

東日本大震災への緊急対応

～良好な水環境と災害に強い柔軟な簡易トイレシステムの構築のために～

トイレの未来を考える会

活動の概要

東日本大震災後の停電や上下水道が機能しない状況において、衛生的で快適なトイレ環境を整備・維持することを目的に、ポータブル型の無水し尿分離トイレユニットを独自に設計・開発し、東北各地に緊急導入した。し尿処理の最も重要な目的は、病原菌を多く含む大便の封じ込めと衛生化にある。このトイレユニットは、運搬・備蓄が容易で軽量の組み立て式で、大便と尿を簡易に分離できる形状とした。分離した大便は、消石灰と粉殻炭の混合物を添加することで無臭化、衛生化を実現した。また、病原菌をほとんど含まない尿は、消石灰添加により汚染原因となるリンと窒素を沈殿除去し、放流や土に浸透させ処理することが可能であった。

活動の目的

2011年3月11日に発生した東日本大震災は、東北地方・関東地方の太平洋沿岸部に壊滅的な被害をもたらした。家屋への被害は、全壊・半壊を合わせて100万戸を超え、停電世帯は800万戸、断水世帯は180万戸に上った。ピーク時の避難者数は45万人を超え、2,000箇所以上の避難所が開設された。全国から水、食糧、医薬品、毛布、衣類などの緊急支援物資が届けられたが、トイレについては、十分な備えがなく、また優先的に対応されず、従来の水洗トイレが使用できなくなったことで、多くの人々が劣悪で非衛生的な環境での排泄を余儀なくされ、被災者にとって大きな問題であった。

大きな被害を受けた被災地からの発生直後の情報では、震災発生当初には新聞紙上に排便する等の状況もみられた様である。し尿は、ポリバケツやビニールプール等の容器に貯留され、その後に埋め立てや焼却による処理がとられた。その後、仮設トイレが設置され、バキュームカーで汲取られ、順次近隣のし尿処理場で処理されていたが、水洗できずにあるいは汲

取りされずにトイレ内にし尿が溜まり劣悪な排泄環境となってしまう、早急の改善が必要であった。一方、その最終処理を担う沿岸部の下水処理施設は津波による壊滅的な被害を受けてしまった。隆起マンホールや損傷下水管を含めた下水処理システムの復旧には2～3年が必要とされている。

建物の被害が少なかった家庭では水洗トイレが継続して利用されていた。行政は水洗トイレを使用せずに仮設トイレを使用するように呼びかけてはいたが、水道の早期復旧により、使用水量、ひいては汚水発生量が増すことにより、下水道からの汚水が噴き出し衛生面の悪化が新たな問題となっていた。このままでは、夏になると被災地の人々のし尿に起因する感染症の大量発生が危惧され、人々の健康を更に害することになってしまう状況であった。

避難所各階の水洗トイレは、下水道が使えないため立入禁止となり、避難者は屋外の仮設トイレに行かねばならなかった。特に高齢者にとっては、階段の上り下りがつらく、また遠くの仮設トイレに行く回数を減らすため水分を制限する人が多かった。避難者を検査したところ、年齢を問わず高い確率で血栓が見つかった。死亡率の高い疾病に繋がるため、十分な水分摂取が強く望まれた。このためにもトイレの早期改善が緊急課題であった。こうした状況に対応するために、本活動では、上水道や下水道システムの完全復旧までに、床の上でも既設水洗トイレでも利用可能な自立型し尿分離トイレユニットの開発と被災地への導入をその目的とした。

本活動では、緊急時とはいえ、人間の尊厳を守る快適な排泄空間を構築することを目指した。また、近い将来に発生することが予想されている東海・東南海・南海地震等に備えて、水や電気を必要とせず、緊急利用可能なポータブル型し尿分離型トイレユニットの設計・開発することを検討した。使用前にはコンパクトに折りたたんで収納が可能な便器ユニットとすること、

現地に事前供給しストックしておくことも可能となることを目指した。

活動の内容

本活動では、プラスチック段ボール製(写真1と2)で、軽量の運搬・備蓄が容易な組み立て式のポータブル型無水し尿分離トイレユニットを独自に設計・開発した。これらのトイレユニットは床上にそのまま設置して利用できるばかりではなく、避難所や仮設住宅等を含めた既設の洋式・和式トイレ便座の上に容易に設置できるもので、周辺環境への影響を軽減できるようにし尿分離機能を有するトイレユニットとした。

開発に際して、市販の簡易トイレの状況を調査した結果、いずれも排泄されたし尿を凝固剤等で固めて処分するもので、これでは日々蓄積する廃棄物の処理が必要となり、被災地に更なる負担をかけてしまうことが懸念された。し尿を簡単に分離し、病原菌をほぼ含まない尿は汚染物質(窒素・リン)を沈殿除去後に放流・土壌浸透し、大便には消石灰と粉殻炭の混合物を添加しアルカリ化・乾燥化によって衛生処理を実現することが可能なものとした。

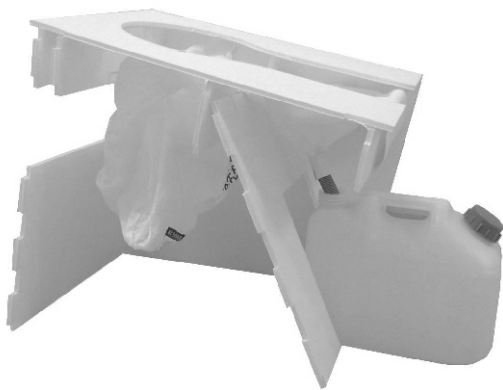


写真1 プラスチック段ボール製ポータブル型し尿分離トイレユニット断面写真



写真2 洋式トイレに設置したプラスチック段ボール製ポータブル型し尿分離トイレユニット

本活動では、これまでに長年に渡り実施してきた水を使用しないし尿分離トイレの研究成果を基とした。既に公共下水道が発達している日本の現状と、将来、農業肥料として必要なリンが世界的に枯渇することから、尿中に大量に含まれるリンを回収することを目的として実施してきたものである。また、下水道システムが発達していない途上国(ベトナム)においても、し尿分離により経済的に衛生処理し、農地に戻すといった研究活動も実施し、現地での大きな成果を収めていた(写真3)。



写真3 し尿分離トイレにより灰を用いた大便の処理・農業利用を実現(ベトナム)

これまでの研究では、大便と尿を分離することが可能な一連のシステムを開発していた。窒素とリンの含有量は少ないが病原菌を含む大便はそのまま公共下水道に放流する。一方、病原菌を含まない尿は一時貯留後に水酸化マグネシウム等のアルカリ剤を添加することによって、尿中リンと窒素を緩効性肥料として利用することが可能な沈殿として回収することができる方法である(図1)。また、ベトナムでは、分離した尿は雨水で希釈した後に肥料として農業利用し、大便には現地で燃料廃棄物として発生する灰を添加することによって病原菌の死滅を促進させ、最終的には土壌改良材として利用する方法を現地に導入した。これにより、

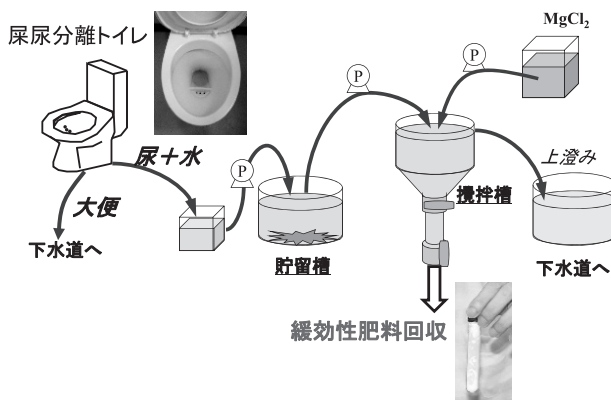


図1 し尿分離システムと緩効性肥料回収

現地の衛生問題の改善と農業収穫量の増加のために貢献することができた。

本活動では、これまで日本の下水道の現状に合わせて、またトイレが存在しない途上国で実施してきたらの研究成果を同時に利用した。し尿はその排泄時にポータブル型トイレユニットにより分離することとした。分離により、大便を乾燥状態で確実に封じ込めることができ、その後の衛生化も容易となる。大便には灰あるいは安価な消石灰(土のグラウンドの白線用)等のアルカリ剤を添加して回収・貯留し、病原菌の無害化促進を図ることとした。灰や消石灰に加えて気仙沼市本吉地区で調達した粉殻炭をかけることで通常の汲取式と比べ臭いも激減し、使用感が大幅に向上し、快適な排泄環境を構築することができた。大便から分離され病原菌をほぼ含まない尿は、予め消石灰を入れた容器(例えばペットボトル等)に回収して、リンと窒素を沈殿として集めることとした。無害化された大便は土に戻すことが可能である。尿は元々病原菌がほとんど入っておらず、大部分のリンと窒素が除去されることから、水環境への負荷を抑制することが可能である。尿から回収される沈殿は肥料として農業利用することもできる。

無水ポータブル型し尿分離トイレユニットを複数回にわたり被災地に持ち込み(写真4)、その組立・設置・使用方法(図2)と分離した大便と尿の衛生的な処理方法(図3)を説明し、下水処理システムが復旧するまでの間、被災者に利用してもらうと共に、アンケート調査(図4)に基づき、改良を加えていった。

人は毎日約1~1.5Lの尿と約0.3L程度の大便を排泄する。よって、通常の汲取式では非常時にはすぐに満杯になる。し尿分離により、衛生化が必要な大便だけを水を使わずに封じ込めることで、処理必要な量すなわち汚水量も大幅に減少することが可能となった。

活動の効果・社会への波及効果

本活動により、東日本大災害被災地のごく一部ではあるが、水系伝染病等の感染症発生を抑制し、下水道システムの復旧までの数年間の衛生的なし尿処理システムを供給することができたと考える。「ポータブル型無水し尿分離トイレユニット」はクチコミやホームページ(<http://www.eqc.kyoto-u.ac.jp/ud-toilet/top.html>)を通じて徐々に広がっている。まだ導入を実施していない東北地方の市町村や、被災地以外の日本各地の市町村等から災害備蓄用として問い合わせ



写真4 現地での普及活動

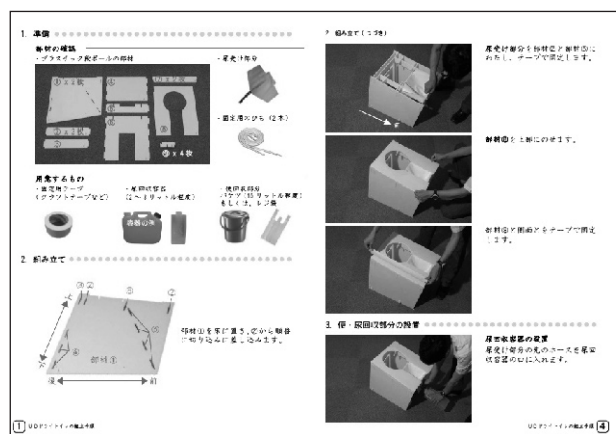


図2 組立・設置・使用方法説明パンフレット

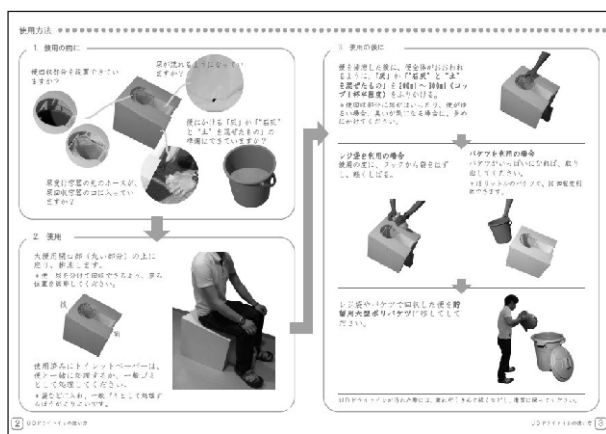


図3 分離した大便と尿の衛生的な処理方法パンフレット

「UDドライトイレ」についてのご意見、ご感想をお聞かせ下さい。

1. UDドライトイレの使用場所と元の便器の形状をお書き下さい。
 使用場所: ☐ 家庭用 ☐ 公共施設 ☐ その他
 便器形状: ☐ 洋式 ☐ 和式 ☐ その他

2. UDドライトイレの使用回数と頻度、使用人数をお書き下さい。
 使用回数: ☐ 1回 ☐ 2-3回 ☐ 1週間程度 ☐ 1ヶ月以上
 使用頻度: ☐ 1回 ☐ 1回 ☐ 2-3回程度 ☐ 4回以上
 使用人数: ☐ 1人 ☐ 2-3人 ☐ 4人以上

※ 該当するところの番号を○で囲んでください。

3. 使用について
 1) 準備は? 簡単だった 少々 大変だった
 ⇒ 1を圈んだ方へ: それはどこでですか? () 少々 大変だった

2) 使用後は? 簡単だった 少々 大変だった
 ⇒ 1を圈んだ方へ: それはどこでですか? () 少々 大変だった

4. 使用後の処理について
 1) 使用直後の処理は? 問題なかった 少々 問題があった
 ⇒ 1を圈んだ方へ: それはどこでですか? () 少々 問題があった

2) 使用直後の処理の頻度は? 問題なかった 少々 問題があった
 ⇒ 1を圈んだ方へ: それはどこでですか? () 少々 問題があった

3) 使用直後の処理の方法は? ☐ ケツ ☐ レジ袋 ☐ その他
 ⇒ 1を圈んだ方へ: それはどこでですか? () 少々 問題があった

4) 臭いの発生・滞留は? 問題なかった 少々 問題があった
 ⇒ 1を圈んだ方へ: それはどこでですか? () 少々 問題があった

5) 臭いの発生・滞留は? ☐ 水漏れ ☐ 虫・鼠 ☐ その他
 ⇒ 1を圈んだ方へ: それはどこでですか? () 少々 問題があった

6) 大便の回収・貯留は? 問題なかった 少々 問題があった
 ⇒ 1を圈んだ方へ: それはどこでですか? () 少々 問題があった

7) 大便の貯留方法は? ☐ 大型バケツ ☐ その他

「その他」もご記入ください。

図4 アンケート調査用紙

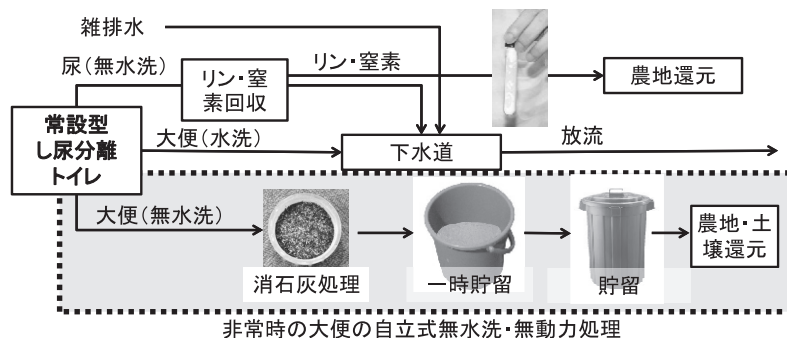


図5 公共施設を核とした新しい災害対応型し尿処理のフロー

が寄せられている。

今後は、災害に強い新しい町づくりの一貫として、災害の際に避難所となる公共施設だけではなく、各家庭でも常時設置可能なし尿分離トイレユニットと、分離したし尿の無水処理システムを設計・開発することを目指している(図5)。このトイレユニットとシステムは、通常時には大便を下水道に直接放流し、尿はリンを有価資源として回収してからその上澄みのみを下水道に放流するシステムとする。富栄養化対策のために下水処理場に導入されているリンを除去するための高度処理は不必要となり、エネルギー削減に貢献することができるようになるだけでなく、将来のリン資源の枯渇に対応することも可能となる。また、このし尿分離トイレユニットは、災害発生時には下水道には放流せず、大便を回収し衛生化することにより、自立分散型の無水し尿分離トイレとして機能するものとして検討している。こうした常設型のシステムを公共施設に設置することで、地域住民が平時からこのし尿分離システムに慣れ、災害時にもスムーズに無水処理が実現できるようにする。さらに、ポータブル型し尿分離トイレユニットを組み合わせることで、より広い範囲で対応可能な自立分散型の新しいし尿処理・下水道システムを創造することができる。これにより、し尿から有価資源を回収することが可能なシステムを備えた、そして災害にも対応可能な環境調和型都市基盤整備を目指す計画である。

おわりに

被災地の一時でも早い復旧・復興をお祈りすると共に、我々のし尿分離トイレユニットに興味をもってご使用を頂きました方々に、紙面をお借りして御礼申し上げます。

本活動は、日本科学技術振興機構(JST)による平成23年度の研究開発成果実装支援プログラム「緊急実装支援プロジェクト」の支援により実施したものです。現在は、ポータブル型し尿分離トイレユニットのさらなる改良と商品化を進めています。安価な値段とすることで、防災キットの1つとして、自治体さらには家庭での備蓄が進むことを期待しています。また、いざという時に水に頼らないし尿処理システムを地域で確保する新たなアプローチとして、災害時に避難所となる施設などで常設型のし尿分離システムの先行導入を探りたいと思います。我々は、こうした平時のからの備えを継続することで、災害に対応できる未来型トイレと新しいし尿処理システムへのパラダイムシフトを目指します。

京都大学大学院工学研究科

清水芳久、松田知成、平山修久、日下部武敏、
茂呂幾子、大谷壮介、稲荷瑞季、大城正史、
杉中俊介

京都大学地球環境学堂

小林広英、原田英典、藤枝絢子

たかしま災害支援ボランティアネットワーク「なまず」

太田直子

東北大学大学院環境科学研究科

梅木千真