

インド共和国
(科学技術) エネルギー最小消費型
下水処理技術の開発プロジェクト
詳細計画策定調査報告書

平成 22 年 11 月
(2010年)

独立行政法人国際協力機構
地球環境部

環 境
J R
10-138

インド共和国
(科学技術) エネルギー最小消費型
下水処理技術の開発プロジェクト
詳細計画策定調査報告書

平成 22 年 11 月
(2010年)

独立行政法人国際協力機構
地球環境部

本報告書では以下に示す交換レートを使用した。

1米ドル=86.02円、1インドルピー=2.00円

2010年9月15日現在

目 次

目 次 略語表

第1章 詳細計画策定調査の概要	1
1-1 調査の背景・経緯	1
1-2 調査目的・内容	1
1-3 調査団構成	2
1-4 調査日程	2
1-5 主要面談者	3
1-6 協議結果概要	4
第2章 プロジェクトの内容及び実施上の留意点	7
2-1 プロジェクトの内容	7
2-2 プロジェクト実施上の留意点	8
第3章 国際共同研究の視点（本現地調査におけるJSTからのコメント）	9
3-1 採択された研究計画内容との整合性について	9
3-2 インド側の研究体制・能力について	9
3-3 国際共同研究遂行上のリスクの所在	9
3-4 インド側の期待	9
3-5 知的財産権について	10
3-6 その他	10
第4章 団長所感	11
4-1 プロジェクト実施の意義	11
4-2 JSTとの密接な協力	11
4-3 プロジェクトの枠組み	12
4-4 社会への還元	12
4-5 新規技術開発にかかわる留意点	12
4-6 他の計画との整合性	13
第5章 事業事前評価結果	14
5-1 プロジェクトの背景と必要性	14
5-2 プロジェクト概要	25
5-3 プロジェクトの基本計画	26
5-4 プロジェクトのモニタリングと評価	28
5-5 外部・内部条件（リスク）と今後の検討必要事項	28
5-6 5項目評価と結論	29

付属資料

1. 要請書、要請書概要	35
2. M/M (写)	45
3. プロジェクト・アウトライン (実施体制図) 和文	55
4. 活動計画 (Plan of Operations : PO) 和文	56
5. マスタープラン (案)	57
6. UASB-DHSシステムの設置場所の選定	58
7. プロジェクトの基本構想と基幹技術	61
8. 全体研究計画書	72

略 語 表

略 語	英 文	和 文
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AL	Aerated Lagoon	エアレイテッド・ラグーン
AMU	Aligarh Muslim University	アリガムスリム大学
ASP	Activated Sludge Process	標準活性汚泥法
AUWSP	Accelerated Urban Water Supply Programme	主要都市水供給推進プログラム
BOD	Biochemical Oxygen Demand	生物化学的酸素要求量
COD	Chemical Oxygen Demand	化学的酸素要求量
C/P	Counterpart	カウンターパート
CPCB	Central Pollution Control Board	中央公害対策委員会
CPHEEO	Central Public Health and Environmental Engineering Organization	中央公衆衛生環境局
DEA	Department of Economic Affairs, Ministry of Finance	財務省経済局
DHS	Down-flow Hanging Sponge	下向流スポンジ担体
DO	Dissolved Oxygen	溶存酸素
F-coli	Fecal Coliform	ふん便性大腸菌
FPU	Final Polishing Unit	最終安定化池
GAP	Ganga Action Plan	ガンジス川浄化計画
Haryana PHED	Haryana State Public Health Engineering Department	ハリヤナ州公衆衛生局
HRT	Hydraulic Retention Time	水理学的滞留時間
IIT Roorkee	Indian Institute of Technology, Roorkee	インド工科大学ルーキー校
JBIC	Japan Bank for International Cooperation	国際協力銀行
JCC	Joint Coordination Committee	合同調整委員会
JNNURM	Jawaharlal Nehru National Urban Renewal Mission	国家都市再生ミッション
MLD	Million Litter per Day	日処理水量 (1,000m ³ /日)
M/M	Minutes of Meeting	協議議事録
MoEF	Ministry of Environment and Forests	環境森林省
MOU	Memorandum of Understanding	合意文書
MoUD	Ministry of Urban Development	都市開発省
NEERI	National Environmental Engineering Research Institute	国家環境技術研究所
NRCD	National River Conservation Directorate	国家河川保全局

NRCP	National River Conservation Plan	国家河川保全計画
PO	Plan of Operations	活動計画
R/D	Record of Discussion	討議議事録
SATREPS	Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development	地球規模課題対応国際科学技術協力
SBR	Sequencing Batch Reactor	回分式活性汚泥法
STP	Sewage Treatment Plant	下水処理場
ToT	Training of Trainers	トレーナーズ・トレーニング
UASB	Up-flow Anaerobic Sludge Blanket	上向流嫌気性スラッジブランケット
UP	Uttar Pradesh State	ウッター・プラデシュ州
U. P. Jal Nigam	Uttar Pradesh Jal Nigam	ウッター・プラデシュ州上下水道公社
USAID	United States Agency for International Development	米国国際開発庁
WSP	Waste Stabilization Ponds	安定化池
YAP	Yamuna Action Plan	ヤムナ川浄化計画

第1章 詳細計画策定調査の概要

1-1 調査の背景・経緯

昨今、わが国の科学技術を活用した地球規模課題に関する国際協力の期待が高まるとともに、日本国内でも科学技術に関する外交の強化や科学技術協力におけるODA活用の必要性・重要性がうたわれてきた。このような状況を受けて、2008年度より「地球規模課題に対応する科学技術協力」事業が新設された。本事業は、環境・エネルギー、防災及び感染症をはじめとする地球規模課題に対し、わが国の科学技術力を活用し、開発途上国と共同で技術の開発・応用や新しい知見の獲得を通じて、わが国の科学技術力向上とともに、開発途上国の研究能力向上を図ることを目的としている。また、本事業は、文部科学省、独立行政法人科学技術振興機構（以下、「JST」）、外務省、JICAの4機関が連携するものであり、国内での研究支援はJSTが行い、開発途上国に対する支援はJICAにより行われることとなっている。

インド共和国（以下、「インド」）政府は、2012年までに都市部全人口への上水供給及び下水・衛生施設の提供を政策目標として掲げ、各州自治体に対し、包括的な都市開発計画を策定し国家都市再生ミッション（Jawaharlal Nehru National Urban Renewal Mission : JNNURM）等による支援を活用して目標の達成を図るよう求めている。河川等の水質汚濁については自然浄化能力を超える量の未処理排水の流入が原因であり、国家河川保全計画等を策定し、主要河川の水質を指定利用水質まで改善することとしている。当該政策を通じ建設された下水処理施設の多くは、維持管理が比較的容易で低コストな技術としてUASB（Up-flow Anaerobic Sludge Blanket : 上向流嫌気性スラッジブランケット）法（嫌気性処理技術）が適用されている。ただし、同技術では後段処理のために広大な安定化池（Waste Stabilization Ponds : WSP）を設置する必要があるのだが、用地の確保が難しい、後段処理を施しても排水基準を満たせない、などの課題があり、低コストでより処理能力の高い後段処理技術の開発が必要である。

このような背景から、インド政府はわが国に対して、下水処理設備の処理水質の改善を通じ、流域都市の衛生環境の改善に貢献するため、持続可能な新規下水処理技術の開発について地球規模課題対応国際科学技術協力（Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development : SATREPS）案件として要請書を提出した（要請書の概要を付属資料1として添付した）。

1-2 調査目的・内容

本調査団は以下を目的として派遣された。

- ・プロジェクトに係る対象国の案件実施体制等を確認し、先方関係機関との協議、現地調査及び資料収集を行い、本案件に係る方針や実施方法、具体的内容を検討のうえ、協力計画を策定する。
- ・協議結果に基づき、協議議事録（Minutes of Meeting : M/M）を取りまとめ、署名・交換を行う（署名が困難であれば先方関係機関と確認のうえ、最終化する）。

1-3 調査団構成

氏名	担当	所属
鎌田 寛子	総括	JICA 国際協力専門員
原田 秀樹	研究総括	東北大学 大学院 工学研究科 土木工学専攻 環境保全工学研究室 教授
大久保 努	研究計画	独立行政法人国立高等専門学校機構 木更津工業高等専門学校 環境都市工学科 助教
宇多 智之	調査計画	JICA地球環境部環境管理グループ 環境管理第一課
松原 ひろみ	評価分析	八千代エンジニアリング株式会社 国内事業本部 都市環境部 廃棄物計画課

上記調査団員に加えて、JSTから以下の調査団員が同行した。

氏名	担当	所属
高橋 昭男	国内支援	JST 国際科学技術部 地球規模課題国際協力室

また、本調査にあわせて、日本側研究機関による調査団も以下のとおり派遣された。

氏名	所属
山口 隆司	国立大学法人長岡技術科学大学 環境・建設系 准教授
久保田 健吾	東北大学 大学院 工学研究科 土木工学専攻 環境保全工学研究室 助教
井口 晃徳	東北大学 大学院 工学研究科 土木工学専攻 環境保全工学研究室

1-4 調査日程

日	曜	内容		目的	宿泊地
9/7	火	成田→Bangkok→Delhi		移動	Delhi
9/8	水	AM	JICA事務所打合せ DEA協議	全体の方向性協議 関係機関への説明	Delhi
		PM	NRCDC協議 団内打合せ	全体の方向性について協議	
9/9	木	終日	Delhi→Karnal パイロットプラント視察 Karnal→Delhi 団内打合せ	UASB-DHSのパイロットプラント 見学により、DHSの概要把握	Delhi
9/10	金	AM	Delhi→Agra	移動	Agra
		PM	U.P. Jal Nigam, Agraとの協議 処理場視察 (Dhandupura 78MLD) 団内打合せ	処理場の維持管理をしている機 関への協力取り付け パイロットプラント設置予定候 補地の現場視察	

9/11	土	終日	処理場視察 (Pachgai 12MLD、Chohatna 40MLD、Jaganpur 14MLD) Agra→Delhi	パイロットプラント設置予定候補地の現場視察、候補比較	Delhi
9/12	日		Delhi→Lucknow	移動	Lucknow
9/13	月	AM	U.P. Jal Nigam HQ協議	U.P. Jal Nigam, Agraを統括するウッター・プラデシュ州水道局本部への協力依頼	Delhi
		PM	ウッター・プラデシュ州都市開発局協議 Lucknow→Delhi	ウッター・プラデシュ州への協力依頼	
9/14	火	AM	MoUD/CPHEEO協議	マニュアルなどを担当するMoUDへの事前説明、JCC参加要請	Delhi
		PM	NRCD協議 Dr. Nadeem 協議 団内打合せ	M/Mの協議、最終化 AMUの義務確認、協力依頼	
9/15	水	AM	団内打合せ	報告書作成、M/M最終確認	機中泊
		PM	M/M署名 在インド日本国大使館及びJICAインド事務所報告 Delhi→Bangkok	関係機関への説明	
9/16	木		Bangkok→成田	移動	

1-5 主要面談者

<インド側>

(1) 財務省経済局 [Department of Economic Affairs (DEA), Ministry of Finance]

Mr. Arun Sobti Under Secretary (Japan)

(2) 環境森林省国家河川保全局 [National River Conservation Directorate (NRCD), Ministry of Environment and Forests (MoEF)]

Mr. Brijesh Sikka Director

Mr. Sanjay K Singh Deputy Director

(3) 都市開発省中央公衆衛生環境局 [Central Public Health and Environmental Engineering Organization (CPHEEO), Ministry of Urban Development (MoUD)]

Mr. Sankara Narayanan Deputy Adviser

Mr. V. K. Chaurasia Deputy Adviser

(4) ウッター・プラデシュ州上下水道公社 [Uttar Pradesh Jal Nigam (U. P. Jal Nigam), Lucknow]

Dr. Navneet Sahgal Chairman

Mr. A.K. Srivastava Managing Director

(5) ウッター・プラデシュ州上下水道公社アグラ支局 (U. P. Jal Nigam, Agra)

Mr. Sushi Kumar Chief Engineer (Agra zone)

Mr. V. P. Singh General Manager

Mr. Ram Singh Project Manager

Mr. Rakesh Gupta Project Engineer

(6) ウッター・プラデシュ州都市開発局 (Department of Urban Development, Government of Uttar Pradesh)

Mr. Alok Ranjan Principal Secretary

Mr. S P Mishra Special Secretary

<日本側>

(1) 在インド日本国大使館経済班

福田 敬太 参事官

稲田 剛毅 一等書記官 (科学技術担当)

(2) JICAインド事務所

山中 晋一 所長

鈴木 浩 次長

佐藤 深野 所員

Mr. M P Singh Principal Development Specialist

1-6 協議結果概要

詳細計画策定調査団は、2010年9月7日から15日までの日程でインドを訪問し、デリー、アグラ及びラックナウにおいてインド側関係者との協議を行い、実施機関であるNRCDとの協議概要をM/Mに取りまとめた(付属資料2)。M/Mは、研究代表機関であるNRCDのBrijesh Sikka部長及びプロジェクト実施場所であるU. P. Jal Nigamヤムナ公害対策ユニットのアグラ支局長であるV.P. Singh氏と署名・交換した。

これらにより、合意されたプロジェクトの概要は以下のとおりである。

(1) プロジェクトの基本的枠組み

<プロジェクト名称>

英文名 : UASB-DHS Integrated System - A Sustainable Sewage Treatment Technology

和文名 : (科学技術) エネルギー最小消費型下水処理技術の開発

<ターゲットグループ>

NRCD、U.P. Jal Nigam、アリガムスリム大学 (Aligarh Muslim University : AMU)、CPHEEO、中央公害対策委員会 (Central Pollution Control Board : CPCB)

<プロジェクト期間>

プロジェクト開始時期（R/Dに記載予定）から5年間

<プロジェクト実施体制>

プロジェクト・ダイレクター：NRCD部長

Mr. Brijesh Sikka

プロジェクト・マネジャー：U.P. Jal Nigam アグラ支局長

Mr. V.P. Singh

実施体制は、Project OutlineとしてM/MのAppendix 1に添付した（和文の実施体制は付属資料3のとおり）。

(2) PO（案）及びマスタープラン（案）

活動計画（Plan of Operations：PO）及びマスタープランについては、先方と協議のうえ合意し、それぞれM/MのAppendix 2、3に添付した。PO（案）（和文）及びマスタープラン（案）（和文）は、付属資料4、5に添付した。

(3) 合同調整委員会

合同調整委員会（Joint Coordination Committee：JCC）の設置についてインド側と協議を行い、結果をM/MのAppendix 4に添付した。構成委員は、研究成果を行政・社会に対して円滑に還元できるよう、行政実施機関からの参加を考慮した。構成委員は以下のとおり。

<委員長>

Mr. Rajiv Gauba, Joint Secretary, NRCD, MoEF

<委員>

- ・DEA（援助受入窓口）
- ・NRCD（代表研究機関）
- ・CPCB（環境汚染の防止、管理及び削減を目的としたMoEF外郭機関）
- ・CPHEEO（都市インフラの政策立案機関、設計指針や維持管理マニュアルの認定機関）
- ・U. P. Jal Nigam（アグラ下水処理場の上位監督機関）
- ・AMU（研究協力機関）

(4) 知的財産権

研究代表機関と協議の結果、知的財産権はいずれの研究機関も保有せず、本プロジェクトの研究成果はすべての人が利用できるよう、アクセス可能な状態におくこととする旨合意し、その協議結果をM/Mに記載した。

(5) パイロットプラント設置場所

U.P. Jal Nigamアグラ支局と協議のうえ、アグラ市内にあるUASB方式の下水処理場（Dhandupura 78MLD、Pachgai 12MLD、Chohatna 40MLD、Jaganpur 14MLD）を視察し、パイロットプラント（5MLD DHSリアクター）の設置場所を比較検討した結果、Dhandupuraにある下水処理場を第一候補とすることで合意した。詳細比較検討結果は付属資料6に添付した。土地の利用については、U.P.Jal Nigamの本部及びアグラ支局と問題ない旨確認されているものの、現在候補地となっている場所はパイプライン等の地下埋設物がある可能性がある。DHS（Down-flow Hanging Sponge：下向流スポンジ担体）リアクターの設置場所が当該地下埋設物

と重なる場合、下水処理場内の森林地の伐採して整地するなど、代替地における建設を含めた更なる検討が必要となる。

(6) 研究機関の変更

POを確定するプロセスにおいて、当初、成果1の1-3（連続処理モニタリングと下水処理への適用性評価）には「現地調査及び対象とする河川を選定」及び「対象河川の衛生学的水質（大腸菌群・病原性細菌等）の調査」という項目が存在したが、活動項目から削除した。両活動を削除した理由は、本プロジェクトで提案される下水処理システムをガンジス川及びヤムナ川流域に存在するすべての既存UASBリアクターに設置したとしても、河川流量に対する下水処理水量は微々たる量であり、直接的に河川の浄化に結びつけて科学的根拠に基づき評価することは困難であると判断されるためである。

本来、この河川調査はインド側の研究分担機関であるインド工科大学ルーキー校（Indian Institute of Technology, Roorkee : IIT Roorkee）が実施する予定であったが、本活動項目が削除されたことから研究分担機関としての役割はなくなったことから、IIT Roorkeeを研究分担機関から除くこととした。同措置は、本プロジェクトの研究項目になんら支障はないと判断される。

(7) インドからの便宜供与

以下についてはインド側の義務であることを確認した。

- 1) 専門家用のオフィス、電気・水道・電話回線の提供、IDカードの交付等
- 2) 公務員であるカウンターパート（Counterpart : C/P）に係る経費（給料・日当・調査旅費等）の負担（プロジェクトのみに臨時に雇用する補助員、人夫等については、日本側経費負担とすることが可能）
- 3) プロジェクト専門家の人数や構成に応じたC/Pの配置及びプロジェクトの現地研究活動等への積極的な関与

(8) 投入資機材

投入機材が案件終了後も継続的に利用されるよう留意し、プロジェクト終了後も自立発展的に活用される機材を選定した。

第2章 プロジェクトの内容及び実施上の留意点

2-1 プロジェクトの内容

本詳細計画策定調査において、インド側C/P (NRCD、U.P. Jal Nigam, Agra、AMU、CPCB、CPHEEO)との議論を経て、本プロジェクトを遂行するにあたって各C/Pの主たる責任の範囲を明確にするために、以下に示す2つの活動に分けて遂行することが合意されたが、各活動において現在検討されているプロジェクト内容の概要を以下に記す。

(1) インド・アグラ市の下水処理場に新規建造するDHSリアクターを用いた連続処理実験によるUASB-DHSシステムの下水処理への適用性評価

インド国内の行政機関及び研究機関と連携した現地一体型の国際共同研究体制により、開発途上国が適用可能なミニマムコスト・ミニマムエネルギー消費型の革新的下 wastewater 処理技術を創成する。具体的には、インド・アグラ市内にあるDhandupura 78MLD下水処理場内に5MLDを許容するDHSリアクターを建造し、既存のUASBリアクターの後段処理技術として利用する。同時に建設したDHSリアクターの連続処理実験（水質モニタリング）を行い、本提案技術（UASB-DHSシステム）が開発途上国の下水処理に適用可能かを評価する。

NRCDは、東北大学と連携しつつ、インド側チームのコーディネーターとして、インド側参画機関との調整役、JICAとの調整役、C/P全体を統括する。U.P. Jal Nigam, Agra及びAMUは、東北大学・木更津高専と連携しつつ、現地インドでの実証実験を実施し、提案技術による下水処理技術の実用化を完成させる。

またインド国内の既存の下水処理方法には、(1) 曝気を要する処理方法（標準活性汚泥法 [Activated Sludge Process : ASP]、回分式活性汚泥法 [Sequencing Batch Reactor : SBR]）、(2) WSP法、(3) UASB法と、その後段処理を組み合わせた方法（後段処理法の例；最終安定化池 [Final Polishing Unit : FPU]、エアレイテッド・ラグーン [Aerated Lagoon : AL] など）が用いられている。これらの処理システム全体としての省エネルギー効果及び余剰汚泥の発生抑制効果について現地調査を実施し、本提案技術の適用性評価を行う。

NRCD、U.P. Jal Nigamアグラ支局、AMUは、東北大学・木更津工業高等専門学校・長岡技術科学大学と共同でインドにて現地調査を行い、省エネルギー効果・余剰汚泥発生抑制効果評価のためのデータ収集を行う。CPCB及びCPHEEOは、自らが保有するデータと本プロジェクトによって得たデータの比較解析を日本側研究機関と共同で行い、本提案技術の適用性評価を行う。

実施機関：東北大学、木更津工業高等専門学校、長岡技術科学大学（以上日本側研究機関）、NRCD、U.P. Jal Nigamアグラ支局、AMU、CPCB、CPHEEO

(2) DHSリアクターの設計指針、並びにUASB-DHSシステムの維持管理マニュアルの作成と認定及びそれらの普及

UASB-DHSリアクターを用いた連続処理実験の知見を集積して、提案技術を体系化する。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裏打ちされておらず、今後本技術を普及してゆくうえで適正な維持管理マニュアルを作成する必要がある。本研究題目

では、UASBリアクターの後段処理技術としてのDHSプロセスの技術的特性を整理し、UASB-DHSシステムの体系化を図る。さらに、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。プロジェクト開始3年目及び5年目において、UASB-DHSシステム設計指針の普及、及び維持管理方法に関するワークショップとトレーナーズ・トレーニング（Training of Trainers : ToT）を実施し、本技術のインドでの普及のための準備を行う。NRCDは、最終アウトプットである提案技術の設計指針、維持管理マニュアル作成の統括を東北大学とともに行う。U.P. Jal Nigamアグラ支局は、ワークショップとToTの実施のためのコーディネートを、NRCD及び東北大学・木更津高専と連携して行う。AMU、CPHEEOは、本技術の設計指針・維持管理マニュアルの作成を東北大学・木更津高専・長岡技大と連携して行う。

実施機関：東北大学、木更津工業高等専門学校、長岡技術科学大学（以上日本側研究機関）、NRCD、U.P. Jal Nigam, Agra, AMU、CPHEEO

2-2 プロジェクト実施上の留意点

本プロジェクトを進めるにあたって、以下の点に留意する必要がある。

- (1) 日本人専門家がC/Pスタッフとの連携を密にすると同時に、インド側の統括機関であるNRCDがプロジェクトの進捗状況を把握し適切に管理する必要がある。
- (2) インド側参画機関は、研究開発の面での能力が不足しているため、そのキャパシティ・ビルディングを適切に行う必要がある。また、できるだけAMUでの共同研究あるいは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つけさせることとし、日本に招いての研修は必要最小限とする。
- (3) DHSリアクターの設置場所は研究開発に支障のない場所を選定する必要がある。また、導入した機材がプロジェクト終了後に無駄にならないよう、NRCD、U.P. Jal Nigamアグラ支局とAMUが責任をもって継続的に運用していく必要がある。
- (4) DHSリアクターに投入するスポンジ担体については、現地インドにて作成できるよう現地メーカーを探す必要がある。
- (5) 新規システムの研究開発であるので、研究実施の過程での実施計画の内容変更については、それが本プロジェクトの目的を実現するうえで有用な変更や改善があれば、柔軟かつ積極的に対応していく必要がある。
- (6) 日本人専門家については、効率的にプロジェクトを運営・実施していくためにも、メンバーの追加や変更に関して柔軟に対応する必要がある。また、C/Pの人事異動等が想定されるが、プロジェクトの進行に支障を来さないようC/P側に協力を依頼する必要がある。

第3章 国際共同研究の視点（本現地調査におけるJSTからのコメント）

3-1 採択された研究計画内容との整合性について

インド側との協議、現地調査を通し、マスタープランを中心に研究計画内容がコンパクトにまとめられ、基本的に一部を除き日本で採択された研究計画全体に大きな変更を加える必要がないことを確認した。

JSTとしては、本研究プロジェクトの上位目標は「提案技術の現地実証実験を遂行して地域の社会経済、技術特性に合致した適用可能な革新的下水処理技術の創成」であり、具体的研究目標は、①アグラ市のDhandupura下水処理場（78MLD）における新システムUASB-DHS¹の実規模実証試験の実施、②処理メカニズムの解明と重要微生物の検出・定量・モニタリング技術開発、③提案技術の体系化と設計指針・維持管理マニュアルの作成、④提案技術の省エネ効果・温室効果ガス発生抑制効果、⑤開発途上国における提案技術の普及に向けた適用可能性の社会工学的評価、と考えている。

今回の調査において、国際共同研究の実施体制、成果目標、社会実装等研究計画内容を共有することができた。一方、研究題目⑤については、体制上の制約もあり、再考する必要がある。

3-2 インド側の研究体制・能力について

MoEFのNRCDが本国際共同研究事業の中核をなす。

行政側として、U. P. Jal Nigam、下水処理方法の決定・選定を行うCPHEEOが参加、研究組織として排水規制・管理・評価を行うCPCB、大学としてAMUを加えた研究体制となり、研究成果の社会還元を可能とする体制となっている。

一方、当初IIT Roorkeeを代表研究機関として想定していたが、1-6（6）に記載のとおり、PO検討過程で同校が関連する活動が除外されたため、研究機関から外し、代わりにCPCBを加えた研究体制としたことによりリスク要因を排除した。

この結果、提案時の代表研究機関がNRCDに変更となることからSATREPS²推進委員会に報告することとする。

3-3 国際共同研究遂行上のリスクの所在

C/Pにおける組織変更等により研究計画内容への影響が及ぶことも予想されるため、研究体制について柔軟性を保持しておくことに留意されたい。

また、新たな科学技術成果を創出できる研究体制（AMUとの正式な協議、及び、研究のサブテーマごとの両国研究者リストの作成等）を早急に固めてもらいたい。

3-4 インド側の期待

人口の急増による宅地化により、広大な敷地が必要となる現状の下水処理場システムは岐路に立たされている。政府としても新システムの実証試験結果に注目している。

¹ 上向流嫌気性スラッジブランケット（UASB）法を前処理、下向流スポンジ担体（DHS）法を後処理として組み合わせるシステム

² JSTとJICAが共同で推進する国際科学技術協力事業

3-5 知的財産権について

インド側は、研究成果としての新しいUASB-DHSシステムをインド全域に活用したい意向であり、成果が普及するような取り扱いを望んでいる。今後、両国代表研究機関の間で共同研究契約の締結に向けて交渉していくことになった。

3-6 その他

(1) インドの下水処理場整備に日本も国際協力銀行（Japan Bank for International Cooperation : JBIC）の円借款で支援しており、本事業における実証実験候補地も円借款で立ち上げた下水処理場である。また、他の円借款附帯プロジェクト「下水道施設設計・維持管理マニュアル支援」（既存マニュアルの更新）も開始されており、インド下水処理に関する、研究開発面からの日本の貢献度の増大、他の支援とのシナジー効果も期待される戦略的な課題といえる。

(2) 日本の科学技術政策への貢献

本課題の研究成果は、エネルギー最小消費型の下水処理技術（最小のエネルギー消費、広大な敷地を要しないコンパクトで容易な維持管理等による、開発途上国自身で運営可能となるもの）を、本邦初の世界標準となるオリジナル技術としてアジア、アフリカ等の開発途上国に適用されることが期待される。この結果、知的貢献として日本の科学技術が高く評価されることにつながる。

(3) 研究環境について

夏期の猛烈な暑さなど、研究環境が厳しいため、研究者の十二分な安全確保と健康管理に万全を期すよう希望する。

第4章 団長所感

4-1 プロジェクト実施の意義

現在、インドには稼働中の下水処理場が約300程度あるが、河川の更なる水質改善を図るため、MoEFはヤムナ川浄化計画（Yamuna Action Plan : YAP）やガンジス川浄化計画（Ganga Action Plan : GAP）などの河川別浄化計画を作成して、幹線管渠と処理場の整備を進める一方、MoUDも2005年12月から7カ年計画で始まった主要65都市を対象とするJNNURMの枠組みを使って積極的な下水道整備を進めている。しかしながら、インドでは頻発する停電による微生物への機能阻害や、多種類の機器類が適切に維持管理されていないことなど複数の要因が重なり、処理水が放流基準を満たしていない場合が多い。

インドでは10種類以上の下水処理法が採用されているが、現在、60以上の処理場に採用されているのがUASB+仕上げ池である。この処理法は、嫌気菌を利用した処理法であるため、攪拌機や曝気機などの機器が不要で停電の影響を受けにくい非常に省エネルギーな処理法であるが、UASBのみでは放流基準を満たせないため、後段に仕上げ池を設置している。しかし、仕上げ池の実際のBOD（Biochemical Oxygen Demand）除去率が低いことや広大な用地面積が必要なことから、インドでも、省スペース、エネルギー多消費型の処理法にシフトし始めている。

今回のプロジェクトは、後段処理として、既存の仕上げ池に代わり、カルナールで長期間運転の実績がある1MLDのDHSを、5MLDにスケールアップした実証プラントをアグラ市のDhandupura下水処理場内に設置し、ここでの実証試験によって得られた知見を設計ガイドラインや維持管理マニュアルにまとめ、それを普及する計画策定までを成果としている。この成果がインドで広く使われることになれば、既存のUASBの改善に資するとともに、新規処理法の選定の際にもより持続可能性が高く、用地面積も小さくて済むこのUASB+DHSの処理法が採用されやすい環境になり、長期的にはインドの下水道整備の改善、促進を図ることが期待できる。

4-2 JSTとの密接な協力

地球規模課題の解決に向けた開発途上国との国際共同研究の一つであるSATREPS事業は、開発途上国の要望のもとに、地球規模課題を対象とし、将来的な社会実装の構想を有する国際共同研究を政府開発援助（ODA）と連携して推進されており、地球規模課題の解決及び科学技術水準の向上につながる新たな知見を獲得することをめざしている。また、環境エネルギー、生物資源、防災、感染症の4分野を対象に、開発途上国等の自立的な研究開発能力の向上と課題解決に資する持続的活動体制の構築を図っており、この下水道案件は3つ目となる。

案件名	インドにおける低炭素技術の適用促進に関する研究	自然災害の減災と復旧のための情報ネットワーク構築に関する研究
採択年度	平成21年度	平成21年度
分野	環境・エネルギー（領域非特定）	防災
代表研究者	鈴木 胖	村井 純
所属	（財）地球環境戦略研究機関関西研究センター所長	慶應義塾大学 環境情報学部 教授

国内共同研究機関	京都大学	東京大学
相手国機関	インドエネルギー資源研究所	インド工科大学ハイデラバード校
期間	4年間	5年間

今回は、JSTから主任調査員の高橋昭男氏の参加を得て、双方の活動についての理解が深まったが、今後の実施プロセスの中でも、十分な情報共有を行うことが重要である。

4-3 プロジェクトの枠組み

事前の対処方針では、4つの活動成果を考えていたが、これを最終的に2つに絞ったこと、また、インド側の研究機関として、当初想定していたIIT Roorkeeに代えてCPCBを加えたことなどの微修正はあったが、おおむね当初の内容でM/Mを結ぶことができた。また、パイロット・プラントの建設場所も78MLDの処理場にDHSリアクターを建設すること、プロジェクト・ダイレクター、プロジェクト・マネジャー、JCCの構成員が確定したことなど、プロジェクトのおおよその枠組みは決まったと思われる。今後は、各年度別の事業計画、予算執行計画などを策定する必要があるが、これについては共同研究合意文書（Memorandum of Understanding : MOU）やR/Dの署名・交換準備を進めていくなかで、具体的な内容を確認していくことになる。インドは各種手続きに時間を要するケースが多いといわれているが、速やかな事業実施をお願いしたい。

4-4 社会への還元

今回の要請元はMoEFであるが、この案件の成果品となる設計ガイドラインや維持管理マニュアルをインド側が正式に承認する機能はMoUDの所管である。したがって、MoUDにJCCのメンバーとしてこれらの作成過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いたいことをお願いしたところである。

4-5 新規技術開発にかかわる留意点

インド側の研究機関としてIIT RoorkeeとAMUを想定していたが、IIT Roorkeeに代えてMoEFの研究機関であるCPCBを加えることとした。CPCBからの参画者は決まっていないが、NRCDのBrijesh Sikka部長が責任をもって彼らをこのプロジェクトの実施主体に位置づけたいとしている。CPCBは、インド中の河川など公共用水域の水質データを長期にわたって保有していると同時に、全国の下水处理場の機能診断も毎年実施しており、これらの知見を生かすことができることはこのプロジェクトにとってプラスといえる。

また、この計画は5年で完了することとなっているが、U.P. Jal Nigamの議長から、「カンパールで210MLDのUASBの下水处理場の建設を予定しているが、処理水BODが30mg/リットルを満たさないおそれがあるため、DHS法の適用は可能であるか」という打診が非公式になされた。今後、下水处理場の建設は加速度的に増えると思われる一方、成果がまとまるのは4～5年先ということになれば、SBRなどのエネルギー多消費型の処理法が普及することになる。拙速は禁物であるが、できるだけ速やかな事業実施に努めるのはもちろんのこと、節目ごとにセミナーやワークショップを開き、この技術についての理解促進、技術の普及に努めると同時に、DHS技術は、新規技術ではあるが、原理は散水濾床の変法であることから、DHSの導入を推進していくには何が必要か

という観点からも、ぜひ研究をお願いしたい。

4-6 他の計画との整合性

日本はこれまでYAP-I、IIで下水道施設の建設を支援してきているほか、2004年から長期専門家をNRCDにアドバイザーとして派遣してきた。また、この後見案件として2007年4月から4カ年計画で「下水道施設の維持管理に関するキャパシティ・ビルディングプロジェクト」（技術協力プロジェクト）を実施してきており、更に2010年8月からは、「下水道施設設計・維持管理マニュアル策定調査」（円借款附帯プロジェクト）を始めたところである。この調査は2つのフェーズに分かれており、第1フェーズは2011年3月完了の予定であり、設計指針、維持管理指針の双方の目次を作成することが主な成果である。第2フェーズは2011年度早々（できれば5月くらい）にも開始したいとしているが、その期間をどの程度にするかはまだ確定していない。C/PであるMoUDからは、なるべく早く（8カ月程度で）その結果をまとめてほしいという意思表示があったが、実際の作業を考えると、最低でも1.5～2年程度が妥当な期間と想定される。仮に調査期間を2年とすると、ドラフトが完成するのは2013年5月前後となるが、本プロジェクトを最速で2011年6月から開始したとしても、2013年5月は、施設建設が終わりようやくデータを取り始めたばかりの頃である。したがって、残念ながら、本調査の結果を設計指針に生かすことはできないが、上記プロジェクトのC/PであるMoUDのCPHEEOは、このDHS技術を新規技術として位置づけ、設計指針に取り込みたい意向を示している。したがって、CPHEEOの要請を受けて、このプロジェクトの成果をどこまでこの設計指針に反映させるかについては、双方の案件の進捗状況をみながら決めていきたい。

第5章 事業事前評価結果

5-1 プロジェクトの背景と必要性

(1) インドにおける下水分野の現状と課題

インドは、約10億2,702万人（2001年）の人口を擁する国であり、主要産業は、農業、工業、鉱業及びIT産業である。2008年の名目GDPは12,175億米ドル、国民1人当たりで換算すると1,016米ドルである。また、南北3,214km、東西2,933kmの約329万km²（日本の約9倍）の国土を有し、大きくヒマラヤ山脈地帯、ヒンドスタン平野、デカン高原の3つに分けられる。国土は6つの気候区分に属するが、国家的単位では冬（1～2月）、夏（3～5月）、モンスーン（または雨期：6～9月）、モンスーン明け（10～12月）の四季がある。

主要河川は、ヒマラヤ山脈・カラコルム山脈、ヴィンディヤ山脈・サトプラ山脈、そして西ガーツ山脈を水源とする3つの水系があり、それらの総流域面積は252万km²以上になる。これらインドの河川は、沐浴をはじめ、飲料用水、生活用水、灌漑用水、工業用水、レクリエーション等の多様な機能を果たしている。しかし、近年の急激な人口増加や経済発展に伴う上水需要の増加に対して、施設整備が追いつかず供給不足が深刻化している。また、都市部への急激な人口流入や工業化により下水処理能力を超過した汚水が排出されており、地域住民の衛生、生活環境が脅かされている。

インドでは、都市部からの未処理排水の河川・湖沼への流入を防ぐべく、国家政策を通じ下水処理施設の建設が進められている。その結果、下水処理場数は全国で250カ所を超えており、今後も更なる増加が見込まれている。これらの下水処理施設の多くでは、維持管理が比較的容易で低コストな技術としてUASB法（嫌気性処理技術）が適用されている。しかし、同技術では後段処理のために広大な仕上げ池を設置する必要があるが、用地の確保が難しい、後段処理を施しても排水基準を満たせないなどの課題がある。

したがって、衛生環境リスクを低減する持続可能な下水処理システムの構築に貢献する、低コストでより処理能力が高く、維持管理が容易な省エネルギー型後段処理技術の開発が求められているといえる。

(2) インドにおける開発政策と本事業の位置づけ

インド政府は、第11次5カ年計画（2007年4月～2012年3月）において、2012年までに都市部全人口への上水供給及び下水・衛生施設の提供を政策目標として掲げ、各州自治体に対し包括的な都市開発計画を策定し、JNNURM等による支援を活用し、目標の達成を図るよう求めている。河川等の水質汚濁については自然浄化能力を上回る量の未処理排水の流入が原因であり、インド政府は1985年からGAP、YAPをはじめとする国家河川保全計画（National River Conservation Plan : NRCP）等を策定し、主要河川の水質を指定利用水質まで改善することとしている。

本プロジェクトは、下水・衛生施設の提供の促進に寄与するものであり、かつ処理水の放流先となる河川等の水質汚染の軽減に貢献するものと位置づけられる。

(3) インドの下水分野に対するわが国及びJICAの援助方針と実績

わが国の「対インド国別援助計画」において、保健・衛生問題、地方開発、上下水道支援、

植林支援等を通じた貧困・環境問題の改善は重点目標の一つとして挙げられている。JICAを通じた円借款支援は、環境問題への対処に重点を置かれており、YAP及びGAPに基づく支援が中心である。現在はYAP-IIに基づく「ヤムナ川流域諸都市下水道整備事業」が実施されている。技術協力支援は、近年、円借款との連携を想定した開発調査や、円借款事業との連携による専門家派遣等の技術協力への要請が高まりつつあり、「下水道施設の維持管理に関するキャパシティ・ビルディングプロジェクト」（技術協力プロジェクト）、「下水道施設設計・維持管理マニュアル策定計画調査」（円借款附帯プロジェクト）が実施されている。

さらに、昨今、わが国の科学技術を活用した地球規模課題に関する国際協力の期待が高まるとともに、日本国内でも科学技術に関する外交の強化や科学技術協力におけるODA活用の必要性・重要性がうたわれており、このような状況を受けて2008年度よりSATREPS事業が新設された。本事業は、環境・エネルギー、防災及び感染症をはじめとする地球規模課題に対し、わが国の科学技術力を活用し、開発途上国と共同で技術の開発・応用や新しい知見の獲得を通じて、わが国の科学技術力向上とともに、開発途上国の研究能力向上を図ることを目的としている。また、本事業は、文部科学省、JST、外務省、JICAの4機関が連携するものであり、国内での研究支援はJSTが行い、開発途上国に対する支援はJICAによって行われることとなっている。

(4) 実施機関の概要

1) 中央政府機関

下水道にかかわる主要な中央政府機関としては、MoEFとMoUDがある。

a) MoEF

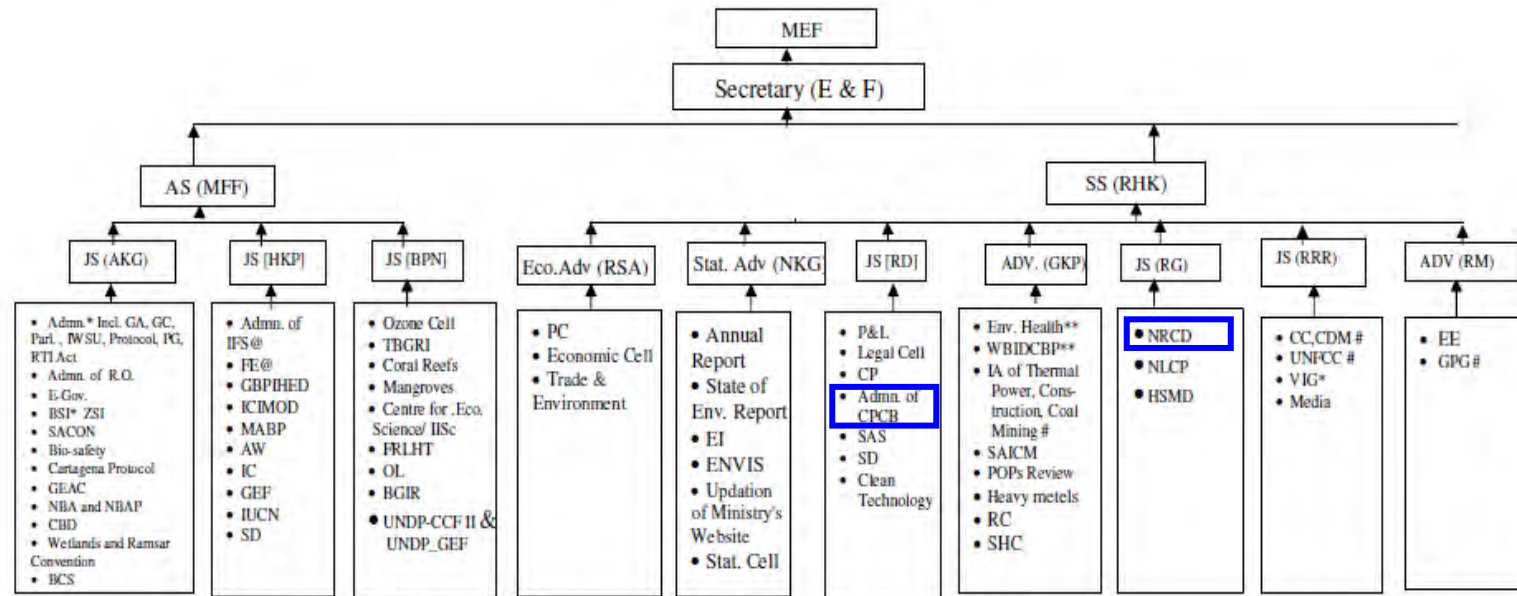
MoEFは、環境保護法に記される自然環境及び生活環境の保全・改善に対する権限をもつ。下水分野にかかわるMoEF管轄下の主要な機関は2つある。一つはNRCDであり、主要な河川・湖沼の環境保全を目的とした下水道整備を促進している。もう一つはCPCBであり、水質汚濁防止法に基づいて事業場の排水規制・管理・評価を実施している。表5-1にMoEFの予算の推移を、図5-1に組織図を示す。

表5-1 MoEFの予算の推移

(単位：千万インドルピー)

	2005～2006		2006～2007		2007～2008		2008～2009		2009～2010	
	歳入	歳出	歳入	歳出	歳入	歳出	歳入	歳出	歳入	歳出
環境局	209	186	213	209	259	224	255	240	266	188
国家河川保全局	425	346	435	339	340	321	327	326	428	396
森林・野生生物局	261	259	316	310	372	362	521	521	574	507
国家植林・エコ開発局	321	274	356	316	359	422	372	371	358	324
動物保護局	19	16	19	21	21	21	25	25	24	13
合計	1,235	1,080	1,339	1,195	1,351	1,350	1,500	1,483	1,650	1,429

出典：MoEF年次報告書（2007～2008及び2009～2010）より調査団作成



* This work will directly be submitted to the Secretary (E&F)

**Officers for this work will report to SS (RHK)

@ JS (HKP) will report to DGF & SS for this work.

Officers for this work will report to AS(JMM)

AW: Animal welfare

BGIR: Botanical Garden of the Indian Republic

BG: Botanic Garden

BSI: Botanical Survey of India

BCS: Bio-Diversity Conservation Scheme,

CC: Climate Change

CDM: Clean Development Mechanism

CP: Control of Pollution

CRZ: Coastal regulation Zone

CPCB: Central Pollution Control Board

CBP: Capacity Building Project

CBD: Convention on Biological Diversity

EE: Environment Education

EIVR: Entities of Incomparable Value Regulations

FE: Forest Establishment

FRLHT: Foundation for Revitalization of Local Health Traditions

GBPIHED: G.B. Pant Himalayan Institute of Environment -

Development

出典：MoEFホームページ

GPG: Global Public Goods

GEAC: Genetic Engineering Approval Committee

GC: General Co-ordination

GEF: Global Environment Facility

GA: General Administration

HSMD: Hazardous Substances Management Scheme.

IGPP: Indira Gandhi Paryavaran Puraskar

IA: Impact Assessment

IC: International Co-operation

ICIMOD: International Centre for Integrated Mountain

-Development

IWSU: Internal Work Study Unit

MABP: Man and Biosphere Programme

MD: Male Declaration

NBAP: National Biodiversity Action Plan

NBA: National Biodiversity Authority

NATCOM: National Communication

NRCD: National River Conservation Scheme

NLCP: National Lake Conservation Plan

OL: Official Language

PG: Public Grievances

PC: Plan Co-ordination

P&L: Policy and Law

POPs: Persistent Organic Pollutants

RC: Rotterdam Convention.

SACON: Salim Ali Centre for Ornithology &

Natural History

SAICM: Strategic Approach to International

Chemicals

Management

SAS: Source Apportionment Studies

SD: Sustainable Development

UNFCCC: United Nations Framework

Convention on Climate Change

UNCCD: United Nations Convention to Combat

Desertification

VIG: Vigilance

WBIDCBP: World Bank Industrial Development

Capacity Building Project

ZSI: Zoological Survey of India

SS(RHK): R. H. Khwaja, Spl.

Secretary

AS (MFF): M.F. Farooqui

JS (BPN): B.P. Nilaratna, Joint

Secretary

JS (HKP): H.K. Pande, Joint

Secretary

JS (AKG): A.K. Goyal, Joint

Secretary

Eco. Adv (RSA): R.S. Ahlawat,

Economic Adviser

Stat. Adv (NKG): Nil Kanth Gosh,

Statistical Adviser

JS (RD): Rajneesh Dube, Joint

Secretary

Adv (GKP): G.K. Pande, Adviser

Adv (RM): R. Mehta, Adviser

JS (RG): R. Gauba, Joint Secretary

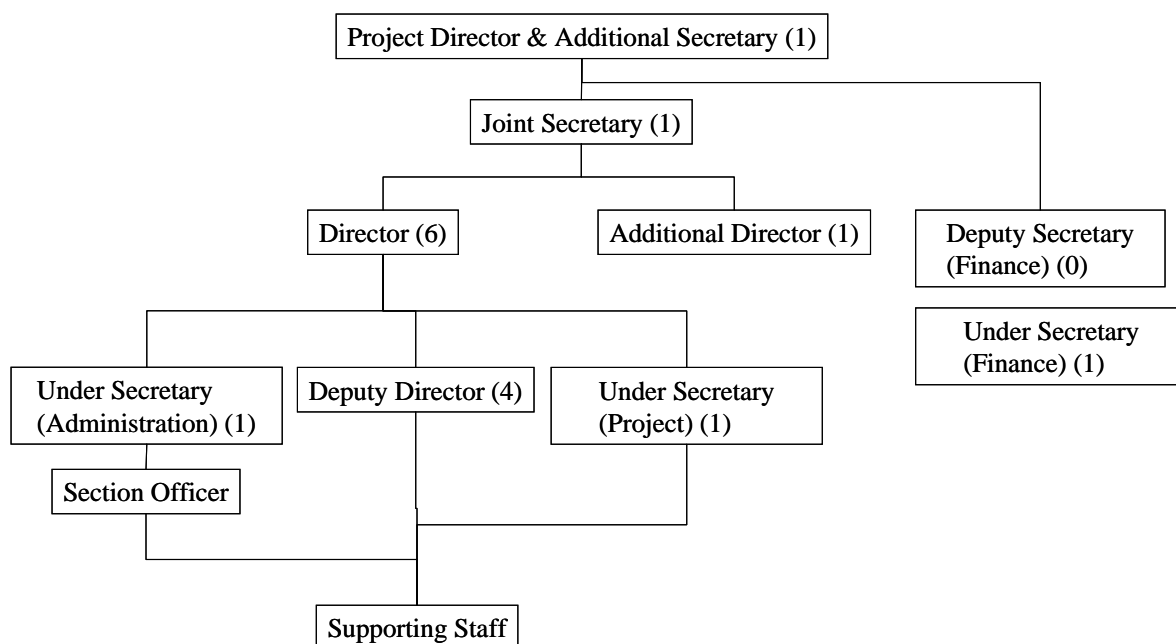
JS (RRR): R.R. Rashmi, Joint

Secretary

図 5 - 1 MoEF組織図 (2010年1月15日時点)

①NRCD

NRCDの前身は中央ガンジス川機関（Central Ganga Authority）であり、首相直轄機関として1985年に設立され、同年にGAP-Iが策定された。その後、1993年に3河川を追加したGAP-II、1995年にその他の主要河川を加えたNRCPが策定され、この年よりMoEF内にNRCPの担当機関としてNRCDが設立された。現在、NRCPの対象地域は34河川、20州、160都市に及んでいる。NRCDの役割は主に、河川（湖沼）環境保全を目的としたアクションプランの策定、及びそれら計画の実行・進捗確認、予算申請等であり、現場の維持管理を経験することはない。NRCDの組織図を図5-2に示す。2010年9月時点で、事務系職員が6名、技術系職員が11名そして補助職員が50名などで、合計で67名程度の職員が在籍している。



備考：かっこ内数値は職員数
出典：NRCDへのヒアリング結果より調査団作成

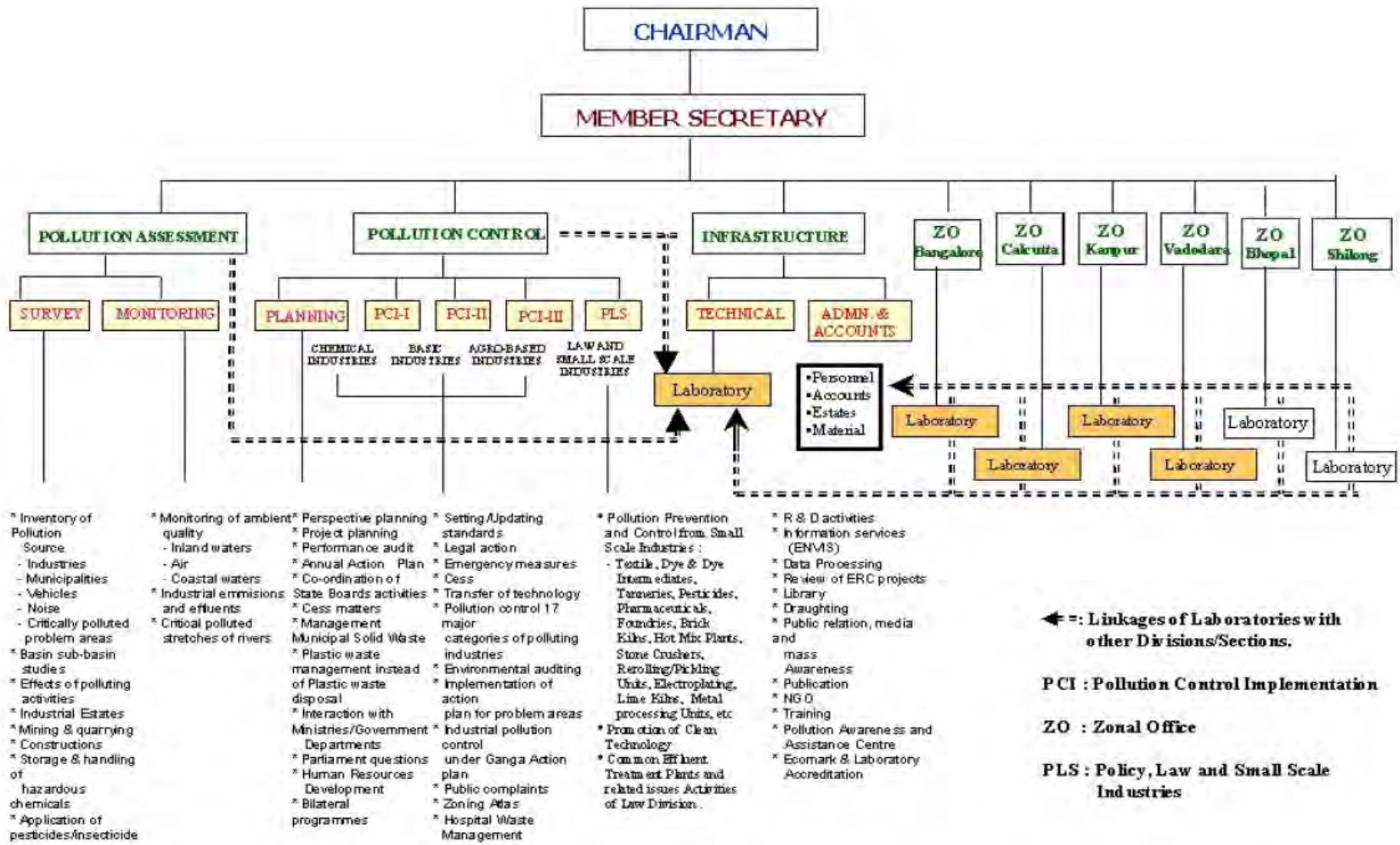
図5-2 NRCD組織図

②CPCB

CPCBはMoEFの外郭機関で、公共用水域及び大気汚染の軽減・浄化・保護の推進を主要な役割としている。1974年の水質汚濁防止法制定時に位置づけられ、機能と権限は次のように規定されている。

- ・ 中央政府に対する助言
- ・ 州委員会の活動の調整、州委員会同士の紛争の解決
- ・ 州委員会への技術的援助及び指導
- ・ 水質汚濁行政に従事する公務員の研修の計画策定及び組織づくり
- ・ マスメディアを通して、水質汚濁防止の総合的計画を組織化すること
- ・ 水質汚濁に関する技術的、統計的データの収集、整理、刊行
- ・ 関係する州政府と協議して、小規模の河川または井戸の水質基準の制定・変更・更新、及び大気質基準の制定

CPCBの主な任務は、公共用水域の水質モニタリングの実施、水質の統計分析、広報（刊行物の発行等）である。水質モニタリングは、表層水については1カ月または3カ月に1回、地下水については半年ごとに実施しており、観測点は全国26州に合計870地点ある。下水処理場を含めた事業場の排水規制は、直接的には州公害対策委員会の所掌であるが、州政府、NRCD、裁判所等からの委託を受けた場合に不定期に水質検査をする場合がある。CPCBの組織図を図5-3に示す。



出典：MoEFホームページ

図 5 - 3 CPCB組織図

b) MoUD

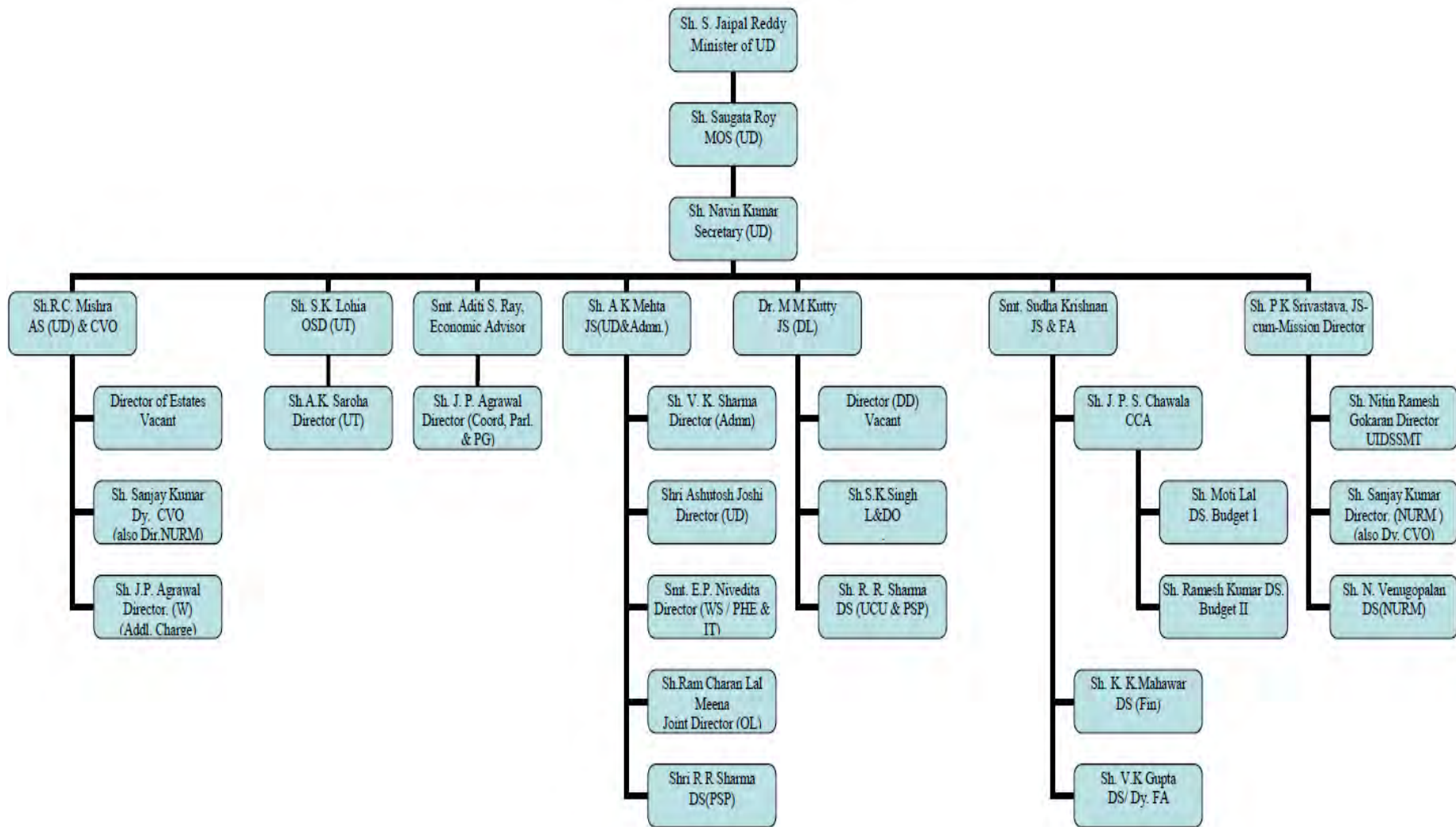
MoUDは、主に都心部の下水道整備を実施している。表5-2にMoUDの予算推移を、
図5-4にMoUDの組織図を示す。中心となる機関はCPHEEOである。

表5-2 MoUDの予算の推移

(単位：千万インドルピー)

	2005～2006	2006～2007	2007～2008	2008～2009	2009～2010
歳入	935.27	1,146.78	997.76	905.22	975.40
資本予算	1,968.89	1,163.78	2,491.24	4,184.93	4,190.45
合計	2,904.16	2,310.56	3,489.00	5,090.15	5,165.85

出典：MoUD年次報告書（2005、2006、2007、2008及び2009）より調査団作成



出典：MoUDホームページ

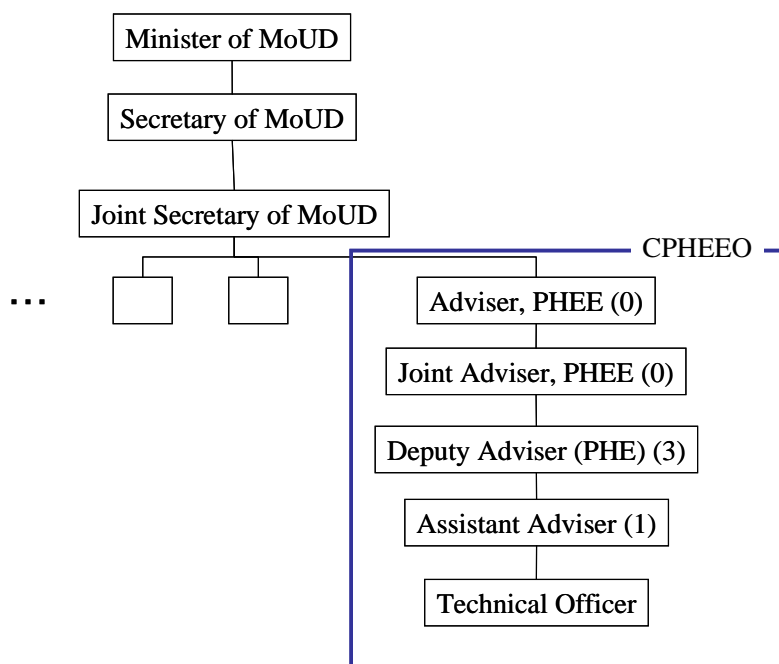
図 5 - 4 MoUD組織図 (2010年7月16日時点)

①CPHEEO

CPHEEOはMoUDの技術・研究部門であり、公衆環境衛生技術にかかわる技術的な課題に対して中央政府機関へ助言を行う。CPHEEOは1953年に保健省の国レベルの給水及び衛生を管轄する独立機関として設立され、1973年より公共事業住宅省（後のMoUD）の管轄となった。CPHEEOは主に以下の事項を取り扱う。

- ・給水及び衛生に関する5カ年計画及び年次計画の作成
- ・公衆環境衛生（給水、浄水、下水、廃棄物）にかかわるマニュアル作成
- ・公衆衛生技術・研究トレーニング、セミナー等の計画・実施
- ・公衆環境衛生に関するさまざまな技術課題に対する地方政府（上下水道公社）への指導
- ・都市環境にかかわる地方政府から提出された固形廃棄物管理を含めた衛生・給水計画の技術面の検査
- ・地方政府から提出された海外ドナー援助申請計画の技術・経済審査
- ・医療・科学技術機関との共同研究
- ・主要都市水供給推進プログラム（Accelerated Urban Water Supply Programme : AUWSP）による給水計画や給水、衛生に関する情報システムの管理とモニタリング

その他、給水、廃棄物管理、洪水対策、ミレニアム開発目標等の公衆環境衛生に関する事業の技術支援、助言を実施する。CPHEEOの組織図を図5-5に示す。



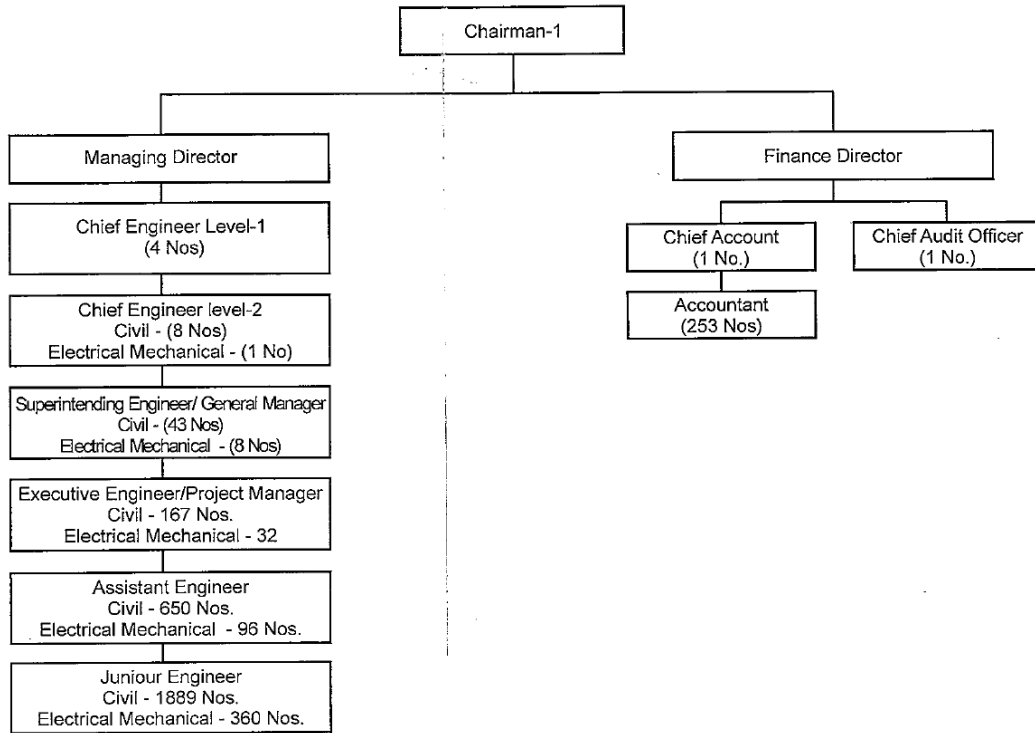
備考：かっこ内数値は職員数
 出典：MoUDホームページ及びCPHEEOへのヒアリング結果より調査団作成

図5-5 CPHEEOの組織図

2) U. P. Jal Nigam

ウッター・プラデシュ州（Uttar Pradesh State : UP）の上下水道事業はU. P. Jal Nigamが実施している。U. P. Jal Nigamの下に7つの支局があり、アグラ支局もその一つである。第74

次憲法改正以前は、上水道・下水道の建設はU. P. Jal Nigamにより行われていた。維持管理については、上水道施設が支局、下水道施設の処理場・ポンプ場がU. P. Jal Nigam、管渠が支局により実施されていた。第74次憲法改正により、上下水道施設の維持管理は地方自治体が行うこととされたため、徐々に移管が行われてきているものの、州政府の人材・技術不足により州政府からの委託という形で現在もU. P. Jal Nigamが担当している（2010年9月時点）。U. P. Jal Nigamの組織図を図5-6に示す。U. P. Jal Nigam全体では、図に示した職員を含めて11,000名が在籍している。また、U. P. Jal Nigamの予算推移を表5-3に示す。



出典：U. P. Jal Nigam からの受領資料

図5-6 U. P. Jal Nigamの組織図

表5-3 U. P. Jal Nigamの予算の推移

(単位：千万インドルピー)

		2005～06	2006～07	2007～08	2008～09	2009～10
U. P. Jal Nigam 全体	地方給水	635.69	699.63	1065.5	967.13	1156.37
	都市給水	149.83	152.92	141.47	160	143.75
	国家河川保全及び下水事業	124.21	332.09	252.24	143.08	336.35
	都市開発事業		94.83	374.84	210.78	476.49
	その他	108.05	200.89	165.95	144.01	137.04
	設計・施工事業	357.46	299.74	375	492.5	680
	合計	1,375.24	1,780.1	2,375	2,117.5	2,930

アグラ支局	都市給水	2.74	4.4	3.55	4.5	4.77
	都市下水	1.27	1.71	5.08	29.23	34.17
	その他都市事業	2.57	2.35	2.22	3.06	5
	地方給水	5.78	14.04	6.05	17.95	24.53
	その他地方事業	0.7	1.08	0.25	0.34	0.08
	その他下水事業			2.6	6.44	19
	国家都市改善事業			2.6	6.44	19
	合計	13.06	23.58	19.75	61.52	87.55

出典：U. P. Jal Nigamからの受領資料より調査団作成

3) AMU

本プロジェクトの実施機関の一つとなるAMUはMohammedan Anglo Oriental Collegeとして1875年に創設され、3万人以上の学生が在籍している。12の学部の中に95学科、513センターがあり、325のコースが提供されている。工科学部(Faculty of Engineering and Technology)の土木工学科(Department of Civil Engineering)に在籍するナディーム准教授が本プロジェクトにおけるC/Pとなる。ナディーム准教授は、これまでにデリーの下水処理場やインド各地のUASBプラントを民間企業と共同研究・実施した経験がある。よって一定の知見と経験を蓄積していることから、本プロジェクトのC/Pとして適切であると考えられる。また、彼の下に2名の博士課程学生及び4名の修士課程学生が研究・開発を進めており、基本的な研究・開発用機材が整備されている。学生のなかから数名をアグラ市に派遣し、プロジェクト活動を実施することを予定している。

(5) 下水道事業の課題

UASB技術についての技術的な課題は、設計及び維持管理のそれぞれに課題がある。UASB法を採用している処理場では、UASB単体では除去率に限界があるため後段に仕上げ池を組み合わせている。UASB反応槽自体は、嫌気性処理であるため運転管理における操作因子は少ない処理法である。しかし、スクリーン設備や沈砂池における夾雑物の除去が不十分であるため、その後の反応槽で配管が目詰まりして、うまく機能していない処理場も多い。このような処理場では施設能力を最大限に発揮できておらず、一部では滞留時間に偏りが生じていると考えられる。実際に、2005～2006年のCPCB年次報告によると、CPCBが実施した放流水質検査結果の結果、UPでは25カ所中17カ所で排水基準を達成していなかったとの報告がある。

技術面での課題は維持管理上の課題だけでなく、設計上の課題として、後段の仕上げ池において堆積砂の除去を定期的に行うことができないということが挙げられる。

また、下水道料金だけでは維持管理が実施できず、州政府からの補助金を受けるといった財政面での課題が発生している。

(6) 当該分野における他ドナーの支援動向

下水分野において、米国国際開発庁(United States Agency for International Development: USAID)は「都市社会資本における経営改善」など、ソフト分野に特に注力しており、JICA

(旧JBIC)との連携による「バンガロール市におけるスラム改善プロジェクト」(2005年度円借款事業)の実施がある。世銀は、ミレニアム開発目標の達成を目的として、主に水と基本的な衛生設備の提供を展開しており、アジア開発銀行(Asian Development Bank: ADB)とともに上下水道事業を対象の一つとしたJNNURMに対して資金援助している。

5-2 プロジェクト概要

(1) プロジェクトの目的と意義

本プロジェクトは、以上に述べたプロジェクトの背景と必要性にかんがみ、JSTとの共同事業として、インドの研究機関と共同で地球規模課題となっている持続可能な新規下水処理技術の研究・開発・普及促進を実施し、その成果の研究開発成果の社会実装をめざす。

本プロジェクトで対象とする研究開発課題は、温暖な開発途上国に適した低コストでより処理能力が高く、維持管理が容易な省エネ下水処理技術の研究開発であり、効果的かつ実効性のある研究を遂行するためには、現場を有する相手国研究機関との共同研究が欠かせない。この点が、JICA技術協力プロジェクトの枠組みで共同研究を実施する根本的意義である。また、開発途上国においては、日本や先進諸国ではおおむね解決された地域の環境汚染問題が依然として深刻であり、それを解決しつつ同時に地球環境問題に取り組むことが求められている。これは、先進国がこれまでに解決してきた道筋と順序とは異なる解決の方策を見いださなければならないことを意味している。途上国だけに解決の責任を転嫁するのではなく、先進国と開発途上国が共に協力して解決すべき国際的課題でもある。このように、本プロジェクトでは日本・インド両国の研究機関が共同して研究開発を行うことが重要であり、地球規模課題となっている持続可能な新規下水処理技術開発に貢献するための具体的な取り組みの事例となり得る。

さらに、日本の研究機関にとっては本研究課題においてJST事業による国内での研究開発を進めると同時に、本技術協力プロジェクトとの連携・補完によって温暖な開発途上国における社会実装を実現できる研究開発を進められるメリットがある。また、開発した技術や研究成果の社会実装結果をフィードバックして、日本における更なる新技術開発の種を得ることも期待される。一方、インドの研究機関にとっては日本で開発された技術や研究成果を基礎として、それを自国に適したものに進化・深化させることができ、所定の研究開発成果を短期間に上げることが期待できる。また共同研究を実施することにより、インド側実施機関の研究開発能力の向上につながり、自らの力で東南アジア、ひいては他の温暖な地域の下水処理技術の研究開発拠点に発展させる可能性が出てくる。また、下水処理事業を管轄するNRCDやCPHEEOの研究・開発・普及促進に係る能力向上は、同国、及び周辺各国での持続可能な下水処理技術の普及に係る制度的枠組みの強化につながることを期待される。

(2) プロジェクトの実施体制

1) 実施機関 (C/P)

本プロジェクトの実施機関は、NRCD、U. P. Jal Nigamアグラ支局、AMU、CPCB及びCPHEEOである。本プロジェクトでは以下に記述するように2つの成果を設定しており、これらすべての機関が両成果の達成にかかわる活動に責任をもち、各機関の調整、取りまとめを行う。プロジェクトの総括責任者(プロジェクト・ダイレクター)はNRCDの管理者、

実施責任者（プログラム・マネジャー）はU. P. Jal Nigamアグラ支局の管理者とする。プロジェクトサイトは、U. P. Jal Nigamアグラ支局が管轄する下水処理場が中心的な実施場所であると同時に実証実験のパイロットサイトであり、研究課題（成果）に応じてデリーでも研究開発活動を実施する。

なお、本プロジェクトの研究開発結果の利用促進を図り、将来的な制度的インパクトの発現を可能にするためにインド側政府機関が数多く参加するJCCを形成し、効果的な情報共有とプロジェクトの有効性・インパクトの拡大をめざすこととする。

プロジェクト実施体制の詳細については付属資料3の「プロジェクト・アウトライン（実施体制図）和文」に示されている。

2) 人的リソース確保の可能性

本プロジェクトはSATREPS案件としてJSTとJICAが共同実施するものであり、日本側研究機関として既に東北大学、木更津工業高等専門学校及び長岡技術科学大学が選定されている。当該大学の教員・研究者による日本側専門家チームの主要人材（短期専門家候補）は既にリストアップされており、インド側関係機関と共同研究・開発を実施するうえでの日本側の人的リソース確保に問題はない。これらの人材は当該技術課題における権威であると同時に、既に日本国内またはインドとの共同研究において本プロジェクトで対応する技術課題分野で一定の知見、経験、成果を蓄積してきており、本プロジェクトでの共同研究・開発において、それらの成果を活用して更に効果的・実用的な新技術を確立・適用できる可能性を有している。なお、日本側専門家チームの研究総括は既述のように東北大学の原田教授が担当し、研究副総括として木更津工業高等専門学校の上村教授が原田教授との緊密な連絡・調整の下に共同研究・開発の全体調整を行うこととする。

5-3 プロジェクトの基本計画

プロジェクトのPOは付属資料4に示すとおりである。

(1) プロジェクト目標

プロジェクト目標は、「エネルギー消費・維持管理・敷地面積・総コスト面から適正な新規下水処理技術が開発される。」である。

(2) 成果と活動

本プロジェクトでは、上記のプロジェクト目標を達成するために以下に挙げる2つの具体的な成果が実現することを目標とする。

成果①：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。

成果②：UASB-DHSシステムの設計指針及び維持管理マニュアルが作成され、それらの普及準備が整う。

プロジェクトの各成果の達成を図る指標としては以下のものを設定する。

1-1 放流水質が1年以上連続して排水基準のBOD 30mg/リットル以下を維持される。

- 1-2 既存の下水処理技術との比較により、省エネルギー効果が示される。
- 2-1 UASB-DHSシステムの設計指針がUASB-DHSシステムの設計指針が都市開発省中央公衆衛生環境局を中心に構成される関係政府機関³により認定される。
- 2-2 UASB-DHSシステムの維持管理マニュアルがUASB-DHSシステムの設計指針が都市開発省中央公衆衛生環境局を中心に構成される関係政府機関により認定される。

これらの指標については暫定的な評価項目であり、今後、必要に応じて各評価項目の見直しと具体的な数値目標の設定を行うこととする。

上記の成果を実現するためのプロジェクト期間中の具体的な活動は以下のとおりである。

- 1-1 DHSリアクター用担体の選定、発注、納品
- 1-2 UASB-DHSシステムの設計と建造
- 1-3 連続処理モニタリングと下水処理への適用評価
- 2-1 UASB-DHSシステムの設計指針の作成
- 2-2 UASB-DHSシステムの維持管理マニュアルの作成
- 2-3 作成されたUASB-DHSシステムの設計指針及び維持管理マニュアルを用いたトレーニング

(3) 投入

1) 日本側投入

- a) 専門家：長期専門家1名（業務調整）及び短期専門家10名（東北大学、木更津工業高等専門学校、長岡技術科学大学の教員及び研究者を想定する。これらの専門家は研究課題（成果）ごとに分担して、現地実証研究のための基礎研究実施（JST事業）、現地実証研究（共同実施）、現地調査データ・実験データの分析等を行う。）
- b) 供与機材：本プロジェクトで実施する共同研究・開発項目に必要な分析機材をAMUに供与する。またパイロットプラント及びそれに関連する設備・分析機器をU. P. Jal Nigam, Agraが管轄するパイロットサイトにおいて設計・設置・供与する。
- c) 本邦研修：C/Pを対象として3～4名程度/年とする。
- d) 在外事業強化費：プロジェクト運営、特に日本側投入にかかわる経費等を必要に応じて支弁する。

なお、詳細については日本側予算の範囲内で先方との協議によって決定する。

2) インド側投入

- a) C/P：プロジェクト・ダイレクター及びプロジェクト・マネジャーを含め、NRCD、U. P. Jal Nigamアグラ支局、AMU、CPCB及びCPHEEOからの研究者がC/Pとして参加する。各研究課題に対応してC/Pを割り当て、それぞれ応用研究、現地実証研究にかかわる調査、準備、実証実験設備建設、設備運転、データ収集・分析等を行う。また、NRCD

³ ここで構成される関係政府機関は、新規の組織が作られるのではなく、維持管理マニュアルや指針の協議や助言の機能をもったアドバイザー委員会を想定している。

とCPHEEOが中心となり、日本人専門家のアドバイスを受けながら新規下水処理技術の普及促進のための枠組みづくりを実施する。

- b) 施設、機材等：実験プラント建設用地、既存の実験室の使用及び専門家執務用とした管理棟スペース（照明器具、電気設備、机、椅子等を含む）をインド側が提供する。また、インド側は本プロジェクト実施に必要な予算を手配する予定である。

5-4 プロジェクトのモニタリングと評価

(1) 実施体制と内容

活動と成果の進捗状況と達成状況のモニタリングは日本人専門家の協力の下にNRCDを中心とするインド側C/P機関が主体的に実施する。ただし、成果とプロジェクト目標の達成にかかわる評価項目と具体的な数値目標については既述のように、現時点で暫定的な主要評価項目を設定しているのみであり、プロジェクト活動の本格化に伴い必要に応じて各評価項目の見直しと具体的な数値目標の設定を行う。JCCの監督と日本人専門家のアドバイスの下でプロジェクト・ダイレクターがモニタリングにかかわる全体の調整と実施を行う。

(2) 評価

本プロジェクトの評価は、5項目評価の観点から①妥当性、②有効性、③効率性を中心に行う。また、成果の達成状況をみながら、可能であれば、④インパクト、⑤自立発展性の項目についても評価を行うこととする。なお、事業の実施後、中間評価調査、終了時評価調査を計画するとともに、必要に応じて運営指導調査等を実施する。

5-5 外部・内部条件（リスク）と今後の検討必要事項

(1) インドの政治情勢の不安定性

プロジェクト期間中にインドの政治情勢が大きく混乱しないことがプロジェクトを円滑に実施するうえでの外部条件である。ただし、インド各地及び周辺諸国ではテロ事件が発生しており、テロ攻撃の対象もいわゆるソフト・ターゲットである比較的警戒の緩い宗教施設や商業地区などへと広がっている。万一、テロ事件など、社会的混乱を招く事態がプロジェクト期間中に発生するようであれば、日本人短期専門家派遣やC/Pの本邦研修参加に支障が出るとともに、研究・開発用機材の調達・輸送・設置等の遅延等によりプロジェクト活動そのものに支障が出る可能性がある。ただし、この点は予測不可能な外部条件であることから、リスクを軽減するためには、在インド日本国大使館とJICAインド事務所による適切な情報収集・伝達、調整、支援が必要となろう。ただし、持続可能な下水処理技術の開発はインドの主要課題であると考えられることから、政権構造や政策方針が変わったとしても本プロジェクトのインド開発ニーズの面での妥当性は減少しないと考えられる。

(2) 活動を統合的に運営・管理することの重要性

本プロジェクトでは成果1に対応する活動を行いながら、その進捗状況を確認・調整しつつそれぞれの段階的成果の知見・技術の蓄積・共有を進めつつ、新規下水処理技術の普及・啓蒙を図る成果2が有機的に結びついていくことで、プロジェクト目標の達成が可能となる。そのためには高いプロジェクト・マネジメント能力が要求されることは過去の案件から明らか

である。本件では、日本側の研究総括の適切な指示の下に、現地に常駐するプロジェクト調整員が効果的に連携しながら、インド側のプロジェクト・ダイレクター、プロジェクト・マネジャーと頻繁かつ密接な情報共有と連携を図りながらプロジェクト・マネジメントを実施する必要がある。本プロジェクトではインド側実施機関がそれぞれ異なる組織であることから、この点に特に留意したうえで、NRCDが主要実施機関としてオーナーシップをもって積極的に各機関の間の情報交換・共有と協力を進めていくように日本人専門家が活動するとともに、JICAインド事務所が適宜、効果的な調整支援を行っていくことが望まれる。NRCDはこれまでにJICAプロジェクトを複数回経験していることからプロジェクト管理面での十分な実施能力を有するものの、本分野での研究開発能力は不足していることを十分認識したうえで、日本側の適切なアドバイスや調整の下で、プロジェクトが円滑に進むように留意する必要がある。

(3) JCCの効果的な運営と活用の重要性

本プロジェクトでも過去の類似案件と同様に、JCCを形成・運営して適切な情報交換・共有と効果的なプロジェクト成果の波及を図ることとする。本プロジェクトの技術的成果ができるだけ広範囲に適用されるとともに制度的インパクトが将来的に発現するように、JCCの効果的な運営と活用を図ることが重要である。

(4) 研究・技術開発を主体としたプロジェクトであることに起因する不確実性

本プロジェクトでは、これまでに前例のない研究・技術開発の課題にも取り組むことから、目標達成までのすべてのプロセスが予見できるわけではない。したがって、プロジェクトの実施中に活動計画、投入計画を柔軟に修正していくことにより、こうしたプロセスの不確実性に対処する必要がある。

(5) その他の外部条件

その他の外部条件としては、パイロットプラントはU. P. Jal Nigamアグラ支局の既存下水処理場と連結しているため、既存処理場の運転・維持管理状況に影響される可能性がある。そのほか、機材調達の遅れ、インド側C/Pの人事異動や極端な政策の変更等が想定されるが、現時点ではそれらの予測は困難である。

5-6 5項目評価と結論

(1) 妥当性

インドでは、第11次5カ年計画（2007年4月～2012年3月）において、2012年までに都市部全人口への上水供給及び下水・衛生施設の提供を政策目標として掲げ、各州自治体に対し包括的な都市開発計画を策定し、JNNURM等による支援を活用し、目標の達成を図るよう求めている。本プロジェクトは下水処理設備の処理水質の改善を通じ、流域都市の衛生環境の改善に貢献するため、持続可能な新規下水処理技術としてUASB-DHSシステムを開発することであり、対象国の政策・ニーズに合致している。

また、わが国の「対インド別援助計画」において、保健・衛生問題、地方開発、上下水道支援、植林支援等を通じた貧困・環境問題の改善は重点目標の一つとして挙げられており、

本プロジェクトの内容はこれに貢献するものである。さらに、わが国の科学技術を活用した地球規模課題に関する国際協力の期待が高まるとともに、日本国内でも科学技術に関する外交の強化や科学技術協力におけるODA活用の必要性・重要性がうたわれてきており、2008年度よりSATREPS事業が新設された。本プロジェクトはこの事業の一環であり、地球規模課題の解決に資するものと位置づけられる。

インドにおける既存の下水処理施設の多くではUASB法が適用されているものの、後段処理が大きな課題となっており、本プロジェクトは後段処理の確立に貢献するものである。また、技術的成果を生かしながら、インドの下水処理への適用性及び省エネルギー効果の評価、更に設計指針・維持管理マニュアルの策定・普及による制度的・組織的な強化が見込まれることで、プロジェクト目標が達成実現につながる事が予想される。

本プロジェクトのC/Pとして、NRCDD及びCPHEEOが選定されており、それぞれ「下水道施設の維持管理に関するキャパシティ・ビルディングプロジェクト」（技術協力プロジェクト）及び「下水道施設設計・維持管理マニュアル策定計画調査」（円借款附帯プロジェクト）のC/Pであり、かつ下水事業の所轄官庁である。U. P. Jal Nigamアグラ支局は下水事業の実施機関であり、UASB-DHSシステムへの関心が高く、C/Pの配置、パイロットプラントの敷地、実験・執務スペース、電気・水道等の提供を了承するなど、非常に意欲的である。AMUは東北大学が既に実施している、インドのカルナール市のDHS実証プラントへの現地視察を実施するなど、非常に意欲的であり、上述のようにインド各地のUSABプラントを民間企業と共同研究・実施した経験がある。よって行政機関及び研究機関が実施機関であることの妥当性が認められる。

日本側実施機関はDHS技術の研究を15年以上実施しており、国内及びカルナール市での実験経験が豊富にある。MoEFもこの技術を高く評価しており、技術的優位性があるといえる。また、これまでにわが国オリジナルの環境保全技術が海外で普及した前例はないため、開発途上国で適用可能な下水処理技術の「世界標準」の創成という、わが国の科学技術が世界に誇るべき知的資産が形成されるといえる。

以上の観点から、本プロジェクトの実施は高い妥当性をもつと判断される。

（2）有効性

プロジェクト目標は、「エネルギー消費・維持管理・敷地面積・総コスト面から適正な新規下水処理技術が開発される。」である。インドにおいて下水処理施設の多くでUASB法が適用されているものの、後段処理のために広大な仕上げ池を設置する必要があり用地の確保が難しい、後段処理を施しても排水基準を満たせないなどの課題がある。これらの課題に対して、低コストでより処理能力が高く、かつ広い敷地面積を要しない、維持管理の容易な省エネルギー型後段処理技術の開発が求められている。さらに、開発される技術は、実際の現場に試行的に適用し、実施可能性の検証や改善の検討を行い、現実的な設計指針及び維持管理マニュアルが作成される必要がある。すなわち、技術（ハード）面とソフト面の両面からの開発・研究が求められているといえる。本プロジェクトを構成する成果は、成果1「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。」及び成果2「UASB-DHSシステムの設計指針及び維持管理マニュアルが作成され、それらの普及準備が整う。」である。成果1はハード面での開発・

研究であり、成果2は成果1に基づいたソフト面での開発・研究であることから、プロジェクト目標の達成に必要な要素を過不足なく含んでいる。したがって、プロジェクト目標と成果の間の因果関係は適切で、成果の達成がプロジェクト目標の達成につながると判断される。

以上の点から、本プロジェクトは高い有効性をもつと期待される。なお、有効性確保のためには、プロジェクトの実施面において2つの成果達成に向けての諸活動が相乗効果を発揮しながら成果を上げていくための情報共有・交換を含めた適切なプロジェクト・マネジメントが大変重要である。

(3) 効率性

本プロジェクトの成果1に対して、パイロットプラント施設の設計・維持管理のための実験資機材、水質試験等のための実験資機材が計画されており、成果1のUASB-DHSシステムの連続運転及び適用性の評価を達成するために必要十分であると考えられる。成果1及び成果2に対しては、必要な専門範囲を網羅した日本人専門家が適切に配置されており、計画どおりに活動が実施されれば、2つの成果を達成するために必要十分であると考えられる。

また、C/P機関は当該分野の管轄機関、実施機関、及び研究機関であるため、基礎的研究・開発に係るハード・ソフトのリソースを有しており、日本からの投入は新たな応用研究・開発項目にかかわる人材、機材等であり、期待される効果に対する投入は最小限に限定できる。さらに、過去のJICA支援プロジェクトによる日本からの供与機材・施設や本邦研修で育成された人材が蓄積されており、これらを有効に活用することにより、高い効率性が期待される。このように、本プロジェクトは比較的高い効率性をもつことが想定される。

ただし、本案件のような研究・技術開発を主体としたプロジェクトでは、研究活動の進展に伴ってその後の活動の展開が変わっていく可能性が高く、活動計画及びそれに連動する投入計画の柔軟な修正が必要となる。したがって、今後のモニタリング・評価においては、ある特定の時点における活動計画、投入計画の適切性のみによって効率性を判断するのではなく、状況に応じて迅速かつ柔軟に活動計画及び投入計画の軌道修正ができたかという観点からも効率性を評価する必要がある。

(4) インパクト

現時点で想定される正（プラス）の影響・波及効果として、プロジェクトによる研究はすべてDHSリアクターの設計指針・維持管理マニュアルや適用性評価に反映されるため、全国における下水処理設備の改善の推進といった技術的インパクトとともに、処理水質の改善を通じた河川の汚染負荷軽減及び流域都市の衛生環境の改善への貢献といった環境・社会的インパクトが見込まれる。さらに、本プロジェクトで形成されたUPの組織横断的協働体制が一つのモデルとなり、セミナーや学会等での発表や論文投稿等を含め、あらゆる機会を利用したプロジェクト成果の普及活動が実施されることによって全国の下水処理改善の推進に寄与すると期待される。

また、DHS技術は既存のUASB技術の後段処理技術であり、特殊条件を必要としないため、インド国内のみならず、UASB技術を用いているその他の温暖な開発途上国でも本プロジェクトの成果が活用されることが期待される。中・長期的視点からは、実施機関の研究開発能力や事業実施能力の向上という技術的インパクトが、一定程度、確実に期待できる。

他方、現時点では負（マイナス）の影響は想定されないものの、プロジェクトの実施において、UASB-DHSシステムからの物質収支及びメタンガスの収支を推算することにより地球温暖化に対するプラスとマイナスのインパクトを明らかにすること、及び将来の大規模な施設計画に対するスケールメリットの有無を検討することが期待される。

（5）自立発展性

下水道事業にかかわる環境関連の法規制は環境保護法（1986年）及び同規則（2003年改正）、水質汚染（防止及び管理）法（1974年）及び同規則（1974年）、大気汚染防止法（1981年）などが整備されている。さらに、JICA支援により下水道施設設計・維持管理マニュアルが整備される予定であり、それらの普及に伴い、本プロジェクトの波及効果が高まると予想される。したがって、政策・制度面における本プロジェクトの効果の継続・発展性が見込まれる。

NRCD及びCPHEEOはJICAプロジェクトのC/P機関であり、十分な組織・財務・技術的基盤を有し、過去5年間の動向及びこれらの組織へのヒアリングにより今後もこれらの基盤に大幅な変更はないと見込まれる。また、下水事業の所轄官庁であることから、これら2つの機関が開発された持続可能な新規下水処理技術の普及のメカニズムを維持できる可能性は高い。AMUは独自の研究・開発をこれまでも進めてきていることから、本プロジェクトの共同研究・開発成果を継続的に活用し、投入機材を適切に管理できることが想定される。U. P. Jal Nigamアグラ支局は下水道事業の実施機関であり、投入資機材は本来業務で活用されるものであり、維持管理能力を有している。人員の異動も限定的であるため、維持管理マニュアルの作成及びそれを用いたトレーニングにより技術力も組織内に保持されることが見込まれる。ただし、いずれの機関も経常経費を含む予算を確保していくことが期待される。

以上の点から、本プロジェクトは自立発展性を有するものと見込まれる。

（6）総合的実施妥当性（結論）

以上の評価5項目の分析に基づき、本プロジェクト実施の妥当性は十分にあると判断される。

付 属 資 料

1. 要請書、要請書概要
2. M/M (写)
3. プロジェクト・アウトライン (実施体制図) 和文
4. 活動計画 (Plan of Operations : PO) 和文
5. マスタープラン (案)
6. UASB-DHSシステムの設置場所の選定
7. プロジェクトの基本構想と基幹技術
8. 全体研究計画書

1. 要請書、要請書概要



By Special Messenger

No.C-11015/1/2007-NRCD-II (Vol. III)

भारत सरकार
पर्यावरण एवं वन मंत्रालय
GOVERNMENT OF INDIA
MINISTRY OF ENVIRONMENT & FORESTS

11th November, 2009

To

Shri S.K. Bagade
Director (Japan),
Department of Economic Affairs,
Ministry of Finance,
North Block, New Delhi.

**Sub: Proposal for Grant Assistance from Government of Japan under
JICA-JST Technical Cooperation Programme**

Sir,

The Ministry of Environment & Forests is providing assistance to the various State Governments for implementing the National River Conservation Plan (NRCP) for abatement of the growing pollution of our rivers. Cleaning of rivers is one of the monitorable targets fixed by the Planning Commission for all sectors in the XI Plan, thereby indicating the concern and priority of the Government of India towards the programme.

2. Under the NRCP, a large number of sewage treatment plants (STPs) using a variety of treatment technologies have been set up in various towns of the country. This includes STPs based on UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) process which requires low energy consumption and less O&M costs. However, the UASB process requires a post-treatment step in order to comply with the effluent discharge standards. Thus, most of the UASB STPs constructed under JBIC assisted Yamuna Action Plan (YAP) Phase-I and the NRCP are provided with a 1 day polishing pond.

3. A number of demonstration/pilot plants for disinfection of treated sewage for meeting the fecal coliform standards introduced in 2000 were set up under the JBIC assisted YAP Phase-I. One of the technologies tried out for disinfection was the DHS (Down Hanging Sponge) system at the 40 mld UASB sewage treatment plant (STP) at Karnal. A 1.0 mld DHS system was set up in Karnal with technological inputs provided by Prof. H. Harada and his team from Nagaonka University in Japan, who have developed this technology.

4. The DHS pilot plant has been functional for more than 5 years and is giving very good results. The DHS system obviates the need for 1 day polishing pond as the method of post treatment of UASB effluent, thereby reducing the land area requirement for the STP substantially. In addition, it also provides a much better effluent quality not only in terms of BOD & suspended solids but also fecal coliform removal. This leads to a much lower requirement of chlorine dosage for the fecal coliform standards to be achieved.



जहाँ है हरियाली ।
वहाँ है खुशहाली ॥

राष्ट्रीय नदी संरक्षण निदेशालय National River Conservation Directorate
पर्यावरण भवन, सी.जी.ओ. कॉम्प्लेक्स, लोदी रोड, नई दिल्ली-110 003
PARYAVARAN BHAWAN, C.G.O. COMPLEX, LODHI ROAD, NEW DELHI-110003

5. The issue of up-scaling the DHS system to full scale in India has been engaging our attention for quite some time, as the technology has potential for wide application due to its inherent advantages. This can be achieved through collaborative research by institutes in India and Japan by conducting practical-scale experiments of UASB-DHS integrated system at the existing 78 mld UASB STP at Agra. Though a long-term on-site experiment, the research consortium team would be able to accumulate knowhow and expertise needed for realization and standardization of the UASB-DHS technology, which can then be applied not only India but also in other developing countries. Based on the proposed studies, design and operation guidelines/manuals shall be developed and full-scale plants can be designed in future for post-treatment of UASB effluents.

6. Prof. Harada (now with Tohoku University, Japan) would lead the Japanese team while faculty members of IIT, Roorkee and Aligarh Muslim University, who are knowledgeable and have been involved in UASB STPs, would collaborate on the Indian side along with the Ministry of Environment & Forests.

7. Two copies of the Application Form for the above mentioned project proposal for Japanese Grant Aid duly filled up in the requisite format under the JICA-JST (Japan Science & Technology Agency) Technical Cooperation Programme are enclosed. It is requested that the same may kindly be sent to JICA India Office expeditiously to consider the proposal for funding in the next financial year (2010-11).

Yours faithfully,


(Brijesh Sikka)
Director

Copy to:

✓ Mr. S. Yamanaka, Chief Representative, Japan International Cooperation Agency, 2nd Floor, Dr. Gopal Das Bhawan, 28, Barakhamba Road, New Delhi.

APPLICATION FORM FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY RESEARCH PARTNERSHIP FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

1. **Date of Entry:** November, 2009
2. **Applicant:** The Government of India.
3. **Project Title:** UASB-DHS integrated system – a sustainable sewage treatment technology
4. **Implementing Agencies/Institutes:**

India

- National River Conservation Directorate (NRCD), Ministry of Environment and Forest (MoEF), Government of India
- Indian Institute of Technology (IIT), Roorkee
- Aligarh Muslim University (AMU)

Japan

- Tohoku University
- Nagaoka University of Technology,

5. **Background of the Project:**

In India, rapid industrialization and socio-economic changes have led to accelerated urban growth and since the necessary infrastructure has not kept pace with the mushrooming urban population, the result has been severe pollution of the rivers, which are the lifeline of millions of people of the country.

The Ministry of Environment & Forests is providing assistance to the various State Governments for implementing the National River Conservation Plan (NRCP) for abatement of the growing pollution of our rivers. The river conservation programme, which started in

1985 in 25 towns along river Ganga has now extended to polluted stretches of 37 major rivers and covers 167 towns spread over 20 States. The present approved cost of the National River Conservation Plan is around Rs. 4900 crore. This includes the Yamuna Action Plan (YAP) Phase I & II, for which assistance has been/is being provided by JBIC/JICA. The NRCP occupies a prominent place in the National Development Plan. Cleaning of rivers is one of the monitorable targets fixed by the Planning Commission for all sectors in the XI Plan, thereby indicating the concern and priority of the Government towards this programme. The NRCP is monitored at various levels in the Government, highest amongst which is the National River Conservation Authority, which is chaired by the Prime Minister of India

Initially under Ganga Action Plan (GAP) Phase-I, a large number of STPs constructed were based on ASP (Activated Sludge Process) technology. However, the high O&M (operation & maintenance) costs and energy requirements associated with these STPs led to various problems in their optimum utilization. Drawing lessons from GAP-I, technologies more appropriate for Indian conditions with essentially low energy consumption and less operation and maintenance costs (like Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) process and waste stabilization pond) were adopted under YAP Phase-I & NRCP. In fact, 16 UASB plants with aggregate capacity of 598 mld (or more than 80% of the total capacity of 724 mld created with JBIC assistance) were constructed under YAP Phase-I. Subsequently, a large number of other UASB plants have also been set up in various towns of the country under the NRCP.

A UASB plant typically has a BOD removal efficiency of 60-70 % and therefore requires a post-treatment step in order to comply with the effluent discharge standards. Thus, most of the UASB plants constructed under YAP Phase-I/NRCP are provided with a polishing pond typically with a detention period of 1 day, named as Final Polishing Unit (FPU). However, the following problems have been faced with this system:

- The FPU requires a considerably large piece of land, which is sometimes difficult to find in larger towns. Larger land requirement also needs higher costs of land acquisition.
- In many cases, the STPs based on UASB+FPU system are not able to meet the effluent standards of India (30 mg/L of BOD, 50 mg/L of TSS) for discharge into

water body. Furthermore, the color of FPU effluent is green due to an explosive proliferation of algae through photosynthesis, especially during summer time. As a result, a large amount of sludge/scum via the proliferated algae tends to float and accumulate in the pond.

- Fecal coliform removal in UASB+FPU system is not satisfactory. The short detention period of one day in the FPU also does not reduce the bacterial pollution in the effluent substantially. Thus, the treatment plants based on this technology will require large dose of chlorination/UV radiation in order to meet the latest STP effluent discharge standards.

Reduction of fecal coliform organisms in STP effluents has emerged as an important issue in recent years in India, especially due to the fact that treated effluent is mostly used for irrigation (whenever required) and a large number of rivers are used for bathing. Recognizing this aspect, the parameter of fecal coliform has been added to the effluent discharge standards for all STPs constructed under NRCP from the year 2000 onwards. The desirable and maximum permissible limits for fecal coliform have been set at 1,000 and 10,000 MPN/100 ml respectively.

Down-flow Hanging Sponge (DHS) bio-tower as post-treatment for UASB effluent

The DHS bio-tower system is based on an innovative technology which was developed at the Nagaoka University of Technology, Japan, especially for post-treatment of effluent from UASB reactors. This technology is suitable for the tropical countries like India. A key of this system is the use of polyurethane sponge as a support material to retain sludge. The UASB effluent is supplied to the top end of each sponge module and it trickles down to the bottom end of the module. Air dissolves into the wastewater as it flows down the DHS reactor. Thus, the most important feature of the DHS reactor concept is that there is no need of external aeration. Moreover, UASB/DHS system requires no laborious maintenance, less sludge production and less land area, resulting in less capital and O&M costs compared to conventional ASP and UASB/FPU system.

Under YAP-I, a 1 mld capacity pilot plant based on DHS system was tried out at the 40 mld UASB STP at Karnal. The performance of the pilot plant has been continuously

monitored for around 5 years and it is giving very good results. The following merits have been observed in the UASB+DHS system:

- *Very good effluent quality (average of 5-years data):* COD(t)= 30 mg/l, BOD(t) = 6 mg/l, SS= 13 mg/l, NH₄-N= 6 mg/l
- *Disinfection quality:* The fecal coliform in the final effluent has been reduced from 7.71x10⁶ to 9.8x10⁴ MPN/100ml. The results show that the maximum permissible limit of 10,000 MPN/100 ml has been achieved a number of times and minimal additional chlorine dose would help in bringing down the fecal coliform levels to within the desirable limit of 1000 MPN/100 ml. This is one of the greatest advantages of the DHS system as compared to the FPU.
- *Compact and small land requirement:* DHS is a compact system and it requires much less land than the FPU.
- *Cost effective:* Low initial investment cost, low energy requirement, low sludge production and easy operation and maintenance

Proposal

The overall objective of this application form would be formation of a strengthened collaborative research consortium between India and Japan for establishment of a sustainable sewage treatment technology by conducting practical-scale experiment of UASB-DHS integrated system at the existing 78 mld UASB STP at Agra. Though a long-term on-site experiment, the research consortium team would be able to accumulate knowhow and expertise needed for realization and standardization of the UASB-DHS technology, which can then be applied not only India but also in other developing countries.

Based on the proposed studies, design and operation guidelines/manuals shall be developed and full-scale plants can be designed in future for post-treatment of UASB effluent to control riverine pollution and improve the health and sanitary conditions of the people living in the city.

6. Outline of the Project

(1) Overall Goal

- Performance evaluation & comparative analysis of the existing UASB+FPU system versus proposed UASB+DHS system (Research location: Agra 78 mld UASB sewage treatment plant, Uttar Pradesh (UP))
- Analysis of the cost-effectiveness of UASB+DHS system
- Development of O&M manual and design guideline of UASB+DHS system.

(2) Input from the Recipient Government

(Counterpart personnel (identify the name and position of the Project manager), support staff, experimental site, office space, running expenses (including utility costs), equipment, utility cost, etc.)

- The project management organization: National River Conservation Directorate (NRCD), Ministry of Environment and Forest (MoEF), Government of India
- Project Manager/Coordinator: Mr. Brijesh Sikka, Director, NRCD, MoEF
- Project Co-Managers:
 - Dr. A. A. Kazmi, Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology, Roorkee
 - Dr. Nadeem Khalil, Aligarh Muslim University
- Space at 78 mld UASB STP at Agra for construction demonstration scale DHS system.
- Use of existing laboratory at the 78 MLD UASB STP for the project.
- Space/Room in the Administrative Building of the 78 mld STP for training in operation and monitoring of UASB+DHS system.

(6) Input from the Japanese Government

(Number and qualification of Japanese experts, training (in Japan and in-country) courses, seminars and workshops, equipment, etc.)

- Senior Specialist/Professor/Associate Professors in Environmental Engineering & Environmental Microbiology.

- Expert Design Consultants for standardization of design procedures & Construction methodologies
- Laboratory Equipment for Water Analysis, required for training course for O&M other than available at the 78 mld STP site at Agra
- Dispatch of Japanese Experts (as lecturers) for on-site O&M Training course in India,
- Design and construction of demonstration scale DHS system (5-10 MLD capacity) at 78 mld UASB STP at Agra
- Monitoring and analysis of the results of demonstration scale DHS system vis-à-vis the existing FPU system
- The newly installed DHS will adopt either G-3 or G-6 type media.

7. Implementation Schedule

April 2010 to March 2015

8. Implementing Agency from Indian side

- National River Conservation Directorate (NRCD), Ministry of Environment and Forests (MoEF), Government of India is the executive agency of the project.
- Co-partners would be IIT, Roorkee and Aligarh Muslim University.

9. Beneficiaries

The findings of the proposed study and successful demonstration of DHS technology as a feasible and cost effective post treatment system for UASB effluents at Agra can be replicated widely throughout India as a large number of UASB STPs are existing/under construction/proposed in various towns in India. The main beneficiaries of the project would be:

- State Water & Sewerage Departments
- Local bodies (municipalities) in India
- National River Conservation Directorate (NRCD), Ministry of Environment & Forests Govt. of India
- IIT Roorkee and Aligarh Muslim University

10. Security Conditions

Security situation in the town is good and there is no problem for working in day or night time. Due to high inflow of tourists each day into the town, police patrolling and security apparatus are alert all the time.

11. Others —

要請書概要（提出日 2009年11月11日付）

要請案件名	（科学技術）エネルギー最小消費型下水処理技術の開発プロジェクト UASB-DHS Integrated System - A Sustainable Sewage Treatment Technology
要請機関	環境森林省国家河川保全局、インド工科大学ルーキー校、アリガームスリム大学 National River Conservation Directorate (NRCD), Ministry of Environment and Forests, IIT Roorkee, Aligarh Muslim University
上位目標	下水処理設備の処理水質の改善を通じ、河川の汚染負荷の軽減を図り、流域都市の衛生環境の改善に貢献する。
案件の目標	持続可能な新規下水処理技術が開発される。
期待される成果	1. UASB方式の既存技術と新技術（DHS技術）に関するパフォーマンス評価と比較分析 2. 新技術の費用効果 3. 新技術システム維持管理マニュアルと設計ガイドラインの開発
活動	1. アグラ下水処理場内にて実験プラントの建設 2. 長期実証試験（新技術（DHS技術）と既存技術との比較分析・評価） 3. 日本人専門家（講師）による、現地での維持管理研修の実施 4. 新技術によるプラントシステムの設計・施工・維持管理のガイドライン、マニュアル作成
投入	（日本側投入） 環境工学技術・微生物学の研究者 設計・施工専門家 分析機材の提供 インド国内研修講師派遣 実験設備の設計・建設 （相手国側投入） 環境森林省国家河川保全局 インド工科大学ルーキー校、アリガームスリム大学の研究者 実験プラント建設用地、既存のラボの使用、管理棟スペースの提供
協力期間	5年間

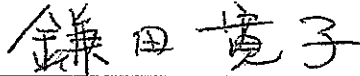
MINUTES OF MEETINGS
BETWEEN THE JAPANESE DETAILED PLANNING SURVEY TEAM
AND THE AUTHORITIES CONCERNED OF THE GOVERNMENT OF INDIA
ON
JAPANESE TECHNICAL COOPERATION
FOR
THE PROJECT FOR UASB-DHS INTEGRATED SYSTEM
- A SUSTAINABLE SEWAGE TREATMENT TECHNOLOGY

Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA") organized the Detailed Planning Survey Team (hereinafter referred to as "the Team"), headed by Ms. Hiroko Kamata from September 7 to September 15, 2010 for the purpose of discussing the framework of the technical cooperation project entitled "UASB-DHS Integrated System - A Sustainable Sewage Treatment Technology" (hereinafter referred to as "the Project").

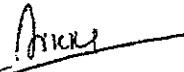
The Team had a series of discussions and exchanged views on the Project with the authorities concerned of India.

As a result of the discussions, the Team and the Indian authorities concerned agreed on the matters referred to in the document attached hereto.

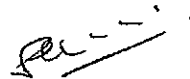
Delhi, September 15, 2010



Ms. Hiroko Kamata
Team Leader
Detailed Planning Survey Team
Japan International Cooperation Agency
Japan



Mr. Brijesh Sikka
Director
National River Conservation Directorate,
Ministry of Environment and Forests
India



Mr. V. P. Singh
General Manager
Yamuna Pollution Control Unit
Uttar Pradesh Jal Nigam, Agra
India

ATTACHED DOCUMENT

I. TITLE OF THE PROJECT

Both sides agreed that the title of the Project is "UASB-DHS Integrated System – A Sustainable Sewage Treatment Technology" as mentioned in application form.

II. RECORD OF DISCUSSIONS

Both sides agreed that the draft of the Record of Discussions (hereinafter referred to as "R/D"), which stipulates the framework of the Project, will be finalized and signed by the representatives of JICA India Office and the Government of India after notification of approval of implementation of the Project by JICA Headquarters.

III. FRAMEWORK OF THE PROJECT

The Project will be carried out under set procedure of a technical cooperation between both of governments. The Project Outline is shown in Appendix 1. The Team and the Indian authorities concerned discussed and confirmed the framework of the Project as follows;

1. Administration

(1) Project Director

Director, National River Conservation Directorate, Ministry of Environment and Forests

(2) Deputy Project Director

Deputy Director, National River Conservation Directorate, Ministry of Environment and Forests

(3) Project Manager

General Manager, Yamuna Pollution Control Unit, Uttar Pradesh (U. P.) Jal Nigam, Agra

(4) Deputy Project Manager

Project Manager, Yamuna Pollution Control Unit, U. P. Jal Nigam, Agra

AKM

PK

HK

2. Project Implementing Agency

(1) Indian Side

(1-1) Representative Agencies

- a. National River Conservation Directorate, Ministry of Environment and Forests (NRCD)
- b. U. P. Jal Nigam
- c. Central Public Health and Environment Engineering Organization, Ministry of Urban Development (CPHEEO)

(1-2) Research Institutes

- a. Central Pollution Control Board, Ministry of Environment and Forests (CPCB)
- b. Aligarh Muslim University (AMU)

(2) Japanese Side

(2-1) Representative Research Institute

Tohoku University

(2-2) Research Institutes

- a. Kisarazu National College of Technology
- b. Nagaoka University of Technology

3. Cooperation Period of the Project

Both sides agreed that the duration of the technical cooperation for the Project will be five (5) years. Its starting date will be stipulated in R/D.

IV. TENTATIVE PLAN OF OPERATION

The tentative Plan of Operation (hereinafter referred to as "PO") for the whole project period is shown in Appendix 2. The activities of the Project are subject to change within the scope of the R/D with mutual consultation when necessity arises in the course of implementation of the Project.

V. OTHERS

1. Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development

Both sides noted that the Project is implemented under the Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development (SATREPS)* promoted by JICA and Japan Science and Technology Agency (hereinafter referred to as "JST") in collaboration.

JICA will take measures for the technical cooperation such as dispatch of

Amur

SA

BR

Japanese experts, provision of equipments and trainings of personnel, and other supports related to the Project in India.

JST will support the Japanese research institutes/researchers for the Project activities in Japan.

* "Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development " aims to develop new technology and its applications for tackling global issues, and also aims at capacity development of researchers and research institutions in both countries.

2. Memorandum of Understanding between Japanese and Indian Sides

For effective and smooth implementation of the Project, Japanese research institute to which the Chief Advisor belongs and Indian agency to which the Project Director belongs will have the "Memorandum of Understanding (MOU) for intellectual property and other necessary matters in accordance with the Master Plan of the Project as shown in Appendix 3.

3. Pilot Facilities for the Project

A pilot plant is planned to be set up by the Japanese side in the Project, namely "UASB-DHS Integrated System (5 MLD capacity)" in Agra, Uttar Pradesh State. Necessary area of land is to be provided at the 78 MLD UASB sewage treatment plant site by the Indian side (U. P. Jal Nigam).

4. Pilot Plant Utilization after the Project Termination

Both sides recognized that a pilot plant provided in the Project will be further used by the Indian side after the Project termination.

5. Intellectual Property

Both sides agreed that all the outputs such as guidelines, manuals as well as intellectual properties arising from the Project should be made available to all concerned without any cost and will not be restricted to the limited members of the Project.

6. Following Steps

Formal document for the implementation of the Project (R/D) will be signed between JICA India Office and Indian side before the commencement of the Project.

Amil

Amil

WR

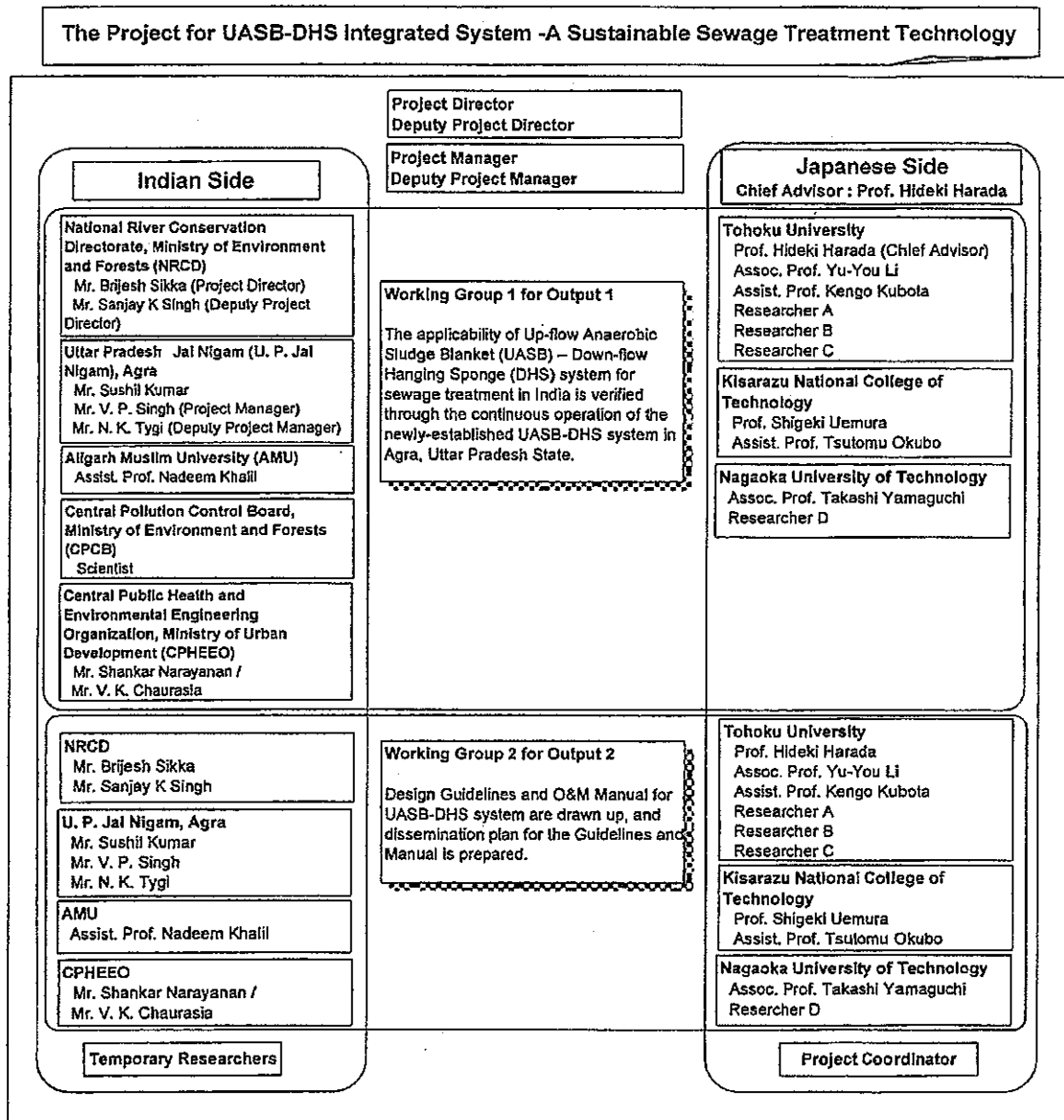
- Appendix 1 PROJECT OUTLINE
- Appendix 2 PLAN OF OPERATION (TENTATIVE)
- Appendix 3 MASTER PLAN (TENTATIVE)
- Appendix 4 JOINT COORDINATION COMMITTEE (JCC) (TENTATIVE)

[Handwritten signature]

ASML

HR

Appendix 1 PROJECT OUTLINE



↑ Advice

↑ Advice

Joint Coordination Committee (JCC)
Project Director, Deputy Project Director, Project Manager, Deputy Project Manager
Indian Side
Representative from
NRCD (MoEF), U. P. Jal Nigam, Agra, AMU, CPCB, CPHEEO
National Environmental Engineering Research Institute (NEERI),
Haryana State Public Health Engineering Department (Haryana PHED),
Delhi Jal Board
Japanese Side
Chief Advisor, JICA India Office, JICA Experts
Observer
Embassy of Japan, JST

Japan Science and
Technology Agency
(JST)

Project Purpose :
A novel sewage treatment technology, which is appropriate from viewpoint of energy consumption, O&M, land requirement and total cost, is developed.
Project Period :
Five (5) years

Amur

PLU

HK

Appendix 2 PLAN OF OPERATION (PO)

(TENTATIVE)

Year (Japanese Fiscal Year, JFY)	FY2010												FY2011												FY2012												FY2013												FY2014												FY2015											
	Month												Month												Month												Month												Month												Month											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Year (Japanese Fiscal Year, JFY) Month Project Period Team Coordination Committee(CC) Evaluation Activities Input from Japan (Experts) Output 1 2 1 Short-term 1 (Prof. Harada) 2 Short-term 2 (Prof. Umeha) 3 Short-term 3 (Associate Prof. Yamaguchi) 4 Short-term 4 (Associate Prof. Ueda) 5 Short-term 5 (Assistant Prof. Kubota) 6 Short-term 6 (Assistant Prof. Okubo) 7 Short-term 7 (Researcher A) 8 Short-term 8 (Researcher B) 9 Short-term 9 (Researcher C) 10 Short-term 10 (Researcher D) 11 Long-term (Coordinator) Activity	Selection of media, preparation of specification for media procurement and delivery of media Preparation for design and construction of UASB-DHS system Basic Design of DHS reactor (including selection of contractor) Preparation and planning of applicability survey for UASB-DHS system on sewage treatment in India Survey for energy requirement of existing plant (field survey) Evaluation of proposed system in comparison with existing plants in terms of energy requirement Baseline survey of excess sludge production from existing system Continuous operation and monitoring of UASB-DHS system Evaluation of process performance (water quality and sludge production) during start-up and long-term operation Selection of necessary items for Design Guidelines for UASB-DHS system Preparation of the draft Design Guidelines Solicit according to the draft Design Guidelines Review of the draft Design Guidelines Workshop for finalization of Design Guidelines Finalization of Design Guidelines Approval of Design Guidelines Preparation of dissemination plan of Design Guidelines Survey for the operation of existing UASB plant Execution of operation survey of existing UASB plant Preparation of the draft O&M Manual for UASB-DHS system Solicit according to the draft O&M Manual Revision of the draft O&M Manual Finalization of O&M Manual Approval of O&M Manual Preparation of dissemination plan of O&M Manual Workshop for dissemination of Design Guidelines Implementation of Trainer's Working course on Design Guidelines Implementation of trainer's training course on O&M																																				Output 1: The applicability of Up-flow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) -- Down-flow Hanging Sponges (DHS) system for sewage treatment in India is verified through the continuous operation of the newly-established UASB-DHS system in Agra, Uttar Pradesh State. 1-1. Procurement of media for DHS reactor 1-2. Design and construction of UASB-DHS system 1-3. Continuous operation of UASB-DHS system and evaluation of the applicability for sewage treatment in India Output 2: Design Guidelines and O&M Manual for UASB-DHS system are drawn up, and dissemination plan for the Guidelines and Manual is prepared. 2-1. Preparation for Design Guidelines for UASB-DHS system 2-2. Preparation for O&M Manual for UASB-DHS system 2-3. Training courses with prepared Design Guidelines and O&M Manual for UASB-DHS system Workshop for dissemination of prepared O&M Manual																																			

Amule
HK
See

Appendix 3 MASTER PLAN (TENTATIVE)

1. Project Purpose:

A novel sewage treatment technology, which is appropriate from viewpoint of energy consumption, O&M, land requirement and total cost, is developed.

2. Project Outputs:

(1) The applicability of Up-flow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) – Down-flow Hanging Sponge (DHS) system for sewage treatment in India is verified through a continuous operation of the newly-established UASB-DHS system in Agra, Uttar Pradesh State.

(2) Design Guidelines and O&M Manual for UASB-DHS system are drawn up, and dissemination plan for the Guidelines and Manual is prepared.

3. Project Activities

3.1 Activities under Output 1

(1)-1 Procurement of media for DHS reactor

(1)-2 Design and construction of UASB-DHS system

(1)-3 Continuous operation of UASB-DHS system and evaluation of the applicability for sewage treatment in India

3.2 Activities under Output 2

(2)-1 Preparation for Design Guidelines for UASB-DHS system

(2)-2 Preparation for O&M Manual for UASB-DHS system

(2)-3 Training courses with prepared Design Guidelines and O&M Manual for UASB-DHS system

Dr. K. K. P.

P. K. S.

H. K.

Appendix 4 JOINT COORDINATION COMMITTEE (JCC) (TENTATIVE)

1. Functions

The Joint Coordination Committee (hereinafter referred to as "JCC"), composed of members listed in Section 2 below, will meet at least once a year and whenever the necessity arises. The main functions of JCC shall be as follows;

- (1) To formulate the annual operational work plan of the Project based on the tentative schedule of implementation within the framework of the R/D,
- (2) To review the overall progress and achievements of the Project,
- (3) To examine major issues arising from or in connection with the Project,
- (4) To work out the modification of the activities depending on the necessity, and
- (5) To ensure smooth implementation of the Project, including advice on the Guidelines and O&M Manual to be prepared by the Project

2. Committee Composition

The JCC will be composed of the following members.

<Chairperson>

Joint Secretary, National River Conservation Directorate (NRCD), Ministry of Environment and Forests (MoEF)

<Indian Side>

- Project Director
- Deputy Project Director
- Project Manager
- Deputy Project Manager
- Representative(s) of U. P. Jal Nigam
- Representative(s) of Central Pollution Control Board (CPCB), MoEF
- Representative(s) of Central Public Health and Environment Engineering Organization (CPHEEO), Ministry of Urban Development (MoUD)
- Representative(s) of Aligarh Muslim University (AMU)
- Representative(s) of National Environmental Engineering Research Institute (NEERI)
- Representative(s) of Haryana State Public Health Engineering Department (Haryana PHED)
- Representative(s) of Delhi Jal Board

Amey

Per

HR

<Japanese Side>

- Chief Advisor
- Experts
- Project Coordinator
- Representative(s) of JICA India Office
- Representative(s) of JICA Experts dispatched by JICA
- Other personnel concerned to be decided and/or dispatched by JICA

<Observer>

- Official(s) of the Embassy of Japan in Delhi
- Representative(s) of Japan Science and Technology Agency (JST)
- Other official(s) appointed by Chairperson

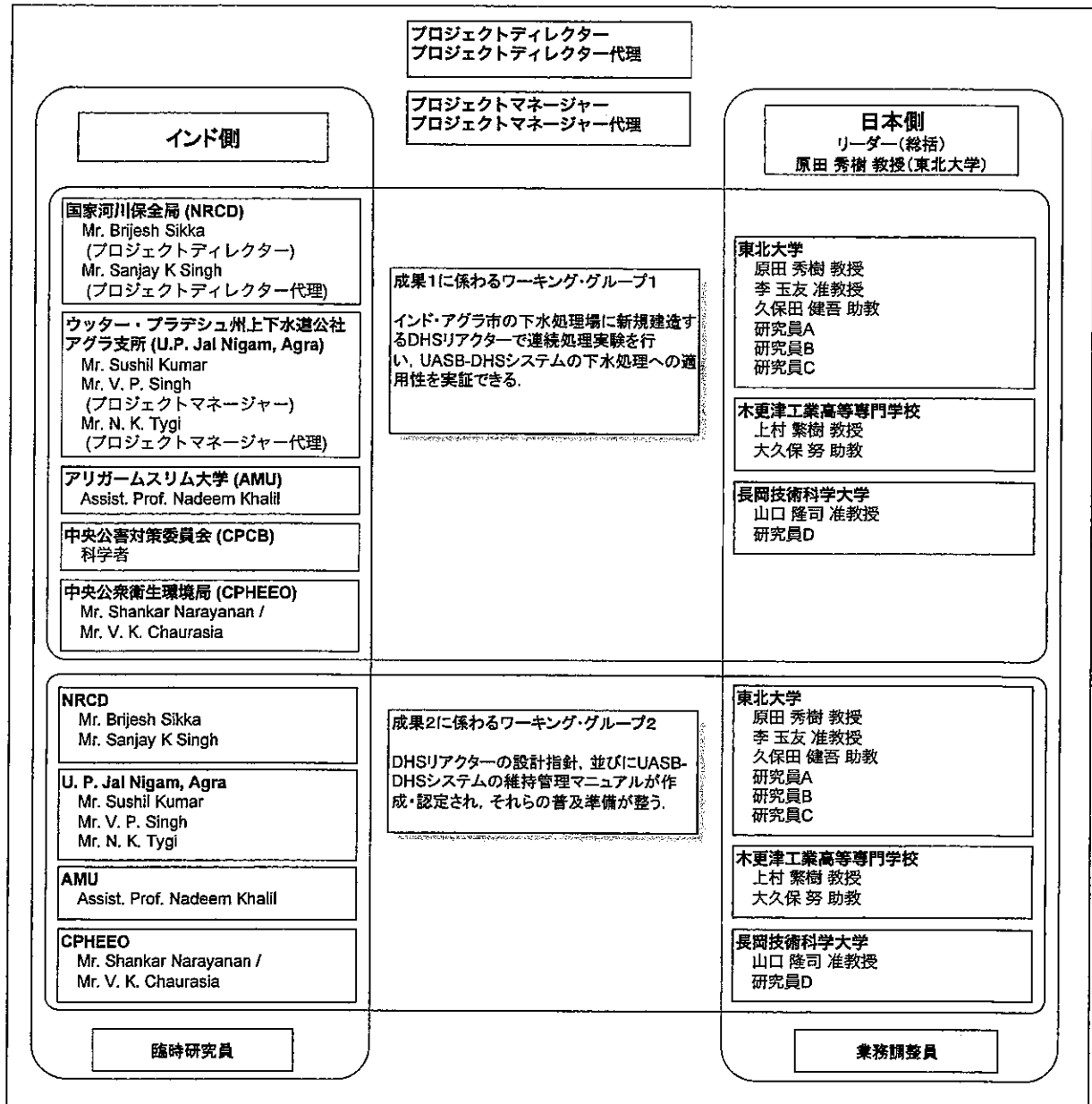
pc

Amile

HR

3. プロジェクト・アウトライン（実施体制図）和文

エネルギー最小消費型の下水処理技術の開発プロジェクト
 UASB+DHS Integrated System -A Sustainable Sewage Treatment Technology



↑ アドバイス

↑ アドバイス

合同調整委員会 (Joint Coordination Committee: JCC)

Project Director, Deputy Project Director, Project Manager, Deputy Project Manager

インド側

NRCD, U. P. Jal Nigam, Agra, AMU, CPCB, CPHEEO, 国家環境技術研究所 (NEERI), ハリヤナ州公衆衛生局 (Haryana PHED), デリー上下水道公社 (Delhi Jal Board) の代表者

日本側

プロジェクトリーダー(総括), JICAインド事務所, JICA専門家

オブザーバー

在インド日本国大使館, JST

日本科学技術振興機構 (JST)

プロジェクト目標: エネルギー消費・維持管理・敷地面積・総コスト面から最適正な新規下水処理技術が開発される

プロジェクト期間: 5年間

4. 活動計画 (Plan of Operations : PO) 和文

(TENTATIVE)
September 29, 2010

年 (日本年度:JFY)		JFY2010												JFY2011												JFY2012												JFY2013												JFY2014												JFY2015																				
月		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
プロジェクト期間																																																																																		
合同調整委員会(JCC)																																																																																		
評価活動																																																																																		
日本側投入(専門家)																																																																																		
成果																																																																																		
1																																																																																		
2																																																																																		
3																																																																																		
4																																																																																		
5																																																																																		
6																																																																																		
7																																																																																		
8																																																																																		
9																																																																																		
10																																																																																		
11																																																																																		
活動																																																																																		
成果1. 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。																																																																																		
1-1. DHSリアクター用担体の選定、発注、納品		担体の選定、発注の仕様書の作成など 発注、担体製造、担体輸送																																																																																
1-2. UASB-DHSシステムの設計と建造		UASB-DHSシステムの設計と建造準備 DHSリアクター基本設計 (発注先の選定および設計を含む) DHSリアクター詳細設計 (発注先の選定および設計を含む) DHSリアクターの建造 (納品された担体の投入を含む)																																																																																
1-3. 連続処理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の調査 (既存施設の現地調査を含む) 下水処理への適用性調査に関する準備と計画 既存施設の現地調査結果から見た本提案技術の適用性評価 連続処理運転 スタートアップ及び長期運転に関する連続処理運転から見た適用性評価																																																																																
成果2. UASB-DHSシステムの設計指針及び維持管理マニュアルが作成され、それらの普及準備が整う。																																																																																		
2-1. UASB-DHSシステムの設計指針の作成		DHS技術の体系化 UASB-DHSシステム設計指針に必要な事項の洗い出し UASB-DHSシステム設計指針(案)の作成 UASB-DHSシステム設計指針(案)に従ったセルフ・トライアル UASB-DHSシステム設計指針(案)の見直し 意見交換ワークショップの開催 連続処理実験結果を踏まえたUASB-DHSシステム設計指針の見直し UASB-DHSシステム設計指針の最終化 UASB-DHSシステム設計指針の認定 UASB-DHSシステム設計指針の普及計画策定																																																																																
2-2. UASB-DHSシステムの維持管理マニュアルの作成		既存UASB施設の運転状況調査 既存UASB施設運転の問題点の洗い出し UASB-DHSシステム維持管理マニュアル(案)の作成 UASB-DHSシステム維持管理マニュアル(案)に従ったセルフ・トライアル UASB-DHSシステム維持管理マニュアル(案)の改訂 UASB-DHSシステム維持管理マニュアルの最終化 UASB-DHSシステム維持管理マニュアルの認定 UASB-DHSシステム維持管理マニュアルの普及計画の策定																																																																																
2-3. 作成されたUASB-DHSシステムの設計指針及び維持管理マニュアルを用いたトレーニング		キックオフ・ミーティング UASB-DHSシステム設計指針の普及のためのワークショップの開催 UASB-DHSシステムの設計に関するトレーナーズ・トレーニングの実施 UASB-DHSシステムの維持管理に関するトレーナーズ・トレーニングの実施 UASB-DHSシステム維持管理マニュアルの普及のためのワークショップの開催																																																																																

5. マスタープラン（案）

1. プロジェクト目標

プロジェクト目標：エネルギー消費・維持管理・敷地面積・総コスト面から適正な新規下水処理技術が開発される。

2. 成果

- (1) 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) UASB-DHS システムの設計指針及び維持管理マニュアルが作成され、それらの普及準備が整う。

3. 活動

3.1 成果 1 の活動

- (1)-1 DHS リアクター用担体の選定、発注、納品
- (1)-2 UASB-DHS システムの設計と建造
- (1)-3 連続処理モニタリングと下水処理への適用評価

3.2 成果 2 の活動

- (2)-1 UASB-DHS システムの設計指針の作成
- (2)-2 UASB-DHS システムの維持管理マニュアルの作成
- (2)-3 作成された UASB-DHS システムの設計指針及び維持管理マニュアルを用いたトレーニング

6. UASB-DHS システムの設置場所の選定

1 下水処理場 (STP) 視察結果及び各 STP の特徴

(1) DHANDUPURA STP (78MLD, 13MLD/リアクター, 計 6 リアクター)

- ・ 訪問日時: 2010 年 9 月 10 日 15:00-
- ・ YAP 1 で建造 (建設予算は NRCD-円借款)、処理場は 2002 年より稼働している。
- ・ 維持管理状態は良好である。8 年間稼働しており、UASB 処理水の水質は安定していると考えられる。
- ・ 現在 DHS リアクターの設置を予定している敷地は、既設のバイオガスラインおよび消火用パイプラインが地中に埋設されていると考えられる。その場合、代替地を検討する必要がある。
- ・ Project Director 及び Project Manager は、保存緑地の使用は問題ないと言及。

(2) PACHGAI STP (12MLD, 6MLD/リアクター, 計 2 リアクター)

- ・ 訪問日時: 2010 年 9 月 11 日 9:00-
- ・ U. P. 州政府の予算で建設
- ・ 現在、UASB リアクターと FPU は試運転を開始しており、1 ヶ月後には本格運用を予定している。
- ・ 既設の UASB リアクターを使用して、新規に DHS リアクターを設置する場合は 1 基の UASB リアクター (6MLD) を専有的に使用することとなる。
- ・ 掻き取り式のクラリファイア装置と塩素消毒設備が存在する。
- ・ 事務所棟は建設中である。
- ・ 本プロジェクトに関わる土地の使用等は問題ない。

(3) CHOHATNA STP (40MLD, 10MLD/リアクター, 計 4 リアクター)

- ・ 訪問日時: 2010 年 9 月 11 日 11:00-
- ・ NRCD (YAPII) の予算で建設
- ・ 2009 年 10 月より建設を開始し、2011 年 6 月に建設終了予定。現在の進捗の様子からすると、UASB リアクターの建設も始まっておらず、工期が延びると予想される。
- ・ 工期が定まらない状況の中、本プロジェクトで使用するか否かの判断は困難である。
- ・ 本プロジェクトに関わる土地の使用等は問題ない

(4) JAGANPUR STP (14MLD, 7MLD/リアクター, 計 2 リアクター)

- ・ 訪問日時: 2010 年 9 月 11 日 PM0:30-
- ・ NRCD (YAPII) の予算で建設
- ・ 1 つのリアクターは満水試験中。もう 1 つのリアクターは躯体工事中。グリットチャンバー等の付随施設についても未完成な部分が多くみられる。
- ・ 1 ヶ月後に運用を開始するとのことであるが、工期が延びる可能性あり。
- ・ 本プロジェクトに関わる土地の使用等は問題ない

2 比較考察

上記の視察結果を踏まえ、本 SATREPS プロジェクトにおける DHS リアクター建造地の候補地として、DHANDUPURA STP (78 MLD) が最も望ましいと考えられる。

(1) DHANDUPURA STP が最有力候補地となる理由

- ア DHANDUPURA STP の 78 MLD UASB は既に 8 年間稼働しており、UASB リアクターが安定している。処理場が 1 つのシステムとして成り立っている。また、メンテナンスがゆきとどいている。
- イ STP のセキュリティがしっかりしている。STP の出入り口には警備員がおり、STP の中での研究環境が安全である。
- ウ ラボラトリービルディングなどが既にできあがっており、機材投入など、プロジェクトを遂行していくためのイメージが掴みやすい。

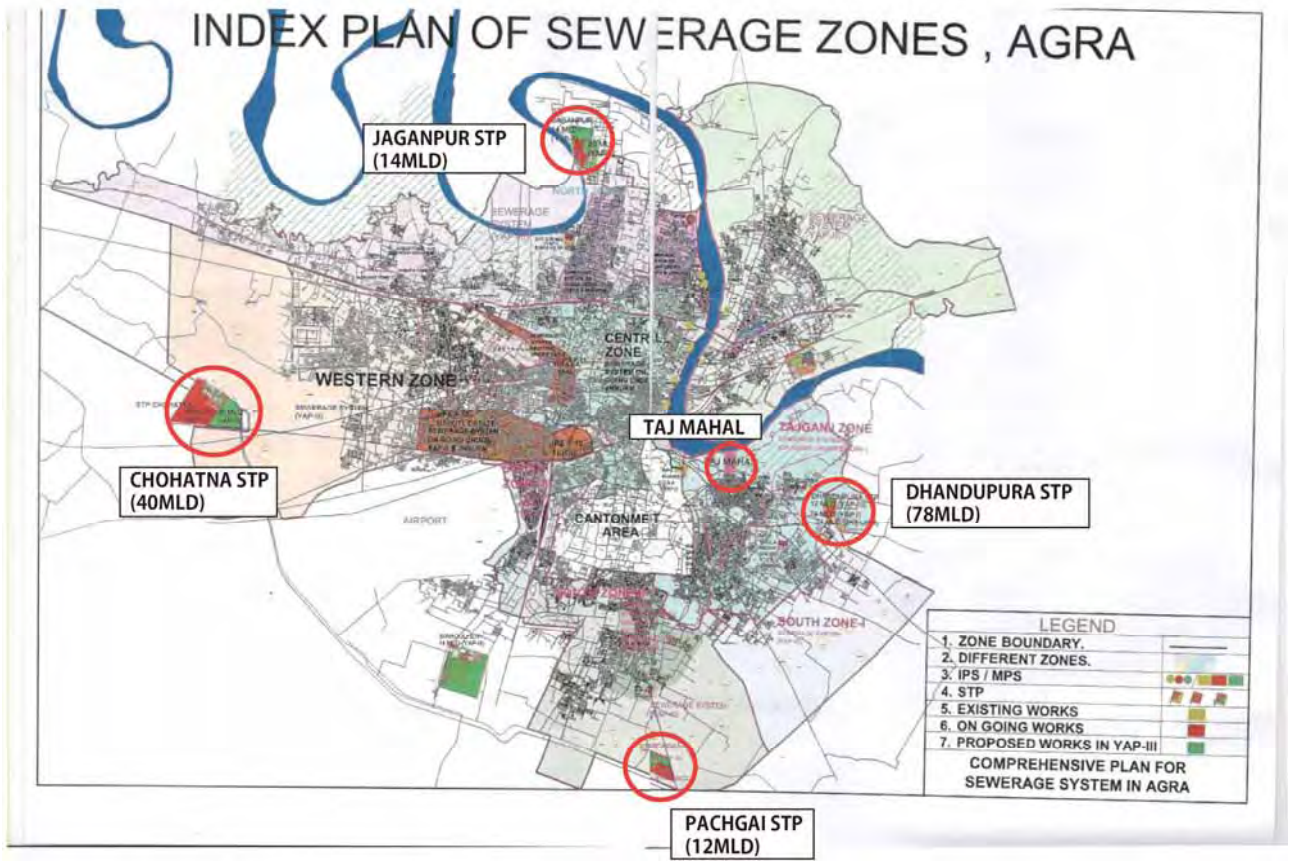
(2) DHANDUPURA STP における懸念事項

- ア 既設のバイオガスラインおよび消火用パイプラインが地中に埋設していると考えられ、それが現在提供を受ける予定の土地への DHS リアクター建設の際の足枷となる可能性がある。
- イ 保存緑地の使用は可能とのことだが、その具体的場所および正式な文書のやりとりがないため、文書にて確認を取り付ける必要がある。
- ウ 6×13 MLD UASB リアクターのうちの 1 つ (DHS リアクターに接続しているもの) を、ある一定期間、SATREPS 共同研究用に水理学的滞留時間 (HRT) などをコントロールさせてもらう。この件については先方に条件等詳細を確認する必要がある。

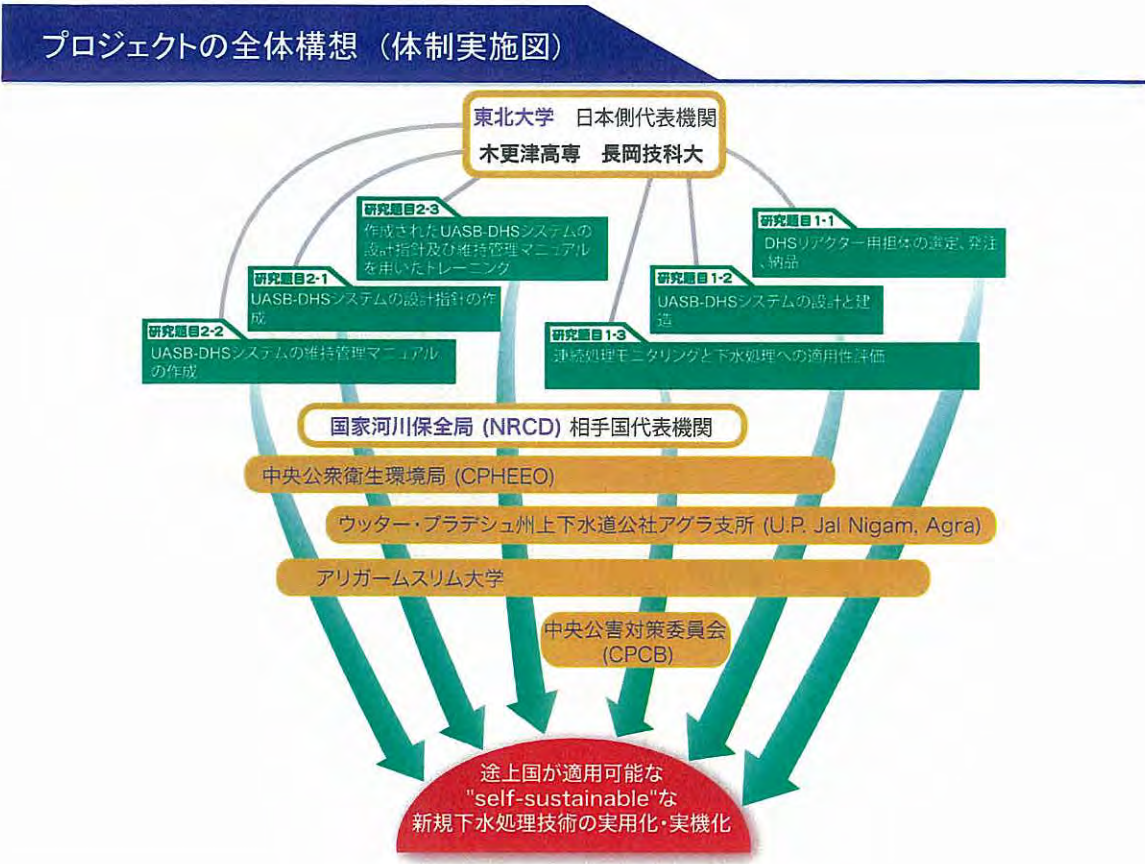
(3) 他の 3 STP が候補地から外れる理由

- ア PACHGAI STP は、近々本格運転開始であるが、UASB リアクターの運転状況が現時点でどうなるか予想がつかないこと、実験棟が建設中でありラボデザインが難しいこと、STP のセキュリティがどのようになるか分からないことから候補対象から外す。
- イ CHOCHATNA STP, JAGANPUR STP の 2 STP は現在建造中であるため、UASB リアクター施工や、リアクターの立ち上げの遅れが本研究開発の進捗に遅れをもたらす可能性がゼロではないことから候補対象から外す。

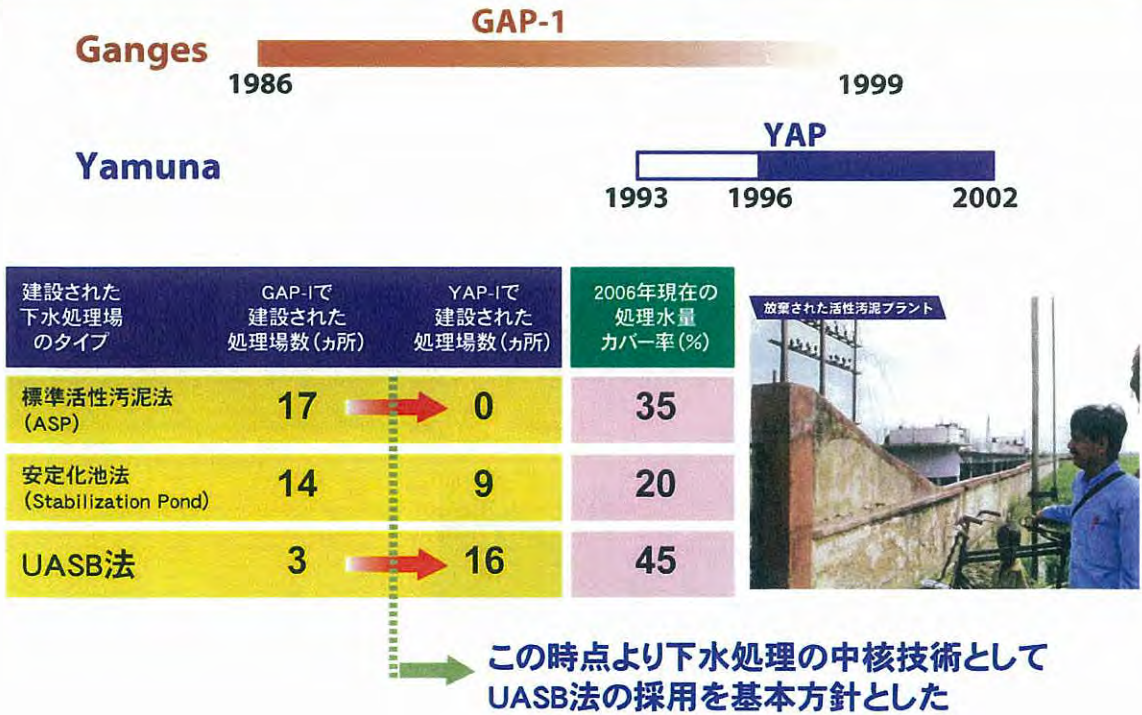
処理場の点在図 (アグラ)



7. プロジェクトの基本構想と基幹技術



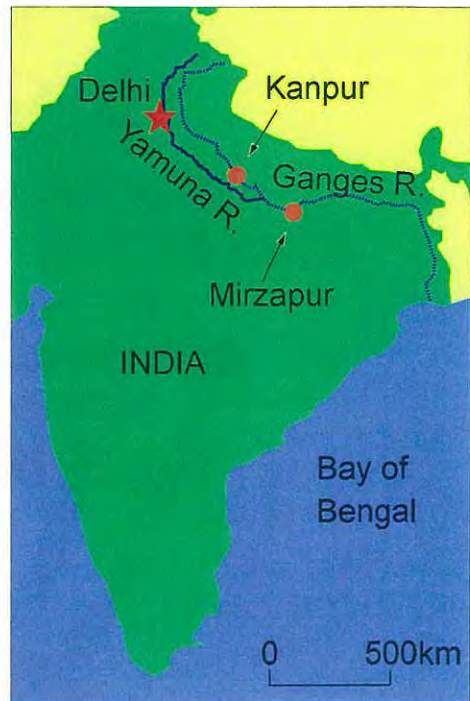
背景1: インドにおける国家河川浄化プロジェクト (GAPからYAPへ, ASPからUASBへ)



背景1: インドのUASB事始め (オランダのODA)

GAP (Ganga Action Plan)

Town	Capacity	Start up
Kanpur	5 MLD	Apr 1989
Kanpur	36 MLD	Dec 1994
Mirzapur	14 MLD	Jun 1994



Sewage characteristic

Kanpur 5 MLD → domestic
 Mirzapur 14 MLD → ww

Kanpur 36 MLD
 tannery ind ww 9 MLD
 domestic ww 27 MLD

背景1: インドのUASB事始め (オランダのODA)



5-MLD UASB sewage treatment plant in Kanpur (1989)



Reactor volume = 1200m³ = 600 m³ × 1 plus 300 m³ × 2
 Water depth: 4.5 m. HRT: 6 h. LV: 0.75 m/h



36 MLD UASB Reactor at Kanpur

背景1 : UASB下水処理の限界

HRT=8 hr
BOD 除去率 ≒ 60%
Remaining BOD 80~120 mg/L

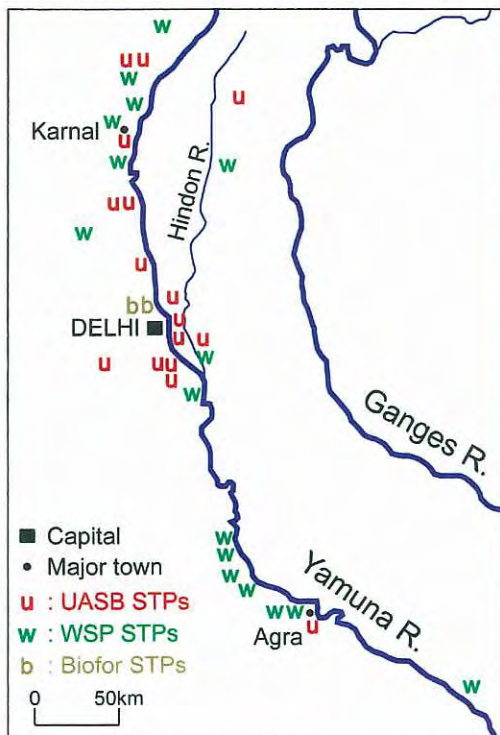
放流基準
BOD <30 mg/L
TSS < 50 mg/L
ふん便性大腸菌数 < 10,000 MPN/100 mL

UASB単独処理では放流基準を満足できない

↓

Post-Treatmentを付加する必要がある

背景1 : YAP-1で建設した下水処理場

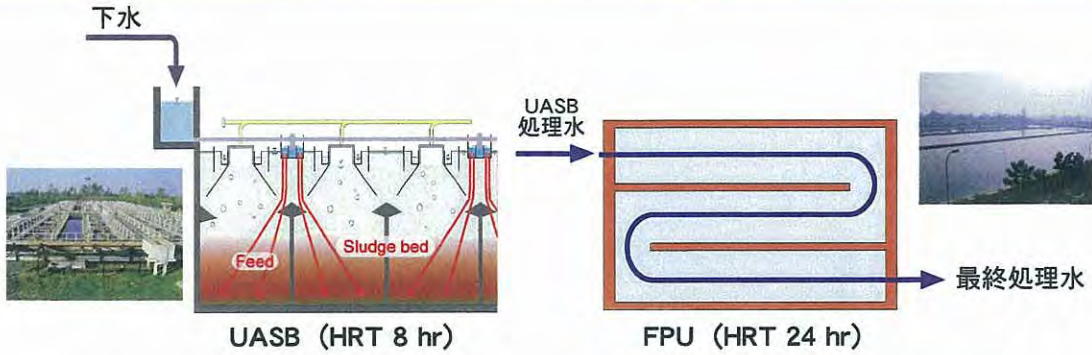


UASB and Waste Stabilization Pond constructed under Yamuna Action Plan

Process	No of STPs	Capacity (m ³ /d)
UASB	16	598,000
WSP	9	103,000
Biofor	2	20,000
Total	27	721,000

背景2: インドの標準下水処理システム

(UASB+FPU)



処理場名	下水	UASB処理水	FPU処理水	BOD除去率 (%)
Panipat 35MLD	196	131	116	41
Faridabad 45MLD	318	111	98	69
Faridabad 50MLD	365	179	154	58
Gurgaon 30MLD	318	154	104	67
Ghaziabad 70MLD	293	151	85	71
Agra 78MLD	264	126	64	76

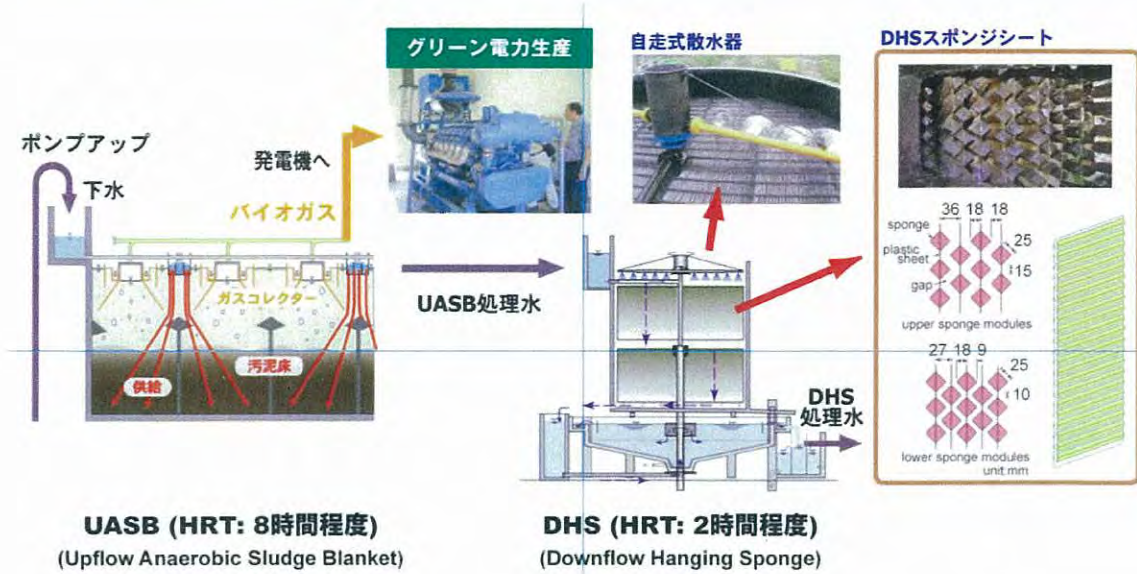
(Sato, Harada *et al.*, 2007)

YAP-Iで建設されたUASB+FPUシステム16箇所は全て放流基準を満足できなかった

背景1: UASBのポストトリートメントの開発

Location	Scale	Post-treatment	Volume (L)	Temp. (°C)	HRT	removal (%)		Eff. (ppm)		Reference
						BOD	SS	BOD	SS	
Egypt	Pilot	UASB	4.6	18-20	4-8	90				Sayed <i>et al.</i> (1995)
Brazil	Lab	SBR	3.6	30	4h	97	96	6	9	Sousa <i>et al.</i> (1996)
Pedregal, Brazil	Pilot	5WSPs in series	5,000 (tot.)	26.5	20d	94	89	43	75	N. G. H. Dixo <i>et al.</i> (1995)
Barcelona, Spain	Pilot	RBC in series	110	12 - 20	1.5h	56-74				Castillo <i>et al.</i> , (1997)
Brazil	Pilot	AF system	102		3 - 4h	88	88	28	32	Chernicharo <i>et al.</i> (1998)
Israel	Pilot	3 stage pond	189	20 - 35	4.2 d	60	57	8	11	van Der Steen <i>et al.</i> , (1999)
Vitoria, Brazil	Pilot	Submerged ABF polystyrene sphere, X 3 mm	6.3		(0.3 to 1.4)h	54 - 72	66 - 72	9	10	Gonzalez <i>et al.</i> , (1999)
Sao Paulo	Pilot	Hybrid reactor	3.8	13	8h					Elmitwalli <i>et al.</i> (1999)
Senigallia, Italy	Pilot	Dissolved air flotation(DAF)	2.1		0.3h		89 - 99		1 - 8	Penetra <i>et al.</i> , (1999)
		ABF	8,000	14 - 24	(2.5 to 3.5)h	30 - 69		17 - 32		Collivignarelli <i>et al.</i> , (1991)
		4 Stabilization ponds		18 - 36	20h	55	21	40	50	Collivignarelli <i>et al.</i> , (1991)
		Rapid sand filter	0.24	25	1.3h	97	100	2	ND	Machdar <i>et al.</i> (1997)
		DHS-cube	51.3	25	2h	83 - 91	39 - 51	4 - 10	28 - 46	Machdar <i>et al.</i> , (2000)
		DHS-curtain	4,800		5-10d					Sousa <i>et al.</i> (2001)
		Wet-land	10.5		0.2-1.5h	80-94	73-90	17-57	11-36	Chernicharo <i>et al.</i> (2001)
		Trickling filter	75 m ²			53-83		48-62	17-57	Chernicharo <i>et al.</i> (2001)
		Overland flow Ponds	32,500	26	5-12d	86-92	83-95	24-35	18-68	Cavalcanti <i>et al.</i> (2001)
		SBR	90	14-25	4-24h		84-88			Torres <i>et al.</i> (2001)
		RBC	60	12 ~ 15	2.5-10h					Tawfik <i>et al.</i> (2002)
		Batch DAF	2.1	23-24			95		2	Reali <i>et al.</i> (2001)
		ASP	23		2.8h				13-18	Sperling <i>et al.</i> (2001)
		SBR	7	25	2.6h	94	91	12	6	Guimaraes <i>et al.</i> (2003)
		WSP	69,700	16.5	15d					Seghezzeo <i>et al.</i> (2003)
		EGSB	157.5	29-32	4h		59-82		8-24	Kato <i>et al.</i> (2003)
		Shallow ponds			1-6d	92	82	29	52	Sperling <i>et al.</i> (2005)
		TF	306	15-18	36-44d					Elmitwalli <i>et al.</i> (2003)
		RBC	60	11-30	2.5					Tawfik <i>et al.</i> (2003)
		Shallow ponds			1-6d	92	82	29	52	Sperling <i>et al.</i> (2005)

UASB法のPost-treatment技術を開発することが、90年代～2000年代の世界中の研究機関の熱い“競争的トピック”になった



UASB (HRT: 8時間程度)
(Upflow Anaerobic Sludge Blanket)

DHS (HRT: 2時間程度)
(Downflow Hanging Sponge)

オランダが開発した世界標準技術

日本のオリジナル技術(東北大・原田らが開発)

本プロジェクトの準備状況

Karnal Project, HY, India



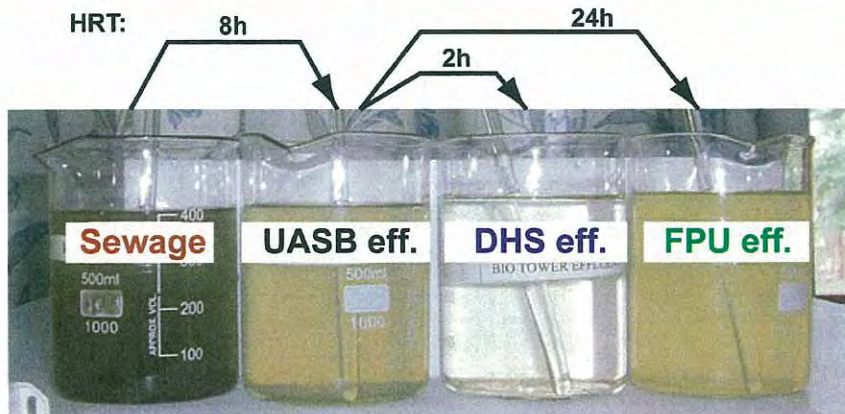
DHS reactor under construction, Dec. 2001, in Karnal, India



1 MLD (1000トン/日、処理人口規模7000人)の
DHSプラント, Apr. 2002



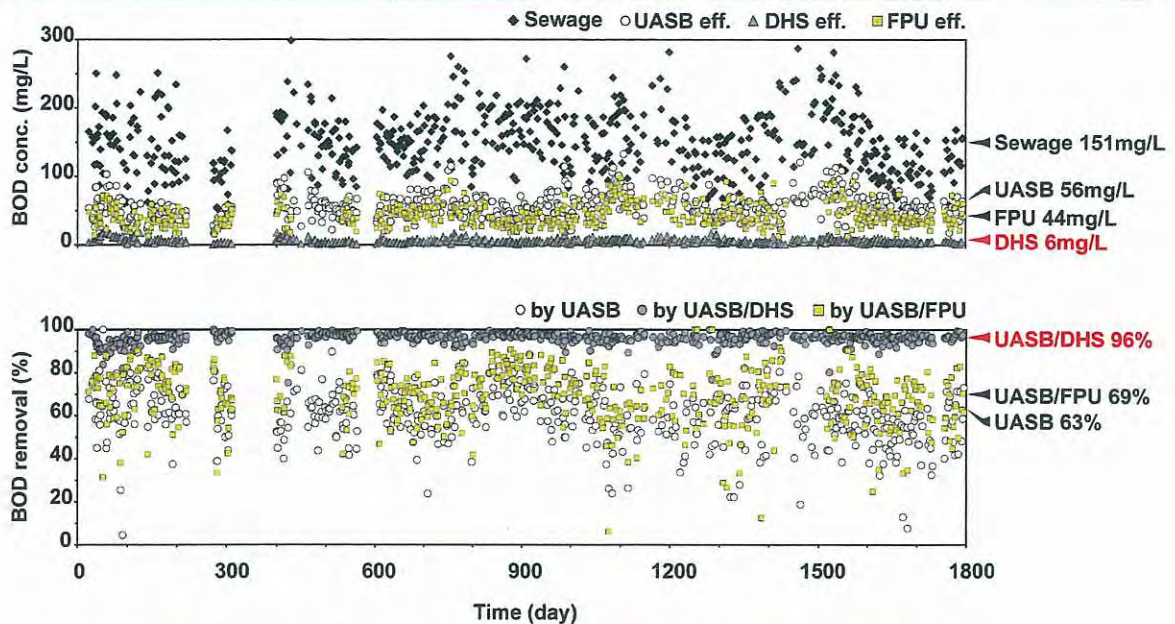
Inauguration Ceremony, Apr., 2002



	Sewage	UASB	UASB+DHS	UASB+FPU
Total BOD (mg/L)	152	53	6 (96%)	41
Total COD (mg/L)	436	172	31 (92%)	137
SS (mg/L)	235	50	13 (94%)	47
F.coli (MPN/100ml)	8.9×10^6	5.6×10^6	1.6×10^5 (2log10)	1.8×10^6
NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	24	25	5 (79%)	24
DO (mg/L)	0	0	5.4	-

本プロジェクトにおける基幹技術

1800日ノンストップ実験(カルナール市)



- ◆ 無曝気にもかかわらず、ASPに匹敵する処理成績を発揮した
- ◆ 5年間まったくのno maintenanceであった
- ◆ スポンジ担体は劣化を示さず、長期耐久性も実証された

インド政府(NRCD)の高い評価

インド政府「環境白書」'03年版

Down Hanging Sponge (DHS) Bio-Tower

Under the NRCP, UASB followed by a polishing pond has been widely adopted as a method for treatment of sewage to achieve effluent discharge standards of 30 mg/l BOD and

A pilot plant of 1 MLD capacity was constructed at the 40 mld UASB STP at Karnal and has been in operation since April 2002. The performance of the plant has been quite good with the effluent of DHS Bio-Tower having BOD of around 10 mg/l, SS of 10 mg/l and fecal coliform of around 3000. The land requirement of DHS Bio-Tower is only one-tenth of the land requirement for the one day final polishing pond.

In view of the above, a new technology called DHS Bio-Tower has been selected as pilot scale under the Yamuna Action Plan for disinfection of UASB effluent. The technology has been developed at Nagaoka University in Japan and has a unique design concept. The effluent from UASB is trickled through a curtain of sponge bodies linked diagonally and hanging in air. The sponge acts as a biomass immobilizer for attached growth. The immobilized biomass consumes nutrients from wastewater stream and releases up dissolved oxygen which naturally diffuses from air. Therefore, the land requirement of the bio-tower is not requirement of external aeration along with long SRT.

A pilot plant of 1 MLD capacity was constructed at the 40 mld UASB STP at Karnal and has been in operation since April 2002. The performance of the plant has been quite good with the effluent of DHS Bio-Tower having BOD of around 10 mg/l, SS of 10 mg/l and fecal coliform of around 3000. The land requirement of DHS Bio-Tower is only one-tenth of the land requirement for the one day final polishing pond.

The technology has been developed at Nagaoka University in Japan and has a unique design concept.

INFO SEARCH

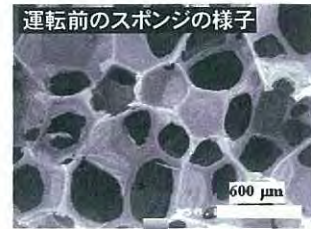
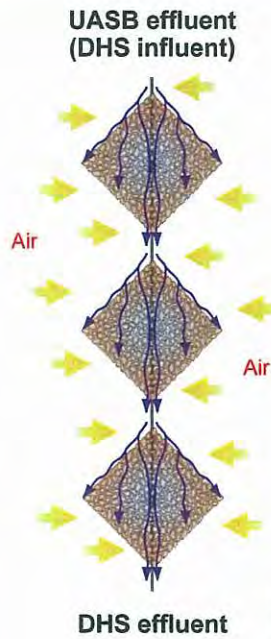
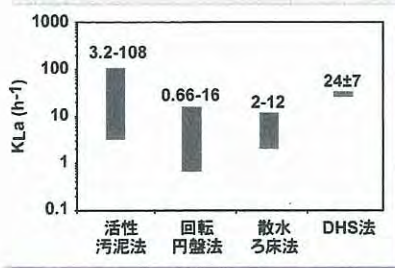
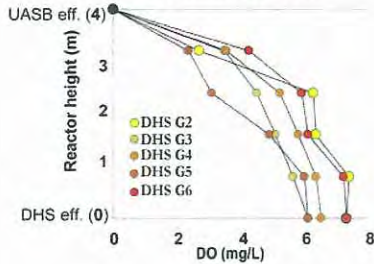
GOVERNMENT OF INDIA
MINISTRY OF ENVIRONMENT & FORESTS

Annual Report 2002-2003

本プロジェクトにおける基幹技術

DHSの処理メカニズム

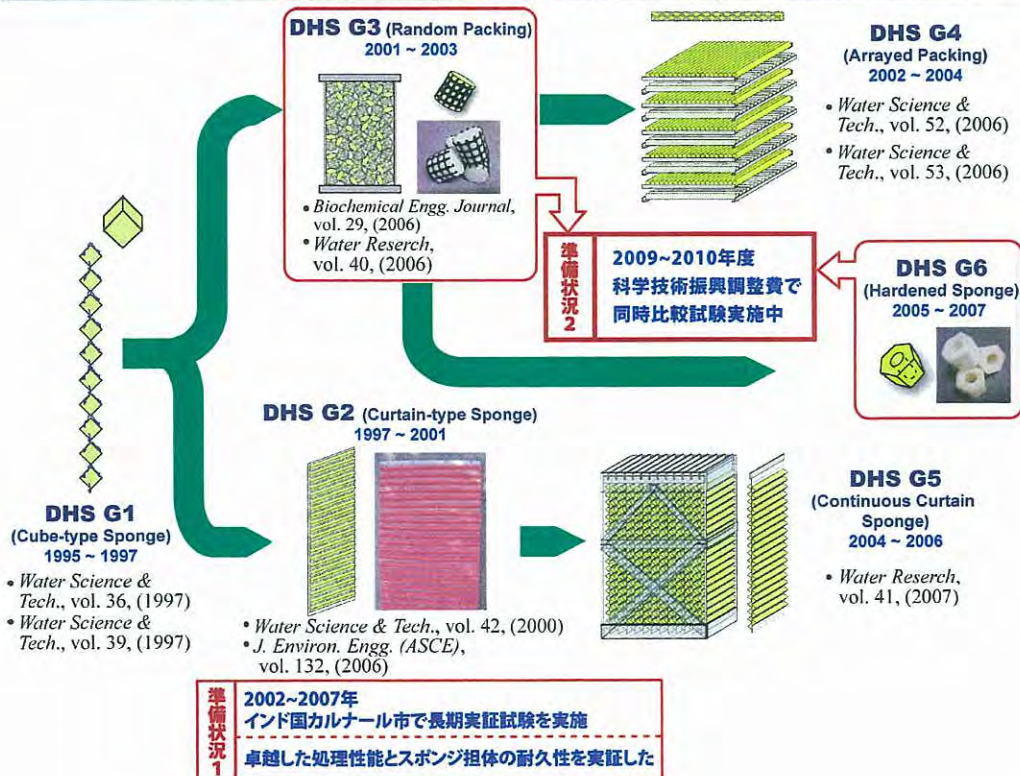
- ・人為的曝気の不要
- ・高い酸素移動効率
- ・保持汚泥濃度が高い
20,000 - 40,000 mgMLSS/L-sponge vol.

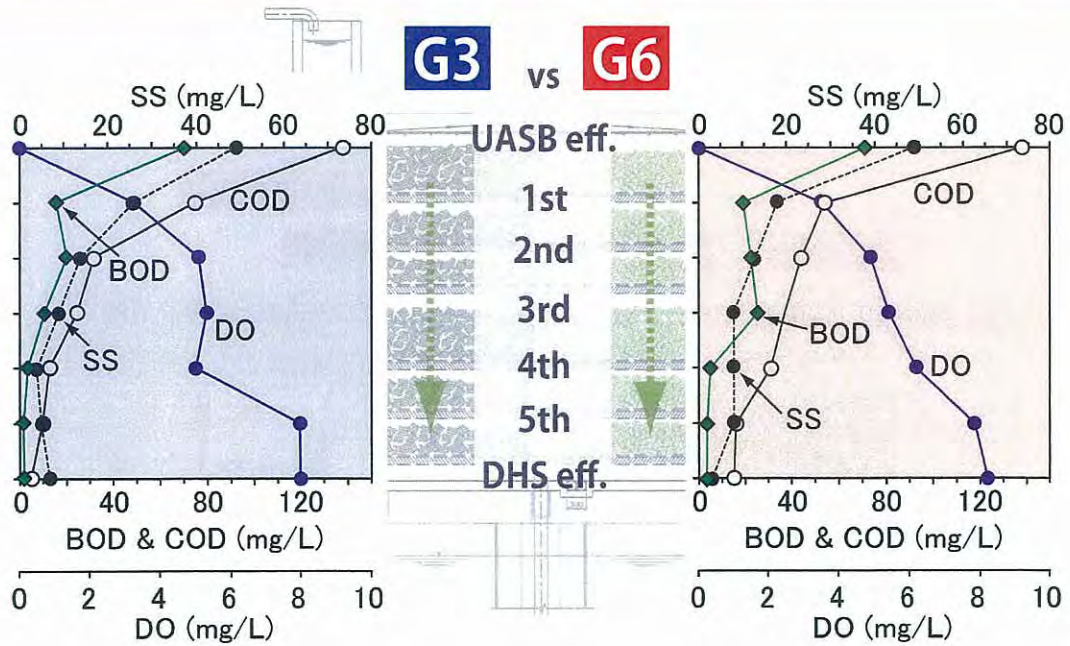
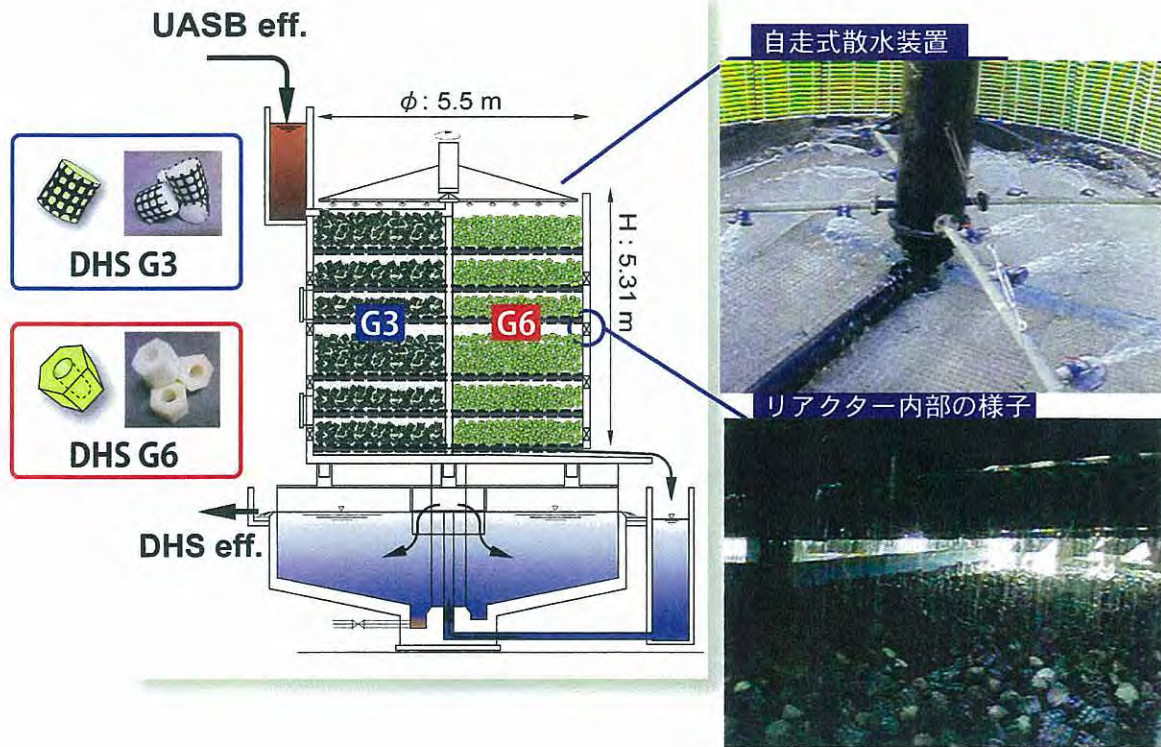


	DHS	ASP
SRT (日)	>100	<10
汚泥発生率 (kgSS/kg COD rem.)	0.06	0.42-0.46

本プロジェクトにおける基幹技術

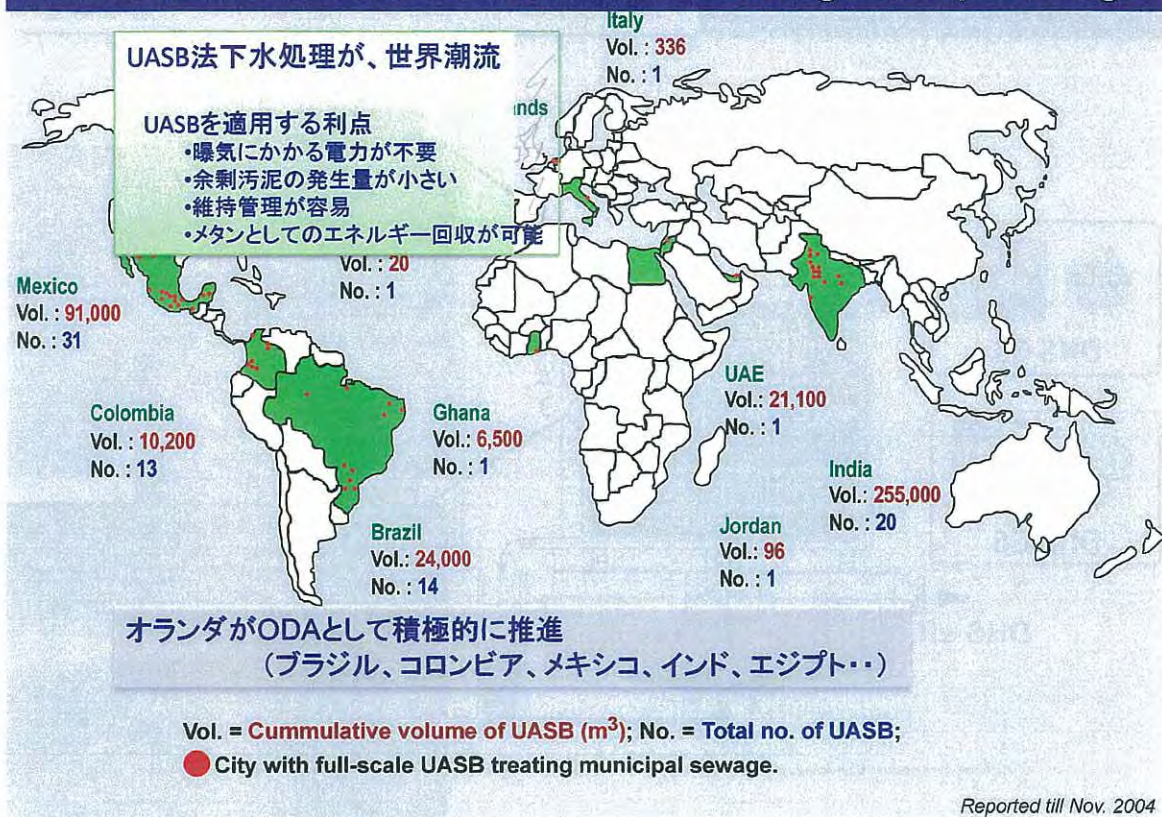
DHS技術の進化と研究内容の位置づけ





スタートアップわずか55日目で、BOD除去率97%を達成

World statistic of full-scale UASB reactor treating municipal sewage



プロジェクトの成果

“日本発”オリジナル技術の世界標準化へ

⑥ アジア、中南米、アフリカ地域への波及

⑤ インドから周辺国へ

④ インド全域へ普及 (MoUD傘下)

③ ガンジス川、ヤムナ川流域に普及 (MoEF傘下)

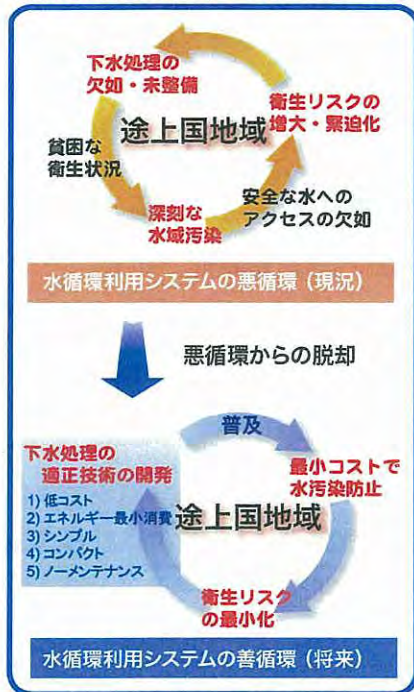
② 設計指針・維持管理マニュアルの作成とトレーニングコースによる普及活動

① UASB-DHSの設計・建造・実証試験



プロジェクトの全体構想 (成果と効果・達成目標・終了後の取り組み)

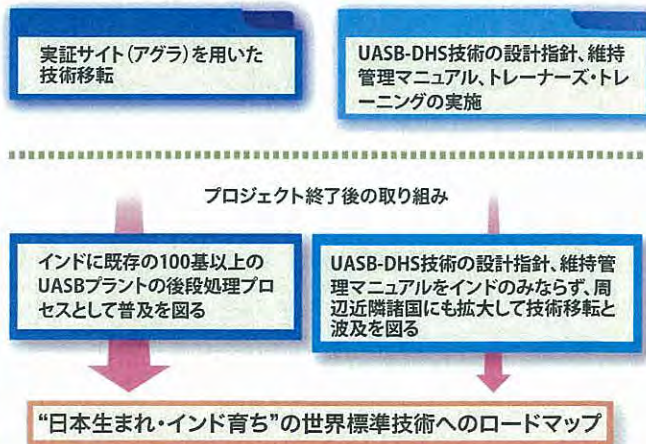
期待される成果・効果 (アウトカムやインパクト)



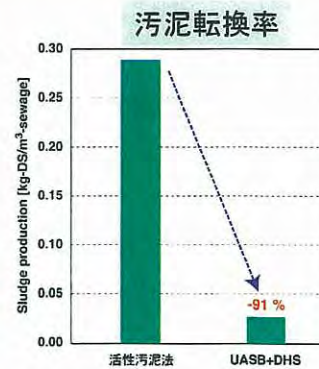
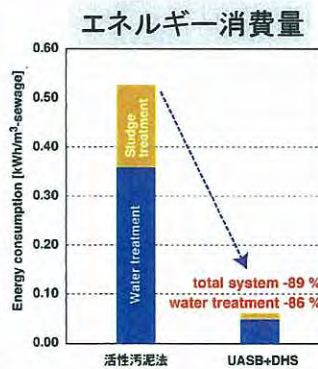
研究期間終了時の達成目標

既存の活性汚泥法と同程度の処理時間で同程度の処理 (BOD: 30 mg/L以下) を達成し、UASB-DHSシステムの下水処理への適用性を実証できる。

社会実装



国内での技術開発の加速 (NEDOプロジェクト)



NEDO『無曝気・省エネルギー型次世代水資源循環技術の開発』(H18-20年度)
UASB-DHS技術の日本国内での適用可能性を検討した

◆産学官の研究コンソーシアム

東北大学・長岡技術科学大学・高専機構
国立環境研究所・土木研究所・造水促進センター
(株)荏原製作所・三機工業(株)

8. 全体研究計画書

1. 研究の背景 (Background)

汚染された水に起因する疾病 (WID) は先進国ではほぼ消滅しているが、開発途上国では依然として最も深刻な環境問題である。WHOによれば、途上国における全疾病の80%と死亡の1/3以上は汚染された水の使用 (水起因疾病) が原因となっている。途上国では中央・地方行政の財政基盤が貧弱なため環境対策への社会資本が後回しにされており、生活廃水、都市下水はほとんど無処理のまま (あるいはほんの一部あったとしても簡単な1次処理のみ) 垂れ流しの状況にあり、“適切 (すなわち途上国に適用可能=低コスト)”な、下水処理システムを整備してゆくことが緊急課題となっている。日本はアジア圏の経済・技術両面のリーダーとして、この問題に積極的に取り組んでゆく責務があり、わが国の科学技術政策上最優先させるべき緊急課題である。

しかしながら、途上国での下水処理システムを普及させていくためには、今ある日本の“技術”をそのまま移転すれば事足りるのではなく、地域の経済構造、社会構造等の実状に適した技術を創生しなければならない。すなわち、日本のようにお金を存分にかけて、金ピカの処理をするような技術 (活性汚泥法) をそのまま移転しても根付かないことは明白で、途上国仕様の“適正技術” (=低コスト・簡易型の処理技術) の創成・移転こそが求められている。開発途上国にすむ地球人口80%分の人々の下水処理システムをこれから全地球規模で整備していかなければならないことを考慮すれば、活性汚泥法 (浄化槽方式も含め) やエアレイテッド・ラグーン (Aerated Lagoon) のような曝気方式のエネルギー多消費型の方式は採るべきでないことは、温暖化防止の観点からも重要である。また、途上国の都市域では急速な都市化のため、安定化池 (Waste Stabilization Ponds) 法や人工湿地 (Constructed Wetland) 法のような広大な敷地を確保することもいまや困難である。

このような状況下で、インドはもとより途上国社会全般でも、エネルギー消費を最小化した、コンパクトで、維持管理の容易な、革新的な下水処理技術の創成が求められている。しかしながら、途上国側のみでは地域の特性に合致した適正水処理技術の開発には技術的にも経済的にも限界があり、アジア圏の経済と科学技術のリーダーたるわが国の協力が不可欠である。わが国のODAは、これまで“箱もの主義”と揶揄され、金額の割に顔が見えないと批判されてきた。日本発のオリジナルの環境技術の創成をもって、量から質への国際貢献のあり方の転換を図る必要がある。

インドは、1996年から着手した国家プロジェクト「ヤムナ川浄化行動計画」YAP-1 (Yamuna Action Plan Phase-1) で、ヤムナ川沿いに計27箇所の都市下水処理場を建設したが、うち16箇所でUASB法という嫌気性処理技術を採用した。総処理水量の8割以上がUASB法という曝気を必要としない低コストの処理技術で処理されている。この時点以降、インドはUASB法を下水処理の中核技術として採用していくことを下水道施策上の基本方針とした。以来、現在までにインド国中では100基以上のUASBプラントが都市下水処理を処理している。

しかしながら、UASB法 (HRT8~10時間程度) 単独では、5~6割程度の有機物除去しか期待できず、UASBプロセスの後段になんらかの (好気性の) ポスト・トリートメントを付加する必要がある。現行のほとんどのUASBプラントの後段にはFPU (Final Polishing Unit) という名前のWSPを付加している。FPUは、水深1.5m、HRT (水理学的滞留時間) 24時間で設計されており、広大な面積を要するが、ほとんどポスト・トリートメントとしては機能していないのが現実である。UASBプロセスの後段に低コストで、エネルギー消費が小さく、コンパクト (所用面積はFPUの15~20分の1に縮小できる) で、維持管理が容易なポスト・トリートメント技術を渴望しており、申請者らが開発したUASB-DHSシステムに大きな期待をもっている。もし、本プロジェクトからUASB-DHSシステムが実用化されれば、インドの100基近くのUASBプラントの後段にあるFPUが

一気にDHS (Down-flow Hanging Sponge) 技術で置き換えられる可能性が高い。UASBプロセスを下水処理に適用しようとする動向は、インドのみならず、ブラジル、メキシコ、コロンビア、エジプトなど温暖な気候の途上国地域での世界的な潮流である。なかでも、インドは既に100基以上の下水処理UASBプラントが稼働している世界最大のUASB大国である。もし、本プロジェクトで開発するUASB-DHS技術がインドで下水処理の中核技術になれば、途上国世界全体への波及効果が期待でき、文字通り“日本発”の世界標準技術の創成につながるかもしれない。

2. 国際共同研究の目的と成果目標 (Purpose and Outputs)

2-1 国際共同研究の目的 (上位目標)

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ためには、途上国が適用可能な下水処理システムを創成して、広く普及を図っていく必要がある。途上国が適用可能な下水処理システムとは、エネルギー消費が最小で、維持管理が容易で、コンパクトで、その結果としてトータル・コストを最小化できる処理技術のことであり、言い換えれば、途上国の経済構造、社会構造等の実状に適したaffordableにして、かつself-sustainableな技術ということになる。

原田秀樹 東北大学大学院工学研究科教授らは低コスト、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。本提案技術 (UASB-DHS Integrated System) は、UASB法という嫌気性前処理プロセス (Anaerobic Pre-treatment) の後段に、DHSプロセスというスポンジ担体を用いた無曝気方式の好気性後処理 (Non-aerated aerobic post-treatment) プロセスを直列でつなげたシステムとして構成されている。提案技術は、所要動力が少なく (無曝気方式)、汚泥発生量も少なく、嫌気性前処理で有機物を粗取りし、残存有機物を無曝気スポンジ担体DHSリアクターで除去する、という嫌気性処理と好気性処理の両者の長所を生かしつつ両者の欠点を補完克服した超省エネルギー型の革新的技術である。

本研究の目的は、現地一体型の枠組みの国際共同研究体制を構築して、途上国地域の気候や下水性状等のプラクティカルな条件で提案技術の現地実証実験を遂行して、地域の社会経済、技術特性に合致した適用可能な革新的下水処理技術を創成することである。

2-2 国際共同研究の成果目標 (プロジェクト目標)

(1) 全体の研究内容および研究計画

本申請プロジェクトの目的は、アグラ下水処理場に DHSリアクターを設置し、以下に掲げる2つの研究題目を推進することで、途上国が適用可能な無曝気・超省エネルギー型の下水処理標準技術を創成することである。本研究プロジェクトは、東北大・木更津工業高等専門学校・長岡技術科学大学とインドの下水処理技術の関係省庁および研究機関 (NRCD、U.P. Jal Nigam, Agra, AMU、CPCB、CPHEEO) のあいだで現地一体型の国際共同研究体制を構築して、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。

<研究題目1>インド・アグラ市の78MLD下水処理場での実規模実証試験

2002年よりインド・カルナールで実施したプロジェクトは、G2担体 (カーテン型) を用いたDHSリアクターであった。G2型DHSは卓越した処理性能を発揮したが、途上国での施工性の面で問題

点があった。DHS技術は施工の容易性、維持管理の容易性、コスト、汚泥保持能、酸素移動特性などの局面からさまざまな改良が施され、現在までにG6（第6世代）まで技術的な進化を遂げてきている。現在進行中の科学技術振興調整費事業（2008年度～2010年度）で、上述のインド・カルナールのDHSパイロットプラントを2等分に分画して、より施工性の優れたランダム・パッキング型のG3型とG6型担体の比較試験を実施している。2010年度にはその実験結果がまとめられ、最適担体の決定が可能になる。その結果を受けて、アグラ市での実規模（5MLD）での実証試験・連続処理モニタリングを行う。

またインド国内の既存の下水処理方法には、（1）曝気を要する処理方法（標準活性汚泥法〔Activated Sludge Process〕、回分式活性汚泥SBR法）、（2）WSP法、（3）UASB法と、その後段処理を組み合わせた方法（後段処理法の例；FPU、AL等）が用いられている。これらの処理システム全体としての省エネルギー効果および余剰汚泥の発生抑制効果について現地調査を実施し、本提案技術の適用性評価を行う。

- ・ **本研究題目における研究終了時の達成目標**

- 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。

- ・ **目標を達成するために遂行する事項**

- 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性評価

＜研究題目2＞提案技術の体系化と設計指針・維持管理マニュアルの作成

研究題目1の知見を集積して、提案技術を体系化する。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いえない。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。さらに、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。

- ・ **本研究題目における研究終了時の達成目標**

- DHSリアクターの設計指針、並びにUASB-DHSシステムの維持管理マニュアルが作成・認定され、それらの普及整備が整う。

- ・ **目標を達成するために遂行する事項**

- 項目1. UASB-DHSシステムの設計指針の作成
 - 項目2. UASB-DHSシステムの維持管理マニュアルの作成
 - 項目3. 作成されたUASB-DHSシステムの設計指針及び維持管理マニュアルを用いたトレーニング

3. 国際共同研究の実施計画

国際共同研究実施期間（Term of Cooperation）：プロジェクト開始（R/Dに記載予定）から5年間

3-1 国際共同研究の主なスケジュール (Project Flow-chart)

項目	H22年度	H23年度	H24年度	H25年度	H26年度	H27年度
1. 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場への適用性を実証できる ・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 ・連続処理モニタリングと下水処理への適用性評価			↔			
		↔				
		↔				
2. UASB-DHSシステムの設計指針及び維持管理マニュアルが作成され、それらの普及準備が整う ・UASB-DHSシステムの設計指針の作成 ・UASB-DHSシステムの維持管理マニュアルの作成 ・作成されたUASB-DHSシステムの設計指針及び維持管理マニュアルを用いたトレーニング						
		↔				
		↔				
			↔	↔		↔

3-2 日本側投入研究資源 (Input)

<JICA専門家>

短期専門家10人

長期専門家1人 (JICA業務調整員)

<主たる機材>

熱伝導度型検出器 (Thermal Conductivity Detector, TCD)、純水製造装置、ドラフトチャンバー、クリーンベンチ、BODインキュベーター、F.coliおよびE.coli測定用インキュベーター、HACH 分析機器一式 (ダイジェスター、分光光度計、迅速分解器ダイジェスダール) pH計、DO計、振とう式高温水槽、電子天秤、微量遠心機、微生物細胞破碎装置、核酸濃度測定用吸光度計、その他、UASB-DHSシステムの評価に必要な関連機材一式

<日本への研修員受入れの人数>

現段階では未定

3-3 相手国側投入研究資源 (Input)

<カウンターパート>

国家河川保全局 (NRCD) より2人、ウッター・プラデシュ州上下水道公社アグラ支局 (U.P. Jal Nigam, Agra) より3人、アリガームスリム大学 (AMU) より1人、中央公害対策委員会 (CPCB) より数人、中央公衆衛生環境局 (CPHEEO) より2人の研究者・実務者

<施設・機材等>

U.P. Jal Nigam, Agraが管理するDhandupura 78MLD下水処理場の管理棟に本プロジェクトに関わる研究者用事務スペースと実験室スペースを用意する。また、同下水処理場にDHSリアクター設置に必要な用地を提供する。各研究機関の実験機材や電気、水道等については必要に応じて使用する。

4. 国際共同研究の実施体制と役割分担 (Project team and Inputs)

- (1) 研究機関名・研究代表者名：東北大学・原田秀樹

研究概要：プロジェクトの研究総括、UASB-DHSシステムの実証実験、提案開発技術の設計・施工方法の体系化を行う。

- (2) 研究機関名・主たる共同研究者名：木更津工業高等専門学校・上村繁樹

研究概要：本技術の下水処理への適用性評価及びUASB-DHSシステムの設計指針と維持管理マニュアルの作成を行う。

- (3) 研究機関名・主たる共同研究者名：長岡技術科学大学・山口隆司

研究概要：提案技術の省エネ効果・温室効果ガス発生抑制効果、途上国における提案技術の普及に向けた評価を行う。

- (4) 研究機関名・研究代表者名：NRCD・Brijesh Sikka

研究概要：インド側チームのコーディネーターとして、インド側参画機関との調整役、JICAとの調整役、インド研究チーム全体を統括する。さらに、最終アウトプットである提案技術の設計指針、維持管理マニュアル作成の統括を行う。

- (5) 研究機関名・主たる共同研究者名：U.P. Jal Nigam, Agra・Sushil Kumar

研究概要：現地インドでの実証実験を実施して、提案技術による下水処理技術の実用化を完成させる。

- (6) 研究機関名・主たる共同研究者名：AMU・Nadeem Khalil

研究概要：現地インドでの実証実験を実施して、提案技術による下水処理技術の実用化を完成させる。

- (7) 研究機関名・主たる共同研究者名：CPCB・未定

研究概要：CPCBが有するインド国内河川などの公共水域の水質データおよび下水処理場の機能診断結果を活用し、本提案技術の適用性評価のための比較解析を行う。

- (8) 研究機関名・主たる共同研究者名：CPHEEO・Shankar Narayanan

研究概要：都市インフラの設計指針や維持管理マニュアルの認定機関として、提案技術の社会実装化へ向けたマニュアルの作成を行う。

以上

