

地球規模課題対応国際科学技術協力 (SATREPS)  
環境・エネルギー分野「地球規模課題の解決に資  
する研究」領域

「熱帯地域に適した水再利用技術の開発」

(相手国:タイ王国)

終了報告書

期間 平成 20 年 10 月～平成 25 年 9 月

代表者:山本和夫

(東京大学環境安全研究センター、  
教授)

## §1 プロジェクト実施の概要

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した。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(水再利用センターという名称で既に設立済み)、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、プロジェクトを進めた。

- (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)内の組織として設立した水再利用センターの活動の一環として、水再利用ガイドラインの策定に向けたロードマップを作成した。また、ワークショップの開催や様々なイベント等におけるプロジェクトセッションの企画等を通じ、水再利用に関する普及活動を推進した。(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やラボスケールのリアクターを設置し、実際に運転を行い、運転性能や維持管理に関わる種々のデータを収集、蓄積した。チュラロンコン大学にパイロットリアクター(傾斜管挿入無酸素槽を有する膜分離活性汚泥法;itMBR)を設置し、キャンパスビル廃水を対象とし、食品残渣との混合による汚泥の嫌気性消化と組み合わせた連続運転を行い、運転条件の最適化や処理性能について評価し、コスト競争力のある省エネルギー型のコンパクトな処理システムとしての有効性を実証した。ラムチャバン廃棄物処分場にはコンテナ型 itMBR-RO システムを設置し、都市ごみからの浸出水を処理対象とした連続運転を行い、安定した高い処理性能を有することとともに、RO 水の再利用とともに RO ブラインもエネルギープラント栽培に有効に利用できることを示した。また、食品工場廃水を対象とした光合成フォトリアクターについて、ベンチトップリアクターの運転を通して、光源の違いによる影響など運転条件の最適化を進めるとともに、高い汚濁負荷除去率とバイオマス生産能が得られることを示した。これらをサポートする形で、国内ではベンチスケール実験を実施し itMBR の基礎特性を明らかにした。(4)においては、分散型水循環システムの評価と構築および水再利用におけるリスク評価のため、水試料・生体試料のサンプリング・分析を通して水質とリスクに関する情報を収集し、それらを分かりやすくユーザーに伝えるための水質情報プラットフォームを整備した。また、分散型水循環・再利用のための研究開発およびパイロット装置の導入を進めた。プリラム市では、本プロジェクトのもと下水処理水の農業用再利用のためのパイロットプラントを建設し、実証試験を継続的に実施している。また、生活雑排水の再利用に対する受容意識が比較的高いというアンケート調査結果を受け、軍キャンプに雑排水再利用パイロット装置を設置し、生活雑排水再利用システムの導入可能性を評価した。さらに、タイに適した医薬品・生活日用品由来の化学物質や環境ホルモンの浄化技術について、ERTC 敷地内に人工湿地を建設し、現地の熱帯植物を用いた水質浄化技術の開発を進めた。

平成23年度中に発生した大規模な洪水の影響により、(1)～(4)のすべての活動が当初の計画よりも遅延した。特に、(4)への影響は深刻であり、上記プロジェクト成果目標を達成するために、研究期間の半年間延長が決定された。一方、(4)に関連して緊急洪水水質調査を実施し、大規模洪水時に汚水の適切な管理を行うことが水系感染症の防止に有効であることを示した。これは、本プロジェクトの社会貢献となる成果の一つである。相手国研究者による早期復旧の努力もあり、洪水の影響は限定的にとどめることができた。また、2011 年の中間評価でのプロジェクトへの提言を受け、カウンターパートとの議論を通して、プロジェクト上位目標を明確化・共有化し、進捗管理のための具体的なインディケーターの設定を行った。このような経緯を経て、プロジェクトも最終年度に入り、水再利用センターが設立され、各種開発を進めてきたパイロット装置においても長期データが蓄積されてきており、プロジェクト終了時の成果が着実にまとまりつつある。プロジェクト達成成果の具体については次項に記すが、得られた成果を総括すると以下ようになる。

熱帯地域に適した水再利用技術の開発という主課題については、大いに成功したと言える。日本の優秀な技術の単なる技術移転ではないという当初からの主張は貫徹できた。膜技術という日本が優位に立つ技術をベースにした現地の状況に適した新技術開発は、チュラロンコン大学、カセサート大学とともに、十分な成果が挙げられた。また、熱帯地域に適した多様な技術の開発という点も重視しており、これまでは従来型の下水処理として低コスト技術であった人工湿地を、低コストのまま先進諸国も苦労している PPCPs(医薬品・生活日用品由来の化学物質等)を対象とした高度処理技術に変貌させた。また現地の水生植物を選定して開発できたことも大きな成果の一つである。これらは、JSTの上位目標である、熱帯地域の水資源不足の解消と安全な水の確保に貢献するものである。既に、プロジェクト終了までには現地民間企業や官公庁担当者を対象とした技術の普及のためのセミナーを、カウンターパートを中心にして3回実施する予定である。また、水質情報プラットフォームについては、カウンターパート自身の意欲的情報発信により、天然資源環境省全体での取り組みになりつつある。このように本研究成果の実用化・普及への道筋は明らかになっており、今後も、本研究成果の技術がタイ周辺国、民間企業等に認められるよう、継続的な努力を行っていく。

如上の研究開発ノウハウを身に着けた人材を養成できたことも大きな社会貢献である。研究開発成果には水質情報プラットフォームの作成、水再利用センターのホームページを利用した活動等、ソフト面での成果も挙げられるが、それらの成果を自家薬籠中のものとする技術と管理ノウハウを統合的に捉えることのできる人材は貴重である。タイ側カウンターパートから見れば、それは日本政府の援助による成果であり、日本としての科学技術外交の成果でもある。水再利用センターとして、JICAが第三国研修としても利用できるような、東南アジアの中心となる水再利用センターが構想されているが、膜に偏ったシンガポールのそれとは異なる、特徴ある水再利用センターとなることが期待される。

本研究成果の学術面での成果は、学術論文 29 報(和文 9 報、英文 22 報、内16報がカウンターパート筆頭著者論文)、国際会議招待講演 5 件、国際会議口頭発表 62 件、国内会議口頭発表 26 件、特許申請 2 件、受賞 6 件に結びつき、当該分野における科学技術の振興に貢献した。

世界に活躍できる日本人材の育成については、プロジェクトで雇用した若手の特任准教授(他大学准教授として承継ポストを得る)、特任助教(他大学助教として新たな活躍の場が提供される)、特任研究員(科研費を獲得する)が、それぞれで活躍の場を広げてきており、本プロジェクトは、カウンターパートの人材育成だけでなく、特に若手の日本人材の育成に貢献した。

以上要するに、本プロジェクトだけのことではないSATREPSプロジェクトの特徴であるが、JSTとJICAが共同して国際研究プロジェクトを実施することにより、単なる研究開発だけではなく、人材育成や国際協力を推進することが可能となり、日本の科学技術外交を展開するうえで、非常に有効かつ効率的なプロジェクト枠組みであったと言える。本プロジェクトも例外でない。

## § 2. プロジェクト構想(および構想計画に対する達成状況)

### (1) 当初のプロジェクト構想

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ことを上位目標とし、熱帯地域に適した水再利用技術の研究開発、ODA事業として本研究開発成果の社会実装に向けた熱帯水再利用技術研究開発センターの設立、およびタイ側共同研究機関の研究開発能力を強化し、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を構築することをプロジェクト目標としている。

前述したように、本プロジェクトでは下記4つ研究題目を設定し、プロジェクトを推進した。

- (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

(1)は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った。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センターを組織する。達成成果として、タイ王国環境研究研修センター(ERTC)に水再利用センターを設立した。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を完成させ、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クを主体的に行うことなどを想定している。これらにより、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研修を実施し人材養成を行う。

(2)では、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した。

(3)では、2つのプロセスの開発を行う。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った。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した。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した。

(4)では、水質情報プラットフォームの開発、再利用水の健康リスク評価モデルの開発、および分散型水循環システムの評価と構築を目指し、複数のサブグループにより研究開発を推進した。水質情報プラットフォームの開発では、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、水の利用目的に応じた水質情報を分かりやすく提供するためのプラットフォームを整備した。再利用水の健康リスク評価モデルの開発では、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、対象となる地域住人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した。分散型水循環システムの評価と構築では、バンコク都周辺に対象地域を設定し、当該地域における水利用や水質の概況を調査した上で、当該地域に適した水循環システムの評価と構築を進めた。

### (2) 新たに追加・修正など変更したプロジェクト構想

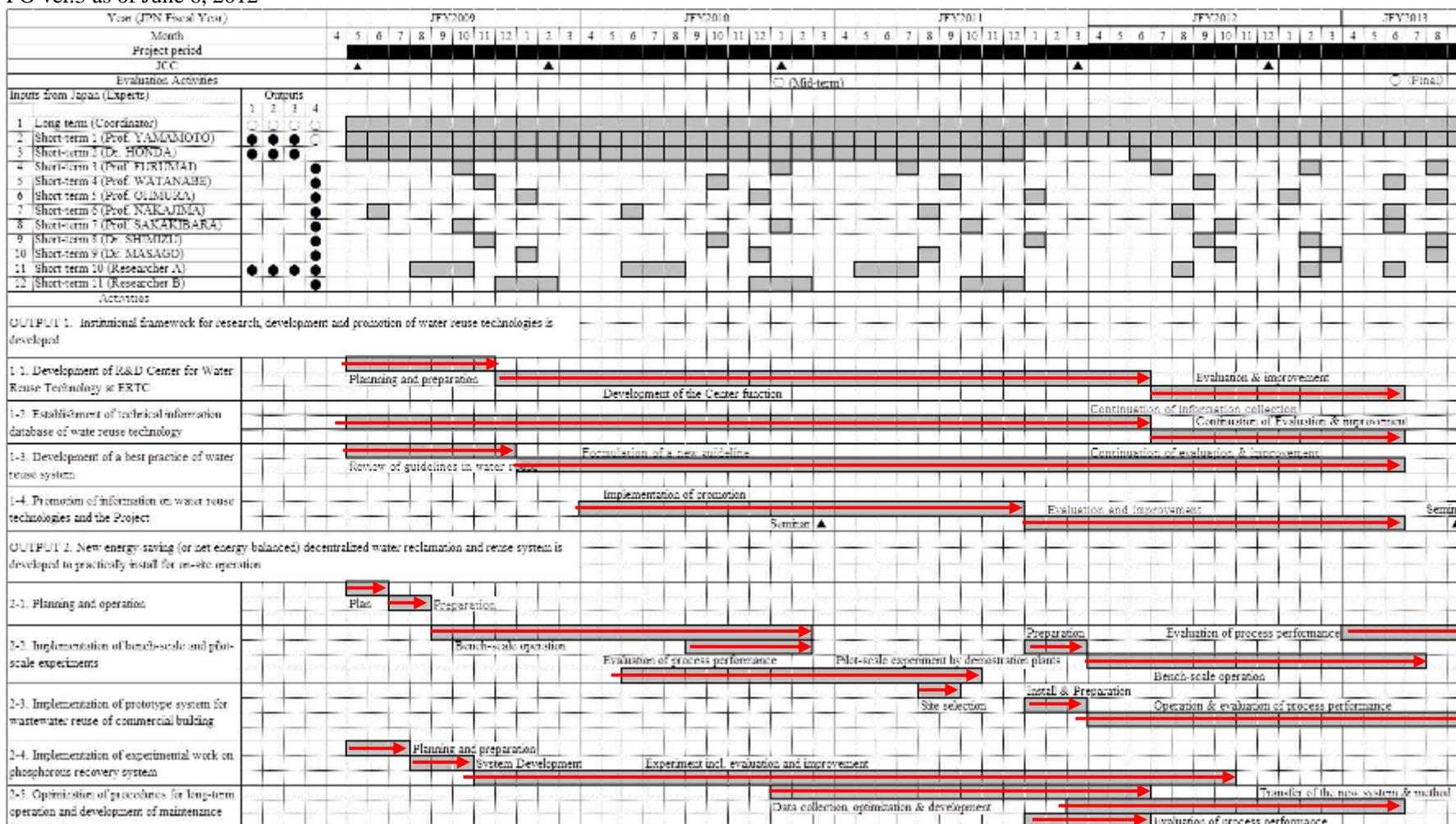
2011年に発生したタイ大規模洪水により、当初の計画に大きな遅延が生じた。これを受け、プロジェクト期間を半年間延長することとなった。この点を除き、おおむね当初の計

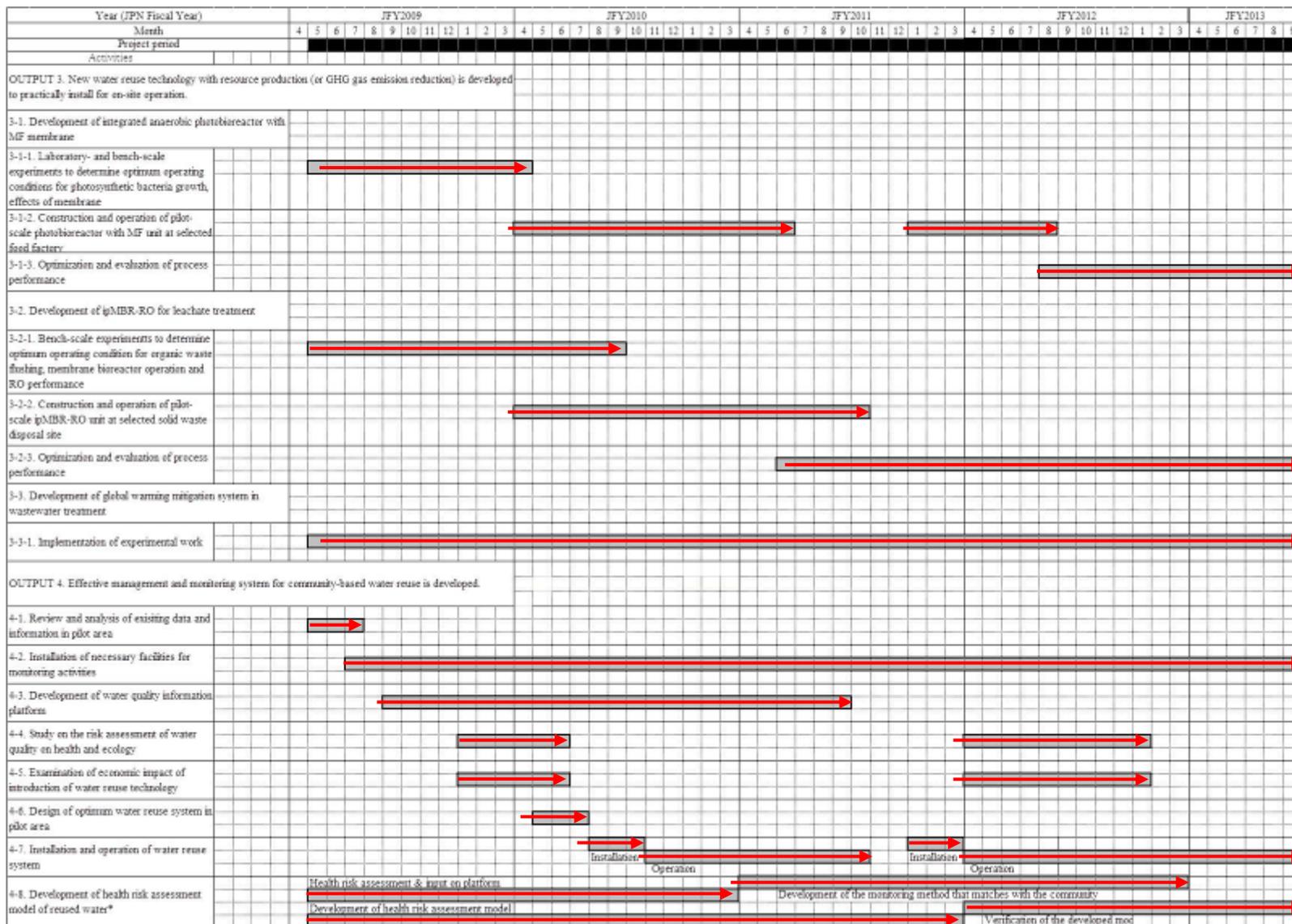
画通り粛々とプロジェクトを推進した。

(3)活動実施スケジュール(実績)

(Plan of Operation に実績のバーチャートを線引きしたもの)

PO ver.3 as of June 6, 2012





### §3 プロジェクト実施体制

#### 3.1. 実施体制

※注意 下表における「種別」欄の○印等は、各々、以下の通り。

○：研究代表者又は主たる共同研究者

\*：SATREPS 研究費(委託費も含む)により人件費を支出した者

#### (1)グループ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研究参加者

##### 【日本側】

種別	氏名	所属	役職	参加期間
○	山本 和夫	東京大学環境安全研究センター	教授	2008.10.1～2013.9.30
	渡部 徹	山形大学農学部食料生命環境学 科	准教授	2009.4.1～2010.9.30
	本多 了	金沢大学理工研究域サステナブルエネ ルギー研究センター	助教	2009.6.1～2013.9.30
	植村 忠廣	東レ株式会社	理事	2010.10.1～2010.10.30
	糸永(長坂)貴範	三菱レイヨン株式会社豊橋技術研究 所	副主任研 究員	2010.10.1～2010.10.30

##### 【相手国側】

種別	氏名	所属	役職	参加期間
○	Mr. Mesak Milintawisamai	ERTC	Chief	2008.10.1～2013.9.30
	Dr. Variga Sawaittayotin	ERTC		2008.10.1～2013.9.30
	Mr. Panja Yaithavorn	ERTC		2008.10.1～2013.9.30
	Ms. Suda Ittisupornrat	ERTC		2008.10.1～2010.9.30
	Mr. Chatchai Thopanya	ERTC	Engineer	2008.10.1～2013.9.30
	Mr. Sutiab Srilachai	ERTC	Researcher	2009.12.1～2013.9.30
	Ms. Jittima Jarudecha	ERTC	Researcher	2009.5.1～2013.9.30
	Mr. Nachai Chaipongnaras	ERTC	Assistant Researcher	2009.12.1～2013.9.30

## ②研究項目

・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)グループ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研究参加者

## 【日本側】

種別	氏名	所属	役職	参加期間
○	山本 和夫	東京大学環境安全研究センター	教授	2009.4.1～2013.9.30
	渡部 徹	山形大学農学部食料生命環境学 科	准教授	2009.4.1～2010.9.30
	本多 了	金沢大学理工研究域サステナブルエネ ルギー研究センター	助教	2009.6.1～2013.9.30
	Fontanos Psyche Magistrado	東京大学環境安全研究センター	特任研究 員	2009.4.1～2009.6.30
	飛野 智宏	東京大学	特任研究 員	2011.4.1～2013.9.30
	Allan Sriratana Tabucanon	東京大学環境安全研究センター	研究補助 員・外国 人協力研 究員	2012.5.1～2012.9.30
	陳 錦仙	東京大学大学院工学系研究科都 市工学専攻	特任研究 員	2009.4.1～2013.9.30
	輪島 秀太	東京大学大学院工学系研究科都 市工学専攻	研究補助 員・M3	2010.7.1～2012.9.30
	小林 拓之	東京大学大学院工学系研究科都 市工学専攻	研究補助 員・M2	2011.4.1～2013.9.30

## 【相手国側】

種別	氏名	所属	役職	参加期間
○	Dr.Chavalit Ratanatamskul	チュラロンコン大学	准教授	2008.10.1～2013.9.30
	Dr.Nalinrat Masomboon	チュラロンコン大学		2008.10.1～2013.9.30
	Ms.Jantawan	チュラロンコン大学	研究補助	2008.10.1～2013.9.30

	Tanjareon			
	Dr. Variga Sawaittayotin	ERTC		2008.10.1～2013.9.30

## ② 研究項目

・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。

## (3) グループ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 研究参加者

## 【日本側】

種別	氏名	所属	役職	参加期間
○	山本 和夫	東京大学環境安全研究センター	教授	2009.4.1～2013.9.30
	渡部 徹	山形大学農学部食料生命環境学 科	准教授	2009.4.1～2010.9.30
	本多 了	金沢大学理工研究域サステナブルエネ ルギー研究センター	助教	2009.6.1～2013.9.30
	Fontanos Psyche Magistrado	東京大学環境安全研究センター	特任研究 員	2009.4.1～2009.6.30
	飛野 智宏	東京大学	特任研究 員	2011.4.1～2013.9.30
	西島 亜佐子	東京大学	特任研究 員	2011.4.1～2011.9.30
	Allan Sriratana Tabucanon	東京大学環境安全研究センター	研究補助 員・外国 人協力研 究員	2012.5.1～2012.9.30
	陳 錦仙	東京大学大学院工学系研究科都 市工学専攻	特任研究 員	2009.4.1～2013.9.30
	Kan Won Yong	東京大学大学院工学系研究科都 市工学専攻	研究補助 員・D2	2012.4.1～2013.9.30
	Phantipa Chaimongkol	東京大学	研究補助 員・D3	2010.2.1～2013.9.30
	輪島 秀太	東京大学大学院工学系研究科都 市工学専攻	研究補助 員・M3	2010.7.1～2012.9.30
	小林 拓之	東京大学大学院工学系研究科都	研究補助	2011.4.1～2013.9.30

		市工学専攻	員・M2	
--	--	-------	------	--

## 【相手国側】

種別	氏名	所属	役職	参加期間
○	Dr.Chart Chiemchaisri	カセサート大学	准教授	2008.10.1～2013.9.30
	Dr.Wilai Chiemchaisri	カセサート大学	准教授	2008.10.1～2013.9.30
	Ms.Varinthorn	カセサート大学	研究補助	2009.12.1～2013.9.30
	Mr. Pichai	カセサート大学	研究補助	2009.12.1～2013.9.30
	Ms. Suda Ittisupornrat	ERTC		2008.10.1～2010.9.30

## ② 研究項目

- ・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。

## (4)グループ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研究参加者

## 【日本側】

種別	氏名	所属	役職	参加期間
○	古米 弘明	東京大学大学院工学系研究科都 市工学専攻	教授	2009.4.1～2013.9.30
	Gajahin Gamage Tushara Chaminda	東京大学環境安全研究センター	特任研究 員	2009.7.1～2011.12.31

## 【相手国側】

種別	氏名	所属	役職	参加期間
○	Mr. Mesak Milintawisamai	ERTC	Chief	2008.10.1～2013.9.30
	Dr.Variga Sawaittayotin	ERTC		2008.10.1～2013.9.30
	Mr.Nachai Chaipongnaras	ERTC	Assistant Researcher	2009.12.1～2013.9.30

## ②研究項目

・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。

## (5)グループ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研究参加者

## 【日本側】

種別	氏名	所属	役職	参加期間
○	渡辺 知保	東京大学大学院医学系研究科国際保健学専攻	教授	2009.4.1～2013.9.30
	古澤 華	東京大学大学院医学系研究科国際保健学専攻	助教	2009.4.1～2013.9.30
	Chou Pei-Hsuan	東京大学大学院医学系研究科国際保健学専攻	研究補助員・M1	2010.8.1～2012.3.31

## 【相手国側】

種別	氏名	所属	役職	参加期間
○	Mr. Mesak Milintawisamai	ERTC	Cheif	2008.10.1～2013.9.30
	Dr. Daisey Moknoy	ERTC		2008.10.1～2013.9.30

## ②研究項目

・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、対象となる地域住人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。

## (6)グループ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研究参加者

## 【日本側】

種別	氏名	所属	役職	参加期間
○	大村 達夫	東北大学未来科学技術共同研究センター	教授	2009.4.1～2013.9.30
	真砂 佳史	東北大学大学院工学研究科土木工学専攻	助教	2009.4.1～2013.3.31
	村田 有紗	東北大学大学院工学研究科土木工学専攻	M2	2010.4.1～2011.3.31
	小川 めぐみ	東北大学大学院工学研究科土木工学専攻	M2	2010.4.1～2011.8.31

	渡部 徹	東京大学環境安全研究センター	特任准教授	2009.4.1～2010.9.30
--	------	----------------	-------	--------------------

## 【相手国側】

種別	氏名	所属	役職	参加期間
○	Mr. Mesak Milintawisamai	ERTC	Chief	2008.10.1～2013.9.30
	Mr.Panja Yaithavorn	ERTC		2008.10.1～2013.9.30
	Ms.Jittima Jarudecha	ERTC	Researcher	2009.5.1～2013.9.30

## ②研究項目

・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。

## (7)グループ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研究参加者

## 【日本側】

種別	氏名	所属	役職	参加期間
○	渡部 徹	山形大学農学部食料生命環境学 科	准教授	20010.10.1～2013.9.30
	村松 亜由美	山形大学大学院農学研究科	M2	2011.10.1～2013.9.30

## 【相手国側】

種別	氏名	所属	役職	参加期間
○	Mr. Mesak Milintawisamai	ERTC	Chief	2008.10.1～2013.9.30
	Mr.Panja Yaithavorn	ERTC		2008.10.1～2013.9.30
	Ms.Jittima Jarudecha	ERTC	Researcher	2009.5.1～2013.9.30

## ②研究項目

・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。

(8)グループ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研究参加者

【日本側】

種別	氏名	所属	役職	参加期間
○	中島 淳	立命館大学工学部環境システム 工学科	教授	2009.4.1～2013.9.30
	Md. Mahmudul Hasan	立命館大学大学院理工学研究科	博士課程	2009.4.1～2013.9.30
	Supattra Jiawkok	立命館大学大学院理工学研究科	博士課程	2010.4.1～2013.3.31
	Tran Thi Tuyet	立命館大学大学院理工学研究科	博士課程	2010.4.1～2013.3.31
	得地 勇亮	立命館大学大学院理工学研究科	修士課程	2011.4.1～2012.3.31
	金本 紗希	立命館大学工学部環境システム 工学科	修士課程	2011.12.1～2013.9.30
	山崎 智之	立命館大学工学部環境システム 工学科	修士課程	2011.12.1～2013.9.30
	松田 智子	立命館大学工学部環境システム 工学科	修士課程	2011.12.1～2013.9.30
	長谷川 駿伍	立命館大学工学部環境システム 工学科	修士課程	2013.4.1～2013.9.30

【相手国側】

種別	氏名	所属	役職	参加期間
○	Mr. Mesak Milintawisamai	ERTC	Chief	2008.10.1～2013.9.30
	Ms. Suda Ittisupornrat	ERTC		2008.10.1～2010.9.30

②研究項目

・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

(9)グループ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研究参加者

【日本側】

種別	氏名	所属	役職	参加期間
○	榊原 豊	早稲田大学理工学術院	教授	2009.4.1～2013.9.30
	アンドロ・ロドリゲス・ドス・ルイス	早稲田大学大学院創造理工学研究科	助手	2010.4.1～2013.9.30
	葛西 祐哉	早稲田大学大学院創造理工学研究科	M2	2009.4.1～2011.3.31
	稲垣 嘉彦	早稲田大学大学院創造理工学研究科	M2	2010.4.1～2013.9.30
	久間 有香子	早稲田大学大学院創造理工学研究科	M1	2011.4.1～2013.9.30
	相原 美穂	早稲田大学大学院創造理工学研究科	M1	2011.4.1～2013.9.30
	永橋 祥一	早稲田大学大学院創造理工学研究科	M1	2011.4.1～2013.9.30
	土谷 斗彰	早稲田大学大学院創造理工学研究科	学部5年	2011.4.1～2012.3.31
	佐藤 愛澄	早稲田大学大学院創造理工学研究科	M1	2013.4.1～2013.9.30
	鈴木 詩麻	早稲田大学大学院創造理工学研究科	M1	2013.4.1～2013.9.30
	木我 紅音	早稲田大学大学院創造理工学研究科	M1	2013.4.1～2013.9.30

## 【相手国側】

種別	氏名	所属	役職	参加期間
○	Mr. Mesak Milintawisamai	ERTC	Chief	2008.10.1～2013.9.30
	Mr.Sutiab Srilachai	ERTC	Resercher	2009.12.1～2013.9.30
	Mr.Chatchai Thopanya	ERTC	Engineer	2008.10.1～2013.9.30

## ②研究項目

・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。

## § 4 プロジェクト実施内容及び成果

### 4.0 プロジェクト全体

#### (1) グループを統合した全体の成果

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)における水再利用センターの設立と水再利用ガイドラインの策定に向けたロードマップを作成し、それに基づいて活動を進めた。また、ワークショップの開催や様々なイベントでのプロジェクトセッションの企画等を通じ、水再利用に関する普及活動を推進した。毎年行った日本における新技術・現場研修やその他種々の技術研修を通して、人材育成を進めた。(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やラボスケールのリアクターを設置し、実際に運転を行い、運転性能や維持管理に関わる種々のデータを収集、蓄積した。チュラロンコン大学にパイロットリアクター(傾斜管挿入無酸素槽を有する膜分離活性汚泥法;itMBR)を設置し、キャンパスビル廃水を対象とし、食品残渣との混合による汚泥の嫌気性消化と組み合わせた長期運転を行い、運転条件の最適化や処理性能の評価を行い、コスト競争力のある省エネルギー型のコンパクトな処理システムとしての有効性を実証した。ラムチャバン廃棄物処分場にはコンテナ型RO-itMBRシステムを設置し、埋立地浸出水を処理対象とした連続運転を行い、安定した高い処理性能を有することとともに、RO水の再利用とともにROラインもエネルギープラント栽培に有効に利用できることを示した。また、食品工場廃水を対象とした光合成フォトリアクターについて、光源の影響などに運転条件の最適化を進め、ベンチトップリアクターの運転を通して高い汚濁負荷除去率とバイオマス生産能を示した。これらをサポートする形で、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、データを収集した。(4)においては、分散型水循環システムの評価と構築および水再利用におけるリスク評価のため、水試料・生体試料のサンプリング・分析を通して水質とリスクに関する情報を収集し、それらを分かりやすくユーザーに伝えるための水質情報プラットフォームを整備した。また、分散型水循環・再利用のための研究開発およびパイロット装置の導入を進めた。ブリラム市では、本プロジェクトのもと下水処理水の農業用再利用のためのパイロットプラントを建設し、実証試験を継続的に実施している。また、生活雑排水の再利用に対する受容意識が比較的高いというアンケート調査結果を受け、軍キャンプに雑排水再利用パイロット装置を設置し、生活雑排水再利用システムの導入可能性を評価した。さらに、タイに適した医薬品・生活日用品由来の化学物質や環境ホルモンの浄化技術について、ERTC敷地内に人工湿地を建設し、現地の熱帯植物を用いた水質浄化技術の開発を進めた。

#### (2) 今後期待される効果

(1)で設計された水再利用に関するガイドラインは、従来の水質基準のような単なる数値情報ではなく、再利用水の用途に応じた水質とともに、その水質を達成するために必要な技術情報も提供する。その技術情報(2)や

(3)で開発される再利用技術だけでなく、コミュニティでの水再利用を想定して、(4)で研究される浄化槽や、酸化池・ラグーン、湿地を利用した浄化技術なども網羅する。この水質と技術がインテグレートされた情報は、タイをはじめ熱帯地域の国々で水再利用技術を社会実装する際に極めて大きな貢献を果たす。

(2)で開発された嫌気-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 OD-itMBR プロセスは、itMBR によってトイレ用水などの用途で再利用できる水質の処理水が得られるだけでなく、同時に、メタン等、エネルギー源となるバイオガスを回収できる技術である。エネルギー自立型のプロセスも十分実現可能なレベルにあることから、大量の有機性廃棄物や廃水が日夜生み出され、かつ大量のトイレ用水を必要とする高層ビルや商業コンプレックスなどでは需要が相当に高いことが予想できる。装置の導入に必要な敷地面積が小さいことから、ビルやコンプレックスのオーナーが導入しやすい技術といえる。

(3)で開発された廃棄物処分場のための傾斜管付逆浸透膜分離活性汚泥(itMBR-RO)プロセスは、処分場に持ち込まれる廃棄物に随伴する出水を処理することで、その分だけ処分場からのメタン生成を抑制でき、地球温暖化抑制に貢献できる技術である。また、新鮮な浸出水は itMBR プロセスのような生物処理で容易に分解されるだけでなく、すでに安定化した浸出水と混合して itMBR プロセスで処理することで、そこに含まれる難分解性有機物の分解に貢献できる。このことで、処理水は農業用水が満たすべき水質は満足できるため、処分場周辺に広がる農地での再利用も見込まれる。さらに、コンテナタイプの可搬型処理装置は、廃棄物中継基地での悪臭の原因を解消し、さらに洗車用水としても再利用できることから、その点での実用化も期待される。同じく(3)で開発された資源生産型水再生利用プロセスは、太陽光をエネルギー源とするエコフレンドリーな技術であり、さらにそこから有価資源を生み出すことができる。

(4)で開発される水質情報プラットフォームは、再利用水の水質を単なる数値による情報ではなく、身近にある他の水資源の水質との比較によって利用者に直感的に伝えることができる手段である。特に、チャオプラヤ川の全国一斉採水調査による分析結果が整理され、全国レベルでの水質レベル評価の参照値が入手できる。これは、専門的知識に乏しい利用者でもアクセスができる全く新しいリスクコミュニケーションツールの基礎データとして活用でき、再利用の社会実装に不可欠な「住民参加」を容易なものとし、地域コミュニティにおける「効果的で持続可能かつ公平な水利用を達成する水経営」の実現を強く後押しする。

#### 4.1 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)研究実施内容及び成果

###### ①研究のねらいおよび実施方法

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。具体亭には、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。

## ②研究成果

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を納入・整備した。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、カウンターパートへの技術移転を行った。2011年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。2011年4月下旬～5月上旬にかけて行われた中間レビューの結果を受けて、水再利用研究センターの設立と水再利用ガイドラインの策定に向けたロードマップを作成し、それに基づいて活動を行っていたが、洪水の影響により中断し、半年ほどの遅れが出た。2011年の洪水の影響により喪失した分析試料の再収集を行い、病原微生物や重金属などの必要なデータを分析・収集した。また、水再利用ガイドライン策定に必要となる情報収集をおおむね完了し、最終的なガイドライン策定を進めた。水再利用研究開発センターは、水再利用センターという名称で設立された。

2010年には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。2011年には、水再利用及び本プロジェクトに関する情報発信活動として、第9回東南アジア水環境シンポジウムを共催した(2011年12月1～3日、バンコク)。それに合わせ、今年度タイ国にて発生した大規模洪水に関する緊急ワークショップを、同じくSATREPS研究課題である「気候変動に対する水分野の適応策立案・実施支援システムの構築」(IMPAC-T)と12月1日に共催した。当初は第9回東南アジア水環境シンポジウムのサイドイベントとして開催する予定であった本プロジェクトによるワークショップは、洪水の影響により開催を延期し、2012年3月27日にラヨーン県にて開催した。2012年12月18日には、ブリラム県にて設置完了した農業用水用の砂ろ過処理施設の完成記念式典を開催し、現地の地方行政との連携を取りながら、現地住民への水再利用技術の普及を進めた。

プロジェクト期間を通じて、毎年1回日本に相手国研究者を招へいして新技術・現場研修を行い、水処理・水再利用技術についての現場体験や知識を得るとともに、タイ国での適用可能性等に関する議論などを通じて人材育成を進めた。

## (2)研究成果の今後期待される効果

設置された水再利用センターは、プロジェクト終了後、水再利用技術に関する情報提供、技術開発・支援、および人材育成を担う中核機関として機能していく。さらに、タイ国にとどまらず、東南アジアの中心機関として、今後近隣諸国との連携を取りながら熱帯地域全体へとネットワークが広がっていくことが期待される。策定した水再利用ガイドラインはタイ王国での法制化の土台となるとともに、近隣東南アジア諸国のレファレンスとなることが期待される。

## 4.2 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)研究実施内容及び成果

### ①研究のねらいおよび実施方法

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。タイ国において、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管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。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。これらの結果を基に、同システムでのパイロットスケール実験を行い、性能評価および運転管理に関する知見を得る。日本においては、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、形式の異なる itMBR リアクターの性能を比較評価する。

### ②研究成果

タイ国においては、チュラロンコンキャンパスビル排水を処理対象に選定した。まずラボスケールにて、itMBR による処理および汚泥と食品廃棄物の混合嫌気性消化実験を行い、処理性能や最適運転条件に関して評価した。これらの知見を活かし、チュラロンコンキャンパス内に 2 基のパイロットリアクターを設置した。ひとつは、TIST-MBR (Two stage Incline Tube-Membrane Bioreactor) ー二段嫌気性消化システム(図 1)であり、もう一方は、IT/OD-MBR (inclined Tybe/Oxidation Ditch-Membrane Bioreactor) ー一段嫌気性消化システム(図 2)である。キャンパスビル排水を対象として、これらパイロットリアクターの連続長期運転を行った。両リアクターとも、有機物、アンモニアおよびリンについて安定した高い除去性能を有することが示された。また、嫌気性消化によるバイオガスの生成も運転時間とともに上昇し、IT/OD-MBR の結果からは、嫌気性消化により運転に要するエネルギーの 37.5%を回収可能であることが確認された。



図 1 チュラロンコン大学に設置されたパイロット TIST-MBR ー二段嫌気性消化システム



図2 チュラロンコン大学に設置されたパイロット IT/OD-MBR 一段嫌気性消化システム

日本国内では、東京都砂町水再生センター内にプロジェクト専用の実験棟を建設し、汚泥蓄積槽と汚泥生産槽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の2つについてリアクターを設置し、それぞれのリアクターの運転条件最適化を目指した検討を行った。

汚泥蓄積槽と汚泥生産槽が分離されたケースについては、パイロットリアクター(図3)の運転により、以下の知見を得た。

- ・ 下水流入水をどちらの槽に流入させる場合でも、汚泥蓄積槽では良好な汚泥蓄積が見られた。
- ・ 傾斜管の上部や下部に比べて中央部での汚泥濃度が高かった。これは、重力による汚泥の沈降作用と、汚泥蓄積槽内の水の上向流によって、汚泥が濃縮されていることを示している。
- ・ 汚泥の蓄積は、下水流入水を汚泥生産槽に流入させた場合よりも、濃縮槽に流入させた場合に効率的であった。
- ・ 汚泥蓄積槽からは、20g/Lを超える高い濃度の汚泥が回収できた。
- ・ 本リアクターは、4時間という短い滞留時間で、下水中の有機物および濁度の高い除去性能(従来のMBRシステムと同等の性能)を達成した。

さらに、リアクター運転管理において汚泥滞留時間に焦点をあて、2基のベンチスケールリアクター(図4)を設置し、汚泥滞留時間の処理への影響や微生物群集構造および酵素活性について連続運転を行いながら検討を進めた。その結果、以下の知見を得た。

- ・ 運転立ち上げ時には、好気槽汚泥濃度を維持しながら、無酸素槽内汚泥濃度が上昇・安定するまで汚泥引抜量を低く抑えつつ運転を行う必要がある。
- ・ 傾斜板による汚泥蓄積機能は、汚泥濃度が20g/L程度になると限界となる。
- ・ 本システムにおいて硝化脱窒による窒素除去も目的とする場合、汚泥返送率3倍および好気槽HRTを3hに設定することで、十分な有機物除去に加え、70-75%程度の窒素除去が達成可能である。
- ・ 全HRT 5.3hの条件において、余剰汚泥ゼロを達成することは困難であったが、実験的にはSRT 80dでの安定運転を達成することができた。余剰汚泥発生量最小化を目指す場合には、HRTを長くとり負荷量を低く抑えることが効果的であることが確認された。
- ・ 汚泥中の微生物群集構造や酵素活性については、運転条件の影響を受けながら、汚泥内の微生物群集にダイナミックな変化が起きていることが明らかとなった。

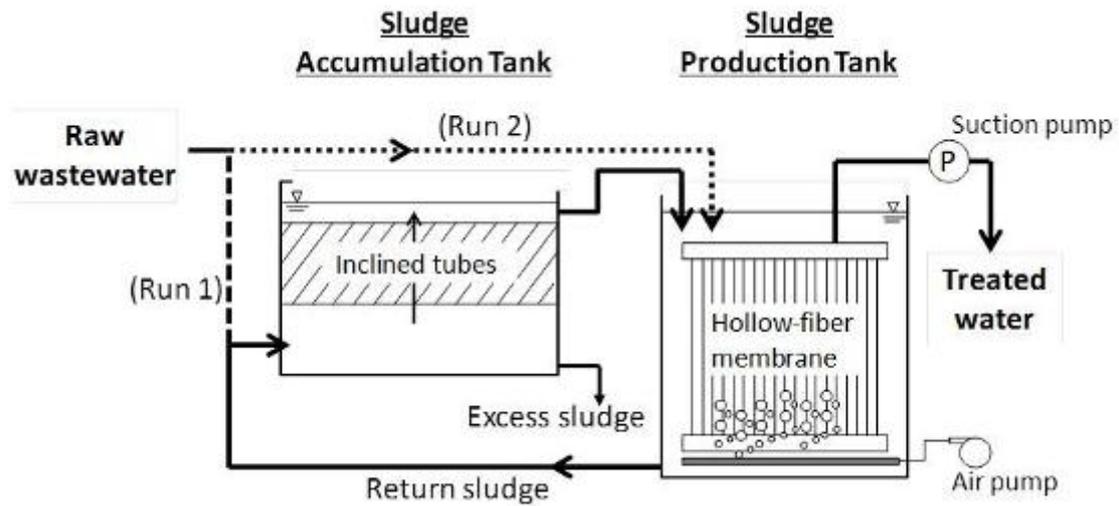


図 3 東京都砂町水再生センターに設置したパイロットリアクターの模式図



図 4 ベンチスケールリアクター

また、無酸素槽と好気槽が一体化されたケース(OD-itMBR)では、装置に改良を加え(図 5)、実規模装置内の濃度勾配を小型のリアクターで再現可能とするリアクターを開発した。本装置を用いて、実下水を流入水とした運転を開始し、処理性能の評価を行った。また、本装置に適用可能な物質収支モデルを構築し、維持管理に関わる運転条件シミュレーションツールを作成した。

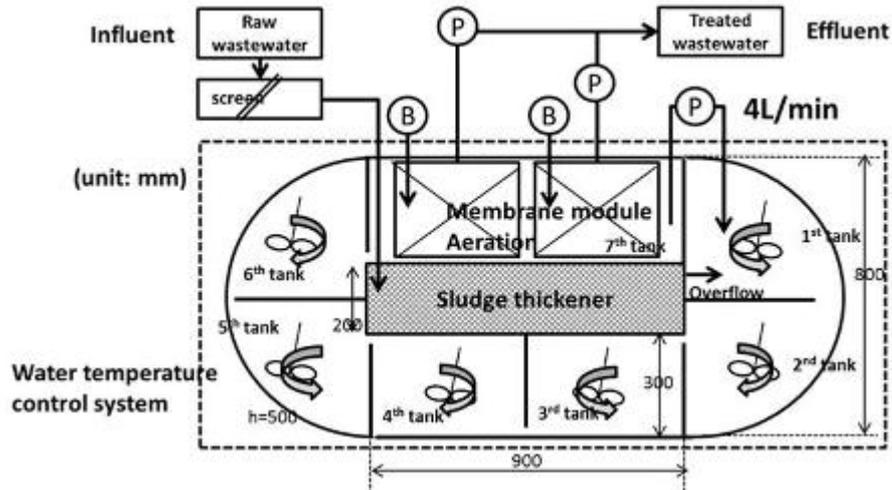


図 5 OD-itMBR

## (2)研究成果の今後期待される効果

ここで開発を進めたシステムは、高層ビルなどを想定したコンパクトな分散型システムであり、トイレ用水に再利用可能なレベルの処理水質が得られると同時に、メタン等、エネルギー源となるバイオガスを回収できる省エネルギー型技術である。大量の有機性廃棄物や廃水が日夜生み出され、かつ大量のトイレ用水を必要とする高層ビルや商業複合施設などでは需要が相当に高いことが予想できる。今後、実装に向けたノウハウ獲得の段階を経て、ビルや複合施設への導入が進んでいくことが期待される。

### 4.3 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)研究実施内容及び成果

##### ①研究のねらいおよび実施方法

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。

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。

日本国内においては、4.2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。

##### ②研究成果

MF 膜ろ過を用いた嫌気フォトバイオリアクターによる水再利用とバイオマス生産について、製麺工場からの発酵廃水を原水としたベンチスケールパイロットリアクター(図 6)の連続運転を行った。100 日間の連続運転の結果、流入水中の有機物を菌体バイオマスに変換・回収可能な装置としての性能が確認された。別途行ったラボスケールの結果からは、菌体変換効率は 0.6 g/g BOD、回収したバイオマス中のタンパク成分は 0.41 g/g dried solid であることが確認された。また、光源には赤外透過フィルター付き白熱灯および LED ランプを用いて光源の違いによる影響を観察した。LED を光源とした場合のほうがやや高い有機物除去性能を示したが、リアクター内菌体濃度は白熱灯と比べて低い結果となった。

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については、ラムチャバン廃棄物処分場に設置したコンテナ型の itMBR-RO パイロットリアクター(図 7)の連続運転を行った。200 日間の連続運転を行い、処理性能は装置内汚泥濃度の上昇に応じて向上し、槽内汚泥濃度は無酸素槽で 20 g/L、好気槽で 10 g/L で安定した。COD、BOD、および全窒素の平均除去率はそれぞれ 95%、97%、48%であった。本装置では HRT を合計 24 h(無酸素槽 12 h、好気槽 12 h)に設定し、最大 10,000 mg BOD/L の濃度の流入水まで処理可能であることが確認された。膜ファウリングは薬品、酸、アルカリの順に逆通液洗浄を行うことでコントロールすることができた。処理水質はゴミ収集車の洗浄用水やトイレ洗浄用水として使用可能であった。

廃棄物処分場浸出水に含まれる毒性有機化合物の分解について、ラボスケールの itMBR の運転を行い評価し

た。200 日以上の連続運転の結果、BOD、COD、TOC の除去率はそれぞれ 99%、90%、83%であった。窒素分の除去率については、有機窒素分(TKN)で 74%、アンモニアで 88%であった。毒性有機化合物については、BPA で 65%、BHT で 70%、DEHP で 72%であった。これらの毒性有機化合物の除去率は、装置内の汚泥年齢が上昇するにつれて向上した。毒性有機化合物の除去においては、吸着・分解が主要な除去機構であるため、化合物の疎水性度が大きく影響すると考えられた。



図 6 ベンチスケールのパイロットフォトバイオリアクター



図 7 コンテナ型 itMBR-RO システム

日本国内研究については、重複する部分については4. 2に示した通りである。これらに加え、相手国での研究をサポートする形で、廃棄物処理場浸出水の itMBR-RO プロセスに関しては樹脂を用いた前処理による膜ファウリング制御方法、微細藻類による二酸化炭素固定・水再生利用プロセスに関しては新形状のフォトバイオリアクターによる高度下水処理・バイオマス生産について基礎的検討を進めた。樹脂を用いた前処理については、

Amberlite IRA 958 樹脂および市販のフミン物質を用いて、ビーカーテストによる吸着除去試験を行った。21 mg/L および 44 mg/L のフミン質濃度に対して、80 ml/L 以上の樹脂を投与することで、90%以上の除去が可能であった。また、吸着除去速度については、二次反応とよく一致することが明らかとなった。文献調査から、様々な水試料中に含まれるフミン質を、分子量とカルボキシル基の存在密度によってタイプ分けを行い、整理した。藻類による下水処理水からの栄養塩除去・バイオマス生産については、*Scenedesmus acutus* の基礎的増殖特性について検討を行った。その結果、増殖のない暗条件下でも窒素分を摂取することが実験的に観察された。これは、外部的に光エネルギーを投入することなしに窒素除去が可能となる新しいプロセスの開発につながる可能性がある。暗条件下での窒素摂取に影響を及ぼす要因について検討したところ、菌体内の窒素含量と窒素摂取速度とに正の相関が確認された。

## (2)研究成果の今後期待される効果

(3)で開発された廃棄物処分場のための傾斜管付逆浸透膜分離活性汚泥(itMBR-RO)プロセスは、処分場に持ち込まれる廃棄物に随伴する出水を処理することで、その分だけ処分場からのメタン生成を抑制でき、地球温暖化抑制に貢献できる技術である。また、新鮮な浸出水は itMBR プロセスのような生物処理で容易に分解されるだけでなく、すでに安定化した浸出水と混合して itMBR プロセスで処理することで、そこに含まれる難分解性有機物の分解に貢献できる。このことで、処理水は農業用水が満たすべき水質は満足できるため、処分場周辺に広がる農地での再利用も見込まれる。さらに、コンテナタイプの可搬型処理装置は、廃棄物中継基地での悪臭の原因を解消し、さらに洗車用水としても再利用できることから、その点での実用化も期待される。同じく(3)で開発された資源生産型水再生利用プロセスは、太陽光をエネルギー源とするエコフレンドリーな技術であり、さらにそこから有価資源を生み出すことができる。

## 4.4 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

### 4.4.1 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)研究実施内容及び成果

##### ①研究のねらいおよび実施方法

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。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、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・蓄積を行う。

##### ②研究成果

チャオプラヤ川流域の様々な水源の水質調査を行い、それらの情報を水利用目的に応じて提供するための水質情報プラットフォームを開発した。図8にその一例を示した。以下、開発の経緯をまとめた。

## 【平成22年度まで】

- 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。
- 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。
- 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。
- 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。

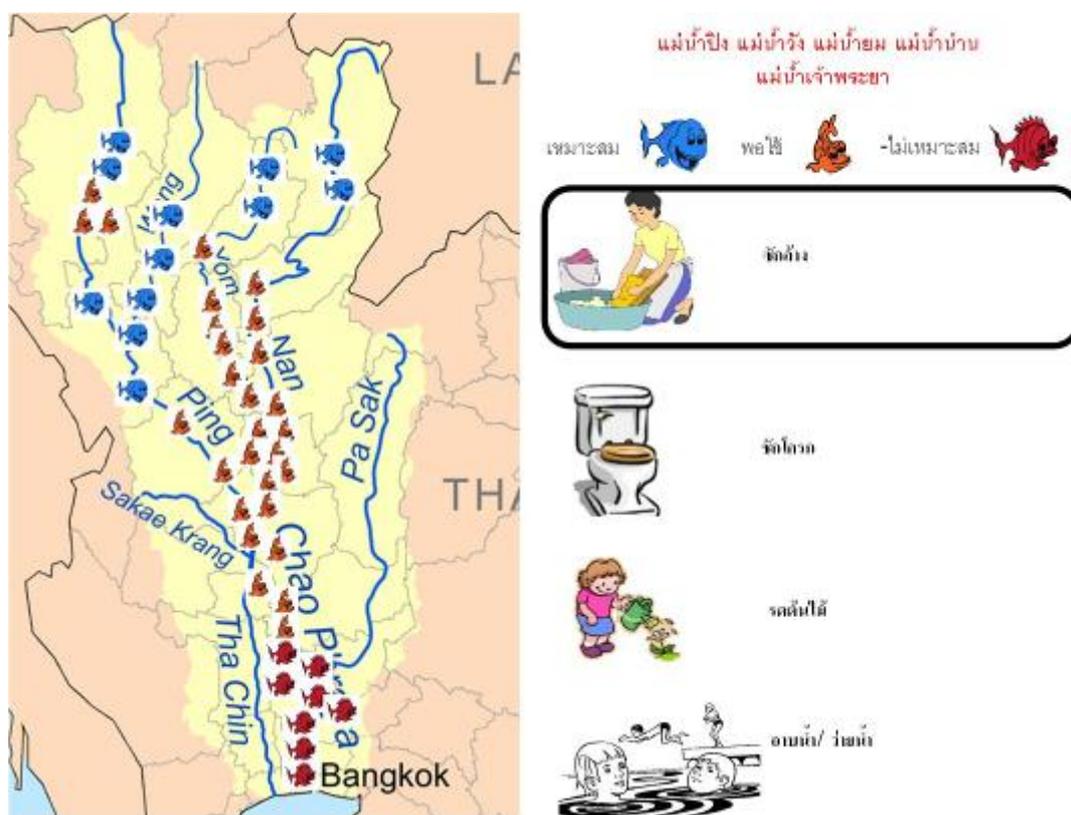


図8 水質情報プラットフォームによる情報提供の一例

## 【平成23年度】

- チャオプラヤ川流域 50 地点における一般水質項目、医薬品類、重金属類の分析結果を集計して、濃度頻度分布を作成するとともに水質環境基準との相対的な大小関係を整理した。
- 河川水だけでなく、雨水排水、地下水、運河水、湖沼水、貯水池水など下水処理水(再生水)との水質の

相対比較となる試料を入手して、その水質分析データの蓄積を行った。

- ・ タイにおいて再生水利用を促進するための水質情報プラットフォームのフレーム構築として、5つの水質要因の抽出、タイ飲料水質基準を参照とした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、再生水の代替水源としての特徴がわかるような表示方法を整理した。
- ・ 水質情報プラットフォームにおいて、Nawanakorn 工業団地、Hua Hin 市、Bang Pa-in 工業団地を例として、水質データを踏まえた各代替水源の利用における適用性の表示方法を検討した。

#### 【平成24年度】

- ・ 英語版で作成した水質情報プラットフォームのウェブサイトタイ語版でも作成に協力して、再生水や雨水利用を適正に促進するための水質情報の表示方法の工夫を進めた。
- ・ 健康リスク評価モデルや分散型水循環システムの評価結果を踏まえて、水利用ごとに求められる水質レベルを相対比較できるタイ版のマトリックスの作成に向けた、情報収集に努めた。
- ・ 水質情報プラットフォームの開発手順と研究成果の WEB 表示方法についての整理とりまとめを進めた。

また、これらの開発を通して、以下の技術移転を行った。

- ・ 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。
- ・ 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。
- ・ 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について、カウンターパートと合同でDEQP、地方の環境部局に対して説明した。また、GISを利用した水質情報の具体的な提示事例を紹介するとともに、タイにおいて想定されるプラットフォーム原案を作成した。
- ・ 新規導入されたICP-MSによる分析データの精度管理の指導を行った。
- ・ タイ語版での水質情報プラットフォームのウェブサイト案について、その表示方法などを含めて公開に向けた留意点について指導をおこなった。

#### (2)研究成果の今後期待される効果

ここで開発した水質情報プラットフォームは、再利用水の水質を単なる数値による情報ではなく、身近にある他の水資源の水質との比較によって利用者に直感的に伝えることができる手段である。特に、チャオプラヤ川の全国一斉採水調査による分析結果が整理され、全国レベルでの水質レベル評価の参照値が入手できる。これは、専門的知識に乏しい利用者でもアクセスができる全く新しいリスクコミュニケーションツールの基礎データとして活用でき、再利用の社会実装に不可欠な「住民参加」を容易なものとし、地域コミュニティにおける「効果的で持続可能かつ公平な水利用を達成する水経営」の実現を強く後押しする。

#### 4.4.2 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)研究実施内容及び成果

###### ①研究のねらいおよび実施方法

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、対象となる地域住人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する。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、水利用の実態に関する聞きとり調査、水質調査、および生体試料の採取と調査を行う。

###### ②研究成果

以下、プロジェクト期間中の成果を年度ごとにまとめた。

###### 【平成22年度まで】

2010年11月のインタビュー調査では、Khlong Jik の住民331人を対象とした。これは当該地域の全人口の4%程度に相当し、各集落からの抽出率もほぼ同程度であった。質問項目は、個人属性、家屋の衛生状態、水利用の用途・頻度・処置、水への接触関連活動、水再利用に対する意識、水に関連した食物(魚類・貝類・水草)の摂取頻度など。回答はマヒドン大において集計され、東大に送られて解析が行われた。この調査の結果、以下に述べるように8集落における水利用の多様性が明らかになった。

i) Khlong Jik 自治区を形成する全8村の中で利用されている主な水道源は、チャオプラヤ川から引水され Bangkok 市内よりパイプにて供給される Provincial Waterworks Authority (PWA)、各村で地下水を汲み上げ村内に供給されている Municipal Waterworks (MW)、各家庭で専用の容器に貯水されている雨水、の3種であった。全ての対象世帯に水道水が敷設され、生活用水として利用されているが、食器洗いにはほとんどの対象者が水道水を使うのに対し、調理用および飲用としては、それぞれ60%、20%の利用にとどまった。住民が水道水の水質をそれほど信頼していないことが推察できる。

ii) 天水の利用率は集落によって0~50%以上までと大きく異なった。工業団地に隣接する集落では利用率が低く、地理的位置および上水インフラの違いがこの利用率に関連していることが示唆された。天水の利用目的は、水道水と裏腹の関係であり、飲用に最も利用され、次いで調理用として利用されていた。また、ボトル詰め“ミネラル・ウォーター”の利用頻度にも30~85%と集落差があったが、主として入手しやすさが関係しているものと考えられた。

iii) 飲用する水については、フィルターを通してから飲用しているという回答が水道水の場合に多く、天水やミネラル・ウォーターでもフィルターを通して世帯が散見された。水道水について問題を挙げてもらったところ、臭気・味・濁度・沈殿物などについて不満・不安を感じているという人が多かった。

iv) 対象者全員が魚を食べると答え、1/3は自分で獲った魚(主として運河)、2/3が地元の市場で購入していることから、近隣で獲れた魚介類は頻りに消費されていた。また、水草を週に2-3度以上摂取する人が全体の2/3におよぶが、これらは自分で採取するか、地元の市場で入手されていた。したがって、環境水の水質は食生活を通じて間接的に住民の健康に影響を及ぼす可能性がある。

v) 水道水の水質に対する不満も多く、各家庭における水の使い分けには費用とアクセス度のバランスで決定されていた。

vi) 周辺の(自然)池で水泳をする者、釣りをする者の割合はそれぞれ全体の 25%程度であり、ここにおいても環境水との接触が起こっている。

vii) 水の再利用を導入する際に必要な情報としては、2/3 の対象者が健康影響に関する情報を挙げ、ついで関連する技術や水質の情報を求める答えが多かった。なお、過去3ヶ月において下痢症を経験した者は全体の数%にとどまった。

上記のインタビュー結果から、対象地域の水利用パターンが地域依存的であり、水源も複数を組み合わせて使い分けていることがわかったため、そのようなパターンの違いが、水を通じた有害物質への曝露と関連する可能性が考えられる。このことを念頭におき、2011年3月に8集落それぞれから10世帯を抽出し、各世帯で飲用・調理用に利用されている複数の水試料(計190試料)を採集、ERTCにおいてイオンクロマトグラフィーを用いた水質検査およびICP-MSを用いた痕跡元素の定量分析を実施した。ERTCでの分析は現在も進行中である。

上記3種の水源(PWA、MW、雨水)を分析する目的で、2011年3月に、8村80世帯から計190本の水試料を収集した。水質評価としてICP-MSを用いた水試料中の痕跡元素の定量、水質汚濁の指標としてイオンクロマトグラフィーを用いた亜硝酸イオン、硝酸イオン、塩化物イオンをERTCにおいて測定中である。

#### 【平成23年度】

2011年8月の健康調査では、Khlong Jikの住人236人からインフォームドコンセントを得て、生体計測、血圧測定、尿定性検査、採血、血糖値測定、インタビュー調査を実施した。ERTCにおいてELISAKitを用いて血漿中のインシュリン、アディポネクチン、ビスフェノールAを成人男性68名について分析した。回答はマヒドン大において集計・解析される予定である。この調査の結果、以下に述べるように同地域における住民と水利用と身体的健康状況および血漿パラメータの関連が明らかになった。

i) Khlong Jik 自治区を形成する全8村の中で利用されている主な水道源は、チャオプラヤ川から引水されBangkok市内よりパイプにて供給されるProvincial Waterworks Authority (PWA)、各村で地下水を汲み上げ村内に供給されているMunicipal Waterworks (MW)、各家庭で専用の容器に貯水されている雨水、の3種であった。住民が家庭で使用する水源ごとに水飼料を採取し水質分析を実施したところ、汚染指標である塩化物イオン濃度はMWでは家庭間でのバラツキが多い一方、PWAや雨水はMWほど濃度が高値ではなかった。亜硝酸イオンの検出率は14%で、硝酸イオンの検出率は100%であった。硝酸イオン濃度は、雨水で最も高値を示した。飲料水用に貯留している水からの大腸菌検出率も高かった。水の貯留時間が長いことが衛生的に汚染のリスクが上がることが示唆された。

ii) Khlong Jik 住民の主要な健康問題は、先進諸国と同様に脳血管疾患・悪性腫瘍・高血圧症であった。対象とした68人の男性のうち、27%が肥満(BMI>25)、腹部内臓肥満は24%(胴囲>90cm)、高血圧症は43%(SBP>140 or DBP>90 mmHg)に及んだ。肥満細胞特異的抗炎症性サイトカインであるアディポネクチンは、雨水を主要な飲料水源とする人に比して、ボトルウォーターや水道水を主要な飲料水源とする人の方が有意に低く、住民の生活に利用する水源の多様性が、健康状態に少なからず影響があることがうかがわれた。

#### 【平成24年度】

世帯で利用される異なる水源(PWA、MW、雨水)を、2011年3月(雨季)と8月(乾季)、2012年1月(洪水直後)に、同一世帯から縦断的に水試料を収集した。水質評価としてICP-MSを用いた水試料中の痕跡元素の定量、水質汚濁の指標としてイオンクロマトグラフィーを用いた亜硝酸イオン、硝酸イオン、塩化物イオンをERTCにおいて測定した。相対的に水道水に比して雨水の亜鉛濃度および硝酸イオン濃度が高く、塩化物イオン濃度は

低く、水質汚濁度は乾季で高値を示す一方、洪水後は地下水の汚染が顕著であった。住民は、特に飲料水や調理水に異なる水源を使い分けており、利用する水源の違いが健康状態に及ぼす影響について季節を考慮して今後も検証していく必要がある。

## (2)研究成果の今後期待される効果

ここで得られる水利用・水質とヒトの健康に関するデータは、4.4.1の水質情報プラットフォームに統合される。水再利用システムの導入においては、健康リスクに対する不安、それに由来する再生水への住民の拒否感の問題は常に課題となる。これに対し、明確に定義された科学的情報を提供し、水質情報プラットフォームの枠組みの中でリスクコミュニケーションツールとして活用されることで、水再利用システムの導入促進に資するものである。

### 4.4.3 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)研究実施内容及び成果

##### ①研究のねらいおよび実施方法

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ことを目的とする。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研究成果

以下、プロジェクト期間中の成果を年度ごとにまとめた。

#### 【平成22年度まで】

##### 1. Bang Pa-In 工業団地におけるモニタリング

Bang Pa-In 工業団地の下水処理場における各種水質指標の除去率を図9に示す。2010年6月までは処理水中の溶存酸素(DO)がほとんど検出されず、各項目の除去率も低く不安定であった。一方2010年8月以降は処理水中の溶存酸素が十分に存在し、処理能力も向上したことが確認された。また処理施設の後段に設置されている酸化池においても、溶存酸素の供給に伴い処理能力が改善された。

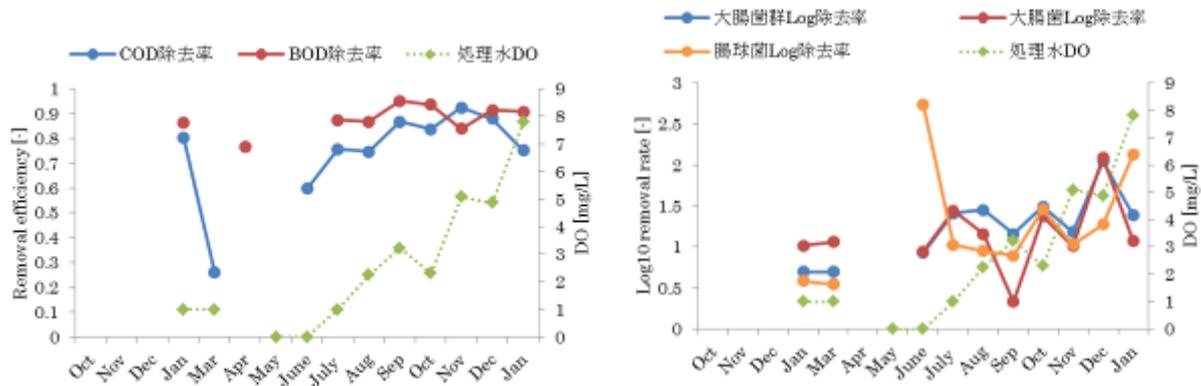


図9 下水処理施設による除去率(上:COD, BOD, 下:微生物指標)

## 2. 病原微生物モニタリングに必要な設備の設置とトレーニング

ERTC に病原微生物実験室を設置した。また ERTC 職員に対して大腸菌ファージの培養方法、定量 PCR 法による遺伝子の定量方法、水試料中のウイルス濃縮方法についてのトレーニングを行った。さらに、平成 23 年度に計画している水試料からの病原微生物の検出に向け、平成 23 年 1 月より試料の採取、保存を開始した。

## 3. 再利用水の健康リスク評価モデルの開発『国内のみ』

次年度以降にカウンターパートに技術移転を行うことを念頭に、様々な微生物(病原微生物等)を検出するための技術の選定及び開発に着手した。

### 【平成23年度】

#### 1. Bang Pa-In 工業団地におけるモニタリング

前述の通り 10 月の洪水によりこれまで蓄積した試料が全て使用不能となったため、平成 24 年に調査を再開した。本調査は平成 24 年度も継続し、季節(雨季, 乾季)による病原ウイルス濃度の変化を評価する予定である。

#### 2. 実験設備の整備や病原微生物検出技術のフォローアップ

これまでのトレーニングのフォローアップとして、水試料からの病原微生物検出における技術的課題等についての課題抽出を行った。トレーニングで供与した検出技術については十分に習熟していたが、測定データの精度管理のために必要な内部標準を用いた技術供与を行った。国内ではウイルス株を用いて精度管理をすることが一般的であるが、現地では病原微生物の培養ができないため、代わりに大腸菌ファージを内部標準として用いることとし、そのための準備および予備実験を行った。

#### 3. 再利用水の健康リスク評価モデルの開発『国内のみ』

Bang Pa-In 工業団地で対象とする病原ウイルスを選定するため、国内および東南アジア諸国での調査に関する文献調査を行った。この調査および ERTC 職員との議論を通して、Bang Pa-In 工業団地での検出対象としてエンテロウイルス、ロタウイルスを対象とすることとした。

### 【平成24年度】

#### 1. Bang Pa-In 工業団地での現地調査

平成 24 年 1 月に Bang Pa-In 工業団地での調査を再開し、月 1 回の試料採取および分析を行った。病原微生物としてエンテロウイルス、ロタウイルス、アデノウイルスを選択し、定量 PCR 法による濃度測定を行った。本年度はデータの採取および分析を中心に進めたため調査結果をまとめるには至っていないが、リスク評価を行うため

に必要な試料の分析を先行して行っている。

## 2. 農業利用を目的とした水再利用プラントでの現地調査

再処理水の農業利用を目的として、Buriram に再利用プラントを設置した(図 10)。このプラントでは既存の酸化池処理による下水処理水を原水とし、急速濾過法(塩素添加あり, なし)と緩速濾過法の計 3 種類の処理を行っている。平成 24 年 11 月にプラントの運転を開始し, 月 1 回の試料採取を開始した。採取した試料から各種水質項目と 3 種類の病原ウイルス(エンテロウイルス, ロタウイルス, アデノウイルス)の測定を行った。指標微生物(大腸菌群, 大腸菌, 腸球菌)の測定結果を表 1 に示す。プラント設置当時は酸化池処理の効率が悪かったが, ERTC 職員による指導により酸化池での曝気を促進した結果, 酸化池処理により指標微生物を 99.6-99.9%除去できるようになった。プラントでの急速濾過および緩速濾過処理により, さらに 82.7-92.2%の除去ができることがわかった。また塩素添加後の試料からは指標微生物は検出されず, 塩素処理の効果があることがわかった。腸球菌の測定結果については原水である酸化池処理水中の濃度が低かったため, プラントでの処理効率を評価することができなかった。測定した 3 種のウイルスの中ではロタウイルスの検出率及び濃度が最も高かった。ロタウイルスは主に小児に感染するウイルスであり, このウイルスによる感染症リスクが懸念された。一部の測定結果から算出されたプラントでのウイルスの除去効率は低く, ウイルス感染症のリスク低減への寄与はあまり大きくない可能性がある。詳細な評価にはさらなるデータの蓄積が必要である。



図 10 Buriram 県に建設された下水処理水の農業利用のための浄化プラント

表 1 Buriram 水再処理プラントでの指標微生物濃度および除去率(暫定値)

	Total Coliform			<i>E. coli</i>		
	幾何平均	除去率%	Log <sub>10</sub> 除去率	幾何平均	除去率%	Log <sub>10</sub> 除去率
酸化池流入水	2.2×10 <sup>4</sup>			4.5×10 <sup>3</sup>		
酸化池処理水	5.8×10 <sup>1</sup>	99.7	2.6	3.3×10 <sup>0</sup>	99.9	3.1
急速濾過処理水	4.5×10 <sup>0</sup>	92.2	1.1	4.1×10 <sup>-1</sup>	87.6	0.91
急速濾過+塩素処理水	0.0×10 <sup>0</sup>	100	—	0.0×10 <sup>0</sup>	100	—
緩速濾過処理水	1.0×10 <sup>1</sup>	82.7	0.76	2.8×10 <sup>-1</sup>	91.6	1.1
	Enterococci					
	幾何平均	除去率%	Log <sub>10</sub> 除去率			
酸化池流入水	1.4×10 <sup>2</sup>					
酸化池処理水	5.6×10 <sup>-1</sup>	99.6	2.4			
急速濾過処理水	7.3×10 <sup>-1</sup>	-31.8	-0.12			
急速濾過+塩素処理水	0.0×10 <sup>0</sup>	100	—			
緩速濾過処理水	1.2×10 <sup>0</sup>	-107	-0.32			

## (2)研究成果の今後期待される効果

水再利用システム導入の効果を、健康リスクの観点から定量的に評価することで、今後水再利用プロセスの導入に際して水資源や利用用途に応じた適切なプロセスの選定に資する。また、この研究を通して、水再利用における定量的健康リスクの評価の枠組みや手法をカウンターパートへと技術移転することにより、プロジェクト終了後も健康リスクの観点からの水再利用評価が持続的に行われることとなる。

## 4.4.4 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)研究実施内容及び成果

## ①研究のねらいと実施方法

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研究成果

以下、プロジェクト期間中の成果を年度ごとにまとめた。

## 【平成22年度まで】

## 1.Bang Pa-In 工業団地におけるモニタリング

東北大学グループと共同でモニタリングを実施しており、その結果は上述の通りである。次年度以降、東北大学

グループでは病原微生物(特にウイルス)の検出を実施するが、本グループでは同じ水試料からの重金属の測定を行う。

### 2. 下水処理水の農業利用における健康リスク評価

下水処理水の農業利用の可能性を検討するために、タイ東北部の **Buriram** 県の下水処理場における水質調査を開始した。また、農業利用時における健康リスクを低減するために、下水処理水をさらに浄化する処理システム(砂ろ過と塩素消毒で構成)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(米、キュウリ、レタス、タロ芋を予定)の栽培を試みる。

### 3. 再利用水の健康リスク評価モデルの開発

上記の2つの調査地域における健康リスク評価モデル開発のために、必要な情報の収集と整理を行った。**Bang Pa-in** 工業団地においては、下水処理水の放流量に比較して、現在道路清掃やガーデニング等に再利用されている量が少ないことが分かった。また、下水処理水が流入する池で見られる水に触れる行為(水遊び、投網、洗車など)について、行為者の属性やその頻度などを尋ねるアンケート調査を実施した。**Buriram** 県においては、下水処理場周辺の農業従事者を対象に、下水処理水の農業利用に対する意識調査を一部実施した。また、熱帯地域の農業活動由来の代表的な感染症として、レプトスピラ症のリスク評価のための **Dose-response** モデルを開発した。

#### 【平成23年度】

##### 1. **Bang Pa-In** 工業団地におけるモニタリング

東北大学グループと同様、10月の洪水によりこれまで蓄積した試料が全て使用不能となり、平成24年に調査を再開した。本調査は平成24年度も継続し、季節(雨季、乾季)による重金属濃度の変化を評価する予定である。

##### 2. 下水処理水の農業利用における健康リスク評価

下水処理水の農業利用の可能性を検討するために、タイ東北部の **Buriram** 県の下水処理場に設置する処理システムの設計の見直しを行った。このシステムにより、下水処理水を直接農業利用するケースの他、緩速ろ過方式での処理、あるいは、急速ろ過と塩素消毒による処理の後で農業利用するケースで、それぞれ実験が可能となる。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(米、キュウリ、レタス、タロ芋を予定)の栽培を試みる。

それに先立ち、下水処理水の農業利用のシナリオを検討するために、処理水を循環利用することで灌漑用水の使用量を極力減らしながら水稻の栽培を行った。その結果、活性汚泥法と塩素消毒で処理された都市下水の処理水を水田で循環利用しても、河川水を循環利用したケースと同等の品質、収量の米が収穫できた。特に、下水処理水を再利用するケースでは窒素肥料を全く使用しておらず、下水処理水の肥料効果が確認された。ただし、循環灌漑で肥料成分の吸収効率が上昇したためか、下水処理水、河川水のどちらかを再利用した場合でも、水稻の過剰な生育(いわゆる過繁茂)が見られた。

##### 3. 再利用水の健康リスク評価モデルの開発

健康リスク評価モデル開発に必要な水質データの収集が、前述の通り、**Bang Pa-in** 工業団地、**Buriram** 県ともに当初の計画より遅れており、モデル開発が進まなかった。次年度、水質データの収集と蓄積と並行して、モデル開発を進める。

#### 【平成24年度】

##### 1. **Bang Pa-In** 工業団地におけるモニタリング

東北大学グループと共同で、平成24年1月に再開したサンプリングと試料分析を継続して行った。一部分析が

終わっていない試料はあるが、14ヶ月にわたる水質データが蓄積され、リスク評価に必要なデータが揃った。

## 2. 下水処理水の農業利用における健康リスク評価

Buriram 県の下水処理場に、処理水の農業利用のための浄化システムを設置した(図 10)。浄化システムは3系列用意し、それぞれ、緩速砂ろ過、急速砂ろ過、そして急速砂ろ過と塩素消毒によって処理水の水質向上を図る。平成 24 年 12 月からこのシステムの運転をはじめ、平成 25 年 3 月から、実際に再利用水の灌漑による農作物(キュウリとインゲン)の栽培試験を開始した。さらに水が逼迫した状況を想定して、昨年度から再利用水の循環利用による水稲栽培も試みている。本年度は、Buriram 県に設置した浄化システムの1系列でも用いている再利用水の塩素消毒に注目して、水稲の生育に対する影響を調査したが、塩素消毒の有無では水稲の収量および品質には差が見られなかった。

## 3. 再利用水の健康リスク評価モデルの開発

リスク評価のための再利用シナリオと、評価対象微生物が決定した。Bang Pa-in 工業団地での再利用については、水質データが揃ったことから健康リスク評価に着手した。Buriram 県での再利用については、栽培試験を開始したばかりであり、データが揃い次第、リスク評価を開始する。

### (2) 研究成果の今後期待される効果

水再利用システム導入の効果を、健康リスクの観点から定量的に評価することで、今後水再利用プロセスの導入に際して水資源や利用用途に応じた適切なプロセスの選定に資する。また、この研究を通して、水再利用における定量的健康リスクの評価の枠組みや手法をカウンターパートへと技術移転することにより、プロジェクト終了後も健康リスクの観点からの水再利用評価が持続的に行われることとなる。

## 4. 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) 研究実施内容及び成果

#### ① 研究のねらいと実施方法

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。

Khlong Luang (Phatum Thani) および Khlong Jik (Ayutthaya)を対象地区に設定し、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)を行い、水利用の現況を把握した後、地域に適した分散型水再利用システムの評価と構築をすすめる。

## ②研究成果

以下、プロジェクト期間中の成果を年度ごとにまとめた。

### 【平成22年度まで】

モデル対象地域に選定した Khlong Luang (Pathum Thani) および Khlong Jik (Ayutthaya)における生活排水排出の概況の把握をすすめるために、その居住者に対して、アンケート調査および一部家庭の排水水質調査を行った。得られた結果の概要は以下のとおりである。

- ・水道水および地下水が多くの使用目的で用いられているが、後者は約 2 割程度であった。
- ・ボトル水と水販売機水は、飲用および調理用に多く用いられていた。
- ・1 人 1 日当たりの上水使用量原単位として、中央値 175 L/p/d、平均値 208 L/p/d が得られた。
- ・家庭での水使用は、いずれの使用目的においても朝と夕方の 2 ピークが、また、平日と休日による差異が認められた。
- ・洗濯排水は 30%以上の家庭で、植栽や床洗浄などに再利用されていた。
- ・処理水の再利用受け入れの可能性に関する質問に対して、トイレ排水については 40%以上が否定的である一方、greywater については 80%以上の家庭で受け入れ可能との回答であった。
- ・家庭で使用される洗剤の種類と量について、その概要を見積もることができた。
- ・BOD および COD 濃度は、調理排水、食器洗浄廃水、洗濯排水で高く、MBAS (陰イオン界面活性剤)濃度は、食器洗浄排水および洗濯排水で高かった。
- ・全リンおよび SS 濃度は、調理排水と洗濯排水で高かったが、とくに全リンは洗米排水と洗濯排水の一部(洗剤中ビルダーのポリリン酸に起因すると考えられた)で極めて高濃度であった。また、食器洗浄排水の油分濃度が高かった。

これらの結果から、greywater の種類によって水質特性が異なり、その再生再利用の可能性の多様性が示されたといえる。そこで、居住者の受け入れ意識に合致した当該地域の水再生技術の開発が今後の重要課題と考えられた。

表 2 生活排水処理水の利用受け入れの可能性

Source:treated greywater		Source:treated blackwater	
Purpose	%	Purpose	%
Drinking	5.9	Drinking	3.8
Cooking	7.5	Cooking	3.5
Dish cleaning	17.3	Dish cleaning	4.3
Bathing	16.2	Bathing	6.2
Laundry	22.9	Laundry	7.8
Toilet	45.6	Toilet	25.3
Floor cleaning	57.1	Floor cleaning	22.1
Car cleaning	53.4	Car cleaning	21.3
Plant watering	73.3	Plant watering	50.4
Others	0.0	Others	0.8
Not acceptable	17.3	Not acceptable	43.7
No response	0.3	No response	0.3
Total	316.7	Total	189.5

n=371(multiple answers)                      n=371(multiple answers)

## 【平成23年度】

### 1. 家庭からの洗剤排出原単位 (MBAS および LAS) の算定

市販の洗濯洗剤 5 種、台所用洗剤 3 種、シャンプー 4 種、液体せっけん 4 種について、MBAS および LAS (C10~C13) の含有率を測定した。昨年アンケート調査から明らかになっている各洗剤の使用量原単位と、各種洗剤の使用シェア割合のデータを用いて、1 日 1 人あたりの MBAS および LAS の排出原単位を求めた。MBAS の原単位は約 15 mmol/p/d であり、内訳は洗濯洗剤 > 台所用洗剤 > シャンプー > 液体せっけんの順であった。LAS の原単位は MBAS の半分よりやや高め約 9 mmol/p/d であり、ほとんどが洗濯洗剤および台所用洗剤から排出され、身体に触れるシャンプーや液体せっけんにはほとんど含まれなかった。家庭から排出された先の水路や運河での洗剤濃度は低下しており、生物処理による洗濯排水およびシャワー排水の再生の可能性が示唆された。

### 2. 生物膜法による洗剤含有排水の処理特性の把握

タイ市販の洗剤を含有する模擬雑排水を原水として、16L 容の生物膜室内実験槽にて処理実験を行った。ばっ気の有無(有:O、無:A)および滞留時間(1 日、2 日、8 日)を変化させたときの MBAS および TOC に除去率は図 11 のとおりで、ばっ気による除去性能の向上は明らかであり、滞留時間 1 日 (O-1) で MBAS90% が得られた。

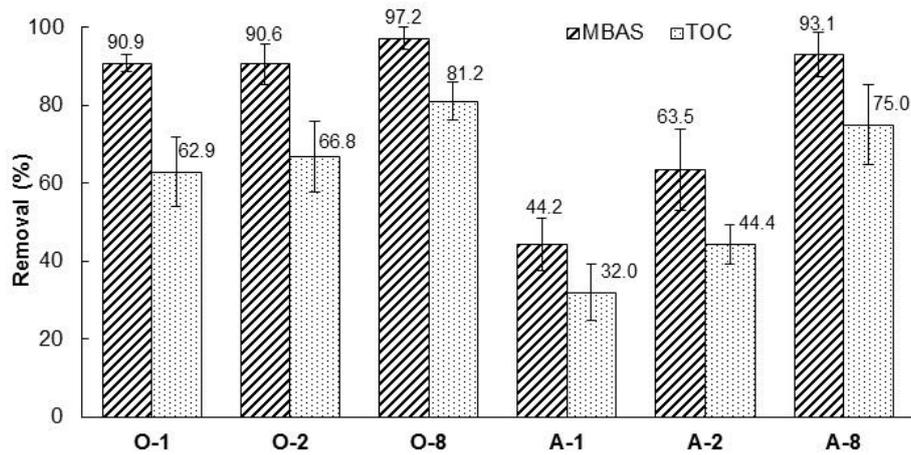


図 11 生物膜法を用いた洗剤含有排水からの MBAS および TOC 除去率

### 3. 実アパート排水を用いた再生処理実験の計画策定

タイ国内で製造され市販されているばっ気型浄化槽(室内実験の 100 倍規模:1600L 容、図 12)に、アパート 1~2 家庭の洗濯排水とシャワー排水が排水される排水パイプに接続して、排水の排出特性(水量・水質)、処理特性、再利用可能性について検討することとした。



図 12 陸軍キャンプアパートに導入した生活雑排水再利用装置

#### 【平成24年度】

実アパート排水を用いた再生処理実験において、1 家庭からの流入条件についての調査結果から、以下が得られた。

#### 1.排水量と汚濁負荷原単位

雑排水(洗濯排水とシャワー排水)の日流量は、全体の平均値±標準偏差は  $586 \pm 217$ L(1 人当たり 146L/人・日)であった。また、シャワーと洗濯の排水量原単位は、それぞれ 69L/人・日、93 L/人・日と算定された。(シャワ

一十洗濯排水量)/水道使用量は  $80\pm 6\%$  であり、雑排水の使用割合が高かった。また、流量の日変動パターンについては、朝と夕方～夜の二つのピークがみられた。

シャワーおよび洗濯排水による汚濁負荷原単位を算定すると、BOD、COD、SS、MBAS、LAS、TOC、T-N、TP それぞれ、2.2、7.5、1.8、0.57、0.19、2.3、1.2、0.26 g/人・日であり、BOD 負荷量は低かった。なお、洗濯洗剤には、リンが含まれていた。

## 2. 処理性能

BOD、COD、SS、MBAS、T-P の原水と処理水濃度および除去率の平均値は表 3 のとおりで、BOD と SS で約 80%、MBAS で 95% の除去率が得られ、原水にみられる洗剤による発泡は処理水では消失した。曝気型浄化槽はシャワーおよび洗濯排水の BOD および界面活性剤を低減させ、散水などへの再利用の可能性を増加させるといえる。他方、大腸菌群数、大腸菌数、腸球菌数等の除去は 1 log 程度であり、再利用目的により消毒・除菌が必要となる。

表 3 水質調査における原水と処理水水質

	BOD	COD	SS	MBAS	TP
原水濃度 (mg/L)	30	93	23	6.5	3.5
処理水濃度 (mg/L)	6	38	4	0.2	2.5
除去率 (%)	82	57	81	96	33

## (2)研究成果の今後期待される効果

ここで開発を進めている生活雑排水再利用による分散型水再利用システムの導入が進めば、アパート/コミュニティ単位での新たな水資源の確保が可能となるとともに、これまで未処理のまま運河へと放流されていた生活雑排水の減少とともに、運河水質の改善が見込まれるため、運河水の水資源としての質も向上する効果が期待できる。また、ここでの研究開発は対象地区の現況調査から始まり、現地住民のニーズに基づいてすすめられたものであり、今後、分散型水再利用システムの導入のモデルケースとしても活用されることが期待される。

## 4. 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)研究実施内容及び成果

#### ①研究のねらいと実施方法

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。

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。

## ②研究成果

以下、プロジェクト期間中の成果を年度ごとにまとめた。

### 【平成22年度まで】

ポンドおよび湿地を有するタイ国内の6カ所の下水処理場および病院排水の処理施設に対して、主要な女性ホルモンおよび医薬品残留物の水質調査を実施した。その結果を図13に示した。調査対象とした11種類の化合物はポンドあるいは湿地により除去され、活性汚泥法に対して報告されている結果と同程度であった。しかしながら、それらの除去率は処理施設により大きく異なり、システム評価に際して、除去性能と設計・操作条件との関係に対する検討が必要であることがわかった。

また、植物の浄化メカニズムの解析から、環境ホルモンは植物体内に存在する過酸化水素とペルオキシダーゼ(PO)の作用により除去されること、Fe<sup>2+</sup>を添加するとバイオフィenton反応が進行して難分解性の汚染物質が除去されることを明らかにした。加えて、タイ国内の植物は我が国より過酸化水素濃度が高いことが示された。したがって、過酸化水素あるいはPO活性の高い熱帯域の植物を用いることにより、ポンドや人工湿地の浄化性能を大きく向上できると考えられた。

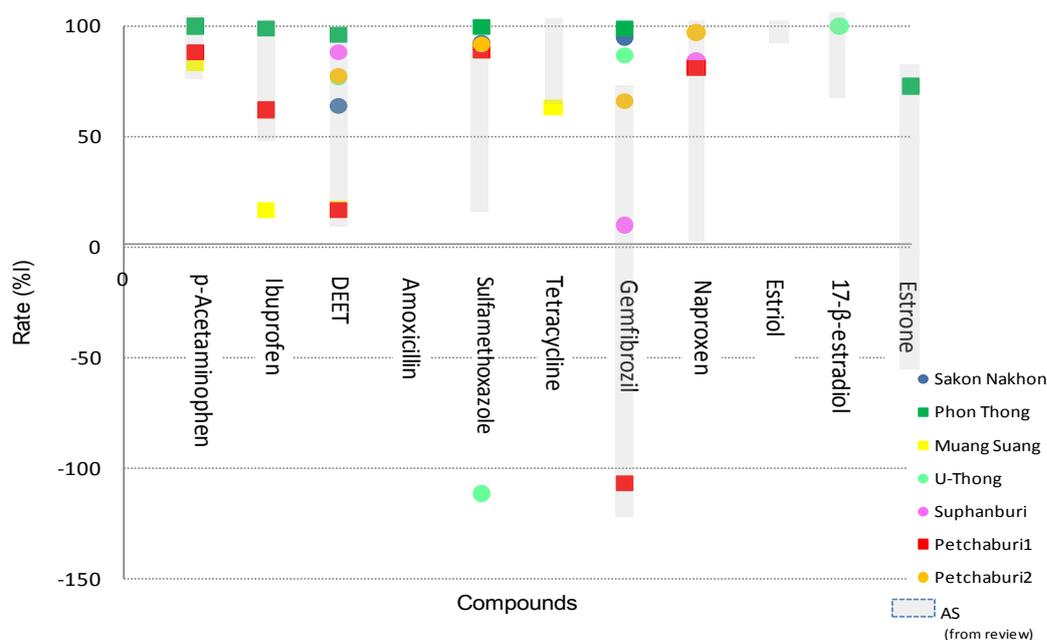


図13 タイ国内のポンドおよび湿地における医薬品および環境ホルモンの除去率  
(ここで、ASは活性汚泥法による除去率を、右下部は処理施設の場所を示す。)

### 【平成23年度】

タイ国内の下水処理施設の運転状況、処理性能、再利用状況などについて、昨年度に引き続きアンケート調査および現地調査を実施した。その結果、比較的、小規模施設で処理性能が大きく異なるが、その原因は施設への流入濃度が極めて低いことによることがわかった。施設によっては処理水の排出基準である BOD<20 mg/

を下回る場合があった。このような場合、下水管渠内での浄化、地下水等の混入が起こっていると考えられた。さらに、下水管渠の維持管理が適正に行われていない場合が多く、未処理下水が環境中に放出されているケースがある。これらの結果から、下水管渠に依存する集中管理型のシステムより、小規模分散型の排水処理システムの方が環境保全および排水再利用の観点から優れていると考えられた。

また、人工湿地による一般水質パラメータおよび微量有害物質の除去性能について、ERTC 内に設置されたパイロット実験施設で検討を行った。人工湿地(図 14 参照)には ERTC の寮から排出される生活排水が3つの流路に流入する。1つの流路は4つの区画に分かれており、それぞれ Sub-surface flow と Surface flow を交互に繰り返す。流路2はリファレンスで植栽していない。

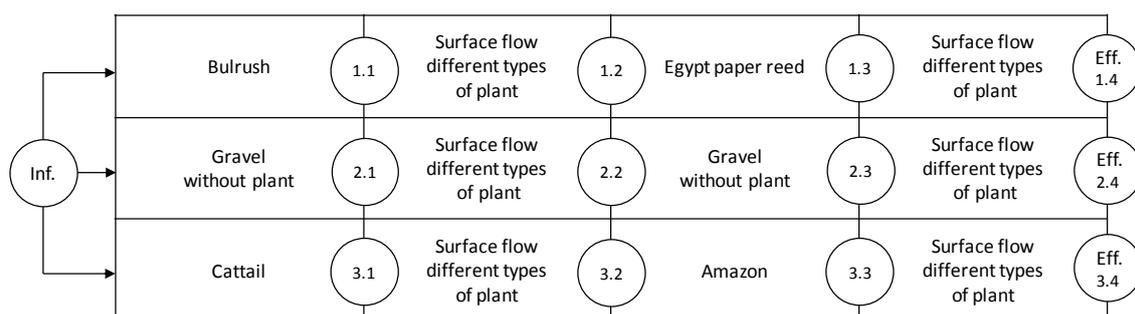


図 14 パイロット規模人工湿地の概略図

表 4 微量有害物質 除去結果(流路1, 2のみ抜粋)

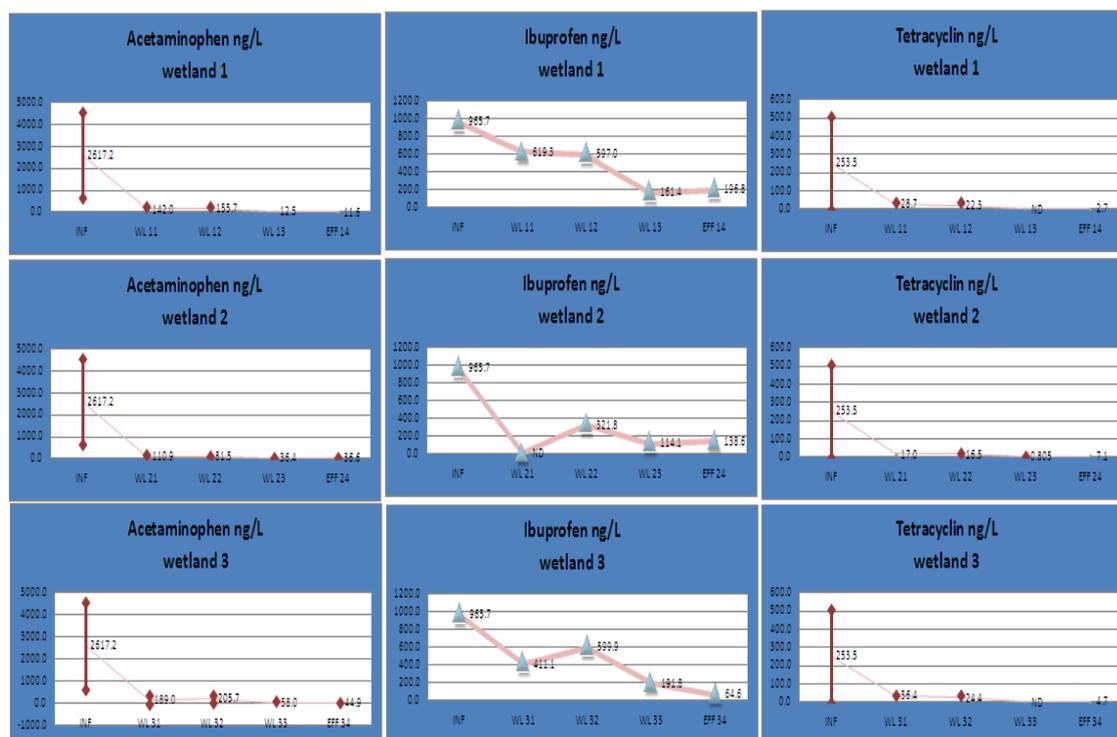
N.D.: Not Detectable

Name	Class	Inf. Conc. (ng)	Mid. Conc.(ng)			Eff. Conc. (ng)	Total Removal Rate (%)
			1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>		
Tetracycline	Antibiotics	558	16.5	N.D.	N.D.	N.D.	> 99
			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	> 99
Amoxicillin	Antibiotics	43.9	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	> 86
			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	> 86
<i>p</i> -Acetaminophen	Pain killer	1.09*10 <sup>4</sup>	197	28.6	24.2	28.7	> 99
			50.7	55.1	41.3	46.5	> 99
DEET	Insect repellent	13.9	635	590	626	567	< 0
			263	192	554	530	< 0
Mefenamic acid	Anti-inflammatory drugs	7.12	32.1	22.9	23.4	36.2	< 0
			2.41	1.63	4.83	63.7	< 0
Phenytoin	Anti-epileptic	53.9	235	354	505	423	< 0
			397	434	671	567	< 0

BOD 等の一般的水質項目は高い効率で除去された。一方、微量有害物質は表 4 に示すように、物質によって異なった。Tetracycline と Amoxicillin はほぼ除去されているが、DEET、Mefenamic acid 及び Phenytoin は処理過程で濃度が上昇する傾向がみられ、p-Acetaminophen は 99% 以上除去された。P-Acetaminophen は数十 ng/L 程度まで除去された。これらの除去性能については現在、実験を継続して検討中である。なお、除去率が低い物質に対しては、Fe<sup>2+</sup>添加によりバイオフィenton反応を進行させ、処理性能の向上を図る予定である。

#### 【以下、平成24年度末】

前年度に引き続き ERTC 内に設置した人工湿地による連続浄化試験を継続して実施した。その結果、一般水質パラメータ(BOD, COD, TP, TN, 大腸菌群数)は安定して除去され、優れた処理性能が示された。また、前年度と同様に Tetracycline, Amoxicillin, p-Acetaminophen, Ibuprofen 等は安定して確実に除去されることがわかった(図 15)。しかしながら、その他の一部の PPCPs は活性汚泥法等と同様に除去効率が低いことも確認された。除去効率が低い PPCPs をバイオフィenton反応によって除去するために、図 16 に示すように鉄化合物をコンクリート等で固化させ、鉄化合物を溶出・供給するフェントンボールを試作して溶出速度を測定した。現時点では溶出量および pH 等に問題があり、異なる材料より作製したフェントンボールに検討している。最適な鉄供給法が確立次第、ERTC に設置されている人工湿地に用いる予定である。



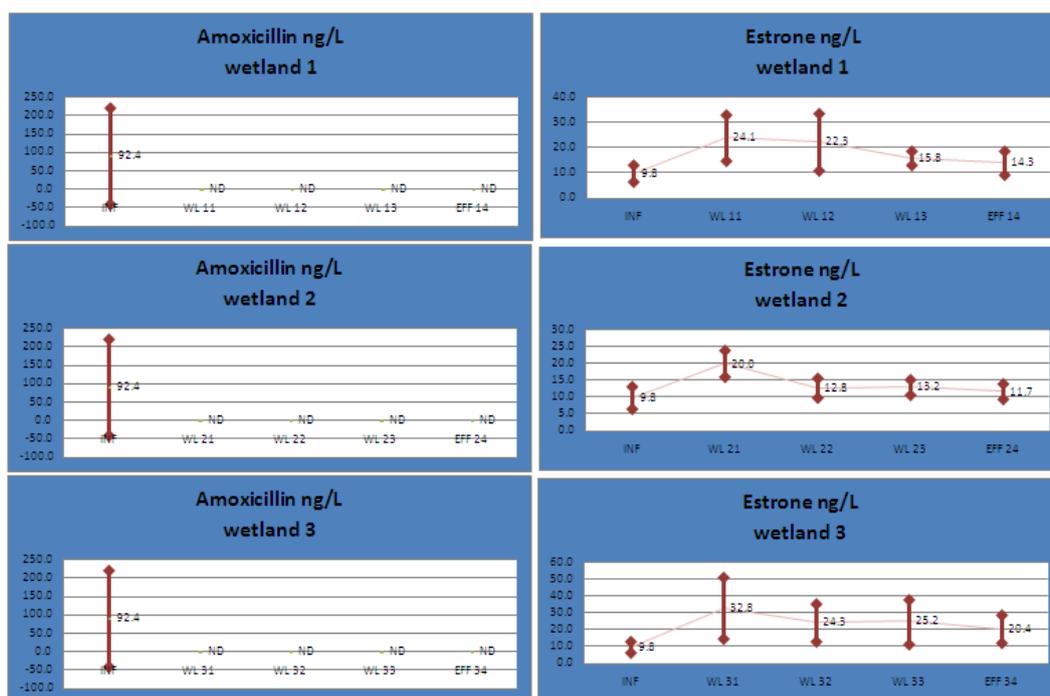


図 15 人工湿地内の PPCPs 分布の一例



図 16 鉄化合物を含有するバイオフェントン反応用球粒子（左から型枠、鉄粒子およびコンクリート打込み、フェントンボール(拡大)、フェントンボール)

一方、植物を用いたバイオフェントン反応について、これまでの検討結果に基づいて、図 17 に示す反応メカニズムを提案した。環境ホルモン(EDCs)の除去は植物体内で呼吸あるいは光合成反応により生産された過酸化水素およびペロオキシダーゼ(POs)により酸化除去されると考えられる。ここで、植物体内の過酸化水素は昼夜を通じてほぼ安定しており、暗条件下でも 1 週間程度維持されることがわかった。また、ウキクサを用いた実験から、液中の鉄イオン濃度が数 10 mg/L 以上になると、植物の増殖が阻害されるため、数 mg/L 程度の鉄イオン濃度がバイオフェントン反応を安定して進行させるために重要であることがわかった。

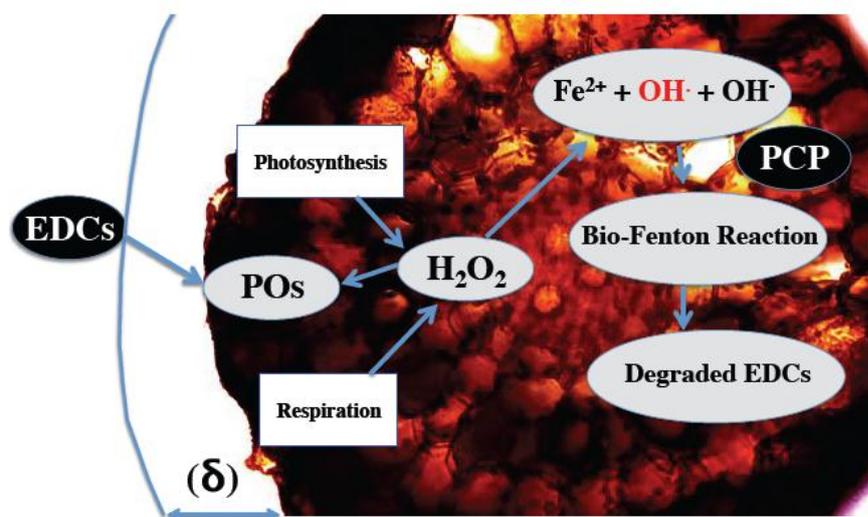


図 17 EDCs および難分解性物質(PCP)の除去メカニズム

## (2)研究成果の今後期待される効果

ここで開発を進めているプロセスは、運河、湿地、ポンドなど、既にプロジェクトサイトに多く存在する場／システムを利用し、その地域に生息する水生植物を活用した水質浄化プロセスである。大規模な施設の建設を必要としない安価なプロセスであり、確立すれば、熱帯地域に適した新たな水質浄化プロセスとして、プロジェクトサイトのみならず、広くその他の熱帯地域にも展開されていくことが期待される。

## § 5 成果発表等

(1)原著論文発表 (国内(和文)誌 7件、国際(欧文)誌 24件)

1. S. Chitapornpan, C. Chiemchaisri, W. Chiemchaisri, R. Honda, K. Yamamoto(2013) Organic carbon recovery and photosynthetic bacteria population in an anaerobic membrane photo-bioreactor treating food processing wastewater. *Biores. Technol.* 141, pp.65-74
2. Supattra Jiawkok, Suda Ittisupornrat, Chittima Charudacha, Jun Nakajima (2013) The potential for decentralized reclamation and reuse of household greywater in peri-urban areas of Bangkok. *Water and Environment Journal*, Vol. 27 pp.229-237
3. C.Ratanatamskul, N. Suksusieng and K. Yamamoto (2013) Inclined Tube/ BioFilm Membrane Bioreactor (IT/BF-MBR) for High-rise Building Wastewater Recycling. *Desalination and Water Treatment*
4. A.R.Reis and Y. Sakakibara (2012) Enzymatic degradation of endocrine-disrupting chemicals in aquatic plants and relations to biological Fenton reaction, *Water Science and Technology*, Vol.66, No. 4, pp.775-782
5. C. Ratanatamskul, N. Glingeysorn, K. Yamamoto (2012) The BNR-MBR (Biological Nutrient Removal-Membrane Bioreactor) for nutrient removal from high-rise buiding in hot-climate region. *Membrane and Water Treatment* Vol.3, No.2 pp.133-140
6. 村松亜由美, 渡部徹, 佐々木貴史, 伊藤紘晃, 梶原晶彦, 下水処理水の循環灌漑による省資源型水稲栽培, *土木学会論文集 G(環境)*, 68(7), III\_93-III\_102, 2012.
7. Y. Kasai, Y. Inagaki, Y. Sakakibara, M. Milintawisamai, and S. Srilachai: Field Survey on the Removal of Endocrine Disrupting Chemicals and Pharmaceutical Residues in Oxidation Ponds and Constructed Wetlands in Tropical Areas, *Journal of Water and Environment Technology* Vol. 10, No. 4, pp.337-345, 2012.
8. 稲垣嘉彦, 藤田泰史郎, Andre Rodrigues dos Reis, 鈴木 詩麻, 榊原 豊:水生植物のエストロゲン類浄化能力に関する基礎的研究, *土木学会論文集 G(環境)*, Vol. 68, No. 7, pp.77-85, 2012.
9. Supattra Jiawkok and Jun Nakajima (2012) Wastewater Treatment using a Biofilm Process for Greywater Reclamation nd Reuse. *Jpn J. Water Treatment Biology*, Vol.48, No.3, pp.109-116
10. Supattra Jiawkok, Jun Nakajima (2012) Estimation of Surfactants Discharge Loadings by Domestic Detergent Use in Thailand. *J. Water and Environment Technology*, Vol.10, No.4, pp.421-428
11. Chitapornpan S., C. Chiemchaisri, W. Chiemchaisri, R. Honda and K. Yamamoto (2012), Photosynthetic bacteria production from food processing wastewater in sequencing batch and membrane photo-bioreactors, *Water Science & Technology*, 65(3), pp.504-512.
12. Boonyaroj V., C. Chiemchaisri, W. Chiemchaisri, S. Theepharaksapan and K. Yamamoto (2012), Toxic organic micro-pollutants removal mechanisms in long-term operated membrane bioreactor treating municipal solid waste leachate, *Bioresource Technology*, 113, pp.174-180.
13. Threedeach S., W. Chiemchaisri, T. Watanabe, C. Chiemchaisri, R. Honda, and K. Yamamoto (2012), Antibiotic resistance of *Escherichia coli* in leachates from municipal solid waste landfills: Comparison between semi-aerobic and anaerobic operations, *Bioresource Technology*, 113, pp.253-258.
14. Na Roi-et V., W. Chiemchaisri, C. Chiemchaisri and K. Yamamoto (2012), Assessment of genotoxicity of

- landfill leachate by comet assay using golden pothos (*Epipremnum aureum*), *International J. Environmental Technology and Management*, 15(3-6), pp.247-260
15. Honda R., J. Boonnorat, C. Chiemchaisri, W. Chiemchaisri and K. Yamamoto (2012), Carbon dioxide capture and nutrients removal utilizing treated sewage by concentrated microalgae cultivation in membrane photobioreactor, *Bioresource Technology*, 125, pp.59-64
  16. Boonyaraj V., C. Chiemchaisri, W. Chiemchaisri and K. Yamamoto (2012), Removal of organic micro-pollutants from solid waste landfill leachate in membrane bioreactor operated without excess sludge discharge, *Water Science & Technology*, 66(8), pp.1774-1780
  17. C.Ratanatamskul, N.Glingeysorn, K.Yamamoto. The BNR-MBR (Biological Nutrient Removal-Membrane Bioreactor) for nutrient removal from high-rise building in hot-climate region. *Membrane and Water Treatment Journal*, Technopress, 2012, Vol.3, No.2, pp.133-140
  18. 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
  19. Simanata Threedeach, Wilai Chiemchaisri, Toru Watanabe, Chart Chiemchaisri, Ryo Honda, Kazuo Yamamoto (2012) Antibiotic resistance of *Escherichia coli* in leachates from municipal solid waste landfills: Comparison between semi-aerobic and anaerobic operations. *Biores. Technol.* (113,pp. 253-258, 2012)
  20. S. Chitapornpan, C. Chiemchaisri, W. Chiemchaisri, R. Honda and K. Yamamoto (2012) Photosynthetic bacteria biomass production from food processing wastewater in sequencing batch and membrane photo-bioreactor. *Water Sci. Technol.* 65(3), pp.504-512
  21. 本多 了, 渡部 徹, 真砂 佳史, Rungnapa Chulasak, Kulchaya Tanong, Chaminda Tushara G.G., Variga Sawaittayotin, Krison Wongsila, Chawala Sienglum, Varisara Sunthonwatthanaphong, Anupong Poonnotok, Chart Chiemchaisri, 古米 弘明 (2011) タイ王国チャオプラヤ川流域における抗生物質耐性大腸菌の分布. *土木学会論文集 G (環境)*. 67(7) (環境工学研究論文集. 48), III\_173-178
  22. 本多 了, 福士謙介 (2011) 下水汚泥を利用した燃料作物栽培による温室効果ガス排出削減効果. *土木学会論文集 G (環境)*. 67(6) (環境システム研究論文集. 39), II\_299-305
  23. Reis, A.R and Sakakibara, Y.: Continuous treatment of endocrine disrupting chemicals by aquatic plants and biological Fenton Reaction., *JSCE, Ser. G (Environmental Research)*, 67(7), pp.725-734 (2011).
  24. 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, pp.5381-5388, 2011
  25. 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)
  26. 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 (環境)*, 67(2), pp.47-53
  27. 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), pp.67-76, 2010.

28. Yuji Hara, Ai Hiramatsu, Ryo Honda, Makiko Sekiyama, Hiroataka Matsuda (2010) Mixed land-use planning on the periphery of large Asian cities: the case of Nonthaburi Province, Thailand. *Sustain. Sci.* 5(2), pp.237-248
29. 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), pp.1073-1080
30. 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), pp.2218-2224 (2010)
31. 榎原 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**,pp. 691-697 (2010)

## (2) 研修コースや開発されたマニュアル等

### ① 研修コース概要(コース目的、対象、参加資格等)、研修実施数と修了者数

#### 1. プロジェクト関連要素技術に関する研修(2009年6月11～18日)

修了者数:9名

研修内容:次世代 MBR 実験設備と下水処理場の視察(東京大学)

浄化槽と学生による琵琶湖水質調査(立命館大学)

病原微生物実験室と松島湾水環境(東北大学)

#### 2. 最新の水再利用基盤技術および水資源の有効利用に関する研修(2010年6月11～18日)

修了者数:15名

研修内容:RO 技術に関する講義(講師:東レ 豊原氏)

水資源管理に関する講義(講師:古米弘明)

プロジェクト合同研究会(各グループによる研究発表と討議)

海水淡水化施設視察(沖縄県・北谷町)

地下ダム視察(沖縄県・宮古島)

東大最先端 MBR 実験棟視察(東京都砂町水再生センター)

#### 3. 膜技術と自然浄化による水環境保全に関する研修(2011年6月30日～7月7日)

修了者数:12名

研修内容:水処理膜製造企業訪問・視察(三菱レイヨン豊橋工場および技術研究所)

湿原および湖の視察(釧路湿原, 塘路湖, 摩周湖)

浄水場施設視察(音別浄水場)

北海道大学最先端 MBR 研究施設視察(創成川下水処理場内パイロットプラント)

下水処理場視察(創成川下水処理場および下水道科学館)

プロジェクトミーティング(各グループによる討議)

#### 4. 水再利用関連技術および水環境保全に関する研修(2012年10月21～31日)

修了者数:11名

研修内容:水処理技術に関する講義(講師:山本和夫)

水処理膜製造企業訪問・視察(東レ愛媛工場)

浄化槽製造工場訪問・視察(ダイキアクシス松山工場)

産業排水処理施設見学(太陽石油)

多度津町水再利用プロジェクト視察

満濃池農業用水管理視察

里山と伝統的水再利用視察(香川県)

倉敷川畔美観地区における水と文化視察

広島市太田川ヘドロ浄化事業視察

NEDO 北九州ウォータープラザ視察

北九州市における水分野国際協力の取り組み

福岡県新宮町セントラルパーク水環境整備事業視察

5. 水再利用のための定量的微生物リスク評価に関する研修(2012年8月27日～31日)

修了者数:1名

研修内容:定量的微生物リスク評価に関する講義(講師:渡部 徹)

定量的微生物リスク評価に関する実習(山形大学農学部)

6. 水処理プロセス内微生物叢解析に関する研修(2012年4月2日～5月31日)

修了者数:1名

研修内容:分子生物学的解析手法に関する講義および分子生物学的手法を用いた微生物群集解析実習(講師:飛野 智宏、東京大学)

7. Water-InTro Lecture Series at ERTC

第1回(2010年2月22日)“Membrane technology and its application to water reuse”(講師:山本和夫)

第2回(2010年3月24日)“Theoretical and analytical background of heavy metals and pharmaceuticals and personal care products (PPCP)”(講師:Tushara Chaminda)

第3回(2010年4月23日)“Impacts of peri-urban housing development on canal water environment”(講師:本多 了)

第4回(2010年6月15日)“Application of Toxicological Test for Environmental Risk Assessment”(講師:Wilai Chiemchaisri)

第5回(2010年7月19日)“Application of a simple ceramic filter to water and wastewater treatment”(講師:中島 淳)

第6回(2010年8月19日)“New technology for water resource management”(講師:Variga Sawaittayotin)

第7回(2010年9月24日)“Principle and application of real-time PCR for pathogen detection in water environment”(講師:真砂佳史)

第8回(2010年10月27日)“Challenge to Sustainable Urban Water Use in Tokyo”(講師:古米弘明)

第9回(2010年11月26日)“Wastewater Reuse in Thailand”(講師:Chavalit Ratanatamskul)

第10回(2010年12月20日)“Introduction to Quantitative Microbial Risk Assessment (QMRA)”(講師:渡部 徹)

第11回(2010年2月1日)“Peroxidase Concentration and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in Tropical Aquatic Plants: A New Tool for Removal PPCPs”(講師:Mesak Milintawisamai)

第12回(2010年2月22日)“Heavy metal speciation and techniques to analyze by ICP-MS”(講師:Nyein Nyein)

Aung)

② 開発したテキスト・マニュアル類

- ・Standard Operating Procedures: Detection of Fecal Indicator Bacteria from Water Samples with Membrane Filtration Method (水試料からの指標微生物測定手順書)
- ・Manual for analysis of enzyme activity in aquatic plants inhabiting wetlands (ウェットランド内生息植物の酵素活性化等に関する分析技術マニュアル)
- ・Standard Operating Procedures: Quantification of bacteria and viruses by Real-time PCR (Real-time PCR による微生物定量分析手順書)
- ・Standard Operating Procedures: Heavy metals analysis by ICP-MS (ICP-MS による重金属分析手順書)
- ・Standard Operating Procedures: Antibiotics resistant test of E.coli (大腸菌の抗生物質耐性試験手順書)
- ・Protocol for blood digestion before ICP-MS analysis (ICP-MS 分析前の血液灰化処理の手順書)

(3) その他の著作物(総説、書籍など)

① 詳細情報

1. Toru Watanabe, Chen Jinxian, Wei Chunhai, Ryo Honda, Fumiyuki Nakajima and Kazuo Yamamoto. Performance of long-term operation of membrane bioreactor with in-line sludge thickener enhanced by inclined tubes (itMBR). In: Southeast Asian Water Environment 5, IWA Publishing, London, in press
2. Chavalit Ratanatamskul. Utilization of Effluent from Anaerobic Digestion of Food Waste as Seed Sludge for Composting. Energy Saving Magazine, April 2013, pp.64-65 (in Thai)
3. Chavalit Ratanatamskul. Development of a Zero-discharge Wastewater Reclamation System for High-rise Building in Tropical Region. Energy Saving Magazine, January 2013, pp.64-65 (in Thai)
4. Evaluation of pharmaceutical and personal care products (PPCPs) in downstream of Chao Phraya and in raw sewage in Thailand. Tushara Chaminda G.G, Hiroaki Furumai, and Variga Sawaittayotin, IWA Publishing, London, UK (**in press**).
5. Occurrence of pharmaceuticals and personal care product (PPCP) in Thailand waters. Tushara Chaminda G.G, Hiroaki Furumai and Variga Sawaittayotin, IWA Publishing, London, UK (**in press**).
6. Development of water quality information platform, Variga Sawaittayotin, Hiroaki Furumai Tushara Chaminda G.G ERTC 20 year anniversary book, Bangkok, Thailand, 26-27 July, 2012
7. 本多 了 (2011) タイ王国における水再利用技術の研究開発および浄化槽普及プロジェクト. 月刊浄化槽. 8月号, pp.18-20.
8. Chavalit Ratanatamskul et al. Research and Development for Water Reuse Technology in Tropical Regions: Japan and Thailand Research Collaboration. Thailand Engineering Journal, 4 (63), July-August 2010
9. Akihiko Hata, Hiroyuki Katayama, Suraphong Wattanachira, Sour Sathy, Yoshifumi Masago, Ryo Honda, and Yasuhiro Matsui (2010) Removal of microbes from highly turbid surface water in Southeast Asia using ceramic membrane filters. In: Southeast Asian Water Environment 4 (K. Fukushi, F. Kurisu, K. Oguma, H. Furumai and P. Fontanos eds.), IWA Publishing, London, pp.153-158.

10. K. Fukushi, K.M. Hassan, R. Honda and A. Sumi (2010) Sustainability in Food and Water: An Asian Perspective. Springer, New York.
11. Honda R., Hiramatsu A., Hara Y. and Sekiyama M. (2010) Supply-demand balance of compost between urban and agricultural sectors according to peri-urban development in an urban-rural fringe area in Asia - A case study in Nonthaburi, Thailand. In: Sustainability in Food and Water: An Asian Perspective (K. Fukushi, K.M. Hassan, R. Honda and A. Sumi eds.), Springer, New York, pp.289-296.
12. 山本和夫, 水の浄化システムで世界の暮らしを安全に、黒田達明著「ようこそ、私の研究室へ 世界に誇る日本のサイエンスラボ21」、267～279、ディスカバー・トゥエンティワン
13. 本多 了, 山本和夫 (2010) 国際科学技術協力の現場から～熱帯地域に適した水再利用技術の研究開発～. 環境科学会誌. 23 巻 6 号, 530-536.
14. 本多 了 (2010) タイ王国、運河のある風景とその未来. サステナ NEW, 東京大学サステナビリティ学連携研究機構, 第 15 号, pp.48-51.
15. 本多 了 (2010) タイ王国バンコク周縁部における都市拡大に伴う土地利用の混在と間接的水再利用. 環境安全, 東京大学環境安全研究センター, No.124, pp.16-19.

#### (4)国際学会発表及び主要な国内学会発表

##### ① 招待講演(国内会議 0 件、国際会議 6 件)

1. Y. Sakakibara, A.R. Ruis, K. Kyuma, and Y. Inagaki: Removal of Chlorinated Compounds by a Biological Fenton Reaction (Invited Lecture), 17th International Conference on Advanced Oxidation Technologies for Treatment of Water, Air and Soil (AOTs-17), San Diego, California, Nov. 2011.
2. Yamamoto K. (The University of Tokyo), Next generation technology for water and wastewater treatment with membrane, The 8th International Symposium on Southeast Asian Water Environment (SEAWE), Phuket, October 2010 (Plenary keynote)
3. Yamamoto K. (The University of Tokyo), From wastewater treatment to biomass/water production - a direction of R&D of MBR+ system, Challenges in Environmental Science & Technology (CESE-2010), Cairns, September 2010 (Plenary keynote)
4. Yamamoto K. (The University of Tokyo), Submerged MBRs: From Infancy to Full Scale Application, Singapore, July 2010 (Keynote)
5. Y. Sakakibara (Waseda University): Continuous treatment of endocrine disrupting chemicals (EDCs) by artificial and natural oxidation processes, Invited Lecture at Plenary Meeting, 5<sup>th</sup> International Conference on Environmental and Technology 2010, Houston, USA (2010).
6. Ryo Honda (The University of Tokyo) (2010) "Case Studies of Water Pollution in Asia and Sustainability Assessment on Water Resources." Japan-YWP 1st International Workshop, Yokohama, Japan, June 2010.

##### ② 口頭発表(国内会議 31 件、国際会議 65 件)

1. Ittisupornrat, S., T. Tobino, K.J. An, and K. Yamamoto. Treatment Performance, Microbial Activity and Community Dynamics in Inclined Plate Membrane Bioreactors for Municipal Wastewater Treatment

- under Different Sludge Retention Time. 13th International Conference on Environmental Science and Technology, Athens, Greece, September 5-7, 2013
2. Sutiab Srilachai, Chittima Charudacha, Panja Yaithavorn, Chawala Sienglum, Ryo Honda, Yoshifumi Masago, Toru Watanabe, Mesak Millintawasamai. Removal of fecal indicator bacteria and viruses in water reuse for agriculture by aerated lagoon of Buriram Municipality, Thailand. Water and Environment Technology Conference (WET 2013), Tokyo, 15-16, June 2013
  3. A. Muramatsu, T. Watanabe, A. Sasaki, H. Ito, A. Kajihara. Rice production with minimal irrigation and no nitrogen fertilizer by intensive use of treated municipal wastewater. The 7th IWA Specialist Conference on Efficient Use and Management of Water, Paris, France, October 22-25, 2013
  4. K. Ozawa, T. Watanabe, H. Ito, Y. Masago, W. Chiemchaisri, R. Honda and A. Kajihara. Tetracycline Resistance Genes Detected in Escherichia coli Isolated from the Chao Phraya River and Its Tributaries in Thailand. The 5th IWA-ASPIRE Conference and Exhibition, Daejeon, Korea, 8-12 September 2013
  5. 村松亜由美, 渡部徹, 佐々木貴史, 梶原晶彦, 下水処理水からの窒素除去と高品質米の栽培を目的とした水稲栽培条件の検討, 第68回土木学会全国大会年次学術講演会, 習志野市, 2013年9月
  6. 小澤耕平, 渡部徹, 伊藤紘晃, 梶原晶彦, 真砂佳史, Chiemchaisri Wilai, 本多 了 (2013) チャオプラヤ川流域から分離された大腸菌のテトラサイクリン耐性遺伝子. 平成 24 年度土木学会東北支部技術研究発表会, 2013年3月, 仙台.
  7. 村松亜由美, 渡部徹, 佐々木貴史, 伊藤紘晃, 梶原晶彦, 下水処理水の循環灌漑による省資源型水稲栽培, 第49回環境工学研究フォーラム, 京都市, 2012年11月
  8. 村松亜由美, 渡部徹, 佐々木貴史, 梶原晶彦, 下水処理水の循環灌漑によって栽培された水稲の生育と安全性, 第67回土木学会全国大会年次学術講演会, 名古屋市, 2012年9月
  9. 村松亜由美, 渡部徹, 佐々木貴史, 梶原晶彦, 下水処理水の循環灌漑による水稲栽培における塩素消毒と中干しの影響, 平成24年度土木学会東北支部技術研究発表会, 仙台市, 2013年3月
  10. Ayumi Muramatsu, Toru Watanabe, Atsushi Sasaki, Akihiko Kajihara (2012) Nitrogen removal from treated wastewater through rice cultivation with circulated irrigation. The 4<sup>th</sup> IWA Asia-Pacific Young Water Professionals Conference, Tokyo, December 2012.
  11. Chittima Charudacha, Panja Yaithavorn, Toru Watanabe, Yoshifumi Masago, Ryo Honda, Tatsuo Omura (2012) Recovery of wastewater treatment plant damaged by the 2011 flood in Thailand: From the point of health risk due to reuse of treated wastewater. The 4<sup>th</sup> IWA Asia-Pacific Young Water Professionals Conference, Tokyo, December 2012.
  12. S. Nagahashi and Y. Sakakibara: Electron Spin Resonance Analysis of Bio-Fenton process, The Sixth International Conference on Environmental Science and Technology 2012, June 25-29, Houston, Texas, June 25-29, 2012.
  13. Y. Inagaki, T. Fujita, A. R. Reis, S. Suzuki, and Y. Sakakibara: Performance and kinetics of Estrogens Removals by Aquatic Plants, The 4th IWA Asia-Pacific Young Water Professionals Conference, Oral-95, December 7-10, Tokyo, 2012.
  14. A. R. Reis, Y. Kyuma, M. Atarashi and Y. Sakakibara: Biological Fenton's oxidation of chlorinated endocrine disrupting chemicals by aquatic plants. 6th International Conference on Environmental Science

- and Technology. Houston, TX, USA, 25th – 30th June, 2012.
15. A. R. Reis and Y. Sakakibara: Removal mechanism of endocrine disrupting chemicals by aquatic plants. APRU Fellows Program 2012. The Value of Water: Water, Values and Society in the Asia Pacific Region. Singapore, May 28th – June 1st, 2012.
  16. 稲垣嘉彦, 榊原豊, Mesak MILINTAWISAMAI, Sutiab SRILACHAI: 熱帯域における人工湿地の微量有害物質除去性能に関する基礎研究, 土木学会全国大会第 67 回年次学術講演会, VII-124, 名古屋, 9 月 5 日-7 日, 2012.
  17. 稲垣嘉彦, Andre Rodrigues dos Reis, 久間有香子, 榊原豊: バイオフィenton法を用いた難分解性有機物処理に関する基礎的研究, 第 47 回日本水環境学会年会, 大阪, 3 月 11 日-13 日, 2013.
  18. 永橋 祥一, アンドレ ロドリゲス ドス レイス, 榊原 豊: バイオフィenton反応における OH ラジカル生成に関する基礎的研究, 第 47 回日本水環境学会年会, 大阪, 3 月 11 日-13 日, 2013.
  19. A. R. Reis and Y. Sakakibara: Hydrogen Peroxide in Aquatic Plants as Key Substance for Phytoremediation of Endocrine Disrupting Chemicals. Andre Rodrigues dos Reis and Yutaka Sakakibara. The 47th Annual Conference of Japan Society on Water Environment. Osaka – Japan, March 11st – 12nd, 2013.
  20. Jun Nakajima (2013) Decentralized local water reuse and sustainability. The 4th International Conference on Sustainability Science in Asia, Canberra, Australia, February 2013
  21. 山崎智之, Supattra Jiawkok, 金本紗季, 松田智子, Chittima Charudacha, 中島 淳 (2013) 洗剤を含む生活雑排水の再生処理実験. 第 47 回日本水環境学会年会, 大阪, 2013 年 3 月 11 日~14 日.
  22. Tushara Chaminda G.G, Hiroaki Furumai, VarigaSawaittayotin, Ryo Honda, Toru Watanbe, Yoshifumi Masago and RungnapaChulasak. Evaluation of community owned water resources based on water quality information platform (WQIP) in Thailand. 10th International Symposium on Southeast Asian Water Environment (SEWAE), Hanoi, Vietnam, November, 2012.
  23. Boonyaraj V., C. Chiemchaisri, W. Chiemchaisri and K. Yamamoto (2012), Evaluation of bio-toxicity removal in two-stage membrane bioreactor for landfill leachate treatment, Proceeding of the 10th International Conference on Membrane Science and Technology, 22-24 August 2012, Bangkok, Thailand.
  24. Sanguanpak S., C. Chiemchaisri, W. Chiemchaisri and K. Yamamoto (2012), Characterization of dissolved organic matter in landfill leachate during two-stage membrane bioreactor treatment, Proceeding of the 10th International Conference on Membrane Science and Technology, 22-24 August 2012, Bangkok, Thailand.
  25. Suwunpukdee C., C. Chiemchaisri\*, W. Chiemchaisri and S. Tudsri (2012), Utilization of concentrated leachate for plant cultivation on municipal solid waste landfill, Proceeding of the 10th International Symposium on Southeast Asian Water Environment, 8-10 November 2012, Hanoi, Vietnam.
  26. Sanguanpak S., C. Chiemchaisri, W. Chiemchaisri and K. Yamamoto (2012), Transformation of dissolved organic matter (DOM) during treatment of partially stabilized leachate by membrane bioreactor, Proceeding of the 4th IWA Young Water Professional Conference, 7-10 December 2012, Tokyo, Japan.
  27. C. Ratanatamskul, G. Onnum and K. Yamamoto. Energy recovery from biogas production by a prototype dry-anaerobic digester for co-digestion of food waste and sewage sludge from high-rise

- building. Proceedings of Fourth International Symposium on Energy from Biomass and Waste, 11-15 November 2012, Venice, Italy.
28. C. Ratanatamskul, T. Romsakul and K. Yamamoto. A Prototype IT/OD-MBR (Inclined-Tube/Oxidation-Ditch Membrane Bioreactor) system for High-rise Building Wastewater Recycling. Proceedings of International Conference on Challenging in Environmental Science and Engineering Conference, 9-13 September, 2012, Melbourne Australia.
  29. C Ratanatamskul, C.Charoenphol and K.Yamamoto. The Energy-saving Anaerobic Baffled Reactor-Membrane Bioreactor (EABR-MBR) system for high-rise building wastewater recycling. Proceedings of World Congress on Water, Climate and Energy 2012, Dublin, Ireland, organized by IWA (International Water Association).
  30. C.Ratanatamskul, N.Suksusieng and K.Yamamoto. Two-stage BioFilm Membrane Bioreactor (TBF-MBR) for High-rise Building Wastewater Recycling. Proceedings of International Conference on Wastewater Purification and Reuse, WWPR 2012, Heraklion, Greece, 28-30 March 2012, organized by International Water Association (IWA).
  31. T.Romsakul, C.Ratanatamskul and K.Yamamoto, Nutrient Removal of Incline Tube Oxidation-Ditch Membrane Bioreactor (IT/OD-MBR) for Building Wastewater Reclamation, National Conference on Environmental Engineering, Khonkaen, Thailand 27-29 March 2013, organized by EEAT (Environmental Engineering Association of Thailand).
  32. Andre Rodrigues dos Reis and Yutaka Sakakibara. Phytoremediation mechanism of trace phenolic endocrine disrupting chemicals by aquatic plants、第 46 回日本水環境学会年会、東京、2012 年 3 月。
  33. 久間有香子、榊原豊: バイオフィェントン反応の操作条件に関する基礎的検討、第 46 回日本水環境学会年会、東京、2012 年 3 月。
  34. 稲垣嘉彦、榊原豊: 浮遊植物を用いた栄養塩類除去およびバイオマス生産予測モデルに関する基礎的研究、第 46 回日本水環境学会年会、東京、2012 年 3 月。
  35. 土谷斗彫、稲垣嘉彦、榊原豊: タイ王国における下水処理に関する調査研究、第 46 回日本水環境学会年会、東京、2012 年 3 月。
  36. Jarungwit Boonnorat, Ryo Honda, Chart Chiemchaisri, Kazuo Yamamoto (2011) Water reuse process with carbon dioxide fixation from treated domestic wastewater by concentrated microalgae cultivation in a membrane photobioreactor. Proceedings of the 4th IWA-ASPIRE Conference & Exhibition, Tokyo, October 2011, p.162.
  37. Toru Watanabe, Nopparat Patchanee, Wilai Chiemchaisri, Chart Chiemchaisri, Ryo Honda, Kazuo Yamamoto (2011) Risk Assessment for Respiratory Infection Due to Wastewater Reuse for Street Washing. Proceedings of the 4th IWA-ASPIRE Conference & Exhibition, Tokyo, October 2011, p.312.
  38. Yuya Kasai, Yutaka Sakakibara, Milintawisamai Mesak, Srilachai Sutiab (2011) Field Survey on Removals of Endocrine Disrupting Chemicals and Pharmaceutical Residues in Oxidation
  39. Ponds and Constructed Wetland in Tropical Area. Proceedings of the 4th IWA-ASPIRE Conference & Exhibition, Tokyo, October 2011,

40. Tushara Chaminda, Hiroaki Furumai, Variga Sawaittayotin, Varisara Sunthonwatthanaphong (2011) Pharmaceuticals and Personal Care Products (PPCPs) in Wastewaters of Industrial Estate, Municipal Area and Hospital Area in Thailand. Proceedings of the 4th IWA-ASPIRE Conference & Exhibition, Tokyo, October 2011,
41. Yaithavorn Panja, Chittima Charudacha, Toru Watanabe, Yoshifumi Masago, Tatsuo Omura (2011) Behavior of Fecal Indicator Bacteria at a Wastewater Treatment Plant Receiving High Load of Pollutants for Health Risk Assessment in Wastewater Reuse. Proceedings of the 4th IWA-ASPIRE Conference & Exhibition, Tokyo, October 2011,
42. Pimonpan Harnsuk, Nyein Nyein Aung, Tushara Chaminda G.G and Hiroaki Furumai, “Speciation of Heavy Metals in Water Environment within and Around an Industrial Estate in Metro Bangkok”, Proceedings of the 4th IWA-ASPIRE Conference & Exhibition, Tokyo, October 2011,
43. Chitapornpan Sukhuma, Chiemchaisri Wilai, Honda Ryo, Yamamoto Kazuo, Chiemchaisri Chart (2011) Carbon recovery and population changes of phototrophic bacteria in an anaerobic membrane photo-bioreactor treating food processing wastewater. Proceedings of the International Conference on Challenges in Environmental Science & Engineering, Tainan City, Taiwan, September 2011.
44. Simanata Threedeach, Wilai Chiemchaisri, Toru Watanabe, Chart Chiemchaisri, Ryo Honda, Kazuo Yamamoto (2011) Antibiotic Resistance of Escherichia coli in Leachates from Municipal Solid Waste Landfills: Comparison between Semi-Aerobic and Anaerobic Operations . Proceedings of the International Conference on Challenges in Environmental Science & Engineering, Tainan City, Taiwan, September 2011.
45. Honda R., Watanabe T., Masago Y., Chulasak R., Tanong K., Chaminda T.G.G., Sawaittayothin V., Chiemchaisri C., Furumai H. (2011) Spatial distribution of Escherichia coli resistant to fluoroquinolones, sulfamethoxazole and tetracycline in the Chao Phraya River and its tributaries. The 16th International Symposium on Health-Related Water Microbiology, Rotorua, New Zealand, September 2011.
46. Y. Sakakibara, A.R. Ruis, K. Tabei, K. Kyuma, and Y. Inagaki: Treatments of Trace Phenolic Endocrine Disrupting Chemicals by Aquatic plants, IWA 10th Specialized Conference on Small Water and Wastewater Treatment Systems, CD Rom SS4 Water, Venice, Italy, Apr. 2011.
47. A.R. Reis, Y. Inagaki, Y. Sakakibara,. Enzymatic degradation of Endocrine Disrupting Chemicals in aquatic plants and relation to biological Fenton reaction, The 4th IWA-ASPIRE Conference & Exhibition, Tokyo, Japan, Oct. 2011.
48. A.R. Reis, Y. Kyuma, Y. Sakakibara, S. Srilacha and M. Milintawisamai. Biological Fenton’s oxidation of pentachlorophenol by aquatic plants, The 9th International Symposium on Southeast Asian Water Environment, Bangkok, Thailand, Dec. 2011.
49. Tushara Chaminda G. G., Hiroaki Furumai and Variga Sawaittayotin (2011) Evaluation of Pharmaceutical and Personal Care Products (PPCPs) in Downstream of Chao Phraya and in Raw Sewage in Thailand, The 9th International Symposium on Southeast Asian Water Environment, Bangkok, December 1-3, 2011.

50. V. Boonyaroj, C. Chiemchaisri, W. Chiemchaisri, S. Theepharaksapan, K. Yamamoto (2011) Removal of Organic Micro-Pollutants and Bio-Toxicity from Municipal Solid Waste Landfill Leachate in Two-Stage Membrane Bioreactor. The 9th International Symposium on Southeast Asian Water Environment, Bangkok, December 1-3, 2011.
51. Chitapornpan S., Chiemchaisri C., Chiemchaisri W., Honda R., Yamamoto K. (2011) The Treatment of Food Processing Wastewater by Photosynthetic Bacteria in Sequencing Batch and Membrane Photo-Bioreactors. The 9th International Symposium on Southeast Asian Water Environment, Bangkok, December 1-3, 2011.
52. Simanata Threedeach, Wilai Chiemchaisri, Toru Watanabe, Chart Chiemchaisri, Ryo Honda, Kazuo Yamamoto (2011) Occurrence of Antibiotic Resistant Escherichia Coli in Leachates From Municipal Solid Waste Landfill in Thailand. The 9th International Symposium on Southeast Asian Water Environment, Bangkok, December 1-3, 2011.
53. Mesak Milintawisamai, Sutiab Srilachai, Rungaroon Suksamran, Chatsakol Thanadilok, Andre dos Reis, Yutaka Sakakibara (2011) Degradation of New Emerging Organic Contaminants by Peroxidase Enzyme of Aquatic Plant and Potential of Water Quality Improvement by Phytoremediation. The 9th International Symposium on Southeast Asian Water Environment, Bangkok, December 1-3, 2011.
54. C Ratanatamskul, O. Wattanayommanaporn and K.Yamamoto. Co-digestion of food waste and sewage sludge by two-stage anaerobic digester for biogas production from high-rise building, Proceedings Sardinia 2011: Thirteenth International Waste Management and Landfill Symposium, 3-7 October 2011, Cagliari, Italy.
55. C.Ratanatamskul, N.Prasertsung and K.Yamamoto. Biological Nutrient Removal-Membrane Bioreactor (BNR-MBR) for high-rise building wastewater recycling. Proceedings of World Congress of Environmental Biotechnology 2011, Dalian, China.
56. C. Ratanatamskul, N. Glingeysorn, K.Yamamoto (2011) Biological Nutrient Removal Using Anoxic-Anaerobic-Aerobic Membrane Bioreactor (A3-MBR) System for High-Rise Building Wastewater Recycling. The 9th International Symposium on Southeast Asian Water Environment, Bangkok, December 1-3, 2011.
57. 本多 了, 飛野智宏, Chaminda Tushara, 渡部 徹, 真砂佳史, 大村達夫, 片山浩之, Chart Chiemchaisri, 福士謙介, 古米弘明 (2012) タイの大規模洪水における糞便由来汚染, 第46回日本水環境学会年会, 東京, 3月14~16日
58. 本多 了, 渡部 徹, 真砂 佳史, Rungnapa Chulasak, Kulchaya Tanong, Chaminda Tushara G.G., Variga Sawaittayotin, Krison Wongsila, Chawala Sienglum, Varisara Sunthonwatthanaphong, Anupong Poonnotok, Chart Chiemchaisri, 古米 弘明 (2011) タイ王国チャオプラヤ川流域における抗生物質耐性大腸菌の分布. 第48回土木学会環境工学研究フォーラム, 名古屋, 2011年11月.
59. 本多 了, 福士謙介 (2011) 下水汚泥を利用した燃料作物栽培による温室効果ガス排出削減効果. 第39回土木学会環境システム研究論文発表会, 東京, 2011年10月.
60. 菅野未聖, 真砂佳史, 大村達夫, 酵素を用いた流入下水からのウイルス誘出手法の比較検討, 平成23年度土木学会東北支部技術研究発表会, 秋田, 2012年3月3日

61. 得地勇亮, Jiawkok Supattra, 中島 淳, Ittisupornrat Suda, Chittima Charudacha: バンコク近郊地域における生活雑排水の特性と再生・再利用の可能性, 日本水処理生物学会第 48 回大会, 草津, 2011 年 11 月 16 日~18 日.
62. 金本紗季, 得地勇亮, Supattra Jiawkok, Md. Mahmudul Hasan, 中島 淳: 洗剤を含む生活雑排水再利用のための再生処理, 第 46 回日本水環境学会年会, 東京, 2012 年 3 月 14 日~16 日.
63. 村松亜由美, 渡部徹, 梶原晶彦, 下水処理水の循環利用による省資源型水稻栽培の可能性, 第17 回庄内・社会基盤技術フォーラム講演概要集, 39-44, 平成24年1月24日, 酒田市
64. 村松亜由美, 渡部徹, 佐々木貴史, 梶原晶彦, 節水型の下水処理水再利用により栽培された水稻の生育と安全性の評価, 平成 23 年度土木学会東北支部技術研究発表会, 平成24年3月3日, 秋田市
65. V. Boonyaroj, C. Chiemchaisri, W. Chiemchaisri and K. Yamamoto. Removal of phenolic and phthalic acid esters in two-stage membrane bioreactor treating municipal solid waste landfill leachate. The 1<sup>st</sup> Environmental Asia International Conference, Bangkok, Thailand, March 22-25, 2011
66. Ryo Honda (2011) Research and Development for Water Reuse Technologies in Tropical Regions (Water-InTro). International Conference on Sustainability Science in Asia 2011, Hanoi, March 2011
67. 本多 了, Jarungwit Boonnorat, Chart Chiemchaisri, 山本和夫 (2011) 膜分離フォトバイオリアクターを用いた藻類濃縮培養による下水処理水からのバイオマス生産・二酸化炭素固定プロセスの開発. 第 45 回日本水環境学会年会講演集, 札幌, 2011 年 3 月.
68. 久間有香子, レイス アンドレ ロドリゲス ドス, 稲垣嘉彦, 榊原豊: バイオフィenton法による難分解性物質処理に関する基礎的研究, 第 45 回日本水環境学会年会, 札幌, 2011 年 3 月 18~20 日
69. 相原美穂, 稲垣嘉彦, 榊原豊: 熱帯域における浮遊植物を用いた水再生利用システムに関する基礎的研究, 第 45 回日本水環境学会年会, 札幌, 2011 年 3 月 18~20 日
70. A. R. Reis and Y. Sakakibara: Degradation mechanisms of Endocrine Disrupting Chemicals in aquatic plants and relation to Bio-Fenton reaction, 第 45 回日本水環境学会年会, 札幌, 2011 年 3 月 18~20 日
71. 藤田泰史郎, 稲垣嘉彦, レイス アンドレ ロドリゲスドス, 榊原豊: 水生植物の酵素分解によるエストロジェン(E1,E2,EE2)除去に関する基礎的研究, 第 45 回日本水環境学会年会, 札幌, 2011 年 3 月 18~20 日
72. 稲垣嘉彦, 葛西佑哉, 榊原豊: 浮遊植物を用いた栄養塩類除去及び炭素固定に関する基礎的研究, 第 45 回日本水環境学会年会, 札幌, 2011 年 3 月 18~20 日
73. 葛西佑哉, 榊原豊, ミンタウイサマイ ミーサク, スラーチャイ スティアフ: 熱帯域の人工湿地および酸化池による医薬品/環境ホルモン除去等に関する調査研究, 第 45 回日本水環境学会年会, 札幌, 2011 年 3 月 18~20 日
74. 渡部徹, 陳錦仙, 中島典之, 山本和夫, 下水処理水の再利用を目的とした傾斜管付膜分離活性汚泥リアクター(itMBR)の開発, 第 16 回庄内・社会基盤技術フォーラム, 山形県酒田市, 2011 年 1 月 24 日
75. Toru Watanabe, Chen Jinxian, Wei Chunhai, Ryo Honda, Fumiyuki Nakajima and Kazuo Yamamoto. Performance of long-term operation of membrane bioreactor with in-line sludge thickener enhanced by inclined tubes (itMBR). The 8th International Symposium on Southeast Asian Water Environment,

- Phuket, Thailand, October 24-26, 2010
76. P.M. Fontanos, Yamamoto K. Nakajima F. and Fukushi K. Complex bacterial communities on the fouled membrane of an inclined plate MBR treating municipal wastewater as identified by molecular based analysis. IWA MTWT2010, October 18-22, 2010, Istanbul, Turkey
  77. Chart Chiemchaisri, Kazuo Yamamoto et al. Removal of pollutants and reduction of bio-toxicity in a full scale chemical coagulation and reverse osmosis leachate treatment system. International Conference on Challenges in Environmental Science and Engineering, Cairns, Australia, 2010
  78. W. Rukapan, B. Khananthai, T. Srisukphun and C. Chiemchaisri. Short and long term fouling characteristics of reverse osmosis membrane at full scale leachate treatment plant. International Desalination Workshop, Jeju Island, Korea, 2010
  79. S. Chitapornpan, R. Honda, C. Chiemchaisri, K. Yamamoto (2010) The potentials of photosynthetic bacteria treating industrial wastewater by cultivation in sequencing batch and membrane photo-bioreactors. The 3rd IWA Asia Pacific Young Water Professionals Conference, Singapore, November 2010
  80. Ryo Honda, Chart Chiemchaisri, Lumpoon Jaitrong, Sukhuma Chitapornpan and Kazuo Yamamoto (2010) Anaerobic Membrane Photobioreactor for the Treatment and Recovery of Organic Carbon from Food Processing Industrial Wastewater. MBR Asia 2010, Bangkok, Thailand, April 2010.
  81. Tushara Chaminda G.G, Hiroaki Furumai and Variga Sawaittayotin. Occurrence of pharmaceuticals and personal care product (PPCP) in Thailand waters. The 8th International Symposium on Southeast Asian Water Environment, Phuket, Thailand, October 24-26, 2010
  82. Pimonpan Harnsuk, Nyein Nyein Aung, Tushara Chaminda G.G and Hiroaki Furumai. Estimation of labile heavy metals in downstream of the Chao Phraya River using equilibrium model. The 8th International Symposium on Southeast Asian Water Environment, Phuket, Thailand, October 24-26, 2010
  83. Tushara Chaminda G.G, Hiroaki Furumai and Variga Sawaittayotin, “Development of WQ information platform for promotion of reclaimed water use in Thailand (タイにおける再生水利用のための水質情報プラットフォームの構築)”, GCOE workshop, The University of Tokyo, Japan, December 2010
  84. Watanabe C., Furusawa H., Chou P-H, Morknoy, D., Tntrakamapa k., Jailanlaya, C., Noon. Health risk assessment of water resources in Bang-Pa-In district for developing a health risk evaluation model. Water-intro Workshop, October 25, 2010. Phuket, Thailand
  85. C. Ratanatamskul, G. Onnum, O. Wattanayamanaporn and K. Yamamoto. Anaerobic co-digestion of wastewater sludge with food waste from canteen for energy recovery and utilization in building. Water-InTro Workshop on Research and Development for Water Reuse Technology in Tropical Regions, Phuket, Thailand, October 25, 2010
  86. Chiemchaisri C., Chiemchaisri W., Honda R. and Watanabe T. Development of water reuse technology with resource production (or GHC emission reduction). Water-InTro Workshop on Research and Development for Water Reuse Technology in Tropical Regions, Phuket, Thailand, October 25, 2010

87. Variga Sawaittayotin, Kazuo Yamamoto and Ryo Honda. Phosphorus recovery from wastewater. Water-InTro Workshop on Research and Development for Water Reuse Technology in Tropical Regions, Phuket, Thailand, October 25, 2010
88. Hiroaki Furumai, Tushara Chaminda G.G., Variga Sawaittayotin. Development of water quality information platform in Thailand: evaluation of quality level of community owned water resources. Water-InTro Workshop on Research and Development for Water Reuse Technology in Tropical Regions, Phuket, Thailand, October 25, 2010
89. Panja Yaithavorn, Chittima Charudacha, Toru Watanabe, Yoshifumi Masago and Tatsuo Omura. Health risk assessment upon utilization of treated wastewater from industrial estate. Water-InTro Workshop on Research and Development for Water Reuse Technology in Tropical Regions, Phuket, Thailand, October 25, 2010
90. Daisy Morknoy, Kraichat Tantrakarnapa, Chate Jailanlaya, Peihsiuan Choux and Chiho Watanabe. Health risk assessment of water resources in Bang-Pa-In district for developing a health risk evaluation model. Water-InTro Workshop on Research and Development for Water Reuse Technology in Tropical Regions, Phuket, Thailand, October 25, 2010
91. Suda Ittisupornrat, Chittima Charudacha and Jun Nakajima. Methods for establishment of decentralized water-circulation system and its evaluation. Water-InTro Workshop on Research and Development for Water Reuse Technology in Tropical Regions, Phuket, Thailand, October 25, 2010
92. Yutaka Sakakibara and Mesak Milintawisamai. Removal of pharmaceutical residuals and endocrine disrupting compounds by constructed wetlands, a proposed tool for improving quality of reclaimed water used in rural communities. Water-InTro Workshop on Research and Development for Water Reuse Technology in Tropical Regions, Phuket, Thailand, October 25, 2010
93. Sutiab Srilachai, Jittima Jarudecha and Ryo Honda. Possibility of recycling treated wastewater for increasing agricultural products in water scarcity area. Water-InTro Workshop on Research and Development for Water Reuse Technology in Tropical Regions, Phuket, Thailand, October 25, 2010
94. 渡部徹, リスクにもとづく水質管理の現状とこれからの展開, 第13回日本水環境学会シンポジウム, 京都大学, 2010年9月8~9日
95. 小川めぐみ, 真砂佳史, 奥村千恵, 村田有紗, 大村達夫, Denaturing Gradient Gel Electrophoresis法を用いたエンテロウイルス属分類手法の開発, 平成22年度土木学会第65回年次学術講演会, 札幌, 2010年9月2日.
96. 稲垣 嘉彦, 松本 頼彦, Andre Rodrigues dos Reis, 榊原 豊:浮遊植物を用いた栄養塩類及び重金属除去に関する基礎的研究, 土木学会 第66回年次学術講演会, 札幌, 2010年9月1日~3日

③ ポスター発表(国内会議 2件、国際会議 17件)

1. Y. Inagaki, A. R. Reis, Y. Kyuma and Y. Sakakibara: A Biological Fenton Reaction for the Complete Decomposition of Chlorinated Compounds, the Eighth International Conference on Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds, F8 106, Monterey, California, May 21-24, 2012

2. Y. Kyuma and Y. Sakakibara: Operating Condition of Bio-Fenton Process for Treatments of Orange II, The 18th International Conference on Advanced Oxidation Technologies for Treatment of Water, Air, and Soil. (AOTs-18), Jacksonville, Florida, November 11-15, 2012.
3. Supattra Jiawkok, Yusuke Tokuchi, Jun Nakajima (2012) Water conservation due to contact biofilm systems treating greywater. IWA World Congress on Water, Climate and Energy, Dublin, Ireland, May 2012
4. Boonyaraj V., C. Chiemchaisri, W. Chiemchaisri and K. Yamamoto (2012), Evaluation of bio-toxicity removal in two-stage membrane bioreactor for landfill leachate treatment, Proceeding of the 10th International Symposium on Southeast Asian Water Environment, 8-10 November 2012, Hanoi, Vietnam.
5. Ittisupornrat, S., T. Tobino, K. J. AN, and K. Yamamoto. Limitation of short solid retention time operation in an inclined plate membrane bioreactor (ip-MBR) and its effect on microbial community and activity. 14th International Symposium on Microbial Ecology, 19-24 August 2012, Copenhagen, Denmark
6. Furusawa, H., Morknoy, D., Chou, P., Tammatak, T., Sirikanyaporn, S., Jaikanlaya, C., Tantrakarnapa, K., Watanabe, C., and Yamamoto, K. Variation in quality of drinking water utilized by residents nearby Bang Pa-In Industrial Estate in Thailand. *International Water Association World Congress on Water, Climate and Energy 2012*, P835, 13-18 May 2012, Dublin, Ireland.
7. Variga S, Ryo Honda, Kazuo Yamamoto (2011) Phosphate Recovery by Porous Silica Material Modified MgAl- Double Hydroxide Nanoparticles Layered. The 9th International Symposium on Southeast Asian Water Environment, Bangkok, December 1-3, 2011.
8. Hiroyuki Kobayashi, Kazuo Yamamoto, Kensuke Fukushi, Fumiyuki Nakajima and Ryo Honda (2012) Evaluation of Urban Water Quality and Public Perception for Sustainable Water Use – A Case Study in Nothaburi Province, Thailand, The 9th International Symposium on Southeast Asian Water Environment, Bangkok, December 1-3, 2011
9. Patchanee N., Watanabe T., Chiemchaisri W., Threedeach S., Honda R. and Chiemchaisri C. (2011) Behavior of antibiotic resistant *Escherichia coli* in activated sludge process for municipal wastewater treatment in tropical regions. The 16th International Symposium on Health-Related Water Microbiology, Rotorua, New Zealand, September 2011.
10. 古澤華, チュ・ペイシェン, モークノイ・デイジー, ジャイカンラヤ・チャート, タントウラカルナパ・クライチャット, 渡辺知保. タイ工業団地周辺住民が自宅で使い分ける水の水質分析. 第 82 回日本衛生学会総会, 2012 年 3 月 24-26 日, 京都.
11. チュ・ペイシェン, 古澤華, モークノイ・デイジー, ジャイカンラヤ・チャート, タントウラカルナパ・クライチャット, 渡辺知保. タイの工業地帯の居住者における飲料水の利用と糖代謝に関わるバイオマーカーとの関連. 第 82 回日本衛生学会総会, 2012 年 3 月 24-26 日, 京都.
12. Chavalit Ratanatamskul et al. Co-digestion of food waste and sewage sludge by two-stage anaerobic digester for biogas production. International Conference on Pure and Applied Chemistry (PACCON2011), Thailand, 2011

13. Ryo Honda, Jarungwit Boonnorat, Chart Chiemchaisri, Kazuo Yamamoto (2010) Development of a simultaneous process for water reuse, nutrients removal and carbon dioxide fixation by a membrane photobioreactor. Water-InTro Workshop on Research and Development for Water Reuse Technology in Tropical Regions 2010, Phuket, Thailand, October 2010.
14. Ryo Honda, Hirotaka Matsuda (2010) Conceptual development of sustainability assessment for water resources. Water-InTro Workshop on Research and Development for Water Reuse Technology in Tropical Regions 2010, Phuket, Thailand, October 2010.
15. Watanabe T., Ishibashi Y., Yamamoto K. Dose-response assessment of infection with *Leptospira* via skin route. 2010 Annual Meeting of Society for Risk Analysis, December 5-8, 2010, Salt Lake City, USA
16. Toru Watanabe and Kazuo Yamamoto. Dose-response model for *Leptospira* infection via skin route. Water and Environment Technology Conference. June 25-26, 2010, Yokohama, Japan
17. Y. Kasai, Y. Sakakibara, M. Milintawisamai, and S. Srilachai: Endocrine disrupting chemicals (EDCs) and pharmaceutical residues (PRs) in ponds and constructed wetlands in Thailand, The 8<sup>th</sup> International Symposium on Southeast Asian Water Environment, Oct. 24-26, Phuket, Thailand (2010).
18. R. Reis, Y. Inagaki, Y. Sakakibara, S. Srilachai and M. Milintawisamai: Enzymatic degradation of phenolic EDCs by aquatic plants, The 8<sup>th</sup> International Symposium on Southeast Asian Water Environment, Oct. 24-26, Phuket, Thailand (2010).
19. M. Milintawisamai, S. Srilachai, R. Suksamran, C. Thanadilok, A. dos Reis, and Y. Sakakibara: Peroxidase Concentration and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in Tropical Aquatic Plants: a new tool for removal PPCPs, The 8<sup>th</sup> International Symposium on Southeast Asian Water Environment, Oct. 24-26, Phuket, Thailand (2010).

(5)知財出願

- ①国内出願 (0 件)
- ②海外出願 (2 件)

③その他の知的財産権

特になし。

(6)受賞・報道等

① 受賞

1. Award for Asian Young Professional on Water: Tushara Chaminda G.G, 10th International Symposium on Southeast Asian Water Environment (SEWAE), Hanoi, Vietnam, November, 2012. (Coauthors: Hiroaki Furumai, VarigaSawaittayotin, Ryo Honda, Toru Watanbe, Yoshifumi Masago and RungnapaChulasak)
2. Best Poster Presentation Award: Varinthorn Boonyaroj, 10th International Symposium on Southeast Asian Water Environment, 8-10 November 2012, Hanoi, Vietnam.
3. ALBERTO ROZZI AWARD YEAR 2011 in Biological Waste Treatment Research: Chavalit Ratanatamskul “The 13rd International Conference on Waste Management and Landfill 2011” Sardinia,

Italy, awarded by International Waste Working Group (IWWG) Organization.

4. Award for Asian Young Professional on Water Research: V. Boonyaroj, The 9th International Symposium on Southeast Asian Water Environment, Bangkok, December 1-3, 2011. (Co-authors: C. Chiemchaisri, W. Chiemchaisri, S. Theeparaksapan, K. Yamamoto)
5. Best Oral Presentation Award: Chitapornpan Sukhuma, "Carbon recovery and population changes of phototrophic bacteria in an anaerobic membrane photo-bioreactor treating food processing wastewater." International Conference on Challenges in Environmental Science & Engineering, Tainan City, Taiwan, September 2011. (Co-authors: Chiemchaisri Wilai, Honda Ryo, Yamamoto Kazuo, Chiemchaisri Chart)
6. 土木学会年次学術講演会 優秀講演者賞 稲垣 嘉彦:浮遊植物を用いた栄養塩類及び重金属除去に関する基礎的研究、土木学会第 66 回年次学術講演会、札幌、2010 年 9 月 1-3 日

## ② マスコミ(新聞・TV等)報道

- ・ ラジオ放送:2012 年 8 月 16 日にブリラム市のラジオ局にて本プロジェクト概要やブリラム市廃水処理場での研究目的等について説明した番組の収録が行われ、8 月 23 日にブリラム県下に放送された。
- ・ ラジオ放送 : Chavalit 准教授, Chula Channel, FM 101.5 MHz Engineering Talk Program. Topic: High-rise building's waste reuse and recycling. On air: 11 December 2011
- ・ テレビ放送 : Chavalit 准教授, "Bangkok People" program in TV Nation Channel. Content: Interview Dr. Chavalit on Chulalongkorn University's Project on Green campus (wastewater recycle, organic waste recycling and biogas recovery), On air: April 2011
- ・ 新聞記事 5 件 : Chavalit 准教授, Interviewed by these newspapers below on Alberto Rozzi Award Winning Year 2011 and Scope of Research Content
  - (1) Dailynews Newspaper: on 22 November 2011
  - (2) World Today Newspaper: on 9 December 2011
  - (3) Daily Khaosod Newspaper: on 14 December 2011
  - (4) Thaipost Newspaper: on 18 December 2011
  - (5) Matichon Newspaper: on December 2011
- ・ 新聞記事 : 読売新聞 2009 年 5 月 17 日

## ③ その他

### (7)成果展開事例

#### ①実用化に向けての展開

- ・ 本プロジェクトにおいて ERTC に正式に設立した水再利用センターは、今後、行政／企業／住民への水再利用に関わる情報および技術提供、技術開発および人材育成を担う中核組織として機能していくことが期待される。
- ・ 本プロジェクトにおいて策定を進めた水再利用ガイドラインは、今後、タイ国における水再利用に係る法整備のための土台として活用されることが期待される。

- 本プロジェクトにおいてパイロットサイトで設置した水処理・再利用技術(ブリラム農業用水利用のための砂ろ過処理施設、生活雑排水再利用のための雑排水再利用装置、チュラロンコン大学キャンパス内設置パイロット itMBR、ラムチャバン廃棄物処分場浸出水処理のためのコンテナ型 itMBR-RO システム)は、今後も運転を継続していくことでノウハウを獲得し、実用化・社会実装に向けた足がかりとなることが期待される。

## ② 社会実装(研究成果の社会還元)への展開活動

- 本プロジェクトの Output 1 では、本プロジェクト期間中複数の会議やイベントにてプロジェクトやその研究開発成果について広報活動を進めてきた。設置された水再利用センターは、まさに社会実装に向けた中核組織として今後も機能していくことが期待される。
- 長期研修員として東京大学の博士課程にて受入を行っているカウンターパート研究者が、複数の国際学会にて発表を行うなど、本プロジェクトにおいて人材育成に貢献した。
- 本プロジェクトの内容について、インターネット  
([http://www.envrisk.t.u-tokyo.ac.jp/waterintro/j\\_index.html](http://www.envrisk.t.u-tokyo.ac.jp/waterintro/j_index.html))で公開し、一般に情報提供している。
- 2011 年のタイ大規模洪水時において行った水質調査の結果について、インターネット  
(<http://www.envrisk.t.u-tokyo.ac.jp/waterintro/thai/>)で公開し、一般に情報提供を行っている。

## § 6 プロジェクト期間中の主なワークショップ、シンポジウム、アウトリーチ等の活動

①ワークショップ、シンポジウム、小中高での特別授業、地域での講演、研究機関の一般公開での講演

年月日	名称	場所	参加人数	概要
2010年10月 24, 26日	第8回東南アジア水環境シンポジウム WateR-InTro 特別セッション	タイ、プーケット		本プロジェクトに関連した特別公募セッションを主催
2010年10月 25日	WateR-InTro Work Shop	タイ、プーケット	70-80名	第8回東南アジア水環境シンポジウムにおいてサイドイベントとして開催
2011年12月 1-3日	第9回東南アジア水環境シンポジウム	タイ、バンコク	200名以上	共催
2011年12月 1日	2011 Chaophraya river flood ~ How can we save our society by Science & Technology from water related disaster?	タイ、バンコク	200名以上	タイ大規模洪水に関する緊急ワークショップを「気候変動に対する水分野の適応策立案・実施支援システムの構築」(IMPAC-T)とともに共催
2012年3月	Water Quality	ERTC 会議	100名	再生水や雨水利用事例紹

12 日	Information Platform Workshop	場 (タイ)		介と水質情報プラットフォームの構築に向けた、タイ実務者への説明を行うための会議
2012 年 3 月 27 日	Water-InTro Work Shop & MBR Tech Japan Seminar 2012	タイ、ラヨー ン県	156 名	マップアウトやその他の工業団地を主な対象として開催
2012 年 7 月 26-27 日	ERTC 設立 20 周年記念 セミナー	タイ、バンコ ク		本プロジェクトの成果についても紹介
2012 年 12 月 18 日	ブリラム県砂ろ過処理施設完成記念式典	タイ、ブリラ ム		農業用水としての下水処理水再利用のための砂ろ過処理施設の完成記念式典を現地行政サイドおよび住民参加のもと開催
2012 年 5 月 17 日	Water Reuse Technology and Management in Tropical Regions	タイ、チェン マイ		2 <sup>nd</sup> Asia Pacific Water Summit にて、本プロジェクトよりテクニカルセッションを主催

## ②合同調整委員会開催記録

(開催日、出席者、議題、協議概要等)

年月日	出席者	議題	概要
2010 年 3 月 22 日	DEQP 局長他 JCC メンバー等 32 名の合計 33 名	各 Output 進捗報告, R/D 修正	専門家および C/P メンバーの一部修正について、承認された。
2011 年 5 月 4 日	DEQP 局長他 JCC メンバー等 47 名の合計 48 名	中間レビュー報告, 各 Output 進捗報告, R/D 修正	中間レビュー報告について承認された。R/D Annex のプロジェクト活動項目, C/P メンバーおよび PO の修正について承認された。
2011 年 8 月 17 日	プロジェクト・ディレクター他 JCC メンバー等 47 名の合計 48 名	各 Output の評価指標の設定	中間レビューの提言に基づいて作成された各 Output の評価指標 (案) が承認された。
2012 年 3 月 28 日	プロジェクト・ディレクター他 JCC メンバー等 33 名の合計	各 Output 進捗報告および洪水による進捗影響について	洪水による進捗影響について状況報告

	34名		
2012年12月 17日	プロジェクト・ディ レクター他JCCメン バー等 37名の合計 38名	各 Output 進捗報告	プロジェクト終了に向け た成果とりまとめ方針の 確認
2013年6月 27日	プロジェクト・ディ レクター他JCCメン バー等	プロジェクト成果報告	評価団による最終評価の結 果について報告、M/M 署 名。
2013年9月 17日	プロジェクト・ディ レクター他JCCメン バー等	最終とりまとめ	6月の最終評価後の進捗等 について最終確認

## § 7 国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など

### (1) 共同研究全体

本プロジェクトは、単なる技術移転や新技術研修ではなく「研究開発」であり、相手国研究機関が主体となり共同で推進されるべきものである。これを維持していくためには、高いモチベーションと緊密な連携が必要不可欠である。例えば、毎年相手国研究者を日本に招へいして行った最新技術・現場視察研修は、この両者に大いに役立ったと思われる。また、電子メールやテレビ電話等の通信技術を活用し、密なコミュニケーションを維持するよう努めた一方、専門家が定期的に相手国に長期滞在して進捗管理や議論を行ったり、リーダーが頻繁に現地を訪れ、相手国研究者と顔を合わせるといったことが、緊密な連携を支える上で重要なポイントであったと思われる。プロジェクト終了後は、活動を推進していくためのインセンティブを相手国研究機関自身が用意する必要がある。水再利用センターはまさにそのような機関として今度機能していくことが期待されるが、そのためにはきちんとした仕組みづくり(研究環境・評価制度の整備など)が重要となるであろう。

本プロジェクト期間中、相手国において大規模自然災害(洪水)が発生し、プロジェクト活動の一時中断が余儀なくされた。これをうけ、カウンターパート、JST、JICA および本邦専門家の間で半年間のプロジェクト期間の延長を決定し、また相手国の早期復旧努力の成果もあり、プロジェクトの最終目標達成への影響は限定的にとどめることができた。一方、洪水時に現地視察・水質調査等を行い、また国際会議では洪水に関するシンポジウムを急遽開催するなど、予期せぬ事態にも柔軟に対応することで、むしろプロジェクトとしての現地での評価を高めることができた。

### (2) 研究グループごと

#### (2.1) 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

- ERTC の図書館の蔵書が少なく、研究活動に必要な論文等を外部(AIT 図書館など)から入手する必要がある。学術情報収集は研究活動に不可欠なため、本プロジェクトから支援を表明しているが、ほとんど利用はない。プロジェクト後の R&D センターを見据え、文献取得用の予算確保が必要であると考えられる。
- 特に ERTC において、職員に対して外部への研究発表を積極的に推奨・啓蒙しているが、あまり積極的な態度が見られない。日本側からの要請には応じてくれるが、自発的な研究に対するインセンティブが低い。人事制度等を通して研究活動がより積極的に評価される仕組みの導入が必要かもしれない。
- 平成 23 年度まで、相手国に専門家が定期的に長期滞在してカウンターパートとの密な連携をとっていたが、当該専門家の異動によりそれが不可能となり、連携不足となる懸念があった。しかし、平成 24 年度は、プロジェクトリーダーが頻繁にカウンターパートを訪問し強力なリーダーシップを発揮することで(毎月 1-2 回程度)、上記の懸念を払拭し、スムーズな進捗管理を行うことができた。

#### (2.2) 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

- 供与機材の調達が想定より遅く、プロジェクトの進捗にやや遅れが生じることがあった。また、チュラロンコン大学での分子生物学実験室について、使用するスペースについて学内で折り合いがつかず、整備が遅れるという状況も見られた。国際プロジェクトの性質上、このような事態もある程度想定しておく必要がある。
- 平成 23 年度まで、相手国に専門家が定期的に長期滞在してカウンターパートとの密な連携をとっていたが、当該専門家の異動によりそれが不可能となり、連携不足となる懸念があった。しかし、平成 24 年度は、プロ

プロジェクトリーダーが頻繁にカウンターパートを訪問し強力なリーダーシップを発揮することで(毎月 1-2 回程度)、上記の懸念を払拭し、スムーズな進捗管理を行うことができた。

#### (2.3) 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

- ・ 供与機材の調達が想定より遅かったことと既存機材の混雑のため、特に分析面でやや遅れる場面があった。
- ・ 平成 23 年度まで、相手国に専門家が定期的に長期滞在してカウンターパートとの密な連携をとっていたが、当該専門家の異動によりそれが不可能となり、連携不足となる懸念があった。しかし、平成 24 年度は、プロジェクトリーダーが頻繁にカウンターパートを訪問し強力なリーダーシップを発揮することで(毎月 1-2 回程度)、上記の懸念を払拭し、スムーズな進捗管理を行うことができた。

#### (2.4) 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)

- ・ 現地調査や水質分析においては、その作業のための人材確保が必要である。そのため、チュラロンコン大学の関連研究者と大学院生の研究補助を得るなど効率的な研究連携を進めることとした。
- ・ カウンターパートERTCでの水質分析担当者の離職に伴い、その引継ぎや技術継承において追加指導が必要となった。英語だけでなく現地語でのマニュアル作成などで対応していたが、カウンターパートERTCでの自主的な技術継承のスキームも必要である。また、水質情報プラットフォームの構築におけるGIS活用に関しては、カウンターパートERTCだけでは困難なため関連外部機関や大学などとの連携により人材確保することが求められる。
- ・ 上記の研究連携には、相手国研究機関と当該連携機関との正式な共同研究契約などの書類手続きが必要となる。事前の周到な準備と具体的な計画実施計画の立案を行うことが望ましい。同時に、その研究成果の取り扱いについて、双方の共通認識を持つことに留意が必要である。
- ・ 上記の技術継承のためには、電子メールなどで頻繁な情報交換やコミュニケーションを行うことで、早めの対応や事前準備が可能となる。しかし、外部の人材確保では、双方向の議論を通じたコミュニケーションが必要となることから、WEB会議システムなどを活用することも一案である。

#### (2.5) 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)

- ・ 現地調査(2010 年 11 月および 2011 年 2 月)では、いずれも ERTC ならびにマヒドン大学公衆衛生学部との共同で実施した。マヒドン大学に対しては、大学院生の参加を求め、現地語で行う調査にあたって調査員のトレーニングを先方の教員に依頼して行った。調査結果の入力と解析においては、メールなどを用いて先方と結果をやりとりして進めている。ただし、マヒドンの修士学生がこのプロジェクトの中でテーマを見つけるためには、現地での face-to-face の議論が必要に思われる。
- ・ Skype を利用した音声会議を定期的実施することで、ある程度円滑な情報交換ができるようになった。しかし国内出張の多いマヒドンのグループとのコミュニケーションはまだ十分ではない。
- ・ マヒドンにおける倫理申請に予想外に時間がかかる状況があった。今回、現地での自治体あるいは住民の協力の様子などが不明であったため、先方における倫理審査を先行させたが、現地の状況がわかっている場合は、日本での倫理審査も同時に開始し、その結果を持って先方の審査を要求することで、全体のプロセスがスムーズになる可能性があると考えられる。

## (2.6) 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)

- ・ 長期間研究活動を行うにつれ、日本側とタイ側の研究者の研究の方向性に関する意見に差違が生じる場面が見られた。双方の頻繁な情報交換および役割分担の明確化が必要である。
- ・ **Bang Pa-In, Buriram** での現地調査は ERTC 職員が主導して進めているが、各テーマでの研究が進むにつれ職員への負荷が増加しているように見受けられる。RA を雇用して対応しているが、期限付きであるため人事流動は避けられず、調査や分析が遅滞する事態が時折発生している。ERTC が中心となって研究を進めた経験が浅いことが原因の1つであるが、本プロジェクトを通してプロジェクトマネジメント能力を身につけているところであり、水再利用センター設置後の活動については JICA 等のさらなるサポートが必要であると考えられる。

## (2.7) 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)

- ・ ERTC には正規職員の数が限られているため、本プロジェクト以外の業務が加わるにつれて、個々の職員の負担が明らかに増している。プロジェクト予算で RA を雇用して、日常業務の負担をできるだけ減らすように提言した。本年度中にも何名か新規の RA を雇用したものの、今後、正規職員のエフォートの問題でプロジェクトの遂行に支障がでないか、心配される場面もあった。
- ・ 上記の懸念がやや顕在化した。原因は、微生物を取り扱う実験の経験が豊富な RA が退職したことである。新たな RA を充てたようであるが、実験スキル等が前任者に及ばず、カウンターパート(正規職員)も苦勞している。プロジェクト終了まで時間がないことから、当該カウンターパートのこれまで以上の働きに期待するしかない状況である。RA の計画的な雇用と戦略的な配置の必要性が感じられる。

## (2.8) 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)

- ・ 2010年9月の生活排水実態調査においては、当該地域の自治体の協力も大きかった。こうした、地域に密着した課題をすすめるにあたっては、地方自治体の理解と協力が重要であることが再認識された。
- ・ 雑排水処理実験を実施する候補地について、民間のアパートを予定し、その設計・見積段階まで進捗していたが、タイ役所内の事情で延期され、さらに調査対象アパートの変更を余儀なくされた。また、洪水に伴う影響も加わり、実験の開始が大幅に遅延した。その間、C/P との連絡は頻繁にとるように努力し、他要件での航空便バンコク乗継時を利用して会議を持つなどによって、目的遂行に関する信頼関係を継続した。また、共同研究相手の AIT は洪水被害が深刻で、予定していた調査・分析の遂行が困難ではあるが、会議を持ち、状況認識の共有を行っている。
- ・ プロジェクトに携わってきた本学のタイ人留学生が、博士論文を修了し受理された後、タイの大学講師に採用され帰国した。国際共同研究の課題のひとつに若手人材育成があるといえるが、大学における本プロジェクトに関わる研究の推進が、相手国の若手人材育成に大きく貢献できたと考えている。

## (2.9) 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)

- ・ タイ国カウンターパートと寝食を共にしながら共同調査を実施した。本調査は研究自体の進展に合わせ、研究者間の信頼関係およびその後のスムーズな研究遂行に極めて有効であることがわかった。
- ・ 研究内容の議論は電子メールおよびスカイプを用いたインターネット通話を通して行っている。これは電子

メールに対する認識が我が国と異なる点があり(連絡がこちらの思惑より遅れる場合が多い)、連絡がスムーズに行われないこと、および研究の細部について議論できない点が主な理由である。インターネット通話はそれなりの効果が認められるが、画像が受信できないなどの問題が生じている。大学内には他キャンパスとの会議、国外試験場との面接試験等を実施する高機能インターネット機器を有している。相手国の研究機関でも同程度の施設が設置されれば、研究がよりスムーズに進行すると考えられる。

- ・ 研究成果の一部を連名で国際シンポジウムにおいて発表した。このことも共同研究の進展に有効であると認められる。

## §8 結び

本プロジェクトの最終成果として、水再利用ガイドラインの策定、水再利用センターの設立、熱帯地域に適した新技術の開発、そして人材開発が挙げられる。水再利用ガイドラインはタイ王国での法制化の土台となるとともに、近隣東南アジア諸国のレファレンスとなることが期待される。水再利用センターは、プロジェクト終了後も引き続き水再利用の普及促進と研究開発能力の向上を担っていくベースとなる機関として機能し、また東南アジアの中心的機関として、膜に偏ったシンガポールのそれとは異なる、特徴ある水再利用センターとして、今後近隣諸国との連携を取りながら熱帯地域全体へとネットワークが広がっていくことが期待される。開発される熱帯地域に適した新技術は、これから社会実装の段階を踏むことで、ノウハウを獲得し、熱帯地域での標準技術として確立し、熱帯諸国への技術移転が進むこと期待される。これらは、本プロジェクトにて能力開発を行った人材が推進していく。



2012年10月 日本での現場視察研修において

**§9 PDM の変遷 (該当する場合)**

該当なし。

以上。