

# 地球規模課題対応国際協力プログラム (SATREPS) 研究課題別追跡調査報告書

## I. 序文

SATREPS 追跡評価実施要領 (<https://www.jst.go.jp/global/hyouka/pdf/follow-up-evaluation-procedure.pdf>) に基づき、追跡調査を実施した。具体的には、プロジェクト終了後の各研究課題の国際共同研究の成果の発展状況や活用状況を明らかにするために、対象課題の研究者に対し質問票による基礎データ調査を行い、その結果を踏まえた研究者インタビュー調査を経て得られた情報を整理しまとめた<sup>1</sup>。

今般の研究課題別追跡調査にあたっては、以下の方にご協力頂き厚く御礼申し上げます。

原田 秀樹 (東北大学・長岡技術科学大学 名誉教授)

## II. プロジェクト基本情報

### 1. 課題名

エネルギー最小消費型の下水処理技術の開発

### 2. 日本側研究代表者名

原田 秀樹 (プロジェクト終了時 東北大学 未来科学技術共同研究センター教授)

(現 東北大学・長岡技術科学大学 名誉教授)

株式会社 DHS テクノロジー代表取締役)

---

<sup>1</sup> 2021年11月から2022年3月に各種調査および報告書のとりまとめを実施した。

### 3. 相手国側研究代表者名

Dr. Brijesh Sikka (インド 環境森林省国家河川保全局 (NRCD), Adviser)

### 4. 国際共同研究期間

2011年5月～2016年5月

### 5. 研究概要

#### (1) 目的

途上国の人々の健康に重大な脅威を与えている水汚染を修復・改善し、安全で快適な環境とすることである。そのために、途上国で広く普及が可能な、安価、かつ、メンテナンスが容易でエネルギー消費が少ない下水処理システムを開発し、普及の道筋をつける。

具体的には、低コストで、エネルギー消費が小さく、コンパクトで、維持管理が容易なポスト・トリートメント技術・DHS<sup>2</sup> (Down-flow Hanging Sponge) リアクターと呼ばれるシステムを開発し、すでにインドで普及しつつある曝気を必要としない低コストの嫌気性処理技術 UASB<sup>3</sup> (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket) の後段に設置する。

#### (2) 各グループの研究題目と実施体制

- ・ 研究題目とその担当は以下の通りである。

##### 研究題目 1. インド・アグラ市の 78MLD 下水処理場での実規模試験と実施

(東北大学・木更津高専・長岡技科大・NRCD(国家河川保全局)・IIT Roorkee(インド工科大学ルーキー校)・AMU(アリガームスリム大学)・ウッター・プラデシュ州上下水道公社・CPCB(中央公害対策委員会)・CPHEEO(中央公衆衛生環境局))

---

<sup>2</sup> DHS 法：スポンジ担体を用いる無曝気（したがって超省エネ）方式の好気性生物処理法で、研究代表者の原田と本プロジェクトに参画した日本人研究分担者らが開発した日本発のオリジナルの廃水処理技術である。

<sup>3</sup> UASB 技術：加水分解菌、有機酸生成菌、メタン生成菌からなる嫌気性汚泥を反応器の底部にフロック状に保持して廃水中の有機物をメタンと炭酸ガスに変換する嫌気性廃水処理技術である。が、汚濁物質の“粗取り”なので、後続に何らかの post-treatment が要求される。

研究題目 2. 処理メカニズムの解明と重要微生物の検出・定量・モニタリング技術の開発、DHS 技術の新展開 （東北大学・木更津高専・長岡技科大・新潟薬科大）

研究題目 3. 設計指針・維持管理マニュアルの作成（東北大学・木更津高専・長岡技科大・NRCD(国家河川保全局)・ウッター・プラデシュ州上下水道公社・IIT Roorkee(インド工科大学ルーキー校)・AMU(アリガームスリム大学)・CPHEEO(中央公衆衛生環境局))

・ 研究運営体制(グループ)と研究項目は以下の通りである。

①「東北大学」グループ

- ・ 詳細設計
- ・ 提案技術の省エネ効果（既存施設の調査・実態把握）
- ・ 重要微生物検出定量モニタリング技術の開発
- ・ UASB-DHS システムの技術的特性の整理と体系化

②「木更津工業高等専門学校」グループ

- ・ 提案技術の省エネ効果(既存施設を含む)
- ・ 生物学的処理メカニズム解明
- ・ 物理学的処理メカニズム解明
- ・ 新規 DHS 技術(ポスト G6)の開発
- ・ UASB-DHS システムの技術的特性の整理と体系化

③「長岡技術科学大学」グループ

- ・ 提案技術の省エネ効果（各種の既存下水処理プロセスを含む）
- ・ DHS 技術の高度処理への適用の検討・最適化
- ・ UASB-DHS システムの技術的特性の整理と体系化

④「新潟薬科大学」グループ

- ・ 生物学的処理メカニズム解明

### (3) SATREPS 期間中の研究題目ごとの成果

プロジェクトの集大成とも云えるアグラ市での UASB-DHS システム実規模実証装置は、建設完了引渡しが予定より約 1 年半遅延し、2014 年 7 月からモニタリングを開始している。

一方、日本国内において、小型 DHS リアクターを製作し、 $K_L a$ (総括酸素移動係数)・スポンジ担体の汚泥保持能等の物理化学的特性の把握や迅速・簡便な RNA(リボ核酸)定量法の開発および新規微生物検出法の開発を行った。

#### 研究題目 1: インド・アグラ市の 78MLD 下水処理場での実規模試験と実施

##### 項目 1. DHS リアクター用スポンジ担体の選定、発注、納品

これまで開発された 7 種の内から 2 種をカルナールでの実証実験に適用、1 種を充填率、コスト、酸素移動効率の面から最適化した。そのインド国内での製造の可能性についても 2 社を検討し、調達が可能であることを確認した。

##### 項目 2. UASB-DHS システムの設計と建造

DHS 基本設計に必要な情報収集を行い、所要箇所の測量をして、その結果を元に基本設計を行った。2012 年度は、詳細設計およびインドの建設業者の入札を終えた。2014 年度初旬に建設工事が完了し、7 月には機器の試運転作業を終えた。

##### 項目 3. 連続処理モニタリングと下水処理への適用評価

アグラ USAB-DHS の計画処理流量は  $5,000\text{m}^3/\text{日}$ 、計画 HRT(水理的滞留時間)は、UASB 8 時間+DHS0.9 時間、全体で約 9 時間とした。運転開始 413 日目には、DHS の HRT を 1.5 時間とし、全体で 9.5 時間の連続運転を行っている。採水位置は、生水、UASB 処理水、DHS 処理水、FPU 処理水(インド既存技術の最終処理水)とし、 $\text{SS}^4$ 、 $\text{VSS}^5$ 、 $\text{COD}^6$ 、 $\text{BOD}^7$ 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、全窒素、 $\text{SO}_4\text{-S}$ 、糞便性大腸菌群数について水質分析を行った。多くの特性相関、問題点と対策を検討した。

##### 項目 4. 既存の下水処理施設の調査を行い、省エネ効果の評価のための情報収集を行う

インド国内 6 箇所の既存下水処理場の調査を行い、UASB+DHS システムとの比較検討を行った。各種調査の結果、本システムは既存の

<sup>4</sup> SS(suspended solids) : 浮遊物質

<sup>5</sup> VSS(volatile suspended solids) : SS の強熱減量

<sup>6</sup> COD(Chemical Oxygen Demand) : 化学的酸素要求量

<sup>7</sup> BOD(Biochemical Oxygen Demand) : 生物化学的酸素要求量

処理プロセスと比較して、設置面積や電力消費量、汚泥発生量などのコストが低いことが明らかとなった。また処理性能はもちろんのこと、複雑な設計や運転管理が不要なことや運転管理費用が低いことも分かった。これらの調査結果を元にライフサイクルコストを試算した結果、UASB-DHS システムは廃水処理基準を満たしている他の処理プロセスと比較し、最も低い結果となった。このように、現状では UASB-DHS システムはインドの下水処理プロセスとして最も適している処理プロセスであると結論づけられた。

#### 項目 5. 建造する DHS リアクターに電力メーターを設置し、消費電力から省エネ効果を評価する

DHS が定常的に稼働している段階で電力消費量と流量を計測した。その結果、アグラに建造した DHS リアクターの基礎的電力消費量が約 27kW/h であり、その値を除いた流量 1MLD あたりの電力消費量は約 17KW/h であることがわかった。つまり 5MLD では 112 kWh/day となる。経済性評価結果による調査結果でもほぼ同等の結果であり、UASB+DHS システムは種々の流量条件においても長期間安定して電力消費量が小さいことがわかった。

### 研究題目 2：処理メカニズムの解明と重要微生物の検出・定量・モニタリング技術の開発、DHS 技術の新展開

#### 項目 1. DHS リアクターの酸素取り込み能力の把握

スポンジ間隔の有無が酸素供給能力に与える影響を検討した。セルサイズが大きいほど、また供給水の流量が大きいほど供給能力は向上するが、セルサイズが小さくとも既報の活性汚泥法等と遜色のない十分な酸素供給能力があることを確認した。またスポンジ間隔の有無による比較を行った実験では、スポンジ間隔はあまり影響しないことがわかった。酸素供給能力が高くなるスポンジの設計を進めた。

#### 項目 2. DHS リアクターの汚泥捕捉能力の把握

スポンジの SS 捕捉能力に対するセルサイズの影響を評価するため、上記と同様のスポンジを用いて汚泥捕捉能力について検討した。スポンジ体積あたりの SS 保持量を求めた。その結果、30mm 角では、セルサイズ 1.25mm で最も捕捉汚泥量が大きいことが分かった。また、スポンジ体積が比較的小さい場合には、セルサイズの違いによる SS 捕捉力に差は見られなかったが、セルサイズの小さいスポンジは、懸濁液が低濃度の時に SS 捕捉力が高く、逆にセルサイズの大きいスポンジは、懸濁液が高濃度の時に SS 捕捉力が高いことなどがわかった。現実では、流入水中の SS 濃度は薄いことから、汚泥の捕捉は 500 $\mu$ m のスポンジが最適である。また、DHS 担体上における汚泥の増殖パターンを、原生生物、糸状性細菌数の変化とともに把握することができた。

#### 項目 3. 実規模 DHS リアクターの微生物群集構造解析

長岡中央浄化センターおよびカルナール下水処理場において稼働させていた下水処理 UASB-DHS システムの DHS リアクターの群集構造

解析ならびに定量リアルタイム PCR<sup>8</sup>により硝化<sup>9</sup>細菌群や脱窒<sup>10</sup>細菌群の定量を行った。またアグラに設置された DHS リアクターの微生物群集構造を解明するために、リアクターからスポンジを採取し、16SrRNA 遺伝子のアンプリコンシーケンス<sup>11</sup>を行った。いずれのサンプルも Proteobacteria 門が全体の 50%近くを占めたが、その次に優占していたのは、Actinobacteria で特に二層目以下に多く存在していることが明らかになった。結果は論文発表された。

#### 項目 4. 重要微生物の検出・定量技術の開発

PCR の標的とする遺伝子領域、増幅断片長、増幅内部配列の GC 含量によって PMA<sup>12</sup>-PCR の結果が異なる結果を得た。このことから、適切な核酸配列に対して PMA-PCR を適用することで、感染能と標的ウイルス遺伝子量を一致させる可能性が示された。またアグラ DHS リアクターの健康関連微生物低減効果を把握することを目的とした、Microfluidic dynamic array PCR による病原性ウイルスおよびバクテリアの網羅的検出・定量技術の構築を行った。

#### 項目 5. DHS 技術の高度処理への適用

DHS 技術の新展開として、UASB-DHS システムに最適な高度処理(窒素、リン除去)システムを開発し、連続処理実験を行った。実験は長岡市浄化センターにおいてパイロットスケールの UASB-DHS システムによる実下水連続通水実験を行い、その後段に窒素除去およびリン回収システムを設置し、継続して経年の定期的水質モニタリングを行い、本システムの処理特性の把握を行った。また保持汚泥の微生物群集構造および運転管理に関する情報も収集した。DHS の硝化能力を活かした脱窒とリン回収が可能なプロセス構築の目処が立った。また、UASB-DHS システムを用いて下水からのリン資源回収が可能である事が実証できた。

#### 項目 6. 新規 DHS 技術の開発

新規 DHS 担体として、円柱状の外側ネットリングに六角柱状のポリウレタン(中央に円柱状のくり抜きがある)を詰め込んだ形状の担体を試作し、アグラ DHS に充填した。

---

<sup>8</sup> PCR (polymerase chain reaction) : ポリメラーゼ連鎖反応。DNA サンプルの特定領域を増幅させる反応。

<sup>9</sup> 硝化 : ニトロ化 (有機化合物にニトロ基を導入する反応)

<sup>10</sup> 脱窒 : 窒素化合物が生化学的還元作用で窒素分子または窒素酸化物となること。

<sup>11</sup> アンプリコンシーケンス : 次世代シーケンサーを利用し、PCR で増やした特定のゲノム領域をシーケンスして解析する方法。アンプリコンは、PCR で増幅された DNA。

<sup>12</sup> PMA : 核酸染色試薬

### 研究題目 3：設計指針・維持管理マニュアルの作成

#### 項目 1. UASB-DHS システムの技術的特性の整理と体系化

アグラで稼働中の DHS 実証プラントより明らかになった技術的および維持・管理面の問題点を踏まえ、今後順次それら技術的情報をマニュアルへ反映させる作業を実施した。

#### 項目 2. 設計指針の作成とインド関係政府機関への認定

2015 年度 11 月 JCC<sup>13</sup>でそれまでの進捗を提出し、更に修正を重ねた設計指針を 2016 年 2 月 TOT (Trainer's of training)において講義資料として活用し、TOT に参加したインド人技術者からのコメントを反映しながら、カウンターパートと共に設計指針最終稿 (Design guideline final ver.)を作成した。

#### 項目 3. 維持管理マニュアルの作成とインド関係政府機関への認定

2015 年 11 月 JCC でそれまでの進捗を提出し、設計指針と同様、更に修正を重ねた維持管理指針を TOT において講義資料として活用し、参加したインド人技術者からのコメントを反映しながら、カウンターパートと共に維持管理指針最終稿 (O&M guideline final ver.)を作成した。

## III. 追跡調査結果まとめ

### 1. 研究の継続・発展について

代表者であった原田秀樹東北大・長岡技術科学大名誉教授は 2019 年 (株)DHS テクノロジーを立ち上げ、DHS 技術の拡大を目指している。

メインの研究開発課題である DHS を用いた廃水処理技術に関しては以下の 4 件の社会実装の横展開がある。

①エジプト日本科学技術大学 (EJUST) との共同研究。最初沈殿池+DHS の形で既に 2 基。3 基目も推進中。評価も高くエジプト国内 1800 カ所への拡大も視野に入っている。

②国土交通省「下水道技術海外実証事業 (WOW TO JAPAN プロジェクト)」に採択され、東南アジアでの実証例としての位置づけとしてタイ

---

<sup>13</sup> JCC: インドとの合同調整委員会

で小型 DHS 技術の実証実験を行っている。

③環境省「アジア水環境改善モデル事業」に採択され、マレーシアで DHS 実機が採用された。

④中南米に対しては約 20 年前からの人材育成・教育活動により、DHS は既に知名度が高く、ドミニカ・メキシコなどには JICA 短期専門家として招待され講演した。ペルーに稼働している USAB10 基に DHS の連結することを計画している。ペルー日本友好協会や JICA の計らいで行政機関の認証を得るべく実証実験を進めたい。JICA 中小企業支援事業を申請したい。

また、プロジェクトでインド国アグラ市に設置した DHS 大型プラントは、プロジェクト終了後も今日まで健全に運転管理されている。

本 SATREPS は海外と協同して新規の下水処理技術を研究開発して世界に普及させていこうとするものであり、下水処理技術という公共の技術の社会実装には相手国の技術認証のためには、データの取得と認証手続きに長い時間を要するが、上記で記述したように本 SATREPS の成果は着実に進展している。

#### (1) 研究題目 1. (東北大学、木更津高専、長岡技術大学) グループ

科研費および学内の研究資金により共同研究を継続している。その他、国土交通省の下水道革新的技術実証事業 (B-DASH プロジェクト) (2016 年度～2017 年度)、下水道技術海外実証事業 (2018 年度)、JST ALCA (先端的低炭素化技術開発事業) (2016 年～2020 年)、民間企業との養殖廃水処理への応用研究、産業廃水処理への適用研究など、本 SATREPS プロジェクト終了後も研究は、継続発展している。

#### (2) 研究題目 2. (東北大学、木更津高専、長岡技術大学、新潟薬科大学) グループ

DHS を用いた廃水処理技術に関しては、JST ALCA (先端的低炭素化技術開発事業) の他、民間企業との養殖廃水処理への応用研究、産業廃水処理への適用研究など、本研究プロジェクト終了後も研究は、継続発展している。

#### (3) 研究題目 3. (東北大学、木更津高専、長岡技術大学) グループ

マニュアルの成果を元にして DHS に関するレビュー論文を 2 報発表した。

## 2. 地球規模課題の解決に向けた科学技術の進展への貢献について

UASB-DHS による下水処理について、既存の処理法と経済性や環境性の持続可能性などを比較した論文を国際誌に発表した。また、DHS 技術

に関するレビュー執筆の依頼が国際ジャーナルからあり、DHS に関するレビューを執筆している。

DHS 技術と既存の生物学的脱窒技術を組み合わせることで、水産養殖の飼育水の循環利用が可能な技術を開発した。本成果は陸上養殖の普及に大きく貢献するものであり、安定した食料供給という地球規模課題へ貢献が期待できる。

(1) 研究題目 1. (東北大学、木更津高専、長岡技術大学) グループ

UASB-DHS による下水処理に関する論文を著名な学会や国際誌で発表した。

(2) 研究題目 2. (東北大学、木更津高専、長岡技術大学、新潟薬科大学) グループ

成果を著名な国際学会で発表し、論文を投稿した。

DHS 技術と既存の生物学的脱窒技術を組み合わせることで、水産養殖の飼育水の循環利用が可能な技術を開発した。本成果は陸上養殖の普及に大きく貢献するものであり、安定した食料供給という地球規模課題へ貢献が期待できる。

ウイルス等の健康関連微生物の低減効果についても調査を進め、環境低負荷な DHS 技術の普及に向け有望な知見を蓄積しつつある。

(3) 研究題目 3. (東北大学、木更津高専、長岡技術大学) グループ

研究成果を基にして、当研究グループ以外の研究者の自律的な DHS の研究に役立った。地球規模課題の解決に向けた科学技術の進展への寄与に関して、本研究成果は、エネルギーミニマムで維持管理が容易な水資源再生技術開発を推進することにより、将来的に二酸化炭素の排出を削減することにつながっている。

要素技術としては次があげられる：

- ・ 低たんぱく質フリーの天然ゴム生産技術の開発
- ・ たんぱく質フリー天然ゴムを用いたゴム製品の開発
- ・ 天然ゴムの生分解技術の開発
- ・ 環境調和型の廃水処理技術の開発

### 3. 地球規模課題の解決、及び社会実装に向けての発展について

DHS 技術による下水処理は第三国(タイ)においても実証試験が、またエジプト国エジプト日本科学技術大学と共同研究を行った途上国におけるイノベーションを促進する国際協力の戦略的推進においても同国ファイユームに DHS プラントの建設(2017 年竣工)が進むなど、上位目標の「日本発オリジナル環境技術が世界標準化」という点で進展している。

また、上述したとおり、国土交通省 B-DASH プロジェクトに採択され、マニュアルが整備されるなど、日本への波及効果もある。

この他にも DHS 技術に関心のある日本企業と本プロセスを工場廃水処理に適用するための共同研究について協議するなど発展を続けている。

#### (1) 研究題目 1. (東北大学、木更津高専、長岡技術大学)グループ

国交省の B-DASH プロジェクトで、高知県須崎市での社会実装(処理水量 500m<sup>3</sup>/日)が行われた。

#### (2) 研究題目 2. (東北大学、木更津高専、長岡技術大学、新潟薬科大学)グループ

DHS 技術と既存の生物学的脱窒技術を組み合わせることで、水産養殖の飼育水の循環利用が可能な技術を開発した。本成果は陸上養殖の普及に大きく貢献するものであり、安定した食料供給という地球規模課題へ貢献が期待できる。

#### (3) 研究題目 3. (東北大学、木更津高専、長岡技術大学)グループ

国土交通省の B-DASH プロジェクト(2016 年～2017 年度高知県須崎市にて処理日量 500m<sup>3</sup>/日の DHS 実機)など日本での社会実装に寄与した。また、海外ではエジプト国ファイユーム市にて処理日量 200m<sup>3</sup>/日の DHS 実機など社会実装に向けて着実に進展している。連携企業は、住友理工株式会社、三機工業株式会社、(株)NJS 他。さらに、エジプト国では前記ファイユーム市での社会実装の成功による波及効果として、さらに 2 基(処理日量 200m<sup>3</sup>/日と 250m<sup>3</sup>/日)が現在建設中である。これらのエジプトでの DHS プラントの建設・運転は、日本の純然たるオリジナル環境技術の世界での初の社会実装であり、日本の環境技術の誇るべき快挙と云える。

### 4. 日本と相手国の人材育成や開発途上国の自立的な研究開発能力の向上について

DHS 技術などを基盤とした研究を継続し、科研費を初めとした様々な研究プロジェクトに採択されている。また、本研究プロジェクトに関

わった外国人研究者と共同研究の協議や、論文・書籍の共同執筆を行うなど国際的な研究が継続している。

本 SATREPS でポスドク(東北大学)をし、現在インド工科大学ルーキー校の Dr. Tyagi が Hiyoshi Think of Ecology Award 2021 を受賞している。また、本 SATREPS に参画したインド工科大学ルーキー校の博士課程学生 Komal Jayaswal が博士審査論文 “STUDIES ON FULL SCALE UASB-DHS SYSTEM FOR THE TREATMENT OF MUNICIPAL WASTEWATER” で IIT Roorkee から博士号を授与された。

加えて、本研究プロジェクトに参加した若手研究者(当時学生)が、高専や国研の教員、研究者として活躍している

#### (1) 研究題目 1. (東北大学、木更津高専、長岡技術大学) グループ

この研究グループ以外で、国内外における研究者が DHS に関する自律的な研究をおこなっている。実証試験を含む多数の論文が発表されている。事業終了後もインドから、長岡技術科学大学に学生が修士課程に入学している。また、スリランカ、ネパール、タイ、マレーシア、ベトナム、インドネシア等の学生が当該国際共同研究の実施により啓発を受け、長岡技術科学大学の修士、博士課程に学生が入学し学位取得をして、自国の大学教員等になり、自立的な研究開発を遂行することに継続して繋がっている(博士取得後、スリランカで大学教員 2 名、同マレーシア 1 名。マレーシアから来日して日本の大学教員 1 名。ネパールから来日して日本の高等専門学校教員 1 名)。この他、複数名が学術振興会の特別研究員などとして活躍している。

#### (2) 研究題目 2. (東北大学、木更津高専、長岡技術大学、新潟薬科大学) グループ

本研究プロジェクトに関わった外国人研究者と総説論文の共同執筆や共同研究の協議、本の共同執筆の調整など国際的な研究が継続している。

本研究プロジェクトに参加した若手研究者(学生)が、高専や国研の教員、研究者として活躍している。

#### (3) 研究題目 3. (東北大学、木更津高専、長岡技術大学) グループ

日本と相手国の人材育成に繋がった。事業終了後もインドから、長岡技術科学大学に学生が修士課程に入学している。

### 5. 日本と開発途上国との国際科学技術協力の強化、科学技術外交への貢献について

エジプト国の EJUST(エジプト日本科学技術大学)と途上国におけるイノベーションを促進する国際協力の戦略的推進プログラムを行った。

その成果として、エジプト国ファイユーム市に DHS の実機を社会実装できた。

(1) 研究題目 1. (東北大学、木更津高専、長岡技術大学) グループ

本研究プロジェクトに関わった外国人研究者と共同研究の協議や、書籍の共同執筆の調整など国際的な研究が継続している。

当該国際共同研究の成果は、下記の事業で応用され、日本と開発途上国との国際科学技術協力の強化、科学技術外交へ貢献するものとなっている。

ー JST 持続可能開発目標達成支援事業 (aXis) A タイプ研究分野「環境・エネルギー」

研究課題名：「持続可能な天然ゴムエコシステムの社会実装拡大に向けた技術開発と新産業の創出」。相手国名：ベトナム(ハノイ工科大学)。研究代表者：河原成元(長岡技術科学大学・教授)。2020～2021 年度

ー JST-JICA SATREPS 環境・エネルギー(地球規模の環境課題)

研究課題名：「天然ゴムを用いるグローバル炭素循環プロセスの科学技術イノベーション」。研究代表者名：山口隆司(長岡技術科学大学・大学院工学研究科・教授)。プログラムディレクター：河原成元(長岡技術科学大学・大学院工学研究科・教授)。国内研究機関：長岡技術科学大学、相手国研究機関：ハノイ工科大学。採択年度：2021 年度。研究期間(採択時)：5 年間。

(2) 研究題目 2. (東北大学、木更津高専、長岡技術大学、新潟薬科大学) グループ

DHS 技術などを基盤とした研究を継続し、令和 3 年度 科研費国際共同研究の代表として採択された。当該国際共同研究の成果は、下記の事業で応用され、日本と開発途上国との国際科学技術協力の強化、科学技術外交へ貢献するものとなっている。

ー 環境省 インドネシア水産加工場におけるコベネフィット型排水処理方式検討調査

事業主体：株式会社 日水コン

委託研究機関：長岡技術科学大学(山口隆司[教授]、幡本将史[准教授]、渡利高大[助教])

概要：本 SATREPS 事業で開発した廃水処理の要素技術は、別の環境省のインドネシアの廃水処理技術として応用された。(2016 年～2017 年度)

ー JSPS 学術国際交流事業 二国間交流事業(タイ王国—日本)

嫌気共生細菌植種によるアグロインダストリー系廃水のメタン発酵プロセスの高効率化。研究期間 2017 年度～2019 年度

－ JSPS KAKEN 国際共同研究強化(B)

無曝気・有機物フリー硝化脱窒技術の開発とアグロ産業廃水処理への展開。共同研究国：ベトナム、スリランカ、日本。研究期間 2021年度～2024年度。

－ 文科省・科学技術戦略推進費(2012～2016年度)によってエジプト国 EJUST（エジプト日本科学技術大学）との国際共同研究が進展して、プロジェクト終了後に DHS 技術の社会実装が実現した（ファイユー市に処理水量 200m<sup>3</sup>/日の DHS 実プラントがエジプト政府の予算で建設された）

(3) 研究題目 3. (東北大学、木更津高専、長岡技術大学) グループ

当該国際共同研究の成果は、下記の事業で応用され、日本と開発途上国との国際科学技術協力の強化、科学技術外交へ貢献するものとなっている。

－ JST-JICA SATREPS 環境・エネルギー(地球規模の環境課題)

研究課題名：天然ゴムを用いるグローバル炭素循環プロセスの科学技術イノベーション  
(詳細情報は上記(1)に記載)

## 6. 終了時評価における要望事項に対する現状報告

### 要望事項：

今後の研究の採択、推進に対する注意点として、①日本が有する技術の維持と共同研究の推進のバランスを考慮して技術の提供範囲を明確にし、合意しておくこと、②相手国の研究体制を見極めておくこと、③本プロジェクトのような大規模工事を行うような課題では、時間の余裕を持って計画を進めること、④開発した技術、システムを適用しようとする現地の状況をよく把握しておくこと(本プロジェクトでは UASB の排水の水質の事前把握が不十分であった)などが上げられる。

また、本プロジェクトに対する要望事項は、以下の通りである。

①アグラでの実証試験を完遂し、UASB+DHS 下水処理システムの機能と優位性を明確にすること。

②本プロジェクトで得られた技術成果、実規模実証装置および分析機器類、共同研究によるキャパシティビルディング(今後の更なる向上も期待)などを有効に生かし、研究開発と実用化を推進すること。③日本側研究者が継続的に支援できるよう検討すること。]

プロジェクトで供与された資機材(DHSリアクター及び水質分析機器一式)は、プロジェクト終了後も適切な管理の下で継続的に使用されており、定期的な水質分析が継続されている。

下水処理場を管理しているUP Jal Nigam (UP州水道公社)並びにインド側研究者(Prof. A. A. Kazmi, Dr. Vinay Kumar Tyagi, Dr. Muntjeer Ali(以上, IIT Roorkee), Dr. Nadeem Khalil (AMU))とは常に連絡が取れる状況にあり、継続的な支援体制が整っている。

## 7. プロジェクトの上位目標を踏まえた現状報告

上位目標：日本発オリジナル環境技術が世界標準化されアジア、中南米、アフリカ地域に波及、水循環利用システムの悪循環からの脱却が達成される。

- － 国土交通省 2016 年度下水道革新的技術実証事業(B-DASH プロジェクト)に採択され、高知県須崎市において DHS システムを用いた水量変動追従型水処理技術実証研究を実施した。
- － 国土交通省 2018 年度下水道技術海外実証事業(WOW TO JAPAN プロジェクト)に採択され、タイ・コンケン市において DHS 法を用いたエネルギー最小型下水処理ユニットの実証実験が行われた。
- － 環境省 2019 年度アジア水環境改善モデル事業に採択され、マレーシア・コタキナバル市において Likas 湾汚濁改善緊急対策パイロット事業として DHS 法を用いた実証実験が行われた。
- － ペルー・リマ市からも DHS 法を用いた実証実験をやりたいと引き合いがあった。
- － エジプト・ファイユーム県で、DHS デモンストレーションプラントを建設した。
- － DHS 技術の応用として、以下の事業で要素技術を活用している。

○JST 持続可能開発目標達成支援事業(aXis)

「持続可能な天然ゴムエコシステムの社会実装拡大に向けた技術開発と新産業の創出」

○JST-JICA SATREPS

天然ゴムを用いるグローバル炭素循環プロセスの科学技術イノベーション

本 SATREPS 関連の研究グループ以外でもスポンジ担体を用いた下廃水処理に関する学術論文が多数発表されており、自律的な発展が展開されている。

日本発オリジナル環境技術の世界標準化に向けて世界各国で実証実験が実施されており、水循環利用システムの悪循環からの脱却に向け

た活動が継続されている。

以上