

小規模水供給システムのあり方に関するシンポジウム

配水管内環境の評価・制御と地元管理水道のゆくえ

研究分担者 京都大学 伊藤禎彦
研究協力者 京都大学 堀さやか・福岡早紀

東京大学工学部
2019年9月3日

小規模水道システムにおける 配水管内環境の評価と制御

福岡早紀, 伊藤禎彦, 岸本如水: 飲料水供給施設における配水管内環境の制御方法, 平成30年度全国会議 (水道研究発表会) 講演集, pp. 412-413, 2018. 10.

福岡早紀, 伊藤禎彦: 小規模水道システムにおける配水管内環境の制御と評価, 第53回日本水環境学会年会 講演集, p. 291, 2019. 3.

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

対象地域

- 中部地方H市の飲料水供給施設(以下、飲供) 3箇所
- 中部地方Y市の旧簡易水道施設(以下、旧簡水) 1箇所
- 東北地方S市の旧簡易水道施設(以下、旧簡水) 2箇所

(※旧簡水は上水道に統合済)

事業主体名		現在 給水人口 (人)	原水 種別	浄水 施設	配水管 総延長 (km)	標高差 (m)
市町村名	配水区域名					
H市	k飲供	50	浅井戸	急速ろ過	3.3	100
	a飲供	三段階のシナリオを設定		0.8	21	
	n飲供	9	表流水	吸引ろ過	0.5	18
Y市	k旧簡水	592	表流水	緩速ろ過	10	124
S市	n旧簡水	管路の維持管理作業に注目		7	91	
	t旧簡水	200	湧き水	UF膜ろ過	8.2	50

H市



k飲水の浄水施設



a飲水の浄水施設



n飲水の浄水施設

Y市



k旧簡水の浄水施設

S市



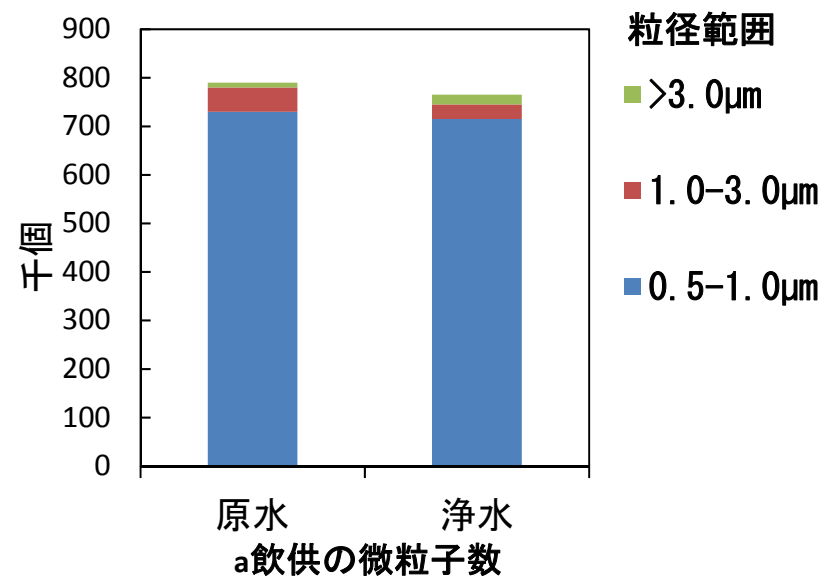
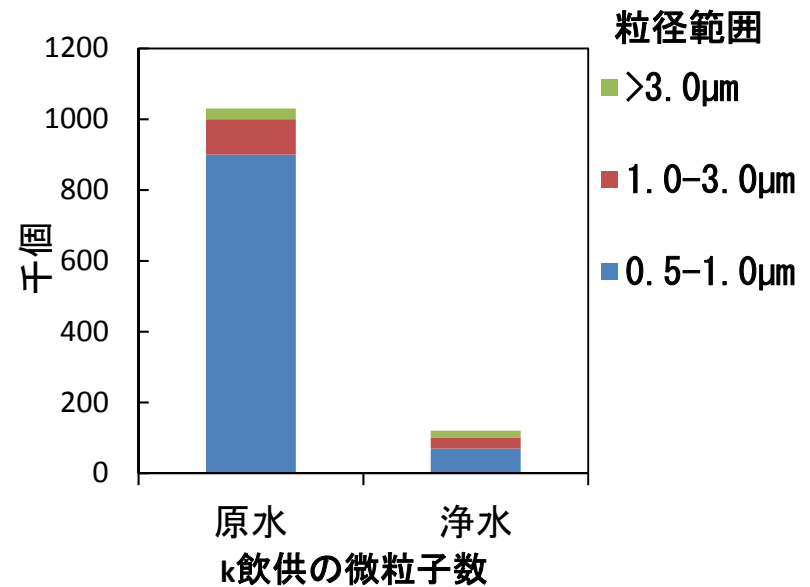
n旧簡水の浄水施設



t旧簡水の浄水施設

水質測定結果

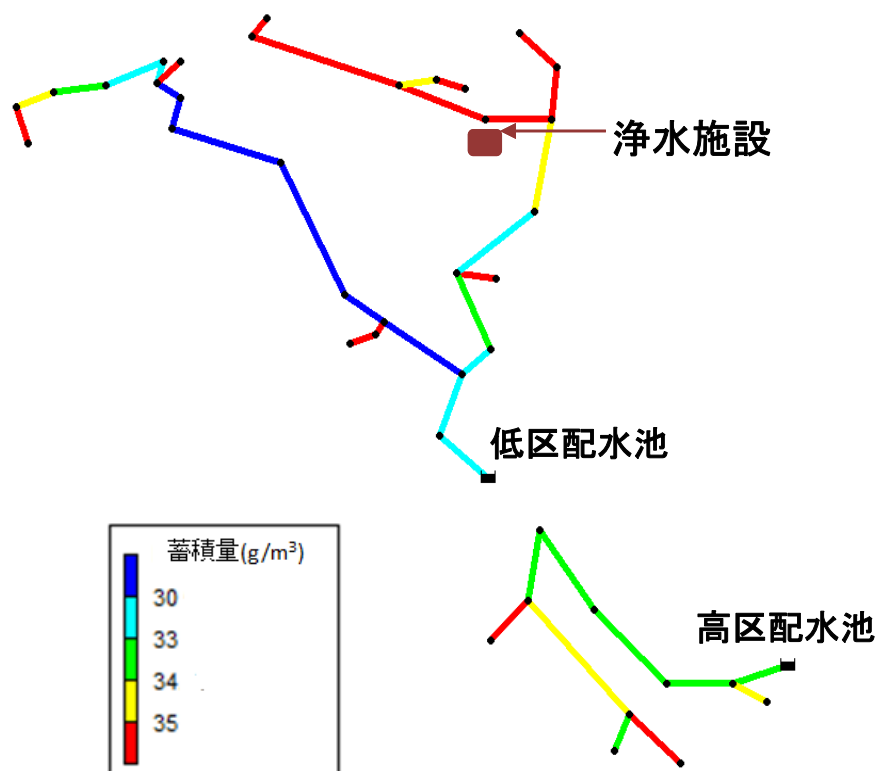
市名	配水区域	濁度 (NTU)		濁度除去率 (%)
		原水	給水栓水	
H市	k飲供	0.77	0.01	98
	a飲供	1.29	1.44	0
	n飲供	1.04	0.16	87
Y市	k旧簡水	0.29	0.02	92
S市	n旧簡水	0.005	0.0006	88
	t旧簡水	0.12	0.0008	99



【a飲供の浄水処理装置】

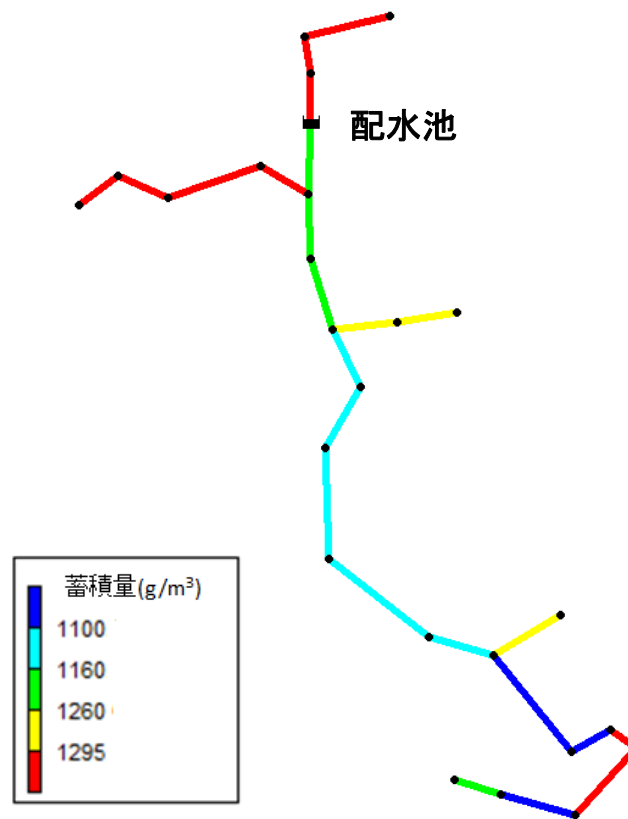
消毒 + 押し込み圧吸引ろ過

k飲供の蓄積量分布推定結果



20年流入重量 (g/20year)	総蓄積量 (g)	配水管内面 単位面積当たり の蓄積量 (g/m ²)	付着割合 (%)
1110	106	0.27	9.6

a飲供の蓄積量分布推定結果



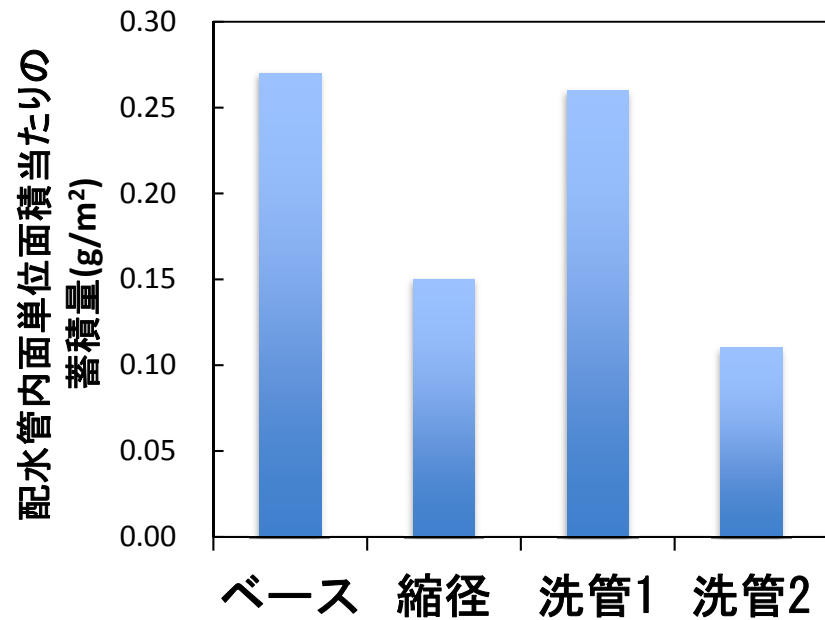
20年流入重量 (g/20year)	総蓄積量 (g)	配水管内面 単位面積当たり の蓄積量 (g/m ²)	付着割合 (%)
20100	1030	12.7	5.1

H市 k, a 飲供におけるシナリオ設定 (蓄積期間 : 20年)

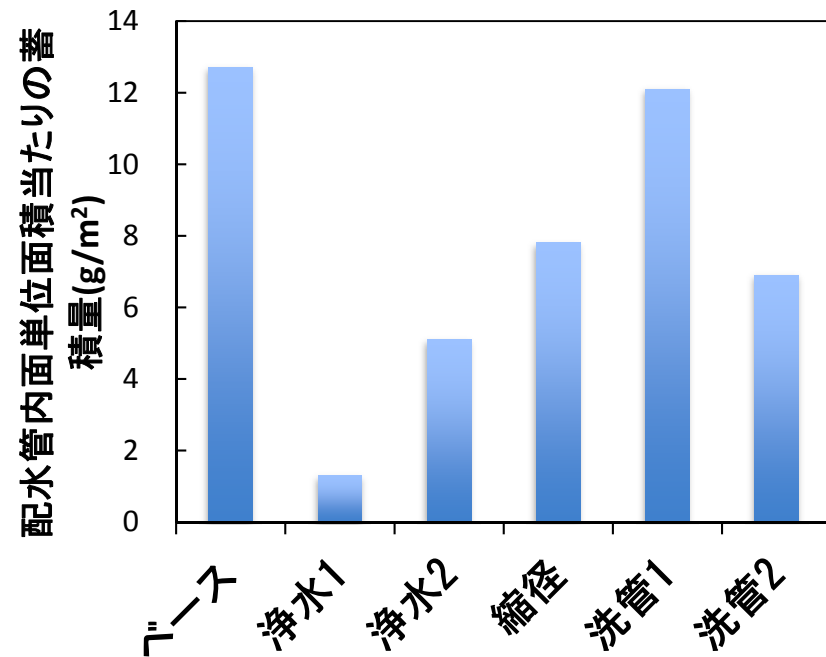
	k飲供						a飲供				
第一段階 : 浄水 シナリオ	現有施設の濁度除去率が高い (98%) ので新たに設定せず						浄水 1 : 除去率 90% 導入 浄水 2 : 除去率 60% 導入				
第二段階 : 縮径 シナリオ	縮径前 mm	20	25	30	40	50	縮径前 mm	25	30	40	50
	縮径後 mm	13	20	25	30	40	縮径後 mm	20	25	30	40
第三段階 : 洗管 シナリオ	洗管1 : 配水区域を2分割し蓄積量 (g/m ²) が多い区域を優先. 10年後と15年後に洗管実施. 設定除去率100%. 洗管2 : 配水区域を2分割し蓄積量 (g/m ²) が多い区域を優先. 10年後から1年に1回洗管実施. 設定除去率100%.										

シナリオ間の比較

k飲供におけるシナリオ比較結果



a飲供におけるシナリオ比較結果



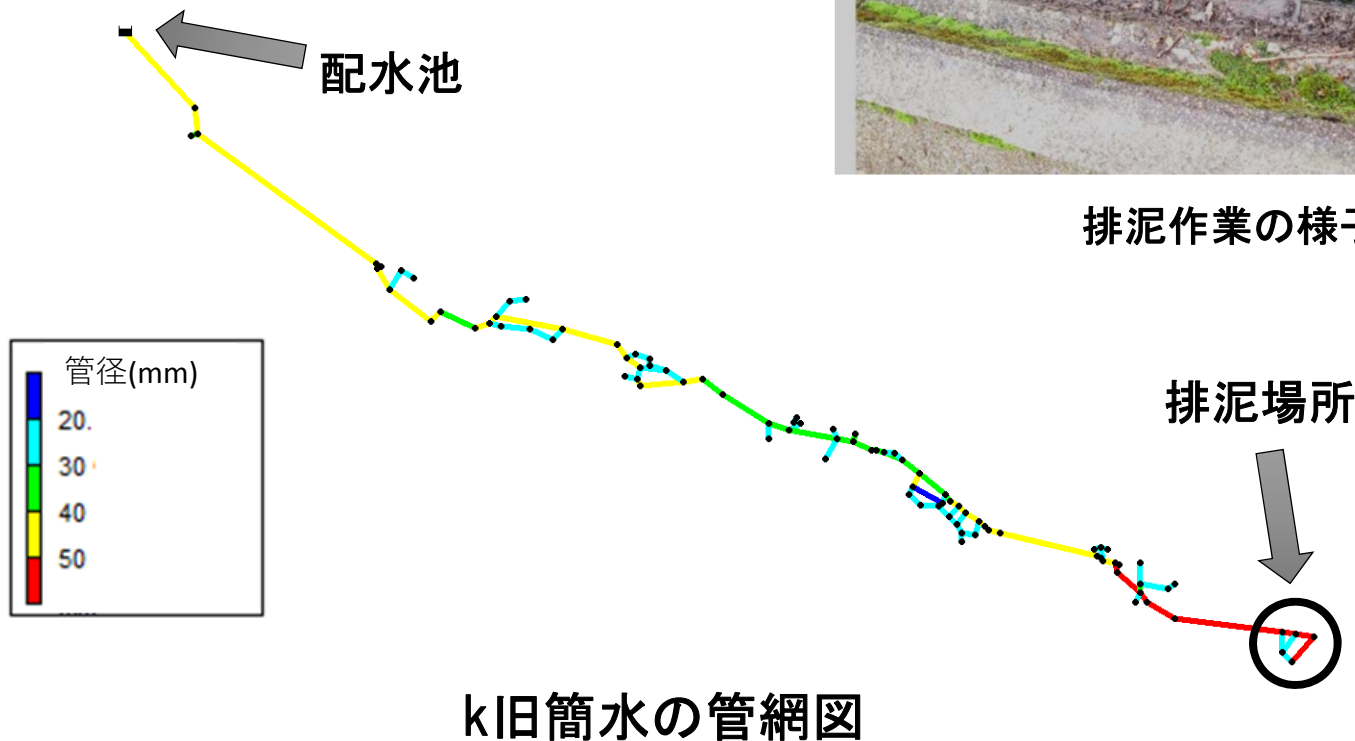
※ 洗管1:10年後と15年後に洗管, 洗管2: 10年後から毎年洗管

Y市 k旧簡水における排泥作業

- 1年に1回(お盆の時期)、不足水量を補うために隣接する配水区域から配水を受ける
- このときの流向変化に伴う濁水発生を未然防止するために行う放水作業



排泥作業の様子



Y市における想定シナリオ

「排泥作業」における洗管効果は不明...

参考：神戸市の洗管作業

- ・ 25～50m³/hを消火栓等から引き出し、管内流速を0.4m/s程度以上に確保して実施
- ・ 1回の洗管作業区画の総延長：約2～4km

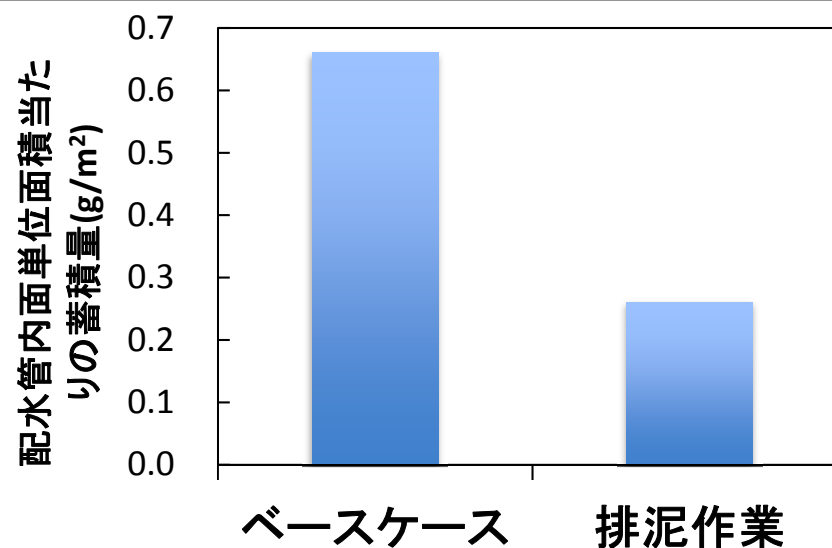
末端における引き出し水量 (m ³ /h)	0.4m/s以上の管路数 (本)	0.4m/s以上の管路総延長 (m)
25	15	1347
30	17	3141
40	41	5431
50	50	5875

排泥作業強化シナリオ

毎年の排泥作業において、左表の水量を引き出す。これにより、流速0.4m/s以上が出現する管路に対して洗管除去率100%を与える

排泥作業強化シナリオの解析結果

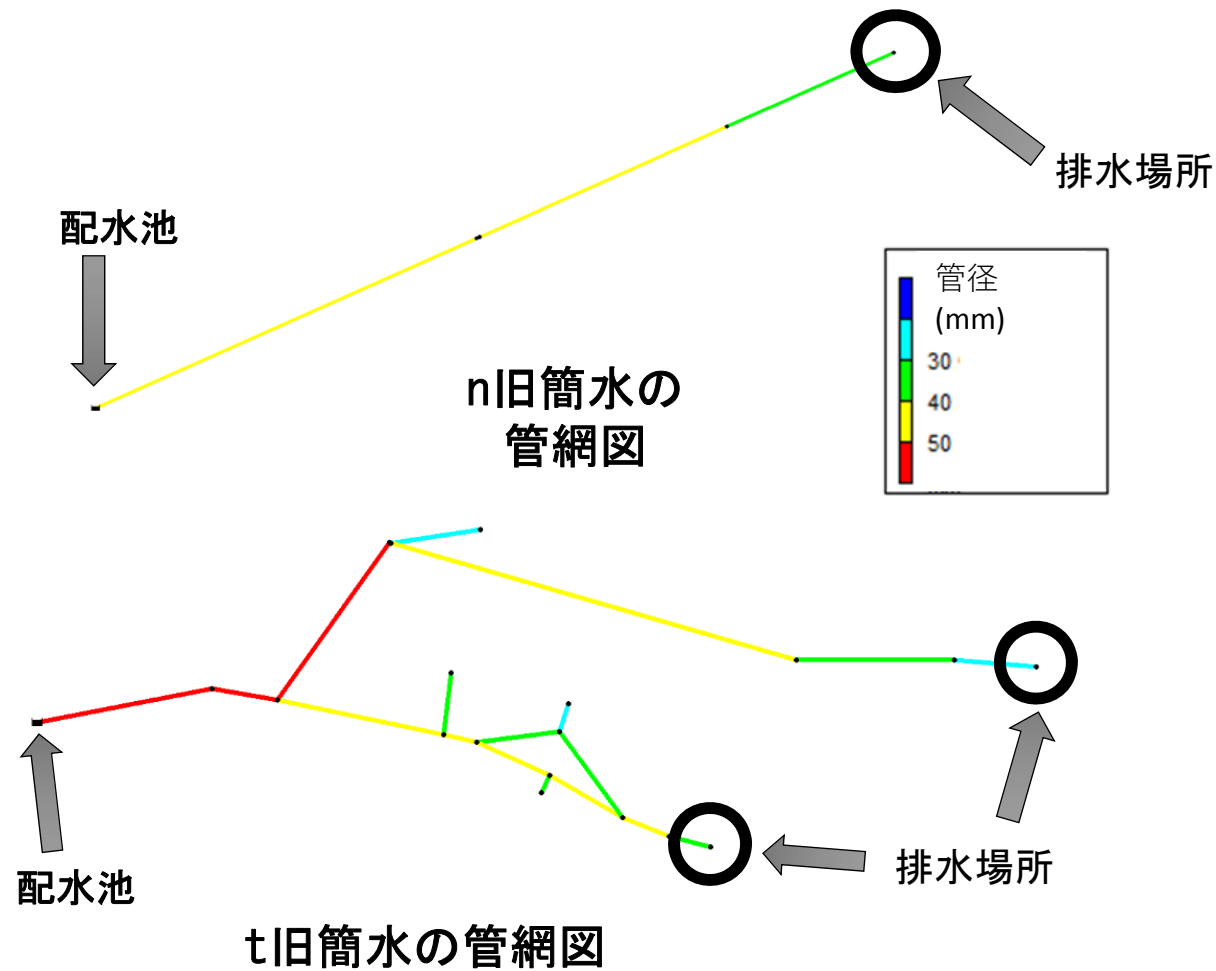
シナリオ名	入口SS ($\mu\text{g/L}$)	20年流入重量 (g/20year)	総蓄積量 (g)	ベースケースに対する割合 (%)	配水管内面単位面積当たりの蓄積量 (g/m^2)	ベースケースに対する割合 (%)	付着割合 (%)
ベースケース	12	25600	3290	100	0.68	(100)	12.9
排泥作業を強化	12	25600	929	28	0.26	38	3.6



k旧簡水におけるシナリオ比較結果

S市における排流装置

- 末端での残塩保持のため、常時放水
- 管内環境制御への寄与を評価へ



排流装置 14

S市における設定シナリオ

膜ろ過と排流装置の導入が特徴的であることから
それぞれの導入効果を定量評価

		設定シナリオ		
		現状シナリオ		
		CASE1	CASE2	CASE3
膜		×	○	○
排流装置		×	×	○

膜ろ過の設定条件

配水池から流入するSS濃度 ($\mu\text{g/L}$)

	膜なし	膜あり
n旧簡水	8.7	7.4
t旧簡水	41.3	7.4

排流装置の設定条件

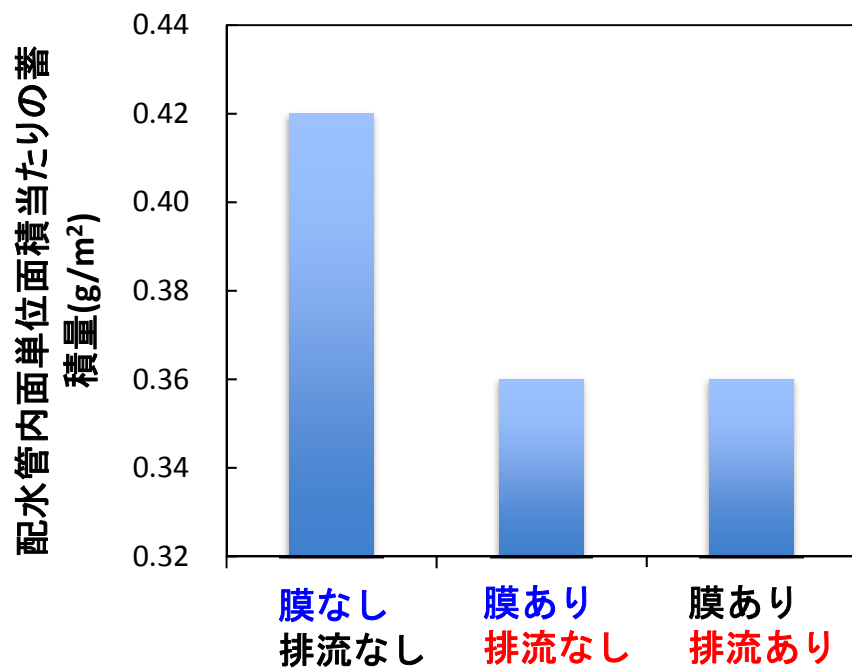
●放水流量
約20L/min =
28.8m³/日

●浄水場からの
配水量
50m³/日

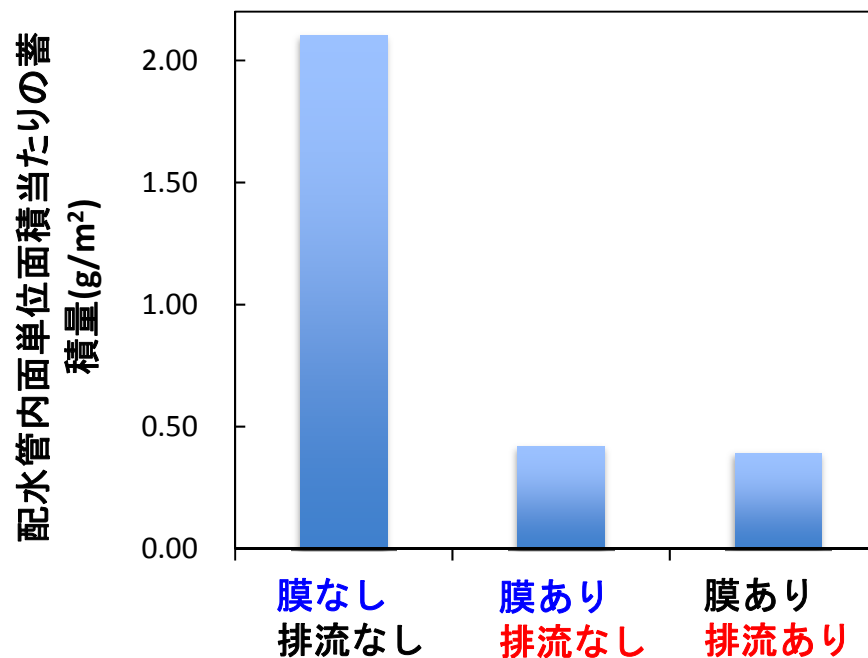
末端の引き出し水量が
配水量の**58%**となるように設定

解析結果

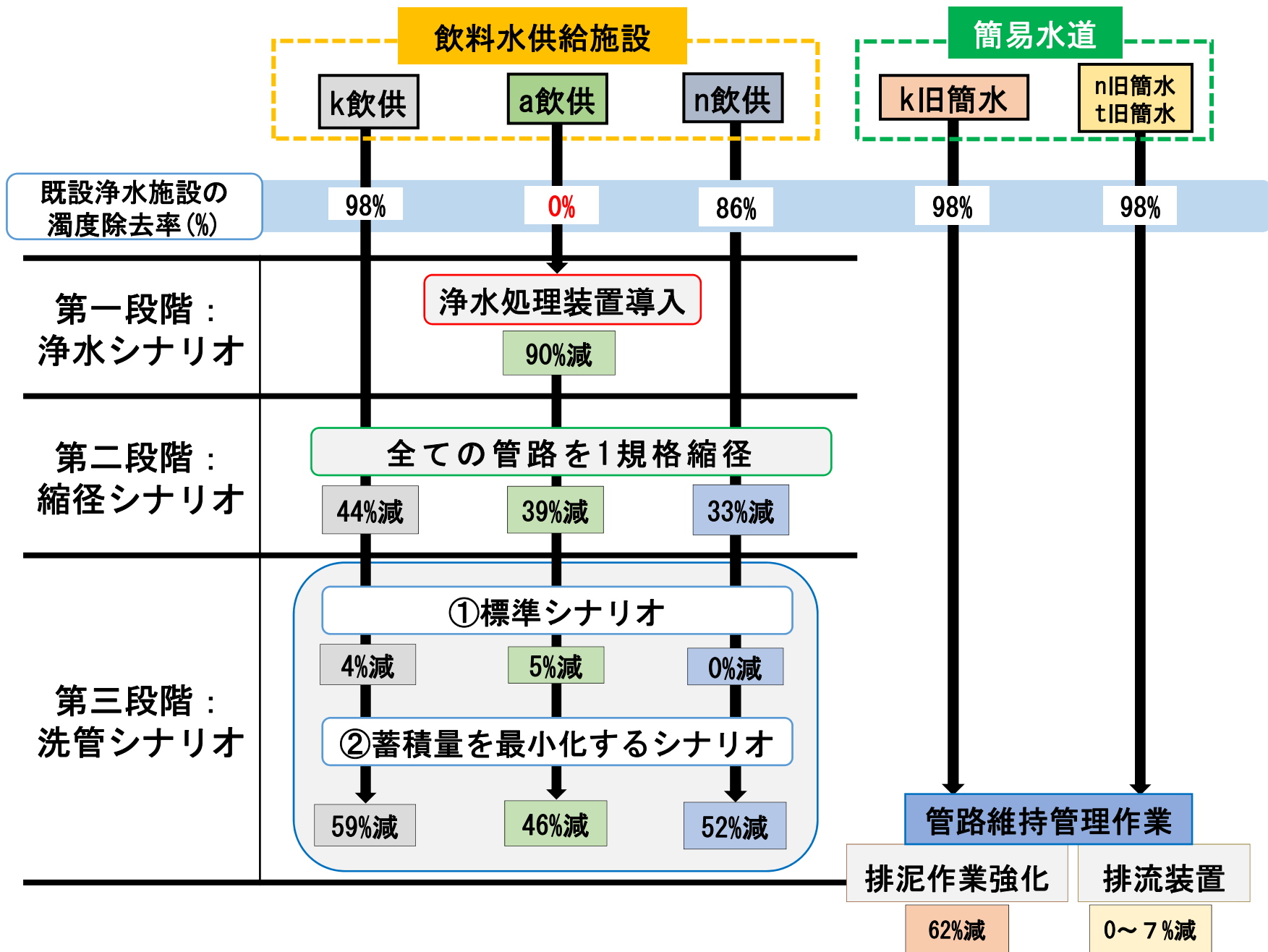
- ▶膜処理導入により蓄積量は大きく削減できていると評価。
- ▶排流装置は配水管内の流速を上昇させるものの蓄積量の低減には寄与しない。



n旧簡水のシナリオ比較結果



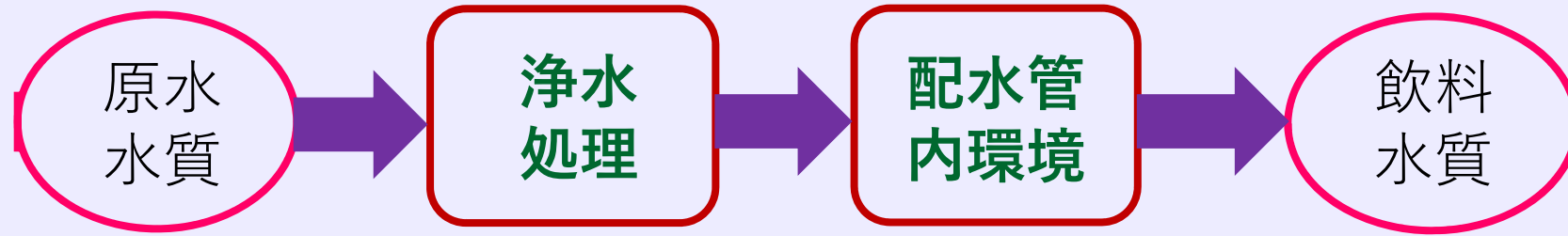
t旧簡水のシナリオ比較結果



まとめ

- 浄水処理機能が十分でない場合には、その改善を優先するのが望ましい
- 可能な限り縮径を進めることは効果的
- 洗管は、配水管網の特性を踏まえて、適切な洗管シナリオを作成するのが望ましい
- 地域特有の維持管理作業が配水管内環境の制御に効果的である場合がある

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

地元管理されている小規模水道の実態と課題

訪問調査対象

- ・ 奈良県 十津川村
- ・ 青森県 五戸町、新郷村
- ・ 静岡県 静岡市

伊藤禎彦，堀さやか：住民との連携による水供給システムの維持管理手法とそれらの知見共有方策に関する検討、平成30年度厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）小規模水供給システムの安定性及び安全性確保に関する統合的研究（H29-健危-一般-004）総括研究報告書，pp. 82-89，2019. 3

調査内容

1. 管理体制

- ・ 水道施設の設置主体、設置経緯、および補助金の出处
- ・ 管理組織の構成
- ・ 管理組織のルール、管理上守られている長年の習慣、慣習等
- ・ 行政による設備管理に必要な教育の有無、使用教材
- ・ 施設・設備の権利関係等の情報
- ・ 施設管理が可能な図面の存否
- ・ 保健所による管理との関係

2. 運営面

- ・ 運営主体である住民の持ち回り体制
- ・ 維持管理費の負担額、水道料金の設定方法
- ・ 管理記録の存否を含む管理実態
- ・ 水質管理体制
水道水質基準遵守からみた水質管理の困難性

3. 将来見通しとその課題

- ・ 行政の立場からみた将来見通し・課題
- ・ 地元管理組織の立場からみた将来見通し・課題
利用者としての満足度やニーズ・要望
- ・ 行政としての支援方法と支援制度
今後、必要と考える制度／しくみ
- ・ 技術面でのニーズ・課題
浄水処理装置、水質基準の緩和措置、など

奈良県十津川村水道施設の現況(2018年12月現在)

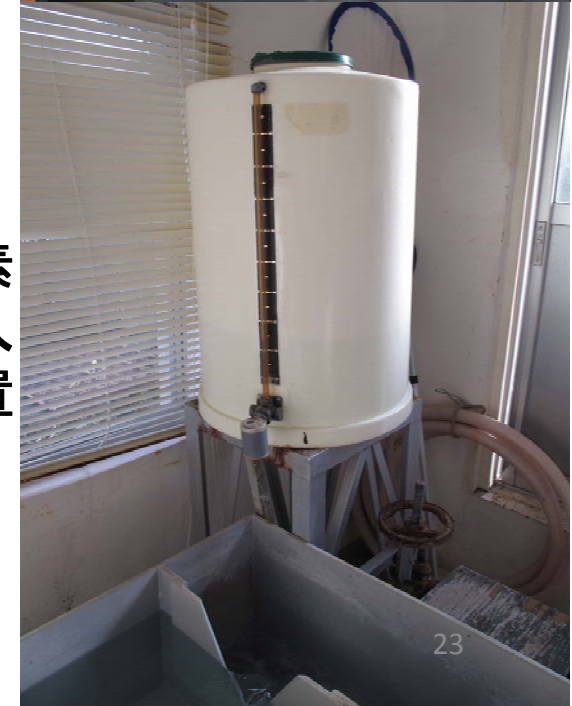
普及/ 未普及	種別	箇所数	管理形態	給水戸数・人口	人口割合
普及 地域	簡易水道施設	4	村直営	955戸、1649人	50.0%
		6	地元管理	165戸、350人	10.6%
	飲料水供給施設	4	地元管理	80戸、163人	5.0%
未普及 地域	共同飲料水施設	71	地元管理	合計約628戸、合 計約1133人	34.4%
	個人飲料水施設	98	地元管理		

風屋(かぜや)地区 簡易水道施設

- 戸数9
給水人口13人
- 村が設置
- 地元管理を依頼。月額5万円。
- 料金 1000円定額



緩速ろ過池



塩素注入装置

田戸(たど)
地区
飲料水
供給施設



- ・ 戸数9
給水人口13人
- ・ 料金1000円定額

普通沈殿池—緩速ろ過池
だが、20年前に
ろ過砂撤去



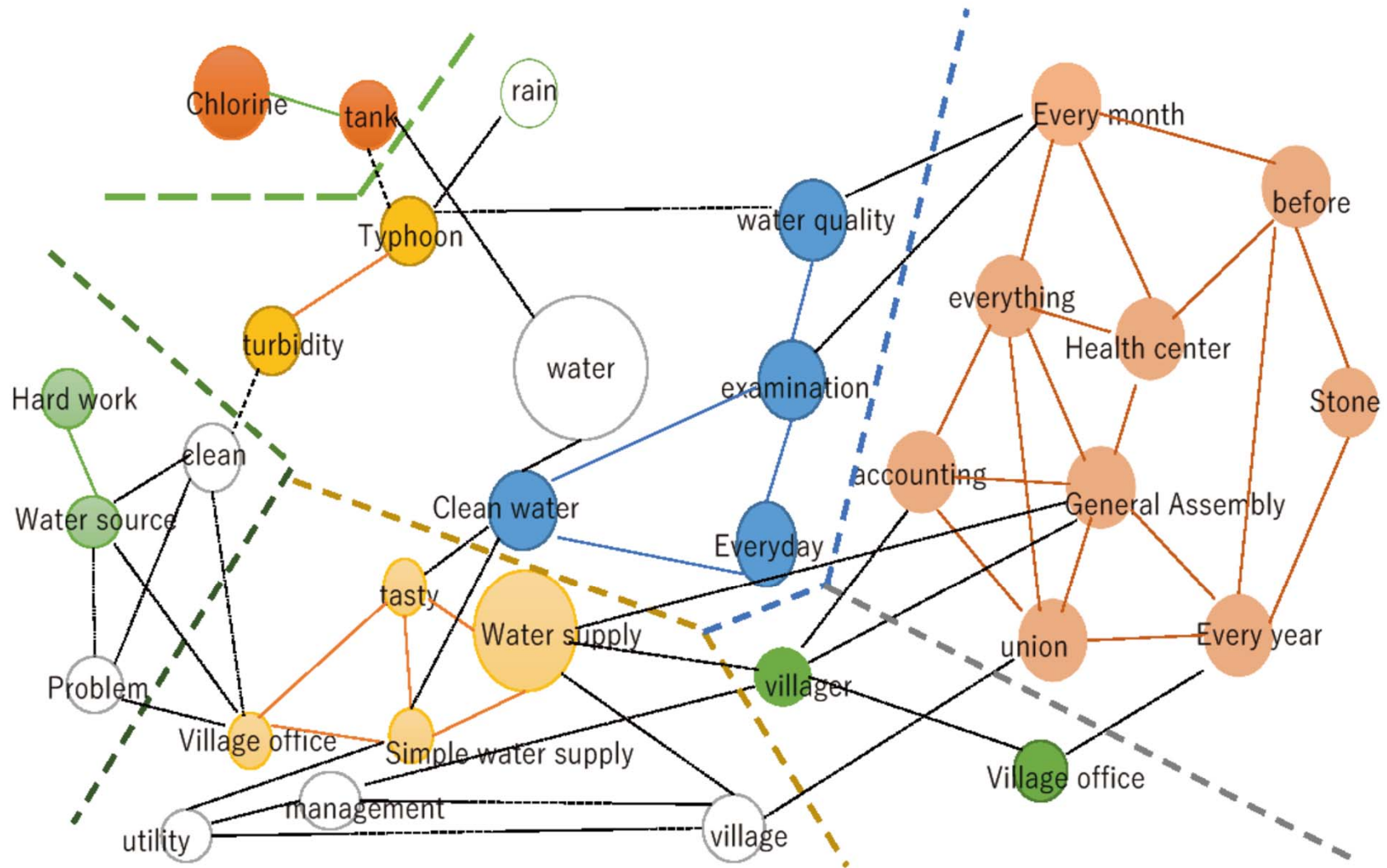
ろ過マット



塩素
注入
設備



発話データの言語統計分析



Sayaka Hori, Sadahiko Itoh: Small water supplies and local ordinance with population decline (人口減少に伴う小規模水道事業と条例), The 11th International Symposium on Water Supply Technology in Yokohama Proceedings, p.78, 2019.7.

青森県 新郷村

- 村内地元の地元管理されている小規模水道は17箇所
 - 給水戸数は7～18戸、給水人口15～57人。
 - うち、組合営：13箇所、集落会営：2箇所、公営：2箇所。
-
- 施設設置 村が9割補助、維持管理費 $\frac{3}{4}$ 補助
 - 料金徴収しているか、村は関知していない
 - 水質検査費用は地元負担。強制ではなく、希望に応ずる形。希望しなければ検査は行われぬ。

川代(かわだい)日向水道組合

給水戸数 13
給水人口 42人

集水池施設



料金は徴収せず。
水質検査等、必要時にその都度徴収。



“湧き口” 方面



500Lタンク埋設地点

青森県 五戸町

- 地元管理されている小規模水道は8箇所
- 給水戸数4~11戸、給水人口10~35人
- うち、組合営：7箇所、その他：1箇所

- 維持管理費は全額地元負担。町からの補助はない。
- 水質検査は年3回が義務。衛生費として31,000円/年を町が徴収。

上市川中区第二小規模水道



深井戸



給水戸数 6
給水人口 21人

10,000円/戸・
年で運営。
必要に応じて
追加徴収。



五戸町 インタビューの様子

静岡市

- 民営簡易水道施設：6施設
給水戸数280戸、給水人口747人
- 飲料水供給施設：168施設
給水戸数1576戸、給水人口3805人

これらは、**衛生部局（保健所）が所掌**。
上下水道局は全く関与していない。

進めている施策：

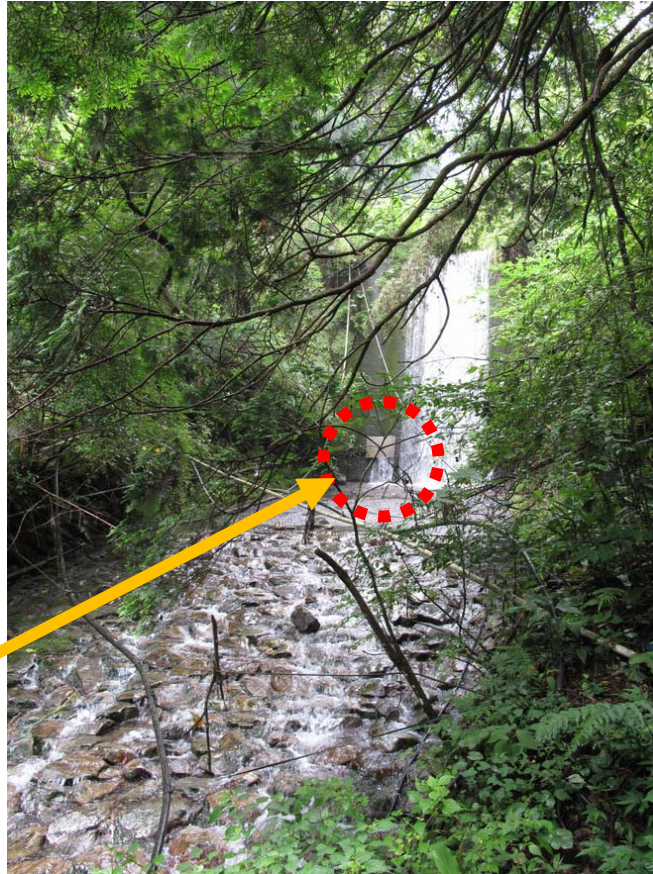
- 施設（管路含む）の設置要望 → 費用の7割（上限）を補助（飲料水供給施設等整備費補助金）
- 給水区域外であること、3軒または10人以上であることが条件
- このために衛生部局は予算確保する必要

未整備施設の例

ふこうりなかぐみさんすいかい
富厚里中組山水会

給水戸数 7、給水人口 19人

砂防堰堤
から取水



取水点



沈砂池



Y氏宅用沈砂池

未整備施設の例

やまねぐみ

山根組水道組合

給水戸数 8、給水人口 19人



浄水施設までの導水管
(砂防堰堤から取水)



浄水処理施設
炭＋砂＋砂利



家屋の上方に設置されている配水管



権現沢水道組合 インタビューの様子

整備済み施設例

ごんげんざわ
権現沢水道組合

給水戸数 10、給水人口 24人



取水施設

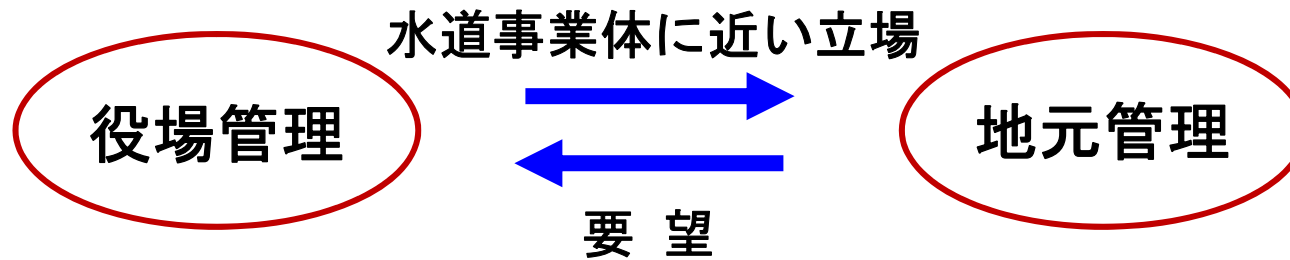


沈砂池と配水池
沈砂池には塩素注入設備有
(使用されていない)

- ・ 市の拠出額450万円。地元負担額193万円(1戸あたり19.3万円)。
- ・ 運営費1000円/月徴収

まとめと課題

住民参画を指向する上での重要課題



現場のニーズと**逆向き!!**

- 奈良県内「簡易水道エリア」：
地元管理から村直営へ徐々に移行してきている
- 水道料金の大幅な上昇も容認

【文献】

- 1) 遠藤誠作、浦山博幸：公営企業新時代講座(70) 簡易水道事業の今後の対応を考える(1)、公営企業、pp. 89-96, 2019.
- 2) 遠藤誠作、浦山博幸、吉本克視：公営企業新時代講座(71) 簡易水道事業の今後の対応を考える(2)～奈良県十津川村を例に～、公営企業、pp. 99-108, 2019.

- **地域自律管理型水道が持続的に運営されている成功事例あり**

牛島健、石井旭、福井淳一、松村博文：実態調査に基づいた人口減少地域における地域自律型水インフラシステムの可能性、土木学会論文集G(環境)(環境工学研究論文集第55巻), Vol. 74, No. 7, III_143-III_152, 2018.

- **総じて、**

住民による持続的管理が可能となるための要件整理が重要

- **この際、都道府県や市町村が実施可能な連携や支援方策についてもとりまとめる必要**

- **さらには、現行制度の課題を整理**

上記内容の円滑実現に必要な支援制度やしきくみについて考察必要

衛生部局の取り組みと水道部局との連携・協力について

～静岡市の事例から～

- **衛生部局が、** 民営飲料水供給施設の**実質的な整備を進めている。**
- 人口減少・高齢化という社会状況の変化、および水量・水質上の課題対応が目的
- この際、施設統合を重要施策として推進。安定水源の確保、メンテナンスフリーの浄水処理装置の設置、確実な消毒の実施などによって、将来にわたって持続可能な水道施設とすることを目指す。統合へ向けて地元住民らへの提案・調整が精力的に行われている。
- **ただ、水道部局と衛生部局との連携・協力関係が見られない。水道部局が**市域全体への飲料水・生活用水の供給に**寄与できるような仕組み・制度の整備が必要**であるともいえる。

支援体制構築の重要性

奈良県と十津川村に見られる課題例

- 奈良県は県として、また十津川村は村として、高く評価されるべき取り組みが実施されている。
- ただ、県単独、および村単独ではいずれも限界がある。水道事業の持続可能性を高めるためには、支援体制の確立が不可欠であり、速やかな行動が必要。

奈良県 ← 近畿地方の近隣事業者および国

十津川村 ← 奈良県内事業者および奈良県

- 県と役場が計画している施策の推進を急がなければ、地元管理による水道施設の維持はすでに限界に達しつつあると指摘できる。

人口減少下における浄水処理装置・施設 に関する課題とニーズ

伊藤禎彦：人口減少下における浄水処理装置・施設に関する課題とニーズ、
環境衛生工学研究, Vol. 33, No. 2, pp. 3-10, 2019.

極小規模浄水処理装置

例

- 極小規模膜ろ過装置
10 m³/日以下。 数 ~ 1 m³/日。
- 極小規模急速ろ過装置
- 極小規模緩速ろ過装置

長寿命化と短命化

例

10年間だけでもつ膜ろ過装置はできないか？

薬品洗浄なし

水質基準の緩和措置または柔軟な運用 と浄水処理装置

代替案：

基本：水の衛生状態（微生物的安全性）
を優先させる

👉 水源の再選定

沢水 → 地下水 など

👉 指定または承認された浄水処理プロセスの導入
原水の種類や特性に対応させたもの

文献：国立保健医療科学院，2012. WHO飲料水水質ガイドライン第4版（日本語版）.
国立保健医療科学院，埼玉.

現状の例

濁度除去率



98%



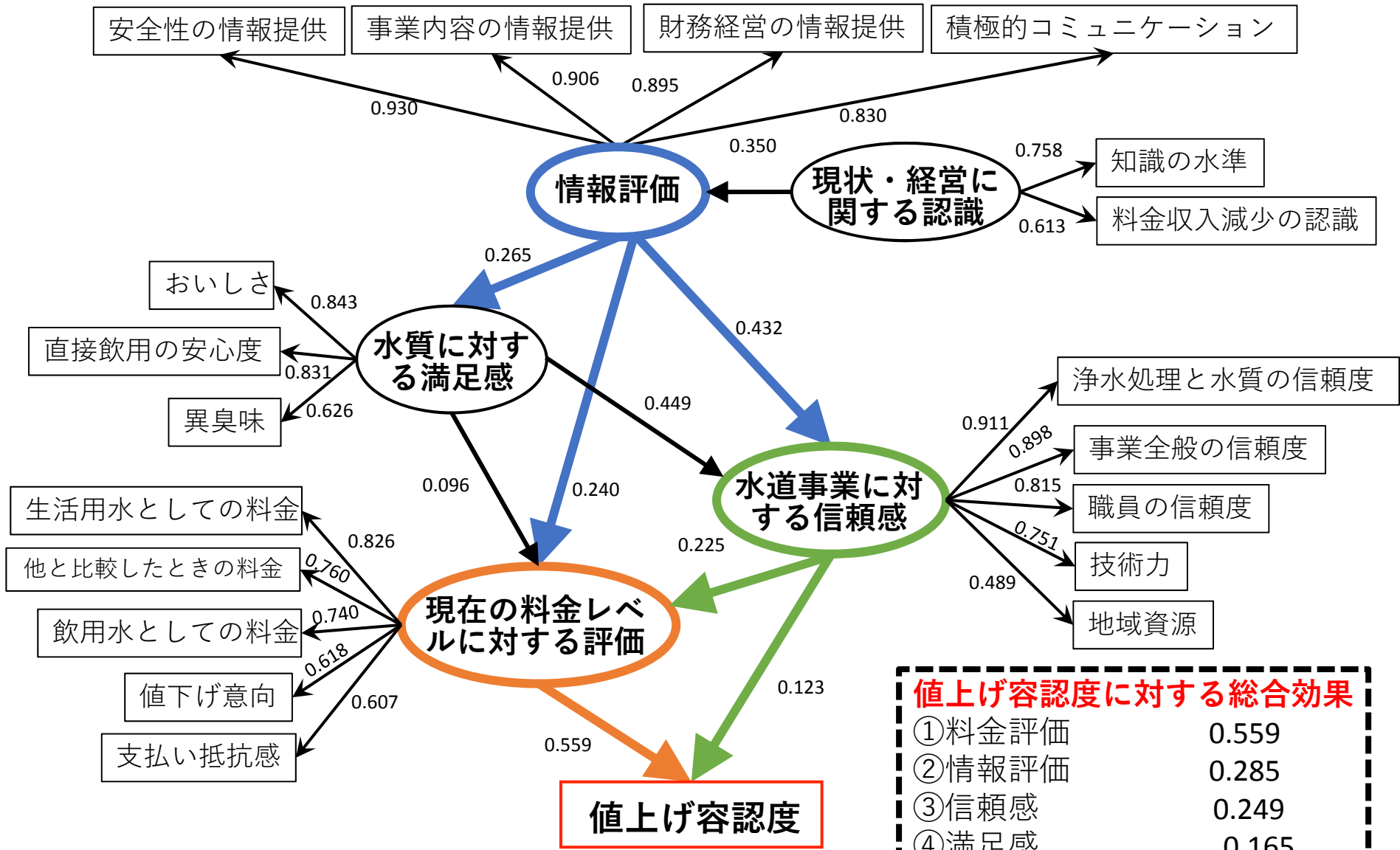
71%



0%

水道料金の上昇問題と浄水処理装置

水道料金に対する支払意思額を増大させるための コミュニケーション手法に関する研究



値上げ容認度に対する総合効果	
①料金評価	0.559
②情報評価	0.285
③信頼感	0.249
④満足感	0.165
⑤経営に関する認識	0.100

堀さやか、伊藤禎彦：料金値上げに対する容認度を高めるためのコミュニケーション手法、令和元年度全国会議（水道研究発表会）講演集，2019（印刷中）

料金水準の許容範囲例

- 米国ワシントン州

- ✓ 水道料金が適切かどうかの基準：地域における家計所得中央値の**1.5%**

- ✓ この水準を超えた場合には、水道事業者はさらなる対策を立てなければならないとされた

- 米国カリフォルニア州

- ✓ 家計所得中央値の**1.5%**、もしくは**2%**（当該地域の所得が周辺地域よりも高い場合）

- ✓ 集中型の浄水処理に代わって、

- 使用場所設置型浄水装置（POU; point of use）

- 建物入口設置型浄水装置（POE; point of entry）

- の導入を検討する際の判断基準の一つ

参考：日本は現在 平均 **0.8%**

**配水管内環境に対しても責任をもった
浄水処理プロセス**



100 μm
オーダー

急速砂ろ過
ろ過砂層間隙

10 μm 程度 セラミック膜基材

2 μm
1 μm

大孔径膜 (LP膜)

0.2 μm

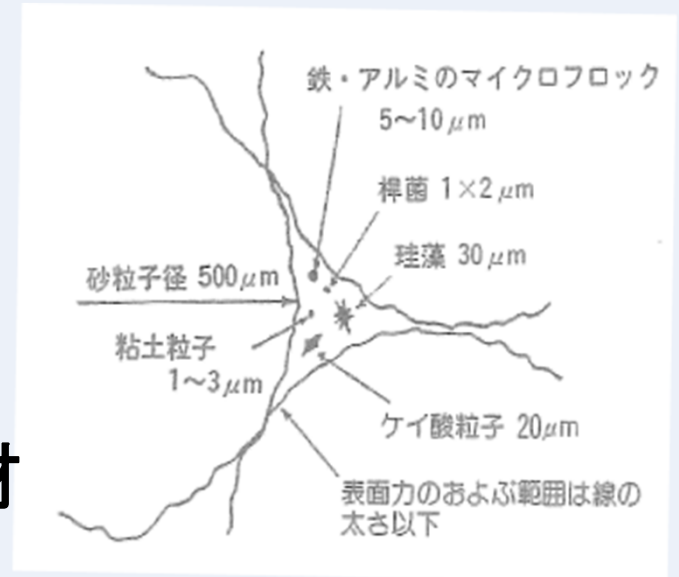
(以前存在したMF膜)

0.1 μm

MF膜

0.01 μm

UF膜



膜ろ過に求められてきた技術的要件

- ✓ 高フラックスを実現して効率良く水を生産し、
- ✓ ファウリングを起こしにくく、
- ✓ 薬品洗浄によってろ過能が速やかに回復すること

今後の社会的ニーズ

- ✓ 水はそんなに大量に生産する必要がなく、
- ✓ MFやUFほど除濁性能が優れている必要もない場合も数多い

- ✓ 総合すると、
現在のMF, UFを低機能化（膜ろ過法の多様化と言い換えても良い）させた上で、
10年間程度使用可能な膜ろ過装置、
しかも極小規模の装置