浚渫土砂海洋投入後の底質及び漁場環境に関する評価

Environmental Assessment of Sediment and Fisheries after Dredged Sand Dumping

市瀬友啓¹・高木英男²・大谷徹也³・尾崎爲雄⁴・島田広昭⁵

Tomohiro ICHISE, Hideo TAKAGI, Tetsuya OHTANI, Tameo OZAKI and Hiroaki SHIMADA

Sea routes were buried with large amount of sand transported by Typhoon No.0423. The dredged sand for recovering the routes were dumped into the sea in order to develop rich fisheries. Surveys of bottom sediment, benthic creature, fishing, bathymetry etc. were conducted in this study. From the results, it is found that any negative impacts caused by dredged sand dumping have not been observed, and that the study area becomes a rich habitat for marine resources.

1. はじめに

兵庫県豊岡市の円山川河口部に位置する津居山港では、2004年に発生した台風0423号による高潮と急激な河川流量の増加に伴い観測潮位が既往最高潮位を大幅に上回り、約90戸が床上・床下浸水の被害を受けた（例えば、熊谷ら、2006）。また、上流部から流出した大量の土砂により、航路・泊地が埋塞し、機能回復を図るための浚渫工事が実施され、その際発生した約18万m³の浚渫土砂については、2005年に水産資源の育成の場を創出することを目的として津居山港沖約5kmの地点に海洋投入がなされた。

一方、昨今の海洋環境保護の必要性への認識の高まりを受け、2007年4月1日には「海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律の一部を改正する法律」（以下、「改正海防法」）が施行された。浚渫土砂を有効利用する場合は、改正海防法は適用されないとはいえ、浚渫土砂を廃棄物として処分する場合においては、海洋環境に及ぼす影響の予測や評価を行なったうえで、環境大臣の許可が必要となるなど、浚渫土砂海洋投入の影響や効果を把握することの重要性は高まってきた。

浚渫土砂の有効利用の事例としては、例えば浅川ら（2006）によってとりまとめられているほか、覆砂材に適用した事例（例えば、大橋ら、2006）などが報告されているものの、浚渫土砂を漁場造成のための活材として適用した際の研究事例は少ないのが現状である。

これらの背景を踏まえて本研究では、兵庫県但馬県民局豊岡土木事務所からの依頼により浚渫土砂海洋投入後

の底質及び漁場環境を評価するための現地調査を実施し、浚渫土砂投入に伴う漁場環境への影響を明らかにしようとした。

2. 調査の概要

図-1には調査地の位置図を示した。調査は、図に示した水深約120m、南北約1km、東西約0.5kmの浚渫土砂が投入された区域（以下、「投入区」と、その投入区と同程度の水深帯に対照区を設定し、表-1に示した2007年10月から2010年2月にかけて、水質や底質・底生生物など表-2に示した調査内容について実施した。

図-1 調査位置図

表-1 調査期日等

年度	項目	期日	備考
2004 (H16)	災害発生	2004.10.23	台風 0423
2005 (H17)	浚渫工事	2005 年度内	約 18 万 m ³
2006 (H18)			
2007 (H19)	第 1 回調査	2007.10.24-25	図表中で①と表記する
2008 (H20)	第 2 回調査	2008.05.15-16	図表中で②と表記する
	第 3 回調査	2009.01.29	図表中で③と表記する
2009 (H21)	第 4 回調査	2009.09.02	図表中で④と表記する
	第 5 回調査	2009.11.13	図表中で⑤と表記する
	第 6 回調査	2010.02.24	図表中で⑥と表記する

1 正会員 兵庫県県土整備部土木局港湾課 主任
2 兵庫県農政環境部農林水産局漁港課 副課長
3 兵庫県立農林水産技術総合センター 主任研究員
4 兵庫県立農林水産技術総合センター 漁業調査船たじま船長
5 正会員 博(工) 関西大学環境都市工学部 准教授

表-2 調査内容

調査	内容	環境		底質・底生生物			漁獲	海底地形	ROV
		水温	塩分濃度	粒度組成	強熱減量	底生生物			
①		○	○	○(2)	○(2)		○		●
②		○	○	○(1)	○(1)	○(3)	○	●	
③		○	○	○(1)	○(1)	○(3)	○	●	
④		○	○				○		
⑤				○(1)	○(1)	○(3)			
⑥		○	○	○(1)	○(1)	○(3)	○	●	

○：投入区及び対照区で実施 ●：投入区で実施 ()：検体数

3. 調査の方法

(1) 環境調査

投入区及び対照区において、メモリー式STD（アレック電子社製、AST1000-PK）を用いて、調査毎に表層から底層までの水温と塩分濃度を1mピッチで測定した。

(2) 底質・底生生物調査

投入区及び対照区において、スミスマッキンタイヤー採泥器（採泥面積0.05m²）により採泥し、底質・底生生物調査を行った。

粒度組成については、JIS A 1204に準ずるフルイ法により分析し、強熱減量については、底質調査方法（環境水管第127号環境庁水質保全局水質管理課通達昭和63年9月8日）による電気炉法により分析した。

底生生物については、1mmメッシュのフルイに残るマクロベントスを検体として試料瓶に保管し、10%海水ホルマリンで固定したうえで、後日分析試験を行い、生物相の組成を解析した。

(3) 漁獲調査

投入区及び対照区において、兵庫県の漁業調査船「たじま」により着底トロールによる漁獲調査を実施した。曳網速度は3ノット、曳網距離は1.1マイルとし、入網物について種別に個体数（多量に漁獲された場合は重量より推定）、湿重量等を記録した。

(4) 海底地形調査

投入区とその周辺において、魚群探知機により土砂投入海域の海底状況を把握した。また、第6回調査時には海底地形探査装置（FURUNO社製、HS-300F）により、測線間隔約250m、南北及び東西の2方向に航行し、海底状況を把握した。

(5) ROV調査

投入区において、調査船をアンカーで係留して停船させた後、ROV（遠隔操作潜水機）を船上より操作し、底質状況及び魚類増殖状況の撮影を行った。

4. 調査の結果と考察

(1) 環境調査

図-2に水温及び塩分濃度の鉛直分布を示した。調査毎の水温の鉛直分布については、夏季から秋季にかけては、図に示した①、④のとおり海面付近と海底付近で水温差がみられ、冬季から春季にかけては、図に示した②、③、⑥のとおり水温差がみられなかった。調査毎の塩分濃度の鉛直分布についても、水温の鉛直分布と同様の傾向がみられた。

調査日毎の水温及び塩分濃度の鉛直分布については、投入区及び対照区で大きな違いは認められなかったことから、投入区及び対照区における水温、塩分濃度の環境条件は等しいものといえる。

なお、第5回調査における水温及び塩分濃度については、調査機器の都合により欠測となった。また、浚渫工事に伴う水質への影響を確認するため、国土交通省河川局水文水質データベース及び（独法）国立環境研究所環境GIS（2010-12-19 参照）により津居山港内とその周辺のCODを分析したが、工事期間中のその値は期間外年変動幅の範囲内であり、浚渫工事に伴う大きな影響は認められなかった。

図-2 水温及び塩分濃度の鉛直分布

(2) 底質・底生生物調査

a) 底質調査

図-3に粒度組成と中央粒径値及び強熱減量との関係を示した。投入区における中央粒径値は0.10mmから0.46mmであり調査毎にばらつきがみられた。これは、浚渫土砂に含有していたとみられる粒径の大きな砂礫分が影響したものと示唆される。一方、対照区における中央粒径値は0.15mmから0.16mmであり、調査毎のばらつきが少なくほぼ一様な底質環境であるといえる。投入区では対照区と比較してシルト・粘土分が多く含有する地点もみられたものの、全体として投入区における中央粒径値は大きくなる傾向がみられた。

投入区における強熱減量は3.4%から6.1%であり、対照区における強熱減量は4.4%から7.3%であった。投入区では粒度組成（シルト・粘土分）と強熱減量との高い相関が認められ、投入区における底質の有機物の由来はシルト・粘土分によるものであることが推察された。一方、対照区では、粒度組成（シルト・粘土分）と強熱減量との相関は認められなかった。なお、投入区では中央粒径値と強熱減量との高い相関がみられたが、対照区ではその相関は認められなかった。

今回の調査場所より約20km西に位置する兵庫県香美町香住沖で長浜ら（2001）が実施した底質分析結果によると、水深75mから150mの海域における中央粒径値は0.15mmから0.30mmであり、水深の増加に伴い大きくなる傾向であったことが報告されているが、投入区における中央粒径値は0.10mmから0.46mmの範囲で確認されていることから、120m前後の水深帯への浚渫土砂の投入に伴い、投入前の原海底の底質環境とは異なる水深帯の底質環境が創出されたといえる。また、長浜ら（2001）によると水深75mから175mにおける強熱減量については、4%前後であったことが報告されている。本研究の調査区域においても、投入区の強熱減量は概ね4%前後で推移していることから、投入区における底質の有機物量については、対照区や周辺海域と比較しても同程度の有機物量であり、周辺海域に悪影響を及ぼすレベルではなかった。

図-3 粒度組成と中央粒径値及び強熱減量

b) 底生生物調査

図-4にマクロベントスの出現状況を示した。マクロベントスの出現個体数について、投入区では、第3回調査時（30種）を除くと84種から88種の範囲（平均87種）であった。第3回調査時が他と比べて半減したのは、底質状況の違いによるものと推察され、第3回調査時の底質調査（粒度組成）結果によると、投入区の底質にはシルト・粘土分が46.7%と高い割合で含まれていたことに起因した局所的なものであると考えられる。一方、対照区で出現した種類数は78種から95種の範囲（平均87種）

であり、ばらつきが少なかった。分類群別にみると、投入区及び対照区ともに環形動物が最も多く、次に節足動物が多く確認される傾向が認められた。

マクロベントスの出現個体数について、投入区では、第3回調査時（53個体）を除くと180個体から254個体の範囲（平均221個体）であったが、第3回調査時のみ出現個体数が少ない原因としては、種類数と同様に底質状況の違いによるものと推察される。一方、対照区では、181個体から274個体の範囲（平均213個体）であった。

マクロベントスの出現湿重量について、投入区では、3.42gから7.00gの範囲（平均5.06g）であった。投入区における第3回調査時には、ムラサキエンコウガニが1個体（4.87g）出現したため湿重量が大きくなったが、ムラサキエンコウガニを除いた湿重量は2.14gであった。一方、対照区では、3.16gから7.53gの範囲（平均4.93g）であった。対照区における第3回調査では、ガマグチボヤが1個体（3.44g）出現したことが影響して湿重量が大きくなったが、ガマグチボヤを除いた湿重量は2.14gであった。同様に、対照区における第2回調査においても、1個体当たりの重量が大きいガマグチボヤ等が出現したことからその他（原索動物）の占める割合が高くなった。分類群別にみると、投入区及び対照区ともに環形動物が最も多く、次に節足動物が多く確認される傾向が認められた。

以上の結果をまとめると、投入区におけるマクロベントスの出現状況は、対照区と比較して遜色のないものであり、魚介類の餌料として重要なエビ・カニ等の節足動物やゴカイ等の環形動物が優占しており、これらは概ね選好性餌料に分類されることを勘案すると、浚渫土砂投入に伴う負の影響は認められず、投入区の底質環境は、現在のところ魚介類にとって良好なものであるといえる。

図-4 マクロベントスの出現状況

(3) 漁獲調査

図-5に魚介類の出現状況を示した。

出現種類数については、調査時期によって変動がみられたものの、投入区では全調査において対照区で確認された種類数を上回った。

出現個体数及び湿重量については、対照区でカナガシラ、マアジ等が多量に漁獲された時には投入区を上回ったものの、変動が大きかったこれらの魚種を除くと、投入区は対照区と比較して遜色無い若しくは、上回る傾向がみられた。

特徴的な事象として、投入区では、カサゴ類の個体数及び湿重量の増加傾向が認められたものの、対照区では第1回及び第4回調査時のみカサゴ類が確認され、増加傾向はみられなかった。すなわち、投入区はカサゴ類の生息場として適地となっている可能性が示唆された。

ここで、カナガシラ、マアジ等変動の大きい魚種やサメ類等漁業上有用でない魚種を除き、タイ類、カレイ・ヒラメ類、カサゴ類について、図-6に有用魚種の個体数及び湿重量の推移を示した。投入区では、第2回調査を除いて有用種の種類数及び個体数が対照区を上回る傾向が認められた。

また、第6回調査の投入区で漁獲されたカサゴ類について、簡易に実施した胃内容物の分析では、漁獲調査でも確認された魚種であるカナガシラ、マアジ、イカ類などいずれも未消化の状態を確認され、投入区において食物連鎖が形成されていることが確認された。

これらを合わせて、漁獲調査結果より、投入区では、浚渫土砂投入による負の影響は認められず、漁業上有用なタイ類、カレイ・ヒラメ類、カサゴ類などにとって良好な漁場環境が創出されたことが示唆された。

図-5 魚介類の出現状況

(4) 海底地形調査

図-7に第6回調査で実施した海底地形探査装置による解析図を示した。浚渫土砂を集中して投入した水深120m付

図-6 有用魚種の個体数及び湿重量の推移

近、南北250m、東西250mの範囲で隆起が確認され、その高さは2m程度であった。また、第2回、第3回、第6回調査で実施した魚群探知機による調査により隆起が確認された範囲とその周辺で底質反射パターンの違いが認められ、周辺と異なる底質環境であることを確認した。

一方、浚渫土砂の海洋投入及び有効利用に関する技術指針（国土交通省港湾局）に基づき、堆積厚の簡易予測計算結果は1.69mとなったが、調査期間中概ね同じ区域で2m程度の隆起がみられたことから、2005年夏頃にかけて浚渫土砂を投入して約4年半経過した第6回調査時点において浚渫土砂の大きな移動はなく、安定した状態であるといえる。

図-7 海底地形探査装置による解析図

(5) ROV調査

写真-1にROVにより撮影した底質状況及び魚類の出現状況を示した。底質については、砂質とみられ、調査時には、キダイ、カナガシラ、キヌバリ属、ナスカザメ、ハモとみられる魚類や、石材等に蛸集するウツカリカサゴなど合計6種類の魚類が出現するなど、魚介類にとって良好な底質及び漁場環境であることを確認した。

写真-1 底質状況及び魚類の出現状況

5. 主要な結論

本研究で得られた主要な結論は以下のとおりである。

- ①環境調査結果より、投入区及び対照区における水温、塩分濃度の環境条件は等しい。
 - ②底質調査結果より、投入区における中央粒径値は0.10mmから0.46mmであり、浚渫土砂に含有していたとみられる粒径の大きな砂礫分が起因して中央粒径値が大きくなる傾向がみられた。また、投入区では中央粒径値と強熱減量との高い相関が認められ、投入区における底質の有機物の由来はシルト・粘土分によるものであることが推察された。
 - ③周辺海域における底質調査結果との考察により、投入区の底質環境は、投入前の原海底の底質環境とは異なる水深帯の底質環境が創出されたといえる。また、強熱減量は概ね4%前後で推移したことから、底質の有機物量についても周辺海域に悪影響を及ぼすレベルではなかった。
 - ④底生生物調査結果より、投入区におけるマクロベントスの出現状況は、対照区と比較して遜色のないものであり、魚介類の餌料として重要な概ね選好性餌料に分類されるエビ・カニ等の節足動物やゴカイ等の環形動物が優占するなど、良好な底質環境であった。
 - ⑤漁獲調査結果より、投入区では魚種が豊富であるうえ、遜色のない個体数及び湿重量であった。また、カサゴ類については、調査を追って個体数及び湿重量がともに増加傾向を示し、浚渫土砂投入による負の影響は認められず、漁業上有用なタイ類、カレイ・ヒラメ類、カサゴ類などにとって良好な漁場環境が創出されたことが示唆された。
 - ⑥簡易に実施したカサゴ類の胃内容物の分析では、漁獲調査でも確認された魚種であるカナガシラ、マアジ、イカ類などいずれも未消化の状態で確認されたことから、投入区において食物連鎖が形成されていることを確認した。
 - ⑦海底地形調査結果より、水深120m付近で2m程度の隆起を確認し、2005年夏頃にかけて浚渫土砂を投入して約4年半経過した第6回調査時点において、浚渫土砂の大きな移動はなく、安定した状態であるといえる。なお、簡易予測に基づく堆積厚の再現計算結果は1.69mとなった。
 - ⑧ROV調査結果より、海底の底質は、砂質とみられ、6種類の魚類が出現するなど、魚介類にとって良好な底質及び漁場環境であることを確認した。
- 以上、本研究より得られた結果を総合的に勘案すると、投入区については、浚渫土砂投入に伴う負の影響は特に認められず、現在のところ魚介類にとって良好な底質・漁場環境であり、水産資源の生育環境として良好な場となっていることが示唆された。

6. おわりに

浚渫土砂の海洋投入にあたっては、地元漁業関係者や関係行政機関との十分な調整が不可欠であり、実施時の環境対策もさることながら、浚渫土砂投入後の海域の状況を評価し、継続的なモニタリング調査を実施することは極めて重要である。

本研究結果からは、現在のところ良好な底質・漁場環境であるものと示唆されたが、当該海域の底質・漁場環境を定量的に評価するまでには至っていない。また、浚渫土砂投入による効果の発現については、投入される浚渫土砂の粒度組成や含有物等の環境条件、投入される地点の底質条件、自然環境条件等により左右される。よって、本研究結果を他の海域に適用する場合にはこれらに十分留意しなければならない。

本研究結果が、今後の沿岸漁業の振興と港湾・海岸事業の推進の一助となれば幸いである。

謝辞：調査の依頼元である兵庫県但馬県民局豊岡土木事務所よりROV調査結果、底質調査結果等の資料提供を受けた。また、現地調査の計画策定、調査の実施等にあたっては但馬県民局但馬水産事務所をはじめとする関係機関の協力を得た。調査の実施にあたっては兵庫県漁業調査船「たじま」乗組員に全面的な支援を得た。ここに感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 浅川典敬・本間 薫・佐藤昭人・我原昭昭・田代孝行:漁港漁場整備事業における浚渫土砂海洋投入に関する実態調査とSS拡散予測について、海洋開発論文集，第22巻，pp.379-384，2006。
- 市瀬友啓・大谷徹也・尾崎為雄・高木英男：浚渫土砂の海上投入が漁場環境に及ぼす影響に関する調査，土木学会第65回年次学術講演会講演概要集，pp.285-268，2010。
- 大橋照美・森永貞朗・福永浩仁・山本秀一・田村圭一: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，海洋開発論文集，第22巻，pp.637-642，2006。
- 熊谷健蔵・市瀬友啓・平井住夫・辻尾大樹:台風0423号による円山川河口部に位置する津居山港周辺の浸水原因について，海岸工学論文集，第53巻，pp.201-205，2006。
- 国土交通省河川局:水文水質データベース（オンライン），<http://www1.river.go.jp/>，参照2010-12-19。
- 国土交通省港湾局：浚渫土砂の海洋投入及び有効利用に関する技術指針（平成18年6月）。
- （独法）国立環境研究所：環境GIS（オンライン），<http://www-gis.nies.go.jp/>，参照2010-12-19。
- 水産庁漁港漁場整備部・財団法人漁港漁村技術研究所:平成15年度水産基盤整備生物調査「原単位把握のための調査」（魚礁事業における増殖効果指標検討調査）報告書（平成16年3月）。
- 長浜達章・反田實:兵庫県但馬沖の底質環境とマクロベントスについて，兵庫水試研究（36），pp.1-14，2001。