

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月 1日現在

機関番号：22604

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22560547

研究課題名（和文） 島嶼における上・下水道・廃棄物処理の環境負荷低減化に関する研究

研究課題名（英文） Study on the environmental load reduction of the waterworks, the sewer and the waste treatment in the islands

研究代表者

氏名 山崎 公子 (YAMAZAKI KIMIKO)

首都大学東京・都市環境科学研究科・助教

研究者番号：80087254

研究成果の概要（和文）：小笠原諸島をフィールドとして、島嶼で導入可能な処理方法を適宜選択し、使用エネルギー生産に伴う環境負荷と処理により排出される最終廃棄物等による環境負荷をそれぞれ算定し、総合的な視野に立って環境負荷の少ない処理システムの構築を行い、エネルギー供給案を含め、生活基盤システムの処理プロセスについての総合的な改善案を構築した

研究成果の概要（英文）：As fields Ogasawara Islands, select appropriate treatment method that can be introduced in the islands, was calculated each environmental impact of final waste and energy consumption. As a result, and creating processing systems with low environmental impact perspective and comprehensive, including the energy supply plan, the proposed improvement plan taking every factor about the process of Life Infrastructure system

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・土木環境システム

キーワード：環境保全・環境負荷削減，離島，上水道，下水道，廃棄物，CO<sub>2</sub>

## 1. 研究開始当初の背景

離島や過疎地では、生活の多くを地域外に依存している。生活が近代化し、便所の水洗化も進み離島や過疎地でも都市と同じような上水道・下水道・廃棄物処理が求められるようになった。上水道・下水道・廃棄物処理をおこなう生活基盤施設は、本土では大規模施設が多く、規模の効率性により処理単位当りのエネルギー使用量や排出廃棄物量は小規模施設に比べ低く抑えられている。しかし、

離島では小規模施設、それも極めて小規模なもので、対象人口は数千人以下のものがほとんどである。本土近接離島では上水道・下水道・廃棄物処理は本土に依存している島が多いが、孤立型離島では上水道・下水道・廃棄物処理のほとんどの部分を自島内で行っている。本土に比べ財源・人口が少ない離島では、生活基盤施設の運営・維持管理にも費用・労力に制限がある。さらに、離島ではこれらの生活基盤施設を稼働させる「エネルギー

一」の確保は本土に比べ容易ではない。離島のうち、本土近接離島は本土からの「エネルギー」の供給を受けることも可能であるが、孤立型離島では人間生活に利用可能な「エネルギー」を生み出す資源の供給を島外に頼り、得られた資源を基に島内での生活に必要な「エネルギー」を作り出さなくてはならない。したがって、離島での「エネルギー」使用の効率化は、切実な問題である。

生活基盤施設を運営・稼働していく場合、施設の利便性を享受している利用者の施設自体への「エネルギー」節約に対する意識は各種様々である。たとえば、上水道供給施設で、「エネルギー」や費用については制限せず、安全でおいしい水の供給を水道に求める利用者、飲用水は水道に求めず、上水道供給施設には「エネルギー」や費用を抑えることを望む利用者等、多種多様な「エネルギー」に対する意識レベルを持つ人々が上水道の利用者を構成している。下水道施設に対しても同様である。高度な排水処理を行い処理水中の汚濁物を徹底的に除去するにはエネルギー消費量が多くなり、使用エネルギー生産にともなう環境負荷が増大する。一方、エネルギー使用量が少ない簡易処理を行えば環境水中に放流される汚濁負荷量が多くなる。これら多様な意識を持つ利用者を満足させ、かつ「エネルギー」の消費量が少ない生活基盤施設の構築の必要性は、資源供給を島外に頼らざるを得ない離島では今後一層増してくる。一方、世界的に温暖化防止の観点から、エネルギー消費を抑制する情勢となっている。島嶼に設置されたエネルギー効率の劣る小規模施設で、いかにエネルギー消費を抑えつつ排出廃棄物等の環境への負荷の少ない良好な処理を行っていくかは重要な課題となっている。

## 2. 研究の目的

多くの離島では、人間生活に必要な「エネルギー」は主に島外に依存している。また、廃棄物は、島内処理が原則ではあるが、多くの部分を島外で処理しており、特に、孤立型離島では輸送費が大きな負担となっている。本研究は、離島の上水道・下水道・廃棄物といった現代の人間生活に不可欠である生活基盤施設での「エネルギー」と「廃棄物」に焦点を当て、上水道・下水道・廃棄物それぞれの施設においてエネルギー使用量、排出廃棄物量のバランスを考慮し、環境への負荷が少ない、離島に適した処理システムの構築を行う。

## 3. 研究の方法

本研究では小笠原諸島を主対象として上水道・下水道・廃棄物処理の生活基盤施設における①エネルギー使用の実態を調査し、エネ

ルギー使用の問題点の抽出を行った。さらに、②現在の施設から排出される最終廃棄物の実態の把握を行う。そして③各施設から排出される最終廃棄物とエネルギー使用量との関係を求め、④島嶼で導入可能な処理方法を適宜選択し、使用エネルギー生産に伴う環境負荷と処理により排出される最終廃棄物等による環境負荷をそれぞれ算定し、総合的な視野に立って環境負荷の少ない処理システムの構築を行った。

①に関しては、小笠原村を主軸において島民への聞き取り調査を実施し、上水道・下水道・廃棄物処理の対象者からこれら生活基盤施設でのエネルギー使用に対する意識レベルをまとめるとともに、自治体からエネルギー使用量に関するデータを収集し、エネルギー使用の実態を把握した。また②に関して、現在の施設から排出される最終廃棄物などの環境への負荷の把握を行った。そして③では各地の小規模施設を対象に最終廃棄物とエネルギー使用量との関係を求め、本土等にある都市の大規模施設と比較検討し、問題点・改善可能な事項の洗い出しを行った。最後に④では住民が各施設に求める処理レベルの意識調査を行い、求められた処理レベルに対応可能な処理方法を抽出し、離島への導入の適否を検討した。そして抽出された処理方法に対し、使用エネルギー生産に伴う環境負荷と処理により排出される最終廃棄物等による環境負荷をそれぞれ算定し、総合的な視野に立って環境負荷の少ない最適な処理システムの検討を行った。さらに、生活基盤施設のプロセス・維持管理を含めエネルギー・環境負荷・費用の面からシミュレーションを行い、環境負荷低減化を実現する改善策の提案を行った。一方、太陽光・風力・波力等の自然エネルギーを活用することも可能であるが、導入するためには新たな施設の建設、維持管理等、本土では容易な事柄も離島では本土の数倍の費用や労力が必要である。したがって、新たなエネルギーの供給源を考える場合、現在のエネルギー供給システムとの間で、維持管理を含めた長期的な費用・労力の比較検証を行い、エネルギー供給案を含め、生活基盤システムの処理プロセスについての総合的な改善案を構築していくことを最終目標とした。

## 4. 研究成果

(1) 小笠原諸島における浄水処理を現地にて調査し、処理プロセス改善のための実証実験を行い、浄水コスト、廃棄物量が削減可能な浄水処理改善案の提案を行った。  
(2) 浄水場の管理データの収集を実施し、収集したデータの解析を行い、原水水質と有機物除去の関係、残留塩素消費の関係を数値化した。これにより、原水水質の変動を浄水処

理維持管理に迅速かつ的確に反映することを可能とした。

(3) 全国の浄水場の浄水処理の水道原水、浄水処理プロセスを調査し、島嶼にある小規模浄水場の統合についてライフサイクル分析を行い、水道事業の広域化、統合による費用、CO<sub>2</sub>排出量を推定する評価モデル式を構築し、総合的視野からの統合の効果を「見える化」した。

(4) 島嶼で導入可能な処理方法を適宜選択し、使用エネルギー生産に伴う環境負荷と処理により排出される最終廃棄物等による環境負荷をそれぞれ算定し、総合的な視野に立って環境負荷の少ない処理システムの構築を行い、エネルギー供給案を含め、生活基盤システムの処理プロセスについての総合的な改善案を構築した。

以上の成果は、島嶼だけでなく、国内の過疎地や発展途上国に応用できる成果となった。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 15 件)

- ① 荒井康裕、堀江俊樹、小泉明、稲員とよの、増子敦、田村聡志、山本孝、混合整数線形計画モデルによる送配水システムの電力使用量の最小化、土木学会論文集G (環境)、査読有、vol.68 No.6、2012、273-281
- ② 山口貴士、稲員とよの、小泉明、荒井康裕、田村聡志、北澤弘美、配水システムにおける残留塩素減少に関する統合シミュレーションモデルの研究、土木学会論文集G (環境)、査読有、Vol.68, No.7, 2012、165-173
- ③ Yasuhiro Arai、Toshiki Horie、Akira Koizumi、Toyono Inakazu、Atsushi Masuko、Satoshi Tamura and Takashi Yamamoto、Research on Minimizing Electric Power Usage in Water Distribution System、The 9th International Symposium on Water Supply Technology、査読有、2012、(8 pages)
- ④ 増子敦、橋本貴、芦田裕志、田村聡志、荒井康裕、小泉明、電力原単位回帰式を用いた送配水エネルギーの最小化に関する研究、水道協会雑誌、査読有、第930号、2012、2-10、
- ⑤ 山崎公子、小泉明、関丙大、大塚宏幸、小笠原母島における水道水源貯水池の水質保全に関する研究、土木学会論文集G (環境)、査読有、vol.67 No.5、2011、197-204
- ⑥ B. D. Min, K. Yamazaki, A. Koizumi, J. Y. Koo, Estimation for Raw Water Quality of Manganese Concentrations from Archived Data in Small-scale Water Systems, Journal of Korean Society of Water and Waste water, Vol. 25, 査読有, 2011, 547-554
- ⑦ 増子敦、高木淳、芦田裕志、田村聡志、小泉明、配水池の受水残圧利用による水質を考慮した配水エネルギー削減に関する研究、水道協会雑誌、査読有、第921号、2011、13-22
- ⑧ Byungdae Min, Kimiko Yamazaki, Akira Koizumi, Yasuhiro Arai, Jayong Koo, Improvement Effects of Wastewater Treatment with Water Purification Sludge Added to Sewer, Proceeding of 1st International Conference on Green Environmental Technology 2011, 査読有, 2011, 369-370
- ⑨ Kimiko YAMAZAKI, Byungdae Min and Akira KOIZUMI, Statistical Analysis of High Manganese Concentrations on Raw Water Quality Characteristics, The 4th IWA-ASPIRE Conference and Exhibition, 査読有, 2011, 11-6-2(8 pages)
- ⑩ Masayuki Mori, Toyono Inakazu, Akira Koizumi, Haruhiko Watanabe, Yasuhiro Arai and Tsunehiko Nishizawa, A Study on Economical Planning Method for Replacement of Water Distribution System in Centurial Viewpoint, The 4th IWA-ASPIRE Conference and Exhibition, 査読有, 2011, 9-1-1(8 pages)
- ⑪ 小泉明、末廣美希、荒井康裕、稲員とよの、増子敦、田村聡志、芦田裕志、小規模給水ブロックを対象とした水需要時系列変動の分析、土木学会論文集G、査読有、Vol.67 No.6 (環境システム研究論文集 第39巻)、2011、121-127
- ⑫ 西澤常彦、稲員とよの、小泉明、渡辺晴彦、荒井康裕、森正幸、GISを利用した水道管路ネットワーク構造評価、土木学会論文集G、Vol.67 No.6 (環境システム研究論文集 第39巻)、査読有、2011、143-150
- ⑬ 増子敦、松澤峰矢、芦田裕志、田村聡志、小泉明、貯水槽水道の直結給水化に伴う二酸化炭素排出量の削減効果に関する研究、環境工学研究論文集、査読有、第47巻、2010、329-337
- ⑭ 小泉明、市村敬正、大沼博幹、福本明紀、大嶽公康、地震に強い水道の実現—水道耐震化を加速させるために—、水道協会雑誌 査読無、第911号、2010、31-62
- ⑮ Yasuhiro Arai, Akira Koizumi, Toyono Inakazu, Haruhiko Watanabe and

Masahiro Fujiwara, Study on Failure Rate Analysis for Water Distribution Pipeline, Journal of Water Supply: Research and technology-AQUA, 査読有, 2010, 429-435

〔学会発表〕(計 15 件)

- ① 山崎公子、小笠原諸島の浄水処理に関する一考察、第 47 回水環境学会年会、2013 年 3 月 13 日、大阪
- ② 山崎公子、小笠原母島水道水源中の有機物組成の季節変動、第 47 回水環境学会年会、2012 年 3 月 13 日、大阪
- ③ 荒井康裕、水道管路ネットワークの環境影響評価に関する一考察、土木学会 第 67 回年次学術講演会、2012 年 9 月 5 日、京都
- ④ 稲員とよの、配水過程における残留塩素濃度推定のための複合モデルに関する一考察、土木学会 第 67 回年次学術講演会、2012 年 9 月 5 日、京都
- ⑤ 山崎公子、小笠原村父島浄水場の凝集処理に関する一考察、第 63 回全国水道研究発表会、2012 年 5 月 16 日、松江
- ⑥ 稲員とよの、凝集沈澱プロセスにおける PAC 注入率のシミュレーション分析、第 63 回全国水道研究発表会、2012 年 5 月 16 日、松江
- ⑦ 小泉明、送配水システムにおける電力使用量の最小化に関する一考察、第 63 回全国水道研究発表会、2012 年 5 月 17 日、松江
- ⑧ 山崎公子、高マンガン濃度水道原水の浄水処理、第 46 回水環境学会年会、2012 年 3 月 16 日、東京
- ⑨ 稲員とよの、凝集沈澱プロセスにおける原水水質と PAC 注入率の関連分析、土木学会第 66 回年次学術講演会、2011 年 9 月 8 日、松山
- ⑩ 山崎公子、マンガン濃度に着目した水道原水の特異性分析、土木学会第 66 回年次学術講演会、2011 年 9 月 7 日、松山
- ⑪ 荒井康裕、貯水槽水道の環境負荷原単位式に基づく給水エネルギーの現状把握、第 62 回全国水道研究発表会、2011 年 5 月 20 日、大阪
- ⑫ 小泉明、送配水過程におけるポンプ電力量の特異性比較、第 62 回全国水道研究発表会、2011 年 5 月 20 日、大阪
- ⑬ 山崎公子、高濃度のマンガンを含む原水を水源とする浄水場の分布調査並びに要因分析、第 62 回全国水道研究発表会講演集、2011 年 5 月 19 日、大阪
- ⑭ Akira Koizumi, Asset Management and Recent Water Service Pipeline, Technology in Japan, International Seminar of Asset Management

Technology and Evaluation in Water Supply System, 2010 年 12 月 9 日、ソウル (韓国)

- ⑮ 山崎公子、小笠原村父島の水道原水の有機物濃度推定に関する一考察、第 47 回環境工学研究フォーラム、2010 年 11 月 13 日、高知

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

山崎 公子 (YAMAZAKI KIMIKO)  
首都大学東京・都市環境科学研究科・助教  
研究者番号：80087254

### (2) 研究分担者

荒井 康裕 (ARAI YASUHIRO)  
首都大学東京・都市環境科学研究科・准教授  
研究者番号：50326013

稲員 とよの (INAKAZU TOYONO)  
首都大学東京・都市環境科学研究科・教授  
研究者番号：60154259

小泉 明 (KOIZUMI AKIRA)  
首都大学東京・都市環境科学研究科・教授  
研究者番号：80137025