

# 閉鎖性海域の環境創生プロジェクト研究

## 浚渫土を利用した干潟・浅場の設計造成技術の開発Ⅱ

### 干潟における物質循環の把握

国分秀樹・奥村宏征

#### 目的

干潟の栄養レベルをコントロールすることにより、生物生産性の高い干潟を造成するという観点から、浚渫土の豊富な有機物を比較的貧栄養な干潟生態系への栄養供給材料として利用する干潟造成技術の開発を行ってきた。本研究では造成前後の基礎生産速度及び、干潟に流入・流出する2潮汐間の物質のフラックスについて整理した。

#### 方法

##### 1. 人工干潟及び天然前浜干潟の基礎生産速度の変化

浚渫土を30%の割合で混合した人工干潟及び隣接した比較的貧栄養な天然前浜干潟のDL+0.5mの地点に光を透過するアクリル製と光を透過しない塩化ビニル製の円筒形チャンパーを設置し、水中モーターで攪拌しながら、チャンパー内の溶存酸素量の変化を連続的に観測した。同時に現場海域の海水のみを同様に2種類の円筒形のチャンパーに入れ、定期的にチャンパー内の溶存酸素量を計測した。観測中の日射量については、光量子計により計測した。観測後、チャンパーを設置した底質中の底生生物の食性別個体数、湿重量を計測した。以上の観測を2005年1月より毎月晴天時に行った。

##### 2. 潮汐に伴う干潟流入・出水質変動の連続観測と物質のフラックスの検討

浚渫土を30%の割合で混合した人工干潟及び隣接した比較的貧栄養な天然前浜干潟について、それぞれ海水の出入り口を1カ所になるようにポリエチレン製のシートで囲い、そこから流入・流出する水質の経時的な変動を出入り口に設置した調査地点において2潮汐間、1時間ごとに観測した。また、人工干潟については底生生物の豊富なDL 0m~-1.5mを含む人工干潟全域と、前述の水深域を含まないDL 0m以浅域の2区画に分けてシートを設置した。観測は、夏と冬に行った。観測時は手こぎボートにてシート開口部へ接近し、多項目水質分析計を用いて、溶存酸素（以下DO）、塩分、濁度、pHの鉛直分布を観測した。また同時に内径3cmのホースを用いて、干潟底泥直上から、海水表面までの水柱を採取し、十分混合した後、分析試料とした。水温、水深、光量についてはメモリ式の観測機器を現場に設置して10分間隔で

測定した。採水したサンプルは、採水後現場で速やかに処理し、SS、クロロフィルa、TOC、DOC、TN、DTN、TP、DTP、DIN、DIPについて分析した。

#### 結果および考察

##### 1. 人工干潟及び天然前浜干潟の基礎生産速度の変化

暗条件のチャンパーについて、干潟底質に設置したものから海水のみのチャンパーの酸素消費速度を差し引くことで、干潟底質の酸素消費速度を算出し、通年の変化を図1に示した。水温の低い冬期では、天然と人工干潟の酸素消費速度に大きな差は見られないが、水温の上昇する5月から10月にかけて、人工干潟では酸素消費速度が急激に上昇し、特に8、9月では天然干潟の2倍以上に

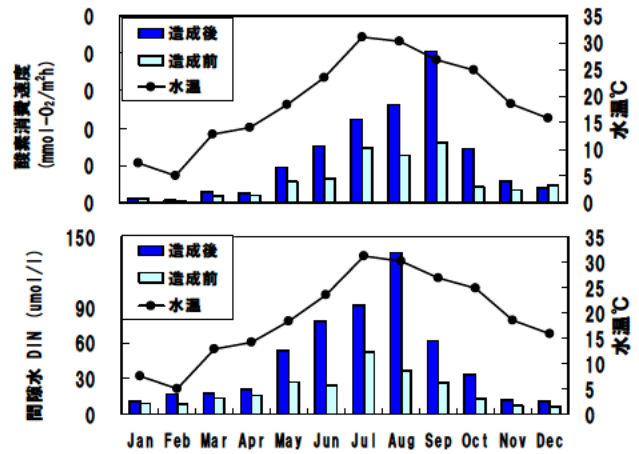


図1. 人工干潟と天然前浜干潟の a) 酸素消費速度と b) 間隙水中 DIN 濃度と水温の変化

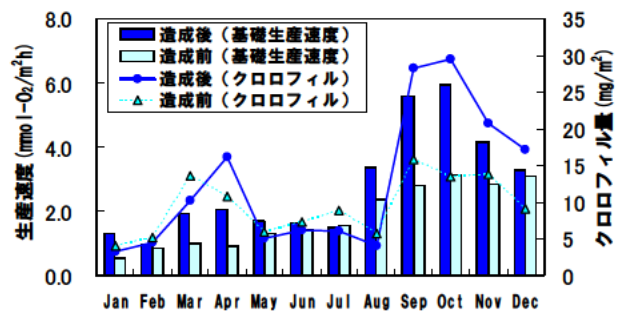


図2. 人工干潟と天然前浜干潟の基礎生産速度とクロロフィル量の変化

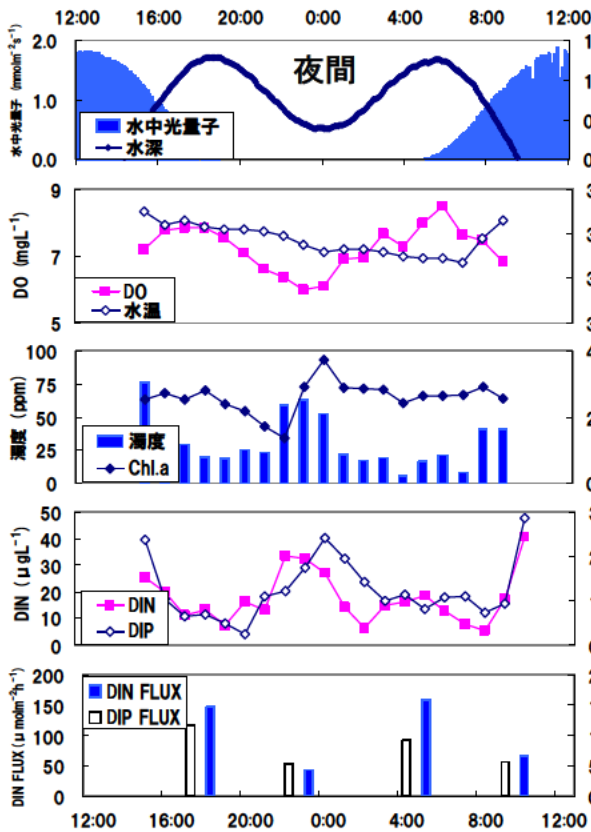


図3. 人工干潟における、下げ潮、上げ潮時の水質の変化(a) 光量子、水深、(b) DO、水温、(c) 濁度、Chla、(d) DIN、DIP、(e) 底泥直上水間 DIN、DIP フラックス

なった。これは、有機物含有量の高い浚渫土を混合した人工干潟では、水温の上昇と共に、底質中の有機物が好氣的環境下で分解促進されているためと考えられる。

明条件から暗条件の酸素消費速度を差し引くことにより、酸素生成速度を算出し、呼吸商を1とし、そこから各干潟底質の基礎生産速度を算出した。その基礎生産速度と各干潟底質のクロロフィル量の通年の変化を図2に示した。底質の基礎生産速度は水温の最も高い夏期は低く、水温の下がりをはじめた9月から11月にかけて最大値を示した。底質のクロロフィル量も同様に夏期は低く、秋期に最大値を示した。夏期の底質の生産速度の減少は、底生藻類等のベントスによる摂食と、高水温高日射量による底生藻類の生長阻害が考えられる。また、8月と11月では天然前浜干潟よりも人工干潟の方が高い基礎生産速度を示した。これは人工干潟底質中に含まれる豊富な有機物が好氣的条件で分解され、それを栄養として、底生藻類等の生産が行われていると考えられる。以上より、浚渫土を用いた人工干潟では底質に豊富に含まれる有機物が好氣的条件で分解促進され、続いて底生藻類やベントスが増加し、砂礫質の天然前浜干潟より豊富な生物相を形成することが特徴として明らかになった。

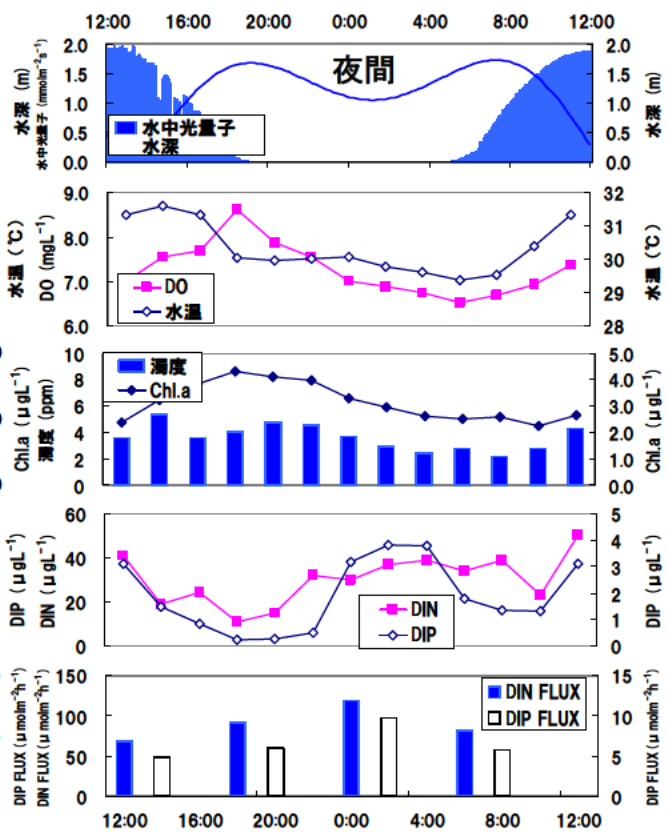


図4. 天然前浜干潟における、下げ潮、上げ潮時の水質の変化(a) 光量子、水深、(b) DO、水温、(c) 濁度、Chla、(d) DIN、DIP、(e) 底泥直上水間 DIN、DIP フラックス

## 2. 潮汐に伴う干潟流入出水質変動の連続観測と物質のフラックスの検討

各干潟に流入する水質の昼夜変動を把握するために夏期に行った人工干潟及び天然干潟の連続観測について、水中の光量子量、栄養塩濃度、クロロフィルa濃度、DO、水深、水温、濁度の変化を図3、図4に示した。DOは上げ潮時に上昇し満潮時に最大となり、下げ潮時に減少し干潮時に最小値となる潮汐と連動した周期的な変動を示した。これは沖合の高いDOの水が干潟に流入し、干潟場の低いDOの水が沖合へ流出していることを示す。つまり人工干潟上では、ベントス等の呼吸と人工干潟底質中に豊富に含まれる有機物がバクテリア等によって分解され、酸素消費が盛んに行われていることが考えられる。このことは上記のチャンパーを用いた干潟底泥の酸素消費速度の既往の報告とも一致し、バクテリアを含む底生生物の呼吸が1次生産を上回っていることを示している。また、クロロフィルa濃度は、特に夜間の下げ潮時に減少、夜間の上げ潮時に増加する傾向を示した。これらの結果から、上げ潮時に多量に植物プランクトンを含む海水が沖から流入し、干潟上のベントス等により摂食されて減少していることが推測できる。



表 1. 2 潮汐間の人工干潟における流入流出フラックス

観測場所	人工干潟		天然干潟 (造成前)
	(生物少)	(生物豊富)	
観測エリア	DL:0m以浅	DL:+1.5~-1.5m	DL:+1.5~-1.5m
ベントス重量	75.9	213.5	87.2
TN	44.4	-97.5	-29.2
DIN	15.4	110.0	20.3
PON	-52.2	-109.5	-31.1
TP	-8.4	5.0	-2.3
DIP	0.8	7.6	1.7
POP	-1.7	-7.7	-2.1
Chl.a	-23.1	-14.2	-1.0

無機栄養塩濃度は、上げ潮時に減少、下げ潮時に増加した。これは上げ潮時に沖側からの低濃度の水が流入することと、下げ潮時に干潟底泥から溶出した無機栄養塩によって高濃度になった水が流出することが原因であると考えられる。さらにこの傾向は DL の変化パターンとは逆位相になることから、ベントスやバクテリアの活動による流入懸濁物の無機化と、干潟底質中の有機物の分解による無機栄養塩の溶出が原因として考えられる。

干潟には海水がシートの開口部を經由して流入するものとし、上げ潮時と下げ潮時に流入する窒素、リン、クロロフィル a のフラックスを時間的に積分して底質と水塊間を移動する物質を求め、それを干潟面積と経過時間で除することで、各干潟の 2 潮汐間の流入流出フラックスを算出した (表 1)。負の値は干潟への吸収、正の値は干潟からの放出を表す。人工と天然干潟に共通する特徴として、懸濁有機物の窒素・リン・クロロフィル a は、常に人工干潟に吸収されているのに対して、溶存無機態の窒素・リンについては、常に人工干潟から放出される傾向であった。これは、光合成等により植物プランクトン等の懸濁態の有機物濃度の高くなった沖合の水が、上げ潮とともに人工干潟に流入し、懸濁物食者等の底生生物によって取り込まれることにより水中から除去されたと推測できる。また無機栄養塩については、干潟底質からの溶出速度や間隙水中の無機栄養塩の濃度が増加していることから (国分ら 2006)、底生生物からの排泄や人工干潟底質中に含まれる有機物の分解により、干潟から沖合へ放出されていることが考えられる。また上記の傾向は野村ら (2002) が千葉県盤洲干潟、矢持ら (2003) が大阪南港野鳥園で行った報告例とも一致した。

シートにより囲うエリアの異なる人工干潟について、各季節の 2 潮汐間の流入流出フラックスを算出した結果、すべての季節において人工干潟全域を囲ったエリアのフラックスの方が、人工干潟の DL 0m 以浅を囲ったエリアのフラックスよりも大きくなった。これは、国分ら (2003)、矢持ら (2003) の既往の報告により DL 0m~-1.5m で底生生物のバイオマスと種類数共に最大となることから、この水深帯を含む人工干潟全域の方が、流入出

する直上水に対する底生生物の影響が大きくなり、懸濁態有機物の摂餌による取り込みと溶存態無機栄養塩の排泄等による放出量が大きくなったためであると考えられる。これは、表 1 に示した各干潟の単位面積あたりの底生生物の量からも分かるように、底生生物量が多いほど、フラックスも大きくなっている。このように、場の生物量が増加するという事は、干潟の重要な物質循環機能の一つである、懸濁物質の分解除去機能の増進につながることを示唆され、底生生物は干潟の物質循環に大きく寄与することが明らかになった。

### 3. まとめ

本研究では、干潟底質をコントロールすることにより、生物生産性を向上させる技術を開発し、実際に造成した現場観測の結果より、物質循環機能について検討した。その結果、干潟底質に含まれた浚渫土中の豊富な有機物が、好気的条件下で分解が促進され、生成した栄養塩が、底生微細藻類等の 1 次生産に利用され、それが、マクロベントスのような底生生態系へとつながることが推察された。また、底生生物は干潟の物質循環にも大きく寄与しており、人工干潟の特性として、懸濁態有機物に対してシンクであり、溶存態無機栄養塩に対してはソースとして機能していることが明らかとなった。

このように干潟は、海域の物質循環に対して、水中の有機態懸濁物の分解無機化という大きな役割を果たしているといえる。英虞湾において、潮受け堤防建設等により 70% 以上の干潟が消失したことは、英虞湾内の物質循環が著しく停滞することを示す。つまり、上で示した裕樹懸濁物質の無機化機能が低下することにより、植物プランクトンやデトライタス等の海底への沈降量の増大や底質の富栄養化を引き起こし、貧酸素水塊の発生へとつながり、さらには沖合での赤潮の発生を助長することになるといえる。このように干潟の減少は、環境悪化の悪循環への引き金となると考えられる。

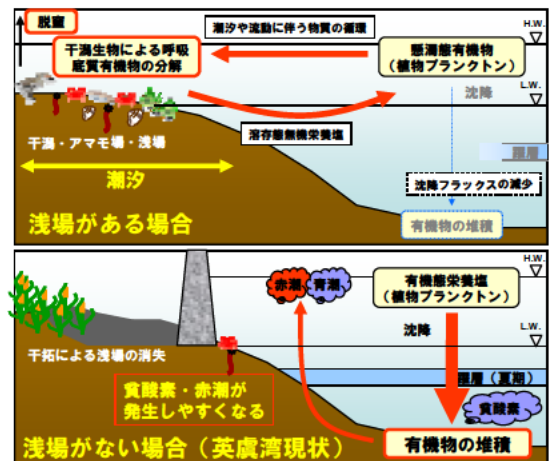


図 5. 干潟の減少が海域環境へ与える影響 (概念図)