

コンポスト型トイレにおける病原ウイルス指標の検討

○お茶の水女子大学・正会員・風間しのぶ
お茶の水女子大学・正会員・大瀧雅寛

1.背景と目的

コンポスト型トイレは、オガ屑を担体として利用し、し尿を微生物の好気性分解により処理する。そのため、水を使わず下水設備が不要で、処理後のオガ屑担体は肥料として用いることが可能なことから、資源を循環し、水環境の改善にも貢献できると考えられる。しかし、処理後のオガ屑を使用するにあたり、病原微生物、特に生残性の強いウイルスの残存が懸念される。既存の研究¹⁾では、ファージと大腸菌の挙動が大きく異なっていることが報告されており、大腸菌群を耐性が強いと考えられる病原ウイルスの糞便汚染指標として使用することは難しいと考えられる。また、水系では病原ウイルスの指標として大腸菌ファージが有効であると考えられているが、実際に稼働しているコンポスト型トイレから大腸菌ファージは検出されておらず、これを指標として用いることは難しく、新たな指標を検討する必要がある。

そこで本研究では、糞便性連鎖球菌および腸球菌に着目した。糞便性連鎖球菌・腸球菌は、ヒトや動物の腸内に常在する腸内細菌であるため、コンポスト型トイレ内にも存在する可能性は大きく、乾燥・熱にも強く、生残性・消毒耐性が高い¹⁾²⁾。また、土中での挙動がウイルス指標とされる大腸菌ファージとよく似ているとの報告がある³⁾。本研究では、実際に稼働しているコンポスト型トイレ内での糞便性連鎖球菌の存在を確認し、かつ、オガ屑担体中の挙動について大腸菌ファージと比較することで、病原ウイルス指標としての可能性を探った。

2.実験方法

2.1 実装置における糞便性連鎖球菌の測定

埼玉県秩父市の一般家庭で使用されているコンポスト型トイレのおが屑を 0.5g 採取し、3w/v% ビーフエキス溶液(PH9.5)で抽出し、0.3%ポリペプトン溶液で適宜希釈した試料を M-エンテロコッカス寒天培地を用い、メンブレンフィルター法にて測定した。

2.2.おが屑担体中の糞便性連鎖球菌と大腸菌

ファージの挙動

おが屑担体は稼働装置から 80 日間使用したものを採取し、実験に供した。また、未使用のおが屑も用いた。水を加え含水率を調整したおが屑に糞便性連鎖球菌のモデル細菌として *E.fecium* (ATCC19434) を、ウイルスモデルとして大腸菌ファージ T4(ホスト: *E.coli* K12(NBRC13168))またはλ(ホスト: *E.coli* K12(NBRC3301))を投入し、温度を一定に保ち、微生物濃度の経時変化を調べた。

微生物を投入したおが屑を 3w/v% ビーフエキス溶液 (PH9.5) で抽出し、0.3%ポリペプトン溶液で適宜希釈した試料を M-エンテロコッカス培地を用い、メンブレンフィルター法にて *E.faecium* の測定を行った。また、同試料をポアサイズ 0.45 μm のフィルターで濾過した後、重層寒天法にて T4 またはλを測定した。表 1 に実験条件をまとめたものを示す。

表 1 微生物の挙動実験条件

対象微生物	含水率	おが屑	温度
<i>E.faecium</i> T4 λ	約30%	未使用	37℃
			50℃
		使用済み	37℃
			50℃
	約50%	未使用	37℃
			50℃
		使用済み	37℃
			50℃

3.結果と考察

3.1. 実装置中の糞便性連鎖球菌測定結果を図 1 に示す。

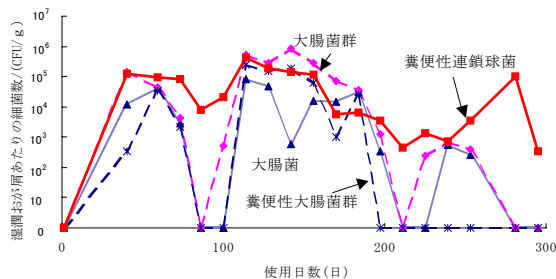


図 1 実装置中の糞便性連鎖球菌濃度(秩父 H18.5.9~H19.3.1)

糞便性連鎖球菌は他の指標微生物と比べても実装

Keyword: ウイルス, コンポスト型トイレ, 大腸菌ファージ, 糞便性連鎖球菌, *E.faecium*

連絡先: 〒112-8610 東京都文京区大塚 2-1-1

置中に十分な濃度で存在し、指標として用いることが可能であるとわかった。

3.2. 糞便性連鎖球菌と大腸菌ファージの挙動

これまでの研究で病原微生物の死滅速度は式(1)のような一次反応式で示されるとわかっている⁴⁾。

$$\log(N/N_0) = -kt \quad \cdots \text{式(1)}$$

N :微生物濃度(PFU/g) N_0 :微生物初期濃度(PFU/g)

k :不活化速度定数(h^{-1}) t :時間(h)

一次反応式で表される場合は図2の①のような挙動を示す。しかし、今回用いた微生物において低含水率・低温時に、図2の②のようなテーリングを示した。この場合にはテーリングを示す前の一次反応の部分を用い(点線部)、不活化速度定数を決定した。これらの不活化速度定数を用いて比較した結果を図3、図4に示す。

未使用おが屑よりも使用おが屑のほうが不活化速度定数が小さく死滅速度が遅いことがわかった。よって、コンポスト型トイレをしばらく使用してからので担体取り扱いにおける安全性に留意することが必要である。また、全ての条件において λ は*E.fecium*よりも不活化速度定数が大きい、*E.fecium*とT4は似た値を示した。以上より、病原ウイルスの挙動を把握するための指標として、糞便性連鎖球菌が使用できるのではないかと考えられる。しかし、低温高含水率の条件下ではT4の不活化速度定数は*E.fecium*より小さく、このような条件では注意が必要であると考えられる。これらの対応策としては高温にすることが今回の結果からも有効であることがわかる。また、これまでの研究⁵⁾で、石灰を投入することで、大腸菌の減少を著しく促進することが確認されているため、同方法でも対応策として有効ではないかと考えられる。

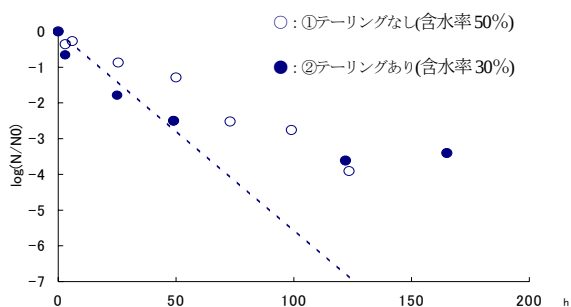


図2 37°C未使用おが屑中での*E.fecium*生残率変化

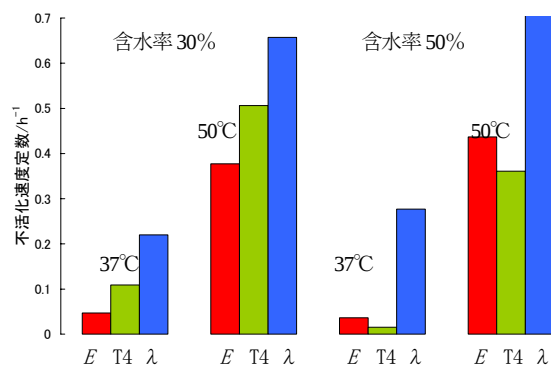


図3 未使用おが屑中の微生物不活化速度定数の比較

E.fecium, T4:ファージT4, λ :ファージ λ

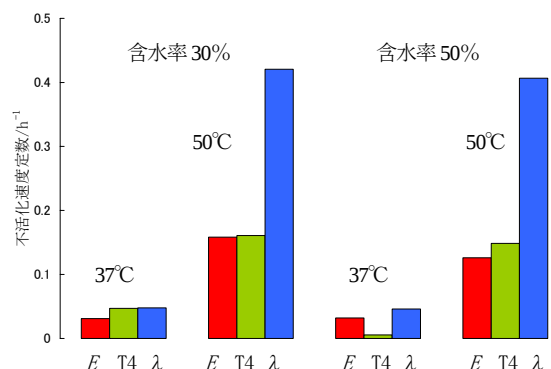


図4 使用おが屑中の微生物不活化速度定数の比較

E.fecium, T4:ファージT4, λ :ファージ λ

4.まとめ

低温高含水率の条件下では T4 の不活化速度定数は*E.fecium* より小さいが、その他の条件では*E.fecium*とT4の挙動が良く似ており、糞便性連鎖球菌はコンポスト型トイレにおける病原ウイルス指標とすることができる可能性が高いと考えられる。

5.参考文献

- 金子光美 水質衛生学 技報堂
- (社)日本下水道協会 1997 年版 下水試験方法
- DL Craig, HJ Fallowfield, NJ romar, Comparison of decay rates of faecal indicator organisms in recreational coastal water and sediment, *Water and Health- Microbiology* 2001 -catalogue
- N. Nakagawa et al., Application of microbial risk assessment on residentially-operated Bio-toilet, *Journal of Water and Health*, 2006, Vol.479-486
- 赤石布美子, 大瀧雅寛(2006) おが屑を用いたコンポスト型トイレにおける石灰投入時の大腸菌消長への影響 第40回日本水環境学会年会講演集p228

謝辞

本研究の一部は、平成17年度(独)科学技術振興機構(CREST)「持続可能なサニテーションシステムの開発と水環境系への導入」の補助により実施した。記して謝意を表します。