

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

お茶の水女子大学・正会員・大瀧雅寛

お茶の水女子大学・中川直子、伊藤由美子

1. はじめに

水を使わずかつ資源回収が可能なバイオトイレが注目され始めている。このトイレは、多孔性物質(おがくず)を人工担体とし、そこに吸着させた微生物による好気分解によりし尿を処理するものである。これまではコンポストの知見などを基に、し尿の分解特性などの研究が進められてきている。しかし水洗トイレと異なり、排泄物を生活環境内にとどめておくため病原微生物の二次感染についても考慮する必要があると言える。即ちバイオトイレ内における病原微生物の挙動という衛生的観点からの評価が必要である。本研究では、バイオトイレの衛生学的安全性を調べるためにモデル微生物のバイオトイレ担体内における挙動を実験によって調べ、かつその結果を受けて簡単なリスク評価も合わせて行うことにした。

2. 実験方法

2.1 モデル微生物回収実験

まずバイオトイレ内に存在するモデル微生物の測定法を検討した。バイオトイレの担体として実際にバイオトイレで使用された担体(北海道大学、船水教授より供試)を使用した。モデル細菌として大腸菌 *E. coli* K12及び *E. coli* Cを、モデルウイルスとして大腸菌ファージQ β 及びT4を用いた。これらをバイオトイレ担体に個々に投入し種々の回収法を検討した結果、ビーフエキスによる抽出法を用いることに決定した。ビーフエキス抽出法は抽出液(3w/v%ビーフエキス、pH 9.5)に担体を投入して3分間攪拌した後、液層中の微生物濃度を測定する方法である。微生物濃度は大腸菌の場合にはデスオキシコール酸塩培地による二層寒天法、ファージの場合は *E. coli* K12 F+ (A/ λ) を宿主菌とする二層寒天法にて測定した。尚この抽出法による大腸菌の回収率は70~100%、大腸菌ファージの回収率は40~80%であった。

2.2 バイオトイレ担体中における微生物の挙動への温度変化の影響

バイオトイレ担体へ上記4種のモデル微生物(*E. coli* K12、*E. coli* C、大腸菌ファージQ β 、大腸菌ファージT4)を個々に投入した。所定の温度に設定されたインキュベータに静置することにより、担体温度を37及び45に保った。上述のビーフエキス抽出法及び各微生物測定法により担体中の微生物濃度Nを適宜連続的に測定し濃度の変化を調べた。

3. 実験結果及び考察

Fig.1はバイオトイレ担体中における大腸菌の濃度変化を示したものである。*E. coli* K12、*E. coli* Cとも、一次反動的に減少した。また温度に係わらず *E. coli* K12より *E. coli* Cの方が減少速度が速く、45における減少速度の方が高いことがわかった。

Fig.2に大腸菌ファージの濃度変化を示した。ファージQ β 、T4とも大腸菌と同様に一次反動的に減少し、かつ45における減少速度の方が高くなった。また両ファージとも大腸菌に比べ、その減少速度は10~200倍程度低い値となることがわかった。従ってこれら的大腸菌ファージと特性が似ていると考えられている腸管系ウイルスに関しても、バイオトイレ内での濃度減少が低いことが予想される。従ってバイオトイレの衛生学的安全性においては、病原ウイルスの挙動について特に考慮しておく必要があると考えられる。

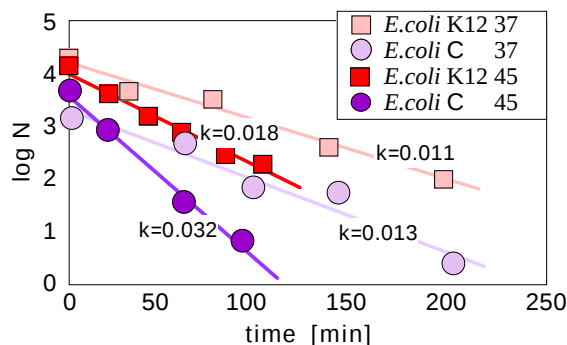


Fig.1 Change in *E. coli*s in media of biotoilet

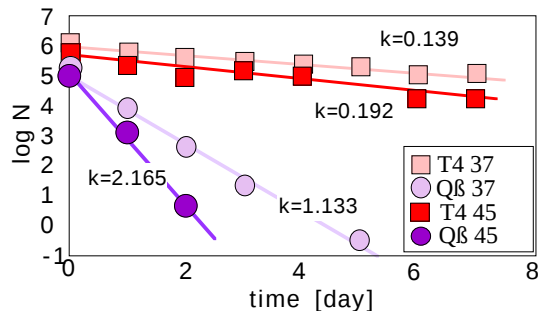


Fig.2 Change in phages in media of biotoilet

4. リスク評価

代表的な病原微生物についてのバイオトイレにおける病原リスク評価を試みた。対象としたのは腸管系ウイルスとして、ロタウイルス、エンテロウイルス及び

Keyword : 大腸菌、バイオトイレ、ファージ、病原微生物、リスク評価

連絡先 : 〒112-8610 東京都文京区大塚 2 - 1 - 1 電話)03-5978-5748 FAX)03-5978-2049

病原菌として、サルモネラ菌と赤痢菌である。各々の微生物について患者の糞便中濃度及び感染モデルのパラメータ値をまとめて表1に示す。

表1 リスク評価に用いたパラメータ値¹⁾²⁾

病原微生物	1 g糞便中個数	感染モデル	モデルパラメータ	
ロタウイルス	10^{10}	ベータ関数	$\alpha=0.232$	$\beta=0.247$
エンテロウイルス	10^{3-8}	対数正規	GM=2500	GSD=73
サルモネラ菌	10^{4-6}	ベータ関数	$\alpha=0.232$	$\beta=0.247$
赤痢菌	10^{5-9}	ベータ関数	$\alpha=0.232$	$\beta=0.247$

これらのデータを基に患者がトイレを使用した際の二次感染リスク評価を次の仮定に従って行う

- 1) 150 gの糞便がバイオトイレに投入され、濃度は表1の高い方の濃度を仮定した。
- 2) バイオトイレの容量は40 Lとし、バイオトイレ内は45℃で保たれるとした。
- 3) バイオトイレ内のウイルス、細菌の挙動はファージ、大腸菌の実験データに従うとした。
- 4) 使用者が担体回収の際に誤って1 g、0.1 g、0.01 gを摂取したとする。

Fig.3に上記の仮定に従った場合のバイオトイレにおける赤痢菌の二次感染リスクについて、糞便投入後からの経時変化を示す。

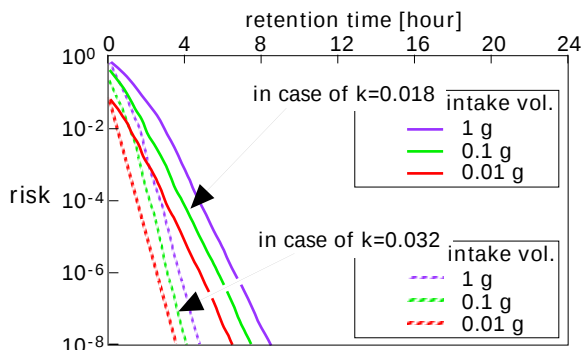


Fig. 3 Risk assessment in *Shigella* spp. case

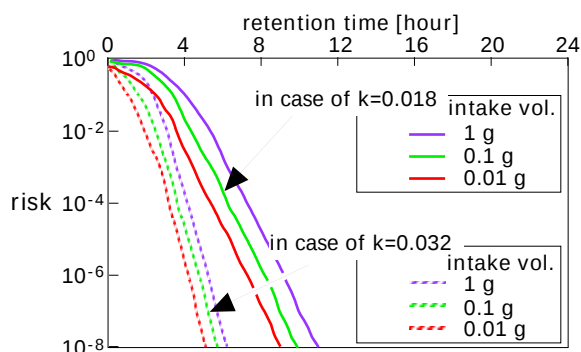


Fig. 4 Risk assessment in *Salmonella* spp. case

Fig.4にサルモネラ菌の場合を示す。どちらの病原菌の場合でもほぼ1日以内にリスクは 10^{-10} 以下になるこ

とがわかる。つまりこれらの病原菌を含んだ糞便がトイレに投入されてから半日以上経てば、バイオトイレ内におけるその病原感染リスクは消滅すると考えて良いことがわかる。

Fig.5はロタウイルス、Fig.6にエンテロウイルスの場合を示す。どちらの場合も先に述べた病原菌に比べリスクの減少は非常に遅い。トイレ内におけるウイルスがQβと同様の濃度減少速度($k=2.17$)を持っていると仮定すると、投入後5~6日後において、リスクが 10^{-5} 以下となる。しかしT4と同じ濃度減少速度($k=0.17$)の場合ではロタウイルスでは投入後30日後においても、リスクが 10^{-1} 以下にならないことがわかる。

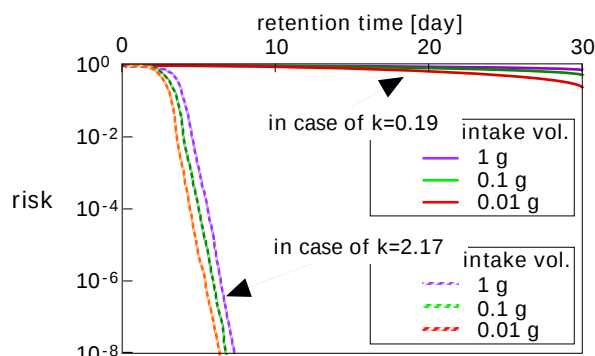


Fig.5 Risk assessment in rotavirus case

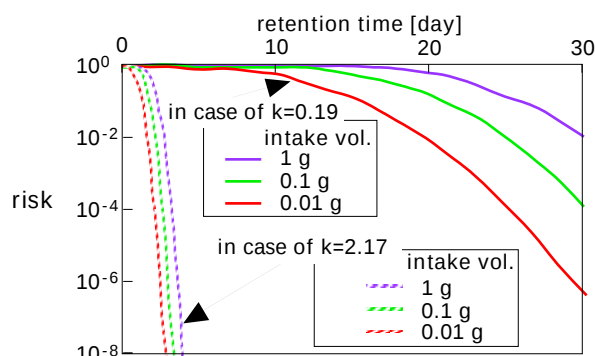


Fig. 6 Risk assessment in Enterovirus case

5.まとめ

今回の実験の結果からバイオトイレ内における病原ウイルスの減少は病原細菌に比べ非常に遅い可能性あることが示唆された。また、その値に基づくリスク評価の試算により、バイオトイレの感染リスクを考える際には、特に病原ウイルスのリスクを考慮する必要性が高いことが示された。

6.参考文献

- 1) C.N. Haas et al "Quantitative Microbial Risk Assessment" JOHN WILEY & SONS, INC., 1999
- 2) 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, pp.40-46, 1999
- 3) 金子光美「水質衛生学」技報堂出版, 1997