

## 「CIFER・コア施設見学会」の概要

○趣 旨 関西国際空港における地盤の沈下などに対する防災機能の強化や、緩傾斜護岸における藻場の創造などの取り組みを見学し、その知見を学ぶ。

○主 催 CIFER・コア

○日 時 令和7年10月30日（木）14:30～17:00

○場 所 関西国際空港

○参 加 者 41名

○内 容 関空エアポートの取り組み紹介及び意見交換  
空港島内見学〔バス乗車〕

○概 要

【開会の挨拶 CIFER・コア 上嶋英機 理事長】



未来のために大阪湾をどのように継承するか、CIFER・コアでは、産業界の皆様と取り組みを行っており、事業WG活動では特色ある色々な技術が必要となっている。関西空港においては、いかなる技術が投入されたのか。20年ほど前にはミチゲーションという言葉があり、傷んだところを元に戻そうという趣旨であるが、関西空港では失われた海域を戻すため、傾斜護岸が採用された。そこから海の生産性と利便性の調和を考えてきたのかなと思う。

施設見学会は平成24年からスタートし、10数回実施している。大阪で環境技術を使い再生された場所や試験区域として、堺港、阪南2区、大阪南港野鳥園、岸和田貯木場などを見学している。昨年は日本製鉄㈱にお邪魔して、スラグなどの材料が有効に活用されていることを学んだ。

今回見学させて頂く関西空港のように、陸から遠く離れた海の中にある空港は数少ない中で、大阪湾には神戸空港と関西空港の二つがあるが、関西空港ができた時は色んな意味で驚いた。当時、埋立は水深10m程度までだった。それが1997年頃に臨海地域開発整備法ができ、15mまで埋め立ててよいことになった。そこで関西空港の第2期工事が始まり、他にも神戸空港、ポートアイランド沖の埋立て、万博が開催された夢洲など、大阪湾の4つの大規模埋立てが一気に進んだ。当時、私は呉の研究所の水理模型で、この4つが一度にできると大阪湾の環境はどう変わるか、首をかけて3年間実験した。その結果、関西空港2期埋め立てにより淀川河口域が停滞域となり水が止まる、河川水の栄養塩が湾外へは出ない、結果として大阪湾の海水が明石海峡を通過して播磨灘には行かないという実験結果が出て、現に今はそのよう状態になってしまった。栄養塩が届かないので播磨灘では窒素がなくなり、海苔の色落ちの原因となった。このような環境悪化を修復する技術も当時は実験で検証していた。

そのようなことも思いながら、今日は関西空港の取り組みを見ていきたいと思います。

【ご挨拶 関西エアポート㈱ 技術統括部長 池田憲造氏】



大阪・関西万博が成功裡に終わり、空港の運営も好調な状況である。関西空港も地域になくてはならない施設になってきたという実感を持っている。そのベースには航空機騒音をなくすために対岸から5kmの沖合を埋め立てて造ったという背景があり、当時はまだ空港が迷惑施設といわれる時代だったが、そこから発展して今に至る。

## 【護岸工事と地盤沈下対策 関西エアポート(株) 技術統括部長 池田憲造氏】

関西 3 空港の運用状況と、2018 年に受けた台風被害の対策についてご紹介させていただきたい。関西エアポート(株)は、2016 年、関西空港と大阪国際空港で空港の運営を始めてから 9 年目になる。少しずつ認知いただき、新聞などでも名前が出るようになってきた。2018 年にグループ会社が神戸空港の運営を始めており、現在は 3 空港を運営している。

空港コンセッションという言葉も世の中に広がってきたと思うが、その先駆けであった。空港の資産自体は公的な機関に残したまま、運営権を売却、それを獲得して運営している。関西空港、大阪国際空港については 44 年間、神戸空港については 42 年間という長い間、運営権を頂いている。運営権の対価として関西空港、大阪国際空港あわせて毎年 500 億円くらいを支払っている。株主にはオリックス(株)、仏のヴァンシ・エアポート、その他関西の企業から出資いただいている。

関西空港は昨年度 3,180 万人に利用いただいている。海上空港で 24 時間運用。大阪国際空港は年間 1,500 万人、前の万博では大阪国際空港が使われたため「国際」の名前が残っているが、今は国内空港として利用されている。この 2 つを補完する位置付けで神戸空港を管理している。神戸空港は旅客 360 万人で多くないが、今年の 4~5 月から、今はチャーター便だけだが、国際線が就航した。

昨年度の発着回数は 3 空港併せて 37 万回ほど。旅客数が 5,086 万人で過去最高だった。関西の航空需要の変化を見ると、1970 年の大阪万博の時の旅客数は 967 万人、約 1,000 万人だったが、今は 5,000 万人を超え、この 50 数年間に関西の航空需要は 5 倍に増えた。当時は空港自体も大阪国際空港しかなくて、滑走路が一本しかなかったので、万博に合わせて 2 本目の滑走路を造り、需要を賄っていた。今は関西には 3 空港合わせ 5 本の滑走路がある。

今の発展に至るには色々なことがあった。コロナの頃は、空港から人がいなくなる状況で、2018 年の台風では空港の施設が大きな被害を受けた。台風が直撃した 9 月 4 日は、ちょうど関西空港の開港記念の日だった。空港で観測された最大瞬間風速は 58.1m/秒で、過去最高だった。空港の 1 期島は水浸しの状況で、当時、日経コンストラクションの「関空水没」の見出しが書店に並んでいるのを見た時は悲しい思いをした。

波によって護岸の一部は倒壊し、ターミナルビルの地下電気室に水が流れ込んだために電源が半分以上喪失するとか、鉄道の通路が水路のようになってたり、これは大きく報道されたが、連絡橋にタンカーがぶつかったということもあった。タンカーは錨ごと風で流されて連絡橋に当たったということである。今は海上保安庁がルールを変えて、台風などの時に空港周辺に停泊できなくなっている。

我々も会社に泊まり込んで施設の復旧に当たったが、2 期島と B 滑走路は沈下が進んでおらずそれほど被災もしなかったため、3 日後には再開ができた。1 期島と A 滑走路も部分再開ということで 10 日後には再開している。国の協力や他の空港から清掃車などを回していただくなどして、早期に復旧できた。2 週間後には全面再開に至った。

復旧後には、どのように水が入ってきたのか、有識者の先生をお招きして検討した。1 期島の方向から 5.2m の高波が押し寄せて護岸を超え、島の中に入ってきたのが全体の 90% を占めており、それにより最大で 270 万 m<sup>3</sup> の水が入ってきたと結論付けた。元々、対岸からの高波は想定していなかった。波浪推算の考え方では波は小さくなるので、消波ブロックもなかった。

これに対する対策だが、考え方としては予防・減災・早期復旧の 3 本柱とした。予防としては島の中に水が入らないように、護岸を嵩上げて消波ブロックを置く工事をした。内側に対しては、水が入った場合に備えてシェルター化して電源を確保している。地下には水が流れ込むと浮力で起き上がるような止水版を設置した。電源については地上化工事を行うとともに、元々あった建物の屋上を改装して電気室を

持ってくるという対策もしている。

護岸については、1期島の周りを1m〜3m程度嵩上げしている。空港では自由に護岸の嵩上げをできないので、波あたりの強い南側については護岸を2重に造り、島を守る対策を取っている。消波ブロックの無い場所については、新たに消波ブロックを設置した。

減災としては、エリアごとに対策できることがあり、ターミナル地区の壁を島の中にも作り、仮に600万 $\text{m}^3$ の水が流れてきてもこのエリアだけは守ることでお客様の命を守ろうという考え方で対策を行っている。給油地区もタンクの下に浮力がかからないよう、壁を上げて300万 $\text{m}^3$ の水、国際貨物は対策をしたいが、車両が行き来しないとビジネスができないので、舗装を盛り上げる対策で100万 $\text{m}^3$ の水が入ってきても防ぐ対策をしている。

早期復旧としては、大型のポンプ車を複数空港内に設置する、非常用の滑走路を用意する、人力で利用できるポンプを多く用意することなどの対策を取っている。

今後のさらなる発展に向けて、ターミナルのリノベーションをしている。万博に向けてほぼ完成はしている。以前は中央に国内線、周りに国際線、キャパシティとしては半々を想定して設計されたが、国際線が8割、国内線が2割の利用という今の実態に合わなくなってきたので、国内線および国際線のキャパシティを見直し、国際線に十分なスペースを確保できるようにしている。これにより、国際線で4,000万人対応できるようになる。現在2,500万人なので、あと1,500万人はキャパシティを確保したい。空港は24時間運用のため工事が難しい。建物の中身を造り変える工事になるため難しかったが、コロナで人がいなくなったのを利用して工事を進めた。

この4月には、新規飛行経路ということで、大阪湾の上空を飛べるルートが変わっている。これは関西空港の発着回数をより大きくするためである。3空港懇談会という関西の経済界、国、自治体、空港運営者が集まって今後のビジョンを考えているが、2030年には関西空港の発着回数を20万回から30万回に増やし、3空港では50万回まで増やすことが示された。2期島は現在離陸専用になっている。1時間当たりに発着できる回数もこれまでの45回が60回になり、1分に1回は発着しているということになる。

過去最高を更新しながらも、今後さらに空港を発展させるべく、取り組んでいきたいと思っている。

#### 【藻場環境の創造について 関西エアポート(株) 環境推進グループ マネージャー 大谷優里氏】



関西国際空港島における豊かな藻場環境の創造についてご説明させていただく。最初に関西エアポートグループの環境ビジョン2050、環境目標2030についてご紹介したい。3つの大きな柱の下で環境ビジョン2050に向けてマイルストーンとなる環境目標2030を設けて取り組みを進めている。

取り組みの1番手は、脱炭素である。2050年には事業活動に伴う温室効果ガスの排出量実質ゼロを目標に、2030年には関西エアポートグループの排出量をFY2016比で50%削減を目指している。2つ目が循環経済である。これはゴミ削減の話で、2050年に関西空港をゼロウェストエアポートにする、資源化率100%を目指すということである。このような大きな目標を掲げ、廃棄物量を増加させないことや、プラスチックの使用量削減に取り組んでいる。3つ目が環境共生で、空港の環境と言うと始めに来る航空機騒音をしっかりと監視すること、もう一つは自然との共生を掲げ、生物多様性の保全に貢献することを空港会社の環境目標の中に掲げている。その目玉が本日ご紹介する藻場環境の創造である。

循環経済では、最近では廃棄物の削減として、ペットボトルの水平リサイクルを目指すことや、ビニー



ル袋を紙袋に替えて提供する取り組みをしている。ホットな話題として脱炭素があるが、水素を空港のオペレーションに取り入れることや、太陽光発電の導入、そして、SAF（Sustainable Aviation Fuel）の導入推進など、航空機の二酸化炭素排出削減にも貢献している。

関西空港は、大阪湾の南東部、泉州沖約 5 km、水深 20m の海域を埋め立てて造られた。関西圏の需要を賄う空港を造るにあたり、計画当時は、伊丹空港の騒音・公害問題が顕著になった時代であり、関西空港は公害のない、地域と共存共栄する空港づくりを目指すということで、これだけの沖合いに海上埋立てにより造られることとなった。

環境アセスメントの走りと言われていたが、建設当初から海域環境との調和、環境の保全に配慮した空港を造ることを掲げ、アセスメントをして、それをきっちり監視するというのを 30 年以上続けている。

護岸のほとんどは緩傾斜の石積みを採用している。これは環境の観点だけでなく、安定性、経済性など色んなことを含めての護岸形式の採用であったと思うが、水深 20m の海域を斜めに埋め立てをすることで、人工的な広い浅場が出来上がるのがポイントである。そこで海藻を育て、豊かな生態系が生まれることに貢献をしている。

もう一つのポイントは、開港当初からそこに海藻を植えてずっと守り育ててきたことである。基本的には埋立後に生物の着生が見られたらモニタリングを止めることが多い中、私たちは見守り育ててきて今に至っているところが大きな特徴だと思っている。2025 年の 3 月に調査をしたところ、海藻着成の総面積は 66ha であることを確認した。これは、大阪湾の藻場面積のおよそ 14%に相当する。

当初は埋め立てをして水産資源を確保していくことや、生物多様性の保全をしていくというマインドでやってきたが、今では CO<sub>2</sub> を吸収するブルーカーボンの観点からも注目される藻場となり、嬉しく思っている。

担当していて悔しいのは、皆さんに潜って藻場を見ていただくわけにはいかないことである。是非とも海中映像を見ていただきたい。数年前の映像になるが、色んな海藻が育っており、最新で 58 種類の海藻が育っていることを確認している。その中でもカジメは大型海藻で、かつ単年生ではなく、多年生で、複数年かけてお母さんになっていく。年間を通して魚の棲み処や卵の産み付けができる海藻で、大切に育ててきたのだが、今は食害が出てなくなるかもしれない状況にある。ホンダワラ類は、非常に立派で数メートルのものもある。最近増えているのはワカメで、最新の調査でもワカメが色々な場所を覆っていて、丈の低い海藻がどれだけ生えているか分からない状況である。調査をどうするかという話で、私たちの調査はどこに何種類どんな被度でどんな海藻が生えているのかを調査してきたので、それを継続している。魚介類もたくさん生息していて、採捕禁止区域に設定されていることもあって、魚の楽園になっている。

2025 年 3 月の調査では、過去最大の藻場面積となった。CO<sub>2</sub> の吸収量は、今認めていただいているもので、5 年間で 103t となっている。海藻種としては 58 種類を確認している。

7 年前の台風被害を受け、消波ブロックを 1 期島の護岸に積む計画となった。私はその時も藻場の担当をしてので、消波ブロックを上積むと藻場がなくなるのではないかと考えたが、工事のメンバーと調整をしながら計画を立てた。この地区には浮泥が溜まるので、新しいコンクリートの基質が消波ブロックとして入るのを逆手に取って海藻を植えてやれば、早期に藻場が回復するのではないかと何年もチャレンジしてきた。失敗もあったが、効果が確認できたものもあった。下にある海藻がどんどん遊走子を出して新しい基質に着定をして自然に育ってくれたのが大きかったと思う。

人の手でできる事は限られているが、環境の変化があった時に少し人の手を加えてきっかけを作ってやることで上手く繁茂するのだったらと、何年もかけてやってきたという実績がある。近年はアイゴなど

魚類による海藻の食害が顕在化している。

試行錯誤の繰り返しでたくさんの挑戦をしてきた。例えばカジメを絶やさないように子孫を残しておくことが重要と考え、核となる藻場を保全しておくために、網を大規模に設置するなどのチャレンジを繰り返している。次世代の海藻でも藻場が広がるように、食害を避けるためにとやっているが、人の手では持続可能ではないところもあり、強い藻場とは何だということをもう一回定義しなくてはならない時期に来ているのではと思っている。

色々な取り組みの発展があり、J ブルークレジットに認証していただいたほか、2030 年度から正式に始まった環境省の制度で、自然共生サイトにも認定をいただいている。これは世界が掲げる 30by30 目標（生物多様性の目標）にも直接的に貢献ができるようになっている。

最近のトピックとしては、自分たちだけで取り組んでいく時代は終わり、いかに皆さんと協働するかという視点が求められる時代になっている。私たちも「大阪湾海の森（藻場）保全・再生プロジェクト」として対岸の阪南市など、積極的に取り組んでおられる市町村と手を組んで協力し合いながら豊かな大阪湾を盛り上げていくことにも取り組んでいきたい。

最後に、今後に向けて、私たちは安定した藻場環境の形成維持はしっかりやっていきたいと思っており、今後、藻場のもたらす効果の定量化・可視化にも努めたい。もう一つは、最近はブルーカーボンの流れもあり、技術開発が非常に盛んであることから、私たちの持つフィールドを活用して皆様と一緒に新たな価値の創出ができればいいと願っている。

## <質疑応答>

Q.【CIFER・コア参与 久保忠義】

9.11 の時には顧客数がかなり減り、時間帯によってはターミナルビルの 2 階の北から南まで見通せたことを記憶しているが、コロナの時にはそれよりも全く人がいないという状況で大変だったと思う。

A.【池田氏】

ターミナルから人が消え、どうなってしまうのかと思った。会社の経営が悪くなるので、コストを抑えつつ、できることは着実にやろうとした。コロナは経営をスリム化し、効率的に運用するという意味では、会社にはプラスになったのではと思う。これを企業の文化として継続しながら、今後の発展に向けて取り組んでいく必要がある。

Q.【大阪府南部流域下水道事務所 湾岸北部管理センター 堂馬孝氏】

藻場の映像はずっと見ていたくなるものだ。カジメの食害について、温暖化の影響でアイゴが大阪湾から出て行かないためだという話もあるが、それ以外に温暖化の影響、関空周辺の海藻がワカメに代わったという話があったが、そのような遷移から肌で感じられることはあるか？

A.【大谷氏】

カジメの食害は非常に顕著である。根拠はないが、ワカメの増減については温暖化の影響ではないと思っている。海藻種別に見れば傾向が出るかもしれないが、直接的に藻場面積に影響が出ていることはない。アイゴの活動時期が長いということはあると思う。そのような視点から海水温も含めて分析ができればよいが、それには至っていない。

Q.【堂馬孝氏】

西鳥取のイベントでワカメを植えているが、何年かに一度は全滅に近い被害を受けている。

Q.【CIFER・コア理事 横山隆司】

近年、ビルなどの老朽化に伴いコンクリート殻が無尽蔵というほど出てくる。もう一つはベントナイトなどの人工砂があり、このようなものを使って低コストで環境再生と国土強靱化ができる方法はないかという取り組みを CIFER・コアで行っている。京都大学の勝見先生を委員長として委員会を設置し、大塚先生や重松先生にも委員になっていただいている。

今後、関西空港の沈下対策でどの程度材料が要るのか分からないが、このようなものを活用することでコストダウンを図ってほしい。ご興味があればオブザーバーとして委員会に参加し、情報交換しながら活用を検討していただきたい。

A.【池田氏】

空港では舗装を定期的にやり直す。そのアスファルト殻は再生工場に持っていくが、ご指摘いただいたように、関西空港は沈下していて嵩上げをしないといけないので、出てきたアスファルト殻は護岸の裏埋め材として活用している。

Q.【CIFER・コア副理事長 矢持進】

現在の地盤沈下はどの程度か。1 期島と 2 期島で違うと思うが、概略を教えてください。特に、2 期島ができた時に連れ込み沈下が懸念されていたが、現状はどのようになっているか。

A.【池田氏】

沈下は引き続き起きている。1994 年にオープンした 1 期島は年間平均で 6 cm、2007 年にオープンした 2 期島は年間平均で 20 cm 沈下している。大阪湾は湾内に向けて傾斜している下の粘土層が厚いので、沖合の方が沈下量は大きい。このため沖側は 30 cm 程沈下している。

1 期島でも起きたことだが、沈下が進むと相対的に地下水位が上がり、構造物に悪さをする。1 期島では、2007 年に止水壁として、泥とセメントを混ぜたような泥土モルタルの壁を護岸の背後に造った。これにより外潮位と切り離されているので、外の潮位が上がっても島内の地下水位が上がることはない。今は 2 期島がそのような対策をする時期に来ており、大きなプロジェクトとして 2 期島の止水壁がある。1 期島と 2 期島の間には幅 200m の内部水面があり、そのおかげで 2 期島に連れ込まれて沈下することは起きていない。

Q.【CIFER・コア理事長 上嶋英機】

温暖化の影響というよりも黒潮のピストンの影響があるのではないと思う。淡路島では海藻が繁茂している場所がある。栄養塩の恩恵を被っているのもあるし、何しろ安定している。比較対照として、何点か取って、その傾向と対応させながら影響を見てはどうかと思う。一点だけだと傾向が見えないので、どこかと相対的に見ていくといいと思う。

30by30 のお話だが、海藻のサンクチュアリとしてこれからのお手本となるようにイメージを作っていければ。30 にならないと困るので。新しいセンスでやられたらどうか。

A.【大谷氏】

壮大なコメントをいただいた。関西空港だけ見ていては評価が難しいというご助言をいただいた。仰っておりである。護岸の面で評価しようとするが、どうも大きな結果に見えてこない。30 にならないと困るからパイオニアとなって取り組んでいくようにというコメントについてはありがたく思う。



## 【閉会の挨拶 CIPHER・コア 矢持進 副理事長】



本日の見学会で、私自身、関西空港ができる前から調査をし、完成してからもモニタリングや委員会などで関わってきたことを思い出した。

CIPHER・コア見学会は、会員の皆さんと接点ができ、話ができるという非常に重要な場となっているので、CIPHER・コアとしては、何が何でもこの会を続けたいと思っている。その節はぜひご参加下さいますよう、お願い申し上げます。



ソーラーパネル見学ステージ上の参加者



関西エアポート社内会議室で見学前の説明を受ける



2期島の太陽光発電施設 KIX Sora×Solar  
発電量は一般住宅約4,000戸分



左は1期島内水面側の嵩上げた護岸  
かつては緑地帯だった。右手前は管制塔。



1期島と2期島間の内部水面でコブダイ・キジハタの  
成魚はじめ多数の稚魚を観察（撮影は関西空港岡本様）



護岸部分に等間隔で孔があり、不等沈下の様子がよく分かる写真