

液性限界・塑性限界の観点からの温暖化／海面上昇による
河川堤防堤体材料に及ぼす影響の簡易評価

茨城大学 正会員○小峯秀雄
茨城大学 フェロー会員 安原一哉
茨城大学 正会員 村上 哲
元茨城大学 非会員 篠田光貴

1. 目的

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）によって予測されている今後 100 年の地球規模での気候変動は、気温で表示すると最大 5.8 度上昇すると想定され、これに伴う海面の上昇は世界平均で今後 100 年間に、9～88 cm と予測されている¹⁾。このような海面上昇が生じると海水が河川を遡上することが予想され、図 1 に示すように河川下流域に位置していた汽水域が上流側に拡大し、重要な社会基盤施設の一つである河川堤防や川岸に影響を及ぼすことが考えられる。

世界的に地球温暖化問題に対して注目が集まっている昨今、その重要性についてのみ議論するのではなく、今後の温暖化問題への対応方針について世界各国で考えられはじめている。地球温暖化現象が日本の社会基盤施設に及ぼすであろう影響程度を定量的に評価することは極めて困難なことではあるが、何らかの根拠を持って、その影響を定量的に把握し、地球温暖化問題に対する具体的な対応策や政策に反映させなければならない状況にある。

このような背景から、地球温暖化問題による日本全国規模の社会基盤施設の脆弱性定量評価が求められている。そこで本研究では河川堤防や川岸を対象として、簡易な方法で地球温暖化による海面上昇の影響を想定し、海面上昇に伴う河川堤防堤体や川岸の土質材料への物理的影響を推察する。

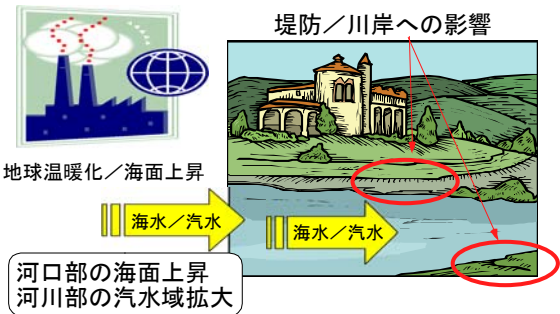


図 1 地球温暖化／海面上昇による河川における汽水域の拡大のイメージ

2. 茨城大学工学部都市システム工学科防災・環境地盤工学研究室において選定している河川堤防堤体および川岸を想定した土質試料

河川堤防は他の土木構造物と異なり、自然に存在する河川の氾濫を防ぐために、地形や地質など人為的に決定できない制約条件の下で築造された構造物である²⁾。したがって、構造物としての堤防の特徴には次のようなものがある。すなわち第一に、堤防の建設位置を人為的に決められない。堤防は、元来、自然状態の河川に沿って築造されるものであるから、その平面線形や地質条件を選ぶことは不可能である。そして第二に、下部構造を人為的に設定できない。すなわち、構造物の設計にとって重要な基礎地盤の条件は、堤防が自然状態の地盤の上に築かれるものであることから、適切な基礎地盤を選択することは不可能である。このような

表 1 本研究で検討対象とした 9 種類の土質材料の基本的性質

土質材料	試料採取した地点	土粒子密度 (Mg/m ³)	自然含水比 (%)
関東ローム	茨城県水戸市	2.702	101.3
赤ぼく	大分県豊後大野市	2.742	96.2
黒ぼく	大分県豊後大野市	2.435	74.2
1 次しらす	鹿児島県鹿児島市	2.365	12.1
2 次しらす	鹿児島県鹿児島市	2.680	10.0
まさ土	山口県岩国市	2.659	2.6
信濃川堤体材料	新潟県信濃川	2.661	23.2
対雁築堤材	北海道江別市	2.683	23.9
江別	北海道江別市	2.660	19.7

背景と河川堤防には大量の土質材料を必要とすることから、主として経済的な条件から材料選択の余地が少なく、河道掘削に伴って発生する土を利用するなど、現地に近接するところから材料を入手することが多い。このような理由から茨城大学工学部都市システム工学科防災・環境地盤工学研究室では、日本全国から収集した9種類の土質材料を堤防堤体材料や川岸を構成する材料として選定し研究を推進している。すなわち関東ローム、まさ土、1次および2次シラス、赤ぼくおよび黒ぼく、対雁築堤材料、江別、信濃川堤体材料である。各土質材料の採取都道府県、土粒子密度および自然含水比を表1に示す。

3. 液性限界・塑性限界の観点からの海面上昇による河川堤防や川岸を想定した土質材料の変状の簡易評価

陸水を想定した蒸留水および海水を想定した人工海水（八洲薬品（株）製・アクアマリン、表2参照）を用いて実施した液性限界・塑性限界試験により、各材料の変状を評価した。試験手順は「土の液性限界・塑性限界方法（JIS A 1205:1999）」³⁾に規定される方法により実施した。表1に示した土質材料の内、液性限界・塑性限界試験の実験値がNDとならなかったものは、関東ローム、赤ぼく、および黒ぼくであった。図2に関東ローム、黒ぼくおよび赤ぼくの液性限界試験による流動曲線を示す。また表3に液性限界・塑性限界試験の結果一覧を表示した。これらの結果から、関東ロームの場合、人工海水における液性限界 w_{L-sw} および塑性限界 w_{P-sw} が、蒸留水における液性限界 w_{L-dw} および塑性限界 w_{P-dw} と比べて高い値を示す。このことから関東ロームでは、人工海水が浸入すると保水能力が高くなり、蒸留水の場合に比べて変状しにくくなるものと推察される。すなわち関東ロームは海水環境に変遷してもその変状に関する影響は少ないものと考えられる。一方、赤ぼくにおいては、人工海水における液性限界 w_{L-sw} および塑性限界 w_{P-sw} が、蒸留水における w_{L-dw} および w_{P-dw} と比べて低い値を示す。このことから赤ぼくにおいては、海水環境下では保水能力が低下し、海水浸入により変状しやすくなるものと考えられる。すなわち赤ぼくの場合、海水環境に変遷することにより少ない水分で変状を示し、土の強度低下などの影響が生じると推察される。黒ぼくに関してはいずれの水溶液においても、ほぼ同じ液性限界を示したが、塑性限界は人工海水の場合の方が小さい値を呈したことから、黒ぼくの場合も海水環境に変遷することによる影響があるものと考えられる。

謝辞：土質試料の収集には、基礎地盤コンサルタンツ九州支社、同熊本支店、同鹿児島事務所、復建調査設計（株）、応用地質（株）新潟ラボ、および（独）北海道開発土木研究所の方々にご協力いただきました。ここに深謝申し上げます。

参考文献

1) 原沢英夫，西岡秀三：地球温暖化と日本—自然・人への影響予測—，古今書院，pp.1-55, 2003.
2) 中島秀雄：図説 河川堤防，技報堂出版，2003.
3) 地盤工学会：土質試験の方法と解説，pp.93-108, 2000.

表2 使用した人工海水の Na, Ca, K, Mg イオン

濃度			
各陽イオン濃度(mol/m ³)			
Na イオン	Ca イオン	K イオン	Mg イオン
454.4	6.2	9.0	50.0

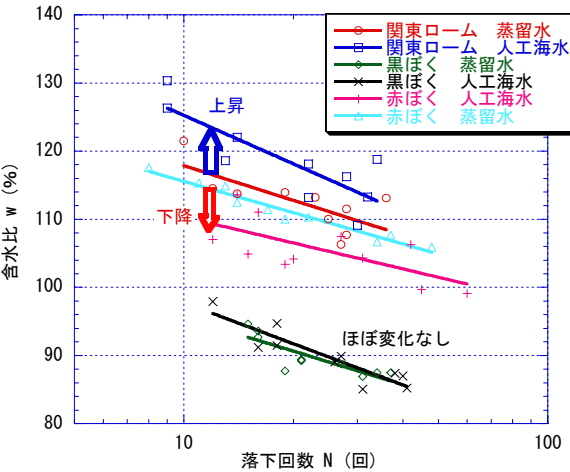


図2 蒸留水および人工海水を用いた液性限界試験における流動曲線

表3 液性限界・塑性限界試験結果一覧

試料		関東ローム	黒ぼく	赤ぼく
液性限界	w_{L-dw} (%)	111.1	89.1	109.5
	w_{L-sw} (%)	115.6	89.8	105.3
塑性限界	w_{P-dw} (%)	80.6	70.9	75.5
	w_{P-sw} (%)	83.1	65.4	70.9
塑性指数	I_{p-dw}	29.4	19.1	34.5
	I_{p-sw}	31.9	24.6	36.6

液性限界，塑性限界および塑性指数の欄において，上段の数値は蒸留水を用いた場合，下段の数値は人工海水を用いた場合の各実験地を示す。

このことから赤ぼくにおいては，海水環境下では保水能力が低下し，海水浸入により変状しやすくなるものと考えられる。すなわち赤ぼくの場合，海水環境に変遷することにより少ない水分で変状を示し，土の強度低下などの影響が生じると推察される。黒ぼくに関してはいずれの水溶液においても，ほぼ同じ液性限界を示したが，塑性限界は人工海水の場合の方が小さい値を呈したことから，黒ぼくの場合も海水環境に変遷することによる影響があるものと考えられる。