

# 農業水利施設の機能保全の手引き

「パイプライン」

(案)

平成21年2月26日

# 目 次

第1章	パイプラインの基本事項	1
1.1	パイプラインの特性を踏まえた取組	1
1.1.1	パイプラインの構成要素	1
1.1.2	農業用パイプラインの基準、規格の変遷	3
1.1.3	管体と継手	5
1.1.4	パイプラインシステムの特徴	7
1.1.5	外部環境	8
1.2	パイプラインの性能管理	10
1.2.1	パイプラインの機能と性能	10
1.2.2	リスクを加味した性能管理	11
1.3	パイプラインの性能低下	18
1.4	パイプラインの機能保全の流れ	27
第2章	機能診断調査	29
2.1	基本的事項	29
2.2	事前調査	31
2.3	現地踏査	35
2.4	施設の重要度評価と性能低下要因の推定	37
2.5	現地調査	41
第3章	機能診断評価	49
3.1	機能診断評価の視点	49
3.2	施設の総合評価（健全度評価）	51
第4章	機能保全計画	52
4.1	機能保全計画の策定プロセス	52
4.2	性能管理の手法の選択	52
4.3	対象施設のグルーピング	55
4.3.1	検討対象施設のグルーピング	55
4.3.2	事故が起こりやすい区間への着目	55
4.4	性能低下予測	56
4.5	機能保全計画の策定	59
4.5.1	機能保全計画の作成	59
4.5.2	対策工法選定にあたっての留意事項	60
4.5.3	関係機関との合意形成	61
4.5.4	施設機能の監視	61
4.6	偶発的な事故への対応	62

# 第 1 章 パイプラインの基本事項

## 1.1 パイプラインの特性を踏まえた取組

パイプラインの効率的な機能保全に向けて、ストックマネジメントの各プロセスにおいて、パイプライン特有の性質を十分に踏まえた検討を行うことが重要である。

### 【解説】

パイプラインは、水理条件、構造条件、立地条件、施工条件等を満足し、その特性を活かせる管体・継手が選定されている。また、構造、材質、口径等の諸元が多岐にわたるため、管種ごとの変状とその要因は様々である。さらに、その多くは地中埋設構造物で、かつ圧力管路による水利システムとして機能を発揮しているため、施設の機能診断は技術的、経済的に直接調査が困難な場合が多い。施設の性能低下は、管体材料の劣化のほか、埋設環境、地上部の土地利用といった外部環境、当初の施工状況、附帯するポンプ運転・バルブ開閉等の人為的操作の影響も大きい。

このため、パイプラインの効率的な機能保全にあたり、ストックマネジメントの各プロセスにおいて、これらのパイプライン特性を十分に踏まえた検討を行うことが重要である。

### 1.1.1 パイプラインの構成要素

パイプラインは管路とその附帯施設によって構成される。本編で対象とする施設は、主として基幹的なパイプラインにおける送配水管路を想定している。

附帯施設については、施設を構成する構造・設備の要素に応じて分類を行い、それぞれの特性を考慮した検討を行う。

### 【解説】

パイプラインは既製管を埋設して造成する圧力管路によって農業用水を送配水する水路組織であり、管路とその附帯施設（調整施設、調圧施設、ポンプ施設、分水施設、量水施設、通気施設、保護施設、管理施設、その他関連施設等）から構成される（図 1-1、図 1-2 参照）。

農業用パイプラインに用いられる管種（管路資材）は多岐にわたるが、一般的にパイプラインで使用実績のある管種は表 1-1 のとおりである。

なお、石綿セメント管は破損、改修等により石綿粉塵が飛散する恐れがあるため、「石綿障害予防規則（平成 17 年厚生労働省令第 21 号）」に基づく管理の対応が必要である。機能保全の取り組みにあたっては、石綿粉塵暴露防止対策として「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）」に準拠することとし、本編では管種の特徴、機能診断に関する一般事項を示すにとどめる。また、ポリエチレン管は、気密性の高い管路形成が可能であることから、農業農村整備事業では主と

して農業集落排水事業における真空式・圧力式污水管路として適用されている。このため、ポリエチレン管についても同様に、機能診断に関する一般事項を示すにとどめる。

附帯施設については、施設を構成する構造・設備の要素に応じて分類を行い、それぞれの特性を考慮した検討を行う。分水施設や調整施設などの鉄筋コンクリート構造物に類する土木施設については「農業水利施設の機能保全の手引き（平成 19 年 4 月）」、また、ポンプ設備、電気設備、水管理制御設備などの施設機械設備については「農業用施設機械設備更新及び保全技術の手引き（平成 18 年 6 月改訂版）」に基本的事項を示しており、必要に応じてそれぞれ参照する。

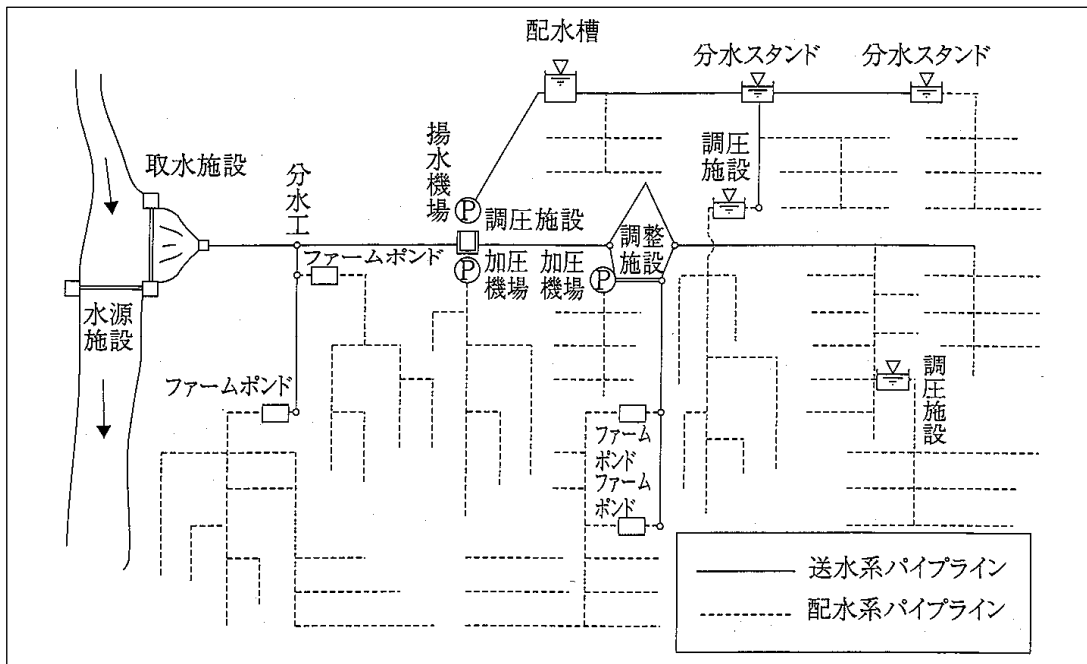


図1-1 パイプラインの概念

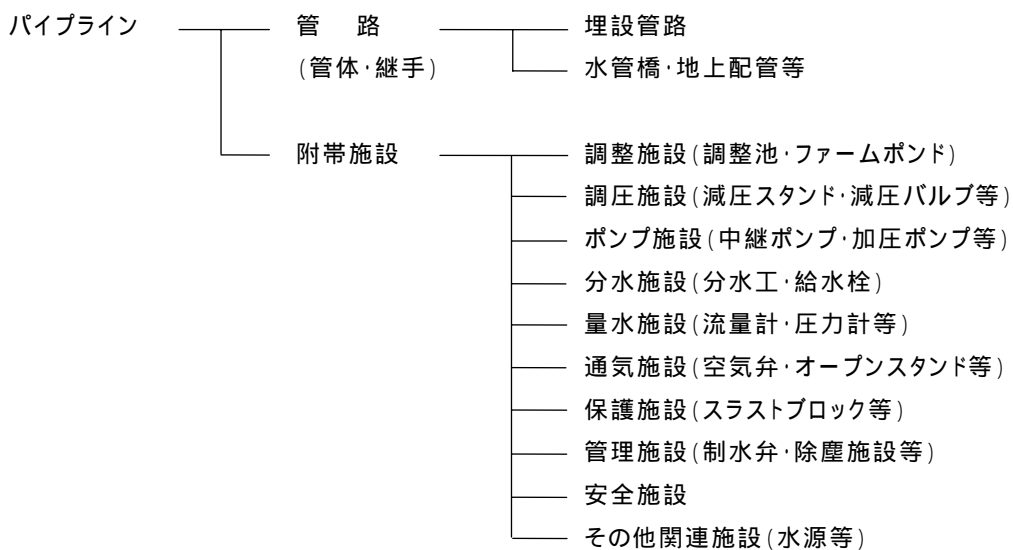


図 1-2 パイプラインの構成要素

表 1-1 農業用パイプラインの管種一覧

管 種	
遠心力鉄筋コンクリート管	R C
コア式プレストレストコンクリート管	P C
石綿セメント管	A C P
ダクタイル鋳鉄管	D C I P
鋼 管	S P
硬質ポリ塩化ビニル管	P V C
ポリエチレン管	P E
強化プラスチック複合管	F R P M

### 1.1.2 農業用パイプラインの基準、規格の変遷

現在供用されているパイプラインの機能及び性能は、建設当時に適用した設計・施工・材料の技術が反映されたものである。機能診断調査及び評価を実施するにあたっては、どのような設計基準、規格等のもとに建設されたかを知ることが重要である。

#### 【解説】

##### (1) 土地改良事業計画設計基準の変遷

農業用パイプラインの設計基準の変遷として、土地改良事業計画設計基準「パイプライン」の制改定年別に整理したものを表 1-2 に示す。機能診断調査や評価にあたっては、建設当時の管種の選定範囲や水理・構造設計条件を把握することで、社会的要求事項の変化に対する整合性を確認することが重要である。

パイプラインは地中埋設構造物であるため、管種ごとの力学的特性を把握するとともに、管の布設の状態、埋戻し材料、基礎の条件の変遷に留意する必要がある。また、埋設管に作用する土圧は、管のたわみ性、布設の状態によって異なるので、土圧算定の適用式の変遷に注意する必要がある。

##### (2) 各種規格等の変遷

管種（管路資材）の規格の変遷は、JIS 規格を参照するほか、使用実績が少ない口径や新たな仕様に関しては、農業用途、水道用途等に応じた様々な業界規格やメーカー規格を参照する。

機能診断調査や評価にあたっては、管体及び継手の寸法規格、材料、許容差等が異なる場合もあるため、製造方式や製造年代についても確認しておくことが重要である。な

お、製造方式はメーカーごとに異なる場合もあるため、これらのメーカー情報からも規格内容や特有の傾向を確認することが可能である。

表 1-2 土地改良事業計画設計基準「パイプライン」の変遷

	昭和 48 年 3 月 制定	昭和 52 年 10 月 改定	昭和 63 年 3 月 改定	平成 10 年 3 月 改訂(基準書・技術書)	<u>平成 21 年 3 月 改訂(基準書・技術書)</u>
一般事項	管口径	記述なし	300～2000	2000以下	3000以下
	使用静水頭	-	100m以下		
	管種	RC・PC・ACP・CIP・DCIP・SP・PVC・PE	CIPの削除、FRPMの追加	ACPの削除	
水理設計	システム			水理エツトの導入	
	設計流速	標準値		自然圧： 許容流速の平均値 2m/s以下 ポンプ圧送： 標準値	自然圧・ポンプ圧送： 許容流速の平均値 原則 2m/s以下
	水理現象		定常・非定常の導入		
	水撃圧	-	原則：計算による方法	原則：経験則による方法	
構造設計	土被り(標準)	耕地：0.6m以上 農道・私道： 管径 450mm以下 1.0m以上 管径 500mm以上 1.2m以上 公道下：管理者と協議	公道下： 「一般には 1.2m 以上」の記述追加	管路保護：0.6m以上 公道・軌道・河川下等： 管理者と協議 公道下：1.2m以上 農道・私道：1.0m以上	管路保護：0.6m以上 公道・軌道・河川下等： 管理者と協議 公道及び道路構造令に準拠する農道下： 1.2m以上 道路構造令に準拠しない農道下： 1.0m以上
	鉛直土圧	マーストン公式	矢板施工の追加 とう性管：埋戻し深さ 2m以下は垂直土圧公式を適用		簡易立て込み矢板工の追加
	水平土圧	不とう性管： ラウパ公式 とう性管： スラングラー公式	設計たわみ率の規定： スラングラーの修正式に統一		e の標準値の削除 新たな方法の導入
	基礎工法				複合配管の項を追加 良好地盤の場合削除 ハシゴ胴木の削除
耐震設計	記述なし	液状化地盤さける	液状化・沈下対策として砕石基礎採用		<u>重要度区分に応じた照査・設計 地震応答対策検討</u>
設計技術の特徴	CIP(鋳鉄管)は基準制定時点で殆ど使用されず	変形遅れ係数(F=1.5) FRPM管普及	変形遅れ係数(F=1.0) 浅埋設工法		<u>施設周辺の環境との調和を配慮 小口径管の簡略化 補修・補強の考え方を追加</u>
施工	通水試験記述	管体の埋設追加		施工管理追加	

S48年3月制定 : 第3部設計第5編水路工(その2)第15章パイプライン

S52年10月改定 : 設計 水路工(その2)パイプライン

S63年3月改定 : 設計 水路工(その2)パイプライン

H10年3月改定 : 設計 「パイプライン」基準書・技術書

H21年3月改定 : 設計 「パイプライン」基準書・技術書

### 1.1.3 管体と継手

パイプラインの管体及び継手は、必要な水理条件、構造条件、立地条件及び施工条件を満足し、その特性が十分活かせるものが選定されている。これらの管種及び継手は多岐にわたるため、それぞれが有する特徴や特有の変状を踏まえて検討する必要がある。

#### 【解説】

#### (1) 管体の特徴

農業用パイプラインで使用実績のある管種（管路資材）の主な用途・特徴と変状を表1-3に示す。

管路は地中埋設構造物であるため、静水圧や水撃圧の内圧の他に、土圧や路面荷重等の外圧が同時に作用する。管体の内外圧の荷重に対する安全性は、管のたわみ性による「とう性管」、「不とう性管」の区分に応じて、耐荷力の算定手法等の構造条件が異なることに留意する必要がある。

また、管体の材質は、「コンクリート系」、「鉄鋼系」、「樹脂系」に大きく区分でき、それぞれの特徴を踏まえて検討する必要がある。

表 1-3 農業用パイプラインの管種の主な用途・特徴と変状

管種		主な用途・特徴	主な変状	
不とう性管	遠心力鉄筋 コンクリート管 (RC)	耐久性に優れる。低圧パイプラインに適する。 【口径】150～3000mm	ひび割れ、不同沈下、継 手部劣化・ゆるみ	
	コア式プレストレ ストコンクリート 管(PC)	プレストレスを導入したコンクリート管路で耐荷重性に優れる。 管体重量が大きい。 【口径】500～3000mm	不同沈下、継手部劣化・ ゆるみ、加圧コート劣化、 PC鋼線腐食、管体破損	
	石綿セメント管 (ACP)	S40年代頃から普及したが、石綿繊維の発ガン性によりS63年に規格廃止。 【口径】50～1500mm	不同沈下、継手部劣化・ ゆるみ、変形・たわみ、 管体（脆化）破損	
とう性管	鉄 鋼 系	ダクタイル鋳鉄管 (DCIP)	引張強度、延性に富み、耐久性に優れる。内外圧が大きい管路や軟弱地盤に適する。管体重量が大きい。 【口径】75～2600mm	継手部のゆるみ、C/Sマ クロ腐食、ミクロ腐食
		鋼管 (SP)	引張強度、靱性、延性に富む。内外圧大きい管路や軟弱地盤に適する。電食に弱い。 【口径】15～3000mm	C/Sマクロ腐食、ミクロ腐 食、電食、ピンホール漏水、 錆こぶ
	樹 脂 系	硬質ポリ塩化ビニ ル管 (PVC)	耐久性、耐食性、耐電食性に優れる。軽量で取り扱い容易であり、軟弱地盤に適する。寒冷地での衝撃弱い。 【口径】13～800mm	継手部の抜け落ち、亀裂 ・管体破損
		ポリエチレン管 (PE)	軽量で、耐衝撃性、耐食性、耐電食性に優れる。管路は一体となった可撓性を有す。 【口径】13～300mm	融着不良による漏水
		強化プラスチック 複合管 (FRPM)	耐久性、耐食性、耐電食性に優れる。軽量で運搬施工は容易。 【口径】200～3000mm	不同沈下、継手部のゆる み、変形・たわみ、亀裂 ・管体破損

(2) 継手の特徴

管の継手は、水圧に対して十分な水密性、外力や変位に対して可とう性、伸縮性を必要とする。一般的に用いられる継手の種類・形式を表 1-4 に示す。

ゴム輪やゴムパッキン等を用いた接合方式による管種では、ゴム材の経年劣化や管体の不同沈下等によって、ゴム輪の圧縮率低下・管の抜け出しによる漏水に注意する必要がある。また、パイプラインの屈曲部、分岐部、バルブ設置箇所、口径変化点等は、スラスト力によって管体の振動、滑動を伴って継手の安全性に影響を及ぼす場合がある。

こうした箇所や近傍部位で継手の変状がみられる場合には、配管設計における管体、継手の管割や伸縮継手、離脱防止継手といった継手種別の設定条件を確認する必要がある。

表 1-4 継手の種類と形式

区 分	種 類	形 式 など
固 定 継 手	フ ラ ン ジ 継 手	本管の両側にフランジとゴムパッキングを挿入してボルトで接合する形。
	メ カ ニ カ ル 継 手	本管同士を、ゴムパッキングを用いて水密性、リング等を用いて管の抜け出し阻止力を持たせる形。
	溶 接 継 手	溶接により本管を接合する形。
	溶 着 継 手	本管と接合管を高温加熱し溶かした後、溶解状態のまま接合する形。
	電 気 融 着 継 手	プラスチック製の継手自体に電熱線などの発熱体を組み込み、外部装置により通電、融着接合する形。本管同士、一方を受け口とし本管と接続などがある。
	接 着 継 手	ソケット管に接着剤を用いて接合する形。
可 とう 性 継 手	ソ ケ ッ ト 継 手	本管の一方を受口とし、他方を差口とした管で、ゴム輪を用いて水密性、可とう性の機能を有す。
	カ ラ ー 継 手	本管同士をカラー加工材で接続するもので、ゴム輪等により水密性、可とう性の機能を有す。
	メ カ ニ カ ル 継 手	本管の一方をフランジの付いたソケット管とし、他方を差口とした管で、ゴム輪を用い、さらにゴム輪の離脱等を防ぐためボルト締めをする形。
特 殊 継 手	ベ ロ ー ズ 形	特殊継手にはベローズ形（金属ベローズ、ゴムベローズ）及び摺動形がある。使用場所等において伸縮継手、可とう継手とに区分される。
	摺 動 形	



## 1.1.4 パイプラインシステムの特徴

パイプラインは圧力管路による水利システムとして機能を発揮しているため、各施設の機能診断調査、評価にあたっては、水理ユニットに着目して検討を進める。

### 【解説】

パイプラインシステムでは、水理現象の伝播が速く、1地点における水管理操作が、その周辺の他地点及び水利システム全体の圧力・流量に影響を及ぼす。このため、機能診断調査、評価にあたっては、圧力や流量を境界条件として直接互いに影響を及ぼし合う範囲の施設群である水理ユニットに着目して検討を進める。

水理ユニットの境界条件と構成の概念を表1-5、図1-3に示す。水理ユニットの詳細については、土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」を参照する。

表 1-5 水理ユニットの境界条件

境界区分	内 容
水 位 境 界	水槽等の一定の水位にコントロールされるもの
流 量 境 界	通水施設規模や流量弁等によって流量がコントロールされるもの
水位流量境界	ポンプ、バルブまたはオリフィスのように、水位と流量があらかじめ定まった関数として与えられるもの

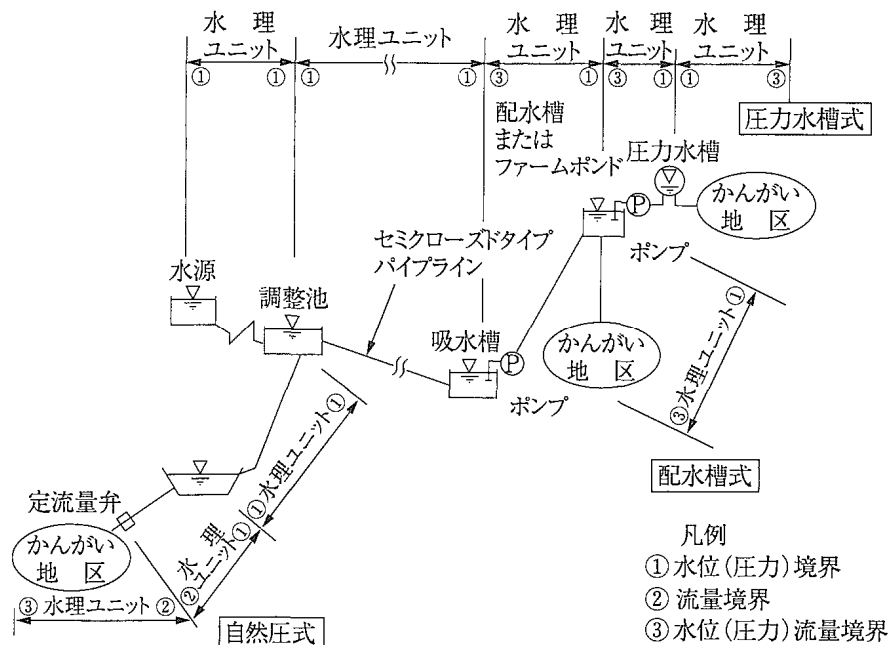


図 1-3 水理ユニットとパイプラインシステム構成の概念

ポンプの運転状態やバルブの開度等を変化させると、水撃圧またはサージングといった過渡現象が生じる。ポンプやバルブの急激な運転制御を行う水理ユニットでは、過渡現象を起こして管体が破損することも危惧される。このため、機能診断調査にあたっては、水理設計的な観点だけでなく、水管理の運転状況も把握することが重要である。また、パイプラインシステム全体を検討する場合には、水理縦断面図に調圧施設などの附帯施設の諸元を記載した施設概要縦断面図によって確認するとよい。

実際に操作上の不都合が生じている場合には、水理ユニット間の結合条件を考慮し、システム全体の水理ユニットの合理性の視点から水理ユニットの構成や流況を検討する必要がある。例えば、クローズドタイプのパイプラインの高圧管路にあって管路の事故・変状が見受けられる場合は、管理状況等から水撃圧の解析を行い、事故・変状との関係を分析することによって、調圧施設の追加など施設構成を検討し直すことも経済的な機能保全のための有効な手段である。

また、パイプラインシステムは、水利用の目的から水田かんがい用、畑地かんがい用、併用パイプラインシステムに分類されるため、機能診断調査、評価にあたっては、それぞれの水利用条件を十分に把握し、水頭配分や通水期間など水利用の目的からみたパイプラインシステムの特性にも留意する必要がある。

## 1.1.5 外部環境

パイプラインは地中埋設構造物であるため、周辺地盤における地下水、土質等の条件や上部土地利用等の外部環境による影響を考慮する必要がある。

### 【解説】

#### (1) 埋設環境

##### 1) 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、強アルカリ性または温泉水などの硫黄物が含有している場合など、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。

##### 2) 土質

水質と同様に、強酸性土壌などの腐食性の強い土壌は、鋼管やダクタイル鋳鉄管の発錆・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ので、これらの影響を考慮する必要がある。

また、鋼管については、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。

### 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恐れが考えられる。

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恐れがある。

## (2) 敷設条件

### 1) 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事もあるので、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。

その他、下記のような敷設・地盤条件の場合も留意が必要である。

- ・ 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
- ・ 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
- ・ 地震時のパイプラインの浮上りの原因となる液状化しやすい地盤

### 2) 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、管体の劣化につながる恐れがあるため、下記のような敷設条件の場合は留意が必要である。

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

## 1.2 パイプラインの性能管理

### 1.2.1 パイプラインの機能と性能

パイプラインは、農業用水を送・配水する目的を果たす機能を有し、これらの機能は水利用機能、水理機能、構造機能に分類され、重層的に構成されている。また、これらの機能のほかに農業水利施設全般に求められる安全性・信頼性といった社会的機能がある。

パイプラインの性能は、これら機能の発揮能力であり、漏水量、流量、たわみ量といった個別の指標や総合的な健全度指標で表すことができる。

#### 【解説】

パイプラインの機能とは、必要な農業用水を送・配水するという用水施設が本来果たす役割であり、これらは水利用機能、水理機能、構造機能に分類される。これらの機能は重層的に構成されており、水利用機能を水理機能と構造機能が下支えする関係にある。また、パイプラインの性能管理では、パイプライン固有の本来の機能の他に、農業水利施設全般に求められる安全性・信頼性といった社会的機能がある。

パイプラインの機能を発揮する能力が性能である。本来の機能に関する性能は、漏水、通水等の現象やたわみ、鋼材腐食等の管路の物理的状态として具体的に表すことができる。社会的機能に関する性能項目は、漏水・破損事故の発生による人的被害や周辺施設への社会的影響から、安全性やシステムとしての信頼性、及び維持管理、補修費等の経済性がある。

パイプラインの機能と性能の種類を例を表 1-6 に示す。

表 1-6 パイプラインの機能と性能の種類

機能		性能の例	指標の例
本来的機能	1) 水利用機能	送配水性	送配水効率(送配水量、漏水量)
		配水弾力性	自由度、調整容量
		保守管理・保全性	保守管理頻度(費用)、容易性
		環境性	騒音(db)、振動(Hz)
	2) 水理機能	通水性	通水量、水密性(漏水量)、流速係数(C)
		水理学的安全性	水撃圧、水撃圧の安全率(経験則との比)
		分水制御性	分水工水位の維持状況
	3) 構造機能	力学的安全性(耐荷性)	管体のひび割れ、たわみ量(変形)
		耐久性	腐食、錆
安定性		継手間隔、蛇行	
社会的機能		安全性・信頼性	漏水・破損事故歴(率・件数)、補修歴、耐震性
		経済性	建設費、維持管理経費

## 1.2.2 リスクを加味した性能管理

パイプラインの性能管理は、構造機能に加えて水利用機能・水理機能に着目するとともに、社会的機能の観点からリスク管理の視点を取り入れ、漏水事故等のリスクを考慮することが重要である。また、性能管理の指標は可能な限り定量的な個別の指標を用いることとする。

### 【解説】

#### (1) パイプラインの性能管理

鉄筋コンクリート構造物等の農業水利施設は、主にひび割れ等の外形的な変状から性能管理を行うことができる。また、パイプラインの場合には、管厚や変形量といった管路の構造性能から、性能管理を行うことも可能である。

しかしながら、パイプラインは地中埋設構造物であり、通水制限、管内作業環境の制約等から、構造機能に着目した管体の直接調査は、技術的、経済的に困難な場合が多い。また、圧力管路による水利システムとして機能發揮しているため、材料的・構造的な経年劣化や外部条件等の変化が、ある<sup>しきい</sup>閾値を超えると、急速に性能低下が進展し、水利システム全体の停止（事故）に至る特性をもつ（図 1-4、1-5）。さらに、様々な管種が様々な環境で使用されていることから、性能低下の要因やプロセスが千差万別であり、農業水利施設の維持管理の形態を考慮すると構造性能の視点からのみの性能管理は現実的でない。

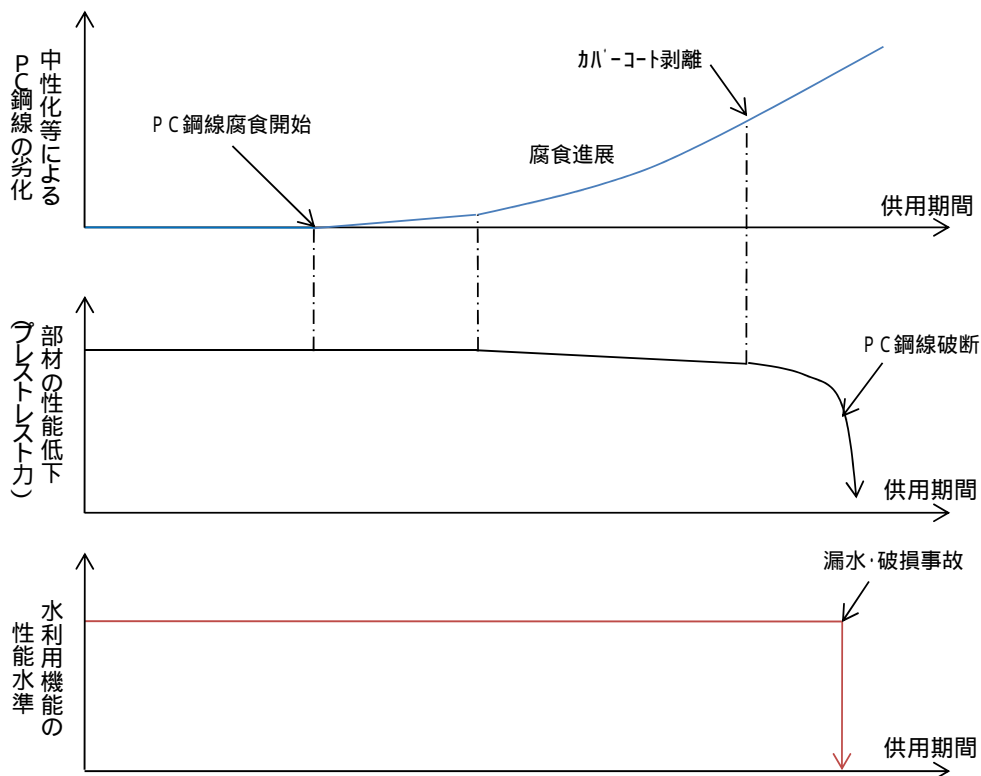


図 1-4 構造機能と水利用機能の関係（PC管の場合）

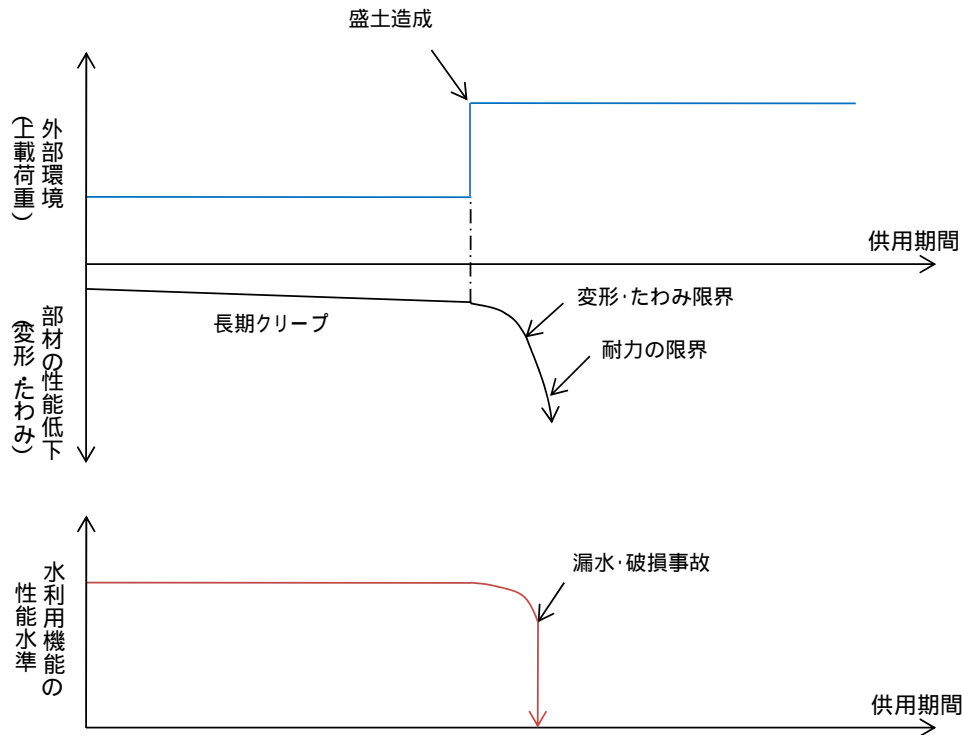


図 1-5 外部条件変化に伴う性能低下（FRP管の場合）

そこで、パイプラインの機能診断や性能管理は、外形的な構造状態だけでなく、漏水量などの水利用機能、水圧、流量などの水理機能に関する指標に着目することが重要である。また、パイプラインの漏水・破損事故は、水利用機能のほか、安全性・信頼性、経済性といった社会的機能に関する性能低下を示している。このため、パイプラインの性能管理は、社会的機能の観点からリスク管理の視点を取り入れ、漏水・破損事故のリスクに関する指標を考慮することが重要である。さらに、機能保全の基本的取組においては、現状の技術レベルを踏まえ、施設の重要度評価に応じた効率的な機能診断や予防保全・事後保全を組み合わせた対応を図る必要がある。これら性能管理のための指標は、可能な限り、定量的な個別の指標を用いることとする。

## （２）リスクを考慮する視点

### １）施設の重要度評価

施設の重要度とは、農業面では農業への影響度や復旧の難易度（費用・期間）等であり、農業以外の面では、住宅地、公共機関等の周辺施設の立地条件から、事故が起こった場合の被害額等で示される損失である。これらの損失は、経済性を表す指標でもある。

パイプラインにおいては、漏水・破損事故等による農業面と農業以外の施設周辺環境に与える影響から施設の重要度の評価を行うものとする。重要度は、定性的・定量的な判断から評価・区分を行うこととし、評価区分は表 1-7 に示す区分の例や地震リスクの観点から設定した評価区分を参考に、検討の目的や地区の状況に応じて個別に定める。

表 1-7 施設の重要度区分の例

評価区分	想定される事故による影響	評価指標の例
A A	人的被害が想定される	
A	経済的被害が大きい	被害額 > 予防的な保全対策費用
B	経済的被害が小さい	被害額 < 予防的な保全対策費用
C	事後保全でも許容できる	被害額 < 予防的な保全対策費用

【参考】パイプラインの耐震設計における重要度の評価

耐震設計を行うにあたっては、地震リスクの観点から施設の重要度に応じた地震動レベルを区分している。「土地改良施設 耐震設計の手引き」及び「土地改良事業計画設計基準・設計『パイプライン』（案）」のパイプラインの耐震設計における重要度の評価を表 1-8、1-9 に示す。

表 1-8 パイプラインの重要度区分

A 種（重要）	次の ~ のいずれかに該当する施設 主要道路や鉄道、住宅地等に隣接するもので、施設周辺の人命・財産やライフラインへの影響が極めて大きい施設 地域防災計画によって避難路に指定されている道路に隣接、または災害時の防火用水に指定されているなど、避難・救護活動への影響が極めて大きい施設 地域の経済活動や生活活動への影響が極めて大きい施設
B 種（重要）	被災による影響が大きい施設
C 種（一般）	被災による影響が少ない施設

出典：土地改良施設 耐震設計の手引き

表 1-9 重要度区分の考え方

区 分	項 目 ～ のいずれかに該当する施設	判断する上での参考指標
重要度 A 種 (レベル 2 地震 動を考慮する)	<u>利水施設としての規模</u> 供給される用水の中断ある いは減量が地域の生活機能お よび経済活動・生産活動に与え る影響の度合い。	水路システムの中で上流に位置し、施設規模が極 めて大きく、かつ被災した場合にライフラインとし ての水供給、ひいては地域の生活機能や経済活動・ 生産活動に著しい支障をきたす場合  例) 施設規模のほか、バイパス水路の有無や、関連 施設からの供給の可能性など地区の状況に応じ て勘案する。
	<u>被災による二次災害危険度</u> パイプライン施設が被災す ることによる第三者への被害 で、特に人命・財産やライフ ラインなどへの影響。	パイプライン施設に近接して家屋、避難場所、若 しくは公道、鉄道およびライフライン等重要公共施 設があり、水路の損壊による流出水が大量にこれら の場所に流入、または湛水し、人命若しくは社会経 済的に重大な影響を及ぼす恐れがある場合
	<u>応急復旧の難易度</u> パイプライン施設が被災し た場合に直ちに実施すべき応 急復旧のための現場作業の難 易度	応急復旧のための作業が極めて困難、若しくは長 期間を要する場合  例) 宅地などの隣接部や構造物の埋設が深い場合な どに難易度が高くなると考えられる
重要度 B 種 (レベル 1 地震 動を考慮する)	<u>利水施設としての規模</u> 同上	施設規模が極めて大きく、かつ被災した場合にラ イフラインとしての水供給、ひいては地域の生活機 能や経済活動・生産活動に相当の支障をきたす場合 で、A 種以外のもの
	<u>被災による二次災害危険度</u> 同上	パイプライン施設に近接して家屋、避難場所若し しくは重要公共施設があり、水路の損壊による流出水 がこれらの場所に流入または湛水し、人命に重大な 影響はないものの、社会経済的に多大な影響を及ぼ すおそれがある場合
	<u>応急復旧の難易度</u> 同上	応急復旧のための作業に比較的長期間を有する場合
重要度 C 種 (耐震設計は行 われない)	<u>利水施設としての規模</u> 同上	A 種、B 種に該当しない場合
	<u>被災による二次災害危険度</u> 同上	の例) 水路施設が甚大な被害を受けた場合でも付 近の原野、水田等が浸水する程度で、社会経済的 な影響が軽微な場合
	<u>応急復旧の難易度</u> 同上	の例) 応急復旧のための作業が容易で、短時間で 実施できる場合

出典：土地改良事業計画設計基準・設計『パイプライン』



## 2) 事故発生の可能性評価

漏水・破損事故の発生予測は、施設の安全性・信頼性を示す指標となる。

事故発生の可能性評価は、機能診断調査の結果から漏水・破損事故が発生する可能性とその要因を踏まえ、事故履歴が管理データとして時系列的に収集されている場合には、回帰計算等の統計手法を用いて推計して評価を行う。事故履歴が管理データとして収集・保存されておらず、統計手法の取扱いが困難な場合には、近傍類似地区における事故履歴や管種ごとの統計的事故発生確率等を参考に評価する。

なお、事故発生の要因は、施設の老朽化に起因するもののほか、地震や偶発的な外力によるものがある。これらの事故発生確率は、老朽化によるものとは区分して別途の検討が必要である。

表 1-10 事故発生確率の評価区分の例

評価区分	一定期間内に事故が発生する確率*	対応の例
E X	事故率：かなり高い ( 重大な変状がある、または頻繁に事故が起きている )	施設の重要度が高い場合、別途必要な対策を早急に検討
H	事故率：高い ( 大きな変状がある、または事故歴が一定程度ある )	一定期間中になんらかの対策を行う必要がある。
M	事故率：低い ( 大きな変状はない。事故歴がほとんどない。 )	予防的な保全対策や監視計画を検討する。施設の重要度が高い場合には、何らかの対策を行う
L	事故率：ほとんど無い ( 変状も事故歴もない )	経過観察を行う。

確率は、検討対象施設が一定期間に破損事故を起こす確率。( 件 / 施設【箇所・km】 / 期間【年】 )  
( ) 内は使用環境条件から漏水・破損事故が発生する確からしさ。

## 3) 効率的な機能保全の取組

### 機能診断調査の実施時期と頻度

機能診断の実施時期と頻度は、パイプラインを構成する施設ごとに、その漏水・破損事故等のリスク ( 重要度や破損事故の可能性 ) から、調査に要する経費を加味して検討を行う。

### 現地調査の範囲と内容

現地調査にあたっては、効率的な調査を実施するため、事前調査、現地踏査で収集した情報から施設の重要度や経過年数等を加味して、調査範囲・手法の検討を行う必要がある。特に、漏水・破損事故の発生頻度が高い箇所やそれらと類似の使用条件を有する区間は、十分に留意する必要がある。

### リスク評価による機能保全の実施方針

パイプラインの性能低下予測やリスク評価は、現状では十分な技術体系が確立されているとは言い難い。このため、人的被害が予想されるような重要度が高く、一定の変状が認められる施設については、性能低下予測のプロセスを経ることなく、重点的な調査と安全側での早急な対応を検討する。また、重要度が低く変状も認められない施設については、事後保全を前提とした継続監視を計画する。

施設の重要度評価と事故発生の可能性評価を用いたリスク評価による機能保全プロセスの検討例を表 1-11 に示す。

この例では、事故発生に対して最大の危険度を有する施設は、別途、早急に対応を図るよう「緊急検討」とし、施設の重要度:高(低)かつ事故発生の可能性:高(低)の評価区分のものは、機能保全シナリオの方針をそれぞれ「当面の対策を検討」、「継続監視」としている。

表 1-11 リスク評価による検討区分の例

		施設の重要度			
		AA	A	B	C
事故発生確率	EX	緊急検討	緊急検討	当面の対策を検討	シナリオ比較
	H	当面の対策を検討	シナリオ比較	シナリオ比較	経過観察
	M	シナリオ比較	シナリオ比較	シナリオ比較	経過観察
	L	シナリオ比較	経過観察	経過観察	経過観察

施設の重要度評価：高 AA ~ C 低

事故発生の可能性評価：高 EX ~ L 低

### 【参考】 パイプラインの地震リスクの考え方

農業水利施設の事故リスクの視点の一つに、地震等の偶発的な自然災害のリスクがある。パイプラインの地震リスクでは、考慮する地震動の規模や保持すべき耐震性能が近年の大規模地震等を契機に改訂がなされてきており、施設によっては現在の基準に満足しない場合も生じている。このような施設を効率的に診断し、耐震対策を進めるには、ストックマネジメントの取り組みに併せて耐震調査・検討を加えることも有効な手段である。

しかしながら、本編で述べたリスク管理とは、施設の性能低下に伴う漏水・破損事故等のリスクを対象に、ストックマネジメントプロセスにおける性能管理手法の一つとして取り入れたものである。また、パイプラインの耐震診断手法や耐震対策は、確立されていない内容もあり、技術的課題や経済的負担が大きい。このため、地震リスクに関しては、必要に応じて機能診断や保全対策の検討に考慮すべき事項があるか判断を行うものとする。

なお、耐震診断を考慮した調査・評価を行う場合は、地盤変状や液状化現象を起こす可能性がある土質・地下水等に着目した検討を加えるとよい。また、耐震対策における工法の妥当性や経済性を判断する観点から地震リスクを考慮する場合は、「農業水利施設の機能保全の手引き」第3章を参照する。

#### 4) リスク指標による性能管理

リスクを加味した性能管理では、施設の重要度（損失の大きさ）と、漏水・破損事故が起こる可能性（確率）を推計することにより、漏水・破損事故のリスク（危険度）に関する評価を行い、リスクに関する指標を一定範囲にコントロールする手法を取り入れる。

現状では、時系列的かつ定量的な事故発生の可能性（リスク指標）の評価ができる場合に適用する。例えば、信頼性の観点からは年間漏水事故率（件/km・年）、経済性の観点からは年間維持管理（補修）費用（円/件）の推計を用い、性能管理する水準設定は、施設の重要度評価等を考慮した設定を行う(図 1-6)。

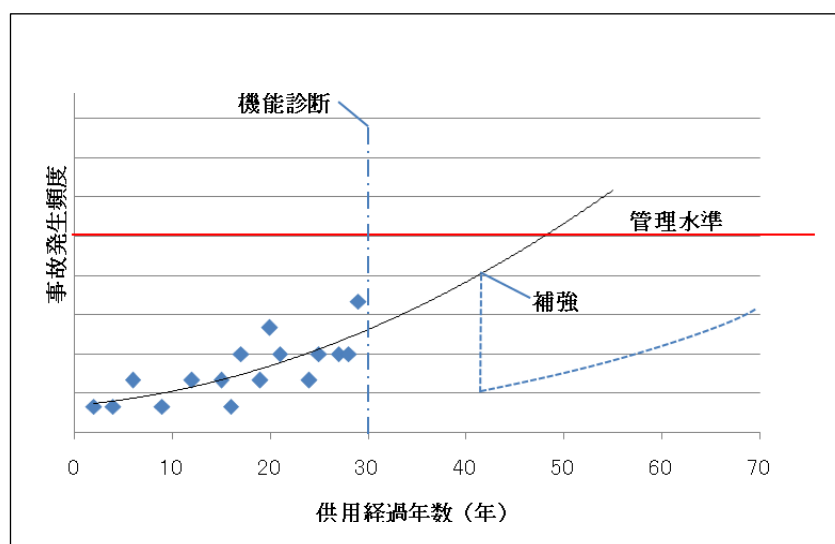


図 1-6 リスクを考慮した性能管理

【参考】 リスク管理の基本的考え方

リスクについては様々な定義があるが、JIS Q 2001：「リスクマネジメントシステム構築のための指針」によれば、「リスクは、事態の発生確率とその結果の組み合わせ」と定義される。工学的には、リスクの大きさは発生確率（事故率）と施設の重要度（損失額）で評価される。

$$\text{リスク R (期待損失)} = [P \text{ 発生確率 (事故率)} \times C \text{ 施設の重要度 (損失額)}]$$

リスク管理（リスクマネジメント）とは、JIS Q 2001 によれば、「リスクに関して、組織を指導し管理する、調整された活動」と定義され、一般的にリスク算定、リスク評価、リスク対応、リスク受容及びリスクコミュニケーションを含むものとされている。パイプラインの機能保全の取組にあたっては、「漏水・破損事故発生による損失をできるだけ少ない費用で効果的に処理するための管理手法」と捉え、個別のプロセスを踏むのではなく、以下に示すようにリスク管理の要素をそれぞれ機能保全の手順に考慮すればよい。

「リスク算定」及び「リスク評価」は、機能診断調査・診断のプロセスにおいて、漏水や破損事故の発生確率などと、それらが発生した場合の影響の大きさ（重要度/損失額）を考慮する。

「リスク対応」は、リスクコントロールとリスクファイナンスに大別でき、機能保全対策における予防保全・事後保全対応と同様に考えてよい（図 1-5）。

「リスク受容」は、リスクを受容する意志決定を指し、リスクが特定されても経済的、技術的、社会的な要因により残留するリスク（対策の結果を含む）について、施設管理者や関係機関が保有可能なものとして承認または合意を図るものである。機能保全計画の策定にあたり、どこまで許容できるかという性能管理の目標値の設定ともいえる。

「リスクコミュニケーション」は、日常管理、機能診断調査における事故発生時の対応手順、連絡体制等の整備を含めた情報収集と、機能保全計画の策定における施設管理者及び関係機関に対するリスクの情報開示または共有を行う。

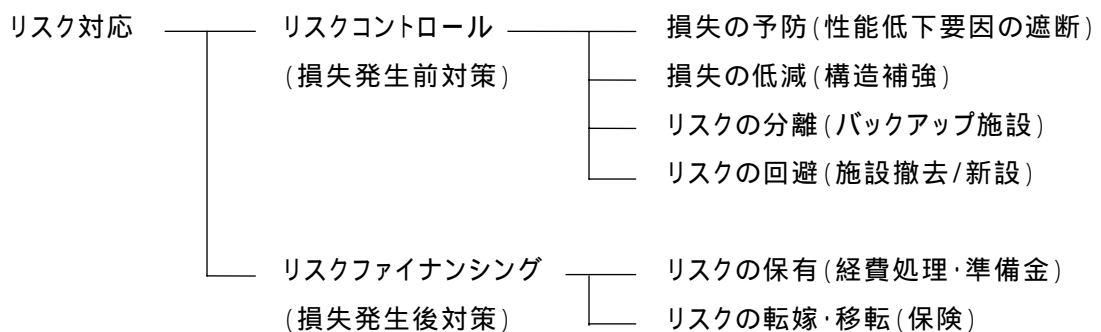


図 1-7 リスク対応の分類

### 1.3 パイプラインの性能低下

パイプラインの変状の要因は、立地（埋設）条件、配管設計条件、管種別に異なる。要因の推定にあたっては、変状の多くが複数の原因に起因していることに注意を払う必要がある。

また、漏水・破損事故の発生は、複数の原因によるパイプラインシステムの性能低下をマクロ的に表現しており、これらから性能低下の兆候を捉えることが重要である。

#### 【解説】

##### (1) 性能低下の兆候・パターン

一般に、水利用機能・水理機能に関する性能は、それらの機能を下支えする構造機能を間接的に評価しているが、構造状態がどのような劣化機構で、どのような劣化段階の影響を受けているかは明確に把握できない。

パイプラインは地中埋設構造物であり、継続的に構造状態を把握することは技術的、経済的に困難な場合が多い。このため、パイプラインの性能低下は、物理的な指標だけでなく、漏水事故歴や漏水量等の指標の推移から変状の進展状況を判断する手法が重要となる。

漏水・破損事故の発生の推移は、パイプラインシステムの性能低下をマクロ的に表現していると捉えることができる。これは、設備やシステム機器等の事故率推移の特性を表現するバスタブ曲線（故障率曲線）と同様であり、時系列的な性能低下の兆候やパターンを把握する上で有効である。

代表的なバスタブ曲線を図 1-8 に示す。バスタブ曲線は、一般的に供用年数の経過とともに、「初期故障期」「偶発故障期」「劣化故障期」の3つのステージを推移する。

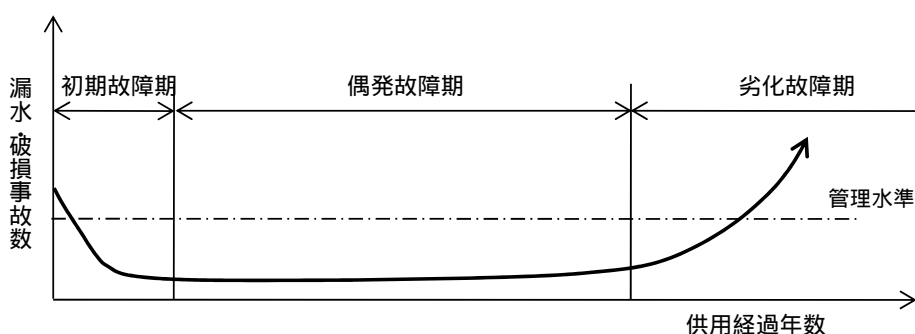


図 1-8 パイプラインの漏水・破損事故と供用経過年数（バスタブ曲線）

この曲線は代表的な例であり、管種や使用環境条件に応じた性能低下パターンに十分に留意するとともに、継続的なデータ収集により今後の性能低下のパターンの把握と分類化を行うこととしている。

「初期故障期」は、パイプラインシステムの設計不良、材料や施工不良等で生じた初期欠陥、環境との不適合などのために、供用開始後の漏水、損傷が発生する時期に相当する。試験通水時に確認される欠陥以外に、締固め不足や局所的な軟弱基礎地盤等による沈下・たわみの変状が5～10年を経た時期に発生する場合も初期故障期に含まれる。

「偶発故障期」は、初期欠陥による漏水事故が十分除外された後、管理操作上の人為的なものや地震等の偶発的な外力に起因して、ごく稀にしか欠陥が生じない時期に相当する。「劣化故障期」は、管体・継手に摩耗や劣化が進行し、時間の経過とともに事故・破損数が増加する時期に相当する。

機能診断や対策工法の検討にあたっては、漏水・破損事故といった変状が顕在化した際、事故件数の推移等から偶発事故であるのか、偶発故障期の後期あるいは劣化故障期の初期で性能低下が進行していくものかを見極める必要がある。劣化故障期では性能低下が加速度的に進行するため、特に注意をする必要がある。

(2) 性能低下要因と変状の現象

パイプラインの性能低下は、施設の内部要因、外部要因、その他の要因に影響されて進行し、一般的に、図1-9に示すような性能低下の原因と変状の現象・状態との関係をもつ。また、一般的なパイプラインの変状の特徴を表1-12に示す。

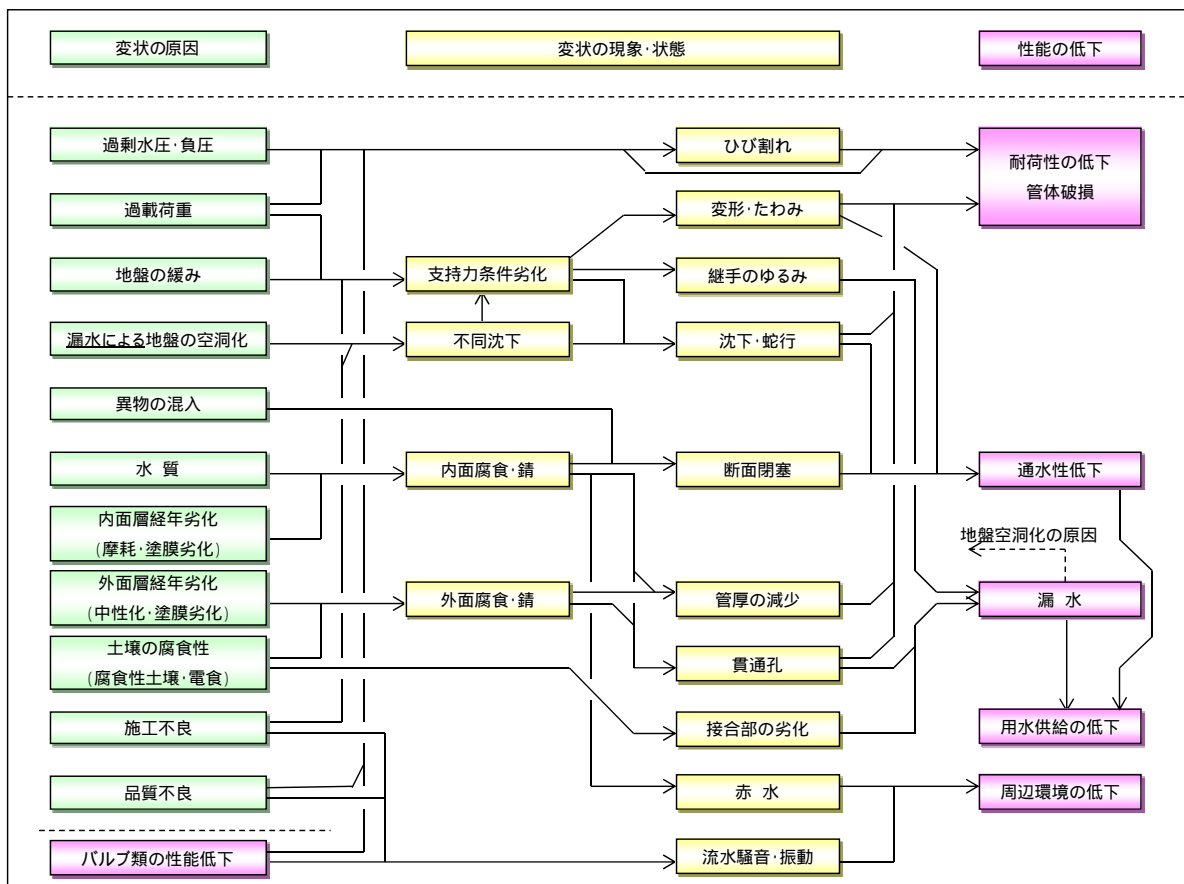


図 1-9 一般的なパイプラインの性能低下とその原因

表 1-12 パイプラインの変状の特徴

変状の種類		変状の原因、内容	影響
水利用面・水理面の 変状	漏水	漏水は以下のような要因により発生する。 ・管体亀裂、破損、腐食孔。 ・継手部（接合部）の緩みや劣化。特に不同沈下箇所や分岐管、弁類接合部は弱点になりやすい。また、継手タイプが古いもの、例えばゴム輪を使わないタイプは漏水を起こしやすいので、どのような継手を使用しているか事前に把握しておくといよい。	用水が無効に流失する。漏水箇所の地盤が緩み、管路の耐久性、耐荷性の低下を促進させる恐れがある。
	通水性能の低下	錆こぶや管体の変形・たわみ等により通水断面不足や粗度低下等が生じ、通水性能が低下する。現象としては通水量の低下、水圧の低下などとして現れる。 なお、土砂やごみ、藻類などの異物の混入、あるいは水理システム上の問題（空気連行等）による通水性能の低下も多いので、管路の性能低下を原因としたものと区別する必要がある。	通水性能はパイプラインの基本的な要求性能であり、これが大きく阻害された場合、受益者に与える影響は大きいので、日常的に通水性能の異常の有無の把握に努める必要がある。
構造面の 変状	管体破損	管路の支持条件の変化や腐食による管強度の低下から、周方向の管路折れや軸方向割れにより、管体が破損する。 高水圧が加わる管路では、さらにその危険性が増大する。	管路の破損規模が大きい場合、周辺地盤の陥没や崩壊による二次災害を引き起こす危険性がある。
	ひび割れ	過剰水圧や自動車荷重、あるいは不同沈下などによる荷重の集中化等を原因として管体にひび割れが発生する。 ひび割れの方向（縦断方向、横断方向）によって、管体に加わる荷重の分布状態を類推することが必要である。なお、コンクリート管では、鉄筋コンクリート構造物と同様に、中性化や塩害といった劣化によってもひび割れが発生する。	漏水や管体破損を誘引する。
	変形・たわみ	管体の支持条件の変化（地下水や漏水による砂基礎の流失、埋設土の空洞化等）や自動車荷重等の上乗荷重の増大等によって変形、たわみを生じる。	通水性能の低下やひび割れ、管体破損の原因になる。
	継手部・接合部の 変状	不同沈下や支持力不足により継手部に偏圧が加わる場合に継手の緩みが発生する。施工不良による継手の緩みもある。 腐食性土壌に埋設されている場合、ゴム輪がバクテリアに侵食され、高水圧に継手性能が追従できない場合に継手部・接合部の変状が生じる。	漏水の原因となる。ゆるみの状態がひどい場合は、管の抜け出しにより二次災害の危険性もある。
	沈下・蛇行	不同沈下や地盤の緩み、地震により管路の沈下・蛇行が生じる。	通水性能の低下、管体強度の低下の原因になる
	管内面腐食	腐食性の用水が通水されている場合に内面の腐食が発生する。また、内面塗膜が流水摩耗等によって経年劣化した場合も内面腐食を起こしやすい。	通水性能の低下、錆こぶ、貫通孔などを発生させる。管厚が減少し、耐荷性が低下する。
	管外面腐食	埋設管の地下水質や土壌の腐食性によって外面腐食が発生する（PC管のカバーコートモルタル等の腐食）。	管厚の減少により耐荷性が低下する。

パイプラインの変状の要因は、立地(埋設)条件及び配管設計条件によって異なり、要因の推定にあたっては、変状の現象・状態の多くが複数の原因からなることに注意をする必要がある。管体の性能低下メカニズムは、管種別に大きく異なることから、管の構造材質の区分(コンクリート系、鉄鋼系、樹脂系)に応じて整理するとよい。また、パイプラインは管路と附帯施設の機能が一つのシステムとして有機的に結合していることから、附帯施設の変状や分水バルブ等の機器の現場における操作管理の実態によっては、管路の性能低下の原因となる場合があることにも留意する。

### 1) コンクリート系管路

コンクリート系管路には、遠心力鉄筋コンクリート管(RC)、コア式プレストレストコンクリート管(PC)、石綿セメント管(ACP)がある。コンクリート系管路の主たる性能低下要因は、外部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腐食が考えられる。ここではRC管とPC管の性能低下要因と変状について示す。

#### a) コア式プレストレストコンクリート管(PC)

PC管は、遠心力またはロール転圧を応用して成形したコンクリートコアに、鋼線を巻き付け、プレストレスを導入して製造されるもので、RC管に比べ大きな内水圧に耐える。一方で、管の構造材質はコンクリート材料であるため管体重量が重く、耐衝撃性及び施工性に劣る。継手の種類はソケット継手及びカラー継手がある。

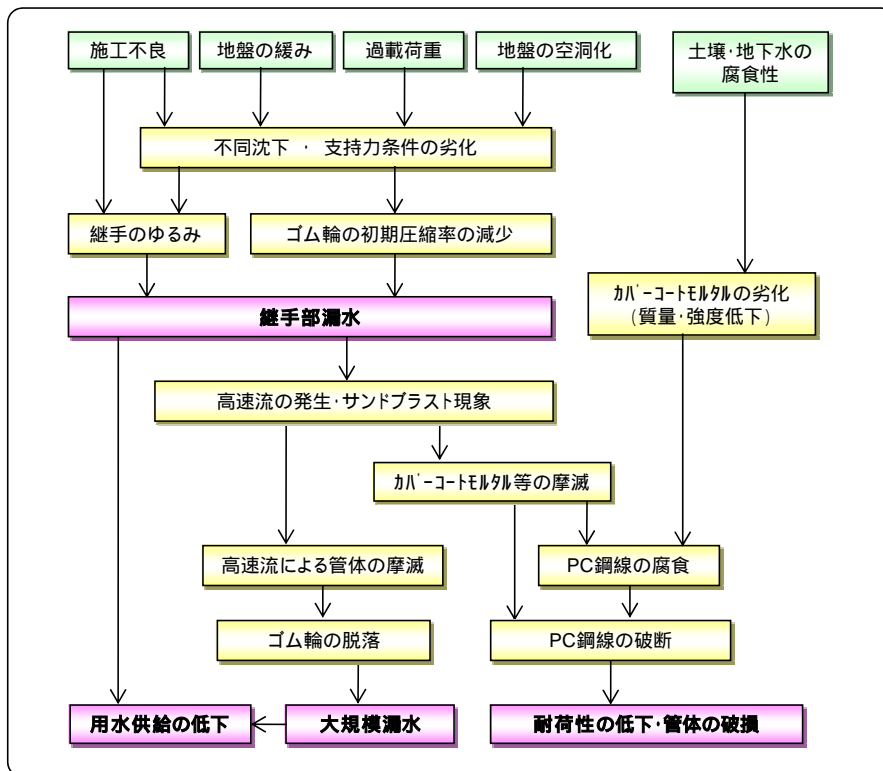


図 1-10 コア式プレストレストコンクリート管の主な変状とその原因





## 2) 鉄鋼系管路

鉄鋼系管路には、ダクタイル鋳鉄管（DCIP）、鋼管（SP）がある。鉄鋼系管路の主たる性能低下要因には、マイクロセル腐食、マクロセル腐食、電食といった鋼材腐食に伴う変状がある。腐食の種類は、そのメカニズムから図 1-12 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。

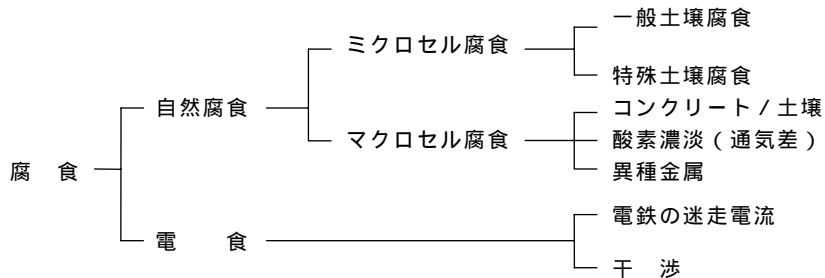


図 1-12 腐食の分類

### a) ダクタイル鋳鉄管（DCIP）

ダクタイル鋳鉄管は、高い強度と靱性を有するダクタイル鋳鉄を用いて遠心力成形した管で、管体重量が大きく、耐衝撃性と高い耐内外圧性を有する。ダクタイル鋳鉄管の構造材料は、鋼管に比べ電気抵抗が高く、耐食性に優れており、さらに内面腐食には通常モルタルライニングを施して腐食抑制を図っている。継手の種類はソケット継手、カラー継手、メカニカル継手及びフランジ継手がある。

ダクタイル鋳鉄管の性能低下要因は、力学的要因として継手部への影響やモルタルライニングの破損から内面腐食へと至るものがあり、また鋼材腐食として腐食性土壌やコンクリート/土壌マクロセル等による外面腐食から漏水、耐荷力の低下に至るものがある。なお、外面腐食は、ポリエチレンスリーブ施工等の防食対策の有無により、その進行が大きく異なる。

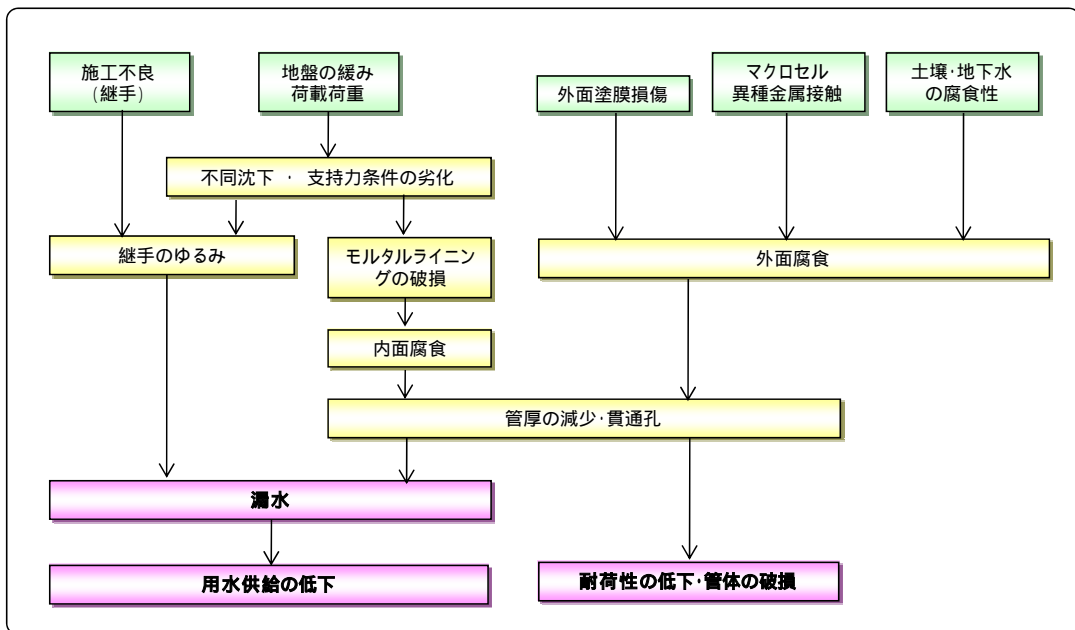


図 1-13 ダクタイル鋳鉄管の主な変状とその原因

### b) 鋼管 (SP)

鋼管は、高い耐内外圧性能を有するため、管厚を薄く設定できることから他の管種と比較して軽量である。このため、運搬・敷設に際して取扱いが容易であるとともに軟弱地盤の沈下等に対して有利である。しかしながら、管の構造材料は腐食に弱く、外面の防食としてアスファルト等の塗料がビニロンクロス、ガラスクロス等の覆装材と併せて使用されているものもある。継手の種類は溶接継手及びフランジ継手がある。

鋼管の性能低下要因は、管体の腐食によるものが大勢を占める。小口径の溶接継手の場合には、継手溶接部の内面塗装が出来ないため、継手部内側に腐食が発生することがある。また、溶接継手はゴム輪を介した継手と比較して管体間の電気抵抗が極端に少ないため、直流電流が漏洩している土壌では、電食が発生する可能性が高い。コンクリート/土壌マクロセルや無塗装部の局所的な腐食は、全面的な腐食に比べ貫通に至るまでの時間が短いことにも留意する必要がある。

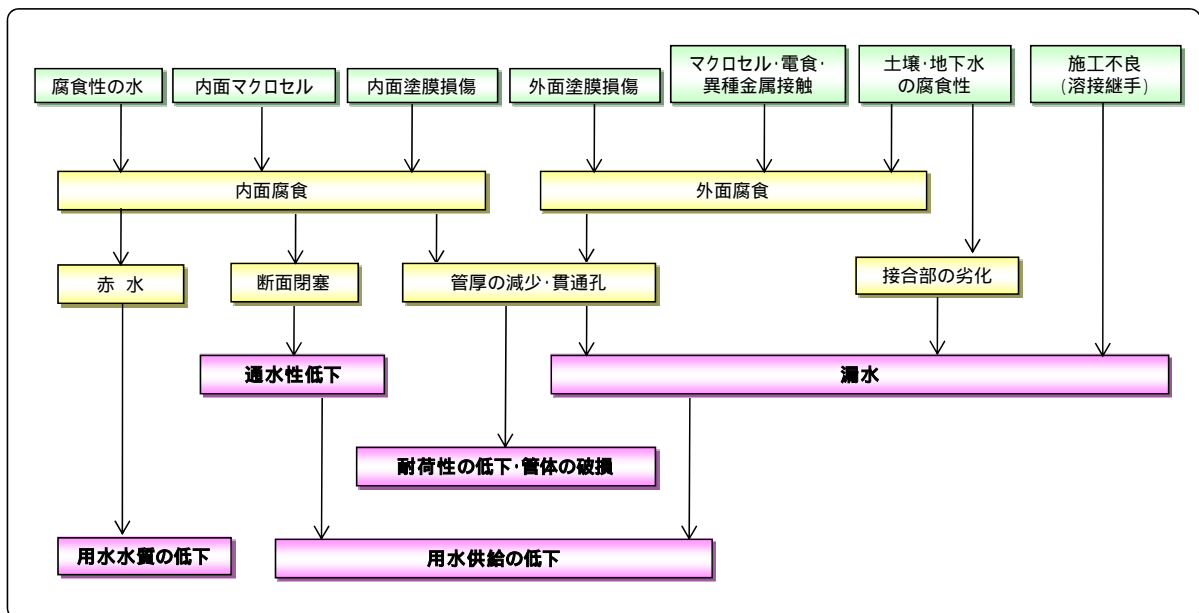


図 1-14 鋼管の主な変状とその原因

### 3) 樹脂系管路

樹脂系管路には、強化プラスチック複合管 (FRPM)、硬質ポリ塩化ビニル管 (PVC)、ポリエチレン管 (PE) がある。樹脂系管路の主たる性能低下要因は、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。ここでは強化プラスチック複合管、硬質ポリ塩化ビニル管の性能低下要因と変状について示す。

#### a) 強化プラスチック複合管 (FRPM)

強化プラスチック複合管は、耐食性、耐摩耗性、耐電食性、耐衝撃性に優れ、継手部に可とう性を有し、管体重量が軽量であることから、軟弱地盤の管路にも適している。継手の種類はソケット継手及びカラー継手がある。

管自体の歴史が比較的浅いこともあり、管材料自体に経年的劣化が生じたという報告は少ないが、初期段階に発生する事故や、荷重条件あるいは使用方法の変化によって発生する事故などに注意する必要がある。

b) 硬質ポリ塩化ビニル管 (PVC)

硬質ポリ塩化ビニル管は、耐久性、耐食性、耐電食性に優れ、地下に埋設されている状態では、有機溶剤等の浸透以外に化学的劣化は生じないが、紫外線劣化は生じるため露出配管には留意する必要がある。継手の種類はソケット継手及び接着継手がある。ソケット継手は伸縮性と可とう性を備えており、軟弱地盤の管路にも適しているが、接着継手の場合にはソケット継手に比較して、継手の緩みにより漏水が発生するケースもみられる。

末端部で使用される環境では、バルブ操作等による水圧の頻繁な変化の繰り返し(脈動水圧)による継手の緩みも考えられる。さらに、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には、土圧・自動車荷重等の影響を受けて亀裂が発生する可能性もある。

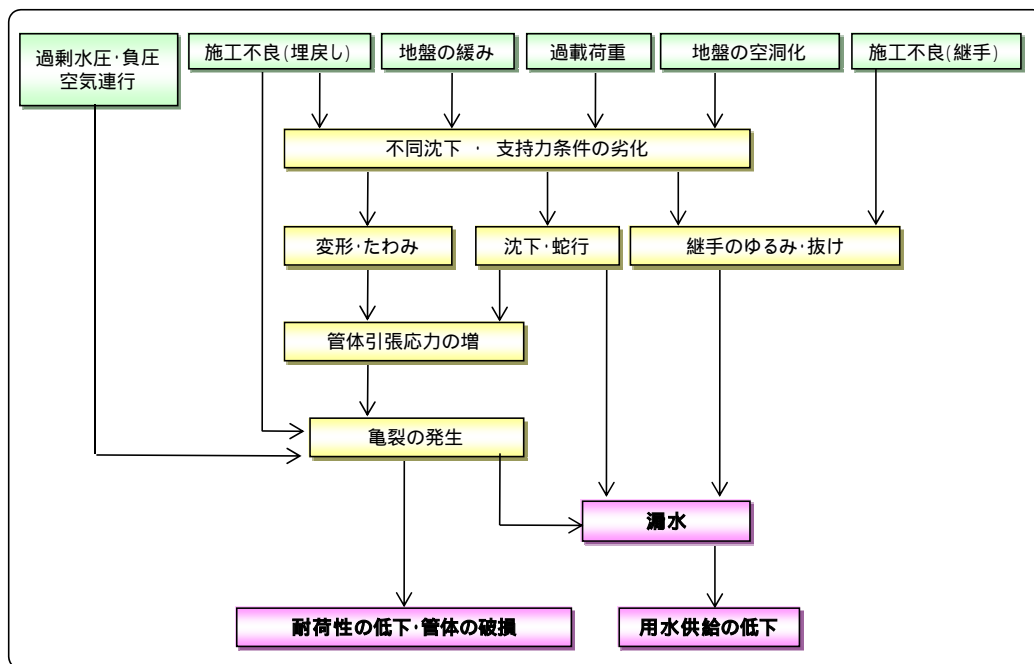


図 1-15 強化プラスチック複合管・硬質ポリ塩化ビニル管の主な変状とその原因

## 1.4 パイプラインの機能保全の流れ

パイプラインにおける機能保全計画は、機能診断調査、機能診断評価の結果を踏まえて策定を行う。

### 【解説】

パイプラインの機能保全計画の策定フローを図 1-16、1-17 に示す。

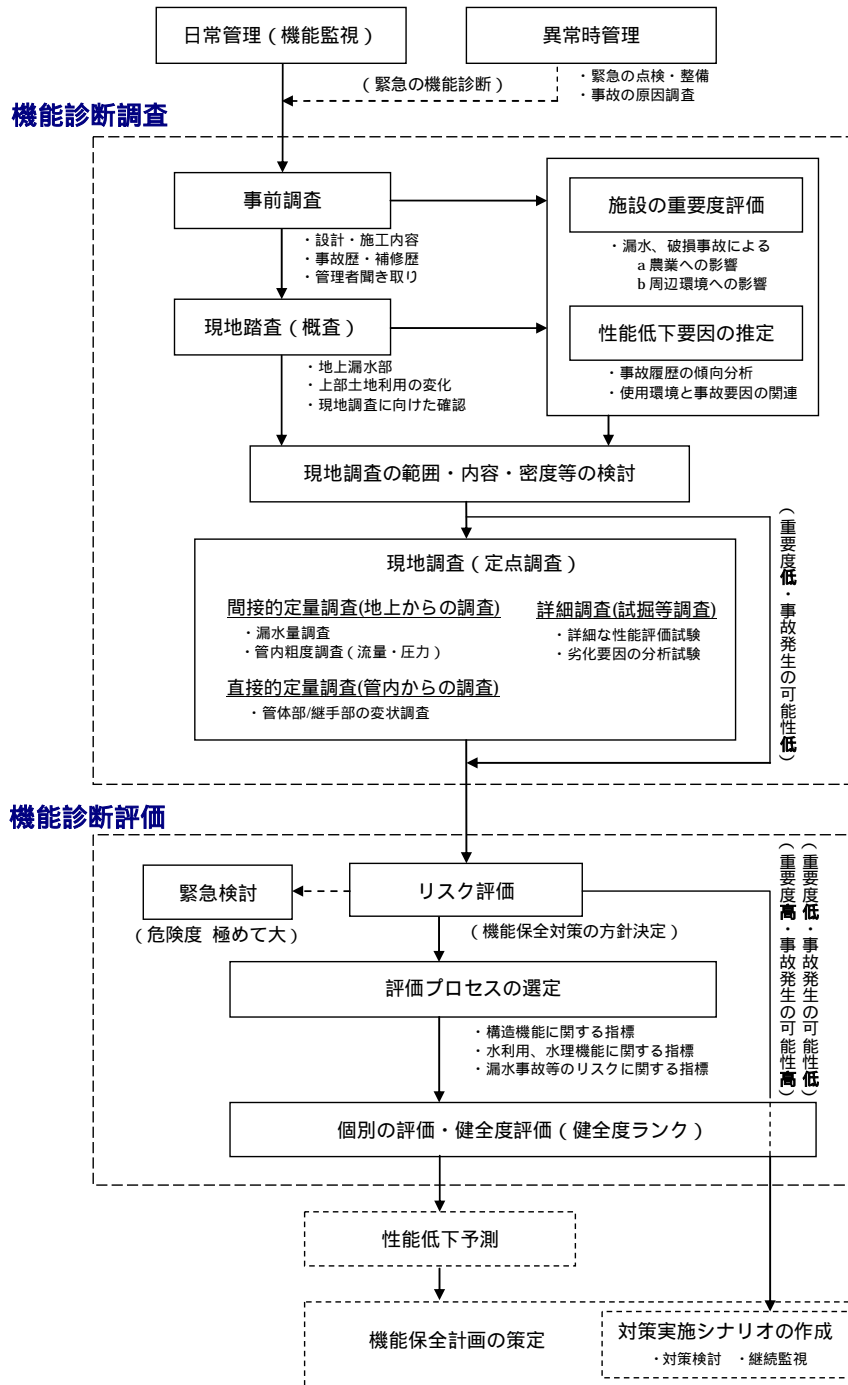


図 1-16 パイプラインの機能保全計画策定フロー ( 1 / 2 )

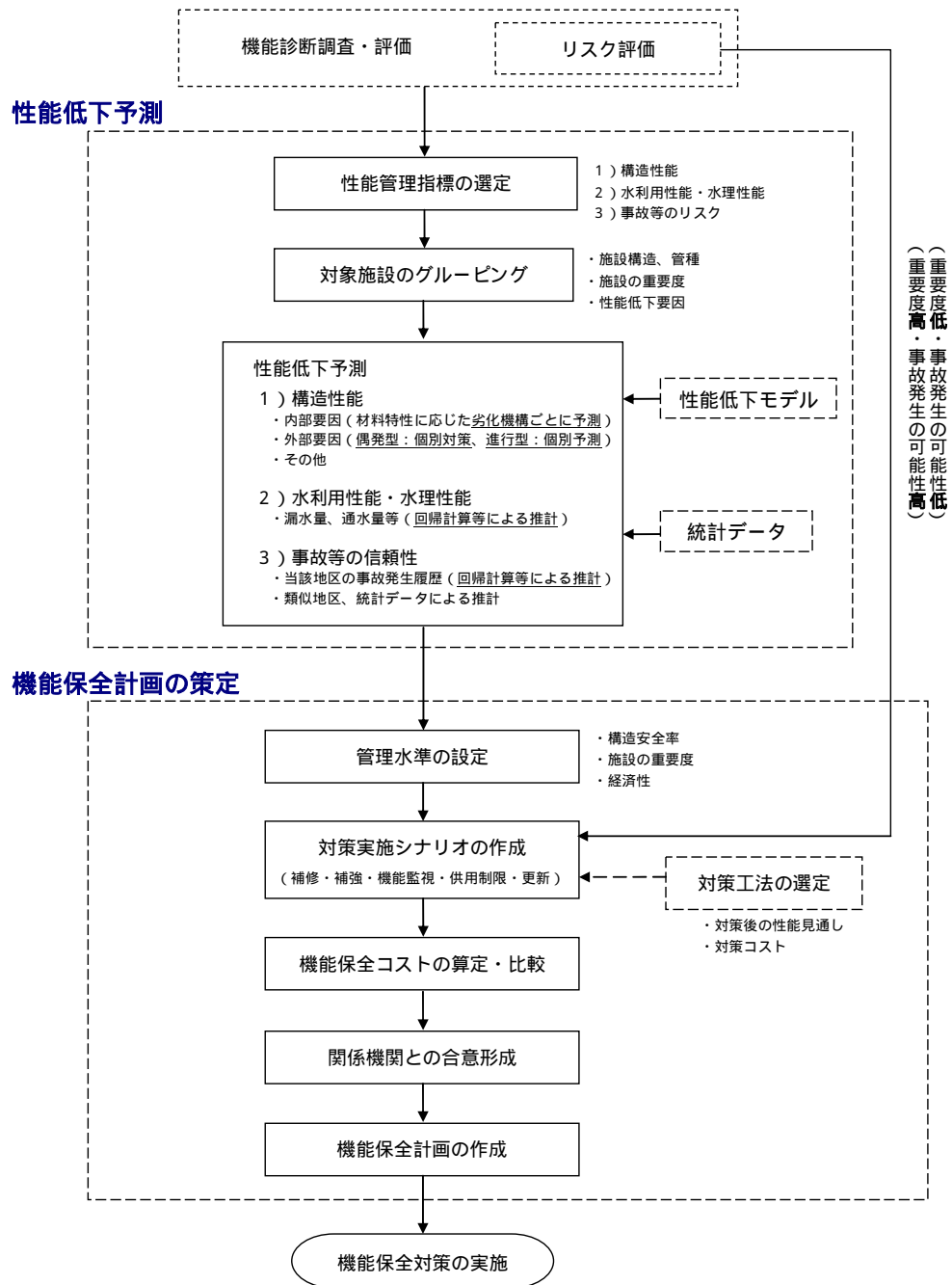


図 1-17 パイプラインの機能保全計画策定フロー（2 / 2）

## 第2章 機能診断調査

### 2.1 基本的事項

機能診断で実施する調査項目や調査地点の選定にあたっては、調査の目的を明確にした上で、その目的に対応した最適な手段を選択することが必要である。

#### 【解説】

#### (1) 機能診断調査の基本的な考え方

機能診断調査は、その調査の目的を明確にした上で、目的を達成するために必要な成果を得るためには、どのような調査手法が効率的であるかとの観点から、調査全体を検討することが重要である。

また、個々の施設の調査内容を決定する際にも、当該調査により何を明らかにしようとしているのかといった、調査の狙い、目的を明らかにすることが重要である。その際、調査の結果により判定できる事実がもたらすコストの縮減やリスクの回避といった価値と、調査に要する費用等が見合うものであるか、との視点での検討も必要である。

なお、機能診断調査に係る情報は、農業水利ストック情報データベースに一元的に蓄積するとともに、調査にあたっては、これらを参照して施設の状態を把握するための基礎情報として活用を図る。

#### (2) 機能診断調査の手順

パイプラインの機能診断調査は、効率的に施設を把握する観点から、

資料収集や施設管理者からの聞き取りによる事前調査、

埋設位置の地上状況や付帯施設の外観目視による概略把握を行う現地踏査、

間接的及び直接的な計測・試験等により定量的な調査を行う現地調査、

の3段階を基本とし、施設の重要度、水利用システムの観点、管種ごとの主要な変状及び劣化特性を踏まえて、合理的に調査を実施する。

##### 1) 事前調査

事前調査は、現地調査の実施方法の検討を目的とし、設計図書、事故・補修履歴、施設管理者からの聞き取り等により、機能診断調査のための基本的情報を収集する。

##### 2) 現地踏査

現地踏査は、路線の地上状況確認、露出配管・バルブ類の外観検査等を行い、現地調査の実施方法や調査範囲を具体的に検討することを目的とする。

##### 3) 現地調査

現地調査は、事前調査、現地踏査の結果から、施設の重要度や経済性を踏まえて効率的な調査計画を検討し、現地において定量的な調査を実施する。なお、定量的な現地調査の結果、追加的な調査が必要と判断された場合には、詳細な調査を追加して実施する。

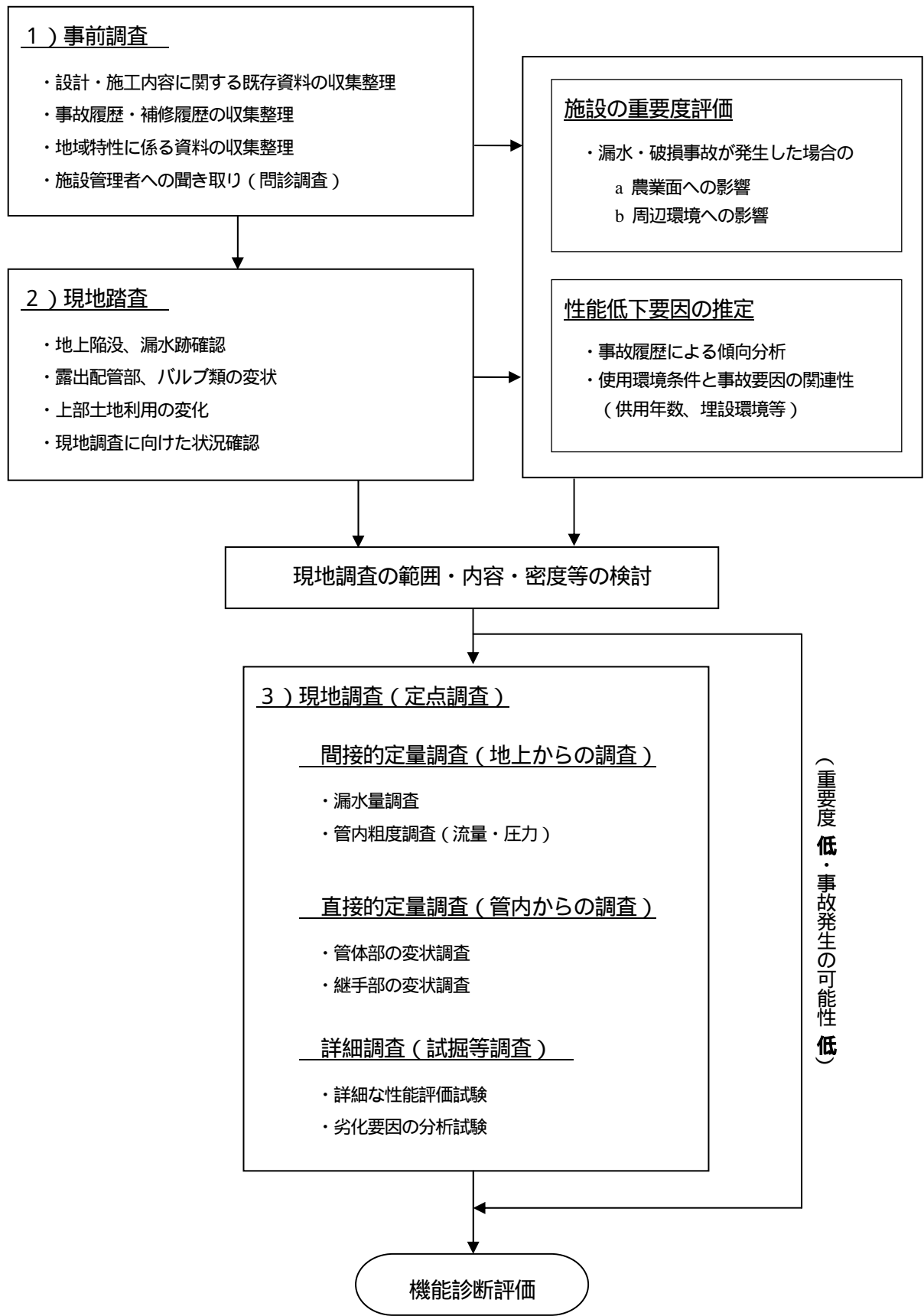


図 2-1 機能診断調査の実施フロー



## 2.2 事前調査

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、過去の診断履歴、事故・補修履歴、地域特性等の既存資料の収集と施設管理者からの聞き取り等を行う。

### 【解説】

#### (1) 既存資料の収集・整理

##### 1) 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書(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、施工年月及び事業誌、工事誌、用地関係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、施工者に対して聞き取り調査を行う。主な調査項目は次のとおりである。

##### a. パイプラインの名称、所在地、設計者及び施工者

こ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。

##### b. 竣工年月

設計図書、竣工図面などから竣工年月(施工時期)を調査する必要がある。劣化現象は経年的に進行する場合もあることから、竣工後の経過時間を把握することにより、劣化現象の原因の把握、今後の予測などを行う基礎的資料となる。また、施工当時の各種基準、材料特性などを把握することができ、それにより劣化要因を推定することが可能となる場合もある。

##### c. 通水開始年月

管理日報などから通水開始年月を調査する必要がある。

管内面の腐食は、経年的に進行する場合もあることから、経過時間を把握することにより、劣化現象の原因の把握、今後の予測などの基礎的資料となる。

##### d. 設計内容

設計図、業務報告書、完成図書等の設計図書から、使用した管体・継手の諸元、バルブ類の形式、当初の設計条件、荷重条件、地盤条件、ゴム輪等の部材諸元等を調査し、設計内容の妥当性の確認を行うとともに、当初と現在の設計基準・規格内容を比較し、必要に応じて現在の設計基準により安全性の確認を行う。また、現地踏査及び現地調査結果と比較することにより、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、パイプラインシステム設計や管体構造設計等の検討を行い、現時点での条件の妥当性を確認する。

##### e. 施工内容

管体管敷設時のジョイント間隔、ゴム輪位置、中心線のズレ、たわみ率、塗膜厚等を施工時の記録を入手しておく。このことで、機能診断調査の数値の比較検討により変状の経年変化量を算定でき、今後の変化の推定が可能となる。

## 2) 事故履歴・補修履歴の収集整理

事故履歴、補修履歴の調査は、施設管理者から資料を収集し、破損の状態、補修・補強の方法、場所等を平面図、縦断図に記入する等して整理し、範囲ごとの変状の特徴等の分析を行う。漏水事故は、施設管理者による管理記録等のデータを収集し、管種、口径、埋設経過年数、供用年数などを考慮して整理する。

事故履歴・補修履歴を調査することにより、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どうか、補修による効果がどの程度あるのかを推定することが可能である。なお、調査計画の策定にあたっては、使用・供用環境が類似している範囲に同様の劣化の可能性が考えられることから、これらに対する資料整理も重要である。

## 3) 地域特性に係る資料の収集整理

パイプラインは、土壌及び地下水等の埋設環境により力学的、化学的作用により構造機能に係る性能指標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、水質調査等から埋設地盤の力学的評価、土壌及び水質の腐食性、地下水位、液状化・不同沈下の可能性等を把握することで、性能低下要因を推定する基礎資料とする。

## 4) 施設管理者に対する問診事項及び取りまとめ方法

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基本とするが、可能な限り変状の程度や水管理・保守上の課題、維持補修費用、バルブ等の操作の実態等まで確認することが望ましい。

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と漏水事故等による社会的影響、施設の危険度についても聞き取りを行い、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地区では、施設改修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。現地調査時に断水調査等を想定している場合は、通水期間、断水可能期間（時間）などを把握しておく。

施設管理者への問診は、通常、表 2-1、2-2 に示すような日常点検票（問診票）に施設管理者が定期的に記入し、それらの調査票を機能診断調査の実施者が収集・整理する。

## 5) 施設情報の図化

施設の重要度評価や、現地踏査・現地調査に必要な情報は、平面図・縦断図等に記載し、水理ユニット毎で整理する。パイプライン施設情報のGIS整備が進んでいる地区では、GISを活用することが望ましい。

### 【 平面図・縦断図記載情報の例 】

- 施設の重要度区分
- 事故履歴・補修履歴
- 漏水地点
- 設計時の荷重条件
- 腐食性土壌の区間

表 2-1 パイプラインの日常点検票（問診票）(1/2)

整理番号		調査年月日	平成 年 月 日
地区名		記入者	
施設名			
項目	異常の有無、内容 <sup>1</sup>	異常箇所 <sup>2</sup>	
管路の通水性	1.異常有り 流量が相当不足し、所定の機能が発揮されていない。 流量が不足し、通水性の低下傾向が顕著になっている。 流量がやや不足し、通水性が年々低下傾向にある。 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 用水量が相当不足している。 用水量が不足し、用水量の低下傾向が顕著になっている。 用水量がやや不足し、用水量が年々低下傾向にある。 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 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。 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。 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。 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 騒音・振動が認められる、苦情、改善要請がある。 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 2-2 パイプラインの日常点検票（問診票）(2/2)

項 目	異常の有無、内容 <sup>1</sup>	異常箇所 <sup>2</sup>
露出配管	1.異常有り 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。 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。 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。 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 水位の変動が激しく、溢水を生じている。 水位が脈動して安定せず、水位制御が困難になっている。 水位の安定性が年々低下してきている。 その他の異常が見られる。( ) 2.異常無し 【特記】	
バルブ類 <u>(仕切り弁、空気弁等)</u>	1.異常有り 正常に機能していない(弁が完全に閉まらない等)。 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。 操作性が低下(操作力が異常に大きい等)している。 その他の異常が見られる。( ) 2.異常無し 【特記】	

1：以上の有無、内容は、該当する番号に 印をつける

2：異常箇所は、測点、もしくは大まかな位置を記入する。

## 2.3 現地踏査

現地踏査では、現地調査の実施方法を検討するため、事前調査で得られた情報をもとに実際に現地を巡回目視により踏査し、必要な事項を確認する。現地踏査にあたっては、日常管理を通じて平常時の状況を熟知する施設管理者と同行することが望ましい。

### 【解説】

現地踏査は、1)埋設位置の地盤陥没や地すべりの有無、水管橋等の地上配管、荷重条件、その他地上部で確認できる変状の確認、2)水理調査や管内調査等の現地調査を実施するのに適当な場所の確認を主目的として行う。

現地踏査にあたっては、以下の点に留意して巡回目視を行う。

地盤の陥没、崩壊、漏水痕跡の有無

水管橋、その他露出配管部の変状

サイフォン部の異常河床低下、サイフォンの露出の有無

空気弁等のバルブ類の外観検査及び作動状況

埋設位置の地上部の土地利用について、設計条件との差違の確認

また、現地調査に向けての準備として

制水弁工等、簡易流量計の設置可能な場所の確認

分水工、調圧施設等の管内への進入可能な場所の確認

現地踏査にあたっては、事前調査で整理された施設情報、認識されている変状等をもとに、踏査箇所や確認すべきポイントを予め整理した帳票を作成する。現地踏査票の参考例を表2-3に示す。

また、今後の現地調査及び継続調査時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、事前調査段階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 2-3 パイプラインの現地踏査票

整理番号		調査年月日	平成 年 月 日
地区名		記入者	
施設名			
写真整理			
	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		
	住宅、道路等の建造物		
	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		
	サイフォン部の異常河床低下、サイフォンの露出		
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		
現地調査の適用性	簡易流量計等の設置		
	管内への進入		
評価	現地調査箇所 (機能診断調査として現地調査を行うのに適当な箇所)		
	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

## 2.4 施設の重要度評価と性能低下要因の推定

現地調査における調査項目の設定や調査地点の選定を効率的に行う観点から、事前調査、現地踏査で得られた成果を基に、施設の重要度を評価するとともに、着目する性能低下要因を推定する。

### 【解説】

#### (1) 施設の重要度評価

パイプラインは、一般地上構造物と比べ機能診断に係る技術的な制約や経済的負担が大きく、効率的な現地調査を行うためには、対象とする施設の重要度に応じた調査の内容を計画する必要がある。このため、事前調査や現地踏査の成果等から、漏水・破損事故による農業面と農業面以外での施設周辺環境に与える影響をもとに、施設の重要度を評価する。

農業面における施設の重要度は、パイプラインが農業用水を送・配水する施設であることから、受益面積や水利システムの特性（水田、畑地といった水利用の目的や、分水・流量制御設備といった水利システムの重要性）等の農業への影響度や、復旧の難易性、代替策の有無及びその難易性といった要素を考慮する。農業以外の面における施設の重要性は、事故が起こった場合の周辺施設への社会的被害を評価し、住宅や道路、鉄道等の公共機関等の立地条件といった要素を考慮する。施設の重要度評価は、これらの要素から被害額等で示される損失であり、定性的・定量的な判断から評価・区分を行う。

参考として、施設の重要度評価の例を述べる。

#### 〔重要度区分の評価基準〕

ここでは、農業面では当該パイプラインの受益面積、農業以外の面では事故発生時の社会被害について立地条件から表 2-4 に示す評価基準を設定した。

表 2-4 重要度区分の評価基準の例

区分	<農業面> 受益面積 A (ha)	<農業以外の面> 社会被害（立地条件）
	A 1,000	社会被害の可能性大（非農業部門への相当程度の影響）
	1,000 > A 100	非農業部門への影響あり
	100 > A	非農業部門への影響なし

#### 〔重要度の総合評価の判定基準〕

農業面及び農業面以外の施設周辺に与える影響評価区分から、表 2-5 に示す総合的な判定区分をもとに施設の重要度を評価する。路線に施設の重要度区分を設定したものを図 2-2 に示す。

表 2-5 重要度の総合評価判定の例 \*1

		受益面積		
社会的被害 (立地条件)		A	A	B
		A	B	B
		B	B	C

\*1：施設の重要度区分は第1章 表 1-7 を用いた。

\*2：鉄道横断部は鉄道管理者の管理基準に準拠し、事故による人的被害が想定されるため、AA評価とした。

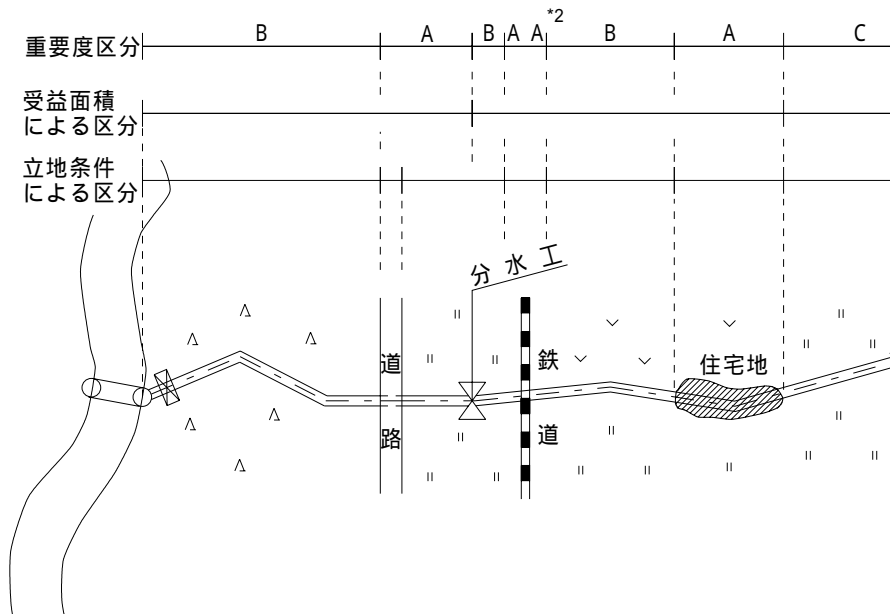


図 2-2 施設の重要度の設定の例

## (2) 漏水・破損等の事故履歴

調査対象の施設に漏水や破損等の事故履歴がある場合、事故の要因や頻度からも、調査対象施設で発生している性能低下の状況について、推定することが可能である。このため、調査地点の選定や調査密度の設定にあたっては、事故履歴を十分に考慮する必要がある。

パイプラインの漏水・破損事故の発生は、水利用機能の停止のほか、経済性、施設の安全性・信頼性を考慮のうえ、漏水事故率や補修費の推移を時系列的に整理することで、性能低下の兆候を読み取ることができる。なお、漏水事故率等の傾向は、事故履歴や補修履歴から経年的なデータの整理によって把握するが、回帰計算等の統計手法を用いる場合は、初期欠陥や地震等の偶発的な要因を除外するか、もしくは対象設定年を適切に選定する必要がある。



### (3) 性能低下要因の推定

過去の機能診断結果を含めた事前調査、現地踏査の成果から、どのような性能低下が起こっているか、ある程度の推定が可能である。性能低下要因を推定するうえでの視点を表2-6に示す。

調査項目から得られた資料をもとに使用環境条件と事故要因の関連性を整理し、表2-7、2-8に示すような「事故リスク相関表」を用いて、当該施設における漏水・破損事故が発生する可能性と主たる要因を把握する。漏水・破損事故が発生する可能性やその要因は、相関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性能低下要因が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に反映させることが望ましい。

なお、直接調査が技術的・経済的に困難な場合、水利用・水理機能面に着目した調査結果に基づいて機能保全計画を策定することも考えられる。こうした場合にも事前調査で得られる情報の範囲で性能低下要因を推定し、対策工法の検討の参考にすることが必要である。

表2-6 性能低下要因を推定する視点

区分	調査項目	調査内容	性能低下の視点
管路諸元	管種・口径等	規格・製造年・製造方式・材料等	管種別の主要な性能低下の把握、品質不良
	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 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)、施工不良
	施工(通水)年	供用経過年数	全国事故事例等から事故発生危険度
埋設環境	土被り	地上部の土地利用 (施工時との変化)	荷重の増大、要求性能の変化(耐荷力不足等) 変化点部は不同沈下
	荷重	荷重条件 (設計時との変化)	要求性能の変化(耐荷力不足・耐震性等) 活荷重の影響の大きさ(耐荷力、地盤ゆるみ)
	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
	不同沈下の有無	平面縦断図等	地形変化点の不同沈下
	土壌の腐食性	ANSIの土壌評価基準等	鋼材系材料の外表面劣化、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	全国事例等から全体的な危険度
	流量	計画流量・最小流量	内面磨耗 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・外面腐食 PC管のカバーコート劣化
	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	電位差 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内部要因か外部要因(進行型 or 偶発型)かの把握 類似する過去事例から性能低下要因を把握
	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 2-7 事故リスク相関表（鉄鋼系）の例

使用・劣化環境		漏水要因	C/S マクロセル 腐食	電食	土壌 マイクロセル 腐食	管内劣化 (発錆等)	異種金属 通気差等 マクロセル 腐食
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)						
供用年数	20年未満						
	20～40年未満						
	40年以上						
コンクリート構造物	15m以内にコンクリート構造物との 接触あり						
外面塗膜装 ・埋戻材料	瀝青質系塗膜装、 埋戻材料が発生土・砕石						
内面塗装	塗装なし(溶接部含む)						
流量	所定水圧下の流量減少						
埋設環境	腐食性が疑われる土壌						
	地下水位が管体付近までである						
	異種金属接触あり						
	通気差あり(砂/粘土、湿潤状態等)						
	1km以内に直流電気鉄道等 迷走電流の可能性あり						

表 2-8 事故リスク相関表（コンクリート系・樹脂系）の例

使用・劣化環境		漏水要因	カバーコート 腐食 (PC)	継手漏水	管体破損 (RC)	管体破損 (FRPM)
管体破損歴 (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)					
供用年数	20年未満					
	20～30年未満					
	30～45年未満					
	45年以上					
使用水圧	使用水圧0.3MPa以上					
管理上の問題等	バルブ急閉の可能性あり					
	日常的空気連行の可能性あり					
地盤・地形条件	地盤沈下等による管への影響あり					
	設置位置が谷地形					
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					

〔関連性：高 ・ ・ ・ なし 低〕

## 2.5 現地調査

事前調査・現地踏査で得られた結果及び施設の重要度等を勘案して、現地調査の範囲・調査地点の密度及び調査手法を設定する。また、調査手法については、管種の特徴に合わせた調査方法を選択するとともに、類似地区の事故事例や使用・劣化環境条件も参考にすることがある。

### 【解説】

#### (1) 現地調査の基本的な考え方

現地調査は、事前調査・現地踏査で得られた結果及び施設の重要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、施設性能の低下状態やその要因について定量的な調査を行う。

現地調査は、1) 漏水試験や水圧と流量の調査といった地上部から間接的に実施可能な定量調査（間接的定量調査）と、2) 管内部から近接目視や計測・試験等の直接的な定量調査（直接的定量調査）を必要に応じて組み合わせた調査を行う。また、3) 現地調査による調査結果だけでは判定できず、さらに詳細な調査が必要であると判断された場合には、専門家や試験研究機関などによる調査（詳細調査）を実施する。

なお、口径 800mm 未満で管内への進入が出来ない場合や通年通水により断水不能、もしくは可能であっても時間的制約を受けるような場合には、それらの条件に応じた間接的な調査手法を選択する必要がある。また、小口径パイプラインでは、調査費用と求めたい結果との費用対効果についても十分検討したうえで調査内容を決定する必要がある。例えば、事故が発生しても被害や復旧費用が少額で、機能診断調査を行うよりも事後保全の方が明らかに経済的な施設（末端の配管等）は、施設の重要度に応じて現地調査の対象外とすることを検討する。

管内調査の実施にあたって、極めて著しい変状が生じている管路や急傾斜管路、酸素欠乏、粉塵といった作業環境の危険性が考えられる場合は、間接的な調査手法を検討する必要がある。

#### (2) 現地調査区間選定の考え方

現地調査区間は、分水施設間で挟まれた水理ユニットに着目し、管路形式（管種）や規模、土地利用条件、地形・地質等が大きく変わる変化点において、単位分割したものを基本区間として選定する。

漏水量調査などの水理調査の実施区間は、圧力や流量の影響を及ぼし合う水理ユニット単位を基本とする。また、管内調査の実施区間の選定では、空気弁、水槽等の管内進入箇所及び日作業時間や管内作業の安全性といった調査実務上の視点を考慮する必要がある。

現地調査の調査地点及び調査のレベルは、効率的な調査を実施するため、施設の重要度と以下の視点に留意した選定を行う。

地区の特徴（材質や圧力等の設計諸元、設置後経過年数など）

認識されている変状（管理者からの聞き取り、事故履歴）

外部環境条件の変化（土地利用の変化など）

参考として、調査地点・調査レベルの選定イメージを表 2-9、図 2-3 に示す。

調査地点・調査レベルの考え方は、例えば施設の重要度が高く、漏水事故歴や変状がある場合には、事前調査・現地踏査の結果から推定した性能低下要因に応じて重点的な調査を行い、重要度が低く、

事故歴や変状がない場合には、現地調査の対象外とする。

なお、過去に施設の機能診断調査が実施されている場合には、調査の効率性確保と経年変化を分析できるようにするため、当該調査地点を極力活用するようにする。

表 2-9 調査地点・調査レベルの決定の例

事前調査・現地踏査で 得られた既知の情報		施設の重要度			
		A A	A	B	C
事故歴 あり	1)変状有り 2)漏水事故等の可能性高い 3)外部環境に変化				
	変状無し				-
	不明				-
事故歴 なし	1)変状有り 2)漏水事故等の可能性高い 3)外部環境に変化				
	変状無し				-
	不明				-

【調査レベルの考え方】

- ：性能低下要因に応じた当該施設を詳細調査（定点調査）
- ：当該施設の調査（定点調査）
- ：ユニット単位の調査（必要に応じて定点をサンプリング調査）
- ：現地調査は対象外（事前調査・現地踏査のみ）

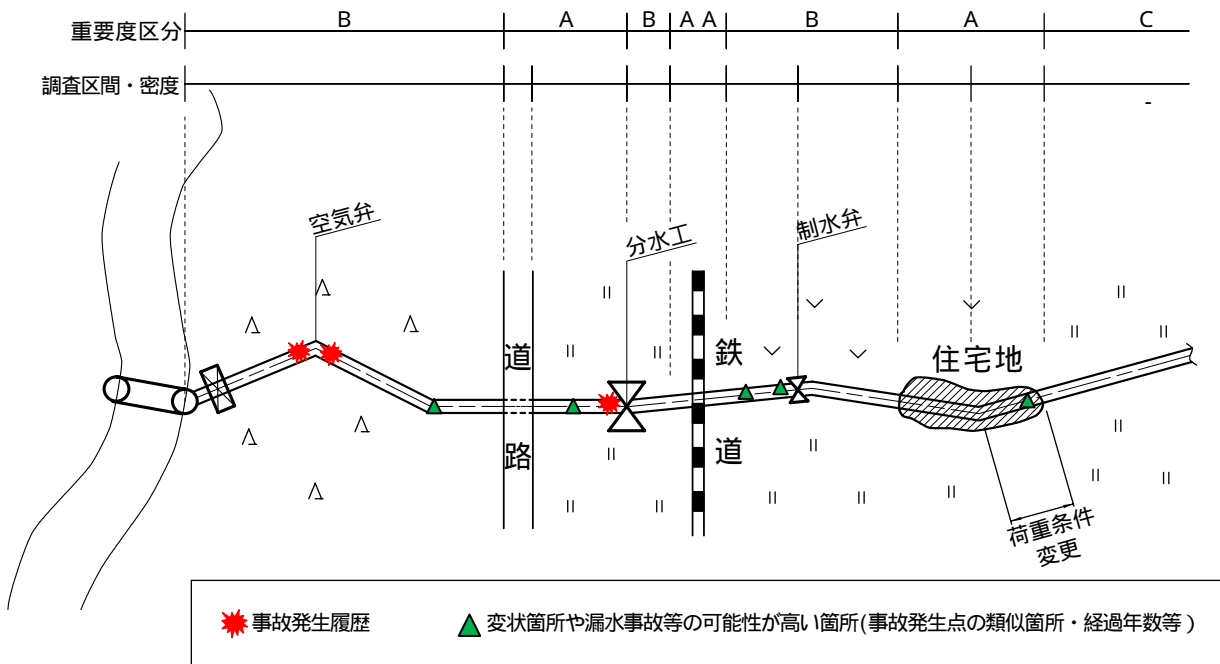


図 2-3 調査地点・調査密度の設定の例

(3) 調査項目および調査内容

現地調査では、事前調査、現地踏査の結果を踏まえ、事故リスク相関表や管種ごとの主要な性能低下メカニズムと以下の事項を考慮して調査項目を設定する。標準的な現地調査項目を表 2-11 に示す。

- 施設の種類
- 管体の材質、直径、設計水圧、設計流量等
- 敷設後経過年数
- 外部環境の変化
- 事故履歴の内容や既知の変状

(4) 現地調査表

パイプラインの現地調査結果は、調査項目ごとに整理を行う。なお、パイプラインの現地調査にあたっては、中長期の変状を継続的に調査することが望ましいため、定点ごとの調査票からとりまとめを行う。現地調査（定点調査）票および関連調査結果票の参考例を表 2-12～2-15 に示す。

(5) 調査頻度

機能診断の実施時期と頻度は、パイプラインの構成施設や選定された調査区間ごとに、その漏水・破損事故等のリスク（重要度や破損事故の可能性）から、調査に要する費用を加味して検討を行う。

【参考】

付帯施設（バルブ類）の調査項目及び内容は、目視調査を基本とし、下記項目について実施する

表 2-10 付帯施設（バルブ類）の調査項目と調査内容

調査箇所	調査項目	調査内容	調査方法	対象バルブ <sup>注)</sup>
バルブ全体	外面塗装	錆、剥離の有無	目視	、 、 、 、 、
	開閉状態	弁棒の作動状態	作動	、 、 、 、 、
	接続部、周辺部	陥没、本体の偏芯の有無、状況	目視	、 、 、 、 、
弁座部	漏水	漏水の有無、状況	聴覚または圧力計	、 、 、 、 、
減速器	グリスの漏れ	漏れ、にじみの有無	目視	、 、 、
	錆付き	錆付きの有無、作動の正常性	目視、作動	
潤滑の必要箇所	弁棒、ねじ部	グリス不足状況、潤滑油の状態	目視	、
開度計	よごれ	開度計の読み取り可否	目視	、 、 、
	開度計の指示	弁体作動と開度計の指示の整合	目視	、 、 、
制御状態	圧力、流量、水位等の指示	設定範囲内かどうか	目視	、

注) 対象バルブ等の区分は以下による。

仕切弁、 バタフライ弁、 空気弁、 逆止弁、 スリーブバルブ、 オートバルブ、 電動駆動装置

表 2-11 標準的な現地調査項目と内容

調査項目	調査内容及び調査方法	適用管種						
		R C	P C	A C P	S P	D C I P	F R P M	P V C
・間接的 定量調査 (地上からの 調査)	漏水量調査 水張り試験、もしくは2点間流量測定などにより漏水量を測定							
	漏水調査(漏水位置特定等) 漏水音、相関法等によって間接的に漏水を確認する調査手法							
	管内粗度調査(流量・圧力) 流量と圧力を同時測定し、ヘーゼン・ウイリアム公式の流速係数Cを 求める							
	C/Sマクロセル腐食調査 コンクリート構造物の貫通部近傍で管対地電位分布を測定する							
	電食調査 外部電気設備からの漏洩電流を地表面電位勾配により判定する							
	土壌調査(マイクロセル腐食等調査) 埋設管近傍の土壌を採取して、室内試験により腐食性因子を測定する							
	地下水水質調査 埋設管近傍の地下水を採取し、腐食性因子を測定する							既存井活用または要ボーリング
	管内カメラ調査 管内カメラ、水中カメラ等による管内状況調査							小口径、断水不能箇所等
・直接的 定量調査 (管内からの 調査)	ひび割れ状況 管内目視によるひび割れ状況調査 管の変状劣化を定性的に把握							
	蛇行、沈下の状況 管内縦断測量により、蛇行、沈下を調査							
	たわみ量測定 縦横比の簡易測定でよい							
	内面塗装・腐食状況 管内目視による腐食状況調査							
	発錆状況 管内目視調査による発生状況調査							
	継手間隔 管内から継手間隔をゲージで測定							
	管厚測定 デプスゲージ又は超音波計による測定							
	堆積物の状況 堆砂・ゴミの有無、量の状況確認							
	継目試験 テストバンドによる継手の水密性検査							
・詳細調査 (試掘等調査)	試掘による管外面目視調査 埋設管まで試掘し、外面の腐食状況を目視する							要試掘
	管体の力学試験 供試管を採取し各種力学実験を行う							要試掘
	クリープ試験 経年管のクリープ強度と設計基準強度を比較し、物理的な劣化の評価を 行う							要試掘
	管体の化学試験 力学実験に用いた供試管の化学試験を行う							要試掘
	継手ゴム輪劣化試験 ゴム輪を採取し、物性試験を行う							要試掘

表 2-12 パイプラインの現地調査（定点調査）票（1/2）

整理番号		調査年月日		
地区名		記入者		
施設名		調査地点(測点表示等)		
定点調査番号		例; No. + ~ No. +		
劣化要因の評価 (事故リスク 関連表による)	劣化要因	評価	特記事項(可能性のある劣化要因等)	
	C/Sマクロセル腐食			
	電食			
	土壌ミクロセル腐食			
	管内劣化(発錆等)			
	異種金属通気差等マクロセル腐食			
	カバークロート腐食			
	継手漏水			
	管体破損			
調査部位	規格	調査施設概要図		
データ整理	スケッチ	<input type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし	No.	
	写真	<input type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし	No.	
変状項目		変状の状態・程度		
漏水事故率	鋼管、ダクタイル鋳鉄管、塩化ビニル管	<input type="checkbox"/> a=0 <input type="checkbox"/> 0 < a < 1.4 <input type="checkbox"/> 1.4 a		
	石綿管、PC・RC管、FRPM管	<input type="checkbox"/> a=0 <input type="checkbox"/> 0 < a < 0.4 <input type="checkbox"/> 0.4 a		
	最近年(5年、7年、10年平均の最大値)漏水事故率	<input type="checkbox"/> 増加傾向あり	(件/年・km)	
管路自体の変状	漏水量	鋼管、塩化ビニル管 ダクタイル鋳鉄管、FRPM管 RC・PC管、石綿管 (単位; L/日・cm・km)	<input type="checkbox"/> 25未満 <input type="checkbox"/> 25以上~50未満 <input type="checkbox"/> 50以上 <input type="checkbox"/> 100未満 <input type="checkbox"/> 100以上~200未満 <input type="checkbox"/> 200以上 <input type="checkbox"/> 150未満 <input type="checkbox"/> 150以上~300未満 <input type="checkbox"/> 300以上 漏水量 (L/日・cm・km)	
	漏水の影響が周辺に及んでいる	<input type="checkbox"/> あり		
	ひび割れ(RC, PC, ACP, FRPM)	<input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> あり	(mm)	
	腐食状況	内面塗装腐食率(SP, DCIP)	<input type="checkbox"/> 10%未満 <input type="checkbox"/> 10%以上	
		発錆状況(SP, DCIP)	<input type="checkbox"/> 0.3%未満 <input type="checkbox"/> 0.3%以上~5%未満 <input type="checkbox"/> 5%以上	
		腐食・錆の有無	<input type="checkbox"/> あり	(mm)
	ひび割れ腐食の進行性	<input type="checkbox"/> あり		
	たわみ量	<input type="checkbox"/> 3%未満 <input type="checkbox"/> 5%未満 <input type="checkbox"/> 5%以上	(mm)	
	たるみ・蛇行・沈下(700未満)	<input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 管口径1/2未満 <input type="checkbox"/> 管口径1/2以上	(mm)	
	たるみ・蛇行・沈下(700以上)	<input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 管口径1/4未満 <input type="checkbox"/> 管口径1/4以上	(mm)	
	継手曲げ角度	<input type="checkbox"/> 許容角度1/2以内 <input type="checkbox"/> 許容角度以内 <input type="checkbox"/> 許容角度超等	( )	
	継手挿入長の割合	<input type="checkbox"/> 規格値内 <input type="checkbox"/> 規格値外止水性問題なし		
		<input type="checkbox"/> 規格値大幅超等漏水の懸念あり	測定値 (mm)	
	たるみ等の進行性	<input type="checkbox"/> あり		
	テストバンド	<input type="checkbox"/> 80%超 <input type="checkbox"/> 80~50% <input type="checkbox"/> 50%未満	(%)	
テストバンド結果の進行性	<input type="checkbox"/> あり			
PC管外観調査(中性化残り等)	<input type="checkbox"/> 10mm以上 <input type="checkbox"/> 10mm未満 <input type="checkbox"/> 腐食・破断	(mm)		
鉄鋼系管路外観調査	<input type="checkbox"/> 変状無し <input type="checkbox"/> 5%未満変状 <input type="checkbox"/> 5%以上変状・すり鉢減肉 <input type="checkbox"/> 貫通孔あり	変状割合	(%)	

表 2-13 パイプラインの現地調査（定点調査）票（2/2）

<b>点検担当者の主観的な評価</b>	
対策の必要性	1. 対策必要有（以下から選択） <input type="checkbox"/> 早急に詳細調査を実施し、補修対策を実施する必要有り。 <input type="checkbox"/> 詳細調査を実施し、対策の必要有無を検討するのが望ましい。 <input type="checkbox"/> 緊急の対策、調査は必要ない。 <input type="checkbox"/> 2. 対策必要無し 【特記事項】
想定される 主な劣化要因  複数指定可	【劣化要因】 <input type="checkbox"/> 1.初期欠陥(管材・施工) <input type="checkbox"/> 2.中性化 <input type="checkbox"/> 3.アルカリ骨材反応 <input type="checkbox"/> 4.凍害 <input type="checkbox"/> 5.化学的腐食 <input type="checkbox"/> 6.疲労 <input type="checkbox"/> 7.摩耗・風化 <input type="checkbox"/> 8.構造外力(地震を含む) <input type="checkbox"/> 9.近接施工 <input type="checkbox"/> 10.支持力不足(沈下) <input type="checkbox"/> 11.過剰水圧 <input type="checkbox"/> 12.マイクロセル腐食 <input type="checkbox"/> 13.C/Sマクロセル腐食 <input type="checkbox"/> 14.電食 <input type="checkbox"/> 15.腐食性土壌 <input type="checkbox"/> 16.水質 <input type="checkbox"/> 17.その他マクロセル <input type="checkbox"/> 18.管内劣化(発錆等) <input type="checkbox"/> 19.カバコート腐食 <input type="checkbox"/> 20.その他 【特記事項】
想定される 劣化過程評価	【劣化過程】 <input type="checkbox"/> ;潜伏期 <input type="checkbox"/> ;進展期 <input type="checkbox"/> ;加速期 <input type="checkbox"/> ;劣化期 <input type="checkbox"/> 初期故障期 <input type="checkbox"/> 偶発故障期 <input type="checkbox"/> 劣化故障期 【特記事項】



表 2-14 漏水量 (水位測定) 調査票(1/2)

整理番号		調査年月日	平成 年 月 日
地区名		記録者	
路線名			
調査範囲	略 図		
測定方法			
測定手順			

表 2-15 漏水量（水位測定）調査票（2/2）

整理番号			調査年月日	平成 年 月 日
地区名			記録者	
路線名				
水位測定 施設	施設名			
	施設概要			
	施設略図			
測定区間				
測定開始時間		測定開始水深	m	
測定終了時間		測定終了水深	m	
測定時間時間	hr	水位低下量	m	
漏水量	時間当り	$m^3 / hr$	V =	
	日当り	$m^3 / 日$	V =	
測定区間				
測定開始時間		測定開始水深		
測定終了時間		測定終了水深		
測定時間時間		水位低下量		
漏水量	測定時間			
	日当り			
測定区間				
測定開始時間		測定開始水深		
測定終了時間		測定終了水深		
測定時間時間		水位低下量		
漏水量	測定時間			
	日当り			

# 第3章 機能診断評価

## 3.1 機能診断評価の視点

機能診断評価は、機能診断調査の結果から施設の性能低下状態やその要因を把握するとともに、対象施設の健全性を総合的に把握するために行う。

### 【解説】

パイプラインの機能診断評価は、機能保全計画を策定するために必要となる施設の性能低下について、その状態と要因を把握するために実施する。また、施設の状態から対象施設が総合的にどの程度の健全性を有するかについて評価を行うために実施する。機能診断評価のフローを図3-1に示す。

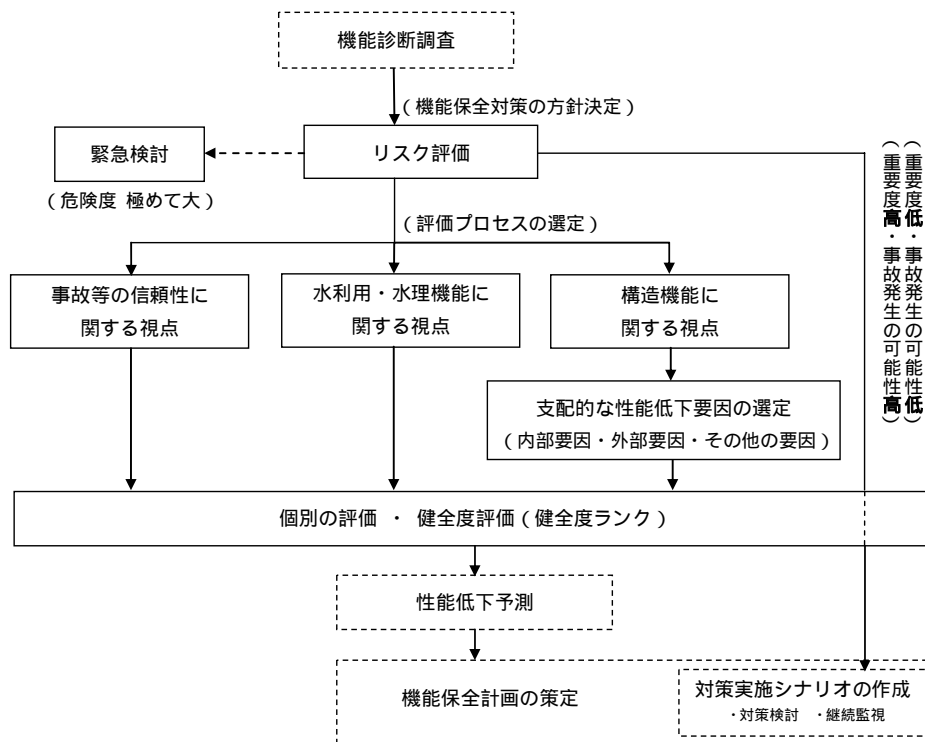


図 3-1 機能診断評価のプロセス

パイプラインシステムの場合、性能低下の要因やプロセスが千差万別であることから、必ずしも施設の総合評価（健全度評価）が、個々の施設の性能低下予測に有効とは限らない。しかしながら、施設の状態から他地区との比較や全国的な傾向を把握するため、施設の総合評価を行うことが必要である。

したがって、構造機能、水利用機能、水理機能、漏水・破損事故等のリスクに関する視点から、たわみ量、漏水量等の評価や予測が可能な指標、または支配的な指標に対し、

可能な限り定量的な評価を行い、これを性能管理のための指標とする。施設状態を示す総合的な健全度評価は、個別に実施した評価結果から健全度ランクの決定を行うこととする。なお、健全度ランクの指標（S-x）は、調査単位ごとの施設の性能管理（性能低下予測）には原則として用いないものとする。

構造性能の低下については、その要因が材料の劣化などによる内部要因か、荷重等による外部要因か、もしくは接合などのその他の要因かに分類する。また、これらの性能低下は過年度に生じた様々な要因によって進行しているため、それぞれの要因について進行性があるかどうかを含めて把握することが重要である。

機能診断調査においては、可能な限り性能低下要因に関するデータを蓄積するものとし、水利用性能・水理性能の低下については、その要因が把握している構造性能の低下要因と関連づけられるかを検討する必要がある。

また、パイプラインシステム全体としての安全性・信頼性の評価は、水理ユニットの構成やバルブ操作の実態から数値計算等による水撃圧解析を行い、システム全体の水理学的安全性を評価する手法も有効である。

パイプラインの施設の状態と健全度のランクの設定例を表 3-1 に示す。

表 3-1 パイプラインの健全度ランクの設定

健全度 ランク	施設の状態	現象例	対応する 対策の目安
S-5	変状がほとんど認められない状態。	新設時点とほぼ同等の状態	対策不要
S-4	軽微な変状が認められる状態。	漏水や内面等に軽微な変状が認められるが当面の使用には支障がない	要観察
S-3	変状が顕著に認められる状態。 劣化の進行を遅らせる補修工事などが適用可能な状態。	漏水や内面腐食等の深刻でない変状が顕著に見られる状態 今後、変状の進展が急速に増加すると思われる状況	補修 (補強)
S-2	施設の構造的安定性に影響を及ぼす変状が認められる状態。補強を伴う工事により対策が可能な状態。	PC鋼線の部分的な腐食・破断 鋼管の小規模な貫通孔 漏水による周囲への影響が顕在化した状態	補強 (補修)
S-1	施設の構造的安定性に重大な影響を及ぼす変状が複数認められる状態。近い将来に施設機能が失われる、または著しく低下するリスクが高い状態。補強では経済的な対応が困難で、施設の改築が必要な状態。	S-2に評価される変状が更に進行した状態 補強で対応するよりも、改築した方が経済的に有利な状態	改築

### 3.2 施設の総合評価（健全度評価）

パイプラインの健全度の評価は、管種、埋設条件等を踏まえて、施設の性能低下に関係する要因とその評価区分を設定した施設状態評価表を用い、機能診断調査の結果により行う。複数の要因が影響している場合には、性能低下を進行させるより支配的な要因に重点を置いて評価する。

#### 【解説】

パイプラインの健全度の評価を行うため、管種や継手構造のほか、埋設条件等を踏まえて、性能低下に関係する要因とその評価区分を設定した施設状態評価表を作成する。

施設状態の適切な評価のためには、各施設や地域の条件等を加味することが必要となる。ストックマネジメントに係る基礎的なデータ蓄積のため、基本的な評価項目と評価区分を共通化することとし、パイプラインの基本例として、施設状態評価表を表3-2に示す。

この基本例のほか、必要に応じて評価項目の追加や評価区分の設定を行う。なお、この施設状態評価表は、現場での実践と基礎的なデータ蓄積を踏まえた更なる検討を踏まえて、必要となれば一定期間の後、見直しを行う。

表3-2 パイプラインの施設状態評価表（案）

地区名		評価年月日				
施設名		評価者				
定点番号		調査地点 (測点等)				
施設状態		S-5:変状なし S-4:変状兆候(要観察) S-3:変状あり(補修) S-2:顕著な変状あり(補強) S-1:重大な変状あり(改築)				
評価項目		評価区分				
健全度ランク		S-5	S-4	S-3	S-2	
事故履歴・漏水	漏水事故率	SP, DCIP, PVC $a = 0$ (件/年・km)	$0 < a < 1.4$ (件/年・km)	$a = 1.4$ (件/年・km)	-	
		ACP, PC, RC, FRPM $a = 0$ (件/年・km)	$0 < a < 0.4$ (件/年・km)	$a = 0.4$ (件/年・km)	-	
		増加傾向	有りの場合は1ランクダウン			
	漏水量	SP, PVC 25未満 (L/日・cm・km)	(L/日・cm・km)	25以上～50未満 (L/日・cm・km)	50以上 (L/日・cm・km)	-
		DCIP, FRPM 100未満 (L/日・cm・km)	(L/日・cm・km)	100以上～200未満 (L/日・cm・km)	200以上 (L/日・cm・km)	-
		PC, RC, ACP 150未満 (L/日・cm・km)	(L/日・cm・km)	150以上～300未満 (L/日・cm・km)	300以上 (L/日・cm・km)	-
緊急性	有りの場合1ランクダウン(漏水の影響が周辺に及んでいる等)					
管内面調査	管路の変状	ひび割れ(RC, PC, ACP, FRPM)	なし	-	あり	-
		内面塗装の劣化状況(SP, DCIP)	10%未満	-	10%以上	-
		発錆状況(SP, DCIP)	0.3%未満	5.0%未満	5.0%以上	-
		たわみ量(SP, DCIP, PVC, FRPM)	3%未満	5%未満	5%以上	-
		蛇行・沈下(700mm未満)	無	管口径の1/2未満	管口径の1/2以上	-
		蛇行・沈下(700mm以上)	無	管口径の1/4未満	管口径の1/4以上	-
		継手曲げ角度(RC, PC, ACP, FRPM)	許容曲げ角度の1/2以内	許容曲げ角度以内	許容角度超や芯ズレ等で漏水の懸念あり	-
		継手間隔(溶接又は接着継手は除く)	施工管理基準規格値内	規格値外だが止水機能問題なし	大幅・全面的に規格値外等で漏水の懸念あり	-
		テストバンド(900mm以上ソケットタイプ) (静水圧で5分間放置後の水圧)	80%より上	80%～50%	50%未満	-
		進行性	有りの場合1ランクダウン(経年変化がみられるもの)			
管外面調査	試験調査	PC管外観調査(中性化残り)	中性化残り10mm以上	-	中性化残り又はカバーコート厚10mm未満	PC鋼線腐食・破断
		鉄鋼系管路外観調査	変状なし	表面積の5.0%未満に変状あり	すり鉢状減肉又は表面積の5.0%以上に変状あり	貫通孔あり

注1) 「1ランクダウン」については、1変状項目あたり1回のみ有効であり、複数の「1ランクダウン」があってもランクダウンは1階級のみとする。  
 変状別評価から主要因別評価を行う場合は、最も健全度が低い評価を代表値とする。総合評価については、今後の性能低下により影響されると思われる支配的要因を検討し、その評価区分を採用する。  
 注2) S-1の評価は、この評価表に依らず評価者が技術的観点から個別に判定する。  
 注3) 注4) 蛇行・沈下は、無圧パイプラインに適用する。

## 第4章 機能保全計画

### 4.1 機能保全計画の策定プロセス

機能診断の結果に基づき、検討の対象期間にかかる対応方針を複数仮定し、経済性等の比較から、機能保全計画を策定する。

#### 【解説】

パイプラインの機能保全計画は、機能診断調査・評価の結果を踏まえて、可能な範囲で性能低下予測を実施した上で作成することを基本とする。この際、着目する性能指標が検討対象期間に管理水準の範囲に留めることができるよう対応方針を複数仮定し、経済性等の比較検討を行うことで、適切な計画策定とすることが重要である。

パイプラインシステムの機能診断や性能低下予測は、施設が地中埋設構造物であり、圧力管路による水利システムとして機能発揮していることから、開水路と比較して困難な場合が多い。このため、施設機能の監視を当面の内容とした機能保全計画については、おおよその目安として捉え、次回以降の機能診断を通じて精度を高めていくことが必要となる。機能診断時期の設定には、施設の重要度や使用環境条件に応じて検討を行う。

なお、リスク評価などで事故発生の危険度が高く早急に対策を検討する施設や、危険度が低く事後保全を前提とした継続監視とする施設に判断されたものは、性能低下予測のプロセスを経ることなく機能保全対策の実施シナリオの作成検討を行うことを基本とする。

パイプラインの機能保全計画の策定プロセスを図4-1に示す。

### 4.2 性能管理の手法の選択

性能管理のための指標は、対象とするパイプラインシステムの特性に応じて、構造機能、水利用機能・水理機能、事故等のリスクに関する性能指標等から可能なもの、支配的なものを地区の状況に応じて選択する。

#### 【解説】

具体的な機能保全計画の作成手法は、図4-2～4-4に示すように、

- 1) 構造機能の性能低下
- 2) 水利用機能・水理機能の性能低下
- 3) 事故履歴からの事故発生可能性の推計

の3つの手法から、可能なものまたは支配的なものを選択し、またこれらを組み合わせ、支配的な要因となる性能を一定範囲に管理する手法を用いる。

なお、3.1「機能診断評価の視点」で述べたように、個別施設の性能低下予測のための指標に対して、健全度評価(S-x)は原則として用いないものとする。

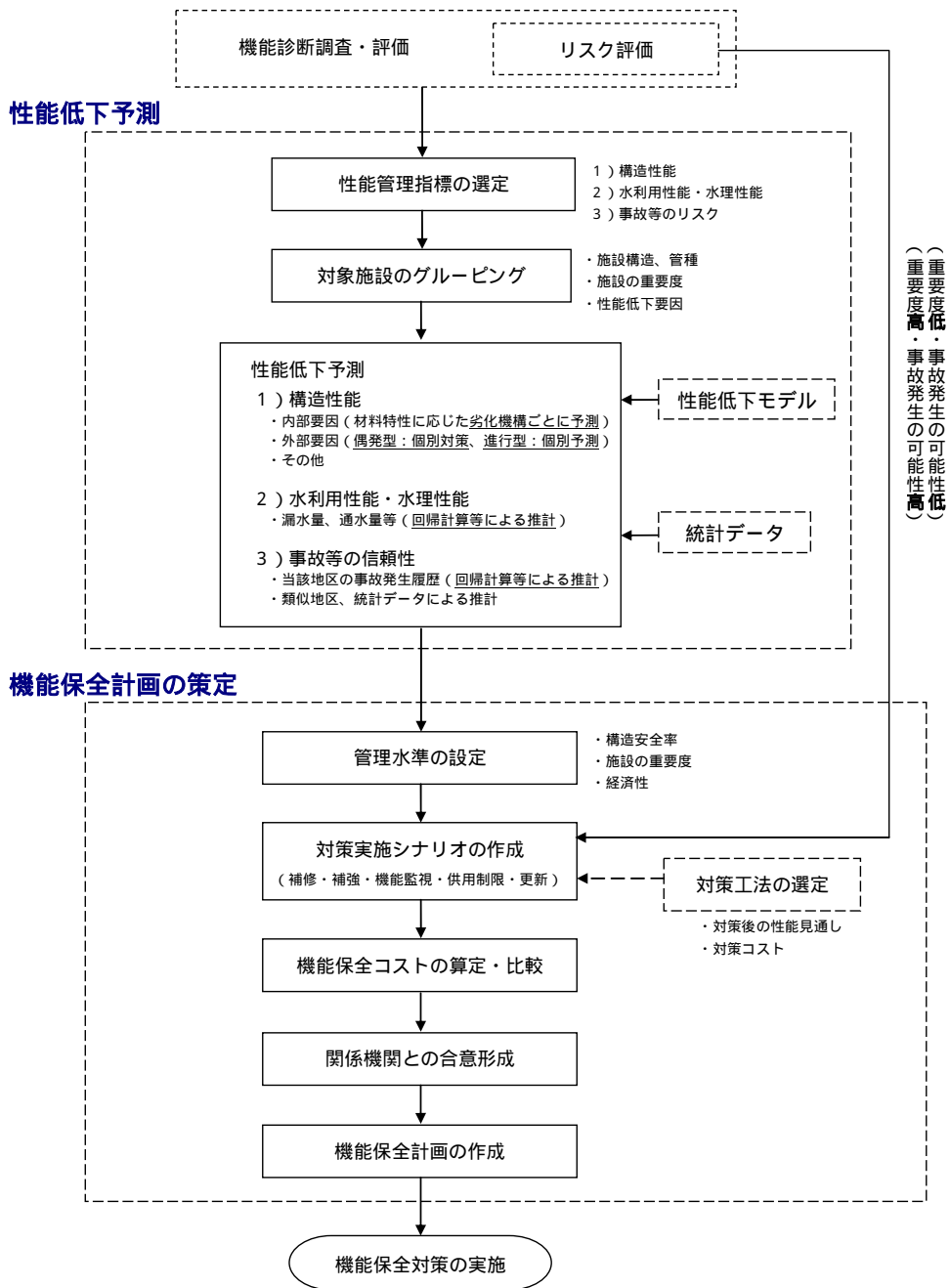


図 4-1 機能保全計画の策定プロセス

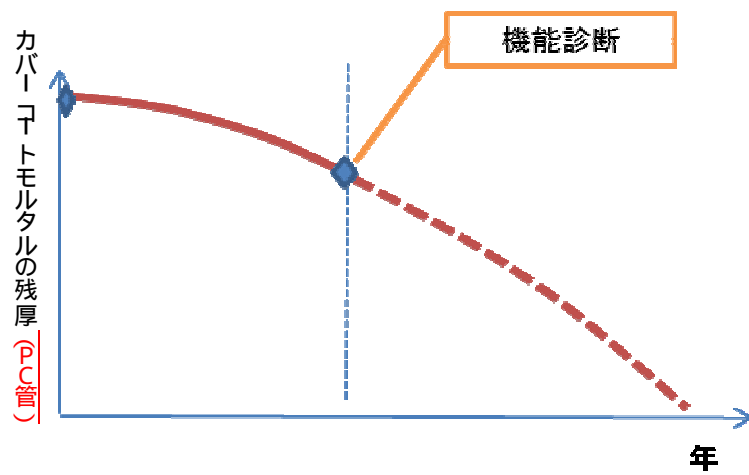


図 4-2 構造機能による性能管理

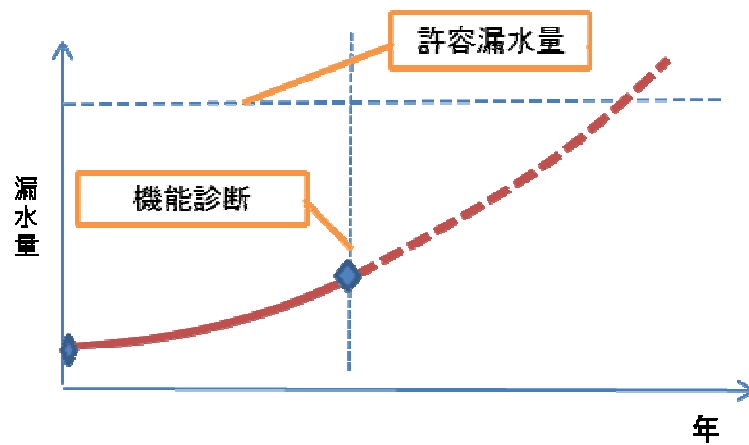


図 4-3 水利用・水理機能による性能管理

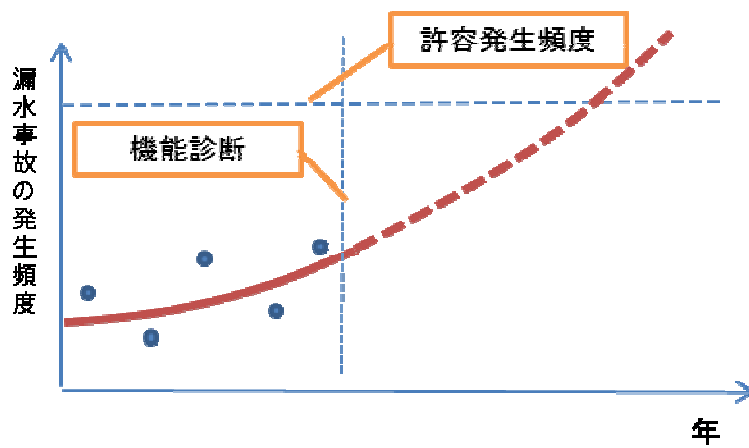


図 4-4 事故発生確率による性能管理



## 4.3 対象施設のグルーピング

### 4.3.1 検討対象施設のグルーピング

性能低下予測と対策工法の検討を行うため、施設の種類、材料、構造、設計条件、建設時からの経過年数、劣化の要因や劣化の進行状況等が類似する施設群毎に、対象施設を分類してグルーピングする。また、施設の重要度により管理水準が異なる場合も、これを分ける必要がある。

#### 【解説】

グルーピングとは、性能低下予測や対策工法の検討を同一のものとして実施可能な類似条件の施設群を束ねることである。このため、効率的に機能保全計画を策定するためには、適切なグルーピングが重要となる。グルーピングを行う際のポイントは、施設の種類、管種、劣化要因等の条件と、施設の重要度の観点である。

なお、分類されたグループが多数となれば、検討に要する時間や経費が増加してしまうことから、当該機能保全計画に求められる精度に応じた束ね方を検討する必要がある。

### 4.3.2 事故が起こりやすい区間への着目

パイプラインシステムの中で、事故が起こりやすい特性を有する区間に着目した性能管理を行うことが重要である。

#### 【解説】

パイプラインシステムの漏水事故は、システムの中で最も脆弱な部分において発生する。以下のような区間においては過去の経験則から事故発生の割合が高いため、これらの条件に合致する区間に特に着目した性能管理が重要である。

#### < 突発的な事故が起こりやすい条件 >

管路の屈曲部

活荷重の影響を受ける区間

- ・道路下埋設（特に車両のブレーキの影響を受ける区間）

静水圧が高い区間、急傾斜の区間

地盤の不等沈下など、外部条件の影響が懸念される区間

管種の特徴に応じた条件不利な区間

- ・鋼管における電食が懸念される区間

## 4.4 性能低下予測

性能管理指標の性能低下予測は、過去の機能診断結果や類似条件の地区の資料等から、可能な限り定量的な評価を行うものとする。

### 【解説】

機能保全計画は、検討対象期間（40年を基本）にわたる性能指標を管理するものであるため、機能保全計画を検討するに当たっては、現状の施設について性能低下予測を行うことが必要となる。

性能の低下を長期にわたって予測することは、技術的に困難な場合が多いのが現状であるが、事故履歴、過去の診断履歴、類似条件の地区事例、材料の劣化特性など、手がかりとなる定量的な指標を用いて、可能な限り定量的に評価する。

性能低下予測の手法の具体例を挙げれば、以下の通りである。

#### 事故の発生確率の推計

事故の発生履歴から、回帰計算等の手法により事故発生の見通しを推計する。この手法を用いる際には、初期欠陥による事故、地震などの偶発的な要因による事故について、回帰計算の根拠から除外する必要がある。

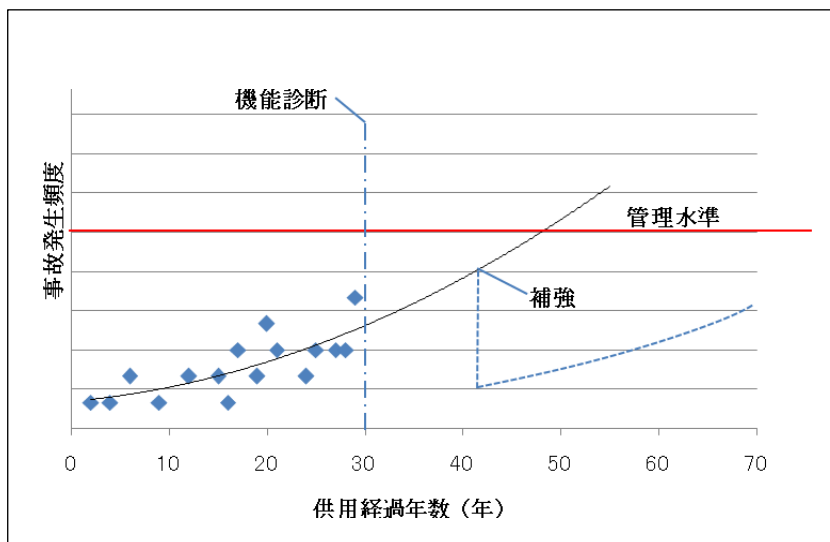


図 4-5 事故発生確率による性能管理

### 水利用性能、水理性能の推計

漏水量などの水利用・水理性能の性能低下予測を回帰計算により算定する場合、竣工検査等による初期値を含めて、2点以上の測定結果が必要となる。また、当該性能低下の要因を想定することにより、回帰計算を適用することが妥当な性能低下の範囲を合わせて検討しておくことが重要である。

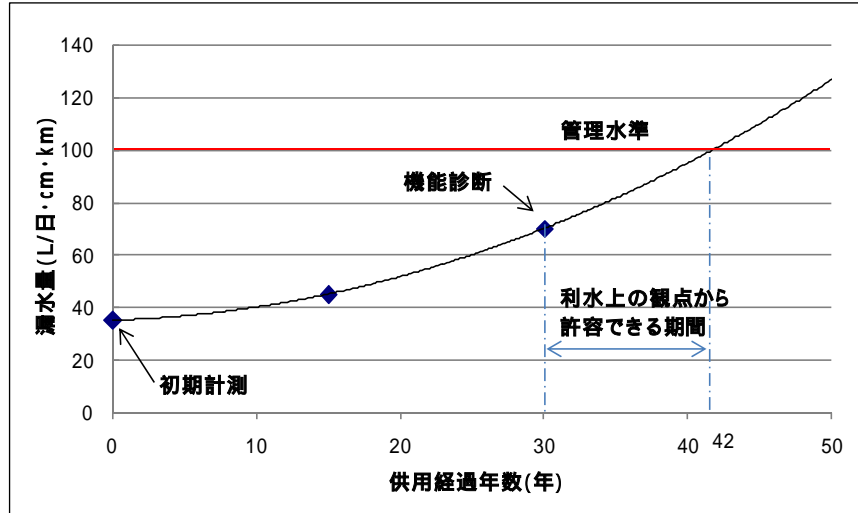


図 4-6 漏水量による性能管理

### 材料の劣化要因から部材の劣化特性を考慮して推計

PC管におけるカバーコートモルタルの劣化や鋼管の肉厚など、劣化の特性が直接計測により把握可能な場合には、これらを用いて性能低下予測を行う。

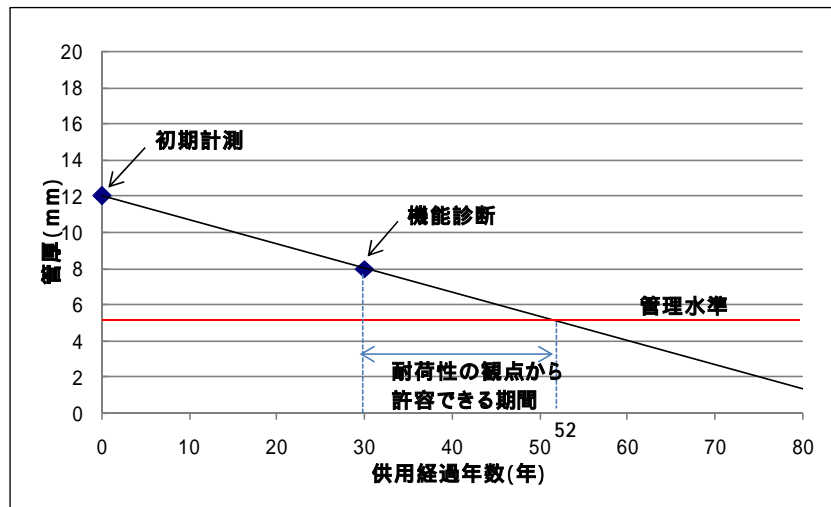


図 4-7 磨耗劣化による性能管理

荷重など外部条件の変化の程度から、管路システムに与える影響を推計

埋設管上の土地利用の変化など、設計時の荷重条件について変化があった場合、改めて構造計算を行い、安全性について確認する必要がある。また、外部条件の変化による影響が一時的なものか、時間の経過とともに変化する性質のものかの判断を併せて行う必要がある。

特に、現状において安全であっても、進行性の影響が懸念される場合には、何らかの影響予測を行うとともに、次回の機能診断調査までの間隔を短縮するなどの措置が必要となる。

類似地区や統計データからの推計

直接管体の調査が困難であったり、簡易な機能診断の場合のように、性能低下予測の手がかりが少ない場合は、管種と管の敷設からの経過年数より、統計や類似地区を参考に今後の性能低下や事故について推計を行う。

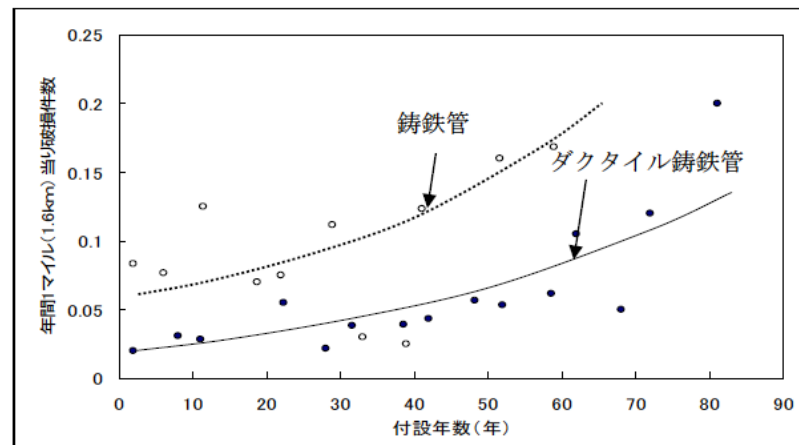


図 4-8 管種別標準事故発生確率による性能管理

管種毎の平均的な事故発生確率等は、今後の事故要因調査結果を踏まえ、随時整備を進めることとしている。

## 4.5 機能保全計画の策定

### 4.5.1 機能保全計画の作成

着目する性能の管理指標が必要な範囲に留まるよう、その性能低下予測から技術的・経済的に実施可能と考えられる対応方策（以下「シナリオ」という。）を複数仮定し、これらに要する機能保全コストを比較する。

#### 【解説】

機能保全計画の策定は、着目する性能の管理水準を必要な範囲にとどめることができる方策を複数仮定し、これらの方策を実施するために必要なコストを比較することにより行う。

この際、着目する性能の管理水準をどのように決めるかが重要な要素であり、以下のような考え方でこれらを設定する。

#### (1) 管理水準の設定の考え方

##### 構造性能に関する管理水準

- ・管体が破損する限界値から、一定の安全率を見込んで設定する。

##### 水利用・水理性能に関する管理水準

- ・漏水量などは、利水上の観点のほか、想定される漏水の構造的要因との関連等から、総合的に検討したうえで設定する。

##### 事故発生確率に関する管理水準

- ・発生確率と事故による損害（被害額、復旧額等）の積が、全面的な対策費用と同等になる確率を管理水準の上限とする。なお、施設の重要度に応じて、これを安全側に引き下げることが重要である。

#### (2) 対策実施後の性能低下の見通し

予防的な保全対策の実施後の性能低下予測は、過去の実績や類似の事例などから想定して、これを設定する。

更生工法の実施や全面的な改築の場合には、新設の場合と同等の標準的な耐用年数を想定する。ただし、地区の環境などの特性により、十分な評価、検討のうえ、これを補正することが可能な場合には、補正を行う。

なお、更生工法など、新設の場合と同等な耐用年数が期待される工法を選択するシナリオを作成する場合、敷設替えを行うケースについても比較検討の対象とする必要がある。

### (3) 対策の実施時期

対策工事の実施時期が異なるシナリオの設定、特に性能低下予測を基礎として後年度に対策工事を行うシナリオを設定する場合には、当該性能低下予測の信頼性（振れ幅）を十分に考慮した検討を行う必要がある。例えば、重要度が高く、一定以上のリスクを許容できる余地が少ない場合などにあっては、現時点で何らかの対策が必要であると判断することも考慮に入れる。

## 4.5.2 対策工法選定にあたっての留意事項

パイプラインに適用する対策工法は様々なものがあり、実績が少なく信頼性に乏しいものもあることから、類似の工法の実績などの情報を可能な限り加味して、適切な対策工法の選定を行う。

### 【解説】

対策の必要性があると判断された施設については、調査・評価により施設の劣化の要因、程度を充分把握し、管路の水密性、耐荷力等の構造機能、通水性等の水理機能に応じた対策として適合し、採用可能な工法・材料を選定する。

工法選定にあたっての留意点は、以下の通りである。

- ・ 更新の方法は大きく分けて開削・非開削に区分できる。施設的环境や状況、経済性に合わせて総合的に判断する。
- ・ パイプラインに適用する予防保全対策工法は、管種や性能低下要因によっては事後保全対策と同様の対応となる場合があるため、対策工法に求められる要求性能と経済性を考慮のうえ、事後保全対策のシナリオを検討する必要がある。
- ・ 性能低下要因が、荷重等による外部要因か、材料の劣化等による内部要因か、もしくは接合等のその他の要因であるかを明確にした上で、必要な対策工法を選択する。
- ・ 内部要因の場合、下水道分野で各種の工法の使用実績等が整理されており、農業用パイプラインに適用可能な工法も多数あるが、下水道分野では高内圧の条件が少なく、耐圧試験等を行っていない場合も多いことから、高内圧の場合は特に留意する。また、屈曲部が多いことも農業用パイプラインの特徴であるため、この点も十分に検討する。
- ・ パイプラインの機能保全対策としては、システム全体の水理学的安全性の観点から、バルブの開閉速度の変更や調圧施設の追加など管理体制や施設構成を検討し直すことが経済的に有効な場合もある。

#### 4.5.3 関係機関との合意形成

機能保全コストの比較により算定された最適なシナリオを基本に、関係者(土地改良区、関係行政機関等)の意向や意見を踏まえるプロセスを経て、機能保全計画を策定する必要がある。

##### 【解説】

対策を実施するための複数工法について比較検討する場合は、機能保全コストの比較に基づく経済性評価に加え、工法の適用条件、技術的信頼性、施設管理者の意向等を総合的に勘案し、最適な工法を選択する。

関係機関等との調整プロセスにおいて、想定したシナリオ以外の手法の検討が必要と判断される場合には、シナリオ設定の段階からの検討を再度行う必要がある。

#### 4.5.4 施設機能の監視

施設機能の監視を含む機能保全計画を策定する場合、日常管理の視点や早期に次回の診断調査を行うべき事項などについても適宜検討し定めておくことが重要である。

##### 【解説】

パイプラインは埋設構造物であり、圧力でつながったシステムを形成していることから、開水路に比べて日常管理における目視での変状確認が困難な場合が多い。このため、機能診断のプロセスにより得られた施設の特性やウィークポイントなど、日常の管理者が留意すべき事項について、明示的に示しておくことが重要である。

また、施設の変状の進展がこれから急激に進むのではないかと危惧されるような施設があった場合など、特別の時期に診断をすべき事項について検討し、推奨する対応を決めておくことが重要である。

#### 4 . 6 偶発的な事故への対応

管体の破裂など、偶発的な事故が発生した場合には、施設管理者はすみやかに応急の対応を講じる必要がある。送水停止や二次被害の防止、関係機関への通報などの処置が了した段階で、事故の要因調査等の必要があるか施設造成者と連携して判断することが必要である。

##### 【解説】

漏水・破損事故が発生した場合には、施設管理者はその状況把握と二次被害の防止のため、送水停止や避難指示などの必要な対策を速やかに講じる必要がある。なお、特に重要な施設においてこれらの事態が起きた際、その対応を円滑に進めるためのハザードマップや対処マニュアルなどを事前に用意し、地域住民や関係機関も含めた意識の啓発を行っておくことが望ましい。

事故の発生要因を調査することにより、類似の事故防止のための知見が得られるばかりでなく、材料や使用環境条件に応じた劣化メカニズムの解明や今後の劣化予測等の技術高度化も図ることが可能である。このため、施設管理者は、施設造成者へ通報するとともに、調査の要否や、実施する場合の内容などについて、協議することが求められる。

また、事故が発生した施設と同一系統や同時期に築造された近傍路線などは、同様の事故が発生する可能性も考えられるため、事故の発生要因や変状の状態等を考慮して、緊急の機能診断を実施する必要があるか検討を行う。



## 参考文献

- ・ 食料・農業・農村政策審議会農村振興分科会農業農村整備部会技術小委員会：農業水利施設の機能保全の手引き（2007）
- ・ 農林水産省構造改善局：土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」基準書・技術書、平成10年3月（1998）
- ・ 農林水産省農村振興局整備部設計課：土地改良施設耐震設計の手引き、平成16年3月（2004）
- ・ 農林水産省農村振興局整備部設計課：土木工事施工管理基準（2008）
- ・ 社団法人農業土木事業協会：農業用施設機械設備更新及び保全技術の手引き〔平成18年6月全面改訂版〕（2006）
- ・ 社団法人土木学会：コンクリート標準示方書〔維持管理編〕2007年制定（2008）
- ・ 財団法人水道技術研究センター：鑄鉄管路の診断及び更新・更生計画策定マニュアル（2000）
- ・ 財団法人水道技術研究センター：鑄鉄管・鋼管・硬質塩化ビニル管診断手法の開発調査報告書（1994）
- ・ 財団法人水道技術研究センター：水道用石綿セメント管診断マニュアル（1989）
- ・ 日本下水道協会：管更生の手引き〔案〕（2001）
- ・ JIS Q 2001：リスクマネジメントシステム構築のための指針（2001）
- ・ 中達雄：ストックマネジメントに対する水利システムの機能と性能、農業農村工学会誌 76(3)、pp15-18（2008）
- ・ 金平修祐・田中良和・樽屋啓之・中達雄：既存の農業用パイプラインの信頼性解析事例、水と土 No.139、pp37-42（2004）