

民間企業から見た震災対策

— 東日本大震災から学ぶ —

平成24年6月12日

日本水道工業団体連合会

上級アドバイザー

岡部 洋



ご説明内容

1. 復旧活動はうまくいったのか！
2. 大きな地震はまた来るのか！
3. 管路の被害はどうだったのか！
4. どのような対策が必要か！
5. これから何をすべきか！

1. 復旧支援活動はうまくいったのか！



広域災害では資材メーカーも被災

—すぐには出荷出来なかった—

<クボタ仙台塩竈置き場>

津波による土砂流入・油類の付着等により出荷不可
(5/20に稼動)



大阪の阪神工場から出荷

復旧支援もすぐには動けなかった

- 現地社員も被災者であり、すぐに動けなかった
- 携帯電話も不通のため、指揮命令系統が機能せず
- 資材置き場も被災して使用できず
- 復旧資材の情報が混乱して、注文が輻輳した
- 資材を運搬する車のガソリンも現地調達できず
- 福島原発の影響で輸送が困難であった

復旧の課題は何か

- 情報収集ルート確保（衛星電話など）
- 水道事業者での資材備蓄が重要
- 資機材の供給窓口の一本化（協会ごとなど）
- 民間企業の人材活用（設計・施工管理など）
- 飲用不可での通水など（塩分濃度など）

2. 大きな地震はまた来るのか



関東・東海地震は周期的にやってくる

《関東大震災（70年周期）》 《東海大地震（100～150年周期）》

1633年：寛永小田原地震（M7.0）

↓（70年後）

1703年：元禄地震（M7.9～8.2）

↓（79年後）

1782年：天明小田原地震（M7.0）

↓（71年後）

1853年：嘉永小田原地震（M6.7）

↓（70年後）

1923年：関東大震災（M7.9）

↓（80年後）

現在

1498年：明応地震（M8.2～8.4）

↓（107年後）

1605年：慶長地震（M7.9）

↓（102年後）

1707年：宝永地震（M8.4）

↓（147年後）

1854年：安政東海地震（M8.4）

↓（149年後）

現在

大きな被害が出た地震

(1900年以降の被災人数が多いもの)

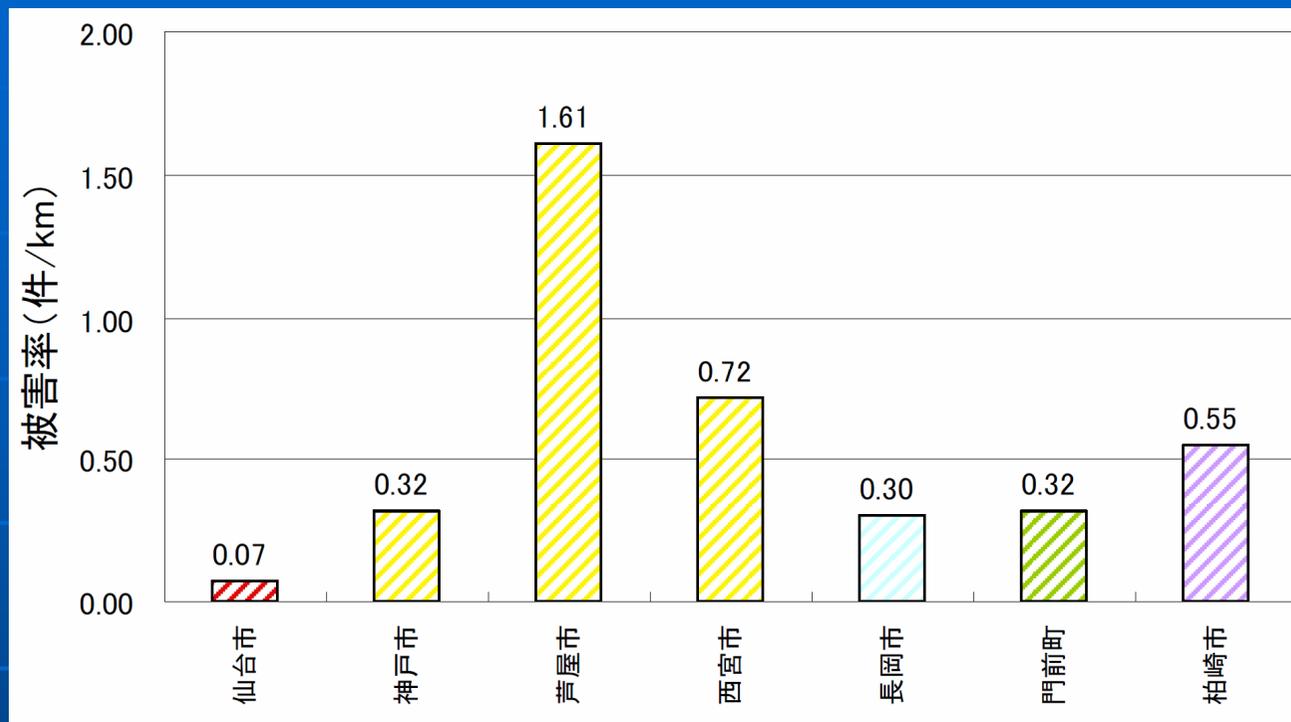


出典 : The 10 Deadliest Earthquakes Of The Last 100 Years: Pics, Videos, Links, News

3. 管路の被害はどうだったか



大規模地震では低い被害率(導・送・配水管)



地震名	事業体名	被害件数 (件)	管路延長 (km)	被害率 (件/km)
東日本大震災	仙台市	264	3,761	0.07
阪神・淡路 大震災	神戸市	1,264	4,002	0.32
	芦屋市	297	185	1.61
	西宮市	697	966	0.72
新潟中越地震	長岡市	328	1,080	0.30
能登半島地震	門前町	56	175	0.32
新潟中越沖地震	柏崎市	518	949	0.55

注1) 被害件数には、付属施設の被害を含んでいない。
 注2) 仙台市の被害件数には、津波被害地区や警戒区域等の団地での被害は含まれていない。

地盤変状が比較的少ない

K-NET築館周辺の様子

震度7が観測されたが
軽微な被害が散見される程度

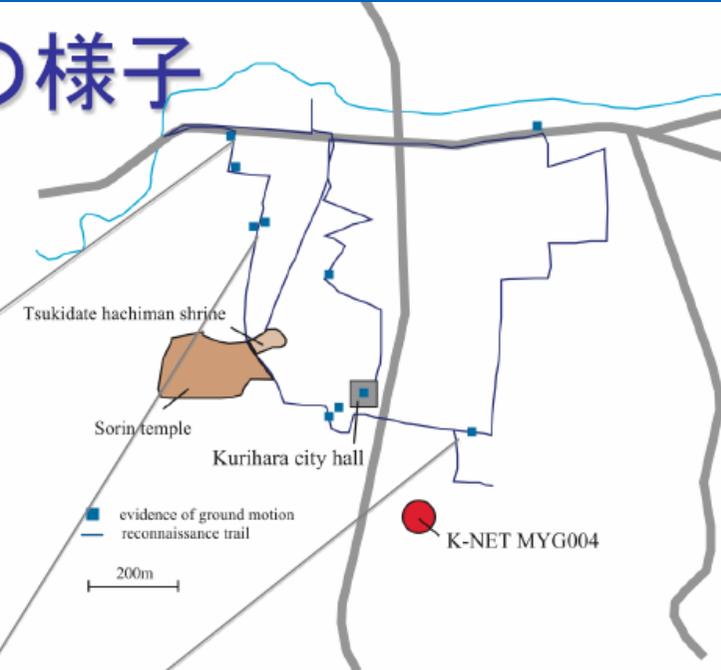
ブロック塀の損傷



外壁の剥離



路面の陥没



津波で埋設管路が露出、被災



φ 200ダクタイル鉄管の抜け
(陸前高田町)



φ 100石綿セメント管の破損
(女川町)



塩化ビニル管の破損
(気仙沼市)

引用:水道産業新聞社写真集



添架管被害(鋼管)
(南三陸町)



ポリエチレン管の破損
(新地町)

引用:水道産業新聞社写真集



鋼管橋梁添架の破損
(南三陸町)

液状化による被害



φ200 ダクティル鉄管 T形継手の離脱

注) 手前管路K形φ400は継手離脱部分の復旧に伴う解体状況である。

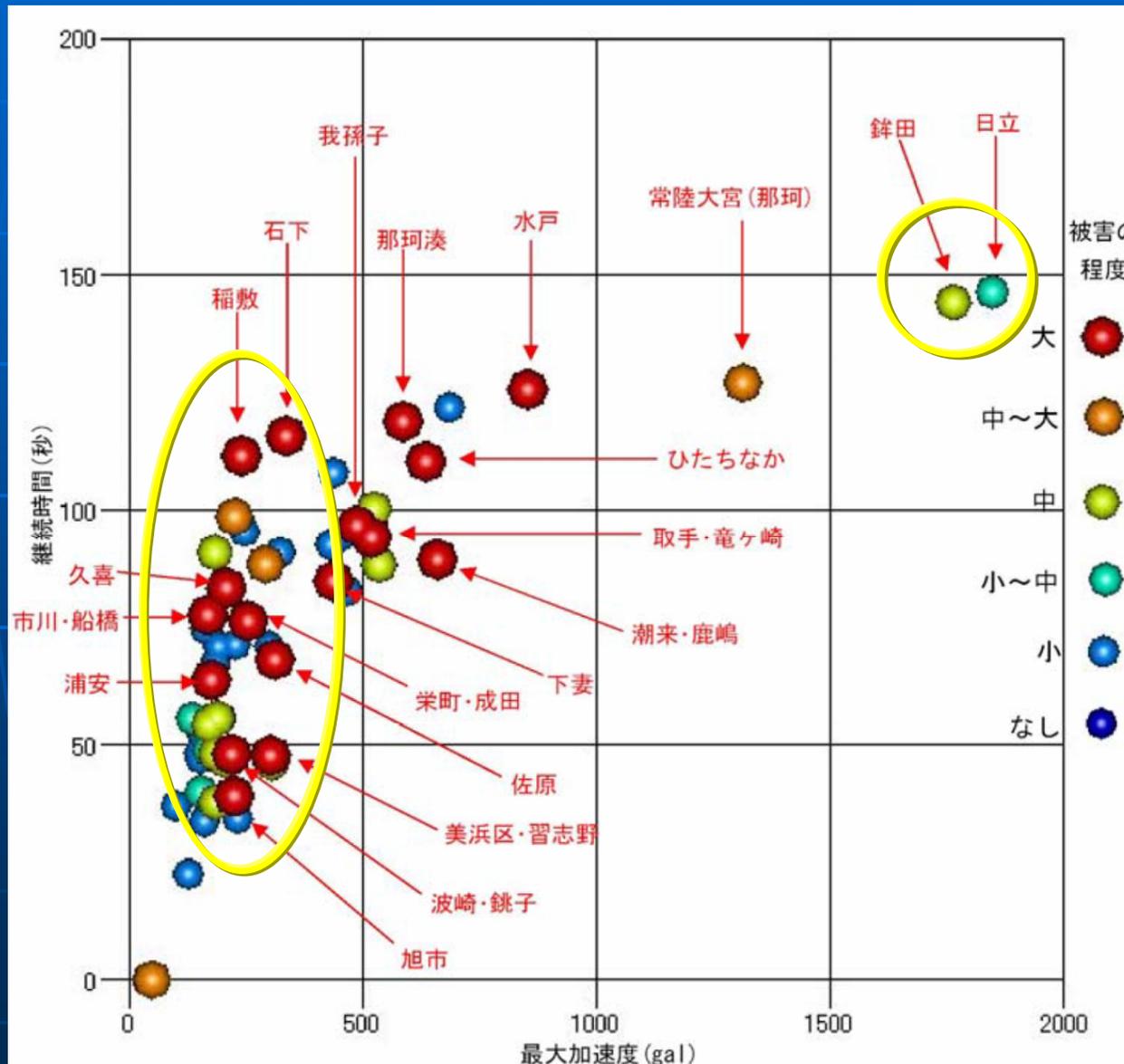


貯水槽の浮上

(耐震貯水槽φ2600 100t 鋼製)

液状化は小さな加速度でも発生

(大きな加速度でも発生していない場合もある)



構造物の取合部の被害

—適切な変位量の確保—



φ600 ダクタイル鉄管 K形継手の離脱

引用:土木学会東日本大震災被害調査団(地震工学委員会)
緊急地震被害調査報告会(2011/4/11) 講演資料



φ2400 鋼管 可とう継手の離脱



いわき市 海岸部 水管橋
津波により破損、橋台部の鋼管との取合で抜け



可とう管が機能した例
(石巻市 φ600)

河川近傍など地盤が悪い所が危ない

那珂川左岸



常磐線



海浜鉄道



K-NET那珂湊
(IBR007)
震度6弱
PGA: 585 Gal



勝田橋



那珂川左岸堤防

0 3 km

造成地、切土盛土部が危ない

仙台市太白区緑ヶ丘 (1957~1962年造成)
1978年宮城県沖地震(緑ヶ丘3丁目)

	全戸数	全壊	半壊
1丁目	444	18	31
2丁目	332	0	0
3丁目	479	14	69
4丁目	448	36	147

陶野郁雄氏撮影

引用: 土木学会東日本大震災被害調査団(地震工学委員会)緊急地震被害調査報告会(2011/4/11) 講演資料

注) 造成年代、設計基準により被害状況が異なる。



引用: <http://blog.goo.ne.jp/takanoharatown/e/e7e2fe2d3b6715d18cc9b2d7e3b25556>

路肩、歩道部の崩壊が危ない

—盛土部が要注意—



管路埋設位置

宮城県柴田町付近
($\phi 900$ ダクタイル鉄管 S形被害なし)



管路埋設位置

県道41号谷川浜付近

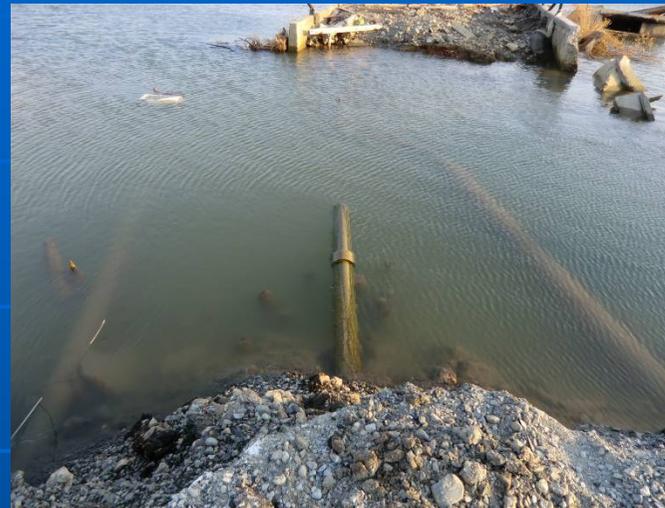


山元町 国道6号線

沿岸部、河川近傍が危ない



路肩崩壊（仙台市荒浜）



ACP φ200破損（高田松原球場）



塩釜市 桂島漁港

老朽管・修理箇所が危ない



いわき市 φ1100 ダクタイル鉄管の腐食

- 印籠継手の鋳鉄管は被害率が高い
- 管体やボルト腐食している
- 老朽管は早急に更新
- 30年以上の管路はポリエチレンスリーブ無し



- 老朽度は現地調査が有効



- 優先度の高いものから更新・耐震化



宮城県仙台市内 φ700 鋼管 継手部漏水

引用：水道産業新聞社写真集

初期ダクタイル鉄管の耐震化



- 異形管の内面は無ライニング
- 継手もA形など耐震性が低い
- ポリエチレンスリーブも無し



- 計画的な更新が必要

- 外面腐食が発生しているA形継手



- 無ライニング管の錆こぶ

石油タンクの破壊と油の流出

— 消防用水の確保も重要 —

気仙沼、山田町、大船渡などで石油が付着した建物が数多く見られた。



道路が油で汚染

付属設備の被害が多く発生



破損した空気弁

耐震管には被害なし



石巻市 NS形φ300 ダクタイル鉄管

引用:土木学会東日本大震災被害調査団(地震工学委員会)緊急地震被害調査報告会(2011/4/11) 講演資料



宮城県名取市内 φ350NS形

管路被害の教訓

— 津波を除いては過去の地震被害と同様の傾向 —

- 地震被害は小さい
- 水管橋は津波に弱い
- 火災・油の流出
- 液状化地盤、埋立地盤
- 構造物取合部
- 護岸近傍付近
- 切土盛土部、地盤急変部
- 軟弱地盤
- 道路路肩部
- 傾斜地（坂道など）
- 可とう管部
- 老朽管部分
- 基幹管路の影響大
- 付帯設備（空気弁など）

4. 管路ではどのような対策が必要か

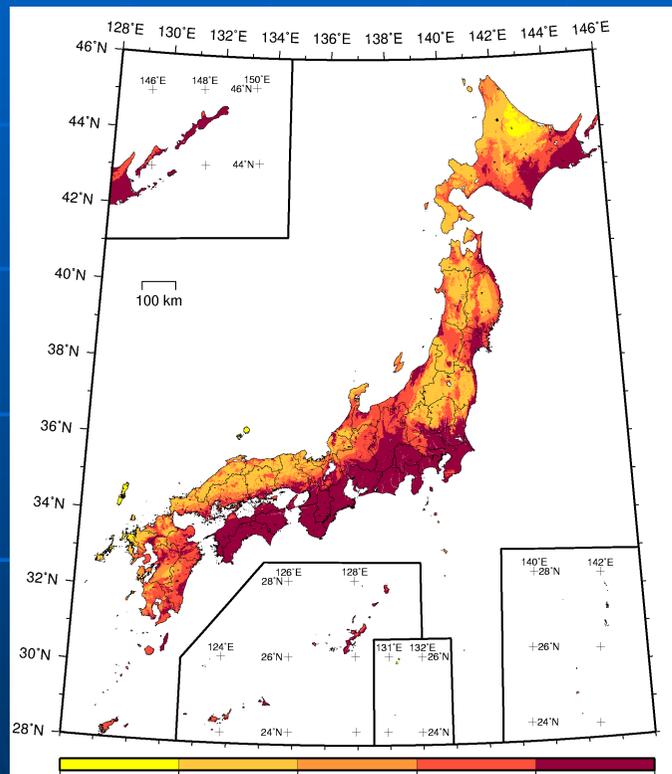


NS形 耐震管

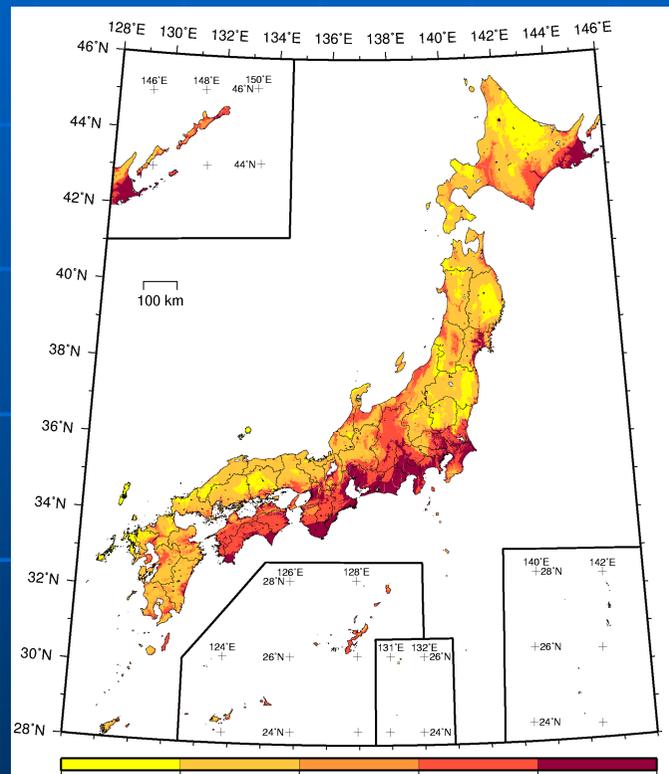
管路の弱い部分から改良

— 想定被害率の大きな所から耐震化 —

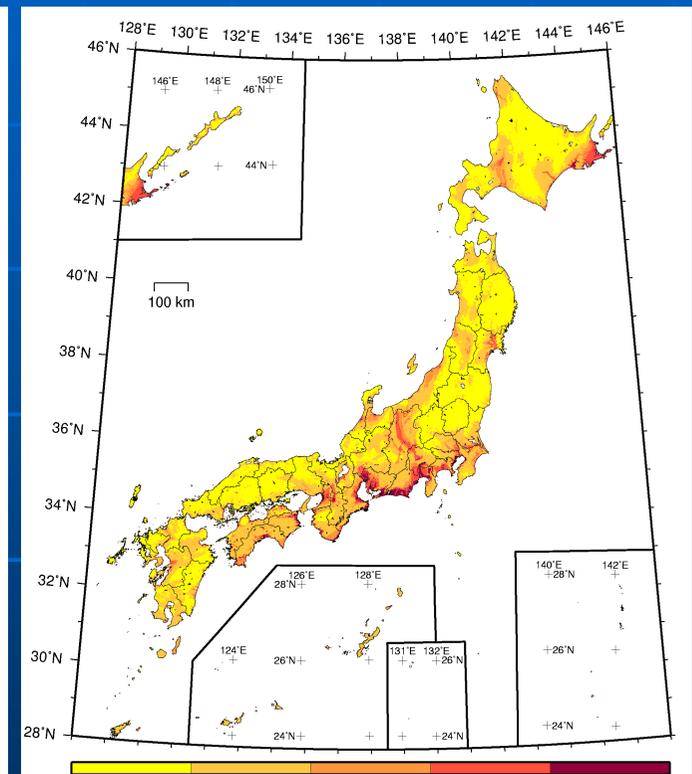
震度5 強以上の確率



震度6 弱以上の確率



震度6 強以上の確率



0% 0.1% 3% 6% 26% 100%

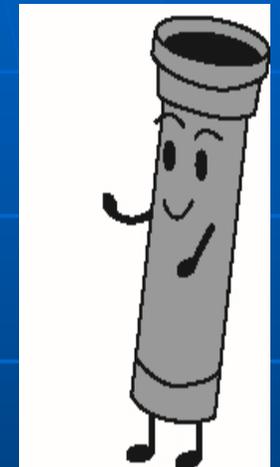
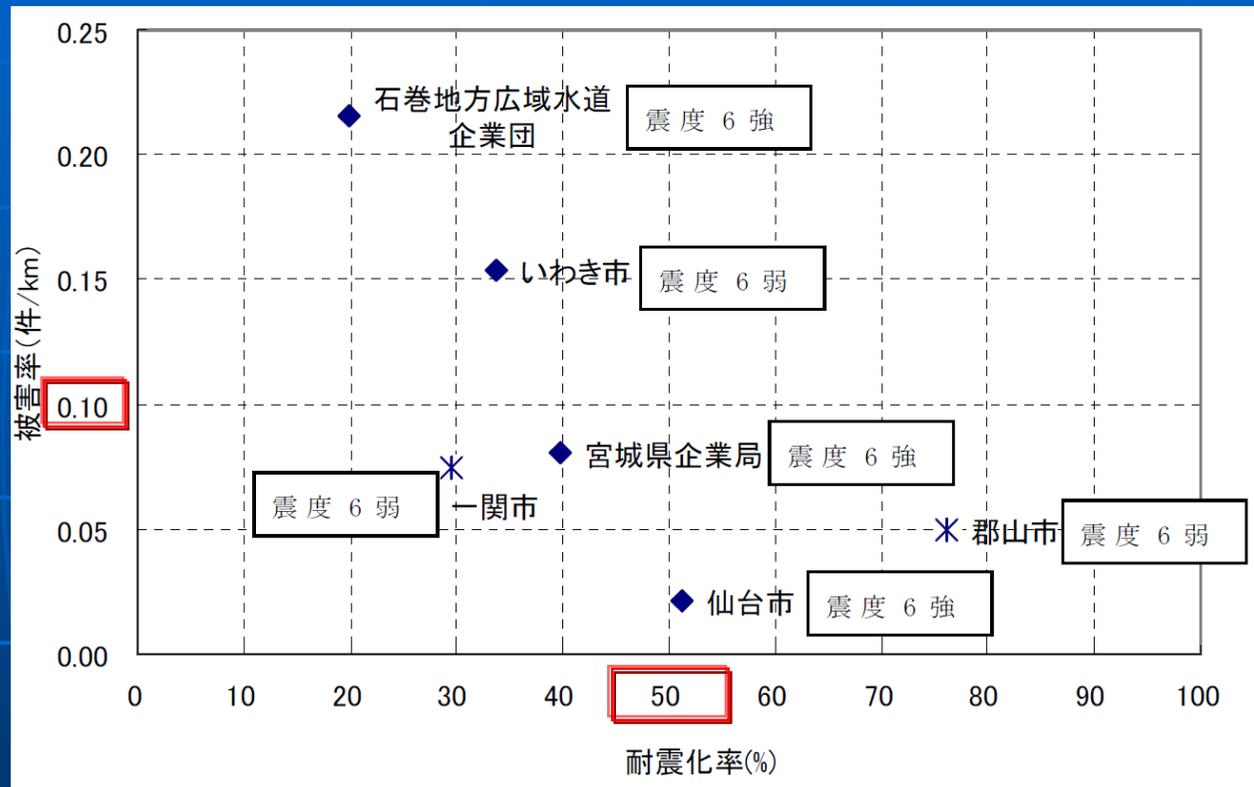
0% 0.1% 3% 6% 26% 100%

0% 0.1% 3% 6% 26% 100%

今後30年間に発生する確率(最大ケース・全地震) (基準日:2010年1月1日)

耐震化率を50%以上に

—弱い所が耐震化されれば断水率は改善—



- 耐震化率が50%以上だと被害率も小さい
- 被害率が0.05件／km以下なら、管路延長1000Kmでも被害件数は50件程度

管路の被害率とは

—弱点を早急に補強—

- 被害率 1.0件/Km



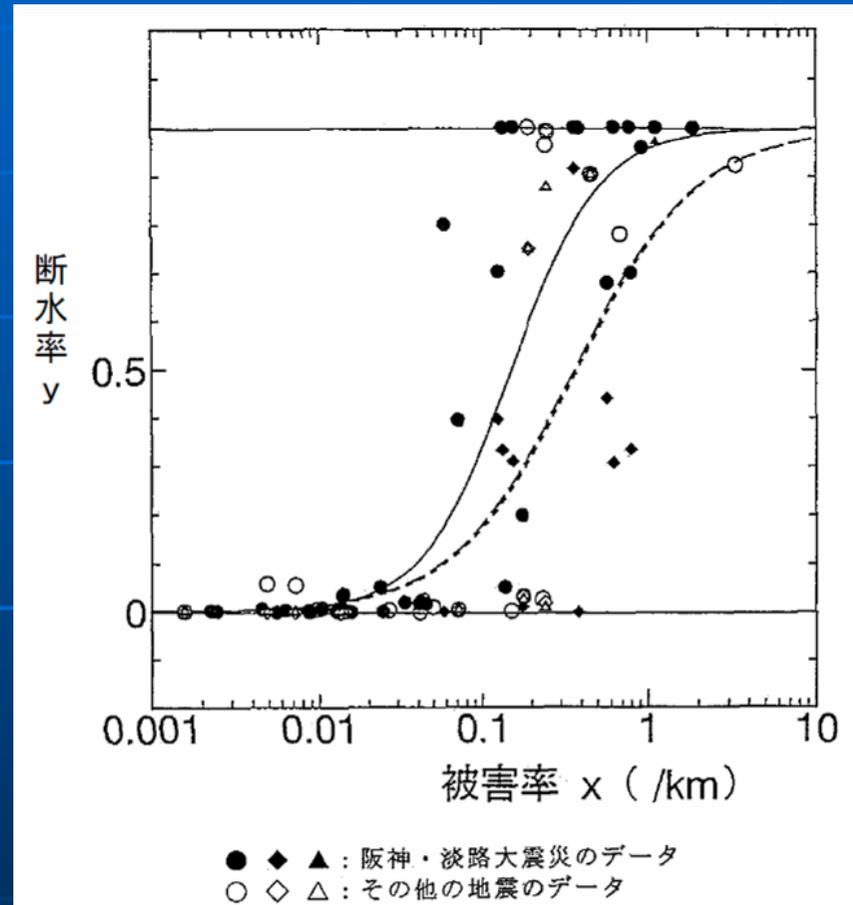
- 被害率 0.1件/Km (今回の地震被害)



被害率0.1以下だと断水も少ない

被害率を0.1以下に

—被害率が小さければ断水率も低くなる—

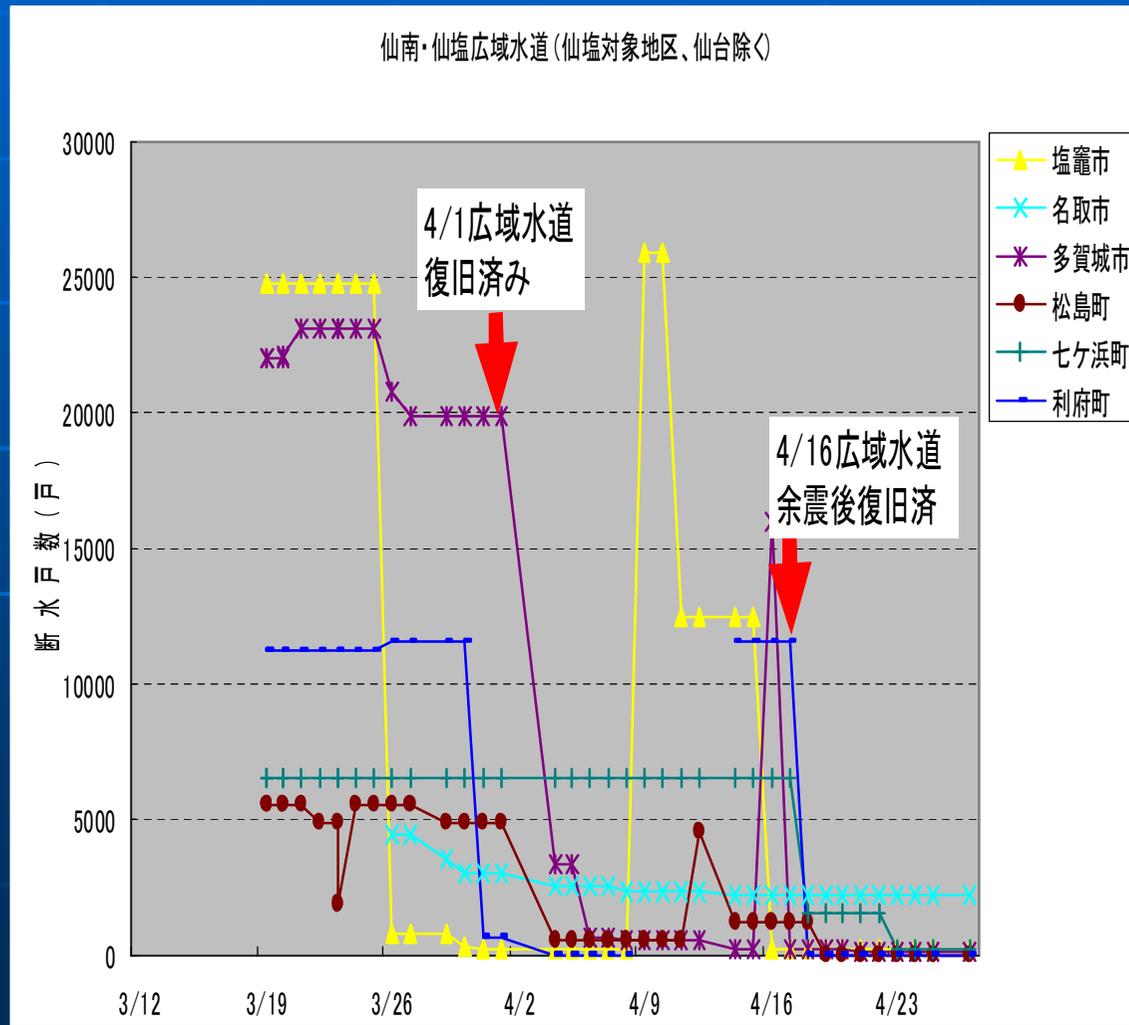
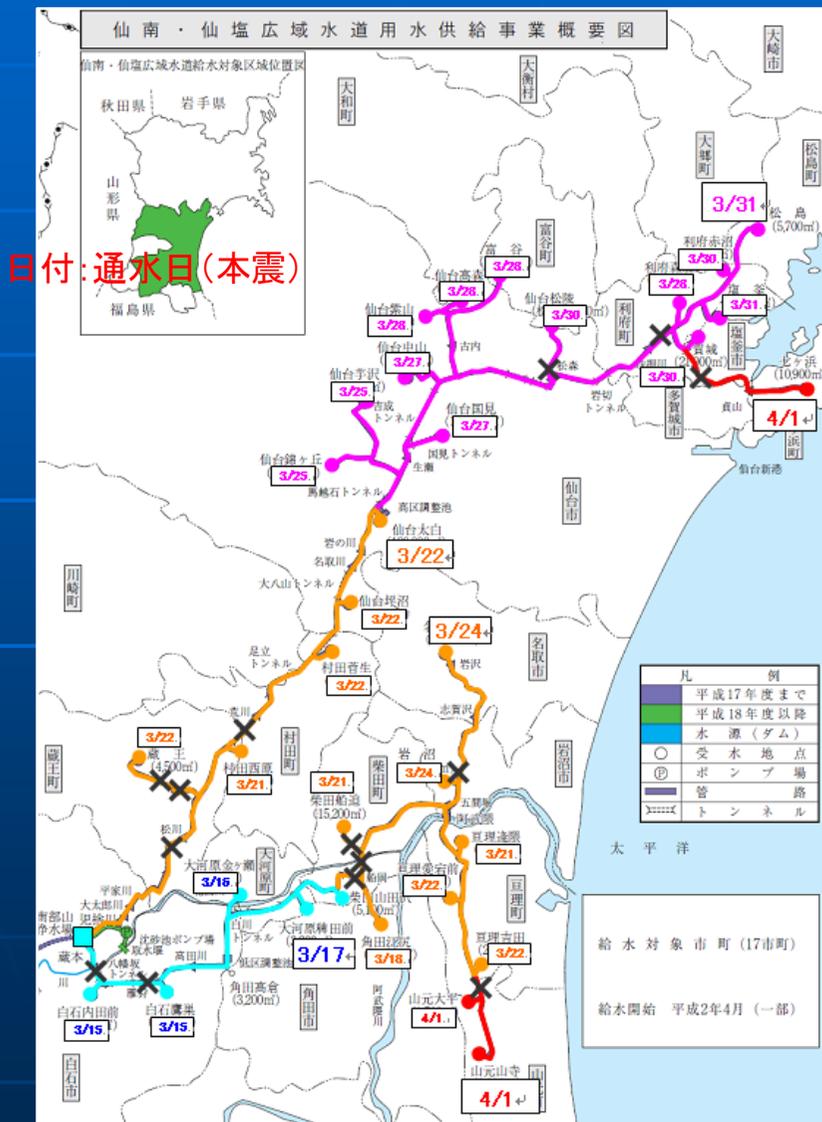


- 被害率が0.1以下であれば断水率も低くなる

用水供給管路の被害とその影響

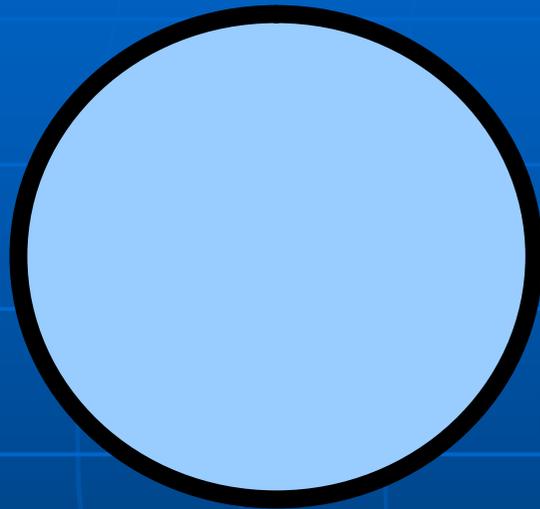
—バックアップが重要—

仙南・仙塩広域水道受水団体の復旧との関係



基幹管路の強化が重要

—弱点を早急に補強—



口径 500mm

中大口径管は注文生産＝在庫がない

断水影響



口径 100mm

小口径管は量産材料＝在庫がある

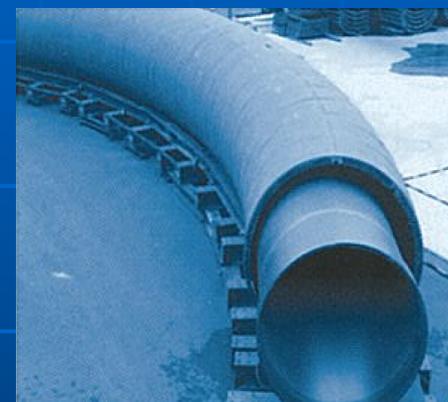
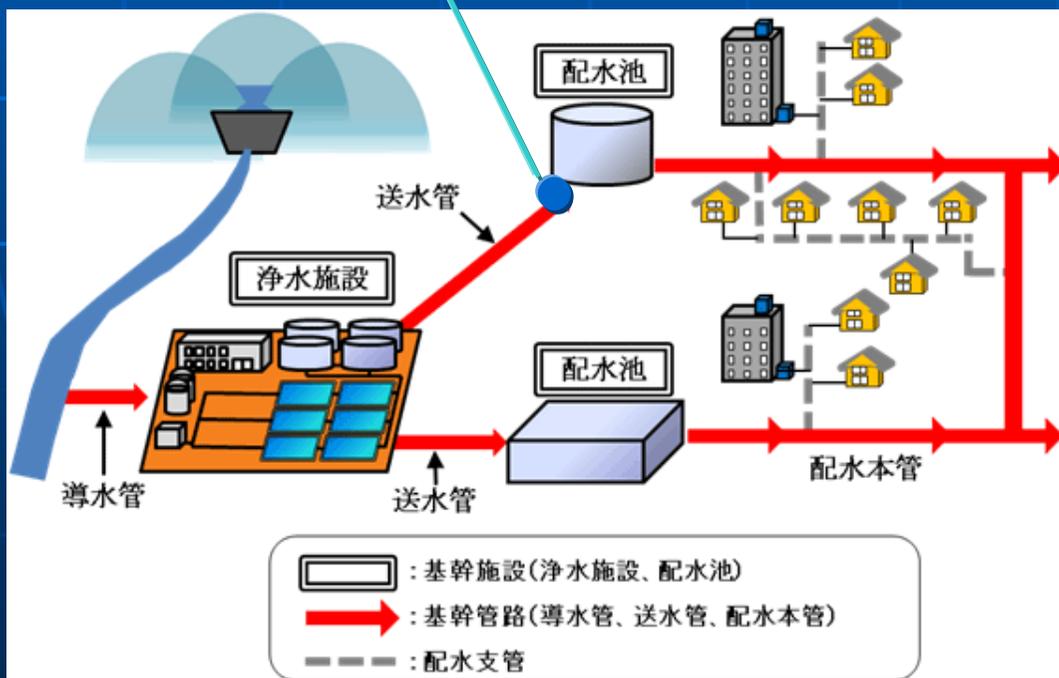
- 口径500mmと100mmでは輸送能力が25倍
- 断水時の影響人口も25倍

基幹管路の耐震化が急がれる

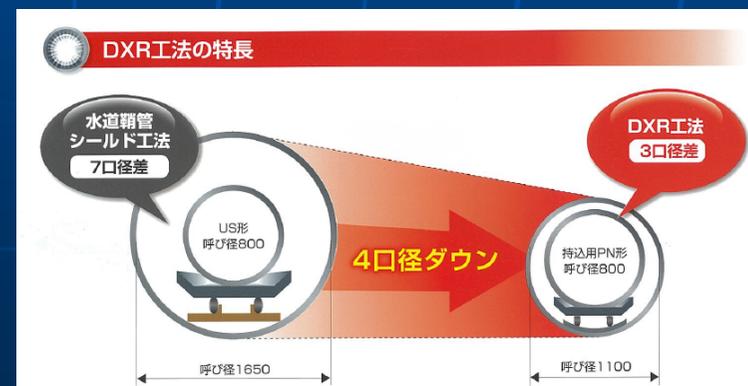
—環境にやさしく経済的—



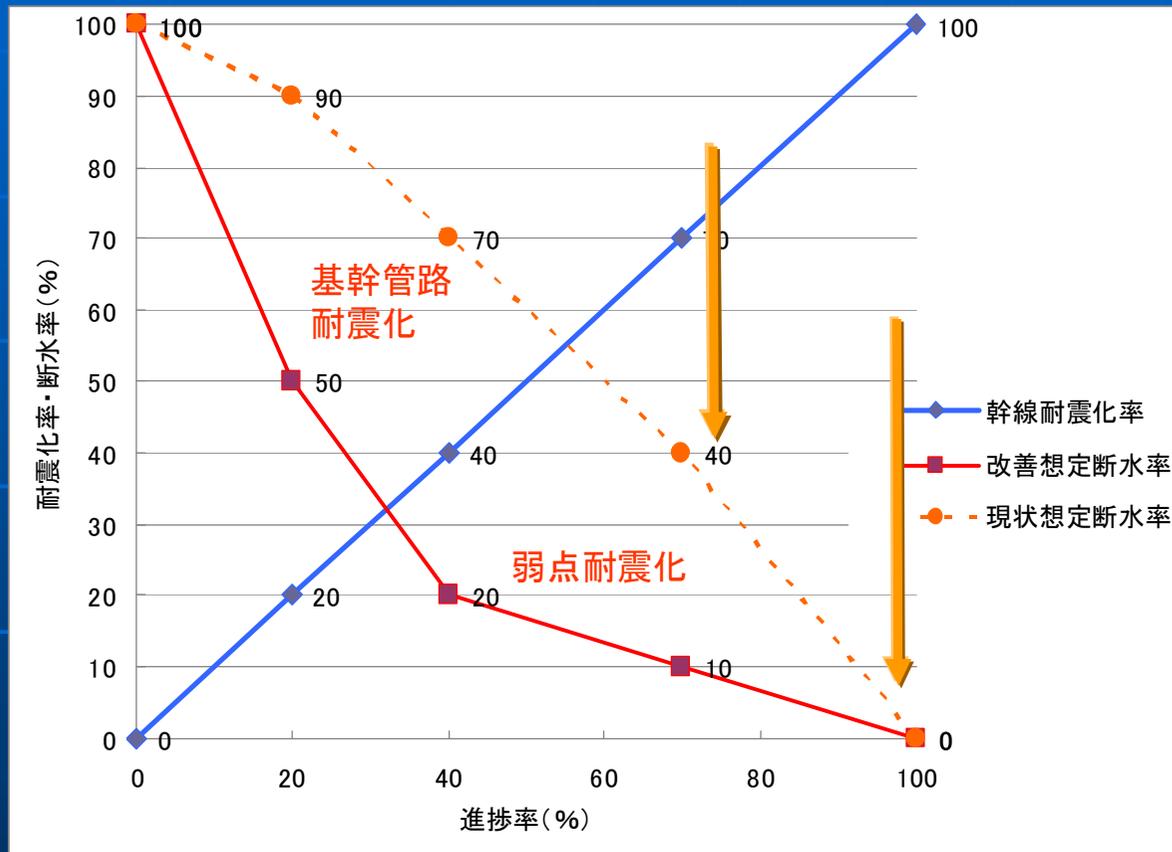
小水力発電



急曲線にも対応



基幹管路・弱点の耐震化で 断水人口・断水率を下げる



φ1500 ダクタイル鉄管
K形継手の離脱

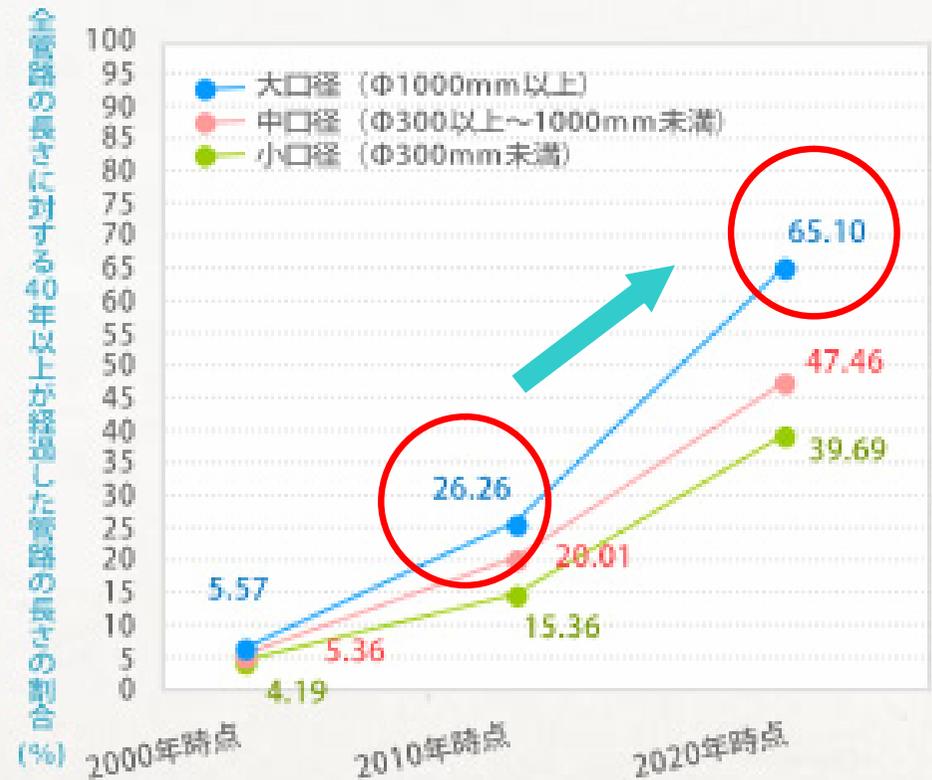
- 耐震化の仕方で被害を小さくできる

基幹管路の老朽化が進んでいる

大口径・中口径・小口径別にみた
老朽管延長の推移 (試算)



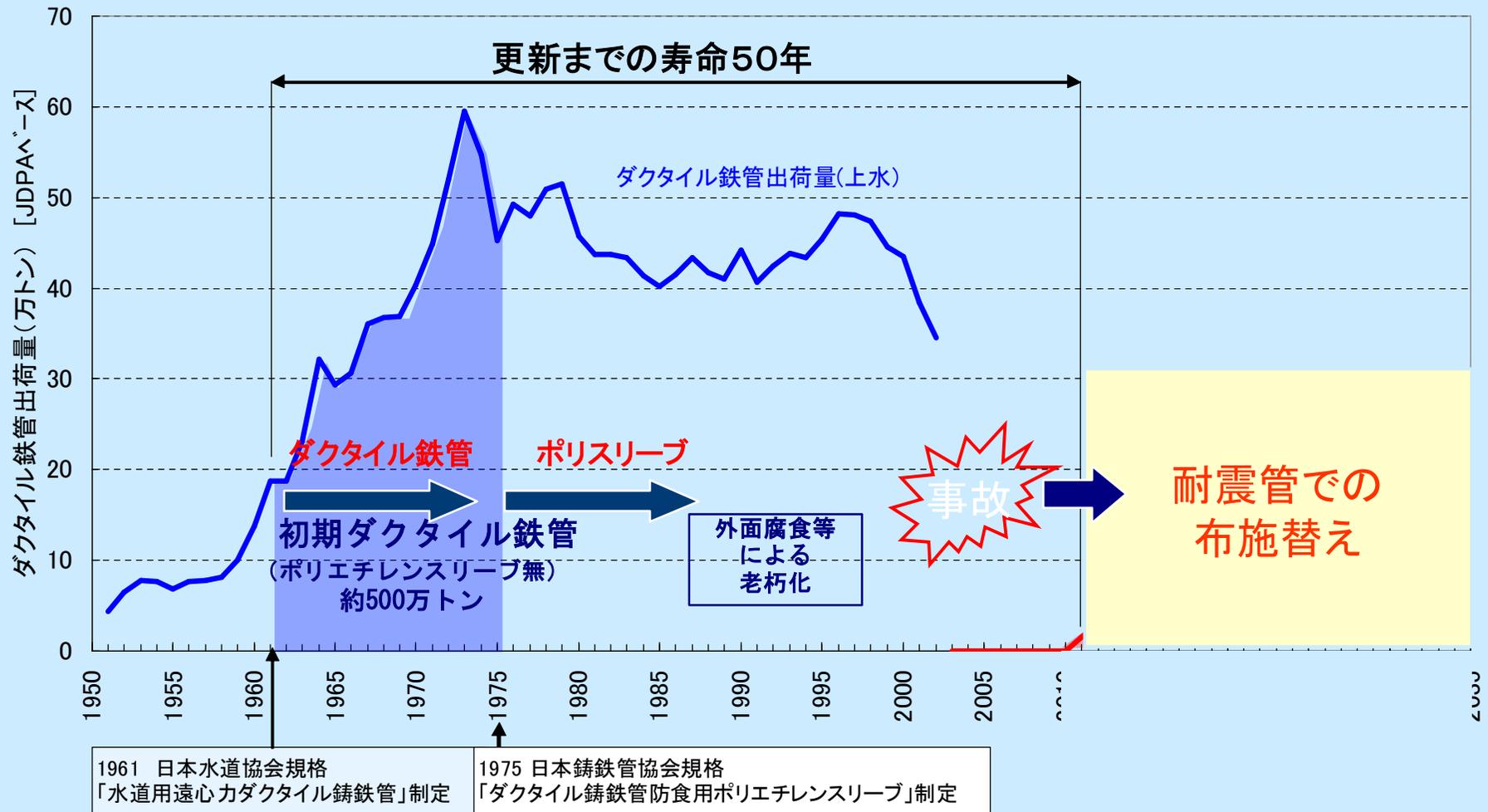
老朽管率の推移 (試算)



引用: 厚生労働省HP

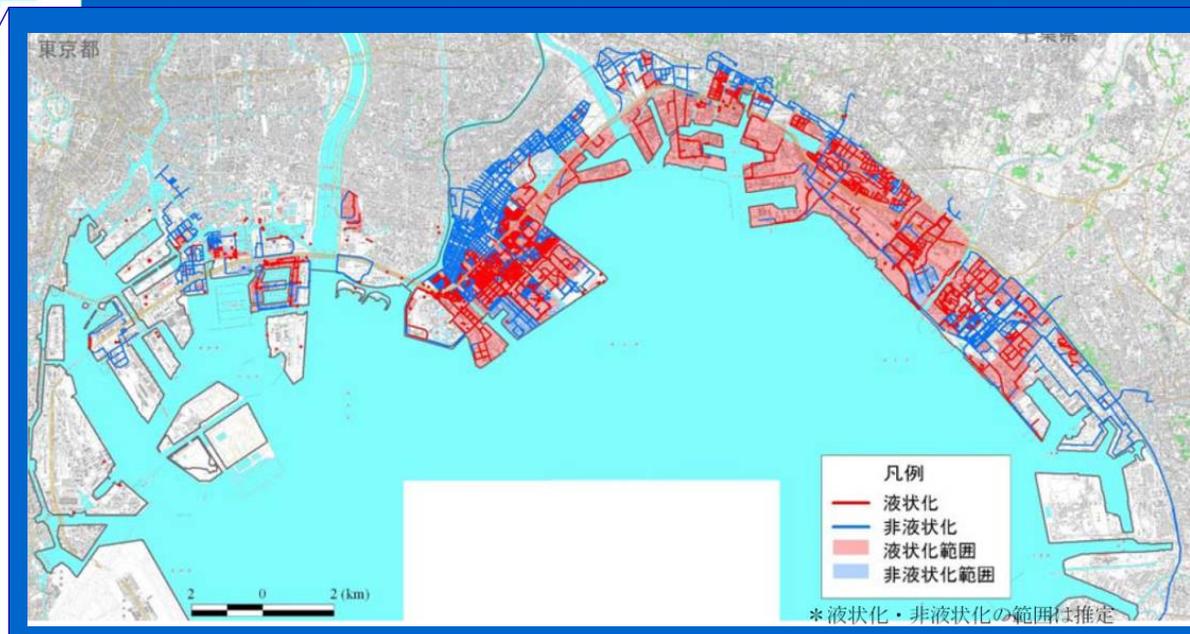
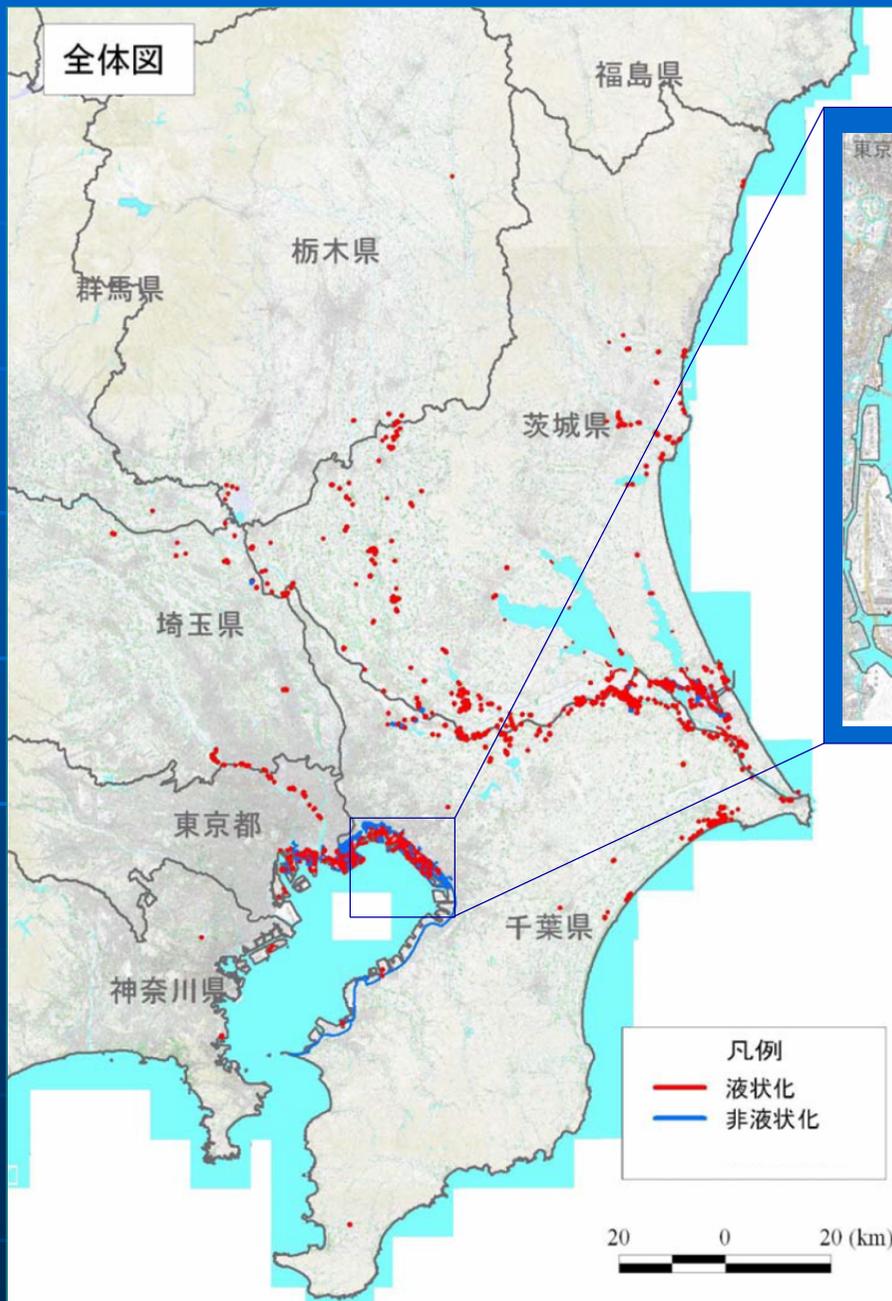
2020年には大口径の65%が老朽管

初期ダクタイトイル管は50歳



■ 注) グラフのトン数は埋設されているトン数ではない。

液状化部を優先して耐震化



- 液状化や地盤変状部で被害が発生



- 基幹管路・重要管路は早急に耐震化

沿岸部水管橋の改修

—津波想定エリアの伏越化—



DIP 水管橋 (被害なし)



DIP 水管橋 (被害なし: 線形に変化あり)



DIP NS形 ϕ 350 橋梁添架管 (被害なし)



更新に使用する管路は耐震管

—まだ約20%が一般管を使用—

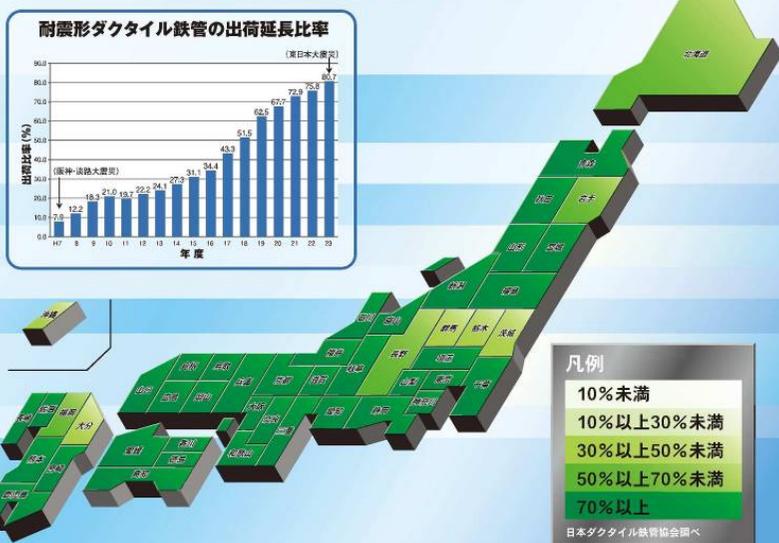
平成23年度 ダクタイル鉄管出荷実績



都道府県別耐震管出荷延長比率

全国平均 **80.7%**

上水道・簡易水道



凡例

- 10%未満
- 10%以上30%未満
- 30%以上50%未満
- 50%以上70%未満
- 70%以上

日本ダクタイル鉄管協会 へ

耐震管 (NS-SI-S-US形直管) の出荷延長 / ダクタイル直管の出荷延長 × 100

一般社団法人 日本ダクタイル鉄管協会

- 耐震管は1979年にJDPA規格化
- 新潟地震・十勝沖地震が契機
- 鋳鉄管は破損した
- ダクタイル鉄管は管体破損なし
- 継手の伸縮性と屈曲性が必要
- 八戸市で1974年に採用・観測実験を開始
- 最近ではアメリカでも接合デモ実施



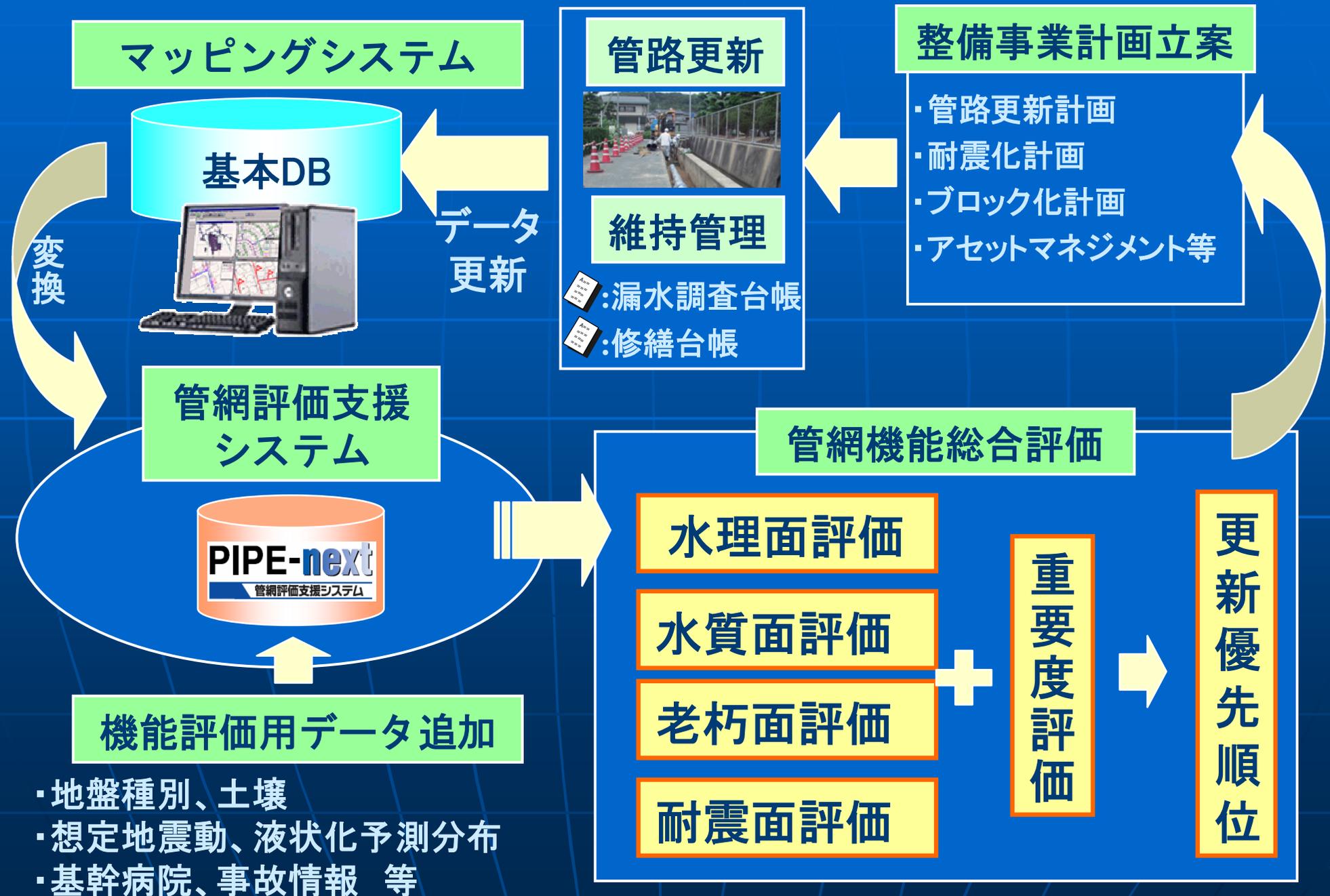
アメリカでも耐震管の採用を検討中

マッピングシステムの普及状況

—水道事業体の71%で導入—

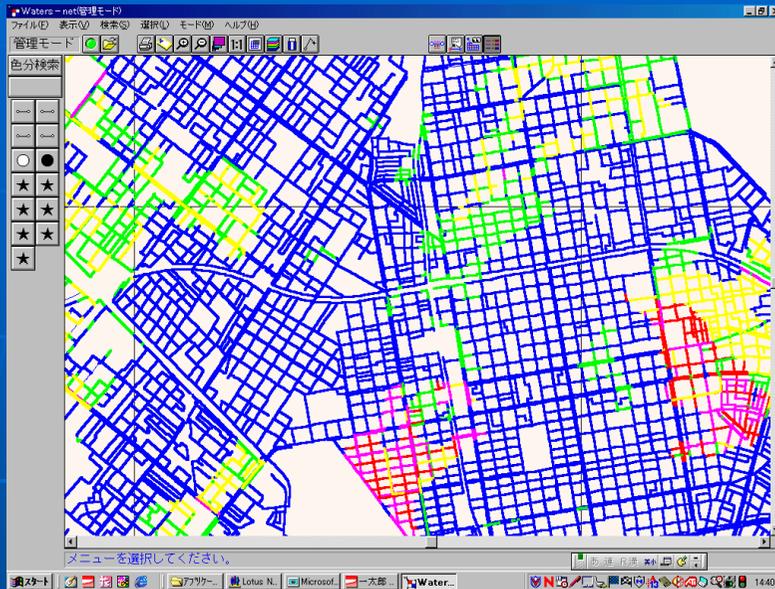
給水区分	端末給水	事業体数	マッピング		
	事業体規模		導入済み	導入比率	未導入
1	100万以上	14	14	100%	0
2	50～100万未満	11	10	91%	1
3	25～50万未満	60	54	90%	6
4	10～25万未満	154	134	87%	20
5	5～10万未満	236	194	82%	42
6	3～5万未満	223	178	80%	45
7	3万未満	722	446	62%	276
	用水供給	71	23	32%	48
	合計	1,491	1,053	71%	438

マッピングシステムを活用したハザードマップ



老朽度マップ

～事故危険度の管路の抽出

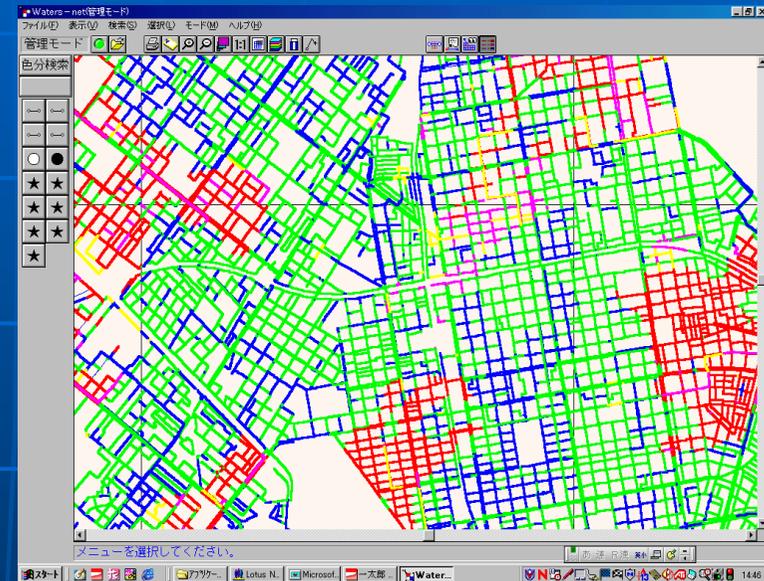


老朽度
ランク



例：老朽度ランク I および老朽度ランク II
を更新対象とする

20年後



現在

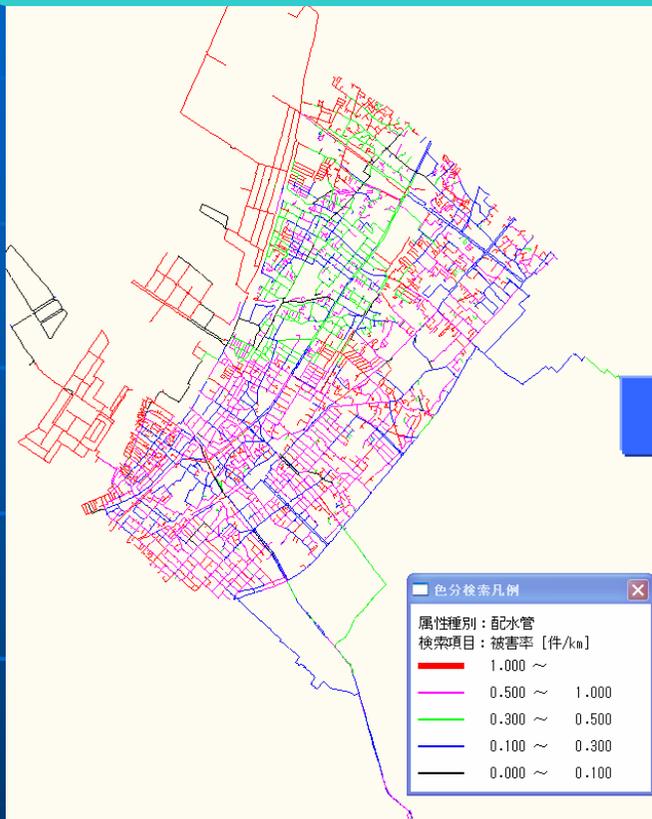


$$\text{外面腐食深さ} = \text{腐食性評価係数} \times \text{埋設年数}^\alpha$$

事故危険度の高い管路の抽出

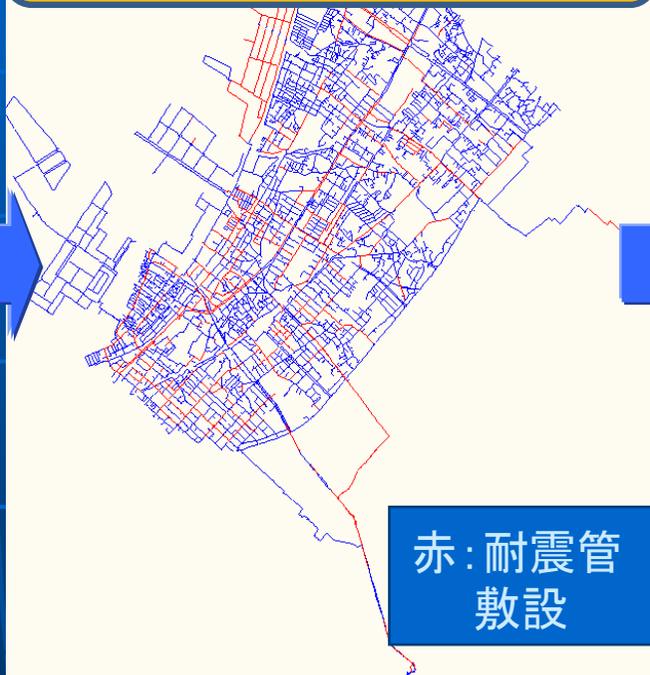
マッピング活用例(耐震化の見える化)

現状(管路被害率)

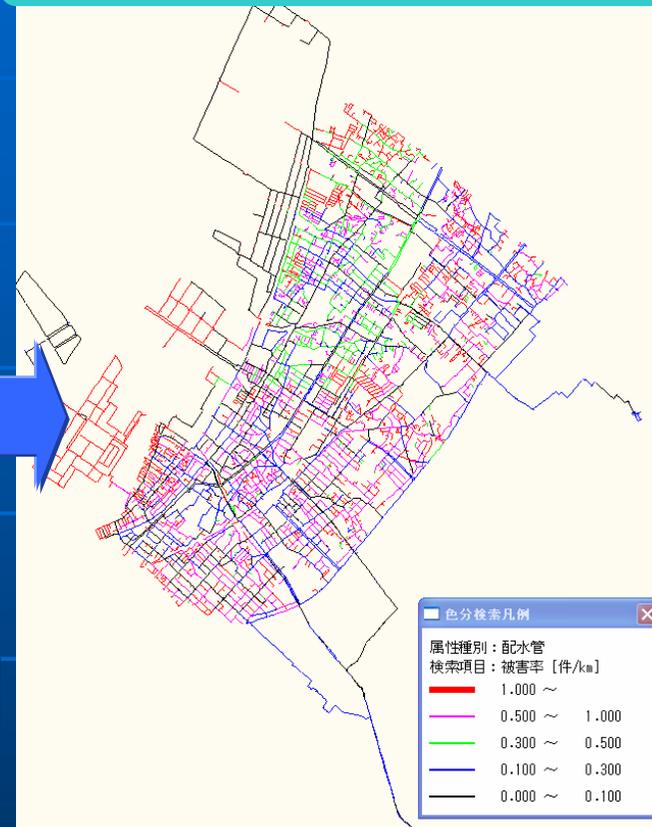


耐震化計画

・被害率、老朽度、重要度
(重要拠点ルート)を考慮



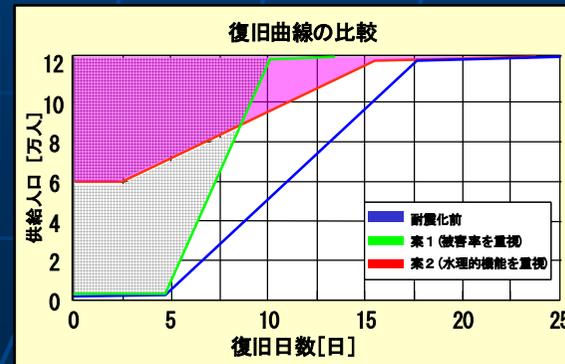
耐震化後(管路被害率)



耐震化効果

復旧日数 & 被災度

現状			耐震化後		
延長	被害件数	復旧日数	耐震化	被害件数	復旧日数
300km	330件	26日	60km	227件	17日



5. これからの何をすべきか

—耐震化に向けての戦略—

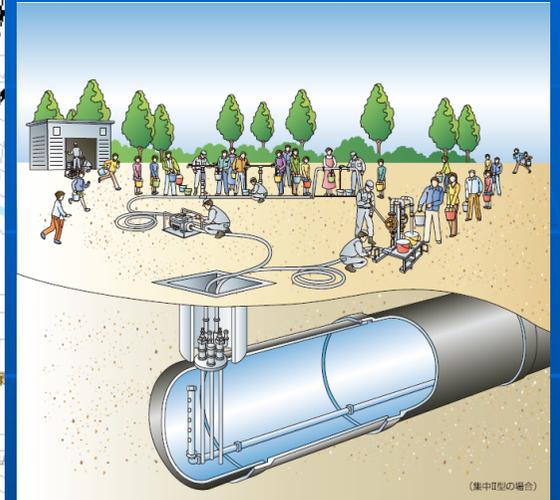
目標設定が大切

- 最終目標は100%
 - ⇒達成には時間とお金がかかる
- 地震はいつ来るかわからない
 - ⇒明日来るかもしれない(減災が重要)
- ステップバイステップでやるべきこと
 - ⇒段階的目標 レベル1, 2, 3
- 市民が分かりやすい目標設定が大切
 - ⇒断水日数、復旧日数など

目標達成までのステップ

- 最低限の飲み水の確保 ⇒ 耐震貯水槽
- 避難所への水の確保 ⇒ 重要管路の耐震化
- 1週間経つと生活用水の確保 ⇒ 緊急給水栓
- 水までの距離の短縮 ⇒ メッシュ管網の耐震化
- 自宅での水道水の確保 ⇒ 耐震化率のアップ
- 断水しない水道管路 ⇒ 耐震化100%

耐震貯水槽が有効に活用された (郡山市の例)



ソフト面・防災訓練が大切
(鎌倉市の例)

キャンバス水槽も有効

—給水車の効率活用—



新潟市水道局が支援



重要拠点までの管路耐震化が重要 ーバックアップ化も大切ー



- ガソリンがないと給水車も動けない
- 道路も寸断されると水が運べない
- 給水拠点、避難所、病院までの耐震化が必要



被災後1週間後では
生活用水が必要

日頃から震災を意識したしくみが大切

- 上水・下水は両輪
 - ⇒協力して戦略的に立てることが必要
- 独立型の上下水道ユニット
 - ⇒避難所などはろ過式浄水設備を設置
- 管路・施設データのバックアップ
 - ⇒遠方の姉妹都市に保管
- 平常時の人材交流
 - ⇒姉妹都市との日頃からの人材派遣

市民の視点で耐震化

- 市民が災害時に望むことは何？
 - ⇒ペットボトルは余ってる トイレ・お風呂？
- 蛇口の向こう側の水の確保
 - ⇒必要な時、必要な量の水がほしい
- いつ水が出るのか情報が知りたい
 - ⇒インターネットは復旧したのに？
- 災害前にも水の知識があったら
 - ⇒すぐ近くに給水所があったなんて！
- 水を使いたいけど下水が！
 - ⇒何で水道が出るのに使えないの！

市民とのリスクコミュニケーション

広報(PR)のステップ

Rowan の CAUSEモデル

1. 信頼を築く
2. リスクに気づく
3. リスクの理解
4. 解決策の理解
5. 行動をする



リスクの受容

リスクへの対処

相手のレベルに合わせたPR

ポジティブフレーム

耐震化すると断水が低減
更新すると事故が低減
耐震貯水槽があると3日は安心
耐震化すると液状化もOK



ネガティブフレーム

耐震化しないと3か月断水
更新しないと大事故
耐震貯水槽がないと飲み水がない
耐震化しないと液状化で漏水多発

長期的視点(LCC)で耐震化 —ダウンサイジングを活用したコスト縮減—

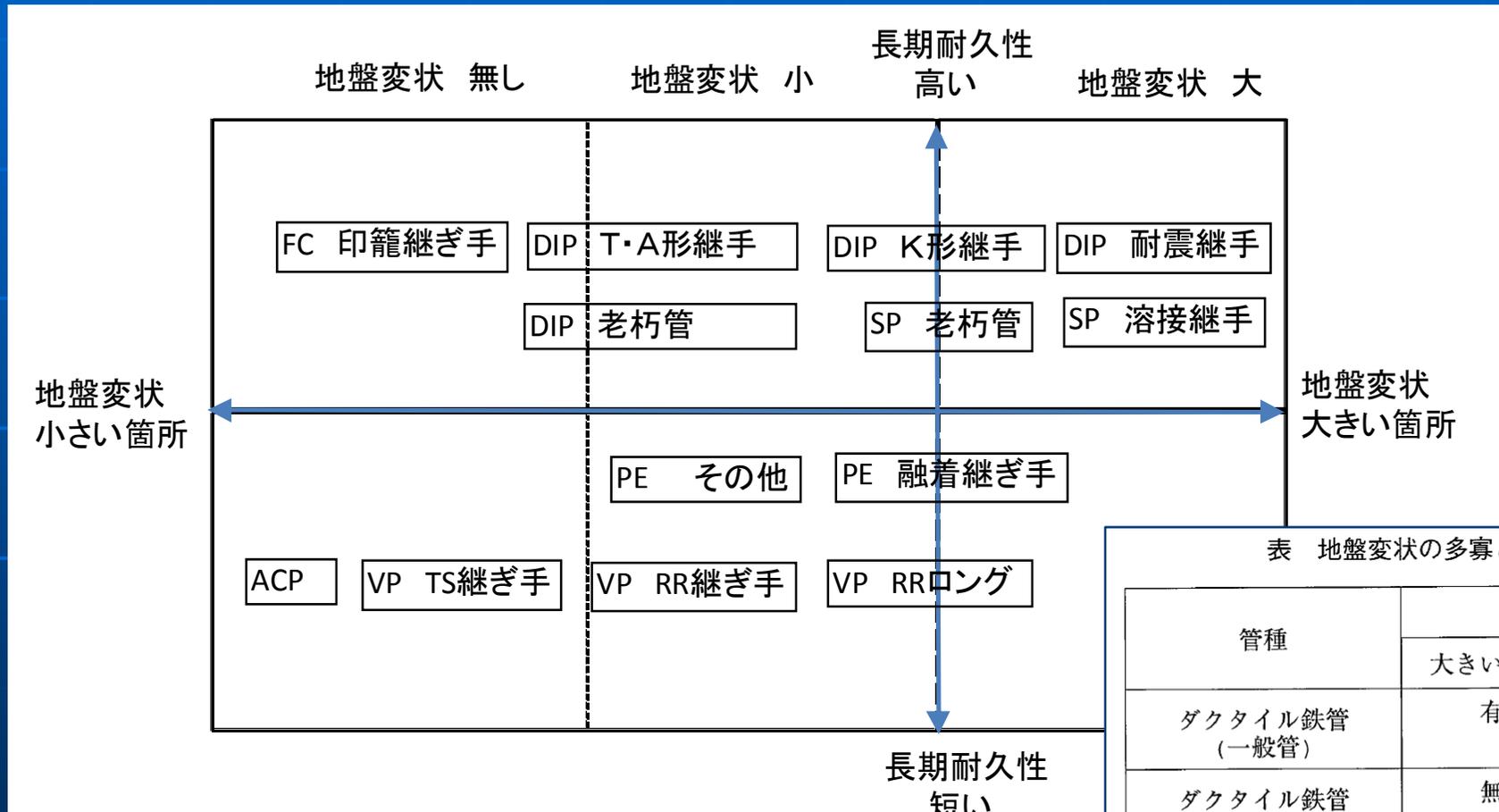


表 地盤変状の多寡と管路被害

管種	地盤変状	
	大きい箇所	小さい箇所
ダクタイル鉄管 (一般管)	有	無
ダクタイル鉄管 (耐震管)	無	無
硬質塩化ビニール管	有	有
ポリエチレン管	有	無

これからの耐震化に必要なこと

- 耐震化の目標を持つこと
- ステップbyステップの耐震化
- 日頃から震災を意識した対策
- 市民の視点で耐震化
- ダウンサイジングを利用したコスト縮減
- ライフサイクルコストを抑えた施設更新



「命の水 未来につなごう市民の水道」

ご清聴ありがとうございました。

