

(論文内容の要旨)

開発途上国の小都市域では、適切かつ持続可能な衛生システムを戦略的に導入することが極めて重要であり、そのためには、そのガイドライン作成が必要となる。本論文では、その実用的技術である尿尿分離型トイレをこれら小都市に導入した場合の、尿、尿それぞれの管理ロジスティクスを検討したものである。フィリピンの小都市域を尿尿分離型トイレ導入の社会実験地域として研究し、その実際の調査結果をもとに、その効用を検討した。論文は全部で9章からなり、それぞれの内容は以下の通りである。

第1章は序論であり、ミレニアム開発目標 MDGs など本研究の背景となる世界的な環境衛生問題について論議を深めるとともに、その実用的な解決のための方法・手段について展開し、本研究の目的である、開発途上国の小都市域での尿尿分離型トイレの管理ロジスティクスの開発を説明している。

第2章は、本論文の研究方法・手順をまとめた章であり、文献考察による日本および途上国衛生状況把握、ベースライン調査による研究地域の衛生環境評価、尿尿分離型トイレの導入結果、コスト比較へと、研究展開を説明している。

第3章は、日本およびフィリピンにおける衛生設備（トイレ）の歴史的変遷および現況を文献考察で検討したものであり、その考察を踏まえ、尿尿分離型トイレの機能と意義、さらにフィリピンでの実践普及活動を報告している。

第4章は、本研究の調査地域であるフィリピン・サンフェルナンド市を説明する章であり、その地理・社会・経済・行政の特性をまとめている。とくに、水道・下水・廃棄物については、市のレポートから詳細に検討し、ほとんどの住民が安全な水へのアクセスができないこと、トイレは6割が共同便所使用、排水施設も不十分で不衛生な環境であることを明らかとした。そして、このような状況から社会実験地域として同市が尿尿分離型トイレの導入を検討していることを説明した。

第5章では、サンフェルナンド市における尿尿分離型トイレの運転管理の実態を調査結果から検討している。その内容は、(1)日々の尿（糞便）および尿の発生量、(2)尿乾燥および安定化のための炭化糞殻の使用量、(3)炭化糞殻産出先あるいはその代替品の可能性、(4)尿搬送車両の種類・使用法別効率・コスト計算、(5)サンフェルナンド市における尿尿分離トイレ普及のための方策、である。尿および尿の発生量としては、それぞれ一人一日当たり 1.51L、0.34L を、炭化糞殻の1回あたり使用料として 0.25kg を長期観察結果から得ている。炭化糞殻産出先として、食堂やパン屋等を検討し、種々の条件下でのコストを調査して同地での使用可能性を論じている。さらに、尿搬送車両としては小型三輪車、小型トラック、大型トラックの3種類についてコストと効率を調査し、そのデータをもとに総コストを比較している。これらの解析をベースに、最終的なサンフェルナンド市における尿尿分離型トイレの運転管理（設置・収集・運搬・処理を含む）の方法を提案し、その必要経費を予測している。

第6章は、尿尿分離型トイレの導入に対する社会的受容性と便益性を、他の通常のトイレと比較して検討している。考慮したケースは、A. 簡易カバーの尿尿分離型トイレ設備、B. コンクリート構造内尿尿分離型トイレ設備、C. くみ取り型 (drop & Store) トイレ、D. 2槽式浄化槽付き水洗トイレ、である。考慮した点は、建設費、維持管理費などのコストと、衛生改善による健康利益、環境保護効果さらにその使用の快適性などの便益である。これらそれぞれの項目を現地通貨 (ペソ) で積算し、評価した結果、トータルの便益/費用費は、両尿尿分離型トイレ設備が他の通常トイレより高く、十分効果の高いことを明らかとした。

第7章では、尿尿分離型トイレから発生する尿および尿 (人排泄物) の管理方法の指針を示している。すなわち、尿および尿の回収容器、収集方法、中継基地、運搬方法さらに処分について、数種類の条件の異なる地域を設定し、そこで最適となるそれぞれ方法およびシステムを提案している。

第8章は、以上の論議を総括するものであり、これらのシステム全体の計画ガイドラインを示し、途上国小都市域における衛生状態改善の方策を提案している。この中には、その計画立案のための要素、公衆への教育、尿尿分離型トイレへのインセンティブ付与、財政的な観点からのスキームさらには各種ステートホルダーの参画促進などの観点が加わっている。

第9章は結論であり、各章で示された主要な成果をまとめ、さらに考察を加え、本論文の地球環境学における意義を述べている。

(論文審査の結果の要旨)

国連のミレニアム開発目標の一つにも掲げられるように、持続可能な環境づくりは全世界的課題であり、とりわけ途上国における不衛生なトイレおよびその排出は、環境汚染および病原菌蔓延の点で重要であり、緊急に解決すべき問題である。先進国で開発されたシステムは、快適性・環境への低負荷の観点から完成度の高いシステムであるが、コスト低減を目的としてシステムの一部や類似の低価格物を単純に途上国に導入すると、地域全体の環境や衛生状況はより悪化することもある。

尿尿分離型トイレは、尿（糞便）と尿とを分けて回収することで、衛生的に人排泄物を管理するものである。尿は排泄ごとに灰などの乾燥吸着剤を混ぜることで、腐敗を防ぎかつ管理しやすくなる。一方、尿は余分な水を加えず回収するので処理量が少なく、また尿と混ぜないため、衛生的な取り扱いが可能となる。これらにより、尿と尿とも資源としての再利用性が高まり、途上国に相応しい技術と考えられる。本研究は、フィリピンの小都市域での尿尿分離型トイレ導入の社会実験地域に参加し、その調査結果をもとに、尿尿分離型トイレシステムを小都市に導入する場合の管理ロジスティックスを検討するものであり、下記の点で高く評価できる。

(1) 調査地域のフィリピン・サンフェルナンド市に長期間調査滞在し、尿尿分離型トイレを利用する場合の、日々の尿（糞便）および尿の発生量、尿乾燥および安定化のための炭化糞殻の使用量、炭化糞殻産出先あるいはその代替品の可能性、尿搬送車両のコスト計算、など、ベースとなるデータを得た。とくに、人一日あたりの尿（糞便）、尿の発生量 1.51L、0.34L を得ることで、尿尿分離型トイレを導入した地域での回収計画、尿・尿保管容量、輸送計画を厳密に立てる手順を確立した。これは、途上国の衛生対策に貢献し、地球環境学における意義は大きい。

(2) 尿尿分離型トイレの導入の利点を、社会的受容性と便益性の観点から他の通常のトイレと比較して検討している。このため、具体的な環境衛生改善策として、尿尿分離型トイレの意義をより説得性の高い形で評価することに成功している。本解析により、同地域では、尿尿分離型トイレ普及が、くみ取り型や浄化槽付き水洗トイレよりも、費用および便益の観点でより有効であることを明らかにした。これにより、社会的な意義やインパクトの大きい成果を得ている。

(3) 一連の調査・考察を通じて得られた結果をもとに、小都市域への尿尿分離型トイレ普及システムの全体計画ガイドラインを提示した。この中には、公衆への教育、インセンティブ、ステートホルダーの参画促進が含まれ、実効性が高いものである。

上記の成果により本論文は、環境衛生工学、地域環境学、社会管理工学の発展に大きく貢献した。よって本論文は博士（地球環境学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 20 年 8 月 12 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。