

広島湾における覆砂による底質浄化の効果について

運輸省第三港湾建設局 正会員 柿川 英明
城戸 宏市
川崎 範夫
溝端 堅市
柴田 悟

1. はじめに

近年我が国の多くの閉鎖性内湾においては、外海との海水交換が弱い上に、背後地からの有機物質等の流入負荷によって水質、底質が悪化し、水産漁場をはじめとする海域利用上、あるいは環境保全上しばしば重大な問題を引き起こしてきた。

昭和40年代後半に入って、排出規制の強化や排水処理施設の整備進捗等により流入負荷量は一時のピーク時を下回るようになったが、依然として赤潮の発生が多く報告されるなど、必ずしも水質改善がなされたとは言えない。

このため、運輸省第三港湾建設局では、閉鎖性内湾であり汚染度の進んだ広島湾（呉湾）において、海域環境を改善する抜本策の一つとして考えられる覆砂工法による試験区域を設けその改善効果を追跡している。

本報告は、昭和54年より55年にかけて実施した試験工事の概要及びその底質浄化効果について紹介するものである。

2. 広島湾の汚染実態

広島湾は、屋代島と倉橋島に囲まれた面積 946km²、容積24.2km³、平均水深25.6mの海域である。湾内には、多数の島々が点在し、さらに太田川（淡水流入量、夏季 100.6m³/sec、冬季76.1m³/sec）をはじめ多くの河川が流入している。このため、広島湾はこれらの河川を通じて流域に集中した人口、産業からの汚染物質の負荷を受けている。

流況は、複雑な地形を反映し、上げ潮時、柱島水道から広島湾を時計回りに流れ、呉湾の方向へ抜け、下げ潮時、呉湾から広島湾を反時計回りに流れ、柱島水道を抜ける。恒流は、柱島と倉橋島の間を北上して湾内に流入する。湾奥部及び呉湾では恒流は弱く、やや東流する傾向がある。

風向は、呉で北東～北北東と西南西～西の風が卓越しており、風速は 5m/sec 未満がほとんどである。

このような特徴を有する広島湾における汚染の実態を、水質、底質、生物相、赤潮発生の点よりみると、概略次のようなことが言える。

1) 水質

表層水質の分布は、図-1に示すとおりであり、透明度は湾奥沿岸部で 2m以下と低い値を示しており、海水の汚濁が認められる。このような透明度の低い海域では CODは 3mg/l以上と高く、T-P、T-N についてもそれぞれ 0.03 mg/l、0.4mg/lと高い値を示しており、湾奥沿岸部に近づくにつれ高濃度となっている。

また、湾内の一次生産の指標であるクロロフィルaについてみても、宮島、西能美島と江田島に囲まれた湾奥部では、5μg/l以上であり、栄養塩項目と同じく、湾奥沿岸に近づくにつれ高濃度となっている。

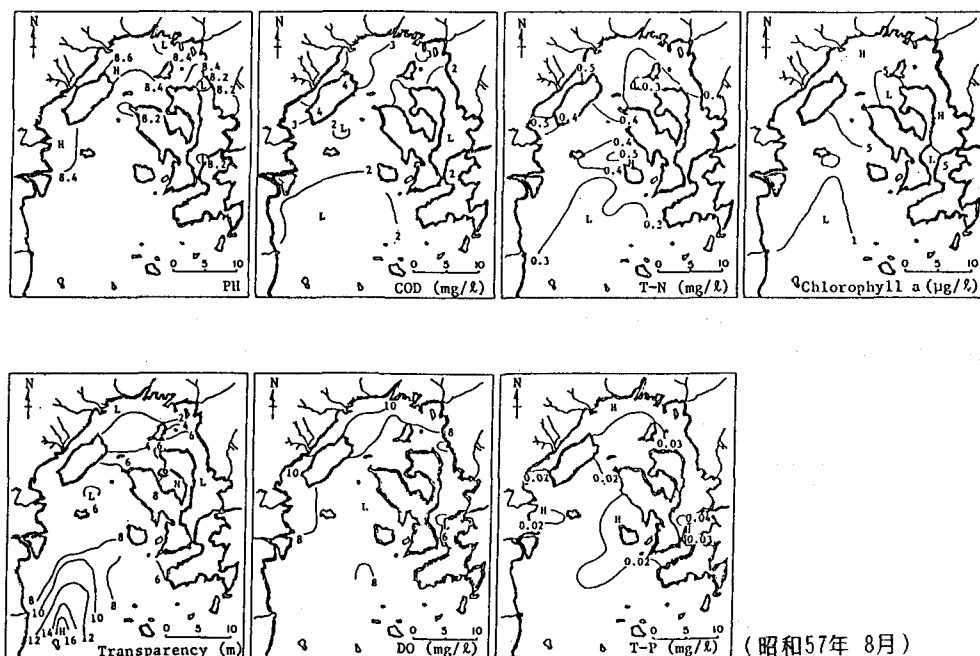


図-1 表層水質の現況（昭和57年度広島湾全域汚染実態調査）

2) 底質

表層底質の現況は、江田島湾、呉湾で有機物の含有量が高い。表層底質の有機物汚染の分布をよりわかりやすくするため、COD40mg/g、強熱減量10%、硫化物 0.5mg/g以上の海域を図示すると、図-2のとおりである。これらの共通領域は、呉湾、江田島湾、湾奥沿岸域であり、特に汚染が進行している。

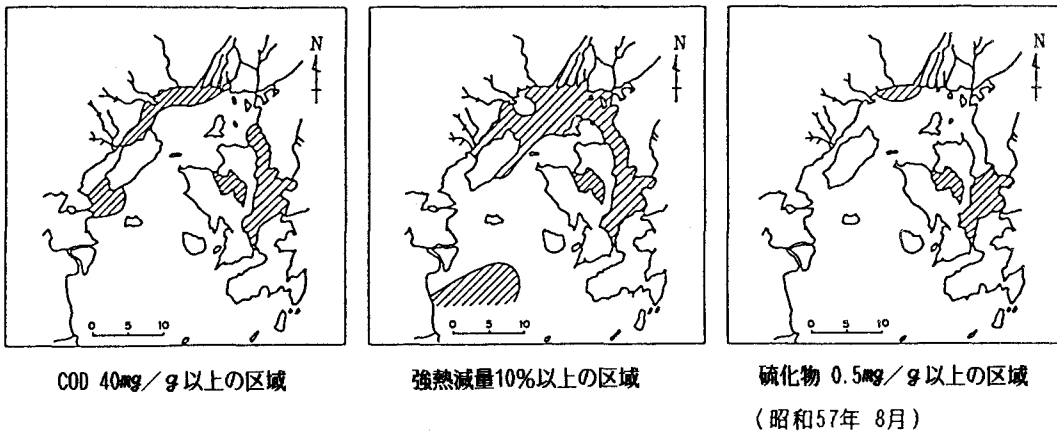


図-2 表層底質 (0~5cm) の分布 (昭和57年度広島湾全域汚染実態調査)

3) 生物相

広島湾の夏季におけるプランクトンの出現状況は、植物プランクトンの細胞数の分布をみると、江田島湾、湾奥沿岸域、呉湾で多い傾向にあり、種類数は湾奥沿岸域、呉湾で多く20種類を越えており、江田島湾では10種類以下と少なくなっている。動物プランクトンの総種類数は56種類、平均個体数は 3.5×10^4 個体/mlであり、個体数は宮島周辺で多い傾向がみられた。湾奥沿岸部をみると、出現する種類が限られており、多様性の低い水域であることがわかる。

また、広島湾の夏季における底生生物相の分布を図-3に示す。生物量は湾奥沿岸域で多い傾向にあるが、そのほとんどが多毛類で占められていることから、有機汚濁が進行していることがわかる。



図-3 底生生物の分類群別個体数分布 (昭和57年度広島湾全域汚染実態調査) (昭和57年 8月)

4) 赤潮の発生

安芸灘における赤潮の発生件数及び被害件数を表-1に示す。発生件数は、昭和40年代後半に比べると最近では少なくなっているものの、なお年間10件程度は発生している。赤潮の発生域は湾奥沿岸から呉湾にかけてであり、この海域は例年赤潮の発生がみられる。

表-1 安芸灘における赤潮の発生件数及び被害件数 「瀬戸内海的环境保全より」

年次	'71	'72	'73	'74	'75	'76	'77	'78	'79	'80	'81	'82	'83	'84	'85
赤潮発生件数	11	11	14	24	18	14	18	8	12	8	13	11	14	10	8
赤潮による被害数			1	2	4		2		1						

3. 底質浄化事業の考え方

前述したように広島湾では環境汚染が進行しており、その対策として流入負荷の削減と併せて、海域の自浄能力を回復する必要がある。後者について、栄養塩類の溶出負荷を削減するため、底泥を媒介とした栄養塩類の悪循環を断ち切る方策として考えられたのが底質浄化事業である。具体的には、富栄養化に富んだ底泥を除去し、または被覆することにより、底泥からの栄養塩類の溶出を抑え、底層水の貧酸素化を防ぎ、ひいては海域の自浄能力を回復しようとするものである。

本格的な底質浄化事業に着手するにあたって、広島湾において、小規模の覆砂による試験工事をを行い、環境改善効果についての追跡調査を実施している。以下にその概要を述べる。

4. 試験工事

1) 工事概要

- (1) 工事場所は江田島南東岸沖の閉鎖性の強い汚染の進んだ海域を選定した。
- (2) 覆砂材は呉湾より約50km離れた海域から産出するシルト分以下の細粒分を含まない海砂を使用した。
- (3) 覆砂厚は昭和54年度施工区域が50cm、55年度施工区域が30cmである。

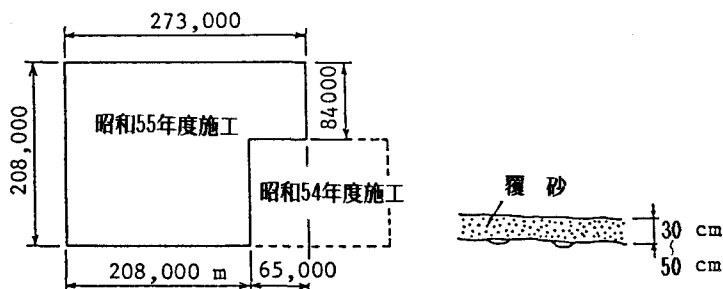


図-4 試験工事の規模及び形状

2) 施行方法及び精度

工事の施行は、コンベアバージ、バージアンローダーの両方式により実施した。施行後、柱状サンプルの採取、ボール貫入による計測を行った結果、平均覆砂厚は覆砂目標値に対して、99%～108%の範囲内にあり、計画された覆砂厚が確保されたと判断できる。

5. 効果追跡調査

前節で述べた試験工事による環境改善効果を把握するため、底泥からの有機物及び栄養塩類の溶出削減状況、生物相の回復状況等について昭和54年から61年にかけて、効果追跡調査を行った。効果追跡調査の測点配置を図-5に示す。

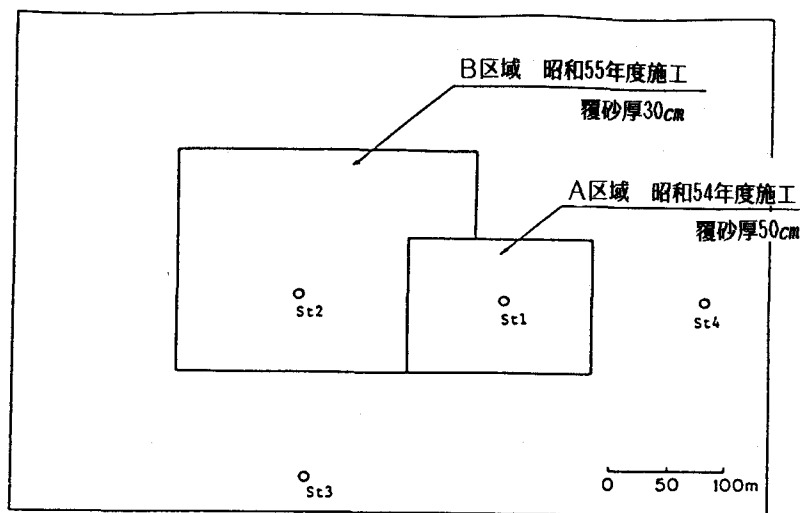


図-5 覆砂試験区域内外の調査測点配置

1) 調査内容

(1) 底質・間隙水

試験工事による底質の変化を把握するため、底質含有量(COD、T-P、T-N、SC)、間隙水(COD、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$)を調査した。

(2) 溶出速度

試験工事による底泥からの有機物及び栄養塩類の溶出速度(COD、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$)の変化を把握するため、現地試験を行った。

(3) 底生生物

試験工事における生物相の変化を把握するため、底生生物の種類数及び個体数を調査した。

2) 調査結果

(1) 底質・間隙水

覆砂試験区域内外の表層泥の底質の変化を図-6に示す。覆砂層（A区、B区）の底質は、区域外の底質に比べて有機物及び栄養塩は、かなり低く抑えられており、その効果は、6年程度経過しても十分維持されている様子がわかる。

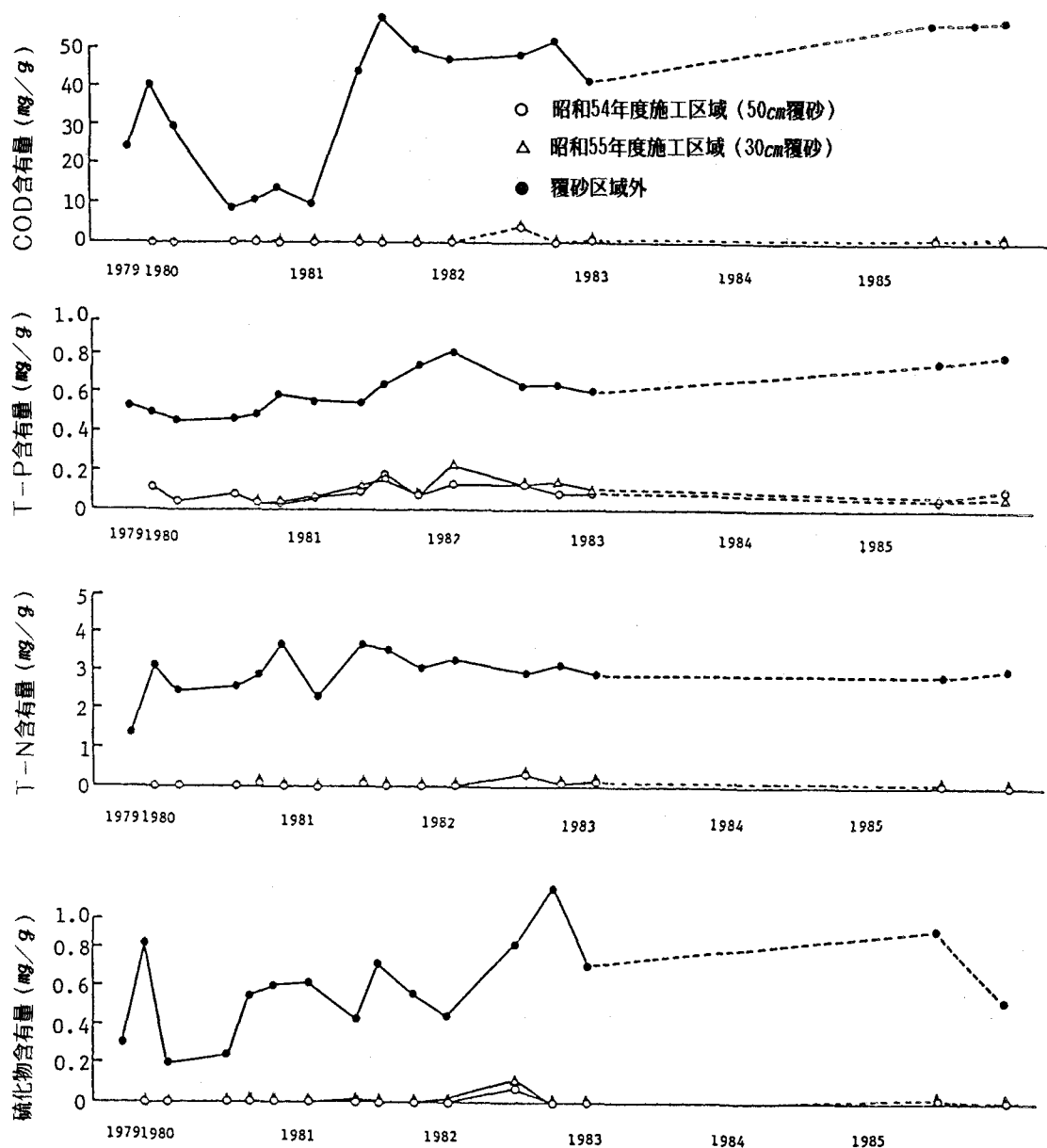


図-6 覆砂区域内外の表層泥の底質変化

また、覆砂試験区域内外の底質の鉛直分布の経時変化を図-7に示す。覆砂面上に浮泥が10cm程度推積しており、時間の経過とともに覆砂区域表層で、浮泥の推積により底質の含有量がやや高くなってきているが、在来泥表層に比べれば低い値であることがわかる。次に、底泥間隙水の水質の鉛直分布の経時変化を図-8に示す。この結果をみると、時間の経過とともに覆砂直下の濃度が上昇してくる傾向があるが、覆砂区域内では、すべての項目（COD、 PO_4 -P、 NH_4 -N）とも低く保たれている様子がわかる。

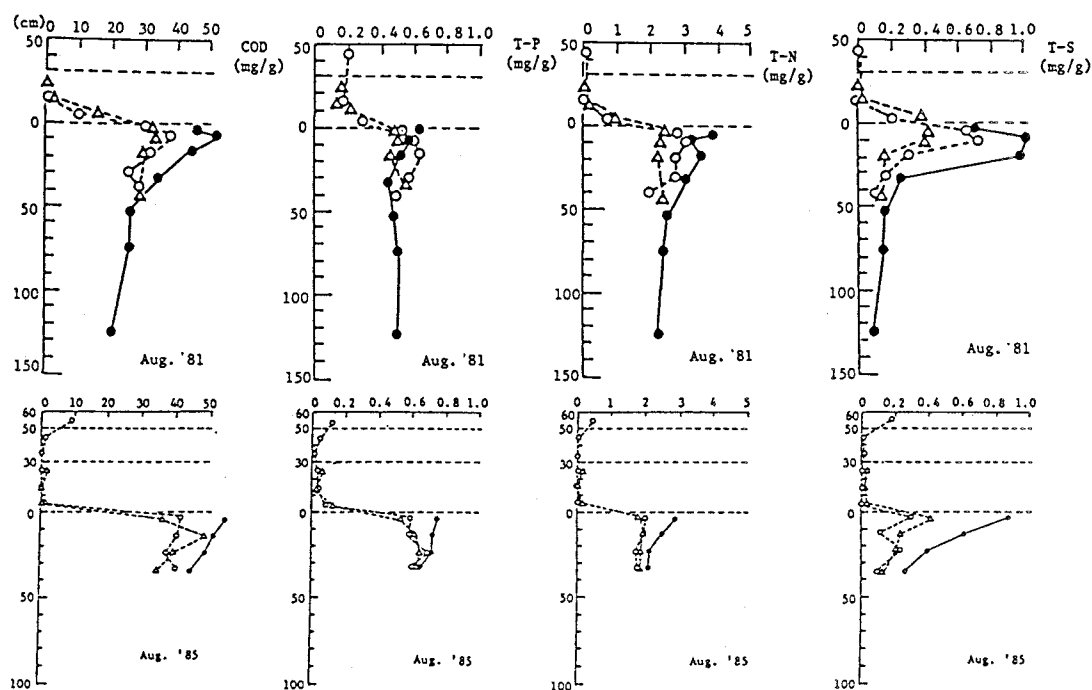


図-7 覆砂区域内外の底質含有量鉛直分布

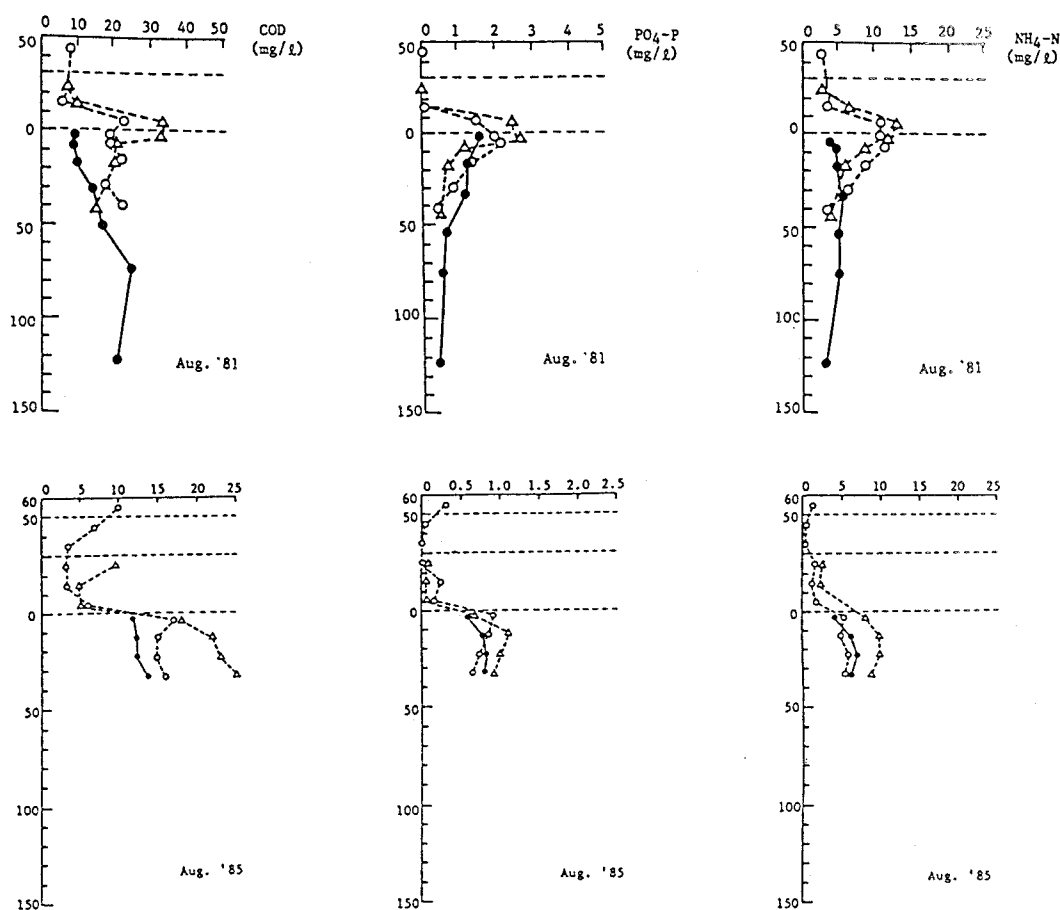


図-8 覆砂区域内外の底泥間隙水の水質の鉛直分布の経時変化

(2) 溶出速度

覆砂区域内外における底泥からの溶出速度の経時変化（現地試験）を図-9に示す。CODについては明確な効果はみられないが、栄養塩については、覆砂区域外の溶出速度が区域内の溶出速度を上回り、覆砂による溶出削減効果が認められる。特にPの溶出削減効果がめざましい。

(3) 底生生物

覆砂区域内外における底生生物の種類数及び個体数の経時変化を図-10に示す。覆砂区域内の底生生物の種類数、個体数は、区域外に比べて高くなっており、夏場に低下する傾向を示すものの、その後の回復は速く覆砂による生物生育環境が改善されていることがわかる。

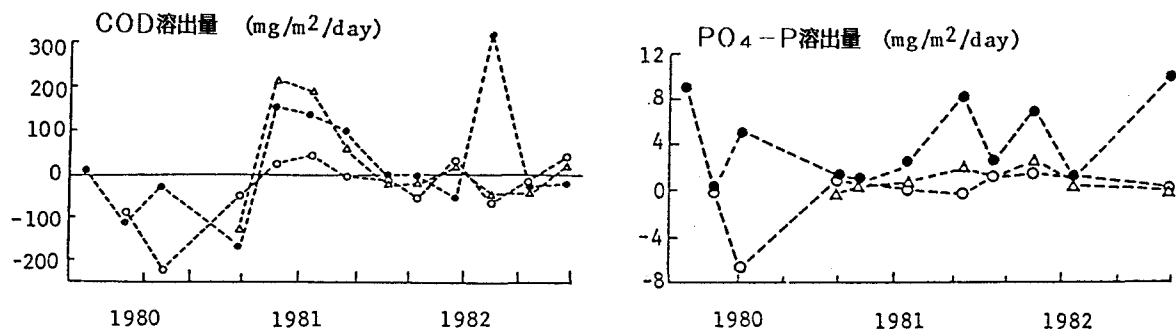


図-9 覆砂区域内外の底泥からの溶出速度の変化（現地試験）

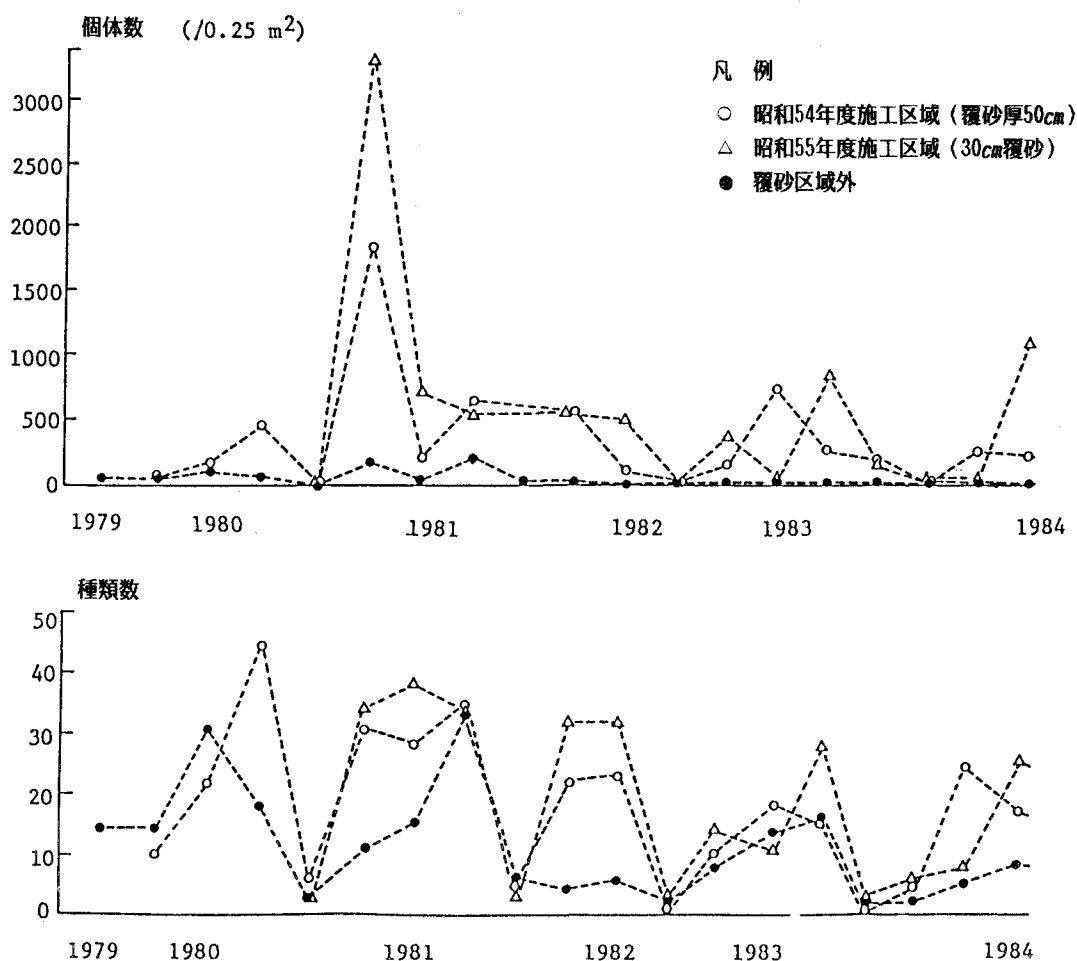


図-10 底生生物の種類数及び個体数の経時変化

6. まとめ

呉湾における覆砂効果及びその持続性について要約すると以下のようになる。

- ①底質の含有量及び間隙水の濃度は、時間の経過とともに、表層においてやや高くなっているが、全体的には低い値を保っている。
- ②底泥からの溶出速度については、覆砂区域内の値は、区域外の値を下回っている。
- ③底生生物は、覆砂直後、驚異的に回復しており、その後回復量は減っているものの、区域外に比べて有為性を保っている。

以上のように、底質改善効果、溶出削減効果及び生物相回復効果について、効果及び持続性が概ね検証された。

今後、底質浄化事業の実施にあたって解決すべき課題として、水質改善効果の把握、生態系改善効果の把握、浮泥流入防止対策の検討等が考えられる。