

【関連資料-3】 前期トークショー講演記録 ～海の地球未来塾～

【関連資料-3-1】

第1回 「見えてきた！海の生きものの本当の姿」 (2017.7.17 (祝月) 15:00
～16:30)

<概要>

マグロは時速 80km で泳ぐ、といわれますが本当でしょうか？クジラやペンギンは海中でどうやって餌を獲っているのでしょうか？

生きものの行動を探る新たな手法で、海の生物の真の姿が見えてきました。動物にカメラやセンサー（計測器）を付けて、生きものに自らの行動を記録してもらおう「バイオロギング」。

講師の渡辺先生は、この手法による画期的な研究成果が『ナショナル・ジオグラフィック』誌にも取り上げられ、TBS『情熱大陸』にも出演された注目の研究者。動物に付けたカメラの驚くような映像も紹介いただきながら、海の生物の真の姿を、お子さんにもわかりやすく語っていただきます。

<ゲスト>

渡辺佑基氏(国立極地研究所・准教授)



国立極地研究所准教授。動物の体に小型のセンサーを取り付ける「バイオロギング」という手法を使って海洋動物の生態を調べている。1978年、岐阜県生まれ。東京大学大学院農学生命科学研究科博士課程修了。2007年、東京大学総長賞。2011年、山崎賞。2015年、若手科学者賞。著書『ペンギンが教えてくれた物理のはなし』（河出書房新社）（毎日出版文化賞、青少年読書感想文全国コンクール課題図書）。けん玉1級。

触れる地球ミュージアム 海の地球未来塾 第1回

「見えてきた！ 海の生きものの本当の姿」レポート



アザラシやペンギン、サメや色とりどりの魚たち……。海で生きる生物たちが、海の中でどんな生活をしているのか。海中での観察が困難なために、その詳細には多くの謎が残されています。しかし、近年の技術の発達によって、長く謎とされてきた海の生き物たちの生活が明らかになり始めました。

その手法が「バイオリギング」です。

バイオリギングとは、その名の通り生き物の活動のログを取る手法であり、研究を指します。生物の体にさまざまなセンサーやカメラを取り付けて、その生活の様子をまるまる記録し、分析する。そのカメラの映像は、生物の「一人称」の視点になることから、本ミュージアムを主宰する竹村真一は、バイオリギングを「生物学の革命」であるとし、生物・自然界と人間の間には、新しい関係を築く可能性があると話しています。触れる地球ミュージアム丸の内「海の地球未来塾」第1回目は、バイオリギングの第一人者である渡辺佑基氏（国立極地研究所）をお招きし、バイオリギング研究の最近の成果を中心にお話を伺います。会場は小さなお子さんを中心に、海の生物が好きなみなさんでいっぱい。期待はいやが上にも高まります。

■バイオリギングとは



竹村「今日は海の日メインイベントです。みなさん、クジラやペンギン、マグロなどの海の生物を観察しようと思ったらどうしますか？ 一生懸命観察します？ でも海の中だと観察できませんよね。マグロだったら泳ぐのが速くて追いかけるのも大変です。海の中を深く潜る生物は実態をつかむこともできませんでした。海の99%は闇です。水面から40メートルくらいまでは見ることができますが、400メートル以上の深海になると完全なブラックボックスです。さあ、そんな海の生物たちをどうやって観察したらいいのでしょうか。

今日は、動物が見ている世界を追体験できる『バイオリギング』がテーマです。バイオリギングの世界的権威のお一人である、渡辺先生にお越しいただき、お話を伺います」

渡辺「今日はせっかくの海の日なので、海の生物の面白い話で、少しでも“へえ〜”と思ってもらえればうれしいです。今日お話しするのは、海の生物は実はまだよく分かっていなくて、テレビやインターネットで知られているイメージとちょっと違っているんだということ。私の研究の経験から話していこうと思います。

私は極地研で生物、中でもペンギンを専門に研究しています。何年かに一度は観測船『しらせ』で南極に渡って生態を調べるんですが、陸地や氷の上ならまだしも、ペンギンが海に入ってしまうと何をやっているのか、何が起きているかまったく分からないわけです。そこで登場するのがバイオリギング。背中にセンサーを取り付けて、自由に泳がせてその活動を記録します。今は、スマホを見ればお分かりのように、センサー類もとても小型化し、高性能になりま

した。GPS、コンパス、加速度センサー、カメラ、ビデオカメラなどなど。そうしたセンサーの技術を、野生動物の研究に活かそうというのがバイオロギングでもあるわけです。

今日私からお話ししたいのは、バイオロギングで分かってきたこととして、ひとつは『マグロは時速 100km で泳がない』ということ、そしてもうひとつが、地球温暖化にもひょっとすると関係しますが『海氷がなくなるとペンギンがどうなるか』ということです」



※当日の講演資料より。ペンギンの背中に付けられているのがセンサー、カメラ類

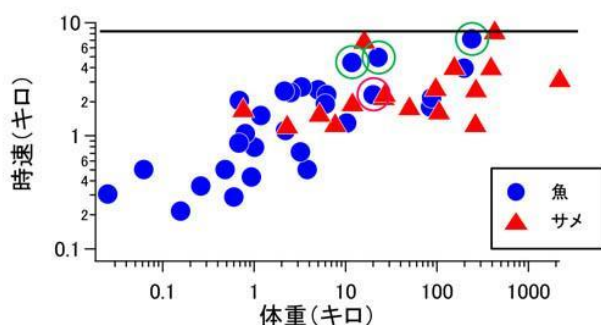
■マグロは時速何 km で泳ぐ？



渡辺「まず考えてみましょう。魚ってどれくらいの速さで泳いでいると思いますか？ 図鑑などには、よく『メカジキは時速 100km 以上』『マグロ時速 80～90km』なんて、図付きで出ています。つまり魚ってものすごく速い。車と同じくらいの速さで泳いでいる。そういうイメージです。

しかし、これはいろいろ調べてみると違うことが分かります。例えばいかにも速そうな『ヨゴレ』というサメ。バイオロギングで調べると、大体時速 3km くらいで、100メートルくらいまでの深さを行ったり来たりしていることが分かりました。瞬間的に速くなる時ですら時速 6～7km なんです。あれ？ 随分遅いじゃないかと思いませんか。

ヨゴレだけが極端に遅いのかとも思って、バイオロギングで計測された他の魚のデータを集めてみたところ、大きい魚ほど泳ぐスピードが速い傾向があるのは確かですが、大体時速 8km くらいに天井があって、どんな魚もそれを超えることがない。



※当日の講演資料より。魚の大きさ（体重）と、平均速度の分布図。
 緑の丸で囲まれている魚（青●）のはマグロ類、赤丸で囲まれた魚はバショウカジキ

マグロでも時速 5～6km。時速 100km で最速と言われるバショウカジキは、平均するとなんと時速 2km くらいです。確かにエサを捕まえるときの瞬間的な速さはもっと速いかもしれませんが、長い時間の平均速度では 8km を超えません。今まで言われてきた、時速 60km とか、80km ということは、まずないことが分かってきたんです。

じゃあどうしてバショウカジキが時速 100km だなんて話が出たのでしょうか。古い文献を調べてみると、1950 年代の実験結果に基づいていることが分かります。バイオロギングなんて影も形もない時代ですから、どうやったかと言うと、カジキを釣った後、カジキが逃げていくときに、リール（釣り糸を巻く器械）からどれくらいの速さで糸が出ていくかを計測したそうなんです。海流の影響を見ていない、糸のたるみはどうかといったことがまったく配慮されていないので、今から見ると随分乱暴な実験だという気がします。もちろん当時としてはベストを尽くしたのだらうということも、よくわかるのですが。

つまり『魚がとても速く泳ぐ』というのは、古い信頼性の低いデータに、尾ひれがついて広まったイメージだったんです。

これって考えてみれば当たり前ですよ。水の中は空中よりも抵抗が大きく、船も巡航速度は大体 10~30km くらいです。車と同じ位のスピードで泳ぐということがいかにあり得ないことかが、よく分かります。

ということをお願いしていたら、うれしいことに図鑑の二大巨頭の『NEO』シリーズ（小学館）、『MOVE』シリーズ（講談社）が、最新の改訂版で魚のスピードを改めてくれました。『NEO』ではバショウカジキ時速 2km と、随分と夢のない数字に変わってしまった。これは私のしわざです（笑）」

■氷がないとペンギンはハッピー!!?



※当日の講演資料より。2011年と2017年では海氷がこれだけ異なるため、ペンギンの活動も大きく異なることが分かった

渡辺「では次に、海氷がなくなるとペンギンがどうなるか。これは私の最新の研究結果でもあります。

私が最初に南極に渡ったのは 2011 年。その時は、ペンギンのコロニーの、目の前の海はびっしり一面の氷です。例年この感じなのですが、2017 年 1 月は違いました。ぽちゃぽちゃとした普通の海になってしまっていたんです。

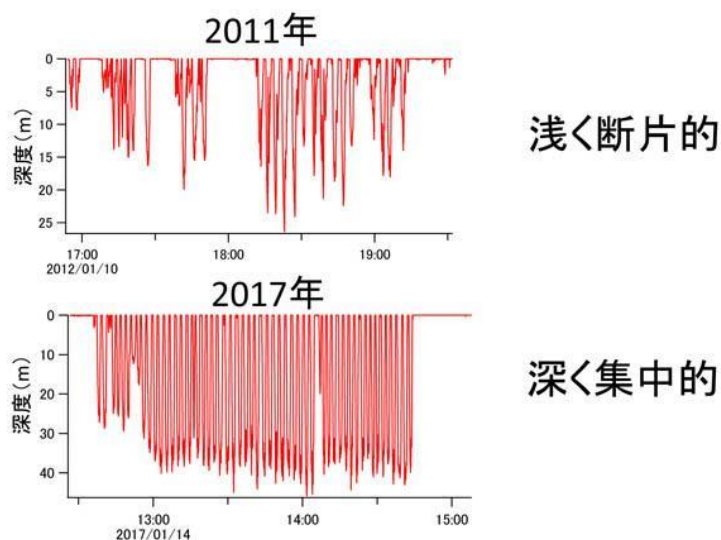
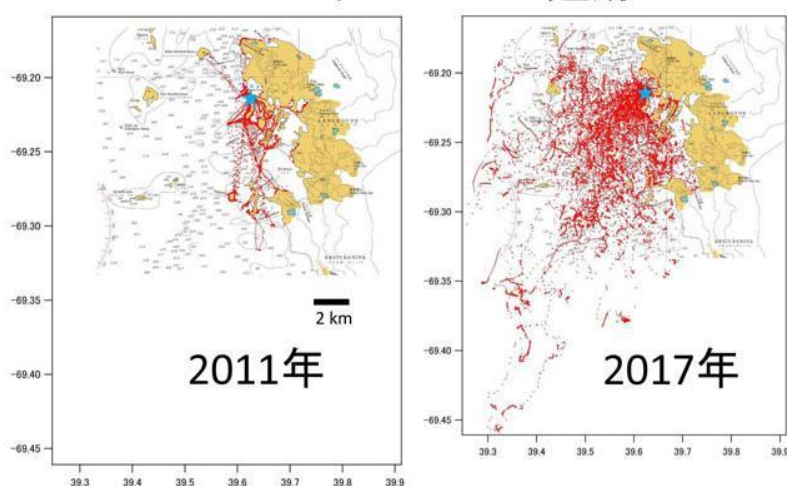
ひとつ留意してほしいのは、これは温暖化のせいというわけではないということ。風などの気象条件の変化によって温暖化とは関係なく、そのようになっただけ。しかしペンギンには異常事態ですよ。

ペンギンの活動にどんな変化が起きたか見てみましょう。2011 年はよちよちと氷の割れ目まで歩いていき、そこから潜って、また歩いてエサを持ち帰りヒナに与える。そういうことをしています。

しかし 2017 年は、もう目の前が海ですからこんな簡単なことはない。その差は歴然です。氷のある時はせいぜい 10km 程度の範囲に収まっていた活動が、一気にわーっと広がっています。

また、潜水パターンにも大きな違いがありました。2011年は、20メートルくらいの浅いところを断片的に潜っている。つまりちょこちょこ潜っては休むを繰り返しているんですね。しかし2017年はひたすら潜り続けています。この謎はビデオを見ると分かります。おわかりでしょうか、2011年はきれいな青なのに、2017年の海の色は緑色でモヤモヤとしています。これは氷が解けたことによって、さんさんとした太陽光が直接海に降り注ぎ、植物プランクトンが増加したためなんです。そして、植物プランクトンをエサにするオキアミ（エビに似た小型の甲殻類）がものすごく増えて群れをなしている。ペンギンはこのオキアミをひたすら泳いで食べているんです。これはペンギンにとってはとってもハッピーな状態になっているということ。

ペンギンのGPS追跡



※当日の講演資料より。上が行動範囲をGPSで明らかにしたもの。下が潜水パターン。

体重や生存率にもはっきりその差は現れています。通例、親鳥の体重は平均4040グラムのところ、2017年は4590グラム。ブクブクと太っています。ヒナの生存率は64%から95%に上昇。例年十分なエサがなく餓死するのに、今

年はほとんどがすくすくと育っている。ヒナの成長速度も非常に速く、1日の増加体重が65グラムから120グラムに増えていました。

さあ、この研究で分かったことは何でしょうか。それは、『氷がなくなるとペンギンは困る』というイメージが、実は逆だったということ。自由に泳げるようになることで、大変ハッピーな状態になることが分かりました。

これは北極のシロクマとは逆ですよ。氷がなくなり、アザラシが減り、どんどん痩せていくシロクマ。しかし南極では氷が減ると逆にペンギンは太っていく。繰り返しますが、これは温暖化が原因ではなく、ローカルな気象条件のためにたまたま起こった現象ですので注意が必要です。とはいえ、海水がなくなるとどうなるのかを考えるためのシミュレーションデータ、非常に重要な結果のひとつであるとも言えるでしょう。

バイオロギングで分かってきたことを2つお話ししましたが、ここで伝えたいメッセージは、海の生物たちの様子は全然分かってなかった、これまでのイメージとは違っていたということなんです。氷がなくなったらペンギンは大変になりそうって思っていましたよね。でも実はハッピーだということが分かったように、本当の海の生物たちの活動は、私たちが持っているイメージとは結構違うんだ、そんなことが伝わればうれしいです」

■美味しいものが食べたくて



マクロは結構遅かった。ペンギンは氷が解けるとハッピーになる。バイオロギングで明らかになってきた海の生物たちの意外な真実。新しい知識はそれだけでワクワクするものですが、後半はそのワクワクをもっとドキドキさせるパネルディスカッションです。会場からの質問も交えながら、渡辺先生と竹村が語り合います。

竹村「まず最初にお聞きしたいんですが、この画期的なバイオロギングは、いつくらいから始まったんでしょうか。また、日本人研究者も大きく貢献してい

ると聞いています。どんな役割を果たしているのでしょうか」

渡辺「バイオリギングには、世界に何人かのパイオニアがいますが、そのうちの一人が日本人、内藤靖彦先生（海洋動物生態学。極地研名誉教授）です。1980年代にアザラシの研究で、何メートルくらい潜るのか、ロール紙で計測する大きな器械を作りました。今はデジタル化されて小さくなりましたが、当時はアナログですから大きい装置で」

竹村「どれくらいの大きさなんですか」

渡辺「今は 15～20 センチですけど、当時は 30～40 センチ。重さも 1kg 以上ありました」

竹村「それは動物も相当迷惑ですよ（笑）」

渡辺「そうなんです。だから当時は大きなアザラシにしか付けられなかった。90年代に小型化、デジタル化が進み、複数の項目を計測できるようになったんです。私が入った 2000 年代には相当進んでいて、当時は随分ご苦労されたと思います」

竹村「もともと渡辺先生は生物の研究者だったんですか？ それとも海の研究を？」

渡辺「生物です。本当は宇宙工学をやりたいかったんですがそちらに進むことができなかった。生物の研究なんていうと、高校の授業だとミトコンドリアが—とか、細胞膜が—とかそういう話ばかりでしたけど、どうやら自然の中で野生動物を観察するのもあるらしいぞと知って、それなら楽しそうだ、やってみたいと思ひまして。実はその時にも二択がありましてね、山で昆虫の研究をするか、海で魚の研究をするかと悩んだんですけど、海のほうが美味しいものを食べられそうだなと思って、そこで海を選択して今に至ります（笑）」

■発見が新たな謎を生むスリル



竹村「今世界的な流れで言うと、この 50 年で海の研究が急激に進んでいますよね。深海もすごく面白いことが分かってきています。先生の研究のように、海の真の姿も少しずつ分かってきて、急に海に対する視野が開けてきた、そんなように感じます」

渡辺「その通りですね。バイオロギングのおかげで、どの種類のサメも実は垂直方向に 1000 メートルくらい潜っては浮上することを繰り返していることが分かってきました。それで私にもわかに深海を非常に身近に感じるようになってきています」

竹村「1000 メートルですか！ 一言で言うのは簡単ですが、水圧を考えると途方もない深さです。どうしてそんなことが可能なのか、新しい技術で、次々と新しいことが分かってくる一方で、一体どうやって生物はそれができているのか、分からないことがますます増えてもいますよね」

渡辺「そう思います。先程の話でいえば、アザラシだったら、どれくらい息を止めていられるのかが問題になっていることは分かります。しかし、魚なら潜ることに呼吸の問題はなくても、今度は浮袋の問題が出てくる。そしてサメになると、浮袋はありませんが、水温の問題が出て来る。水深 1000 メートルと言えば水温 5℃。そんな寒い海の中で、サメがどうやって生息しているのか、分かっていないんです」

竹村「そう考えると、ますます生物のことが分かってくると、その 100 倍くらい分からないことも増えてきて、と同時にそこが分かってくると、我々も人間の技術開発にも応用できる大変なノウハウを得ることができるかもしれませんよね」

渡辺「そうですね、一つの解決が、100 の謎を生むというのが理想的な研究スタイルだと思っていて、私もそんな夢のある研究ができればと思っています」

竹村「南極大陸に憧れる人も多いと思うんですが、いろいろご苦労もあるでしょうね。南極の周囲を吹く風が円環の海流（周極流）を生んで、熱帯からの海流を阻んでいるために、昔は航海で渡るだけでも大変な地でした」

渡辺「私たちが渡るのは夏の季節なので、航海にはそれほど苦労はないのですが、それよりも、何カ月も同じ人と船室、テントで過ごすのが大変です。南極までは船で 1 カ月くらいかかります。その間先輩の研究者と船室で二人きり。南極についても、ペンギンを調査する小屋で 1 カ月半、ずーっと、ひたすら寝ても覚めても一緒です。話すネタはできるだけ用意しておくんですけど、そのうちどれを話したかもわからなくなってしまうくらいで。このひたすら狭い、限られた空間で一緒にいることが、自然環境よりもずっと苦労です（笑）」

—この後、会場からの質問を受け付け、温暖化と南極、バイオロギングの手法についてなど、さまざまな話題について話し合いました。極地、海中、生物。ワクワクする話題が続くため話は尽きませんが、残念ながら終了の時間が近づきます。

竹村「こうしてお話を伺っていると、バイオロギングは生物学の革命ですね。

これまでの生物学は、『彼』『彼女』はどうしたか、という三人称の生物学でした。しかし、バイオリギングは、一人称での活動を記録し、私たちに教えてくれる。それは、私たちと生物の距離をすごく近づけてくれると思うんですね。渡辺先生の研究がさらに発展していくと、生物、自然界と人間の距離感が本当に変わっていくんじゃないか、そう思っています。単に生物学的なデータを揃えたということを超えて、私たちが生物とどんな関係を作っていくのかを考える新しい窓、ブレイクスルーを作ってくれているように思います」

渡辺「ありがとうございます。僕がやりたいのも、自然現象の根幹を捉えるような研究なんです。好奇心を大事に掘り下げ、ひとつの研究が 100 の疑問を生み出していく、そんな研究をしていきたいです」

竹村「今はどんな研究をやりたいとお考えですか」

渡辺「これまでは生物の種類を絞り込んで集中して研究していましたが、次は大きな動きを考えるような研究に取り組みたい。例えば海の生物は地球上、海の中を動き回っていますが、そこにどんなパターンがあり、どんなルールがあるのか。全体を包括するような研究ができればと思います」



【関連資料-3-2】

第2回 「海と人間—新たな共生の道を探る」 (2017.7.22 (土) 15:00～17:30)

<概要>

NHK 番組『プロフェッショナル』で、海に関するプロ中のプロとして取り上げられた渋谷先生。レインボーブリッジの橋梁など命がけの海中工事を第一線で手がけるかたわら、魚のゆりかごとなる「海の森」の再生やドルフィン・スイムなど、海の生態系保全にも携わってこられました。

その渋谷先生がいま一番力を入れるのが、洋上風力や潮力発電などの海洋エネルギー開発。五島列島で実験中の浮体式風車の海中は魚が集まる魚礁となり、人工物も海の生態系に貢献しうる（漁業者にも恩恵を与える）ことを証明しつつあります。

今回は2部構成で開催します。

第一部（15：00～16：00）：親子・家族むけ

イルカやクジラと泳ぐ水中映像、東京湾など日本の海の意外な豊かさをビジュアルで紹介しながら、海がいまどうなっているのか？私たちに何ができるのか？を考えます。

第二部（16：15～17：30）

長崎県・五島列島での浮体式風力発電の社会実験、また併せて世界各地の海洋エネルギー開発の事例も紹介しながら、地域の産業振興と環境保全を両立させる「サステナブルな海洋産業」の未来的な可能性について語ります。

<ゲスト>

渋谷正信氏（水中環境コンサルタント・潜水士・海洋人材育成指導／株式会社渋谷潜水工業 代表取締役社長／一般社団法人海洋エネルギー漁業共生センター 理事／一般社団法人日本漁場藻場研究所 代表理事）



1949 年生まれ。潜水士として世界各地の海を潜水、潜水時間は 3 万 8 千時間を超える。レインボーブリッジや東京湾アクアライン、羽田空港などの海中工事をてがけてきたスペシャリスト。水中構造物建設における潜水技術では「渋谷にできない水中工事はあきらめるしかない」と業界の誰もが認める第一人者。

1995 年の阪神淡路大震災では、被災地の復旧工事に携わると共に、ボランティア活動にも参加 2011 年の東日本大震災ではガレキの撤去・遺体の搜索、環境調査、復旧工事など多方面で活動を行う。又、海の環境を回復させる「海の森づくりプロジェクト」を推進、海中の診断士として、日本国内・外の漁場藻場調査を行っている。海に潜るダイビングが人の心と体のやすらぎと調和につながることに注目し、人材育成のセミナーや研究を行っている。また 2010 年より海の生態系と海洋再生可能エネルギーが共生・協調するモデルづくりをすすめ、次世代につなげる持続可能な漁業を促進させる活動を積極的に行っている。

著書に「海のいのちを守る」（春秋社）「海洋開発の新素材」（共著）「イルカに学ぶ癒しのコツ」（駿台曜曜社）、また NHK「プロフェッショナル仕事の流儀」、毎日放送「情熱大陸」、TBS「夢の扉」など TV 番組にも多数出演。

触れる地球ミュージアム 海の地球未来塾 第2回

『海と人間—新たな共生の道を探る』レポート<前半>



「海の地球未来塾」第2回は、「共生」がテーマです。海に囲まれた島国でありながらも、いつのまにか、海から遠く離れた生活に慣れてしまった日本人ですが、21世紀はエネルギー、環境、食糧など、幅広い分野で海の力を活用する必要があります。海の資源—水産資源や鉱物などを一方的に収奪するのではなく、海と共に生き、お互いに支え合う「共生」の可能性はどこにあるのでしょうか。

この日のゲストは、プロダイバーの渋谷正信氏です。海洋工事で活躍するダイバーであり、日本各地を隈なく調査し、現在の海の状況をもっとも良く知る人物。全国的に進んでいる海の荒廃「磯焼け」に警鐘を鳴らし、「海にもっと関わろう」と呼びかけています。氏が提唱しているのは、これまでにはなかった海との新しい関係性の構築です。一体どんな世界があり得るのか。今回は2部構成で行われます。

■破壊から保全、そして未来を築くダイバーへ



竹村「今日は私がもっとも尊敬するダイバーの渋谷さんにお越しいただきました。渋谷さんは、例えばレインボーブリッジの、海底の基礎のコンクリートを工事する工業ダイバー。と同時に、イルカやクジラなど海の生きものとのコミュニケーションに努め、海の生態系や海の森の保護などにもご尽力されている方です。

今日は 2 部構成で進めたいと思います。前半は、お子さんも多くいらっしゃるの、イルカと一緒に泳ぐというような、海のコミュニケーションについてお話しただいて、未来の自然と私たちの関係を考えたい。

そして後半は、渋谷さんが本業で力を入れられている洋上風力発電と漁業との共生、そして新しい“地球産業”についてお話しいただきます」

渋谷「まず自己紹介しますと、私は 43 年プロのダイバーとして仕事をしていますが、その前半の 20 年のほとんどが『環境の破壊者』でした。そこから気付いて、環境を大切にイルカと泳いだりするようになったのが後半の人生。今日はそこから気付いた『共生』をテーマに、お話ししたいと思います。それもただ生きていくだけでなくお互いが元気になる、お互いが幸せになるような『共生』です。そんなお話を少し、したいと思います。

まず、そもそも『環境の破壊者』として何をやってきたのか。私はプロダイバーとしてレインボーブリッジのような海の橋の基礎工事や、港の岸壁などを作ったりしてきました。港をつくる時どうやるか知っていますか？ まず、そこにある磯が邪魔なので爆破するんですよ。穴を開けてダイナマイトでいっぺんに吹き飛ばす。磯は海の生物にはとても重要な生活の場で、海藻が生えて、小魚がたくさん集まり、アワビやサザエもついて、大きな魚も着くように

なる。それを人間の都合だけで、人間の便利さのためだけに破壊してきたわけです。



もちろん私は誇りを持って仕事をしていたし、当時はとても腕の良いダイバーとして—つまりそれだけ上手に磯を破壊していたんですが、ある時テレビで環境問題の話聞いてから、あれ？ もしかして私がやってきたのは環境破壊だったんじゃないか？って気付きました。

人間って不思議なもので、一旦気づくとすごく苦しくなる。これはなんとかしなきゃと思って、どうにか仕事をいい方向に向けたいと思い始めたときに、海の生物と触れ合って大切にすることをはじめたんです。

それがイルカ、クジラでした。友達から今世界中でドルフィンスイム（イルカと一緒に泳ぐ体験ツアー）、ホエールウォッチングが盛んだという話を聞いて驚かしてね。当時の私にとって、イルカは水族館で曲芸をしているものだし、クジラは食べるものだった（笑）。じゃあ、イルカと仲良くすることはどういうことなのか、自分の目で確かめてみようと思って、イルカ、クジラに会いに世界中の海に行くようになったんです。

御蔵島もそのひとつでした。今でこそシーズン前に予約がいっぱいになるくらいドルフィンスイムの人気が高く、ボランティアが1頭1頭のイルカに名前を付けて記録調査していますが、当時は観光客なんて全然いなかった。でも島の住人—300人くらいしか住んでないんですが、『イルカも島の住民なんだ』って考えている。これってとてもステキな考え方ですよ。知らない間に共生していたんだと思います。

今、御蔵島でのドルフィンスイムにはいろいろなプログラムがあります。交流したり、2時間くらい一緒に泳いだり。海の真っ只中に船で行って、ポーン

と入ってもらって、自力で泳がないといけない。陸にいます『〇〇がないと泳げない』『△△でないとできない』と口うるさく言う人でも、不思議ですね、イルカと泳ぐためなら、喜んで泳ぎ始めるんです。海がその人の可能性を引っ張り出しているとも言えるかもしれません」

■海の生物とのコミュニケーションは「癒やし」



渋谷「みなさん、『イルカと泳ぐと癒される』とおっしゃるんですよ。それで私もその癒やしを体験したかった。御蔵島の前にも世界中の海で挑戦してみたんですが、どうやってもうまく行かなかった。シュノーケリングを付けてイルカと一緒に泳ぐんですけど、ハーハー息を切らせるばかりで、癒されるってことはないなーと（笑）。自分だけが癒やされないのかなとも考えていた。

今思うと、イルカと泳ぐぞ！泳ぐぞ！って目がキラキラしてたんだと思う。それじゃあ癒やしなんて入る余地がない。結局癒やしを体験できたのは3年後、御蔵島でのことでした。

アメリカからの友達を連れて行ったときです。その時は黒潮のところでドルフィンスイムをやっていました。知っていますか？ 黒潮はとっても速くてドーンと当たる感じ。それで、イルカが泳いでいる黒潮の上流のほうへ船で行って、そこから海に入って、流されていく人間がイルカとすれ違うというのを繰り返す。すれ違うのは一瞬ですが、イルカに並ぼうと一生懸命泳いでは追いつけず、というのを繰り返していました。

5回目くらいだったと思います。ふと、追いつくはずないよなと我に返り、ふっと諦めのような気持ちが出てきた。もういいや、疲れたって。それで泳ぐのを止めて、黒潮に流されるままに水面でリラックスしてみた。黒潮の水温は28度くらいあって、すごく気持ちがいいんです。それで気持ちいいなーと流さ

れていたら、2頭のイルカが私の両サイドにピタッと寄り添って泳いでいることに気付きました。手を伸ばせば触れるくらい。前だったら『来た来た！』ってなったと思うけど、その時は『来たけど、まあいいかな』という気持ちになったんです。このままですごく気持ちいいし。

すると、イルカが目がすぐそばにあった。イルカが目って二重まぶたなんですよ。その目を見た時に電撃が走って、私の目から涙が溢れてきた。人間ってそういう瞬間あるんですね。マスクの中が涙でいっぱいになった。慈愛や思いやりに満ちた目、というんでしょうか。ただ『ありがたいな』という気持ちでいっぱいになった。感謝の気持ちでいっぱいになったんです。しばらく一緒にいた後、『ここに来てくれて、一緒に泳いでくれて、ありがとう、私はもう十分だ』という気持ちになった、その思いが頭に浮かんだときに、ずっと2頭とも離れていったんです。ぞくぞくっとしましたね！ 分かります？ その思いを持った瞬間に離れていったんですよ。

御蔵島のいいところは他の生物と共存しているところだと思います。そして、言葉を使わずにコミュニケーションしている。普段私たちは言葉を使ってコミュニケーションしようとはしますが、そういうのがなくても他の生物とコミュニケーションできると感じた。それが御蔵島での体験です。

それから他の生物とコミュニケーションするために、また世界中にいった。ザトウクジラが集まるシルバーバンク（ドミニカ共和国）にも行きました。今世界で人気なのがサメと一緒に泳ぐことだそうです。世の中の人には怖いサメとも友達になっていこうとしている（笑）。日本人はサメにトラウマもあって、つい怖がってしまいますけど、この『怖い』という感情がいろいろなものをシャットアウトしているのかなとも思います。

今、イルカやクジラと泳ぐ、サメと泳ぐということを世界中でやり始めていて、他の生物とコミュニケーションできる時代になってきたんだなーということをすごく感じています」

■海の生きものの“先進性”



竹村「では、少し対談形式でうかがっていききたいと思います。

まずひとつ思ったのは、こちらがアクアラング背負って、いわゆるスキューバダイビングで潜ると、熱帯魚もイルカもこっちに寄ってきてくれないんですよ。素潜りでシュノーケルだけ着けていると、なんか仲間だと思ってくれるのか距離感がすごく近くなる。スキューバダイビングというのは、言ってみれば僕らの文明を海の中に持ち込むということで、イルカはいわば“素潜り”しているわけですから、距離が遠くなる。人間の側も「水中生態系に参加させてもらう」という感覚が大切なのではないのでしょうか。

こちらがリラックスしないと寄ってきてくれないというのも本当ですね。極端な例ですけど、私の息子が3歳のときにドルフィンスイムに連れて行ったら、何もできないで浮いているだけの子どもの方に寄ってくる。

渋谷「その通りですね。イルカも力が抜けているのが分かると思います。呼吸の波動ってとても大事なんですが、子供の波動とすごく合うとも思います。

ひとつ思うのは無邪気さということ。子供の無邪気さとイルカの無邪気さが交流するところがとてもあると思います」

竹村「こっちが興味を抱くのと同じように、向こうも興味を持って人間を見ていますよね。あいつらのヒレ長いなーなんて（笑）。人間のことを知りたがっていると同時に、向こうは超音波で感じていますから、見ている世界も違うんでしょう。人間は水深40～50メートル青一色、200メートルも潜ったら何も見えない。しかし、クジラだったらその中をソナーで自由に泳ぎ回るわけです。世界経験がまったく違いますよね」

渋谷「彼らは目に見えないものを見る装置を持っていますから。我々は見えない

ければ何もできません」

竹村「ザトウクジラが歌を歌うことはよく知られていますが、水深何百メートルかのところに“サウンドチャンネル”と呼ばれる、声がよく届く層があって、アメリカの岸にいるザトウクジラと、アジアにいるザトウクジラが太平洋を挟んでコミュニケーションを取っているらしいですね。海の伝声管みたいなもので、インターネットなんてなくても地球スケールでコミュニケーションしている。

渋谷「そうですね、彼らは水でコミュニケーションしていますね。ザトウクジラの歌の話が出たので、もうひとつ私の体験をお話ししましょう。

ザトウクジラが歌う海で瞑想をしてみたことがあります。これが実にぴったりでした。スキンドライブしてゆったりと水の中で彼らの声に合わせて泳ぐとストーンと瞑想状態に入ることができるんです。

竹村「うーん、宇宙船ボイジャーに、人間の言語とともにイルカ、クジラの声も積んでいるそうなんですけど、もしかしたら、宇宙人にはイルカの声のほう分かるかもしれませんね（笑）」

渋谷「確かに（笑）」

■イルカに教えてもらうこと



竹村「人間だけが知的生物なのかどうか分からないのは、我々の文明が未熟だからということもあると思うんです。ジャック・マイヨール（フリーダイバー。水深 100 メートルを超える記録を初めて打ち立てた）が『イルカと泳ぐと自分がいかに酸素を無駄に使っているか教えられる』と言っていましたが、イルカとの関係で自分のあり方の幅が広げられる気がします」

渋谷「その通りですね。自分はここまで、という枠、垣根を取り払ってくれる

生きものだと思います」

竹村「ということは、我々はイルカと泳いで癒される、なんて言って利用しているみたいですけど、実はイルカによって人間の狭い枠を外してもらっているということかもしれませんよね」

渋谷「そうですね。私がイルカからもらうもう一つのメッセージは『大丈夫』ということ。大丈夫だよって言ってもらっている。子供がお母さんにそう言ってもらおうと安心するように、人間は『大丈夫だよ』と言ってもらえることがとても大事だと思っています」

竹村「他の生物から学ぶということは、実は古くて新しいものじゃないでしょうか。中国には『五禽戯（ごきんぎ）』という拳法のようなものがあります。虎の型、熊の型のように他の動物のマネをして人間の殻を破ろうという武術の考え方です。ヨガでもいろいろな動物のポーズをします。あるいは気功にある『樹林気功』もそうですね」

渋谷「ドルフィンスイムはまさに気功のようなものですね。フィン（ヒレ）とシュノーケルだけをつけて、イルカになりきって泳ぐ。イルカやクジラの間をわかりやすいと思います」

竹村「これは仮説ですが、人間にも水棲本能があると指摘する学者もいます。猿から進化したにしては毛が少ないことから、人間は一時期水棲であったという説もあります。水辺に住んで肉食獣を避けていたというんですね。クジラも実は陸生のカバから進化したように、進化の方向は必ずしも海から陸とは限らない。陸から海ということもあった。人間も水中反射といって、水に顔を付けると心拍数が減る。これも水棲本能の一面だと。」

渋谷「その通りなんです、なかなか人間は素直にリラックスできないことがある。それは自分の意識があるからなんです。理性というか頭で考えるのは、生活していくうえでは必要なツールですが、自然との関係を遮断してしまっているように思います。上手に付き合う必要があると思います」

■“水”に近い文明デザインを



竹村「マイヨールの友人のミシェル・ロダンという産婦人科医が水中出産を始めたのは、妊婦さんが水に入りたがる傾向があったからだそうです。そして面白いのが、人間の赤ちゃんもイルカの赤ちゃんも、生まれた直後からお母さんが手助けして水面で呼吸させてあげさえすれば、あとは水中で本能的に息を止めて閉息潜水するという事実です。」

渋谷「私、海中出産の様子をビデオで撮影したことがあるんですよ。これは多分世界でも私だけだと思います。シュッと赤ちゃんが出てきて、見事にずっと水面に浮かでいました。貴重な経験です」

竹村「考えてみれば羊水はポータブルな海みたいなものですし。生まれた子供は本能的に閉息潜水（呼吸を止めて潜水すること）ができるようになるということは、人間は泳ぎを学習して覚えられない限り溺れてしまうものと私たちが思っているのは誤解で、子どもを水から遠ざけて育てているからかもしれない。」

申し上げたいのはイルカを“鏡”にして人間を見ると、人間の隠れた側面を見ることができるのではないかということです。我々は水棲本能を持っていることをイルカに教えてもらっている」

渋谷「そうですね、たくさんの可能性があることを教えてくれる」

竹村「今の文明のデザインは陸上中心になりすぎてしまっていると思うんです。かつては水上交通が発達し、もっと水に近い暮らしを営んでいた。しかし、戦後のわずか 50 年で、それまで当たり前にあった水の暮らしをなくしてしまったのが日本です。人間という生物の本質を考えれば、21 世紀はもう少し水との距離の近い文明を作るべきじゃないか。イルカとのコミュニケーションはそこに光を当ててくれるのかなと思っているんです」

渋谷「水は空気の 800 倍の密度があるので、いろいろなものが直感的に伝わりやすい。また、水中で浮かぶこと、これも大事です。空気の中で浮かぶことはまずありませんからね。浮遊することで新しい感覚を得ることができると思っています」

竹村「最後にその話をしたかったんです。ダイビングをすると、水の中では中性浮力が働いて、海面を上、海底を下に見るといって、3D 空間に浮遊する感覚があります。陸上にいると垂直軸を考えることがまずありません。でも我々の世界経験はようやく 3D になってきたと考えています。それは宇宙と深海です。『宇宙エレベーター』のように宇宙はますます身近なものとして現実化していますし、別の講演で明らかにされますが、水中都市の可能性も議論されています。

イルカとのコミュニケーションは、そんな未来に向けて人間のあり方、意識を変えるきっかけになるのかもしれない」

渋谷「そうですね、イルカとの交流は、人間が宇宙へ行く準備をしているということなのかもしれません。同時に、海をもう少し上手に使うということも必要になってくるのかもしれないね」

竹村「『イルカ、かわいいね』だけじゃなくて、海に近づくことで、人間がもう一歩進化することができるかもしれないということですね。そして渋谷さんはその半歩先を歩いていると言えます」



海の生物とのコミュニケーションが新たな世界への扉を開く。前半のそんなお話から、後半は海の荒廃、海洋エネルギーといった目の前の問題にフォーカスしていきます。「海への恩返し」の気持ちから始まった藻場の調査、そして、海洋エネルギーで設置される構造物が、海の生態系を育む母体となる可能性など、話題はあちこちに飛んでいきます。私たちは、海とどんな関係を取り結ぶことができるのでしょうか。

■構造物が育む生態系、藻場の荒廃



竹村「今日、前半はイルカとのコミュニケーションを中心にお話いただきましたが、後半は、環境の破壊者であった渋谷さんがどうやって環境を守ろうとしているのか、そのためにどんな調査をしているのかというところからお話しただけだと思います。そして、海を守りながら海の資源をもっと生かす、例えば長崎県五島列島で取り組んでいる洋上風力発電のような取り組みについても伺えればと思います」

渋谷「では、まずアクアラインの『風の塔』で経験してきたことからお話ししましょう。これは、やりようによっては破壊じゃなく、海の生物とうまくやっていけるのではないかと気付かせてくれた、私にとってはとても大切な事例です。

工事が始まった平成 2 年以降、建設を進めながら海の生物の調査をしてきました。風の塔は、ジャケット構造（基礎部、脚柱部、上部デッキの 3 つで構成する海上土木構造）という工法で作られていますが、最初に調査した平成 2 年のときに、その脚柱部分、水中 30 メートルのところキラッと光る魚影が見えました。クロダイの群れです。その後年を追うごとに、観察できる生物の種類が増えていきます。イシダイ、カサゴ、スズキ、メバル……。つまり、人工の海洋構造物が魚礁（ぎょしょう。魚が集まる岩場、隆起を指す）になっているということなんですね。杭の一本だけでも、ものすごい量の魚が着いている。ライト消して泳いだらぶつかりそうなくらいです。これまで自分のやっている仕事は環境破壊で後ろめたさばかり感じていたのですが、これに気付いたとき、海の生きものたちと共存共生できる可能性がある、やりようによっては海を豊かにすることができる、そう手応えを感じたんです。

これは翻って東京湾でも同じように考えることができます。東京湾も館山の

ほうには豊かなサンゴがあります。ほぼサンゴの北限ですが、東京湾の入り口にこんなにもサンゴがあることには驚かされる。また、隅田川のすぐそこ、勝鬨橋のすぐ下にはオキアミの一種がたくさん生息しており、それを食べる魚もいっぱいいるということ。つまり、河川ももっとデザインを考えれば、循環を生み出し豊かな生物相を作ることが出来るのではないかということ。人間はさんざん海をいじり回してきたわけですが、逆に言えば、その技術を使って、自然を修復することもできるのではないかということなんです。

じゃあ、今、日本の海はどうなっているのでしょうか。

私は各地の漁業さんにご協力していただいて、全国の藻場の調査を続けています。ボランティアだなんてそんなカッコいいものじゃなくて、私自身が知りたくて、でも日本の海は勝手に潜ってはいけない、閉鎖的なところがあるので、漁業さんをお願いして潜らせてもらっている。

余談ですが、漁協のみなさん、最初は『お前なんか俺たちの海のこと分かるのか』という厳しい目で見ていますが、調査して『お宅の海はこうなっていますね』と話すとガラッと変わります」

■「磯焼け」で荒廃する海



磯焼けでウニだらけになってしまった高知の海 ※当日のプレゼン資料

渋谷「それで見えてきたのが、日本の海で海藻が急速に失われて、藻場がなくなっているということです。これを私たちは「磯焼け」または「海の砂漠化」と呼んでいます。

なぜ藻場が必要なのでしょう。それは海藻が魚たちの産卵場所であり、小さい魚の育成の場であり、餌場になっているからなんです。また、海藻は海の世界連鎖の底辺にある植物プランクトンを育成しています。水産資源という

と、みなマグロとか大きな魚ばかり見て、その根っこにある部分を誰も見ようとしない。植物プランクトンがいなくなれば動物プランクトン、それを食べる小さな生物や魚もいなくなり、生態系が保たれなくなります。だから日本の漁業は養殖に頼るようになってしまっている。脅かすわけではありませんが、この磯焼けがものすごい勢いで起きているのが今の日本です。

太平洋側を見ただけでも、一面焼け野原のようになっています。鹿児島、宮崎、高知、和歌山、三重、静岡、神奈川。東北でも起きています。和歌山の海では、まだ海藻が少し残っていますが、回復力自体が減少しており、元に戻らなくなっている。三重県の尾鷲では 10 億円、20 億円と磯焼け対策に突っ込んでいますが回復する兆しはありません。静岡はめちゃくちゃひどいことになっている。8000ha、東京ドーム 1700 個分の面積が荒廃している。五島列島の小値賀島（おぢかしま）はアワビで有名な島で、かつては 1 カ月で 3 億円相当の漁獲がありましたが、今では 300 万円にもならないそうです。

かつて海は“使う人”だけのもののように思われていました。つまり漁師さんや行政に任せておけばいいと。しかし、もうそういう時代じゃなくなってきたんですね。私もダイバーとして責任を感じたために、日本中の海の調査をするようになったんです。しかし、磯焼けのことはあまりにも知られておらず、もっと情報発信しなければとも思っています。

では、この磯焼けはどんな原因で起こるのでしょうか。いろいろな説があります。



まず、森林が減り、山の栄養素が行かなくなったから。海と山は仲が良いと言われますよね。気仙沼の畠山さん（畠山重篤氏。NPO 森は海の恋人代表）が木を植えているのもそのためです。河川工事や護岸工事で、潮の流れが変わ

ったり、河川の土砂が流れ込んで海藻に積もってしまったりしているため。生活排水による海洋汚染。温暖化による海水温の上昇。ウニや魚による食害。台風や地震などの災害のため。台風の場合、『台風が来たこと』で荒廃が進む場所もあれば、『台風が来ないこと』で荒廃が進むケースもあります。そして漁業の乱獲によるもの。

理由や原因はさまざまありますが、私たちにできることは、まず、海藻の大切さ、働きを知り、見直すこと。海の生態系の底辺を支え、豊かな海を創り出す基盤だということを知ってほしい。また、人間にとっても、海藻は酸素を出すという大切な役割を果たしていることを知っておいて良いでしょう。

そして、自分が生まれた地域の海、住んでいるところの海、遊びに行った海……そういう海に『大丈夫かな?』と思いを致してほしい。

そして、もしできるなら、ちょっとしたことをやってみるのも良いと思います。海に入ってきれいだなと思うだけでもいい。もしレジャーダイビングをやっている人なら、一般参加もできる海の再生のボランティア活動もあります。

また、山の柴を切ってきて海に入れるという活動もあります。ホンダワラ（海藻）の代わりに、アオリイカの産卵場所にしてもらおうというもので、間引きした木におもりを付けて沈めておくと、翌日にはアオリイカが産卵しているんです。場所さえ与えればいくらでも再生する可能性はある。まだまだできることはたくさんあるのかなと思います」

■海の可能性を引き出す海洋エネルギー



竹村「昔々のおじいさんが山に柴刈りに行くのは、畑の肥やしにするためでしたが、今は海の森を豊かにするために柴刈りをしているわけですね。

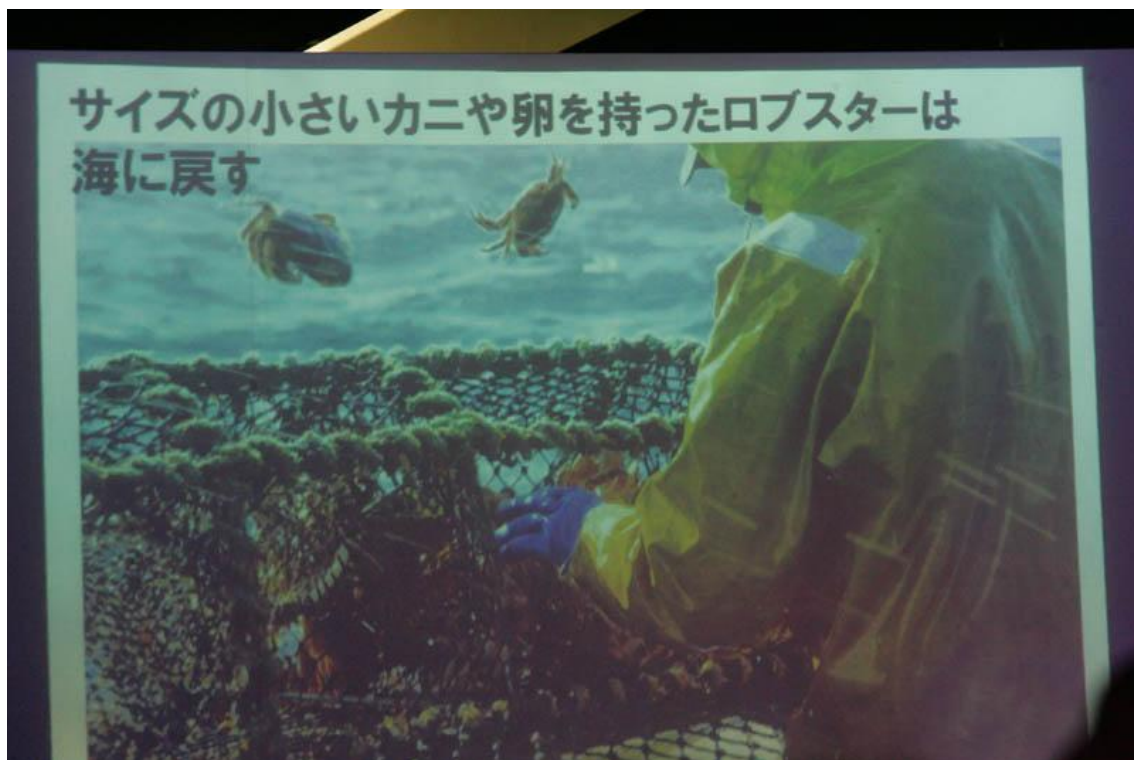
血液同様、海にも鉄分が必要ですが、その鉄分は山で作られる腐葉土に由来

するフルボ酸、フミン酸を含むものでなければならないことが、最近の北大の研究で分かってきたようです。ただ鉄分を撒けば良いのではなく、森が作る養分でなければならない。海の大半がブラックボックスで分からないことだらけでしたが、やっとそういうことを理解できるようになったわけです。

そして、五島列島のアワビの話には驚かされます。収入が 1/100 になってしまふという、漁師さんが非常に貧しくなっていることにも驚かされますが、実はこれは日本全体が、ひいては人類全体が貧しくなっているということではないでしょうか。経済というとお金ばかり思い浮かべますが、自然の経済、自然資本を考えると、これだけ弱っているということは、実は単に環境を守りましょうということではなくて、僕らの経済の土台それ自体の問題になっていることだと思えます」

渋谷「その通りです。海の資源というと、石油、ガス、鉱物、そして水産資源くらいの認識でいるかと思いますが、一方で、今もっとも注目されているのが、海の風力や潮の流れを利用するものです。海の上ではもう、陸上なんて比べ物にならないくらいめっちゃくちゃ風が吹いています。潮は潮汐力もありますし、潮流もあります。これを見逃していたから、原子力とか火力に頼らざるを得なかったんですね。

今、世界中で洋上風力発電、潮流発電がすごい勢いで作られています。特にヨーロッパがすごい。日本でも、3.11 をきっかけに海の力を使った発電が増えることが予想されたために、ヨーロッパではどういう状況なのか、また、生態系にどんな影響を与えているのかを知るために、イギリスのオークニー島へ行ってきました。ここは、欧州マリーンエネルギーセンター（European Marine Energy Centre. EMEC）の潮流発電、波力発電の実証フィールドがあるんです。ここでは、海洋エネルギーと漁業がとても良い関係を築き、両者ともうまく行っています。



大変印象的だったのが漁のやり方です。日本では穫れるだけ獲る『チャンピオン方式』というやり方で漁をしています。オークニー島では『100年、200年後も続く漁をしたい』と、持続可能な漁をしています。ヨーロッパの法律ではホタテ漁は10センチ以上と決められていますが、オークニー島では12センチに自主規制している。カニ漁でも、抱卵しているものを手作業でカゴから出して海に戻しています。非常に手間のかかることをやっているんですが、こういう長続きする漁をやっているのはすごいことです。

そして、2014年から五島列島の浮体式洋上風力発電所の調査に入りました。

これは、水深100メートルの海底に3本のチェーンで海底に固定されている浮いている構造体です。浅い水深は人間が潜って、深いところはROV (Remotely Operated Vehicle。無人潜水機) で調査したところ、最初何もなかったのですが、5カ月くらいでアオサ(海藻の一種)が着き、1年くらいで海藻や小魚が着くようになりました。タカベという小魚が着くころには、カンパチなどの大きい魚も入ってきます。2年も経つと風車の根元にソフトコーラルがたくさん付くようになりました。ソフトコーラルも海藻同様、小魚の生活の場となるため、とても重要です。この頃には、普通は単独で泳いでいるマハタという大型魚が、群れをなして泳いでいるのも確認されまして、それだけ風車周辺が豊かな海であることが分かりました。確認された生物種数は、1年目が31、2年目には倍以上の100種以上が確認されています。

私は、最初このような海洋構造物は環境破壊以外の何者でもないと思っていたのですが、調査してみると、実は生きものの宝庫になっている。これは大変大きな可能性を秘めているとは思いませんか。どうデザインするのか、どうや

って建設するののかという問題はありますが、豊かな漁場を作る可能性を秘めている。とするならば、最初から『魚や海の生物と仲良くするコト』を決めたいうえで、デザインやモデルを考えていけばいいのではないかと考えています」

■海から世界を変えていく



五島の洋上風力発電の構造体 Goto Floating Offshore Wind Turbine (Sakiyama) photo by mmatsuura Follow(frickr)

竹村「洋上の風力発電は、日本ではまだまだマイナーですが、やってみると風力だけでなく、環境破壊どころか豊かな漁場、環境を作るなど一石二鳥どころか四鳥、五鳥の効果があるものです。中国の風力発電が原発をはるかに上回る発電量を生み出しているのは広大な国土があるからだと言う方もいるかもしれませんが、日本には海がある。パリ合意の達成のために何をすべきかと言ったら、日本にとって海はとても hopeful だと言えるのではないのでしょうか。

洋上風力、潮流だけでなく、深層水と海水面の温度差を利用する発電もあります。そう考えると、日本は大変なエネルギー大国と言えます。と同時に海の生態系を豊かにすることもできるこのモデルは、世界に輸出していくこともできるかもしれません」

渋谷「そうです。その拡張のためには、デザインが必要だと思います。私が今描いているデザインは、岸から海域までを広く含み、生態系にとって良いものを作ることを目指しています。海洋エネルギーを生み出す、というよりは、海の生きものに優しい、海が良くなる、そういう視点を全面に出してやりたいと思っています」

竹村「それが理想論ではなく、五島列島ではすでに実現の段階に来ているわけですが、漁業者の皆さんも環境破壊ではなく、豊かにするものだとして理解して下さっているのでしょうか」

渋谷「漁場に設置するわけですから、圧倒的な、すごい抵抗はありました。しかし、海の中がこうなっているんだということを知って理解してもらうことで1人、2人と賛同する方々がでてきて、時間は掛かりましたが理解していただけました。五島の海は全国的に見ても磯焼けがひどく進んでいます。すごく悪い。ですからこの機に洋上風力をやりながら磯焼けからの回復を目指しましょう、そう言って始めています」

竹村「そう考えますと、海洋エネルギーが、地元の漁業と協業・共生する新しい地域産業として成立するビジョンが見えてきますよね。そしてそれが世界に認められ、輸出されていく可能性もある」



渋谷「はい、その手応えは強く感じてきています。五島の実証実験は海外からの注目を集めておりまして、興味津々といったところですよ」

竹村「東日本大震災の後、復興委員として海洋風力エネルギーの提案をしたのですが、経産省では原発を推進してきた手前、なかなか容易に首を立てに振らなかったということがありました。しかし、五島のような、こういう展開があるとエネルギー政策の転換に新たなシナリオがあり得ると感じさせます。

また、省庁間を横断する新しい文化モデルの可能性もあります。水産資源を管理する農林水産省、環境保全を担当する環境省、もっといえば、子どもたちへの教育もありますから、文部科学省もあるかもしれません」

渋谷「その“横断”はとっても大事なところだと思います。今、工業技術、環境、自然、漁業といったものが、コラボしなければ先に進まない時代に来ている。これまでは人間の都合で工業技術だけでガンガンやってきたわけですけども、そのまま続けていても何も変わらない。変えていくためには、いろいろな人と交流し、協力しなければと思います」

竹村「渋谷さんは各地の海をよくご存知だと思いますが、この五島モデル、他の地域でできる場所はありますか」

渋谷「あります。すごくたくさんお問い合わせが来ています。そして自治体関係者からよく相談されるのは、漁師さんとの関係ですね。どうやって関係性を作るのかというノウハウの質問が多い。これはすごく簡単で、怒鳴られながら懲りずにやるしかない。10年20年各地で漁師さんとやってきたので、“漁師の生態系”が分かっているということかもしれません。これは図らずも私にとって貴重な財産となっています。

教育について言えば、五島の小学生に洋上風力発電について、また今海がどうなっているのかをレクチャーさせてもらったことがあります。子どもは反応が早いですね、島の海がこんなに病んでいる、磯焼けを起こしているということをきちんと理解し、考えるようになりました」

竹村「今全国でご当地エネルギーが流行っていますが、この先洋上風力発電も広まって自分たちの風車を作ることができればいいですね。漁業者の皆さんでエネルギー会社を設立するのも良いかもしれません」

渋谷「アメリカのニュージャージーでやっているところがありますよ！ 漁師さんたちが“海のことは俺たちが一番分かってる”と『フィッシャマンズエナジー』という会社を立ち上げて風車を建てようとしています」

竹村「ちょっと未来が見えてきたように思います。これからの海洋国家・日本は、海ともっとしっかり手を携えて未来を築いていく必要がある、そう感じました。渋谷さんが撒いているこのタネを全国へ広げて、原発のない国になりたいですね。みなさんも、今日のお話を聞いただけで終わらせずに、次につなげて行ってほしいと思います」

渋谷「自分ごとにするのが大切かなと思います。他人事だったら私も環境の問題にここまで関わろうとはしなかった。海のおかげで生きてこれた、家族を養えた。その恩返しに何ができるだろう？という思いが最初の一步になりました。この『恩返し』『感謝』の気持ちは一步を踏み出すためのヒントになると思います。みなさんも、まずは身近な海に目を向けてみる、思いを寄せてみる、そういうところから始めてもらえればと思います」



【関連資料-3-3】

第3回 「海と地球温暖化、気候変動」 (2017.7.27 (木) 18:00~19:30)

<概要>

日本の冷夏・暖冬など世界中に異常気象をもたらす「エルニーニョ現象」。その研究の世界的なリーダーであり、インド洋のエルニーニョ「ダイポール現象」の発見者としても知られる山形先生に、海の異変と地球の気候との関わり、エルニーニョと地球温暖化の関係など詳しく解説いただきます。

また小麦の作柄や世界各地の干ばつなども、エルニーニョなど海の変動リズムに大きく同期・相関しています。農業や食料価格、貿易・流通などビジネス的な視点からもエルニーニョや気候変動の問題は看過できません。

「海の温暖化」が地球と人類の行く末を大きく左右する――。地球シミュレーターによる最新研究の成果も紹介しながら、海と地球の未来について考えます。

<ゲスト>

山形俊男氏(東京大学名誉教授)※エルニーニョ、海の温暖化の世界的権威



東京大学理学部地球物理学科卒業。東京大学教授・理学系研究科長を歴任。現在、海洋研究開発機構アプリケーションラボ特任上席研究員、京都大学宇宙総合学研究ユニット特任教授。米国地球物理学連合フェロー、米国気象学会フェロー、フランス海洋アカデミー外国人会員。太平洋のエルニーニョ現象の発生メカニズムの解明やインド洋のダイポールモード現象の発見などで日本気象学会賞、日本海洋学会賞、米国気象学会スベルドラップ金メダル、プリンス・アルバート I 世金メダルなどを受賞。2004年紫綬褒章受章。

触れる地球ミュージアム 海の地球未来塾 第3回
『海と地球温暖化、気候変動』レポート



地球規模での気候や温暖化を考える際、海は非常に重要なファクターです。しかし、そのメカニズムは流体力学、地球物理学、海洋学など多様なジャンルにまたがる難解なもので、容易に理解できるものではありません。海の地球未来塾第4回の講師は、その海の気候研究の世界的権威である山形俊男氏（東京大学名誉教授）です。山形氏は『エルニーニョ現象』のメカニズムを明らかにしたほか、インド洋で起きる同種の『ダイポールモード現象』を発見するなど、常にこの分野の研究をリードしてきた存在です。今日は「海と地球温暖化、気候変動」をテーマに、海と気候について基本から分かりやすく説明していきます。集まった聴講者も、今日はぐっと年齢が上がって大人が中心。アカデミックでありながら親密な雰囲気では進みます。

■海水が温まっている



竹村「21世紀型地球人に求められる資質のひとつは、地球規模の視線です。例えば、PM2.5 といえば中国を思い出しますが、その主成分である硫黄酸化物や窒素酸化物はヨーロッパからも結構排出されている。北半球は工場も多いので大気汚染が進み、南半球はきれいだな、と思ったら北半球からのフロンの影響でオゾンホールができています。このように地球規模で見ると、さまざまな問題が関連していることが見えてきます。

では、今日のテーマである海はどうでしょうか。

先ごろ九州豪雨が発生しましたが、近海の水温が高いことが分かります。しかし、漠然と『海水温が高い』だけでは、本当の姿は見えてきません。この地球儀でみると、豪雨が発生する直前に、水温の高い黒潮の流れを中心に南九州沖の海域が昇温しているのがわかります。これだけが直接の原因ではないかもしれないが、どうもシンクロしているようだ—。

昨年も同じ現象がありました。“ライオンドッグ”と名付けられた台風 10 号が、おかしな動きをしました。その動きは海水温の上昇とシンクロしていました。つまりライオンドッグは水温の高いところを追いかけるように勢力を強め、日本に大きな被害をもたらしたわけです。台風は海に貯留された太陽エネルギーを吸収して成長します。逆に台風は深層水を巻き上げるために、通り過ぎた後は水温が適度に下がり、深層からミネラルが巻き上げられ、プランクトンも豊かになる。つまり、台風の“災い”と“恵み”は表裏一体なんです。

さあ、今日の本題はここからです。海水温が台風の勢力を左右する。台風は巨大なミキサーとして深いところの海水を巻き上げ、水温を適度に冷やす。しかし、深くかき回しても水温が下がらない、そんな現象が報告されるようにな

りました。水深 200～800 メートルの中層まで水温が高いまま。だから台風は減衰することなく成長し続けてしまうんです。

海水は熱のスポンジです。そんな巨大な熱が海水に溜められているとしたら、開放されたときにどうなるか。温暖化が一気に進む可能性もあります。これから温暖化を考えると海は絶対に欠かせません。

そして、日本の天気を決めるのは近海ばかりではありません。例えば南米から北米にかけての太平洋側の海水温が上昇すると、梅雨前線がいつまでも停滞して冷夏長雨になることがあります。この東太平洋の海水温が上がる現象を『エルニーニョ現象』と言います。地球の裏側で起きている現象が日本の天気を決める。そんな地球スケールでの影響・関係（テレコネクション）が今日の大きなテーマです。

本日お話しいただくのは、世界の海洋と気候研究の指導的立場にいらっしゃる山形俊男先生です。エルニーニョ現象だけでなく、インド洋で発生する『ダイポールモード現象』を発見するなど、ご活躍されています」



山形「最初に注意してほしいことがあります。まずひとつ、私が『気候変動』と言う時、それは温暖化を指してはいません。そして、『気候変動』と『気候変化』は違うものだということ。日本では混同して使われることが多いですが、気候変動は英語で言うと **variability** で、短期的な気候の偏差を表します。気候変化は非常に長期的に気候が変わること。この点、今日はぜひ覚えて帰ってもらえればと思います。

ではまず、この地球儀も使いながら今（7月）の海水温の状況を見てみます。すると、インド洋の西側が高く、東側が低いという状況が生まれています。水温の2つの極ができていることからこれを『ダイポールモード現象

(Indian Ocean dipole。以下 IOD)』と呼んでいます。IOD には『正の IOD』と、海水温の高低が東西で逆になる『負の IOD』があり、これが地球のあちこちで“悪さ”をするのです。

今年(2013年)は正の IOD が起きています。すると日本は猛暑になる。去年(2012年)は負の IOD でした。熱中症患者の救急搬送数を比較すると、今年(2013年)は去年(2012年)の倍くらいある。それくらい暑さに違いがあります。そして 2 年前、平成 27 年(2015年)はスーパーエルニーニョ現象が起きて 6、7 月は冷夏だったのに、8 月に正の IOD が起きたために一気に猛暑になりました。熱中症による死者数を見ると、1994 年、2004 年、2007 年にピークがあります。これは、94 年が正の IOD、2004 年がエルニーニョもどき、2007 年にはラニーニャ現象が起きたため。このように、遠く離れた海水温の変化が日本の気候を大きく左右しているのです。



では世界を見るとどうでしょうか。

2006 年、強い正の IO が起きました。するとオーストラリアでは下降気流が起きて乾燥し、大干ばつが発生し、大規模な山火事も起きて大勢の方が亡くなりました。インドネシアも乾燥が進み、焼き畑農業の火が消えず、その煙で飛行機の離発着が困難になるなどの事態も生じました。

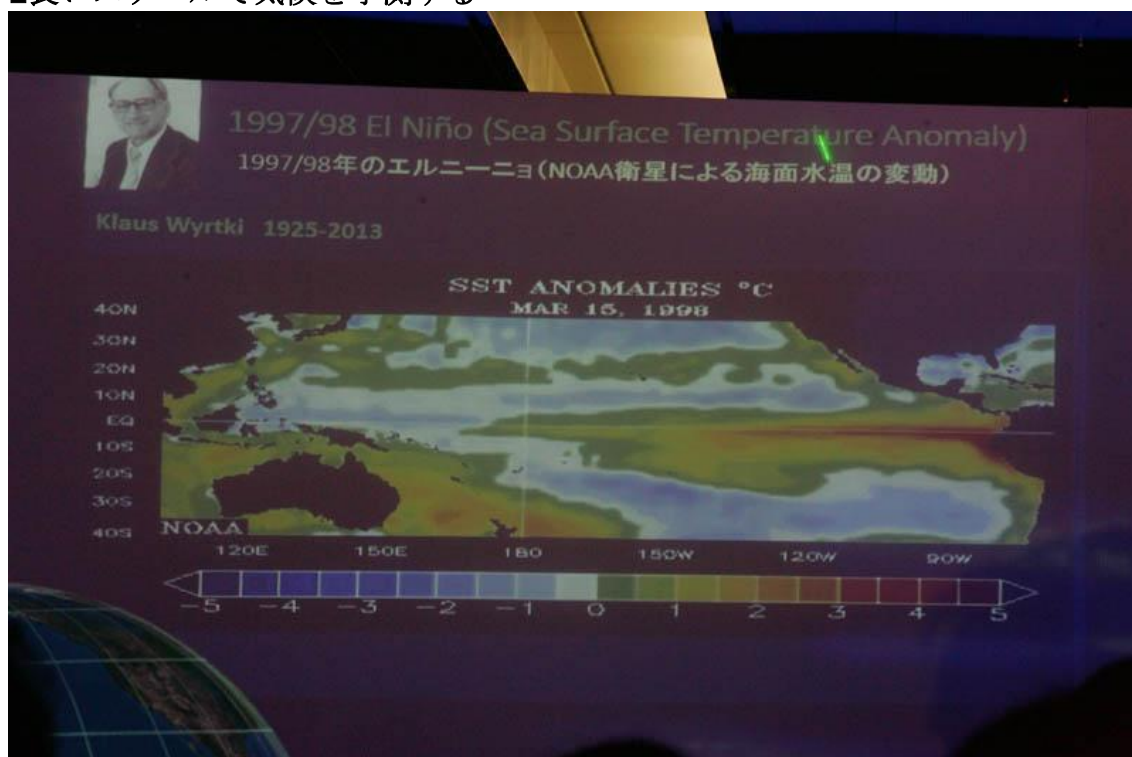
また別の例では 2013 年にフィリピンを襲ったスーパー台風『ハイアン』があります。非常に強い風、台風で起こされた高潮なのに津波のような『段波』という強力な波が沿岸部を襲った。なぜこんな巨大な台風ができたのでしょうか。これは、1999 年から 2012 年まで温暖化が高止まりしていたことと関係しています。この時期、太平洋ではラニーニャのような現象が 10 数年続いていました。ラニーニャはエルニーニョの反対で東太平洋の海水温を下げ、逆に太平洋の西側に温かい海水を溜める現象。これが 10 年以上続いたために、フィ

リピン周辺には温かい海水が深さ 300 メートルくらいまで溜まってしまっていたのです。

台風は温かい表層の海水から供給される水蒸気をエネルギーにして発達しますが、一方で深いところの冷たい海水を巻き上げるので、表層の海水は冷えます。しかし、フィリピン周辺はいくら深いところから海水を巻き上げて温かい海水が供給されるばかり。だからどんどん大きくなり、巨大な台風に成長してしまっただけです。いわばアクセルだけあってブレーキがない車のようなものですね。

このように、ひとつひとつの気候変動が各地の気候を大きく左右します。そしてそれは私たちの生活や社会にも大きな影響を与えることがあります。例えば 1993 年は火山噴火やエルニーニョで記録的な冷夏となり、東北に夏が来ずに深刻なコメ不足となりました。そして翌 94 年は記録的な猛暑となり、北朝鮮では危機的な食糧難に陥ったため、現在につながる政情不安を生み出しました。この年、かつてないほどアメリカの潜水艦が日本海に送り込まれていたことも後になって分かっています。他にも、エルニーニョや正の IOD が起きるとオーストラリアで干ばつになり、小麦の生産量がぐっと減り、逆に負の IOD が起きると小麦の収量が増えることが分かっています。つまり、このような気候変動を知ることは、私たちの生活にとっても大きな意味があるということなのです」

■長いスケールで気候を予測する



—ここで山形先生は「さらに詳しく話すための準備」として、「圧力傾度力」などの風が吹くメカニズム、地球の自転によって生じ、大気や海流の動きに影響する「コリオリの力」、そういう場で海面を風が吹く時に海水が粘性を

持つために生じる「エクマン輸送」などを解説し、エルニーニョ、ダイポールモード現象 (IOD) の詳しい説明へと移ります。

山形「熱帯太平洋上には貿易風が吹いており、「エクマン輸送」によって赤道から海水を南北に吹き払っている。だから深いところから海水が湧き上がっています。ペルーから日付変更線あたりまでの東太平洋に、そのように冷たい海水が湧き上がっているのが通常の状態ですが、なんらかの原因で貿易風が弱まり冷水の湧昇が停止して、海水温が上昇するのがエルニーニョです。

そしてエルニーニョが起きると大気の流れにも連動した変化が生じます。海水温が低いとその上の大気の気圧は高く、海水温が高いと気圧は低くなる。すなわちエルニーニョに合わせて大気圧もシーソーのように上がったたり下がったりする。それを『南方振動』と呼びます。つまり大気の巨大な振動とペルー沖の海水温度の変動は密接につながっており、そのピークがエルニーニョだということ。貿易風が弱まると、温かい海水が集まり、水温が上がり、上昇気流が起きて熱が放出され、その熱で上昇気流がますます強くなる。その風が廻り廻って海面上をまた戻ってきて、貿易風を更に弱めるので、さらに海水温が上がる。このような正のフィードバック、「たちごっこ」が起きてどんどんどんどん強くなる。これが 1986 年に私が発表したエルニーニョのエッセンスです。

そして、エルニーニョが起きると海に溜まった熱が大気に放出されるため、数カ月後には地球全体の気温も上がることになります。1976 年から 1998 年に気温が上昇し、温暖化ではないかと言われましたが、これはエルニーニョが連続して起きたことが影響していることが分かってきました。1998 年の後はラニーニャが連続して起きて海水温が下がったために、その後 2010 年くらいまで、温暖化は止まっているように見えます。つまり、10 年スケールの長期の気候変動と温暖化は密接に結びついている。

ではこれからどうなるのでしょうか。2 年前に巨大なエルニーニョが起きました。もしかしたら、1976 年から 1998 年まで続いた急激な気温上昇がまた始まる、そういう時期が来たのかもしれない。もしそうなら大変なことになるなと思っています。

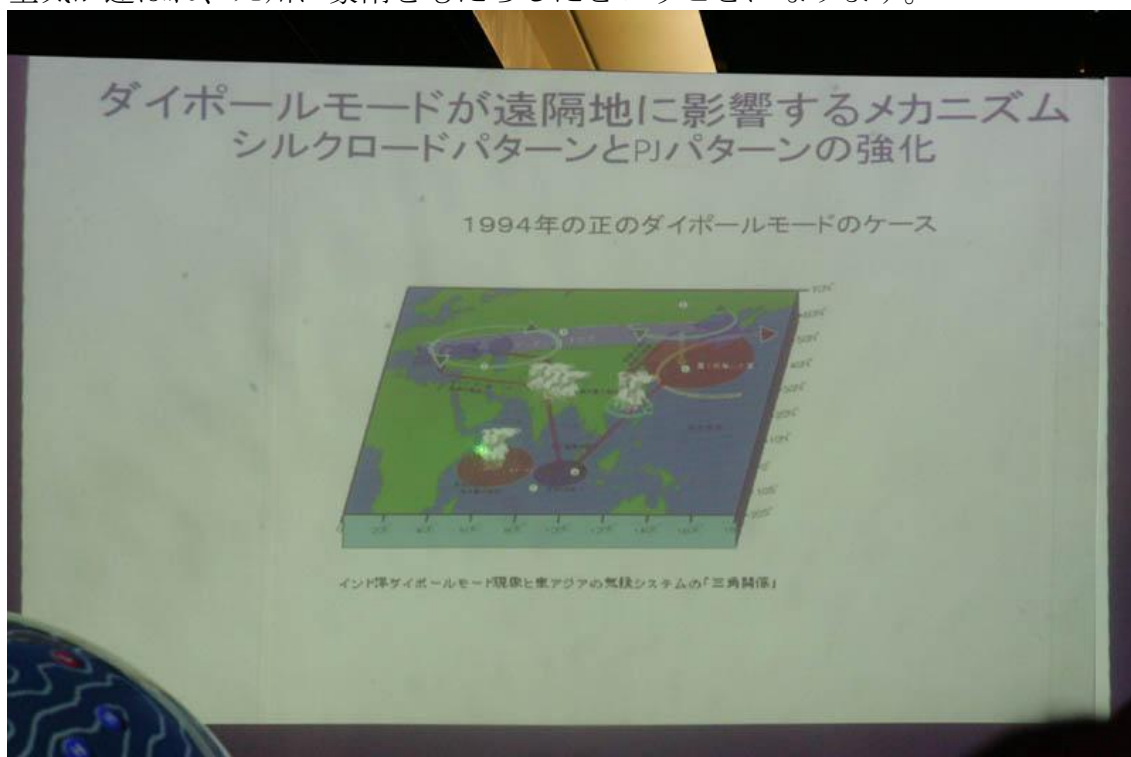
そして、IOD もエルニーニョと同じで、インド洋で起きる海水温の巨大な東西振動で、大気の巨大な東西振動です。普通はインドネシアのほう、インド洋東部に温かい海水があつて雨を降らせますが、それがアフリカの方、インド洋西部に移るのが正の IOD です。するとインドネシアで干ばつになり、アフリカ東部に激しい雨が降る。今年すでにそれが起きているので、これから 10、11 月にかけてケニア北部、ソマリアのほうで洪水が起こるのではないかと心配しています。

そしてこの IOD は日本に猛暑をもたらします。日本に夏をもたらすのは 2 つの気候的要素です。ひとつは小笠原高気圧。フィリピン周辺で発生した積雲に伴う大気が日本付近で下降して作る高気圧で、これが日本の夏の基本形。これを『Pacific-Japan パターン』と呼びます。

もうひとつが、IOD によるもので『シルクロードパターン』と呼ばれます。

IOD が起きると大気の循環が変わり、地中海に猛暑をもたらします。そしてその猛暑によって形成された大気擾乱がジェット気流に乗って日本にやってくる。この時、非常に背の高い高気圧を西日本に形成します。

九州豪雨の時は、南側の黒潮の水温高いところから梅雨前線に吹き込む湿気に富む気流に加えて、対馬のあたりにも高気圧があり、日本海の高い水温のところからも湿気に富む気流が吹き込みました。つまり北からも南からも湿った空気が運ばれ、九州に豪雨をもたらしたということになります。



実は、大陸の西岸には冷たい海水が湧き出しているところがあり、赤道付近と似たダイナミクスが働いているために、エルニーニョや IOD のような現象が、大陸西岸部でも起きていることが、最近になって分かりました。オーストラリア西部での『ニンガルー・ニーニョ／ニーニャ』、アメリカ大陸西岸部の『カリフォルニア・ニーニョ／ニーニャ』、アフリカ大陸西岸部の『ダカール・ニーニョ／ニーニャ』などを発見し、命名したところでした。

こうしたさまざまな気候変動は、今、気候モデル、海洋モデルなどを接合させた地球シミュレーターで予測することができるようになりました。地球のデータを入れることで、3 カ月先、9 カ月先の気温や降雨の予測がかなりの精度でできるようになってきています。これが完全に実用化されたとき、天気予報が社会を変えたように季節予報が社会を変えるでしょう。新しい産業も起きるでしょう。今後 10 年以内に実現する見込みですので、その時にいろいろなものが見えてくると思います。

そして最後にこれからどうなるの？というお話をしたいと思います。これを話すといつも会場が緊張するのですが（笑）。

7 月 1 日に予測した今年の秋、9～11 月はどうなるか。正の IOD が起こり、

日本の気温は比較的高めで、雨が少なくドライな秋になりそう。インド洋東部は乾燥し、アフリカ東部で雨が多くなるでしょう。もう少し先、冬はどうか。IOD は消滅しますが、日本は暖冬気味で、雪は少なくなりそうです。

このように、海が気候を決定している。海は熱容量が大きいので、かなり遠くの未来まで予測できる。空だけ見ていると一週間位先までしか予測できませんが、海はそれだけ長くメモリを保持しているの、その分長く予測もできるのです。

海は、熱が最後に行き着く場所です。それで、今、少しずつですが海は確実に温暖化しています。この 5、60 年で 0.04 度水温が上昇したと言われていますが、海は大気の 1000 倍の熱容量がありますから、もし海がなければ 40 度気温が上昇していたことになります。

IOD やエルニーニョなどの気候変動の現象は、温暖化が進むと発生する頻度も高くなるといわれています。また、南極や北極などの極冠の氷がない時期はすごく温暖で、いつも IOD やエルニーニョが起きていたというデータもでてきました。気候変動が多発している今、どうもそういう時代、そういう状況が近づいてきているようにも思います。

つまりこれは、10 年、20 年のスケールの気候予測がますます重要になるということです。気候変動は、50 年、100 年という遠い先の話ではなく、今そこにある問題であるのだと、それをお伝えして終わりにしたいと思います」

■人類の常識は地球の非常識



竹村「ここからは落ち穂拾い的にお話を伺いたと思います。気候変動と気候変化の話がありました、気候変化とは言ってみれば 100 年 200 年という非常に長い単位での、不可逆的な気候の変化です。そしてそれは、エルニーニョの

ような数年から 10 年単位の気候変動と決して無関係ではない。温暖化傾向がエルニーニョのような変動を起こしやすくし、そしてエルニーニョは温暖化を促進するという相互に影響し合う関係があります。

2015 年に久しぶりにエルニーニョ傾向が強くなり、この時はペルー沖のみならず、カリフォルニア沖までも含む東太平洋全体がかなり暑くなりました。これは温暖化の促進材料になったのか。そしてまた、この熱量がどこから来たのかを考えると、2000～2010 年頃の 10 年位の間、温暖化が停滞した『ハイエイタス』と呼ばれる期間があったわけですが、そのときに海に蓄積された熱が吐き出されて来たのかどうか。そんなことも含めていろいろお聞きしたいのですが」

山形「こういう大きな 10 年 20 年の長いスケールの気候変動を起こしているものが何なのか、多くの研究者が指摘しているのが、中高緯度と熱帯の相互作用です。それは、海の中層くらいで南北に循環している海水が、メモリを残して、表層に現れて来ているのではないかということ。こうした 10～20 年単位の気候変動と、1 年の短いスケールの気候変動、そして CO2 など外側の影響、これらが巧みに連動し、相互作用し始めているのが現在だと思います。もし、今後極冠の氷がなくなったとしたら、永久エルニーニョになっちゃうね、なんて話もしていますが」

竹村「それは面白い。気候変動が気候変化になってしまうということですね」

山形「そうです。変動が変化になっちゃうという、微妙な時代が来るのだと思います。と同時に、非常に極端な現象も起きているので、それらも予測しなければならぬと考えています。私たちが作った予測モデルは、エルニーニョの発生をこの十数年間はずしたことがないんです。言ってみれば私たち科学者は、季節予報の実用化に向けた斥候隊をやっているようなものですね」

竹村「それは非常に野心的な発言ですね。それだけ、複雑に絡んでいる地球の気候を解き明かしてきたという自信の表れだと思います。



ちょっと基本的なことをお話ししたいんですが、CO₂の量が産業革命前と比較して、280ppmから400ppmと4割くらい増えていますよね。相当温室効果が高まっていると思います。そうやって高まった地球の熱量を吸収しているのが海。しかし、その熱が表面化したときに相当温暖化が進展すると思うんです。つまり、海には遅延効果があるということかなと。熱を溜めて10年後に放出する。それがはっきりしてきたのが2010年後半ということ」

山形「そうですね。気象の本を読むと、年ごとの平均像をきちんと出している。これは会計でいったら毎年の単年度の勘定がびしゃりと合っているようなもの。しかし、海は違う。遅延しているということは、単年度での収支勘定が合わないということです。それを調整しているのが、エルニーニョでありIODということ。つまり海の中の季節は1年じゃなくて数年で動いているということなのです」

竹村「なるほど、それはとても重要なご指摘です。帳尻を合わせているのが気候変動なのだとしたら、これは地球が自分で調整しているということ。人間は『異常気象』なんていいますが、地球にとっては自然なことかもしれませんよね」

山形「ええ、地球にしてみればエルニーニョもIODも昔からあるもので、リズム、鼓動のようなものでしょう。それが病になった心臓みたいにちょっと異常を起こしている、ということはあるとは思いますが」

竹村「実に面白い。私たちの無知ゆえに、地球のリズム、鼓動に同期しきれていない、というのが現状なのかもしれません。私たちは、人類が悪いことをしなければ地球はいつも安定している、そう思い込んでいましたが、それは実は誤った前提なのかもしれません。変動は当たり前起きるものなのだから、地

球の鼓動に同期して構えることが必要かもしれない」

山形「そうですね。洪水に気をつけようといいますが、鬼怒川など景勝地の川を見てください。大きな石がゴロゴロしていますよね。あれだってかつて洪水によって運ばれてきたものですから、洪水だって無茶苦茶なことではない、当たり前前の鼓動の一部なわけです」

竹村「そもそも造山帯のうへの国土に、関東平野や濃尾平野のようなく広大な平野部があること自体、火山や地震、台風や洪水がもたらした恵みです。たまたま今安定しているから恵みを享受しているに過ぎません。地球の持つ当たり前前のリズムの中には、自然変動が当然あるわけで、それを前提とした社会設計、国土設計をして、柔軟に暮らせるようにしなければなりませんね」

山形「一般的な言葉でいえば『マイグレーション』でしょう。いろいろな意味での交流をする必要があるのではないのでしょうか」

竹村「『定住』の反対の言葉ですね。私たち人類が築いてきた文明の 1 万年は、実は地球の歴史の中では非常識なまでに安定した時期だったのでしょう。その人類の常識を、地球の非常識として認識できるところまで、ようやく人類の知識が広がってきた。よく『先祖伝来の土地だ』と、暮らしている土地にこだわってしまいがちですが、それは非常に安定した時期の短期の常識にすぎません。私たちは、もう一度地球に対して謙虚になる必要がある。そんな段階に来ている。それを考えるために重要なのが、海という要素だった。今日はそんなお話を伺ったように思います」

山形「ありがとうございます。本当は話したいことはまだまだたくさんあります。例えば、気候変動とシリアなどイスラム地域の動きにも IOD は関係していますから。そこからマイグレーションを考えることもできるでしょうね」

竹村「ありがとうございます。気候と政治、国際状況も興味深いお話です。ぜひ続編を開催して伺えればと思います。今日は本当にありがとうございました」



【関連資料-3-4】

第 4 回 「海からはじまる未来の天気予報」 (2017.7.29 (土) 15:00～16:30)

<概要>

海が毎日の天気はどう影響するのか？海と空の関係は？世界的にみても特に海水温の上昇が顕著といわれる東シナ海や黒潮が、今後の日本の気象に及ぼす影響は？（近年の日本各地の豪雨・洪水、大型台風もこうした海の温暖化の影響？）また遠い北極の海の変化、それが日本など温帯地域の気象に及ぼす意外な影響とは？

日本の天気予報に革命をもたらし、また船の航行など「海」の気象に関するデータを専門的に扱うウェザーニューズ社の森田先生に、東京湾と首都圏上空の「空の見方」も詳しく教えていただきながら、海からの天気予報の大切さについて語ります。

<ゲスト>

森田清輝氏（気象予報士、ウェザーニューズ執行役員）



宮城県石巻市出身。東海大学海洋学部海洋科学科卒、株式会社オーシャンルート日本社を経て、昭和 61 年よりウェザーニューズ社、平成 20 年より現職。一般参加者＝サポーターによる参加型天気予報サービスを積極的に導入、運営している。

触れる地球ミュージアム 海の地球未来塾 第4回
『海からはじまる未来の天気予報』レポート



7月29日に開催された第4回・海の地球未来塾。この日のテーマは『海からはじまる未来の天気予報』。ゲストはウェザーニュース執行役員で気象予報士の森田清輝氏。「私たちの暮らしと海との関わりって?」「海の温度が上がるとどうなる?」など、興味深いお話が満載。そんな当日の様子をレポートします。暑いなか、たくさんの親子連れで埋め尽くされた会場。最初に地球ミュージアム主宰、本日のモデレーターを務める竹村真一が登壇しました。

■世界最大の気象予報会社・ウェザーニュースが担う役割

竹村「まず、ウェザーニュースがどんな会社なのかご紹介します。ウェザーニュースは世界最大の気象予報会社。衛星を使い宇宙から見た地球の様子をほぼリアルタイムで確認し、地球の体温や体調をモニターしています。

船も飛行機も、台風など天気の悪いところを避けて通らなければいけません。その際、ただ迂回するだけでは、ものすごく遠回りになってしまいますよね。そこで、精度の高いデータを全球的にとり、危険を回避した最短ルートを調べる。この情報は少しでも間違えると命にも関わります」

—ウェザーニュースが提供する情報は、あらゆる産業や企業にも活用されています。

竹村「身近なところで言うと『今日は暑くなりそうだから、ビールを多めに発注しよう』

と、コンビニやスーパーの商品発注に活用されています。もっと大きなところだと、商社にとっても重要な情報になります。『今月は干ばつで小麦の作柄が悪いので、早めに買い占めておこう』といった感じです」

■空を占うためには“海”を知ることが大切

—『地球の体温と体調をモニターする』というのは、空や海の状態を知ること。日本の天気ひとつとっても、世界を知る必要があります。

竹村「例えば日本の梅雨。日本の梅雨の雨は、実はインドからやってきます。梅雨時の雨の10粒に1粒がインド洋から、10粒に4粒が南シナ海から来たもの。つまり2粒に1粒が、遠い南の海から運ばれてきています。このように、日本の梅雨ひとつを考えるにしても、地球規模の目線を持つことが必要です。地球の体温を知りながら人類の活動の安全を担保し、物流を預かる。とてもプロフェッショナルな仕事をしているんですよ」

—北極の氷についても、ウェザーニュースからリアルタイムで情報が提供されています。『地球温暖化によって北極海の氷が溶けてきている』という話を聞いたことがある方も多いと思いますが、氷が溶けることで生じるリスクもあります。

竹村「南極は大陸であり、大陸の上に厚さ3,000mくらいの氷がありますが、北極の氷はわずか1、2m程度の厚さ。夏場になると溶けてしまいます。氷は白いので太陽の光の9割を反射しますが、溶けると海になりますよね。そうすると、9割の光を吸収することになります。急に熱を吸収し氷が溶けると、温暖化がどんどん加速するリスクがあるんです。」

—竹村は空を占うには海を見る必要があります、それが本日の本題だと言います。

竹村「大きな被害をもたらせた九州豪雨。豪雨がくる少し前、6月24日の段階では、九州の南岸には平年よりも冷たい海域がありました。それが7月の豪雨の頃には海水温が上昇しています。海水温の上昇と豪雨はシンクロしていたことがわかりますね。

台風も海の温度も関係しています。台風のご飯は海にたまった太陽エネルギー。海水温が高いところは、太陽エネルギーをたくさん持っているところです。台風は海の深いところにある冷たい海水を湧き上がらせ、かき混ぜます。海の温度を冷やします。海を豊かにしてくれます。しかし、最近はもっと深いところ、1000mくらいまで海水が温まっています、台風では冷やしきれなくなっています」

—海と空。距離としては離れていても、自然のエネルギーは呼応しています。



■7月に発生した台風5号“ふたつの50年ぶり”

ここで大きな拍手に迎えられ、森田さんが登壇。まずは7月に発生した台風5号のお話から始まります。

森田「7月21日、小笠原諸島で台風5号が発生しました。この台風には2つの“50年ぶり”が起こる可能性があります。ひとつは、現在台湾で大雨を降らせている台風9号。この台風が10号になると、何号というのが5つ差になります。5つ差というのは1967年以来、50年ぶりです。もうひとつ、50年前発生した5つ差の台風22号と27号のうち、22号というのが長寿の台風で、19日間生き続けました。台風5号は動きが遅く、発達する可能性がある。19日間生き続けるかもしれません」

—ここ近年の傾向として、海の温度が高くなっているのだそう。台風の発達条件には、海の温度が関係してきます。

森田「台風が発達する・しないの境界線は水温27度。27度以上になると台風は水蒸気をため込み、発達します。日本の付近で水温が高くなるということは、日本の近くで発達し、すぐにやってくるということ。将来的には台風の発生は減るかもしれませんが、発生したら巨大化する可能性が出てきます」

—2013年にもスーパー台風が起りましたが、最も水温の高いところを発達しながら進んでいきました。陸地の気温が1度上がることと、海の温度が1度上がることは、まった

く違うことなのです。

■正確な情報で人の命を守る

—ウェザーニュースの重要な仕事のひとつは、先ほど竹村も述べた“安全の担保”。海の言葉で4メートルの波を“シケ”といい、6メートルだと“大シケ”といいます。6メートルの波は大型船舶でもかなりダメージが出るため、出航が難しいレベル。もし、そういった情報を知らなければ、事故にも繋がりがねません。

森田「ウェザーニュースの仕事のひとつに、避けるべき運航ルートを届ける仕事があります。全世界にあるタンカーやコンテナ船など、大型は約2万隻。そのうち約6,000隻の1隻1隻に対して『ここは台風があるから避けてね』『ここはシケで波が高いですよ』『このコースなら1日早く着きますよ』といった情報を提供しています」

—船の最大の役割は、物資の輸出入。資源が少なく、食料自給率も低い日本にとって、物流はとても重要です。

森田「日本は資源を輸入して、製品にして輸出して成り立っている国です。日本の輸出は70兆円、輸入は66兆円。輸出入の99.7%は船便で、飛行機で運ぶことはほとんどありません。

また、日本の食料自給率は4割を切っていて、残り6割は輸入品。計算上の話で実際には起こることはありませんが、物流が滞れるとご飯が食べられなくなる、ということになります。

船は物を運ぶ力が強く、浮かぶ力があります。飛行機は止まると落ちてしまいますが、船は止まってもそのまま。船は最も効率のいい運搬手段であり、船による物流の需要は未来になっても変わらないとされています」

—また、船の流れを知ること、経済の流れも知ることができると、森田さんは言います。

森田「船舶が集まる場所は物が集まる場所、つまり物流が行われている場所です。例えば、中国で経済発展が進んでいますが、船が中国に集まっていますね。経済が発展する場所に船が集まっているんです」

■地球への気遣い“北極海航路”の開発

—『温暖化で氷が溶けるのは良くないこと。でも、どうしても溶けるのを防げないのであれば、その分なにか地球にいいことはできないか？』そんな発想のもと、ウェザーニュースでは10年ほど前から“北極海航路”を開発しているのだそう。

森田「北極の氷が溶けると海になり、そこに船が運行できるコースができます。この北極海航路を使えば、ヨーロッパに行くまで、通常のコースと比べて4割ほど距離を短縮することが可能です。つまり、エンジンまわす燃料費も4割少なくて済む、二酸化炭素の削減につながります。

ただし、もともと氷の海だったところなので、本当に氷が溶けているか、確認しなければなりません。計算によるシミュレーションと、衛星による確認をしています。衛星に積んだカメラで、北極海に本当に氷がなく安全かを目で確認しています」

—気象のプロたちだからできる、地球への配慮です。最後に森田さんは「陸地と海の割合は海が 7 割で陸が 3 割、7 割の海を知るとはとても大切」と、会場の参加者に海の天気予報の重要性を伝えました。

お話が終わると、会場は大きな拍手が起こりました。海と天気の関係や船と暮らしの関わり、今後ますます注意しなければならない地球温暖化。多くのことを学び、充実した 1 時間となりました。

【関連資料-3-5】

第5回 「海をどう理解し、どう守る？」 (2017.7.30 (日) 18:30~20:00)

<概要>

私たちはクジラやサメ、サンゴなど、海の生きものについて一体どのくらい知っているのでしょうか？

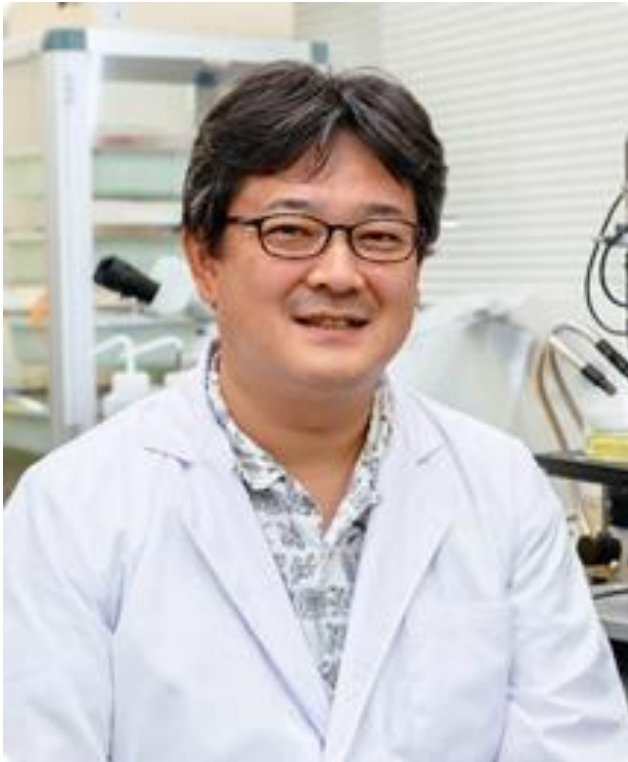
沖縄の海に出産や子育てに来るザトウクジラが、北極の海まで地球規模の旅をするのをご存知ですか？サンゴ礁と台風の深い関わりは？サメだって「怖い」という感覚しかないかもしれませんが、実際の行動や生態を知るとイメージががらりと変わるかもしれません。

沖縄・美ら海水族館でそうした海の生物の調査・研究、海の環境保全に取り組む佐藤先生にたっぷり教えていただきます。

また海の変化や気候変動、環境意識の高まりのなかで、水族館や動物園の役割も変化しつつあります。珍しい魚や海のショーケースとしてだけでなく、周辺の海の保全と再生、人類と海の関わりを未来にむけてプロデュースしてゆく教育拠点としての役割も顕著になってきています。未来の水族館のあり方、その社会的役割についても考えます。

<ゲスト>

佐藤圭一氏(沖縄・美ら海水族館副館長)



1994年：北海道大学水産学部水産増殖学科 卒業

1996年：北海道大学大学院水産学研究科 修士課程 修了

2000年：北海道大学大学院水産科学研究科 博士課程 修了 (博士・水産学)

2000年：(社) 沖縄海洋生物飼育技術センター 勤務
2001年：(財) 海洋博覧会記念公園管理財団(沖縄美ら海水族館) 勤務
2013年：(一財) 沖縄美ら島財団総合研究センター 水族館事業部 統括

触れる地球ミュージアム 海の地球未来塾 第5回
『海をどう理解し、どう守る?』レポート



この日の「海の地球未来塾」は、お子さん連れの家族でにぎわいました。それもそのはず、講師は沖縄美ら海水族館の副館長、佐藤圭一氏。海の生きものが好きな人なら一度は行きたい美ら海水族館が取り組むさまざまな活動を紹介してくれます。それは竹村が「科学アドベンチャーの最前線」と呼ぶほど、ワクワクと楽しく、知的なスリルにも満ち溢れています。佐藤氏が専門とするサメの話を中心に、サンゴや他の生き物たち、地球の歴史や生物の進化論にまで、縦横無尽に話題は駆け巡りました。

■美ら海水族館の役目とは



竹村「私たちは、この 50 年、100 年、海の生物から背を向けた文明を作ってきてしまったところがあるように思います。海は生命のゆりかごであり、温暖化の議論も海を抜きには語れなくなるなど、海の体調には気をつける必要があるでしょう。また、深海も含めて生物資源の宝庫であることが分かってきています。そこで今日の『海の地球未来塾』は、沖縄美ら海水族館の副館長、佐藤圭一先生においでいただきました。先生のご専門であるサメの話、沖縄の海の魅力など、海の生物の面白いお話をお聞きしたいと思います」

佐藤「今日のテーマは『海をどう理解し、どう守る？』です。美ら海水族館、みなさん行かれたことはありますか？ みなさんがご覧になっている水族館の表の顔ではなく、舞台裏での活動を通して、美ら海水族館の活動や挑戦について、お話しできたらと思います。

私は、美ら海水族館に来る前は北海道におりました。初めて沖縄に行ったときの話ですが、北海道を出るときには雪が降っていて、沖縄についたら 30 度を超えていた。海の氷（流氷）が見られて、サンゴも見られる。そんな国は世界にほとんどありません。本当に私たちは恵まれた国に生きていると思います。

まず、その美ら海水族館からご紹介すると、テーマは『沖縄』、沖縄周辺で採れる魚や生物しか展示していません。しかし、近くにはサンゴ礁があり、外洋もある。しかも深海もすぐそばにある。だから 77 個の水槽をいっぱいにして展示できるほど生物多様性が高いところなんです。

そんな水族館、役割は 4 つあります。ひとつはみなさんに実物の生物を見ていただくこと。昨年来ていただいたお客様は 363 万人。これは日本一の数字で

す。2 つ目は種の保存です。例えば魚は 2500 種位いると思いますが、中には生息域が消滅し、絶滅しそうな大変貴重な魚もいます。そうした魚を飼育・繁殖し、将来の野生復帰にも取り組んでいます。3 番目が教育です。来館者だけではなく、障害のある方にも生物を観察していただき、学べるようにすることや、大学生の学芸員の実習などもたくさん受け入れています。

そして 4 つ目が今日のメインのお話でもある調査・研究です。総合研究センターというところで学術研究をしており、これは私がもっとも得意とする分野でもあります。展示されている生物を見ているだけではわかりませんが、実は美ら海水族館は世界で一番研究成果、レポートを出している水族館だと思えます。この研究活動は主に『野外調査』『飼育下研究』『国際連携プロジェクト』の 3 つに分けられます。

詳しく見ていきましょう。野外調査では、沖縄の海の生物を調査しています。エビ、カニ、サンゴ、イソギンチャクなど、その大多数が無脊椎動物で、ほとんどが新種か名前が付けられていないものなんですね。サンゴについては、同じ場所で 1988 年からずっとモニタリング調査をして、環境変化に合わせてどのようにサンゴが変化してくのかも調べています。ここまで長期に渡って調査している例は世界にも例はありません。最近台風が来ないために海水温が高く、サンゴの元気がなくなっているのが気になるところです。

もうひとつ野外調査で行っているのがザトウクジラです。ザトウクジラは北極と沖縄の海を往復しており、沖縄の海では子育てをしています。最近数が増えてきていることが分かっています。



投影されている映像はマンタの出産の瞬間。白い煙のようなものが「ミルク」である

そして飼育下調査です。これが一番のテーマとなりますね。私自身は特にサメやエイがどのように子供を生んでいるのかを調査しています。美ら海水族館

は 2006 年には大型のエイの仲間であるマンタの飼育下での出産に世界で唯一成功しています。マンタはサメと同じ軟骨魚類の仲間ですが、卵ではなく赤ちゃんを生むんです。驚くのはその大きさ。翼の幅が 170 センチ、重さが 60kg にもなって生まれてくる。たった 1 年お母さんのお腹の中にいるだけで、そんなに大きくなるんですね。それは、お腹の中にいる間に、お母さんからミルクをもらっているからということも分かりました。これは驚きの子育て術です。

この調査では、定期的に超音波エコーで赤ちゃんがいるかどうか、いるならどれくらいの大きさになっているかを調べています。そうしないと、気づかない間に赤ちゃんが生まれて、その子が他の魚やサメに食べられちゃうかもしれません。注意深く観察し、時には水槽を分けたりする必要もあるのです。その意味でいうと、水族館は皆さんに楽しんでいただく場所ですが、私たちにとっては巨大な実験室のようなものでもあります。ジンベエザメやマンタなど貴重な魚たちの様子を毎日観察し、どんな生態なのかを明らかにしようとしています」

■世界でたったひとつの技術



佐藤「ここでひとつの技術についてお話ししましょう。先程出た水中の超音波エコーの機械は、実は世界で 1 台、美ら海水族館にしかありません。そのため世界中から持って調査に来てほしいと要望をいただきますが、今年はガラパゴス諸島へ行ってきました。

もうひとつ美ら海水族館にしかない特殊技術が血を抜く技術です。人間ならどこから血を抜けばいいかわかりますよね。でもジンベエザメはどこか分からない。しかし、美ら海水族館の専門スタッフの何人かは、どこから採ればいいかが分かるという技術を身に付けています。毎月ジンベエザメ、マンタから採

血し、健康診断をやったり、ホルモンを調べたりしています。それはホルモンを調べると大人になったかどうか分かるから。2011年にはジンベエザメの『ジンタくん』が大人になったことが分かりました。メスのジンベエザメがもう少しで大人になりそうなので、繁殖させることができればと思っています。実は、ジンベエザメの繁殖については、ほとんど何も分かっていません。1996年に台湾で捕まったジンベエザメのお腹の中から、50センチほどの小さな赤ちゃんが304匹見つかりました。人類がジンベエザメの繁殖について知っているのはこれだけなんです。赤ちゃんで生まれること、1回に300匹以上も生まれること。飼育下で繁殖させることができれば、もっといろいろなことが分かるはずですよ」

■驚きのサメの生態



解剖して見つかったホホジロザメの赤ちゃん。約50センチ

佐藤「ではここで少しだけ私が個人的に興味を持っているホホジロザメのことをお話しさせてください。ホホジロザメは冬になると沖縄にやってくるんですが、なぜ沖縄に来るのが分からなかった。しかし、2014年に捕まえた5メートルくらいのホホジロザメを解剖してみたら、中に赤ちゃんが入っていたんです。そして最近発見したのが、赤ちゃんが入っている袋（子宮といいます）の中に、ミルクが大量に入っていたこと。これは大発見です。先ほど話したマンタと同じことをやっていた。これを見つけたときには仕事を辞めてもいいと思いましたね。それくらい興奮したんです。

詳しく見ていくと、子宮内に入っていた赤ちゃんが50センチくらい。子宮の中の表面から、汗をかくようにしてミルクが分泌されてくるんです。そして妊娠の後半に1メートル近くにまで成長すると、母親が、今度は卵をたくさん

送り込む。そうすると赤ちゃんはぷっくり膨れるほど卵を食べてさらに大きくなる。そして生まれるときには体重 30kg にまで成長していることが分かりました。



最後に、水族館はとても楽しいところなんですが、生物に関する残念な話題もいくつかありますので、それを紹介しましょう。

ひとつは温暖化です。私もどれだけ温暖化しているか、結構懐疑的なところがあったんですが、最近つくづく思うのは、気温がすごく高くて、特に浅いエリアのサンゴ礁が白く枯れてしまっていることです。これは共生している褐虫藻が暑くて逃げ出してしまったためで、サンゴが次々と死んでいます。特にひどいのが八重山のほう。先週西表島に行ったらサンゴはほとんどなくなっていました。サンゴがなくなると、カラフルな熱帯魚はいなくなり、生物相は藻・海藻を食べる魚たちへ移っていくことになります。

そしてもうひとつの危機がプラスチックごみです。外洋で死んだジンベエザメを解剖したら、胃の出口にプラスチックのカケラが詰まっていた。このためにエサが食べられずに死んでしまったんです。こんな小さなプラスチック片ですが、間違っって飲んでしまったがためにエサが食べられなくなる。海の中はゴミだらけです。ただよっているスーパーの袋はちょっと見るとクラゲみたいだし、プランクトンと間違えてしまうかもしれない。野生のジンベエザメはだんだん数を減らしていますが、かなりの数がこうしたゴミを誤って飲み込んだがために死んでいるのではないかと推測できます。これは人間が気をつけさえすれば止められることなので、考えなければいけないと思います。

水族館は種の保存のために活動はしていますが、水族館の中でしか生息していないような“ノアの方舟”にしてはいけないと思っています。海をきちんと次

の世代に引き渡せるよう、これからも活動していきたいと思います」

■サメと人間は似ている！？



竹村「どうですかみなさん、驚きませんか？ 専門家の方も驚いていることがよく伝わったと思います。魚は卵から稚魚が生まれると思っていたら、サメは海の中で赤ちゃんを生むという。しかもミルクまで！ 生まれる前にミルクをあげるなんて人間にもできない芸当です。しかもその後大きくするために卵まで食べさせてるというお話ですが.....。

佐藤「一部のサメですよ。みなさんがよくご存知の中ではシュモクザメ。こちらは人間と同じようにへその緒がついています」

竹村「これは生物学の教科書が変わるようなお話だなあ」

佐藤「確かにあまり知られてはいない話ですね」

竹村「我々は、魚から両生類、爬虫類、そして哺乳類へと進化してきたと思っています。哺乳類が赤ちゃんを生むようになったのは、歴史のある時期に大気中の酸素が少なかったために、お腹の中である程度まで育てるようになったことがきっかけだったという説もありますが、その前に魚の段階で、お腹のなかで育てるという戦略を取っていたとは驚きます」

佐藤「人間の産婦人科医の方に調べてもらったところ、サメも人間と同じような生命現象があることが分かりました。酵素反応と呼ばれる現象で、特有のタンパク質がお腹の中でできている。これまでの常識では考えられない。人間とサメは違う生物だと思っていたのに実はとても良く似ている。最近では、サメの研究をする哺乳類の研究者も増えています。私も思いもよらぬみなさんと研究をご一緒する機会が増えて面白いことになっていると思います」

竹村「すると意外と私たちのルーツが古かったということでしょうか。陸に上が

ったのをきっかけに哺乳類になったのではなく、私たちが哺乳類の特徴だと思っていたものが、実は魚の段階からあって、私たちの中にはその魚がまだ生きているとも言えるのでしょうか」

佐藤「そうだと思います。遺伝子から見ると、人間と魚にはかなりの共通点があるかもしれません」

竹村「お腹の中にいる間にミルクをあげるのは哺乳類でもやらないことです。水棲哺乳類のクジラやイルカでもそれはない。ところが魚の中でもかなり古参のサメがそれをやっているのは不思議ですね」

佐藤「全部のサメではないんですよ。特に大型の赤ちゃんを産む種類ほど、その習性があることが分かってきました。外敵に襲われないようにある程度まで成長させてから生むようになったと考えられます」



竹村「そして卵を食べさせるサメもいる」

佐藤「中には兄弟を意図的に食べさせるサメもいますよ。栄養を取らせるため、あるいはすべての栄養を独り占めするため、2つの理由が考えられます」

竹村「ひとつ分からないのは、赤ちゃんのときにそのような食事をしていても、生まれるとプランクトンだけを食べるようになるサメもいるということ。なぜ変わるのでしょうか」

佐藤「巨大化するサメほどプランクトンを食べる傾向があることから、単純にプランクトンのほうが量があって、効率もいいからだと思います。その分、気候変動などでプランクトンの生産量が変わると、まっさきに影響も受けることにはなるのですが」

竹村「なるほど、こんな小さなエビみたいな生きものですが、効率がいいということは、全体量が多いということですね」

佐藤「そうです。地球上で一番生物量が多いのがプランクトン。海でその次にエサとして利用されるが実はイカなどの頭足類なんです。ホホジロザメというと獐猛でアザラシとか海棲の哺乳類を食べているイメージですが、実はイカを一番食べてるんじゃないかと思いますね」

竹村「マッコウクジラもイカを食べてるといいますしね」

佐藤「そうです。クジラも大型化するとヒゲクジラはプランクトンを食べ、ハクジラはイカを食べるようになります」

■豊かな海を守るために



竹村「沖縄には深海もあるとおっしゃいましたが、深海はまだまだ知らないことが多い、研究も始まったばかりというところでしょうか」

佐藤「そうですね、様々な研究機関や、私たちも調査しますが、その殆どが“海底”なんです。つまり海は表面と海底の研究が進んで間の中間層のことがまだ分からないことが多い。しかし、ホホジロザメもジンベエザメも、その中間層に行っていると考えられるので、一度ホホジロザメにロガーを付けて、深さ、動き、速さなどを調べてみたい。それが分かれば大体何を食べているかも分かると思います」

竹村「しかしサメがイカを食べているというのは意外ですよ。南アのサメはアザラシをポーンとジャンプして食べていますし」

佐藤「我々も時々ごちそうを食べたくてマグロやうなぎを食べるじゃないですか。でも毎日じゃないですよ。やはりベースになるエネルギー源はご飯。サメのイカもそれと同じだと思います。南アのホホジロザメを調べるとイカのほうが多いそうです」

竹村「もう一度胎生についてお聞きしたいんですが、古い魚の段階で、お腹の

中で赤ちゃんを育てるという戦略を採ったにも関わらず、その後長らく途絶えていたのは不思議な気がするのですが」

佐藤「一般的に胎生に比べ卵生のほうが原始的だと考えられていますが、サメに関しては胎生のほうが原始的だといわれます。卵生のサメも少数派ですがいることはいる。実は私たちが常識だと思っていたことが違うかもしれないということが分かってきたことで、私自身も非常に反省しています」



竹村「これはもう逆立ちするくらい面白いお話で、私たちは生物の進化はこういうものだ！と思い込んでいましたが、それを一度リセットしないといけませんね。それくらい生物の戦略は多様だということで、まだまだ私たちは生物のこと、生態系のことをほんの僅かしか知らないのだと謙虚な気持ちにさせられました」

佐藤「他にも特殊な生物はいますよね。オスが子育てをするタツノオトシゴなどもその例です。しかし、そのような特殊な生態を持つ生きものは、環境の変化にとっても弱く、ついていけないのではないかと思います。サメも、昔は当たり前前に採れたものが、今は全く採れなくなっている種があります。そう考えると、特殊な生態を持った生物は急速に減っているのではないかと思います」

竹村「それは我々にとっても、地球にとっても大きな損失です。」

もうひとつ、サンゴについてお聞きしておきましょう。今造礁サンゴの白化現象が進んでいるというお話でしたが、サンゴは熱帯の海の豊かさを支える役目もあると聞いています。その辺はいかがでしょうか」

佐藤「熱帯の海自体は栄養が乏しく、実は生物にとって過酷な環境です。そのため、サンゴ礁に住む生物は特殊な生態を持つものが多いです。例えばポリプ（サンゴの生物としての実体）だけを食べる魚がいるように、サンゴ礁がなけ

れば生きられない生物たち。サンゴがなくなると、それに伴ってその生物たちもすべていなくなるでしょう」

竹村「言ってみればサンゴは要石、キーストーンですね。そうした生物を守るために、ノアの方舟にはしたくないとはおっしゃいましたが、生物を守るために、いろいろな技術や知識の蓄積も進んでいるでしょう」

佐藤「そうですね、一番は、ジンベエザメやマンタに医療的な措置がとれるようになったこと。データや技術、経験が蓄積されて、弱ったジンベエザメを見つけた時に、助けることもできるようになりつつあります。

結局、救っても周囲の環境が変わらなければ意味がないわけでして、本当は自然環境をいかにキープするか、そこを大事にしたいとも思っています」

竹村「言われてみれば、プランクトンが生物量多いと言っても、ジンベエザメのエサを用意しようと思ったら人工的に行うのはとても難しいわけで、環境がなければ、飼育もままならないということですよ」

佐藤「ええ、極端な例で言えば、美ら海のジンベエザメが1日に食べるオキアミの量は30~40kg。そのエサがどこから来るかといえば、南極や三陸沖からなんですよ。だから結局飼育していてもエサを野生に依存しているところは私たちのジレンマではありますね」

竹村「さて、今日は本当に逆立ちしたくなるような面白いお話でいつまでも聞いていたいのはやまやまなんです、そろそろお時間です。今日分かったのは、私たちが海のことを知っているようで知らなかったということ。常識のうえにあぐらをかいては駄目なんだと教えてもらいました。科学とは、未知を既知に変えることだと思いがちですが、実はそうではない。既知だと思っていたことを、新しい発見や知識で改めて捉えなおして、未知なるものとしてもう一度考えること。それが科学の本質です。その意味で、美ら海水族館は既知を未知化する、ワクワクするような科学アドベンチャーの最前線であることを教えていただきました。今日は本当にありがとうございました」



【関連資料-3-6】

第 6 回 「21 世紀、人間は「海」に暮らす？」 (2017.8.03 (木) 18:00～19:30)

<概要>

地球温暖化による海面上昇や洪水リスク増大への適応策として、“沈むなら浮かんでしまえ！”という逆転の発想はどうでしょう？

何しろ NY、ロンドン、バンコク、東京・大阪など、世界のメガシティの大半が海辺に集中。中国は上海・天津など、沿岸の海拔 10m 以下の土地に何と 1 億 5000 万人が暮らしています。もはや防潮堤や防災避難路といった対症療法ではすまない。沿岸低地に人口を集中させてきた 20 世紀の産業都市の設計パラダイムが根本から問われています。

すでに海面下の土地が多いオランダやバングラデシュでは「浮体式」の住宅や学校・病院が作られています。さらに革命的なソリューションを提示するのが清水建設の海洋都市構想。赤道直下の海にハスの華のような「植物型」のフローティングシティを浮かべ、海面上昇で国を失うキリバスなどの島国も救う。さらに海洋の 8 割を占める深海に、食糧・エネルギー・水・CO2・資源という人類的課題を一挙に解決する「海中都市」を創出する。

もともと海に近い「親水性」都市の伝統をもつ日本人が、新たな地球都市のパラダイムを提案する、このワクワクするような未来に耳を傾けてみて下さい。

<ゲスト>

竹内真幸氏(清水建設・海洋都市開発リーダー)



1957年 東京生まれ。

1980年3月 早稲田大学 理工学部建築学科卒。

1980年4月 清水建設入社。

オフィス設計の後、大阪支店計画設計にて大規模プロジェクト事業コンペに取り組む。

近年は本社設計本部、その後の環境・技術ソリューション本部において、全社的な LCV 提案活動、eco-BCP 提案活動の推進等、新しい価値を生む技術&商品の開発と提案を行っている。

2008年11月 海上未来都市構想 GREEN FLOAT を発表 (プロジェクトリーダー)

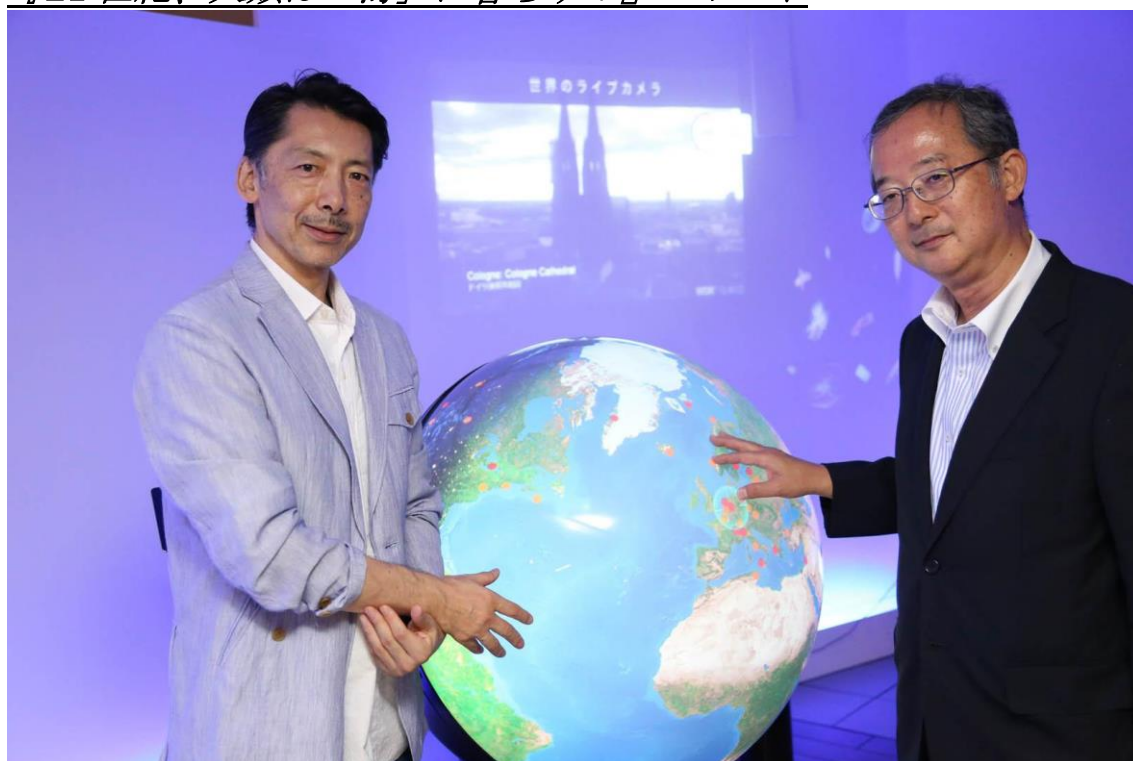
2014年11月 深海未来都市構想 OCEAN SPIRAL を発表 (プロジェクトリーダー)

2015年10月 海洋未来都市の技術的具現化組織を立上げ。

プロジェクトリーダーとして、技術的実現性向上(実験&解析)を中心に活動中

触れる地球ミュージアム 海の地球未来塾 第6回

『21世紀、人類は「海」に暮らす?』レポート



海をテーマにしてきた「地球未来塾」、8月3日に行われた第6回最終回は、「海に暮らす」が主題です。それも「海上都市・深海都市」。今回のゲストは、本当に海洋都市を建設しようとしている清水建設から、海洋都市開発リーダーを務める竹内真幸氏にお越しいただきました。防災の問題にも関わって

る地球ミュージアム主宰の竹村にとって、都市の問題は決して抜きには語れないもの。防災の観点のみならず、人類の文明のあり方を考える上でも重要なもの。竹村は海洋都市を「人類の文明史に新たな 1 ページを加えることになる」と見ている。竹村は、海洋に進出することは、同時に人類が初めて垂直軸を持ち込むことになるとも語ります。一体どんな都市ビジョンが描かれ、そしてそれは人類にどんな影響を与えうるのか。都市の未来から、文明、そして人類の未来までも見通そうとするドラマチックな議論が始まります。

■人類はついに海へ進出する



竹村「最近台風や豪雨などがよく起きています。昨年であれば台風 10 号がおかしな動き方をしましたし、今年九州豪雨がありました。その背景には海水温の異常な上昇があることが分かってきて、海の体調が鍵を握るのではないかとということで、今回の地球未来塾は海をテーマにやってきました。

そして今日の話題は、そんな水温の問題がある、台風もある。少し危険なんじゃないの？という海にあえて暮らしてしまおうというお話です。

そのポイントのひとつは赤道です。台風は水温が 27 度以上で発生すると言われ、赤道上は当然水温も高いのですが、なんと赤道上には台風は来ないんです。それだけではなく、赤道を挟むように貿易風が吹いているのに、赤道直下は無風地帯になっている。水温は高いのですが、10 階、20 階くらいの高さになるととても涼しくて快適なことから、赤道直下の海に巨大なフロートを浮かべて海上都市を作ってしまうという、大変大それた構想です。

大それた構想ではあるのですが、お話を伺ってみると実は非常に合理的で、人類が抱えているエネルギー問題、資源の枯渇、真水の不足などの問題が一挙

に解決してしまう可能性があります。

のみならず、人類が繰り返し返してきた土地の奪い合い、すなわち戦争を完全になくすとは言わないまでも、そのガス抜きができるのではないか、戦争の必然性を低下させる可能性を持っている。

そんなさまざまな可能性を考えますと、これは単に陸じゃなくて海だ！というお話ではなく、もしかすると農業革命、都市革命に匹敵する人類の転換点になるかもしれない。人類が新しい段階に入る、人類文明的な革命かもしれない。そんな可能性を秘めたプロジェクトであると思ひまして、今日はそのプロジェクトを実現しようとしている清水建設の竹内さんにお話を伺います」



竹内「私たちが今、実現しようとしているのは『海洋未来都市プロジェクト』と言います。“未来都市”とは呼んでいます、これは私たち大人にとっては“未来”でも、今日たくさんいらっしゃるお子さんたちにとっては、大人になったときに体験することになるものです。夢物語のように聞こえるかもしれませんが、実際に作ろうとしていますし、技術的にも実証・検証段階に入っているもの。本当に実現されるもの、リアルなものとして聞いていただければと思います。

今私たちが計画しているのは、海に浮かぶ海上都市『GREEN FLOAT』と、深海に伸びる深海都市『OCEAN SPIRAL』の2つです。しかし、あちこちで『なぜ海なのか』よく聞かれます。陸上で暮らしている人間にとって、海はなかなか理解しにくいものですが、地表の7割は海。これを利用しない手はありません。また、私たちが海を選ぶ積極的な理由が3つありました。

ひとつは人口爆発と過密化の問題です。産業革命以降、特に20世紀に入って人口は爆発的に増加しています。1900年には15億人だった人口も今や70

億人。しかもその人口の多くが都市に集中しています。世界各地の都市で人口集中のために環境悪化が進み、現在はまだ良くても、今後どの都市でもさらに悪化が進むと考えられています。

そして、今世界で約 600 の都市計画が進められていますが、さらに狭い空間や、水のないような砂漠など、決して良い環境でばかり計画されているわけでもありません。

こうした状況から、海に挑戦しても良いのではないかと考えるようになりました。

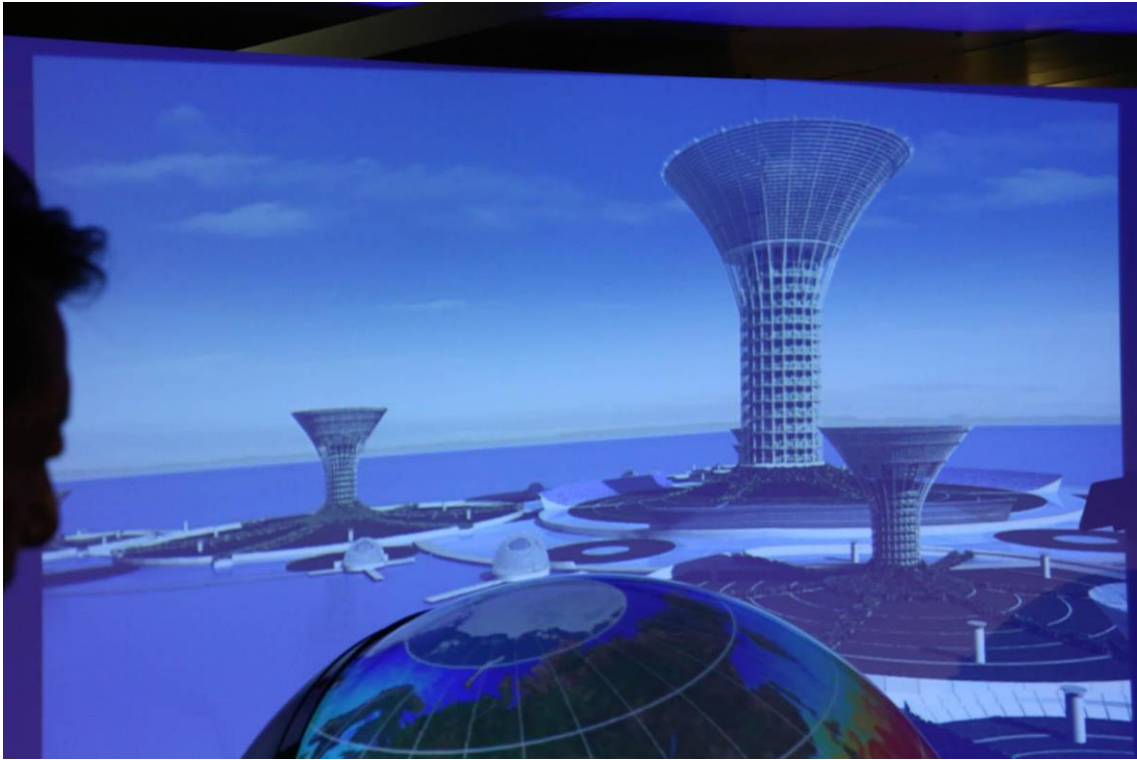
2 つ目の理由が『地球規模』です。1992 年の地球サミット（ブラジル）で、はじめて『地球規模』で環境と開発を考えることが示され、自然環境や生態系を地球全体で考えるようになった。これが海を見直すきっかけにもなりました。地球規模で考えたら、海上に都市があってもおかしいことはない、ありえるのではないかと、そう考えたのです。

そして 3 つ目の理由がエネルギーと資源です。人類は今、『食糧資源』『エネルギー』『水資源』『CO2 吸収』『鉱物資源』などの問題を抱えています。海の力はすごいです。食糧、水産資源がいっぱいあります。エネルギーは、海水の温度差を利用した発電で、無限とも言える電力を生み出せます。水も浄化すればいっぱいある。CO2 も吸収させることができる。海底は鉱物資源の宝庫ですが、これまではコストと技術の問題で採掘できませんでした。しかし、深海にまで気軽に行ける都市を作ればそれも容易になる。これが、海に都市を作ろうと考えた理由です」

—竹内氏は既にある“浮かぶ”まちの例として、オランダや韓国の例を紹介。オランダでは海に浮かぶアパートがあり、「浮いているほうが人気がある」ほど。観光では川ですが、まちの一部が浮いている例があります。「じゃあ日本ではどうか」と翻ると、横須賀で実験的に 6 カ月だけ浮体式の滑走路が設置された例があり、また、大阪では「夢舞大橋」という、可動式の“浮いた”橋があることや、東京では天王州の一部に浮いたホテルやレストランがあることが紹介されました。

そして、「浮いている建物は結構できている。私たちはダイナミックに、都市全体を浮かせてしまおうという計画」と話し、イメージビデオなども交えながら、海上都市の詳細を明らかにしていきます。

■GREEN FLOAT は“植物質”



竹内「海上に浮かぶ都市は、多くのグリーン技術を盛り込むことから『GREEN FLOAT』と呼ばれています。大きさは、直径 3km の円形とかなり広く、周囲 500 メートルはビーチのような浅瀬。中心に高さ 1000 メートルの超高層建築が建てられます。現在の超高層は中東で 850 メートルくらいが最高ですが、現在の先端技術なら 1000 メートルは可能です。

花のように開いた上部、700~1000 メートルの部分が居住地域。赤道上で暑いのですが、この高さだと 26 度くらいで夏の軽井沢のような涼しさです。内側が学校や病院、アミューズメント施設などで、外側を賃貸で居住スペースにします。

技術的な面を見ると、この浮体構造は災害にとっても強い特性があります。まず台風、ハリケーンに襲われることはありません。地震が起きても浮いていますから揺れが建物に伝わらない。津波に襲われたとしても、そもそも波が高くなるのは陸地に近づいたときですから、ふわっと浮いて、ふわっと沈むくらいで済んでしまいます。

また、キリバス共和国などの温暖化に伴う海面上昇で水没の危機に面している国がありますが、そんな海面上昇のリスクにも対応できます。キリバス大統領だったアノテ・トン氏は『海面上昇は、先進国にとってはビジネスの話だが、キリバスにとっては生命の問題だ』と話しており、GREEN FLOAT には大変に興味を持ってくださいました。

グリーン技術は、省エネルギー、CO2 削減、節水、ゴミ削減、生物多様性、食糧の自給自足などいろいろなものがありますが、すべてをバランス良くやるのが大変むずかしい。それを、ひとつの都市の中で完全にバランスをとって環境に優しい都市にするのが、GREEN FLOAT の狙いです。

例えば CO2 削減です。日本では 1 年の 1 人あたりの CO2 排出量が 10 トンです。しかし、東京だけで見ると 5 トン。これは、都市機能を集約しコンパクトにすることで可能になっているものですから、都市構造をコンパクトにすることで、CO2 の排出量、エネルギー使用量は半分にできると考えています。これは新しい都市を一から作るからこそ可能なことです。CO2 排出量を減らすとともに、CO2 を液化して海面下に貯留することも考えています。これは植物工場の肥料として利用することができます。

エネルギーでは、温度差発電がすでに佐賀大学が実証プラントを沖縄に作り、実用化も間近。また、宇宙太陽光発電の導入を考えています。これは大気や雲などの遮蔽物のない宇宙空間で高効率の太陽光発電を行い、マイクロ波、レーザー波で電力輸送するもの。日本は風力などの再生可能エネルギー施設を大規模に設置できる土地が不足していることから、世界でも研究が進んでおり、JAXA（宇宙航空研究開発機構）が 2030 年には実用化すると言われていません。

食糧は自給自足。普通こういうところで植物工場をやるとトウモロコシになりますが、ここは日本人としてやはりお米を作りたい。赤道直下の海の上ですが、同じ緯度のアフリカで作っている例もあることから可能だと考えています。また、高層建築の中層は植物工場野菜を栽培します。真下で作るから新鮮ですし、安心安全でフード・マイレージもとても低い。都市で自給自足するとは、単においしくて新鮮だというだけじゃなく、環境にとっても良いものになります」



—この他にも、ゴミをすべて再資源化し肥料として植物工場で利用すること

や、太平洋上に浮かぶ巨大なゴミの島（太平洋ゴミベルトがよく知られている）の利用も検討していること、淡水化技術に付随して、雨水を最大限利用することなども紹介。そして GREEN FLOAT のコンセプトが「植物質」であることが明かされます。

竹内「私たちは、この GREEN FLOAT のコンセプトを『植物質な都市』としています。人類が都市を生み出して 3000 年経ちますが、私たちが知る限り、アフリカのヌーが大群を成してエサを求めて移動していくように、周辺を踏み荒らし、食べ尽くしていくことが、都市のやってきたことであったように思います。奪い、消費し、破壊する。それが都市の本質でした。

しかし、もし都市がたんぽぽのようだったらどうでしょうか。増えても誰も文句は言いません。調和して環境はどんどん良くなっていく。私たちが作りたいのはそういう植物質な都市なのです。

具体的な技術をいろいろ紹介しましたが、生活する人のゴミひとつがエネルギーになるような小さな単位のサイクルを作ることによって植物質な都市を実現したい。良い環境を用意すればそれも可能だと思うのです。

それは、CO₂ に対しても同様です。植物は CO₂ を吸収して酸素を出す。GREEN FLOAT も CO₂ 排出ゼロを目指すとともに、他の都市が生み出す周辺の CO₂ を集め、吸収し、利用できるようにしていきたい。

また、未来都市なんて SF のような言い方で呼んでいますが、その構造は自然の形を利用したものでもあります。それは睡蓮です。睡蓮の葉は、1 枚 1 枚が独立しながらも、根っこではつながりお互いに助け合う。都市構造では、自然の持つフラクタルの自己相似形にも学んでいます」

—また、「建設会社なので作れないものを提案するわけにはいかない」と話し、非常に実現性の高い建設技術を用いることも解説しています。コンクリート体を組み合わせて巨大な浮体構造を作り、その上に超高層建築を組み上げていきますが、工事はすべて地上で行い、浮力を使って高層建築を上を押し上げていくという工法を採るのだとか。これらの工法は実証段階に来ており、同社の研究施設で実験を行っているほか、まずは 1/10 程度、高さ 120 メートルほどの小さいモデルで実証する予定になっていることも紹介されました。

■海洋資源を最大限利用する OCEAN SPIRAL



竹内「さて、みなさんは深海に行かれたことはありますか？ 私は残念ながらありませんが、人類が達している最深度は 1 万 1000 メートル。映画監督のジェームズ・キャメロンが私財を投じて 1 回限りの潜水艇で実現しました。調査艇で何回も潜るのなら、JAMSTEC（日本海洋研究開発機構）の『しんかい 6500 が』最深で 6500 メートル、通算 1400 回の潜航をしています。

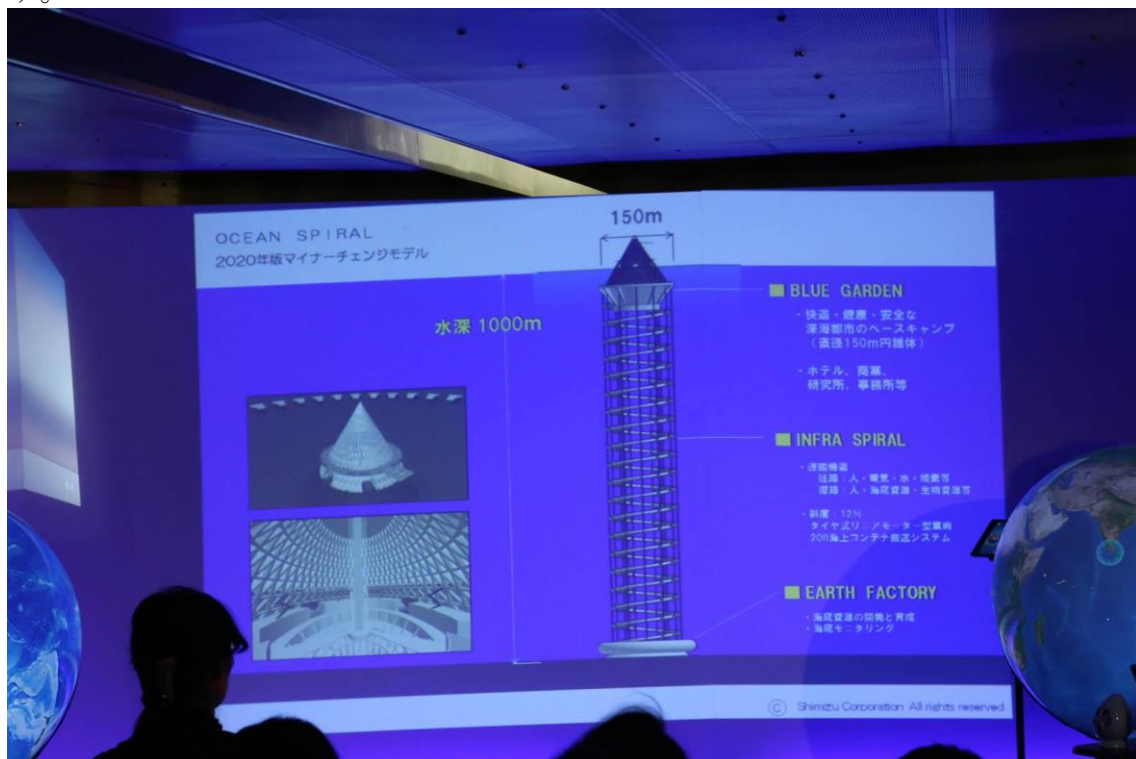
しかし、我々が狙っているのは、“深海にずっといる”こと。レアアースなどの鉱物資源を採掘したり、生物を育て産業化したりしたい。そのためには深海に居住しなければなりません。かつて JAMSTEC が深度 300 メートルの海底で 1 週間暮らす実験をやりましたが、私たちはその 10 倍の深さ、3000~4000 メートルを目指しています。

なぜ深海を目指すのか。それは資源が豊かだからです。今までそれが行われないのは、単純に効率が悪いから。深い海に人を繰り込むには技術と費用が掛かり、現実的ではありません。しかし、深海都市『OCEAN SPIRAL』のインフラを利用すれば、その資源を最大限に利用することができる。ある意味で無限大だとも言えるでしょう。

OCEAN SPIRAL は 3 層で構成されます。海面に一部だけ見える最上部の『BLUE GARDEN』。これは直径 500 メートルの巨大な球状で、一気圧を保ち、普通に暮らせる場とします。ここは発着所、居住部であり研究施設などを設けるほか、観光の受け入れなどもできるようにします。中層は『INFRA SPIRAL』。巨大な交通インフラとして、潜水艇とは比べ物にならないくらいの人とモノを輸送し、最下部の『EARTH FACTORY』に接続します。EARTH FACTORY は海底資源の採掘場、CO₂ 貯蔵と再利用の場となりま

す。

深海都市の何が魅力的なののでしょうか。まず、深海は海水の温度が大変低い
ため、温度差発電が有効に使えます。この規模なら 10 万人分の発電が可能で
す。同じように、水圧が高くなるため、淡水化装置にポンプもいらず、真水も
たっぷり生産することが可能。こちらは 90 万人分の淡水を作ることができます。



直径 150 メートル、深度 1000 メートルの深海都市の“試作”プラン

そして、深海にはある細菌がいっぱいいます。それは、CO₂ を食べて
メタンにしてくれる細菌です。CO₂ が海水に取り込まれ、海底に沈着
し、メタンになる自然循環はありますが、それだと 5 万年くらいかかってしま
う。こちらなら 5 時間で可能になります。これが実現すれば、温暖化の時代は
終わりを告げることになるでしょう。

建設には、樹脂コンクリートという、ペットボトルから作られるコンクリ
ートを使うことを検討しています。固まりやすく、非常に加工しやすい特徴があ
ります。また、窓には厚さ 3 メートルの亚克力を使う予定です。これは水族
館などにも使われるもので、四国のある会社が製造しています。この OCEAN
SPIRAL も本当に実現を目指しているものですから、上部の BLUE GARDEN
の直径が 150 メートル、深さ 1000 メートルくらいで実証実験をすることを考
えています。

■夢からはじめよう

竹内「最後に、みなさんにメッセージを送って終わりにしたいと思います。そ
れは『夢から未来をはじめよう』です。

昔は、技術開発というのは、実現が可能だとはっきり分かって、儲かることが分かったうえで始めたものでした。しかし、この海洋未来都市プロジェクトは、そんなゆっくりやっている余裕はありません。じゃあどうするのか。

それは、思い描いた夢を、夢のままでいいから提示すること。やりたい気持ちをちゃんと伝えて、面白いと思ってくれた人がいれば、きっとコラボレーションができるはずです。すると、こんどはコラボでの目標ができる。そうやって、分野ごとの具体的な小さな目標に変えていけば、少しずつ実現に向けて進むことができるはずです。

幸い、このプロジェクトはキリバスのアノテ・トン大統領が賛同してくれ、いろいろなところに広めてくれましたおかげで、いろいろな研究者ともつながることができ、実現に向けて大きく動くことができました。

つまり、大人も子供も、まず夢を語ることが何よりも大切です。夢は1人では実現できません。100人に話して、1人でも2人でも聞いてくれる人がいたら、そこから始めればいい。そうエールを送って、私からのお話は終わらせていただきます」

■未来は進化する



竹村「大変エキサイティングなお話でした。みなさんもそう感じられたと思います。それは、このプロジェクトが、現代の社会、都市のおかしさを鋭く切り取っているからなんですよね。

最初に竹内さんは『これは未来の話ではない』と仰った。それは、21世紀の子どもたちにとって、海上都市、深海都市は決して夢物語ではないということです。しかし同時に、21世紀の未来がどんな世界なのか、この子たちがどんな

世界に生きるのか、今までその情報が足りなかったのではないかとも思うのです。私たち大人の、20世紀の常識だけでは、未来の情報が足りなすぎる。この地球ミュージアムもそんな思いから始まったものです。そして、今日竹内さんをお招きしたのも、海洋未来都市プロジェクトのお話を21世紀の未来を見る窓として伺うためでした。

さて、このプロジェクトは人類、地球の歴史の中でも大変なインパクトのあるものだと思いますが、その大きい話の前に、なぜ、清水建設が、人類には貢献するものの、お金にはならない取り組みをすることができたのか。そこから伺いたいと思います」

竹内「ひとつは単純に、未来とか、世界に先駆けて取り組むとか、そういうことが好きな会社なんだと思います。江戸時代の終わりに幕府が築地に外国人街を作ろうとしたのですが、お金儲けをしたい人はみな横浜に行ってしまうと誰も見向きもしなかった。そこに手を挙げて『築地ホテル』を作ったのが、清水建設だったという歴史もあります。毎回それでは会社が潰れちゃいますが（笑）、100年に1回くらいはそういうことをやっている。最近では、大深度地下（40メートル以上の深さの、地下の公的利用についての提案）や超超高層（高さ1000メートル以上の高層建築物。ハイパービルディング）について提案し、ようやく大深度は法律が制定されましたが、それも20、30年かかっているんですね。世の中の動きに先行して何かをやるのが伝統的に好きな会社なんです」

竹村「日本にこんな企業があることを誇らしく思う方もいると思います。がしかし、これは日本だけで終わる話ではありませんよね。人が海で暮らし始めるということは、人類の文明でもそうそうなかったこと。これは宇宙空間への拡大と同じくらい価値のあることだと思います。海って本当にもうひとつのフロンティアですよ」

竹内「フロンティアではあるのですが、同時に40億年の地球の歴史で考えると、生命が生まれた場所へ帰るということかなとも思います。Back to the Sea、ですね」

竹村「なるほど、先程のメタンのお話。あれもCO₂を海底になんて言うと最先端の技術に聞こえますが、40億年前の太古の生物がやっていたことで、その最古参の技術を、今度は人間が最先端の技術で使わせてもらうということですね」

竹内「そうなんです。GREEN FLOATの計画で、CO₂を貯蔵することを検討しているときに、化学の先生方が『なぜ建築の人はCO₂を邪険にするのか』と嘆いてました。『炭素も立派な資源だろう』と。

OCEAN SPIRALでCO₂を循環させるのも、そうした方々からのアドバイスでした。人類が存在する前から太陽が照っていたように、CO₂だって循環していた。そのサイクルを強めてやればいい。バクテリアでCO₂をメタンにするというのは、言ってみればバクテリアのおならを集めるようなもの。もともと地球にあるものを使えばトラブルにもなりにくいんです」

竹村「メタンなんていうと分かりにくいですが、要は炭素と水素の結びついたものなんですよ。実はプラスチックもそう。意外とそういう単純なもの組

み合わせで私たちの生活は成り立っている。最先端の科学では、バクテリアの力を借りてそれをすることができるのだと、そう考えると、実はまだまだ我々の文明は伸び代があるんじゃないかと思います。

そう申し上げるのは、今の子どもたちが、生まれてからずっと地球が危ない、悪いのは人間だ、とネガティブシャワーばかりを浴びてきたからなんです。これだけ文明が発達しているのに、こんなに悪い世の中になってしまった、しょうがないことだ、と思っている若者や子供が多いんですけど、はっきり言って、それは人間の文明がまだまだ未熟だからです。いろいろなことがようやく見えてきて、世界をもっと良くすることができる、できることはいっぱいあるんだということを、もっと子どもたちに伝えなければならない。今日の海洋未来都市のお話は、それを具体的イメージで伝えてくれるものだと思います」



竹内「私が特にお子さんにお伝えしたいのは、30年経てば変わるということ。30年前にはスマホやコンピューターができるなんて思いもしなかった。でも今一人1台持っている世界です。もっと分かりやすい例で考えましょう。みなさんがもし江戸時代の農家の人だとして、人口が1億人だなんて信じられますか？ 江戸時代は農家はお米だってそんなに食べられなかった時代です。そんなに人が増えたら絶対食糧が不足すると思うでしょうね。でも実際は違います。むしろ今日本では余っているくらいじゃないですか。つまり、技術や制度で世の中はガラッと変わる。5年くらいじゃ分かりませんが、30年、100年ではガラッと変わる。これはもう間違いのないことで、変わる、変えられるということには信念を持ってもらってもいいくらいです」

竹村「宇宙太陽光発電の話がありましたが、太陽の持っている本来のエネルギー

一は、今人類が使っているエネルギーの 1 万倍はあると言われていています。つまり、人類はまだまだ太陽のエネルギーを十分に使い切れていないということです。この太陽エネルギーを 1 万分の 1 だけでも使えるようになれば、エネルギー問題は起こるはずがない。我々の文明が未熟だから、資源を争って戦争したり、環境負荷の高い原発を作ったりしてしまうのが人間だということです。



竹内「ちょっと関係のない話をしても良いでしょうか。今技術的な、理系の話ばかりになっていますが、文系の発想も大事だと思うんです。キリバスに行くと感じるんですが、貧しいかもしれないが、みな目がキラキラして幸せなんです。家に壁がないくらい安全な国で、食べるものは豊富にある。そしておじいちゃんおばあちゃんから孫までが多世代で暮らしてコミュニケーションしている。そういう幸せは、理系の技術論だけでは見つけられない。豊かな、幸せな生き方を見つけるためには、そういう文系のことも、理系と同じくらい重要だと思います」

—ここで会場から火星のテラフォーミングを挙げて「なぜ宇宙に行かなかったのか」という質問が出されます。

竹内「ひとつは実現性の問題です。分かっていることについては、火星も深海も同じようなものですが、深海のほうが実現性が高く、メリットも大きい。

例えば深海では水圧が問題になりますが、実はあれは潜水艇で考えると大変な問題なんです。構造物で考えるとそれほど問題にはならない。ダムを考えてみてください。コンクリートと鉄板で、あれだけの水圧を保持している。深海は水圧さえヘッジできればメリットが大変に大きいところです。

それに、しょっちゅう海に潜っている人に言わせると、海上のほうがリスク

があるって言うんですよ（笑）。台風は来る、波がある、日光で劣化する。深海は温度も一定ですし、日光による劣化もない。こんなに快適なところはないわけです」

竹村「このプロジェクトは本当に人類の文明史に新しい 1 ページを加えることになるものだと思います。これ以上、土地を争って森を焼かなくても良くなるかもしれない、ということだけでもすごいことですが、同時に、人類の文明に初めて垂直軸を入れるものになる点も素晴らしいことです。今までの文明は平面に広がっていく 2D の世界でしたが、21 世紀は深海と宇宙、垂直に世界を伸ばしていくことになるからです。

地球上に初めて植物が生まれたとき、それは地をはうコケに過ぎませんでした。やがて重力に逆らって茎という建築物を立ち上げ、酸素を作り、地球の表面を変えてきた。植物は自分たちが進化するとともに、地球も進化させてきたわけです。

人類も、やりようによっては地球をもっと良い方向へ進化させることができる。蓮が池に広がり花を咲かせるように、地球を変えていく。そんなイメージを持つことができたと思います。

ややロマンチックな言い方になりましたが、今日はそういうワクワクする新しい時代に子どもたちが生きているんだということを語り合う空間になったのではないのでしょうか。GREEN FLOAT と OCEAN SPIRAL は地球に新しい進化をもたらすという期待を持つことができました。今日はありがとうございました」

以上