

透過型人工海浜における水理特性と浄化能について

東北大学工学部 ○坂口 芳輝, 西村 修, 須藤 隆一
(株) 東洋建設 田中 裕作

1. はじめに

内湾は多くの生物が生息する豊かな海域であり、古くから人間生活とも関わりが深い地域であった。しかし近年は周辺の都市化が進んだことから、生活排水や工業排水が多量に流入し、自然の調和は圧迫されている。内湾は、その構造上流入した汚染物質が外洋へ流出しにくく、また、浄化能を持っている自然の海浜や干潟は埋立や護岸工事のため多くは消失してしまった。このため内湾の水質を保全し、健全な生態系を創造する必要がある。今回、内湾の汚濁海水を浄化する一つの手法として人工海浜による方法を取りあげ、現場実験を行った。この方法は、自然の海浜が持つ物理学的・生物学的な浄化能力を活かし、水の流動エネルギーを潮の干満に求めることを特長としている。本研究では実験データや数理モデルをもとに、人工海浜の構造と水理特性、浄化効果との関係などについて考察する。

2. 透過性人工海浜について

実験に用いた装置は、図1に示すような構造を持っている。潮位が上がるにつれ海水が装置内に入り、礫堤を通して内水槽に溜まる。潮位が下がる時はその逆の経路を辿って海水が装置外へ出ていく。海水が礫堤を通る過程で、懸濁物質の捕捉や有機物の酸化、硝化・脱窒などの浄化が期待できる。

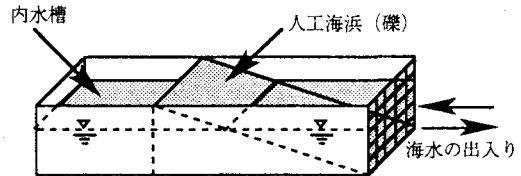


図1 実験装置の概略図

3. 水理特性について

人工海浜中の透水係数 k を一定であるとし、その中を流れる浸透流の水面勾配は緩やかで、鉛直方向の流れは無視できると仮定すると、内水槽に水が入っていく過程の水理的挙動は以下ようになる。

ダルシーの法則より、ある時刻 t のある位置 z における流速 $v(z, t)$ は

$$v(z, t) = k \frac{h_1(t) - h_2(t)}{\lambda(z)} \dots \dots \dots (1)$$

また、内水槽の水位変化は

$$\frac{dh_2}{dt} = \frac{k}{l} (h_1 - h_2) \int_0^{h_1} \frac{dz}{\lambda} \dots \dots (2)$$

という式で表される。

式(2)より内水槽の水位変化は、人工海浜を構成する材質（ここでは礫）の透水係数

k 、内水槽の大きさ l 、人工海浜の形状 λ に左右されることが分かる。これらの値が適正でない場合、内水槽の水位変化が潮位の変化に追いつけず、海水の交換に支障をきたす。

また式(1)より、人工海浜の中を流れる水平流速の鉛直分布は断面形状 (1) によって変化する。例えば図4のように三角形断面の人工海浜を用いた場合、下層より上層での流速が大きくなる（図3）。

4. 浄化特性について

現場海域の水質は、懸濁物質の濃度が常が高く、夏期のSSが約20mg/lを超える。しかしながら、内水槽の水質は良好に保たれ、外側水質と比較して50%以下の値であった。これは、図4に示すように、懸濁物質

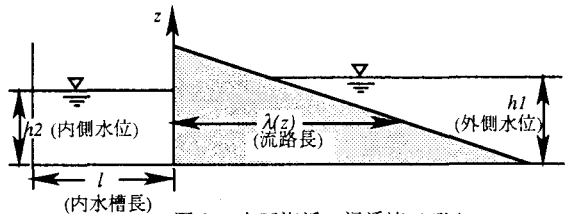


図2 人工海浜の浸透流モデル

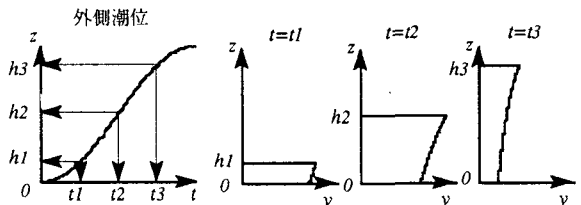


図3 流速分布の時間的変化

の捕捉が人工海浜の表層部に効果的に行われているためである。また、多量の懸濁物質の捕捉により目詰まりが生じる可能性が考えられたが、内外の水位に大きな差は生じなかった。これは、内水槽から外へ流出する際の逆洗効果と、捕捉された懸濁物質のうち有機物質が分解・無機化で消滅しているためと考えられる。

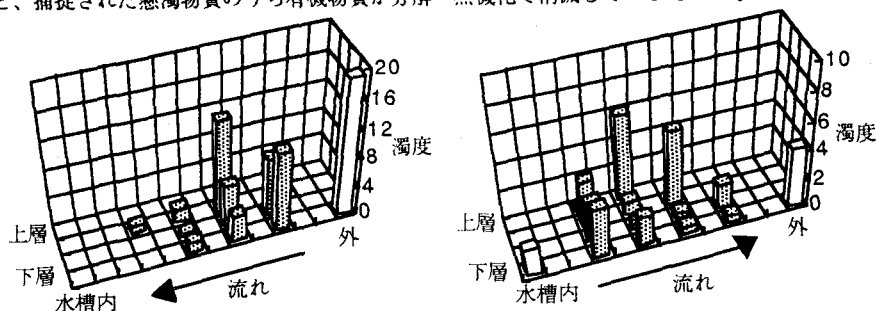


図4 礫堤中の濁度分布

有機物の好氣的分解や硝化は酸素を消費する反応である。したがって、これらの反応をより効率的に行わせるためには、好氣的な環境を保つことが重要である。実験装置の礫堤内部のDO分布の実測値を図5に示す。流れの方向にDOが減少しているが、下層部では途中でDOが枯渇するのに対し、上層部では比較的好氣的に保たれている様子が観察できる。ほぼ常に水中に浸っている下層に比べ、上層は大気に近く、また空气中に開放されている時間があるため、酸素の供給を受けることができる。

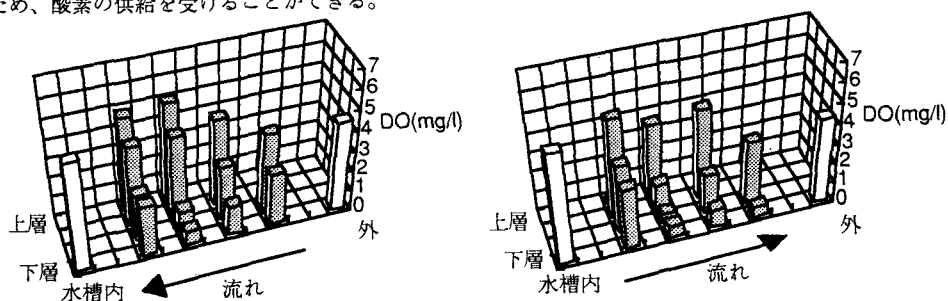


図5 礫堤中のDO分布

このようなDO分布に対して $\text{NH}_4\text{-N}$ の分布は、図6に示すように礫堤を通して流れる過程での減少傾向が明らかである。また、下層よりも上層での濃度が低く、硝化に対して下層よりも上層の方が有効であるものと推測される。

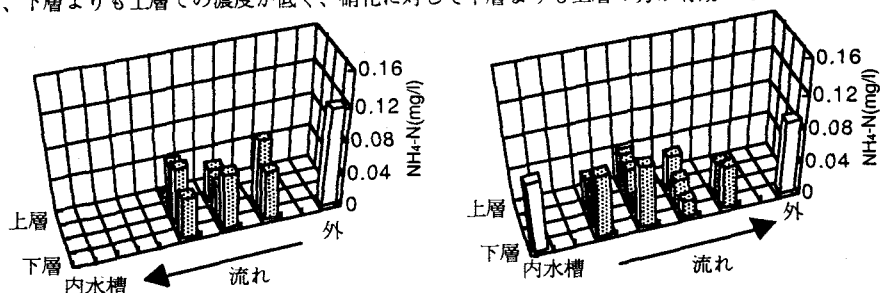


図6 礫堤中の $\text{NH}_4\text{-N}$ 分布

5. おわりに

今回は主としてDO消費を例として人工海浜の構造と浄化能の関係について検討した。今後は、さらに厳密な数値モデルを作り、様々な水質項目について人工海浜による浄化特性を検討していく予定である。現場実験は現在も続行中であり、特に懸濁物質の除去に関しては良好な結果を得ている。今後さらに工夫を重ね、より良い内湾の直接浄化システムを追求していきたい。