

キャピラリーバリアを用いた廃棄物貯蔵施設の実用化に向けての機能検証

Examination of Diversion Function in Shallow Land Waste Repository Constructed Using Capillary Barrier

○鈴木友康*・森井俊廣**

Tomoyasu SUZUKI and Toshihiro MORII

1. はじめに

放射性廃棄物などの危険廃棄物や東日本大震災に伴い発生した汚染土壌は長期にわたって安定的に保管する必要があるが、保管に際しては、地下水汚染を防ぐため、廃棄物内外への水の出入りを抑えることが重要になる。本研究では廃棄物への浸潤を抑制する方法の1つとして、図1のような廃棄物貯蔵施設へのキャピラリーバリア(Capillary Barrier; CB)の適用を提案する。

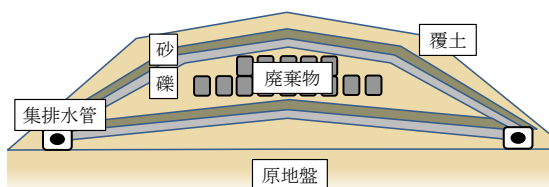


図1 CBを利用した廃棄物貯蔵施設の構想図

CBとは相対的に粗粒な土(礫など)の上に相対的に細粒な土(砂など)を層状に配置した土構造をいう。この構造は、両材料の不飽和水分特性の違いにより、浸潤水を両層の境界面上に保持するという機能をもつ。この境界面を傾斜させることにより、浸潤水を境界面に沿って流下させ、下層への浸潤を遮断することができる。傾斜させたCBにおいて遮水機能が発揮される範囲のことをCBの限界長とよぶ。

CBには、砂と礫などの自然材料のみを使用しているため、長期の供用による劣化がない、環境への影響が少ないなどの利点がある。

また、CBの遮水機能をより強固なものにするために、難透水性材料である粘性土で砂と礫からなるCB層を被覆し、CB層内に浸潤する水の量を制限することが考えられる。

本研究では、CBの実用化に向けて、遮水機能を検証するために、室内での限界長計測と、野外における降雨時のCB層の土中水分計測の2つの試験を実施した。

2. CB限界長の計測

室内において、土槽(アクリル製、長さ10m、幅0.3m、高さ0.4m、傾斜5°)と降水装置からなる装置を用いて限界長を計測した。土槽内に粗粒材(厚さ5cm)、細粒材(10cm)からなるCB層を作製し、さらに地表面を粘性土(5cm)で被覆した。CB土層における粗粒材として珪砂1号、細粒材として珪砂6号、粘性土として市野新田土取場材を使用し、細粒土層は締固め度90%で締め固めた。

また、式(1)に示すSteenhuisら(1991)の限界長推定式を用いて限界長の推定を行い、計測値と比較した。比較の結果を図2に示す。なお、式(1)における浸透フラックス q は、土槽からの排水量から粘性土表面での流出量を差し引いた値を用いた。

$$L < \frac{K_s}{q} \left[\alpha^{-1} + (h_a - h_w^*) \right] \quad (1)$$

図2中の◎が、今回の試験で得られた実測値と推定値である。降水装置からの降水量2.2mm/h、浸透フラックス0.4mm/hのとき、限界長の実測値9.3mが得られた。また、このときの推定値は10.9mとなり、比較の実測値と近い値となった。また、粘性土による被覆を行っていない場合の限界長は降水量2.3mm/hのとき1.5mとなっており、CB層の粘性土による被覆が限界長を長大化させることが確認できた。

3. フィールド条件下におけるCB機能の検証

新潟大学内の圃場斜面(砂地盤)において、木枠で囲った区画(長辺4m、短辺1m、傾斜18°)

*関東農政局農村振興部(2015年度新潟大学農学部生産環境科学科卒業) Kanto Regional Agricultural Administration Office,

**新潟大学農学部 Faculty of Agriculture, Niigata University

キーワード: キャピラリーバリア, 廃棄物処理施設, 限界長

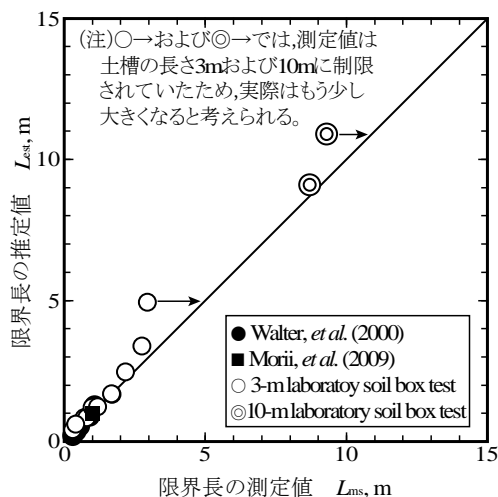


図2 限界長の実測値と推定値との比較

を造成した。区画の地下20cmに、厚さ3cmの礫層を敷設し、現地の砂で埋め戻すことでCB層を造成した。土中水分変化は、土中水分センサーEC-5を図3のように、それぞれ地表面から10cm、20cm、23cm、30cmの深さに埋設することで計測した。10cmは砂層内部、20cmは砂と礫の境界面上、23cmは礫層内部、30cmは原地盤にあたる。また、降水量は雨量計ECRN-100を用いて計測した。計測結果を図4に示す。なお、計測間隔はいずれも10分、計測期間は2015年8月12日～2016年1月12日の154日間である。

図4をみると、降雨時に10cm、20cmの礫層より上部の砂層では体積含水率が大きく変動しているが、23cm、30cmの礫層下部では、変動があまり見られない。このことから、CBの遮水機能の

発揮が確認できたといえる。

また、礫層より下層への浸潤(ブレイクスルー)が発生したときの状況を調査してみたところ、総降水量や降雨継続時間、降雨強度には統一性はみられなかったが、砂と礫の境界面上(深さ20cm)の体積含水率がある値(図4では $\theta=0.37$)を越えた時にブレイクスルーが発生していることが確認できた。このことから、ブレイクスルーの発生と境界面上の体積含水率に対応関係があることが示唆された。

4. おわりに

CBを利用した廃棄物貯蔵の実用化に向けて、屋内、野外においてCBの遮水機能の検証を行った。推定式により限界長を精度よく推定できること、遮水機能が長期にわたり発揮されることが確認できた。また、CBの遮水機能をより安定的に発揮させるために、粘性土によるCB層の被覆が効果的であることが明らかになった。

参考文献

T. S. Steenhuis, J.-Y. Parlange, and K.-J.S. Kung, Comment on "The Diversion Capacity of Capillary Barriers" by Benjamin Ross, *Water Resour Res*, 27(8), 2155-2156, 1991.

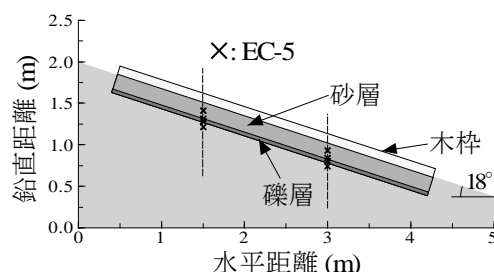


図3 土中水分センサー埋設位置

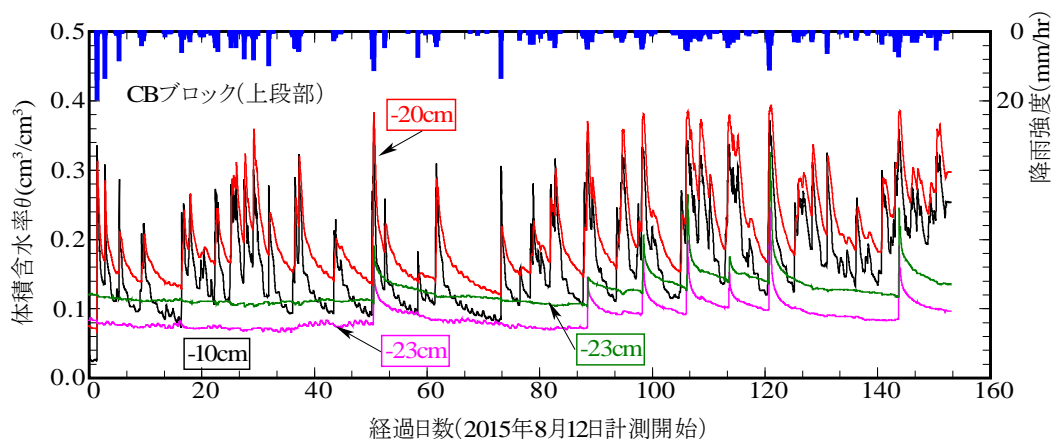


図4 CB土層における自然降雨時の土中水分動態