

機関番号：11301
 研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2008～2010
 課題番号：20404002
 研究課題名（和文） アジア開発途上国における水と衛生の未来予想図と環境政策シナリオの構築
 研究課題名（英文） Construction of future forecast map and environmental policy scenario of water and the hygiene in Asian developing countries
 研究代表者
 原田 秀樹（HARADA HIDEKI）
 東北大学・大学院工学研究科・教授
 研究者番号：70134971

研究成果の概要（和文）：主たるアジアの対象国として、インド、ウズベキスタン、マレーシア、ベトナム等を選択し、水と衛生関係の調査を行った。各国の経済的・社会的特徴を踏まえ、それぞれ、インドでは都市下水と河川の水質汚濁、ウズベキスタンでは農業と灌漑用水の塩害、マレーシア、ベトナムでは地域の重要産業であるパームオイルとゴム製造業からの廃水による水質汚濁に重点を置いて調査した。調査結果より現状分析を行い、環境政策シナリオを提言した。

研究成果の概要（英文）：The present conditions of water and hygiene were investigated in India, Uzbekistan, Malaysia, Vietnam, *etc.* We put emphasis on urban sewage treatment and river water pollution in India, salt damage of agricultural land by irrigation water in Uzbekistan, and pollution in the water bodies by palm oil and gum production wastewater in Malaysia and Vietnam, respectively. By analyzing those findings, appropriate environmental policy scenarios were proposed for each country.

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|------------|-----------|------------|
| 2008年度 | 3,800,000 | 1,140,000 | 4,940,000 |
| 2009年度 | 5,300,000 | 1,590,000 | 6,890,000 |
| 2010年度 | 3,500,000 | 1,050,000 | 4,550,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 12,600,000 | 3,780,000 | 16,380,000 |

研究分野：工学

科研費の分科・細目：環境影響評価・環境政策

キーワード：途上国、都市環境、健康リスク、データベース、計量経済モデル

1. 研究開始当初の背景

開発途上国の都市域の急速な成長は、同時に、都市貧困層の増大や都市社会基盤の不備、急速な環境劣化など、様々な社会問題をもたらす。2030年までに都市にすむ人々の数は倍増し、50億人を突破すると予測されているが、その増加の90%は途上国で生じるといわれる。今世紀はじめの途上国の都市住人は1%以下だったが、それが今や三分の一以上にふくれあがり、さらに2030年には、アジア全体では55%もの人々が都市に住むことになる

と予想されている。このような急速な都市化は、様々な局面でインフラ・ストラクチャーの破綻を露呈する。その最も顕著なケースが、安全な水の供給と下・廃水の排除・処理などの環境衛生上の問題である。

このような背景の下、21世紀の国連の役割に関する明確な方向性が提示され、一つの共通の枠組みとしてまとめられたものがミレニアム開発目標（Millennium Development Goals: MDGs）である。MDGsの目標7（環境の持続可能性の確保）のターゲット10で

は「2015年までに、安全な飲料水及び衛生施設を継続的に利用できない人々の割合を半減する」と定められた。

2005年の報告によれば、途上国で安全な飲料水を利用できる人の割合は、1990年の71%から2002年には79%へ上昇したとある。その一方で2002年にいたっても、いまだ11億人もの人々が不衛生な水を利用している。また途上国の改良衛生設備の普及率は、1990年の34%から2002年には49%へと上昇したが、それでもなお26億人（途上国の人口の約半分）が、トイレその他の改良衛生設備を利用できていない。例えこの傾向が続いたとしても、2015年で、なお全世界で24億人近くが改良衛生設備を利用できないと予測されている。このように、途上国の都市域では、水と都市ごみに起因した劣悪な環境が人の健康に極めて深刻な影響を及ぼしており、例えばWHOによれば、途上国の病気の80%は汚染された水が原因であり、5歳以下の子供400万人を含め520万人が、毎年、水および衛生の不適切なマネージメントに起因した感染性疾病で死亡している。

現在、アジアの途上国は、著しい経済成長を成し遂げ、今後も、なお世界で最も経済成長率が見込まれている地域といわれている。途上国の人口は、世界人口の約8割であるが、その中でも人口増加数のトップ5である中国、インド、インドネシア、パキスタン、バングラデシュの5カ国による全人口は約29億人で、世界人口の45.5%を占めている（2004年）。このように、アジアの途上国では、急速な経済成長と人口増加に対し、環境インフラの整備が追いつかず、未処理の下・廃水の垂れ流しによる河川水質の悪化、不適切なごみ処理システムによるごみの異常散乱などの問題が山積みされているのが現状である。特に、世界的に見ても本研究の主要対象であるアジア地域は、都市の居住環境が最も深刻で、危機的な状況に置かれた地域となっており、早急な改善が求められている。

2. 研究の目的

研究の目的は、以下の3つに大別される。

①都市環境質劣化の現状把握のための水と衛生に関するデータベースの構築、②劣化した環境質の原因分析を通して、各都市の社会・経済的実状に合致した効率的な都市環境の改善策を提示し、最大の便益/費用比が期待できるような最適な衛生管理システムの提唱、③都市環境質劣化とそれに伴う人的損失、経済的損失の将来的な見通しの推測。

研究対象は、インド、ウズベキスタン、マレーシア、ベトナムとした。本研究は基礎調査（国内での入手）と現地調査（国外での入手）からなる。基礎調査は国内において入手可能な資料、文献、統計書等を収集するもの

である。

現地調査においては、対象国に出向いて、水（上下水道、河川等公共水域管理）の管理責任者及び実施者（自治体、委託業者等）と研究機関に対してヒアリングと既存の2次データ、関連資料等の収集を行った。

また、併せて実際の水に関する現地サーベイ（汚濁負荷、上下水道管理、ゴミ収集、埋立地管理、リサイクル等）を実施する。調査対象地域内の主要な水環境（河川、湖沼、地下水、沿岸）から水サンプルを採集してオンサイトで測定した。

3. 研究の方法

(1) 収集するデータ

本研究で構築しようとしているデータベースは、アジアの主要都市の現場調査・サンプリング・計測による1次データと、水と衛生、社会、経済の2次データより構成される。

2次データは、国内での基礎調査、現地機関の訪問（ヒアリングとアンケート調査）により入手した。国内での基礎調査では、国際機関、国際研究組織が出版している書籍、各国・都市の白書、統計書等、大学、研究所、民間研究機関等が発行している各種レポート、GEMS、GRIDの提供データを収集した。

(2) 解析方法

① リスク解析

アジア地域の都市の水・衛生・廃棄物に関して構築されたデータベースを元に、公衆衛生レベル（安全な水の供給と衛生設備に関する）による糞便性-経口病原菌の伝染リスクの程度の把握を行う。はじめに、対象流域の人口分布や河川の利用形態から、病原微生物との接触頻度を推定しリスク評価を行う。特に、沐浴や洗濯のような途上国に特有な生活習慣を反映した河川利用形態を考慮する。水中の病原微生物は、微生物種によって環境中での生存力、人間に対する感染力が大きく異なる。貧しい衛生状態では河川水中に多種多様な病原微生物が生息していると考えられるが、用量反応モデルや河川水中での死滅率、下水処理による除去率を変えることでリスク評価を行う。

② 現状分析と改善策の提示

環境質はもちろん、組織、財政、法制等も含めた都市の環境マネージメントの実体について整理する。次にこのデータと社会経済指標間の影響分析および多都市間の比較を、統計的手法（相関分析、数量化分析、クラスター分析、主成分分析等）により行う。またリスク評価においては、水や廃棄物が持つそれぞれのリスク構造を考慮しながら、この様な作業を通して改善策を策定する。

病原性微生物（細菌、ウイルス、原虫）の

水域への負荷源と負荷経路および水環境中における消長を把握し、水質汚染指標と水利用形態の相互関係を現地調査によって明らかにする。この際、現地協力機関と協力して分子生物学的な定量方法を駆使して、存在量のみならず、なるべく正確な微生物の生存生態系の構造を把握する。とくに、ふん便性大腸菌などの指標微生物の負荷源の特定、流出経路と負荷量の定量化と水系伝染病による衛生リスクの評価を行う。

③ 環境質劣化の将来予測と評価

都市環境質劣化とそれに伴う人的損失、経済的損失の将来見通しを、計量経済モデルにより 2030 年までの期間に渡って実施する。本研究で使用するモデルは、世界経済ブロック、国内経済ブロック、都市環境ブロックからなる。さらに国内経済ブロックは、政府、民間支出、分配、物価、労働の各サブブロックから構成されている。外生変数は、人口、政府環境政策、政府環境投資である。リスク要因である都市環境質は、①政府環境政策、②政府・民間環境投資、③外国からの政府開発援助によって改善され、④人口増加、⑤都市経済発展によって悪化する、と仮定している。また、民間環境投資は政府環境政策によって決まるものとしている。以上のモデルを使い、政府がとるべき長期的な環境政策シナリオについて検討する。

4. 研究成果

(1) ガンジス河流域の水質汚濁の改善のための下水処理プロセスの選定

インドの国際主要河川であるガンジス河およびその流域の水質汚濁の現状と下水処理場の実態調査を行い、主要下水処理プロセスの費用対効果を比較し、途上国に適用可能な下水処理プロセスについて考察した。

ヤムナ、ガンジス河ともに、その汚染源は、それぞれの河川に直結しているドレイン（あるいは小河川や運河）によってもたらされる生活排水・工場廃水である。例えば、ヤムナ河は水理学-地理学的な特徴により 5 つの区間に分けられるが、とくに **Delhi stretch** における汚染がひどく、ヤムナ河の 79% の汚染が **Delhi** 由来であった。

このため、早急に下水処理場の整備を進める必要が認められた。

インド政府は、ガンジス河の水質改善のため、1983 年より **Ganga Action Plan (GAP)** を実施した。GAP においては 35 の下水処理場が建設されたが、その内 3 箇所で **Upflow Anaerobic Sludge Bed** 法 (UASB) が採用された。最初に設置された UASB (処理水量 5MLD) の処理性能は、良好であり、インド政府は、その後も UASB を続けて設置した。

GAP で得た経験をもとに、1990 年始めよ

り **Yamuna** 河の浄化を目的とした **Yamuna Action Plan (YAP)** を実施した。YAP の特徴は、GAP で高く評価を受けた UASB を多く採用したことである。GAP では **Activated Sludge Process (ASP)** が主要プロセスとして選ばれ、GAP で計画された全処理水量の 58% を占めた。YAP では、32 処理場 (総処理水量 743MLD) の建設が計画されたが、その内の 16 箇所で UASB 法が採用され、その処理水量は 598MLD と全体の 81% であった。このように UASB は現在インドの下水処理において標準的な処理法の一つになった。

インドにおける処理プロセスの費用対効果について比較評価した。UASB+酸化池 (PP) は 0.8~1.2 Rs/m³、安定化池 (WSP) は 0.8~2.6 Rs/m³、ASP は 2.0 Rs/m³ であった。同規模 (処理水量: 50,000~80,000 m³/d=50~80MLD) の ASP に対し、UASB+PP は 39% の下水処理原価であった。UASB+PP や WSP では、下水処理原価に占める用地費の割合はそれぞれ 23~34%、68~82% と、広い用地を必要とする。よって用地単価が 1/10 (地方都市の郊外) になれば、UASB+PP や WSP はコスト面で非常に有利な処理法であるといえる。わが国の下水処理原価等から計算して比較すると、インドで運転されている ASP は、日本の 1/4、BAF は 1/2 程度の下処理原価であり、両者はインド/日本の GDP 比 (1/10) を大きく越える下水処理原価を示した。したがって ASP によって下水道整備を実施することは、インドにおいて大きな負担と考えられる。一方、UASB+PP は、処理水量が 26~80MLD 程度までは、用地単価が 1,400 Rs/m² 程度までは GDP 比以内に治まり、ASP に比べ普及し易い条件であった。WSP は 26~50MLD では GDP 比内に収まるが、広い敷地面積を要するため、用地単価の影響を受けやすく、採用地域が限定されるとしている。このように、経済的な面においては、UASB+PP が他のプロセスよりも有利であることが示された。

(2) ウズベキスタンにおける水と衛生に関する実態調査

乾燥地帯にあるウズベキスタンにとって、水問題は最も深刻な問題である。同国の地表水と地下水を合わせた国内の水資源は 16.3×10⁹m³/年、国際河川 (Amdarya 川、Syrdarya 川) の流入と流出の差が約 34.1×10⁹m³/年、これらを足した 50.4×10⁹m³/年が再生可能な水資源量と見積もられている。これに対し、年間の利用量が 58.3×10⁹m³/年 (2000 年) であり、差し引き 7.9×10⁹m³/年が再生可能量を超過している計算である。分野別では、農業が 95% と圧倒的に多くの水を使っている。同国の農地 1ha に投入される水は、平均 13,000m³/年と世界の平均的な農

地に比べ著しく多いが、このうち有効利用されているのは2割程度でしかない。乾燥地帯における農業は、もともと多量の農業用水を必要とするが、持続的な水資源利用と劣化した環境修復のためには、農業用水の効率化は避けて通れない課題である。

家庭の水利用は1990年から2000年にかけて増加し、1人当たりの水利用量も261ℓ/日/人→298ℓ/日/人と増加している。これは先進諸国と比較しても決して少ない量ではない。今後人口増加による水の需要増が見込まれ、水の有効利用は重要な課題である。

以上見たように同国の水資源は大きく国際河川に依存しているが、外部要因、特に上流国の状況によっては、現在の流量と水質が確保できなくなる事態も予想される。こういう状況はウズベキスタン政府も周辺国も想定し、そのための調整が必要であるとの認識は共有しているが、利害対立により具体的な調整は進んでいない。

ウズベキスタンの水質汚濁の最も大きな特徴は、地表水・地下水のミネラル化（無機物含有量の増加）である。ほとんどの河川で、上流から下流にかけてミネラル含有量が上昇しており、1000mg/Lを越えるレベルに達しているところも少なくない。排水量を排出源別に見ると、農業部門が93%、工業部門が1%、家庭部門が5%、その他1%であり、農業は最大の水汚濁源になっている。農業排水は1.80g/L～9.0g/Lの高濃度のミネラル分を含んでおり、これが地表水・地下水のミネラル化を招いている。また農業排水は高濃度の肥料成分・農薬成分をも含んでおり、汚濁源となっている。

工場廃水による汚染も各市で深刻な状況になっている。工場廃水は全体の1%程度と廃水量は少ないが、人体に及ぼす毒性が強いためその影響が懸念されている。処理設備がないこと、またあっても機能を果たしていないことが原因である。

ウズベキスタンの上下水道の普及率はかなり高く、独立以前に水道は90%、下水道は93%の普及率に達している。しかし見かけ上の普及率が高いだけで、ウズベキスタンの実際の状況は極めて深刻だと言われる。原水水質の低下と不適切な上下水道管理が、飲料水質の低下に拍車をかけ、人々の健康に大きな脅威となっている。ウズベキスタンの上下水道は、ソビエト時代に建設されたものである。そのため、施設・設備の老朽化が著しく、また設備の更新はおろか維持修繕が適切に行われていないため、例えば、ポンプ等の設備は耐用年数をはるかに過ぎた物が使われており、水道の漏水率は30～50%と異常に高い。また浄水場も機能していないため、サンプル調査された浄水の大半は国の定めた理化学的・微生物学的基準を満たしていなかった。

下水処理場も状況は同じで、首都タシケントの下水処理場でさえ処理機能を果たしていないため、処理水が地下水の汚染源になるという事態が生じている。

(3) マレーシアのパームオイル製造廃水による水質汚濁とその解決策

マレーシアは世界の油脂貿易量のおよそ11%を占め、世界最大の油脂生産国であると同時に、世界最大のパーム油生産国（2004年：45.6%）でもある。現在もパーム油産業が石油/ガスに続く第2位の輸出収入源となっている。329,170世帯の雇用機会が、主要なアブラヤシ・プランテーションや取引、搾油、加工、製造などの関連産業によってもたらされている。マレーシアのパーム油の2004年の輸出量は1,257万トン、輸出収入は304億1000万RM（前年比16%増）となっている。マレーシアのパーム油はその生産量の90%が輸出され、全世界の140を超える国々で消費されている。このように、マレーシアのパーム油は約30億人のカロリー需要を満たしている。

マレーシアの国土面積は3,286万ヘクタールで、アブラヤシ栽培はそのうちの11.88%で行われている。一般的に、アブラヤシ栽培そのものは環境への脅威が少ない。閉鎖型キャノピーで多年生植物を栽培するアブラヤシ・プランテーションは、多くの点で熱帯雨林に類似している。アブラヤシ栽培には、連邦土地開発庁、連邦土地統合/再開発庁、ゴム自作農開発庁、州政府機関、民間の不動産企業、小農地所有者など、さまざまな組織や機関が関与している。民間企業による作付面積は全体の約60%を占める。アブラヤシ栽培の急激な増加に伴い、搾油/精製部門も成長している。政府が豊富な農業資源の活用を奨励したこともあり、パーム油やパーム核油から加工されるオレオケミカルが1980年代以降に顕著な伸びを見せ始めた。パーム油精製工場数は48にまで増加し、CPOの年間生産能力は1,666万トンとなっている。一方、オレオケミカルの工場数は17で、年間の生産能力は182万トンである。

パーム果房からパーム油を得る生産工程からはPOME、EFB、中果皮、殻などの廃棄物が出る。FFB5tから平均、パーム原油1tが生産される。そしてパーム原油（CPO）1tに対し、殺菌工程、静澄分離工程、液体サイクロン肯定からそれぞれ0.9、1.5、0.1m³の廃液が出る。しかしながら、国平均ではCPO1t当たり3.5m³の廃液が発生する。量や汚染ポテンシャルからPOMEは産業界及び政府の両サイドから適切な管理が必要である。環境品質法は、水路に最終放流する前に指定されたレベルまで排水を処理することを工場に求めている。規制遵守ができな

った場合、10 万 RM または 5 年間の禁固、あるいはその両方が科料される。

POME 原液初期濃度の 25000mg/L (平均値) から、農地適用においては濃度を 5000mg/L まで減少させなければならない。また、水路への放流においては 100mg/L 以下にする必要がある。典型的な POME 廃液は、45-50%が遠心分離工程からの分離排水、25-30%が殺菌工程からの排水、5-10% が液体サイクロンからの排水、5-10% が機械や工場の洗浄による洗浄水、残りの 5% は実験室洗浄排水から成る。POME 廃液は、高い COD、BOD、TSS を有し、環境に放出される前に処理が必要である。POME の生物学的処理からはバイオガスが生成される。その組成は、主にメタン (60-70%) と二酸化炭素 (30-40%) である。1Nm³ 当りの熱量は 4740-6560kcal であり、バイオガス m³あたり、1.8kWh の電力を発生させることができる。POME の有機分は生物分解性が高く、処理には処理池、消化槽、またはその統合システムのいずれかを使用する。これまでのところ、マレーシアでは処理池システムが最も一般的であり、パーム油圧搾工場の 85 %が利用している。処理池システムは安価である一方、広大な敷地が必要となる。有機物負荷は 0.2~0.35 kg-BOD/m³/日と低く、滞留時間は長期にわたる。

廃液原水中の有機物を消化するため、上部が開放されている無攪拌式の嫌気性消化槽と拡張曝気池を併用している。嫌気性消化槽の有機物負荷は 0.8~1 kg-BOD/m³/日である。発生バイオガスは収集せずに大気へ放出するため悪臭が発生する。またメタンガスは温室効果と地球温暖化を促進する。2005 年、マレーシアでは 74×10⁶ トンの FFB が処理され、そこから発生した廃水の総量は推定で 36.3×10⁶ m³であった。ラグーンのおおよその温度を 35°C とすると、POME ラグーンシステムから発生すると見込まれるメタン量は 629.3×10⁶ Nm³-CH₄ となり、それが大気に放出されることになる。これは、2.25×10⁷GJ/年のエネルギーを放出するのに等しく、パームオイル産業全体としては、年間で 6.3×10⁹ kWh/年の電力を提供することができる。パームオイル産業に由来する推定発電量は国内電力需要の 4.8%にもあたり、発電量全体 5%を再生可能なバイオエネルギー資源で賄おうとする政府の方針にとって大きなプラスとなる。

さらに、アブラヤシ残渣は発電に利用できる。空果房、繊維、殻、および POME を発電に利用し、試算では約 220 PJ のエネルギーを生産できる。年間の操業時間を 6,100 時間とすると、アブラヤシ残渣を利用した発電量はおよそ 2,418 MW となる。蒸気生成とタービンシステムに関する効率的な技術を

導入すれば、この発電量をさらに増加できる。しかし政府はアブラヤシ残渣について、中密度の繊維ボードや木材板、パルプ/紙、合成材料、バイオ・コンポストといった付加価値製品に利用することを推奨しているため、発電に利用できる余剰分は減少する。ただし、発電以外の利用にしても、技術の商品化に向けて一層の研究開発が必要である。例えば、パルプを年間 30 万トン生産する場合、最低でも年間 21 万立方トンの空果房が必要となる。

(4) ベトナムのゴム製造廃水による水質汚濁とその解決策の展望

天然ゴムは東南アジアなどで栽培されているパラゴムノ樹から採取される天然ゴムラテックスを原料とし、タイヤを始め各種工業用品、接着剤、ゴム手袋など様々な製品に利用されており、その生産量はタイ、インドネシア、マレーシアの 3 カ国で世界生産量の 67%を占めている。天然ゴムの製造工程からはラテックスの濃縮、硫酸添加によるゴム分の分離後に残る高濃度の有機物。硫酸塩を含むラテックス廃液や固形ゴム洗浄廃液が多量に排出されるが、現在のところそのほとんどが安定化池法によって処理されている。この方法は広大な敷地面積、曝気動力や余剰汚泥の処理を必要としており、さらには硫化水素ガスによる悪臭、またメタンなどの温室効果ガスも多量に放出される事から、安定化池法に替わる処理プロセスの開発・適用が急務となっている。

タイの場合、ゴム廃水処理は、ゴムの凝集に硫酸を使用しているため、硫酸塩の影響が大きい。ベトナムの場合はゴムの凝集に酢酸を使用しているため、問題点は有機物除去よりも、窒素除去の方にある。すなわち、ゴムは、pH の低下によって固化する為、採取時にアンモニアを加えて pH を上げているので、廃水のアンモニア濃度が高めとなる。またベトナムのゴム廃水には、界面活性剤として SDS が含まれているため、生物学的廃水処理の阻害物質となることが分かっており、SDS の効率的な処理技術も必要となる。さらにベトナムでは水の供給が止まることも多々あり、工場内で処理した水を、工業用水として再生利用することに関しても注目されており、膜処理の導入も検討に値する。ただし、ベトナムの放流基準が厳しすぎ、それが工場での廃水基準の達成度が低い一因となっている。この値に、放流先の水域の流速や、湖沼等の場合は水量による係数を乗じて (0.6~1.2) 排水基準が決まるようになっている。

ベトナムのゴムの生産量は世界第 5 位 (2009 年データ) であり、6%のシェアに相当する。排水量に関しては、ゴムの種類によるが、ゴム 1t 生産するのに 20~35 m³の廃

水が排出される。これまでに RSS・TSR 廃水やラテックス廃液に嫌気性生物処理を適用した例がある。例えば嫌気性流動床を用いてゴム手袋製造工程廃水の処理を行い、12.0 kg-COD/m³/d の OLR で、COD 及び BOD をそれぞれ 100、50 mg/L 以下にすることが可能であった。また嫌気性固定床法を用いてラテックス廃液を処理したところ 11.8 kg-COD/m³/d の負荷で COD 除去率 92% が達成可能であった。嫌気性生物処理は、最終的に 60% 程度のメタンを含むバイオガスを回収することが可能である。一般的にバイオガスの発熱量は 1 m³ 当たり 5,000-6,000 kcal で、これは日本の都市ガスの 5-6A の規格に相当する。ゴム廃水処理へのメタン発酵処理の積極的な導入が必要である。

(5) おわりに

以上、アジアの特定地域ごとの水問題とその解決策の提案を挙げたが、紙面の都合上、廃棄物管理やリスク関連の評価は割愛した。本稿であげたようなデータや技術は社会情勢等によって刻一刻と変動するものである。今後も最新の情報を収集し、より洗練された環境政策シナリオの構築を目指したい。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

- ① 小野寺秀明、李玉友、原田秀樹、生ごみの分別排出における住民負担の経済的評価、土木学会論文集 G (環境)、査読有、Vol.67、2011、pp. III_605-III_613
- ② 大久保努、上村繁樹、小野寺崇、山口隆司、大橋晶良、原田秀樹、途上国における UASB 下水処理システムの後段処理オプションに関する考察、用水と廃水、査読有、53 巻、2011、pp.865-875
- ③ 上村繁樹、大久保努、小野寺崇、原田秀樹、汗と涙と喜びの途上国における水環境改善 (第 2 回) インドで活躍する「UASB-DHS システム」の実証プラント、月刊下水道、査読無、32 巻 13 号、2009、pp.50-54
- ④ 原田秀樹、汗と涙と喜びの途上国における水環境改善 開発途上国にふさわしい下水処理技術とは、月刊下水道、査読無、32 巻 12 号、2009、pp.28-32
- ⑤ 原田秀樹、いま、そこにある危機—途上国の水環境の破綻と、Appropriate Technology による蘇生—、水環境学会誌、査読無、32 巻、2009、p.465

[学会発表] (計 4 件)

- ① 小野寺秀明、李玉友、原田秀樹、生ごみの

分別排出における住民負担の経済的評価、第 48 回環境工学研究フォーラム、平成 23 年 11 月 27 日 (大同大学)

- ② 四蔵茂雄、原田秀樹、ベトナム・ハノイ市の飲料水容器、環境科学学会年会、平成 21 年 9 月 10 日 (北海道大学)
- ③ 大久保努、宇佐見心、久保田健吾、原田秀樹、遠山明、北川政美、マレーシアでの可逆流型嫌気性バツフルドリアクターによるパームオイル工場廃水処理、土木学会第 63 回年次学術講演会、平成 20 年 9 月 12 日 (東北大学)
- ④ 四蔵茂雄、カトマンズの食品容器について、環境経済・政策学会 2008 年大会、平成 20 年 9 月 28 日 (大阪大学)

[図書] (計 1 件)

- ① Uemura, S. and Harada, H., Environmental Anaerobic Technology, Applications and New Developments (ed. Herbert H.P. Fang), Imperial College Press, London, UK., Application of UASB technology for sewage treatment with a novel post treatment process., 2010, pp.91-112

6. 研究組織

(1) 研究代表者

原田 秀樹 (HARADA HIDEKI)
東北大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：70134971

(2) 研究分担者

四蔵 茂雄 (SHIKURA SHIGEO)
舞鶴工業高等専門学校・建設システム工学科・准教授
研究者番号：60259893

上村 繁樹 (UEMURA SHIGEKI)
木更津工業高等専門学校・環境都市工学科・教授
研究者番号：60300539

(3) 連携研究者

久保田 健吾 (KUBOTA KENGO)
東北大学・大学院工学研究科・助教
研究者番号：80455807

山田 真義 (YAMADA MASAYOSHI)
鹿児島工業高等専門学校・建設システム工学科・講師
研究者番号：80455807