

コンポスト型トイレにおける病原微生物の二次感染リスク評価の適用

お茶の水女子大学大学院人間文化研究科 中川直子・大瀧雅寛

Application of microbial risk assessment on the compost type toilet by Naoko

NAKAGAWA and Masahiro OTAKI

1.はじめに

現在の流域・都市の水循環は多くの問題点を抱えている。例えばし尿系排水に含まれる窒素、リンなどを水域へ排出することによる湖沼や内湾の富栄養化、河川・地下水から大量の水を取水することによる水資源管理への負担、そして病原微生物による河川、湖沼、地下水の汚染などである⁽¹⁾。このような公衆衛生と水問題の新しい解決方法として排出元であるトイレを環境低負荷型のタイプに変えることが考えられる⁽²⁾。コンポスト型トイレもその一つとして有望視されているが、水洗トイレと異なり、排泄物を生活環境内に一旦とどめておくため、病原微生物の二次感染について留意する必要がある。そこで本研究ではコンポスト型トイレの衛生学的安全性を調べるため、二次感染リスク評価を行った。

2.コンポスト型トイレにおける病原微生物の二次感染リスク評価方法

コンポスト型トイレの病原微生物に関するリスクについて、従来のリスク評価方法(リスクの同定→用量反応評価→評価→リスク判定)に従い直接曝露ケースと間接曝露ケースに分けて考察した。

1) 病原微生物の同定(リスクの同定)

コンポスト型トイレに関して一番考慮しなければならないのは尿尿に由来する腸管系の

Table1 Characteristics of pathogenic microorganisms

病原微生物の種類	症状	1グラムの糞便中の濃度
原虫		
クリプトスポリジウム	下痢、胃腸炎	10 ⁶ -10 ⁷
サイクロスポラ	下痢	10 ⁶ -10 ⁸
腸管系ウイルス		
エンテロウイルス	麻痺、無菌性髄膜炎など	10 ³ -10 ^{8a}
ロタウイルス	胃腸炎、小児下痢	10 ^{10b}
アデノウイルス	胃腸炎、結腸炎	10 ^{12b}
腸管系細菌		
サルモネラ菌	サルモネラ症、胃腸炎	10 ⁴ -10 ¹¹
赤痢菌	細菌性赤痢、胃腸炎	10 ² -10 ⁹
回虫	回虫症、消化・栄養摂取障害	10 ¹ -10 ³

a Cell culture assays

b Electron microscope observations of viral particle

細菌、原虫やウイルスであると考えた。

Table 1 は尿尿中の代表的な病原微生物の種類、感染した場合の症状、感染した時に便に排出される微生物濃度についてまとめたものである^{(3),(4)}。リスク評価の対象病原微生物

として、感染力が高く、データが比較的揃っていることからサルモネラ菌、赤痢菌、エンテロウイルス、ロタウイルスの4種類を選んだ。

2) 用量・反応評価

人間が曝露された病原微生物量とその人が感染、あるいは発病するリスクがどの程度であるかを微生物の曝露量から決定するモデルとして、指数モデル、ベータポアソンモデルなどが提案されている⁽⁵⁾。

リスク計算には Table2 に示すように Haas ら, Rose ら, Regli らによって決められたパラメータの値を用いた。

Table2 The parameter of Dose-response model of each pathogens

病原微生物	感染モデル	モデルパラメータ	
ロタウイルス	ベータ関数	$\alpha = 0.232$	$\beta = 0.247$
エンテロウイルス	対数正規	GM = 250	GSD = 7.3
サルモネラ菌	ベータ関数	$\alpha = 0.33$	$\beta = 139.9$
赤痢菌	ベータ関数	$\alpha = 0.16$	$\beta = 155$

3) 曝露評価

直接曝露ケース:

トイレ担体交換時に誤って経口曝露すると仮定し、その量を 0.01g, 0.1g, 1g とした。

間接曝露ケース:

郊外の一軒家でコンポスト型トイレを使用しており、病原微生物の入った残渣物が庭にまかれ、残渣物の中の病原微生物は地中を通して地下水層に達し、庭内の井戸水の中に混入する。この一軒家ではこの井戸水を消毒せずに飲んでしていると仮定した。

4) リスクの判定

二次感染リスク計算にはモンテカルロ法を用いた。モンテカルロシミュレーションの試行回数はそれぞれ 1000 回とした。各病原微生物量の初期値は Table1 の糞便中の濃度に従い対数正規分布で入力した。糞便量は 150 g とした⁽⁶⁾。

直接曝露ケースでは摂取した担体量に応じて二次感染リスクを算出した。

間接曝露ケースでは残渣物の中の病原微生物が庭にまかれて摂取されるまでの病原微生物

物の中間過程として次の①～⑤の過程を考慮した。

- ① 病原微生物初期値 C_0 の設定
- ② 飽和層での土壌への吸着
- ③ 地下水層流入時の希釈
- ④ 地下水中での不活化
- ⑤ 井戸水摂取量

そして、残渣物のまかれた場所から井戸までの距離 L に応じて二次感染リスクを算出した。

3.二次感染リスク評価結果

上記4種類の病原微生物に関して直接曝露ケースと間接曝露ケースにおいて二次感染リスクを計算した。Fig 1は直接曝露ケースと間接曝露ケースにおいて、サルモネラ菌の二次感染リスクをコンポスト型トイレ内での除去率を変化させて計算したものである。また、Fig2には計算結果より、許容可能なリスク水準である 10^{-4} を満たすためにコンポスト型トイレに要求される病原微生物除去率を、各病原微生物ごとに、直接曝露ケース、間接曝露ケースそれぞれについてまとめた。

ロタウイルスのリスクが高く、コンポスト型トイレに高い除去率が要求されるのがわかる。担体内での微生物挙動実験においても細菌よりもウイルスの方が残存性が高いことがわかっており、コンポスト型トイレの病原微生物感染リスクに関しては細菌よりもウイルスの方が問題になると考えられる。

また、今回の仮定に従えば、間接でも直接曝露に匹敵するリスクが生じることが示された。

4. 結論

コンポスト型トイレを使用した場合の病原微生物の感染リスク、感染ルートなどについて考察し、シナリオを設定してコンポスト型トイレにおける病原微生物感染リスクを定量的に表した。細菌よりもウイルスが問題となり、間接曝露でも直接曝露に匹敵するリスクが生じることが示された。従って間接曝露のリスク評価はコンポスト型トイレの衛生管理上、重要な考慮因子になると考えられる。

5.参考文献

- (1) 松井三郎「水の富栄養化防止とエコロジカルサンテーションの意義」健全な水循環とトイレシンポジウム (2001)
- (2) RALF Otterpohl:
Black, Brown, yellow, grey- the new colours of sanitation, Water 21(2001.10)
- (3) 本林秀文「有機物の農地還元による人への健康影響」都市と廃棄物 Vol.29, No.4, pp40-46(1999)
- (4) Haas C.N., Rose J.B and Gerba C.P.: Quantitative Microbial Risk Assessment, John Wiley & Sons, Inc. 1999
- (5) 金子光美「水質衛生工学」技報堂出版(1997)

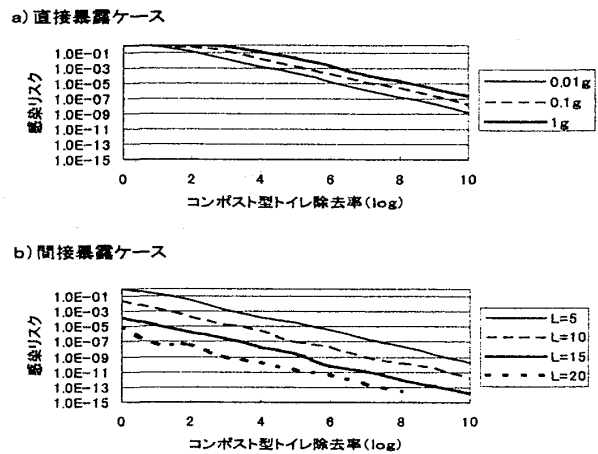


Fig1 Risk assessment in *Salmonella.spp* case

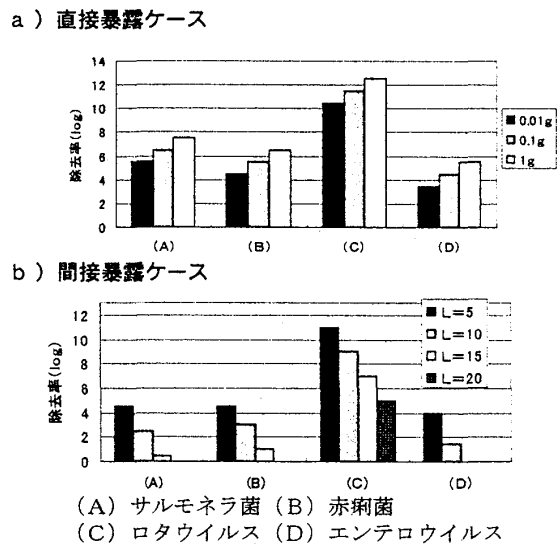


Fig2 Removal ratio of pathogens required for the compost type toilet

(6) 「生活系排水処理ガイドブック」環境技術研究会理工新社

6.既発表論文

1. Technical trends at the low environmental load type toilets in Japan: IWA(2001)
2. バルブ自動化によるトイレ節水システム: 第9回世界湖沼会議 (2001)
3. 介護者にやさしいポータブルトイレ: 福祉の町づくり研究大会全国大会 (2001)
4. バイオトイレにおける病原微生物の挙動及び二次感染リスク評価: 第57回 土木学会 (2002)
5. サステナブルサニテーションによる流域の水・物質循環の健全化: 第6回水資源に関するシンポジウム論文集 (2002)
6. バイオトイレにおける病原微生物感染リスク評価の適用: 生活工学研究 Vol.3 No.2(2001)
7. バイオトイレの流域環境上の重要性と導入効果の試算: 生活工学研究 Vol.4 No.1(2002)
8. バイオトイレにおける病原微生物二次感染リスクの間接曝露評価: 生活工学研究 Vol.4 No.2(2002)