

地球規模課題対応国際科学技術協力

(環境・エネルギー研究分野「地球規模の環境課題の解決に資する研究」領域)

熱帯地域に適した水再利用技術の研究開発

(タイ王国)

平成 22 年度実施報告書

代表者 山本 和夫

東京大学環境安全研究センター・教授

<平成 20 年度採択>

1. プロジェクト全体の実施の概要

本プロジェクトは、タイ王国の研究機関と共同して水資源の脆弱性の解消と安全な水の確保に資する熱帯地域に適した水再利用技術の研究開発を行うことを目的とする。同時にODA事業として熱帯水再利用技術研究開発センターを設立して本研究開発成果の社会実装を目指し、さらに東南アジアを中心とした開発途上国での研究開発と維持管理やリスク管理を含めた人材養成を担うCOEセンターとなり、協力相手の研究開発能力の強化を図ることを目指している。

本プロジェクトでは、以下の4つの研究題目を設定している。

- (1) 熱帯地域における水再利用技術の開発・普及促進に係わる枠組み作り
- (2) 省エネルギー(あるいはエネルギー自立)分散型水再生利用のための新技術開発
- (3) 資源生産(あるいは地球温暖化ガス発生抑制)型水再生利用のための新技術開発
- (4) 地域水再利用のための効果的な管理・モニタリング手法の開発

このうち(1)については、タイ王国環境研究研修センター(ERTC)に水再利用研究開発センターの設立に向けて、研究活動に必要な分析機器等が納入され、それらの機材を用いた分析技術移転も行っている。(2)および(3)では、タイ王国における水再生利用新技術開発のためのパイロットプラントを設置し、運転開始のためのスタートアップを行っている。それに先行して、国内では傾斜板挿入無酸素槽を有する膜分離活性汚泥法(itMBR)のベンチスケール実験を実施し、処理性能、運転条件、維持管理方法などに関するデータを収集した。(4)においては、Bang Pa-in 工業団地およびチャオプラヤ川流域での水試料採取と水質分析を行うとともに、地域水循環のためのパイロットプラントの準備を行っている。

本プロジェクトはおおむね当初の計画通りに進んでおり、現時点では、プロジェクトの進捗に特段支障をきたすような問題は生じていない。次年度以降も計画に沿って着実に研究を実施することにより、上記のプロジェクト成果目標を達成できるものと考えている。

2. 研究グループ別の実施内容

- (1) 熱帯地域における水再利用技術の開発・普及促進に係わる枠組み作り

①研究のねらい

本研究プロジェクトの土台となる項目であり、本研究において開発された技術の普及および熱帯地域における水再利用技術の研究開発に必要なガイドライン等の設計を行う。また、水再生利用技術の開発能力の向上および普及促進の中心となる組織として、熱帯地域における水再利用研究開発センターを組織する。

②研究実施方法

タイ王国環境研究研修センター(ERTC)に水再利用研究開発センターを設立し、熱帯地域における水再利用技術に関する情報集積、水再利用技術に関するガイドラインの作成、研修やセミナーを実施する。また、水再利用技術開発に資するタイ国内の大学等研究機関のネットワーキングを主体的に行うことなどが想定される。これにより、本研究の開発成果の社会実装を目指し、また、東南アジアを中心とした開発途上国での水再利用技術の研究開発と維持管理、リスク管理に係わる人材養成を行う。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

ハード面の整備として、病原微生物実験室、Real-time PCR、ICP-MSをはじめとする分析機器が納入され使用可能な状態となった。これに合わせて、分子生物学的手法を用いた病原微生物分析、重金属分析に関する研修を行い、カウンターパートによる分析が可能となった。[1-1, 4-2]

水再利用技術と本プロジェクトに関する情報発信として、第8回東南アジア水環境シンポジウムを共催し、山本和夫教授がシンポジウム基調講演を行うとともに、本プロジェクトに関連した公募セッションを設けた。また、シンポジウムのサイドイベントとしてワークショップを2010年10月29日に主催し、プロジェクトの活動報告と日タイの研究機関と民間企業を講演者とした膜技術に関する講演会を行った [1-4]。

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

ERTCにてReal-time PCRを用いた病原微生物の分析実験演習と、ICP-MSによる重金属分析の研修を行った [1-1, 4-2]。1月に行ったチャオプラヤ川流域で採取した試料の重金属分析は、移転した技術を用いて、ERTCが分析を行った。得られたデータは本プロジェクトの研究データとして使用される。また、8月に水資源の有効利用に関する知識獲得のため、古米教授による講義と、沖縄の海水淡水化施設と地下ダムの視察を行った。[1-1]

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

日本側専門家とのコミュニケーションが順調に進展しており、会議やトレーニングへの参加を通じ、また日本への留学機会などの提供により、自らのスキルアップに積極的に取り組む姿勢が、スタッフの中に育っており、人材養成という観点からは、さらなる進展が期待できる。

機材導入に想定外の時間を要するという問題は、全てのアウトプットで共通する問題ではあるが、JICAの事業であるということを考慮するならば、ある程度覚悟して、その対策をとる必要がある。技術移転したReal-time PCRによる分析技術を用いて、Bang Pa-in 工業団地で採取した試料からの病原ウイルスを測定する予定であったが、ウイルス標準株の購入手続きが当初の想定より煩雑で時間がかかり、今年度中に終わることができなかった。購入手続きは終了し現在納品待ちである。来年度早い時期に分析が可能になると期待される。

(2)省エネルギー(あるいはエネルギー自立)分散型水再生利用のための新技術開発(東京大学・山本グループ)

①研究のねらい

省エネルギー分散型水再生利用のための新技術として、商業ビル廃水を対象とし、食品廃棄物の嫌気性消化を組み合わせたシステムの開発を行う。実廃水を用いたパイロット実験により、設計条件、処理効率、最適運転条件、省エネルギー効果および水再利用ポテンシャルを明らかにする。

②研究実施方法

東京都砂町水再生センター内に、傾斜板挿入無酸素槽を有する膜分離活性汚泥法(itMBR)のパイロットリアクターを設置し、熱帯の温度条件の下で長期運転を行う。リアクターの最適な運転条件について検討を行い、タイでの実装を想定したitMBRの設計や運転管理に関する知見を得る。また、プロジェクト専用実験・分析棟を建設し、形式のことなるitMBRリアクターの性能を比較評価する。

ここで得られる知見を生かしながら、嫌気-無酸素バイオフィーム固定膜分離活性汚泥法プロセスおよび

傾斜板付膜分離オキシデーションディッチ (OD-itMBR) プロセスのベンチスケール実験を行う。ベンチスケール実験は、半乾燥式嫌気性消化と湿潤式嫌気性消化を組み合わせ、処理汚泥と食品廃棄物を混合処理し、バイオガスを得られるシステムの最適運転条件を明らかにする。その結果を基に、同システムでのパイロットスケール実験を行い、性能を評価する。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

東京都砂町水再生センター内に設置している実験装置を使用して、傾斜板挿入無酸素槽(今後は、その役割を明確とするために「汚泥蓄積槽」と呼ぶ)と膜分離活性汚泥法を行う好気槽(今後、「汚泥生産槽」と呼ぶ)が分離されたケース、汚泥蓄積槽と汚泥生産槽が一体化されたケースについて、それぞれのリアクターの安定運転の実現を目指した運転を行った。

汚泥蓄積槽と生産槽が分離されたケースについては、運転開始から 140 日程度まで安定した運転を実現できた。また、下水流入水を、汚泥蓄積槽と生産槽のどちらに流入させるかについて比較検討を行い、処理水の水質には大きな違いが見られないものの、汚泥蓄積槽に下水を流入させる系の方がより高濃度な汚泥を回収できることが分かった。現時点でも高い下水処理性能と汚泥蓄積性能を示している本リアクターであるが、さらなる性能向上のためにリアクターの一部を改良し、次年度から長期運転を開始する予定である。

[2-2,2-6]

汚泥蓄積槽と生産槽が一体化されたケース(これを OD-itMBR システムと呼ぶ)については、まだ長期運転の安定性については検討できていないが、短期的な実験を繰り返すことにより、後述するチュラロンコン大学に設置されるベンチスケールリアクターの設計に有益な成果を得た。[2-2,2-6]

タイ国においては、嫌気性消化に関するラボスケール実験を完了した。嫌気-無酸素バイオフィーム固定膜分離活性汚泥法プロセスおよび傾斜板付膜分離オキシデーションディッチ (OD-itMBR) プロセスそれぞれのベンチスケールリアクターがチュラロンコン大学キャンパス内に設置された。国内での研究成果を踏まえて、リアクターの仕様を修正した。[2-2]

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

国内での研究成果にもとづいて、(OD-itMBR プロセスのベンチスケールリアクターのデザインに役立つ技術情報を提供し、リアクターに反映した。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

キャンパス排水処理のためのベンチスケールリアクターの納入が想定よりも遅く、実験開始が大幅に遅延したが、発想を変え、ベンチスケール実験といっても、キャンパス内の実排水処理のデモンストレーションプラントとして、パイロットスケール実験といっても良いものに仕上げた。1 月に納入完了し、リアクターは現在スタートアップ段階である。来年度中には運転開始し、データ収集が行える見込みである。チュラロンコン大学学長以下執行部も関心を示し、キャンパス内の植栽への散水など、再利用への期待は高まっている。この展開をさらに進めていきたい。

タイでの研究開発を促進するため、国内研究をプロジェクト申請時に計画していた「日本国内での流体力学シミュレーションモデルの開発」よりも現場の需要が大きかった(アウトプット3に共通)実験研究にシフトさせ、実際の設計に役立つ情報を得るため、汚泥管理方法の確立を中心にした実験による基礎情報収集を優先させた。タイ側とのシナジーを図るうえで、研究内容に関しては今後も柔軟に対応していく。なお、PO (Plan of Operation)に記載されているため、項目名の変更は最小限に抑えるつもりであるが、本年5月に予定されている JICA 中間評価に合わせて開催される JCC (Joint Coordination Committee) で、R/D (Record of Discussion) の軽微な変更として、国内研究の内容を反映させたい。

(3) 資源生産(あるいは地球温暖化ガス発生抑制)型水再生利用のための新技術開発(東京大学・山本グループ)

① 研究のねらい

地球温暖化ガス発生抑制型水再生利用プロセスとして、廃棄物処分場浸出水処理のための傾斜管付逆浸透膜分離活性汚泥(itMBR-RO)プロセスの開発を行う。実廃水を用いたパイロット実験により、設計条件、処理効率、最適運転条件、地球温暖化ガス削減効果および再生利用水の生物毒性を評価する。

資源生産型水再生利用プロセスとして、食品工場廃水を対象とした嫌気性膜分離光照射生物反応槽による水再生プロセスの開発を行う。実廃水を用いたパイロット実験により、設計条件、処理効率、最適運転条件、菌体生産効率および処理水の再生利用ポテンシャルを評価する。

② 研究実施方法

(2)と共通するが、東京都砂町水再生センター内に、傾斜板挿入無酸素槽を有する膜分離活性汚泥法(itMBR)のパイロットスケールのリアクターを設置し、熱帯の温度条件の下で長期運転を行う。リアクターの最適な運転条件について検討を行い、タイでの実装を想定した itMBR の設計や運転管理に関する知見を得る。また、プロジェクト専用実験・分析棟を建設し、形式のことなる itMBR リアクターの性能を比較評価する。

ここで得られる知見を生かしながら、地球温暖化ガス発生抑制型水再生利用プロセス開発では、廃棄物洗浄により得た新鮮な浸出水を安定化した浸出水と混合し傾斜管付逆浸透膜分離活性汚泥法プロセスにて処理を行う。まずラボスケールおよびベンチスケール実験により最適な運転条件を明らかにする。その結果を基に設計したパイロットプラントを廃棄物処分場に建設・運転し、プロセス性能の評価を行う。

資源生産型水再生利用プロセス開発では、対象となる食品工場を選定し、ラボスケールおよびベンチスケール実験により最適な運転条件を明らかにする。その結果を基に設計したパイロットプラントを食品工場に建設し太陽光下での運転とプロセス性能の評価を行う。

③ 当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

国内研究に関しては、(2)に記載した通りである。[3-1-1,3-2-1]

廃棄物処分場浸出水を対象とした逆浸透(RO)膜を用いた水再生利用プロセスの開発として、ノンタブリ県 Sai Noi 処分場におけるベンチスケール実験から、新鮮な浸出水と安定化した浸出水の混合比率などの知見を得た[3-2-1]。パイロットスケールリアクターの建設場所を Leam Chabang 処分場に決定し、ベンチスケール実験の結果も踏まえてパイロットスケールリアクターのデザインを決定した。現在、運転開始に向けたスタートアップを行っている[3-2-2]。

食品工業排水を対象とした資源回収型水再生利用プロセスの開発では、紅色非硫黄細菌によるバイオマス生産・水再生利用プロセスのラボスケール実験結果を取りまとめ、微生物相分析を行っている。ベンチスケールリアクターをキャンパス内ビル屋上に設置し、運転開始準備を行っている[3-1-2]。また、新形状のフォトバイオリアクターについて、ラボスケールリアクターを設計・作成し、現在運転開始のための微調整を行っている[3-1-1]。微細藻類濃縮培養による二酸化炭素固定・水再生利用プロセスでは、ラボスケールリアクターの設計・作成し、模擬下水処理水を対象とした連続処理実験を開始した[3-3-1]。

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

学生及び研究員が、Real-time PCR を用いた微生物分析研修に参加し、分析技術の移転を受けた。また、病原微生物実験室整備に関する情報提供を行った。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

資源生産型水再生利用プロセス開発において、研究ミーティング中に新形状のフォトバイリアクターが考案された。カセサート大学にて、新形状リアクターを用いて、水再利用とバイオマス生産性能を調べるためのラボスケール実験を行うこととなった。食品工場におけるパイロットプラントは、新形状リアクターの実験結果による知見の蓄積を待って設計を開始することとなった。

廃棄物処分場浸出水処理の itMBR-RO をコンテナ収納して可搬型デモンストレーションプラントとするアイデアは、当初計画にはなく、研究遂行の過程で生まれきた。そのコンパクト性から現地民間企業へのアピール度が上がることが期待され、廃棄物処分場浸出水の処理のみならず、新たな展開として、汎用型可搬型水再生利用装置としての利用拡大を図っていききたい。

(4) 地域水再利用のための効果的な管理・モニタリング手法の開発

本グループは6のサブグループにより構成される。まず、各サブグループ共通の事項のみを記述し、①～

⑤の詳細については、サブグループごとに記述する。

(4.0) サブグループ共通

①研究のねらい

各サブグループ記述を参照。

②研究実施方法

各サブグループ記述を参照。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

各サブグループ記述を参照。

(4.1) 水質情報プラットフォームの開発(東京大学・古米グループ)

①研究のねらい

水の利用目的に応じた水質情報を提供するためのプラットフォームを設計・開発し、現地での情報収集をもとにプラットフォームの整備を行う。

②研究実施方法

プロジェクトサイトの網羅的な水質情報を収集し、様々な水利用の実態を調べるとともに、雨水や地下水の定点観測情報を蓄積し、(4.2)で得た情報も加えて水質情報プラットフォームとして整備する。整備された水質情報、地質情報、水収支などをもとに地域水環境モデルを構築する。

なお、水利用において検討すべき水質汚染物質として一般水質項目に追加して医薬品類や重金属にも着目する。また、水道水以外の水源となりえる再生水、雨水、浅層地下水、運河・灌漑用水路水の水質との相対比較のための水質データの収集・蓄積を継続的に行う。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

- 水質情報プラットフォームの基準や参考値となる“ものさし”づくりのため、カウンターパート ERTC および地方環境部局と協力して、乾季におけるチャオプラヤ川流域の事前踏査(2010年11月頃)と一斉水質調査(2011年1月頃)を実施した。[4-3]
- 一般水質項目に加えて、医薬品類、重金属類の測定を進めている。すでに、一部分析結果が集計され

てきている。なお、重金属の形態別分析、医薬品の分析に関してはチュラロンコン大学の協力を得て実施した。[4-3]

- ・ 再生水利用を促進する地域の水収支解析やその地域水環境を考慮した水質情報プラットフォームのフレーム構築の手順を整理した。例えば、プラットフォーム構築の基盤となる水質データのスコア化、水利用に対するランキング化、代替水源のラベリング化など、タイにおける水質情報の整理手法の確立を進めた。[4-3]
- ・ 昨年度までに水質調査を実施した Nawanakorn 工業団地、Hua Hin 市、Bang Pa-in 工業団地やチャオプラヤ川下流対象地域における水質データを統合して、水再利用における水質情報の管理方法やモニタリング方法のあり方を検討した。[4-2,1-2,1-3]

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

- ・ カウンターパートに対して、水質調査方法やそのデータの統合的な整理方法、さらには水利用と関連づけた水質情報プラットフォームの構築方法やその手順を説明した。また、GISを利用した水質情報の提示方法の具体的検討を進めた。[4-2,4-3]
- ・ 重金属分析における酸分解前処理に続き、新規導入されたICP-MSによる分析手順や維持管理方法の情報提供を行った。また、チャオプラヤ川の全国一斉採水調査において、河川水の医薬品類の固相抽出法の手順の監督指導を行った。[4-2]

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

- ・ チャオプラヤ川の全国一斉採水調査実施を通じて、地方の環境部局とERTCとの人事交流や水質調査方法、水環境調査に関する交流ワークショップを、資源環境局における総会の機会に開催することで情報共有する構想が生まれつつある。

(4.2) 再利用水の健康リスク評価モデルの開発(東京大学・渡辺知保グループ)

①研究のねらい

本サブグループは、水再利用技術の導入によって再利用水が地域社会に利用された場合に、寄与し得る健康と生態系への影響について探索し、対象となる地域住民の水の利用状況の現状について調査し、生体試料分析と合わせて水利用に関連した健康リスクを評価することを目的としている。

②研究実施方法

水再利用技術の導入によるヒトの健康と生態系への影響評価にあたり、Bang Pa-in Industrial Estate に隣接する Khlong Jik の居住地区を調査対象地域として選定した。2010年11月、ERTC とマヒドン大学公衆衛生学部 Kraichat Tantrakarnapa 教授らのグループと共同で現地調査を実施した。当該地域の8集落の各代表者と調査目的と手順について協議した後、住人の水利用状況、水質・再利用水の導入などに関する意識をインタビューにより調査した。インタビューの質問項目は、output 4 の立命館グループが用いたものをベースに、健康等に関する質問項目を加えて作成した。調査実施にあたり、対象者からは書面による同意(informed consent)を得ている。2011年2月に同地域を再び訪問し、対象とする8集落各10世帯から飲用・調理に用いる水試料190サンプルを採取し、水質分析を実施した。この中で ERTC において稼働した ICP-MS を用い、ERTC と共同で汚染金属などの定量も行なった。これらの結果に基づき、水源、居住地域、利用者による水利用の特徴を検討した。[4-4]

国内では、モニタリングすべき生体内物質を探索するための予備検討を継続した。国内外のフィールドで採取された尿試料と血液試料の生体試料を用い、ICP-MS による生体必須微量元素・重金属の定量を実施

した。尿中ヒ素、血中鉛、セレンなどを定量分析し、ヒ素に続いてセレンの形態別分析を試みている。また生体内で誘発される酸化ストレスの指標となる尿中 8-OHdG および F2 α -isoprostane、さらには鉛曝露の影響指標であるアミノレブリン酸の定量を行ない、フィールドサンプルにおける影響指標としての有効性について検討した。[4-4]

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

本グループは、再利用水の導入が行なわれる際に行なうべきモニタリングのあり方を、健康リスクの観点から検討することを目的としている。上水道がほぼ完備され、その水質管理も厳しく行なわれているような我が国と比較した場合、対象とするタイのバンコク近郊地域の水利用実態は、飲料水の水源だけをとりても、水源の異なる上水道、地下水、天水、ボトル詰めの“ミネラル・ウォーター”と種類に富んでいる。また、当地は新しい工業団地を擁し、そこに通勤する工場労働者も多い一方、もともと水路に富む一帯であることから、伝統的な水利用の形態も残っていることがうかがわれた。モニタリングに際しては、こうした住民と水との接点を明らかにし、水を巡る住民の行動と意識を把握しておく必要がある。今年度実施した調査はその実態を数値化し、後に述べるように、水利用の多様性を明らかにすることによって、次年度の生体試料サンプリングのデザインにも有用な情報をもたらしたと考える。

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

タイ側(ERTC)に導入されたICP-MSを利用して、実際に Khlong Jik の調査対象世帯より採集した飲料水中の痕跡元素分析を ERTC の研究者等と共に実施した。また、生体試料の前処理装置(マイクロウェーブ分解装置)を購入予定であり、ERTC ではすでにデモ機を入手して試用中であった。導入されれば、必要に応じて分解条件の検討など共同で行なうことを検討している。ヒトから得られる試料以外にも、食物・動植物・土壌など対象とできる環境試料も多く、汎用の機種となることが期待される。[4-2]

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

本グループの調査で生体試料を収集する予定であるため、その研究計画についてタイのマヒドン大学で倫理審査の手続きを進めている。当初は1ヶ月程度で承認が降りる予定であったが、倫理委員会での審査を待つ案件が多数のため、本研究は未だ審査に至っていない。このため、生体試料採取と分析を含む調査が計画通りに進んでいない。マヒドンの共同研究者によると4月後半には倫理承認が出ると予想される。

(4.3) 再利用水の健康リスク評価モデルの開発(東北大学・大村グループ)

①研究のねらい

熱帯地域における水再利用システムを、病原微生物によるヒトへの健康リスクの観点から評価する。具体的には、まず対象とする水試料の特性を考慮した微生物モニタリング手法を確立し、継続的にモニタリングを実施する。次に、得た測定データおよび再利用水を含んだ水循環システムに関する情報を統合し、地域住民への健康リスクを評価する。そして水再利用システムによる健康リスク低減効果を算出し、熱帯地域において分散型水再利用システムを導入することの効果の評価する。

②研究実施方法

Bang Pa-in 工業団地およびその周辺の水試料を定期的に採取し、一般水質項目および糞便汚染指標微生物を測定する。また、ERTC における病原微生物のモニタリング(平成 23 年 1 月開始)に備え、ERTC に病原微生物実験室(Biosafety level 2 相当)を設置し、調査に必要な装置を導入する。現地で流行している感染症を考慮しながら測定対象とする病原微生物を選定し、それぞれの病原微生物の測定方法の選定、ERTC でのモニタリング体制の整備を行う。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

本項目はおおよそ計画通りに進捗している。以下に概略を示す。

Bang Pa-in 工業団地において定期的な(月1回)試料採取を継続して行い、各種水質指標の測定を行った。また2010年9月にERTCに微生物実験室を設置し、病原微生物測定機器を導入した。それにあわせ、9月～11月に機器の使用方法や水試料の前処理方法についてのトレーニングを行った。微生物整備が完了した2011年1月より、Bang Pa-In 工業団地にて病原微生物測定用の試料採取を開始した。[4-2,4-8]

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

水試料からの病原微生物測定技術の移転を目的に、ERTC 職員に対して大腸菌ファージの培養方法(平成22年9月24～29日)、定量PCR法による微生物遺伝子の定量技術(平成22年9月29日～10月1日)、水試料中のウイルス濃縮技術(11月2～4日)についてのトレーニングを行った。[4-2]

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

特になし。

(4.4) 再利用水の健康リスク評価モデルの開発(山形大学・渡部グループ)

①研究のねらい

熱帯地域における水再利用システムを、病原微生物によるヒトへの健康リスクの観点から評価する。具体的には、まず対象とする水試料の特性を考慮した微生物モニタリング手法を確立し、継続的にモニタリングを実施する。次に、得た測定データおよび再利用水を含んだ水循環システムに関する情報を統合し、地域住民への健康リスクを評価する。そして水再利用システムによる健康リスク低減効果を算出し、熱帯地域において分散型水再利用システムを導入することの効果の評価する。

②研究実施方法

平成22年度は、東北大学グループと共同で、調査対象地域において定期的に水試料を採取し、有害物質のモニタリングを継続して行う。再利用水の病原微生物とその他の有害物質の複合汚染によるリスク評価について、新たな評価手法の開発を始める。ERTC スタッフに対しては、健康リスクの定量的評価手法に関するトレーニングを行う。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

本項目はおおよそ計画通りに進捗している。以下に概略を示す。

Bang Pa-in 工業団地における定期水質調査については、東北大学グループと同様である。さらに、下水処理水の農業利用の可能性を検討するために、Buriram 県の下水処理場における水質調査を開始し、また、下水処理水をさらに浄化するために砂ろ過と塩素消毒からなる処理システムの設計を行った。次年度より、このシステムを運転し、処理水の灌漑による農作物の栽培を試みる。[4-5,4-8,1-3,1-4]

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

2010年12月に、ERTC職員に対して、「Introduction to Quantitative Microbial Risk Assessment」と題したレクチャーを行い、定量的な微生物リスク評価に関する基礎を、他の健康リスクの評価も含めて紹介した。それとは別の機会に、健康リスク評価を担当する職員だけに、より詳しいレクチャーを行い、リスク評価の背景や概念について理解を深めた。次年度以降、実際の測定データを使用しながら、リスク評価手法に関する技術移転を進めていく。[4-2]

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

特になし。

(4.5) 分散型水循環システムの評価と構築 (立命館大学・中島グループ)

① 研究のねらい

バンコク郊外の新興工業地域においては、農村から工場地域への開発とその労働者など居住者用のアパート等の建設が盛んで、今後も急激に人口増加がすすむものと思われる。人口増に伴う当該地域における将来の水需要増加は必至で、それに対して水再生再利用など分散型水循環システムの導入による水道水量の節減は有効な施策となろう。

今日、居住者のトイレ排水および生活雑排水(greywater)は、雨水溝を通過して canal に放流され、canal 水の灌漑利用に影響を及ぼしている。トイレ排水については、cesspool や septic tank の使用と汚泥収集・中間処理・埋め立てのシステムが構築されているものの、処理性能等には課題が多い。また、greywater については未処理で放流されている。これらの流入によって、canal 水の再利用が困難となり、さらに今後も悪化をすることが明らかである。したがって、地域での再利用が可能なレベルにまで canal 水質を改善することも必要で、そのためのトイレ排水および greywater 対策も肝要である。

これらの目的のためには、まず当該地域の水利用の概況を知る必要がある。そこで、モデル地域である Khlong Luang および Khlong Jik において、生活用水の利用と排出の概況の把握をすすめるための生活排水実態調査として、アンケート調査および一部家庭の排水水質調査を行い、C/P への技術移転も含めながら検討することによって、当該地域の分散型水循環システムの評価と構築をすすめるものである

② 研究実施方法

2010 年 9 月に、モデル地域の Khlong Luang (Pathumthani) および Khlong Jik (Ayutthaya) において、その居住者に対して、アンケート調査(対象 400 家庭)および一部家庭の排水水質調査(対象 30 家庭)を行った。本調査は、ERTC および AIT と共同しながら、両地域の Municipality office の協力を得て実施した。その結果について、General properties、Water use、Detergent use、Water reuse、Water quality の観点で取りまとめた。

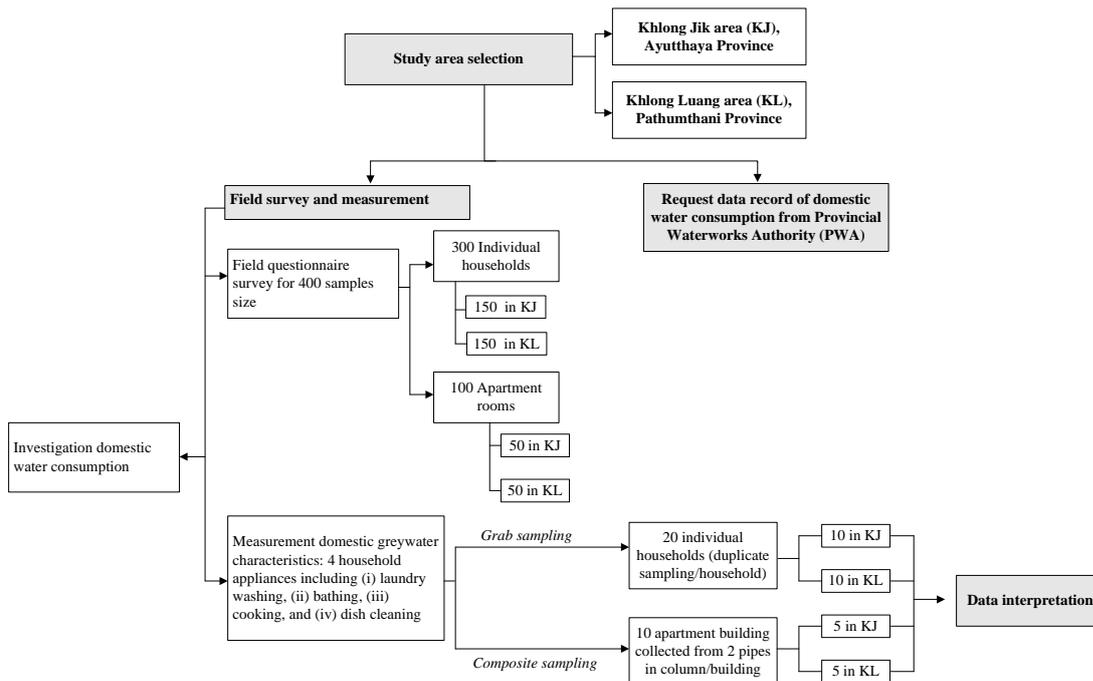


図 2.1 Khlong Luang および Khlong Jik における生活排水実態調査のフレーム

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

モデル地域における生活排水実態調査については、予定通り実施することができた。これまでに得られた調査結果から、分散型水循環システムを検討し、その適用可能性を試験する段階に進捗している。さらに、その結果をもとにした生活排水の処理実験については、実験対象の選定と、実験装置の設計が終わった段階にあり、今後、早急に実験装置の設置がすすめられる予定である。[4-6]

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

2010年9月の生活排水実態調査において、ERTC 研究員と共同したアンケート調査、排水採取、試料水分析を行うことにより、C/P への技術移転をすすめることができた。また、本調査に先立つ、予備調査(2010年3月)および調査計画の検討(2010年7月)においても、ERTC 研究員と共同作業および十分な討論をすすめることにより、当該調査に対する情報を共有した。[4-2]

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)特になし。

(4.6) 分散型水循環システムの評価と構築(早稲田大学・榊原グループ)

①研究のねらい

分散型水循環システムの現状について現地調査を行うとともに、環境ホルモン等の微量有害物質を含めて、湿地、ポンドあるいは運河の水質浄化性能に関する検討、評価を行う。得られた結果から、プロジェクトサイトならびに都市郊外の分散型水循環システムを構築するための基礎資料を得る。

②研究実施方法

タイ国内のポンド、湿地等の現状について調査する。プロジェクトサイトにおける水量、水質調査より、ポンド、湿地、運河の浄化能力に関する基礎資料を得る。また、農業用水、産業用水、洗浄水等に処理水を再利用する場合の水質条件について検討し、ポンド、湿地等の有効性並びに問題点を明らかにする。得られた知見は、プロジェクトサイトにフィードバックさせ、その改善効果について検討する。浄化能力の評価、具体的な改善方法等については、湿地およびポンドの小規模実験施設における生活排水を対象とした処理実験を行うことで詳細に検討する。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

タイ国内におけるポンド、湿地等の稼働状況、浄化能力、水再利用の現状について、アンケート調査を実施した。その結果、下水処理場の約7割以上がポンド(酸化池、安定化池)および一部人工湿地を二次処理プロセスとして採用し、6割以上の施設で農業用水、洗浄用水、養殖用水、灌漑用水として再利用していることがわかった。この結果に基づいて、タイ国内のポンドあるいは人工湿地を有する6カ所の処理施設の現地調査を実施し、流入排水、施設中間位置、および処理水に対する一般的水質項目および11種類の主要環境ホルモンと医薬品の分析を行った。[4-6]

また、環境ホルモンの浄化に関わる主要な酵素について解析し、植物内の過酸化酵素とペロオキシダーゼによる浄化メカニズムを明らかにした。さらに、この結果から、植物体内の過酸化水素を利用した生物学的バイオフェントン法の発想に至り、その有効性について検討を行った。一方、ERTC 内に建設するパイロット浄化施設(ポンドおよび人工湿地)の設計が終了した。また、タイ国内に生息する水生植物の過酸化水素濃度およびペロオキシダーゼ活性が測定され、供試植物に関する基礎資料が得られた。[4-7,1-2]

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

植物内の酵素活性および過酸化水素の測定技術を相手国カウンターパートに提供した。当該技術により、熱帯域に生息する植物の PO 活性および H_2O_2 濃度が測定され、湿地やポンドに適用可能な有用植物に関する資料が得られている。[4-2]

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)特になし。

3. 成果発表等

(1) 原著論文発表

- ① 本年度発表総数(国内 2 件、国際 7 件):
- ② 本プロジェクト期間累積件数(国内 2 件、海外 7 件)
- ③ 論文詳細情報

C. Chiemchaisri, W. Chiemchaisri, P. Nindee, C.Y. Chang and Kazuo Yamamoto et al. Treatment performance and microbial characteristics in two-stage membrane bioreactor applied to partially stabilized leachate. *Water Science and Technology*, accepted

S. Theepharaksapan, C. Chiemchaisri, W. Chiemchaisri, P. Nindee, C.Y. Chang and K. Yamamoto. Removal of pollutants and reduction of bio-toxicity in a full scale chemical coagulation and reverse osmosis leachate treatment system. *Bioresource Technology*, 102, 5381-5388, 2011

Y. Sakakibara, A. R. Ruis, K. Tabei, K. Kyuma, and Y. Inagaki: Treatments of Trace Phenolic Endocrine Disrupting Chemicals by Aquatic plants, IWA SSS 4 WATER (accepted)

本多 了, 福士謙介 (2011) 下水処理場の敷地を利用した太陽光発電・小型風力発電導入によるエネルギー創出ポテンシャル. 土木学会論文集 G (印刷中)

P. Nindee, C. Chiemchaisri, W. Chiemchaisri and K. Yamamoto. Treatment of partially stabilized leachate in two-stage membrane bioreactor. *Thai Environmental Engineering Journal*, 24(1), 67-76, 2010

Yuji Hara, Ai Hiramatsu, Ryo Honda, Makiko Sekiyama, Hirotaka Matsuda (2010) Mixed land-use planning on the periphery of large Asian cities: the case of Nonthaburi Province, Thailand. *Sustain. Sci.* 5(2), 237-248

R. Honda, Y. Hara, M. Sekiyama and A. Hiramatsu (2010) Impacts of housing development on nutrients flow along canals in a peri-urban area of Bangkok, Thailand. *Water Sci. Technol.* 61(4), 1073-1080.

Y. Sakakibara, T. Kounoike and H. Kashimura: Enhanced treatment of endocrine disrupting

chemicals by a granular bed electrochemical reactor, *Water Science and Technology*, **62**(10), 2218-2224 (2010)

榊原 豊、中井 壮洋、森本 紗代、Andre Rodrigues dos REIS:藻類付着生物膜のエストロゲン(E2)浄化能力に関する基礎的研究、環境工学研究論文集, **47**, 691-697 (2010)

(2) 特許出願

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

4. プロジェクト実施体制

(1) 熱帯地域における水再利用技術の開発・普及促進に係わる枠組み作り

① 研究者グループリーダー名: 山本 和夫 (東京大学・教授)

② 研究項目

Output 1

- ・水再利用技術に関する研究開発センターの設置
- ・水再利用技術データベースの構築
- ・水再利用に関するガイドラインの策定
- ・水再利用技術および本プロジェクトに関する情報発信および広報活動

Output 4

- ・水再利用導入にともなう経済的評価に関する研究

(2) 省エネルギー(あるいはエネルギー自立)分散型水再生利用のための新技術開発

① 研究者グループリーダー名: 山本 和夫 (東京大学・教授)

② 研究項目

Output 2

- ・研究計画および実験準備
 - ・ベンチスケールおよびパイロットスケール実験
 - ・長期運転における制御の最適化および維持管理方法の確立
 - ・リン回収新技術に関する研究
 - ・性能評価のための流体力学シミュレーションモデルの開発 『国内のみ』
- >>「性能評価のためのパイロット試験研究開発(流体力学的シミュレーションモデルを含む)」に変更予定

(3) 資源生産(あるいは地球温暖化ガス発生抑制)型水再生利用のための新技術開発

① 研究者グループリーダー名: 山本 和夫 (東京大学・教授)

② 研究項目

Output 3

- ・MF 膜を用いた嫌気性光照射生物反応槽プロセスの開発

- 最適制御条件、光合成細菌増殖、膜分離の効果およびバイオマス生産効率の検証のためのラボスケールおよびベンチスケール実験
- 食品工場廃水を対象とした膜分離光照射生物反応槽のパイロットプラントの建設と運転
- プロセス性能の最適化と評価
- ・廃棄物処分場浸出水処理のための傾斜管付逆浸透膜分離活性汚泥法プロセスの開発
 - 有機物洗浄、膜分離活性汚泥法リアクターの運転と逆浸透膜の性能評価と最適化のためのラボスケール実験
 - 廃棄物処分場におけるパイロットプラントの建設と運転
 - プロセス性能の最適化と評価
 - 食品工業廃水を対象としたエネルギー回収システムの開発

(4) 地域水再利用のための効果的な管理・モニタリング手法の開発

本グループは6つのサブグループにより構成される。

(4.1) 水質情報プラットフォームの開発

①研究者グループリーダー名： 古米 弘明（東京大学・教授）

②研究項目

Output 4

- ・対象地域における既存のデータおよび情報の解析
- ・水質情報プラットフォームの開発

(4.2) 再利用水の健康リスク評価モデルの開発（東京大学・渡辺グループ）

①研究者グループリーダー名： 渡辺 知保（東京大学・教授）

②研究項目

Output 4

- ・対象地域における既存のデータおよび情報の解析
- ・水質に伴う健康リスク評価に関する研究

(4.3) 再利用水の健康リスク評価モデルの開発（東北大学・大村グループ）

①研究者グループリーダー名： 大村 達夫（東北大学・教授）

②研究項目

Output 4

- ・対象地域における既存のデータおよび情報の解析
- ・水質モニタリングに必要な機材の導入
- ・水質に伴う健康リスク評価に関する研究
- ・再利用水のリスク評価モデルの開発 『国内のみ』

(4.4) 再利用水の健康リスク評価モデルの開発（山形大学・渡部グループ）

①研究者グループリーダー名： 渡部 徹（山形大学・准教授）

②研究項目

Output 4

- ・対象地域における既存のデータおよび情報の解析
- ・水質に伴う健康リスク評価に関する研究
- ・再利用水のリスク評価モデルの開発

(4.5) 分散型水循環システムの評価と構築(立命館大学・中島グループ)

- ①研究者グループリーダー名: 中島 淳 (立命館大学・教授)
- ②研究項目

Output 4

- ・対象地域における最適な水再利用システムの構築

(4.6) 分散型水循環システムの評価と構築(早稲田大学・榊原グループ)

- ①研究者グループリーダー名: 榊原 豊 (早稲田大学・教授)
- ②研究項目

Output 4

- ・対象地域における最適な水再利用システムの構築
- ・水再利用システムの導入と運転

以上