

土壌種類に起因する塩類の移動性の違い

神戸大学 学生会員 ○杉山 友理
 日本大学 正会員 野村 瞬
 神戸大学 正会員 飯塚 敦
 神戸大学 正会員 河井 克之

1. はじめに

2011年3月11日、東北地方太平洋沖地震に起因する大津波が発生し、東北沿岸部に広範囲に壊滅的な被害をもたらした。大量の海水が浸入したことから、塩分が地盤表面に溜まり、長期にわたって植生や地域の農耕作に被害を及ぼす可能性があると考えられる。塩分の地盤内移動は水収支の影響が大きく関わり、地域の気候条件や土壌種類により特別な対策を取らなくても塩分を十分に浄化できる場合がある。

本研究では、この震災により塩害が懸念される一部地域を対象として、地盤内の塩分移動表現が可能な土/水/空気/溶解物質連成解析プログラム DACSAR-MP_ad を用い、震災以後、土壌種類の違いによって地盤内塩分移動にどのような差が生じるのか解析により明らかにし、被害状況の把握とともに最適な塩害対策について考察を行った。

2. 数値シミュレーションによる塩分移動予測

2011年4月29日から5月1日と5月13日から15日の2回、宮城県仙台市と石巻市の海浜部で試料採集を行い、試料サンプルを研究室に持ち帰り濃度測定を行った。測定の結果、深さ方向の塩分移動について仙台市と石巻市で比較すると、仙台市で塩分移動が大きく生じていることがわかった。気候条件の似ている仙台市と石巻市を例に土壌種類の違いによる地盤内塩分移動について調べた。

解析領域は一次元地盤(図-1)を想定し、仙台市の地盤は地下水位が地表面高であったことから飽和地盤と仮定した。石巻市の試料は図-2に示す水分特性を持つと仮定し、現地調査から得られた結果(図-3)を基に初期飽和度を $S_{r0}=0.5$ 、地下水位は地表面から-15.0mにあると設定した。気候条件¹⁾は図-4に示す仙台市の降水量を入力値とし、可能蒸発量は Penman 法²⁾により算出した。本研究では変形は考慮せず、領域の空気圧は大気圧と等しいものとした。また、津波により堆積した土は海水相当の濃度を含むとし、地表面から2cmの領域に海水相当の初期濃度($c=0.1$)を与えた。その他の解析条件、試料の物性値を表-1に示す。仙

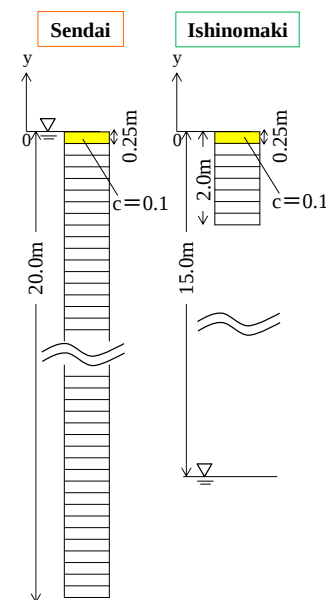


図-1 想定地盤

台市の試料の物性値は豊浦砂の物性を参考にし、石巻市の透水係数、分散係数は仙台市より3桁程小さいと仮定した。

図-5に仙台・石巻市それぞれ深さ方向の塩分濃度分布を示す。震災発生時からの塩分移動を調べるため、気候条件は3月11日を初期として1年間与えた。仙台市の解析結果から、震災発生後2ヶ月間は降雨量と蒸発量の差が非常に小さく、移流による影響よりも分散の影響を強く受けていると考えられる。そのため、塩分は徐々に地盤下方に広がっているといえる。震災発生後4ヶ月以降は降雨が卓越し、移流の影響を強く受けるため、移動性が高まり地表面の塩分は十分に希釈されているといえる。

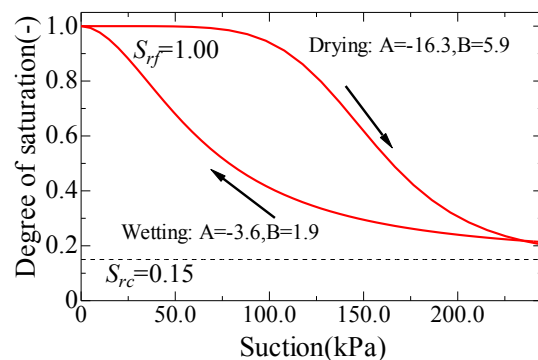


図-2 石巻試料水分特性

キーワード 津波, 塩害, 移流拡散

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 神戸大学都市安全研究センター・地盤環境リスク評価研究室 Tel:078(803)6029

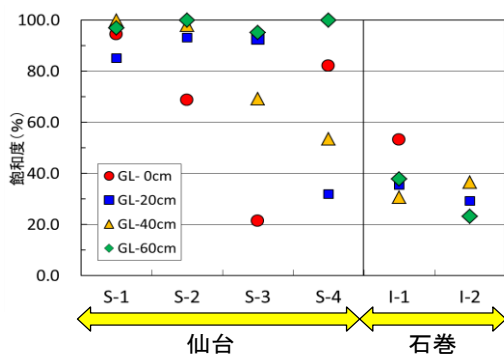


図-3 地盤内飽和度分布

この結果から仙台市では、あくまでも解析における仮定の上ではあるが、特別な対策を行わなくても、自然の降雨のみで塩分が希釈され、塩害を防ぐことができる結果となった。

一方石巻市の土質は粒径が細かく透水係数を低く設定している。そのため塩分の移動が鈍く、長期間地表面付近に塩分が存在することが予想される。さらに、現地調査の結果から地盤の飽和度が低く、不飽和透水係数も小さくなるため、移流作用が著しく低下すると考えられる。しかし、地表面の飽和度も低下していることから、地表面から放出される実蒸発量も低下するため、常に地盤鉛直下向きの水の流れが生じる。そのため、非常にゆっくりではあるが、地表面の塩分は単調に減少するとの結果を得た。

高塩分濃度の地下水が緩速に移動することは、長期的な塩害の被害を引き起こすことが考えられる。このことから、自然の降雨だけでは塩害を抑制することは難しく、人工的に地表面に散水を行うなど何らかの対策が必要であるといえる。しかし、石巻市のように透水性の低い地盤には人口放水による効果は見込めず、他の対策が必要であるかもしれない。

3. 結論

解析の結果より、地盤物性値の違いにより塩分の移動に差異が生じることが分かる。東日本大震災で津波被害を受けた地域は多く、全地域で同じ対策を取ると非効率であり、地域によっては効果が見られない可能性もある。そのため、被害の実情を把握すると共に被害地の試料物性を得ることで、被害の定量化を行い、地域に応じて適切な対策をとることが重要であるといえる。

参考・引用文献

- 1) <http://www.data.jma.go.jp> 気象庁ホームページ 1981～2010 統計
- 2) Penman, H.L : Natural evapotranspiration from open water,bare soil and grass , *Proc.Roy.Soc.London*,A193,pp.120-146,1948

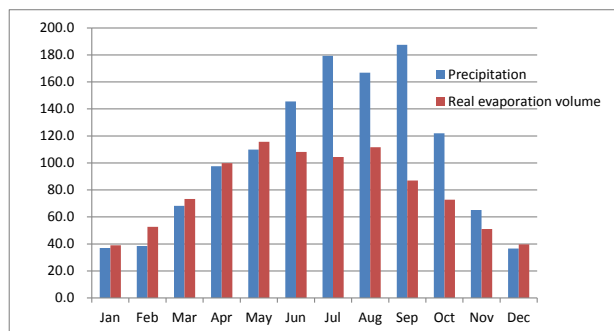
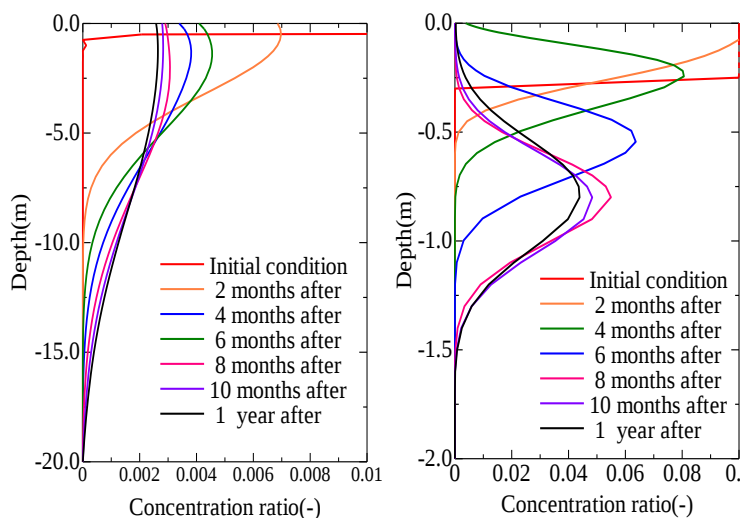


図-4 気候条件

表-1 試料の物性値

	解析領域	要素数	k_w (m/day)	D (m ² /day)	S_r	水理境界
仙台	$-20.0 \leq y \leq 0.0$	40要素	6.6×10^0	6.6×10^{-2}	1.00	$h(y=-20.0)=0.0$
石巻	$-2.0 \leq y \leq 0.0$	40要素	1.0×10^{-3}	1.0×10^{-5}	0.50	$h(y=-15.0)=-15.0$



(a) 仙台解析結果

(b) 石巻解析結果

図-5 地盤内塩分濃度分布