

地すべり防止施設における  
ライフサイクルコスト削減に関する研究  
報告書

令和6年3月

ライフサイクルコスト削減検討のための研究会

## 目次

1.	はじめに.....	2
1.1.	研究背景と目的.....	2
1.2.	実施体制.....	2
1.3.	活動履歴.....	2
1.4.	研究の概要と報告書の構成.....	2
2.	老朽化実態調査.....	6
2.1.	点検結果に基づく健全度の全国調査の概要.....	6
2.2.	施設単位の健全度の調査.....	6
2.2.1.	調査方法.....	6
2.2.2.	調査結果.....	6
2.2.3.	施設単位の老朽化の特徴と点検・保全上の留意点.....	9
2.3.	部材単位の健全度の調査.....	16
2.3.1.	調査方法.....	16
2.3.2.	調査結果.....	16
2.3.3.	部材単位で見た集水井工の老朽化の進行と点検・保全上の留意点.....	17
3.	劣化予測手法の検討.....	19
3.1.	検討の概要.....	19
3.2.	検討手法.....	19
3.2.1.	統計的手法の概要.....	19
3.2.2.	確率論的手法の概要.....	20
3.2.3.	使用データ.....	21
3.2.4.	劣化予測結果.....	21
3.3.	劣化予測手法の適用結果と留意点.....	24
4.	施設の劣化損傷に対する保全方法の検討.....	25
5.	年次計画策定手法の検討.....	26
5.1.	年次計画策定の検討の概要.....	26
5.2.	適切な対策サイクルの設定によるLCC削減.....	26
5.2.1.	検討条件.....	26
5.2.2.	試算結果.....	27
5.3.	対策時期の前倒しによる対策費用の平準化.....	30
5.3.1.	検討条件.....	30
5.3.2.	試算結果.....	31
5.4.	年次計画策定手法の検討のまとめ.....	34
6.	点検データの活用.....	35
6.1.	データ活用の方向性.....	35
6.2.	データ活用可能な設備台帳及び施設点検結果.....	35
7.	おわりに.....	36
7.1.	本研究会の成果.....	36
7.2.	今後の課題.....	36
	参考文献.....	36

## 1. はじめに

### 1.1. 研究背景と目的

砂防関係施設における予防保全型維持管理の実践にあたり、ライフサイクルコストの縮減及び各年の修繕等に要する費用の平準化を考慮した長寿命化計画の策定が必要となっている<sup>1)</sup>。長寿命化計画において策定する年次計画の中で、予防保全としての修繕等の実施時期を検討するため、施設の劣化予測を行なうとともに、具体的な対策方法等についても検討を行う必要がある。

こうした中、地すべり防止施設では、平成26年の「砂防関係施設点検要領（案）」<sup>2)</sup>策定以来、全国的に同様の評価基準による施設点検が実施され、点検データの蓄積が進んできており、全国的な点検データ収集・分析が可能な環境が整ってきた。

そこで、ライフサイクルコスト削減検討のための研究会（以下「本研究会」）は、地すべり対策におけるライフサイクルコストに係るデータを収集・とりまとめ、縮減方法を提案することを目的とし、活動を進めてきた。以下では、本研究会の検討成果を報告する。

### 1.2. 実施体制

本研究会は、国土交通省水管理・国土保全局砂防部保全課課長補佐、国立研究開発法人土木研究所土砂管理研究グループ地すべりチーム上席研究員、国土交通省北陸地方整備局河川部河川工事課長、全国地すべりがけ崩れ対策協議会事務局（新潟県土木部砂防課長）、一般社団法人斜面防災対策技術協会を構成員として、各機関の分担と連携によって研究活動を行った。表1-1に構成員および活動メンバーを示す。

### 1.3. 活動履歴

本研究会は、令和3年9月から令和6年3月までの2年7カ月間にわたって活動した。表1-2に活動概要を示す。

### 1.4. 研究の概要と報告書の構成

本研究会で実施した検討内容および報告書の構成を図1-1に示す。まず、全国地すべりがけ崩れ対策協議会の協力を得て、地すべり防止施設の全国的な老朽化実態調査を行った（第2章）。老朽化実態調査によって得られた点検データの分析により劣化予測手法（第3章）、施設の劣化損傷に対する保全方法（第4章）について検討した。これらを踏まえ、予防保全型維持管理のための年次計画策定手法（第5章）について検討した。また、今後のメンテナンスサイクルにおけるデータ活用の方向性や課題についても整理を行った（第6章）。

表 1-1 構成員及び活動メンバー一覧（所属、役職は令和 6 年 3 月末時点）

所属	役職	氏名	構成員
国土交通省水管理・国土保全局砂防部保全課	課長補佐	渡邊 剛	◎
	元 課長補佐	大塚 尚志	◎
	地すべり係長	大隅 翔馬	
	元 地すべり係長	仁平 啓介	
国立研究開発法人土木研究所 土砂管理研究グループ地すべりチーム	上席研究員	杉本 宏之	◎
	主任研究員	奥山 悠木	
	元 主任研究員	鷲尾 洋一	
	元 主任研究員	竹下 航	
	研究員	山田 啄也	
国土交通省北陸地方整備局河川部	河川工事課長	万行 康文	◎
	元 河川工事課長	田邊 雄司	◎
全国地すべりがけ崩れ対策協議会事務局 (新潟県土木部砂防課)	砂防課長	鍋倉 章宏	◎
	元 砂防課長	深田 健	◎
	地すべり係長	森岡 泰助	
	元 地すべり係主査	渡邊 尚史	
	地すべり係主査	塗茂 正和	
一般社団法人斜面防災対策技術協会	専務理事	杉浦 信男	
	日本工営（株） 東京支店 支店長代理	飯沼 達夫	
	（株）日さく 取締役海外本部長・土 木本部長	井上 正史	
	国土防災技術（株） 常任顧問	榎田 充哉	
	（一財）砂防・地すべ り技術センター 斜面保全部長	武士 俊也	
	（一財）砂防・地すべ り技術センター 総括技師	綱木 亮介	
	国土防災技術（株） 専務取締役経営企画室 長兼総合事業担当	東 康治	
	日本工営（株） 国土保全事業部 事業 部長	藤原 民章	
一般社団法人斜面防災対策技術協会新潟支 部	（株）興和 調査部次長	井藤 嘉教	
一般社団法人斜面防災対策技術協会東北支 部	日特建設（株） 技術フェロー	澁谷 保	

表 1-2 活動履歴

年月日	件名	内容	場所
令和3年9月2日	第1回研究会	・斜面对策工のLCC削減検討に必要な調査及び手法の検討	WEB開催
令和3年10月19日	第2回研究会	・劣化曲線検討のための調査方法検討	WEB開催
令和4年1月13日	第3回研究会	・劣化曲線検討のための調査依頼検討	WEB開催
令和4年1月31日	老朽化実態調査①	・点検記録に関する調査（横ポーリング工、集水井工） ⇒各都道府県へ依頼	書面
令和4年3月18日	第4回研究会	・調査結果報告（横ポーリング工、集水井工）	WEB開催
令和4年10月28日	第5回研究会	・水路工、排水トンネル工、杭工、アンカー工の施設単位、集水井工の部材単位の健全度調査方法検討	WEB開催
令和4年11月29日	老朽化実態調査②（事前調査）	・施設単位の機能劣化および部位ごとの詳細な機能劣化に関する事前調査 ⇒各都道府県へ依頼	書面
令和4年12月21日	老朽化実態調査②（本調査）	・施設単位の機能劣化および部位ごとの詳細な機能劣化に関する調査 ⇒各都道府県へ依頼	書面
令和5年3月17日	第6回研究会	・調査結果報告（水路工、排水トンネル工、杭工、アンカー工の施設単位、集水井工の部材単位）	WEB開催
令和5年9月15日	第7回研究会	・点検記録に基づく機能劣化予測手法の検討 ・予防保全の適切な実施時期・方法をまとめた計画の作成手法検討	国土交通省
令和5年12月8日	斜面協会支部関係者との意見交換	・点検データを踏まえた老朽化の実態、および劣化損傷シナリオと保全方法に関する意見交換	国土交通省
令和6年3月6日	第8回研究会	・成果とりまとめ	国土交通省

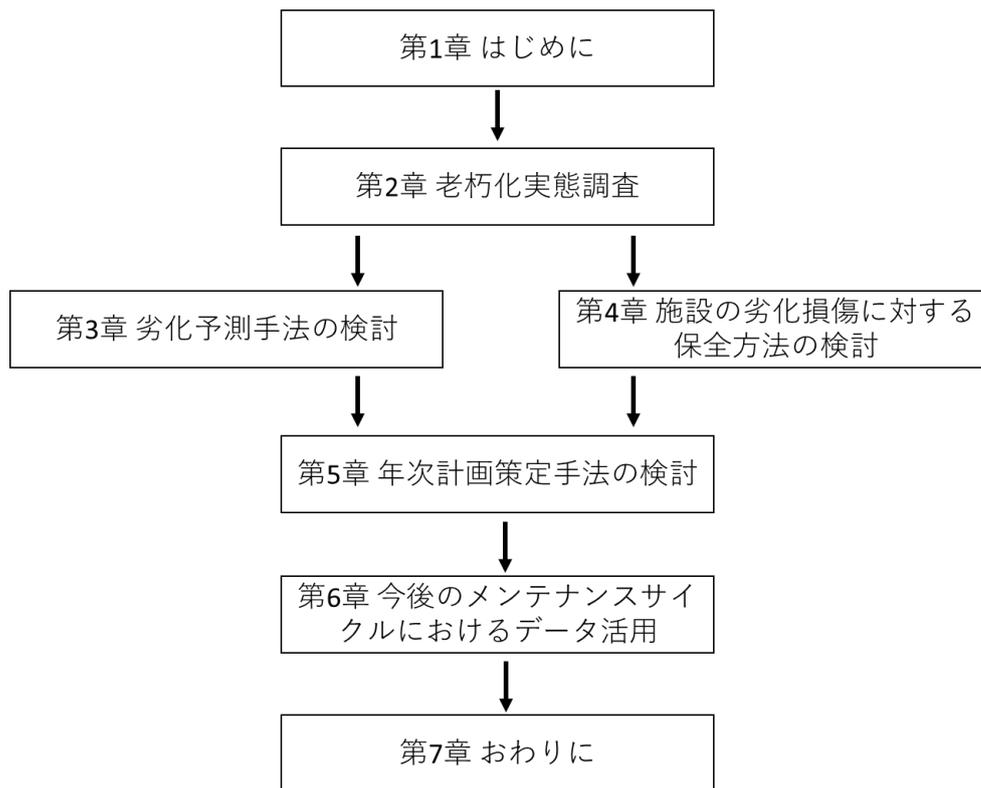


図 1-1 本研究会の検討内容および報告書の構成

## 2. 老朽化実態調査

### 2.1. 点検結果に基づく健全度の全国調査の概要

地すべり防止施設では、平成 26 年度に「砂防関係施設点検要領（案）」（以下、「点検要領」）が策定されて以来、共通の評価基準による点検データの蓄積が進んできた。本研究会では、全国的な施設健全度の実態を把握するため、都道府県の所管する地すべり防止施設を対象として点検データの収集・分析を行い、施設単位及び部材単位で、施設の施工完了からの経過年数に対する健全度の関係について調査を行った。

### 2.2. 施設単位の健全度の調査

#### 2.2.1. 調査方法

各都道府県の所管する地すべり防止施設について、横ボーリング工、集水井工、排水トンネル工、水路工、杭工、アンカー工の 6 工種を対象とし、健全度評価（A：対策不要、B：経過観察、C：要対策）、施工完了年度、点検年度の 3 項目のデータ収集を行なった。なお、排水トンネル工については収集可能なデータ数が 21 件と少なかったため検討の対象としなかった。収集データのうち、健全度評価、施工完了年度、点検結果の 3 項目全てが揃った施設について、施工完了年度と点検年度の差を経過年数として、経過年数に対する健全度の変化傾向の分析を行った。なお、同じ施設で 2 回の点検が実施されている場合、2 件分の点検データとして使用した。健全度評価が施設単位ではなく、地すべり防止区域単位や地すべりブロック単位で健全度評価が行われているものもあったが、施工完了年ごとの施設数の集計では、データ数の確保のため使用した。

#### 2.2.2. 調査結果

令和 3 年度に実施した老朽化実態調査①において、横ボーリング工、集水井工の施設単位の健全度評価データの収集を行い、令和 4 年度に実施した老朽化実態調査②において、排水トンネル工、水路工、杭工、アンカー工の施設単位の健全度評価データの収集を行った（表 2-1）。

表 2-1 収集データ概要（施設健全度評価データ）

施設単位	データ数（健全度内訳）	回答県数
横ボーリング工	10,760 (A:4,188, B:3,707, C:2,865) →採用データ数：8,600 (A:3,210, B:3,057, C:2,333)	22県
集水井工	3,021 (A:896, B:1,028, C:1,097) →採用データ数：2,220 (A:598, B:759, C:863)	
水路工	19,018 (A:10,031, B:5,697, C:3,290) →採用データ数：13,225 (A:6,636, B:4,194, C:2,395)	29県
杭工	860 (A:679, B:139, C:42) →採用データ数：588 (A:478, B:92, C:18)	
アンカー工	910 (A:628, B:195, C:87) →採用データ数：679 (A:465, B:150, C:64)	

施工完了年ごとの施設数を図 2-1 に示す。横ボーリング工、集水井工、水路工では、1985 年頃から 2005 年頃にかけて施工完了した施設が多くなっている。杭工では、1980 年頃から 2005 年頃にかけて施工完了した施設が多く、アンカー工では、1990 年頃から 2010 年頃にかけて施工完了した施設が多い。施工完了した施設の多い時期は工種によって少しずつ異なるが、1980 年から 1990 年頃であり、現時点の経過年数は 40 年前後となっている。そのため、修繕や改築を要する施設が多い状況が当面続くと予想される。

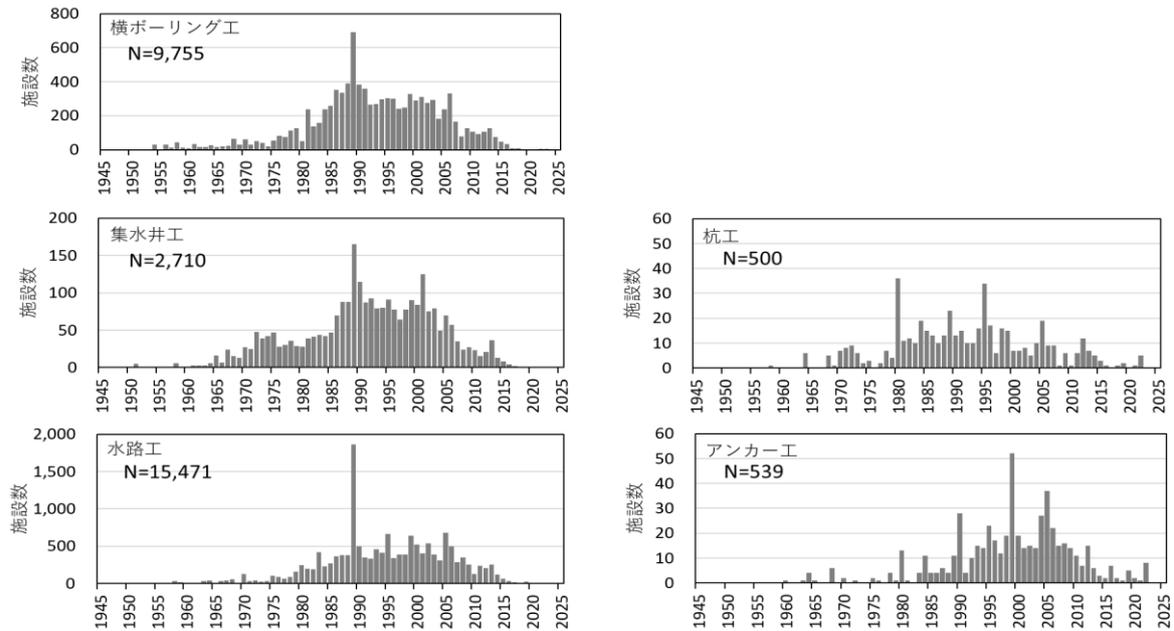


図 2-1 施設の施工完了年ごとの施設数 (N: データ数)

施設の経過年数に対する健全度の関係を図 2-2 に示す。横ボーリング工、集水井工、水路工では、経過年数とともに健全度が A から B、C へと低下していく傾向が確認された。一方で、杭工、アンカー工では、経過年数に対する健全度低下の傾向は不明瞭であった。

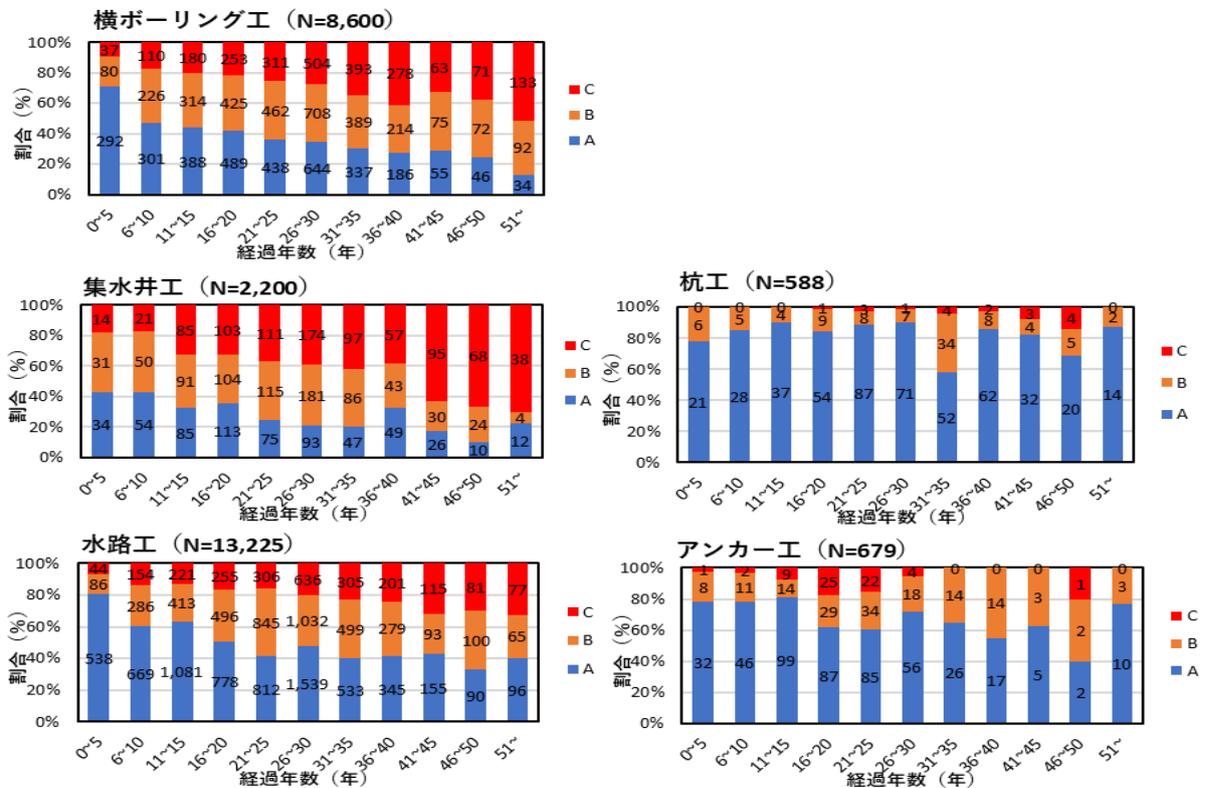


図 2-2 施設の経過年数に対する健全度の関係  
 グラフ中のデータラベルは各健全度の採用データ数を示す。

経過年数に対する健全度の変化について、都道府県ごとに整理した結果を図 2-3～図 2-7 に示す。横ボーリング工では、九州等の西日本地域において経過年数に対する健全度 C の割合が高くなっており、健全度低下が他地域と比べて早い段階で生じている可能性が示唆された。この傾向は横ボーリング工に見られるが、集水井工や水路工では見られない。地質や気候特性等の自然的要因と関係する可能性があるが、現時点では不明である。また、別の要因として、横ボーリング工の孔口保護工の構造が影響している可能性も考えられる。積雪地域ではコンクリート製の孔口保護工が設置されることが多いが、非積雪地域では擁壁やフトン籠、自然斜面に直接横ボーリングを施工する事例も見られる。こうした構造の違いが影響している可能性も考えられる。

図 2-8 に、地下水排除工（横ボーリング工、集水井工、水路工）の経過年数に対する健全度の関係を県毎に整理した結果を示す。横ボーリング工と集水井工の C 割合に着目すると、山梨、岡山、福岡は横ボーリング工の C 割合が多く、山形、新潟は集水井工の C 割合が多くなっている。

### 2.2.3. 施設単位の老朽化の特徴と点検・保全上の留意点

図 2-2 で示したように、地すべり防止工事の主要な工法である横ボーリング工、集水井工、水路工といった抑制工では、経過年数とともに健全度が A から B、C へと低下していく傾向が確認された。これらは健全度の低下の速さを示すデータと考えられることから、劣化の進行の予測に用いることが可能と考えられる。ただし、多くのデータを集計している都合上、維持管理によって健全度の低下が抑制されている、または健全度が回復しているデータも含まれている。そのため、現在の維持管理を実施している状態における健全度の低下の速さを示しているものと考えられ、劣化予測に用いる場合には注意する必要がある。

また、杭工、アンカー工では、経過年数に対する健全度の低下が明瞭ではないという結果となった。点検要領では、杭工、アンカー工について、地表面の目視で確認できる変状を点検対象としていることから、大きな変化が生じないと健全度 C となりにくいため、これらのデータを基に劣化予測をしようとする場合は注意が必要と考えられる。

図 2-3～図 2-7 で示したように、経過年数に対する健全度の変化は都道府県ごとに大きく異なるという結果となった。地質や気候特性等の自然的要因、施設構造の違い等が影響していることが考えられ、他県の点検データを参考にしようとする場合は注意が必要である。

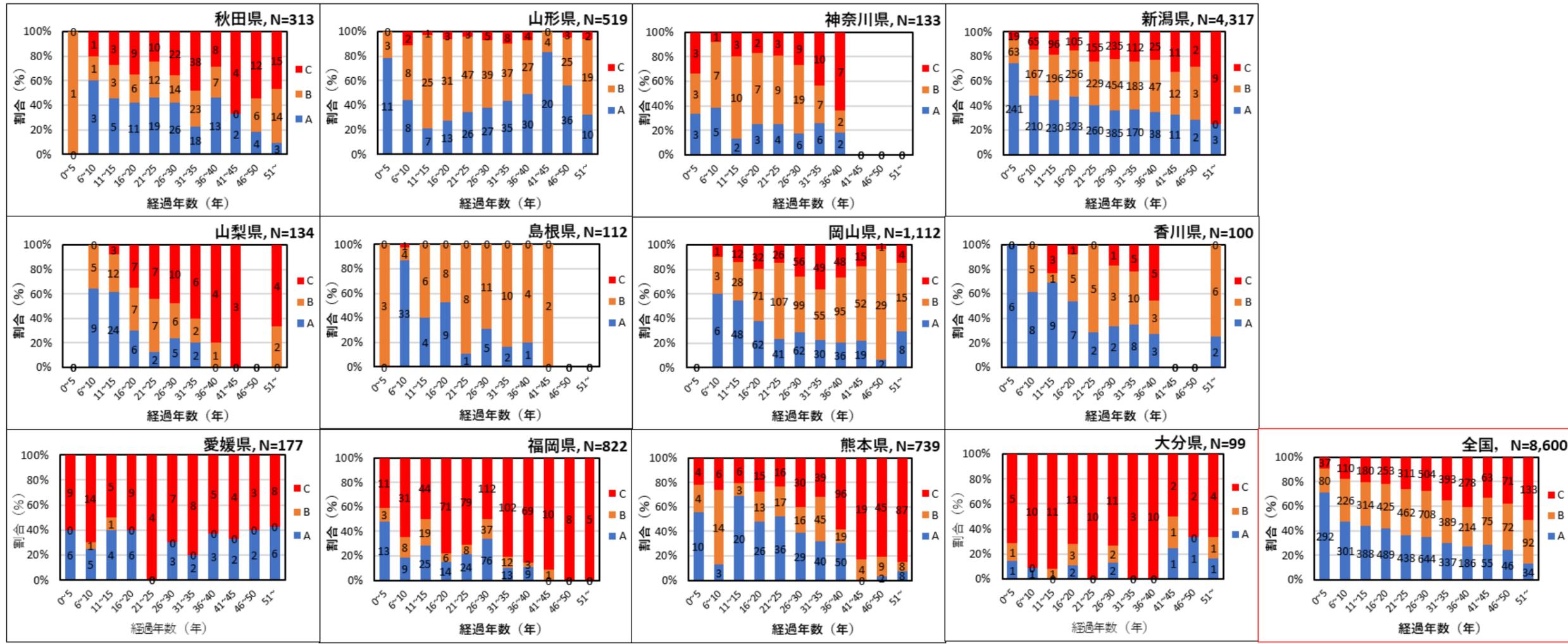


図 2-3 横ボーリング工の経過年数に対する健全度の関係（県毎）（N≥99 の事例）  
 愛媛県、大分県は施設単位ではなく地すべり防止区域単位の健全度となっているため、全国集計には含めていない。  
 グラフ中のデータラベルは各健全度の採用データ数を示す。

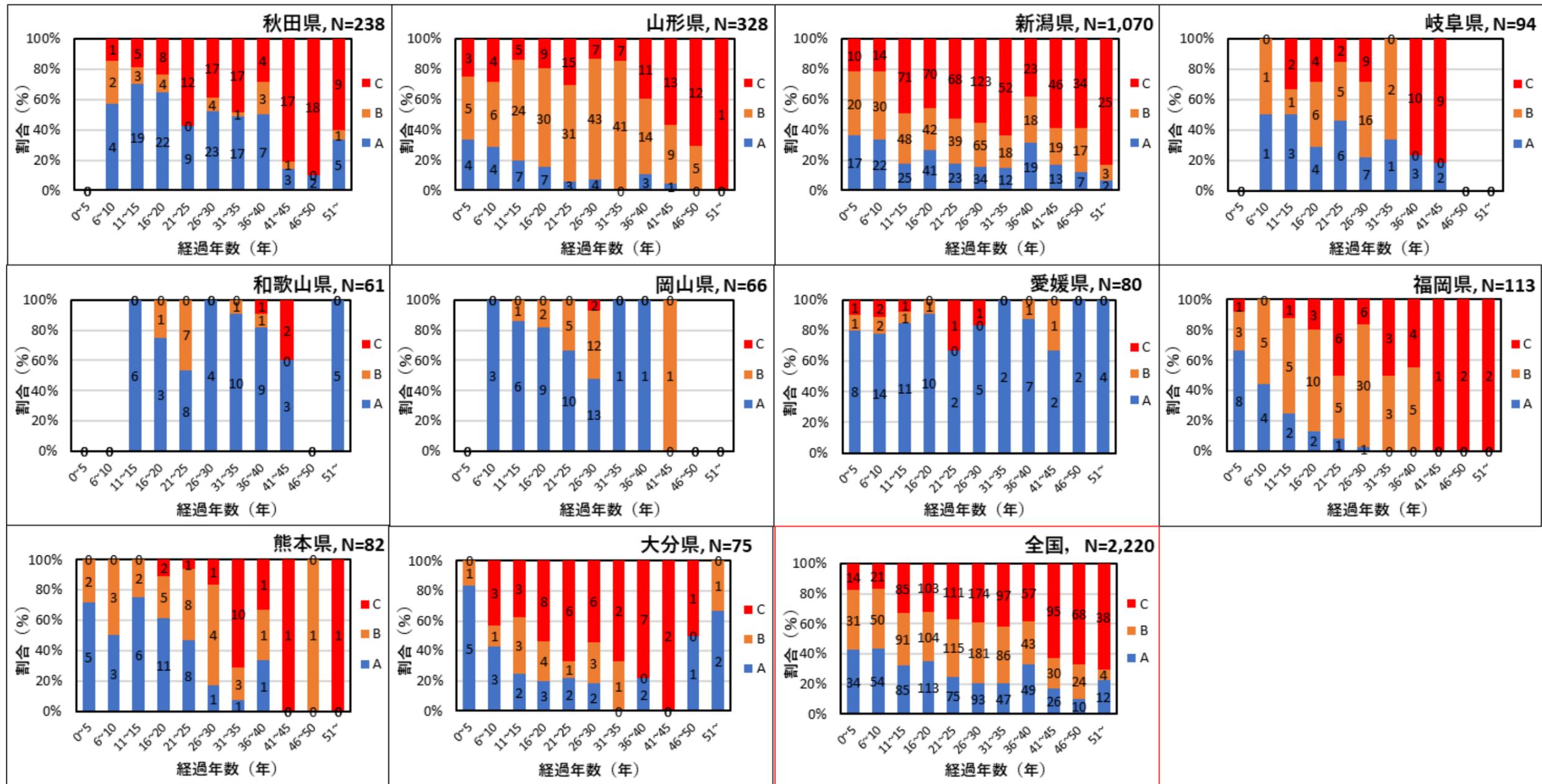


図 2-4 集水井工の経過年数に対する健全度の関係（県毎）（N≥60 の事例）  
 愛媛県、大分県は施設単位ではなく地すべり防止区域単位の健全度となっているため、全国集計には含めていない。  
 グラフ中のデータラベルは各健全度の採用データ数を示す。

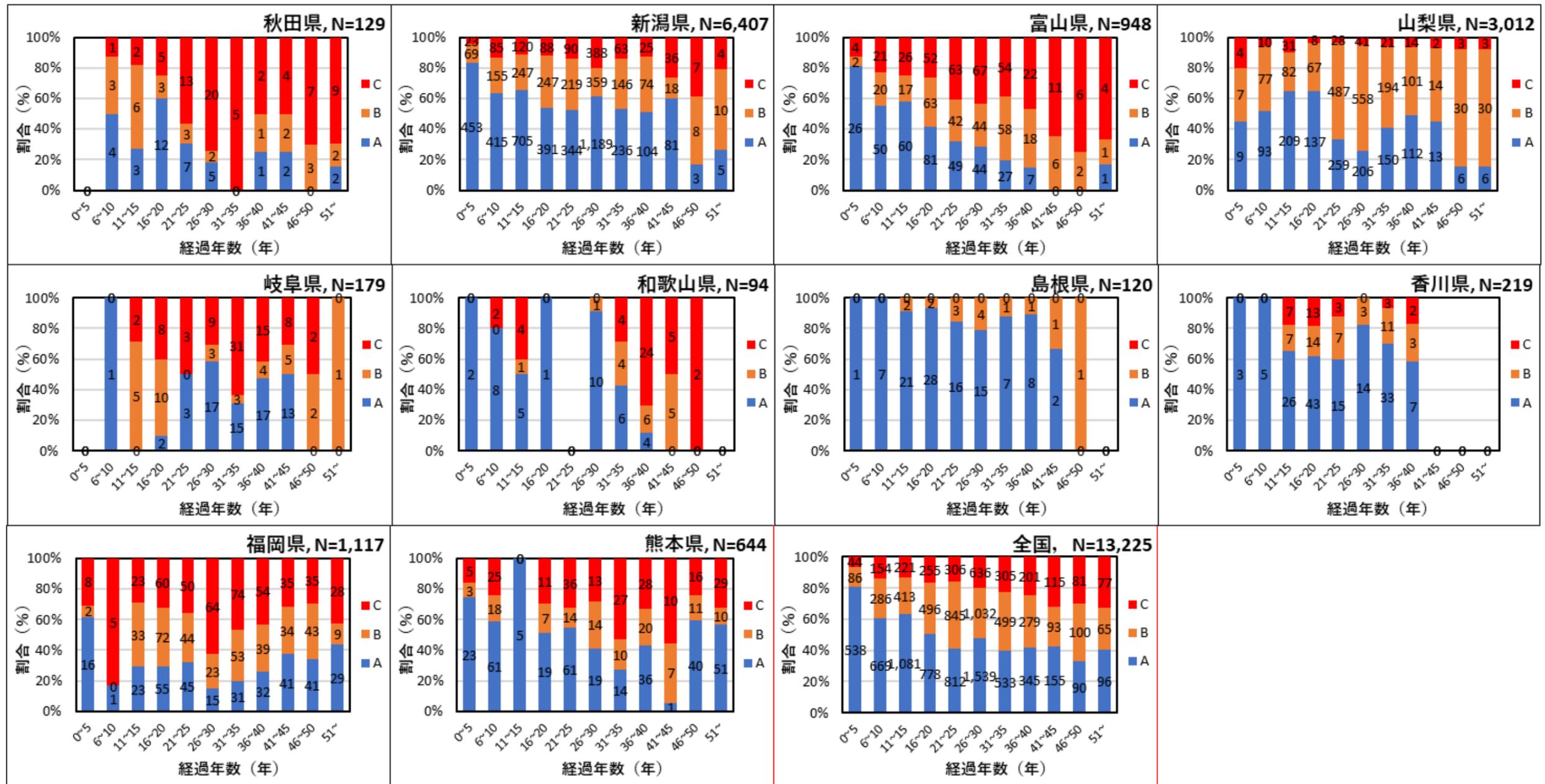


図 2-5 水路工の経過年数に対する健全度の関係（県毎）（N≥90 の事例）  
 グラフ中のデータラベルは各健全度の採用データ数を示す。

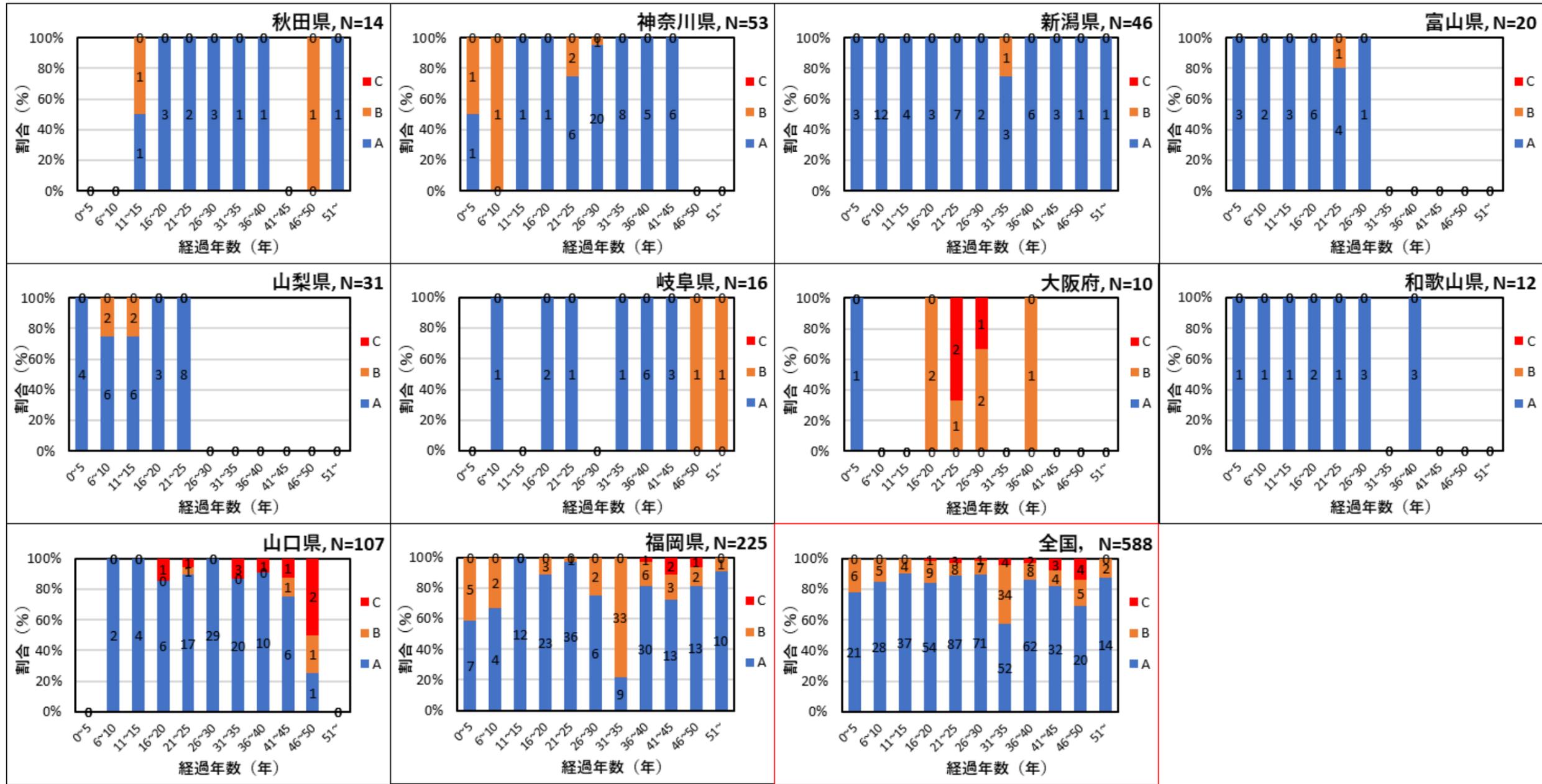


図 2-6 杭工の経過年数に対する健全度の関係（県毎）（N≥10 の事例）  
 グラフ中のデータラベルは各健全度の採用データ数を示す。

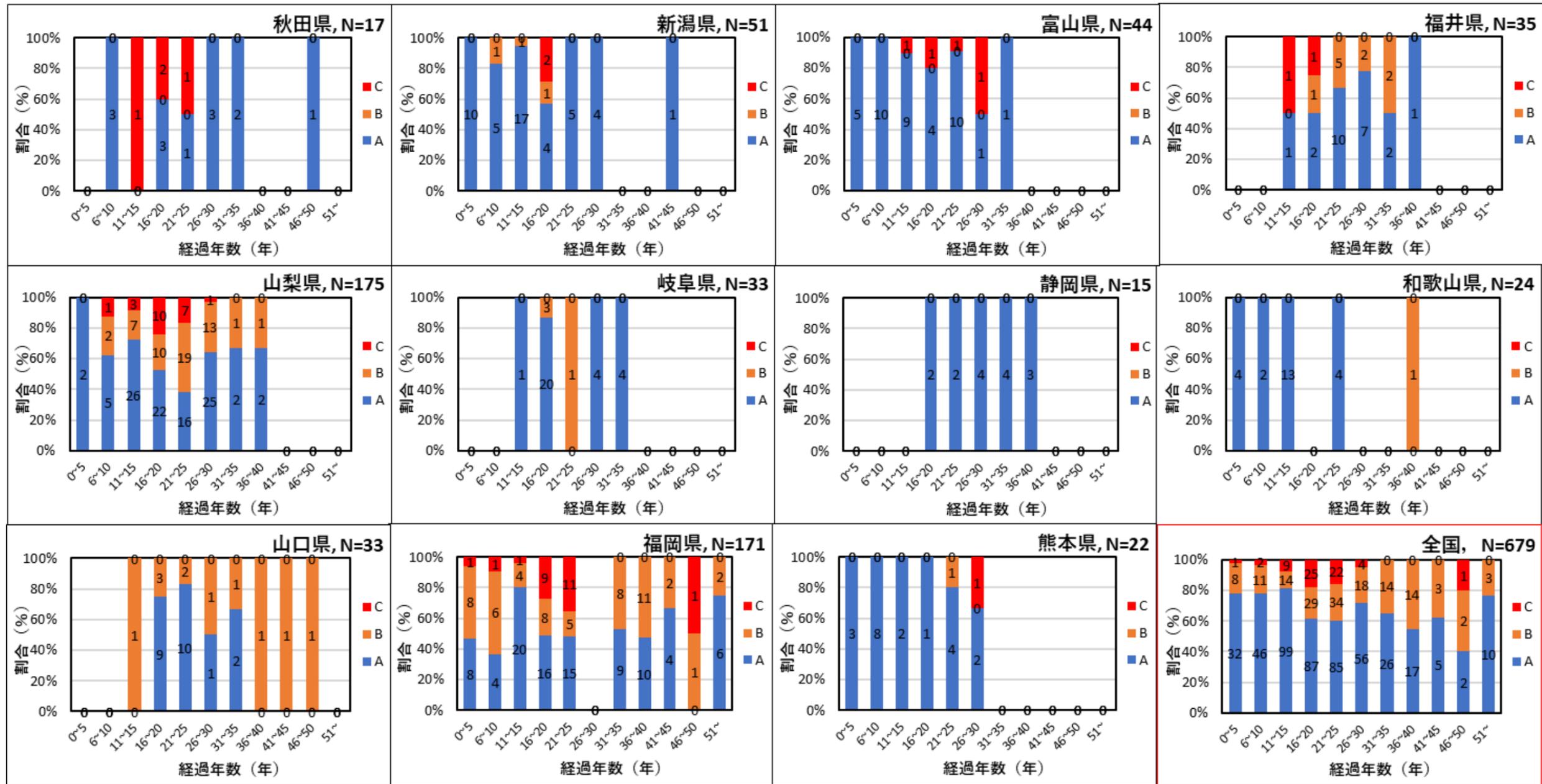


図 2-7 アンカー工の経過年数に対する健全度の関係（県毎）（N≥15 の事例）  
 グラフ中のデータラベルは各健全度の採用データ数を示す。

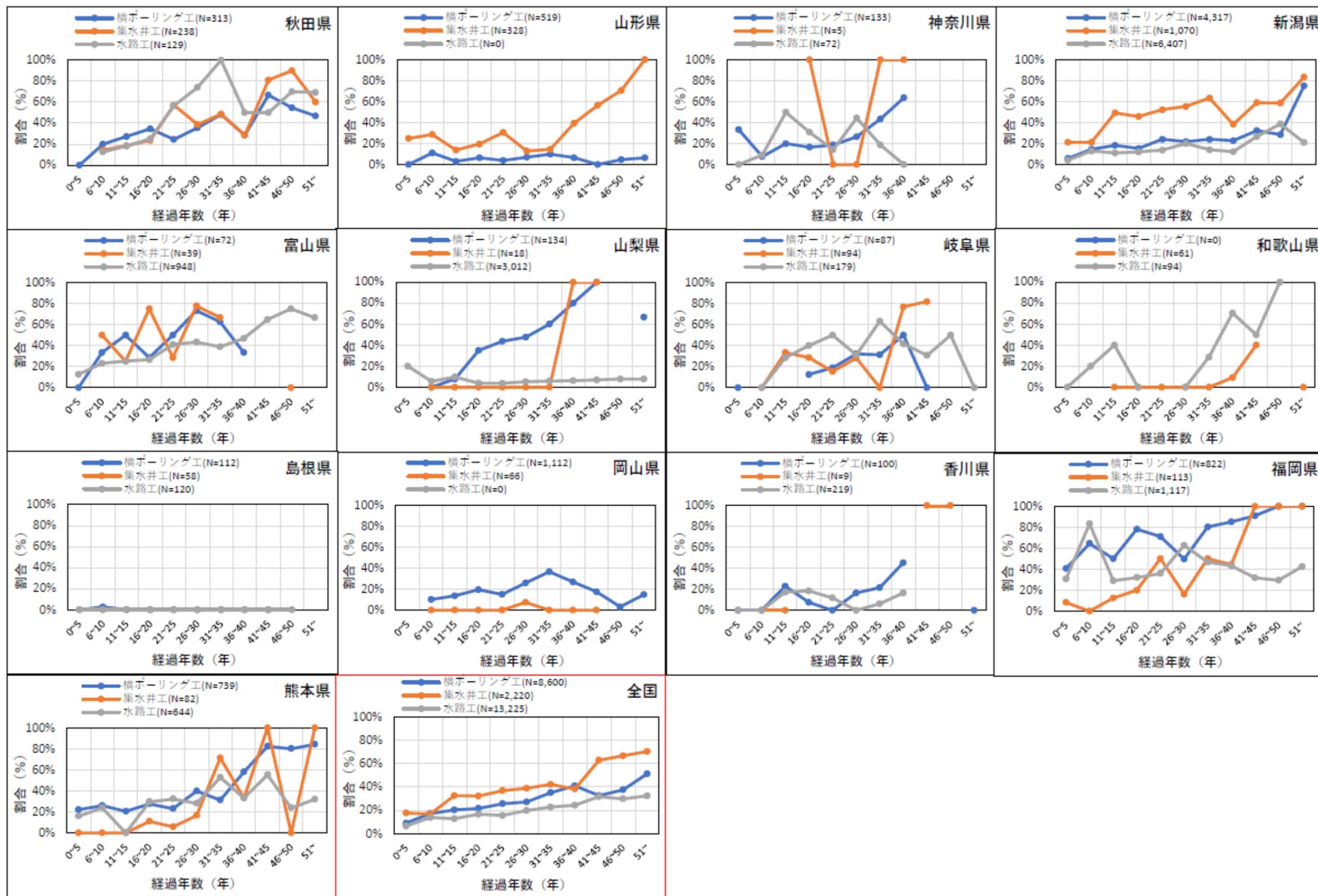


図 2-8 地下水排除工（横ボーリング工、集水井工、水路工）の経過年数に対する健全度の関係（県毎）

## 2.3. 部材単位の健全度の調査

### 2.3.1. 調査方法

集水井工の部材（本体、集水管、排水管、安全施設）を対象として、部材単位の健全度評価データ（a：対策不要、b：経過観察、c：要対策）を収集した。施設単位の集計と同様に、収集データのうち施設単位の施工完了年度と点検結果のわかるものを対象とし、施工完了年度と点検年度の差を経過年数として、経過年数に対する健全度の変化傾向を分析した。同じ施設で2回の点検が実施されている場合、2件分の点検データとして使用した。

### 2.3.2. 調査結果

令和4年度に実施した老朽化実態調査②において、集水井工の部材単位の健全度のデータ収集を行った（表2-2）。

表2-2 収集データ概要（施設健全度評価データ）

部材単位	データ数（健全度内訳）	回答県数
集水井工	3,686（本体c:128, 集水管c:531, 排水管c:488, 安全施設c:589） →採用データ数：2,799 （本体c:98, 集水管c:466, 排水管c:398, 安全施設c:402）	26県

経過年数に対する健全度の関係を図2-9に示す。本体と排水管では、経過年数に応じて健全度cの割合が増加する傾向が共通してみられたが、51年以上経過した段階での健全度cの割合は、本体では約16%であるのに対し、排水管では約46%に達していた。集水管では、経過年数11～15年までは健全度cの割合が増加するが、その後は20%前後で推移し、増加傾向は見られない。安全施設については、経過年数36～40年までは健全度cの割合が増加するが、その後はやや減少する傾向が見られる。

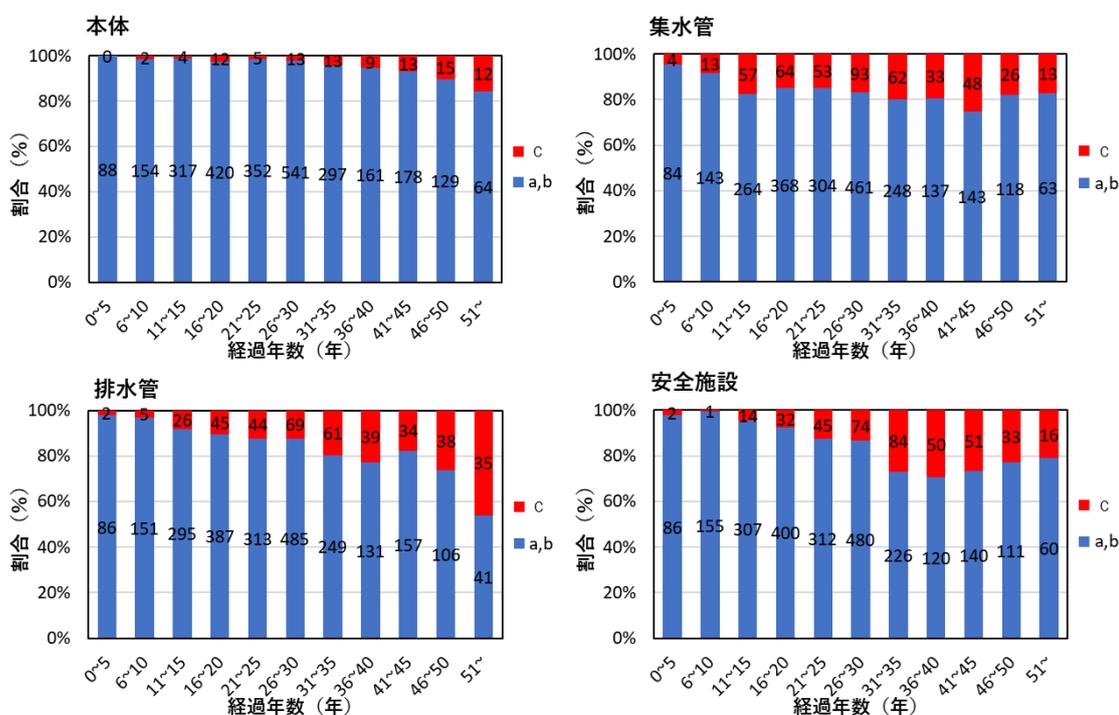


図2-9 集水井工部材単位の経過年数に対する健全度の関係  
グラフ中のデータラベルは各健全度の採用データ数を示す。

図 2-10 に、集水井工の部材毎の経過年数に対する健全度  $c$  の割合（県毎）を示す。集水管と排水管に着目すると、新潟、山口は集水管の  $c$  増加が大きく、秋田、石川、岐阜、福岡、熊本は排水管の  $c$  増加が大きい傾向がみられる。安全施設では、石川県や山口県、福岡県、熊本県において  $c$  の割合が高く、いずれも 31～45 年にかけて  $c$  の割合が急増する傾向が見られた。

### 2.3.3. 部材単位で見た集水井工の老朽化の進行と点検・保全上の留意点

図 2-9 に示す通り、排水管は経過年数に応じて健全度  $c$  の割合が増加し、51 年以上経過した段階で約 46% に達していた。排水管の閉塞によって機能を喪失した場合、集水井の排水機能の喪失だけでなく、集水井内に湛水が生じるなど、地すべりの安定性に悪影響を及ぼす可能性もある。そのため、予防保全の重要性が特に高い部材であると考えられる。

集水管や排水管、安全施設については、健全度の低下に地域による違いが確認された。ただし、地質や気候特性等の自然的要因だけではなく、施設構造の違いや維持管理の実施状況によって違いが生じている可能性もある。各施設管理者において維持管理を行う上では、地域特性を踏まえた点検データの分析を行い、効率的な維持管理を実施していくことが重要と考えられる。

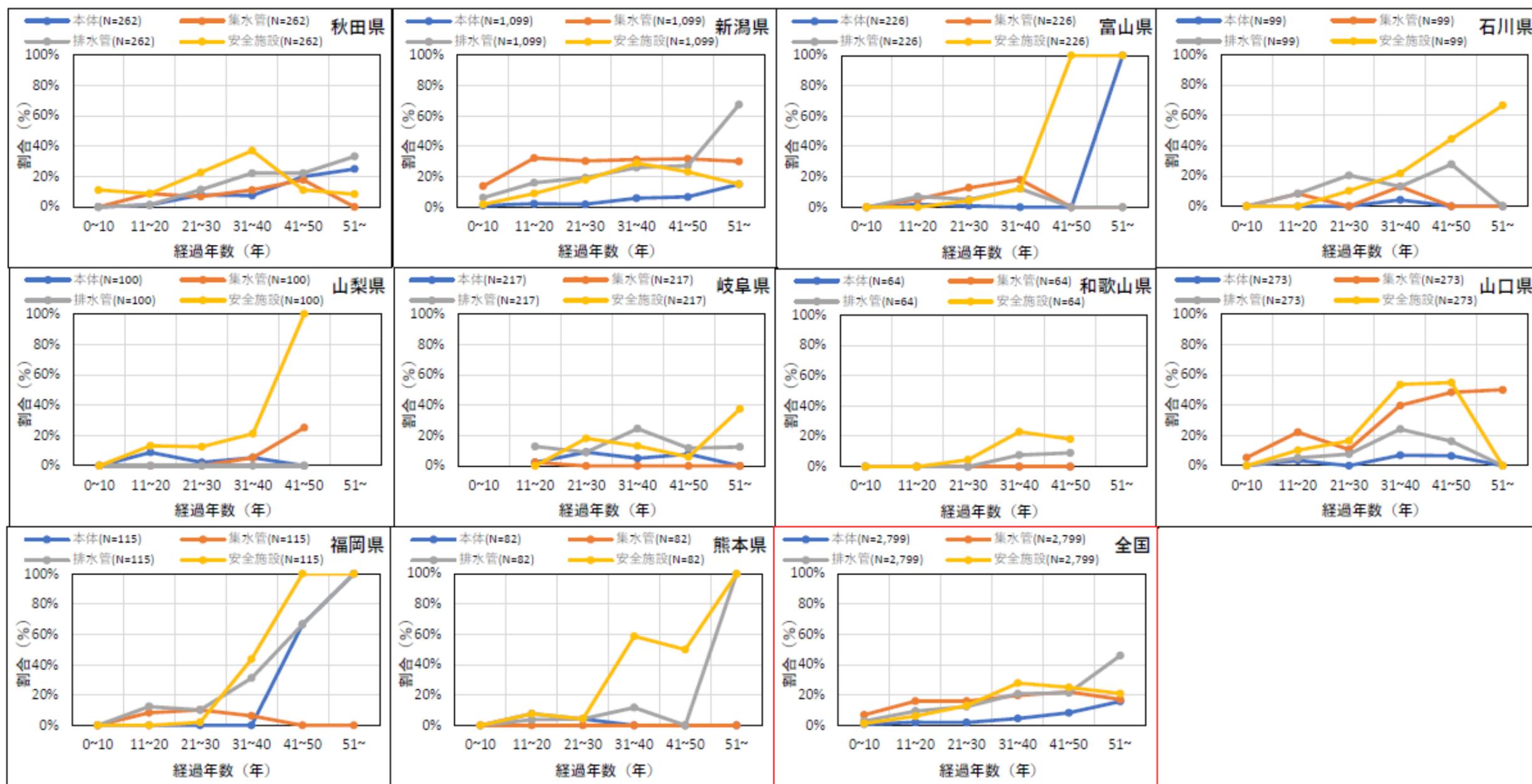


図 2-10 集水井工の部材毎の経過年数に対する健全度 c の割合 (県毎)

### 3. 劣化予測手法の検討

#### 3.1. 検討の概要

予防保全型維持管理の実践にあたっては、ライフサイクルコストの縮減及び各年の修繕等の費用の平準化を考慮した年次計画の策定が必要である<sup>1)</sup>。この年次計画の策定にあたっては、予防保全としての修繕等を実施する時期を検討するため、施設の劣化予測を行う必要がある。

本検討で対象とした劣化予測手法の概要や特徴を表 3-1 に示す。本検討では、全国の地すべり防止施設の点検データをもとに、統計的手法、および確率論的手法を適用した場合の劣化予測手法について検討を行った。なお、統計的手法や確率論的手法以外に、施設の劣化メカニズムや理論に基づいて予測を行う理論的手法もあるが、地すべり防止施設の具体的な劣化メカニズム等は明らかとなっていないため、本検討では対象としなかった。

表 3-1 本検討で対象とした劣化予測手法の概要

手法	本検討で使用した式・モデル	概要
統計的手法	線形近似 $y = at + b$	経過年数に対する健全度の推移をもとに健全度（またはその割合）を近似式によって予測する手法。
	累乗近似 $y = at^b$	
確率論的手法	マルコフ連鎖モデル $\begin{pmatrix} A_t \\ B_t \\ C_t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1-p_{A \rightarrow B} & 0 & 0 \\ p_{A \rightarrow B} & 1-p_{B \rightarrow C} & 0 \\ 0 & p_{B \rightarrow C} & 1 \end{pmatrix}^t \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$	経過年数に対する健全度の推移をもとに各健全度の割合をマルコフ連鎖モデルによって予測する手法。

※ 式・モデルの詳細については、3.2. 検討手法を参照

#### 3.2. 検討手法

##### 3.2.1. 統計的手法の概要

統計的手法は、経過年数に対する健全度の推移をもとに、近似式によって将来の健全度を予測する手法である。

例えば、健全度評価（対策不要 A=2、経過観察 B=1、要対策 C=0）と経過年数の関係をプロットし、近似式によって劣化曲線を作成して劣化予測を行う。この手法は土木構造物でも適用事例が多い。ただし、対策不要 A=2、経過観察 B=1、要対策 C=0 とした場合、各健全度の間がいずれも同様の変化幅であるとみなしている（例えば、健全度 A から B、B から C への低下幅を同程度とみなす）ことに留意が必要である。

また、健全度 (A、B、C) のそれぞれの構成割合 (%) の経時的変化を近似式によって近似し、劣化予測する手法もある。本検討では、以下の近似式 (式 3-1、3-2) を用いて検討した。

$$y = a t + b \quad (\text{式 3-1})$$

$$y = a t^b \quad (\text{式 3-2})$$

ここで、 $y$  は各年次における健全度の構成割合 (%)、 $t$  は経過年数 (年)、 $a$ 、 $b$  はパラメータである。なお、点検データと近似式の適用結果の誤差は、健全度割合 (%) に関する二乗平均平方根誤差 (RMSE) により評価した。

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - f_i)^2} \quad (\text{式 3-3})$$

ここで、 $N$  は評価対象データ数、 $y_i$  は  $i$  年における健全度割合の真値 (点検結果) (%)、 $f_i$  は  $i$  年における健全度割合の予測値 (%) である。近似式のパラメータ  $a$ 、 $b$  は、Microsoft Excel 2019 のソルバー機能を使用し、RMSE が最小となるように決定した。

### 3.2.2. 確率論的手法の概要

確率論的手法は、確率モデルを用いて将来の各健全度を予測する手法である。土木構造物では「マルコフ連鎖モデル」による手法などが検討されている。「マルコフ過程」とは、未来の状態が、過去の状態とは関係なく現在の状態のみに依存して決まるという性質をもつ確率過程である<sup>3)</sup>。劣化予測においては、離散的な健全度の状態が年数経過とともに低い健全度へと遷移していく様子を「マルコフ連鎖モデル」で表し、パラメータとして健全度の遷移確率を求める手法が用いられる (図 3-1)。マルコフ連鎖モデルでは、各年次における施設健全度の構成割合は次式によって求められる。

$$\begin{pmatrix} A_t \\ B_t \\ C_t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 - p_{A \rightarrow B} & 0 & 0 \\ p_{A \rightarrow B} & 1 - p_{B \rightarrow C} & 0 \\ 0 & p_{B \rightarrow C} & 1 \end{pmatrix}^t \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (\text{式 3-4})$$

ここで、 $t$  は建設時から点検時までの経過年数、 $A_t$ 、 $B_t$ 、 $C_t$  はそれぞれ経過年数  $t$  における健全度 A、B、C の割合 (%)、 $p_{A \rightarrow B}$  および  $p_{B \rightarrow C}$  は、それぞれ健全度が A から B、B から C に遷移する確率である。

点検データとモデル適用結果の誤差評価は、健全度 (A、B、C) の割合 (%) それぞれに関する二乗平均平方根誤差 ( $RMSE_A$ ,  $RMSE_B$ ,  $RMSE_C$ ) の和 ( $RMSE_{ABC}$ ) を用いた。

$$\begin{aligned} RMSE_{ABC} &= RMSE_A + RMSE_B + RMSE_C \\ &= \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (A_i - A'_i)^2} + \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (B_i - B'_i)^2} + \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (C_i - C'_i)^2} \end{aligned} \quad (\text{式 3-5})$$

ここで、 $N$  は評価対象データ数、 $A_i$ 、 $B_i$ 、 $C_i$  は経過年数  $i$  年における健全度割合（点検結果）（%）、 $A'_i$ 、 $B'_i$ 、 $C'_i$  は経過年数  $i$  年における健全度割合（モデル予測結果）（%）である。モデルフィッティングは、Microsoft Excel 2019 のソルバー機能を使用し、 $RMSE_{ABC}$  が最小となるような遷移確率  $p_{A \rightarrow B}$  および  $p_{B \rightarrow C}$  を決定した。

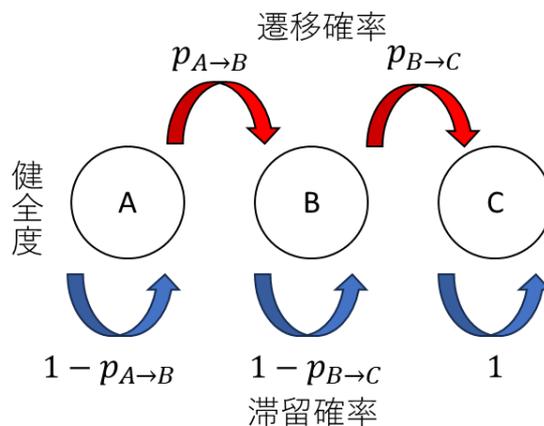


図 3-1 施設の劣化予測におけるマルコフ連鎖モデルの概念

### 3.2.3. 使用データ

第 2 章で経過年数に対する健全度低下が確認された横ボーリング工、集水井工、水路工の 3 工種を検討対象とした。工種ごとに、年次毎の集計データ数が 5 件未満の場合は、健全度割合を適切に表現できないものとしてデータを除外した。

### 3.2.4. 劣化予測結果

劣化予測結果を図 3-2、図 3-3、表 3-2、表 3-3 に示す。施設が健全度 C となる平均的な年数を、施設の半数が健全度 C となる年数と考えると、横ボーリング工では 52～65 年、集水井工では 33～39 年、水路工では 61～89 年となった。また、施設の半数以上が健全度 B または C（健全度 A が半数未満）となる年数は、横ボーリング工では 11～18 年、集水井工では 1～12 年、水路工では 24～28 年となった。線形近似、累乗近似による予測では、マルコフ連鎖モデルによる予測に対して、施設の半数が健全度 C となる年数の予測結果が長く見積もられた。一方で、施設の半数以上が健全度 B または C となる年数で見ると、マルコフ連鎖モデルによる予測は、線形近似、累乗近似に対して若干年長く見積もられた。

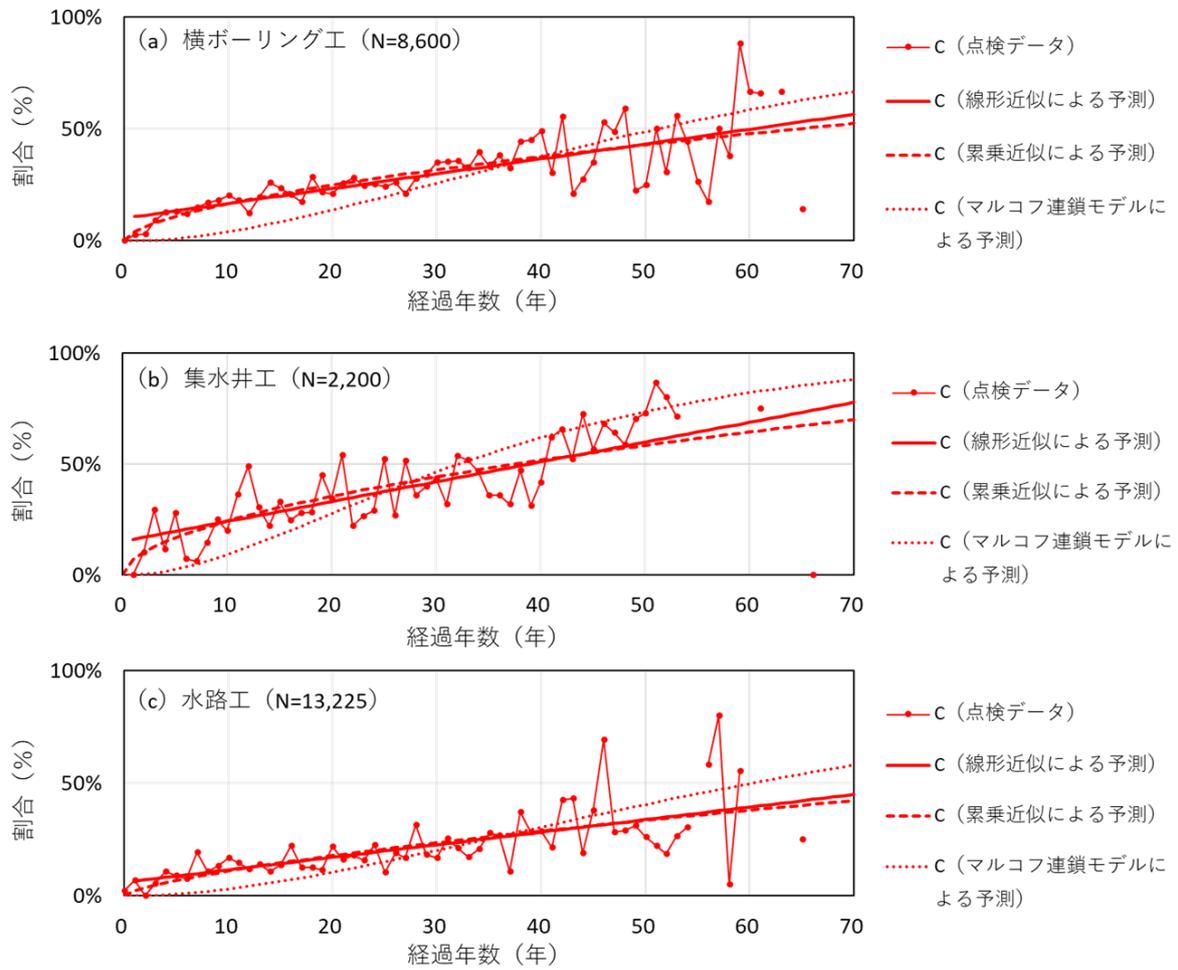


図 3-2 経過年数に対する健全度 C の割合の予測結果  
 (a) 横ボーリング工 (b) 集水井工 (c) 水路工

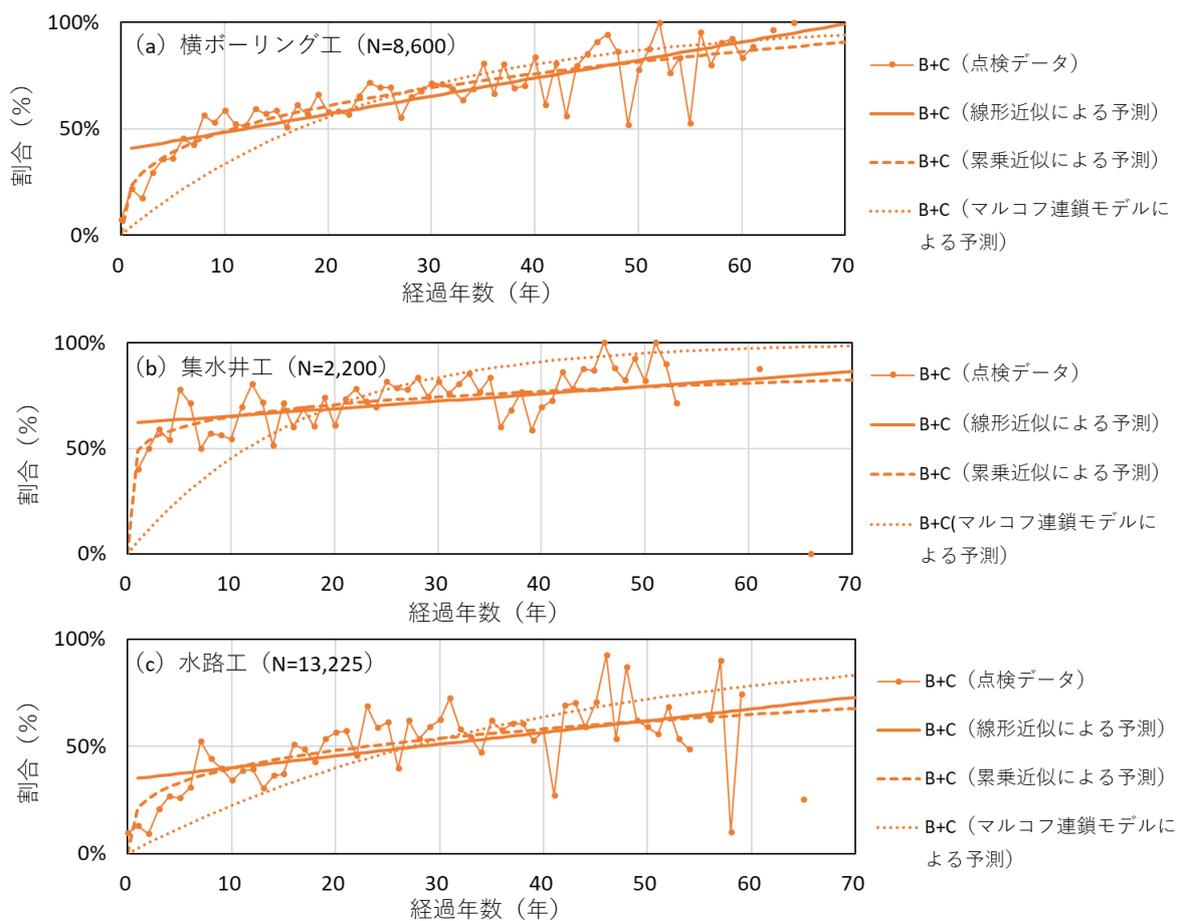


図 3-3 経過年数に対する健全度 B+C の割合の予測結果  
(a) 横ボーリング工 (b) 集水井工 (c) 水路工

表 3-2 統計的手法による劣化予測結果

工種	予測式	健全度Cの割合の予測式		健全度B+Cの割合の予測式		施設の半数が健全度Cとなる年数		施設の半数が健全度BまたはCとなる年数	
		線形近似	累乗近似	線形近似	累乗近似	線形近似	累乗近似	線形近似	累乗近似
横ボーリング工	予測式	$y = 0.0066t + 0.1014$	$y = 0.0424t^{0.5927}$	$y = 0.0085t + 0.3986$	$y = 0.2334t^{0.3195}$	61年	65年	12年	11年
	RMSE	11.6%	11.5%	10.0%	9.0%				
集水井工	予測式	$y = 0.0089t + 0.1514$	$y = 0.0694t^{0.5441}$	$y = 0.0035t + 0.6186$	$y = 0.4913t^{0.1218}$	39年	38年	1年※	2年
	RMSE	14.8%	14.5%	15.1%	14.3%				
水路工	予測式	$y = 0.0056t + 0.0597$	$y = 0.0225t^{0.6910}$	$y = 0.0055t + 0.3458$	$y = 0.2127t^{0.2723}$	79年	89年	29年	24年
	RMSE	11.3%	11.4%	15.3%	14.0%				

※近似式による予測結果がマイナスの年数となるため、「1年」とした。

表 3-3 確率論的手法による劣化予測結果

工種	パラメータ・誤差評価		施設の半数が健全度Cとなる年数	施設の半数が健全度BまたはCとなる年数
横ポーリング工	P <sub>A-B</sub>	4.0%	52年	18年
	P <sub>B-C</sub>	2.7%		
	RMSE <sub>A</sub>	13.2%		
	RMSE <sub>B</sub>	14.2%		
	RMSE <sub>C</sub>	14.3%		
集水井工	P <sub>A-B</sub>	5.9%	33年	12年
	P <sub>B-C</sub>	4.6%		
	RMSE <sub>A</sub>	22.4%		
	RMSE <sub>B</sub>	12.8%		
	RMSE <sub>C</sub>	18.0%		
水路工	P <sub>A-B</sub>	2.5%	61年	28年
	P <sub>B-C</sub>	3.1%		
	RMSE <sub>A</sub>	18.2%		
	RMSE <sub>B</sub>	11.9%		
	RMSE <sub>C</sub>	13.0%		

### 3.3. 劣化予測手法の適用結果と留意点

劣化予測手法について、統計的手法と確率論的手法を適用し、施設の半数が健全度 C となる年数、および、施設の半数が健全度 B または C となる年数を計算した。点検データをみると、横ポーリング工、集水井工、水路工のいずれの工種も、健全度 C の割合は経過年数の短い時点（概ね 10 年以内）で急激に増加し、その後、11～30 年頃は増加が緩やかとなるが、31～40 年頃を境に再び割合増加の程度が大きくなるといった特徴がみられる。本検討で使用した線形近似、累乗近似では、経過年数の短い時期に急激に健全度 C の割合が増加するような特徴をもつデータに対して適用性がよい反面、経過年数の長い時期に健全度 C の増加割合が再び大きくなることを予測できない、といった特徴がみられた。

確率論的手法（マルコフ連鎖モデル）では、経過年数の短い時期に急激に健全度 B や C の割合が増加するといった特徴をうまく予測できず、線形近似や累乗近似に対して施設の半数が健全度 B または C となる年数を遅く予測する傾向にあるが、経過年数の長い時期に健全度 C の増加割合が再び大きくなる特徴を予測しやすいといった特徴がみられた。

さいごに、検討手法の運用上の留意点について述べる。以上の手法は、いずれも施設群の大まかな劣化予測を行なうことを想定した手法であり、施設個々の機能劣化過程を予測するものではない。また、修繕等の影響に関して、本検討で使用した点検データは、いずれも修繕等の実施履歴がほぼ不明であり、経過年数に対する健全度が高く評価されているものが含まれる可能性がある。将来的には、施設の修繕履歴を記録したデータを蓄積し、修繕等の影響を取り除いた分析を行うことが望ましい。

#### 4. 施設の劣化損傷に対する保全方法の検討

予防保全型維持管理にあたっては、施設の損傷が軽微な段階で予防保全により修繕等を実施し、ライフサイクルコストの縮減を図るとともに、事後保全と比較して少ない費用で施設の維持管理を行うことが基本となる。そのための基礎資料として、施設の部材毎の劣化損傷と、それに対する保全方法の整理を行った。「砂防関係施設点検要領（案）（令和4年3月、国土交通省砂防部保全課）」<sup>2)</sup>の評価基準における工種・部材・変状の分類をもとに、「斜面对策工維持管理実施要領（平成28年12月、一般社団法人斜面对策技術協会）」<sup>4)</sup>に記載の対策工法等について整理した（図4-1、全体版は巻末 参考資料1 参照）。

表中の対策工法について、機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性があるものには(★)印を付した。例えば、集水井工の排水管の閉塞への対策として、既存の部材機能を向上させる場合は大口径管の採用や目詰まり抑制構造の設置、機能回復のみを行う場合は孔内洗浄工を、それぞれ排水管の機能喪失前に実施することで、排水管閉塞後に対策を実施する場合に対してコスト削減が可能と考えられる。また、対策工法のうち、条件によっては機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性があるものには(▲)印を付した。例えば、横ボーリング工の腐食への対策として、元々大口径の管が設置されている場合には、機能喪失前に高耐食性の細管を挿入することでコスト削減の可能性があると考えられる。

参考表 1-2 劣化損傷シナリオに対する保全方法整理表（集水井工）（3/4）

施設部材の変状（点検要領と対応）			原因・対応		対策工法		
工種	部材	変状	原因	対応	対策工法		
			維持管理要領（経路設定） 表 7.5.1、表 7.5.2「腐蝕」より抜粋	維持管理要領（経路設定） 表 7.5.3、表 7.5.4 より抜粋	対策工法 (★)：機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性のあるもの (▲)：条件により機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性のあるもの		
集水井工	排水管	腐食・変形	<ul style="list-style-type: none"> <li>腐食・変形によって排水管の断面が減少している</li> <li>腐食・変形によって排水管に変形が生じている</li> <li>排水管が破断されている</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>腐食・変形によって排水管の断面が減少している</li> <li>腐食・変形によって排水管に変形が生じている</li> <li>排水管が破断されている</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>腐食等の化学的劣化</li> <li>GGP管（軟質）の酸化や過熱状態などでの排水管の劣化</li> <li>高寿命化（機能強化）</li> <li>機能回復</li> <li>高寿命化（機能強化）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>機能回復</li> <li>高寿命化（機能強化）</li> <li>高寿命化（機能強化）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>大口径管の採用</li> <li>目詰まり抑制構造の設置</li> </ul>
		閉塞	<ul style="list-style-type: none"> <li>閉塞物や土砂等によって孔口の断面が減少（概ね25%以下）</li> <li>排水管が破断している</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>閉塞物や土砂等によって孔口の断面が減少（概ね25%以下）</li> <li>排水管が破断している</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>閉塞等の化学的劣化</li> <li>閉塞物や土砂等による排水管の目詰まりや閉塞が発生</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>機能回復</li> <li>高寿命化（機能強化）</li> <li>高寿命化（機能強化）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>機能回復</li> <li>高寿命化（機能強化）</li> <li>高寿命化（機能強化）</li> </ul>

対策工法は、機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性のあるものを(★)印（または(▲)印）で例示  
例）排水管閉塞への対策  
→孔内洗浄工、目詰まり抑制構造設置工等

図 4-1 劣化損傷に対する保全方法整理表の構成

## 5. 年次計画策定手法の検討

### 5.1. 年次計画策定の検討の概要

砂防関係施設の長寿命化計画策定ガイドライン（案）では、年次計画の策定の際、ライフサイクルコスト（LCC）の縮減及び各年の修繕等に要する費用の平準化を考慮することとされている。前章までで検討した劣化予測手法、および対策方法の整理結果を踏まえ、本検討では機能喪失前の対策によりコスト削減が可能な対策方法として、集水井工の排水管閉塞による湛水発生対策を対象として検討を行った。

### 5.2. 適切な対策サイクルの設定による LCC 削減

#### 5.2.1. 検討条件

適切な対策サイクルの設定による LCC 削減の試算例を示す。試算のための検討条件は次のとおりとした。

#### ■検討条件

- ・計画対象期間は 50 年とする（R6～R55 とし、R5 は計画 0 年目）。
- ・健全度は、経過年数 5 年で A→B、経過年数 40 年で B→C に低下する（劣化予測の結果を参考に試算をするための年数を設定した）。
- ・対策した施設は健全度 A に回復し、再び経過年数 5 年で A→B、経過年数 40 年で B→C に低下する。
- ・対策費用は、健全度 B の場合は予防保全費用として集排水管の孔内洗浄工の費用（1,000 千円／基）、健全度 C になった場合は事後保全費用として集排水管の孔内洗浄工に湛水解消対策を加えた費用（3,000 千円／基）の費用とする（試算をするための費用として設定した）。
- ・点検費用は考慮しない。
- ・新設される施設は無いものとした。
- ・計画 0 年目（R5）における施設数分布は、経過年数 0～34 年まで各年 2 基ずつ施工された集水井工計 70 基とする（図 5-1）。
- ・既に健全度 C となっている施設は存在しないものとした。

本検討では、最適な対策サイクルを決定するため、対策サイクル 10 年から 5 年刻みで 40 年までのケースについて、計画期間 50 年間の対策費用の累計額を試算し、比較検討を行った。また、初年度は、経過年数が対策サイクルを超えている施設全てを対策することとした。

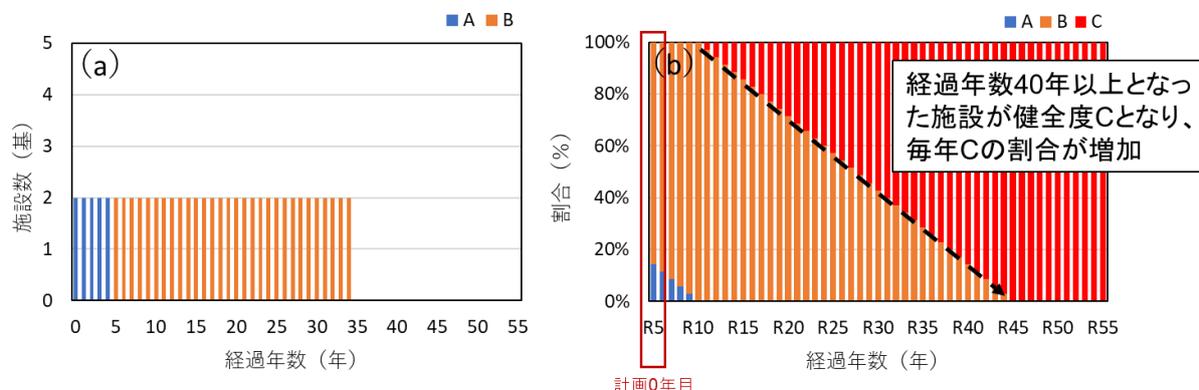


図 5-1 LCC 削減検討における計画 0 年目 (R5) の施設数分布と将来健全度の想定

- (a) 計画 0 年目 (R5) における施設数分布  
(集水井工, 計 70 基 (経過年数 0~34 年, 各年 2 基))
- (b) 対策を実施しない場合の経過年数に対する将来健全度

### 5.2.2. 試算結果

検討ケースの中から、対策サイクルが短すぎる 10 年のケース、適切な対策サイクルとなった 35 年のケース、対策サイクルが長すぎる 40 年のケースの試算結果を以下に示す。

#### ① 対策サイクル 10 年 (図 5-2 (a))

対策サイクル 10 年の場合、1 年目の時点で経過年数 10 年以上の施設が 52 基あり、1 年目に 52 基分の予防保全費用 52 百万円 (1 百万円/基×52 基) が計上される。2~10 年目は、経過年数 10 年となる施設が毎年 2 基あり、その 2 基分の予防保全費用 2 百万 (1 百万円/基×2 基) が計上される。11 年目は、1 年目に対策した 52 基が 10 年目に達するため、1 年目と同様に 52 百万が計上される。12~20 年目は、2~10 年目に対策した施設が毎年 2 基ずつ対策後 10 年目となり、毎年 2 百万円が計上される。以降、同様の考え方で費用を 50 年目まで計上し、50 年間の累計額は 350 百万円となる。

このケースでは事後保全は発生しないが、健全度 C となる経過年数 40 年に対して対策サイクルが 10 年と短すぎるため、予防保全費用が高み、累計額が大きくなっている。

#### ② 対策サイクル 35 年 (図 5-2 (b))

対策サイクル 35 年の場合、1 年目の時点で経過年数 35 年以上の施設は 2 基あり、1 年目に 2 基分の予防保全費用 2 百万円 (=1 百万円/基×2 基) が計上される。以降、2~35 年目まで、2 基分の予防保全費用 2 百万 (=1 百万円/基×2 基) が計上される。36 年目は、1 年目に対策した 2 基が 35 年目に達するため、2 百万が計上される。以降、毎年 2 基ずつの費用を 50 年目まで計上し、50 年間の累計額は 100 百万円となる。

このケースも事後保全が発生せず、健全度Cとなる経過年数40年に近い対策サイクルであるため、5年刻みで設定した試算ケースの中では累計額が最小となった。

### ③ 対策サイクル40年 (図5-2 (c))

対策サイクル40年の場合、1～5年目まで経過年数40年に達する施設が無い場合、1～5年目までは費用が計上されない。6～39年目まで毎年2基が経過年数40年となるが、経過年数が40年に達した時点で健全度がCに低下して事後保全となるため、2基分の事後保全費用6百万円(=3百万円/基×2基)が計上される。40～45年目までは対策後40年経過する施設が無い場合、費用は計上されない。46～50年目には対策後40年に達する施設が毎年2基ずつあり、毎年6百万円が計上される。50年目間の累計額は240百万円となる。

このケースでは、対策サイクルが長すぎるために事後保全となり、高額な事後保全費用が計上されて累計額が大きくなっている。

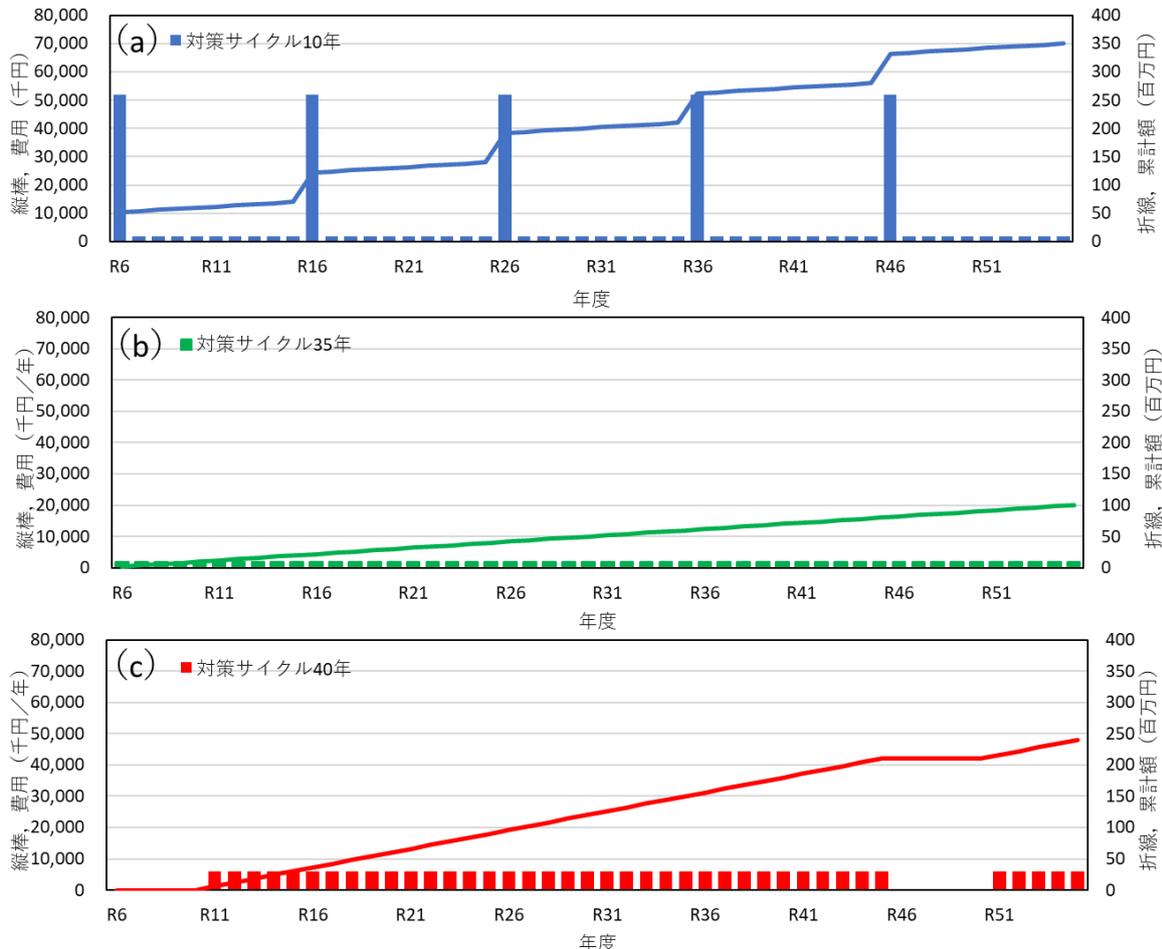


図5-2 対策サイクルによる50年間の費用(縦棒)および累計額(折線)  
 (a) 対策サイクル10年 (b) 対策サイクル35年 (c) 対策サイクル40年

図 5-3 に対策サイクルによる LCC (50 年の累計額) の比較を示す。対策サイクルを 10 年とした場合は修繕等の対策の回数が多くなり、累計額が増加する結果となった。一方、対策サイクルを 40 年とした場合、修繕等の対策の回数は減少するが、経過年数 40 年で健全度が C に低下して事後保全となり、修繕等の単価が高くなって累計額が増加する結果となった。今回の試算条件においては、対策サイクル 35 年の累計額が最小となった。このように、事後保全とならないように、予防保全の回数を必要最小限とする対策サイクルが設定できれば、累計額の最小化を図ることができる。

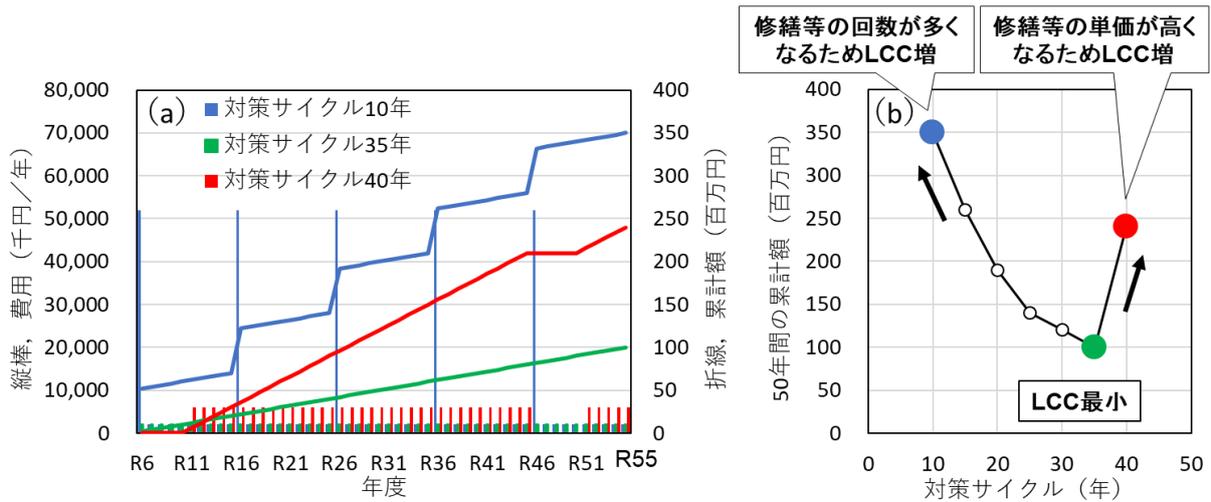


図 5-3 対策サイクルによる LCC (50 年の累計額) の比較  
 (40 年経過で健全度 C に低下し、単価の高い事後保全となる条件で試算)  
 (a) 対策サイクル (10, 35, 40 年) の各年費用 (縦棒) および累計額 (折線)  
 (b) 対策サイクルと 50 年間の累計額の関係 (10~40 年を 5 年刻みで計算)

### 5.3. 対策時期の前倒しによる対策費用の平準化

#### 5.3.1. 検討条件

経過年数によって施設数に違いがあり、施設数が多い時期（山）、少ない時期（谷）がある場合、特定の年度で多くの対策費用が必要となり、維持管理費用の確保が困難となることが想定される。そのような場合の対応として、対策時期を前倒しすることで対策費用の平準化を図ることが考えられる。試算における検討条件と検討ケースは以下のとおりとした。試算では、平準化前は対策サイクル 39 年（試算上、事後保全とならない最大年数）、平準化後は対策時期を 39 年より前倒しし、特定の年次に費用が偏らないようにした。

#### ■検討条件

- ・対象期間は、対策 1 巡目が完了するまでの時期とする。
- ・健全度は、経過年数 5 年で A→B、経過年数 40 年で B→C に低下する（劣化予測の結果を参考に試算をするための年数を設定した）。
- ・対策した施設は健全度 A に回復し、再び経過年数 5 年で A→B、経過年数 40 年で B→C に低下する。
- ・対策費用は、健全度 B の場合は予防保全費用として集排水管の孔内洗浄工の費用（1,000 千円／基）、健全度 C になった場合は事後保全費用として集排水管の孔内洗浄工に湛水解消対策を加えた費用（3,000 千円／基）の費用とする（試算をするための費用として設定した）。
- ・点検費用は考慮しない。
- ・新設される施設は無いものとした。
- ・経過年数によって施設数に違い（山と谷）がある分布を仮定し、以下の 3 ケースを検討する。

#### ■検討ケース

##### <ケース 1>

施設数分布の山と谷のバランスが均衡し、対策の前倒しにより、山が谷に収まるケース  
（集水井工計 780 基、経過年数 0～38 年、各年平均基数 20 基、図 5-4(a)）

##### <ケース 2>

施設数分布の山が大きく、対策の前倒しによっても、山を崩しきれないケース  
（集水井工計 819 基、経過年数 0～38 年、各年平均基数 21 基、図 5-5(a)）

##### <ケース 3>

施設数分布の谷が大きく、対策の前倒しによっても、谷を埋めきれないケース  
（集水井工計 741 基、経過年数 0～38 年、各年平均基数 19 基、図 5-6(a)）

### 5.3.2. 試算結果

ケース1～3の試算結果を以下に示す。

<ケース1：山が谷に収まるケース> (図5-4)

平準化前は、経過年数に対する施設数分布 (図5-4(a)) に応じて、計画1～5年目 (R6～10) に年対策数10基と費用が少ない時期、計画9～13年目 (R14～18) に年対策数30基と費用の多い時期が発生する。そのため、1年目に平準化前の計画1～2年目の対策を行い、2年目に計画3～4年目、3年目に計画5～6年目の対策を順次前倒して実施することにより、年対策数20基 (費用20百万円/年) と一定になり、費用の平準化を図ることができる (図5-4(b))。この場合、対策の前倒し年数は最大で3年となる (図5-4(c))。

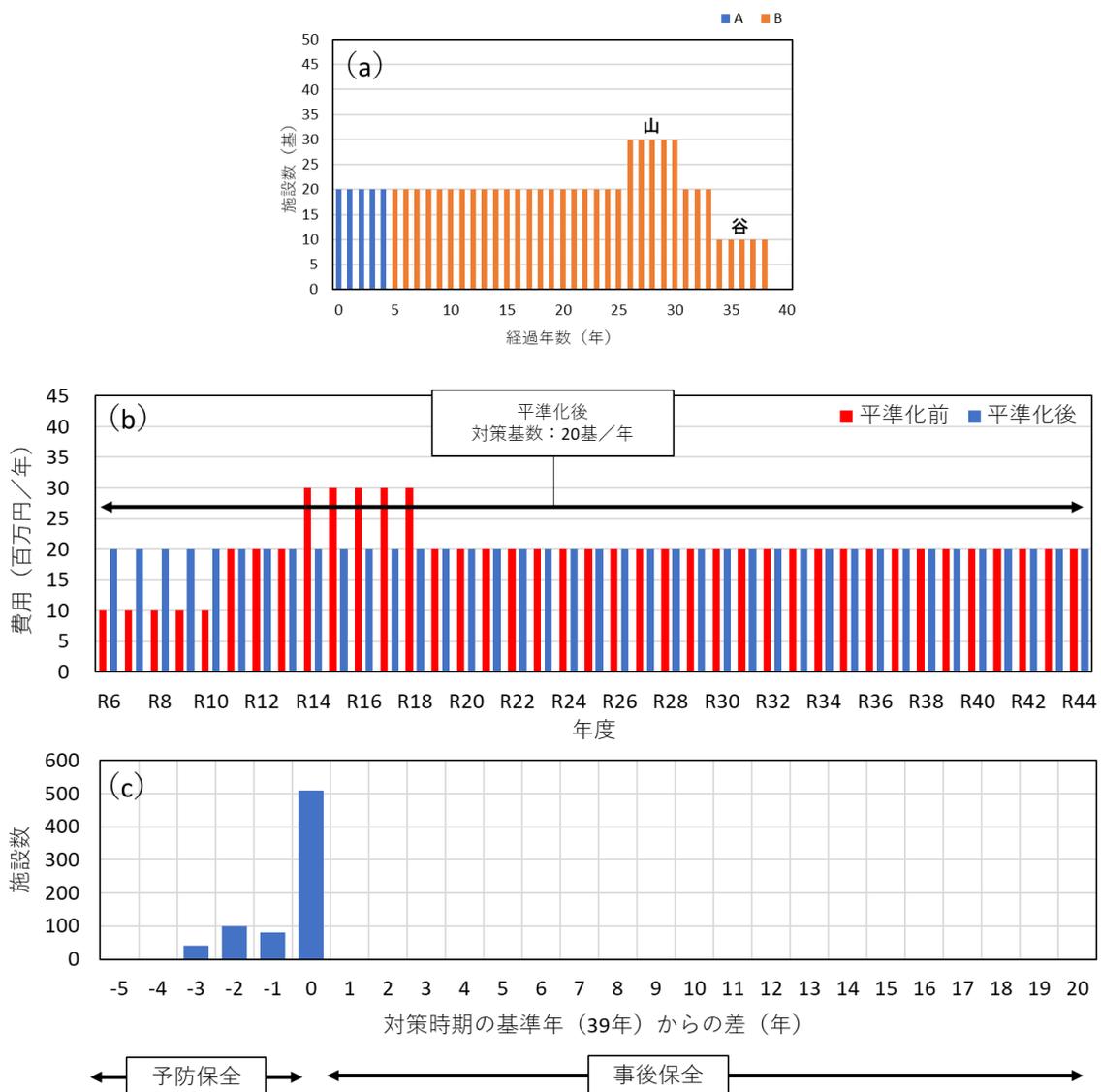


図5-4 ケース1 (山が谷に収まるケース) の試算条件と結果

- (a) 経過年数に対する施設数分布 (計780基、0～38年、各年平均基数20基)
- (b) 対策時期の前倒しによる費用平準化の試算結果
- (c) 平準化後における対策時期の基準年 (39年) からの年数差

<ケース2：山を崩しきれないケース> (図 5-5)

平準化前は、経過年数に対する施設数分布 (図 5-5(a)) に応じて、計画 1~5 年目 (R6~10) に年対策数 10 基と費用の少ない時期、計画 9~13 年目 (R14~18) に年対策数 37~38 基と費用の多い時期が発生する。ケース 1 と同様に対策を前倒ししても、ケース 1 より山が大きいため、毎年 21 基ずつ対策を行った場合、計画 13 年目より事後保全となる施設が発生し、健全度 C の施設が増加していく (図 5-5(c))。

そこで、計画 1~13 年目の対策基数を 23 基、計画 14 年目以降の対策基数を 20 基とすることで、費用の変動幅を押さえつつ、事後保全が発生しないように費用の平準化を図ることができる (図 5-5(b))。この場合、対策の前倒し年数は最大で 4 年となる (図 5-5(c))。

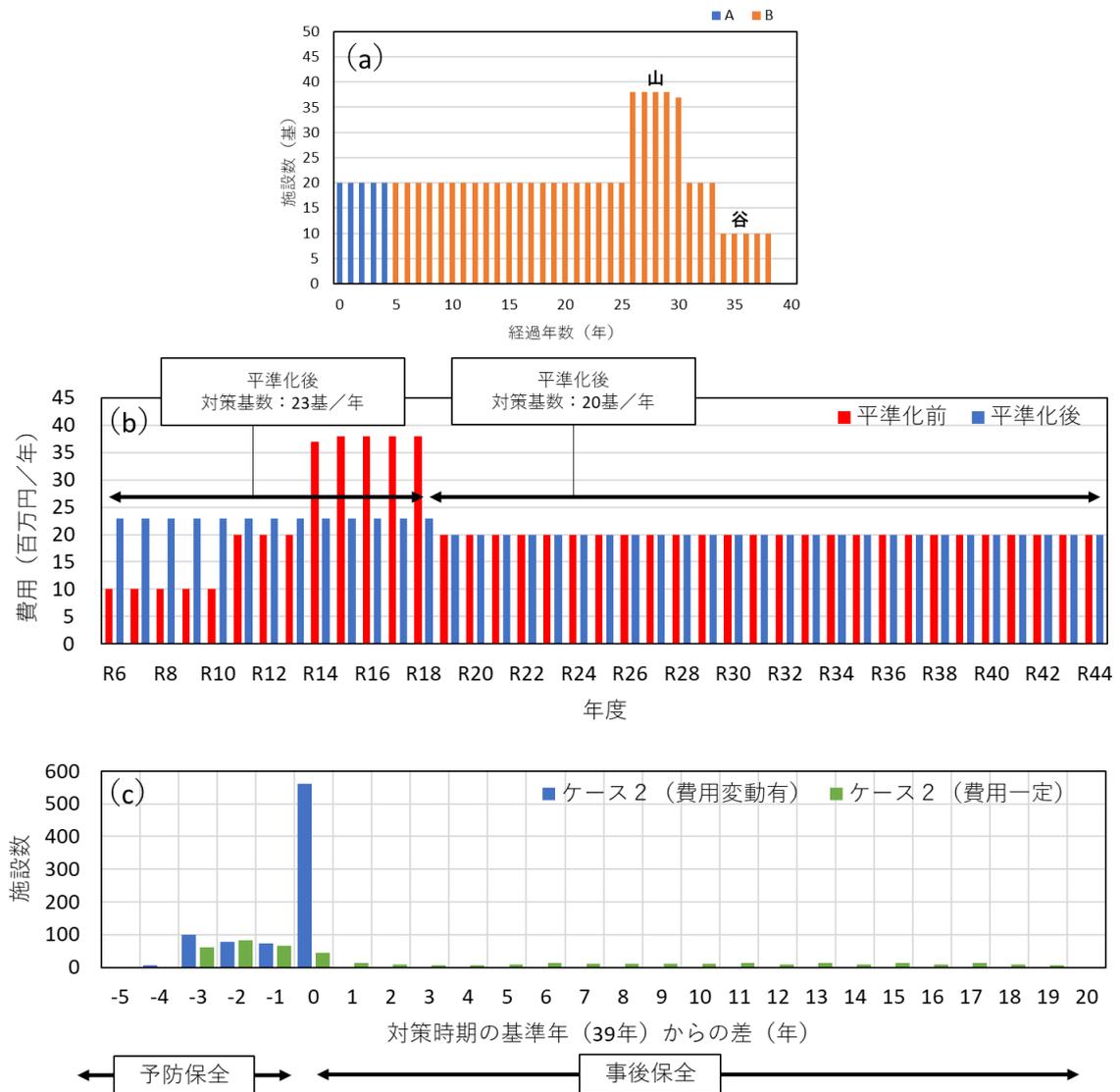


図 5-5 ケース 2 (山を崩しきれないケース) の試算条件と結果

(a) 経過年数に対する施設数分布 (計 819 基、0~38 年、各年平均基数 21 基)

(b) 対策時期の前倒しによる費用平準化の試算結果

(c) 平準化後における対策時期の基準年 (39 年) からの年数差

費用変動有：対策基数を、計画 1~13 年目で 23 基、14 年目以降で 20 基とした場合  
 費用一定：計画年次によらず対策基数を一定 (21 基) とした場合

<ケース3：谷を埋めきれないケース>（図5-6）

平準化前は、経過年数に対する施設数分布（図5-6(a)）に応じて、計画1～5年目に費用の小さい時期、計画9～13年目に費用の大きい時期が発生する。ケース1と同様に対策を前倒しすると、ケース1より谷が大きいいため、毎年19基ずつ対策を行った場合、対策の前倒し年数が最大で5年となり、長期的に対策回数が増加して費用が増大するおそれがある（図5-6(c)）。

そこで、計画1～13年目の対策基数を17基、計画14年目以降の対策基数を20基とすることにより、長期的な対策回数の増加を抑制しつつ費用を平準化することが可能となる（図5-6(b)、図5-6(c)）。

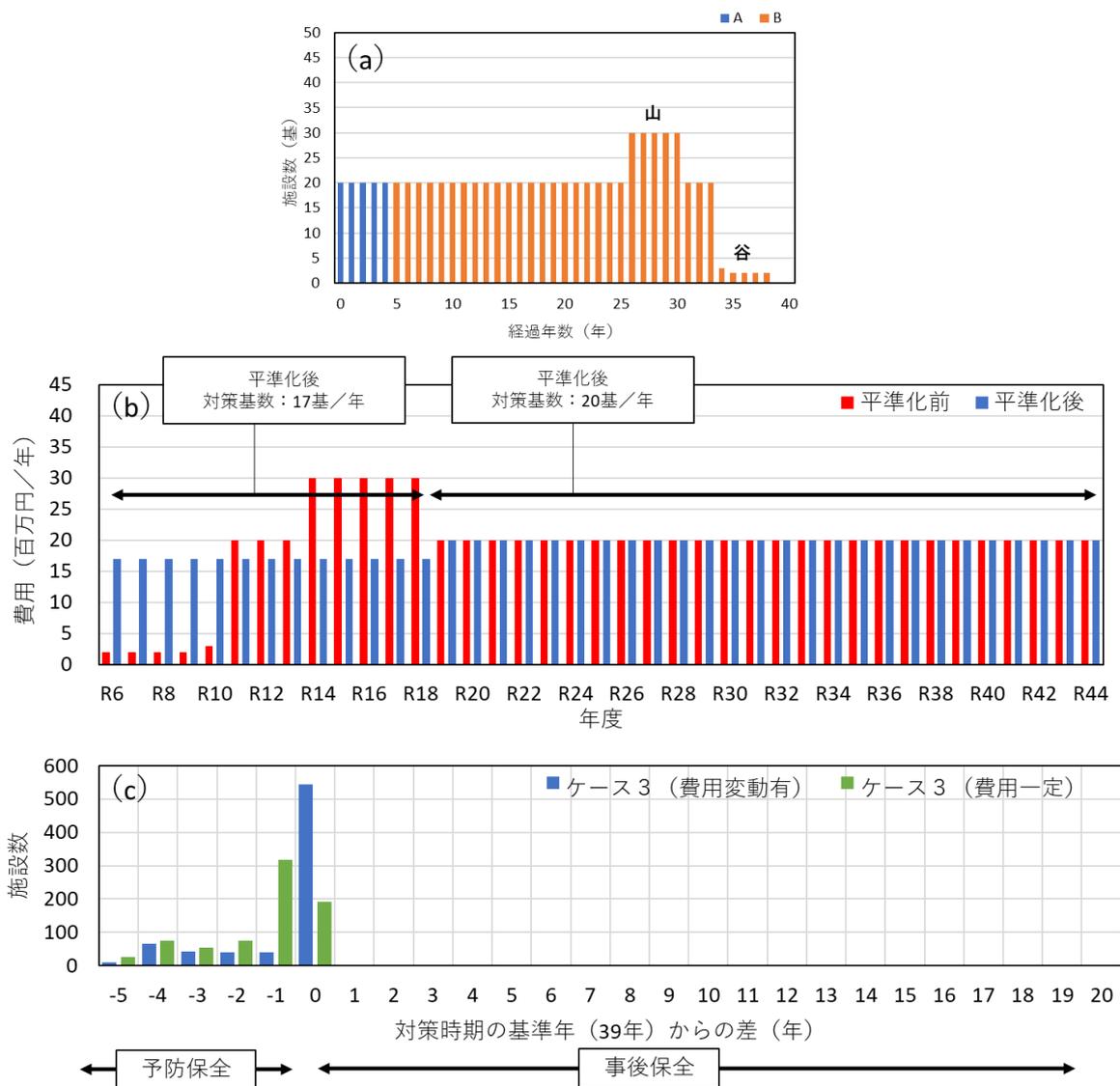


図5-6 ケース3（谷を埋めきれないケース）の試算条件と結果

- (a) 経過年数に対する施設数分布（計741基、0～38年、各年平均基数19基）
- (b) 対策時期の前倒しによる費用平準化の試算結果
- (c) 平準化後における対策時期の基準年（39年）からの年数差

費用変動有：対策基数を、計画1～13年目で17基、14年目以降で20基とした場合  
 費用一定：計画年次によらず対策基数を一定（19基）とした場合

対策の前倒しによって費用の平準化を図る際、前倒しする年数が過大だと長期的に対策回数が増加し、平準化前と比べて累計額が大きくなる場合があると考えられる。一方で、対策が間に合わないと事後保全となる施設が発生する。以上のように、費用の平準化の検討にあたっては、予防保全による対策を基本として、予算の状況を踏まえて検討することが重要である。

#### 5.4. 年次計画策定手法の検討のまとめ

- ・ 本検討では、集水井工の排水管閉塞による湛水発生対策を対象として、LCC の縮減及び対策費用の平準化について検討を行った。
- ・ LCC の縮減を検討する際には、事後保全とならないように予防保全の回数を必要最小限とする対策サイクルを設定することで、累計額の最小化を図ることができる。
- ・ 対策費用の平準化を検討する際には、対策を前倒しすることで費用の平準化を図るが、前倒しの年数が過大だと長期的に対策回数が増加し、費用が増大することに留意する必要がある。
- ・ 年次計画は、概ね5年経過時又は必要に応じて見直すもの<sup>1)</sup>とされているが、劣化予測並びにLCCの縮減および対策費用の平準化についても、あわせて見直すことが重要である。

## 6. 点検データの活用

### 6.1. データ活用の方向性

施設の点検記録については、施設の劣化プロセスの把握や将来の劣化予測、予防保全対策手法の検討、長寿命化を実現する施設構造の検討などに活用可能な情報であることから、継続的に記録・保存する必要があるとあり、データベースとして管理していくことが望ましい。また、全国的にデータの共有化を図り、他地域との比較やビッグデータとして AI を活用するなど、より一層効率的な維持管理を目指してデータ活用の高度化を図ることも重要であると考えられる。国土交通省砂防部において整備を進めているインフラメンテナンスデータベースに全国の施設台帳データや施設点検データを集約し、メンテナンスサイクルの高度化のため点検データを活用していくことも重要と考えられる。

### 6.2. データ活用可能な設備台帳及び施設点検結果

本検討において詳細な分析が必要となった際に、点検個票（カルテ）などの詳細なデータの提供を受けたが、それらの多くは紙での印刷や PDF での閲覧を念頭に作成されており、点検個票（カルテ）に記載されている膨大な情報をデータ集計して活用することが困難であった。こうした点を踏まえ、データ活用可能な設備台帳及び施設点検結果の集約方法については、以下の点が重要と考えられる。

- ・施設の詳細な劣化プロセスの把握および劣化予測の精度向上に活用するため、施設単位だけでなく部材単位での健全度評価や点検個票についても、データ分析や AI 活用等が容易な機械判読可能なフォーマットで記録することが望ましい。
- ・部材の詳細な変状（例えば、集水管の劣化・腐食、損傷・変形、閉塞物の付着等）についてもデータ活用可能な形式で記載されていることが望ましい。
- ・修繕等の影響を除いた劣化予測が可能となるよう、点検データに加えて、修繕等の対策の実施履歴（施設毎・部材毎の対策実施年度等）についてもデータベースに記録することが望ましい。
- ・年次計画策定の検討の参考となるよう、修繕等の対策実施前後の施設状況や対策内容、対策費用等を記録しておくことが望ましい。

## 7. おわりに

### 7.1. 本研究会の成果

本研究会では、地すべり防止施設を対象として、老朽化実態調査およびライフサイクルコスト削減のための年次計画策定手法の検討等を行い、以下の成果を得た。

- ・全国の地すべり防止施設の劣化状況の把握
- ・劣化予測手法
- ・劣化損傷と保全方法の整理表
- ・年次計画策定手法
- ・データ活用可能な設備台帳及び施設点検結果フォーマット（案）

### 7.2. 今後の課題

劣化予測の精度向上のため、点検データを蓄積しつつ詳細な分析を継続し、施設の健全度低下の具体的なプロセスを明らかにして行くことが重要である。また、LCC 削減をより一層進めるため、効果的な予防保全対策や施設の長寿命化構造について引き続き研究・開発していくことが重要である。

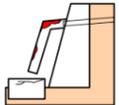
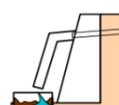
## 参考文献

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局砂防部保全課：砂防関係施設の長寿命化計画策定ガイドライン（案），2022.
- 2) 国土交通省砂防部保全課：砂防関係施設点検要領（案），2014.
- 3) 森村英典・高橋幸雄：マルコフ解析，日科技連出版社，1979.
- 4) 一般社団法人斜面防災対策技術協会：斜面对策工維持管理実施要領，2016.

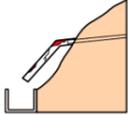
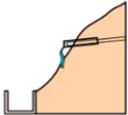
<参考資料 1>

劣化損傷シナリオに対する  
保全方法整理表

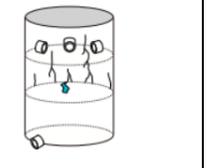
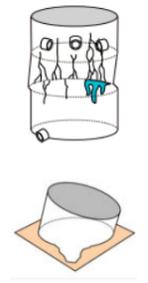
参考表 1- 1 劣化損傷シナリオに対する保全方法整理表（横ポーリング工）（1/2）

工種	部材	変状	評価基準		原因	対応			対策工法			
			b	c					(★)：機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性があるもの (▲)：条件により機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性があるもの			
点検要領（砂防部保全課） P.41～47 より抜粋					維持管理要領（斜面協会） 表 7.4.1「原因」「特徴」より抜粋	維持管理要領（斜面協会） 表 7.4.2「区分」「特徴」「対応」より抜粋し、原因ごとに分類			維持管理要領（斜面協会） 表 7.4.5「対策工法」「選定条件」より抜粋し、長寿命化・機能回復に分類			
横ポーリング工	孔口保護工	劣化・腐食	○一部が劣化・腐食、損傷・変形している（漏水はない状態） 	○劣化・腐食、損傷・変形によって漏水している 	風化等の化学的作用	○スライム等による目詰りや閉塞 ○鉄管の酸化や温泉地帯などでの集水管の劣化	長寿命化（機能強化）	—	—	—	—	
					対象とする斜面変動	○地すべり活動等による集水管の破断 ○導水パイプや集水樹の外力による破断 ○孔口保護工の破損 ○孔口周辺地盤の小崩壊による集水管の破断 ○根系の侵入による閉塞	機能回復	○導水パイプの破損 ○孔口保護工や流末処理等の付帯施設の損傷	○導水パイプ・孔口保護工・流末処理等の付帯施設の補修	付帯施設の補修	付帯施設が破損又は劣化し、機能が低下している場合。付帯施設が著しく変形又は変色している場合。	
		損傷・変形			—	—	長寿命化（機能強化）	—	—	—	—	—
					—	—	機能回復	○導水パイプの破損 ○孔口保護工や流末処理等の付帯施設の損傷	○導水パイプ・孔口保護工・流末処理等の付帯施設の補修	付帯施設の補修	付帯施設が破損又は劣化し、機能が低下している場合。付帯施設が著しく変形又は変色している場合。	
		土砂等の堆積	○一部に土砂等が堆積している（溢水はない状態） 	○土砂等の堆積によって溢水している 	—	—	長寿命化（機能強化）	—	—	—	—	—
					—	—	機能回復	—	—	—	—	—

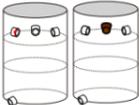
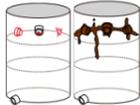
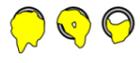
参考表 1- 1 劣化損傷シナリオに対する保全方法整理表（横ポーリング工）（2/2）

工種	部材	変状	評価基準		原因	対応			対策工法			
			b	c					(★)：機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性があるもの (▲)：条件により機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性があるもの			
点検要領（砂防部保全課） P.41～47 より抜粋					維持管理要領（斜面協会） 表 7.4.1「原因」「特徴」より抜粋	維持管理要領（斜面協会） 表 7.4.2「区分」「特徴」「対応」より抜粋し、原因ごとに分類			維持管理要領（斜面協会） 表 7.4.5「対策工法」「選定条件」より抜粋し、長寿命化・機能回復に分類 ※青字：加筆を行った箇所			
横ポーリング工	集水管	劣化・腐食	○一部の集水管が劣化・腐食、損傷・変形している	○大半の集水管が劣化・腐食、損傷・変形している	風化等の化学的作用	○スライム等による目詰りや閉塞 ○鉄管の酸化や温泉地帯などでの集水管の劣化	長寿命化（機能強化）	○集水管の腐食	<事前> ○耐食性集水管の採用 ○孔口への目詰り抑制構造の採用 <事後> ○孔口への目詰り抑制構造の採用 ○維持管理を考えた導水パイプ構造の採用	高耐食性集水管の採用（鋼材）（▲）	酸性土壌などで集水管が腐食している場合、又は腐食する恐れがある場合。 （▲）：元々大口径の管が設置されている場合は、機能喪失前に高耐食性の細管を挿入することで予防安全によりコスト縮減が可能となる場合がある。	
										高耐食性集水管の採用（樹脂）（▲）	酸性土壌などで集水管が腐食している場合、又は腐食する恐れがある場合で、設置位置の地温が集水管材料の耐熱限界未満である場合。 （▲）：元々大口径の管が設置されている場合は、機能喪失前に高耐食性の細管を挿入することで予防安全によりコスト縮減が可能となる場合がある。	
		損傷・変形			対象とする斜面変動	○地すべり活動等による集水管の破断	長寿命化（機能強化）	—	—	—	—	—
					外力等による物理的作用	○導水パイプや集水樹の外力による破断 ○孔口保護工の破損 ○孔口周辺地盤の小崩壊による集水管の破断 ○根系の侵入による閉塞	機能回復	○集水管の破断や目詰りなど	○孔内洗浄 ○横ポーリング工の増し打ち	増し打ち	検尺によりすべり面付近での破断が確認され、かつ、排水量が通常より大幅に低下した孔を対象とする。	
		閉塞	○大半の集水管に閉塞物が付着（概ね孔口の25%以下）している	○大半の集水管に閉塞物が付着（概ね孔口の25%以上）している	風化等の化学的作用	○スライム等による目詰りや閉塞 ○鉄管の酸化や温泉地帯などでの集水管の劣化	長寿命化（機能強化）	○集水管の腐食	<事前> ○耐食性集水管の採用 ○孔口への目詰り抑制構造の採用 <事後> ○孔口への目詰り抑制構造の採用 ○維持管理を考えた導水パイプ構造の採用	目詰り抑制構造の採用（★）	スライムによる孔口が目詰まりが発生する場合。日常的に地下水流出が確認されている場合。	
			○地下水の排出が確認されている	○閉塞により地下水の排出が止まっていると考えられる						維持管理を考えた導水パイプ構造の採用	既設の導水パイプの構造が密閉構造など、検尺棒や孔内洗浄工が実施できない構造となっている場合。	
				外力等による物理的作用	○導水パイプや集水樹の外力による破断 ○孔口保護工の破損 ○孔口周辺地盤の小崩壊による集水管の破断 ○根系の侵入による閉塞	機能回復	○集水管の破断や目詰りなど	○孔内洗浄 ○横ポーリング工の増し打ち	孔内洗浄	土粒子やスライム等による孔口が目詰まりが発生している場合。設置当初より大幅に流量が低下している場合。検尺棒の挿入不能の原因を特定するために集水管内の付着物質を除去する必要がある場合。		

参考表 1- 2 劣化損傷シナリオに対する保全方法整理表（集水井工）（1/4）

工種	部材	変状	評価基準		原因	対応			対策工法 (★)：機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性があるもの (▲)：条件により機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性があるもの			
			b	c								
点検要領（砂防部保全課） P.41～47 より抜粋					維持管理要領（斜面協会） 表 7.5.1、表 7.5.2「原因」「解説」より抜粋			維持管理要領（斜面協会） 表 7.5.3、表 7.5.4「区分」「現象」「対応」より抜粋し、原因ごとに分類			維持管理要領（斜面協会） 表 7.5.5「対策工法」「選定条件」より抜粋し、長寿命化・機能回復に分類	
集水井工	本体	劣化・腐食	<p>○せん断等の損傷・変形が生じている</p> <p>○本体の一部が腐食・変形によって損壊している</p> 	<p>○本体の大半が腐食・変形、損傷・変形によって損壊している</p> <p>○せん断等の損傷・変形によって、本体が破断している</p> <p>○本体が傾動している</p> 	風化等の化学的作用	○原因を特定し、原因の除去を行う。その上で補強・補修方法について検討する。	長寿命化 (機能強化)	○鋼材の腐食	<p>&lt;事前&gt;</p> <p>○腐食代を考慮したライナープレートの採用</p> <p>○耐食性ライナープレートの採用</p> <p>&lt;事後&gt;</p> <p>○鋼材の洗浄と耐腐食性再塗装による防食</p> <p>○天蓋の材質変更</p> <p>○耐食性ライナープレートへの交換</p>	耐食性ライナープレートの交換工	酸性土壌などにより鋼材の腐食が想定より進行している場合で、鋼材の板厚の減少が許容範囲を超えている場合。	
										耐食性塗装工	酸性土壌などにより鋼材の腐食が想定より進行している場合で、鋼材の板厚の減少が許容範囲内の場合。	
										ライナープレート洗浄、塗装工	経年劣化などによる鋼材の腐食が進行している場合で、鋼材の板厚の減少が許容範囲内の場合。	
		集水井部材追加、変更工 (★)	ライナープレートの損傷・腐食は少ないが、天蓋やパーティカルスティフナーなどの部材に腐食等が生じている場合。落ち葉等の侵入を防ぐために天蓋の構造や材質を変更する必要がある場合。									
		ライナープレート等の交換工	通常の経年変化であるが腐食等が進行したために、ライナープレート等を更新する必要がある場合。地質が悪く孔壁の崩落の危険性がある場合は埋め戻しによる工法を採用するなどの工夫が必要。									
		断面修復工	井筒本体に変形や腐食が進行しているものの、井内作業が可能で、効率的に井筒を更新する場合。									
損傷・変形	<p>○集水井底部とすべり面との距離が部分的に設計値より小さいか、すべり面以深に底部を設けた場合、地すべり活動の影響を受けて集水井本体に変形や破損が生じる。</p> <p>○孔壁の異常な崩壊等により、集水井本体に変形や破損が生じる。</p> <p>○積雪や倒木による変形。</p> <p>○洗掘等による周辺地盤の変状。</p> <p>○植生の繁茂による集水孔の閉塞。</p>	地すべり活動  外力等による物理的作用	長寿命化 (機能強化)	-	-	機能回復	○洗掘等による土留壁背面の空隙	○井筒背面の空隙の充填処理	井筒背面の空隙の充填処理 (★)	井筒の背面に局所的な空洞が生じている場合で、壁面の崩落防止を図る必要がある場合。		
							○異常土圧	○鋼材を修復し、支保材、補強材にて内径を確保する支保材・補強材の追加	集水井部材追加、変更工 (★)	ライナープレートの損傷・腐食は少ないが、天蓋やパーティカルスティフナーなどの部材に腐食等が生じている場合。落ち葉等の侵入を防ぐために天蓋の構造や材質を変更する必要がある場合。		
							○偏土圧による変形	○既設の集水井より小径のライナープレートを巻立て、集水管を引き込み、隙間を栗石等で埋め戻す断面修復工（内巻き工法）	断面修復工	井筒本体に変形や腐食が進行しているものの、井内作業が可能で、効率的に井筒を更新する場合。		

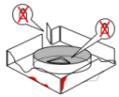
参考表 1- 2 劣化損傷シナリオに対する保全方法整理表（集水井工）（2/4）

工種	部材	変状	評価基準		原因	対応	対策工法				
			b	c			(★)：機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性があるもの (▲)：条件により機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性があるもの				
点検要領（砂防部保全課） P.41～47 より抜粋					維持管理要領（斜面協会） 表 7.5.1, 表 7.5.2 「原因」 「解説」 より抜粋	維持管理要領（斜面協会） 表 7.5.3, 表 7.5.4 「区分」 「現象」 「対応」 より抜粋し、原因ごとに分類	維持管理要領（斜面協会） 表 7.5.5 「対策工法」 「選定条件」 より抜粋し、長寿命化・機能回復に分類 ※青字：加筆を行った箇所				
集水井工	集水管	劣化・腐食	○一部の集水管が破損、閉塞している 	○大半の集水管が損壊、閉塞している 	風化等の化学的作用  ○SGP 管（鉄管）の酸化や温泉地帯などでの保孔管の劣化。	長寿命化 (機能強化)  ○集水管の腐食	○腐食に強い集水管の採用 ○抗菌剤を練り込む、またはコーティングした集水管の採用	高耐食性集水管の採用（鋼管） (▲)	酸性土壌などで集水管が激しく腐食している場合で、水量が多く合成樹脂製では挿入が困難な場合。 (▲)：元々大口径の管が設置されている場合は、機能喪失前に高耐食性の細管を挿入することで予防保全によりコスト削減が可能となる場合がある。		
			高耐食性集水管の採用（樹脂） (▲)	酸性土壌などで集水管が激しく腐食している場合で、設置位置の地温が集水管材料の耐熱限界未満である場合。 (▲)：元々大口径の管が設置されている場合は、機能喪失前に高耐食性の細管を挿入することで予防保全によりコスト削減が可能となる場合がある。							
		損傷・変形			地すべり活動  外力等による物理的作用	○地すべり活動によって集水管が破断する。  ○周辺地盤の変状による集排水ボーリングの破断。 ○孔壁崩壊等に伴う集水パイプの破損。	機能回復	○外力による破断・破損	○集排水ボーリング工の再施工	集排水ボーリング増し打ち工（再掘削含む）	検尺によりすべり面付近での破断が確認され、且つ、吐出量が通常より大幅に減少した孔を対象とする。 通常の流量がほとんど確認されていない孔は効果の改善が期待できないので対象外とする。
										風化等の化学的作用  ○酸化物質や落葉等による集排水管の目詰りや閉塞が発生。	長寿命化 (機能強化)
		閉塞	○閉塞物や土砂等によって孔口の断面が減少（概ね 25%以下） ○排水が確認されている 	○閉塞物や土砂等によって孔口の断面が減少（概ね 25%以上） ○排水管が閉塞し、湛水を生じている 	機能回復	○管の閉塞	○管内洗浄工	排水ボーリング呑口加工工（サイフォン） (★)	流量が多く、集水井内の静水槽でのサイフォン加工が可能な排水ボーリング工の場合。 数年で排水管が閉塞してしまうような場合。 土粒子やスライム等による孔内及び孔口の目詰りが発生する場合。		
								孔内洗浄工	土粒子やスライム等による孔内及び孔口の目詰りが発生する場合。 設置当初より大幅に流量が低下している場合。		

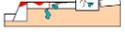
参考表 1- 2 劣化損傷シナリオに対する保全方法整理表（集水井工）（3/4）

工種	部材	変状	評価基準		原因	対応			対策工法 (★)：機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性があるもの (▲)：条件により機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性があるもの			
			b	c								
点検要領（砂防部保全課） P.41～47 より抜粋					維持管理要領（斜面協会） 表 7.5.1, 表 7.5.2 「原因」 「解説」 より抜粋			維持管理要領（斜面協会） 表 7.5.3, 表 7.5.4 「区分」 「現象」 「対応」 より抜粋し、原因ごとに分類			維持管理要領（斜面協会） 表 7.5.5 「対策工法」 「選定条件」 より抜粋し、長寿命化・機能回復に分類	
集水井工	排水管	劣化・腐食	<ul style="list-style-type: none"> <li>○損傷・変形によって排水管の断面が減少している</li> <li>○劣化・腐食によって排水管に変形が生じている</li> <li>○排水が確認されている</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○劣化・腐食、損傷・変形によって排水管が損壊し、集水した水の漏出を生じている</li> <li>○劣化・腐食、損傷・変形によって排水管が閉塞し、湛水を生じている</li> </ul>	風化等の化学的作用	○SGP管（鉄管）の酸化や温泉地帯などでの保孔管の劣化。	長寿命化（機能強化）	—	—	—	—	
					地すべり活動	○地すべり活動によって集水管が破断する。	機能回復	—	—	—	—	
		損傷・変形	<ul style="list-style-type: none"> <li>○閉塞物や土砂等によって孔口の断面が減少（概ね25%以下）</li> <li>○排水が確認されている</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○閉塞物や土砂等によって孔口の断面が減少（概ね25%以上）</li> <li>○排水管が閉塞し、湛水を生じている</li> </ul>	外力等による物理的作用	○周辺地盤の変状による集排水ボーリングの破断。 ○孔壁崩壊等に伴う集水パイプの破損。	機能回復	○外力による破断・破損	○集排水ボーリング工の再施工	集排水ボーリング増し打ち工（再掘削含む）	検尺によりすべり面付近での破断が確認され、且つ、吐水量が通常より大幅に減少した孔を対象とする。通常の流量がほとんど確認されていない孔は効果の改善が期待できないので対象外とする。	
					風化等の化学的作用	○酸化物質や落葉等による集排水管の目詰りや閉塞が発生。	長寿命化（機能強化）	○管の閉塞	○大口径の集水管の採用 ○孔口への目詰り抑制構造の設置	大口径集排水ボーリング工（★）	地すべりの誘因となる地下水が集中して多量に賦存する箇所等で効率的に多量の地下水を排除する必要がある場合。	
		閉塞	<ul style="list-style-type: none"> <li>○閉塞物や土砂等によって孔口の断面が減少（概ね25%以下）</li> <li>○排水が確認されている</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○閉塞物や土砂等によって孔口の断面が減少（概ね25%以上）</li> <li>○排水管が閉塞し、湛水を生じている</li> </ul>	風化等の化学的作用	○酸化物質や落葉等による集排水管の目詰りや閉塞が発生。	長寿命化（機能強化）	○管の閉塞	○大口径の集水管の採用 ○孔口への目詰り抑制構造の設置	孔口への目詰り抑制構造（アタッチメント）設置工（★）	鉄酸化細菌による目詰り（赤錆状）が生じる場合で、目詰りを抑制する場合。	
										排水ボーリング呑口加工工（サイフォン）（★）	流量が多く、集水井内の静水槽でのサイフォン加工が可能な排水ボーリング工の場合。数年で排水管が閉塞してしまうような場合。土粒子やスライム等による孔内及び孔口の目詰りが発生する場合。	
機能回復	○管の閉塞	○孔内洗浄工	機能回復	○管の閉塞	○孔内洗浄工	機能回復	○管の閉塞	○孔内洗浄工（★）	孔内洗浄工（★）	土粒子やスライム等による孔内及び孔口の目詰りが発生する場合。設置当初より大幅に流量が低下している場合。		
									○集水井湛水	○排水ボーリング工の増設 ○ポンプ等による強制排水	集排水ボーリング増し打ち工	設置当初より大幅に流量が低下している場合。

参考表 1- 2 劣化損傷シナリオに対する保全方法整理表（集水井工）（4/4）

工種	部材	変状	評価基準		原因	対応		対策工法				
			b	c				(★)：機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性があるもの (▲)：条件により機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性があるもの				
点検要領（砂防部保全課） P.41～47より抜粋					維持管理要領（斜面協会） 表 7.5.1、表 7.5.2「原因」「解説」より抜粋	維持管理要領（斜面協会） 表 7.5.3、表 7.5.4「区分」「現象」「対応」より抜粋し、原因ごとに分類		維持管理要領（斜面協会） 表 7.5.5「対策工法」「選定条件」より抜粋し、長寿命化・機能回復に分類				
集水井工	安全設備 （天蓋、防護柵、扉、鍵、階段、梯子等）	劣化・腐食	【該当なし】	○劣化・腐食、損傷・変形によって使用できない、または、機能していない   	風化等の化学的作用	○原因を特定し、原因の除去を行う。その上で補強・補修方法について検討する。	長寿命化 （機能強化）	○鋼材の腐食	<事前> ○腐食代を考慮したライナープレートの採用 ○耐食性ライナープレートの採用  <事後> ○鋼材の洗浄と耐腐食性再塗装による防食 ○天蓋の材質変更 ○耐食性ライナープレートへの交換	耐食性塗装工	酸性土壌などにより鋼材の腐食が想定より進行している場合で、鋼材の板厚の減少が許容範囲内の場合。	
							機能回復	○鋼材の腐食	○ライナープレート等の鋼材の交換	ライナープレート等の交換工	通常の経年変化であるが腐食等が進行したために、ライナープレート等を更新する必要がある場合。地質が悪く孔壁の崩落の危険性がある場合は埋め戻しによる工法を採用するなどの工夫が必要。	
		損傷・変形			地すべり活動	外力等による物理的作用	長寿命化 （機能強化）	—	—	—	—	—
							機能回復	○異常土圧	○鋼材を修復し、支保材、補強材にて内径を確保する支保材・補強材の追加	集水井部材追加、変更工 （★）	ライナープレートの損傷・腐食は少ないが、天蓋やパーティカルスティフナーなどの部材に腐食等が生じている場合。落ち葉等の侵入を防ぐために天蓋の構造や材質を変更する必要がある場合。	

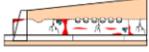
参考表 1-3 劣化損傷シナリオに対する保全方法整理表（水路工）（1/2）

工種	部材	変状	評価基準		原因	対応	対策工法										
			b	c			(★)：機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性があるもの (▲)：条件により機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性があるもの										
点検要領（砂防部保全課） P.41～47 より抜粋					維持管理要領（斜面協会） 表 7.3.1 「原因」 「特徴」 より抜粋	維持管理要領（斜面協会） 表 7.3.2 「区分」 「特徴」 「対応」 より抜粋し、原因ごとに分類		維持管理要領（斜面協会） 表 7.3.3 「対策工法」 「選定条件」 より抜粋し、長寿命化・機能回復に分類									
水路工	水路・ 集水樹・ 落差工	劣化・ 腐食	○一部が腐食・劣化、損傷・変形している ○漏水は無い状態 	○腐食・劣化、損傷・変形によって漏水している 	風化等の化学的作用	○水路部材等の変質や腐食とそれに伴う穿孔	長寿命化 (機能強化)	○水路部材等の変質や腐食	<事前・事後> ○高耐食性部材の採用 ○高耐候性部材の採用	高耐食性部材の採用 (★)	腐食環境にある場合。						
										高耐候性部材の採用 (★)	紫外線など耐候性能の不足で劣化した場合。						
							機能回復	○水路部材等の変質や腐食	○水路や樹の部材交換	水路の部材交換	変形や破損の原因が除去された場合に既設と同等の水路部材に交換する。						
										樹の部材交換	変形や破損の原因が除去された場合に既設と同等の樹部材に交換する。						
							損傷・ 変形		対象とする斜面変動	○地すべり活動等による水路の変形や破損 ○水路の沈下や浮き上がり	風化等の化学的作用	○水路部材等の変質や腐食とそれに伴う穿孔	長寿命化 (機能強化)	○基礎部の洗堀	<事前・事後> ○可撓性の高い水路部材の採用 <事後> ○コンクリート張工・防草シートの設置	可撓性の高い水路部材の採用 (★)	地すべり活動の影響が確認される場合。
																コンクリート張工・防草シートの設置・補修 (★)	側面の侵食が見込まれる場合。
		機能回復	○水路部材等の変形や破損	○水路や樹の部材交換 ○樹の補修 ○水路目地や接合部の補修 ○ルート変更	水路の部材交換	変形や破損の原因が除去された場合に既設と同等の水路部材に交換する。											
					樹の部材交換	変形や破損の原因が除去された場合に既設と同等の樹部材に交換する。											
					樹の補修	コンクリート樹に亀裂や部分破損がある場合。											
					水路目地や接合部の補修	コンクリート水路などで水路本体部材に変状が無い場合。											
		○基礎部の洗堀	○基礎部の置換や側部の埋戻し、締固め ○コンクリート張工・防草シートの補修	ルート変更 (★)	地すべり活動等に伴う地形変化が大きく水路配置に問題がある場合。												
				樹の接合部の補修	接合部に変状がある場合。												
樹への蓋の採用 (★)	樹への土砂や植物流入が多い場合。																
基礎材の置換や側部の埋戻し、締固め																	
コンクリート張工・防草シートの設置・補修	側面の侵食が見込まれる場合。																

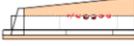
参考表 1-3 劣化損傷シナリオに対する保全方法整理表（水路工）（2/2）

工種	部材	変状	評価基準		原因	対応			対策工法 (★)：機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性があるもの (▲)：条件により機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性があるもの	
			b	c						
点検要領（砂防部保全課） P.41～47 より抜粋					維持管理要領（斜面協会） 表 7.3.1 「原因」「特徴」より抜粋	維持管理要領（斜面協会） 表 7.3.2 「区分」「特徴」「対応」より抜粋し、原因ごとに分類			維持管理要領（斜面協会） 表 7.3.3 「対策工法」「選定条件」より抜粋し、長寿命化・機能回復に分類	
水路工	水路・ 集水樹・ 落差工	土砂等の堆積	○一部に土砂等が堆積している ○溢水はない状態 	○土砂等の堆積によって溢水している 	外力等による物理的作用  ○土砂の流入や草などの堆積による閉塞 ○基礎部の洗堀や周辺地盤の小崩壊などによる変形や破損	長寿命化 (機能強化)	○水路の閉塞	<事前・事後> ○水路や樹への蓋の採用 ○函渠の採用	水路や樹への蓋の採用 (★)	ルート上の多くの箇所周辺からの土砂流入や落ち葉や倒木による閉塞や通水障害が見られる場合。
									函渠の採用 (★)	ルート上の多くの箇所周辺からの土砂流入や落ち葉が多く、地上部を作業道など他の用途で利用する場合。
						機能回復	○水路の埋塞など	○堆積土砂等の除去 ○周辺樹木の枝打ちや伐採 ○ルート変更	堆積土砂や倒木等の除去 (★)	水路本体の破損がない場合。
									周辺樹木の枝打ちや伐採 (★)	ルートの一部に落ち葉や倒木による閉塞や通水障害が認められる場合。
								ルート変更 (★)	繰り返し堆積等が発生し、水路配置の問題がある場合。	

参考表 1-4 劣化損傷シナリオに対する保全方法整理表（排水トンネル工）（1/4）

工種	部材	変状	評価基準		原因	対応			対策工法 (★)：機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性があるもの (▲)：条件により機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性があるもの				
			b	c									
点検要領（砂防部保全課） P.41～47 より抜粋					維持管理要領（斜面協会） 表 7.6.1, 表 7.6.2 「原因」 「特徴」 より抜粋			維持管理要領（斜面協会） 表 7.6.3 「区分」 「特徴」 「対応」 より抜粋し、原因ごとに分類			維持管理要領（斜面協会） 表 7.6.4, 表 7.6.5 「変状現象」 「対策工法」 「選定条件」 より抜粋し、長寿命化・機能回復に分類		
排水トンネル工	本体・排水路	劣化・腐食	<ul style="list-style-type: none"> <li>○一部が腐食・劣化、損傷・変形によって損壊している</li> <li>○漏水はない状態</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>○多数の損壊が生じている</li> <li>○せん断性の損傷・変形が生じている</li> <li>○本体が傾動している</li> <li>○本体、排水路から漏水している</li> </ul> 	風化等の化学的作用	<ul style="list-style-type: none"> <li>○古い排水トンネル工ではライナープレートの覆工が使用されており、ライナープレートや支保工の腐食が発生する。また、酸性土壌や経年劣化によるコンクリート覆工の劣化や支保工の劣化も発生する。</li> <li>○入口の安全策の腐食。</li> </ul>	長寿命化（機能強化）	○排水トンネル覆工の腐食・劣化	<ul style="list-style-type: none"> <li>&lt;事前&gt;</li> <li>○高強度コンクリートの覆工</li> <li>○小断面 NATM 工法の採用</li> <li>&lt;事後&gt;</li> <li>○ライナープレート製の古い覆工の全面又は部分的な巻き替え</li> <li>○覆工の補強及び補修</li> </ul>	材質の劣化	全面巻替工	トンネル全長において既設トンネル覆工や支保工の耐力が不足する、又は、不足するおそれのある場合。	
							機能回復	—	—		—	—	
							長寿命化（機能強化）	—	—		—	—	
							損傷・変形	<ul style="list-style-type: none"> <li>○トンネルとすべり面との距離が部分的に設計値より小さくなり、地すべり活動の影響を受けてトンネル本体又は排水路に変形や破損が生じる。</li> <li>○盤ぶくれ等によりトンネル本体又は排水路に変形や破損が生じる。地震にともなう断層のずれなども破損原因となりうる。</li> </ul>	地すべり活動 外力等による物理的作用		機能回復	<ul style="list-style-type: none"> <li>○地すべりによる破断、側圧・底圧・地震動による覆工や排水路の変形・破壊など</li> <li>○覆工の補強及び補修</li> <li>○排水路の補強及び補修</li> <li>○トンネル線形の変更</li> <li>○背面の水抜き工</li> </ul>	ひび割れ
		裏込注入工	覆工背面の空隙がひび割れの原因と考えられる場合。覆工や支保工の耐力向上のために必要と判断される場合。										
		亀裂注入工	ひび割れが交錯し剥落するおそれがある場合。ひび割れ周辺の劣化を防止する場合。ひび割れ箇所や目地からの湧水（漏水）を防止する場合。										
		水抜き工	外水圧がひび割れの原因と判断される場合。トンネル内への湧水を防止することにより、覆工に過大な外水圧が作用するおそれがある場合。										
		剥離・剥落	部分巻替工	剥離・剥落が著しく、補修工法だけでは既設トンネル覆工の耐力を回復することが困難な場合。									
断面修復工	剥落箇所の断面を復元することで覆工の耐久性が回復する、又は、耐力の低下が防止されると判断される場合。洗堀により巻厚が不足する場合。												

参考表 1- 4 劣化損傷シナリオに対する保全方法整理表（排水トンネル工）（2/4）

工種	部材	変状	評価基準		原因	対応			対策工法 (★)：機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性があるもの (▲)：条件により機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性があるもの				
			b	c									
点検要領（砂防部保全課） P.41～47 より抜粋					維持管理要領（斜面協会） 表 7.6.1, 表 7.6.2 「原因」 「特徴」 より抜粋			維持管理要領（斜面協会） 表 7.6.3 「区分」 「特徴」 「対応」 より抜粋し、原因ごとに分類			維持管理要領（斜面協会） 表 7.6.4, 表 7.6.5 「変状現象」 「対策工法」 「選定条件」 より抜粋し、長寿命化・機能回復に分類		
排水トンネル工	本体・排水路	損傷・変形	<ul style="list-style-type: none"> <li>○一部が腐食・劣化、損傷・変形によって損壊している</li> <li>○漏水はない状態</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>○多数の損壊が生じている</li> <li>○せん断性の損傷・変形が生じている</li> <li>○本体が傾動している</li> <li>○本体、排水路から漏水している</li> </ul> 	地すべり活動  外力等による物理的作用	<ul style="list-style-type: none"> <li>○トンネルとすべり面との距離が部分的に設計値より小さくなり、地すべり活動の影響を受けてトンネル本体又は排水路に変形や破損が生じる。</li> <li>○盤ぶくれ等によりトンネル本体又は排水路に変形や破損が生じる。地震にともなう断層のずれなども破損原因となりうる。</li> </ul>	機能回復	<ul style="list-style-type: none"> <li>○地すべりによる破断、側圧・底圧・地震動による覆工や排水路の変形・破壊など</li> <li>○覆工の補強及び補修</li> <li>○排水路の補強及び補修</li> <li>○トンネル線形の変更</li> <li>○背面の水抜き工</li> </ul>	変形	部分巻替工	変形を伴う変状の進行が著しく、補修工法だけでは既設トンネル覆工や支保工の耐力の回復が困難な場合。		
										二重巻工	変形を伴う変状の進行が著しく、部分巻替工では既設トンネル覆工や支保工の耐力の回復が困難な場合。		
										インバート・ストラットの設置工	側方土圧による覆工や支保工の変形が大きい場合。		
										内巻盤下げ工	変形を伴う変状の進行が著しく、部分巻替工では既設トンネル覆工や支保工の耐力の回復が困難な場合。		
										鋼板内張工	地山条件が悪く、既設覆工に手をかけると危険である場合。		
										裏込注入工	覆工背面の空隙がひび割れの原因と考えられる場合。覆工や支保工の耐力向上のために必要と判断される場合。		
										トンネル線形の変更	地すべり活動によりトンネル本体に変形が生じている場合は、トンネル本体の補強等による変形の回避は困難であるため、トンネルの一部区間又は全区間についてルートの変更を行う。		
										断面修復工	洗堀により巻厚が不足する場合。		
摩耗・洗堀	ライニング工	摩耗による粗度の低下を回復、又は、防止する場合。摩耗・洗堀による巻厚の減少を防止する場合。											

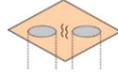
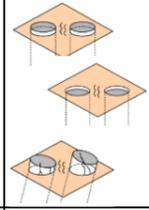
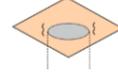
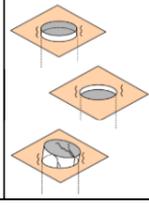
参考表 1- 4 劣化損傷シナリオに対する保全方法整理表（排水トンネル工）（3/4）

工種	部材	変状	評価基準		原因	対応			対策工法 (★)：機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性があるもの (▲)：条件により機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性があるもの						
			b	c											
点検要領（砂防部保全課） P.41～47 より抜粋					維持管理要領（斜面協会） 表 7.6.1, 表 7.6.2 「原因」「特徴」より抜粋			維持管理要領（斜面協会） 表 7.6.3 「区分」「特徴」「対応」より抜粋し、原因ごとに分類			維持管理要領（斜面協会） 表 7.6.4, 表 7.6.5 「変状現象」「対策工法」「選定条件」より抜粋し、長寿命化・機能回復に分類				
排水トンネル工	本体・排水路	損傷・変形	○一部が腐食・劣化、損傷・変形によって損傷している ○漏水はない状態	○多数の損傷が生じている ○せん断性の損傷・変形が生じている ○本体が傾動している ○本体、排水路から漏水している	地すべり活動  外力等による物理的作用	○トンネルとすべり面との距離が部分的に設計値より小さくなり、地すべり活動の影響を受けてトンネル本体又は排水路に変形や破損が生じる。  ○盤ぶくれ等によりトンネル本体又は排水路に変形や破損が生じる。地震にともなう断層のずれなども破損原因となりうる。	機能回復	○地すべりによる破断、倒圧・底圧・地震動による覆工や排水路の変形・破壊など	○覆工の補強及び補修 ○排水路の補強及び補修 ○トンネル線形の変更 ○背面の水抜き工	湧水 漏水 地山の吸出し	裏込注入工	トンネル周囲の透水性を低下する必要がある場合。			
			断面修復工	断面欠損箇所からの湧水（漏水）を防止する場合。 裏込注入材のリークを防止する場合。											
			亀裂注入工	ひび割れ箇所や目地からの湧水（漏水）を防止する場合。											
			水抜き工	トンネル内への湧水を防止することにより、覆工に過大な外水圧が作用するおそれがある場合。											
	集水管	劣化・腐食	○一部の集水管が破壊、閉塞している	○大半の集水管が損壊、閉塞している	風化等の化学的作用	○鉄管の酸化や温泉地帯などでの保孔管の劣化。	長寿命化（機能強化）	○保孔管の腐食	<事前> ○耐食性集水管の使用 <事後> ○集水管のライニング	腐食	高耐食性集水管の採用（鋼材）	酸性土壌などで集水管が著しく腐食している場合で、水量が多く合成樹脂製では挿入が困難な場合。			
											高耐食性集水管の採用（樹脂）	酸性土壌などで集水管が著しく腐食している場合で、設置位置の地温が集水管材料の耐熱限界未満である場合。			
		損傷・変形	○一部の集水管が破壊、閉塞している	○大半の集水管が損壊、閉塞している			地すべり活動	○地すべり活動によって途中で破断する。	長寿命化（機能強化）	-	-	-	保孔管の劣化	増し打ち	集水量が通常より大幅に低下した孔を対象とする。
													機能回復	○保孔管の破断や目詰りなど	○集水ボーリング増し打ち、孔内洗浄

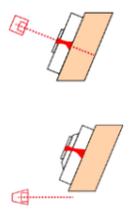
参考表 1- 4 劣化損傷シナリオに対する保全方法整理表（排水トンネル工）（4/4）

工種	部材	変状	評価基準		原因	対応	対策工法 (★)：機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性があるもの (▲)：条件により機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性があるもの					
			b	c								
点検要領（砂防部保全課） P.41～47 より抜粋					維持管理要領（斜面協会） 表 7.6.1, 表 7.6.2 「原因」 「特徴」 より抜粋	維持管理要領（斜面協会） 表 7.6.3 「区分」 「特徴」 「対応」 より抜粋し、原因ごとに分類	維持管理要領（斜面協会） 表 7.6.4, 表 7.6.5 「変状現象」 「対策工法」 「選定条件」 より抜粋し、長寿命化・機能回復に分類					
排水トンネル工	集水管	閉塞	○大半の集水管に閉塞物が付着（概ね孔口の25%以下）している ○集水された地下水等の排出が確認されている 	○大半の集水管に閉塞物が多量に付着（概ね孔口の25%以上）している ○閉塞し、地下水等の排出が止まっていると考えられる 	風化等の化学的作用	○酸化物質等による目詰りや閉塞が発生。	長寿命化（機能強化）	—	—	—	—	—
							機能回復	○保孔管の破断や目詰りなど	○集水ボーリング増し打ち、孔内洗浄	目詰り	孔内洗浄工	孔口でのスライムの付着や褐鉄鉱による孔口付近の汚れが確認でき、かつ、集水量が当初より大幅に低下した孔を対象とする。
	安全設備	劣化・腐食	【該当なし】	○腐食・劣化、損傷・変形によって使用できない、または、機能していない 	風化等の化学的作用	○古い排水トンネル工ではライナープレートの覆工が使用されており、ライナープレートや支保工の腐食が発生する。また、酸性土壌や経年劣化によるコンクリート覆工の劣化や支保工の劣化も発生する。 ○入口の安全柵の腐食。	長寿命化（機能強化）	○安全柵等の腐食	○安全柵の補強及び補修	—	—	—
							機能回復	—	—	—	—	—
安全設備	損傷・変形			地すべり活動	○トンネルとすべり面との距離が部分的に設計値より小さくなり、地すべり活動の影響を受けてトンネル本体又は排水路に変形や破損が生じる。	長寿命化（機能強化）	—	—	—	—	—	
						機能回復	—	—	—	—	—	
安全設備	損傷・変形			外力等による物理的作用	○盤ぶくれ等によりトンネル本体又は排水路に変形や破損が生じる。地震にともなう断層のずれなども破損原因となりうる。	長寿命化（機能強化）	—	—	—	—	—	
						機能回復	—	—	—	—	—	

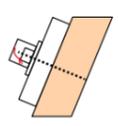
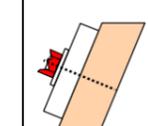
参考表 1- 5 劣化損傷シナリオに対する保全方法整理表（杭工・シャフト工）

工種	部材	変状	評価基準		原因	対応	対策工法				
			b	c			(★)：機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性のあるもの (▲)：条件により機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性のあるもの				
点検要領（砂防部保全課） P.41～47 より抜粋					維持管理要領（斜面協会） 表 7.7.1 「原因」 「特徴」 より抜粋	維持管理要領（斜面協会） 表 7.7.2 「区分」 「特徴」 「対応」 より抜粋し、原因ごとに分類		維持管理要領（斜面協会） 表 7.7.3 「対策工法」 「選定条件」 より抜粋し、長寿命化・機能回復に分類			
杭工	杭頭	地盤の隆起・沈下	○杭頭周辺地盤に亀裂や変形が生じている 	○杭頭周辺地盤に隆起、沈下が生じている ○杭の損傷・傾動等の異常が認められる（杭頭が露出している場合） 	地すべり活動 外力等による物理的作用	○地すべり活動によって鋼管杭や杭頭アンカーに変形が生じるが、許容値を超過した場合は、鋼管杭や杭頭アンカーに劣化や破損が生じる ○部分的な崩壊や地盤変形の発生による鋼管杭の変形や破損	長寿命化 (機能強化)	○鋼管杭の過剰変形（レベル2）による機能低下	○杭の追加井工（千鳥配置化など） ○他の地すべり対策工の追加	鋼管杭の追加施工（千鳥配置化を含む）	追加配置できる場所がある場合。 追加施工のための設計計算で杭設計条件を満たす場合。
								○鋼管杭の過剰変形（レベル3）による機能低下	○杭工の新規施工（鋼材仕様の高耐力化） ○他の地すべり対策工の追加	他の地すべり対策工の追加	他の方法で機能回復が図れない場合は、他の地すべり対策工の追加について検討する。
							機能回復	○部分的な崩壊や地盤変形の発生による交換の変形や破損	○鋼管杭の追加施工（機能喪失した杭の代替） ○杭頭連結	杭工の新規施工（鋼材仕様の高耐力化）	杭の追加施工では対応できない場合。
								鋼管杭の追加施工（千鳥配置化を含む）	追加配置できる場所がある場合。 追加施工のための設計計算で杭設計条件を満たす場合。	他の地すべり対策工の追加	他の方法で機能回復が図れない場合は、他の地すべり対策工の追加について検討する。
シャフト工	シャフト頭部	地盤の隆起・沈下	○シャフト頭部周辺地盤に亀裂や変形が生じている 	○シャフト頭部周辺地盤に隆起、沈下が生じている ○シャフトの損傷・傾動等の異常が認められる（シャフト頭部が露出している場合） 	地すべり活動 外力等による物理的作用	○地すべり活動によってシャフト本体に変形が生じるが、許容値を超過した場合は、本体に亀裂や破損が生じる ○部分的な崩壊や地盤変形の発生によるシャフト本体の変形や破損	長寿命化 (機能強化)	○シャフト杭の過剰変形（レベル2）による機能低下	○シャフト杭の追加施工（千鳥配置化など） ○他の地すべり対策工の追加	シャフト杭の追加施工	追加配置できる場所がある場合。 追加施工のための設計計算で杭設計条件を満たす場合。
								○シャフト杭の過剰変形（レベル3）による機能低下	○シャフト杭の新規施工（杭仕様の高耐力化） ○他の地すべり対策工の追加	シャフト杭の新規施工（杭仕様の高耐力化）	追加配置できる場所がある場合。 追加施工のための設計計算で杭設計条件を満たす場合。
							機能回復	○部分的な崩壊や地盤変形の発生によるシャフト本体の変形や破損	○シャフト杭の追加施工（機能喪失した杭の代替） ○崩壊対策や地盤変形対策の実施	崩壊対策や地盤変形対策の実施	部分的な崩壊や地盤変形の発生によるシャフト本体の変形や破損の場合。
								鋼管杭の追加施工（千鳥配置化を含む）	追加配置できる場所がある場合。 追加施工のための設計計算で杭設計条件を満たす場合。	他の地すべり対策工の追加	他の方法で機能回復が図れない場合は、他の地すべり対策工の追加について検討する。

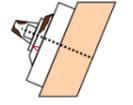
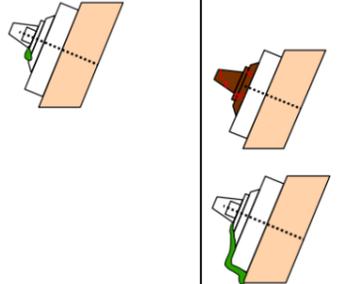
参考表 1-6 劣化損傷シナリオに対する保全方法整理表（アンカー工）（1/5）

工種	部材	変状	評価基準		原因	対応				対策工法				
			b	c						(★)：機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性があるもの (▲)：条件により機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性があるもの				
点検要領（砂防部保全課） P.41～47 より抜粋					維持管理要領（斜面協会） 表 7.9.1 「原因」「特徴」より抜粋	維持管理要領（斜面協会） 表 7.9.2 「区分」「区分（詳細）」「特徴」「対応」より抜粋し、原因ごとに分類				維持管理要領（斜面協会） 表 7.9.6 「対策工法」「選定条件」より抜粋し、長寿命化・機能回復に分類				
アンカー工	アンカー	飛び出し、引き抜け	【該当なし】	○アンカーの飛び出し、引き抜けが生じている  	○地すべり活動により想定外の外力が作用し、アンカーの緊張力増加や受圧構造物の変形、損傷が生じる。許容値を超過した場合は、テンドンの破断・飛び出し・引抜けや受圧構造物の損傷等が生じる。  ○部分的な崩壊や地盤変動によるアンカーの過緊張や損傷等 ○部分的な崩壊や地耐力の低下による受圧板の損傷等 ○部分的な崩壊や地盤変動によるアンカーの緊張力減少 ○リラクゼーション等による緊張力の低下 ○落石や地震及び雪荷重によるアンカー頭部の損傷等 ○付着強度の低下による引抜け  ○アンカー材料の劣化 ○防食不良、防錆剤の漏出・不足・劣化、頭部キャップなどの損傷等により、頭部部材の変質・腐食が進行する ○グラウト・防錆剤の劣化、止水具の劣化、異物の混入などにより、頭部背面の変質・腐食が進行する ○酸性土壌や温泉地帯などの特殊環境での頭部及び引張り部の腐食や受圧構造物およびアンカー体の劣化 ○地下水水質などの特殊環境や防食不良によりテンドンが腐食し、破断に至る	長寿命化 (機能強化)	—	—	—	—	—			
						対象とする斜面変動	外力等による物理的作用	風化等の化学的作用	機能回復	○増し打ち	○テンドンの劣化、破断、飛び出し、引抜け、引き込まれ ○地すべり活動等による過緊張 ○テンドン、定着地盤等の劣化による緊張力低下 ○受圧構造物の損傷等	○供用可能な既存アンカーの緊張力調整の適否を詳細調査結果より評価して検討 ○斜面、構造物の安定度を考慮して検討	増し打ち	斜面安定度の向上を図る必要がある場合。
											他工法の併用	アンカー工の増し打ちのみでは十分な斜面安定度の向上が図れない場合。		

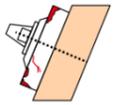
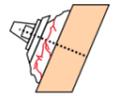
参考表 1-6 劣化損傷シナリオに対する保全方法整理表（アンカー工）（2/5）

工種	部材	変状	評価基準		原因	対応				対策工法		
			b	c						(★)：機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性があるもの (▲)：条件により機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性があるもの		
点検要領（砂防部保全課） P.41～47 より抜粋					維持管理要領（斜面協会） 表 7.9.1 「原因」「特徴」より抜粋	維持管理要領（斜面協会） 表 7.9.2 「区分」「区分（詳細）」「特徴」「対応」より抜粋し、原因ごとに分類				維持管理要領（斜面協会） 表 7.9.6 「対策工法」「選定条件」より抜粋し、長寿命化・機能回復に分類		
アンカー工	頭部コンクリート	劣化・腐食	○一部に劣化、損傷・変形が生じている 	○頭部コンクリートの浮き上がり、脱落が生じている ○複数のアンカーの頭部コンクリートの劣化、損傷・変形が著しい 	風化等の化学的作用	○アンカー材料の劣化 ○防食不良、防錆剤の漏出・不足・劣化、頭部キャップなどの損傷等により、頭部部材の変質・腐食が進行する ○グラウト・防錆剤の劣化、止水具の劣化、異物の混入などにより、頭部背面の変質・腐食が進行する ○酸性土壌や温泉地帯などの特殊環境での頭部及び引張り部の腐食や受圧構造物およびアンカー体の劣化 ○地下水水質などの特殊環境や防食不良により tendon が腐食し、破断に至る	長寿命化（機能強化）	○頭部コンクリートの損傷等	○亀裂、浮き、剥離、落下、遊離石灰、発錆、錆汁、湧水、表面の材質劣化	○頭部コンクリートを撤去し頭部キャップに交換	頭部補修工	頭部コンクリートの損傷等が認められる場合。
						機能回復	-	-	-	-	-	
		損傷・変形	○地すべり活動により想定外の外力が作用し、アンカーの緊張力増加や受圧構造物の変形、損傷が生じる。 許容値を超過した場合は、Tendon の破断・飛び出し・引抜けや受圧構造物の損傷等が生じる。  ○部分的な崩壊や地盤変動によるアンカーの過緊張や損傷等 ○部分的な崩壊や地耐力の低下による受圧板の損傷等 ○部分的な崩壊や地盤変動によるアンカーの緊張力減少 ○リラクゼーション等による緊張力の低下 ○落石や地震及び雪荷重によるアンカー頭部の損傷等 ○付着強度の低下による引抜け	対象とする斜面変動	長寿命化（機能強化）	○頭部コンクリートの損傷等	○亀裂、浮き、剥離、落下、遊離石灰、発錆、錆汁、湧水、表面の材質劣化	○頭部コンクリートを撤去し頭部キャップに交換	頭部補修工	頭部コンクリートの損傷等が認められる場合。		
				外力等による物理的作用	機能回復	-	-	-	-			

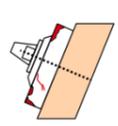
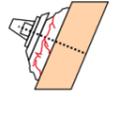
参考表 1-6 劣化損傷シナリオに対する保全方法整理表（アンカー工）（3/5）

工種	部材	変状	評価基準		原因	対応				対策工法		
			b	c						(★)：機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性があるもの (▲)：条件により機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性があるもの		
点検要領（砂防部保全課） P.41～47 より抜粋					維持管理要領（斜面協会） 表 7.9.1 「原因」「特徴」より抜粋	維持管理要領（斜面協会） 表 7.9.2 「区分」「区分（詳細）」「特徴」「対応」より抜粋し、原因ごとに分類				維持管理要領（斜面協会） 表 7.9.6 「対策工法」「選定条件」より抜粋し、長寿命化・機能回復に分類		
アンカー工	頭部キャップ・支圧板	劣化・腐食	<ul style="list-style-type: none"> <li>○一部に腐食・劣化、損傷・変形が生じている</li> <li>○アンカー頭部からの防錆油の漏出が認められる</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>○複数のアンカーの頭部キャップ・支圧板の腐食・劣化、損傷・変形が著しい</li> <li>○支圧板の浮き上がり、ゆるみが生じている</li> <li>○アンカー頭部からの防錆油の漏出が著しい</li> <li>○隣接する複数のアンカーからの防錆油の漏出が認められる</li> </ul> 	風化等の化学的作用	長寿命化（機能強化）	—	—	—	—	—	—
						機能回復	○頭部キャップの損傷等	○浮き、緩み、割れ、落下、発錆、湧水、表面の材質劣化	○防錆処理等の補修や交換 ○同等の頭部キャップに交換	頭部キャップ等補修工	頭部キャップの損傷等が認められる場合。	
		○防錆剤の劣化・損傷	○漏れ、色相変化、固化・軟化	○防錆材の充填や交換	原因を把握し、防錆油を補充・交換		防錆油が不足または漏出・劣化している場合。					
		○頭部定着部材の損傷等	○再緊張予長や定着具・支圧板の発錆・ずれ	○防錆処理等の補修や交換	錆の除去と錆止め処理	ずれや全体的な腐食・断面欠損が生じていない場合。						
損傷・変形				対象とする斜面変動 外力等による物理的作用	長寿命化（機能強化）	—	—	—	—	—	—	
					機能回復	○頭部キャップの損傷等	○浮き、緩み、割れ、落下、発錆、湧水、表面の材質劣化	○防錆処理等の補修や交換 ○同等の頭部キャップに交換	頭部キャップ等補修工	頭部キャップの損傷等が認められる場合。		
○防錆剤の劣化・損傷	○漏れ、色相変化、固化・軟化	○防錆材の充填や交換	原因を把握し、防錆油を補充・交換	防錆油が不足または漏出・劣化している場合。								
○頭部定着部材の損傷等	○再緊張予長や定着具・支圧板の発錆・ずれ	○防錆処理等の補修や交換	錆の除去と錆止め処理	ずれや全体的な腐食・断面欠損が生じていない場合。								

参考表 1-6 劣化損傷シナリオに対する保全方法整理表（アンカー工）（4/5）

工種	部材	変状	評価基準		原因	対応				対策工法		
			b	c						(★)：機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性があるもの (▲)：条件により機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性があるもの		
点検要領（砂防部保全課） P.41～47 より抜粋					維持管理要領（斜面協会） 表 7.9.1 「原因」「特徴」より抜粋	維持管理要領（斜面協会） 表 7.9.2 「区分」「区分（詳細）」「特徴」「対応」より抜粋し、原因ごとに分類				維持管理要領（斜面協会） 表 7.9.6 「対策工法」「選定条件」より抜粋し、長寿命化・機能回復に分類		
アンカー工	受圧構造物	劣化・腐食	<ul style="list-style-type: none"> <li>○一部に腐食・劣化、損傷・変形が生じている</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>○受圧構造物の腐食・劣化、損傷・変形が著しい</li> <li>○受圧構造物の浮き上がり、ゆるみが生じている</li> </ul> 	風化等の化学的作用	<ul style="list-style-type: none"> <li>○アンカー材料の劣化</li> <li>○防食不良、防錆剤の漏出・不足・劣化、頭部キャップなどの損傷等により、頭部部材の変質・腐食が進行する</li> <li>○グラウト・防錆剤の劣化、止水具の劣化、異物の混入などにより、頭部背面の変質・腐食が進行する</li> <li>○酸性土壌や温泉地帯などの特殊環境での頭部及び引張り部の腐食や受圧構造物およびアンカー一体の劣化</li> <li>○地下水水質などの特殊環境や防食不良によりテンドンが腐食し、破断に至る</li> </ul>	長寿命化（機能強化）	○頭部背面部材の損傷等	○亀裂、欠損、遊離石灰、浸水、土砂の混入、表面の材質劣化	○除荷して部材の補修や交換	頭部背面補修工	頭部背面部材に損傷等が認められる場合。
							機能回復	○受圧構造物（連続板）の損傷等	○亀裂、浮き、鉄筋露出、発錆、錆汁、剥離、遊離石灰、湧水、表面の材質劣化	○亀裂補修または断面修復	亀裂補修や断面修復	コンクリート受圧板、のり枠の場合。
		損傷・変形	<ul style="list-style-type: none"> <li>○地すべり活動により想定外の外力が作用し、アンカーの緊張力増加や受圧構造物の変形、損傷が生じる。許容値を超過した場合は、テンドンの破断・飛び出し・引抜けや受圧構造物の損傷等が生じる。</li> <li>○部分的な崩壊や地盤変動によるアンカーの過緊張や損傷等</li> <li>○部分的な崩壊や地耐力の低下による受圧板の損傷等</li> <li>○部分的な崩壊や地盤変動によるアンカーの緊張力減少</li> <li>○リラクセーション等による緊張力の低下</li> <li>○落石や地震及び雪荷重によるアンカー頭部の損傷等</li> <li>○付着強度の低下による引抜け</li> </ul>	対象とする斜面変動	長寿命化（機能強化）	○頭部背面部材の損傷等	○亀裂、欠損、遊離石灰、浸水、土砂の混入、表面の材質劣化	○除荷して部材の補修や交換	頭部背面補修工	頭部背面部材に損傷等が認められる場合。		
				外力等による物理的作用	機能回復	○受圧構造物（連続板）の損傷等	○亀裂、浮き、鉄筋露出、発錆、錆汁、剥離、遊離石灰、湧水、表面の材質劣化	○亀裂補修または断面修復	亀裂補修や断面修復	コンクリート受圧板、のり枠の場合。		
							○受圧板（独立板）の損傷等（FRP、プラスチック等新素材製を除く）	○亀裂、浮き、割れ、鉄筋露出、発錆、錆汁、剥離、遊離石灰、湧水、表面の材質劣化	○コンクリート部材は亀裂補修または断面修復 ○鋼製または合成樹脂部材は部分補修、塗装、防錆処理	増し打ち	斜面安定度の向上を図る必要がある場合。	
										他工法の併用	アンカー工の増し打ちのみでは十分な斜面安定度の向上が図れない場合。	
										緊張力調整工	緊張力調整が可能な場合。	

参考表 1- 6 劣化損傷シナリオに対する保全方法整理表（アンカー工）（5/5）

工種	部材	変状	評価基準		原因	対応	対策工法										
			b	c			(★)：機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性があるもの (▲)：条件により機能喪失前の対策によりコスト削減の可能性があるもの										
点検要領（砂防部保全課） P.41～47 より抜粋					維持管理要領（斜面協会） 表 7.9.1 「原因」「特徴」より抜粋	維持管理要領（斜面協会） 表 7.9.2 「区分」「区分（詳細）」「特徴」「対応」より抜粋し、原因ごとに分類	維持管理要領（斜面協会） 表 7.9.6 「対策工法」「選定条件」より抜粋し、長寿命化・機能回復に分類										
アンカー工	受圧構造物	損傷・変形	<ul style="list-style-type: none"> <li>○一部に腐食・劣化、損傷・変形が生じている</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>○受圧構造物の腐食・劣化、損傷・変形が著しい</li> <li>○受圧構造物の浮き上がり、ゆるみが生じている</li> </ul> 	対象とする斜面変動 外力等による物理的作用	<ul style="list-style-type: none"> <li>○地すべり活動により想定外の外力が作用し、アンカーの緊張力増加や受圧構造物の変形、損傷が生じる。許容値を超過した場合は、テンドンの破断・飛び出し・引抜けや受圧構造物の損傷等が生じる。</li> <li>○部分的な崩壊や地盤変動によるアンカーの過緊張や損傷等</li> <li>○部分的な崩壊や地耐力の低下による受圧板の損傷等</li> <li>○部分的な崩壊や地盤変動によるアンカーの緊張力減少</li> <li>○リラクゼーション等による緊張力の低下</li> <li>○落石や地震及び雪荷重によるアンカー頭部の損傷等</li> <li>○付着強度の低下による引抜け</li> </ul>	機能回復	緊張力の減少	○アンカーテンドンの損傷等	○テンドンの健全性を確認した上で再緊張を行う場合もある	緊張力調整工	荷重計の値またはリフトオフ荷重が定着時緊張力の 80% 以下の場合。					
									○アンカー体設置地盤のクリープ等	○地盤のクリープ性状を把握し供用可能と判定した後に再緊張							
									○受圧構造物の不等沈下、ずれ、落下	○除荷と再緊張が可能な場合に受圧構造物の位置を調整または再設置							
									○テンドンの破断、飛び出し、引き抜け、引き込まれ	○飛び出し防止対策（鋼製キャップや鋼板、鋼製ネットにより防護）			他工法の併用	アンカー工の増し打ちのみでは十分な斜面安定度の向上が図れない場合。			
										○切り取り閉塞または存置					増し打ち	斜面安定度の向上を図る必要がある場合。	
										○再施工、増し打ち					緊張力調整工	荷重計の値またはリフトオフ荷重が設計アンカー力を超えた場合。	
								緊張力の増加	○想定以上の外力が作用し緊張力が増加	○受圧構造物や斜面の安定度を検討し、可能な場合に緊張力を緩和	○その他の工法を併用	○背面地盤の補強等の必要性を検討した上で緊張力を緩和	他工法の併用	アンカー工の増し打ちのみでは十分な斜面安定度の向上が図れない場合。			
															増し打ち	緊張力調整工	荷重計の値またはリフトオフ荷重が設計アンカー力を超えた場合。
																増し打ち	斜面安定度の向上を図る必要がある場合。
																他工法の併用	アンカー工の増し打ちのみでは十分な斜面安定度の向上が図れない場合。

<参考資料 2>

データ活用可能な設備台帳及び  
施設点検結果フォーマット

## フォーマット整理項目案

- 1施設・1点検回ごとに、①区域情報、②施設情報、③点検結果、④補修等履歴に関する項目をそれぞれ入力する。

**整理項目案：**新潟県点検個票の項目を参考とし、データ活用の参考となる事項を一部追加

### ①区域情報

- ・都道府県
- ・地すべり防止区域  
(名称、告示年月日、面積、緯度経度)
- ・河川名 (水系、幹川名、河川名、溪流名)
- ・所在地 (市・群、区・町・村、字)
- ・所管事務所
- ・地すべりブロック名
- ・施設平面図 (リンク掲載等) <P>

### ②施設情報

- ・施設種別 (例：集水井工)
- ・施設番号 (例：No.1)
- ・施工年度 (例：2001)
- ・諸元 (規格) (例：Co・φ3.0m・H20m)
- ・数量・単位 (例：水路工○m)

※**朱書**：劣化予測に必要な or 補足となる情報  
※**青字**：任意の単位での集計時に参考となる情報

### ③点検結果

- ・点検回数 (例：2巡目)
- ・点検年月日 (例：2017年、10月1日開始～10月31日終了)
- ・健全度評価 (例：C)
- ・次回点検 (予定) 年度
- ・写真帳 (リンク掲載等) <P>
- ・変状概要 (例：集排水管閉塞、湛水) ※自由記載
- ・概算補修費 (例：○○千円)
- ・点検者 (例：○○コンサルタント)
- ・記入者 (例：○○地域整備局 ○○技師)

#### <追加項目>

- ・部材毎の主な変状 (例：劣化・腐食) ※プルダウン式
- ・部材毎の健全度評価 (本体：b、集水管：c)
- ・ブロック単位の健全度評価 (例：B)
- ・防止区域単位の健全度評価 (例：B)

### ④補修等履歴

※点検回ごとに、直近の履歴を記載

- ・補修年度 (例：2017年)

#### <追加項目>

- ・対策工法 (例：孔内洗浄工)
- ・実績補修費用 (例：○○千円)
- ・補修後評価 (例：A)

# データベース全体イメージ



## ①区域情報

都道府県	地すべり防止区域						河川名				所在地			所管事務所	ブロック名	施設平面図
	名称	告示年月日	面積 (m <sup>2</sup> )	東経 (10進法)	北緯 (10進法)	<参考>座標点の位置	水系	幹川名	河川名	支流名	市・郡	区・町・村	字			
	プルダウン	入力	入力	入力	入力	入力	入力	入力	入力	入力	入力	入力	入力			
例 1-1	〇〇県	△△	〇〇年〇月〇日	〇〇	〇〇	〇〇	〇〇	〇〇	〇〇	〇〇	〇〇市	〇〇区	〇〇	〇〇土木事務所	〇-1	●
例 1-2	〇〇県	△△	〇〇年〇月〇日	〇〇	〇〇	〇〇	〇〇	〇〇	〇〇	〇〇	〇〇市	〇〇区	〇〇	〇〇土木事務所	〇-1	●

## ②施設情報

施設種別	種別番号	施工年度	数量	単位	諸元 (規格)
プルダウン	入力	入力	入力	入力	入力
集水井工	No.01	2001	1	基	Co・φ3.0m・H20m
集水井工	No.01	2001	1	基	Co・φ3.0m・H20m

施設平面図 (リンク掲載等) < P > ←

## ③点検結果

点検回数	点検年月日			次回点検	健全度評価								主な変状				写真	機算補修費 (千円)	備考	点検者	記入者		
	年度	開始	終了		区域単位	ブロック単位	施設単位	部材単位				施設単位	部材単位								機関名	役職・氏名	
								本体	集水管	排水管	安全施設		損傷状況	本体	集水管	排水管							安全施設
	入力	プルダウン	プルダウン		プルダウン	プルダウン	プルダウン	プルダウン	プルダウン	プルダウン	プルダウン	プルダウン	プルダウン	プルダウン	プルダウン	プルダウン					プルダウン	プルダウン	プルダウン
1回目	2017	10月1日	~	10月31日	2022	B	B	C	a	c	c	a	集排水管閉塞	劣化・腐食	閉塞	閉塞	劣化・腐食	●	340	(株)〇〇コンサルタント	〇〇地域整備局	技師	〇〇
2回目	2022	11月1日	~	11月30日	2027	B	B	C	a	c	c	a	集排水管閉塞、湛水	劣化・腐食	閉塞	閉塞	劣化・腐食	●	500	(株)〇〇コンサルタント	〇〇地域整備局	技師	〇〇

写真帳 (リンク掲載等) < P > ←

## ④補修等履歴

④補修等履歴 (点検回ごとに直近の履歴を記載)			
補修年度	対策工法	補修費用 (千円)	補修後評価
			施設単位
入力			プルダウン
2023	孔内洗浄工、湛水解消	440	A

### <項目整理のポイント>

- ・ 1施設・1点検回につき1行に情報を集約化
- ・ 部材単位の変状内容や健全度の項目を追加  
(部材毎の健全度を入力するため、工種毎に表を分ける)
- ・ 補修等履歴として、直近の実績に関する項目を追加

