

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 持続可能なサニテーションシステムの開発と水循環系への導入に関する研究

2. 研究代表者名及び主たる研究参加者名(研究機関名・職名は研究参加期間終了時点)

研究代表者

船水 尚行 (北海道大学大学院工学研究科 教授)

主たる共同研究者

石川 忠晴 (東京工業大学大学院総合理工学研究科 教授)

大瀧 雅寛 (お茶の水女子大学大学院人間文化研究科 准教授)

荒巻 俊也 (東京大学大学院工学系研究科 准教授)

田邊 秀二 (長崎大学工学部材料工学科 准教授)

高橋 正宏 (北海道大学大学院工学研究科 教授)

寺沢 実 (北海道大学大学院農学研究科 名誉教授)

石崎 勝義 (早稲田大学客員教授)

礪田 博子 (筑波大学大学院生命環境科学研究科 教授)

小野田 優 (いであ(株)環境創造研究所 技師)

蝦江 美孝 (国立環境研究所 研究員)

熊谷 清 ((財)ダム資源地環境整備センター 理事)

Neni Sintawardani (インドネシア科学技術院)

銭 新 (南京大学 教授)

王 曉昌 (西安建築科技大学 教授)

盛 連喜 (東北師範大学 副校長)

倪 广恒 (清華大学 副教授)

3. 研究内容及び成果

本研究は、「混ぜない」、「集めない」サニテーションシステムの開発と実証、ならびにこの新システムの導入戦略を提案することを目的として、次の7つのサブグループ、すなわちA. バイオトイレグループ(し尿を同時に処理するコンポスト型トイレの設計手法の開発)、B. バイオ・エコユニットグループ(雑排水を処理する傾斜土槽法設計/維持管理手法の開発)、C. コンポスト利用技術グループ(コンポストの農地へ施用ならびに生物分解性資材の製造法の開発)、D. リスク評価グループ(病原リスクの評価と安全対策)、E. 流域グループ(流域スケール水・物質循環の観点からの新システム導入効果の評価)、F. 国内実証研究グループ、G. 海外実証研究グループ、を構成して進められた。

A~Eの要素技術研究とF、Gの実証研究との間では、研究段階に応じて相互にフィードバックが働くように密な連携が取られた。

以下に、主な研究の成果を列記する。

- (1) 糞便と尿を同時にコンポスト化するトイレに関する研究： トイレの運転管理指針と設計法が確立された。コンポスト反応に関わる種々の要因の実験的検討とモデル化、病原性微生物リスク評価などに基づいて、コンポスト化反応を適切に進め、病原性微生物による健康リスクを一定以下にするために必要な反応温度、含水率、攪拌頻度の運転範囲が定められた。設計の対象となる基礎数値は、し尿、特に尿による水分負荷(使用人数と時間変動)であり、この水

分負荷を蒸発させるに必要なトイレ反応槽の表面積と必要体積を求める設計法が確立された。

- (2) 糞便のみをコンポスト化するトイレに関する研究： この場合、水分蒸発の必要がないので、オガ屑をどの程度長期間使用できるかについて実験的検討が行われ、オガ屑使用期間と攪拌動力の増加の定量的関係が求められた。この知見をもとに、糞便のみを処理するコンポスト型トイレの装置の材料、オガ屑の交換頻度、反応槽の容量の関係が定められるようになった。
- (3) 尿の処理に関する研究： 不特定多数(189 名) から短時間の間に採取した新鮮尿について、尿の性状を約 60 の項目によって示された。尿の濃縮法として電気透析法の利用可能性が確認された。尿中の医薬品等の処理に対してオゾン処理、電解酸化処理が有用であることが示された。
- (4) 雑排水処理に関する研究： 底に傾斜がついた薄い箱型の容器に土壌等の浄化担体を充填し、家庭排水を土壌内に浸透流下させて浄化する傾斜土槽法の有効性が実験的に確認された。
- (5) コンポストの利用技術： バイオトイレで使用後のオガ屑は圧縮成型することによって、ボード、ペレット、植林用ポットなどを製造することが出来る事を明らかにした。
- (6) 病原微生物リスク管理に関する研究： 病原リスクの評価方法の開発と病原微生物のコンポスト型トイレ内での挙動特性の把握によって、病原リスクに関する安全性を担保するための方策が提案された。
- (7) 微量汚染物質モニタリング技術： コンポスト中に微量に存在する医薬品成分(15 物質)をモニタリングするための分析法が開発された。また、コンポストトイレにおいては、抗生物質を失活させることができること、それ以外の医薬品は分解可能であること、が確認された。
- (8) 生物影響評価とそのモニタリング法の構築： ヒトの恒常性をかく乱しうる水環境汚染物質の安全性評価のための多元的でより高感度なモニタリングシステムとして、DNA マイクロアレイ技術を用いた水環境汚染物質応答性遺伝子の検出、プロテオーム解析による生体レスポンスの多次元的解析法の確立、応答性遺伝子を用いたモニタリング法の構築、が行なわれた。
- (9) 新システムの流域スケールでの評価法： マテリアルフローの解析と副次的な環境影響の評価、流域の水文・水質環境にあたる影響の評価、病原微生物による健康リスクの評価とライフサイクルにわたる環境負荷との比較評価、の3つの評価方法が開発された。また、下水道やバイオトイレなどの整備を進めた場合に、霞ヶ浦へ流入する負荷量や霞ヶ浦の水質がどのように変化するかについて、シミュレーションモデルを用いた検討が行われた。
- (10) 国内実証実験： 茨城県小貝川河川敷、沖縄・名護、および秩父における実証実験から、日常生活に使用しても、十分に機能を発揮すること、バイオトイレにおけるエネルギー消費が多いこと、トイレへの落下等の安全性対策が必要であること、気候により、エネルギー効率が異なること、などの知見が得られた。これらの知見は要素技術の研究にフィードバックされ、改善が加えられた。
- (11) 海外実証実験： 中国の長春、南京、西安、およびインドネシアのバンドンにおける実証実験では、技術的な検証とともに、地域コミュニティに受け入れられる条件を模索する調査研究も行われた。技術的な視点からは、オガ屑以外の担体として長春ではトウモロコシ残渣、南京では大豆残渣も利用可能であること、コスト(初期の設備、維持管理)を下げる必要があること、電力を使用しないシステムが求められること、コンポストは肥料として有効利用できること、などの知見を得て、低価格材料を使ったコンポスト型トイレの試作などが行われた。

4. 事後評価結果

4 - 1. 外部発表(論文、口頭発表等)、特許、研究を通じての新たな知見の取得等の研究成果の状況

原著論文(国内誌22件、国際誌56件)、学会発表(招待講演:国内0件、国際19件、口頭発表:国内260件、国際215件、ポスター発表:国内2件、国際36件)、特許出願(国内3件、内1件は実用新案、国際0件)、と活発な外部発表が行われている。特に、国際会議における招待講演が多く、また、海外実証実験のカウンターパートの現地等で頻繁にシンポジウムやワークショップを開いている。これは、途上国でのサニテーション問題に世界的な関心が寄せられる中で、研究代表者らのオンサイト分散型・資源循環型処理システムの普及に賭ける熱意の表れである。招待講演の中には、政策を議論する国連や国際機関主催の国際会議における招待講演も含まれている。

以下に、研究全体を通しての評価をまとめる。

- (1) 同種の研究は、ドイツ、スウェーデンなどヨーロッパのグループによって先進的に取り組まれているが、アジアでの本格的な取り組みはこの研究グループ以外にはないと考えられる。オンサイト分散型・資源循環型処理システムの構成と管理の研究については実用化・普及に当たっては、地域の気候等の自然条件と社会経済条件や生活習慣などの文化的条件が重要であるので、アジアへの導入を図るにはアジア地域での研究が不可欠である。ここに本研究の意義があり、アジア発の技術開発という当初計画の趣旨は十分に達成されている。
- (2) 広範な要素技術の基礎的研究から国内外の実証実験を通して、コンポスト型トイレの設計法と維持管理手法を確立させていることは、高く評価される。コンポスト型トイレの実用化に当たっての技術的課題は、この研究によってほぼ解決されたと考えられる。しかし、家庭雑排水の処理については、傾斜土壌法以外の方法、例えば、膜を用いた処理方法などの検討が、今後なされる必要がある。
- (3) 国内実証実験と海外実証実験を通して、この新システムの実用化・普及に当たっての課題が検討・整理されているが、先進国での普及と途上国での普及を分けて考えるという本研究グループの方向性は適切であると判断される。インドネシアでは、科学技術省の環境部局のメンバーをカウンターパートにしているが、こうした政策決定者を巻き込んだことによって、コンポスト型トイレへの現地の関心が高まり、CREST研究終了後も実用化・普及に向けての活動が継続される見通しとなっている。本研究の成果を基礎として、今後、実用化と普及へ向けての研究と実践活動が継続されることを期待する。

4 - 2. 成果の戦略目標・科学技術への貢献

オンサイト分散型・資源循環型サニテーションシステムは、先進国においては将来の持続可能な自然共生型生活排水処理法として、途上国においては直面している安全な水へのアクセスと水域汚染問題を改善する有効な手段として、それぞれ社会的意義が極めて大きい研究課題である。特に、途上国での衛生施設の普及は、2002年にヨハネスブルクで開かれた「持続可能な開発のための世界サミット」において、数値目標が掲げられ、国際的協力によって解決されるべき重点課題とされている。本研究は、要素技術の基礎的研究から実用化に向けて国内・海外の実証実験まで広範な課題を設定して展開され、コンポスト型トイレの設計法や維持管理法およびコンポストの利用についての技術的課題をほぼ解決している。世界的な要請の中で、アジア発の有用なサニテーションシステムの技術開発として、科学技術的視点からの貢献は極めて大きいといえる。今後は、本研究の成果を基礎として、実用化へ向けての実践的研究が継続・強化され、社会貢献へと発展することが期待される。

4 - 3. その他の特記事項(受賞歴など)

(1) 受賞

船水尚行, 寺沢実, 橘井敏弘, 他 7 名: 「下水道を必要としないバイオトイレ「バイオラックス」の開発, 第 2 回ものづくり日本大賞(優秀賞) (2007)

北海道大学, 正和電工(株): 「おがくずを用いた乾式し尿処理装置の開発」, 平成 17 年度環境賞(環境大臣賞・優秀賞) (2005)

(2) JST 主催のイノベーションジャパン2007—大学見本市に出展した。2007. 9. 12-14、東京国際フォーラム