

有明海北岸域の浚渫改良土における酸・アルカリ・環境基準物質の溶出・固定特性

佐賀大学低平地研究センター 正 ○日野剛徳 岡山大学大学院自然科学研究科 非 山中寿朗  
 佐賀大学理工学部 学 大神隼志 佐賀大学理工学部 学 碓 佳朗  
 佐賀大学大学院工学系研究科 学 田中優子 佐賀大学理工学部 正 根上武仁

1. はじめに 有明海北岸低平地域における沿岸道路プロジェクトでは、切土・掘削等を伴わない路線計画のため、盛土材料の調達が焦眉の急になっている。有明海北岸域の港湾・漁港域および河川域における浮泥・底泥の有効利用を考えているが、これまでに蓄積されてきた経験およびコスト面から、石灰系・セメント系改良による利用は避けられない。他方、石灰系・セメント系改良による土木施工の社会問題化が後を絶たない<sup>2),3)</sup>。本報では、まず始めに浮泥・底泥の間隙水中における酸・アルカリ・環境基準物質について調べた。次に、同様の試料に対して石灰系・セメント系改良材を用いて改良し、それらの溶出・固定特性を調べた結果について述べる。

2. 試料の採取位置と実験方法 図-1に示すA, B, C地点から浮泥・底泥を採取した。種々の改良材を用いて予備配合試験を行った結果、A地点では生石灰と高炉セメントB種が改良効果を示した。また、B地点およびC地点では 2成分石灰および高炉セメントB種が改良効果を示したので、以後の検討ではこれらの改良材を用いることとした。実験方法としては、まず油圧式高圧絞出し器を用いて改良前の試料の間隙水を絞り出し、溶存シリカなど 8 項目の成分分析を行った。溶存シリカ分析はモリブデンブルー比色法に従った<sup>4)</sup>。その後、JGS 0821-2000 に準じ、調整含水比 $w_{ni}=1.5w_n$ のもとで生石灰 (30kg/m<sup>3</sup>)、2成分系石灰 (30, 70kg/m<sup>3</sup>) および高炉セメントB種 (70, 150kg/m<sup>3</sup>) で改良した試料をφ50×100mmモールドに入れて養生し、28日間かけて非攪拌抽出試験を行った。非攪拌抽出試験における試料と溶出液の割合は1:10とし、溶出液には蒸留水を用い、20°Cの恒温室のもとで暗室保存した。

3. 間隙水の水質 表-1に、各地点における浮泥・底泥の間隙水中に含まれる各種溶存イオンおよび環境基準物質の値を示す。A地点およびB地点はともに有明海に面するが、それぞれの間隙水中に含まれる溶存イオンの値は異なる。土試料の塩濃度の観点から、C地点は淡水優勢域と考えられ、間隙水質が異なっている。環境基準物質をヒ素・フッ素・ホウ素の3項目に絞った理由は、陸域におけるボーリング試料中の間隙水から検出されるのを考慮したことによる。各地点の浮泥・底泥の間隙水には、特にヒ素とホウ素が環境基準を超えて存在している。

4. 溶存シリカ・Ca<sup>2+</sup>・SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 図-2は、経時変化に伴う改良供試体中溶存シリカの溶出・固定の一例として、C地点の結果を示したものである。改良前における各地点の試料中間隙水に溶存するシリカ濃度の値が異なるため、縦軸は試料中間隙水の溶存シリカ濃度に対する溶出液への溶出濃度の比として表している。改良材の添加量が2倍になるにつれ、シリカの溶出量は1/4程度に抑えられる。セメントはそれ



図-1 試料の採取地点

表-1 間隙水中に含まれる各種溶存イオンおよび重金属類

| 項目   | 単位                            | 環境基準                 | A     | B     | C     |       |
|------|-------------------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|
| 土    | ORP                           | mV                   | -     | -111  | -170  |       |
|      | pH                            | -                    | 7.32  | 7.74  | 7.83  |       |
|      | 塩濃度                           | g/L NaCl             | 10.1  | 6.5   | 0.5   |       |
| 間隙水  | 溶存シリカ                         | (mg/l)               | 11.34 | 9.66  | 10.41 |       |
|      | 硫酸イオン                         | (mg/l)               | 1400  | 460   | 25    |       |
|      | 炭酸水素イオン                       | (mg/l)               | 110   | 550   | 460   |       |
|      | カルシウムイオン                      | (mg/l)               | 200   | 140   | 36    |       |
|      | ヒ素                            | (mg/l)               | 0.01  | 0.003 | 0.014 | 0.017 |
|      | フッ素                           | (mg/l)               | 0.8   | 0.1   | 0.2   | 0.4   |
|      | ホウ素                           | (mg/l)               | 1.0   | 1.8   | 1.3   | 0.3   |
|      | 六価クロム                         | (mg/l)               | 0.05  | ND    | ND    | ND    |
| 圧縮強度 | 生石灰 30kg/m <sup>3</sup>       | (kN/m <sup>2</sup> ) | 106.4 | -     | -     |       |
|      | 2成分石灰 30kg/m <sup>3</sup>     | (kN/m <sup>2</sup> ) | -     | 80.9  | 86.3  |       |
|      | 2成分石灰 70kg/m <sup>3</sup>     | (kN/m <sup>2</sup> ) | -     | 245.1 | 281.4 |       |
|      | 高炉セメントB種 70kg/m <sup>3</sup>  | (kN/m <sup>2</sup> ) | 221.8 | 144.1 | 166.9 |       |
|      | 高炉セメントB種 150kg/m <sup>3</sup> | (kN/m <sup>2</sup> ) | -     | 850.9 | 893.2 |       |

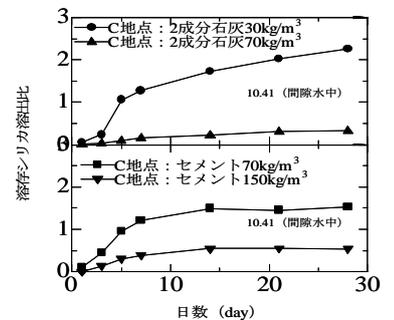


図-2 経時変化に伴う溶出シリカ濃度比の変化

海成粘土 地盤改良 石灰 セメント 溶出 環境基準物質

佐賀大学低平地研究センター(〒840-8502 佐賀市本庄町1 TEL&FAX 0952-28-8612)

自身に固化物質としてのシリカを含んでいるため、生石灰に比べその溶出量が多いと考えたが、よく改良体内に固定されているようである。以上の傾向は、C地点以外の結果でも同様であった。先の研究<sup>2), 3)</sup>で同様の検討を行った結果、浮泥・底泥から溶出するシリカ量は同程度の値が得られていることから、本検討におけるシリカの溶出量は問題ないと考えられる。次に、図-3 (a), (b), (c) に各種溶存イオンの経時変化に伴う溶出結果を示す(溶出濃度/間隙水中の初期濃度)。改良材、配合量、養生日数の違いにより、各地区における溶出特性には違いが認められる。間隙水中の溶存イオン濃度が高く配合量の多いものほど各種溶存イオンも溶出すると考えたが、この理解とは異なる結果が得られた。特にC地点においては、B地点と同様の強度発現を示しているにも関わらず、カルシウムイオン、硫酸イオンが改良前における間隙水の値以上に溶出しており、2成分石灰 30kg/m<sup>3</sup>における28日目の硫酸イオンが初期間隙水の4倍を越える溶出量を示した。この原因としては、試料採取から改良するまでに1, 2週間程度日数がたち、試料の酸化の影響により改良時に硫酸イオンが増加していたこと、2成分石灰には硫酸カルシウムが含まれていることなどが考えられる。一方、各地点におけるpHの経時変化に伴う値は11~12を示し続けた。単純な理解では、溶出液中に陰イオンの数を上回るアルカリ・アルカリ土類金属の存在があること、また、密閉容器を用いて溶出試験を行ったために溶出液が空気に触れない状態が保たれ続けたことにより、空気中の二酸化炭素が溶出液中に溶け込まなかったことが原因として考えられる。

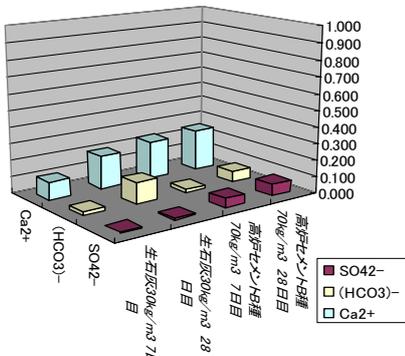


図-3 (a) 経時変化に伴う各溶存イオンの溶出濃度(A地点)

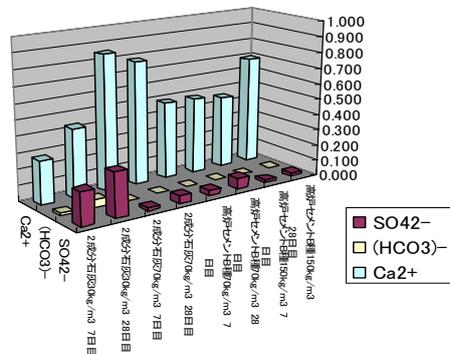


図-3 (b) 経時変化に伴う各溶存イオンの溶出濃度(B地点)

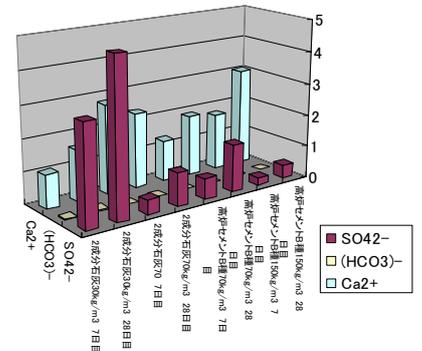


図-3 (c) 経時変化に伴う各溶存イオンの溶出濃度(C地点)

5. ヒ素・フッ素・ホウ素 表-2 に、C地点における改良供試体からの

経時変化に伴うヒ素の溶出量の変化を示す。フッ素、ホウ素、六価クロムについてはどの地区も溶出することはなかった。ヒ素は2成分石灰 30kg/m<sup>3</sup>で溶出しているが、非攪拌抽出試験においては28日目の時点で環境基準値以下である。改良材を多く添加するほど溶出を抑え、改良体内に固定されている傾向が見受けられるが、この現象が不可逆的なものか否かについてはさらに慎重に検討を続けたい。

表-2 C地点における経時変化に伴うヒ素の溶出濃度

|                          | 単位   | 初期間隙水値 | 7日目   | 28日目  |
|--------------------------|------|--------|-------|-------|
| 2成分石灰30kg/m <sup>3</sup> | mg/L | 0.017  | 0.002 | 0.008 |
| 2成分石灰70kg/m <sup>3</sup> | mg/L | 0.017  | ND    | ND    |
| セメント70kg/m <sup>3</sup>  | mg/L | 0.017  | ND    | 0.001 |
| セメント150kg/m <sup>3</sup> | mg/L | 0.017  | ND    | ND    |

6. まとめ 本研究で得られた知見を要約すると、次の通りである：1) 有明海北岸域における浮泥・底泥はその間隙水中にヒ素が基準値を超えて含まれているものがある；2) 改良前の間隙水中に含まれる溶存シリカについては、地域の差が認められない；3) シリカは配合物の種類を問わず、添加量を増やすほど改良体内によく固定され、溶出が抑えられる；4) C地点のように海水～淡水環境からなる浮泥・底泥改良体からは溶存イオンの溶出量が多かった；5) 石灰・セメント系改良材は重金属類の溶出を抑える反面、なおpHが高い値を示す問題が残る。

謝辞 本研究は、佐賀県18年度受託研究の一環として実施したものである。本報のまとめに際し、低平地研究会地盤専門部会「GEO・ECOコミュニケーションズ」(<http://www.ilt.saga-u.ac.jp/lora/geo/index.html>)メンバーからは有益なご指導ご助言をいただいた。記して感謝の意を表します。

参考文献 1)日野ら：第42回地盤工学研究発表会平成18年度発表講演集, CD-ROM, 2007. (投稿中), 2)日野ら：第41回地盤工学研究発表会平成18年度発表講演集, CD-ROM, pp.1043-1044, 2006, 3) 田中ら：第41回地盤工学研究発表会平成18年度発表講演集, CD-ROM, pp.1045-1046, 2006. 4) (財)河川環境管理財団：河川水質試験法(案)試験方法編, 技報堂出版, pp. 826~833, 1997.