

キャピラリーバリアに関する積雪の影響について

日本国土開発株式会社 正会員 ○坂本 篤
日本国土開発株式会社 山田 善之

1. はじめに

最終処分場における閉鎖措置として最終覆土を設置する必要がある。最終処分場の閉鎖から廃止の過程において最終覆土が果たす役割は大きく、特に、浸出水に影響を与える雨水浸透量の制御は重要な役割である。一般に最終覆土には厚さ 50 cm以上の現地発生土などが施され（以降「一般覆土」と称す.），年間降水量の約 4 割％が浸透すると言われている。また、最終処分場の覆土には土質系の覆土やシート系の覆土などがあり、土質系の覆土のひとつとしてキャピラリーバリア（以降、「CB 覆土」と称す.）がある。キャピラリー（毛管力）とは、表面張力による毛細管現象のことで、この力を応用して細粒層（砂）と粗粒層（礫）の毛管力の差によって浸透に対するバリア（障壁）機能を持たせたものがキャピラリーバリアである。このバリア機能は砂礫層によって水を側方に排除すること（以降「側方排水」と称す.）で発揮される。CB 覆土とは、キャピラリーバリアを人工的に構築した覆土によって浸透水量を制御するものである¹⁾。

最終処分場の浸透水量は降雨および積雪などの気象条件に影響を受ける。積雪がない場合は、覆土内の水分は蒸発によって減少する。一方、積雪時には蒸発はほとんど生じずに太陽光などのエネルギーは融雪に消費され融水が発生する。このように、積雪がない場合と積雪がある場合では、気象による覆土への侵入および蒸発の状況が大きく異なる。

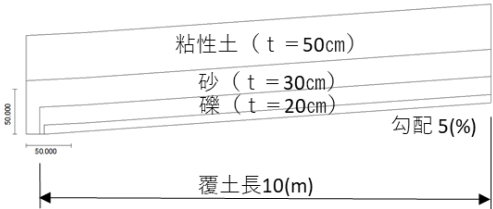
本稿では、国内において年間降水量はほとんど変わらないが積雪がある地方と積雪のない地方の CB 覆土の性能を解析によって比較検証した。

2. 方法

CB 覆土の水分収支を国内の 6 地点における過去気象情報を用いた飽和不飽和浸透流解析を実施し、その結果について比較検証した。

2.1 解析方法

解析には、有限要素法飽和不飽和浸透流解析（解析ソフト：unsuf²⁾）を用いた。また、積雪の設定は、日平均気温によって降水と積雪を判断し、融雪の設定は、雪から水蒸気になる水量は小さいものとし、太陽熱（短波長放射熱）と暖雨によって与えられる熱によるものとした³⁾。さらに、地盤材料の物性値は既往のデータを用いた⁴⁾。CB 覆土の構造は覆土長を 10m、勾配を 5%とした（図 1）。



境界条件
上面：降雨境界（降雨浸入や蒸発散が生じる面）
下面：浸出面境界（飽和すると外部に排水する面）
左右面：不透水境界（外部からの水の出入りのない面）

図 1 CB 覆土の構造

2.2 気象情報

気象情報を表 1に示す。気象は気象庁が公表している過去の統計データより年間降水量が約 1000mm、約 2000mm、約 3000mm で、それぞれ積雪のある地点と積雪のない地点の合計 6 地点を用いた。解析の対象期間は、前年の 10 月からとした。また、積雪のある地点は、積雪を考慮した解析（以降「積雪考慮」と称す.）と降水量と蒸発のみを考慮した解析（以降「積雪考慮無」と称す.）を実施した。

3. 結果

解析結果の一例（鹿角）を図 2～図 6に示す。積雪考慮の結果か
キーワード 最終処分場，一般廃棄物，閉鎖，廃止，

表 1 気象情報

地点	基準年	降水量(mm)		積雪
		前年	基準年	
		10月～12月	1月～12月	
北海道留辺蘂	2006	160.0	1011.0	有
秋田県鹿角	2013	477.5	1998.0	有
新潟県津川	2006	815.0	2963.0	有
岡山県玉野	1995	111.0	1010.0	無
愛知県東海	1991	362.0	2006.0	無
静岡県菊川牧之原	1998	278.0	3028.0	無

連絡先 〒107-8466 東京都港区赤坂 4-9-9 日本国土開発株式会社 TEL 03-5410-5750

ら積雪時は蒸発が発生せず、側方排水は安定して発生し、浸透水はほとんど発生していない。融雪時には側方排水が増加し、浸透水が発生している。この傾向は留辺藁や津川において同様であった。また、積雪がない場合には降水時に側方排水が増加し、側方排水が7mmを超えると浸透水が発生している。この傾向は全ての地点で同様であった。積雪考慮と積雪考慮無の結果を比較すると、積雪考慮無が降水時に側方排水が増加しているのに対して、積雪考慮は融雪時に側方排水が増加している。

降水量と浸透率の関係を図7に示す。ここで、図中の一般覆土の浸透率はCB覆土の粘性土を透過した側方排水と浸透水の合計とした。一般覆土の浸透率は、降水量が多いほど大きくなる傾向があり、積雪無の地点に比べて積雪有の地点が大きくなっている。また、積雪考慮と積雪考慮無の浸透率は積雪考慮が若干大きい。一方、CB覆土は積雪有と積雪無で傾向はみられなかった。また、積雪考慮と積雪考慮無の浸透率は積雪考慮が若干大きい。

これらの結果は、6地点における1年程度の気象情報から得た結果であり、今後、様々なサイトにおける日本全国のデータで確認されることが望まれる。なお、CB覆土では材料、覆土長および勾配を変更することで浸透水の制御が可能である。例えば、留辺藁で覆土長を5mにするとほとんど浸透水は発生しない(図7)。

4. まとめ

CB覆土の浸透率に積雪が与える影響を解析によって検討した。一般覆土は積雪無に対して積雪有の浸透率が大きい傾向があることがわかった。一方、CB覆土は積雪の影響が小さいものと考えられる。

参考文献

- 1) 坂本篤, 鈴木正人, 西垣誠, 小松満, 今井淳, 佐藤泰, 横田季彦: キャピラリーバリアによる廃棄物処分場の浸透水量の制御に関する研究, 廃棄物学会論文誌, 第19巻, 第5号, pp. 318-327 (2008)
- 2) 赤井浩一, 大西有三, 西垣誠: 有限要素法による飽和一不飽和浸透流解析, 土木学会論文報告集, 第264号, pp. 87-96 (1977)
- 3) 坂本篤, 佐藤泰, 西垣誠, 小松満, 今井淳: キャピラリーバリア型覆土の浸透量予測, 第17回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 第61回年次学術講演会, pp. 919-921 (2006)
- 4) 坂本篤, 日景一幸, 亀井雅大, 山田善之, 森下学, 齋藤太一朗: キャピラリーバリア型覆土における砂の細粒分除去による側方排水性向上の効果, 令和元年度土木学会全国大会第74回年次学術講演会, VII-74 (2019)

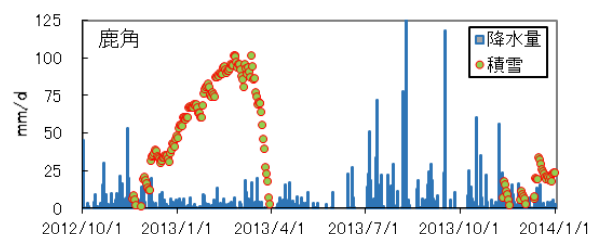


図2 気象(鹿角)

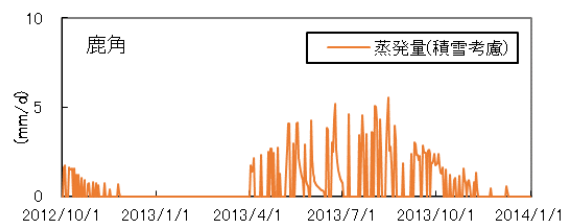


図3 蒸発量(積雪考慮)

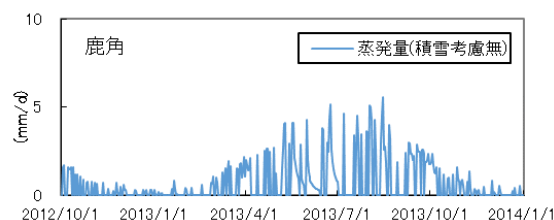


図4 蒸発量(積雪考慮無)

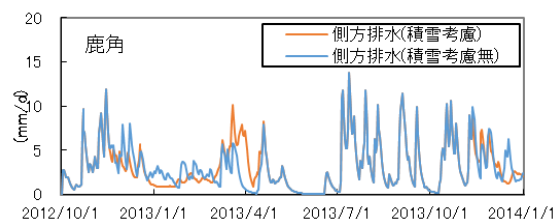


図5 側方排水

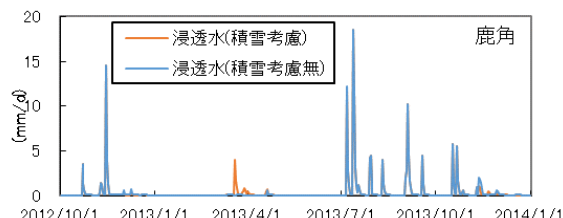


図6 浸透水

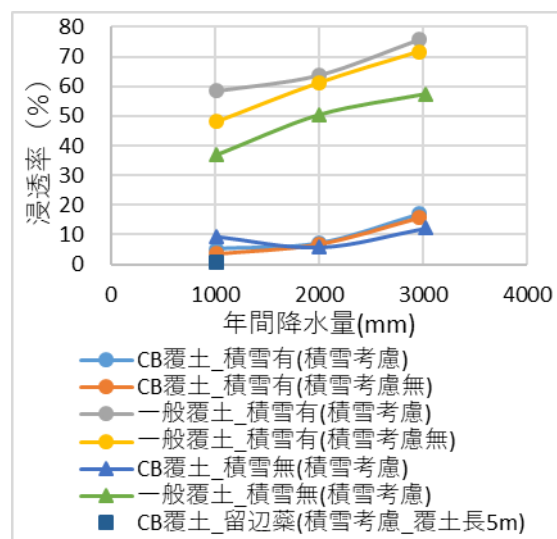


図7 降水量と浸透率の関係