

下水汚泥コンポストの緑農地還元による感染リスク評価

東北大学 正会員 渡部 徹
東北大学 正会員 大村達夫

1. はじめに

下水道普及率の上昇に伴い、下水汚泥の発生量が年々増加している現在、下水汚泥の有効利用が模索されている。その方法の一つとして、コンポスト化による緑農地還元が挙げられるが、コンポストが汚泥由来の病原微生物により汚染されている場合には、農作物もまた同様に汚染される危険性があるために、衛生学的観点からのコンポストの適正な管理が要求される。本研究では、実際に数種類の下水汚泥コンポストから病原微生物の検出を試みるとともに、病原微生物に汚染されたコンポスト施肥時における農作物を介した感染リスクの評価を行った。

2. コンポストからの病原微生物検出

2.1 検出対象

下水汚泥を主原料とした実際に市販されているコンポスト7種類に対して、病原細菌(サルモネラ、腸管出血性大腸菌O157)および腸管系ウイルスの検出を行った。検出には、湿重で1gまたは10gのコンポストが使用された。

2.2 検出方法

病原細菌の検出は食品の検査手法におおむね従った。その手順を図1に示した。一方、腸管系ウイルスの検出には、環境水中からのウイルス検出のための標準的な手法を用いた¹⁾。また、今回の検出対象とした微生物以外の病原微生物の指標として、大腸菌についても同様にコンポストからの検出を試みた。ただし、大腸菌については0.1g、1g、10gのコンポストから検出を行い、その結果から最確数法による濃度推定を行った。

(a) サルモネラ(ただし *Salmonella typhi* と *S. paratyphi* は除く)

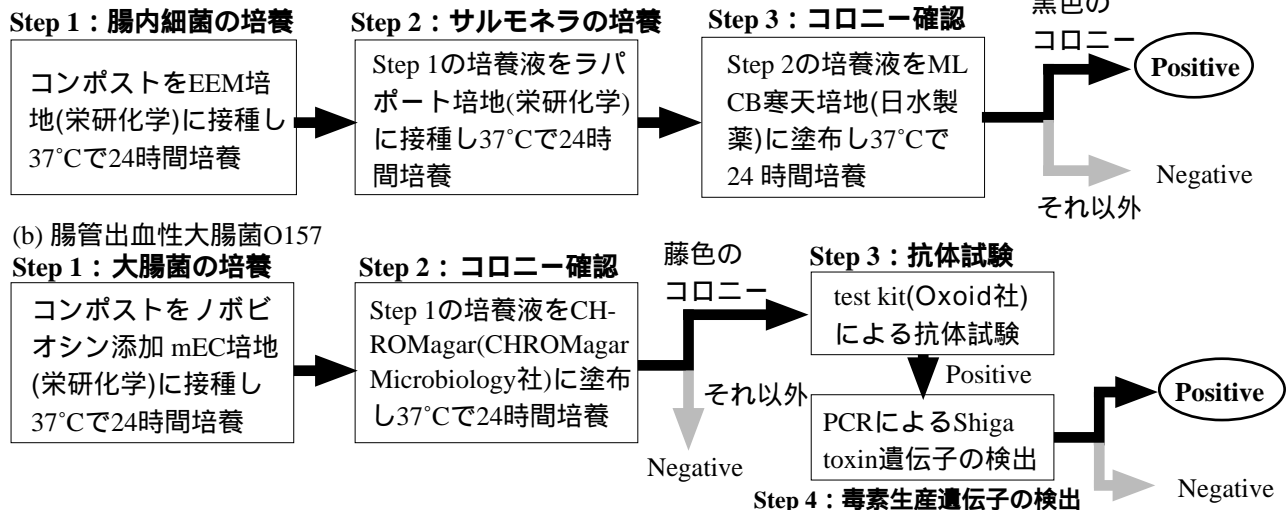


図1 コンポストからの病原細菌の検出手順

2.3 検出結果および考察

病原微生物の検出結果を表1に示した。この表に示すように、コンポストの種類、サンプルの大きさに関わらず、いずれのコンポストについても検出結果は陰性であった。しかしながら、病原微生物の存在を示す一つの指標とされ

表1 各コンポストからの病原微生物検出結果

コンポスト	サンプル重量: 1g			サンプル重量: 10g		大腸菌濃度 [MPN/100g]
	Salmonella	E. coli O157	Enteric viruses	Salmonella	E. coli O157	
A	0 (**)	0 (2)	0 (1)	0 (2)	0 (2)	-
B	0 (5)	0 (5)	0 (1)	-	-	-
C	0 (5)	0 (5)	0 (1)	-	-	-
D	0 (5)	0 (5)	- ^{††}	0 (3) [†]	0 (3) [†]	2400
E	0 (5)	0 (5)	-	-	-	-
F	0 (5)	0 (5)	-	0 (3)	0 (3)	2400
G	0 (5)	0 (5)	-	0 (3) [†]	0 (3)	240

* 陽性のサンプル数。 ** 検出を行ったサンプル数。 † 陰性であるが性状の類似した菌が確認された。

†† ハイフンは検出が行われなかったことを示す。

Keywords: コンポスト, 病原微生物, 感染リスク, 許容リスク, モンテカルロ法

連絡先 (〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉06・TEL 022-217-7483・FAX 022-217-7482)

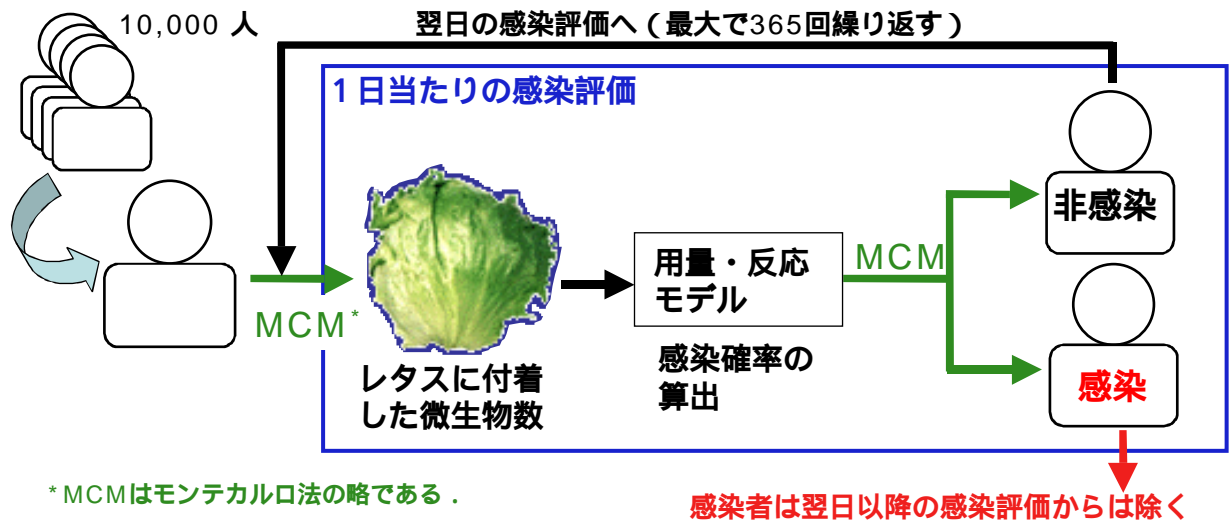


図1 病原微生物に汚染された農作物による感染リスクの評価手順

る大腸菌については、240～2400MPN/100g以上という高い濃度で存在することが確認されており、本研究で検出対象とした3種の微生物以外の病原微生物が存在する可能性は否定できない。また、サルモネラと大腸菌O157については、栄養要求性やコロニー性状が非常に類似した菌が検出されており、今後さらなる詳細な調査が必要である。

3. 下水汚泥コンポストの緑農地還元による感染リスク評価

3.1 リスク評価手法

コンポストに存在する病原微生物による感染経路には、ガーデニングによる直接的な曝露や、地下水などの水域を汚染することによる間接的な曝露などが考えられるが、ここではコンポストを農地に施肥することで農作物が病原微生物に汚染されるケースを想定する。農作物を介したリスク評価の手順は、筆者ら²⁾によって開発された暴露集団の年齢構成を考慮した病原微生物による感染リスク評価手法に従った。その手順の概略を図2に示す。

3.2 リスク評価における仮定

- (1) リスク評価の対象微生物として、サルモネラ、大腸菌O157、ポリオウイルス型を選定した。感染確率を算出するための用量反応モデルとして、ポリオウイルスにはロジスティックモデル(M=20.0, N=-10.9)、残りの2種にはベータモデル(サルモネラ: $\alpha = -0.33$, $\beta = 140$, 大腸菌O157: $\alpha = -0.49$, $\beta = 191000$)をそれぞれ採用する³⁾。
- (2) コンポストを用いて栽培される農作物をレタスとし、暴露集団のすべての人間が1日あたり11.5gの生レタスを摂食する。ただし、摂食前にレタスを水洗いすることにより、90%の病原微生物が取り除かれる。
- (3) コンポストとレタスは同程度に病原微生物に汚染されており、両者の病原微生物濃度は等しい。
- (4) レタスのに付着した病原微生物は、その濃度分布がポアソン分布に従うように分布している。
- (5) 暴露集団の人口を1万人とし、年齢構成は東京と同一のものを採用する。

3.3 評価結果および考察

上記の仮定のもとに算出された感染リスクを表2に示す。表中で、感染リスクは人口1万人あたりの年間感染者数として示されている。一般に、腸管系の病原微生物による感染リスクに関して、年間で 10^{-4} (感染者が1万人に1人の割合で発生する確率)以下という値が、暫定的ではあるが許容すべきリスクとして認知されている。表2に示したリスク評価の結果から、生レタスの摂食という経路による感染リスクをこの許容リスク以下に抑えるためには、大腸菌O157とポリオウイルス型については、コンポスト1g中に1個以下という濃度が達成されなければならない。一方、サルモネラについては、コンポスト1kg中に1個という低濃度で存在する場合でも、感染リスクは許容リスクを超過してしまうため、コンポストの農地還元においては非常に厳重な濃度管理が要求される。

4. まとめ

本研究では、下水汚泥コンポストからの病原微生物の検出を試みたが、いずれのサンプルからもその存在は認められなかった。今後は、より感度の高い検出を目指すとともに、コンポスト中での病原細菌の再増殖や腸管系ウイルスの消長について、詳細な研究を行う予定である。

参考文献

- 1) 日本水道協会：上水試験方法，549-554，1993
- 2) 渡部徹，大村達夫ほか：土木学会論文集，VII-15(650)，25-32，2000
- 3) 土田武志，大村達夫ほか：土木学会論文集，VII-10(615)，61-68，1999

表2 病原微生物に汚染されたコンポストの施肥によるレタスを介した感染リスク

コンポストの平均微生物濃度[個/g]	年間感染者数 [1万人当たり]*		
	Salmonella	E. coli O157	Poliovirus I
10^{-3}	9 - 10		
10^{-2}	89 - 94		
10^{-1}	873 - 885		
10^0	5984 - 5903	Nobody	Nobody
10^1	Everybody	37 - 40	1383 - 1395
10^2		918 - 929	Everybody

* コンポスト中の病原微生物はすべて感染能力を有するものとする。

** 感染者数は100回の試行による平均値の95%信頼区間で示した。