

閉鎖性海域の環境創生プロジェクト研究事業 浚渫土を利用した干潟・浅場の設計造成技術の開発 I

浚渫土を用いた人工干潟の環境への影響調査・英虞湾内における天然干潟の調査

国分秀樹・奥村宏征

目的

昨年度までの研究成果として、干潟生態系に最適な底質の有機物量と粒度、地盤高条件を明らかにし、干潟造成材に浚渫ヘドロを利用する際の混合率の設定方法を取りまとめた。(上野ら2001, 2002, 国分ら2003, 2004) 今後、浚渫ヘドロを用いた人工干潟を事業化へ展開する際には、人工干潟の特性を詳細に把握し、環境への効果を適切に評価する必要がある。本論文では、造成干潟域の周囲をシートで囲うことにより、そこに流入・流出する水質の変化について2潮汐間にわたり定量的に連続観測し、人工干潟の特性および干潟に流入出する物質のフラックスについて検討したので報告する。

方法

干潟造成は2004年3月に三重県英虞湾立神浦において行った(片倉ら2004)。面積は3000m²、地盤高がDL+1.2m～0.8mのエリアで勾配は1/25、底質は表層から1mの深さまでCODが5.6mg/g dry, 粘土・シルト含有量が39.2%に設定しており、河川等の流入がない前浜泥質干潟である。本人工干潟は実験開始時に造成後約1年半経過しており、生息するマクロベントスの個体数、種類数とともに造成前の干潟の3倍以上に増加し、底生生物相も安定した干潟である。人工干潟造成場所の地形図を図-1に示した。

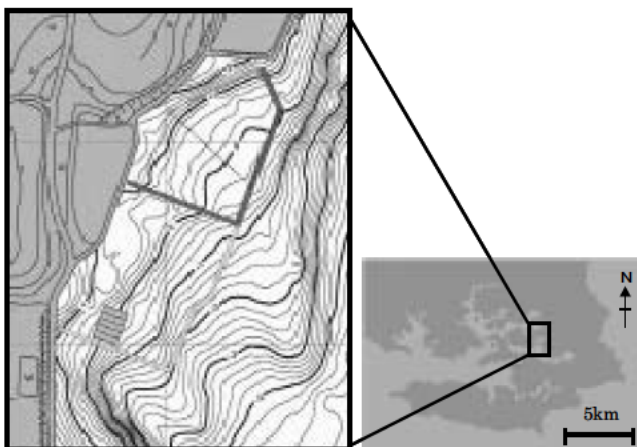


図-1 人工干潟造成場所と調査エリア

上記人工干潟について、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、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。観測は、夏(2005年7月21～22日, 2005年8月4～5日)、秋(2005年10月13～14日, 2005年11月2～3日)、冬(2006年1月26～27日, 2006年2月16～17日)の各季節にそれぞれ2回ずつ行った。各観測は大潮の晴天時に行った。それぞれの調査地点を図-2に示した。観測時は手こぎボートにてシート開口部へ接近し、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。採水後現場で速やかに濾過し、冷蔵保存した後、SS、クロロフィルa(吸光法)、TOC, DOC, TN, DTN(島津製: TOC VCPH), TP, DTP, DIN, DIP(BRAN LUEBBE社製: TRAACS2000)について分析した。

人工干潟底泥からの無機栄養塩の収支を把握するために、水質観測と併せて内径88mm、長さ30cmの亚克力コアを図-2に示したようにDL+0.5mとDL 0.5mの地点に深さ15cmまで各4本設置し、最大潮位で設置、最低潮位で回収した下げ潮時と、最低潮位で設置、最高潮位で回収した上げ潮時にそれぞれ現場で培養した。培養開始時にはコア周辺の海水を採取しサンプルとした。培養後は直上水を底泥の巻き上げのないように採取し、均一に混合した後、サンプルとした。採取したサンプルは速やかに濾過した後、冷蔵保存し、無機栄養塩(DIN, DIP)を分析した。開始時と培養終了後の直上水濃度の差から、底泥からの無機栄養塩(DIN, DIP)の溶出速度を算出した。また最大満潮時と最低干潮時にコア設置場所付近の干潟底質の柱状採泥を行い、表層より1cmを切り取り、速やかに実験室に持ち帰り、遠心分離器(2500rpm, 20min)により間隙水を分離し、濾過後間隙水中の無機栄養塩(DIN, DIP)を分析した。

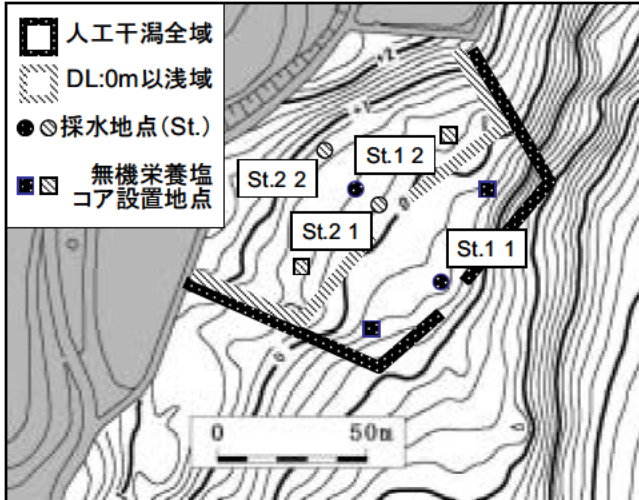


図-2 連続観測調査地点図

結果・考察

(1) 水質の時系列変化

人工干潟に流入出する水質の昼夜変動を把握するために2005年7月21日から22日の夏期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、濁度の変化を調べた(図-3(a), (b), (c), (d), 観測中は朝と夕方に満潮、昼と夜中に干潮となる潮汐パターンであった。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。このことは国分ら(2006)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次生産速度を上回っていることを示している。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。

無機栄養塩濃度(DIN, DIP)の変動は、上げ潮時に減少し、下げ潮時に増加する傾向であった。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DO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。

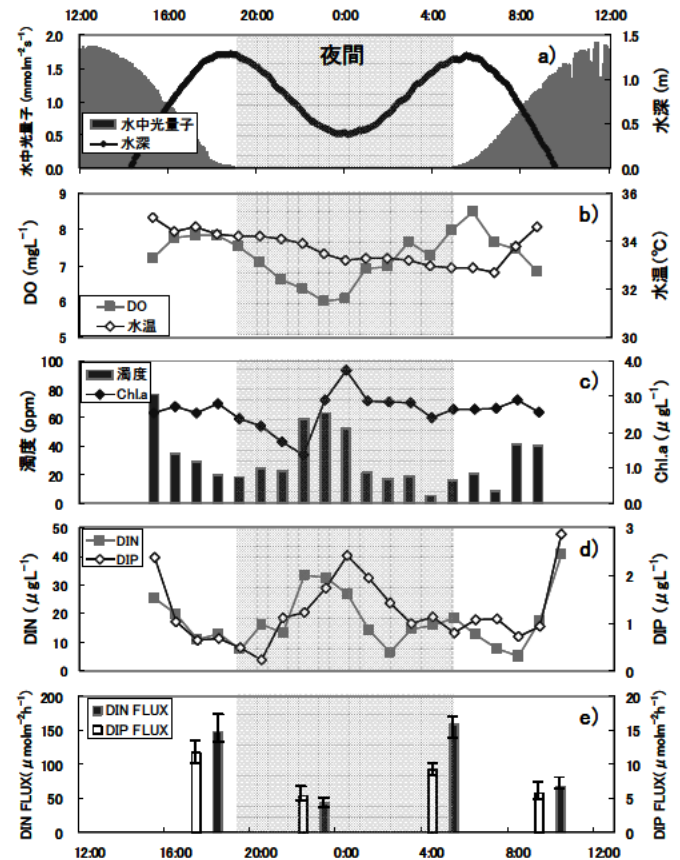


図-3 人工干潟(St. 2 1)における、下げ潮、上げ潮時の水質の変化(a)光量子、水深、(b)DO、水温、(c)濁度、Chl a、(d)DIN、DIP、(e)底泥直上水間DIN、DIPフラックス(2005年7月21日)

(2) 人工干潟に流入出する物質のフラックスの算定

人工干潟には海水の出入り口となる図-2中のSt. 1 1, St. 2 1を経由して流入出するものとし、連続的に観測した水質データを用いて、上げ潮時と下げ潮時に流入出する窒素、リン、クロロフィルaのフラックスを時間的に積分して物質量を求め、それを干潟面積と経過時間で除することで、各季節の2潮汐間の流入出フラックスを算出した(表-2)。負の値は干潟への吸収、正の値は干潟からの放出を意味する。各季節に共通する特徴として、懸濁有機態の窒素・リン・クロロフィルaについては、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、前述した溶出速度や間隙水中の無機栄養塩の濃度変化からもわかるように、底生生物からの排泄や人工干潟底質中

に豊富に含まれる有機物のバクテリア等による分解により、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）が千葉県盤洲干潟で行った既往の報告例とも一致した。しかしフラックスの値は、盤洲干潟の3分の1程度であった。これは、盤洲干潟がアサリ等の 枚貝類のような懸濁物食性の底生生物が卓越しているのに対し、本人工干潟では、懸濁物食性生物は優占種ではなく、盤洲干潟と比べて、甲殻類や腹足類のような表層堆積物食性生物の割合が多いことが一つの原因であると考えられる。

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）、高山ら（2004）、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解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。このように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。

表-1 人工干潟底泥から直上水への無機栄養塩溶出速度と底泥間隙水の無機栄養塩濃度

		溶出速度 ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{h}$)				間隙水濃度 ($\mu\text{mol}/\text{L}$)				
		昼間		夜間		昼間		夜間		
		DIN	DIP	DIN	DIP	DIN	DIP	DIN	DIP	
21. JUL	上げ潮	147	11.7	158	9.12	干潮時	102	1.53	222	2.44
	下げ潮	67.1	5.70	43.1	5.36	満潮時	45.4	1.41	51.4	1.55
05. AUG	上げ潮	108	5.36	118	3.24	干潮時	70.2	0.54	113	1.53
	下げ潮	39.3	1.23	78.8	2.18	満潮時	48.9	0.61	56.5	0.53
13. OCT	上げ潮	54.9	7.37	73.5	7.85	干潮時	20.4	0.42	65.3	0.66
	下げ潮	23.1	0.86	31.8	2.14	満潮時	12.4	0.25	18.4	0.26
02. NOV	上げ潮	38.9	3.89	43.1	3.64	干潮時	48.1	0.93	91.6	0.94
	下げ潮	8.44	1.89	13.7	1.79	満潮時	17.9	0.25	32.3	0.41
26. JAN	上げ潮	31.8	3.29	43.1	3.39	干潮時			12.3	0.43
	下げ潮			19.8	1.67	満潮時	9.79	0.33	11.4	0.31
16. FEB	上げ潮	15.2	1.19	43.1	3.39	干潮時	15.7	0.37	21.5	0.42
	下げ潮			19.8	1.67	満潮時			7.33	0.35

表-2 2潮汐間の人工干潟における流入流出フラックス（負の値は干潟への吸収）

観測日	計算時間	TN	DIN	PON	TP	PO4 P	POP	Chl.a	
21.JUL	15:00 09:00	44.4	15.4	52.2	8.44	0.83	1.67	12.4	DL:0m以浅
04.AUG	13:00 10:00	97.5	110	109	4.95	7.62	7.67	23.1	人工干潟全体
13.OCT	15:00 09:00	55.0	13.8	39.4	2.00	1.44	2.72	10.3	DL:0m以浅
02.NOV	13:00 10:00	60.9	30.9	107	4.71	6.14	4.81	14.2	人工干潟全体
26.JAN	11:00 09:00	38.2	3.41	27.2	0.18	0.55	0.82	2.36	DL:0m以浅
16.FEB	11:00 05:00	69.3	5.83	41.3	1.50	1.39	5.78	5.67	人工干潟全体

単位：Chl.a： $\text{mgm}^{-2}\text{h}^{-1}$ ，それ以外： $\mu\text{molm}^{-2}\text{h}^{-1}$ 。