

コンクリート塊および浚渫土砂の有効 活用事業における環境改善効果評価

EVALUATION OF THE IMPROVEMENT EFFECT USING CONCRETE LUMP AND DREDGING SAND

大橋照美¹・森永真朗²・福永浩仁²・山本秀一³・田村圭一⁴

Terumi OOHASHI, Masao MORINAGA, Hirohito FUKUNAGA, Hidekazu YAMAMOTO and
Keiichi TAMURA

¹前 国土交通省 関東地方整備局 東京湾口航路事務所 (〒238-0013 神奈川県横須賀市平成町3-21-44)

²国土交通省 関東地方整備局 東京湾口航路事務所 (〒238-0013 神奈川県横須賀市平成町3-21-44)

³正会員 博 (生物資源工学) 株式会社エコー (〒110-0014 東京都台東区北上野2-6-4)

⁴農修 株式会社エコー (〒110-0014 東京都台東区北上野2-6-4)

Demolition work of the Sea Fort No. 3 and dredging work in the area of Naka-no-se channel are ongoing to improve navigability of Tokyo Bay Waterway. Crushed concrete materials produced by the demolition works and dredged sand of the channel are utilized respectively as the artificial fishing reef and the sea bottom capping materials to confine the nutrition of bottom sediment. Field surveys are carried out to evaluate the effects of above two measures. The fish inhabitation effects around the fishing reef are confirmed significantly by underwater observation. And the sea bottom capping effects are verified by nutrient elution reduction from the sediment and inhabiting benthos.

Key Words : Effect on environment improvement, fish reef, dredging, recycle, Tokyo bay waterway

1. はじめに

横浜・川崎・東京・千葉の各港が位置する東京湾は、1日平均600隻以上の船舶が航行するわが国有数の海上交通過密海域である。その東京湾への唯一の出入り口である湾口部は幅約6.5kmと狭隘であるとともに、浦賀水道航路には暗礁化した第三海堡（だいさんかいほう：東京湾防衛のための海上要塞で大正10年に完成したが、大正12年の関東大震災により沈下水没した）が障害物として接している。さらに、湾奥に向かう中ノ瀬航路には浅瀬があり、船舶の航行を一層複雑にしている。このため、東京湾口航路事務所では、航行上障害となっている第三海堡の撤去、中ノ瀬航路の浅瀬浚渫の航路整備を実施している。また、工事により発生したコンクリート塊を魚礁材、浚渫土砂を覆砂材としてリサイクルした環境改善事業を事業区域の近傍で実施している。環境改善の目標としては、コンクリート塊が魚礁として有効に機能すること、覆砂により底質改善、栄養塩類の溶出低減、底生生物の生息環境改善等が図られることを想定した。

環境改善事業については、生態系が複雑でかつ不確実性が高いことから、適用技術を開発するだけでなく、その施工・管理も含め包括的に取り組む順応的管理の必要性が高まっている。順応的管理による環境改善事業としてはサンフランシスコ湾北部で浚渫土砂を活用した湿地修復事業などの事例¹⁾があるものの、国内事例は少なく、目標達成基準の設定と、その評価手法の確立が課題となっている。

本報告は、第三海堡撤去で発生したコンクリート塊を活用した魚礁効果、中ノ瀬航路浚渫および第三海堡撤去で発生した砂を活用した覆砂による環境改善効果を把握し、評価することを目的として、事業実施区域と実施区域近傍で水深等の条件が類似している対照区域でいくつかの機能を確認するための調査を実施し、両区域を比較して効果の評価を行ったものである。

2. 調査内容

(1) 魚礁効果確認調査

2005年2月と8月に図-1に示す5地点のコンクリート塊投入場所で魚介類の水中目視観察を実施した。各地点のコンクリート塊設置時期は、猿島沖が平成13～14年度、鴨居漁港地先が平成13年度、大塚鼻地先が平成13年度、東京電力地先が平成14～15年度、野比地先が平成15～16年度である。設置規模はいずれの地点も直径35mの円形、高さ4m程度である。

調査地点間の比較検討を行うため、観察時間を20分に統一し、図-2に示す魚礁の部位別に出現した魚介類の

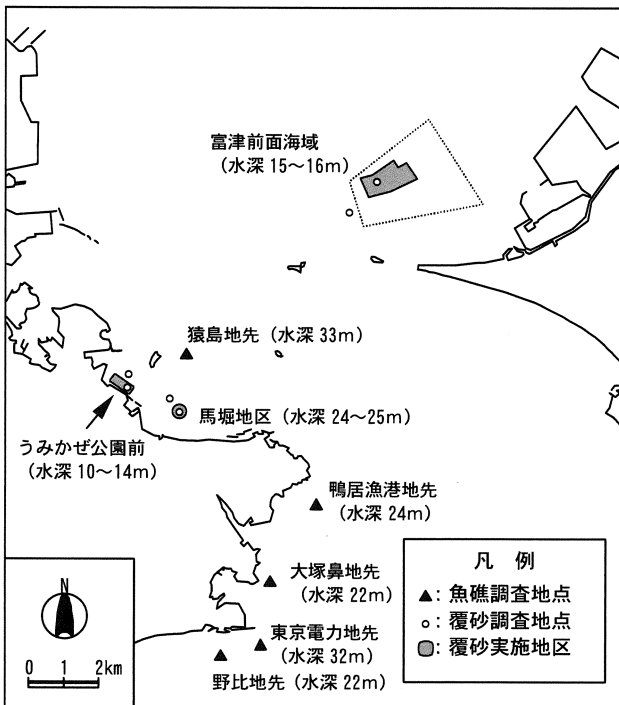


図-1 調査位置図

出現頻度を記録した。また、比較対照として魚礁から30m程度離れた海底周辺について観察を行った。

(2) 覆砂効果確認調査

2005年2月と8月に図-1に示す3地区で覆砂実施箇所と近傍の非実施箇所（対照区）に調査地点を設定し、底質調査、底生生物調査を実施した。うみかぜ公園前の覆砂期間は平成14～16年度、規模は6万m²程度である。馬堀地区の覆砂期間は平成16年度であり、規模は7万m²程度である。富津前面海域の覆砂期間は平成15～16年度であり、規模は100万m²程度である。

また、柱状採泥した試料と底層水を用いた溶出実験を実施し、酸素消費速度、窒素およびリンの溶出速度を求め、覆砂実施箇所と対照区との比較検討を行った。実験開始時の海水は好気条件とし、底質試料と海水を密閉し静止状態とした。水温は採取時の底層水温に調整し、実験開始時、開始1時間、3時間後、6時間後、12時間後、24時間後に採水し、無機態の窒素（DIN）、リン（DIP）の分析を実施した。

3. 調査結果

(1) 魚礁効果

魚介類の観察結果を表-1に、調査地点別の種類数を図-3に、観察部位別の種類数を図-4に示す。

各地区とも魚礁から離れた対照区の海底周辺での魚介類の確認数は1～3種類と少なく、出現頻度も10尾以下であった。それに対し、魚礁周辺では概ね10～20種類程度確認されており、100尾を超える群も確認された。

とくにメバルは多く確認され、2月、8月とも100尾を超える群で出現しており、周年を通して生息場としているものと考えられる。その他、魚礁内部に定位するカサゴが多く、多くの地点で確認される他、幼魚（ゴンズイ、メバルなど）も確認され、幼稚魚の生息場所としての機能も向上させる効果があるものと考えられる。

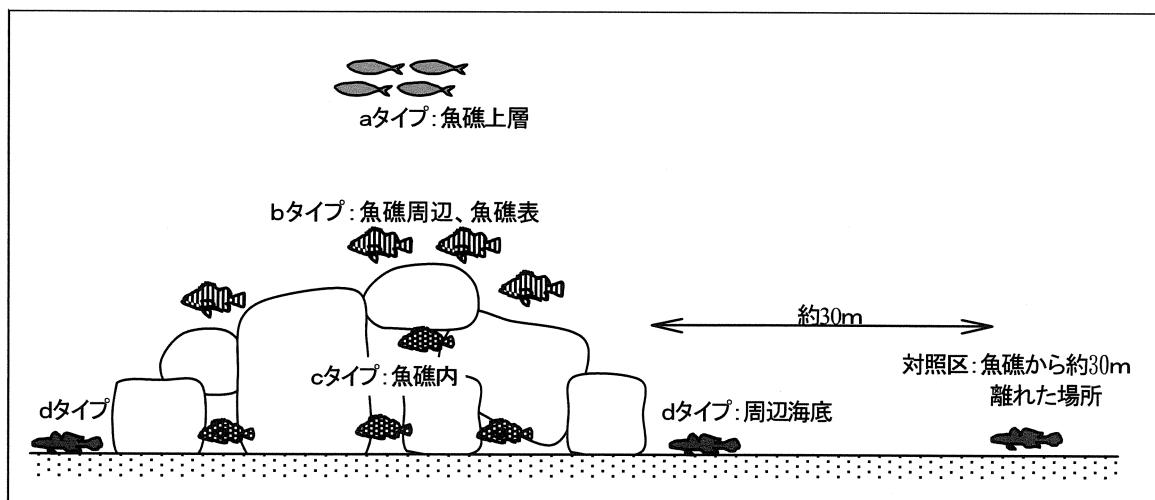


図-2 魚礁効果確認調査の観察部位概要図

表-1 潜水目視観察による魚礁周辺の確認魚介類

No.	種 名	猿島				鴨居				大塚鼻				東京電力				野比			
		魚礁区		対照区		魚礁区		対照区		魚礁区		対照区		魚礁区		対照区		魚礁区		対照区	
		冬	夏	冬	夏	冬	夏	冬	夏	冬	夏	冬	夏	冬	夏	冬	夏	冬	夏	冬	夏
1	ドチザメ					-															
2	シロザメ																				
3	ヒラタイ																				-
4	クロアナゴ	△	△						△					△							
5	ウツボ																				-
6	ゴンズイ					●			◎				◎	◎				●	○		
7	ヨウジウオ科					△															
8	メバル	○	◎			●	●		●	◎			●	●				●	●		
9	カサゴ	△	△			△	△		○	△			○	○				○	△		
10	フサカサゴ		-																		
11	オニカサゴ					△	-												-	-	
12	ハオコゼ																		△	△	
13	アイナメ					-				-											
14	アナハゼ									-											-
15	スズキ					△				-											
16	ネンブツダイ					◎	○		△	●			●	△				●	●		
17	コスジシモチ																		△	-	
18	マアジ					◎							●								
19	ヒイラギ								●												
20	クロダイ								○				△								
21	ゲンロクダイ									-											
22	キンチャクダイ									-											
23	カゴカキダイ													△					△		
24	イシダイ					○				-			○								
25	ウミタナゴ					○			△	●			◎					○	◎		
26	オキタナゴ					●	△		●									●	●		
27	スズメダイ					-													△		
28	イラ									-											
29	コブダイ								△											-	
30	ホシササノハベラ					○	○		○	○			△					○	△		
31	キュウセン								△					-				△	-		
33	クラカケトラギス												△					△	△		
34	トラギス																	○		△	△
35	ツツハゼ						○							○					○		
36	ダテハゼ			△																	
37	サビハゼ	△	○			△	△	△	△	○		△		◎		△	○	○		△	
38	キヌハギ		△											○							
39	リュウグウハゼ			○			-		-						△						
40	ニシキハゼ					△	△		△	-			△	△				△	△		
41	スジハゼ					○		○													
43	ウマツラハギ					-													-		
44	カワハギ																		△	△	
45	ハコフグ					-															
46	イセエビ												△	△					-		
47	イシガニ									-											
48	コウイカ			-																	
49	マナマコ	○	○	△		△				○	◎	△		○		△		○	◎	△	
種 類 数		6	9	1	1	19	12	0	3	12	19	1	1	14	12	1	1	19	23	2	2

注) ●:101尾以上 ◎:51~100尾 ○:11~50尾 △:3~10尾 -:1~2尾
冬:2005年2月 夏:2005年8月

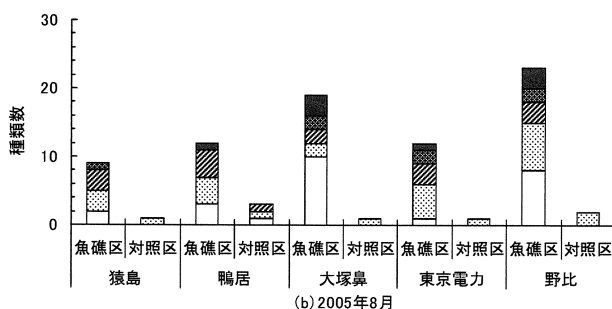
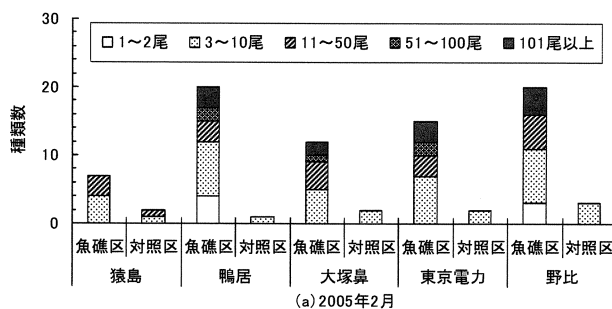


図-3 調査地点別の魚介類種類数

2005年2月, 8月の総出現種数49種の内, 両季とも出現したのは25種で5割程度であった。2月のみ出現した魚介類は9種, 8月のみ出現は15種であり, 総出現種の2~3割程度であった。

魚介類が多く出現したのは, 冬季では鴨居漁港地先と野比地先, 夏季では大塚鼻地先と野比地先であり, 30m以深の地点よりも25m程度の比較的浅い地点に魚介類が多く出現する傾向がみられた。

観察部位別でみると, 図-2のbタイプ(魚礁周辺, 魚礁表面)とcタイプ(魚礁内部)での出現種類数が多い。冬季では東京電力地先でbタイプに多く, 他の地点ではbタイプとcタイプは同程度であった。夏季では鴨居漁港地先はbタイプとcタイプで同程度であり, 他の地点は魚礁内部での出現種類数が多かった。

dタイプ(魚礁周辺)と対照区とを比較すると, いずれもdタイプで種類数が多く, 砂泥底に生息する魚種も魚礁周辺に偏集していたと考えられる。なお, aタイプ(魚礁上層)では冬季の大塚鼻地先で1種類確認されたのみである。

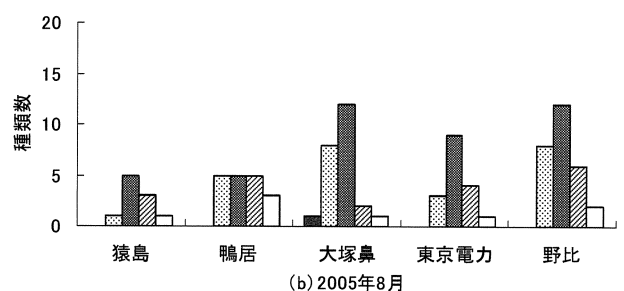
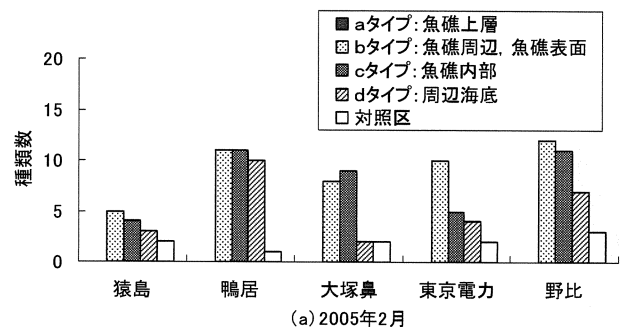


図-4 観察部位別の魚介類種類数

漁獲対象となる種では, メバル, マアジ, イシダイ, イセエビなどが確認された(写真-1~4)。

2月, 8月の潜水目視観察では, コンクリート塊の形状や周辺海底の窪みなどの顕著な変化は確認されず, 比較的安定した魚礁になっているものと考えられる。

以上より, コンクリート塊投入により魚介類偏集機能, 多様性の向上機能といった観点から魚礁効果が確認された。なお, 同様の既往事例では, 既設棧橋のコンクリート床板を魚礁材としてリサイクル活用した報告²⁾がある。設置後5~6年時点で魚礁効果の持続が確認されているが,



写真-1 魚介類蛸集状況（野比地先）
メバル, 2005年2月撮影



写真-2 魚介類蛸集状況（鴨居漁港地先）
マアジ, 2005年2月撮影



写真-3 魚介類蛸集状況（東京電力地先）
イシダイ, 2005年2月撮影



写真-4 魚介類蛸集状況（東京電力地先）
イセエビ（円内）, 2005年8月撮影

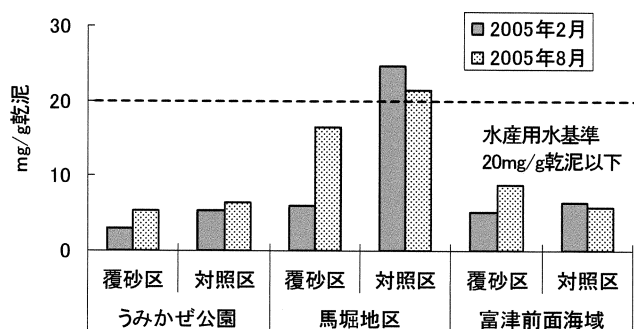
より有効な手法確立のためモニタリング調査の継続が課題となっている。当該海域の取り組みについてもモニタリング調査の継続により知見を蓄積するとともに、魚礁効果を定量的に把握する調査手法を確立し、適地選定、設計、配置を含めたりサイクル魚礁材の適用手法や今後の類似事例における目標達成基準の設定に活用することが重要と考えられる。

(2) 覆砂効果

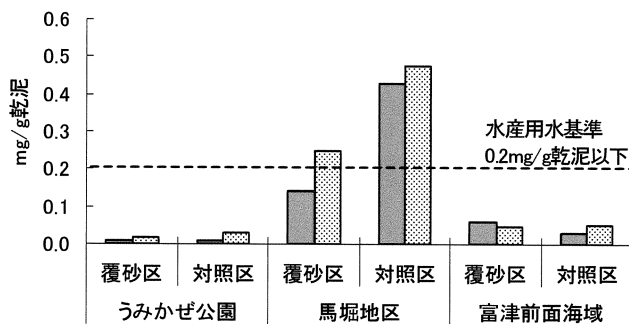
a) 底質調査

有機汚濁の指標となる化学的酸素要求量（CODsed）、全硫化物（T-S）、シルト分以下（粒径0.075mm未満）の占める割合を図-5に示す。

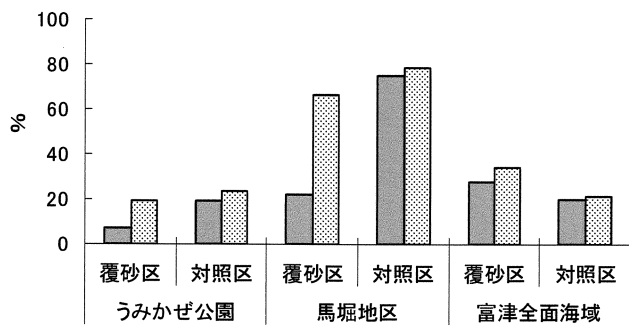
CODsedについて覆砂区と対照区とを比較すると、8月調査の富津前面海域を除いて対照区よりも覆砂区で値が小さくなっていた。地区別では、うみかぜ公園と富津前面海域に比較して馬堀地区で値が大きく、対照区では水産用水基準を超えていた。



(a) CODsed(化学的酸素要求量)



(b) T-S(全硫化物)



(c) シルト分以下(粒径0.075mm未満) %

図-5 底質調査結果（上段：CODsed、中段：T-S、
下段：シルト分以下%）

T-Sについて覆砂区と対照区とを比較すると、CODsedと同様に富津前面海域を除いて対照区よりも覆砂区で値が小さくなっていた。地区別では、CODsedと同様に馬堀地区で値が大きく、水産用水基準を超えていた。

シルト分以下（粒径0.075mm未満）の割合をみると、うみかぜ公園前、馬堀地区では対照区よりも覆砂区でシルト分以下の割合が低くなっているものの、富津前面海域では逆の傾向を示しており、覆砂実施前の海底が砂質であったと考えられる。

有機汚濁の指標となるCODsed、T-Sの値が対照区よりも覆砂区で小さくなる傾向がみられたことから、覆砂による底質改善効果があったものと考えられる。

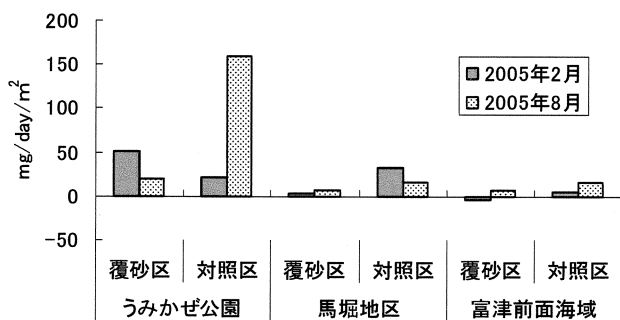
なお、馬堀地区の覆砂区では、平成17年2月から8月にかけてCODsedとT-Sの値が大きくなり、シルト分以下の占める割合が高くなっている。信澤ら³⁾の報告では覆砂実施後10年程度経過しても覆砂の効果が続いた結果となっている。当該地区における覆砂効果の持続期間についても確認する必要があると考えられる。

b) 溶出実験

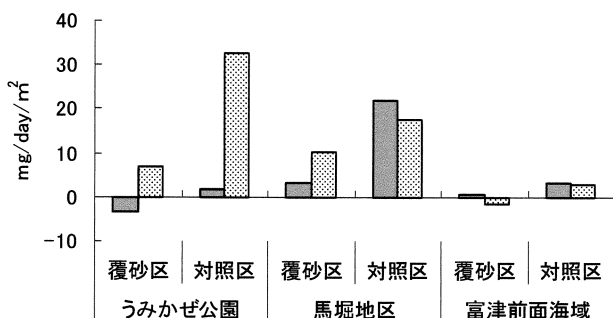
溶出実験結果から算出した無機態の窒素（DIN）、リン（DIP）の溶出速度を図-6に示す。

DINの溶出速度について覆砂区と対照区とを比較すると、2月調査のうみかぜ公園を除いて対照区よりも覆砂区で溶出速度が低くなっていた。同様にDIPの溶出速度も対照区よりも覆砂区で溶出速度が低くなっていた。

DIN、DIPの溶出速度は対照区よりも覆砂区で低くなったことから、覆砂による栄養塩の溶出低減効果があったものと考えられる。



(a) 無機態窒素(DIN)



(b) 無機態リン(DIP)

図-6 溶出実験結果（上段：DIN，下段：DIP）

c) 底生生物調査

各調査区の底生生物の種類数、個体数、湿重量を図-7に、Shannon-Wiener関数により算出した多様度指数を図-8に示す。

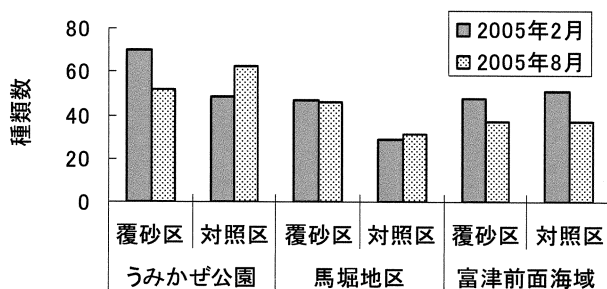
種類数はうみかぜ公園の8月調査では覆砂区よりも対照区で多く、富津前面海域では覆砂区と対照区ではほとんど差がみられない。うみかぜ公園の2月調査と馬堀海岸では対照区よりも覆砂区で多くなっていた。

個体数は富津前面海域の2月調査を除いて対照区よりも覆砂区で多かった。

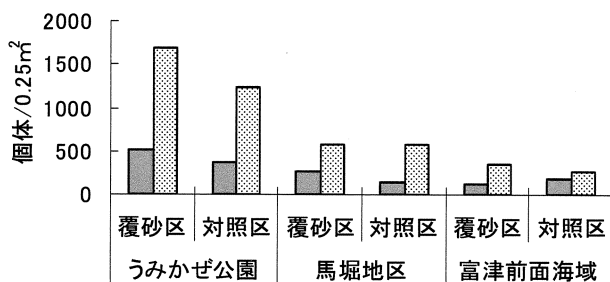
湿重量については、うみかぜ公園の2月調査を除いて対照区よりも覆砂区で多かった。

多様度指数はうみかぜ公園では2月は覆砂区で、8月は対照区で値が大きかった。馬堀地区ではいずれも対照区よりも覆砂区で大きくなっており、富津前面海域では顕著な差は認められなかった。

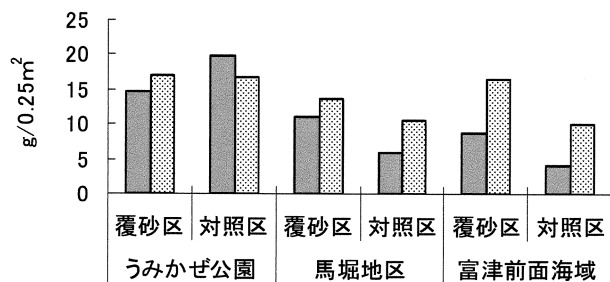
種類については、エリタケフシゴカイ、ヤリブスマ、カタマガリギボシソメ等の多毛綱の個体数が多く、全体的に多毛綱の占める比率が高くなっている。



(a) 種類数



(b) 個体数



(c) 湿重量

図-7 底質生物調査結果（上段：種類数，中段：個体数，下段：湿重量）

多様度指数 (Shannon-Wiener関数)

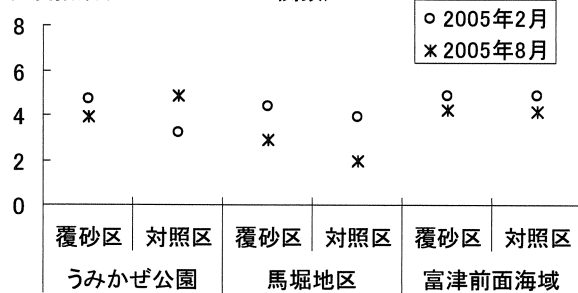


図-8 底質生物調査結果 (多様度指数)

総合的にみると、対照区よりも覆砂区で種類数、個体数、湿重量の多い傾向がみられた。とくに底質の有機汚濁が進行している馬堀地区では多様度指数を含めて底生生物の種類、量が覆砂区で多く、覆砂による底生生物の生息環境改善効果があったものと考えられる。

以上より、覆砂による底質改善機能、無機栄養塩の溶出低減機能、底生生物の生息環境改善機能といった観点から覆砂による環境改善効果が確認された。

4. おわりに

第三海堡撤去で発生したコンクリート塊を魚礁材に活用した環境改善、中ノ瀬航路浚渫および第三海堡撤去で発生した砂を活用した覆砂による環境改善の効果を把握し、評価することを目的として、事業実施区と近傍で水深等の条件が類似している対照区において現地調査を実施し、両区の結果を比較した。

本調査で得られた結果を以下に述べる。

(1) コンクリート塊投入箇所と、30m程度離れた海底とを比較すると、コンクリート塊周辺、表面、内部、周辺海底で多くの魚介類が出現し、コンクリート塊投入による魚介類増集効果が確認された。

(2) 漁獲対象種では冬季と夏季の調査で100尾を超えるメバルの群が確認された。その他、マアジ、イシダイ、イセエビなどが確認された。

(3) 魚礁設置に伴う周辺地形の顕著な変化はみられず、比較的安定しているものと考えられた。また、設置水深が30mを超える地点よりも25m程度の地点で魚介類が多く出現する傾向がみられた。

(4) 覆砂実施箇所と、近傍の非実施箇所を比較すると、有機汚濁の指標となるCODsed (化学的酸素要求量) とT-S (全硫化物) の値は覆砂実施箇所で小さくなる傾向がみられ、覆砂による底質改善効果が確認された。とくに有機汚濁の進行している馬堀地区で効果が顕著であった。

(5) 溶出実験結果では、覆砂実施区で無機態の窒素とリンの溶出速度が小さくなっており、覆砂による底泥からの栄養塩の溶出低減効果が確認された。

(6) 底生生物は覆砂区で種類数、個体数、湿重量が多い傾向がみられ、覆砂による底生生物の生息環境改善効果があったものと考えられる。

以上より、環境改善事業の評価手法として、事業実施区域と対照区で調査を実施して効果を評価することの妥当性が得られたものと考えられる。

さらに今回得られた値は、今後の類似事業における目標達成基準設定の際の参考になり得るものと考えられる。

参考文献

- 1) 海の自然再生ワーキンググループ：海の自然再生ハンドブック第1巻総論編，ぎょうせい，2003。
- 2) 末永正次・山本悟・笹田正・森山崇来・柴田剛志：港湾構造物の魚礁材リサイクル利用について，海洋開発論文集，第20巻，pp.1109-1114，2004。
- 3) 信澤雄一郎・村上和男・北村友裕・小泉俊昌・亀山豊・小松勝久：横浜港の底泥からの栄養塩の溶出と覆砂の効果に関する現地調査と室内実験，海洋開発論文集，第21巻，pp.737-742，2005。