

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

(環境・エネルギー分野「地球規模の環境課題の解決に資する研究」領域)

「エネルギー最小消費型の下水処理技術の開発」

(インド)

国際共同研究期間^{*1}

平成 23 年 5 月 15 日から平成 28 年 5 月 14 日まで

JST 側研究期間^{*2}

平成 23 年 4 月 1 日から平成 28 年 3 月 31 日まで

(正式契約移行日 平成 23 年 4 月 1 日)

^{*1} R/D に記載の協力期間

^{*2} 開始日=暫定契約開始日、終了日=R/D に記載の協力期間終了日又は当該年度末

平成 26 年度実施報告書

代表者： 原田秀樹

所属・役職：東北大学大学院工学研究科・教授

<平成 22 年度採択>

I. 国際共同研究の内容（公開）

1. 当初の研究計画に対する進捗状況

項目	H22年度 (10ヶ月)	H23年度	H24年度	H25年度	H26年度	H27年度
1. インド・アグラ市の78MLD下水処理場での実規模試験の準備と実施（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）） ・DHSリアクター用担体の選定、発注、納品 ・UASB-DHSシステムの設計と建造 ・連続モニタリングと下水処理への適用性評価 ・提案技術の省エネ効果		←→	←→		* 1	
		←→	←→	←→	←→	* 2
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） ・生物学的メカニズム解明 ・物理化学的メカニズム解明 ・重要微生物検出・定量・モニタリング技術の開発 ・DHS技術の高度処理への適用 ・新規DHS技術(ポストG6)の開発	←→	←→	←→	←→	←→	←→
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）） ・UASB-DHSシステムの技術的特性の整理と体系化 ・設計指針の作成 ・維持管理マニュアルの作成	←→	←→	←→	←→	←→	* 3
	←→	←→	←→	←→	←→	* 4
	←→	←→	←→	←→	←→	* 5

*1 国内法人企業と東北大との業務委託契約に伴う期間と DHS 建設に係る工期の遅れ、更に建設後の引き渡し期間に時間を費やすため、予定完了期間を約1年半延期した。

*2 *1に伴いモニタリングの開始が遅れることとなった。

*3 アグラ、カルナール他、インド特有のデータを収集しながらガイドライン作成と並行して行う。

*4 作成に必要な参考資料の収集が困難であり、その時間を費やしたため開始が遅れた。

*5 作成に必要な参考資料の収集が困難であり、その時間を費やしたため開始が遅れた。

2. プロジェクト成果の達成状況とインパクト

(1) プロジェクト全体

- ・プロジェクト全体のねらい、当該年度の成果の達成状況とインパクト等

本プロジェクトのねらいは、途上国の人々の健康に重大な脅威を与えている劣悪な水環境汚染を修復・改善し、水起因衛生リスクを低減して、安全で快適な水環境を取り戻すことである。そのために、本プロジェクトでは、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新規の下水処理システムを開発し、普及の道筋をつけることを目標としている。この新規下水処理システムは、DHS(Down-flow Hanging Sponge)リアクターを開発し、既にインドで普及しつつあるUASB(Up-flow Anaerobic Sludge Blanket)の後段に設置するものである。

これまでのプロジェクト活動は、アグラ市で本システムの実規模試験を行うべく、現在までに DHS リアクター用担体の選定と調達方法を決定し、DHS リアクターの建設予定地の整地および測量、基本設計および詳細設計を終えた。さらに H26 年度においては、インド側との協力体制のもと、建設工事および試運転が完了し、インド側研究者と共同で新規下水処理システムの性能評価を実施中である。

一方、日本国内においては、小型 DHS リアクターを製作し、 KL_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ている。

(2) 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の準備と実施

(東北大学グループ、木更津工業高等専門学校グループ、長岡技術科学大学グループ)

①研究題目 1 の研究のねらい

インド・アグラ市の下水処理場に新規建造する DHS リアクターで連続処理実験を行い、UASB-DHS システムの下水処理への適用性を実証する。

②研究題目 1 の研究実施方法

項目 1. DHS リアクター用担体の選定、発注、納品 (H24 年度済み)

項目 2. UASB-DHS システムの設計と建造

DHS リアクターの建造については H25 年度の完了予定であったが、建設資材が予定通り納入されない等のトラブルがあり、それに伴うその他の工事や試運転の作業にも遅れを来し、UASB-DHS システムの完成が H26 年度に延期された。

項目 3. 連続処理モニタリングと下水処理への適用評価

図 1 は UASB-DHS システムの概要図を示す。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 + DHS 0.9 時間 (DHS の HRT 計算における有効容積は担体ネットリング内側のスポンジ体積とした)、全体で約 9 時間とした。採水位置は、生下水、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、SS、VSS、 COD_{Cr} 、BOD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、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ている。

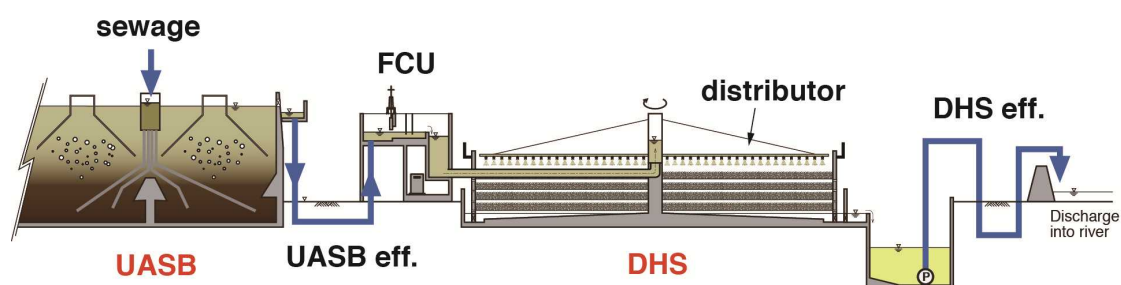


図 1 UASB-DHS システムの概要図

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

H25 年度までに、インド国内の既存下水処理場を視察し、各処理場の管理責任者よりヒアリングを行った。また、採水した流入下水と処理水の水質分析を行った。H26 年度はこの調査結果の取りまとめを行い、最終年度に行う経済性評価のための調査計画を行った。

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

H26 年度は、DHS が定常的に稼働している段階で電力消費量を測定するために、消費電力の計測方法について検討した。

③研究題目 1 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

項目 2. UASB-DHS システムの設計と建造

H26 年度初旬、建設工事が完了し、7 月には機器の試運転作業を終えた。写真 1 は DHS リアクターの全景を示す。写真 2、3 は試運転・水質分析作業の一部を示す。



写真 1 アグラ市の下水処理場に建設した DHS リアクターの全景



写真 2 自走式散水装置の回転速度調整の様子



写真 3 24 時間コンポジット採水・分析の様子



項目 3. 連続処理モニタリングと下水処理への適用評価

図 2 は UASB-DHS システムへの流入下水量を示し、図 3 は、各位置の BOD の経日変化を示す。実際の流入下水量は、計画流入量 5,000 $\text{m}^3/\text{日}$ に対して半分程度であり、平均流入量は 2,540 $\text{m}^3/\text{日}$ であった。特に約半分の運転期間は、電力低下等の影響で満足な供給量が得られていない。時折、下水が供給されない時期もあったが、BOD 除去性能は破綻することなく下水が供給されると処理が行われた。UASB-DHS システムの各位置における BOD については、下水平均 158 mgBOD/L が、UASB 処理水平平均 90 mgBOD/L となり、DHS 処理水平平均では 37 mgBOD/L が得られており、インド既存技術である UASB+FPU システムに比べ約 2 倍の BOD 除去効率を有した。以上のことから、インド国アグラ市に設置した実規模 DHS リアクターは、電力低下等の影響で計画流量を確保せず、また供給が停止する場合が多々起こったが、DHS リアクターの BOD 除去能力は破綻することなく運転を継続できた。また現在、目標水質 (30 mgBOD/L 以下) が継続的に得られていない原因をカウンターパートとも協力しながら生分解性試験等により調査する予定である。一つの原因として、アグラ 78MLD 下水処理場の流入下水の BOD/COD 比が他の国内外の下水と比較して低く (図 4)、また重金属濃度が高いことが明らかになりつつある。BOD/COD 比が低いと生分解性が低いと判断され、一般的な生物処理では困難が予想され、生活排水の他に工場廃水等の化学成分を多く含む下水が流入していると考えられる。生分解性試験の結果次第では、今後、目標水質を達成するために流入負荷を低負荷側に制御して、最適な DHS 運転条件を検証することも想定している。

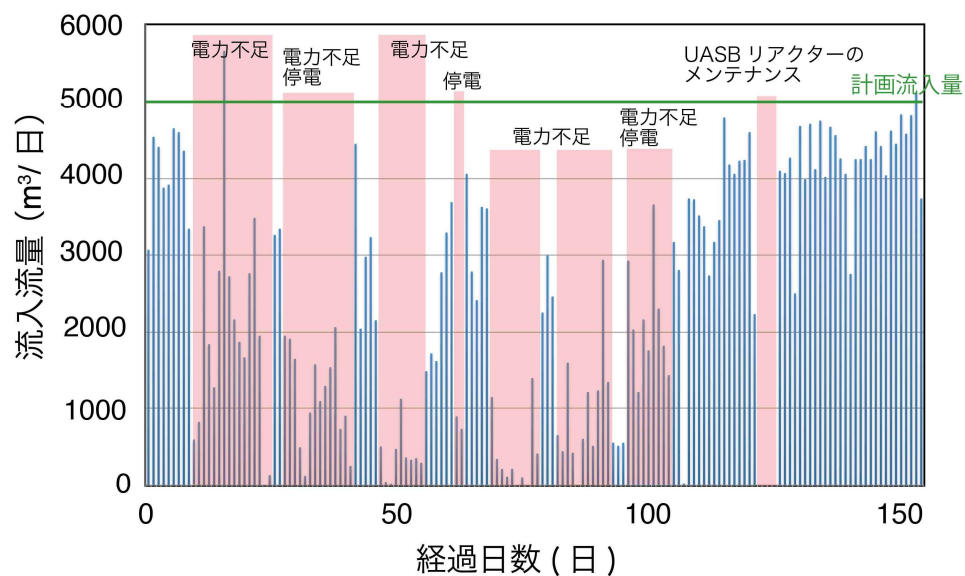


図 2 アグラ UASB-DHS システムへ流入する下水量の推移

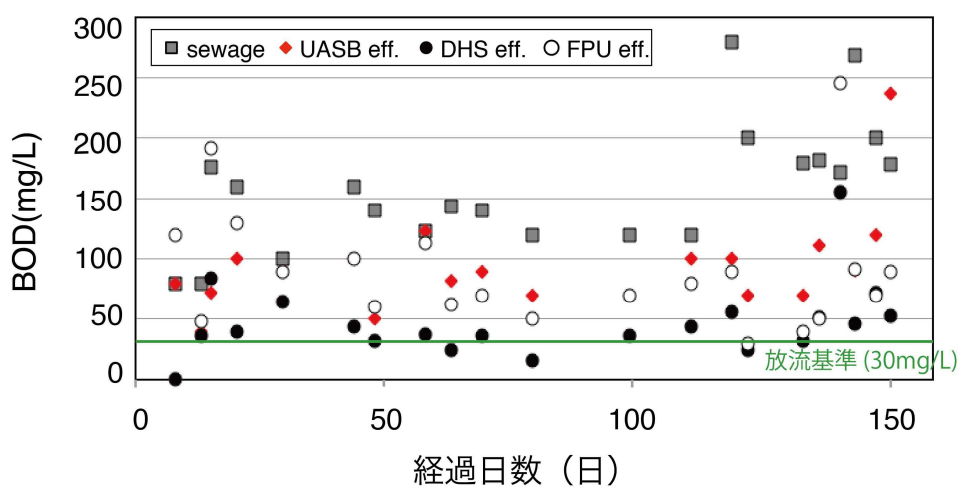


図 3 アグラ UASB-DHS システム各位置の BOD 経日変化

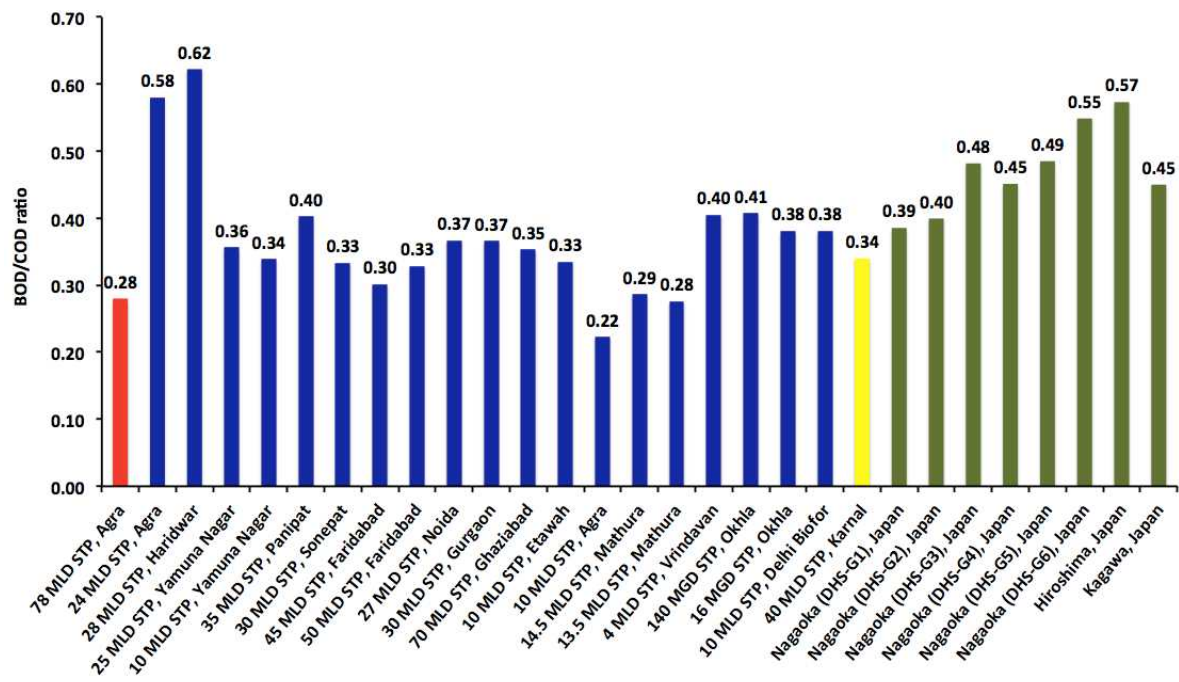


図 4 インドおよび日本国内の下水の BOD/COD 比（アグラ 78MLD 下水処理場は赤で示す）

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

H26 年度はこれまでに現地調査を実施した Vrishabhavathi Valley、Cubbon Park、Akurdi、Pimple Nilakh、Ghaziabad の 5 カ所の調査結果をまとめ、UASB-DHS システムとの比較検討を行った。また、経済性評価をインド現地コンサルタントと行うための調査案の作成を行った。今回の調査対象とした処理場では、薬品を使用した凝集沈殿を行っているところもあり、比較的処理水質は良好なものであることが分かった。

表 1 インド国内の下水処理場の流入下水・処理水の分析結果および排出基準との比較

Name of STP	Treatment Technology	Capacity MLD	Sampling points	Organics				Nutrients			Microbiological	
				TSS(mg/l)	VSS(mg/l)	Total BOD(mg/l)	Total COD(mg/l)	Total Nitrogen	Ammonia (mg-NH ₄ ⁺ /l)	Total Phosphorus (mgPO ₄ ³⁻ P/l)	Sulfate (mg-SO ₄ ²⁻ /l)	FC MPN/100ml
Vrishabhavathi Valley STP	Trickling filter followed by Densadeg Flopac	60	Indian discharge standards	100	-	30	250	-	50	5	1000	1000.00
			Inlet	176	119	175	445	26	17.4	6.0	8	1.10E+07
			Final eff.	25	15	3	18	16.1	8.4	0.4	10	2.56E+04
			Removal %	86	88	98	96	38	52	93	-	100
Cubbon Park	Membrane BioReactor(MBR)	1.5	Inlet	2350	1030	292	1322	46	26.7	40.1	6	2.05E+05
			Final eff.	2	1	1	3	19.4	0	1.5	10	1.00E+00
			Removal %	100	100	100	100	58	100	96	-	100
Akurdi STP	Combi- treat Improved SBR	30	Inlet	225	121	115	324	12	8.0	4.8	3	1.60E+06
			Final eff.	18	9	6	24	6.9	8.0	0.9	4	1.60E+06
			Removal %	92	92	95	93	43	0	81	-	0
Pimple Nilakh	Bio-tower	20	Inlet	123	89	73	321	90	19.3	9.6	13	1.60E+06
			Final eff.	17	5	2	10	20.2	10.3	2.3	11	1.60E+06
			Removal %	86	94	97	97	78	47	76	15	0
Ghaziabad STP	SBR	74	Inlet	349	206	113	658	53	31.4	11.3	36	2.46E+07
			Final eff.	20	12	14	25	10.9	1.1	0.9	49	9.66E+05
			Removal %	94	94	88	96	79	97	92	-	96

 In compliance  Non-compliance

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 リアクターの消費電力は、H27 年度において定常的な運転になった段階で計測する予定である。電力消費の計測はクランプ式電力計を用いることとした。

④研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況

H26 年度 11 月～12 月にかけて、カウンターパートであるウッター・プラデシュ州上下水道公社の土木エンジニアおよび機械エンジニアを対象に維持管理のためのトレーニングを実施し、新規下水処理システムの基本的な運転操作方法、保守点検、サンプリング方法等について指導している。システムの水質モニタリングは IIT Roorkee（インド工科大学ルールキー校）研究者と共同で行い、データ取得、分析、評価を行っている。また、省エネ効果の情報収集については、H27 年度において AMU（アリガームスリム大学）と共同で行う。

⑤研究題目 1 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

特になし

(3) 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

(東北大学グループ、木更津工業高等専門学校グループ、長岡技術科学大学グループ、新潟薬科大学グループ)

① 研究題目 2 の研究のねらい

DHS は、これまで国内実験サイトおよびインド・カルナールにおける連続運転処理から、安定かつ優れた有機物除去能力とアンモニア除去能力が示されている。また無曝気にも関わらず UASB 処理水で 0 mg/L だった溶存酸素が 5-6 mg/L になるなど、優れた酸素供給能力も有している。しかしながらそのメカニズム解明についてはこれまで殆ど行われていない。今後、他の技術と DHS を比較し、実機としての導入を促していくためには、そのメカニズムを明らかにする必要がある。ランダムパッキング型 DHS リアクターに属する G3 および G6 型担体は、その施工の容易さから今後実機への適用の可能性が高いため、これらの担体を国内に設置された実験室規模の DHS リアクターに充填し実験を行う。物理化学的反応の解明には酸素移動効率や汚泥捕捉能・保持能などの項目を中心に除去メカニズムの解明を実施していく。また、生物学的反応の解明には分子生物学的手法を用いて、微生物群集構造を解明し、そこから処理メカニズムの解明を試みる。システムにおける重要微生物の検出・定量・モニタリング技術を開発し、DHS リアクターにおける重要微生物群の挙動の把握を試みる。これらの情報は DHS リアクターの次なる展開へも有用である。途上国の産業化が進み、産業排水も下水に加え重要な課題である。これらの情報を基に、本研究題目で、DHS リアクターの下水以外への展開も試みると共に、ポスト G6 型 DHS リアクターの開発を行う。

② 研究題目 2 の研究実施方法

項目 1. DHS リアクターの酸素取り込み能力の把握

前年度の成果で、孔径 500 μm のポリウレタンスポンジの有効性が確認できたので、同スポンジを使用した G3.3、G3.4 およびポリエチレン製スポンジにエポキシ樹脂で硬質化を施した硬質スポンジ担体である G6 を対象に酸素取込能力の実験を行った。実験に使用したスポンジ担体の概略を図 5 に示す。

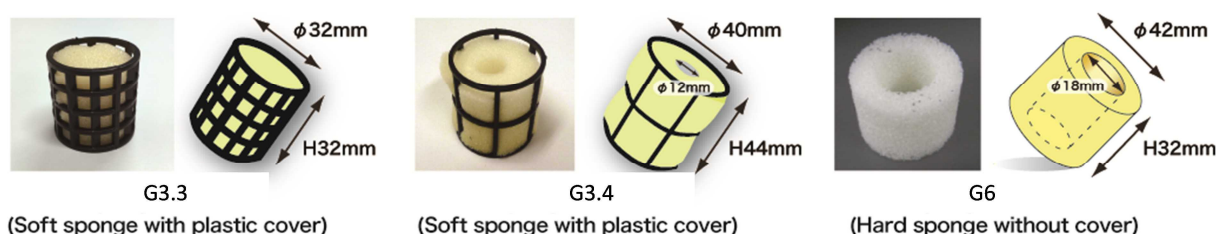


図 5 実験に使用したスポンジ担体

スポンジ担体のプラスチックフレームをつり糸で 40 個連結させ、実験室の天井に設置した棒から吊るして数珠状に懸垂させた装置を作製した（図 6）。担体の上部から、イオン交換水を所定の流量（5, 10, 20, 44, 66, 88 mL/min）で供給し、水が十分スポンジに浸透するまで 48 時間程度運転を続け、トレーサー試験を行い、実測 HRT を測定した（図 7）。次いで、脱酸素水を実験装置の上部から供給し、スポンジ間を流れる水の溶存酸素を、DO 微小電極（OXY メータ，UNISENSE 社製）で測定し K_La を求めた。

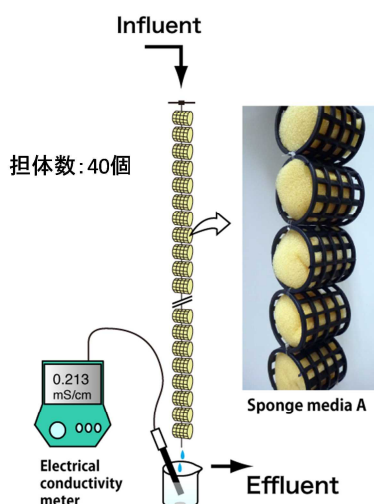


図 6 実験装置

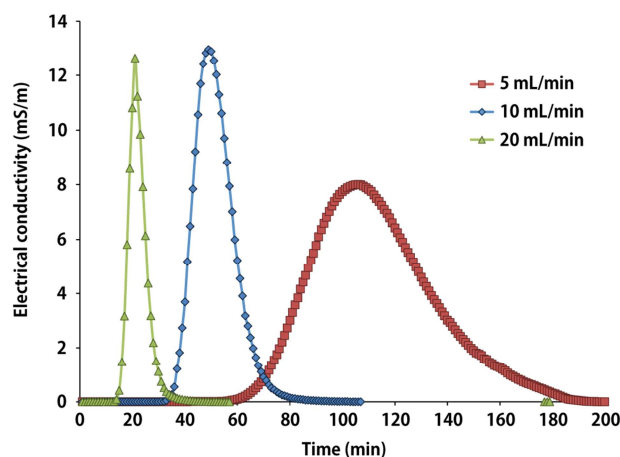


図 7 トレーサー実験の結果の一例

項目 2. DHS リアクターの汚泥補足能力の把握（H23 年度～H27 年度）

前年度までに、5 つの孔径のスポンジにおける汚泥の補足実験を行った。その結果、500 μ m のスポンジが最適であることがわかった。さらに、項目 1 における酸素取込速度の研究において、経済性をも含めた考察の結果、G3.4 の有用性が確認できた。DHS のスポンジ付着汚泥量が安定するまでの期間を、ここで仮にスタートアップ期間と定義すると、その増殖量を定期的に把握した実験は今のところ存在しない。そこで、H26 年度は、仕様担体を G3.4 とし、図 8 に示す装置を用いて、定期的に汚泥の増殖量を把握する汚泥の増殖実験をスタートした。スポンジ担体 G3.4 を 5 個連結させたものを 1 セットとして、14 セット吊るし、それぞれに同量の初沈下水を供給した。初沈下水は、袖ヶ浦終末処理場より採水し、75 μ m のふるいによりろ過したものを使用した。この初沈下水を担体 1 セット当たり 79.2 mL/h の流量で供給した。これは、HRT を 3 時間として、スポンジの体積から、スポンジ担体 1 セット当たりの流量として求めたものである。袖ヶ浦終末処理場より採取した活性汚泥を 75 μ m のふるいを用いて濾した（MLSS 1220mg-MLSS/L）。その活性汚泥にスポンジ担体を植種し実験を開始した。上部から 1、2、3 番目のスポンジにつき、MLSS、MLVSS、原生生物数、糸状性細菌長を定期的に行った。適宜、流入下水および流出水の水質測定も行った。

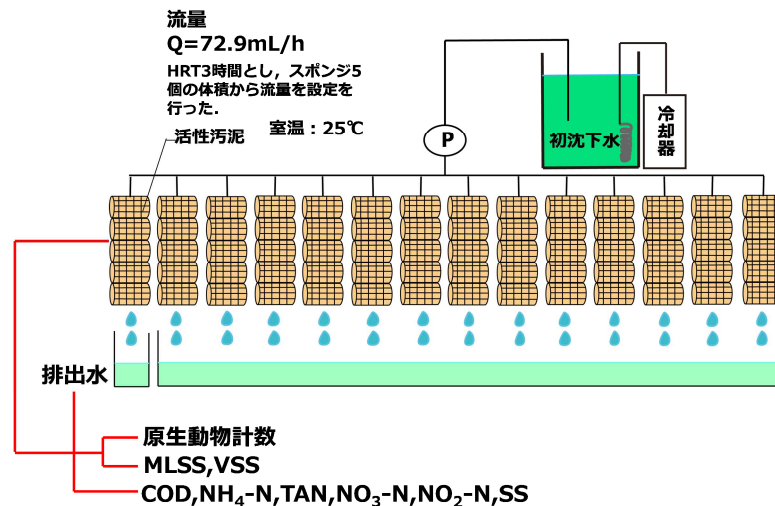


図8 汚泥増殖実験装置

項目 3. 実規模 DHS リアクターの微生物群集構造解析

これまでに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 により硝化細菌群や脱窒細菌群の定量を行ってきた。これらの成果はすでに論文としてまとめられ、Bioresource Technology 誌 (2014) および土木学会論文集 G(環境) (2013) に掲載された。また、H24~25 年度には、様々な下水処理活性汚泥および DHS 汚泥中の真核生物を、分子生物学的手法を用いて解析し、Microbes and Environments 誌 (2015) に受理された。また研究題目 1 と連携し、アグラ DHS リアクターの微生物群集構造の解析を行う時期・サンプリング方法の検討を行なった。

項目 4. 重要微生物の検出・定量技術の開発

これまでに① 分子量分画膜を用いて RNA を特異的に検出する技術 (環境工学研究論文集, 2011)、② 金ナノ粒子標識オリゴヌクレオチドと NanoSIMS を併用した in situ における微生物機能解析技術 (Systematic and Applied Microbiology (2014)) の開発および実試料への適用を行ってきた。今年度は前年度に行なった③ファージディスプレイペプチドを利用した特異的微生物検出技術のハイスループット化について結果をまとめて土木学会全国にて発表を行なった(土木学会年次学術講演会(2015))。また前年度から行なっている④ 遺伝子定量法における感染能を有する健康関連微生物のみを特異的に検出技術、Propidium monoazide を併用したリアルタイム PCR 法 (PMA-PCR) の開発において、感染能とウイルス遺伝子定量を一致させるための条件検討を行ってきた。結果、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-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。

項目 5. DHS 技術の高度処理への適用

ASB-DHS に最適な高度処理システムとして嫌気環境と好気環境および無酸素環境を人為的に構築

することで脱窒とリンの同時除去が可能なプロセスを開発した。これまで連続運転を継続し、本システムの処理特性の把握と運転管理に関する情報の収集を行った。本年度は、本システム内で脱窒のリン除去を担う微生物の解析を行い、またさらなる処理の高度かを目標に処理時間の短縮も試みた。

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。DHS の処理性能評価については研究題目 1 と同様である。

③ 研究題目 2 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

項目 1. DHS リアクターの酸素取り込み能力の把握

トレーサー実験の結果、実測 HRT/理論 HRT は、G3.3 で 67%、G3.4 で 56%、G6 で 25%であった（図 9）。まず G6 は、ポリエチレン製スポンジにエポキシ樹脂で硬質化を施した特殊な担体であり、空隙率も実測 HRT/理論 HRT が本実験で用いた担体の中で最も低かった。これは充填した樹脂の影響であると示唆された。G3.3 は、スポンジ材質が G3.3 と同じで、G6 と同様にリング状となっている。今回、初めてアグラのプラントで実験に用いている。G3.4 の実測 HRT/理論 HRT は G3.3 よりも低いが、G6 よりもはるかに高いことから、実測 HRT/理論 HRT の観点からは十分実用に値すると考えられる。 K_La の値は、水がスポンジに浸透し難い順に低下する傾向がみられた（図 10）。現状、最も信頼性における処理性能を示している G3.3 と新規に開発した G3.4 比較してみると、スポンジ懸垂型のトレーサー実験の実測 HRT/理論 HRT は、G3.3 で 67%、G3.4 で 56%、 K_La では G3.3 で 0.56 - 1.67 (1/min)、G3.4 で 0.78 - 2.02 (1/min) と両者に大きな差がなかった（表 2）。G3.4 は、コスト面では、G3.3 よりも優れており、今後、G3.3 に代わる新たな担体として期待される。

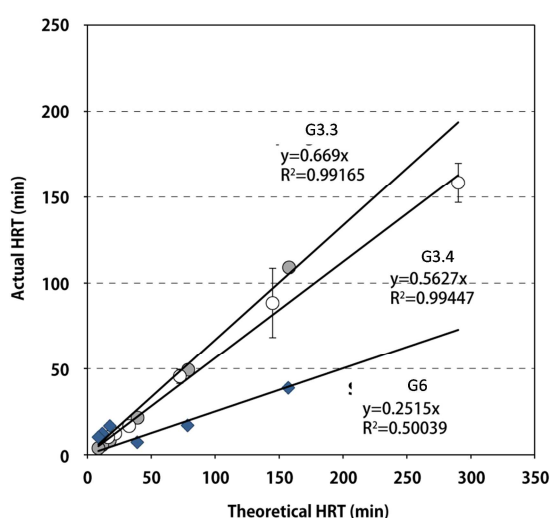


図 9 実測 HRT/理論 HRT

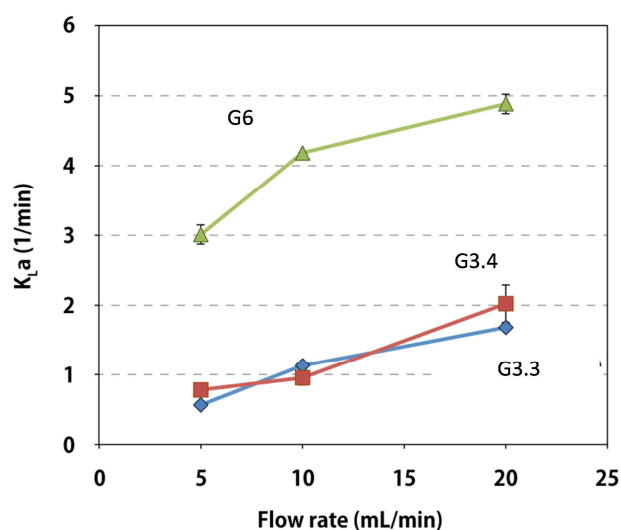


図 10 k_La の結果

表2 DHS スポンジ担体と他の曝気装置との k_{La} の比較

Reactor type		K_{La} (1/min)
Activated sludge process		0.043 - 0.577
Aerated reactor		0.6 - 3.6
Mixed vessel		0.15
Rotating biological contactor		0.011 - 0.035
DHS sponge media	G3.3	0.56 - 1.67
	G3.4	0.78 - 2.02
	G6	1.68 - 4.88

本研究項目の当初目的は、①DO 微小電極を駆使した酸素移動効率 (K_{La}) の測定方法の確立を行い、 k_{La} を指標とした DHS リアクターの酸素の取り込み能力を把握することと、②他の好気性処理プロセスとの比較を行い、DHS リアクターの酸素取り込み能力についてエネルギー・コスト面も加味して評価を行うことである。本年度の結果より、上記①の目的は達成された。②についても、DHS と好気性処理プロセスとの酸素取り込み能力の比較は達成された。

表1には、現在までに報告されている、活性汚泥法 (14m³, 大規模実験プラント)、実験室規模の曝気槽 (8.5 L) および攪拌槽 (2.4 L)、回転円盤法 (18 L) についての K_{La} の測定値も示している。DHS スポンジ担体は、人為的なエアレーションを一切行っていないのにも関わらず、他の曝気装置と遜色のない、あるいはそれ以上の酸素供給能力を有していることが示唆された。

項目 2. DHS リアクターの汚泥補足能力の把握

図 11 に、現在までのスポンジ 1 個当たりの MLSS の推移を示す。スポンジ 1 は 180 日程度で、1200mg-MLSS/sponge (33.3h-MLSS/L-sponge) まで上昇し、さらに増加する傾向を見せる一方、スポンジ 2、3 は 200mg-MLSS/sponge 程度で安定する傾向を見せた。今後、スポンジ 1 の汚泥保持量が安定化するまで実験を続け、解析する予定である。

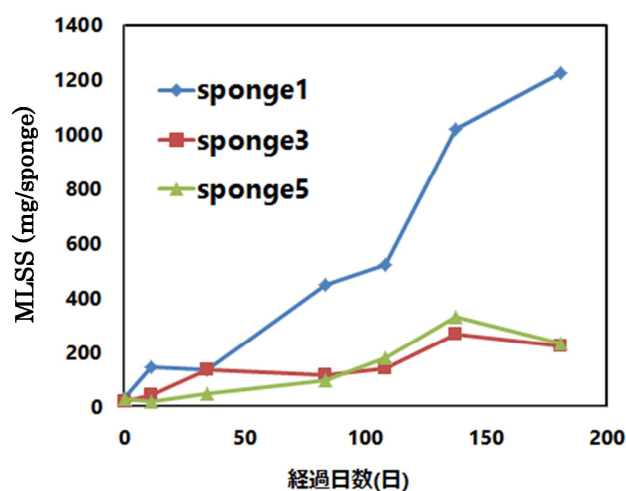


図 11 MLSS の推移

項目 3. 実規模 DHS リアクターの微生物群集構造解析

今年度から 78MLD STP にて 5MLD DHS が本格的に稼働を開始した。研究題目 1 と連携し、アラグラ DHS リアクターの微生物群集構造の解析を行う時期・サンプリング方法の検討を行なった。

項目 4. 重要微生物の検出・定量技術の開発

項目 5. DHS 技術の高度処理への適用

これまで窒素・リンの同時除去システムとして開発してきた嫌気・無酸素回分式リアクター (Anaerobic/Anoxic Sequencing Batch Reactor :A₂SBR) について、次世代シーケンサを用いて 16S rRNA 遺伝子配列に基づいた微生物群集解析を行った。その結果、リン蓄積細菌が属する Betaproteobacteria の割合 30%程度存在することが確認できた (図 13)。

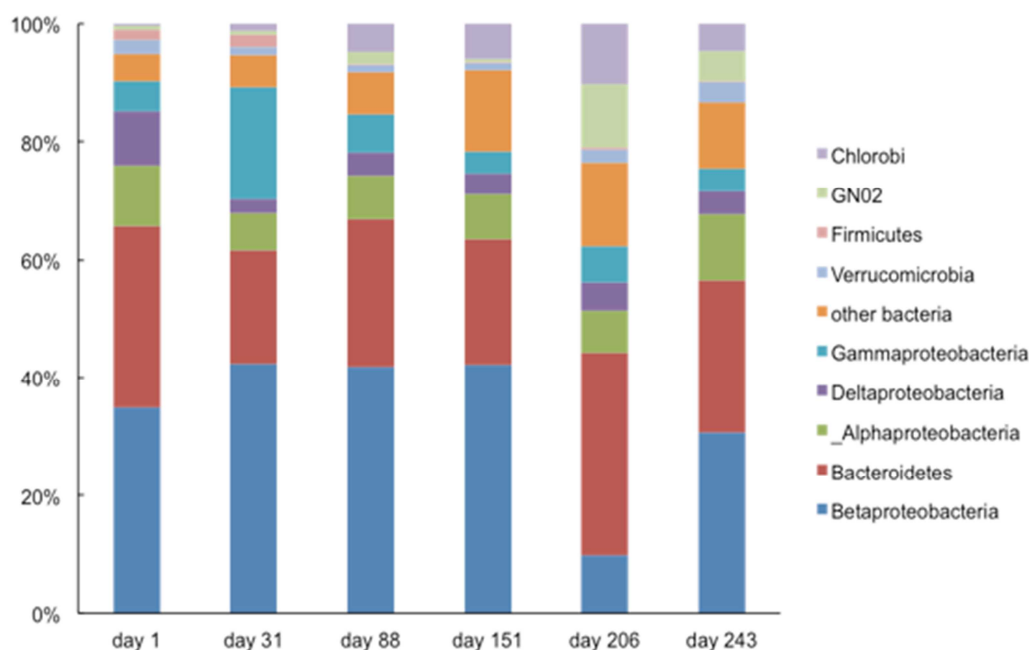


図 13 A₂SBR の微生物群集解析結果

A₂SBR のプロファイル結果から、A₂SBR の処理時間の削減が可能であることが示唆された。そこで本年度では、A₂SBR の処理時間短縮を行い、処理時間が処理性能に及ぼす影響を評価した。

処理時間を従来の 6 時間から 3 時間に短縮した。実験の結果、処理時間短縮後の硝酸除去率は 65 ±15%であり、脱窒性能に大きな変化はなかったが、全リン除去率は 40 ±15%であり、処理時間短縮によりリン除去性能が低下することが示唆された。リン除去性能低下の原因として無酸素条件終了後の硝酸の残存、また水質プロファイルから沈降時間の不足が考えられた (図 14)。

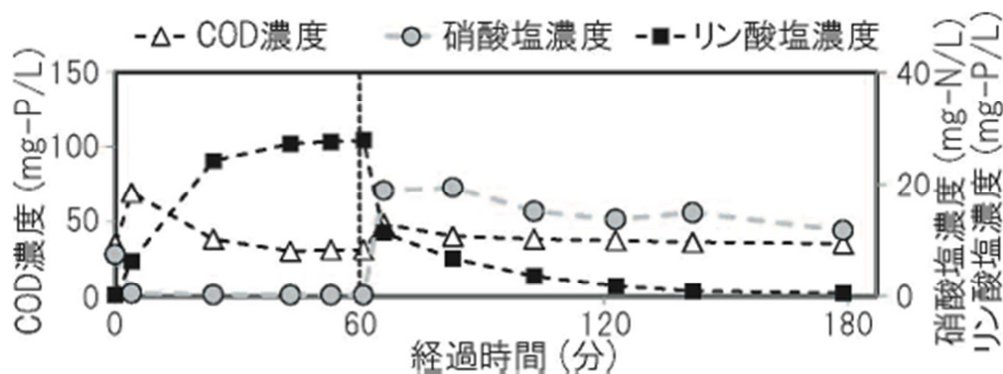


図 14 処理時間短縮後の水質プロファイル結果

④ 研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況

本研究題目は、国内の研究機関のみで実施するため、移転はない。

⑤ 研究題目 2 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

特になし

(4) 研究題目 3

設計指針・維持管理マニュアルの作成

(東北大学グループ、木更津工業高等専門学校グループ、長岡技術科学大学グループ)

① 研究題目 3 の研究のねらい

現行の DHS 技術は経験的な要素が多く、科学的な根拠によって裏打ちされているとは言い難い。本研究題目では、UASB のポスト・トリートメント技術としての DHS プロセスの技術的特性を整理して、UASB-DHS システムの体系化を図る。これらの情報と研究題目 1 および 2 の知見を活用し、UASB-DHS システムの実機化・普及のために不可欠な設計指針と維持管理マニュアルを社会実装する。

② 研究題目 3 の研究実施方法

項目 1. UASB-DHS システムの技術的特性の整理と体系化

インド国内の河川水質について公的な報告書などから水質の実態調査を行い、UASB-DHS システム導入の効果の検証を試みる。

項目 2. 設計指針の作成とインド関係政府機関への認定

日本国内およびインド・カルナールでの DHS 研究成果をもとにこれまで作成した暫定的な日本語版設計指針のブラッシュアップを行う。

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

DHS 建設後より研究者が現場入りし処理システムの仕様、運転方法・管理方法を取りまとめながら作成を進めながら、設計指針と同様、ブラッシュアップを行う。

③ 研究題目 1 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

項目 1. UASB-DHS システムの技術的特性の整理と体系化

インド国内の河川水質について、CPCB（中央公害対策委員会）の報告書（Status of water quality in India 2011, Polluted river stretches in India）や Central water commission の報告書（Water quality hot spots in rivers of India）などの情報を入手しインド河川の水質について情報収集を継続している。また、インドで稼働中の既存下水処理場の現状について実態調査（研究題目 1）を継続しており、それらの情報とあわせて H27 年度は UASB-DHS システム導入の効果を検証するための最適なデータ収集方法について検討段階である。

項目 2. 設計指針の作成とインド関係政府機関への認定

設計指針について、ブラッシュアップおよび英語化後の初稿を H26 年度 JCC においてカウンターパート側に提出した。本指針は、1. 諸言、2. 概説、3. 主要機器の役割と運転条件、4. システムの適用条件、5. 計画設計基準、6. 設計例、7. 法規関係の 7 章立てで構成した。

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

維持管理マニュアルについても項目 2 同様に、ブラッシュアップおよび英語化後の初稿を H26 年度 JCC においてカウンターパート側に提出した。本マニュアルは、1. 運転準備、2. 植種汚泥投入、3. 負荷設定、4. 運転管理、5. 保守点検、6. 処理悪化時の対応方法、7. 現場測定項目、8. トラブル事例の 8 章立てで構成した。

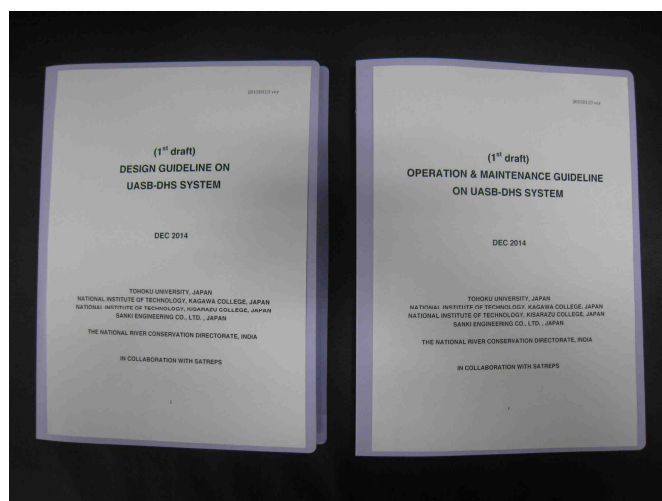


写真 4 設計指針・維持管理マニュアルの初稿

④ 研究題目 3 のカウンターパートへの技術移転の状況

設計指針・維持管理マニュアルの作成に向けて、H26 年度は初稿ドラフト版をカウンターパート側に提出できた。H26 年度 JCC において、インド側マニュアル作成メンバー（NRCD（国家河川

保全局)、AMU (アリガームスリム大学)、IIT Roorkee (インド工科大学ルーキー校)、CPCB (中央公害対策委員会)、CPHEEO (中央公衆衛生環境局)、NEERI (国家環境技術研究所)) も決定し、H27 年度はドラフト版のブラッシュアップを共同で行う。またその成果はワークショップ活動や技術者への訓練に反映していく予定である。

- ⑤ 研究題目 3 の当初計画では想定されていなかった新たな展開
特になし

II. 今後のプロジェクトの進め方、および成果達成の見通し (公開)

5MLD DHS リアクターの下処理性能評価

H27 年度は引き続き、アグラの下処理場に建設した DHS リアクターにより、処理水質 BOD 30mg/L 以下を目標に実証実験を継続し、そこから得られた性能を設計ガイドラインに反映しインド国内の排水基準を満たすことができる技術確立する。

省エネ効果の調査 (既存施設調査)

インド国内既存各種処理場を訪問し、各処理場の管理責任者よりヒアリングを行う。訪問した処理場におけるメンテナンス状態や維持管理に関する情報収集を共同で行う。訪問した処理場で採水し、流入下水と処理水の水質分析を行い UASB-DHS システムの比較を行う。また、建設した DHS リアクターの消費電力を計測し省エネ効果を評価する。

メカニズム解明とモニタリング技術開発

物理化学的メカニズムの解明として、これまでにスポンジのセルサイズによる物理化学的特性、異なるスポンジ担体における酸素移動速度について把握できたので、次年度からは、G3.3、G3.4 および G6 の 3 つのスポンジ担体を用い、スポンジの硬化処理や担体形状の違い等による汚泥保持能力を求める。

生物学的メカニズム解明では、H26 年度の中盤からアグラにおいて 5 MLD の DHS プロセスが稼働しており、研究題目 1 と連携をとりながら DHS 汚泥のサンプリングを行い、16S rRNA 遺伝子を標的とした微生物群集構造解析を行う。またこれまで構築してきた重要微生物のモニタリング技術について成果をまとめる。そして DHS のメカニズム解明のための基礎的な知見を引き続き収集する。

モニタリング技術の開発については、引き続き技術の高感度化、特異性、環境サンプルへの適用性について検討を行う。

高度処理への適用

長岡市下水処理場にて稼働中のパイロットスケールの DHS リアクターを利用した実下水処理実験を引き続き行い、高度処理のための最適化を行う。本年度は DHS の前段に沈殿槽を設置し、沈殿槽-DHS として処理性能の評価を行う。特に、水温低下時に問題となる硝化と、DHS 流出水に含まれる SS 成分の処理について定期的に水質モニタリングを行い評価する。

UASB-DHS システムの技術的特性の整理と体系化

インド国河川の汚染状況と実態を把握し、社会工学的な視点から UASB-DHS システム導入による効果を明らかにしていくために、インド国内の河川水質について公的な報告書などから水質の実態調査を行い、UASB-DHS システム導入の効果の検証を試みる。

設計指針、維持管理マニュアルの作成

引き続き、研究題目 1 および 2 の知見を活用し、UASB-DHS システムの実機化・普及のために不可欠な設計指針と維持管理マニュアルを作成する。C/P 機関とドラフトマニュアルのブラッシュアップを行いながら、プロジェクトメンバーおよびウッター・プラデシュ州上下水道公社などの技術者を対象としたワークショップにてマニュアルの仕上げおよび設計・維持管理の講習を実施する。

Ⅲ. 国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など（公開）

(1) プロジェクト全体

・ プロジェクト全体の現状と課題

本研究プロジェクトは、途上国の実状に合致した途上国が適用できる超低コストの新規下水処理システムの実用化および普及に向けた技術体系を創成するために東北大・木更津高専・長岡技科大・新潟薬科大とカウンターパート（NRCD（国家河川保全局）、ウッター・プラデシュ州上下水道公社、AMU（アリガームスリム大学）、IITRoorkee（インド工科大学ルーキー校）、CPCB（中央公害対策委員会）、CPHEEO（中央公衆衛生環境局））のあいだで現地一体型の国際共同研究体制を構築しなければならない。

アグラに建設した新規下水処理システムの水質モニタリングは、引き続き IITRoorkee（インド工科大学ルーキー校）研究者と共同で行い、データ取得、分析、評価を実施する。また、省エネ効果の情報収集については、AMU（アリガームスリム大学）と共同で実施する。設計指針・維持管理マニュアルの完成に向けては、インド側マニュアル作成メンバー（NRCD（国家河川保全局）、AMU（アリガームスリム大学）、IITRoorkee（インド工科大学ルーキー校）、CPCB（中央公害対策委員会）、CPHEEO（中央公衆衛生環境局）、NEERI（国家環境技術研究所））とドラフト版のブラッシュアップを共同で行う。またその成果はワークショップ活動やウッター・プラデシュ州上下水道公社をはじめとする技術者への訓練に反映していく。

- ・ 各種課題を踏まえ、研究プロジェクトの妥当性・有効性・効率性・自立発展性・インパクトを高めるために実際に行った工夫

インド側 C/P の本プロジェクトに対する理解および参画意識を高めるため、業務調整員を交えて定期的に打ち合わせを行い、C/P の自立発展性を望むと共に啓蒙活動を行なっている。また、プロジェクトの効率性を高めるため、C/P のプロジェクトにおける役割を明記した TOR を結んだ。

これまでの研究に関する成果のほとんどについて、日本人研究者が主体となっているため、今後インド側にも DHS 技術を発展させる研究に携わってもらい、インド側を含めた成果を発表していく。そのために、

現在インド工科大学ルーキー校 (IIT Roorkee) の Dr. Kazmi と共同研究体制を確立した。

- ・ プロジェクトの自立発展性向上のために、今後相手国（研究機関・研究者）が取り組む必要のある事項

インド側参画機関は、研究開発という面で能力が不足しているため、引き続き日本人専門家の現地研究を通して基礎技術のスキルや研究開発能力を向上させる必要がある。また、本プロジェクトの最終目標は設計ガイドラインや維持管理マニュアルをインド国都市開発省に認知してもらうことにある。従って、都市開発省が JCC のメンバーとしてこれらの作成課程に積極的に参画してもらうとともに、これらを正式に承認してインドの下水道事業に役立ててもらえるよう、C/P を含めた取り組みが望まれる。C/P は、インドの下水処理管轄の役所が代表機関となっているため、共同研究という役割からは最適とは言えないが、DHS 技術の水平展開・普及の段階では大きな貢献が期待できる。

プロジェクトの自立発展性向上のためには、日本へ招聘する C/P メンバーを、これまでの上級官僚だけでなく、実務を担当する若手・中堅技術者や研究者も中心に招聘し、DHS 技術のインドでの開発・普及に真に貢献できる実務担当者を訓練する体制を整えていく。将来的にはアグラの DHS 装置を使って、インドの下水技術実務者と共同で水質分析やリアクター運転管理を実施し、相手国の人材育成を行う計画である。

(2) 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の準備と実施

(東北大学グループ、木更津工業高等専門学校グループ、長岡技術科学大学グループ)

- ・ 相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活用。

DHS リアクター用担体の調達について、今後、インド国内での DHS 普及を目指すため、本プロジェクト期間中にインド国内で担体を調達できる体制を整えるようにと C/P 機関より要望が出されたためその体制を整える必要がある。H27 年度は、インド国内の幾つかのウレタンフォーム製造工場を訪問し、製造工程や品質管理状況を調査する。現地調達する場合の課題や、製造コストをとりまとめる予定である。

H25 年度に着工したアグラ DHS 装置の工事は予定より時間を要し、試運転期間を含め H26 年 7 月に竣工した。工事の遅れにより当初の予定より実証試験の期間が短くなったが、国内の研究成果を応用し、実規模プラントでのデータ収集（処理性能評価、負荷変動試験、保持汚泥性状調査、微生物菌叢解析）を行う予定である。取得した成果をスムーズに発展させるため、引き続き C/P 機関との連絡を密に取り合い、お互いの進捗状況や問題点については、リアルタイムで両者が把握し、その問題解決のためのディスカッションの場をより多く設ける必要があると思われる。

- ・ 類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等

特になし

(3) 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
(東北大学グループ、木更津工業高等専門学校グループ、長岡技術科学大学グループ、新潟薬科大学グループ)

- ・ 相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活用。

本研究題目は、国内の研究機関のみで実施している。

- ・ 類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等

特になし

(4) 研究題目 3

設計指針・維持管理マニュアルの作成

(東北大学グループ、木更津工業高等専門学校グループ、長岡技術科学大学グループ)

- ・ 相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活用。

設計指針・維持管理マニュアルのブラッシュアップをスムーズに遂行させるため、H27 年度はカウンターパートとの連絡を密に取り合い、お互いの進捗状況や問題点については、リアルタイムで両者が把握し、その問題解決のためのディスカッションの場をより多く設けることが望まれる。

- ・ 類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等

特になし

IV. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

(1) 成果展開事例

- ・ JST「社会システム改革と研究開発の一体的推進」事業に採択され、現在実施中。課題名「乾燥地域における灌漑再利用のための革新的下水処理技術開発の国際研究拠点形成」（H23-28）

- ・ ワークショップなどで、研究者に対し本研究で開発した DHS 法についての紹介を行っている。

(2) 社会実装に向けた取り組み

- ・ 相手国に対し、得られた成果である Design guideline および O&M guideline のドラフト版を、相手国政府との JCC(合同調整委員会)で提出した。
- ・ 得られた成果について、東北大学イノベーションフェアという展示会（産学官連携イベント）に出展し、当該分野の関係者に対し、説明、照会対応等を行った（来場者約 650 名）。
- ・ 本研究成果をインターネット(URL; <http://www.water.civil.tohoku.ac.jp/research.html>)で公開し、一般に情報提供している。

V. 日本のプレゼンスの向上（公開）

H26 年 10 月 16-17 日に開催した国際ワークショップにおいて、以下、相手国のメディアに数多く取り上げられ、ウェブサイト公開されている。（別途エクセル表に記入済み）

VI. 成果発表等（公開）

VII. 投入実績（非公開）

VIII. その他（公開）

以上

VI(1)(公開)論文発表等

	国内	国際
原著論文 本プロジェクト期間累積件数	14	21

①原著論文(相手側研究チームとの共著論文)

著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ－おわりのページ	DOIコード	国内誌／ 国際誌の別	発表日 ・ 出版日	特記事項 (分野トップレベル雑誌への掲載など、特筆すべき論文の場合、ここに明記く ださい。)

論文数	0	件
うち国内誌	0	件
うち国際誌	0	件
公開すべきでない論文		件

②原著論文(相手側研究チームとの共著でない論文)

著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌／ 国際誌の別	発表日 ・出版日	特記事項 (分野トップレベル雑誌への掲載など、特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
Matsunaga, K., K. Kubota, and H. Harada, Molecular diversity of eukaryotes in municipal wastewater treatment processes as revealed by 18S rRNA gene analysis, Microbes and Environments, 2014, 29(4), pp.401–407.		国際誌	出版済み	
Kubota, K., Y. Morono, M. Ito, T. Terada, S. Itezono, H. Harada, and F. Inagaki, Gold-ISH: A nano-size gold particle-based phylogenetic identification compatible with NanoSIMS. Systematic and Applied Microbiology, 2014, 37(4), pp.261–266.		国際誌	出版済み	
大久保努, 井口晃徳, 久保田健吾, 山口隆司, 上村繁樹, 原田秀樹, 実証規模DHSリアクターの処理性能と硝化細菌群に及ぼすスポンジ担体の影響, 下水道協会誌論文集, 2014, Vol.51, No. 623, pp.121–128		国内誌	出版済み	
Maharjan N., K. Dehama, K. Ohtsuki, Y. Saito, Y. Miyaoka, T. Tshering, A. Nakamura, M. Hatamoto, T. Yamaguchi. An Integrated System of UASB-DHS-A2SBR for Effective Removal of Organic Matter and Nutrients from Municipal Wastewater. Journal of Water and Environmental Technology, 2014, Vol. 12 No.5, pp.421–429		国際誌	出版済み	
Hatamoto M., Y. Saito, K. Dehama, N. Nakahara, K. Kuroda, M. Takahashi, T. Yamaguchi. Microbial community structure of a simultaneous nitrogen and phosphorus removal reactor following treatment in a UASB-DHS system. Water Science ant Technology, 2014, Vol.71, No.3, pp.454–461		国際誌	出版済み	
黒田恭平, 幡本将史, 中村明靖, 阿部憲一, 山田真義, 山内正仁, 山口隆司, 各種廃水処理槽内汚泥に存在する門レベル未培養系統分類群の処理方式に応じた出現パターン, 土木学会論文集G (環境), 2014, Vol.70, No.3, pp.42–52		国内誌	出版済み	
上村繁樹, 大久保努, 多川正, 荒木信夫, 原田秀樹, エジプトにおける下水処理水の灌漑利用の実態とその改善に向けての今後の展望, 用水と廃水, 2015, 第57巻, 第3号, pp.219–229		国内誌	出版済み	
大久保努, 高橋優信, 久保田健吾, 原田秀樹, 時田政輝, 上村繁樹, 前野一夫, 途上国のための新規下水処理装置“DHS”におけるスポンジ担体の水の流れと酸素の取込特性の評価, 実験力学, 2015		国内誌	in press	

論文数 8 件
うち国内誌 4 件
うち国際誌 4 件
公開すべきでない論文 件

	国内	国際
その他の著作物 本プロジェクト期間累積件数	5	0

③その他の著作物(相手側研究チームとの共著のみ)(総説、書籍など)

著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁,年	出版物の種類	発表日・出版日	特記事項

著作物数

0 件

公開すべきでない著作物

件

④その他の著作物(相手側研究チームとの共著でないもの)(総説、書籍など)

著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	出版物の種類	発表日・出版日	特記事項

著作物数

0 件

公開すべきでない著作物

件

⑤研修コースや開発されたマニュアル等

研修コース概要(コース目的、対象、参加資格等)、研修実施数と修了者数	開発したテキスト・マニュアル類	特記事項

VI(2)(公開)学会発表

	国内	国際
招待講演 本プロジェクト期間累積件数	0	0
口頭発表 本プロジェクト期間累積件数	62	20
ポスター発表 本プロジェクト期間累積件数	10	18

①学会発表(相手側研究チームと連名のもののみ)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演	口頭発表	ポスター発表
			0	0	0 件

②学会発表(相手側研究チームと連名でないもの)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演	口頭発表	ポスター発表
2014	国際学会	Tsutomu Okubo, Kengo Kubota, Takashi Yamaguchi, Shigeki Uemura and Hideki Harada, Treatment performance of practical-scale DHS reactor employing third-generation sponge media, 2nd IWA Specialized International Conference – Ecotechnology for Wastewater Treatment – ecoSTP2014, Verona, Italy, 2014.6.25		○	
2014	国内学会	大久保努, 上村繁樹, 井口晃徳, 山口隆司, 高橋優信, 久保田健吾, 原田秀樹, インドで稼働中の実規模下水処理DHSリアクターの処理性能と硝化細菌群の定量, 第51回下水道研究発表会, 大阪, 2014.7.23			○
2014	国内学会	小林智裕, 阿部憲一, 幡本将史, 山口隆司, 大久保努, 上村繁樹, 多川正, 下水からの栄養塩除去を目的とした嫌気・無酸素回分式リアクターの処理時間が処理性能に及ぼす影響評価, 土木学会第69回年次学術講演会, 豊中, 2014.9.10 VII-012		○	
2014	国内学会	井口 晃徳, 佐々木 波輝, 原田 秀樹, 重松 亨, フェージディスプレイ法を利用した特定微生物 検出・回収技術のハイスループット化の検討, 土木学会第69回年次学術講演会, 豊中, 2014.9.10		○	
2014	国内学会	大久保努, 内田翔太, 上村繁樹, 下水処理方式別の大腸菌低減効果と汚水灌漑の安全性評価, 千葉エリア産学官連携オープンフォーラム2014, 千葉工業大学, 2014.9.16			○

2014	国际学会	Hideki HARADA, UASB-DHS Integrated System; A Sustainable Sewage Treatment Technology, International Workshop on “ UASB-DHS integrated system – a sustainable sewage treatment technology”, New Delhi and Agra, India, Oct., 2014.		○	
2014	国际学会	Takashi YAMAGUCHI, Application of DHS technology for Industrial Wastewaters, International Workshop on “ UASB-DHS integrated system – a sustainable sewage treatment technology”, New Delhi and Agra, India, Oct., 2014.		○	
2014	国际学会	Kengo Kubota, Tadashi Tagawa, Yuta Seto, Akihiro Nagamachi, Akinori Iguchi, Shigeki Uemura, Tsutomu Okubo, Masanobu Takahashi, and Hideki Harada, Application of DHS technology for sewage treatment and microbiology there, International Workshop on “ UASB-DHS integrated system – a sustainable sewage treatment technology”, New Delhi and Agra, India, Oct., 2014.		○	
2014	国际学会	Yuki Chiba, Akinori IGUCHI, Toru Shigematsu, Masashi Hatamoto, Takashi Yamaguchi, Masanobu Takahashi, Kengo Kubota, Hideki Harada, In situ ecophysiological analysis of uncultured <i>Caldiserica</i> phylotype reside in UASB sludge granules treating sewage., International Workshop on “UASB-DHS integrated system – a sustainable sewage treatment technology”, Delhi, India, October 2014.			○
2014	国际学会	Takahashi, M., Tanaka, H., Kato, K., Tanaka, N., Mimura, K., Nagano, A., Yamaguchi, T., Harada, H., Development of energy-saving sewage treatment technology by combining of UASB and DHS reactor, International Workshop on “ UASB-DHS integrated system – a sustainable sewage treatment technology”, New Delhi and Agra, India, Oct., 2014.			○
2014	国际学会	Akihiro Nagamachi, Yuta Seto, Tadashi Tagawa, Tsutomu Okubo, Shigeki Uemura, Nobuo Araki, Akinori Iguchi, Kengo Kubota, Masanobu Takahashi and Hideki Harada: “Evaluation of a novel sewage treatment system by combining a primary settled + DHS reactor”, International Workshop on “ UASB-DHS integrated system – a sustainable sewage treatment technology”, New Delhi and Agra, India, Oct., 2014.			○
2014	国际学会	Shigeki Uemura, Tsutomu Okubo, Naoki Ikeda, Hideki Harada, Denitrification in a DHS reactor with effluent recirculation, International Workshop on “ UASB-DHS integrated system – a sustainable sewage treatment technology”, New Delhi and Agra, India, Oct., 2014.			○

2014	国際学会	Namita MAHARJAN, Kazuya DEHAMA, Kota OHTSUKI, Yayoi SAITO, Yume MIYAOKA, Tashi TSERING, Akinobu NAKAMURA, Masashi HATAMOTO, Takashi YAMAGUCHI. An integrated system of UASB – DHS– A2SBR for effective removal of organic matter and nutrients from municipal wastewaterInternational Workshop on “UASB–DHS integrated system – a sustainable sewage treatment technology”, New Delhi and Agra, India, Oct., 2014.			○
2014	国際学会	N. Maharjan, K. Kuroda, K. Dehama, K. Sakamoto, M. Hatamoto and T. Yamaguchi. Development of slow sponge sand filter (SpSF) as a post-treatment of UASB and DHS for municipal wastewater treatment. IWA Specialist Conference Global Challenges: Sustainable Wastewater Treatment, No.0213D, Kathmandu, Nepal, October 26–30, 2014		○	
2014	国内学会	高橋省悟, 黒田恭平, Maharjan Namita, 幡本将史, 山口隆司, 培養法及びPCR法を用いた下水処理DHS(Down-flow Hanging Sponge)リアクターの病原性細菌の測定. 第32回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会, 長岡, 2014.11.5, pp. 500–501		○	
2014	国内学会	千葉有紀, 佐藤江美, 林真由美, 井口晃徳, 重松亨, 下水処理嫌気性汚泥から高頻度に見出される未培養微生物の基質利用推定. 第32回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会, 長岡, 2014.11.5,		○	
2014	国際学会	T. Yamaguchi, M. Namita, K. Ohtsuki, K. Sakamoto, A. Nakamura, M. Hatamoto. Removal of Organic Matter, Nitrogen, and Phosphorus in Domestic Sewage without External Aeration by UASB–DHS–A2SBR System. HUST–NUT joint symposium 2014, p.4, Hanoi, Vietnam, November 27, 2014.		○	
2014	国内学会	内田翔太, 大久保努, 上村繁樹, 荒木信夫, 多川正, 井口晃徳, 高橋優信, 久保田健吾, 原田秀樹, 定量的微生物リスク評価に基づいた下水の灌漑利用時における複合感染リスクの評価, 第51回環境工学研究フォーラム, 山梨大学, 2014.12.21			○
2014	国際学会	T. Yamaguchi, M. Namita, K. Ohtsuki, K. Sakamoto, A. Nakamura and M. Hatamoto. UASB–DHS–A2SBR System for Removing Organic Matter, Nitrogen and Phosphorus in Domestic Sewage without External Aeration. The 3rd Joint Symposium CU–NUT, O–07, Bangkok, Thailand, January 5, 2015		○	
2014	国内学会	野宮菜津貴, 上村繁樹, 大久保努, 生物保持担体を用いた汚泥補足によるHRTへの影響, 土木学会第42回関東支部技術研究発表会, 東海大学, 2015.3.6		○	

2014	国内学会	下河辺友貴, 高橋優信, 原田秀樹, 人工下水処理 DHS リアクターの低温時における処理特性評価, 土木学会東北支部平成26年度技術研究発表会, 2015, VII-29, 仙台, 2015.3.7		○	
2014	国内学会	羽鳥伸吾, 袖野太士, 高橋優信, 原田秀樹, インド国アグラ市の下水を処理する実規模DHSリアクターの実証・評価, 土木学会東北支部平成26年度技術研究発表会, 2015, VII-32, 仙台, 2015.3.7		○	
2014	国内学会	内田翔太, 大久保努, 上村繁樹, 荒木信夫, 多川正, 井口晃徳, 高橋優信, 久保田健吾, 原田秀樹, 下水の灌漑利用における病原性微生物を対象とした定量的微生物リスク評価, 第49回日本水環境学会年会, 金沢大学, 2015.3.16			○
2014	国内学会	千葉有紀, 佐藤江美, 井口晃徳, 林真由美, 山口隆司, 原田秀樹, 重松亨, 下水処理UASB汚泥から高頻度に検出される未培養, 微生物の基質利用推定, 第49回日本水環境学会年会, 金沢, 2015.3.18		○	
2014	国内学会	小林智裕, 幡本将史, 山口隆司, 大久保努, 上村繁樹, 多川正, 沈殿槽-DHS による都市下水処理性能評価, 第49回日本水環境学会年会, 金沢, 2015.3.18, p. 436		○	
2014	国内学会	十河圭輔, 小林智裕, 幡本将史, 原田秀樹, 山口隆司, 多川正, 高橋優信, 原田秀樹, 下水処理DHS 後段の沈殿槽の最適条件検討, 第49回日本水環境学会年会, 金沢, 2015.3.18, p. 335		○	
2014	国内学会	高橋省悟, 黒田恭平, Namita Maharjan, 幡本将史, 山口隆司, 下水処理DHS リアクターによる病原性細菌除去能力の解析, 第49回日本水環境学会年会, 金沢, 2015.3.18, p.509		○	

0 18 9 件

VI(3)(特許出願した発明件数のみを公開し、他は非公開)特許出願

①国内出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	その他 (出願取り下げ等について も、こちらに記載して下さい)	関連する論文のDOI	発明者	発明者 所属機関	関連する外国出願※
記載例	2012-123456	2012/4/1	○○○○						戦略太郎	○○大学 ◎◎研究 科△△専 攻	PCT/JP2012/123456
No.1											
No.2											
No.3											
No.4											
No.5											
No.6											
No.7											
No.8											
No.9											
No.10											

※関連する外国出願があれば、その出願番号を記入ください。

国内特許出願数
公開すべきでない特許出願数

0

②外国出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	その他 (出願取り下げ等について も、こちらに記載して下さい)	関連する論文のDOI	発明者	発明者 所属機関	関連する国内出願※
記載例	PCT/JP2012/123456	2012/9/20	○○○○						戦略太郎	○○大学 ◎◎研究 科△△専 攻	特願2010-123456
No.1											
No.2											
No.3											
No.4											
No.5											
No.6											
No.7											
No.8											
No.9											
No.10											

※関連する国内出願があれば、その出願番号を記入ください。

外国特許出願数
公開すべきでない特許出願数

0

VI(4) (公開)受賞等

①受賞

0 件

年度	賞の名称	業績名等 (「〇〇の開発」など)	受賞日	受賞者	主催団体	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項

②マスコミ(新聞・TV等)報道(プレス発表をした場合にはその概要もお書き)

11 件

年度	掲載媒体名	タイトル/見出し等	掲載日	掲載面		プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
2014	Webメディア Business Standard	Indo-Japan DHS technology effective in treating sewage	2014.10.16	http://www.business-standard.com/article/news-ians/indo-japan-dhs-technology-effective-in-treating-sewage-114101600994_1.html		1.当課題研究の成果である	開催した国際ワークショップの様子
2014	Webメディア IANS Live	Indo-Japan DHS technology effective in treating sewage	2014.10.16	http://www.ianslive.in/index.php?param=news/Indo_Japan_DHS_technology_effective_in_treating_sewage-449229/BUSINESS/5		1.当課題研究の成果である	開催した国際ワークショップの様子
2014	Webメディア YAHOO! NEWS INDIA	Indo-Japan DHS technology effective in treating sewage	2014.10.16	https://in.news.yahoo.com/indo-japan-dhs-technology-effective-treating-sewage-130009036.html		1.当課題研究の成果である	開催した国際ワークショップの様子
2014	Webメディア Zee News	Indo-Japan DHS technology effective in treating sewage	2014.10.16	http://zeenews.india.com/news/sci-tech/indo-japan-dhs-technology-effective-in-treating-sewage_1485779.html		1.当課題研究の成果である	開催した国際ワークショップの様子
2014	Webメディア Webindia123	Indo-Japan DHS technology effective in treating sewage	2014.10.16	http://news.webindia123.com/news/articles/India/20141016/2478136.html		1.当課題研究の成果である	開催した国際ワークショップの様子
2014	Webメディア NewKerala.com	Indo-Japan DHS technology effective in treating sewage	2014.10.16	http://www.newkerala.com/news/2014/fullnews-115180.html		1.当課題研究の成果である	開催した国際ワークショップの様子
2014	Webメディア The Indian Journal	Indo-Japan DHS technology effective in treating sewage	2014.10.16	http://www.theindianjournal.com/news/indo-japan-dhs-technology-effective-in-treating-sewage-37613		1.当課題研究の成果である	開催した国際ワークショップの様子
2014	Webメディア The NEWS YOU LIKE	Indo-Japan DHS technology effective in treating sewage	2014.10.16	http://www.thenews.co.in/post/view/67862/indo-japan-dhs-technology-effective-in-treating-sewage#.VEC0jPmUdZQ		1.当課題研究の成果である	開催した国際ワークショップの様子
2014	Webメディア KOLKATA News.Net	Indo-Japan DHS technology effective in treating sewage	2014.10.16	http://www.kolkatanews.net/index.php/sid/226726851#sthashjZCycqQ.dpuf		1.当課題研究の成果である	開催した国際ワークショップの様子
2014	Webメディア Delhi News.Net	Indo-Japan DHS technology effective in treating sewage	2014.10.16	http://www.delhinews.net/index.php/sid/226726851		1.当課題研究の成果である	開催した国際ワークショップの様子
2014	Webメディア Chennaionline	Indo-Japan DHS technology effective in treating sewage	2014.10.16	http://news.chennaionline.com/newsitem.aspx?NEWSID=ecc72f7e-d11c-4bd1-9af9-d88ba5135c61&CATEGORYNAME=NATL		1.当課題研究の成果である	開催した国際ワークショップの様子

VI(5) (公開) ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等の活動

①ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等

年月日	名称	場所	参加人数	概要
2014.7.26	(アウトリーチ活動) 東北大学・APEX合同ワークショップ	エル・パーク仙台、仙台市	30	東北大学 原田教授が、一般を対象に、途上国に適用可能なエネルギー最小消費型の革新的な廃水処理技術開発についてセミナーを行った。
2014.7.30-31	(アウトリーチ活動) 東北大学オープンキャンパス	東北大学、仙台市	6900	研究室紹介を行うイベントの中で、プロジェクトポスターおよび映像を展示・説明した。
2014.10.16-17	(ワークショップ) International Workshop on "UASB-DHS integrated system – a sustainable sewage treatment technology"	Royal Plaza Hotel, Delhi, India 78MLD Dhandhupura STP, Agra, India	80	途上国に適用可能な下水処理技術に関する講演会および完成した5MLD DHS Pilot Plantの視察を行った。
2014.11.8	(アウトリーチ活動) 身近な水の実験、第28回平川公民館まつり	平川公民館、袖ヶ浦市	30	小学生を対象に「身近な水の実験」と題した講習会を実施し、水の浄化や微生物の働きについて実験を行った。
2014.12.3	(アウトリーチ活動) 東北大学イノベーションフェア	仙台国際センター、仙台市	650	東北大学 高橋助教が、一般を対象に、本プロジェクト内容と進捗について口頭発表・ポスター説明を行った。

②合同調整委員会開催記録(開催日、出席者、議題、協議概要等)

年月日	出席者	議題	概要
2015.1.16	Hideki Harada, Kengo Kubota, Masanobu Takahashi (Tohoku University), Masashi Hatamoto (Nagaoka University of Technology), Brijesh Sikka, Lalit Kapur, Sanjay Kumar Singh (NRCD), R. Bhardwaj (CPCB), Anjali Srivastava, J. Bassin (NEERI), A. Saha (CPHEEO), Nadeem Khalil (Aligarh Muslim University), A. A. Kazmi (IIT Roorkee), M. Singh, Shoko Uehara, R. Iwasa, Pankaj Gupta (JICA), R. M. Kant, P. K. Agrawal (UP Jal Nigam), Anil Kumar Mathur (UP Pollution Control Board), V. Babbar, P. Manchanda (Delhi Jal Board) S.Dahiya, (Public Health Engineering	最終年度の研究計画の確認	以下について協議した。 ・経済性評価調査の予定 ・共同研究機関の活動計画 ・UASB汚泥排出問題に対する指摘 ・ドラフトガイドラインのインド側作成メンバー選出 ・終了時評価の時期

研究課題名	エネルギー最小消費型下水処理技術の開発
研究代表者名 (所属機関)	原田秀樹東北大学大学院教授
研究期間	H22年度採択課題(H22/6-H28/3)
相手国名	インド
主要相手国研究機関	国家河川保全局、中央公衆衛生環境局、ウッター・プラデシュ州上下水道公社、アリガームスリム大学、インド工科大学

JST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。

開発された下水処理技術がガンジス川、ヤムナ川流域で適用される。
指標: インドのMoUDの処理場設計マニュアルに掲載される

JST達成目標

付随的成果	
日本政府、社会、産業への貢献	- 日本生まれの環境技術が初めて世界標準となる - 開発されたUASB-DHS技術の世界での産業化に貢献する - 設計施工等日本企業への受注機会創出
科学技術の発展	- 生物学的廃水処理プロセスにおける廃水処理の最適化・効率化 - 新規DHS担体へのフィードバック
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	- UP(ウッター・プラデシュ)州計画中の下水処理場建設への応用 - インド国全体ならびに近隣諸国さらには全世界への波及
世界で活躍できる日本人材の育成	- 下水処理技術・研究における国際的研究者の育成 - 国際学会等における若手研究者による研究発表機会の増大
技術及び人的ネットワークの構築	シンポジウム等の開催による諸外国(エジプト等)の主要研究者とのネットワーク形成
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	アウトリーチ活動 メディア掲載 水処理・ライフサイエンス分野へ論文投稿

