

人工湿地のろ床厚と空気層が下水汚泥の脱水に及ぼす影響

日本大学 学生会員 ○山科 圭佑
日本大学 谷口 崇至
日本大学 中村 和徳
日本大学 正会員 中野 和典

1. 背景と目的

我が国で毎年排出される産業廃棄物のうち、4 割以上は汚泥である。汚泥の発生は電気・ガス・熱供給・水道業が 5 割弱を占め、その中では下水道が 9 割を占めている。下水汚泥の多くは、濃縮・消化・ろ過・脱水・乾燥の過程を経て、十分に水分を除去した後に焼却され、埋め立てにより最終処分されている。下水汚泥の重量の約 99%は水であり、最初の濃縮過程で水分率は約 98～97%に低下する。例えば水分率 99%の下水汚泥 100 kgは、99 kgの水と固形分 1 kgからなっており、濃縮過程によりその水分率が 98%に低下すると、その中身は 49 kgの水と固形分 1 kgとなり、重量と体積は半減する。つまり、たった 1%の水分率の減少が非常に大きな減量・減容効果を生み出し、下水汚泥の扱いや運搬がし易くなり、処分費が軽減される。このように下水汚泥の水分率を低下させる過程は非常に重要であるが、その多段階からなる過程は複雑で多大なエネルギーを要する。一方、海外では、そのような下水汚泥の脱水を低エネルギーで運用可能な人工湿地で行っている事例がある。本研究では、人工湿地による下水汚泥の脱水速度を高速化することを目指し、人工湿地のろ床底面に空気層を設けた実験装置を試作し、ろ床厚と空気層が下水汚泥の脱水に及ぼす影響を明らかにすることを試みた。

2. 実験方法

ろ床厚と空気層が下水汚泥の脱水に及ぼす効果を検討するために試作した実験装置の概要を図 - 1に示す。人工湿地のろ床底面に空気層を設けると、ろ床底面全体から排水することが可能になるため、下水汚泥の脱水速度を高速化できると考えられる。そのような観点で、市販の人工芝を実験装置底部に設置し、ろ床底面に空間を作ることで空気層を設けるとともに、装置底面に 22 個の排水口を開けた実験装置を製作した。その比較対照として、空気層を設けず、従来の人工湿地と同様に装置底面の排水口を 1 つとした実験装置も製作した。ろ床厚は 10 及び 5 cmの 2 条件とし、ろ材としてリサイクルガラス造粒砂を充填した。ろ床の有効面積は 168 cm²である。このようにして製作した 4 系列の実験装置に下水汚泥 1L を 108 日間に合計 50 回投入して下水汚泥の脱水を行う実験を実施した。下水汚泥の脱水速度の評価するために下水汚泥の投入から 1、6、12、24、48 時間後の透水量を測定した。ろ床を透過した処理水の水質を評価するため処理水の SS、COD_{Cr}、T-N、T-P 濃度を測定した。使用した下水汚泥の SS 濃度の平均値は 2,502 mg/L(N=8)であった。

3. 実験結果と考察

3.1 空気層の有無が透水速度と処理水質に与える影響

図-1 に 108 日間に 50L の下水汚泥を投入し、脱水を行って得られた 6 時間の透水量と処理水質を示す。ろ床厚や空気層の有無に関わらず透水速度は経過日数に伴い、減少する傾向であった。空気層の有無で比較すると、経過日数に伴い、空気層有の方が透水速度が高くなる傾向が示された。そこで、下水汚泥投入量が 25L となった 59 日目以前を前期、以後を後期として、それぞれの期間の透水速度を平均値で比較した結果を表-1 に示す。ろ床厚 5 cmの透水速度の平均値は、前期は同様で

表-1 各条件の平均透水速度の比較

条件		6時間の透水量平均値 (ml)		
空気層	ろ床厚 (cm)	前期	後期	全体
		0～59日	60～108日	
有	5	801.9 (1.03)	522.7 (1.7)	652.3 (1.2)
		776.2 (1.0)	305.3 (1.0)	523.9 (1.0)
有	10	651.2 (1.2)	408.7 (1.5)	521.3 (1.3)
		564.8 (1.0)	264.0 (1.0)	403.7 (1.0)

※()は空気層無の値を1とした時の相対値を示す

キーワード：人工湿地，下水汚泥，ろ床厚，空気層，脱水

連絡先 〒963 - 8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 番地 日本大学工学部 環境生態工学研究室

あったが、後期は空気層有が無の 1.7 倍となり、期間全体では、空気層有が無の 1.2 倍となった。一方、ろ床厚 10 cm の透水速度の平均値は、前期から差が見られ、その差は後期で増加し、期間全体では、空気層有が無の 1.3 倍となった。空気層有ではろ床底面全体に排水口が有るため、汚泥から排水口までの距離が短く、処理水の滞留時間が短いことで透水速度にこの差が生じたと考えられる。これらの結果から、空気層を設けることで下水汚泥の脱水における透水速度を、改善できることが明らかとなった。

空気層の有無による処理水質の違いに着目すると、図-1 に示すように、水質項目によって時期は異なったが、ろ床厚に関わらず経過日数に伴い、濃度は低下し処理水質は安定した。空気層の有無で比較すると、SS、COD、および T-P 濃度の大きなピークが空気層無では見られなかったのに対し、空気層有では 70 日目まで濃度のピークが見られた。これらの結果より、空気層有では、下水汚泥の脱水で生じる処理水の水質の安定化に時間を要することが明らかとなった。これは、空気層無と比較して、空気層有では、ろ過作用を発揮する汚泥層の形成に時間を要するためであることが目視観察により推察された。70 日以降には、空気層有でも汚泥層が形成されるため、処理水質が安定したと考えられる。

3.2 ろ床の厚さが透水速度と処理水質に与える影響

108 日間の脱水実験において、空気層有で得られた平均値と比較すると、ろ床厚 5 cm の 6 時間の透水速度は、10 cm の透水速度の 1.25 倍であった。この結果より、ろ床厚を薄くすることで下水汚泥の脱水における透水速度を、改善できることが示された。

ろ床の厚さによる処理水質の違いを空気層有で比較すると、図-1 に示すように、SS、COD、および T-P 濃度のピークはろ床厚 5 cm の方が明らかに高く、ろ床厚が薄いと処理水の水質悪化が顕著になることが示された。しかし、投入汚泥量の増加に伴って形成される汚泥層により処理水質が安定した時期は、ろ床厚に関わらず同時期であり、濃度レベルも同様となった。これらの結果より、ある程度汚泥層が形成されれば、SS、COD、および T-P 濃度はろ床厚の影響を受けないことが明らかとなった。これに対し、T-N 濃度は汚泥層が形成された後でも、ろ床厚 5 cm の方が低い傾向となったことから、ろ床厚の影響を受けることが示された。その要因を解明するためには、窒素成分の内訳を明らかにする必要がある。

4. まとめ

本研究により、空気層を設けることで下水汚泥の脱水における透水速度を改善できるが、脱水で生じる処理水質の安定化には、より時間を要することが明らかとなった。また、空気層有でも汚泥層が形成されれば、処理水質は安定することが分かった。ろ床厚を薄くすることで、さらに下水汚泥の脱水における透水速度を改善できるが、処理水質は悪化することが明らかになった。これらの結果から、空気層を導入することにより、下水汚泥の脱水速度とろ過の持続性を改善できることを実証できた。脱水で生じる処理水質を考慮すると、空気層を適用するには、汚泥層が形成されるまでの処理水質を維持可能な厚さを有するろ床が適正であると考えられる。

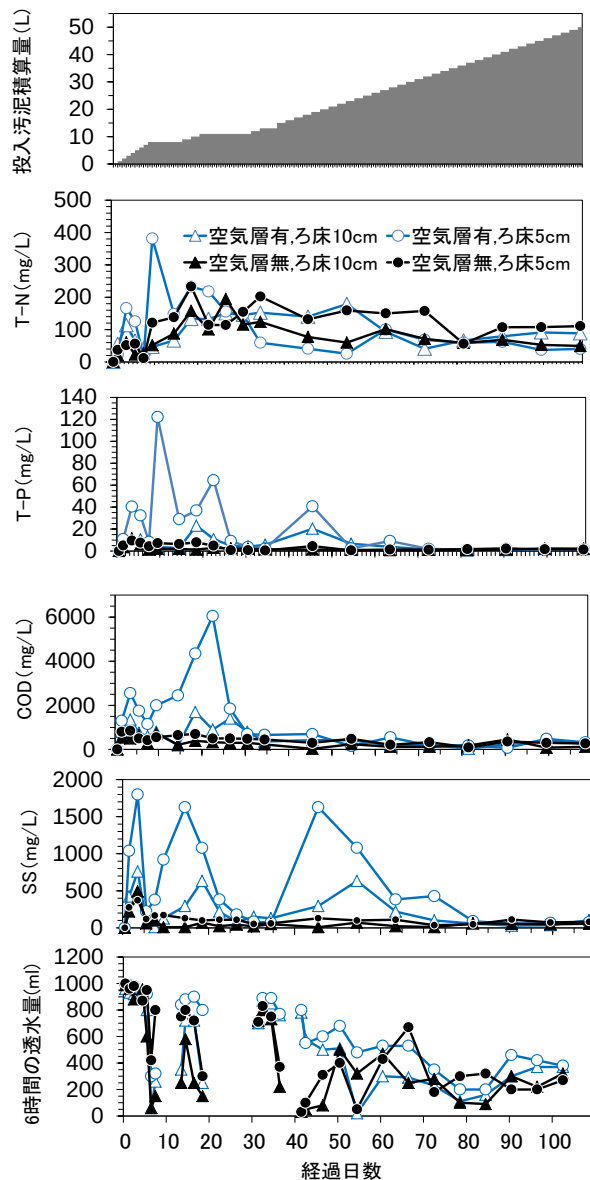


図-1 6 時間の透水量と処理水の水質の変遷の比較