

## 土の粒度特性に着目した河川汽水域拡大を想定した堤防堤体材料の侵食性評価

茨城大学 学生会員 谷口雄太 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

### 1. はじめに

気候変動に関する政府間パネル(以下は IPCC と記述する)第4次報告書は、2099年度までの世界平均気温の上昇に伴う海面水位の上昇を予測している(図1参照)。2099年度までに、最大で59cmの世界平均海面水位の上昇がIPCCにより予測されており、日本においても各種社会基盤施設への海面水位上昇の影響評価が求められている。海面水位が上昇すると海水が河川を遡上することが予想されるため、重要な社会基盤の一つである河川堤防へ影響を及ぼすことが考えられる。河川汽水域の拡大に伴う日本各地の河川堤防の変状に関して、小峯ら(2009)により河川堤防への浸透現象に着目した脆弱性評価が行われた<sup>2)</sup>。その結果として、堤防堤体材料を想定した土質試料の力学的挙動が海水環境への変遷により変状することが示された。そこで、浸透以外の破壊原因に関して、今後の対応策の提示を行うために汽水域拡大の影響の調査を進めていくことが必要と考えられる。本研究においては、河川堤防の侵食現象に関して、日本各地の河川堤防における海水接触時の基本的性質の変化から地域ごとの侵食性の簡易的な評価を試みた。

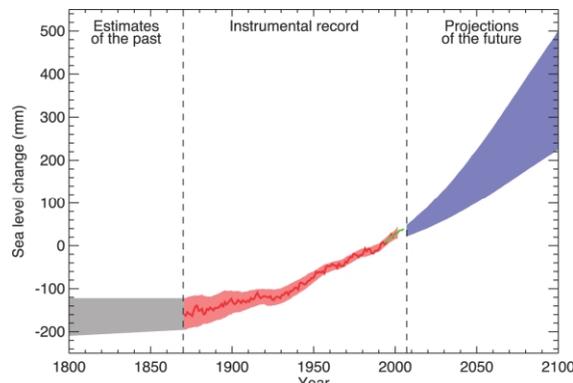


図1 気候変動の進行に伴う海面上昇<sup>1)</sup>

### 2. 河川堤防における侵食発生機構と侵食脆弱性の評価手法

河川堤防の侵食に関わる土の性質として、分散性が挙げられる。河川堤防の設計に際して、河川堤防法面は河川流速を考慮した耐侵食性向上のために植生等による保護が施されるため、掃流力に対する侵食対策は比較的整備された状態にあると考えられる。一方、締め固められている河川堤防法面の土が、浸透水と土粒子間の化学的作用により分散され、侵食が発生することが懸念される。以上のことから、本研究では、土の粒度特性に着目し、海水環境および陸水環境を想定した試験水を用いた土の粒度試験を応用した試験により各土質試料の侵食性評価を行った。具体的な試験ケースは表1に示す。なお、case.2、case.3により測定される粒径は、団粒化した土粒子を一つの粒子として測定した見かけの粒径であることを留意されたい。本研究では、海水環境を想定した試験水として塩分濃度31.8‰の人工海水を使用し、陸水環境を想定した試験水として蒸留水を使用し表1の試験ケースにおける土の粒度特性を測定した。

### 3. 本研究で使用した土質試料と基本的性質

河川堤防は長大な構造物であるため、各河川堤防に対し地点ごとの侵食性を評価することは、非常に困難である。したがって、本研究では対象とする地域の河川堤防周辺の土質試料を採取し、採取した土質試料の侵食性を対象地域の河川堤防の代表的な値と仮定し評価を行った。採取した土質試料は、黒ぼくおよび赤ぼく、関東ロームである。試料の選定の理由は、分散が発生すると考えられる土粒子の粒径が0.002mm以下と非常に小さいことから、細粒分含有率が比較的高い上記の土質試料において堤体材料の分散が発生しやすいと考えられるためである。表2に各土質試料の採取地

表1 本研究の試験方法

試験ケース	case.1	case.2	case.3
分散処理(有機物除去, 分散剤添加)	有り	無し	無し
浸漬用試験水	蒸留水		人工海水

表2 本研究で用いた土質試料の採取地域および基本的性質

試料名	採取地域	$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	CEC(cmol(+)/kg)	pH	$L_i$ (%)
黒ぼく	大分県豊後大野市	2.692	10.16	6.04	14.94
赤ぼく	大分県豊後大野市	2.616	7.8	6.10	11.26
関東ローム	茨城県水戸市	2.691	6.7	7.01	13.72

キーワード 河川堤防, 海面上昇, 侵食, 分散, 粒度試験

連絡先 〒316-5811 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 茨城大学都市システム工学科 TEL0294-38-5163

域および基本的性質を示す。

4. 日本各地の河川堤防の侵食性評価

黒ぼく、赤ぼくおよび関東ロームの試験結果を図2、図3および図4に示す。図2から、黒ぼくの case.3 の結果は case.1 および case.2 の結果に比べ粒径 0.075mm 以下の含有率が減少しており、海水環境に変遷することで粘土粒子が凝集し、侵食しにくくなると考えられる。この原因として、多価イオンを含有する人工海水に浸漬させたことで電気二重層が薄くなり土粒子間の斥力が弱められ、粒子間力が作用しやすくなったと推察される(図5参照)。一方、赤ぼくの case.2 および case.3 の粒度分布はほぼ同様の傾向を示し、海水環境への変遷が及ぼす侵食性への影響は少ないと考えられる。しかし、赤ぼくの case.1 の結果から、粒径 0.075mm 以下の含有率および粒径 0.005mm 以下の含有率は本研究で使用した土質試料の中で最も大きい値を示し、非常に分散しやすく侵食しやすい土質試料であると考えられる。また図4から、関東ロームの case.3 の結果、人工海水に浸漬することにより粒径 0.075mm 以下の含有率が増加し分散しやすくなる傾向が認められたが、case.1 および case.2 の粒径 0.005mm 以下の含有率に大きな差は見られず分散に伴う粘土粒子の侵食の影響は小さいと考えられる。関東ロームの分散性が低い原因として、関東ロームに含有されるアロフェン粒子が凝集しやすい状態にあったことが挙げられる。アロフェンの分散性は土中水の pH に大きく依存し、酸性およびアルカリ性で分散し、中性付近で凝集しやすくなる傾向がある<sup>4)</sup>。表1から、関東ロームの土中水の pH は 7.01 と中性付近であり関東ロームは侵食に強い状態にあったと考えられる。これらの結果から、黒ぼくは河川汽水域の拡大に伴い細粒分が凝集し、侵食しにくくなることが確認され、一方、関東ロームは分散し侵食しやすくなることが示された。また、赤ぼくは汽水域拡大の影響が少ない土質試料であることが確認されたが、分散しやすく細粒分の侵食が発生しやすい土質試料であることが示された。

5. 結論

本研究により得られた知見を以下に示す。

1. 黒ぼくは人工海水に浸漬させることにより細粒分が凝集し侵食しにくくなるため、汽水域拡大により堤防堤体材料の耐侵食性は向上すると考えられる。2. 関東ロームは人工海水に浸漬させることにより分散し侵食しやすくなることが示された。しかし、関東ロームの case.1、case.2 の試験における粒径 0.005mm 以下の含有

率を比較すると大きな差は見られず分散に伴う粘土粒子の侵食の影響は比較的小さいと考えられる。3. 赤ぼくは汽水域拡大の影響が少ない土質試料だが、黒ぼく、関東ロームより細粒分の侵食が発生しやすいことが示された。

参考文献

1) IPCC : From the report accepted by Working Group 1 of the Intergovernmental Panel of Climate Change but not approved in detail Frequently Asked Question, 2007. 2) 小峯秀雄, 安原一哉, 村上哲: 温暖化に起因する海面上昇による河川堤防や高水敷・河岸の土質材料に及ぼす影響の簡易評価, 地盤工学ジャーナル, Vol. 4, No. 2, pp. 185-195, 2009.06. 3) 地盤工学会: 地盤材料試験の方法と解説, pp. 115-136, 2009. 4) 足立泰久, 岩田進午: 土のコロイド現象 土・水環境の物理化学と工学的基礎, p. 60, 2003.

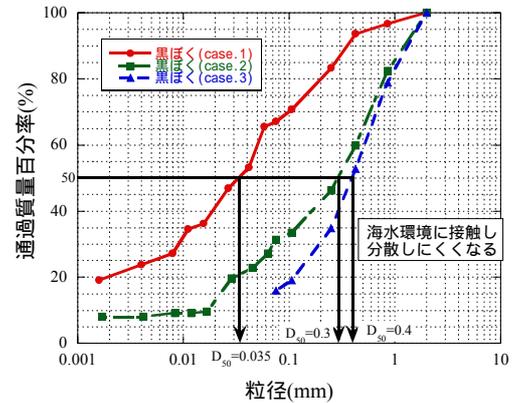


図2 黒ぼくの試験結果

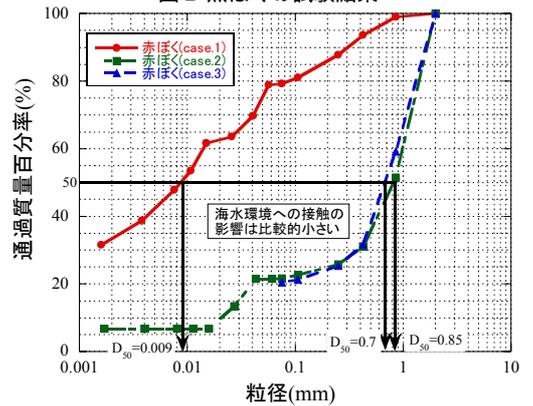


図3 赤ぼくの試験結果

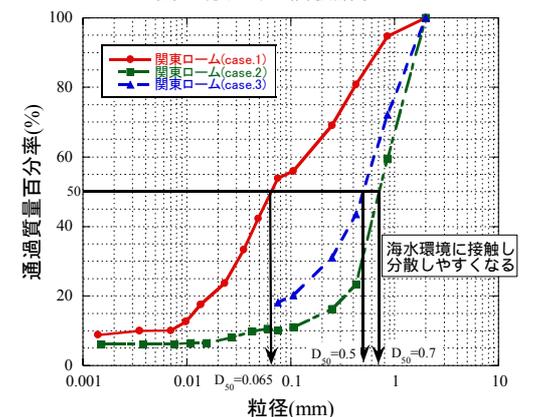


図4 関東ロームの試験結果

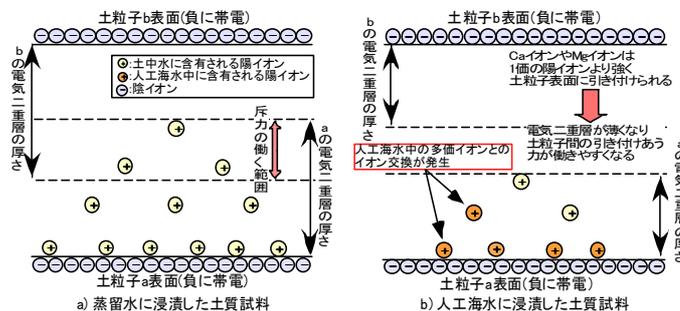


図5 土粒子表面における土粒子間斥力の減少