及び受水団体 工水:給水企業の一部 用水:供給市町の一部 運転管理業務委託先  公営企業部関係機関
広島水道用水供給事業	6月30日 9:30~12:00	大型台風接近 ・水道事務所と受水団体及び委託業者との連携と対応訓練 ・給水制限もしくは断水等の連絡調整訓練	公営企業部関係機関及び受水団体 用水:供給市町の一部 路線委託業者 運転管理業務委託先
沼田川工業用水道事業	7月14日 13:30~ 16:05	浄水場の薬品注入設備故障事故	公営企業部関係機関 給水企業の一部
広島西部水道用水供給事業	7月19日 9:00~12:00	梅雨末期の集中豪雨による水道施設事故 (浄水場取水不能)	公営企業部関係機関 供給市町
県庁全体	10月7日 13:30~ 16:30	大規模災害シミュレーション訓練 (大規模 震度6強)	県庁本庁各部, 各室 自衛隊等関係機関
県庁本庁	2月9日 9:00~12:00	大規模水質汚染事故発生時における対策訓練 (重油の河川への流出)	県庁本庁各部, 各室(環境対策室等) 一部の水道事務所 一部の県地域事務所
広島水道用水供給事業	5月24日 9:00~12:00	大雨による災害 ・河川の氾濫による水質事故 ・水道施設停電及び薬注設備の故障	公営企業部関係機関 運転管理業務委託先
沼田川水道用水供給事業 沼田川工業用水道事業	5月29日 14:00~ 16:00	大雨による災害 ・河川の水位上昇及び機器の故障	公営企業部関係機関 浄水場管理委託先の市 運転管理業務委託先 工水:給水企業の一部
広島西部水道用水供給事業	5月31日 9:00~12:00	梅雨時期の豪雨と雷による災害 ・水道施設停電及び薬注設備の故障	公営企業部関係機関 用水:供給市町 運転管理業務委託先 路線パトロール業者
県庁本庁	11月27日 13:30~ 17:00	大規模災害シミュレーション訓練 (大規模 震度6強, 昨年度のつづき)	県庁本庁各部, 各室 自衛隊等関係機関

④ 備品等の整備

瀬野川浄水場の他、各施設に配管資材を備蓄している。

⑤ 応援協定等の締結

広島県公営企業部は「日本水道協会中国四国地方支部相互応援対策要綱」、及び「日本水道協会広島県支部水道災害相互応援対策要綱」に定める相互応援体制を構築している。

⑥ 給水車・給水タンク等

給水車・給水タンクの保有はないものの、緊急時の飲料用としてボトル水を備蓄している。

⑦ 通信機器等

本庁、地方機関で携帯電話・衛星携帯電話を保持し、連絡先を事故対策資料に添付している。本庁、地方機関、公用車に防災無線を整備している。

⑧ その他

仮設資材のリース会社と緊急時の資材調達について、協定を締結している。

## 2) 呉市水道局

### (1) 施設

本事故の影響を受けた呉市の上水道事業（他に5簡易水道事業を有する）及び工業用水道事業の概要を表2.5及び表2.6に示す。

水源は、自己水源と広島県営水道用水供給事業の用水（沈殿水・浄水）受水である。宮原浄水場は、自己水源と広島県営水道用水供給事業の沈殿処理水を原水として、凝集沈殿・急速ろ過及び緩速ろ過処理を行っている。また、同浄水場は、広島県と呉市の単独施設及び共同施設を有する浄水場であり、運転管理は呉市が行っている。



表 2.5 事業の概要

項目	水道事業	工業用水道事業
水源	三永水源地：5,000m <sup>3</sup> /日 二級水源地：12,000m <sup>3</sup> /日 三坂地水源地 本庄水源地：16,000m <sup>3</sup> /日 戸坂取水場：23,000m <sup>3</sup> /日 太田川表流水：50,000m <sup>3</sup> /日 (太田川東部工業用水道共同) 広島県営水道用水供給事業受水 (浄水) 47,484m <sup>3</sup> /日 (沈澱水) 9,300m <sup>3</sup> /日 二河水源地	三永水源地：30,000m <sup>3</sup> /日 二級水源地：50,000m <sup>3</sup> /日 三坂地水源地：18,000m <sup>3</sup> /日 本庄水源地：20,000m <sup>3</sup> /日 二河水源地：12,000m <sup>3</sup> /日
給水開始	大正7年4月	昭和26年度
現在給水人口	252,627人(平成17年度)	5社(平成17年度)
計画給水量	156,494 m <sup>3</sup> /日	130,000 m <sup>3</sup> /日
現有施設能力	139,484 m <sup>3</sup> /日(休止浄水場を除く)	130,000 m <sup>3</sup> /日
主な施設	平原浄水場：38,100m <sup>3</sup> /日 宮原浄水場：53,900m <sup>3</sup> /日	

表 2.6 施設の概要

施設区分	上水道		工業用水道	
	主な施設	施設概要	主な施設	施設概要
取水施設	戸坂取水場 (単独及び共同施設)		二河水源地、 三坂地水源地	
導水施設	導水トンネル (共同施設) 導水管			
浄水施設	平原浄水場	緩速ろ過処理、 凝集沈澱・急速ろ過処理 38,100m <sup>3</sup> /日	宮原浄水場	
	宮原浄水場	凝集沈澱・急速ろ過処理、 緩速ろ過処理 53,900m <sup>3</sup> /日	二級水源地	
	石内浄水場	休止		
	本庄浄水場	休止		
送配水施設	配水池	109池	配水池	3池

## (2) 危機管理対策

### (7) 施設整備

施設整備面では、連絡管、休止施設、広島市との相互連絡管、共同施設の相互利用などがある。

#### ① 連絡管・バックアップ施設

今回の事故に対して対応可能なバックアップ施設は、図 2.7 に示す連絡管等がある。これらは、宮原浄水場のバックアップ水源として、あるいは平原浄水場を経由

して活用が可能である。

導水管①（三永水源地～二級貯水池～平原浄水場、馬蹄形隧道）

導水管②（平原浄水場～宮原浄水場、φ 600）

導水管③（本庄水源地～平原浄水場、φ 700 と開渠）

導水管④（二河水源地～宮原浄水場、φ 500 と開渠）

連絡管①（二河分水井～東部工水管二河接合井、φ 300）

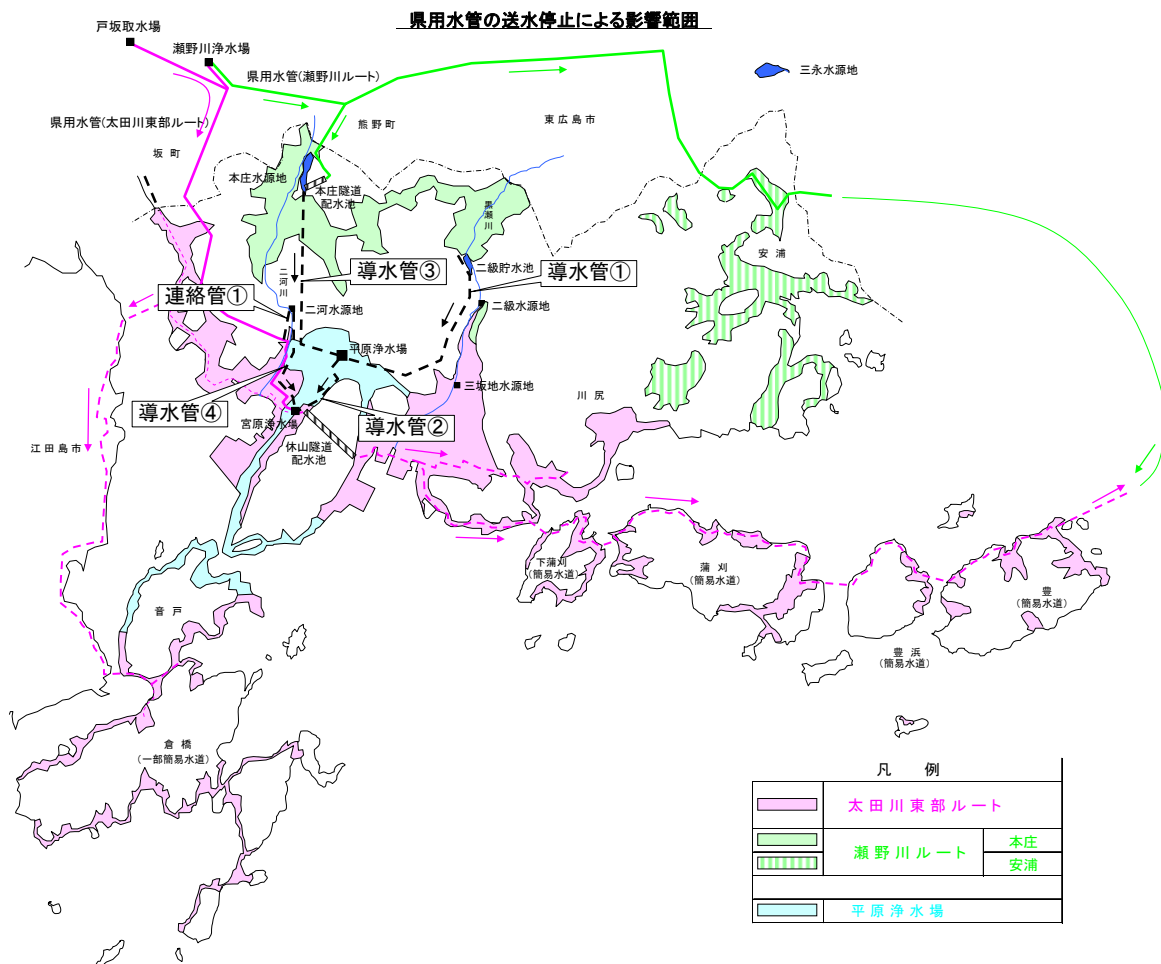


図 2.7 呉市のバックアップ施設（導水管・連絡管）

## ② 休止施設

石内浄水場（H9 休止）、本庄浄水場（H15 休止）を休止施設として保有しているが、緊急時の再稼動は不可能である。

## ③ 広島県営水道用水供給事業との相互利用施設

宮原浄水場内には、呉市と広島県の各単独施設及び共同施設があり、緊急時等には浄水施設の相互利用が可能である。

#### ④ その他

工業用水源を緊急的に、上水道水源として利用することが可能である。

#### (イ) 応急対策等

危機管理の応急対策等は、災害や事故等の対応マニュアルの整備を行っており、維持管理では、日常のパトロールと主要幹線の状況把握を行い、訓練は、呉市総合防災訓練への参加等を行っている。広島市との相互協定や日本水道協会及び同広島県支部を通じた活動に参加している。

##### ① マニュアル・行動指針の整備

「震災マニュアル」

「風水害等自然災害・水道管等事故対応マニュアル」

「閉庁時間帯における地震発生時の初動マニュアル」

「水質汚染事故対応マニュアル」

なお、事故後に十数か所の事故を想定して、ケース毎の対応を定めた「緊急時配水運用マニュアル」を策定した。

##### ② 維持管理（点検）の実施状況

日常のパトロールと、主要幹線についての老朽化診断（管路の腐食状況等）により現状施設の状況把握に努めている。

##### ③ 訓練等の実施状況

呉市総合防災訓練（年1回）及び地域ミニ防災訓練（年1回）に参加している。また、日本水道協会広島県支部の正会員（19団体）で「合同防災訓練」（2日間）を年1回実施している。

##### ④ 応援協定等の締結

広島市と「地震・異常湧水等の災害時における水道水の相互融通に関する協定」（H8.3月）を締結し、2箇所では消火栓連絡による相互融通を行うこととしている。

この他に、「日本水道協会中国四国地方支部相互応援対策要綱」、及び「日本水道協会広島県支部水道災害相互応援対策要綱」により応援体制を構築している。

##### ⑤ 資機材の備蓄

本庄水源地等に管弁類等の資材、機材、給水車・給水容器等の備蓄・保有を行っている。また、衛星電話・携帯電話等の通信機器等を整備している。



## ⑥ その他

災害時における県支部内の連絡体制、資機材の備蓄状況等の確認・協議を行うために、日本水道協会広島県支部の正会員で「防災連絡会議」を開催している。また、防災関係備蓄量をデータベース化している。

## 3) 江田島市企業局

### (1) 施設

本事故の影響を受けた江田島市水道事業の概要を表 2.7 及び表 2.8 に示す。

水源は、自己水源と広島県営水道用水供給事業の用水受水である。前早世浄水場は、広島県営水道用水供給事業・温品浄水場の沈澱処理水を原水として、緩速ろ過処理を行っている。また、温品浄水場からの原水及び宮原浄水場からの浄水は、海底配管（導水管：φ300、送水管：φ400）により受水している。

表 2.7 事業の概要

項目	水道事業
水源	奥小路水源地：600m <sup>3</sup> /日 三高水源地：2000m <sup>3</sup> /日 鹿川水源地：500m <sup>3</sup> /日 広島県営水道用水供給事業受水：2,161m <sup>3</sup> /日 太田川東部工業用水道(沈澱水)：10,000m <sup>3</sup> /日
給水開始	昭和 40 年 6 月(江能上水道組合)
現在給水人口	29,329 人(平成 16 年度)
計画給水量	17,500 m <sup>3</sup> /日
現有施設能力	17,500 m <sup>3</sup> /日
主な施設	前早世浄水場 三高浄水場

表 2.8 施設の概要

施設区分	主な施設	施設概要
取水施設	戸坂取水場(共同施設)	
導水施設	導水トンネル(共同施設) 導水管	
浄水施設	前早世浄水場	緩速ろ過処理：10,000m <sup>3</sup> /日
	三高浄水場	緩速ろ過処理：2,000m <sup>3</sup> /日
	鹿川浄水場	緩速ろ過処理：500m <sup>3</sup> /日
	奥小路浄水場	予備(600m <sup>3</sup> /日)
	切串浄水場	予備(800m <sup>3</sup> /日)
送配水施設	配水池、ポンプ所	

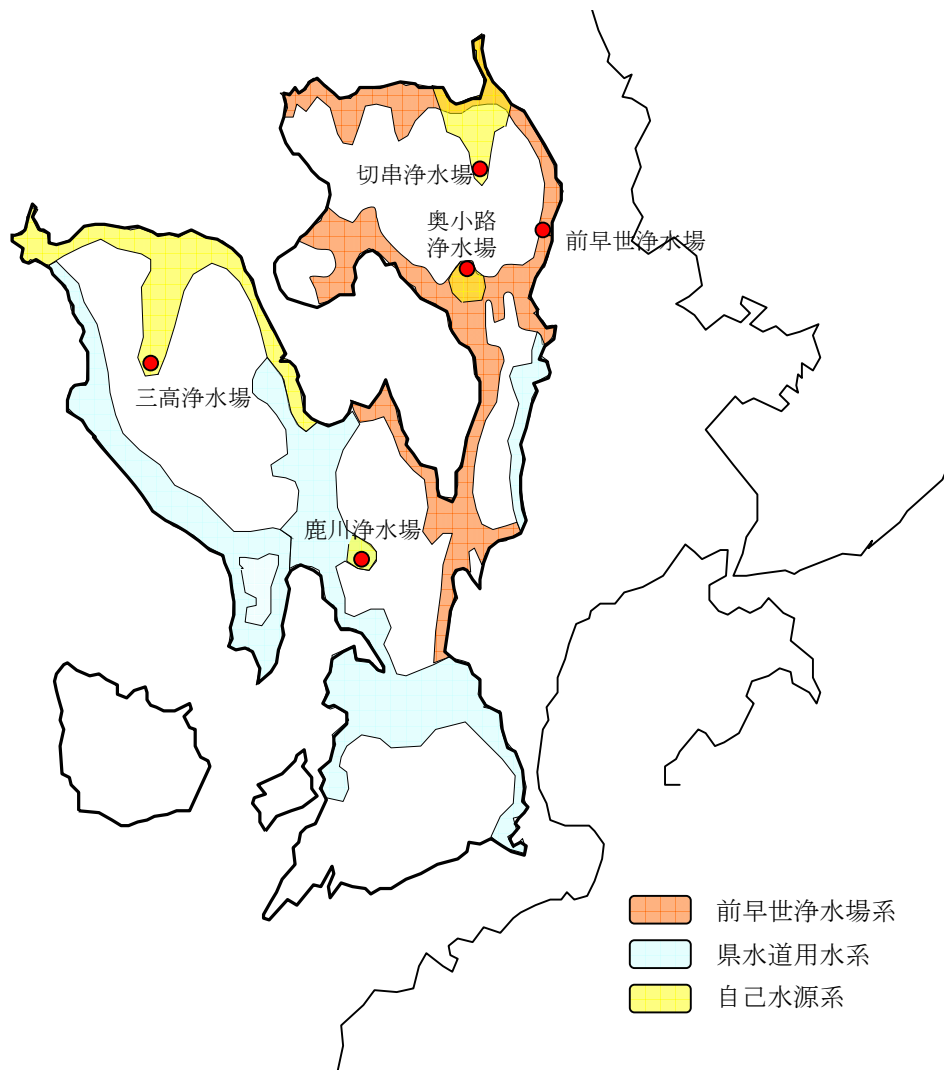


図 2.8 江田島市の給水区域

(2) 危機管理対策

(7) 施設整備

予備施設として、奥小路浄水場、切串浄水場を保有している。また、送配水系統の相互連絡を行っているが、小規模施設が多く融通可能量・範囲等に限界がある。

(1) 応急対策等

地震災害対応マニュアル、水質汚染事故対策マニュアル、風水害等自然災害・水道管等事故対応マニュアル等を整備している。

4) 近隣の水道事業

呉市及び江田島市の近隣の水道事業は、広島市水道事業、東広島市水道事業である。広島市水道事業は、現在給水人口 1,179,290 人、給水能力 628,100m<sup>3</sup>/日、東広島市水道事業は、現在給水人口 142,555 人、給水能力 54,954m<sup>3</sup>/日である。

## 2-2. 送水トンネル崩落事故の概要

平成18年8月25日午後0時26分、広島県海田町から同広島市安芸区矢野東間において、太田川から呉市内の工場に給水する工業用水と呉市、江田島市、大崎上島町に供給する水道の原水を送水する送水トンネル天井部の背面地山が崩壊し、崩れた岩盤によってトンネルが塞がれたため送水が不能となった。

このトンネルは1日平均約156,000m<sup>3</sup>の工業用水と約119,000m<sup>3</sup>の水道用原水（沈澱処理水）を送水し、呉市及び安芸灘島嶼部の産業、生活用水の大半を賄う幹線である。この事故によって工業用水の4社は同日午後4時から、呉市、江田島市は、26日昼頃から一部地域で断水が始まり、両市あわせて32,050世帯が断水した。呉市、江田島市の断水地域では、給水車による応急給水を行うとともに、送水、配水システムの切り替え、給水船による給水により断水区域の縮減、給水制限に向けた作業が行われた。

なお、崩壊箇所は、トンネル内にH形鋼による支保工を行いながら小トンネルを築造する工法によって復旧が進められ、平成18年9月11日に復旧し通水を再開した。



写真 2.1 崩落現場（西谷側）



写真 2.2 崩落現場（矢野側）

### 1) 事故の状況と原因

崩壊した施設は、昭和40年に送水を開始して以来41年を経過した施設で、事故は、西谷接合井（海田町）から約2,570m下流、矢野開閉所（安芸区矢野東）から約370m上流で発生した。内幅、高さ2メートル四方の無筋コンクリート造（天井部用心鉄筋有り）で、厚さ25cmの天井部が延長約10.6mにわたり破壊され、崩落した岩盤によってトンネルが塞がれていた。更に48mのクラックが発生しており、崩壊部前後の補強を含め総延長約76mの復旧工事を実施した。

原因は、トンネルの覆工コンクリートの劣化によるものではなく、トンネル上部周辺の不良地山の劣化が進行し、岩盤の一部が崩落、それが全面崩落（突発性崩壊）に発展した可能性が最も高いと考えられている。

## 2) 崩落事故の復旧

### ①工法選定の基本方針

- ・ 早期復旧が可能な工法であること。
- ・ 安全性が確保される工法であること。

### ②復旧工法の選定

崩落の状況から、2次災害を防ぐため、実績のある山岳トンネル工法を選定。

### ③工事概要

復旧工事の経過と概要を表 2.9 及び図 2.9 に示す。

表 2.9 工事の経過と概要

施工手順	日付	工事概要
坑内調査	8月25日	西谷(広島)側より崩落部調査
↓	26日	矢野(呉)側より崩落部調査
↓	26日	復旧施行方法決定
①クラック区間補強工 崩落影響区間補強工	26日	仮設備開始、支保工材搬入
↓	27日	矢野側クラック区間補強(H形鋼)工開始 崩落部下流側 延長 L=48.0m
↓	31日	西谷側崩落影響区間補強(H形鋼)工開始 崩落部上流側 延長 L=17.0m
②隔壁設置工		隔壁(土のうと木矢板)設置工 2箇所(崩落部の 上下流端部)
③薬液注入工	9月1日	崩落部への薬液注入(セメント系)工開始 n=10本、V=137.0m <sup>3</sup>
④崩落部掘削工	3日	崩落部掘削開始 延長 L=10.6m
↓	5日	崩落部掘削終了
⑤モルタル吹付工	6日	崩落復旧部モルタル吹付工開始 延長 10.6m
⑥支保工背面補強工 覆工背面補強工	6日	支保工背面補強(発泡ウレタン)工開始 延長 75.6m 崩落部と上下流補強区間の覆工背面補強(発泡 ウレタン)工開始 延長 75.6m
⑦吹付表面平滑工	6日	吹付表面平滑工開始 ポリウレア塗布工 延長 L=75.6m
後片付け	10日	掘削残土撤去終了
↓	11日	坑内仮設備撤去、最終点検終了
送水再開	11日	5:50 通水再開

※「広島県送水施設事故調査委員会資料」から要約

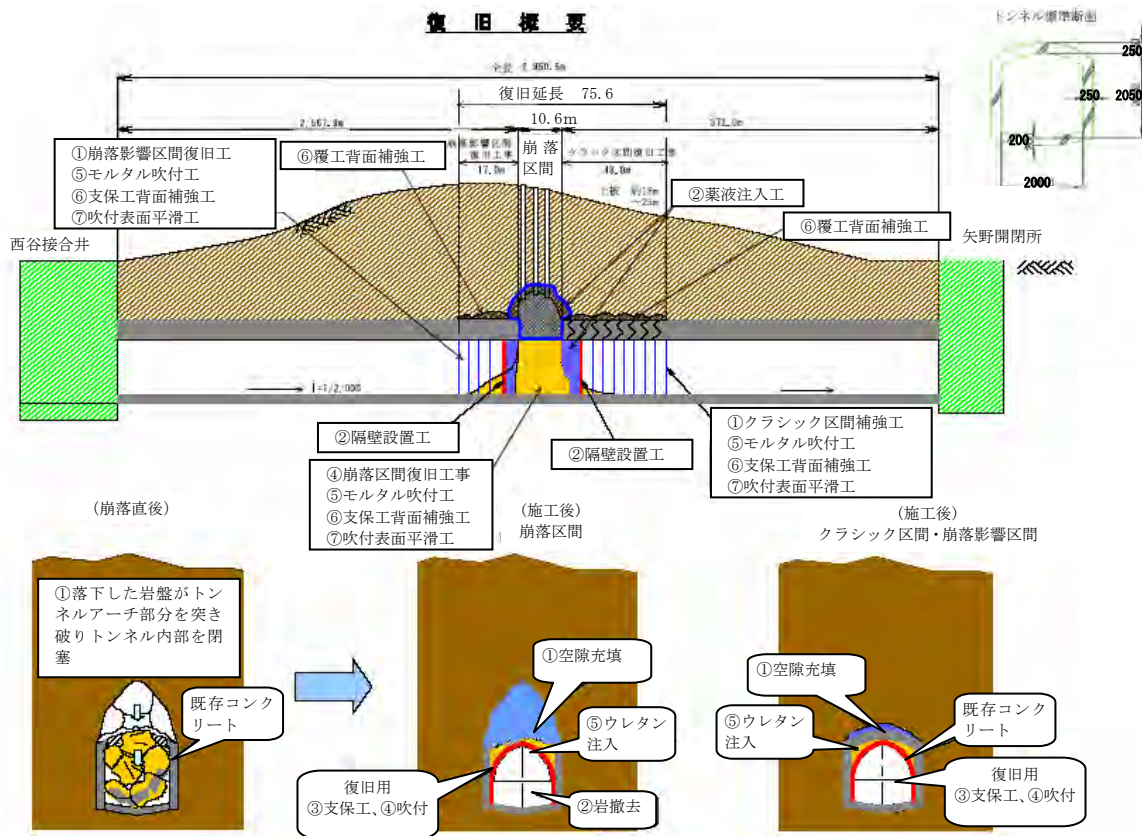


図 2.9 復旧工事の概要

### 3) 実施した対策

今回の事故に対して、断水範囲の軽減を図るために行われた対策は次のとおりである。

#### (7) 給水区域の切替

広島県営水道用水供給事業は、送水停止により同事業の沈澱水を水源とする宮原浄水場が停止し、呉市、江田島市及び大崎上島町への給水が出来なくなったが、大崎上島町及び呉市の蒲刈町、豊浜町、豊町は、県営瀬野川浄水場からの給水に切り替えを行い、断水等の被害には至らなかった。(島嶼部ループ管の逆送、図 2.10 参照)





図 2.10 島嶼部ループ管の逆送

(イ) 予備水源・休止施設等の利用

呉市は、他の水源への切り替え、送水トンネル接合井に流入する旧水源送水管の利用(図 2.11 の①旧二河送水管)、予備水源の非常取水(同図の②市二河水源地)、河川からの緊急取水(同図の③二河川取水ポンプ)などにより段階的に断水の縮小・解消を図った。結果として表 2.10 に示す水源を確保できた。

表 2.10 事故前後の水源

事業名	水源	取水量(m <sup>3</sup> /日)		備考
		事故前	事故後	
呉市水道事業 (簡易水道を含む。)	太田川	66,000	0	事故後、緊急的に取水を行った水源
	本庄水源地	6,000	17,000	
	本庄水源地(旧二河送水管経由)	0	6,000	
	二級水源地(予備水源)	0	31,000	
	二河川(仮設取水)	0	11,000	
	その他	0	2,000	
	計		72,000	
呉市工業用水道	宮原浄水場水系の水源	60,500	23,000	事故前は太田川水源を含む
	その他水系の水源	43,500	43,500	
	計	104,000	66,500	



図 2.11 呉市の予備水源・予備施設等の活用

#### (ウ) 給水船による原水及び水道水の運搬

江田島市及び呉市（音戸、倉橋地区）に対しては、各地区の給水ルートが確保されるまでの期間（8月27日～9月10日）について、海上自衛隊給水船及び広島県公営企業部チャーター船（民間）による延100回を超える原水（江田島市の前早世浄水場）及び応急給水としての水道水の運搬が行われた。



写真 2.3 給水船



写真 2.4 給水船から給水車への注水

#### 4) 事故後の経過

事故後の広島県営水道用水供給事業、呉市・江田島市、他事業者や日本水道協会等の対応状況の経過は、表 2.11 及び表 2.12 のとおりである。

表 2.11 事故発生後の経過

月日	広島県営水道用水供給事業	呉市水道局	江田島市企業局	日本水道協会
8月25日	水道送水施設事故発生 豊町外島嶼部を竹原ルートからの送水に切替等 「公営企業部防災対策本部」設置	県工水・県受水取水停止 復旧対策本部設置(水道)及び対策連絡会議(全市)設置	水道送水施設事故発生 対策本部設置	呉市に代わり広島市(県支部西部地区の幹事都市)が日本水道協会広島県支部長を事務代行。 先行して広島市は応急給水活動開始
8月26日	送水隧道内探査状況確認 (岩盤等の崩落による前面の閉塞が判明) 復旧施工方法決定	一部地域断水(影響世帯 15,400 給水人口 35,400 人) 県に対し陸上自衛隊運搬給水派遣を要請	江田島送水バルブ閉鎖 江田島町の一部、能美町及び大柿町が断水	
8月27日	復旧工事開始		海上自衛隊が、給水船にて江田島市内の小用ポンプ所に補水開始	「日本水道協会広島県支部水道災害相互応援対策要綱」に基づいて県内11都市(広島市を除く)が応急給水等の応援活動開始 全国事業者に対し飲料用ボトルウォーターの提供を要請 飲料水パック送付開始
8月28日	「呉・江田島地区給水等対策本部」設置			
8月29日		「呉市水道事故対策本部会議」(全市)に移行	広島県が民間の給水船を使用して江田島市内の小用ポンプ所に補水開始	
8月30日		公共浴場の無料開放実施	公共浴場の無料開放実施	飲料用ボトルウォーター約 30 万本提供の申し出を受け、呉市・江田島市に順次発送を依頼
8月31日	県職員 126 人/日派遣開始	断水地区全域解除決定 旧二河送水管からの送水		



月日	広島県営水道用水供給事業	呉市水道局	江田島市企業局	日本水道協会
9月1日		断水地区全域解除 給水船補水計画の不足分を江田島 ルートで送水することを決定 1,000m <sup>3</sup> /日	江田島ルート海底送水管通水開始 4地区に分け4日に1度4時間給水 開始	呉市への応急給水終了
9月2日		二河川取水ポンプ等設置工事		
9月3日				
9月4日		二河川取水ポンプ4台に増設		
9月5日		江田島ルート増量送水開始	江田島市断水全地域で12時間給水 開始	江田島市への応急給水終了
9月6日			江田島市断水全地域で24時間給水 開始	
9月9日				
9月10日				
9月11日	復旧工事完了・通水再開 「呉・江田島地区給水等対策本部」 解散	復旧対策本部解散 「呉市水道事事故対策本部会議」解 散	復旧対策本部解散	
9月12日	「公営企業部防災対策本部」解散			

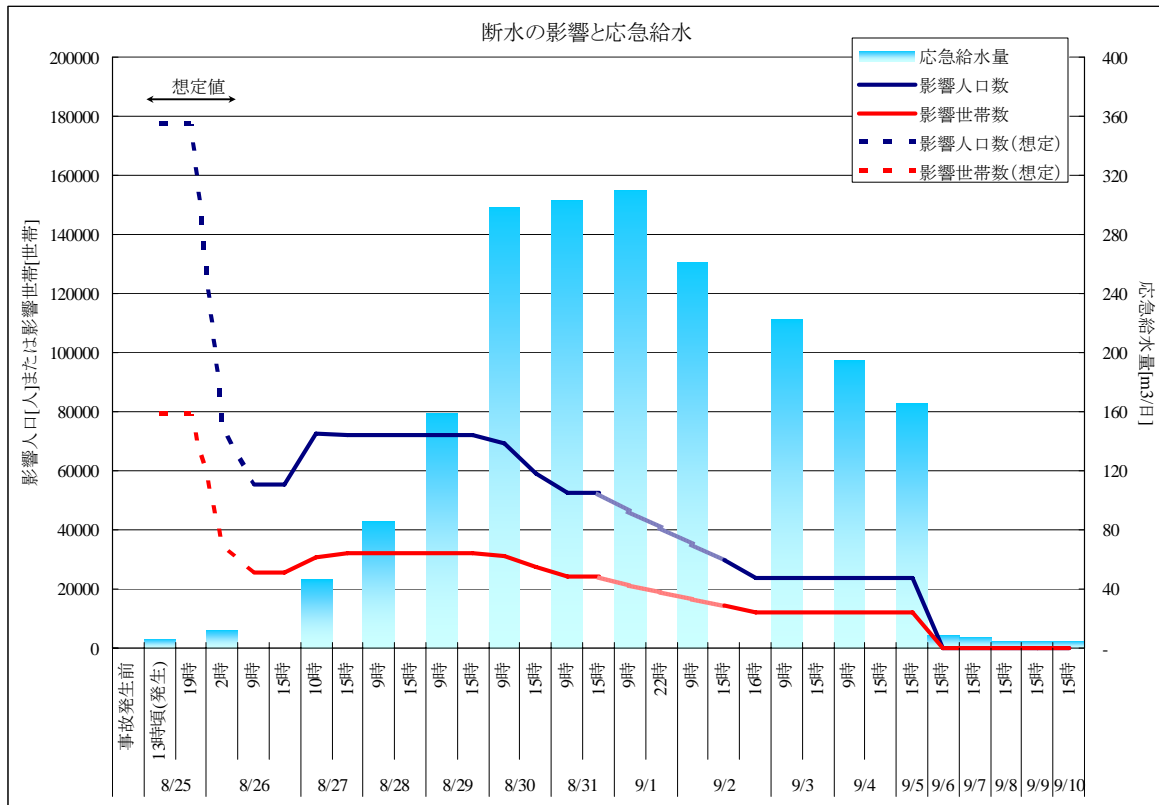


(7) 崩落事故による断水と応急給水

表 2.12 断水と応急給水

年月日	呉市										江田島市										呉市(音戸、倉橋地区)及び江田島市								
	影響人員	影響世帯	給水支援								影響人員	影響世帯	給水支援								給水支援								
			陸上自衛隊		日本水道協会 広島県支部		中国地方整備局		西日本 高速道路(株)				陸上自衛隊		海上自衛隊		日本水道協会 広島県支部		中国地方整備局		広島県公営企業 部(チャーター船)		廿日市市 消防本部		海上自衛隊		広島県公営企業 部(チャーター船)		
			車両	台数	車両	台数	車両	台数	車両	台数			車両	台数	船舶	台数	車両	台数	車両	台数	船舶	台数	車両	台数	船舶	台数	船舶	台数	
H18.8.25 13時頃(発生) 19時	157,000 157,000	69,300 69,300			給水車	3					20,000 20,000	10,000 10,000																	
H18.8.26 2時 9時 15時	53,690 35,400 35,400	24,650 15,400 15,400			給水車	3					20,000 20,000 20,000	10,000 10,000 10,000							給水車	3									
H18.8.27 10時 15時	48,200 48,200	20,100 20,100	1t車	10	給水車	3					24,200 23,900	10,650 11,950	1t車 5t車	10 2	300t船	2	給水車	5											
H18.8.28 9時 15時	48,200 48,200	20,100 20,100	1t車	10	給水車	5					23,900 23,900	11,950 11,950	1t車 5t車	10 2	300t船	2	給水車	11	5.3t車	7									
H18.8.29 9時 15時	48,200 48,200	20,100 20,100	1t車	20	給水車	4	5.3t車	4	9t車	3	23,900 23,900	11,950 11,950	1t車 5t車	20 2	300t船	3	給水車	11	5.3t車	7	給水船	3							
H18.8.30 9時 15時	45,400 35,400	19,000 15,400	1t車 5t車	61 5	給水車	4	5.3t車	4	9t車	3	23,900 23,900	11,950 11,950	1t車 5t車	70 6	300t船 1200t船 1600t船	3 1 1	給水車	11	5.3t車	7	給水船	4							
H18.8.31 9時 15時	28,730 28,730	12,350 12,350	1t車 5t車	61 5	給水車	4	5.3t車	4	9t車	3	23,900 23,900	11,950 11,950	1t車 5t車	70 6	300t船 1200t船 1600t船	3 1 1	給水車	10	5.3t車	7	給水船	4	10t車	1					
H18.9.1 9時 22時	22,600 確認中	9,500 確認中	1t車 5t車	61 5	給水車	3	5.8t車 6.5t車	3 1	9t車	3	23,900 23,900	11,950 11,950	1t車 5t車	70 6	300t船 1200t船 1600t船	4 1 1	給水車	10	5.8t車 6.3t車 6.5t車	4 1 2			10t車	1					
H18.9.2 9時 15時 16時	確認中 確認中 0	確認中 確認中 0	1t車 5t車	61 5	給水車	0					23,900 23,900 23,900	11,950 11,950 11,950	1t車 5t車	70 6			給水車	10	5.8t車 6.3t車 6.5t車	4 1 2			10t車	1	300t船 1200t船 1600t船	4 1 1	給水船	5	
H18.9.3 9時 15時	0 0	0 0	1t車 5t車	30 5							23,900 23,900	11,950 11,950	1t車 5t車	70 6			給水車	6	5.8t車 6.3t車 6.5t車	4 1 2			10t車	1	300t船 1200t船	4 1	給水船	5	
H18.9.4 9時 15時	0 0	0 0									23,900 23,900	11,950 11,950	1t車 5t車	70 11			給水車	10	5.8t車 6.3t車 6.5t車	4 1 2			10t車	1	300t船 1200t船 1600t船	4 1 1	給水船	5	
H18.9.5 15時	0	0									23,900	11,950	1t車 5t車	40 11			給水車	3	5.8t車 6.3t車 6.5t車	4 1 2			10t車	1	300t船 1200t船 1600t船	4 1 1	給水船	5	
H18.9.7 15時	0	0									0	0														300t船 1200t船 1600t船	4 1 1	給水船	3
H18.9.9 15時	0	0									0	0														300t船	3	給水船	4
H18.9.10 15時	0	0									0	0														300t船	3	給水船	3

※日本水道協会広島県支部の給水車支援台数以外は、「呉市等への水道送水施設の事故について」第1報～最終報(第35報)(提供:1~8報 水道整備室、9報～最終報 呉・江田島地区給水等対策本部)より作成



(※表 2.12 の影響人員・世帯数より作成)

図 2.12 事故発生後の影響世帯・応急給水量の推移

### (イ) 断水による影響

断水により生じた影響は、以下のとおりである。

#### ①医療施設への影響

	呉市	江田島市
病院・診療所	53 施設(うち透析施設 2)	36 施設(うち透析施設 1)
養護施設・高齢者関係施設等	13 施設	8 施設

※「呉市及び江田島市への水道送水施設の事故について」(平成 18 年 9 月 19 日危機管理室)より作成

#### ②学校

呉市と江田島市の学校 42 施設において、飲料水・トイレ・給食・プール等の給水が停止した。

#### ③工業用水

呉市内の工場では、県からの給水が停止した 4 社に、呉市のみから給水を受けている 1 社を加えた 5 社に対して給水制限が行われたため、生産活動に支障が生じた。

## 2-3. 問題点等の抽出

### 1) 水道施設及び管理面の問題点

#### (1) 施設に関する問題点

今回の事故が発生した要因や広範囲に影響した要因については、広島県営水道用水供給事業及び影響を受けた水道事業の施設の状況や特性に起因したものが考えられる。

#### (7) 水源特性

- 同一の用水供給事業への依存度が高い地域であったこと
- 呉市は、自己水源及び予備水源・休止施設を保有しているが、長期間使用していなかったため、水源を安定的に取水できるまでに時間を要したこと
- 江田島市は、自己水源及び予備水源・休止施設を保有しているが、小規模であり、また系統間での利用範囲が限定されたこと

#### (イ) 施設特性・事故特性

<施設特性> (図 2.4 参照)

- 広島県営水道用水供給事業の送水路線は、点検・管理の困難なトンネルの占める割合が大きい。また、長距離で単一路線（バックアップ施設がない）の送水路である。
- 広島県営水道用水供給事業の基幹施設は、共同事業（用水・工水）・共同施設（県・呉市）が多いこと（⇒影響範囲が広範囲におよんだこと）

<事故特性>

- 事故位置が、水道システムとしては上流側の送水施設で発生したこと（⇒影響範囲が広範囲におよんだこと）
- 用水供給事業の施設で事故が発生したため、受水事業体の受水依存度により影響が異なること（⇒受水依存度が高い場合には影響も大きくなる）
- 特に、江田島市は、自己水源、用水受水ともに、今回の事故の送水路に依存していたこと

#### (ウ) バックアップ施設・予備施設

- 島嶼部においてループ化しているルート（安芸灘諸島と竹原側の海底送水管）があるが、送水能力に限界があること（図 2.10 参照）
- 有効に働いたバックアップ方策として、工業用水の一時的転用、休止施設の活用による水源の確保、他事業体（呉市⇒江田島市）からの水源の融通等が有効に働いたこと（⇒影響範囲の拡大抑制に働いた）

## (1) 施設点検等の維持管理

事故の発生したトンネルは、昭和 54 年に全区間の内部外観目視調査及びコンクリートの強度確認を行った後は、平成 14 年に一部区間のコンクリート強度試験と、トンネル途中の開閉所 2 箇所（矢野，吉浦）から下流 250m についてテレビロボットによる内部外観目視調査を行っているが、断水して全区間を定期的に点検することは難しい状況であった。

- 今回の事故原因は、不良地山（カタクラサイト）の突発性崩壊による可能性が最も高いと判断されている（広島県送水施設事故調査委員会）が、これらを未然に防ぐことは難しい状況であったこと

## (2) 危機管理に関する問題点（情報の収集連絡・組織）

危機管理に対する意識としては、広島県（福祉保健部生活衛生室）、広島県営水道用水供給事業、水道事業者（呉市・江田島市）、それぞれの立場から、このような事故の発生は想定外であったとの問題点が指摘されている。

また、県水道行政からは情報の共有、マニュアルの内容等、県営水道からは受水団体との情報交換等、受水団体からはマニュアルの周知不足や相互融通協定の運用等、事前に整備すべき事項に関する問題点が示された。

事故発生後の対応については、対策本部の立上げ等の初動体制構築や支援活動、応急対策の進め方等にも問題が発生した。

## (7) 危機管理に対する意識

本調査でのヒアリングでは、それぞれ想定外の事故であったことの意味が聞かれた。

- 広島県（福祉保健部生活衛生室）：今回のような大規模な事故は想定外であった
- 広島県営水道用水供給事業：トンネル背面地山の突発的な崩壊は想定外であった
- 水道事業者（呉市・江田島市）：今回のような事故は想定外であった

## (1) マニュアルの改善

- マニュアルの不具合により、行政と水道事業者間の情報共有が図れなかったため、支援活動の遅れや情報混乱につながったこと
- 一定規模以上の水道事業者の施設等について、県水道行政として把握が十分でなかったことや、情報収集や伝達の役割等について一部の職員にマニュアルの周知不足があったこと

## (7) 情報管理

- 広域的に影響がおよぶ事故であったため、市の設置する対策本部のほか、県に

においても対策本部を設置したが、情報等の窓口が一元化されなかったため情報の混乱・錯綜が発生したこと

- 県にあっては水道事業体の現況施設・給水区域等の状況把握ができておらず、影響範囲の特定が困難であったこと
- 受水団体との応急給水に係る情報交換ができていないこと
- 必要な支援内容について、具体的な情報を伴った連絡体制がとれず支援活動が遅れたこと
- 住民に提供した情報と、住民が知りたい情報に差異があったこと（正確な通水時期等）
- 市の対策本部と現地（給水拠点等）間で連絡が十分に図れず、混乱があったこと

#### (イ) 応援協定

- 呉市と広島市の「地震・異常気象の災害時における水道水の相互融通に関する協定」があるが、融通量の制限等により実際の運用には至らなかったこと

#### (ロ) 支援活動・応急対策の進め方

- 進入路の幅員や給水口の口径の相違により大型給水車の給水箇所の確保に手間取ったこと
- 苦情、報道関係者等への対応、応急給水の要望（応急給水の運搬、生活用水としての量の要求等）への対応などに対して、人員が不足したこと
- 給水船の護岸施設の利用に、自衛隊との調整（時間、場所、窓口、連絡等）が必要となり非効率になる場合があったこと
- 広報車からの広報内容が聞き取れない等の苦情があったこと
- 時間給水は、充水・給水を断続的に繰り返すため、石綿管等老朽管の折損・漏水が危惧されたこと

## 2) ライフラインとしての問題点

### (1) 社会経済活動への影響に対する問題点

水道機能の停止による社会経済活動への影響は、工場の生産調整や飲食店の営業停止、教育施設の休校など社会経済活動等に多大な損失をもたらす。

今回の事故では、4社の工場への工業用水が断水、飲食店やクリーニング店の営業停止（呉市では、20店舗、製造業約20社、宿泊施設6施設、観光施設等4施設の営業停止等の報告があった）、学校への給水停止などが発生した。なお、広島県や呉市では、商工業者相談窓口を設置して、断水の影響に対する相談に対応した。



## **(2) 生活面への影響に対する問題点**

水道機能の停止による生活面への影響は、炊事、入浴、洗濯、洗面、トイレ等の日常生活に支障を及ぼし、衛生環境の悪化を余儀なくされる。特に、応急給水を受けることが難しい高齢者等生活弱者への影響は深刻である。

今回の事故では、地域により最長 11 日間にわたる断水が発生しており、高齢者を中心として不便な生活を強いられた。

## **(3) 生命及び財産への影響に対する問題点**

水道機能の停止による影響は、生命及び財産の維持に関わる消防活動や医療活動が制限され、火災被害の拡大、手術や人工透析等の医療行為への影響により生命及び財産が失われる事態も懸念される。

今回の事故では、呉市消防局が消火栓の使えない地域で貯水槽や河川から取水するため、ホースの延伸や中継のための出動台数を増やす方針を出すなどの対応を行った。また、医療関係施設（透析施設等）への影響に対しては、大容量タンクを設置するなどの対応を行った。

### 3. 広範囲に影響を及ぼす施設事故を教訓とする課題と提言

#### 3-1. 課題

##### 1) 今回の事故の特徴から（原因・・・結果）

###### (1) 施設の状況

- 単管路路線の事故・・・事故の影響が直接断水につながった
- 大容量路線の事故・・・影響（量的）が大きい
- 水道システムとして、上流側施設の事故・・・広範囲に影響
- トンネル路線の地盤の突発性崩壊（予測が難しく回避し難い事故）・・・想定外の事故のため影響の大きさの認識に差が生じた（用水供給事業と直接断水につながった受水団体）
- 用水供給事業側の施設の事故が、結果として受水団体の断水につながった・・・広範囲に影響、多数の需要者に長期の断水
- 用水供給事業の導水管・工業用水送水管の共同施設・・・多方面に影響（複数の水道事業・需要者や工業用水ユーザーに影響）

###### (2) 維持管理・危機管理の状況

- トンネル内部の点検頻度が低かった・・・施設や地盤の状況の把握が不十分で事故を予測あるいは回避する対策がとれなかった
- 事故の想定・影響範囲の想定がなされていなかった（危機管理として想定外であった⇒維持管理・危機管理が可能だったか？）・・・事故直後の影響の大きさの認識に差が生じた
- 工水との共同施設、複数水道事業の共同施設（施設の所有及び管理が複雑（効率性の問題は？））・・・広範囲、多方面に影響（一方で融通しやすい等の良い面もあった）
- 影響を受けた浄水場が所有者（県）と運転管理者（呉市）が異なっていた（県から呉市へ運転管理施設を委託）・・・事故直後の対応や応急対策での連携
- 事故の影響が複数の事業におよんだ・・・広範囲、多方面に影響

##### 2) 一般論として

- 今後、技術職員・水道職員が減少する・・・このような事故に対する対応力が低下する懸念
- 財政面では、水需要の減少に伴い収益も減少（財政的に厳しい状況）する反面、施設更新の必要性が高まる・・・施設整備（バックアップ施設等）や施設更新の長期化、大きな投資は先送りされる懸念
- サービスや管理等の複雑化・高度化要求・・・より高いレベルでの維持管理、危機管理等に対する対応が必要

### 3-2. 提言

#### 3-2-1. 当面の対応

##### 1) 施設の整備や維持管理による対策（主にハード面）

###### (1) 事故の想定・影響の把握

事故の影響が広範囲に及ぶ施設や管路については、水道施設全体としての安定給水に対する信頼性等について把握・評価した上で、事故の想定を行い、予想される断減水の影響範囲、断水世帯・断水日数等を把握しておくことが重要である。また、想定される事故に対して、可能なバックアップ方法や確保できるバックアップ量等の算定を行うとともに、具体的な対応策をマニュアル化しておくことが望ましい。水道システムは、施設が相互に関連をもち、複雑な体系をもつことから、平常時からFTA解析等の信頼性評価手法により、水道システムとしての信頼性を定性的・定量的に把握することも効果的である。

###### (7) 水道施設全体の安定給水に対する評価

水道施設全体として、安定給水に対する現状の把握および評価を行うことが重要である。現状の把握・評価は、「安心」「安定」に関する業務指標（「水道事業ガイドライン JWWA Q 100」、以下「PI」という）などを用いて行うことが有効である。さらに、PIの相互依存性に留意した上で事故等による影響に効果のある対策を、諸条件の変化（PIのパラメータを変化させる）に応じて選択が可能となるようにメニューを抽出しておくことが重要である。

「安心」指標からは、水源利用率（1001）、水源余裕率（1002）、「安定」指標からは、浄水予備力確保率（2003）、配水池貯留能力（2004）、幹線管路の事故割合（2202）、事故時配水量率（2203）、事故時給水人口率（2204）、給水拠点密度（2205）、系統間の原水融通率（2206）等が活用可能と考えられる。

###### (1) 被害想定シミュレーション

水道施設の事故は、常に起こり得るものとして、想定しておくことが大切である。想定する事故に対して、断減水の影響範囲、断水世帯・断水日数等をシミュレーションしておくことで、事故の影響度を把握することができる。

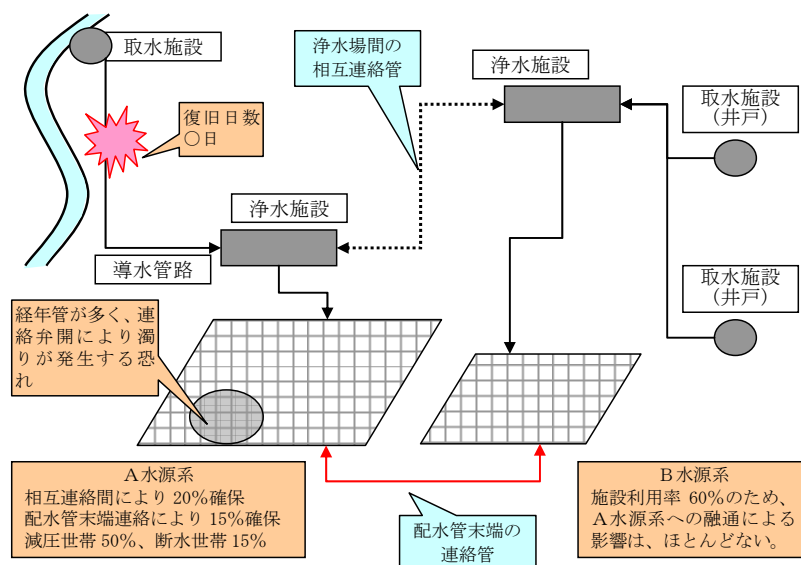


図 3.1 事故と影響の想定

現時点で対応が可能な事故想定ではなく、可能な限り影響範囲や被害の大きい事故を想定しておくことが重要であり、このことにより、仮に広範囲な断水が発生した場合でも、迅速かつ適切な対応につながる。

- 事故の想定：復旧日数、バックアップ可能量
- 被害の想定：影響範囲、断水世帯・断水日数の想定、その他の影響

#### (ウ) バックアップ量の算定

施設や管路の事故より想定される断水に対しては、バックアップ方法、バックアップ水量を把握する。また、バックアップ可能となるまでに要する時間についても把握しておくことが重要である。

バックアップについては、予備水源の確保、相互連絡管の設置、配水管末端の連絡管布設等が考えられ、それぞれ次のような事項を把握しておくことよい。

- 予備水源：水源能力、水質、再起動時の留意点
- 相互連絡管：ポンプ能力、浄水池等の水位条件、弁操作手順
- 配水管末端連絡管：融通可能範囲・可能量（水理計算）、流向の変化、経年管

#### (イ) 信頼性設計手法（F T A、E T A等）による評価

水道システムとしての信頼性について、事故の影響とその原因の関連、発生頻度や発生確率等を整理・分析して、定性的・定量的に評価したい。

水道システムについては、バックアップ施設や予備施設の保有状況等から機能低下時における代替機能の有無、想定事故における確保可能量等により、システムとしての冗長性を評価しておくことが大切である。このような信頼性設計手法は、次に示すような方法がある。

- F T A (Fault Tree Analysis)：分析対象とする頂上事象（例えば断水）について、その事象が発生する条件や要因をツリー状に展開して分析する手法

- E T A (Event Tree Analysis)：初期事象（例えば、管路事故）について、事故の影響の有無や対応策の効果等をつリー状に表し、事故等の進展状況を把握する分析手法。図 3.2 は E T A により災害事象を分析した例である。

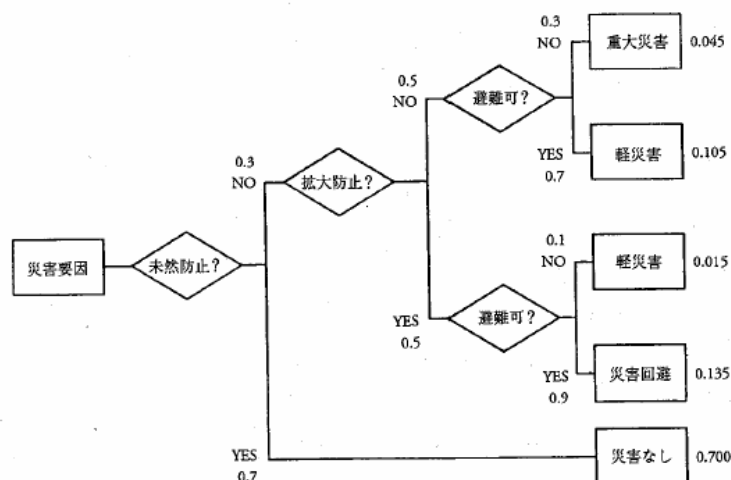


図 3.2 E T A の例 (数値は発生確率)

## (2) 施設の現状の把握

施設の状況（本体・地盤等自然条件）について、老朽度、劣化状況、耐震性能等について把握する。現状の把握には、物理的試験、耐震診断、各種評価手法等を用いて行うことが有効である。しかし、施設や管路等の構築物は、経年的に老朽化あるいは劣化することが想定されるため、適切な点検（点検内容・点検頻度）の実施が大切である。

## (7) 点検頻度を高める

経年的な老朽化・劣化の変化を定期的に把握することは、施設管理上の要点である。点検結果により、その後の維持管理（補修、改良、更新等）方法を判断し、また、それが可能となるように適切な頻度で点検を行うことが重要である。

例えば、パトロール、外面調査、内面調査などの点検レベルに応じて、定期・非定期、定期の場合の頻度等を定めておくと、確実な点検が期待できる。

表 3.1 点検頻度の設定例

点検種別		定期・非定期	頻度
パトロール		定期	毎日・毎週・毎月
外面調査	露出部	定期	毎年
	地中部	定期	2年周期
内面調査	水中	定期	5年周期
	断水	非定期	点検で特に異常が認められたとき

表 3.2 広島県営水道用水供給事業のトンネル点検

目的	種類	内容	頻度
資料収集	基礎調査	設計・施工時の資料を収集・整理する調査	
状況把握	一次点検①	基礎調査の結果、突発性崩壊が生じる可能性がある区間において、突発性崩壊の可能性を詳細に検討するために、地上部より実施する調査	概ね10年周期
	一次点検②-1	突発性崩壊が生じる可能性のある区間において、突発性崩壊の可能性をさらに詳細に検討するために、トンネル内で実施する調査	
	一次点検②-2	対象トンネル全区間において、トンネルの覆工面に生じている変状の概要を把握するために、トンネル内で実施する調査	概ね5年周期
原因究明	二次点検	一次点検の結果、二次点検が必要と判定された地点において、変状の詳細状況を把握し、変状原因を推定するために、トンネル内及び地上部より実施する調査	
対策工法検討	詳細調査	一次点検及び二次点検の結果に加え、対策工法の検討に必要な詳細な状況を把握するために、対策工の一環として実施する調査	
臨時	臨時点検	トンネルに影響を及ぼすような地震など外的な要因や環境変化があった場合に、トンネル内の異常や変状箇所を発見し、応急処置と今後の対応策を整理するために臨時に実施する調査	



広島県営水道用水供給事業では、今後の点検のあり方（「広島県送水施設事故調査 報告書」（平成 19 年 3 月 22 日 広島県送水施設事故調査委員会）として、「外力や材質劣化などを原因として発生する、トンネルの崩落や機能低下を招く変状などを可能な限り防止し、トンネルを安全かつ合理的に運営すること」を目的として、表 3.2 のような点検内容としている。

#### (イ) 点検内容の充実

点検により、その後の維持管理方法を決定するため、施設の重要度に応じた精度（維持管理方法の判定に必要な事項の把握）の点検が求められる。

また、点検を行うためには、一時的な施設の停止（配水池容量の確保、バックアップ水量の確保等）、水位低下や水抜き等が必要であり、そのために必要な設備等の設置（ポンプ、排水管等）、さらには需要者の理解を求めることなどが必要となる場合がある。

広島県（同報告書）では、点検内容に応じて次のような点検・調査方法を示している。

表 3.3 広島県営水道用水供給事業のトンネル点検方法

種類	内容
基礎調査	既存資料調査
一次点検①	地表・地質踏査、ボーリング調査、弾性波探査・電気探査、地山試料調査（三軸圧縮試験等の室内試験）
一次点検②-1	覆工背面調査（簡易ボーリング調査、ファイバースコープ、非破壊検査）
一次点検②-2	目視調査、打音調査、覆工背面調査（非破壊検査）、レーザースキャニング法・レーダー法
二次点検	地表・地質踏査、クラック調査、覆工背面調査（簡易ボーリング調査、ファイバースコープ、非破壊検査）、覆工強度測定（テストハンマー）、簡易トンネル断面測定
詳細調査	地質調査、地山挙動調査、地山試料調査、ひび割れ形状変化調査、漏水水質試験、覆工背面調査（ファイバースコープ、非破壊検査）、覆工コンクリート材質試験、内空変位測定、覆工応力及び背面土圧測定

また、独立行政法人 水資源機構では、トンネル内面の壁面連続画像計測をレーザースキャニング法により、また覆工背面計測をレーダー法により定量的調査を行っている。（詳細は資料 2. ①参照）

#### (ウ) 施設の機能診断の実施

施設の機能診断は、その診断結果に基づいて維持管理や更新の方針を定めるための基礎情報となるものである。このため、個別の施設や設備について客観的・定量的に評価することが必要である。「水道施設機能診断の手引き」（（財）水道技術研究センター、厚生労働省委託）は、個々の水道施設ごとの機能を、数値化した指標を用いて、主として技術的側面から評価することを目指して作成されたものであり、

導水施設等の機能診断にも活用ができるものである。

表 3.4 に導水システムの全体機能診断例（データシート）を示す。

表 3.4 導水システムの全体機能診断例（データシート）

系統名			担当者	調査年月日: _____		yyyy/mm/dd
分類	項目		データ	単位	番号	記入要領
1)導水量	計画導水量			m <sup>3</sup> /日	(1)	該当する水源系統の導水実績を記入する。導水施設最大能力は予備能力を含めた導水可能な最大運転水量とする。
	実績最大導水量			m <sup>3</sup> /日	(2)	
	実績平均導水量			m <sup>3</sup> /日	(3)	
	導水施設最大能力			m <sup>3</sup> /日	(4)	
2)管路	導水管総延長内			m	(5)	老朽管は任意定義でよい(例:布設後40年以上経過した管路及び導水渠)。
	内 老朽管延長内			m	(6)	
	内 耐震対策管延長			m	(7)	
3)緊急時対策	水融通可能水量			m <sup>3</sup> /日	(8)	当該導水施設が機能停止した場合、他系統から原水運用で当該浄水場にバックアップ導水が可能な水量。
4)施設の老朽度	導水施設 構造物経過年数	名 前	-	-	(9)	管路を除く導水施設(機電設備を除く土木・建築構造物)で、施設名と建設から現在までの経過年数を記載する。
		経過年数	-	年		
		名 前	-	-		
		経過年数	-	年		
		名 前	-	-		
		経過年数	-	年		
	導水施設 機電設備経過年数	名 前	-	-	(10)	導水施設の機電設備で、設備名と設置から現在までの経過年数を記載する。
		経過年数	-	年		
		名 前	-	-		
		経過年数	-	年		
		名 前	-	-		
		経過年数	-	年		
		名 前	-	-		
		経過年数	-	年		
5)導水施設の管理状況	計画導水量を導水できるか			-	(11)	該当項目に○×のいずれかを記入する。
	漏水はないか			-		
	輸送中の圧力損失は小さいか			-		
	導水途中での水質汚染はないか			-		
	施設の構造等諸元情報、運転情報及び図面は整理しているか			-		
	路線の巡視点検を定期的を実施し結果を記録しているか			-		
6)導水施設設備事故・故障リスク	事故・故障の発生頻度			回/5年	(12)	過去5年間でポンプ等の機電設備に起因した事故・故障発生回数を記入する。(停電を除く)
	事故・故障の大きさ			-	(13)	①事故無し ②設備機能影響無し ③主機の能力減 ④設備全機能停止
	事故・故障の波及範囲			-	(14)	①無事故 ②設備内で影響有 ③施設に影響有 ④給水に影響有
	事故・故障の継続時間			時間	(15)	過去5年間の事故・故障の中で、最大の事故実績を記入する(事故発生から復旧までの時間)。
7)耐震性	導水施設耐震性			-	(16)	「3.1.6施設耐震診断」の方法で判定 高い:3, 中:2, 低い:1

### (I) 施設更新の必要性の度合い把握

個別の施設については、施設の物理的特性の劣化、能力の低下、耐震性の不足など技術的視点から更新の必要性を判断するとともに、更新後の効果や更新の必要性

を客観的に示すことのできる「水道施設更新指針」((社)日本水道協会)を用いて評価する。この評価に基づき、例えば、更新時期が近い施設については、より重点的に点検を行なっているかどうか等、現状の維持管理方法を評価することができる。

「水道施設更新指針」では、管路を更新する主な目的及び理由(例)として、表3.5が示されている。

表 3.5 管路を更新する主な目的及び理由(例)(水道施設更新指針 P54 表-6.1.3)

項目	具 体 例
①老朽化	・ 管が老朽化している [法定耐用年数: 鑄鉄管40年、その他25年(平成12年以前)]
②漏水(又は事故)の危険性	・ 漏水している ・ 外圧(土圧、路面荷重、地震力)により変形、破壊する危険がある ・ 耐圧性が低い(十分な土圧計算がなされていない)
③耐震性	・ 耐震性が低い(耐震継手管でない)
④水理条件	・ 無ライニング管である ・ 出水不良が発生している(需要量に比べて管径が不足し、適正な流量が確保できない) ・ 内圧(最大静水圧、衝撃圧)により漏水する危険性がある ・ 消火活動に必要な圧力が確保できない(管径、材質) ・ 適正な管径ではない(水需要の変化で管径が過不足)
⑤布設条件	・ 腐食性の高い土壤に埋設されている ・ 耐食性が低い(ポリエチレンスリーブなど防食対策が施されていない) ・ 硬質塩化ビニル管及び水道配水用ポリエチレン管が、有機溶剤の土壤環境に埋設されている ・ 埋設されている道路の交通量が増大して管路に影響する ・ 土被りが不足している ・ 地盤沈下が著しい ・ 可撓管など、地盤の条件に見合った管路の性能がない
⑥水質劣化	・ 無ライニング管である ・ 管の材質により水が汚染されている(「水道施設の技術的基準を定める省令」に示された浸出基準に適合していない) ・ 赤水などの濁水が頻繁に発生する ・ 残留塩素の低下が著しい ・ 内面の腐食や汚れが著しく、水道水の水質を汚染させている ・ 水質劣化を防止するための一定の管内流速が保てない(管径、埋設箇所)
⑦他企業体との調整、維持管理面、他工事との同時施行、重要路線、財政面等	・ いま更新しないと今後の更新時期は相当先になる(道路や河川管理者との関係) ・ 維持管理ができない場所に埋設されている ・ 今更新した方が経済上、施工上から有利である(他の管路と同時施行が可能) ・ 水管橋など露出している管が景観上問題がある ・ 露出管などはメンテナンスコストがかかり、材質や布設位置を変えた方が有利である ・ 更新時期が集中するため計画的、段階的に更新する ・ 代替路線がないため、早めに更新して事故を未然に防止する ・ 重要施設に給水しており、老朽化前に更新しておく必要がある

### (3) 維持管理計画や更新計画の策定

バックアップ施設等の整備や更新には膨大な費用を要するため、計画的に施設整備や更新を行うことが望ましい。

#### (7) 維持管理計画の策定

現況施設の診断や評価を行った上で、維持管理の考え方を整理する。特に保全管理の方法を整理しておく。予防保全（時間計画保全、状態監視保全）を基本とするのが一般的であるが、基幹施設や重要施設については予知保全の考え方を取入れ、施設や設備の状態監視を行い未然に事故や故障を防ぐために、修繕や更新時期の適切な判断を行うことがある。このように計画的に補修・改良・更新を行うために、施設や設備の保全の考え方に応じた維持管理計画の策定が効果的である。

このような計画的な維持管理の実施は、施設寿命の延命化につながるものと考えられる。維持管理計画の維持管理指針に基づく検討手順を示す。

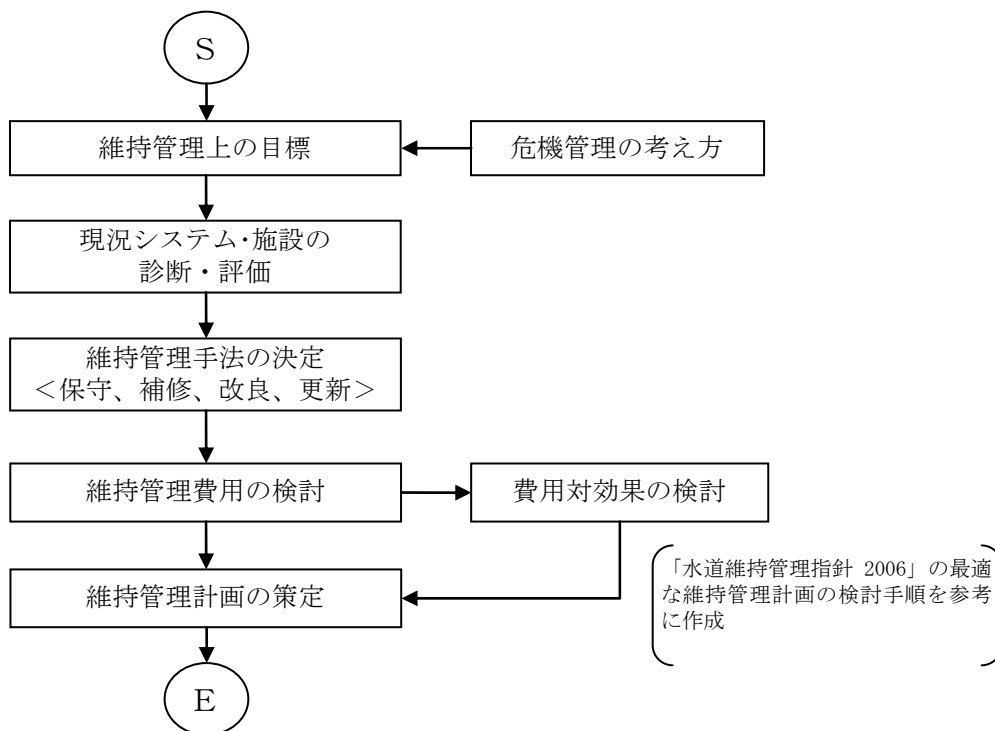


図 3.3 維持管理の検討手順（例）

#### (1) 更新計画の策定

「水道施設更新指針」を用いて緊急度、重要度の順位付けを行い、更新計画を策定する。

少子高齢化や節水機器の普及等から、今後の水需要が停滞・減少の方向性にあることを考えると、必ずしも既設と同等の能力の施設が必要とは限らない。このため、

投資額が大きい施設の更新や後述するバックアップ施設の整備に際しては、水需要や給水収益の長期的な見通しを立てた上で、更新や事故・災害等への対応のあり方を総合的に勘案し、規模、配置・ルート等を検討する。

費用の確保と併せて、限られた予算の中で効果的に対策を実施できるように、危機管理に対する目標の設定、短期的な対策と中長期的な対策の仕分け、対策の比較検討を行う。

費用対効果の観点から小さな費用・短期間で整備ができること、劣化の進行や強度が低いなど事故発生の危険度が高い、あるいは事故が発生した場合の影響が大きい等の緊急度の高い施設については、中短期的な対応を行う。また、管路の複線化やループ化等の大規模で多大な投資が必要となる施設整備については、更新計画等との整合を図り長期的に対応する。

このように段階的な整備目標を設定して、整備期間を設定することが大切である。

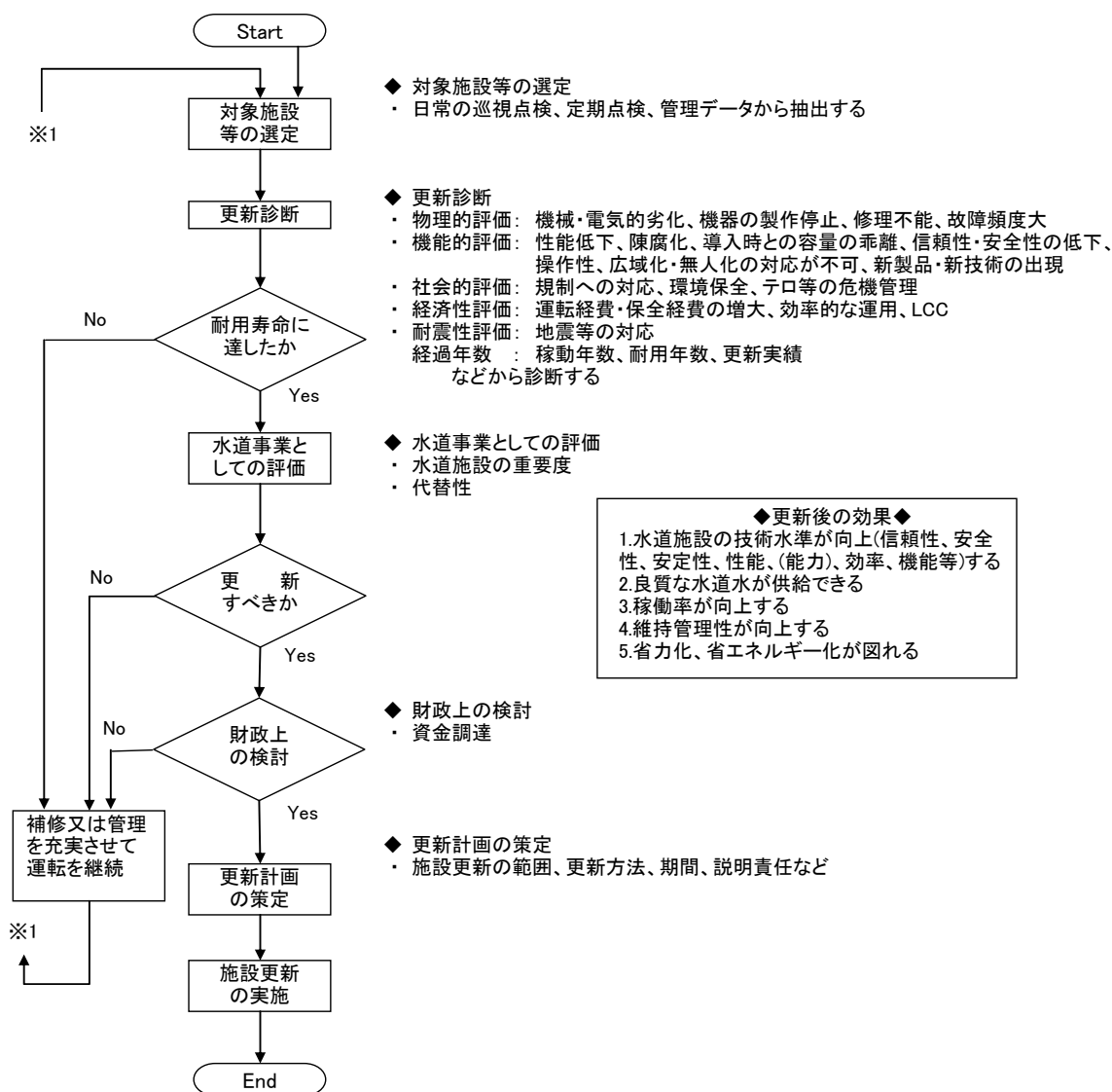


図 3.4 更新計画の手順（水道施設更新指針 P4 図-1.1.1）

#### (4) バックアップ施設の確保

短期的なバックアップ施設の確保は、短期的に効果を発揮させるための効率性や経済性などを考慮すると、既存施設の活用や改良による対応が効果的なことが多い。

#### (7) 既存施設の活用

水需要の停滞・減少に伴い生じた余剰施設、事業統合時の施設再編成に伴う余剰施設などを事故時等のための予備的な施設として活用する。新たな施設整備のための投資が最小限に抑えられ経済的である。ただし、非常時に利用できるように日常的に適切な維持管理を行う必要がある。

既存の休止施設を緊急時の予備施設として利用するためには、日常的な維持管理や再起動手順マニュアルの整備等が必要となる。

#### (1) 隣接事業者等との緊急時連絡管の整備

隣接事業者との施設の連絡や連携により、事故時等の非常時に他事業者の水道水の融通を受けるものである。隣接する事業者どうしの配水管網を連絡することにより、それぞれの持つエネルギーを有効に利用し効率的にバックアップを行う上で有効な方法であり、新たな施設整備のための投資が最小限に抑えられ経済的である。

なお、バックアップ可能量は、既存施設の能力（配水末端でのエネルギー）の範囲で設定することとなる。

事業者間での連絡や連携は、次のような方法が考えられる。

- 緊急時連絡管：隣接市町村間で配水管の連絡を行い、緊急時の相互融通を行う。
- 共同施設：隣接市町村間での共同施設の確保などにより、多系統化等の危険分散や予備的施設の確保等を行う
- 用水供給事業と受水団体との連携：受水団体間の水融通、多系統化、非常時の系統切替等を行う。

都道府県域を越えた緊急時連絡管は、東京都水道局と川崎市水道局において実施している例がある。融通水量は、1.5 万～10 万 $m^3$ /日であり、投資効果は非常に大きいものと評価されている。



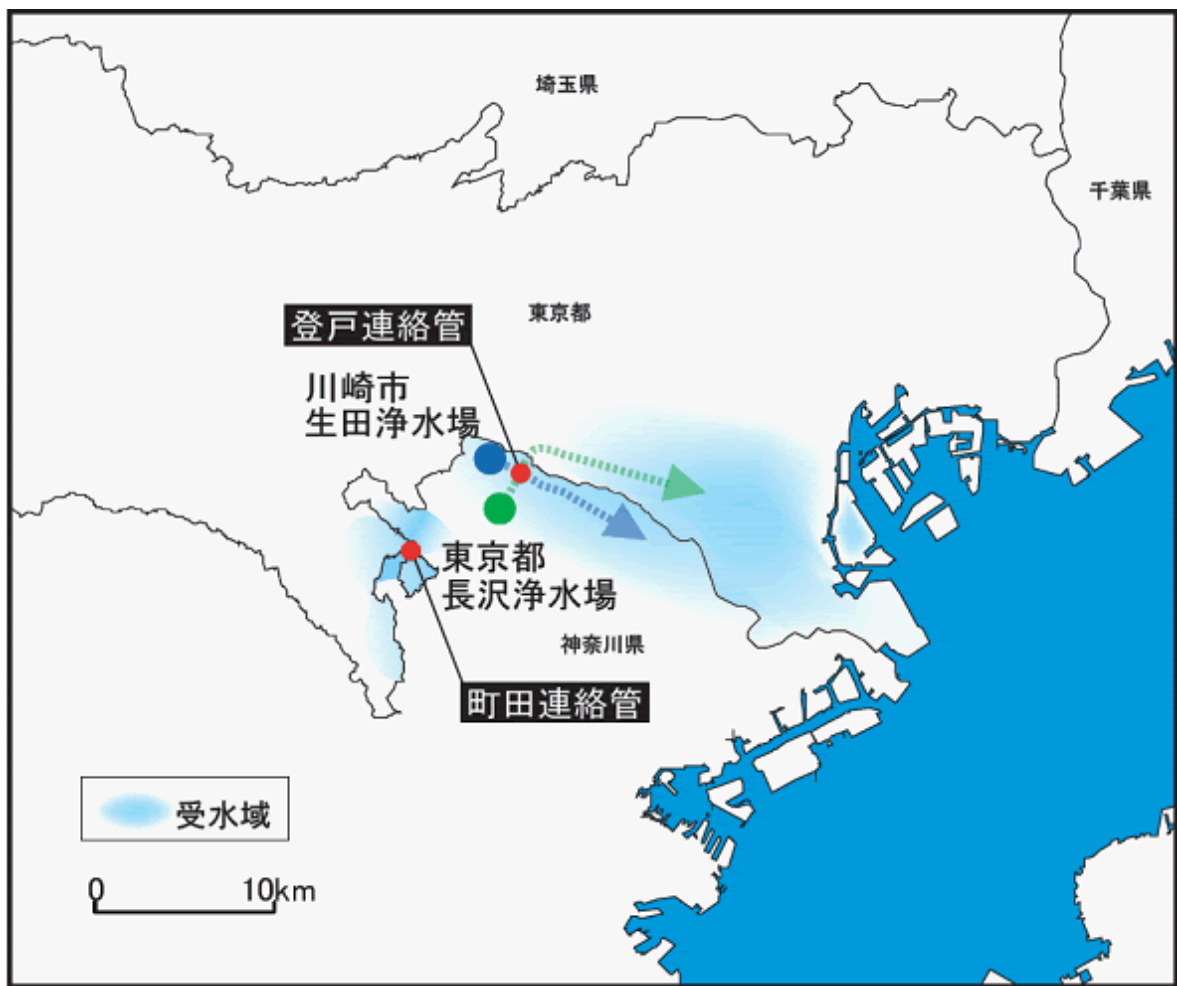


図 3.5 連絡管位置図（東京都ホームページより）

#### (ウ) 改良による複線化

既存施設の改良により導送水路の複線化・バイパス路線の確保を行い、事故時の断水回避、維持管理に伴う一時的通水停止などに対応する。方法としては、コンクリート水路への隔壁設置、トンネル内へのバイパス管布設などが考えられる。

水資源機構の愛知用水施設では、改築時に隔壁を設け2連構造とした例がある。

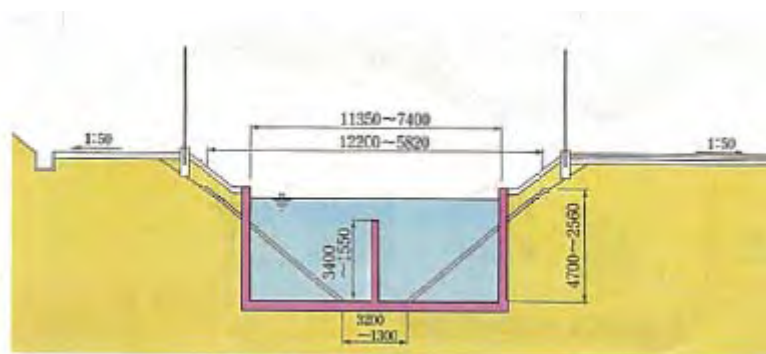


図 3.6 水資源機構愛知用水施設の2連構造水路

## 2) 事故対応のための危機管理対策（主にソフト面）

### (1) 広範囲な影響への対応（広域的な連携）

事故対応のために、広域的な連携方策を事前に準備しておくことが大切である。

### (7) 事故対策マニュアルの見直し

複数の市町村や事業等への広範囲な影響に対応するため、都道府県と市町村、市町村間、事業体間の連携について、マニュアルの中で整理しておく。具体的には、対策本部の連携方法・指揮命令系統や情報伝達・情報共有の方法等について具体的な記述などは有効性がある。

### (4) 共同訓練（行政と水道、用水供給事業と受水団体等）の実施

複数の市町村や事業等への広範囲な影響に対応するため、行政と水道、用水供給事業と受水団体等において事故対応などの共同訓練の実施が有効である。例えば、防災の日に実施する等、定期的に日時を定めて実施することが必要であるが、日常的に連絡協議会などを通じて情報交換を行い、共同訓練の下地を作っておく。

広島県営水道用水供給事業では、定期的に受水団体や運転管理委託業者を交えて共同訓練を実施している。

### (7) 対策本部間の連携方法・役割の明確化

広域的な連携では、特に事故発生後の対策本部間の連携が重要である。事故が発生した事業体をはじめ、その影響を受ける事業体、広範囲で長期間の影響となる場合には、都道府県行政の対策本部も立ち上がる可能性があり、相互の連携が求められる。

このような広範囲に影響がおよぶ事故の場合には、都道府県、市町村、事業体等のそれぞれの対策本部における役割の明確化、指揮命令系統・情報伝達方法、情報の共有方法・情報開示の判断等の連携方法等について、事前に整理しておくことが望まれる。

### (1) 事業体間での情報提供・情報共有の仕組みの構築

事故が発生した事業体、影響を受けた事業体、応援する事業体それぞれが相互に事業や施設の状況を把握して、事故対応にあたるために、事業体間（例えば用水供給事業と受水団体、受水団体間、広域圏域等）での情報提供・情報共有（事業の特徴（P I 等の活用）、備蓄資器材、水源・施設の整備状況）の仕組みを構築する。

例えば、日本水道協会の各支部では、資機材の備蓄状況を集計して情報を共有しているので、共有情報の拡大や情報の更新頻度を高める等、既往の仕組みの改善や工夫も有効である。

#### (オ) 事業体間の協定の見直し

既に多くの事業体間等の協定の締結がなされているが、事故や災害での対応での問題点などを教訓として、非常時に円滑な運用が可能なように見直しを行なうことが肝要である。特に、事故等の初期対応は、現場や情報の混乱が生じている可能性があるため、相互応援協定に基づく運用が円滑に進むような協定、運用マニュアルの見直しが大切である。

例えば、相互応援協定では、協定の対象となる災害や事故被害の規模の設定、相互の対応窓口（部署）、費用負担等の取決め等、また、緊急時連絡管の運用については、使用する条件、連絡管能力、弁等の操作手順等が要点となる。

### (2) 長期間の断水への対応

#### (ア) 多様な応急給水方法の確保

断水が広範囲で長期に及ぶ場合には、長期的に大量の応急給水を確保する必要がある。また、断水した需要者は、短期的には飲料水程度で受忍するが、長期化する場合には量的な要求（通常の生活に必要な量）が高まる傾向にある。このため、様々な手段で応急給水を確保できる方策を考慮しておくことが大切である。

応急給水には、下記に示すような給水方法、運搬方法等の手段の他、早急給水を行うあるいは支援する人（水道事業体、自衛隊、ボランティア等）の確保も重要である。

- 応急給水方法：緊急時貯水槽、給水タンク、ボトル水、パック水、仮設給水栓
- 多様な水輸送手段：給水車・給水船・その他

#### (イ) 住民対応

断水が長期におよぶ場合には、需要者からの要求や苦情が多くなることが予想される。このため、需要者に安心感を与え、また不公平感等が生じないように、精査された情報を適切な時期に提供することが求められる。

特に、需要者が必要とする情報は、応急給水拠点や給水時間、断水解消の見通し等と考えられる。

#### (ウ) 応急復旧の短縮化方策

応急復旧を速やかに実施するために、工事業者との協定、資器材の共同備蓄、資器材メーカーとの協定等を事前に検討し、対策を講じておくことが大切である。

### (3) 多方面の影響への対応

一般家庭以外の水道の需要者に対する断水は、事業の継続に支障が生じる可能性があり、特に施設事故の場合には、給水条例以外に具体的な対応方法などの取決めを行っておくことが重要である。

特に、病院の場合には、患者の生命に係わる可能性もあり、病院側での緊急的な対応等についても要請しておくことが肝要である。

さらに、上水と工水の両方から給水を受けている事業所がある場合には、工業用水道事業との取決め等も忘れてはならない。

### 3-2-2. 中長期的な対応

#### (1) アセットマネジメントの導入

当面の対応で示した点検の充実、維持管理計画や更新計画の策定に、財政面の計画を考慮して、長期的な資産管理のあり方を検討する必要がある。更新投資の効率化、費用対効果の最大化、施設の長寿命化などを図るために、アセットマネジメントの考え方を導入し、検討することも効果的である。

適切な維持管理により、施設の長寿命化を図りライフサイクルコストの最小化を目指すこととする。これにより、更新投資の効率化、費用対効果の最大化が可能となり、結果として需要者へのサービスの向上につながる。

なお、アセットマネジメントとは、元来、株・債券や不動産などの資産とリスクをコントロールしつつ、収益性を考慮した運用を行うことにより、資産価値の最大化を図る活動であるが、公共インフラの管理・運営にこの考え方を導入しようというものである。土木学会では、社会資本におけるアセットマネジメントは、「その運用、管理に必要な費用を小さく抑え、質の高いサービスを提供することにより、資産価値を最大化するための諸活動」と位置付けている。そのためには、図 3.7 に示すような一連の「評価」-「計画策定」-「実施」-「運営(維持管理)」-「評価・・・」というサイクルでマネジメントを行なうことが必要となる。

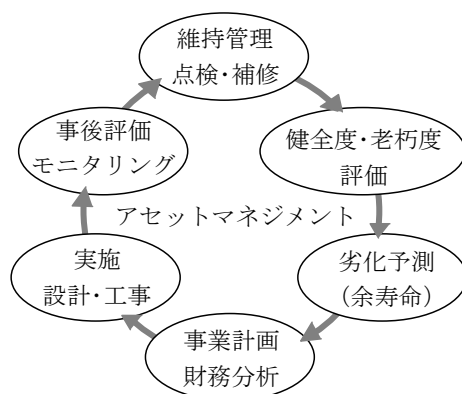


図 3.7 アセットマネジメントの体系

## (2) 施設更新と合わせたバックアップ施設の整備

バックアップ施設の新たな整備には、膨大な投資と長期にわたる整備期間が必要である。このため、施設の二重化や多系統化、ならびに予備能力の確保については、更新事業と合わせて検討を行い実施することが効率的である。

中長期的な対策の実施においても、業務指標(PI)により評価を行うことが重要であり、さらに客観性を高めるために第三者の評価を受けることが望ましい。

## (7) 管路の複線化

バックアップを必要とする施設は、長距離の単一路線の導送水路線等が対象と考えられる。このような施設は、長期的な視野で考えると、既設の更新時における代替施設の確保などの面からも、極めて有効である。

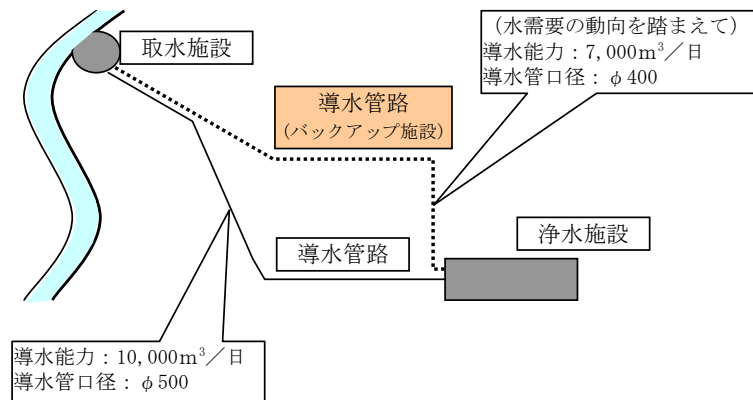


図 3.8 バックアップ施設 (導水管路の複線化)

## (1) 多系統化

危険分散は、複数の水源・施設を持つことにより、一つの水源・施設が機能を失った時に他の水源・施設で補う考え方である。新たな施設整備を行う場合には、(7)の管路の複線化と同様の考え方となるが、基本的には既存水源・施設を活用する方法が効率的である。具体的には、複数の水源や施設を連絡管等により有機的に連絡することにより相互に補う方法等が効果的である。

また、市町村合併等により複数の水道事業を統合する場合には、それぞれの事業が保有する水源・施設の相互連絡等を検討することも有効な方法である。

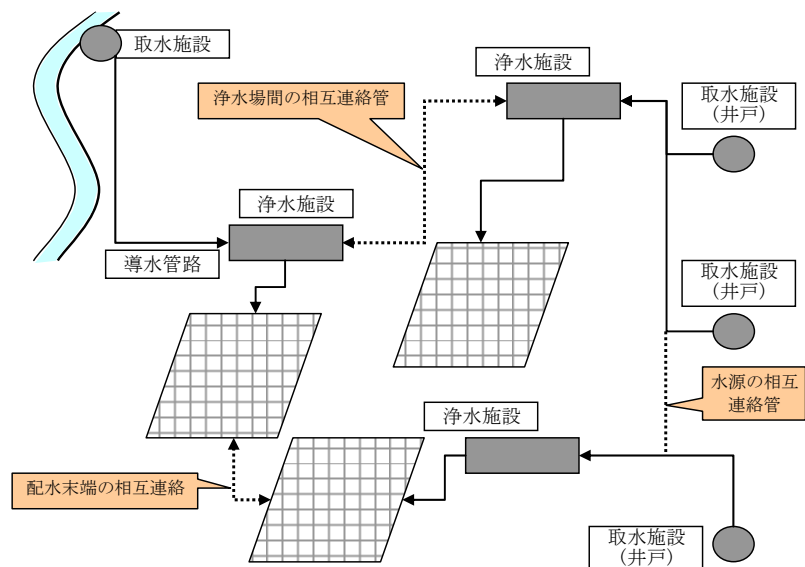


図 3.9 危険分散 (水源・施設の複数化・有機的結合)

### (ウ) 予備能力の確保

予備的施設は、例えば水需要の停滞・減少に伴い能力に余剰が生じた施設、事業統合に伴い施設再編を行い不要となった施設などが考えられる。このような施設（あるいは余剰能力）は、予備的施設としての保有について、危機管理上の効果と維持管理費用等を総合的に検討する

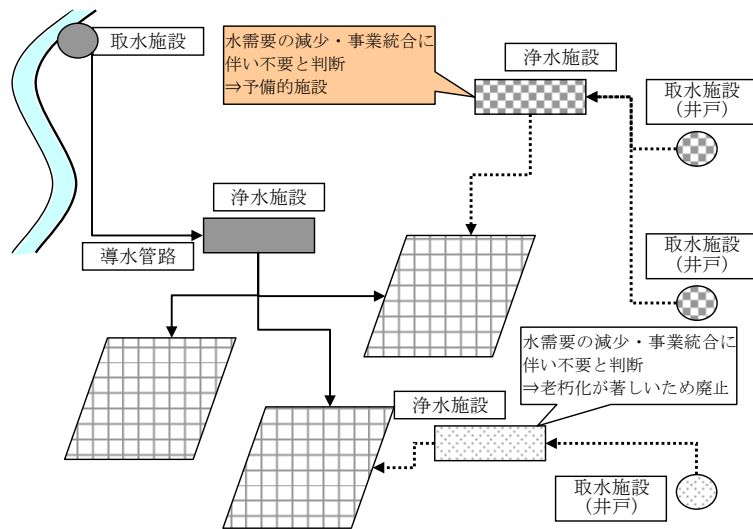


図 3.10 予備的施設の確保

ことが大切であり、安易な施設の廃止を行わないよう注意することが必要である。

### (エ) 事故や災害に強い水道への再構築

(ア)～(ウ)の対策、維持管理計画、更新計画等も考慮に入れて、事故や災害に強い水道の構築を目指す必要がある。長期的な目標を設定して、短期的な対策の実施、中間的な目標などの設定が大切である。

### (3) 広域的な対応

#### (ア) 広域的な考え方による対応

当面の対応で示したような事業体間の連絡管や連携等は、広域的な考え方を取り入れることにより、単独の事業体のみで考えると困難な課題が、比較的容易に解決できる課題もあるということを示唆している。

中長期的な対応においても、広域的な考え方は有効であると考えられる。例えば、今後の更新は、人口減少に伴う水需要に応じた適正規模での再構築が求められるが、広域的な視点で施設配置を見直すことで、より合理的・効率的に更新事業を進めることも可能となる。

また、この広域的な考え方は、施設整備といったハード面だけにとどまらない、あるいは範囲についても都道府県内にとどまらない等、広い視点でものごとを考えることの必要性を示すものである。

#### (イ) 運営基盤の強化による非常時の対応力の強化

水道の広域化による運営基盤の強化は、人的資源の確保による非常時の対応力の強化、また、安定的な収益の確保、長期的な財政収支の安定化等による更新の実施につながるものと考えられる。



#### 4. 今後の課題

広島県送水トンネル事故の教訓と、全国導水管等の基幹施設の整備や管理状況から課題を整理し、当面の対応と中長期的な対応として提言を示した。

当面の対応としては、現状を評価し計画を策定するという地域水道ビジョンの趣旨につながるものである。また、最小限の投資で効果的な対応をおこなうため、既存の資源（施設としての資産、人的な資源）を有効に活用するバックアップ方策やソフト面の整備が重要である。また、中長期的な対応としても、施設更新と合わせた施設整備、アセットマネジメントや広域的な考え方など、ライフサイクルコストの最小化、費用対効果の最大化、様々な面からの合理性・効率性が求められる。

このように、水道システム全体としての信頼性を高めるために、各種の手法を駆使しての検討が望まれるところであり、さらに、今後は電気、ガス、下水道事業等の他のライフラインにおける施設事故対応等の調査、研究も必要である。

このような対応は、個々の水道事業者が安全な水を安定的に供給するために、持続可能な運営基盤の強化を図りつつ、それぞれの実状にあった方法により実施していく必要がある。また、実施に向けては、投資の大きさだけに捉われずに、費用対効果の面から十分に検討することも重要である。しかしながら、施設整備に要する膨大な投資への対応は、個々の事業者における経営努力や運営基盤強化への取組みだけでは限界があると考えられる。また、今回の送水トンネル事故という特殊性はあるものの、建設時点での技術水準を踏まえた現状での対応が重要であり、今後は維持管理面での技術的な取り組みに対して産官学の連携、国の支援等が必要である。

さらに、今回の事故は、接合井内の水位上昇により事故の発生を認識したが、水道施設の特性を熟知している技術者の存在が事故の早期発見に寄与したものと考えられる。一見当然のこのように考えられるが、効率性重視の風潮の中で、団塊世代の退職により経験豊富な技術者が減少した場合、今後ともこのような対応が確実に行われる保証はない。このため、水道ビジョンでも指摘されているように、技術者の育成や技術の継承は、この事故の教訓としてもあらためてその重要性を再認識する必要がある。併せて遠方監視制御のセンサー等の開発や新技術の導入等について検討することが重要である。

本提言の実施に向けても様々な課題があるが、本文で示した都県を越えた緊急時連絡管の整備、点検方法の見直し等、各事業者において様々な創意工夫がなされている。それらの情報を全国に向けて発信していくことで、さらなる改善が期待できるものと考えられるが、水道行政を与る国・都道府県に対しても、財政支援を含む様々な面での支援を期待するものである。さらに、今回のような広範囲に影響を及ぼす事故の場合には、原水レベルでの水資源の融通も有効と考えられ、渇水対策等を含む用途を越えた農水・工水の活用の可能性について、あらためて省庁間の連携・協調への期待を示すこととする。

## 参 考 资 料



資料1. 全国水道事業体における水道施設の維持管理状況  
(厚生労働省調査)



## 水道施設の維持管理状況調査集計表

厚生労働省健康局水道課水道計画指導室作成

本集計表は、平成18年8月30日付、各厚生労働大臣認可水道事業者及び水道用水供給事業者あて事務連絡「水道施設の維持管理状況について(照会)」による、アンケートの調査結果を集計したものである。

本調査は、導水施設(導水管及び導水渠(隧道を含む。))を対象とし、全509の事業主体から回答を得た。

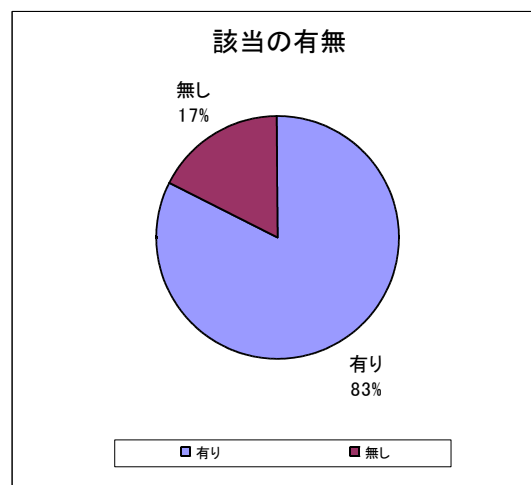
なお、アンケートの回答の中には、複数回答のものや無回答であったものも含まれているため、全体数とは合致していない部分がある。

## 1 該当の有無

該当の有無	事業数
有り	420
無し	89
合計	509

## 【考 察】

509の事業のうち17%、89事業については、用水供給事業からの受水で導水路管理が無いなどの理由により、該当無しとの回答であった。



## 2 施設の種別

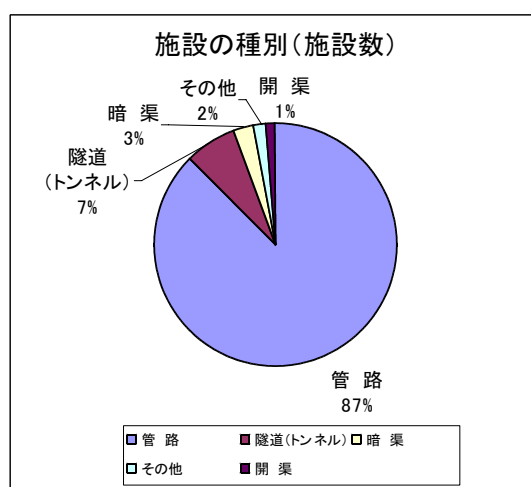
施設種別	施設数	(事業数)
管路	1,419	387
隧道(トンネル)	111	62
暗渠	44	33
その他	28	17
開渠	18	12
合計	1,620	511

※「1 該当の有無」で有りと回答した事業体を対象

## 【考 察】

施設数の内訳において、今回の調査の発端となった導水トンネルは全体の7%、111施設である。管路が87%を占めたのは地下水を水源とする施設が多いためと考えられる。(事業数ベースの内訳は参考数値である。)

なお、施設種別における「その他」は、主として管体でコンクリート充填内巻きしたトンネル等の複合化された施設である。





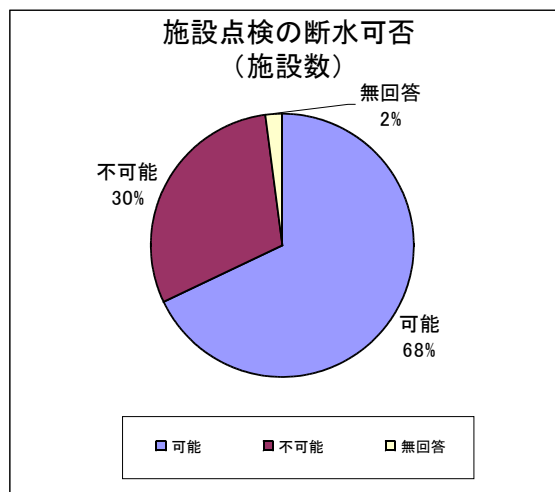
### 3 施設点検のための断水可否

断水の可否	施設数	事業数
可能	1,104	324
不可能	483	195
無回答	33	8
合計	1,620	527

※「1 該当の有無」で有りとは回答した事業体を対象

#### 【考察】

施設を点検するために断水が可能と回答したのは全体の68%であり、既存のバックアップ施設や施設運用の工夫等で何らかの対応が可能な状況と考えられる。



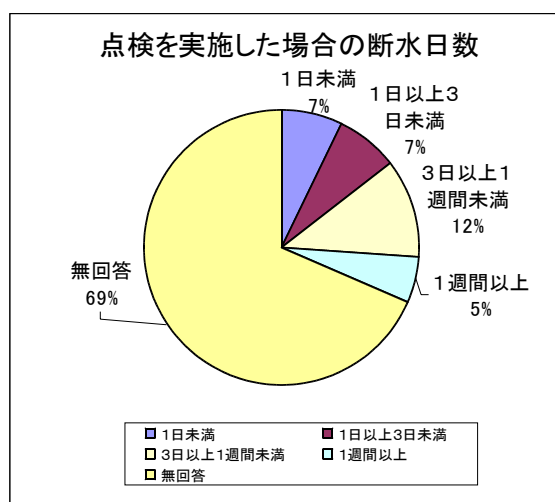
### 4 点検を実施した場合の断水日数

断水日数	施設数
1日未満	35
1日以上3日未満	35
3日以上1週間未満	56
1週間以上	26
無回答	331
合計	483

※「3 施設点検の断水可否」で不可能と回答した施設を対象

#### 【考察】

無回答が69%を占めており、施設を点検するためには断水が必要との認識はあるものの、具体的な対応計画が確立されていない事業体が多いものと考えられる。



### 5 外部点検の有無

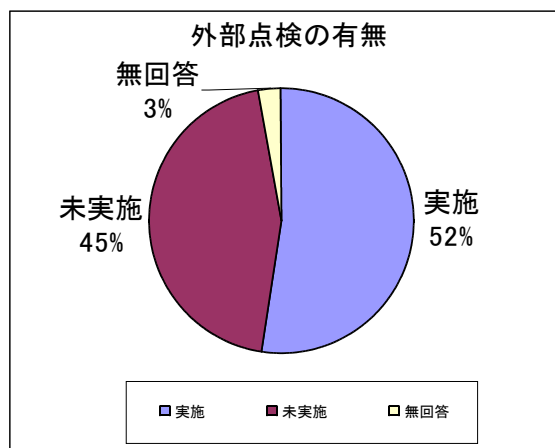
点検の実施状況	施設数
実施	847
未実施	729
無回答	44
合計	1,620

※「1 該当の有無」で有りとは回答した事業体を対象

#### 【考察】

外部点検を実施しているのは全体の52%に止まっているのが実態である。

外部点検未実施の事業体においては、他事業体の実施例等も参考に、実施可能な点検内容を検討する必要があると考えられる。



## 6 外部点検の頻度

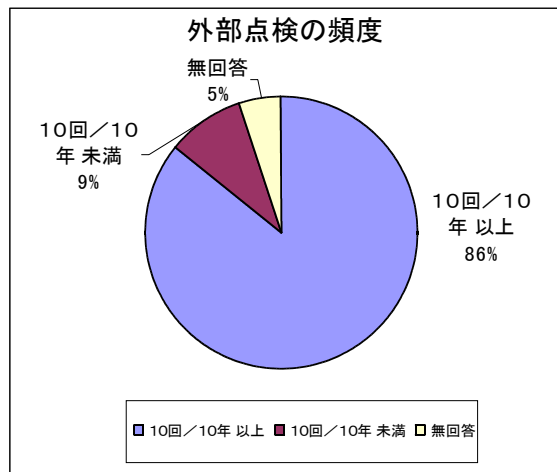
点検の頻度	施設数
10回／10年 以上	726
10回／10年 未満	79
無回答	42
合 計	847

※「5 外部点検の有無」で実施と回答した施設を対象

### 【考 察】

外部点検が行われてる施設のうち、年1回以上の頻度で実施されている施設が86%を占めている。これらの施設は、巡視点検等と併せて定期的かつ効率的に実施されているものと考えられ、点検を実施していない施設との格差が大きい状況である。

実施頻度が年1回未満の事業者においても、定期的に外部点検を実施し、経年変化を把握可能とするよう継続的な点検を検討する必要があると考えられる。



## 7 外部点検の主要な内容

外部点検について回答のあった中で主立った内容は下記に示すとおりである。

### 1) 管 路

- 路線巡視の実施及び目視による漏水調査、地形の変化の確認
- 夜間における路線上の地上音聴調査
- 埋設部分を開削しての漏水の有無、腐食状況の調査
- 露出部(継手部、水管橋等)の目視点検及び仕切弁・空気弁等の弁室内目視点検
- 仕切弁・空気弁のマンホール内点検目視点検

### 2) コンクリート構造物(開渠、暗渠、トンネル)

- 路線巡視の実施及び目視による漏水調査、地形の変化の確認
- 横坑(管理坑)、接合井での目視点検

## 8 内部点検の有無

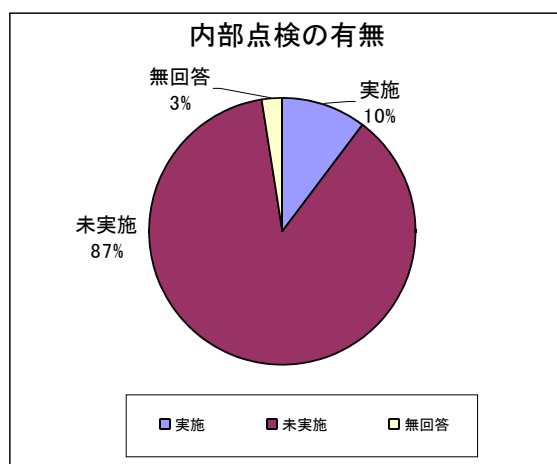
点検の実施状況	施設数
実施	165
未実施	1,413
無回答	42
合 計	1,620

※「1 該当の有無」で有りと回答した事業者を対象

### 【考 察】

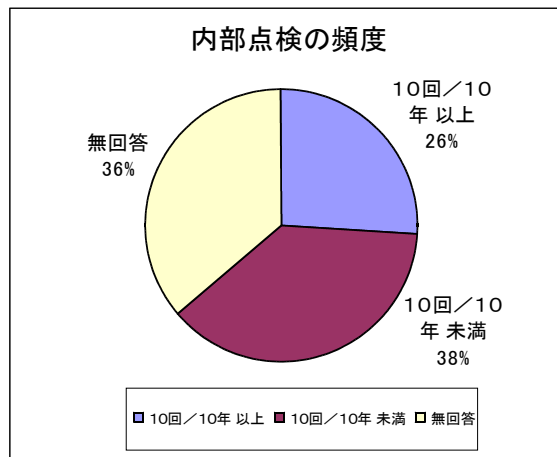
内部点検を実施しているのは全体のわずか10%である。(外部点検は全体の52%が実施)

内部点検未実施の事業者においては、施設に応じた効果的な点検内容を検討するとともに、内部点検を実施可能とするための施設更新等の整備計画の策定、計画に基づいた施設整備等を行う必要があると考えられる。



## 9 内部点検の頻度

点検の頻度	施設数
10回／10年 以上	43
10回／10年 未満	62
無回答	60
合計	165



※「8 内部点検の有無」で実施と回答した施設を対象

### 【考察】

内部点検が行われてる施設のうち、年1回以上の頻度で実施されている施設は26%に止まっている。

さらに無回答の割合が36%を占めているのは、内部点検の実績が有る一方で、内部点検が事故時や別件工事の機会を利用したものであり、計画的な点検計画が確立されていないためと考えられる。

## 10 内部点検の主要内容

内部点検について回答のあった中で主立った内容は下記に示すとおりである。

### 1) 管路

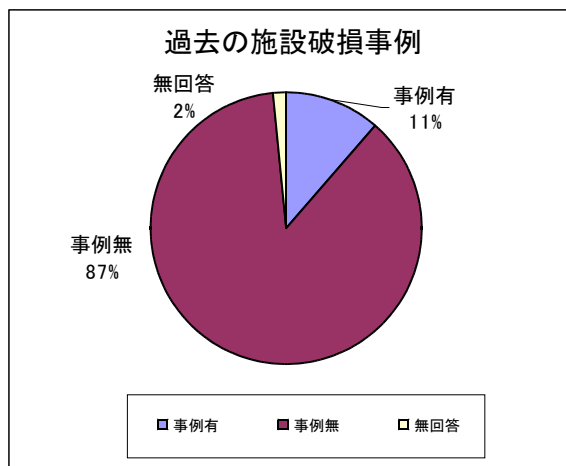
- 洗管作業に伴う、漏水及び水圧異常の点検
- 自走カメラによる点検
- 管渠内の土砂浚渫等、工事の際に目視点検

### 2) コンクリート構造物(開渠、暗渠、トンネル)

- 空水にして目視点検、コンクリートのひび割れ(クラック)、はく落等の経年劣化等の状況確認
- 空水にしてレーダー探査、ハンマーによる打音調査(空洞調査)
- 空水にして堆砂、堆泥の状況確認
- 通水しながら潜水で実施(開渠)
- 水中ロボットによる目視調査
- 無人撮影ビデオカメラを流下させることによる損傷調査

## 11 過去の施設破損事例

事例の有無	施設数
事例有	184
事例無	1,410
無回答	26
合計	1,620



※「1 該当の有無」で有りと回答した事業者を対象

### 【考察】

過去に施設破損事故が発生した事例は全体の11%であるが、今後も増加することが危惧される。

## 12 施設破損の内容

施設破損について回答のあった中で主立った内容は下記に示すとおりである。

### 1) 管 路

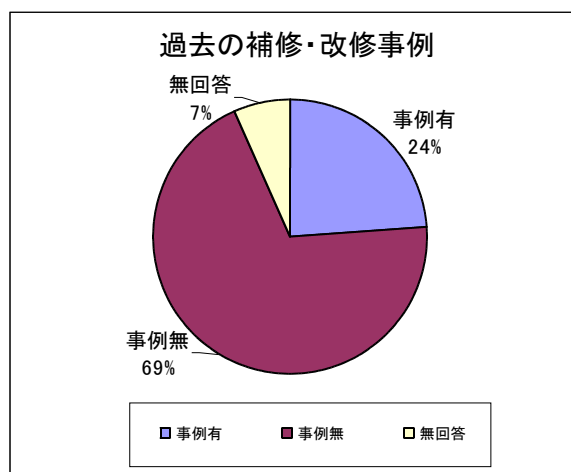
- 老朽化による破損(導水管継手の離脱による漏水、鋼管の腐食穴による漏水等)
- 電蝕によるピンホール発生
- 石綿管の破損等による漏水事故

### 2) コンクリート構造物(開渠、暗渠、トンネル)

- 覆工背面の地山が緩んだ事によるトンネル崩落。

## 13 過去の補修・改修事例

補修・改修事例の有無	施設数
事例有	388
事例無	1,122
無回答	110
合 計	1,620



※「1 該当の有無」で有りと回答した事業体を対象

### 【考 察】

過去に施設を補修或いは改修した事例は24%であり、「11 過去の施設破損事例」における、施設が破損した事例数を上回っていることから、定期的な点検を実施し、経年変化や劣化の度合いを把握した適切な補修等の実施が、破損事故等の未然防止に効果を発現していると考えられる。

## 14 補修・改修の内容

補修・改修について回答のあった中で主立った内容は下記に示すとおりである。

### 1) 管 路

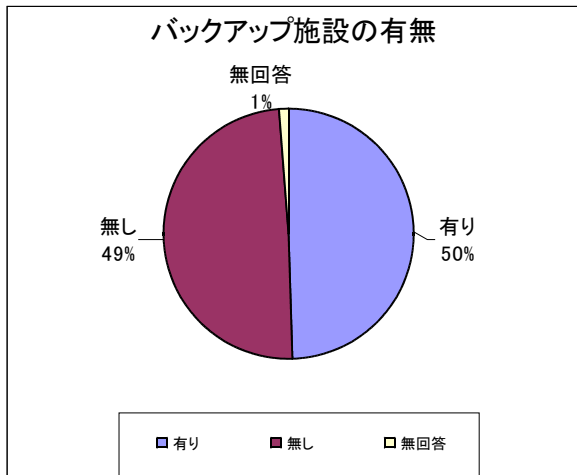
- 導水管内部より止水バンドの設置
- 熱硬化性樹脂による管内面からの補強(パイプインパイプ工法)
- 管外周のコンクリートによる巻きたて補強
- ポリピッグ洗浄による付着物除去(導水管内)
- ジュート巻きによる電蝕防止(マグネシウム)設置
- 漏水箇所に鉄板溶接、その上からアスファルトピッチを溶融させて塗布(土壌腐食防止)
- 石綿管からダクタイル鋳鉄管への布設替

### 2) コンクリート構造物(開渠、暗渠、トンネル)

- クラック充填補修(展開図を用い経年変化を把握)
- トンネル補強工(鋼製支保工、PC板、モルタル充填)
- ボックスカルバート内へのパイプインパイプ工法(強化プラスチック複合管)
- トンネル内面へのパイプインパイプ工法(鋼管)
- トンネル内面破損箇所のステンレス板による補修
- 崩落した隧道横にバイパス(同断面のトンネル)を施工、内面をライニング処理。
- トンネル背面の空隙部をグラウト充填(エアモルタル、発泡ウレタン、セメントベントナイト等)

### 15 バックアップ施設の有無

バックアップ施設の有無	施設数
有り	803
無し	798
無回答	19
合計	1,620



※「1 該当の有無」で有りと回答した事業体を対象

**【考 察】**

49%の施設はバックアップ施設が無い状況であり、事故時等に断水被害が免れないことから、断水被害を抑えるための施設整備計画の策定が急がれる状況である。

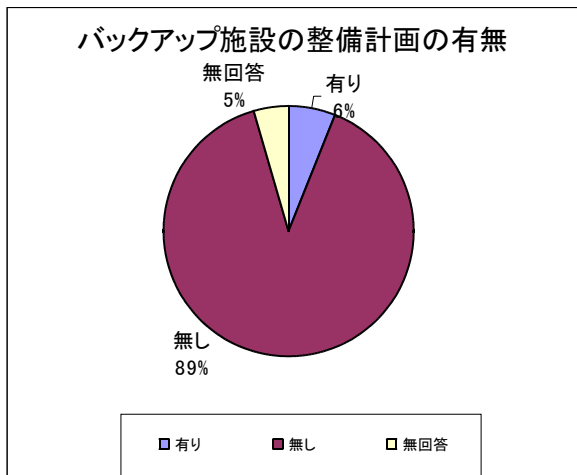
### 16 バックアップ施設の規模

バックアップ施設の規模及びバックアップの方法等について、回答のあった中で主立った内容は下記に示すとおりである。

- バックアップ導水管または複数系統化による全量バックアップ
- 浄水場間の連結管またはループ化
- 配水池容量による対応
- 取水口の複数整備
- 3系統のうち1系統が破損した場合は2系統で運用可能(配水量の少ない時期)
- 井戸が数カ所有り点検等による断水時は他の井戸でバックアップ可能
- 自己水分を県水(用供)にて対応

### 17 バックアップ施設の整備計画の有無

整備計画の有無	施設数
有り	99
無し	1,447
無回答	74
合計	1,620



※「1 該当の有無」で有りと回答した事業体を対象

**【考 察】**

バックアップ施設の整備計画を策定しているのはわずか6%である。整備を計画的に実施するためには、中長期的な視野に立った整備計画を策定し、計画に沿った整備を実施する必要があると考えられる。

### 18 バックアップ施設整備計画

バックアップ施設整備計画について回答のあった中で、主立った内容は下記に示すとおりである。

- バックアップ導水管またはバックアップトンネルの整備による複数系統化
- 他系統の浄水場との連絡管整備
- 表流水の取入口から浄水場間での、原水調整池の築造
- 緊急時における他事業体からのバックアップの可能性を検討
- 非常用水源(ため池)の整備

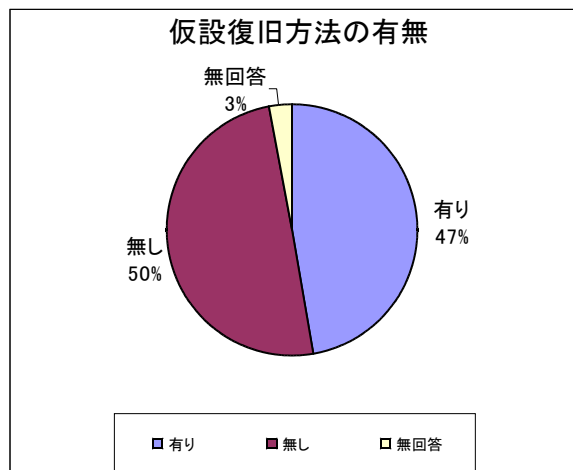
## 19 導水施設が大破し、導水停止となった場合の仮設復旧方法の有無

仮設復旧方法の有無	施設数
有り	765
無し	805
無回答	50
合計	1,620

※「1 該当の有無」で有りと回答した事業体を対象

### 【考察】

50%の施設で仮設復旧方法が無い状況となっており、事故時等の断水被害を抑えるための施設整備計画を策定し、施設整備と併せた、事故時の応急給水や迅速な復旧を図るための体制整備が必要である。



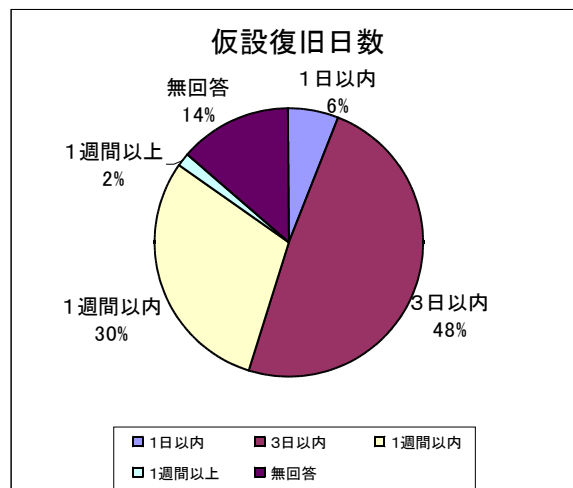
## 20 仮設復旧日数

仮設復旧日数	施設数
1日以内	46
3日以内	373
1週間以内	230
1週間以上	12
無回答	104
合計	765

※「19. 仮設復旧方法の有無」で有りと回答した施設を対象

### 【考察】

仮設復旧方法がある施設においては、3日以内での復旧が可能な施設は54%、1週間以内であれば84%をしめることから、施設規模に応じた資材等の確保及び緊急時の連絡体制が概ね確立されていると考えられ、仮設復旧方法の無い施設との格差が大きい状況である。



## 21 仮設復旧方法

仮設復旧方法について、回答のあった中で主立った内容は下記に示すとおりである。

### 1) 管路

- 破損区間で仮設配管を布設
- 開削により布設替えを行い復旧
- 他の配水池より浄水受入

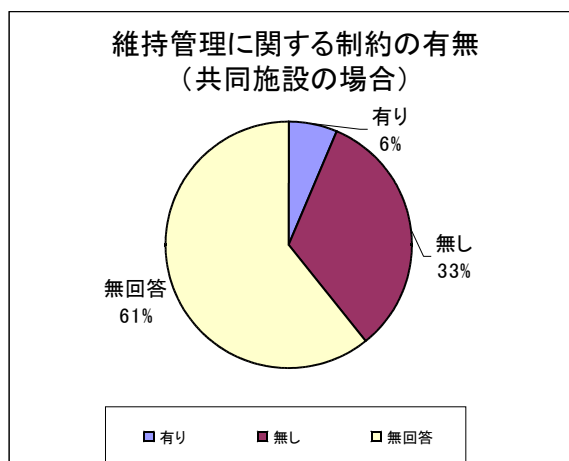
### 2) コンクリート構造物(開渠、暗渠、トンネル)

- 仮設ポンプによる復旧(近隣河川、ため池等)
- トンネル下流で沢の水を緊急補水(ポンプアップ)



## 22 共同施設の場合の維持管理に関する制約の有無

制約の有無	施設数
有り	102
無し	533
無回答	985
合計	1,620



※「1 該当の有無」で有りと回答した事業体を対象

### 【考察】

共同施設の場合にあって、維持管理に何らかの制約がある施設は6%であり、定期的な点検の実施においても関係者との調整等が必要なものと思慮され、事故時等における関係機関との連絡体制や協力体制を日頃より確立しておく必要があると考えられる。

なお、無回答については制約が無い施設と考えられる。

## 23 制約の内容

共同施設における維持管理に関する制約について、回答のあった中で主立った内容は下記に示すとおりである。

- 元来灌漑用水用として敷設された導水施設であるため、農業用水が優先
- 農業用水取水期には取水停止に制限有り
- 点検時における、工業用水等との取水量及び断水時間の調整が必要
- 管理区分により行政区域内の管路を維持管理し、費用は按分(協定書を締結)

## 24 その他維持管理に関する特記事項

その他維持管理に関する特記事項について、回答のあった中で主立った内容は下記に示すとおりである。

### 1) 管路

- 導水管の点検は、管が地中に埋設されているため、全体の点検等は実施が困難。
- 施設点検時の断水に代わるバイパス管がないため、その施設を計画し布設する必要がある。
- 老朽管の施設診断を早急を実施し、更新計画を策定する必要がある。
- 導水管が老朽化しており布設替を検討しているが資金的に進まない。
- 石綿管更新事業の中で鑄鉄管への更新を実施。
- 内挿管工事等の補強工事が早急に必要。

### 2) コンクリート構造物(開渠、暗渠、トンネル)

- 隧道は3～4年に1回断水し、内部点検を実施し安全を確認している。
- バックアップ施設計画としてトンネル複数化、点検時に最低限の導水量を確保するトンネル内管渠、水源の複数化が考えられる。
- 緊急時に備え、手配に時間の要する資材のストックを検討している。
- 空水にしての堆積物処理が必要な状況であるが、実施が困難である。
- 導水トンネル延長が長く、改修工事に多額の費用を要するため、国庫補助対応を要望

## 【まとめ】

調査の結果、外部点検を実施している施設数は全体の52%、内部点検を実施している施設数は全体の10%に留まっており、施設の点検を実施し、施設基準への適合を適切に確認しているとは言えない状況が明らかとなった。バックアップ施設及び仮設復旧方法については、約半数の施設が整備或いは計画されていない状況であり、万一の事故対応が適切に成されていない状況も明らかとなった。

また、その一方で、定期的な施設の点検、施設の適切な補修及び改修、バックアップ施設の整備、仮設復旧方法の整備、及び各整備計画の策定を実施している事業者も確認されている。

以上のことから、各事業者においては、水道法第5条、水道法第19条、及び「水道施設の工事監督の強化並びに施設管理及び水質管理の徹底について」(昭和44年6月24日付環水第9059号各都道府県知事・各指定都市市長あて厚生省環境衛生局長通知)に基づいた、計画的な施設の検査の実施、及び技術的基準の遵守に引き続き配慮するとともに、各事業者毎に、水道施設の維持管理及び事故対応に係る水準に応じた措置を段階的に講ずることが必要と考えられる。



## 資料 2. 維持管理事例



# ①水資源機構

## 水道施設（隧道）の維持管理取組状況 （独立行政法人 水資源機構からの報告）

### 1 既設トンネルの診断及び補強について

#### 1) 診断手法

##### ① 定量的調査手法の概要

トンネルの内部点検の多くは、目視調査が主体であったが、近年、様々な定量的調査手法が開発、実用化されてきており（下表参照）、機構においても、レーザーによるクラック調査や、地中レーダーによる空洞、覆工コンクリート厚調査を実施している。

##### 【目視調査の問題点】

- ・ 調査精度が調査員の能力や感性に依存する
- ・ 手の届かない箇所の調査には足場が必要
  - 短い断水期間内に精度よく調査を実施することが困難
- ・ 変状記録をデータベースとして蓄積しにくい
  - 経年変化の追跡が困難
- ・ トンネル背面の状況が確認できない
  - 突発的な崩落等の危険性を把握できない

表-1 主なトンネル調査手法

区分	手法	概要	性能	
壁面連続画像計測	レーザー スキャニング法	レーザーを高速で回転照査させ反射する微弱な光を検出することで目視と同様の画像を連続的に得る。暗所での調査に有利	計測項目	ひび割れ・湧水・目地損傷等の目視で観察可能な変状
			計測速度	1.0km/h(5.0km/日)程度
			最小検出 ひび割れ幅	良好な条件下で0.1mm
	CCD ラインカメラ法	光を受光する感光部が一行に配置したカメラを用い、移動しながら壁面の連続画像を得る。明所での調査に有利で、カラー画像を計測できる。	計測項目	ひび割れ・湧水・目地損傷等の目視で観察可能な変状
			計測速度	1.0km/h(5.0km/日)程度
			最小検出 ひび割れ幅	良好な条件下で0.1mm
覆工背面計測	レーダー法	電磁波をコンクリート表面から入射し、コンクリート背面からの反射波を捉えることで、覆工の厚さ、背面の空洞の有無、規模を調査する	計測項目	覆工背面空洞、覆工厚、鋼製支保工の位置
			計測速度	1.0km/h(5.0km/日)程度
			覆工厚及び 空洞の計測誤差	±5cm程度
	簡易貫入法	覆工に設けた調査孔から貫入棒を手動で貫入させ、そのときの貫入力、貫入長をモデル試験で得られた結果と比較することで、地山状態、一軸圧縮強度を推定する	計測速度	30分/箇所
			地山性状評価	3段階(土砂、軟岩、硬岩)
			計測範囲	覆工表面から1m程度
形水 路計 断面 計測	回転レーザー 測距法	レーザー測距計を回転モータで回転させ、水路の断面の形状を計測する	計測項目	内空断面形状
			計測ポイント	1断面当り200ポイント程度
			計測誤差	±1～3mm
			計測時間	1断面当り10分程度

## ② 機構における定量的調査の実施事例

豊川用水では、アーチクラウン1測線について、レーダー法により、覆工厚、背面空洞の有無等について調査を実施。香川用水においては、天端及び左右30度の3測線についてレーダー法による調査を行うとともに、レーザースキヤニング法に基づき、クラック、剥離等の調査を実施している。

レーダー調査				
事業名	時期	調査延長	計測内容	その他
豊川用水	H13~H14 (空水調査:2日)	約7.6km	アーチクラウン1測線 覆工厚、背面空洞の有無・範囲 鋼製支保工、鉄筋の有無	同時に目視調査、コア抜き(強度、中性化)調査 23箇所を実施
香川用水	H15 (空水調査:12日)	約3.6km ×3側線	天端及び左右30° 覆工厚、背面空洞の有無、鉄筋の有無	レーザー調査
レーザー調査				
事業名	時期	調査延長	計測内容	その他
香川用水	H15 (空水調査:12日)	約15.0km	クラック、剥離、磨耗、継目、鉄筋 露出状況	

※ 概算調査費(香川用水実績・経費込み)

レーザー調査 約112万円/km、 レーダー調査 約54万円/km

アーチ部のトンネル覆工厚不足や覆工背面に空隙があると、地震等に伴って突発性の崩落が発生する危険性がある<sup>(\*)</sup>ため、特に施工時に湧水や破碎帯等が確認されている区間については、アーチ部の1~3測線程度レーダー調査を行って状況を確認するとともに、問題となるような空洞等が確認された場合は充填等の対策を講じる必要がある。

また、トンネルの劣化が経年的に進行しているかどうかは、覆工コンクリート面の変状を定期的に調査しクラック等の進行状況を把握することで確認できる。レーザ調査は短時間でクラック等の変状を連続的に取得でき、デジタルデータとして蓄積、展開図等への整理が容易にできる。

(\*)「アーチ部の背面覆工に30cm程度以上の空隙があり、有効な覆工厚さが30cm以下で、背面の地山が岩塊となって崩落する可能性のある場合に、突発性の崩落が生じている事例がある」  
(道路トンネル維持管理便覧 H5.11 日本道路協会)



レーダー調査の状況

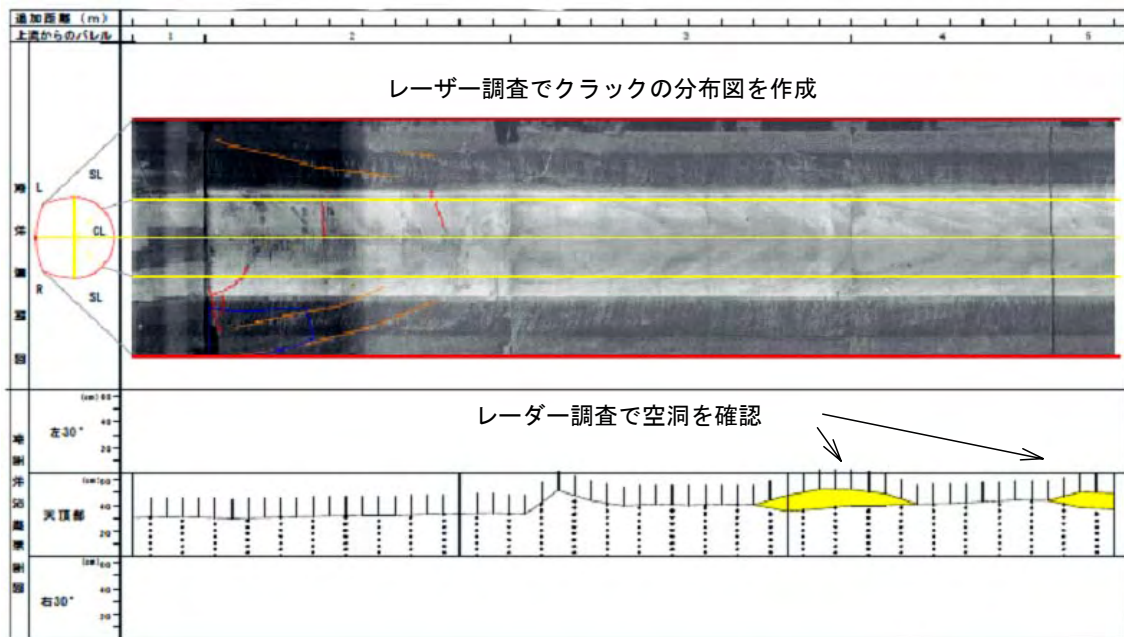


レーザー調査機器

※ 計測装置全体を小型の計測台車に搭載し、電動自動車で牽引しながら水路の劣化情報を連続的に収集するシステムが開発されている。(H17 官民連携新技術研究開発)



レーザー調査結果とレーダー調査結果を組み合わせた評価図の例を下記に示す。



レーザー・レーダー調査結果の整理例

## 2) 既設トンネルの補強工法及び事例

### ① 補強工法

愛知用水では、耐久性・水理性能・施工性・経済性などを比較検討し、断水可能な区間は、「鋼製支保工+コンクリート内巻工法」を、インバートが健全（アーチ部の補強のみで対応可）で断水できない区間は、「FRP グリッド増厚工法」又は「炭素繊維複合型パネル工法」を採用した。

補強工法	構造・耐久性	水理性	評価
① 鋼製支保工+コンクリート内巻工法 (35万円/m)	・ 鋼製支保工を建て込み、支保工間は吹付けコンクリートで間詰し、旧覆工と一体化させる工法。	・ 内空断面が30cm程度縮小。一部通水能力に支障をきたす場合がある。	・ 補強工法としては一般的で簡易な工法。水理的に適用が制限される場合もある。仮廻し管を坑外に設置する場合に採用可能。
② 炭素繊維シート接着工法 (36万円/m)	・ 覆工内面に炭素繊維などの高強度繊維を接着材で含浸接着させ、コンクリートと一体化し、覆工の耐荷力向上を図る工法。	・ 内空断面の縮小を最小限にできる。	・ 道路トンネルでの施工事例は多いが、水路トンネルでの施工例は少ない。
③ FRPグリッド増厚工法 (32万円/m)	・ コンクリート表面にFRPグリッドを配置し、ポリマーセメントモルタルを増厚し既設コンクリートと一体化する工法。	・ 内空断面の縮小は少ない。	・ 経済性は最も有利である。 ・ 製品の強度的には②に比べて、若干劣るが問題はない。

※ m 当たり単価は、2R:3460mm の標準馬蹄型を想定した、概算直接工事費



鋼製支保工+コンクリート内巻工法



炭素繊維複合型パネル工法

その他の補強工法

補強工法	構造・耐久性	水理性	評価
①鉄筋コンクリート内巻工法 (47万円/m)	・既設覆工コンクリートに鉄筋コンクリートを打ち足し、断面を増加、耐力の増強を図る。安全性が高く、耐久性もよい。	・内空断面が40cm程度縮小。ほとんどのトンネルで通水能力に支障。	・補強構造、耐久性面から、本格的な補強工法。水理的に適用が制限される場合が多い。仮廻し管を坑外に設置する場合に採用可能。
②PCL工法 (115万円/m)	・高強度プレキャスト鉄筋コンクリート板を組立て、既設覆工との間に裏込めを充填し、覆工の耐力増加を図る工法。	・内空断面が40cm程度縮小。ほとんどのトンネルで通水能力に支障。	・補強構造、耐久性面から本格的な補強工法。水理的に適用が制限される場合が多い。仮廻し管を坑外に設置する場合に採用可能。
③鋼板接着工法 (57万円/m)	・覆工内面に鋼板を接着し、覆工と一体化し、覆工の耐荷力を向上させる工法。剛性があり、安定度が高い補強工法。	・内空断面の縮小は少ない。	・実施例は多い。工費的には高いが、水理面や耐久性を考えた場合、本格的な補強工法。

※ m 当たり単価は、2R:3460mm の標準馬蹄型を想定した、概算直接工事費

② 薄い土被り対策（坑口部）としての補強の施工範囲

昭和 30～40 年代に施工したトンネルは、当時の基準で 1D（D：トンネル掘削断面の直径）までを暗渠構造とし、それ以上の土被りがあればアーチ作用を期待し、トンネル構造として覆工厚を決めている。

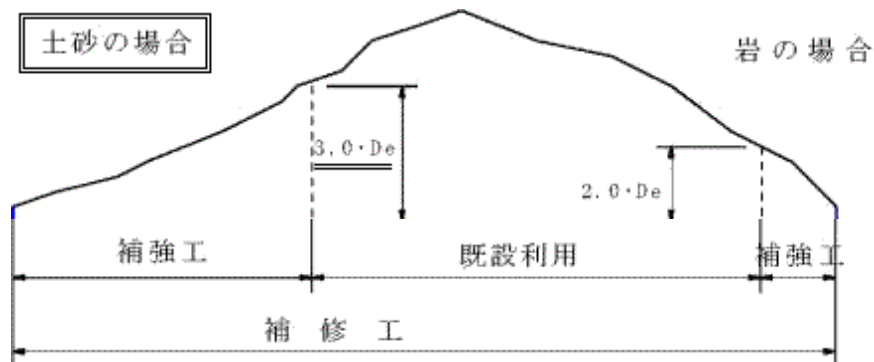
トンネルの土被りが小さいと地山のバランスが崩れ、地表まで崩壊が生じ、過大な荷重を受けてトンネルの安定が阻害される。このため、現在の基準では、下記値以上の土被りがあればアーチ構造が期待できるとし、覆工厚を決めている。

- ・岩トンネルの場合  $h \geq 2.0 De$
- ・土砂トンネルの場合  $h \geq 3.0 De$                        $De$  : トンネルの掘削径

愛知用水では、既設トンネルの現況被り厚さを調査し、上記の基準に満たない区間の覆工を補強している。

補強は、補強対象区間の覆工に作用する荷重に基づいて、覆工の所要強度と既設覆工が保有するとみられる強度を比較し、①に示した各工法を用いて、不足分を補強した。

## 【概要図】



なお、豊川用水の土砂トンネルにおいて、これを検証するため、暗渠の耐震性照手法である応答変位法により既設トンネルの暗渠部（最小土被り厚が3D未満）をモデルとして耐震照査を行った。その結果、側壁下端及びインバートの隅角部においてせん断破壊することが判明しており、補強の必要性を確認している。

### ③ トンネル覆工裏空洞化対策

愛知用水のほとんどのトンネルで覆工背面に空隙が確認された。この場合、地圧を均等に分布させることや地盤反力を有効に働かせること等の障害になることから、全てのトンネルにおいて裏込グラウトを実施した。（セメントベントナイトモルタル）

### 3) 診断、補強等に当たっての留意事項

#### ○ 事故時の影響が極めて大きい

導水路施設（主にトンネル）は、通常、水路システムの上流部に位置するため、通水量が大きく代替水源がない場合が多い。このため、施設が損傷した場合の影響は極めて大きい。一方、長期間の断水が困難で、十分な点検を実施出来ない場合が多い。このため、緊急度の高い危険箇所の把握や、調査の精度の確保、効率的な調査の実施などに工夫が必要である。

#### ○ 潜在的な突発崩壊の危険性

特に、覆工厚が所定値を下回り（当時の施工技術から）、かつ背面に空洞がある場合には、地震等により突発的な崩壊に繋がる可能性があり、緊急に対策（空洞の充填、補強）を講じることが必要となる。このような危険箇所の有無の確認には、レーダー調査はきわめて有用である。（機構施設の調査実態においても問題箇所の存在を確認）

#### ○ 効果的、効率的な調査の実施

完全な断水が不可能な場合は、通水量を減じトンネル内水位を低下させて調査を実施することとなるが、そのような条件下でも十分な測定精度が得られるよう、計測システム、調査方法の改良も必要である。また、全線の調査実施は、経費面、断水可能時間の点で困難であることが多いことから、例えば、破碎帯や湧水等の施工時の状況を、工事誌等を用いてあらかじめ調べてから、重点的に調査を実施することが現実的。

#### 4) 点検調査技術等の開発

機構では、これまでの調査等の経験を活かし、水道事業体のトンネルの点検、診断等について、技術的な支援を行うことが可能である。さらに、機構施設にも年間通水のため、空水にしての調査が行えないトンネルが多数あること等から、次の技術開発を行う予定である。

##### ○ 通水しながらのトンネル点検調査技術の開発

トンネルの健全性は、アーチ部の状況に代表される。このことから、トンネル内水位を必要最小限まで落とし、アーチ部のレーザーによるクラック調査及びレーダーによる空洞・覆工コンクリート調査を通水しながら行える技術を開発する予定。

##### ○ トンネル機能診断システムの開発

通水しながら行うトンネルの点検調査を核に、事前調査から経年把握、対策までをパッケージ化した機能診断システムを開発する予定。

- ・事前調査 : トンネル調査を実施する前に、トンネル施工時の図面、設計覆工厚、断層、湧水実績等を確認し、トンネル縦断図に記入する。
- ・トンネル調査の実施 : アーチ部のレーザーによるクラック調査、レーダーによる空洞・覆工コンクリート調査等
- ・調査結果の解析 : トンネル調査の結果をトンネル縦断図に落とし、断層等との因果関係を推測する。(必要な場合には、経年的に調査を実施)
- ・対策の必要性の検討 : 覆工厚が設計値より薄く、空洞が確認された場合、クラックが進行している場合、あるいは、断層との因果関係が推測される場合等における、対策の必要性の判断。
- ・対策工法・範囲の決定・対策の実施

これらの技術は、通年通水を行い、空水にしての点検ができないトンネルを有している水道事業体の悩みを解消できるものであり、H19年度中の開発を目指している。



## 2 バックアップ機能を確保する上で有効な水路システムの事例紹介

### 1) 水路システムの二連化

第1回委員会において水路システムの全面2連化の事例として愛知用水施設を紹介したところ。この2連化により、空水にしての水路システム全体の計画的な保守点検が可能となり、安定通水・施設の長寿命化に大きく貢献している。

一方、東海・東南海地震の対策強化地域にある豊川用水では、開水路+パイプラインの異工種・別ルートによる2連構造とする事で、安全度の向上を図っている。

また、群馬用水や香川用水においても、事故時、地震時等に二次災害危険度や応急復旧難易度が高い水管橋・サイホン等については、現在、優先して2連化を進めている。



豊川用水（開水路+パイプライン）



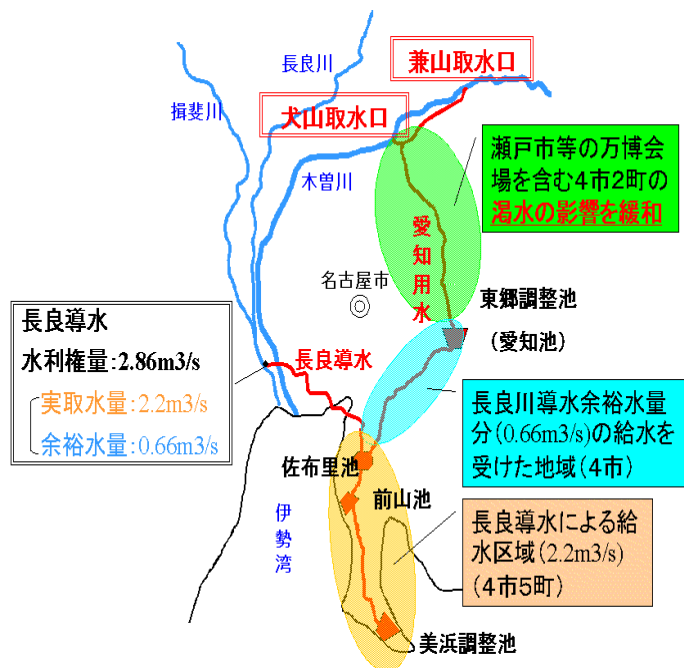
群馬用水（部分的二連化）

### 2) 水源のネットワーク化

愛知用水地域の水道用水は、木曾川の2ヶ所の取水口（兼山、犬山）から愛知用水で導水する他に、矢作川からの矢作導水、長良川からの長良導水を併せ持ち、水源を分散確保しており、更に相互融通出来るようネットワーク化が進められている。

平成17年6月の木曾川渇水の際、愛知用水地域も渇水となり、愛知用水から水を供給している愛知万博地域への給水が制限される状況となった。愛知万博への影響を緩和するため、愛知県と機構で協力して、長良導水からの導水量を増量し、愛知用水地域「青色の区域」にも給水し、万博会場を含む4市2町の渇水の影響緩和が図られた。

このように、水源を複数化し、供給地域間で水融通出来るシステムは、危機管理上、非常に有効である。



### 3) 危機管理用調整池の新設（事故・地震・渇水時等の危機管理用）

福岡導水（福岡市他9市10町に供給）や香川用水（高松市他7市6町に供給）では、導水の安定・危機管理対策（事故・地震・渇水時等）として、地区内に水道専用の調整池（福岡導水：400万m<sup>3</sup>、香川用水：300万m<sup>3</sup>（建設中））を設けている。香川用水では、平成6年に大渇水（断水を含む139日間にも及ぶ渇水）を経験。現在、H6年相当渇水を減圧給水程度の節水対応に押さえることを目的に、危機管理用調整池を新築中。

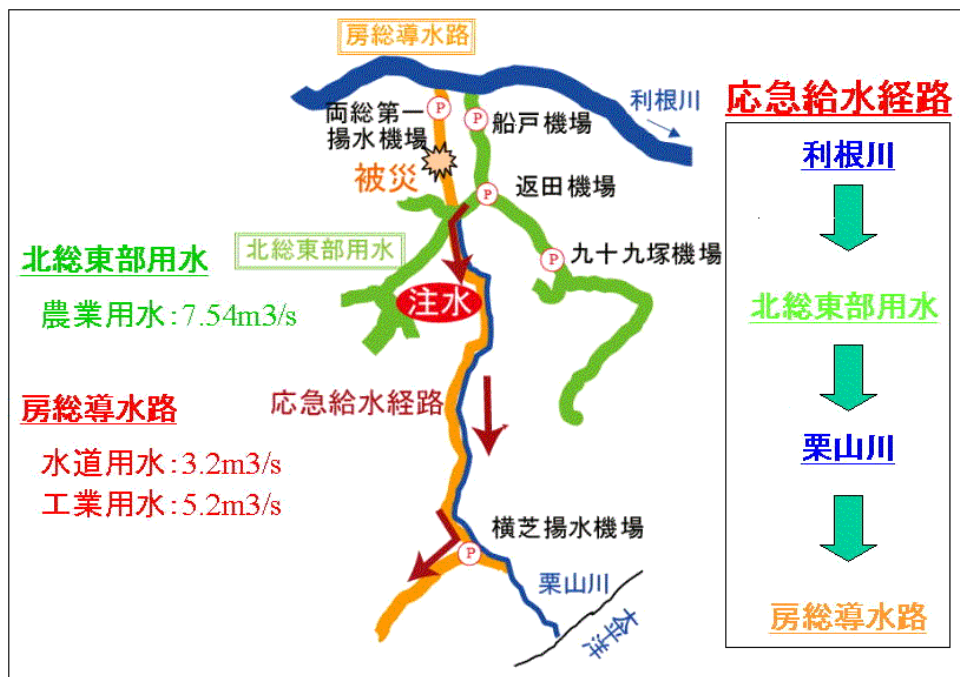
地区内に設ける大規模調整池は、導水の安定・危機管理対策として、非常に有用である。



### 4) 農業用水等他用途との連携

千葉県東方沖地震（昭和62年12月17日）により房総導水路北部幹線が被災し、通水が不可能となった。この際、機構が管理する、北総東部用水（農業専用）の排泥施設から、栗山川に振替注水し、房総導水路が下流堰で取水することで、応急給水を行い、用水供給を確保している。

緊急時を想定し、近傍の他用途との連携策を事前に計画し、調整を図っておくことは、緊急時の迅速な対応に有効である。



### 3 災害時等における機構による水供給の取組（水バッグ、可搬式海水淡水化装置の提供）

平成18年3月、国土交通省水資源部により取りまとめられた水資源政策レビューにおいて、“政策への反映の方向”の1つとして、渇水に対する備えの充実のための多様で機動的な水供給手法についての技術開発促進、活用検討が述べられている。これを受けて、また、経済産業省が行う「工業用水代替水源確保調査」の一環として、今年度、水資源機構において、水バッグによる水輸送、可搬式淡水化試験装置による機動的な水供給手法の実用化に向けた試験を行う。

以下に、各々の試験の概要をしめす。

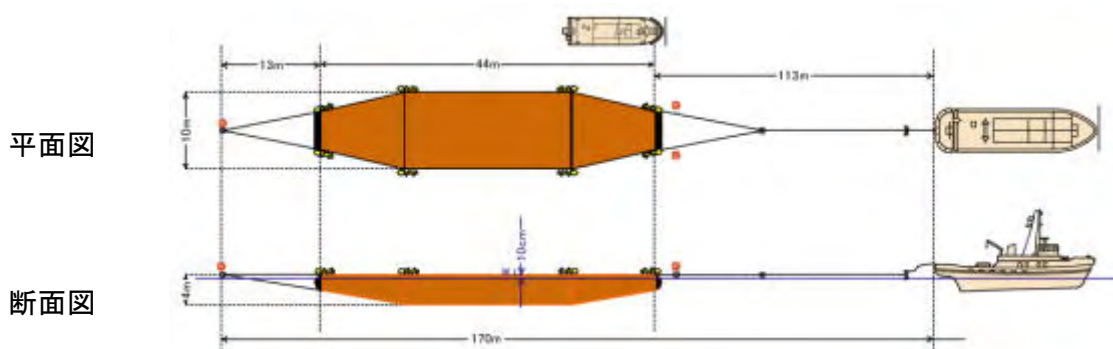
#### 1) 水バッグによる輸送

##### ① 試験の目的

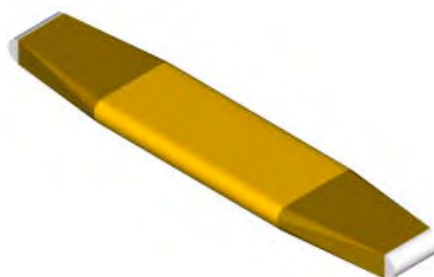
渇水時や災害時等の緊急時における機動的な水供給手法の実用化に向けた課題を洗い出す。

##### ② 水バッグの概要（下図参照）

- ・全長：44m
- ・容量：1,000m<sup>3</sup>
- ・バッグ素材：高強度の複合素材



水バッグイメージ図



##### ③ 試験の概要

平成19年2月26日～3月4日（予定）にかけて、和歌山県新宮市新宮港（水拠出元）⇒徳島県阿南市富岡港（水輸送先）の約170kmを、高強度複合繊維製の水輸送用バッグに淡水を入れて、海上をタグボートで曳航して輸送（2往復）し（本邦初）、富岡港において、給水車を用いて、阿南市内の企業に実際に水を供給する。

なお、試験は、水資源機構と株式会社MTI（日本郵船関連会社）の共同事業として実施する。





## 2) 可搬式海水淡水化試験装置

### ① 試験の目的

渇水時や災害時等の緊急時における機動的な水供給手法の実用化に向けた課題を洗い出す。

### ② 可搬式海水淡水化試験装置の概要

- ・ 処理能力：3.5 m<sup>3</sup>/日
- ・ 規格等：2段式RO膜により海水を淡水化（水道水質基準を満足）  
：4トン車2台もしくは10トン車1台で運搬可能

### ③ 試験の概要

平成19年度2月5日～8日にかけて、徳島県阿南市大湊港において、トラック等に搭載可能な移動式海水淡水化試験装置を用いた緊急時の水供給手法の実用化に向けた試験を水資源機構が実施。

造水した淡水については、トラック及び水タンクを用いて、阿南市内の企業に実際に水を供給した。

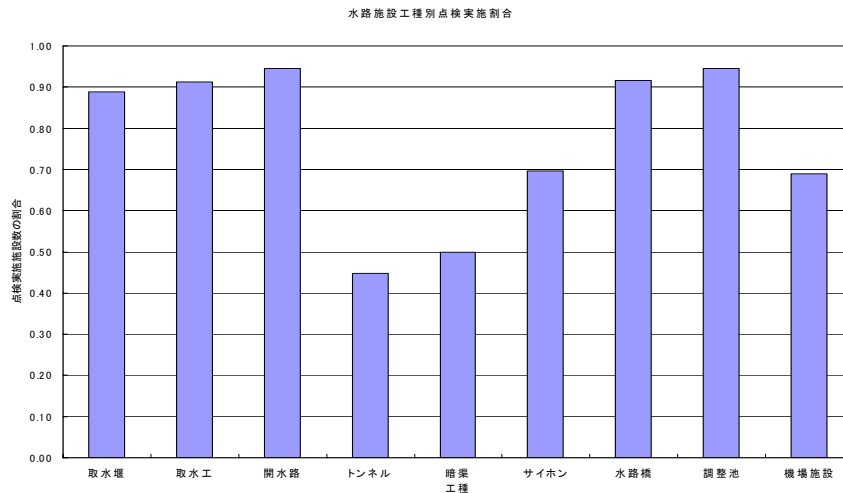


参 考)

1) 機構施設の管理の実態

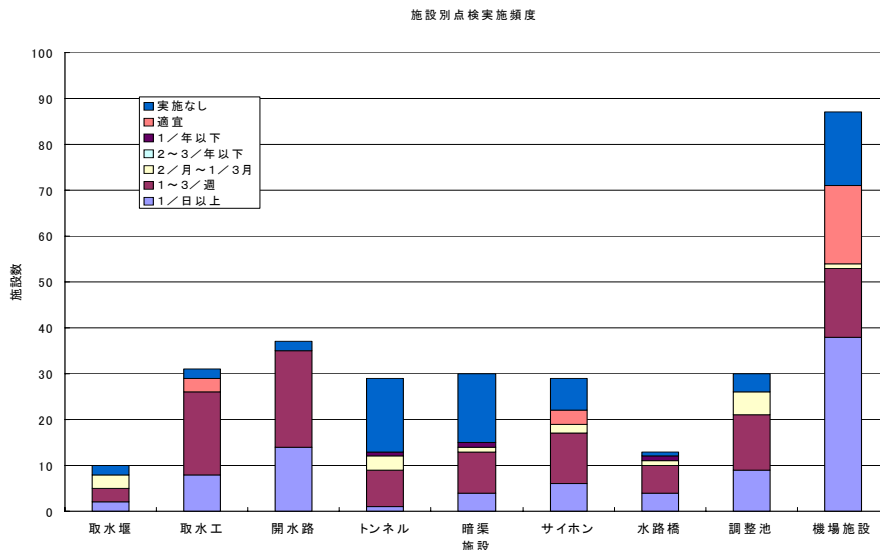
○ 主要工種毎の巡視点検状況 (平成17年3月データ)

機構は、全国で取水施設 31 ヶ所、地区内調整池 30 ヶ所、導水・幹支線水路約 3000km を管理している。工種毎の巡視点検割合を下図に示す。地下構造物のトンネル、暗渠は40～50%程度に留まっている。サイホンは70%であるが、入口部の除塵あるいは第三者の安全確保(入口部の安全施設の点検)を主眼として行っているのが実情。



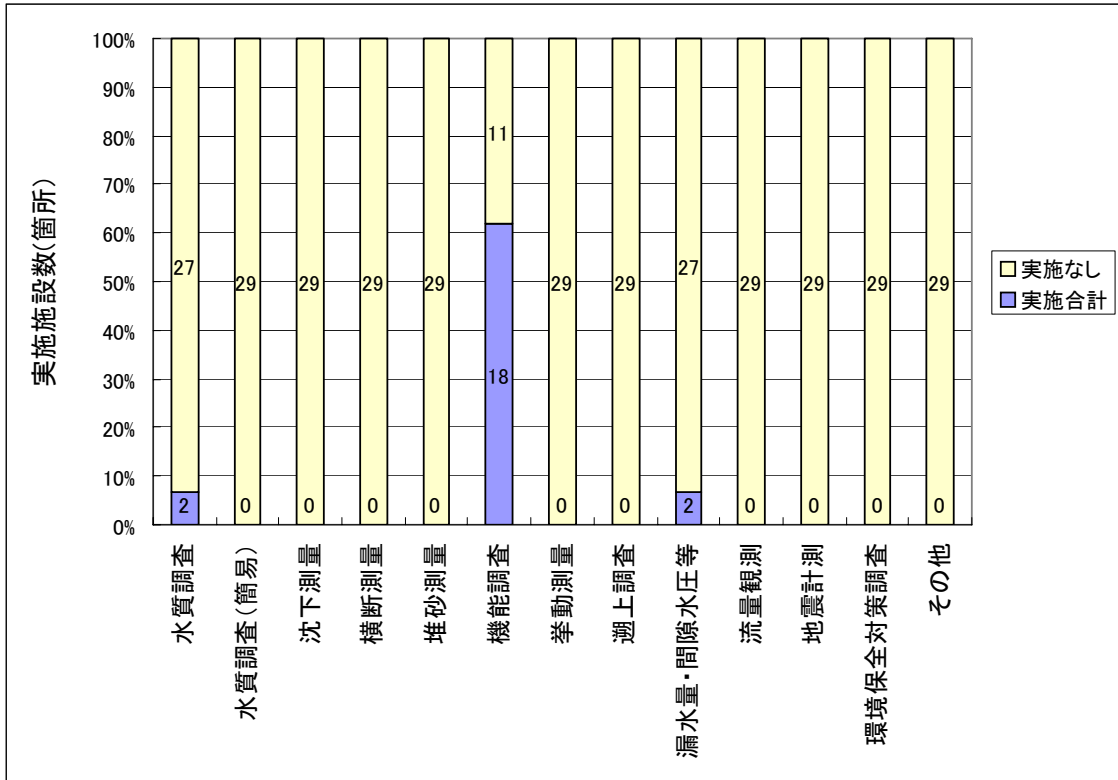
○ 工種別の点検頻度

取水堰、取水工、開水路等目視可能な施設の点検は、1回/日～1～3回/週の頻度で点検を実施しているが、トンネル・暗渠等目視できない施設の点検は、坑口部を除き実施できていないのが実情。



○ トンネルの計測・調査内容（対象施設 29施設）

トンネル内での計測・調査内容を下図に示す。管理開始以降、トンネルでは、クラック・変位・圧縮強度・堆砂量等の機能調査を18施設で実施してきている。



2) 地震防災モニタリング制度の紹介

○ 目的

牧尾ダム及び幹線水路施設を対象とした地域において、震度4以上の地震が発生したとき、被害状況を早急に把握するために、牧尾ダム及び幹線水路施設近傍に住居している方々に協力を得て防災モニターとして委嘱し、地震時における状況を調査し、機構管理所等に通報し、災害の拡大防止と水路機能の早期回復を図ることを目的に地震防災モニタリング制度を立ち上げている（愛知用水）。

現在までに、33人の方にモニターを依頼。調査項目の主なものは、以下のとおり。

- ① 第三者被害が発生していないか。
- ② 道路や公共施設への被害が発生していないか。
- ③ 水路内の障害物はないか。
- ④ 幹線水位・濁度に異常はないか。
- ⑤ 法面崩れまたは路面クラックはないか。

○ 出動実績

平成9年度から開始し、平成18年4月1日までに13回出動（延べ77人）。

## ②東京都水道局

### 東京都水道局からの報告：既存施設の耐震化、バックアップ機能の強化の事例紹介

#### 1 東京都水道局の事業概要

平成 17 年度末において、水源量は日量 623 万 $\text{m}^3$ であり、特別区の在する区域及び多摩地区 25 市町の在する区域の合わせて 1,222 $\text{k m}^2$ の区域、1,225 万人の都民に給水しているほか、給水区域に含まれていない武蔵野市、昭島市及び羽村市の多摩地区未統合市に対して暫定分水を行っている。

また、施設能力は日量 686 万 $\text{m}^3$ 、配水管の延長は 2 万 5,262m となっている。平成 17 年度において、多摩地区未統合市への分水量を含む総配水量は 16 億 1,589 万 $\text{m}^3$ 、一日最大配水量は 498 万 $\text{m}^3$ 、多摩地区未統合市の地区水源を含む一日最大配水量は 508 万 $\text{m}^3$ となっている。

首都東京における安定給水を確保していくため、引き続き、既存施設の更新や耐震化、バックアップ機能の強化に取り組むなど、事故時や震災時にも強い、一層信頼性の高い水道施設の整備を行っている。

その一環として実施している導水施設の耐震化対策の取り組みと施工例を報告する。

#### 2 導水施設の耐震化と取り組み

東京都水道局が保有する導水施設は 24 路線、約 98 km である。その内、ダクタイル鋳鉄管及び鋼管の管路は 18 路線、広島県呉市で発生した崩落事故と同様の施設（隧道）は、多摩川水系に 6 路線あり、完成年の一番古いものは大正 12 年である。この路線を含め、既に耐震性向上等として 5 路線は、隧道内に新たにダクタイル鋳鉄管等を配管する改修工事が完成している。

改修工事が行われていない路線は、昭和 38 年に完成した 1 路線であるが、多摩川水系導水施設は複数に系統化されており、崩落等の事故が発生した場合には別系統で導水することが可能なため、都民への給水の影響はないと考えている。なお、この路線は、平成 14 年に耐震診断を実施しており、平成 21 年度に隧道内にダクタイル鋳鉄管を配管して耐震化を図る予定である。

#### 隧道の導水路一覧

No.	名称	形状	幅(m)	高さ(m)	距離(m)	完成年	現状
①	砂川線	馬蹄形	2.3	2.3	1,976.4	S38.5	隧道をそのまま使用
②	羽村線	馬蹄形	3.33	3.33	5,574.0	T12.7	S63.11 ダクタイル管 $\phi$ 2,900 に改修
③	山口引入水路	円形	3.33	3.33	460.0	S 7.5	S62.4 ダクタイル管 $\phi$ 2,900 に改修
④	山口線	馬蹄形	2.3~3.64	2.3~3.64	4,023.6	S 8.12	S61.6 ダクタイル管 $\phi$ 2,000 に改修
		円形	2.3	2.12			
⑤	村山上下連絡管	円形	2.8	2.8	181.8	T12.8	S63.3 鋼管 $\phi$ 2,620 に改修
⑥	第一村山線	馬蹄形	1.79~2.73	2.3~2.58	11,136.2	T13.3	S51.3 ダクタイル管 $\phi$ 2,600 に改修
合計					23,352.0		改修工事済路線延長 21,376m

注) 隧道位置については、別紙 1 を参照

### 3 導水施設の耐震化事例

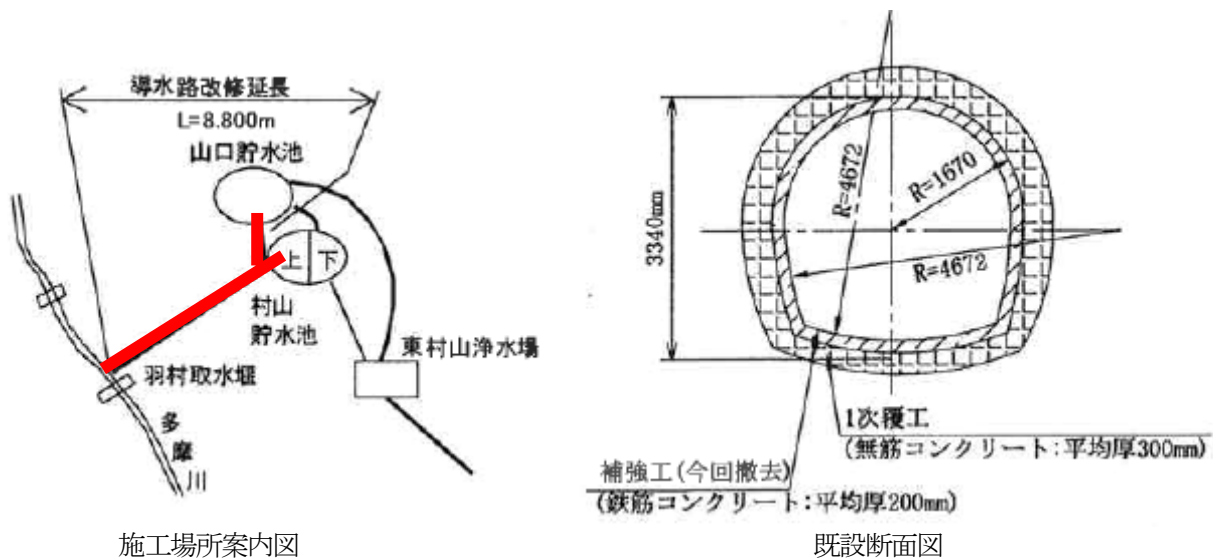
#### 1) 羽村線導水路

##### (1) 概要及び背景

羽村線導水路は、羽村取水堰で取水した多摩川の原水を一時貯留する村山・山口貯水池（満水総水量：約3千6百万 $\text{m}^3$ ）へ送る重要な導水トンネルである。

この導水路は、総延長約8,800m（隧道区間約5,600m）、水路勾配1/1,000~1,500、最大流量毎秒12.5 $\text{m}^3$ として施工され、大正12(1923)年に完成した。その後、昭和63(1988)年に更新されるまで60年間以上にわたり供用されてきた。この間にクラック、湧水、崩落等が生じて、数次にわたってトンネル内をコンクリートにより補強してきたが、老朽化が進み、施設の根本的な対策が急務となっていた。

このため、種々の工法等の検討をおこない、既設の補修コンクリートを撤去して内径2,900mmのダクタイル鉄管を布設するパイプ・イン・トンネル工法により改修を行った。



##### (2) 工法と管種の選定

###### ①工法の選定

前提条件は以下のとおりとした。

- i 所定の流量を確保すること。
- ii 強度・耐久性・水密性・耐震性などが十分得られること。

施工条件は以下のとおりとした。

- i 断水期間が長期にわたる工法を避けること。
- ii 施工中に供用を開始する必要がある場合は、短期間に通水できること。
- iii 1工区当たりの施工延長は、概ね1,000mを超えること。
- iv 応急補修により、断面が不正形かつ狭隘となっている所があること。
- v 導水路内は、漏水が多く作業環境がわるいこと。

以上の条件を満たすものとして、既設導水路内に新管を挿入しエアームタルを注入するパイプ・イン・トンネル工法が最適との結論に達した。

## ②管種の選定

管種の選定にあたっては、前記の前提条件及び施工条件から、内径 2,900 mm U形ダクタイル鋳鉄管を採用した。

採用にあたり、次のような検討および試験を行った。

### i 管体応力度及び管圧の検討

管体に加わる荷重条件を下記のとおりとし、公称管厚 30 mm を決定した。

- ・既設水路の強度は考慮せず、ゆるみ高さに相当する土圧を用いた。
- ・管が大口径であることから管自重を考慮した。
- ・地下水が高いため、外水圧を考慮した。

### ii 製品検査

素管寸法、質量検査、水圧試験及びモルタルライニング、接合部品の検査を行い、問題点は無かった。

### iii 材料検査

管体から 4 種類の試験片を採取し、引張試験、硬さ試験、へん平試験、顕微鏡試験、化学分析試験を行った結果、いずれも規格(JIS 規格)を満足していた。

## IV 継手性能試験

真直水圧試験、曲げ水圧試験、曲げ接合後の水圧試験、耐外圧試験を行った結果、すべて異常なく十分な性能を有していることを確認した。

## VI 施工性試験

継手の接合、テストバンドによる水密性の確認、継手部のモルタル充填等の各作業に要する人員・時間などを調査し、これらの値は施工上支障のない程度であると判断した。

## (3) 施工

### ①工区

総延長約 8,800m を 10 工区に分割し施工した。1 工区あたり施工延長は平均 1 km 程度とし、立坑間の中間部から 2 班同時に配管を開始するなど、工期短縮等に十分配慮した方法で施工した。

### ②立坑

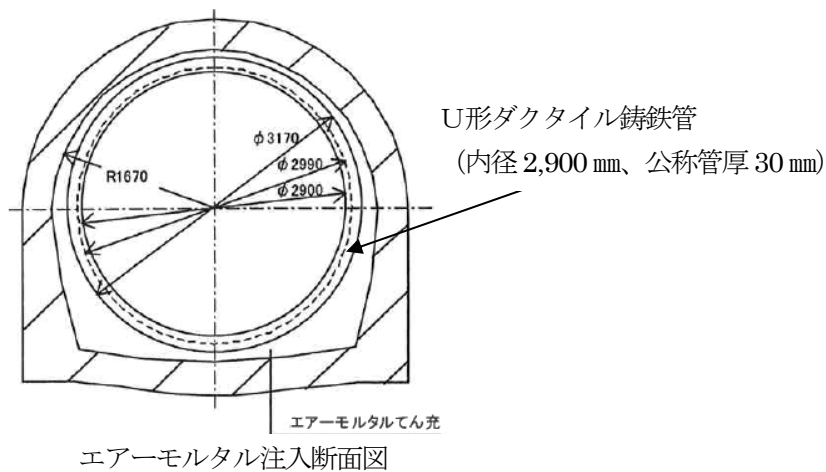
立坑は、概ね 1 km 以上の間隔を取り 5 箇所設置した。形状は、管投入並びにトンネル内挿入可能な寸法とし、いずれの立坑とも同一形状で縦横 8.8m × 5.4m の大きさで、床付けは 13.0 ~ 27.3m 程度であった。

### ③配管

配管工事は、水需要の少ない時期に集中して昼夜連続で施工した。管を立坑内に門型クレーン等により吊り下ろし、バッテリーカーにより所定の位置に運搬した後、4 本の芯だし用油圧ジャッキにより芯だしをして据え付けを行った。なお、エアモルタル打設時に発生する管の浮き上がりを防止するため、浮力防止材を取り付けた。

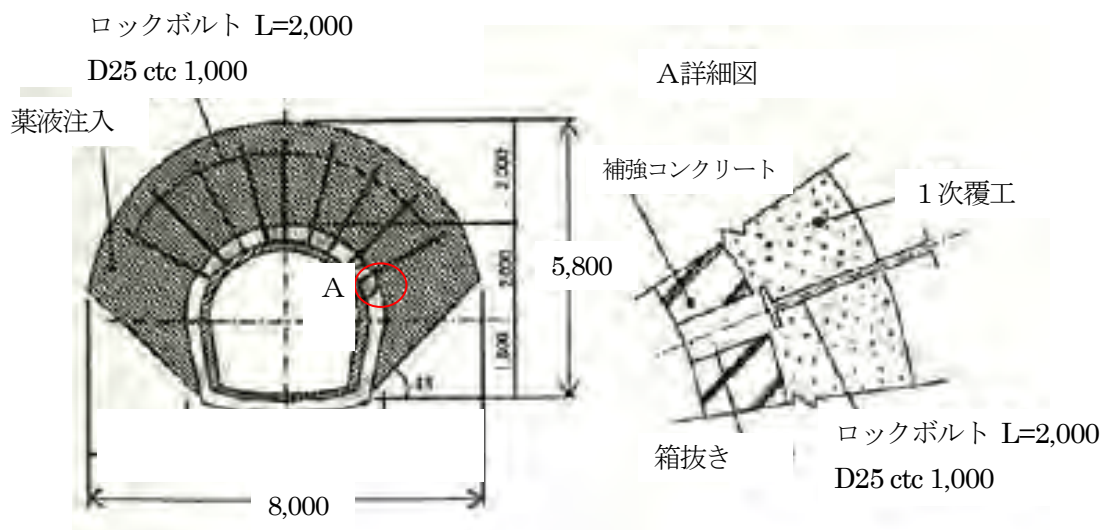
### ④既補修箇所の補強

過去に施工された崩落箇所の補強巻立てコンクリート区域(約 L=870m)は、配管スペースを確保するため補修巻立てコンクリート撤去することとしたが、撤去時に応力の開放によるゆるみの増大、トンネルの崩落が懸念されたため、撤去時のトンネルの補強対策として安全性及び工期の制約等の面から、薬液注入+ロックボルト(L=2.0m)を採用した。配管に先立ち、ロックボルトと薬液注入による地山の改良を行い、その後、補修巻立てコンクリートを撤去した。



項目	数 値	項目	数 値
圧 縮 強 度	20kgf/cm <sup>2</sup>	セメント	400 kg
空 気 量	62%	発 砲 液	1.42 ㊦
水セメント比	62%	練 混 水	248 ㊦
フ ロー 値	180±20mm		

エアームタル配合表



既補修箇所の補強対策工



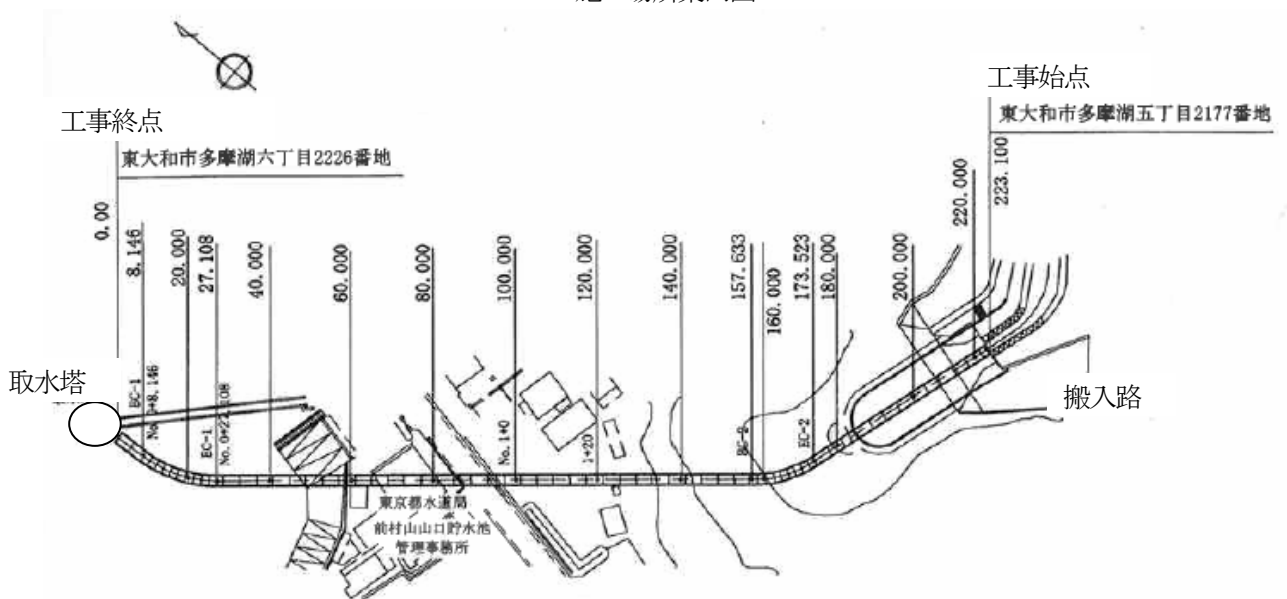
## 2) 村山上下貯水池連絡導水路

### (1) 概要及び背景

この導水路は、村山上貯水池と村山下貯水池との貯水量の調節及び有効且つ効率的な運用を行う目的で、馬蹄形コンクリート造で築造されたものである。大正 12(1923)年に供用開始して以来 60 年余以上が経過したため、老朽化が進みその対策が急務となった。このため、耐震性向上の一環として昭和 62(1987)年 11 月から昭和 63(1988)年 3 月まで、馬蹄形コンクリート内をパイプ・イン・トンネル工法により鋼管(内径 2,620 mm)に改良したものである。



施工場所案内図



平面図

## (2) 設計諸元

- ①導水路内補修工 1式
- ②導水路内配管 L=233m(鋼管内径2,620mm)の内、隧道内配管L=181.8m
- ③エアーモルタル充填工 1式
- ④勾配 0.9/1,000
- ⑤最大流量 12.5m<sup>3</sup>/s

## (3) 設計

### ①導水路補修

配管に先立ち水路内の寸法・破損状況を調査し、破損箇所・洗掘箇所の補修及び付着物の除去を行った後に施工することとした。

### ②配管

導水路内の配管は、最大流量を確保することから鋼管を使用することとし、導水路内の漏水箇所の補修を行い施工環境を確保することとした。

なお、鋼管の内面塗装は、洗掘防止対策を含めてモルタルライニング工法とし、現場内モルタルライニングは以下の仕様とした。

- I セメントは、JISR5210 普通ポルトランドセメントを使用する。
- II 混和剤は、カルシウム・サルフォアルミネートを主体とするものを適当量使用する。
- III 細骨材は、清浄・強硬・耐久的でゴミ・泥・有機物が含まないものを使用する。

### ③ライニングの施工

下地処理を十分に行い、ライニング厚は25mm、誤差+4mm、-3mmとする。

### ④エアーモルタル充填

エアーモルタルの圧縮強度は20kgf/cm<sup>2</sup>とする。

## (3) 施工

### ①管内調査

施工前に導水路内の配管中心線及び勾配の測量を行った。また、溶接は導水路内の施工となることから導水路内の漏水調査を行い、止水材注入により数箇所の漏水防止を行った。

### ②仮設

一般道から村山下貯水池側(工事始点)まで、大型クレーン(120t吊)、大型トレーラーの通航可能な工事用道路を設置し、また、モルタルライニング用プラント用地及び資材置き場の造成を行った。

### ③配管

導水路内に鋼管をトラッククレーンで吊り下ろし、鋼管両端部にローラーを取り付けウインチにより所定の位置まで運搬した。

### ④モルタルライニング

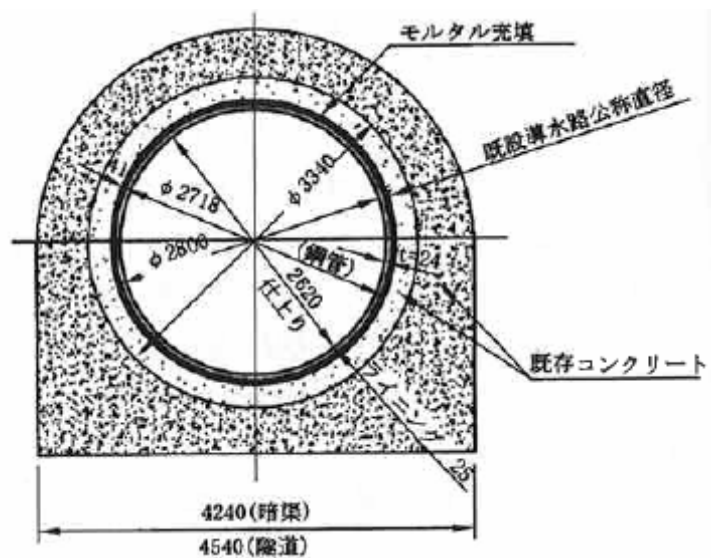
母材の素地調整後、圧縮強度300kgf/cm<sup>2</sup>、曲げ強度70kgf/cm<sup>2</sup>、スランプ6~9cmのモルタルをライニング機先端のスピナーの回転による遠心力で鋼面に吹き付け回転することで仕上げるスピナー工法により施工した。ライニング終了後、ライニング部をビニールシートで覆い、湿潤環境で11日間養生した。

### ⑤シールコート

ライニング養生後、ライニング面の乾燥状態を確認して吹き付け又は刷毛によりシールコート(100g/m<sup>2</sup>)を塗布した。

⑥エアームルタル

配管完了後、鋼管内に取り付けてある注入口より、圧縮強度  $20 \text{ kg f/c m}^2$  以上、水セメント比 60~70%、フロー値(1分後)  $180 \pm 20 \text{ mm}$ 、単位セメント量  $400 \text{ kg/m}^3$  以上のモルタルを注入した。



改良断面図

参考文献

事業概要 (平成18年度版)

東京都水道局

東京都水道施設整備事業誌 (昭和61年度~平成11年度)

東京都水道局



### 資料3. 広島県送水施設事故調査 報告書

「第2章 今後のトンネル点検のあり方」  
(広島県送水施設事故調査委員会) より



## 第2章 今後のトンネル点検のあり方

送水トンネルにおいて、崩落や覆工面の変状によって送水機能が低下すると、水の利用者に多大な影響を及ぼすことになる。

このため、長期間にわたって送水トンネルの機能を維持していくためには、計画的に点検などを行い、安全かつ合理的に運営していくことが必要である。

そこで、送水トンネルの維持管理に携わる関係者が、効率的かつ円滑な維持管理を行っていくための点検マニュアルを整備していくこととした。

ここでは、これに先立ち、点検マニュアルのガイドラインの策定を行ったものである。

### 1 トンネル点検の基本的考え方

#### (1) 点検の目的

外力（突発性崩壊による衝撃荷重，偏土圧など）や材質劣化などを原因として発生する，トンネルの崩落や機能低下を招く変状などを可能な限り防止し，トンネルを安全かつ合理的に運営すること

#### (2) 点検の方針

区 分	突発性崩壊	突発性崩壊以外
変状が生じる原因	<ul style="list-style-type: none"> <li>崩落しやすい地質・地層やカタクラサイト・断層</li> <li>覆工背面の空洞</li> <li>薄い土被り厚</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>外力（緩み土圧，偏土圧，地すべり，膨張性土圧，支持力不足など）</li> <li>材質劣化</li> </ul>
変状の特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>覆工に変状が見られず，短時間で破壊に至る。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>覆工に変状が生じ，時間とともに進行して，破壊に至る。</li> </ul>
点検における課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>覆工の目視点検や打音調査で，その徴候を確認することは困難である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>覆工の目視点検や打音調査により，変状を確認できるが，送水停止が必要である。</li> </ul>
点検の方針	<ul style="list-style-type: none"> <li>まず，既存資料をもとに突発性崩壊可能性区間の絞り込みを行い，次に地上部から，続いてトンネル内での調査（覆工背面の空洞調査など）を順次行い，突発性崩壊が生じるかどうかの判定を行っていく。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>国道トンネルの点検方法を規定した「道路トンネル定期点検要領（案）」及び「道路トンネル維持管理便覧」などを参考に，送水トンネルの特殊性<sup>*</sup>を考慮した点検方法及び実施基準を策定する。</li> </ul>

送水トンネルの特殊性<sup>\*</sup>

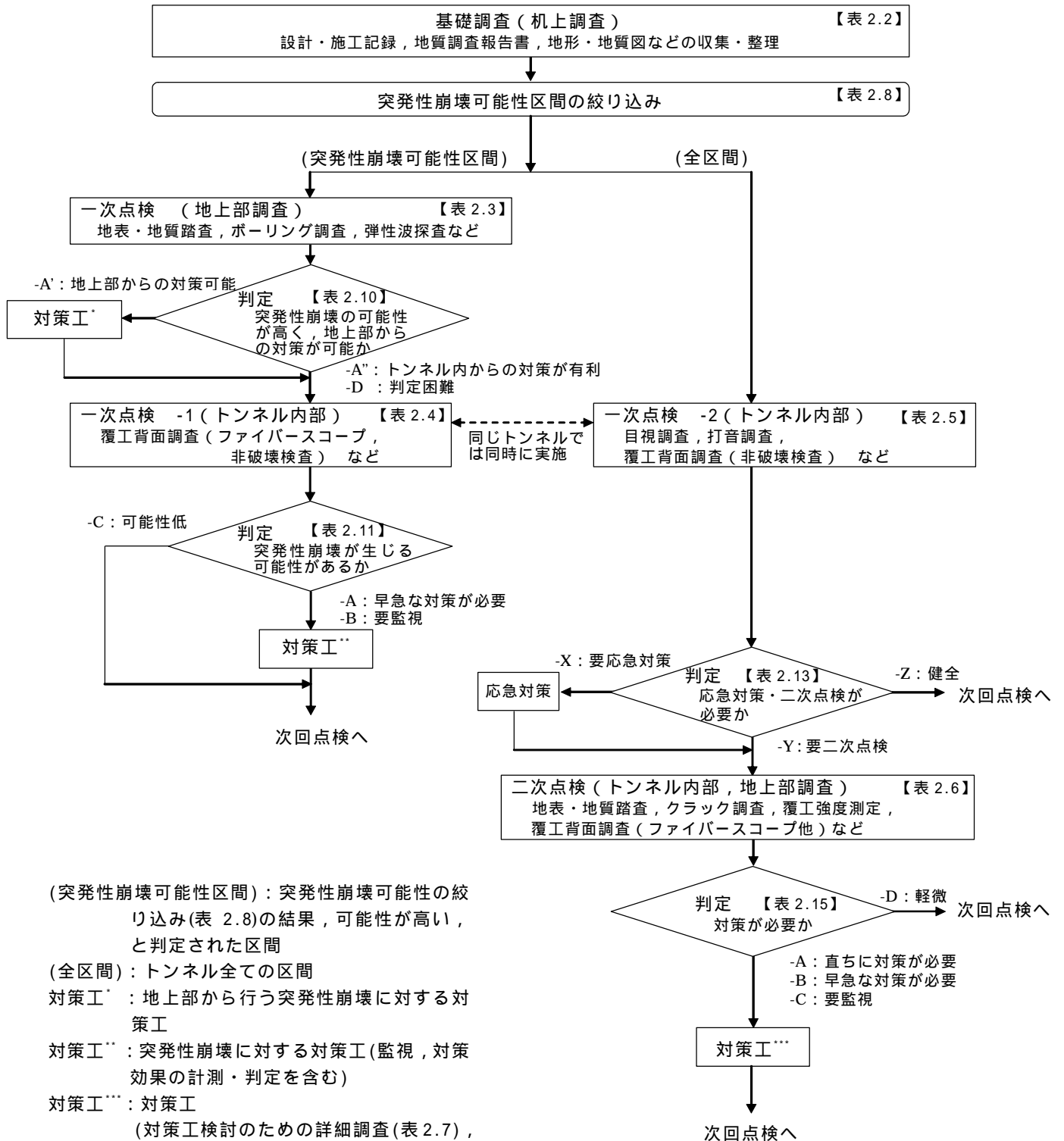
トンネルから送水される水は上水や工業用水など様々な利用がなされており，点検に伴う断水はこれらの利用者に多大な影響を及ぼすが，不断水での点検技術は確立されていない。



## 2 トンネル点検の基本フローチャート

トンネル点検におけるフローチャートを図 2.1 に示す。

ただし、本フローチャートは現段階における基本的な流れを示したものであり、適用にあたっては柔軟に対応していく。



(突発性崩壊可能性区間) : 突発性崩壊可能性の絞り込み(表 2.8)の結果, 可能性が高い, と判定された区間

(全区間) : トンネル全ての区間

対策工' : 地上部から行う突発性崩壊に対する対策工

対策工'' : 突発性崩壊に対する対策工(監視, 対策効果の計測・判定を含む)

対策工''' : 対策工  
(対策工検討のための詳細調査(表 2.7), 監視, 対策工検討及び対策効果の計測・判定を含む)

図 2.1 点検のフローチャート

## (1) 点検の種類

本ガイドラインで取り扱う点検の種類は表 2.1 のとおりである。

表 2.1 点検の種類

目的	種類	内容
資料収集	基礎調査	設計・施工時の資料を収集・整理する調査
状況把握	一次点検	基礎調査の結果,突発性崩壊が生じる可能性がある区間において,突発性崩壊の可能性を詳細に検討するために,地上部より実施する調査
	一次点検 -1	突発性崩壊が生じる可能性がある区間において,突発性崩壊の可能性をさらに詳細に検討するために,トンネル内で実施する調査
	一次点検 -2	対象トンネル全区間において,トンネルの覆工面に生じている変状の概要を把握するために,トンネル内で実施する調査
原因究明	二次点検	一次点検の結果,二次点検が必要と判定された地点において,変状の詳細状況を把握し,変状原因を推定するために,トンネル内及び地上部より実施する調査
対策工法検討	詳細調査	一次点検及び二次点検の結果に加え,対策工法の検討に必要な詳細な状況を把握するために,対策工の一環として実施する調査
臨時	臨時点検	トンネルに影響を及ぼすような地震など外的要因や環境変化があった場合に,トンネル内の異常や変状箇所を発見し,応急処置と今後の対応策を整理するために臨時に実施する調査

## (2) 点検周期

概ね 5 年周期で一次点検 -2 を実施する。

本件と比べて点検の容易性があるとは言え,他事業における点検事例(第 2 回検討委員会資料参照)においては,2 ~ 6 年間隔で定期点検を実施しているところもあり,概ね 5 年周期で一次点検 -2 を実施するものとした。

ただし,変状の程度や進行状況,変状原因などにより,点検頻度は適宜見直すものとする。

突発性崩壊可能性区間については,概ね 10 年周期で最新の地形図,航空写真などを収集し,再度「突発性崩壊可能性区間の絞り込み」を実施する。

突発性崩壊可能性区間の絞り込みは,前回の絞り込み後に,大きな地形改変などによる土被り厚さの変化や集水地形への変化が生じていないかを確認するために実施する。

しかしながら,これらの変化が生じたとしても,突発性崩壊を招くまでには相当の期間が必要と考えられる。

このため, の点検周期より長い 10 年に 1 回を原則とした。

### 3 点検・調査の方法

各点検・調査段階において実施する調査の方法，概念図および概略調査能力は表 2.2～表 2.7 のとおりである。

#### (1) 基礎調査

設計・施工時の資料を収集・整理する調査。

表 2.2 調査方法一覧表（基礎調査）

	調査方法名	調査方法	概念図など	調査能力 (1班, 1日当り)	備考
基礎調査	既存資料調査	対象となるトンネルの履歴，構造，地山条件などについて文献などの収集・整理を行う。 収集・整理する資料は，設計・施工記録，地質調査報告書，地形・地質図，航空写真などである。 そして，これらの資料を基に地形判読などを行い，突発性崩壊が生じる地質・地形的な特徴について整理する。			

#### (2) 一次点検

基礎調査の結果，突発性崩壊が生じる可能性がある区間において，突発性崩壊の可能性を詳細に検討するために，地上部より実施する調査。

表 2.3 調査方法一覧表（一次点検）


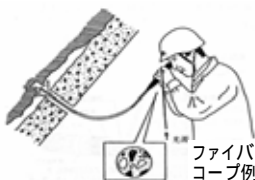
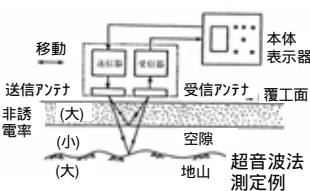
	調査方法名	調査方法	概念図など	調査能力 (1班, 1日当り)	備考
一次点検	地表・地質踏査	トンネルルート上を踏査し，地形・地質状況，地表面のひび割れ，陥没などの異常の有無を調査する。			
	ボーリング調査 弾性波探査 電気探査	代表地点でボーリング調査を行い，地山の状況を直接確認する。 また，特に地質踏査で地質状況が確認できない区間においては状況によって弾性波探査，電気探査を行い，地質構造の分布範囲を把握する。			ボーリング孔を利用し，覆工背面の空洞対策を行う場合がある。
	地山試料調査	ボーリングなどによって得られた試料を用いて三軸圧縮試験，粒度試験，膨潤度試験などの室内試験を行い，地山の物理的性質の把握を行う。			

\*調査項目は標準的なものであり，実施にあたっては，現地状況などを考慮し，適切に選択することが必要である。

(3) 一次点検 -1

突発性崩壊が生じる可能性がある区間において、突発性崩壊の可能性をさらに詳細に検討するためにトンネル内で実施する調査。

表 2.4 調査方法一覧表（一次点検 -1）

	調査方法名	調査方法	概念図など	調査能力 (1班, 1日当り)	備考
一次 点 検 — 1	覆工背面調査 (簡易 ボーリング)	コアボーリングまたは削孔により覆工部にボーリング孔を設け、背面空洞、背面地山状況などを調査する。	 簡易ボーリング例	20箇所 (削孔)  5箇所 (コア採取)	採取したコアを用いて一軸圧縮試験を行う場合もある。
	覆工背面調査 (ファイバースコープ)	簡易ボーリング孔の中にファイバースコープを挿入して覆工コンクリート内部の状況、覆工背面の空洞及び地質状況を把握する。	 ファイバースコープ例	20箇所	
	覆工背面調査 (非破壊検査)	覆工コンクリートの巻厚、背面の空洞及び地山状況を調査することを目的として行う。打音法、超音波法、電磁波法などがある。	 超音波法測定例	1km (超音波法)	

\* 調査能力はトンネル内における外業に係る1日(8時間)当たりの概略調査数量である。  
調査能力は、現地の状況(調査密度、調査地点までの移動距離など)により大きく異なる場合がある。  
調査項目は標準的なものであり、実施にあたっては、現地状況などを考慮し、適切に選択することが必要である。  
調査時に突発性崩壊が生じて人的被害が生じないように、調査の方向、順序などについては入念な計画が必要である。

(4) 一次点検 -2

対象トンネル全区間において、トンネルの覆工面に生じている変状の概要を把握するためにトンネル内で実施する調査。

表 2.5 調査方法一覧表（一次点検 -2）




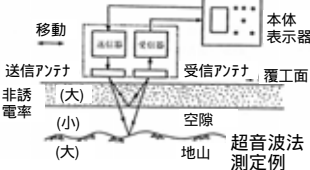
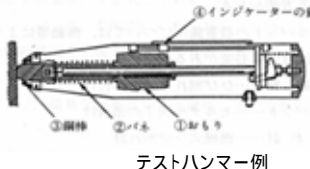
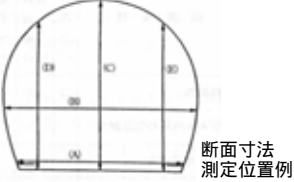
	調査方法名	調査方法	概念図など	調査能力 (1班, 1日当り)	備考
一 次 点 検    2	目視調査	コンクリート覆工面の状況を目視により観察し、クラックなどの変状あるいは漏水の状況などを調査する。点検時には、前回の点検調書と比較し、進行具合についても観察する。		2km	
	打音調査	覆工コンクリート表面をハンマーで打診し、打音によりうき、はく離の判定を行う。		2km	
	覆工背面調査 (非破壊検査)	覆工コンクリートの巻厚、背面の空洞及び地山状況を調査することを目的として行う。打音法、超音波法、電磁波法などがある。		1km (超音波法)	
	農業用水路 連続劣化情報 計測システム	壁面画像計測（レーザースキャナー、CCDラインセンサカメラ）、覆工背面調査（レーダー）、覆工背面地山簡易計測（簡易貫入法）および断面計測（レーザ）を同時に実施できる。		5km/日 (地山簡易計測を除く)	新技術

\* 調査能力はトンネル内における外業に係る1日（8時間）当たりの概略調査数量である。  
調査能力は、現地の状況（調査密度、調査地点までの移動距離など）により大きく異なる場合がある。  
調査項目は標準的なものであり、実施にあたっては、現地状況などを考慮し、適切に選択することが必要である。

(5) 二次点検

一次点検の結果，二次点検が必要と判定された地点において，変状の詳細状況を把握し，変状原因を推定するためにトンネル内及び地上部より実施する調査。

表 2.6 調査方法一覧表（二次点検）


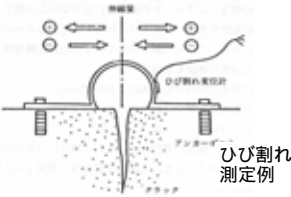
調査方法名	調査方法	概念図など	調査能力 (1班, 1日当り)	備考
地表・地質踏査	トンネルルート上を踏査し，地形・地質状況，地表面のひび割れ，陥没などの異常の有無を調査する。			
クラック調査	覆工表面に現れているひび割れ，はく離，はく落，漏水の状況などを観察する。 ひび割れについては位置，長さ，幅などをクラックスケールなどで測定する。 はく離，はく落については，ハンマー打診などによりその状況・範囲などを把握して，漏水についてはその状況を観察する。		0.2km	
覆工背面調査 (簡易ボーリング)	コアボーリングまたは削孔により覆工部にボーリング孔を設け，背面空洞，背面地山状況などを調査する。		20箇所 (削孔) 5箇所 (コア採取)	
覆工背面調査 (ファイバースコープ)	簡易ボーリング孔の中にファイバースコープを挿入して覆工コンクリート内部の状況，覆工背面の空洞及び地質状況を把握する。		20箇所	
覆工背面調査 (非破壊検査)	覆工コンクリートの巻厚，背面の空洞及び地山状況を調査することを目的として行う。打音法，超音波法，電磁波法などがある。		1km (超音波法)	
覆工強度測定 (テストハンマー)	コンクリートテストハンマーを用いた反発硬度法を利用して覆工コンクリートの概略強度を把握する。		20箇所	コア採取を行った場合，一軸圧縮試験を行う
簡易トンネル断面測定	メジャーポールなどを用いて概略のトンネル断面を把握する。		2km	内空変位測定を実施する場合もある

\* 調査能力はトンネル内における外業に係る1日(8時間)当たりの概略調査数量である。  
調査能力は，現地の状況(調査密度，調査地点までの移動距離など)により大きく異なる場合がある。  
調査項目は標準的なものであり，実施にあたっては，現地状況などを考慮し，適切に選択することが必要である。

(6) 詳細調査

一次点検及び二次点検の結果に加え、対策工法の検討に必要な詳細な状況を把握するために、対策工の一環として実施する調査。

表 2.7(1) 調査方法一覧表（詳細調査，その1）

	調査方法名	調査方法	概念図など	調査能力 (1班, 1日当り)	備考
詳細調査	地質調査	ボーリング、孔内検層、地下水調査などにより、トンネル周辺の地質、地下水の状況を詳細に把握する。			変状原因が、 <b>偏土圧、地すべり</b> と推定された場合に原則として実施する
	地山挙動調査	地山内部あるいは地表面の変位を測定し、地すべりなどによる地山移動の監視、ならびに近接工事や対策工施工中の覆工及び地山の挙動を監視する。			変状原因が、 <b>緩み土圧、偏土圧、地すべり</b> と推定された場合に実施することができる。
	地山試料調査	ボーリングなどによって得られた試料を用いて三軸圧縮試験、粒度試験、膨潤度試験などの室内試験を行い、地山の物理的性質の把握を行う。			変状原因が、 <b>偏土圧、地すべり、膨張性土圧、支持力不足</b> と推定された場合に実施することができる。
	ひび割れ形状変化調査	ひび割れが進行している場合、その進行性を詳細に調べることを目的として、ひび割れ変位計、三方向ゲージなどで測定を行う。		5箇所 (設置)	変状原因が、 <b>偏土圧、膨張性土圧、水圧、材質劣化</b> と推定された場合に実施することができる。
	漏水水質試験	コンクリートの劣化原因の究明や漏水の流入経路について概略の推定を行うことを目的として、漏水水質の測定を行う。測定には、現位置でできる簡易な方法と、採水して室内で行う詳細な分析があり、目的に応じて選択する。		20箇所 (採水)	変状原因が、 <b>材質劣化</b> と推定された場合に実施することができる。

\* 調査能力はトンネル内における外業に係る1日(8時間)当たりの概略調査数量である。  
調査能力は、現地の状況(調査密度、調査地点までの移動距離など)により大きく異なる場合がある。  
調査項目は標準的なものであり、実施にあたっては、現地状況などを考慮し、適切に選択することが必要である。



表 2.7(2) 調査方法一覧表（詳細調査，その2）

調査方法名	調査方法	概念図など	調査能力 (1班, 1日当り)	備考	
詳細調査	覆工背面調査 (非破壊検査)	覆工コンクリートの巻厚、背面の空洞及び地山状況を調査することを目的として行う。打音法、超音波法、電磁波法などがある。		1km (超音波法)	変状原因が、 <b>緩み土圧</b> と推定された場合に原則として実施する。また、 <b>材質劣化</b> と推定された場合には実施することがある。
	覆工背面調査 (ファイバースコープ)	簡易ボーリング孔の中にファイバースコープを挿入して覆工コンクリート内部の状況、覆工背面の空洞及び地質状況を把握する。		20箇所	変状原因が、 <b>緩み土圧</b> と推定された場合に原則として実施する。また、 <b>材質劣化</b> と推定された場合には実施することがある。
	覆工 コンクリート 材質試験	コンクリートの劣化原因を詳細に把握するため、一軸圧縮試験、超音波伝播試験、単位体積重量試験、割裂引っ張り試験、中性化試験、アルカリ骨材反応試験などを行う。		5箇所 (コア採取)	変状原因が、 <b>材質劣化</b> と推定された場合に実施することがある。
	内空変位測定	内空変位計により、トンネル断面の測定を行い、変状の進行の有無、進行速度などを把握する。		1km	変状原因が、 <b>偏土圧</b> 、 <b>地すべり</b> 、 <b>膨張性土圧</b> と推定された場合に原則として実施する。
	覆工応力及び 背面土圧測定	覆工応力および土圧の変化を把握するため、覆工コンクリートにひずみ計などを取り付けて測定する。		2箇所 (設置)	変状原因が、 <b>緩み土圧</b> 、 <b>偏土圧</b> 、 <b>地すべり</b> 、 <b>膨張性土圧</b> 、 <b>水圧</b> と推定された場合に実施することがある。

\* 調査能力はトンネル内における外業に係る1日（8時間）当たりの概略調査数量である。  
調査能力は、現地の状況（調査密度、調査地点までの移動距離など）により大きく異なる場合がある。  
調査項目は標準的なものであり、実施にあたっては、現地状況などを考慮し、適切に選択することが必要である。

#### 4 点検の実施基準

##### (1) 突発性崩壊可能性区間の絞り込み

突発性崩壊可能性区間の絞り込みは、表 2.8 に示す 2 段階で行う。

表 2.8 突発性崩壊可能性区間の絞り込み

可能性	判定の内容
高い	突発性崩壊が生じる可能性があり、補修や補強を行うかどうかの検討のための一次点検を必要とするもの
低い	突発性崩壊が生じる兆候が認められないもの

具体的な絞り込みは、表 2.9 に示すカタクラサイト・断層、崩落しやすい地質・地層、土被り、及び地下水流による判定基準を設け、その結果のうち一つでも該当すれば「可能性が高い」と判定する。

なお、ここに示したものはあくまでも絞り込みの目安であり、機械的に適用するのではなく、現場の状況に応じた総合的な判定を行う必要がある。

表 2.9 突発性崩壊可能性区間の絞り込みの目安

点検箇所	突発性崩壊の要因	突発性崩壊可能性が高い
覆工背面 地山	カタクラサイト 断層	カタクラサイト、断層が存在する可能性がある（延長線上にある場合も含む）場合
	崩落しやすい地質 <sup>*1)</sup> ・ 地層	崩落しやすい地質・地層が存在する可能性がある（延長線上にある場合も含む）場合
	土被りが小さい <sup>*2)</sup>	土被りが30m程度以下である場合
	地下水流の存在	地形勾配変換点（山地部から平野部など）のように、地形的に地下水が大きく流動している可能性がある場合

崩落しやすい地質<sup>\*1)</sup>

これまでに生じた突発性崩壊の事例（第 2 回委員会資料参考資料参照）より、固結度の低い砂混じりシルト岩、砂岩、あるいは新第三紀の細粒～中粒の凝灰岩、泥岩で崩落が生じている。

土被りが小さい<sup>\*2)</sup>

今回生じたトンネル崩落は、土被りが 17～23m 程度であった。また、これまでに生じた突発性崩壊の事例（第 2 回委員会資料参考資料参照）では、土被りが 23m あるいは 26m 程度であった。

- (2) 一次点検 及び -1 結果からの判定 , (突発性崩壊可能性の判定)  
 一次点検 及び -1 結果からの判定は, 突発性崩壊の可能性や緊急性, 対策の施工性を考慮し, それぞれ, 表 2.10 及び表 2.11 に示す 3 段階で行う。

表 2.10 一次点検結果の判定

区分	判定の内容
-A'	突発性崩壊が発生する可能性が高く, 地上部からの対策が可能であるもの
-A''	突発性崩壊が発生する可能性が高いが, 施工性・経済性などからトンネル内からの対策の方が有利と判断できるもの
-D	突発性崩壊が発生するかどうかの判定が困難なもの

表 2.11 一次点検結果の判定

区分	判定の内容
-A	突発性崩壊が発生する可能性が高く, 早急な対策を必要とするもの
-B	将来的に突発性崩壊が発生する可能性があるが, 当面はその危険性は低く, 定期的な監視を行う必要があるもの
-C	突発性崩壊が発生する可能性が低いもの

具体的な判定は, 表 2.12 に示すカタクラサイトや断層あるいは崩落しやすい地質・地層, 覆工背面の空洞の程度による判定の目安による。

なお, これらに示したものはあくまでも判定の目安であり, 機械的に適用するのではなく, 現場の状況に応じた総合的な判定を行う必要がある。

表 2.12 一次点検結果からの判定 , の目安

判定	判定の目安
-A -A' -A''	覆工背面にカタクラサイトや断層あるいは崩落しやすい地質・地層が存在し, 覆工背面の空洞 <sup>*</sup> が30cm以上ある場合
-B	覆工背面にカタクラサイトや断層あるいは崩落しやすい地質・地層が存在するが, 覆工背面の空洞 <sup>*</sup> が30cm未満である場合
-C	覆工背面にカタクラサイトや断層あるいは崩落しやすい地質・地層の存在が確認できない場合 (ただし, 空洞が極度に大きい場合には, 監視の必要性などの検討を行う)
-D	地上からの調査結果では, 覆工背面にカタクラサイトや断層あるいは崩落しやすい地質・地層が存在するかどうかの判定が困難な場合

覆工背面の空洞<sup>\*</sup>

表-4.1.1 覆工背面空洞充填対策の目的と対象とする空洞の状態

対策目的	対象となる覆工背面の空洞の状態
①外力作用下で, 覆工の耐荷力を回復・向上させる。	覆工に外力に起因すると考えられるひび割れ等が発生し, 覆工の耐荷力が低下している箇所、特に空洞深さに係らず、残っている空洞全てが対策範囲となる。
②上方地山の緩みを防ぎ、特に突発的な崩壊を防止する。	「アーチ部の覆工背面に 30cm 程度以上の空隙があり、有効な覆工厚さが 30cm 以下で、背面の地山が岩塊となって崩落する可能性があるもの」もしくは「覆工側面に空隙があり、今後洗掘等で空洞が拡大する可能性があるもの」。

道路トンネル変状対策工マニュアル(案), p103,  
 独立行政法人土木研究所, 平成 15 年 2 月

(3) 一次点検 -2 結果からの判定

一次点検結果からの判定は，対策の緊急性と変状の程度を考慮し，表 2.13 に示す 3 段階で行う。

表 2.13 一次点検結果からの判定

区分	判定の内容
-X	変状が著しく，送水トンネルの通水機能を維持することができないと判断され，応急対策を必要とするもの
-Y	変状があり，補修や補強をするかどうかの検討のために，二次点検を必要とするもの
-Z	健全なもの（変状がないか，あっても軽微）

具体的な判定は，表 2.14 に示すひび割れ，うき・はく離・はく落，傾き・沈下・変形，漏水などの程度による判定の目安を設け，その結果のうち最も判定の悪いもの（-X> -Y> -Z）を優先させる。

なお，ここに示したものはあくまでも判定の目安であり，機械的に適用するのではなく，現場の状況に応じた総合的な判定を行う必要がある。

表 2.14 一次点検結果からの判定 の目安

点検箇所	変状の種類	判定区分 -X	判定区分 -Y
覆工	ひび割れ，段差	急激にひび割れが進行しており，ブロック化して落下する可能性がある場合	構造上有害と判断できるひび割れや段差がある場合
	うき，はく離，はく落		コンクリートのはく離が発見された場合，あるいはうきの部分がはく落する可能性がある場合
	傾き，沈下，変形	目視により，明らかに傾き，沈下，あるいは変形している場合	傾きの徴候と判断される輪切り状のひび割れが明瞭に見られる場合
	漏水		大規模な漏水で，湧水に濁りが見られ，土砂が漏水とともに流出しており，そのまま放置しておく背面地山の空洞化の拡大を招く可能性がある場合
	豆板やコールドジョイント部のうき，はく離，はく落		コールドジョイント，豆板の周囲ではく離，はく落が発見された場合，あるいはうきの部分がはく落する可能性がある場合
	補修材のうき，はく離，はく落		補修した箇所ではく離，はく落が発見された場合，あるいはうきの部分がはく落する可能性がある場合
インパート	欠損，はく離		インパート部に欠損・破損が見られる場合
覆工背面	空洞		覆工背面に空洞が見られる場合

(4) 二次点検結果からの判定

二次点検結果からの判定は、対策の緊急度と変状の程度を考慮し、構造物としての安全性に及ぼす影響に基づき、表 2.15 に示す 4 段階で行う。

表 2.15 二次点検結果からの判定

区分	判定の内容
-A	変状が大きく、構造物としての安全性が大きく低下しており、直ちに対策を必要とするもの
-B	変状があり、それらが進行して構造物としての安全性を大きく低下させる可能性が高いため、早急な対策を必要とするもの
-C	変状があり、それらが進行して将来的に構造物としての安全性を低下させる可能性があるため、重点的な監視を行い、計画的な対策を必要とするもの
-D	軽微な変状で、現状では安全性に特に問題はないもの

具体的な判定は、表 2.16～表 2.24 に示すひび割れ（幅，長さ），劣化度合，鋼材腐食，覆工背面の地質や空洞，変形速度及び漏水の程度による判定基準及び判定の目安を設け，その結果のうち最も判定の悪い（ -A> -B> -C> -D ）ものを優先させる。

なお，これらに示したものはあくまでも判定の目安であり，機械的に適用するのではなく，覆工背面の地質状況も考慮し，現場の状況に応じた総合的な判定を行う必要がある。

表 2.16 変状に対する判定基準

区分	覆工コンクリートのひび割れ	覆工コンクリートのうき，はく落	覆工コンクリートなどの断面強度の低下	鋼材腐食	覆工背面の空洞	覆工コンクリートの変形，移動，沈下	漏水
参照表	表2.17,2.18	表2.19	表2.20	表2.21	表2.22	表2.23	表2.24
-A	ひび割れが大きく密集している。また，せん断ひび割れが生じ，進行が大きいと認められるもの	アーチ上部のひび割れの密集・圧ぎによるうき，はく落が生じコンクリート塊が落下する恐れのあるもの				変形，移動，沈下などしており，構造物の機能が著しく低下しているもの	コンクリートのひび割れなどから漏水が噴出しているもの
-B	ひび割れが大きく密集している。また，せん断ひび割れが生じ，進行が認められるもの	側壁部のひび割れの密集・圧ぎによるうき，はく落が生じ，コンクリート塊が落下する恐れのあるもの	材料劣化などにより断面強度が相当程度低下し，構造物の機能が損なわれたもの	腐食により，鋼材の断面欠損が著しく，構造物用鋼材として機能が損なわれているもの	覆工背面の空洞が大きく，突発性崩壊が生じる可能性が高いもの	変形，移動，沈下などしており，近い内に構造物の機能低下が予想されるもの	コンクリートのひび割れなどから湧き水が落下しているもの
-C	ひび割れがあり，進行が認められるもの	側壁部のひび割れの密集・圧ぎによるうき，はく落が生じ，コンクリート塊が落下する可能性のあるもの	材料劣化などにより断面強度が低下し，構造物の機能が損なわれる可能性があるもの	孔食あるいは鋼材全周のうき錆が見られるもの	今後覆工背面の空洞が拡大し，突発性崩壊が生じる可能性があるもの	移動，変形，沈下などしているが，進行が緩慢であるもの	覆工のコンクリートのひび割れなどから湧水が滴下しているもの
-D	ひび割れがあるが，進行が認められないもの	うき，はく落が認められないもの	材料劣化などが見られるが，断面強度への影響がほとんどないもの	表面的あるいは小面積の腐食	突発性崩壊が生じる可能性が低いもの	移動，変形，沈下などしているが，進行が停止しており，変状が再発する恐れがないもの	覆工のコンクリートのひび割れなどから湧水が浸出しているもの

表 2.17 ひび割れの進行性の有無が確認できない場合の判定の目安

箇所	ひび割れ						判定区分
	幅			長さ			
	5mm以上	3～5mm	3mm未満	10m以上	5～10m	5m未満	
覆工							-A～ -B
							-B～ -C
							-B～ -C
							-B
							-B～ -C
							-C
							-C～ -D

\*横断方向のひび割れについては1ランクさげてもよい

表 2.18 ひび割れの進行性がある場合の判定の目安

箇所	ひび割れ				判定区分
	幅		長さ		
	3mm以上	3mm未満	5m以上	5m未満	
覆工					-A～ -B
					-B～ -C
					-C
					-C

\*横断方向のひび割れについては1ランクさげてもよい

複数回点検などにより、ひび割れの進行が認められた時に適用する

表 2.19 うき、はく落に対する判定の目安

箇所	位置	うき、はく落 落下の恐れ		判定区分
		有	無	
		覆工	アーチ	
				-D
側壁				-B～ -C
				-D

表 2.20 断面強度の低下による判定の目安

箇所	主な原因	劣化度合			判定区分
		有効巻厚/設計巻厚			
		1/2 未満	1/2～ 2/3	2/3 以上	
アーチ	経年劣化、アルカリ骨材反応、設計・施工の不適切など				-B
					-C
					-D
側壁	経年劣化、アルカリ骨材反応、設計・施工の不適切など				-B
					-C
					-D

\*有効巻厚：設計基準強度以上の部分

表 2.21 鋼材腐食による変状に対する判定の目安

箇所	主な原因	腐食の程度	判定区分
覆工コンクリート中に補強用鋼材を含む構造物	塩害、漏水、中性化など	鋼材の断面欠損の程度が著しく、構造用鋼材としての機能が損なわれているもの	-B
		浅い孔食あるいは鉄筋の全周にわたるうき錆	-C
		表面的あるいは小面積の腐食	-D

表 2.22 覆工背面の地質及び空洞に対する判定の目安

箇所	地質及び空洞の状況	判定
覆工背面	覆工背面にカタクラサイトや断層あるいは崩落しやすい地質・地層が存在し、覆工背面の空洞が30cm以上ある場合	-B
	覆工背面にカタクラサイトや断層あるいは崩落しやすい地質・地層が存在するが、覆工背面の空洞が30cm未満である場合	-C
	覆工背面にカタクラサイトや断層あるいは崩落しやすい地質・地層の存在が確認できない場合（ただし、空洞が極度に大きい場合には、監視の必要性などの検討を行う）	-D

表 2.23 変形速度に関する判定の目安

箇所	変形速度				判定区分
	10mm/年以上	3mm/年以上 10mm/年未満	1mm/年以上 3mm/年未満	1mm/年未満	
覆工					-A
					-B
					-C
					-D

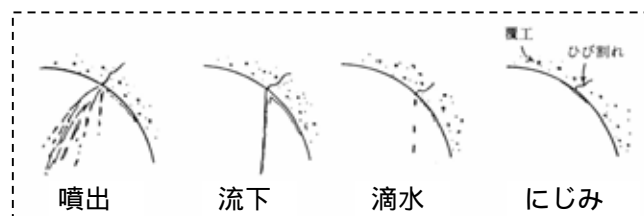
\*覆工コンクリートの変形，移動，沈下が認められ，複数回点検などによりその速度が求められた時に適用する

\* 止水構造を有するトンネルに適用する

表 2.24 漏水などによる変状に対する判定の目安

	漏水の度合い				判定
	噴出	流下	滴水	にじみ	
アーチ					-A
					-B
					-C
					-D
側壁					-B
					-C
					-C
					-D

\* 止水構造を有するトンネルに適用する



止水構造を有さないトンネルにおいても，継ぎ目以外の部分などから著しい漏水が認められる場合は，この目安を参考にして判定を行う

## 5 臨時点検

トンネルに影響を及ぼすような地震など、外的要因や環境変化があった場合に、トンネル内の異常や変状箇所を発見し、応急処置と今後の対応策を整理するために実施する調査。

### (1) 臨時点検を行う地震震度

震度5弱以上（公営企業部 水道施設事故対策要綱 初期対応 に準拠）

3 水道事務所長等は、それぞれの管内において、震度4以上の地震が発生した場合は、情報収集を行うものとし、震度5弱以上の地震が発生した場合は、あらかじめ指定している危険箇所の点検を行うものとする。

水道施設事故対策要綱 公営企業部 初期対応

### (2) 点検の方法

臨時点検を実施する時の点検方法 概念図及び概略調査能力を表2.25に示す。

表 2.25 調査方法一覧表（臨時点検）

	調査方法名	調査方法	概念図など	調査能力 (1班, 1日当り)	備考
臨 時 点 検	目視調査	坑口付近のコンクリート覆工面の状況を目視により観察し、クラックなどの変状あるいは漏水の状況などを調査する。 点検時には、前回の点検調書と比較し、進行具合についても観察する。			震度5弱以上が観測された管内において原則として実施する
	水質調査	目視あるいは濁度計により、濁水が生じていないかどうか調査する。			震度5弱以上が観測された管内において原則として実施する
	水位観測	坑口などに設置してある水位計により、急激な水位上昇あるいは水位低下など水位に異常が生じていないかどうかを調査する。			震度5弱以上が観測された管内において原則として実施する
	踏査	トンネルルート上（坑口付近などの土被りが小さい箇所を中心に）を踏査し、地表面のひび割れ、陥没などの異常の有無を調査する。			震度5弱以上が観測された管内において原則として実施する

### (3) 点検結果の評価

点検の結果、異常が認められた場合は、異常の程度などを考慮し、詳細な点検あるいは対策工の実施について検討を行う。



## 6 点検実施計画作成のポイント

対象とするトンネルを安全かつ合理的に運営するためには、トンネルの覆工面や覆工背面に異常が生じていないかを点検によって確認していく必要があるが、現在の点検技術ではいずれかの段階で送水停止を伴う点検が不可欠である。

また、トンネルから送水される水は上水や工業用水など様々な利用がなされており、点検に伴う断水はこれらの利用者に多大な影響を及ぼすことになる。

このため、点検実施に当たっては、以下の点に配慮して効果的かつ効率的に実施していく必要がある。

このガイドラインは、現段階における点検のあり方を示したものであり、点検結果の蓄積・検証を行うことにより、点検頻度や判定基準の追加・変更、及び新技術の採用などによる点検方法の見直しは、固定観念にとらわれず、随時実施していく必要がある。

点検記録は、トンネルの維持管理計画の策定時や次回点検時には必ず必要となるものであり、記録を有効に活用できることが必要である。なお、記録の保管方法については、長期的な視野に立ったデータベース化について検討を行う必要がある。

このガイドラインでは、点検者の交代などによる評価結果のばらつきを平準化するため、判定について一定の基準を示したが、実際の点検及び判定に当たっては、高度な経験を有する専門技術者による意見を聞くことも必要である。

不断水や減水状態での点検方法の確立、あるいは断水時間の短縮化のために、常に新技術の動向を探り、積極的に採用する必要がある。