

世界に貢献する港湾空港技術

PARI

VOL.27

APRIL 2017

Airport

Technology

Port

2 __ Front Line - 特集 -

グリーンインフラ グレーインフラ
自然資本と人工資本の境界をひらく技術研究

気候変動の緩和策と適応策に 沿岸生態系を活用する

6 __ Focus On 研究活動の最前線へ

効果的かつ効率的な気候変動対策に資する研究
沿岸の地形と生態系の変化の
全球スケールでの予測を目指す

8 __ Close Up 現場からの報告

コンブの養殖で CO₂ 吸収を狙う！
ブルーカーボン ヨコハマコンブ プロジェクト

10 __ Front People 研究者の広場 挑戦する研究者たち

生態系を基盤にして
気候変動対策を推し進めるために

14 __ CROSS LINE 国際交流レポート

インドより来日している
ア Nilバン・アカンド専任研究員に
お話を伺いました

15 __ TOPICS

豊橋技術科学大学の学生が港空研で実習
～ 実習生による研究者インタビュー ～

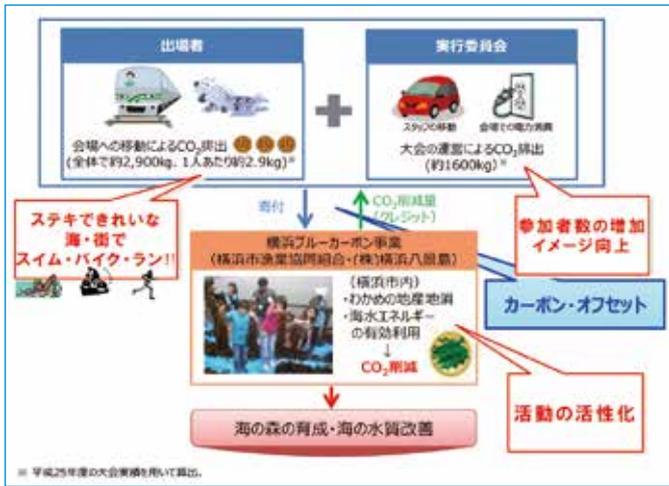


グリーンインフラ グレーインフラ
自然資本と人工資本の境界をひらく技術研究

気候変動の緩和策と適応策に 沿岸生態系を活用する

沿岸海域が CO₂ を吸収する能力に着目したブルーカーボン研究。
前回本誌で特集してから3年、ブルーカーボンの保全・再生・活用は、
気候変動対策として、いまや世界的潮流となりつつあります。
自然そのものも資本であるという社会認識のもと、
時代の追い風を受け、さらなる発展が期待される沿岸環境研究。
その推移と現状、今後の展望を取材しました。

※グリーンインフラ：マングローブやサンゴ礁など生態系を活用した社会基盤
グレーインフラ：コンクリート構造物など人工的に整備された社会基盤
ブルーカーボン：海域に固定される炭素。海がCO₂を吸収する能力



「横浜ブルーカーボンオフセット事業」の概要

横浜で進むブルーカーボン事業 新たにコンブの養殖も!

前回の取材後まもなく、「ヨコハマブルーカーボン構想」を掲げる横浜市では、ブルーカーボン・クレジットの社会実験をスタート。

本誌で前回、沿岸環境研究にスポットを当てて特集を組んだのは、2014年7月発行の16号。それから3年の間に、この分野の研究には大きな動きがあったといえます。いま世界的に取り組みが進みつつあるブルーカーボンの話題を中心に、港空研が挑む沿岸環境研究について、中川康之領域長と、沿岸環境研究グループの桑江朝比呂グループ長にお話を伺いました。

「トライアスロン大会で排出されるCO₂をオフセットするという事業が、もう3年目に入っています。横浜市だけでなく既に社会実装済みで、実際にお金が流通している。金額は小さいけれど、モデル事業としてはできあがっているんですよ」と、桑江グループ長。

具体的には、大会参加者が参加費に環境寄付金（国内大会で1人30円、世界大会で1人200円）をプラスしてエントリーすることで、会場までの交通機関を使っただけの移動や、大会運営によって排出されるCO₂をオフセット、つまり相殺できるというもの。集めた寄付金は、横浜市の漁協や法人などが取り組むCO₂吸収に関する活動に回されるというシステムです。

さらに横浜の沿岸域では、目下、注目のプロジェクトが進行中。コンブの計画栽培、その名も「ブルーカーボン・ヨコハマコンブプロジェクト」（本誌8ページ参照）。金沢漁港の前浜水域で、なんとマコンブを養殖しているのだとか。

「ものすごい量が育って、CO₂を吸収しています。現在、そのデータをとり始めているところ。八景島のジェットコースターの下で、マコンブの養殖ですからね。本当に面白い。インパクトは十分です。もちろん自生はしません。ロープに種がついたものを北海道から送ってもらうのですが、海域に吊るしておく、下に向かってモサモサと伸びていく。この方法が革新的。味が濃くて、良いダシがとれるのはやっぱり北海道産なんです。横浜育ちのコンブは、ダシこそ弱いものの、薄くて

食べやすい。しゃぶしゃぶとかもできるんですよ。水温が高いぶん、成長そのものは横浜のほうが速いかもしれません」

この取り組みを始めたのは、2年ほど前に桑江グループ長のブルーカーボンのオフセットに関する講演を聴き、興味を持った人たちのグループ。収穫したコンブを料理店に供給したり、コンブエキスで化粧品やサプリメントを開発したりと、お金になるシステムも整っているといえます。



「ブルーカーボン・ヨコハマコンブプロジェクト」マコンブ養殖の様子

「本命はCO₂吸収でも、そこに真正面から入ったのでは資金繰りはうまくいきませんからね。自然資本の多機能性を生かした取り組み。これは期待できます」

サンゴ礁など多様な生態系に 研究の手を広げて

この3年で、港空研のブルーカーボン研究は、世界に向けて発信できる論文成果も出続け、着々と進展しています。「変化したのは、以前は海草場だけだった研究フィールドを、もっといろいろな生態系に広げたということ。具体的にはマングローブとか、サンゴ礁とか。コンブなど大型海藻も、新たな展開の一つです」

サンゴは骨格を形成する際、化学反応的にCO₂を排出してしまうのだとか。



沿岸環境研究領域
沿岸環境研究グループ
桑江朝比呂グループ長



沿岸環境研究領域
中川康之 領域長



那覇港浦添ふ頭地区の防波堤に自然着生したサンゴ

なので、サンゴ礁についていえば、CO₂吸収はさほど狙っていないのだそう。
 「それでもサンゴに手を広げたのは、波を消す効果に着目してのことです。気候変動の緩和策だけでなく、消波や浸水・侵食対策といった適応策といわれている方向にも注力しています。つねに新しいトピックで研究をしていかないと面白くないし、良い成果も狙えませんからね」

現在注目しているのは、那覇港浦添ふ頭地区の防波堤。ブロックに自然にサンゴが付き、大きく育っていることに驚いたといいます。

「宮古でも石垣でもなく、那覇だけでもいい。波当たりの強さでしようか。来年あたり、この調査研究をやりたいですね。人工のコンク



リート構造物に、自然のサンゴ。まさにグリーンインフラとグレイインフラのミックス。今後はそういう技術として、沿岸生態系を活用していくことになるでしょう」

この3年が勝負 パリ協定が追い風に

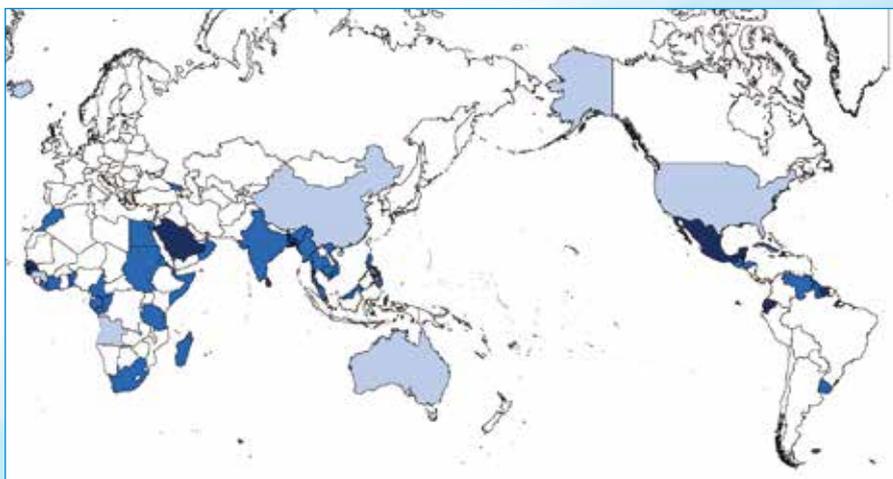
ブルーカーボン研究にとつては、2015年のCOP21(国連気候変動枠組条約第21回締約国会議)で採択された、2020年以降の地球温暖化対策の国際枠組み「パリ協定」も追い風だ。
 「ブルーカーボンの保全や再生、活用など、港空研がこれまで取り組んできたことを奨励するような内容が、パリ協定には全部書かれているんです。例えば自治体などの行動強化とか、食料安全保障の重要性とか。海外でも日本と同様、CO₂削減だけでは社会は動きませんから、動かすためにはこういう視点が必要だということまできちり書いてある。どこに障壁があるのか、ブレイクスルーのためにはどうす

ればいいのかというポイントも、世界的に共有されてきたんです」と桑江グループ長。

ただ、惜しむらくは日本の出遅れ。「ほかの国のほうが先に動くんですよ。ブルーカーボンをCO₂吸収源として使うと、日本から言っただけじゃなかった！パリ協定は、これまでのようなトップダウン的に決まる枠組みではなく、各国が自ら約束草案を決め、世界に誓ってCO₂削減するというやり方。いち早く言っただけがいいに決まっています。オーストラリアやアメリカ、中国を含む多くの国々がブルーカーボンの活用を約束草案として掲げるなか、日本が遅れたのは本当に残念です」

パリ協定で実際に行動を起こすのは2020年から。あと1、2年で、各国の約束草案の精査が行われます。まだ具体的な約束草案を掲げていない日本にとつても大事な時期に。
 「今年の5月、UNFCCC(気候変動枠組条約)の見直しがあって、海からのCO₂吸収や排出の測定を義務化するかどうかを決めるんです。ここで義務化されるとなったら一気に変わる。現状、どこも測っていませんからね。例えば各港の浅海域で、海面からどのくらいCO₂が出ているかといったことを全部カウントしなければならなくなるかもしれません。そうなったら僕らの勝

ち(笑)。こんなチャンスはなかなかありません。まあ、UNFCCCで義務化されたから日本もやりましたというより、オーストラリアみたいに義務化される以前からやりましたというほうが、かっこよかったですけどね。ブルーカーボン研究者のコミュニティの中では、世界最先端グループの一員としてつきあえているので、国外向けの発信はしやすいです。今後もっと研究成果が出せるような下地は整ってききましたが、政策や実践となると、研究



パリ協定のNDC(約束草案)で浅海域あるいはブルーカーボンの活用に言及している国(2016年時点)。緩和効果のみが薄青色、適応効果のみが中青色、緩和と適応の両効果に言及している国を濃青色で示している。Herr and Landis (2016)をもとに作成

者だけではどうしようもないですね。いずれにせよ、あと3年くらいが勝負だと思っています」

環境創成事業として 浚渫土砂の課題に取り組み

港空研が目指すグレイインフラとグリーンインフラの境界をひらく技術研究で、つねに課題として上がるのが、浚渫土砂の有効利用。干潟の造成や再生に関しては研究も進んでおり、うまく使えば確実に良い環境がつけられるというのに、実際はなかなか進みません。「やはり利用者である漁業者などとの合意を得るのが難しいんです。新しいものを入れること、場を変えることに対して抵抗があるというのが大きい。そこを、いかにクリアするかが課題です」と中川領域長。

「地形変化は実際に砂を置いてみないとわからないところがあるので、現地での試験が重要になるのですが、手を入れることで魚が獲れなくなったらどうするんだと言われると弱い。濁りは出ないかなどといった、計測手段があれば、わかる範囲での影響の有無は答えられますが、魚の数が増えるか減るかということについては、まだ科学的なデータでの説明が難しいんです」

地域によっては、むしろ手を入れたほうが海も良くなるということで、漁業者のほうで積極的なケースも。例えば瀬戸内海ではカキ礁や藻場の造成が進んでいます。

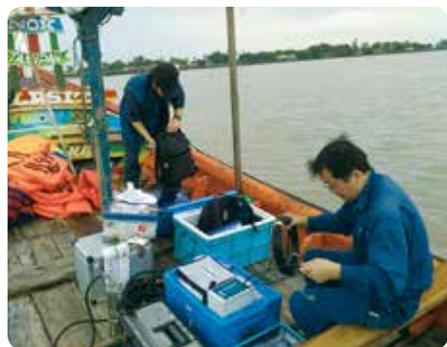
「環境事業としてではなく、やむを得ず浚渫土砂を沖に置かせてもらうこと

もあるのですが、そういう場所に魚が集まってきたりすることもあるそうです。いまのところ定量的なデータはとれていませんが、土砂によって海底の流れがうまく具合に集まり、魚が寄ってきやすい環境が形成されるということも科学的におさえていけば、漁業者にとってもメリットのある浚渫土砂の利用が可能になる。それは、今後やっていく必要があると思います。科学的なデータがあれば納得してもらえように話せますし、メリットがあることがわかれば反応は変わるはず。実際、瀬戸内海のある地域では年に1回くらい浚渫してほしいと言われることもあると聞いています。そのほうが海中の栄養分なども拡散して、魚にとっても良いのかもしれない」

いまはどうしても浚渫土砂の処分、ということになるため、事業に携わる現場の人の意識も後ろ向きになりがち。「港を維持するための大事な仕事であると同時に、実は環境創成事業と表裏一体なんです。そのところを、もっと前面に出していけるようになると思います。もっと胸を張って仕事できるとよいのですが、それには環境事業が表立った仕事にならないと。例えば、これから航路埋没問題について共同研究をすることになるインドネシア



など、海外で環境についての研究も先に進め、培った技術を逆輸入するとか。そういう展開も考えていきたい」



インドネシアでの底泥調査の様子

地道な研究と観測を武器に 将来の地形変化を検討

中川領域長がグループ長を兼務する沿岸土砂管理研究グループと、桑江グループが率いる沿岸環境研究グループとの連携で、サンゴ礁地形の波による地形変化や、マングローブを含めた熱帯の離島の特徴的な地形変化の計測も。「また、気候変動がらみでは、海面上昇が危惧されていますが、水位が変わったときに海岸が侵食されてどれくらい国土が減ってしまうのか、そういった予測の精度を上げるための基礎研究も、地道に、粘り強くやっています。茨城県鹿島灘にある波崎海洋研究施設の観測用栈橋では、30年近く継続して、漂砂による地形変化の計測も。長期の気候変動に対する実証データとして蓄積されているので、そういった

ものも活用し、海面上昇が地形変化におよぼす影響を検討していくことになります。長期的な目で見たときの海岸の侵食対策や、港の埋没対策に役立てていきたいですね」



インドでの水質観測の様子



インドからバングラデシュにかけて広がる
世界最大のマングローブ林 Sundarban

効果的かつ効率的な気候変動対策に資する研究

沿岸の地形と生態系の変化の 全球スケールでの予測を目指す

将来の気候変動によって起こる地形変化と被災リスクを検討している

沿岸土砂管理研究グループの伴野雅之主任研究官と、

ブルーカーボンの定量化を可能とした生態系モデルの開発に取り組む

沿岸環境研究グループの茂木博匡専任研究員。

全球的な将来予測と適応・緩和策の経済評価モデルの構築に向けて

互いにフィードバックし合う、2人の研究を取材しました。

沿岸の地形変化を予測し
災害リスクを評価する

将来の気候変動によって、海面が上昇。また、波浪にも変化が生じるといわれています。

伴野「私が取り組んでいるのは、それらのことによって、沿岸地形にどういった変化が起こるかという予測。さらに、地形変化が起こったときに生じる沿岸災害のリスクも、あわせて評価しようとしています。昨年までは、将来の気候変動によって上がっていく被災リスクを確率的に評価する手法を検討してきました。これから全球的に、いろいろな海岸でどのようにリスクが高まるかを調べていくつもり。被災による経済損失が大きいところについては重点的に、例えば砂を入れて養浜するとか、護岸を造って背後地を守るとか、どのような適応策がもっとも適切かを検討していくこととなります」

前回本誌18号（2015年1月発行）のFOCUS ONで取材した段階では、構築した地形変化予測モデルに海面上昇や波の変化の予測値を入れ、波崎海岸の将来の地形変化の予測を行ったところまででした。



沿岸環境研究領域
沿岸土砂管理研究グループ
伴野雅之 主任研究官

る。例えば現時点では80年間に24時間程度しか波が到達しないような場所でも、今世紀末には年間3日も波がかかるようになるという予測に。これは波崎海岸での検討ですが、現在、アメリカとオーストラリアとフランスで同じような海岸地形を測っているところのデータを用いても、評価を行っているところですよ」

沿岸生態系の影響に注目
対策は緩和と適応の両輪で

それに加えて重要な検討材料となってくるのが、沿岸域の生態系。**伴野**「サンゴ礁がある海岸や海草が生えている海岸、干潟がある海岸など、いろいろあります。例えばサンゴ礁があれば、その上で波が碎けるので、内側の海はかなり

穏やかになる。サンゴ礁の存在によって、砂浜の侵食が起こりにくくなっているところがあるでしょう。そういった沿岸の生態系が、気候変動によって変わるとどうなるか。海面が上がるだけでもサンゴ礁は沈んでしまい、消波効果は小さくなります。でも同時に、サンゴ礁それ自体も成長して大きくもなると思うので、そういったことが、どの程度地形変化に影響してくるかも見ていこうというわけですよ」

つまり、茂木専任研究員が取り組んでいる沿岸生態系の将来予測を、地形変化のほうに生かすというコラボレーション。この研究は、環境省環境研究総合推進費戦略研究プロジェクトS-14「気候変動の緩和策と適応策の総合的戦略研究（MILLAI）」の一環でもあります。

茂木「将来の気候変動に対して、日本はこれまで温室効果ガスの排出削減をはじめとする緩和策をメインとし、適応策にはあまり着目してきませんでした。でも本来緩和と適応は車の両輪として考えなければいけないくらい、どちらも重要なこと。緩和策と適応策の両方を考え、その二つを統合させて、効果的かつ効果的な提案を定量的に示すことで気候変動対策に役立てていこうというのが、われわれがメンバーになっているサブプロジェクト「沿岸生態系の緩和・適応策の経済評価」の概要なんです」

複雑な生態系をモデル化
グリーンインフラとして適応策にも

茂木「私の研究はおもに緩和策。ブルーカーボンの定量化をメインに取り組んでいます。沿岸の生態系を利用して、どれだけ大気中からCO₂を削減できるかということとを、将来的に評価していく。それも、限られたエリア、限られた沿岸ではなく、全球スケールの沿岸域をターゲットにやっています」としているんです」

アマモなどの海藻を使ったモデルが多いなかで、港空研の研究の新しいところは、サンゴ礁やマングローブも採り入れたという点。**茂木**「これがなかなか難しく、例えばマングローブの根は海底の地面に生えていて、茎は水中に、肝心の光合成をする部分は海面から上の大気中にあります。マングローブという一つの生態系でありながら、地圏・水圏・気圏にまたがっていて、それぞれの有する機能がまったく違う。また、サンゴ

も、岩礁性のものはポリブという動物的要素を持つ生物と、褐虫藻という光合成する一次生産者との共生関係から成り立つ種が多く、それらの種の場合は水温の上昇が原因で褐虫藻がいなくなると、本体であるポリブも死んでしまうんです。モデル化には、そういう複雑な生態系を考慮した工夫が必要。検討を重ね、いま現在、モデルのほうもほぼ完成してきたところなんです」

一方で、沿岸生態系による適応策の検討も。伴野主任研究官がサンゴ礁を例に先述したような、浸水や侵食を抑制する機能に着目して、研究に取り組んでいるといいます。自然の護岸、所謂グリーンインフラです。

茂木「適応策を進めていく上で、すべてを人工護岸、つまりグレーインフラで固められれば、頑丈さとしては申し分ないでしょう。が、なにぶんコストがかかる。グリーンを導入すれば、初期投資は大きいかもしませんが、ある程度つくってしまえば自力で維持継続が

可能です。しかしながら、グレーに比べれば弱い。グレーとグリーンの利点を組み合わせ、それによって経済的にも負担が少なく、被災リスクも最小に抑えられるように。その組み合わせがどういったものかを出していこうというものが、われわれの研究の究極の目的なのではないかと考えています」

最適な対策を全球的に
経済評価し、提示したい

茂木「仮に、海面の変位によってほとんど浸水するとしても、海藻やマングローブが存在することで、流れに対して抵抗力となりまます。また、海の中には浮遊によって運搬される懸濁物質が存在しますが、海藻やマングローブが茂った場所ではそれが横に流れていきにくく、どちらかという沈降が促進される。そのことによって、地盤そのものが上がるのではないかと期待もあるんです」
将来的に海藻がどれくらい増え

るか減るか、同じくサンゴやマングローブはどうか。茂木主任研究員のほうで生態系を計算。その結果を受け取った伴野主任研究官が、海面上昇や波の変化に対して生態系がどの程度働くかを予測するというのが研究の流れ。

伴野「気候変動によってどういった影響が出て、どういう対策をとっていくかについては、ここ10年くらいのスケールで考え、取り組んでいかなければいけません。

やはりゴールとしては全球で。世界のどこの地域で、どういった適応策ないし緩和策を行うのが適切かということを経済評価していく。生態系によって緩和される分も加味して、より経済的損失が少ない対策を提案できるようにしたいですね」

例えば、人口密集地は人工護岸で守ったほうが良いけれど、住民が少なく、且つ生態系でも緩和が見込まれるような場所であれば、それを活性化させたほうが得策、というふうに。

伴野「細かく海岸ごとの評価は難しくても、このあたりの国や地域では、というスケールでは出していきたい。グレーとグリーンのどちらがよいかというだけでなく、その組み合わせを考えたり。すぐに結果が出せるかどうかはわかりませんが、そういう評価に少しでもつながればと思っています」

茂木「対策計画を練るための根拠というか、そういうものを提示したいですね。そこから先は政策の話。われわれとしては、政策に活かせる知見を出せれば本望です」



沿岸環境研究領域
沿岸環境研究グループ
茂木博匡 専任研究員



ヨコハマ コンブ プロジェクト



一般社団法人里海イニシアティブが、横浜の海で進めているコンブ計画栽培の取り組み。港空研では、今季から本格的にプロジェクトに参加し、CO₂吸収の実態を調査研究しています。2017年2月下旬に実施されたモニタリングに同行取材しました。

横

浜市漁業協同組合の一拠点、金沢漁港から出発。

漁船で向かった水域は、その前浜、八景島シーパラダイスのジェットコースターのまさに真下にあたります。

海面に浮かぶたくさんのブイ。そこから下に向かって2〜4m

伸びるロープを手繰り寄せると、海中に水平に吊られた長いロープに根をしがみつかせた巨大なコンブが、次々に姿を現しました。現状、長さ3mほど。昨年11月中旬、3cm程度に切った種糸(タコ糸を用いた種苗)をロープの撚りを緩めて差し込み、海

中に下ろしてから、わずか3カ月あまり、驚きの成長スピードです。コンブはこのあと4〜5mほどにまで成長。3月いっぱいまで収穫となります。この日は今季7回目のモニタリング。コンブの生育状況をチェックするとともに、沿岸環境研究領域 沿岸環境研究グループの渡辺謙太研究官と所立樹研究官が、水域2カ所でのCO₂濃度と有機炭素量の計測を行いました。

■ 一般社団法人 里海イニシアティブ



企画部 主任
富本龍徳さん



代表理事
渡辺みのるさん



代表理事
小笠原伸一さん



所立樹 研究官



渡辺謙太 研究官

■ 沿岸環境研究領域 沿岸環境研究グループ

「われわれが取り組んでいるブルーカーボン研究は、沿岸生態系が実際に空気中の二酸化炭素を吸っているかどうか。成長する速度から見積もって出された水産研究センターの数字とは、意味が異なるんですよ。コンブのCO₂吸収量については、世界的にも未確認。量も多く、す

学術的な意図をもっての計画栽培となるため、港空研の調査研究によるCO₂吸収・固定のメカニズム究明に期待がかかります。研究によるCO₂吸収・固定のメカニズム究明に期待がかかります。

「幸いにもここ金沢漁港では、もともと小規模ながらコンブの養殖が行われていたんです。その下地があつてこそ、始められたフィールドワーク。多くの漁業者さんに協力いただいています」(小笠原さん)

港後、里海イニシアティブ代表理事の小笠原伸一さんと渡辺みのるさん、企画部主任の富本龍徳さんにも同席いただき、お話を伺いました。

期待されるCO₂吸収量
ここ横浜で指標をつくる

コンブの養殖でCO₂吸収を狙う!

ブルーカーボン



「こい速さで成長するので、研究として非常に面白いです」(渡辺研究官)

「これまでのブルーカーボン研究では、コンブなどの大型海藻は後回しにしがちでした。成長は速いけれど、分解も速いと考えられていたんです。でも最近の研究では、けっこう分解されずに海底に溜まっているのではないかと目されるように。それなら、純粋な吸収量としてのポテンシャルも期待できるはず。今後の研究の中で、焦点を当ててやってみようと考えています」(所研究官)

いまプロジェクトに必要なのは、指標にするためのデータ。「どのくらいの立方体をつくれれば何t収穫でき、CO₂がいかほど吸収され、どういう商品にできるか、全部算定できるようにすることが目標です。今季、数量の精度は上がるはず。精度を上げながら、「こい」横浜で雛形をつくっていききたい」(渡辺(み)さん)

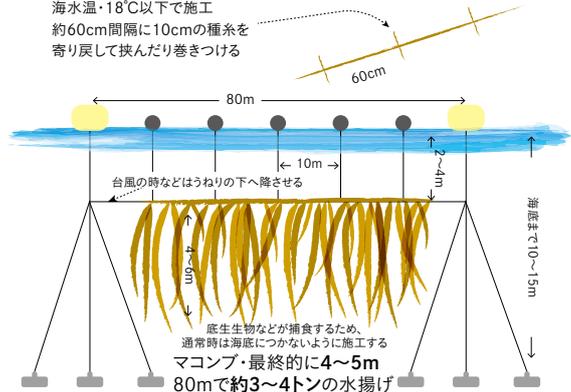
本来、コンブは岩礁地帯でないと自生しませんが、養殖はロープから下へと伸びる垂下式場所を選ばず、全国の海岸線に広がっているのも強みといえそう。実験では、鹿児島内湾まで栽培が可能だったそうです。

水中のコンブ



ブルーカーボンコンブの養殖法

海水温・18℃以下で施工
約60cm間隔に10cmの種糸を
寄り戻して挟んだり巻きつける



着実に進める 商品化 ブルーカーボンを 市場へ!

「社会にどれだけ寄与できるかも重要に。」

「あんまり温暖化対策の話に特化しすぎると、流行り廃りもあって危険だと思っんです。それよりも、日本人ならではの里海文化の中に、ブルーカーボンを位置づけた。里海とそこに住まう人が、よい関係をつくりながら、海を育て、糧を得る。」

そういう循環の一部にしていきたいですね」(渡辺(み)さん)

コンブは市場に流通させられるため、ブルーカーボンを社会に定着させることにもつながります。

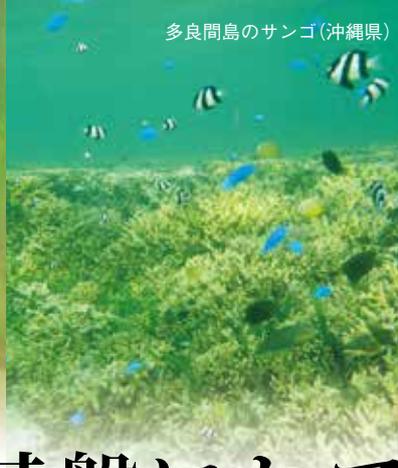
「出口のあるプロジェクトにすることが大事。さまざまな利用法を検討しています。まずは料理に。ゆくゆくは化粧品や薬品まで。一般のみなさんの手に届くような形で商品化を進めていきたいですね」(小笠原さん)



CO₂濃度と有機炭素量の計測



八景島シーパラダイスを臨むコンブの養殖場



生態系を基盤にして 気候変動対策を推し進めるために

Front People

～研究者の広場 挑戦する研究者たち～

今回の座談会にお集まりいただいたメンバーは、
沿岸環境研究グループの桑江朝比呂グループ長が、
「今後、ブルーカーボン研究を含む気候変動の緩和・適応策を
オールジャパンで進めていく上で、必要不可欠！」と考える方々。
グリーンインフラの課題やグレーインフラとのミックス、将来的な展望など、
産官学それぞれの立場から、意見を交わしていただきました。

求められる定量的な評価
生態系の活用は国際的な流れに

古田 気候変動への対策には緩和と適応の2つの視点がありますが、われわれIUCN(国際自然保護連合)がメインにしているのは適応策。気候変動によって海面上昇が起き、それによって災害も増える。この両方の側面に対し、近年、とくに国際政策において、生態系を基盤としたアプローチを進めていくという動きが急速に強まっていると感じています。自然保護や防災、さらに開発の分野でも、この考え方は熱心に議論され、条約や目標などいろいろなところに盛り込まれています。こうしたアプローチは「EbA(生態系を基盤とした気候変動への適応策)」や「Eco-DRR(生態系を基盤とした防災・減災)」、グリーンインフラなどと呼ばれています。これらを含む概念として、最近IUCNなどで提唱しているのが「Nature-based Solution(社会の課題に対する自然を基盤とした解決策)」という考え方。世界中から事例を集め、レポートを発表したりといったことをしています。

森 ブルーカーボンにしてもグリーンインフラにしても、気候変動についてはざっくりした研究が多いのですが、コアになるところは基礎研究。それをしっかりやっていけば、然るべき成果につながると思う。積み上げていくことが重要なんです。私が行っている研究は、半分自然科学で半分工学的な話でして、ターゲットはIPCC(国連気候変動に関する政府間パネル)。2021年から2022年にかけて発行される第6次評価報告書に向けて動いています。

古田 気候変動対策には、政策と科学と実践、3つの側面があると思うんです。それら



京都大学
防災研究所
沿岸災害研究分野
准教授
森 信人 さん



国土交通省
港湾局
海洋・環境課長
佐々木 宏 さん



国際自然保護連合
(IUCN)
日本リエンゾオフィス
コーディネーター
古田 尚也 さん
(大正大学地域構想研究所 教授)

が組み合わさって回転していかないと動かない。国際的な政策の面では、さつき申し上げたように、ある程度環境が整ったといえるでしょう。一方、科学的な側面はというと、基礎研究の分野でも多くの成果が上がってきていると思うのですが、政策担当者からは、科学的な裏付けが十分ではないと言われることも……。

森 できるだけ定量的に言うようにしますが、なかなかはっきりした値となると言い切るのは難しい。それには時間がかかります。

桑江 何割の波が消せるかとか、何人の人命が救えるかとか、そういうことがつきまってくる。グリーンインフラを使うことが世間に認知される見通しって、実際のところどうですか？

森 ターゲットにしている国や地域によって違うでしょうね。東南アジアや南太平洋だと、グリーンだけでやるのはコストがかかりすぎるし景観や環境の問題もある。やっぱりベースはグリーンで、ハザードのレベルによって、重要な場所ならグリーンを足すとか。そういうミックスが必要だと思って、いま研究を始めようとしています。グリーンインフラは適応がメインなので、とくに防災面では、ベネフィットとコストの評価がわりとはっきりしているんです。でも、ブルーカーボンは緩和策でしょうか？

桑江 緩和と適応、両方狙っていますけどね。

森 まず効果をどう評価するか。これは将来の気温が何度になるといった全球モデルに入れるような形で研究しないとけない。且つ、どれくらいの費用対効果があるかを出さないとけない。そこがブルーカーボンの大変なところだろうなと思うながら、桑江さんの研究に注目しているんです。

吉田 水産の分野でいうと、昔から、漁師さんの実感として、藻場がなければ魚が育たない。でも実際に藻場がどれくらい魚を生産しているかという、残念ながら科学的に自信をもって数値として示した事例はありません。なぜなら魚は藻場だけを利用して生きていくわけではないから。稚魚には藻場がすごく大事だけど、成長すれば棲みかも変わる。魚を育てるといふ視点からいうと、藻場とほかの生態系のつながりを考える必要があります。最近では、藻場という「点」ではなく「面」で考えようという方向に。瀬戸内海を例にすれば、藻場だけでなく、沖合の漁礁など一体的に整備しようというのがいまの流れになっています。ただ、そのなかで藻場がどれだけ魚の生産に寄与しているかということも、数値として挙げられるよう、引き続き研究していくつもりです。

佐々木 研究者のみなさんに定量的な評価が重要だといっていたら、行政側としては非常にありがたいです。われわれの仕事は基本的に港湾の整備。浚渫で出る土砂を使って、昔砂利を採るために深掘りした跡を埋め戻したり、浅場を造成したりというようなことはいま前からやっています。でも海全体からみれば、できることはポイントポイントでしかなくて、どんな効果があるかということが明確でない、なかなか行政としては手をつけられないんです。逆に海域の環境を悪化させてしまうということも起こり得るので、非常に注意深くモニタリングしたり、漁業者を含めた地域の方のご意見を伺いながらやっています。実証実験の域をなかなか出られていません。ですから、定量的に把握するのは難しいというお話でしたが、それをやることによって効果があるんだと、研究者の方からも

声を上げていただきたい。それが社会的に認知されれば、われわれとしても、そういう取り組みがしやすくなります。

**グリーンインフラが生み出す
便益に着目した仕組みづくり**

西田 日本の場合、グリーンインフラにするコストが上がってしまうんじゃないかという話がありますね。でも、実際にコストが増えたとしても、地域で収益が上がって相殺されるような仕組みをつくることでできれば進められる。ブルーカーボンは、まさにその仕組みの一つになると期待されます。カーボンプレジットだったり、商品・サービスの付加価値だったり。経済的にプラスが出たら、それをグリーンインフラの維持管理に使うという仕組みを始めからつくっておくことで、プラスのサイクルが回ります。グリーンインフラやブルーカーボンって、おそらく環境を活用し、環境の価値を使っていることとか、地域の中で価値を生み出しているという概念じゃないかと思うんです。環境を守ることはかきり前面に出すと、直接の便益を得るのは難しいです。そして、広く関心を持ってもらうきっかけとして、防災というのは大きいと思います。

吉田 まちにNature-based Solution。
西田 そう。そういったキーワードが出て来ること、環境と経済、社会の分野が、どんな結びつきやすくなっていくのかなと思っています。

吉田 当面の目的は社会の問題解決で、その結果として生物多様性の保全につながるというのを目指している。そういうアプローチです。



港湾空港技術研究所
沿岸環境研究領域
沿岸環境研究グループ
桑江 朝比呂
グループ長

国立研究開発法人
水産研究・教育機構
瀬戸内海区水産研究所
生産環境部 藻場生産グループ
グループ長
吉田 吾郎 さん

三菱UFJリサーチ&
コンサルティング株式会社
経営企画部 グリーンインフラ研究センター
副主任研究員
西田 貴明 さん
(徳島大学環境防災研究センター
客員准教授)



桑江 適応策はローカルに効くので、当事者意識に訴えやすいですね。逆にいうと、緩和策というのは、政府のサポートや資金調達の面でも非常に対策がとりにくい。でも、結局のところ適応策は対処療法なわけで、緩和策をとらないと根本的な解決にはつながらないわけです。

西田 環境の活用とかNature-based Solutionのようなコンセプトであれば、民間の事業との親和性もかなり高くなってくると思います。そうなれば、民間資本を活用するような動きになっていきやすい。現に森林管理では徐々に進んできていて、事業として軌道にのれば森林も自ずと保全され、維持管理されていくという仕組みが生まれつつある。その際、最初にルールや仕掛けを行政につくっていた

だくことが大事ですね。

森 日本全体の海岸事業をどうしようという話になると、その恩恵を直接受けない人々にどう理解してもらうかが重要になります。沿岸部のグリーンインフラやブルーカーボンは、森林に比べて世間の認知度がだいぶ低いので、そのあたりをどうやって上げていくかが課題。これは、研究者ではちょっと難しいので、国や県の方でお願いしたい。

吉田 アメリカは2012年に発生したハリケーン・サンディの後、すごく変わりました。復興計画の中で、戦略的にグリーンアプローチをとろうとトップダウンで決まったんです。元々なっているのは2050年までにどれだけ海面が上昇して浸水リスクが増えるか。対策として堤防を上げると同時に緑地の整備もそれにうまく組み入れていこうとしている。都市の魅力づくりにもうまくつなげていると感じました。もう一つ、こちらはヨーロッパの事例。オランダでBuilding with Natureというイニシアチブが動いているんですが、これ、主導しているのは民間の浸漬会社なんです。そこに民間と政府がお金を出し、研究機関や大学もいっしょになって、国内や、一部はインドネシアでもパイロットプロジェクトをたくさんやっている。インフラ産業で世界的な競争力を高めるというのも、研究を進める上で原動力になっているんです。

西田 日本でこういうことができるのか考えていきたいですね。

長期的な視野で挑む気候変動対策 ブルーカーボンの評価がカギに

森 気候変動に対して、いまわれわれは適応策の一手手前の影響評価をしている段階です

が、いずれは日本としても、真面目に具体的な適応策に取り組まなければいけない。そのとき、例えばサンゴと防波堤のどちらが大事かといわれたら比較ができませんよね。対策をどの順番でやるかという根拠がないので、研究者なり国なりで議論して、どの順番で何を守っていくかを考えないといけない時期はだんだんと近づいていると思います。

吉田 水産の分野では、地先の藻場は地域のものという認識がある。地先意識が強いんです。そこではやはり、いままで暮らしの糧になってきたものを守るのが先決。いま水産庁が主導している対策も、従来の生態系を守ろう、従来の藻場を回復させようという観点ですが、それは、僕らから見てもいっか無理が来るんじゃないかと思っていて。沿岸漁業を続けるのであれば、将来的にはもっと温かいところの海やサンゴ礁、あるいは、そこで行われている増養殖を参考にすることも必要になるでしょう。

森 それ、たぶんすごく大事なことです。いまわれわれの周りで言っているのが「アダプティブな適応策」。対策には時間がかかるので、それを見込んで、そこを過ぎるともう戻ってくるのは難しい」というような要素を探し、それが起こらないようにするにはどうしたらいいか、逆算するような形でいろいろな予測や影響評価をしましょう。長期的な視野での研究が、かなり重要だと思います。

吉田 文化にも関わるものですかね。いま里海活動が盛り上がりつつある場所は、しっかりとした伝統的な地域社会が残っているというのが特長だと思います。行政だけ突っ走ってもだめで、受け皿になるようなリーダーが地域にいることが肝要。行政のサポートも、結果的にそういうところに集中する傾向があ



六条潟 (愛知県)



干潟タイプの生物共生型護岸 (神奈川県)



フナフティ環礁のサンゴ (ツバル)



ります。
森 このままCO₂の排出が続くと、2100年くらいには平均的に4・2Cくらい上がる予測されています。でもこういう予測って、われわれがどう社会を変えていくかでいくらでも変わっていくんです。そのバリエーションが出てくるのは、予想では2030年頃。つまり、この15年くらいは何をどうがんばってもあまり変わらない。でもこの15年くらいのがんばりが、その後の50年に響くという……。そこをどうするかというので、ブルーカーボンにつながると思うんですよ。これはバリ協定にも深く関連する。ただ、効果がわかりにくいえに莫大な費用がかかるので、どの手法がどういう効果があるか、費用はどうかというのをきっちり出

していかないと。その評価がかなり重要ですよ。
桑江 本当に定量的に数字が出せるかわからないし、出せたとしてもその数字がどの程度確かかもわからない。こんなテーマは、真面目な研究者は避けたいところですよ(笑)。でも仮に科学的根拠は不十分だとしても、世界的に認知され、この方向でやったほうがよいということになれば、先に国際的に政策が決まるはず。そうなれば、後から科学と技術はついてきます。まだ圧倒的に研究が足りないし、関わっている人が少ない。ブルーカーボンの分野は、2030年くらいまでに発展してくれればいいかな。それまでは助走期間。踏み石になってもいいから、そこをがんばりたいと思っています。

緩和策と適応策をつなぐ ブルーカーボン研究の可能性

佐々木 まずは科学的な、基礎的な知見をしっかりと研究していただいて、次は国民全体の認知です。ね。港湾の仕事をやっていくなかで、環境だけを謳ってもなかなか社会的認知は得られません。物流の効率化をすればそれが低炭素化につながるといったように、経済的な効率性と環境の保護をうまくマッチングさせていく必要がある。そういう方向を、うまく考えていくしかないと思います。
吉田 ブルーカーボンなどへの取り組みが地域の魅力づくりにつながったり、観光や水産、地域の人たちの生業にもメリットが発生したりと、つまりそういうことですね。
桑江 一つは、港湾分野での環境政策や実践が盛り上がるような下地を今後3年の間にしっかりとつければ、もう一つは、日本全体として2030年までに2013年比26%の温室

効果ガス削減を決めたので、その達成のための行動計画を立てる際、最後の一押しをブルーカーボンでやるとか。1%は削減できずとも0.1%いけるとなれば努力する余地があるし、緩和策というだけでなく同時に生まれるベネフィットも非常に高い。大きな経済メリットが、たぶんこれによって発生します。そういった起爆剤になり得ることを認識して、水産庁と国交省港湾局で主導して進めていただきたい。

森 海岸分野で適応策はたくさんありますが、緩和に貢献できる研究はほとんどないので、吸収量はどうあれブルーカーボンは大事ですよ。

吉田 適応策にとっても重要ですし、地域の生業にとっても意味があるということで、多面的なメリットが期待できます。

吉田 水産で行われてきた藻場の回復や再生、造成のような活動の意義を再認識するとともに、さらにそこに、新しい一つの価値を見出せるのではないかと感じました。今後、漁業者が藻場を維持するモチベーションになるような新しい価値というものを意識したい。それには、藻場がブルーカーボンの貯蔵にどれだけ機能しているかを定量的に評価する基礎研究を後押ししていく必要がありますね。

森 適応と緩和は両輪なので、本来はちゃんとリンクしていないといけないのですが、実際のところほぼ独立して動いているのが現状。そこをつなげる研究の一つとしてブルーカーボンとグリーンインフラがある。地球温暖化対策として非常に重要な研究だと思っています。港空研は行政といっしょになって取り組むことも多いと思うので、われわれだけではできないことをやってもらいたいですね。



慶佐次湾のマングローブ(沖縄県)

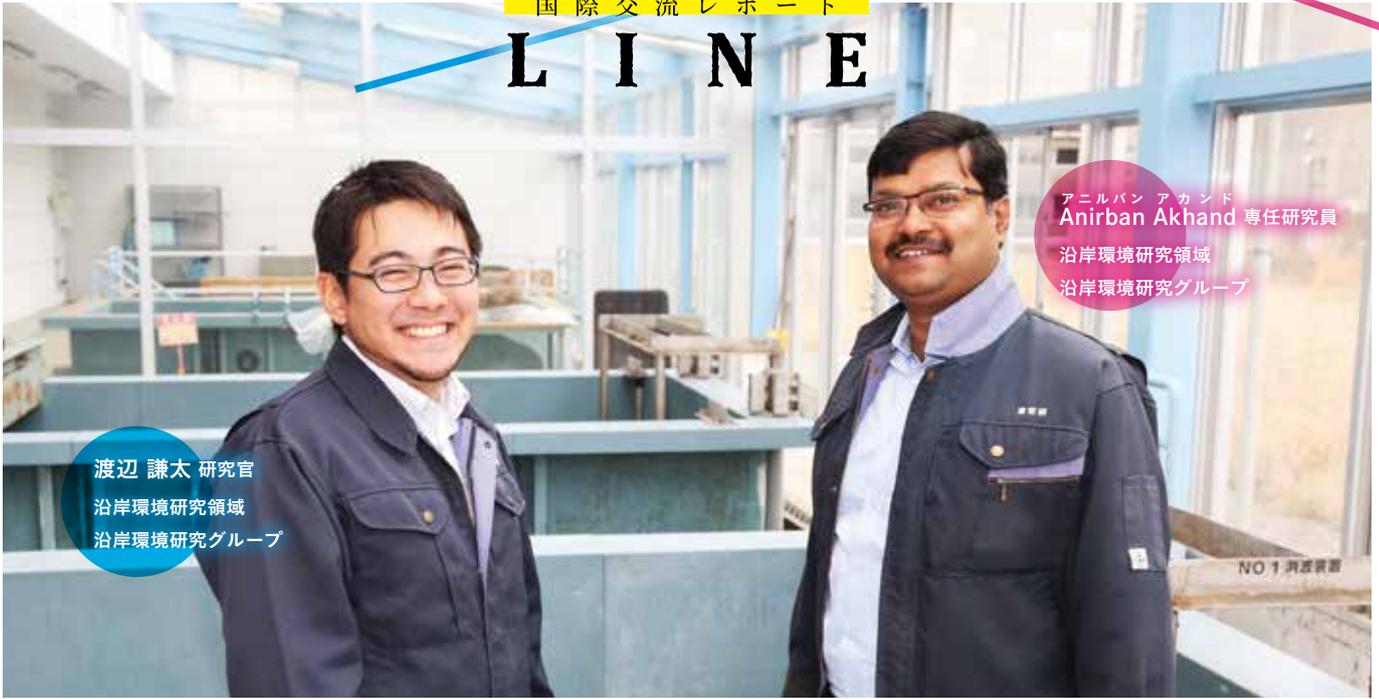


養浜技術を活用した砂浜の再生(新潟西海岸)



CROSS LINE

国際交流レポート



渡辺 謙太 研究官
沿岸環境研究領域
沿岸環境研究グループ

アニルバン アカンド 専任研究員
Anirban Akhand 専任研究員
沿岸環境研究領域
沿岸環境研究グループ

インドより来日している アニルバン・アカンド専任研究員に お話を伺いました

アニルバン・アカンド専任研究員は、2016年5月から港空研の沿岸環境研究グループに在籍し、研究を行っています。今回は同グループの渡辺謙太研究員とともにお話を伺いました。

——研究内容と港空研にたきつけかけを教えてください。

アカンド 海の植物プランクトンが二酸化炭素吸収にどれだけ関係しているかということや、マングローブのブルーカーボンについて研究しています。元はインドのジャダプール大学の博士研究員だったんですが、港空研の桑江グループ長の研究テーマが自分のやりたいことに合っていたので自分からコンタクトをとりました。港空研は施設がとても充実しているし、自分の提案を積極的に聞いてくれるので研究にはとてもいい環境ですね。

——インドにはマングローブが生息しているようなところはありますか？

アカンド 私はウエストベンガル州に住んでいて、そこからバンガラデシまで続くスンドルバンという世界最大のマングローブ林があり、その研究を続けています。そういった環境が身近にあったので、沿岸環境に興味をもつようになったんです。

——インドでもグリーンインフラ（自然資本）を防災に役立てるという考えはありますか？

アカンド さっき話したスンドルバンの後背地にコルカタという都市があります。ここはマングローブに守られて、サイクロンによる巨大な高波や高潮の被害から免れてきました。

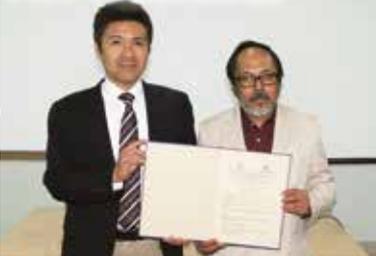
渡辺 世界最大規模のマングローブ林なので、大都市の防災にも効果を発揮しています。ただ、波で地盤が削れるとマングローブが流出してしまうので、それを防ぐために船の航行を制限するのも有効だと感じました。災害から後背地を守るという役割として手厚く保護していく必要があります。

——これからのような研究をしていきたいですか？

アカンド これまでもサンゴやマングローブ、海草など、それぞれの研究はされてきましたが、お互いがどんなふうに関係して二酸化炭素吸収に役立っているのか、いろんな種類の炭素の関係性を研究していきたいですね。スンドルバンのインド側は、昔はガンジス川の淡水が入ってきていてマングローブがもつと茂ってたんなんです。でも今は流れが変わり、マングローブ生態系に変化が起きています。そういう問題も解決できるような研究をしていきたいです。

渡辺 スンドルバンは世界最大のマングローブなので、港空研としてもブルーカーボンの研究を進めていくうえで現地の研究者と繋がりをもちたことはとても意味があります。今年1月にはジャダプール大学と研究協力覚書(MOU)の署名をしましたし、今後の研究がますます楽しみです。

ジャダプール大学とのMOU署名



豊橋技術科学大学の学生が港空研で実習 ～ 実習生による研究者インタビュー ～

港空研では、研究内容に理解を深めてもらうことを目的として、大学・大学院・高等専門学校の学生を実習生として受け入れ、技術者の養成を支援しています。今回は、豊橋技術科学大学から参加している実習生2人が、港空研の研究者にインタビューしました。

インタビュー【実習生】 豊橋技術科学大学 4 年生



館岡良太さん

沿岸土砂管理研究グループで実習中。河口港湾の埋没現象の解明を目的とした、埋没量の季節変動や河川流量との因果関係の把握などを課題としています。



土方亮太郎さん

波浪研究グループで実習中。航跡波（走る船が作る波）の特性解明を目的とした実験や、数値計算モデルでのシミュレーションの開発を課題としています。

港空研研究者 (平成 28 年 4 月新規採用)



こさこたいち
小裕大地 研究官

所属：沿岸土砂管理研究グループ
沿岸土砂輸送のシミュレーションを用いて航路埋没メカニズムの研究を行っています。



たくむ
岩本匠夢 研究官

所属：津波高潮研究グループ
気象・海洋・波浪モデルを用いた高潮数値計算の高度化に関する研究を行っています。

土方 港空研に入ろうと思ったきっかけは何かですか？

小裕 ずっとやってきたシミュレーションの研究を活かせる仕事に就きたいと思っていました。修士課程1年のときにインターンでこの研究所に来て、やりたいことはもちろん、調査や実験などいろんなことができると思ったので港空研に決めました。

岩本 大学のときに起こった東日本大震災で、日本のインフラは自分が思っているより脆弱なんじゃないかと。それで、防災関係の研究をしたいと思ったんです。就職先を選ぶときに、港空研なら現場との繋がりが強く、研究成果を社会に活かせるんじゃないかと。

館岡 学生の頃に研究職にもっていたイメージと、働き始めてからのギャップはありましたか？

小裕 研究職は自分のやりたいことだけを追求するようなイメージだったんですが、ここに入ってそれだけではないと感じました。もちろん自分のしたいことはできる環境ですが、まず現場と密接に繋がりがあり、何かしら課題があって、それを解決するための研究をするんです。自分の関心と現場のニーズがマッチすれば、研究者としても好きなことができるし、それが現場にも活かせるので理想的ですね。

館岡 社会に役に立つ研究成果を出すにはものすごい長い期間がかかると思うんですが、モチベーションを保つためにどうしていますか？

岩本 一つのことにとこだわりすぎないように気をつけています。一つのことを突き詰めて考え

続けるのはすごく大変で、こだわりすぎると突破口が見えてこない。いろんなところにアンテナを張ったり、いいアイデアがないか探したりして、自分のやっていることに活かさないか考えてみる。そこから何かヒントが得られることもあると思いますよ。

土方 現場での経験や現場の方のお話でためになったことはありますか？

小裕 私たちの研究グループでは毎週茨城県波崎海岸にある研究施設に行っています。波のシミュレーションや実験でそれらしい結果が出ていても、実際の海でそういった現象が本当に起きているのかは数値計算上の結果では分からないですから、自分の目で確かめるのはすごく大事だと感じています。

岩本 私の研究グループは津波・高潮が対象なので、現場は災害が発生した場所になります。災害現場に行き観測を行うので、現場の方から話を聞くということはなかなか難しいんです。ただ、学生時代に遡りますが、北海道で高潮が起きて現地観測に行ったとき、現地の方に、観測もいけど救援物資も届けてほしいというようなことを言われたんです。被災された方たちのこともきちんと考えて行動するべきなんだと改めて感じました。これは数値ばかり気にしていた自分にとって、大きな糧となった経験です。

館岡 僕らも学校で土木の勉強をしているので、それを活かした仕事をしていきたいと思っています。

土方 今日はいろいろなお話を伺えてよかったです。ありがとうございました。





サンゴ礁の生態系サービス ってなに？



解説
沿岸環境研究領域
沿岸環境研究グループ
棚谷灯子 研究官

サンゴ礁は、熱帯・亜熱帯域の暖かな浅い海でサンゴという動物が作る骨格が積み重なってできた地形です。サンゴ礁の多様な環境には、海草や魚や貝、ナマコなどのさまざまな生物が住み、複雑な生態系をつくっています。

「サンゴ礁の生態系サービス」とは、サンゴ礁生態系が人々にもたらす恵みのことです。
例えば、紺碧の海に映える真っ白なビーチは、サンゴが砂のもととなる骨を作り、サンゴ礁が波の勢いを弱めて海岸の侵食を防ぐことで保たれています。また、色鮮やかな熱帯魚にはサンゴ礁をすみかとし、サンゴが作る栄養を食べて生きているものがたくさんいます。さらに、南の島で海岸沿いの標高が低い土地に住む人々にとって高潮や津波による浸水は命に関わりますが、サンゴ礁が天然の防波堤として波を遮ることでそうした被害を防いでいます。

しかし、サンゴ礁生態系は、陸域の開発や地球温暖化などの環境変化に対してとても弱く、世界各地で劣化や減少が報告されています。

2016年には、高水温によるサンゴの白化（高水温などのストレスによってサンゴの細胞内に共生する小さな藻類（褐虫藻）の色素が失われたり、体外に放出されたりしてしまうことで、サンゴが栄養失調になる状態）が世界各地で見られました。日本最大のサンゴ礁である沖縄県の石西礁湖でも9割のサンゴが白化し、2016年12月現在で7割が死滅してしまいました。

健全なサンゴ礁であれば、海面上昇が起きたとしても、サンゴが追いついて成長し、天然の防波堤や砂浜が維持されます。しかし、高水温などのストレスを受け続けた場合は、そうした生態系サービスが失われてしまう可能性があるのです。

このような問題からサンゴ礁を守るために、私たちの研究グループではサンゴ礁生態系のさまざまな機能が、環境変化にどのように反応するかを調べています。

※サンゴ礁はサンゴが作る地形、サンゴは生き物本体のことをさします。



健全なサンゴ



白化したサンゴ

本紙の定期送付・送付中止・送付先変更のご依頼、ご意見・ご感想などはこちらまで



国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所

Port and Airport Research Institute (PARI)

〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1 TEL: 046 (844) 5040 FAX: 046 (844) 5072 URL: http://www.pari.go.jp



グリーン購入法に基づいた
用紙を使用しています。