

令和元年5月30日現在

機関番号：32407

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01334

研究課題名(和文) コンポストトイレ導入による災害後も自宅で過ごすことができる住まいの実現

研究課題名(英文) Realization of a house that can be spent at home even after a disaster by introducing the compost toilet

研究代表者

樋口 佳樹 (HIGUCHI, YOSHIKI)

日本工業大学・建築学部・准教授

研究者番号：80644814

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：太陽熱利用コンポストトイレの堆肥化性能を具体的に把握することができた。冬期においては、一般的にはヒーターによる保温が必要とされてきたが、効果的に断熱し太陽熱を有効に利用すれば、冬期でも一定の堆肥化性能を維持できることが確認された。このことは、コンポストトイレを導入することのできる地域の条件設定に大いに有用である。在宅避難用のコンポストトイレについては、ローコストで身近な材料で作ることが出来るコンポストトイレを試作することができた。さらには、小型(1人～2人用)のコンポストトイレがあれば、4人家族が1ヶ月継続して排泄可能であることが実験より示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

4人家族の標準世帯が据え置き型の小型コンポストトイレを震災の備えとして導入することで、断水復旧までの期間(約1ヶ月程度)について、トイレの継続利用が可能であることが示された。排泄環境が維持できることにより、在宅避難が可能となる。さらには、避難所の仮設トイレの負荷が軽減されるため、災害時の地域全体の排泄環境の改善にも寄与する。日本は、災害用トイレの備蓄率が非常に少なく、災害時の排泄環境を他人任せにしている状況がある。本研究により、災害用コンポストトイレをローコストで製作する可能性を示したことで、災害用トイレの備蓄率の向上につながることも期待できる。

研究成果の概要(英文)：The compost toilet for home evacuation was able to be produced experimentally at low cost with familiar materials. Moreover, it was found that the compact compost toilet for one person could be used as a disaster toilet until the sewer system was restored (roughly one month). In addition, it was possible to grasp the composting performance of the solar utilization composting toilet concretely. General composting toilets require thermal insulation in the winter, but it was found that if the composting tank is insulated and solar heat is taken in, composting performance is maintained even in the winter. This result is very useful for setting regional conditions where composting toilets can be introduced.

研究分野：建築環境工学

キーワード：コンポストトイレ 在宅避難 災害用トイレ

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

東日本震災を通して、住宅の耐震性能については整備が進んでいるが、生活の安全に対する整備については、あまり進んでいない。被災地生活で最も深刻な課題はトイレに関する問題であるにも関わらず、約8割の一般家庭において、簡易トイレの備えがないとの報告もある。

このような実態から、災害時のトイレ対策が進められている。主な対策としては、被災地でのマンホールトイレや仮設トイレの事例が挙げられ、在宅避難用というよりは、避難所でのトイレ対策に関する研究が大半である。

一方、コンポストトイレは、水を一切使用しないトイレとして注目され、主に山岳地域や公園のトイレ、発展途上国への試験導入として採用されている。海外では、北欧やカナダにおいて、エコビレッジの取組みの一つとして設置されることが多い。しかし、一般的なコンポストトイレは、水を一切しようしない代わりに「攪拌」「換気」「保温」に電力を用いる製品が主体となっている。電気を用いないコンポストトイレについては、使用者のコンポストトイレに対する理解に頼る部分が大きいため、堆肥化性能を維持させることが難しいのが現状である。

水と電気を使用せず、かつ、堆肥化性能の維持や一定の利便性をさらに向上させることができれば、コンポストトイレを災害時の住宅で利用することは十分に可能である。

2. 研究の目的

コンポストトイレを住宅のセカンドトイレとして普及させることで、災害後自宅で過ごすことのできる住まいの提案（図1）を目指すとともに、発展途上国への普及を視野に入れて、持続可能な循環型社会を実現することを目的とした。平時に快適に利用できる水洗トイレと災害時に在宅避難を可能にするコンポストトイレが適切に共存しあうことで、災害につよく、持続可能な社会が実現できると考えている。

3. 研究の方法

本研究は、以下の手順で行った。

STEP1. 災害用トイレ備蓄率のアンケート調査

実際に、災害用トイレをどの程度備蓄しているのかを調査する必要があったため、埼玉県幸手市の戸建て住宅を対象として、自宅に災害用トイレを備蓄しているかどうかをアンケート調査した。

STEP.2 コンポストトイレの継続利用可能期間の検討

戸建て住宅に、災害用トイレとしてコンポストトイレを備蓄する際に、どれくらいの堆肥化槽の容量が必要となるのかを検討した。

STEP.3 在宅避難用のパッシブ型コンポストトイレの試作

身の回りの材料で、自然エネルギーを利用したパッシブ型の在宅避難用コンポストトイレを試作した。

4. 研究成果

4-1. アンケート調査

(1) 調査概要

埼玉県幸手市の戸建て住宅（全戸建て住宅数14930戸）を対象に、災害時の備えに関するアンケート調査を行った。その際に、トイレの備えに関する質問項目を重視した。幸手市は、平成29年度時点で、人口が約52,000人の埼玉県東部の市であり、戸建て住宅が約15,000戸となっている（表1）。幸手市は全体で大きく分けて11地区あり、本調査では、10地区に協力い

ただいた。幸手市役所並びに幸手市区長会の方々の協力のもと、10地区で分け、直接記入式で用紙を配布してもらい、区長が1軒1軒回収を行った。調査期間は、平成29年10月～12月末までの約3ヶ月とした。

5,200世帯へ配布し、2,822部回収され、回収率は54%となった。回収率が高い地域では70%を超える結果となった。調査項目は、住民の災害時の備えに関する調査項目は、(1)居住者の基本的事項、(2)戸建て住宅における情報、(3)災害時の連絡手段、(4)災害時における避難場所の認識、(5)住民同士の助け合いについて、(6)トイレに関する項目(7)災害に対する意識について、(8)災害の備えに大別される。

(2) トイレの備えに関するアンケート結果

図2に今後の震災に対する不安についての結果を示す。「水道・ガス等の遮断」と回答した人の割合が最も多く、81.2%（2,257人）となった。2番目に「トイレが使用できない」が63.8%（1,772人）となった。ライフラインが停止することに対する不安が高いことがわかる。図3に今後の防災対策として考えられるものについての結果を示す。「生活用品などの備蓄」と回答した人の割合が最も多く、84.3%（2,292人）となった。次に「非常トイレや風呂の準備」が52.7%

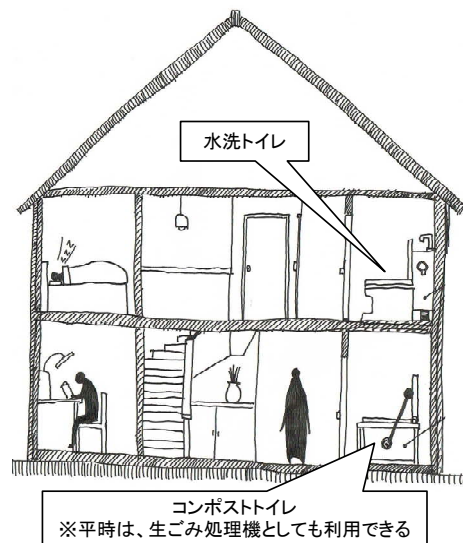


図1. 一般家庭におけるコンポストトイレの利用

表1 幸手市の概要（平成29年度時点）

人口	51,939人
世帯数	22,579世帯
居住世帯のある住宅総数	20,530戸
戸建て住宅の数	14,930戸

(1,432人)となった。図4に現在災害時のために自宅に備えているものについての結果を示す。「懐中電灯」と回答した人の割合が最も多く、90.2% (2,459人)となった。次に、「飲料水」と回答した人が71.6% (1,951人)、「携帯ラジオ」と回答した人が65.4% (1,782人)であった。食糧(レトルト食品等)も、58.9% (1,605人)となり、半数以上の人が非常用の食糧を備えていることがわかった。一方、「簡易トイレ」については、12.4% (339人)しか自宅に備えていないことが明らかとなった。図5に災害時に活用できるトイレの認知についての結果を示す。「簡易トイレ」「携帯トイレ」を知っている人の割合は、それぞれ86%,71%であり、多くの人が知っていることが分かった。一方、「マンホールトイレ」については17.2%となり、普及が進んでいるものの、あまり認知がされていない結果となった。

(3) アンケート調査まとめ

以上より、災害時の不安(図2)、今後の防災対策(図3)としてトイレに関する回答が多いにもかかわらず、実際に災害用トイレを備蓄している世帯が非常に少ない結果(12.4%) (図4)となった。簡易トイレなど、非常時に使用できるトイレの認知は進んでいる(図5)ため、あとは自ら備えることの意識を高くすることが重要である。

4-2. コンポストトイレの継続利用可能期間の検討

(1) 実験概要

大きいサイズのコンポストトイレは、コストも高く、躯体工事を伴うため、災害時の備えとして、戸建住宅に導入するには現実的でない。そこで、本研究では、災害の備えとして1世帯(4人で構成)の住宅に1人分の小型コンポストトイレ(容量35リットル)を設置したと仮定した。そして、実際に災害時を想定し、コンポストトイレの継続利用可能日数について、被験者実験により検証した。実験概要を表2に示す。実験場所は、日本工業大学のコンポストトイレ実験棟である。実験期間は、夏期が7/1から8/5、冬期が11/7から12/18までとした。実験には市販されている据置きタイプの小型非電化式コンポストトイレを使用した。この実験は、4人家族を想定しているため、被験者たちは、コンポストトイレ実験棟にて、一日に2回から4回大便を排泄する。そして、1週間に1回コンポストトイレの容量を計測し、何日間トイレの使用を継続できるかを検証した。また、コンポストトイレの使い心地を検証するために、被験者は、糞便投入量、使用時に心理的抵抗がないかどうか、臭いは気になるか、糞便の状態、等々について、アンケートに記入した。処理槽内の糞便の状況を把握するために、トイレの室内温度、外気温度、コンポスト槽内温度、含水率などを計測した(表3)。

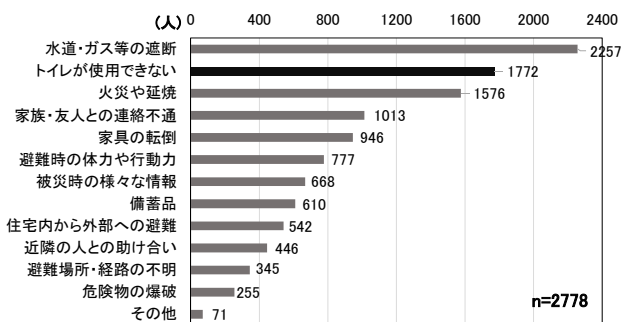


図2 今後の災害に対する不安

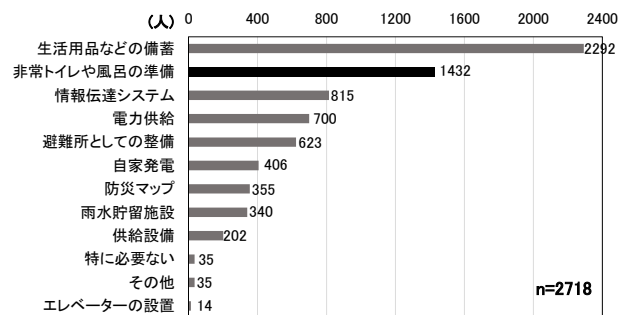


図3 今後の防災対策として考えられるもの

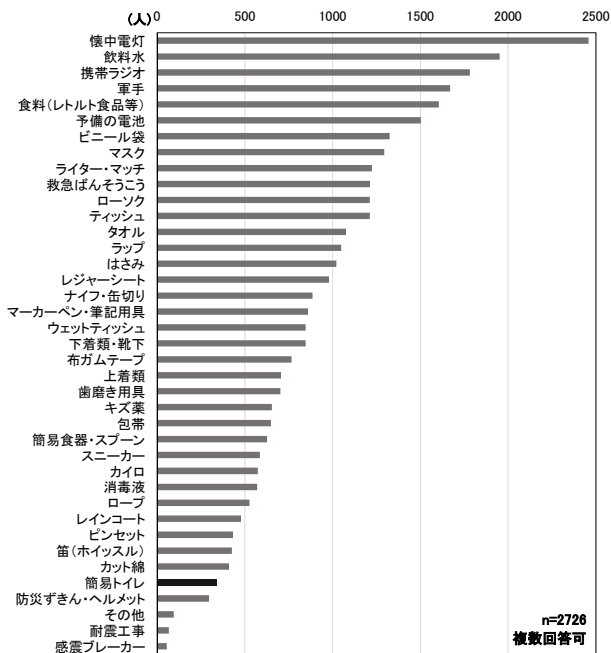


図4 災害時のために自宅で備えているもの

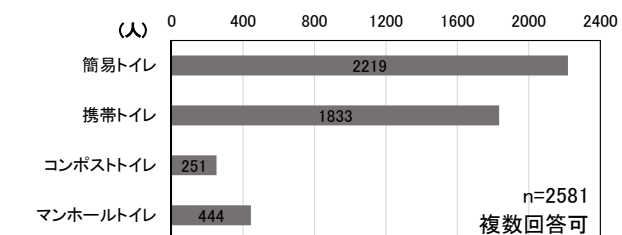


図5 災害時に活用できるトイレの認知

表 2. 実測概要

期間	夏期 7/1 ~ 8/5	冬期 11/7 ~ 12/18
場所	日本工業大学コンポストトイレ実験棟	
コンポストトイレ	小型コンポストトイレ (非電化タイプ、350) 尿尿分別ボウルを用いて尿尿の分離回収を行うシステム	

表 3 評価項目

室内温湿度(1), 外気温湿度(1), 槽内温度(4) ※()内は計測点数	10 分間隔
含水率, 堆肥重量	週に 1 回
投入量, 匂い(5), 便形状(7), 使い心地(9) ※()内は評価段階数	アンケート

(2) 実験結果

糞便の合計投入量 (図 6) は、夏期 15.36kg、冬期 14.77kg となり、夏期と冬期における 1 日の平均投入量はそれぞれ 426g /日と 351g /日であった。1 回の平均糞便投入量は 155.5g となった。また、蒸発・分解量は、夏期 82.7%、冬期 60.7%であった (図 7)。臭いの申告結果については、夏期におけるスケール 4 (強い匂い) 以上は、約 3 割であったのに対し、冬期は約 6 割であることから、冬は強い匂いの申告が多いことがわかる (図 8)。

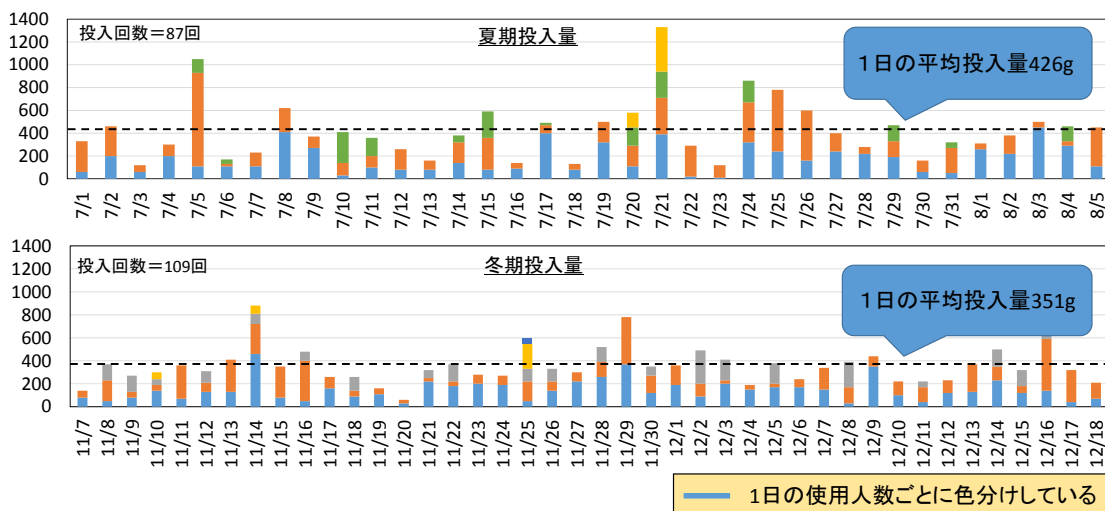


図 6. 夏期と冬期における糞便投入量

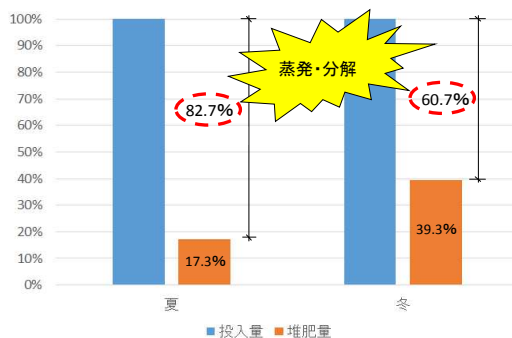


図 7. 糞便の蒸発・分解割合

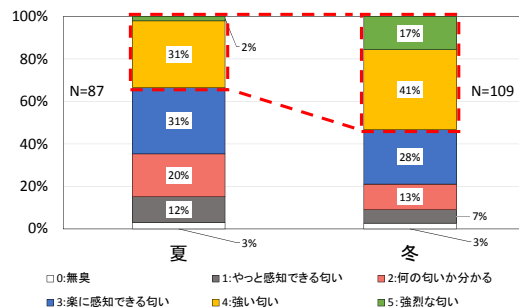


図 8. においの申告結果

(3) 継続利用期間の検討

コンポストトイレの使用が継続できるかどうかの判断は、様々な要素が考えられる。たとえば、堆肥化槽の容量が限界に達したときや、臭いがひどくて耐えられなくなったときなどが判断基準として考えられる。今回は、装置容量 (350) を限界値として、継続可能期間を検討した。継続利用可能期間 (図 9) は、夏期約 11 週間、冬期約 6 週間継続できることがわかった。

(4) 利用可能回数の算定式

糞便投入回数から堆肥量を予測する式を作成した (式 1)。季節係数 k は図 7 の分解量から求め、夏期 0.17、冬期 0.39 とし、1 回の投入量 z は今回の実験から 155.5g とした。これにより、槽内の最大容量と比較することで、継続利用回数を求めることができる。

$$y = z \cdot x \cdot k \quad (\text{式 1})$$

y : 堆肥量 [g], z : 1 回の平均投入量 [g/回], x : 投入回数 [回], k : 季節係数 [-]

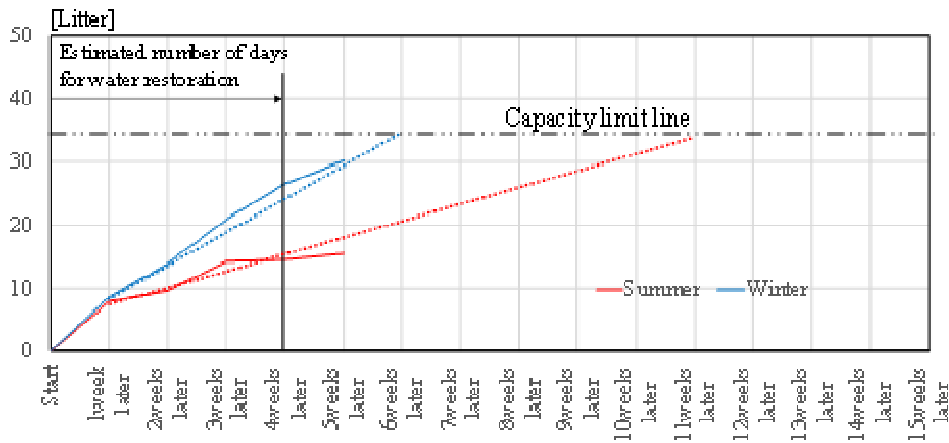


図 9. 夏期と冬期における継続利用可能日数の推定

4-3. 在宅避難用のパッシブ型コンポストトイレの試作

コンポストトイレは震災時の在宅避難用として利用できるトイレであるが、使い勝手に対する不安や購入コストが高い等の現状から普及には至っていない。したがって、身の回りの材料で、安価に自作が可能な在宅避難の為のコンポストトイレの開発とマニュアルの作成を行った。

堆肥化槽は、市販されている 45 規格サイズのゴミ箱を使用し、4-2 節の結果を踏まえて有効容量を 35ℓとした。堆肥化槽の外側には、合板 1 枚で製作できる囲いを設け、家庭で使い古した毛布や、羽毛布団の羽毛を使用した断熱材を間に充填する。詳細を図 10 に示す。

これらの工夫により、同じ容量の市販のコンポストトイレ (21 万円程度) に対して、試作した手作りコンポストトイレは、約 3 万円で製作が可能となった。

課題	対策
入手しやすい材料	ホームセンターで買える
値段を抑える	家庭にあるもので代用 合板1枚で製作
自作が可能	詰め込むだけの断熱 加工し易い材料
性能を損ねない	断熱は二重構造 換気を行う し尿を分別回収



図 10. 試作したコンポストトイレのコンセプト

4-4. まとめ

4 人家族の標準世帯が据え置き型の小型コンポストトイレを震災の備えとして導入することで、断水復旧までの期間 (約 1 ヶ月程度) について、トイレの継続利用が可能であることが示された。排泄環境が維持できることにより、在宅避難が可能となる。さらには、避難所の仮設トイレの負荷が軽減されるため、災害時の地域全体の排泄環境の改善にも寄与する。日本は、災害用トイレの備蓄率が非常に少なく、災害時の排泄環境を他人任せにしている状況がある。本研究により、災害用コンポストトイレを自然エネルギーを用いたパッシブ型のコンポストトイレをローコストで製作する可能性を示したことで、災害用トイレの備蓄率の向上につながることも期待できる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 2 件)

- ① Higuchi Yoshiki, Introduction of Compact Compost Toilet as a Disaster Preparedness to Detached Housing in Japan, 6th International Dry Toilet Conference, Proceedings, Finland, 2018
- ② 樋口佳樹、戸建住宅における震災時の備えとしてのコンポストトイレ導入に関する研究 その 1. 継続利用可能日数の検討、日本建築学会大会学術講演梗概集、日本建築学会、pp. 641-642、2017 年

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。