

農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル
(鋼管等腐食対策編) (案) 要約版

令和 2 年 3 月

農林水産省農村振興局整備部設計課施工企画調整室

目 次

1. 農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル (鋼管等腐食対策編) (案) 策定の背景	要約- 1
2. 内容	要約- 2
3. 適用範囲	要約- 4
(1) マニュアル (案) を適用する鋼管等の施設状態	要約- 4
(2) マニュアル (案) を適用する鋼管等の実施段階	要約- 4
4. 鋼管等の代表的な腐食	要約- 5
5. 詳細調査	要約- 6
(1) 腐食機構特定のための調査	要約- 6
(2) 腐食対策の要否判定のための調査	要約- 6
(3) 対策実施範囲の概定のための調査	要約- 6
(4) 詳細調査実施後の記録	要約- 6
6. 対策工法	要約- 7
(1) 対策区分と対策工法	要約- 7
(2) 対策区分の選定	要約- 8
(3) 防食工法の選定	要約- 9
(4) 対策区分、対策工法選定結果の記録	要約-10
7. 防食工法のモニタリング	要約-13
(1) モニタリングとは	要約-13
(2) モニタリングの目的	要約-13
(3) モニタリングの実施段階と手順	要約-13
(4) モニタリング結果の記録	要約-14

1. 農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル（鋼管等腐食対策編）（案）策定の背景

- ◆ 基幹的な農業水利施設※は、標準的な耐用年数を超過した施設が平成に入り急増（図 1.1）している。
- ◆ 突発事故の件数も増加し、管水路の占める割合は 65% と高い。
- ◆ 特に、突発事故の 65% を占める管水路に対する取り組みは急務である。
- ◆ このため、長寿命化のための適切な保安全管理が求められている。
- ◆ このため、ライフサイクルコストの低減や保安全管理の推進に寄与することを目的としてマニュアル（案）を策定した。

※受益面積 100ha 以上の農業水利施設

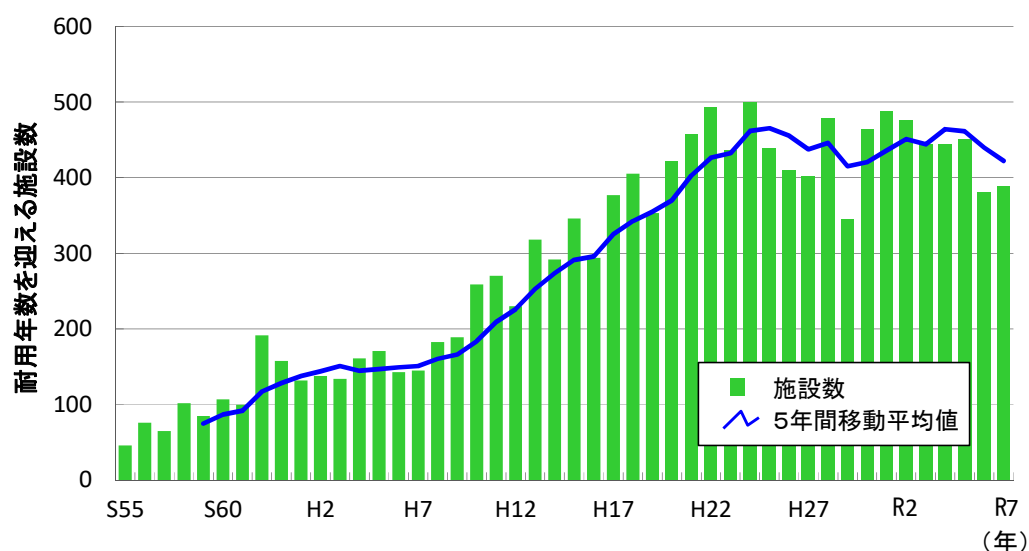


図 1.1 耐用年数を迎える基幹的水利施設数（出典：農林水産省農村振興局調べ）

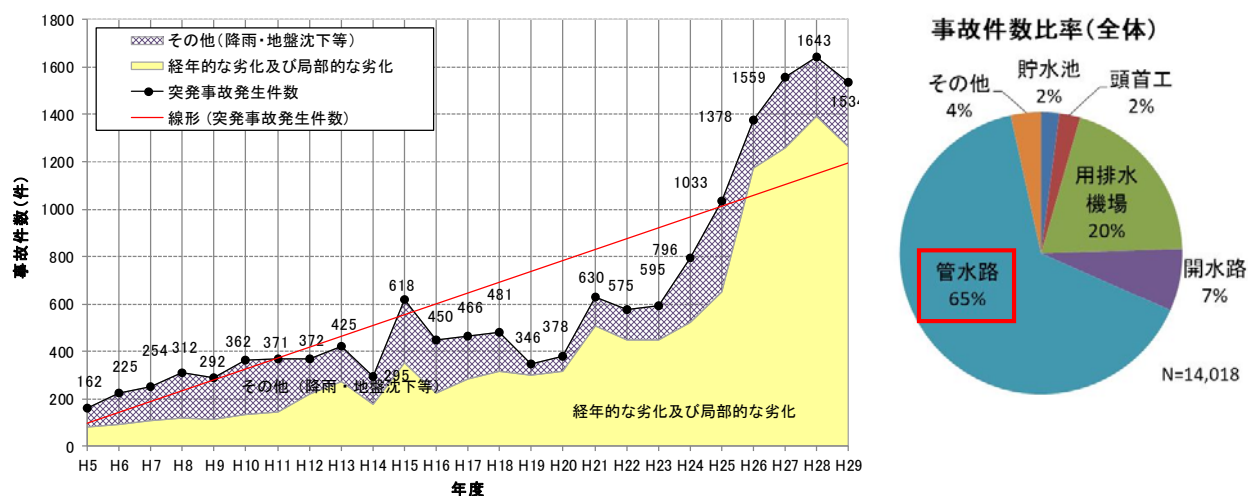


図 1.2 突発事故発生状況（H5～29 年度）（出典：農林水産省農村振興局調べ）

2. 内容

◆マニュアル（案）は、主として農業用鋼管等（ダクタイル鋳鉄管、ステンレス管を含む）の腐食に係る次の考え方をとりまとめた図書。

- ①腐食の考え方
- ②腐食に対する調査方法
- ③対策の要否判定と工法選定
- ④対策工法的设计
- ⑤対策実施後のモニタリング（定期的な状態確認）

マニュアル（案）に掲載されている内容は以下のとおりである。なお、下図では利用者が知りたい内容とマニュアル（案）の参照すべき頁を示している。

農業水利施設の現状が知りたい	第1章 総則 1.1 背景及び目的 P. 1- 1 1.1.1 基幹的水利施設の耐用年数の超過状況と 管水路の延長 P. 1- 1 1.1.2 農業水利施設の突発事故 P. 1- 2 1.1.3 鋼管及びダクタイル鋳鉄管における事故原因 .. P. 1- 3
図書策定の背景、目的が知りたい	1.1.4 背景 P. 1- 5 1.1.5 目的 P. 1- 5
図書の内容が知りたい	1.2 内容と適用 P. 1- 6 1.2.1 本書の内容 P. 1- 6 1.2.2 本書の適用範囲 P. 1- 8
図書内の用語について知りたい	1.3 関連する基準等 P. 1-10 1.4 用語の定義 P. 1-13
①腐食の考え方を知りたい	第2章 腐食の種類とその特徴 2.1 基本的事項 P. 2- 1 2.1.1 腐食の概要 P. 2- 1 2.1.2 電気化学的腐食 P. 2- 4 2.2 腐食環境 P. 2- 5 2.2.1 腐食環境の概要 P. 2- 5 2.3 腐食の分類 P. 2- 7 2.3.1 ミクロセル腐食とマクロセル腐食 P. 2- 7 2.3.2 腐食機構の特徴 P. 2- 7 2.4 腐食速度 P. 2-14
②腐食に対する調査方法について知りたい	第3章 詳細調査 3.1 基本的事項 P. 3- 1 3.1.1 機能診断調査・評価 P. 3- 1 3.1.2 詳細調査 P. 3- 4
調査の実施手順について知りたい	3.2 詳細調査の実施手順 P. 3- 8
腐食環境を把握するための調査について知りたい	3.3 腐食環境調査 P. 3-10 3.3.1 管対地電位（分布）測定 P. 3-10 3.3.2 導通試験 P. 3-17 3.3.3 仮通電試験 P. 3-21 3.3.4 土壌腐食性調査 P. 3-26 3.3.5 塗覆装損傷調査 P. 3-35
腐食の程度を把握するための調査について知りたい	3.4 腐食状態調査 P. 3-40 3.4.1 超音波法（管厚測定） P. 3-40

③対策の要否判定と工法選定について知りたい	第4章 対策工法 4.1 基本的事項 P. 4- 1 4.1.1 防食工法の目的と分類 P. 4- 1 4.2 対策工法の検討 P. 4- 4 4.2.1 対策区分の判断指標 P. 4- 4 4.2.2 対策区分の判断基準 P. 4-10 4.2.3 防食工法の選定 P. 4-12 4.2.4 腐食環境の改善 P. 4-14
④防食工法の設計が知りたい	4.3 防食工法 P. 4-15
防食工法の施工が知りたい	4.3.1 電気防食（流電陽極方式） P. 4-15 4.3.2 塗覆装 P. 4-36 4.3.3 メタルタッチ切断 P. 4-44
⑤対策実施後のモニタリング（定期的な状態確認）について知りたい	第5章 防食工法のモニタリング 5.1 基本的事項 P. 5- 1 5.1.1 モニタリングの目的 P. 5- 1 5.1.2 モニタリングの実施段階と手順 P. 5- 1
防食工法実施後の状態確認について、具体的な実施内容について知りたい	5.2 防食工法に応じたモニタリング P. 5- 7 5.2.1 電気防食（流電陽極方式） P. 5- 7 5.2.2 塗覆 P. 5- 9 5.3 対策（次期） P. 5-13
関連する他図書の内容を知りたい	参考資料 ①土木工事共通仕様書 P. 参-1 ②シートライニング材を用いた塗覆装の施工 P. 参-3 ③更生工法（管路更生局所補修工法） P. 参-9
防食工法の施工管理について知りたい	巻末資料 1.施工管理項目参考例 P. 巻末-1
マニュアルで参考にしている図書について知りたい	2.参考図書一覧表 P. 巻末-8
電気防食工法の具体的な設計計算内容について知りたい	3.電気防食工法の設計計算例 P. 巻末-9

3. 適用範囲

- ◆マニュアル（案）は、腐食が生じた鋼管等（貫通孔や断面欠損が生じていない）に対し適用する。
- ◆適用する段階は、防食工法の検討段階（計画立案、実施設計）、施工段階、施工後とする。

(1) マニュアル（案）を適用する鋼管等の施設状態

適用できる	適用できない
	

(2) マニュアル（案）を適用する鋼管等の実施段階

マニュアル（案）は、鋼管等の③機能保全計画の策定と⑤対策工事の実実施設計、補修工事（施工）、対策後の施設のモニタリング時（対策工法の効果が発揮されているか状態確認を行う）において参考とする。

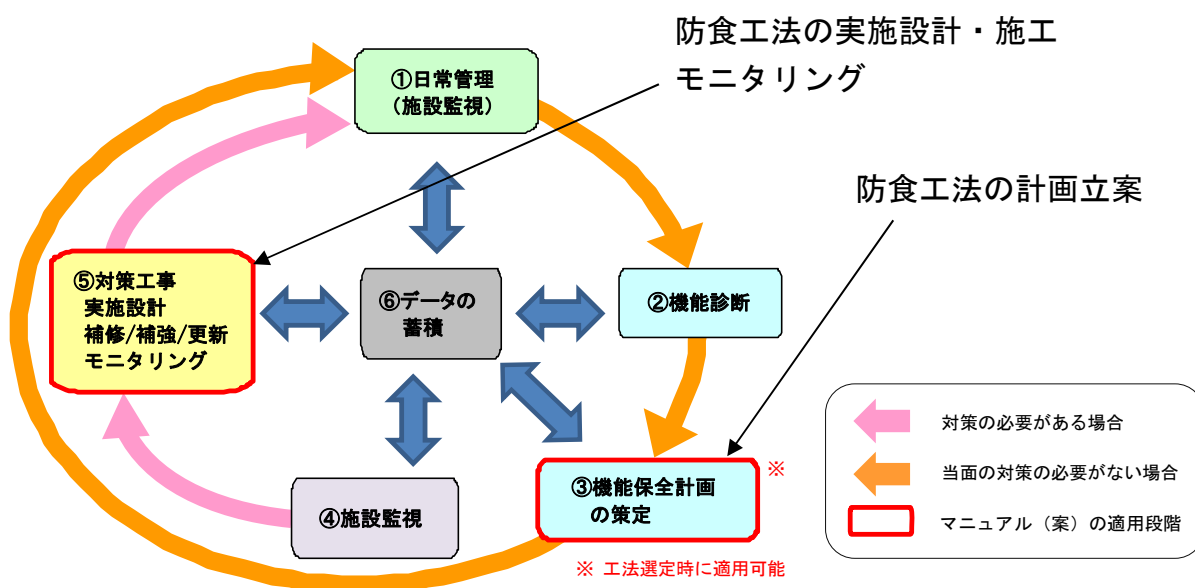


図 3.1 農業水利施設のストックマネジメントの基本サイクル

4. 鋼管等の代表的な腐食

- ◆ 腐食には様々な形態があるが、最も注意すべき腐食はコンクリート/土壌（C/S）マクロセル腐食と呼ばれる腐食である（詳細はP.2-7～参照）。

コンクリート中と土壌中では鋼管等の電氣的なエネルギー（電位）が異なる。

この違いにより生じる腐食が C/S マクロセル腐食。この時、鋼管等と鉄筋が接触していると、腐食速度が著しく大きくなる（最大 2mm/年程度）。

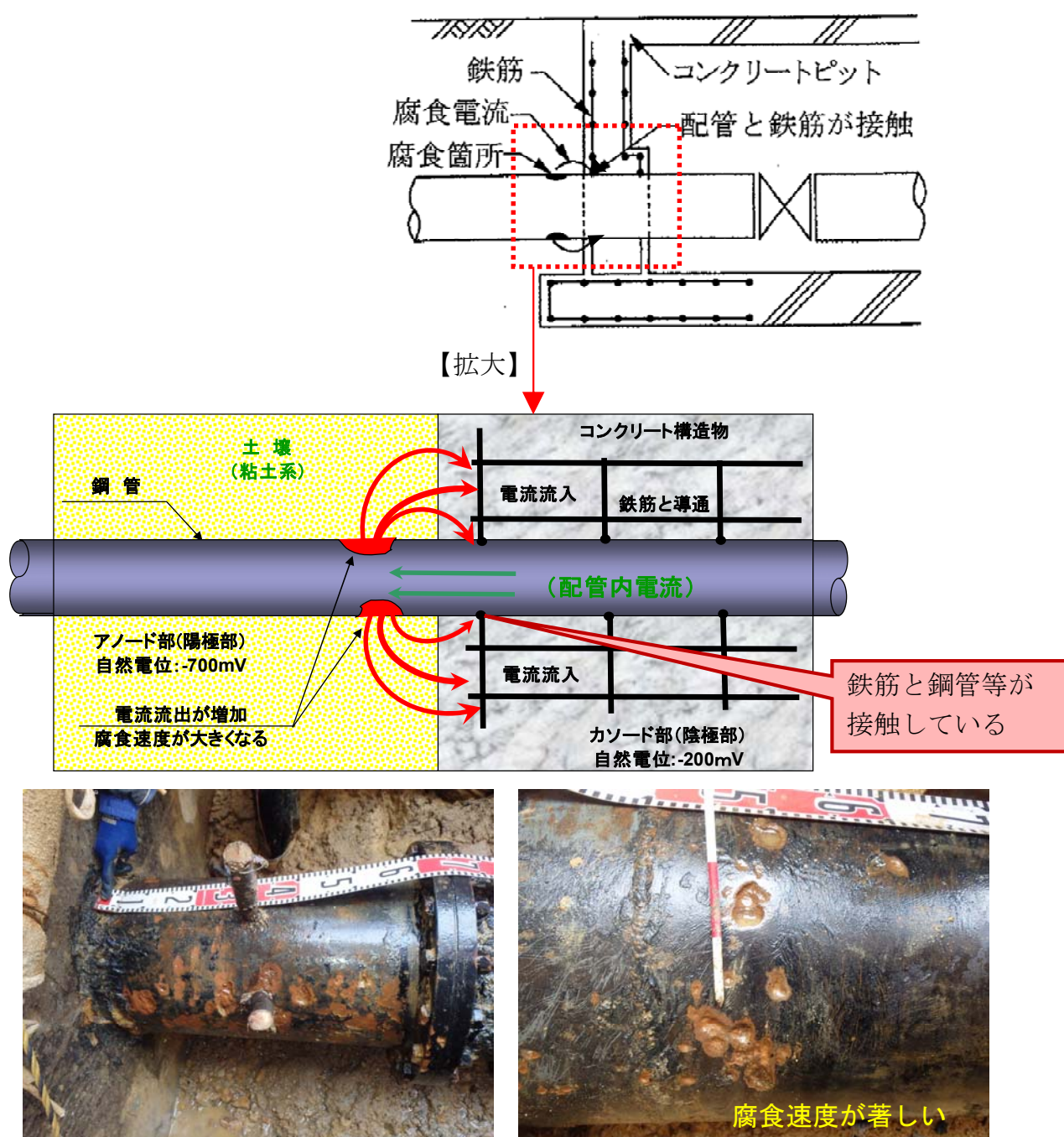


図 4.1 C/S マクロセル腐食の例（鋼管等と鉄筋が接触していた事例）

5. 詳細調査

◆詳細調査は、腐食機構の特定、腐食対策の要否判定、対策実施範囲の概定のために実施する（調査の詳細は各掲載頁を参照）。

（1）腐食機構特定のための調査

腐食機構を特定するための調査は『腐食環境調査』と呼ばれ、①管対地電位（分布）測定、②導通試験、③仮通電試験、④土壌腐食性調査の4種がある。

特定できる腐食機構	実施する詳細調査	掲載頁
C/S マクロセル腐食	①管対地電位分布測定	P.3-10～
	②導通試験	P.3-17～
	③仮通電試験	P.3-21～
異種金属接触腐食 通気差マクロセル腐食	①管対地電位分布測定	P.3-10～
電 食	①管対地電位測定	P.3-10～
ミクロセル腐食	④土壌腐食性調査	P.3-26～
微生物腐食		

（2）腐食対策の要否判定のための調査

腐食対策の要否判定のための調査は『腐食状態調査』と呼ばれ、腐食深さの計測及び腐食の発生範囲を把握する調査である。

腐食の特徴（腐食範囲）	実施する詳細調査	掲載頁
局所的（マクロセル腐食）	デプスゲージによる測定	P.3-6～
全面的（ミクロセル腐食）	超音波法による測定	P.3-40～

（3）対策実施範囲の概定のための調査

対策範囲の概定のための調査は、鋼管の塗覆装の損傷個所を把握するための調査であり、塗覆装損傷調査（P.3-35～）が該当する。

重要

（4）詳細調査実施後の記録

詳細調査結果は対策区分と対策工法選定の基礎資料となるため、調査結果について所定の様式に記録を残すこと（P. 要約-11、12 の記載例参照）。

※作成した記録票については、保管するとともに写しを各農政局土地改良調査管理事務所にその都度提出するものとする。

6. 対策工法

- ◆鋼管等の対策区分には改修・補強・補修がある。
- ◆マニュアル（案）の対象は補修－防食工法（電気防食・塗覆装・メタルタッチ切断）である（工法の詳細は各掲載頁を参照）。

(1) 対策区分と対策工法

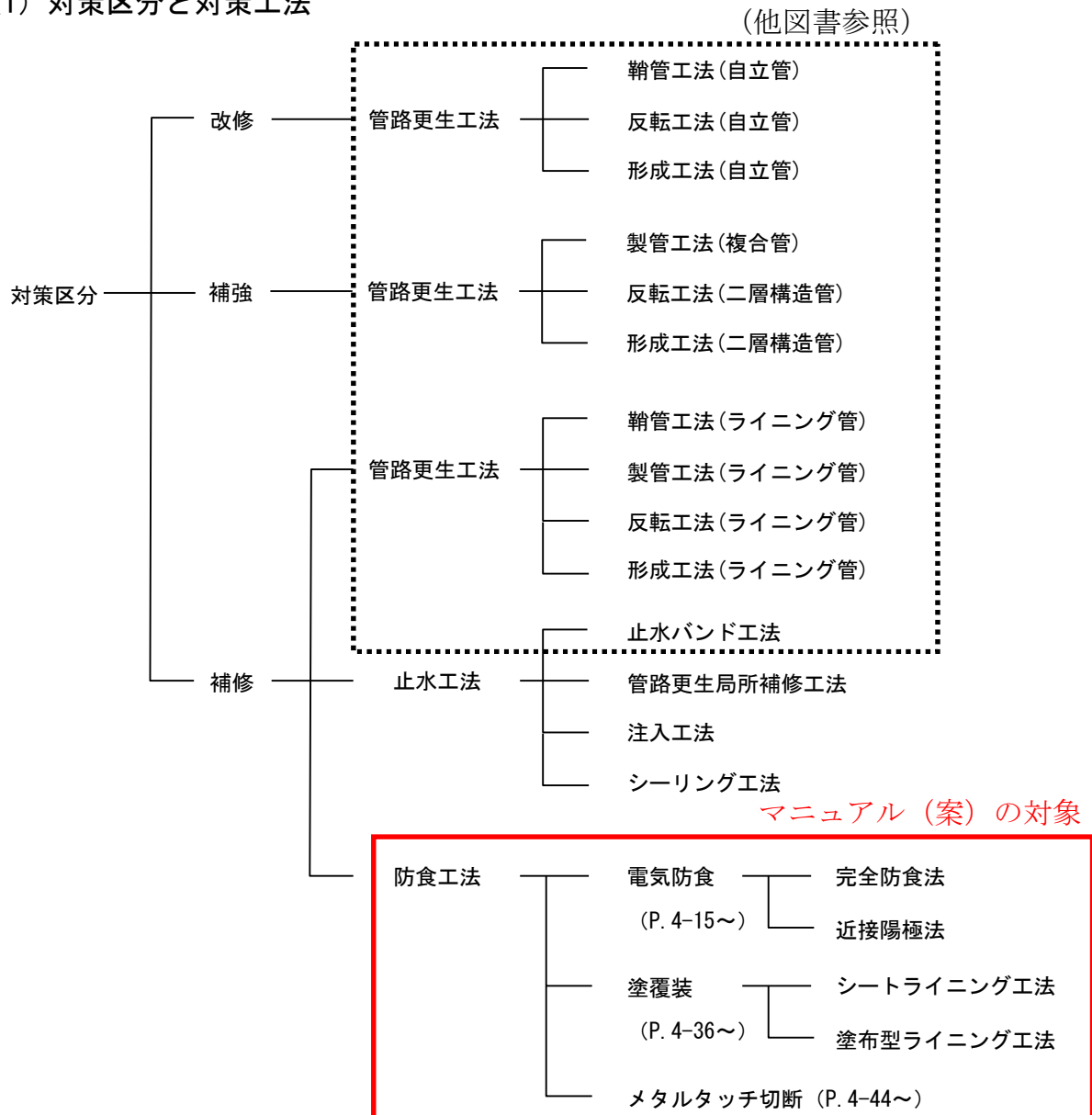


図 6.1 鋼管等の対策工法体系図

※管路更生工法、補強工法、止水工法（止水バンド工法）の詳細は、農林水産省が公開している「農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル（パイプライン編）（案）」を参照。【資料の公開先】

<https://www.maff.go.jp/j/nousin/mizu/sutomane/index.html>

(2) 対策区分の選定

対策区分は、図 6.2 を参考に鋼管等の腐食程度や対象施設の重要度区分を踏まえ、施設管理者と施設造成者が協議のうえ判断する。

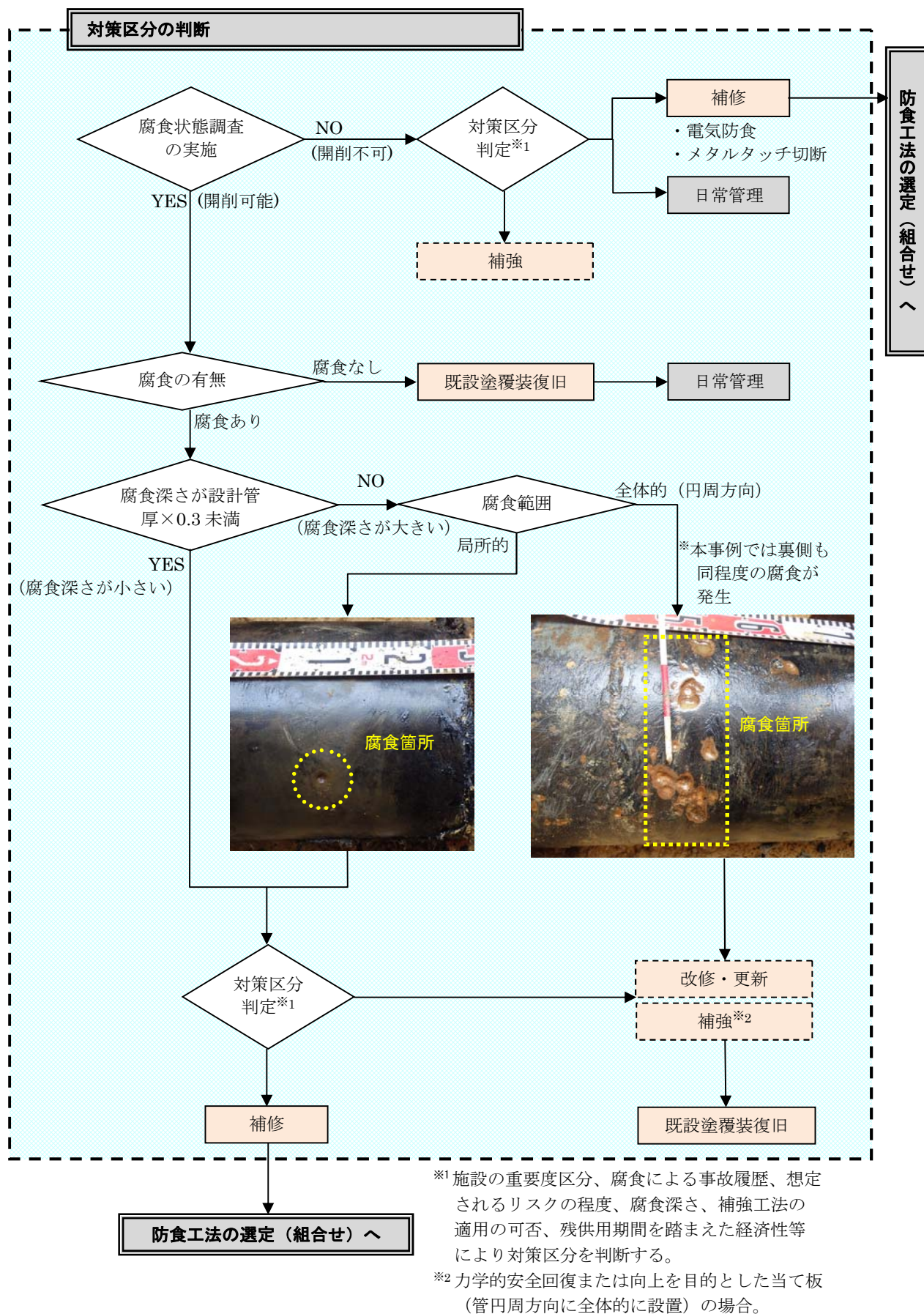


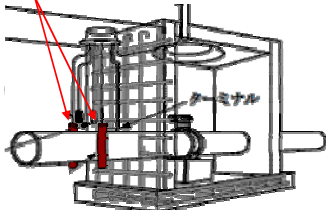
図 6.2 対策区分の判断

(3) 防食工法の選定

防食工法はそれぞれの工法により防食機構が異なり、適用可能な腐食機構も異なる。また、開削を必要とする防食工法もあり、現場条件によっては採用できない場合もある。

各防食工法の防食機構と適用可能な腐食機構、現場条件は表 6.1 のとおり。

表 6.1 各防食工法の防食機構と適用可能な腐食機構、現場条件

	電気防食	塗覆装	メタルタッチ切断
工法の防食機構	自然電位が鋼管等よりマイナスの流電陽極材を接続し、その電位差で電流を流すことにより鋼管等の管対地電位を目標値以下に保ち防食する。	管外面を絶縁性の高い防食シート等で被覆し防食する。	C/S マクロセル環境の原因である管路とコンクリート中の鉄筋等の接続を切り離し（コンクリートカッターでコア抜きする）、C/S マクロセル環境を改善する。
概要	流電陽極材  流電陽極材 	 塗覆装 	 切断した鉄筋 
適用可能な腐食機構	全ての腐食機構	全ての腐食機構	メタルタッチによるC/S マクロセル腐食
現場条件			
非開削	施工可能	施工不可	施工可能
開削	施工可能	施工可能	施工可能

防食工法選定の考え方は次頁の図 6.3 に示すとおり。

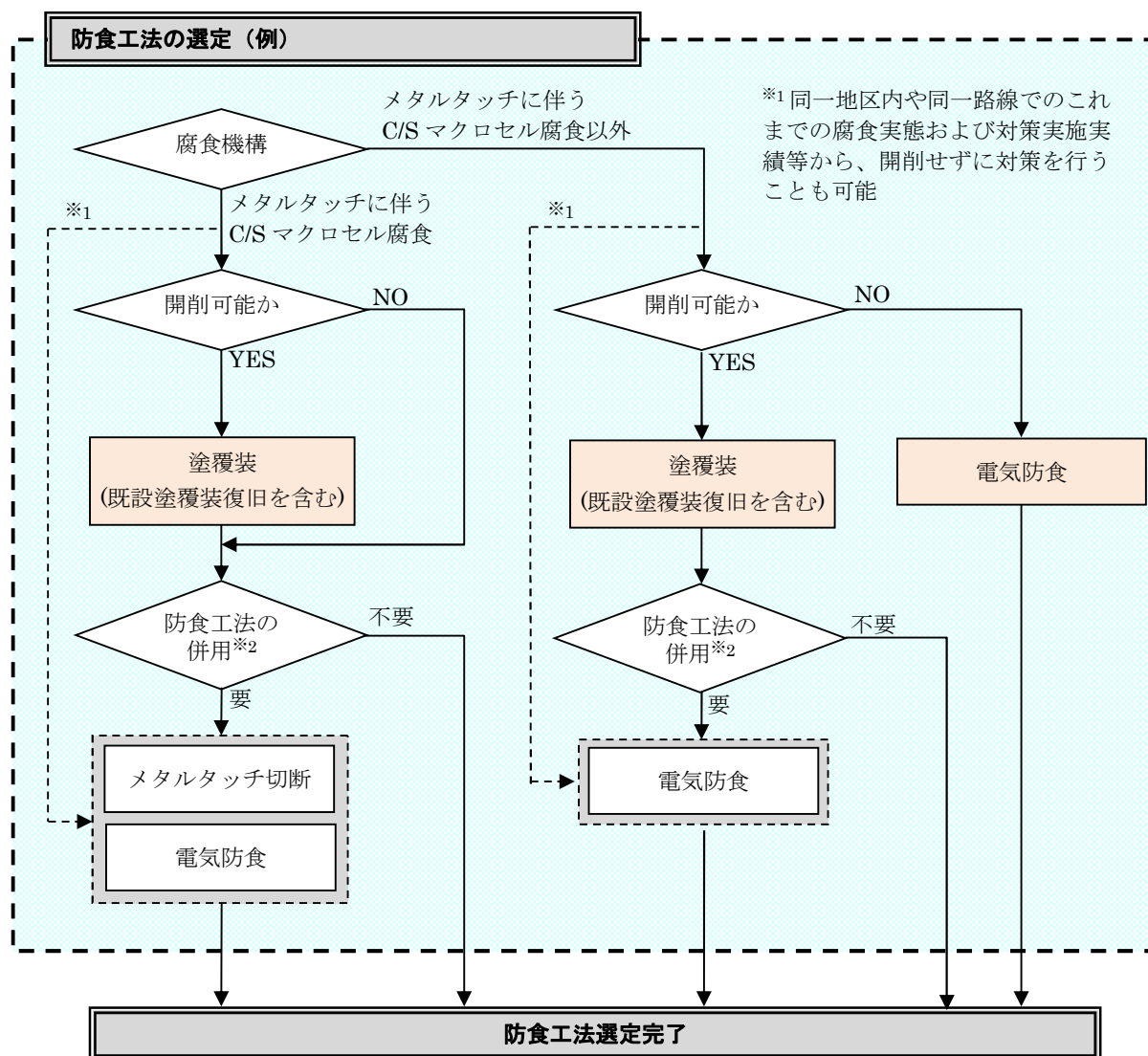


図 6.3 防食工法選定の考え方

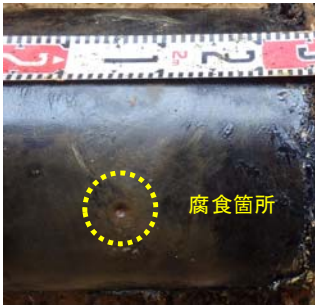
重要

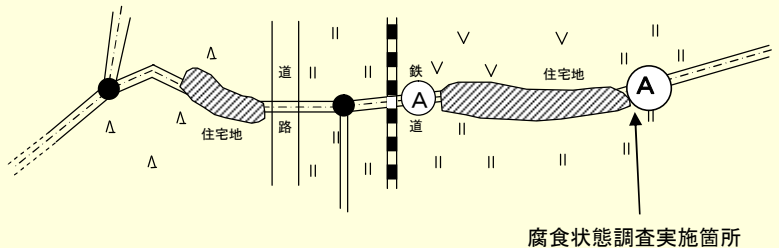
(4) 対策区分、対策工法選定結果の記録

対策区分の判断に係る具体例を蓄積・活用し、判断の考え方の精度向上を図るため、防食工法を実施する場合は、選定した対策区分や防食工法について所定の様式に記録を残すこと（次頁の記載例参照）。

また、作成した記録票については、保管するとともに写しを各農政局土地改良調査管理事務所にその都度提出するものとする。

【凡例】 ：記載欄 ：リストから選択

対策区分記録票						
作成日		2019年2月13日				
基本情報						
施設造成者		〇〇農業水利事業所				
施設管理者		〇〇土地改良区				
地区名		〇〇地区				
施設名		A幹線用水路				
所在地		〇〇県△△市××地先				
施設諸元	管種	鋼管				
	口径、設計管厚	口径	1,500	(mm)	設計管厚	7.0 (mm)
施設運用上の不具合		特になし				
施設の重要度区分		A（鉄道や道路横断部を有し、突発事故が発生した場合第三者被害が想定される）				
機能診断結果	機能診断実施年	2015年				
	健全度評価※	S-4				
	※「農業水利施設の機能保全の手引き」参照					
	主な変状	管内面に軽微な錆が点在				
腐食環境調査結果						
実施した腐食環境調査項目調査結果	調査項目	実施の有無	調査結果			
	管対地電位分布測定	実施	電位	-400mVより (+)	電位差	対象外
	管対地電位測定	未実施				
	導通試験	未実施	電位差		抵抗値	
	仮通電試験	実施	鋼管等と鉄筋の電位変動が正相関			
	土壌腐食性調査、土質調査	未実施				
	塗覆装損傷調査	未実施	コンクリートピット貫通部であるため必要なし			
	調査結果の所見	腐食機構	C/Sマクロセル腐食			
腐食状態調査結果						
実施した腐食状態調査項目調査結果	調査項目	実施の有無	調査結果			
	近接目視	実施	腐食の有無		腐食あり	
	超音波法	未実施	腐食の有無			
	基準深さ	2.1mm	設計管厚(mm)×0.3			
	腐食程度	腐食深さ	腐食深さ≥設計管厚×0.3			
			実測値	2.2mm		
		腐食範囲※	局所的			
※設計管厚×0.3以上の深さを有する腐食の発生形態を記載						
腐食状況写真						
※腐食範囲の規模がわかるようにスタッフやロッド‘テープ’等と併せて撮影すること。						
残供用期間		20年以上を想定				
施設造成者と施設管理委託者の協議結果	対策区分(リストより補修、改修、更新を選定する)			補修		
	対策工法			塗覆装		
	協議結果	腐食範囲が局所的であること、また、腐食深さが対策区分判定指標の基準値である2.1mmを0.1mmだけ超過していることから、力学的安全性を有していると判断され補修の適用が可能であると判断し、対策区分は「補修」を選定した。また、開削可能であるため防食工法は「塗覆装」を選定した。				

自由記載欄（可能な限り記載する）	
対象施設の周辺環境	A幹線用水路は〇〇頭首工を取水源とし、受益面積〇〇haの用水を送水する施設である。地上部の土地利用条件は様々であるが、住宅地や道路横断部、鉄道横断部を有する。腐食状態調査を実施した箇所は住宅地下流付近に位置する空気弁保護工部であり、突発事故が生じた場合の第三者被害は想定されない。  腐食状態調査実施箇所
対象施設の埋設条件	開削した結果、埋戻し土に石の混入が認められた。このため、転圧時に石の影響により塗覆装の損傷が生じた可能性が高い。 
検討上特に苦慮した事項	改修（管路更生工法）を適用することも考えられたが、経済性を考慮し補修を選定した。この判断については、定量的な根拠を設定できないため、判断に苦慮した。
その他特記事項	A幹線用水路には本調査地点以外にもメタルタッチに伴うC/Sマクロセル腐食が懸念される箇所（空気弁及び流量計保護工等）が複数あるため、早急に詳細調査を実施することが望ましい。

7. 防食工法のモニタリング

◆防食工法のモニタリングは、防食工法の効果が期待される期間中、当該工法が備えるべき性能の確認を目的とし、施工時及び供用時を対象に実施する（詳細は P.5-1～参照）。

(1) モニタリングとは

鋼管等を実施した防食工法を対象に、防食工法の性能を複数回で計測（目視を含む）し、供用開始後の状況変化、性能の維持状況を客観的に把握すること。

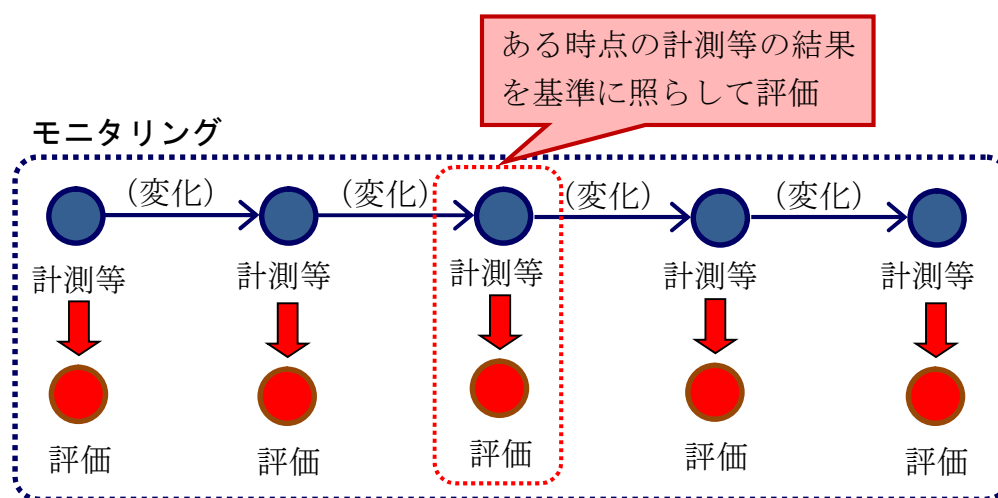
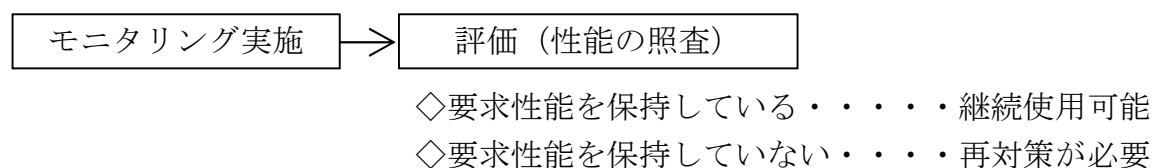


図 7.1 モニタリング実施のイメージ

(2) モニタリングの目的

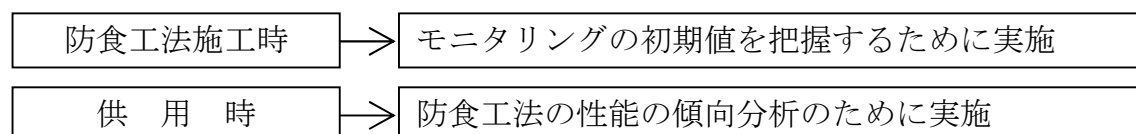
モニタリングは、目的を達成するために補修工法が備えるべき性能（要求性能）の照査を目的として実施する。

※各工法毎の要求性能の評価項目については P. 要約-15、16 の記録表を参照。



(3) モニタリングの実施段階と手順

モニタリングは、「防食工法施工時」と「供用時」の2段階で実施する。



モニタリングの実施手順図を図 7.2 に示す。

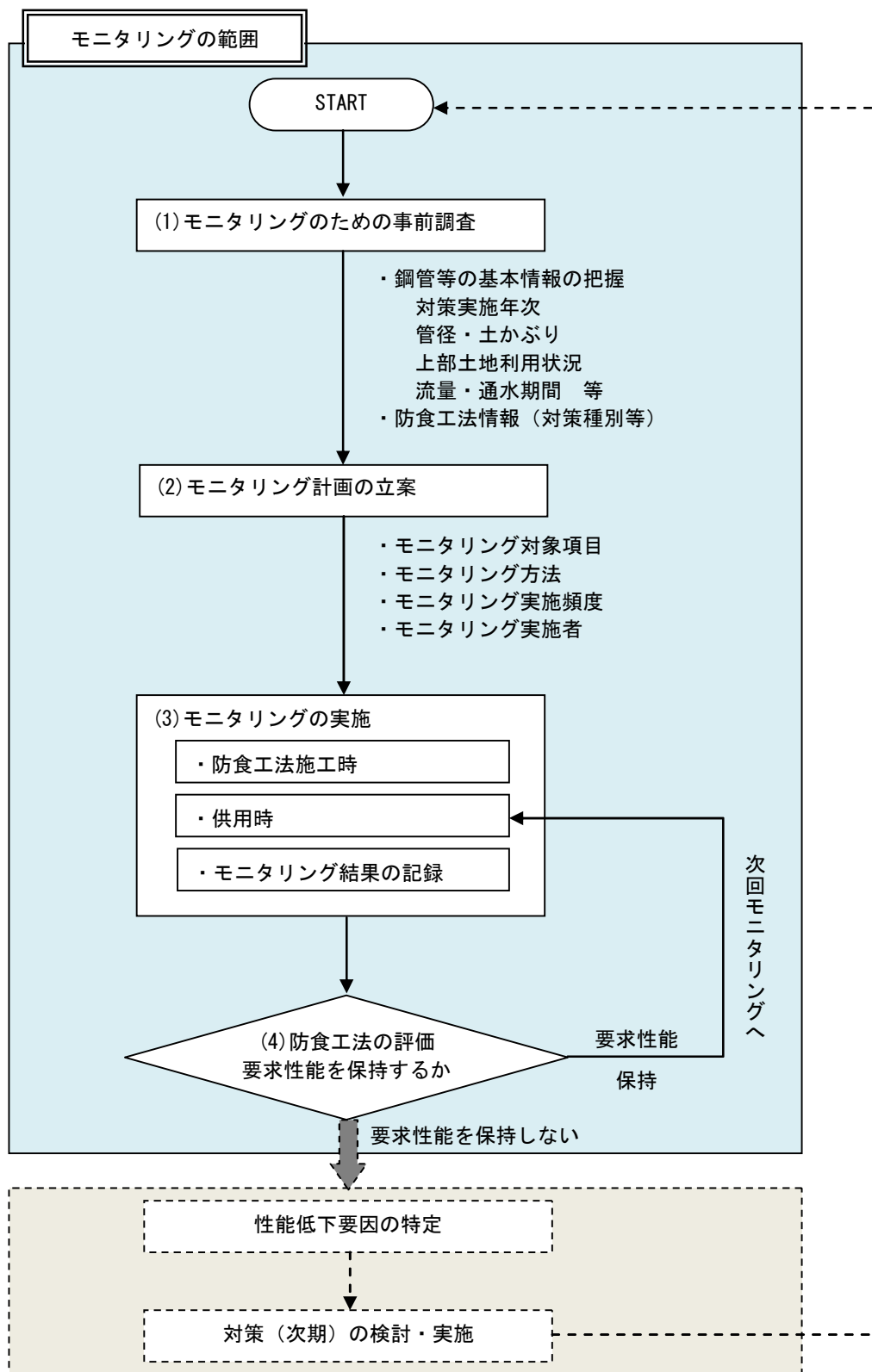


図 7.2 モニタリングの手順

(4) モニタリング結果の記録

重要

実施したモニタリング結果は、防食工法の効果検証にフィードバックしていくため所定の様式に記録すること（次頁参照）。

また、作成した記録表については、保管するとともに写しを各農政局土地改良調査管理事務所にその都度提出するものとする。

表 7.1 電気防食（流電陽極様式）モニタリング結果記録表 【凡例】 : 記載欄

基本情報									
地 区 名									
施 設 名									
管種・口径									
土かぶり厚									
対策実施前の管対地電位									
電気防食		種 別	☐ 完全防食法			☐ 近接陽極法			
		要求性能	管対地電位-850mV以下			管対地電位-600mV以下			
						対策前後の管対地電位差300mV超			
		W : 設計時の陽極正味質量(kg)							
施工年月					設計耐用年数				
モニタリング結果									
回 数	実施年月日	測定者			管対地電位		要求性能に対する判定		
施工時							☐ 保持 ☐ 保持しない		
1年目							☐ 保持 ☐ 保持しない		
2年目							☐ 保持 ☐ 保持しない		
3年目							☐ 保持 ☐ 保持しない		
4年目							☐ 保持 ☐ 保持しない		
5年目							☐ 保持 ☐ 保持しない		
余寿命算定									
①施工時 $Y_a = W_0 / (I_{mg} \times C)$ Y_a : 余寿命 [y] W_0 : 初期陽極質量 [kg] I_{mg} : 測定時陽極発生電流 [A] C : 陽極消耗率 8.0kg/A・y ②モニタリング時(1年目以降) $Y_a = W_n / (I_{mg} \times C) - n$ W_n : 前回実施したモニタリング時の陽極残質量 [kg] n : 前回実施したモニタリングからの経過年数 [y] $W = W_n - W'_n$ W : 陽極残質量 [kg] W'_n : 前回実施したモニタリングからの陽極消耗量 [kg] $W'_n = I_{mg} \times C \times n$									
回 数	経過年	W0(kg)	I _{mg} (A)	n(年)	W(kg)	Y _a (年)	設計余寿命(年) 設計耐用年数-経過年	要求性能に対する判定	
施工時								☐ 保持 ☐ 保持しない	
1年目								☐ 保持 ☐ 保持しない	
2年目								☐ 保持 ☐ 保持しない	
3年目								☐ 保持 ☐ 保持しない	
4年目								☐ 保持 ☐ 保持しない	
5年目								☐ 保持 ☐ 保持しない	
所 見									
施工時									
1年目									
2年目									
3年目									
4年目									
5年目									

表 7.2 塗覆装モニタリング結果記録表

【凡例】 : 記載欄

基本情報				
地 区 名				
施 設 名				
管種・口径				
土かぶり厚				
対策実施前の写真				
塗覆装	種 別	☐ シートライニング工法 ☐ 塗布型ライニング工法		
	細 目			
	施工年月		メーカー名	
	要求性能	劣化度 c 以上・ピンホールがないこと		
モニタリング手法				
地表面電位勾配	種別	☐ 直流電流による ☐ 交流電流による		
塗覆装の外観	区分	☐ 開削による目視実施 ☐ ピンホール探知試験 ☐ 未実施		
モニタリング結果（地表面電位勾配）				
回 数	実施年月日	測定者	要求性能に対する判定	
施工時			☐ 保持 ☐ 保持しない	
次 回			☐ 保持 ☐ 保持しない	
計測結果図・所見を記載				
施工時	☐ 極性の変化なし（導通なし） ☐ 極性の変化あり（導通あり）			
次回	☐ 極性の変化なし（導通なし） ☐ 極性の変化あり（導通あり）			
モニタリング結果（塗覆装の外観）				
回 数	写真	劣化度	要求性能に対する判定	
施工時		☐ a	☐ 保持 ☐ 保持しない	
		☐ b	所 見	
		☐ c		
		☐ d		
回 数	写真	劣化度	要求性能に対する判定	
		☐ a	☐ 保持 ☐ 保持しない	
		☐ b	所 見	
		☐ c		
		☐ d		

