

# 環境の改善保全を考慮した港湾整備について

－循環型社会の対応を目指すゼロエミッション技術と海域環境の保全に向けた水質改善技術－

社団法人 日本埋立浚渫協会 環境部会

近年、港湾整備にあたっては、港湾そのものの機能を満足するのみならず、社会環境を始め周辺の自然環境にも配慮した港湾整備が要求されるようになってきている。東北地方沿岸は、リアス式の良い海域環境に恵まれ、古くからカキ・ホタテなどの養殖が各地で行われてきた。これらの生産が増えるにともなって、大量のカキ貝殻やホタテ貝殻の処理が困難となり、有効活用が求められている。また、漁業生産の拡大に加え、社会環境の変化に伴う環境負荷の増加により、閉鎖性の高い内湾は徐々に水質の汚染が進行し、一部では赤潮の発生が頻繁に見られるようになってきた。このような環境をよくするために、循環型社会に対応する技術開発や海域環境を改善する技術開発が行われている。環境部会では、環境調査の一環として仙台港湾空港技術調査事務所と塩釜港湾・空港整備事務所を訪問し、これら環境の改善保全を考慮した東北地方整備局管内の港湾整備状況をヒアリング調査するとともに、これら事業が施工されている現地を視察した。

## 1. 循環型社会の対応について

カキ・ホタテなどの貝殻は、毎年大量が廃棄物として処分され、一部では野積み状態で放置され、悪臭やハエの発生などや、景観を損ねる問題が生じることもある。そのため、多くの分野で研究開発が進められ、リサイクル率は上昇傾向にあるが、全量リサイクルにはいたっていない。ここでは、比較的早くから研究が進められ、実用化が長年続いている石巻港のカキ貝殻有効活用の事例と、新たな大量リサイクル方法を確立するために研究が進められている八戸港のホタテ貝殻の活用事例を紹介する。

### 1-1 カキ貝殻の有効活用（石巻港）

石巻港では、南防波堤のケーソン設置に伴う事業の中で（写真-1）、海底の地盤改良のために砂杭を地盤に何本も打ち込む方法がとられており、この砂杭材の一部にカキ貝殻を混ぜている。この事業では、従来、放置あるいは廃棄されていたカキ貝殻を地盤改良の砂杭の材料の一部として有効活用し、さらにはコスト縮減に反映させている。平成4年度以来、平成20年度末までのカキ貝殻の使用量は18.6万 $m^3$ となっている。

初めに、カキ貝殻の工学的特性を調べた。その結果、粉碎した殻はやや薄片状になるが、粒度分布は

良好となり、さらに①内部摩擦角：砂同程度ないしそれより大、②密度：砂より小、③透水係数：砂より大、④CBR：砂の中間程度、⑤圧縮性：砂より大などの工学的特性が確認された。また、砂との混合性も良好であり、最大粒径30mmに破碎されたカキ貝殻（写真-2）と砂との体積比1：2で混合した材料が適切であることを試験により確かめた（図-1）。

粉碎されたカキ貝殻と砂は、ガット船で入念に混合され、サンドコンパクション（SCP）船に運ばれ、所定の位置に打設される。図-2に石巻港南防波堤標準断面図を示す。

写真-1 石巻港と南防波堤の施工場所<sup>1)</sup>

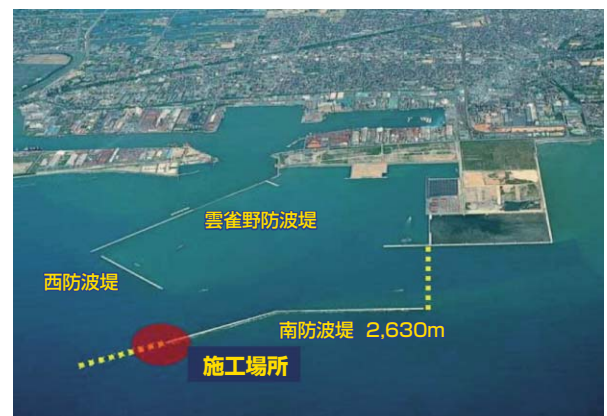


図-1 粒度分布<sup>2)</sup>

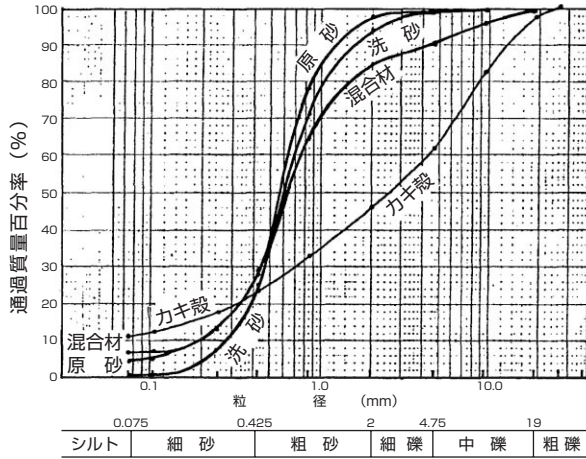
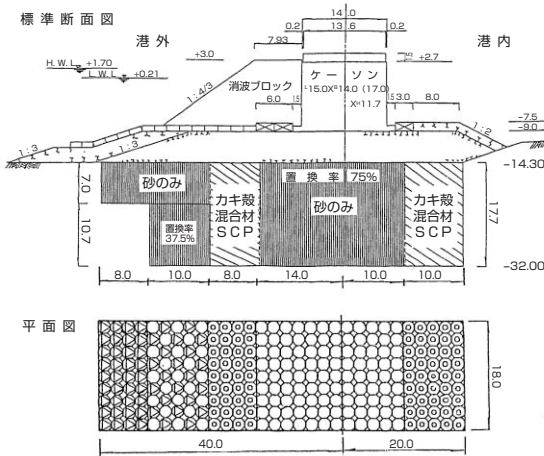


写真-2 最大粒径30mm粉碎のカキ貝殻



図-2 石巻港南防波堤標準断面図<sup>2)</sup>



## 1-2 ホタテ貝殻の有効活用 (八戸港)

産官学共同により、青森県内で盛んに生産されているホタテの貝殻をコンクリート用細骨材としてリサイクルし、循環型社会形成に貢献するための実証試験が八戸港で開始された。

八戸港での実証試験では、オントラック型回転式破砕機で粉碎した貝殻砂(シェルサンド)を製造する。シェルサンドは主成分がカルサイトを主体とした炭酸カルシウムで、その物性は表-1に示すとおりである。

りである。コンクリート用細骨材の規格に対して微粒分量以外は満足する材料であり、NaCl含有量も有機不純物も問題なかった。シェルサンド単体では、標準粒度を確保できなかったため、山砂100%に対して25%・50%をシェルサンドに置き換えて、コンクリート用細骨材の標準粒度を満足させた。

シェルサンドの置換率を変えたコンクリートの断面の写真を写真-3に示す。シェルサンドの置換率が増えると貝殻による白色部分が多くなっている。また、表-2に示す強度試験結果によると、強度は普通コンクリートに比べ若干低下する傾向が見られたが、設計強度は満足しており、実用上は問題ないものと考えられた。

本研究の開発スケジュールは、平成18年度に実規模ブロックへの適用(無筋コンクリート)、平成19年度にケーソン蓋コンクリートへの応用(無筋コンクリート)・RC実規模供試体の製作(鉄筋コンクリート)、平成20年度にこれらの耐久性・環境試験を行い、ガイドラインを作成する予定である。

表-1 シェルサンドの物性<sup>3)</sup>

試験項目	物性値	規格(JIS A 5005)
絶乾密度(g/cm <sup>3</sup> )	2.60	2.5以下
吸水率(%)	1.02	3.0以下
微粒分量(%)	8.5	7.0以下
有機不純物	薄い	薄い
NaCl含有量(%)	0.003	0.04以下

写真-3 シェルサンドの置換率を変えたコンクリートの断面<sup>4)</sup>



表-2 強度試験結果<sup>3)</sup>

シェルサンド置換率(%)	圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )			引張強度(N/mm <sup>2</sup> )	曲げ強度(N/mm <sup>2</sup> )
	$\sigma_{7d}$	$\sigma_{28d}$	$\sigma_{91d}$	$\sigma_{28d}$	$\sigma_{28d}$
0	18.0	27.8	30.3	2.28	4.19
25	16.1	24.9	27.2	2.41	3.97
50	15.9	25.2	29.2	2.05	3.52

## 2. 海域環境の保全について

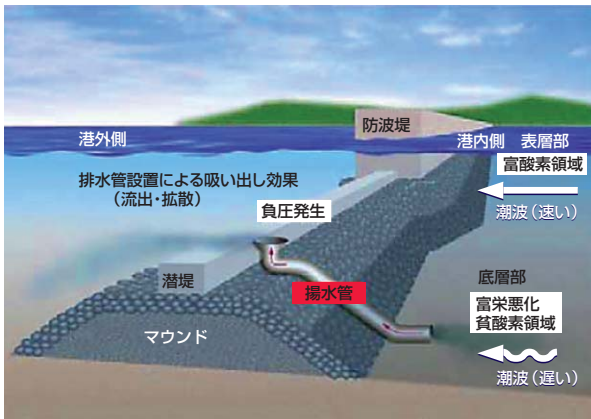
大船渡湾は、人口の集中と港湾の高度な開発と利用が行われ、自然に対する負荷が増大し、様々な環境問題が生じるようになってきた。なかでも、開口部が狭く、閉鎖性が高い湾域は、海水が停滞しが

ちで、水質の悪化が指摘され、水質浄化および保全が強く求められるようになってきている。

水質改善方策としては、エアレーションによる空気導入やポンプなどによる強制循環等が実施されているが、これらは動力として電気を利用するため、維持管理に経済的な負担が必要となる。そこで、自然エネルギーである潮流を活用して、夏場に水質悪化が著しくなる湾内底層水を湾外に排出することにより海水交換を行う技術開発が平成9年の模型実験から始まった。平成16年には、国土交通省釜石港湾事務所は大船渡湾で世界初の試みとなる水質改善の実験が行なわれることになった。

今後は、実験用の管に付着する貝や藻などの量を最大2年間測定した後、5年以内の実用化を目指している。

図-3 負圧利用型海水交換装置の概要図<sup>3)</sup>

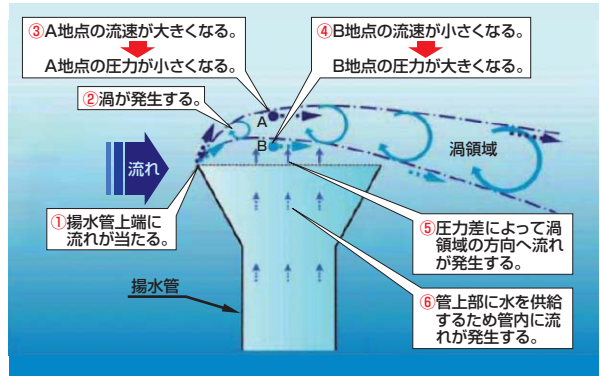


この技術は「負圧利用型海水交換装置」と呼ばれ、潮の流れによる水圧の差を利用して、ストローのような管で海底の海水を表面に吸い上げるもので、湾内の海水を上下にかき混ぜることで海底へのドロや赤潮の発生を押さえる効果を狙ったものである。この負圧利用型海水交換装置は、図-3に示すように防波堤開口部の海底基礎マウンドに沿って長さ27mの揚水管を設置し、海底と潜堤上面を結ぶ。揚水管のラッパ状ヘッドは高さ8m、吐出口φ4mで、一般本体はφ2mの大きさである。

潮汐によって湾内に流れが生じると、揚水管のヘッド部では渦が発生し、渦領域で流速差が表れてそれに伴い圧力差が出現し、上向きの鉛直流が生じる。この流れを駆動力として、揚水管の底層水が吸い出されて上層の新鮮な海水と混合され、湾内の海水交換が進行する。図-4に負圧の原理を模式図で示す。

実証実験時には、本装置の性能を把握する目的で波高計・水温塩分計・流速計・水質計などを設置し、揚水管やマウンド部の流速、湾内の水温・塩分・溶存酸素などの水質を計測した。その結果、負

図-4 負圧の原理の模式図<sup>3)</sup>



圧利用型海水交換装置は、湾内の底層水を吸い上げるだけでなく、逆に表層部の清浄な海水を海底に押し込むことも確認された。

揚水量は3,150~3,970m<sup>3</sup>/日、押込量は5,100~7,950m<sup>3</sup>/日で、実験時の時期や潮位により変動が見られ、夏季の成層期に交換量が若干少なくなる(表-3)。これらの値は、大船渡湾内の貧酸素水塊8,750,000m<sup>3</sup>に比べると、海水交換量としては少なく、関係機関では本装置の改良や他の海水浄化法との併用などを進めていくことも考えているようである。

表-3 実証実験時における揚水量と押込量<sup>3)</sup>

時期・潮位	接近流速 (cm/s)	揚水量 (m <sup>3</sup> /日)	押込量 (m <sup>3</sup> /日)	
H16-H17 実証実験 (非成層)	下げ潮	8.8	3,050	760
	上げ潮	7.6	920	7,190
	計		3,970	7,950
H17 実証実験 (成層)	下げ潮	6.4	1,350	3,100
	上げ潮	9.2	1,850	2,600
	計		3,200	5,700
H18 実証実験 (成層)	下げ潮	7.8	1,770	2,000
	上げ潮	9.6	1,380	3,100
	計		3,150	5,100

### 3. 自然環境の再生について (蒲生干潟)

蒲生干潟は仙台市東部の仙台港の南側に位置し、七北田川河口の左岸の延長860m、幅250m、水面積13haの小さな潟湖であり、干潟の面積は約5haである(写真-4)。現在の干潟の形状は、仙台港の整備や河川の改修工事によって人為的に形成されたものである。

また、蒲生干潟は国指定仙台海浜鳥獣保護区蒲生特別保護地区に指定されている自然豊かな干潟であり、水辺で羽を休めるシギ、チドリ、サギなどの貴重な野鳥や、様々な植物群落を見ることができ(写真-5)。

近年、蒲生干潟は干潟周辺地域の開発やレジャー、

写真-4 蒲生干潟と仙台港<sup>5)</sup>



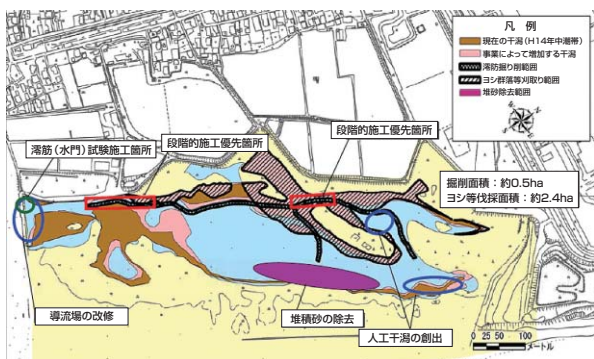
写真-5 蒲生干潟（日和山より北方を望む）



マリンスポーツ等の人為的な負荷が増加し、また導流堤の老朽化により干潟の塩分濃度上昇・浅底化や干潟露出面積の減少などにより、野鳥の種類・飛来数が減少してきている。蒲生干潟のように人為的な影響を受けた生態系は、そのまま放置すると遷移を起し、塩性湿地から徐々に陸地化に向かうと想定されている。

蒲生干潟の豊かな自然を保全・再生するため、平成15年1月に施行された自然再生推進法に基づいて、平成17年に学識者・地元関係者・NPO等・行政機関からなる蒲生干潟自然再生協議会が設立された。今後、蒲生干潟の自然再生を目指して、人工干潟の創出、堆積砂の除去、導流堤の改修、漂

図-5 干潟復元事業全体計画図<sup>6)</sup>



筋の掘削、ヨシ群落の刈取りなど自然再生事業を進めていくことが計画されている(図-5)。

## 4. おわりに

国土交通省東北地方整備局管内で行われている環境関連事業や研究開発に関する取り組みについて、業務ご多忙中の中入念な説明を仙台港湾空港技術調査事務所の大里所長ならびに塩釜港湾・空港整備事務所の木内第一工務課長から受けた。ここに紙面を借りて、厚く御礼申し上げます。さらに、輸出入コンテナが増加を続け、手狭となりつつあるコンテナヤードを初めとする仙台塩釜港(仙台港区)の現況を視察し、港湾の重要性を再認識させられた。一方では、地元・NPO・学者・行政が協力して古くからの貴重な自然空間である蒲生干潟の保全・再生が進められている。仙台塩釜港では、開発・利用と自然環境のバランスの必要性を感じさせられた。また、仙台は古くから貞山堀運河により海運業を発展させ、海外との交易も試みた土地柄であり、今後さらに環境に配慮しながら港湾の整備が進められるものと期待を膨らませた。

北上川から阿武隈川をつなぐ貞山堀沿いには、杉林に囲まれた高台に塩釜神社が塩釜港を見守り、松島では瑞巖寺がどっしりと控え、我々の行く末を指し示すかのように感じられた視察であった。

### 参考文献

- 1) 国土交通省東北地方整備局塩釜港湾・空港整備事務所：記者発表資料、2006。
- 2) 橋立洋一、他：カキ殻混じり砂の特性サンドコンパクションパイルへの適用、第29回土質工学研究発表会講演集、No.272、PP.717~720、1994。
- 3) 国土交通省東北地方整備局仙台港湾空港技術調査事務所：技術説明資料、2008。
- 4) 日本国土開発(株)：ホタテ貝殻を用いた「シェルコンクリート」を開発、プレスリリース、2006。
- 5) 国土交通省東北地方整備局塩釜港湾・空港整備事務所：仙台塩釜港パンフレット。
- 6) 宮城県：蒲生干潟自然再生事業干潟・砂浜の修復実施計画、宮城県HP、2008。

(文責 東亜建設工業(株) 鈴木秀男)