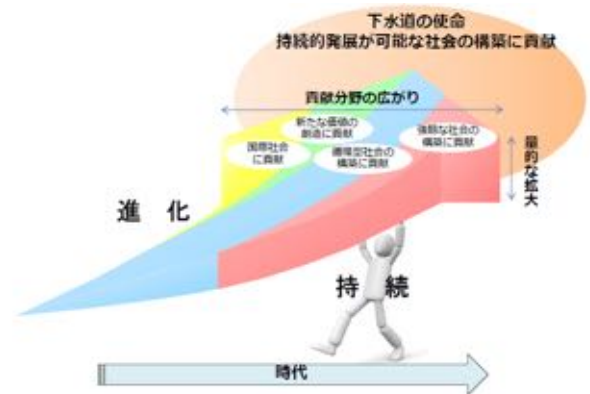


## 下水道行政の課題と展望

国土交通省 水管理・国土保全局  
下水道部下水道企画課  
下水道事業調整官 松原 誠

### 下水道ビジョンでは。。。。



## 1 課題の整理

### 直面する課題 ①

#### 人口減少、世帯数の減少

有収水量の減少

人口密度の低下

使用料収入の減少

維持管理費用の増大  
(単位あたり)



厳しさを増す下水道経営

### 直面する課題 ① つづき

#### 人口減少、世帯数の減少

労働人口の減少

自治体の体力低下

民間の担い手不足

(職員減少、税収減少)



厳しさを増す下水道経営

### 直面する課題 ②

#### 老朽化施設の増大

(50年経過管1万km。10年後には4万km)

維持管理、更新費用の増大



厳しさを増す下水道経営

## 大規模災害リスクの増大

度重なる大地震の発生 地球温暖化の進行  
地震対策の国民ニーズ ゲリラ豪雨への対応



一般会計の負担もこれまで以上に必要

6

## 下水道整備の概成

市場の縮小 環境問題に対する充足感  
企業の撤退？ 下水道の無意識化



現状を維持すること自体が大きな課題

7

### 持続的な機能確保のための下水道管理

#### ●下水道の維持修繕基準の創設

- ・維持修繕基準の創設
- ・事業計画の記載事項として点検の方法・頻度を追加

#### ●地方公共団体への支援の強化

- ・広域化・共同化を促進するための協議会制度の創設
- ・日本下水道事業団が、高度な技術力を要する管渠の更新等や管渠の維持管理をできるよう措置
- ・日本下水道事業団による代行制度を導入

8

#### ●収入の確保

「儲ける」ことへの積極的アプローチ

#### ●支出の抑制

どこまでサボれるか。既成概念に捉われない

#### ●効率的、合理的な経営体制

技術者のマインドの変革も

9

#### ●下水道界をあげてのPR促進

国民理解の醸成、担い手の確保

#### ●維持管理・更新技術の飛躍的進化

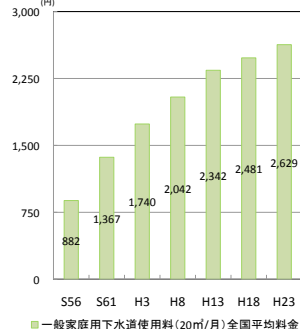
省力化技術、アセットマネジメント手法  
確実に守るところ、そうでないところ

#### ●企業の育成

ビジネス環境の整備、適正な対価

10

一般家庭用下水道使用料(20m<sup>3</sup>/月 全国平均)



一般家庭の平均的支出(1か月)

○電気料金 約8,000円程度

○ガス料金 約6,000円程度

○水道料金 約5,000円程度

○携帯電話 約6,000円程度  
(1人あたり)

★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(下水道法第20条)

★「使用料算定の基本的考え方」に資産維持費の概念が盛り込まれる予定

11

## 成長戦略への貢献

- 水インフラ海外展開
- PPP／PFI、コンセッション
- 下水道資源を活用したイノベーション



課題解決の起爆剤として

12

## 2 今後の展望

### 収入拡大策の追及

- 下水処理場用地の活用  
補助金返還ルールの緩和  
(処理場全体の維持管理費相当額)  
財産処分(目的外使用)の判断
- 下水道使用料収入の確保  
徹底した債権管理  
継続促進  
適切な使用料設定

14

### (参考) 収入確保の好事例

#### 収益施設の併設・土地活用



東京都 芝浦水再生センター

雨水貯留施設と民間商業ビルの合築(H27.5開業)  
＜借地権設定対価 約860億円＞

- 東京都は、下水処理場の敷地の借地権(30年間)を民間企業に譲渡し、その対価として商業ビルのオフィス床を取得。
- そのオフィス床を貸し付け、長期安定収益を確保。
- ビルの空調に下水熱を活用し、トイレ洗浄水に再生水を利用。

#### 処理場上部空間・バイオガスの有効利用



神戸市 垂水処理場

メガソーラーとバイオガスのダブル発電(H26.3運転開始)  
＜年間売電収入 約1億7千万円(見込み)＞  
※上記の約2割が市の収入。

- 神戸市は、民間企業に下水処理場の敷地、消化ガスを提供。
- 民間企業は発電事業を行い、売電収入の一部を市に支払い。

15

### (参考) 平成28年度下水道場「もうける下水道」

- |    |         |                                                  |
|----|---------|--------------------------------------------------|
| 1班 | もうける下水道 | 「洋式便座等を活用したヘルスチェックサービスの提供」                       |
| 2班 | もうける下水道 | 「KOUKOKU収入でボロもうけ」                                |
| 3班 | もうける下水道 | 「未利用地を活用した温泉(炭酸泉)事業を展開」<br>太陽熱を利用して、雨水を温め温泉として活用 |
| 4班 | もうける下水道 | 「下水道施設のフル活用」                                     |
| 5班 | もうける下水道 | 「下水道施設のテーマパーク化」                                  |
| 6班 | もうける下水道 | 「下水処理場で土地貸借・植物販売でもうける」                           |
| 7班 | もうける下水道 | 「新たな料金プランの設立」                                    |
| 8班 | もうける下水道 | 「下水道地震保険の導入」                                     |

16

### (参考) 利用を強制するインフラであること

#### 下水道法第10条

公共下水道の供用が開始された場合においては、当該公共下水道の排水区域内の土地の所有者等は、遅滞なく、その土地の下水を公共下水道に流入させるために必要な排水設備を設置しなければならない。(一部要約)

★下水道が整備されても、使ってもらえなければ、下水道の目的が達成されない。

#### 一方、水道は？

ユーザーとの関係は給水契約による。

★強制力はない → 代替策がある

17

## 国の支援のあり方

### ●これまで

普及促進を念頭  
中小市町村に手厚く  
特段の要件なし

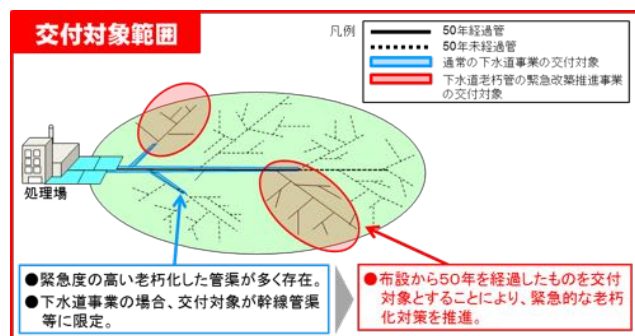
### ●これから

持続可能な整備(改築)を念頭  
大都市にも支援をシフト  
補助にあたっての要件化  
(画一的政策からの脱却、がんばるところを応援)

18

## (参考) 下水道老朽管の緊急改築推進事業

道路陥没や下水道機能の停止等による社会経済活動への影響を未然に防止し、国民の安全・安心を確保するため、布設から標準耐用年数である50年を経過した管渠の改築を支援する下水道老朽管の緊急改築推進事業を延伸する。



19

## 下水道計画のあり方

### ●これまで

整備区域、計画人口は都市計画と整合させる  
整備区域内は必ず整備する

### ●これから

下水道計画と都市計画の不整合を許容  
接続の見込めない地区は整備しない  
→計画の大胆かつ柔軟な見直し  
(議会、住民への説明のあり方が課題)  
※ コンパクト化? 戦略的撤退?

20

## (参考) 下水道施設計画・設計指針の改定

### ●維持管理時代の計画設計

・改築を政策誘導の契機に  
→PPP導入検討  
下水汚泥の資源化検討  
広域化、ネットワーク化検討 等

### ●既存施設の評価

・継続使用に耐えうるか(老朽化)  
・耐震性、耐津波性は十分か(リスク)  
・維持管理、省エネへの対応

21

## 経営体制のあり方

### ●大都市

直営体制(技術レベル)を維持しつつも、  
部分的に民間委託を導入  
近隣都市に対するアドバイザー的役割を期待

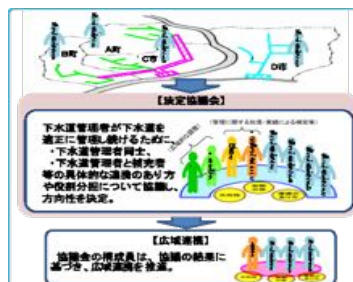
### ●中小都市

広域化、共同化等により効率的経営を指向  
可能なところは大胆な民間活用を推進  
地域の取りまとめ役として、JSなどに期待感

22

## (参考) 協議会制度(下水道法第31条の4)

○複数の下水道管理者による広域的な連携に向けた「協議の場」としての協議会制度(国、公社、日本下水道事業団等の参画も可能)。  
○大阪府内の4市町村では、平成28年8月5日に全国初の協議会を設置。  
○平成28年11月25日には埼玉県、県内56市町村、一部事務組合、埼玉県下水道公社が全国2例目の協議会を設置し、経営管理、下水汚泥の共同処理等を検討。



大阪府内の4市町村が、全国初の協議会を設置  
(平成28年8月5日)

※大阪府内の4市町村: 富田林市、太子町、河内町、千早赤阪村

➢ 4市町村では、人口減少による使用料収入の減少、老朽化施設の急増による維持管理費用の増加、パデラン農地の活用による技術力の低下などが課題

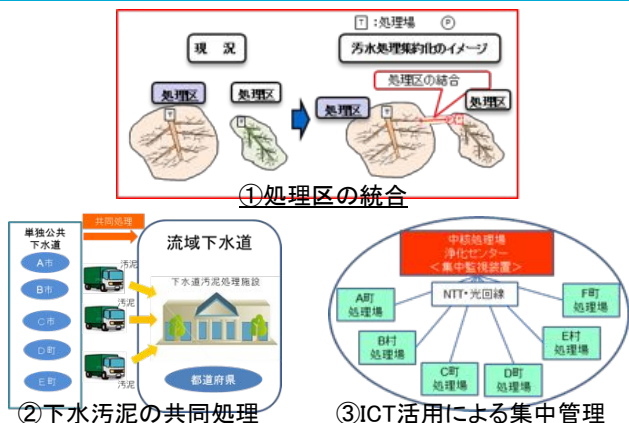
➢ 各課題に各市町村が単独で対応していくには限界があるため、連携の広域化を検討。そのための協議の場として、協議会を設置。



8月5日に開催された協議会の出席者

23

## （参考）広域化、共同化



24

## 下水道界をあげての広報活動 GKP

○GKPの活動状況として、GKP広報大賞での広報活動事例の発掘・深掘りや、個々の会員が持つメディア（バイブ）を活用したメディアへの露出などがある。

**GKP広報大賞**

下水道界で展開されている広報活動のうち、他業界への効果的な訴求など下水道インフラの価値を高める上で優れていると思われる広報活動事例を広く発掘・表彰し、下水道界に広く普及させていく。（平成25年度創設）

**平成28年度 20番賞がエントリ**

グラフィック、専らグラフィック、各部門などを含め25作品を表彰

**グラフィック**

「うんち大研究」下水道ワーキングス（国土交通省）

**専らグラフィック**

「テレビ番組を活用したマンホール蓋の魅力紹介」（日之出水道事務所）

**マンホールサミット**

路上で目にする唯一の下水道施設である「マンホール蓋」に特化したイベント、マンホールサミットを平成26年より毎年開催。マンホール蓋の魅力を様々な視点から観察している人たちに、マンホールへの思いを語っていただく。「スーパーチャネル」や「真相報道バンキシャ」をはじめ41のメディアで報道。開催地：東京（平成26年3月）東京（平成27年3月）神戸（平成27年11月）東京（平成28年3月）

**既成概念の打破**

**場創出**

25

## 下水道界に若手を呼び込む（GKP未来会）

### ① 下水道業界のリクルート強化のための新たな試み

- ◆ 下水道の魅力を「学生」に発信し、「未来の下水道バージョン」を発掘  
⇒ 下水道業界の人材確保策＝リクルート強化策に取り組む
- ◆ 国土交通省、民間企業の若手・中堅職員を中心とした横断的チーム  
⇒ 『下水道を未来につなげる会』（通称『未来会』）

### ② チーム構成

- ◆ 本会の起業者およびGKP企画運営委員会委員が所属する企業から推薦
- ◆ 入社1～18年目の技術・営業・人事系職員で構成  
⇒ 現在、コアメンバー23名（30歳代が中心）



※下水道界に入った若者が離職しないための配慮も必要（モチベーションの維持、向上）26

**マンホールカード**

デザイン性あふれるマンホール蓋をコレクションできる『マンホールカード』に新たな仲間が追加！

「マンホールカード」は配布先に足を運ぶことで**無料GET**できます！

これまで  
第1弾 2016年12月導入 64自治体 74種  
第2弾 2017年11月導入 46自治体 46種

2019年12月導入 46自治体 46種

デザイン由来

34°36'46.1"N 135°44'08.2"E

27

## （参考）意外性とイメージアップ

国土交通省

## BISTRO下水道 ブランドネームコンテスト 作品募集

### 「BISTRO下水道」を知っていますか？

「BISTRO下水道」は、下水道から出た資源（処理水、肥料、熱・CO2）を利用して、食材を作る取り組みです。全国の生産者からは「生育が良くなった」「美味しくなった」「生産コストが下がった」などの声が届いており、循環型社会の構築に寄与しながら、安全で美味しい食材をつくる手法として注目されています。一方で、「下水道」という言葉の印象が消費者に抵抗感を与えるのではないか、といった指摘もあります。そこで、「下水道」という言葉をなるべく用いずに「イメージを良くして、国民に親しまれやすい」名称を一般公募します。コンテストの審査委員長は料理研究家の服部幸應先生（服部栄養専門学校校長）が務めます。最優秀作品には賞金10万円！奮ってご応募ください。

28

## （参考）ミス日本 水の天使

国土交通省

愛されるキャラクターと親しみやすさで、多くの国民に水への関心を向けてもらう。日本全国の上下水道事業に関わるイベント、水に関する国際会議への参加等を通じ、世界に誇る日本の水の知恵と文化を伝える、水の広報官・外交官のような役割

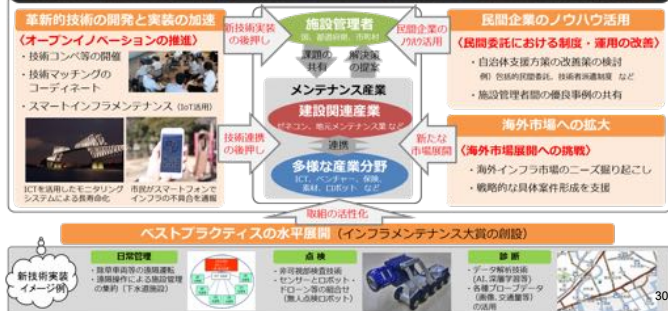


29

## インフラメンテナンス革命

インフラメンテナンスサイクルのあらゆる段階において、多様な産業の技術や民間のノウハウを活用し、メンテナンス産業の生産性を向上させ、メンテナンス産業を育成・拡大

産学官民の技術や知恵を総動員するプラットフォーム＝「インフラメンテナンス国民会議」を設立



## CIM で「生産性向上」へ

### CIMとは

(Construction Information Modeling/Management)

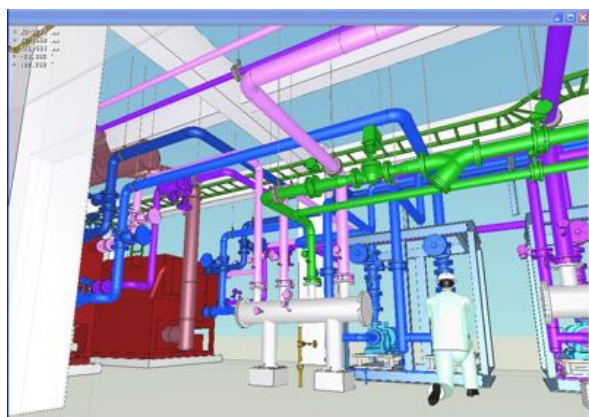
調査・設計段階から3次元モデルを導入し、施工・管理との連携発展させることにより、設計段階での様々な検討を可能とする。一連の建設生産システムの効率化を図ることを目的としたシステムの総称

### CIM導入による期待

- ・設計成果の可視化
- ・計画、設計、施工、管理での情報共有

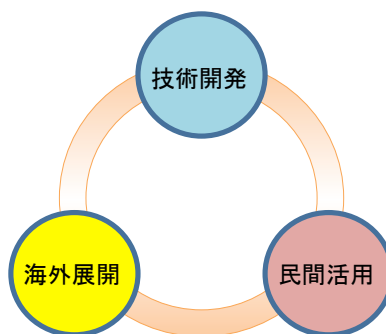
31

## 3次元図面の導入により課題を解決



32

## 下水道事業の成長戦略

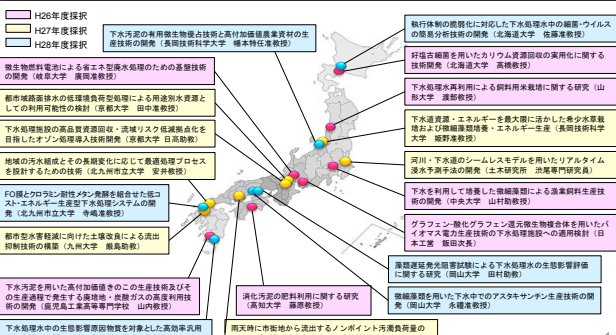


それぞれが関連しあってスパイラルアップ → 下水道の持続と進化へ

33

### 下水道技術研究開発 (GAIAプロジェクト: Gesuido Academic Incubation to Advanced Project)

- 下水道分野の技術研究開発の未来を担う若手研究者との連携等により、大学等の研究機関が有する先進的な技術の活用や実用化を促進し、成果の普及を図ることによって、地域毎に異なる下水道の政策課題を解決することを目的に実施(H26～)。
- H26: 7件、H27: 7件、H28: 6件採択、現在20件実施中(研究期間は原則3年以内)。



1

### プロジェクトGAM (GAM: Gesuido Academic Mapping)

- 国土交通省下水道部と土木学会環境工学委員会が連携して、研究の社会実装を促進していくために、「水環境分野の学際研究内容を体系的に整理」し、産官学の連携を強化することを目的としたプロジェクト。
- 平成27年11月の土木学会環境工学委員会を契機にプロジェクトが始動し、現在、官学のニーズとシーズをマッチングするためのデータベースを構築中。

#### 官学それぞれの思い

- | 官                 | 学                 |
|-------------------|-------------------|
| 最新の知識や情報を取り入れたい   | 社会実装を見据えた研究がしたい   |
| ベスト・ペーパーな手法を模索したい | 実験フィールドがほしい       |
| 学との連携のきっかけがほしい    | 社会的意義の大きい研究をPRしたい |
| 即戦力となる研究をしてほしい    | 研究について学生に知ってほしい   |
|                   | 行政のニーズを知りたい       |

#### データベースへの登録情報

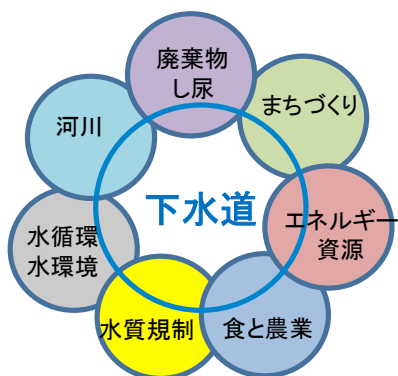
- 「学」に登録する情報  
研究者情報、研究内容、自治体への要望 など
- 「官」に登録する情報  
事業における課題、フィールド・データ提供等協力可能な情報 など  
(事前登録件数は、研究者登録約100件、自治体登録約380件)

#### データベースへの公表予定

- H28.12土木学会環境工学研究フォーラムにてデータベース試験運用を発表、試験運用開始(残る一部機能の実装後、本運用開始)。
- 来年度、産との連携、産官学のマッチング機能の強化等の観点から、データベースを改良。



## (参考) 多機能・多目的インフラであること



36

## 下水道分野における海外水ビジネス展開への支援

○インフラシステム輸出戦略(平成28年5月23日 経協インフラ戦略会議決定)、「下水道分野の国際展開に向けて(提言)」(平成28年5月 自由民主党政務調査会)等を踏まえ、本邦下水道技術の国際展開を積極的に支援。

### 本邦技術の普及促進

- 政府間会議やセミナー等の開催、研修の実施、JICA専門家の派遣等を通じ、本邦技術に対する理解醸成を図り、本邦技術のスペックインを促進。
- 相手国のニーズに適合した技術開発・改良を支援。
- 現地での実証試験を支援。
- 本邦技術の現地基準への組入れを支援。



日尼第3回建設次官級会  
下水道分科会(H28.2)

### 質の高いインフラ投資の促進

- 相手国の市場ニーズ調査を実施。
- 国際標準化に積極的に関与し、本邦技術の海外展開を推進。



ISO専門委員会を日本で開催(H26.1)

### 推進体制の強化

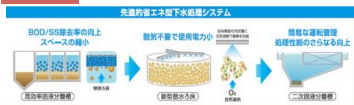
- 地方公共団体の国際人材の育成を促進。
- 国の執行体制の強化。
- 官民連携のプラットフォームである下水道グローバルセンター(GCUS)を通じて、関係機関等との連携を一層充実。

37

## 前ろ過散水ろ床法(PTF)のベトナムでの採用

- 「ホイアン」の古い町並みとして世界遺産に登録され、年間140万人が訪れる市のシンボルである「日本橋」直下を流下する水路では、未処理排水による水質汚濁や臭気が深刻な問題。
- 「ホイアン市日本橋地域水質改善計画」(JICA無償資金協力事業)は、「日本橋」水路の改修及び下水処理施設の整備を行うことにより、ホイアン市の生活衛生 環境の改善及び観光資源の保全による地域経済の開発促進に寄与するもの。
- 平成28年12月、メタウォーター・月島機械JVが、「前ろ過散水ろ床法」による下水処理場の建設等を受注。

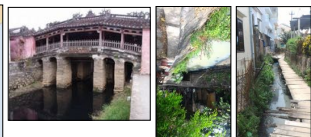
### 技術の概要



下水処理場 完成予想図

### 概要

- ・下水処理場(処理水量:2,000 m<sup>3</sup>/日)の建設工事
- ・6ヵ月間の運転維持管理指導
- ・水路改修工事



黒色の水が流下 日本橋水路に生活排水が流入

## 前ろ過散水ろ床法(PTF) これまでの取り組み

### ① 日本下水道事業団(JS)による海外向け技術確認(ベトナム・ダナン)

- メタウォーターが、ベトナムのダナン市内の下水処理場に処理能力300m<sup>3</sup>/日規模のパイロット実験装置を設置して、実証実験を実施。
- 日本下水道事業団が、現地調査や実証実験データの確認などを行うことにより、技術の性能等を確認。平成26年度、窒素・リンの除去に関する技術確認内容を追加。



実証実験の実施状況



海外向け技術確認書の手交  
(JS・ベトナム国建設省)



現地ワークショップ(H26.3、ダナン)

### ② 平成26年度 B-DASHIによる実証(国内)

- 実証場所: 高知市下知下水処理場
- 実施者: 高知市、高知大学、日本下水道事業団、メタウォーター共同研究体
- 実証規模: 6,750m<sup>3</sup>/日
- ※「無曝気循環式水処理技術実証事業」として実施



実証施設(高知市下知下水処理場)

39

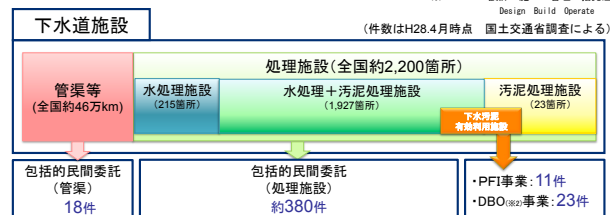
## 下水道事業におけるPPP/PFIの実施状況

○管路施設や下水処理施設の管理については9割以上が民間委託を導入済み。

○包括的民間委託※1は約400件導入されており、件数は近年増加中。

○下水污泥を利用してガス発電や固形燃料化を行うPFI事業等は34件実施・予定されており、件数は近年増加中。

※1 包括的民間委託: 複数業務をパッケージ化した複数年契約  
※2 DBO: 設計・施工・管理一括発注  
Design Build Operate



40

## 下水道におけるコンセッションの取り組み状況

- 浜松市: 平成23年度以降、コンセッションの導入可能性、実施契約書(案)の作成等について、国が財政的支援(全額補助)を含めた支援を実施。平成26年2月に運営権事業導入に関する下水道条例を改正し、5月に募集要項等を公表。平成30年度からのコンセッション事業を開始予定。
- 大阪市: 平成27年2月に「大阪市下水道事業 経営形態見直し基本方針(案)」を策定し、コンセッション方式の導入による経営形態の見直しを進めているところ。平成28年7月1日に受け皿会社である新会社「クリアウォーター-OSAKA」を設立。スキームが確定次第、速やかに同方式への移行を目指す。
- 奈良市: コンセッション方式の導入に向け、具体的に検討しており、国として支援を行っているところ。
- 三浦市: 平成30年4月の事業開始に向け、平成29年1月頃に実施方針の公表を予定。国として支援を行っているところ。
- 須崎市・宇部市: 平成28年度の内閣府の「下水道コンセッション事業の促進に資する支援措置」にてデューデリジェンスを実施。
- 更なる案件形成を図るため、平成27年10月には「下水道における新たなPPP/PFI事業の促進に向けた検討会」(26自治体が参加(※))を設置。さらに、自治体の首長等に対する働きかけを実施(19自治体(※))。これらのうち、前向きな自治体に対して、調査支援等を実施(7都市(※))。

### 浜松市の事例

- 事業内容  
○静岡県からの西遠流域下水の移管(平成28年4月)に伴い職員増員と経費を抑制するため、コンセッション方式の導入により、可能な限り、事業費削減を図る。
- 事業期間: 30年間(平成30年度～平成59年度)第三者機関によるモニタリングを実施。



### <導入までのスケジュール>

| 年度       | 事業スキームの検討、公募要項の作成、資産調査など | 国・自治体において、財政的支援・地形的調査を実施 |
|----------|--------------------------|--------------------------|
| 平成26年度   |                          |                          |
| 平成27年6月  | 実施方針(案)の公表               |                          |
| 平成27年12月 | 募集要項(案)の公表               |                          |
| 平成28年2月  | 下水事業の導入・公表               |                          |
| 平成28年4月～ | 特定事業の選定・公表               |                          |
| 平成28年6月  | 国・自治体からの選定               |                          |
| 平成28年8月  | 国・自治体からの選定               |                          |
| 平成28年10月 | 国・自治体からの選定               |                          |
| 平成29年3月  | 国・自治体からの選定               |                          |
| 平成29年10月 | 国・自治体からの選定               |                          |
| 平成30年4月  | コンセッション事業開始              |                          |

41

## 下水道におけるPPP/PFIの導入における論点

- ① PPP/PFIを導入した際、モニタリング等に必要なとなる、管理者側の技術力をいかに維持するか
- ② 地元企業も参画できるスキームをいかに構築するか
- ③ 競争性・公平性・透明性をいかに確保するか
- ④ PPP/PFIの事業形成ノウハウをいかに確保するか
- ⑤ 改築を含む長期契約の場合(コンセッション、維持管理と施工の一括発注等)、交付金等をいかに安定的に確保するか

42

## 下水道資源を活用したイノベーション

### 発生汚泥の処理基準

特に規定なし

平成8年下水道法改正まで



○**脱水、焼却等によりその減量に努めること**  
その他、一般的な処理基準を規定



平成8年 改正下水道法

従前の規定に加え、以下を追加  
○**燃料または肥料として再生利用されるよう努めること**

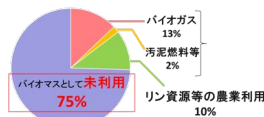
平成27年 改正下水道法

43

## 生産性革命「日本産資源」の創出

- 下水汚泥は、従来は廃棄物として埋立などで処分されてきたが、近年は技術の進歩等により、バイオガス、汚泥燃料、肥料等の多様な資源として活用できる「日本産資源」。
- 下水汚泥を徹底的に活用し、輸入に頼るエネルギーの地産地消や、農業の生産性向上に大きく貢献。

### ■ 日本の下水汚泥の利用状況(2014年度末)



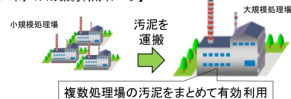
### 【目標】

- ① 徹底的な活用で、下水汚泥のエネルギー・農業利用率を、約25% (現状) から**約40%** (2020年)に向上
- ② 年間**約200億円**相当のエネルギーを、化石燃料に代わって下水汚泥から生産

### ■ 創エネルギー分野における徹底活用戦略

- 民間主導のバイオガス発電等を促進
- 地域のバイオマスを集約し、スケールメリットを発現

【バイオマスの集約利用イメージ】



### ■ リン資源等の農業利用(BISTRO下水道)

- 下水汚泥肥料の**印象革命**により下水道発で農業における生産性を向上(収量増、肥料代削減)

44

## 3 水道と下水道

## 水道／下水道 一括りで議論すべきか否か

- ① 組織1 大都市のうち上下水道局の割合 **8/21**
- ② 組織2 上下の融合度
- ③ 政策 流域管理、水循環
- ④ 経営 企業マインド、経営判断、共通経費
- ⑤ 技術
- ⑥ お客様サービス 料金徴収、債権管理
- ⑦ 業界

46

## MBRの研究・開発 ～膜ファウリングから省エネまで～

前澤工業株式会社  
事業統括本部  
環境R&D推進室 技術開発センター

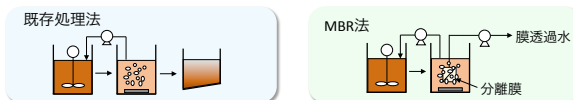
三好 太郎

## これまでの経歴

- ★2010年3月 学位取得 (北海道大学)  
膜ファウリング発生機構(膜ファウリング原因物質の特性解析)
- ★2010年4月 北海道大学 博士研究員  
～2012年9月  
膜曝気空気量の削減に向けた検討
- 2012年10月 神戸大学 特命助教  
～2016年3月
- ★2016年4月 前澤工業株式会社  
～現在  
MBRの省エネ化に向けた検討 (競争力の向上を目指して)

2

## 膜分離活性汚泥法(MBR)



### ○MBR法の長所

- 設置面積が小さい(省スペース性)
- 精密な固液分離が可能(優れた処理水質)
- 小規模化・自動化が容易(小規模分散処理に好適)

### ×MBR法の短所

- 運転及び維持管理コストが高い

運転継続に伴う膜透過性能の低下(膜ファウリング)が  
主要原因

➡ 膜ファウリング対策が重要

3

## MBRにおける膜ファウリング対策

合理的な対策を立てるには...

膜ファウリング発生機構の正確な理解が不可欠

MBRにおける膜ファウリング原因物質

糖及びタンパク質が膜ファウリング原因物質の主要な構成成分

(Kimura et al., 2005など)

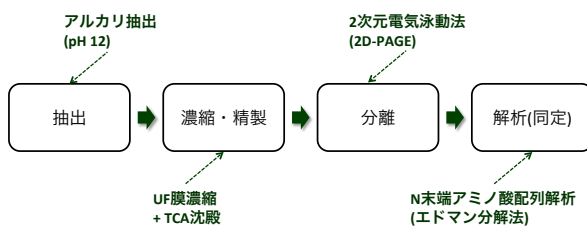
構造的、機能的な多様性は非常に大きい  
(このレベルの知見では考察を掘り下げることができない)



膜ファウリングに関与している糖及びタンパク質の詳細解析を実施

## タンパク質の詳細解析

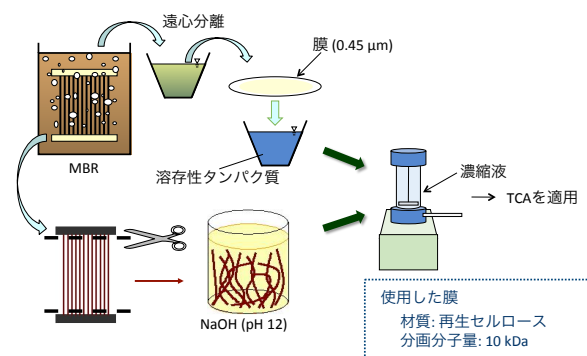
### 解析の手順



実下水を処理するMBRにおいて実際に膜ファウリングを  
引き起こしていたタンパク質に対して実施

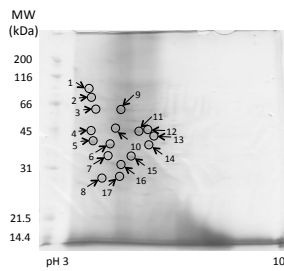
5

## 実験方法



6

## 実験結果



17種類のタンパク質をゲルより回収

N末端アミノ酸配列解析を実施

7

## N末端アミノ酸配列解析の結果

| Protein | Amino acid sequence |
|---------|---------------------|
| 1       | SNVNPSSCSIWDTQ      |
| 4       | xGITINVPDxx...      |
| 5       | DGITINIVPDAISRT     |
| 6       | QGQGAIVEIGFA        |
| 7       | A(S)LTQV(S)VRFDRL   |
| 10      | APFVSDQxxx...       |
| 14      | xxVFxDxDxDLxxxx     |
| 15      | (Q)xQGAVExELFxxxx   |

(blast search)

同定に成功したタンパク質

6 : OprF 10: OprD

(いずれも *Pseudomonas* 属の細菌の外膜タンパク質)

8

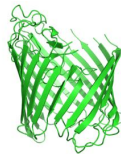
## 同定されたタンパク質

いずれもβバレルタンパク質

(細胞膜を貫通し、  
基質等の通路として機能)



構造、機能、性質の類似性は高い



OprDの立体構造  
(Biswas et al., 2007)

- ・細胞内ではリポ多糖(LPS)の層内に存在  
⇒汚泥中でもLPSと共存している可能性が高い。
- ・構造を維持しやすい  
⇒汚泥中においても分解されにくい。
- ・比較的親水性  
⇒膜との疎水性相互作用は働きにくい。

9

## これまでの経歴

- ★2010年3月 学位取得 (北海道大学)  
膜ファウリング発生機構(膜ファウリング原因物質の特性解析)
- ★2010年4月 北海道大学 博士研究員  
～2012年9月  
膜曝気空気量の削減に向けた検討
- ・2012年10月 神戸大学 特命助教  
～2016年3月
- ★2016年4月 前澤工業株式会社  
～現在  
MBRの省エネルギー化に向けた検討 (競争力の向上を目指して)

10

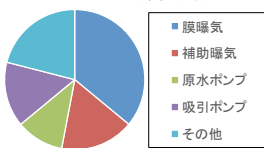
## MBRの低コスト化に向けて

主要なコスト要因：

(水処理工程に限定すると)電力使用にかかるコストが最大

(Kraume and Drews, 2010)

MBRにおける電力消費の内訳



(Krzeminski et al., 2012)

膜曝気：膜ファウリング抑制のための曝気  
補助曝気：溶存酸素供給のための曝気



膜曝気が最大  
⇒効果的な膜ファウリング抑制法が  
求められる。

博士研究員及び前澤での研究課題

膜曝気の効率化を通じた膜曝気空気量の削減

11

## MBRの省エネルギー化に向けた検討

基本的な考え方

- ・単位吹き込み空気量当たりの膜面積を増加させる
- ・適切な洗浄強度の選定 (空気を過剰に吹き込まない)

北海道大学でのアプローチ

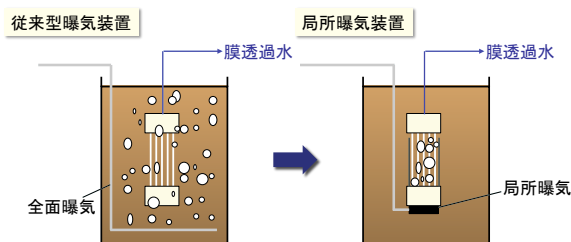
- ・局所曝気装置の開発
- ・膜透過水fluxに応じた最適曝気空気量の選定

前澤工業でのアプローチ

- ・膜の長尺化 + 中空糸膜充填密度の増加

12

## 北海道大学での検討



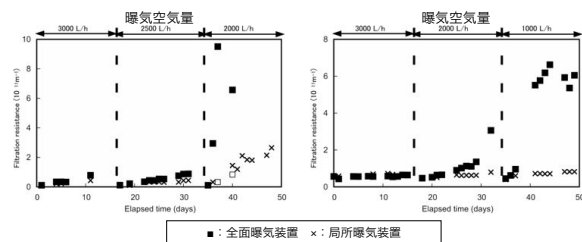
粗大気泡を中空系膜近傍に集中的に導入することが可能

13

## 実験結果①

膜透過水flux: 0.8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/day

膜透過水flux: 0.6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/day

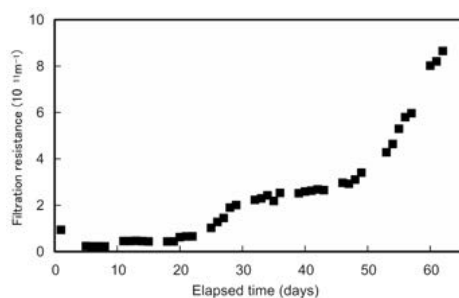


- 局所曝気は従来型よりも膜洗浄効果大きい
- 膜透過水fluxを低く設定することで膜透過水量当たりの曝気空気量を削減可能

14

## 実験結果②

曝気装置: 局所曝気、膜透過水flux: 0.4 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/day、曝気空気量: 200 L/h



著しく低い膜曝気空気量で2か月間膜洗浄を実施することなくMBR運転を継続することが可能であった。

15

## 前澤工業での検討

PTFE(四フッ化エチレン)製中空系膜を活用

機械的強度は一般的な中空系膜の約10倍 (90~120 N/fiber)

中空系膜の長尺化が可能

【PTFE製膜エレメントの改良】



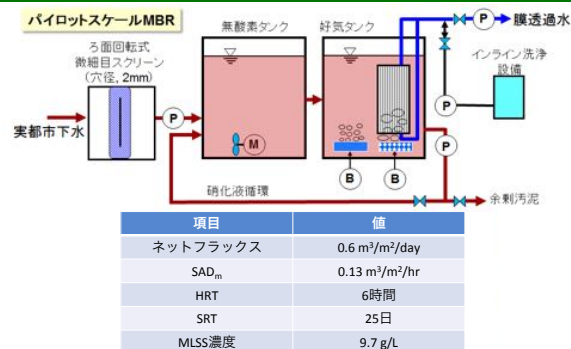
本改良による省エネルギー効果を検証

⇒開発目標: (MBR全体としての)電力使用量原単位0.4 kWh/m<sup>3</sup>以下

本検討は日本下水道事業団及び住友電気株式会社との共同研究として実施したものです。

16

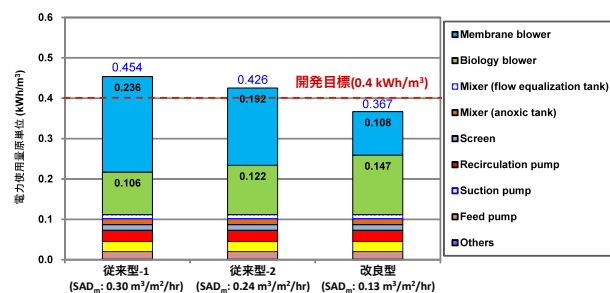
## パイロット実験概要



本検討は日本下水道事業団及び住友電気株式会社との共同研究として実施したものです。

17

## 電力使用量原単位試算結果



改良型膜エレメントを使用することで0.4 kWh/m<sup>3</sup>以下で安定運転ができる可能性が強く示唆された。

本検討は日本下水道事業団及び住友電気株式会社との共同研究として実施したものです。

18