

(9) 砕波堤による海域浄化システム ～人工環礁による海域総量規制への応用～

PURIFICATION SYSTEM FOR THE SEA WATER AREA BY THE PURIFICATION
BREAKER LEVEES

赤井一昭*, 上田伸三**, 和田安彦***, 石谷寿*, 村井保徳*

Kazuaki Akai*, Shinzou Ueda**, Yasuhiko Wada***

Ishiya Hisashi*, Yasunori Murai*

ABSTRACT; Recently, water quality in receiving water has been polluted, and this problems effect on the aquatic products, sight-seeings and leisure industries.

From now on, ocean age has come. The international law of the sea with 200 sea miles was decided. It is important for Japan to make clear how to preserve and to develop the sea. Therefore, we have developed the purification method which use the energy of the waves and the ebb and flow. And we think that this new purification method may help the preservation of the water quality and development of the sea and lakes.

"The purification system for the sea water area" can improve the water quality. For example, they are red tide, pollited river water, domestic sewage, oil pollution, storm surge, tidal wave, drift sand and splash of sea water. And this system demonstrates marine productivity eternally.

KEYWORDS; Water Purification System, Artificial Reef, Vacant Breaker Levee

1. 緒言

砕波堤の活用による水域の浄化システムは、波浪や潮汐のエネルギーを利用して莫大な水域の水を浄化する手法であり、海洋の持つ自浄作用を活用するものである。その概要は既に「第13回環境問題シンポジウム」で報告¹⁾した。今回はモデル化によりデータの不足を補い、その効果と効用について述べる。

2. 人工環礁の概要と効果

2. 1 概要

当浄化システムは浄化効果の高い多空隙の砕波堤（浄化防波堤）で浄化しようとする水域を囲み（囲まれた水域を「人工環礁」と呼ぶ）、水域内の水が砕波堤と接触、透過すること、及び、砕波堤で貯留しておくことにより浄化するシステムである。当浄化システムは、水の浄化機能の基本となる「ばっ気」「接触酸化」「酸化池法」「沈殿法」の作用を兼ね備えてたものである。その効果は次のものである。

- ① ばっ気 ; 波のエネルギー等によって波浪が砕波堤で砕波することにより、水と空気の接触作用を高め、水中の溶存酸素の増大等により水質を改善する。
- ② 接触酸化 ; 海水が砕波堤を通過する際のれき間接触酸化作用により汚濁物を分解除去する。
- ③ 酸化池法 ; 海水を滞留させて、生物学的に浄化する。
- ④ 沈殿法 ; 水中の浮遊性汚濁物を沈殿除去。

* 大阪府 Osaka Prefecture

** 摂南大学工学部土木工学科 Dept. of Civil Eng., University of Setunan

*** 関西大学工学部土木工学科 Dept. of Civil Eng., University of Kansai

2. 2 浄化効果

(1) 浄化実績

人工環礁の浄化効果をみるために、ある水域に砕波堤を築造し、人工環礁内外での水質の違いを検討した。人工環礁で囲まれた水域の面積は6,000m²(120m×50m×6m)、砕波堤の長さ120mである。調査は昭和60年7月に、水域内2点6測定(満潮時、干潮時、水深上下)、水域外3点18測定(満潮時、干潮時、水深上中下)で水質を測定し、これを比較した(表-1)。

水域内は、潮の流れがほとんどなく、波高も水域外で16.17cmあったのが、3.3cmに減衰している。臭気は水域外では魚の腐った様な臭いや、し尿、油分を含んだ臭いがしていたのが、水域内ではほとんど無臭となり、わずかに貝類の臭いがただけであった。透明度は60cmから170cmと2.8倍上がり、濁度も0.56mg/lから0.2mg/lと64%減少した。COD、SSはそれぞれ、4.64mg/lから3.73mg/l(20%減)、6.06mg/lから4.61mg/l(24%減)と向上した。潮汐の変化のみによって人工環礁内の水の浄化がなされるとすると、平衡時の実績値から浄化能力はCODで0.9mg/lとなる。しかし、DOは1mg/l程度水域内の方が低い値となっている。

表-1 水域浄化システムの効果測定結果

	浄化水域内	浄化水域外	比較
天候	快晴	快晴	
気温(℃)	32.6	32.7	
水温(℃)	29.9	26.4	
流速(m/s)	0	0.33	
周期(秒)	0~0.9	2.53	
波高(cm)	3.3	16.17	
透明度(cm)	170	60	2.8倍
臭気	無、貝類	魚腐、し尿、油、海藻	
色度	8~9	12~20	
濁度	0.2	0.56	64%減
pH	8.53	8.36	
DO (mg/l)	6.53	7.68	15%減
COD (mg/l)	3.73	4.64	20%減
SS (mg/l)	4.61	6.06	24%減

2mg/lと64%減少した。COD、SSはそれぞれ、4.64mg/lから3.73mg/l(20%減)、6.06mg/lから4.61mg/l(24%減)と向上した。潮汐の変化のみによって人工環礁内の水の浄化がなされるとすると、平衡時の実績値から浄化能力はCODで0.9mg/lとなる。しかし、DOは1mg/l程度水域内の方が低い値となっている。

(2) 閉鎖性水域での必要面積

昭和56年度における瀬戸内海地域、伊勢湾地域、東京湾地域における総COD発生負荷量の実績値は、それぞれ944t/日、286t/日、424t/日である²⁾。これらが、そのまま内海、内湾に流入したとして、これを人工環礁により10%削減することを考えてみる。CODに対する人工環礁の浄化能力は、今回のモデル水域での浄化結果より推定すると0.9mg/lである。必要となる人工環礁の面積は、以下の条件下で計算を行なって求めた。

- ① 人工環礁のCOD浄化能力0.9mg/l(g/m³)は、1日の潮汐によってもたらされる。
- ② 人工環礁以外からのCOD負荷の供給とその浄化は平衡状態に達している。
- ③ 人工環礁の形状は、当調査で取扱った人工環礁と同一のものである。
- ④ 人工環礁の浄化能力は、人工環礁の内外を移動する水量に比例する。
- ⑤ 計算は概算であり、種々の影響因子は無視して取扱う。
- ⑥ 水質の浄化能力0.9ppmは、ある水量をとるとg/m³となり、負荷量として取扱いうる。

各水域での必要面積は表-2に示す値となる。瀬戸内海域で約100t/日のCOD負荷を浄化するのに40km²の人工環礁面積が必要である。

表-2 人工環礁必要面積

地 域	10%削減量 COD(t/日)	潮汐平均値 ×日2回(m)	必要面積 (km ²)
瀬戸内海地域	94.4	1.34	39
伊勢湾地域	28.6	1.3	12
東京湾地域	42.4	0.87	27

2. 3 浄化効果の季節変化

人工環礁の浄化効果が年間を通じて発揮されるかどうかを検討するため、約4年間に渡り実施した水質調査結果について考察する。調査水域は前節のものと同一である。調査では水温、pH、DO、COD、SS、T-N、T-Pについて分析

を行なった。調査結果の一部は図-1～3に示すものであり、実線が人工環礁外、一点鎖線が環礁内の水質を表わしている。これより、人工環礁の浄化効果の季節変化として以下のものが指摘できる。

1) 水温

人工環礁内外の水温差はみられず、夏季には30℃、冬季には10℃以下になっている。

2) pH

人工環礁内外で明確な違いは表われていないが、環礁内の方がややpH値が高い。また、季節的には夏季に高く、冬季に低くなっており、それぞれ8.7～9.0, 8.0程度である。

3) DO

人工環礁内外共にDO値は5.0～15.0 (mg/l) の範囲内で変動しており、人工環礁によるDO値の改善はさほど表われていない。季節的には、春・夏にやや高く、秋・冬にやや低くなっている。

4) COD

人工環礁外では夏季に高い濃度(平均で10～12mg/l)を示すが、人工環礁内ではさほど季節的に変動せず、高い場合でも5 (mg/l) 程度である。また人工環礁外では夏季を中心に地点ごとの濃度値の範囲が広がるが、人工環礁内では5 (mg/l) 以下の範囲である。

5) SS

人工環礁外ではCODと同様に夏季に高くなる(7～13mg/l)が、人工環礁内では余り高くなり、7 (mg/l) 程度以下

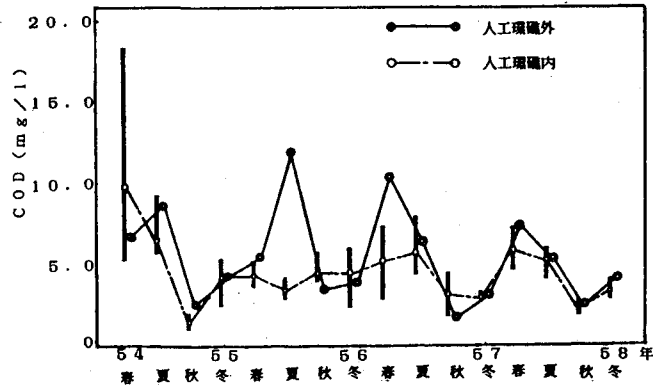


図-1 人工環礁内外水質の経年変化 (COD)

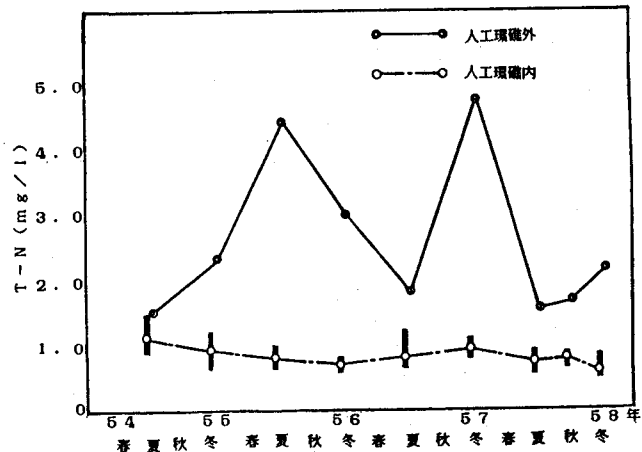


図-2 人工環礁内外水質の経年変化 (T-N)

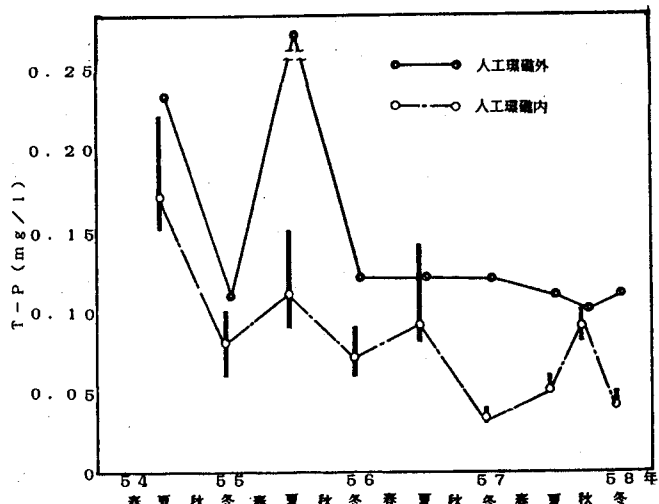


図-3 人工環礁内外水質の経年変化 (T-P)

になっている。

6) T-N

人工環礁内外での濃度差が顕著であり、特に春・夏には1/4以下に浄化される(4mg/lから1mg/lへ)こともある。また、人工環礁内では濃度の季節による変動範囲が非常に小さくなっている。

7) T-P

T-Nと同様に人工環礁内外での濃度差が大きく、人工環礁内の濃度は人工環礁外の濃度の1/3～1/2になっている。(0.3～0.13mg/lが0.1～0.05mg/lへ)。季節的には、夏季にやや濃度が高く、冬季には夏季の1/2程度に低くなっている。

以上のように、人工環礁による水質浄化機能は、夏季にはやや濃度が高くなるものもあるが、浄化効果からみると生物活動の活発な春・夏季に顕著に表われている。また、冬季でも明らかに人工環礁外よりも水質は良好になっており、年間を通じて浄化機能が維持されるといえる。とりわけ、栄養塩類の除去効果が大きくなっている。

3. 人工環礁の浄化作用

人工環礁の浄化作用の効果をまとめると次の様になる。

- ① 人工環礁内の水質改善。
- ② 大都市周辺で特に多い漂流ごみ(プラスチック、空きビン、空きカン)の除去。
- ③ 輸送、使用の両面から起こる漂流油の除去による油汚染の防止。
- ④ 漂砂、海岸侵食等の水産、交通運輸、国土保全への影響の緩和。
- ⑤ 波浪、高潮、津波等に対する防災に役立つ捨石砕波堤としての利用。
- ⑥ プラクトンが多空隙の砕波堤に吸着されることによる水産資源の増加。

さらに、当浄化システムの特徴には、次のものがある。

- ① 波浪や潮汐等の自然の力を利用し、自浄作用により水質を改善する。
- ② 水処理に要するランニングコストがほとんどかからない。
- ③ 莫大な水域の水処理が可能。
- ④ 薬品等を用いないため二次公害の恐れがない。
- ⑤ 人工環礁内水域を海洋牧場として、砕波堤を魚礁として利用できる。
- ⑥ 人工環礁内水域を海水浴場等のレジャーに活用できる。
- ⑦ 砕波堤により反射波が消滅し、航路安全や沿岸の保全に役立つ。
- ⑧ 砕波堤の材料として建設廃棄物(コンクリートガラ等)の再利用ができる。

このような人工環礁を構築することによって、砕波堤内外の水が浄化されると共に、静穏化水域の創造が可能となる。人工環礁の活用方法には表-3に示すようなものがあげられ、浄化水域という特性を生かした海洋牧場、人工海浜への応用等、さらには静穏化水域という特性と併せた複合的な用途を考えていくべきである。

最近、海洋空間の利用問題がクローズアップされ、各省庁、各方面で研究が行なわれており、マリンコミュニティポリス構想や沖合い人工島構想等が提唱されるなど、埋立または浮体構造物の海洋空間利用の指向の機運にある。このような中で、静穏化水域の利用の一つとして、人工環礁を利用した浮体構造物が考えられ、特に東京湾、伊勢湾、瀬戸内海等の汚染海域で人工環礁を利用していくことが、海域の総量規制への応用につながるものであると考えられる。写真-1には、静穏化水域内に設置された浮体構造物の一例を示す。

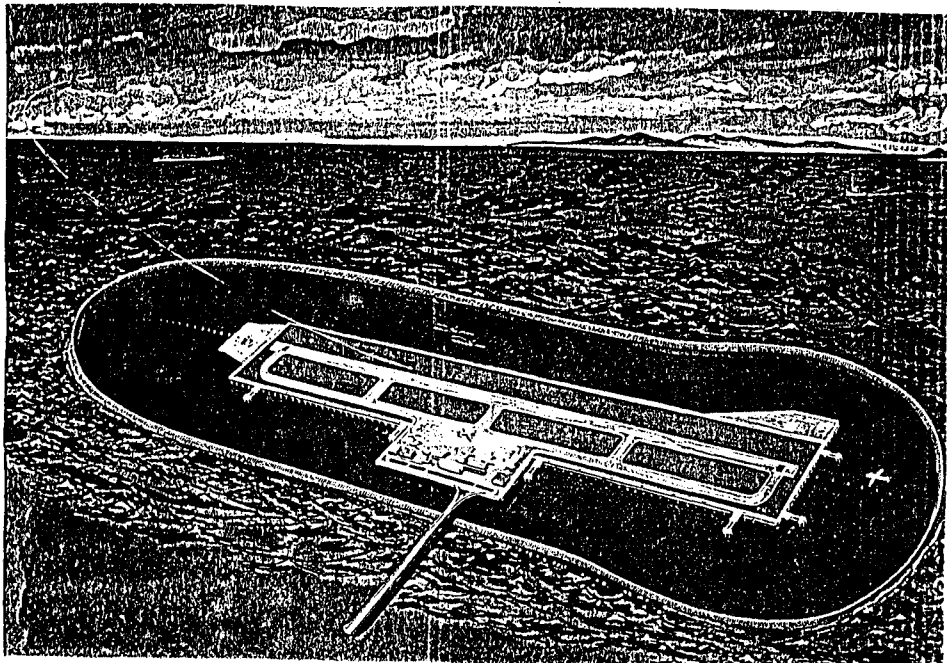
4. 結論

砕波堤を利用した水域の浄化システムは、自然の持つエネルギーを活用して水質の改善や沿岸域の防災を

表－3

海洋の人工環礁の活用化

No	応 用 例	説 明
1	海域開発	1) 大河川河口部の沙洲を砕波堤で囲い込んで固定させ、海洋都市を建設
2	浮体構造物	2) 海水浴場、釣公園、海上空港等への利用
3	海域総量規制	1) 人工環礁の内側の静穏化された水域の利用
4	人工海浜	2) 浮体方式の人工島建設では、波浪、潮流による外力を無視して設計でき、コスト的に有利
		40km ² の人工環礁により、瀬戸内海で約100t/日のCOD負荷を浄化可能
		1) 人工海浜沖に設置し、砕波堤として利用
		2) 安全で衛生的な海水浴場となる。
		3) 養浜した砂の流出が少ないため、管理に要するランニングコストが少ない。
5	砂泥域開発（漂砂）	1) 海底の砂が常に移動して、海草が根づかず、魚の住めない状態の海域を浄化砕波堤で囲む。
6	海洋牧場	2) 流入する泥混じりの水を浄化し、砂等を囲い込んで海洋牧場とする。
		1) 人工環礁内は水質が良好で、外敵の心配のない養殖場となる。
7	脱窒・脱磷	2) 砕波堤自体に多数の貝類、甲殻類が生息し、格好の餌となる。
		人工環礁は脱窒・脱磷能力が高く、海域、内湾の富栄養化防止に役立てられる。
8	プランクトン回収システム	1) 外洋のプランクトンは、潮汐により砕波堤を透過することにより、砕波堤に吸着される。
9	油汚染防止システム	2) 吸着されたプランクトンは、魚、貝等の水産資源に変換される。
		1) 油汚染された海水を砕波堤で浄化
10	飛沫防御	2) 油汚染の拡散防止
		砕波地帯を人工環礁により沖合いに移動させることによる、海岸域の家屋への飛沫防止
11	津波防御システム	津波のエネルギーを吸収し、沿岸域への被害を防止



写真－1 人工環礁内に設置された海上空港（浮体構造）

図れるばかりでなく、システム内（人工環礁内）をレジャー施設や海洋牧場等多方面に活用できるものであり、海洋、湖沼の保全、開発に役立つものと考えられる。

謝辞 当研究に激励とコメントを受けた大阪大学教授末石富太郎先生に感謝致します。

参考文献

- 1) 赤井一昭，上田伸三，他：砕波堤を利用した水域の浄化システム〔水域のうつろ〕，第13回環境問題シンポジウム講演論文集，1985年8月．
- 2) 環境庁資料．
- 3) 赤井一昭，上田伸三，和田安彦，石谷寿，村井保徳：瀬戸内海等の総量規制と人工珊瑚環礁，昭和61年度関西支部年次学術講演会概要集．