

(1)課題概要

①【課題の概要・目的】

現在、生活排水は、活性汚泥法に代表される好気性微生物を用いる方式で処理されており、酸素供給のため多くのエネルギーを消費している。そこで、2019年までに、エネルギーを削減する方法として、嫌気性膜分離活性汚泥法(嫌気性MBR)と一槽式アナモックス処理を組み合わせたシステムを開発した。引き続き、2020年度は、さらにCO<sub>2</sub>を削減するために、りんの回収技術として「アナモックス法と融合したりん回収システム」を開発する。りんは、資源枯渇が叫ばれており、新規性がある回収技術を付加することにより、販路の拡大が見込める。(参考資料1)

②【技術開発の内容】

○重要な開発要素

A1. 【嫌気性MBRの開発】(2018年度に終了)

- ①小型試験機による実証試験 ②実証機的设计、製作、据付

A2. 一槽式アナモックス処理技術の開発】(2018年度に終了)

- ①小型試験機による実証試験 ②アナモックス菌の大量培養
- ③実証機的设计、製作、据付

A3. 【全体システムの構築】

- ・嫌気性MBR、一槽式アナモックス処理については2019年度に終了。
- ・2020年度は、りん回収システムについて実施。

- ①全体システムの評価 ②下水以外の分野への適用可能性調査
- ③特許・技術調査

A4. 【りん回収システムの確立】

- ①処理条件の検討: りんとアンモニアの同時処理条件の明確化
- ②りんの挙動把握 ③グラニュールの培養(ヒドロキシアパタイト表面にアナモックス菌とアンモニア酸化細菌を培養)

A5.【事業化シナリオの検討】事業化するために必要な技術評価機関との連携探索

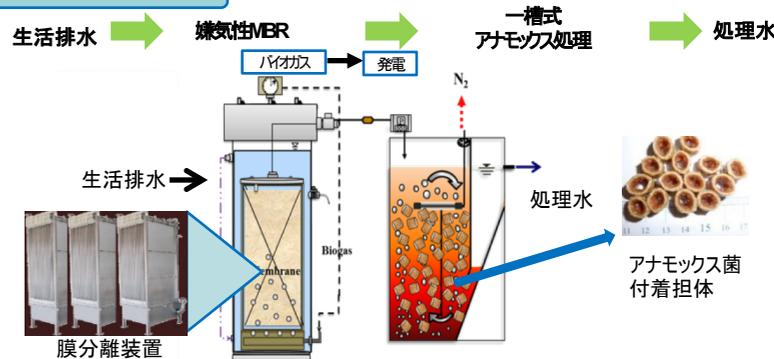
B. 【開発要素のシステム統合】(2019年度に終了)

C. 【実証】

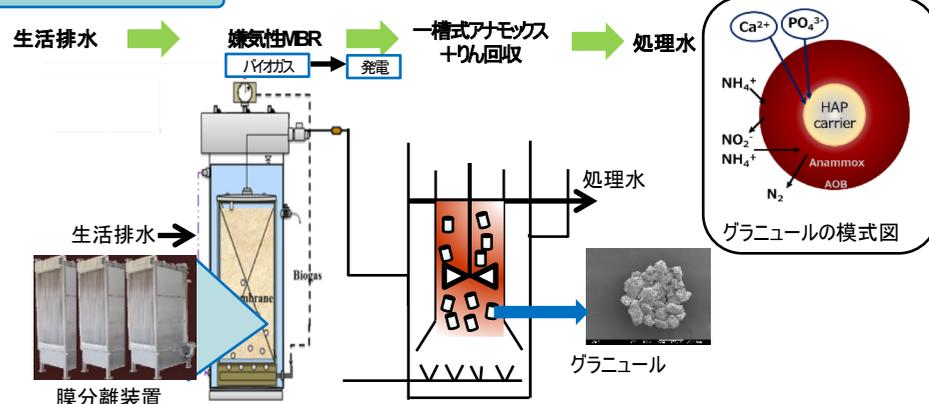
- ①りん回収槽の製作: 内容積200L規模のアナモックス法と融合したりん回収槽を製作し、2018年に製作した実証機に組み込む。
- ②実証: 上記製作した実証機を用いて、りん回収システムを実証する。

③【システム構成】

2019年度までの開発システム



2020年度開発システム



④【技術開発の目標・リスク】

○想定ユーザ・利用価値: 地方公共団体および食品廃棄物処理業者・省エネ、創エネ○目標となる仕様及び性能:  
(目標処理水質) BOD 10mg/L以下、T-N10mg/L以下、T-P 1mg/L以下

各開発システムにおけるCO<sub>2</sub>削減量(参考資料1、2、2-1~3)

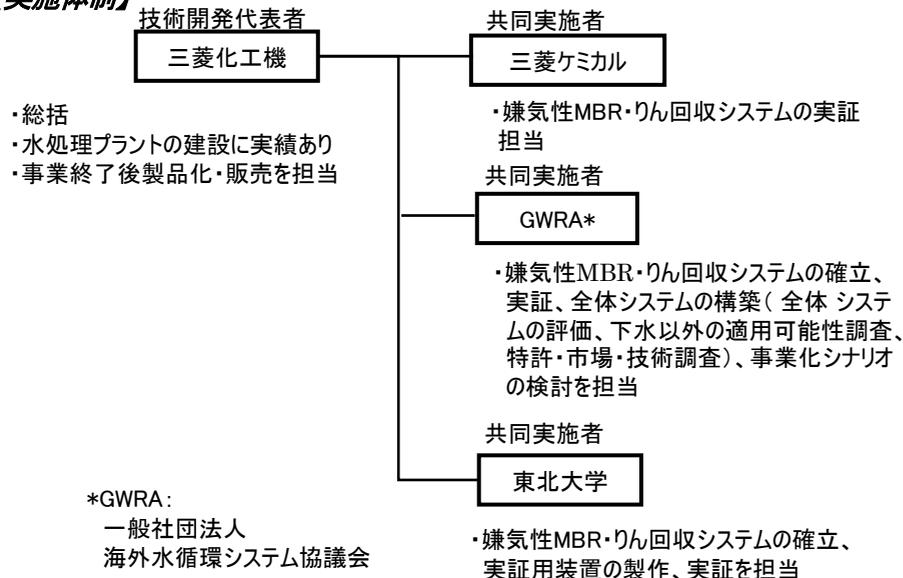
	2019年度までの開発システム		2020年度開発システム	
	提案時	終了時	2019年度開発システム+凝沈	開発システム
CO <sub>2</sub> 削減量(kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> )	0.108	0.114	0.136	0.136

○開発工程のリスク・対応策:

フラックス未達成のリスクが発生した場合は、洗浄技術の見直し等により対応。

## (2) 実施計画等

### ①【実施体制】



### ②【実施スケジュール】

	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度
A1.【嫌気性MBRの開発】	小型試験機設計・製作、運転 実証機設計・製作 現地工事			
A2【一槽式アナモックス処理技術の開発】	小型試験機設計・製作、運転 実証機設計・製作 現地工事			
A3.【全体システムの構築】 (実証機の基本設計含む)	技術調査 実証機基本設計	全体システムの一次評価	全体システムの二次評価 5,760千円	全体システムの評価 特許・技術調査他 3,077千円
A4.【りん除去・回収システムの確立】				処理案件の検討、りん挙動の把握、グラニューの培養 5,479千円
A5.【事業化シナリオの検討】				1,026千円
B.【開発要素のシステム統合】		システム統合時の課題抽出	課題への対応 4,140千円	
C.【実証】		試運転	実証運転 13,428千円	実証運転 41,328千円
その他経費			8,668千円	18,382千円
事業費合計(税込み)	33,311千円(実績)	64,315千円(実績)	31,986千円(実績)	69,292千円
4ヶ年事業費合計(税込み)	202,569千円(2019年度までは129,622千円)			

### ③【事業化・普及の見込み】

#### ○事業化計画

事業化を担う主たる事業者	三菱化工機他
--------------	--------

- ・2020年までに、システム全体の実用化に目途をつけた。
- ・2022年に、小規模生活排水処理装置(認可取得試験用を含む)を受注し大規模な下水などの生活排水処理に順次適用していく。

#### ○事業展開における普及の見込み

- ・実用化段階コスト目標(参考資料2)

	提案時	終了時	変更提案
建設費用 (生活排水処理量規模:10,000m <sup>3</sup> /日)	5,030百万円	5,485百万円	6,270百万円
運転費用 (維持管理費+汚泥処分費)	137百万円/年	154百万円/年	157百万円/年

- ・実用化段階単純償却年:嫌気膜 8~10年程度、機電設備15年、土木構造物 50年

#### ○年度別販売見込み

【提案時当初計画】 ※実施期間中における分科会等で計画変更が認められた場合等はその設定値

年度	2022	2023	2027	2030
目標単年度販売 処理水量(m <sup>3</sup> /日)	120	1,200	10,000	30,000
目標累積販売 処理水量(m <sup>3</sup> /日)	120	1,320	27,720	102,720
目標販売価格 (百万円/年)	75	752	6,270	18,810

#### 【現時点見込み】

現時点見込みの年次は固定

年度	2022 (販売開始年度を記載)	2023	2030	2050
目標単年度販売 処理水量(m <sup>3</sup> /日)	120	1,200	30,000	—
目標累積販売 処理水量(m <sup>3</sup> /日)	120	1,320	102,720	—
目標販売価格 (百万円/年)	82	817	20,427	—

- ・2050年時点見込みの推測は困難につき、「—」で表記しました。

#### ○普及におけるリスク(課題・障害)

- ・下水処理場は公共施設であり事業化に向けて、日本下水道事業団または日本下水道技術機構との共同研究により技術評価を受ける必要がある。
- ・実証試験装置(20m<sup>3</sup>/日)を実設備レベルまでスケールアップする必要がある。

### (3)技術開発成果

#### ①【これまでの成果】

・2019年度までに、嫌気性MBR(有効容量5m<sup>3</sup>)と一槽式アナモックス槽(有効容量2m<sup>3</sup>)とからなる実証機(20m<sup>3</sup>/d規模)を設計製作し、仙塩浄化センターで実下水を用いて実証試験を行った。水温25°Cで、目標値であるHRT8h、処理水BOD10mg/L以下、T-N10mg/L以下を達成した。

また、得られたデータをもとに、10,000m<sup>3</sup>/d(5,000m<sup>3</sup>/d×2系列)規模の実機の概念設計を終えた。

・実証機で得られたデータをもとに、エネルギー消費量、発生したメタンガスによる創エネ量を求め、目的であるCO<sub>2</sub>削減量を算出したところ、計画時の0.108kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>に対し0.114 kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>となった。

・本事業のPRを進めていくうちに、りんの除去・回収ニーズが予想以上に大きいことが分かった。そこで、延長申請を行い、さらにCO<sub>2</sub>が削減できるりんの除去・回収システムを開発することにした。

・2020年度は、実証に先立ち、200L規模のHAP&アナモックス槽を製作し、既存の実証機(20m<sup>3</sup>/d)に付設した。この装置を用い、さらに、小型試験機で得られた処理条件をもとにして実証実験を行った。その結果、Caを添加し、pHを調整したのち、さらに、Feを添加することによりBOD10mg/L以下、T-N10mg/L以下、T-P1mg/L以下の水質が得られ目標を達成した。処理が進むにつれ、水中のりんは、HAPとしてグラニールの表面に付着していくことから、肥厚したのちは、肥料として利用できることを明らかにした。

・2020年度は、新たにりん除去を加えたことから、再度、得られた条件にもとづき、CO<sub>2</sub>排出量からCO<sub>2</sub>削減量を算出したところ、当初目標である0.136kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>に対し、0.138kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>となり、同等以上の成果が得られた。

#### ②【エネルギー起源CO<sub>2</sub>削減効果】

【変更計画提案時】 ※実施期間中における分科会等で計画変更が認められた場合等はその設定値

開発品(装置/システム)1台当たりの単年度CO <sub>2</sub> 削減量(t-CO <sub>2</sub> /台・年)(10,000m <sup>3</sup> /台・日として)	474.5
開発品(装置/システム)の法定耐用年数	50年 15年
土木・建築設備 機械・電機設備	

年度	2022	2023	2027	2030
単年度CO <sub>2</sub> 削減量(万t-CO <sub>2</sub> /年)	0.0161	0.1615	1.3457	4.0370
累積CO <sub>2</sub> 削減量(万t-CO <sub>2</sub> )	0.0161	0.1776	3.7302	13.8228
CO <sub>2</sub> 削減コスト(千円/t-CO <sub>2</sub> )	466	466	466	466

#### 【現時点見込み】

開発品(装置/システム)1台当たりの単年度CO <sub>2</sub> 削減量(t-CO <sub>2</sub> /台・年)	503.7
開発品(装置/システム)の法定耐用年数	50年 15年
土木・建築設備 機械・電機設備	

年度	2022 (販売開始年 度を記載)	2023	2030	2050
単年度CO <sub>2</sub> 削減量(万t-CO <sub>2</sub> /年)	0.0170	0.1697	4.2417	—
累積CO <sub>2</sub> 削減量(万t-CO <sub>2</sub> )	0.0170	0.1866	14.5234	—
CO <sub>2</sub> 削減コスト(千円/t-CO <sub>2</sub> )	482	482	482	—

#### ③【成果発表状況】

<学会発表、投稿数>

年度	学会発表			投稿※
	下水道研究	水環境学会	その他	
H29年	—	3	—	—
H30年	2	4	8	8
H31年	2	3	4	2
R2年	2	3	6	3

※投稿先 ・用水と廃水 ・土木学会論文集 ・Bioresource Technology  
 ・ACS Sustainable Chemistry & Engineering  
 ・Science of The Total Environment  
 ・令和3年度は、下水道研究で1件発表し、Bioresource Technologyに1件投稿した。

# ○参考資料1 CO2削減効果について

## (1) 全体システムの試算条件

### 1) 水処理施設の設計条件

- ①設計水量 日最大処理水量 10,000m<sup>3</sup>/d
- ②水処理系列 5,000m<sup>3</sup>/d X 2系列
- ③設計水質

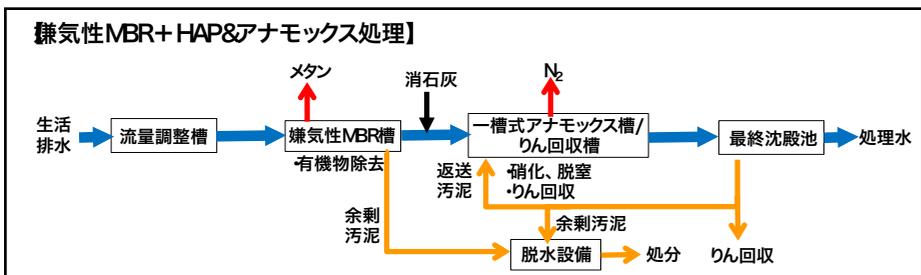
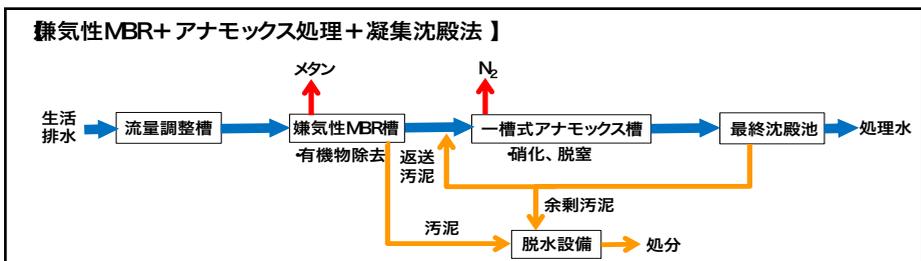
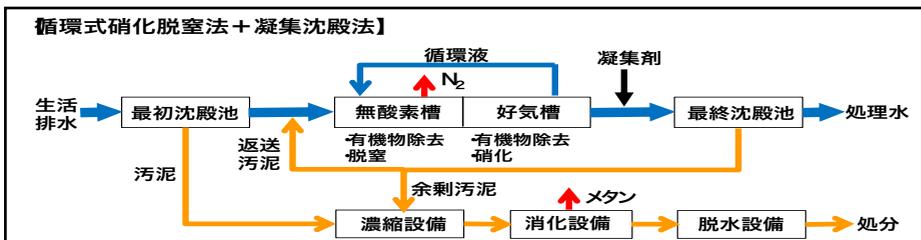
項目	流入水質 (mg/L)	流出水質 (mg/L)
BOD	200	20
CODCr	480	—
SS	200	20
T-N	33	10
T-P	5	1

2) 全体システム試算条件 実証試験結果による。

## (2) CO2削減量の試算結果

1) 比較検討した水処理プロセスを以下に示す。

比較対象は、現在主に採用されている「循環式脱窒法+凝集沈殿法」とした。



## 2) CO2排出量と削減量

処理方式	①	②	③		
			提案時 25℃	終了時	
水温 (℃)	25	25	25	20	17
エネルギー					
消費量 ① kWh/m <sup>3</sup> ※1	0.494	0.361	0.359	0.353	0.353
メタン発生量 Nm <sup>3</sup> -CH <sub>4</sub> /日 ※2	387	752	752	771	360
回収量 ② kWh/m <sup>3</sup> ※3	0.081	0.225	0.225	0.231	0.144
収支 ③ = ① - ② kWh/m <sup>3</sup>	0.413	0.136	0.134	0.122	0.209
CO2排出量					
① エネルギー消費によるCO2排出量 kg CO <sub>2</sub> /kWh ※4	0.205	0.067	0.066	0.061	0.104
④ = ③ × 0.496 kg CO <sub>2</sub> /kWh					
② 凝集剤に係るCO2排出量 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ※5	0.023	0.031	—	0.003	0.003
⑤ 消石灰に係るCO2排出量 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ※6	—	—	0.054	0.044	0.044
④) りん酸肥料製造に係るCO2排出量 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ※7	—	—	-0.022	-0.018	-0.018
⑥ 汚泥運搬によるCO2排出量 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ※8	0.0004	0.0003	0.0002	0.0003	0.0003
合計	0.2284	0.0983	0.0982	0.0903	0.1333
CO2削減量 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	—	0.1301	0.1302	0.1381	0.1141
小数点第4位四捨五入	—	0.130	0.130	0.138	0.114

特記事項: 処理方式は下記による

- ① 循環式硝化脱窒法+凝集沈殿法 (以下、循環法とする)
- ② 嫌気性MBR+アナモックス処理+凝集沈殿法 (以下、嫌気性MBRとする)
- ③ 嫌気性MBR+HAP&アナモックス処理 (以下、HAP&アナモックス処理とする)
- ④ 上記表内の※1-8については、令和2年度・成果報告書のP189を参照

## 3) 開発技術の現時点における販売見込みとCO2削減見込み

現時点見込み CO2削減量 =  (kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>) ⇒  (t-CO<sub>2</sub>/台・年) (10,000m<sup>3</sup>/台・日として)

① ② ③ ④ ①X③X④ ②X③X④

年度	単年度 処理水量 (m <sup>3</sup> /d)	累積 処理水量 (m <sup>3</sup> /d)	単年度販売 見込み*1 (台/年)	累積販売 見込み*2 (台/年)	製品の単年度 削減量 (t-CO <sub>2</sub> /台・年)	法定 耐用年数 (年)	単年度 CO2削減量 (t-CO <sub>2</sub> /年)	累積 CO2削減量 (t-CO <sub>2</sub> /年)	現時点・単年度 目標販売価格 百万円)	CO2削減量 コスト 円円/t-CO <sub>2</sub>
2022	120	120	0.012	0.012	503.7	28.07	170	170	82	482
2023	1,200	1,320	0.120	0.132	503.7	28.07	1,697	1,866	817	482
2024	2,400	3,720	0.240	0.372	503.7	28.07	3,393	5,260	1,634	482
2025	6,000	9,720	0.600	0.972	503.7	28.07	8,483	13,743	4,085	482
2026	8,000	17,720	0.800	1.772	503.7	28.07	11,311	25,054	5,447	482
2027	10,000	27,720	1.000	2.772	503.7	28.07	14,139	39,193	6,809	482
2028	20,000	47,720	2.000	4.772	503.7	28.07	28,278	67,471	13,618	482
2029	25,000	72,720	2.500	7.272	503.7	28.07	35,347	102,818	17,023	482
2030	30,000	102,720	3.000	10.272	503.7	28.07	42,417	145,234	20,427	482

## ○参考資料1 CO2削減効果について（続き）

### ○販売開始年(2022年)時点の削減効果

- ・現時点(2021年11月)においては、販売実績は無い。従って、CO2削減量も無い。2022年の販売予測:処理水量120m<sup>3</sup>/日、CO2削減量予測:170 t-CO<sub>2</sub>/年
- ・国内潜在市場規模:下水高度処理(新設及び改造分)432,600m<sup>3</sup>/日、食品廃棄物消化液処理水量1,260m<sup>3</sup>/日、ごみ浸出水処理液量(新設と改修の合計)346m<sup>3</sup>/日  
(下水高度処理市場規模は2015年国交省・下水道データに基づく推計、食品廃棄物消化液処理水量は平成25年度「食品循環資源の再利用等実態調査報告書(農水省)」に基づく推計、ごみ浸出水処理液量は「2017年版 全国都道府県別 廃棄物収集処分場・ゴミ浸出汚水処理施設建設実績・計画リスト、工業新報社」に基づく推計)
- ・販売開始年度までに期待される最大普及量:処理水量120m<sup>3</sup>/日(従来システムの販売予測は、上記の国内潜在市場規模を見込む)
- ・開発機器(システム、モデル)1台当たりのCO<sub>2</sub>削減量:503.7t/年(従来型の同様システム:833.7t/年)(1台当たりの処理流量10,000m<sup>3</sup>/日として)
- ・削減原単位:商用電力 従来のエネルギー年間消費量 1,507,450kWh/年/台、開発品による削減率:2020年70.5%、排出係数:0.496kgCO<sub>2</sub>/kWh、年間CO<sub>2</sub>削減量=503.7tCO<sub>2</sub>/年/台
- ・累積CO<sub>2</sub>削減量:170 t-CO<sub>2</sub>/年
- ・CO<sub>2</sub>削減コスト:482 千円/t-CO<sub>2</sub>

### ○2023年時点の削減効果

- ・国内潜在市場規模:下水高度処理(新設及び改造分)424,200m<sup>3</sup>/日、食品廃棄物消化液処理水量1,260m<sup>3</sup>/日、ごみ浸出水処理液量(新設と改修の合計)346m<sup>3</sup>/日
- ・2023年度までに期待される最大普及量:処理水量1,320m<sup>3</sup>/日(従来システムの販売予測は、上記の国内潜在市場規模を見込む)
- ・開発機器(システム、モデル)1台当たりのCO<sub>2</sub>削減量:503.7t/年(従来型の同様システム:833.7t/年)(1台当たりの処理流量10,000m<sup>3</sup>/日として)
- ・削減原単位:商用電力 従来のエネルギー年間消費量 1,507,450kWh/年/台、開発品による削減率:2020年70.5%、排出係数:0.496kgCO<sub>2</sub>/kWh、年間CO<sub>2</sub>削減量=503.7tCO<sub>2</sub>/年/台
- ・累積CO<sub>2</sub>削減量:1,866 t-CO<sub>2</sub>
- ・CO<sub>2</sub>削減コスト:482 千円/t-CO<sub>2</sub>

### ○2030年時点の削減効果

- ・国内潜在市場規模:下水高度処理(新設及び改造分)344,400m<sup>3</sup>/日、食品廃棄物消化液処理水量1,260m<sup>3</sup>/日、ごみ浸出水処理液量(新設と改修の合計)346m<sup>3</sup>/日
- ・2030年度までに期待される最大普及量:〇〇万台(生産能力増強計画に基づく最大生産台数。なお、従来システムの販売台数は年間〇〇台)
- ・開発機器(システム、モデル)1台当たりのCO<sub>2</sub>削減量:503.7t/年(従来型の同様システム:833.7t/年)(1台当たりの処理流量10,000m<sup>3</sup>/日として)
- ・削減原単位:商用電力 従来のエネルギー年間消費量 1,507,450kWh/年/台、開発品による削減率:2020年70.5%、排出係数:0.496kgCO<sub>2</sub>/kWh、年間CO<sub>2</sub>削減量=503.7tCO<sub>2</sub>/年/台
- ・累積CO<sub>2</sub>削減量:145,234 t-CO<sub>2</sub>
- ・CO<sub>2</sub>削減コスト:482 千円/t-CO<sub>2</sub>

### ○2050年時点の削減効果

- ・2050年時点におけるCO<sub>2</sub>削減予測は困難と判断し、試算しておりません。

## ○参考資料2 事業化計画について

### ○事業化に向けたロードマップについて

P2に記載。

#### (1) ユーザーニーズ及び市場の現状と想定される今後の動向

##### 1) 開発した技術の適用範囲と条件

- ・嫌気性MBR＋一槽式アナモックス(HAP&アナモックス)は窒素やりんといった富栄養化の原因物質等を省エネルギーで除去できると同時に、有機分をメタンガスに変換できる創エネルギーシステムでもある。
- 一槽式であるがゆえに省スペース化が図れるが、既設水処理の改築を伴い、消化設備(メタン発酵設備)が存在する場合は、嫌気MBRでの処理と重複し採用は難しい。よって、下記①を適用範囲とし、②を条件とする。

##### ① 適用範囲

- 窒素除去の必要性がある。りん除去も付加可能。
- バイオガスの回収と有効利用。
- 消費電力量の削減。ランニング経費の削減
- CO2の削減。

##### ② 適用条件

下表に示す水質等の条件を適用範囲とする。

水質	BOD	流入	50～50,000mg/L	放流	15mg/L以下
	COD		100,000mg/L		-
	T-N		50～12,000mg/L		20mg/L以下
	T-P		50～500mg/L		3mg/L以下
水温	最低水温	15℃以上(高濃度条件では加温してMLSS濃度を3%に高める)			
その他	塩分濃度	0.6%以下			

#### 2) ユーザーニーズ及び市場の現状と想定される今後の動向

##### ① 下水処理施設

- ・小・中規模(100～1,000m<sup>3</sup>/d)下水処理場では、バイオガス回収と有効利用は消化設備のインシヤルコストの問題で進んでいないのが現状。開発技術は、嫌気性MBRと一槽式アナモックス処理を個別に導入することも可能である為窒素除去を望まない自治体も対象となり得る。システムの導入メリットを推奨し、今後、水処理の更新需要時に本技術採用に向けたアクションを進めて行く。
- ・大規模(5,000m<sup>3</sup>/d以上)下水処理場は、設備の老朽化による更新が期待でき、水処理系列の更新に合わせて開発システムをPRする。

##### ② 下水以外への適用について

- ・ごみ処理浸出水処理  
嫌気性MBRはBOD,COD処理には有効であるが、規模が小さく回収エネルギーの利用は難しい。一槽式アナモックスによる窒素除去を主体に適用可能と判断し、PRする。
- ・食品廃棄物処理  
対象によって水質は大きく異なる。適用可能と判断される案件に対してPRを行う。
- ・し尿処理場  
生し尿と浄化槽汚泥の比率により、排水処理の流入水質が大きく異なるので、流入条件を確認する必要がある。また、アンモニア性窒素が3,500mg/L以上となる場合は、嫌気性MBRはアンモニア阻害を受ける可能性が有る。この場合でも一槽式アナモックスによる窒素除去は有効であり、PRする。
- ・産業廃棄物  
種目が多く、一概に開発システムの適否を提示できない。排水処理の入口、出口条件を確認して、適用可能な場合には積極的にPRする。

#### (2) (1)を踏まえたコスト目標と事業採算性の見直し

##### ① 本開発技術と従来法に関する建設費と維持管理費について

- ・本開発技術と従来法(循環式硝化脱窒法＋凝集沈殿法)の建設費と維持管理費は、下水処理量 日最大処理水量10,000m<sup>3</sup>/d (5,000m<sup>3</sup>/d X 2系列)新設のケースについて、試算済み。

表 本開発技術の建設費

従来法の建設費 (百万円)	本開発技術の建設費 (百万円)	
	提案時	終了時
7,770	6,270	6,809
(100)	(81)	(88)

( ) 内数値は、比率

表 本開発技術の維持管理費

従来法 (百万円/年)	本開発技術 (百万円/年)	
	提案時	終了時
168	157	173
(100)	(94)	(103)

( ) 内数値は、比率

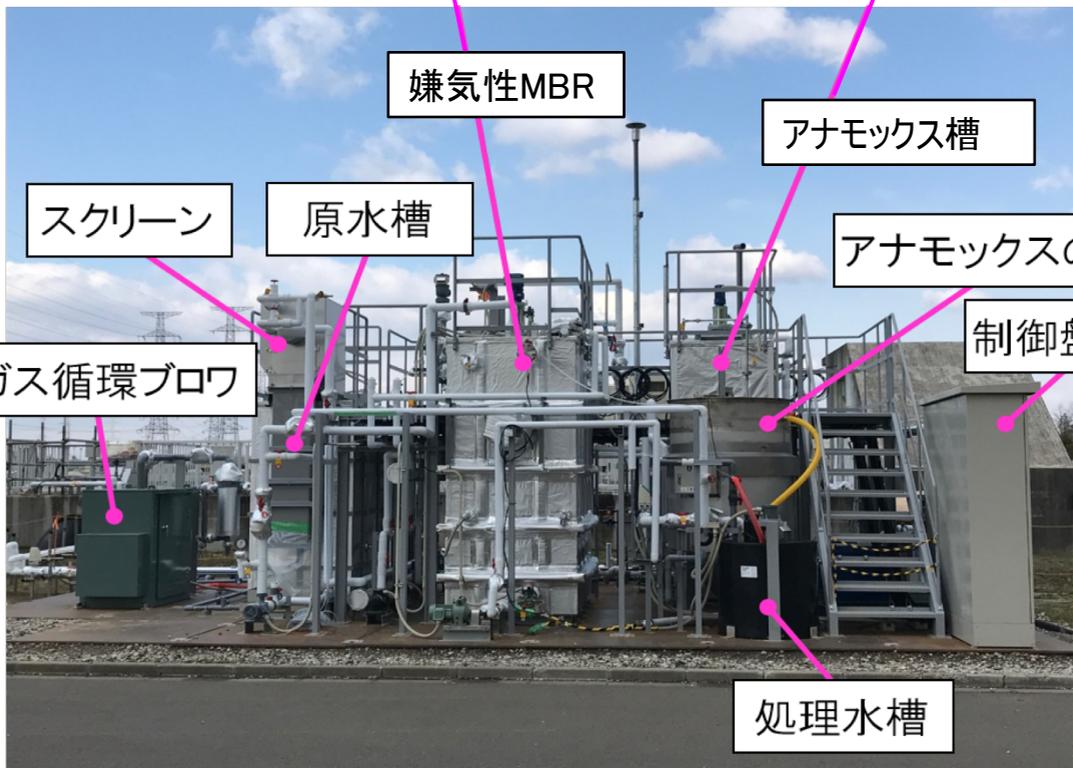
- ・上記試算を参考に、本開発技術のPRを通して得た引合案件に対して、都度、引合案件条件に対応したFSを実施し、事業採算性を見極める。

# ○参考資料3 その他 (1/3)

アナモックス菌



膜モジュール



スクリーン

原水槽

嫌気性MBR

アナモックス槽

アナモックスの沈殿槽

制御盤パネル

処理水槽



(嫌気性MBR内に設置した中空糸膜モジュールには膜面積6m<sup>2</sup>の膜エレメントが12枚セットされている。中空糸膜はPVDF製、外径2.8mm、細孔径0.4μmのMF膜である。)

バイオガス循環ブロウ

(実証機のアナモックス槽内には、中空円筒担体(PP製、10mmX10mmL)を充填(充填率20%)して、流動床方式で処理を行った。283日間処理した担体を半割した写真。担体の内側に、朱色がかかったアナモックス菌が付着増殖していることが分かる。)

写真1. 実証機の外観 (2019年度まで)

(下水処理場の沈砂池を通過した下水原水は、スクリーンでしさを除去した後、原水槽→嫌気性MBR→アナモックス槽→沈殿槽→処理水槽の順に連続的に流れて処理されます。)

# ○参考資料3 その他 (2/3)

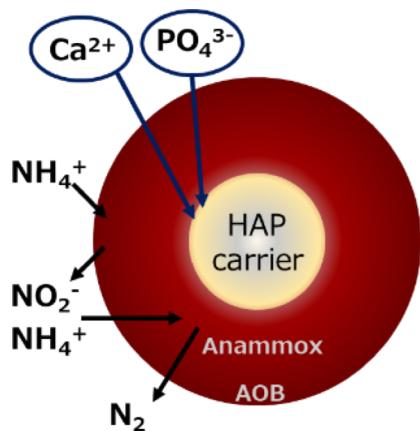
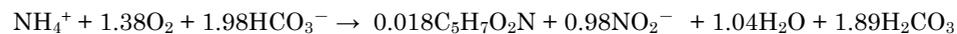


図3 窒素除去・リン回収の原理

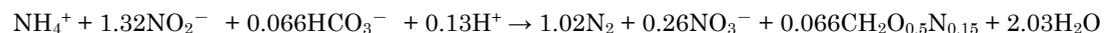
・HAP (Hydroxyapatite) 反応



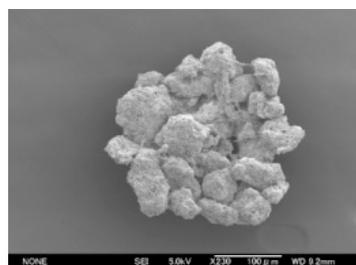
・アンモニア酸化細菌 (AOB) による反応



・アナモックス (Anammox) 反応

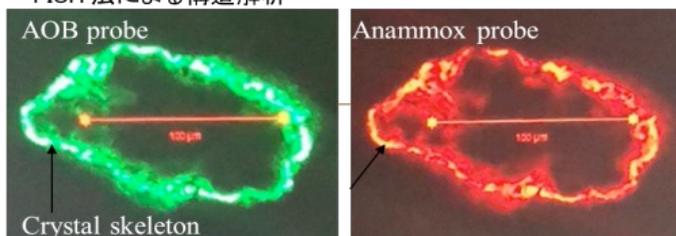


( HAPを核として、その周囲にAnammox菌とアンモニア酸化菌(AOB)が付着増殖し、この菌層に処理対象排水中のNH<sub>4</sub><sup>+</sup>が取り込まれてN<sub>2</sub>に脱窒される様子を描いた模式図。また、HAP&アナモックスによる脱窒とリン回収に係る化学反応式。)



( グラニュールの電顕写真 )

FISH 法による構造解析



アンモニア酸化細菌

( 緑色の部分 )

アナモックス菌

( 朱色の部分 )

写真7 培養したHAP&アナモックス・グラニュールの電子顕微鏡写真 (2020年度)



写真6 グラニュール培養実験装置の写真 (2020年度)

( 反応槽 I として使用した60Lバケツ。朱色がかった培養液からアナモックス菌が培養されていることが分かる。)

# ○参考資料3 その他 (3/3)

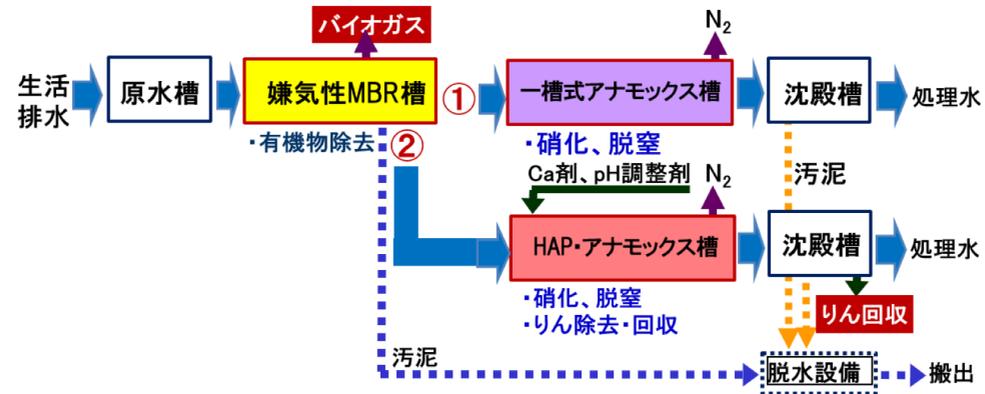


図6 実証用装置全体の概略フローシート (2020年度)

(2020年度には、HAP&アナモックス槽を実証機に付加して、嫌気性MBR+ HAP&アナモックス処理実験を行った(経路②)。併せて、2019年度迄に実施した嫌気性MBR+一槽式アナモックス処理(経路①)の追加実験(低水温における性能確認等)を行った。

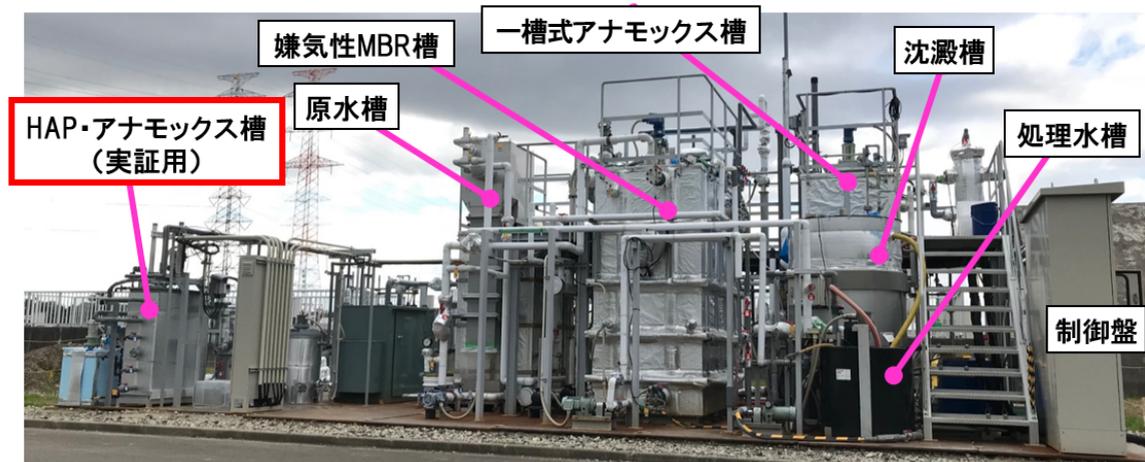


写真10 実証用装置の全景写真 (2020年度)

(正面向かって左手に、2020年度に付加したHAP・アナモックス槽(有効容量 200L)が見える。)

## CO2排出削減対策技術評価委員会による終了課題事後評価の結果

- ・ 評価点 7.2点 (10点満点中。(10点:特に優れている、8点:優れている、6点:問題ない、4点:多少問題がある、2点:大きな問題がある))
- ・ 評価コメント

### [評価された点]

- 省エネルギー型生活排水処理システム、嫌気性MBRリアクターを用いたのバイオガス回収、窒素除去のアナモックス処理およびリン回収を行うという3つの環境改善に関わる技術開発として、目標に掲げた処理性能をほぼ達成したことは評価できる。特に、計画変更(1年延長)でリン除去を目指したシステムに変更した実証も短時間で達成できたことは評価できる。
- 実下水を用いて技術開発目標を達成し、アナモックス菌の安定供給も確立しており、事業化に必要なレベルに到達したことは評価できる。また、回収したリンを肥料として使うことにより、システムが完結することも魅力的である。嫌気性MBR、アナモックス処理を必要に応じて採用することで、下水以外の多様な排水に適用する可能性も示している。

### [今後の課題]

- 当面は大規模下水処理とは異なる市場が対象になると思われるが、CO2排出削減効果の面からも大型化が課題となる。
- 窒素除去を必要としない自治体に対しては、嫌気性MBR+アナモックス処理は実用化という点でメリットが少ない。下水以外への適用も含めて、嫌気性MBR+アナモックス処理のニーズがある自治体を調査し明らかにするとともに、アナモックス処理不要とする自治体への提案を含めて、事業化の現実的な見込みを検討することが必要である。
- 下水処理施設は更新等のスケジュールはある程度決まっており、それに合わせて技術評価の取得やコスト等を含めたユーザーニーズとの調整が必要となる。また、他の技術との競合が想定されることから、優位性が発揮できる対象やニーズなど事業化への道筋を明確にする必要がある。

### [その他特記事項]

- 大学が共同実施者に加わったこともあり、学術領域を含め発表実績が多いことは評価できる。

### [事業化に向けたコメント]

- 4つ目の環境改善として下水の再利用という観点を加え、高度処理水の再生利用という付加価値をつけて用途を広げることも方向性としてあり得ると思われる。
- 2022年度に小規模生活排水処理装置を受注するとしているが、これに向けた取り組みを進めることが必要である。また、当該技術の下水道分野での認知度・評価の向上に努めるとともに、脱炭素に向けた排水処理施設の改造方針等を示すよう戦略的に政府に働きかけることも一案である。
- 地球温暖化対策推進法改正や脱炭素先行地域等の動き等、自治体側の脱炭素ニーズは日々流動的であり、バイオマス発電や下水処理由来CO2排出量の削減が急浮上する可能性がある。営業体制の強化によりこれらのニーズの顕在化をいち早く察知できる体制の整備に努めることが必要である。