

CIFER・コア 平成 28 年度 施設見学会の概要

1. 趣 旨

大阪湾の環境再生のための取組事例を見学する。

2. 内 容

- 主 催：CIFER・コア
(一般社団法人大阪湾環境再生研究・国際人材育成コンソーシアム・コア)
- 開催日時：平成 28 年 10 月 18 日 (火) 12:00~17:30
- 見学場所：①須磨海岸における養浜事業 (神戸市)
②神戸市立須磨海浜水族園 (神戸市)
③神戸空港島内の人工ラグーン (神戸市)
- 参加者数：39 名



3. 概 要

◆開会挨拶：CIFER・コア理事長 上嶋 英機 (広島工業大学客員教授)

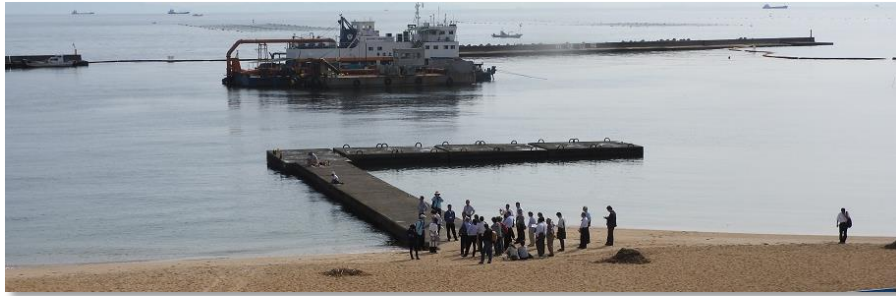
第 4 回目の施設見学会で、これまでは大阪湾の東側を見てきたが、今回は西側に移り、兵庫県、神戸の方をご案内する。1995 年の阪神淡路大震災以来、21 年が経過し、街は車窓を見るとわかるように都市的な景観が蘇ってきているが、海の中はどうかと考え、本日の見学会を企画した。

本日、ご覧いただく中で須磨海岸は白砂青松の海岸として有名である。今の若者には白砂青松といっても通用しないかも知れないが、なぜ松の海岸風景が形成されたかと言えば、瀬戸内海は古くから塩づくりが盛んで、塩をつくるためには薪が必要である。薪を取るために松を植え、15 年程度で薪に使えるようになり、それが繰り返されてきた。しかし、山口県の宇部で石炭が発見され、状況が変化する。薪が石炭に代わり、松が切り取られなくなって白砂青松の景観が残った。しかしこれも昭和 30 年以降に海砂を取り始めてから砂浜が減っていった。特に山口、広島、愛媛付近の瀬戸内海では砂浜が減少し、山から砂を持ってきて投入した。須磨海岸も半分くらい削られてまた戻ってきた。一気に変化する訳ではないので気付きにくいですが、川からの供給が減り、海の洗掘により流れが変わって洗掘流で砂浜が痩せるのだと思う。

埋立地と海岸の構造物に対してエコロジー、生物共生に関する実験を神戸空港で行った。スラグを使った実験なども初めて行ったし、本日、見学する人工ラグーンもある。これからの大阪湾の再生についてどのような方向が良いのか、そんな視点から見学していただき、皆様のご意見もいただきたい。



①須磨海岸における養浜事業：(説明者) 神戸市みなと総局技術部海岸防災課 馬川 和典 氏



この現場で製鋼スラグ製の人工石を使う前に、2014年に淡路島で人工スラグを使った実験を行ったところ藻や魚が良くついた。これらの海域実験を漁業関係者から評価いただき、ここでも実施することになった。

この現場では、西側のL型防波堤から東の方向の船が停泊している場所まで430mあるが、そこに潜堤を設置したうえ砂を投入し砂浜を造ろうとしている。潜堤から陸側に砂を投入し、30分の1程度の緩やかな勾配にして子供でも安心して入ることのできる遠浅の砂浜に仕上げる計画だ。

潜堤を造るにはいろいろな方法があるが、ここで採用したのはフィルターユニット工という袋詰め根固め工である。いろいろな方向からの波がきても流されたりしないようなものとして、4~6トンの石を詰めたフィルターユニットを使って布団状に敷いた。使用した神戸製鋼所の製鋼フラグを使った人工石材は約1,000トンである。

淡路島での経緯もあり、事業をやるのであれば海藻のつきやすい人工石を使うことになったが、潜堤設置工事は平成28年の2月から5月に終わっており、砂の投入を始めている。袋に詰める石としては、天然石と人工石の袋を準備し、間口430mのうち西の方から4割くらいのところまでは鉄鋼スラグ製の人工石を使った潜堤とし、残る区間は天然石の潜堤としている。



人工石は神戸製鋼所加古川製鉄所で固化させ、固化後3日位のまだ柔らかいうちに人頭大に破碎し、須磨岸壁背後の作業ヤードで袋詰めしたものをこの前の現場まで運んで海中投入した。来年7月の海開きまでには、この場所の遠浅化工事を完了させたいと取り組んでいる。しかし、これから須磨のノリ養殖の種付け時期に入るので、それが終わるまでは工事は中止しており、種付けして安定すれば工事を再開する。

元とは言えば、昭和48年頃から須磨海岸の養浜事業を行ってきたが、かつての港湾研究所、今は港湾空港技術研究所に名称が変わったが、そこで模型実験を行い、離岸堤と突堤を造ると砂が流されないことを確認したうえで事業を進めてきた。阪神淡路大震災まで事業を進めてきたが、震災後は財政面の問題から休止していた。最近、状況が改善され、地元や漁業組合から要望もあったため、家族連れでも安心して楽しめる遠浅の海水浴場として整備するため事業を再開した。

Q：潜堤の位置はどの辺りか。

→TPよりも90cm高いKPというのがあり、東の方の突堤で船が着岸している辺り(海岸線から200m程度沖側)でKP-2mが天端になり、そこから30分の1の勾配で上がってくることになる。

Q：大阪ではスラグを使った実験はなかなか受け入れられない状況にあるが、兵庫ではどうか。岩屋での実験が契機になったのか。

→岩屋では天然石と人工石を比較実験したところ、確実に人工石の方が早く藻がついたので、これは良いということになった。この現場では、4月と8月に潜水して50cmの方形枠内にどれだけの生物がいるか調査したところ、今のところ天然石よりはましだというのが正直なと

ころだ。人工石中の鉄分が藻の生育に良いそうだ。フィルターユニット中の人工石が波で揺さぶられると藻の根が切れることも考えられるので、もう少しじっくりと調査を継続したい。

Q：フィルターユニットはどこ製の製品か。

→いろいろ検討したが共和のものを使っている。ネットの中央部を締めると、中の人工石が比較的動きにくくなり、ネット自体にも藻が付着しやすいと聞いている。関空の護岸にも沢山の藻がついていると聞いており、ここでも太陽光が届く深さなので藻が付きやすいと思う。

Q：どこの砂を使っているのか。

→下に入れる砂は、工事時期が合致したので国土交通省が事業をしている加古川の良質な浚渫土を使う。その上に載せる砂は、来年度、九州の唐津産を使う予定である。

Q：この場所の砂浜には貝殻が多いようだが、ここに生息していたものか。

→東の突堤から向こう側の第1期養浜事業では瀬戸内海の砂を使ったようなので、持ち込まれたものかもしれない。砂自体は歩きやすい等の条件から0.5~1.0mm程度である。

Q：大震災ではこの砂浜は沈下したのか。

→沈下したかどうか、はっきりわからない。ただ、沖の離岸堤は、ここからでも視認できるように隙間ができており、沈下している。離岸堤は砂浜の上に捨石のマウンドがありその上にブロックが載っている混成堤なので、揺されると荷重で沈下するが、この場所の砂浜には荷重がかかっていないので、あまり沈下しなかったのかもしれない。

Q：潜堤は良いことだと思うが、前面の流れが速くなり洗掘されないか。

→大阪大学の実験では4時間くらいの間に1,000波の波を受けると洗掘が起こりうるので、洗掘防止マットを敷き、後ろ側には砂が逃げないように吸出し防止マットを敷いている。換算沖波が4mくらいまでは大丈夫だ。

コメント：ここは明石海峡との接点なので、ちょっとしたものを設置すると流れが大きく変わる場所だ。水理模型の研究では500mの突堤を出すと大阪湾の流れが反転する。

Q：産業副産物、建設副産物を使う場合、環境部局の反応はどうか。

→環境部局とは直接、協議していない。漁業者、地元関係者の要望で遠浅にするため、雑石よりも少し高い有価の有用物を当方の判断で使用している。

Q：産業副産物等を使って環境再生に取り組もうとしているが、なかなか環境部局との調整が進まない。ここでは正しく市民が海に触れる場所で製鋼スラグ製の人工石を使用しているのは画期的なことだと思う。

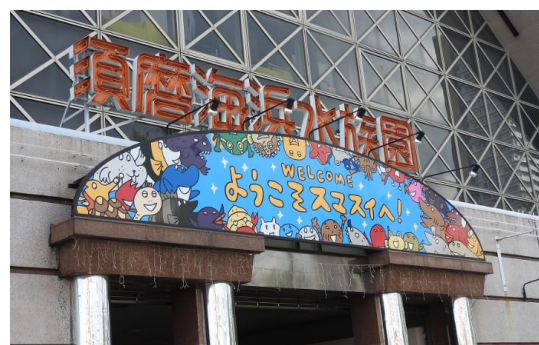
②神戸市立須磨海浜水族園：(説明者) 園長 吉田 裕之 氏

(大阪湾見守りネットのウナギの帽子をかぶって登場)



須磨水族園には本館と、淡水魚、ラッコ、イルカ、ペンギン等がいるパピリオン形式の館があるが、今日は本館内のバックヤードを見ていただく。その後、矢持先生からの要望で須磨海岸の砂浜、先ほどは西の方で養浜工事現場を見学したと思うが、今度は東の方を案内し、砂浜の今昔について説明したい。

本館エントランスは天井が高く、天井が海面のようになる。この大水槽は三菱重工製の造波装置で向かって横方向に大きな波を起こすようになっていたが、開館して30年近く経過し故障しているため、別にピストンを入れて小さい波を起こすようにして海の雰囲気を出している。この水槽のコンセプトは黒潮の海と瀬戸内海の繋がりをイメージしている。去年から高知県の漁業組合の定



置網で獲れた魚を入れるようになった。右手に少し小さいが魚の群れが見える。これは和歌山県や家島から仕入れたマイワシである。この水槽にはマイワシを好物とするアジ科のより大きな魚なども入っているので、マイワシを大量に入れても1カ月もするとあのように小さな群れになってしまう。それは可哀そうだという声も聞くが、マイワシはプランクトンと大きな魚を繋ぐ食物連鎖の一部を担っている。ここではすぐに少なくなるが、自然界ではマイワシが卵を産んですぐに成長し絶滅することはないので、そのようなことも学んでいただくためにこの大水槽がある。この大水槽をどのようにして維持しているか、バックヤードから紹介したい。

(地下に入る)

ここでは大阪湾の海水を防波堤の先の水深3m程度の深さから採取した塩分濃度概ね20~30%程度の海水を使用している。採取した水は砂ろ過後、貯水槽に入れている。大水槽の容量は1,200トンあり、水族園ができた当時は日本一であったが、今では13番目。沖縄美ら海水族館の6分の1である。大水槽が小さいのでジンベエザメのような大きな生物は飼育できない。ここでは大量の生物を飼育しているので餌の残渣など大量のごみが発生する。それをこの砂ろ過槽できれいにしてから水槽に供給している。大水槽以外の小さな水槽は、2~3個をまとめて、別の砂ろ過槽で処理している。



水族園の1階は標高3m余あるので、南海トラフ地震が発生した場合でも津波はこの辺りでは3m程度と予測されているので大丈夫だ。しかし、このような設備はどこも古い水族館も地下にあるため、電源が遮断される等の恐れがあるので問題だ。ここでは緊急用の自家発電機を常備している。

ろ過槽が目詰まりした場合の逆洗は、間隔を決めて実施するのではなく、ろ過槽の様子を見ながら実施し、下水道へ流す水量を少なくしている。

近年、温暖化の影響で夏場に水温上昇している瀬戸内海に入り込むようになった今話題のナルトエイもここにいる。1匹で1日に10kgの貝を食べるという試験報告があるほど大食漢のため、瀬戸内海の貝類資源に大きなダメージを与えている。春に瀬戸内海に入り、秋には太平洋に出ていく。

(地下から2階のバックヤードに移動)

2階には、カニ、エビ、ウニ、クラゲといった無脊椎動物を展示しているが、ここはその餌をつくっている場所だ。

大水槽の次の水槽には以前は模造のサンゴを使っていたが、3年前から生きたサンゴを導入した。バックヤードのこの場所は他の場所に比べて暑いと思うが、太陽光のかわりに1個1kwのメタルハイドライトを18個設置し、12時間間隔で点灯している。今は点灯中なので大変暑い。水族園として本物に近い生態系を作り出したいと考えているため、ここまで手の込んだことに取り組んでいるが、ライトは1年でダメになるので費用がかかる。青い光はLED照明で、サンゴの蛍光色を引き出すために設置している。



(バックヤードから観覧通路に出る)

各水槽に筋がついているが、これは水漏れ跡だ。この建物はリニューアルしてから29年経過し、来年は当初の開館以来60年を迎える。建物自体はしっかりしているが、水族館の宿命として水槽は経年的に劣化してきて補修がいつれ追いつかなくなる。水族園として次の大幅なリニューアルを検討する時期だが、現在の水族園に愛着のある方は今のうちに是非観覧していただきたい。

毎年、複数の水槽をリニューアルしており、このカイメンの水槽も夏に改修した。カイメンが改修前の状態にまで回復していないのが残念だ。カニやエビは飼育実績が多く比較的容易に餌付けできる場合が多いが、カイメンのような飼育実績が少なく、かつ下等な生物は餌付けに苦勞する。サンゴの排泄物が巡り巡ってカイメンの餌になることもあるようだ。

生態水槽の一つとして干潟水槽を設置しており、水槽内の水位は毎日 2cm 位上下させている。この中には汽水域に住むハクセンシオマネキ、トビハゼ、ヤマトオサガニを入れている。水槽の上が明るいから、メタルハイドライトを設置し、餌となる珪藻等が繁茂するように工夫しているが、それだけでは餌が足りないから人工餌料を与えている。

アマモ水槽については、水深が 1m 以上あるところで潮位を 40cm 程度変化させ、アマモを水面に届くくらいに成長させたいと思ったが、上手くいっていない。光源として当初 LED だけで照明しているが水面の方で 1 万ルクス、底の方では 6,000 ルクス程度なので、地下茎を伸ばして繁殖することができず、その後メタルハイドライトを追加したが、アマモの維持がやっとで経年的には枯れてくる。予備のアマモを太陽光が当たる場所で飼育しており、太陽光だと 10 倍くらいの光量になる。このアマモは淡路島の由良から採取したもので、由良ではアマモが密生しすぎている場所があり、群落の維持のためには適当に間引きすることも効果的である。その間引いたものをこの水槽に入れているが、結構長持ちしている。

この水槽の特徴的なことは、アマモの基盤となる土壌は還元的な状況になりやすいが、タマシキゴカイを入れると、土壌に穴が掘られて還元的な状況が酸化される。あちこちに掘り出した土の山が見えると思うが、自然界ではこのような作用がベントスの生息によりよい環境を作り出している場合もあるなど、生物自身による作用によっても自然界が成り立っていることを教えている。

先ほどサンゴが生きるにはなぜ光が必要なのかという質問があったので説明したい。栄養塩のある瀬戸内海とサンゴのある海とは何が違うかといえば透明度が違う。サンゴは透明で栄養塩が少ないと思われるような海でも生きている。海藻は水中の栄養物を吸収して光合成をして生きているが、動物であるサンゴは自身の中に植物プランクトンを抱えており、藻類が吸収し、光合成した栄養の一部を利用している共生関係にある。カイメンやホヤは海水を吸うときに動植物プランクトなどをろ過して取り込むろ過性をしているが、サンゴは違う。最近サンゴの白化現象が問題となっているが、それはサンゴの中に住む植物プランクトンが体外に出ていなくなるためであり、その原因は水温上昇にあるといわれている。また多様な色のサンゴがあるが、その色は植物プランクトンに由来している。一時的な問題ならサンゴは復活するが、長期的に水温上昇が続くとサンゴは全滅する。

本館の水槽用のろ過槽は地下にあるが、その他の館のろ過槽は地上に設置されており、その横を歩きながら砂浜に向かう。途中、大阪湾に注ぐ川の流域で問題となっているミシシippアカウミガメを捕獲するためのネットがたくさん並べられていた。

(水族園南側の砂浜に出る)

この砂浜の養浜の経過について説明する。西に小高い鉢伏山が見える。あの山の上から撮影した 1958 年と 2013 年の写真があり、1958 年の写真では黒松林の南に幅の狭い砂利浜があって、アサリやハマグリがわいていて食卓にぎわしていたと聞いた。

砂浜の変遷を見ると、1946 年には海岸線のすぐ南に沿岸洲の白い帯が西へ長く伸びている。1960 年代にはそれが消失し、1970 年代以降に養浜事業が始まり、突堤、離岸堤、また東にはヨットハーバーが、西には漁港が整備されている。養浜事業はそこで止まったが、昨年から再開された。だから須磨海岸は全て養浜事業でできた砂浜といえる。沖の離岸堤の手前で水深は 7~8m ある。この海岸線は横方向から見るとよくわかるが急傾斜になっており、台風等で打ち上げられた砂は海に戻らずたまっている。その証拠に、水族園から出てきたところ階段は 4 段だったものが、砂が堆積して今では 1 段しか見えない。これでは夏場に海水浴客を監視塔から見ることで危険なので、神戸市みなと総局では順次、砂浜をなだらかにしている。遠浅にすることで安全な砂浜になる。

水族園では、「須磨ドルフィンコースト」として、夏は飼育しているイルカ 8 頭のうち、2 頭を



この海岸で海上飼育している。今年は台風がなく、ゴミが入ってこなかった。おまけに透視度が良くてまるでハワイのような感じだった。

Q：私たちが子供の頃のような砂浜に戻るのだろうか。

→砂浜の砂は動かないと本来の役割を果たせない。人工の砂浜なのでノーメンテナンスという訳にはいかず、人がきちんと維持管理するシステムを導入する必要がある。砂は後ろの山から川を通じて供給されているが、河口が埋め立てられ、砂が沖に出ようになると、沖の砂を海岸線付近に戻すような流れが必要になる。難しい問題なので、次の世代に頑張ってもらいたい。

③神戸空港島内の人工ラグーン：(説明者) CIFER・コア理事 矢持 進 (大阪市立大学名誉教授)



神戸空港は2006年2月に開港したが、この用地約272haの埋立てを行うに当たり、いろいろ環境への配慮を行った中でミチゲーションとしてこの人工ラグーンが設置された。

人工海浜と呼ばれる場所の面積は約2.8ha、平均水際線面積約1.3haで西側にある堤体の中央部に1m角の正方形の通水口が設けられており、外海水が入っている。これは以前に見学した南港野鳥園の干潟に似ている。このような場所は水の流れが維持されないと生物が生きることができない。

瀬戸内海ではウミガメが船によって傷つけられたりすることがあるので、傷ついたカメのリフュージエリアとして活用することが提案され、当初はウミガメ協議会が担当していたが、今は須磨海浜水族園が担当している。たまたま一昨日は水族園による「ウミガメ・エコツーリズム」が開催され、ウミガメの体重測定等が行われたと聞いている。ここには約10匹のウミガメ、おそらくアカウミガメがいるのだと思う。人工海浜の両側には石を配置した磯があるが、その効用については評価しにくい。



(上嶋理事長)

補足的な話になるが、私は瀬戸内海大型水理模型を使った研究を35年間行ってきた。1990年代、大阪湾に4つの巨大埋立、つまり神戸空港、六甲アイランド沖、大阪市地先、関西空港2期の埋立計画がほぼ同時期に動き出した。水理模型実験研究の一番の成果として、神戸空港ができると、大阪湾の水が播磨灘に流れにくくなり、栄養塩も供給しにくくなるのがわかった。また大阪湾奥の水は交換しやすくなるが、岸和田の方は流れが悪くなることもわかった。先ほど須磨の工事現場で須磨に突堤をつくると大阪湾の流れが逆転するといったが、自然界にも人間の体のツボのようなものがあり、大きな環境影響を与えることがある。神戸空港のアセスメントは新アセスメント法ではなく旧法で実施したのだと思うが、当時でもミチゲーションの必要性は知られていたもので、このような人工ラグーンが出来たのだと思う。もっと規模の大きなものにすべきではなかったかと思っている。

