

オガ屑を用いたコンポスト型トイレ担体中における病原細菌の不活化とその影響因子

The inactivation of pathogenic bacteria in sawdust as composting toilet matrix and the effecting factors
0440401 赤石 布美子 AKAISHI Fumiko

1. 背景と目的

世界中で毎年180万人の人々が下痢症により死亡しており、その原因の88%は糞便由来の病原微生物による¹⁾と言われている。その患者は、トイレの設置により35%が削減できるとされる。これまで水洗トイレが普及されてきたが、今の日本のような下水システムを世界中に普及することは不可能だと指摘されている²⁾。

ここで、水を使わないトイレが、取水・排水時の水環境負荷、管梁や施設の建設コスト・エネルギー消費、などの負荷低減に役立つとして注目されている。さらに、コンポスト型トイレでは、便槽内に担体として用いたオガ屑を、有機肥料として農地還元できる可能性もある。しかしヒトの糞便中にはときに病原微生物が検出されることもあり、その危険性を考慮する必要がある。

本研究では、通常運転中に便槽内のオガ屑に糞便由来の細菌がどの程度含まれるのかを確認し、その消長への影響因子の解明を図った。

2. コンポスト型トイレ実用装置内オガ屑担体の性状計測

2-1 指標細菌の変化

一般家庭(2人世帯)で、し尿処理と生ゴミ処理にコンポスト型トイレを実際に使用した際の、便槽内オガ屑担体中に含まれる指標細菌(大腸菌、大腸菌群、糞便性大腸菌群)を計測し、それらの濃度の経時変化を観察した。

通常便槽底部に設置したヒーター温で45°Cの加温を行っており、この場合の便槽側面部でのオガ屑担体の温度は37°C程度であった。

7/31~8/10は落雷障害により使用停止、6/10~6/19、7/2~7/10、11/7~11/14にはヒーターを停止していた。

コンポスト型トイレで使用していない状態(5月)のオガ屑担体から大腸菌は検出されず大腸菌群が比較的高濃度で検出された(Fig. 1)。使用開始後1ヶ月程度以上(6月)になると、大腸菌、糞便性大腸菌、大腸菌群の検出濃度にほとんど差が見られなくなった。これは、便槽投入前の状態では、オガ屑にもともと附着していた環境中細菌が大腸菌群として検出され、使用期間が進むにつれ、定期的に投入される糞便に由来する大腸菌等の細菌が優先種となり、検出されるようになったためと考えられた。さらに使用期間が6ヶ月(11月)以上になると、再び大腸菌群が大腸菌よりやや高い濃度で検出されるようになった。この期間に大腸菌とは異なる細菌などが増殖して、大腸菌群として検出されるようになった可能性が考えられた。

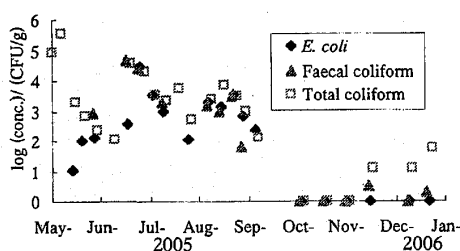


Fig. 1 Variation of bacteria counts in sawdust matrix

2-2 物性

2-1で指標細菌を測定したオガ屑について、水分{含水率、水分活性(Aw)}, pH, 電気伝導度(EC)を計測し、それらの経時変化を観察した。

オガ屑担体の含水率は、使用開始時(5月)から2ヶ月目(7月)まで上昇傾向を示した。これは、便槽内に含水率の高いし尿³⁾や生ゴミ⁴⁾が定期的に投入されていることによると考えられる。この期間では水分活性は逆に下降傾向を示した。これは、し尿や生ゴミ由来の無機成分がコンポスト型トイレに蓄積されることにより、オガ屑中の塩類濃度が上昇したためと考えられる。無機成分の蓄積は、ECの比例的な上昇からも確認できた。

3ヶ月目(8月)以降は含水率と水分活性の変動は類似傾向を示し、指標細菌濃度の変動傾向とも類似していた。

オガ屑のpHは使用開始時(5月上旬)のpH6.2~8.5で推移したが、指標細菌の検出濃度とは関係がないように見られた。

3. 細菌の不活化への影響因子の解明実験

3-1 コンポスト型トイレでのオガ屑使用期間

コンポスト型トイレでの使用期間が異なるオガ屑を用い、オガ屑中に細菌(大腸菌、サルモネラ菌)を投入した際の細菌の消長を観察した。なお、担体温度は37°Cに設定した。

使用期間0, 54日のオガ屑中では大腸菌は増殖傾向を示した。使用期間115日のオガ屑中では90%程度不活化したものの、それ以上進まなかった。使用期間が158~209日のオガ屑中においては、4時間内に大腸菌は投入時濃度の99.9%まで不活化した(Fig. 2)。

使用期間54, 115, 185, 209日の杉オガ屑では、含水率は61~63%とほぼ同じであり、同じ含水率でも使用期間が長いほうが細菌は不活化しやすいことが示唆された。

使用期間0, 54日のオガ屑中では大腸菌が増殖する傾向を示したが、実際のコンポスト型トイレ(Fig. 1)の結果では、定期的に添加される糞便中の大腸菌は、増殖や蓄積よりも、不活化する速度が大きかったと判断された。なおこの節の実験では、オガ屑は冷暗所にて保存されており、使用期間が長い(157, 185, 209日)オガ屑に比べ、使用期間が短い(0, 54, 115日)オガ屑は、保存期間が長い状況で実験に供していた。保存期間中に大腸菌等を不活化する微生物の死滅や、オガ屑が変性した可能性が考えられた。

同様にサルモネラ菌消長への影響についても確認した。椴木オガ屑中においても、コンポスト型トイレで使用していない状態より、6ヶ月間使用した状態のオガ屑中では早く不活化する傾向が見られた。

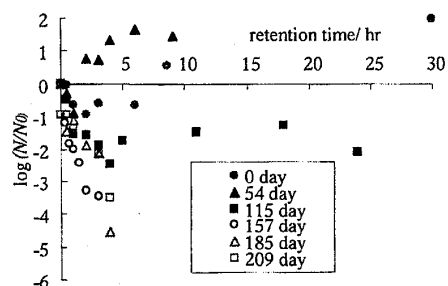


Fig. 2 Fate of *E. coli* K12 in different used term sawdust

3-2 オガ屑中にもともと含まれる微生物

保存期間が異なるオガ屑をオートクレーブにて高圧蒸気滅菌を行い、オガ屑中に細菌（大腸菌、サルモネラ菌）を投入した際の細菌の消長を、3-1 同様の実験にて観察した。

保存期間が短いオガ屑は、滅菌すると大腸菌の不活化が顕著に遅くなった (Fig. 3)。一方、保存期間が150日以上と長く、オガ屑中の微生物が死滅していると考えられる場合には、滅菌によって大腸菌の消長に差は見られなかった (Fig. 4)。従って、オガ屑中の微生物は、大腸菌消長へ影響を及ぼしていると考えられた。

3-3 温度

オガ屑を 37°C~50°C に保温したときの細菌消長への温度影響を観察した。

使用していない状態のオガ屑は、37°C~45°C の温度差は、オガ屑中における大腸菌消長には大きな影響を及ぼさなかった (Fig. 5)。一方、使用後の状態の杉オガ屑、榎松オガ屑とも 37°C~45°C の温度では高温で不活化が促進された (Fig. 6)。

よって、便槽のヒーター付近と表面との温度の偏りは、オガ屑を便槽に入れた使用開始時には細菌消長に影響しなかったが、使用が進むと温度の高い部分で不活化を促進することが示唆される。

3-4 含水率と水分活性

半年以上冷暗所にて保存した状態の使用期間6ヶ月の榎松オガ屑では、含水率50~70%で含水率の影響を受け、含水率が高くなると不活化が遅くなった。さらに、このオガ屑の水分活性を比較すると、含水率50%では0.869、含水率70%では0.963と含水率が低いほど低くなっていた。

一方、使用していない状態の榎松のオガ屑では、含水率50~70%では消長に相違が見られなかったが、水分活性はいずれも

0.985~0.987 と水分活性によって不活化現象を予測できることが示唆された。

3-5 低級脂肪酸

使用していない状態の榎松オガ屑を用い、低級脂肪酸⁵⁾を添加した場合のサルモネラ菌消長を観察した。

低級脂肪酸をコンポスト型トイレにて使用していない状態のオガ屑に添加した場合、不活化が促進された (Fig. 7)。

低級脂肪酸は、同 mol 濃度添加した場合、酢酸、プロピオン酸、酪酸、イソ酪酸、吉草酸低級脂肪酸の種類により不活化促進効果の違いは見られなかった。

また、低級脂肪酸を添加したために酸性側になった pH (pH 4.5~4.6) を添加前と同じ中性 (pH 7.0) に戻しても、その不活化の促進効果にはほとんど影響しなかった。

4. 結論

コンポスト型トイレ便槽のオガ屑担体では、定期的に投入される糞便中の大腸菌などの細菌を蓄積・増殖させることなく処理できていることが示唆された。

オガ屑担体は、使用されていない状態よりもある程度使用された状態のほうが、投入される大腸菌・サルモネラ菌を不活化しやすいことが示唆された。それは、オガ屑中に生息する微生物、し尿の分解などによって付加される低級脂肪酸などによることが示唆された。また、細菌の消長へはオガ屑の水分活性が関与することも考えられた。

[参考文献]

- 1) WHO (2004), Global Health: today's challenges, In: *The World Health report 2003*
- 2) 石崎勝義ら (2000), 環境システム研究論文集 28, 295-302.
- 3) 環境技術調査会 (1979), 下水・排水・汚濁処理ハンドブック.
- 4) 吉田華奈ら (1998), 日本木材学会北海道支部講演集 30, 53-56

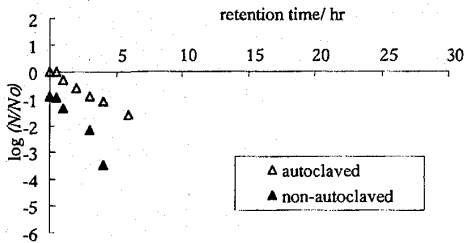


Fig. 3 Fate of *E. coli* K12 in sawdust used for 209 days

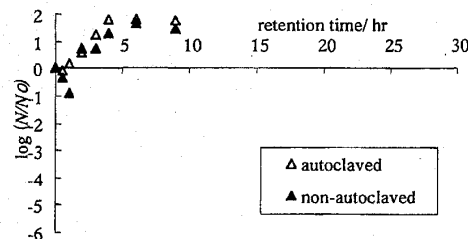


Fig. 4 Fate of *E. coli* K12 in sawdust used for 54 days

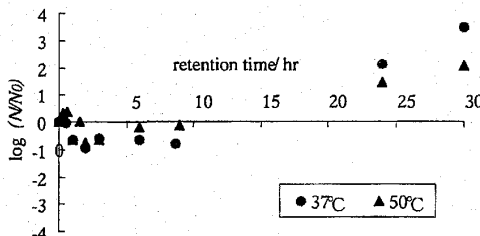


Fig. 5 Effect of temperature on fate of *E. coli* in non-used cedar sawdust

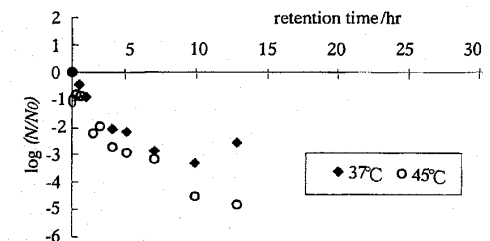


Fig. 6 Effect of temperature on fate of *S. typhi* in used pine sawdust

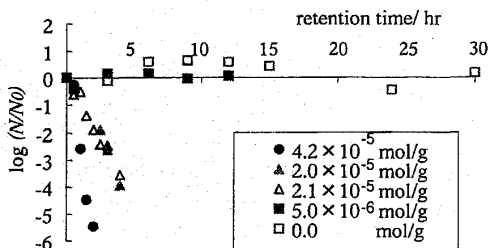


Fig. 7 Effect of acetic acid on fate of *E. coli* in non-used cedar sawdust

[発表状況]

- 1) 生活工学研究 6 (2), 212-215, 2004.
- 2) 生活工学研究 7 (1), 94-95, 2004.
- 3) 生活工学研究 7 (1), 96-99, 2004.
- 4) 第42回環境工学研究フォーラム講演集, 78-80, 2005.
- 5) 第40回日本水環境学会年会講演集 (掲載予定), 2005.
- 6) Limnology, (in Press), 2005 (指導教官 大瀧雅寛)