

下水道の老朽化とその対策

土木学会 環境工学委員会 委員長
京都大学 大学院工学研究科教授
津野 洋

1. 下水道の役割と重要性
2. 下水道普及率と現状の課題
3. 下水道施設の建設時期と老朽化ならびに点検・対策
4. 老朽化対策とアセットマネジメント
5. 老朽化対策技術
6. 今後の老朽化対策のための必要な予算の推定
7. 下水道の新たな展開

1. 下水道の役割と重要性

1) 下水道とは

対象とする地域より発生する「下水」を集めて排除し、処理するシステム

「下水」=「汚水」+「雨水」

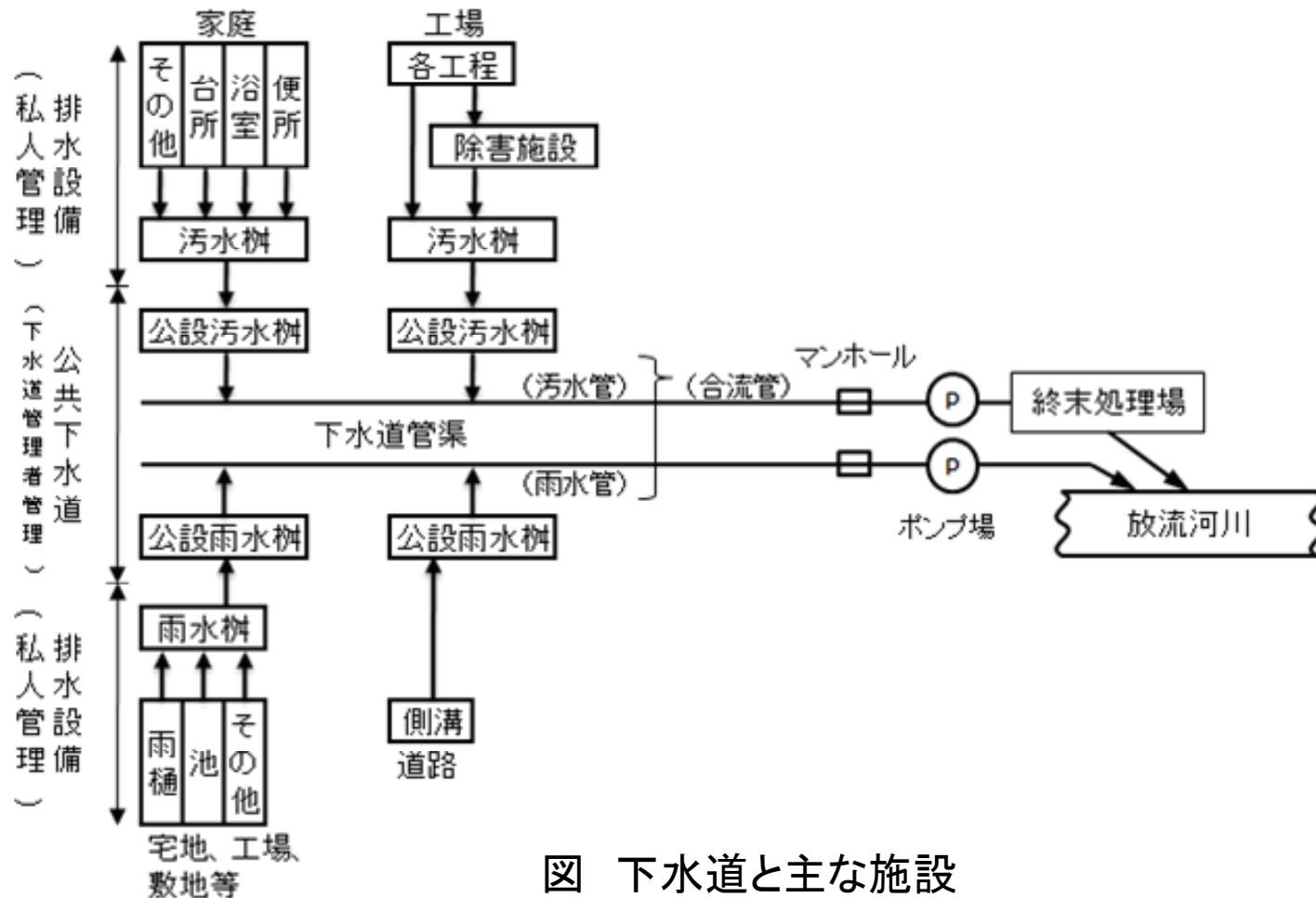
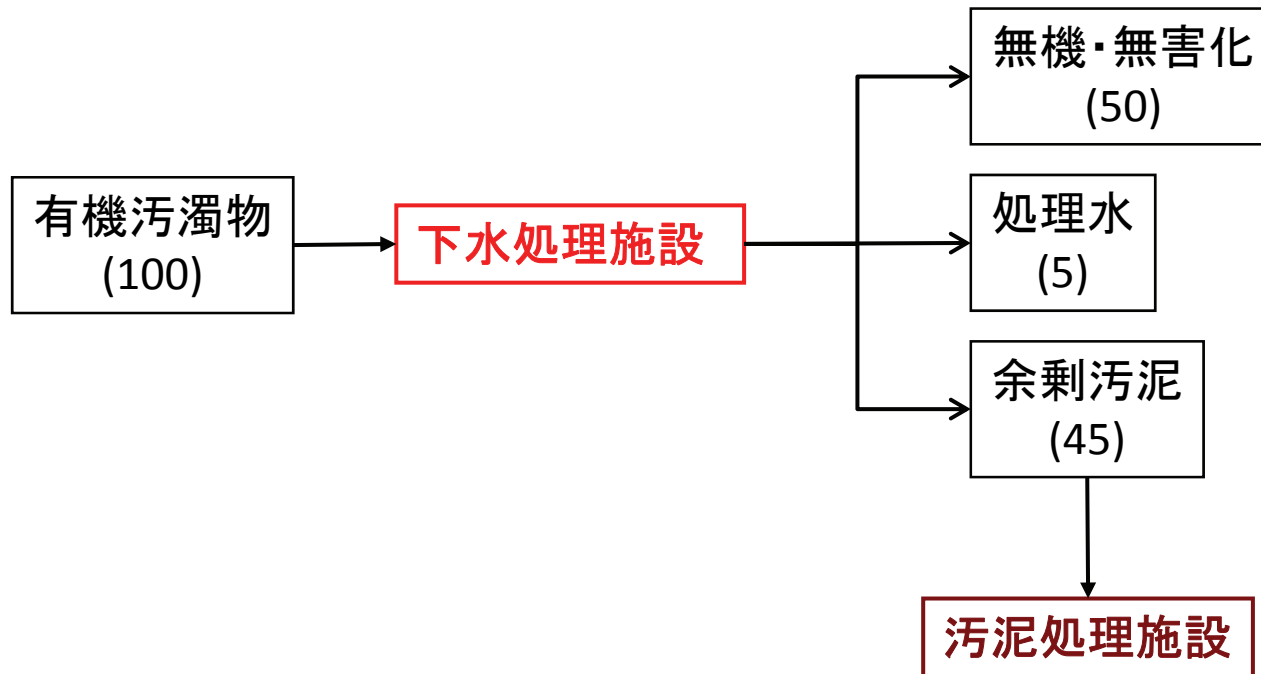


図 下水道と主な施設

2) 下水道の役割

- 水系伝染病の予防
- 水質保全
- 生活環境の保全(健康で文化的な生活)
- 洪水防除
- (分散資源の収集システム:水資源、廃熱、バイオマス、リン等の資源など)

3) 汚水処理(有機物処理の例)



下水処理場は下水処理施設と汚泥処理施設の両者を有している

2. 下水道普及率と現状の課題

1) わが国の下水道の普及率の推移

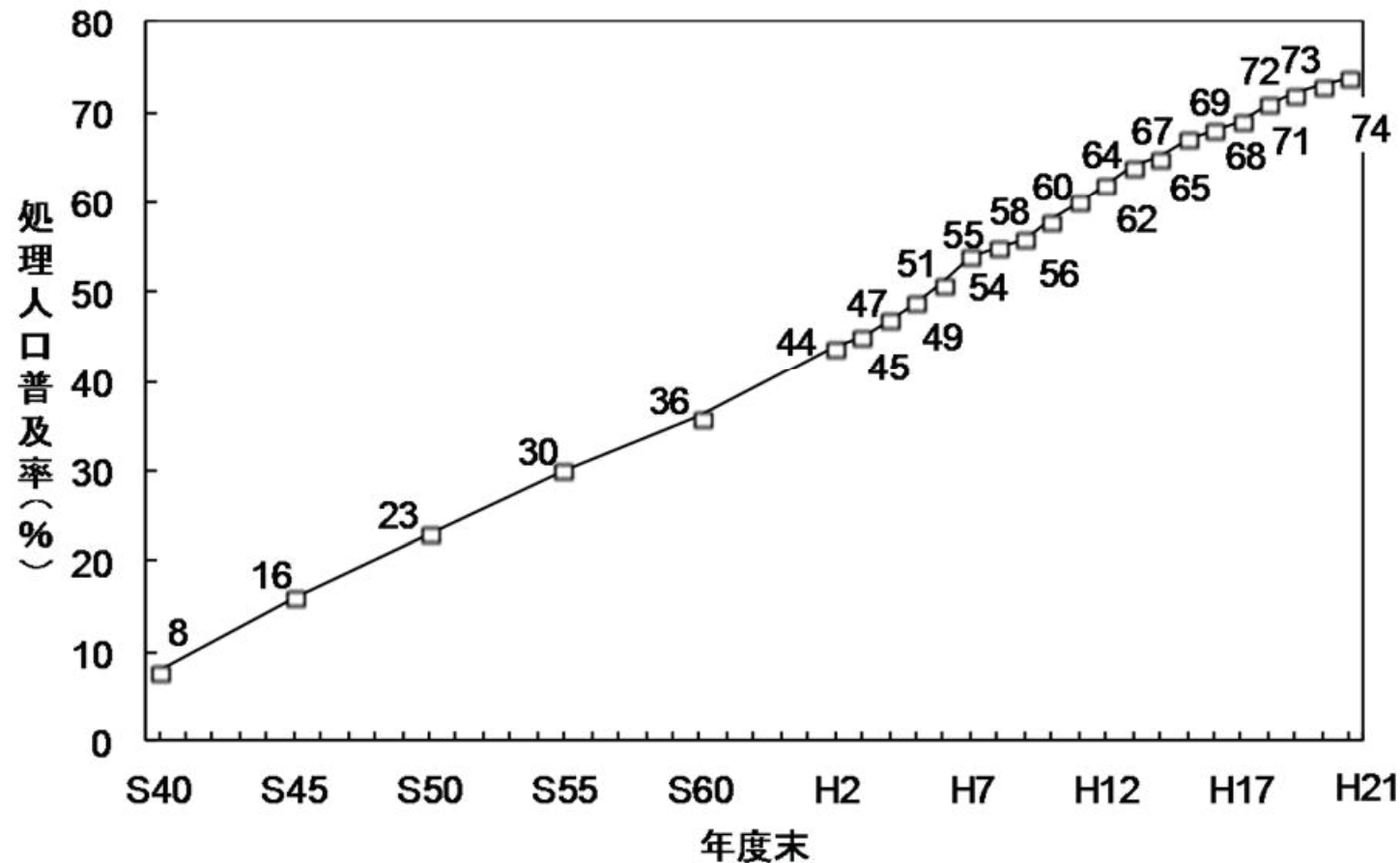
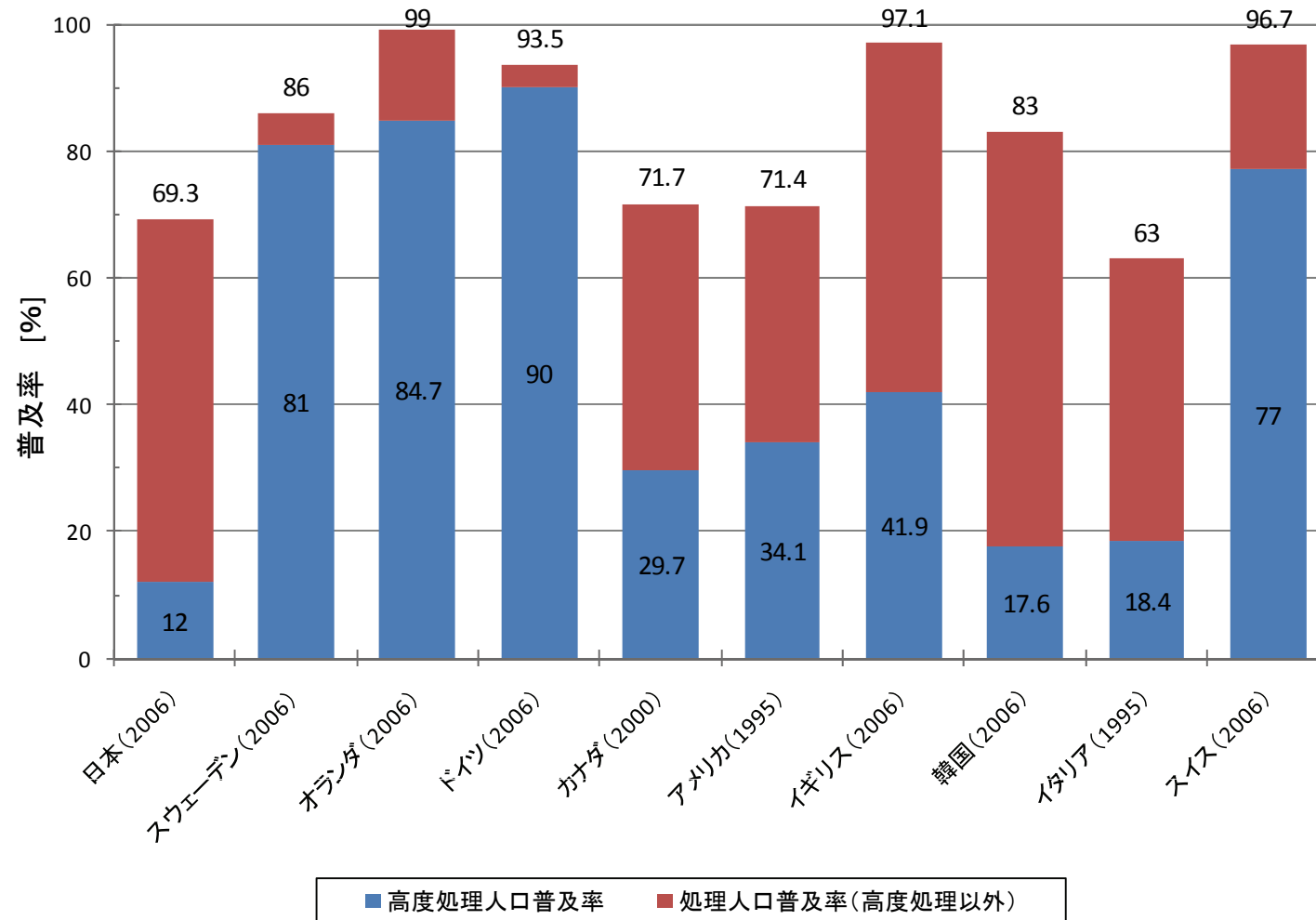


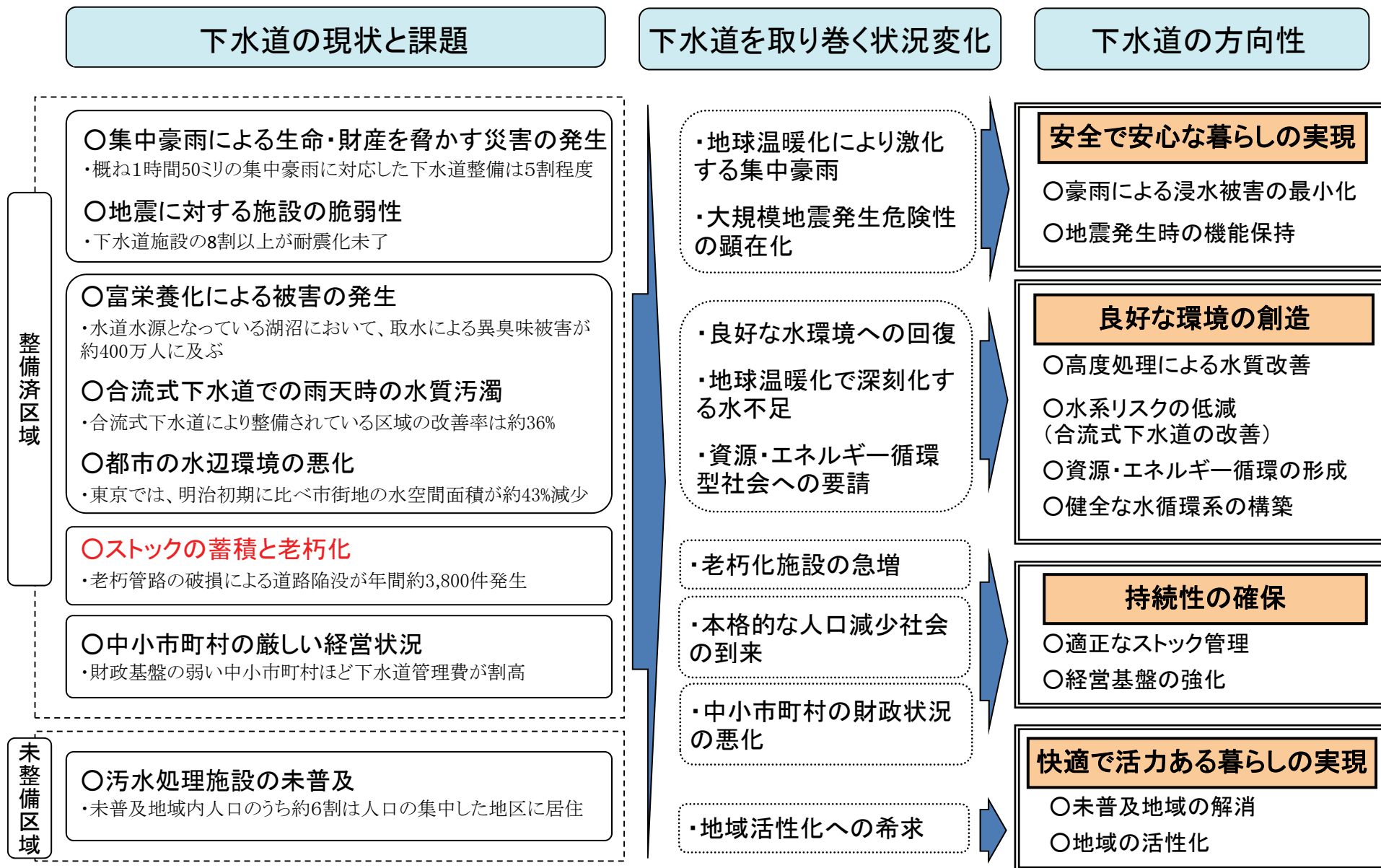
図 下水道処理人口普及率の推移

2) 世界の下水道の普及率比較



3) 下水道の課題と方向性

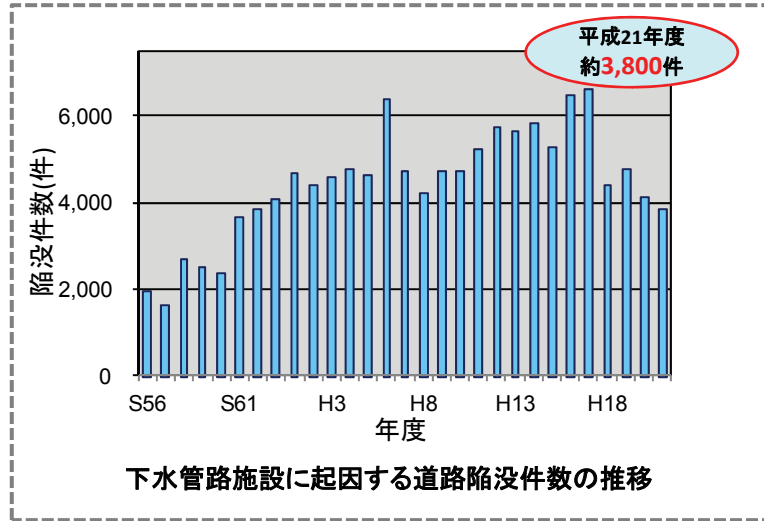
これからの下水道の方向性



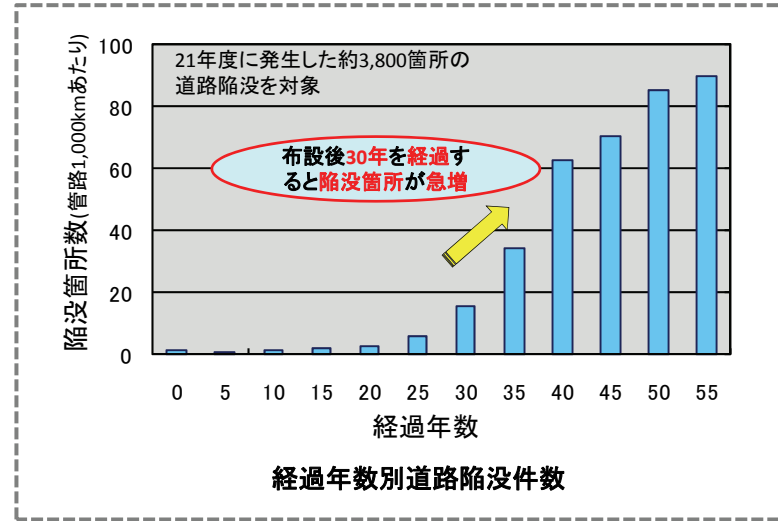
3. 下水道施設の建設時期と老朽化ならびに点検・対策

1) 管渠

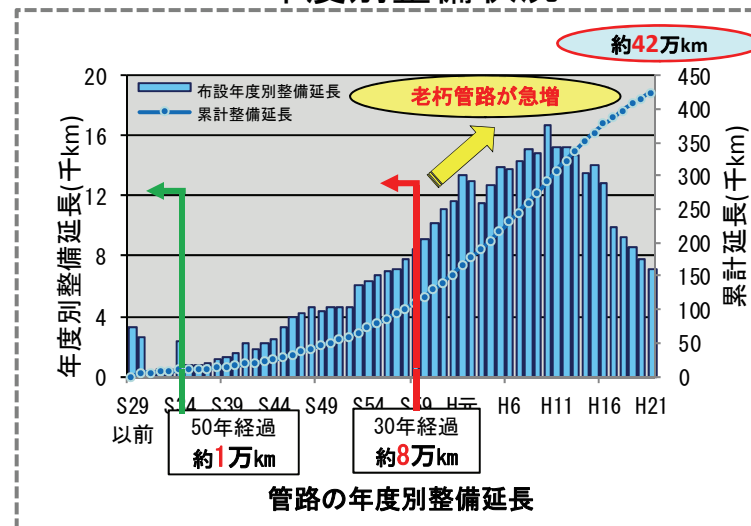
平成21年度の道路陥没件数



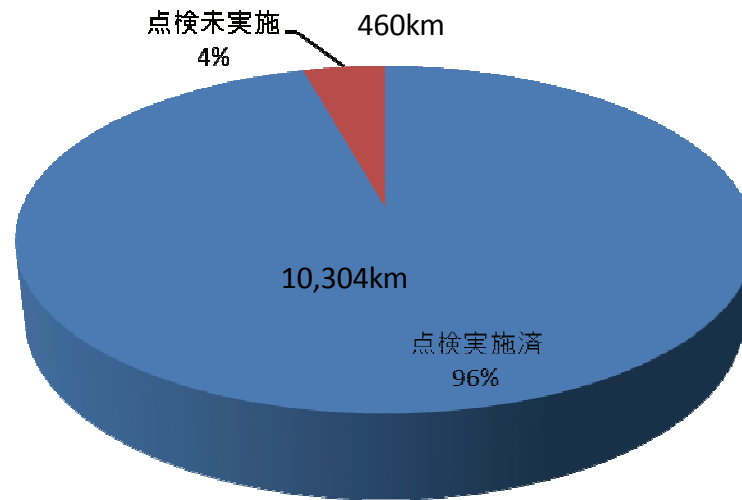
平成21年度発生した陥没箇所の建設経過年数



年度別整備状況

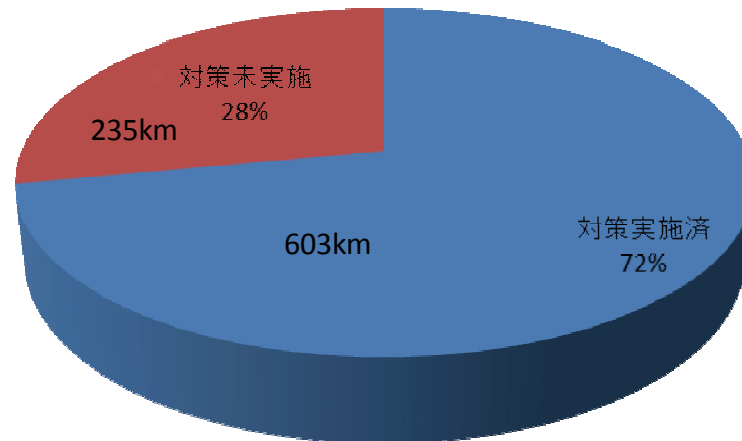


点検・対策の実施状況



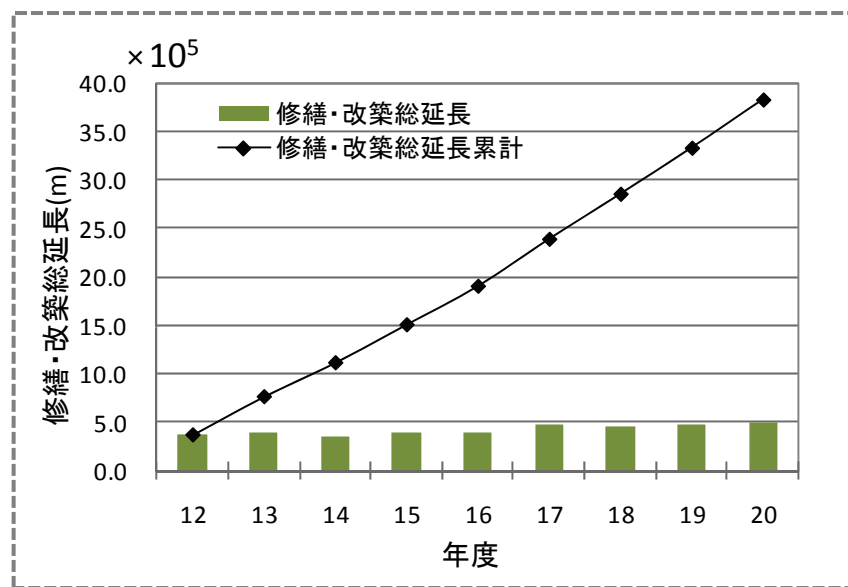
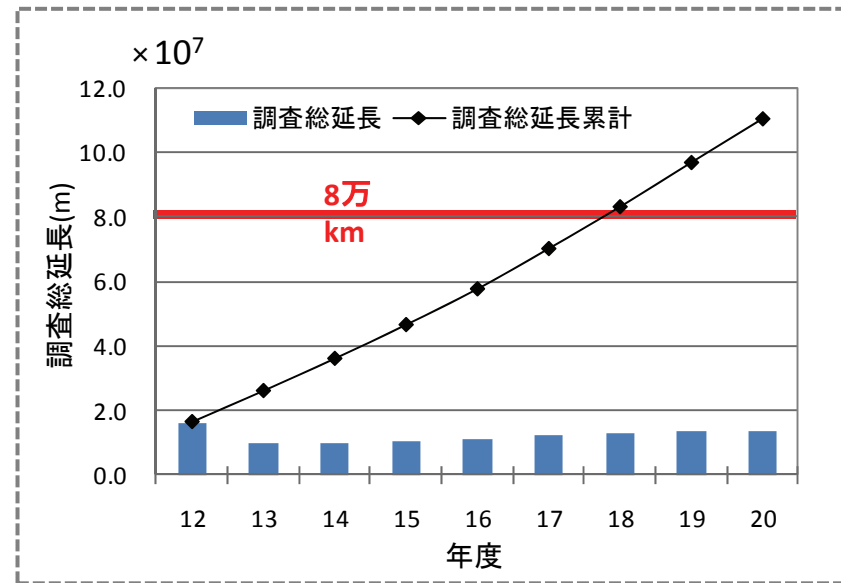
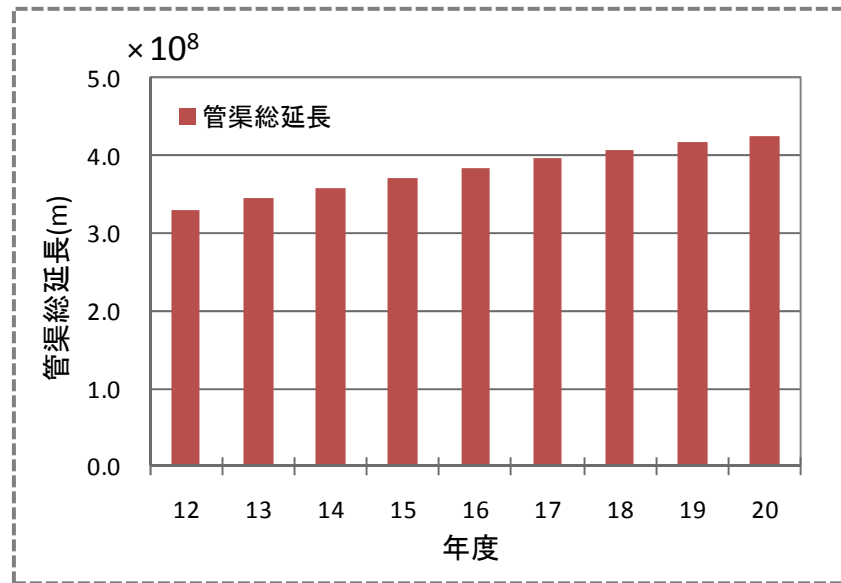
重要路線下の下水道管路のうち点検実施済の割合 (H21.3末現在)

※重要路線下: 軌道、地域防災計画に位置付けられた緊急輸送路及び避難路



(国土交通省調査)

重要路線下の下水道管路であって対策が必要なもののうち対策実施済の割合 (H21.3末現在)



管渠陥没の原因と状況写真

腐食、加圧、振動、土砂等異物の混入など

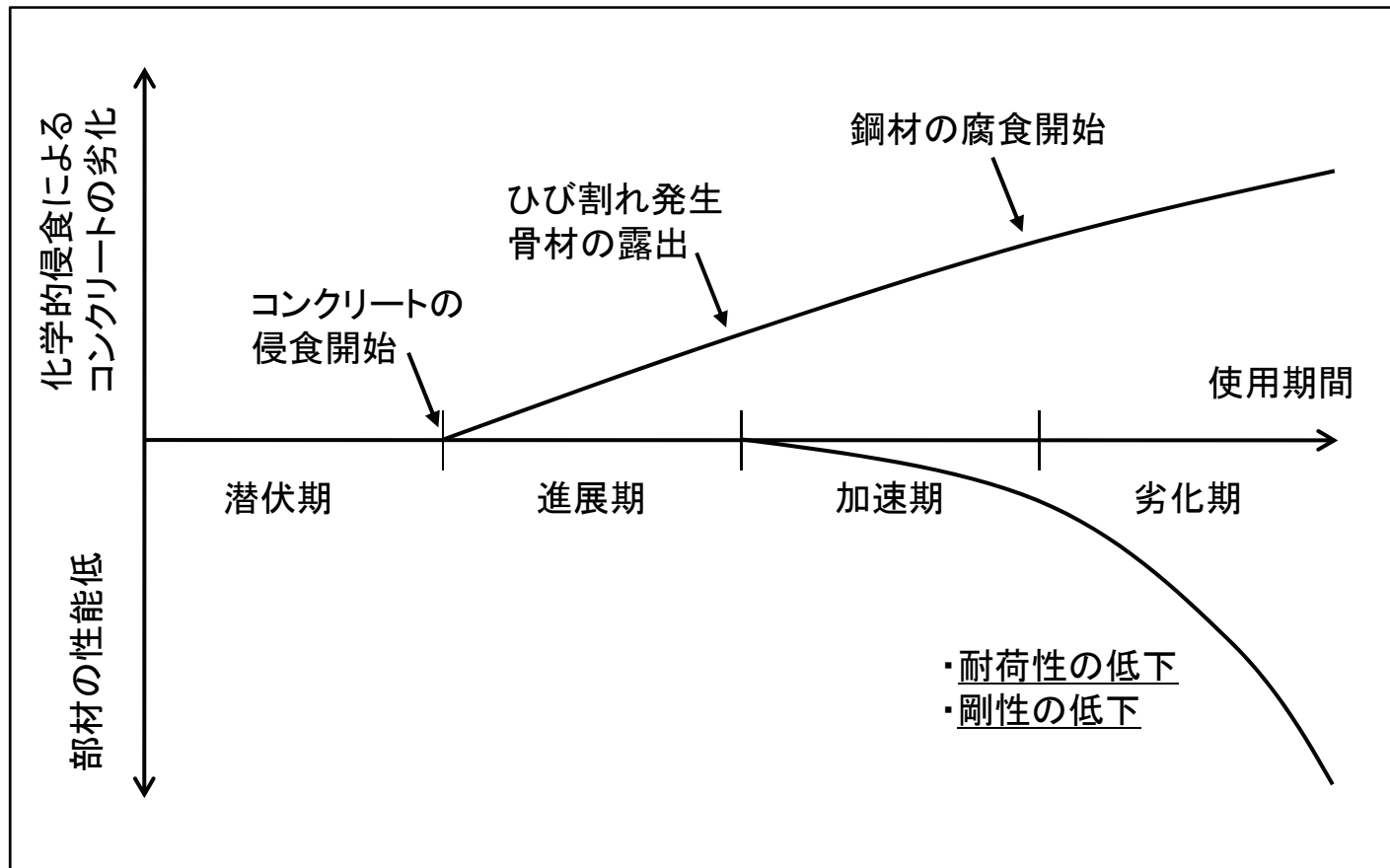


図 安全性に着目した化学的侵食による劣化進行過程の概念図の例

- ・ 管路の老朽化等に伴う破損等による、木の根の浸入、土砂の堆積
- ・ 不法投棄等によるラード、モルタル等の異物の流入

➡「詰まり」の発生

木の根



土砂



ラード



モルタル

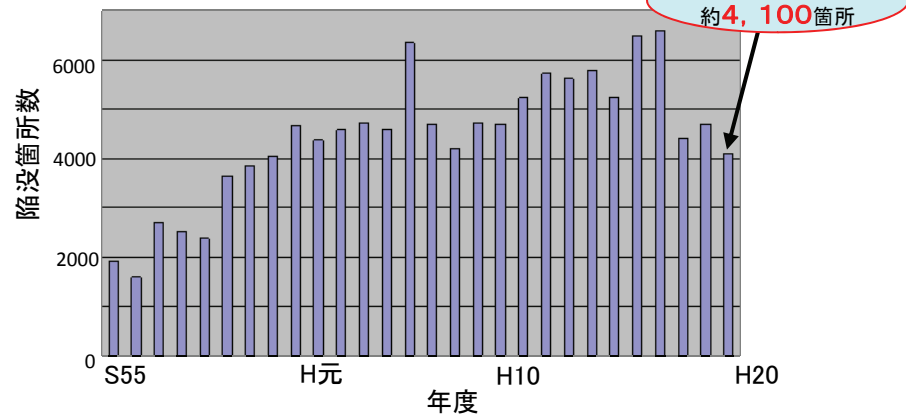


➡ 下水の流下機能が阻害され、マンホール等からの溢水、悪臭の原因

老朽化等による破損、クラック



道路陥没箇所数の推移(全国)



汚水の滞留等による硫化水素の発生→管路の腐食



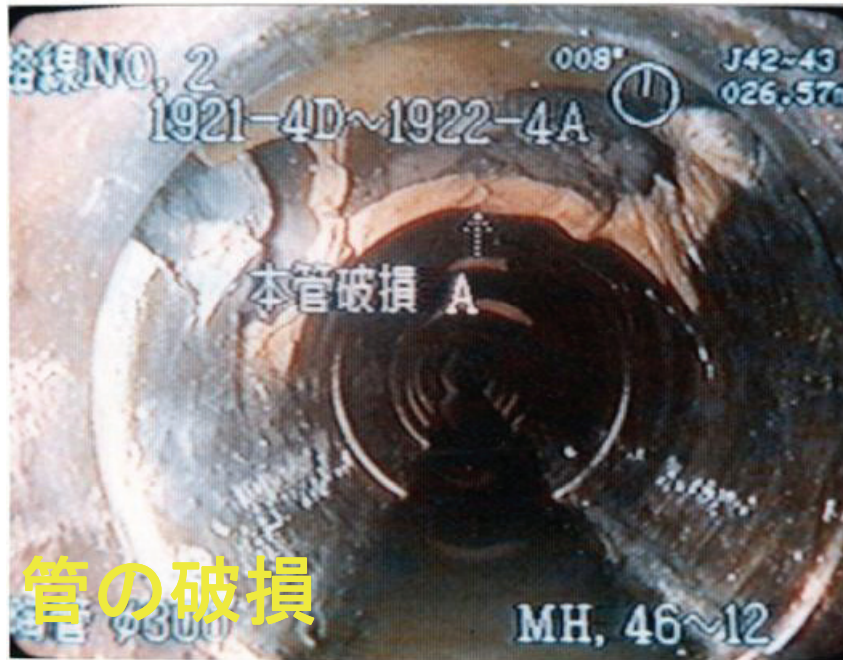
(平成11年 東京都千代田区銀座)

管路のクラック、腐食等による浸入水



影響

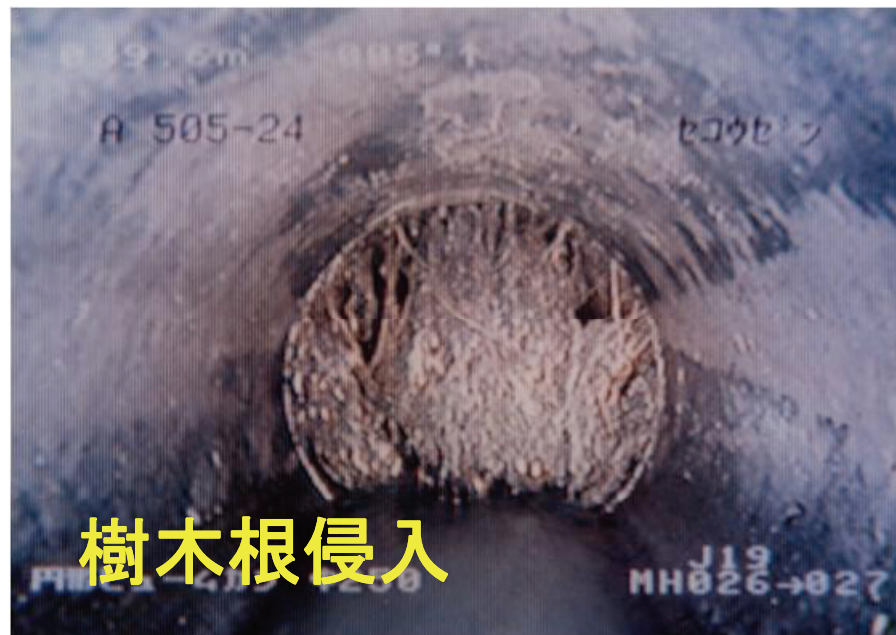
- ・ 下水管の破損・腐食等は、周辺土砂の流入を引き起こし、道路陥没や地下水汚染の原因にもなる。
- ・ 下水管への浸入水は、処理場等での処理費用の増加等を招く。



管の破損



管の腐食



樹木根侵入

管路施設に起因した陥没事故



(平成18年 千葉市)

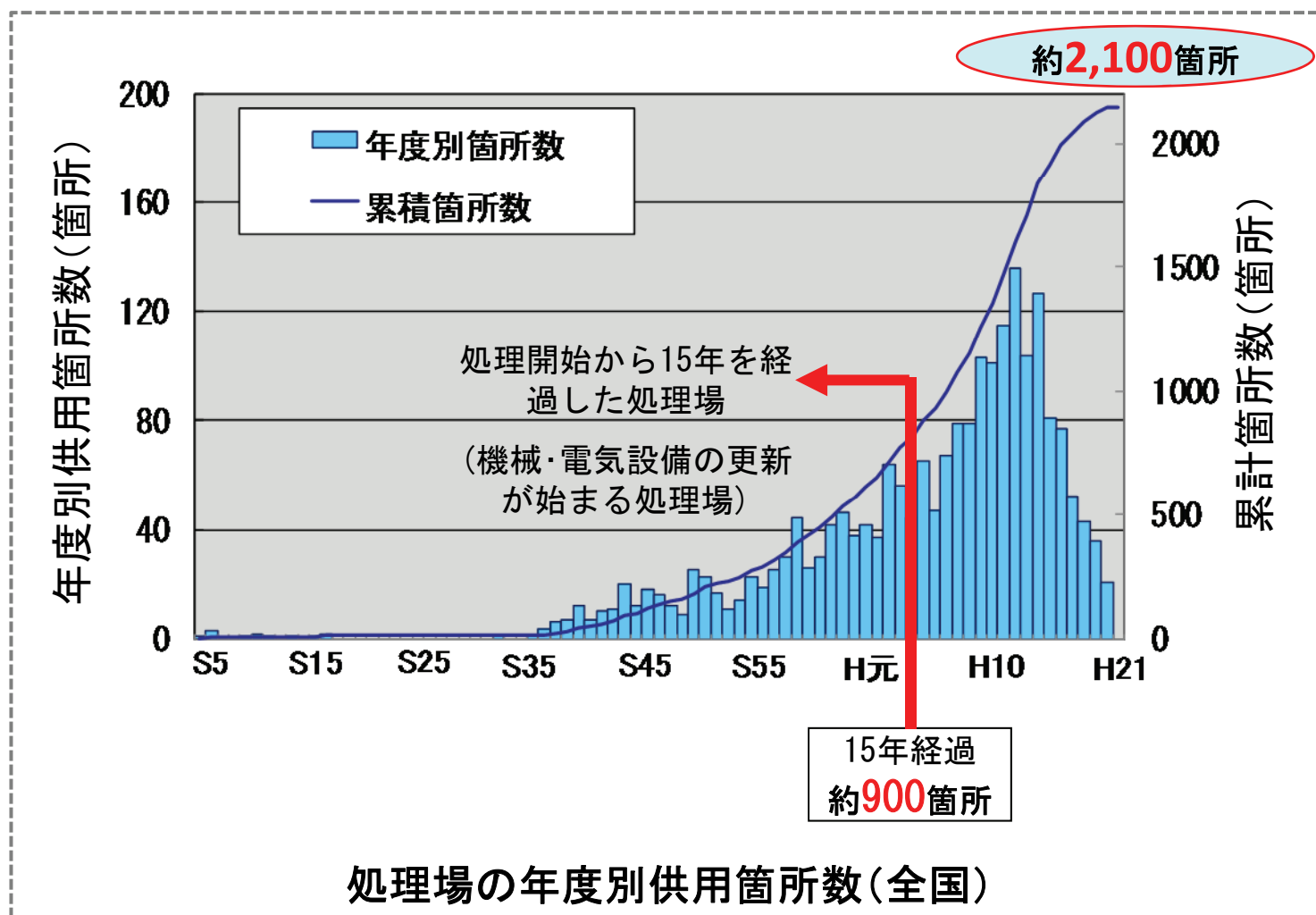


(平成12年 東京都港区高輪)



(平成15年 東京都墨田区)

2) 終末処理場(下水処理場)



事例（松山・浄化センター火災）

計器変圧器の経年劣化による漏電等

- 平成22年8月1日、松山市中央浄化センターにおいて、電気設備の老朽化が原因とみられる火災が発生。
- 火災による停電で処理施設やポンプが停止し、マンホールから汚水が流出するなどの被害が発生。
- 一部住宅ではトイレが使えなくなったり、放流先の河川では大量の魚が死亡。

松山・浄化センター火災

市によき
ル把握の
前日時
の後、市
報に40分

住宅街に汚水流出

火災で下水処理停止

浄化センター



1日午前11時、一岡市下水道中央浄化センターから出た汚水、受電設備など約30台を焼く。深層の汚水は約3平方メートルを焼く。火災により施設の作業や放流、トイレ設置など一部が停止し、分などに汚水が流出した。松山市は火災原因調査中。

センターでは、火災発生直後は数日はかまらず、一次処理水を除く二次処理水も放出し、その間に汚水が流出した。一岡市は、センターに汚水が流出したことを確認し、関係機関に連絡した。センターでは、火災発生後、一部が停止し、汚水が流出した。松山市は、火災原因調査中。

受電盤事故想定せず

市議会委員 理事者報告 停電対応不備で釈明

松山市中央浄化センター（南江戸4丁目）で1日に

汚水処理で混乱続く

松山の下水道施設火災

松山市南江戸の市下水道中央浄化センター1階電氣室の受電設備で1日、火

災があり、火災に伴う停電の影響で下水処理機能の複数のマンホールから汚水があふれ出した。松

吸い上げる対策を取り、同日深夜には汚水がほぼ

どにたまった汚泥の処理に追われるなど混乱が続

同市によると、火災は1日午前11時ごろ発生し、電



マンホールから噴出した汚泥が、に詰まり、除去作業に当たる作業員ら

不完全処理水を大量放流

火災で損傷 マンホール、汚水あふれる



あふれ出した汚水をくみ出すバキュームカー（1日午後10時20分、松山市聖石町で）

松山市下水道中央浄化センター1階電氣室の受電設備で1日、火災が発生し、約8時間わたりにわたり、処理施設

愛媛県松山市浄化センターにおける火災事故（平成22年8月1日）



(発生年月日)

- ・平成22年8月1日（日）

(発生場所)

- ・松山市中央浄化センター電気室

(出火原因)

- ・計器用変圧器の経年劣化による漏電等

(汚水溢水被害)

- ・汚水枡やマンホールから汚水溢水

(被害対応)

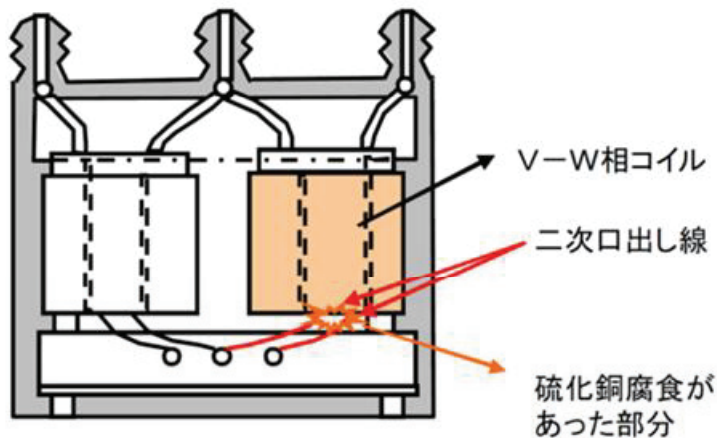
- ・トイレ等使用の自粛依頼
- ・簡易トイレ設置
- ・バキューム車によるくみ取り
- ・溢水箇所は翌日消毒処置

(放流先河川における状況及び対応)

- ・コイ、フナ等の魚がへい死
約1,530匹の魚を回収処分

愛媛県松山市浄化センターにおける火災事故（平成22年8月1日）

計器用変圧器：内部構造



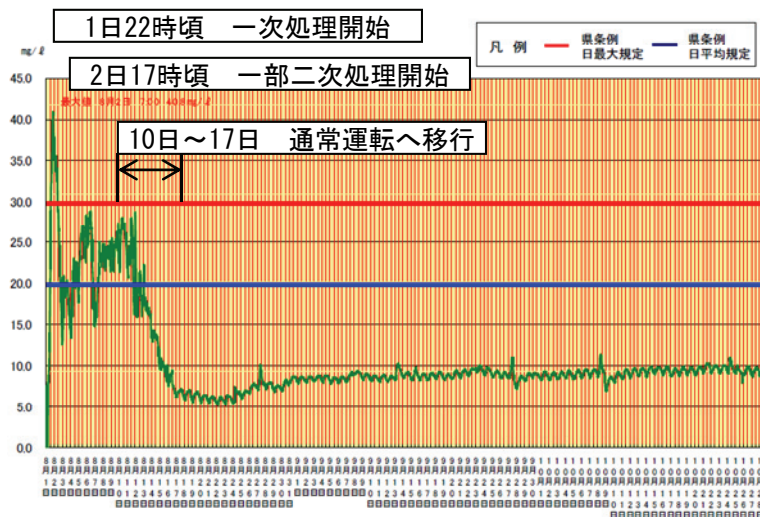
計器用変圧器の内部構造



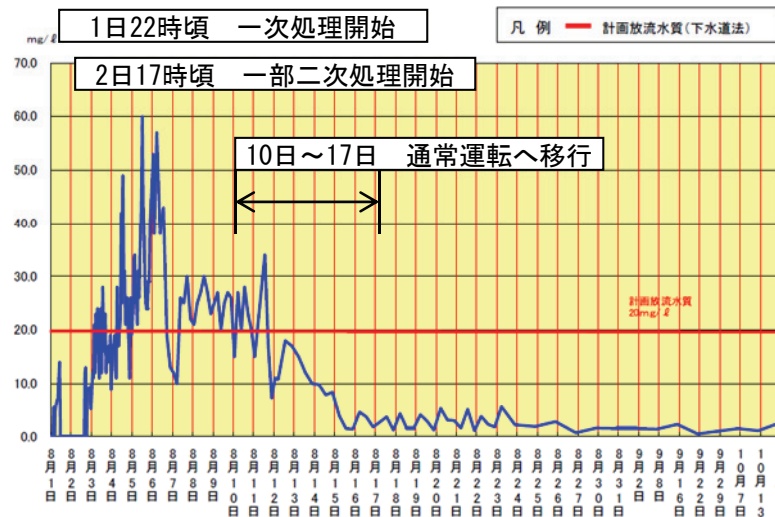
火災前 正面①



火災発生盤 正面



処理場放流水のCOD (mg/l) 濃度



処理場放流水のBOD (mg/l) 濃度

4. 老朽化対策とアセットマネジメント

アセットマネジメントによる計画的な維持管理

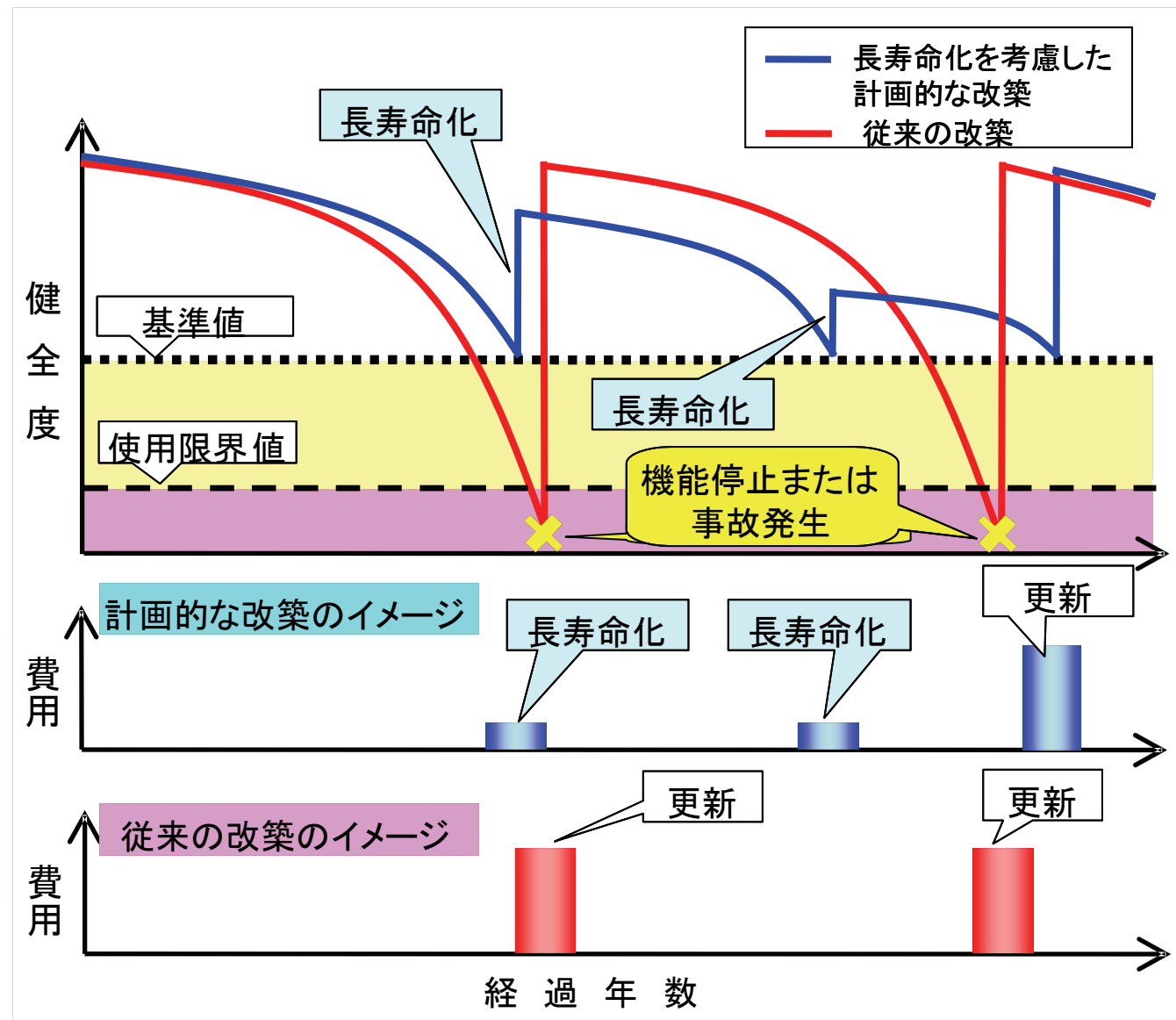
従来の改築

- ・ 機能停止または事故が発生してから対応
- ・ その都度更新



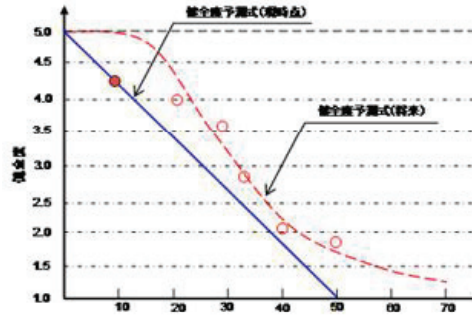
アセットマネジメント

- ・ 定期的検診により健全度を審査
- ・ 健全度が低下した場合長寿命化を実施
- ・ 長寿命化とあわせて計画的に更新

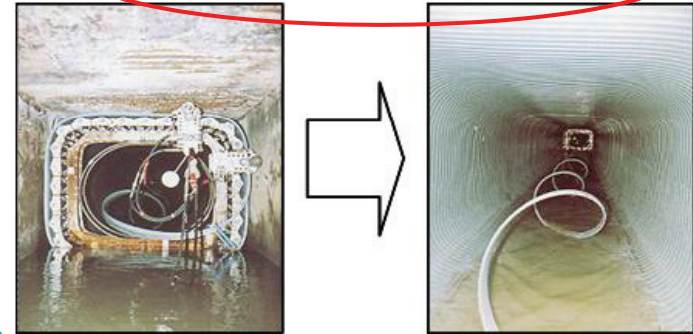


アセットマネジメントの考え方

TVカメラによる調査



更生工法による管きよ改築



- ・ ライフサイクルコストの観点を踏まえた対応策の検討
- ・ 施設の重要度、予算制約等を踏まえた対策の実施時期の検討

上下水道に関するアセットマネジメント規格の国際標準化について

- ・ ISO (国際標準化機構) では、TC 224 (「飲料水及び下水サービスに関する活動」専門委員会) において、2011年秋の総会に向けて、ワーキンググループを設置し、上下水道に関するアセットマネジメント規格案の具体的検討を行っている(※1) :
 - 上下水道に関するアセット・マネジメント企画 (Guideline for Infrastructure Asset Management (IAM) of drinking water and wastewater infrastructure)
...規格案に含まれる主な項目: AMの計画の策定、AMの実施と遂行、AMの業績評価、AMの改善、AMの審査、等(※2)

- ・ ※1: 上記内容は、今後の検討結果によって変更が生じる可能性がある
- ・ ※2: ISOでは、上記規格案とは別に、全てのインフラに適用できるアセットマネジメントの規格開発が提案されており、本規格案との間に調整が必要となる可能性がある

5. 老朽化対策技術

1) 機器類

取替え・部品取替え

2) 管渠

調査・診断： テレビカメラ、超音波検査、管内画像展開、内径・変形測定、衝撃弾性波検査

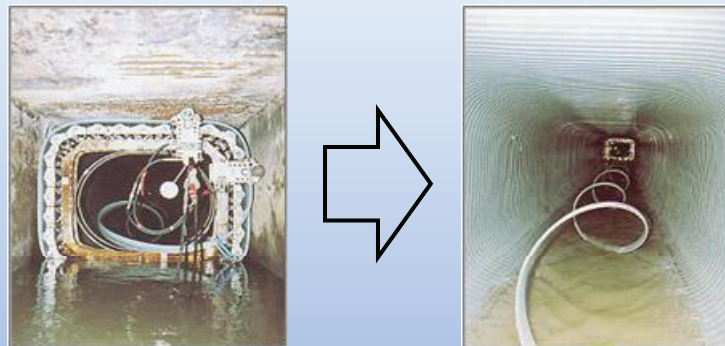
管更生工法： ライニング工法・内挿工法

部分取替技術の採用



ポンプの構成部分の一部(羽根車)を取替え、利用可能な部分を引き続き使用

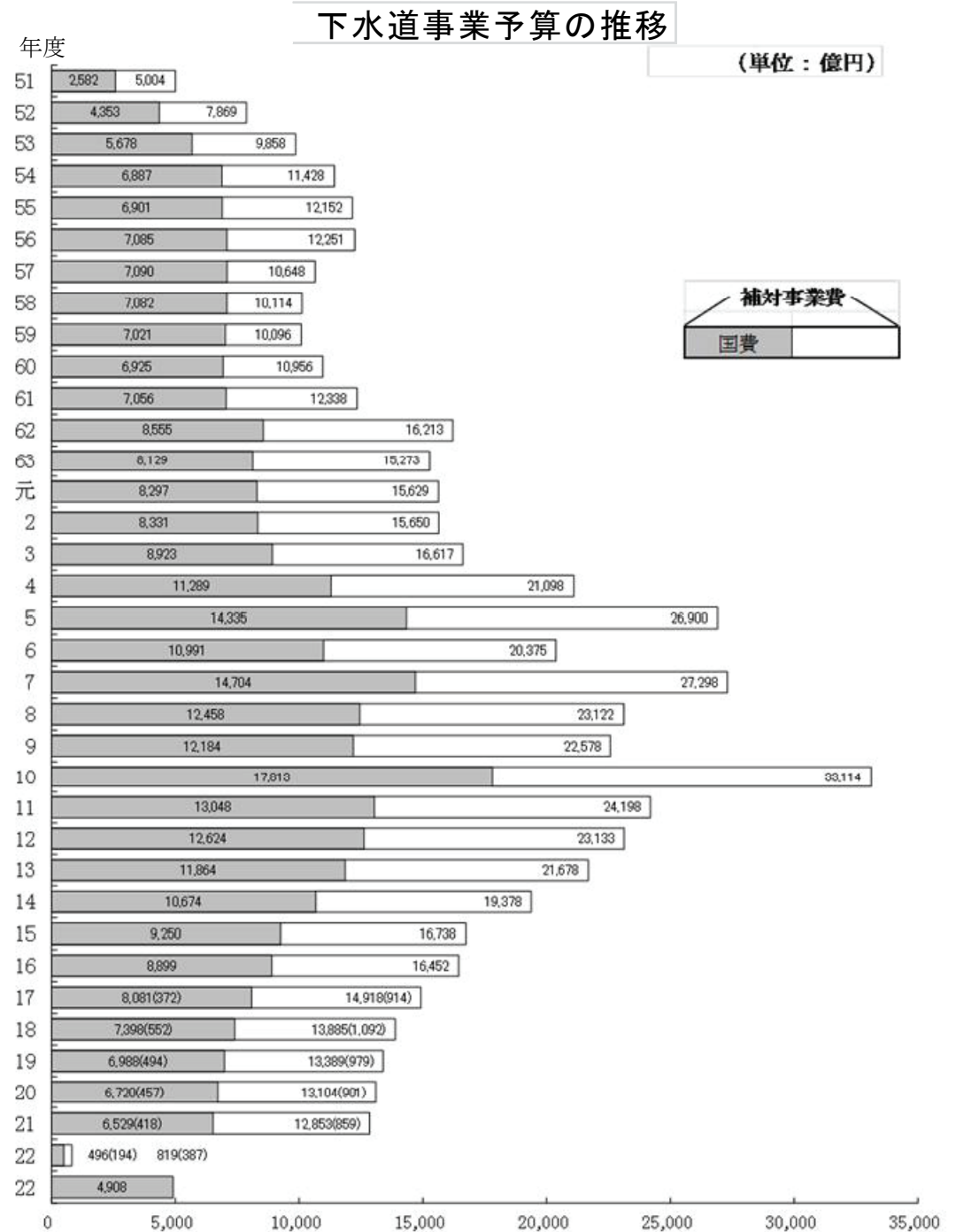
更生工法の採用



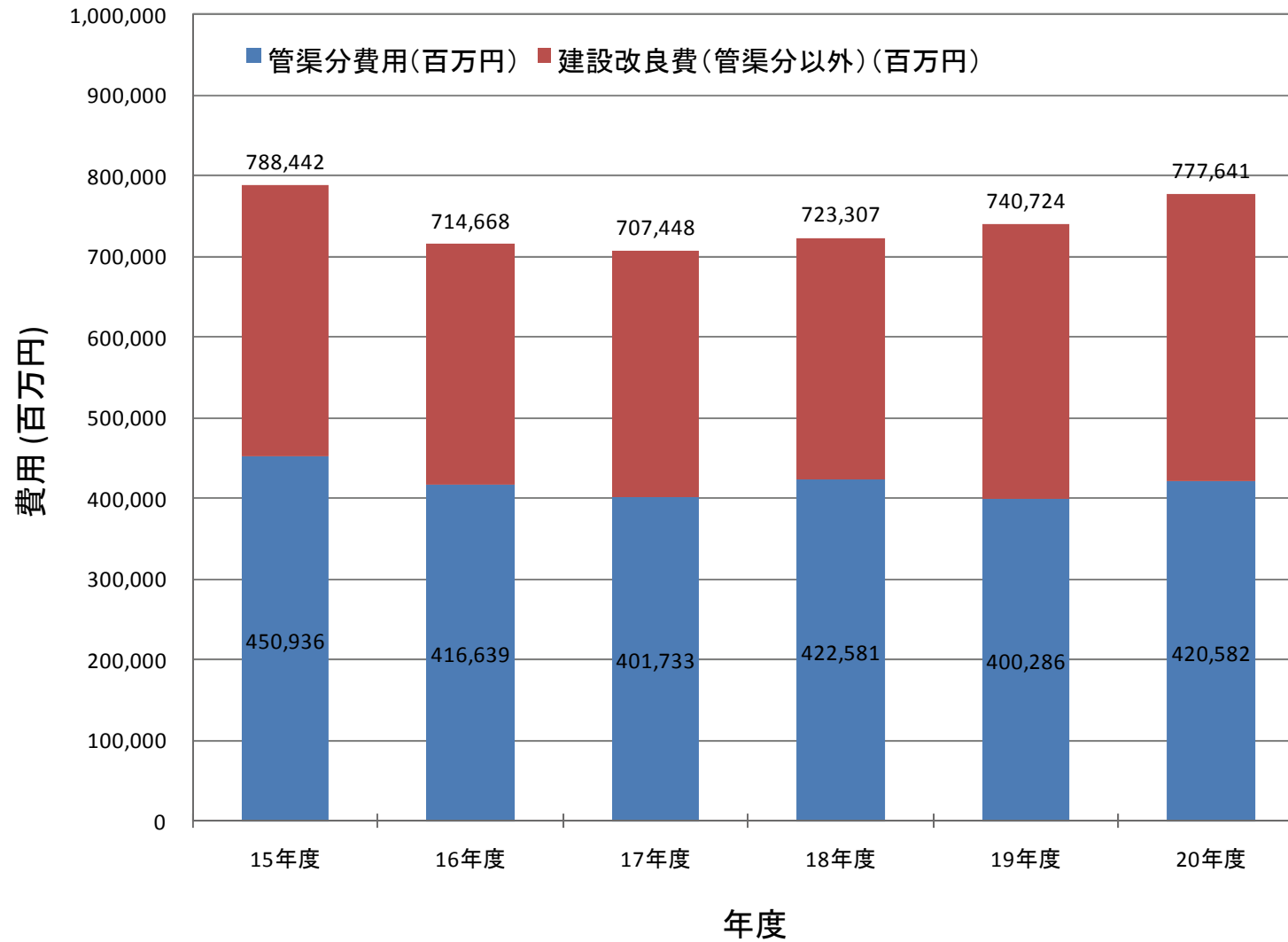
掘り返しをせずプラスチック材により既存管渠の内面を被覆(掘り返し不要の改築更新技術)

6. 今後の老朽化対策のための必要な予算の推定

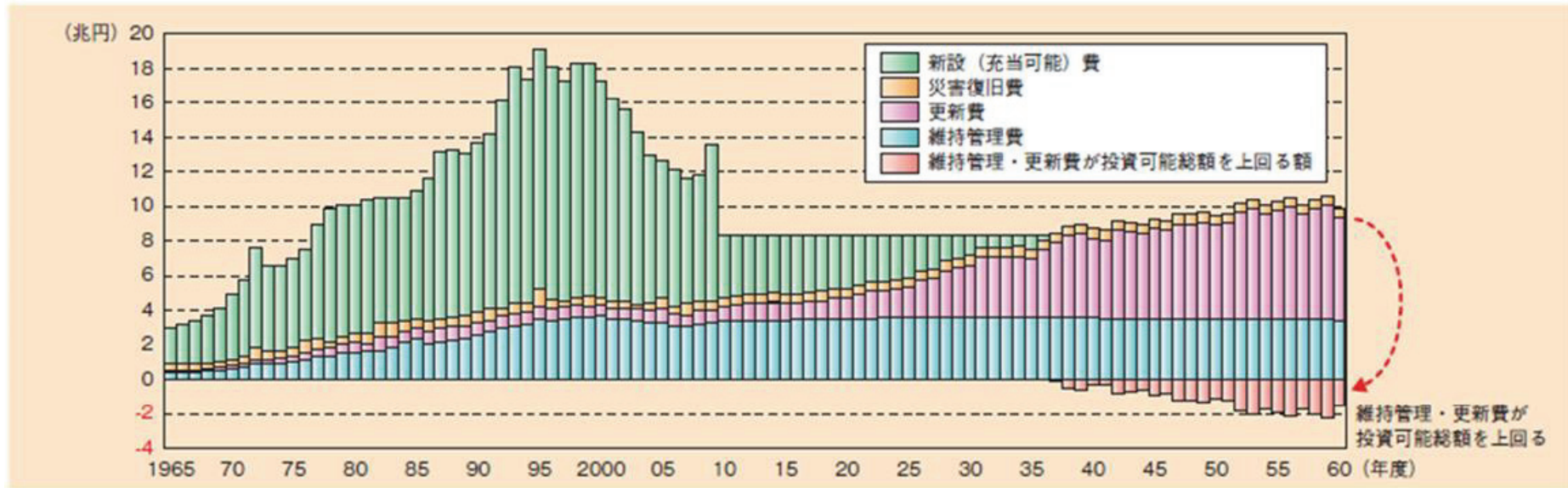
1) 下水道予算の推移



年度別改良費



2) 老朽化対策のために必要な予算



- 国交省所管の社会資本(道路、港湾、空港、下水道等8分野)を対象に今後の維持管理・更新費を推計
- 今後の投資可能総額の伸びを2010年度以降対前年度比±0%とした場合、維持管理・更新費は2037年度に投資可能総額を上回る見込み
- 2011年度から2060年度までの50年間に必要な更新費は約190兆円、そのうち更新できないストックは約30兆円

(平成21年度国土交通白書より)

3) 管渠の改良の順位付け

(リスク) = (不具合の発生確率) × (不具合による事故等の影響の大きさ)

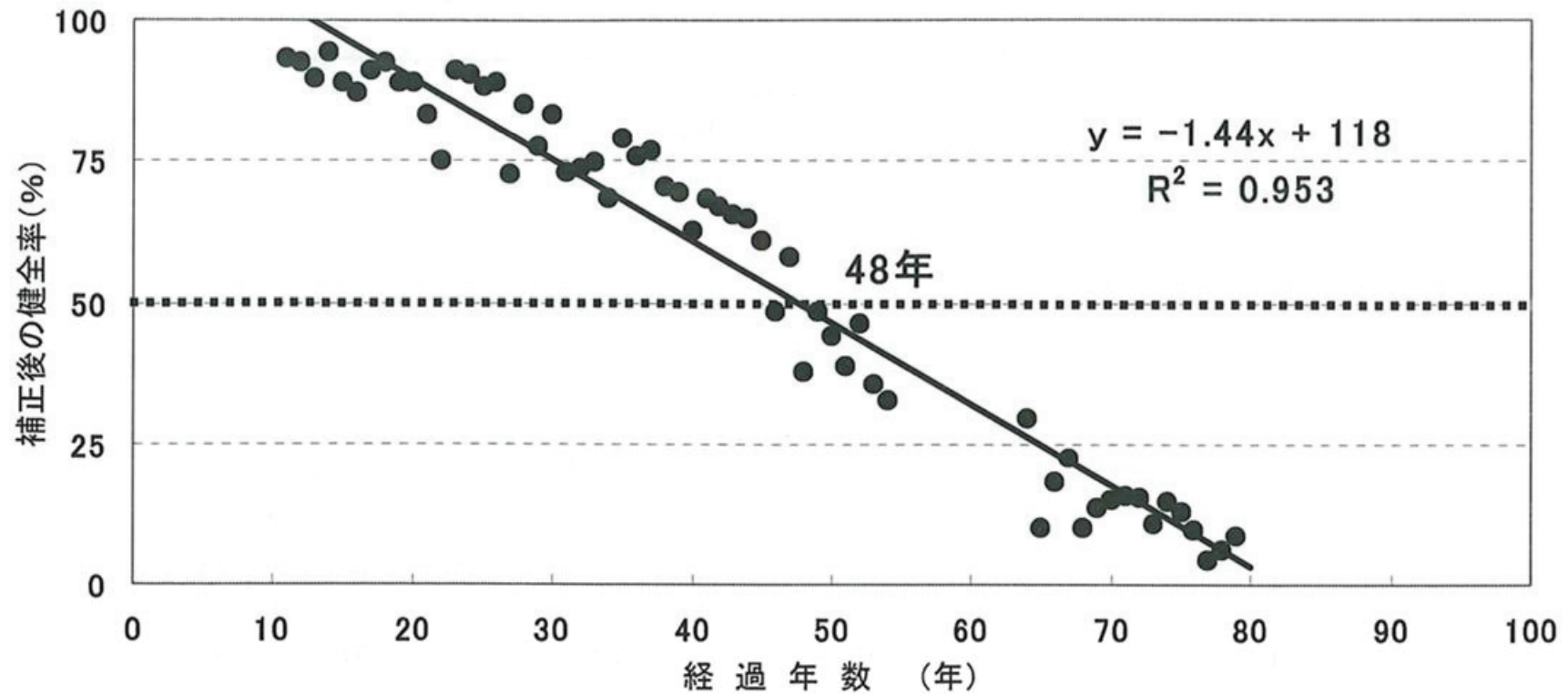


図 平均劣化曲線

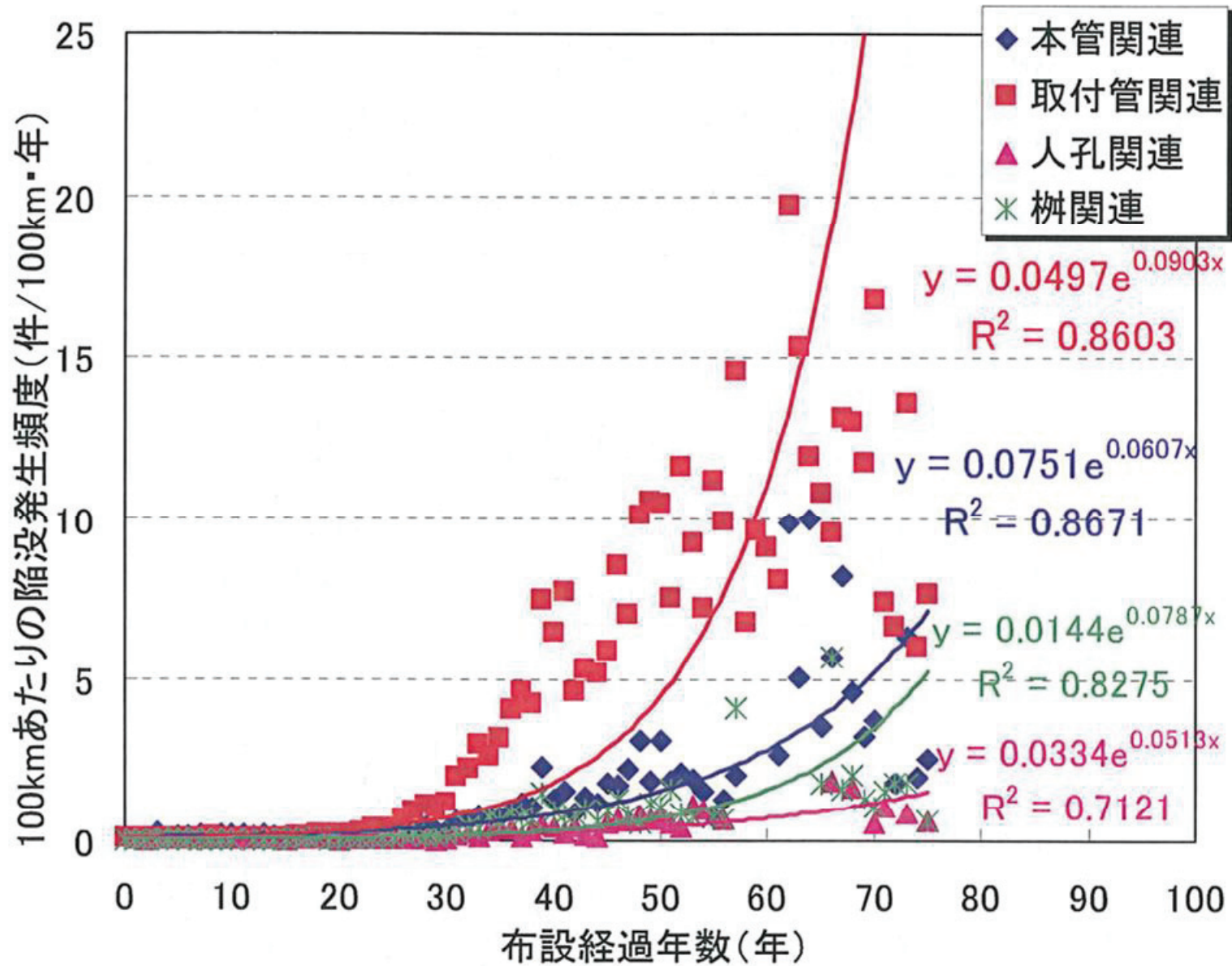


図 原因施設ごとの管渠100kmあたりの陥没発生頻度

京都市の事例

1) 下水道整備状況

表 下水道整備状況

平成22年3月31日現在

処理区名	整備区域面積 (ha)	処理区域面積 (ha)	整備区域人口 (人)	処理区域人口 (人)
鳥羽	8,208	8,151	772,200	772,200
吉祥院	587	587	84,900	84,900
伏見	1,926	1,924	145,700	145,700
山科	2,044	2,044	209,000	209,000
桂川右岸	2,244	2,244	202,600	202,500
洛南	225	225	33,700	33,700
京北(特環)	186	186	2,400	2,400
計	15,420	15,361	1,450,500	1,450,400

※人口普及率 処理区域人口／全市人口＝1,450,400/1,462,203＝99.2%

表 下水道管路整備状況

平成21年度末現在、単位:m

処理区名	幹線延長	支線延長	計
公共下水道	439,319	3,598,173	4,037,492
京北特環公共下水道	11,810	41,344	53,154
全体	451,129	3,639,517	4,090,646

※上表のほか側溝等延長が1,362,197mあり、これを含めた総延長は5,452,843m。

(京都市資料)

2) 管渠

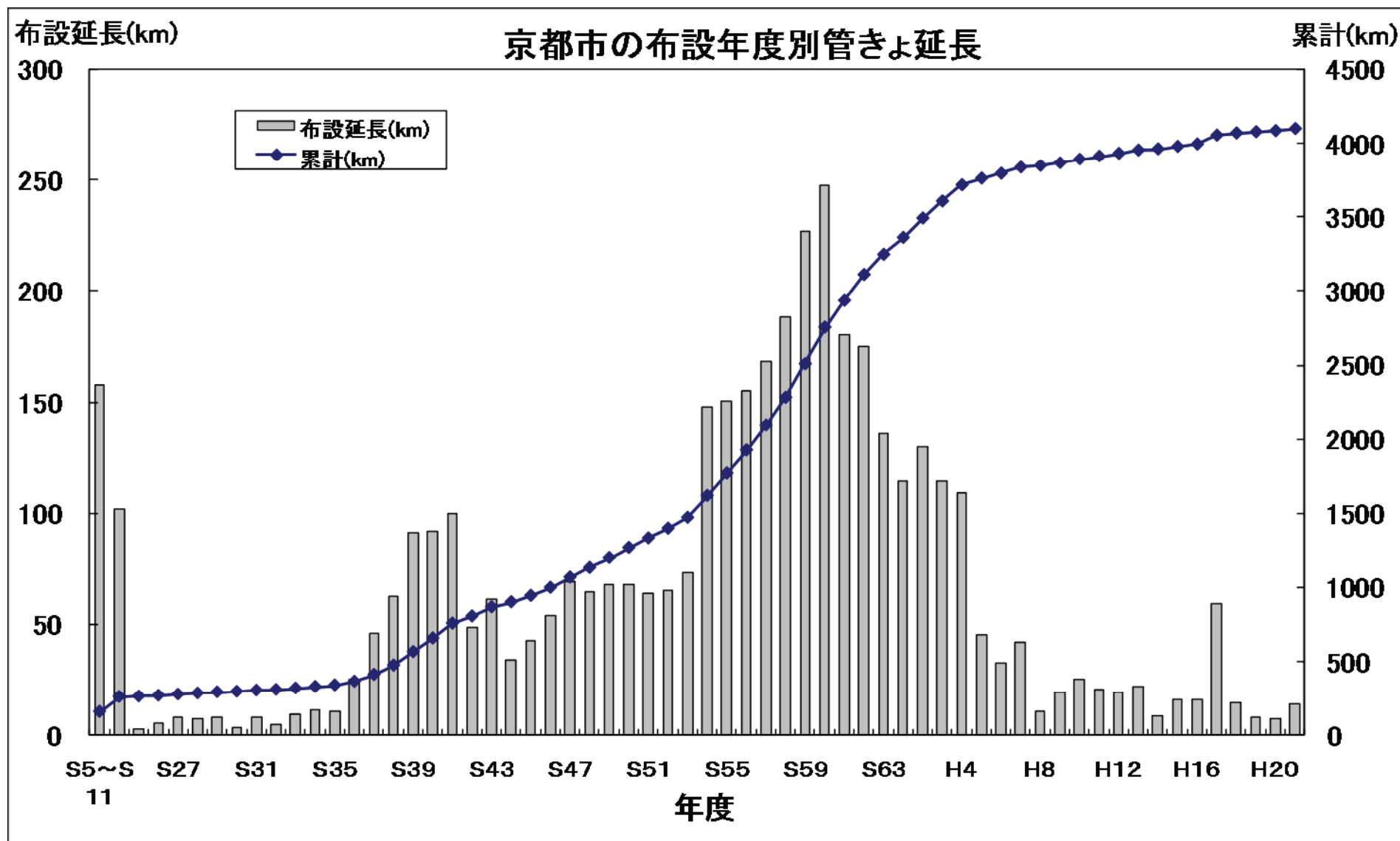


図 敷設年

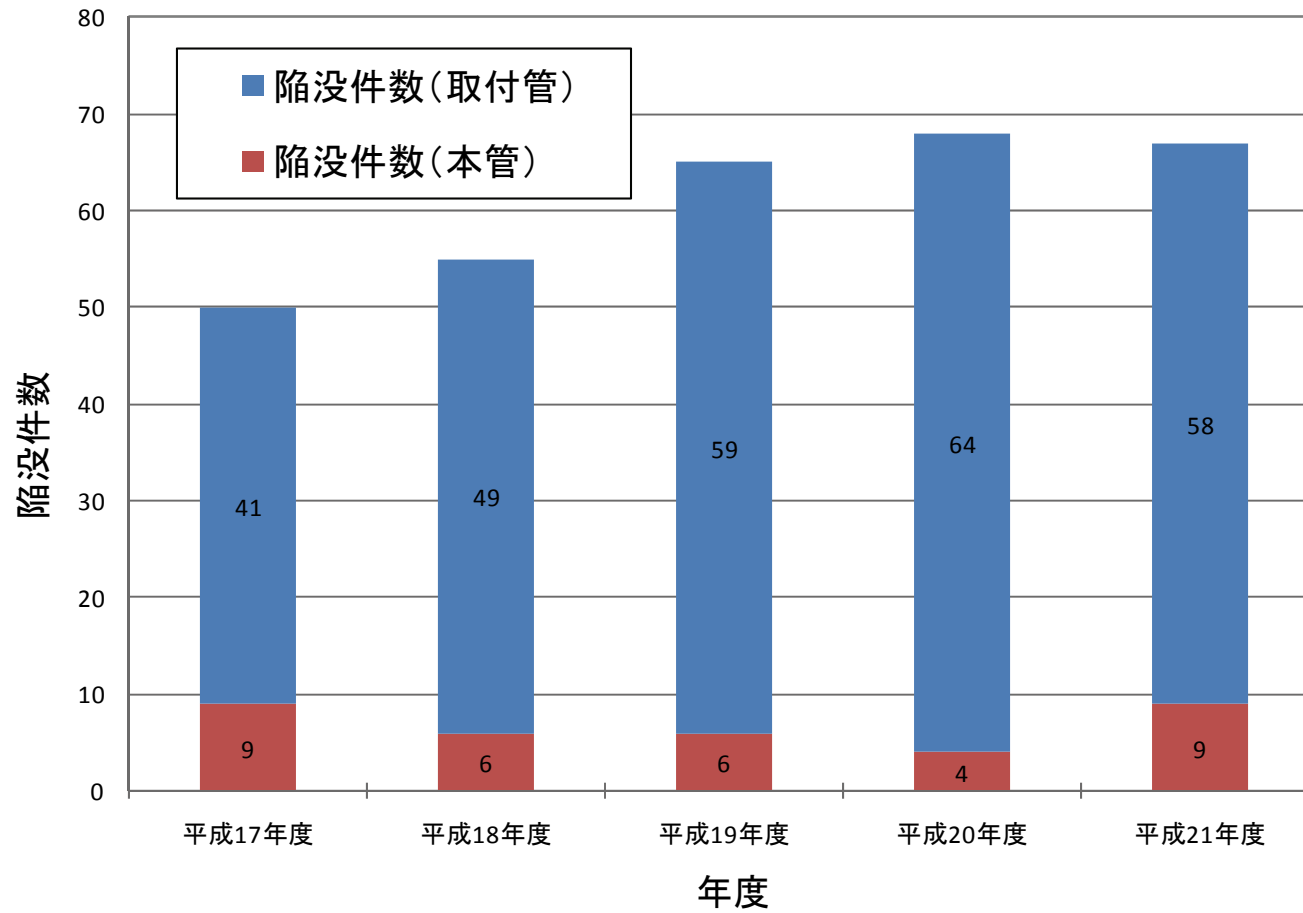
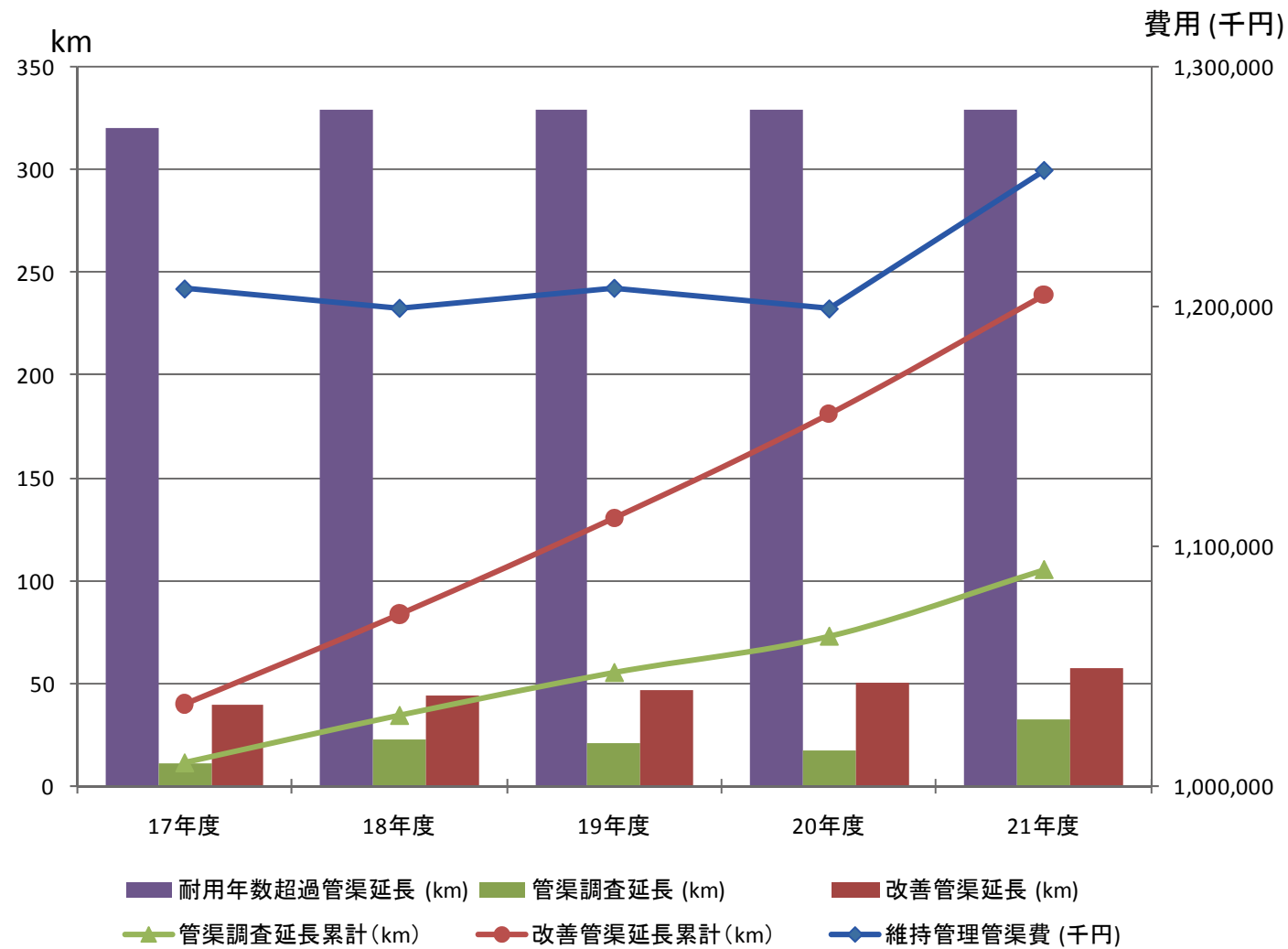


図 道路陥没事故の推移

管渠の調査更新の状況



3) 下水処理場

処理場名	運転開始年	改築更新等の状況
吉祥院処理場	昭和9年	全面済み
鳥羽処理場	昭和14年	戦前部分は済み、戦後部分は取組中
伏見処理場	昭和48年	
石田処理場	昭和56年	

ただし、水処理・汚泥処理設備は更新一巡で、高度処理化、省エネ化

平成22年度 改築更新 84億円

4) アセットマネジメント

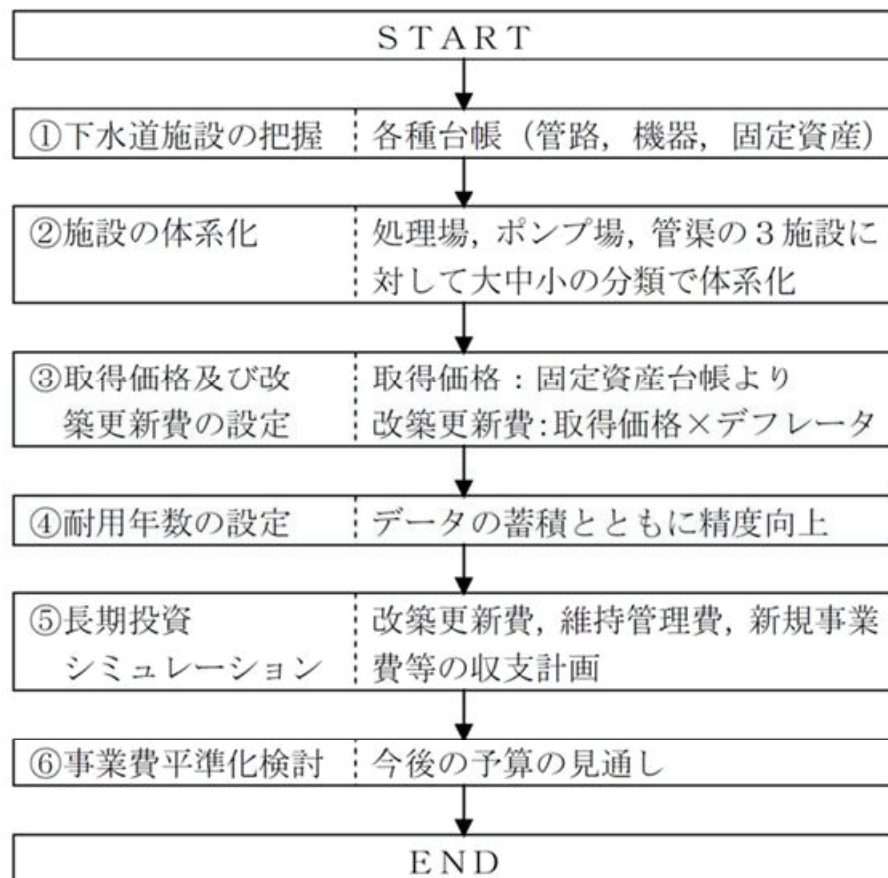
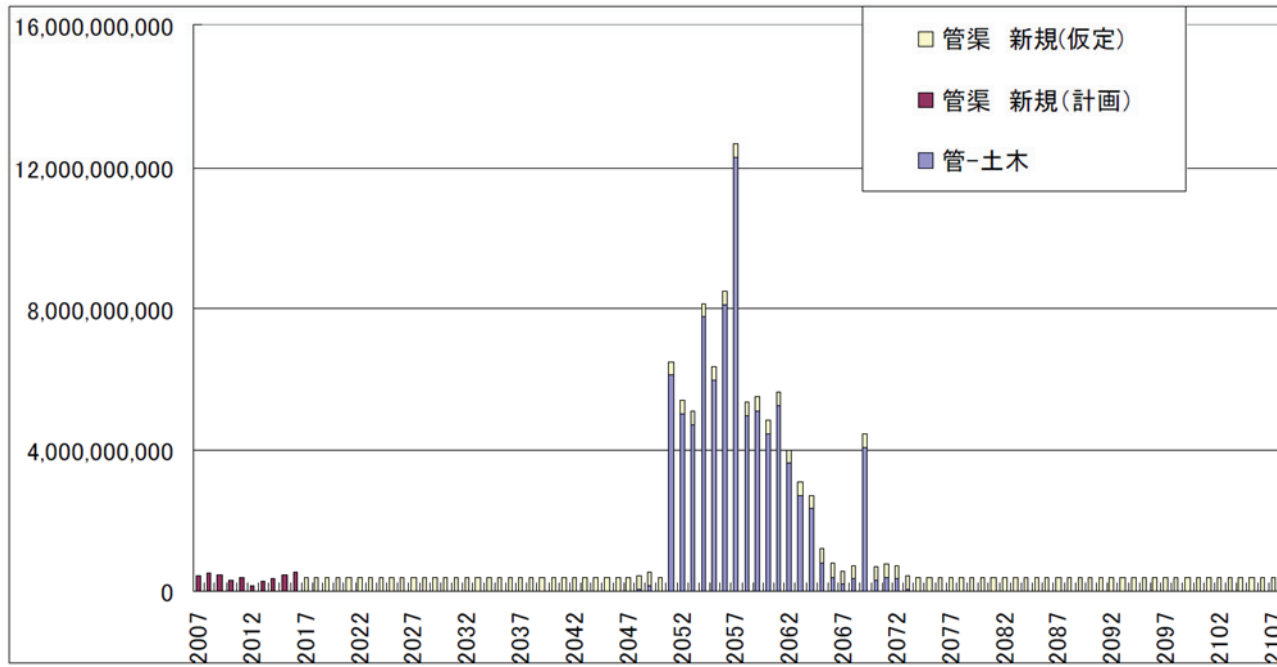


図 長期投資予測作業フロー

表 事業費平準化シミュレーションの試行条件

1. 基準年(2007年)において既に耐用年数を超過している施設の更新を2007～2016年の10年間に均等に配分する。
2. 管渠の耐用年数を70年と設定しているが、耐用年数超過管渠のうち30%を10年前倒し(耐用年数60年)で更新し、更に30%を10年後(耐用年数80年)に更新する。



(下水道研究発表会2009)

図 長期投資予測
(管渠、平準化前)

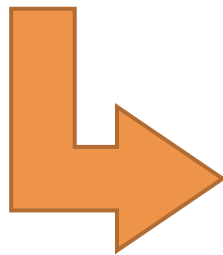
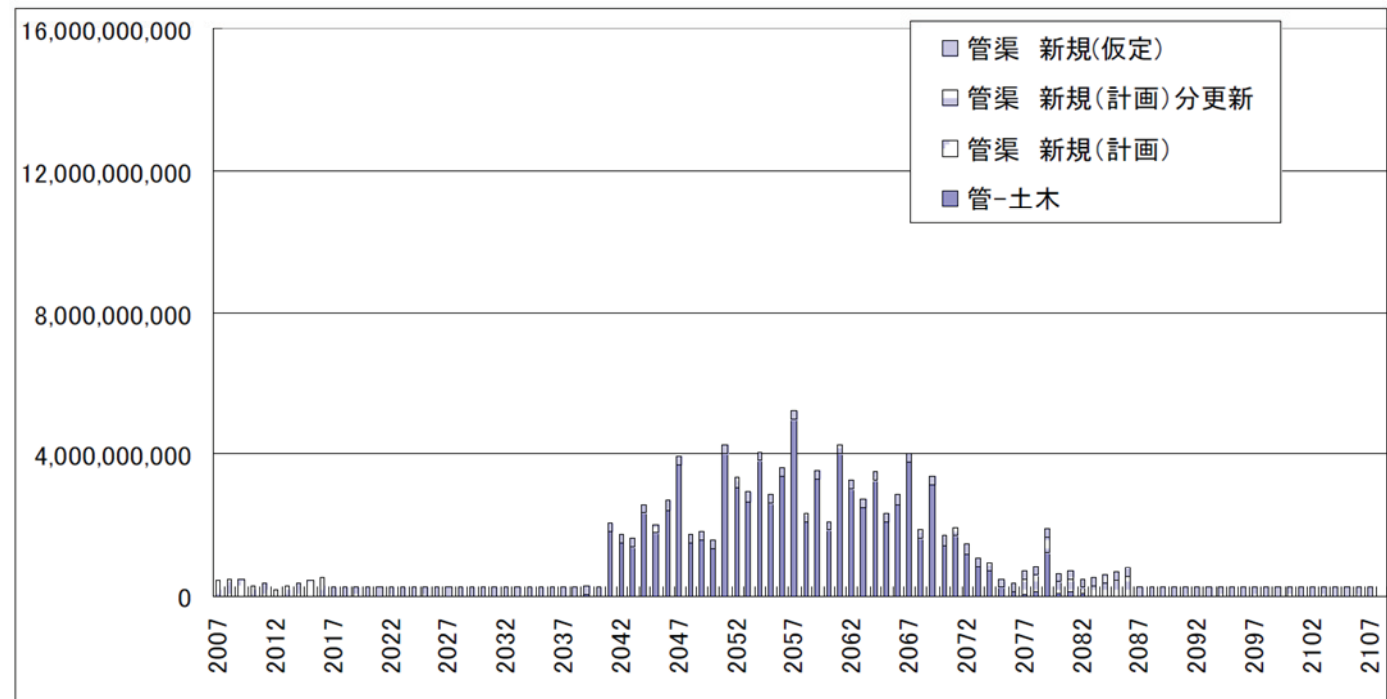
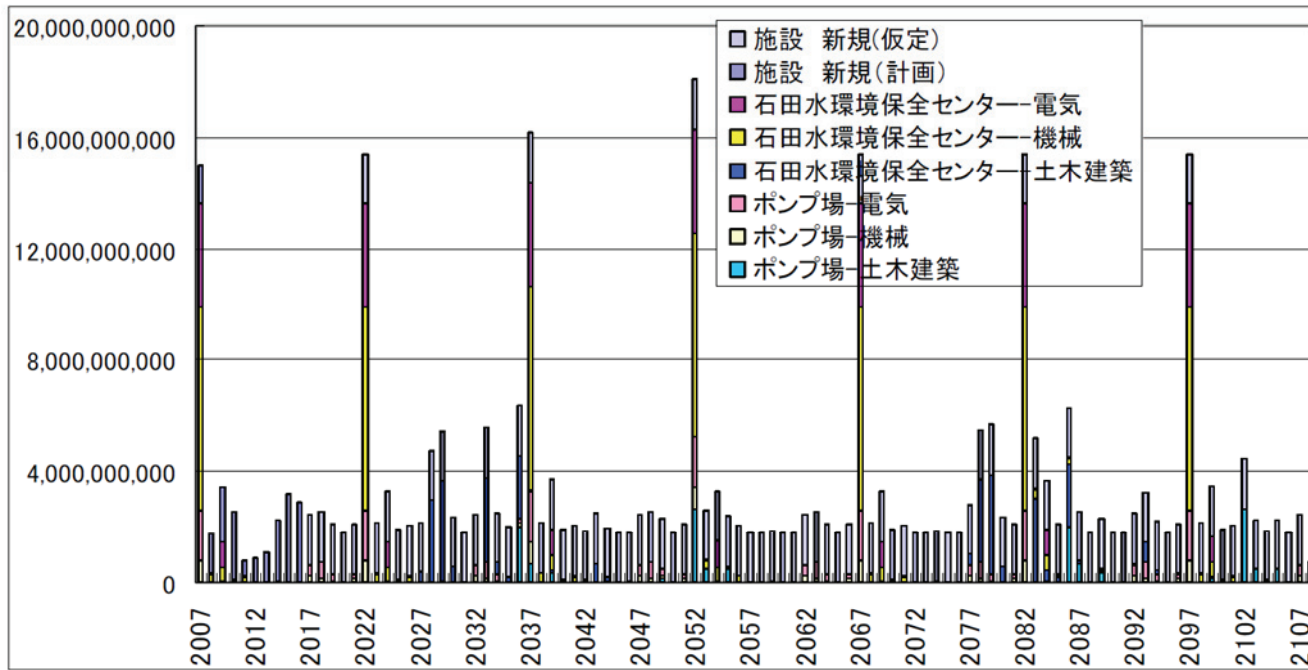


図 長期投資予測
(管渠、平準化後)





(下水道研究発表会2009)

図 長期投資予測
(処理施設・ポンプ場、平準化前)

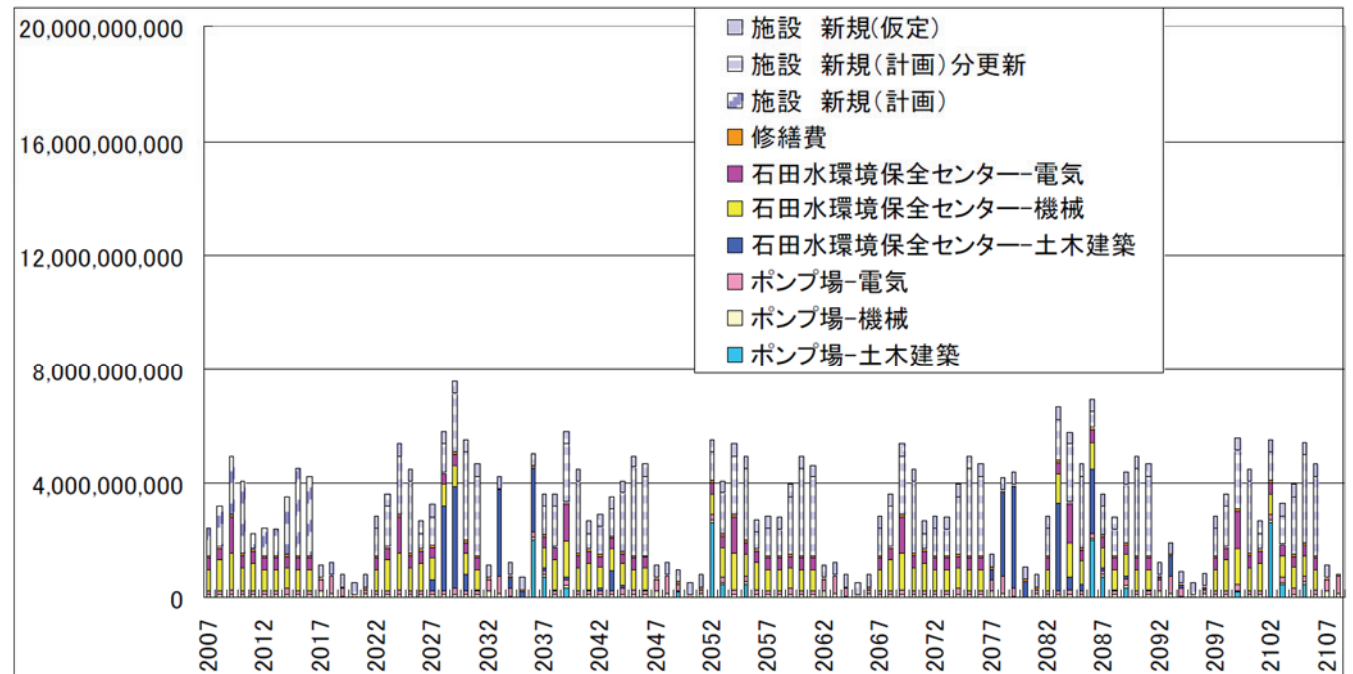
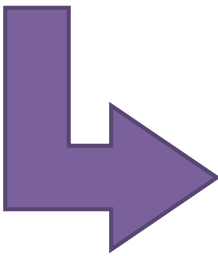


図 長期投資予測
(処理施設・ポンプ場、平準化後)

7. 下水道の新たな展開

老朽化対策は、単に下水道施設の更新ではなく、高規格下水道システムに向かわなければならない。

高規格下水道

- 循環型社会を支える下水道（水資源、熱資源、エネルギー資源）
- 福祉向上に寄与する下水道（生活環境の向上）
- 安全を確保し、安心な社会に貢献する下水道（衛生の向上、洪水防除）

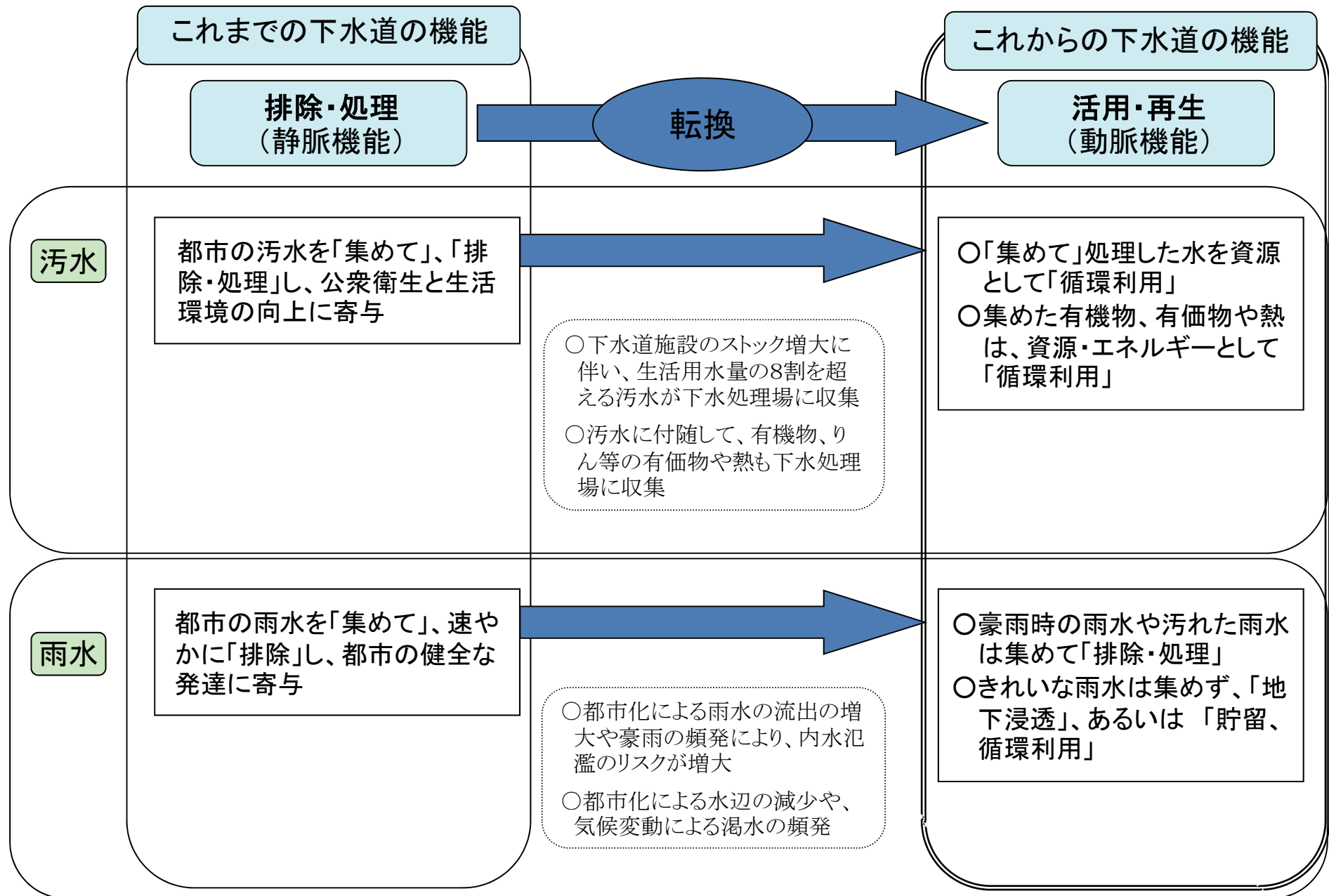
下水道の役割と特性

- ✓ 水系伝染病の予防、水質保全、生活環境の保全、洪水防除
- ✓ 分散資源の収集システム
 - 都市の水資源、都市廃熱の媒体
 - カーボンニュートラルの有機資源、窒素や燐資源等を含む

総合システム
安定している
財産を有している
情報・データを収集・管理・解析

都市での資源循環の核となりうる

これからの下水道の機能



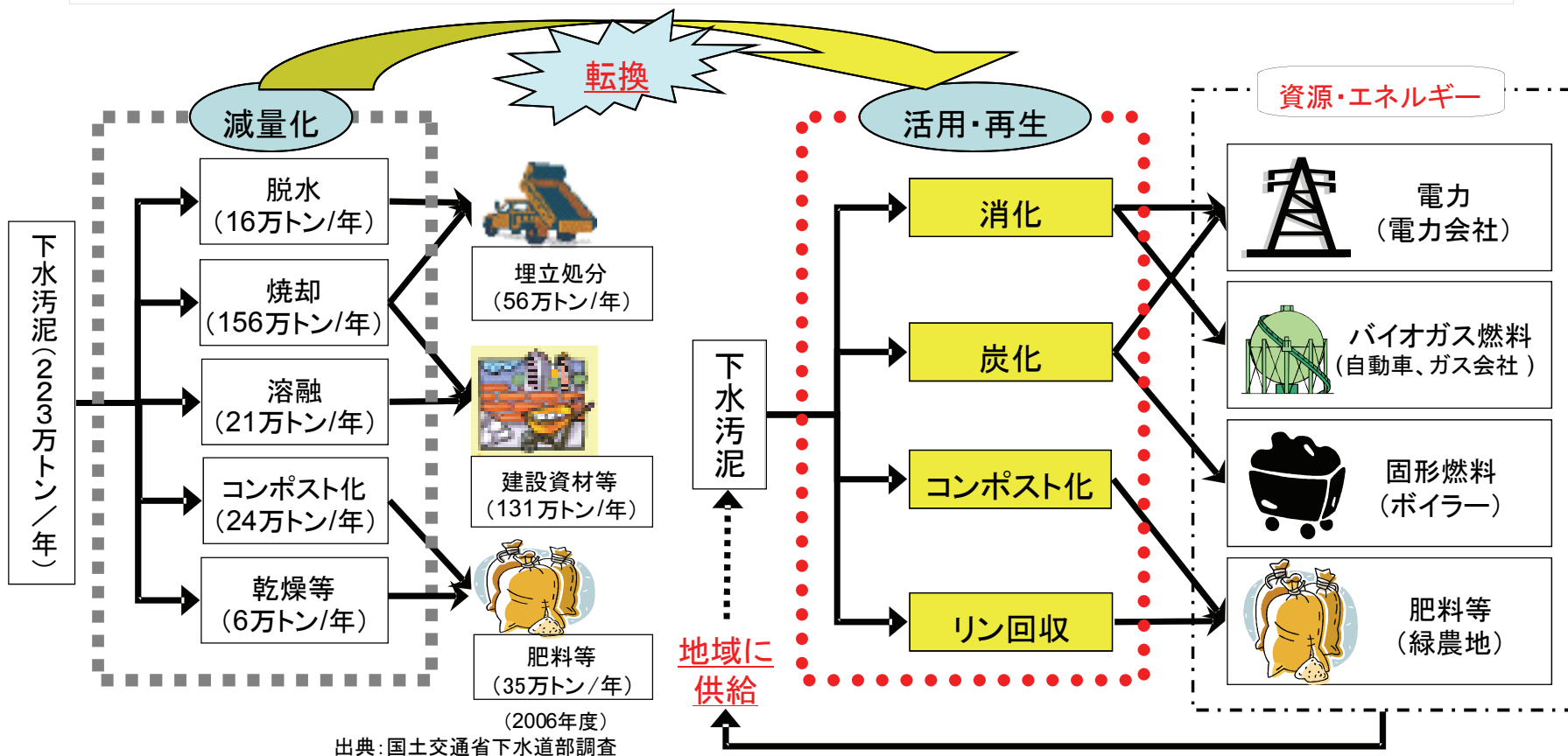
下水汚泥利用促進に向けた対応策(下水道のコンセプトの転換)

都市から排出された資源・エネルギーを収集し、再生する施設

- ・下水処理場 →再生可能エネルギー供給拠点化
- ・下水汚泥 →バイオマスとしての活用

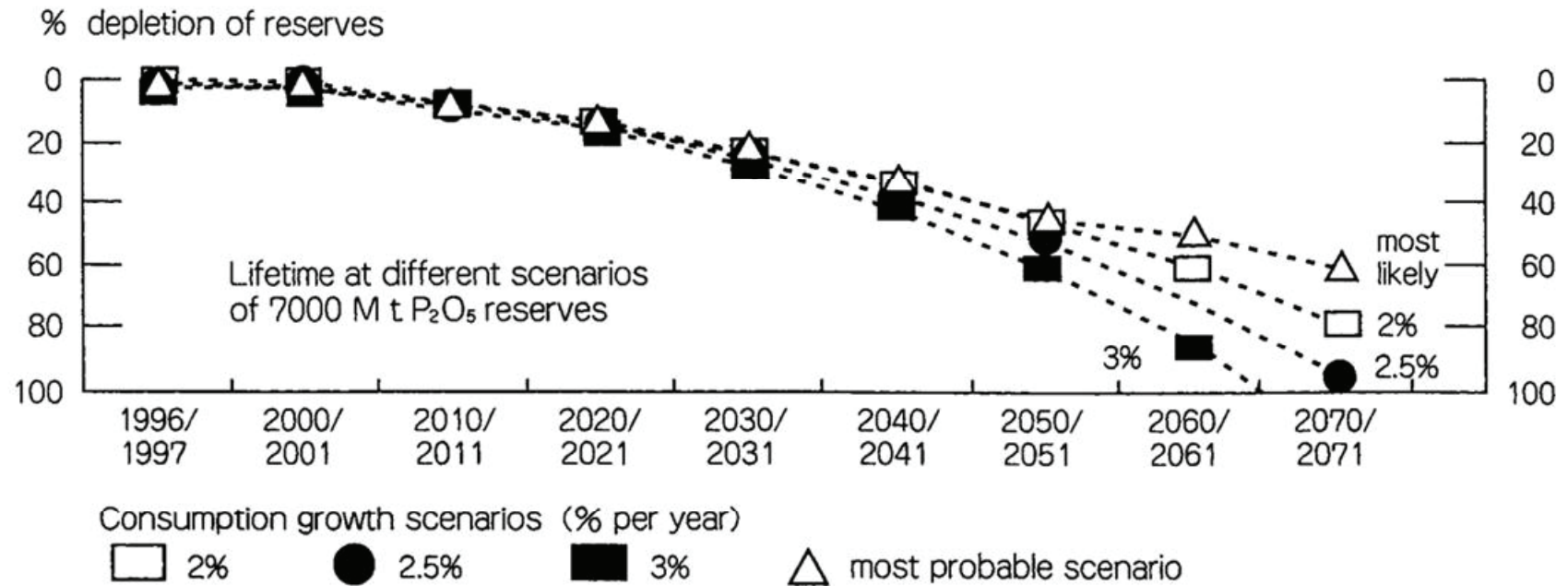
地球温暖化対策への貢献
下水汚泥処理費用の軽減

下水汚泥については、焼却による減量化等から、バイオガスや汚泥燃料等の資源・エネルギーとしての活用・再生に転換



下水道からの燐資源の回収

1) 燐資源の枯渇



Lifetime of reserves

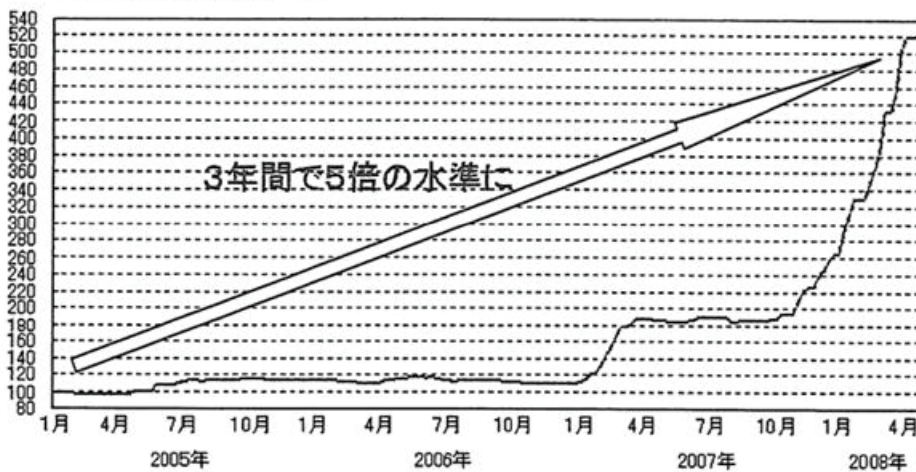
Ref.: Steem, L (1998) Phosphorus availability in the 21st century Management of a non-renewable resource, Phosphorus & Potassium. British Sulphur Publishing, No. 217, 25 - 31.

図 燐資源残量の推移

2. リンの高騰に伴う肥料価格上昇について

- ▶ 中国、インドなど新興国の食糧需要の急増等により、リン酸アンモニウム(リン安)の国際市況は、この3年間で5倍の水準になるなど、リンの価格が高騰(わが国はリンを全量輸入に頼っており、影響は深刻)
- ▶ これを受け、全国農業協同組合連合会では5年連続で肥料価格を値上げ
- ▶ 特に今年7月の値上げは過去最大の上げ幅

りん安国際市況(指数)



※ 指数は2005年1月の価格(約230ドル/トン)を100としたもの。

2008年6月19日
朝日新聞

肥料1.5〜2倍に値上げ

全農、リン高騰で来月

化学肥料の約6割をリン酸アンモニウム(リン安)を主力とする全農協同組合連合会(全農)が、主要な原料の国際市況急騰を受け、来月、リン安の価格を大幅に値上げする方向で最終調整していることがわかった。原料のリン酸アンモニウムの価格高騰が理由で、今後、農業者の価格転嫁も影響する可能性がある。

全農は長期にわたって、毎年7月に肥料の価格を改定している。今年7月の値上げは過去最大の上げ幅となる見込みだ。

化学肥料の約6割をリン酸アンモニウム(リン安)を主力とする全農協同組合連合会(全農)が、主要な原料の国際市況急騰を受け、来月、リン安の価格を大幅に値上げする方向で最終調整していることがわかった。

3) 下水中の磷資源

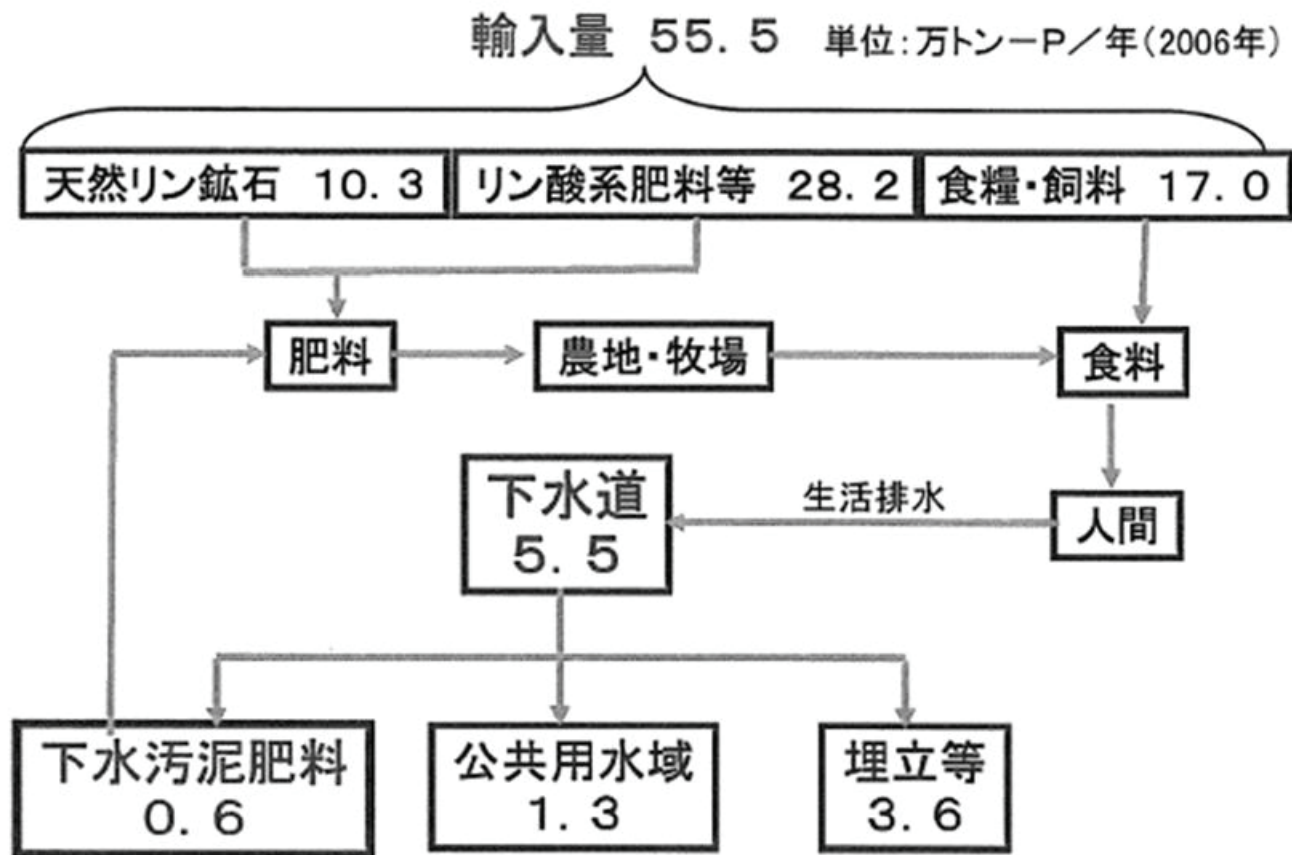


図 農業・食品に係わる我が国へのリン輸入量と排出量(万t-P/年)

出典:国土交通省が「鉱物資源マテリアルフロー2007」((独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構)および下水道統計平成18年度版((独)日本下水道協会)をもとに農業・食品に係わる国内におけるリンの動きを分析

[研究展開]

一元化下水道

資源回収・循環型の都市廃水・廃棄物処理システム技術の開発

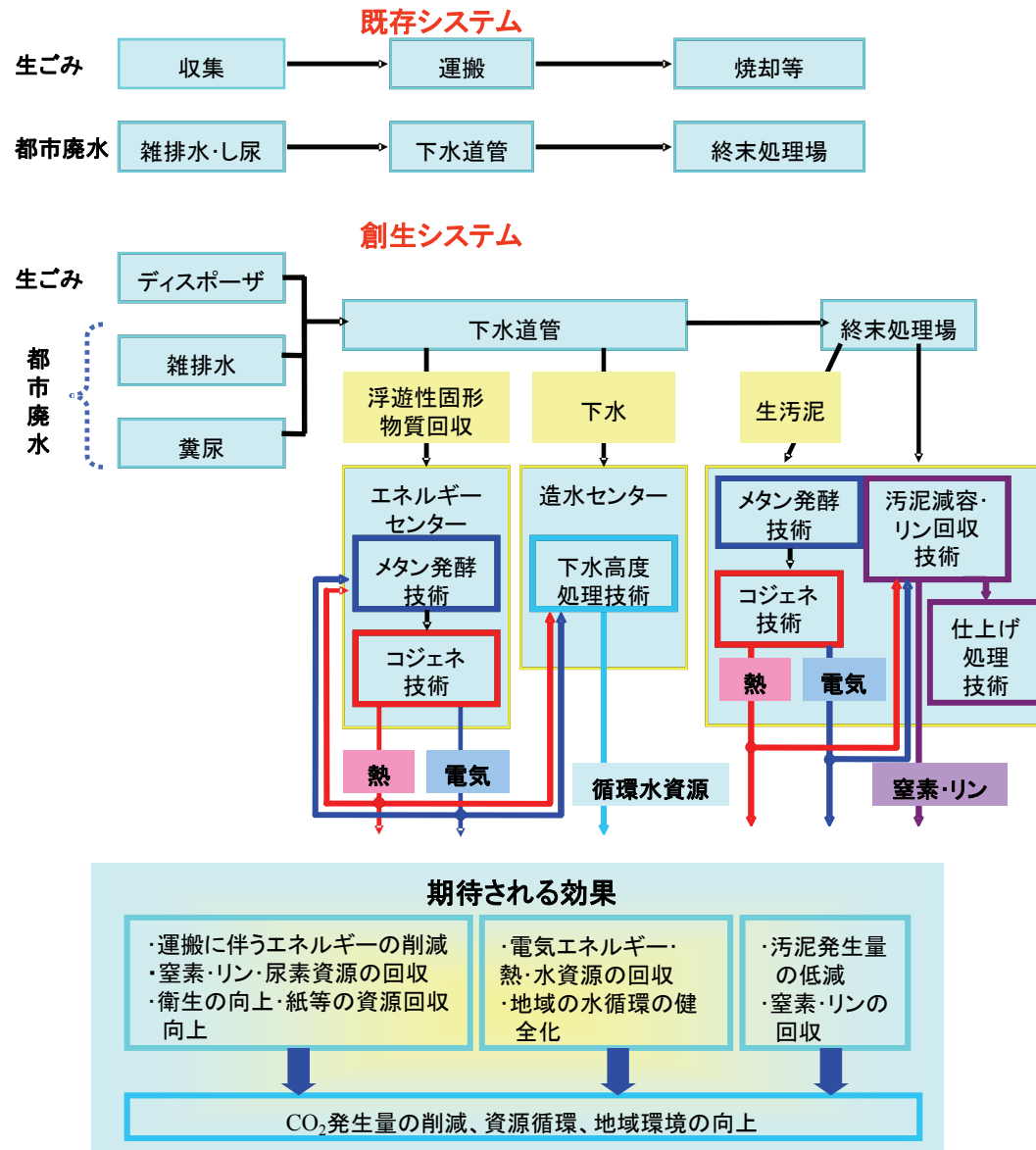


図 資源回収型の都市廃水・廃棄物処理システムと要素技術

新たな都市基盤環境施設

