

第4章 機能診断

1 パイプラインの特性を踏まえた機能診断

機能診断に当たっては、複数又は単一の水理ユニットからなる個別施設における構造機能及び水理機能の診断のほか、農業水利システムの水利用機能及び水理機能診断にも着目する。また、パイプラインは性能低下予測が一般に難しいため、変状の進行を迅速かつ的確に把握することが求められる。

このため、管種、管形状による性能低下事象を踏まえた変状の程度が代表的な箇所、変状の顕著な箇所等に着目し、直接的定量調査の調査地点（定点）の設置（P. 50 参照）や調査頻度の増加など、適切な措置を検討する。

【解説】

ア パイプラインは、圧力や流量が影響を及ぼし合う施設群（水理ユニット）ごとに設計され、個別施設の機能を確保している。

イ 個別施設とは、複数又は単一の水理ユニットから構成される「〇〇幹線」等の路線単位の施設を表している。

ウ 調査に当たっては、対象施設の設計内容を踏まえ、農業水利システム及び個別施設に求められる機能に留意し、機能診断を行う。各機能診断の視点を表4-1に示す。これらの診断は、地域の営農形態等を踏まえつつ評価、検証を行う。

【表4-1 パイプラインの機能診断の視点】

機能診断対象	区分	着目する機能	診断の視点
農業水利システム	システム全体	水利用機能 水理機能	送配水性（送配水効率）、水管理性（水管理方式の適性）、分水均等性（システム内の分水均等度）、保守管理保全性（保守・管理の容易性、実施頻度）等
個別施設 （〇〇幹線等）	水理ユニット かつ境界施設	水理機能	通水性（通水量、水位（圧力）、漏水量） 水位・流量制御性（制御方式、制御精度）等
	通水施設	構造機能	力学的安全性（耐荷性）、耐久性、安全性
	附带施設	構造機能	力学的安全性（耐荷性）、耐久性、安全性

エ パイプラインの機能診断とは、農業水利システムの送配水能力、配水管理、施設管理等の観点から課題がないか、個別施設に変状は生じていないか、水理ユニットの境界条件に不具合がないかなどについて、地域の営農形態等を踏まえつつ評価・検証を行うことである。

また、農業水利システムの水利用機能及び水理機能の評価・検証に当たっては、パイプライン系個別施設の機能診断結果のほか、上下流に位置する頭首工（個別施設）や開水路系個別施設等の機能診断結果も考慮して、総合的に検討する。

パイプラインは性能低下予測が一般に難しいため、変状の進行を迅速かつ的確に把握することが重要である。

このため、管種、管形状による性能低下事象を踏まえた変状の程度が代表的な箇所を定期的に診断・監視することが重要であり、それに加えて、変状の顕著な箇所、機能が喪失した場合に影響の大きい箇所、ウィークポイント（P. 22 参照）等を考慮し、直接的定量調査の調査地点（定点）（P. 50 参照）を設け、調査内容を検討する。特にリスクが高い区間や、変状の進行性の把握が難しい箇所については、施設造成者と施設管理者等がリスク・コミュニケーション（P. 102 参照）を行い、調査地点や調査頻度を増加させることが望ましい。

2 農業水利システムの視点での機能診断

農業水利システムの視点での機能診断では、事前調査として資料調査及び施設管理者への問診を実施し、農業水利システム内の課題を把握する。

【解説】

ア 農業水利システムの特徴を踏まえた取組方針

農業水利システムの機能診断では、水管理施設の計測データや施設諸元等に関する資料調査、頭首工などの他の個別施設の機能保全計画、施設管理者等に対する問診により、農業水利システム全体の水利用機能及び水理機能の発揮状況等を確認し、課題の内容を抽出する。

イ 農業水利システムの視点での機能診断調査

(ア) 資料調査

パイプラインの設計図、業務報告書、完成図書（竣工図、施工記録等）、事業誌、工事誌及び情報システム内に蓄積された情報を可能な限り収集し、農業水利システムの全体像を把握する。

水管理施設の計測データ等から、必要水量に対する実水量の乖離や用水需給の不均衡など水利用機能及び水理機能の課題の有無及び内容を概定する。

構成施設の施設諸元（管種、供用年数）、漏水事故、補修履歴等を把握し、現状での劣化の進行を推定する。

上流にある頭首工などの他の個別施設の機能保全計画から、農業水利システムの不具合の有無、発生時期、内容等について把握する。

(イ) 聞き取り調査

農業水利システムにおける水利用機能・水理機能の問診票（表4-2～表4-9）などを活用した問診を行う。問診により、農業水利システムの不具合の有無、発生時期及び内容について把握し、必要があれば現地確認やシミュレーション技術を活用した調査などを検討する。

ウ 機能診断結果の整理

(ア) 農業水利システムの模式図等に資料調査及び聞き取り調査の結果を整理し、農業水利システムとしての課題と要因を明確にする。

(イ) 個別施設の機能診断結果も踏まえ、水利用機能及び水理機能に着目した農業水利システムの機能保全の方向性を検討し、機能保全計画に記載する。

(ウ) (ア) 及び (イ) により、施設管理者、地方公共団体及び施設造成者の調査計画担当者に共有し、農業水利システム全体を対象とした将来の事業化に向けた調査計画につなげていく。

【参考】農業水利システムの機能保全の方向性の例

(1) 送配水弾力性の不具合に対する対応

最新の受益面積やかんがい方式別の日消費水量等を考慮し、現状の用水需要を精査する。また、需要量と供給量の不均衡、水理ユニット間の送水能力などを把握し、調整施設容量の拡大又は調整施設の新設を検討する。

(2) 水管理制御性の不具合に対する対応

地区内のシステム構成を精査し、調整水槽や各分水工地点に水位計を設置することで、遠方監視及び制御を検討する。

【表 4-2 農業水利システム（パイプライン系）における水利用機能
及び水理機能の問診票（1/8）の例】

水利用機能・水理機能に関する問診結果集計表							
基本事項							
地区名				調査年月日	西暦 年 月 日		
施設管理者				記入者	〇〇土地改良調査管理事務所		
施設模式図							
農業水利システム（パイプライン系）における水利用機能・水理機能評価表							
機能	性能項目	番号	評価事項	該当項目を選択する			
				問診結果（評価結果）			
水利用	送配水性	①	搬送効率やかんがい効率	a	b	c	d
	配水弾力性	②	末端水需要の変動に対する 応答性	a	b	c	d
		③	調整施設容量	a	b	c	d
	保守管理 保全性	④	維持管理体制、維持管理費	a	b	c	d
		⑤	保守管理施設の有無	a	b	c	d
	水管理制御性	⑥	制御性	a	b	c	d
	分水均等性	⑦	分水量、分水均等度	a	b	c	d
水理	通水性	⑧	流量、圧力	a	b	c	d
		⑨	漏水の有無	a	b	c	d
		⑩	流況の安定性	a	b	c	d
	分水制御性	⑪	分水位、分水量	a	b	c	d
	水位・流量制御性	⑫	制御方式	a	b	c	d
		⑬	制御精度	a	b	c	d
総合	水利用機能・水理機能 総合評価※			a	b	c	d
低下している性能項目							
性能低下の主要因							
今後の着目点		<input type="checkbox"/> 農業水利システム全体の視点 <input type="checkbox"/> 個別施設の視点					
着目する個別施設							
診断技術者の所見※ （総合評価の要点）							

※総合評価、診断技術者の所見については、問診を実施した診断技術者が記載すること。

【表 4-3 農業水利システム（パイプライン系）における水利用機能
及び水理機能の問診票（2/8）の例】

【送配水性】質問項目①	
搬送効率やかんがい効率	評 価
計画上の取水量では末端で必要水量を確保できないことはありませんか？	a 問題ない（下記より理由を一つ選択） <input type="checkbox"/> 建設当初から問題なかった <input type="checkbox"/> 水需要が減少したので問題ない <input type="checkbox"/> 建設当初から計画用水量を流したことがない <input type="checkbox"/> 不具合改善のための対策を実施済み
	b <input type="checkbox"/> 多少効率が低下しているが実害はない
	c <input type="checkbox"/> 一部の受益者から不満が出ている
	d <input type="checkbox"/> 多くの受益者から不満が出ている
	想定される要因
（例） ・ 管理施設の老朽化が原因（漏水） ・ 水需要の変化に施設が対応できない（調整施設の不足等） ・ 管理体制が弱体化して送配水管理に要する時間が増加した ・ 建設当初から問題があった（調整施設の不足や容量不足）	
問診結果の詳細	
不具合箇所	
【配水弾力性】質問項目②	
需要変動に対する応答性	評 価
受益が必要とする水が増えたり減ったりしたとき、ゲートやバルブ等の管理施設の操作で過不足なく用水を送ることができますか？（用水需要の変動に対し応答できていますか？）	a 問題ない（下記より理由を一つ選択） <input type="checkbox"/> 建設当初から問題なかった <input type="checkbox"/> 水需要が減少したので問題ない <input type="checkbox"/> 建設当初から計画用水量を流したことがない <input type="checkbox"/> 不具合改善のための対策を実施済み
	b <input type="checkbox"/> 多少の不足はあるが実害はない
	c <input type="checkbox"/> 一部の受益者から不満が出ている
	d <input type="checkbox"/> 多くの受益者から不満が出ている
	想定される要因
（例） ・ 管理施設の老朽化が原因 ・ 水需要の変化に施設が対応できない（調整施設の不足等） ・ 管理体制が弱体化して送配水管理に要する時間が増加した、対応が難しくなった	
問診結果の詳細	
不具合箇所	

【表 4-4 農業水利システム（パイプライン系）における水利用機能
及び水理機能の問診票（3/8）の例】

【配水弾力性】質問項目③		
調整施設容量	評 価	
ファームボンドがある場合、水不足時に急激な水位低下が生じたりしていませんか？	a	問題ない（下記より理由を一つ選択） <input type="checkbox"/> 建設当初から問題なかった <input type="checkbox"/> 水需要が減少したので問題ない <input type="checkbox"/> 建設当初から計画用水量を流したことがない <input type="checkbox"/> 不具合改善のための対策を実施済み
	b	<input type="checkbox"/> 多少の水位低下はあるが実害はない
	c	<input type="checkbox"/> 一部の受益者から不満が出ている
	d	<input type="checkbox"/> 多くの受益者から不満が出ている
	想定される要因	
（例） ・ 管理施設の老朽化が原因（水管理制御設備の不具合等） ・ 水需要の変化に施設が対応できない（調整施設の不足等） ・ 管理体制が弱体化して対応が難しくなった ・ 建設当初から問題があった（調整施設の不足や容量不足）		
問診結果の詳細		
不具合箇所		
【保守管理保全性】質問項目④		
維持管理体制、維持管理費	評 価	
日常の維持管理や水路の補修に係る費用や労力に増加傾向がありますか？	a	問題ない（下記より理由を一つ選択） <input type="checkbox"/> 建設当初から問題なかった <input type="checkbox"/> 水需要が減少したので問題ない <input type="checkbox"/> 不具合改善のための対策（職員の増員等）を実施済み
	b	<input type="checkbox"/> わずかであるが費用、労力が増加傾向にある
	c	<input type="checkbox"/> 近年費用、労力の増加が目立ってきている
	d	<input type="checkbox"/> 費用、労力の増加が著しく、経費を圧迫している
	想定される要因	
（例） ・ 管理施設の老朽化が原因（水管理制御設備の不具合等） ・ 管理体制が弱体化して対応が難しくなった ・ 建設当初から対応に苦慮している		
問診結果の詳細		
不具合箇所		

【表 4-5 農業水利システム（パイプライン系）における水利用機能
及び水理機能の問診票（4/8）の例】

【保守管理安全性】質問項目⑤		
保守管理施設の有無	評 価	
日常の維持管理や保守管理に必要な施設（管理用道路、除塵・制水弁・マンホール等）の不足、その他保守管理に影響を与える事象が生じていませんか？	a	問題ない（下記より理由を一つ選択） <input type="checkbox"/> 建設当初から問題なかった（保守管理施設がある） <input type="checkbox"/> 不具合改善のための対策（保守管理施設の増設）を実施済み
	b	<input type="checkbox"/> 保守管理に多少手間取るが実害はない
	c	<input type="checkbox"/> 保守管理に多大な労力がかかる
	d	<input type="checkbox"/> 保守管理施設が不足している、又は保守管理できない箇所がある
	想定される要因	
（例） ・ 保守管理施設の老朽化が原因 ・ 管理体制が弱体化して保守管理上の支障となっている ・ 建設当初から問題があった（当初から保守管理施設がない）		
問診結果の詳細		
不具合箇所		
【水管理制御性】質問項目⑥		
制御性	評 価	
監視・制御装置や水位、流量などの計測設備を安全かつ効率的に操作・運用できていますか？	a	問題ない（下記より理由を一つ選択） <input type="checkbox"/> 建設当初から問題なかった <input type="checkbox"/> 水需要が減少したので問題ない <input type="checkbox"/> 建設当初から計画用水量を流したことがない <input type="checkbox"/> 不具合改善のための対策を実施済み
	b	<input type="checkbox"/> 水位・流量制御に多少不具合があるが実害はない
	c	<input type="checkbox"/> 水位・流量制御に不具合があり、多少支障がある
	d	<input type="checkbox"/> 水位・流量制御に不具合があり、操作・制御できないことがある
	想定される要因	
（例） ・ 管理施設の老朽化が原因（水管理制御設備の不具合等） ・ 管理体制が弱体化して対応が難しくなった ・ 建設当初から対応に苦慮している（制御施設がない、制御方式が適していない）		
問診結果の詳細		
不具合箇所		

【表 4-6 農業水利システム（パイプライン系）における水利用機能
及び水理機能の問診票（5/8）の例】

【分水均等性】質問項目⑦	
分水量、分水均等度	評 価
所定の分水量が適正に配分できていますか？ 末端に必要な水量を確保できていますか？	問題ない（下記より理由を一つ選択） <input type="checkbox"/> 建設当初から問題なかった <input type="checkbox"/> 水需要が減少したので問題ない <input type="checkbox"/> 建設当初から計画用水量を流したことがない <input type="checkbox"/> 不具合改善のための対策を実施済み
	a <input type="checkbox"/> 多少分水量が減少しているが実害はない
	b <input type="checkbox"/> 一部の受益者から不満が出ている
	c <input type="checkbox"/> 多くの受益者から不満が出ている
	d <input type="checkbox"/> 多くの受益者から不満が出ている
想定される要因	
（例） ・ 分水施設の老朽化が原因 ・ 水需要の変化に施設が対応できない、分水施設に老朽化以外の不具合がある ・ 管理体制が弱体化して分水管理に要する時間が増加した、対応が難しくなった ・ 建設当初から問題があった（機能が考慮されていなかった）	
問診結果の詳細	
不具合箇所	
【通水性】質問項目⑧	
流量、圧力	評 価
末端の受益が必要とする水量を流したとき、流量や圧力が不足する等の不具合はありませんか？	問題ない（下記より理由を一つ選択） <input type="checkbox"/> 建設当初から問題なかった <input type="checkbox"/> 水需要が減少したので問題ない <input type="checkbox"/> 建設当初から計画用水量を流したことがない <input type="checkbox"/> 不具合改善のための対策を実施済み
	a <input type="checkbox"/> 多少圧力が低下しているが実害はない
	b <input type="checkbox"/> 一部の受益者から不満が出ている
	c <input type="checkbox"/> 多くの受益者から不満が出ている
	d <input type="checkbox"/> 多くの受益者から不満が出ている
想定される要因	
（例） ・ 管理施設の老朽化が原因（漏水等） ・ 水需要の変化に施設が対応できない（造成当初からの流量減による不具合） ・ 管理体制が弱体化して用水管理上の支障となっている ・ 建設当初から問題があった（当初から流量や圧力が不足していた）	
問診結果の詳細	
不具合箇所	

【表 4-7 農業水利システム（パイプライン系）における水利用機能
及び水理機能の問診票（6/8）の例】

【通水性】質問項目⑨	
漏水の有無	評 価
漏水を起こしている箇所がみられますか？又は、漏水が疑われる箇所がありますか？	a 問題ない（下記より理由を一つ選択） <input type="checkbox"/> 建設当初から問題なかった <input type="checkbox"/> 不具合改善のための対策を実施済み
	b <input type="checkbox"/> わずかな漏水が確認されるが実害はない
	c <input type="checkbox"/> 末端受益地で必要とする用水量確保に苦慮するほどの漏水がある
	d <input type="checkbox"/> 漏水により末端受益地で必要とする用水量が維持できない
想定される要因	
(例) <ul style="list-style-type: none"> ・ 管理施設の老朽化が原因 ・ 建設当初から漏水があった 	
問診結果の詳細	
不具合箇所	
【通水性】質問項目⑩	
流況の安定性	評 価
所定の流量が流下した時に流れが不安定になっていませんか？	a 問題ない（下記より理由を一つ選択） <input type="checkbox"/> 建設当初から問題なかった <input type="checkbox"/> 不具合改善のための対策を実施済み
	b <input type="checkbox"/> 多少流況が不安定なことがあるが実害はない
	c <input type="checkbox"/> 調整施設などの水槽水位が不安定
	d <input type="checkbox"/> 調整施設などから溢水が生じたことがある（生じている）
想定される要因	
(例) <ul style="list-style-type: none"> ・ 管理施設の老朽化が原因 ・ 管理体制が弱体化して適切な管理ができていない ・ 建設当初から流況が不安定であった 	
問診結果の詳細	
不具合箇所	

【表 4-8 農業水利システム（パイプライン系）における水利用機能
及び水理機能の問診票（7/8）の例】

【分水制御性】質問項目⑪	
分水位、分水量	評 価
分土工において、所定の水位及び流量が確保できていますか？	a 問題ない（下記より理由を一つ選択） <input type="checkbox"/> 建設当初から問題なかった <input type="checkbox"/> 水需要が減少したので問題ない <input type="checkbox"/> 不具合改善のための対策を実施済み
	b <input type="checkbox"/> 分水量に多少誤差が生じているが実害はない
	c <input type="checkbox"/> 分水量に誤差が生じ、一部の受益者から不満が出ている
	d <input type="checkbox"/> 分水量に誤差が生じ、多くの受益者から不満が出ている
	想定される要因
(例) ・ 管理施設（分水施設）の老朽化が原因 ・ 建設当初から問題があった（分水機能が考慮されていなかった、分水性能が不足していた）	
問診結果の詳細	
不具合箇所	
【水位・流量制御性】質問項目⑫	
制御方式	評 価
分土工や、分水を調節するゲートやバルブ、計測機器等の配置や構造は適切だと思いますか？	a 問題ない（下記より理由を一つ選択） <input type="checkbox"/> 建設当初から問題なかった <input type="checkbox"/> 不具合改善のための対策を実施済み
	b <input type="checkbox"/> 多少不具合があるが実害はない
	c <input type="checkbox"/> 不具合があり、水管理に多少苦慮している
	d <input type="checkbox"/> 不具合があり、水管理に多大な支障をきたしている
	想定される要因
(例) ・ 管理施設の老朽化が原因（水管理制御設備の不具合等） ・ 建設当初から対応に苦慮している	
問診結果の詳細	
不具合箇所	

【表 4-9 農業水利システム（パイプライン系）における水利用機能
及び水理機能の問診票（8/8）の例】

【水位・流量制御性】質問項目⑬	
制御精度	評 価
水位、流量等の計測設備に不具合 がありませんか？又は不足していま せんか？	a 問題ない（下記より理由を一つ選択） <input type="checkbox"/> 建設当初から問題なかった <input type="checkbox"/> 該当なし
	b <input type="checkbox"/> 多少の不具合（又は不足）があるが、実害はない
	c <input type="checkbox"/> 水位、流量制御に不具合があり、多少支障がある
	d <input type="checkbox"/> 水位・流量制御に不具合があり、操作・制御できないことがある
想定される要因	
(例) ・ 管理施設（分水施設）の老朽化が原因 ・ 建設当初から問題があった（分水機能が考慮されていなかった、分水性能が不足していた）	
問診結果の詳細	
不具合箇所	

3 個別施設の視点での機能診断

個別施設における機能診断調査は、農業水利システムに要求される水利用機能及び水理機能を確認した上で、水理機能や構造機能の状態、変状等を把握するとともに、その要因を特定するものである。

調査項目や調査地点の選定に当たっては、管種や管形状によって異なる性能低下事象（P. 51 参照）を踏まえ、調査の目的を明確にした上で、この目的を達成するために、最適な調査内容となるように検討することが重要である。

【解説】

ア 個別施設における機能診断調査の基本的な考え方

個別施設における機能診断調査では、対象となる個別施設の水理機能及び構造機能全般を把握するとともに、性能低下要因の特定及び対策の検討に必要な事項を調査する。

個別施設の構造機能に関しては、管体（内面又は外面）及び附帯施設の中から選定した定点において近接目視及び簡易計測により変状種別と程度を把握する。その際、管種や管形状によって異なる性能低下事象について考慮することが重要である。

個別施設の水理機能に対しては、個別施設を構成する水理ユニットに着目し、水張り試験等により漏水の有無と漏水量、流量調査により通水量を把握する。

機能診断調査から得られた診断情報は、一元的に情報システムに保存・蓄積し、次の段階の調査において参照し、施設の状態を把握するための基礎情報として活用する。

個別施設の構造機能の低下は、漏水の発生、流速係数の低下、有効断面の減少等による通水性能の低下など、水利用機能の低下として顕在化することが多い。これらの変状は当該施設以外にも影響を及ぼすことがあり、農業水利システムを俯瞰した視点での問診等によって水利用機能及び水理機能を把握することが重要である。このような視点を持つことで、当該個別施設及び関連する施設における対策の検討プロセスを効率的に進めることができる。

イ 機能診断調査の手順（【図4-1 個別施設の機能診断調査の実施フロー】参照）

個別施設におけるパイプラインの機能診断調査は、以下の3段階で実施することを基本とし、必要に応じて詳細調査（試掘による管外面の状態調査や掘り出した管の強度試験等）を実施する。

- ① 資料収集や施設管理者等からの聞き取りによる事前調査
- ② 埋設位置の地上状況や附帯施設の巡回目視により概況を把握する現地踏査
- ③ 近接目視、計測・試験等により定量的な調査を行う現地調査

（ア）事前調査

事前調査では、水利用機能及び水理機能診断結果、設計図、業務報告書、管理・事故・補修記録、頭首工等の他の個別施設における機能保全計画等の文献調査や情報システムの参照、施設管理者からの聞き取り調査等を通じて、施設が機能停止した場合の影響度やリスクの把握に必要な情報等の基本的情報を効率的に収集する。これらの基本的情報を基に、現地踏査や現地調査の実施方法等を検討する。

（イ）現地踏査

現地踏査では、専門的な知見を有する技術者が巡回目視により対象施設を調査し、埋設管の地上状況の確認、露出配管（水管橋）・附帯施設（通気施設・保護施設・調整施設等）の外観調査等を行う。

また、水理ユニットごとに、管種、管形状、ウィークポイント（P. 22 参照）、土地利用条件等を考慮して、直接的定量調査の基本区間を決めるとともに、基本区間のうち、①変状の顕著な箇所、②機能が喪失した場合に影響の大きい箇所、③ウィークポイント、④管種、管形状による性能低下事象を踏まえた変状の程度が代表的な箇所を直接的定量調査の調査地点（定点）として定めることで、現地調査地点（定点）を選定する。

(ウ) 性能低下要因の推定

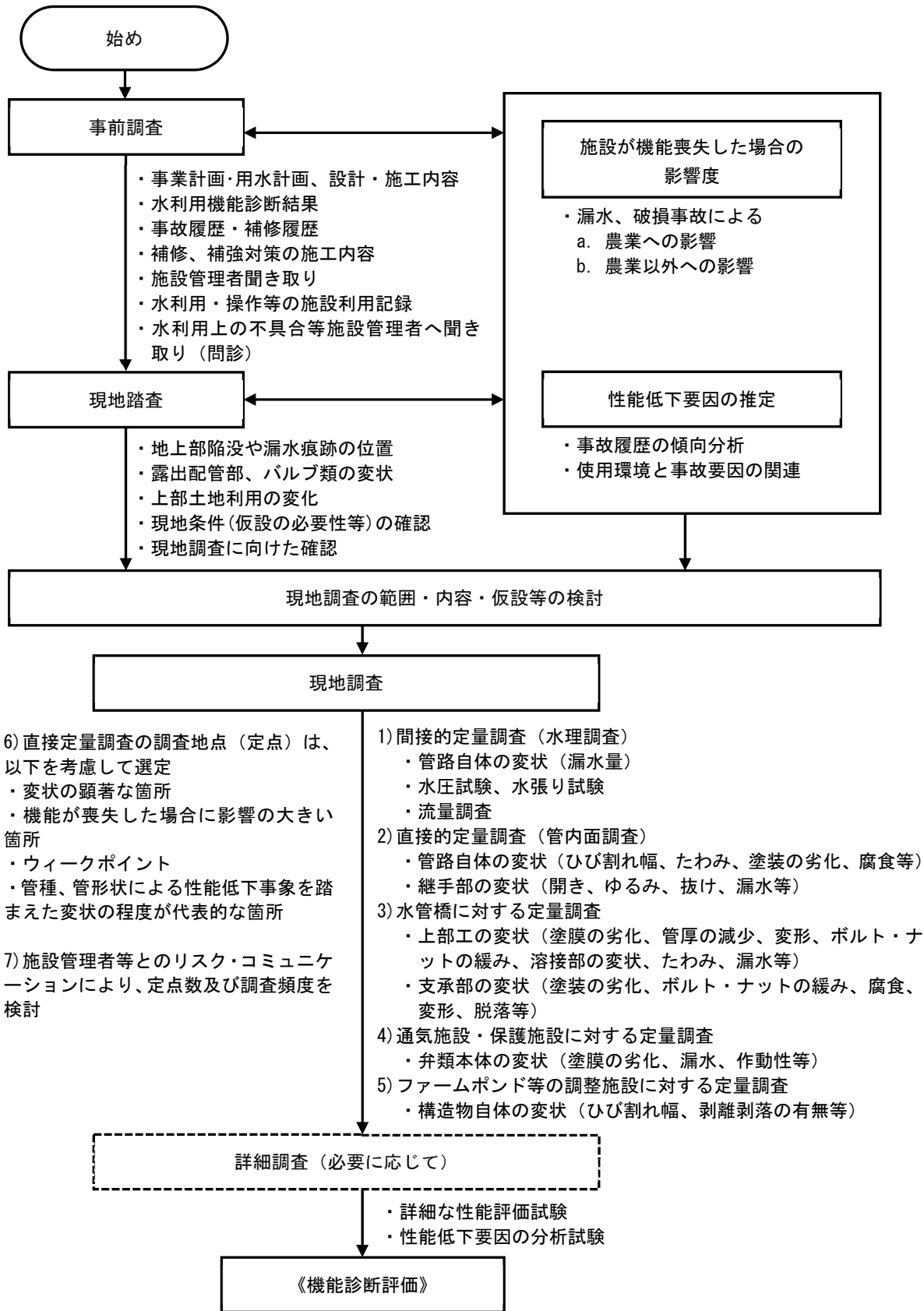
管種、管形状によって異なる性能低下事象を踏まえ、施設の内部要因、外部要因、その他の要因、更にこれらが複合的に影響している可能性も含めて検討し、性能低下要因を整理する。

(エ) 調査計画の立案

事前調査、現地踏査及び性能低下要因の推定結果を踏まえ、現地調査の単位や定量的な調査項目等を決定し、安全対策の必要性の有無など、現地調査の具体的な実施方法を検討する。

(オ) 現地調査

- ① 現地調査は、事前調査・現地踏査で得られた情報、施設が機能喪失した場合の影響度や経過年数等を踏まえ、適切な調査範囲において実施するもので、施設の性能低下状況やその要因について定量的な調査を行う。
- ② 漏水試験、水圧調査、流量調査等の地上から間接的に実施する水理機能に関する定量調査（間接的定量調査）のほか、近接目視、計測、試験等の管内等から直接的に実施する構造機能に関する定量調査（直接的定量調査）を必要に応じて組み合わせる。



【図 4-1 個別施設の機能診断調査の実施フロー】

※機能診断調査の実施フロー図であり、日常管理及び機能保全計画の策定はフローに含まれていない。

4 事前調査（既存資料の収集整理等）

事前調査では、施設の設計諸元、図面、過去の診断履歴、事故・故障履歴、補修履歴、地域特性に関する既存資料を収集・整理し、施設管理者等からの聞き取り等を行い、現地踏査・現地調査の実施方法を検討する。

【解説】

ア 既存資料の活用方法

情報システム等で農業水利システムの水利用機能及び水理機能の診断結果、前回機能診断報告書、前歴事業の設計図書、施設の事故・故障履歴、補修履歴等の情報、通水量の変動情報、水質等の施設供用環境に関する情報、地域の気象情報、地形・地質的な地域特性等を把握することにより、機能診断調査を効率的に実施することが重要である。また、収集・整理した資料は機能保全計画策定において施設現況調査の基礎資料として活用する。

【参考】機能保全のための情報

国営造成施設において機能保全に活用できる情報の入手先を表4-10に示す。

【表4-10 農業水利施設の機能保全に活用できる情報の入手先（国営造成施設）】

情報システム等	所在	媒体	内容
① NN-Station	・情報システム(国職員が利用できる)	・電子ファイル(PDF、Word、Excel、CAD等)	・事業成績書(水理縦断図等) ・地区全体を対象にした計画検討業務 ・個別施設を対象にした計画、調査設計、工事等の情報
② 農業水利ストック情報データベースシステム	・情報システム(国職員、施設管理者等が利用できる)	・Excel(GSV形式)や出力帳票(電子ファイル)	・個別施設の施設諸元、機能診断情報等

イ 設計、施工内容に関する既存資料の収集整理

設計、施工内容に関する調査では、パイプラインの設計図、業務報告書、完成図書(竣工図、施工記録等)、地形・地質データや当時の設計基準、施工方法・技術、使用材料、施工年月、事業誌、工事誌、情報システム内に蓄積された情報及び用地関係の資料を可能な限り収集する。

(ア) パイプラインの名称、所在地、設計者及び施工者

これらの項目は調査対象の構造物の基本事項であり、必要に応じて設計者や施工者への聞き取り調査を行う。

(イ) 竣工年月

性能低下事象は経年的に進行することが多く、竣工後の経過時間を把握することが重要である。また、施工当時の各種基準、管路諸元などを把握することで、性能低下要因を推定することができる場合もある。

(ウ) 通水開始年月

管内面の腐食は経年的に進行することが多く、管理日報などから通水開始年月を確認し、経過時間を把握することが重要である。

(エ) 設計内容

設計図、業務報告書、完成図書等から、管種・管形状の諸元、バルブ類の形式、当初の設計条件、ゴム輪等の部材諸元等を調査し、設計内容の妥当性を確認する。また、当初と現在の設計基準・規格の内容を比較し、必要に応じて現在の設計基準・規格により安全性を確認する。さらに、現地踏査及び現地調査の結果と比較して設計条件との違いを明らかにする。当初から変化した条件については、設計等を再検討し、現時点での条件の妥当性を確認する。

(オ) 施工内容

管敷設時のジョイント間隔、ゴム輪位置、中心線のずれ、たわみ率、塗膜厚等の施工時の記録を入手することで、機能診断調査結果との比較が可能となり、変状の経年変化量を算定できる。

また、管割図から継手及び継ぎ輪構造・位置、管理孔等の位置、設計時点からの管種変更箇所等の施工内容を調査し、直接的定量調査の調査計画立案に活用する。

ウ 事故・故障履歴、補修履歴、地震時変状等の収集整理

(ア) 事故・故障履歴、補修履歴、地震時変状等の調査では、施設管理者等から資料を収集し、破損の状態、補修・補強の方法、場所等を平面図や縦断図に記入して整理し、変状の特徴等を分析する。漏水事故については、施設管理者等による管理記録等のデータを収集し、管種、管形状、埋設経過年数、供用年数等を整理し、事故の要因を把握・整理する。また、地震時に生じた変状については、現状で漏水事故に至っていない場合でも、ウィークポイント（P.22 参照）として、その進行性を把握・分析することが重要である。

(イ) 事故・故障履歴、補修履歴、地震時変状等を調査することで、現在発生している変状が過去の変状と類似の原因によるものか、補修による効果がどの程度あるかを推定することが可能になる。調査計画の策定に当たっては、使用環境が類似している範囲に同様の変状が発生する可能性があることから、これらに対する資料整理も重要である。

エ 地域特性に係る資料の収集整理

パイプラインは、土質、地下水等の埋設環境、地盤条件、上部及び周辺の土地利用等の敷設条件といった、力学的・化学的作用により、構造性能に悪影響を及ぼす可能性がある。既往のボーリングデータ、土壌評価、水質調査等を基に、埋設地盤の力学的評価、土壌及び水質の腐食性といった化学的評価、地下水位、液状化・不同沈下の可能性等を把握し、性能低下要因を推定するための基礎資料とする。

【参考】埋設環境に関する資料の収集整理

(1) 土質

強酸性土壌等の腐食性の強い土壌は、鉄鋼系の埋設管の発錆・腐食の要因となる。泥炭地帯、腐植土、粘土質土壌、海成粘土等の酸性土壌や土壌に硫黄分を含む場合は、一般に腐食性が高いため、これらの影響を考慮する必要がある。また、鉄鋼系の埋設管については、コンクリートと土壌の境界や、粘性土と砂質土の境界などマクロセル腐食が発生しやすい環境について考慮する必要がある。

(2) 地下水の水質

パイプライン周辺地盤の地下水の水質が、強酸性、強アルカリ性又は温泉水などの硫黄物を含むしている場合など、管種によっては、管体の腐食等の要因となる。例えば、PC管については、侵食性遊離炭酸がカバーコート腐食の要因と指摘されているケースが多い。酸性の工場廃液や汚れた河川水が地下水へ浸透している場合、海浜地帯など地下水に多量の塩分が含まれる場合、侵食性遊離炭酸が多く含まれている場合等は、その水質や管路との位置関係を把握し、パイプラインに与える影響を考慮する必要がある。

(3) 電気的特性等

一般に鉄道（直流）、変電所等が、鉄鋼系の埋設管に近接する場合は、管体に対して迷走電流による電食のおそれと考えられる。

また、埋設管路に近接して外部電源方式の電気防食の措置を講じている管路がある場合は、外部電源用電極の周辺地盤の電位が干渉して電食が生じるおそれがある。

(4) 地盤条件

傾斜面に沿って配管されている箇所などは、地下水により基床砂が流亡していることもあるので、土砂の流動状況や、止水壁、ドレーンの設置状況に配慮する必要がある。

そのほか、下記のような敷設・地盤条件の場合も留意が必要である。

- ① 不同沈下の原因となる盛土・切土境界など土質・地質条件の変化点
- ② 長期的な地盤沈下による継手部の抜出しの可能性のある軟弱地盤
- ③ 地震時のパイプラインの浮上の原因となる液状化しやすい地盤

(5) 上部及び周辺の土地利用

管路の敷設当時の土地利用条件と現況に変化が生じた場合、管体に過大な荷重や偏土圧を生じ、管体の損傷につながるおそれがあるため、下記のような敷設条件の場合は留意する必要がある。

- ① 宅地下を通る管路（耕地から宅地になり、上載荷重が変化）
- ② 耕地から道路になった所、又は道路拡幅が行われた所を通る管路
- ③ 開発等の掘削に伴い埋設深が減少した所（変動荷重の増加、管体浮上等）

オ 施設管理者等に対する問診事項及び取りまとめ方法

(ア) 「施設の変状」、「水利用上の支障」、「施設の機能喪失による農業面への影響」、「施設が損壊した場合の周辺環境等への影響」、「影響度評価に必要な情報やリスク」等については、施設管理者等から提供された日常点検結果、農業水利システムに関する水利用機能及び水理機能の問診票等を活用して把握する。

(イ) 施設管理者等への問診事項は、施設のどの位置にどのような変状が発生しているかを把握す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、維持補修費用、バルブ等の操作の実態等についても確認することが望ましい。

また、施設周辺の開発や都市化等による地形や建設物等の変化、漏水事故等による社会的影響、施設の危険度等についても聞き取りを行い、施設が機能喪失した場合の影響度を把握するための基礎資料とする。変状が顕在化している地区では、対策工の緊急性について施設管理者等の意識や要望を把握する。現地調査時に断水調査を想定している場合は、通水期間、断水可能期間（時間）なども把握する。

(ウ) 通常、施設管理者等が定期的（施設の変状の程度に応じて設定）に記入した日常点検票（表 3-1）を機能診断調査の実施者が収集する。収集した日常点検票は、表 4-11、表 4-12 に示す施設単位での事前調査票（問診票）の作成に活用する。また、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整理する。

カ 施設情報の図化

施設が機能を喪失した場合の影響度評価や、現地踏査・現地調査に必要な情報（管路諸元、事故・故障履歴、補修履歴、漏水箇所、腐食性土壌の区間等）は、平面図・縦断図等に記載し、水理ユニットごとに整理する（図 4-2）。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。

【表 4-11 個別施設単位の事前調査票（問診票）（1/2）の例】

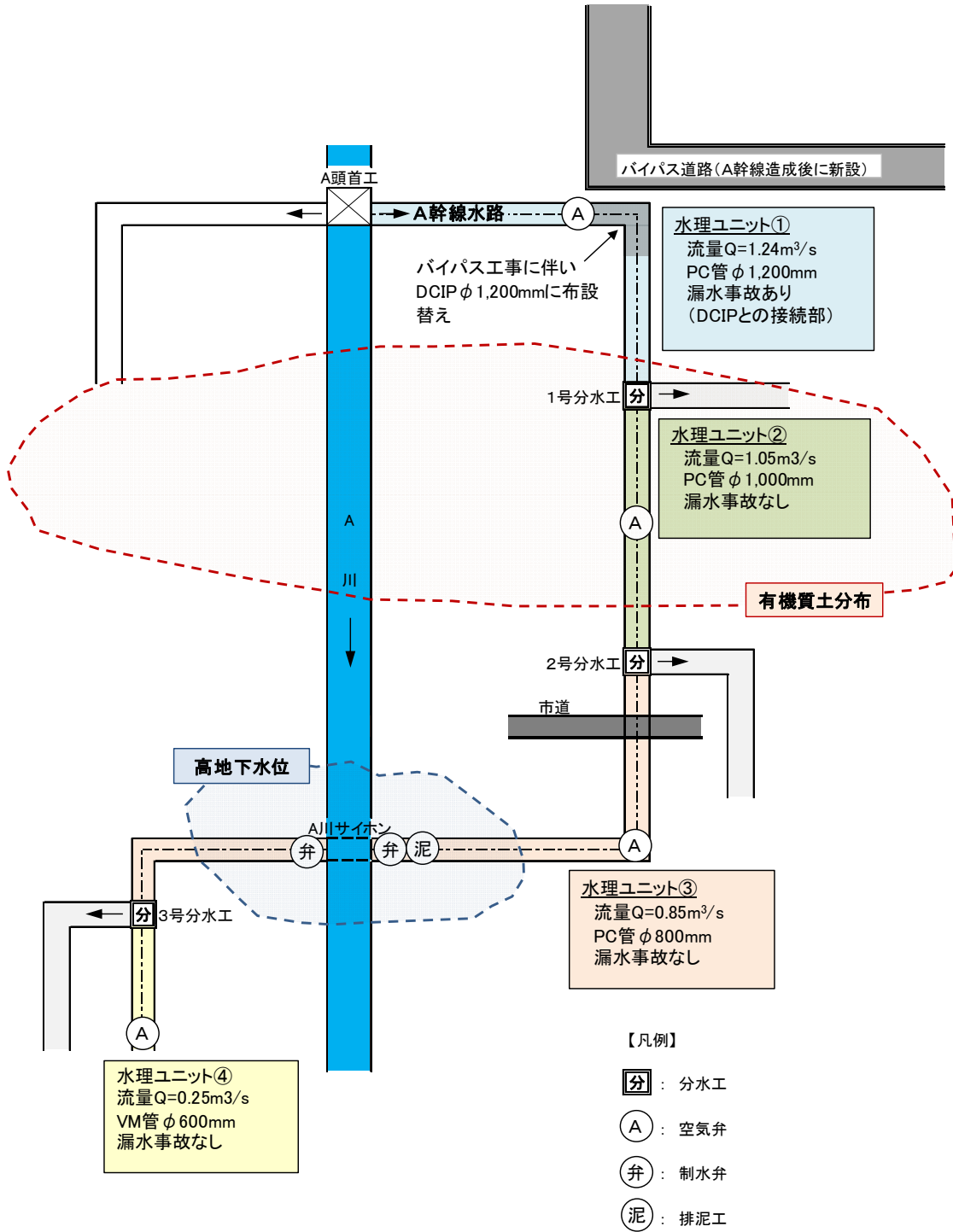
整理番号		調査年月日	西暦 年 月 日
地区名		記入者	
施設名			
項目	異常の有無、内容※ ¹	異常箇所※ ²	
管路の通水性	1. 異常有り ①流量が相当不足し、所定の機能が発揮されていない。 ②流量が不足し、通水性の低下傾向が顕著になっている。 ③流量がやや不足し、通水性が年々低下傾向にある。 ④その他の異常が見られる。()		
	2. 異常無し 【特記】		
末端給水（用水量）	1. 異常有り ①用水量が相当不足している。 ②用水量が不足し、用水量の低下傾向が顕著になっている。 ③用水量がやや不足し、用水量が年々低下傾向にある。 ④その他の異常が見られる。()		
	2. 異常無し 【特記】		
水管理	1. 異常有り ①流量制御、圧力制御が困難で、所定の分水・配水管理が不可能な状態。 ②流量制御、圧力制御が困難な状態にあり、制御性に大きな問題が生じている。 ③流量制御、圧力制御にやや難があり、かつ制御性は年々低下傾向にある。 ④その他の異常が見られる。()		
	2. 異常無し 【特記】		
環境 (騒音・振動等、施設の変状・劣化と因果関係のあると思われるもの)	1. 異常有り ①騒音・振動が認められる、苦情、改善要請がある。 ②その他の環境に関わる苦情、改善要請がある。 ()		
	2. 異常無し 【特記】		

【表 4-12 個別施設単位の事前調査票（問診票）（2/2）の例】

項 目	異常の有無、内容※ ¹	異常箇所※ ²
露出配管	1. 異常有り ①変状が激しく、亀裂や変形が見られる。あるいは、漏水箇所がある。 ②塗装膜の剥げ落ち、腐食、錆等の変状が全体に拡大している。 ③塗装膜の剥げ落ち、腐食、錆等の変状の拡大が見られ、全体に拡大する傾向にある。 ④その他の異常が見られる。() 2. 異常無し 【特記】	
分・配水槽 調圧水槽	1. 異常有り ①水位の変動が激しく、溢水を生じている。 ②水位が脈動して安定せず、水位制御が困難になっている。 ③水位の安定性が年々低下してきている。 ④その他の異常が見られる。() 2. 異常無し 【特記】	
バルブ類 (仕切り弁、空気弁等)	1. 異常有り ①正常に機能していない(弁が完全に閉まらない等)。 ②弁座からの漏水、操作性の低下など、老朽化が著しく、機能停止は時間の問題。 ③操作性が低下(操作力が異常に大きい等)している。 ④その他の異常が見られる。() 2. 異常無し 【特記】	

※1 異常の有無、内容は、該当する番号に○印をつける

※2 異常箇所は、測点、又は大まかな位置を記入する。



【図4-2 施設情報の図化(例)】

5 現地踏査

事前調査で得られた情報を基に、地上部や附帯施設、露出配管部等について現地踏査を行い、変状の位置や内容等を大まかに把握するとともに、現地調査を行う箇所、調査項目、安全対策の必要性の有無など、現地調査の具体的な実施方法を検討する。

また、水理ユニットに着目し、管種、管形状、ウィークポイント（P. 22 参照）、土地利用条件等を考慮して定量調査の基本区間を決めるとともに、基本区間のうち、変状の顕著な箇所、機能が喪失した場合に影響の大きい箇所、ウィークポイント及び管種や管形状による性能低下事象を踏まえた変状の程度が代表的な箇所を考慮して直接的定量調査の調査地点（定点）として定める。

【解説】

ア 現地踏査の基本的な考え方

（ア）現地踏査では、事前調査で得られた情報を基に、巡回目視により対象路線全体の変状の状況を概略的に把握する。具体的には、埋設位置の土地利用状況、水管橋や調整水槽等の変状、空気弁等のバルブ類の変状、その他地上部で確認できる変状を確認する。また、管内面調査を実施する場所や調査単位、安全対策の必要性、定量的な調査項目とその調査方法を具体的に決定する。

（イ）現地踏査は、専門的な知見を有する技術者が主体となって行う。その際、日常管理を通じて平常時の状況を熟知している施設管理者等が同行することが望ましい。

（ウ）農業水利システムの視点での機能診断及び事前調査で、分水制御性の低下や末端での用水量不足等の水利用機能及び水理機能に問題があると判断された場合は、現地踏査の際に分水施設の作動状況等を調査する。

（エ）現地踏査を行うに当たっては、以下の点に留意する。

- ① 地盤の陥没、崩壊及び漏水痕跡の有無
 - ② 水管橋及びその他露出配管部の変状
 - ③ 調整水槽本体、その他配管施設・バルブ等の変状
 - ④ サイホン部の河床低下及び露出の有無
 - ⑤ 空気弁等のバルブ類の外観及び作動状況、計器類の状況（故障の有無）
 - ⑥ 埋設位置の地上部の土地利用状況
 - ⑦ 重要構造物や避難施設、宅地の有無及び占用する道路の状況
- また、現地調査に向けての準備として、以下の点を確認・検討する。
- ⑧ 制水弁工等、簡易流量計の設置可能な場所の確認
 - ⑨ 分水工、調圧施設等の管内への進入可能な場所の確認
 - ⑩ 管内面調査地点の概定及び安全対策

（オ）現地踏査に当たっては、事前調査で整理された施設情報や認識されている変状等を基に、踏査箇所や確認すべきポイントをあらかじめ整理した帳票を作成する。現地踏査票の参考例を表 4-13 に示す。

また、今後の現地調査及び継続調査において調査ポイントや過去の変状を容易に把握するために、事前調査で作成した施設情報が記載された平面図等を活用することが望ましい。

【表4-13 パイプラインの現地踏査票の例】

整理番号		調査年月日	西暦 年 月 日
地区名		記入者	
施設名			
写真整理No.			
	変状項目	変状の程度	変状箇所 [※]
周辺状況	地盤の陥没、崩壊、漏水痕跡		
	重要構造物や避難所 宅地、道路等の建築物		
	敷設時からの地上部土地利用 状況の変化		
露出部	水管橋、露出配管部の変状		
	サイホン部の異常河床低下、 サイホンの露出		
附帯施設 (バルブ類)	周辺地盤の陥没、崩壊、漏水痕 跡等		
	バルブ類の発錆等外観状況		
	バルブ類の作動状況		
	漏水の有無、状況		
	弁体作動と開度計の指示の整 合		
	計器類の指示状況、よごれ		
附帯施設 (調整施設等)	ひび割れ、コンクリート表面の 剥落、欠損など		
	摩耗、骨材の露出		
現地調査の適 用性	簡易流量計等の設置可能な場 所の確認		
	管内への進入可能な場所の確 認		
評価	現地調査地点（定点） （機能診断調査として現地調 査を行うのに適当な箇所、調査 地点の概定及び安全対策）		
	詳細調査箇所 （補修対策の必要有無を判断 するための詳細調査が必要な 箇所）		
	補修対策の必要箇所 （早急に補強・補修工事を必要 とする箇所）		
特記事項			

※ 変状箇所は、路線測定番号、施設番号、調査平面図に付した番号等のいずれかを記入し、今後経年調査で場所が照合できるようにすること

イ 現地調査地点の考え方

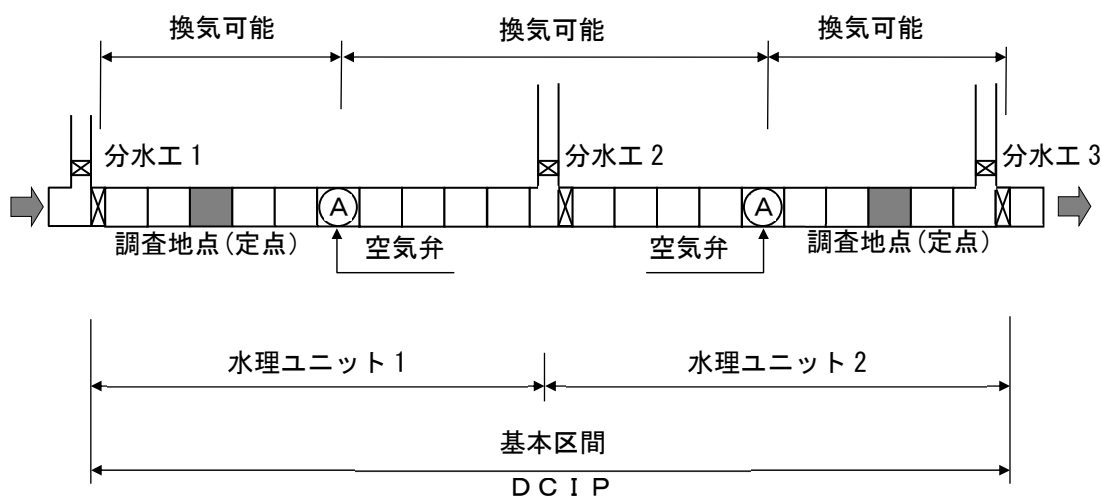
(ア) 直接的定量調査の区間は、分水施設間で挟まれた水理ユニットに着目し、管種、管形状、ウィークポイント、土地利用条件等を考慮して基本区間として選定する。特に、直接的定量調査の実施区間の選定では、空気弁や水槽等の管内進入箇所、作業時間、換気確保、管内面作業の安全性等の実務上の視点を考慮する必要がある。

基本区間の中で、重点的に状況を確認する直接的定量調査の調査地点（定点）を定めるが、その選定に当たっては、以下に配慮する。

- ① 変状の顕著な箇所
- ② 機能が喪失した場合に影響の大きい箇所
- ③ ウィークポイント
- ④ 管種や管形状による性能低下事象を踏まえた変状の程度が代表的な箇所

④については、変状が基本区間において同等である箇所を対象に、直接的定量調査の実施しやすい地点を選定し、基本区間の代表的な変状の進行を確認することとする。ただし、管種によっては変状の進行性が把握しにくく、性能低下予測が難しい場合がある。その際には、定点数や調査頻度を増加させることを検討し、限られた調査機会を最大限に効率的なものにすることに留意する。また、管内面調査が可能な路線においては、安全性を確保するため、管内に進入可能で換気の可能な範囲内に定点を設置する。管内面調査ができない路線においては、附帯施設に定点を設置することについて検討する。

(イ) 定点は各施設において継続的な機能診断や施設監視等を行う地点として用いるため、過去に施設の機能診断調査等が実施されている場合には、経年変化を分析できるように、当該調査地点を活用する。



【図 4 - 3 直接的定量調査の調査地点の設定 (例)】

6 性能低下要因の推定

性能低下要因の推定は、管種や管形状によって異なる性能低下事象を踏まえ、施設の内部要因、外部要因及びその他要因が影響している可能性を含めて検討し、整理する。

【解説】

- ア パイプラインの性能低下は、施設の内部要因（管体及び継手の劣化、発錆・塗膜劣化等の材料に起因する要因）、外部要因（土壌の腐食性や想定外の外力等に起因する要因）、その他の要因（不適切なバルブ操作による過剰水圧等の施設運用面等に起因する要因）に影響されて進行する。
- イ パイプラインは管路と附帯施設が連携して一つのシステムとして機能しているため、附帯施設の変状や分水バルブ等の機器の操作方法によっては、管路の性能低下が引き起こされる可能性があることにも留意する。
- ウ パイプラインの性能低下要因は、立地（埋設）条件及び配管設計条件によって異なり、変状は複数の要因から生じることが多いため、要因の推定に際しては注意する必要がある。また、管体の性能低下メカニズムは、管種や管形状によって大きく異なるため、管種・管形状別に整理するとよい。
- エ 過去の機能診断結果を含めた事前調査及び現地踏査の結果から、どのような性能低下が起こっているかをある程度推定することが可能である。性能低下要因を推定する上での視点を表4-14に示す。
- オ 主な性能低下要因は、表4-15及び表4-16に示す「性能低下要因推定表」の関連性の高さで判断されるが、関連性が低い要因であっても、過去の機能診断結果や事故原因調査等から要因として特定されている場合は、関連資料の追加収集や現地調査計画への反映を行う。
- カ 管種や管形状によって異なる性能低下の特徴とその原因について以下及び図4-4～図4-10に示す。
- (ア) コンクリート系管種
コンクリート系管種には、コア式プレストレストコンクリート管（PC管）、遠心力鉄筋コンクリート管（RC管）及び石綿セメント管（ACP）がある。コンクリート系管種の主たる性能低下要因は、外力変化による力学的要因による継手部の性能低下と、侵食性因子によるコンクリート材料の化学的侵食が考えられる。ここではPC管とRC管の性能低下要因と変状、ACPに関する概要について示す。

a コア式プレストレストコンクリート管（PC管）

遠心力又はロール転圧で成形したコンクリートコアの外周に、PC鋼線を所定の張力で巻きつけ、カバーコートモルタルを吹き付けた管である。RC管より耐内外圧強度が大きく、経済性・耐荷重性に優れるが、重量が大きく耐衝撃性・施工性に劣る。また、構造上、切断して使用はできない。継手にはソケット継手とカラー継手があり、ゴム輪は昭和57年頃より天然ゴムから合成ゴムに変更されている。

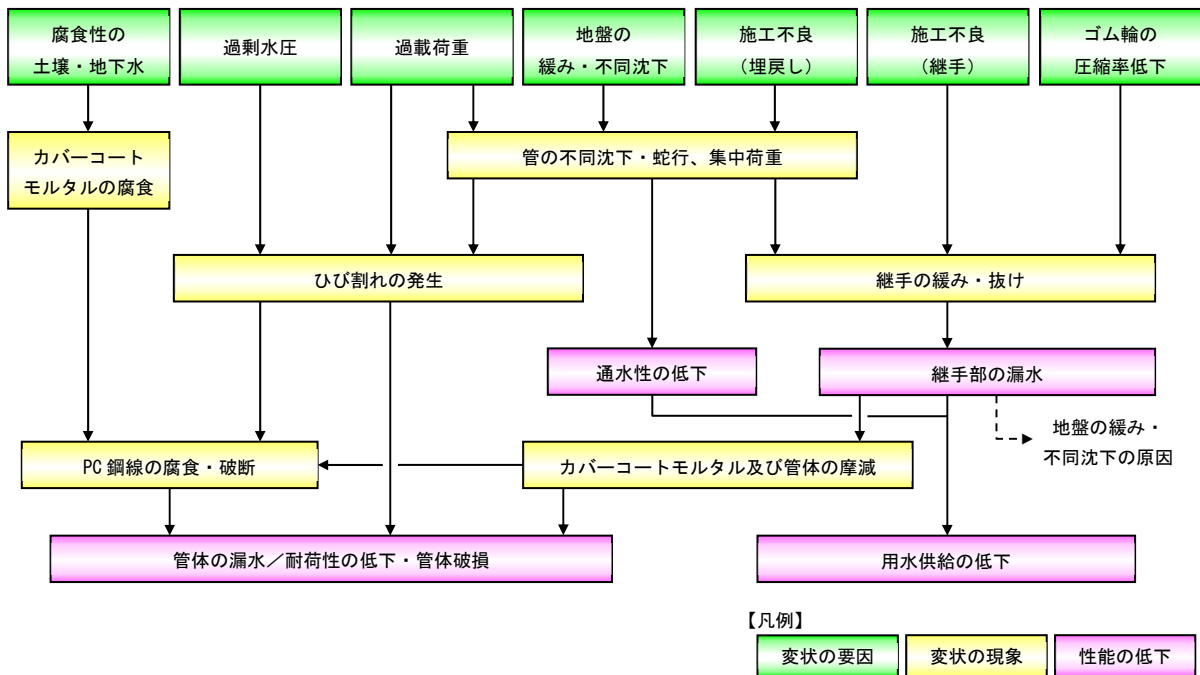
性能低下要因は力学的要因と化学的要因に分類される。力学的要因では、不とう性のため外力変化の影響が継手部に集中し、継手緩みやゴム輪圧縮率低下により漏水が発生する。さらに、漏水により、サンドブラスト現象が生じ、カバーコートモルタルが摩耗してPC鋼線が露出・腐食し管体破損に至ることや、ゴム輪の摩耗・脱落が発生し、大規模漏水となる場合もある。化学的要因では、腐食性土壌や侵食性遊離炭酸を含んだ地下水によりカバーコートモルタルが化学的侵食を受け、PC鋼線の腐食・破断から管体破損に至る場合もある。

性能低下要因を踏まえると、PC管の現地調査（管内面調査）では特に継手損傷に着目し、継手曲げ角度や継手間隔に留意する。

また、侵食性遊離炭酸濃度が高い地下水が想定されるなど、カバーコートモルタルの化学的侵食が懸念される場合は、試掘による管外面調査を実施し、中性化残り厚の定量計測等を行うことが望ましい。



【写真4-1 PC管（PC鋼線の破断による管体破損）】



【図4-4 PC管の性能低下とその原因の例】

b 遠心力鉄筋コンクリート管（RC 管）

鉄製型枠内にかご形鉄筋を設置し、型枠を回転させながらコンクリートを投入することで、遠心力により型枠内面にコンクリートが圧着して管が成形される。成型後は脱型せずに蒸気養生を行う。経済性・耐久性に優れるが、管体重量が重く、耐衝撃性・施工性に劣る。継手にはゴム輪を用いたソケット継手とカラー継手があり、低圧パイプラインに適している。

性能低下要因は外力変化による力学的要因が主である。不とう性管のため外力変化の影響が継手部に集中し、継手緩みやゴム輪圧縮率低下により継手部で漏水が発生することがある。また、鉄筋コンクリート構造物と同様にひび割れによる耐荷力低下が生じる。一方、RC 管は内外面とも密実なコンクリートのため、PC 管のカバーコートモルタルより化学的抵抗性が大きく、鉄筋腐食はひび割れ発生に伴って生じることがある。

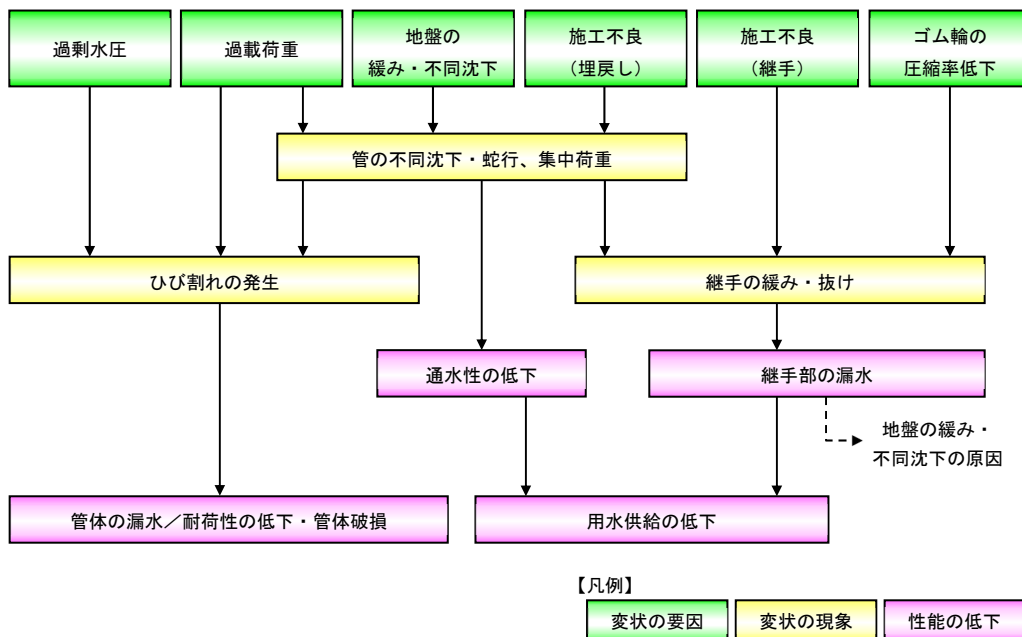
なお、RC 管は JIS 規格制定が早く、古くから使用されているため、設計手法の変遷により外圧荷重・水圧・安全率等の選定方法が異なり、現在の設計条件に適合しない場合があることに留意する必要がある。

性能低下要因を踏まえると、RC 管の現地調査（管内面調査）では特に継手損傷に着目し、継手曲げ角度や継手間隔に留意する。



【写真 4 - 2 PC/RC 管（継手ゴム劣化・腐食）】

【写真 4 - 3 （PC/RC 管 管体破損）】



【図 4 - 5 RC 管の性能低下とその原因の例】

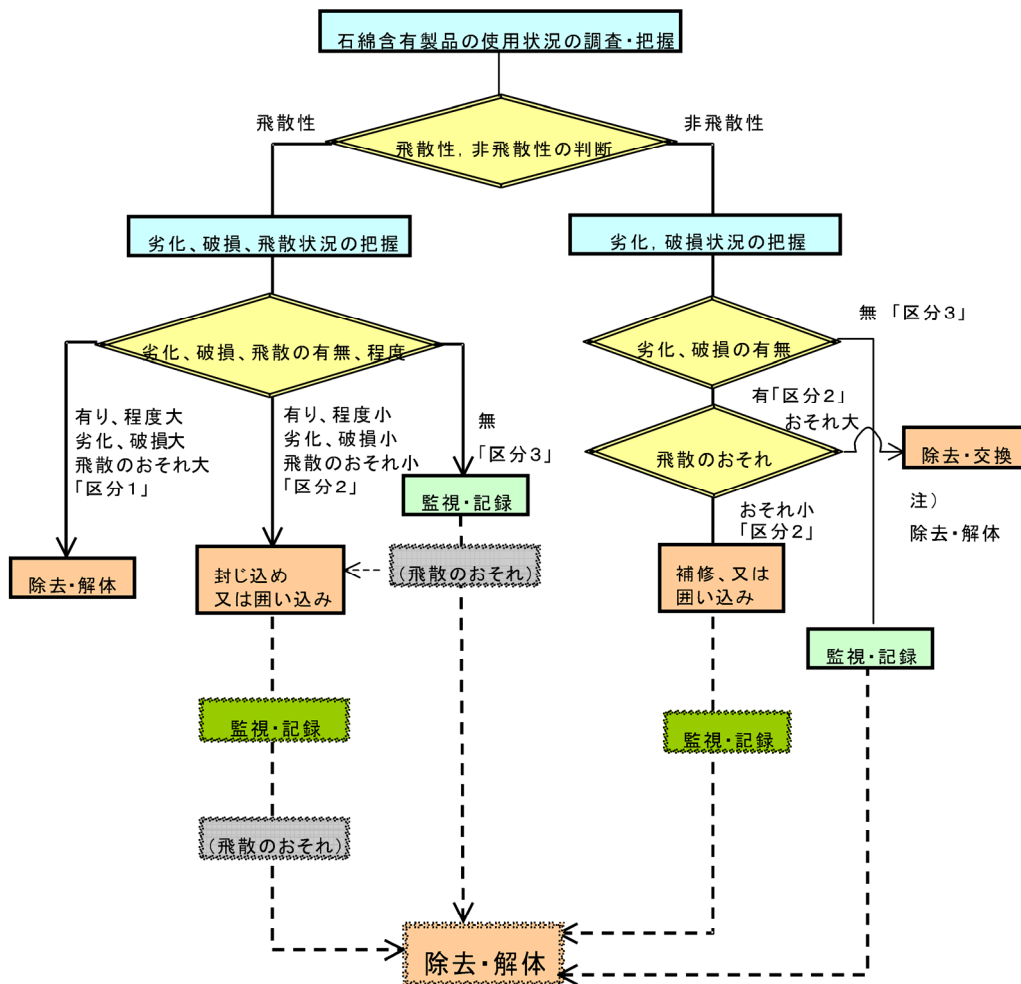
c. 石綿セメント管 (ACP)

石綿セメント管は、石綿繊維、ポルトランドセメント及び微粉の珪砂を主原料とし、石綿とセメントの重量比 1 : 5 ~ 1 : 6 の配合で製造される剛性管である。製造は主に輪積機付法（ローラー成形法）により行われ、製造後は湿潤養生 1 ~ 2 日、水中浸漬 7 日以上を含む 60 日以上 of 養生期間を経て完成される。

石綿セメント管は、昭和 20 年代後半から昭和 40 年代前半にかけて用・排水機場の管路やサイホンに使用され、また、昭和 40 年代から昭和 50 年代にかけては農業用水路の中口径管として広く使用された。

しかし、管の強度が低く、破損率が他の管種より高いこと、また、管の補修・更新の工事の際に発がん性を有する石綿繊維が飛散し、健康被害のおそれがあることを受けて、土地改良事業計画設計基準「パイプライン」では昭和 63 年（1988 年）改訂において基準管種から除外された。

現在は新規使用が停止されているが、既設の石綿セメント管については『農業農村整備事業等におけるアスベスト（石綿）対応マニュアル（平成 18 年 9 月）』に基づき適切な管理が求められている。同マニュアルでは、石綿含有製品の劣化や損傷がない場合、当面は定期的な「監視・記録」を継続することを可能としているが、石綿含有製品はいずれ除去し、石綿を含まない製品に代替していく必要がある。

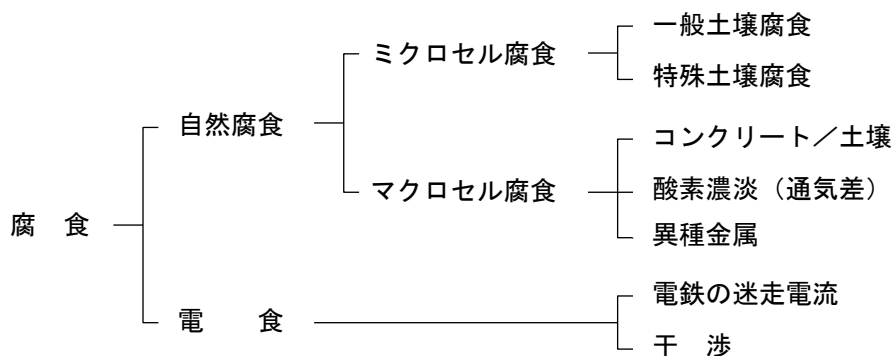


【図 4 - 6 石綿ばく露防止対策の選定手順】

図 4 - 6 における区分 1 ~ 3 については『農業農村整備事業等におけるアスベスト（石綿）対応マニュアル（平成 18 年 9 月）』を参照すること。

(イ) 鉄鋼系管種

鉄鋼系管種には、ダクタイル鋳鉄管 (DCIP) 及び鋼管 (SP) がある。鉄鋼系管種の主な性能低下要因には、マイクロセル腐食、マクロセル腐食及び電食といった鋼材腐食がある。腐食の種類は、そのメカニズムから図4-7のように分類される。これら腐食の詳細については、土地改良事業計画設計基準「パイプライン」等を参考にする。



【図4-7 腐食の種類】

a ダクタイル鋳鉄管 (DCIP)

高い強度と靱性を有するダクタイル鋳鉄を遠心力成形した管で、高い耐衝撃性と耐内外圧性を有する。鋼管より電気抵抗が高く、耐食性に優れ、内面にはモルタルライニング、エポキシ樹脂粉体塗装又はシリカエポキシ樹脂塗装を施している。継手にはソケット継手、カラー継手、メカニカル継手及びフランジ継手があり、離脱防止機能により鎖構造管路を構築する耐震継手もある。

性能低下要因は力学的要因と化学的要因に分類される。力学的要因では、地盤沈下等による継手部の損傷やモルタルライニングの破損があり、モルタルライニングの破損が内面腐食に至るものもある。化学的要因では、腐食性土壌やコンクリート (C) / 土壌 (S) マクロセル等による外面腐食から漏水・耐荷力低下に至る。外面腐食はポリエチレンスリーブ施工等の対策により抑制することができる。

塗覆装が健全であれば腐食環境下でも外面腐食は進行しにくい、昭和40年までに施工された管路では、アスファルト系塗覆装の不完全な形成や施工欠陥により激しいマクロセル腐食が生じる場合がある。

国営造成管路における突発事故原因は C/S マクロセル腐食による漏水が多くを占めていたが、平成14年度に土木工事共通仕様書に腐食対策が規定され、外面のポリエチレンスリーブ被覆の確実な施工等が徹底されるようになった結果、事故の発生は顕著に減少している。

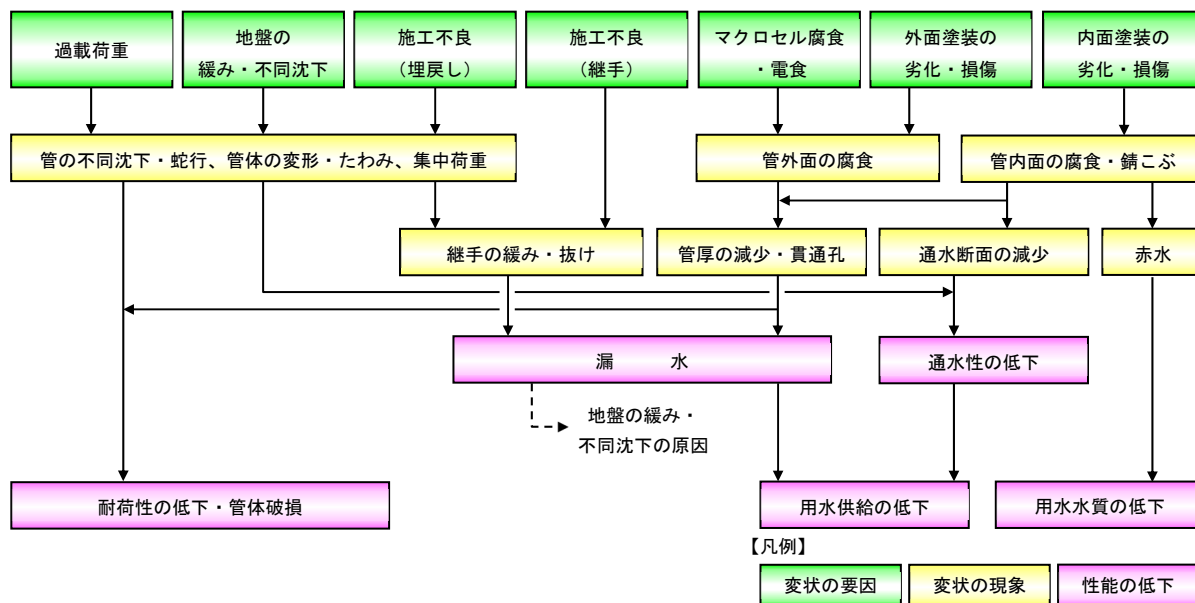
性能低下要因を踏まえると、施工年度の古い DCIP の現地調査 (管内面調査) では特に腐食の進行による管体損傷に着目し、孔食の有無に留意する。



【写真4-4 DCIP (電食)】



【写真4-5 DCIP (C/S マクロセル腐食)】



【図4-8 DCIPの性能低下とその原因の例】

b 鋼管 (SP)

高い耐内外圧性能を有し、管厚が薄く、DCIP やコンクリート系管種より軽量であり、内外圧の大きい管路や軟弱地盤の管路に適する。腐食に弱いため、内面に溶剤形エポキシ樹脂塗装、外面に長寿命形プラスチック被覆を施して腐食抑制を図っている。継手には耐震性を有する溶接継手とフランジ継手がある。

性能低下要因は主に管体腐食であり、小口径の溶接継手では継手溶接部の内面塗装ができないため、継手部内側に腐食が発生することがある。また、溶接継手はゴム輪継手より管体間の電気抵抗が小さいため、直流電流が漏洩している土壌では電食が発生しやすい。C/S マクロセルや無塗装部の局部腐食は、全面腐食より貫通に至る時間が短いことに留意する必要がある。

塗覆装が健全であれば腐食環境下でも外面腐食は進行しにくい。昭和40年代から60年代に施工された管路では、塗覆装の不完全な形成や施工欠陥により激しいマクロセル腐食が生じる場合がある。

国営造成管路における突発事故の原因は C/S マクロセル腐食による漏水が多くを占めていたが、平成14年度に土木工事共通仕様書に腐食対策が規定され、プラスチック被覆鋼管の採用、長寿命形水道用ジョイントコートによる現場溶接部外面への塗覆装等の腐食対策が実施されるようになってからは、事故の発生は顕著に減少している。

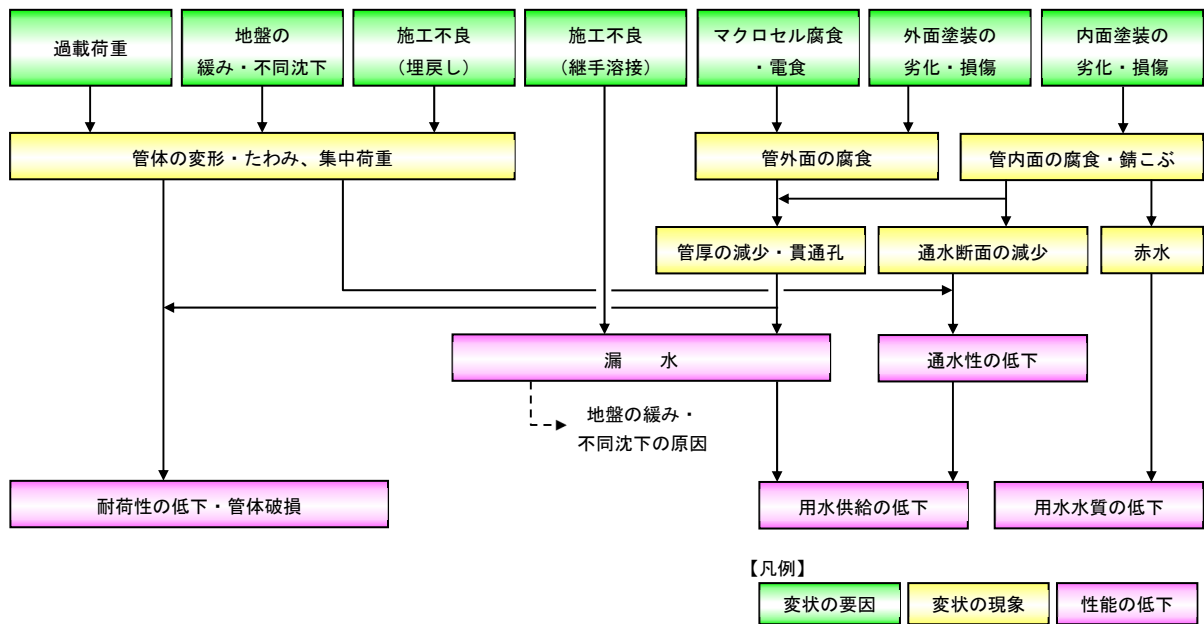
性能低下要因を踏まえると、施工年度の古い SP の現地調査（管内面調査）では特に腐食の進行による管体損傷に着目し、孔食の有無に留意する。



【写真4-6 SP (電食)】



【写真4-7 SP (C/S マクロセル腐食)】



【図4-9 SPの性能低下とその原因の例】

(ウ) 樹脂系管種

樹脂系管種には、強化プラスチック複合管（FRPM管）、硬質ポリ塩化ビニル管（PVC管）及びポリエチレン管（PE管）がある。樹脂系管種は、外部要因による継手部の変状及び管体のたわみ・変形である。ここではFRPM管及びPVC管の性能低下要因と変状、PE管に関する概要について示す。

a 強化プラスチック複合管（FRPM管）

耐食性・耐磨耗性・耐電食性に優れ、内面粗度の変化が小さく水理性に優れる。継手部に可とう性を有し、管体重量が軽量なため軟弱地盤の管路にも適する。

成形方法には以下の2種類がある。

フィラメントワインディング（FW）成形管（FW管）は、芯金に樹脂を含浸させたガラス繊維や樹脂モルタルを巻き付けて成形し、外圧剛性は主にガラス繊維の投入量で調整する。

遠心力（CC）成形管（CC管）は、回転型枠内に短繊維ガラス繊維・樹脂・骨材を連続投入し高速回転させて成形するが、現在国内では製造されていない。継手にはソケット継手とカラー継手がある。

漏水事故は管体破損により発生する事例が多く、陥没を伴うなど比較的大規模な事故となりやすい。管体破損は、施工時の枕木残置・転石混入による局所集中荷重が原因となる事例もある。また、近年はCC管において、引張強度の低下・たわみ増加・軸方向ひび割れによる管体破損・漏水事故の発生が報告されている。このため、令和3年6月の土地改良事業計画設計基準「パイプライン」の改定以降は、FRPM管を含む樹脂製の管は長期クリープを考慮した長期強度に基づく構造設計が行われている。

性能低下要因を踏まえると、FRPM管の現地調査（管内面調査）では特に管体損傷に着目し、ひび割れの有無やたわみ量に留意する。



【写真 4-8 FRPM 管（ゴム輪破損）】



【写真 4-9 FRPM 管（管体破損）】

b 硬質ポリ塩化ビニル管（PVC 管）

軽量で運搬・施工が容易であり、耐久性・耐食性・耐電食性に優れ、内面粗度の変化が小さい。地下埋設状態では有機溶剤等の浸透以外に化学的劣化は生じないが、露出管では紫外線劣化が生じることに留意が必要である。

継手には、ゴム輪によるソケット継手（RR 接合）と接着継手（TS 接合）がある。ソケット継手は伸縮性と可とう性を備え軟弱地盤にも適するが、接着継手では継手の緩みにより漏水が発生する場合がある。

性能低下要因として、末端部ではバルブ操作等による水圧の頻繁な変化（脈動水圧）により管体の疲労破壊や継手の緩みが発生することがある。また、転石等の堅い物質が管体に接触した状態で埋設された場合、土圧・自動車荷重等の影響により亀裂が発生する可能性があるため、基礎材の選定に留意が必要である。

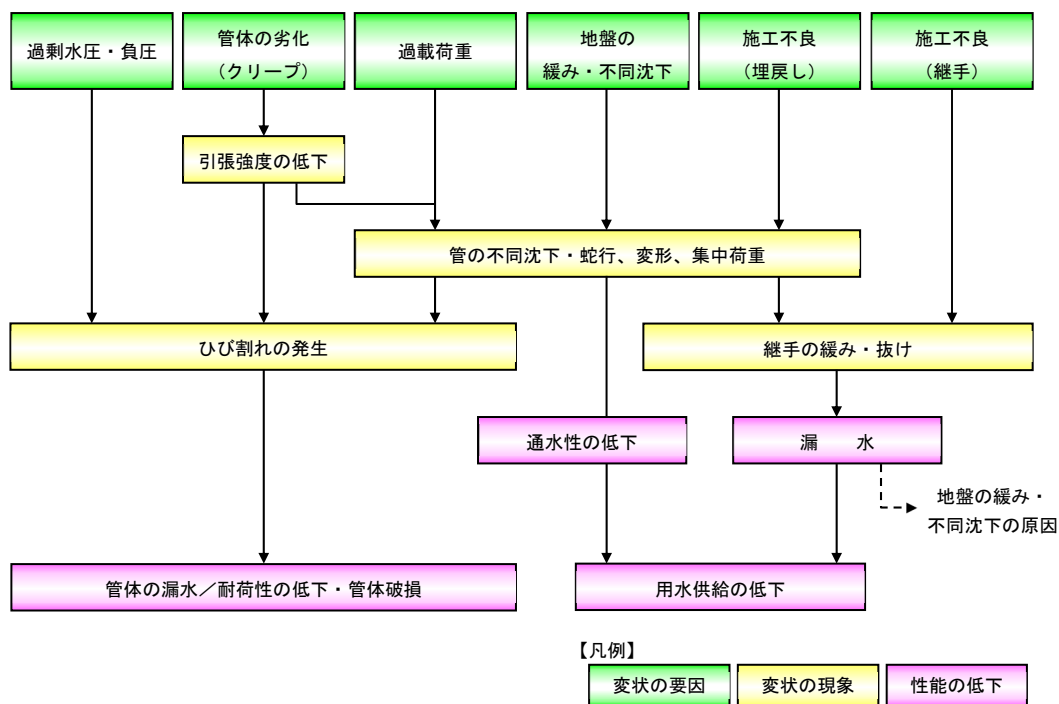
性能低下要因を踏まえると、PVC 管の現地調査（管内カメラ調査）では特に管体損傷に着目し、ひび割れの有無に留意する。また、圧力の変動状況やバルブ操作の頻度などに留意し事前調査を行う。



【写真 4-10 PVC 管（継手部破損）】



【写真 4-11 PVC 管（管体破損）】



【図 4-10 FRPM 管・PVC 管の性能低下とその原因の例】

c. ポリエチレン管 (PE 管)

ポリエチレン管は、一般に電気融着 (EF 接合)、バット融着 (BF 接合) により管路が一体構造となり、管体自体に可とう性があることから、地震や地盤沈下等の地盤変位を吸収する特性を持ち、また、管体重量が軽量なため軟弱地盤の管路にも適する。耐久性・耐食性・耐電食性に優れる一方、弾性係数及び引張強度が小さいため管厚が厚くなる特徴がある。

一般に紫外線や熱に弱く、外面が青色のポリエチレン管等は露出配管には適さない。外面が黒色のポリエチレン管は紫外線に比較的強く、露出配管が可能であるが、直射日光により表面温度が上昇するため、許容設計水圧を低減する必要が生じること注意到する。

BF 接合により製作された曲管は強度が直管よりも弱いため、圧力低減係数を考慮する必要がある。

ポリエチレン管の性能低下に関しては、農業用パイプラインとしての実績、経過年数が少なく、経年変化や事故情報等のデータが十分に蓄積されていない。



【写真 4-12 PE 管 (継手部破損)】



【写真 4-13 PE 管 (管体破損)】

【表4-14 性能低下要因を推定する視点】

区分	調査項目	調査内容	性能低下要因推定の視点
管路諸元	管種・管形状等	規格・製造年・製造方式・材料・曲管の有無等	管種別の主要な変状の把握
	継手形式	継手種別（フランジ、溶接、融着、接着、ソケット、カラー等） 止水材料種別（ゴム輪、接着材等）	継手：種別ごとの劣化要因（ゆるみ、接合部の劣化） 止水材：年代別の品質不良、劣化要因
	設計・施工基準	構造設計方式、施工方式	要求性能の変化（耐荷力不足等）
	施工（通水）年	供用経過年数	参考耐用年数との関係
埋設環境	地上部の土地利用・荷重	地上部の土地利用条件（施工時との変化） 荷重条件（設計時との変化）	荷重の増大、要求性能の変化（耐荷力不足等） 活荷重の影響の大きさ（耐荷力、地盤ゆるみ）
	地上部の地形	平面縦断図等	地形変化点の不同沈下
	近傍周辺施設	高圧鉄塔、直流電気鉄道の有無	電食の可能性
	土質条件	既存ボーリングデータ等	液状化による地盤のゆるみ、不同沈下
	地盤の硬軟	既存ボーリングデータ等	支持力不足等の地盤のゆるみ 地盤変化点による不同沈下
	地下水位	地下水位の高さ	PC管のカバーコート劣化、外面腐食
	土壌の腐食性	ANSI A 21.5-2010の土壌評価基準等	鋼材系材料の外面腐食、PC管のカバーコート劣化
使用環境	使用水圧	設計時の静水圧、水撃圧 水管理状況（水圧の低下の有無） 水圧変動の頻度 水管理方式（圧力水槽式、自然圧式、配水槽式）	腐食等による管内閉塞の有無、バルブの操作管理
	流量	計画流量・最小流量	内面摩耗 土砂、ゴミ堆積・空気連行による通水障害
	水質（地下水）	腐食性水質、ランゲリア指数 侵食性遊離炭酸濃度、地下水位	鋼材系材料の内面
	配管条件	コンクリート構造物や異種金属との接触、バルブ等の操作管理	マクロセル腐食の有無 過剰水圧、空気連行
事故履歴	漏水・破損事故履歴	漏水箇所、事故率	事故頻度、傾向の分析に基づく事故再発の可能性の推定 類似する過去事例から変状要因を把握
	補修履歴	補修履歴	類似する過去の補修工法の種別から、性能低下要因を把握

【表4-15 性能低下要因推定表 パイプライン（鉄鋼系）の例】

性能低下要因 使用・劣化環境		外面腐食				内面腐食
		土壌 マイクロセル 腐食	異種金属 通気差等 マクロセル 腐食	C/S マクロセル 腐食	電食	通水による 内面腐食 管内劣化 (錆こぶ等)
供用年数	20年未満		△	○	○	△
	20年以上～40年未満	△	△	△	△	○
	40年以上	△	△	△	△	○
近傍周辺施設	1km以内に直流電気鉄道等 迷走電流の可能性あり				○	
地下水位	地下水位が管体付近までである		△	△	△	
土壌の腐食性	腐食性が疑われる土壌		○			
流量	所定水压下の流量減少					○
水質	内面 塗装	塗装なし（溶接部含む）				○
	配管条件	15m以内にコンクリート構造物 貫通部あり			○	
異種金属接触あり			○※1			
粘性土と砂質土にまたがる配管 (土質の差による通気差あり)			△※2			
管体漏水歴 (直近10年)	あり、又は条件類似箇所であり (偶発的外力によるものを除く)		◎	◎	◎	◎
	◎と○がある場合や、 ○等で影響度が高い施設等で行う調査		ANSI 土壌調査	管対地電位 分布測定 事故履歴を 詳細分析	管対地電位 分布測定	電位勾配測定 管対地電位 測定

【関連性：◎：関連性が高い、○：関連性がある、△：関連性が低い、空欄：関連性はない】

※1 異種金属接触腐食が対象

※2 通気差マクロセル腐食が対象

【表4-16 性能低下要因推定表 パイプライン（樹脂系、コンクリート系）の例】

性能低下要因 使用・劣化環境		カバーコート 腐食 (PC管)	管体破損 (RC管)	管体破損 (FRPM管)	継手漏水
		供用年数	20年未満		
20年以上～30年未満	△				△
30年以上～45年未満	△				○
45年以上	△		△		○
地上部の地形 土質条件 地盤の硬軟	地盤沈下等による管への影響あり			△	○
	設置位置が谷地形		△		
	黒雲母花崗岩が分布※1		△		
地下水	地下水位が管体付近までである		△		
	有機物を含む土壌を通過して供給		○		
	侵食性遊離炭酸を含む		○		
使用水压	水 管 理 状 況	使用水压0.3MPa以上		△	△
		バルブ急閉の可能性あり			△
		日常的空気連行の可能性あり			△
管体漏水歴 (直近10年)	あり、又は条件類似箇所であり (偶発的外力によるものを除く)		◎	◎	◎
継手漏水歴 (直近10年)	あり、又は条件類似箇所であり (偶発的外力によるものを除く)				◎
◎と○がある場合や、 ○等で重要度が高い施設等で行う調査		地下水 水質調査	(事故履歴を詳細分析)		位置絞込 管内調査 (テストポット等)

【関連性：◎：関連性が高い、○：関連性がある、△：関連性が低い、空欄：関連性はない】

※1 黒雲母花崗岩に由来するペグマタイト鉱床から高濃度の侵食性遊離炭酸が地下水に流出していることが明らかになっている。