

農業水利施設の機能保全に関する
調査計画の参考資料
(案)

[水路トンネル編]

平成30年3月

農業水利施設の機能保全に関する調査計画の参考資料（案）
（水路トンネル編）

目 次

2. 水路トンネル	ト-1
2.1 水路トンネルの構成と特徴	ト-1
2.1.1 本資料の位置付け	ト-1
2.1.2 水路トンネルの分類と構成要素	ト-1
2.1.3 水路トンネルの機能と性能	ト-3
2.2 機能診断調査	ト-6
2.2.1 事前調査（既存資料の収集整理等）	ト-7
2.2.2 現地踏査（巡回目視）	ト-16
2.2.3 現地調査（近接目視と計測）	ト-24
2.3 機能診断評価	ト-56
2.3.1 評価の手順	ト-56
2.3.2 機能診断評価の方法	ト-57
2.4 専門的調査	ト-69
2.4.1 専門的調査への移行	ト-69

2. 水路トンネル

2.1 水路トンネルの構成と特徴

水路トンネルは水路の一部を構成し、農業用排水を安定的に所定の区域に送排水するために、開水路による送排水が不可能な山地や起伏の大きい路線に設置されるもので、坑口とトンネル本坑（コンクリート覆工）で構成される。

水路トンネルは、水理特性から無圧トンネルと圧力トンネルに、地山の地質区分から岩トンネルと土砂トンネルに分類され、この分類等により断面形や覆工形式、施工法が異なることに留意する必要がある。

水路トンネルの断面形は、水理的、経済的及び施工的要素から、円形、馬てい形、ほろ形の3タイプに分類され、断面形ごとに水理特性や構造特性が異なることに留意する必要がある。さらに、覆工形式や施工法による分類があり、各工法の特徴を把握することが重要である。

水路トンネルの性能評価は、地山の地質特性や土被り、あるいは水理的特性から決まるトンネル形式の違いと要求性能の違いに留意する必要がある。

【解説】

2.1.1 本資料の位置付け

本資料では、農業水利施設のストックマネジメントのうち、現場での機能診断調査に関する理論及び技術を取りまとめるものである。本資料の対象は農業用排水を送水する目的で建設された水路トンネルであり、ダム仮排水路トンネルについては対象としない。なお、現地での調査着手前の事前調査、調査結果に基づく機能保全対策の検討については、「計画編」に示す。

2.1.2 水路トンネルの分類と構成要素

水路トンネルは、トンネル本坑及び坑口から構成され、取水された必要な農業用水を所要地区に導水する目的で設置される水利施設である。

水路トンネルは、水理特性から無圧トンネルと圧力トンネルに、地山の地質区分から岩トンネルと土砂トンネルに分類され、この分類によりトンネル本坑の覆工形式が異なることに留意する。

さらに、覆工形式、支保工の構造については土被り、地山内部の応力バランスの状況に応じて使い分けられる。十分な土被りが確保されており、地山内部の応力のバランスが取れている場所では、素掘り、モルタル・コンクリート吹付け、無筋コンクリート覆工が、土被りが不十分で地山内部の応力のバランスが取れない場所では鉄筋コンクリート覆工が採用されており、また同様に支保工の構造も地山内部応力のバランスの状況に応じて使い分けられている。

表-2.1.1 に水路トンネルの分類、図-2.1.1 に水路トンネルの構成要素を示す。

表-2.1.1 水路トンネルの分類

着目点	分類
水 理 特 性	無圧トンネル
	圧力トンネル
地山の地質区分	岩トンネル
	土砂トンネル
断 面 形	円 形
	馬てい形
	ほ ろ 形
覆 工 形 式	無筋コンクリート覆工形式（支保工有・無）
	鉄筋コンクリート覆工形式（支保工有）
	モルタル・コンクリート吹付け形式
	素掘り形式
	内張管形式
施 工 方 法	矢板工法
	吹付、ロックボルト工法（NATM）

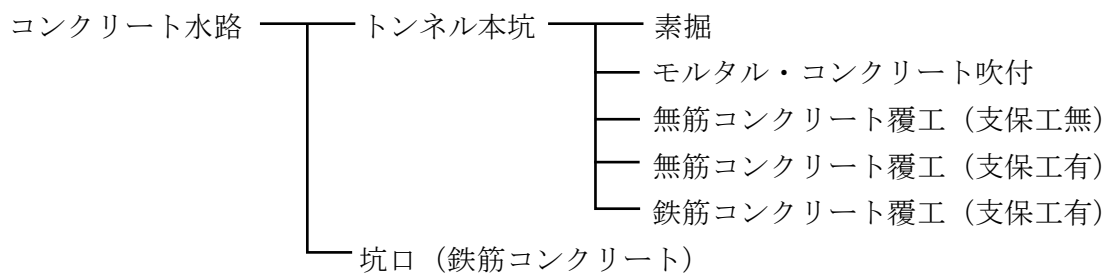


図-2.1.1 水路トンネルの構成要素

2.1.3 水路トンネルの機能と性能

水路トンネルは、農業用排水を送水する目的を有し、その目的を果たすための機能は水利用機能、水理機能、構造機能に分類される。なお、堆砂、ゴミ、雑草などを原因とした通水障害などのように、構造機能に帰結しない性能の低下は必要に応じ別途検討する。

※水路トンネルの場合は他の一般的な構造物における土圧と異なり、地盤の膨張など造山運動に関わる圧力を含むため、区別して地圧と呼ぶことが多いため、本資料でも水路トンネルについては地圧を用いる。

表-2.1.2 水路トンネルの機能と性能及び指標の例

機能		性能の例		指標の例
本 来 的 機 能	1) 水利用機能	水利用に対する性能 (水利用性能)	保守管理・保水性	保守管理頻度(費用)、容易性(補修等の難易度、用水の止水性及び排水性)、維持管理の安全性(酸素濃度、有毒ガス等)
	2) 水理機能	水理に対する性能 (水理性能)	通水性	通水量、漏水量、粗度係数、トンネルインバートの勾配、水位、水面動揺、掃流力(堆積物の流送)
	3) 構造機能	構造に対する性能 (構造性能)	力学的安全性 耐久性 安定性	ひび割れ幅、変形量、断面破壊に対する安全性、継目の開き、段差、摩耗量、鉄筋腐食量、湧水、地圧の有無、覆工背面の空洞の有無、地山の地すべり・陥没、地山の風化度
社会的機能			安全性・信頼性 経済性 環境性	漏水・破損・地表面陥没事故履歴(率・件数)、補修履歴、耐震性、建設費、維持管理経費、補修費、歴史・文化的価値、動物の生息場

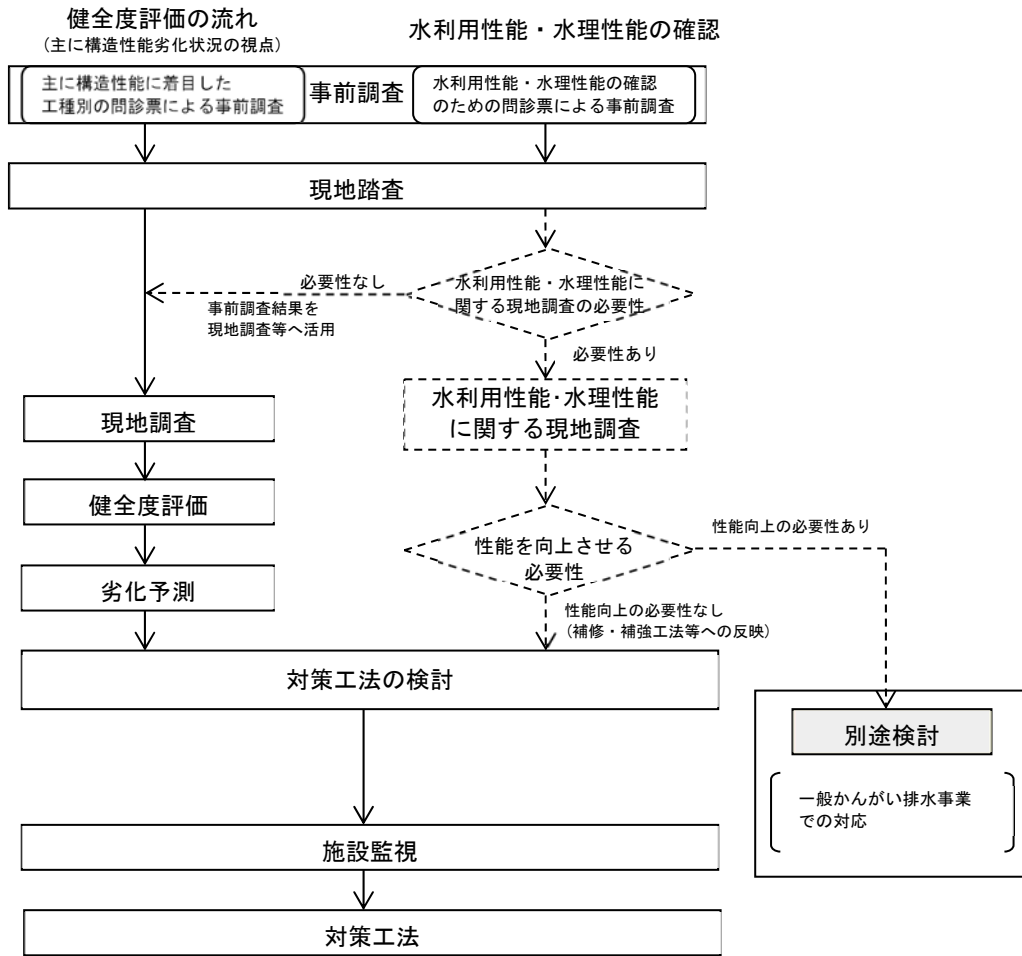
表-2.1.3 水路システム（用水）の機能の記述案

区分	具体的記述案	内容
目的	<p>管理者が水源から目的地まで、所定の水量と水頭を維持して、用水を送水・配水することにより、水源から離れた所に位置する圃場、分水口又は、使用者に必要な用水を適時供給する。（本来機能：水利用）</p>	<p>構造物に要求される性能内のある特定のもの（例えば構造機能）についての社会的最終目標を、一般的な言葉で表現したもの。</p>
機能規定	<p>(1) 水利用機能 水源から分水口又は、圃場まで適時、適量の用水を無効放流することなく効率的、公平かつ均等に送水・配水する。（狭義の環境性を含む）</p> <p>(2) 水理機能 用水を安全に流送、配分、貯留する。</p> <p>(3) 構造機能 (1)、(2)の機能を実体化するための水利構造物の形態を保持する。</p> <p>(4) 社会的機能 ①安全性・信頼性 定められた期間中に一定条件の使用環境のもとで、その機能を正常に果たす。 ②広義の環境性（多面的機能等） ③経済性</p>	<p>目的が満たされるために構造物が供給する機能を一般的な用語で説明する。</p>

出典：農業水利のための水路システム工学-送配水システムの水理と水利用機能-中達雄、樽屋啓之
 （平成 27 年 8 月 20 日），P. 36, 37 に加筆

水利用性能・水理性能の調査・機能診断は主に通水時に実施する一方、構造性能の調査・機能診断は主に断水時に実施することに留意する必要がある。なお、水利用性能・水理性能の確認を行う場合は、個々の施設の性能だけでなく、水利システム全体として捉えつつ、通常の健全度評価のプロセスと併せて進めていく必要がある。そのうえで、水利用性能・水理性能の調査結果より水理計算や水理設計を見直し、施設の構造的な対策工法の検討等に反映させていくことが重要である。

水利用性能・水理性能の確認フロー



2.2 機能診断調査

機能診断調査は、既往の資料や設計・施工図書、施設管理者からの聴き取りなどの事前調査、及び施設の状態の概略把握を行うための現地踏査を予め実施し、これらによって得られる情報を基に、現地調査の調査地点の選定や調査方法、及び劣化要因を検討し、効率的に現地調査を実施する。

調査の実施に当たっては、本編の他、「I.計画編 2.機能診断調査」を参考とする。

【解説】

事前調査、現地踏査、現地調査は図-2.2.1 に示す手順で実施する。

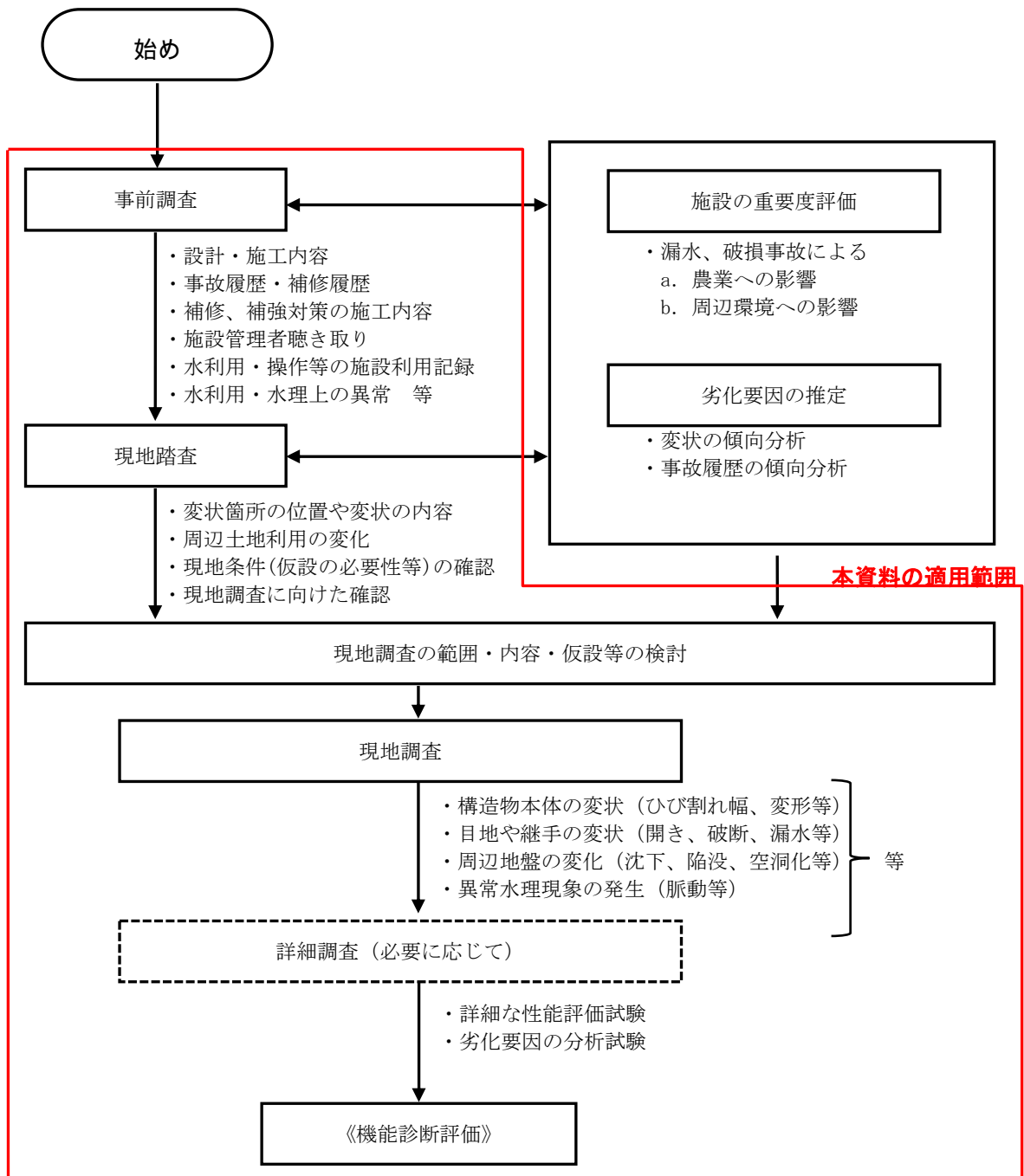


図-2.2.1 調査の手順

2.2.1 事前調査（既存資料の収集整理等）

事前調査では、現地踏査・現地調査の実施方法を検討するために必要な基本情報を収集する。具体的には、施設の設計諸元、図面、施工記録、完成図書、地域特性、地山の特性、過去の診断履歴、事故・補修履歴等の既存資料の収集を行うとともに、断水や減水通水の可能性等について施設管理者からの聴き取りを行う必要がある。

また、通水した状況で現地踏査・調査を行う場合は、その調査手法についても検討する必要がある。

【解説】

事前調査は、施設の概要と問題点を把握して機能診断評価を効率的に実施するとともに、施設の立地条件を参考に、個別の劣化現象の可能性を評価する目的で実施する。

施設管理者（土地改良区等の担当者）への聴き取りに当たっては、対象施設毎に事前調査票（問診票）を準備し、問診票の項目に従って、施設の現況を把握する。また、現地踏査及び現地調査の実施についてのアドバイスについても施設管理者から受ける。

問診調査等と併せて、電子化されたデータベースを活用し、施設基本情報や補修等履歴、既往の機能診断結果を参考にする。

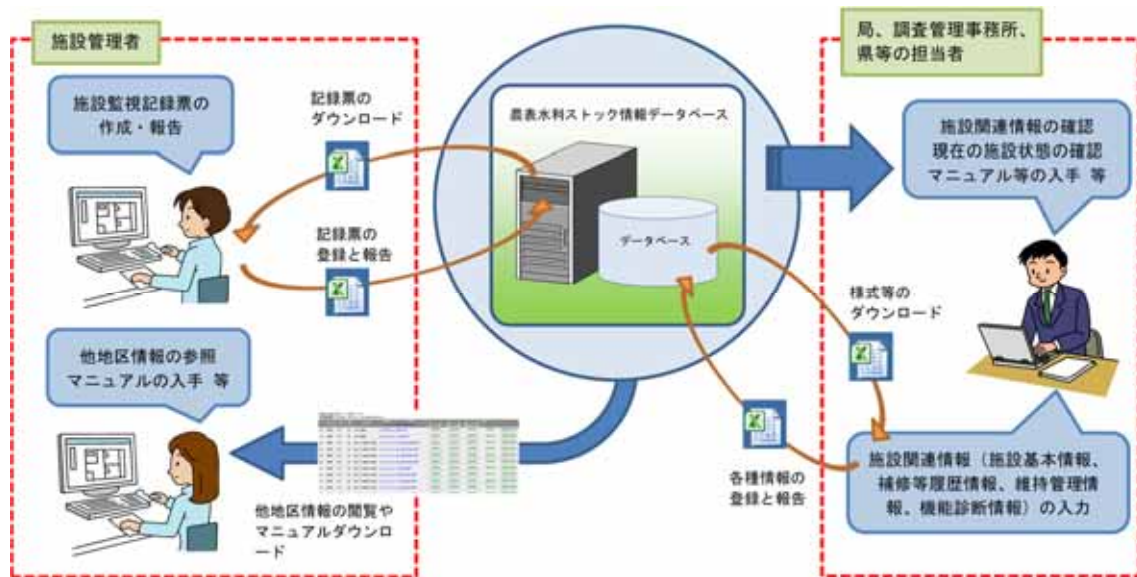


図-2.2.2 農業水利ストック情報データベースからの情報収集

(1) 既存資料の収集整理

設計、施工内容に関する調査では、水路トンネルの設計図書(設計図、業務報告書)、施工記録(施工方法、技術、使用材料)、完成図書(竣工図、出来形調書、品質管理記録等)、地形・地質データ、過去の診断や自己・補修履歴等の資料を可能な限り収集するとともに、必要に応じて、構造物の設計者、使用者や管理者、施工者に対して聴き取り調査を行う。

表-2.2.1 事前調査で収集する既存資料(例)

情報の種類		参考資料	データ収集元	備考	
施設諸元	事業の目的・経緯	工事誌・事業誌	事業主体	事業の目的・経緯	
		事業情報	DB	事業開始・竣工年、総事業費、受益面積	
	施設量の把握	設計書・出来高図面	施設管理者	新設における施設構造、追加距離、工事名、コンクリート配合	
		施工内容	事業主体	コンクリートの使用材料・配合、施工記録、各種試験記録	
		施設管理台帳	施設管理者	土地改良区で管理台帳を作成していることが多い	
		土地改良区管内図	施設管理者	特に規定されていないため縮尺は多様	
		土地改良区パンフレット	施設管理者	概要を把握するのに有効	
		施設基本情報	DB	DB上に登録されている施設を確認 施工年・施設延長・設計流量・工事費・施工者・附帯施設	
施設の補修履歴	土地改良施設維持管理適正化事業記録	施設管理者	土地改良区で実施した保全対策の記録の確認		
	基幹水利施設管理事業記録	施設管理者	土地改良区で実施した保全対策の記録の確認		
	災害復旧事業記録	施設管理者	既往災害及び復旧に関する記録		
	補修等履歴情報	DB	DB上に登録されている過去の補修履歴を確認 施工年・施工範囲・施工工法・施工理由・工事費		
施設の日常管理	総代会議事録	施設管理者	日常管理の状況の確認		
	日常の点検票	施設管理者	既往の日常点検票		
	維持管理情報	DB	DB上に登録されている過去の維持管理費を確認 管理体制、管理費		
施設の機能診断結果	既往の機能診断報告書	事業主体	広域基盤整備計画調査などによる既往の施設機能診断結果		
	機能診断情報	DB	DB上に登録されている過去の機能診断結果を確認 施設変状発生箇所、総合評価結果		
その他	供用状況	取水量・通水量	頭首工操作規則	施設管理者	取水・通水量の経年的な増減の履歴
			水利使用規則	施設管理者	取水・通水期間
		水質	既往調査結果	事業主体 施設管理者	水質に関する既往調査結果
	供用環境	土砂混入状況	既往調査結果	事業主体	土砂堆積や摩耗に関する既往調査結果
		地質条件	地質図・航空写真	事業主体 施設管理者	軟弱地盤、地すべり地形、地下水位に関する情報
		周辺利用	古地図・古い航空写真	事業主体 施設管理者	宅地化の進行や近接施工の有無
	地域特性	塩害の可能性	地形図	事業主体	海岸からの距離と地図上のおおよその位置
		凍害の可能性	地形図	事業主体	地図上のおおよその位置
		A S Rの可能性	地形図と施工記録	事業主体	施工年代と地図上のおおよその位置

注1) 表中のDBは農業水利ストック情報データベースを指す

注2) 緑の着色は、農業水利ストック情報データベースにより確認する情報

(2) 施設管理者に対する問診事項

施設管理者に対する問診事項としては、施設のどの位置に、どのような変状が発生しているかを聴き取ることを基本とするが、可能な限り変状の程度や発生時期、発生条件、水管理・保守上の課題、近接施工の有無、維持補修費用等まで確認する。

施設製造以降、施設管理者が坑内に入ったことが無い場合は、既往の調査の履歴や管理上の課題を中心に聴き取りを行う。

また、現地踏査等のために断水や減水通水が必要な場合は、利水者に影響がないように、

断水あるいは減水通水の時期や期間(時間)に関する資料の収集が必要となる。なお、断水することが出来ず減水通水による場合において、水の供給量が不足する場合は、付近の調整池からの一時的な水の供給等が可能かどうか確認しておく必要がある。

近接施工の有無については、トンネル直上での切土や盛土作業、トンネル周辺の斜面の切り取り作業等が地圧発生の要因となり得るので、確認しておくことが大切である。

また、施設周辺の開発・都市化等による地形や建設物等の変化、事故等による社会的影響、施設の危険度についても聴き取りを行い、施設の重要度評価の基礎資料とする。変状が顕在化している箇所では、対策工の緊急性等について施設管理者の意識・要望等を把握する。施設管理者への問診は、通常、日常点検票に施設管理者が定期的(施設の変状の程度に応じて設定)に記入し、それらの日常点検票を機能診断調査の実施者が収集・整理する。収集した日常点検票については、施設単位での事前調査票(問診票)(表-2.2.2)の作成や、平面図に異常箇所やその内容等を書き込むなどして現地踏査における予備知識として活用できるように整理する。

なお、現状の施設に対して水利用機能や水理機能が適正に発揮されているかについても問診の対象とする必要がある。日常点検票の水利用・水理の記載を確認した上で、水利用機能・水理機能の問診票を用いて下流への配水不足等の問題の有無を確認する。問診に当たっては、水利システム図等を活用する。

表-2.2.3 に水路トンネルにおける水利用機能・水理機能の問診票の例と、図-2.2.4 に水利システムの図の例を示す。



写真-2.2.1 施設管理者への聴き取り状況

(3) 通水状態での調査手法の検討

水路トンネルが上水道水や工業用水との兼用施設であるため、断水出来ない場合などは、通水状態での調査手法を検討する必要がある。

検討に当たっては、通水により目視確認できない箇所や通水量が多くて人が徒歩巡回できない場合などについて、台車の使用や水中カメラ等機械による調査方法を考慮する。

表-2.2.3 水路トンネルにおける水利用機能・水理機能の問診票の例

整理番号	1912001	調査年月日	平成 年 月 日
地区名	R地区	記入者	〇〇コンサル(株)〇〇 〇〇
対象施設名	w水路トンネル	形態	水路トンネル
機能・性能項目		異常の有無、内容	
水利用機能	保守管理 ・ 保全性	1. 異常あり <input checked="" type="checkbox"/> 日常的な保守管理に要する費用や労力が増加している ・ 保守管理に必要な施設(坑口までの管理用道路、除塵(スクリーン)等)が不足している 2. 異常なし	3号支線
		【特記事項】 ・ 除塵設備の破損により塵が流入し、維持管理に要する費用と労力が近年増加している。	
水理機能	通水性	1. 異常あり ・ 所定の流量流下時に不安定な流況が生じる時がある <input checked="" type="checkbox"/> 所定の流量流下時に余裕高が不足する(天端付近まで水位が上昇する) ・ 水路の沈下や変形、異常堆砂等により、安全に水が流れない区間がある <input checked="" type="checkbox"/> 漏水が生じている(又は漏水が疑われる個所がある) ・ 必要な水位が確保できていない 2. 異常なし	1号支線
		【特記事項】 ・ 目地部から漏水が生じている	
水理機能	放余水性	1. 異常あり <input checked="" type="checkbox"/> 放流施設の不具合により豪雨、洪水時等の余水放流が適切にできない ・ 余水放流施設が不足している 2. 異常なし	2号支線
		【特記事項】 ・ 放水ゲートの老朽化によりゲート操作に不具合がある	

【水利システムの図化】

水利用機能や水理機能の問診を実施する場合に当たっては、事前に図-2.2.4のような水利系統や各水利施設が俯瞰的に把握できる模式図を作成して活用する。作成に当たっては、施設の受益面積や水量の当初と現在を記入するとともに、鉄道や主要道路、住宅密集地など立地条件の情報を記入し、水利システムと地域社会との繋がりを明らかにしておくが良い。

水利システム図は既存資料や問診調査結果に基づき、下記の手順を参考に作成する。なお、作成した水利システム図は、情報等に齟齬がないよう施設管理者に内容を確認してもらうことが望ましい。

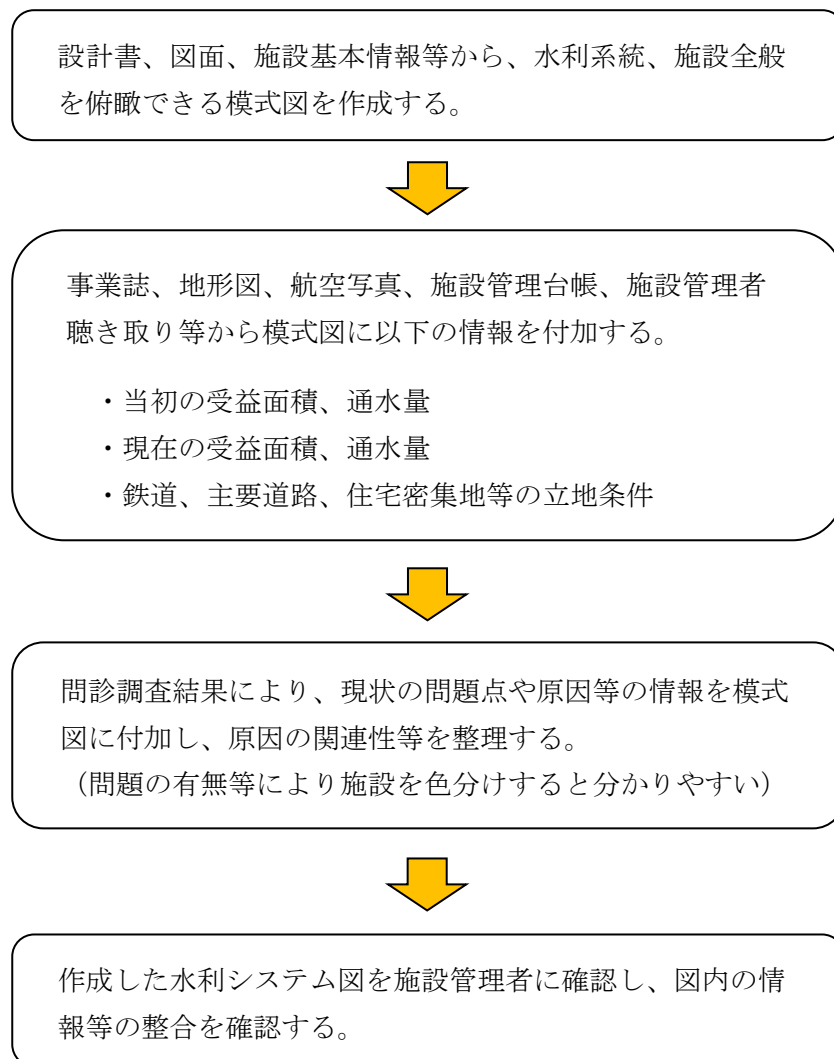


図-2.2.3 水利システム図の作成手順（例）

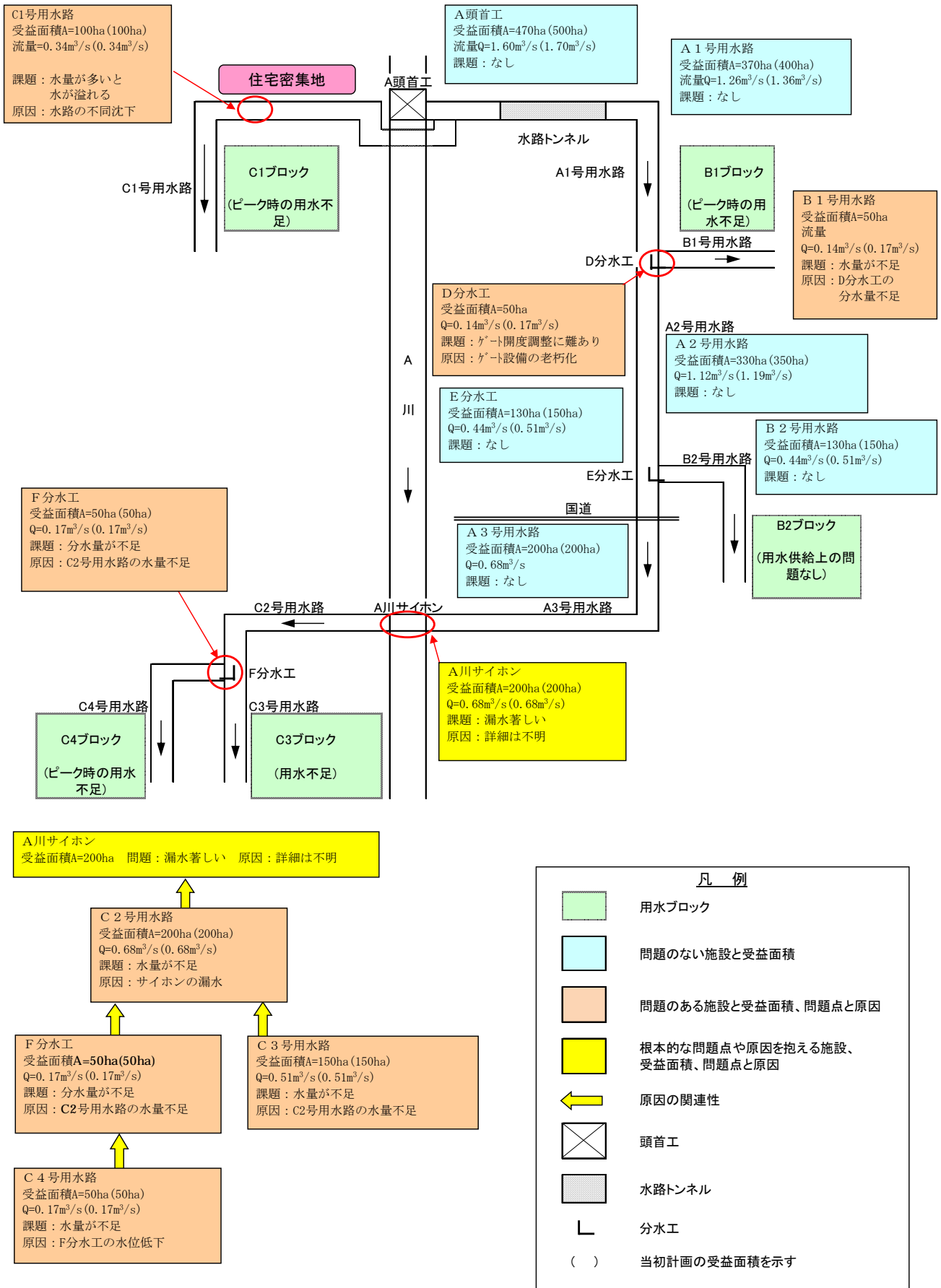


図-2.2.4 水利システム図 (例)

(4) 施設情報の図化

過去のひび割れ状況等の現地踏査・現地調査に必要な情報は、平面図・縦断図、展開図等に記載し整理することが望ましい。なお、情報の図化に当たっては、写真や農地地図情報（GIS）の活用も有効である。