

インドネシア・バリ州における 液膜曝気システムとIoT監視センサー導入による 生活排水の適正管理事業

株式会社アースクリエイティブ

事業概要

実施する国／地域名：インドネシア国バリ州

実施目的：

- ・ 液膜曝気システムとIoT監視センサー導入効果の検証と生活排水の適正管理事業に対するビジネス持続性の実証

活動内容：

1. 既存の生活排水処理施設で問題を抱えている施設に液膜曝気システムとIoT監視センサーを導入し、処理能力を改善し、安定した処理ができるようにする。
2. 既存、新設を問わず、生活排水処理が現地基準を満たすような適正管理技術を提供する。
3. 現地の水処理に関わる技術者や行政担当者の能力向上と適用技術の広報を兼ねたセミナーを継続的に実施する。
4. 上記サービスの提供ビジネスをモデル化してインドネシア国内への水平展開計画を策定する。

適用する技術等：

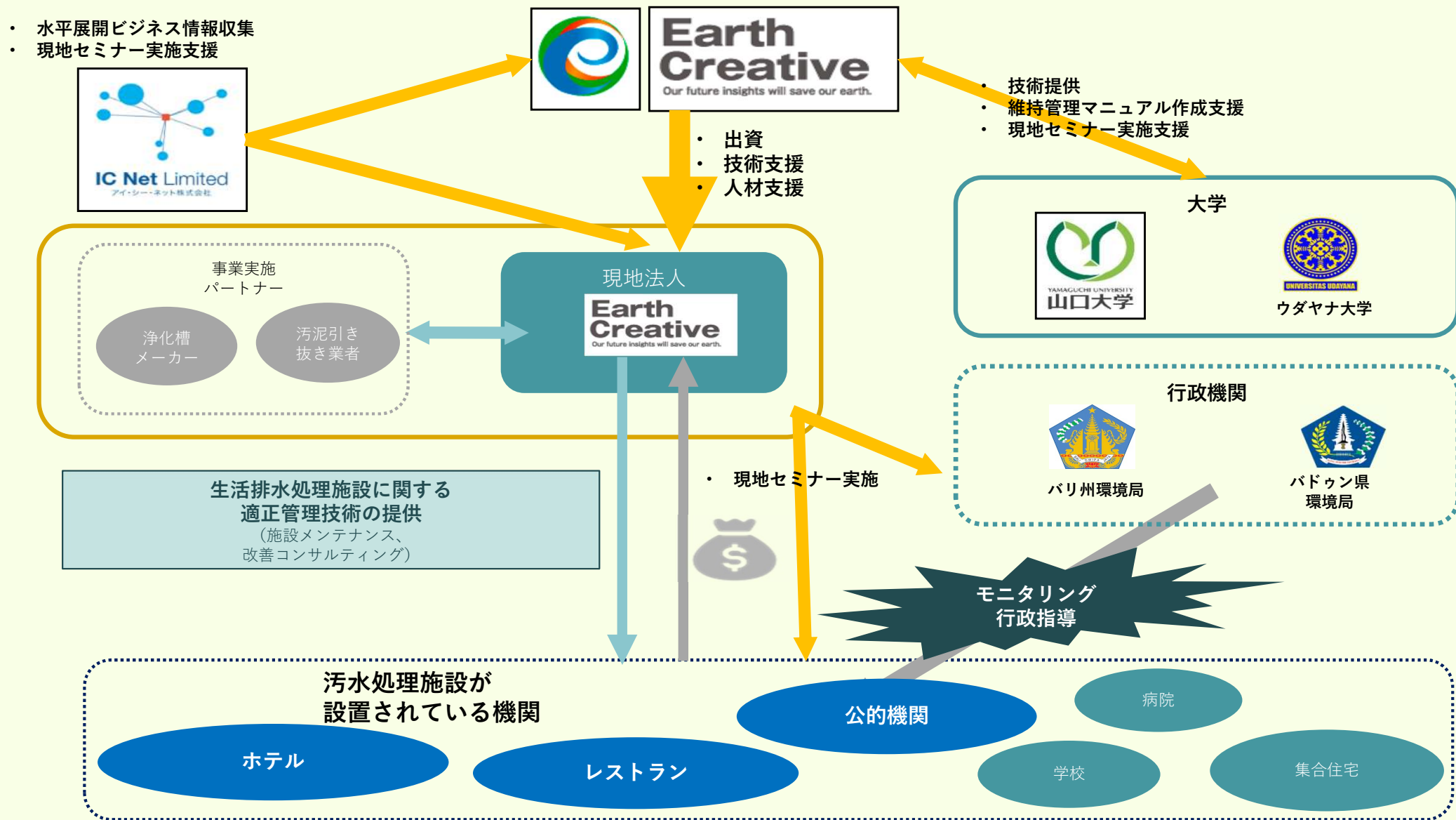
1. 液膜曝気システム
2. IoT監視センサー
3. 生活排水処理施設の日本型管理技術

期待される成果：

- ・ 安定的に排水基準を満たすことができる生活排水処理施設の増加とそれによる周辺地域の水環境の改善

事業概要 実施体制

ビジネスモデルの概要



事業実施地域の状況・課題

●生活排水処理に関するインドネシア及びバリ州の現状

①人口・観光客増加による公的水域の水質悪化

- ・バリ州では、人口や観光客の増加により、公的水域（河川や周辺海域）における**水質悪化が加速**している。州都・デンパサール市は5年で10%以上の増加率を示し、隣接するバドゥン県も世界的に有名な観光地を多く有し、年間500万人の外国人観光客が訪問している（インドネシア全体の外国人訪問者数の約41.6%・2019年）。
- ・デンパサール市では3地区において下水道の整備が進められているが、敷設地域が未だ限定的にも関わらず、すでに**下水処理場の処理許容量を超えた排水が流入**している。このため、排水発生場所で適切な処理を実施することは引き続き重要である。
- ・観光客向けのホテルは、一日あたりの排水量が多いため、これまでも浄化槽などの排水処理施設を独自に設置している。しかし、**メンテナンスが適切に行われておらず、状況に応じた管理も実施できていないため、適切に処理されない排水が放流されている**こともしばしばである。

②行政機関による水質改善に向けた対応

- ・バリ州において、ビーチなどの自然景観は主要な観光資源であるため、**水質環境の改善は行政機関にとっても最重要課題**である。州では国よりも厳しい独自の排水基準を設定している。
- ・ホテルなど中・大規模商業施設に対しては、専門検査機関による水質分析結果を月に一度提出するよう義務付け、排水基準を満たしていない施設には、**改善命令や排出禁止などの行政処分**を行っている。

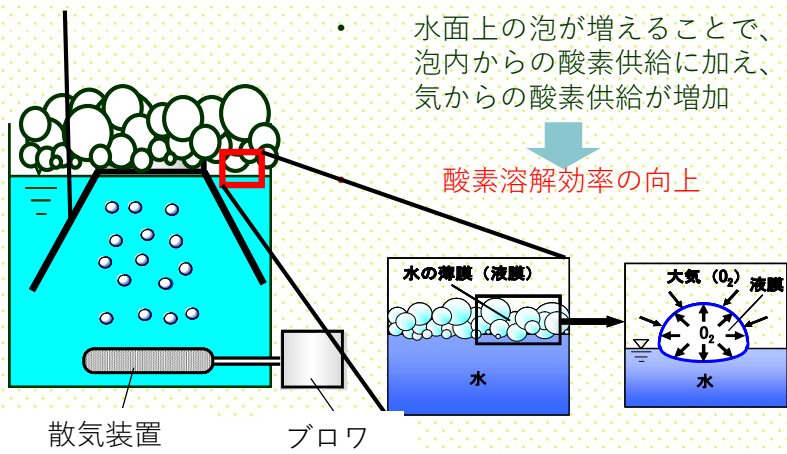
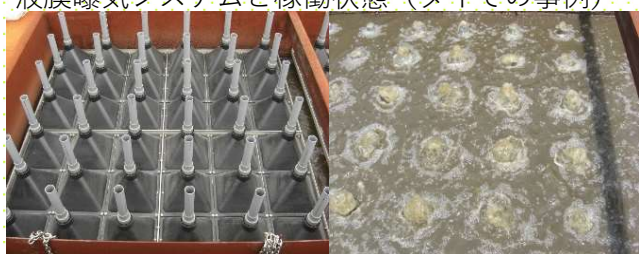
FS調査の実施

予定
 実績

実施内容		2019年			2020年		
		1年目					
		10月	11月	12月	1月	2月	3月
当事業に関する活動							
1. 液膜曝気システム設置とIoT監視センサーに関する活動	導入候補と施設の現状把握、仕様設計確認 来年度協力取付け						
	液膜曝気システム、IoT監視センサーの試験的導入とフィードバック収集						
	公共施設への導入可能性調査						
2. 適正管理技術の導入に関する活動	排水基準を満たしていないとされた污水处理施設に対する改善策の提案						
	提案した改善案の評価と実施可能性の確認						
3. 行政との関係構築、および水平展開に関する活動	当局と連携した能力向上セミナーの開催（国内はセミナー内容の作成）						
	バリ州内他県での状況調査およびインドネシア他州での可能性確認のための基礎調査						
当事業に関する報告							
4. 報告書の作成及び報告会の実施							

FS調査の進捗 液膜曝気システム設置とIoT監視センサーに関する活動

● 現時点で導入を予定している技術の概要

技術	1. 液膜曝気システム	2. IoT監視センサー
特長	DO値の上昇による処理能力の改善/電気使用料の削減/既存施設への取付容易さ/現地適正化による低コストでの導入	24時間オンライン監視/現地適正化による導入および運用コストの低さ/仕様変更の容易さ/既存施設への取付容易さ
技術詳細	液膜曝気システム - 水面上に液膜（水の泡）を形成 - 水面上の泡が増えることで、気泡内からの酸素供給に加え、大気からの酸素供給が増加 酸素溶解効率の向上  散気装置 ブロワ 液膜曝気システムと稼働状態（タイでの事例） 	水質センサー 取付部  水質センサー制御装置  現場通信装置 設置状況  クラウド上で確認できるデータ（仕様変更の可能性有） 

● 類似案件への適応事例

- 液膜曝気システム：①下水処理施設における実証事業（平成20-22年度山口県宇部市・下水道事業団委託事業）
②タイにおける液膜式酸素供給方法のエビ養殖池への適用（平成23-25年度 三井物産環境基金助成研究）
- IoT監視センサー：平成30年度山口県支援助成金を活用し、プロトタイプの製造が完了し、テスト段階にある
- メンテナンスサービス：JICA委託事業「インドネシア国バリ州における浄化槽の包括的な維持管理体制の構築による水環境改善案件化調査（2017～2018年）」におけるバドゥン県でのメンテナンスサービスのビジネス可能性調査

FS調査の進捗 液膜曝気システム

- 液膜曝気システム適用可能性テストを実施
- ポリタンクに曝気槽の汚泥を溜め、DOを測定0.07を確認。
電磁ブロワを使い液膜を通して曝気し、曝気を始めて2分30秒後にDO4.37を確認した

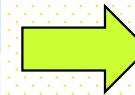


今年度の現地における液膜曝気システムの効果試験結果

- Ayana Resort& Spa Hotel（以下、アヤナホテル）にて、**3連と5連の液膜ユニットを曝気槽に設置**し、実証実験を実施。来年度の長期実証試験のための基礎情報を収集した。
- 液膜ユニット部分のみ日本から持ち込み、送風機やパイプなどは現地調達してそれぞれ2機のユニットで1セットとなる装置を現場で組み立て**曝気槽に3連2セットと5連2セット**を投入した。（ユニットサイズによる効果を見るため**途中でセットを交換**した。）
- 既存の200W、240Wの**送風機を各装置に直結して送風**した結果が下の表である。（詳細の配置図や処理水のフローは次のページ参照）。

液膜装置導入によるDO値の変化

2020年2月8日 3連液膜2ユニット設置	2020年2月12日 5連液膜2ユニットに交換	2020年3月2日 AS-25に切替（液膜ユニットなし： 対照実験）
導入前：DO 1.7mg/Lから （4日後） 2/12 DO 3.1mg/Lに上昇	2/12 DO 3.1mg/Lから （7日後） 2/19 DO 4.4mg/Lに上昇	3/2 DO 5.2mg/Lから （2日後） 3/4 DO 3.9mg/Lに低下



液膜曝気システムの効果が確認された。



5連ユニットと3連ユニットのセット



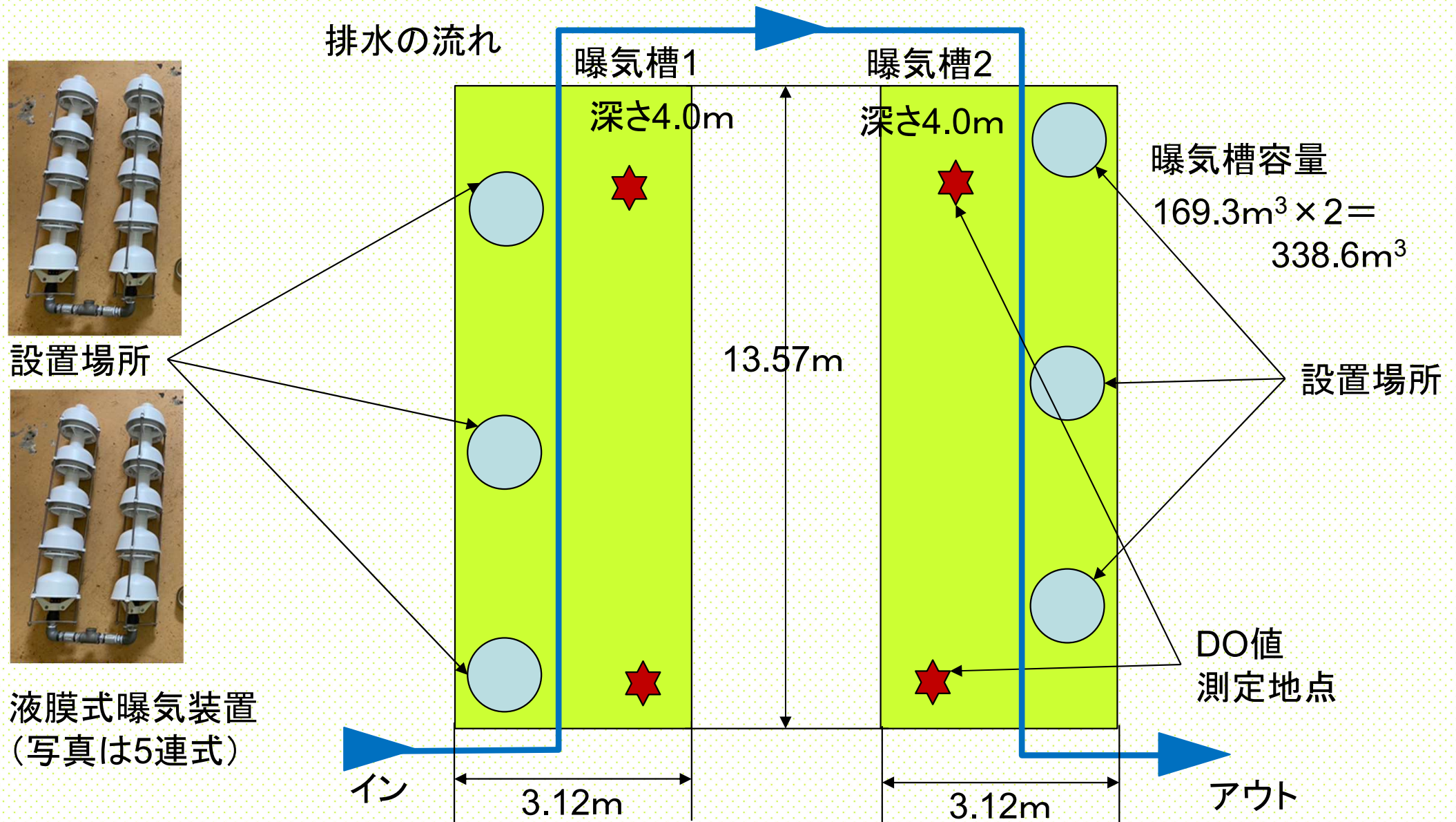
5連液膜装置への交換の様子



AS-25

FS調査結果 液膜曝気システム

現地における液膜曝気システムの効果試験結果



類似案件へのIoTセンサー適応事例

- アースクリエイティブ社での設置実績

リアルタイム監視の画面（2020.2）



- 異常発生時にメールの自動送信機能追加中
- 現地（アヤナホテル）への導入見込み（2020.5を予定：電波法の無線使用許可（3G）を取得次第）

実証事業計画（2年目）



事業活動



自主的活動

実施内容		2020年									2021年		
		2年目											
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
当事業に関する活動													
1. 液膜曝気システムによる浄化槽能力向上	排水処理施設での長期実証試験（アヤナホテル→ウダヤナ大学病院												
	上記試験のフィードバックによる適切な設置方法、運用方法の確立												
2. IOTセンサーの活用によるメンテナンスの効率化	排水処理施設でのデバイス長期耐久試験（ウダヤナ大学病院）												
	業務効率化を高めるためのアプリケーション開発（改良）												
3.排水処理施設管理者の技術向上のための研修	排水処理施設管理者、管理行政官、大学生を対象にした短期研修の実施												
	研修用テキストの作成												
	研修ガイドラインの作成												
4. 水平展開のための調査、営業活動	バドゥン県内、既存施設への課題聞き取り（営業）												
	バリ州全域の排水処理施設調査												
当事業に関する報告													
5. 報告書の作成及び報告会の実施（想定）													

実証スケジュール（コロナ影響にて遅延）

実施内容		2020年					2021年							
		2年目												
		8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月
0. 契約工程														
1. 計画準備														
2. 実証試験の実施	2-1-1. 既存施設の水質現状調査													
	2-1-2 実証試験に向けた液膜曝気システム、実証施設の準備													
	2-1-3 施設での液膜曝気システム実証試験													
	2-1-4 処理水質改善効果の確認調査													
	2-1-5 実証試験の評価													
	2-1-6 実証試験のフィードバックによる適切な設置方法、運用方法の確立													
	2-2-1. 実証試験に向けたIoTセンサー、実証施設の準備													
	2-2-2. 実証施設でのデバイス長期耐久試験													
	2-2-3. 実証試験の効果確認													
	2-2-4. 業務効率化のためのアプリケーション改良													
3. 排水処理施設管理者の技術向上のための活動														
4. 政府・企業等関係者との連携構築														
5. 水平展開のための調査、営業活動														
6. 事業計画書の再検討														
7. 「アジア水環境改善ビジネス展開促進方策検討会」での報告														



事業内活動



自社活動

液膜曝気システムの実証

ウダヤナ大学病院の排水処理 浄化槽施設

浄化槽 全景(空撮)



液膜曝気システムの実証

ウダヤナ大学病院の排水処理 浄化槽施設

- A: Inlet
- B: Equalization
- C: Aeration 1
- D: Aeration 2
- E: Clarifier 1
- F: Effluent 1
- G: Effluent 2
- H: Clear Water

液膜曝気ユニット
5連タイプ
設置場所: C、D

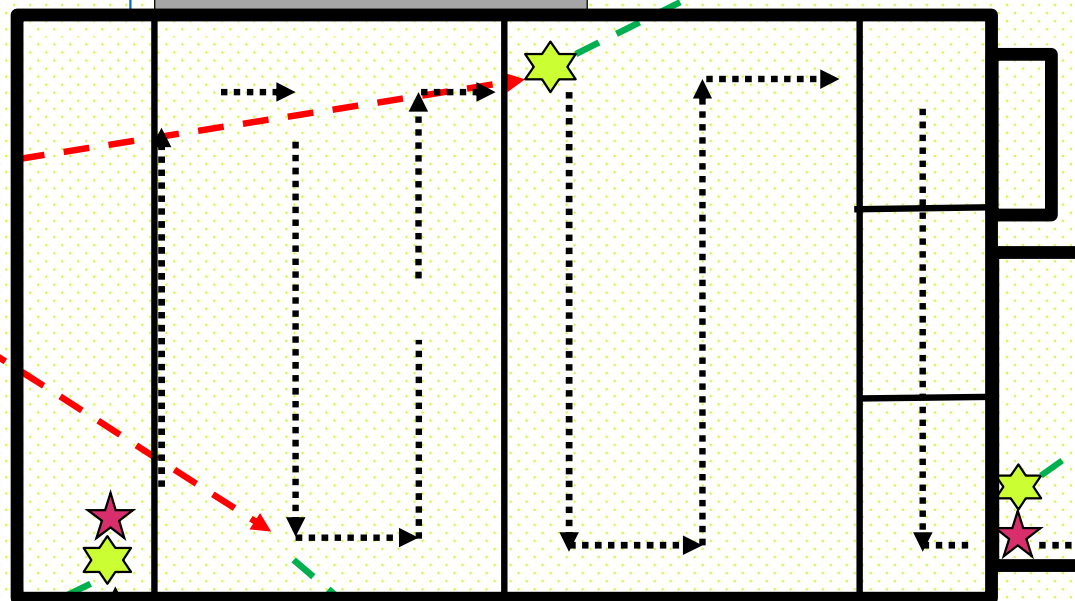


IoTセンサー
A地点



深さ
2000cm

Aeration Tank



流入口

曝気ユニット
C地点



曝気ユニット D地点



IoTセンサー D地点



IoTセンサー
H地点



出水口

★ 採水地点

採水スケジュール
(事業期間中)
流入水(A) 計3回
放流水(H) 計3回

★ IoTセンサー設置地点

IoTセンサー
D: pH 水温 DO
A&H: pH 水温

↑
汚水処理の流れ

水質検査

- 水質検査項目はインドネシア基準（バリ州特別基準含む）の項目および実証調査用を同時に測定。（DO値はバリ州に基準がないため自主計測）
- 現状調査以降、液膜曝気システム設置後含めた実施期間を通じての測定も同じ項目を測定予定。
- 計測期間は、2020年8月から2022年3月（以降も継続予定）

検査項目	バリ州基準	外部検査		IoT計測	仕様書
		流入水	放流水		
TSS	50mg/L	3回	3回	－	✓
pH	6~9	3回	3回	常時	✓
NH3-N	10mg/L	3回	3回	－	✓
BOD	28mg/L	3回	3回	－	✓
COD	50mg/L	3回	3回	－	✓
MBAS（表面活性剤）	5mg/L	3回	3回	－	✓
油脂	10mg/L	3回	3回	－	✓
DO	－	－	－	常時	なし

IoTセンサーの実証

- ウダヤナ大学病院浄化槽で2021/1/5より実地での検証を行ない、2020年6月に、改良型に入れ替えた。本年度は、引き続き長期耐久性とセンサー劣化などに関するデータを収集して、事業計画の精緻化を進める。
- Webカメラで排水を直接監視できるように、IoTシステムをバージョンアップしているので、仕様を確定する。
- 本年度は仕様を確定して、事業終了後(2022年4月以降)のビジネス展開に備える
- IoTセンサーと現場でのハンディ測定器との差は、DOで ± 0.7 以内、pHは ± 0.5 以内に収まっている。これ以上精度を上げるには高価なセンサーが必要になり、導入コストをカバーできない。現在のセンサーは、日の変動の傾向や大きな変化を捉えられることが目的なので、そのための十分な精度は維持している。
- 現在の測定頻度は毎分1回だが、実際には設置初期は5分ごと、その後、流入状況や設備の癖などが明らかになれば、15分ごとから30分ごとぐらいの頻度にする予定。

IoTセンサー取付け



IoTセンサー基盤
旧型 新型



IoTセンサーの実証

● センサー監視用ソフト(Webブラウザ)上のユーザーインターフェース



基本画面

Webブラウザ利用のため、OS(Windows、Appleなど)や機器PC、スマートフォン、タブレットなど)を選ばず確認可能



カーソルを置いた時点の数値が確認可能



グラフの期間は自由に選択できる。

サーバにデータがある限り過去まで戻って計測値を確認可能



マウスで好きな期間を選んで変更することも可能

マウスをドラッグしての選択状態。このまま、マウスボタンを放すと、この期間が拡大表示される。

実施内容		2021年	2022年			
		3年目事業				
		12月	1月	2月	3月	
当事業に関する活動						
1. 液膜曝気システムによる浄化槽能力向上	排水処理施設での長期実証試験（ウダヤナ大学病院）					
	上記試験のフィードバックによる適切な設置方法、運用方法の確立					
2. IOTセンサーの活用によるメンテナンスの効率化	排水処理施設でのデバイス長期耐久試験（ウダヤナ大学病院）					
	業務効率化を高めるためのアプリケーション開発（改良）					
3. 排水処理施設管理者の技術向上のための研修	研修用テキストの作成					
	研修ガイドラインの作成					
4. 水平展開のための調査、営業活動	普及展開セミナーの開催					
	事業戦略の策定					
当事業に関する報告						
5. 報告書の作成及び報告会の実施						

水質検査

実証試験における外部水質検査の結果

日付	検査結果													
	流入下水							処理水						
	TSS (mg/L)	pH	アンモニア (mg/L)	MBAS (mg/L)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	油脂 (mg/L)	TSS (mg/L)	pH	アンモニア (mg/L)	MBAS (mg/L)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	油脂 (mg/L)
2022/1/18	1.8	8.47(L) 8.31(I) 8.23(H)	0.087	ttd	23.35	28.00	1	14.3	8.34(L) 8.11(I) 6.15(H)	ttd	ttd	15.57	20.00	5
2022/1/25	1.0	8.38(L) 8.00(I) 8.18(H)	ttd	ttd	19.46	28.34	9	1.2	9.25(L) 8.37(I) 9.20(H)	ttd	ttd	15.57	21.67	11
2022/2/2	7.4	8.70(L) — (I) 7.60(H)	0.026	ttd	9.73	20.01	15	9.6	8.49(L) — (I) 8.10(H)	ttd	ttd	7.78	13.34	17

pH:上段・ラボ 中段・IoT 下段・ハンディ MBAS:界面活性剤 ttd:検出せず

液膜曝気システム導入によるランニングコスト削減(予測)

液膜曝気システム導入によるDOの向上によるランニングコスト削減は、主に、曝気を間欠曝気にする事で削減される電気代で決まる。
しかし、どの程度、曝気を止められるかは流入下水の量や汚染度、また停止時間による電気代の削減費はブローアサイズによりまちまちであり、個々のケースで大きな違いがあるため、平均などを定量的に示すのは難しい。
現在のウダヤナ大学病院を例にして、以下に、ブローア停止時間とそれによる電気代の削減分を一覧にする。

基本情報

送風機:3 kw/h
電気代:Rp1,444/kw/h
為替レート:0.008ルピア/円

停止時間	削減額 (ルピア/日)	削減額 (ルピア/月)	削減額 (円/月)
1 h	Rp 4,332 /日	Rp 129,960 /月	¥1,040 /月
2 h	Rp 8,664 /日	Rp 259,920 /月	¥2,079 /月
3 h	Rp 12,996 /日	Rp 389,880 /月	¥3,119 /月
6 h	Rp 25,992 /日	Rp 779,760 /月	¥6,238 /月
9 h	Rp 38,988 /日	Rp 1,169,640 /月	¥9,357 /月
12 h	Rp 51,984 /日	Rp 1,559,520 /月	¥12,476 /月
15 h	Rp 64,980 /日	Rp 1,949,400 /月	¥15,595 /月

普及展開セミナー

- 2022年2月7日 オンラインで開催

発表者

- Dr. I Nyoman Gede Antara (ウダヤナ大学 学長)
- 川島 弘靖 (環境省)
- Drs. Herry Hamdani (インドネシア環境林業省)
- 栗原 和実 (PT. Earth Creative Indonesia, Earth Creative)
- Prof. Wayan Budiarsa Suyasa (ウダヤナ大学)
- 今井 剛 (山口大学)
- Dr. Eng Ni Nyoman Pujaniki. (ウダヤナ大学)
- Akhmad Rivai (PT. Earth Creative Indonesia)

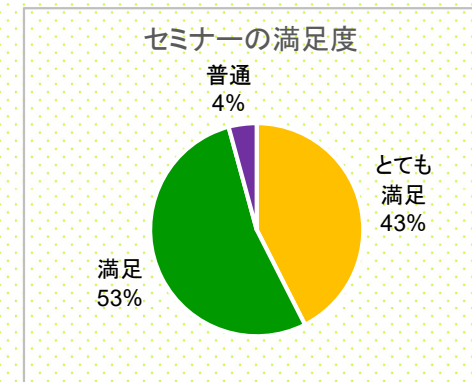
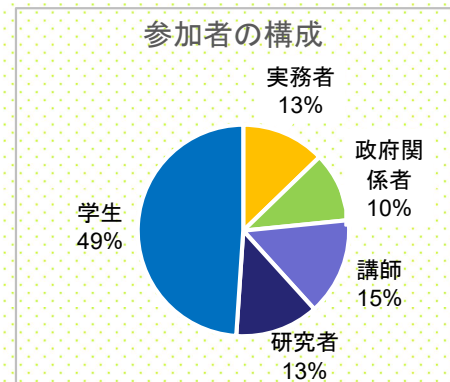
告知リーフレット



セミナー 式次第

Time (JKT/GMT+7)	Agenda
14:00 - 14:05 JKT	Welcome speech (5 min)
14:05 - 14:10 JKT	Prof. Dr. Ir. I Nyoman Gede Antara, M.Eng. (Rector of Udayana University)
14:10 - 14:15 JKT	Opening Remark (5 min)
14:15 - 14:20 JKT	Mr. Karubaya Heryana (MOR)
14:20 - 14:30 JKT	7:00 (20 min)
14:30 - 14:40 JKT	Dr. Herry Hamdani (KIRK, Jakarta)
14:40 - 14:50 JKT	"Development and application of Liquid Film Forming Apparatus for high-efficiency oxygen supply in wastewater treatment" (20 min)
14:50 - 15:00 JKT	Prof. Wayan Budiarsa Suyasa (Udayana University)
15:00 - 15:10 JKT	Management Strategy of Water Quality
15:10 - 15:20 JKT	"The case of Batur Lake in Bali" (20 min)
15:20 - 15:30 JKT	Prof. Wayan Budiarsa Suyasa (Udayana University)
15:30 - 15:40 JKT	Break
15:40 - 15:50 JKT	Balinese Local Wisdom for Water Conservation (20 min)
15:50 - 16:00 JKT	Dr. Eng Ni Nyoman Pujaniki, ST., MT., M.Eng. (Udayana University)
16:00 - 16:10 JKT	WWTP Operation and Maintenance with IoT and Liquid Film Aerator
16:10 - 16:20 JKT	(Operational dan Pemeliharaan TPAI dengan IOT dan Liquid Film Aerator) (20 min)
16:20 - 16:30 JKT	Mr. Karubaya Heryana and Mr. Akhmad Rivai (PT. Earth Creative)
16:30 - 16:40 JKT	
16:40 - 16:50 JKT	
16:50 - 17:00 JKT	
17:00 - 17:10 JKT	
17:10 - 17:20 JKT	
17:20 - 17:30 JKT	
17:30 - 17:40 JKT	
17:40 - 17:50 JKT	
17:50 - 18:00 JKT	

- セミナー 参加者59名



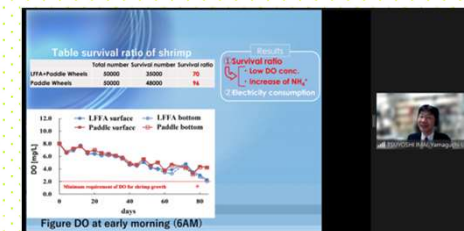
Prof. Dr. Ir. I Nyoman Gede Antara
ウダヤナ大学学長による
開会の辞



環境省 川島氏
挨拶



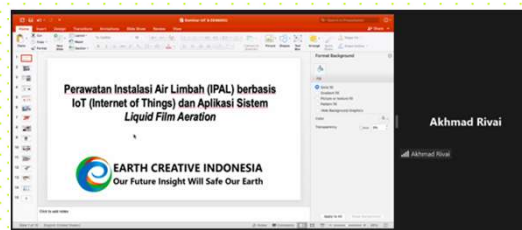
Prof. Wayan Budiarsa Suyasa
発表



今井 剛 教授
発表



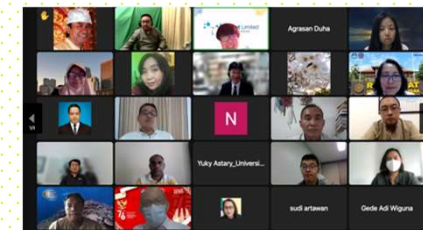
アースクリエイティブ インドネシア
栗原社長 挨拶



アースクリエイティブ インドネシア
リーバイ氏 発表



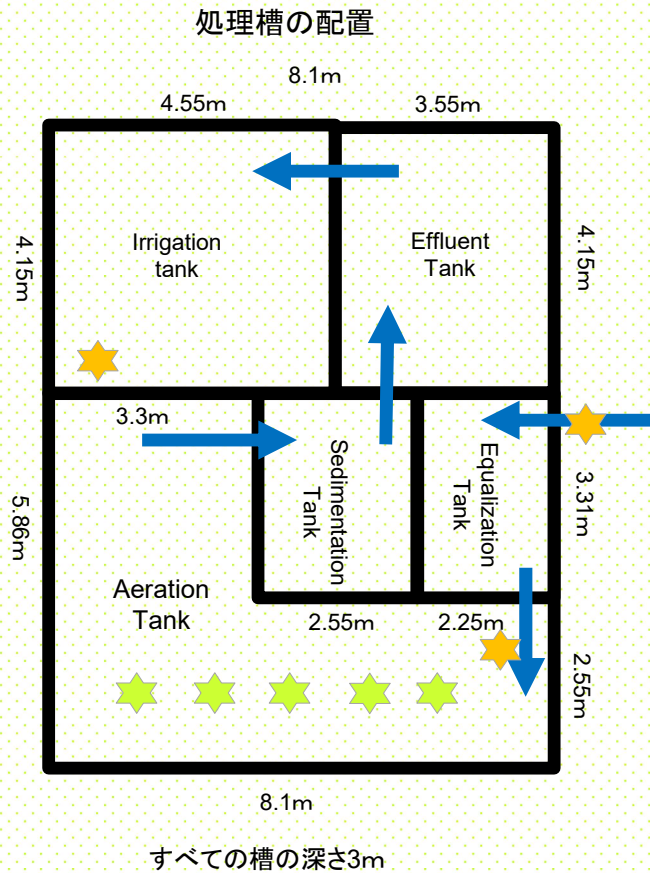
質疑応答



参加者 記念撮影
(一部)

ビジネス展開

BVLGARI Resort Bali ブルガリ リゾート バリ



★ 液膜曝気システム設置場所

★ IoTセンサー設置場所



液膜曝気システムとIoT監視システム



液膜曝気システム
(3連ユニット)



IoT監視システム制御盤の設置



メンテナンスMOU



IoT監視システム

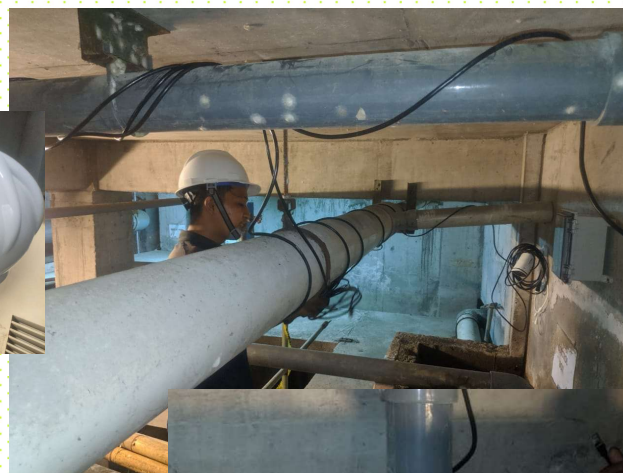
ビジネス展開

Holiday Inn Resort Baruna Bali ホリディ・イン リゾート バルナ バリ

データ送信部とセンサー制御部の接続



IoTセンサー
データ送信部



センサー制御部



センサー制御部とセンサーの接続・電源接続



センサー本体

今後の事業展開

事業展開

- ・ 現在、インドネシアバリ島はアスターコロナで、観光客が少しずつ増加しており、2年間稼働していなかったホテルが動き出し、浄化槽の設備故障が多発しており、現在は浄化槽修理案件の受注が増加

項目		2022年	2023年	2024年	2025年	2026年	
浄化槽メンテナンスサービス							
	総契約数 (契約実績)	8 (5)	18 (6)	48	108	208	単価 5 万円/月
	売上高① (売上実績)	4,800 (3,000)	10,800	28,800	63,600	124,800	千円
その他サービス							
	lotセンサーリース	—	1,200 (5 件)	4,800 (20件)	9,600 (40 件)	19,200 (80件)	@ 2 万円
	液膜曝気システム	—	2,000 (5 件)	4,000 (20件)	8,000 (40件)	16,000 (80件)	@ 2 0 万円
	浄化槽修理、新設	30 (350)	2,060	4,300	8,450	16,600	
	売上高②	30	5,260	13,100	26,050	51,800	千円
	売上高 (①+②)	4,830 (3,350)	16,060	41,900	89,650	176,600	千円

IoTセンサーの改良



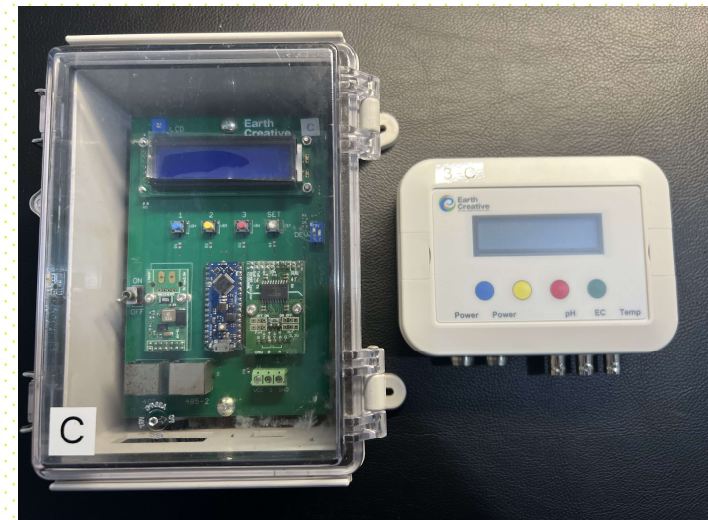
地下駐車場の浄化槽

地下ポンプ故障により、
地下駐車場が浸水したこ
とで、デバイス破損

IoTセンサー基盤
旧型 新型



IoTセンサー基盤 防水性向上



今後の課題

技術的な課題

- 本事業などを通じて、液膜曝気システムおよびIoTセンサーの設置や耐久性に、大きな課題はなくなった。今後は、Webカメラ機能の追加やよりわかりやすいPC画面の改善等を進める予定である。

政策的な課題

- 国や州政府によって、処理水の排出基準などの法令は整備されているが、監視や検査を直接受け持つ県レベルの地方自治体には、実効力と公平性を持って監視や検査、取り締まりなどができる体制があるとは言いがたい。（人材の不足や個々人の知識不足など）

企業的な課題

- 浄化設備管理が専門職ではなく、設備全体の担当者が兼任するなど、下水処理の知識がない担当者が多い。そのため、対策が場当たりのになり、費用を掛けても改善しない。日本の浄化槽管理士のような資格を持った人材を育成するのは急務かつ必須だが、その体制がない。
- 問題を解決できるだけの知識と技術を持ったメンテナンス業者がほとんどいない。
- 正確で公正な水質検査が行なえる外部委託機関がなく、浄化槽内や処理水の水質を正確に判断することが難しい。検査ラボの基準はあるが、実効力を持って担保されていない。