



化学物質の安全管理に関するシンポジウム

中央合同庁舎 第8号館 1階講堂
平成29年2月10日

— 化学物質安全管理の新展開 —

下水道及び水環境における 化学物質の消長とその影響評価

国立研究開発法人 土木研究所
水環境研究グループ 水質チーム

上席研究員
特任研究員
研究員
研究員
研究員

南山瑞彦
小森行也
武田文彦
真野浩行
金子陽輔

下水道と化学物質

- 下水道の普及に伴い、日常の活動で使用・廃棄された多くの物質は下水道に流入している
 - 下水道(処理人口)普及率
S63:40% ⇒ H27:77.8%
- 流入した物質は下水道を経て放流先水域へ排出
 - 水環境、大気、下水汚泥に移行または分解
 - 多くの物質は、下水処理場の処理対象物質ではない



下水道と化学物質

- 新たな化学物質の規制や管理手法が導入される際、先行して下水道内の化学物質の消長を把握する必要がある
- 一方で、その実態把握調査は困難
 - どんな物質が流入してくるか不明
 - 分析方法に特別な配慮が必要（妨害物質の影響）
 - 全国の下水道管理者が対応可能な調査方法が必要

下水道と化学物質

- 土木研究所での研究
 - 各種化学物質の的確な分析手法の開発
 - 下水など測定妨害物質が多い試料での分析法の開発
 - 生物応答による試験方法の下水(処理水)への適用
 - 化学物質の水環境中での挙動の把握
 - 排出源、河川中での分解、下水処理プロセス内での挙動など
 - 有害な化学物質の対策手法の開発
 - 既存の下水処理場でどの程度対策可能か
 - さらなる対策が必要な場合の技術の開発



下水道と化学物質

- 下水処理水中に存在する化学物質のリスク評価
 - 何が流入しているか、スクリーニングが必要
- PRTR情報による“大まかな”物質動態の把握
 - ある程度の物質のスクリーニングは可能
 - 但し、PRTR対象物質以外の状況は不明
 - データの入手が容易、特別な現地調査を要しない
 - 精度の問題は残る(流入量、排出量予測)
 - 初期リスク評価には活用可能
 - スクリーニング後、必要に応じて詳細な評価が必要



本日の話題

- 下水道と化学物質
- PRTR情報に基づく化学物質のスクリーニング
- LASの事例



PRTR情報に基づく 化学物質のスクリーニング

PRTR第一種指定化学物質の生態リスクの評価（全国）

下水処理水中の濃度推計

全国のPRTRデータから得られた年間推計排出量を利用して、PRTR第一種指定化学物質157物質（H20年度データ）、209物質（平成23年度データ）の濃度を推計

$$\text{予測環境中濃度 (PEC)} = \frac{\text{下水処理施設からの年間推計排出量}}{\text{年間下水処理水量 (下水道統計)}}$$

生態リスクの評価

▶ 予測無影響濃度（PNEC）と比較 122物質（H20年度）、144物質（H23年度）

PEC / PNEC > 1 となる物質

環境省、NITEなどの
公表情報を活用

9物質（H20年度）： 界面活性剤（AE、DDNO、NPE）、ヒドラジン、ヒドロキノン、ホルムアルデヒド、*o*-トルイジン、亜鉛の水溶性化合物、フェニトロチオン

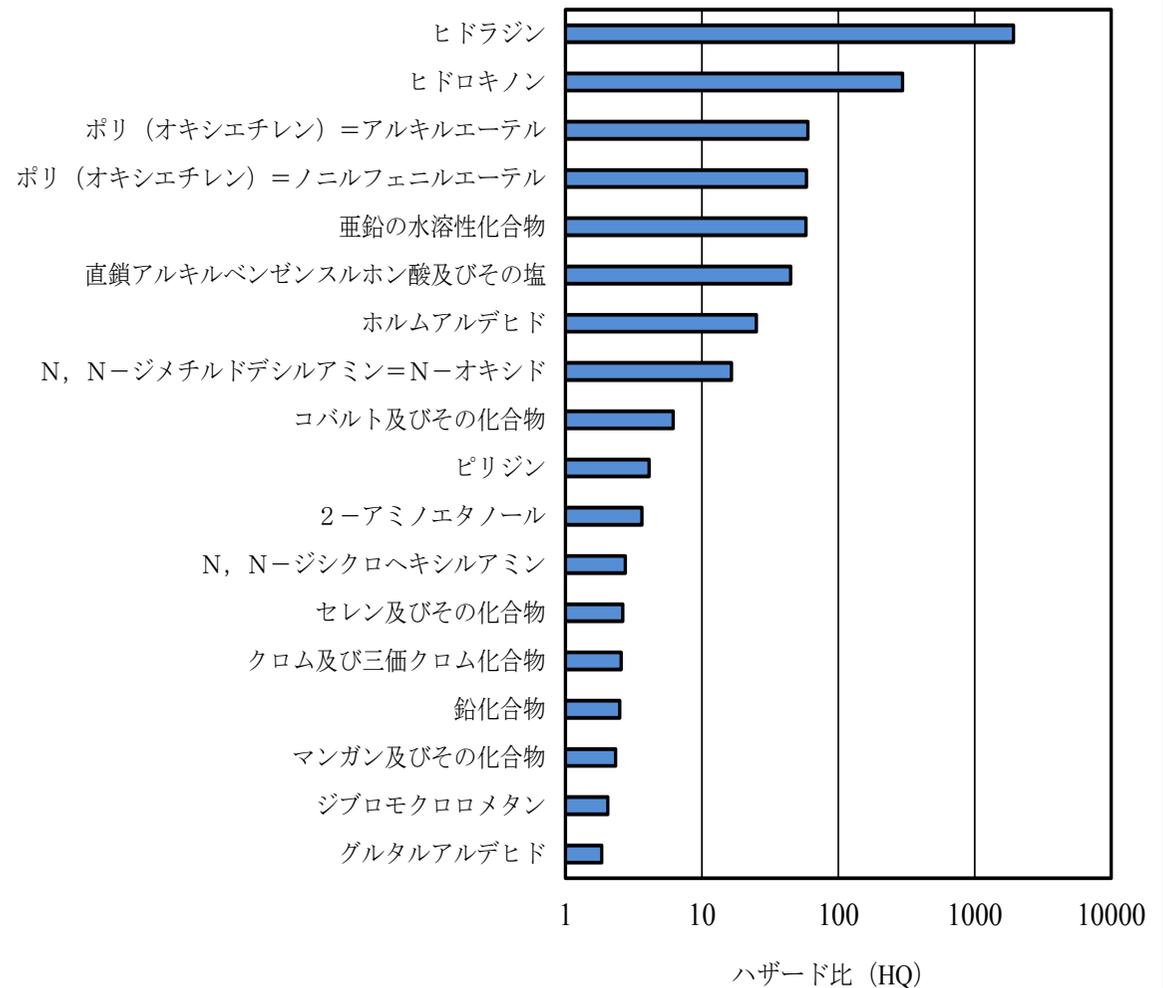
18物質（H23年度）：界面活性剤（AE、DDNO、LAS、NPE）、ヒドラジン、ヒドロキノン、ホルムアルデヒド、亜鉛とその化合物、コバルトとその化合物、ピリジン、2-アミノエタノール、N,N-ジシクロヘキシルアミン、セレンおよびその化合物、クロムおよびその化合物、鉛化合物、マンガンおよびその化合物、ジブromクロロメタン、グルタルアルデヒド



PRTR情報に基づく 化学物質のスクリーニング

- $PEC / PNEC > 1$ となる物質

PEC/PNEC比の比較的高い物質には、界面活性剤、ヒドロキノン（美白剤としても使用）など、身近に使用される物質が含まれていた



Takeda et al.(2015)



本日の話題

- 下水道と化学物質
- PRTR情報に基づく化学物質のスクリーニング
- LASの事例
 - 実態の把握
 - 追加処理の可能性



直鎖アルキルベンゼンスルホン酸 (Linear Alkylbenzene Sulfonic acid)

直鎖アルキルベンゼンスルホン酸及びその塩が水生生物の保全に係る環境基準に項目追加，環境省告示第30号(H25.3.27)

5物質が対象

- デシルベンゼンスルホン酸ナトリウム (LAS-C10)
- ウンデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム (LAS-C11)
- ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム (LAS-C12)
- トリデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム (LAS-C13)
- テトラデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム (LAS-C14)

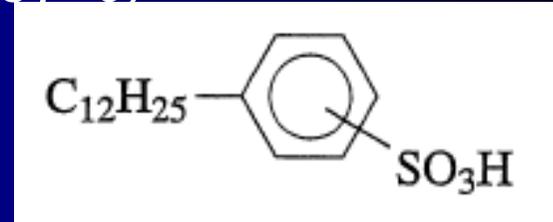
ドデシルベンゼンスルホン酸 (CAS No.27176-87-0)

[性状]

$C_{18}H_{30}O_3S$ 分子量:326.5 褐色の粘稠な液体。

[用途]

乳化重合用乳化剤、家庭用合成洗剤、農薬用乳化剤、クリーニング洗剤、その他一般洗剤用原料として各種塩類をつくる原料として、また各種油剤工業用原料として使用される。酸触媒。



直鎖アルキルベンゼンスルホン酸及びその塩が水生生物の保全に係る環境基準に項目追加(H25.3.27)環境省告示第30号



水質汚濁に係る環境基準

● 別表1 人の健康の保護に関する環境基準



● 別表2 生活環境の保全に関する環境基準

1 河川

(1) 河川(湖沼を除く。)

ア pH,BOD,SS,DO,大腸菌

| イ | 水生生物の生息状況の適応性 | 基準値 | | | 該当水域 |
|------|---|-------------|--------------|----------------------|--------------------------|
| | | 全亜鉛 | ノニルフェノール | 直鎖アルキルベンゼンスルホン酸及びその塩 | |
| 生物A | イワナ、サケマス等比較的低温域を好む水生生物及びこれらの餌生物が生息する水域 | 0.03mg/L 以下 | 0.001mg/L以下 | 0.03mg/L以下 | 第1の2の(2)により水域類型ごとに指定する水域 |
| 生物特A | 生物Aの水域のうち、生物Aの欄に掲げる水生生物の産卵場(繁殖場)又は幼稚子の生育場として特に保全が必要な水域 | 0.03mg/L 以下 | 0.0006mg/L以下 | 0.02mg/L以下 | |
| 生物B | コイ、フナ等比較的高温域を好む水生生物及びこれらの餌生物が生息する水域 | 0.03mg/L 以下 | 0.002mg/L以下 | 0.05mg/L以下 | |
| 生物特B | 生物A又は生物Bの水域のうち、生物Bの欄に掲げる水生生物の産卵場(繁殖場)又は幼稚子の生育場として特に保全が必要な水域 | 0.03mg/L 以下 | 0.002mg/L以下 | 0.04mg/L以下 | |

備考 1 基準値は、年間平均値とする。(湖沼、海域もこれに準ずる。)

● 別表2 生活環境の保全に関する環境基準(つづき)

(2) 湖沼(天然湖沼及び貯水量が1,000万立方メートル以上であり、かつ、水の滞留時間が4日間以上である人工湖)

ア pH,COD,SS,DO

イ 全窒素、全燐

ウ

| | 水生生物の生息状況の適応性 | 基準値 | | | 該当水域 |
|------|---|-------------|--------------|--------------------------|--------------------------|
| | | 全亜鉛 | ノニルフェノール | 直鎖アルキルベンゼン スルホン酸及びその塩 | |
| 生物A | イワナ、サケマス等比較的低温域を好む水生生物及びこれらの餌生物が生息する水域 | 0.03mg/L 以下 | 0.001mg/L以下 | 0.03mg/以下 | 第1の2の(2)により水域類型ごとに指定する水域 |
| 生物特A | 生物Aの水域のうち、生物Aの欄に掲げる水生生物の産卵場(繁殖場)又は幼稚子の生育場として特に保全が必要な水域 | 0.03mg/L 以下 | 0.0006mg/L以下 | 0.02mg/以下 | |
| 生物B | コイ、フナ等比較的高温域を好む水生生物及びこれらの餌生物が生息する水域 | 0.03mg/L 以下 | 0.002mg/L以下 | 0.05mg/以下 | |
| 生物特B | 生物A又は生物Bの水域のうち、生物Bの欄に掲げる水生生物の産卵場(繁殖場)又は幼稚子の生育場として特に保全が必要な水域 | 0.03mg/L 以下 | 0.002mg/L以下 | 0.04mg/以下 | |

2 海域

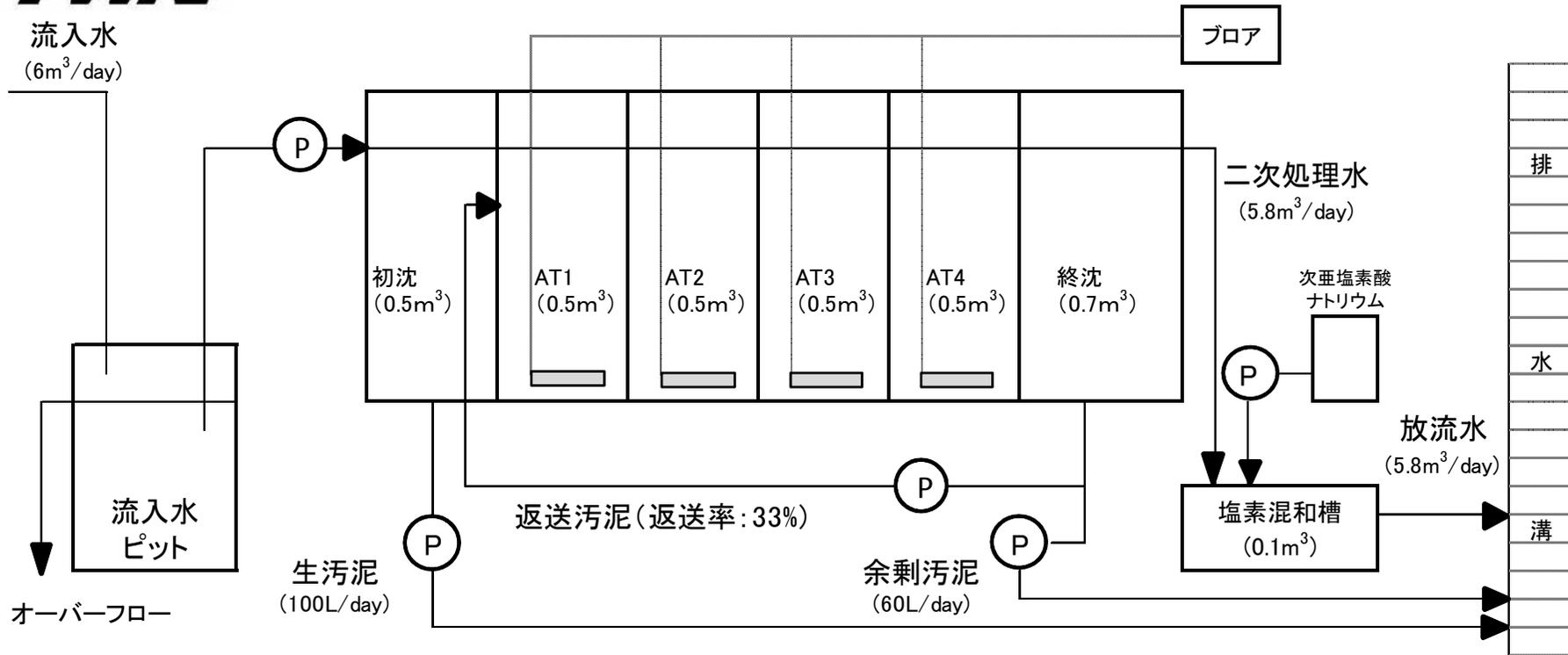
ア pH,COD,DO,大腸菌,n-ヘキサン抽出物質(油分等)

イ 全窒素、全燐

ウ

| | 水生生物の生息状況の適応性 | 基準値 | | | 該当水域 |
|------|---|-------------|--------------|--------------------------|--------------------------|
| | | 全亜鉛 | ノニルフェノール | 直鎖アルキルベンゼン スルホン酸及びその塩 | |
| 生物A | 水生生物の生息する水域 | 0.02mg/L 以下 | 0.001mg/L以下 | 0.01mg/L以下 | 第1の2の(2)により水域類型ごとに指定する水域 |
| 生物特A | 生物Aの水域のうち、水生生物の産卵場(繁殖場)又は幼稚子の生育場として特に保全が必要な水域 | 0.01mg/L 以下 | 0.0007mg/L以下 | 0.006mg/L以下 | |

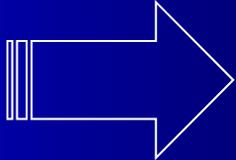
活性汚泥処理実験装置



運転条件

| | |
|------------|------------------------|
| 流入水量 | 6 m ³ /day |
| エアレーション時間 | 8 時間 |
| エアレーション空気量 | 85 m ³ /day |
| 汚泥返送率 | 33 % |
| 生汚泥引抜量 | 100 L/day |
| 余剰汚泥引抜量 | 40 L/day |

SRT
約16日

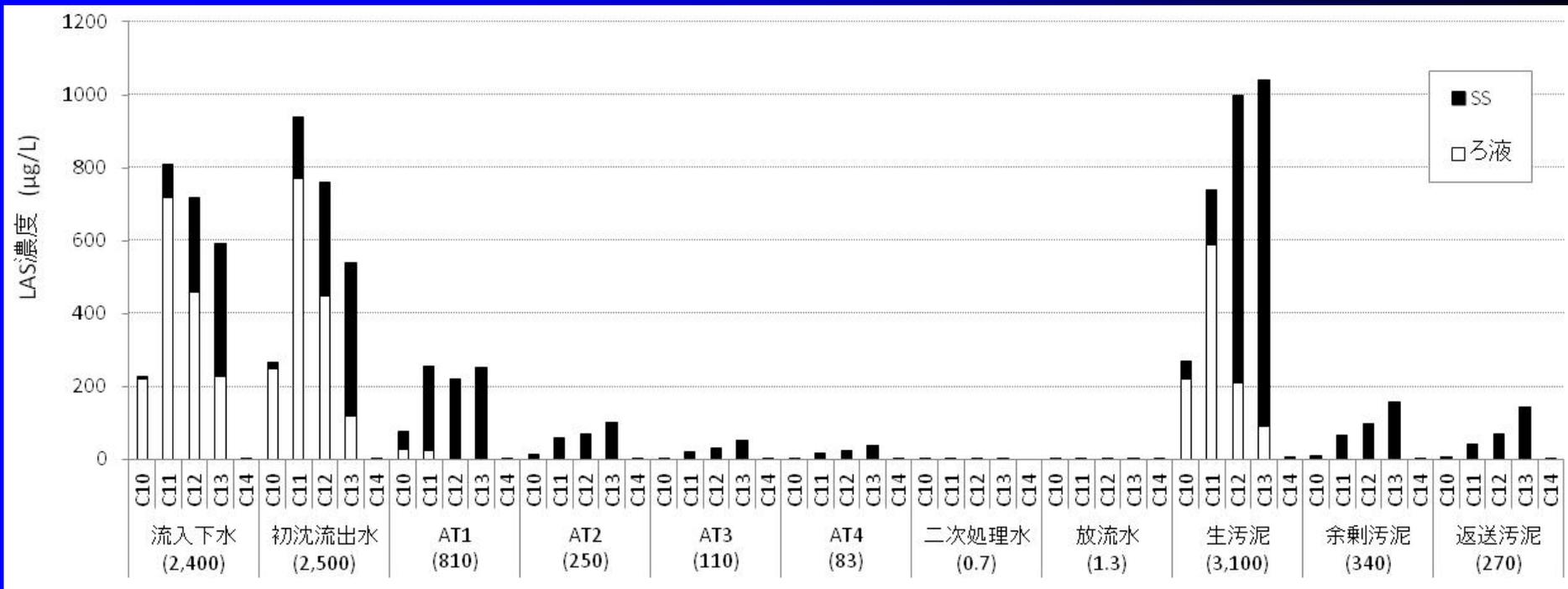


24時間コンポジット試料
(2時間間隔)



各水処理工程のLAS分析結果

()内の数値は各LAS(C10,C11,C12,C13,C14)濃度の合計



流入水と初沈流出水のLAS濃度はそれぞれ2,400 $\mu\text{g/L}$ 、2,500 $\mu\text{g/L}$ とほぼ同じ値であり、最初沈殿池におけるLASの除去はみられないが、エアレーションタンク内で減少し、二次処理水、放流水では1 $\mu\text{g/L}$ 以下であった。



調査目的

我が国で用いられている種々の処理方式の実下水処理場におけるLASの除去特性把握

7処理方式の16処理場において調査

調査処理場

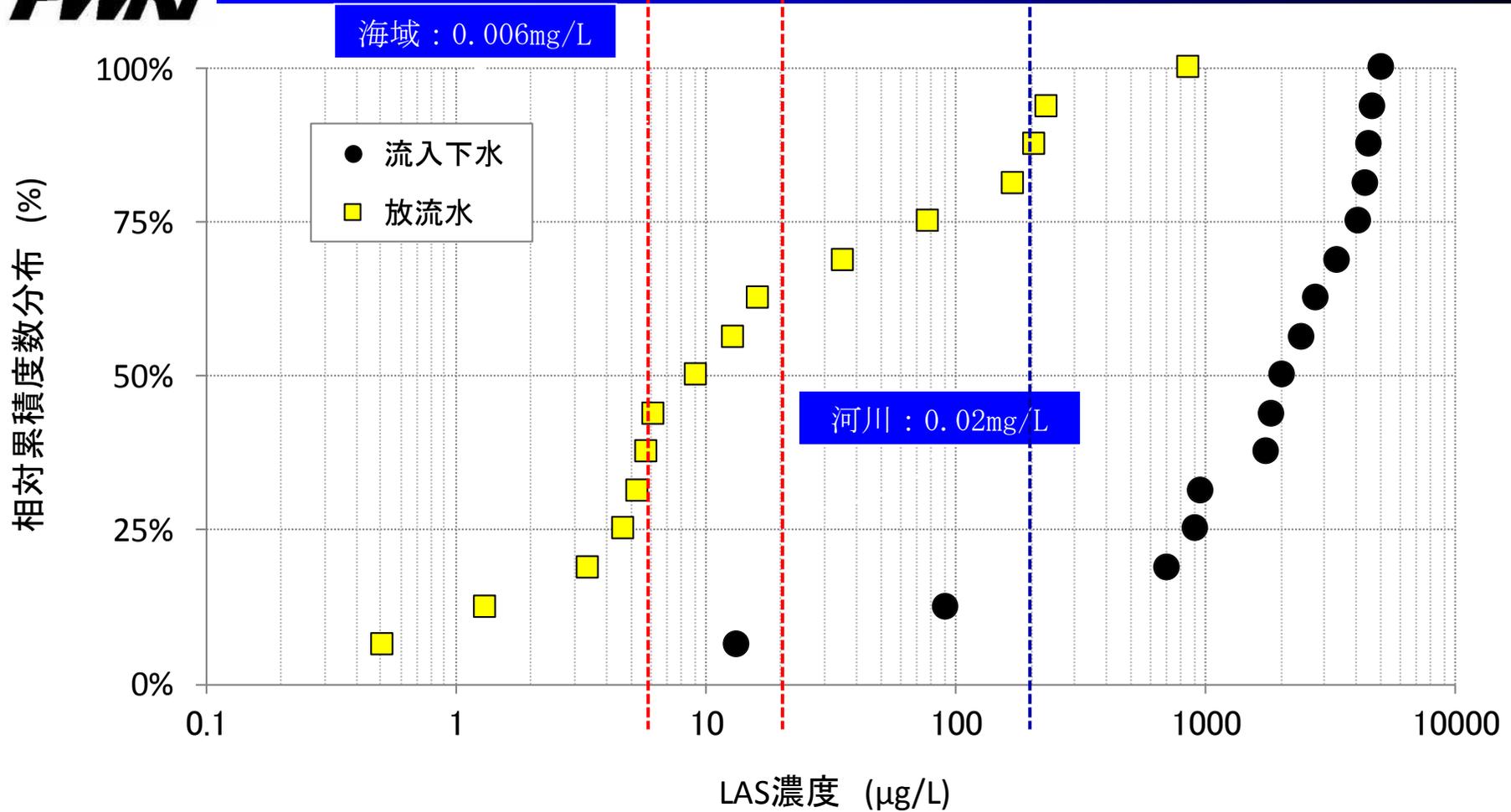
- 標準活性汚泥法 : 4ヶ所
 - 回転生物接触法 : 2ヶ所
 - 嫌気好気ろ床法 : 2ヶ所
 - 礫間接触法 : 2ヶ所
 - 好気性ろ床法 : 2ヶ所
 - 接触酸化法 : 2ヶ所
 - 高速散水ろ床法 : 2ヶ所
- 計 16ヶ所

- 調査試料
 - ・流入下水
 - ・放流水
- 試料採取方法
スポット採取
- 調査時期
平成25年2月～3月

H21下水道統計より

| 処理方式 | 処理場数 | 割合 |
|------------------|------|-------|
| 標準活性汚泥法 | 699 | 32.5% |
| オキシデーションデイツ法 | 964 | 44.8% |
| 回転生物接触法 | 92 | 4.3% |
| 高度処理オキシデーションデイツ法 | 50 | 2.3% |
| 長時間エアレーション法 | 46 | 2.1% |
| 嫌気好気ろ床法 | 43 | 2.0% |
| 嫌気好気活性汚泥法 | 38 | 1.8% |
| 土壌被覆型礫間接触法 | 31 | 1.4% |
| 好気性ろ床法 | 31 | 1.4% |
| 循環式硝化脱窒法 | 25 | 1.2% |
| 嫌気無酸素好気法 | 22 | 1.0% |
| ステップ流入式多段硝化脱窒法 | 19 | 0.9% |
| 酸素活性汚泥法 | 11 | 0.5% |
| 接触酸化法 | 10 | 0.5% |
| ステップエアレーション法 | 5 | 0.2% |
| 高速散水ろ床法 | 3 | 0.1% |
| 硝化内生脱窒法 | 2 | 0.1% |
| その他処理方法 | 42 | 2.0% |
| 不明 | 17 | 0.8% |
| 合計 | 2150 | 100% |

調査結果



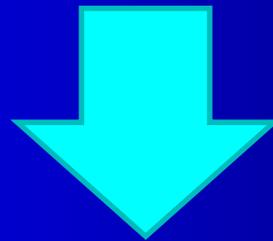
● 流入下水のLAS濃度 : 13~5,100μg/L (中央値約2,000μg/L) 小森 他(2014)

● 放流水のLAS濃度 : 0.5~860μg/L (中央値は約10μg/L)

本調査結果は、宇都宮ら*)が実施した下水道終末処理場におけるLASの挙動調査の流入水濃度2.43mg/L、二次処理水濃度0.38mg/Lと同程度であった。

種々の処理方式の実下水処理場においてLASの除去状況を調査した。

好気性微生物(浮遊性、生物膜)を利用した処理方式の処理場では87%以上の除去率を示したが、除去率がやや低くなる傾向が見られる処理方式も存在した。



- 多くの処理場における実態把握
- いろいろな処理方式の処理場における実態把握



本日の話題

- 下水道と化学物質
- PRTR情報に基づく化学物質のスクリーニング
- LASの事例
 - 実態の把握
 - 追加処理の可能性

担体処理について

微生物担体処理によるLASの除去特性について調査



微生物担体処理を用いた既往調査結果*)

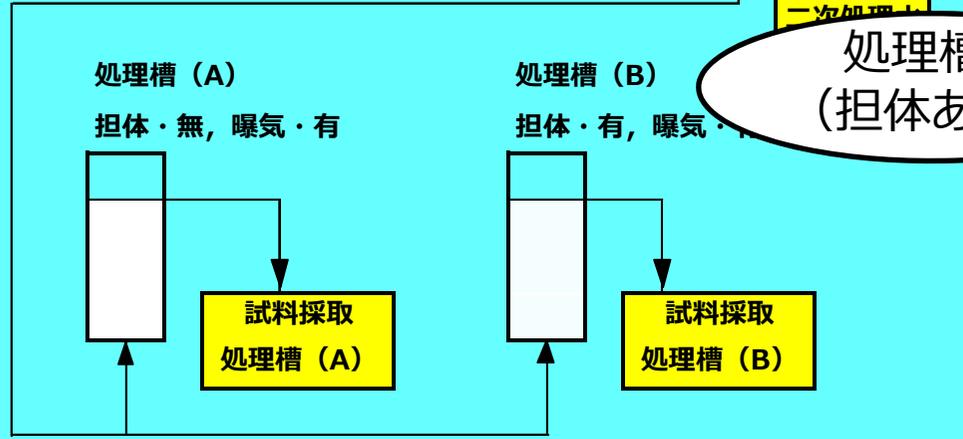
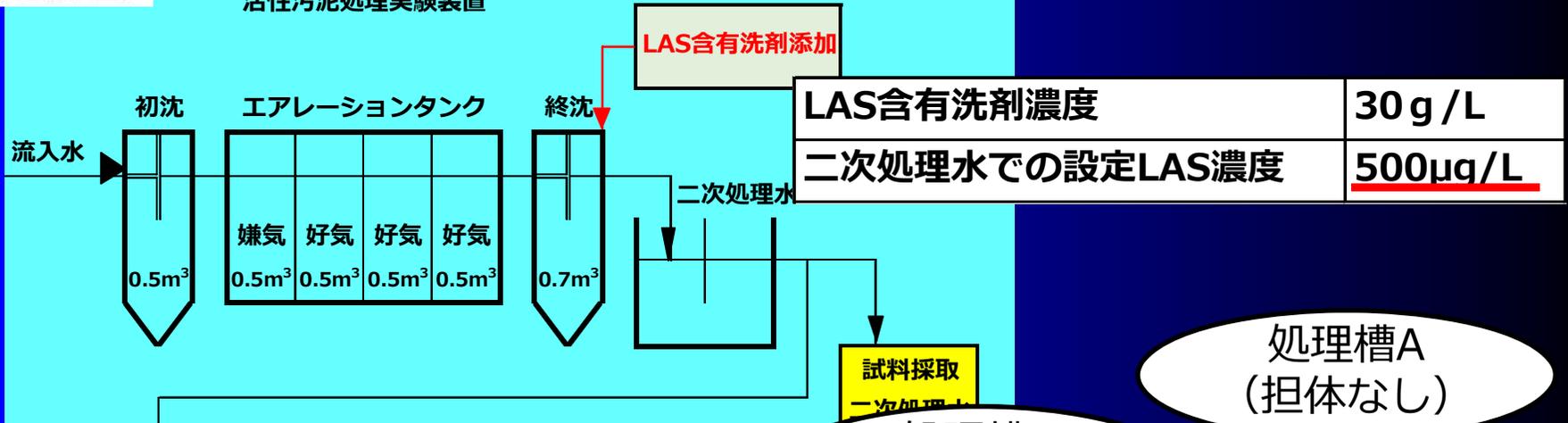
- 下水処理水に残存する医薬品類4物質の微生物担体を用いた処理における除去特性を調査した。
- DOC除去率に比べ調査医薬品類の除去率は大きな値となり、微生物担体処理は残存医薬品類の除去手法として有効であることが分かった。

➤ 既往調査の応用として、担体処理のLAS除去は可能か？

*) 小森 他(2014b)

実験方法

活性汚泥処理実験装置



| | 処理槽 (A) | 処理槽 (B) |
|--------------|---------|---------|
| 処理槽の容量(L) | 9.4 | 9.4 |
| 各反応槽HRT(min) | 30 | 30 |
| 担体嵩比率 (%) | 0 | 50 |
| 攪拌方法 | 曝気 | 曝気 |

処理槽B
(担体あり)

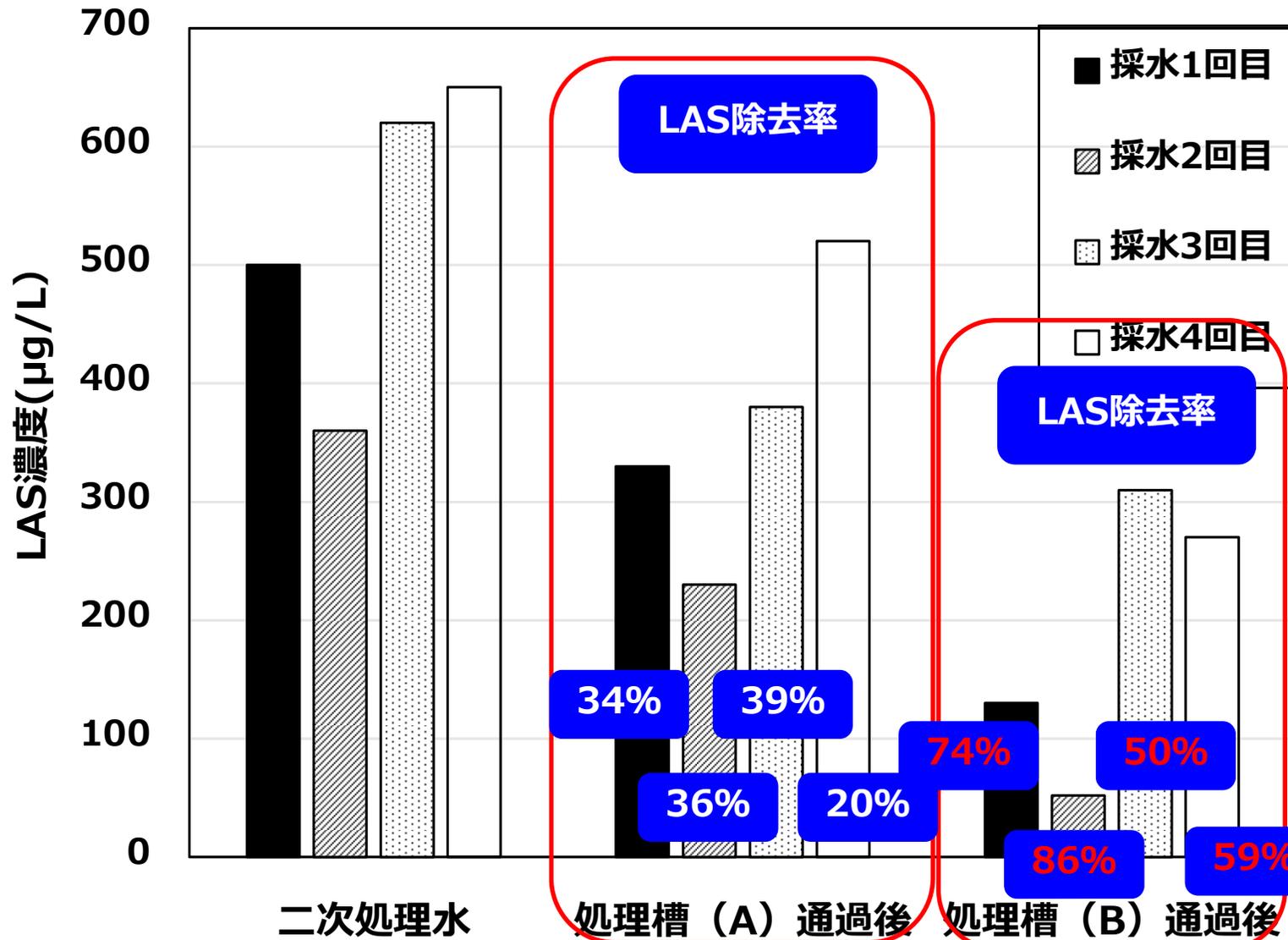
処理槽A
(担体なし)



(金子 他
2016)

実験結果 LAS濃度

処理槽 (A) より処理槽 (B) のLAS除去率の方が高い



(金子 他 2016)



本日の話題

- 下水道と化学物質
- PRTR情報に基づく化学物質のスクリーニング
- LASの事例
 - 実態の把握
 - 追加処理の可能性



ご清聴ありがとうございました

● 参考文献

- Takeda, F. et al. (2015) Initial environmental risk assessment of Japanese PRTR substances in treated wastewater, Journal of Water and Environment Technology, 13(4), pp.301-312.
- 環境省HP,「PRTRとは何?」,PRTRインフォメーション広場,
<http://www.env.go.jp/chemi/prtr/risk0.html>
- 国土交通省都市・地域整備局下水道部 (2005) 下水道における化学物質排出量の把握と化学物質管理計画の策定等に関するガイドライン(案).
- 16112の化学商品、化学工業日報社、(2012年1月24日発行)。
- 真野浩行 他 (2013) PRTR情報等を活用した下水処理水中に含まれる化学物質の環境リスク初期評価, 下水道協会誌論文集, 50, 612, 85-93.
- 小森 他 (2013) 第50回下水道研究発表会, S-8-3.
- 小森 他 (2014) 第51回下水道研究発表会, S-8-1-3.
- 小森 他 (2014b) 第48回水環境学会年会, P-H01.
- 宇都宮暁子 他 (2004) 直鎖アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム(LAS)に関する研究(第2報)下水道終末処理場におけるLASの挙動, 衛生化学, 32(4), pp.258-266.
- 金子 他 (2016) 第50回日本水環境学会年会2016徳島, 3-H-10-1.

● 謝辞

- 下水処理場におけるLASの実態把握調査では、調査試料、処理場諸元等について調査対象処理場よりご提供頂いた。ご協力頂きました自治体及び関係各位に対し、ここに記して謝意を表する。
- 本研究の一部は国土交通省受託、(独)科学技術振興機CREST戦略的創造研究推進事業「21世紀型都市水循環系の構築のための水再生技術の開発と評価」の助成を受けて実施したものである。