

下水処理場をエネルギー拠点に
—下水道革新的技術実証事業（B-DASH）—

下水道研究部長

堀江 信之

下水処理場をエネルギー拠点にー下水道革新的技術実証事業 (B-DASH) ー

下水道研究部長 堀江 信之

1. 日本のエネルギー・資源事情と下水道

我が国はエネルギーの大半を輸入しており、原発事故以降、電力事情の逼迫が当分続くとともに、燃料輸入費の急増等から、貿易収支の赤字化に留まらず、経常収支も赤字化するに至っている。新興国の急速な発展等から近年、世界的な各種資源・エネルギー需給の逼迫も度々起こっており、地球環境の保全も含めて、循環型社会への転換、低炭素社会の構築が求められている。中でもエネルギーについては、固定価格買取制度の開始にも見られるように、再生可能エネルギーへの転換が急務となっている。

下水道は、水洗トイレが普及する一方で川や海の水質が改善するなど、国民生活に不可欠な社会資本として、ようやく 76%まで普及が進んできているが、大量に発生する汚水の浄化には大きな電力を要し、それだけで我が国の総電力消費量の 0.7%近くを占める。また、下水や汚泥の処理に伴い温室効果ガスが発生し、自治体を実施する公共事業の中でも最大級の温室効果ガス排出源となっており、未普及地域解消や高度処理化により更に増加が続くことから、地球温暖化防止に一定の役割を果たそうとする我が国において、その削減も急がれる。

一方で下水道については、下水汚泥や下水の持つエネルギー価値やリン等資源ポテンシャルに期待が高まっており、省エネ・省資源のみならず、積極的にエネルギー・資源を創出する取組も始まっている。京都議定書目標達成計画（平成 20 年 3 月閣議決定）では、対策を行わなかった場合と比較し、2008～2012 年度の 5 年間平均で 207 万トンの温室効果ガスの削減が位置付けられている（省エネ・新エネ対策 91 万トン、下水汚泥の高温焼却 116 万トン）。

このように、従来の下水を排除・処理する一過性のシステムから、集めた物質等を資源・エネルギーとして活用・再生する循環型システムへと転換することが「下水道ビジョン 2100」（平成 17 年）でも打ち出されているが、潜在的なポテンシャルに対して実際に活用されている割合がわずかであることから（表 1. 1 参照）、国土交通省では下水道施設における省エネ対策、バイオガス化や汚泥の燃料化、太陽光・小水力発電の導入等の新エネ対策、下水汚泥の高温焼却化について、新技術の普及・促進を含めた具体的な取組を、マニュアル策定や交付金等で支援している。

また、世界的な食料需要の急増やリン鉱石の主要産出国である中国、アメリカの輸出制限等により価格が乱高下しているリンについても、下水に一定量含まれることから、下水汚泥等からリンを回収、利用するマニュアルの策定や交付金等で、取組を推進している。

このような下水道の資源・エネルギー利用の推進に関する中期的な目標としては、8 月 31 日に閣議決定された第 3 次社会資本整備重点計画（平成 24～28 年度）に次の通り示されている。

①下水汚泥エネルギー化率：下水汚泥中の有機物のうち、消化ガス発電や固形燃料化等エネルギー利用された割合

【約 13%（H22 年度末）→約 29%（H28 年度末）】

②下水道に係る温室効果ガス排出削減：下水道における省エネ・創エネ対策および下水汚泥焼却の高度化による温室効果ガス排出削減量

【約 129 万 t-CO₂/年（H21 年度末）→約 246 万 t-CO₂/年（H28 年度末）】

表 1. 1 下水道における資源・エネルギー利用の現状

ポテンシャルの区分	賦存量	利用状況	
下水汚泥	下水汚泥発生量：223万トン/年 (乾燥ベース)	発電可能量：36億kWh/年 →約67万世帯の年間電力消費量に相当	エネルギー利用された割合は約1割
下水熱	下水処理量：140億m ³ /年	7,800Gcal/h →約1,500万世帯の年間冷暖房熱源に相当	下水熱を利用した地域熱供給は3箇所
リン	流入するリン：6万トン/年	我が国の年間のリン輸入量の約1割に相当	利用されたリンの割合は約1割
太陽光発電、風力発電、小水力発電	処理場数：2,023箇所	発電可能量：23億kWh/年 →約43万世帯の年間電力消費量に相当	エネルギー利用された割合は約0.4%

(賦存量：2005年度(リンは2006年度)、利用状況：2010年度(リンは2006年度))
出典：下水道統計等に基づき国土交通省下水道部が作成

このような社会的要請及び行政ニーズを踏まえ、国土交通省下水道部では、優れた革新的技術の実証、普及により下水道事業におけるコスト削減や再生可能エネルギー等の創出を実現し、併せて、本邦企業による水ビジネスの海外展開を支援するため、「下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）」を平成 23 年度から開始し、国土技術政策総合研究所下水道研究部が実証研究の実施機関となっている。

(B-DASHプロジェクト：Breakthrough by Dynamic Approach in Sewage High TechnologyProject)

2. B-DASH プロジェクトの概要

これは、①国土交通省下水道部がテーマを設定して革新的技術の実証提案を募集し、②下水道革新的技術実証事業評価委員会による厳正な採択審査を行い、③採択された案件を国土技術政策総合研究所からの委託研究により実規模プラントを実際の処理場に設置して実証、ガイドライン作成を行うものである。

平成 23 年案件については、[1] 水処理技術（高度処理を除く）、[2] バイオガス回収技術、[3] バイオガス精製技術、[4] バイオガス発電技術に係る革新的技術を含むシステムについて前年度中に公募を行い、2 件を採択し、23 年度に研究委託契約し、実証施設の設置を終えて実証運転を開始、現在に至っているところである。

平成 24 年案件については、[1]下水汚泥固形燃料化技術、[2]下水熱利用技術（未処理下水の熱利用に限る。）、[3]栄養塩（窒素）除去技術（水処理に係る技術は除

3. 平成 23 年度採択事業（システム）の実証研究の内容

3. 1 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に関する実証研究

3. 1. 1 研究概要

実施者 メタウォーター株式会社・地方共同法人日本下水道事業団共同研究体

実証フィールド 大阪市中浜下水処理場

概要 本実証研究は、一次処理を「超高効率固液分離」に、消化を「高効率高温消化」に置換え、また発電及び処理場各設備の電気設備を統括する「スマート発電システム」を加えたトータルのな下水処理システムであり、低負荷型水処理による「省エネ」と、取込みバイオマス最大化汚泥処理による「創エネ」を同時に実現する（図 3. 1. 1 参照）。

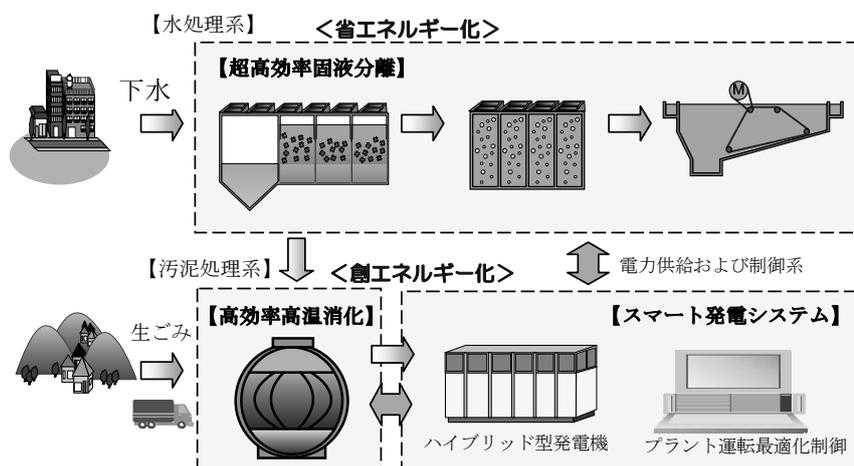


図 3. 1. 1 超高効率固液分離技術を用いた
エネルギーマネジメントシステムに関する実証研究の概要

3. 1. 2 技術内容

「超高効率固液分離」、「高効率高温消化」、「スマート発電システム」の3つ技術を組み合わせ、システムとして機能させることにより、建設・維持管理コスト削減および温室効果ガス排出量削減を実証する。大阪市中浜下水処理場に建設した実証施設の全体を図 3. 1. 2 に示す。

(1) 超高効率固液分離

流入下水中の生汚泥を徹底的に回収するろ過方式の固液分離技術であり、流入下水の汚濁成分の除去性能は、従前の最初沈殿池よりも大幅に向上する。このため、エネルギー価値の高い生汚泥の回収量が大きく増加する。また、生物反応槽に流入する BOD 負荷量が減少するため、曝気空気量の削減および余剰汚泥の削減が期待できる。

(2) 高効率高温消化

高効率高温消化は、発酵に係る細菌を消化タンクに充填された担体表面に固定化、高濃度保持することにより、高負荷処理でかつ安定した消化を実現する。消化槽容積を従前に比べ大幅に小型化を図る。また消化槽に地域バイオマスである生ごみを投入し、消化ガス量増加と混合消化工程の安定性を実証する。

(3) スマート発電システム

スマート発電システムは、「プラント最適化制御システム」と「ハイブリッド燃料電池」で構成される。「プラント運転最適化制御システム」では、プラント運用に与える影響（水位や濁度などの計測情報）を把握しながら制御対象設備の運転・停止と最適化制御を行うシステムである。「ハイブリッド燃料電池」は、消化ガスと都市ガス併用により、消化ガスを100%活用しつつ低出力でも高い発電効率を維持する。

スマート発電システムは状況に応じて各負荷機器の最適な制御や発電によりピーク電力抑制や電力需要の平準化を図る。



図3. 1. 2 実証研究施設

3. 1. 3 これまでに得られた結果

本実証研究は、実証施設（5,700m³/日、0.48t-DS/日）における検証データ等を基に50,000m³/日規模の従来技術と革新的技術における建設費、維持管理費及び温室効果ガス排出量等の削減効果について試算を行った。従来技術と革新的技術の比較対象として生ごみ受入を想定する場合とし、生ごみ受入時は革新的技術では混合消化、従来技術では焼却としている（図3. 1. 3参照）。

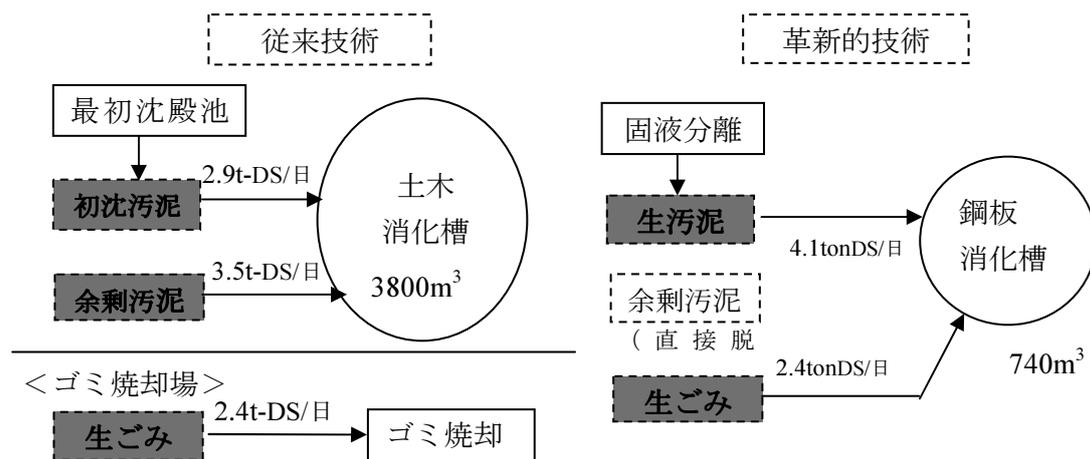


図3. 1. 3 従来技術と革新的技術の比較対象（下水汚泥+生ごみ）

(1) 建設コスト削減効果

評価対象規模において、建設コストで33%（削減額1400百万円）、年価で25%（削減額37百万円）の削減が期待できる。

(2) 維持管理コスト削減効果（電力・点検・補修・薬品）

評価対象規模において、年価で18%の維持管理コスト削減が期待できる。

(3) ライフサイクルコスト削減効果

評価対象規模において、撤去コストを含むライフサイクルコストは30%削減が期待できる。

(4) 温室効果ガス排出量削減効果（ライフサイクルCO₂=LCCO₂）

評価対象規模において、65%の温室効果ガス排出量削減が期待できる。

3. 2 神戸市東灘処理場 再生可能エネルギー生産・革新的技術実証研究

3. 2. 1 研究概要

【実施者】株式会社神鋼環境ソリューション・神戸市共同研究体

【実証フィールド】神戸市東灘処理場

【概要】

本実証研究は、実証場所である東灘処理場周辺に賦存する食品系バイオマス・木質系バイオマスの収集、及び未利用の下水熱の活用により、有効利用可能な消化ガス量を増やし、温室効果ガス排出量の削減を図るとともに、汚泥消化にかかる設備の建設コスト・維持管理コストの低減を検証するものである。

下水汚泥の嫌気性消化から発生する消化ガスはカーボンニュートラルな燃料であるため、有効利用を促進することにより化石燃料使用量の削減や地球温暖化防止に寄与できる資源として注目されている。しかし、設備導入に係る費用が高額であること、維持管理に手間を要すること、特に中小規模の処理場では、有効利用な消化ガス量が少ないこと等から、国内下水処理場における汚泥消化・ガス有効利用設備の普及は停滞状況にある。

3. 2. 2 技術内容

本実証研究は、バイオガス回収技術とバイオガス精製技術に大別され、バイオガス回収技術は、地域バイオマス受入調整設備、高機能鋼板製消化槽、下水熱回収高効率ヒートポンプから構成され、バイオガス精製技術は、新型バイオガス精製・貯留・圧送システムより構成されている。各技術の概要は次の通りである（図3. 2. 1参照）。

(1) 地域バイオマス受入調整設備

地域バイオマスの受入れに当たっては、下水道の本来の機能に影響を与えないことが重要な要素であり、「下水道に好適」な地域バイオマスとして確認されたバイオマスを収集し、下水汚泥と混合して消化を行うことによりバイオガス発生量を増加させると共に、地域バイオマスとの相乗効果により消化汚泥の脱水性向上を図る。

地域バイオマスの対象は、食品製造系廃棄物と、木質系廃棄物から構成される。食品製造系バイオマスは、食品工場からの汚泥、廃棄固形物及び廃棄液体を事前テストにより選定し、それぞれホッパに受入れた後、混合調整槽で下水汚泥と混合・一時貯留される。木質系バイオマスは、六甲山からの間伐材、公園や道路の街路樹の剪定枝を事前テストで選定する。それぞれ膨潤化処理後、混合調整槽で下水汚泥と混合し、必要に応じて加温処理後、調整槽で一時貯留される。

(2) 高機能鋼板製消化槽

消化槽を鋼板製にすることで、建設コストの低減及び工事工期の大幅な短縮が可能となる。また、各種センサ類を設置しメタン発酵状況を可視化することで、安定運転の継続、維持管理コストの削減を検証し、汚泥消化の普及促進を図る。

(3) 下水熱回収高効率ヒートポンプ

下水処理水の熱を回収して高機能鋼板製消化槽の加温及び木質系バイオマスの前処理の熱源に利用できる高効率ヒートポンプを採用している。ヒートポンプ内部を循環している冷媒を、下水熱を利用して蒸発させる仕組みで、下水熱回収用の熱交換は下水処理水放流水路内で行っている。

(4) 新型バイオガス精製・貯留・圧送システム

新型バイオガス精製装置は、装置全体をパッケージ化することで現地工事工数を低減し、ガスコンプレッサの仕様変更により低動力化及び維持管理性改善を図る。また、従来は減圧塔と脱気塔を個別設置していたが一体型とすることで省スペース化を図る。また、システムとしての消費電力低減のため、循環水の冷却効率の改善を図る。

貯留・圧送システムでは、精製ガスの貯留に円筒形中圧ガスホルダを採用することにより、工場完成品のトラック輸送が可能であり現地工事を大幅に削減できる。

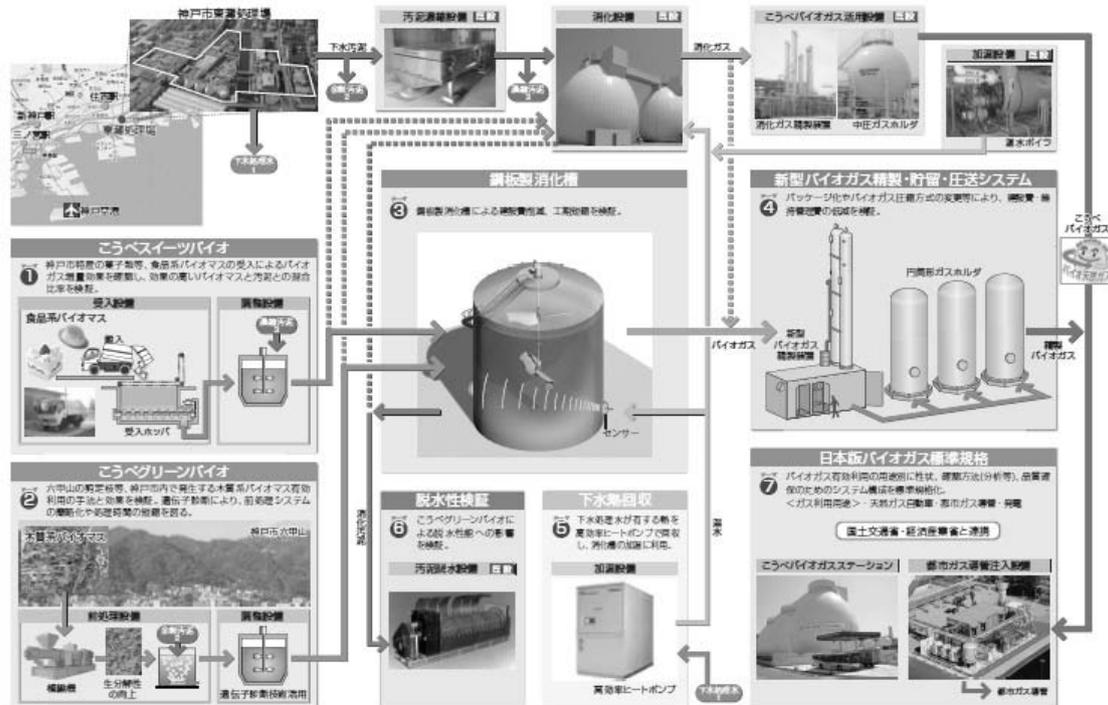


図 3. 2. 1 神戸市東灘処理場 再生可能エネルギー生産
・革新的技術実証研究の概要

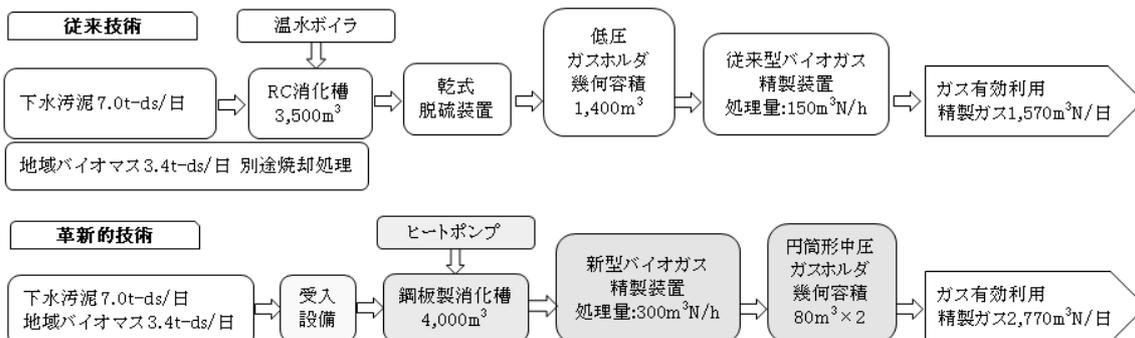


図 3. 2. 2 本実証研究と今回比較対象とした従来技術

3. 2. 3 これまでに得られた結果

図3. 2. 2に示した従来技術との比較から、建設・維持管理コスト及び温室効果ガス排出量等の削減効果について算出し、下記結果が得られた。

(1) 建設コスト削減効果

評価対象規模において、建設コストで31%(削減額697百万円)、年価で25%(削減額37百万円)の削減が可能である。

(2) 維持管理コスト削減効果

評価対象規模において、156%の維持管理コスト削減が可能である。

(3) ライフサイクルコスト削減効果

評価対象規模において、撤去コストを含むライフサイクルコストは50%削減が可能である。

(4) 温室効果ガス排出量削減効果(ライフサイクルCO₂=LCCO₂)

評価対象規模において、1010%(削減量950 t-CO₂/年)の温室効果ガス排出量削減が可能である。

(5) 下水道に好適な地域バイオマス選定手法

地域バイオマス受入れに際し、溶解性、組成等の観点から下水道に好適か否かの判定基準を策定した。高機能鋼板製消化槽の安定稼働実績から、本判定基準が適切であると判断できた。

(6) 工期短縮効果

従来技術に比べ、革新的技術の採用により、鋼板製消化槽で約50%(572日→273日:休日含む)、新型バイオガス精製装置で約50%(220日→110日:休日含む)、円筒形中圧ガスホルダで約50%(243日→115日:休日含む)の工期短縮効果がある。特に中圧ガスホルダの現地工事期間は、約1/50(197日→4日:休日含む)工期短縮効果がある。

4. 平成24年度採択事業（要素技術）の実証研究の内容

4. 1 温室効果ガスを排出しない次世代下水污泥固形燃料化技術実証研究

4. 1. 1 研究概要

【実施者】長崎市・長崎総合科学大学・三菱長崎機工株式会社共同研究体

【実証フィールド】長崎市東部下水処理場

【概要】

本実証研究は、長崎市東部下水処理場から排出される下水污泥全量と長崎市中央卸売市場で発生する青果物の残品、残渣を、「水熱処理技術」を用い、消化ガスを発生させ、この消化ガスにより水熱処理に必要な全てのエネルギーを賄い、設備電力以外は外部からの化石燃料をほとんど用いずに固形燃料を製造する技術を実証するものである。

実証フィールドとなる長崎市東部下水処理場の周辺には中央卸売市場や熱電併給施設、農業地区（野菜）があり、本研究で製造した固形燃料による地域施設の連携を目指している。具体的な固形燃料の活用想定として、固形燃料を熱電併給施設で利用して発電を検討することで、電力会社から供給される電力消費量を最小限に保ち、地産地消のエネルギーの活用を図る。また、固形燃料を、同地域内で生産されている馬鈴薯等の肥料として活用を検討することで地域内循環の促進を図るものである（図4. 1. 1参照）。

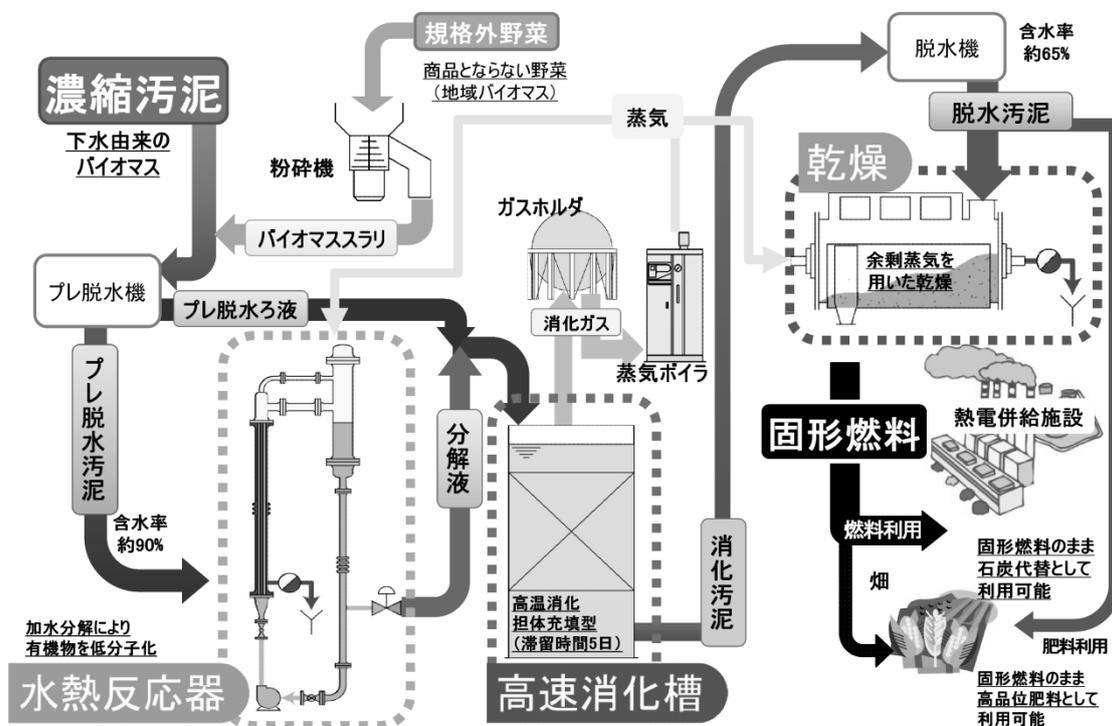


図4. 1. 1 温室効果ガスを排出しない次世代下水污泥固形燃料化技術の概要

4. 1. 2 技術内容

今回実証を行う技術は、下水汚泥以外の有機廃棄物も処理することが可能な「高性能連続式水熱反応器」を用いて、「易分解性有機物」を連続的に消化しやすいカルボン酸類などに加水分解させた後、「担体充填型高速消化槽」により高速で消化ガスに転換させるとともに、消化しにくい「難分解性有機物」を固形燃料化する無駄のないプロセスとすることを目指している。

技術の特徴は、水熱処理により脱水汚泥の低含水率化が図れ、下水汚泥から転換した消化ガスのみで固形燃料を製造していくところであり、製造過程も含め、温室効果ガスの排出・吸収の収支が吸収側、つまりエネルギー生成側になることが期待される。これにより、ランニングコストも低く抑えることができると考えられる（図4. 1. 2参照）。

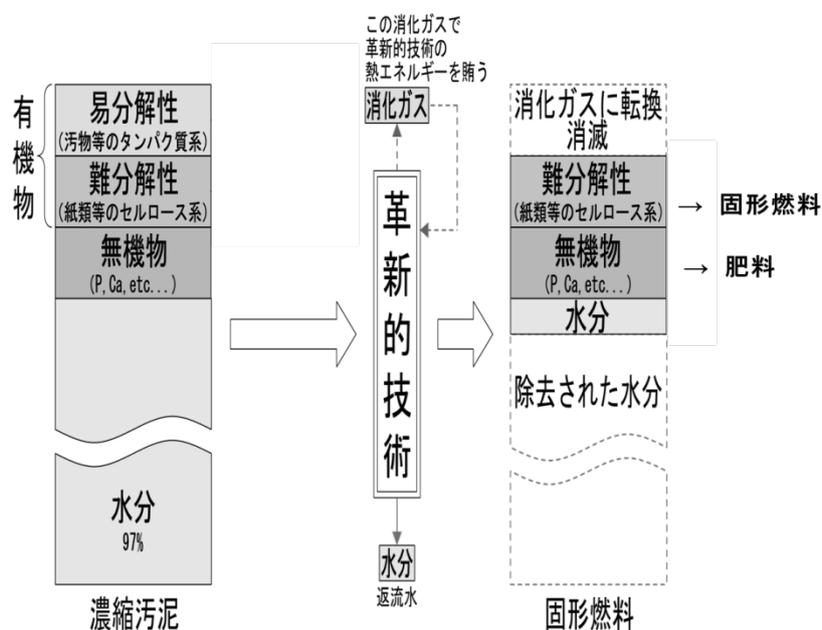


図4. 1. 2 技術の原理

同じ下水汚泥に、コンポスト処理を施して製造した現在市販されている有機肥料と、本技術で製造した固形燃料を肥料分析比較すると、本方式で製造した固形燃料の方がリンを3~4倍多く含有しており、その他の有効成分も市販有機肥料よりも含有率が高く、あわせて、小松菜による植害試験を行った結果、有機肥料に対し、18%程度の成育増との調査結果もあるため、有用な肥料となることを想定している。また、肥料化事業は施肥時期に需要が集中するため、通年での流通の可否が懸案だったが、本技術は「燃料」と「肥料」をフレキシブルに対応させられるため、地域特性、季節により使い分けることができ、利活用の幅が広がると期待できる。

東日本大震災に端を発する化石燃料の高騰や世界規模で枯渇が懸念される良質なリン資源の確保が課題となり地域経済がひっ迫するなか、本事業を通じて地域内循環モデルの具現化に向けた参考となるよう取組んでいく。

4. 2 廃熱利用型 低コスト下水汚泥固形燃料化技術実証研究

4. 2. 1 研究概要

【実施者】 JFE エンジニアリング株式会社

【実証フィールド】 松山市西部浄化センター

【概要】

消化プロセスがある下水処理場では、汚泥中の有機物が減少し、脱水汚泥の含水率が高くなるため、焼却設備において補助燃料を必要とすることが多い。本実証研究では松山市西部浄化センターに設置された既設焼却炉等の廃熱を利用して汚泥固形燃料を低コストで製造し、有効利用すると同時に焼却補助燃料を削減するシステムを開発・実証するものである。

この研究では汚泥固形燃料製造施設の安定運転を実証するとともに、製造された汚泥固形燃料の燃料特性と固形燃料化製造への影響因子を把握する。また、汚泥固形燃料の補助燃料代替あるいは場外利用による維持管理費削減効果、温暖化ガス削減効果について評価を行う（図4. 2. 1参照）。

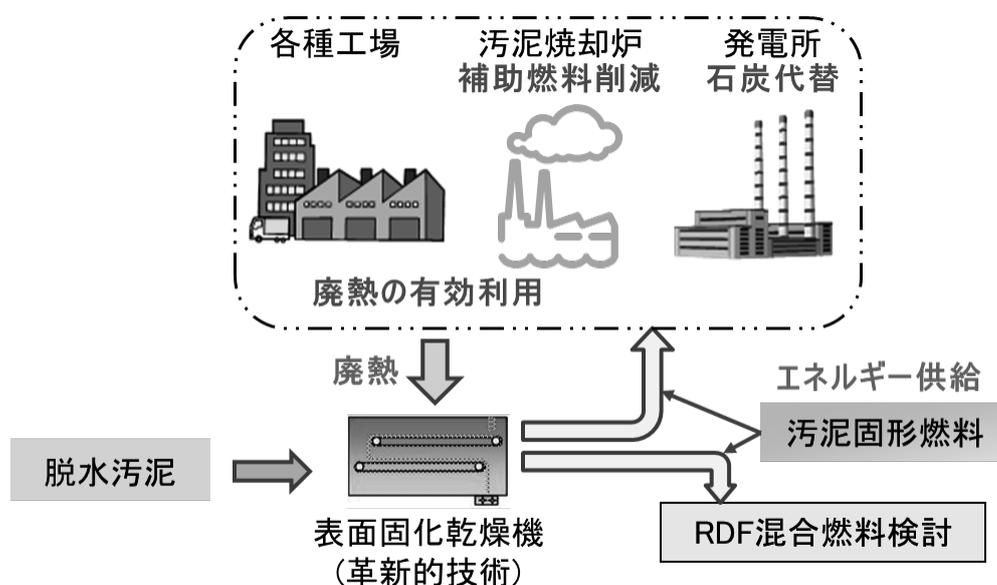


図4. 2. 1 廃熱利用型 低コスト下水汚泥固形燃料化技術の概要

4. 2. 2 技術内容

本研究で実証する革新技术は、焼却炉廃熱を利用した「表面固化乾燥機」による汚泥固形燃料製造である。この技術では 200-300 度の低温廃熱を汚泥固化物の乾燥に利用するため、製造時のエネルギー消費を従来の乾燥技術より低減できる。熱源としては下水汚泥焼却炉だけでなく、近隣の各種工場・発電所等で発生する廃熱も想定される（図4. 2. 2参照）。

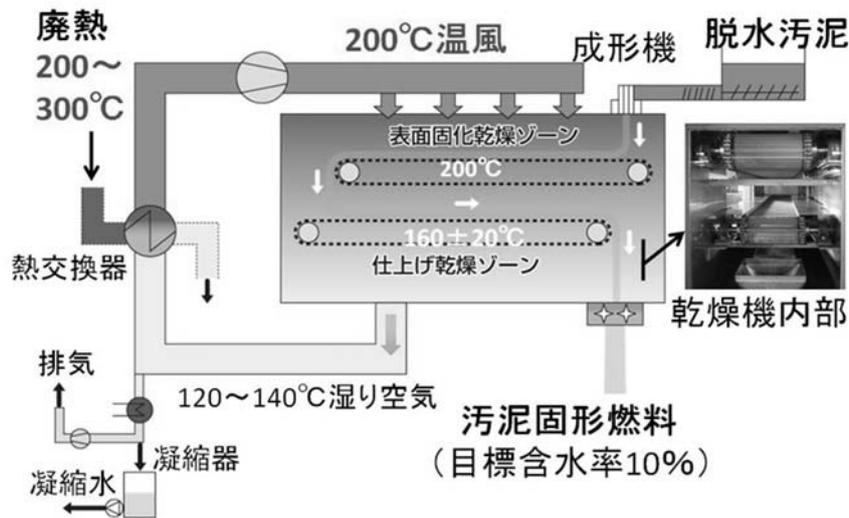


図4. 2. 2 技術の原理

低温で乾燥させることから、製造された燃料は炭化汚泥燃料と比較して保有熱量が大きい。また、従来の乾燥汚泥燃料は悪臭や粉塵の発生が問題となっていたが、この「表面固化乾燥機」では、成型後に表面乾燥を行うことで悪臭と粉塵の発生を減らすことが可能である。

製造された燃料は汚泥焼却の際の補助燃料として利用する。これにより、従来補助燃料として使用していた重油の使用量が削減できるため、維持管理費を低減し、かつ温暖化ガスの発生量も削減することが可能となる。乾燥汚泥固形燃料は場内で補助燃料として利用するだけでなく、セメント工場、火力発電所等で石炭代替燃料としての受け入れが期待される。

今回の実証研究では汚泥固形燃料の販路を拡大し普及展開をはかるために、松山市近郊に位置する RDF 製造施設において、RDF との混合成型についても検討する。RDF には塩素が 0.4-0.6%含まれており、汚泥固形燃料と混合成型することで塩素濃度を低減し腐食対策に寄与すると考えられる。

4.3 管路内設置型熱回収技術を用いた下水熱利用に関する実証研究

4.3.1 研究概要

【実施者】大阪市・積水化学工業株式会社・東亜グラウト工業株式会社共同研究体

【実証フィールド】大阪市海老江処理場

【概要】

下水道における低炭素・循環型システム構築手法のひとつとして下水熱利用が考えられる。我が国の下水道管路延長は約 40 万キロメートルが整備され、多くの家庭や事業所に接続されているとともに、管路内には外気に比べて安定した温度の下水が流れており様々な場所で熱利用が可能である。また、下水熱利用の技術は、様々な研究がされており、革新的技術による下水熱利用を普及させることで省エネルギー化に大きく貢献できる。

そのためには、下水熱利用にかかる革新的技術について実規模レベルの施設を配置して技術的な検証に基づく、ガイドラインの作成、全国の下水道施設への導入促進を図ることが必要である。

本研究では、管路内設置型熱回収技術を用いた下水熱利用技術により、管路内設置熱交換器による熱回収・利用技術のコスト削減効果、省エネルギー・CO2 排出削減効果、および管路更生工事との同時施工による効果を実証することを目的とする。

本実証研究の施設は、海老江処理場内に都市内の下水道管を模擬した管きよを布設し、その内側に管更生工事と同時に熱回収管を設置する。熱回収管を設置した管きよとヒートポンプとの間で循環水を循環させて熱を回収し、海老江処理場に隣接する下水道科学館で夏期は冷房に、冬季は暖房に活用する予定である（図 4.3.1 参照）。

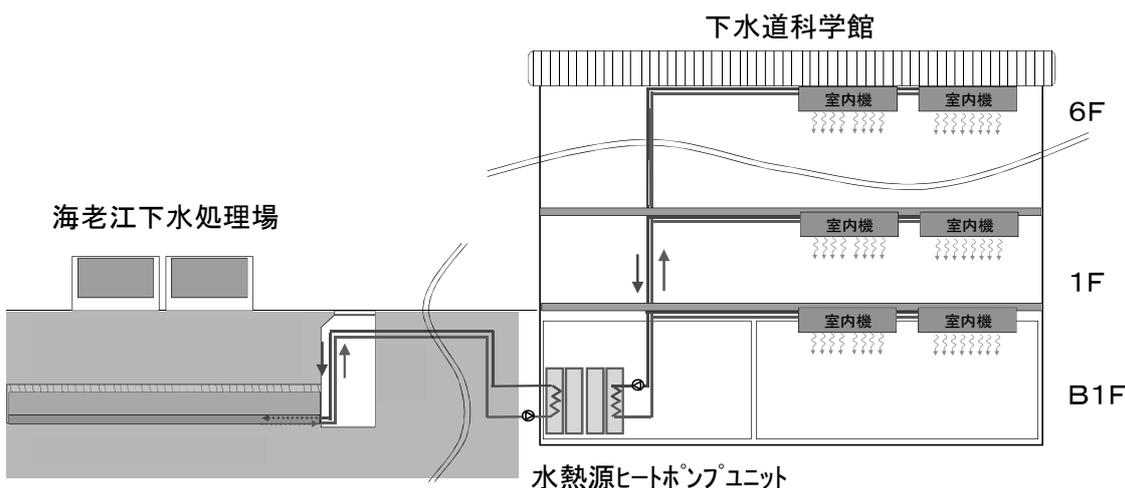


図 4.3.1 管路内設置型熱回収技術を用いた下水熱利用に関する実証実験施設

4.3.2 技術内容

本技術は、管路内設置型熱回収技術と老朽化した下水道管路の改築更新・耐震化技術である更生工法を組み合わせた技術（更生管組込方式）を用い、管路更生と同時に管路内に熱交換器を設置して、管路内施設を流れる未処理下水から熱を回収・利用す

るものである。下水の温度は、夏場は大気より数度低く、冬場は大気より 10℃程度高いという特性がある。特に冬場は、暖房等に係るエネルギーコストが大きくなっている。そのため下水の温度と大気の温度差を活用し、ヒートポンプを組み合わせることにより、回収された下水熱は、ヒートポンプにより室内冷暖房等の熱源として利用することができる（図4. 3. 2参照）。

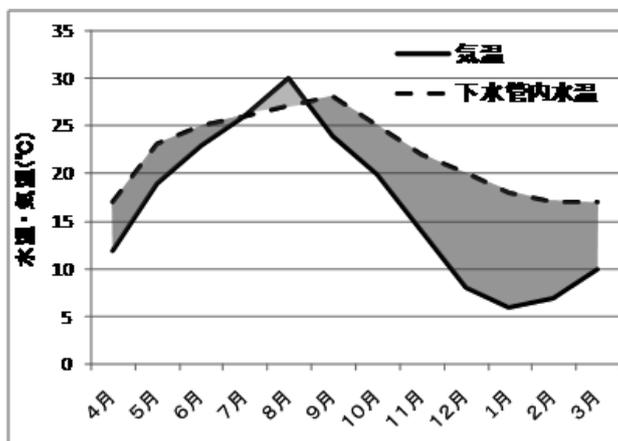


図4. 3. 2 外気温と下水管内水温の温度差の例

従来のポンプ場等の未処理下水からの熱利用は管路外設置熱交換器による熱回収・利用であり、熱交換のための付帯設備の設置や維持管理が必要である。しかし、本技術では、下水管渠内の未処理下水から管路内設置熱交換器により直接熱回収・利用が可能になる。また、更生管工法を同時に行うため、管きよの修繕も同時に行うことが可能になる（図4. 3. 3参照）。

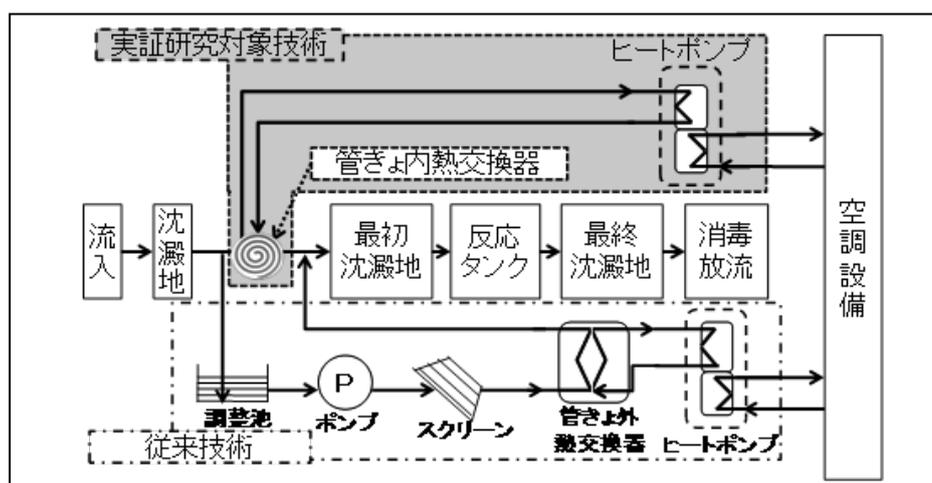


図4. 3. 3 従来技術との比較例

本技術は従来技術と比較し以下の利点が期待される。

- 1) 建設費削減：専用ポンプ・スクリーン・配管等付帯設備が不要。
- 2) CO2 の削減：未処理下水の持つ熱を直接利用するため効率的な熱交換が可能。
- 3) 維持管理費の削減：付帯設備の維持管理費の削減及び老朽管の更生が同時に可能。

4. 4 固定床型アナモックスプロセスによる高効率窒素除去技術に関する技術実証研究

4. 4. 1 研究概要

【実施者】熊本市・地方共同法人日本下水道事業団・株式会社タクマ共同研究体

【実証フィールド】熊本市東部浄化センター

【概要】

本実証研究は、熊本市東部浄化センター内に実施規模相当の実証プラントを設置して、嫌気性消化汚泥脱水ろ液を処理対象とした連続運転を実施し、返流水の個別処理施設としての適用性、有用性を実証する。なお、本実証プラントは、アナモックスプロセスとしては国内最大級である。

近年、下水道施設では、処理の高度化・低コスト化に加え、省エネルギー・創エネルギー化が求められている。その中で、バイオマスとしての下水汚泥からエネルギーを回収できる嫌気性消化プロセスによるメタン回収技術が再び注目を浴びているが、同技術の普及を難しくしている課題の一つに、高濃度の窒素およびりんを含む返流水の処理がある。その対応策として、返流水から窒素を除去する工程を新たに設ける返流水個別処理があり、そこでの窒素除去技術として注目されているのがアナモックスプロセスである（図4. 4. 1参照）。実証施設を設置する東部浄化センターでも、汚泥処理（濃縮－消化－脱水）の返流水中の高濃度の窒素処理が課題となっている。

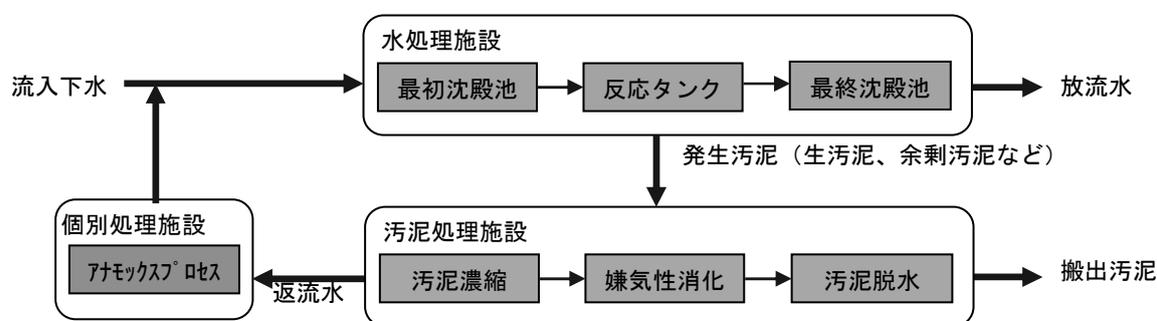


図4. 4. 1 下水道施設におけるアナモックスプロセスの導入イメージ

4. 4. 2 技術内容

本技術は、1990年代にオランダデルフト工科大学の研究グループによって発見された亜硝酸とアンモニアを基質として窒素ガスを生成するというアナモックス（anaerobic ammonium oxidation；嫌気性アンモニア酸化）細菌を利用し、低コストで省エネルギーな窒素除去を実現するものである。アナモックス細菌は Planctomycetals 目に属する独立栄養性細菌で、無酸素条件下においてアンモニア性窒素(NH₄⁺-N)を電子供与体、亜硝酸性窒素(NO₂⁻-N)を電子受容体として直接窒素ガスへ変換する極めて特殊な代謝経路を持つ。この細菌を排水中の窒素除去に応用することにより、曝気、

循環ポンプおよび薬品等の従来のランニングコストを大幅に削減できる。基本フローは、流入するアンモニアの一部を亜硝酸に酸化する部分亜硝酸化工程と、脱窒のためのアナモックス工程を組み合わせたものとなる。

なお、本技術は、平成 22 年 4 月に日本下水道事業団技術評価委員会にて「アナモックス反応を利用した窒素除去技術に関する報告書」として纏められており、この報告書によると、従来の代表的な窒素除去技術である硝化・脱窒法に比べて、アナモックスプロセスでは以下の特徴がある（図 4. 4. 2～図 4. 4. 4 参照）。



図 4. 4. 2 アナモックス細菌の培養状況

- ・部分亜硝酸化工程での送風量は、従来技術の硝化槽必要量の半量以下となる。
- ・アナモックス工程では、メタノール等の有機物の添加なしに脱窒処理できる。
- ・アナモックス細菌の脱窒速度が早いため、反応タンク容量を縮小できる。
- ・アナモックス細菌の増殖収率が小さいため、汚泥発生量の削減が期待できる。

本実証事業を通して、嫌気性消化プロセスによるメタン回収技術と本技術を組み合わせた省エネルギー化・温室効果ガス排出抑制を備えたハイブリッド技術の普及展開を図る。

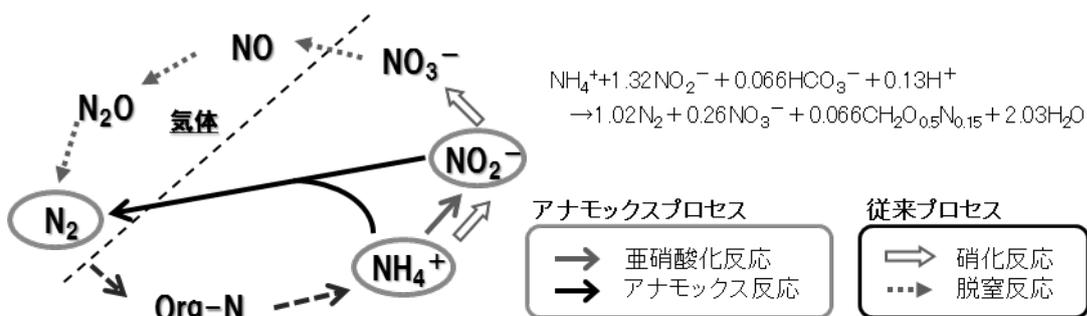


図 4. 4. 3 アナモックス反応経路および化学量論式

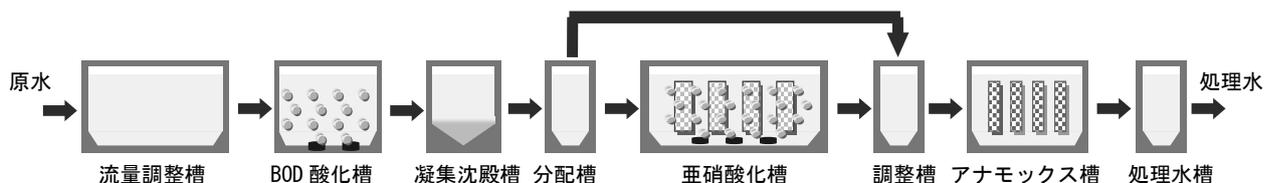


図 4. 4. 4 固定床アナモックスプロセスの処理フロー

4. 5 栄養塩類除去と資源再生（リン）革新的技術実証研究

4. 5. 1 研究概要

【実施者】水 ing 株式会社・神戸市・三菱商事アグリサービス株式会社共同研究体

【実証フィールド】神戸市東灘処理場

【概要】

本実証研究は下水処理場において高効率で温室効果ガス発生量と建設コストを削減できる革新的技術のうち、富栄養化原因物質であるリンを除去する新規開発技術について、実規模施設を設置・運転・計測することにより、処理の安定性やエネルギー使用量およびコスト構造などを実証することを目的とするものである。

4. 5. 2 技術内容

下水汚泥の減量化や汚泥からのバイオガス回収を目的として行われる嫌気性消化工程では、汚泥の一部可溶化が不可避免的に生じ、汚泥に取り込まれたリンも相当部分が可溶化する。そのため、嫌気性汚泥消化工程を採用する下水処理施設のリン除去率を高めるためには、可溶化したリンを除去する必要がある、①可溶化により下水処理工程に戻るリンの量をあらかじめ処理計画に盛り込んでおくか、②汚泥処理工程の中で可溶化したリンを除去して下水処理工程への戻りを防止する方法が必要である。

本実証研究の技術は、上記②のうち、嫌気性消化工程の後の汚泥に適用する方法として、リン酸マグネシウムアンモニウム（以下、MAP）を生成させてリンを除去・回収するものである。生成する MAP は不純物の少ない結晶であり、リン資源として利用可能である。従来技術としては、嫌気性消化汚泥の脱水分離液を対象とした MAP 法が実用化されているが、本実証研究の技術は脱水する前の嫌気性消化汚泥から MAP としてリンを除去・回収する点で従来技術とは異なる（図 4. 5. 1 参照）。

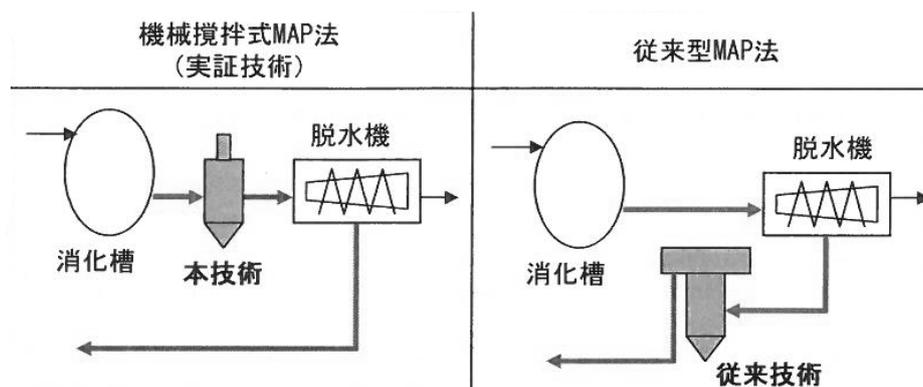


図 4. 5. 1 栄養塩類除去と資源再生（リン）革新的技術実証研究の実証技術と従来技術の相違

本技術は従来技術と比較して、以下の利点が期待される。

- 1) リン除去回収量が多い（従来比+40%）。
- 2) 必要薬品量が少ない（従来比 30%程度減）。
- 3) 汚泥発生量の減少（従来比 3%程度減）。
- 4) 建設費減少（従来比 30%程度減）。

現在、消化汚泥処理量 239m³/d の実証研究施設を神戸市東灘下水処理場内に建設中である。リン除去回収施設には、消化汚泥に水酸化マグネシウム等を添加して MAP を生成・分離する本技術のコアとなる部分と、生成した MAP の洗浄・乾燥設備、さらに乾燥 MAP を計量して肥料原料として製品出荷するための袋詰めと、荷役・搬出のために必要な一連の施設が設置される。コア部分の詳細を図 4. 5. 2 に、リン除去・回収施設部分の完成予想図を図 4. 5. 3 に示す。

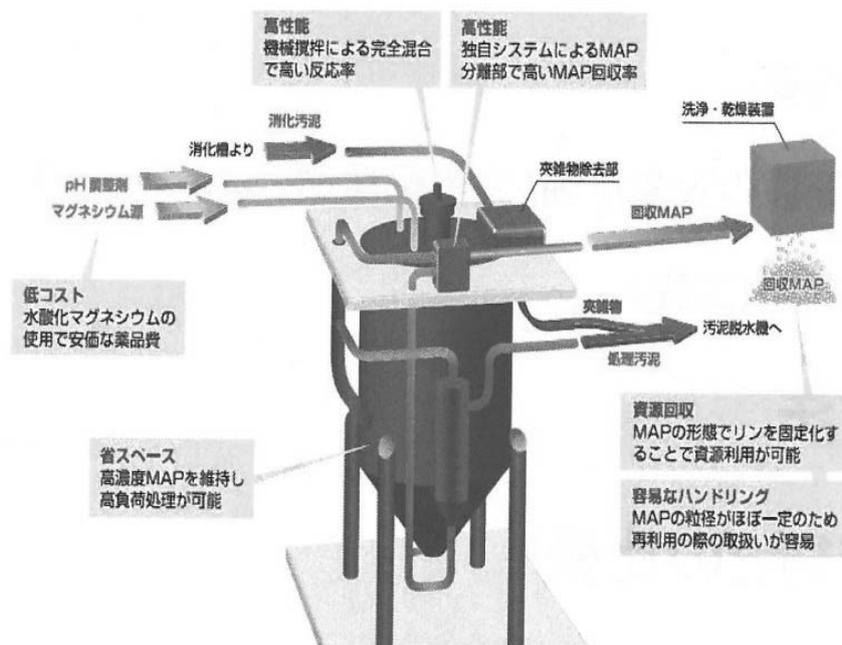


図 4. 5. 2 リン除去回収施設の主反応装置

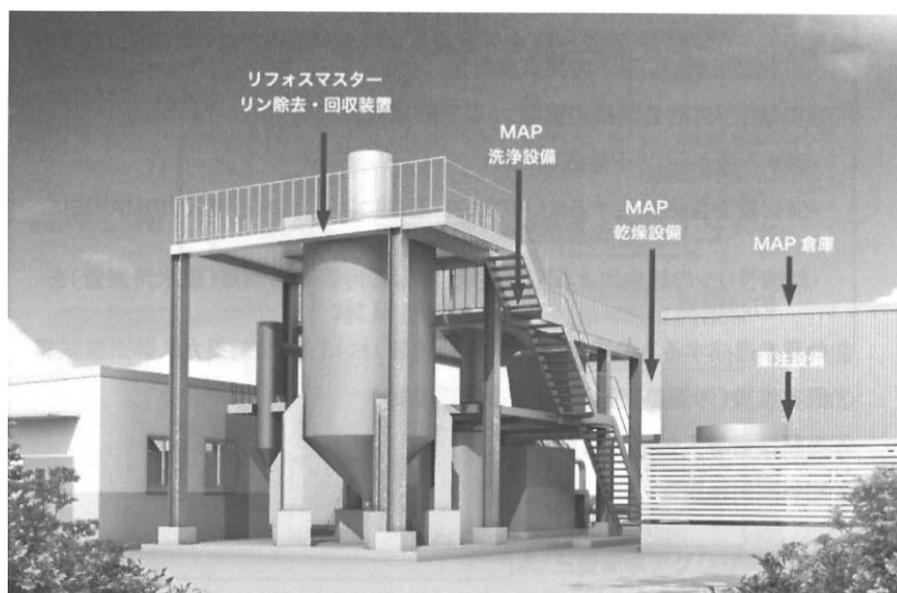


図 4. 5. 3 リン除去・回収施設の完成予想図

5. おわりに

国土技術政策総合研究所では、これらの B-DASH プロジェクトの実証研究の成果を踏まえて、下水道事業者が導入検討する際に参考にできるガイドラインを、革新的技術ごとに策定していく予定である。これらの優れた技術が民間活力により全国に普及されることを支援するとともに、国際展開による海外水ビジネスの促進も目指すものである（図 5. 1 参照）。

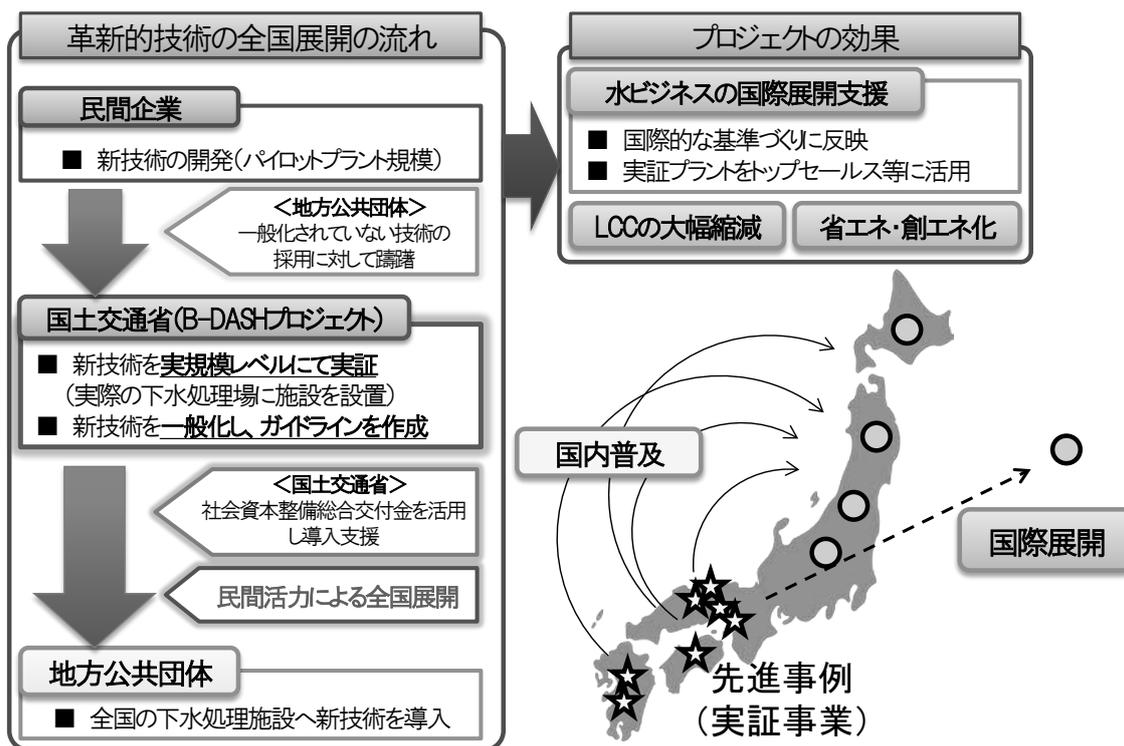


図 5. 1 B-DASH プロジェクト実証研究成果の普及展開