

第Ⅶ部門

都市河川河口人工わんど内に敷設した鉄鋼副産物の酸素消費特性

神戸市立工業高等専門学校専攻科 都市工学専攻 学生員 ○齋藤 輝

神戸市立工業高等専門学校 都市工学科 正会員 宇野 宏司

1. 目的・背景

鉄鋼スラグは鉱石から金属を還元・生成する過程で出る副産物であり、主にコンクリート用骨材などに利活用されてきた。しかし、近年は構造物新設の機会が少なくなり、余剰した鉄鋼スラグを沿岸海域への環境修復材など他の用途へ活用することが注目されている。

本研究では、近年環境修復材としての機能が注目されている鉄鋼スラグを都市河川河口の人工わんどなどへの覆砂材として使用した場合に、底生生物等の生息環境に影響がないかどうかを検討するため、神戸港に流入する2級河川・生田川河口において実証実験を行った。

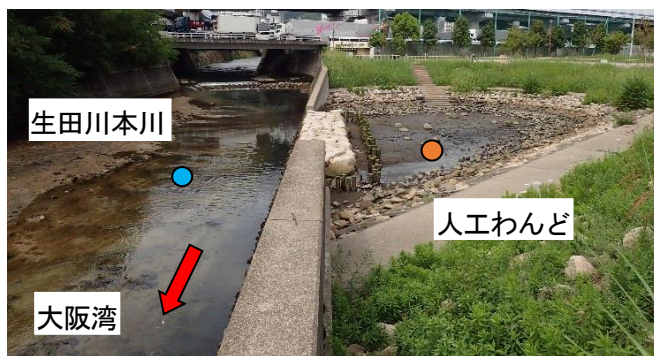


写真1 調査地点（生田川河口）

2. 研究手法

2.1 集中調査：2020年7月より、毎月1回、干潮時に調査地点で本川・わんど・わんど内に設置したコンテナ内の表層の鉄鋼スラグを採取した。これらを実験室に持ち帰り、高さ約8cm、内径約4.7cmのガラス製のサンプル瓶33本（各地点11本）の底から3分の1程度に採取した底質を敷き詰め、空隙を蒸留水で満たし、実験試料とした。これらの試料を密栓し、室温25℃、暗条件で保存した。その後図1に示すように、底質内の酸素消費特性を把握するため、ポータブルマルチメータ（HQ40d, HACH社）を用いて、底層直上の溶存酸素量DO・塩分の時間変化を計測した。さらに、ポータブルpH計（HM-20P, 東亜ディーケーケー社）を用いて、直上水の水素イオン濃度pHを計測した。なお、測定は、計測開始

から3時間までは0.5時間間隔で、それ以降は1時間間隔で計8時間行った。計測したDOの値を用いて、次式より酸素消費速度 v を算出した。

$$v = \frac{h}{t} \log \frac{[DO]_0}{[DO]} \quad (1)$$

ここで h はサンプル瓶の水深、 t は経過時間、 $[DO]_0$ はDOの初期値、 $[DO]$ は経過時間 $t(h)$ におけるDO、 $v(m/h)$ は表層砂表面から酸素消費速度である。

加えて、表層砂に生息するマクロベントスや微生物などの有機物量を把握するため、強熱減量試験（JIS A 1226）を実施した。

2.2 連続モニタリング調査：水位・水温計（HOBO-2020, onset社）により、生田川本川と人工わんどにおいて、水温、水位を測定した。また、小型メモリー水温塩分計（ACT-HR, JFEアドバンテック社）により、水温、塩分についても同間隔で測定し、生田川本川と人工わんどの酸素消費特性を主とする水環境の相違を比較した。

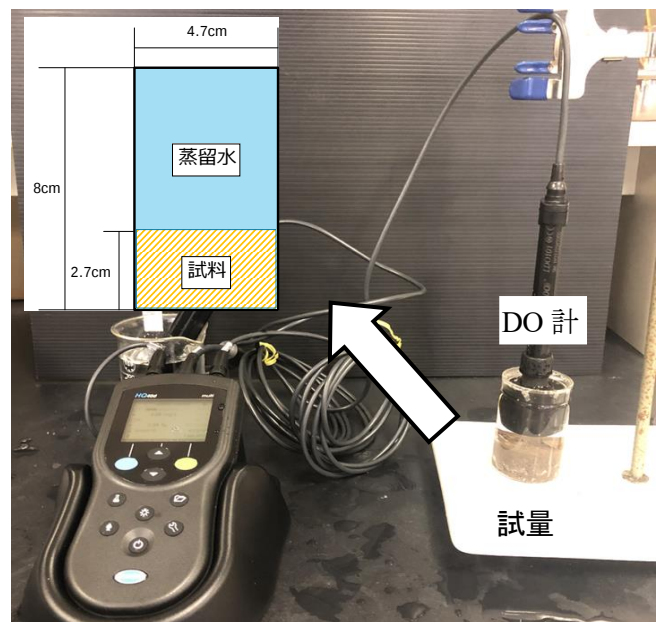


図1 酸素消費速度の算定に係る室内実験

3. 結果

図2に塩分・降水量の時間変化、図3に強熱減量Liの

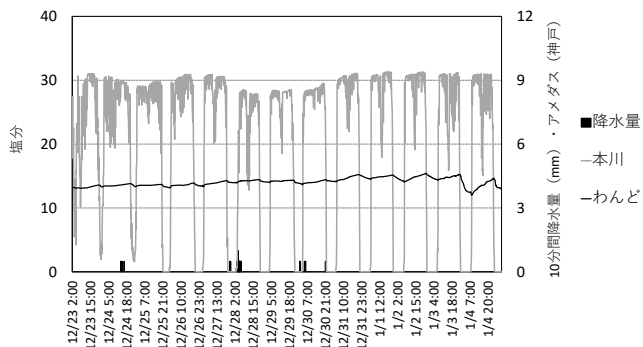


図2 塩分・降水量の時間変化 (2020 年 12 月～2021 年 1 月)

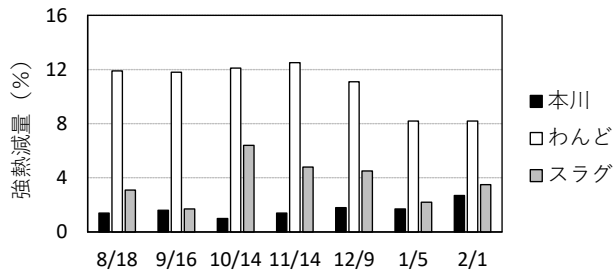


図3 強熱減量 Li の季節変化

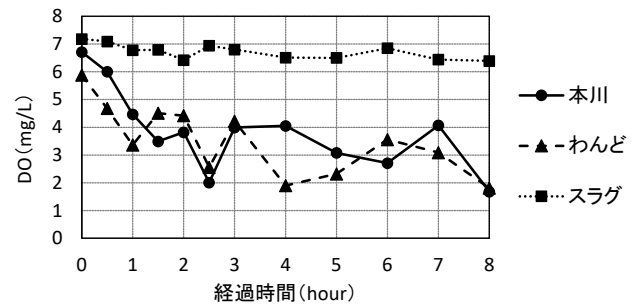
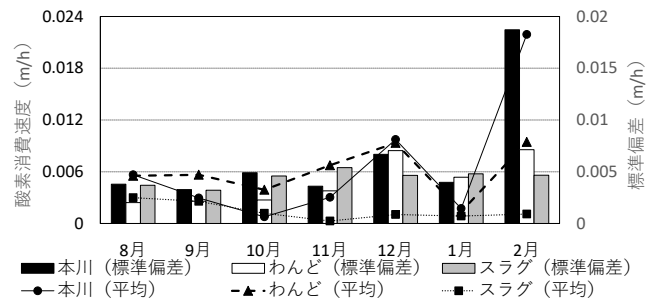


図4 溶存酸素量 DO の時間変化 (2020 年 12 月)

図5 酸素消費速度 v の季節変化

季節変化, 図4に溶存酸素量 DO の時間変化, 図5に酸素消費速度 v の季節変化について示す。

わんど内は本川と比較し, 干満による塩分の変動差が小さかった。特に12月下旬から1月上旬にかけて, わんど内の塩分は最高16・最低13程度であった。これらの両地点における塩分の差は, 2つの理由が考えられる。1つ目は, 干潮時にわんど内に複数のタイドプールが出現し, 塩分の高い水が取り残されたためである。2つ目は, わんど内への地下水の湧出である。これらにより, わんど内の塩分の最高値が本川より低くなった。2020年1-2月に近づくにつれ塩分の変動差が小さくなったことから, 地下水の湧出量は冬季に近づくにつれ多くなっていたと考えられる。強熱減量 Li は, 試料中の有機物量を表す指標である。生物にとっての餌資源の豊富さを表すもので, 生息ポテンシャルを間接的に示すものといえる。各月で Li の値は高い順に, わんど>スラグ>本川となった。このことから本川と比較し, わんど内にはマクロベントス等の生物生息ポテンシャルが高くなっていたと考えられる。なおスラグ材では, 投入初期の2020年8月と9月では Li は3%以下であったが, その後6%まで増加した。これは投入後スラグ材に, わんど内の有機物が混入したためと考えられる。

コンテナ内に充填したスラグ材において, 生田川本川とわんど内の試料と比較して, 溶存酸素量 DO の初期値 7～9mg/L 程度の高い値が計測された。この理由として,

スラグは粒子間の間隙がわんど内の底質と比較して大きく, 水中の酸素を媒体内に取りこみやすい構造になっていることが考えられる。また, 各月において, スラグ材は他の試料と比較して, DO の減少量や酸素消費速度 v が小さく, 媒体内が貧酸素状態になりにくい傾向が示された。一般的にスラグ材には, 硫化物やリンの固定効果があるとされており, 実験ではこれにより酸素消費を抑制する効果が発揮されたと推察される。環境省によると魚介類の生息に必要な DO 基準は3mg/L 以上と定められている。わんど内の試料では8・11・12月において, 8時間経過後の DO の値がこの基準を満たしていなかった。しかし, スラグはすべての月においてこの基準を満足しており, 底生生物の生息環境を保持する面で覆砂材としての適性を有している。

4. まとめ

結果より, 転炉スラグを覆砂材として用いることで溶存酸素量 DO は上昇し, DO の低下も抑制された。スラグ材による DO 改善効果は, 各月を通して発揮され, 実験開始から初期値 7mg/L, 8時間経過後では 5mg/L を下回ることにはなかった。よって, 閉鎖性汽水域において, 底層の貧酸素状態改善の有用性を確認した。しかし, スラグ材を覆砂材する上で課題として, 媒体内の生石灰と水の反応が起因する水硬性による表層の硬質化, アルカリ溶出等が確認された。