

議題5 プロジェクトの全体概要

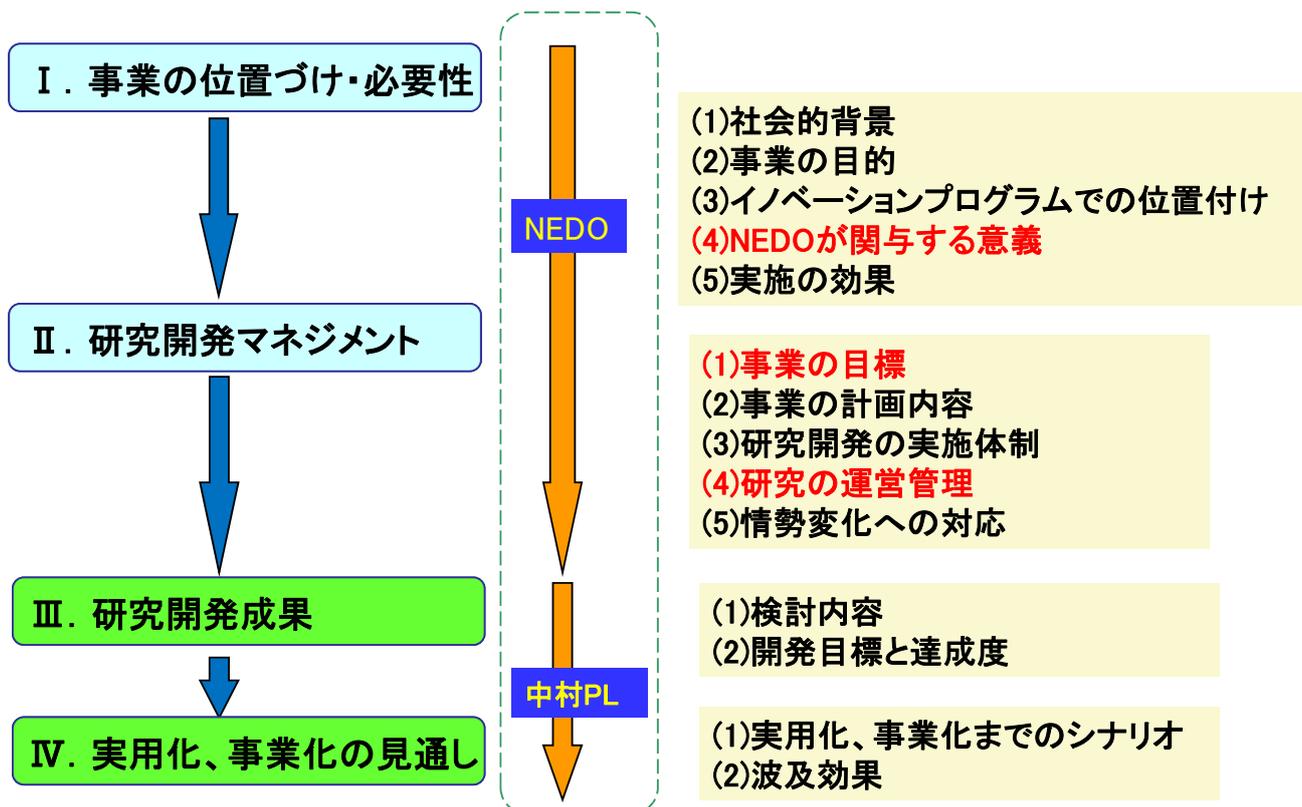
- 5.1 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメントについて
- 5.2 研究開発成果、及び実用化・事業化の見通しについて

NEDO技術開発機構 環境技術開発部

2009年 10月 16日

1/44

概要説明 報告の流れ



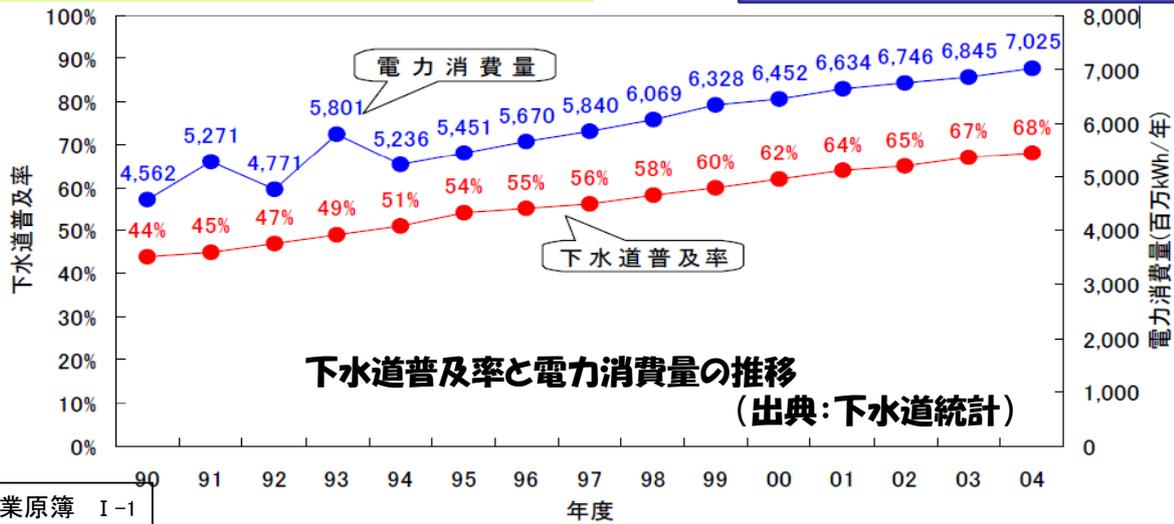
2/44

●下水道施設における電力・燃料消費量は、年々増加傾向にある。
 下水道における電力消費量は、我国の電力総消費量の約0.7%（約70億kwh）に達している。

下水道のみならず国内外の生活排水及び事業所廃水への適用が可能な、
省エネルギー性に優れた廃水処理技術の開発が急務。



- 嫌気性処理の利点:**
 所用動力・汚泥発生が少ない
- 好気性処理の利点:**
 良好な処理水質



長所

短所

所要動力が少ない
 汚泥発生量が少ない



処理水質が悪い
 加温が必要
 低濃度廃水に向かない

処理水質が良い



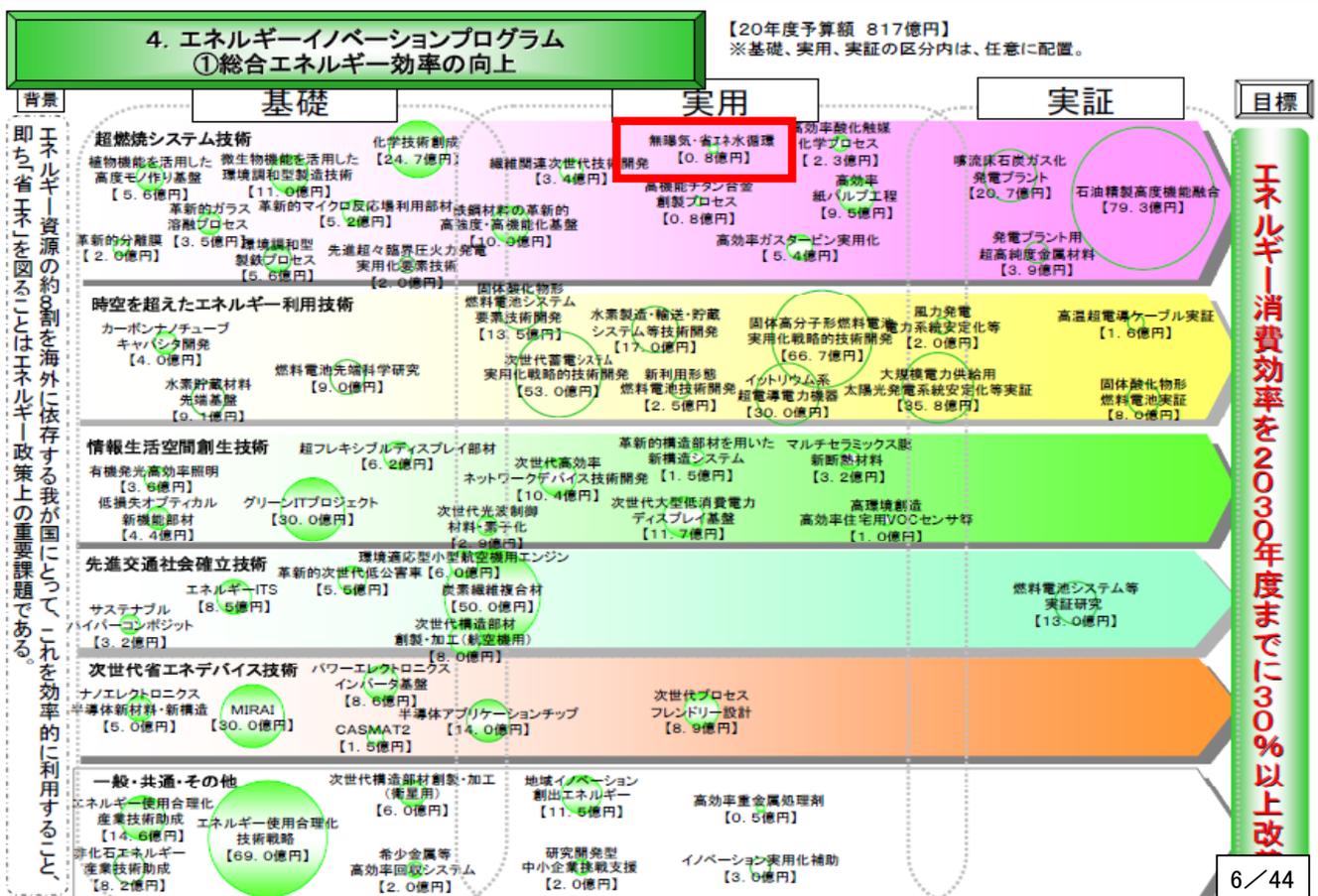
所要動力が大きい
 汚泥発生量が多い

●**全体目標**
 嫌気性処理と好気性処理の双方の長所を生かし、かつ双方の欠点を克服するために、
 加温が不要な嫌気性処理技術と、曝気が不要な好気性処理技術を組み合わせて、
 良好な処理水質が得られる省エネルギー型の廃水処理技術を開発する。

本プロジェクトは、イノベーションプログラム に基づいて実施

イノベーションプログラム

1. ITイノベーションプログラム
2. ナノテク・部材イノベーションプログラム
3. ロボット・新機械イノベーションプログラム
4. エネルギーイノベーションプログラム
 - ① 総合エネルギー効率の向上
 - ② 運輸部門の燃料多様化
 - ③ 新エネルギー等の開発・導入促進
 - ④ 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保
 - ⑤ 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用
5. 環境安心イノベーションプログラム
6. 健康安心イノベーションプログラム
7. 航空機・宇宙産業イノベーションプログラム



エネルギーイノベーションプログラム

① 総合エネルギー効率の向上

(「エネルギーイノベーションプログラム基本計画の制定について」から抜粋)

プログラム目標

転換部門における「エネルギー転換効率向上」、産業部門における「製造プロセス向上」、民生・運輸部門における「省エネルギー」などにより、**エネルギー消費効率を2030年度までに少なくとも30%改善することを目指す。**

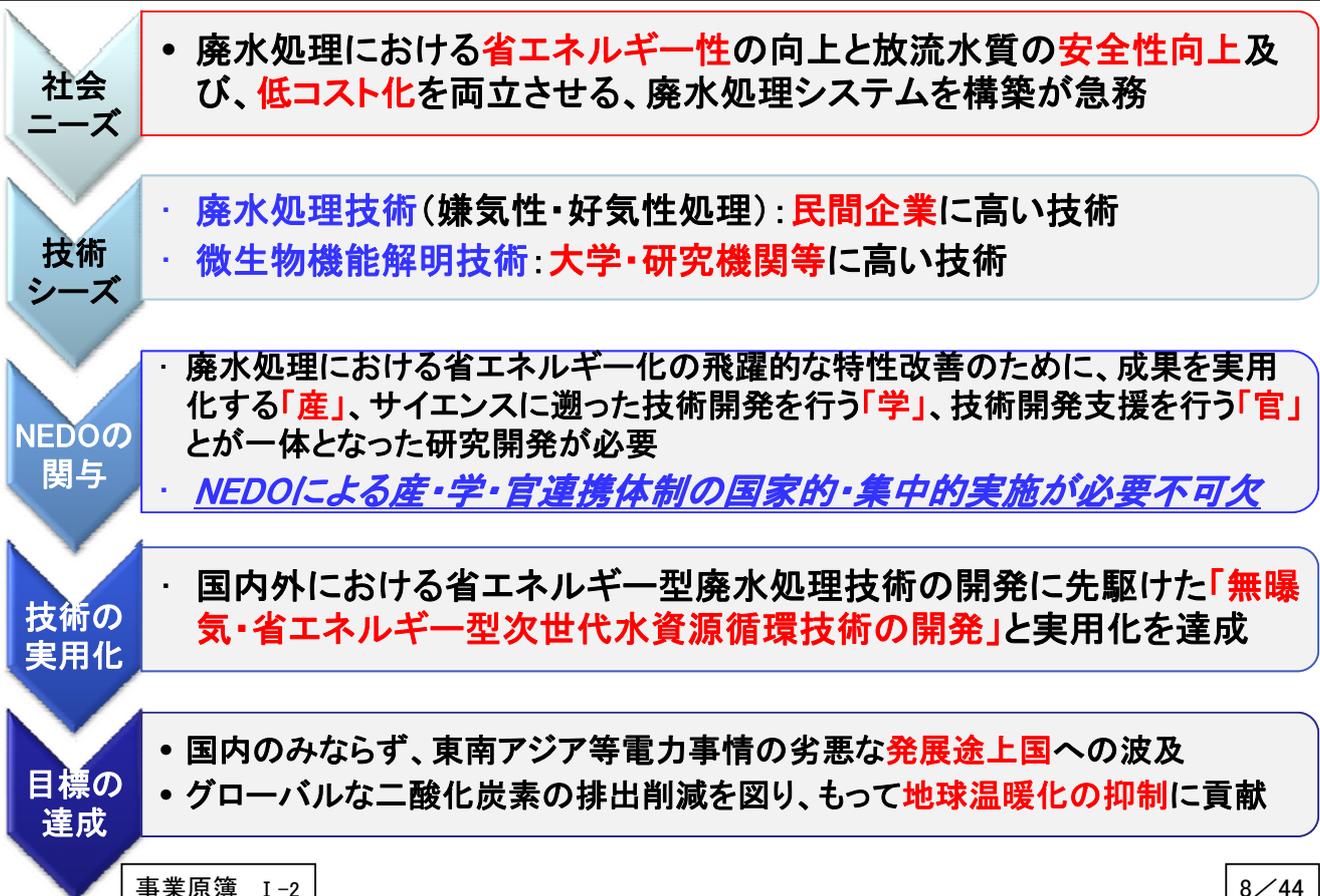
技術戦略マップ

● 3R分野

「汚泥系バイオマスを対象とした汚泥発生量を低減する廃水処理技術」

● グリーンバイオ分野

「生物機能を利用した環境への負荷低減技術」



(2) 実施の効果

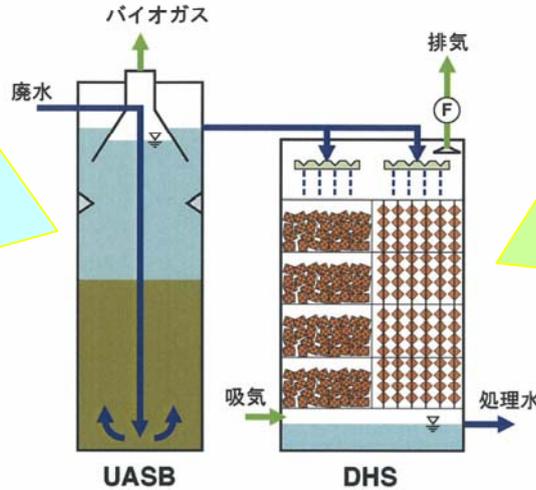
本プロジェクトでは、以下の2つの装置の組み合わせによって開発目標の達成を目指す。

上向流式嫌気反応槽

[UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)]

加温不要で低有機物濃度の廃水にも適用可能。

→ 省エネかつ汚泥廃棄物発生量の大幅低減に寄与できる。



技術開発システムフロー図

下降流式好気反応槽

[DHS (Downflow Hanging Sponge)]

上部から廃水を供給することで、スポンジ内に固定された微生物が空気中の酸素を利用して廃水を浄化する装置。

→ 曝気不要で大きな省エネ効果を生み出す。

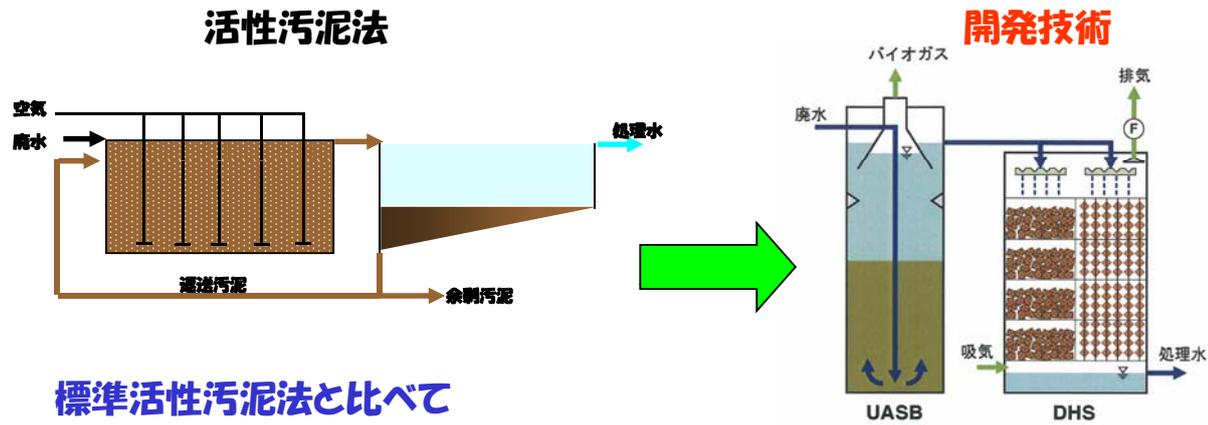
(2) 実施の効果【費用対効果】

研究開発費用	約4.4億円 H18-H20(3年間)
市場規模	4兆円 (普及年数を30年とすると1300億円/年)
省エネルギー効果(2030年)	56万kl/年

- 📍 産業廃水 20,000事業所、対象水量:2,000万m³/日
 このうち、1/3を顕在市場、さらに1/2が普及可能な市場とする。
 →3,300事業所、330万m³/日に普及
 →70%省エネ実現により19億kwh/年、原油換算46万kLの削減効果

- 📍 生活排水 対象水量:1,000万m³/日
 このうち、1/3を顕在市場とする。
 →330万m³/日に普及。平均処理水量
 →70%省エネ実現により4億kwh/年、原油換算10万kLの削減効果

(1)研究開発目標の妥当性【目標値】



標準活性汚泥法と比べて

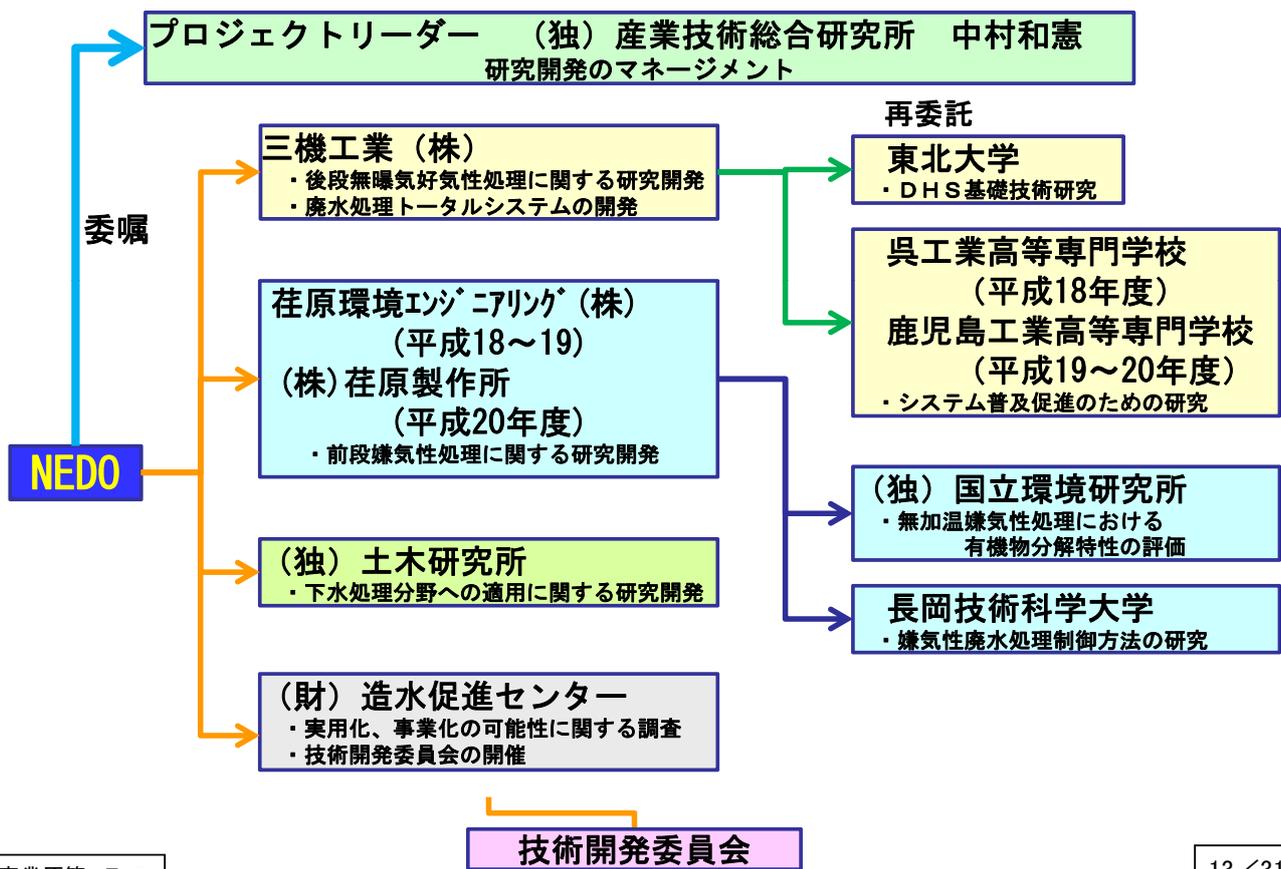
項目	目標値	設定根拠
エネルギー消費量	標準活性汚泥法に対して 70%削減	従来法0.36kWh/m ³ -下水に対し
CO ₂ 排出量	標準活性汚泥法に対して 70%削減	従来法0.2kg-CO ₂ /m ³ -下水に対し
汚泥発生量	標準活性汚泥法に対して 70%削減	従来法0.29kg-SS/m ³ -下水に対し
処理水質	標準活性汚泥法に対して BOD,SS,大腸菌群数は同程度	従来法BOD:5.0mg/L, SS:5.3 mg/L, 大腸菌群数:10 ⁵ ~10 ⁶ CFU/100mLに対し

(2)研究開発計画の妥当性【スケジュールと予算】

研究開発項目	平成18年度	平成19年度	平成20年度
(1) 前段 嫌気処理に関する研究開発 (荏原製作所、国立環境研、長岡技大)	58 (40.8%)	64 (38.1%)	49 (37.1%)
(2) 後段 無曝気好気性処理に関する研究開発 (三機工業、東北大学、鹿児島高専)	66 (46.5%)	83 (49.4%)	70 (53.0%)
(3) 廃水処理トータルシステムの開発 (三機工業)	11 (7.7%)	11 (6.5%)	5 (3.8%)
(4) 下水処理分野への適用に関する研究開発 (土木研究所)	7 (5.0%)	10 (6.0%)	8 (6.1%)

本事業は共同研究のため、事業費(予算)の1/2をNEDO負担

予算(百万円)	142	168	132
予算 3年間合計(百万円)	442		



<運営管理>

技術開発委員会

- 開催 : 3回/年
- 参加者 : PL、PJ参画メンバー、委員、各機関担当者、NEDO等
- 機能 : ① 全体認識の統一とプロジェクトの方向性の指導
② 個々の事業の方向性指導、進捗確認
③ 成果確認とその進捗状況に応じた次年度予算配分、方針指導

定例会議(テクニカルミーティング)

- 開催 : 1回/2月
- 参加者 : PJ参画メンバー、NEDO等
- 機能 : 成果・問題点の共有化、実施者間交流の活発化等

進捗フォローアップ会議

- 開催 : 1回/月
- 参加者 : グループ内メンバー、NEDO等
- 機能 : 研究内容の進捗状況確認、今後の方針を協議等

【マスコミ、ユーザーへの情報発信】

マスコミ発表や現地見学会によるユーザーの意見をプロジェクトマネージメントに活用

著作権等の都合、内容の印刷を控えさせていただきます。

【国際的にも事業成果を発信】

INDO CHEM.

CHEMICAL ENGINEERING

著作権等の都合、内容の印刷を控えさせていただきます。

情勢	対応
<p>2009年に国内では、「海外水循環システム協議会」の発足、「省水型・環境調和型水循環プロジェクト」(NEDO)が開始するなど、水循環技術の社会的ニーズが高まり、特に省エネルギー化について注目されている。</p>	<p><u>プロジェクトについては計画について大きな変更を行わず、開発目標の達成に向けて確実な遂行を目指した。</u></p>
<p>該当するプログラムが2008年に「省エネルギー技術プログラム」から「エネルギーイノベーションプログラム」に変更された。</p>	<p><u>プログラムの変更の際し、基本計画、実施方針及び実施計画書のプログラム名を変更した。実施内容については、変更事項無し。</u></p>

「無曝気・省エネルギー型次世代水資源循環技術の開発」
 (事後評価) 分科会 資料5-2

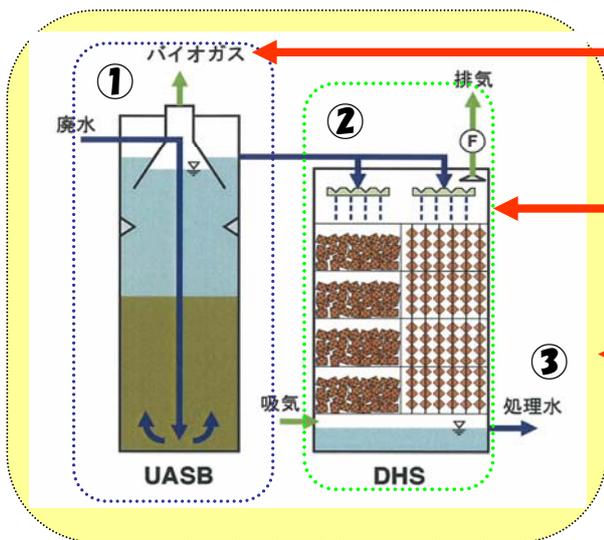
エネルギーイノベーションプログラム
 総合エネルギー効率の向上

議題5 プロジェクトの全体概要

- 5. 1 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメントについて
- 5. 2 研究開発成果、及び実用化・事業化の見通しについて

NEDO技術開発機構 環境技術開発部

2009年 10月 16日



①前段嫌気処理に関する研究開発
無加温条件下における、安定かつ効果的な嫌気発酵法の確立

②後段好気性処理技術の開発
DHSの形状、構造の最適化

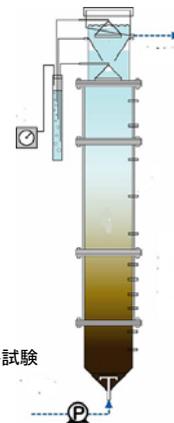
③処理システムの開発
システムとしての目標の達成度評価
難分解性廃水への適用性評価
下水処理への適用性評価

実用化、事業化の可能性に関する調査
技術動向・市場動向、市場規模、波及効果、実用化までの課題の検討とロードマップ作成

①前段嫌気処理に関する研究開発

無加温条件下における、安定かつ効果的な嫌気発酵法の確立
嫌気性微生物による有機物の分解およびメタン化に関するメカニズムの把握

下水を対象とした実証試験



反応槽の設計基準、構造、操作因子に関する研究開発(荏原)
無加温嫌気処理における有機物分解特性の評価(国立環境研究所)
嫌気廃水処理制御方法の研究(長岡技科大)

目的

- ・無加温UASB処理性能の実証
下水の中温消化汚泥を種汚泥とした場合の立ち上げ運転方法の把握。



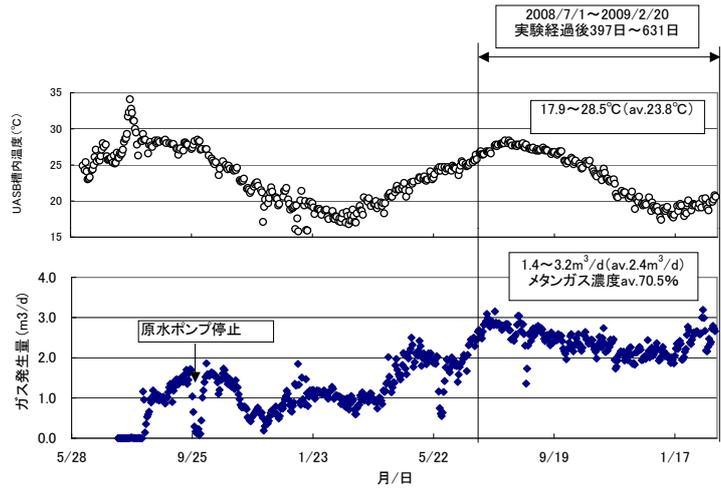
パイロットプラントUASB本体

1.5m × 2.8m × 高さ5m 有効容量20.2m³

成果

- ・定常運転時ではCOD_{Cr}除去率63.8%、SS除去率68.7%の安定した処理結果が得られた。

UASBパイロットプラント実験結果(水温とガス発生量の変化)

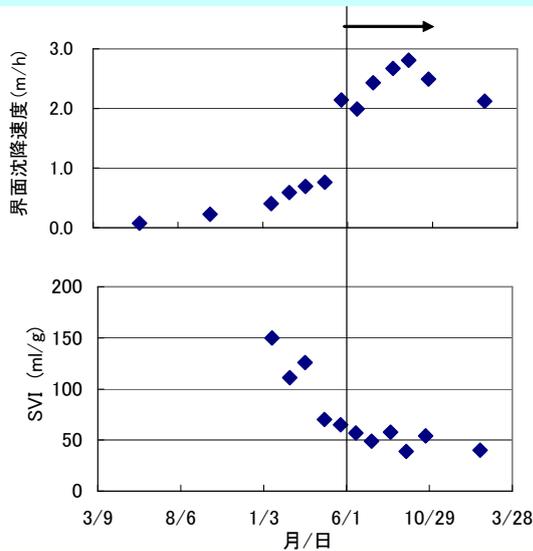


UASB処理成績(08/7/1~09/2/20期間の平均値)

	流入下水 (mg/L)	UASB処理水 (mg/L)	除去率 (%)
COD _{Cr}	400	145	63.8
SS	195	61	68.7

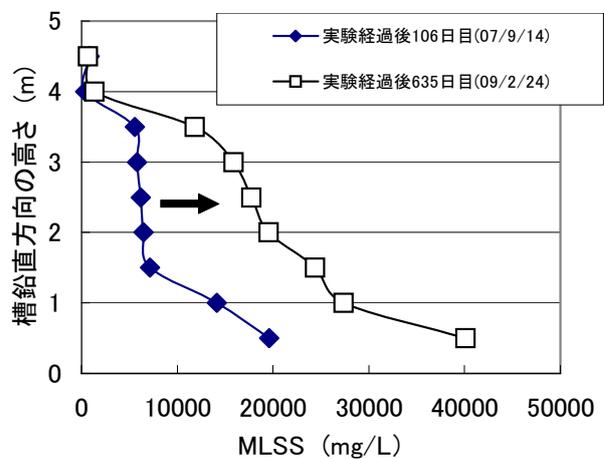
UASB槽内の汚泥性状の変化

下部汚泥の沈降速度、SVIの変化



(MLSS濃度4000~6000mg/L
サンプリング位置: 槽底部から0.75m)

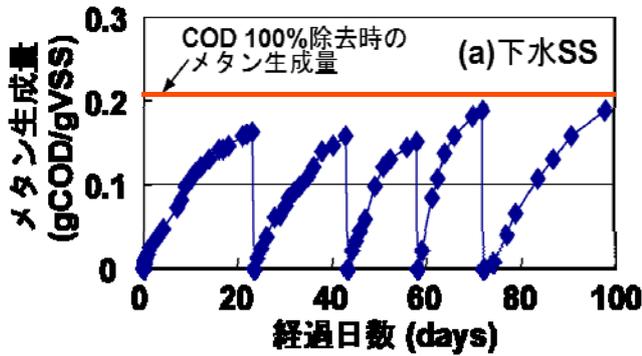
鉛直方向の汚泥濃度分布の変化



実験開始1年後において汚泥の沈降性が改善し、UASB槽内汚泥濃度が増加することにより安定した処理が可能となった。

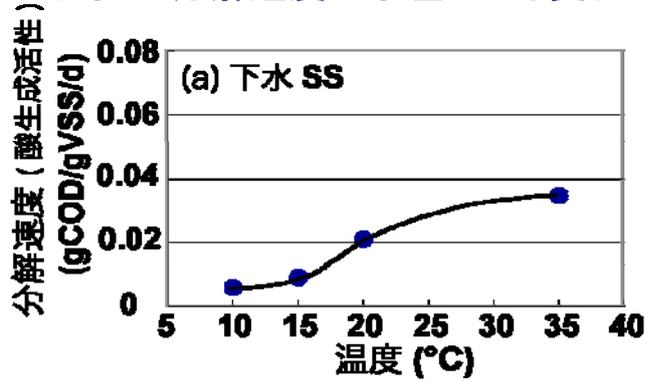
(1) 集積培養による固形有機物の常温分解特性の評価

下水SS集積培養におけるメタン生成



- ・20°Cでも下水SSの分解は進行し、約8-9割の有機物がメタン化した。
- ・有機酸の蓄積は観察されず、SSの加水分解・酸生成が律速段階。

下水SS分解速度の水温による変化



- ・下水SSの分解速度は、20°Cまで維持。水温15°Cでは大きく低下。
- ・冬季にSSの分解が律速になり易い。

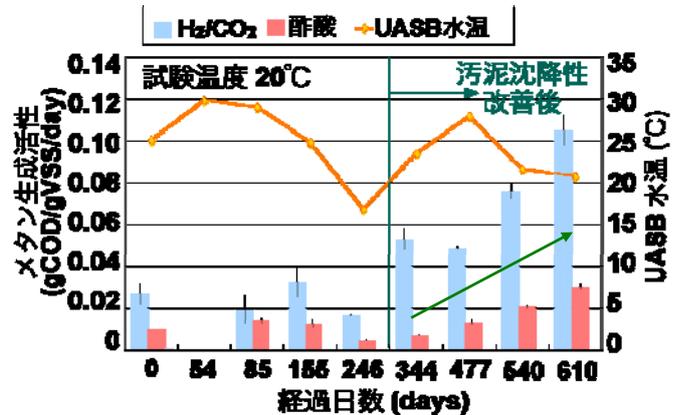
(2) パイロットプラントUASB槽における保持汚泥性状の評価

UASB槽汚泥のセルロース含量



- ・低水温期における保持汚泥へのセルロースの蓄積と、高水温期における分解の進行を確認。

UASB槽汚泥のメタン生成活性



- ・UASB槽汚泥の沈降性改善は、メタン生成細菌の集積化を促す。

(Day 344～610: 汚泥の沈降性改善後 水温低下に依らず継続的に活性増加)

下水処理UASBリアクターの低水温期における制御法に関わる基礎的知見を収集することを目的とし、長岡中央浄化センター(寒冷地)に小型UASBリアクターを設置し連続運転を行った

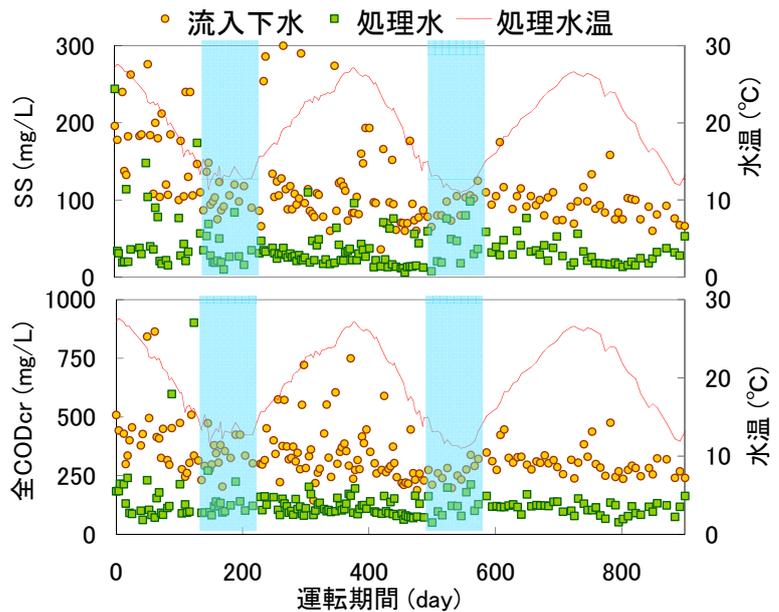


小型UASBリアクター

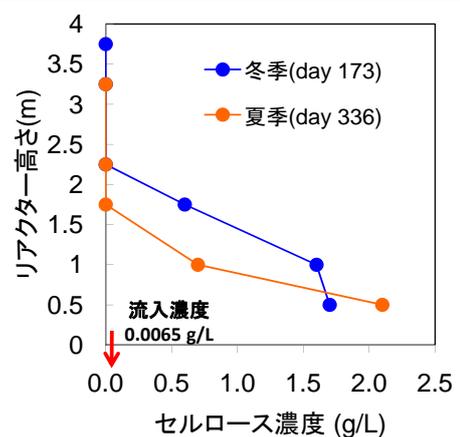
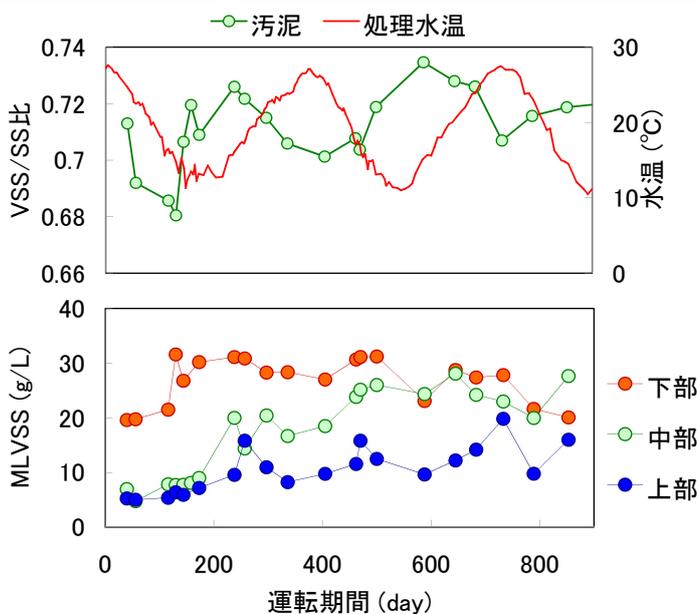
リアクター運転条件

- ◆ HRT 8時間
- ◆ 容積 1148 L (H4 m, D0.56m)
- ◆ 温度 外気温(10~27°C)

長岡中央浄化センターの初沈流入水



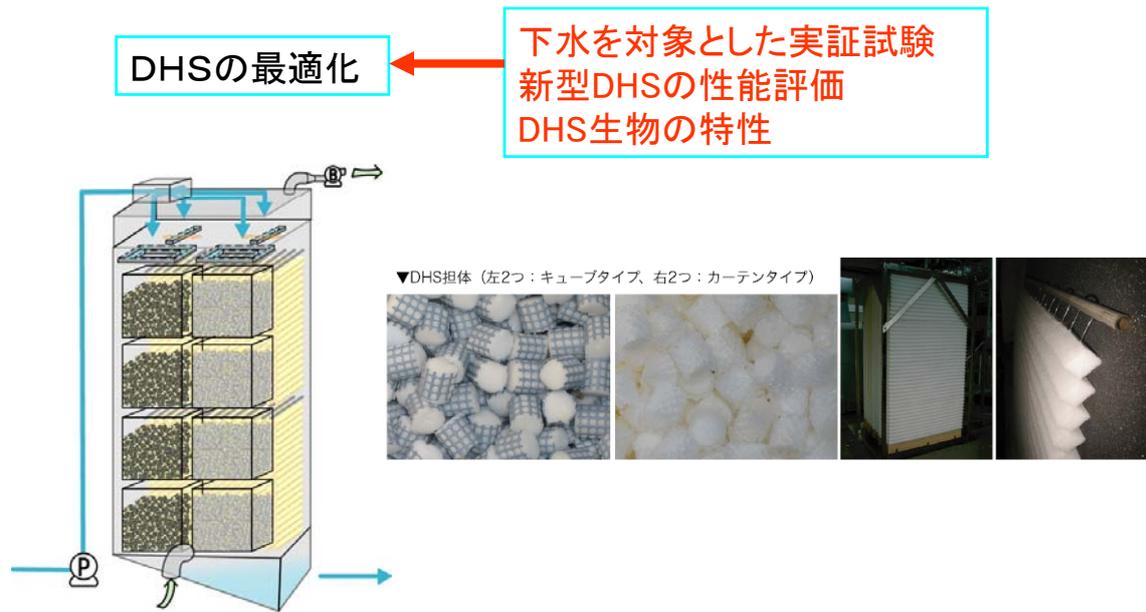
水温15°C以下の低温期間が3ヶ月程度であれば、流入負荷を低下させることなく運転の継続が可能(水温10°C程度まで対応可能)



冬季は有機物が蓄積する傾向にある(沈殿槽としての役割を果たす)。下部には難分解性物質(セルロースなど)蓄積することから、グラニューールの一部崩壊と、汚泥濃度の低下が観察された。

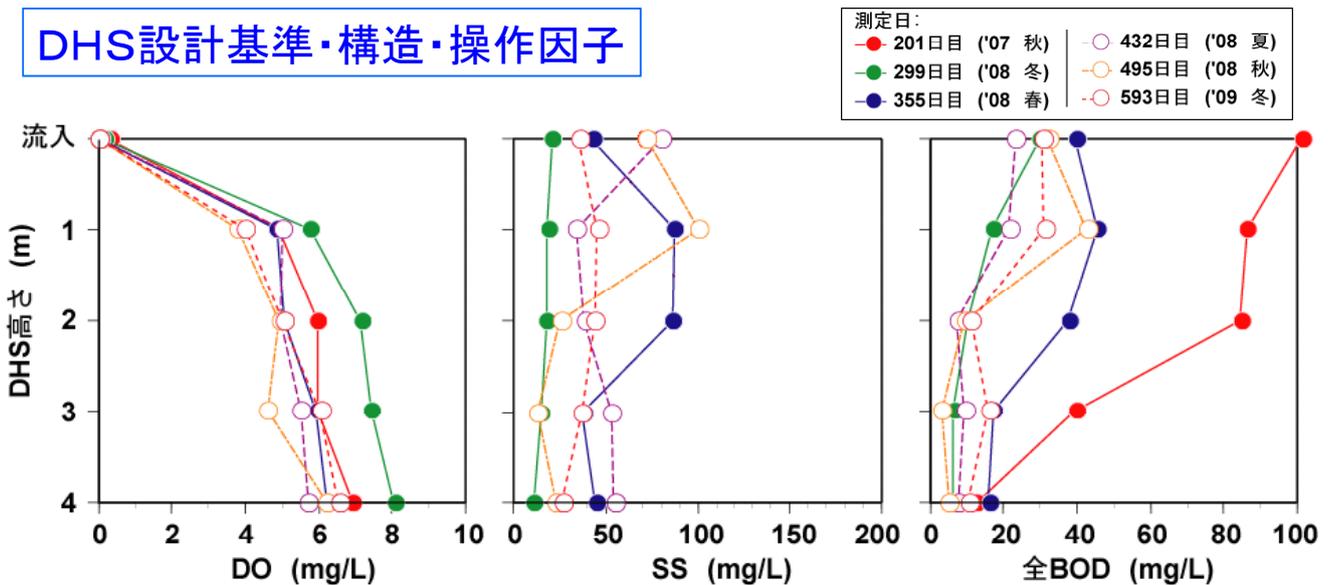
- 1) 消化汚泥を植種したリアクター保持汚泥は、SVI 20~60mL/gSSの良好な沈降性を維持した。
- 2) 反応槽容積設計に必要な、**汚泥(VSS)収率 0.013gVSS/gCODremoved**が求めた(COD-VSS負荷 0.047gCOD/gVSS/dayにおける)。
- 3) 汚泥引き抜きに関して、頻度はVSS収率が低いことから**1~2年に1度程度でも対応可能**であり、時期はSS成分の捕捉効果を維持するため**低温水期を避けて実施し**(春期以降の気温上昇期)、場所はグラニューールの一部崩壊が見られる**最下部**からが望ましいと考えられた

②後段好気性処理技術の開発



反応槽の設計基準、構造、操作因子に関する研究開発(三機工業)
DHS基礎技術研究(東北大学)

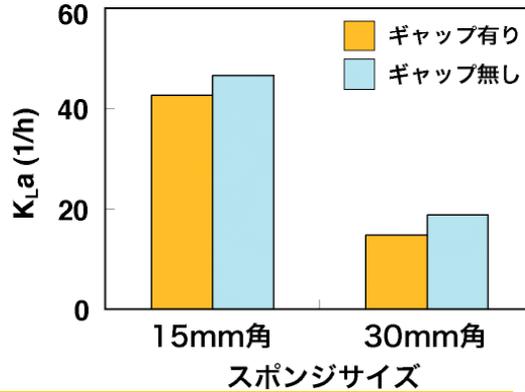
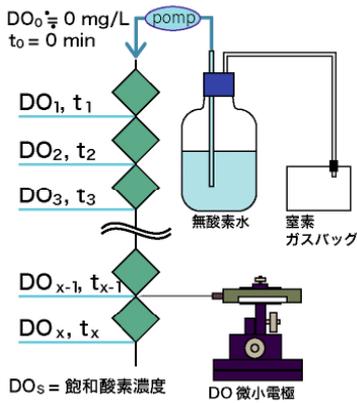
DHS設計基準・構造・操作因子



4m程度の流下長で安定した処理水質が得られた。
曝気動力をかけずに、BOD除去が良好に行えた。
反面、SSの除去が不得手であることが明らかとなった。

DHSの酸素供給能力

→ kLa (総括酸素移動容量係数)を用いて
スポンジ担体の物理的な酸素吸収能を調査



DHS K_La 14.8 ~ 46.6 (h⁻¹)
活性汚泥法 KLa 6 ~ 33 (h⁻¹)
 (Zamouche et al., Desalination, 206, 414-423, 2007.)

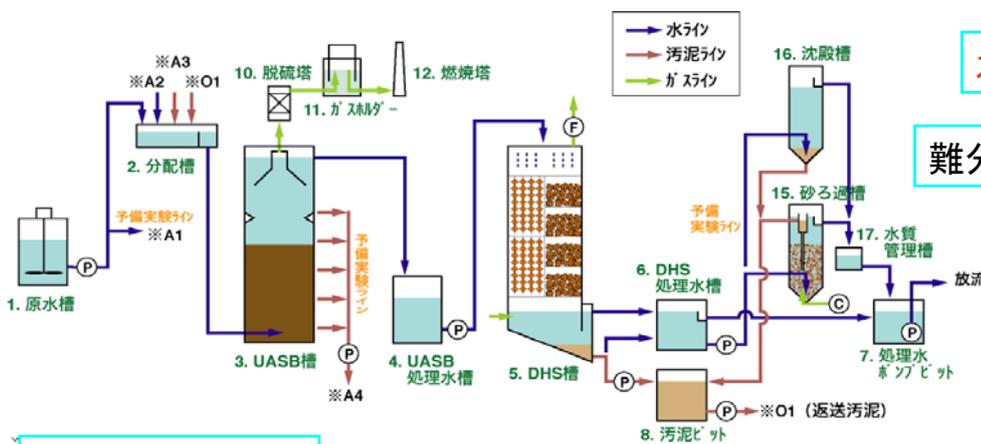
無曝気にも関わらず、活性汚泥法と同等の酸素供給能

(1)検討内容【開発システム③】

③廃水処理トータルシステムの開発

システムとしての目標の達成度評価

下水処理分野への適用評価



水質向上

難分解性廃水への応用

染色廃水
フェノール廃水
(ラボスケールテスト)

省エネルギー性
汚泥発生量
処理水質

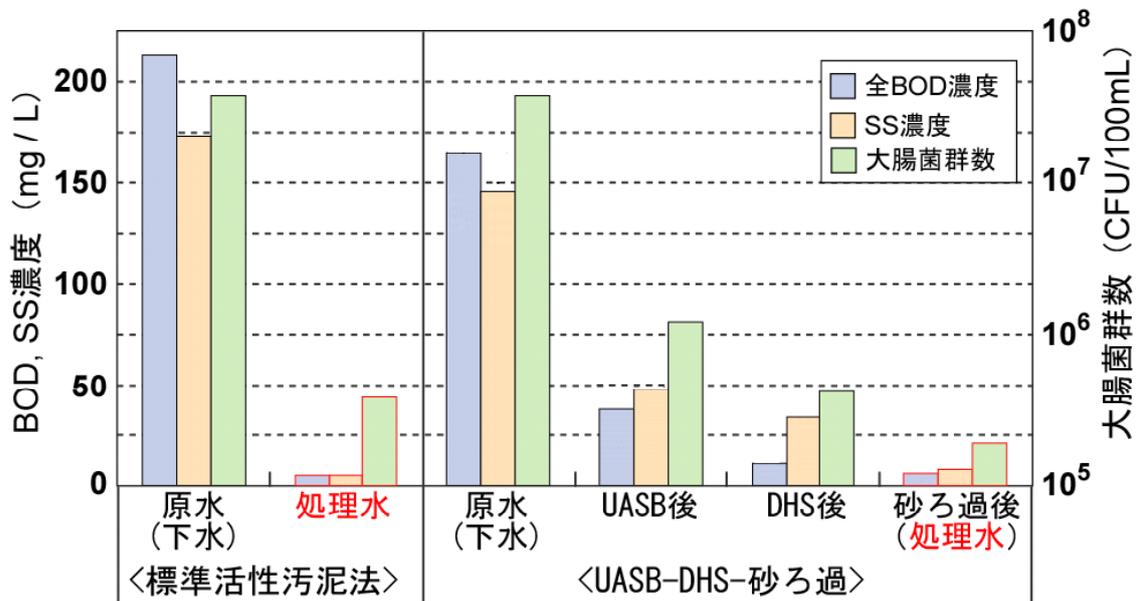
トータルシステムの開発 (三機工業)

下水処理分野への適用に関する研究開発 (土木研究所)

システム普及促進のための研究 (呉・鹿児島高専)

UASB-DHSパイロットプラントによる実下水処理

水質調査から所要システム構成を検討



UASB-DHS-砂ろ過システムを確立

UASB-DHSパイロットプラントによる実下水処理

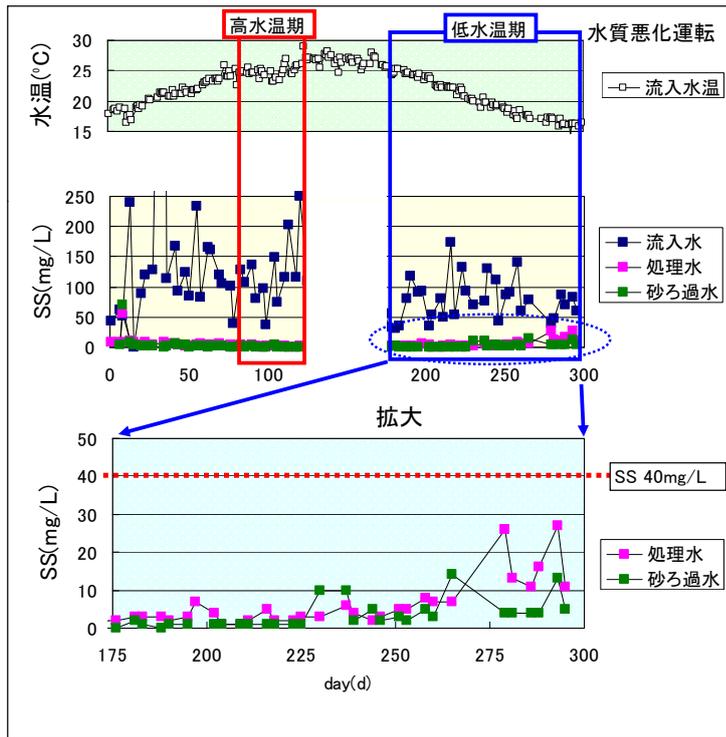
汚泥発生量、エネルギー消費量、CO₂排出量を調査

(目標: 活性汚泥法比 -70%)

	標準活性汚泥法	UASB-DHS-砂ろ過	
汚泥発生量 [kg-SS/m ³ -sew.]	0.288	0.043	-85%
エネルギー消費量 [kWh/m ³ -sew]	0.359	0.097	-73%
二酸化炭素排出量 [kWh/m ³ -sew]	0.199	0.054	-73%

パイロットプラント試験によって、所期の汚泥発生量、消費エネルギー量、CO₂排出量削減効果を確認した。

(1) UASB-DHSシステムに適した砂ろ過技術の基礎開発



意図的に流入水質を悪化させた場合 (pHの変化、低濃度フェノールの流入) の、SS 除去効果について特に詳しく検討

高水温期の処理水質は良好で安定、砂ろ過は不要

低水温期に処理水質を悪化させて、処理水中にSSが多くなった場合でも、砂ろ過のSS 除去効果は有効

(2) UASB-DHSシステムの下水処理分野への適用性評価

国内温暖地域の小規模下水道への適用性調査

九州・沖縄地方, 小規模: 計画人口1,000~10,000人

コストは低いかな?

標準活性汚泥法との比較

計画人口 (人)	維持管理費削減率 (%)	全費用削減率 (%)
1,000	18	11
5,000	18	8
10,000	18	8

全費用 = (維持管理費 + 建設費) の年費用換算値
建設費 = 標準活性汚泥法と同等と仮定

標準活性汚泥法よりも汚泥処理・エネルギー費を削減可能。処理場の維持管理費の約2割、建設費も含めた全費用の約1割を削減できる可能性があり、経済性の問題が導入の阻害要因となる可能性は低い。

産業排水への適用性調査

有機系で処理が難しい2つの排水の処理実験を行った。

- ①**染色排水**(嫌気好気による脱色) ②**フェノール排水**(生物毒性あり)
 - BOD: 250 mg/L、SS: 200 mg/L 国内化学メーカーで処理が課題
 - 着色度: 6,000 **高濃度処理(CODcr: 2,000 mg/L)の可能性**

廃水種	処理システム	流入負荷	HRT	除去率
染色系 (実廃水)	UASB-DHS	0.2 ~ 0.8 kgBOD/m ³ /d	29 hr	BOD 90% 着色度 約60%
フェノール系 (模擬廃水)	UASB-DHS	2.3 kgCOD/m ³ /d	28 hr	COD 99%

染色系廃水、フェノール系廃水への適用可能性が示された。

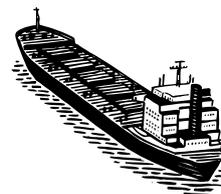
Ⅲ. 研究開発成果について (2)開発目標と目標の達成度

目標	達成度	本開発 (UASB-DHS-砂ろ過)
エネルギー消費量： 活性汚泥法に対して 70%削減	◎	73%削減 (汚泥処理含めると 推定78%削減)
二酸化炭素排出量： 活性汚泥法に対して 70%削減	◎	73%削減 (汚泥処理含めると 推定77%削減)
汚泥発生量： 活性汚泥法に対して 70%削減	◎	85%削減
処理水質： 活性汚泥法と同程度 (放流基準 BOD 15mg/L, SS 40mg/L) (H17下水道統計平均値 BOD 5.0mg/L, SS 5.3mg/L) (国分準人クリーンセンター 消毒前大腸菌群数 3.8×10^5CFU/100mL)	○	BOD : 5.6 mg/L SS : 8.0 mg/L 消毒前大腸菌群数 : 1.9×10^5CFU/100mL

	特許出願	5 件
	論文発表	13 件
	口頭発表(学会等)	48 件
	新聞、雑誌等	9 件

省エネルギー効果

	電力 kWh/年	原油 kL/年
産業廃水分野	19億	46万
生活排水分野	4億	10万
合計	23億	56万



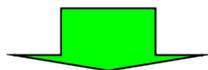
原単位:生活排水1m³当たり0.44kWh
 産業廃水1m³当たり2.2kWh
 電力1kWh=0.243L原油

(1) 実用化・事業化までのシナリオ【実用化のイメージ】

本事業の実用化は、「国内及び海外市場において、商業ベースで実規模のUASB+DHSシステムを受注・建設する」ところまでを指す。

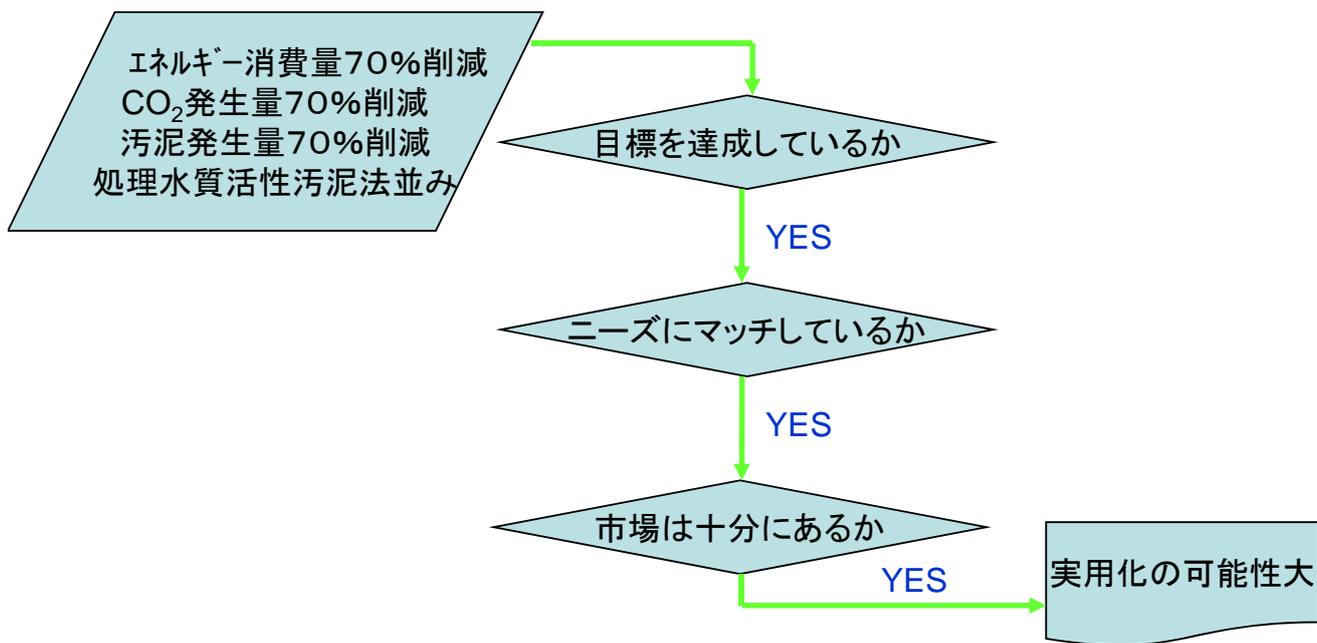


- 省エネルギー.....70%以上の省エネルギー性を確保
- 温暖化ガス発生量削減.....70%以上の温暖化ガス発生量削減を確保
- 汚泥削減.....汚泥発生量を70%以上削減
- 処理水質.....活性汚泥法と同等の水質



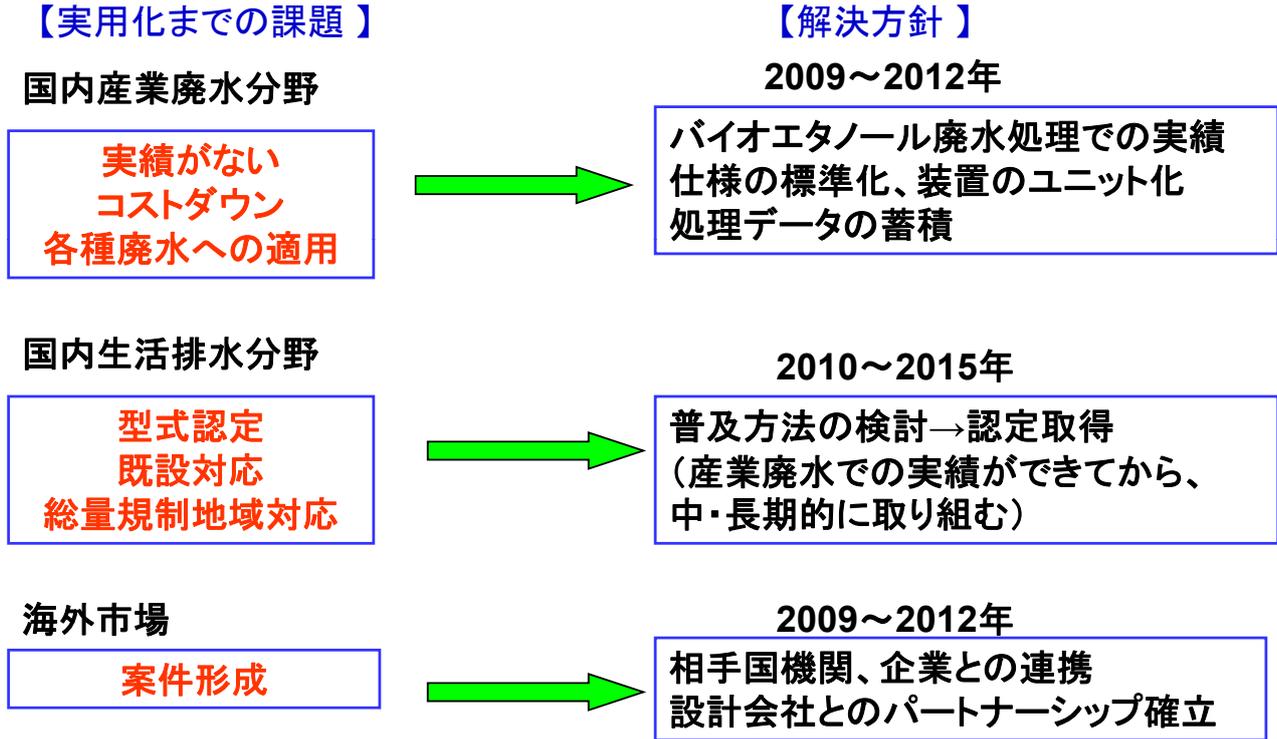
本開発技術は実用化の可能性が高い

(1) 実用化・事業化までのシナリオ【成果の実用化可能性】



• 実用化の可能性は大きい

(1) 実用化・事業化までのシナリオ【実用化の課題と解決方針】



事業化までのシナリオ

分野	課題	短期	中期	長期
		2009～2014年	2015～2024年	2025～
国内産業廃水	実績がない コストダウン 各種廃水への適用	バイオエタノール 廃液処理で実績 標準化・ユニット化 処理データの蓄積	普及・実用化	
国内生活排水	型式認定 既設対応 総量規制対応	普及方法の検討 (普及対象の絞り込み) 既設への対応検討 N、P除去	普及・実用化 (新規小規模) 普及・実用化 (既設大規模)	
海外市場	案件形成	相手受け入れ機関 現地企業との連携 設計会社との パートナーシップ確立	普及・実用化	

- 国内産業廃水への普及を優先的に取り組む
- 国内生活排水市場への普及は中・長期的に取り組む
- 海外市場はインド・バングラディッシュなど低緯度地域への普及を図る

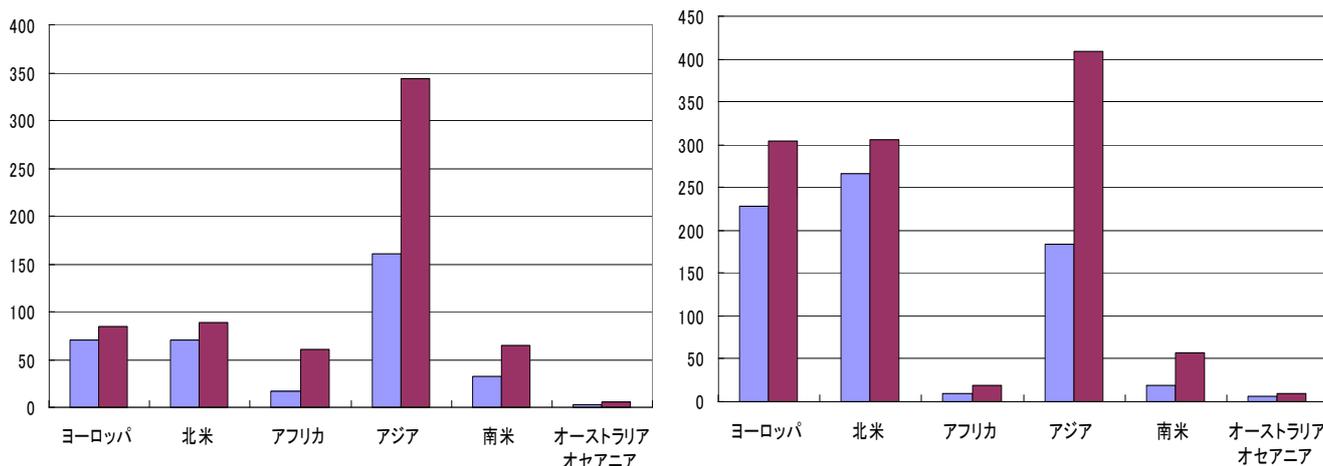
市場規模と経済効果

適用分野	事業所数	対象水量	平均設備費	成功率	普及年数	市場規模
		千m ³ /日	千円/m ³	-	年	百万円/年
産業廃水分野 (食品・飲料、繊維・染色、紙パルプ、印刷、化学、石油製品、ゴム製品、電子部品・デバイス、輸送機械など)	20,000	20,000	500	1/6	30	55,556
生活排水 (新設下水処理場)	10,000	10,000	700	1/3	30	77,778

- 産業廃水分野で555億円
- 生活排水分野で777億円 の経済効果が見込まれる

産業廃水は製造プロセスからの廃水と考え、該当業種ごとの新規補給水量から原料及びボイラ用量を差し引いて推定した(平成18年度工業統計より)
 生活排水については、上水道と下水道の普及人口のギャップ=給水人口-処理区域人口 の生活排水処理設備が新たに必要と仮定し、さらに給水量≒生活排水量と仮定して対象水量を求め、1箇所当たりの処理水量を1,000m³/日と仮定して事業所数を推定した(平成18年度下水道統計、および平成18年度日本の水資源より)

海外への普及



1995年 ■と2025年 ■における世界の都市用水需要(単位:十億トン/年)

- 国内のみならずアジア地域への普及が期待される
- グローバルな二酸化炭素排出量削減により地球温暖化の抑制に貢献

出典: Assessment of Water Resources and Water Availability in the World; Prof. I. A. Shiklomanov, 1996(WMO発行)

研究開発費用	約4.4億円 H18-H20(3年間)
市場規模	4兆円
省エネルギー効果 (2030年)	56万kl/年

業種	事業所数	対象水量 千m ³ /日	平均設備費 千円/m ³	導入率	普及可能な 市場規模 百万円
産業廃水	20,000	20,000	500	1/6	1,666,667
生活排水(新設下水処理場)	10,000	10,000	700	1/3	2,333,333
合計					4,000,000

業種	普及年数	市場規模	エネルギー 原単位	エネルギー削減 率	電力削減量	報告書用に 記載の数字	原油換 算係数	原油削減量	報告書用に 記載の数字
	年	百万円/ 年	kWh/m ³	%	千kWh/年	億kWh/年	kWh/L	kL/年	万kL/年
産業廃水	30	55,556	2.2	70%	1,873,667	19	0.243	455,301	46
生活排水(新設下水処理場)	30	77,778	0.44	70%	374,733	4	0.243	91,060	10
合計		133,333			2,248,400	23		546,361	56