

平成20年度 国総研講演会

# 下水管きよのストックマネジメント －劣化曲線とリスク管理－



平成20年12月2日 九段会館

国土交通省 国土技術政策総合研究所

下水道研究部 下水道研究室長

榊原 隆

# 本日の講演内容

① 我が国の下水管きよを取り巻く状況



② スtockマネジメントに関連する下水道分野の動向



③ 下水道研究室におけるStockマネジメント研究の取組み



④ 調査研究成果 — 将来事業費予測のための平均劣化曲線の検討 —



⑤ 調査研究成果 — 事業優先度付けのための不具合リスク評価 —  
— 下水管起因の道路陥没によるリスク評価



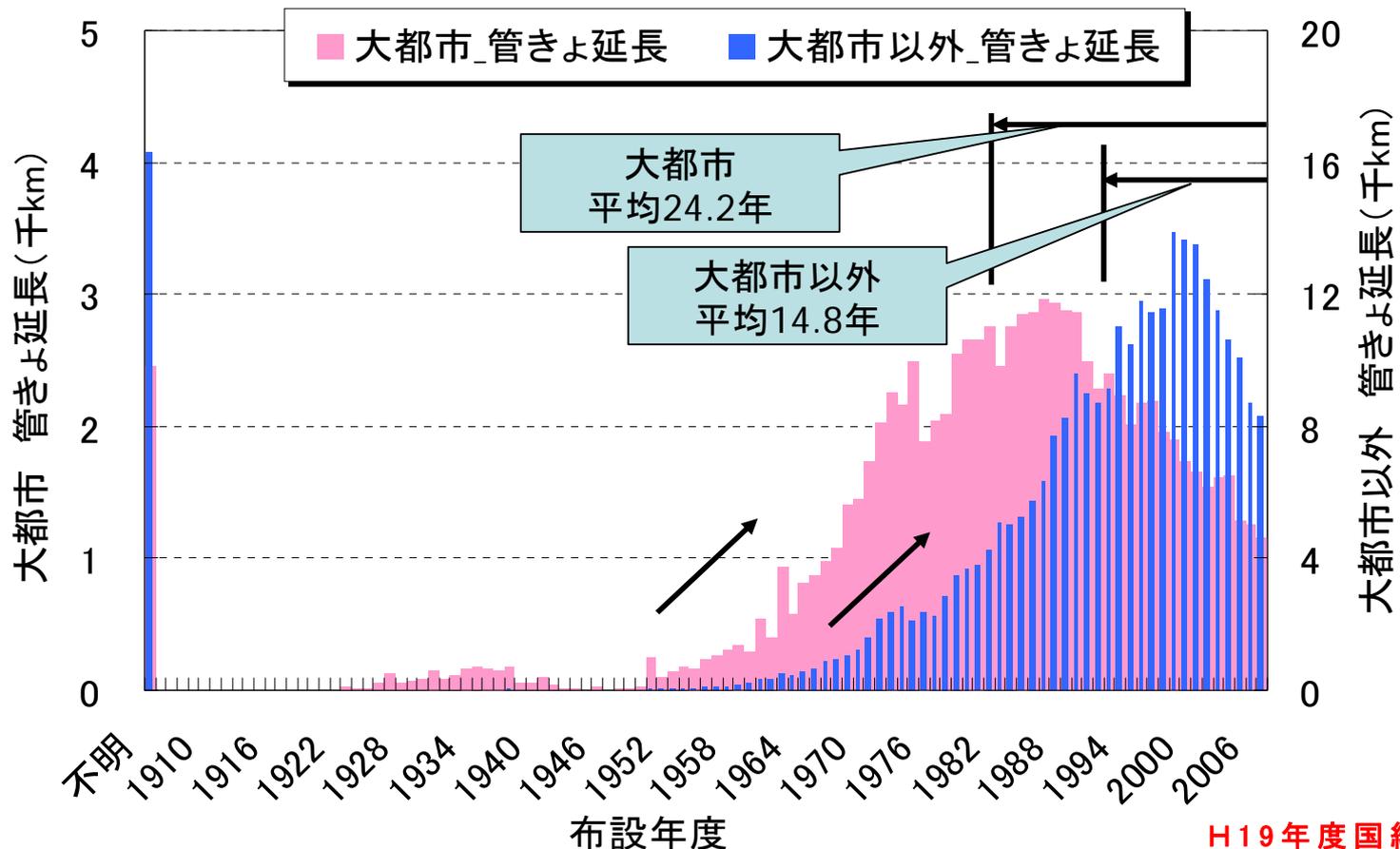
⑥ まとめと今後の調査研究に向けた課題

## ① 我が国の下水管きよを取り巻く状況

# ストック量の増大と布設年度別延長の片寄り

- H18年度末時点で埋設されている管きよを布設年度別・都市別に整理。
- 布設年度別延長は年度によって異なり、整備に対する片寄りがある。
- 大都市の平均経過年数は、24.2年であり老朽化が進みつつある。

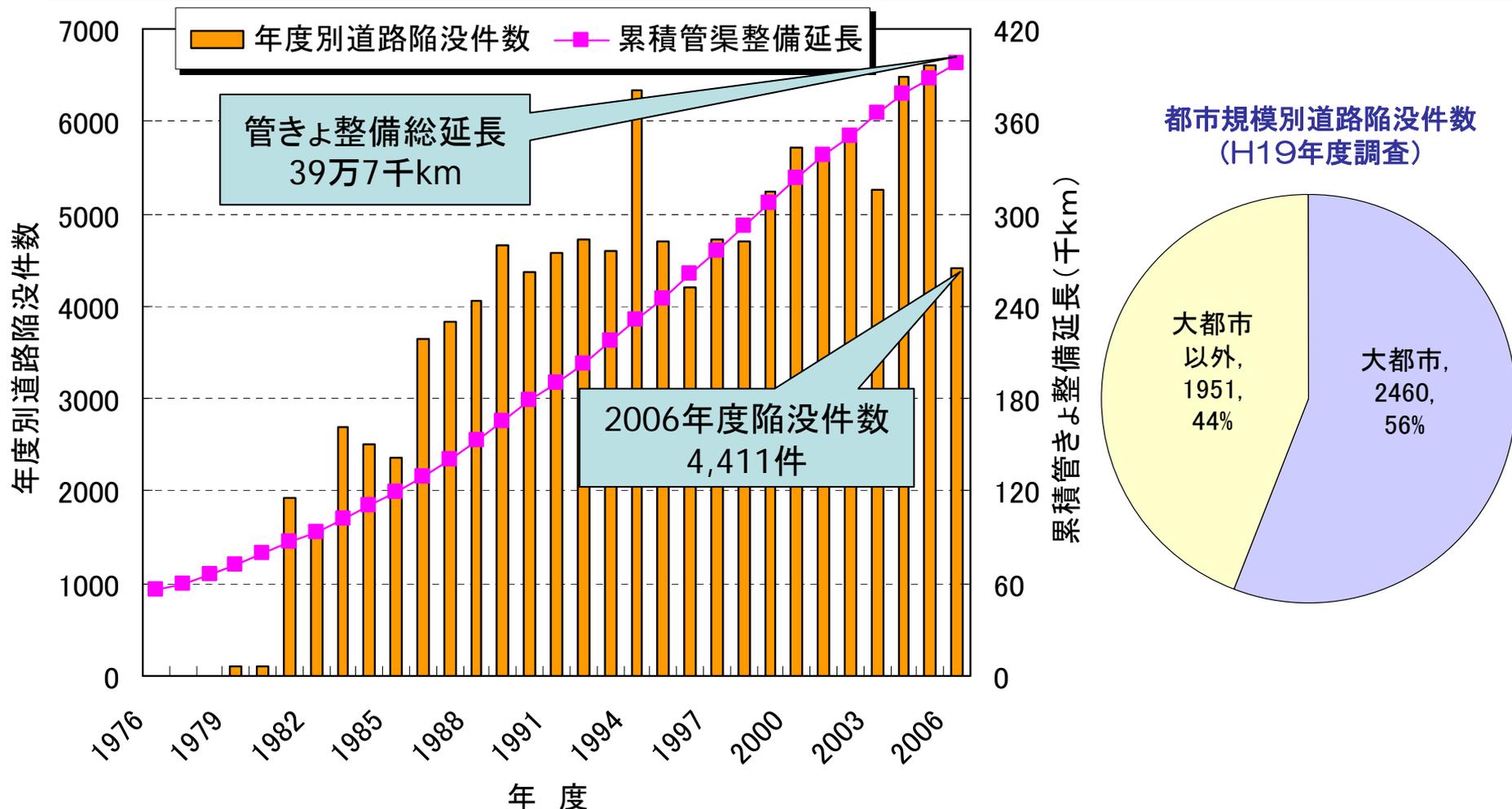
## 都市規模別の布設年度ごとの管きよ延長



H19年度国総研調査より

# 増加する下水管起因の道路陥没

- 管きよ整備延長の増加に伴い、下水管起因の道路陥没が増加。
- 2005年度では約6,600件、2006年度では約4,400件が発生。
- 道路陥没は、H19年度調査全体の56%が大都市で発生している。



# 点検が進まない管きょ維持管理－重要路線下の点検状況－

- 重要路線下に布設されている管路のうち48%が緊急点検の必要あり。
- 緊急点検実施済みの管路のうち、約7%が対策の必要がある状況。
- 対策が必要な管路660kmのうち、約4割が未対策になっている。

## 重要路線下の点検状況

第5回報告(平成20年3月末時点)

単位: km

重要路線下に布設されている管路  
(約22,170km)の布設状況



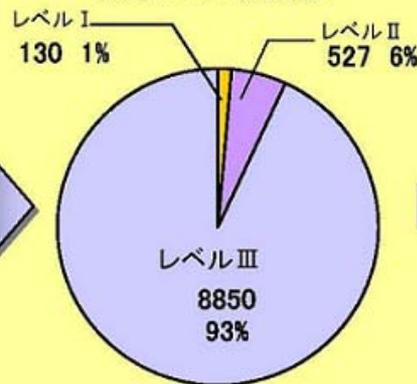
・緊急輸送路などに敷設されている管路約22,170kmのうち、緊急的に点検の必要がある管路約10,690km

緊急点検の必要のある重要路線下の管路  
(約10,690km)の点検状況



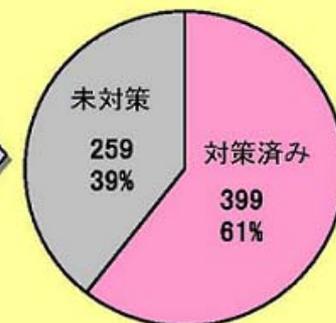
・緊急点検の必要のある重要路線下の管路約10,690kmの内、既に点検を実施している管路は約9,500km

点検実施済みの重要路線下の管路  
(約9,500km)の損傷状況



・約9,500kmの点検結果のうち損傷状態がレベルⅠの管路は約130km、レベルⅡの管路は約530km、レベルⅢの管路は約8850km(レベルⅠ+Ⅱの管路は約660km)

点検の結果、対策の必要のある重要路線下  
(約660km)の対策状況



・対策が必要のある約660kmの施設の管路の内、対策実施済みの管路は約400km

※緊急点検の必要のある管路

布設後30年以上経過している管路及び布設後30年は経過していないが、通常以上の損傷が見込まれる管路

レベルⅠ: 直ちに対策が必要

レベルⅡ: 対策が必要

レベルⅢ: 当面对策の必要なし

下水管路の損傷状況に関する点検等調査(第5回)の結果より

## ② スtockマネジメントに関連する下水道分野の動向

## 制度の目的

- 下水道施設の健全度に関する点検・調査の実施と、その結果に基づき「長寿命化対策」に係る計画(下水道長寿命化計画)を策定
- 下水道長寿命化計画に基づき、予防保全的な管理を行うとともに、長寿命化を含めた計画的な改築等を実施
- 事故の未然防止、ライフサイクルコストの最小化を図る

## 長寿命化計画策定概要

- (計画期間) 概ね5年以内
- (策定単位) 下水道機能を確保するための一体的な範囲を対象
- (定めるべき事項)

対象施設及びその選定理由

点検調査結果の概要及び維持管理の実施状況

計画期間

長寿命化対策を含めた計画的な改築、維持管理の概要

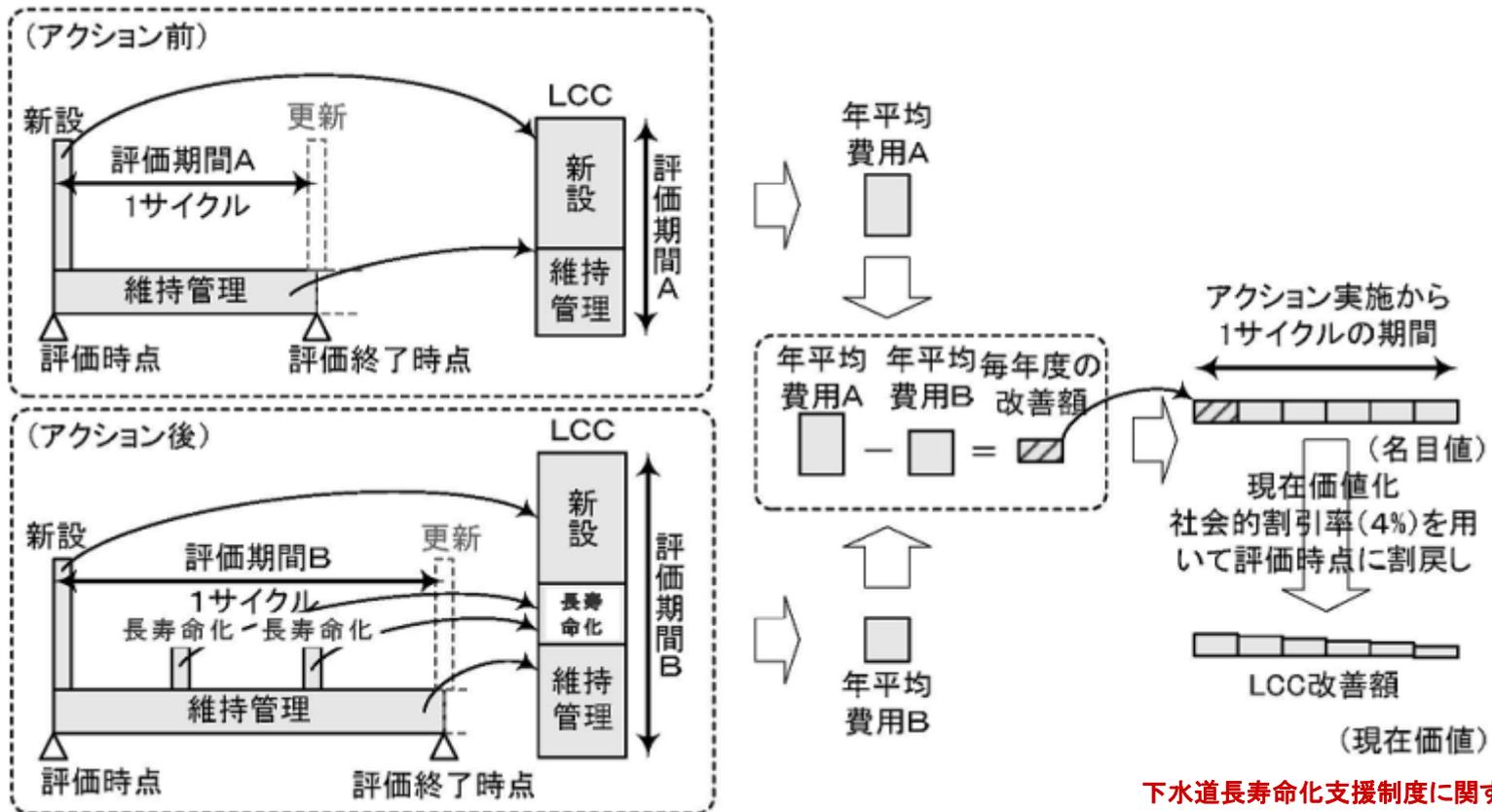
長寿命化対策の実施効果(ライフサイクルコスト縮減額)

# 下水道長寿命化支援制度－補助対象とLCC縮減額の考え方－

H20年度より長寿命化計画を策定した場合、以下の項目が補助対象。

- 計画的な改築を行うために必要な点検・調査に対する補助
- 「下水道長寿命化計画」の策定に対する補助
- 「下水道長寿命化計画」に基づく計画的な改築に要する費用に対する補助

## LCC縮減額の考え方



下水道長寿命化支援制度に関する手引きより

**③ 下水道研究室における  
ストックマネジメント研究の取組み**

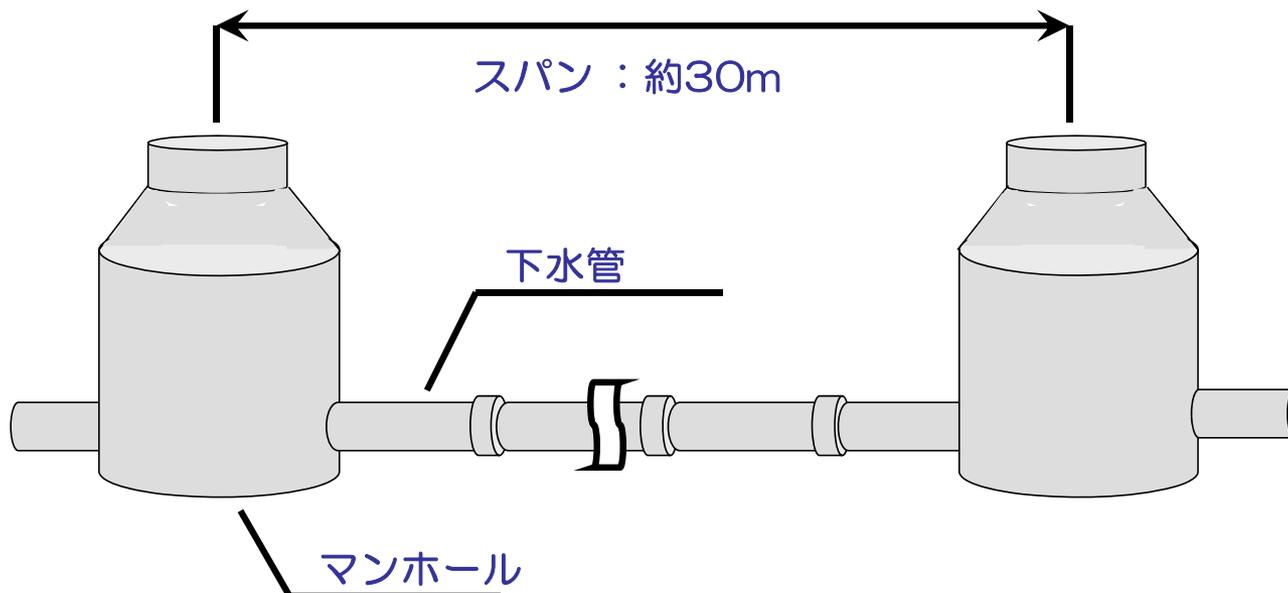
## 目指すべきアセットマネジメントとは何か？

- ① 施設状態を「健全度」として定量的に把握し、施設の安全性の確保や良好な施設状態の維持を可能にさせる。
- ② 良好な施設状態を維持しながらライフサイクルコストの最小化を図り、合理的な改築・修繕等の計画策定を可能にさせる。
- ③ 「健全度」把握によって将来予算の予測を可能にさせる。
- ④ 予算の平準化や優先度を考慮した事業計画を策定することで、財政制約下での下水道事業経営の健全化を実現させる。
- ⑤ 新規整備・維持管理・改築更新を一体的に捉えたマネジメント手法により、地域住民に対して明確な説明責任を果たす。

# 導入検討に際しての問題点-1

## 膨大な延長の管きょをどのように調査するのか？

- 全国の下水管きょ延長は、約400,000km(=約13,000万スパン)。
- 約1,500団体が事業を実施している。
- 1団体あたり9,000スパンを管理している
- 地中にある膨大な延長の管きょを定期的に調査するのは困難。
- 現在、年間のTVカメラ調査は約4,000kmであり、現状のペースでは、全てを調査するのに100年かかる。



## 導入検討に際しての問題点-2

### スパンごとの健全度状況をどのように把握するのか？

- 下水管は予期しない外力で、突然破壊される場合がある。
- 典型的なのが他工事による破損。
- また、埋設環境によっても管きよの劣化進行は異なる。
- このような場合、仮に劣化状況を事前把握できても、スパンごとの残寿命や健全度の予測、ライフサイクルコストの予測は困難。



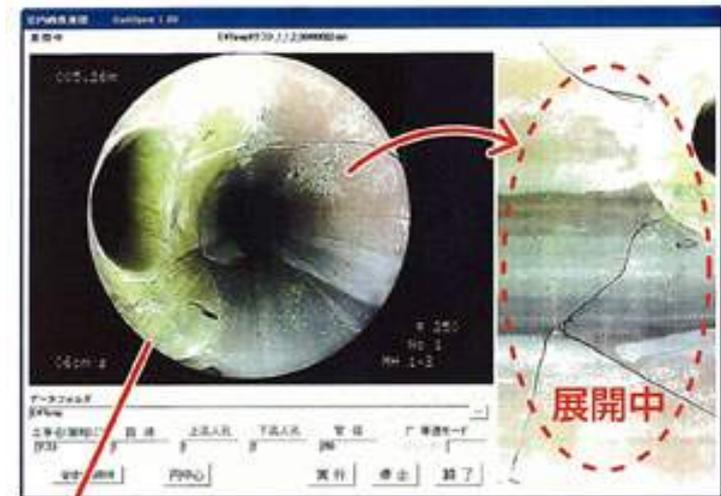
# 導入検討に際しての問題点-3

## 管きょ内調査における診断誤差をどのように解決するのか？

- 管きょ内調査は、大多数がTVカメラ調査を実施している。
- TVカメラ調査の画質は、年々、技術向上が図られている。
- 時代により画質が異なるため、映像比較は誤解を生じやすい。
- 画像による劣化判定は、オペレータによって誤差が生じやすい。

### TVカメラ調査状況

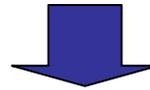
管きょTVカメラ



● 190°超広角による管内直視映像

# 問題解決に向けた考え方

- 地中埋設されている膨大なスパン数の管きよを全て調査することは困難。
- 各管きよの健全度状況は一様ではない。埋設環境や維持管理の程度、TVカメラ調査の診断誤差にも影響される。
- 他企業による破損事例も多い。
- また、スパンごとの残寿命や健全度の予測、ライフサイクルコストの予測は困難。



- 個々の管きよの健全度評価は行わない。
- マクロレベルでの健全度(劣化)予測やライフサイクルコストの予測を実施し、ミクロレベルではリスク最小化を目指す。

## ④ 下水道研究室における調査研究成果の紹介

## ◆ 将来事業費予測のための平均劣化曲線

⇒ 財政視点による中長期計画の策定

- ① 管きょ内調査データを用いた見かけの劣化曲線の作成
- ② 管きょ延長調査データを用いた生存曲線の作成
- ③ ①と②を掛け合せた平均劣化曲線の作成

## ◆ 事業優先度付けのための不具合リスク評価ツール

⇒ 施設維持の視点による中長期計画の策定

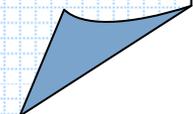
- ① 不具合リスクの点数計算表の作成
- ② 管きょ劣化箇所の予測式の作成
- ③ 下水管起因の道路陥没によるリスク評価

## ④ 下水道研究室における調査研究成果の紹介

— 将来事業費予測のための平均劣化曲線 —

# 管きょ内調査データを用いた劣化曲線の作成方法とは？

- ① 7自治体より面的なTVカメラ調査データ約2,700km分を収集。
- ② 面的なTVカメラ調査とは？
  - ⇒一定の経過年数を過ぎた管きょのTVカメラ調査データ
  - ⇒一定地域内のTVカメラ調査データ
- ③ 自治体ごとに異なる管きょ診断基準を統合して、管きょ劣化状況を示す緊急度を判定する。
- ④ 緊急度の判定基準は、緊急度Ⅰ、緊急度Ⅱ、緊急度Ⅲに分けて行い、管きょの布設経過年数と各緊急度割合の関係から曲線を描く。
  - ⇒改築、修繕されずに残存した管きょの劣化割合を示している。



# 緊急度判定基準とは？

	区分	対応の基準
緊急度Ⅰ	重度	速やかに措置することが必要
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
緊急度Ⅲ	軽度	簡易な対応により必要な措置を5年以上まで延長できる



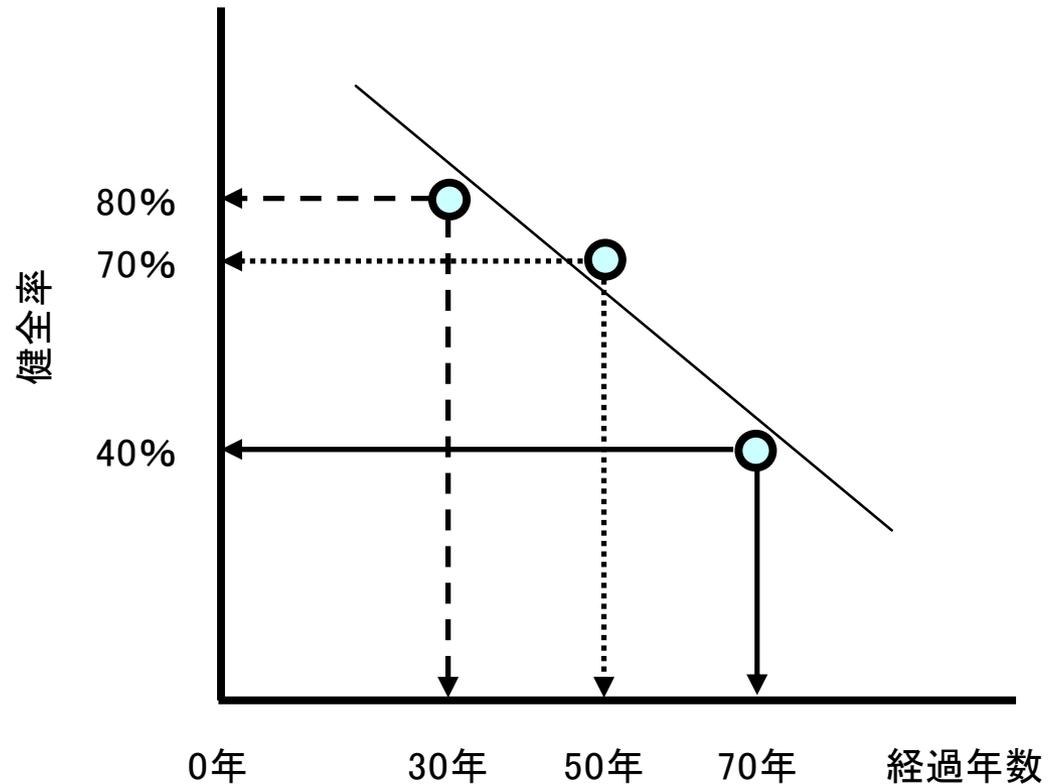
## ◆ 管きょ内調査データを用いた劣化曲線作成での考え方

緊急度Ⅰ又はⅡで改築、修繕が実施されており、緊急度Ⅲでは放置されている模様。

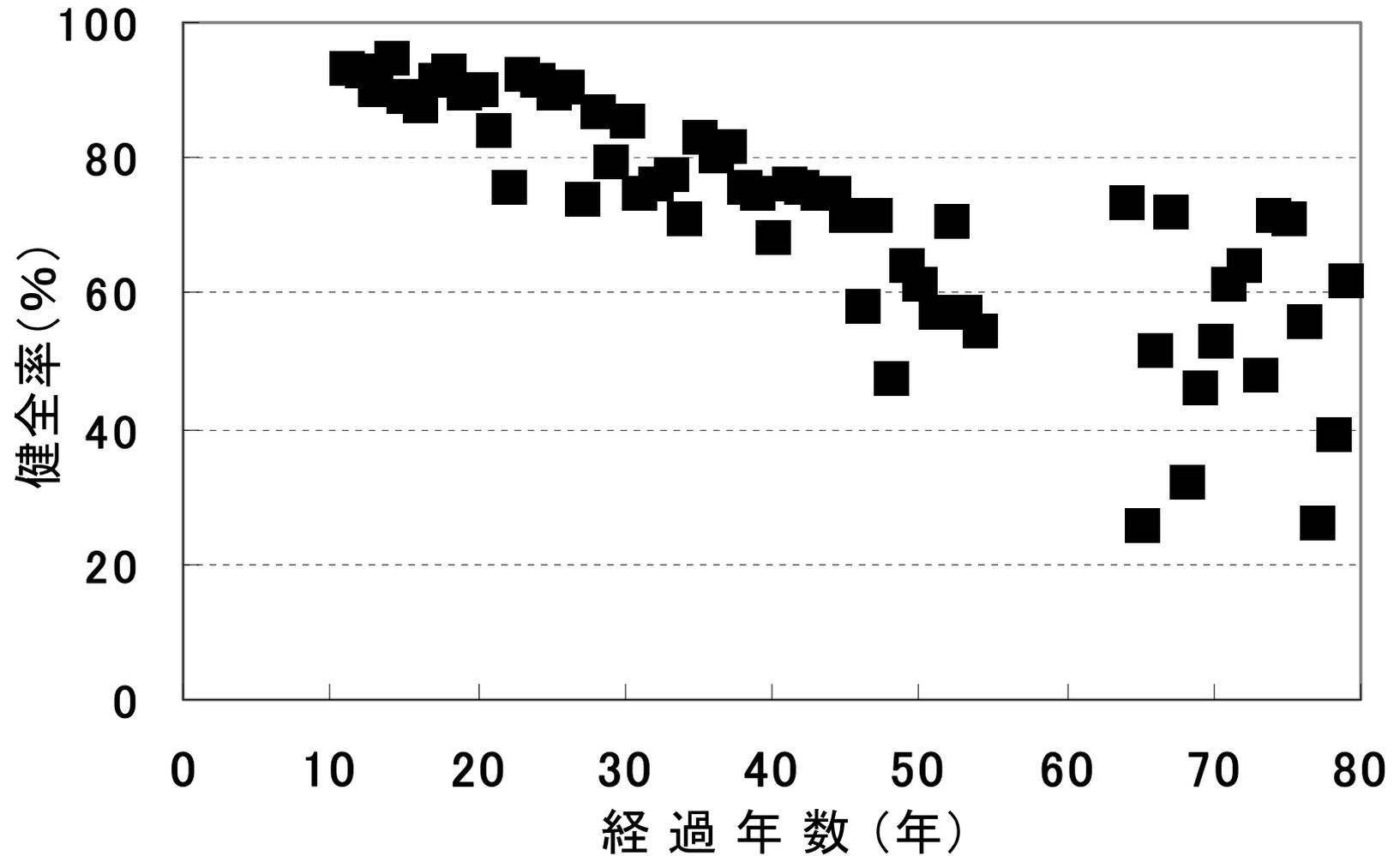
→ 緊急度Ⅰ又はⅡを劣化(危険側の仮定)と判定する。

# 管きょ内調査データを用いた劣化曲線の書き方

経過年数 (年)	調査スパン数 (箇所)	緊急度 I + II (箇所)	緊急度 III (箇所)	健全率 (%)
30	30	6	24	80%
50	50	15	35	70%
70	40	24	16	40%

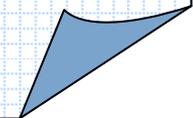


# 管きょ内調査データを用いた劣化曲線の成果



# 管きょ延長データを用いた生存曲線とは？

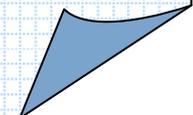
- 管きょ内調査データを用いた劣化曲線は、調査時点で埋設されている管きょに対して健全率を判定した曲線である。
- この劣化曲線には既に改築や修繕をされてしまった管きょが含まれていない。
- 管きょ延長データを用いた生存曲線は、改築や修繕によって除外されてしまった管きょ延長も考慮したものである。
- 生存曲線の作成に用いた管きょ延長約40万kmは、全国実態調査から得られたデータを利用した。
- 全国実態調査は、H18年度を基点として布設年度ごとの管種別管きょ延長と改築延長についてアンケートを実施した。



# 管きょ延長データを用いた生存曲線の計算方法

「布設経過年数ごと」に以下を計算する。

- ① 改築率 ( $R_1 R_{1n}$ ) を計算。  
改築率 = 経過年数ごとの改築延長 / 経過年数ごとの管理延長
- ② 修繕率 ( $R_2 R_{2n}$ ) を計算。  
修繕率 = 経過年数ごとの改築率 × 改築と修繕の延長比率
- ③ 改築・修繕率 ( $RR_n$ ) を計算。  
改築・修繕率 = ①改築率 × ②修繕率
- ④ 残存率 ( $Q_n$ ) を計算。  
残存率 =  $1 -$  ③改築・修繕率
- ⑤  $n$ 年での累積残存率を計算し、曲線を描く。  
累積残存率 =  $Q_1 \times Q_2 \times Q_3 \cdots Q_n$

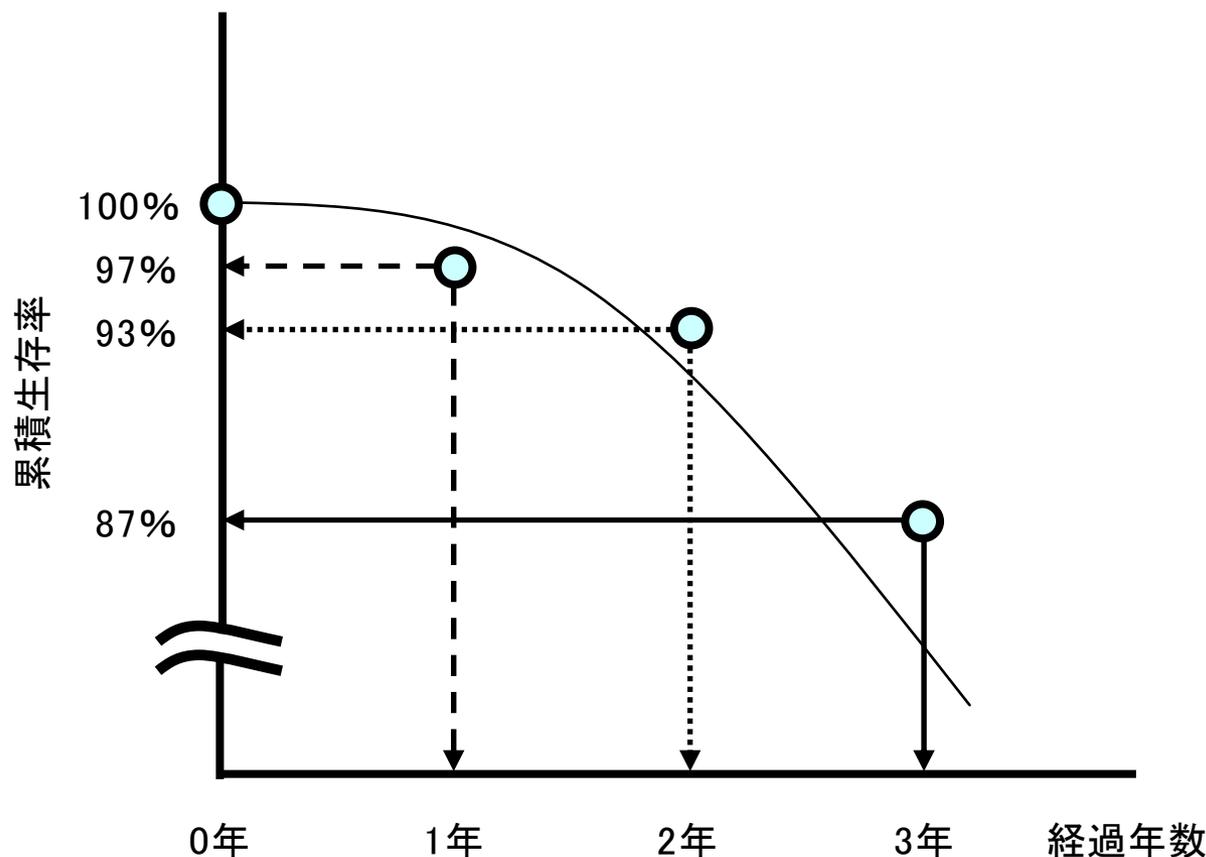


# 管きょ延長データを用いた生存曲線の書き方

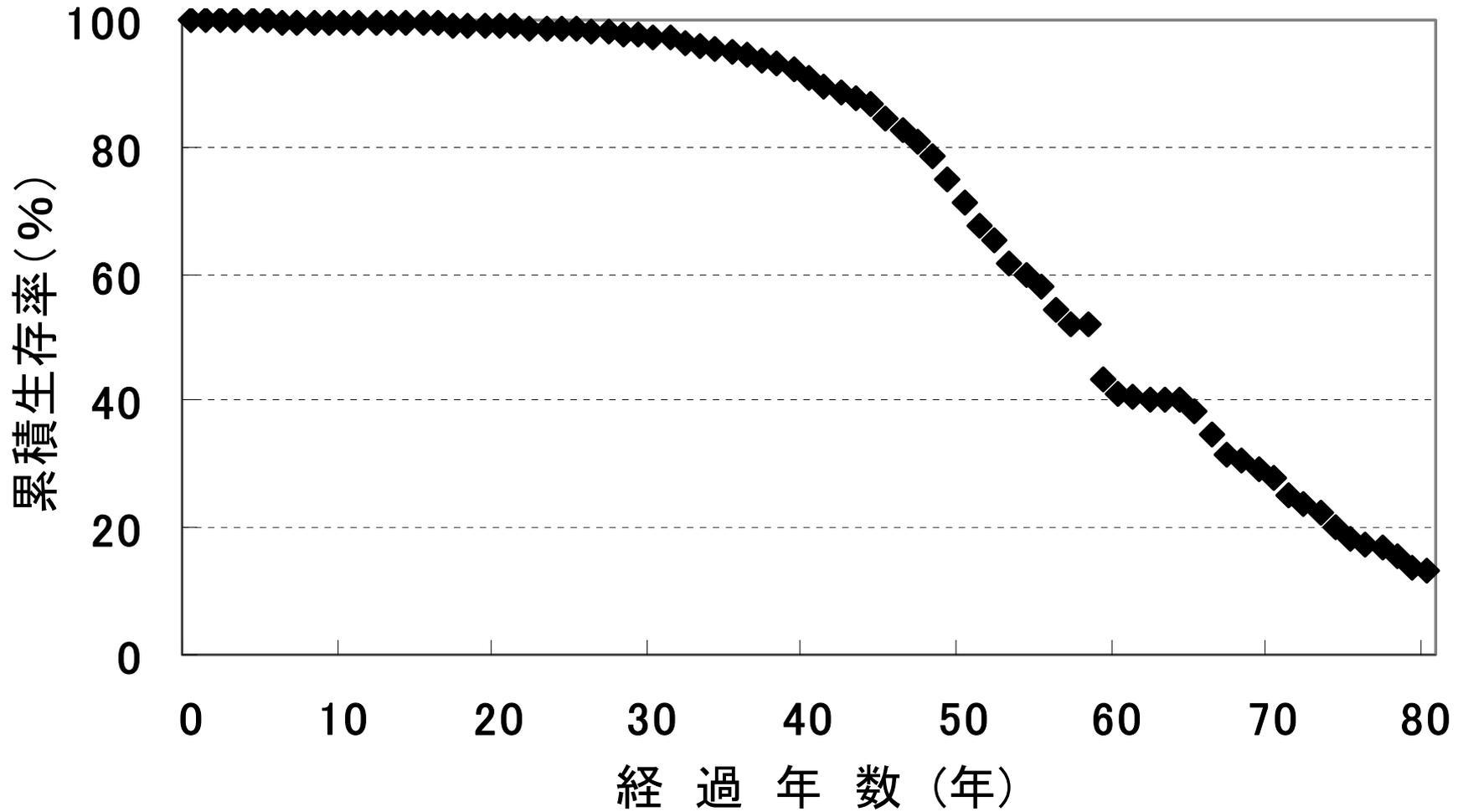
経過年数 (年)	残存延長 (m)	改築延長 (m)	改築率 (%)	改築・修繕率 (%)	残存率 (%)	累積生存率 (%)
1	1,500	30	2	3	97	97
2	3,000	90	3	4.5	95.5	93
3	4,000	160	4	6	94	87

$=0.97 \times 0.955$

$=0.97 \times 0.955 \times 0.94$



# 管きょ延長データを用いた生存曲線の成果



# 平均劣化曲線の作成方法とは？

- ① 管きよ内調査データを用いた劣化曲線は、改築、修繕されずに残存した管きよに対する劣化の割合を示している。
- ② よって、管きよ内調査データを用いた劣化曲線の健全率に生存曲線の累積残存率を乗じて補正したものが、改築、修繕を実施しない場合の健全率となる。

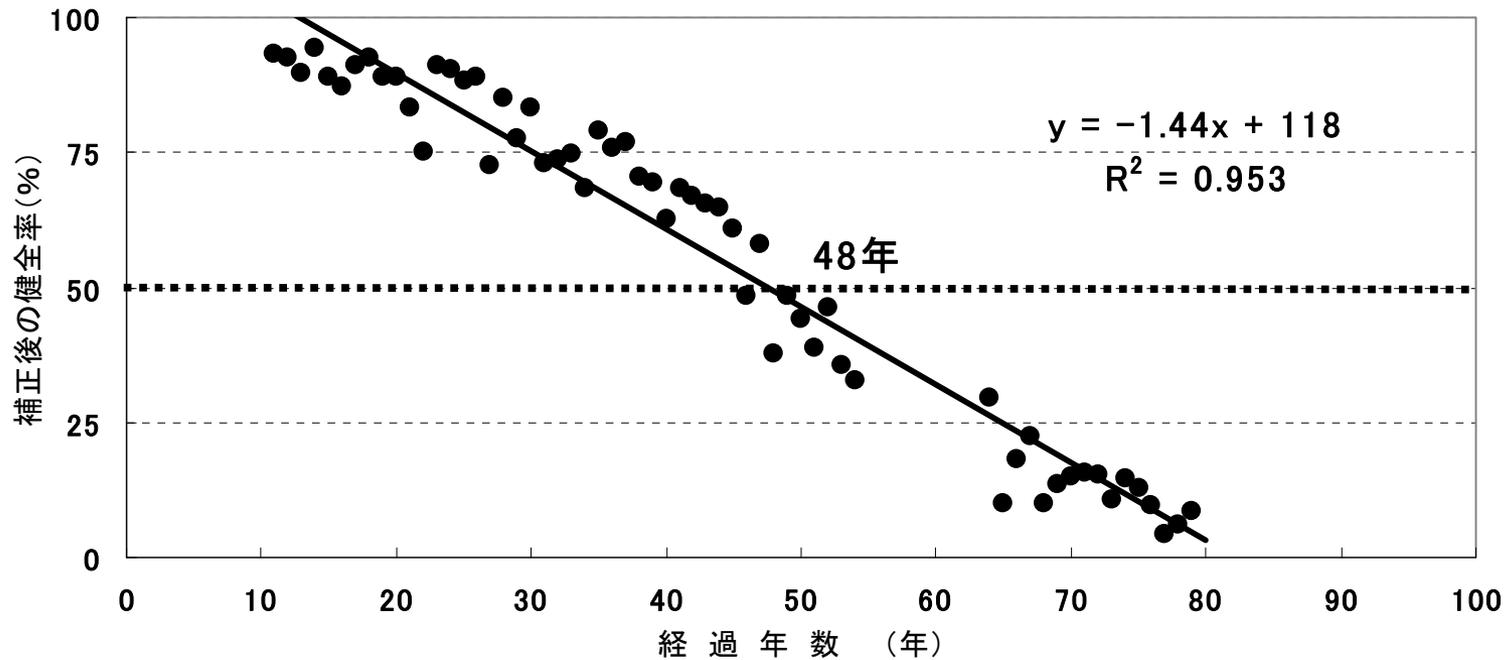
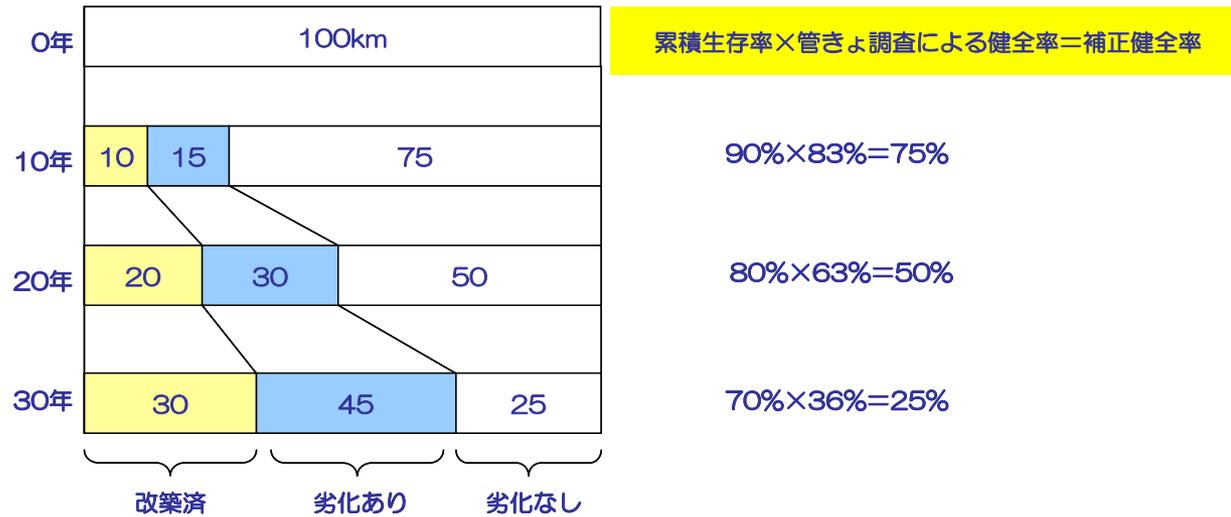


管きよ内調査データを用いた劣化曲線  
と  
管きよ延長データを用いた生存曲線の統合

- ③ 改築、修繕された管きよは劣化があったと仮定する。  
(安全側の仮定)

# 平均劣化曲線の書き方

管きょ内調査データを用いた劣化曲線と管きょ延長データを用いた生存曲線の統合



# 平均劣化曲線を用いた将来事業費予測への提案

- 今回の調査研究の結果、平均劣化曲線における傾きは、 $-1.44$ という数値を得られた。
- これは、毎年、管きよが $1.44\%$ の割合で改築が必要な劣化を示している。
- 逆に考えれば、毎年、 $1.44\%$ の改築が必要であるということの意味している。
- 将来事業費予測に際しては、このような考えを考慮してLCCを計算し、目標耐用年数を計算する必要がある。
- 具体的な予測手法に関しては、H20年度の調査研究課題として検討中である。

## ⑤ 下水道研究室における調査研究成果の紹介

- 事業優先度付けのための不具合リスク評価ツール —  
下水管起因の道路陥没によるリスク評価

# 下水管起因の道路陥没によるリスク評価の考え

- ① 近年、下水管起因の道路陥没は、大都市を中心として年間約4000件以上も発生しており、未然防止策が急務になっている。
- ② 国総研では、毎年、道路陥没の実態を把握するために全国の自治体に向けて実態調査を実施している。
- ③ リスク評価のツールとして道路陥没に着目し、陥没発生頻度式を考えた。
- ④ 発生頻度式を用いて、調査・改築等の事業優先度手法を検討した。



# 道路陥没予測式の作成に向けた調査結果の整理

8つの陥没原因施設を4つの関連施設に分類

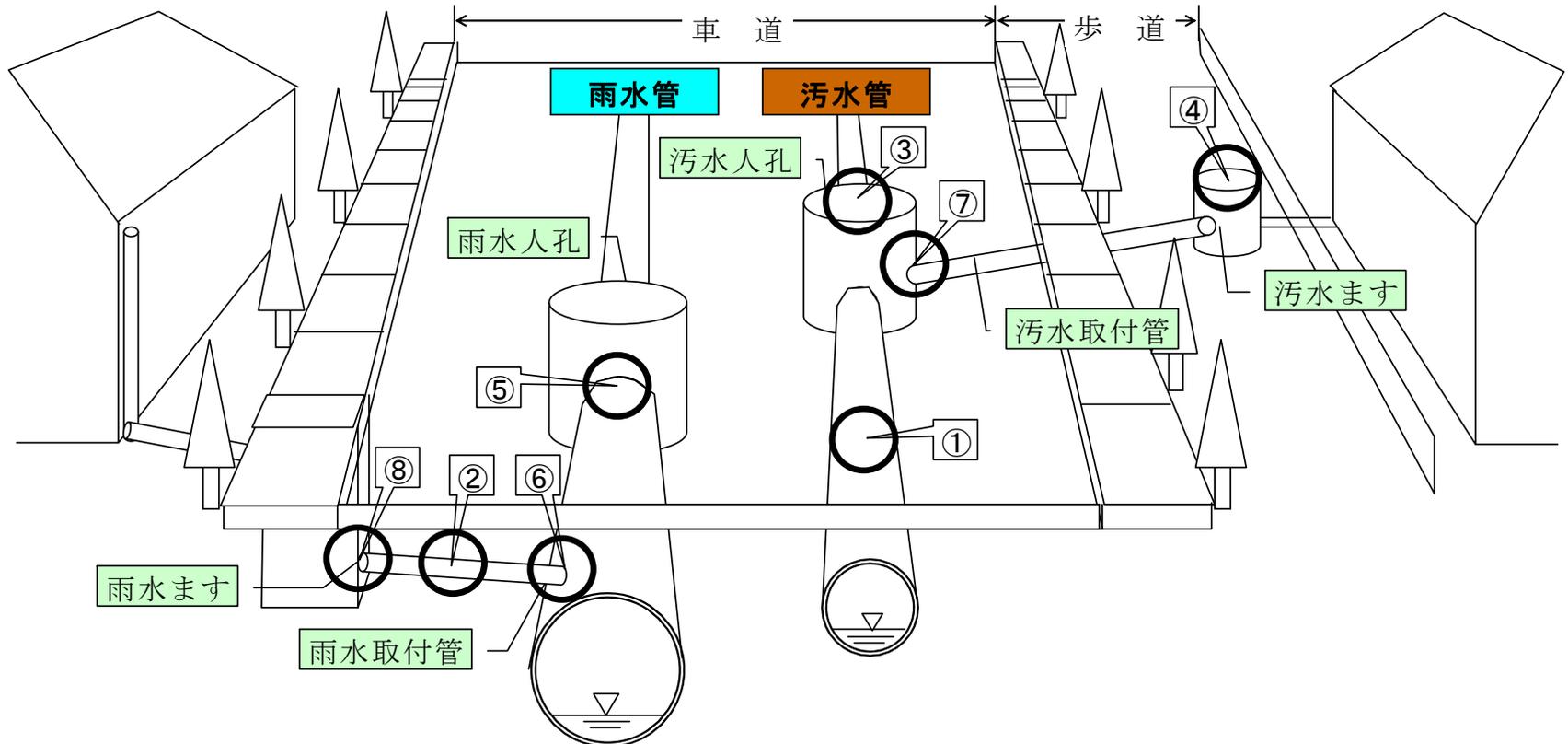
【本管関連】 =【①本管】+【⑤本管と人孔の接続部】+【⑥本管と取付管の接続部】

【取付管関連】=【②取付管】+【⑥本管と取付管の接続部】

+【⑦取付管と人孔の接続部】+【⑧取付管と柵の接続部】

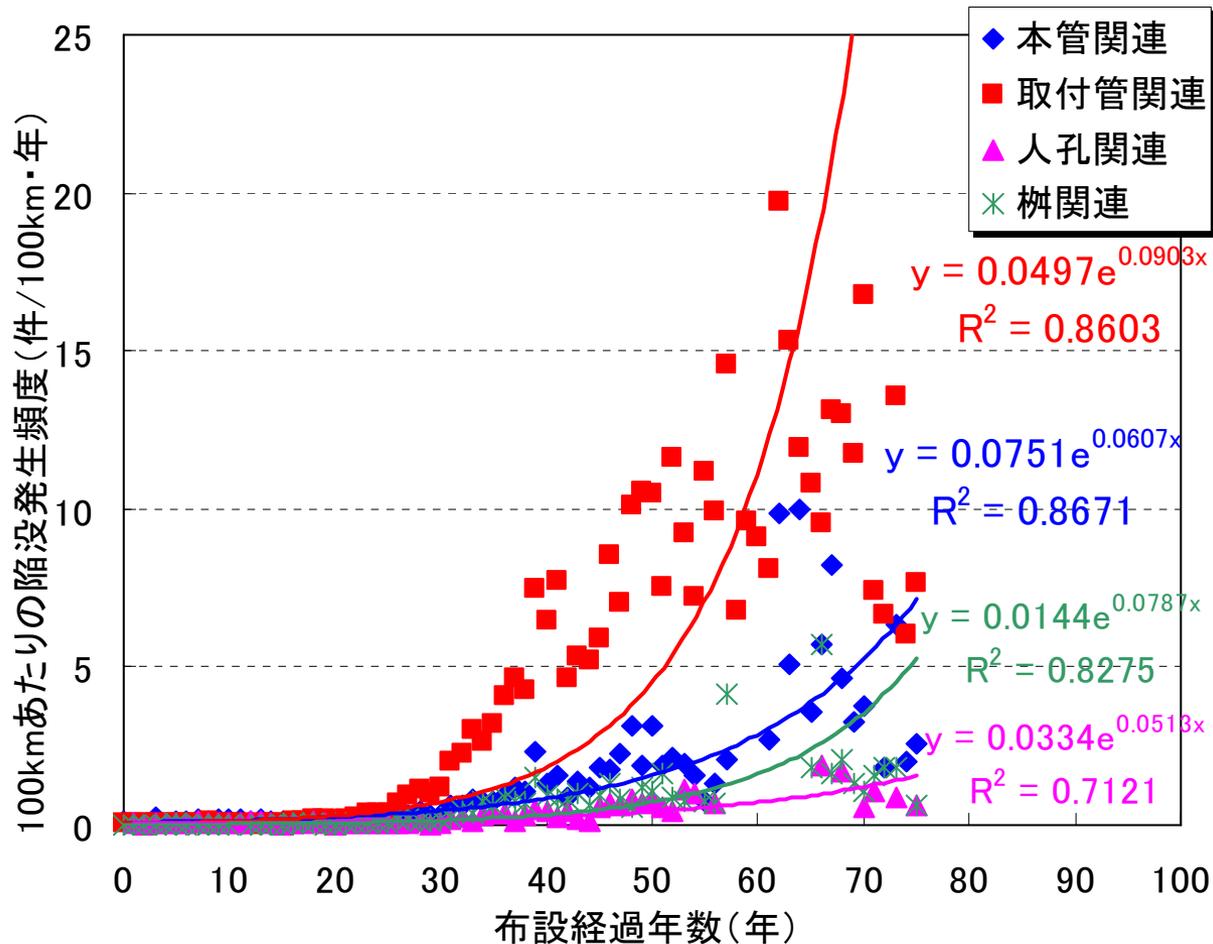
【人孔関連】 =【③人孔】+【⑤本管と人孔の接続部】+【⑦取付管と人孔の接続部】

【柵関連】 =【④柵】+【⑧取付管と柵の接続部】



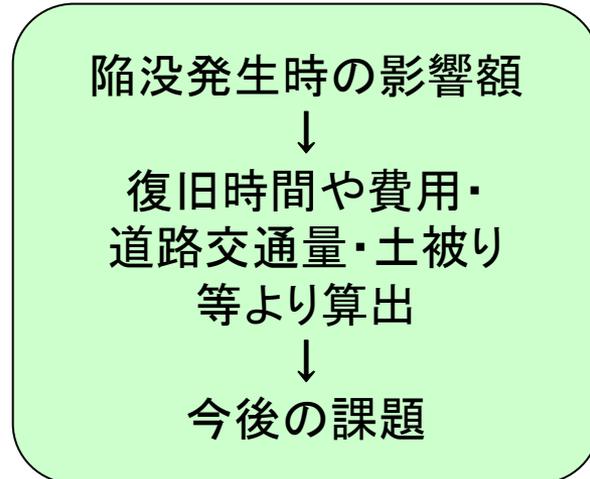
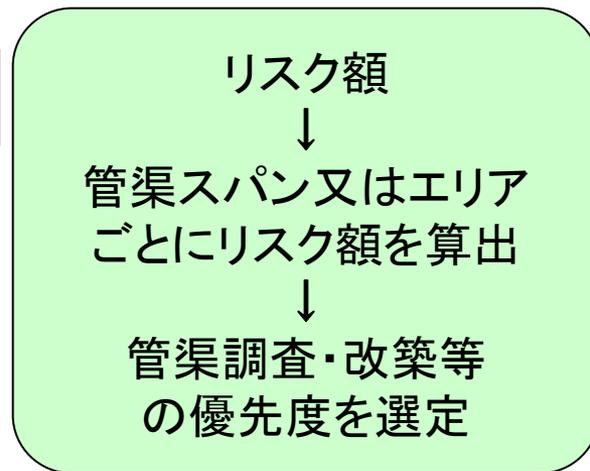
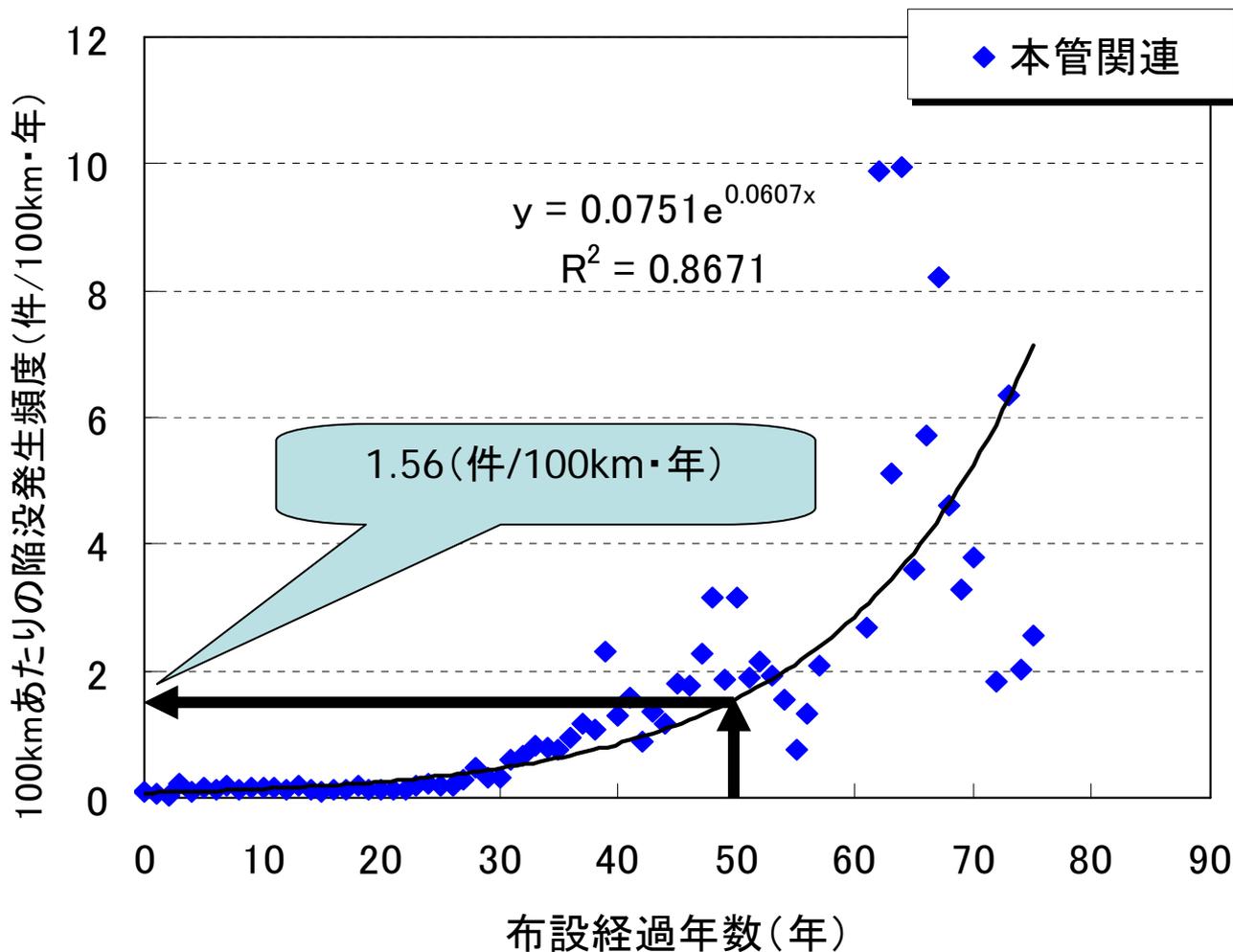
# 管きょ100kmあたりの道路陥没発生頻度式

- 管きょ100kmあたりの陥没発生頻度は、指数関数に関連した。
- 30年経過後の近似曲線は、原因施設ごとに差異を示した。
- 現状ベースにおける原因施設ごとの将来陥没発生頻度予測が可能になった。



# 「道路陥没の発生頻度」を用いたリスク評価の検討(検討中)

【リスク額】=【陥没発生時の影響額】×【陥没発生頻度】×【対象管渠延長】



# 道路陥没発生時における被害規模の定量化に関する提案(検討中)

- 原因施設, 道路条件(道路種類, 歩車道), 陥没レベルの組合せごとに、陥没事故1件あたりの被害規模の推定式を下表の項目を用いて作成する。

被害規模の評価項目

区分	項目	説明(主な指標)	データソース	推定式 パラメータ(案)
直接	公共土木施設被害	工事費用	陥没DB	土被り 管種 管径
	人身被害	被害者の事故損失	陥没DB 文献	土被り 管径
間接	公共サービス停止	住民の効用低下 (時間価値, 人口)	追加アンケート 文献	管径
	応急対策費用	仮排水ポンプ設置		
	交通途絶波及被害 (道路)	走行時間・走行経費 増加(交通量)		地域係数
	交通途絶波及被害 (鉄道)	代替輸送による時間 増加(旅客数)		

## ⑥ まとめと今後の調査研究に向けた課題

# まとめ

国総研では「将来事業費予測のための平均劣化曲線の作成」、「事業優先度付けのための不具合リスク評価」に着目して検討した結果、以下の事柄が明らかになった。

- ① 管きょ内調査データを用いた劣化曲線と管きょ延長データを用いた生存曲線を統合させて平均劣化曲線を作成した結果、経過年数48年で健全度が50%になることが把握できた。
- ② 平均劣化曲線は一次関数で表すことができ、布設年数が約13年経過した管きょは、毎年、1.44%の割合で改築が必要となる劣化が進行していくことがわかった。
- ③ 陥没調査結果より、経過年数に対する管きょ100kmあたりの道路陥没頻度が明らかになった。陥没発生時の影響額が把握できれば、リスク評価の検討が進められることがわかった。

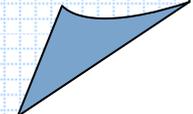
# 今後の調査研究課題

## ◆ 財政視点による中長期計画の策定(予算枠確保)

- ① 管種別の平均劣化曲線を作成し、将来事業費予測時にベースとなる健全度と経過年数との関係を明らかにする。
- ② 将来事業費予測に関しては、具体的な手法検討を進め、ライフサイクルコストの最小化、事業費の平準化を考慮した計画手法を確立する。

## ◆ 施設維持の視点による中長期計画の策定(事業優先度)

- ① 管きょデータを所有している項目や構造的不具合項目に的をしぼり、データに基づく管種別の点数計算表を作成する。
- ② リスク評価に必要な陥没発生時の影響額は、原因施設、道路条件(道路種類, 歩車道)、陥没レベルの組合せごとに、陥没事故1件あたりの被害規模の推定式を求めることで検討を進める。算出に際しては、土被り、管種、管径等を用いることで計算する。





ご清聴、ありがとうございました。

