

治山施設の劣化・損傷および補修等対策に関する傾向

1. 治山施設長寿命化対策事例に関するアンケート調査について

1.1 目的

事例収集にあたり、全国を対象にアンケート調査を実施した。アンケート調査は二ヵ年（平成 28 年度：下記に示す全工種・材料を対象に実施、平成 29 年度：木製治山施設を対象に追加実施）に渡って実施し、既存の治山施設が損傷・劣化し、それらを平成 19 年度以降[※]に補修（修繕）、機能強化、更新（新設）した事例を全国的に収集し、整理・分析・検討の上、補修や機能強化等の基準や工法等について体系的に取りまとめ、治山施設個別施設計画策定マニュアル（案）の充実化を図ることを目的として実施した。

※平成 18 年以前に対策を実施した事例については、過年度調査事業によって収集済みであるため、平成 19 年度以降とした。

1.2 実施内容

(1) 実施主体

林野庁計画課施工企画調整室

(2) 実施対象

治山施設を所管する 7 森林管理局および 47 都道府県

(3) 対象施設

林野庁や都道府県が管理する治山施設（保安施設事業にかかる施設、地すべり防止施設及び山林施設災害復旧事業または山林施設災害関連事業により整備された施設）

(4) 対象工種

以下の 15 工種を対象とする。

1. 溪間工（谷止工、床固工、護岸工、流路工、水制工）
2. 土留工
3. 法枠工
4. モルタル（コンクリート）吹付工
5. 落石予防工
6. 落石防護工
7. 水路工
8. 地下水排除工（ボーリング暗渠工、集水井工）
9. 杭工
10. アンカー工
11. 補強土工（ノンフレーム工法等）
12. 防潮堤、防潮護岸
13. 消波堤、消波工、突堤
14. なだれ発生予防工（予防柵工等）、減勢工、防護工
15. なだれ防護擁壁工

(5) 対象となる構造（材料）

- ・ コンクリート製（石積、玉石コンクリートも含む）
- ・ 鋼製
- ・ 木製

2. 工種毎の劣化・損傷および補修等対策に関する傾向

アンケート調査の実施によって、7 森林管理局および 47 都道府県より、計 475 件の治山施設長寿命化対策事例を収集した。本章では、収集事例を集計し、工種毎に劣化・損傷に影響する要因、さらに長寿命化対策のタイプ（補修、機能強化、更新等）の種類とそれぞれの選定条件等についての傾向把握と分析を行った。

本調査は、施設の長寿命化に関わる調査であるため、取り扱う事例は劣化や損傷した施設で、それらを平成 19 年度以降に補修、機能強化、更新等の長寿命化対策が図られたものであり、アンケートデータの統計的な処理をおこなう際の母集団は、「**劣化・損傷に伴い、平成 19 年度以降に補修等の対策が実施された施設**」である。

しかしながら、全国に治山ダムだけでも約 44 万基あり、それらのなかには機能を損なわず供用中の施設が数多く存在している。本調査で取り扱う劣化・損傷事例はそれらの施設のうち、きわめて部分的なものである点に注意が必要である。

2.1 収集事例全体の傾向

収集事例全体の工種の内訳について以下に示す。

事例数が最も多いのは溪間工 179 件であり、全体の 38% を占めている。次いで、土留工 61 件 (13%)、落石防護工 59 件 (12%)、地下水排除工 38 件 (8%)、防潮工 35 件 (7%)、水路工 34 件 (7%) の順となっている。一方、落石予防工、杭工、アンカー工、補強土工、なだれ防護壁工についてはいずれも 5 事例未満であった。

表 1 収集事例の工種毎の内訳

No.	工種	件数	割合
1	溪間工	179	38%
	治山ダム工	155	33%
	護岸工	16	3%
	水制工	0	0%
	流路工	7	1%
	その他(魚道)	1	0%
2	土留工	61	13%
3	法枠工	22	5%
4	モルタル(コンクリート吹付工)	11	2%
5	落石予防工	1	0%
6	落石防護工	59	12%
7	水路工	34	7%
8	地下水排除工	38	8%
9	杭工	2	0%
10	アンカー工	4	1%
11	補強土工	1	0%
12	防潮工	35	7%
13	消波工	11	2%
14	なだれ発生予防工	16	3%
15	なだれ防護壁工	1	0%
	計	475	100%

収集事例を施工年度別、工種別に集計した結果を以下に示す。

表 2 工種と施工年度（事例数 10 件以上の工種のみ掲載）

施工年度／工種	溪間工	土留工	法枠工	モルタル (コンクリート 吹付工)	落石防護工	水路工	地下水 排除工	防潮工	消波工	なだれ 発生予防工	計	比率
昭和29年以前	7	1	0	0	1	0	0	0	0	0	9	2%
昭和30～39年	22	1	0	0	2	0	0	2	0	1	28	6%
昭和40～49年	40	8	0	1	11	4	8	8	3	1	84	18%
昭和50～59年	40	22	0	1	13	7	11	9	3	5	111	24%
昭和60～平成6年	33	9	10	5	12	10	5	4	1	2	91	20%
平成7～16年	17	4	9	1	12	7	6	6	0	1	63	14%
平成17～26年	7	5	3	3	4	2	1	2	0	4	31	7%
施工年度不明	13	11	0	0	4	4	7	4	4	2	49	11%
計	179	61	22	11	59	34	38	35	11	16	466	100%

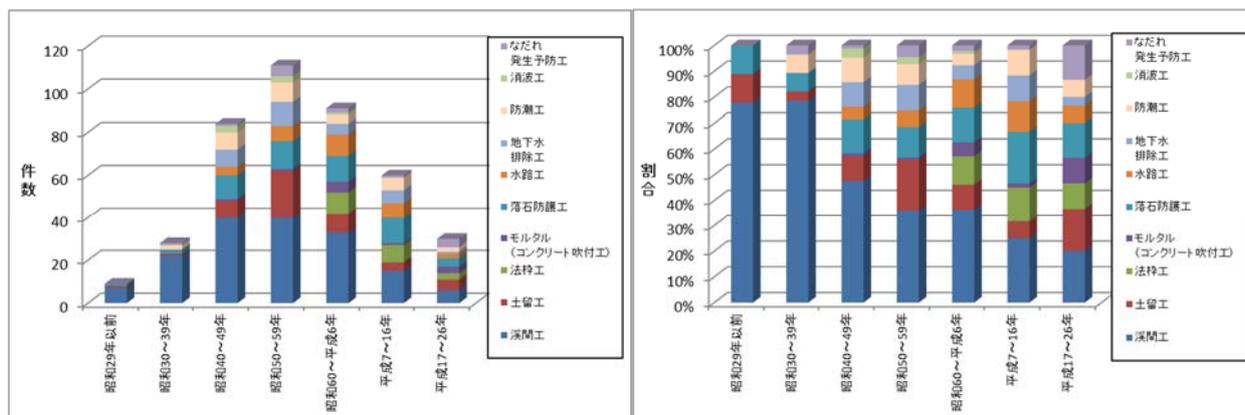


図 2.1 工種と施工年度（左：事例数、右：割合）

施工年度別の集計結果からは、以下のことが考察される。

- 昭和 50 年代をピークとしてそれ以降は減少している。
- 年度が新しくなるにつれ工種の多様性が増し、偏りが少なくなる。
 - ・ 溪間工の事例は昭和 39 年代までは 8 割程を占めているが、年数が新しくなるほど溪間工の割合が低減し、平成 17 年以降では 2 割程度となる。
 - ・ 昭和 40 年代からは水路工や地下水排除工の事例が加わる。
 - ・ 昭和 60 年代からはさらに、法枠工やモルタル（コンクリート）吹付工の事例が加わる。
 - ・ 落石防護工や土留工、防潮工の事例は、各年度に偏りなく分布している。
 - ・ なだれ発生予防柵は平成 17 年以降の事例の割合が多い。

次頁以降では、20 件以上のデータ数が得られている 7 工種（溪間工、土留工、法枠工、落石防護工、水路工、地下水排除工、防潮工）について、施工後経過年数との関係性が深いと考えられる要因の組合せについて分析を実施し、工種毎に劣化・損傷や補修等対策に関する傾向を把握した結果を示す。

2.2 溪間工（179 事例）

(1) 全体としての傾向

コンクリート治山ダムが大部分を占めていることから、施工後 50 年以上を経て自然劣化により徐々に堤体等が損傷し、機能強化で対応する事例が多く見られる。ただ、早期に現れる損傷事例は、外力による袖部や基礎部の洗掘という形で現れることが多い。これらの対策としては洗掘対策が 9 割を占める。対策費は、例え機能強化対策でも他工種に比べ高額になっていることが特徴である。

(2) 形式・材料別

- ・ 形式別では「重力式治山ダム」が 80%、材料別では「コンクリート」が 84%と大多数を占める。
- ・ 重力式治山ダムでは、施工後 30 年以上 40 年未満の事例が最も多く、他形式と比較すると施工後 50 年以上経てから損傷に至るケースが多い。
- ・ コンクリート施設と比較して、コンクリート製以外（鋼製、木製）の施設、護岸工、流路工は早期に劣化・損傷する傾向にある。

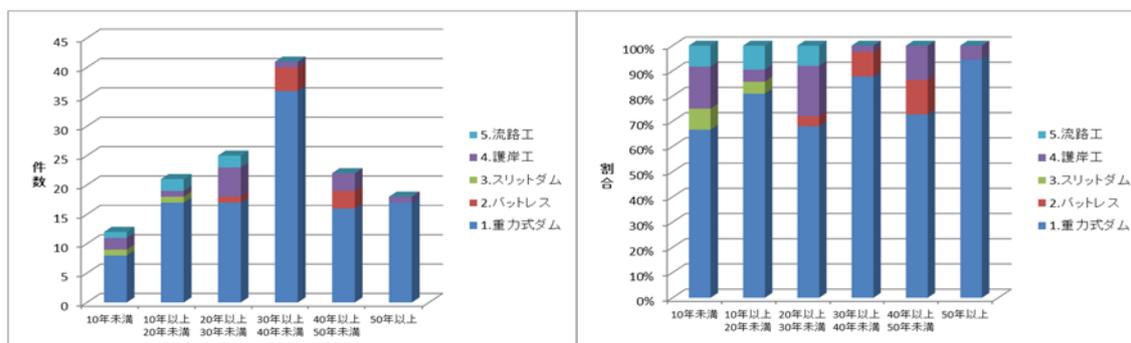


図 2.2 溪間工の形式と施工後経過年数（左：事例数、右：割合 以下同じ）

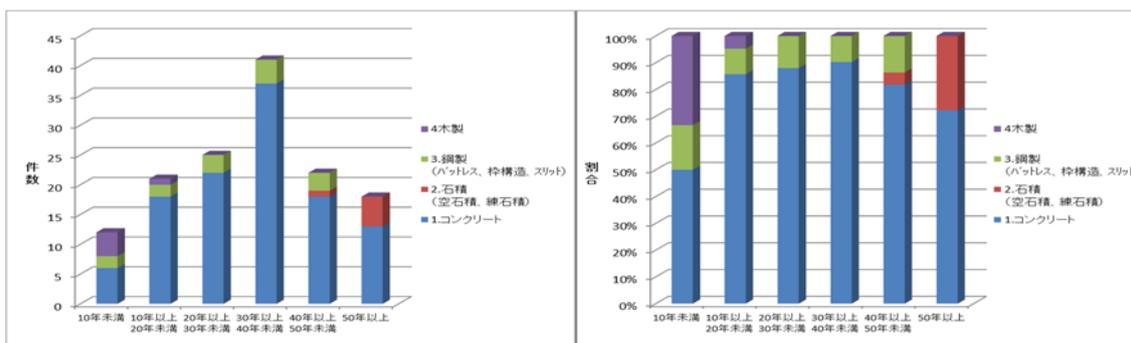


図 2.3 溪間工に使われる材料と施工後経過年数

(3) 劣化・損傷の部位・形態

- ・ 劣化・損傷形態として最も多いのが「堤体損傷」28%であり、次いで「基礎部・堤底部の洗掘」24%、「袖部の破損・洗掘」15%、「放水路天端の摩耗・損傷」13%の順である。
- ・ 放水路天端や堤体、目地部等の本体に生じる劣化・損傷は、施工後 50 年以上経過しているケースが 20%程度を占めており、長い年月を経て徐々に劣化が進行する状況が窺える。
- ・ 施工後 10 年未満の早期に劣化・損傷する事例の損傷部位を見ると、基礎部・堤底部の洗掘事例及び袖部の破損・洗掘事例が全体の 64%近くを占める。

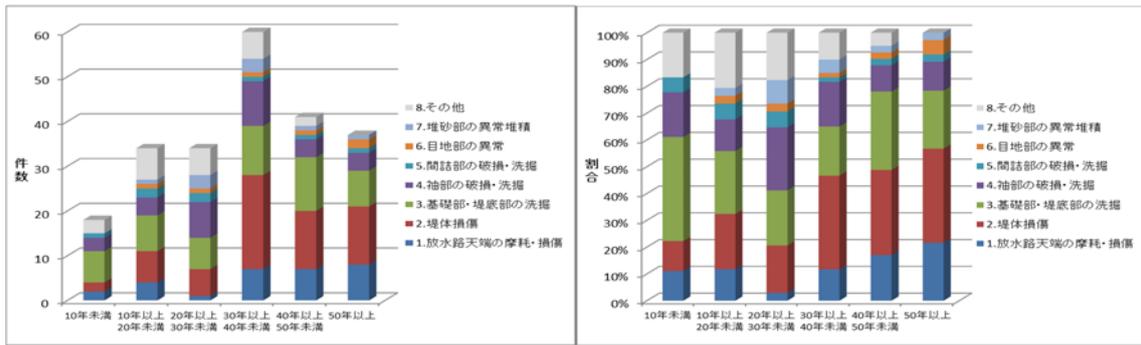


図 2.4 溪間工の劣化・損傷形態と施工後経過年数

(4) 劣化・損傷の原因

- ・ 溪間工の劣化・損傷原因は、「地震・豪雨等の外力による損傷」34%、「自然環境要因による劣化・損傷」44%である。
- ・ 自然環境要因により劣化・損傷する施設は、50年以上経過している施設が約20%と高い。
- ・ 「その他」は主にアルカリ骨材反応や初期欠陥等の材料に起因する劣化であり、施工後30年以上40年未満（昭和47～58年施工）の施設に集中しており、20年未満の施設は無い。また、アルカリ骨材反応の事例は西日本に集中している。

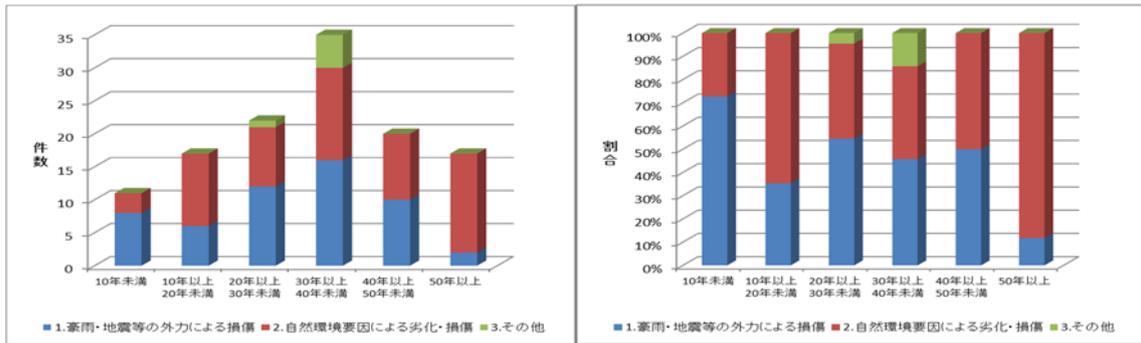


図 2.5 溪間工の劣化・損傷の原因と施工後経過年数

(5) 機能強化の種類と劣化・損傷の原因との関係

- ・ 豪雨等の外力による損傷では、増厚・嵩上、および根継等の洗掘対策が9割近くを占める。
- ・ 自然状態での劣化では、増厚・嵩上の実施事例も多いが、増厚のみの対策事例が25%を占める。これは、自然状態でクラックや基礎部洗掘等が生じた場合に、補修を兼ねた下流面への腹付が実施されるケースが多いためと考えられる。

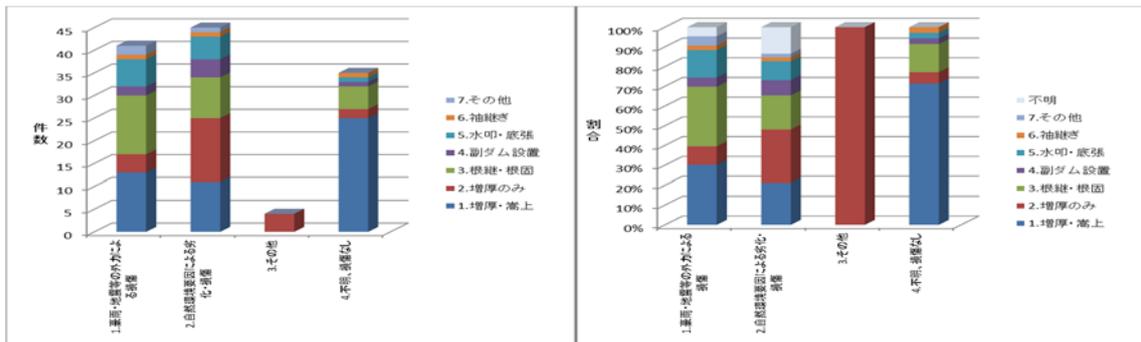


図 2.6 溪間工の機能強化の種類と劣化・損傷の原因との関係

(6) 対策に関わる費用

- ・ 「一部補修・交換」は、300万円以下の小規模な対策事例が53%を占める。
- ・ 「機能強化（嵩上、増厚、根継等）」は、100万円以上の対策事例が93%を占める。
- ・ 「撤去・新設」は、500万円以上の事例が殆どである。

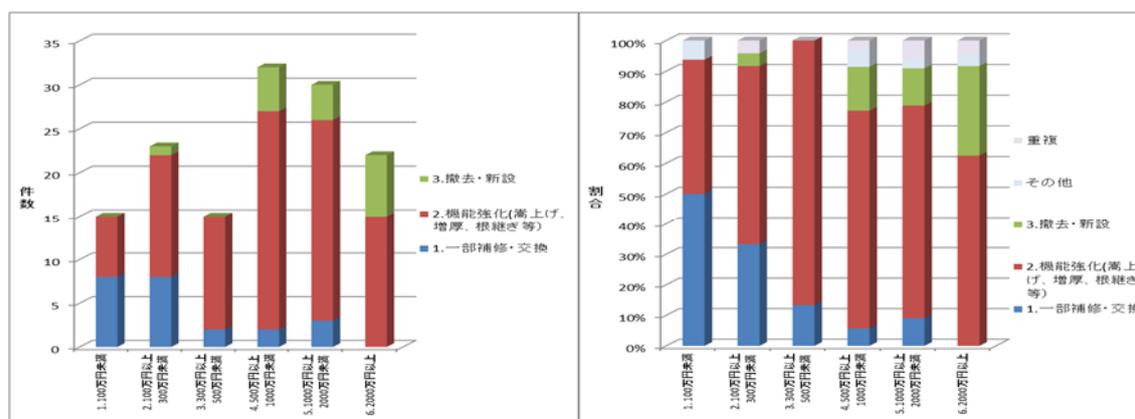


図 2.7 溪間工の対策に関わる費用

2.3 土留工（61 事例）

(1) 全体としての傾向

溪間工と同様、材料はコンクリートが大多数を占めるが、溪間工と比較して劣化・損傷に至る年数が全体的に10年程度短い傾向にある。また、施工後40年に至るまでに大部分が対策を講じており、対策のタイプとして「更新・新設」が多くなっている。その理由として、溪間工では「機能強化」でも500万円以上となる場合が多いことに対し、土留工は規模が小さい施設も多く、「更新・新設」でも500万円未満で施工可能であることが影響しているものと推察される。

(2) 材料別

- ・ 材料別では「コンクリート」が約70%と大多数を占める。また、施工後20年以上40年未満で劣化・損傷する事例が多く、全体の46%を占める。

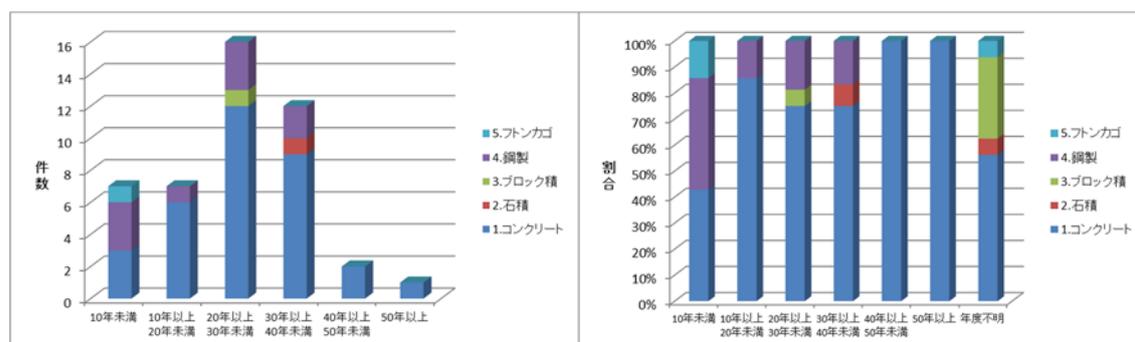


図 2.8 土留工の材料と施工後経過年数

(3) 劣化・損傷の部位・形態

- ・ 劣化・損傷形態として最も多いのが「躯体の損傷」42%であり、次いで「基礎部・堤底部の洗掘」15%、「端部の洗掘」13%の順となっている。

- ・ 躯体の損傷は、施工後 20 年以上 30 年未満の施設に集中している。

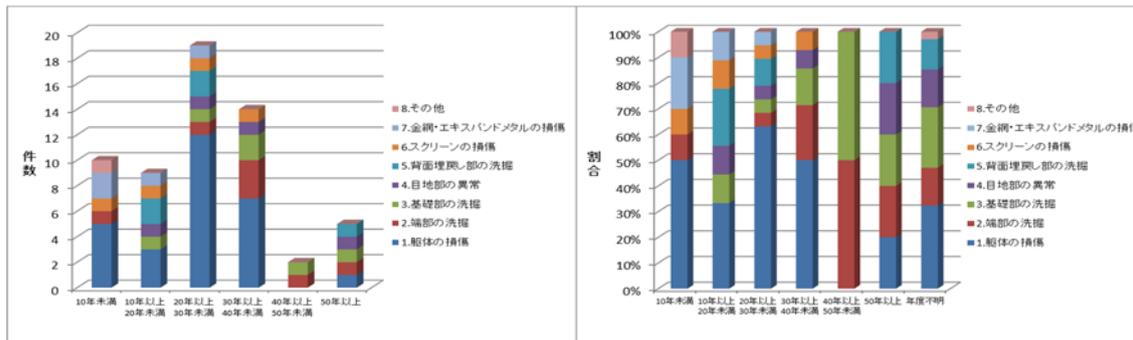


図 2.9 土留工の劣化・損傷形態と施工後経過年数

(4) 劣化・損傷の原因

- ・ 土留工の劣化・損傷原因は、「地震、豪雨等の外力による損傷」38%、「自然環境要因による劣化・損傷」43%である。
- ・ 自然環境要因により劣化する施設は、施工後 20 年以上 40 年未満の施設に集中しており、全体の 62%を占めている。

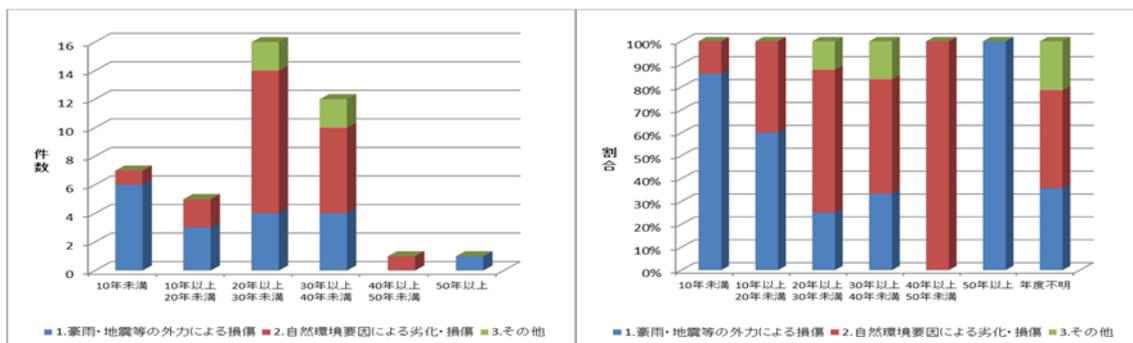


図 2.10 土留工の劣化・損傷の原因と施工後経過年数

(5) 対策のタイプと劣化・損傷の原因との関係

- ・ 土留工では「一部補修・交換」、「機能強化（嵩上げ、増厚、根継ぎ等）」、「撤去・新設」がいずれも全体 3 割程度であり、機能強化が最も多い渓間工とは傾向が大きく異なっている。
- ・ 豪雨等の外力によって損傷する場合は、撤去・更新が 57%と過半数を占める。
- ・ 自然条件により劣化・損傷する場合は、一部補修・交換が 46%と約半数を占める。
- ・ 躯体が損傷するケースでは、損傷部を補修する場合と撤去更新するケースが多い。

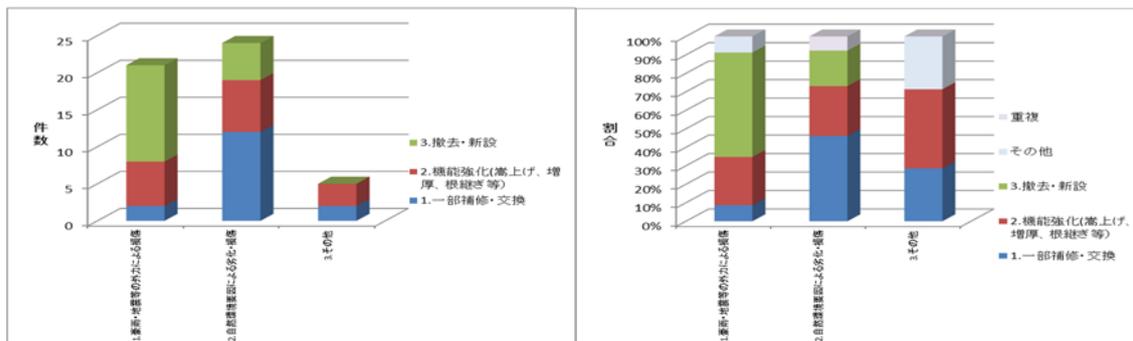


図 2.11 土留工の対策のタイプと劣化・損傷の原因との関係

2.4 法枠工（22 事例）

(1) 全体としての傾向

施工後 30 年までの事例のみとなっており、他工種と比較して早期に劣化・損傷する傾向にある。劣化・損傷の原因としては自然状態での経年劣化が大多数を占め、法枠工の部材よりも枠内や背面の空洞化等の周辺部の変状の事例が多く、地山に接しており断面積の小さな構造であることから、湧水や凍上等の環境要因による影響を受けやすいことが窺える。

(2) 形式別

- 形式別では「現場打ちコンクリート法枠工」62%と大多数を占め、次いで「プレキャスト法枠工」19%であり、主としてこの2形式に分類される。
- 施工後 30 年までの事例のみとなっており、他工種と比較して早期に損傷している事例が多く、施工後 10 年未満で劣化・損傷する事例が 36%を占める。

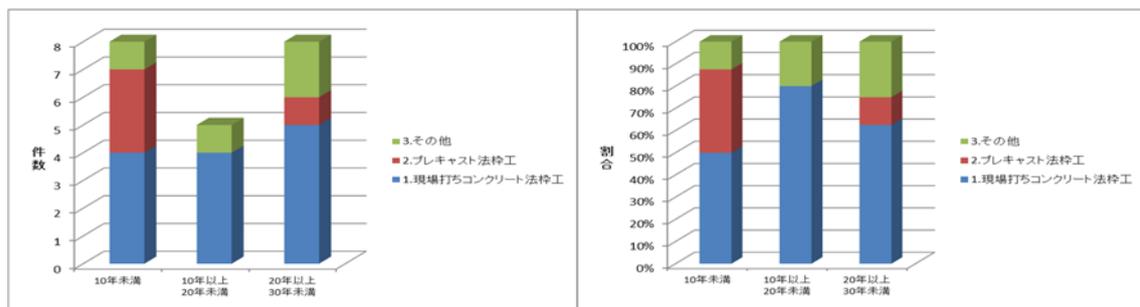


図 2.12 法枠工の形式と施工後経過年数（左：事例数、右：割合）

(3) 劣化・損傷の部位・形態

- 劣化・損傷形態として最も多いのが「現場吹付モルタル（コンクリート）」26%であり、次いで「金網」16%、「配筋材」11%、「現場打ちコンクリート」8%の順となっている。
- 施工後 20 年未満の早期に劣化・損傷する原因としては、地震動や豪雨等の外力の他、湧水等の影響により背面の空洞化による地山との分離や、枠内の抜けが発生する等の事例が多い。
- 劣化・損傷の原因としては「自然環境要因による劣化・損傷」が 67%を占める。

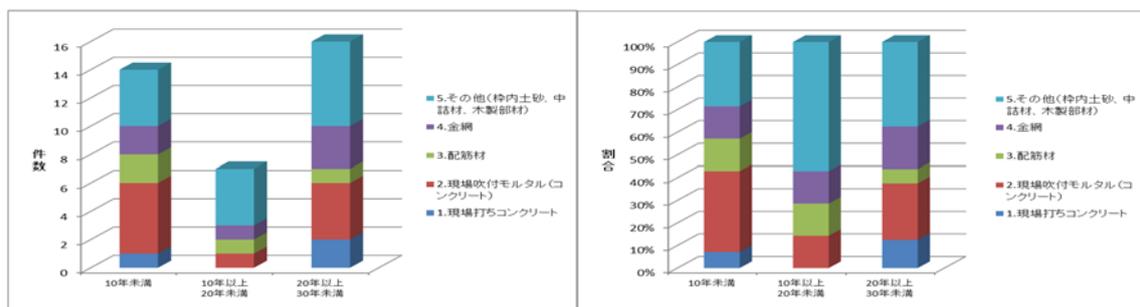


図 2.13 法枠工の劣化・損傷部位と施工後経過年数（左：事例数、右：割合）

(4) 対策のタイプ

- 法枠工では「一部補修・交換」が 32%、「機能強化（嵩上げ、増厚、根継ぎ等）」、「撤去・新設」ともに 27%である。

2.5 落石防護工（59 事例）

(1) 全体としての傾向

部材毎に劣化速度が明瞭に異なる特徴を有する。H 型鋼の場合は海岸部に施工されたものが施工後 30 年を経過してから腐食する事例が多い。また、落石防護壁（λ型）の緩衝材は劣化速度が非常に早く、特に丸太の場合は施工後 10 年未満で腐朽・損傷に至る事例が 4 割を占める。そのため、対策のタイプとしては部材毎に補修・交換を講じるケースが大半を占める。

(2) 形式別

- 形式別では「落石防護柵」41%、「落石防護壁（λ型）」39%と、両者で全体の 8 割を占める。
- 落石防護柵は、施工後 30 年以上 50 年未満の事例が最も多く（46%）、他形式と比較して劣化・損傷に至るまでの年数が長い。
- 落石防護壁（λ型）は、他形式と比較して施工後 20 年未満の劣化・損傷事例が多い（57%）。これは緩衝材（丸太、古タイヤ）が他部材より施工後 20 年未満の早期に劣化するためである。

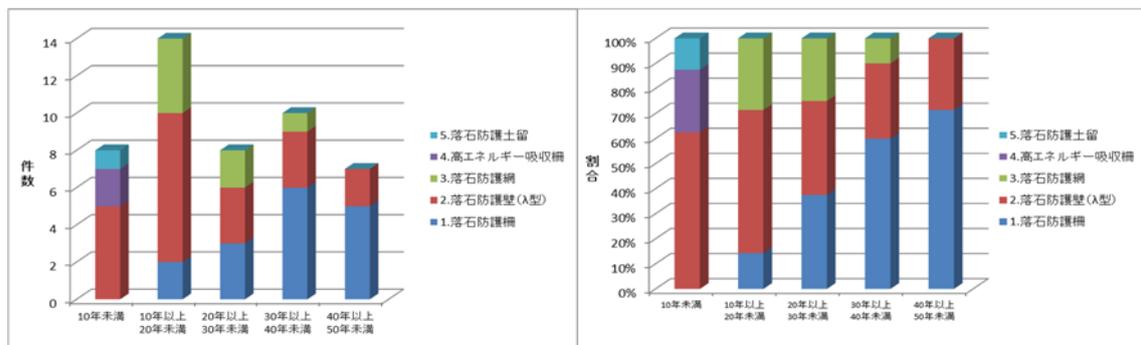


図 2.14 落石防護工の形式と施工後経過年数

(3) 劣化・損傷の部位・形態

- 劣化・損傷形態として最も多いのが「金網・ワイヤー」37%であり、次いで「H 型鋼」28%、「緩衝材（丸太）」12%、「緩衝材（古タイヤ）」12%の順となっている。
- 金網・ワイヤーの腐食（自然状態での劣化）は施工後 20 年を経過してからであり、施工後 20 年未満の事例はいずれも落石等の外力による損傷事例である。
- H 型鋼は施工後 20 年未満での劣化・損傷事例は無く、30 年を経過すると事例が多くなる。
- 緩衝材は施工後 20 年までに劣化するケースが全体の 2/3 を占め、特に丸太は施工後 10 年未満で劣化・損傷するケースが 4 割を占める。

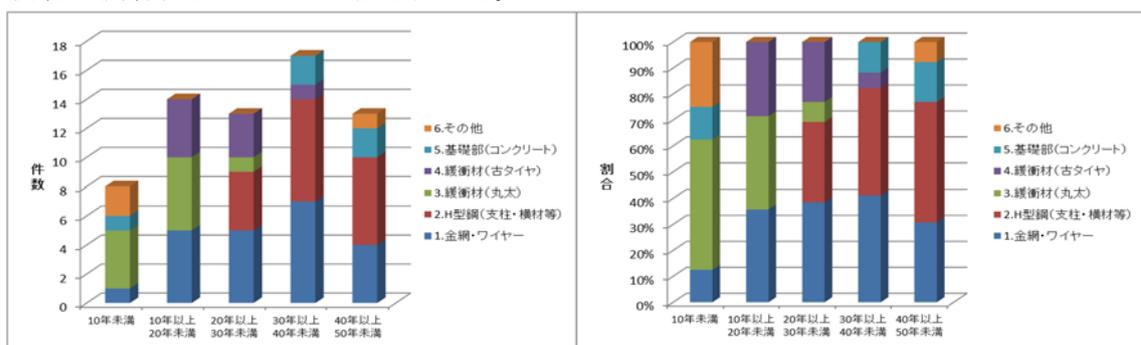


図 2.15 落石防護工の劣化・損傷部位と施工後経過年数

(4) 劣化・損傷の原因

- ・ 「地震、豪雨等の外力による損傷」10%、「自然環境要因による劣化・損傷」76%であり、落石等による損傷よりも、圧倒的に自然状態での劣化（金属部材の腐食や緩衝材の経年劣化等）が多くなっている。
- ・ 金属部材の腐食に限定して見ると、海岸部での劣化・損傷事例が半数を超えており、海岸部では鋼材の劣化が特に顕著であることが窺える。一方、経過年数では30年以上の事例が58%と長くなっている。これは、施工年度の古い落石防護工は金属部材が塗装品である場合が多く、近年主流となっている亜鉛メッキ品の劣化事例がまだ少ないためと考えられる。

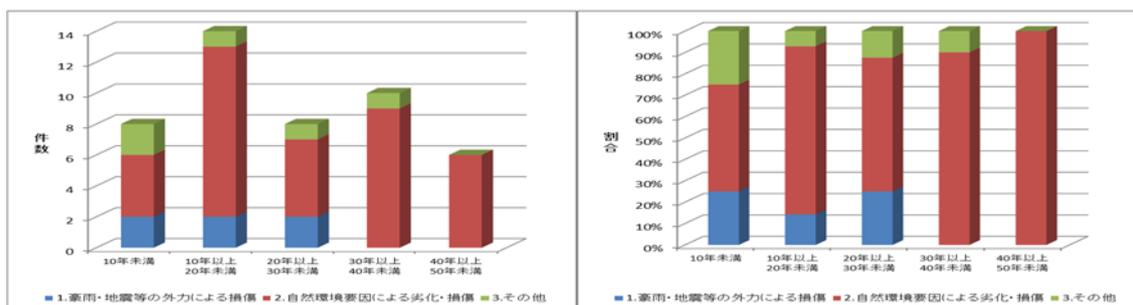


図 2.16 落石防護工の劣化・損傷の原因と施工後経過年数

(5) 対策のタイプ

- ・ 「一部補修・交換」が53%と最も多く、「機能強化」は10%のみで事例が少ない。
- ・ 施工後20年未満の早期に劣化・損傷する事例では、λ型の緩衝材のみ、あるいは落石防護網の金網・ワイヤーのみの交換事例が多い。

2.6 水路工 (34 事例)

(1) 全体としての傾向

材料は鉄製（コルゲートフリューム）とコンクリートに大別される。鉄製水路は底面が腐食してその区間を交換する事例が大半を占める。劣化・損傷形態としては他に背面埋戻し部の洗掘や土砂・枝葉等の堆積等の事例が多く、対策としては損傷の規模に応じて一部区間のみを補修・交換する場合と、全体を撤去・更新する場合とに分かれる。また、土砂・枝葉等の堆積は施工直後から始まり、放置して撤去・更新となる事例も多いことから、日常の維持管理が重要であると考えられる。

(2) 形式別

- ・ 形式別では「コルゲートフリューム水路」、「コンクリート水路」とともに44%で大多数を占める。
- ・ 全体としては経過年数による大きな偏りは見られない

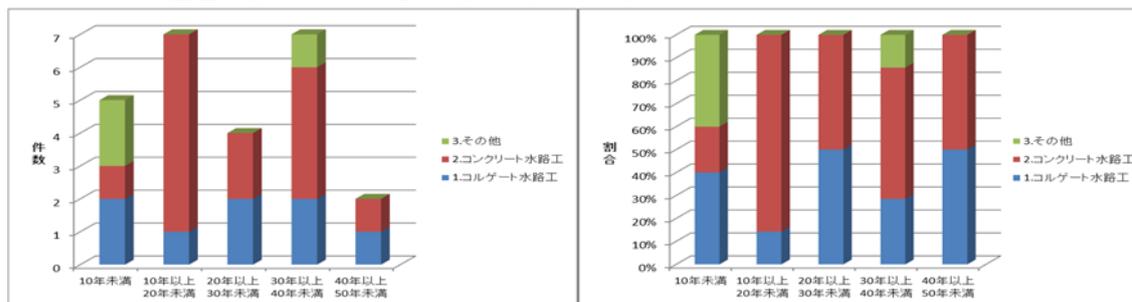


図 2.17 水路工の形式と施工後経過年数

(3) 劣化・損傷の部位・形態

- 劣化・損傷形態として最も多いのが「底面の腐食による漏水」が29%であり、次いで「背面埋戻し部の洗掘」26%、「土砂・枝葉等の堆積」15%の順となっている。
- 底面の劣化（底抜け）は主にコルゲートフリーム水路で発生し、施工後20年以上経過した施設で発生する場合は9割を占める。

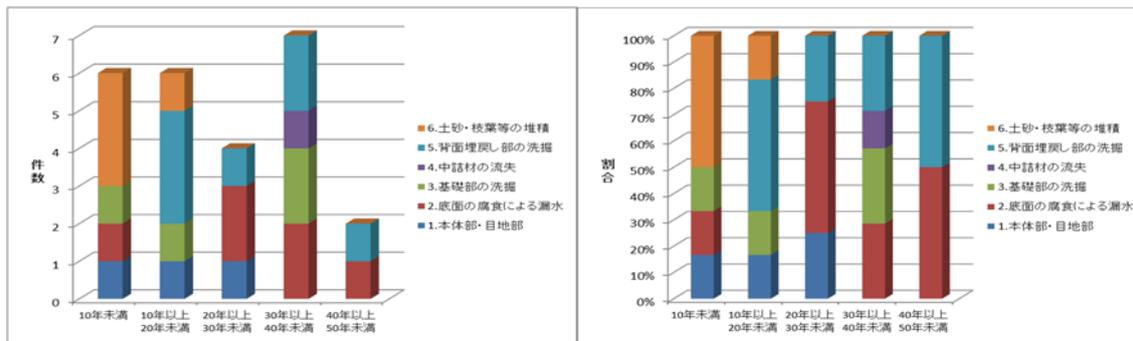


図 2.18 水路工の劣化・損傷形態と施工後経過年数

(4) 劣化・損傷の原因

- 水路工の劣化・損傷原因は、「地震、豪雨等の外力による損傷」21%、「自然環境要因による劣化・損傷」76%で、自然状態での劣化が大多数を占めている。

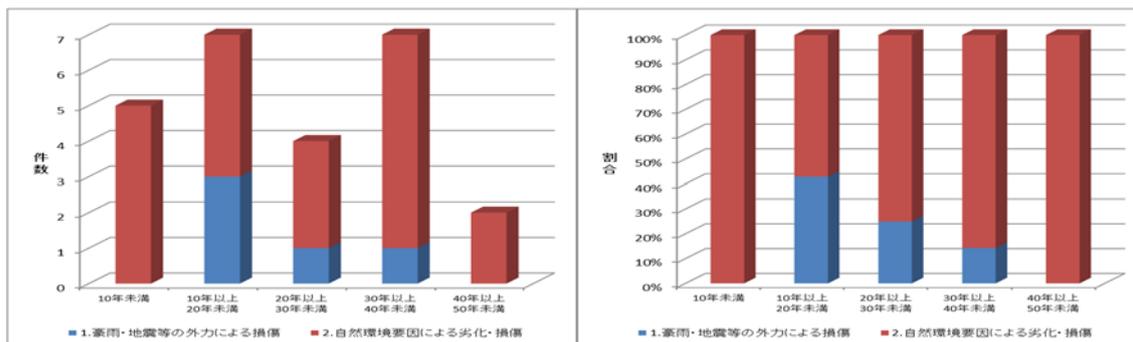


図 2.19 水路工の劣化・損傷の原因と施工後経過年数

(5) 対策のタイプ

- 「一部補修・交換」と「撤去・新設」の事例が73%を占める。
- 本体部・目地部、底面が劣化・損傷する場合は、一部補修・交換となるケースが半数を占める。
- 基礎部の洗掘や中詰材の流失、土砂・枝葉等の堆積が発生する場合は、撤去・新設となるケースがほとんどである。

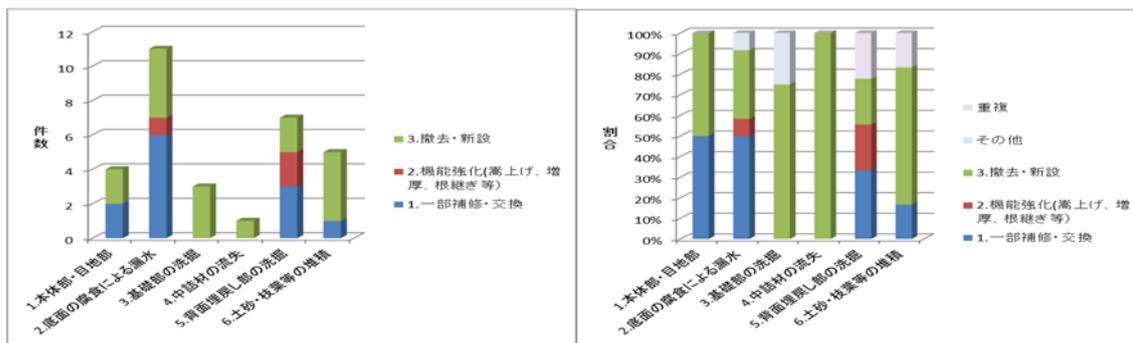


図 2.20 水路工の対策のタイプと施設の機能との関係

2.7 地下水排除工（38 事例）

(1) 全体としての傾向

事例の 8 割を占める集水井工は多くの部位によって構成されており、劣化・損傷部位・形態毎に対策のタイプが明確に異なることが特徴である。天蓋、ライナープレート等が腐食する場合は、腐食箇所を補修・交換するケースが多く、集水ボーリング孔（ボーリング暗渠工も含む）の目詰まり場合は孔内洗浄を行う場合が大半を占める。また、集水ボーリング孔の目詰まりは施工直後から始まることから、日常的な維持管理も含めた早期の対応が必要であると考えられる。

(2) 形式別

- ・ 形式別では「集水井工」82%で大多数を占め、次いで「ボーリング暗渠工」16%である。
- ・ ボーリング暗渠工は全て施工後 20 年未満で劣化・損傷した事例である。

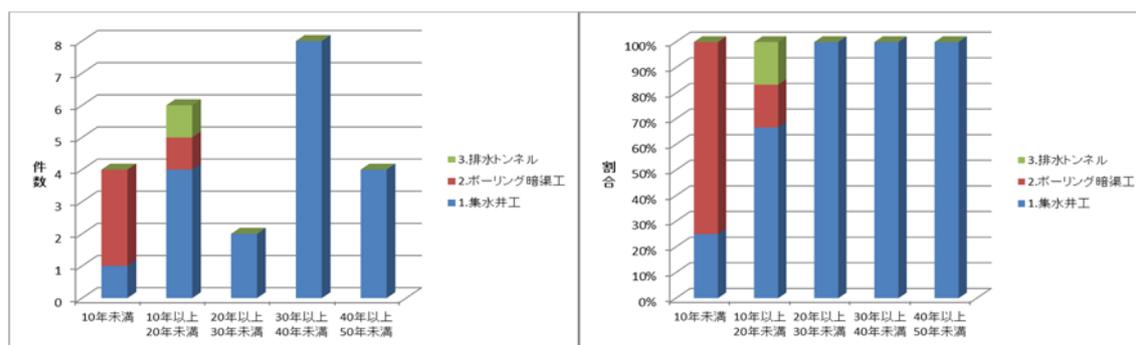


図 2.21 地下水排除工の形式と施工後経過年数

(3) 劣化・損傷の部位・形態

- ・ 劣化・損傷部位として最も多いのが集水井工の「天蓋」37%であり、次いで「集水ボーリング孔」27%、「井筒（ライナープレート）」、「立入防止柵」とともに 14%の順となっている。
- ・ 集水ボーリング孔は、目詰まりやパイプの破損等により、施工後 10 年未満で機能を果たさなくなるケースが約 30%を占める。
- ・ 天蓋や立入防止柵は、施工後 30 年以上経過した後に劣化・損傷するケースが 46%と多い。

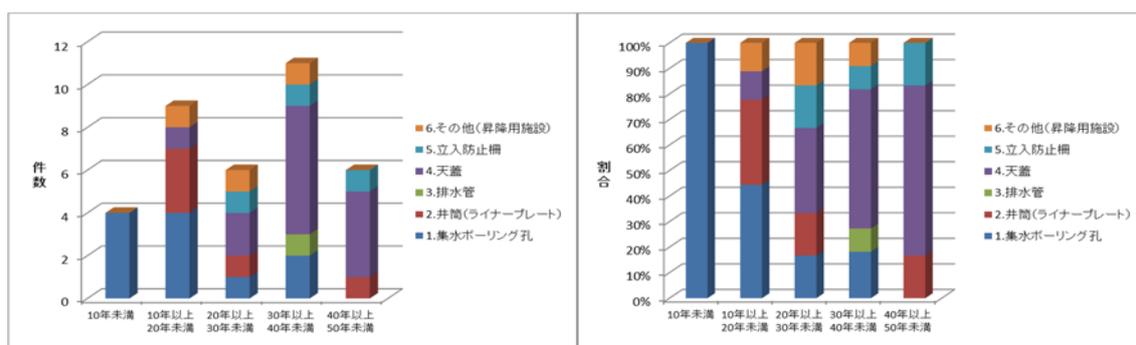


図 2.22 地下水排除工の劣化・損傷形態と施工後経過年数

(4) 劣化・損傷の原因

- 地下水排除工の劣化・損傷原因は、「自然環境要因による劣化・損傷」が74%と大多数を占め、「地震、豪雨等の外力によるもの」は2件のみであった。

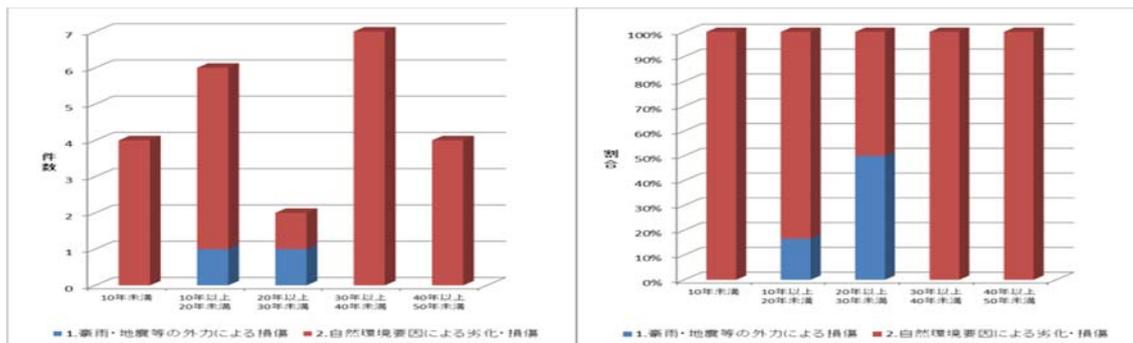


図 2.23 地下水排除工の劣化・損傷の原因と施工後経過年数

(5) 対策のタイプ

- 地下水排除工の対策のタイプとしては「一部補修・交換」が最も多く、全体の半数を占めており、次いで「孔内洗浄」が39%と多い。
- ライナープレート、天蓋、立入防止柵、昇降用階段が劣化・損傷するケースでは、一部補修・交換が83%とほとんどである。
- ボーリング暗渠工の劣化・損傷原因は目詰まりが殆どのため、孔内洗浄が実施されるケースが6割以上を占める。

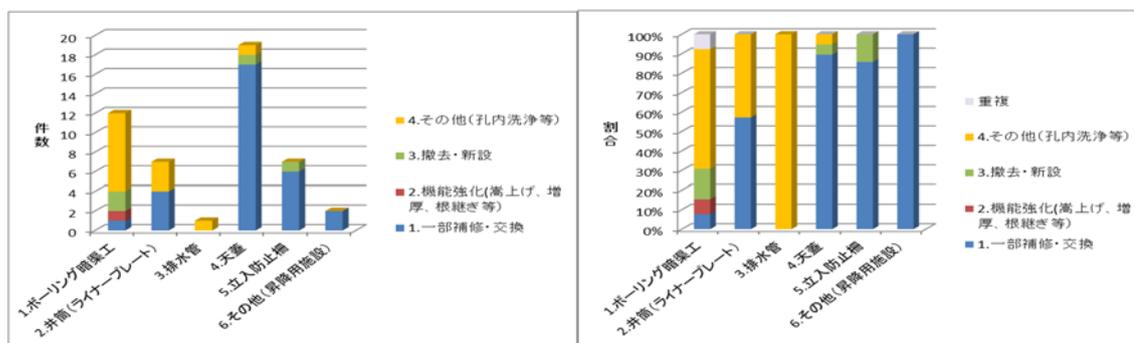


図 2.24 地下水排除工の劣化・損傷部位と対策のタイプの関係

2.8 防潮工（35 事例）

(1) 全体としての傾向

損傷原因としては高波等の外力による場合が過半数を占め、全体的に対策費用が高いことが特徴である。ただし、これは東日本大震災の津波や台風による高波による被災箇所における嵩上や復旧を図った事例が多いためと考えられ、本事例が経年的な傾向を十分に表しているとは言い難い。

(2) 形式別

- 形式別では「防潮堤（直立型）」が40%と最も多く、次いで「防潮護岸直立式」29%、「防潮護岸傾斜型」23%となっている。
- 全体としては経過年数による大きな偏りは見られない。

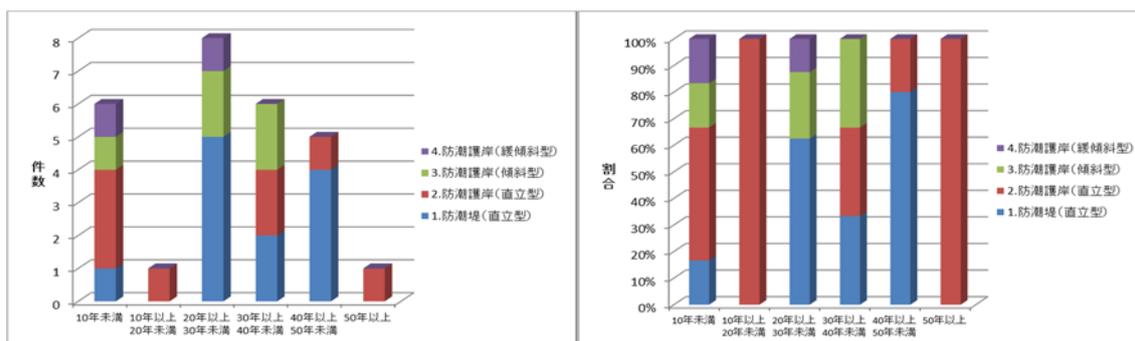


図 2.25 防潮工の形式と施工後経過年数

(3) 劣化・損傷の部位・形態

- 劣化・損傷部位として最も多いのが「堤体」の39%であり、次いで「基礎部・堤底部」35%、「背面埋戻し部」15%の順となっている。
- 全体としては経過年数による大きな偏りは見られない。

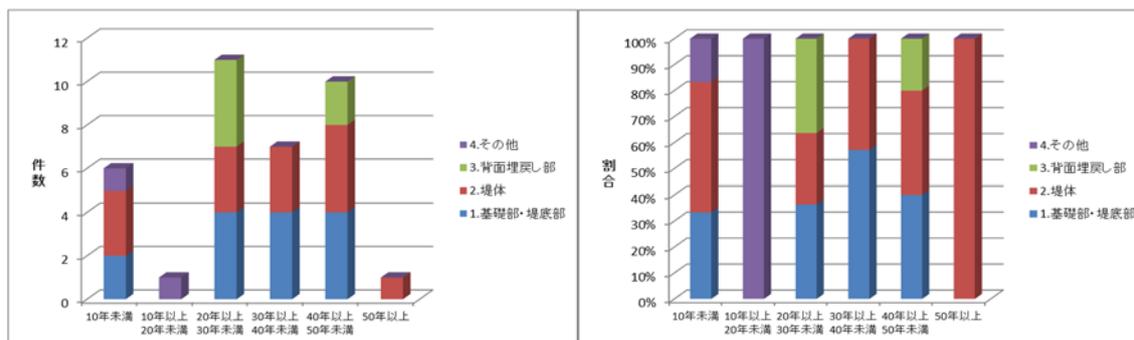


図 2.26 防潮工の劣化・損傷部位と施工後経過年数

(4) 劣化・損傷の原因

- ・ 防潮工の劣化・損傷原因は、「地震、豪雨等の外力による損傷」が57%と過半数を占め、「自然環境要因による劣化・損傷」の34%よりも多くなっている。これは近年、東日本大震災による津波や台風等、計画規模を超える高波が頻発したためと考えられる。

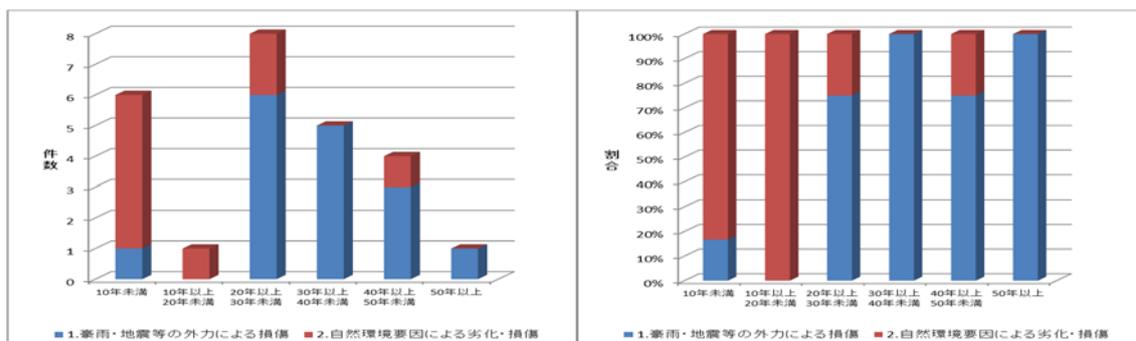


図 2.27 防潮工の劣化・損傷の原因と施工後経過年数

(5) 対策のタイプ

- ・ 「機能強化」が49%と最も多く、内訳は嵩上、根固めブロックの設置、増厚となっている。「撤去・新設」37%で次に多く、「一部補修・交換」の事例は2件のみである。

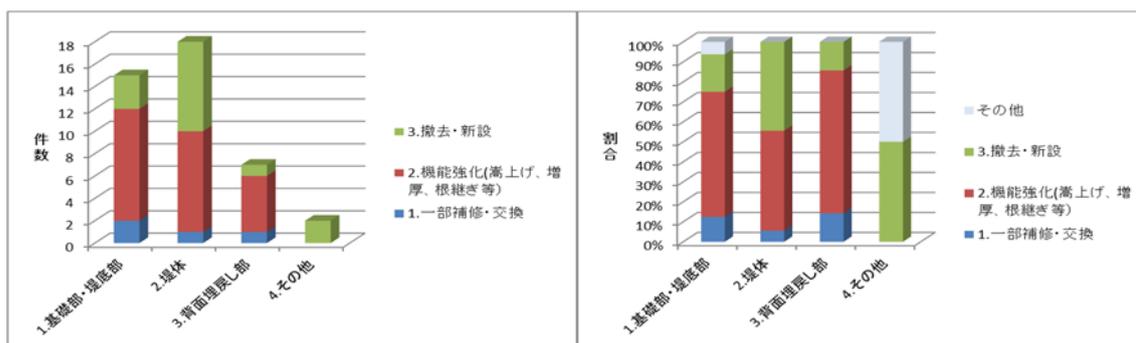


図 2.28 防潮工の劣化・損傷部位と対策のタイプの関係

(6) 対策に関わる費用

- ・ 対策費用が2,000万円以上の事例が37%と多く、その内訳は東日本大震災の津波や台風による高波による被災箇所における嵩上や復旧（撤去・更新）を図った事例である。

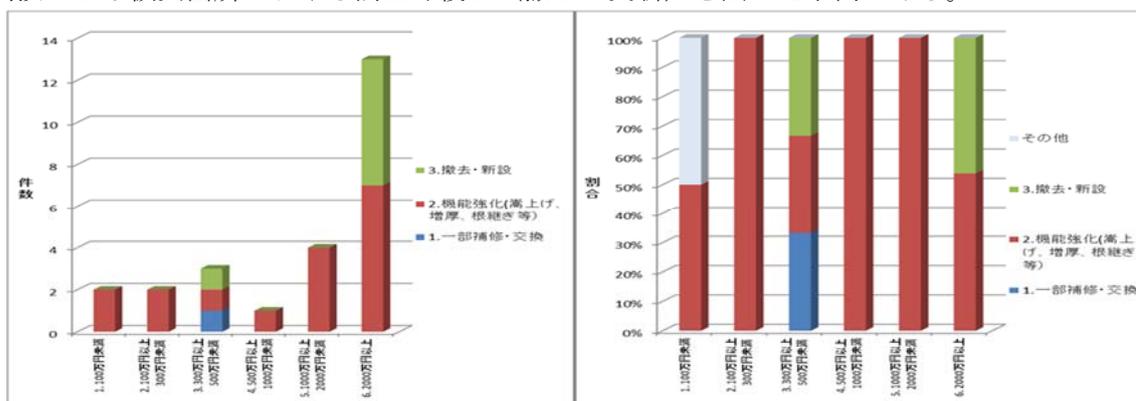


図 2.29 防潮工の対策に関わる費用