

下水汚泥のエネルギー化技術の実証研究 (B-DASHプロジェクト)

岩瀬光生・田嶋 淳

1. はじめに

菅内閣総理大臣は 2020年10月26日の所信表明演説において、我が国が 2050年にカーボンニュートラル（温室効果ガスの排出と吸収でネットゼロを意味する概念）を目指すことを宣言した。

地球温暖化対策の重要性が増している中で、下水道分野においても必要な取組を実施していく必要があり、それを推進するための技術の確立が求められている。

本稿では、「下水道革新的技術実証事業（B-DASHプロジェクト）」において実証を行った技術のうち、下水汚泥が有する資源・エネルギーを有効活用した温室効果ガスの削減に資する技術について紹介する。

2. 近年の地球温暖化対策への取組について

温室効果ガス削減の数値目標等を定めた「京都議定書」の後継として、2015年12月にフランス・パリで開催されたCOP21（国連気候変動枠組条約第21回締約国会議）で、パリ協定が世界約200か国の合意により成立した。パリ協定は、国際社会全体で温暖化対策を進めていくための礎となる条約であり、世界の平均気温上昇を産業革命前と比較して、2°Cより充分低く抑え、1.5°Cに抑える努力を追求することを目的としており、すべての国が削減目標を5年ごとに提出・更新することが義務づけられている。

我が国では、このパリ協定を踏まえ、2016年5月に「地球温暖化対策計画」¹⁾が閣議決定され、2030年度において、2013年度比26.0%減の水準にすることが中期目標として掲げられた。

下水道からの温室効果ガス排出量は、約643万t-CO₂（図-1）で、日本全体の排出量の約0.5%を占めており、下水道分野でも温室効果ガスの削減が求められている。本計画において、下水道分野では、2030年度までに2013年度比で

- ・創エネ・省エネ対策の推進 134万t-CO₂
- ・下水汚泥焼却施設における燃焼の高度化等 78万t-CO₂

削減することが位置づけられている。

このように、下水道はエネルギーを大量に消費し、多くの温室効果ガスを排出するインフラである一方で、都市内に張り巡らせた管路網を通じて、水、バイオマス、熱などの資源やエネルギーを集めるインフラでもある。例えば、国土交通省（以下「国交省」という。）の試算では、全国で発生する下水汚泥を固形燃料化した場合、約110万世帯分の電力消費量に相当すると考えられ、天然資源の乏しい我が国においては、貴重な「日本産」の資源として、非常に有望なポテンシャルを有している。しかし、下水汚泥のエネルギー・農業利用率は2018年度時点で34%（図-2）あまりに留まっており、創エネ対策として、これら資源・エネルギーポテンシャルが十分に活用出来ているとは言いがたい。地球温暖化対策計画に位置づけられた削減目標の達成、ひいてはカーボンニュートラルを目指すには、下水汚泥のエネルギー化技術の活用が不可欠であり、効果的で効率的な革新的技術の更なる導入が求められている。

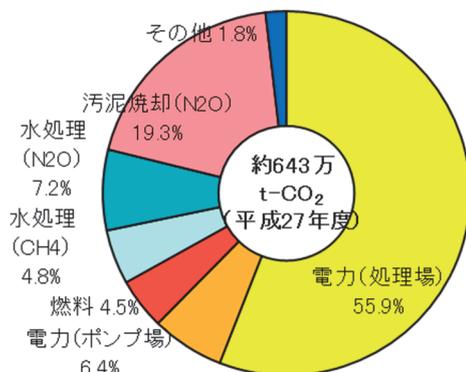


図-1 下水道からの温室効果ガス排出量 (2015年度 (国交省調べ))

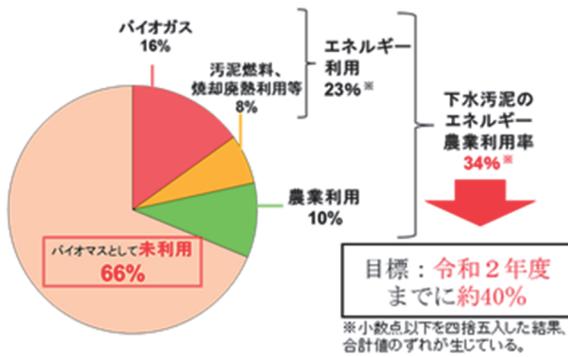


図-2 資源・エネルギー利用(2018年度(国交省調べ))

3. B-DASHプロジェクトについて

3.1 B-DASHプロジェクトの概要

温室効果ガスの削減等に資する効率的、効果的な新技術も開発されつつあるが、まだ実績が少なく導入に慎重な下水道事業者が多い状態にある。このため、国土交通省では、「下水道革新的技術実証事業(B-DASHプロジェクト)」を2011年度より開始しており、国土交通省国土技術政策総合研究所(以下「国総研」という。)下水道研究部

は、実証事業の実施機関となっている(B-DASH: Breakthrough by Dynamic Approach in Sewage High technology)。その目的は、下水道事業におけるコスト縮減や再生可能エネルギーの創出等を実現するため、優れた革新的技術を実証したのち、技術導入のためのガイドラインを策定し、その技術を普及させることである。

3.2 B-DASHプロジェクトにおける温室効果ガス削減に資する技術

令和2年6月までに、実規模の実証事業として35テーマ(図-3)48技術を採用し、28のガイドラインを公表してきた。このうち、下水汚泥が有する資源・エネルギーを有効活用した温室効果ガスの削減に資する技術は、大別すると、「消化ガス精製・発電」、「水素製造」、「固形燃料化」、「焼却廃熱利用」に分類でき、実証中のものも含めると、全部で15技術存在する(表-1)。ここでは、分類ごと直近で実証してきた技術を各1技術と今年度新たに実証している「中小規模処理場間の広域化に資するバイオマスボイラによる低コスト汚泥減量化技術」について概要を説明する。

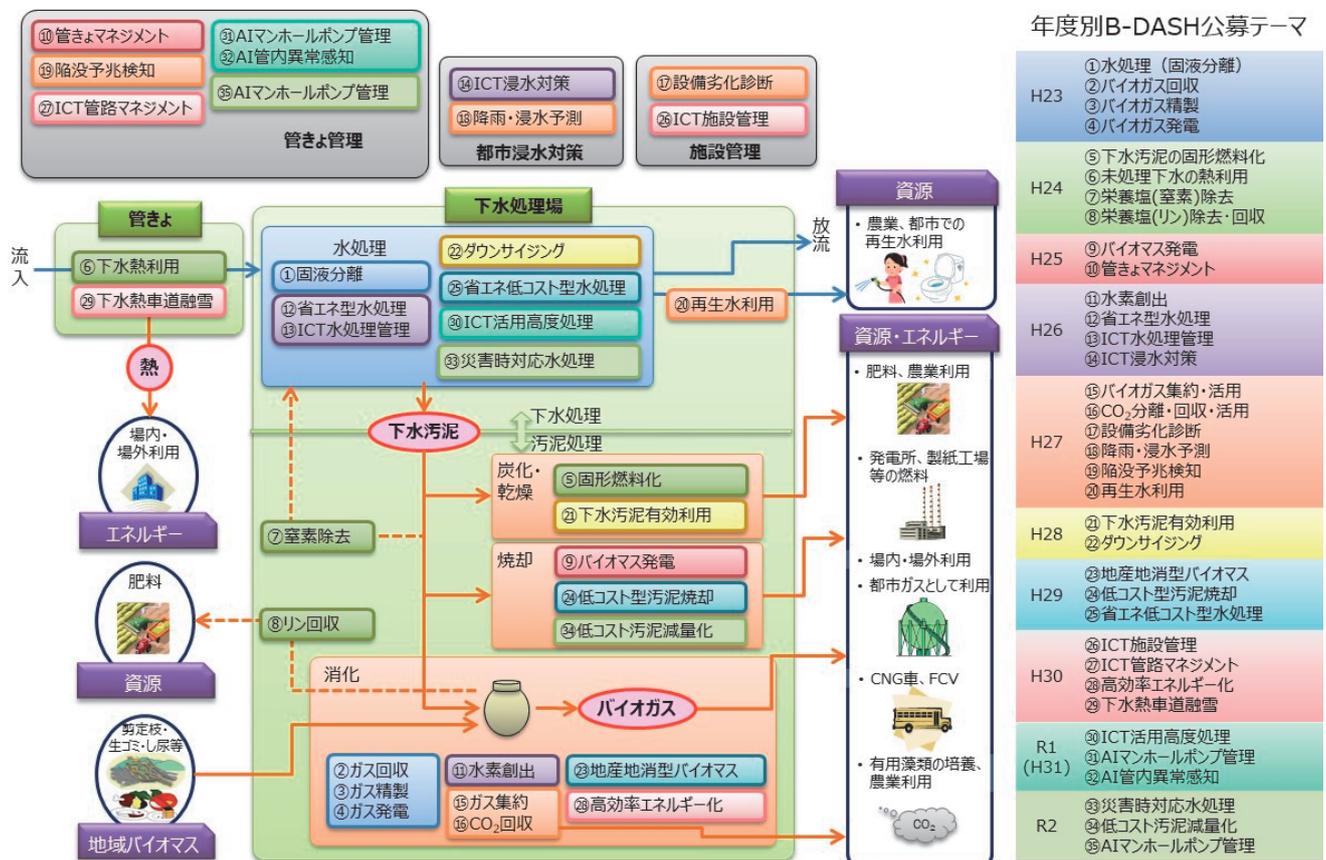


図-3 B-DASHプロジェクト(実規模実証)のテーマ

表-1 温室効果ガス削減に資するB-DASH技術

技術分野	実証技術名	共同研究体名	実証研究期間	ガイドラインの策定
消化ガス精製・発電	バイオガスを活用した効果的な再生可能エネルギー生産システム	神鋼環境ソリューション・神戸市	H23~24	○
	超高効率固液分離技術を用いたエネルギー・マネジメントシステム	メタウォーター・日本下水道事業団	H23~24	○
	メタン精製装置と吸蔵容器を用いたバイオガス集約技術	JNC エンジニアリング・吸着技術工業・九電工・シンコー・山鹿都市ガス・熊本県立大学・山鹿市・大津町・益城町	H27~30	○
	高効率消化システムによる地産地消エネルギー活用技術	三菱化工機・九州大学・日本下水道事業団・唐津市	H29~30	○
	小規模処理場を対象とした低コスト・省エネルギー型高濃度メタン発酵技術	大原鉄工所・西原環境・NJS・長岡技術科学大学・北海道大学・長岡市	H30~R1	策定中
水素製造	下水バイオガス原料による水素創エネ技術	三菱化工機・福岡市・九州大学・豊田通商	H26~27	○
	高濃度消化・省エネ型バイオガス精製による効率的エネルギー利活用技術	神鋼環境ソリューション・日本下水道事業団・富士市	H30~R1	策定中
固形燃料化	温室効果ガスを抑制した水熱処理と担体式高温消化による固形燃料化技術	長崎市・長崎総合科学大学・三菱長崎機工	H23~24	○
	廃熱利用型 低コスト下水汚泥固形燃料化技術	JFE エンジニアリング	H23~24	○
	脱水乾燥システムによる下水汚泥の肥料化、燃料化技術	月島機械・サンエコサーマル・日本下水道事業団・鹿沼市農業公社・鹿沼市	H28~29	○
	自己熱再生型ヒートポンプ式高効率下水汚泥乾燥技術	大川原製作所・関西電力・秦野市	H28~29	○
焼却廃熱利用	脱水・燃焼・発電を全体最適化した革新的下水汚泥エネルギー転換システム	メタウォーター・池田市	H25~26	○
	下水道バイオマスからの電力創造システム	和歌山市・日本下水道事業団・京都大学・西原環境・タクマ	H25~26	○
	温室効果ガス削減を考慮した発電型汚泥焼却技術	JFEエンジニアリング・日本下水道事業団・川崎市	H29~30	○
	中小規模処理場間の広域化に資するバイオマスボイラによる低コスト汚泥減量化技術	月島機械・日鉄セメント・高砂熱学工業・室蘭工業大学・室蘭市水道部	R2~	実証中

・消化ガス精製・発電

嫌気性消化タンクの中で下水汚泥等のバイオマスが微生物により代謝分解され発生した消化ガスを効率的に高濃度のメタンガスに精製し、また、発電に活用する技術。

・水素製造

消化ガスに含まれるメタンガスを水蒸気改質により水素精製を行う技術。燃料電池自動車に活用。

・固形燃料化

下水汚泥を乾燥し、固形燃料を製造する技術。

・焼却廃熱利用

下水汚泥を焼却した際に、発生した熱を活用し、効率的に発電、乾燥を行う技術

(1) 小規模処理場を対象とした低コスト・省エネルギー型高濃度メタン発酵技術²⁾

脱水機を濃縮機として二段活用した高濃度濃縮技術、攪拌効率の高い横軸パドル式消化槽を用いた高濃度消化技術、設備配置のコンパクト化、バイオガス発電技術について、年間を通じて安定した消化、発電を行うため実証を実施。本技術の導入により、小規模処理場においても温室効果ガス削減やコストメリットが期待される(図-4)。

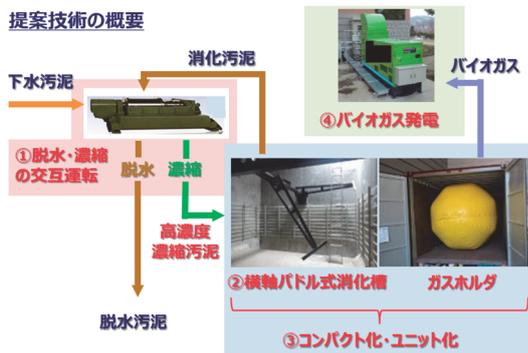


図-4 技術概要
(実証場所：長岡市中之島浄化センター)

(2) 高濃度消化・省エネ型バイオガス精製による効率的エネルギー利活用技術³⁾

高濃度濃縮装置、高濃度消化槽からなる高濃度消化技術、省エネ型バイオガス精製技術、小規模水素製造・供給技術について、年間を通じて安定した消化、ガス精製、水素製造を行うため実証を実施。本技術の導入により、効率的な消化・発電技術による温室効果ガス削減や需要を考慮した小規模設備により法定点検が不要となるなど管理者負担の少ない水素製造・供給が期待される(図-5)。

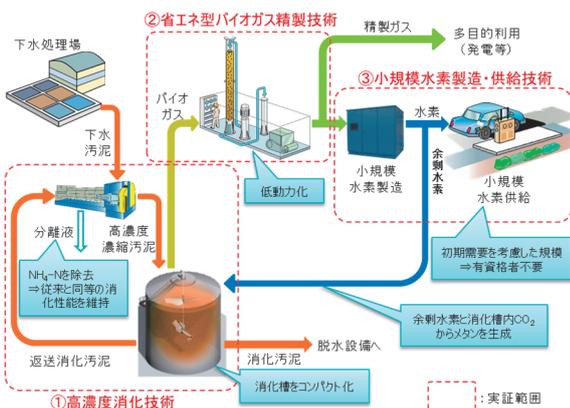


図-5 技術概要
(実証場所：富士市東部浄化センター)

(3) 温室効果ガス削減を考慮した発電型汚泥焼却技術⁴⁾

汚泥焼却炉からの未利用廃熱を活用した高効率発電技術と既存の汚泥焼却炉(流動床式)にも適用可能なNO_x、N₂Oの排出を抑制する局所攪拌空気吹込み技術を組み合わせた技術について、発電量の向上やNO_x、N₂O排出量削減のための実証を実施。本技術の導入により、下水道施設の温室効果ガス排出量の大幅削減が期待される(図-6)。

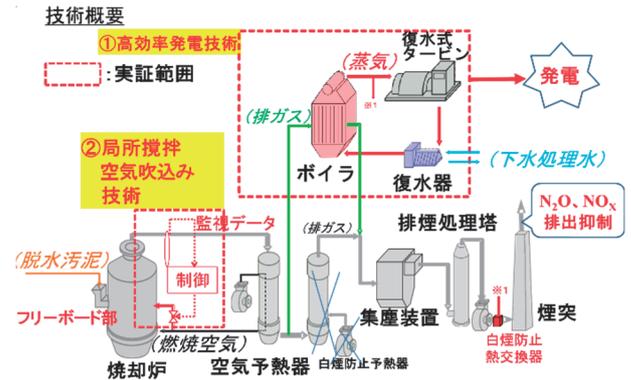


図-6 技術概要
(実証場所：川崎市入江崎総合スラッジセンター)

(4) 自己熱再生型ヒートポンプ式高効率下水汚泥乾燥技術⁵⁾

自己熱再生型のヒートポンプ技術を利用する汚泥乾燥技術について、省エネルギー、低コストな乾燥汚泥の生産を行うための実証を実施。本技術の導入により、自己熱を利用することにより温室効果ガスの少ない汚泥乾燥システムを実現し、中小規模処理場における汚泥の処分費削減と肥料化・燃料化有効利用の用途拡大が期待される(図-7)。

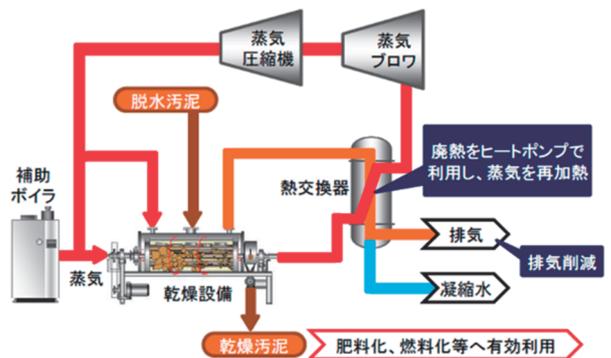


図-7 技術概要
(実証場所：秦野市浄水管理センター)

(5) 中小規模処理場 間の広域化に資するバイオマスボイラによる低コスト汚泥減量化技術⁶⁾

中小規模処理場間の広域汚泥処理の実現に向けて、脱水乾燥システムとバイオマスボイラの組み合わせ技術について、汚泥減量効果やコスト低減効果等の実証を今後実施。本技術の導入により、従来脱水乾燥技術に比べ温室効果ガスが削減される効果と汚泥処理コストの低コスト化等が期待される(図-8)。

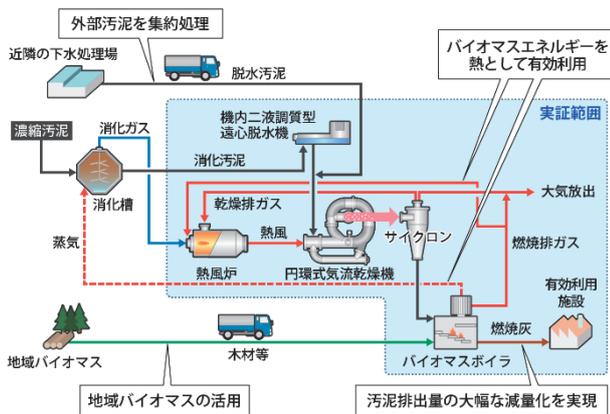


図-8 技術概要
(実証場所：室蘭市蘭東下水処理場)

4. B-DASH技術の普及展開に向けて

令和2年5月時点で、導入されたB-DASH技術は10技術113件に及ぶ。一方で、下水汚泥を有効利用した温室効果ガス削減に資する技術は3技術10件程度に留まっている。これは、汚泥処理技術導入は更新時期に併せて行われるため、導入に時間を要することが考えられる。一方で、導入が一層促進されるよう、ガイドライン説明会の開催や技術情報資料の公開の他、以下のような取組を行っている。

○中小規模処理場も対象とした技術ラインナップの充実

近年は、大規模処理場を対象とした技術だけではなく、本稿でも紹介した技術のような中小規模処理場でもコストメリットの働く技術の実証を行い、中小規模処理場でも導入しやすい技術ラインナップの充実を図っている。

○エネルギー性能指標の設定

B-DASH実証技術等の開発と普及の結果、水処理や汚泥処理では従来よりもエネルギー効率に優れた技術が導入の選択肢に加わった。そこで国土交通省では、まず汚泥処理施設にトップランナー方式を導入し、下水道事業の交付金の交付対象として導入する施設には、一定のエネルギー効率以上の性能を求めることとしている。具体的には消化槽の消費電力量、焼却炉の消費電力削減率や廃熱回収率、その他に要求される性能指標値が実証技術を踏まえ定められ、通知されている(表-2)。

表-2 エネルギー性能指標の例

施設名	性能指標値
焼却炉	廃熱回収率 40%以上 かつ 消費電力削減率 20%以上
消化槽 (中温消化)*	消費電力量(分解有機物量あたり [kWh/t-VS 分解**]) が 280 以下**

* 汚泥を無酸素の槽内で安定化する処理。メタンガスが得られる。35℃程度を保つ中温消化が一般的だが、高温消化の導入も進んでいる。

**日汚水量 10 万 m³以上の下水処理場では 270 以下

*** 槽内で水やガス等に分解される有機物(VS)量 1 トン当たりの消費電力(kWh)を表す

○B-DASH技術導入検討の交付要件化

令和2年度より、すべての地方公共団体において、B-DASH技術の導入が可能な施設の新設・増設・改築(原則として概算事業費3億円以上)を行うにあたっては、予めB-DASH技術の導入に係る検討を行うことを交付要件化した。

○ガイドラインのフォローアップ

B-DASHプロジェクトは原則2年間という限られた期間で技術実証を行っているが、より長期間のデータ取得によって、技術の長期的な性能の安定性の確認、性能の向上や適用範囲の明確化が計れるケースもある。このため、ガイドライン策定済みのB-DASH技術について、実証研究終了後に実施する自主研究の成果を第三者委員会に報告を行い、ガイドラインの改善等につなげて行く取組を実施している。

○技術導入ガイドラインが活用されるための工夫
より多くの自治体職員に技術導入ガイドライン（国総研関連HP「下水道革新的技術実証事業」（図-9）に掲載）を精読いただくために、全国の下水処理場について、現有施設や規模に応じて適用可能性を明確化した「B-DASH技術適用表」や導入効果の算定を手助けする「計算ツール」、発注支援のための「仕様書例」を国交省関連HP「下水道革新的技術実証事業」（図-10）に掲載を行っている。



図-9 国総研関連HP



図-10 国交省関連HP

5. おわりに

温室効果ガスの削減は下水道が果たすべき社会的使命である。使命を果たすには、効率的、効果的な新技術の導入は欠かせない。B-DASHプロジェクトは、15技術の温室効果ガスの削減に資する下水汚泥のエネルギー化技術を実証してきた。本稿を通じて1人でも多くの自治体職員に技術導入ガイドラインに触れていただき、B-DASH技術をはじめとした省エネ・創エネ性能の優れた技術の導入について積極的に検討し、省エネルギー対策の推進や再生可能エネルギーの活用推進に取り組んでいただきたい。

謝 辞

各実証事業の委託研究を実施いただいた研究体の関係者各位、貴重なご意見をいただいた有識者皆様に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 日本国政府：地球温暖化対策計画（閣議決定）、別表1-41及び3-5、2016
<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/keikaku/taisaku.html>
- 2) 国土技術政策総合研究所：小規模処理場を対象とした低コスト・省エネルギー型高濃度メタン発酵技術に関する実証事業概要、1p、2018
http://www.nilim.go.jp/lab/ecg/bdash/doc/outline/h30_ohara.pdf
- 3) 国土技術政策総合研究所：高濃度消化・省エネ型バイオガス精製による効率的エネルギー活用技術に関する実証事業概要、1p、2018
http://www.nilim.go.jp/lab/ecg/bdash/doc/outline/h30_kobelco.pdf
- 4) 国土技術政策総合研究所：国土技術政策総合研究所資料第1093号、B-DASHプロジェクト No.27高温室効果ガス削減を考慮した発電型汚泥焼却技術導入ガイドライン（案）、229p、2019
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn1093.htm>
- 5) 国土技術政策総合研究所：国土技術政策総合研究所資料第1061号、B-DASHプロジェクト No.24自己熱再生型ヒートポンプ式高効率下水汚泥乾燥技術導入ガイドライン（案）、299p、2019
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn1061.htm>
- 6) 国土技術政策総合研究所：中小規模広域化におけるバイオマスボイラによる低コスト汚泥減量化技術実証事業概要、1p、2020
http://www.nilim.go.jp/lab/ecg/bdash/doc/outline/r2_tsukishima.pdf
- 7) 国土交通省下水道事業課長：「下水道事業におけるエネルギー効率に優れた技術の導入について」（平成29.9.15国水下水事第38号）、11p、2017

岩淵光生



国土交通省国土技術政策
総合研究所下水道研究部
下水処理研究室 主任研究官
IWABUCHI Mitsuo

田嶋 淳



国土交通省国土技術政策
総合研究所下水道研究部
下水処理研究室長
TAJIMA Atsushi