

# 下水の道を極める

## -序-

日時：2024年2月16日 13時30分から16時30分

主催：国土交通省・土木学会（環境工学委員会 中長期下水道施設システム調査小委員会）

<プログラム>

司会：原田英典・京都大学

13:30	開会
13:30- 13:35	主催者挨拶 西修 国土交通省 下水道部事業マネジメント推進室 室長
13:35- 13:50	シンポジウムの趣旨説明 楠田哲也 九州大学高等研究院 特別顧問・名誉教授
13:50- 14:20	社会変化から考える下水道インフラの展開（仮） 春日郁朗 東京大学 先端科学技術研究センター 准教授
14:20- 14:50	海外における水インフラ管理（広域・官民・他分野連携） 関隆宏 EY ストラテジー・アンド・コンサルティング株式会社 インフラストラクチャー・アドバイザー シニアマネージャー
	休憩
15:00- 15:30	分散型水再生による循環型社会の構築：直接ナノろ過によるゼロエネ水再生 藤岡貴浩 長崎大学大学院工学研究科 教授
15:30- 16:00	今後の50年で社会定着させるべき下水処理システムの新オプション 安井英斉 北九州市立大学 国際環境工学部 教授
16:00- 16:30	総合討論 [進行：楠田哲也]
16:30	閉会



主催：国土交通省，土木学会（環境工学委員会中長期下水道施設システム調査小委員会）シンポジウム

\* シンポジウム 下水の道を極める-序-

<趣 旨>

わが国の現在の下水道に課せられている課題については、「新下水道ビジョン」、「新下水道ビジョン加速戦略」や「脱炭素社会への貢献のあり方検討小委員会報告」など、有識者により検討されてきましたし、政府の 2050 年 CN 目標についても検討されてきています。下水道は施設として、少なくともコンクリート系ものは法定耐用年数が 50 年ですので、今年作られたコンクリート系施設は 2070 年ごろまで使用するのが原則となります。このため、施設系だけを取り上げましても、地球温暖化抑制、経済合理性、資源供給可能性、社会受容性等に配慮して新たなコンセプトに基づき施設のコンセプトを変更していかなければなりません。

歴史を振り返りますと、現在の下水道は明治中頃以降のいろんな「道」に例えることができるほどの信念に基づく先人たちの努力の賜であります。その成果が実ったところで、社会の様相が大きく転換してきつつあり、まさに峠を越える山道に例えることができます。そこで、このシンポジウムの標題を 3 年計画の初年度として「下水の道を極める-序-」とさせていただきます。

峠を越えて将来に向う際に、配慮しなければならない条件はすでに知られているように、以下の事項があります。

- 1) 都市部における人口減少・人口密度減少
- 2) 国、自治体、利用者の経済的負担能力の低下
- 3) 自治体や地域間、都市と農村、世代間での下水道を含めた公共サービスの質の変化
- 4) 化石資源の燃料や素材生産原料としての利用限界の到来
- 5) 国連気候変動枠組条約や生物多様性条約の遵守とバイオマス活用推進基本法の尊重
- 6) 自由貿易協定による農業形態等の変化の受容
- 7) 次世代社会に適合する技術・システムへの下水道の転換
- 8) 経済合理性のみならず社会的衡平性や世代間倫理への配慮
- 9) 下水道のグローバル・イシュー化と下水道技術やシステムの海外移転や輸出・輸入の拡大への対応
- 10) 下水道におけるリスク管理のための想定リスクの再検討等です。

これらの事項を基底に据え、土木学会環境工学委員会中長期下水道施設システム調査小委員会では、以下の目標のもとで検討を続けています。

- 1) CN と C ポジティブおよび省資源等に対応可能な下水道技術

省エネ型で有機炭素を減少させず、温暖化や必要以上の富栄養化に寄与する窒素成分を流出させない処理法の開発や完全な汚泥資源化技術

2) 下水道を主体とする公共インフラと地域諸産業の一体化による持続型社会に適合する公共サービスの提供を可能にする下水道システム

自治体業務の上下水道・廃棄物処理等を一体的にとらえ、地域諸産業との連携による人口減少・人口密度減少に柔軟に対応できる地域水管理システムや地域資源循環推進にかかわる技術。特に農業・水産業・林業と上下水道との間での連携による地球温暖化抑制、資源有効利用化、ユビキタスな水の確保と処理、良好な水質の維持、および経済合理性の向上を図れる技術

3) 下水道機能の長期的な維持・更新・変化に貢献する技術およびシステム

必要性能の達成に加えて、常に変容する社会に技術的・経済的にも適しく、かつ、システム柔軟性向上と低コスト化をも満たす下水道システムのコンセプトの樹立

4) 下水道情報の収集技術と収集情報の活用、並びに可視化手法にかかる検討

疾病に関係する下水中の情報の検出するバイオセンサー等の技術の開発、その結果を受けて疾病にかかわる医療関連情報、さらに生活上の健康状況にかかわる情報を下水道あるいは一体化されたインフラにて取得できる機能の案出、および下水処理で除去できない化学物質検出による受水域の自然生態系への影響軽減

5) グローバル・サニテーションとしての下水道技術システムの調査

低-中所得国の社会状況とグローバル・サニテーションの中長期的な変化を考慮しつつ、海外移転や輸出・輸入の拡大を念頭に広義の下水道技術システムと対象社会との関係性を調査。社会的に受容され、地域社会での価値創出に貢献する技術システムの案出、および低-中所得国と我が国の広義の下水道との長期的な接合可能性の検討

本日は、上記課題に必要な情報を異分野の有識者からご披露していただくとともに、小委員会での検討成果の一部を報告させていただきます。



# ワークショップ「下水の道を極める」 社会変化から考える下水道インフラの展開

東京大学・先端科学技術研究センター  
(大学院工学系研究科・都市工学専攻)

准教授 春日郁朗



## 土木学会誌 2023.12号 “No上下水道 No Life”

土木学会誌 2023年 12月号

02 会長からのメッセージ  
土木のイノベーションで未来を創造する  
田中 茂義 (第111代土木学会会長)

### 04 特集 NO 上下水道 NO LIFE

06 企画 水道行政改革 60年ぶりの機構改革で水道行政はどう変わるのか

【企画】名倉 良雄 (伊豆労働者 会長・生活衛生局 水道課長) / 石井 宏幸 (国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部 下水道事業課長) / 苗井 誠二 (環境省 水・大気環境局 環境管理課長)

【司会】長谷川 由布子 (土木学会総編集委員)・松永 葵 (土木学会総学生編集委員)

12 企画 上下水道の未来 私たちは水インフラを支えられた快適な生活を続けられるのか  
Can we continue comfortable life supported by water infrastructure?  
【企画メンバー】春日 郁朗 (東京大学 先端科学技術研究センター 准教授) / 中国 華人 (JFEエンジニアリング (株) 環境本部アリア事業部 主幹) / 橋本 崇史 (東京大学 大学院工学系研究科准教授 環境工学研究センター 准教授)・松原 康一 (株) 日本コン コンサルティング 本部 海外事業部 海外下水道 課長)・山本 礼子 (土木学会総編集委員)

18 狙い撃ちAI 流体分野における異常検知AI活用への挑戦

—AIパッケージ製品開発の取り組み—  
Challenges in utilizing AI for anomaly detection in the fluid field—Our approach to AI-product development—  
三島 悠希 (AnyTech (株) DeepLiquid事業部)

20 老朽化AI 水道事業を救う挑戦

The challenge of saving the water supply business  
岡田 英樹 (Fracta (USA) CEO)

22 エネルギー 下水道事業の可能性—新たな価値を探して—

Capability of sewerage works—Searching for new values—  
大下 萌弘 (神戸市 建設局 下水道施設課 課長補佐)

24 資源循環 下水道リノベーション—下水処理場を宝を生む施設へ—

Renovation at the Saga City Sewage Purification Center—Change of the sewage treatment plant into a “treasure-creating facility”—  
山口 賢一 (佐賀市 上下水道局 下水プロジェクト課 課長 下水道施設課 課長)

26 IoT活用 高松市・配水コントロールシステムの構築—最適化・効率化を目指して—

Construction of water distribution control system in Takamatsu City—Aiming for optimization and efficiency—  
中村 加一 (香川県広域水道企業団 高松ブロック統括センター 稼働 主幹)

28 国際展開 世界の上下水道整備に貢献する推進工法

PPE JACKING—globally contributing construction method for water supply and sewage service arrangement  
安田 一成 (JFEエンジニアリング (株) 専務取締役 海外事業部 部長)

30 施設維持 みやぎ型管理運営方式の導入—経営基盤の強化を目指して—

The Miyagi-style management and operation system—Aiming to strengthen the management foundation—  
大沼 伸 (宮城県 企業局 水道部 課長)

32 国際連携 海外の水インフラにおける北九州市の貢献

Chiyohashi City's worldwide contribution to the water infrastructure  
北川 啓一 (北九州市 上下水道局 広域・海外事業課 海外事業課 課長)

34 [NO 上下水道 NO LIFE] から私たちが得たもの

What we got from “NO water and sewers, NO life”

### 上下水道の未来 座談会

Can we continue comfortable life supported by water infrastructure?  
私たちが水インフラを支えられた快適な生活を続けられるのか?

春日 郁朗 氏 正 准教授 東京大学先端科学技術研究センター 准教授  
中国 華人 氏 JFEエンジニアリング (株) 環境本部アリア事業部 主幹  
橋本 崇史 氏 正 主幹 東京大学大学院工学系研究科准教授 環境工学研究センター 准教授  
松原 康一 氏 正 主幹 (株) 日本コン コンサルティング 本部 海外事業部 海外下水道 課長  
山本 礼子 氏 土木学会総編集委員

土木学会は市民の生活に欠かせないインフラとして、重要な役割を果たしてきた。一方で、人口減少などの社会変化により、一部では維持すら難される状態もある。水の問題を全く相対的に捉えて議論するためには、定量的に社会変化と水インフラの研究会のメンバーに未来への展望を伺った。

「気候変動や脱炭素社会など外的変化から水問題をみる」  
—気候変動などの外的変化から水インフラについて考える座談会開催—  
をされていると、自己紹介と研究について教えてください。  
春日—私は東京大学で微生物を用いた浄水、非水処理や水循環の制御に関する研究をしています。上下



松原 康一 氏 MATSUBARA Koichi  
橋本 崇史 氏 HASHIMOTO Takashi  
中国 華人 氏 NAKAZONO Hayato  
春日 郁朗 氏 KASUGA Ikuro

2008年より日本、カンボジア、ラオス、インドネシア、スリランカなどの都市水道供給計画を担当。2016年より主にアジア都市水道の計画・技術開発を中心とした環境化学系水循環都市の水供給システムおよびその劣化・劣化診断、博士(工学)。  
1978年山口県生まれ。東京大学大学院修士、メタウォーター(株)、東京大学大学院工学系研究科、環境科学研究所 環境学センターを経て環境、専門は環境化学系水循環都市の水供給システムおよびその劣化・劣化診断、博士(工学)。  
1982年生まれ。青森県出身。立命館大学卒業。環境化学系、環境化学系水循環都市の水供給システムおよびその劣化・劣化診断、博士(工学)。  
1977年生まれ。長野県出身。東京大学卒業。国立環境研究所、東京大学大学院工学系研究科を経て環境、専門は環境化学系水循環都市の水供給システムおよびその劣化・劣化診断、博士(工学)。

# Water 5.0研究会の紹介

## ■ 正式名称

社会変化と水インフラ研究会（仮称：water5.0） 2018～ （座長：春日郁朗）

産官学の水セクターの中堅・若手 25名



## ■ 研究会の目的

社会情勢の変化やこれらに伴う水インフラの課題について、水インフラの中だけで閉じた議論をするのではなく、様々な社会的課題や動向と連関して、前向きかつ多面的な議論を発信する

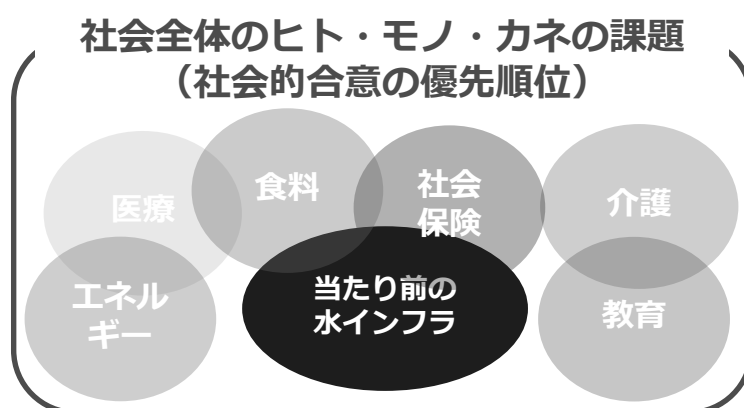
## ■ これまでの研究会の歩み

- ・ 第1次研究会（1988-1992）：地球環境時代の水道（座長：大垣眞一郎/松田奉康）
- ・ 第2次研究会（1994-1998）：次世代の水道技術（座長：大垣眞一郎）
- ・ 第3次研究会（2002-2007）：持続可能な水供給システム（座長：長岡裕）
- ・ 第4次研究会（2009-2017）：水システム国際化（座長：滝沢智）



3

## 研究会の問題意識



- ・ 上下水道（水インフラ）は**当たり前のインフラ**に…  
令和3年度 水道普及率：98.2%、汚水処理人口普及率：92.6%
- ・ 水インフラを取り巻くヒト・モノ・カネの変化は**内部で議論されがち**
- ・ 人口減少・高齢化に起因する**大きな社会経済の変化との関連**で議論しないと、**社会の合意を得にくくなる**。

水インフラの課題を、他の社会的変化や動向と  
関連させて外側から考えることが重要

4

# 研究会のトピック

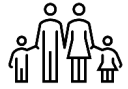
## ■ 都市の変化 「よりよい生活/社会」を実現するための変革とは？

- ✓ 都市/人々の生活（スマートシティ、縮小都市にあった水インフラのカタチとは？）
- ✓ Society5.0・イノベーション（情報革命は水インフラに何ももたらすのか？）



## ■ 地域の変化 「いまの生活」を続けられるのか？

- ✓ 生活するためのコストの可視化（QoLを維持するためにいくら払っているのか？）
- ✓ 公共インフラ/サービスのカタチ（水インフラ×ガス、通信など異業種連携の行方）
- ✓ 水インフラの「縁の下の力持ち効果」とは？（水インフラの地域経済への貢献？）



## ■ 価値の変化 「価値の変化」に対応した水インフラの変化

- ✓ 水インフラに対する価値観の変化（企業のESG投資など、水に新たな付加価値がついている？大きな自然災害や断水後に実感する水インフラの価値）
- ✓ 様々な資金源（これまでは公共投資→銀行や投資家も関心？）



5

# ワークショップ「変わっていく社会とこれからの水インフラ」

主催： 社会変化と水インフラ研究会、日本水道新聞社  
 後援： 一般財団法人 水・地域イノベーション財団  
 日時： 2023年10月18日（水） 16:00~18:00  
 会場： 東京ビッグサイト  
 パネルディスカッション：

- 司会 東京大学・准教授 春日 郁朗
- ・ 妙高グリーンエナジー・顧問 米持 和人
  - ・ 岩手県矢巾町・政策推進監 吉岡 律司
  - ・ 東京大学・准教授 瀬田 史彦
  - ・ 東京大学・准教授 橋本 崇史
  - ・ 日水コン 海外事業部・副部长 松原 康一
  - ・ JFEエンジニアリング 環境本部・主幹 中園 隼人

日本水道協会全国会議（水・地域イノベーション）サイドイベント 特別ワークショップ

「水道の枠を超えて、地域インフラとしての水道事業の未来を考える」

変わっていく社会と  
これからの水インフラ

2023.10.18（水）  
16:00-18:00  
※東京ビッグサイト会場棟7階  
703会議室（会議室貸借あり）

パネリスト  
米持 和人氏 妙高グリーンエナジー 顧問  
吉岡 律司氏 岩手県矢巾町 政策推進監  
瀬田 史彦氏 東京大学大学院 都市工学専攻 准教授  
社会変化と水インフラ研究会 パネラー  
橋本 崇史氏 東京大学大学院 都市工学専攻 准教授  
松原 康一氏 日水コン 海外事業部 海外部長 准部長  
中園 隼人氏 JFEエンジニアリング 環境本部 アフター支援部長  
司会 社会変化と水インフラ研究会 春日 郁朗氏（東京大学 丸根科学技術研習センター 准教授）

参加費 無料  
定員 100名 申込要（申込・参加、入場を制限します。ご了承ください）  
申込者 氏名 参加費 申込 申込会場に申し込まれていない方も参加可能です  
申し込み QRコードから参加登録をお願いします  
問合せ water@water.or.jp（研究会事務局）

主催：社会変化と水インフラ研究会/日本水道新聞社 後援：一般財団法人 水・地域イノベーション財団

Question 1 人口減少時代の都市とインフラの行先は？

Question 2 地域の公共インフラ・サービスを持続するための処方箋は？

Question 3 水インフラに対する価値観はどう変わり、どう変えていくべきか？

6

## ①都市の変化：人口減少と縮小都市



- 人口減少、本格的な高齢化社会
  - 様々なサービスの縮小、劣化（担い手不足）→利便性低下
  - コミュニティの存続危機→地域のsafety netの低下



都市の在り方、人々の働き方、ライフスタイルの変化により適応

### ドイツ・シュテンダール

- 1980年代後半から人口減少
- 住戸・インフラ縮減地区を設
- 上下水道：15%の管路を解体する必要性
- 料金格差を設定、市街地へ誘導を試みる「同等の生活水準」規定に違反し、頓挫

### 米国・ヤングスタウン

- “縮退型”の新総合計画、「小さい都市であることを受け入れる」
- 公共サービス（道路・上下水道）の廃止を実施
- 居住者がいない地区を通行止め、上下水道を撤去
- 草の根・中間的組織による土地利用転換促進

7

## ①都市の変化：人口減少と縮小都市



都市	人口減少都市(米国)におけるその他取組み
デトロイト <sup>1)</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>空き地の新たな土地利用計画を提示。</li> <li>→積極的に利用する地区(都市農業、GIによるCSO流出抑制)</li> <li>→消極的に利用する地区(自然林、都市林など)</li> </ul>
フリント <sup>2)</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>空洞化の状況に応じて地区を低密度化。</li> <li>→緑豊かな土地として再生する地区(コミュニティガーデン等)</li> <li>→区画統合して利用転換する地区(大規模都市農業、工場開発)</li> </ul>

空き地・空き物件に将来的な価値向上を見出す  
行政機能と住民の間を補完する中間組織の役割



人口減少 = インフラの撤退とすると住民との軋轢は必至

1)新妻ら（2017）都市計画報告集、2)矢吹ら（2017）日本建築学会計画系論文集、3)矢吹ら（2017）都市計画報告集

8

# 変わっていく社会とこれからの水インフラ

～水道の枠を超えて、地域インフラとしての水道事業の枠を考える～

2023/10/18/16:00-18:00  
東京ドックサイトにて

## 2. パネルディスカッション

### Q1. 人口減少時代の都市とインフラの行先は？

前はといて

人口減少はあまる = 需要は減る

減るけど、付加価値をつける



ガス・水道(上下水道)...

限界集落...

え? 井戸水ある... 水道? (あり必要なら...)

一体化して考えないと解決しない

DXで解決できるのか?

異業種連携

安全第-ぞ!!

水供給をどうするの?

大規模

小規模

海外では

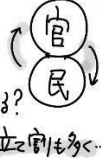
ランドバンクなどの中間組織が関与

日本では... 公共サービス...



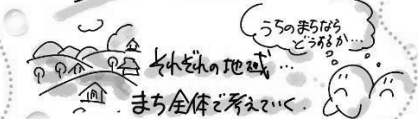
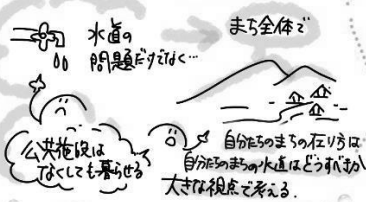
人口減少でうまくいかなる?

しっかり税金をかう...



立ち割も多く...

日本のインフラは、人口増加を目標としてつづけた...



国土都市計画  
海外...インフラ研究...

瀬田 史彦氏

中高等学校  
不連続開業  
学校+保線  
ガス上下水道

米持 和人氏

20年水道担当  
まちづくり  
住居連携

吉岡 律司氏

東京大学  
水処理  
都市の関係  
上下水道のデジタル化

橋本 崇史氏

年の半分は  
レバノシ...

松原 康一氏

JFEエンジニアリング

中園 隼人氏

分散型  
システム  
会社形成  
PR 企画

春日 郁朗氏

## ② 地域の変化：これからの公共サービスのあり方



地域の公共サービスをめぐる様々なバランス

公益 (住民の利益)

私益 (企業の利益)

総括原価方式・受益者負担

税金・補助金の投入



生活への配慮・値上げ抑制

独立採算・料金値上げ

高いサービス水準/コスト

許容可能なサービス水準/コスト

連携形態	目的・メリット	実現に向けた問題・課題
<b>広域連携</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地域格差の是正 (水道料金の平準化、経営資源の平準化)</li> <li>共通事務 (総務人事・受付業務など) の共同化によるコスト縮減</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>「損する大規模事業者」と「得する中小事業者」の関係がネックになるか?</li> <li>広域化のまとめ役を担う大規模事業者へインセンティブを与える仕組みが必要か?</li> <li>そもそも、市町村合併や国内一水道 (全国統一料金) といった抜本的な改革が必要か?</li> </ul>
<b>官民連携</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>事業者職員の減少への対応 (直営→民間)</li> <li>民間企業の技術力による業務効率化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>コンセッションの場合、収益性を見込めない中小事業者に対して民間企業が手を挙げるのか?</li> <li>コンセッションが一般化した場合、受け手となる民間企業は足りているのか?</li> </ul>
<b>サービス連携</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>共通事務 (総務人事・受付業務など) の共同化によるコスト縮減</li> <li>→ 最大のメリットを模索中...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>民間が提供するサービスを巻き込んだ連携 (電気・ガスなど) → 収入の柱) が必要か?</li> </ul>

## ②地域の変化：異業種連携



### ● 「異業種連携」の可能性

事例	業種	内容
スマートメーター	水道×電気×ガス	共同検針
埋設管路	水道×ガス 水道×通信 通信×ガス	同調工事、技術転用（マッピングシステム） 共同開発（漏水検知システム） 共同管理（埋設管障害窓口）
カーボンニュートラル	水道×電気 下水道×電気	デマンドレスポンス バイオマス発電

電力事業、ガス事業は小売り自由化が進み厳しい顧客の奪い合い  
⇒新たなビジネスチャンスとして上下水道事業に興味？

### ● 「複合事業化」により効率化、全体最適を目指す事例も

- ・ 新潟県妙高市 ガス・上下水道を束ねての官民連携
- ・ みやま市 自治体新電力事業とあわせ見守りサービス、宅配サービス)
- ・ ドイツ シュタットベルケ→サービス一元化

#### <課題>

- ・ 安定的な黒字事業の確保（2020年冬の市場高騰の地域新電力への影響）
- ・ ガバナンス（過去の第3セクターの失敗例、公益事業を民間が担うことへの世論）

11

2023/10/18/16:00-18:00  
東京ビックサイトにて

# 変わっていく社会とこれからの水インフラ

～水道の枠を超えて、地域インフラとしての水道事業の株を考える～

### Q2. 地域の公共インフラ・サービスを 持続可能なための処方箋は？

**事例**

妙高市では？

継続的に料金改定

住民

電気など経費は市が払う!!

節電の取り組みはヒアリングチェックを!!

官民連携組織

民間が黒字に  
なるように

契約方法を変えた!!

ガスや水道の  
プロジェクト  
チームになった

当時のガス事業は利益が出なかった

妙高グリーンエナジーは、  
地域密着!  
ガス事業譲渡+  
10年間の上下水道包括委託

民間

こちらも  
エンジニア不足  
になる

力があるように

中小自治体

早めに相談しよう

官民連携って  
どのくらいまでか?

事例が  
浸透  
すれば...

マシパワー...

### 2. パネルディスカッション

性能発注方式

制度を作る側


海外モデルをマネするアイデアはよく、  
日本オリジナルで考えるべきでは？

地域やまちの魅力を支える?


インフラ管理は共通化  
していく...!!

支える


水道事業




Seto Fumiko  
瀬田 史彦氏




Yonemachi Kazuhito  
米持 和人氏




Yoshioka Ritsuji  
吉岡 律司氏




Hashimoto Takashi  
橋本 崇史氏



Matsubara Koichi  
松原 康一氏



Nakazono Hayato  
中国 隼人氏



Kasuga Ikaro  
春日 郁朗氏

### ③価値の変化：変わるもの/変わらないもの



#### 価値観を変えるような大きな社会変化

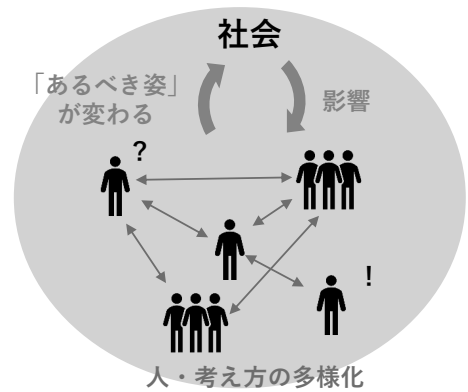
(SDGs、ESG、少子高齢化、気候変動、脱炭素、自然災害、パンデミックなど)



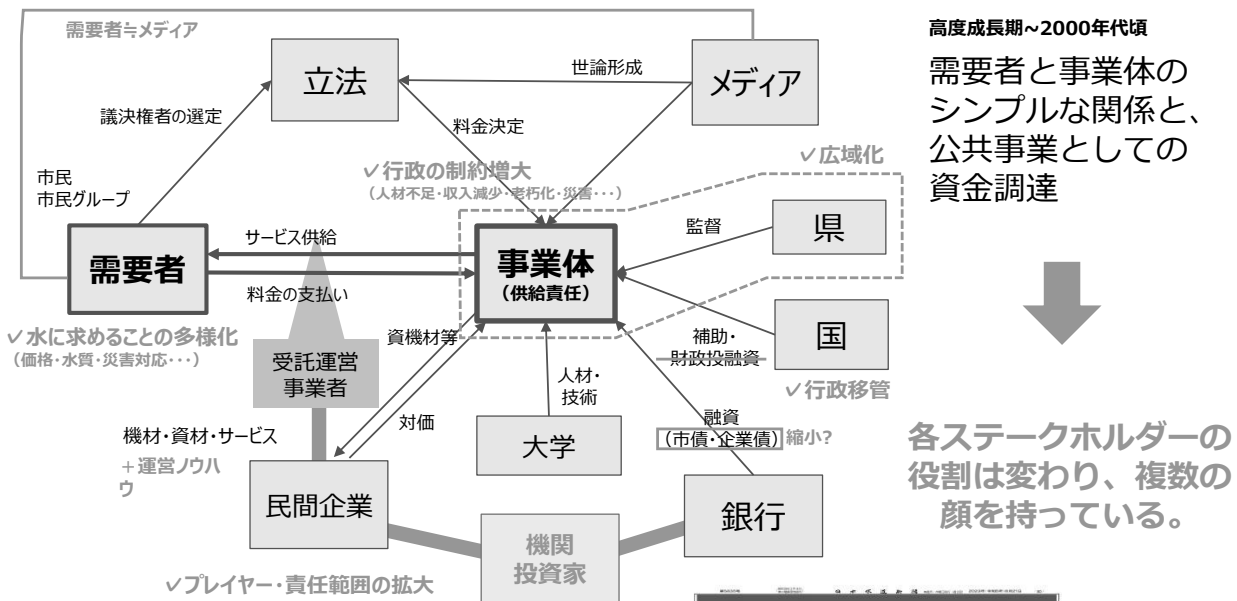
私たちのまわりの「ひと」「地域」「社会」の考え方・捉え方(価値観)はどのように変化し、相互作用するのか？



「変わるもの」何を捨てるべきか？  
 「変わらないもの」何を大事にするべきか？  
 水インフラに関わる「ひと(ステークホルダー)」はどのように変化しているか？



### ③価値の変化：プレイヤーの変化



地方銀行が見る水インフラの可能性  
 2023年8月21日 日本水道新聞  
 Water5.0特集記事



# 変わっていく社会とこれからの水インフラ

～水道の枠を超えて、地域インフラとしての水道事業の枠を考える～

2023/10/18/16:00-18:00  
東京ビックサイトにて

## 2. パネルディスカッション

Q3. 水インフラに対する価値観は  
どう変わり、どう変えていくべきか。

〇〇円値上がりしたら...  
〇〇m工事ができる  
知識を得ること  
＆  
将来のことを考える  
コストの可視化  
..やっぱり電気が良い..

上下水道の見せ方  
今までは、ポジティブなことだけ  
出してきた...

「この水がおいしいから...」  
「この水がおいしいから...」  
「え？家電みたいな...  
こわいのか?!」  
大変だ!!

変わるもの

水道事業の制度、施策

↓  
するべきもの  
見えるものは?  
水道マン

変わらないもの

まちづくりとの連携

ベースとなる安全・安心  
(サステナブル・ミニマム)  
↓  
レベル・ミニマムは  
こうあるべきだ!

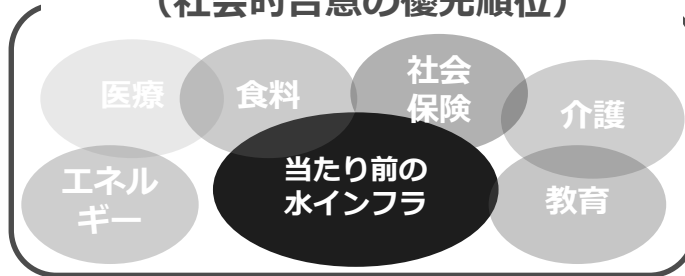
インフラは生活に根づく  
重要なもの

同じ組織で  
働けるが40年...  
とびと...  
情報の共有、価値の変化、  
考えるきっかけがあれば...



## 下水道インフラが社会変化に対応していくためには

社会全体のヒト・モノ・カネの課題  
(社会的合意の優先順位)



新たな制約条件への対応

- ・ 気候変動
- ・ パンデミック
- ・ 経済安全保障
- ・ 脱炭素

新技術による変革

- ・ DX、GX

相対的な投資力の  
有無が問われる

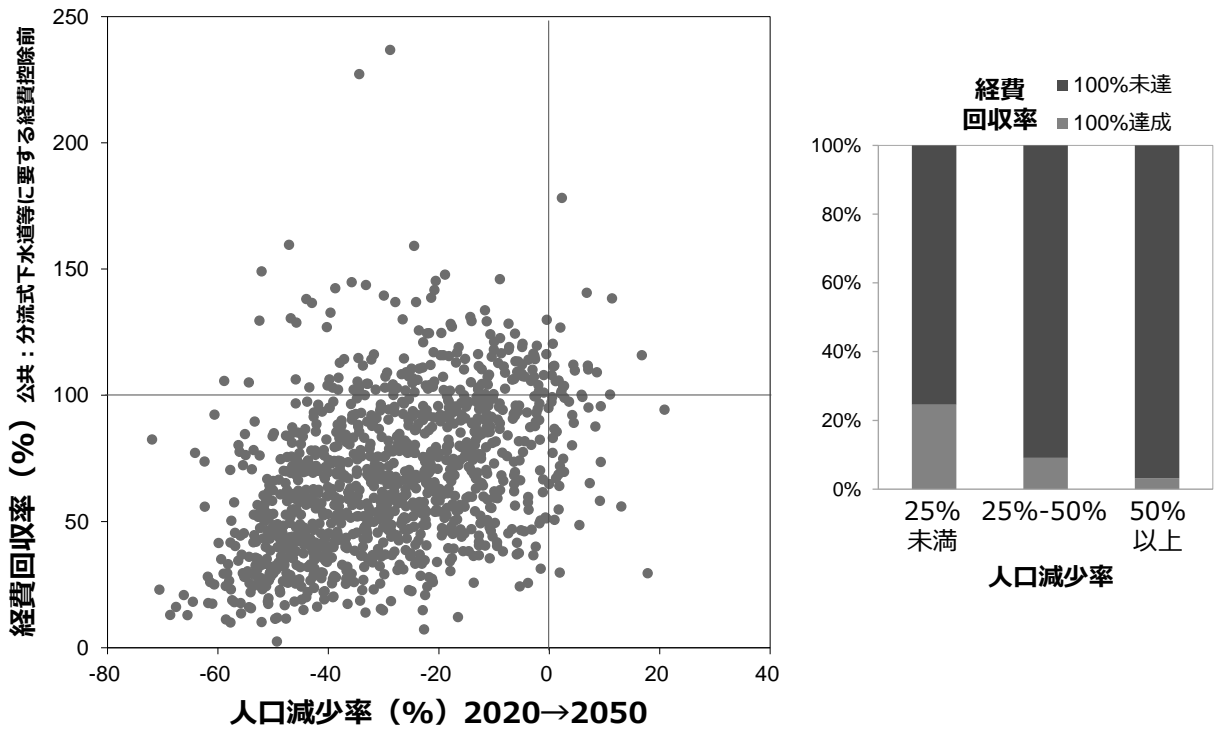
都市のカタチ

地域を支える  
公共サービス

人々の価値観



# 汚水処理：経費回収率と人口減少率

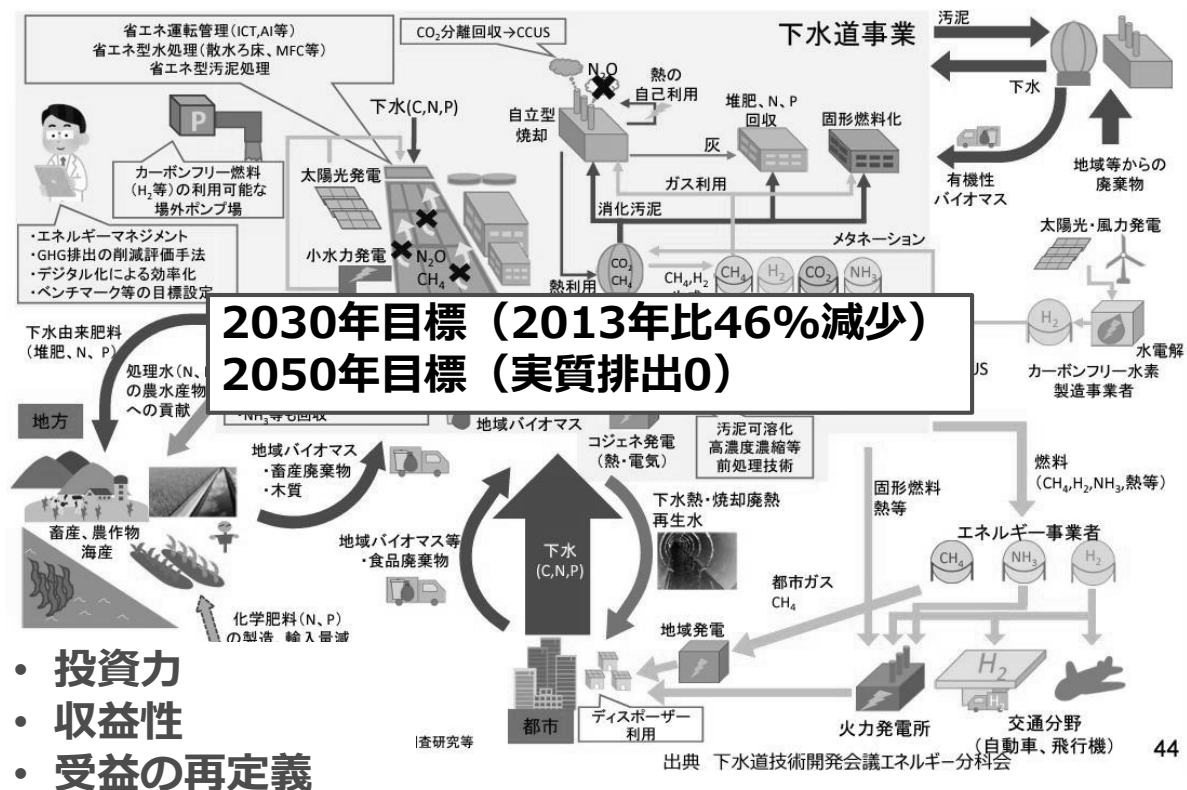


人口減少率が大きな地域ほど、新たな投資力確保は困難な状況に

下水道統計、社人研推計

17

# 例：2050年カーボンニュートラルを実現するために必要なこと



- 投資力
- 収益性
- 受益の再定義

出典 下水道技術開発会議エネルギー分科会

44



# 投資力 = 水道料金、下水道使用料

朝日新聞デジタル > 記事

## ガソリン・電気・ガス代補助、3月末まで延長 臨時国会で首相表明へ

岸田政権  
西村圭史 2023年10月19日 10時35分



政府は年末までの予定で続けているガソリン代や電気・ガス料金への補助を来年3月末まで延長する方針を固めた。原油価格の高騰が続く中、与党の要望を受けて延長を決めた。長引く物価高への対応に、いつ出口を見いだすかは不透明だ。

ガソリンスタンドの給油機=2022年2月23日、東京都杉並区

政府はガソリンへの補助を昨年1月から、電

### 電気、ガス、ガソリンへの負担軽減策を引き続き実施します。

政府は、激変緩和措置として、エネルギー価格の高騰の影響を受ける家庭や企業等の負担を軽減するための措置を実施しております。燃料油については現在の支援を2024年4月末まで継続するとともに、電気・ガスについても、現在の支援を2024年4月末まで行い、5月は激変緩和の幅を縮小します。

電気料金	都市ガス料金	ガソリン小売価格
低圧：3.5円/kWh 高圧：1.8円/kWh <small>※2024年5月は激変緩和の幅を縮小</small>	15円/m <sup>3</sup> <small>※家庭及び年あたり消費量1,000万m<sup>3</sup>未満の企業等が対象 ※2024年5月は激変緩和の幅を縮小</small>	全国平均価格で 1ℓ 175円程度となるよう <small>変動に補助を実施</small>

朝日新聞デジタル 2023.10.19

資源エネルギー庁  
[https://www.enecho.meti.go.jp/category/gekiken\\_lp/](https://www.enecho.meti.go.jp/category/gekiken_lp/)

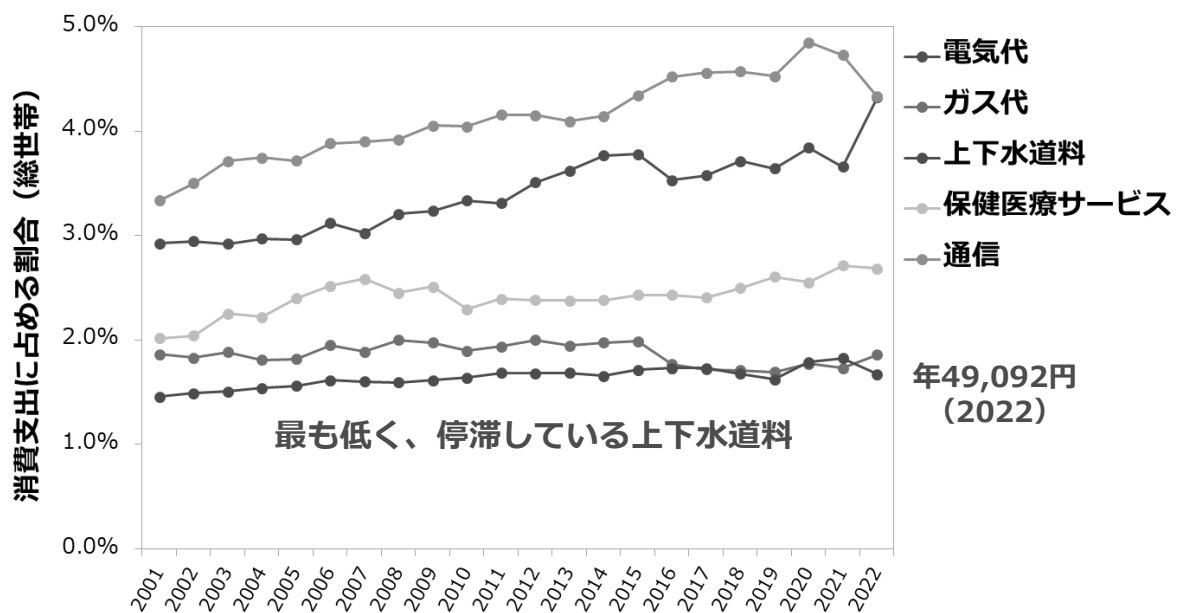
## エネルギー価格高騰に対して

- ・ 「ガソリン、電気、ガスは補助」ということは広く周知・認知される。
- ・ 「上下水道も電気代高騰で苦勞している」ことが報道されない、公開されない。→住民はどう思うか？

\* 「電力・ガス・食料品等価格高騰重点支援地方交付金」で水道事業者は対象

21

# 家計に占める上下水道料の推移



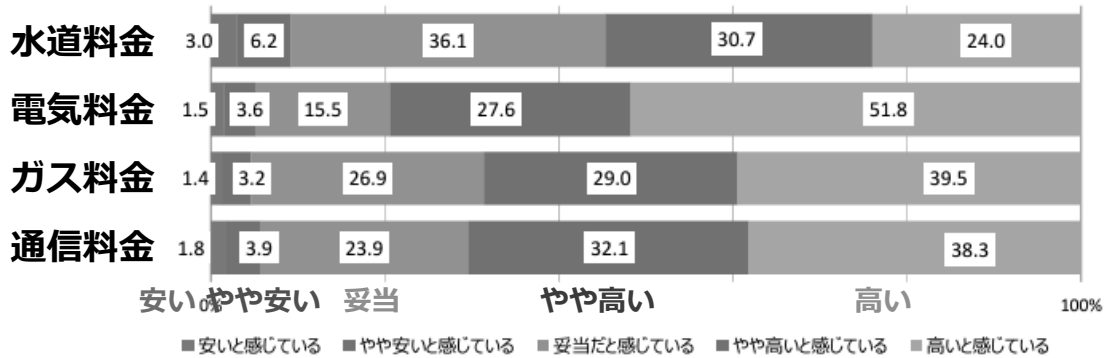
## 住民の潜在意識の醸成

- ・ 上下水道は安いもの
- ・ 電気代高騰でも変化しない。

上下水道料金の改定 (=投資力強化) を困難にしている一因では？

# 実際住民はどのように感じているのか？

ライフラインの料金についてどのように感じているか  
(単数回答/単位：%) N=1,500(全体)



値上げを許容できるランキング

1位	水道料金	46.5%
2位	電気料金	30.2%
3位	通信料金	13.6%
4位	ガス料金	9.7%

※「1位」の回答率順位

値上げを許容できないランキング

1位	通信料金	59.9%
2位	電気料金	14.5%
3位	ガス料金	14.2%
4位	水道料金	11.3%

※「4位」の回答率順位

上下水道料金は他と比較して安いいため、値上げの許容度はある

ミツカン水の文化センター 令和5年度「水にかかわる生活意識調査」

## 下水道使用料・負担金の位置付け

### 下水道法（使用料）

**第二十条** 公共下水道管理者は、条例で定めるところにより、公共下水道を使用する者から使用料を徴収することができる。

2 使用料は、次の原則によつて定めなければならない。

- 一 下水の量及び水質その他使用者の使用の態様に応じて妥当なものであること。
- 二 能率的な管理の下における適正な原価をこえないものであること。略

### 下水道法（市町村の負担金）

**第三十一条の二** 第三条第二項又は第二十五条の二十二第一項の規定により公共下水道又は流域下水道を管理する都道府県は、当該公共下水道又は流域下水道により利益を受ける市町村に対し、その利益を受ける限度において、その設置、改築、修繕、維持その他の管理に要する費用の全部又は一部を負担させることができる。略



経営的な観点（投資力確保）？「受益の限度」の合意形成？

### 水道法（供給規程）

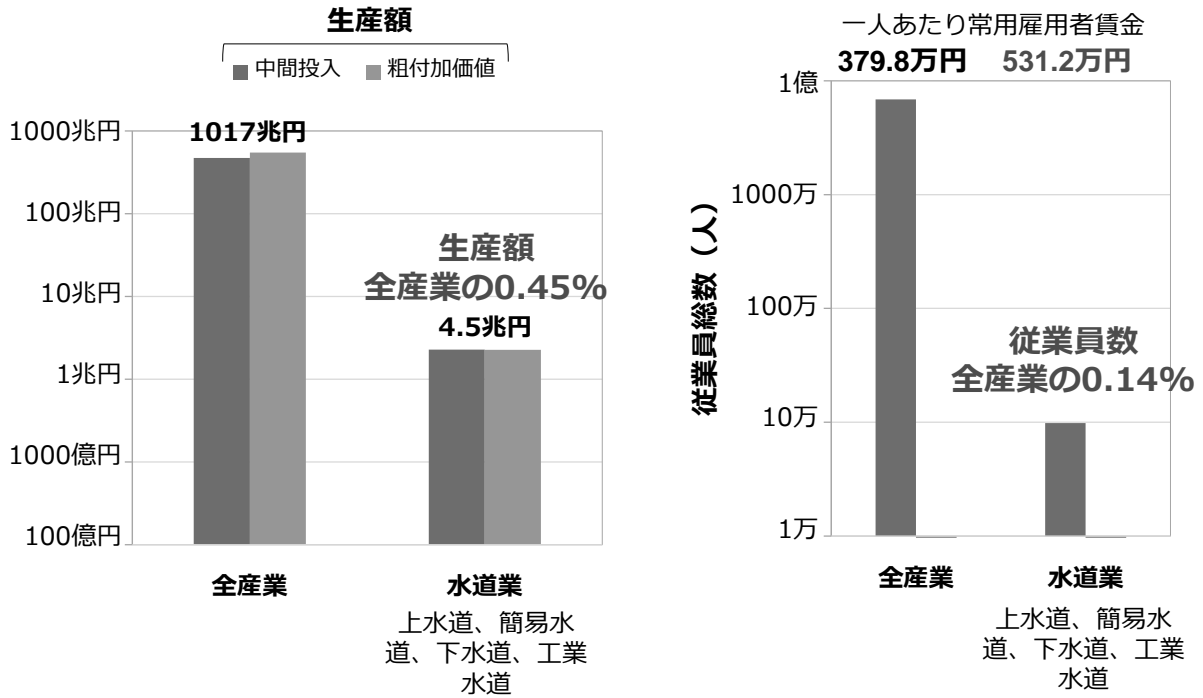
**第十四条** 水道事業者は、料金、給水装置工事の費用の負担区分その他の供給条件について、供給規程を定めなければならない。

2 前項の供給規程は、次に掲げる要件に適合するものでなければならない。

- 一 料金が、能率的な経営の下における適正な原価に照らし、健全な経営を確保することができる公正妥当なものであること。略

# 上下水道の経済効果の可視化

## 日本全体の産業における上下水道事業の規模

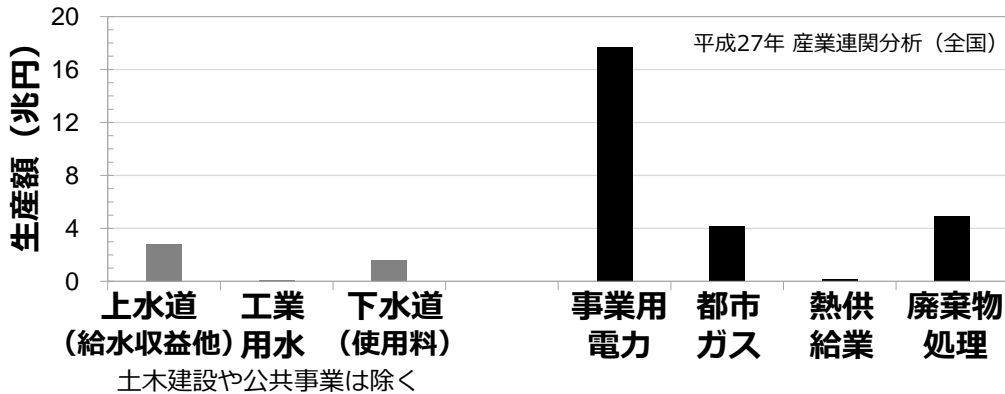


平成27年 産業連関分析 (全国)

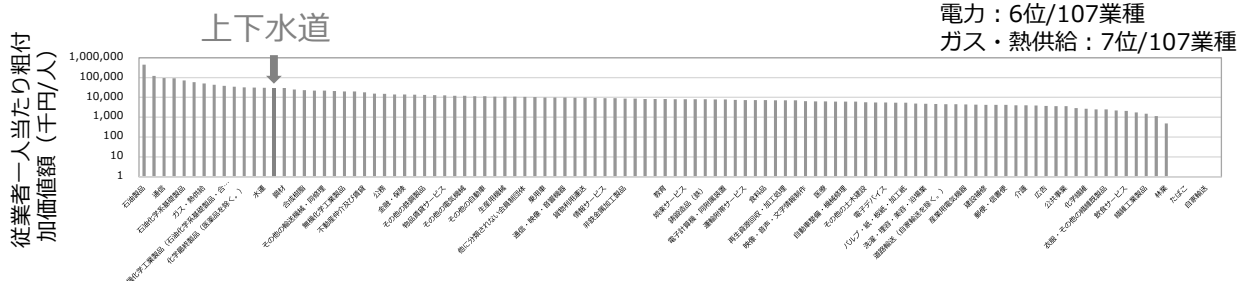
25

## 他のインフラや産業との比較

### ● 全国：生産額の比較



### ● 神奈川県：産業別 従業員一人当たりの粗付加価値額

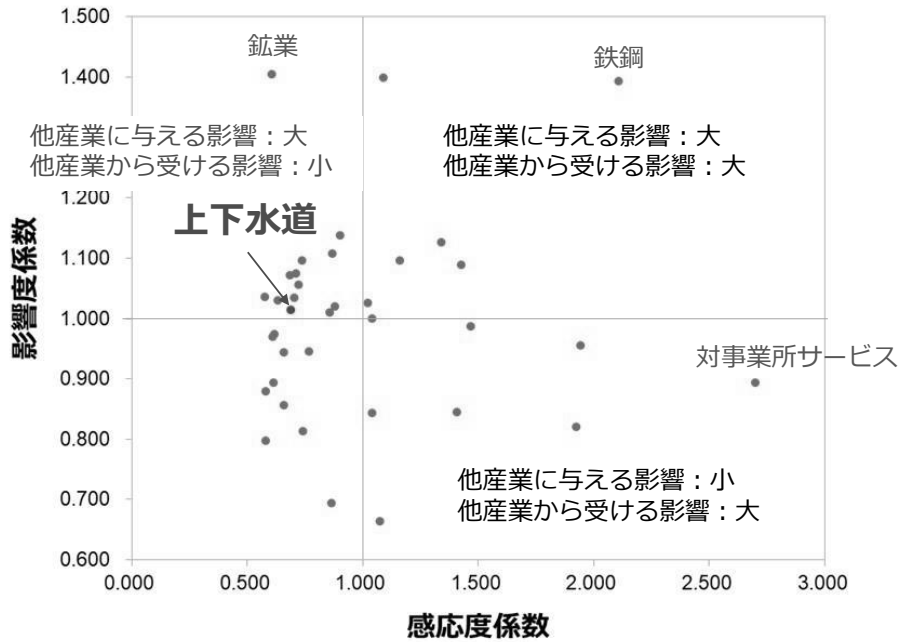


平成27年 産業連関分析 (神奈川県)

26

# 産業連関から見える上下水道の特性

全国：産業別の影響度係数と感応度係数の関係



- 影響度係数 > 1 : 他の産業に影響を与えやすい → 上下水道
- 感応度係数 > 1 : 他の産業の影響を受けやすい

平成27年 産業連関分析 (全国)

# 米国におけるインフラの状況と受益の可視化

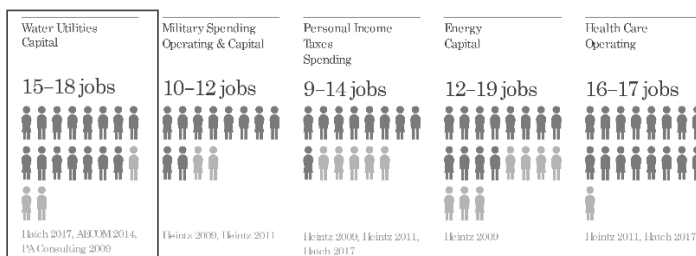


ASCE (<https://infrastructurereportcard.org/>)



水道                      下水道                      雨水排除

## インフラ投資がGDPや雇用に及ぼす影響を定量化



## Value of Water Campaign (2017) The Economic Benefits of Investing in Water Infrastructure



### 水インフラ（資本）

#### <水インフラ>

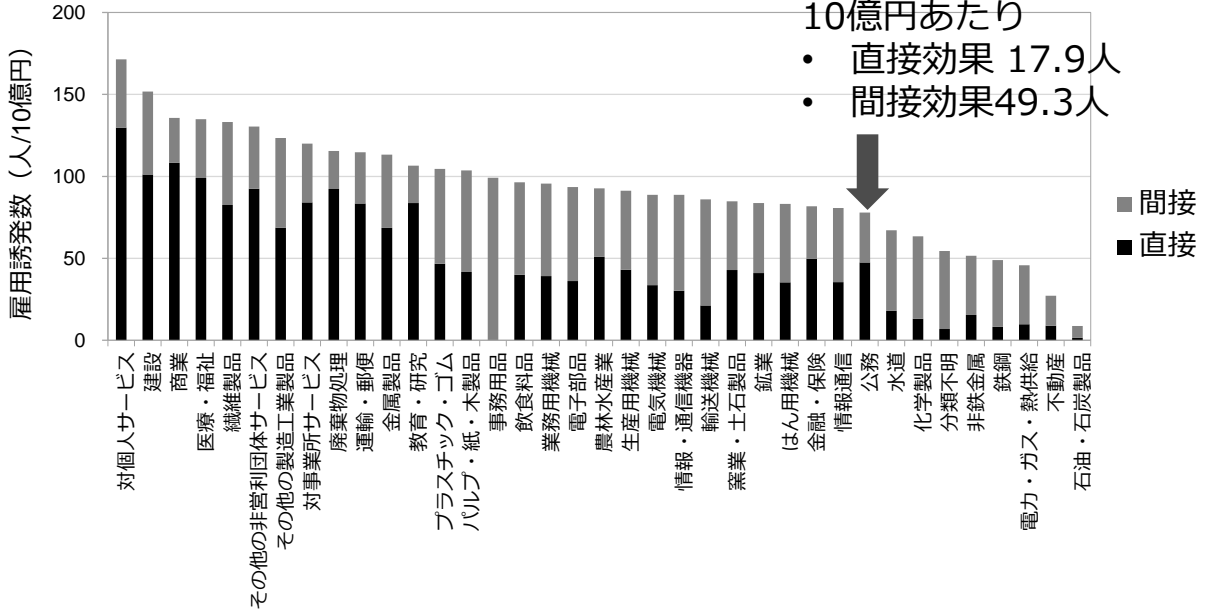
- セクター別・支出別100万ドルあたりの雇用力：15-18人
- サービス中断による経済活動への影響：435億ドル/日

水インフラの投資不足が解消されない場合、

- 雇用の喪失：956,000人（2040）
- GDPの喪失：8日間のサービス停止 = 1%のGDP損失

# わが国の上下水道事業の経済波及効果は？

## 全国：産業別の理論上の雇用誘発効果



上下水道 国内生産額（2015）4.55兆円  
（直接 81,243人、間接223,927人）

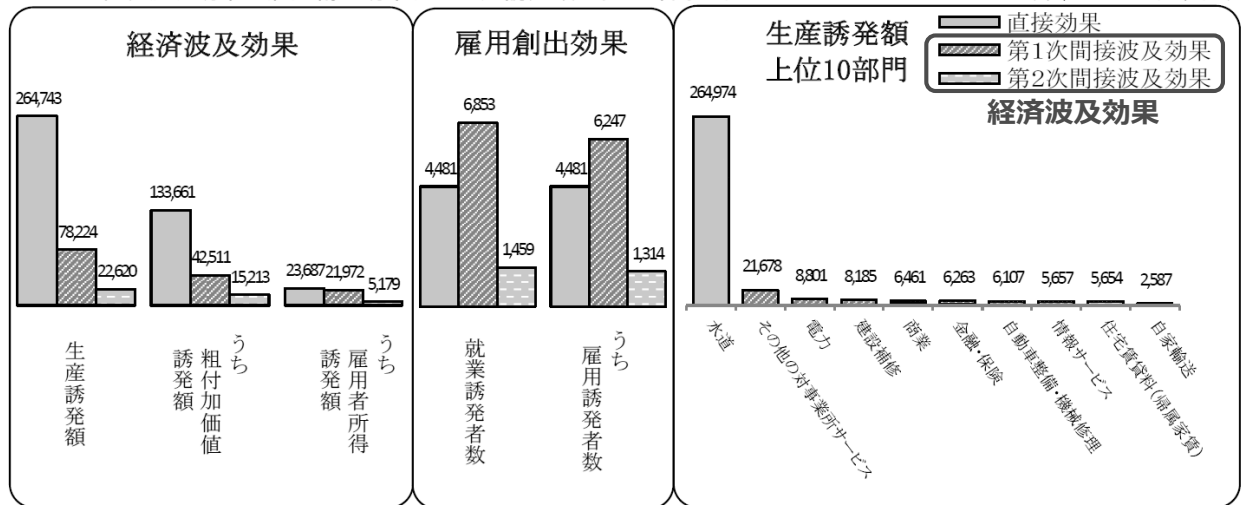
平成23年 産業連関表 労働誘発係数（厚生労働省）

29

## 神奈川県：上下水道の年間生産額2647億円（2015） が及ぼしうる経済波及効果の推定

平成27(2015)年神奈川県産業連関表  
経済波及効果分析ツール(生産増加)

6 経済波及効果・雇用創出効果及び生産誘発額上位10部門グラフ (単位：百万円、人)



総合効果 (合計)	生産誘発額		粗付加価値誘発額		雇用者所得誘発額		就業誘発者数		雇用誘発者数	
	百万円	人	百万円	人	百万円	人	人	人	人	人
直接効果	264,743	4,481	133,661	23,687	23,687	4,481	4,481	4,481	4,481	4,481
第1次間接波及効果	78,224	6,853	42,511	6,853	21,972	6,853	6,853	6,853	6,247	6,247
第2次間接波及効果	22,620	1,459	15,213	1,459	5,179	1,459	1,459	1,459	1,314	1,314

公営企業の寄与が大きな地域では、地域経済を下支え？

→水インフラの健全な機能が低下することの「経済的損失」を可視化

平成27年 産業連関分析（神奈川県）

30

## 社会変化に対応する下水道インフラの展開に向けて

---

- 下水道インフラは、少子高齢化による内的制約条件だけでなく、脱炭素など新たな外的制約条件に対応することが求められている。  
→対応するためには「投資力」が必要
- 都市の変化、地域の変化、人々の価値観の変化の中で、下水道インフラも他の公共サービスとの間で合意形成の競合にさらされる。  
→「目指すべきビジョン」に対する社会的合意形成が必要

「目指すべきビジョン」の「受益」と「負担」を可視化し、投資力確保を進めることが鍵ではないか？



## 海外における水インフラ管理（広域・官民・他分野連携）

EYストラテジー・アンド・コンサルティング株式会社

関 隆宏

2024年2月16日

### 自己紹介・活動紹介

**人口減少時代では、パブリックインフラの維持は容易ではありません。時代に合わせたインフラ経営への変革を支援し、将来世代にも続く持続可能な地域づくりに貢献します。**

関 隆宏 シニアマネージャー | Takahiro Seki Senior Manager  
EYストラテジー・アンド・コンサルティング株式会社 インフラストラクチャー・アドバイザー

福岡県柳川市出身。2017年にEYに参画以降、日本地域における上下水道向けのコンサルティングサービスを提供。

15年以上に渡る上下水道事業での経験を有し、前職ではPPP/PFIにおける、コンソーシアム組成、施設設計・維持管理計画の策定、事業スキーム構築、プロジェクトファイナンスによる資金調達を含めた事業計画策定、特別目的会社（SPC）設立、許認可取得実務、事業運営管理等をプロジェクトマネージャーとして統括。

EYでは上下水道事業の経営改革に関するコンサルティングサービスとして、厚生労働省・国土交通省・資源エネルギー庁等に対する諸外国の制度調査やガイドラインの策定支援のほか、地方自治体におけるPPPや広域化支援を実施。

現在は、上下水道の他、廃棄物処理施設、公共施設に加え、電力事業などへも活動の幅を広げ、公共だけでなく民間企業に対しても地域インフラ企業設立に向けた幅広い助言を行っている。



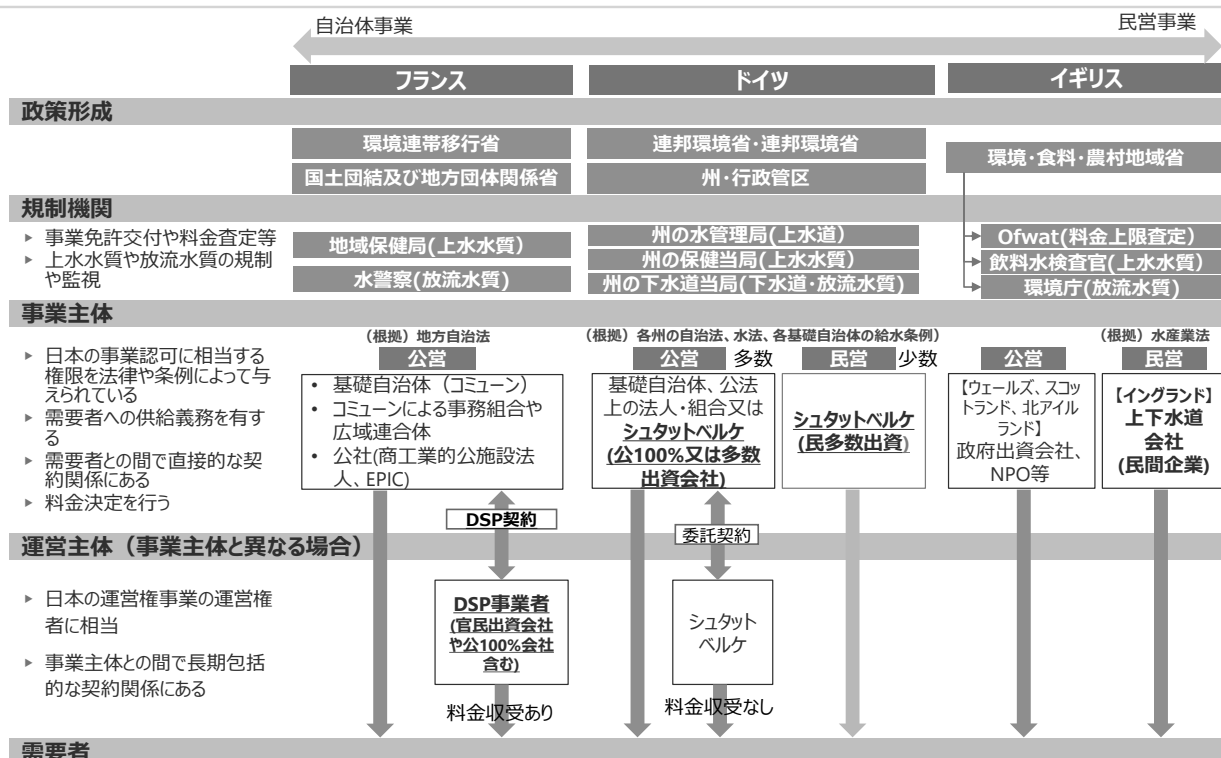
### Publications & Skills

- ▶ 委員等：総務省 経営・財務マネジメント強化事業アドバイザー（2021～）、IWA World Water Congress 2018 Program committee（2018）
- ▶ 書籍：PPP・PFI実践の手引き（中央経済社、2018/8、共著）  
フランスの上下水道経営—PPP・コンセッション・広域化から日本は何を考える（日本水道新聞社、2020/3、共著）
- ▶ 発表：「人口減少時代の水道料金はどうなるのか？」 EY HPIにてプレスリリース（2018、2021）  
「ドイツ・シュタットベルケにみる市町村が抱えるインフラ・公共サービスの課題解決の羅針盤」 EY HPIに寄稿（2020）  
「都市の普遍的価値「パブリック・バリュー」という新たな評価指標」 EY情報センサー（2021（8月号掲載予定））  
「経営指標（PI）を活用した持続可能な事業運営に関する考察」水道公論に寄稿（2021）  
「上下水道事業運営手法の多様性～仏・英・独の比較からの考察」水道公論に寄稿（2020）  
「分野横断型の官民連携モデル～ドイツ・シュタットベルケがもたらす価値」水道公論に寄稿（2020） 他
- ▶ セミナー：『『上下水道事業の広域化・共同化』テーマにした講演会（鳥取県）』（2019、2020）  
「パブリックバリュー～組織の公共性を評価する新しい手法～」(2021、京都大学主催、EY協賛、司会・モデレータ)  
「第3回水道実務者が水道のこれからを考えるウェビナー」(2021、日本水道新聞社主催、EY協賛、講演)  
「持続可能な「担い手」のあり方～ドイツ・シュタットベルケを好例に～」(2020、EY主催、講演・パネラー) 他
- ▶ メディア取材：日本水道新聞社、日本経済新聞、朝日新聞、日本テレビ、水デザインジャーナル等（「人口減少時代の水道料金はどうなるのか？」、「シュタットベルケ」関連）
- ▶ 資格：技術士（上下水道部門）、行政書士（試験合格）

LinkedIn QRコード



# 各国の上下水道行政の比較

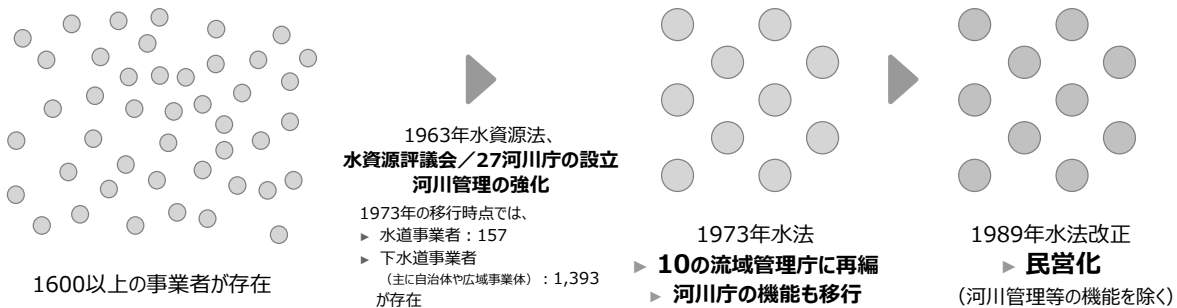


# 各国の運営形態の変遷

	フランス	ドイツ	イギリス
~1900	<ul style="list-style-type: none"> <li>1850年代から水道分野でコンセッションが始まる(パリにおいては50年間のコンセッション契約が締結される)。</li> <li>1800年代後半にコンセッションでは新規投資に対応できず、コンセッションは一時衰退。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>プロイセンと市条例以降～ナポレオン戦争までに地方自治体制の強化が進む。</li> <li>各地方で自治体の中の一部門 (Regiebetrieb) としてシュタットヘルケがガス、水道事業等の供給主体となる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>主に自治体が経営。</li> <li>1600程度の事業主体が存在。</li> </ul>
1901~1950	<ul style="list-style-type: none"> <li>当初は都市の半分で直営で管理。</li> <li>激動の時代において、柔軟な対応が求められる中、契約期間の短いアフェルマージュが増加。</li> <li>それでも1939年時点では接続人口の75%が直営。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1920年代以降、法的には独立の他事業統合公営企業 (Eigenbetriebe) の設立が推奨。</li> <li>電気の普及によって、ガスの熱を利用した熱供給サービス事業なども拡大。</li> <li>様々なインフラ事業の統合の動きが加速し、ドイツ全土に普及。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1900年代中ごろになると施設の老朽化が進み、各地で陥没や漏水事故が増加。</li> </ul>
1951~1970	<ul style="list-style-type: none"> <li>国が料金に関する規制を強め、自治体は毎年料金を示す必要がある。</li> <li>国がコンセッションとアフェルマージュのモデルをしめた。</li> <li>DSP形式の方が財政的に有効となってきた。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>戦後もドイツ基本法第28条に定められる自治の原則は変わらず、地域のインフラサービスはシュタットヘルケが主体となる。</li> <li>後半に入ると、現在の会社法制 (株式会社、有限会社法等) が整備され、シュタットヘルケの民間企業形態へ移行が進む。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水質規制への対応など、流域を広域的に管理する機関の必要性の機運が高まる。</li> <li>自治体内における政策的優位性が低く、施設に対する投資が後回しにされる傾向にあった。</li> </ul>
1971~2000	<ul style="list-style-type: none"> <li>財政面での有効性の他、自治体のマンパワー不足、さらには広域化の進展によりDSP契約が増加。</li> <li>1980年代に入り、アフェルマージュ契約のモデルが修正され、自由な契約形態ではなくなる。</li> <li>1990年代に入ると、寡占による公共調達不正が発覚、さらなる規制が強化された。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1990年頃から東西ドイツ統一や自由化・規制緩和の圧力が、海外の水事業者に対するドイツ参入のきっかけを与えた。</li> <li>また一方で、ドイツ国内のエネルギー会社も水事業への関心を高めた。</li> <li>特に旧東ドイツでは、両者の競争が多かった。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>個々の事業者が1973年に10の流域管理庁 (Regional Water Authorities) に再編され水質等が改善した</li> <li>しかし、サッチャー政権下の緊縮財政により1980年代に入ると投資は再び抑制され、1989年に流域管理庁が民営化された。</li> </ul>
2001~	<ul style="list-style-type: none"> <li>1980年代の20~30年契約の終了に伴って、再公営化される事例が出現。パリやリールは公社化、その他の自治体でもSEMOPなどに移行。</li> <li>DSPを繰り返す場合でも、法規制より20年以上の契約はできず、投資の権限を自治体に留保するなど、民の役割は相対的に狭くなってきている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>海外水資本と比べて、国内のエネルギー事業者が地域性などの競争優位性を活かし、各地における存在感を高める。</li> <li>2000年代初頭には、自治体と民間の両方が出資した三セク形態のシュタットヘルケが水道供給の3割を占める。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ofwat等の国の規制機関の監視のもと、質と料金の最適化に努めている。</li> <li>現在まで30年以上民営形態を継続。</li> </ul>

## 【英】1970年以降、流域単位の水管理体制移行し、民営化後も「流域」での考え方を踏襲

- ▶ イングランド・ウェールズの水事業は、**1000を超える上水道及び1400の下水道事業者**（下水道は主に自治体や広域事業体）により、規制や義務のない状態で担われていた。
- ▶ 経済発展に伴う水需要の増大や干ばつ・洪水の被害を経て、水源の保全等の必要性が認識され、1963年水資源法制定により**水資源評議会（Water Resource Board）と27の河川庁（River Authorities）**による流域管理体制が作られた。
- ▶ 1973年水法改正により、大小様々な上下水道事業者が**10の流域管理庁（Regional Water Authorities）**に再編され、従来の河川庁の機能も流域管理庁に統合された。
- ▶ 流域管理庁の設立により、その直後は河川水質等の改善が見られた。しかし、独立採算による経営が求められる中、EC指令への準拠に伴う設備投資需要が増大し、中央政府の厳しい経済抑制策によって脆弱な財政基盤の下での経営となった。
- ▶ 結果的に、1989年水法改正により、新たに設立された**水会社**に流域管理庁の資産及び労働者が移行（河川管理等の機能を除く）され、株式市場を通じた民間資金投入を図る上下水道事業の新たな管理体制が発足した。

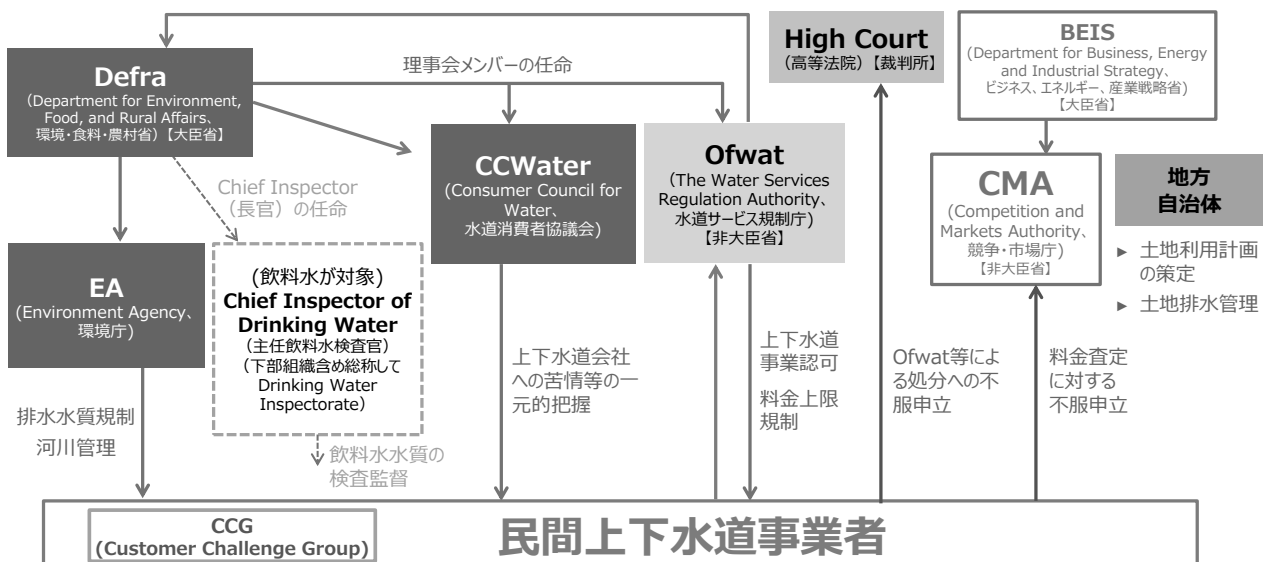


Confidential - All Rights Reserved - EY Strategy and Consulting Co., Ltd. 2024

出典：Ofwat, "The Development of the Water Industry in England and Wales,"  
[https://www.ofwat.gov.uk/wp-content/uploads/2015/11/rpt\\_com\\_devwatindust270106.pdf](https://www.ofwat.gov.uk/wp-content/uploads/2015/11/rpt_com_devwatindust270106.pdf).

5

## 【英】イングランド・ウェールズにおける上下水道事業者と規制に関する機関等



→ 権限等の流れ → ライセンスフィー※の流れ → 事業者からの申立  
(※Ofwat, CCWaterにかかるコストを事業者から徴収)

出典：Water Sector Overview (<https://www.ofwat.gov.uk/regulated-companies/ofwat-industry-overview/>)等を基にEY作成

Confidential - All Rights Reserved - EY Strategy and Consulting Co., Ltd. 2024

6

## 【仏】DSPは運営を委ねるとともにリスクの移転をするもの

- ▶ 2019年4月に施行された公共調達法典（Code de la commande publique）は、コンセッション契約を、工事又はサービスに関する運営を委ねるものと規定している。
- ▶ 他の条文でサービスコンセッション契約を規定し、公共サービスの委任（DSP）においても活用され得るものと規定している。

表 コンセッション契約（法令上広義のものでコンセッションとアフェルマージュを含む）の定義 公共調達法典L.1211-1

公共調達法典 L.1211-1条

コンセッション契約とは、**契約により、この法律に定める発注機関が、工事又はサービスの管理の実施を単一又は複数の経済的運営者に委ねるものである。**当該経済的運営者へは、**契約に従って工事又はサービス運営の権利が与えられ**、又は価格に関する権利が与えられる代わりに、当該**工事又はサービスの運営に関するリスクが移転**される。

受託者に移転される**リスクの程度は、市場リスクへ明確にさらされることを示すものでなくてはならず、受託者が負う可能性のある損失は、単に名目的又は無視しうるものであってはならない。**受託者に工事や運営において生じる投資や運営コストの回収は保証されず、通常の運営条件である限り、運営リスクを負う。

表 サービスに関するコンセッションの定義

公共調達法典 L.1211-3条

サービスコンセッション契約は、サービスの管理を意図したものである。当該契約は、公共サービスの運営に関することも含む。

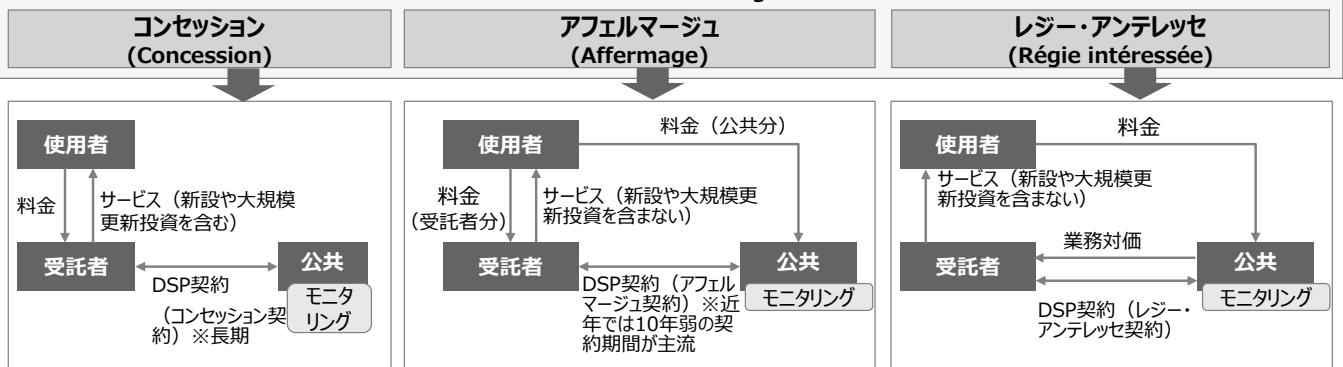
コンセッションの受託者は、サービスのために必要な建設工事や物品の調達も行うことができる。

**地方団体総合法典 L.1411-1で言及するところの公共サービスの委任（DSP）はサービスのコンセッションであり、地方公共団体、地方公共団体の公施設法人、その集団又はこれら集団のうちの複数のものからなるものによって締結されるものを指す。**

## 【仏】DSPにおけるコンセッション、アフェルマージュなど

- ▶ 法律・制度上は、コンセッション、アフェルマージュ、レジー・アンテレッセを峻別する定義はない（判例を元に積み上げられた整理※）。
- ▶ 法的には、DSPは「民間企業に経済的リスクを移転」していることとされていることが主な要件なので、色々な仕組があり得る。

運営手法：公共サービスの委任＝DSP（Délégation de Service Public）



- ▶ ある事業の4条部分も含めて事業のほとんどを民間に委ねる形態
- ▶ 公共の役割はモニタリングなどが中心となる。

特定の判例というより、多数の訴訟が過去に行われている中で外形が形成されたと聞いています。（極端に事業範囲が狭いものや、公費の充当が多く、収益リスクテイクが弱いものは、DSPではなく、入札ではないか？という訴訟が水に限らずよく起こるため）

- ▶ 日本風に言うと以下のようなイメージ。

### 更新工事付きの包括委託

#### + 従来の包括委託より長期間

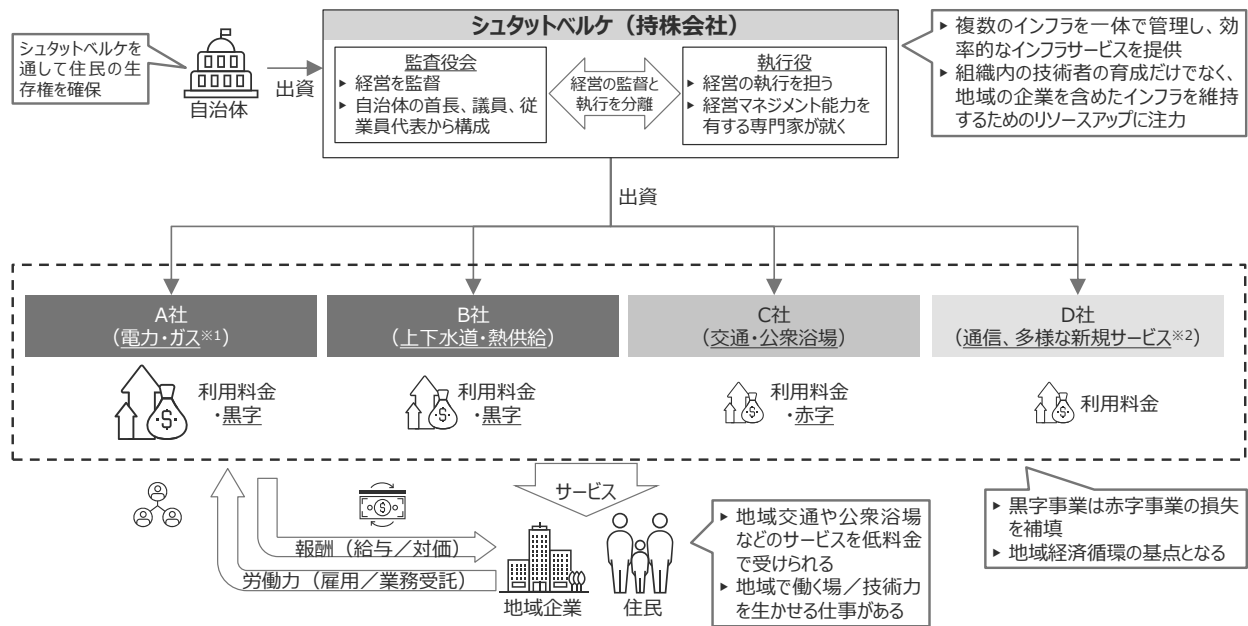
#### + 需要に連動した収入（料金按分）

- ▶ 浜松市西遠コンセッションは、フランスでは「アフェルマージュ」に分類されるもの。

- ▶ 受託者の収入は料金収入ではなく、行政が業務対価を受託者に支払う。

- ▶ 行政が支払う業務対価は、業務成果や需要に応じて変動する算式が契約上構成される。

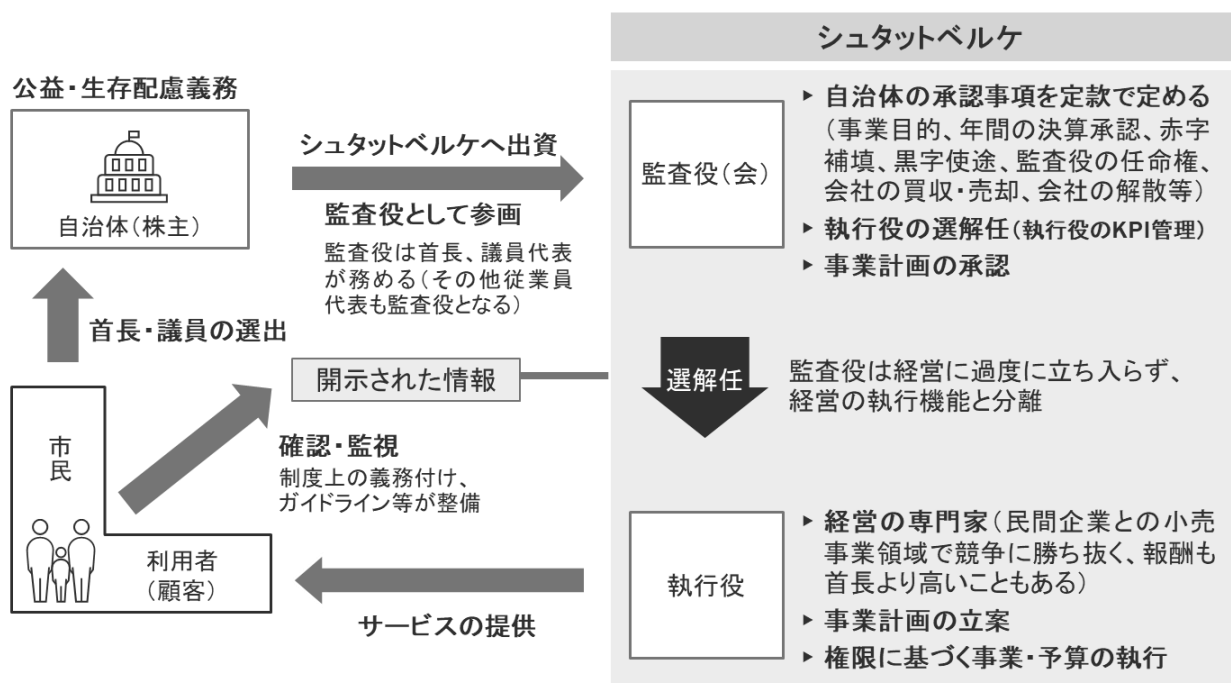
## 【独】地域インフラを持続可能なものとする仕組みが組み込まれたシュタットベルケのビジネスモデル



※1 電力・ガスには配電網・ガス導管などのグリッド運営と小売が含まれる（10万人以上へ供給する場合は、配電系統の事業のアンバンドリングが求められる）

※2 新規サービスでは、給電ステーションやカーシェアリングなど自社のケイパビリティを生かした事業が行われている

## 【独】シュタットベルケのガバナンス



## 【独】シュタットベルケの人材マネジメント

### 事業の根幹となる継続的な人材採用と組織の活性化

- ▶ 15歳からの多様なジュニア育成プログラムが存在し、学生の身分でシュタットベルケにて職業訓練を行うことが一般的になっており、早期の段階から人材の囲い込みを行っている
- ▶ 職員が欠けた場合（欠ける可能性がある場合）に、ジョブディスクリプションを明記して募集をかけ、ポジションに空きがないように取り組んでいる
- ▶ 組織の硬直化を防ぐ目的で、一定割合を外部から人材採用を行う（中途採用者割合を一定数維持）

### 地域貢献の魅力・存在意義

- ▶ シュタットベルケの経営において、近年特に重要視されているものがPublic Value（公的価値）である
- ▶ Public Valueの追求、地域貢献といった自社の存在意義（パーパス）の共有が、リクルーティングや人材の保持に貢献

1 採用・代謝

### 確実な技術の継承と育成を実施

- ▶ 基本的には新人からステップアップする継続的な育成を行っていく
- ▶ 入社後もさまざまな教育プログラムを提供している（運転管理や設計、配管敷設、システムのプログラミングなど多くの業務を内製化しておりOJTの機会が豊富）
- ▶ グループ会社内でも人材募集はかけており、希望次第で他のセクターへの異動も可能となっている

シュタットベルケの  
魅力・存在意義

### 非金銭面を含めたTotal Rewardを重視

- ▶ 多くのシュタットベルケが参加している労働協約が存在し、報酬水準はその協約に基づいて設定されている（民間の電力会社等よりは低い報酬）
- ▶ 地域のインフラを支えるパーパスを共有
- ▶ 報酬以外の多様な福利厚生サービス（教育支援、キャリアカウンセリング、保育施設など）を提供

3 育成

2 評価・報酬

## 【独】インフラを複合管理している組織ならではの業務の共通化や組織設計上の工夫

### セクターの一体化

アセット戦略や調査、緊急対応などが類似しており、かつ公道下に施設が埋設されているため機能を共通化することが可能等の理由により、水道・ガスセクターの一体的な運営が可能

### 一括調達

各種調達に当たっては、持株会社がグループ会社の調達を一括で行っている（個別の調達仕様については担当部門が作成）

### 工事部門の一体化

水道、ガス、熱供給のための管路の土木工事を専属で行う部門を設置し、工事の効率化を図ると同様に、電気設備工事については専門とする組織（グループ全体としての人材プール）を設置

### シュタットベルケ

複合管理の中での  
組織・業務上の  
多様な工夫

### 調査等の共同実施・共有

地下（道路下）の調査・測量などについてはセクターに限らず共同で実施し、データを共有している

### 危機管理部門の一体化

電気、ガス、熱、水道に係る共通の危機管理センター（少数の人員が常駐）を設置することで、迅速かつ一体的な危機管理をしている

### 計画の策定

アセット管理・個々の事業戦略策定に関する考え方や共通的な手法・ノウハウを融通している。また、埋設管など分野横断したネットワーク計画を同時策定している



本資料についてのお問い合わせ先  
EYストラテジー・アンド・コンサルティング株式会社

シニアマネージャー  
関 隆宏 Takahiro Seki  
Tel: 070 3873 4115  
Email: takahiro.seki@jp.ey.com







# 分散型水再生による循環型社会の構築 直接ナノろ過によるゼロエネ水再生

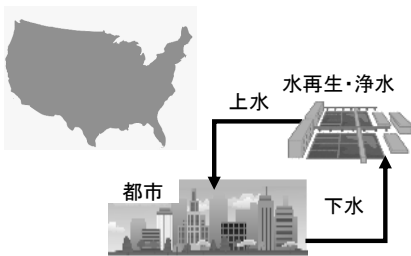
長崎大学 大学院工学研究科  
藤岡 貴浩

土木学会 環境工学委員会 中長期下水道施設システム調査小委員会  
下水の道を極める-序- 2024年2月16日(金)

## 水処理(藤岡)研究室の主な研究

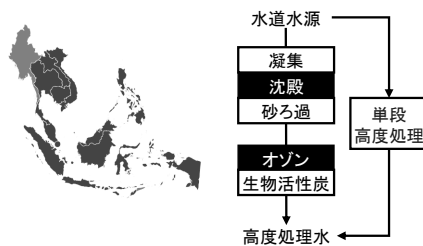
ゴール: 日本の技術を使って初めて成り立つ & 水平展開可能な仕組みを構築

### 下水の飲用再利用



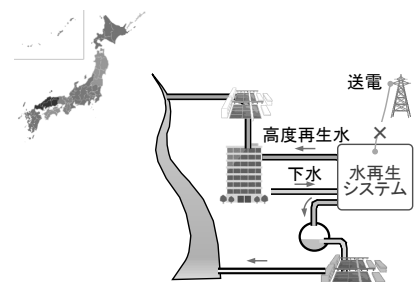
科研費 基盤B 2021-2024年度  
科研費 国際共同研究強化(B) 2022-2024年度

### 低コスト型 高度浄水処理



JST & JICA / SATREPS  
2023.7-2028.7

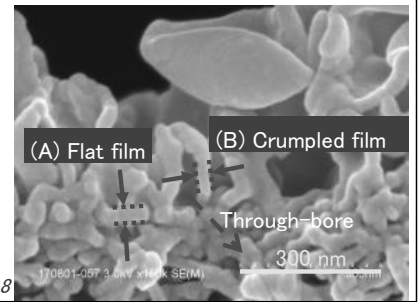
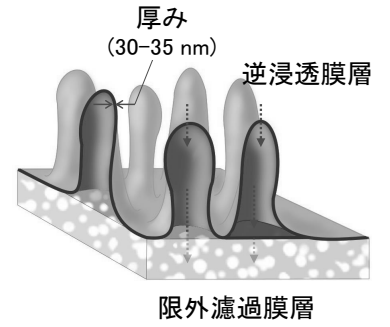
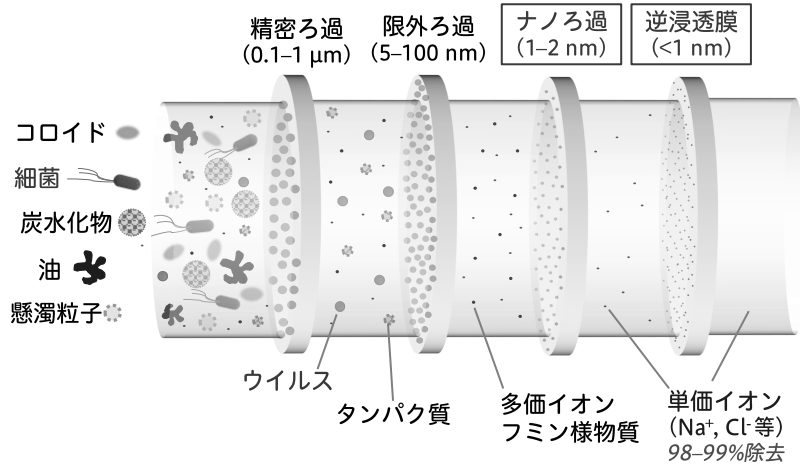
### ゼロエネ水再生



NEDO/官民による若手研究者発掘支援事業  
2022.10-2024.9

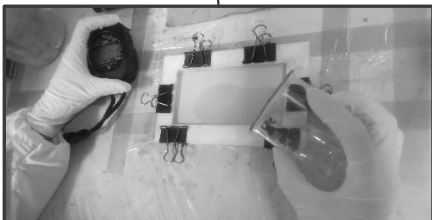
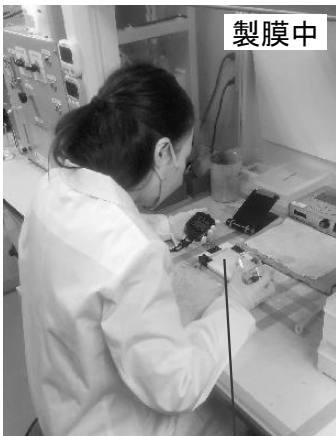
コア技術

分離膜



Fujioka et al., J. Mem. Sci., 2018

分離膜



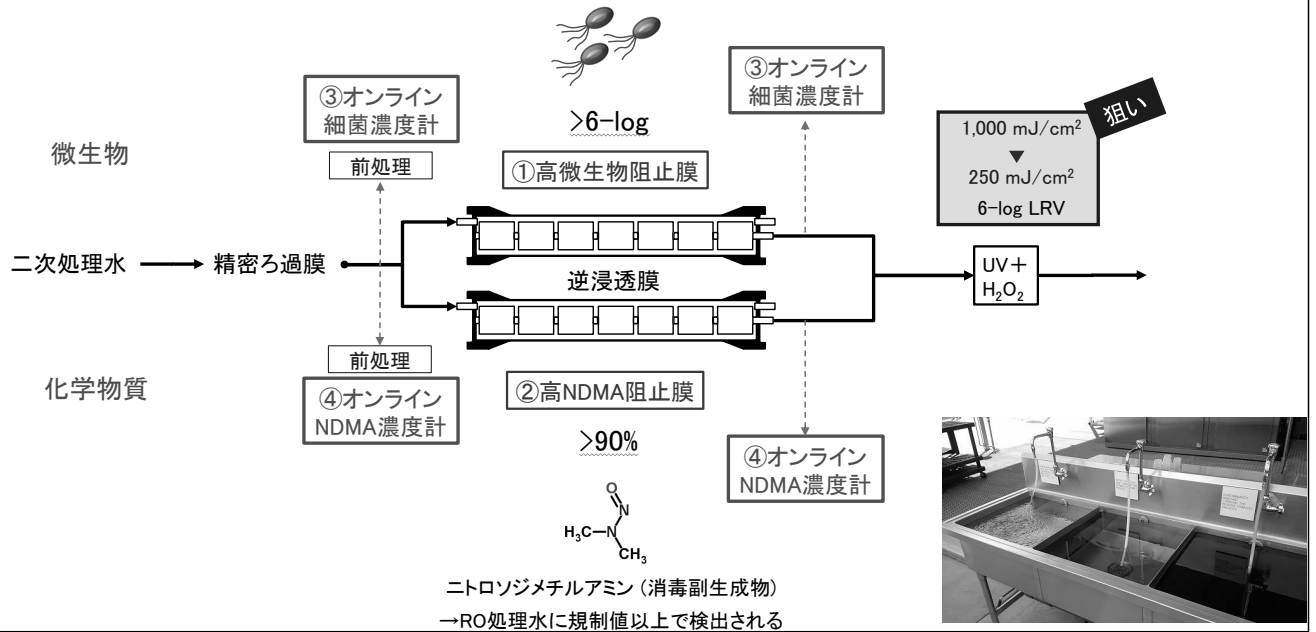
8インチ逆浸透膜エレメント

大きさ:  $\phi 20\text{cm} \times 100\text{cm}$   
 膜面積:  $37\text{m}^2$   
 ろ過流量: 約 $12\text{ L/min}$

研究紹介

①下水処理水を直接飲用するための水再生技術

→ 日本企業に優位な仕組み(仕様)を生み出す4つの新技術



研究紹介

②高度浄水処理技術の開発と普及

→ 初期投資と運用費用を既存法より≥80%削減

ベトナム: 8割以上の都市下水が未処理

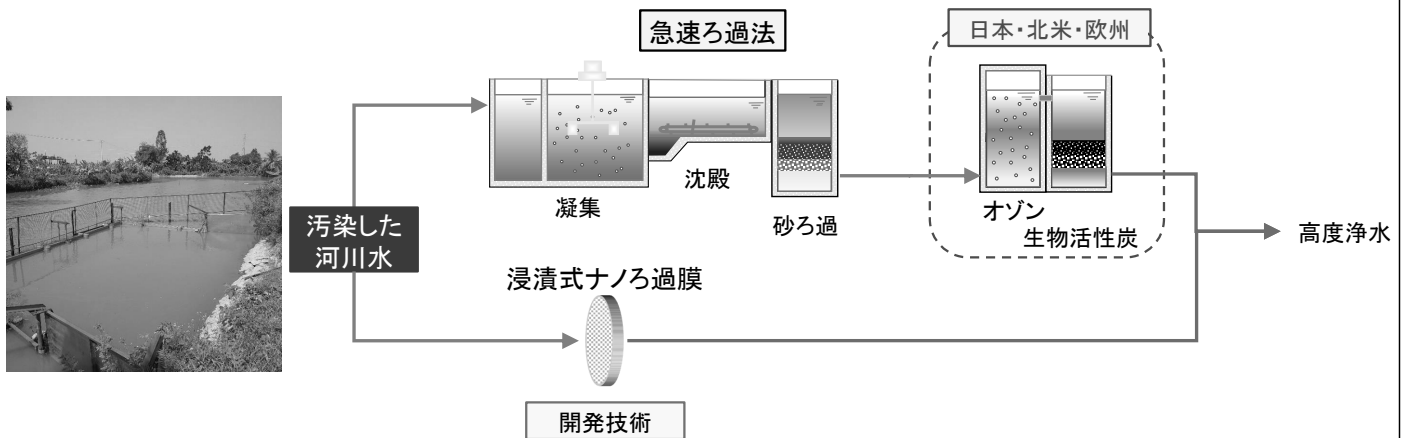
Only 46% of urban households have connections to drainage systems.

Only 12.5% of municipal wastewater treated before discharge into water bodies.

Around 2/3 of industrial wastewater

from industrial zones is treated, while only 9.4% of industrial clusters have centralized wastewater treatment facilities and most wastewater discharged by the 5,000 craft villages, some industrial factories outside of industrial zones and local hospitals and private clinics remains untreated.

World Bank, Vietnam : Toward a Safe, Clean, and Resilient Water System 2019: <https://www.worldbank.org/en/country/vietnam/publication/vietnam-toward-a-safe-clean-and-resilient-water-system>





# SATREPS

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム

文字サイズ変更 大 中 小 JST 科学技術振興機構  
 お問い合わせ サイトマップ よくあるご質問 English

TOP SATREPSについて 研究課題 評価 活動・成果 提案募集 お知らせ

研究者の方へ

一般の方へ

Googleサイトの検索

JSTトップ > 地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS) > 研究課題一覧 > 水汚染制性のある水供給システムの構築

環境・エネルギー (地球規模の環境課題)

水汚染耐性のある水供給システムの構築

ひどく汚れた川の水を安心して飲める水に!

研究代表者



藤岡 貴浩  
 長崎大学 大学院工学研究科 教授  
 researchmap



トラン・ティ・ヴィエト・ナー  
 ハノイ建設大学 環境工学部 准教授

相手国

ベトナム社会主義共和国

国内研究機関

長崎大学、北九州市立大学、龍谷大学、産業技術総合研究所、京都大学、協和機電工業株式会社、協和機電ベトナム、株式会社フソウ、三菱ケミカルアクア・ソリューションズ株式会社

相手国研究機関

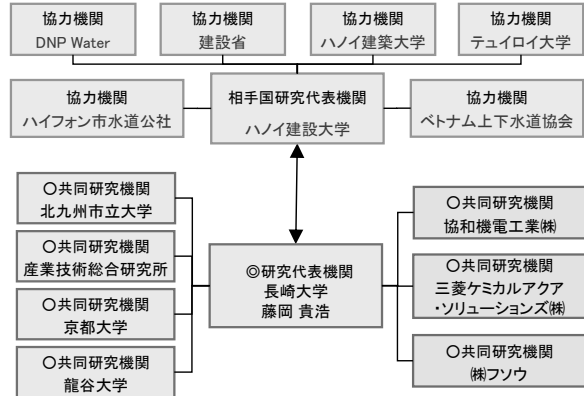
ハノイ建設大学、ハイフォン水道公社、トゥイロイ大学、ハノイ建築大学、ベトナム上下水道協会、建設省、DNPウォーター

研究課題

- 研究領域別にみる
- 地域・国別にみる

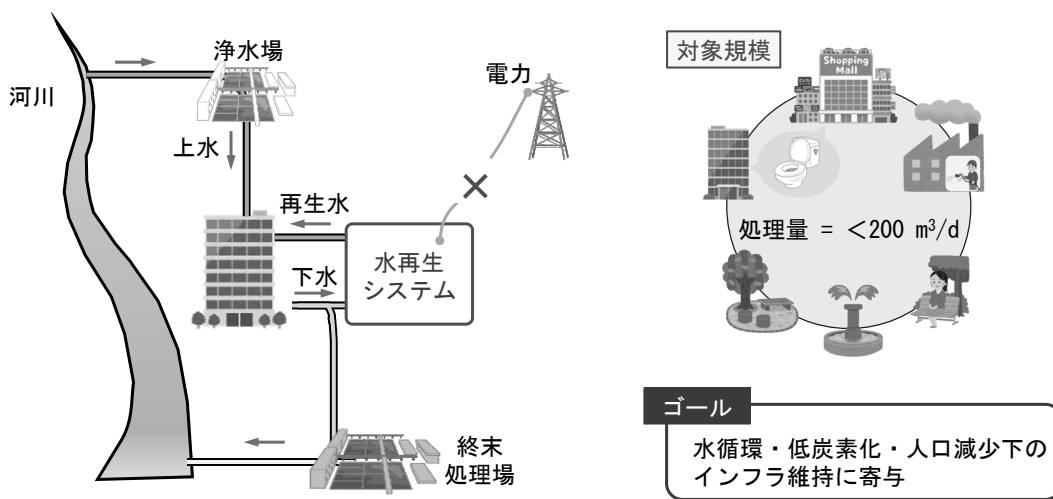


2022年10月28日 (ハノイ建設大学にて)



## 分散型水再生による循環型社会の構築

水再生に必要なエネルギーのネット・ゼロを目指す



## 分散型水再生の効果

### 経済面

- 処理エネルギー低減 低圧(<100kPa)操作動力(&創エネ)
- 維持管理費の低減 自動運転可能、生物処理無
- 下水管網負荷軽減 再生水使用により下水管下流への流量を低減

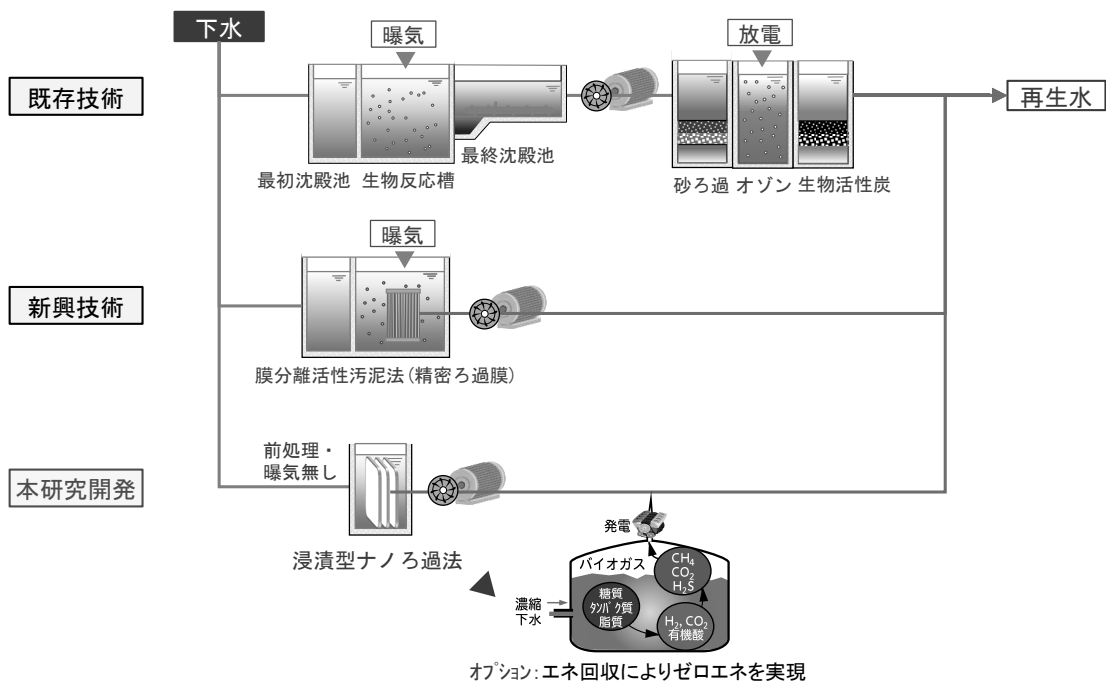
### 環境面

- 温室効果ガスの低減 ポンプエネルギーに代表する輸送エネルギー消費量の低減
  - 浄水場から送水していた水道水の使用量を低減
  - ポンプ場の容量/負荷率の低減

### 社会面

- 防災用水の確保 防災用水の点在確保が容易  
シンプルな物理処理 ⇒ 緊急車上水処理ユニットとしての貢献

## 開発技術の位置付け

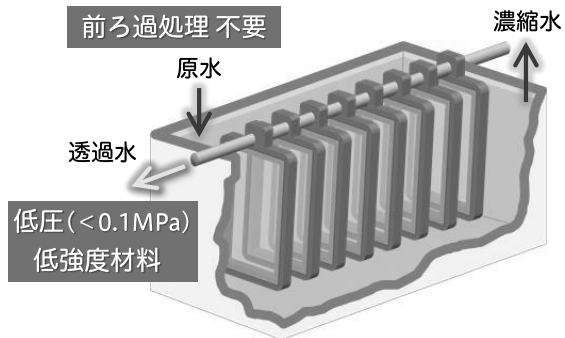




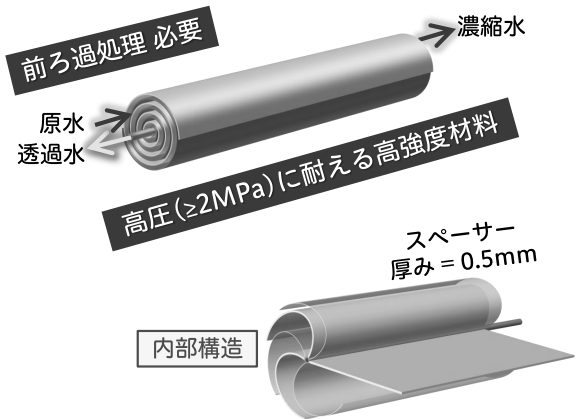
### 特徴

浸漬平膜式  
ナノろ過膜

前例無し



従来技術  
スパイラル式



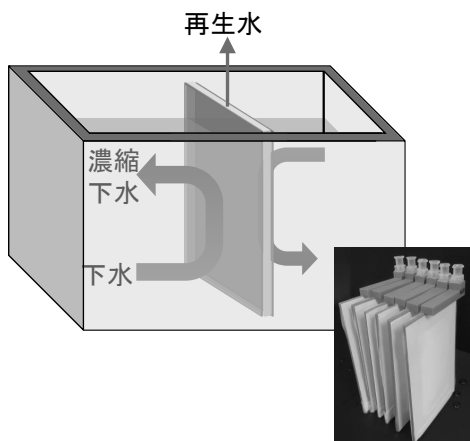
### ナノろ過膜を浸漬の形で使う？

膜の種類	精密ろ過	限外ろ過	ナノろ過	逆浸透膜
孔径	0.1~1.0 $\mu$ m	5~100nm	1~2nm	<1nm
中空糸	◎	◎	△	△
チューブラー	○	○	△	×
平膜(浸漬)	○	△	◎	×
スパイラル	×	△	◎	◎
前処理	不要	不要	必要	必要

13

### 前処理をなくすためのアイデア

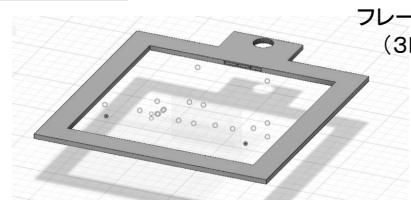
浸漬型ナノろ過法



浸漬型ナノろ過膜エレメント

特願2022-185863

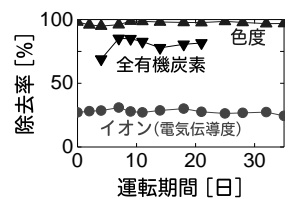
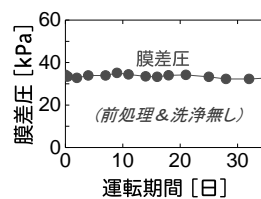
フレーム開発



フレーム構造最適化 (3Dプリンター)

処理安定性の検証

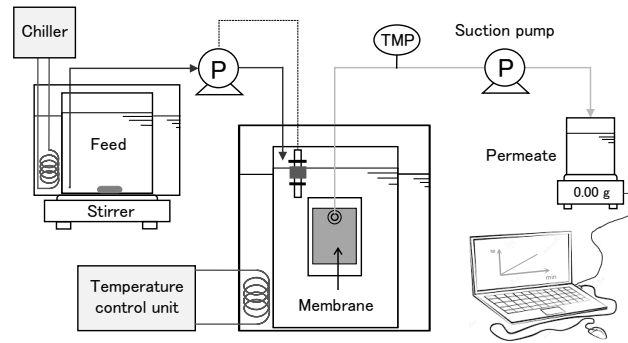
(浄水場、ろ過流速=4.0 L/m<sup>2</sup>h)



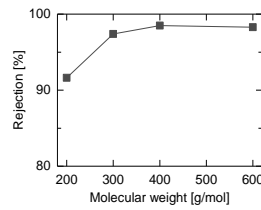
Fujioka et al., Chemosphere, 2021

14

下水二次処理水をナノろ過処理

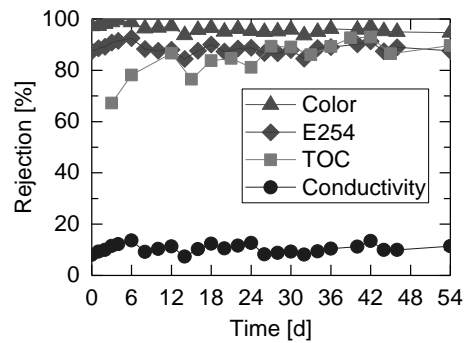
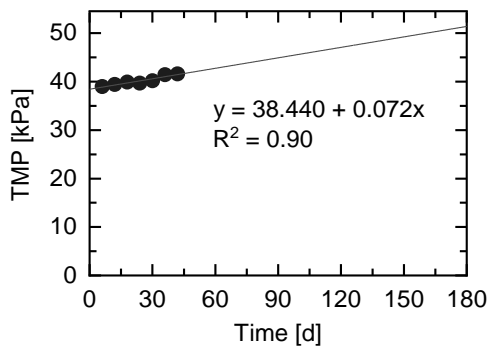


Membrane: HYDRApro 402 (Nitto)  
*MWCO: 200 Da*  
 Surface area: 0.012 m<sup>2</sup>  
 Permeate flux: 3.0 L/m<sup>2</sup>h  
 Feed temperature: 25 ° C



Ngo et al.,  
 J. Water Process Eng., 2021

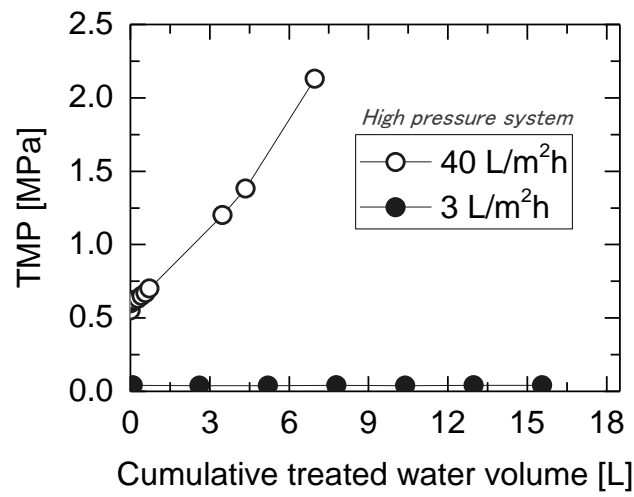
下水二次処理水をナノろ過処理



Ngo et al.,  
 J. Water Process Eng., 2021 17

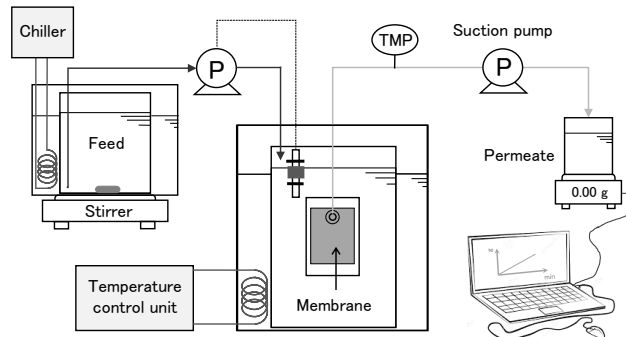


低膜透過流束の優位性

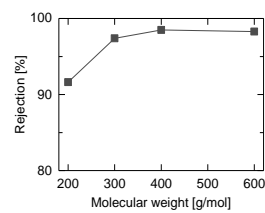


Ngo et al.,  
J. Water Process Eng., 2021

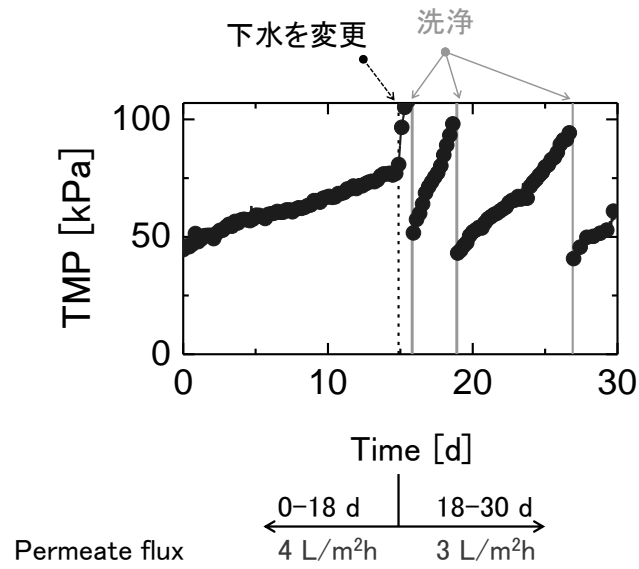
下水一次処理水をナノろ過処理



Membrane: HYDRApro 402 (Nitto)  
 MWCO: 200 Da  
 Permeate flux: 3.0 L/m<sup>2</sup>h  
 Feed temperature: 25 ° C  
 Recovery: 80%

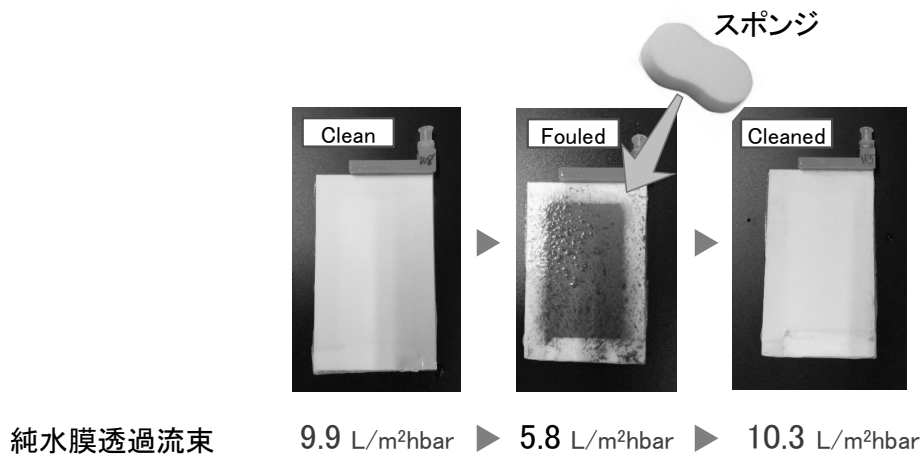


下水一次処理水をナノろ過処理



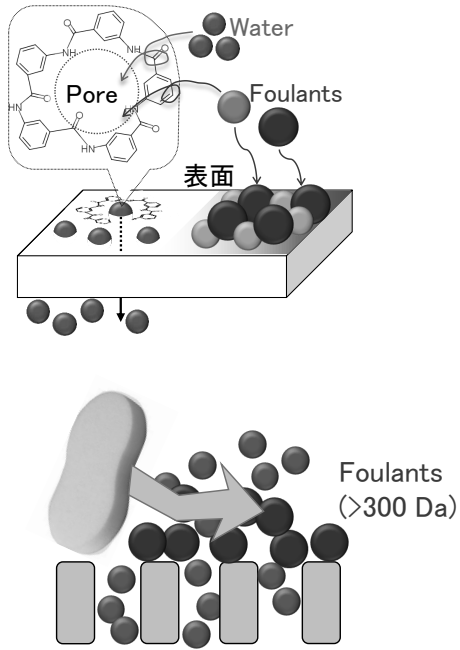
未発表データ 20

膜の洗浄

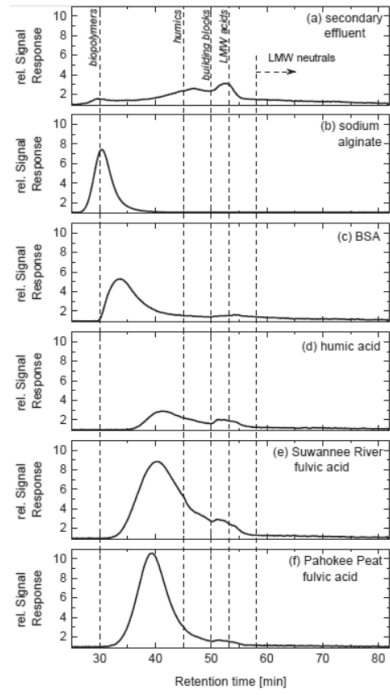


未発表データ 21

孔の目詰まりなし？



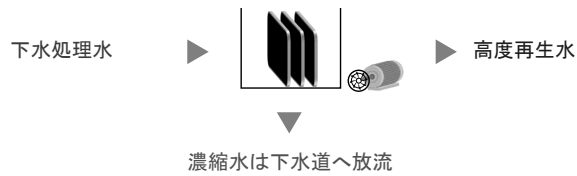
Liquid Chromatography–Organic Carbon Detection (LC–OCD)



Fujioka et al.,  
Water Research 2017

想定される使い方

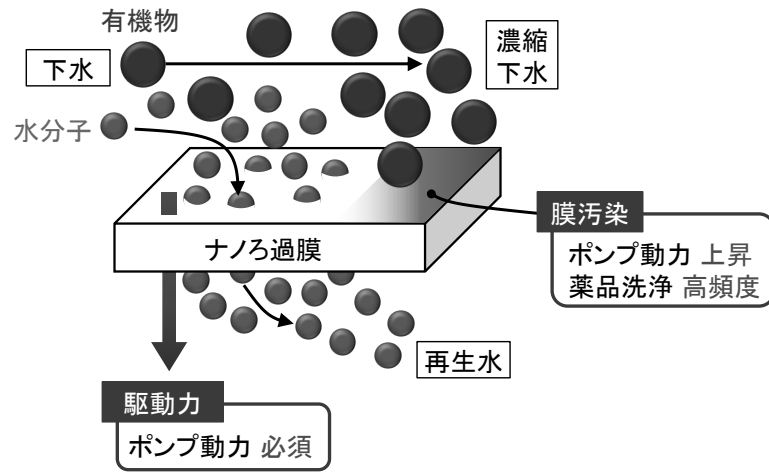
①既設備の処理水から、必要量だけを水再生



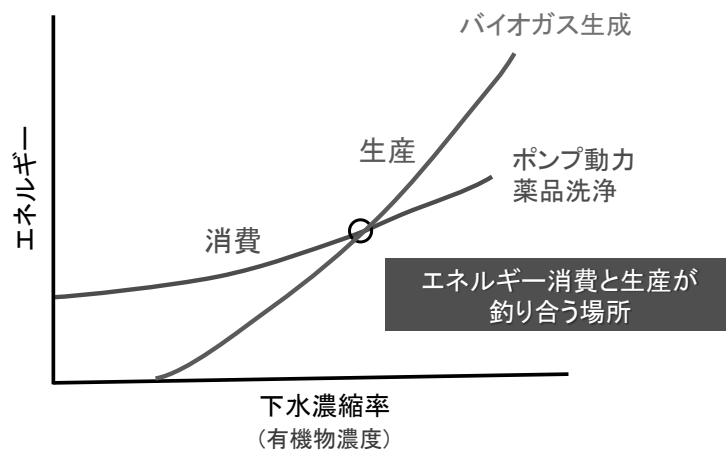
②下水から直接、必要量だけを水再生



ゼロ・エネルギー達成に対する課題

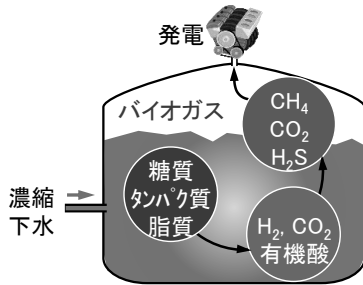


ゼロ・エネルギー達成に対する課題

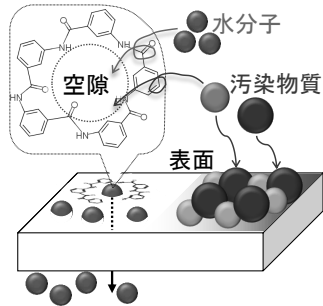


## 課題解決のために採用する手法

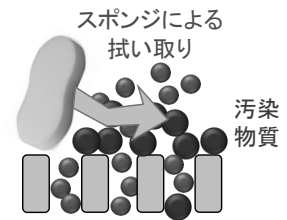
メタン発酵による  
エネルギー生産



膜改質による  
膜汚染抑制



ワイパー洗浄による  
膜汚染物質除去



26

## 技術的課題

- 実際の設備でどうやってスポンジによる洗浄を行うか
- 洗浄による膜の寿命の低下はどの程度か
- 膜の供給元の探索

## 仕組としての課題

- 水再生を行う理由(水道水より低価格は必須?)
- 水が豊富にある国内だけの需要でビジネスが成り立つ?

29

ありがとうございました

藤岡 貴浩, PhD

教授

長崎大学大学院工学研究科  
水環境科学コース  
(水処理研究室)

Email: [tfujioka@nagasaki-u.ac.jp](mailto:tfujioka@nagasaki-u.ac.jp)

Web: <http://www.waterenviron.com/>

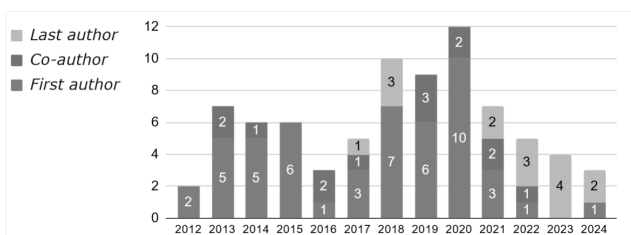


30

## Profile

1996-2002	広島大学 (BEng, MEng)
2002-2005	富士電機システムズ株式会社 (Project manager)
2007-2009	UNESCO-IHE, NL (MSc)
2009-2010	三菱電機株式会社 (Project engineer)
2011-2015.4	ウーロンゴン大学, AU (PhD, Research fellow) <i>Board member (secretary) of the Membrane Society of Australasia (2013.5 - 2015.5)</i>
2015.5-現在	長崎大学 (Professor since 2023.9)

## Publications



## Scientific journal activities

- Environmental Science: Water Research & Technology  
Royal Society of Chemistry (Editorial Board Member)
- Environmental Technology & Innovation  
Elsevier (Associate Editor)
- Environmental Science and Technology: Water  
American Chemical Society (Editorial Board Member)
- AWWA Water Science  
American Water Works Association (Associate Editor)

31

## 水処理研究室メンバー

藤岡 貴浩 (教授)



Dr. Boivin Sandrine (特任研究員)



Dr. Bai Wenzhi (特任研究員)



伊藤 (実験助手)

白菊 (事務担当)

新谷 卓司 (客員研究員)

## 13 PhD & Master students

### PhD Candidates - Water & Environmental Science Program

Mr. Tran Duc Minh Hai (MEXT scholar)	<i>Membrane separation technologies for water reuse applications</i>
Ms. Alena Popova (University's fellowship)	<i>Water recycling technologies for mining wastewater</i>
Mr. Te Minh Son (University's fellowship)	<i>Membrane fouling mitigation by micro-bubbles</i>
Mr. Nam Duhyeon (University's fellowship)	<i>Membrane fouling mitigation by ultrasound</i>
Mr. Trinh Hoang Giang (JICA - SATREPS)	<i>Membrane modification</i>
Ms. Aneeza Abdul Sattar	<i>Membrane modification using graphene oxide</i>

### Master students - Water & Environmental Science Program

Mr. David Luneta	<i>Gravity-driven membrane treatment</i>
Ms. Nguyen Hanh Hoa	<i>Anaerobic digestion of concentrated wastewater</i>
Ms. Radamane Rattanakom	<i>Nanofiltration for groundwater treatment</i>
Ms. Tran Thi Hoang Yen	<i>Auto-counting technologies of bacteria and odor-producing algae</i>
Mr. Qadri Zakee	<i>LCA and LCCA of nanofiltration</i>
Ms. Hue Thi Ngo	<i>Moringa Oleifera for membrane fouling mitigation</i>
Ms. Paveenuch Akaraparthanameitee	<i>Membrane modification using carbon dots</i>

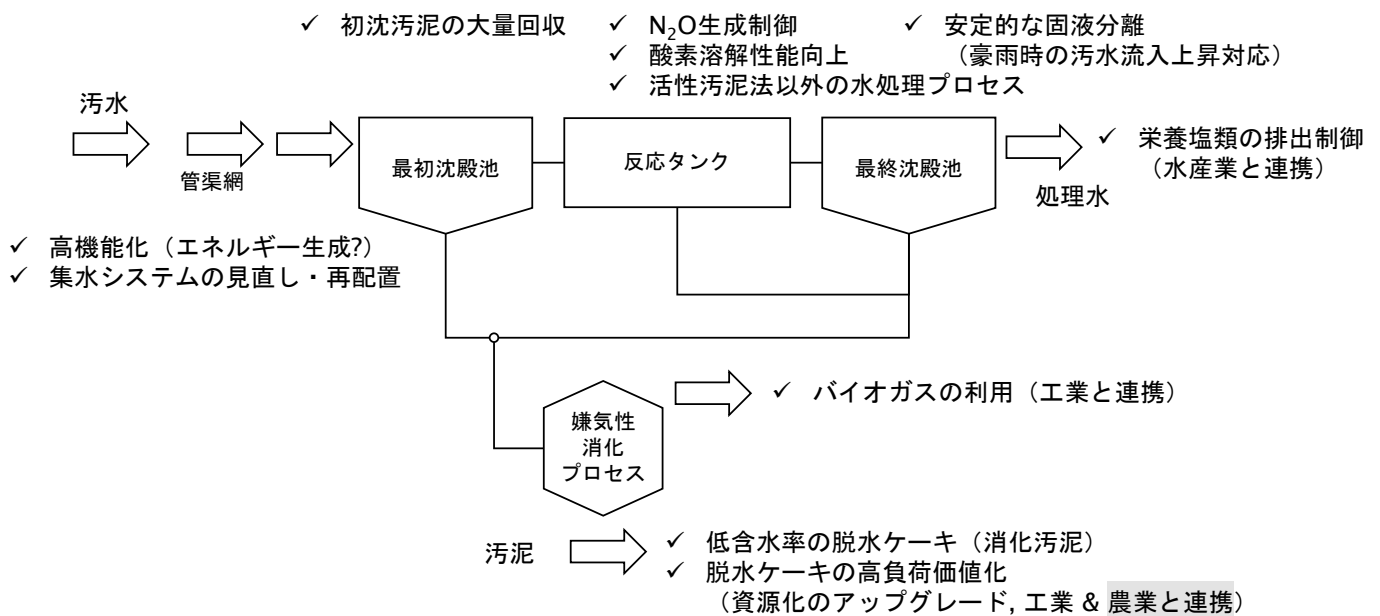




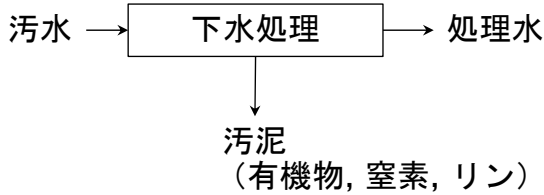
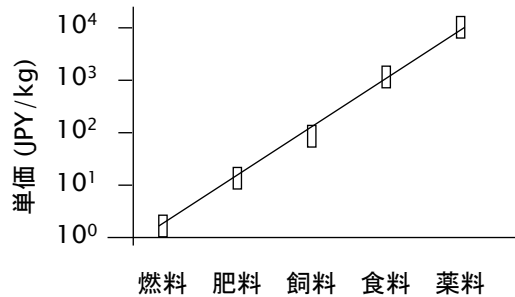
# 今後の50年で社会定着させるべき 下水処理システムの新オプション

北九州市立大  
国際環境工学部  
安井英斉

## 資源循環・省エネルギー, GHG制御, 水環境保全の着眼箇所

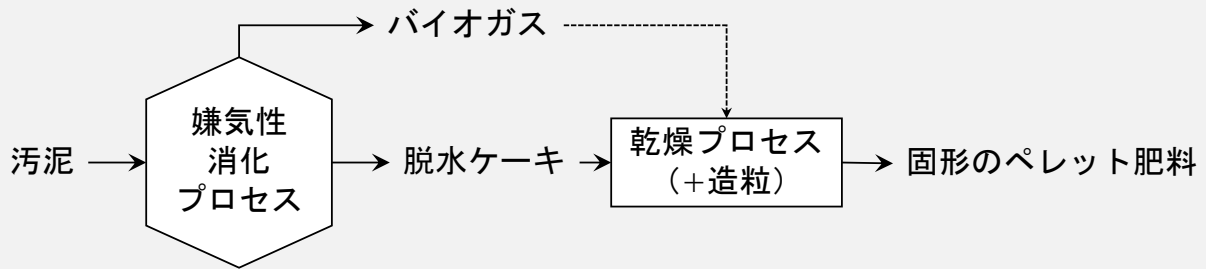


# 再生資源の価値



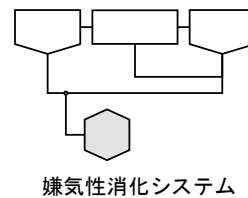
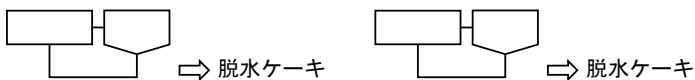
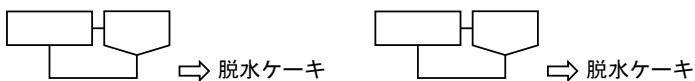
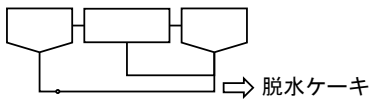
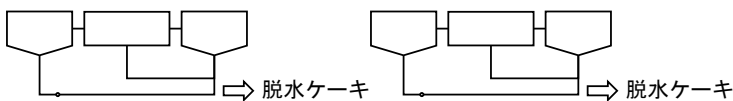
化石資源代替の燃料 (従来の資源化ルート)

肥料 (高付加価値の資源化ルート (要注力))

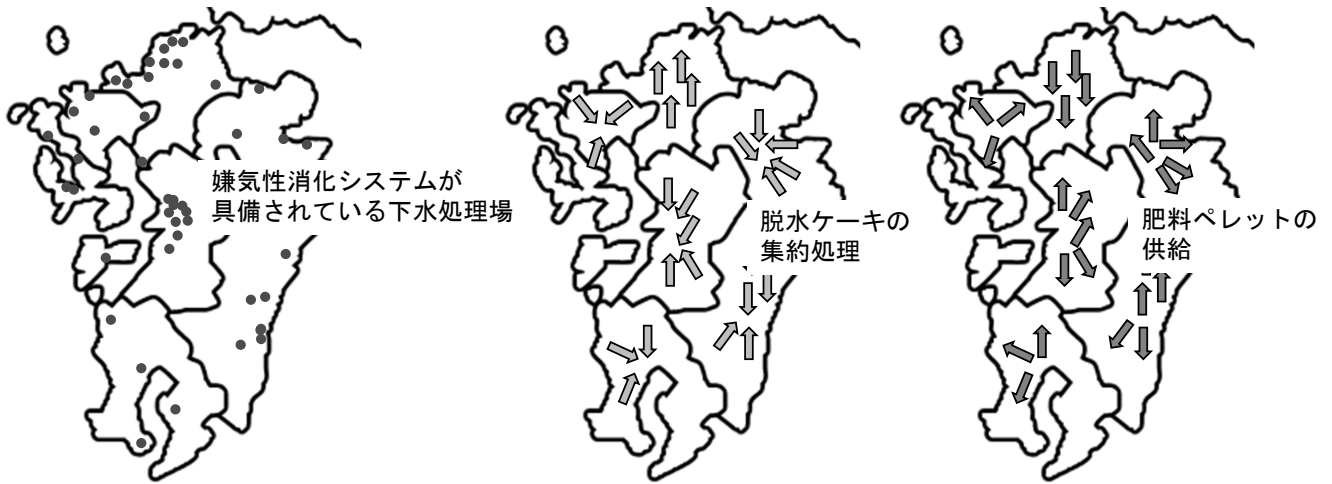


## 汚泥の肥料化 (ペレット肥料) を展開するときの課題1 (嫌気性消化システムの基数・規模が不足)

嫌気性消化システムが具備されている下水処理場 = 約300施設  
国内の下水処理場 = 約2,500施設



# 汚泥脱水ケーキの集約処理による資源化



資源循環の拠点（中核施設の選定）

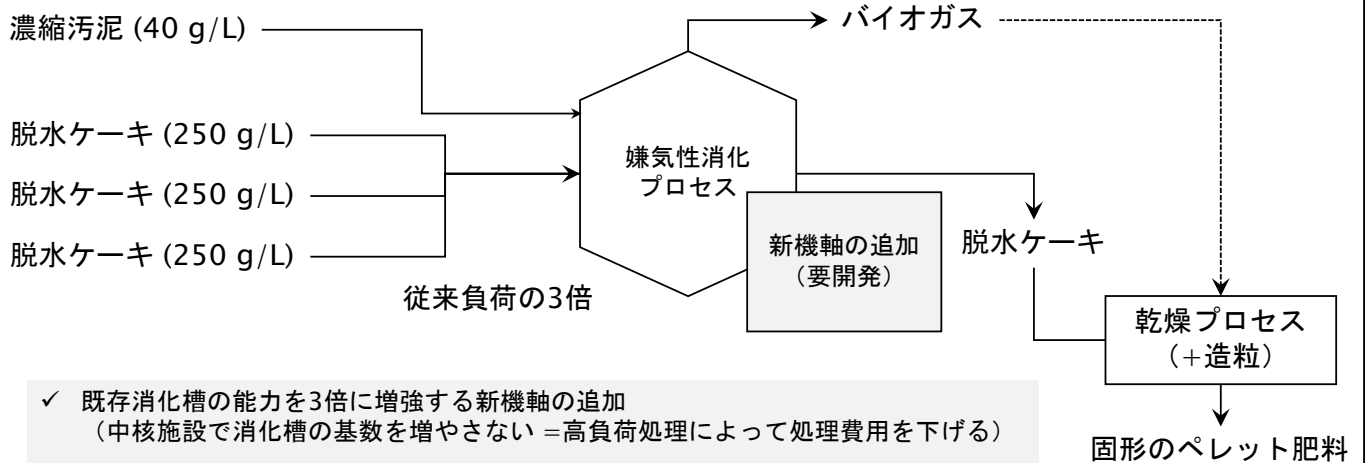
中核施設における集約処理

周辺地域への肥料供給

## 中核施設の選定基準

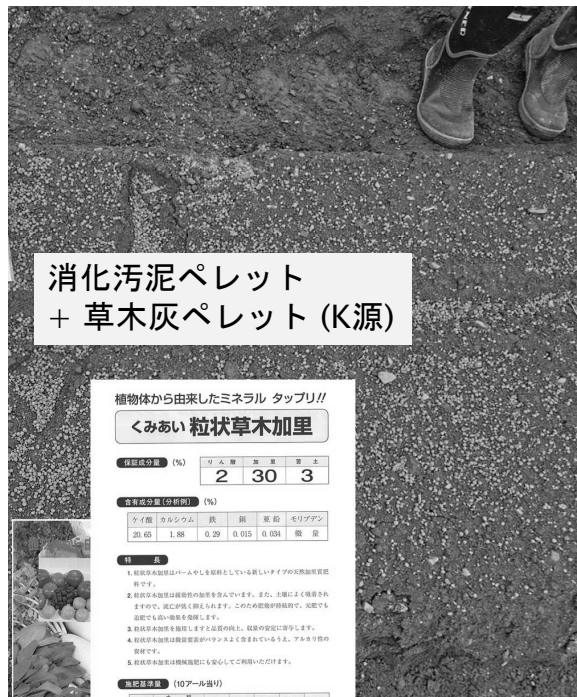
- ✓ 嫌気性消化システムの処理能力（他施設の脱水ケーキ受入）
- ✓ 周辺下水処理施設からの脱水ケーキ移送ルート
- ✓ 周辺地域の肥料需要/肥料メーカー工場の位置

# 汚泥の肥料化（ペレット肥料）を展開するときの課題2 （脱水ケーキを直接投入できる超高濃度嫌気性消化プロセスの開発）



- ✓ 既存消化槽の能力を3倍に増強する新機軸の追加  
（中核施設で消化槽の基数を増やさない = 高負荷処理によって処理費用を下げる）
- ✓ アンモニア態窒素の生物阻害回避  
（∵ ケーキを水で希釈すると、中核施設で基数を増やさなければならない）
- ✓ 脱水濾液のN, Pを水処理系に戻さない  
（∵ 濾液を返流すると、中核施設の水処理系で栄養塩除去が破綻）  
（濾液のN, Pも全量回収）

# 汚泥の肥料化（ペレット肥料）を展開するときの課題2 （栽培実証 = 土木環境システムと農学の境界領域構築）



消化汚泥ペレット  
+ 草木灰ペレット (K源)

植物体から由来したミネラル タップリ!!

**くみあい 粒状草木加里**

粒状成分量 (%)

リン酸	加里	草木	炭素
2	30	3	

含有成分量 (分析例) (%)

チイ酸	カルシウム	鉄	銅	亜鉛	セリコゲン
20.65	1.88	0.29	0.015	0.034	0.005

特長

1. 粒状草木加里はバームや土を肥料として用いる新しいタイプの粒状肥料です。
2. 粒状草木加里は緩効性の肥料です。また、土壌によく浸透されるため、定植が楽に行えます。このため肥料が肥料で、定植でも定植でも良い肥料を供給します。
3. 粒状草木加里を肥料として土壌の向上、栽培の安定に寄与します。
4. 粒状草木加里は緩効性肥料のケムシよけ効果も期待できます。アムモニア等の肥料です。
5. 粒状草木加里は有機肥料にも安心してご利用いただけます。

施肥基準量 (10アール当たり)

作物名	葉菜類	果菜類	根菜類	豆菜類	豆類	麦
基準量	10~15kg	10~15kg	10~15kg	10~15kg	10~15kg	10~15kg

※標準的な土壌の第一級肥料成分を以て算出しています。  
※標準的な土壌の第一級肥料成分を以て算出しています。  
※標準的な土壌の第一級肥料成分を以て算出しています。

くみあい  
**粒状草木加里**

発売 JAグループ 製造 朝日アグリ



化成肥料ペレット

栽培試験の準備風景

## 栽培実証（第1回）



ジャガイモ

化成肥料の施肥

汚泥肥料の施肥

# 収穫のバイオマス

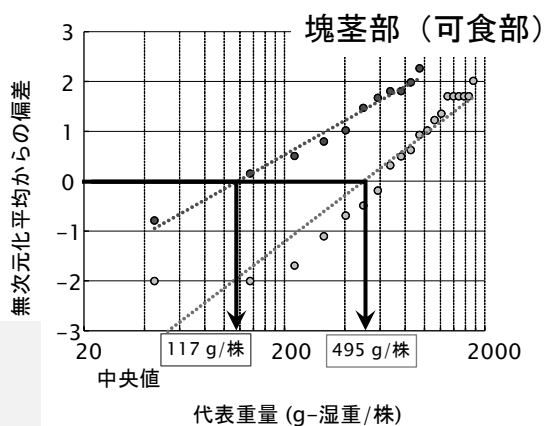
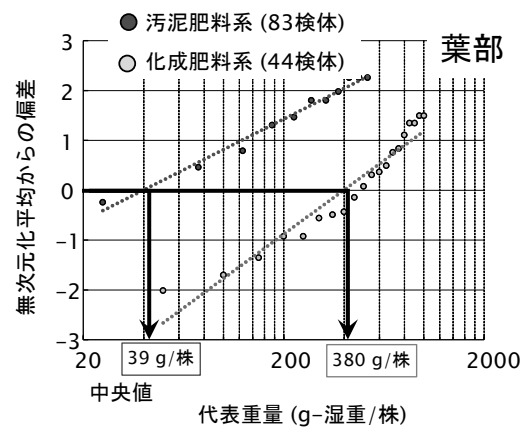
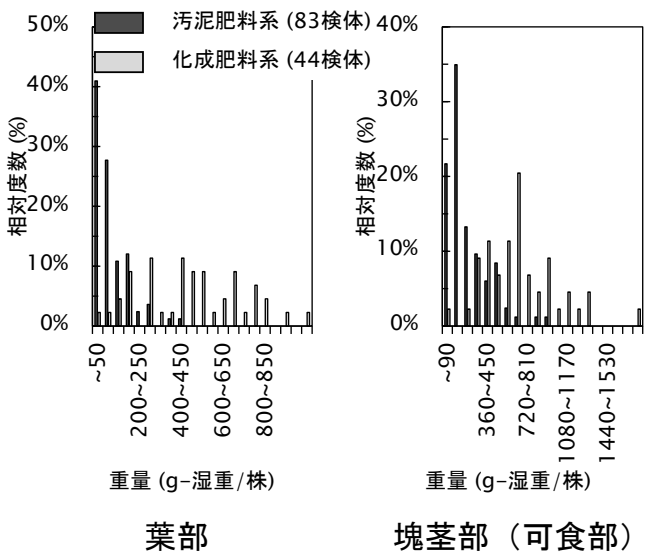


化成肥料の施肥



汚泥肥料の施肥

## 収穫データの統計解析 (例)



湿重の分布: 軽い検体が多い (対数正規分布)  
 相対度数分布のグラフ: 直感的, 定性的  
 無次元化平均からの偏差 (確率紙にプロット): 定量的

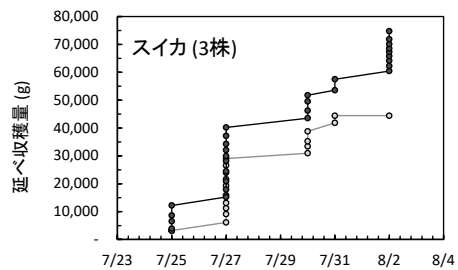
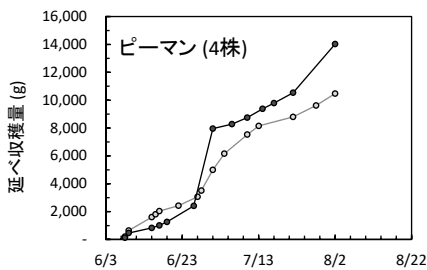
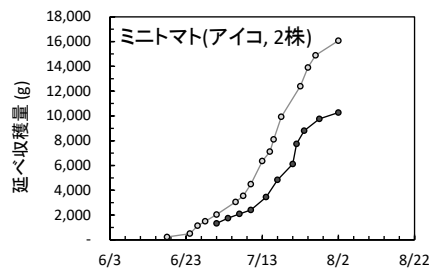
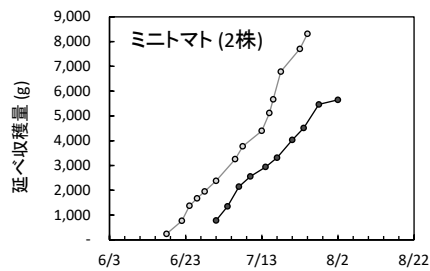
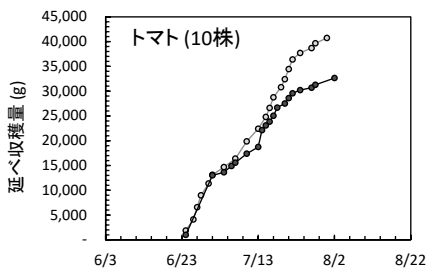
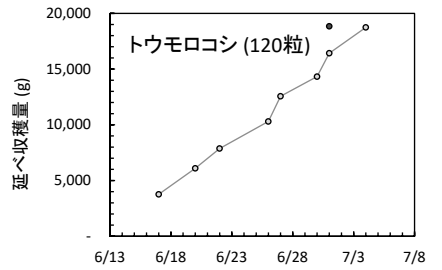
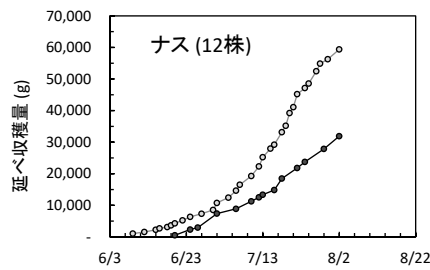
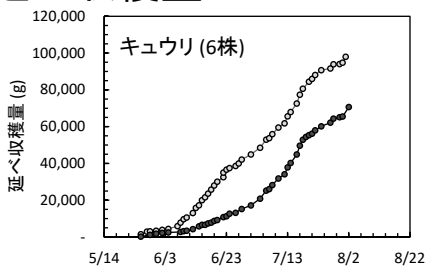


汚泥肥料系の野菜



化成肥料系の野菜

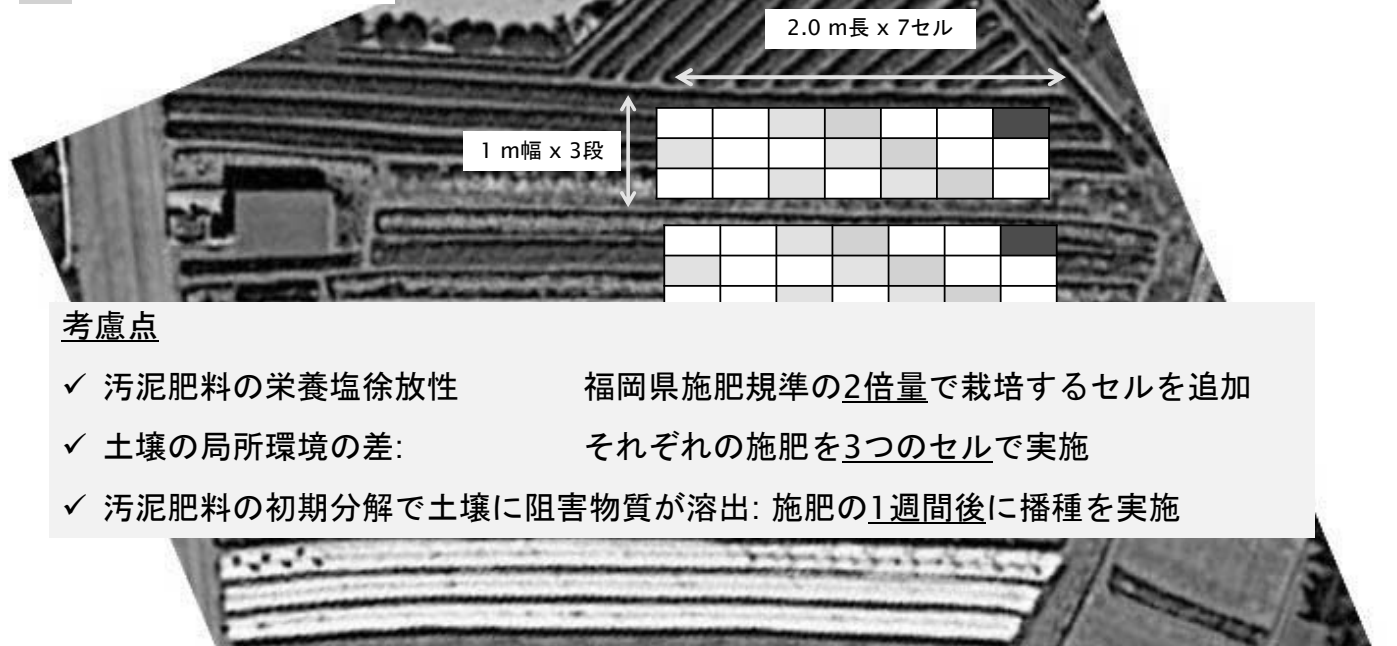
## キュウリ・ナス・トウモロコシ・トマト・ピーマン・スイカの延べ収穫量



● 汚泥肥料系  
○ 化成肥料系

# 再トライアル

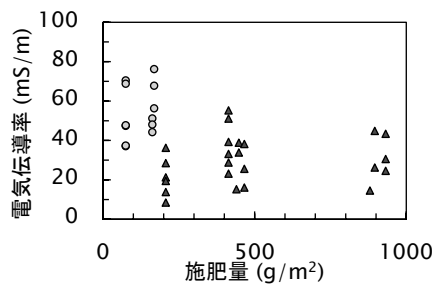
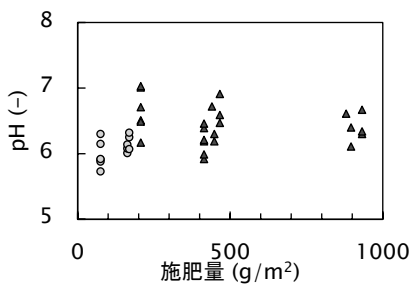
- 汚泥肥料 = 規準の施肥量
- 汚泥肥料 = 2倍の施肥量
- 化成肥料 = 規準の施肥量



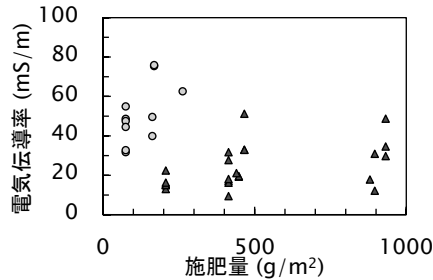
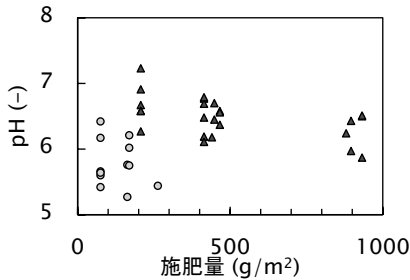
## 考慮点

- ✓ 汚泥肥料の栄養塩徐放性                      福岡県施肥規準の2倍量で栽培するセルを追加
- ✓ 土壌の局所環境の差:                              それぞれの施肥を3つのセルで実施
- ✓ 汚泥肥料の初期分解で土壌に阻害物質が溶出: 施肥の1週間後に播種を実施

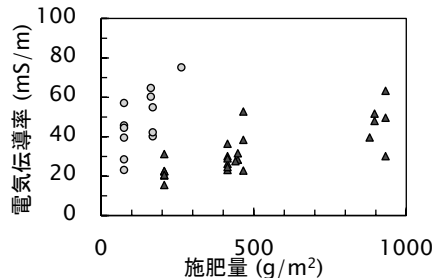
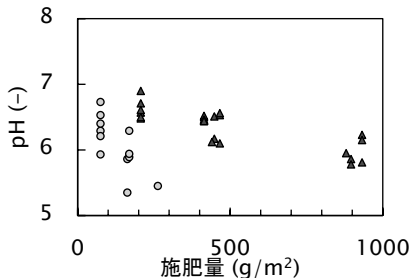
## セル土壌におけるpHと電気伝導率の経時変化（例）



施肥1週間後



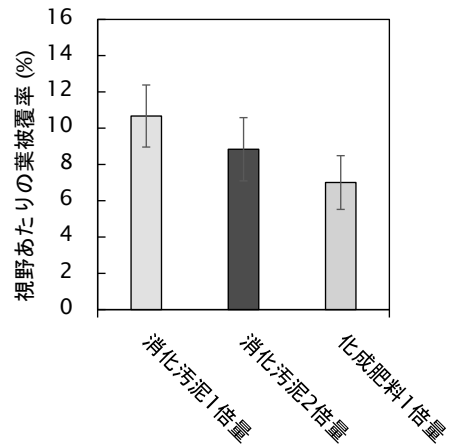
10日後



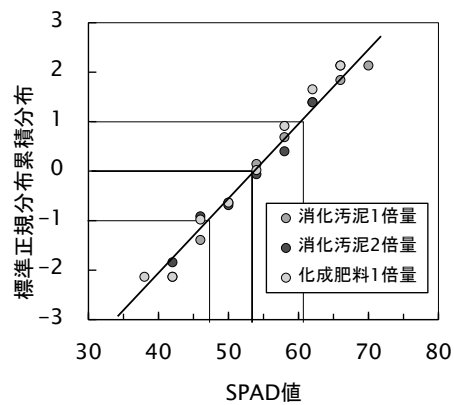
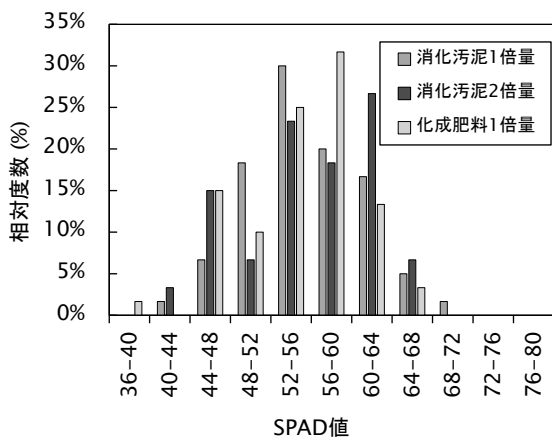
4週間後



## 2値化処理によるニンジン成長度合いの可視化（播種後4週間）

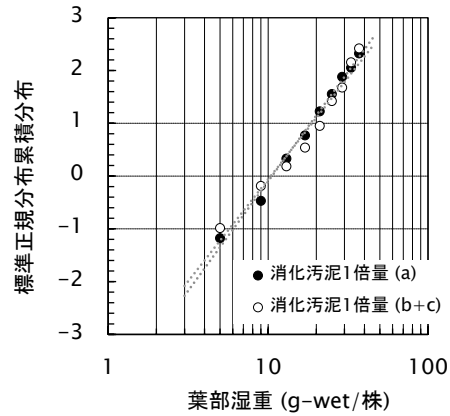
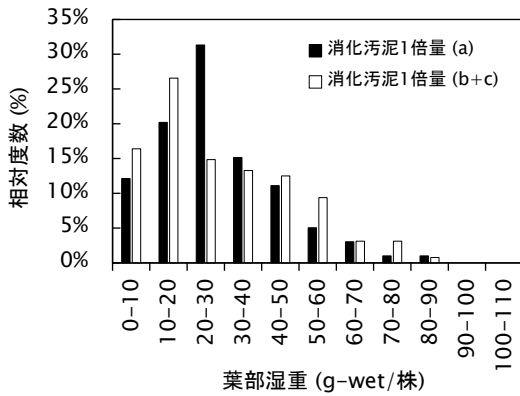


## 収穫時ホウレンソウ葉部(60検体)の緑色 (SPAD値)



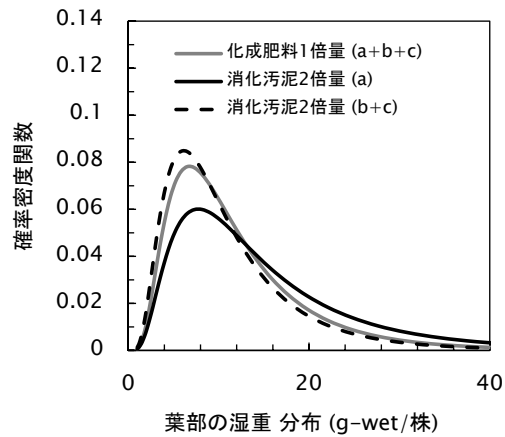
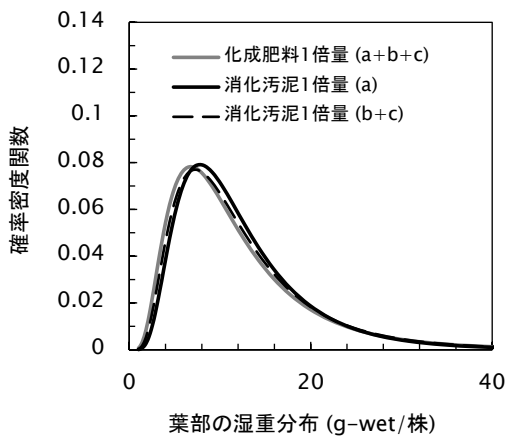


## 栽培セル間の差異（収穫時のハウレンソウ）（例）



p値	F検定	T検定
セルa vs. セルb	0.024	0.406
セルb vs. セルc	0.735	0.084
セルc vs. セルa	0.063	0.085

## 化成肥料と消化汚泥肥料の栽培比較（母集団の予想）（例）



株重量 (g/株)/肥料種	化成肥料	消化汚泥肥料1倍量	消化汚泥肥料2倍量
検体数	241	99+129	67+121
最頻値	6.8	7.3-7.8	6.1-7.8
中央値	10.0	10.4-10.6	9.1-12.3
平均値	12.1	12.3-12.4	11.1-15.6
分布の84.1%以下	18.5	18.4-18.8	17.0-24.4
分布の15.9%以上	5.4	5.7-6.1	4.9-6.3

## まとめ

### 今後の50年

- 管渠/水処理システム: 継続的な性能向上
- 汚泥処理システム: 肥料化の定着

### 下水汚泥の集約処理/ペレット肥料化

- ✓ 消化汚泥の肥料ペレットを大量生産するための集中嫌気性消化システム
- ✓ 土木環境システムと農学の境界領域強化
  - ライフサイクル分析によ計画: 周辺からの脱水ケーキ搬入 + 肥料化 + 肥料の移送/利用
  - 試験方法の開発/共有: 成分分析, 土壌での成分分解, 施肥効果判断, etc.