

廃棄物処分場におけるカバーシステムの降雨遮水効果

京都大学防災研究所	フェロー	嘉門雅史
立命館大学理工学部	正会員	勝見 武
京都大学大学院	学生会員	稲積真哉
京都大学防災研究所		G. Rajasekaran

1. はじめに

廃棄物の埋立途中ならびに埋立終了後に設置するカバーシステム(図1)の最も重要な機能は、カバーシステム内を通過し漏出する水量を最小化し、廃棄物層内へ浸入する浸透水量を制限することである。これまで著者らは、廃棄物材料である製紙汚泥と建設汚泥の工学的特性を実験により検討し、カバーシステム内の低透水性バリア層としての適用性を示してきた¹⁾。本研究では、これらの汚泥材料を用いることによる浸出水発生の低減効果を定量的に示すため、HELP (Hydrologic evaluation of landfill performance) モデルに基づき Thornthwaite らによって提案された水分収支計算手法²⁾に準じて、カバーシステム全体の降雨遮水効果について検討を行った。

2. カバーシステムの基準

我が国の多雨多湿の温帯性気候を考慮すれば廃棄物層への降水の浸透を抑制するカバーシステムは、効果的な浸出水管理構造となりうる。しかしながら、現状では廃棄物層上に覆土が敷設されるのみで、明確な規制はない。米国ではEPA (環境保護庁) が1992年、廃棄物処分場におけるカバーシステムの構造基準に関する規制を示しており(図2参照)、さらに州レベルで詳細な規制を設けている。EPAの規制では、カバーシステム内のバリア層の透水係数を、底部ライナーまたは基層地盤と同等かそれ以下(都市ごみ処分場では $k = 10^{-5} \text{ cm/s}$ 、有害廃棄物処分場では $k = 10^{-7} \text{ cm/s}$)としている³⁾。

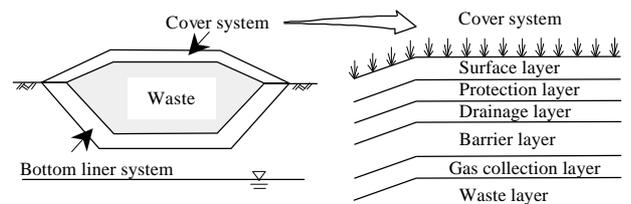


図1 カバーシステム断面図

3. カバーシステム導入による降雨遮水効果

3.1 カバーシステム内での水分収支

降水がカバーシステムを通過する場合、その水分の移動経路を概念的に示すと図3になる。処分場での降水はカバーシステム内において、(1)表層覆土での蒸発散効果、(2)表層覆土中の水分保持効果、(3)表面傾斜による降水の表面流出効果、(4)排水層による排水効果、(5)バリア層による難透水効果によって最小化できる。降雨遮水効果の計算では、(1)当該地域の過去30年間の月間平均降水量・平均気温、緯度および表面傾斜角度のデータから、表層覆土を通過する浸透量を経験式より求める、(2)浸透量から排水層内で形成される水位をダルシー則により算出する、(3)バリア層に作用する動水勾配および透水係数を用いて、バリア層からの漏水量を求め、これをカバーシステムからの漏水量とした。

3.2 各地におけるカバーシステムの遮水効果

日本各地における年間の降水量から、当該地域の廃棄物処分場の覆土層を通過する水分収支を計算して、結果をフラックスで示したのが図4である。我が国の廃棄物処分場では、図1の表層覆土 (Surface layer) がカバーとして設置されている現状であり、降雨遮水率 (降水量と浸透量あるいは漏出量の

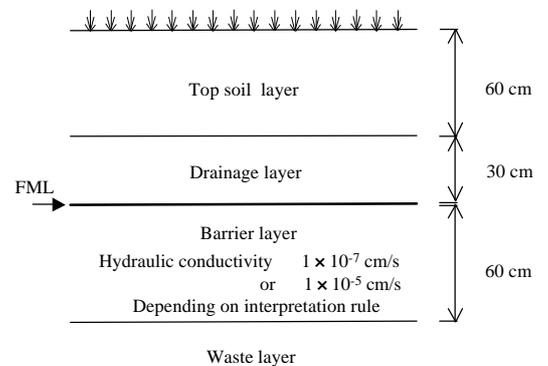


図2 米国におけるカバーシステムの構造基準

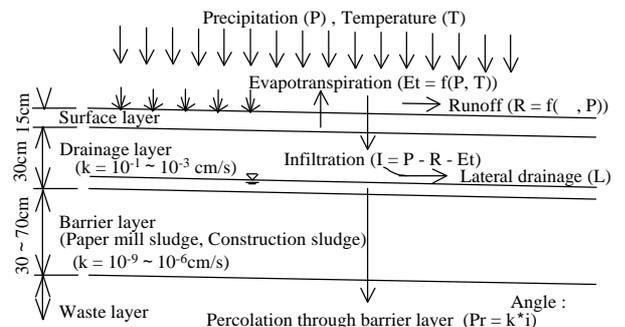


図3 カバーシステム内での降雨移流図

差を降水量で除したものは各地において28%~72%程度である。表層覆土による遮水効果は処分場の気象条件に直接依存し、降水量の多い地域ほど遮水率は低い。一方、表層覆土下部に排水層とバリア層を設けカバーシステムとしての構造形式を設定した場合、カバーシステムによる降雨遮水率は97~99%と高く、ほぼ全量遮水可能となる。さらに降水量の地域差に拘わらずバリア層から漏出する水量はほぼ一定であり、図5にバリア層に作用する動水勾配の月変化を地区別に示した。そこでは表層覆土を通過する浸透水が降水量に依存して変化しても、その水量の範囲ではバリア層での動水勾配には大きな影響を与えず、カバーシステムからの漏出量はバリア層の透水係数による影響が卓越すると考えられる。

3.3 遮水効果に及ぼすバリア層の影響

バリア層の透水係数および層厚をパラメトリックに変化させて、カバーシステムの降雨遮水効果に及ぼす影響を評価した。図6では、尾鷲におけるバリア層の透水係数に対する年平均の降雨遮水率を表している。層厚が30~70 cmで透水係数が 1×10^{-7} cm/s以下を確保するバリア層であれば、各地域で100%に近い降雨遮水率が達成可能である。図7では、同地区におけるバリア層厚と降雨遮水率の関係を示している。バリア層の透水係数を 1×10^{-7} cm/sと仮定した場合、10 cm以上の層厚が確保できれば、

バリア層に作用する動水勾配の漏出水量に及ぼす影響がなくなり、95%以上の遮水率が可能となる。

4. 汚泥の適用性

廃棄物有効利用の観点より、製紙汚泥および建設汚泥の工学的諸特性を評価し、低透水性バリア層への適用性を追究した。各汚泥材料

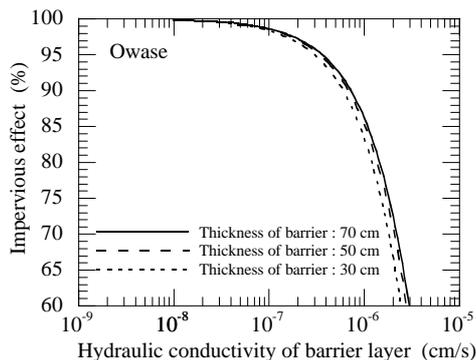


図6 バリア層の透水係数と降雨遮水率

の工学的諸特性を表1に示す。柔壁型透水試験より求められた各汚泥材料の透水係数を、水分収支計算より求められたバリア層の透水係数と比較すると、建設汚泥(CS)・ベントナイト混合汚泥(CSB)では、バリア層としての低透水性を十分に確保する材料である。一方、バリア層として製紙汚泥(PMS)を適用する際には、さらに適用条件下での性能評価が必要となる。

5. おわりに

本研究では、廃棄物処分場カバーシステムの降雨遮水効果を、水分収支計算法に準じて定量的に評価した。透水係数 1×10^{-7} cm/s、層厚10 cm以上を確保できるバリア層を有するカバーシステムであれば、各地の気象環境下で、ほぼ全量の降雨が遮水可能な結果を得た。一方、バリア層への製紙汚泥や建設汚泥の適用性に関して各種試験を行った結果、バリア層として必要な低透水性を有することを明らかにした。

【参考文献】1) 嘉門雅史, 勝見 武, 稲積真哉, G. Rajasekaran (2000): 廃棄物処分場カバーシステムへの汚泥の適用性, 第35回地盤工学研究発表会発表講演集(投稿中).

2) Koerner, R.M. and Daniel, D.E. (1997): *Final Covers for Solid Waste Landfills and Abandoned Dumps*, ASCE.

3) Othman, M. A. and Schmertmann, G. R. (1995): Design of MSW landfill final cover systems, *Landfill Closures*, ASCE.

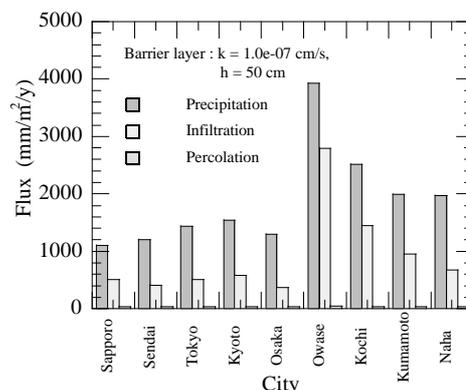


図4 各地に設けたカバーシステム内の水分収支

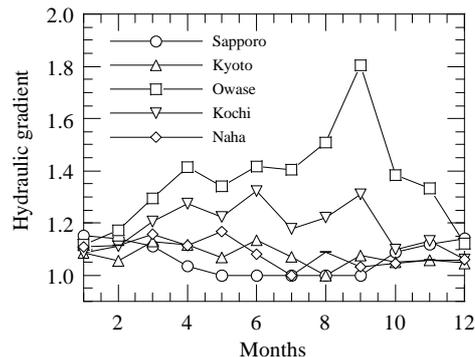


図5 各地のバリア層における動水勾配の月変化

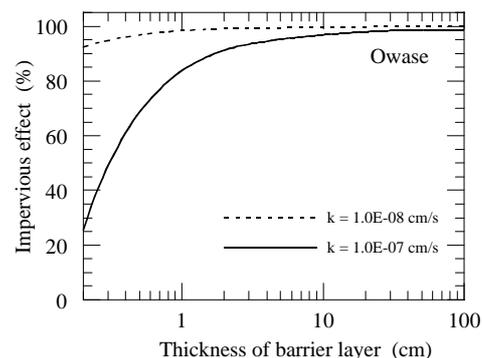


図7 バリア層厚と降雨遮水率

表1 汚泥の工学的諸特性

	PMS	CS	CSB
Initial water content (%)	132.5	337.2	-
Particle density (g/cm ³)	1.79	2.68	2.66
Optimum water content (%)	74.4	18.3	24.4
Liquid limit (%)	352	46.5	55.2
Plastic limit (%)	106	28	18.3
Compressibility, Cc	1.22	0.31	0.28
Cohesion, c' (kPa)	3.9	3.6	4.8
Internal friction, φ' (deg.)	40.5	34.1	32.7
Organic content (%)	63.7	6.2	-
Hydraulic conductivity (cm/s)	4.0E-07 ~ 9.0E-07	1.0E-08 ~ 7.0E-08	5.0E-09 ~ 7.0E-09