

土木学会 環境工学委員会
臨床環境技術小委員会・環境技術思想小委員会

愛知県尾州地方における水利用に関する訪問調査

上水配水管内環境の制御に関する段階的な考え方

京都大学大学院工学研究科
伊 藤 禎 彦

愛知県 尾張西部浄水場
2023年11月6日

水需要量の減少



管内流速の低下、滞留域発生



残留塩素濃度低下等の水質劣化を引き起こす

市民に望まれる水道水： 安全でおいしい水



**（老朽化が進行する）配水系統で
これを実現するための各種技術が必要**

配水管内環境のメンテナンス技術 とその高度化

懸濁物質管理・制御のための考え方の整理

第1段階：浄水処理における制御

第2段階：管網における水理条件の管理・制御

第3段階：洗 管

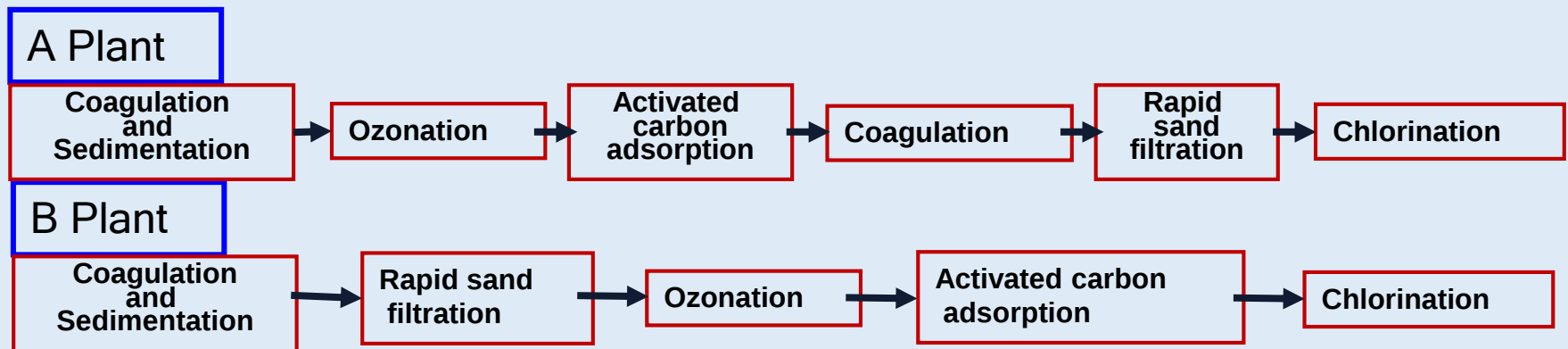
大阪広域水道企業団 村野浄水場付近 新天の川橋水管橋 (2014. 7)



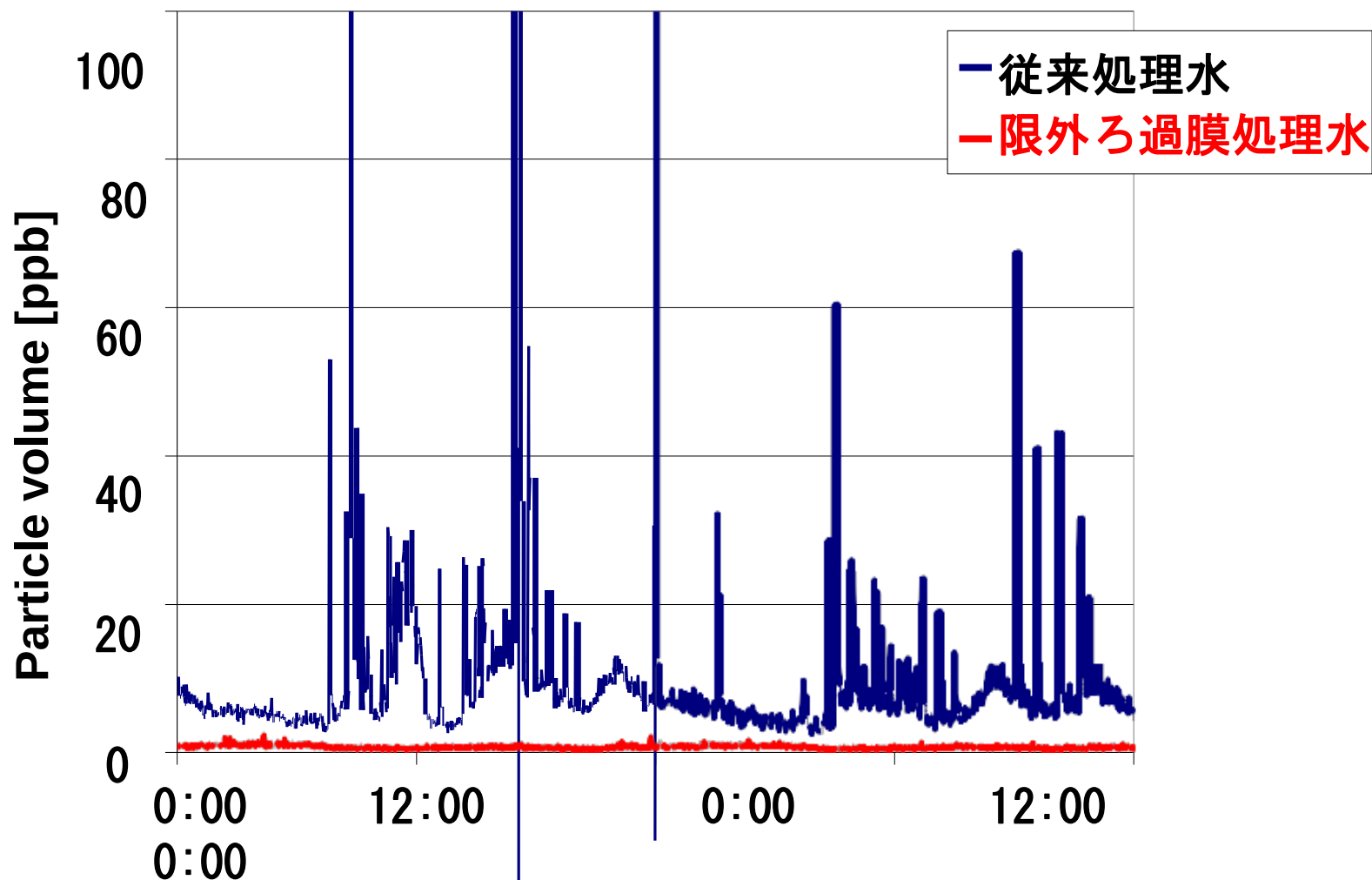
第1段階：浄水処理における制御

送配水系へ流入する微粒子等重量の推定例

	浄水濁度	浄水中微 粒子濃度 (mg/m^3)	平均浄水 量 ($\text{万m}^3/\text{日}$)	送配水系流 入重量 ($\text{kg}/\text{日}$)
A浄水場	0.004	5.1	47	2.4
B浄水場	0.032	18	113	20

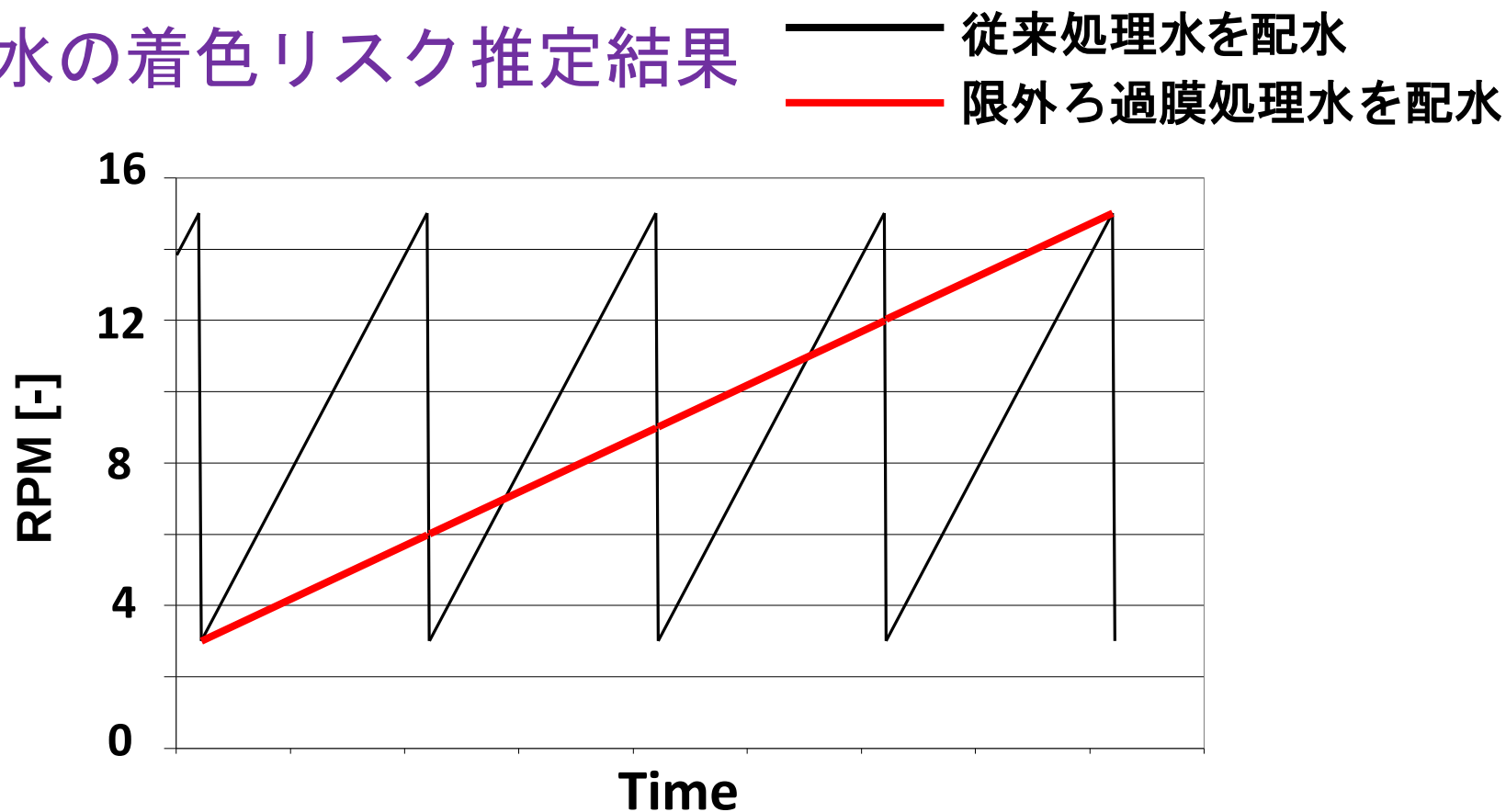


処理プロセスから流出する粒子数



Particle volumes of drinking water and UF-water during two representative days in the first measuring period (March-April 2006)

水道水の着色リスク推定結果



限外ろ過膜処理水を配水した場合、着色リスクが同程度になる時間は**5～10倍**遅らせることができる(J. Vreeburg: Discolouration in drinking water systems: a particular approach, Delft University of Technology, Delft, the Netherlands, 2007.)

●膜ろ過は、配水管網を清浄に保つのに大きく寄与

第2段階：管網における水理条件の管理・制御

オランダの取り組み例

配水管網の設計

セルフクリーニング(自己洗浄)の考え方導入

1日に1回、**0.4 m/秒以上**の流速が出現するように
配水管網を設計



配水管自体にセルフクリーニングの機能を持たせる。
管網内での粒子の蓄積を防ぐ。

セルフクリーニング機能を有する管網の設計ガイドライン作成（1999年）

J. Vreeburg: Discolouration in drinking water systems: a particular approach, Delft University of Technology, Delft, the Netherlands, Chapter 3, pp. 35-62, Chapter 4, pp. 63-88, Chapter 5, pp. 89-112, 2007.

- 管径 小
- 枝状管網

第3段階： 洗 管

洗管の3レベル

1. 放 水

- (a) 滞留水の排出、残留塩素の確保が目的
- (b) 目標流速0.4 m/s程度。堆積物等の排出を目的。

2. フラッシング洗浄

流速1.5 m/s, 管容積×3倍の水量で洗浄効果を得る

3. 擦りとる方法

- ✓ ピグ洗浄
- ✓ 回転ブラシ付高圧ジェット洗浄
- ✓ アイスピグ洗浄

・ ・

放水例

「排流装置」

仙台市 野尻浄水場配水区域



58%
放水

放水による洗管例

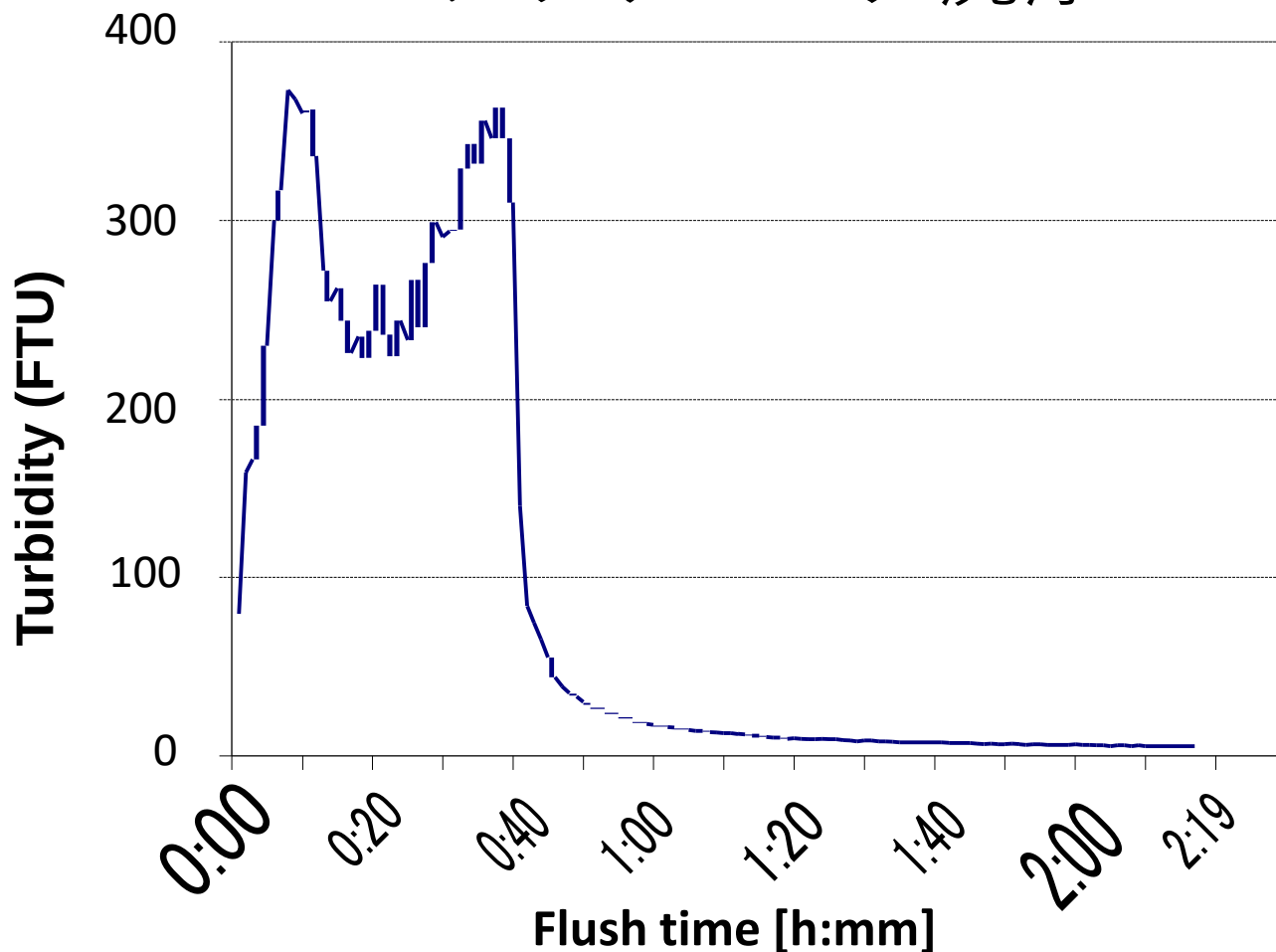


大阪府内 2016年9月

兵庫県内 2016年11月



フラッシング洗浄



Turbidity measurements at the flushing point of a 300 mm AC pipe, length 3600 m, volume flow 680 m³/h (1,5 m/s).

Horizontal axis is the time elapsed after the start of the experiment.

pig washing example

栃木県佐野市 2023. 10

- 原水：地下水
- 布設後 44年
- 洗浄距離：485 m



通過後のpig



アイスシャーベット



アイスピグ洗浄

洗浄イメージ



東亜グラフト工業株式会社HPより

✓ オランダにおける実施例

http://www.youtube.com/watch?v=_FOfVOOoa0E&feature=related

管内環境形成のモデル化と制御性

1. **浄水中微粒子濃度**の定量（および推定）
浄水場から送配水系へ流入する固相量の定量化
（単位：**kg/日**）
2. **配水管内蓄積量**の実測（単位：**g/m²**）
神戸市内配水区域におけるフィールド調査
3. **洗管時の除去率**定量
通水試験管路を利用
4. **配水管テストピースを用いた微粒子等の付着実験**
初期付着一定常一脱離過程の把握とモデル化
主要パラメータ：**流速**

蓄積量の実測

フィールド調査：
洗管排水の採取と分析



対象地域：神戸市 住吉中層 配水区域

調査方法：放水洗管により排出される濁水を採水、分析
(計30サンプル)

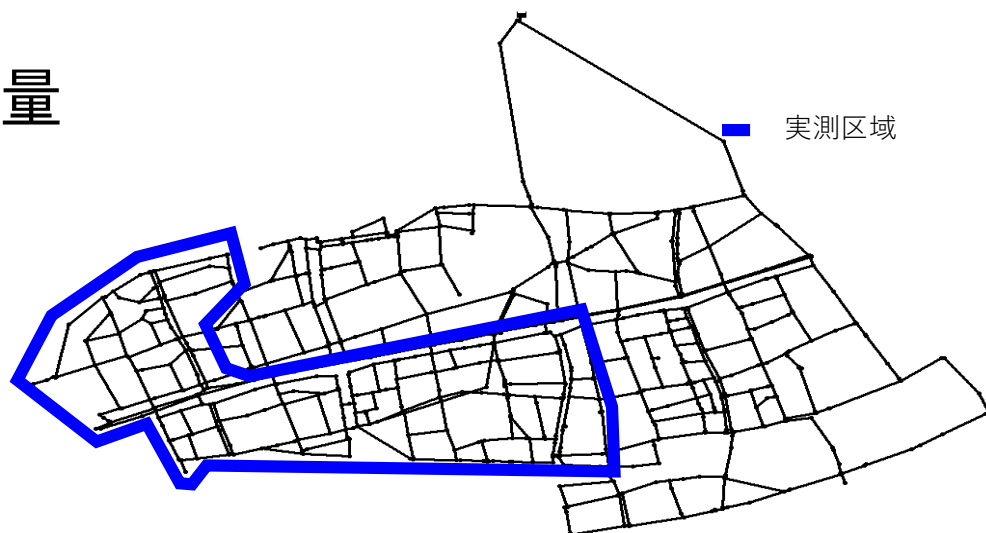
浄水由来の蓄積量を定量

蓄積量

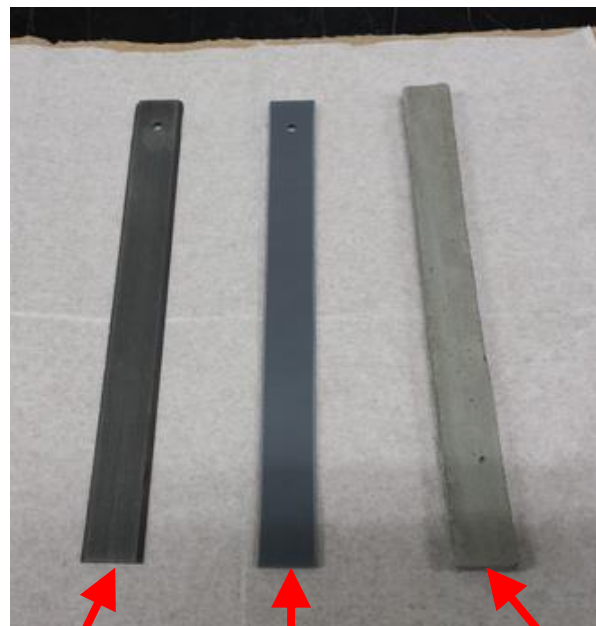
最大値 2.95 g/m²

最小値 0.18 g/m²

平均値 1.01 g/m²



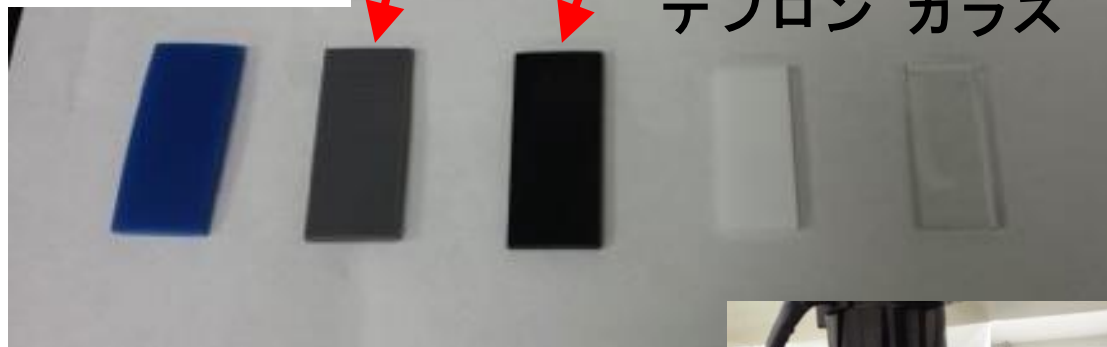
配水管テストピースを用いた付着実験



ポリエチレン
(PE)

硬質塩化
ビニル (PVC)

耐衝撃性塩化
ビニル (HI)



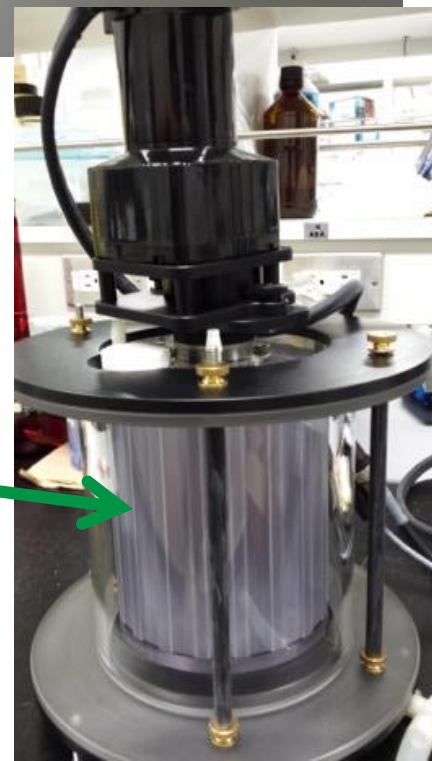
テフロン ガラス

ダクタイル 鋳鉄
エポキシ樹脂
粉体塗膜
セメント
モルタル

テスト
ピース挿
入口

主要パラメータ：流速

<アニュラーリアクター>



実配水管網における平衡蓄積量分布

対象地域：神戸市住吉中層
配水区域

管内蓄積量 (g/m^2)

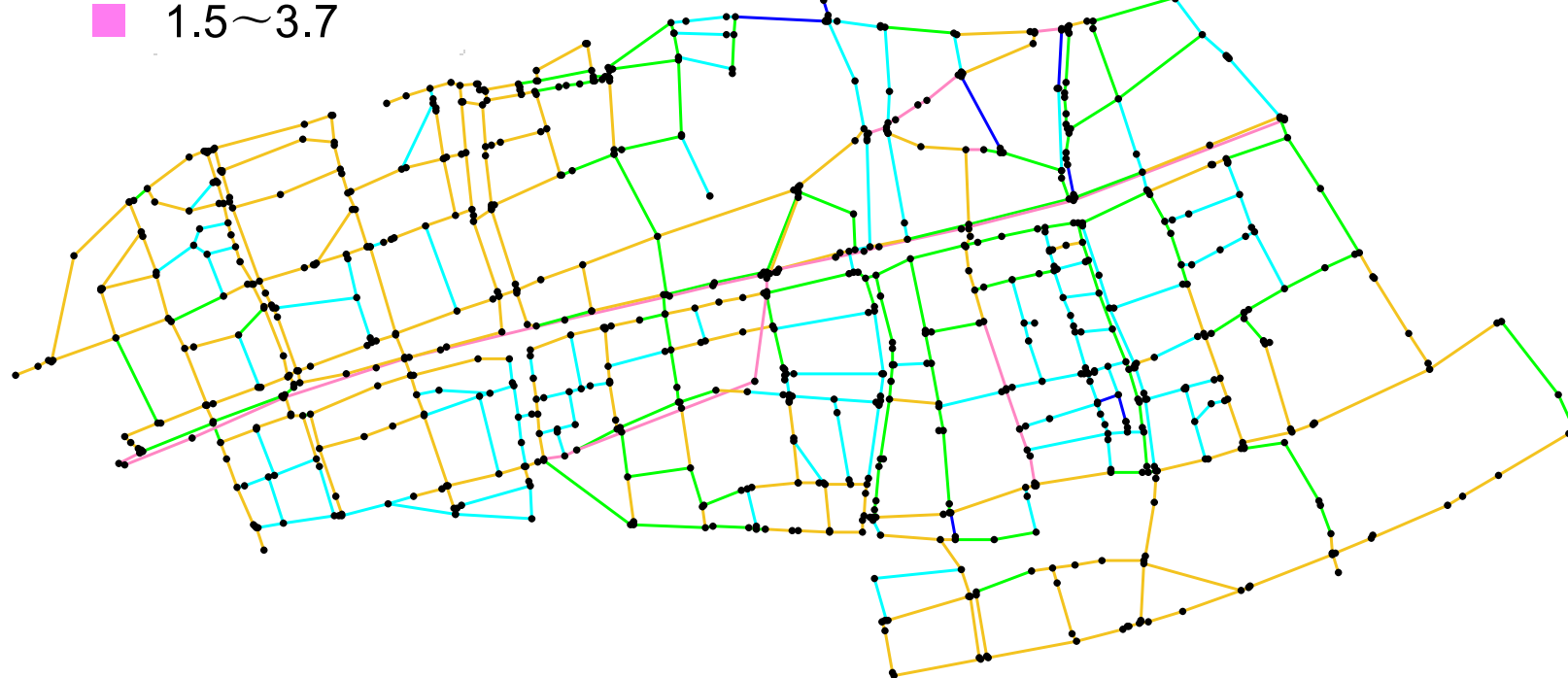
- 0.13～0.50
- 0.50～0.75
- 0.75～1.0
- 1.0～1.5
- 1.5～3.7

配水池

平衡蓄積量：

23.8 kg (管網全体)

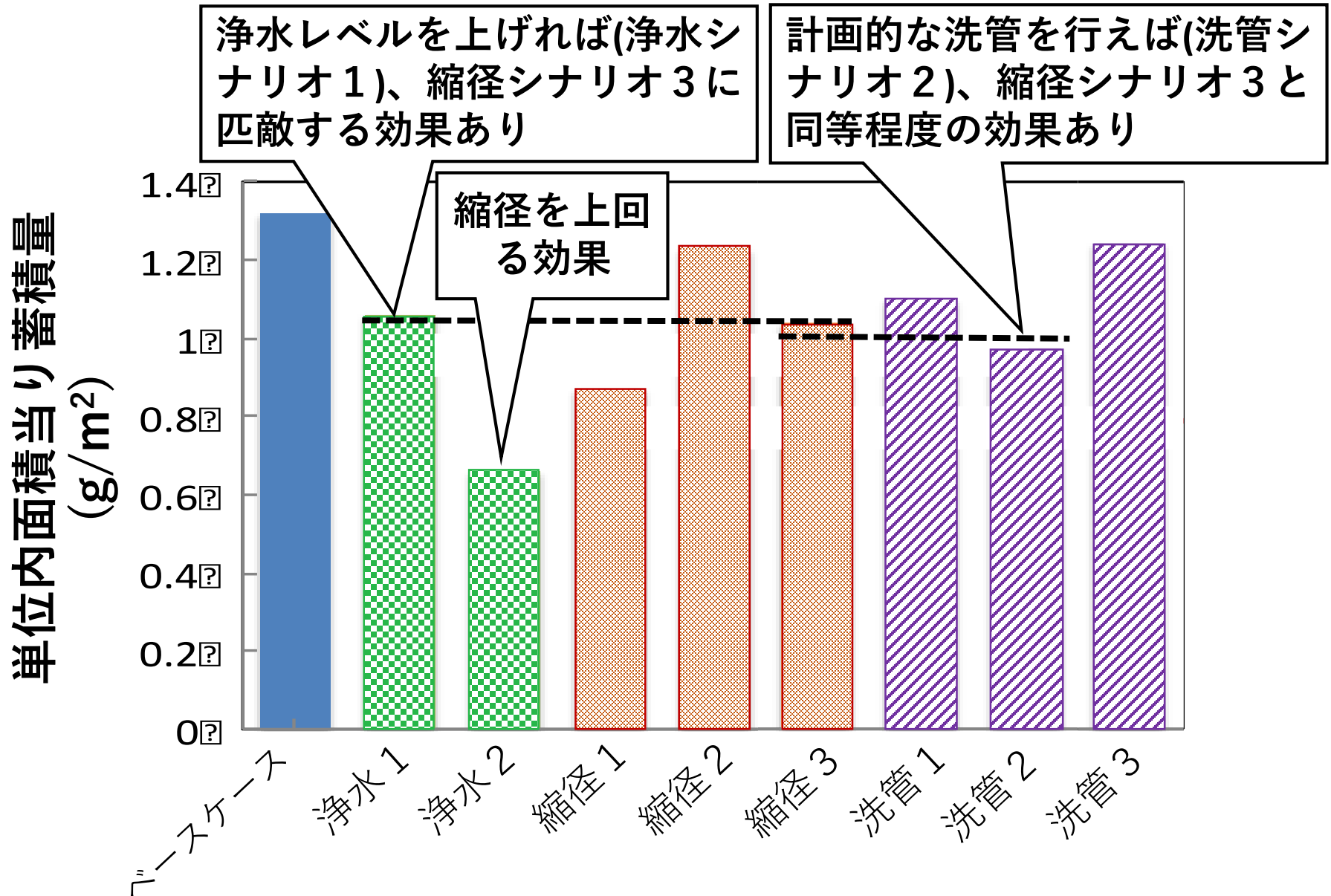
1.32 g/m^2 (平均)



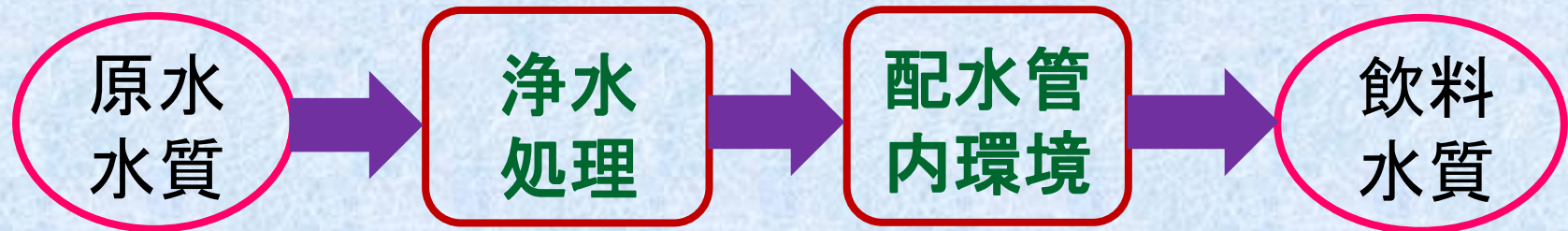
制御性を検討するために設定したシナリオ

第一段階: 浄水シナリオ	ケース1	浄水中懸濁物質濃度を20%低減
	ケース2	浄水中懸濁物質濃度を50%低減
第二段階: 縮径シナリオ	ケース1	全管路の口径を1段階縮小
	ケース2	100 mmの管路を75 mm, 120,150 mmの管路を100 mmに縮小
	ケース3	流速が中央値0.03 m/s以下である管のみを1段階縮小 配水区域を10区画に分割。定常状態(約7年後)に達した後、一定 期間ごとに蓄積量(g/m ²)が大きい区画から順に洗管実施。設定 除去率は 100%。
第三段階: 洗管シナリオ	ケース1	全管路 1年ごと
	ケース2	全管路 半年ごと
	ケース3	流速が最頻値0.01 m/s以下である管のみを洗管。 半年ごと。

シナリオ間の比較



総 括



人口減少社会へ向けた
トータルソリューションの導出が最終目標