

地球規模課題対応国際科学技術協力

(環境・エネルギー研究分野「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)

平成 23 年度実施報告書

代表者：原田 秀樹

東北大学大学院工学研究科・教授

<平成 22 年度採択>

1. プロジェクト全体の実施の概要

本プロジェクトの狙いは、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。その為に、途上国が適用可能な下水処理システムを創成して、広く普及を図ることが我々の役目である。

原田らは低コスト、超省エネ型（エアレーションが不要）で維持管理が容易な新規の下水処理プロセスの開発に多年にわたって携わってきた。平成 23 年度は、インド・アグラ市での DHS (Down-flow Hanging Sponge) リアクターの実規模試験の準備として、DHS リアクター用担体の選定と調達方法を決定し、また DHS 建設予定地の整地および測量、DHS リアクターの基本設計を終えた。インドの既存下水処理場の調査では、4 箇所の下水処理場を視察し、その現状について実態把握を行った。国内研究においては、小型 DHS リアクターを製作し、 K_{La} による物理科学的メカニズムの解明、迅速・簡便な RNA 定量法の開発および新規微生物検出法の開発、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進めている。平成 24 年度は、インド側との協力体制のもと、詳細設計およびアグラ DHS リアクターの建設工事に着手するとともに、機材の供与を進め実験室の整備を行う予定である。

2. 研究グループ別の実施内容

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、木更津高専、長岡技大、NRCD, UP 水道公社, AMU, CPCB, CPHEEO）

① 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できる。

② 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

項目 2. UASB-DHS システムの設計と建造

項目 3. 連続処理モニタリングと下水処理への適用評価

③ 当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

(1) DHS リアクター用担体の選定

後述するカルナールで実施した G3 と G6 担体の性能比較実験より、優れた処理性能を示した G3 担体をアグラで使用することに決定した。G3 および G6 の担体仕様は表 1 に示すとおりである。

表 1 担体比較試験に導入した G3 および G6 の仕様

		G3	G6
形状			
ポアサイズ	mm	1.5	1.8
体積	m ³ /sponge	2.57E-05	3.95E-05
表面積	m ² /sponge	4.82E-06	8.72E-06

(2) 5MLD DHS リアクターの設計

DHS 建設予定地に埋設されている埋設管は、UP 水道公社により撤去された（図 1、図 2）。また、DHS 基本設計に必要となる測量を行い、各測点（既存 UASB リアクター、DHS 建設予定地、放流先周辺）の高低値を得た（図 3）。この測量結果を元に、基本設計が行われ（図 4）、来年度実施する詳細設計および DHS リアクター建設へ向けた準備が整った。



図 1 埋設管の撤去の様子



図 2 撤去状況の視察

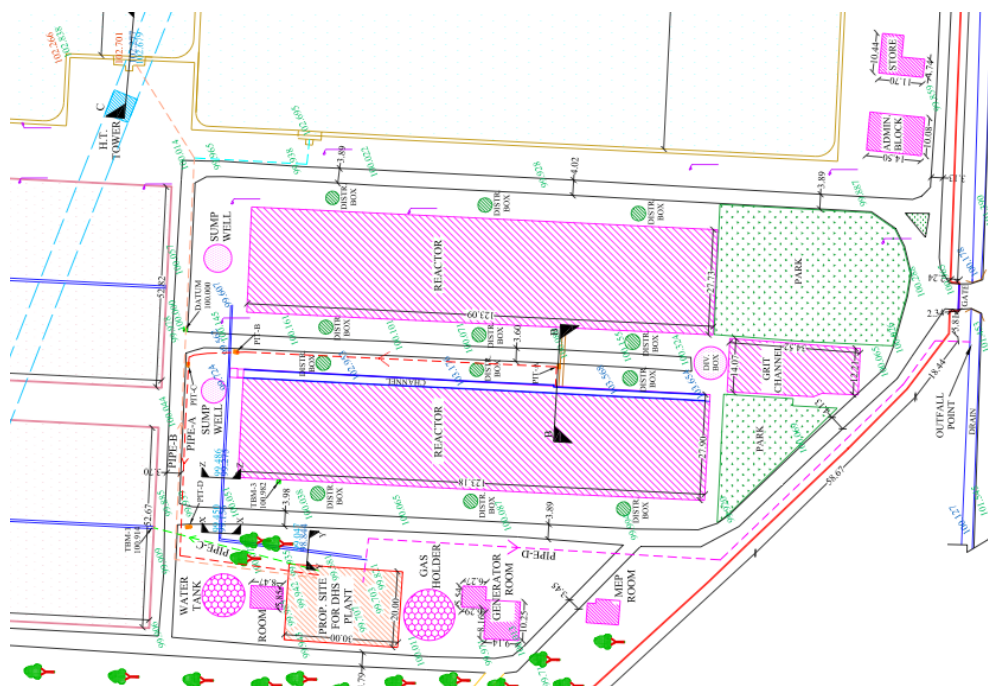


図 3 基本設計に向けた測量結果

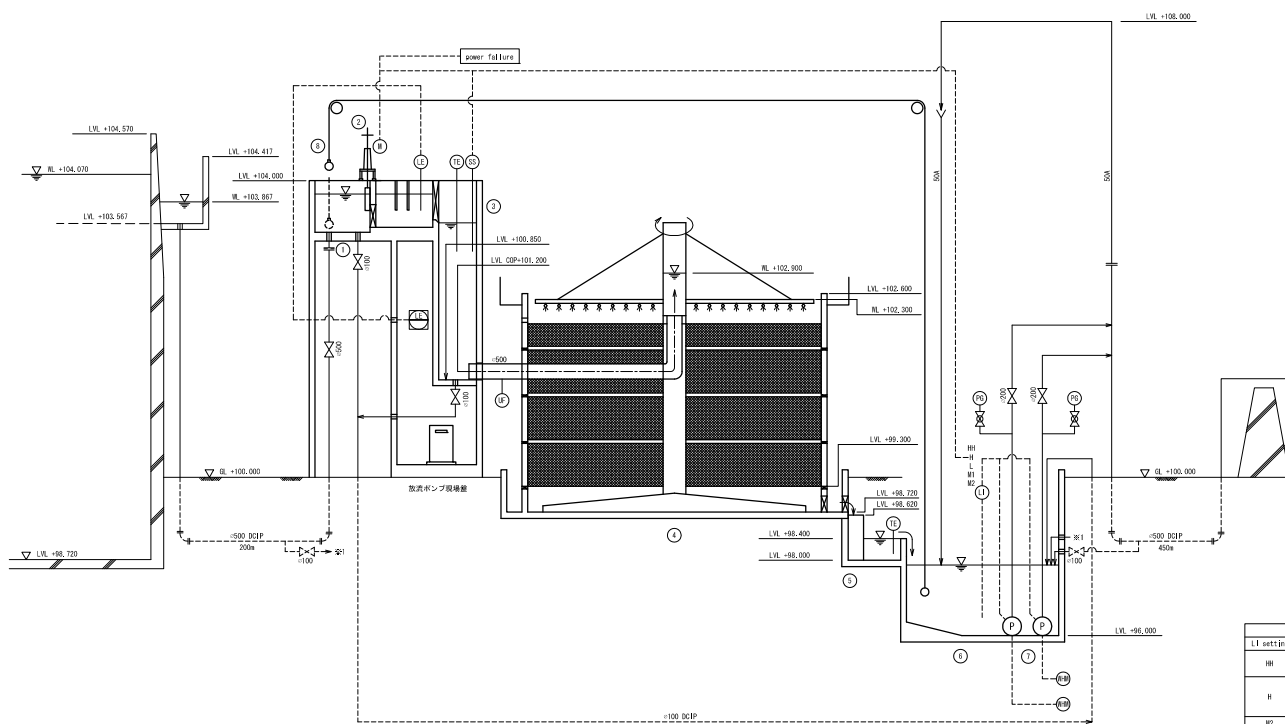


図 4 アグラ DHS リアクターの基本設計図面 (1)

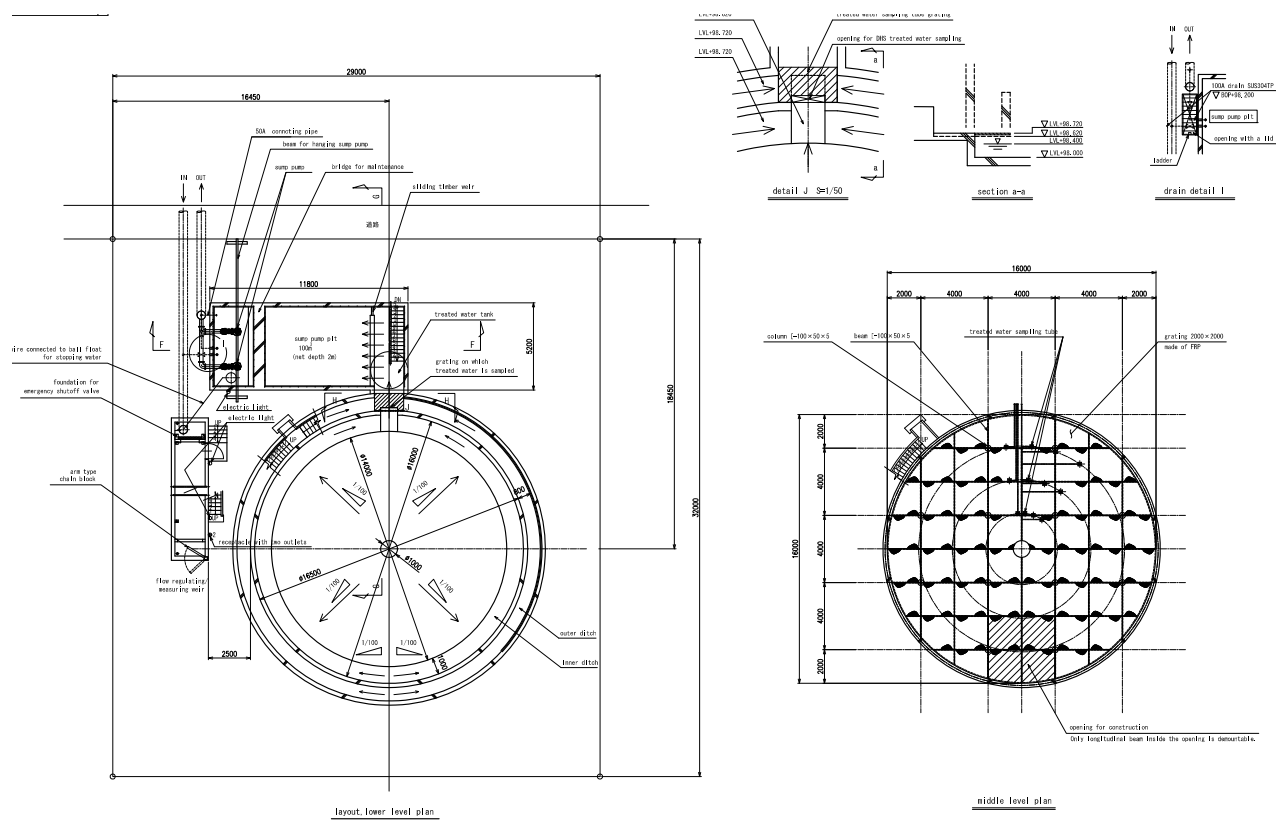


図5 アグラ DHS リアクターの基本設計図面 (2)

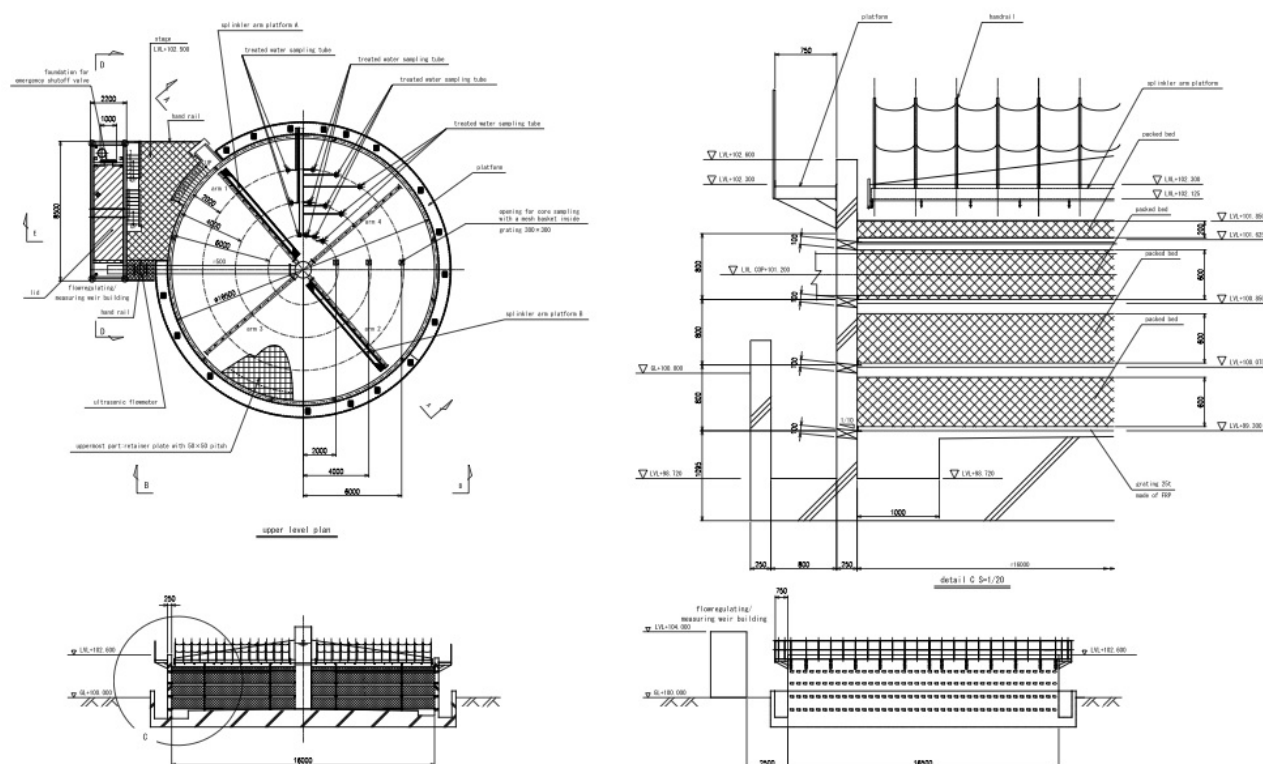


図 6 アグラ DHS リアクターの基本設計図面 (3)

(3) アグラ実験室の改修工事

アグラ 78MLD 下水処理場内の事務所を実規模試験実施の為に改修工事を行った。本年度は事務作業を行う部屋、および屋上の貯水タンクについて改修を行い、電気配線、上下水道管、床など全面的な修繕を行った。来年度は実験室の改修を行い、購入した供与機材を随時設置する。実規模 DHS が竣工した際にはすぐに水質分析が行えるよう体制を整える。



図 7 事務所の改修工事



図 8 事務所の改修工事

- ④ カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)
平成 23 年度は特になし。

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，長岡技大）

① 研究のねらい

現行の DHS 技術を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。本研究題目では、物理化学的反応の解明、生物学的反応の解明を行う。これらの情報を基に、本研究題目で、DHS リアクターの下流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 研究実施方法

項目 1. 物理化学的メカニズム解明

項目 2. 生物学的メカニズム解明

項目 3. 重要微生物モニタリング技術の開発

項目 4. 提案技術の新展開

③ 当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

(1) 物理化学的メカニズム解明

酸素移動効率に関しては、まずは KLa 評価用の小規模 DHS リアクターを作成した（図 7）。本リアクターは、側部の横穴から微小電極を挿入して、鉛直に装備した DHS スポンジ担体間を流れる水の DO を計測できる。また側部横穴の開閉等により担体周りの酸素濃度をある程度制御できるよう工夫した。現在、本リアクターと微小電極（DO センサー）を駆使し、DHS スポンジ担体の KLa の評価を行っている。汚泥捕捉能力の評価については、大腸菌培養液の通水試験による評価方法を検討している最中である。

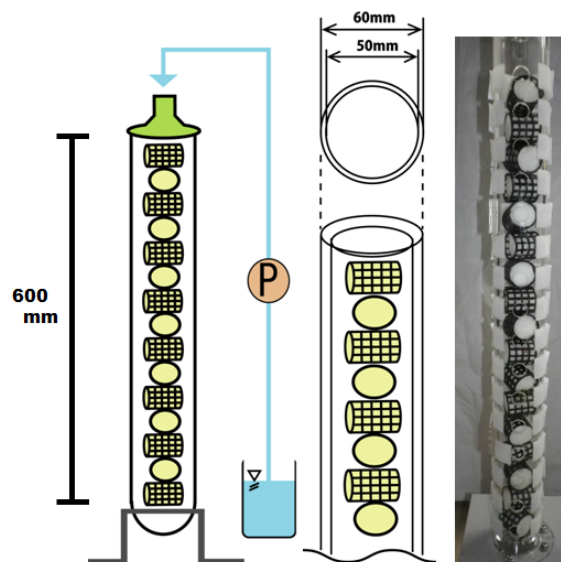


図 9 酸素移動効率（ KLa ）評価用の小規模 DHS リアクター

(2) 重要微生物モニタリング技術の開発

分子量分画膜を用いた迅速・簡便な RNA 定量法の開発および金ナノ粒子を用いた微生物検出法の開発を行っている。開発を行おうとしているもののうち、現在 2 つの技術に着手している。

(3) 提案技術の新展開

・パイロットスケールリアクターの実下水連続通水実験

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ってきた。継続して、経年の定期的に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ている。また保持污泥特性および運転管理に関する情報も収集している。

・UASB-DHS システムに最適な高度処理（窒素、リン等）の構築

本システムによる生物学的硝化脱窒システムの研究を進め、硝化がすすんだ DHS 処理水対象に、脱窒可能なプロセスを開発し、連続運転を行うことで、ポリリン酸蓄積細菌を高濃度に保持する生物学的リン除去の機能が出ることを確認した。今後は、供給炭素源の検討を進める。

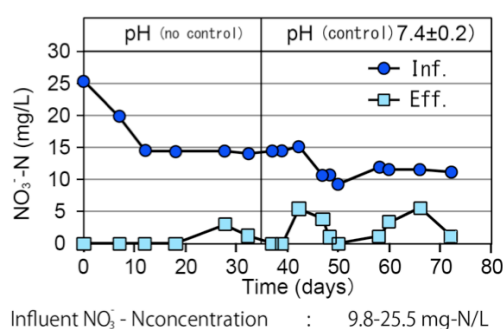
 NO_3^- - N removal

図 10 硝酸態窒素の除去特性

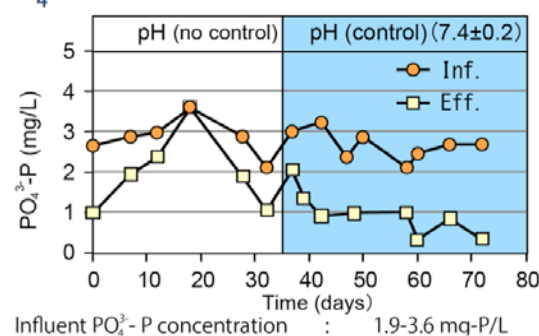
 PO_4^{3-} - P removal

図 11 リンの除去特性

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, UP水道公社, AMU, CPHEEO）

① 研究のねらい

現行の DHS 技術は経験的な要素が多く、必ずしも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

項目 2. 設計指針の作成とインド関係政府機関への認定

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

③ 当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

インド国が発行している河川等の水質データベースや学術論文等からの最新情報を入手し、インド国における水環境の現状について、情報収集を行っている。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を続けている。



図 12 採水したサンプル (Karnal)



図 13 視察時の様子 (Delhi)

3. 成果発表等

(1) 原著論文発表

- ① 本年度発表総数(国内 1件、国際 4 件)
 - ② 本プロジェクト期間累積件数(国内 1件、国際 4 件)
 - ③ 論文詳細情報
1. Takahashi, M., Ohya, A., Kawakami, S., Yoneyama, Y., Onodera, T., Syutsubo, K., Yamazaki, S., Araki, N., Harada, H., Yamaguchi, T., Evaluation of Treatment Characteristics and Sludge Properties in a UASB Reactor Treating Municipal Sewage at Ambient Temperature, *International Journal of Environmental Research*, 5(4), pp.821-826, 2011
 2. Uemura, S., Suzuki, S., Maruyama, Y., Ohashi, A., Yamaguchi, T. and Harada, H.: Direct treatment of settled sewage by DHS reactors with different size sponge support media. *International Journal of Environmental Research*, 6(1), Winter 2012, 25-32. (2012)
 3. Uemura, S., Kimura, M., Yamaguchi, T., Ohashi, A., Takemura, Y. and Harada, H.: Long term evaluation of the effect of salinity on organic removal and ammonium oxidation in a down-flow hanging sponge reactor. *International Journal of Environmental Research*, 6(2), Spring 2012, 361-366. (2012)
 4. Natori, T., Takemura, Y., Harada, H., Abe, K., Ohashi, A., Kimura, M., Yamaguchi, T., Okubo, T. and Uemura, S.: The effect of salinity on nitrite accumulation in a DHS reactor. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* (in press)
 5. 竹村泰幸, 関口勇地, 原田秀樹, 久保田健吾: 分子量分画膜を用いた迅速・簡便な配列特異的 rRNA 定量法の開発, *土木学会論文集 G (環境)*, 67(7): III_85-III_92, 2011

(2) 特許出願

- ① 本年度特許出願内訳(国内 0 件、海外 0 件、特許出願した発明数 0 件)
- ② 本プロジェクト期間累積件数(国内 0 件、海外 0 件)

4. プロジェクト実施体制

(1) 「東北大学」グループ

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

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
3. 設計指針・維持管理マニュアルの作成

①研究者グループリーダー名：○原田秀樹（東北大学・教授）

②研究項目

- ・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

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
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
3. 設計指針・維持管理マニュアルの作成

①研究者グループリーダー名：○上村繁樹（木更津工業高等専門学校・教授）

②研究項目

- ・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

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
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
3. 設計指針・維持管理マニュアルの作成

①研究者グループリーダー名：○山口隆司（長岡技術科学大学・教授）

②研究項目

- ・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

以上