

# 閉鎖性海域の環境創生プロジェクト研究

## 底泥と直上水との間の物質循環の解明

清水康弘

### 目的

浅海域の底泥表面付近（以下、海底境界層）において、水中から沈降する懸濁態の有機物は、微生物などによる分解を受けながら海底に一旦沈殿した後、再懸濁、沈降、沈殿を繰り返して難分解性の有機物となり、無機物とともに底泥として堆積していると考えられる。

真珠養殖業が盛んな英虞湾では、近年、湾奥部の底質の悪化が問題となっている。その原因の1つとして、海底境界層において分解量を上回る懸濁態有機物の沈降があり、これが十分に分解されないまま堆積しているためと考えられる。そこで英虞湾の湾奥部の海底境界層での物質移動状況を明らかにするため、炭素、窒素、リン関連物質を対象として、沈降物量調査および溶出量調査を行った。

### 1. 沈降物調査

#### 方法

英虞湾の湾奥部の海底境界層における炭素、窒素、リン関連物質の沈降状況を明らかにするため、昨年度に引き続き、立神測点（図1）において平成18年4月～平成19年3月に調査を実施した。調査項目および調査方法を表1に示す。なお、セディメントトラップの垂下層は、底泥から巻き上がる再懸濁物質をできるだけ採集しないよう、夏季に英虞湾で水温躍層が形成され易い水深3～4m層下部の水深5m層とした。

表1 調査項目および調査方法

調査項目	方法
沈降物量(乾燥重量)	門谷式セディメントトラップを水深5m層に垂下し、24時間後に回収して沈降物を採集し、GF/F濾過、乾燥(60°C、24時間)処理後、重量を測定した
沈降物のTOC、TN	塩酸処理後、元素分析装置(EA1110, ThermoQuest Italia)により測定
TP	過硫酸カリで分解後、自動栄養塩分析装置(ブラザーベ社、TRAACS2000)により測定
セディメントトラップ設置時の環境条件(水温、塩分、DO、Chl.a、濁度:水深5m層)	英虞湾モニタリングシステム(三重県産業支援センター)の高奥測点のデータを使用(塩分:水深1m層)

### 結果および考察

調査結果は表2に示すとおりで、昨年度の調査結果も併せて記載した。沈降物の全粒子束は0.9～9.9 g/m<sup>2</sup>/dayの範囲で推移しており、季節的に大きく変動していた。設置時の環境条件との関係は、水温と強い正の相関が認められた( $r^2=0.66$ , 2007/3/7のデータを除く)が、他の環境条件(塩分、DO、Chl.a、濁度)との強い相関は認められなかった。このことから、立神測点における全粒子束は、河川からの有機懸濁物の流入や植物プランクトンの影響をあまり受けていないと思われた。また全粒子束中のTOC、TN、TPの各沈降フラックスは、TOC 88.2～657.4(平均値318.4) mgC/m<sup>2</sup>/day、TN 13.1～111.8(平均値53.0) mgN/m<sup>2</sup>/day、TP 2.6～22.1(平均値11.8) mgP/m<sup>2</sup>/dayの範囲で推移しており、それぞれ全粒子束との相関関係は認められなかった。C:N:Pのモル比の平均は、68.9:9.7:1でレッドフィールド比(106:16:1)よりリンの占める割合が大きかった。

(英虞湾全体図)

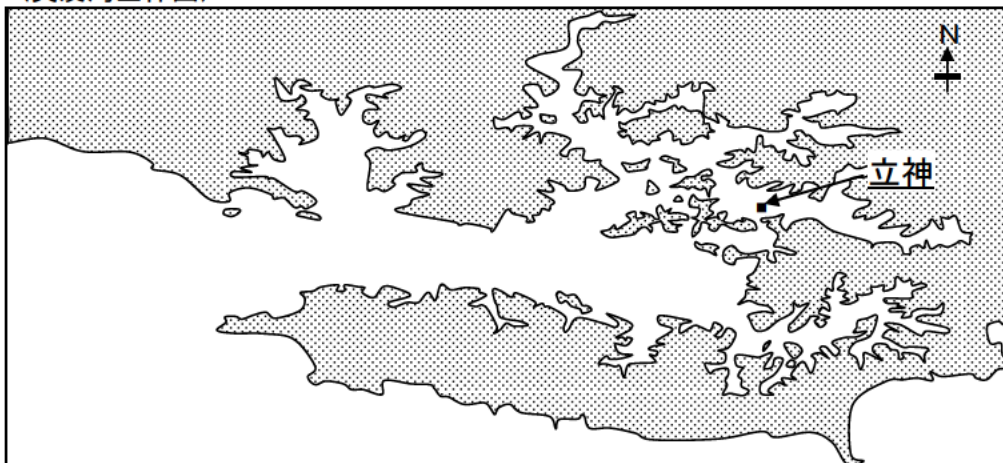


図1 調査海域および調査地点

またC/N比の変動幅は6.1~7.9と比較的安定していたのに対し、N/P比は6.3~13.5、C/P比は48.0~91.3と変動が大きく、リンは炭素、窒素とは異なる動きを示していた。これは、リンが沈降中に優先的に分解されるか、あるいはリン組成の異なる懸濁態有機物の影響と考えられる。ここで、真珠養殖で使用されるアコヤガイの固形排泄物(糞)のC/N/P組成として、43.5:8.1:1の報告(渥美 2006)がある。この値から、アコヤガイの糞は植物プランクトンと比べてリンの含まれる割合が大きく、本調査で得られた調査結果に近い値を示している。以上の結果から、立神測点における沈降物は、陸上からの有機懸濁物、および植物プランクトンの影響をあまり受けておらず、アコヤガイの糞の影響を強く受けていることが示唆された。

## 2. 底泥表面におけるC/N/P関連物質の溶出量調査方法

海底境界層におけるC/N/P物質の溶出状況を明らかにするため、昨年度に引き続き英虞湾の立神測点において平成18年4月~平成19年3月に調査を実施した。調査は、潜水作業によりアクリルコア(11cm)で採泥を行い、採取した底泥を直ちに実験室内に持ち帰った後、現場の底-1m層と同じ水温に設定した培養槽で培養した。培養は底泥表面が攪乱しないように、上蓋に取り付けたスタラーで攪拌(流速約2cm/秒)しながら密閉、暗条件で24時間行った。底泥直上水(以下、直上水)のサンプリングは、培養開始時と24時間後に行い、直上水のC/N/P関連物質(DOC, DTN, DTP, DIN, DIP)濃度を測定し、その濃度変化から溶出速度を求めた。

### 結果および考察

直上水へのC/N/P関連物質の溶出フラックスの測定結果を表3に示す(同じ方法にて調査した昨年度の結果も

併せて示す)。溶出速度はDOC -95.5~380.1(平均値20.9)mgC/m<sup>2</sup>/day, DTN -17.4~54.2(平均14.6)mgN/m<sup>2</sup>/day, DTP -3.0~21.2(平均4.3)mgP/m<sup>2</sup>/dayとなっていた(マイナスは消費されていた事を示す)。季節変化として、各溶出フラックスとも11月から2月頃の冬季に低く、7月から10月頃の夏季、秋季に高い傾向がみられた。また窒素の全フラックスのほとんどはアンモニア態窒素の形態で溶出し、リンの全フラックスはリン酸態リンの形態で溶出していると考えられた。各溶出フラックスと環境条件の関係では、炭素は環境条件(水温、塩分、DO, Chl.a, 濁度)とほとんど相関は認められなかったが、窒素、リンにおいては水温と弱い正の相関(窒素 $r^2=0.22$ , リン $r^2=0.23$ ), DOと弱い負の相関(窒素 $r^2=0.24$ , リン $r^2=0.23$ )が認められた。このことから、窒素、リンの溶出には水温の上昇とDOの低下が影響していることが示唆された。立神測点における沈降物調査結果と溶出量調査結果から、同じ調査日(一部ずれあり)における沈降TOCと溶出DOC, 沈降物のTNと溶出のDTN, 沈降物のTPと溶出DTPの各フラックスの関係を求めた(表4, 図2)。この結果から、炭素は沈降フラックスと溶出フラックスの関係が認められなかったのに対し、窒素は強い正の相関( $r^2=0.90$ )が認められ、リンにおいても強い正の相関( $r^2=0.46$ )が認められた。このことから、炭素は沈降量と溶出量にはあまり関係がなく、窒素、リンは沈降量が多い時期に溶出量も多くなっており、沈降物中の窒素、リンは炭素に比べて分解速度が高く、沈降中、沈降後にすみやかに水中へ回帰していると考えられた。

### 参考文献

渥美貴史・増田健(2006):平成17年度三重県科学技術振興センター水産研究部事業報告

表2 沈降物量調査結果(前年度の調査結果を含む)

調査年月日	全粒子束 g/m <sup>2</sup> /day	TOC mg/m <sup>2</sup> /day	TN mg/m <sup>2</sup> /day	TP mg/m <sup>2</sup> /day	モル比			環境条件(塩分は水深1m層,他は5m層)				
					C	N	P	水温	塩分	DO mg/L	Chl.a μg/L	濁度 mg/L
2005/5/19	2.1	-	-	6.5	-	-	-	18.4	33.1	6.2	2.4	0.7
2005/7/7	6.8	555.2	82.0	22.1	64.9	8.2	1	22.6	30.8	2.8	0.9	0.5
2005/9/21	5.1	480.8	83.6	20.8	59.8	8.9	1	24.9	32.9	4.4	4.7	0.8
2005/12/14	1.3	88.2	13.1	2.7	83.9	10.7	1	9.9	33.6	8.7	1.0	0.2
2006/1/17	3.0	317.2	60.9	10.0	81.9	13.5	1	9.3	34.3	9.7	1.5	0.2
2006/4/7	1.5	256.4	45.5	11.9	55.8	8.5	1	8.7	32.9	8.7	0.9	0.3
2006/5/29	4.9	201.2	32.3	9.9	52.5	7.2	1	17.3	31.8	4.5	1.1	0.3
2006/8/16	5.0	657.4	111.8	20.7	82.0	11.9	1	25.0	31.1	1.3	1.9	1.2
2006/10/26	3.6	218.3	33.2	11.8	48.0	6.3	1	19.9	32.4	6.4	1.4	0.8
2007/1/17	0.9	91.0	14.5	2.6	91.3	12.5	1	10.5	33.2	9.0	2.2	0.5
2007/3/7	9.9	-	-	10.4	-	-	-	15.2	34.6	7.6	0.6	0.7
平均値	4.0	318.4	53.0	11.8	68.9	9.7	1	16.5	32.8	6.3	1.7	0.6

表3 立神浦におけるCNP関連物質の溶出速度と観測データ(底-1m層)

調査日	NO <sub>3</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	NPO <sub>4</sub> -P	DOC	DTN	DTP	水温	塩分	DO	Chl.a	濁度
	mg/m <sup>3</sup> /day	mg/m <sup>3</sup> /day	mg/m <sup>3</sup> /day	mg/m <sup>3</sup> /day	mg/m <sup>3</sup> /day	mg/m <sup>3</sup> /day	mg/m <sup>3</sup> /day	°C		mg/L	μg/L	mg/L
2005/5/19	-0.3	0.0	28.5	2.1	-95.5	-17.4	1.7	18.4	34.1	6.2	2.4	0.7
2005/7/7	-0.3	-0.1	34.8	3.3	380.1	48.5	3.4	22.6	34.0	2.8	0.9	0.5
2005/8/2	-1.4	-2.9	13.1	5.9	—	—	-3.0	22.5	34.1	3.0	23.0	1.7
2005/9/21	-1.4	-0.9	22.4	7.3	-13.7	28.1	12.2	24.9	33.4	4.4	4.7	0.8
2005/10/20	-0.1	-0.2	10.0	4.1	36.5	15.5	4.2	22.0	33.1	6.6	3.6	1.3
2005/12/14	0.0	-0.1	-0.3	-0.4	-24.7	-1.6	-0.6	9.9	33.6	8.7	1.0	0.2
2006/1/17	-0.6	-0.1	-0.4	-0.1	-2.3	15.4	-0.1	9.3	34.3	9.7	1.5	0.2
2006/2/7	-1.7	0.0	0.6	-0.2	2.0	7.8	-0.1	9.4	34.3	9.1	0.7	0.1
2006/4/20	-3.4	0.3	46.2	10.1	-13.7	16.0	11.3	13.7	33.7	8.2	2.1	0.4
2006/5/29	-1.3	-0.2	13.4	3.0	2.5	7.3	4.2	17.3	33.3	4.5	1.1	0.3
2006/7/13	-2.6	-3.2	23.1	7.2	-3.0	12.9	8.2	19.5	33.5	2.2	1.7	0.8
2006/9/7	-2.1	-5.7	169.7	22.0	33.0	54.2	21.2	25.0	32.6	1.3	1.9	1.2
2006/11/9	0.3	0.2	7.1	1.1	4.2	10.1	1.3	19.9	33.1	6.4	1.4	0.8
2007/1/17	0.0	0.0	-0.4	0.1	17.7	-1.3	0.0	10.5	33.6	9.0	2.2	0.5
2007/3/7	0.0	0.3	1.4	0.0	-30.7	9.4	0.0	15.2	34.7	7.6	0.6	0.7
平均値	-1.0	-0.8	24.6	4.4	20.9	14.6	4.3	17.3	33.7	6.0	3.3	0.7

表4 沈降物調査結果と溶出量調査結果の対比

単位:mg/m<sup>2</sup>/day

沈降フラックス			溶出フラックス				
調査年月日	TOC	TN	TP	調査年月日	DOC	DTN	DTP
2005/5/19	—	—	6.5	2005/5/19	-95.5	-17.4	1.7
2005/7/7	555.2	82.0	22.1	2005/7/7	380.1	48.5	3.4
2005/9/21	480.8	83.6	20.8	2005/9/21	-13.7	28.1	12.2
2005/12/14	88.2	13.1	2.7	2005/12/14	-24.7	-1.6	-0.6
2006/1/17	317.2	60.9	10.0	2006/1/17	-2.3	15.4	-0.1
2006/4/7	256.4	45.5	11.9	2006/4/20	-13.7	16.0	11.3
2006/5/29	201.2	32.3	9.9	2006/5/29	2.5	7.3	4.2
2006/8/16	657.4	111.8	20.7	2006/9/7	33.0	54.2	21.2
2006/10/26	218.3	33.2	11.8	2006/11/9	4.2	10.1	1.3
2007/1/17	91.0	14.5	2.6	2007/1/17	17.7	-1.3	—
2007/3/7	—	—	10.4	2007/3/7	-30.7	9.4	0.1

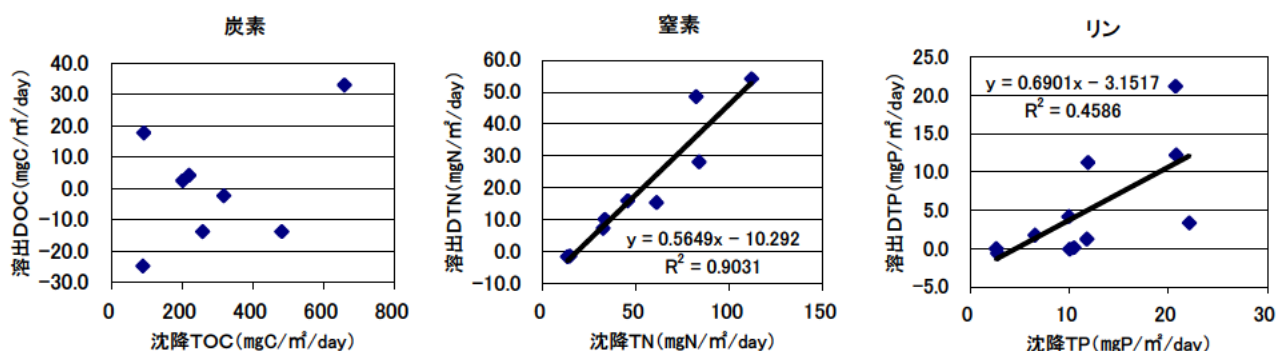


図2 CNP物質の沈降フラックスと溶出フラックスの関係