

2. 管材の種類等に応じた点検・調査技術の選定手法の開発

本章では、管材の種類等の管渠条件と異常発生の関係性等を把握した上で、管材の種類等に応じた点検・調査技術の選定手法を提示することを目的に検討を行った。

2.1 では、地方公共団体が実施した管渠の調査結果の情報を収集し、既存のデータベースに追加し拡充を図った。

2.2 では、データベースの情報を用いて管種毎に健全率予測式を作成した。データベースの一部と健全率予測式は令和3年6月に公表され、地方公共団体における点検・調査優先箇所や改築需要予測の検討へ活用可能である。また健全率予測式は本研究におけるその他の検討、例えば点検・調査技術や修繕・改築工法の選定手法の検討に用いられた。

2.3 では、データベースのデータを用いて、管渠条件と異常発生の関係性を定性的に把握した。

2.4 では、多様化する点検・調査技術に関して、ヒアリング等に基づき各技術の適用条件を整理体系化した。

2.5 では、点検・調査頻度の簡便な設定方法の検討を行った。

2.6 では、管材の種類等に応じた点検・調査技術の選定手法の具体的なフローを示したうえで、TVカメラ調査とスクリーニング調査を組合わせた効率的な点検・調査技術の選定手法を検討した。

2.7 では、実際の都市におけるケーススタディを行い、2.6 で提示した点検・調査技術の選定手法の適用性を確認した。

2.1. 「下水道管きよ劣化データベース」の充実

2.1.1. 「下水道管きよ劣化データベース（分析用）」の作成

「下水道管きよ劣化データベース（分析用）（以下、「劣化データベース（分析用）」という。）」とは、国総研下水道研究部が、地方公共団体から、管渠内調査結果データを収集し、表 2-1 に示す劣化データベース（分析用）のデータ仕様に適合するようにデータ変換やコード付け等の整理を行ったうえで、データベース化しているものである。

本研究においては、平成30年度と令和2年度に、国総研下水道研究部が、下水道技術開発連絡会議参加都市（東京都区部および政令指定都市）21 団体および下水道研究会議参加都市（一般都市）会員73 団体、計94 団体に下水道管渠内調査結果データの提供を依頼した。記録表が得られたのは、平成30年度は31 都市7.6 万スパン、令和2年度は26 都市データ約10 万スパンであった。地方公共団体より提供されたデータ（2 カ年計約18 万スパン）を、劣化データベース（分析用）に追加した。劣化データベース（分析用）は、地方公共団体の公開許可を得られていないデータを含むため非公開としている。データの追加により劣化データベース（分析用）に登録されているデータ数は計45.5 万スパンとなった。なお、劣化データベース（分析用）に登録されているデータの延長は約12,500km であり、全国の整備済み延長480,000km（図 1-1）に対するカバー率は約2.6%である。

劣化データベース（分析用）に格納されているデータの管種別・布設年度別・緊急度別のスパン数を表 2-2 に示す。

表 2-1 劣化データベース（分析用）のデータ仕様

列番号	項目名称	タイプ	項目説明
A	事業分類	テキスト型	公共：公共下水道
B	自治体種別	テキスト型	政令市・市別及び自治体仮名称（数字）
C	管径(mm)	テキスト型	管径・形状
D	路線延長(m)	数値型	路線延長
E	スパン内の管本数	数値型	スパン内の管本数
F	取付管本数	数値型	スパン内の取付管本数
G	布設年度（西暦）	数値型	布設年度を西暦で統一
H	調査年度（西暦）	数値型	調査年度を西暦で統一
I	経過年数	数値型	経過年数（調査年度（西暦）－布設年度（西暦））
J	管種CODE	数値型	管種コード(1:陶管、2:コンクリート管、4:塩ビ管、9:その他、空白:不明)
K	道路種別	テキスト型	国道、都道府県道、市町村道等の区分
L	歩車道区部	テキスト型	歩車道の区分
M	排水種別	テキスト型	分合流の区分
N	土被り(m)	数値型	土被り（上流側と下流側の平均値） ※提供データをそのまま入力
O	管の腐食_A	数値型	調査結果
P	管の腐食_B	数値型	調査結果
Q	管の腐食_C	数値型	調査結果
R	上下方向のたるみ_A	数値型	調査結果
S	上下方向のたるみ_B	数値型	調査結果
T	上下方向のたるみ_C	数値型	調査結果
U	管の破損_a	数値型	調査結果
V	管の破損_b	数値型	調査結果
W	管の破損_c	数値型	調査結果
X	管のクラック_a	数値型	調査結果
Y	管のクラック_b	数値型	調査結果
Z	管のクラック_c	数値型	調査結果
AA	管の継手ズレ_a	数値型	調査結果
AB	管の継手ズレ_b	数値型	調査結果
AC	管の継手ズレ_c	数値型	調査結果
AD	浸入水_a	数値型	調査結果
AE	浸入水_b	数値型	調査結果
AF	浸入水_c	数値型	調査結果
AG	取付け管の突出し_a	数値型	調査結果
AH	取付け管の突出し_b	数値型	調査結果
AI	取付け管の突出し_c	数値型	調査結果
AJ	油脂の付着_a	数値型	調査結果
AK	油脂の付着_b	数値型	調査結果
AL	油脂の付着_c	数値型	調査結果
AM	樹木根侵入_a	数値型	調査結果
AN	樹木根侵入_b	数値型	調査結果
AO	樹木根侵入_c	数値型	調査結果
AP	モルタル付着_a	数値型	調査結果
AQ	モルタル付着_b	数値型	調査結果
AR	モルタル付着_c	数値型	調査結果
AS	偏平_a	数値型	調査結果
AT	偏平_b	数値型	調査結果
AU	変形_a	数値型	調査結果
AV	変形_b	数値型	調査結果
AW	緊急度(1～10)	数値型	「油脂の付着」、「樹木根侵入」、「モルタル付着」の評価を含めた緊急度判定結果（1：Ⅰ、2：Ⅱ、3：Ⅲ、4：劣化なし）
AX	緊急度(1～7)	数値型	「油脂の付着」、「樹木根侵入」、「モルタル付着」の評価を除いた緊急度判定結果（1：Ⅰ、2：Ⅱ、3：Ⅲ、4：劣化なし）
AY	緊急度の判定基準	テキスト型	緊急度の判定基準
AZ	追加年度	テキスト型	劣化データベースへのデータ追加年度

表 2-2 令和2年度末劣化データベース（分析用）の管種別・布設年度別・緊急度別のスパン数

管種別			布設年度別			緊急度別		
管種	スパン数	割合	布設年度	スパン数	割合	緊急度	スパン数	割合
陶管	110,892	24%	～1945	17,384	4%	劣化無し	107,302	24%
鉄筋コンクリート管	308,994	68%	～1970	137,835	30%	Ⅲ	194,583	43%
塩ビ管	24,181	5%	～1980	145,494	32%	Ⅱ	137,583	30%
その他・不明	11,614	3%	～1990	59,686	13%	Ⅰ	2,365	1%
計	455,681	100%	～2000	18,049	4%	判定無し・不明	13,848	3%
			2000～	12,849	3%	計	455,681	100%
			不明	64,384	14%			
			計	455,681	100%			

2.1.2. 「下水道管きよ劣化データベース（公開用）」の作成

劣化データベース（分析用）に登録されたデータのうち、地方公共団体から公開の許可が得られており、かつデータ欠損が少ない等の観点で抽出したデータを、公開用の劣化データベースに登録した。登録されているデータ数は約 31 万スパンとなり、平成 29 年に公開されたものから約 6 万スパン増加した。なお、延長は約 8,700km であり、全国の整備済み延長 480,000km（図 1-1）に対するカバー率は約 1.8%である。

劣化データベース（公開用）は、「下水道管きよ劣化データベース 2021 Ver.3」として、令和 3 年 6 月に公開した。表 2-3 に劣化データベース（公開用）のデータ追加履歴を示す。

表 2-3 劣化データベース（公開用）のデータ追加履歴

（単位：スパン）

管種	Ver2			Ver3		
	H23追加 分	H29追加 分	計	H30追加 分	R2追加 分	計
陶管	23,272	40,806	64,078	728	5,425	70,231
鉄筋コンクリート管	73,033	93,149	166,182	22,663	24,217	213,062
塩ビ管	6,480	8,925	15,405	1,057	2,898	19,360
その他	2	913	915	141	1,490	2,546
不明	2,400	343	2,743	36	377	3,156
計	105,187	144,136	249,323	24,625	34,407	308,355

2.1.3. 異常発生箇所データベースの作成

令和 2 年度の調査で記録表が収集できた 22 都市、3 万スパンについて異常発生位置、異常発生内容、異常ランク等のデータ整理を用い、データベースを作成した（以下、「異常発生箇所データベース」という。）。異常発生箇所データベースは、地方公共団体の公開許可を得られていないデータを含むため非公開としている。表 2-4 に、異常発生箇所データベースの管種別スパン数を示す。表 2-5 に、異常項目別箇所数を示す。

表 2-4 異常発生箇所データベースの管種別スパン数

管種	スパン数	割合
陶管	5,121	17%
鉄筋コンクリート管	22,467	76%
塩ビ管	1,121	4%
その他・不明	821	3%
計	29,530	100%

表 2-5 異常発生箇所データベースに含まれる異常項目別箇所数

異常項目	箇所数	割合
腐食	27,721	13%
たるみ	12,832	6%
破損	26,305	12%
クラック	28,879	13%
継手ズレ	52,124	24%
変形	56	0.03%
侵入水	32,301	15%
取付管突き出し	18,279	8%
油脂付着	338	0.2%
樹木根侵入	9,735	4%
モルタル付着	7,748	4%
クラック+破損	2	0.001%
クラック+侵入水	14	0.01%
継手ズレ+破損	3	0.001%
継手ズレ+侵入水	3	0.001%
侵入水+破損	1	0.0005%
油脂付着+モルタル付着	10	0.005%
計	216,351	100%

2.2. 「下水道管きょ健全率予測式」の作成

上述の劣化データベース（分析用）のデータを用いて、管種別（全管種、コンクリート管、陶管、硬質塩化ビニル管（以下、「塩化ビニル管」という。))の健全率予測式を作成した。なお、本研究で作成した健全率予測式は、「下水道管きょ健全率予測式 2021」として令和3年6月に公開された²⁾。

2.2.1. 健全率予測式作成の元となるデータの特性

まず、健全率予測式を作成する元となる劣化データベース（分析用）に登録されているデータの特

性を把握するために、図 2-1 に、劣化データベース（分析用）のデータの登録延長と全国の下水道管路管理延長（母集団）を都市規模別および管種別に整理した。図 2-1 から、劣化データベースに登録されているデータの特性が以下のとおり考察される。

- ・図 2-1 上段 A の通り、全国の管理延長（母集団）は、市町村の整備した管渠が多いが、劣化データベース（分析用）のデータは政令指定都市のデータが中心である。
- ・図 2-1 下段 B の通り、全国の管理延長（母集団）は、塩化ビニル管の延長が最も多いが、管渠劣化データベース（分析用）のデータは、コンクリート管が多くを占めている。
- ・劣化データベースのデータは 1970 年頃に布設された管が最も多いのに対し、実際の管理延長は、2000 年前後に布設されたものが最も多い。

このように、健全率予測式の元となるデータには偏りがあり、全国の管渠の母集団を代表しているとは言えないため、作成された健全率予測式を実際のマネジメントに活用する際は、元となるデータの特性を十分考慮する必要がある。例えば、全管種のデータで作成した健全率予測式は、塩化ビニル管の健全率予測には適用し難いなどに留意が必要である。

また、劣化データベース（分析用）に登録されているデータのうち、管齢の若い管渠については、劣化している管渠を優先的に調査している可能性があるため、劣化割合を過大に評価している可能性があることにも留意が必要である。

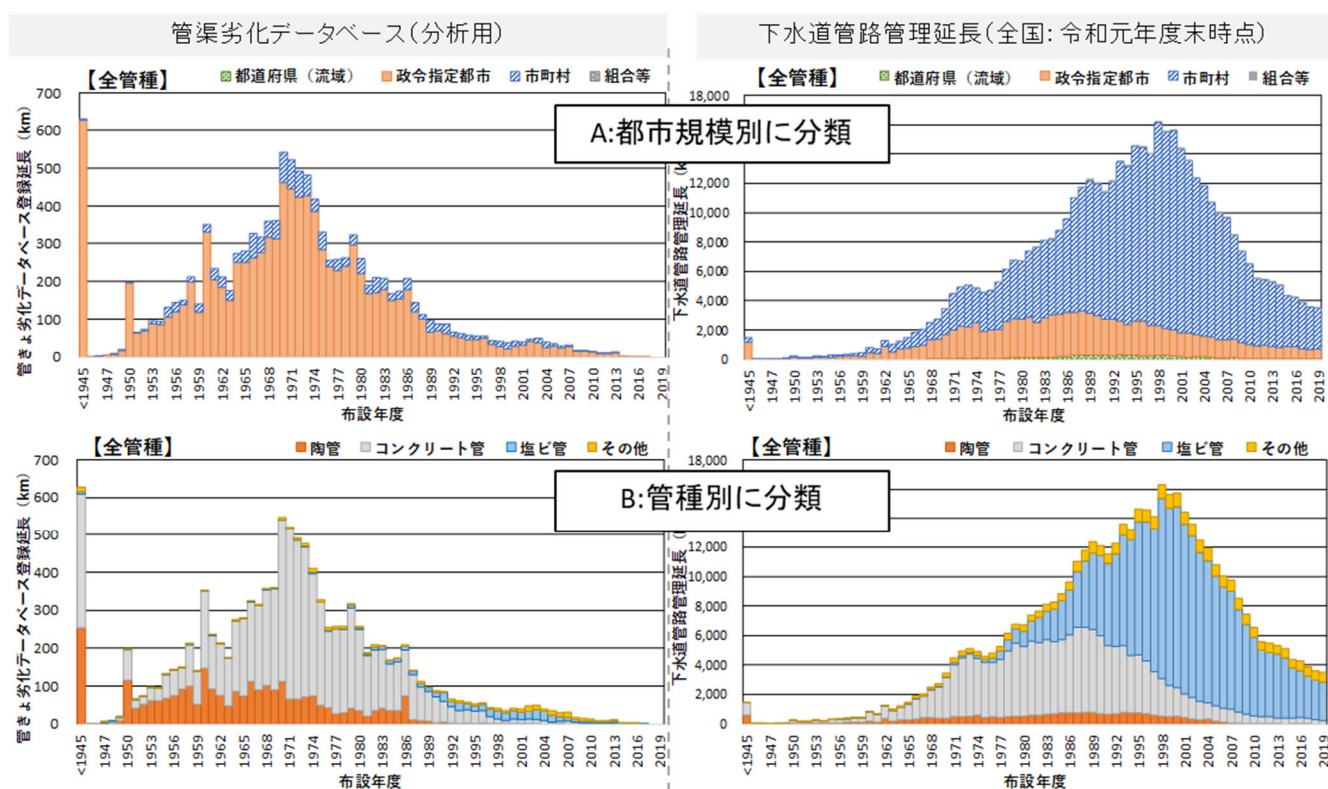


図 2-1 「管きょ劣化データベース（分析用）」の登録延長と下水道管路管理延長

2.2.2. 健全率予測式の作成方法

2.2.2.1. 健全率予測式の関数モデル

健全率予測式は、経過年数を説明変数とした予測式であり、年数の経過に伴って健全度が高い管渠の割合が低下していく（異常のある管渠の割合が増加していく）状況を表した式である（図 2-2）。管渠の経過年数と劣化割合の実測データがワイブル分布に精度良く近似することから、国総研下水道研究部は、

ワイブル分布を「下水道管きょ健全率予測式」の関数モデルとして使っている。

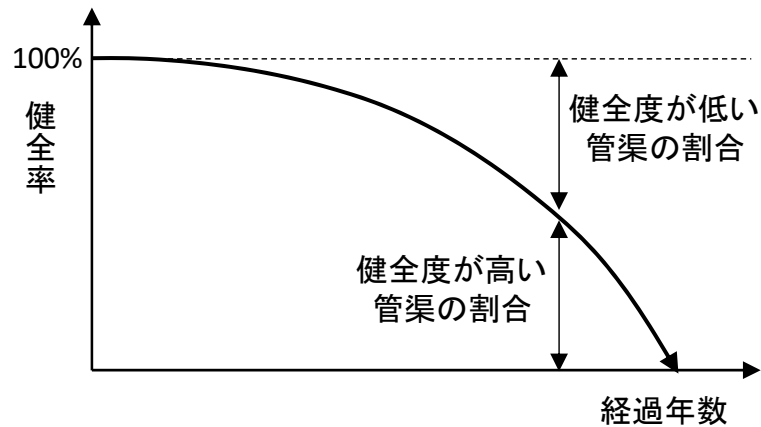


図 2-2 健全率予測式のイメージ

以下に、ワイブル分布の関数から健全率予測式を導出する過程を概説する。

ワイブル分布とは、機械や物体の故障確率を数式化するのに適した確率分布であり、鎖を引っ張る場合に、最も弱い輪が破壊することで、鎖全体が破壊したと見なすモデル(最弱リンクモデルと呼ばれる。)である。ワイブル係数(b)により、初期故障、偶発故障、摩耗故障等の時間経過に応じた故障確率を数学的に記述することが可能な点が特徴である。

ワイブル分布の確率密度関数 $f(t)$ は、以下の式で表される(式の導出過程については割愛する。)。この式は、ある瞬間 t で最初の故障が起こる確率を表す確率密度関数である。

$$f(t) = \left(\frac{b}{a}\right) \left(\frac{t}{a}\right)^{b-1} \exp\left(-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right)$$

ここに

a :尺度係数(時間のスケール決める係数)

b :形状係数(ワイブル係数)(分布の形を決める係数)

図 2-3 に、形状係数(ワイブル係数)を変化させた時の、ワイブル確率密度関数のグラフの例を示す。

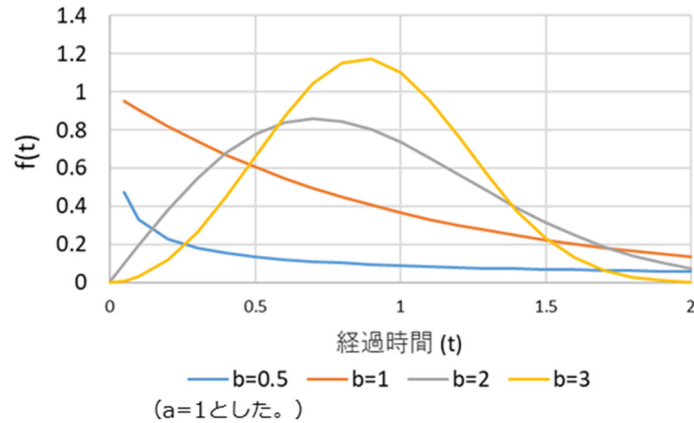


図 2-3 形状係数（ワイブル係数）を変化させた時のワイブル確率密度関数のグラフの例

図 2-3 に示すように、確率密度関数 $f(x)$ がピークとなる確率変数 t の位置とピークの大きさを形状係数（ワイブル係数）で調整することが可能である。

以下に、形状係数（ワイブル係数）の値と、表す故障確率の関係を示す³⁾。

$0 < b < 1$: 「初期故障確率」を表す。

$b=1$: 初期故障後の安定状態における「偶発故障確率」を表す。

$1 < b$: 劣化に伴い時間と共に故障が多くなる「摩耗故障確率」を表す。

（なお、ワイブル確率密度関数は、 $b=1$ の時に指数分布式となり、 b が大きくなるに従い正規分布に近づく。）

このことから、健全率予測式の形状係数（ワイブル分布）の値により、管渠がどのような故障モード（初期、偶発、摩耗）かを確認できる。

次に、ワイブル分布の累積分布関数 $F(t)$ は以下の式で表される。この式は、 $f(t)$ を 0 から t まで積分したものであり、時間 0 から t までの間に故障が起こる確率を示す。

$$F(t) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right)$$

ここに、

a : 尺度係数（時間のスケール決める係数）

b : 形状係数（ワイブル係数）（分布の形を決める係数）

図 2-4 に、形状係数（ワイブル係数）を変化させた時の、ワイブル累積分布関数のグラフの例を示す。

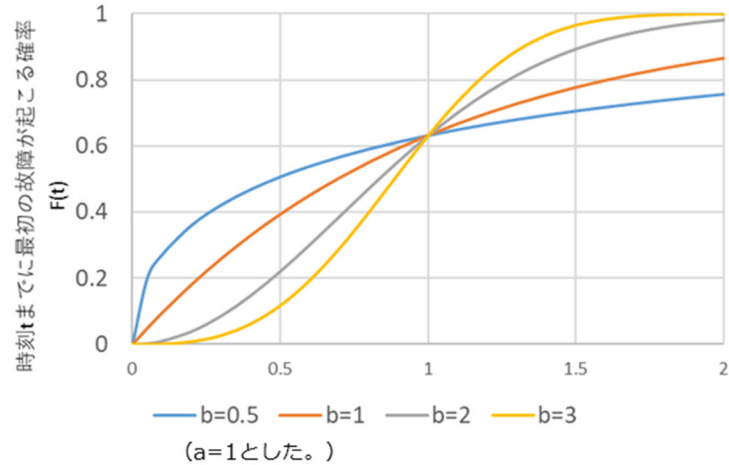


図 2-4 形状係数（ワイブル係数）を変化させた時のワイブル累積分布関数のグラフの例

健全率予測式は、時間 0 から t の間に故障が起これない (=健全) 確率として表すため、以下の式となる。

$$R(t) = 1 - F(t) = \exp\left(-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right)$$

なお、健全率予測式の作成においては、実測データをこの関数モデルに当てはめる回帰分析を行い、最小二乗法でパラメータ a, b を決定している。

2.2.2.2. 管渠の残存率

健全率予測式の作成においては、ある経過年数までに劣化により残存できなかった（改築された）管渠の割合を考慮する必要がある。

図 2-5 の左上図は、ある経過年数までの見かけの健全率を、左下図は累積残存率を示している。右図は①見かけの健全率に②累積残存率を乗じた③補正後の健全率であり、劣化により改築されたものを含めた健全率の推移を表している。

本研究では、平成 17 年度末から令和元年度末の 15 年間のデータから、経過年数 i 年における平均累積残存率を図 2-6 および表 2-6 のとおり算定し、健全率予測式の算定に用いた。

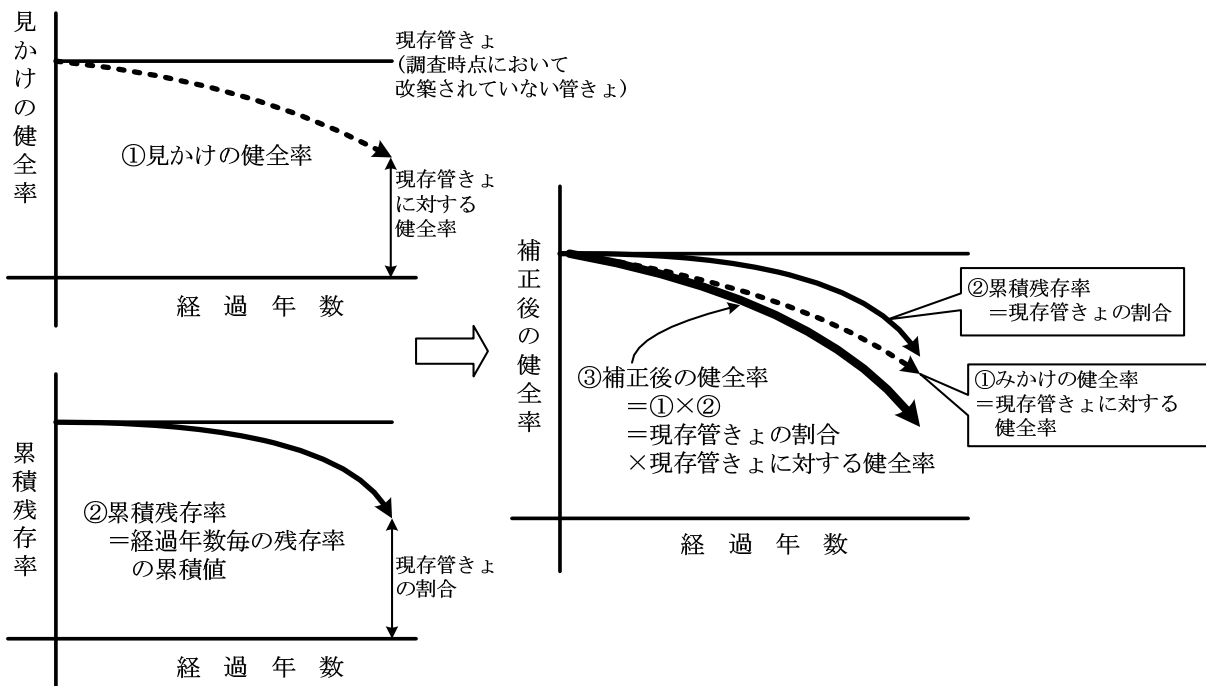


図 2-5 管渠累積残存率による健全率の補正方法

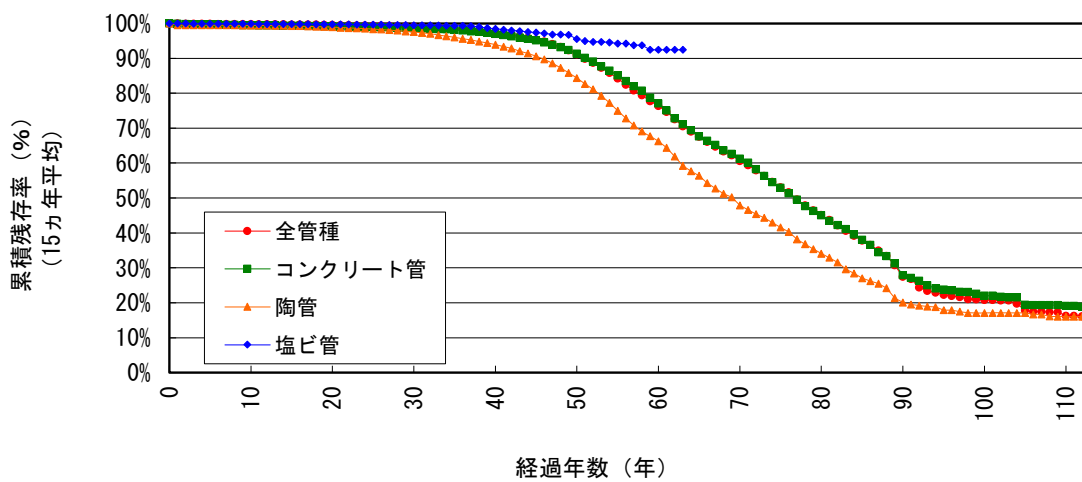


図 2-6 累積残存率 (15 ヶ年平均値：平成 17 年度末～令和元年度末)

表 2-6 平均累積残存率（15 ヵ年平均値：平成 17 年度末～令和元年度末）

15 ヵ年平均（H17末～R01末）											
全管種			コンクリート管			陶管			塩ビ管		
経過年数	平均累積残存率	平均改築率	経過年数	平均累積残存率	平均改築率	経過年数	平均累積残存率	平均改築率	経過年数	平均累積残存率	平均改築率
0	100.000%	0.000%	0	100.000%	0.000%	0	100.000%	0.000%	0	100.000%	0.000%
1	99.963%	0.037%	1	99.898%	0.102%	1	99.536%	0.464%	1	99.984%	0.016%
2	99.934%	0.029%	2	99.822%	0.076%	2	99.532%	0.004%	2	99.963%	0.021%
3	99.919%	0.015%	3	99.774%	0.048%	3	99.530%	0.002%	3	99.956%	0.007%
4	99.902%	0.016%	4	99.728%	0.046%	4	99.528%	0.002%	4	99.948%	0.008%
5	99.888%	0.014%	5	99.687%	0.041%	5	99.528%	0.000%	5	99.941%	0.007%
6	99.875%	0.013%	6	99.655%	0.031%	6	99.527%	0.001%	6	99.932%	0.009%
7	99.862%	0.013%	7	99.628%	0.027%	7	99.512%	0.016%	7	99.922%	0.010%
8	99.846%	0.016%	8	99.602%	0.027%	8	99.494%	0.017%	8	99.911%	0.011%
9	99.823%	0.022%	9	99.543%	0.059%	9	99.468%	0.026%	9	99.898%	0.013%
10	99.803%	0.020%	10	99.500%	0.043%	10	99.456%	0.012%	10	99.885%	0.013%
11	99.786%	0.018%	11	99.466%	0.034%	11	99.419%	0.038%	11	99.874%	0.011%
12	99.768%	0.017%	12	99.440%	0.027%	12	99.402%	0.017%	12	99.862%	0.011%
13	99.749%	0.019%	13	99.410%	0.030%	13	99.370%	0.033%	13	99.852%	0.010%
14	99.732%	0.018%	14	99.384%	0.026%	14	99.329%	0.041%	14	99.842%	0.010%
15	99.711%	0.021%	15	99.353%	0.030%	15	99.280%	0.049%	15	99.831%	0.011%
16	99.688%	0.022%	16	99.324%	0.029%	16	99.242%	0.038%	16	99.816%	0.016%
17	99.666%	0.023%	17	99.286%	0.038%	17	99.182%	0.061%	17	99.803%	0.013%
18	99.639%	0.026%	18	99.244%	0.042%	18	99.128%	0.054%	18	99.789%	0.014%
19	99.613%	0.027%	19	99.203%	0.042%	19	99.065%	0.064%	19	99.771%	0.017%
20	99.582%	0.031%	20	99.168%	0.035%	20	98.945%	0.121%	20	99.756%	0.016%
21	99.539%	0.043%	21	99.119%	0.049%	21	98.792%	0.155%	21	99.738%	0.018%
22	99.503%	0.037%	22	99.075%	0.045%	22	98.692%	0.102%	22	99.723%	0.014%
23	99.465%	0.038%	23	99.032%	0.044%	23	98.602%	0.090%	23	99.704%	0.019%
24	99.429%	0.036%	24	98.991%	0.042%	24	98.519%	0.084%	24	99.688%	0.016%
25	99.387%	0.042%	25	98.943%	0.048%	25	98.417%	0.104%	25	99.672%	0.016%
26	99.338%	0.049%	26	98.890%	0.053%	26	98.294%	0.125%	26	99.648%	0.024%
27	99.282%	0.057%	27	98.832%	0.058%	27	98.144%	0.153%	27	99.619%	0.029%
28	99.224%	0.058%	28	98.776%	0.057%	28	97.957%	0.191%	28	99.587%	0.032%
29	99.161%	0.064%	29	98.715%	0.062%	29	97.765%	0.196%	29	99.562%	0.025%
30	99.093%	0.068%	30	98.649%	0.068%	30	97.565%	0.204%	30	99.546%	0.016%
31	99.011%	0.083%	31	98.574%	0.075%	31	97.362%	0.208%	31	99.517%	0.030%
32	98.895%	0.118%	32	98.468%	0.108%	32	97.045%	0.325%	32	99.475%	0.041%
33	98.781%	0.115%	33	98.379%	0.090%	33	96.658%	0.400%	33	99.424%	0.052%
34	98.677%	0.104%	34	98.279%	0.102%	34	96.388%	0.279%	34	99.388%	0.036%
35	98.521%	0.158%	35	98.127%	0.154%	35	96.028%	0.374%	35	99.351%	0.038%
36	98.356%	0.168%	36	97.973%	0.157%	36	95.650%	0.393%	36	99.318%	0.032%
37	98.155%	0.204%	37	97.770%	0.208%	37	95.279%	0.388%	37	99.236%	0.083%
38	97.938%	0.221%	38	97.557%	0.218%	38	94.828%	0.474%	38	99.056%	0.182%
39	97.709%	0.234%	39	97.326%	0.236%	39	94.404%	0.446%	39	98.667%	0.392%
40	97.432%	0.283%	40	97.041%	0.293%	40	93.927%	0.506%	40	98.483%	0.186%
41	97.080%	0.361%	41	96.676%	0.377%	41	93.401%	0.560%	41	98.182%	0.306%
42	96.722%	0.369%	42	96.313%	0.375%	42	92.853%	0.586%	42	97.984%	0.202%
43	96.277%	0.460%	43	95.916%	0.412%	43	92.051%	0.863%	43	97.849%	0.137%
44	95.885%	0.407%	44	95.533%	0.399%	44	91.402%	0.705%	44	97.609%	0.245%
45	95.419%	0.486%	45	95.129%	0.423%	45	90.600%	0.878%	45	97.374%	0.241%
46	94.830%	0.617%	46	94.584%	0.574%	46	89.754%	0.934%	46	97.153%	0.226%
47	94.093%	0.778%	47	93.925%	0.696%	47	88.576%	1.313%	47	96.816%	0.347%
48	93.276%	0.869%	48	93.224%	0.747%	48	87.315%	1.423%	48	96.813%	0.004%
49	92.313%	1.032%	49	92.407%	0.876%	49	85.820%	1.712%	49	96.733%	0.082%
50	91.181%	1.227%	50	91.302%	1.196%	50	84.393%	1.663%	50	95.524%	1.250%
51	89.917%	1.386%	51	90.159%	1.251%	51	82.675%	2.036%	51	94.956%	0.595%
52	88.732%	1.318%	52	89.038%	1.243%	52	81.152%	1.842%	52	94.769%	0.197%
53	87.332%	1.577%	53	87.738%	1.460%	53	79.322%	2.255%	53	94.732%	0.039%
54	85.843%	1.706%	54	86.478%	1.436%	54	77.289%	2.563%	54	94.594%	0.146%
55	84.241%	1.866%	55	85.127%	1.562%	55	75.020%	2.936%	55	94.244%	0.370%
56	82.456%	2.119%	56	83.485%	1.929%	56	72.819%	2.934%	56	94.244%	0.000%
57	80.842%	1.957%	57	82.068%	1.698%	57	70.788%	2.789%	57	93.745%	0.530%
58	79.429%	1.747%	58	80.743%	1.614%	58	69.111%	2.369%	58	93.745%	0.000%
59	77.743%	2.124%	59	78.729%	2.494%	59	67.760%	1.955%	59	92.492%	1.336%

15年平均 (H17末～R01末)											
全管種			コンクリート管			陶管			塩ビ管		
経過年数	平均 累積残存率	平均 改築率	経過年数	平均 累積残存率	平均 改築率	経過年数	平均 累積残存率	平均 改築率	経過年数	平均 累積残存率	平均 改築率
60	76.358%	1.781%	60	77.067%	2.110%	60	66.287%	2.174%	60	92.492%	0.000%
61	74.649%	2.238%	61	75.089%	2.567%	61	64.401%	2.845%	61	92.492%	0.000%
62	72.556%	2.804%	62	72.816%	3.028%	62	61.899%	3.885%	62	92.492%	0.000%
63	70.534%	2.787%	63	71.080%	2.384%	63	59.238%	4.299%	63	92.492%	0.000%
64	69.055%	2.096%	64	69.423%	2.331%	64	57.679%	2.632%			
65	67.578%	2.139%	65	67.622%	2.594%	65	56.379%	2.254%			
66	66.105%	2.179%	66	66.458%	1.721%	66	54.319%	3.653%			
67	64.753%	2.045%	67	65.188%	1.912%	67	52.744%	2.901%			
68	63.315%	2.221%	68	63.682%	2.311%	68	51.244%	2.843%			
69	62.192%	1.774%	69	62.586%	1.721%	69	50.238%	1.963%			
70	60.579%	2.593%	70	61.261%	2.116%	70	47.889%	4.676%			
71	59.370%	1.996%	71	60.086%	1.918%	71	46.571%	2.751%			
72	57.921%	2.441%	72	58.286%	2.995%	72	45.380%	2.559%			
73	56.341%	2.728%	73	56.355%	3.314%	73	44.377%	2.210%			
74	54.654%	2.993%	74	54.575%	3.158%	74	42.985%	3.138%			
75	53.075%	2.890%	75	52.937%	3.001%	75	41.558%	3.318%			
76	51.611%	2.758%	76	51.340%	3.017%	76	40.290%	3.053%			
77	49.605%	3.886%	77	49.508%	3.569%	77	38.191%	5.208%			
78	47.909%	3.419%	78	47.622%	3.809%	78	36.809%	3.619%			
79	46.470%	3.005%	79	46.298%	2.781%	79	35.383%	3.873%			
80	45.119%	2.906%	80	45.068%	2.656%	80	34.078%	3.688%			
81	43.677%	3.198%	81	43.452%	3.587%	81	32.915%	3.413%			
82	42.198%	3.385%	82	42.260%	2.742%	82	31.534%	4.195%			
83	40.593%	3.804%	83	41.067%	2.824%	83	29.658%	5.950%			
84	39.158%	3.534%	84	39.553%	3.686%	84	28.377%	4.319%			
85	37.753%	3.588%	85	38.051%	3.798%	85	27.002%	4.845%			
86	36.570%	3.134%	86	36.584%	3.855%	86	26.248%	2.794%			
87	34.971%	4.372%	87	34.514%	5.657%	87	25.492%	2.878%			
88	33.453%	4.339%	88	33.341%	3.399%	88	24.183%	5.138%			
89	30.717%	8.179%	89	31.271%	6.209%	89	21.334%	11.781%			
90	27.428%	10.708%	90	27.922%	10.709%	90	20.038%	6.072%			
91	26.758%	2.444%	91	27.087%	2.990%	91	19.515%	2.613%			
92	24.355%	8.982%	92	26.299%	2.910%	92	19.201%	1.606%			
93	23.380%	4.000%	93	24.989%	4.981%	93	18.916%	1.487%			
94	22.883%	2.128%	94	24.080%	3.636%	94	18.749%	0.880%			
95	22.223%	2.883%	95	23.768%	1.297%	95	17.890%	4.585%			
96	21.961%	1.182%	96	23.531%	0.998%	96	17.856%	0.187%			
97	21.576%	1.751%	97	23.129%	1.708%	97	17.452%	2.267%			
98	21.074%	2.327%	98	23.052%	0.332%	98	17.092%	2.060%			
99	20.951%	0.586%	99	22.604%	1.945%	99	17.092%	0.000%			
100	20.775%	0.838%	100	22.045%	2.473%	100	17.092%	0.000%			
101	20.763%	0.060%	101	22.015%	0.135%	101	17.092%	0.000%			
102	20.672%	0.437%	102	21.677%	1.534%	102	17.092%	0.000%			
103	20.624%	0.231%	103	21.566%	0.511%	103	17.092%	0.000%			
104	19.779%	4.096%	104	21.566%	0.000%	104	17.092%	0.000%			
105	17.817%	9.921%	105	19.426%	9.925%	105	17.092%	0.000%			
106	17.521%	1.664%	106	19.362%	0.327%	106	16.694%	2.328%			
107	17.521%	0.000%	107	19.362%	0.000%	107	16.694%	0.000%			
108	17.349%	0.978%	108	19.362%	0.000%	108	16.136%	3.343%			
109	17.334%	0.084%	109	19.352%	0.051%	109	16.053%	0.515%			
110	16.287%	6.041%	110	19.113%	1.239%	110	16.053%	0.000%			
111	16.287%	0.000%	111	19.113%	0.000%	111	16.053%	0.000%			
112	16.121%	1.019%	112	18.897%	1.126%	112	16.053%	0.000%			
113	16.121%	0.000%	113	18.897%	0.000%	113	16.053%	0.000%			
114	14.986%	7.040%	114	17.430%	7.767%	114	16.053%	0.000%			

：累積残存率が50%を下回った経過年数

2.2.2.3. 健全率予測式の読み方

下水道管渠の健全率とは、布設済みの全管渠に対する健全な（ある緊急度ランク以上の）管渠の割合のことである。健全率予測式は、健全率が経過年数とともにどのように推移するかを予測する関係式で、図 2-7 のように、健全率曲線（グラフ）と共に示される。本資料では簡便のため数式と健全率曲線（グラフ）を健全率予測式と総称する。

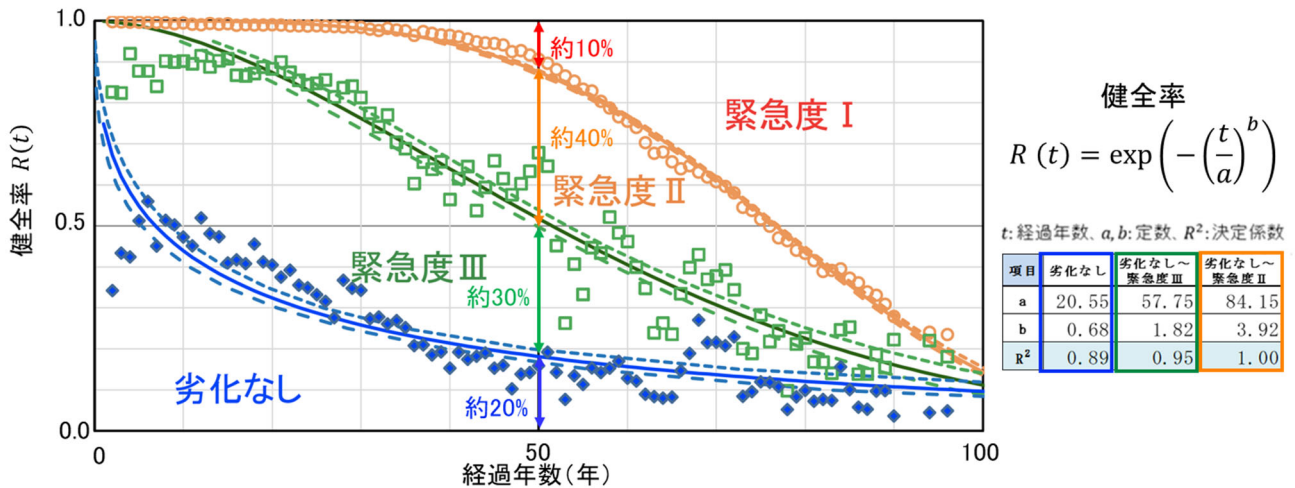


図 2-7 健全率予測式のイメージ

ここで、図 2-7 の 3 本の健全率予測式の意味は以下の通り。

- ・ 青の曲線は、調査した管渠全体のうち「劣化無し」であった割合を健全率とした場合の健全率予測式
- ・ 緑の曲線は、「劣化無し」と「緊急度Ⅲ」であった合計割合を健全率とした場合の健全率予測式
- ・ 橙の曲線は、「劣化無し」と「緊急度Ⅲ」と「緊急度Ⅱ」であった合計割合を健全率とした場合の健全率予測式

すなわち、青の曲線の下領域は「劣化無し」の割合を示し、緑の曲線と青の曲線に挟まれた領域は「緊急度Ⅲ」の割合を示し、橙の曲線と緑の曲線に挟まれた領域は「緊急度Ⅱ」の割合を示し、橙の曲線の上領域は「緊急度Ⅰ」の割合を示す。

例えば、経過年数（設置後）50 年を経過した管渠の全体の劣化状況は、

- ・ 劣化なし（健全）の管渠は約 20%
- ・ 緊急度Ⅲ（軽度）の管渠は約 30%
- ・ 緊急度Ⅱ（中度）の管渠は約 40%
- ・ 緊急度Ⅰ（重度）の管渠は約 10%

と推定できると読み取る。このように、健全率予測式は、設置からある年数経過した管路施設全体資産に対する健全資産あるいは劣化資産の割合を示すものである。個々の管あるいはスパンの健全度の時間的な劣化過程をあらわすものではないことに留意が必要である。

なお、緊急度とは、テレビカメラ等による管渠調査の結果発見された異常の程度を、判定基準により診断評価し、その結果をもとに緊急度の判定を行い、修繕・改築等対策の必要性を判断するもので、表 2-7 のように区分される。また、緊急度の判定フローの例を図 2-8 に示す。

表 2-7 緊急度の区分（下水道維持管理指針 2014 を参考に作成 4）

区分	緊急度の区分	
緊急度Ⅰ	重度	速やかに措置が必要な場合
緊急度Ⅱ	中度	簡易な対応により必要な措置を5年未満まで延長できる場合
緊急度Ⅲ	軽度	簡易な対応により必要な措置を5年以上に延長できる場合
劣化なし	健全	特別な措置を講じる必要がない場合

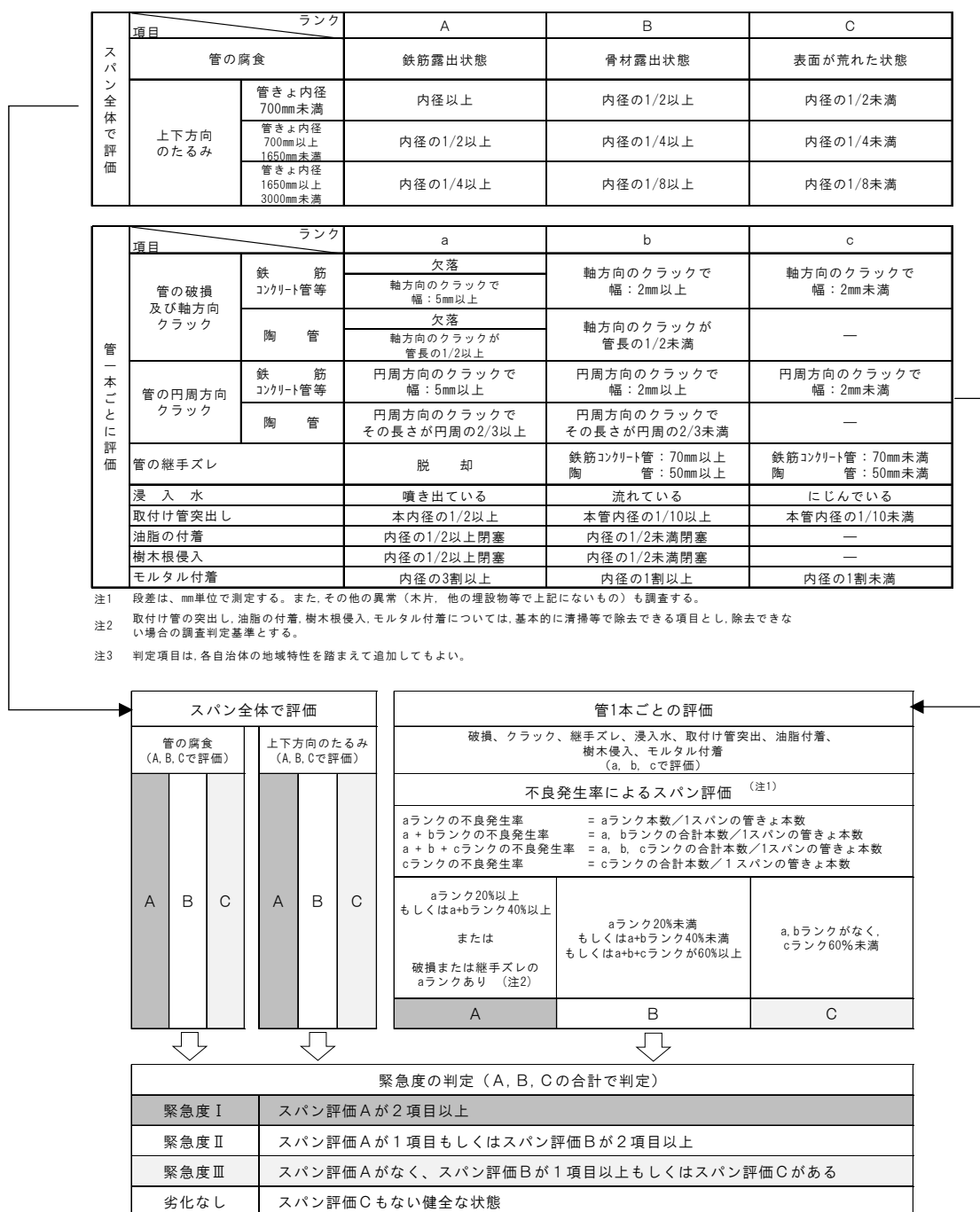


図 2-8 緊急度の判定フローの例（下水道維持管理指針 2014 を参考に作成 4）

2.2.3. 健全率予測式の作成結果

以下に、全管種および管種毎の健全率予測式の作成結果を示す。健全率曲線の読み方については、2.2.2.3.を参照されたい。

2.2.3.1. 全管種の健全率予測式

全管種の調査データをワイブル分布に当てはめて得た健全率予測式を、図 2-9 に示す。3本の曲線の決定係数 R^2 はいずれも 1 に近く、ワイブル分布によく近似している。

緊急度Ⅱと緊急度Ⅰを速やかな対応が必要な劣化資産とみなす場合は、緑の曲線を読み取ることとなり、例えば経過年数 50 年の時点の健全率は 0.5 であるため、設置から 50 年が経過した管渠群は健全資産（劣化なしと緊急度Ⅲの合計）の割合が 50%、劣化資産（緊急度Ⅱと緊急度Ⅰの合計）の割合が 50% と推定される。

また、緑の曲線の形状係数（ワイブル係数） b は、 $1.82 > 1$ であるため、2.2.2.1 に示すとおり、時間と共に劣化に伴う故障が多くなる「摩耗故障確率」のモードで、管渠の異常が発生していることが示唆される。

項目	劣化なし	劣化なし～ 緊急度Ⅲ	劣化なし～ 緊急度Ⅱ
a	20.55	57.75	84.15
b	0.68	1.82	3.92
R^2	0.89	0.95	1.00

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right]$$

$R(t)$: 健全率、 t : 経過年数、 a, b : 定数、 R^2 : 決定係数

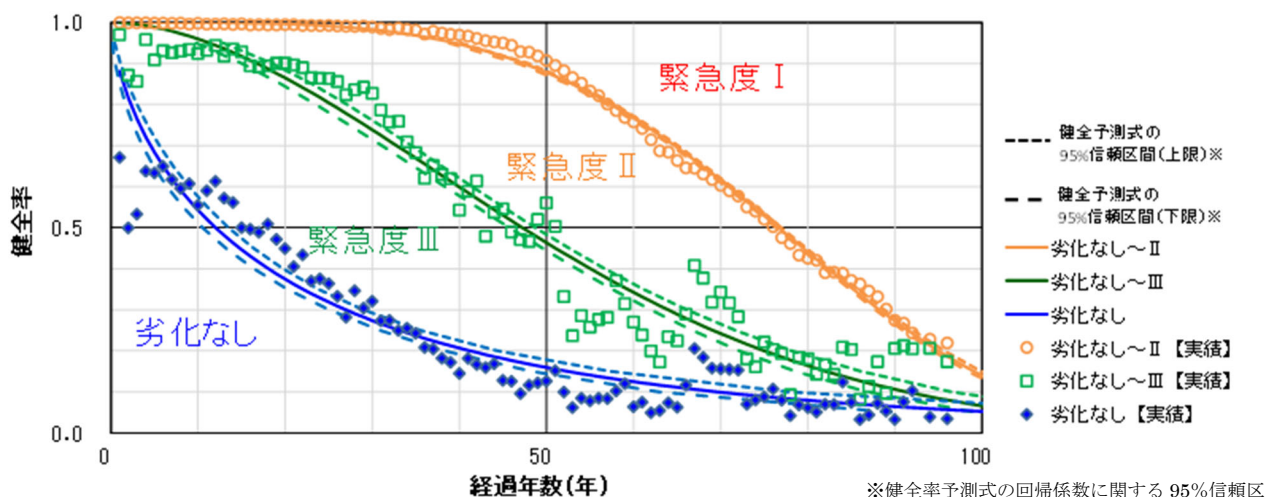


図 2-9 健全率予測式（全管種）

2.2.3.2. 鉄筋コンクリート管の健全率予測式

鉄筋コンクリート管の調査データをワイブル分布に当てはめて得た健全率予測式を、図 2-10 に示す。3本の曲線の決定係数 R^2 はいずれも 1 に近く、ワイブル分布によく近似している。

緊急度Ⅱと緊急度Ⅰを速やかな対応が必要な劣化資産とみなす場合は、緑の曲線を読み取ることとなり、例えば経過年数 50 年の時点の健全率は 0.5 であるため、設置から 50 年が経過した鉄筋コンクリート管の管渠群は健全資産（劣化なしと緊急度Ⅲの合計）の割合が 50%、劣化資産（緊急度Ⅱと緊急度Ⅰの合計）の割合が 50%と推定される。

また、緑の曲線の形状係数（ワイブル係数） b は、 $1.73 > 1$ であるため、2.2.2.1 に示すとおり、時間と共に劣化に伴う故障が多くなる「摩耗故障確率」のモードで、コンクリート管の異常が発生していることが示唆される。

コンクリート管の健全率予測式は、2.2.3.1 で示した全管種の健全率予測式とほぼ同様である。これは、2.2.1 で示したように、管渠劣化データベース（分析用）のデータは、鉄筋コンクリート管が多くを占めているためである。

項目	劣化なし	劣化なし～ 緊急度Ⅲ	劣化なし～ 緊急度Ⅱ
a	15.39	63.62	84.28
b	0.45	1.73	3.86
R^2	0.77	0.93	0.99

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right] \quad R(t): \text{健全率}, t: \text{経過年数}, a, b: \text{定数}, R^2: \text{決定係数}$$

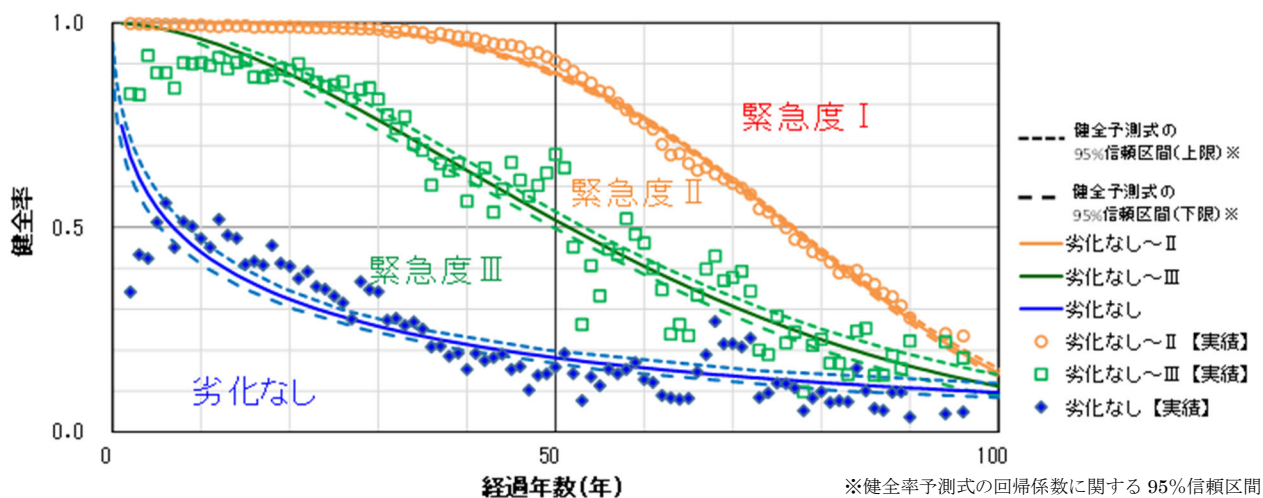


図 2-10 健全率予測式（鉄筋コンクリート管）

2.2.3.3. 陶管の健全率予測式

陶管の調査データをワイブル分布に当てはめて得た健全率予測式を、図 2-11 に示す。緑の曲線（劣化なし～緊急度Ⅲ）および橙の曲線（劣化なし～緊急度Ⅱ）の2本の曲線の決定係数 R^2 はいずれも 1 に近く、ワイブル分布によく近似している。一方、青の曲線（劣化無し）の決定係数 R^2 は 0.65 と低いため、この曲線に限っては、ワイブル分布が関数モデルとして適切とはいえない。

緊急度Ⅱと緊急度Ⅰを速やかな対応が必要な劣化資産とみなす場合は、緑の曲線を読み取ることとなり、例えば経過年数 50 年の時点の健全率は 0.33 であるため、設置から 50 年が経過した陶管の管渠群は健全資産（劣化なしと緊急度Ⅲの合計）の割合が 33%、劣化資産（緊急度Ⅱと緊急度Ⅰの合計）の割合が 67%と推定される。

また、緑の曲線の形状係数（ワイブル係数） b は、 $2.01 > 1$ であるため、2.2.2.1 に示すとおり、時間と共に劣化に伴う故障が多くなる「摩耗故障確率」のモードで、陶管の異常が発生していることが示唆される。

陶管と鉄筋コンクリート管の健全率予測式の比較より、陶管の方が若干劣化の進行が早い可能性が示唆される。

項目	劣化なし	劣化なし～緊急度Ⅲ	劣化なし～緊急度Ⅱ
a	8.11	47.33	77.41
b	0.46	2.01	3.68
R^2	0.65	0.92	1.00

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right]$$

$R(t)$: 健全率、 t : 経過年数、 a, b : 定数、 R^2 : 決定係数

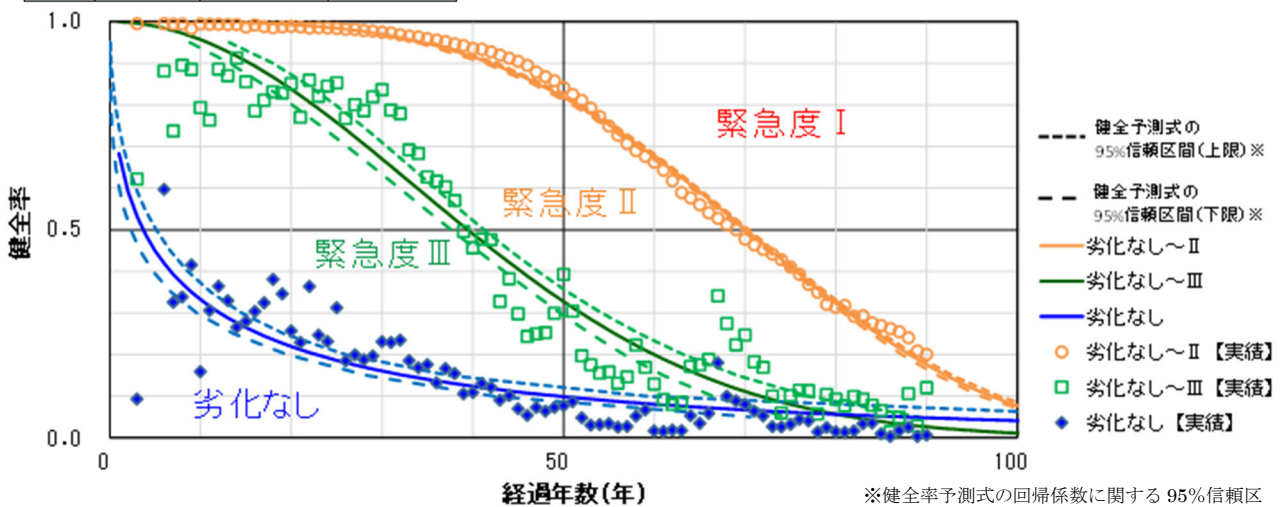


図 2-11 健全率予測式（陶管）

2.2.3.4. 塩化ビニル管の健全率予測式

塩化ビニル管の調査データをワイブル分布式に当てはめて得た健全率予測式を、図 2-12 に示す。3本の曲線の決定係数 R^2 はいずれも 0.1 未満であり、現時点では、塩化ビニル管の健全率予測式の算定にワイブル分布を関数モデルとして使うことが適切か否かは判断できない。これは、2.2.1 に示す通り、塩化ビニル管については、陶管や鉄筋コンクリート管と比べ歴史が浅く調査データが少ないこと、劣化が発生している標本数が少ないためである。別途、直線式を当てはめて作成した健全率予測式においても、決定係数 R^2 はほぼ 1.0 未満と、よい近似は得られなかった。このように、現時点で塩化ビニル管について得られている調査データの限りでは、経過年数と異常発生に関連性が見いだせていない。

現在、全国の下水道実施団体の約 85% を占める中小規模地方公共団体（人口 10 万人未満）においては塩化ビニル管による下水道整備が主流であり、人員体制や財政の厳しさが増す中小規模地方公共団体にとっては、塩化ビニル管に関するマネジメントの効率化が重要である。そのため、今後も塩化ビニル管の調査データの蓄積が必要であるとともに、塩化ビニル管の調査データに限られる中においては、例えば、管渠条件（管径、路線延長、スパン内の管本数、設置年度、経過年数、土被り、道路種別、歩車道区分等）を説明変数とする塩化ビニル管の劣化予測手法の開発など、健全率予測式とは異なるアプローチを試みることも有効と考えられる。

項目	劣化なし	劣化なし～Ⅲ	劣化なし～Ⅱ
a	1.4E+07	456.85	116.04
b	0.09	1.13	3.90
R^2	0.03	0.27	0.98

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right] \quad R(t): \text{健全率}, t: \text{経過年数}, a, b: \text{定数}, R^2: \text{決定係数}$$

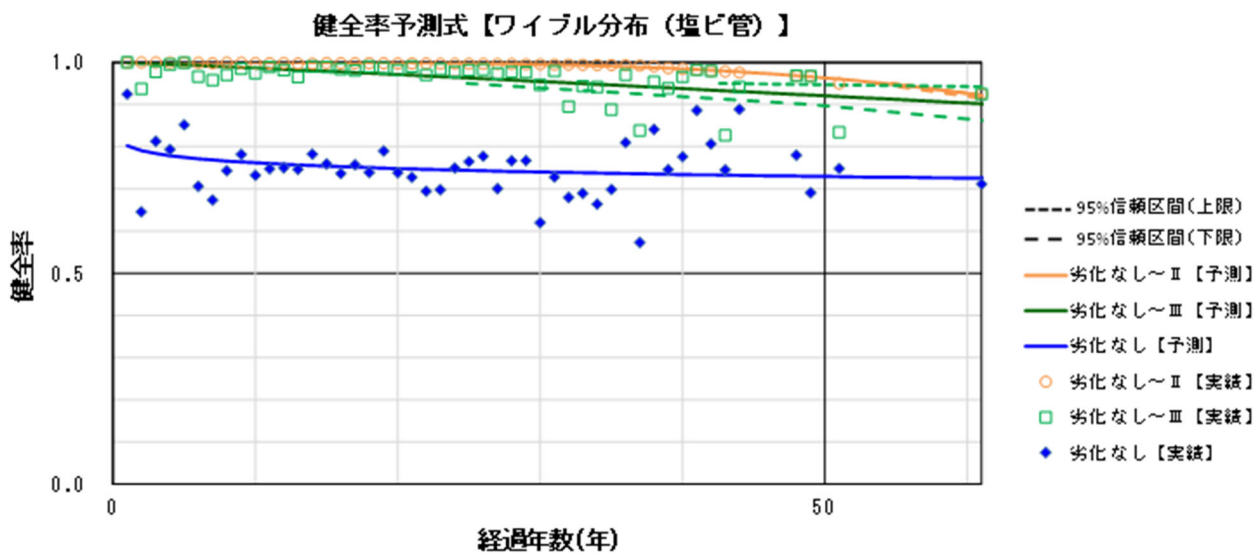


図 2-12 健全率予測式（塩化ビニル管）

※健全率予測式の回帰係数に関する 95%信頼区

2.3. 下水道管渠の劣化傾向の分析

管渠の劣化の傾向を把握することで、効率的かつ効果的な管渠の点検・調査技術の選定につながることを期待できる。そのため、劣化データベース（分析用）および異常発生箇所データベースに登録されているデータを基に、鉄筋コンクリート管、陶管、塩化ビニル管の管種別に、部位別（継手部、本管部、取付管部）の異常発生状況を把握するとともに、スパン内での異常発生位置および異常項目と管渠条件の関係を整理し定性的に把握した。

2.3.1. 鉄筋コンクリート管の劣化傾向

(1) 部位別の異常の発生状況（鉄筋コンクリート管）

表 2-8 に鉄筋コンクリート管の部位別の異常の発生状況を示す。また、図 2-13 に異常項目の発生割合のグラフを示す。

異常項目の発生割合は、継手ズレが 27.5%と最も高く、次いで腐食が 16.5%（うち本管部 16.4%）、浸入水が 15.8%（うち継手部 9.9%）である。

表 2-8 異常項目別の発生状況（鉄筋コンクリート管）

	箇所数				異常項目別割合			全体割合			
	本管部	継手部	取付管 (可視範囲)	計	本管部	継手部	取付管 (可視範囲)	本管部	継手部	取付管 (可視範囲)	計
腐食	26,104	235	14	26,353	99.1%	0.9%	0.1%	16.4%	0.1%	0.0%	16.5%
上下のたるみ	8,225	243	8	8,476	97.0%	2.9%	0.1%	5.2%	0.2%	0.0%	5.3%
破損(軸方向クラック)	10,641	4,064	1,323	16,028	66.4%	25.4%	8.3%	6.7%	2.6%	0.8%	10.1%
円周方向クラック	14,612	184		14,796	98.8%	1.2%	0.0%	9.2%	0.1%	0.0%	9.3%
継手ズレ	226	43,505	95	43,826	0.5%	99.3%	0.2%	0.1%	27.3%	0.1%	27.5%
偏平・変形											
浸入水	6,991	15,726	2,473	25,190	27.8%	62.4%	9.8%	4.4%	9.9%	1.6%	15.8%
取付管突出	100		12,191	12,291	0.8%	0.0%	99.2%	0.1%	0.0%	7.7%	7.7%
油脂付着	275	6	11	292	94.2%	2.1%	3.8%	0.2%	0.0%	0.0%	0.2%
樹木根侵入	714	4,354	801	5,869	12.2%	74.2%	13.6%	0.4%	2.7%	0.5%	3.7%
モルタル付着	5,123	730	286	6,139	83.5%	11.9%	4.7%	3.2%	0.5%	0.2%	3.9%
計	73,011	69,047	17,202	159,260				45.8%	43.4%	10.8%	100.0%

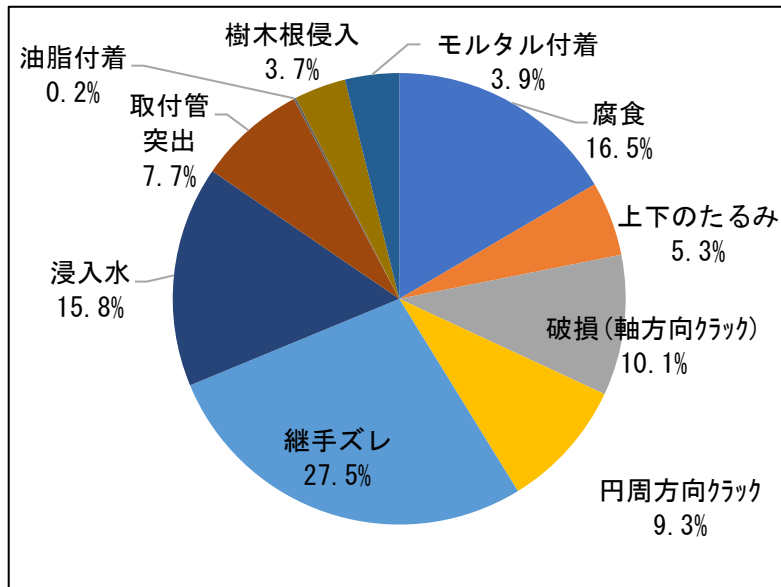


図 2-13 異常項目の発生割合 (鉄筋コンクリート管)

(2) 異常の発生位置の傾向 (鉄筋コンクリート管)

本管のスパン内においてどのような位置に異常が多いか等の傾向を把握することで、異常発生傾向に応じた効率的かつ効果的な点検・調査手法の選定 (管口からの目視点検、管口カメラによるスクリーニング、TVカメラ調査など) が可能になると考えられる。そこで、異常発生箇所データベースに登録されているデータのうち、異常の発生位置を特定できるものについて、図 2-14 に示すように、管口からスパン中心までの位置を割合で表示する方法で異常発生位置を整理し、傾向を分析した。なお、管口を 0%、スパン中心位置を 100%とした。

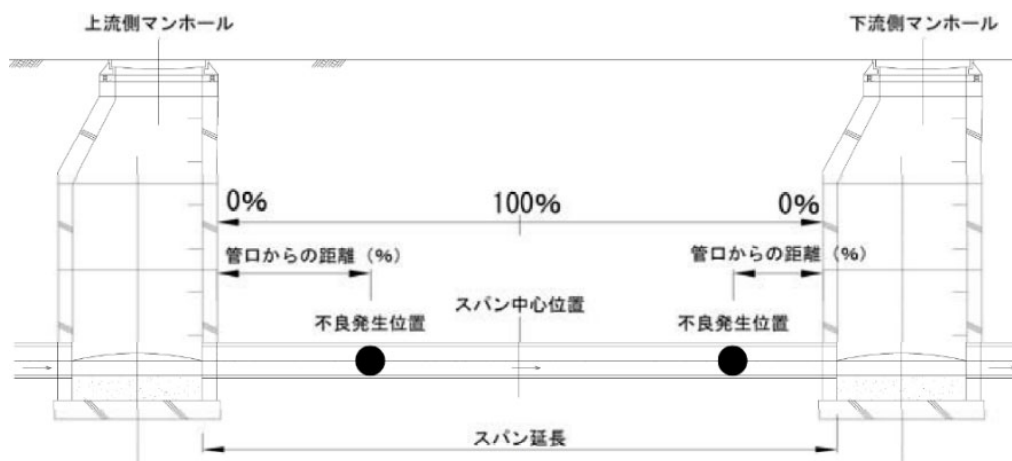


図 2-14 異常発生位置の表示方法

鉄筋コンクリート管の発生位置別の異常の発生箇所数を表 2-9 に示す。また、図 2-15 に、異常項目別に発生位置と箇所数をまとめたグラフを示す。

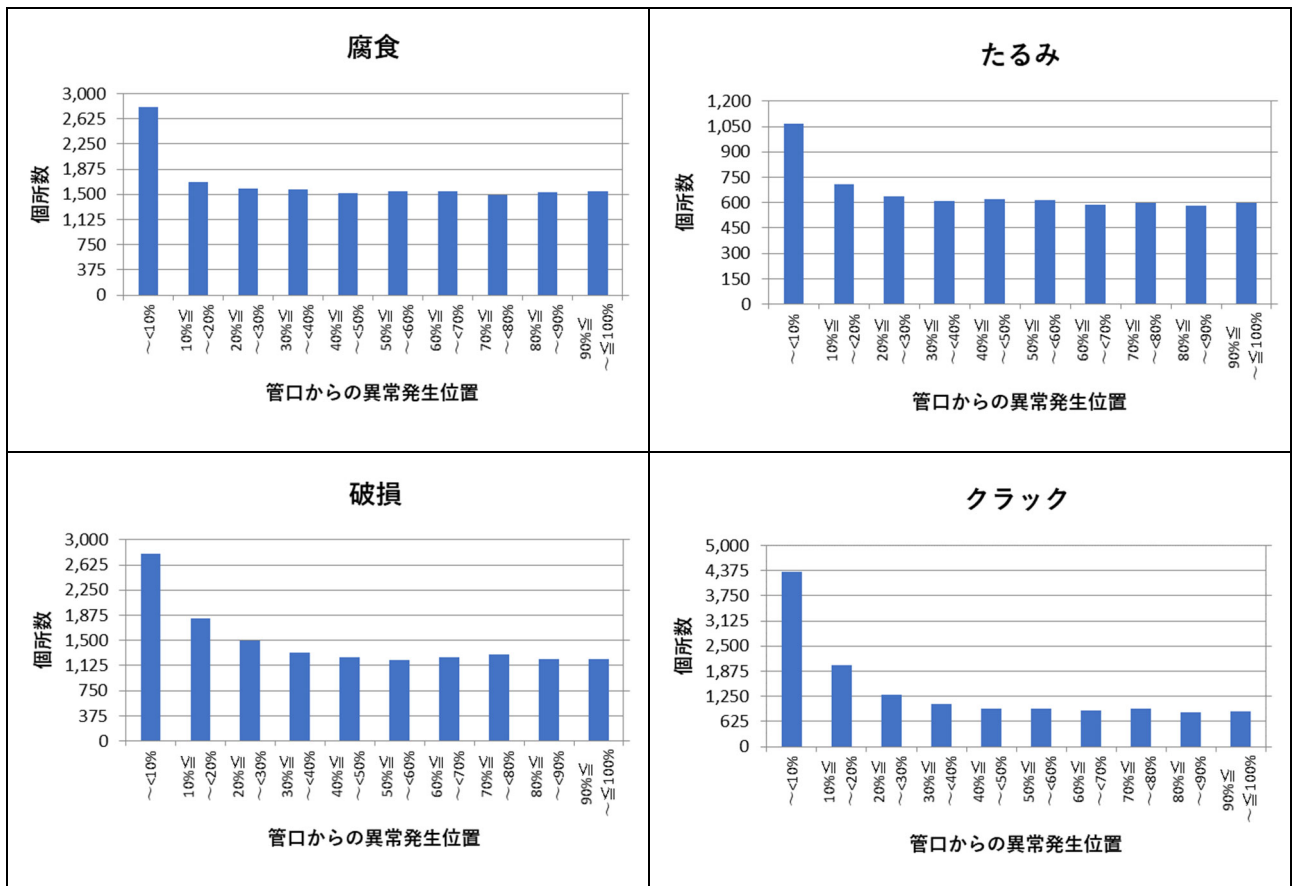
鉄筋コンクリート管については、腐食、たるみ、破損、クラック、浸入水、油脂付着、モルタル付着は、管口周辺 (管口から 10%未満) での発生割合が高くなっている。特にクラックは、管口周辺に集中

しており、これは、常時荷重や活荷重の応力集中により構造障害が発生しやすいためと考えられる。一方、継手ズレ、取付管突き出し、樹木根浸入については、発生位置に特徴的な傾向はみられない。

上記の傾向より、管口カメラにより管口周辺を重点的にスクリーニング調査にすることは、腐食や破損、クラック等の異常を発見することに関し、一定の有効性があると言える。

表 2-9 発生位置別の異常の発生箇所数（鉄筋コンクリート管）

異常項目	異常発生位置									
	～<10%	10%≤ ～<20%	20%≤ ～<30%	30%≤ ～<40%	40%≤ ～<50%	50%≤ ～<60%	60%≤ ～<70%	70%≤ ～<80%	80%≤ ～<90%	90%≤ ～≤100%
腐食	2,805	1,683	1,591	1,569	1,513	1,549	1,543	1,495	1,538	1,547
たるみ	1,069	707	639	607	620	614	586	601	584	596
破損	2,786	1,826	1,503	1,317	1,248	1,205	1,255	1,293	1,225	1,226
クラック	4,337	2,018	1,280	1,069	945	943	898	948	860	881
継手ズレ	1,122	4,965	4,966	4,813	4,576	4,645	4,482	4,509	4,522	4,522
変形	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
浸入水	2,790	2,607	2,378	2,207	2,200	2,186	2,144	2,079	2,147	2,217
取付管突き出し	454	703	670	691	727	701	726	715	780	785
油脂付着	42	25	22	17	27	20	16	19	19	21
樹木根侵入	416	611	564	567	546	537	547	558	568	556
モルタル付着	963	708	570	468	452	486	455	458	452	488
クラック+破損	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
クラック+浸入水	6	0	3	1	0	0	1	1	2	0
継手ズレ+破損	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
継手ズレ+浸入水	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1
浸入水+破損	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
油脂付着+モルタル付着	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



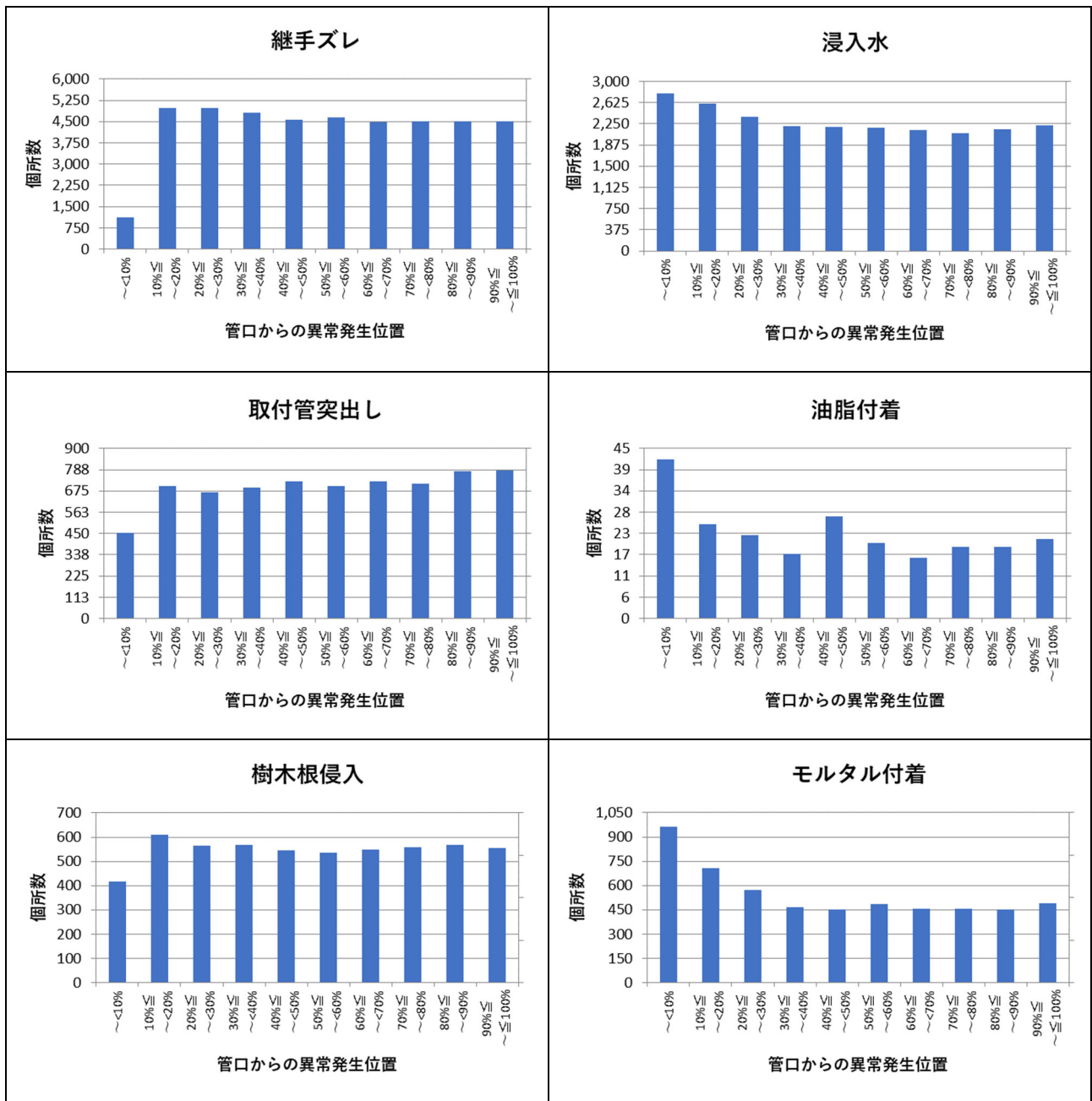


図 2-15 異常項目別の発生位置と箇所数 (鉄筋コンクリート管)

(3) 異常発生と管渠条件の関係の定性的把握 (鉄筋コンクリート管)

異常の発生と管渠条件の関係を把握することで、異常の発生しやすい条件にある管渠から優先的に点検・調査するなどの効率化につなげられる可能性がある。そこで、劣化データベース (分析用) に登録されているデータを活用し、鉄筋コンクリート管に発生する代表的な 10 種の異常項目 (腐食、たるみ、破損、クラック、継手ズレ、浸入水、取付管突出、油脂付着、樹木根侵入、モルタル付着) それぞれについて、4 種の管渠条件 (布設年度、経過年数、取付管本数、土被り) を横軸にとり、異常が発生したスパン数およびその割合を縦軸に取ったグラフを作成し (図 2-16～図 2-25)、異常発生と管渠条件の関係を以下のとおり定性的に把握した。

破損について、布設年度が古いほど、また経過年数が増加するほど発生したスパンの割合が増加する傾向が確認された (図 2-18(a)(b))。 (なお、布設年度 1994 年、1995 年のデータにおいて破損スパンの

割合が突出しているが、これはある1都市で破損が集中的に確認されたことが影響している。) この傾向の要因としては、経過年数が増加するほど、鉄筋コンクリート管材の経年劣化および車両通行による輪加重や衝撃荷重を受ける回数が増えること等が想定される。また、この傾向は、2.2.3.2において、鉄筋コンクリート管は時間と共に劣化に伴う故障が多くなるいわゆる「摩耗故障確率 (P17 参照)」のモードで異常が発生していることが示唆されたこととも一定の整合がみられる。

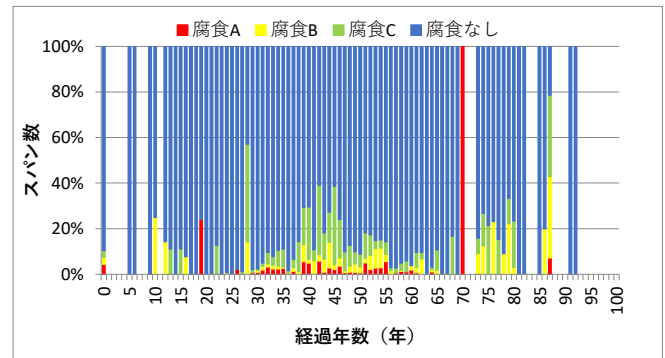
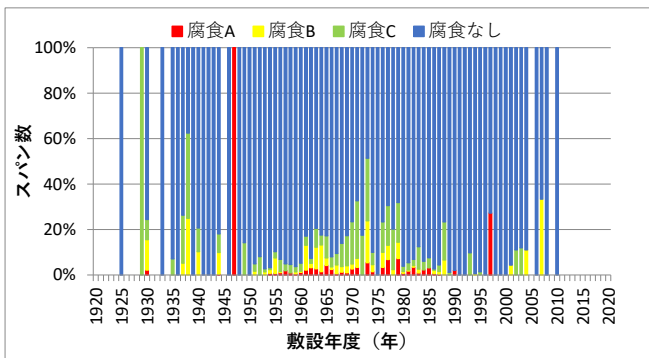
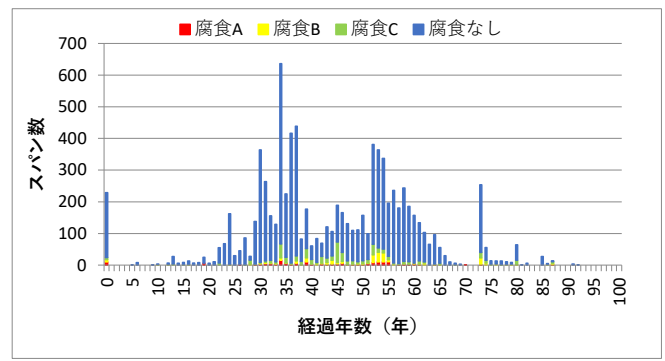
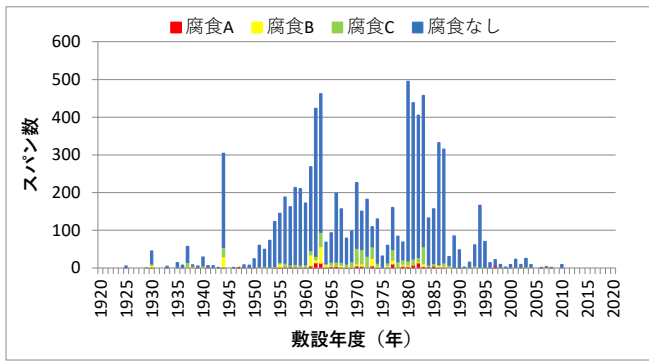
継手ズレは、1950年～1975年にかけて発生割合が大きいが、1975年頃以降は減少している(図2-20(a))。この要因の一つとしては、経過年数の増加による継手部の劣化が考えられる。さらには、継手の規格の変遷も要因として考慮する必要があると考えられる。1950年～1964年の間、ヒューム管の規格は日本工業規格(以下、「JIS」という。)のJIS A5303(遠心力鉄筋コンクリート管)のみが存在していた。当該規格では、直管(A型管)をコンクリートカラーで継手することとされていたために、現場でモルタル詰め等の作業を要し、施工者の熟練度に応じて継手部に施工品質にばらつきが生じやすかったのではないかと推測される。その後、1965年に、JIS A5303に受け口継手付きの直管(B型管)が追加された。これを機に、鉄筋コンクリート管の継手の施工精度の向上が図られていったと推測される。なお、1987年に、日本下水道協会規格(以下、「JSWAS」という。)においては直管(A型管)が廃止された。

浸入水について、土被りが深いほど、浸入水が発生したスパンの割合が増加する傾向が確認された(図2-21(d))。これは土被りが深いほど、地下水位より低い位置に管渠が設置される可能性が高まるためと想定される。また、上述の継手ズレ発生件数が多ければそれに応じて浸入水の発生数も増えると考えられる。

取付管突出しについて、布設年度が古いほど、また経過年数が増加するほど、取付管突出しが発生したスパンの割合が増加する傾向が確認された(図2-22(a)(b))。この要因の一つとしては、経過年数の増加による取付管接合部の劣化が考えられる。さらには、取付管接合部の規格も要因として考慮する必要があると考えられる。下水道の支管を含むJSWAS K-1下水道用硬質塩化ビニル管が制定されたのは1974年6月であり、1975年以前に布設された管には、本管と取付管を接合する支管が無く、接合部の不良により取付管の突出が多く発生していると思料される。

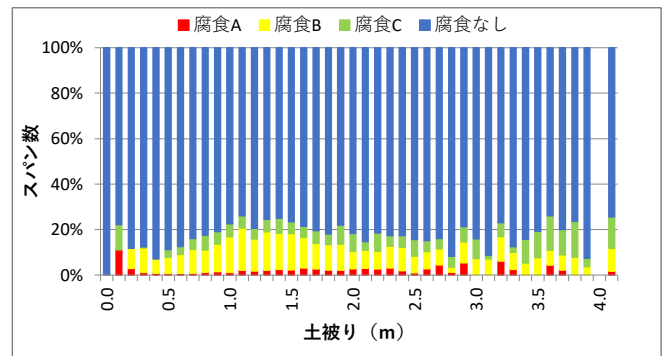
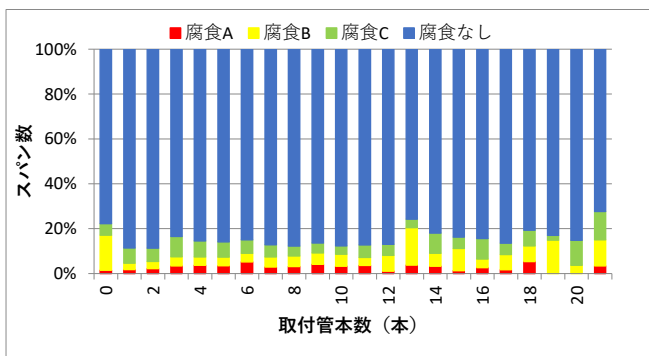
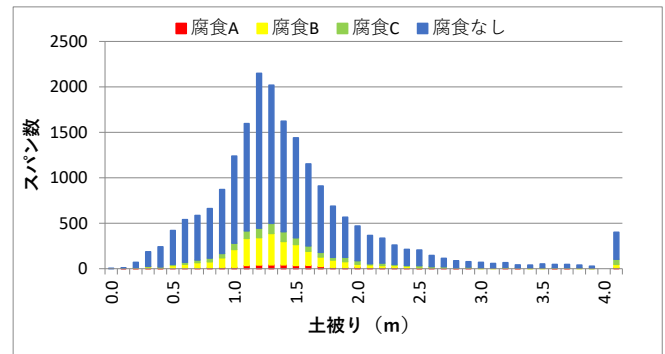
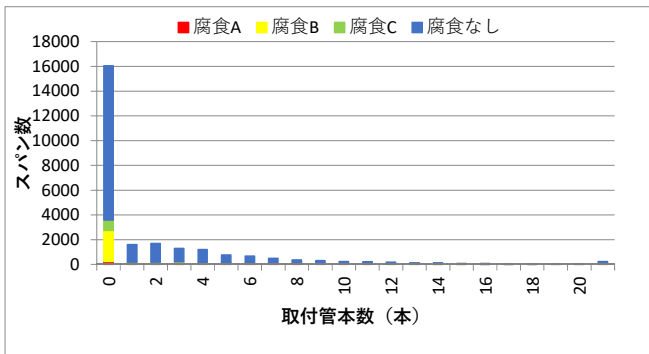
他の異常(腐食、クラック、たるみ、油脂付着、樹木根浸入、モルタル付着)については、布設年度、経過年数などとの関連性はグラフを観察する限りでは確認されなかった。これらの異常は、腐食環境の有無、布設箇所の地盤強度、油排出事業者の有無、街路樹の有無など、ここで取り上げた管渠条件(布設年度、経過年数、取付管本数、土被り)以外の条件に影響を受けている可能性がある。

1) 腐食（鉄筋コンクリート管）



(a) 布設年度

(b) 経過年数

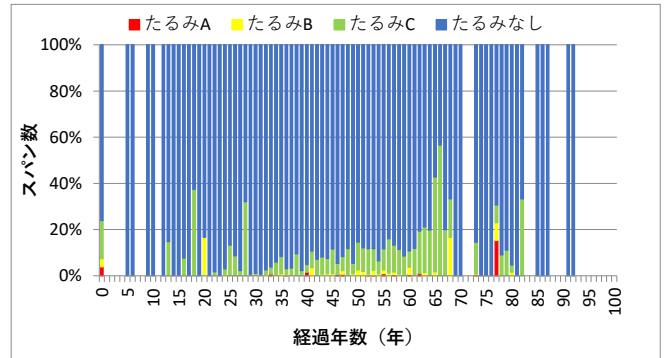
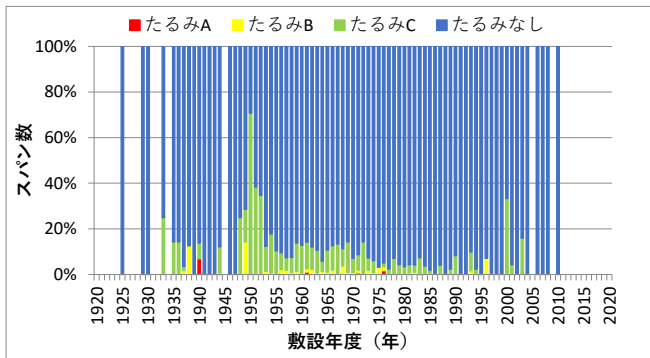
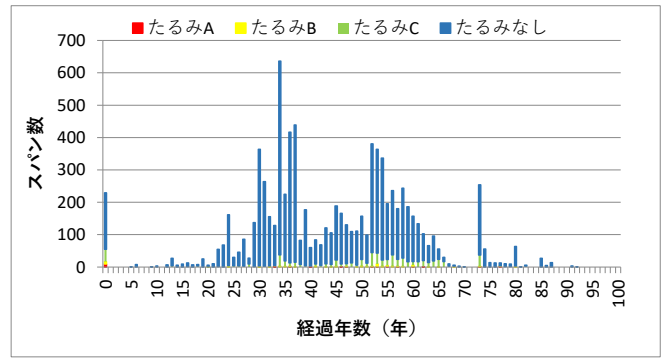
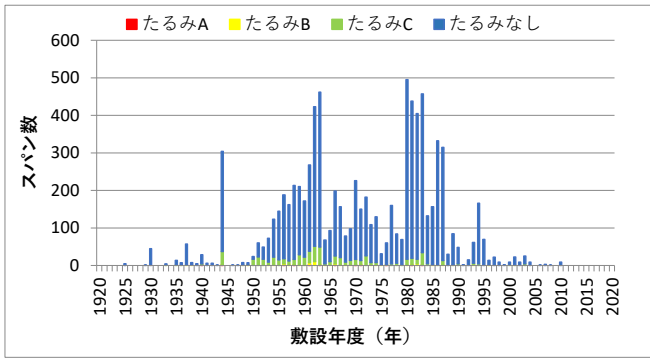


(c) 取付管本数

(d) 土被り

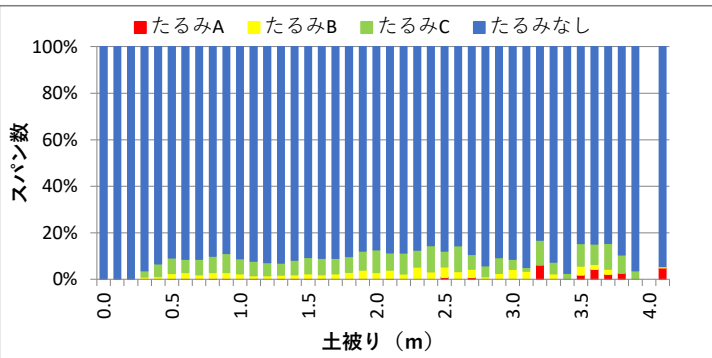
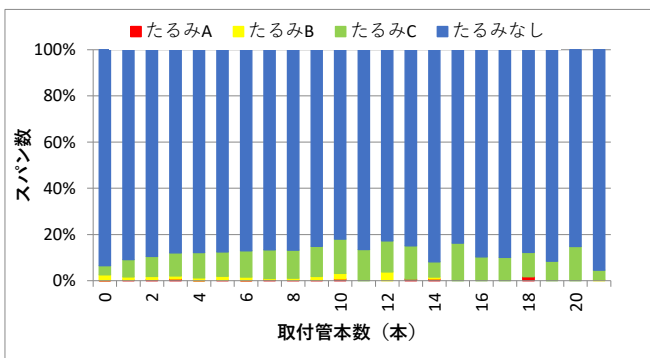
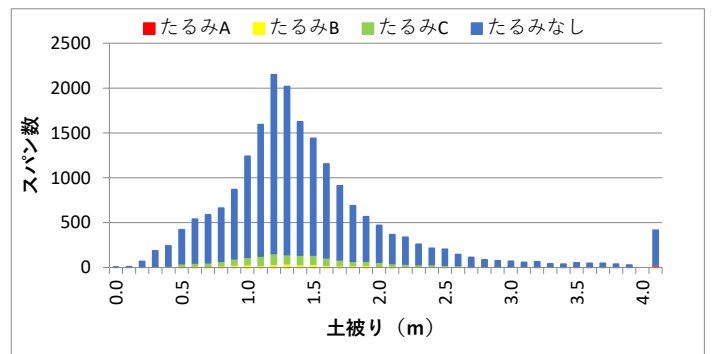
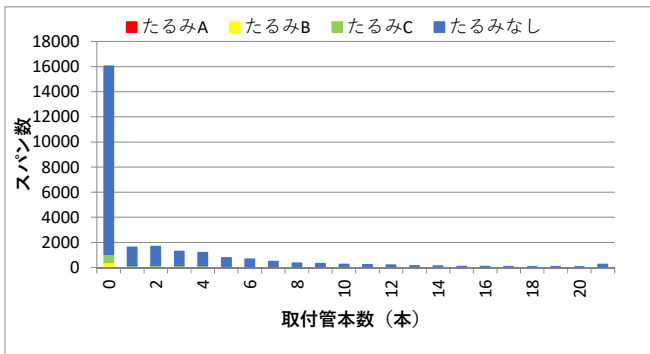
図 2-16 腐食の発生と各管渠条件の関係（鉄筋コンクリート管）

2) たるみ（鉄筋コンクリート管）



(a) 布設年度

(b) 経過年数

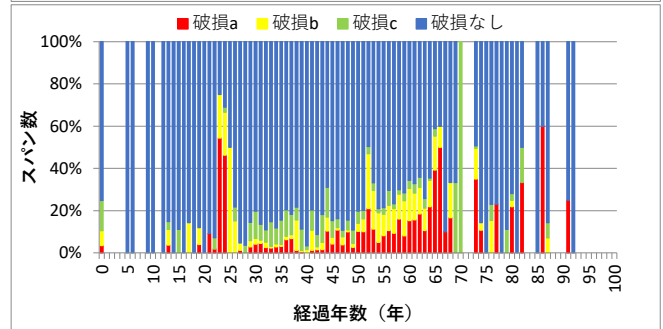
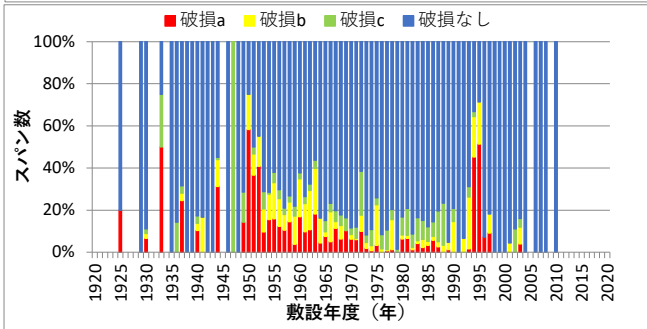
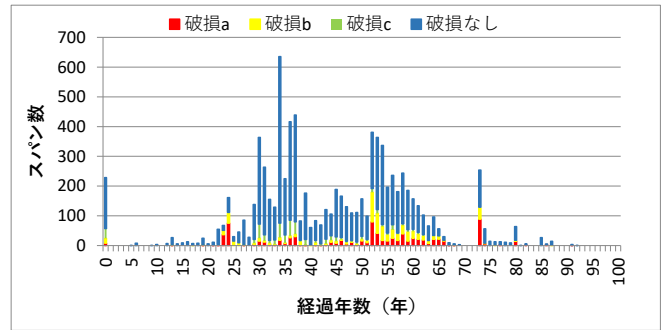
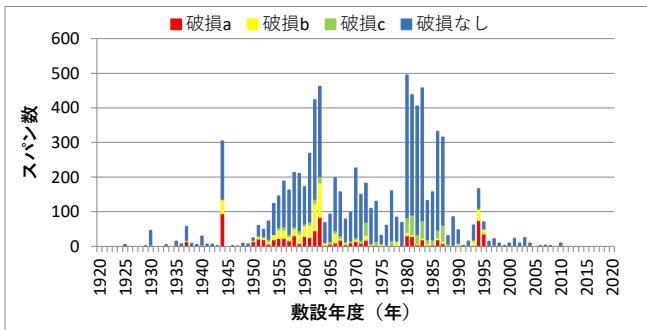


(c) 取付管本数

(d) 土被り

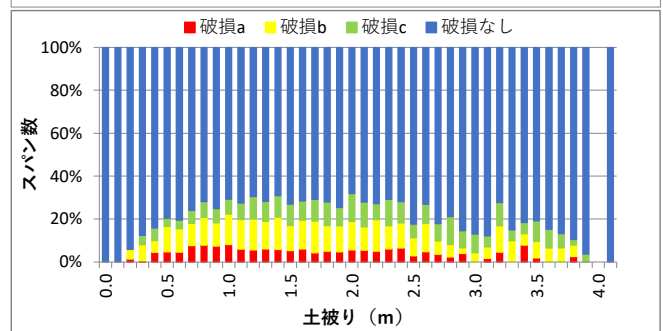
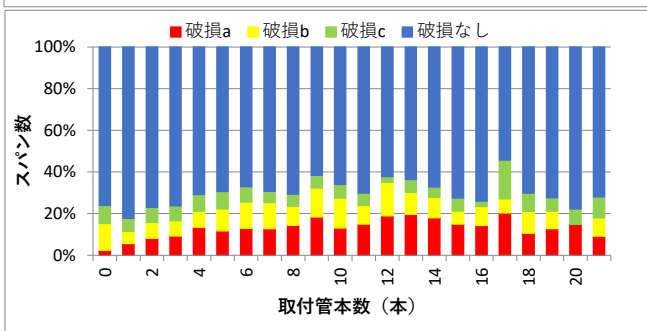
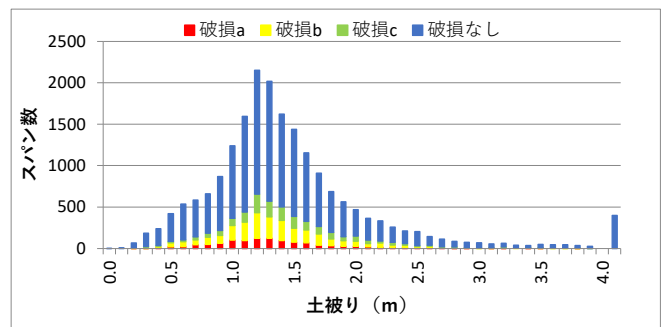
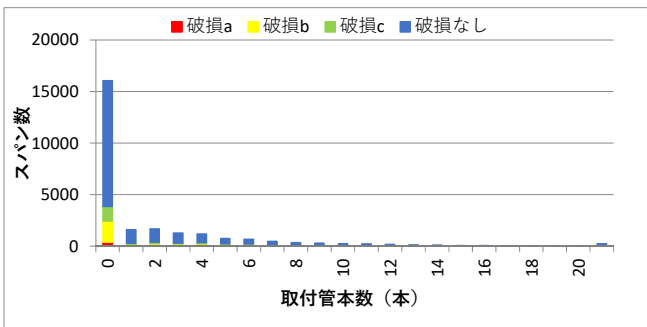
図 2-17 たるみの発生と各管渠条件の関係（鉄筋コンクリート管）

3) 破損（鉄筋コンクリート管）



(a) 布設年度

(b) 経過年数

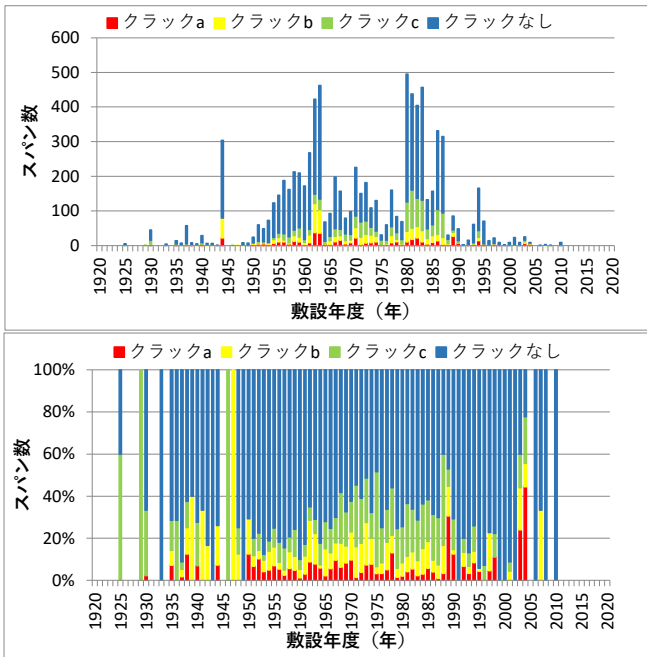


(c) 取付管本数

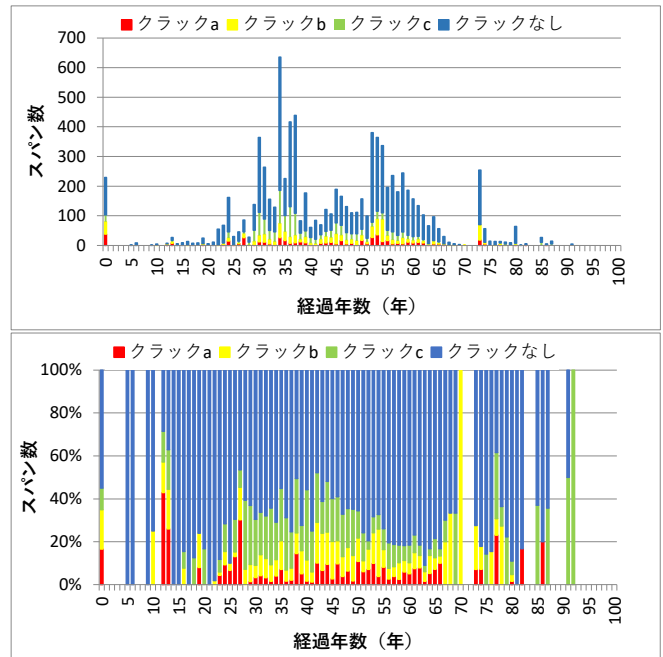
(d) 土被り

図 2-18 破損の発生と各管渠条件の関係（鉄筋コンクリート管）

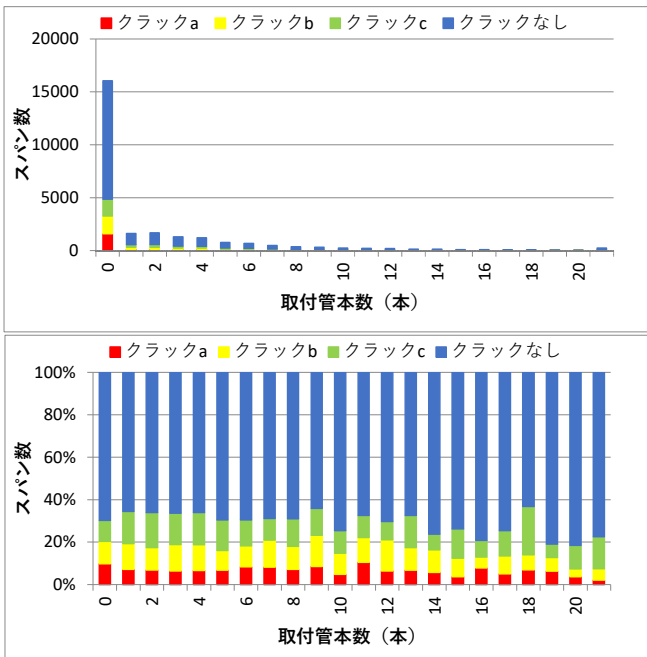
4) クラック（鉄筋コンクリート管）



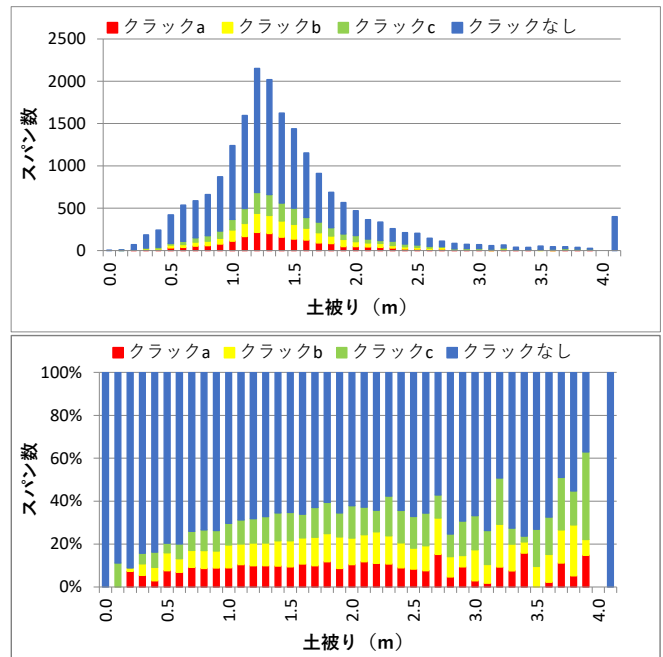
(a) 布設年度



(b) 経過年数



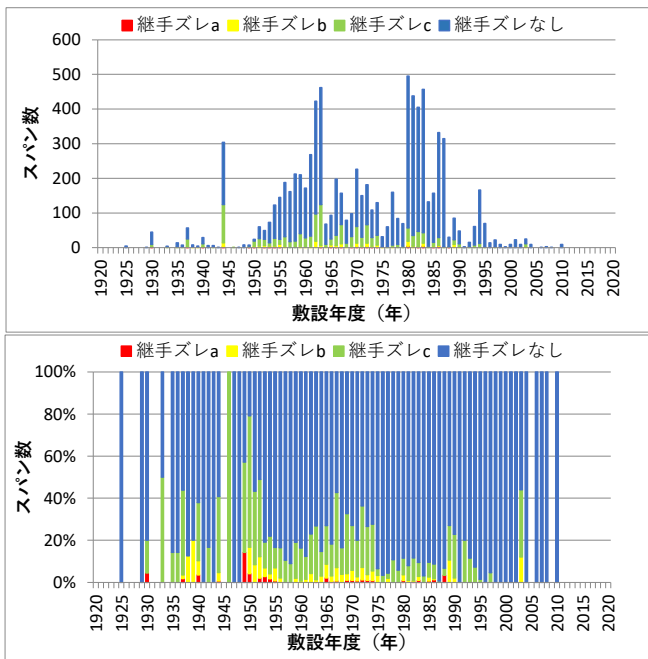
(c) 取付管本数



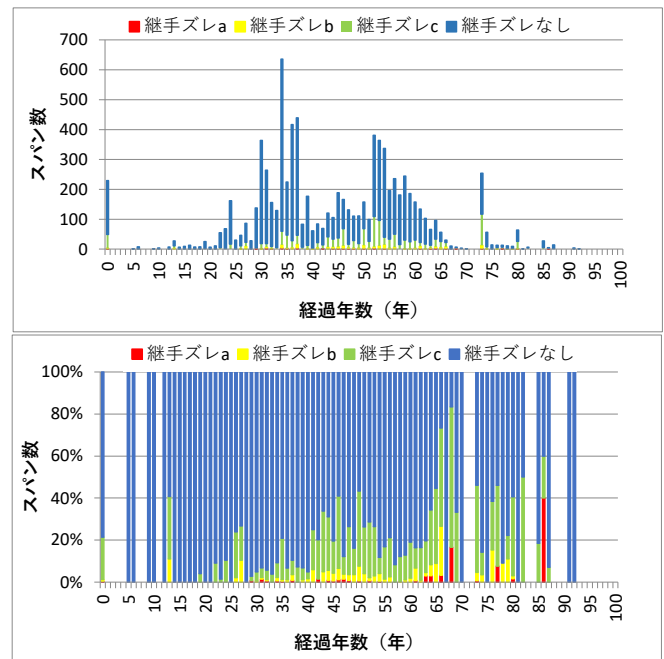
(d) 土被り

図 2-19 クラックの発生と各管渠条件の関係（鉄筋コンクリート管）

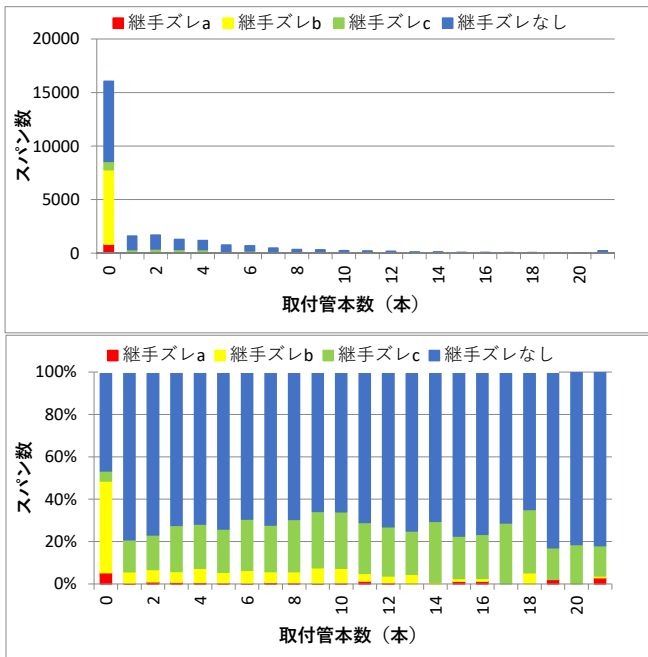
5) 継手ズレ (鉄筋コンクリート管)



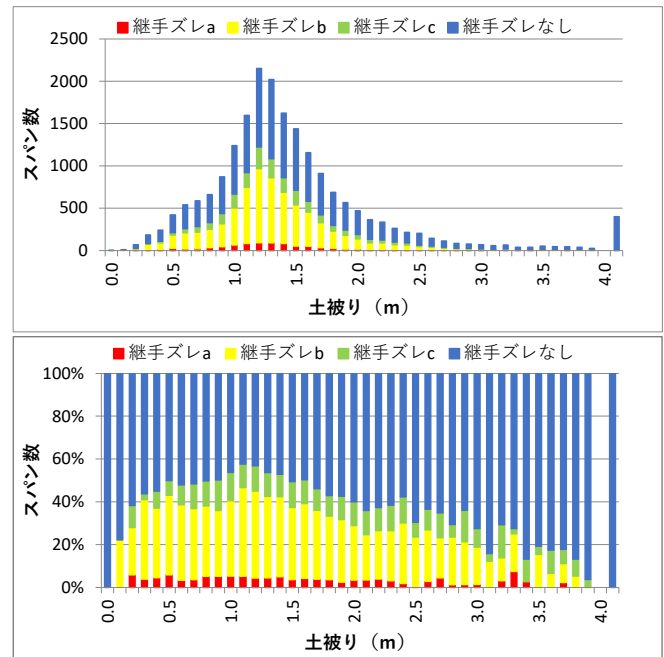
(a) 布設年度



(b) 経過年数



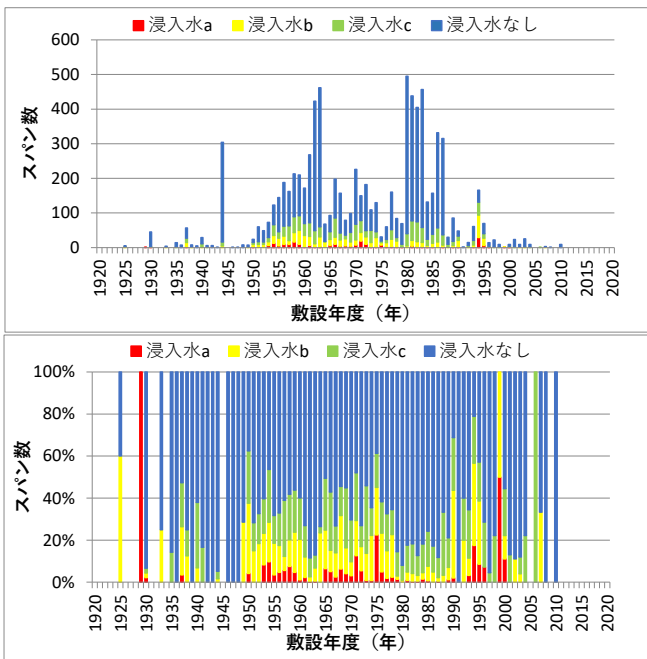
(c) 取付管本数



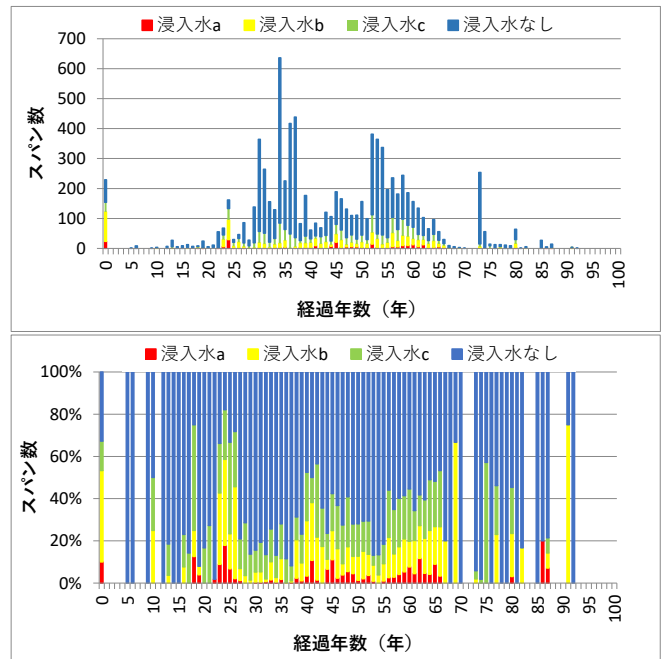
(d) 土被り

図 2-20 継手ズレの発生と各管渠条件の関係 (鉄筋コンクリート管)

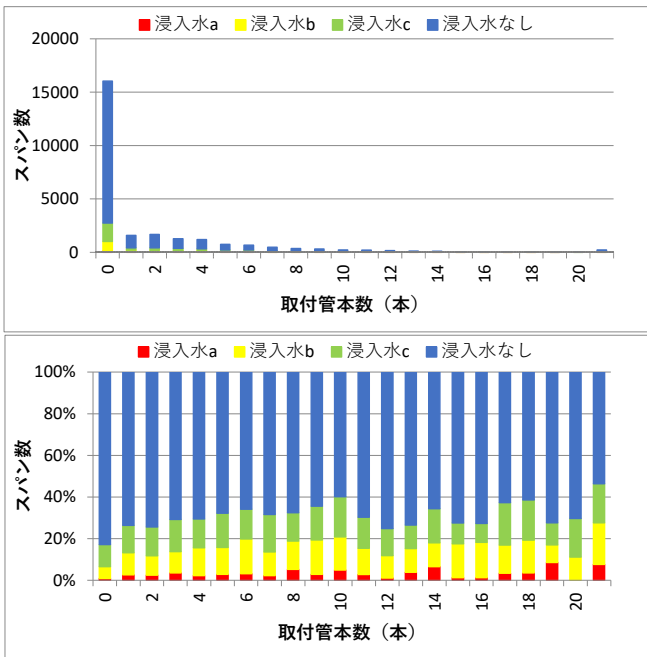
6) 浸入水（鉄筋コンクリート管）



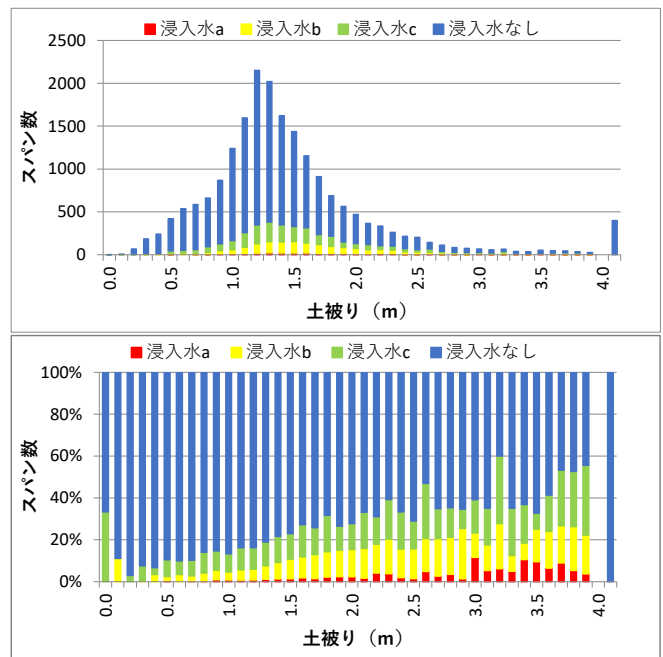
(a) 布設年度



(b) 経過年数



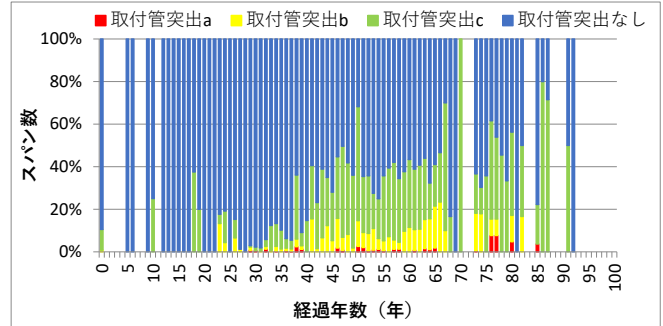
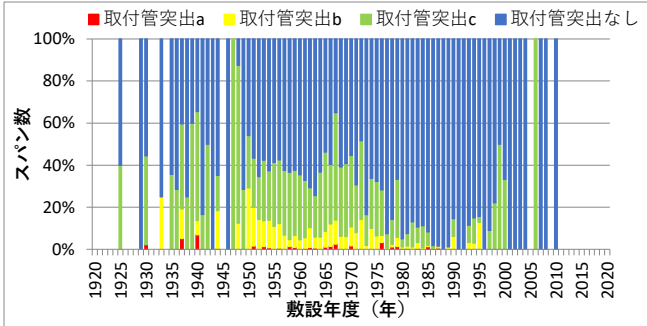
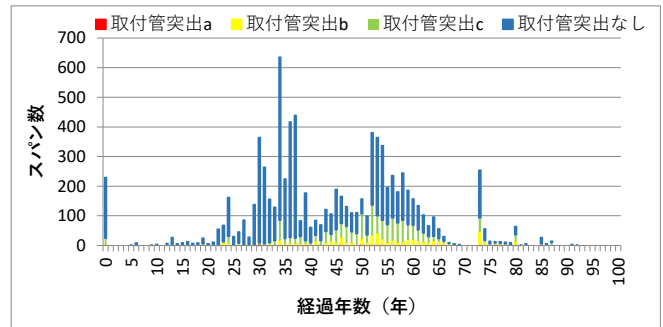
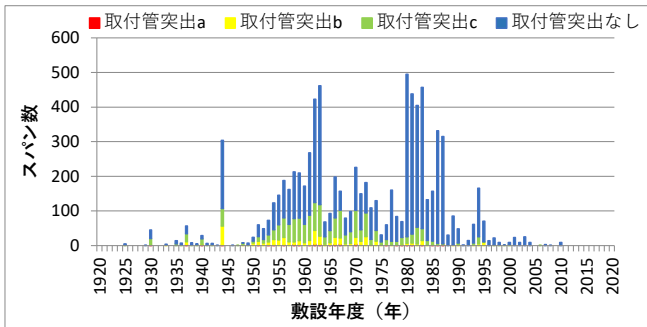
(c) 取付管本数



(d) 土被り

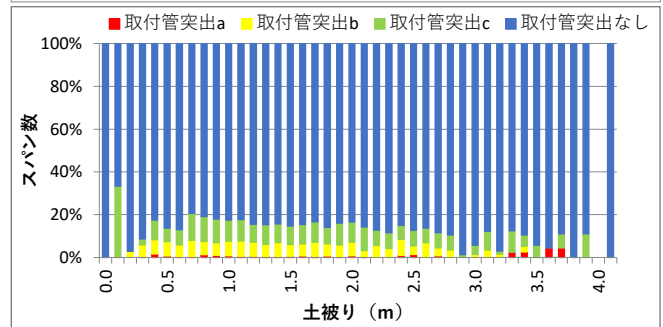
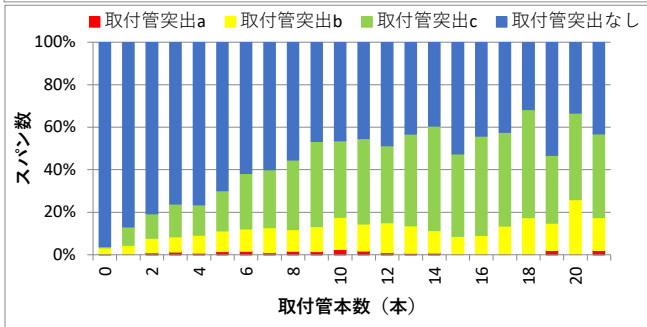
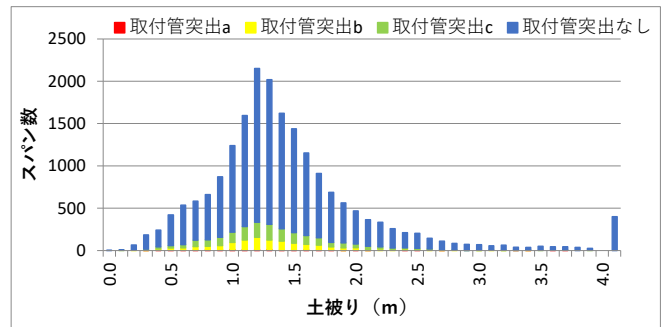
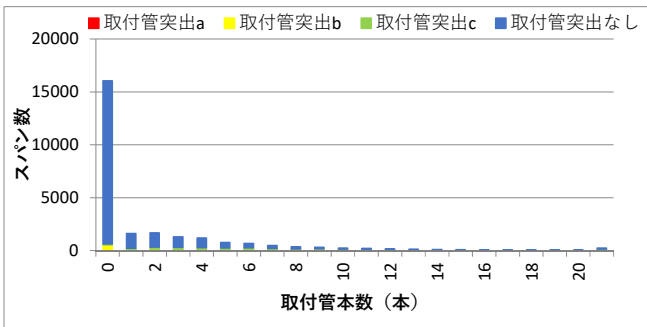
図 2-21 浸入水の発生と各管渠条件の関係（鉄筋コンクリート管）

7) 取付管突出（鉄筋コンクリート管）



(a) 布設年度

(b) 経過年数

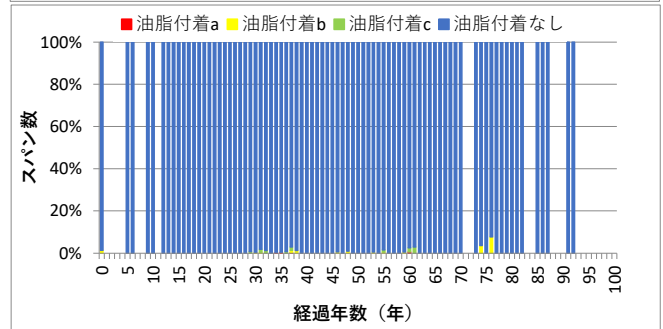
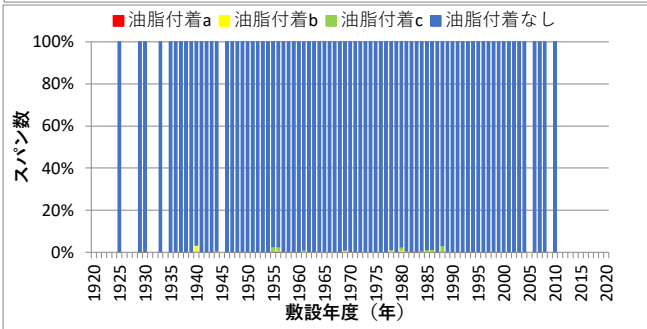
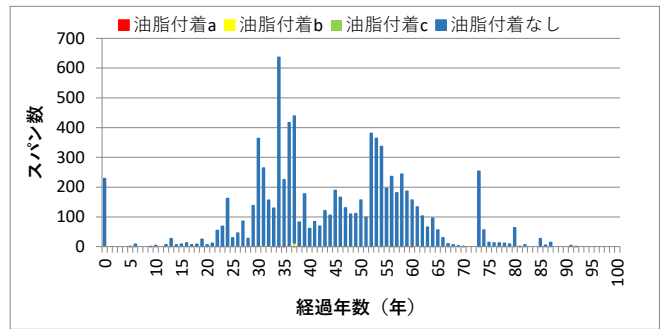
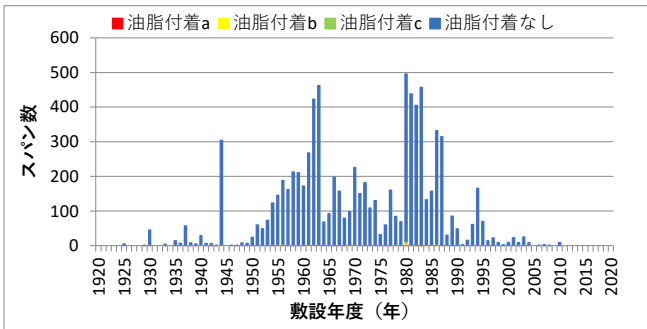


(c) 取付管本数

(d) 土被り

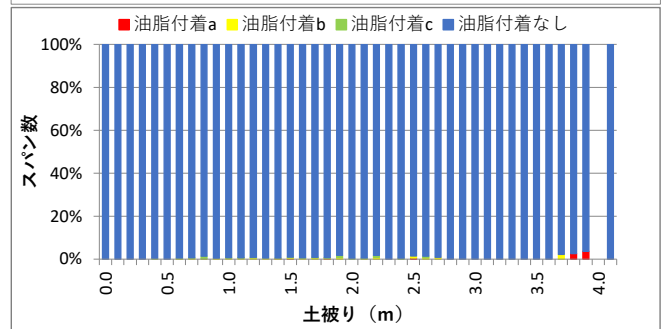
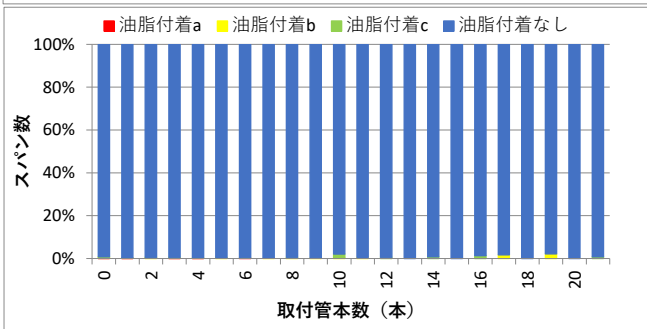
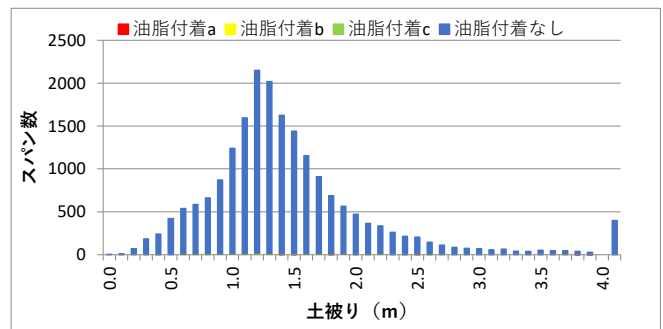
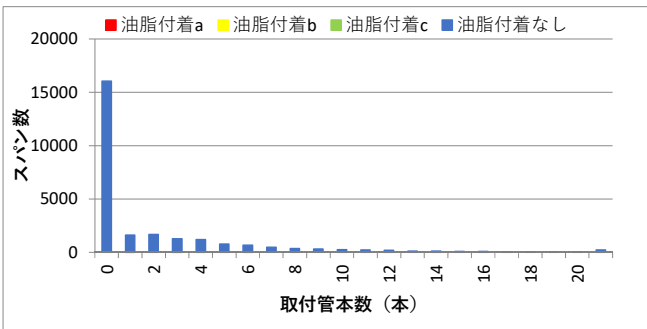
図 2-22 取付管突出の発生と各管渠条件の関係（鉄筋コンクリート管）

8) 油脂付着（鉄筋コンクリート管）



(a) 布設年度

(b) 経過年数

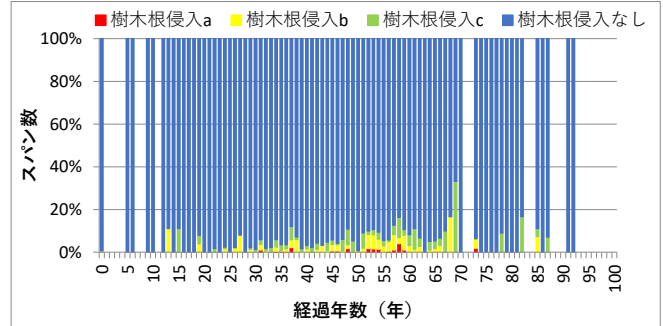
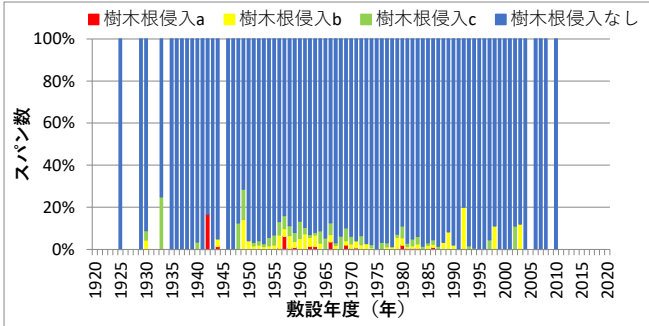
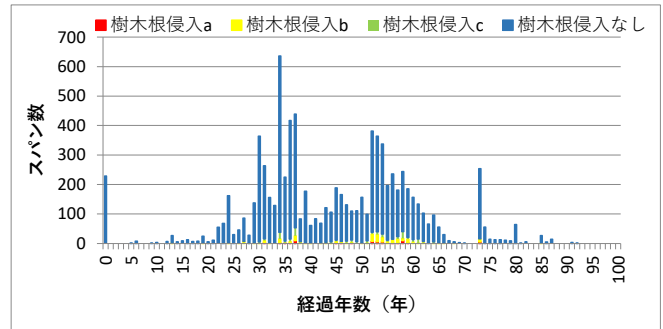
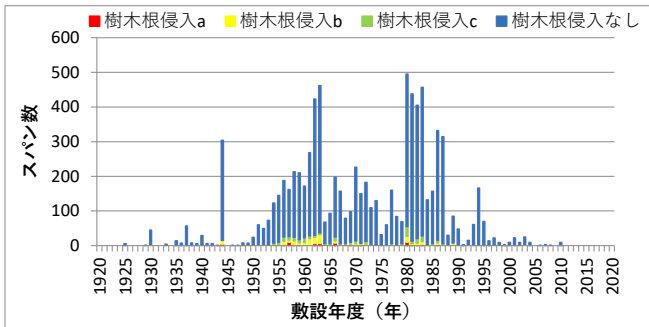


(c) 取付管本数

(d) 土被り

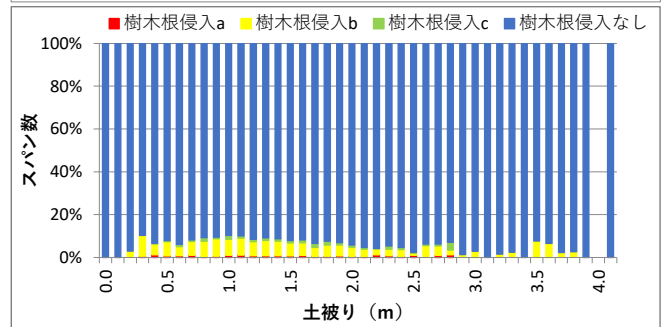
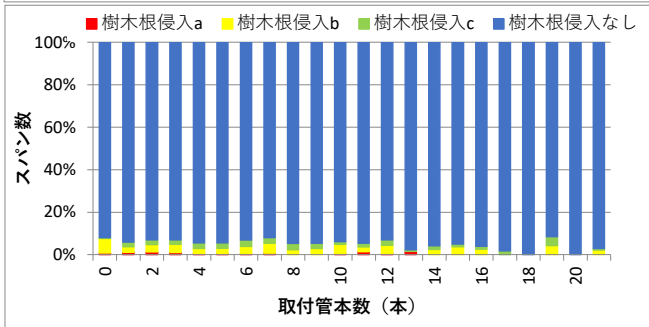
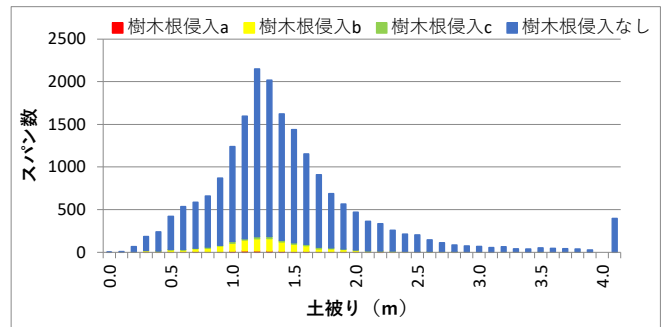
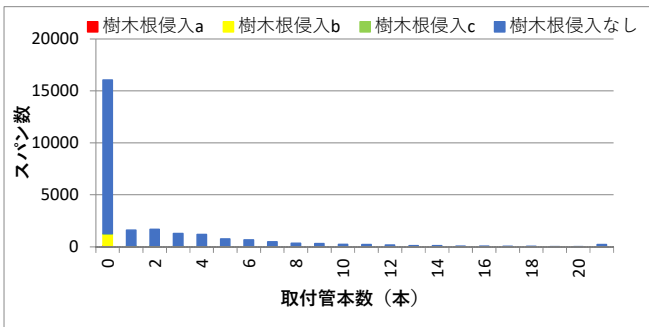
図 2-23 油脂付着の発生と各管渠条件の関係（鉄筋コンクリート管）

9) 樹木根浸入（鉄筋コンクリート管）



(a) 布設年度

(b) 経過年数

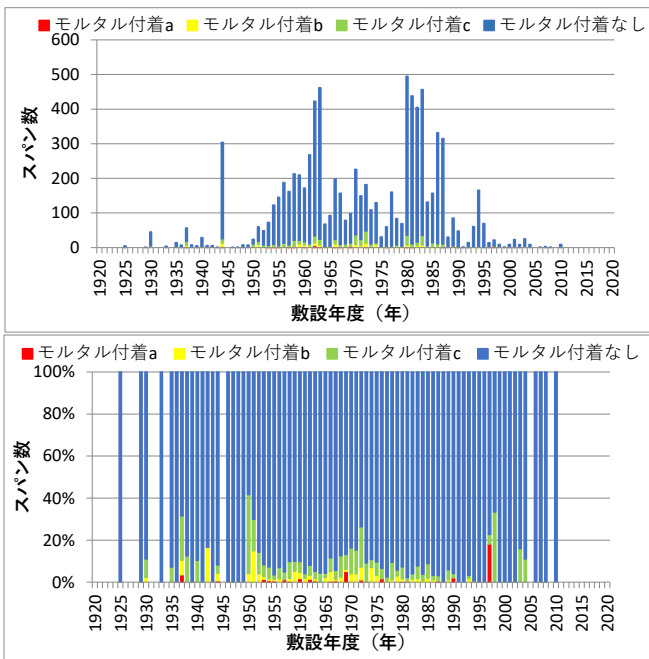


(c) 取付管本数

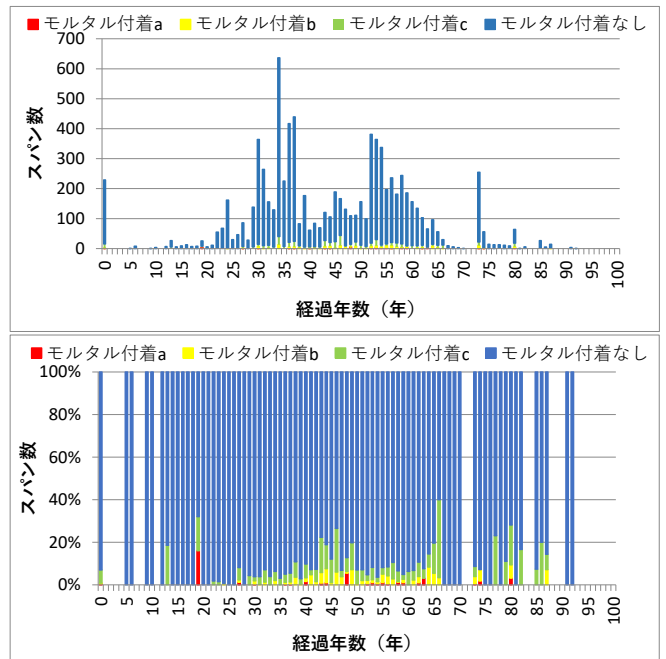
(d) 土被り

図 2-24 樹木根浸入の発生と各管渠条件の関係（鉄筋コンクリート管）

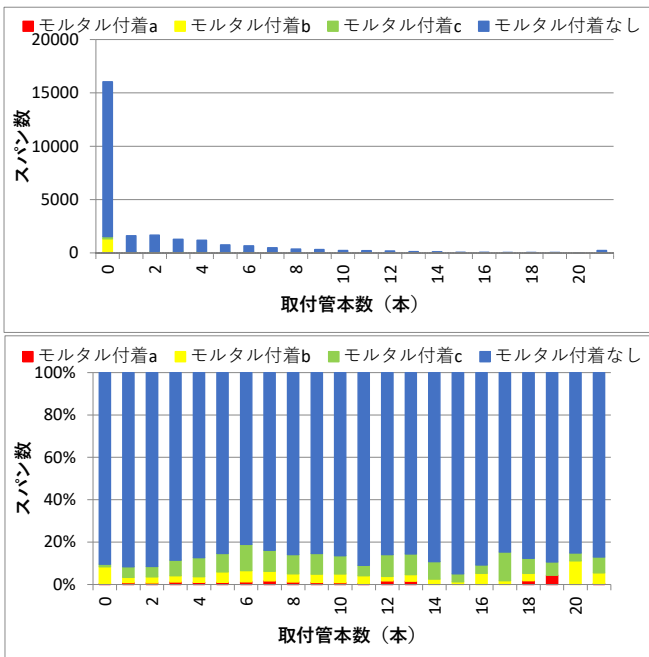
10) モルタル付着（鉄筋コンクリート管）



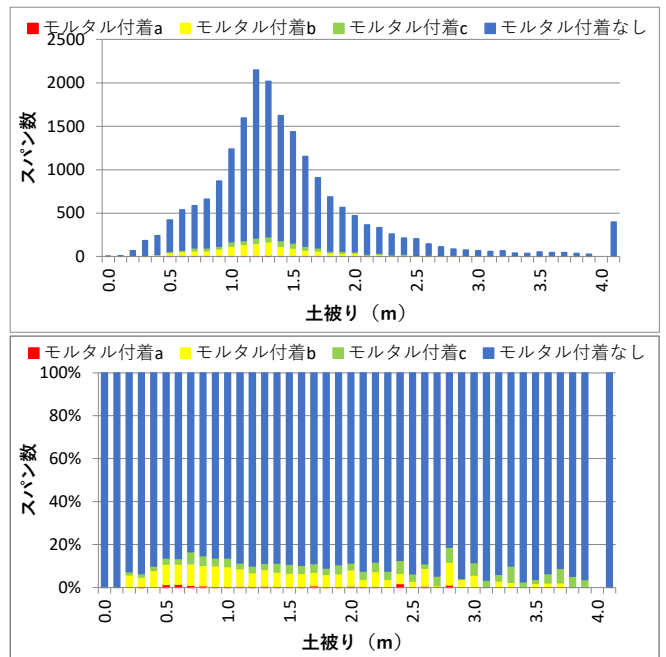
(a) 布設年度



(b) 経過年数



(c) 取付管本数



(d) 土被り

図 2-25 モルタル付着の発生と各管渠条件の関係（鉄筋コンクリート管）

2.3.2. 陶管の劣化傾向

(1) 部位別の異常の発生状況（陶管）

表 2-10 に、陶管の部位毎の異常の発生状況を示す。また、図 2-26 に異常項目の発生割合のグラフを示す。

異常項目の発生割合は、クラックが 26.9%（全て本管部）と最も高く、次いで破損が 17.4%（うち本管部 17.1%）、継手ズレが 15.8%（うち継手部 15.5%）である。

表 2-10 異常項目別の発生状況（陶管）

	箇所数				異常項目別割合			全体割合			
	本管部	継手部	取付管 (可視範囲)	計	本管部	継手部	取付管 (可視範囲)	本管部	継手部	取付管 (可視範囲)	計
腐食											
上下のたるみ	3,465	15	5	3,485	99.4%	0.4%	0.1%	6.9%	0.0%	0.0%	7.0%
破損(軸方向クラック)	8,531	68	106	8,705	98.0%	0.8%	1.2%	17.1%	0.1%	0.2%	17.4%
円周方向クラック	13,434	27		13,461	99.8%	0.2%	0.0%	26.9%	0.1%	0.0%	26.9%
継手ズレ	66	7,734	121	7,921	0.8%	97.6%	1.5%	0.1%	15.5%	0.2%	15.8%
偏平・変形											
浸入水	2,247	3,232	143	5,622	40.0%	57.5%	2.5%	4.5%	6.5%	0.3%	11.2%
取付管突出	47		5,629	5,676	0.8%	0.0%	99.2%	0.1%	0.0%	11.3%	11.4%
油脂付着	22	3	4	29	75.9%	10.3%	13.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%
樹木根侵入	338	3,178	109	3,625	9.3%	87.7%	3.0%	0.7%	6.4%	0.2%	7.3%
モルタル付着	1,120	310	42	1,472	76.1%	21.1%	2.9%	2.2%	0.6%	0.1%	2.9%
計	29,270	14,567	6,159	49,996				58.5%	29.1%	12.3%	100.0%

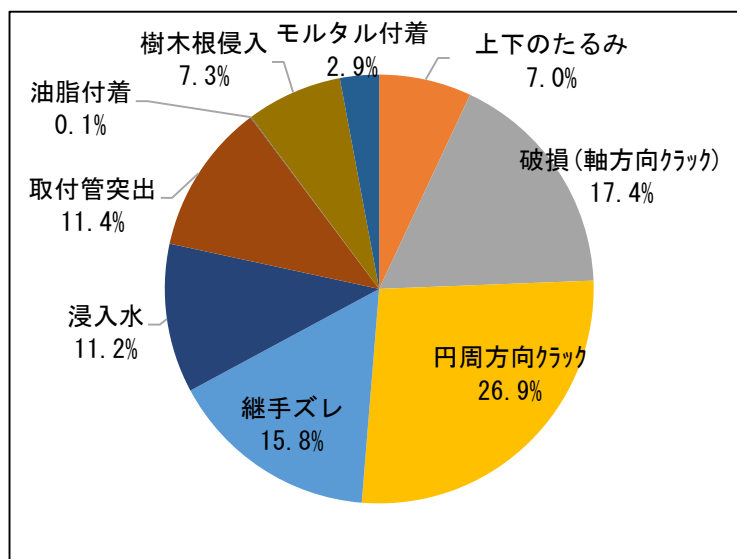


図 2-26 異常項目の発生割合（陶管）

(2) 異常の発生位置の傾向（陶管）

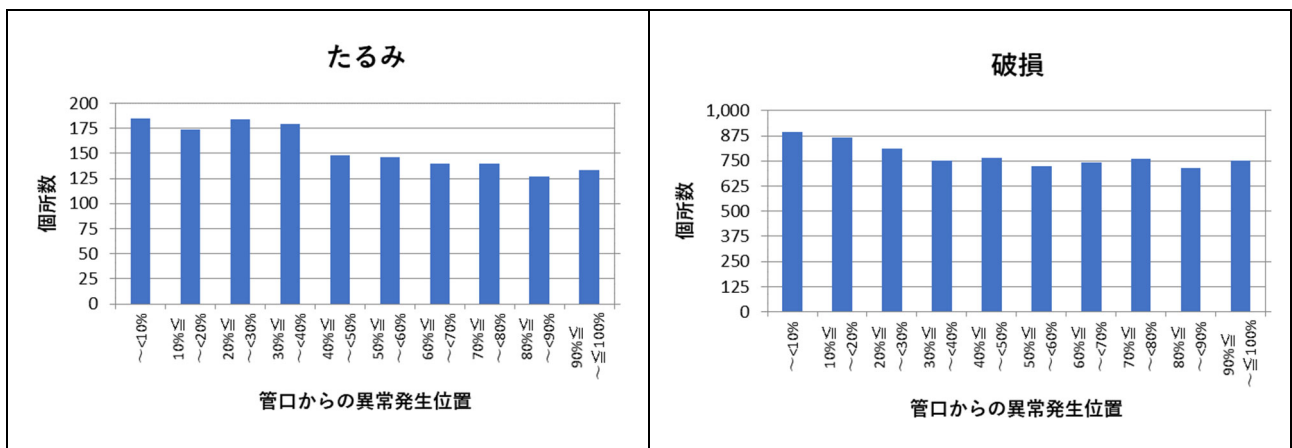
2.3.1.(2)と同様の方針で、陶管の異常発生位置を整理し、傾向を分析した。

陶管の発生位置別の異常の発生箇所数を表 2-11 に示す。また、図 2-27 に異常項目別に発生位置と箇所数をまとめたグラフを示す。

たるみ、破損、クラックは、管口周辺（管口から 10%未満）での発生割合がやや高い傾向がみられる。その他の異常については、発生位置に特徴的な傾向はみられない。陶管は衝撃に弱いため、管口付近に異常が発生しやすい鉄筋コンクリート管と異なり、スパン全体でまんべんなく異常が発生している傾向にあると考えられる。

表 2-11 発生位置別の異常の発生箇所数（陶管）

異常項目	異常発生位置									
	～<10%	10%≤ ～<20%	20%≤ ～<30%	30%≤ ～<40%	40%≤ ～<50%	50%≤ ～<60%	60%≤ ～<70%	70%≤ ～<80%	80%≤ ～<90%	90%≤ ～≤100%
腐食	2	3	1	0	0	0	2	1	0	1
たるみ	185	174	184	179	148	146	140	140	127	133
破損	894	865	813	751	766	725	744	763	714	750
クラック	1,546	1,580	1,343	1,284	1,189	1,188	1,186	1,143	1,185	1,177
継手ズレ	537	821	786	814	728	762	770	789	739	767
変形	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
浸入水	363	513	494	511	514	512	527	537	512	522
取付管突き出し	163	278	278	258	256	245	247	226	265	241
油脂付着	2	0	1	2	3	1	5	2	0	1
樹木根侵入	203	327	339	343	375	347	384	372	332	355
モルタル付着	131	118	96	104	119	108	93	78	99	106
クラック+破損	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
クラック+浸入水	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
継手ズレ+破損	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
継手ズレ+浸入水	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
浸入水+破損	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
油脂付着+モルタル付着	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



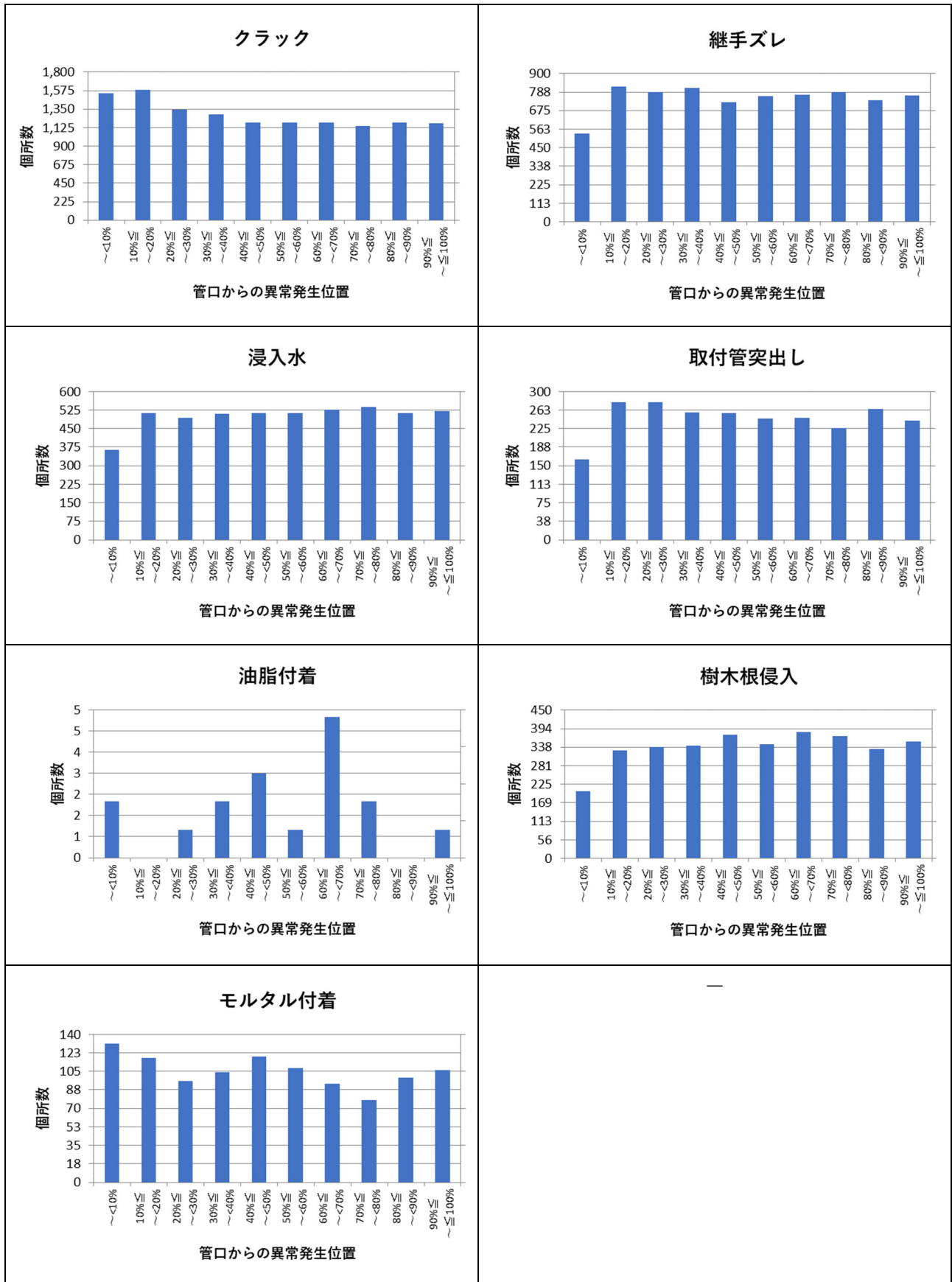


図 2-27 異常項目別の発生位置と箇所数 (陶管)

(3) 異常発生と管渠条件の関係の定性的把握（陶管）

2.3.1.(3)と同様の方針で、陶管に発生する代表的な9種の異常項目（たるみ、破損、クラック、継手ズレ、浸入水、取付管突出、油脂付着、樹木根浸入、モルタル付着）と4種の管渠条件（布設年度、経過年数、取付管本数、土被り）の関係を示すグラフを作成し（図2-28～図2-36）、異常発生と管渠条件の関係を以下のとおり定性的に把握した。

破損とクラックについて、布設年度が古いほど、また経過年数が増加するほど破損やクラックが発生したスパンの割合が増加する傾向が確認された（図2-29(a)(b)および図2-30(a)(b)）。この傾向の要因としては、経過年数が増加するほど、車両通行による輪加重や衝撃荷重を受ける回数が増えること等が想定される。また、この傾向は、2.2.3.3において、陶管は時間と共に劣化に伴う故障が多くなる「摩耗故障確率」のモードで異常が発生していることが示唆されたこととも一定の整合がみられる。また、鉄筋コンクリート管の破損と経過年数のグラフ（図2-18(b)）およびクラックと経過年数のグラフ（図2-19(b)）と比較すると、陶管の方が比較的小さい経過年数で破損やクラックが発生している割合が高い。これは、2.2.3.3において、陶管と鉄筋コンクリート管の健全率予測式の比較において、陶管の方が若干劣化の進行が早い可能性が示唆されたこととも一定の整合がみられる。

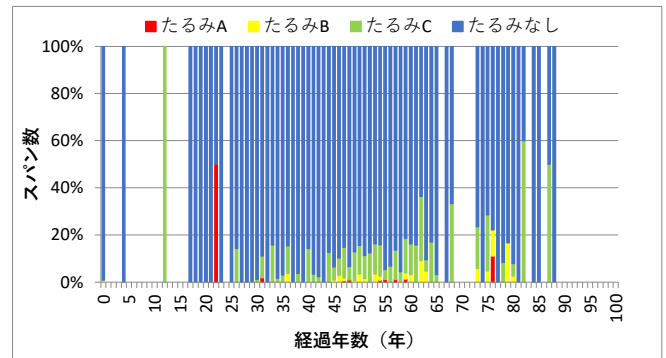
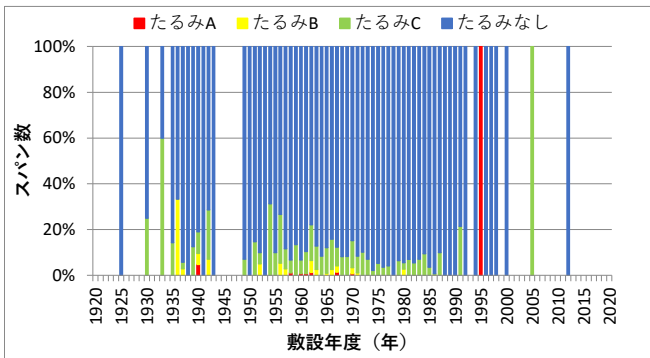
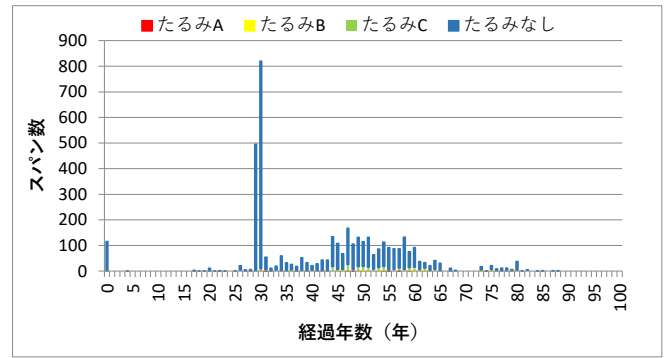
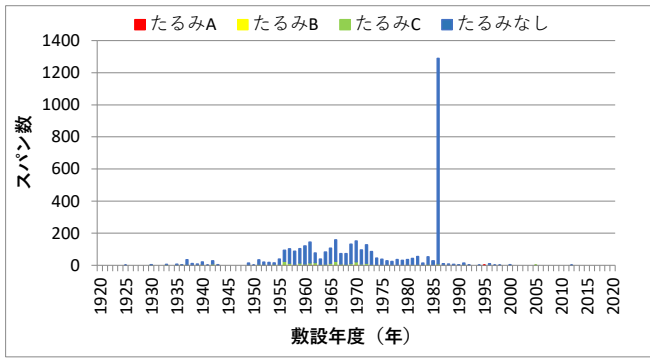
また、図2-29(a)および図2-30(a)において、1970年頃から、破損とクラックの発生割合が減少傾向にあるのは、陶管の製造方法や仕様の影響も考えられる。陶管は、1970年以降に製造方法や仕様が大きく見直され、強度の段階的な向上（φ150:1,667kgf/m → 2,860kgf/m）、有効長の延伸化（660mm → 1,000mm）、受け口の成形方法の改良（手仕上げ → 自動化）、止水性能の向上（モルタル → 圧縮ジョイント）等技術的進歩があった⁵⁾。

浸入水について、土被りが深いほど、浸入水が発生したスパンの割合が増加する傾向が確認された（図2-32(d)）。これは土被りが深いほど、地下水位より低い位置に管渠が設置される可能性が高まるためと想定される。

取付管突出しについて、布設年度が古いほど、また経過年数が増加するほど、取付管突出しが発生したスパンの割合が増加する傾向が確認された（図2-33(a)(b)）。これは、布設された時期には本管と取付管を接合する支管が無かったことによる接合部の不良によるものであり、経年的な劣化ではないと想定される。下水道の支管を含むJSWASK-1下水道用硬質塩化ビニル管が制定されたのは1974年6月であり、1975年以前に布設された管において取付管の突出が多いこととも整合する。

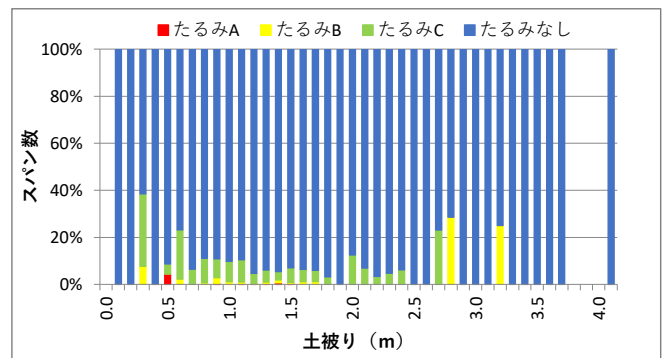
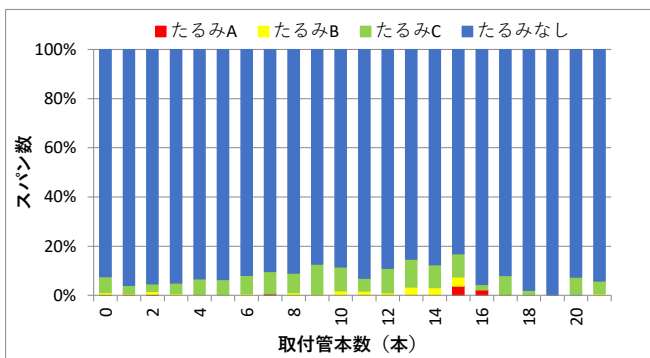
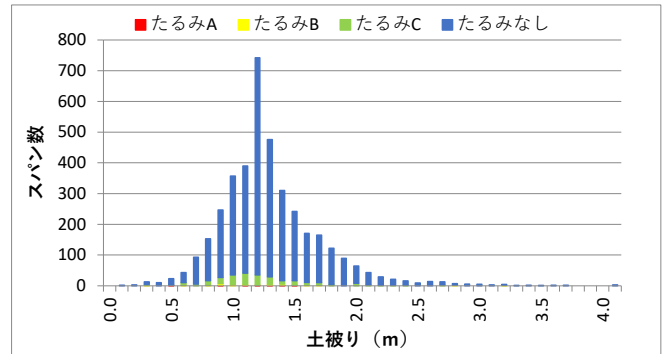
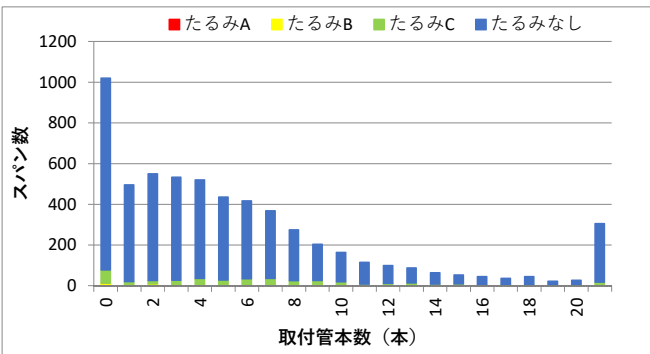
他の異常（たるみ、継手ズレ、油脂付着、樹木根浸入、モルタル付着）については、布設年度、経過年数などとの関連性はグラフを観察する限りでは確認されなかった。これらの異常は、布設箇所の地盤強度、油排出事業者の有無、街路樹の有無など、ここで取り上げた管渠条件（布設年度、経過年数、取付管本数、土被り）以外の条件に影響を受けている可能性がある。

1) たるみ (陶管)



(a) 布設年度

(b) 経過年数

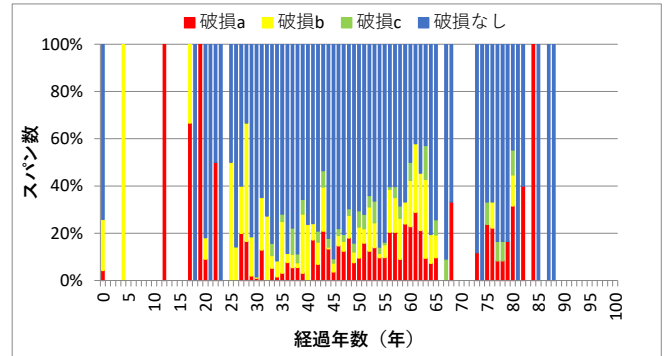
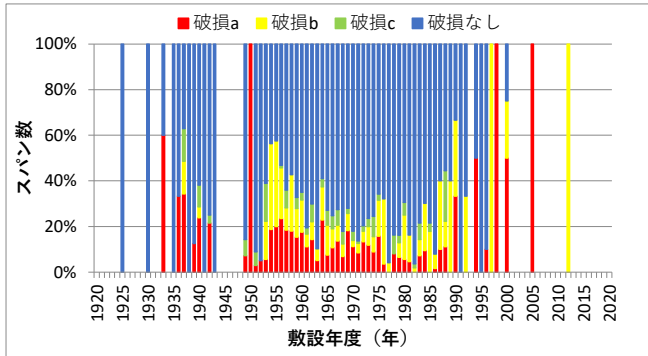
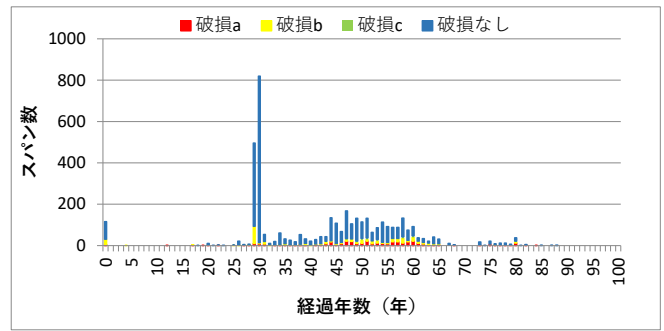
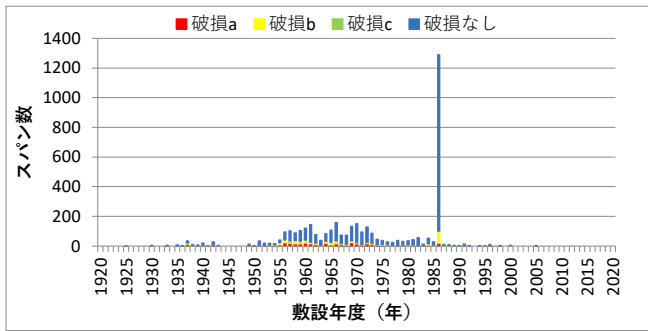


(c) 取付管本数

(d) 土被り

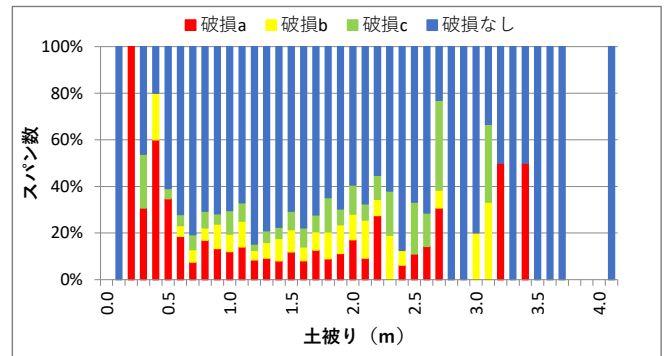
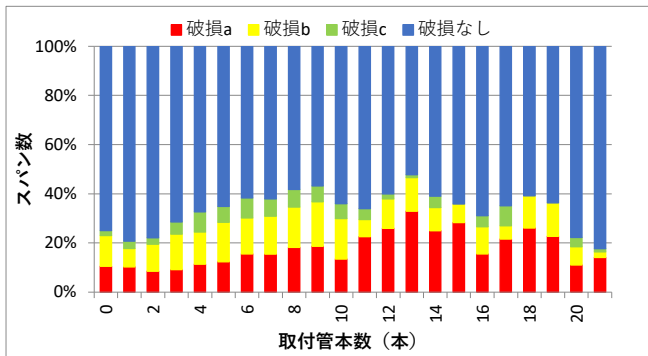
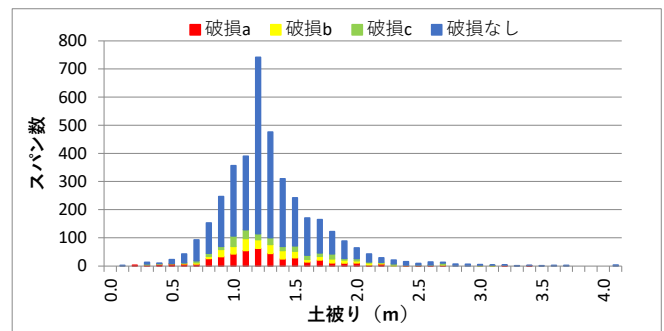
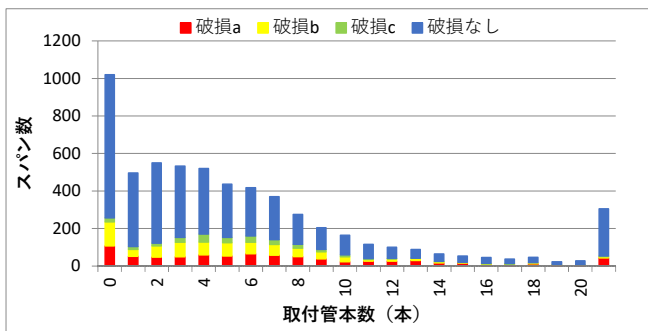
図 2-28 たるみの発生と各管渠条件の関係 (陶管)

2) 破損（陶管）



(a) 布設年度

(b) 経過年数

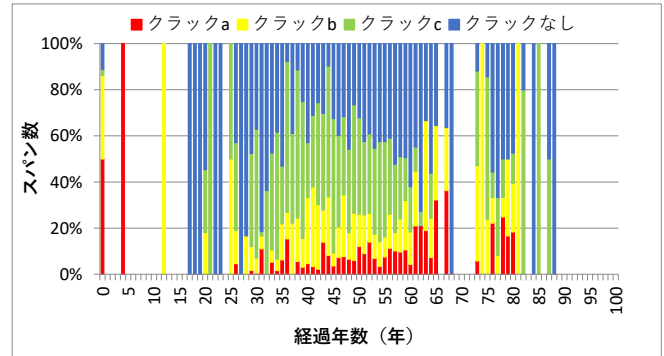
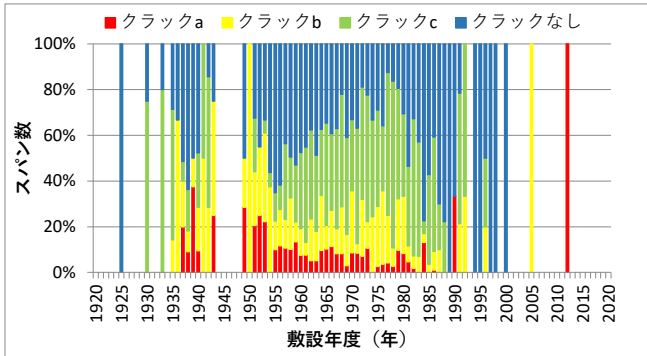
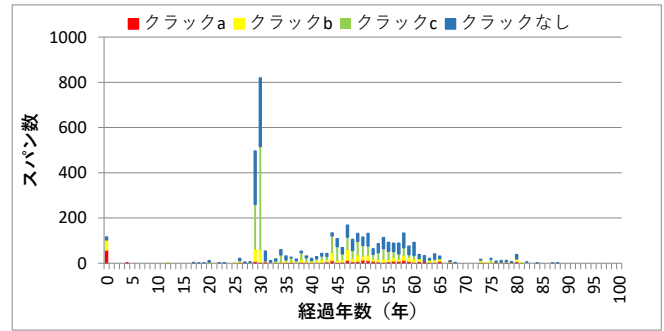
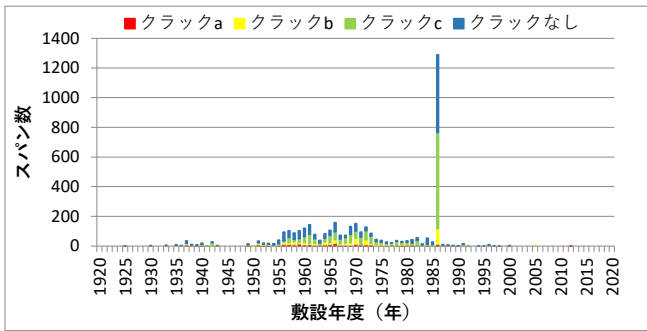


(c) 取付管本数

(d) 土被り

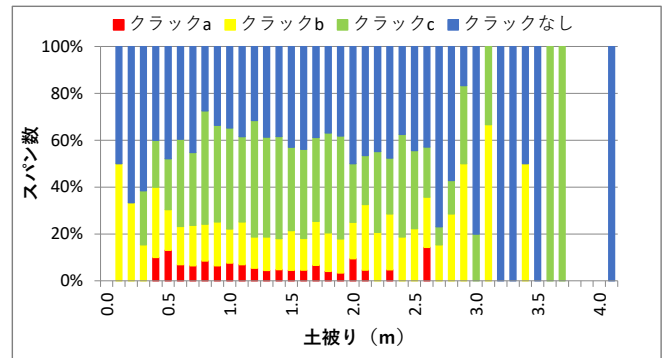
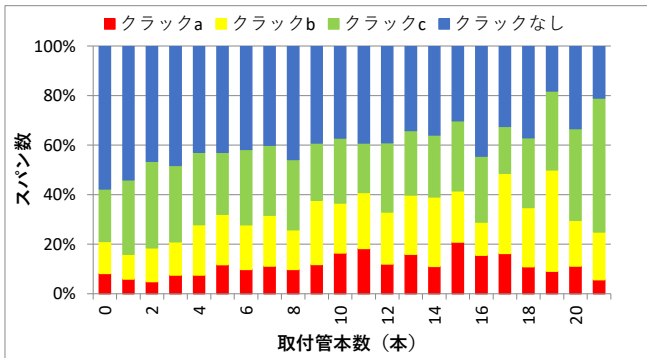
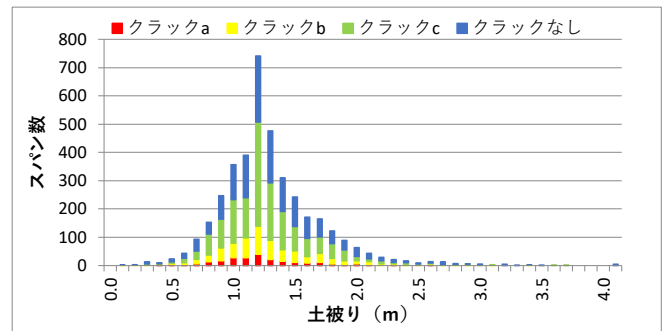
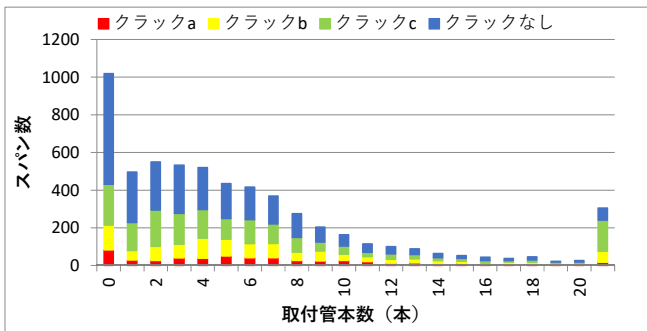
図 2-29 破損の発生と各管渠条件の関係（陶管）

3) クラック (陶管)



(a) 布設年度

(b) 経過年数

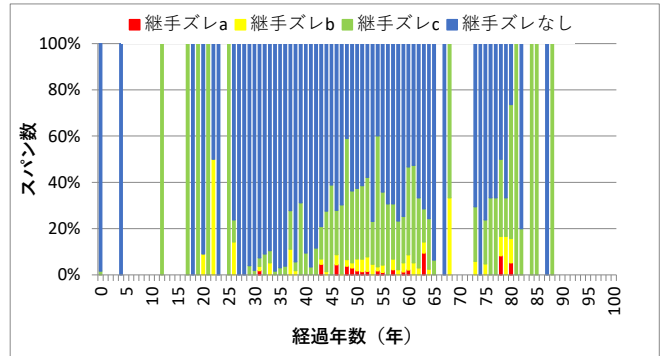
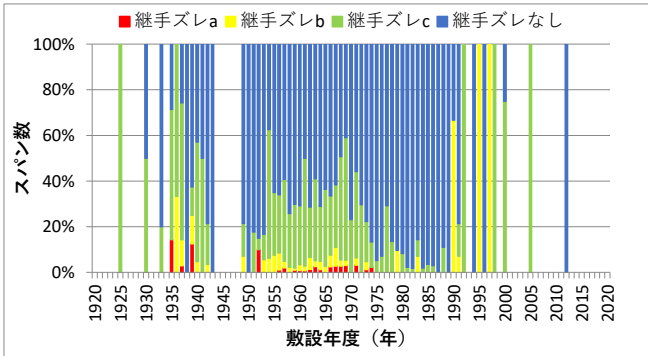
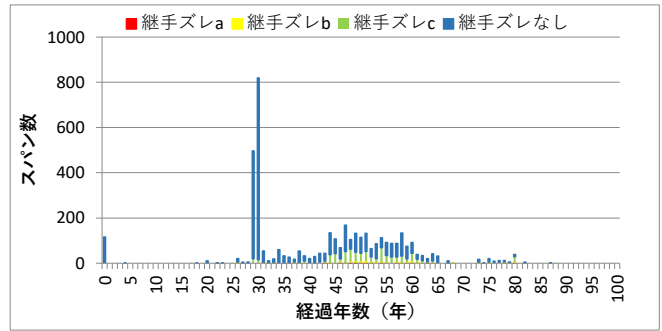
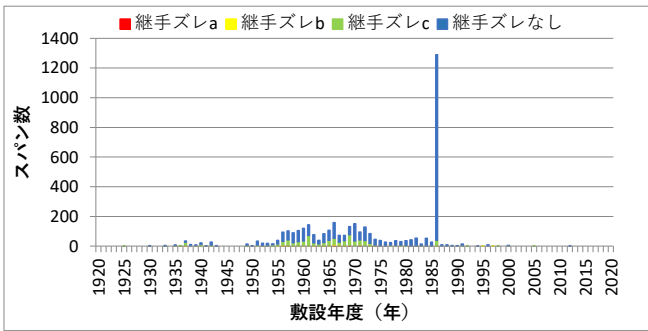


(c) 取付管本数

(d) 土被り

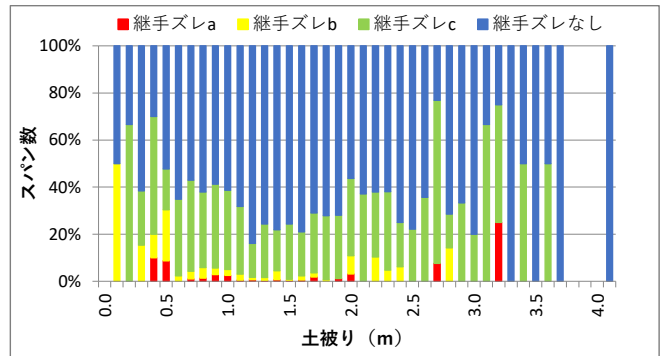
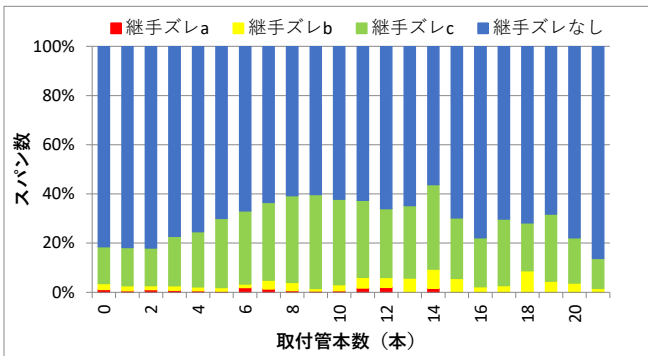
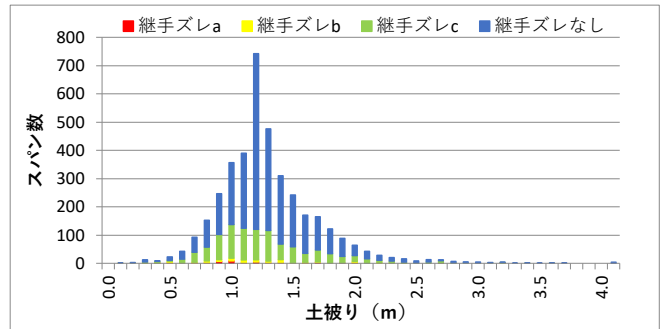
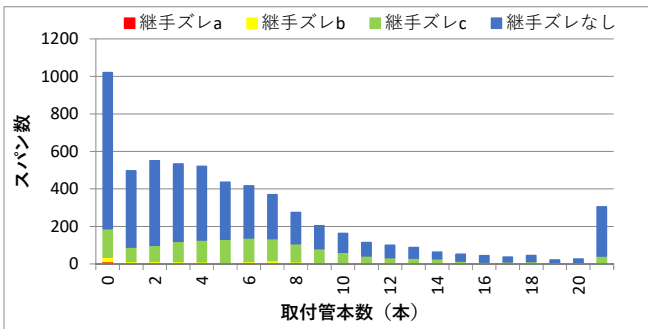
図 2-30 クラックの発生と各管渠条件の関係 (陶管)

4) 継手ズレ (陶管)



(a) 布設年度

(b) 経過年数

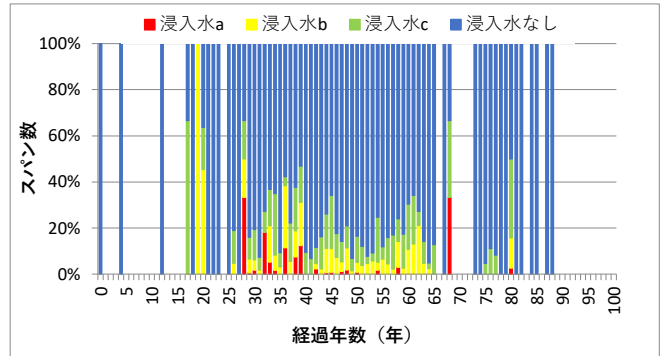
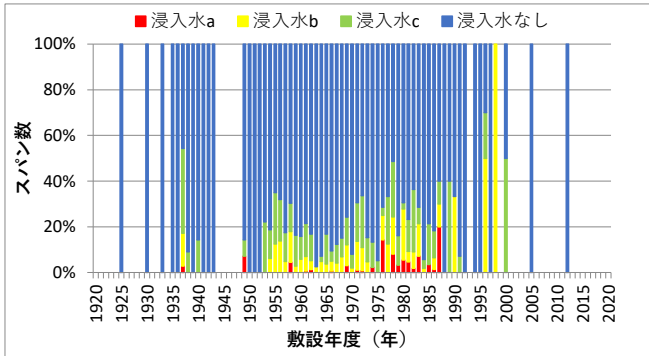
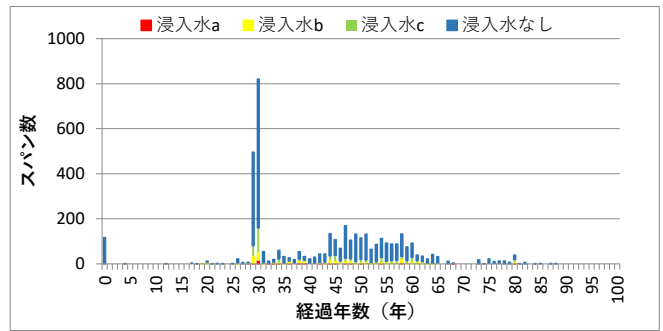
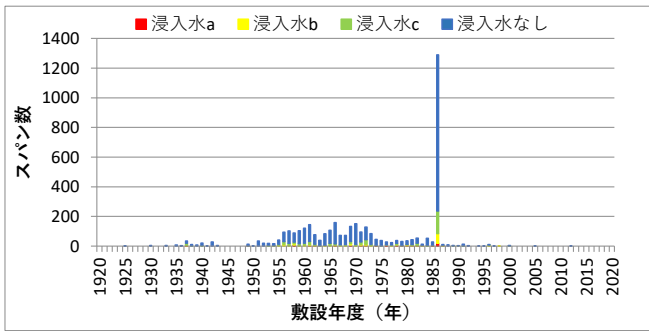


(c) 取付管本数

(d) 土被り

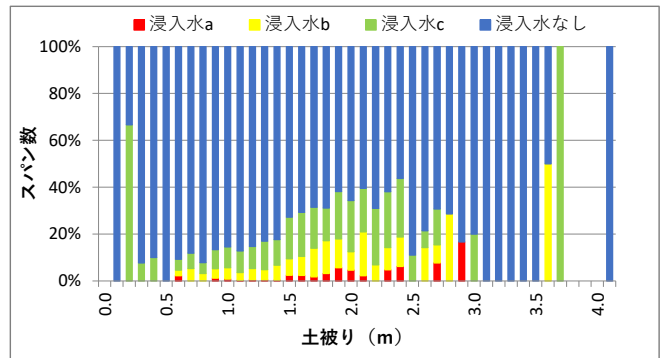
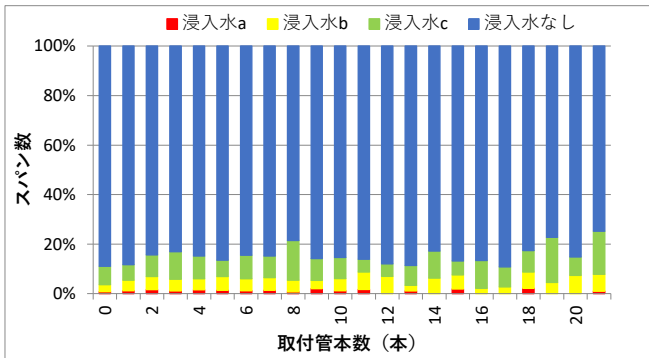
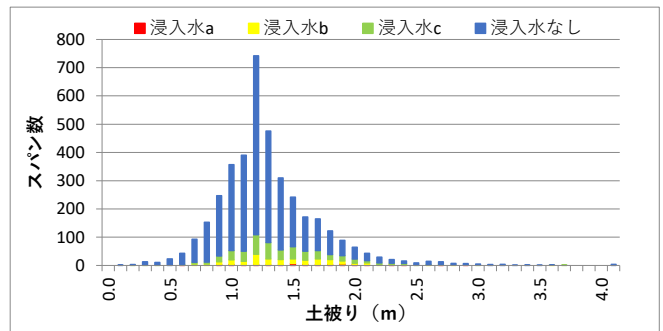
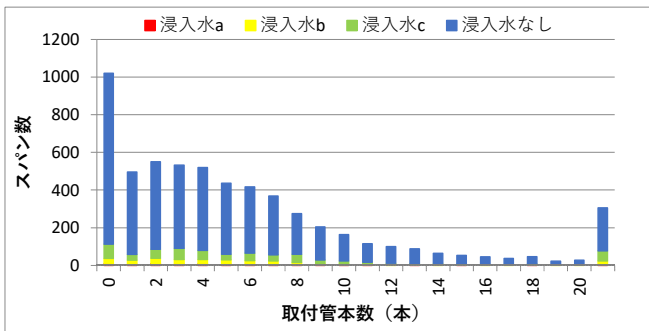
図 2-31 継手ズレの発生と各管渠条件の関係 (陶管)

5) 浸入水（陶管）



(a) 布設年度

(b) 経過年数

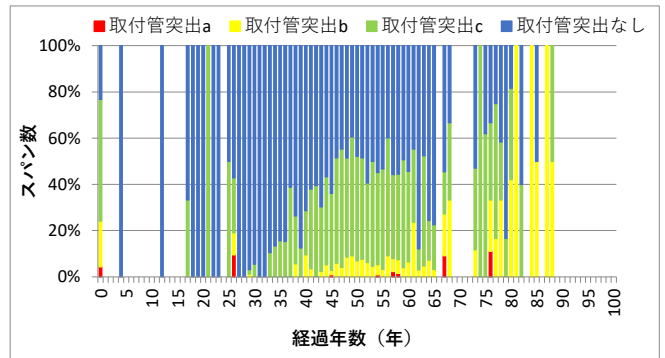
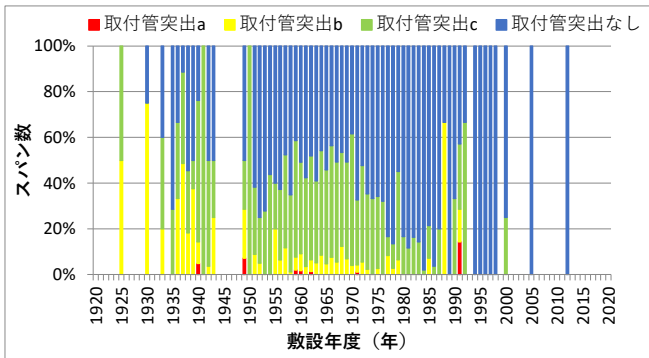
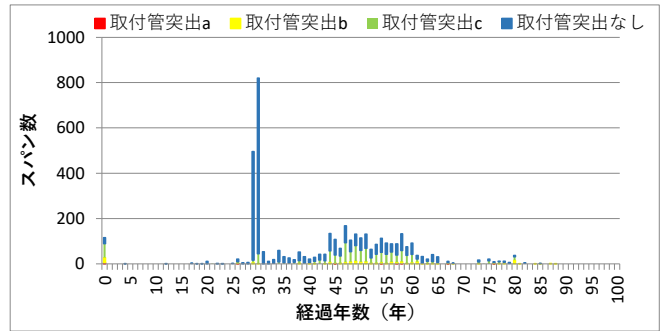
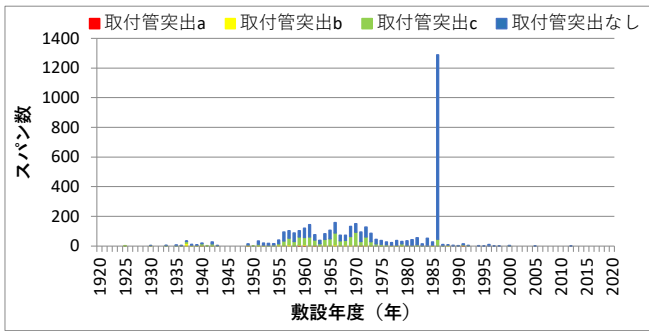


(c) 取付管本数

(d) 土被り

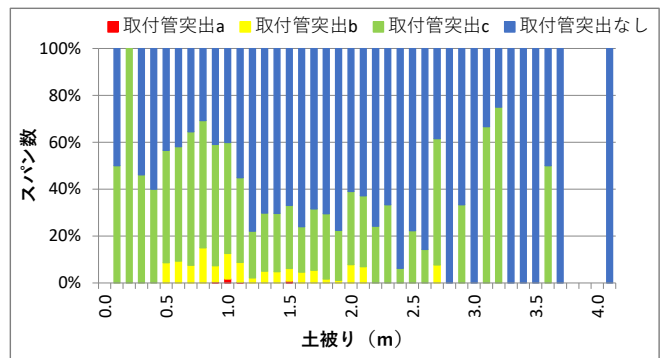
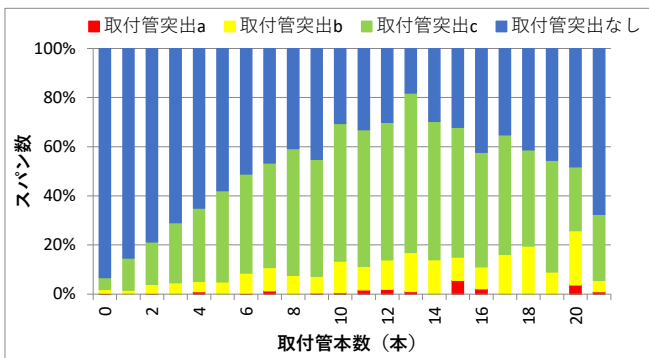
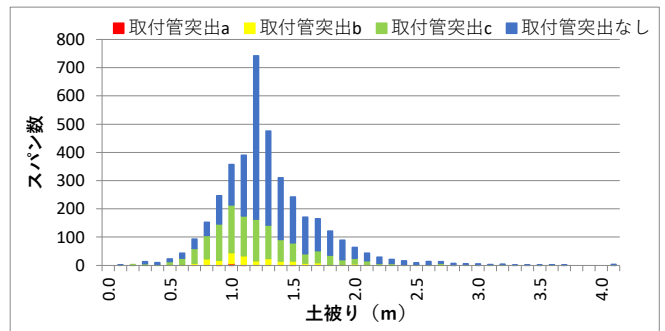
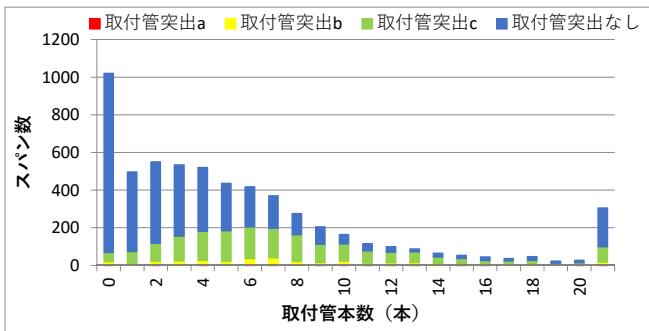
図 2-32 浸入水の発生と各管渠条件の関係（陶管）

6) 取付管突出（陶管）



(a) 布設年度

(b) 経過年数

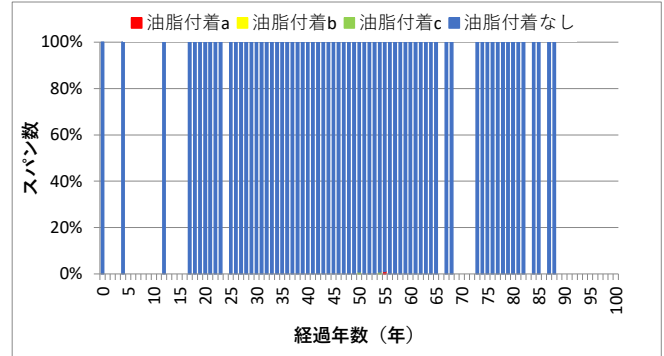
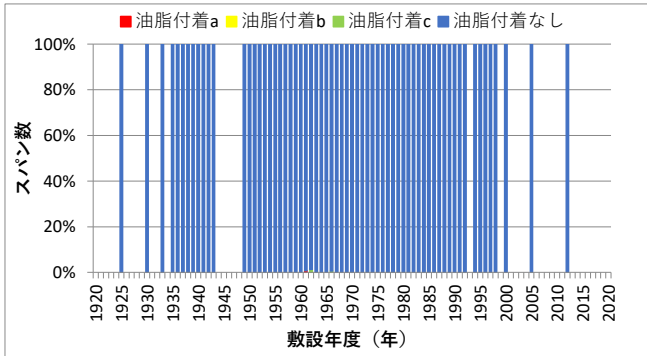
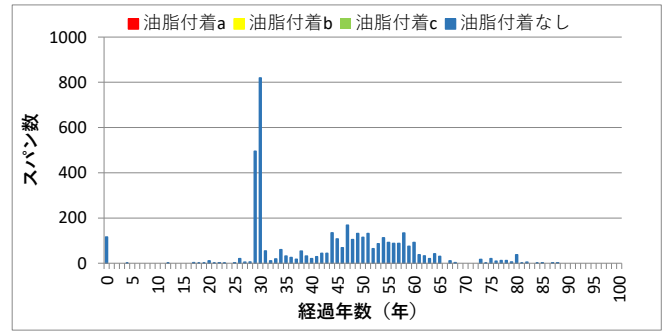
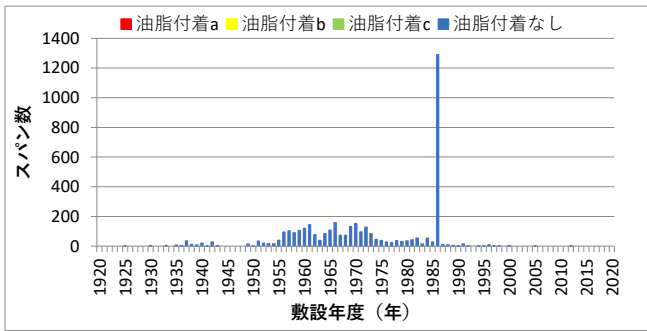


(c) 取付管本数

(d) 土被り

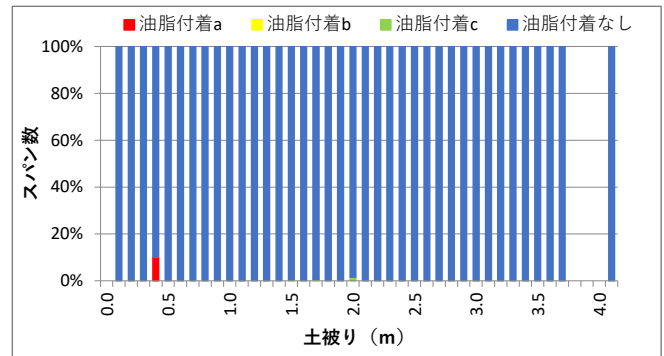
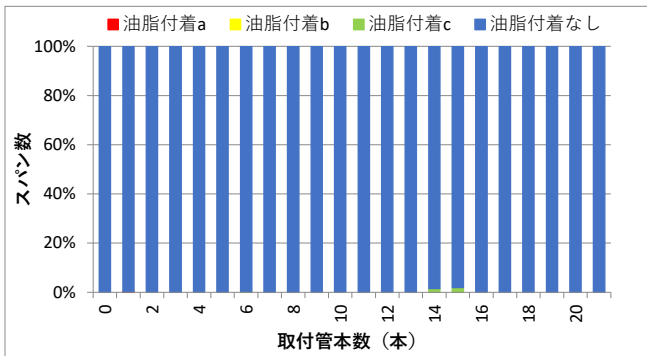
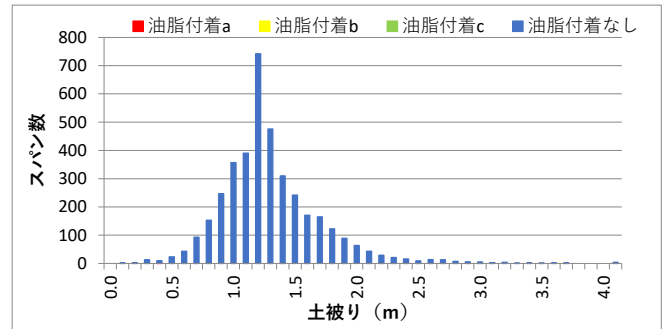
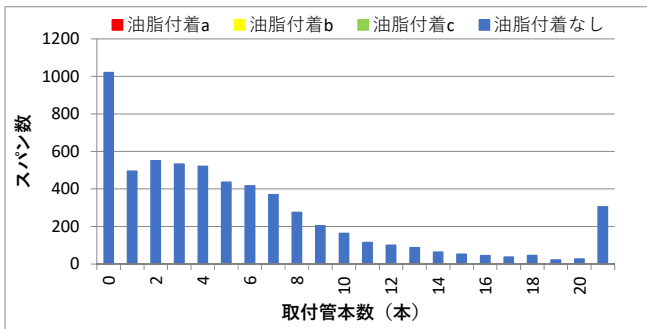
図 2-33 取付管突出の発生と各管渠条件の関係（陶管）

7) 油脂付着（陶管）



(a) 布設年度

(b) 経過年数

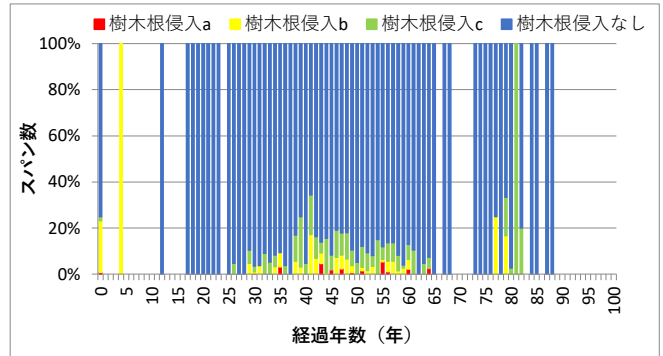
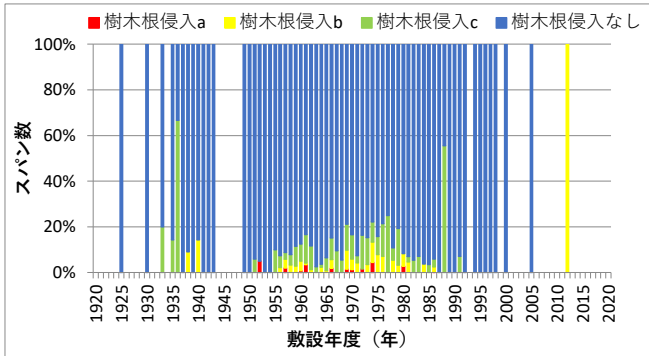
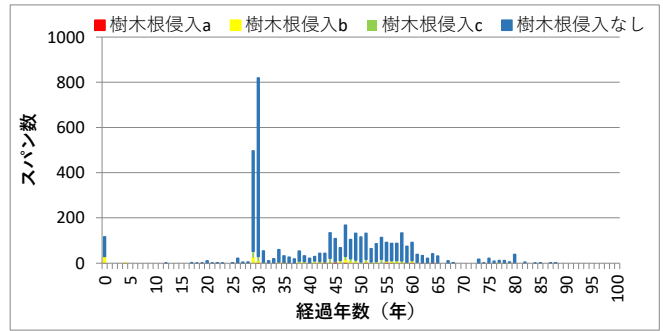
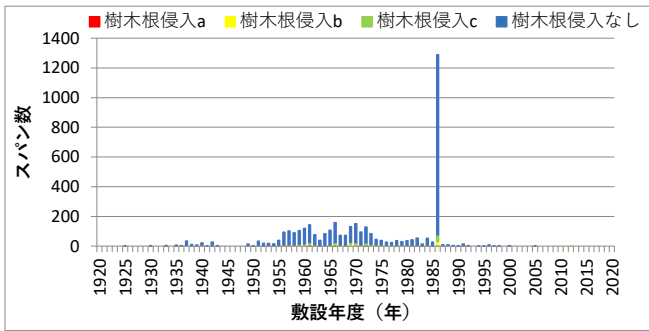


(c) 取付管本数

(d) 土被り

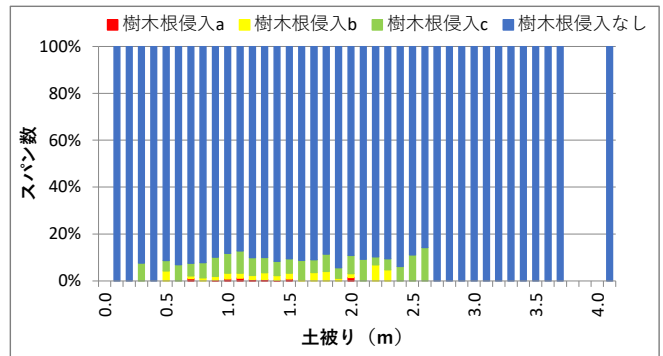
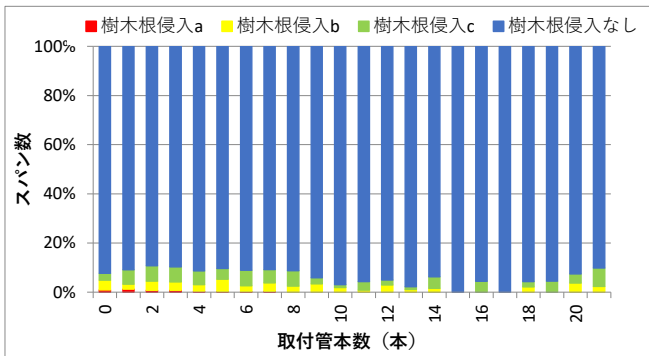
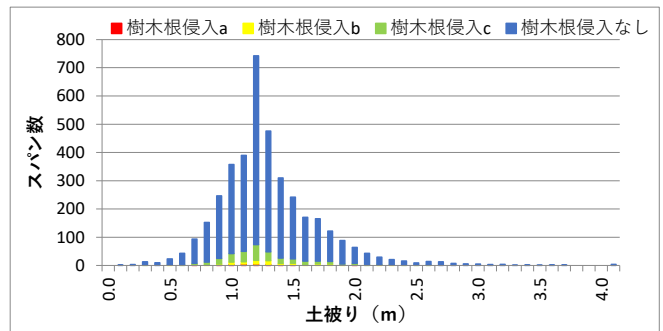
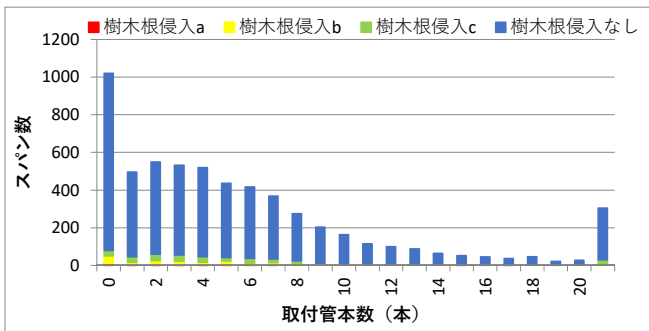
図 2-34 油脂付着の発生と各管渠条件の関係（陶管）

8) 樹木根侵入（陶管）



(a) 布設年度

(b) 経過年数

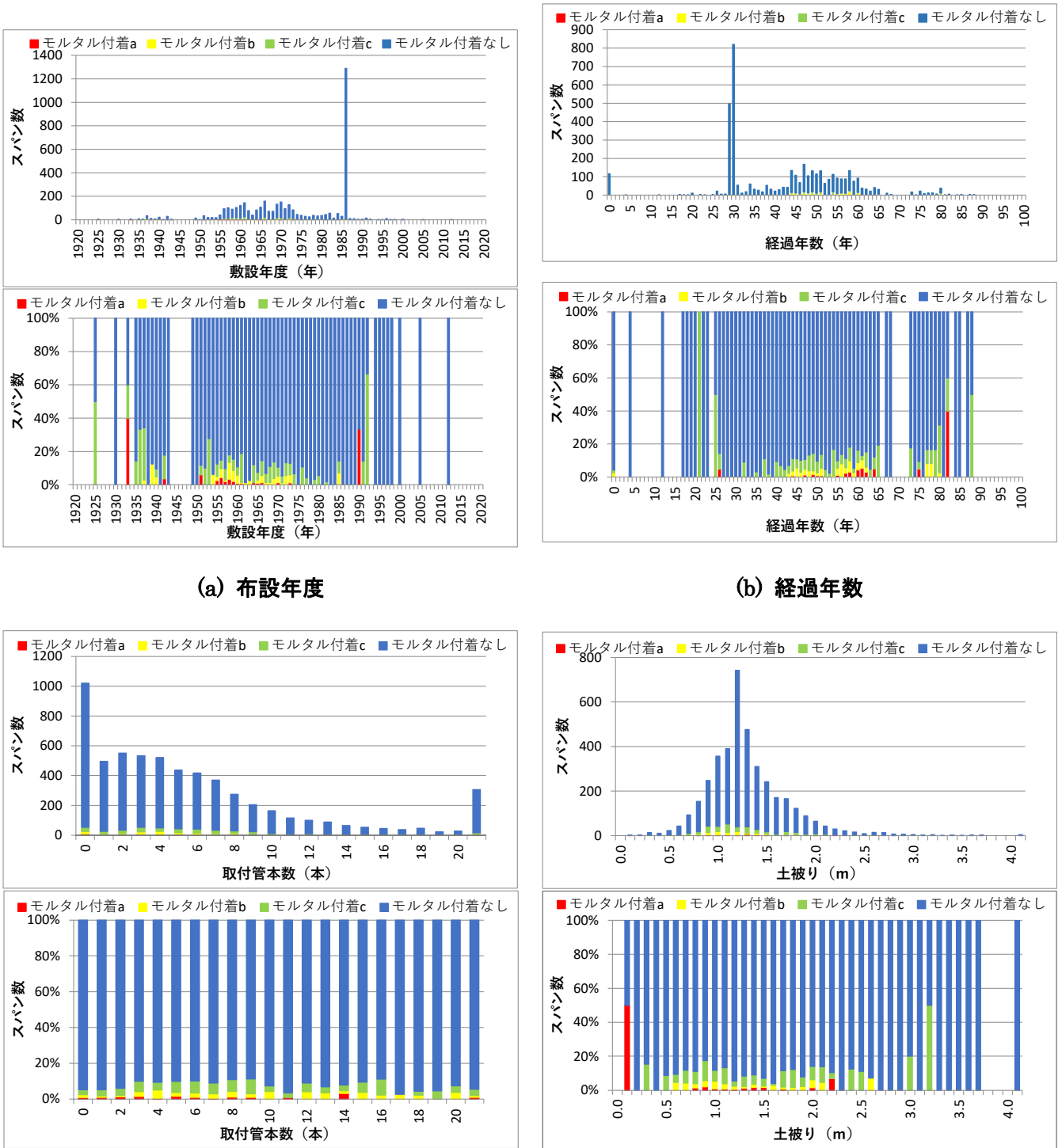


(c) 取付管本数

(d) 土被り

図 2-35 樹木根侵入の発生と各管渠条件の関係（陶管）

9) モルタル付着（陶管）



(a) 布設年度

(b) 経過年数

(c) 取付管本数

(d) 土被り

図 2-36 モルタル付着の発生と各管渠条件の関係（陶管）

2.3.3. 塩化ビニル管の劣化傾向

(1) 部位別の異常の発生状況（塩化ビニル管）

表 2-12 に、陶管の部位毎の異常の発生状況を示す。また、図 2-37 に異常項目の発生割合のグラフを示す。

異常項目の発生割合は、浸入水が 31.6%（うち継手部が 19.6%、取付管が 8.8%、本管部が 3.2%）と最も高く、次いで上下のたるみが 30.0%（うち本管部 29.8%）、継手ズレが 11.8%（うち継手部 11.5%）である。

表 2-12 異常項目別の発生状況（塩化ビニル管）

	箇所数				異常項目別割合			全体割合			
	本管部	継手部	取付管 (可視範囲)	計	本管部	継手部	取付管 (可視範囲)	本管部	継手部	取付管 (可視範囲)	計
腐食											
上下のたるみ	763	4		767	99.5%	0.5%	0.0%	29.8%	0.2%	0.0%	30.0%
破損(軸方向クラック)	185	33	12	230	80.4%	14.3%	5.2%	7.2%	1.3%	0.5%	9.0%
円周方向クラック	72	1		73	98.6%	1.4%	0.0%	2.8%	0.0%	0.0%	2.9%
継手ズレ	4	293	5	302	1.3%	97.0%	1.7%	0.2%	11.5%	0.2%	11.8%
偏平・変形	26	2		28				1.0%	0.1%	0.0%	1.1%
浸入水	82	501	225	808	10.1%	62.0%	27.8%	3.2%	19.6%	8.8%	31.6%
取付管突出	1		112	113	0.9%	0.0%	99.1%	0.0%	0.0%	4.4%	4.4%
油脂付着	17			17	100.0%	0.0%	0.0%	0.7%	0.0%	0.0%	0.7%
樹木根侵入	15	90	21	126	11.9%	71.4%	16.7%	0.6%	3.5%	0.8%	4.9%
モルタル付着	69	4	21	94	73.4%	4.3%	22.3%	2.7%	0.2%	0.8%	3.7%
計	1,234	928	396	2,558				48.2%	36.3%	15.5%	100.0%

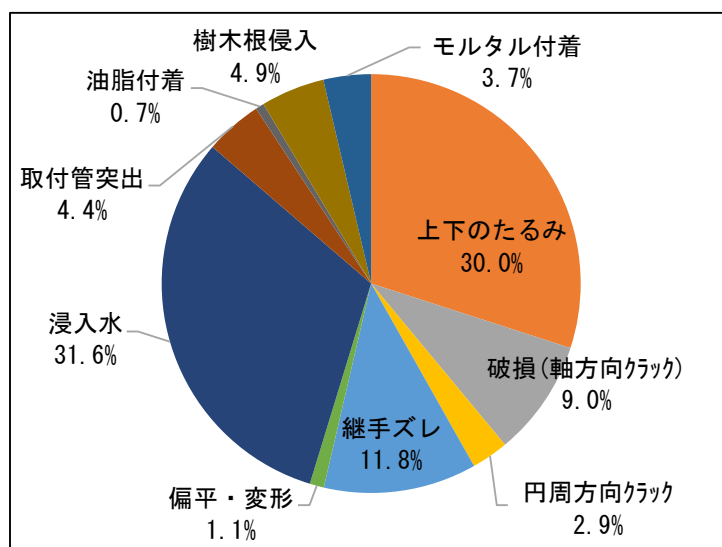


図 2-37 異常項目の発生割合（塩化ビニル管）

(2) 異常の発生位置の傾向（塩化ビニル管）

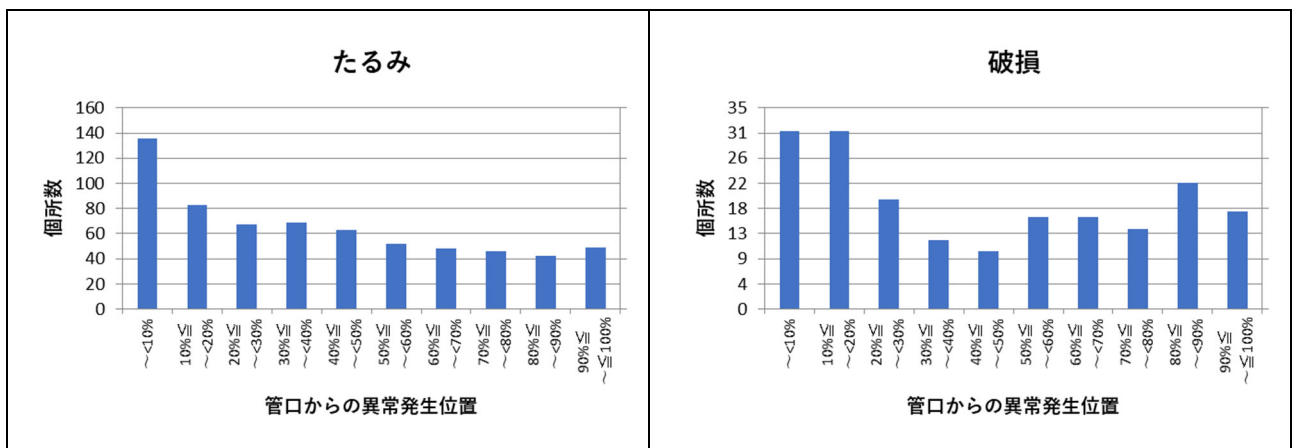
2.3.1.(2)と同様の方針で、塩化ビニル管の異常発生位置を整理し、傾向を分析した。

塩化ビニル管の発生位置別の異常の発生箇所数を表 2-13 に示す。また、図 2-38 に、異常項目別に発生位置と箇所数をまとめたグラフを示す。

たるみ、破損、浸入水、油脂付着、樹木根浸入、モルタル付着に関して管口周辺（管口から 10%未満）での発生割合が高くなっている。その他の異常については、発生位置に特徴的な傾向はみられない。塩化ビニル管については、現時点で異常に関するデータ数が少ないため、さらなるデータの収集・蓄積が必要である。

表 2-13 発生位置別の異常の発生箇所数（塩化ビニル管）

異常項目	異常発生位置									
	～<10%	10%≤ ～<20%	20%≤ ～<30%	30%≤ ～<40%	40%≤ ～<50%	50%≤ ～<60%	60%≤ ～<70%	70%≤ ～<80%	80%≤ ～<90%	90%≤ ～≤100%
腐食	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
たるみ	136	83	67	69	63	52	48	46	42	49
破損	31	31	19	12	10	16	16	14	22	17
クラック	6	8	3	9	6	8	5	3	8	7
継手ズレ	22	21	31	37	36	34	25	32	28	25
変形	3	3	1	1	4	2	6	1	2	5
浸入水	328	55	31	28	29	24	35	35	36	41
取付管突き出し	7	3	5	9	4	9	8	12	9	2
油脂付着	4	0	1	1	1	0	0	0	1	1
樹木根浸入	32	8	4	1	5	10	7	11	11	7
モルタル付着	18	10	12	3	6	5	6	5	4	6
クラック+破損	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
クラック+浸入水	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
継手ズレ+破損	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
継手ズレ+浸入水	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
浸入水+破損	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
油脂付着+モルタル付着	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



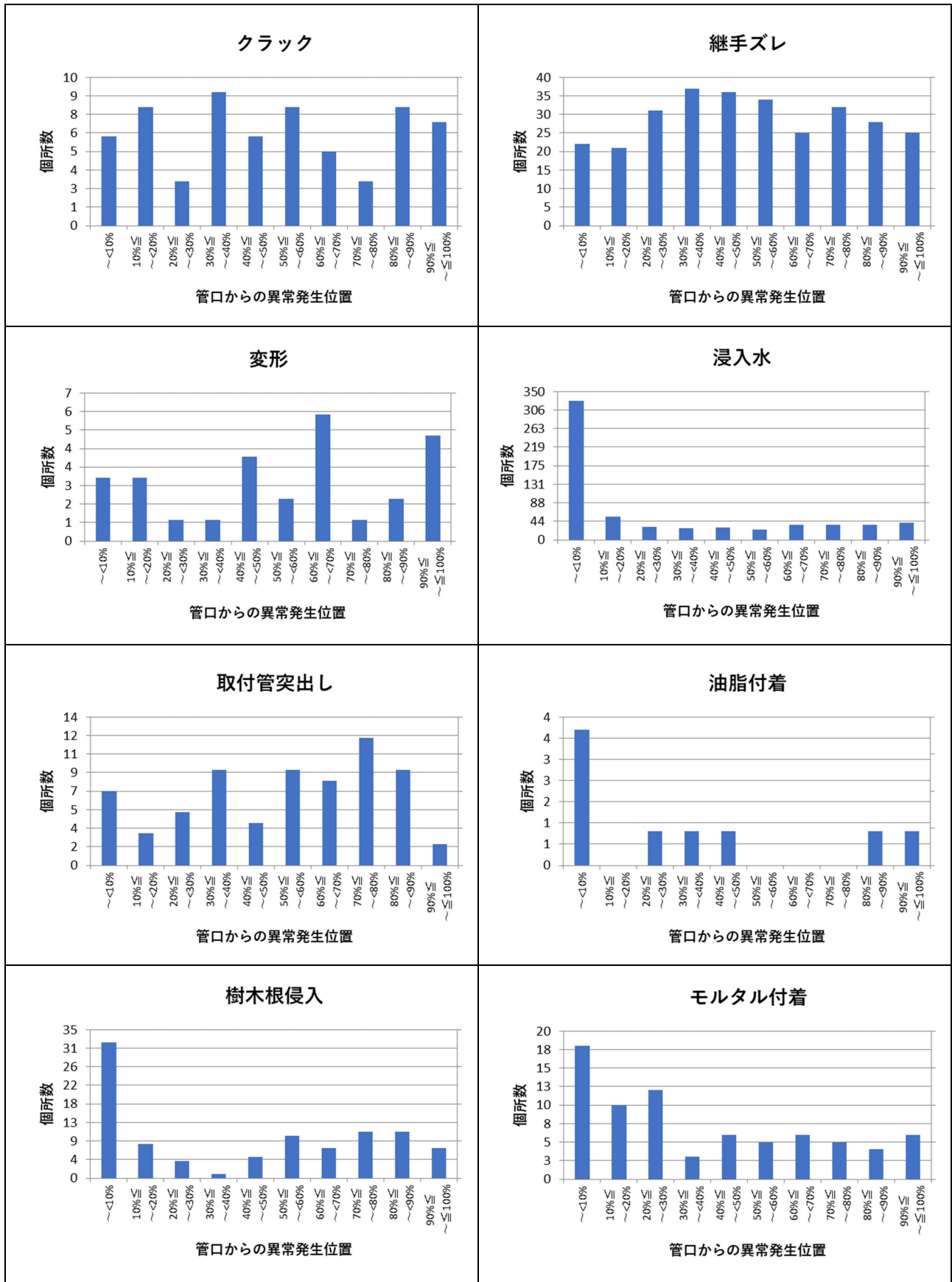
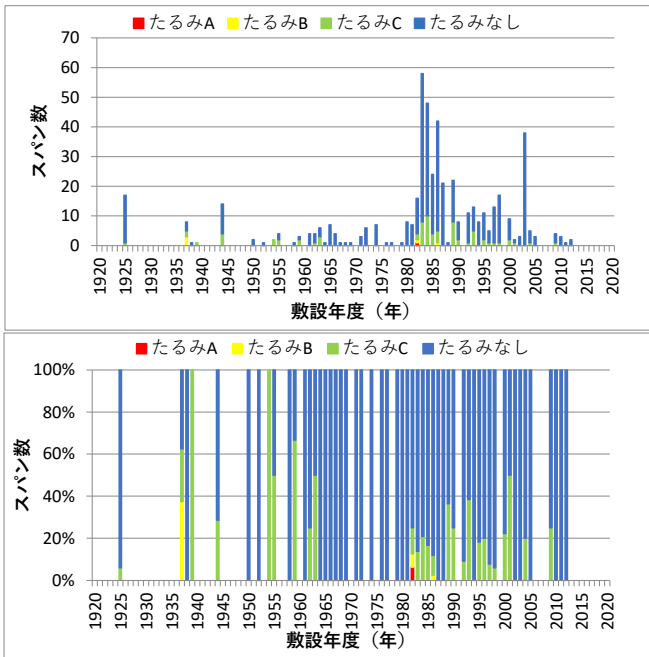


図 2-38 異常項目別の発生位置と箇所数（塩化ビニル管）

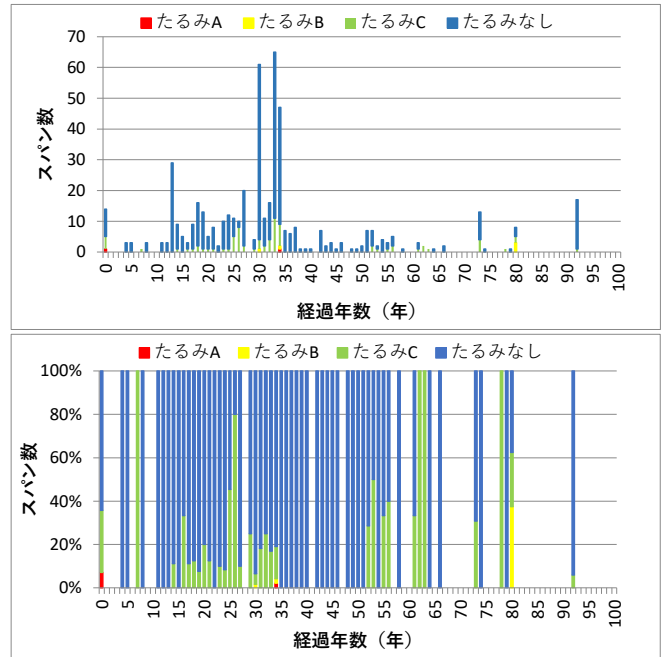
(3) 異常発生と管渠条件の関係の定性的把握（塩化ビニル管）

2.3.1.(3)と同様の方針で、塩化ビニル管に発生する代表的な11種の異常項目（たるみ、破損、クラック、継手ズレ、浸入水、取付管突出、油脂付着、樹木根浸入、モルタル付着、偏平、変形）と4種の管渠条件（布設年度、経過年数、取付管本数、土被り）の関係を示すグラフを作成し（図 2-39～図 2-49）、異常発生と管渠条件の関係を確認したが、データ数が少ないこともあり、グラフを観察する限りでは特徴的な傾向は確認されなかった。さらなるデータの収集・蓄積が必要であるとともに、他の管渠条件（管径、路線延長、スパン内の管本数、道路種別、歩車道区分等）と塩化ビニル管の劣化の関係性を確認することも必要と考えられる。

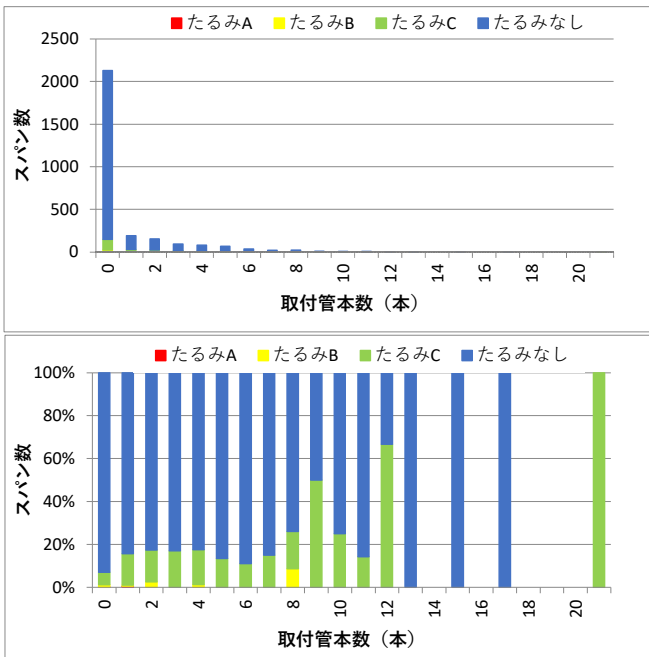
1) たるみ（塩化ビニル管）



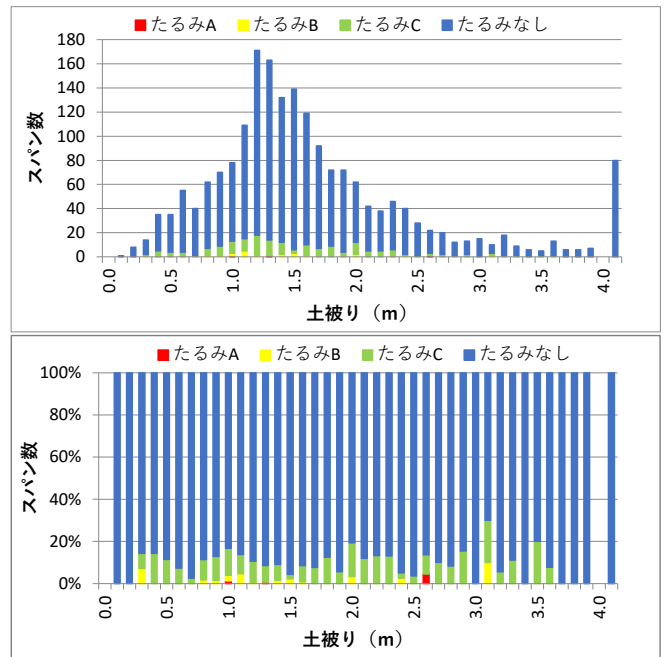
(a) 布設年度



(b) 経過年数



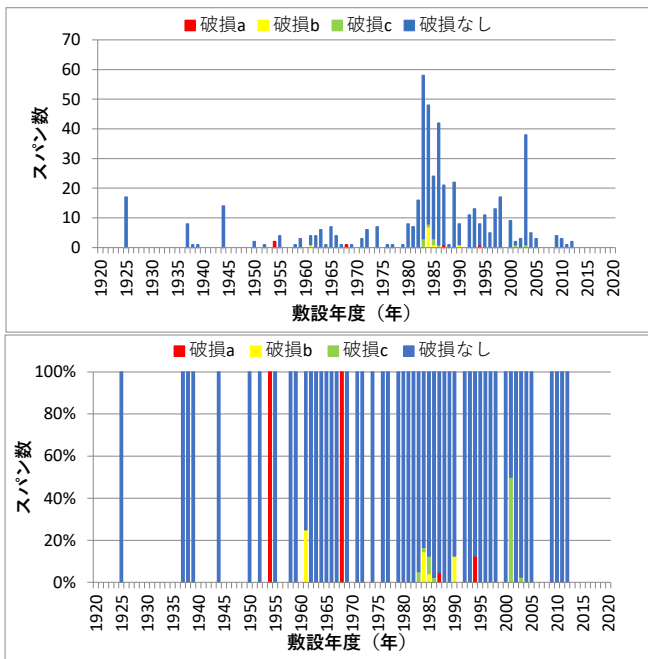
(c) 取付管本数



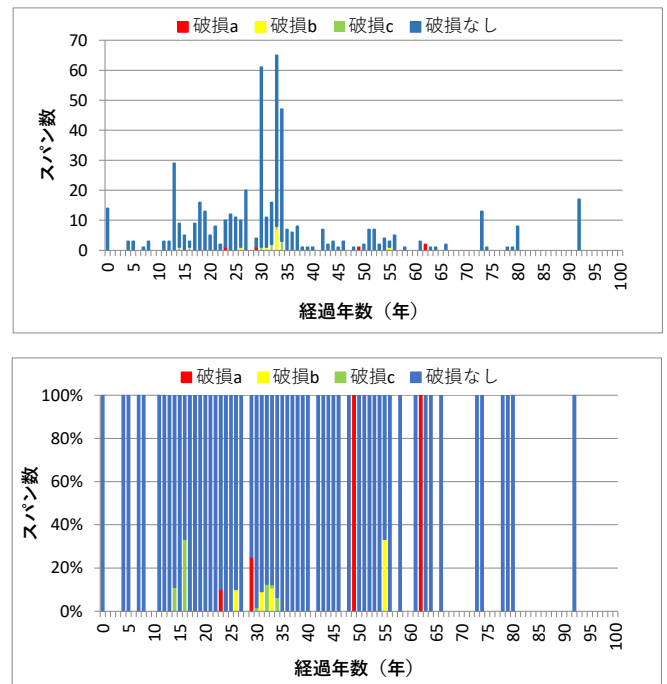
(d) 土被り

図 2-39 たるみの発生と各管渠条件の関係（塩化ビニル管）

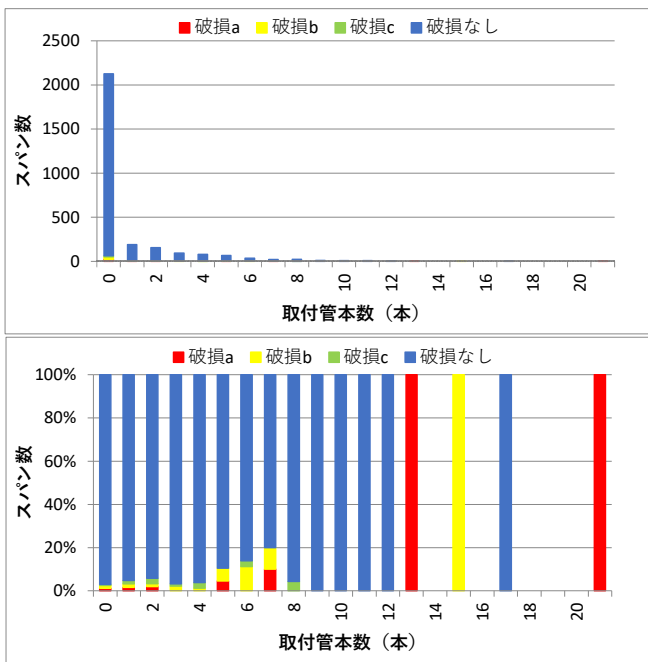
2) 破損（塩化ビニル管）



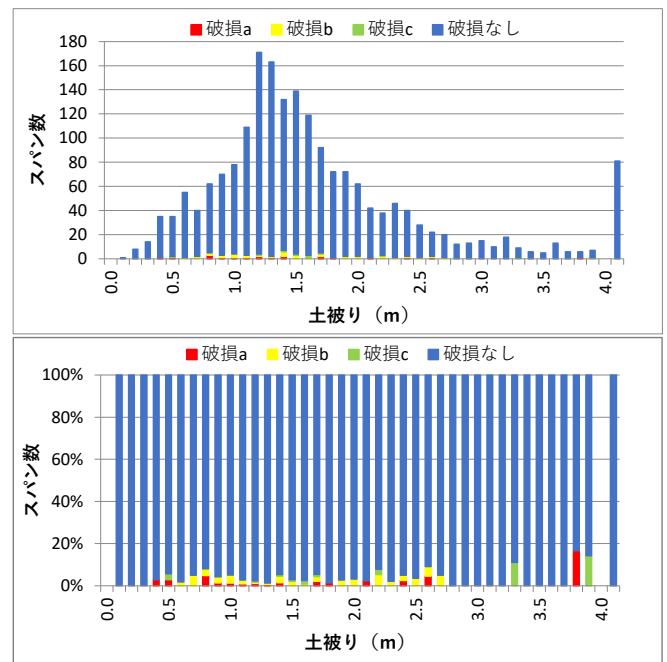
(a) 布設年度



(b) 経過年数



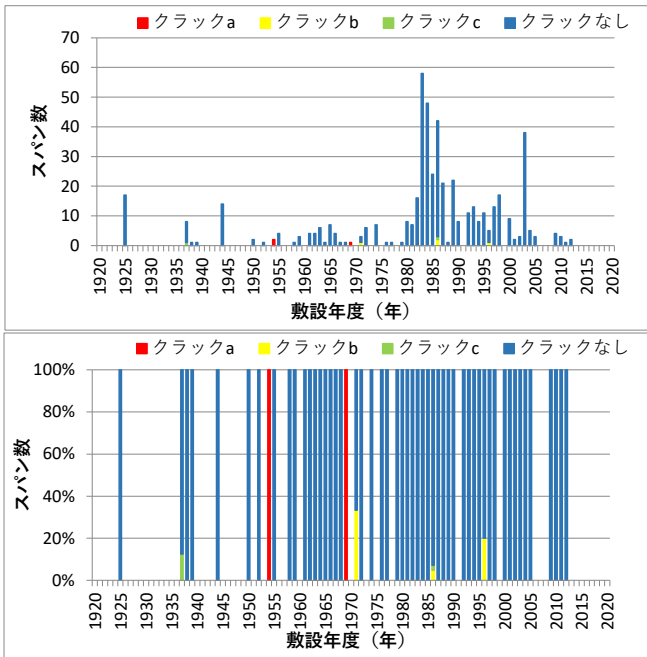
(c) 取付管本数



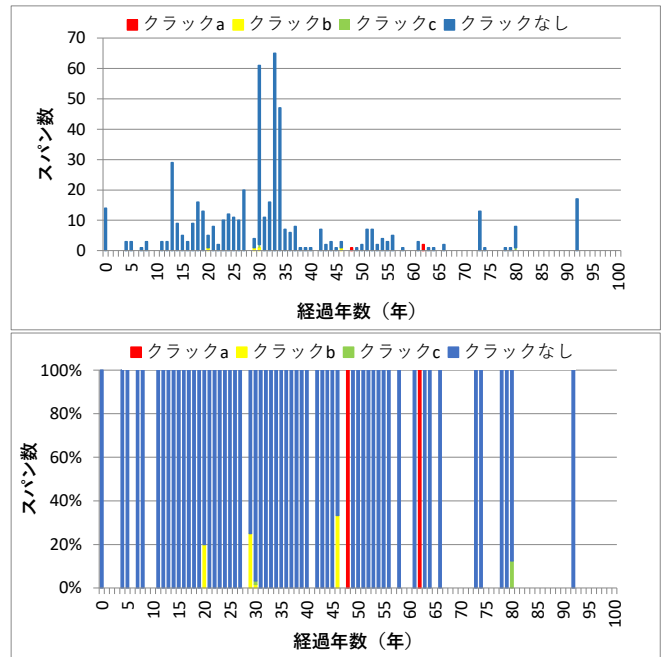
(d) 土被り

図 2-40 破損の発生と各管渠条件の関係（塩化ビニル管）

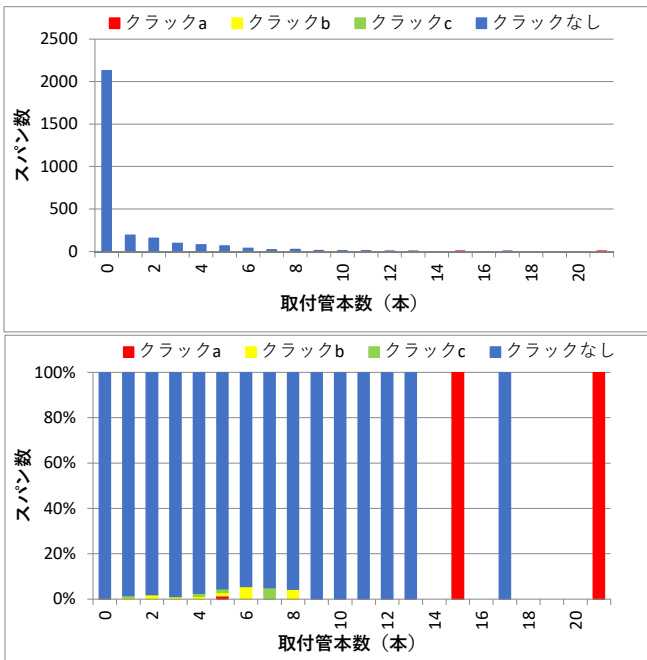
3) クラック（塩化ビニル管）



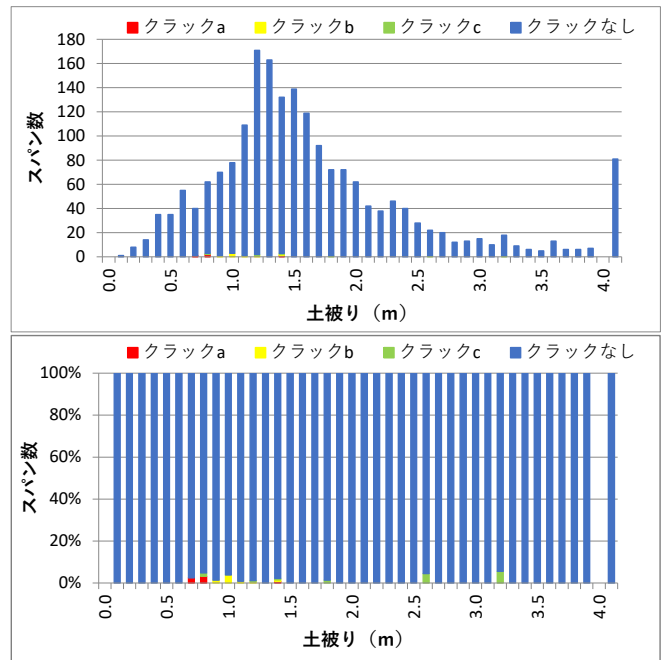
(a) 布設年度



(b) 経過年数



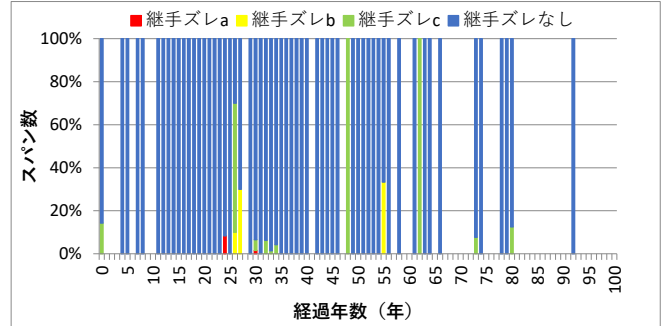
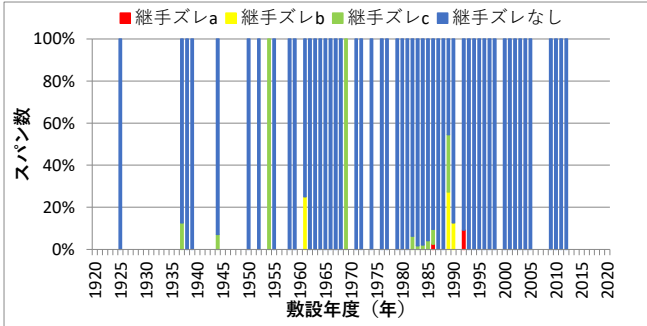
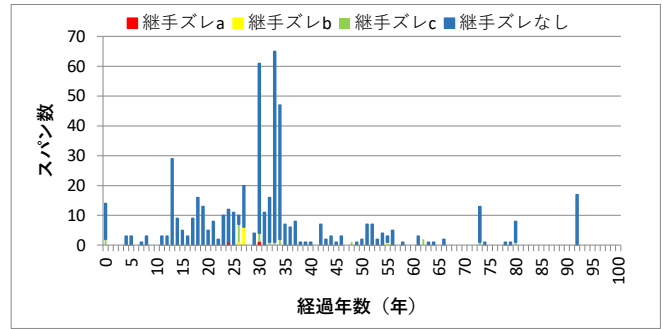
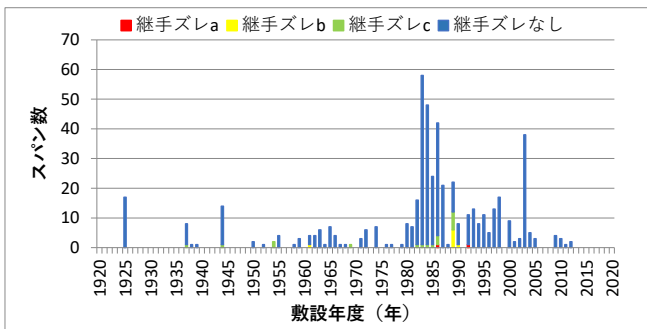
(c) 取付管本数



(d) 土被り

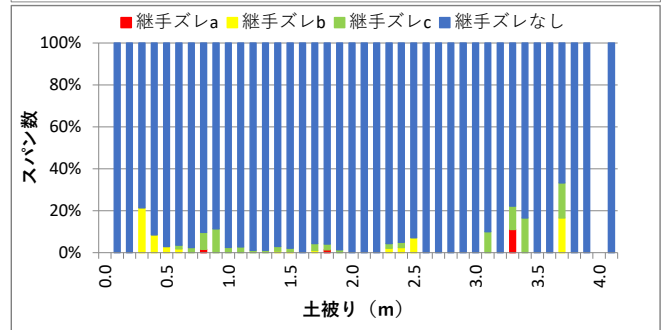
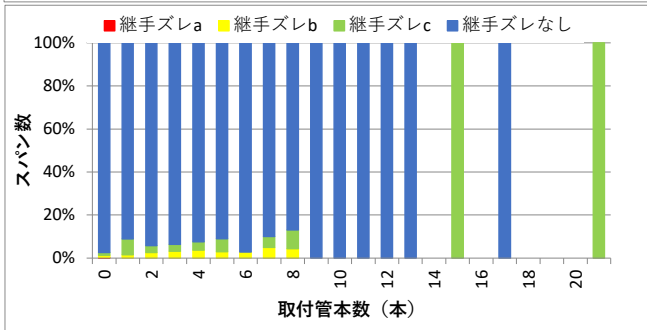
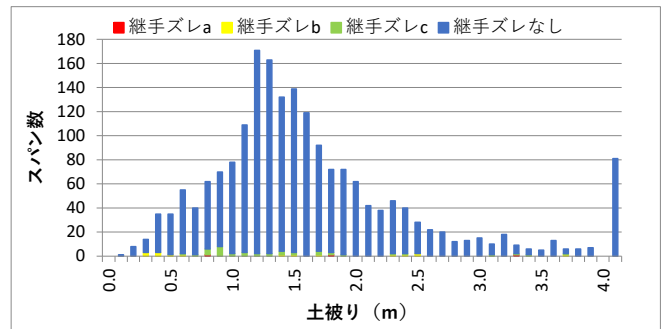
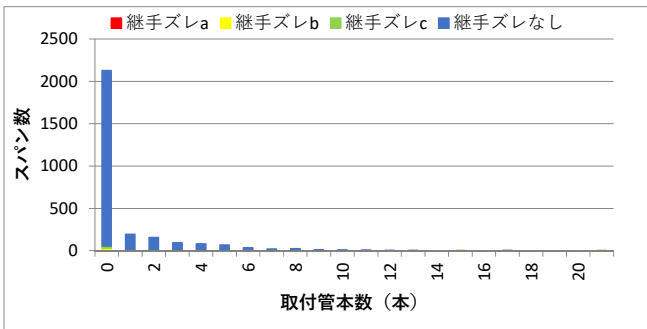
図 2-41 クラックの発生と各管渠条件の関係（塩化ビニル管）

4) 継手ズレ (塩化ビニル管)



(a) 布設年度

(b) 経過年数

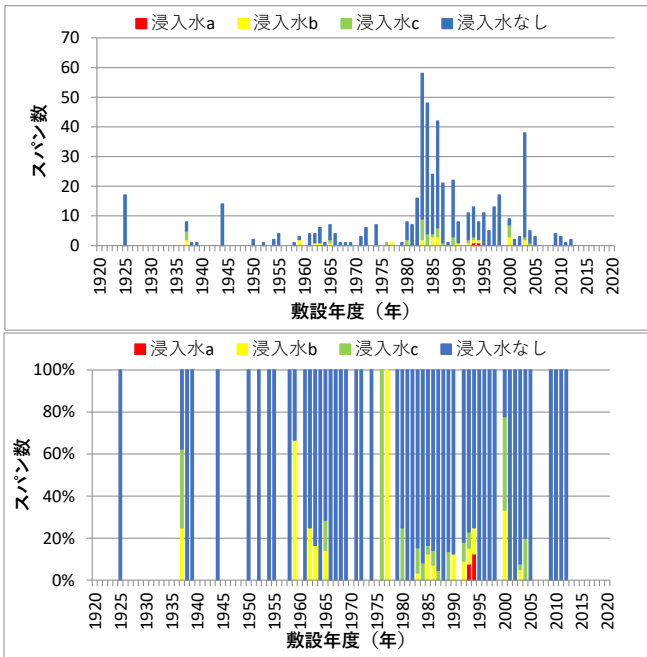


(c) 取付管本数

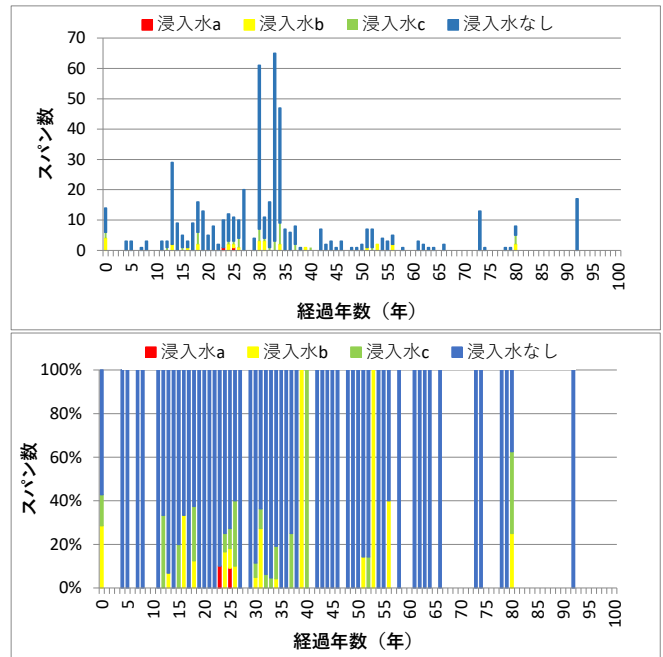
(d) 土被り

図 2-42 継手ズレの発生と各管渠条件の関係 (塩化ビニル管)

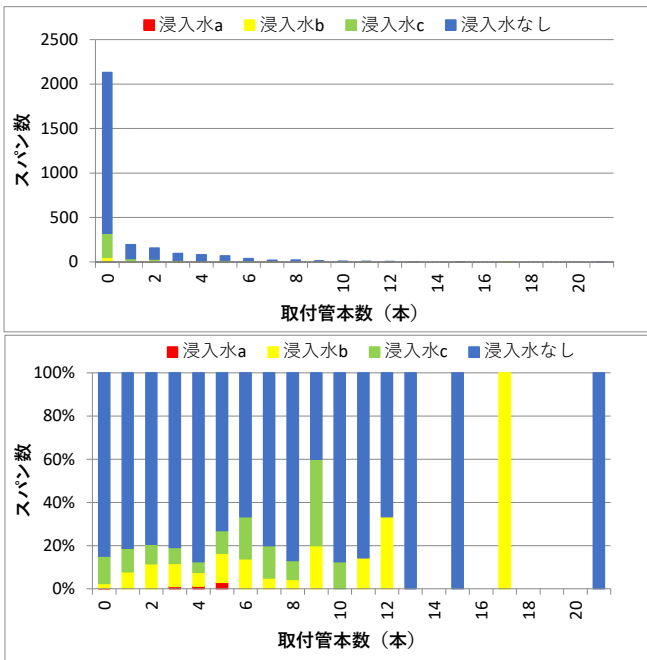
5) 浸入水（塩化ビニル管）



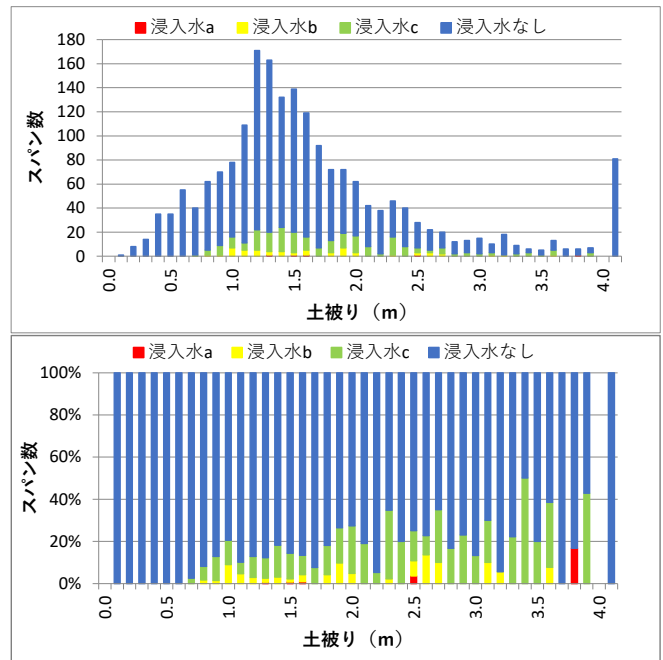
(a) 布設年度



(b) 経過年数



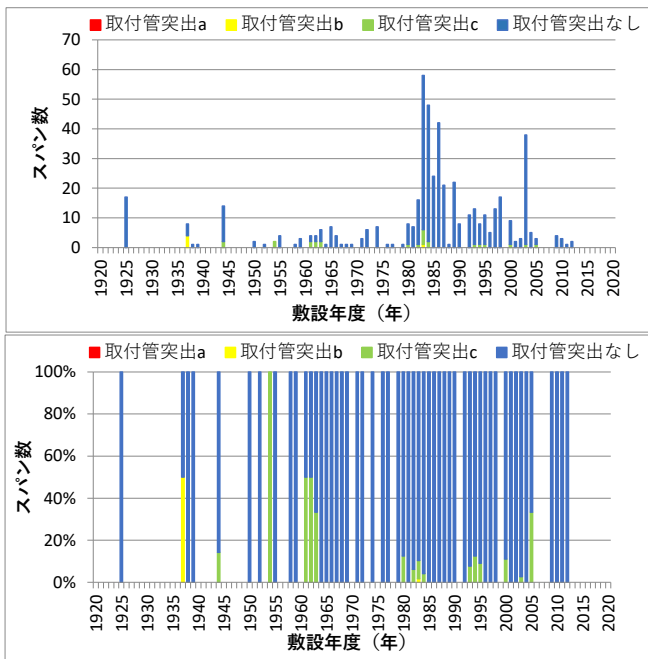
(c) 取付管本数



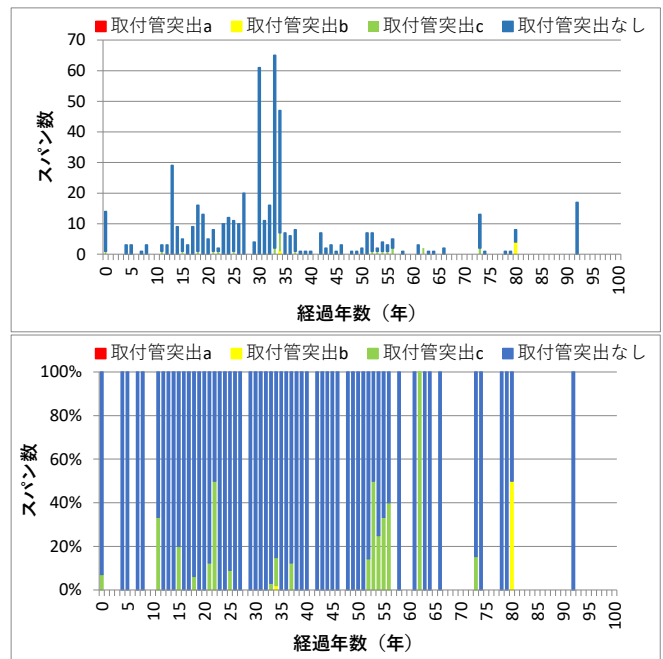
(d) 土被り

図 2-43 浸入水の発生と各管渠条件の関係（塩化ビニル管）

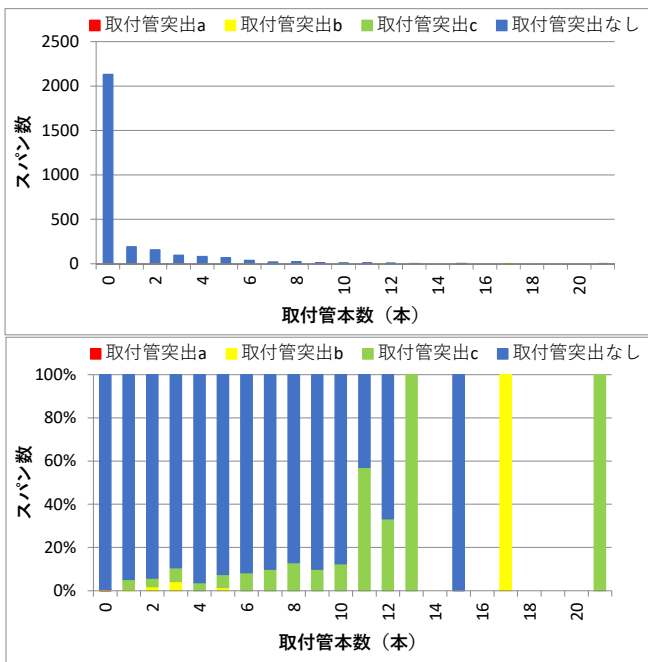
6) 取付管突出（塩化ビニル管）



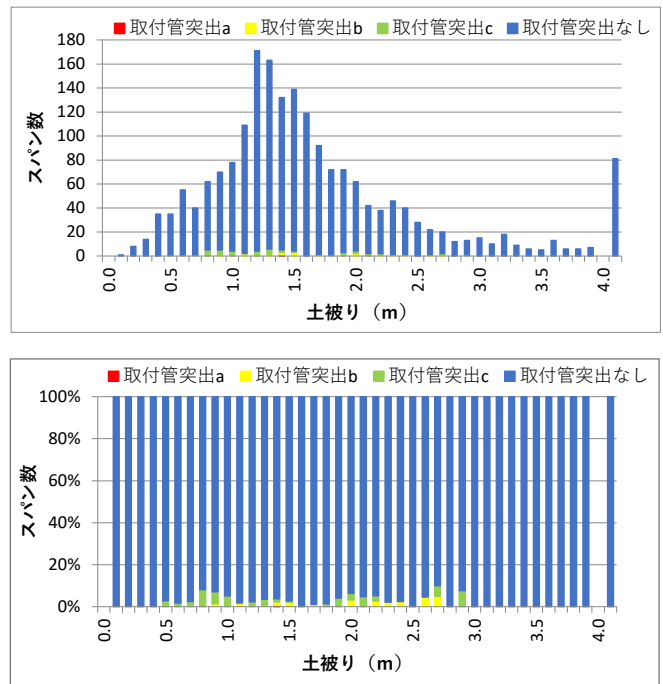
(a) 布設年度



(b) 経過年数



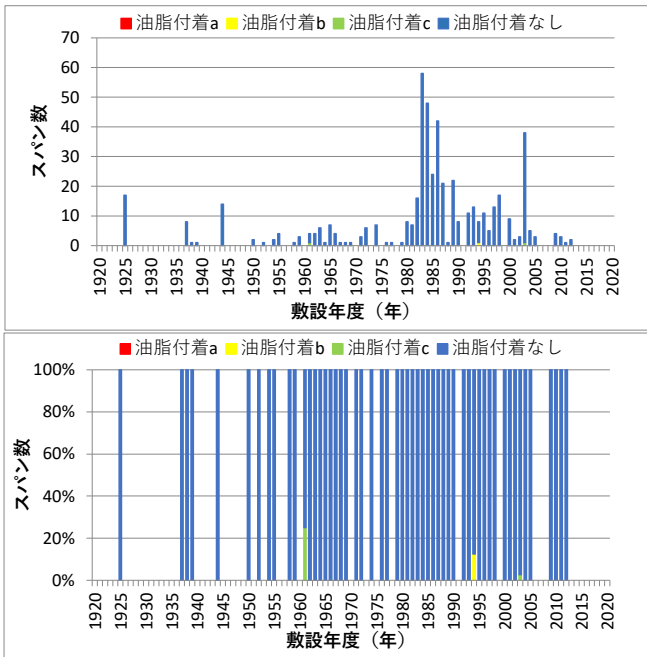
(c) 取付管本数



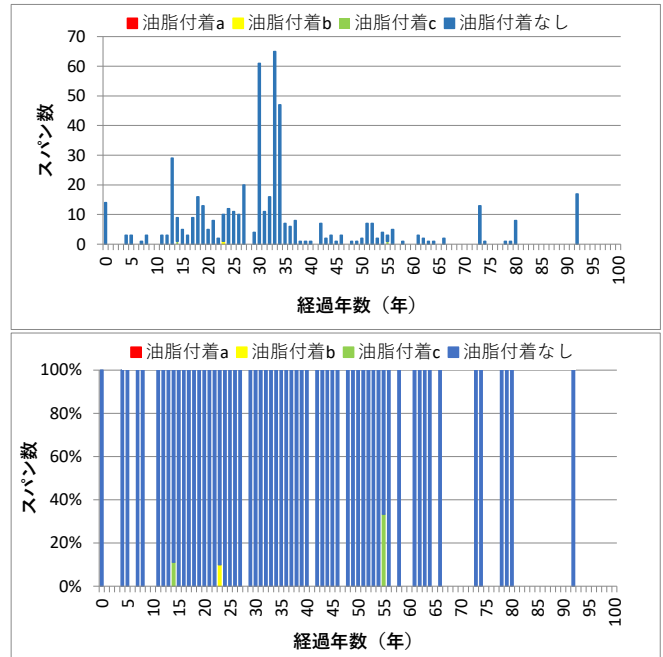
(d) 土被り

図 2-44 取付管突出の発生と各管渠条件の関係（塩化ビニル管）

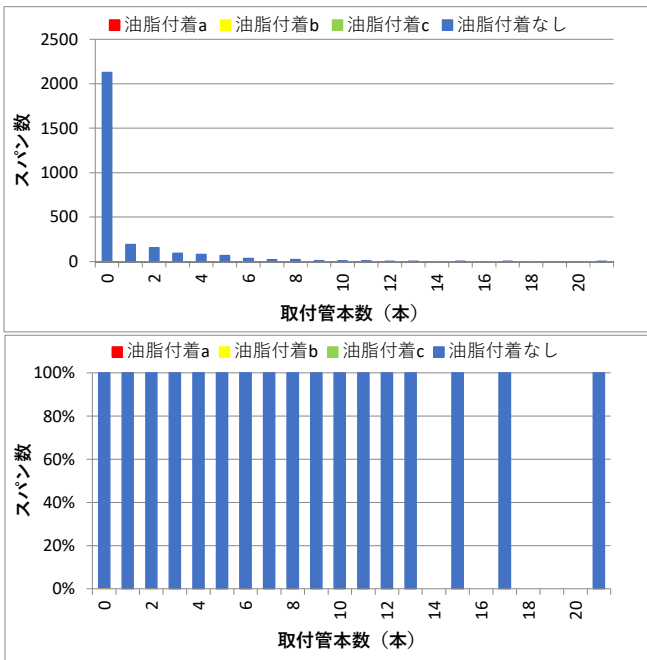
7) 油脂付着 (塩化ビニル管)



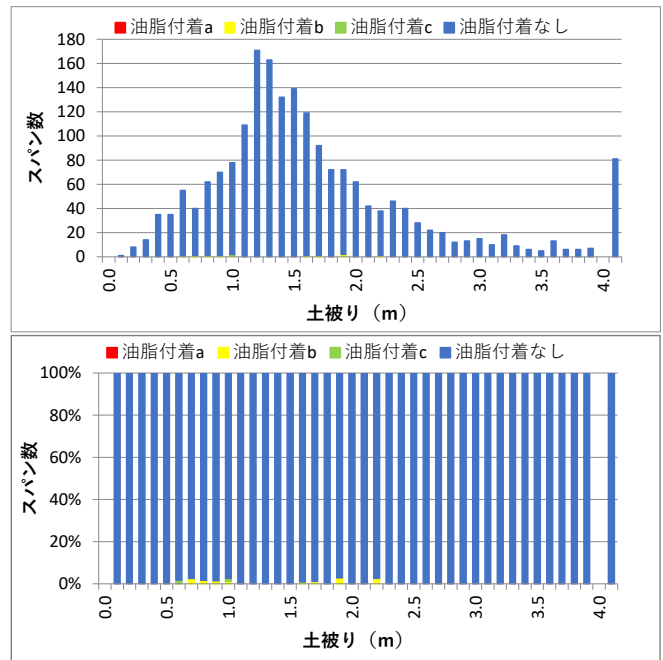
(a) 布設年度



(b) 経過年数



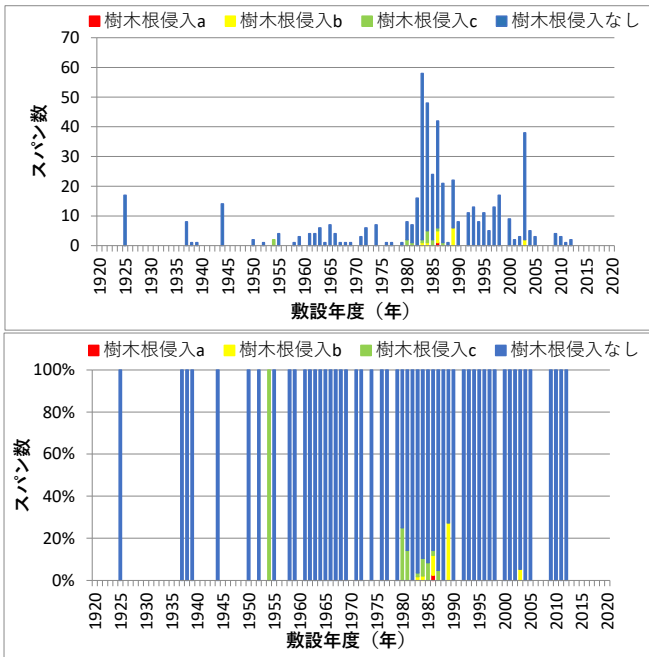
(c) 取付管本数



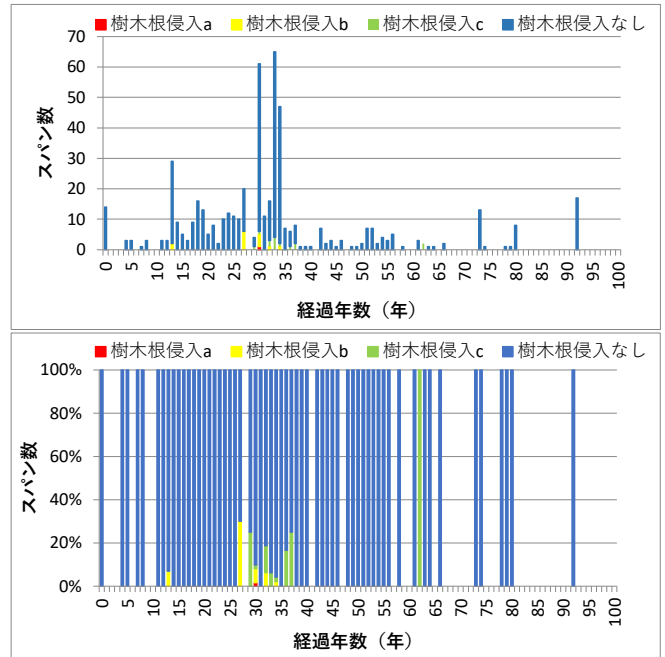
(d) 土被り

図 2-45 油脂付着の発生と各管渠条件の関係 (塩化ビニル管)

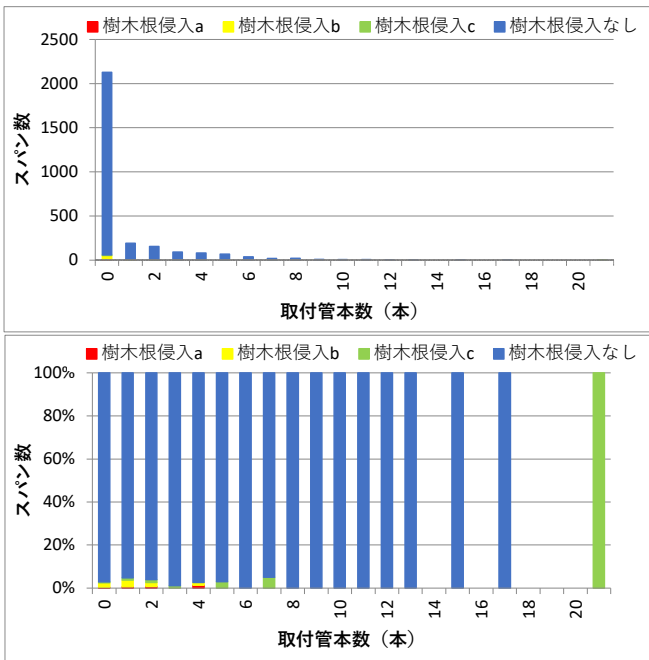
8) 樹木根浸入（塩化ビニル管）



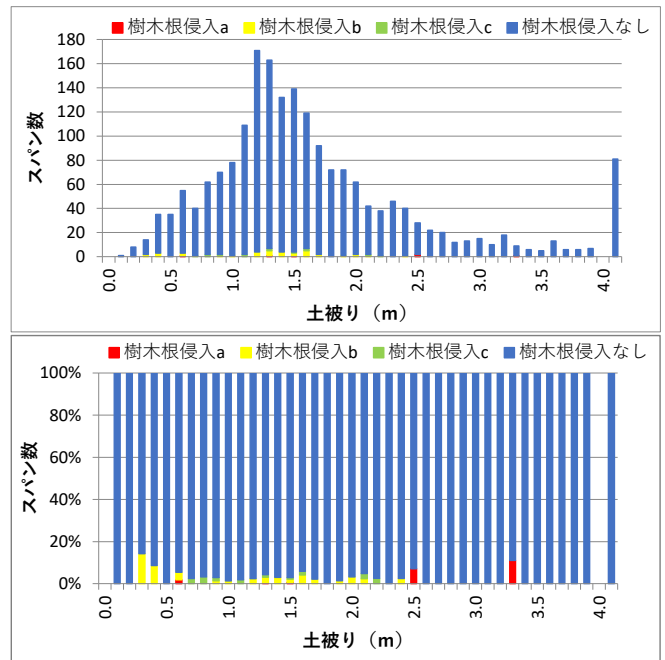
(a) 布設年度



(b) 経過年数



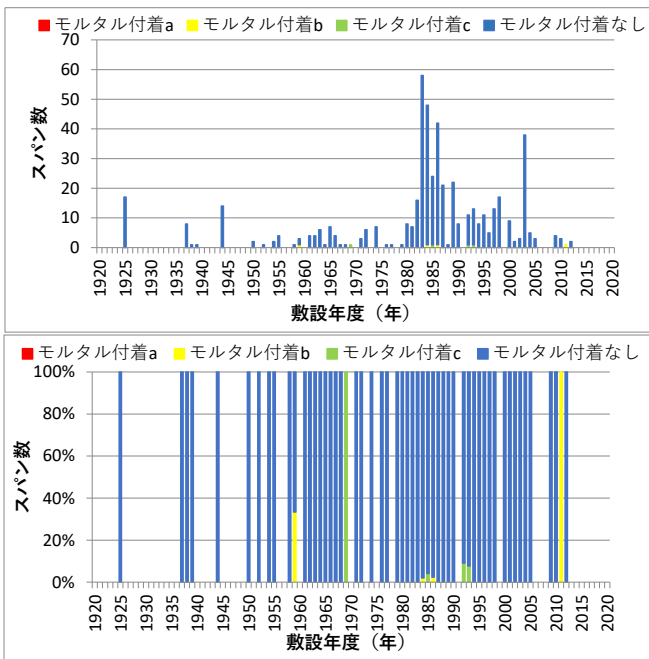
(c) 取付管本数



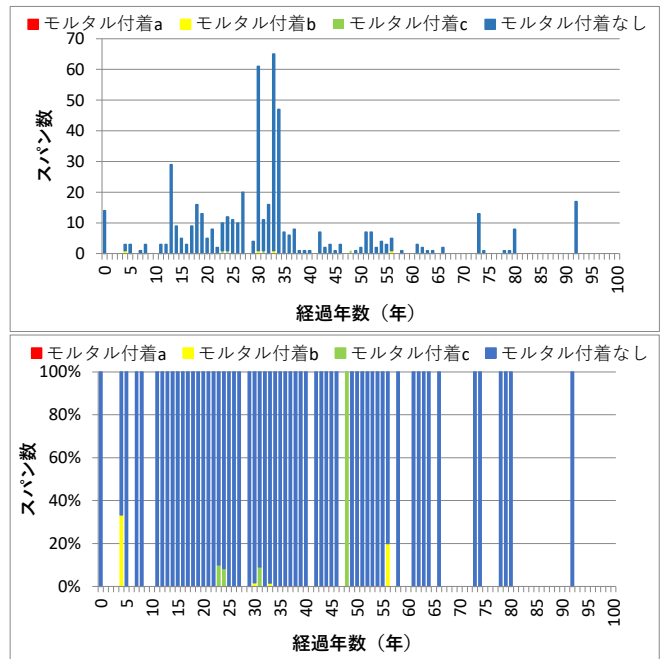
(d) 土被り

図 2-46 樹木根の発生と各管渠条件の関係（塩化ビニル管）

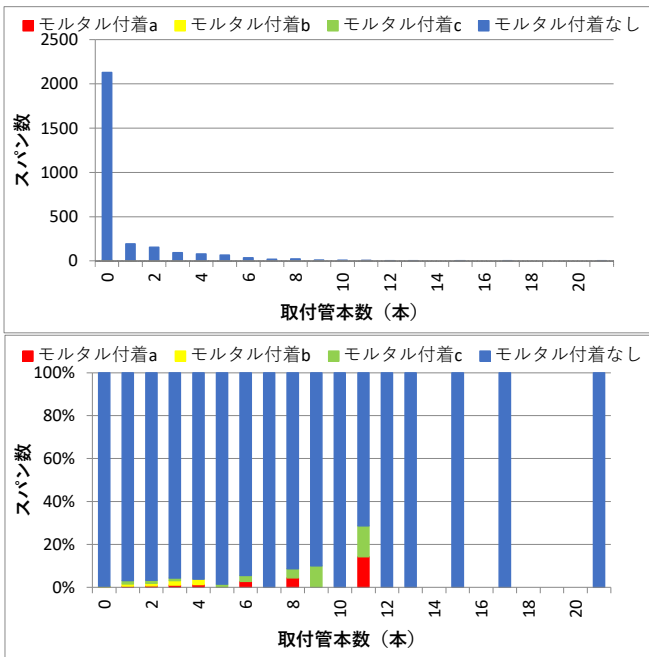
9) モルタル付着（塩化ビニル管）



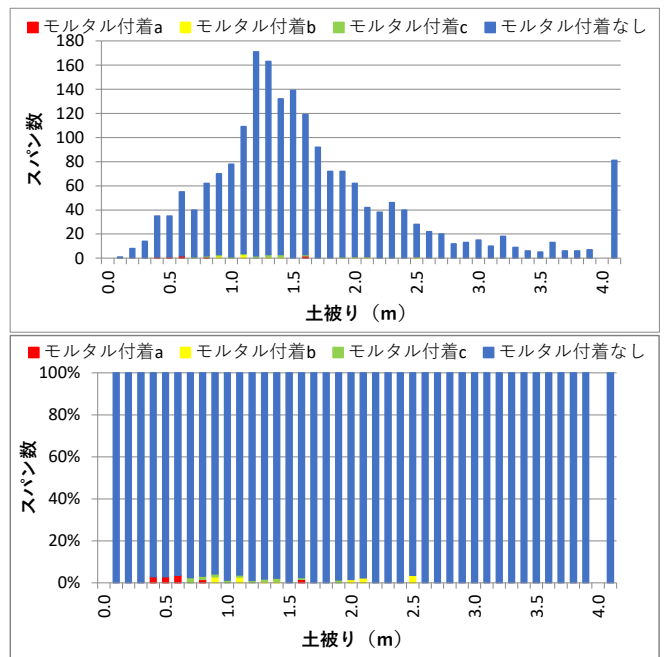
(a) 布設年度



(b) 経過年数



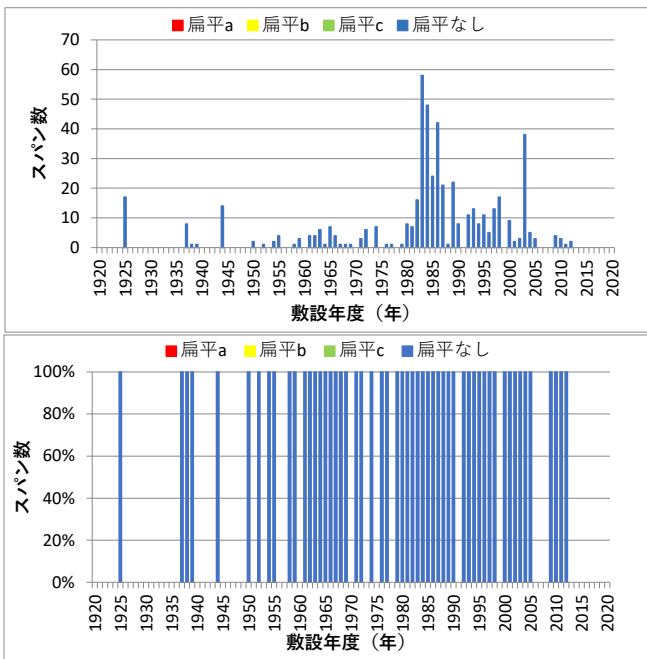
(c) 取付管本数



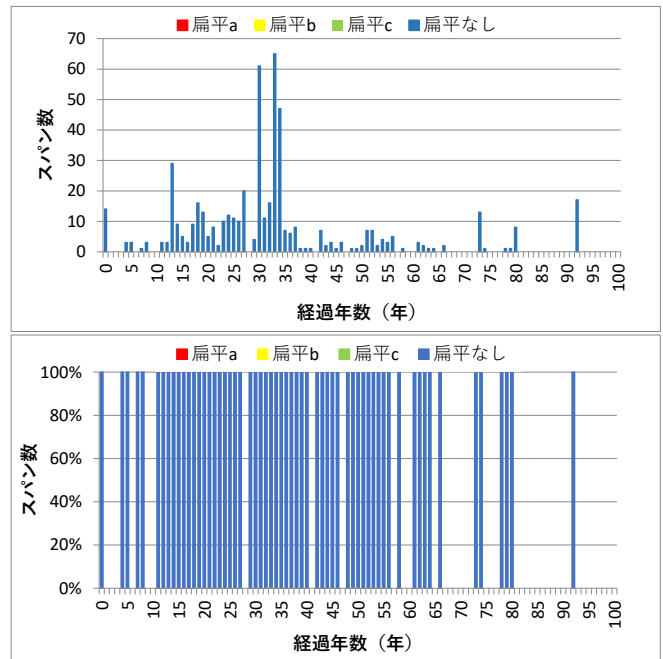
(d) 土被り

図 2-47 モルタル付着の発生と各管渠条件の関係（塩化ビニル管）

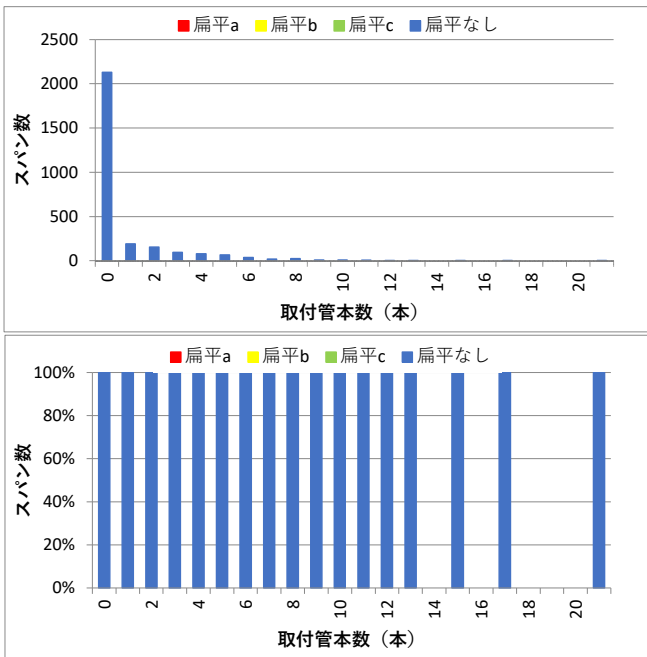
10) 扁平（塩化ビニル管）



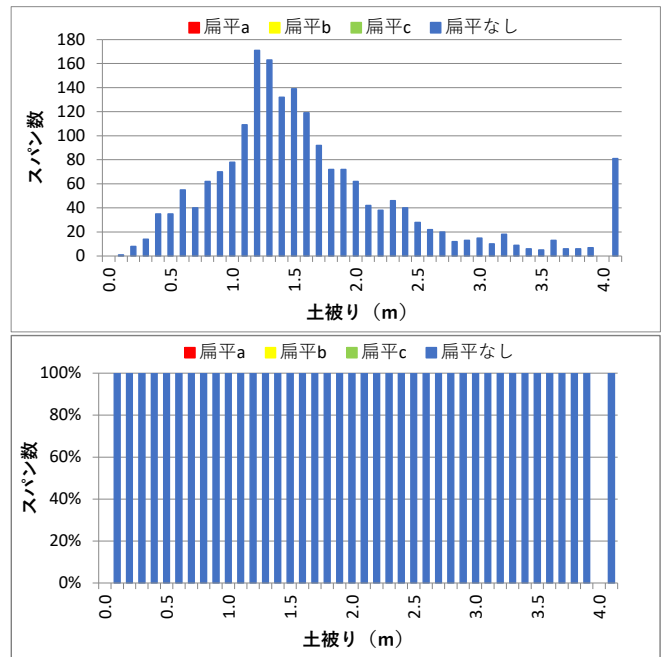
(a) 布設年度



(b) 経過年数



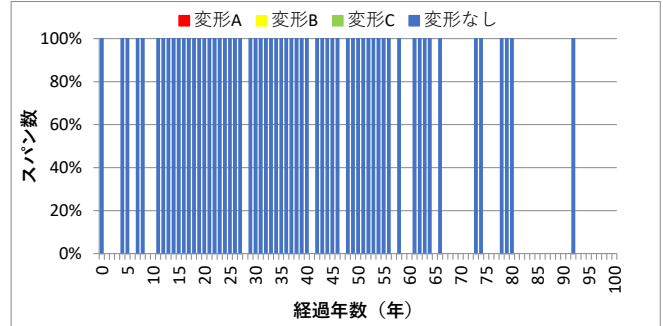
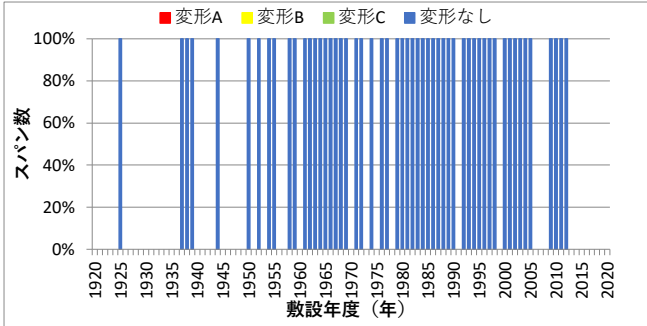
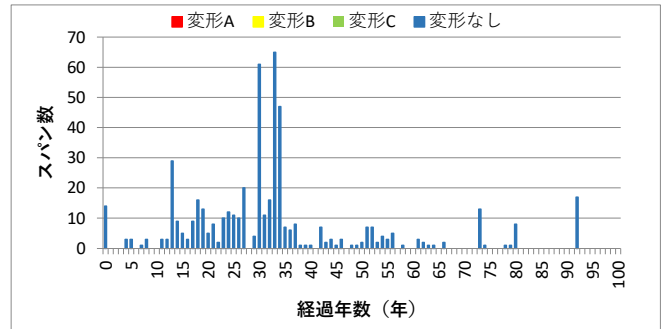
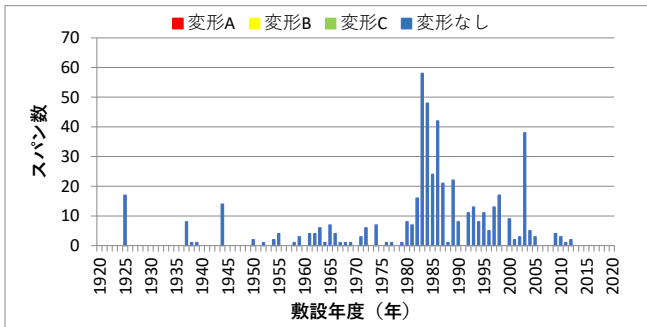
(c) 取付管本数



(d) 土被り

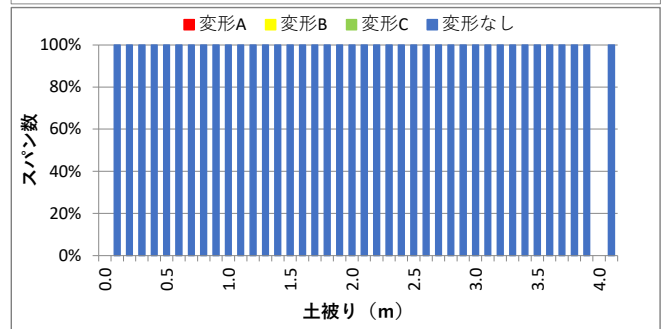
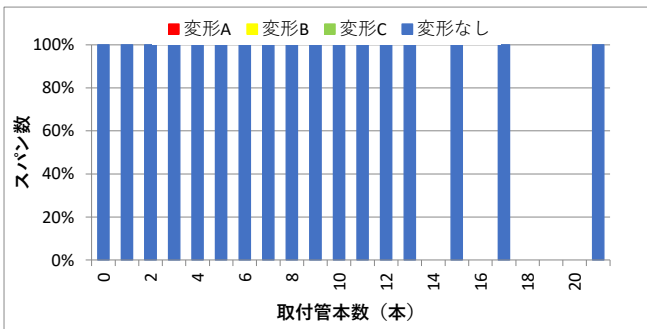
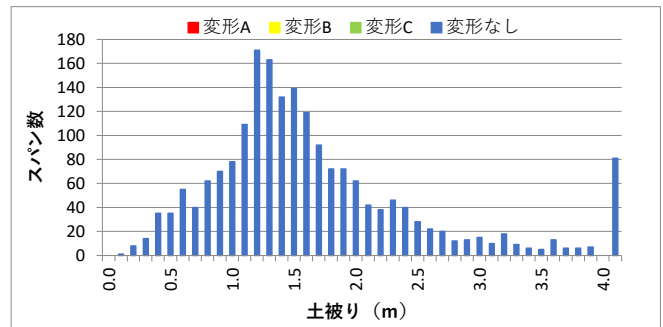
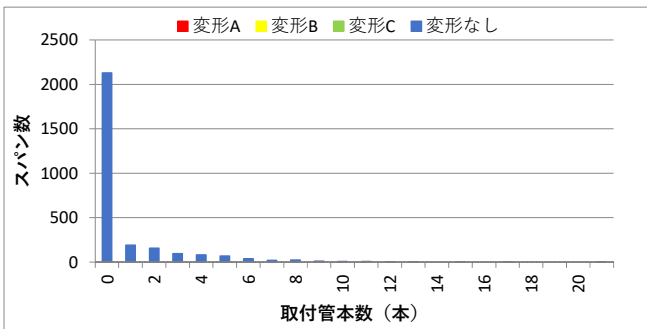
図 2-48 扁平の発生と各管渠条件の関係（塩化ビニル管）

11) 変形（塩化ビニル管）



(a) 布設年度

(b) 経過年数



(c) 取付管本数

(d) 土被り

図 2-49 変形の発生と各管渠条件の関係（塩化ビニル管）

2.4. 点検・調査技術の性能等の実態把握および体系化

全国の下水道管渠の総延長約 48 万 km のうち 9 割以上が、人が管渠内に入って劣化調査等を実施できない内径 800mm 未満の管渠であり⁶⁾、これらの管渠に対しては、地上からマンホールを經由して管内にテレビカメラを挿入し、管渠内の異常を調査する方法（以下、「TV カメラ調査」という。）が用いられる。一方、内径 800mm 以上の管渠に対しては、調査員が管渠内に入り目視する方法（以下、「潜行目視調査」という。）、もしくは、管路内作業の安全が十分確保できない場合は TV カメラ調査が用いられる⁴⁾。図 2-50 に示すように、全国における直近 5 年間の TV カメラ調査と潜行目視調査の合計実施延長は年間約 7,000km 程度であり、そのうち TV カメラ調査は、令和元年度には約 6,000km と 85% 程度を占めており、その割合は過去 5 年間増加傾向にある⁷⁾。

また、平成 27 年の下水道法改正により、腐食のおそれの大きい箇所を 5 年に 1 回以上の点検や異常判明時の措置等が地方公共団体に義務づけられ、法定事業計画に基づく点検・調査が本格化している。

このような背景の中、管渠調査の大部分を占める TV カメラ調査を効率化する目的で、複数の企業によりスクリーニング調査技術が開発され、国土交通省の下水道革新的技術実証事業（通称「B-DASH プロジェクト」）を通じガイドライン化されている^{8),9)}。

このように調査・点検に係る新技術の開発が加速され、技術の多様化が進むなか、効果的な点検・調査を実施するためには、施設の重要性や目的に応じた点検・調査方法を選定する必要がある。そのため、ガイドライン化されている技術や十分な実績がある点検・調査技術を対象として、性能や適用条件等の実態把握を行うために、点検・調査機器を開発・製造するメーカーや点検・調査業務を実施する企業へのヒアリングを実施し、結果を表 2-14 の通りとりまとめるとともに、図 2-51 のとおり点検・調査方法を体系化した。

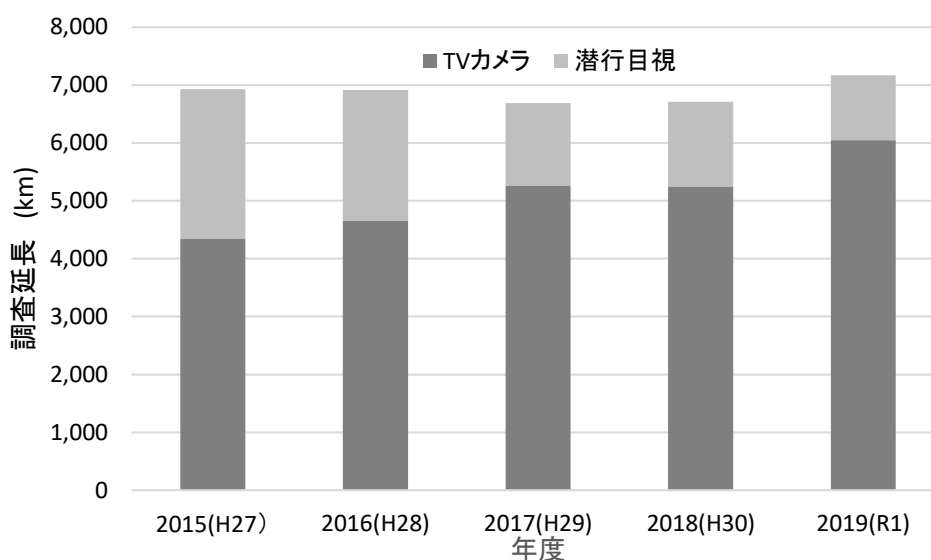



図 2-50 過去 5 年間の管渠調査実施延長⁹⁾

表 2-14 ヒアリングに基づく点検・調査技術の適用条件 (1)

		挿入式		自走式	
		管口カメラ	管口カメラ(高画素タイプ)	直視側視カメラ	広角展開カメラ
調査分類		スクリーニング調査	スクリーニング調査	詳細調査	スクリーニング調査/ 詳細調査
外観					
静止画像① (直視映像)					
静止画像② (側視・展開映像)		—	—		
移動方式		本体固定 ズーム機能により撮影	本体固定 ズーム機能により撮影	自走式	自走式
標準日進量(m/日)		900m/日	1200m/日	180m~300m/日	450m/日
適用範囲	管種制限の有無	制限なし	制限なし	制限なし	卵形は不可
	管径(mm)	φ150mm~φ800mm	φ150mm~φ800mm	φ100mm~φ2200mm	φ150mm~φ800mm
	最大スパン長(m)	10m程度	20m程度	300m~500m (一マンホール深さ)	300m~500m (一マンホール深さ)
	土被り(m)	5m	5m	制限なし	制限なし
	人孔サイズ/構造	φ300 小型人孔以上	φ300 小型人孔以上	0号人孔以上	φ450 小型人孔以上
現場条件	流下状況	制限なし	制限なし	流量1/3以内(機種による)	制限あり
	段差・曲がり	制限なし	制限なし	条件次第	曲がり 22.5度程度まで
	洗浄の要否	洗浄不要	洗浄不要	要洗浄	無しでも可、判定精度下がる
	必要作業ヤード/交通影響	2m×2m程度	2m×2m程度	交通規制有	3m×10m 程度
その他	レンズ方式・カメラ機能 (ズーム/画素数)	40倍ズーム 約38万画素	フルハイビジョン(約200万画素)、光学30倍、デジタル12倍	側視回転360° 約41万画素	魚眼190度 38万~41万画素
	歩掛りの有無*	管路協	管路協	下水協 管路協	管路協

*歩掛り名 管路協:下水道管路施設維持管理積算資料。(公社)日本下水道管路管理協会
下水協:下水道施設維持管理積算要領。(公社)日本下水道協会

表 2-14 ヒアリングに基づく点検・調査技術の適用条件 (2)

		自走式			
		広角展開カメラ(ミラー方式)	広角展開カメラ(高画質タイプ)	画像認識型カメラ	簡易直視式カメラ
調査分類		詳細調査	スクリーニング調査/ 詳細調査	スクリーニング調査	スクリーニング調査
外観					
静止画像① (直視映像)					
静止画像② (側視・展開映像)				 <small>自動診断により抽出されたクラック</small>	-
移動方式		自走式	自走式	自走式	自走式 (ノンストップ前進後退)
標準日進量(m/日)		450m/日	450m/日	480m/日	600~1200m/日 (標準800m/日)
適用範囲	管種制限の有無	鉄筋コンクリート管、塩ビ・ポリ管、陶管、更生管	卵形は不可	鉄筋コンクリート管、塩化ビニル管	卵形は不可
	管径(mm)	φ250mm~φ800mm未満	φ200mm~φ800mm	φ200mm~φ700mm	φ150mm~φ450mm
	最大スパン長(m)	スパン単位	300m程度	500m程度	100m~150m
	土被り(m)	制限なし	制限なし	制限なし	制限なし
	人孔サイズ/構造	内径90人孔以上(作業員が、人孔し機器の据付けスペースが必要)	0号人孔以上	1号人孔以上	0号人孔以上
現場条件	流下状況	基本的に流下なし(管路全周を調査するため)	制限なし	流速1.0m/s以下 水深は管径の半分まで	水深1/3までであれば可能 流速が速いと不可
	段差・曲がり	段差制約有・曲がりの制約なし	曲がり 15度程度まで	基本的には対応不可	管路途中での段差・曲がりは対応していない
	洗浄の要否	要洗浄	無しでも可、判定精度下がる	洗浄不要	洗浄不要
	必要作業ヤード/交通影響	入孔前方に操作車輛のスペースが必要	3m×10m 程度	2.5m×6m程度	マンホールを囲う程度、 2m×2m程度
その他	レンズ方式・カメラ機能 (ズーム/画素数)	ミラー式 約41万画素	魚眼185度 約500万画素	正面、後方:約30万画素 外周:約140万画素(4個の合計)	動画フルハイビジョン(約168万画素)、視野対角170度
	歩掛りの有無※	-	管路協	-	管路協を参考に独自

※歩掛り名 管路協:下水道管路施設維持管理積算資料。(公社)日本下水道管路管理協会
下水協:下水道施設維持管理積算要領。(公社)日本下水道協会

表 2-14 ヒアリングに基づく点検・調査技術の適用条件 (3)

	押し込み式		噴射・攪拌式	浮流式	飛行式	
	押し込みカメラ	圧送管カメラ	洗浄一体型カメラ	浮流式カメラ	飛行式カメラ	
調査分類	取付け管 詳細調査	詳細調査	スクリーニング調査	スクリーニング調査	スクリーニング調査	
外観						
静止画像① (直視映像)	-					
静止画像② (側視・展開映像)	-	-	-	-	-	
移動方式	押し込み式	自走式	前進:ジェット噴射 後進:洗浄車巻上げて撮影	浮道式 水量少ない場合:牽引式	プロペラ回転により飛行	
標準日進量(m/日)	-	空気弁設置場所から 下流側30mの範囲	4~700m/日	700m/日	1,500m/日	
適用範囲	管種制限の有無	-	铸铁管のみ	制限なし	制限なし	
	管径(mm)	φ50mm~φ800 ※直視、直側タイプ等、製品毎 に異なる。	φ200mm~φ1000mm	φ150mm~φ700mm	φ200mm~φ4000mm	φ380~1,500mm
	最大スパン長(m)	押し込み限界:100m	空気弁の上下流30m程度	約100m	3000m(実績有)	約100m (ただし、管径により制限あり)
	土被り(m)	-	-	機種により制限有無あり	制限なし	制限なし
	人孔サイズ/構造	-	-	0号人孔以上	入孔φ600以上	入孔φ600以上
現場条件	流下状況	-	制限あり (圧送管のポンプ停止の際)	制限有	管径の1/5程度の水深で可	制限あり(飛行スペース高さ 400mm以上必要)
	段差・曲がり	-	-	45度以下(条件付)	曲がりは可能	電波が遮断されなければ可能
	洗浄の要否	-	洗浄不要	ノズルカメラで洗浄	洗浄不要	洗浄不要、ただし、鮮明な映像 が必要な場合は洗浄必要
	必要作業ヤード/交通影響	-	-	交通規制必要	最低作業ヤード: 幅2m×長さ2m程度	2m×2m程度
その他	レンズ方式・カメラ機能 (ズーム/画素数)	約35万画素	解像度 640×480	撮影画素数57~92万画素、視 野角107度、	92万画素~207万画素	200万画素、ズーム機能なし
	歩掛りの有無※	管路協	-	管口カメラ歩掛り参照(独自)	一部地区	-

※歩掛り名 管路協:下水道管路施設維持管理積算資料。(公社)日本下水道管理協会
下水協:下水道施設維持管理積算要領。(公社)日本下水道協会

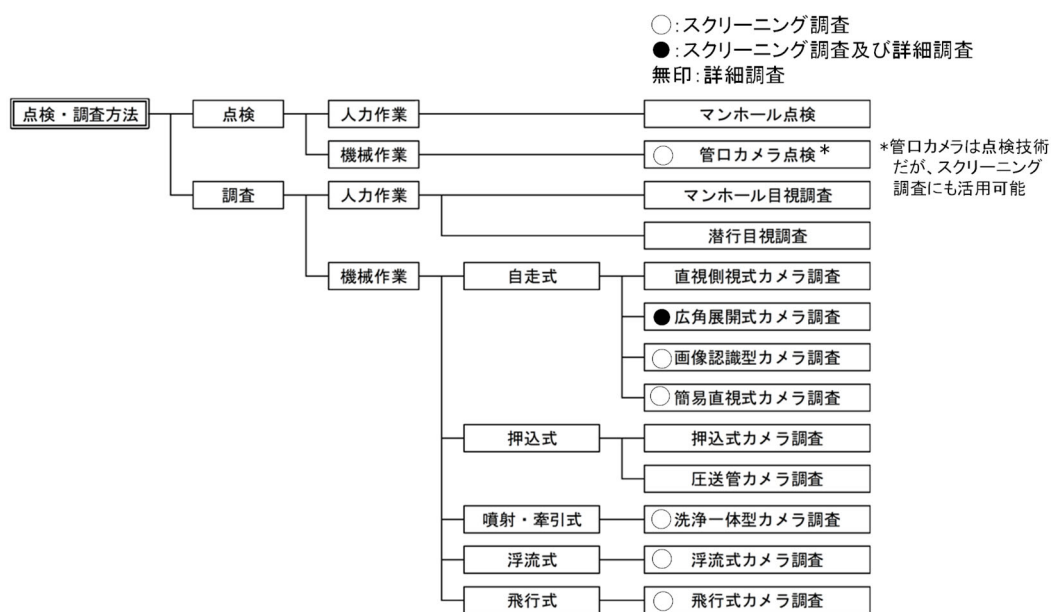


図 2-51 点検・調査方法の体系図

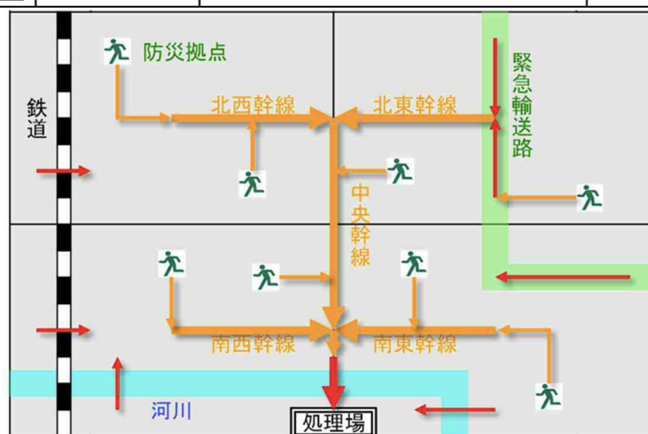
2.5. 施設の重要度に応じた点検・調査頻度の設定方法の検討

管路施設は、材質、大きさ、経過年数、埋設深さ、交通荷重、流量、水質等、異なった環境下に置かれており、かつ、下水輸送システム及び社会インフラとしての重要性も個々の施設により異なる。また、劣化状況（腐食、破損、クラック等）も様々であり、劣化状況毎の劣化発生要因も、初期欠陥、経年劣化、突発的な異常など様々である。このため、点検・調査の頻度を一律で設定することは適切ではなく、個々の施設情報（材質、形状等の情報）や過去の点検・調査結果、修繕履歴、苦情履歴等に基づき、標準的（平均的）な経年劣化進行度、重要性等を勘案し、その頻度を設定することが望ましい。

国総研下水道研究部は平成 23 年(2011 年)に、管渠の健康寿命、管渠に起因する道路陥没の発生傾向および信頼性重視保全の考え方を総合的に勘案した調査頻度の設定方法（以下、「信頼性重視保全の考え方に基づく方法」という。）を提示した¹⁰⁾。この方法は、調査頻度の設定に至るまでに、①管渠の健康寿命算出、②道路陥没発生時期の分析、③健全率曲線から P(Potential Failure)-F(Functional Failure)間隔の読取り、④①～③の比較検討、といった複数の検討が必要となり作業が複雑になる。そこで、本研究では、中小規模の地方公共団体を対象に、施設の重要度に応じて「劣化保有率」を設定することで点検・調査の頻度を設定する、より簡便な方法を以下のとおり検討した。

まず、基本条件として、本研究では、緊急度Ⅰ及びⅡを改築等の対策が必要となる緊急度と設定した。また、図 2-52 に示すように、事故発生時における社会的影響の大きさを考慮して、施設の管理区分を「最重要管理」「重要管理」「通常管理」に分類した。

施設特性	凡例	重要度の区分	対象管きよ	対象管きよ選定の考え方
社会的な影響が大きな施設	→	最重要管理	①鉄道・軌道横断管きよ	日常または緊急時の交通機能等を確保する
			②河川横断管きよ	
			③緊急輸送路下の管きよ	
			④処理場に直結した管きよ	処理区域全体の流下機能を確保する
機能上重要な施設	→	重要管理	⑤幹線管きよ	各処理区域の流下機能を確保する
			⑥重要な防災拠点につながる管きよ	防災拠点の流下機能を確保する
上記以外	□	通常管理	上記以外の管きよ	—

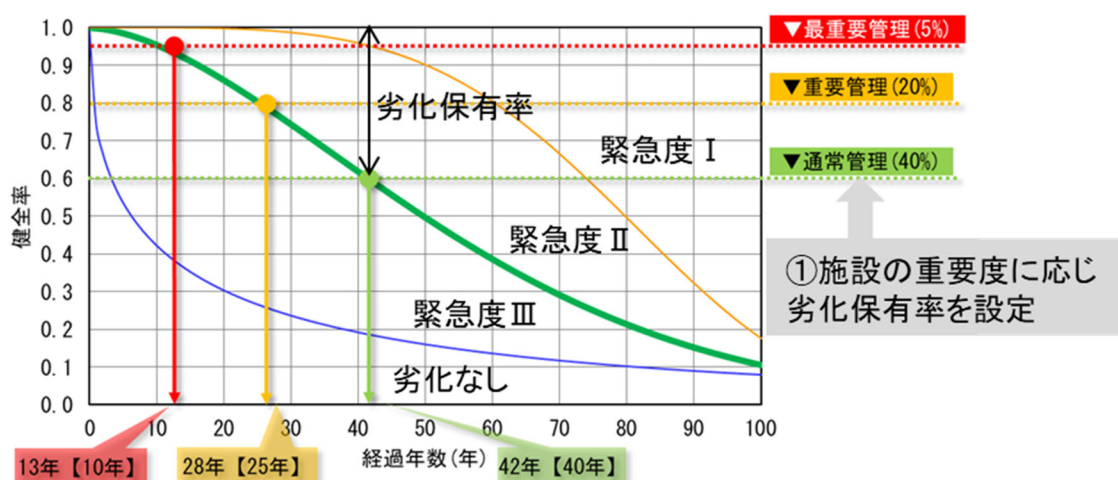


「維持管理情報等を起点としたマネジメントサイクルの確立に向けたガイドライン(管路施設編)-2020年版(国交省下水道部・国総研下水道研究部(R2.3月))」に基づき作成

図 2-52 事故発生時の社会的影響の大きさを考慮した管渠の重要度の区分¹¹⁾

上述の基本条件の下、調査頻度を設定する手順を述べる（図 2-53）。

- ① 緊急度Ⅰ及びⅡの割合を劣化保有率とし、施設の重要度に応じた劣化保有率を決定する。本研究では、「最重要管理：劣化保有率 5%」「重要管理：劣化保有率 20%」「通常管理：劣化保有率 40%」と設定した。これは、最重要管理の管渠については、緊急度Ⅰ及びⅡの異常が発生する確率を常時 5%以下に抑えられる頻度で点検・調査を行うことを意味する。実際には、この劣化保有率の設定は、各地方公共団体において財政状況とリスク保有のバランス等を勘案して行う必要がある。
- ② 健全率曲線で、劣化保有率が設定値となる経過年数を読み取り、点検・調査1回目（着手時期）とする。例えば読み取り値が 13 年の場合は安全側に端数処理し 10 年とする。
- ③ 2 回目以降の頻度は、前回の点検・調査結果もしくは対策に応じ設定する。例えば、1 回目の点検・調査の結果、改築を実施した場合、2 回目の調査・点検時期は、1 回目と同様の時期とする。



②劣化保有率が設定値となる経過年数 = 点検調査1回目(着手時期)とする。

読み取り値13年→10年(安全側へ端数処理)

③2回目以降の頻度は、前回の点検調査結果もしくは対策に応じ設定。

図 2-53 施設の重要度に応じた点検・調査頻度の設定の手順

上述の手順に基づき、管種毎に点検・調査の着手時期を設定した例を

図 2-54 に示す。ここで使用した健全率予測式のモデル関数は、全管種、鉄筋コンクリート管、陶管についてはワイブル分布を採用し、塩化ビニル管についてはワイブル分布では良い近似を得ることが出来なかったため、マルコフ遷移確率モデルを採用した。鉄筋コンクリート管と陶管の点検・調査着手時期については、最重要管理は約 10 年、重要管理は約 25 年となり、通常管理の着手時期は、鉄筋コンクリート管約 40 年、陶管約 35 年と異なる結果となった。一方で塩化ビニル管の場合は、最重要管理では約 25 年、重要管理では約 50 年という結果だが、通常管理では 87 年と点検・調査着手までの期間が長くなることから、通常管理は標準耐用年数である 50 年と設定した。

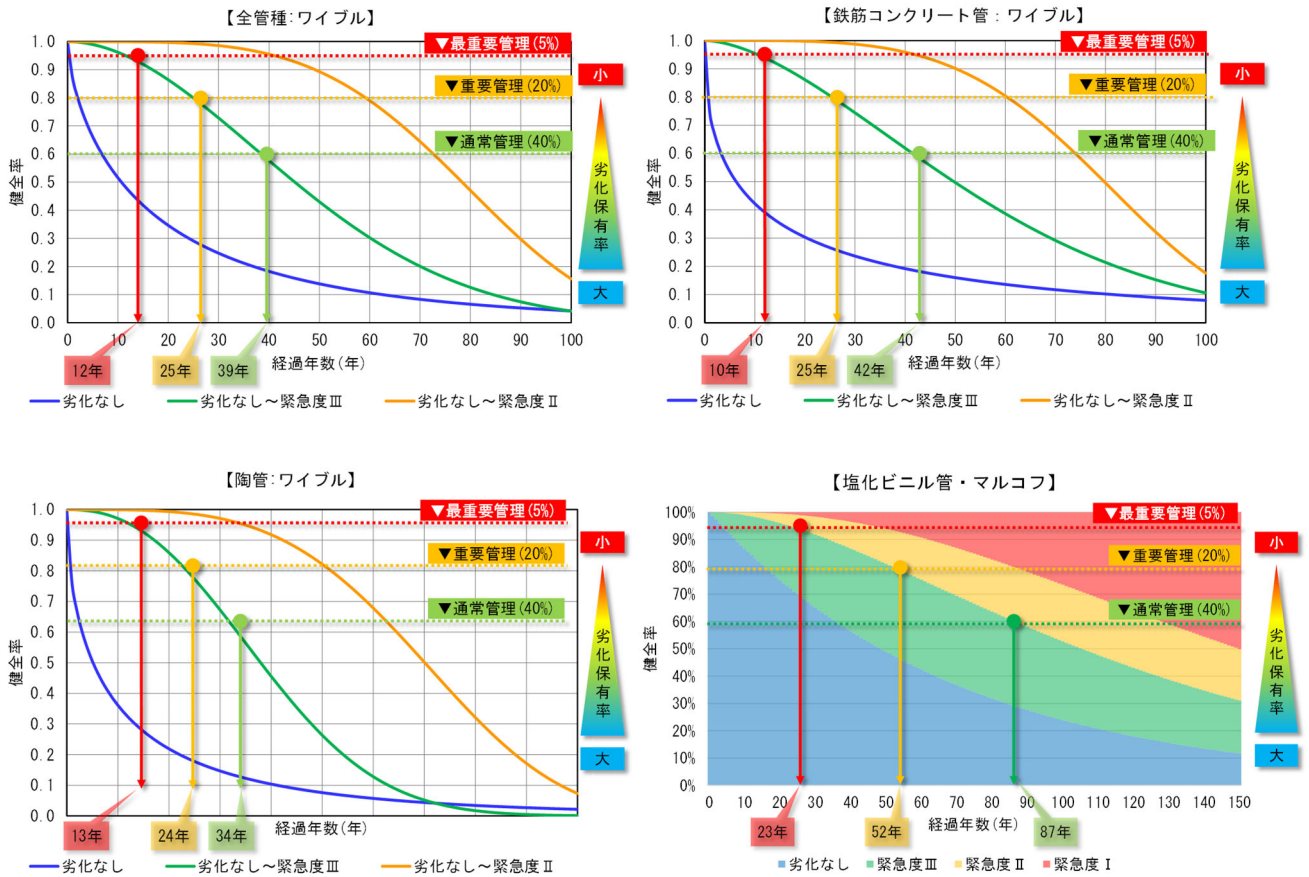


図 2-54 管種別の点検・調査着手時期の設定の例

また、2回目以降となる点検・調査の頻度は、1回目の点検・調査時に緊急度Ⅰ及びⅡと判定された場合は、布設替えまたは更生を実施するものとして、着手時期と同じ年数とした。また、劣化なしと判定された場合も着手時期と同じ年数とした。緊急度Ⅲと判定された場合は、必要に応じて修繕を実施し、次回の点検・調査時期を予防保全の観点から、点検・調査の着手時期で設定した年数の概ね 1/2 以下と設定した。本検討で設定した管種と施設の重要性に応じた点検・調査着手時期と頻度の結果を表 2-15 に示す。なお、点検・調査の着手時期及び頻度は 5 年単位で安全側に端数処理している。

このように、施設の重要度に応じて「劣化保有率」を設定することで点検・調査の頻度を設定する方法は、「信頼性重視保全の考え方に基づく方法」よりは簡便であり、また、頻度と劣化保有率の関係が分かりやすく説明が容易という特長があるため、中小規模の地方公共団体を中心に活用が期待される。

表 2-15 管種別の点検・調査着手時期と頻度の設定例

頻度	前回点検・調査結果			最重要管理	重要管理	通常管理
	管種	判定	対策区分			
着手時期 (1回目)	全管種	—	—	10年	25年	40年
	コンクリート管					35年
	陶管			25年	50年	50年
	塩ビ管					50年
頻度 (2回目以降)	全管種	劣化なし	—	10年	25年	40年
		緊急度Ⅰ	改築を実施			
		緊急度Ⅱ				
		緊急度Ⅲ	必要に応じて 修繕を実施			
	コンクリート管	劣化なし	—	10年	25年	40年
		緊急度Ⅰ	改築を実施			
		緊急度Ⅱ				
		緊急度Ⅲ	必要に応じて 修繕を実施			
	陶管	劣化なし	—	10年	25年	35年
		緊急度Ⅰ	改築を実施			
		緊急度Ⅱ				
		緊急度Ⅲ	必要に応じて 修繕を実施			
	塩ビ管	劣化なし	—	25年	50年	50年
		緊急度Ⅰ	改築を実施			
		緊急度Ⅱ				
		緊急度Ⅲ	必要に応じて 修繕を実施			

2.6. 管種に応じた効率的な点検・調査技術の選定手法の検討

2.6.1. 点検・調査技術選定のフロー（案）

管渠の劣化状態把握のためには、TVカメラ調査を実施するのが主流であるが、全国の地方公共団体が管理する膨大な管渠に対し、すべからくTVカメラ調査を行うことは、コスト・時間の面で困難である。そのため、TVカメラ調査を効率化する目的で、企業によりスクリーニング調査技術が開発されている。スクリーニング調査で異常を発見した箇所に対し、TVカメラ調査を実施することで、TVカメラ調査におけるいわゆる”空振り”を少なくし、調査費用を縮減する狙いである。一方、仮にスクリーニング調査を実施した箇所の多くでTVカメラ調査が必要となる場合は、いわゆる”二度手間”が増える。また、本来異常があるにもかかわらずスクリーニング調査で”異常無し”と判定されると、”見落とし”のリスクを抱えることとなる。今後、地方公共団体におけるスクリーニング調査の導入検討をより円滑化・迅速化し、TVカメラ調査の効率化を図って行くためには、上述のようなスクリーニング調査の得失を考慮した定量的な導入検討手法の確立が有効と考えられる。そのため、本研究では、スクリーニング調査の導入を考慮した点検・調査技術の選定及び実施のフロー（案）を図2-55のとおり検討した。点検・調査技術の選定は、（1）適用範囲による技術の絞り込み、（2）スクリーニング調査導入の経済性評価で構成される。

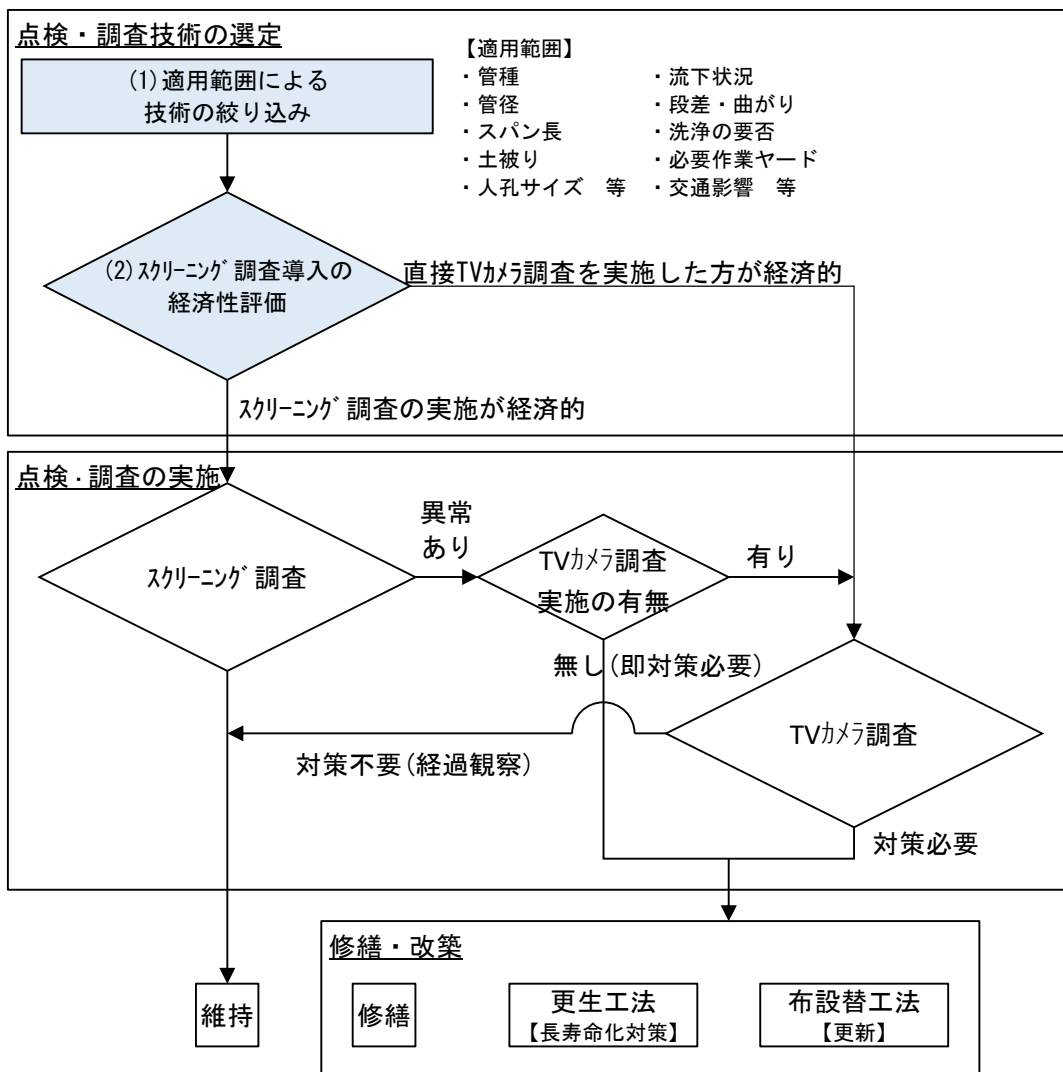


図 2-55 スクリーニング調査の導入を考慮した点検・調査技術の選定及び実施フロー（案）

2.6.2. 適用条件による点検・調査技術の絞り込み

管渠の点検・調査技術ごとに、管の形状、最大スパン延長、管径、土被り、人孔サイズ、管渠内の下水の流下状況、段差・曲がりなどへの対応など、適用できる条件に制限がある場合がある。このため、点検・調査技術の選定にあたっては、表 2-14 で示すように調査対象の管渠の条件等を把握した上で、適用可能な点検・調査技術を絞り込む必要がある。

管の形状、最大スパン延長、管径、土被り、人孔サイズなどは、管路台帳システム等から事前に把握することが可能である。しかし、登録されている情報に誤りがあり、現場でその誤りに気づき、調査が不可能となる場合が少なくないため、調査実施前にマンホール蓋を開け、管路台帳情報との整合確認や管口から管内の状況確認を行うなどの対応が考えられる。また、管渠内の下水流下状況には時間変動、日間変動、季節変動を把握し、対応可能な流下状況であるか等の確認を行うことが望ましい。

2.6.3. スクリーニング調査の導入に係る経済性評価の枠組み

スクリーニング調査導入の定量的な検討手法の基礎として、スクリーニング調査の得失を費用換算して経済性を評価する枠組みを検討した。具体的には、「調査対象となる管渠の全延長に対して TV カメラ調査を行う場合（ケース 1）」と「調査対象となる管渠の全延長に対しスクリーニング調査を行い、異常が発見された箇所に TV カメラ調査を行うケース（ケース 2）」の費用を比較することを試みた。なお、ケース 2 にスクリーニング調査の”見落としリスク”を費用換算し経済性評価に織り込んだ点が本枠組みの特徴である。経済性評価の枠組みを図 2-56 に示すとともに、以下に図中番号①～⑩を説明する。また、後述の試算に用いた係数や単価の設定の考え方も併せて記載する。

- ① ケース 1 の調査費用 $C1i$ は、調査対象区域内の i 年経過した管渠の全延長 L_i に TV カメラ調査単価 U_d を乗じて算出する。(TV カメラ調査単価 U_d (円/m) の設定根拠は、参考資料 1 に示す。)
- ② ケース 2 のスクリーニング調査費用 $C2s_i$ は、 L_i にスクリーニング調査単価 U_s を乗じて算出する。(スクリーニング調査単価 U_s (円/m) の設定根拠は、参考資料 1 に示す。)
- ③ ケース 2 の TV カメラ調査対象延長 $L2d_i$ は、スクリーニング調査で異常と判定された延長であり、 L_i に経年劣化率 α_i および異常発見率 β を乗じて求める。なお、 α_i は、経過年数 i 年の管渠に対し TV カメラ調査を実施した場合に修繕または改築が必要と判断される管渠の割合であり、健全率予測式に基づき設定した。スクリーニング調査の異常発見率 β (%) は、TV カメラ調査で発見される異常のうち、スクリーニング調査でも発見される異常（異常のランクは問わない）の割合であり、表 2-16 に設定値を示す。(経年劣化率 α_i (%) および異常発見率 β の設定方法については、参考資料 1 に示す。)
- ④ ケース 2 の TV カメラ調査費用 $C2d_i$ は、TV カメラ調査対象延長 $L2d_i$ に TV カメラ調査単価 U_d を乗じて算出する。
- ⑤ ケース 2 の調査費用 $C2i$ は、スクリーニング調査費用 $C2s_i$ と TV カメラ調査費用 $C2d_i$ の和である。
- ⑥ ケース 1 の調査費用 $C1i$ とケース 2 の調査費用 $C2i$ の差が、スクリーニング調査と TV カメラ調査を組み合わせた場合の調査費用縮減額 Cp_i である。
- ⑦ スクリーニング調査で異常を見落とす延長 $L2o_i$ は、 L_i に経年劣化率 α_i を乗じた延長から TV カメラ調査対象延長 $L2d_i$ を引いた延長である。

- ⑧ スクリーニング調査で異常を見落とす延長 L_{2oi} をスパン数 S_{2oi} に換算するため（リスク単価 U_r がスパン単位であるため）、1 スパン当たりの延長を 33m と仮定した。
- ⑨ リスク保有額 C_{ri} は、スクリーニング調査で異常を見落とすスパン数 S_{2oi} に、リスク単価 U_r を乗じて算出する。なお、リスク単価 U_r （円/スパン）は、下水道管路施設に起因する道路陥没の復旧工事費用の実績に基づき、30 万円/スパンとした。（リスク単価 U_r （円/スパン）の設定根拠については、参考資料 1 に示す。）
- ⑩ 調査費用縮減額 C_{pi} とリスク保有額 C_{ri} を比較し、 C_{pi} が大きい場合に、スクリーニング調査と TV カメラ調査を組み合わせる方が経済的であると判断される。

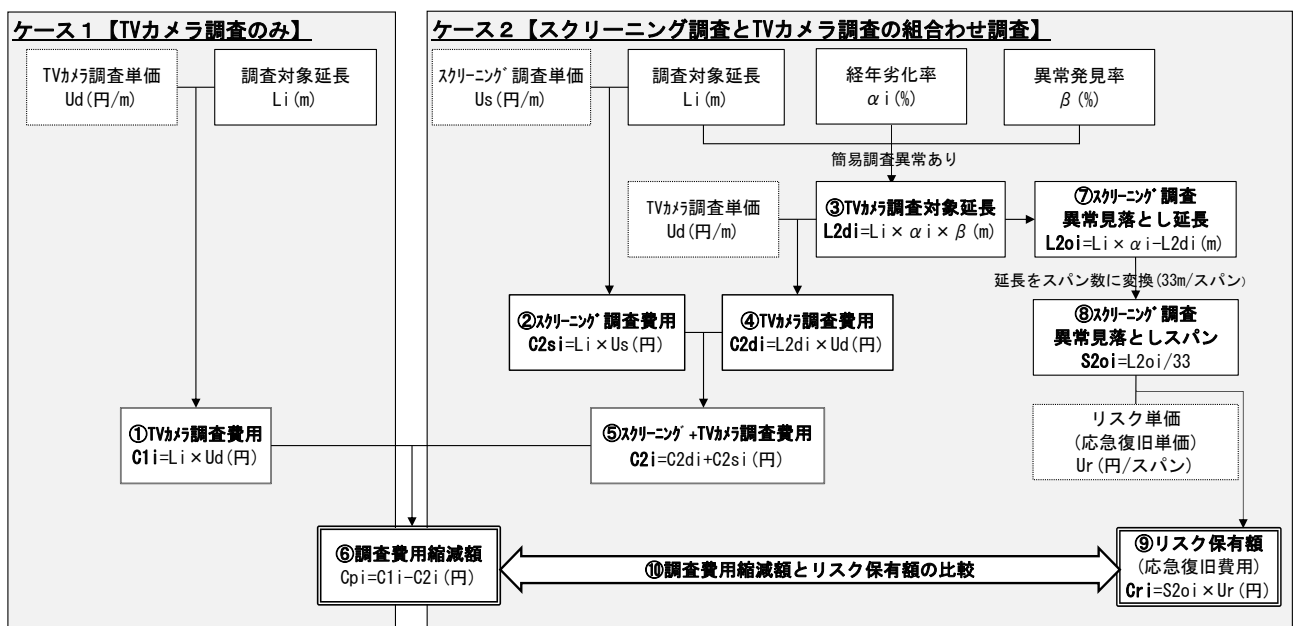


図 2-56 スクリーニング調査導入に係る経済性評価の枠組み

表 2-16 異常発見率 B(%)の設定値

スクリーニング調査技術	鉄筋コンクリート管	陶管	塩化ビニル管
管口カメラ	45	53	45
広角展開カメラ	90	91	88
点検直視型カメラ	85	85	66
洗浄一体型カメラ	74	80	59

2.6.4. 経済性評価の枠組みを用いた試算結果

上述した経済性評価の枠組み及び設定した係数を用いて、調査費用縮減額 C_{pi} とリスク保有額 C_{ri} について、鉄筋コンクリート管、陶管、塩化ビニル管の管種毎に、経過年数 i を 100 年まで計算した結果のグラフを図 2-58～図 2-60 に示す。なお、ケース 1 の TV カメラ調査技術は直視側視式カメラ調査とし、ケース 2 で TV カメラ調査に組み合わせるスクリーニング調査技術は、普及状況や適用範囲を踏まえ、管口カメラ、広角展開カメラ、点検直視（スクリーニング直視）型カメラ、洗浄一体型カメラとした（図 2-57）。また、試算における調査対象の管渠延長は、10,000m (10km)、300 スパン（1 スパン 33m）とした。



図 2-57 経済性試算において TV カメラ調査に組み合わせるスクリーニング調査技術

以下に、図 2-58～図 2-60 に関する考察を述べる。

点線の調査費用縮減額 C_{pi} については、経過年数が小さい時期は、スクリーニング調査後に TV カメラ調査を要する異常箇所数が少ないため、調査費用縮減額が大きく、経過年数の増加に従い調査費用縮減額も減少していく。また、実線のリスク保有額 C_{ri} については、経過年数が小さい時期は異常の発生が少なく、スクリーニング調査で異常を見落とす箇所数も少ないため、リスク保有額も小さく、経過年数の増加に従い異常の見落としによるリスク保有額が増加する。これら、2 つの曲線の交点（以下「損益分岐点」という。）において、ケース 1 とケース 2 の経済性が等しくなる。例えば、図 2-58 において赤色で示す管口カメラ調査を TV カメラ調査の前段で行った場合、損益分岐点における経過年数は 44 年と読み取れる。すなわち、この試算例では、設置から 44 年までの管渠群には、管口カメラ+TV カメラ調査の組合せが経済的であり、それ以上の経過年数の管渠群には、TV カメラ調査のみが経済的であることを示している。

なお、図 2-60 に示す塩化ビニル管の場合は、経過年数 0 年から 100 年の間で損益分岐点は得られなかった。これは、塩化ビニル管の調査データ数および劣化の標本数が少なく、健全率予測式が精度良く求められていないことから、経年劣化率 α_i が全期間において非常に低い値として設定されてしまっていることに起因する。

次に、スクリーニング調査技術の違いに着目する。管口（赤）、点検直視（緑）、洗浄一体型（青）、広角展開（黄）の順に、調査費用縮減額（点線）が大きいうという試算結果となった。技術毎に設定される調査単価 U_s が高いほど、また異常発見率 β が大きいほど、調査費用縮減額は小さくなることに起因している。一方、管口（赤）、洗浄一体型（青）、点検直視（緑）、広角展開（黄）の順にリスク保有額（実線）が大きいうという試算結果となった。技術毎に設定される異常発見率 β が大きくなるほどリスク保有額は小さくなることに起因している。

ケース	調査費用 縮減額	リスク保有額	損益分岐点の 経過年数
2-1: 管口カメラ + 従来式TVカメラ	——	44年
2-2: 広角展開カメラ + 従来式TVカメラ	——	28年
2-3: 点検直視型カメラ + 従来式TVカメラ	——	44年
2-4: 洗浄一体型カメラ + 従来式TVカメラ	——	32年

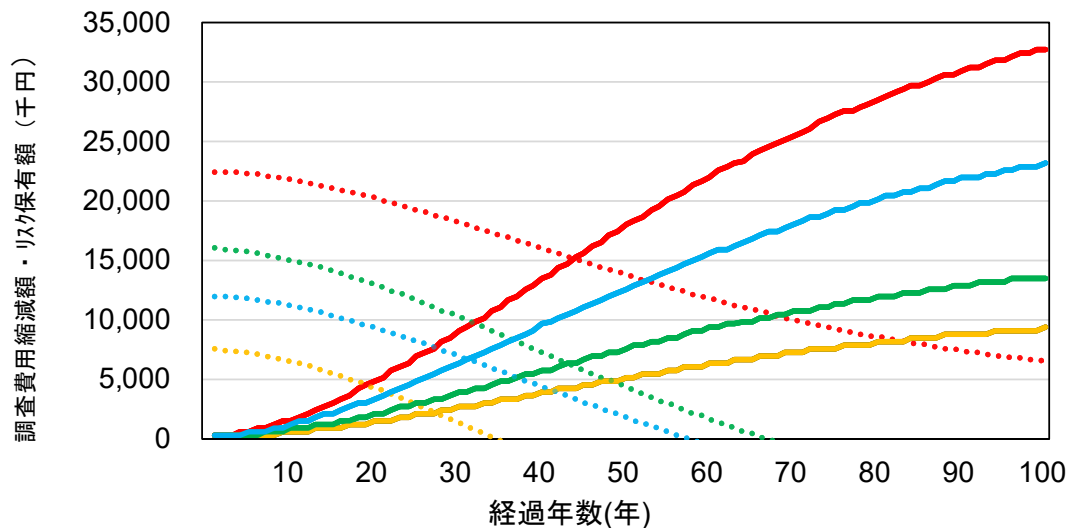


図 2-58 スクリーニング調査と TV カメラ調査の組合せに係る経済性の試算結果 (鉄筋コンクリート管)

ケース	調査費用 縮減額	リスク保有額	損益分岐点の 経過年数
2-1: 管口カメラ + 従来式TVカメラ	——	36年
2-2: 広角展開カメラ + 従来式TVカメラ	——	24年
2-3: 点検直視型カメラ + 従来式TVカメラ	——	35年
2-4: 洗浄一体型カメラ + 従来式TVカメラ	——	28年

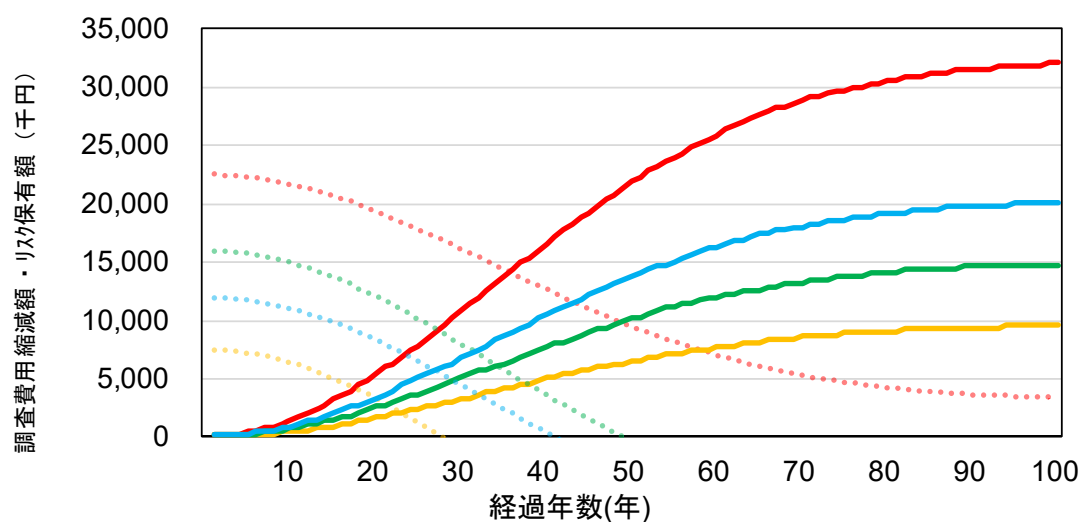


図 2-59 スクリーニング調査と TV カメラ調査の組合せに係る経済性の試算結果 (陶管)

ケース	調査費用 縮減額	リスク保有額	損益分岐点の 経過年数
2-1: 管口カメラ + 従来式TVカメラ	——	100年以降
2-2: 広角展開カメラ + 従来式TVカメラ	——	100年以降
2-3: 点検直視型カメラ + 従来式TVカメラ	——	100年以降
2-4: 洗浄一体型カメラ + 従来式TVカメラ	——	100年以降

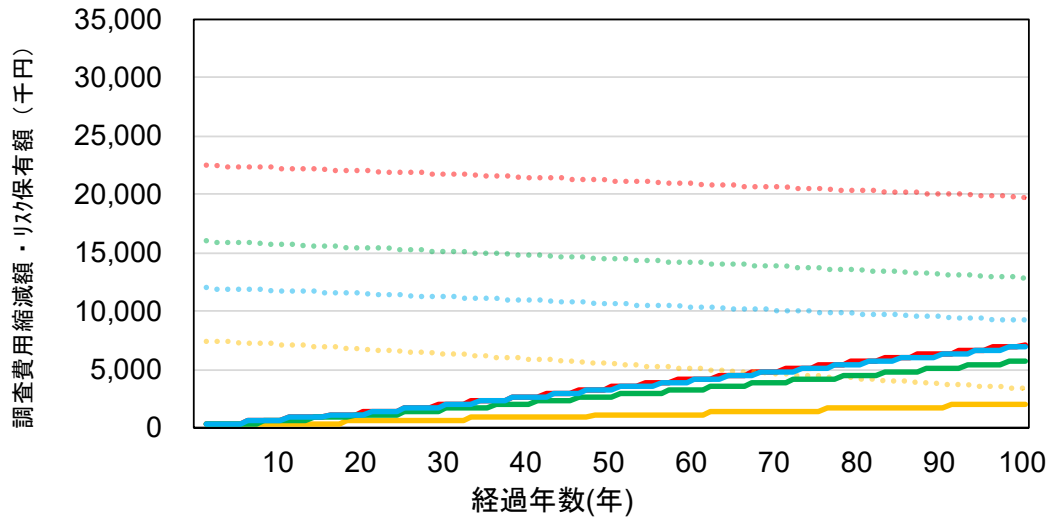


図 2-60 スクリーニング調査と TV カメラ調査の組合せに係る経済性の試算結果 (塩化ビニル管)

2.6.5. 異常発見率を変化させた場合の感度分析

上述の試算で用いた異常発見率 β は既往の研究成果に基づき設定した仮定値であり、実際には現場条件等に応じ幅を持った値であると考えられるため、異常発見率 β の影響を確認するため感度分析を行った。表-2 に示す異常発見率 β の設定値に対して $\pm 50\%$ の変動幅を持たせた場合の損益分岐点の経過年数の変化を試算した結果、表 2-17 に示すとおり、異常発見率 β を $+50\%$ とした場合、損益分岐点の経過年数は $+2$ 年 $\sim +12$ 年変化した。異常発見率 β を -50% とした場合、損益分岐点の経過年数は -7 年 ~ -14 年変化した。スクリーニング調査の種類毎に見ると、最大で21年（鉄筋コンクリート管で管口カメラのケース）、最小でも9年（陶管で広角展開および洗浄一体型の2ケース）の変動幅が生じた。このように、異常発見率 β の変動は、損益分岐点の経過年数に小さくない影響を与えることが分かった。なお、図 2-60 に示すとおり塩化ビニル管については損益分岐点が得られなかったため感度分析の対象外とした。

表 2-17 異常発見率 β を変化させた場合の損益分岐点の経過年数の変化

管種	簡易調査の種類	異常発見率 β	損益分岐点の経過年数	損益分岐点の経過年数の変化	
鉄筋 コンクリート管	管口	+50%	56	12年	127%
		設定値	44	-	-
		-50%	35	-9年	80%
	広角展開	+50%	32	4年	114%
		設定値	28	-	-
		-50%	19	-9年	68%
	点検直視型	+50%	48	4年	109%
		設定値	44	-	-
		-50%	30	-14年	68%
	洗浄一体型	+50%	35	3年	109%
		設定値	32	-	-
		-50%	24	-8年	75%
陶管	管口	+50%	43	7年	119%
		設定値	36	-	-
		-50%	29	-7年	81%
	広角展開	+50%	26	2年	108%
		設定値	24	-	-
		-50%	17	-7年	71%
	点検直視型	+50%	38	3年	109%
		設定値	35	-	-
		-50%	25	-10年	71%
	洗浄一体型	+50%	30	2年	107%
		設定値	28	-	-
		-50%	21	-7年	75%

2.6.6. 経済性評価の枠組みの課題

上述のとおり、スクリーニング調査による TV カメラ調査の”空振り”の回避による調査費用の削減効果、スクリーニング調査技術毎の異常発見率の違い、スクリーニング調査による異常見落としによるリスク保有等、スクリーニング調査導入の得失を考慮した経済性評価の試算の結果、スクリーニング調査導入の損益分岐点が得られるなど、この経済性評価の枠組みをスクリーニング調査の導入検討に活用できる一定の可能性が示唆された一方、地方公共団体における実務に適用するには、係数等の設定に関して更なる検討が必要と考えられる。

例えば、経年劣化率 α_i は、国総研の下水道管渠健全率予測式に基づき算定している。健全率予測式の元となる標本データには偏りがあり、また、経過年数 i の小さい管渠については、劣化している管渠を優先的に調査していることが考えられ、経年劣化率 α_i を過大に評価している可能性がある。また、塩化ビニル管については、健全率予測式が精度良く求められていないことから、引き続き劣化に関するデータの蓄積が必要である。

また、経済性評価の特徴の一つである”見落としリスク”は異常発見率 β により反映される。しかしながら、今回の試算で用いた異常発見率 β は、実証事業で得られた限られたデータに基づき設定した値であるとともに、管渠の状況等に応じて変動する値であると考えられる。上述の感度分析では、 β が $\pm 50\%$ 変動した場合、損益分岐点が、最大で 21 年、最小で 9 年変動するなど、経済性評価に小さくない影響を与えるため、異常発見率 β の現場条件に応じた変動幅の検証等が必要である。

また、リスク単価 U_r は、今回の試算では、下水道管路施設に起因する道路陥没の復旧工事費用と仮定しており、道路陥没に伴う人身・物損事故や交通機能への支障、あるいは下水道サービスの停止等の社会的損失は加味されていない。社会的損失を如何に評価し、どのように経済性評価に盛り込むか、更なる検討が必要である。

なお、スクリーニング調査技術の選定に当たっては、経済性評価に加え調査対象となる管渠の条件と各調査技術の適用範囲（スパン延長、管種、口径、土被り、マンホールサイズ、下水の流下状況、段差・曲がりへの対応等）を含めて総合的に考慮して決定する必要があることに留意が必要である。各調査技術の適用範囲については、既往研究⁴⁾に参考情報が記載されている。

2.7. ケーススタディによるスクリーニング調査導入効果・社会情勢変化の影響の評価

地方公共団体における実際の下水道管渠データを用いて、2.6.3 に示した経済性評価手法のケーススタディを行った。本ケーススタディでは、社会情勢の変化（特に人口減少）に対応した下水道事業のあり方についても考察する観点から、今後人口減少が予想される都市をモデル都市として選定した。

2.7.1. ケーススタディの方法

ケーススタディは、モデル都市の下水道管渠のうち、管径 800mm 以上の管と圧送管を除いたうえで、中心市街地とその周辺の約 100~200km 程度の管渠を抽出して実施した。800mm 以上の管渠については、調査員が管渠内に入って目視する潜行目視調査が行われることが多いこと、中小都市においてはスクリーニング調査が行われることが少ないことから対象から除外した。また、圧送管についても調査方法が自然流下管と異なることから除外した。経済性評価の方法については 2.6.4 で示した方法を用いて、管種毎に損益分岐点の経過年数を算定し、損益分岐点より経過年数の小さい管渠群に対しては TV カメラ調査とスクリーニング調査の組合せ調査を適用し、損益分岐点より経過年数の大きい管渠群に対して

はTVカメラ調査のみを実施するという「最適ケース」をスクリーニング調査の種類ごとに設定し、TVカメラ調査のみを実施するケースと比較した。さらに、将来予想される人口減少を踏まえ、人口減少に伴う下水道使用料収入の減少を想定したシナリオで試算を行った。

2.7.2. モデル都市の概要

モデル都市は人口約7万9千人(2020年度末時点)を有し、市内を流れる河川により形成された平地(沖積氾濫原)の上に市街地が広がっている。中心市街地は鉄道駅を中心に発展したが、大規模商業施設の立地等により郊外に新市街地が形成され中心市街地の空洞化が進んだ。人口は2000年に約9万6千人であったが、この20年で約2割減少した。

下水道事業に関しては、市街地の雨水排除を目的に1951年に事業着手、1973年度に下水処理場の運転が開始された。また、ストックマネジメント計画を策定し調査に基づく計画的な改築を実施している。現在の管渠延長は約500km、下水道普及率は約88%(2020年度末時点)である。軟弱地盤のため不同沈下による上下方向のたるみが多く見られるとのことである。また、管路の包括的民間委託を導入しており、清掃・点検・調査・修繕を一体的に民間企業へ委託している。下水道職員数は1998年に21人であったが2018年には7人と1/3にまで減少した。ケーススタディの対象とした管渠は約119kmで、管種や経過年数の状況は図2-63および図2-64のとおりである。鉄筋コンクリート管、塩化ビニル管の割合がそれぞれ約1:2であり塩化ビニル管が占める割合が高い。ケーススタディで調査対象とした管種別および経過年数別の管渠の平面図をそれぞれ図2-61と図2-62に示す。また、調査対象管渠の管種別割合を図2-63に、経過年数別延長を図2-64に示す。

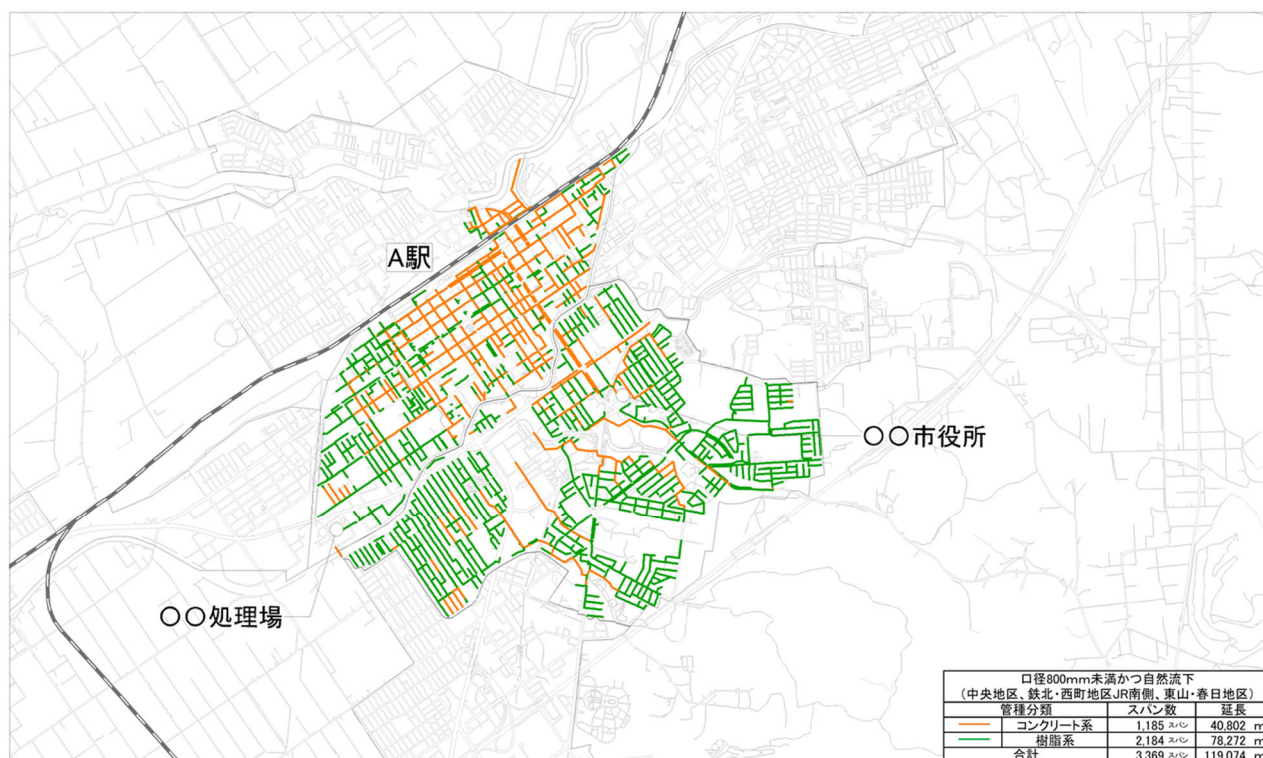


図 2-61 調査対象管渠平面図 (管種別)

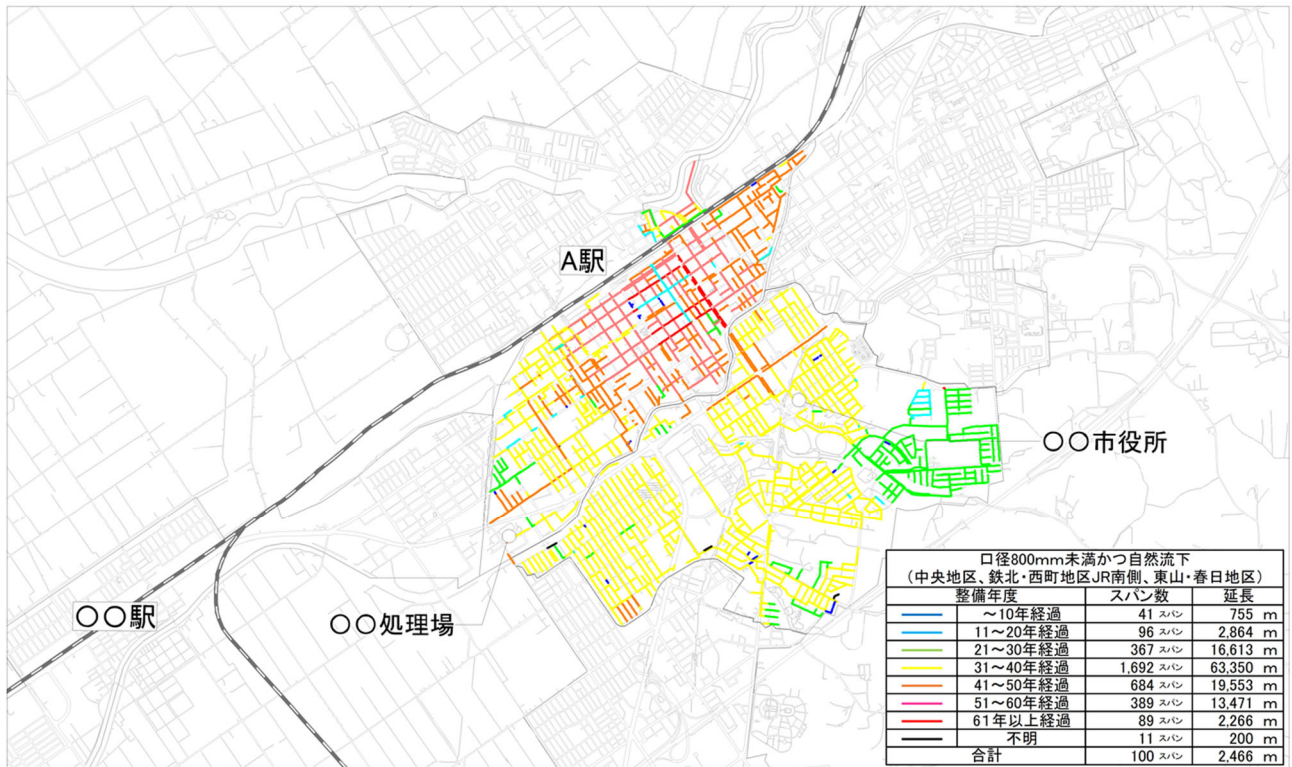


図 2-62 調査対象管渠平面図（経過年数別）

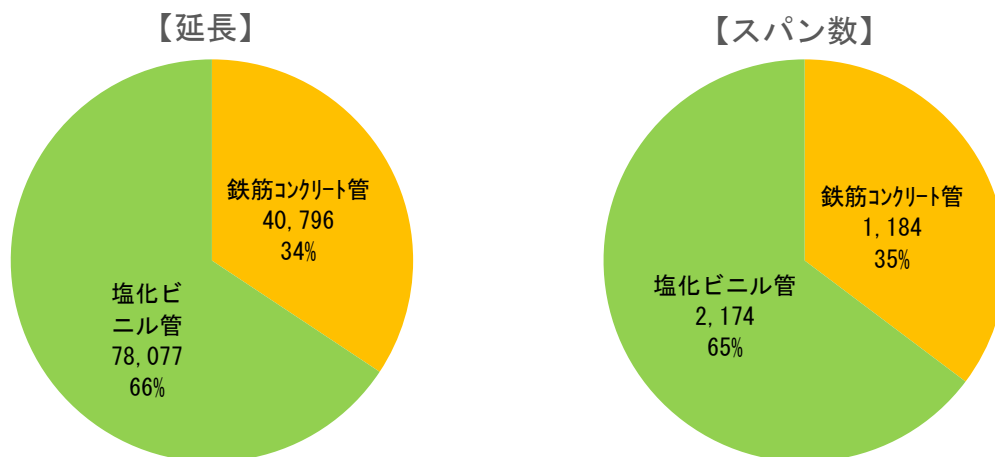


図 2-63 調査対象管渠の管種別割合

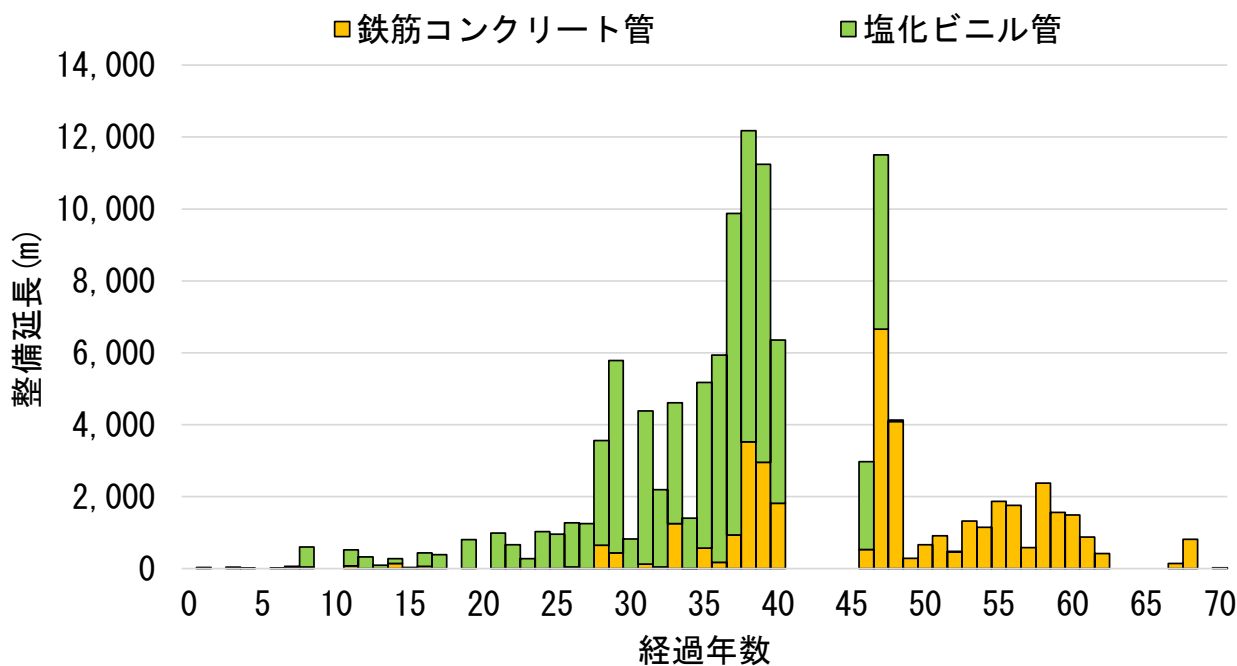


図 2-64 調査対象管渠の経過年数別延長

2.7.3. ケーススタディの試算結果

(1) スクリーニング調査の組合わせの効果

表 2-18 に、ケーススタディの試算結果を示す。また、図 2-65 は、表 2-18 の青地で示す項目をグラフ化したものである。

いずれのスクリーニング調査技術を用いた場合でも、スクリーニング調査を組み合わせることにより 12～56%の総費用削減効果が認められた。これは、図 2-64 の経過年数別延長からも分かる通り、調査対象の管渠の多くが 50 年未満と若く、表 2-18 に示す損益分岐点の経過年数に達していない管渠が多い為である。特に、塩化ビニル管にスクリーニング調査を導入する費用削減効果が大きく、これは塩化ビニル管の損益分岐点の経過年数が 70 年以上となり、全ての塩化ビニル管にスクリーニング調査を導入するメリットが働いた為である。なお、A 市に対して国総研がヒアリングを行ったところ、管渠の不同沈下が多く見られることから、洗浄一体型カメラを活用しこまめに洗浄を行って、機能確保を図っているとのことであった。

以上のケーススタディ結果を踏まえると、2.6.3 で提示した経済性評価手法は、管種や経過年数さらにはスクリーニング調査による見落としリスクを加味した形で、スクリーニング調査を組み合わせることの経済性評価を行うことが可能であり、地方公共団体における点検・調査技術の選定に際し、定量的かつ客観的な評価を行うための一つの手法となり得ることが確認できた。

表 2-18 ケーススタディの試算結果

スクリーニング調査技術		2-1	2-2	2-3	2-4
		管口カメラ	広角展開カメラ	点検直視型カメラ	洗浄一体型カメラ
損益分岐点の経過年数	鉄筋コンクリート管	62 年	29 年	62 年	47 年
	塩化ビニル管	70 年以上	70 年以上	70 年以上	70 年以上
試算結果	TVカメラ調査のみ (A)	338,789 千円			
	最適組合せケース (B)=(a)+(b)	147,515 千円	298,524 千円	219,043 千円	267,485 千円
	(内訳) スクリーニング + TVカメラ調査費用 (a)	92,915 千円	292,224 千円	189,043 千円	243,785 千円
	リスク保有額 (b)	54,600 千円	6,300 千円	30,000 千円	23,700 千円
	総費用縮減額 (C)=(A)-(B)	191,274 千円	40,265 千円	119,746 千円	71,304 千円
	総費用縮減率 (C)/(A) × 100	56% 縮減	12% 縮減	35% 縮減	21% 縮減
(内訳) 鉄筋コン クリート 管	TVカメラ調査のみ (A)	116,269 千円			
	最適組合せケース (B)=(a)+(b)	82,501 千円	115,827 千円	97,336 千円	112,617 千円
	(内訳) スクリーニング + TVカメラ調査費用 (a)	45,601 千円	115,827 千円	82,036 千円	106,617 千円
	リスク保有額 (b)	36,900 千円	0 千円	15,300 千円	6,000 千円
	総費用縮減額 (C)=(A)-(B)	33,768 千円	442 千円	18,933 千円	3,652 千円
	総費用縮減率 (C)/(A) × 100	29% 縮減	0.4% 縮減	16% 縮減	3% 縮減
	(備考)	61年までスクリーニング+TV 62年以降TVのみ	28年までスクリーニング+TV 29年以降TVのみ	61年までスクリーニング+TV 62年以降TVのみ	46年までスクリーニング+TV 47年以降TVのみ
(内訳) 塩化ビニ ル管	TVカメラ調査のみ (A)	222,520 千円			
	最適組合せケース (B)=(a)+(b)	65,015 千円	182,697 千円	121,707 千円	154,868 千円
	(内訳) スクリーニング + TVカメラ調査費用 (a)	47,315 千円	176,397 千円	107,007 千円	137,168 千円
	リスク保有額 (b)	17,700 千円	6,300 千円	14,700 千円	17,700 千円
	総費用縮減額 (C)=(A)-(B)	157,505 千円	39,823 千円	100,813 千円	67,652 千円
	総費用縮減率 (C)/(A) × 100	71% 縮減	18% 縮減	45% 縮減	30% 縮減
	(備考)	全てスクリーニング+TV	全てスクリーニング+TV	全てスクリーニング+TV	全てスクリーニング+TV

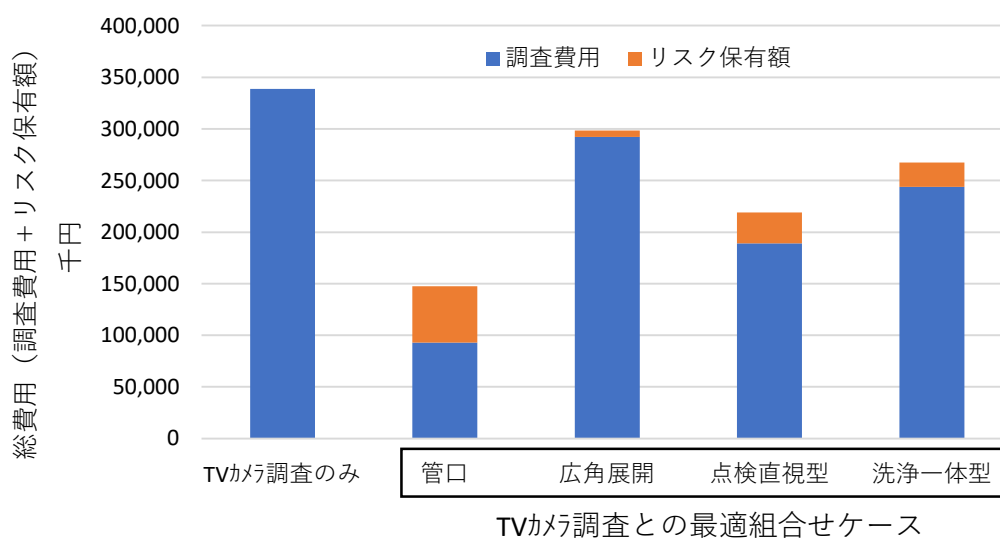


図 2-65 ケーススタディの試算結果

(2) 人口減少の影響を考慮したケーススタディ

ここでは、将来予想される人口減少を踏まえ、人口減少に伴う下水道使用料収入の減少を想定したシナリオ（以下、「人口減少シナリオ」という。）で試算を行った。人口減少シナリオは、2045年の人口推計¹²⁾を基に現在人口からの減少率を求め、それと同じ割合で下水道使用料の収入が減少し、結果として調査実施可能延長も減少すると仮定した。試算方法の概要を図2-66に示す。なお、収入減により調査を実施しないとした延長のうち、異常ありの延長と調査を実施した延長のうち見落しの延長をリスク保有額として示した。

具体的には、表2-19に示すとおり、モデル都市の人口が2045年に2015年時点の人口の56%にまで減少すると予想されていることから、調査延長についても56%に留まるものとして試算を行った。人口減少シナリオのケーススタディで調査対象とした管種別および経過年数別の管渠の平面図をそれぞれ図2-67と図2-68に示す。

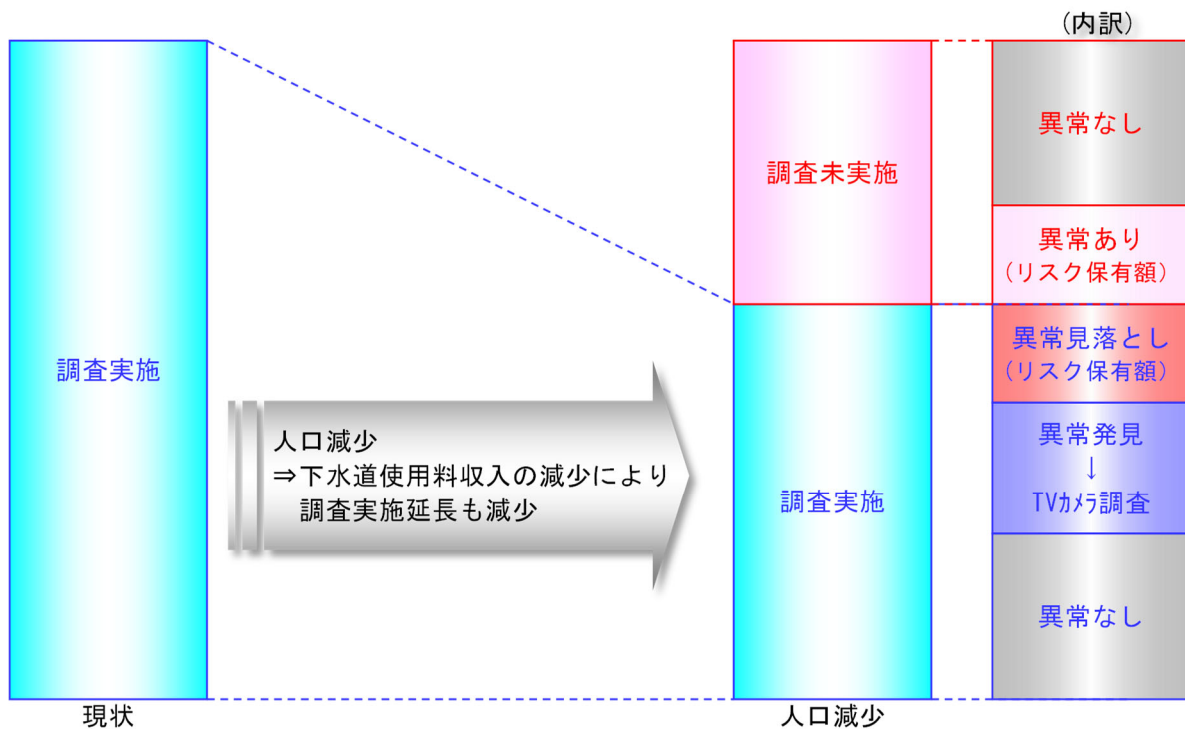


図 2-66 人口減少シナリオのケーススタディの計算方法

表 2-19 モデル都市における行政人口の将来推計

年 度	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045
行政人口(人)	84,499	78,591	72,377	66,101	59,865	53,640	47,586
人口割合	100(%)	93(%)	86(%)	78(%)	71(%)	63(%)	56(%)

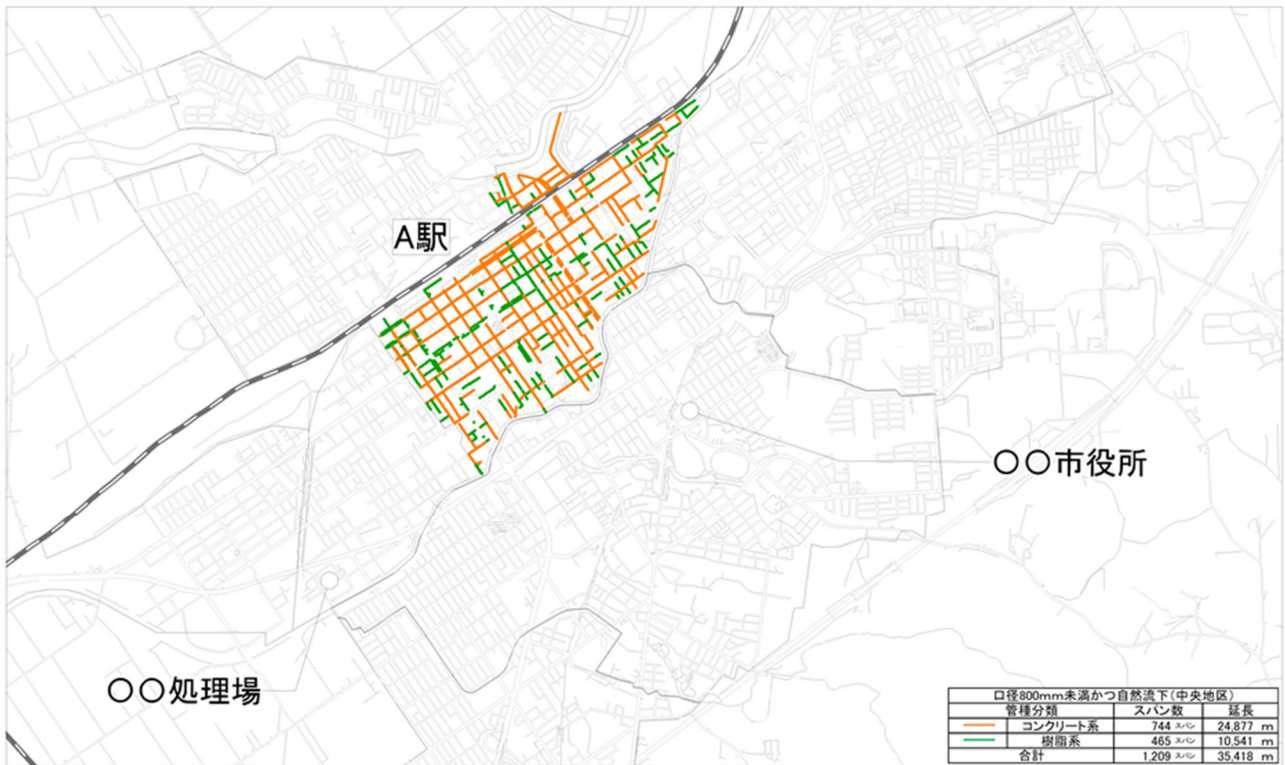


図 2-67 人口減少シナリオにおける調査対象管渠平面図 (管種別)

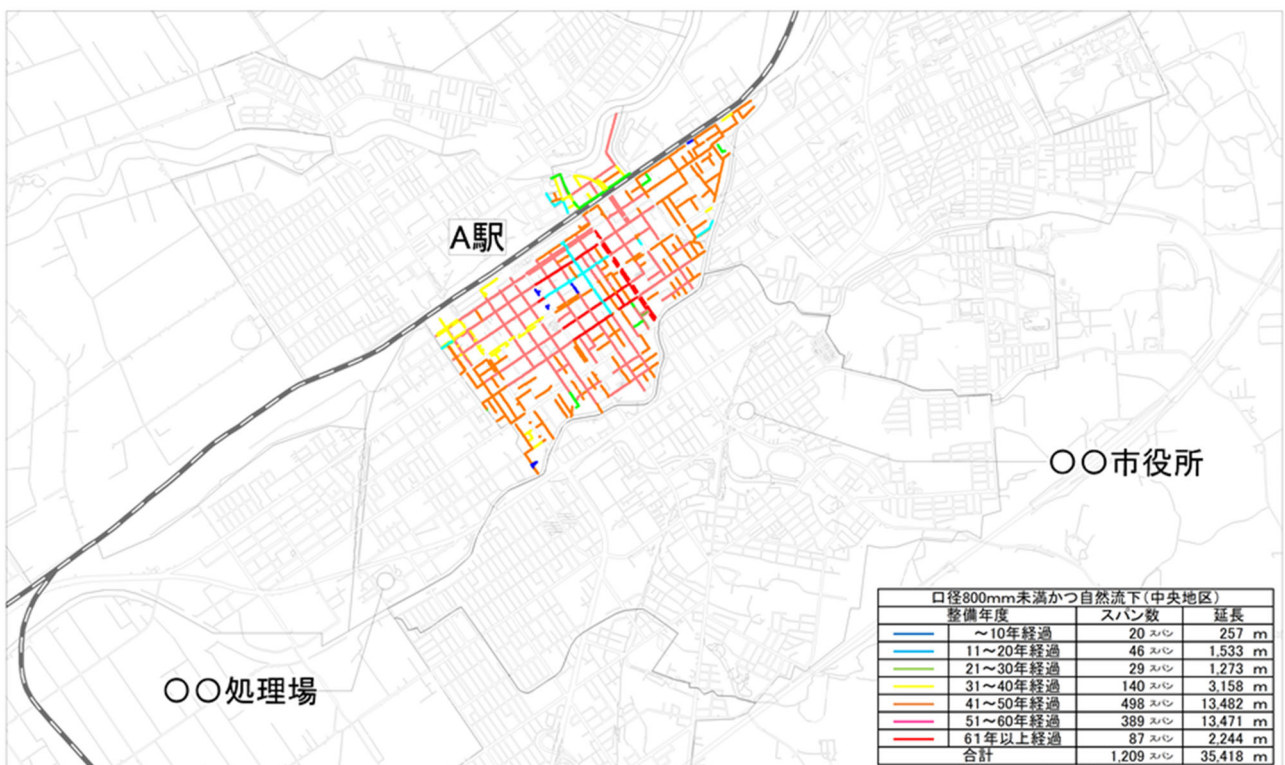


図 2-68 人口減少シナリオにおける調査対象管渠平面図 (経過年数別)

表 2-20 に、人口減少シナリオにおけるケーススタディの試算結果を示す。また、図 2-69 は、表 2-20 の青地で示す項目をグラフ化したものである。いずれのスクリーニング調査技術を用いた場合でも、スクリーニング調査を組み合わせることにより 5～35%の総費用削減効果が認められ、通常ケースと比較し調査対象管渠延長が 56%に減少したため削減幅は小さくなったが、同様の傾向となった。

また、図 2-70 に、通常ケースと人口減少ケースを比較したグラフを示す。調査延長の減少に伴い、調査費用が減少するのは当然だが、調査量の減少（未調査）に伴うリスク保有額を加味することで、管口カメラの場合は調査量を減少させても経済性はほぼ同等との結果となった。このように、リスク保有額を考慮することで、調査量減少の影響を費用換算し定量的に評価することが可能となることが示唆された。

表 2-20 人口減少シナリオにおけるケーススタディの試算結果

スクリーニング調査技術		2-1	2-2	2-3	2-4
		管口カメラ	広角展開カメラ	点検直視型カメラ	洗浄一体型カメラ
損益分岐点の経過年数	鉄筋コンクリート管	62 年	26 年	62 年	26 年
	塩化ビニル管	70 年以上	70 年以上	70 年以上	70 年以上
試算結果	TVカメラ詳細調査のみ (A)	228,473 千円			
	(内訳) TVカメラ調査費用 (a)	188,873 千円			
	未調査リスク保有額 (b)	39,600 千円			
	最適組合せケース (B)=(c)+(d)+(e)	148,127 千円	216,858 千円	181,881 千円	204,020 千円
	(内訳) スクリーニング+TVカメラ調査費用 (c)	62,027 千円	169,758 千円	114,081 千円	153,020 千円
	未調査リスク保有額 (d)	39,600 千円			
	スクリーニング調査見落としリスク保有額 (e)	46,500 千円	7,500 千円	28,200 千円	11,400 千円
	総費用削減額 (C)=(A)-(B)	80,346 千円	11,615 千円	46,592 千円	24,454 千円
	総費用削減率 (C)/(A)×100	35% 削減	5% 削減	20% 削減	11% 削減
(内訳) 鉄筋コンクリート管	TVカメラ詳細調査のみ (A)	110,656 千円			
	(内訳) TVカメラ調査費用 (a)	95,656 千円			
	未調査リスク保有額 (b)	15,000 千円			
	最適組合せケース (B)=(c)+(d)+(e)	89,379 千円	110,444 千円	101,337 千円	110,277 千円
	(内訳) スクリーニング+TVカメラ調査費用 (c)	39,279 千円	95,444 千円	68,937 千円	95,277 千円
	未調査リスク保有額 (d)	15,000 千円			
	スクリーニング調査見落としリスク保有額 (e)	35,100 千円	0 千円	17,400 千円	0 千円
	総費用削減額 (C)=(A)-(B)	21,277 千円	212 千円	9,319 千円	379 千円
	総費用削減率 (C)/(A)×100	19% 削減	0% 削減	8% 削減	0% 削減
(内訳) 塩化ビニル管	TVカメラ詳細調査のみ (A)	117,817 千円			
	(内訳) TVカメラ調査費用 (a)	93,217 千円			
	未調査リスク保有額 (b)	24,600 千円			
	最適組合せケース (B)=(c)+(d)+(e)	58,748 千円	106,414 千円	80,544 千円	93,743 千円
	(内訳) スクリーニング+TVカメラ調査費用 (c)	22,748 千円	74,314 千円	45,144 千円	57,743 千円
	未調査リスク保有額 (d)	24,600 千円			
	スクリーニング調査見落としリスク保有額 (e)	11,400 千円	7,500 千円	10,800 千円	11,400 千円
	総費用削減額 (C)=(A)-(B)	59,070 千円	11,403 千円	37,273 千円	24,074 千円
	総費用削減率 (C)/(A)×100	50% 削減	10% 削減	32% 削減	20% 削減

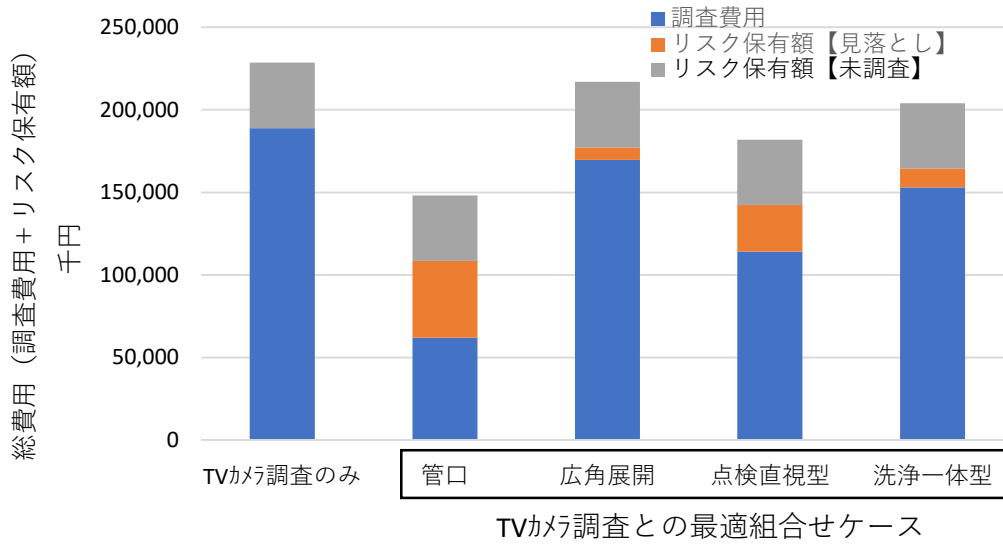


図 2-69 人口減少シナリオにおけるケーススタディの試算結果

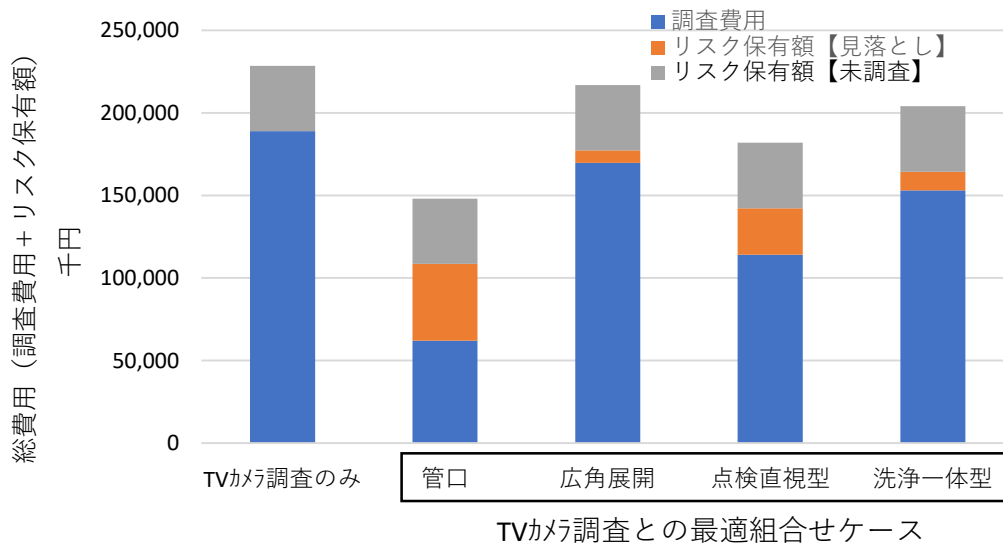


図 2-70 通常ケースと人口減少ケースの比較

2.8. まとめ

本章では、管種等に応じた点検・調査技術の選定手法を提示することを目的に検討を行い、以下の成果を得た。

2.1. 「下水道管きよ劣化データベース」の充実

地方公共団体より提供された管渠の調査結果データ約 18 万スパンを劣化データベース（分析用）に追加し、合計約 45.5 万スパンとした。また、劣化データベース（公開用）には約 6 万スパンを追加し合計約 31 万スパンとし、令和 3 年 6 月に公表した。劣化データベース（公開用）は、地方公共団体における点検・調査優先箇所や改築需要予測の検討に活用されることが期待される。

2.2. 「下水道管きよ健全率予測式」の作成

劣化データベース（分析用）のデータを用い最新の健全率予測式を導出し、令和 3 年 6 月に公表した。健全率予測式は、地方公共団体における点検・調査優先箇所や改築需要予測の検討に活用されることが期待されるとともに、本研究における様々な検討に用いられた。

2.3. 下水道管渠の劣化傾向の分析

劣化データベース（分析用）のデータを用い、管渠条件と異常発生との関係を定性的に分析した。

（鉄筋コンクリート管）

- ・経過年数が増加するほど破損が発生したスパンの割合が増加する。
- ・土被りが深いほど、浸入水が発生したスパンの割合が増加する。
- ・経過年数が増加するほど取付管突出しが発生したスパンの割合が増加する。
- ・その他の異常については、経過年数などの管渠条件との関連性は見られなかった。

（陶管）

- ・経過年数が増加するほど破損およびクラックが発生したスパンの割合が増加する。鉄筋コンクリートと比較すると陶管の方が比較的短い経過年数で破損およびクラックが発生する傾向にあった。
- ・土被りが深いほど、浸入水が発生したスパンの割合が増加する。
- ・経過年数が増加するほど取付管突出しが発生したスパンの割合が増加する。
- ・その他の異常については、経過年数などの管渠条件との関連性は見られなかった。

（塩化ビニル管）

- ・データ数が少ないこともあり、管渠条件と異常発生に関する特徴的な傾向は確認されなかった。更なるデータ収集・蓄積が必要であるとともに、他の管渠条件（管径、路線延長、スパン内管本数、道路種別、歩車道区分等）と劣化の関係性を確認することも必要と考えられる。

2.4. 点検・調査技術の性能等の実態把握および体系化

スクリーニング調査など新技術の開発加速により多様化が進む下水管渠点検・調査技術に関し、企業へのヒアリング等を通じ、その技術概要や適用範囲等を調査し、整理体系化した。地方公共団体が、点検・調査技術を選定する際の参考資料として活用されることが期待される。作成した体系図は、「維持管理情報を起点としたマネジメントサイクル確立に向けたガイドライン（管路施設編）-2020年版¹¹⁾」（以下、「維持管理情報起点マネジメントガイドライン」という。）に反映された。

2.5. 施設の重要度に応じた点検・調査頻度の設定方法の検討

中小規模の地方公共団体を対象に、施設の重要度に応じた「劣化保有率」を設定することで、点検・調査の頻度を設定する方法を示した。従来手法（信頼性重視保全）と比較して設定が容易であり、維持管理情報が少なく独自に点検・調査頻度の設定が困難な地方公共団体における活用が期待される。本手法は、「維持管理情報起点マネジメントガイドライン」に反映された。

2.6. 管種に応じた効率的な点検・調査技術の選定手法の検討

スクリーニング調査導入を考慮した点検・調査技術の選定及び実施のフロー（案）を示した上で、スクリーニング調査導入の経済性評価の枠組みの基礎的な検討を実施した。本検討では、TVカメラ調査の“空振り”回避効果や、異常見落としによるリスク保有等のスクリーニング調査の得失を考慮した経済性評価の枠組みを用いた試算により、スクリーニング調査導入の損益分岐点が得られるなど、この経済性評価の枠組みをスクリーニング調査の導入検討に活用できる一定の可能性が示唆された。

今後の課題として、この経済性評価の枠組みを地方公共団体の実務に適用できる熟度に高めて行くためには、スクリーニング調査技術の異常発見率の現場条件に応じた変動幅の検証や、道路陥没に伴う人身・物損事故や交通機能への支障、あるいは下水道サービスの停止等の社会的損失の反映方法等について更なる検討が必要である。

2.7. ケーススタディによるスクリーニング調査導入効果・社会情勢変化の影響の評価

モデル都市における実際の管渠データを用いたケーススタディを行った結果、いずれのスクリーニング調査技術を用いた場合でも、スクリーニング調査を組み合わせることにより12～56%の総費用削減効果が認められた。また、人口減少シナリオにおいても、いずれのスクリーニング調査技術を用いた場合でも、スクリーニング調査を組み合わせることにより5～35%の総費用削減効果が認められた。

ケーススタディより、2.6.3で示した経済性評価の枠組みを用いることで、管種や経過年数さらにはスクリーニング調査による見落としリスク、調査量減少による未調査リスクを加味した経済性評価を行うことが可能となり得ることが示唆された。

【参考文献】

- 1) 国土技術政策総合研究所下水道研究部. “下水道管きょ劣化データベース 2021 Ver.3”. www.nilim.go.jp/lab/ebg/rekka-db.html
- 2) 国土技術政策総合研究所下水道研究部. “下水道管きょ健全率予測式 2021”. <https://tiisys.com/wp-content/uploads/2021/06/210616gesuidoukankyokenzenritsu.pdf>

- 3) 木暮仁. “ワイブル分布とバスタブ曲線”. <http://www.kogures.com/hitoshi/webtext/stat-weibull-bunpu/index.html>, (参照 2022-02-02)
- 4) 日本下水道協会. 下水道維持管理指針 実務編 -2014 年版-.
- 5) 高島英二郎. 下水管ストックマネジメントの最新動向. 平成 25 年度国土技術政策総合研究所講演集, 国総研資料第 759 号, 国土交通省国土技術政策総合研究所, 2013, p.45-64.
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoutnn/tnn0759pdf/ks075909.pdf>
- 6) 日本下水道協会: 下水道統計、第 76 号 (令和元年度版) .
- 7) 日本下水道協会: 下水道統計、第 72 号 (平成 27 年度版) ~第 76 号 (令和元年度版) .
- 8) 国土技術政策総合研究所下水道研究室: 国総研資料 No. 876 B-DASH プロジェクト No.7 スクリーニング調査を核とした管渠マネジメントシステム技術導入ガイドライン (案)、2015.
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoutnn/tnn0876.htm>
- 9) 国土技術政策総合研究所下水道研究室: 国総研資料 No. 1149 B-DASH プロジェクト No.33 ICT を活用した総合的な段階型管路診断システムの技術導入ガイドライン (案)、2021.
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoutnn/tnn1149.htm>
- 10) 横田敏宏; 深谷渉; 宮本豊尚; 野澤正裕, 下水道管きよのストックマネジメント導入促進に関する調査. 平成 23 年度下水道関係調査研究年次報告書集, 国総研資料第 731 号, 国土交通省国土技術政策総合研究所, 2013, p.13-22.
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoutnn/tnn0731pdf/ks073104.pdf>
- 11) 国土交通省下水道部; 国総研下水道研究部. 維持管理情報を起点としたマネジメントサイクル確立に向けたガイドライン (管路施設編) -2020 年版-.
<https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/content/001338706.pdf>
- 12) 国立社会保障・人口問題研究所. 日本の地域別将来推計人口ー平成 27 (2015) ~57 (2045) 年ー, 2018.