

付着生物による海水浄化の研究

A Study on Purification of Seawater by means of Accretive Plants

赤井一昭*、上田伸三**、馬家海***、馬野史朗****、船野久雄*****

Kazuaki.Akai,Sinzou.Ueda,Ma Ja-Hai,Sirou.Umamo and Hisao.Funeno

A region of "UTSURO of the sea (An area of the sea surrounded by porous body of dikes)" was constructed in a polluted area of the sea in order to purify seawater by means of accretive plants which grow in the hollow. We have investigated the effect of that experiment and the results are reported.

The results of an experiment on removing oils by the agency of contact oxidation among pieces of the gravel are also reported.

Keywords:Accretive Plants, Purification of Seawater

1. はじめに

海水の浄化には付着生物の役割が大きい。 当研究は土木学会関西支部の「付着生物による海水浄化の共同研究」として進めてきたものである。

潮位変化のある水域を堤体構造で囲はれた囲繞水域を総称して「海洋の空」と言う。

多空隙を有する砕波堤が水の浄化に大変有効であり、浄化しようとする水域を、この様な堤体構造で囲うことにより、囲はれた水域の「内」「外」の水がきれいになる。

、平成元年9月より、大阪湾の埋め立て地に、多空隙の有る人工環礁「海洋の空」を設置して付着生物による海水浄化の実験、観察を行ってきたものである。

又、付着生物によるオイルの浄化効果を明らかにするために、昨年に引続き実験を継続した。

2. 「海洋の空」による付着生物の海水浄化

大阪湾の閉鎖性海域に汚濁河川が流入して、閉鎖性汚濁海域（どぶの海域）となり、水質汚濁と悪臭のため地元より苦情が絶えなかった。

この為、1989年9月に付着生物による海水浄化を計るため、閉鎖性海域の湾奥に図-1の様な、断面図-2

図-1 平面図

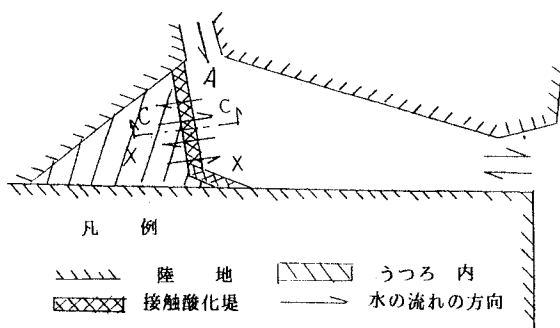
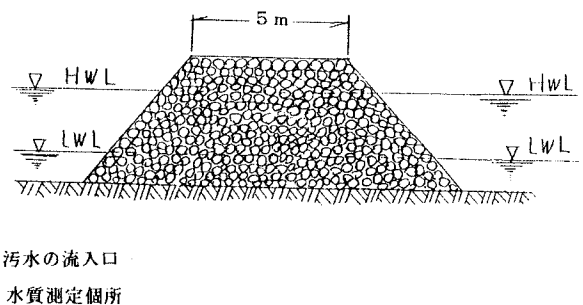


図-2 接触酸化堤の断面図 (C-C断面)



の様な、天巾5m、延長約150m、堤体材料径約15cm程度の雑石で約7,500m²の人工環礁「海洋の空」以下「うつろ」と言う、を設置して、海水の浄化の測定及び観察を進めてきたものである。

2-(1)、付着生物

閉鎖性汚濁海域に図-1、図-2の様な、うつろを89年9月に設置したが、約2年間は大型の生物らしき生物が生息しなかったが、91年7月よりふじつぼが付きしはじめ、現在では写真-1のような、付着生物が水面下の堤体に付着すると同時に「うつろ」内の水もきれいになった。

* 正会員 大阪府土木技術事務所(〒593 堺市鳳なかまち8-256)

** 正会員 摂南大学, ***上海水産大学, ****正会員 泉南市, *****大阪府樽井漁業組合

表-1は、堤体の内側と、外側に付着した生物を調査し、分類したものである。

表-1 うつろの堤体内、外に付着した生物

外 側	内 側
藍藻類	藍藻類
<i>Oscillatoria tenuis</i>	<i>Oscillatoria tenuis</i>
<i>Oscillatoria profunda</i>	<i>Oscillatoria profunda</i>
<i>Synechocystis</i> sp.	<i>Oscillatoria curviceps</i>
<i>Chroococcus limneticum</i>	<i>Oscillatoria chlorina</i>
<i>Phormidium ambiguum</i>	<i>Synechocystis</i> sp.
<i>Lyngbya</i> sp.	<i>Chroococcus limneticum</i>
<i>Anabaena</i> sp.	珪藻類
珪藻類	<i>Cyclotella</i> sp.
<i>Cyclotella bodanica</i>	<i>Cyclotella bodanica</i>
<i>Melosira nummuloides</i>	<i>Melosira nummuloides</i>
<i>Melosira</i> sp.	<i>Melosira</i> sp.
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Skeletonema costatum</i>
<i>Stephanopyxis</i> sp.	<i>Skeletonema</i> sp.
<i>Stephanopyxis nipponica</i>	<i>Stephanopyxis nipponica</i>
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	<i>Stephanopyxis</i> sp.
<i>Gyrosigma</i> sp.	<i>Gyrosigma acuminatum</i>
<i>Navicula</i> sp.	<i>Gyrosigma</i> sp.
<i>Navicula salinarum</i>	<i>Navicula salinarum</i>
<i>Achnanthes brevipes</i>	<i>Navicula</i> sp.
<i>Pleurosigma</i> sp.	<i>Striatella</i> sp.
<i>Cocconeis scutellum</i>	<i>Achnanthes brevipes</i>
<i>Synedra tabulata</i>	<i>Pleurosigma</i> sp.
<i>Synedra</i> sp.	<i>Cocconeis scutellum</i>
<i>Amphora ostrearia</i>	<i>Synedra tabulata</i>
<i>Coscinodiscus</i> sp.	<i>Synedra</i> sp.
<i>Thalassiosira</i> sp.	<i>Biddulphia obtusa</i>
緑藻類	<i>Fragilaria</i> sp.
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	<i>Amphora ostrearia</i>
<i>Scenedesmus</i> sp.	<i>Coscinodiscus</i> sp.
<i>Pediastrum biwaense</i>	<i>Thalassiosira</i> sp.
<i>Chlorella</i> sp.	緑藻類
<i>Ulva pertusa</i> (大型)	<i>Scenedesmus quadricauda</i>
<i>Enteromorpha</i> sp. (大型)	<i>Pediastrum biwaense</i>
<i>Cladophora</i> sp. (大型)	<i>Chlorella</i> sp.
<i>Chaetomorpha</i> sp. (大型)	<i>Ulva pertusa</i> (大型)
原生動物	<i>Enteromorpha</i> sp. (大型)
<i>Nassula</i> sp.	原生動物
<i>Amphorella quadrilineata</i>	<i>Nassula</i> sp.
<i>Plagiophylla</i> sp.	<i>Amphorella quadrilineata</i>
袋形動物	袋形動物
nematoda 線虫	nematoda 線虫
軟体動物	軟体動物
<i>Crassostrea gigas</i> (大型)	<i>Crassostrea gigas</i> (大型)
節足動物	節足動物
<i>Oncaea</i> sp.	<i>Cyclops</i> sp.
<i>Mesocyclops</i> sp.	<i>Microsetella</i> sp.
<i>Cyclops</i> sp.	擬足類のnauplius期幼生
擬足類のnauplius期幼生	<i>Balanus amphitrite</i> (大型)
<i>Balanus amphitrite</i> (大型)	カニ類のnauplius期幼生
カニ類のnauplius期幼生	

写真-1 堤体の石に付着した付着生物（外側）



写真-2 藍藻類

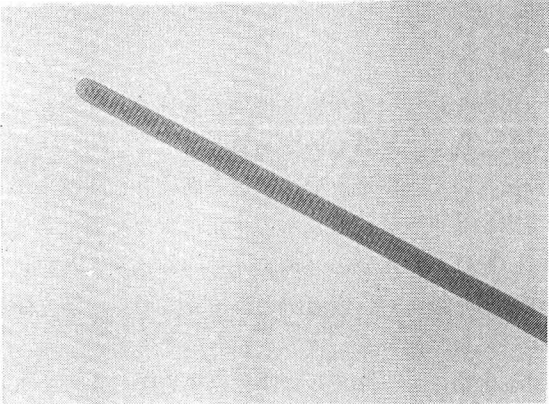


写真-3 珪藻類

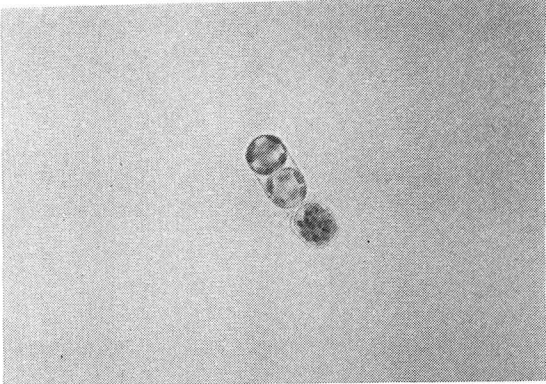


写真-4 線虫



写真-2～4は付着微細生物の電子顕微鏡による拡大写真

2-(2) 「うつろ」内、外の水質

「うつろ」内、外の水質指標の変化は図-3の通りである。

図-3 「うつろ」内、外の水質指標の変化

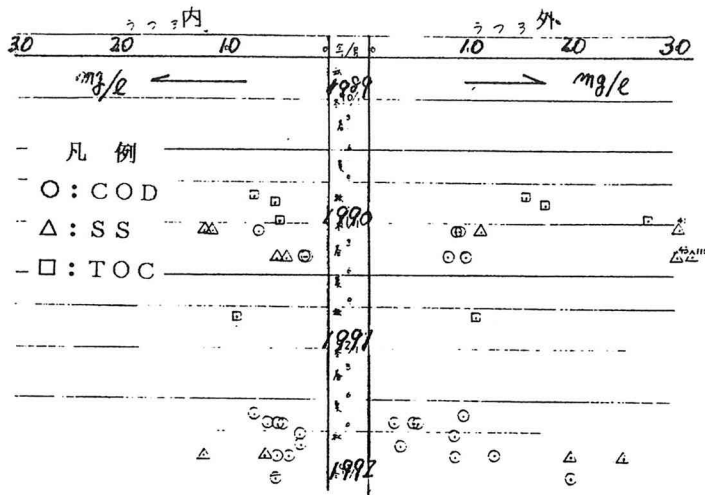


表-2 うつろ内、外のDO

測定日	うつろ内 mg/l	うつろ外 mg/l
1990.1.30	9.6 (6.8)	5.3 (6.2)
1990.2.3	7.0 (7.0)	3.2 (7.4)
1991.11.19	7.6 (4.5)	5.0 (4.8)
1992.3.30	9.6 (6.3)	5.9 (4.0)
平均値	8.45 (6.15)	4.85 (5.6)
総平均	7.3	5.2

註 () 内は満潮時

2-(3) 底質の浄化

ヘドロに空気を吹き込むことによって酸化され土となる。

「うつろ」内、外の溶存酸素 (DO) は表-2のようにうつろ内は高く引き潮時には飽和に近くなっている。したがって、真っ黒であった海底の土砂が茶褐色の海底に変わった。

写真-5は真っ黒であった海底の内部まで茶褐色に酸化された状態を表している。。

更に、画期的な現象として、うつろを構成することによって図-1の海底に堆積していたヘドロが約3年間の間になくなって写真-6のように海底の石が露出するようになった。

写真-5 酸化された底質土砂



写真-6 ヘドロがなくなり海底の石が露出した状態



2-(4) うつろの生態

図-1のようなうつろを構成するまでは、生物らしい生物が生息していなかったが、うつろ内の水がきれいになり、海底の土砂が茶褐色となり始めると、うつろ内の水域に、ごかい、蟹、海老、はで等の小魚が生息するようになった。

写真-7 うつろ内に生息していか

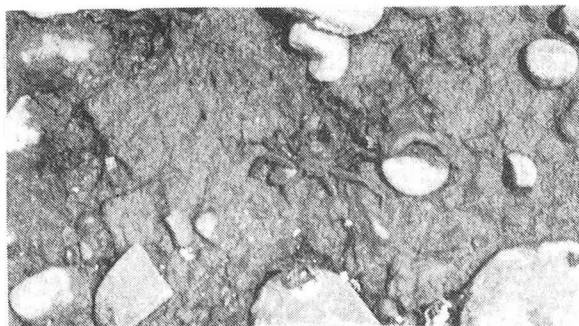
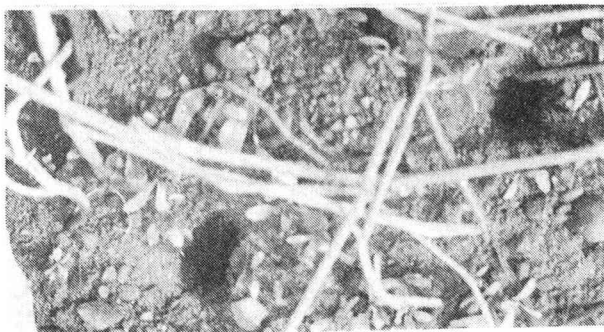


写真-8 海岸にあげられたかに穴



2-(5) うつろの植生

閉鎖性海域に、うつろを構成するまでは、水ぎわにはほとんど植生が見られなかったが、1年後の(1990年)の春には俗称ハマタンポポや葦の目も吹き始め、2年後(1991)の春には俗称ハマタンポポが水砕線一体に密生するようになった。

写真-9 葦が生えはじめた状態(90.5.)



写真-10 俗称ハマタンポポの密生状況(91.6.)



3. オイルの浄化

3-(1) オイルの浄化実験

付着生物によるオイルの浄化効果を明らかにするため平成2年12月より海水の礫間接触酸化によるオイルの実験を進めてきた。

図-3の様な、直径20cmのチューブに約3cm径の礫を詰め、小型ポンプで海水を循環させて、循環口にオイル(廃油)を表-4のように投入した。

図-4 オイルの浄化実験装置

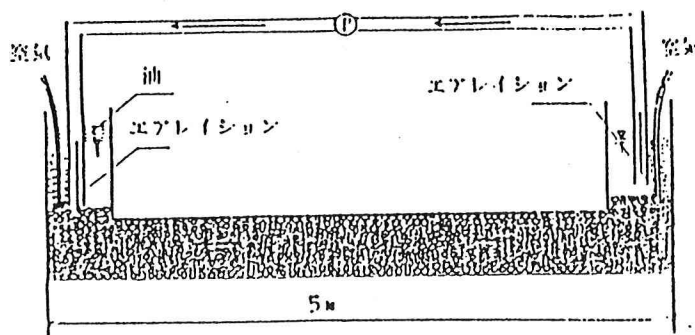


表-3 オイルの投入状況

年月日	油の投入量	累計	(油の占有率)
1991.1.5	0.25ℓ	0.25ℓ	(0.15%)
" 1.6	0.25ℓ	0.50ℓ	(0.32%)
" 1.7	0.25ℓ	0.75ℓ	(0.4%)
" 1.12	0.25ℓ	1.00ℓ	(0.6%)
" 1.23	0.25ℓ	1.25ℓ	(0.79%)
" 1.27	0.25ℓ	1.50ℓ	(0.95%)
" 2.2	—	1.50ℓ	(0.95%)
" 2.3	0.25ℓ	1.75ℓ	(1.11%)
" 2.6	0.25ℓ	2.00ℓ	(1.30%)

オイルの投入累計2ℓ、オイルの占有率1.3%まではほとんど流失が認められていない。

礫表面の付着状況は写真-9の左の状況である。

この様な付着生物を電子顕微鏡により1万倍に拡大して観察した。

この結果、付着微生物がオイルを細胞の中に取り込んでいる状態が観察された。

写真-9 オイルの生物膜の付着状況(左側)

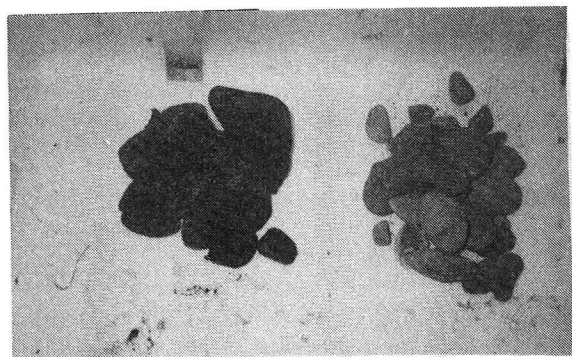
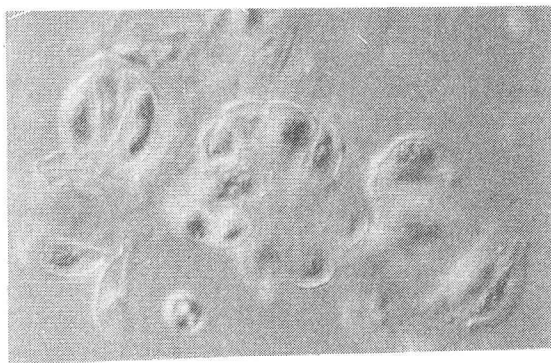


写真-10 約1μに拡大された付着生物



3-(2) 「海洋の空ろ」によるオイルの浄化

上記の図-1、図-2による、うつろのオイルの浄化効果をヘキサン抽出物によって測定した実測値は表-4に示す通りである。

うつろ内、外の干潮及び満潮時のそれぞれの総平均値は0.61mg/ℓ、1.43mg/ℓで外洋の約43%で低下してる。

表-4 「海洋の空ろ」内、外のヘキサン抽出物の比較

測 定 日	うつろ内 mg/ℓ			うつろ外 mg/ℓ			低下率
	満 潮	干 潮	平 均	満 潮	干 潮	平 均	
1990.1.30.	0.5以下	0.5以下	0.5以下	0.5以下	1.6	1.05	47%
1990.2.3.	0.8	0.5以下	0.75	1.6	1.8	1.7	44%
1991.11.19	0.7	0.9	0.8	1.5	1.8	1.65	48%
1992.3.30	0.5以下	0.5以下	0.5以下	1.4	1.2	1.3	47%
総 平 均	0.63	0.6	0.61	1.25	1.6	1.43	43%

4. あとがき

以上のように、付着生物が海水の浄化に大きな役割を果たしていることが明らかで、うつろを構成している図-2のような堤体内部を観察しても、浄化されたヘドロやオイルが蓄積されているわけなく、むしろ生態循環の中できれいに処理されている。

これらの多くの微生物が、海水の浄化にどの様に、かわりあっているかについては大変興味の有るところである。

これからは、この様な自然の生物の力を利用して、海水浄化に、どのように生かしていくか大きな課題であると思われる。

最後になりましたが、昭和62年度より私たちの共同研究としてご支援いただいた土木学会関西支部と、共同研究の構成員の皆様に感謝の意を表すものである。

参考文献

- 1) 砕波堤を利用した水域の浄化システム「水域のうつろ」 赤井一昭、上田伸三他 昭和60年度土木学会関西支部年時学術講演論文集
- 2) 人口触媒環礁（海洋の空）による静穏浄化水域の創造とその応用 赤井一昭 上田伸三、和田安彦、津田良平、菅原武之 第13回海洋開発シンポジウム論文集（土木学会）1988.11
- 3) Water Purification System with Permeable Rubble-mound break water K.Akai, S.Ueda, Y.yada TEKNO-OCEAN'88 KOBE JAPAN 1988.11.
- 4) 人工珊瑚環礁（海洋の空）の水温特性と生息魚類 藤田種美、赤井一昭、林 夫、中井敏之 1989年度日本海洋学会春季大会講演要旨集
- 5) 静穏浄化水域の創造とその応用についての研究（人工触媒環礁「海洋の空」）報告書、平成元年3月 土木学会関西支部共同研究グループ
- 6) 人工環礁（海洋の空）の機能について海 赤井一昭 上田伸三、和田安彦、上嶋英機、 洋開発論文集（台開会溶解初シンポジウム 1990、6.
- 7) Kazuaki Akai,Shinzou Ueda,yasuhiko wada,Ryouhei Tuda,THE WATER QUARITY PURIFICATON SYSTEM FOR TH E ENCLOSED SEA AREA EMECS-90 1990.8.
- 8) Kazuaki Akai,shinzou Ueda,Yasuhiko wada,Kenji Savai SEDIMENTATION AND PURIFICATION OF WATERQUALI TY BY TIDE IN THE WATER COURSEWITH MARINE BASINS TECHNO-OCEAN 90 1990.11.
- 9) 協同研究グループ代表赤井一昭 付着生物による海水浄化 に関する研究（中間報告）土木学会関西支部学術講演会講演概要 平成3年6月