

推進費委託費【1-1603】

総合的アプローチによる東南アジア地域
での分散型生活排水処理システムの普及
に関する研究

平成28～30年度、78,234千円

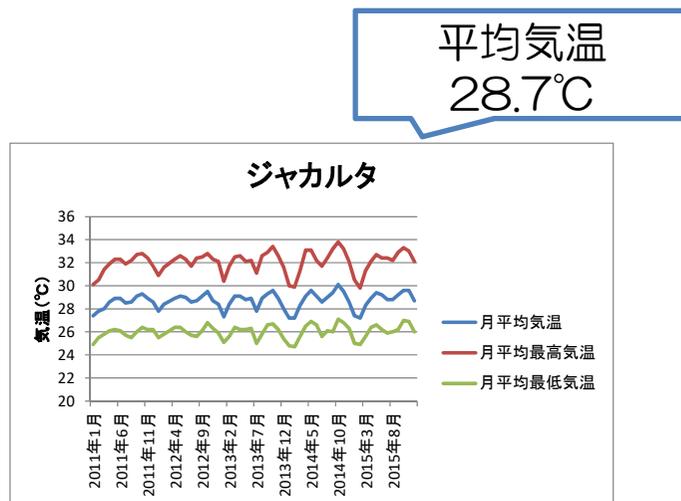
国立環境研究所

資源循環・廃棄物研究センター

蛭江美孝

研究背景（ハード面）

- 東南アジア地域においては、我が国の分散型の生活排水処理技術である浄化槽システムが期待されている。
- 東南アジア地域の気候、生活習慣、排水の質・量、排水基準等に適したハード面での現地化・低コスト化が必要。



トイレット
ペーパーを使
わない

風呂釜を使わ
ない

1日5回の礼拝
のための手指
洗浄

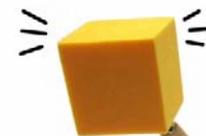


研究背景（ソフト面）

東南アジア諸国では、先進国に倣って排水規制が設けられつつあるが、その**規制を遵守するための仕組みが欠落**している。

- 明らかに処理性能が足りていない施設でも設置が可能であり、**適切な技術選択がなされていない**。
- 市場の製品がカタログ通りの**処理性能を有していることを適正かつ公平に判断する方法がない**。

コスト



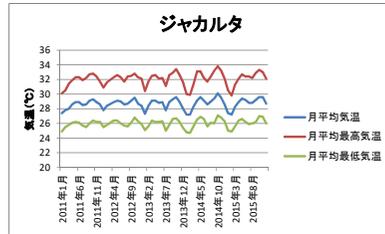
性能



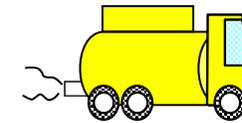
性能評価制度の導入が重要

総合的アプローチによる普及促進

サブ3：生活排水の質・量および排水処理特性（東洋大）



サブ4：汚泥の収集・処理システム（IGES）



↓ 現地に適合した試験方法・技術 ↑

↓ 現地に適合した維持管理方法 ↑

サブ1：性能評価試験および関連制度の確立と小・中規模分散型処理技術の現地化・実証（国環研）

ソフト

性能評価制度等



技術の現地化

ハード

↓ コンセプト・事例の共有 ↑

社会的効果の評価

サブ2：東南アジアにおける環境技術の地域標準化（アジ研）



ASEAN

調査結果やステークホルダーの情報を相互に共有しつつ、政策・社会実装に直結した制度構築と技術の現地化を連携させた総合的なアプローチに基づく研究開発を行う。

研究体制

1. 性能評価試験および関連制度の確立と小・中規模分散型処理技術の現地化・実証に関する研究

国立環境研究所 蛭江美孝、珠坪一晃、小野寺崇、岡寺智大

2. 東南アジアにおける環境技術の地域標準化に関する研究

アジア経済研究所 大塚健司（小島道一）

3. 地域の社会特性が生活排水の質・量および排水処理特性に及ぼす影響解析

東洋大学 山崎宏史

4. 汚泥の収集・処理システムの開発

地球環境戦略研究機関 Pham Bao Ngoc

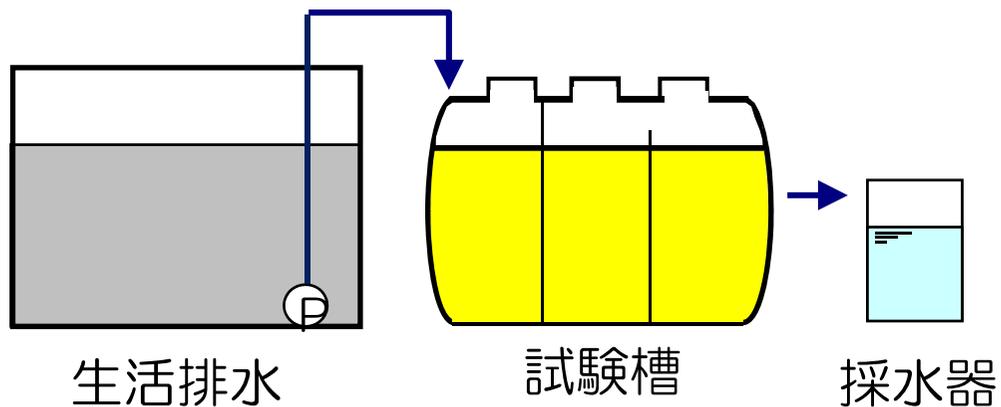
制度面でのアプローチ

インドネシアにおける 産官学のステークホルダー会合



推進費の採択 → 性能評価試験方法(草案)の作成

性能評価試験

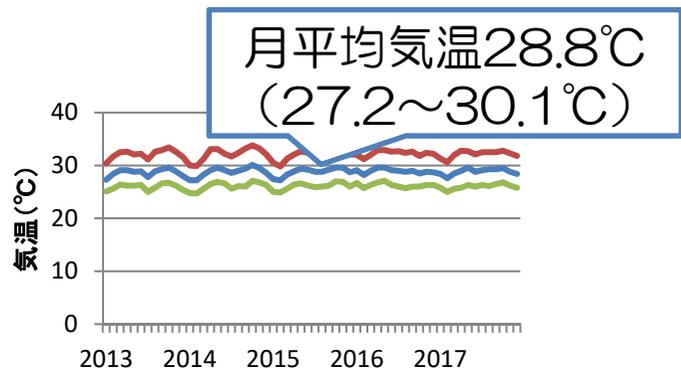


- 他国・地域の標準法と比べ、実施内容は概ね同じ。
- 条件が異なる。

1. 生活排水の供給

2. 採水・分析

気候



ジャカルタ (2013~2017年)

トイレット
ペーパーを使
わない

風呂釜を使わ
ない

1日5回の礼拝
のための手指
洗浄

排水パターンや質・量

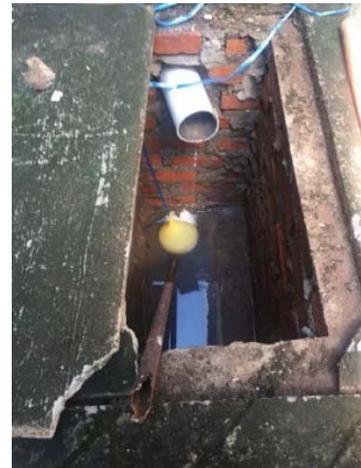


インドネシアの排水パターン

現地調査等を踏まえ、性能評価試験における排水投入方法に反映

排水パターン

- 日本と同様に朝晩2回のピークがあるが、インドネシアでは浴槽を使わないため、ピークが低い。(ピーク係数低)
- 宗教上の理由から、朝が早い(流入開始時刻が日本よりも2~3時間早い)。(排水時間長)



その他の試験条件例

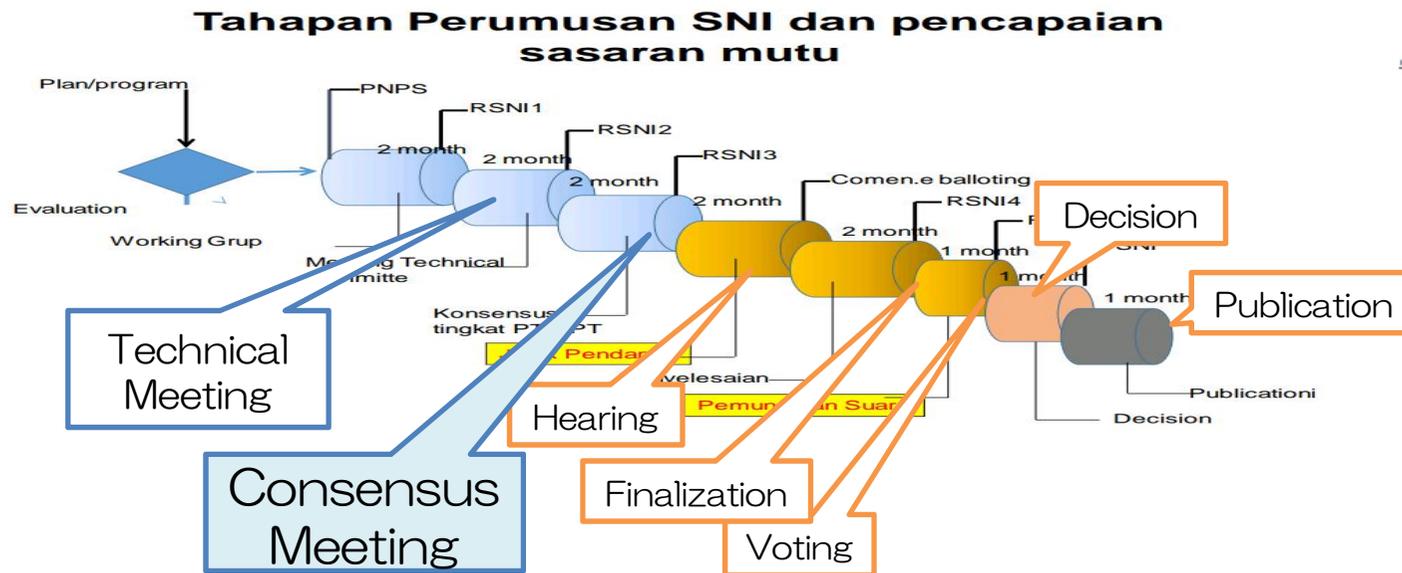
- 試験槽への流入BOD濃度の範囲
 - インドネシアでの実行性の担保も踏まえた設定（日本のケースよりも幅広）
- 試験期間
 - 高く安定した気温や試験実施のフィージビリティも考慮し、日本のケースよりも短期間で評価

構造確認

- 水密・強度試験
 - 日本のような精緻な計算・シミュレーションは求めないが、物理的な試験により、一定の強度を担保
- 材料試験
- マンホール等のサイズ（維持管理の容易性）

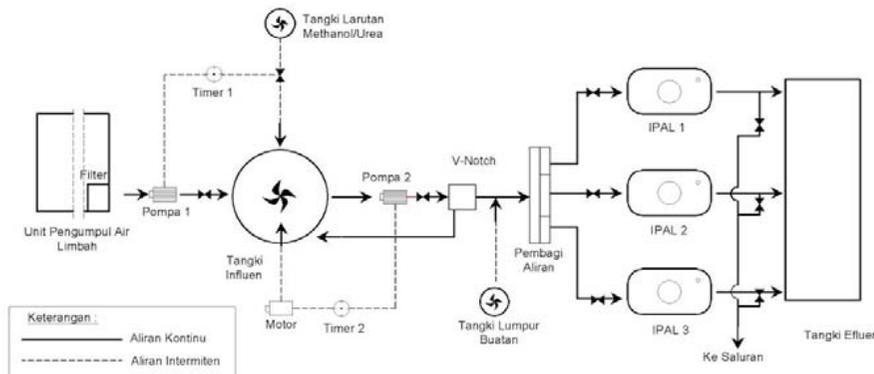
試験方法（草案）の作成と国家標準化

- 試験方法のドラフトを産官学ステークホルダー会合を通じて作成（2017.3）
- 国家標準（SNI）化のプロセスに提案・登録（2017.11）
- Consensus Meetingの段階まで到達（2019.2）



Consensus Meetingまでが技術面でのプロセス。
その後、BSNでの事務処理プロセスに移る。

試験方法（草案）のトライアル



インドネシア側が主体となって進め、キャパシティを高める

- 設備の整備・調整
- 成分調整
- 採水
- データ管理



試験槽（現地製品）

1. 準好気処理
2. 嫌気処理
3. 好気処理

性能評価試験（トライアル）の様子

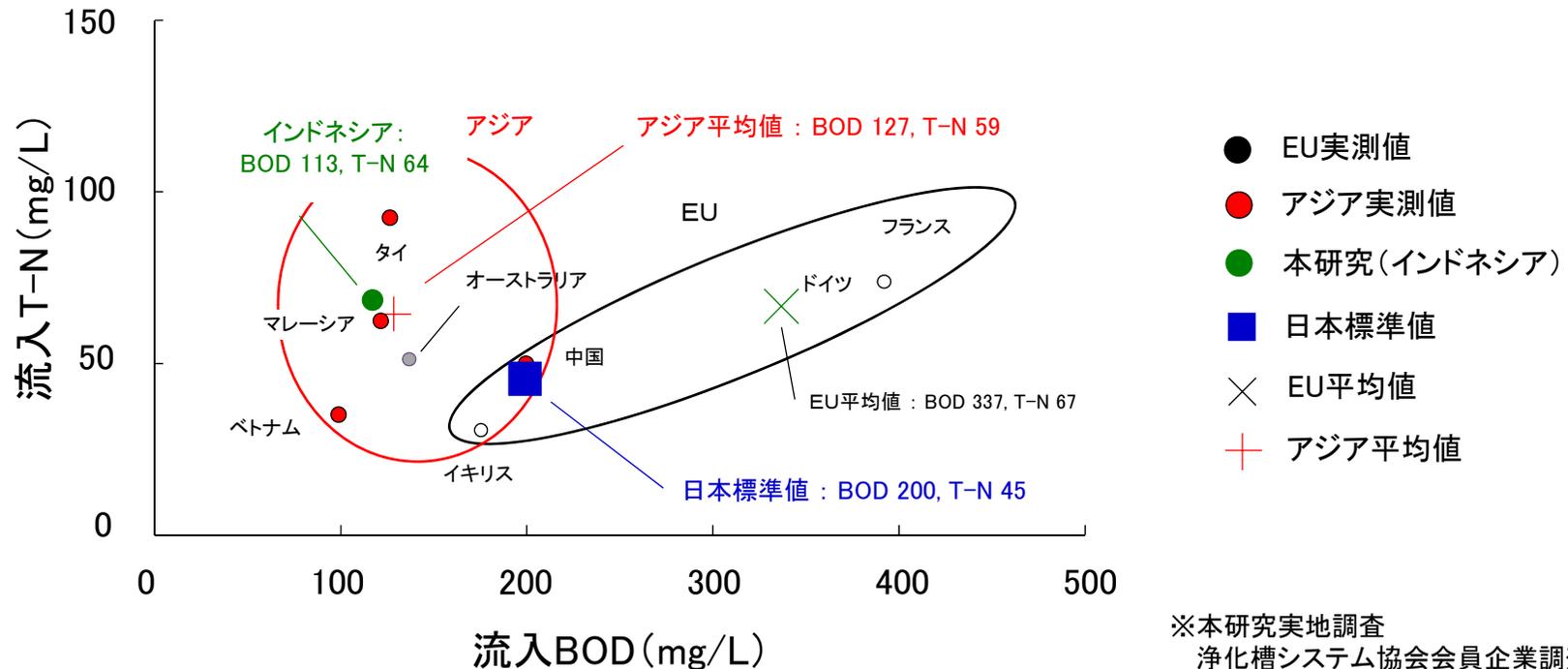
主な提言の概要

- 性能評価試験方法（草案）の作成
 - 国家標準化
- 認証制度の提案
 - 公共事業省の研究所が主体
- 試験実施体制の提案
 - 水事業公社との連携
- 認証の利用
 - 政府調達時の要件
 - 建築許可、放流許可等における活用
 - 段階的な適用策
- 人員算定、スケールアップ、衛生管理

東南アジアにおける生活排水原単位

インドネシアにおいて性能試験に用いる原水水質と水量

	pH	BOD (mg/L)	TSS (mg/L)	Oil&Grease (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	T-P (mg/L)
Min.	5.8	150	145	20	27	3
Max.	8.6	350	175	30	52	7



- 性能評価試験に関する議論 (2018年9月@AIT、7ヶ国が参加)
- 日・ASEAN統合基金プロジェクト (2018年7月開始)

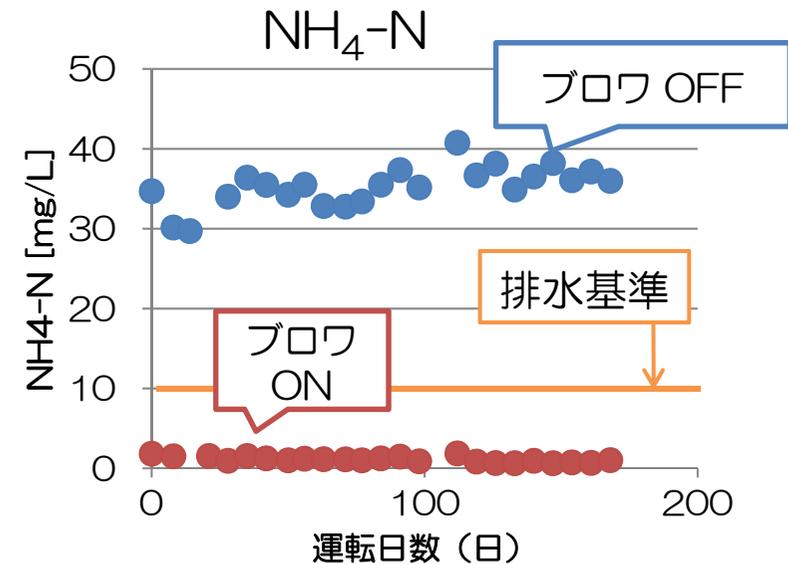
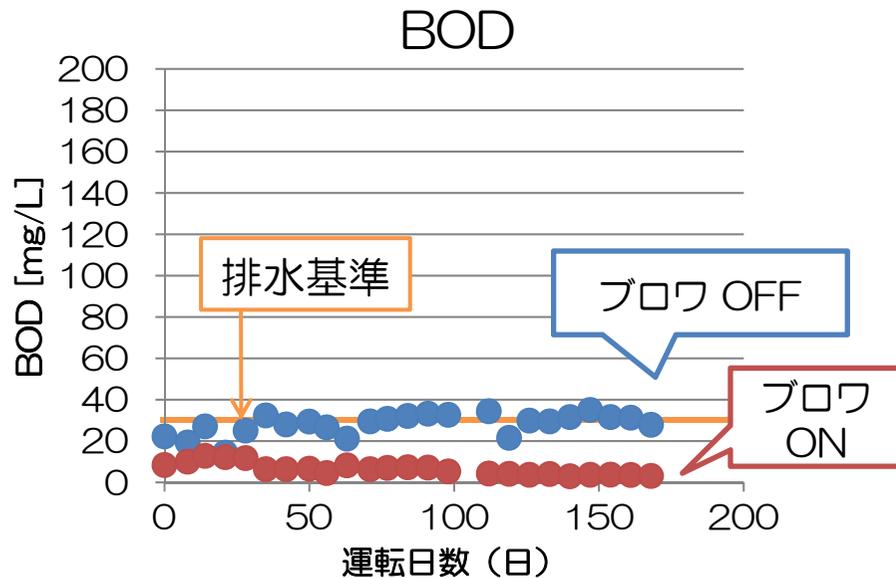
技術面でのアプローチ

東南アジアを想定した浄化槽の現地化



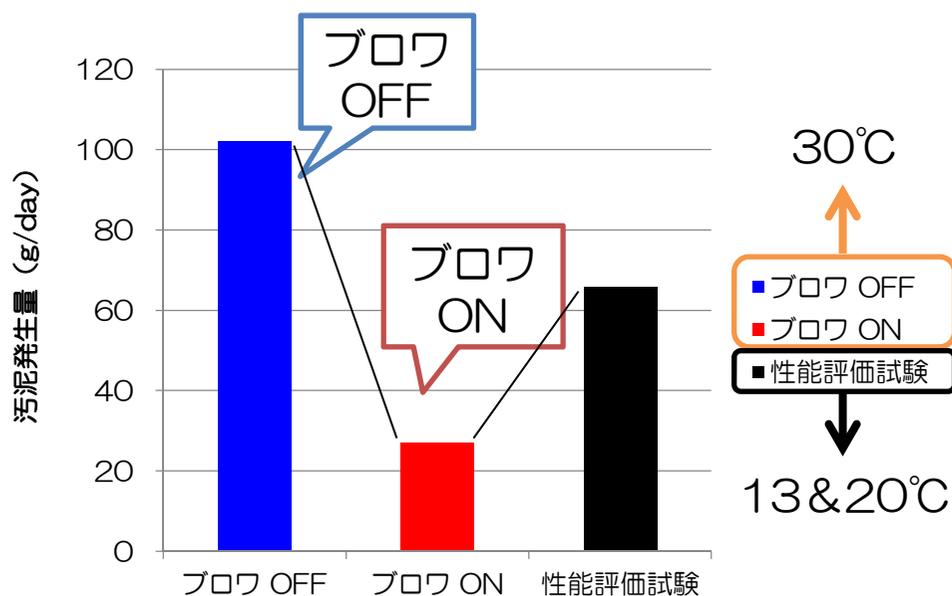
日本での性能
BOD : 20mg/L
窒素 : 20mg/L

実大浄化槽を用いた熱帯地域を
想定した30℃試験



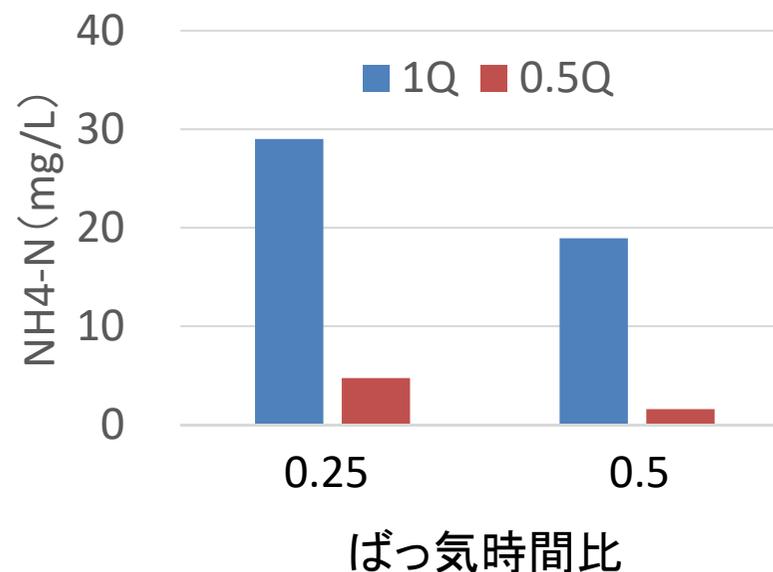
- ブロー OFF (好気処理なし、現地の主流) でも、有機汚濁物質の除去性能は比較的高いが、NH₄-Nは除去できない。
- ブロー ON (好気処理あり) では、日本の性能評価試験での結果よりも高性能。

汚泥発生量



汚泥発生量

省エネ運転

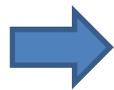
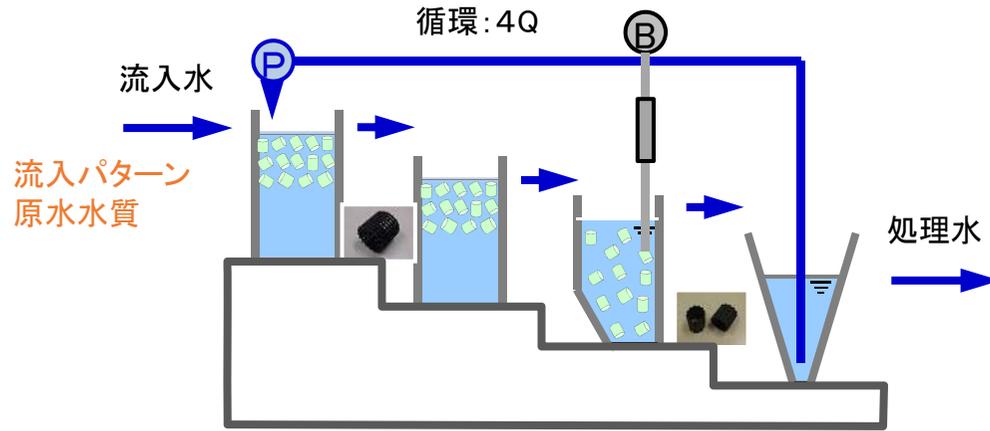


処理水中のNH₄-N濃度

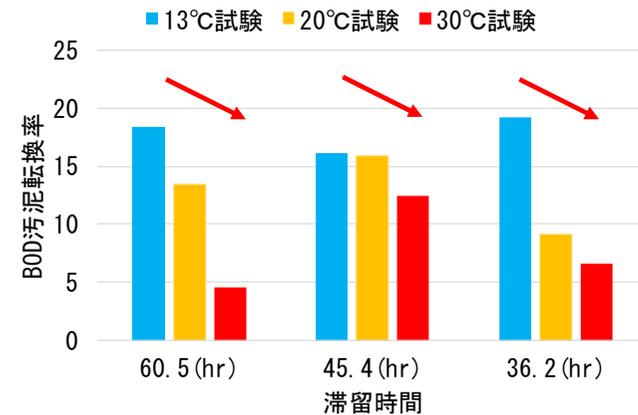
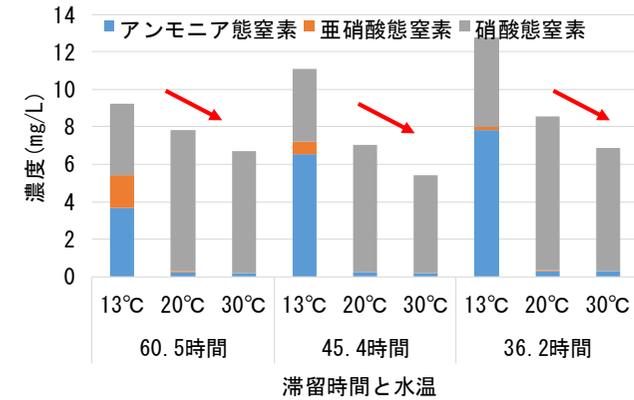
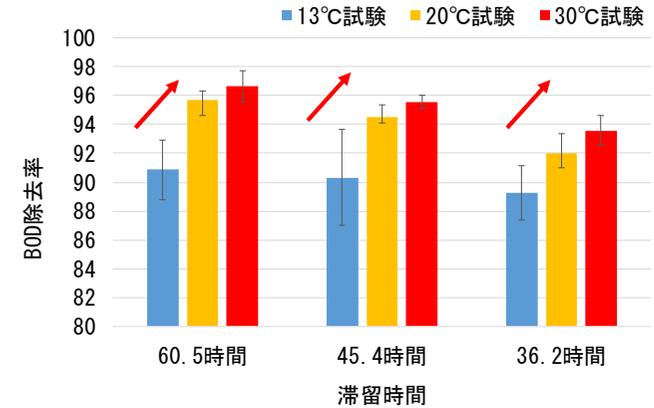
- 30°Cの条件では、日本の性能評価試験結果よりも汚泥発生量が少ない。
- ブロウ（好気処理）の状況に大きく影響を受ける。

- 通常負荷量ではNH₄-Nの残存が見られた。
- 負荷量を調整することで、NH₄-Nも削減。
- 馴養・運転管理を調整することで、省エネ運転でも排水基準を満たせる可能性。

東南アジアの排水条件でのラボ試験



ラボ試験の結果からも、
大幅な効率化(コンパクト化)が
可能であることが裏付けられた。



低コスト化の方向性

ブロワ ON（好気処理あり）

日本の試験時より
も高性能

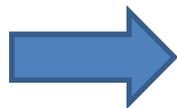


ブロワの稼働時間
を短くできる

汚泥発生量が
少ない



槽容量をもっと
小さくできる



低コスト化と性能のバランス
現地の排水基準に応じた低コストな技術開発

中規模分散処理における省エネ技術開発（好気性ろ床）

集合住宅（バンコク）の敷地内に設置
[2600人, 排水量 400 m³/day]



小規模
活性汚泥

生活排水



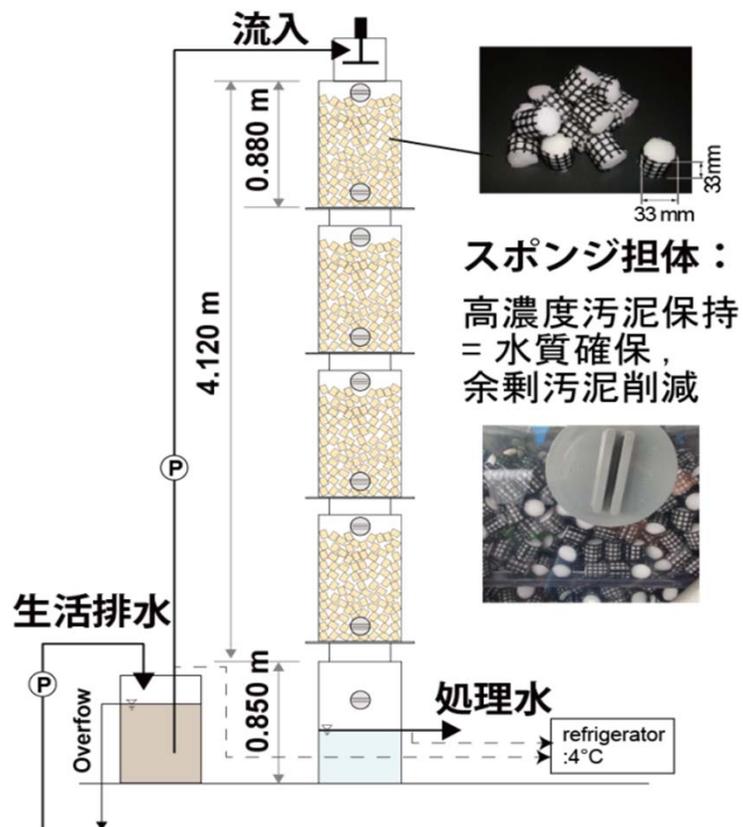
好気性ろ床



水温26~30℃

HRT 4~5時間 (1.68~2.1 m³/day)

担体体積 700 L (実体積 350 L)



- ・通年で連続排水処理試験を行い、処理水質、消費エネルギー、余剰汚泥発生量を評価（既存の活性汚泥法との比較も実施）

総合的な性能評価:

小規模活性汚泥

処理水質
 全BOD* 3.3 mg/L
 NH₄-N 17 mgN/L
E.Coli 5.2 x 10³ CFU/mL
 *ATU-BOD

処理時間
 (スペース) 24 時間

汚泥発生量 0.0582 kgTSS/m³

電力消費 0.289 kWh/m³

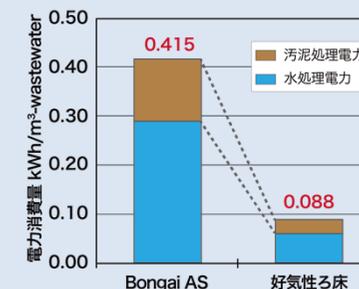
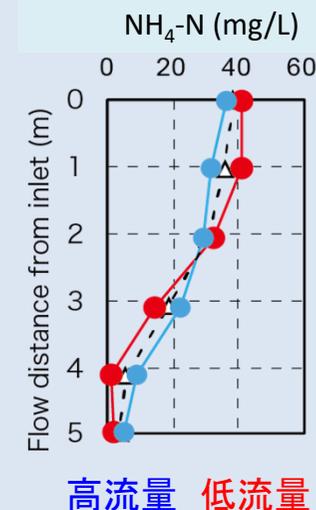
開発技術(好気性ろ床)

4.1 mg/L
3.0 mgN/L
6.0 x 10² CFU/mL

5時間(実質10時間)
[AS比58%削減]

0.013 kgTSS/m³
[AS比78%削減]

0.06 kWh/m³
[AS比79%削減]

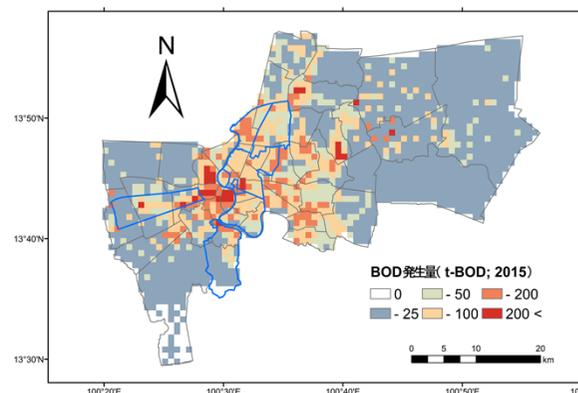
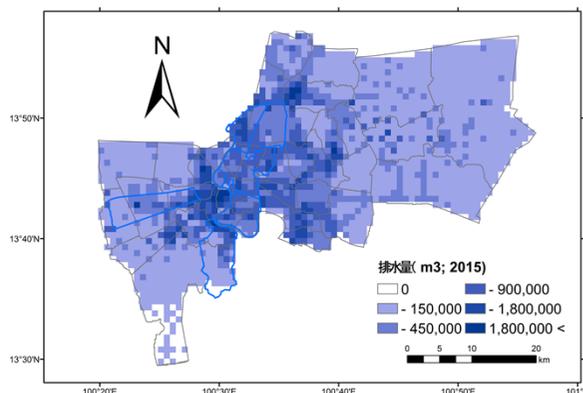


- 提案する好気性ろ床は、中規模の流入変動に対応可能であり、省エネ・低コスト化に貢献可能
- 担体の費用を考慮しても、既存設備以下のコストでの建設が可能

→ 今後の展開として、小規模活性汚泥法などの後処理としての適用も検討。

分散型排水処理システム導入評価のための 排水インベントリーの算定手法の開発

人口分布データからバンコクにおける排水インベントリを構築



生活排水量(A) : 4.34億 m³
 合流下水の流入量*(B) : 2.83億 m³
 処理割合(A/B) : 65 %

*雨水等含む。

BOD発生量(A) : 5.98万 t-BOD
 処理場への実流入量(B) : 1.09万 t-BOD
 処理割合(A/B) : 18 %

処理率(受入水量基準) : 65%
処理率(受入BOD基準) 18%

処理率に大きな隔たり

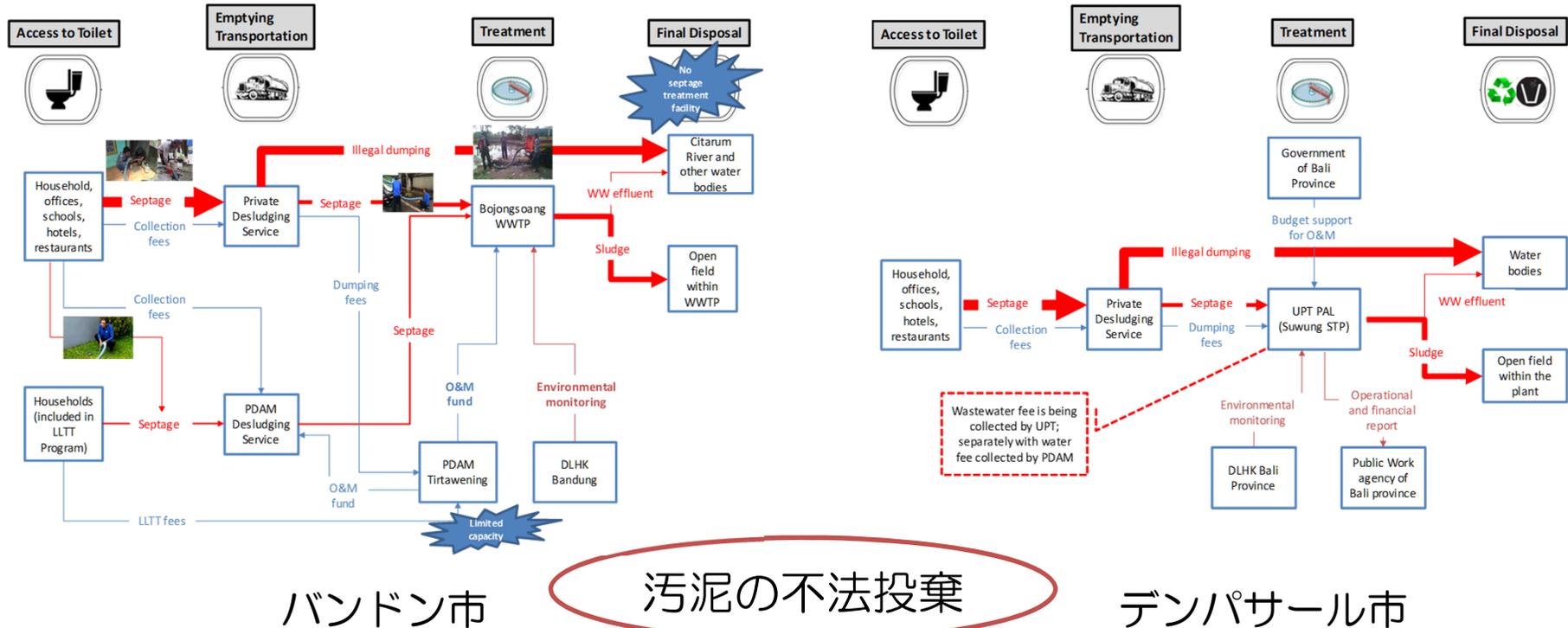
処理場
 大規模8ヶ所
 小規模12ヶ所

- バンコク(タイ)で排水インベントリーを構築したことにより、BOD基準では下水処理対策が大幅に遅れていることが明らかとなった。
- 分散型技術の導入効果評価を進めている。
 - 精緻化ための高層住宅の分布データを整備した。また、他の地域への適用時の要点を整理する予定。

污泥管理

汚泥の収集・処理システム

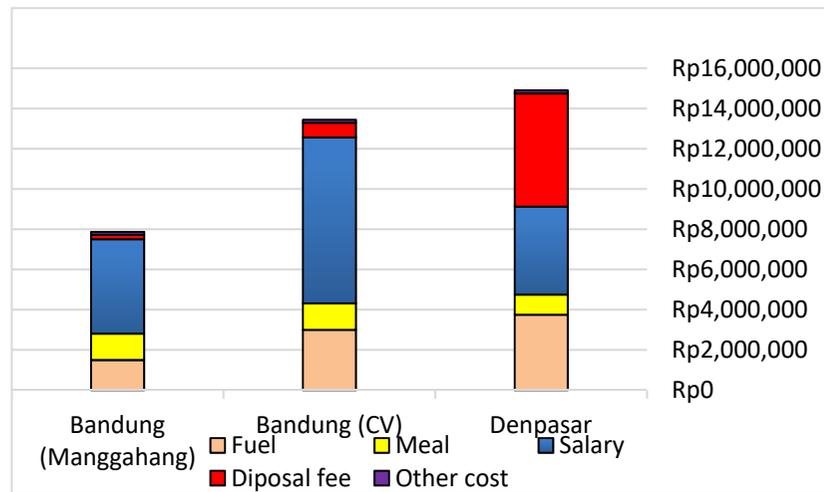
バンドン市、デンパサール市において、汚泥収集・処理のフローを把握し、ステークホルダーと課題を抽出



- 公社による定期収集プログラムがあるが、規模は小さい
- 民間双方による収集があるが、下水処理場への投入には公社への支払いが必要

- 民間による収集が主
- 汚泥処理施設への投入には支払いが必要
- 排水処理費用は収集しているが、上水と別々のため、50%以下。

汚泥収集にかかるコスト、支払い意思額等の調査

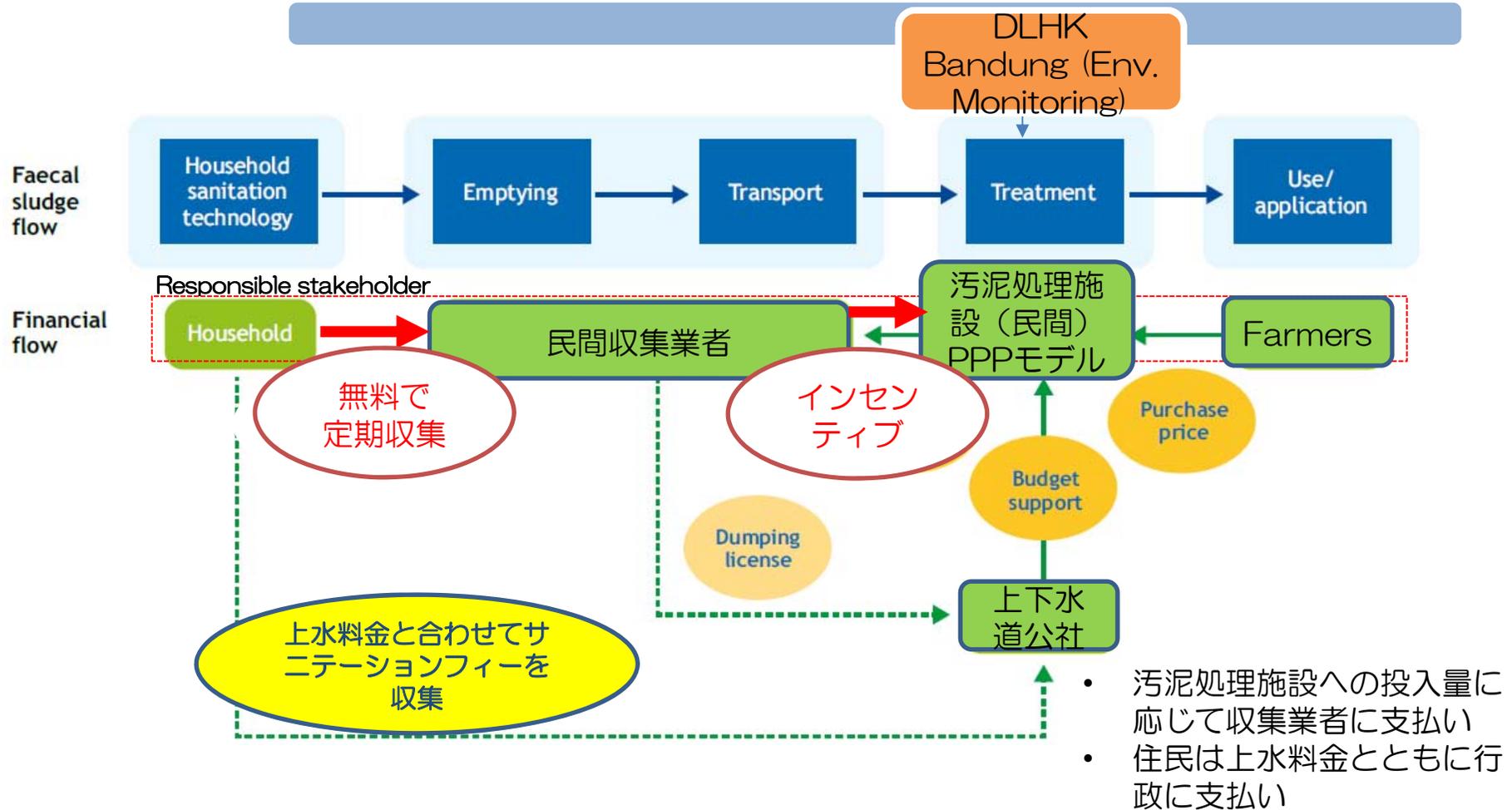


汚泥収集コスト(月)

収集料金の比較

	バンドン市	デンパサール市
現状の収集コスト	128,232 (ルピア/年)	299,876 (ルピア/年)
支払い可能額(平均)	568,776 (ルピア/年)	552,012 (ルピア/年)
支払い意思額(平均)	180,100 (ルピア/年)	216,500 (ルピア/年)
運転管理費を踏まえた料金	374,438 (ルピア/年)	384,256 (ルピア/年)

ビジネスモデル（バンドン市）



- 関係者を一堂に会した会合を開催し、データを示した上で、既存の民間業者も含めて賛同
- インドネシア国内でワークショップを開催し、対象2都市以外からも約20都市から自費参加があり、大きな関心を集めた。

ビジネスモデル（バンドン市）

- 利害関係者の会合を開催し、データを示した上で、既存の民間業者も含めて賛同
- PDAM（公社）は、定期汚泥収集プログラムの下で、民間企業を世帯に割り当てるためにGISベースのシステムを運営する



民間企業による不法投棄の回避、適切な汚泥処理施設の整備・運営（PPP）に繋がるモデルを提案した。



インドネシア国内でワークショップを開催し、対象2都市以外からも約20都市から自費参加があり、大きな関心を集めた。

標準化戰略

東南アジアにおける環境技術の地域標準化戦略

これまでの国際協力・企業等の主な取り組み

浄化槽をパイロット・プロジェクトとして導入



浄化槽の有効性を認識してもらって、規制に反映してもらおう、採用してもらおう。

根付きにくい

本研究(サブ1)のアプローチ

インドネシアにおける法令での性能評価制度の改善・確立



東南アジアの気候・生活習慣等に適合した分散型排水処理技術評価手法の開発

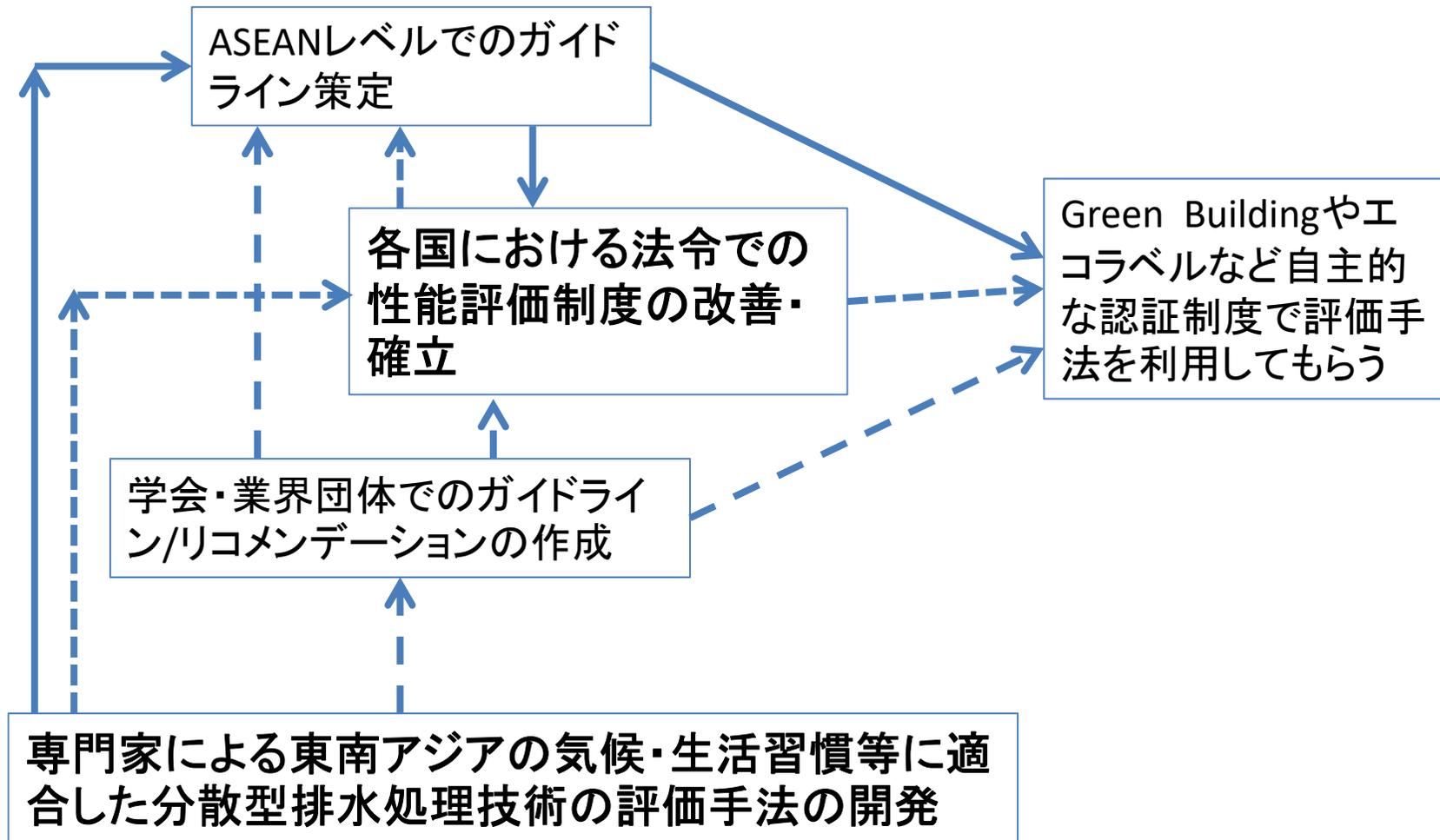
相手国での制度化

東南アジアにおける環境技術の 地域標準化に関する研究

- インタビュー調査や文献調査
 - **ASEAN事務局** (ASEAN標準化委員会、ASEAN有機農産物標準の担当者等)
 - 各国の**政府関係者** (ベトナム、ラオス、インドネシア等)
 - **グリーン・ビルディング認証団体** (ベトナム、インドネシア、タイ、フィリピン)
 - **大学** (バンドン工科大学、ハノイ土木大学等)
 - **民間企業** (日本企業及び現地企業)
- 国際ワークショップの開催
 - ➡ 各国における主要なステークホルダーを整理・比較 (環境基準・排水基準、建築基準、構造基準、施設整備、民間団体、研究機関)
 - ➡ 地域標準化に向けた流れ、留意点

ASEAN全体への展開

(分散型排水処理技術評価制度の普及に向けた戦略)



地域標準化戦略(案)

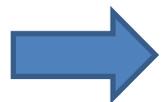
- 何を標準化するか (考え方)
 - 気候、水の使用量などが地域によって異なり、各国・地域に任せるところと、**共通化すべき点**を整理する
 - 性能評価の方法に焦点をあてる。
- 制度としての標準化
 - 性能評価の方法を確立し、**工業規格や法令**の中で位置づける。また、**性能評価が利用される制度的な必要条件**を各国ごとに検討する(排水基準、建設許可など)
 - ASEANでの**合意形成**を進める。
- **実際に利用されるかたちでの普及(実質的な標準化)**
 - 各国で展開されている**グリーンビルディングの認証**などに利用してもらう。
 - 観光地などを抱える**地方政府**に働きかけ、地方政府性能評価の方法を利用してもらう。



- 2019.2 ASEAN regional workshop on standardization for domestic wastewater treatmentsを開催
- 議論をまとめて、プラットフォームへ。

地域標準化に向けた分散型生活排水処理 に関するプラットフォーム

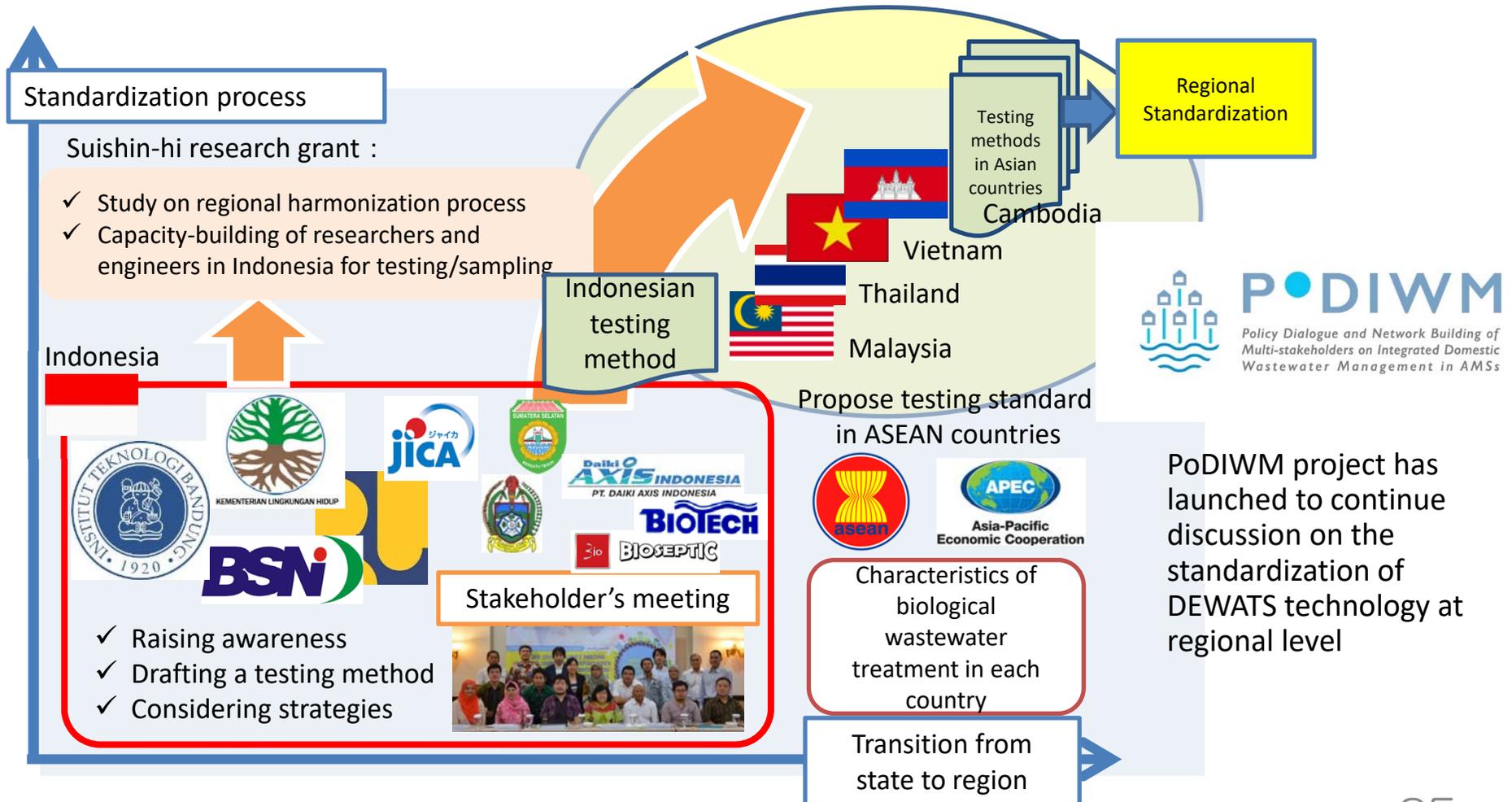
- インターネット（WEPAとの連携を想定）で、下記のコンテンツについて発信するとともに、関係機関から提供いただいた情報を掲載。
- コンテンツ
 - 1) 地域標準化の必要性
 - 2) ASEAN各国の標準化に係るステークホルダー一覧
 - 政府機関、研究機関、業界団体、関係学会
 - 3) ASEAN各国の規制・標準（要点の紹介と、原文へのリンク、容量や材質等の比較表）
 - 4) 地域標準化戦略（案）



継続事業としての日・アセアン統合基金プロジェクト

推進費1-1603の成果の更なる展開

ASEAN加盟国における分散型生活排水処理の統合的管理に向けたマルチステークホルダーネットワーク形成と政策対話(日・ASEAN統合基金、約240万USD)



まとめ

東南アジアにおける分散型生活排水処理システムの展開

<導入前>

- 排水規制
- 性能評価制度
- 浄化槽等の現地化



<導入時>

- 市町村設置型
- 建築確認
- 施工基準
- 台帳整備
- 資格制度・必要人数



<使用時>

- 保守点検制度
- 汚泥収集制度
- 汚泥処理施設
- 法定検査



<推進費1-1603の成果>

- **排水規制を遵守するための仕組み(粗悪品の排除)**
 - 性能評価試験方法(維持管理方法を含む)の作成と国家標準化
 - 認証制度(建築許可との連携)
- **技術の現地化(低コスト化)**
 - 浄化槽のプロワの稼働時間および槽容量のコンパクト化が可能であり、低コスト化が期待できる
 - DHS法が中規模の流量変動に対応可能で有り、省コスト・省スペース化が期待できる。
- **汚泥収集・処理にかかるビジネスモデルの提案**
 - 既存のステークホルダーを活かしつつ、不法投棄を回避可能なビジネスモデル
- **ASEAN全体での標準化・調和化**
 - 各国の制度の状況、キーとなるステークホルダーを比較・整理し、プラットフォームを構築
 - JAIFへ継続

環境省関連事業との連携

- 環境省浄化槽推進室
 - 環境省 アジアにおける分散型汚水処理に関するワークショップ（第4回2016.11、第5回2017.12、第6回2018.9）
 - 浄化槽テクニカルセミナー@マンダレー、ハノイ（2018.2）
- WEPA（アジア水環境パートナーシップ）
 - WEPA年次会合@ハノイ（2016.11）
 - Workshop on WEPA Action Program in Indonesia（2019.1）
 - WEPA年次会合@東京（2019.2）



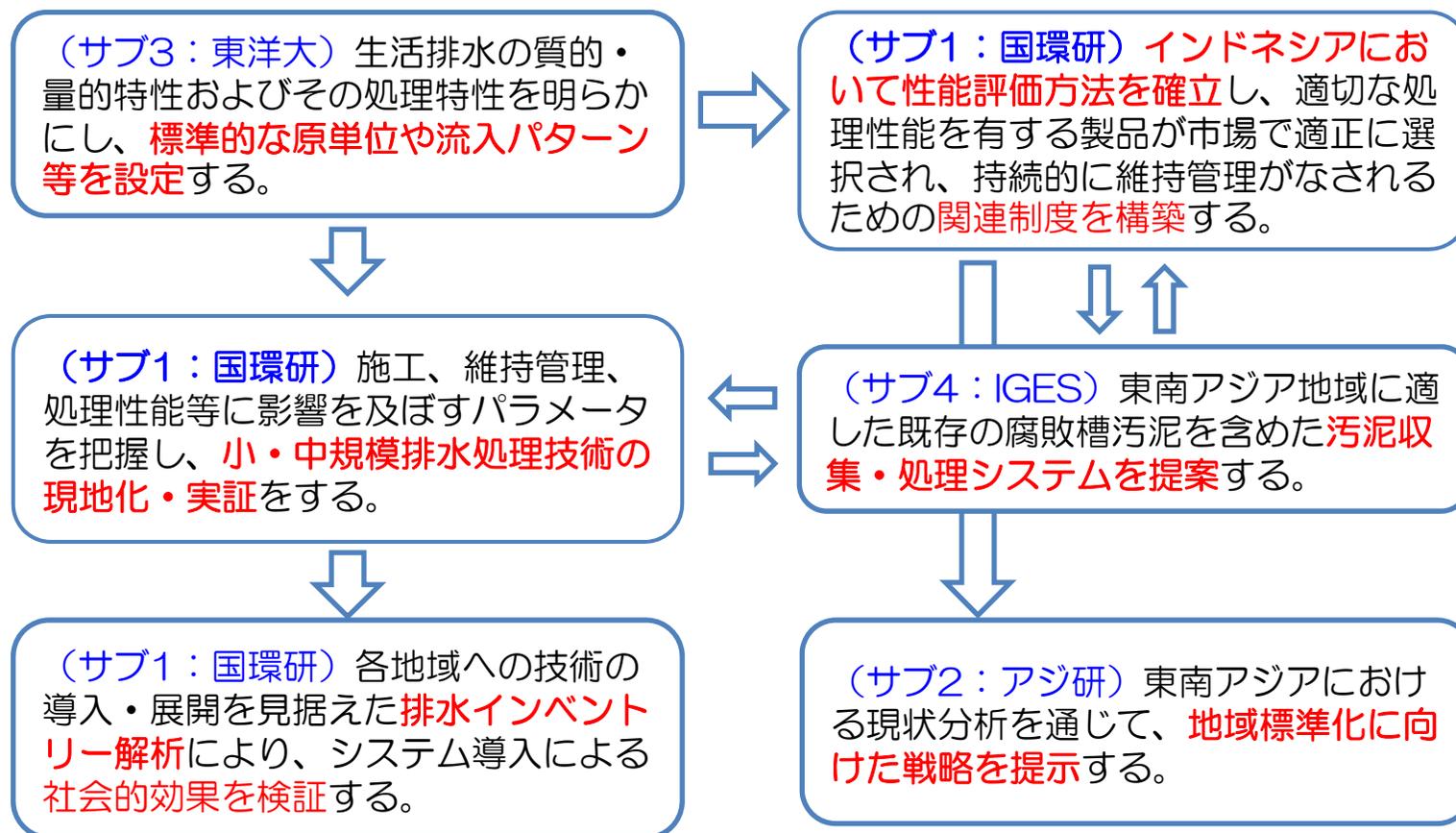
見込まれる環境政策への貢献

- 本研究は、日本政府の成長戦略としての「インフラシステム輸出戦略（H29.5）」に合致するものである。
 - 国際標準の獲得と認証基盤強化及び「質の高いインフラ投資」の定着
 - 新たなインフラ分野への展開
- インドネシア版の性能評価試験方法（草案）の作成及び東南アジアにおける地域標準化の戦略は、今後の浄化槽等の海外展開に大きく貢献するものである。
- 東南アジアでの排水処理技術の現地化に関する知見や持続可能な汚泥管理のビジネスモデルの提案は、具体的な国際協力に貢献するものである。
- このような総合的なアプローチは、浄化槽の東南アジアでの展開を図る上で基盤となるものであり、環境技術の海外展開を通じた国際協力という我が国の環境政策に貢献するものである。

自由民主党政務調査会
「下水道・浄化槽対策特別委員会」
浄化槽の国際展開に関する提言（H29.5.23）

- 課題（メーカーヒアリング等）
 - 適正な排水処理を確保する制度整備と人材育成のパッケージ化が必要
 - 粗悪品の流通を排除、高い環境性能を持つ我が国の製品が正当に評価される環境構築が必要
 - 現地のニーズに合わせた製品開発のため、各国で求められる処理性能の情報提供が必要
 - 国際展開の知識・経験に乏しい浄化槽関係企業への支援充実が必要
- 取り組み
 - 我が国の有意技術である浄化槽の海外展開
 - 集合処理と個別処理の長所を活かした案件形成
 - 生活排水処理に関する制度基盤の確立支援
 - 世界をリードする日本の技術開発

本研究の最終的な到達目標



分散型生活排水処理システムの普及に関する基盤が構築し、東南アジアへの展開の足がかりをつくる。



所期の目標を達成した

研究成果の発表等

- 研究成果の発表
 - 審査付論文 3報（その他、1報審査中、2報準備中）
 - 学会発表 11報（国際：4報、国内7報）
 - 講演 10本
- 国民との科学・技術対話等

③大学・研究機関の一般公開での研究成果の講演

実施日	主催者名	講座名	開催地	参加者数	講演した「研究成果」、「参加者との対話の結果」等
H29.4.22	国立環境研究所	春の環境講座	茨城県	70名	<ul style="list-style-type: none">• 「家で使って汚れた水はどこへ行く？(日本で、アジアで)」というタイトルで、東南アジアでの汚水処理の適正普及に関して、本研究の取り組み及び成果を説明• 参加者から日本の浄化槽技術の内容やSDGsに進むための課題や展望等についての質問があった。

ご清聴ありがとうございました