

## 第16回 環境サイエンスカフェ

テーマ 地球温暖化とサンゴ礁—温暖化にもっとも敏感な生態系—  
 講師 茅根 創さん(東京大学大学院 理学系研究科 教授)  
 日時 2013年7月24日(水) 18:30~20:00  
 会場 サロン・ド・富山房 Folio  
 参加者 43名



東京大学の茅根と申します。理学系研究科の地球惑星科学専攻で、元は地学だったのですが、サンゴ礁の研究を大学院のときからずっとやっています、もう30年になりますか。生物のこととか、あるいはサンゴ礁の化学、光合成や石灰化をするというような、そういったほうまで研究を広げています。

先日、西表島の調査から帰ってきて日に焼けているのですが、向こうは本当にすごい日差でした。今は日本のサンゴ礁がどんどん減ってしまっているところなんです。その中でいくつか残された場所をフィールドにしているのですが、そこも、いろいろな危機に見舞われています。今日はそう

いう話ができればと思っています。

東大で講義をしていますと、東大生は、何か質問ありますかって聞いても、ほとんど手をあげないんですよね。それで、何も質問がないのかなと思って書かせると、びっしり書いてくるんです。答案用紙を見ると埋めなきゃいけないという遺伝子が埋め込まれているみたいで。そうかということで、最近是对話しないで書かせて、その書いたものを見ながらやるんですけど。今日は時間がないので、できるだけ皆さん、東大生のようにシャイにならずに、どんどん応えていただければと思います。

サンゴ礁は今、地球温暖化で壊滅的な状況にあるという話です。ただ、事前にいただいた質問を見ますと、「そもそも、温暖化なんてあるんですか」とか、「むしろ地球は寒くなっているんじゃないか」というような質問がありました。それについてもいくつかスライドを用意してありますが、サンゴ礁の話をする時間がなくなってしまいますので、私は、今日は「温暖化というのはもうすでに起こっている。だいたい0.7度くらい既に温暖化していて、それはCO<sub>2</sub>によるものである」という立場でお話をします。

もちろん寒冷化しているとか、温暖化なんて嘘だという懐疑論があるのは承知していますけれど

も、それは研究者全体の中ではごくわずか。わずかだから間違っているということでは決してないけれども、研究者の99パーセント以上は、温暖化はもうすでに起こっていると判断しています。5月に二酸化炭素濃度が400ppmを超えましたが、これは過去数十万年間なかった濃度です。それが将来、今世紀中に600ppmになればさらに温暖化が進むという、そういう立場でお話をします。サイエンスというのは、必ず100パーセント正しいということはない。懐疑論も、もちろん間違っていると言いませんけれども、研究者の中ではごくわずかなものです。ただ、それが一般の書物になると五分五分になってしまうんですね。温暖化の本と、それに対して懐疑論の本が並んで平積みされているというような状況です。そういう点ではやはり、私は研究者の大勢が信じている温暖化、既に起こっているという立場でお話を進めていきたいと思っています

サンゴ礁というのは、地球温暖化、二酸化炭素濃度が上昇して温暖化して、それによって海面が上昇するというこのシナリオのすべてに密接に関わっている、そういう生態系です。事前のご質問で、温暖化によってサンゴの白化、つまりサンゴの死滅が起こったんですかとありましたけれども、温暖化で生態系、サンゴ礁全体が壊滅的な打撃を受けるような、そういうイベントに、すでに出会っています。

早速ですが、この中でサンゴ礁に実際に行かれた方は、どれくらいいらっしゃいますでしょうか。どちらにいらっしゃいましたか。

会場：奄美大島。

茅根さん：奄美大島？ あなたはどちら？

会場：喜界島。

茅根さん：喜界島、しぶいですね（笑）。喜界島っていうのは、もうどんどんサンゴ礁が隆起して12万前のサンゴ礁が、今、200メートルくらいのところにある、そういう世界的に有名な島ですね。

ということは、かなりお詳しいということですね。他にどちらか海外にいらっしゃった方はいますか？ ラングーンとか。どちらでしょう？

会場：インドネシア。

茅根さん：インドネシアのサンゴ礁。あなたはどちらに？

会場：モルジブ。

茅根さん：モルジブ。これもまたすごいですね。

日本でいうと沖縄、それから奄美大島、鹿児島県ですね。こういうところにサンゴ礁というのは分布しています。3分の2くらいの方はサンゴ礁にいらしたことがないということですが、まず、じゃあサンゴというのはどういうものか。これを少しお伺いしながら。どなたか、会場でマイクを回してもらえますか。

どなたかに、サンゴについて知っていることを聞いていってください。なんでも、知っていることを。

会場：動物だか植物だかよく分からない感じなんですけども、夜どっと一斉に産卵する写真を見たことがあります。

茅根さん：産卵するということは、動物ですよ。はい。

会場：今日のテーマからすると、二酸化炭素を固定化してくれるのかなというイメージで。

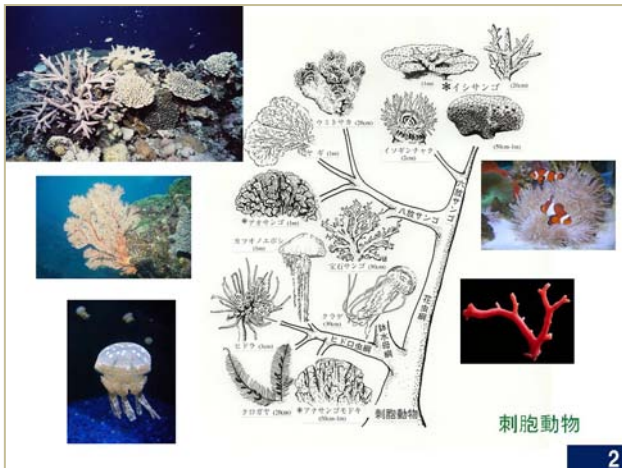
茅根さん：ああ、CO<sub>2</sub>のことですね。

会場：動物っていう話が出ていましたけれども、虫。サンゴ虫です。

会場：どんどん乱獲されて、中国で宝石にされています。

会場：サンゴが死んだ後に、砂浜になる。

茅根さん：そうですね。砂になる。サンゴは動物です。刺胞動物。配った資料の中にもありますけれども、刺胞動物という、イソギンチャクやクラゲの仲間の動物です（図2）。



イソギンチャク、クラゲ。クラゲというのはこんなお椀状の形をしていて、お椀の口のところにこうやって触手がたくさんぶらさがっていますよね。これが、刺胞動物の基本的な体の構造です。口が1つ。で、お椀の形をしていて、その口の周りに触手がある。その触手の中にたくさん毒針が入っていて、それを刺胞といいます。ですから、クラゲに刺されるとミミズ腫れができてたりする。ハブクラゲというのは、場合によっては、子どもや老人ですと死んでしまうこともあるんですけども、それはこの刺胞、触手の中にある毒針が、私たちのミミズ腫れを作る。

動物プランクトンとか、小さな魚をその毒針で捉えて、口の中から摂取する。そういう構造を持っています。これを上にひっくり返すと、イソギンチャクになる。クラゲをひっくり返すと、イソギンチャクになりますよね。やっぱり口の周りに巾着状の袋が1つで、口が1つだけ。われわれは、口があってずっと通っていくと肛門があって、筒状の形をしていますけれども、刺胞動物というのは、みんな口が1つだけで、肛門もこの口が兼ねているという、そういう巾着状の体の構造しているのが刺胞動物です。

こちらがクラゲ。ひっくり返すとイソギンチャク。イソギンチャクも、口が1つで、その周りにたくさん触手があって、その触手で魚やプランクトンなどをとらえて口の中で摂取するわけですね。

それから、イソギンチャクはいくつかがこうやって一緒になっていることもあります。サンゴの場合にはこれがたくさん、数百から数千、大きいものと数万の個体が集まります。さきほど虫と言いましたけれども、サンゴ虫がたくさんつ

ながって、群体を作ります。たくさんつながってと言いましてけれども、この講座のように違う個体が集まっているのではなくて、実は、これは1匹だったものがどんどん分裂して行って、たくさん、数百から数千、数万の群体になっていく。ですから、みんな同じDNAを持ったクローンです。これを無性生殖と言います。分裂して、無性生殖で増えていく。成長していくんですね。成長と言っても、1匹がどんどん大きくなるのではなくて、たくさん、たくさん、どんどん分裂して大きくなっていくのです。



群体を作るといふ成長は、無性生殖によるものです。これは、個体が増えていきますので生殖ですけれども、ただ、精子と卵子を混ぜるわけではなくて、分裂していく。そういう成長の仕方、増え方をしています。

群体を作って、この群体はどんどん横に広がっていくのですけれども、その横に広がったその下に、さっき砂浜を作るという答えがありましたけれども、石灰質の骨格を作ります。石灰質ですから、炭酸カルシウムですね。化学式で書くと、 $\text{CaCO}_3$ 。ここに $\text{CO}_3$ がありますから、二酸化炭素を固定してくれるんじゃないかなということも言われていますが、そうではないという話も後でいたします。

サンゴの基本的な特徴としては、刺胞動物という動物であるということです。それから、群体をなす。かなり大きな石の骨格を作る。それが砕けると砂浜になりますけれども、その石の骨格が、どんどん積み重なって行って、サンゴ礁という大

きな地形を作ります。「サンゴ礁に行ったことがありますか」と言うときの、沖縄などの海に行くと海岸を縁取っている、あのサンゴ礁ですね。それを石の骨格が積み重なって作ってくれます。これがサンゴの特徴です。

それからもう一つ、植物か動物か分からないという話がありましたけれども、それは形だけを見て、なんか枝のような形だから植物かなという。18世紀までは植物か動物か分からなかったけれども、サンゴは動物です。実は形が植物に似ているだけじゃなくて、体内に共生藻という藻を飼っている。飼っているというか、藻を共生させています。これが、サンゴのもう一つの重要な特徴です。ですから、サンゴ自身は動物なんですけれども、体の中に藻を飼っている。畑を、自分の体の中に育てているようなものなんです。

われわれ人間も、食べるものをどんどんたどっていくと植物がないといけない。植物である野菜を直接食べますし、それから牛も食べる。牛は草を食べる。人間は豚も食べて、豚は穀物を食べるということで、たどっていくと、私たちの食べ物が一番ベース、土台には植物がないといけないわけですが、サンゴの場合には、その植物を自分の体の中に共生させている。そういう特徴があります。そういった写真がここにいくつかあります。

これは、サンゴの群体の形ですね。1つ1つはこの小さな粒々、1ミリから数ミリぐらいの1匹1匹ですけれども、それが、たくさん群体を作っています。この枝の形、あるいは、こういうテーブルのような形というのは、すべてその生きたサンゴの下にある群体の骨格の形、石灰質の群体の骨格の形であって、生きている部分というのは、ごく表面だけになります。

会場：群体を作るのと、産卵するのと、2つの方法で増えるのですか。

茅根さん：そうです。動物ですから、群体を作ってどんどん分裂して生殖するのと、もう一つ、有性生殖ですね。われわれがやっている生殖とおなじ有性生殖もいたします。

産卵ですから卵を、年に1回初夏、琉球列島ではもう終わりました。6月の終わりぐらいから7月。今年は6月の終わりですね。6月の終わりに、

一斉に産卵します。サンゴの袋状の体の中からこのように卵が出てくる。卵かと思うのですが、実はこれは卵じゃなくて袋です。バンドルと我々は呼んでいます袋で、その袋の中に3つか4つぐらいの卵と、それから精巣、精子が詰め込まれている、そういう袋です。

ですから、1匹でオスとメス両方の体の機能を持っていて、この袋の中で卵と精巣の両方作って、それを1つの袋に詰めて放出します。実は、サンゴの種類によっては群体ごとにオスとメスで分かれているものもある。オスとメスが別の群体のものもあるけれど、だいたい7割ぐらいのサンゴは、雌雄同体です。オス、メス両方の機能を持っていて、このサンゴの個体の中で卵と精巣を作って、それを年に1回1つの袋に詰めて海面に放出します。

この袋の中で受精してしまうと自家受精になって、結局、DNAが混ぜられないクローンになってしまいます。いま自家受精は起こらないで、この袋が海面でパチンと弾けると、卵がパッと分かれて、それから白い精子がパーッと広がり、別の群体から来た精子と、別の群体から来た卵が受精をして、このプラヌラ幼生という1ミリ~2ミリぐらいの、種類によって棒状あるいは別の形状の幼生になります。これが海面上をだいたい数日。短いもので数時間、長いもので100日くらい海面をプカプカ漂っていて、あるとき海底に降りて、海底をこのように這い回って行って、新しい定着場所を探します。探索します。

サンゴは石の骨格を持っていますので、いったん定着して、そこから群体になると、二度と動くことができません。ですから、この有性生殖でプラヌラ幼生、子どもを産卵するときだけ、自分の分布の範囲を広げられるわけですね。長いもので100日ですから、黒潮に乗って何百キロも旅をすることもできるわけです。ただ、何百キロも旅をした先に海底があるかどうかは分かりませんから、外洋に行ってしまったらサンゴはもう定着できませんし、場合によっては、波で打ち上げられてしまって、産卵して受精してプラヌラになっても、あっという間に打ち上げられてしまうこともある。あるいは、魚に食べられることもある。産卵の時期になると、魚たちが大喜びをして、今か今かと待ち構えて、どんどん卵を食べてしまいます。そ

ういうさまざまな苦難を乗り越えて、おそらく確率としては0.0001パーセントの確率です。ただ、それでも、何千万、何億という卵を一度に放出して受精させますので、その中で、ごくわずかなものがこうやって新しい海底に定着して、こういう子どものサンゴ、稚サンゴになるわけです。稚サンゴは、まさにイソギンチャクのような、口が1つで、その口の周り触手があって、しかも、その下に一人前にこういう石灰質の石の骨格を作りだしています。

これがやがて、2匹、4匹、何十匹と分裂して、広がって行ってこの骨格も成長してサンゴの群体なるというのが、サンゴの生活史です。動物ですから、分裂して大きくなる無性生殖だけでなく、このように、有性生殖もします。

会場：サンゴの形っていろいろ種類があって形が違うんですが、あれは、はっきり言ったら種類が違う？ 1つの種類は同じ形？

茅根さん：だいたい、同じ種類のものは同じような形をしていますけれど、その環境に応じて群体の形を変える、そういう種類のものもあります。

例えば、ミドリイシという種類は、波の強いところではがっしりとした頑丈な形になるし、波の弱いところでは、むしろ繊細な枝を作る。さらに、深い海に行くとどんどん光がなくなりますから、これがどんどん広がって行ってテーブルのような形になるというような、それは、種類による違いも大きいですが、同じ種類でも、群体の形がその場その場の環境に応じて変わっていくという特徴を持っています。その場の環境に応じて、波の強いところでは壊れないようにながっしりとした体格。光の弱いところでは光をできるだけ、体の中に藻がありますから光を受けられないと死んでしまうわけですので、こういうふうにながっしり行って光を受けられるような形になるということなので、この群体の骨格の形、群体の形というのは種類によっても違うし、同じ種類でも環境によって変わるというフレキシブルな生物です。

会場：成長するエネルギーというのは何ですか。

茅根さん：イソギンチャクの仲間ですから、触手で動物プランクトンや、場合によっては小さな魚の幼生なんかも捕らえて食べてエネルギーとしているんですけども、サンゴのエネルギー源の半分以上、7~8割は、この体内の共生藻を作った光合成の有機物です。

光合成というのは、植物が光のエネルギーを使って無機物であるCO<sub>2</sub>から有機物を作る。この共生藻は、自分が作った有機物のうちの9割方をサンゴに渡してしまっています。ですから、共生と言いながらもほとんど強制労働と言いますか、そんなような状態です。サンゴの体内には、だいたいサンゴと同じくらいの重量の共生藻、藻類、藻が体の中に共生していて、サンゴはだいたい、これ1匹が数ミリくらいの大きさなので、この共生藻は直径が0.01ミリメートル。10マイクロメートルと、非常に小さな単細胞の藻です。瀬戸内海なんかでよく赤潮になる渦鞭毛藻というのがいて、それと同じグループの藻でして、これが活発に光のエネルギーを使って、サンゴの体の中で光合成をして、有機物を作る。作った有機物は、ほとんどサンゴに渡してしまう。

ただ、共生藻にとっても、例えば瀬戸内海のように海にプカプカ浮いているよりは、サンゴの体の中で、非常に条件の良い、しかもぎっしりと密度の高い生活ができるわけです。そういう意味では共生関係にあると言ってもよくて、この共生藻が作る有機物、光合成のプロダクツがサンゴにとっての餌になります。

会場：骨格はなぜ、そんなにいっぱい作るのですか。

茅根：なぜというか、一つには、こういう構造物を作ることによって、やはりサンゴ自身が住む場所を作っているわけですね。骨格が積み重なってサンゴ礁という地形を作ることによってサンゴが住みやすいような環境ができて、そこにさらにほかの生物たちも集まってきて、生物の多様性が生まれる。ある、1つの重要な生態系を作るわけです。

生態系、生物の分布の場所、生物が住む場所を作ってあげる。それが、元はといえば、このサンゴの骨格がどんどん積み上がっていったサンゴ礁

であり、石の骨格が積み重なってできた地形ということになります。

この骨格があることによって、ほかの外敵なんかが来るとこの骨格の中に隠れることができますし、サンゴにとっても自分自身の住み場所になるし、骨格を作ることによって、自分の体内にある共生藻にできるだけ光のエネルギーを当てられるような形を作っていくことができるわけですね。さらに、一つには、骨格がなければ波ですぐに流されていってしまったり壊れてしまったりするわけだけれど、この骨格が、がしっと岩盤に固着することによって、自分の住み場所を確保するという機能もあると思います。

ですから、もう一度まとめますと、サンゴにとっては、自分の住み場所をきちんと確保すること。それから、自分の体内の共生藻に光のエネルギーを与えるような、そういう場を与えてやること。その骨格が積み重なっていくと、サンゴ礁という、生態系としても、ほかの生物にとっても住み場所になるし、それから、光のエネルギーを受けられるような場を作ってやることになるかと思います。

会場：その共生藻というのは、単独では生きられるのでしょうか。

茅根さん：体外に出ても、生きていきます。白化というのは、この後話しますけれども、この共生藻が抜け出してしまっていて、サンゴの体を透かして白い骨格が見えてしまうのが白化なわけですが、そのときは、共生藻は全部外に逃げ出してしまいます。

それから、先ほどの幼生も、最初は白かったですけれども、もう稚サンゴになったときにはこのように、この茶色い点々が、すべて共生藻です。共生藻を持っていますが、これは、幼生のときは共生藻を持っていなかったのが、海底に定着してから、周辺からこの共生藻を取り込んでいるということが分かりました。ですから、実はサンゴ礁の海の中にはたくさんこの共生藻がいるのだけれども、それをサンゴが取り込んでこのように体の中で増殖させて共生藻として飼っているということですから、単独でも生きられます。

これが、渦鞭毛藻（うずべんもうそう）。渦鞭毛藻というのは、鞭毛を持っている。藻の中では非

常に特殊な、こんな形をしていて、鞭毛を持っているのが渦鞭毛藻ですけれども、サンゴの体内に入るとこのように鞭毛が無くなってしまって、クルッと丸まって、全然、活動もしなくなります。せつせと、とにかく光合成だけをしてサンゴに有機物を与える、そういうものです。

これが渦鞭毛藻であるということを見つけたのは実は日本人で、戦争中にパラオに研究所があったんですけれども、そのパラオで若いころに研究をされていた川口四郎先生という、つい10年ほど前に亡くなられましたけれども、その方がパラオで、これが渦鞭毛藻であることを、サンゴから単離して培養して、世界で初めて発見しました。

こちらが、サンゴを上から見た図ですけれども、実際にたくさんのイソギンチャクが並んでいるように見えるのが分かります。ただ、このイソギンチャクの下には石の骨格があるという構造です。

会場：共生藻は、その1種類だけなんですか。

茅根さん：形態からは、分らないです。シンビオディニウムという種類にくくられているのですが、最近、遺伝子の研究が進みまして、どうも8つぐらいの大きな違いのある共生藻があるということが分かってきました。その違いのうちの5つが、サンゴの体内に共生します。ほかにもいろんな、イソギンチャクとか別の生物に共生しているものもあります。ただ、今は形態では全く区別がつかないんですけれども、遺伝子の研究によって8つぐらいの種に分かれるんじゃないかというような事は分かってきました。

会場：同じサンゴには、同じ共生藻が入るのでしょうか。

茅根さん：いえ、それもまたいろいろです。その場の環境に応じて、その場の環境に一番適した共生層を、どうもサンゴは共生させているようです。

会場：組み合わせも、いろいろ？

茅根さん：そうですね。それは、今研究の一番最前線として、どうも稚サンゴ、小さい子どものサンゴのときにはいろんな種類の共生藻を取り込ん

でいるんだけど、だんだん大きくなるに従って特定の共生藻になっていくということが、ごく最近分かってきました。

会場：さっき卵を放出してプラヌラという幼生になってというお話があったんですけども、卵と精子がバラバラになって違う受精というか、発生が始まりますよね。違う種類のサンゴ同士では、発生が始まらないような仕組みになっているんですか。

茅根さん：まず、一斉産卵というのは、すべてのサンゴが一斉に産卵をするのではなくて、同じ種類のサンゴが同時にということです。ただ、それにしたって初夏というのはそんなに長くはないですから。例えば、八重山には370種くらいのサンゴがいます。そうすると、毎日違う種類だったら1年だって終わらない。でも初夏ですから、実は同じ種類の、グループのサンゴたちが同時に産卵をしています。

まさに質問のとおり、違う種類で精子と卵子で混ざらないのかなとみんな思っていたのですが、混ざっているということが分かりました。サンゴというのは、実にハイブリットが多いということが分かった。ハイブリットというのは、違う種類同士で受精してしまうことで、それが次の世代まで続くかというのはなかなか難しいんですけど、サンゴは、そういう意味で非常に進化の早い動物じゃないかというふうに、今考えられています。そういう形で、ハイブリットを作ってどんどん新しい種、あるいは種と種の間のような亜種みたいなものを作りながら進化しているんじゃないかというふうに、最近では考えられています。

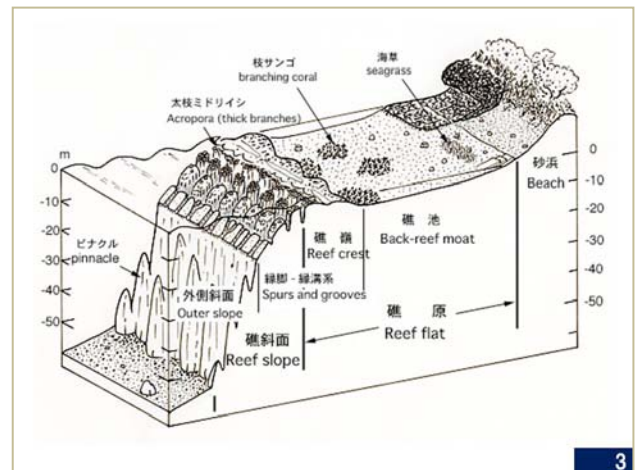
これが、サンゴのファミリーですね。サンゴは宝石というお答えがありましたけれども、今日お話しするのはサンゴ礁を作る、宝石にはならないタイプのサンゴです。浅い海に住んで、共生藻を持っていて、非常に早く成長して、白い石の骨格。とても宝石にならないような、そういう骨格を作るサンゴです。宝石のサンゴというのは、今日お話しする、サンゴ礁を作るサンゴとは従兄弟くらいの関係にあります。近いグループで、従兄弟くらいの親戚関係ですけども、共生藻を持たないで深い海にいる。共生藻を持たないですから光が要

りませんので、深い海に住んで、ゆっくりと成長して、皆さんの宝石なるような、緻密な、美しい赤やピンクの骨格を作ります。今日の話は、宝石にならないタイプのサンゴのお話です。

これが共生藻。出てきましたね、何種類かに、A~Hの種類に分かれるということが、ごく最近分かってきました。このサンゴがどんどん積み重なって作る地形のことを、サンゴ礁と言います。沖縄に行きますと、こんな白い砂浜。これもサンゴのかけらでできているわけですけども、その砂浜からずっと沖合に白波が砕けているところがある。

そこまではだいたい浅くて、潮が引くと歩いていけるような、そういう浅瀬がありますがこの浅瀬を、サンゴがどんどん骨格を積み重ねていつて作った地形が、サンゴ礁という地形です。模式的に描くと、こんな形。波がこちらで砕けて、こちらが非常に穏やかな環境になるという地形を作ります。

一つ一つ質問していこうと思ったんですけども、皆さんどんどん質問してくださるので、こちらからは質問しません。今までいただいた質問は、すべての的確です。ちゃんと講義に生きてくるような質問ですので、どうか臆せず、どんどん質問してください。



サンゴ礁というのはどういうものですかという話を振ろうと思ったのですが、こちらからどんどん話をしていきます。サンゴ礁というのは浅瀬です。われわれ生物にとって必要なものは、住むところと、それから食べるものですよ。この住む場所を、サンゴ礁はこういう地形として提供してくれる。(図3)

サンゴの群体があることによって、枝サンゴでしたら枝の隙間に住む生物。あるいは南の島に行くと、今年の夏は皆さんぜひ、私のこの講義だけでなく南の島に行くと体験ダイビングをしてサンゴ礁を見てきてほしいと思います。するとこんなサンゴの丸い群体にたくさんの、色とりどりのこんなパラソルが見えます。これは何かと思うと、実はゴカイ。ゴカイのエラが、こんな。釣り餌にするあのゴカイですけれども、南に行くとこんなカラフルな、美しい色とりどりの枝を出して、これがサンゴの骨格に穴を掘って、穿孔して穴を掘って、そこにゴカイがいるんです。ですから、これを引っ張り出すと、本当にあのニョロニョロしたゴカイが出てきます。ゴカイとか、あるいはシャコ貝。サンゴの骨格に穴を開けて住む。あるいは、枝の隙間に住む。あるいは、サンゴの骨格の裏側を見ると、暗い所にしか住めないような海綿が付いていたりとか、その群体があることによって住み場所、生き物にとっての住み場所ができますし、さらにそのサンゴが積み重なってできたサンゴ礁という地形。これがあることによって、沖から来た波が、このサンゴ礁の縁で砕けて、この内側が非常に穏やかな環境ができるわけですね。

サンゴ礁の内側は、外洋から強い波が来てもこのサンゴ礁の縁で全て砕けてしまって、非常に穏やかです。台風で、沖合が10メートル以上の波になっても、内側に数メートルの波が来ることは稀です。私たち人間も守ってくれるし、この内側の穏やかな環境も守ってくれるということで、外洋に住む生物と内湾的な穏やかな環境に住む生物が、たった100メートルくらいの狭い幅で接しているわけです。

その絵を、科学雑誌ニュートンの画家さんに描いてもらったのがこれです(図4)。海に行くと、あっちを見るとこんな生物、あっちを見るとこんな生物っていろんな生物が見られます。ただ、ワンショットで撮るのは非常に難しいですね。遠くまで光が届かないので。それで絵にしてもらいました。

サンゴ礁の一つの特徴というのは、種の多様性です。海の生物種の最も多様な生態系です。少なくとも、海の生態系の中では最も、そこに住んでいる生物が多様な生態系です。海の生物のうちのだいたい4分の1くらいがサンゴ礁で見られると



いうふうに言われていまして、多様な生態系の多様な生物たちの住み場所を、サンゴ礁は作ってくれます。

それから、ここに描いたサンゴ礁に住む生物たちは、いずれも動物で、自分では有機物を作ることにはできない。何かものを食べて、このものをたどって行くと、植物がないといけないわけです。ところがサンゴの体内には、その植物、これだけたくさんの動物がいる土台を作ってくれる植物がいて、せっせと有機物を作っています。その作った有機物のうちの8~9割はサンゴに渡してしまって、サンゴは、その半分くらいを自分のために使って、残り半分は粘液などとして外に放出します。サンゴを触ると、ヌルヌルしている。触るとまず、刺胞がありますので痛いけれども、優しく触っているとヌルヌルしています。実はそれはサンゴの粘液で、粘液というのは、元をたどると共生藻が作った有機物がサンゴを経由して、サンゴが漏れ出させているものです。その粘液をサンゴの枝の隙間に住む甲殻類や動物プランクトンが摂取します。

それをさらに小さな魚が摂取して、それをさらに大きな魚が摂取するというような食物連鎖が成り立っているわけです。ですから、実はこの多様な生物の食物も、基をたどるとこの共生藻が提供してくれるということです。サンゴが共生藻を持っているという特徴と、石の骨格を作ってサンゴ礁を作るという特徴が、サンゴ礁の生態系の多様性を生み出すことになります。

会場：波から守ってくれるということで、結構、台風のとときとか激しい波が来ると言うんですけれ



ども、そういうときに、骨格もやっぱり壊れることがあると思うんです。壊れたら、ちゃんとすぐに再生するんですか。

茅根さん：サンゴは特に波の強いところにいるものががっしりとした骨格を持っています。

これは、実はパラオの一番波が荒いところで穏やかななぎのときに撮ったものですが、強い波が来ても壊れないようながっしりとした、こういう頑丈な骨格を作っているものが多いです。ですから、これはちょっとした波では壊れない。それが、このサンゴ礁の浅瀬を作るいちばん外側の防波堤を作ってくれます。これですと、台風でも壊れません。

それでも壊れてしまう場合があるんですけども、壊れたら再生することはありません。ただ、1部の枝のサンゴ。こういうものではなくて、もっと、枝サンゴというタイプですね。こういうタイプのサンゴというのは、壊れて流されると、その枝からまたどんどん成長して行って、新しい群体を作ってくれます。そういう意味では、これは、むしろ壊れて新しいところに分布して、石の骨格だからもう二度と動けないと言いましたけれど、この枝サンゴのタイプの物の一部は、むしろ逆に壊れて新しいところで、小さな枝から再生するというような、そういう成長の仕方もしています。

ただ、多くのサンゴはさすがに、壊れてひっくり返ってしまうと死んでしまいます。一度死んでしまうと、また新しい子どものサンゴが定着して、そこから群体を作ってくれないと、再生することはできません。

会場：成長するときに、どのくらいの速さで、例えば赤ちゃんが定着してきて石みたいになるんですか。

茅根さん：だいたい、一番早いもので、枝サンゴのタイプですと年間に、早いもので10センチくらいこの枝が伸びてきます。ただ、こういう丸い群体のものは、だいたい年間1センチずつぐらいつつですね。それでも、比較的早いですよね。枝で1年間に10センチですから、一度死んでも、数年で再生できます、残っていれば。

ただ赤ちゃんからとなると、赤ちゃんからこの

枝になるまでは5~6年かかりますから。親群体が成長する速度は年間10センチですけども、1匹の小さな赤ちゃんのサンゴから成長していくまでは、ある大きさになるまでには数年かかります。ここまでが、サンゴとサンゴ礁の話。サンゴは植物である共生藻を持っている。群体を作る。それぞれのサンゴの持っている特徴がサンゴ礁の地形を作ったり、あるいはサンゴ礁の生物の餌を作ってくれて、それがサンゴ礁の多様性を生み出しているという話でした。

会場：枝サンゴというやつが波にゆらゆらしているのを見たような気がします。つまり、石灰の骨格を作らないサンゴもいるんでしょうか。

茅根さん：それは、先ほど言ったこっちのタイプの、同じファミリーですけども、サンゴの親戚の、例えば海トサカというソフトコーラル。これは、がっちりとした骨格は作りません。それから、伊豆半島なんかでも見られるのは、このヤギというタイプのもの。これも多少、頑丈な骨格は作りませんので、角質の骨格ですので、これもゆらゆらしています。特にゆらゆらしているのは、このソフトコーラルという仲間ですね。そういう意味では、今日お話しするサンゴはゆらゆらすることはないです。もう、がっちりとした石の骨格を持っていますので。

会場：藻は、どうやって作った9割を渡すんですか。

茅根さん：自分の体の外に、どんどん漏れ出していく。共生は、細胞内共生です。藻はサンゴの細胞の中に共生していますから。共生藻が自分の周りに漏れ出させた、主に糖類とか、グリセリンとかのような、非常に単純な有機物で、炭素に富んだ単純な有機物共生藻は自分の体外に漏れ出させている。共生藻は、サンゴの細胞内に共生していますから、サンゴにとっては、共生藻が漏れ出したものは細胞から直接取り込むことができるわけです。

そういう意味で、非常に効率がいい有機物のやり取りをしているわけです。

会場：9割は、誰が取っているんですか。どっち

が取っているんですか。

茅根さん：作ったもののうちの9割を共生藻は体の外に漏れ出させている。それを、サンゴは摂取している。

会場：9割じゃなくて8割だっていいわけですよね。藻から見ると、外に出して取られているわけだから、嫌な話。

茅根さん：ですから、共生というよりは一方的な搾取じゃないかということ言う研究者もいます。まず、共生藻にとってはこのサンゴの体内である数になってしまうと、もうこれ以上成長することも動くことも、活動する必要もないですね。ですから、自分で使うエネルギーは必要ないわけです。実際に、例えば植物プランクトンを取ってきて見てやると、1部分裂しかかっているものとかがあるけれど、ほとんど分裂していないということは、サンゴの体内ではほとんど増えていない。一度、みっちり増えてしまうと。

ですから、これ以上成長することもない。分裂することもない。それから、活動する必要もないということで、藻にとっては、サンゴの体内は非常に居心地がいいから、それ以上エネルギーが必要ないわけです。

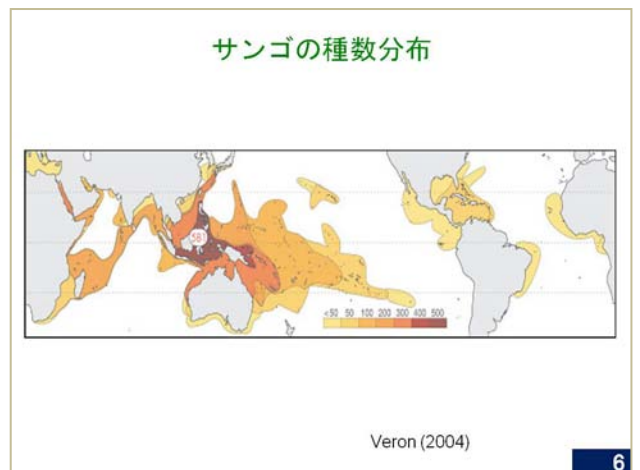
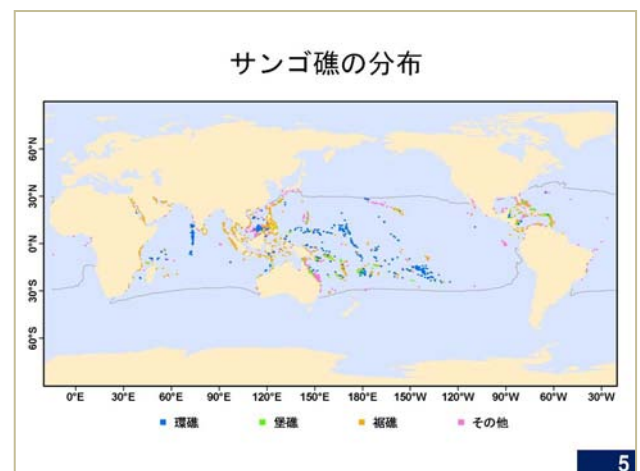
いいですか。納得した？しない？（笑）。

搾取だと思うのなら、搾取でもいいです。有名な京都大学の共生の専門家は、もうこれは共生ではなくて一方的な搾取だと言っていましたから。ただ、共生藻にとってはサンゴが出した老廃物は、今度それは光合成をするための栄養になるわけですし、体内というのは非常に密度が高く生活ができて非常に居心地が良い場所ということになっています。

会場：サンゴも、さらに粘液として出しているというお話があったんですけども、それはやっぱり要らない、余剰のものなんですか。

茅根さん：そうですね。ただ、粘液は、例えば干上がってしまうと一面を粘液で被ったり、あるいは、赤土なんか降ってくると、サンゴは粘液を

出して、それをどんどん自分の体の外に出そうとする。そういう意味で、粘液というのは身を守るカバーのようなものかもしれません。例えば、われわれが触るとどんどん粘液を出します。粘液を出し過ぎると、今度はサンゴはエネルギーがなくなって弱ってしまう。いずれにしても、サンゴは常時粘液を出しているようです。それが、だいたいエネルギーの収支にすると、共生藻が作った100のうち10を共生藻自身がわずかに使って、90はサンゴ。そのうちの40くらいをサンゴが使って、最終的には50がサンゴの外に、粘液などの形で出ているというエネルギーの収支になっています。



次はサンゴ礁の生物の多様性ではなくて、サンゴ自身の多様性ですけども、フィリピンとインドネシアとニューギニアの、コーラルトライアングルと呼ばれている、ここは世界で、最もサンゴの種の多様性が高い場所です。（図5）（図6）このコーラルトライアングルから黒潮が常時流れて

いて、そこから幼生が常時供給されていますので、同じ緯度からすると 370 種と、非常に種の多様性が高い海域が琉球列島ということになります。

ところが、このサンゴ礁が現在、ローカル、それからグローバルな危機に見舞われている。ローカルな危機というのは、直接破壊してしまう。これは、30 万人の都市、沖縄の那覇の空中写真です。(図 7)



サンゴ礁を持っている都市としては、おそらく世界で最大級の都市ですけれども、那覇も、もともとは周辺をこうやってサンゴ礁で囲まれていたのが、港を作るために。サンゴ礁というのは石で作られた浅瀬ですから、大きい船は入れませんので、大きい船を入れるため海底をさらって土砂を取り除き、港を作る。あるいは埋め立てをする。あるいは、特に空港なんかにはちょうどいいわけですね。そういう形で、直接の破壊が行われます。

それから、陸から土砂が流れ込んできたり、あるいは栄養が流れ込んできたりすると、サンゴは貧栄養な、栄養の乏しい海域で共生藻とサンゴの間でうまく栄養をやり取りしながら生活している生物ですので、海水の栄養がほんの少しでも濃くなってしまうとサンゴ礁ではなくて藻場が変わってしまいます。本土からすると十分貧栄養なんですけれども、ほんの少しでも下水が入ってくると、すぐに藻場が変わってしまいます。そういう意味で、直接の破壊だけじゃなくて、陸からの土砂や栄養の流入などといったような、そういった人間の、サンゴ礁の海岸に人間が住むことによる、そういう破壊に見舞われています。

オニヒトデも自然のものだという説、つまり自

然の大発生のサイクルだという説と、それから人間の関与があるのではないかという 2 つの説があります。最近では、人為説の方が有力なようです。このオニヒトデというのも、数十年に 1 回大発生してサンゴを食い荒らします。刺胞を持っていますから、サンゴを直接食べる生物というのはあまりいないのだけれど、このオニヒトデは刺胞ももろともせず、自分の胃袋を反転させて、サンゴにベタッと貼り付けて、直接消化するというようなことをやっています。

話がそれちゃいますけれども、さっきここに描いたこの絵は、サンゴの隙間に住むカニの夫婦です。このカニが一生懸命オニヒトデのとげをチョキチョキ切って、撃退しようとしている。自分の住んでいる場所ですからそれを守っているわけです。実際に、このカニが住んでいるサンゴだけオニヒトデが全部食い散らかした後、残ってるというようなこともあります。

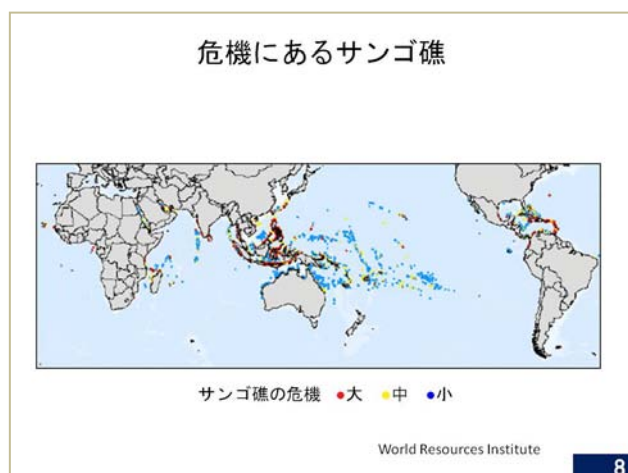
いずれにしても、サンゴにとってオニヒトデは大敵ですし、このオニヒトデの大発生も、人間が海を汚染したからだという、その話は今日はしませんが、そういう説が最近では有力になっています。

それから、下水から流れ込んでくるさまざまな菌によって、サンゴの病気が最近いろいろところで観察されるようになってきました。沖縄で特に問題になっているのは、赤土の流出ですね。沖縄の、風化した赤色の土壌。熱帯の風化した鉄に富んだ土壌が、これも沖縄特有の、最近では東京でもありますけれどもスコールによって一気に流れ込んできて、サンゴを被ってしまってサンゴは死んでしまう。光合成ができなくなりますし、それからこの土をどけるために粘液を使って、エネルギーを使ってしまうようなことで、サンゴは、この赤土が流入してきた海域では、もちろん住むことができません。

それから、サンゴ礁の多様な生物の内の人間が食べられるものは、その地域の水産資源として地元の蛋白源になっています。これも、捕り過ぎでどんどん減ってきてしまっています。これは沖縄の協業統計ですが、サンゴ礁に住む魚類は減少していますし、それから、特にサンゴ礁でサンゴの隙間に卵を産みつけて大きくなるイカの仲間、そしてサンゴの骨格の隙間に住むシャコ貝なども、1970 年代にはたくさん自然に捕れたものが、今は

養殖したり放流してやらないと漁獲として成り立たないような、状況になってきています。

世界のサンゴ礁のうちの、約 3 分の 1 が危機的な状況にあるというふうに言われています。先ほど言った、サンゴの種の多様性が最も高いコーラルトライアングルで、つまりまさにインドネシア、フィリピンのサンゴ礁の海岸にどんどん人口が集中して、現在、人間のストレスによってサンゴ礁がローカルな破壊の危機にあります。(図 8) 日本の琉球列島も、かなり危機的だというふうに分類されています。それから、カリブ海のプロリダから南のアンティル諸島も危機的に分類されています。

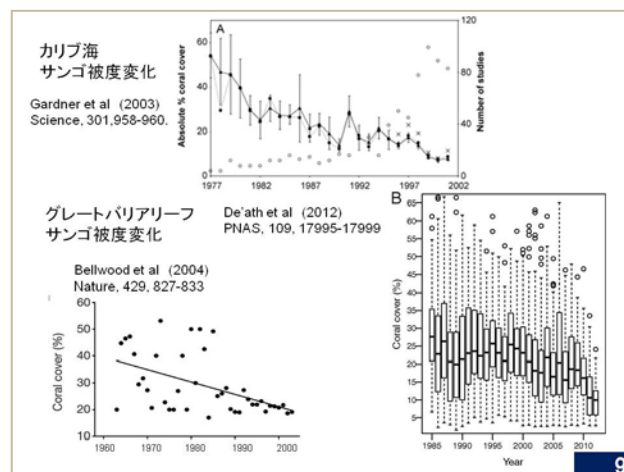


太平洋の、グレート・バリア・リーフとか、あるいは太平洋の真ん中の島々というのは、まだ人の影響が少ないので危機の度合いは小さいというふうに言われていました。けれど、ここにも地球温暖化による危機が迫っているという話が、後半のテーマになります。

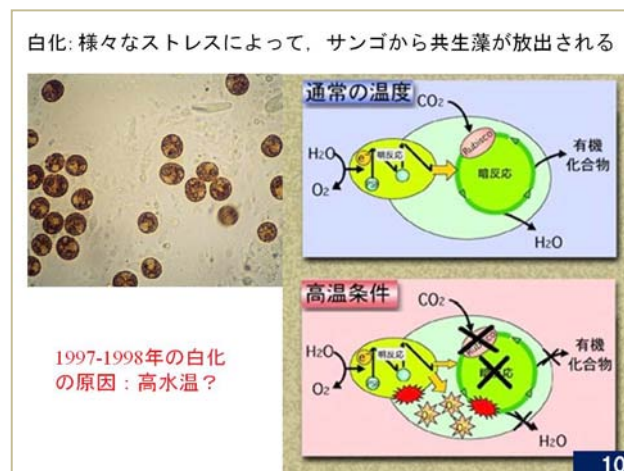
ローカルなストレス、温暖化以前にローカルなストレスが非常に大きくて、沖縄では、たいてい全土どこでも海底の 5 パーセント程度しかサンゴが被っていないような状況になっています。もっと健全なときのデータはなかなかないんです、昔は海底の数 10 パーセントを被っている海岸がたくさんあったんですけども、現在はどこも 5 パーセント程度以下、海底を見ると生きているサンゴが 5 パーセントとしかいないような状況になっています。これは沖縄だけではなくて世界でも同様でして、カリブ海のサンゴ礁は、80 年前後には海底の 40 パーセントぐらいを被っていたものが、現在は 10 パーセント以下というような状況に

なっています。

それから人間のストレスが相対的には少ないグレート・バリア・リーフは、昔は海底の数 10 パーセントを生きているサンゴが被っていたのは、現在は 20 パーセント程度です。最近出た論文でも、やはり 20~35 パーセントだったものが、現在は 10 パーセント程度という結果です。



これは、長期的なモニタリングをしているような場所を統計的にきちんと解析した結果ですが、明らかに生きているサンゴの被度、海底のどのくらいを生きているサンゴが被っているかという被度が減少しています。(図 9) こういったローカルなストレスの全く及ばない、人が住まないようなサンゴ礁にも温暖化のストレスが襲っているというのが今日の後半の話になります。

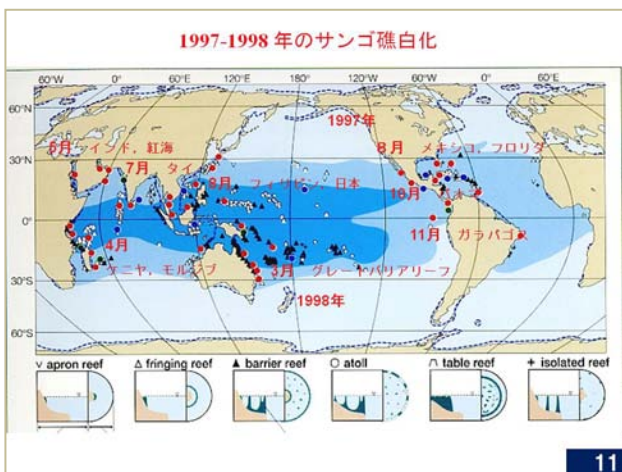


白化というのが、97 年~98 年にかけて世界中のサンゴ礁で起こりました。サンゴ自身の色というのはほとんど無色透明で、サンゴの茶色や黄緑といったような、宝石のサンゴは赤やピンクですけども、今日お話しするようなサンゴは黄緑や

茶色、青といったようなさまざまな色をしています。そのサンゴの色はほとんどが、実はサンゴの体内の共生藻の色なのです。ところが先ほどお話ししましたけれども、体内にあるこの共生藻が、いろいろなストレスを受けるとサンゴと共生関係の契約を解除して外に抜け出してしてしまうのです。そうすると、この透明なサンゴを透かして石の白い骨格が見えるようになり、これを白化、白色化と呼んでいます。(図10)

1998年に地球規模の白化が起こって、そのときに、だいぶ白化のようすが分かった。97年～98年の地球規模の白化というのは、高水温度ストレスによって光合成の回路が破壊されて、共生藻が駄目になってしまった。それを、サンゴは体の外に放出するんだということが分かりました。

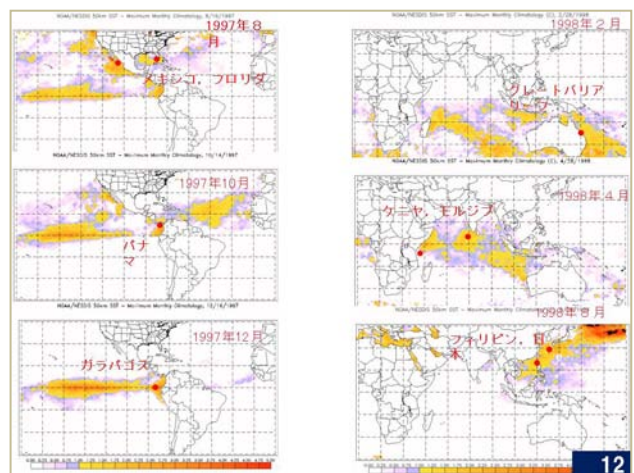
少し難しくなりますけれども、光合成というのは水から電子を汲み上げてそれをエネルギーとする明反応と、そのエネルギーを使って二酸化炭素を有機物に変える暗反応の2つの回路があります。高温のストレスを受けるとこの暗反応の回路がやられる。ただ、明反応のほうはまだ回っているので、どんどん電子が溜まっていくんですね。そうすると、この電子が、例えば活性酸素、酸素に結びついて活性酸素になる。この活性酸素というのは、人間も老化の原因だと最近は言われていて、動物や植物、生き物にとっても毒なのです。活性酸素がどんどん蓄積して行って、まず、共生藻がやられてしまう。さらに、その共生藻を通してサンゴもダメージを受けるということで、こういう状態になった共生藻をサンゴは体の外に放出する



んだということが、白化のメカニズムとして分かってきました。

さまざまなストレスでこういった白化が起こるわけで、特に、97年～98年に世界中のサンゴ礁で白化が起こった。この赤い点がもう一面向白化してしまったような、そういうサンゴ礁の白化が起こった地域をドットで示しています。この白化が、世界中のサンゴ礁で起こりました。(図11)

この原因が高水温だということがこのときに分かって、このときは、サンゴ礁研究者のメーリングリストを通じて、もうここのサンゴ礁は一面向白化だというような、そういう報告がメーリングリスト上で順番に届きました。最初は、メキシコとフロリダで1998年8月。それから、パナマで10月。それから、11月にガラパゴスのサンゴ礁。南半球の夏である翌年98年の3月にはグレート・バリア・リーフ。このときには、セスナ機から見たらもう、グレート・バリア・リーフが一面真っ白に見えたというような報告が、メーリングリスト上で写真と共に流されました。(図12)



インド洋に入って、黄海まで行って、東南アジア。ついに99年の8月にはわれわれの琉球列島も、大規模に白化をしてしまいました。ちょうどこの年、アメリカの海洋の衛星が海水温の異常域というのをずっとモニターしていたのですね。そのモニターをしていて、通常その月のその地点の海水温よりも水温が高い。黄色が、だいたい1度～2度、橙色が2度～3度、通常の、それぞれの地点の水温よりも高い水温を示しています。そういう高水温の異常域と、先ほどの現場から報告のあったサンゴ礁の白化域とが、ぴったりと一致しているというのが分かりました。

ですから、この97年～98年にかけての地球規

模の白化というのは、高水温のストレスによってサンゴ礁全体が真っ白になってしまうような、そういう白化が起こったということが分かっています。

モルジブなどでは 8 割以上、パラオでも 7~8 割のサンゴが、この白化で壊滅してしまいました。琉球列島でも、半分以上のサンゴが死んでしまいました。それ以後、琉球列島ではかなりサンゴの回復が速やかに起こりました。私が調査をしている石垣島の白保という石垣島の東南にあるサンゴ礁。サンゴ礁というのは空港を作るのにちょうどいいと言いましたよね。空港建設が 70 年代に計画され、ここにアオサンゴという種類のサンゴが密生していることから、このサンゴを守ろうということで空港建設がストップして、このサンゴ礁の上ではなくて、今年の 3 月に開港して、私も、つい先ほど石垣空港から帰ってきたところですけども、陸上側に建設されたという経緯があるところなんです。

このサンゴは、アオサンゴだけじゃなくて、空中写真で見ますと、この黒っぽく見えるのがサンゴが生きています。それからコモンサンゴという板状のサンゴもいます。これは、先ほど言った台風などで散らばると、その散らばったところからどんどんまた新しく成長するというタイプのサンゴで、年間成長が 10 センチくらい枝を伸ばすという、成長の速いサンゴです。

このサンゴ礁も、1998 年の 9 月、8 月末に白化が始まって、9 月に白化したということで現地調査に行ってみたら、一面に真っ白。8 割方のサンゴが白化しているような状況でした。これで、結局白化が終わってみて 10 月に見てみましたところ、半分のサンゴが死んでしまっていました。サンゴは、白化してもまだ生きています。共生藻がいなくなっただけで生きていますが、共生藻からエネルギーを得られません。それで、だいたい、種類によってこれも違いますけれど、このコモンサンゴの場合ですと 1 カ月、2 週間も白化したままですと、やがて餌がなくなって死んでしまいます。

こんな形で、結局白化から回復するのに 1 カ月以上かかりましたので、結局ほとんど死んでしまって、ごくわずかに、この辺に生きていますサンゴが残っているだけというような状況になってしま

いました。

ところがその後、これは白化の翌年の、98 年の 8 月が白化ですから翌年の春ですけども、これも同じ場所です。先ほどの生きていたところからどんどんサンゴが、年間 10 センチですから、成長始めていることが分かりました。この辺りに生きていたものも、また成長始めている。これはと見ていたところ、2 年後にはもう白化前の状態と同じか、むしろそれ以上、そこまで回復しました。年間 10 センチの成長速度ですから、2 年間でまたもとの、無性生殖によってどんどん分裂して成長して、回復できたということになるわけです。

逆に言えば、少なくとも生きていますサンゴがいなくてそこからの成長することはできないということと、それから、少なくとも回復するのに 2 年は掛かるということになります。これで良かったなと思ったんですけども、98 年に地球規模の白化が起こった後、地球規模の白化というのは起こっていないんですけども、それぞれの海域で、だいたい今、4~5 年にいっぺん、白化が起こっています。石垣島でも、2003 年にまた小規模な白化が起こって、その後、また 2007 年に、こういう大規模な白化が起こりました。

会場：白化してしまっても、その 2 週間くらい間にまた元気な共生藻とかを取り込めれば回復できるから、それは、回復できる見込みがある？

茅根さん：その通りです。2 週間後にまた水温が戻ってきますと、元の状態に戻ると、周辺からまた共生藻が。あるいは、白く見えてもまだごくわずかに薄くいる共生藻が増えたりというような形で、また元に戻ります。

会場：では、やっぱりその高水温のストレスで駄目になってしまった共生藻をいつまでも入れておくよりは、一か八かで破棄しちゃったほうが回復できる可能性があるという選択なんですね。

茅根さん：そうですね。少なくとも、そのままストレスを受けたままで共生していると、どんどんサンゴ自体がやられてしまう。だから、いったん追い出すわけですね。環境が元に戻ると、わずかに残った共生藻が増えたり、あるいは周辺からま

た取り込んだりということで、また元の状態に戻ります。これは、だいたい2週間で死んでしまうんですけども、もっと1カ月以上真っ白なままでも、また1カ月後に戻ると回復するというタイプのサンゴもいます。

それは、先ほどお話がありましたけれども、共生藻からどのくらいエネルギーを得ているか、共生藻にどのくらいエネルギーを依存しているかという種による違いによるようです。

会場：白化する時の温度と、生き返るときの温度とは、どのくらい差があるものなんですか。

茅根さん：これもだいぶ、この98年の白化以降分かかってきて、私もだいぶいろいろ調べたんですけども、だいたい週の平均水温が、2度の水温上昇が1週間起こると白化します。それが、4度の水温上昇が1週間、あるいは2度の水温上昇が2週間、それを積算水温といいます。通常のそれぞれの地点の一番暖かい月の水温よりも2度水温が上昇する。それが1週間続くと、白化します。それが、2度が2週間続くと、積算で4度ですね。そうするとかなり壊滅的な白化になります。これは8度になると、8度の水温上昇が1週間でも壊滅的な白化になります。

ですから、石垣島ですとだいたい、夏の水温が29度くらいです。ですから、31度の水温が1週間続くと白化が始まります。それがもう1週間続くと、こんな感じになります。

だいたい、一番暖かい月よりも水温が超えると白化しますから、白化が起こるのは7月～9月ですね。だいたい2度。石垣島で29度ですから、31度がしきい値。今、それぞれの地点でと言ったところがミソで、98年の白化のときには四国のサンゴも白化しているんですよ。四国はもちろん30度になっていないですけど、四国の夏の水温が26度とすると、28度になってしまうと白化するんです。ですから、サンゴはそれぞれの水温に適した分布をしているので、それぞれの地点の水温の一番暖かい月を超えてしまうと、白化してしまう。そういうことです。

会場：白化現象のことなんですが、サンゴから共生藻が放出されるという先生の話でしたね。これ

は共生藻が逃げ出すという考えなのか、サンゴが共生藻を抱えておられないというか、サンゴが放出するのか。どちらが？

茅根さん：放出する。劣化してしまった、駄目になってしまった共生藻、しかも活性酸素をどんどん作って、サンゴにも害を与える。そういう劣化した共生藻を外に放出するというのが、正しい。

会場：ということは、まず最初にストレスを受けるのは共生藻のほうになるわけですね？

サンゴはその後からという。サンゴ虫そのものは、その後からということですね。

茅根さん：ええ。実際に白化が始まったときに見ると、駄目になった共生藻。駄目になったというか、まるまる綺麗な共生藻がグシャクシャになったようなものが、たくさん見えます。

会場：なるほど。その白化したサンゴは、また同じ場所に、同じものを使うことになるんですか。例えば、その後共生藻があって、あるいはサンゴ虫がその中に住みついているとか、要するに空き家になっているわけですね。その空き家をもう一度使うというような事をやるんですかね。

茅根さん：まず、白化してサンゴが死んでしまうと、生きていたサンゴが死んでしまうとそれはもう、ただの石の塊です。もうそこは、新しいサンゴがその石の塊に定着して分裂しない限り、そこはまたサンゴの空き家と言っても、これはただの石の塊です。

会場：ただの石の塊なんですか。穴が開いていて、その部分にサンゴ虫が入り込むとか、そういうことはないわけですね。

茅根さん：それはいいです。もうこんな、瓦礫状態です。この瓦礫に新しいサンゴが住むか。わざわざ幼生がこういうところに住みつくことはありませんので。

生きていたときは、成長していきますから壊れないんですけども、死ぬとどんどん、サンゴの石を食い荒らすような生物によってどんどん瓦礫

になります。同じ穴に住むことはありません。

2007年に石垣島で、世界的には大規模ではなかったんだけど、石垣島ではかなり大規模な白化が起きました。また2年たてば回復するかなと思ったんです。しかし少なくともこの枝サンゴは、2年たっても回復しない。というのは、もう種も残っていない。タネになるような群集も残っていないで、これは7年から4年後でだけれど、4年たってもこんな状態です。

最初に言った枝サンゴ。白保のサンゴ礁は、この枝サンゴとアオサンゴですが、アオサンゴのほうは白化もしないで非常にタフに残っていますが、枝サンゴのほうはすっかり壊滅してしまいました。

今、何度くらい上昇すると白化するのですかというので、2度とお答えました。もし今世紀中に2度海水温が上昇すると、毎年白化するような状況になってしまいます。サンゴ礁は、1.5度の水温上昇で壊滅するんじゃないかという論文が最近出ています。

少なくとも、現在の夏の水温よりも2度水温が上昇すると白化してしまうというのが今の状況です。地球全体の水温が、気温と表面の水温はほとんど同調していますから、水温が2度上昇すると、今の状態でいけば毎年白化してもおかしくない。そうすると、もうとても回復するところではなくて、サンゴ礁は壊滅してしまうというのが今のサンゴ礁研究者の基本的な合意です。

2度というのは、今のままでは避けられないというのが地球温暖化の研究者の合意で、1997年～98年に地球規模の白化が起こった。それ以降も、それぞれのいろんな地域で数年に1回白化が起こっているというのは、やはり水温が、20世紀を通じて0.7度くらい上昇して、全体として水温が底上げされて、今までももちろん水温が異常に高くなることはあったんだけど、それがもう少し強調されて白化に結びつきやすくなったのではないかというのが、サンゴ礁研究家の基本的な考え方です。

そういう意味で、地球温暖化に対して最も敏感で、すでに温暖化の影響を受け始めている生態系だというのが、サンゴ礁研究者の合意になっています。

会場：四国は26度で白化して、沖縄は31度で白化するという事は、種類が違うということなんですか。

茅根さん：そうですね。実は、共生藻は何種類かいるということを言いました。その種類によってさらに5つ、サンゴが共生させている種類のうちのさらに亜種がすでにたくさん遺伝学的に分かっています。その種類によって、高水温に強い種類とか、あるいは、むしろ低水温に強い種類とか、あるいは、光の強いところで活発に光合成をするとか、いろんな、環境に対する光合成の特性があるということが分かってきました。

白化というのはいったん追い出してと言いましたが、実は追い出した後、なんとか白化を生き延びたサンゴというのは新しい環境に適合した共生藻に入れ替えている言う説があります。白化する前と白化した後で共生藻の種類を遺伝学的に比べてみると、高水温で白化した後は高水温に強い種類を取り入れているということが分かってきました。これを適応仮説というんですけど、実は白化というのはいったん、そのサンゴとの共生関係を、契約を解除して新しい契約を結ぶ。そういうプロセスではないかということも分かってきました。

そういう意味では、2度上昇すると全部サンゴが白化するかというところではなくて、もしかしたらこれが白化のしきい値だとしますと、しきい値自体が、サンゴが共生関係を改善したり、別の高水温に強い共生藻に入れ替えたりして、生き延びたものはどんどん白化に対して耐性が強くなっていく。そういう可能性もあるのではないかという楽観的と言いますか、希望のある見方もあります。こうした適応がたった100年で進むのか、あるいはさらに、2度も上昇してしまっても、その2度の水温上昇に対して例えば四国のサンゴはもっと高い水温のところにいる共生藻と共生関係を結べばいいわけですけども、もうすでに一番熱帯にいるサンゴがさらにそれよりも高い水温に適合した共生藻を見つけられるかということ、それは難しいかもしれない。ただ、一方で共生藻もどんどん進化しますから、そういう進化をうまく使ってやることできないかというようなことも、今一生懸命議論されています。



多くの研究者が、さすがにたった 100 年で 2 度も上昇してしまったらとてもその進化は追いつかないのではないかとこのように考えていますけれども、共生藻の世代交代というのは、非常に速い。それから、サンゴも実は先ほどハイブリットを作ると言いましたけれども、ほかの生物に比べると進化のスピードが速いですから、そういったことに期待を寄せている研究者もいます。

逆に、バイオテクノロジーでそういう高水温に強いようなサンゴを作ってやる、そういうこともサンゴ礁を守るためには、これは最後の話になりますが、必要なのではないかなということを考えている研究者もいます。

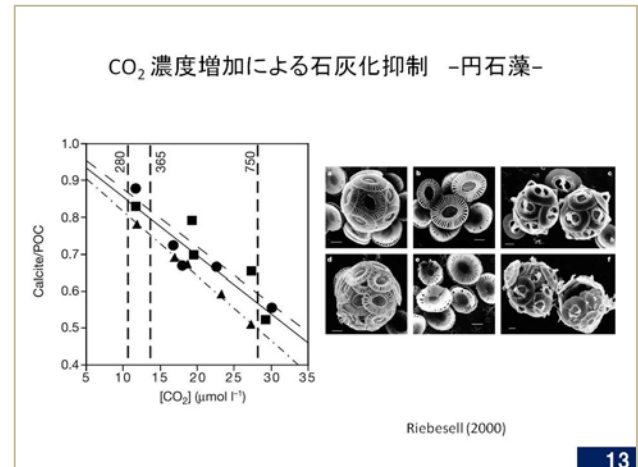
今日、ちょっと難しいので詳しくお話できないこととして、酸性化の問題があります。サンゴは二酸化炭素を固定しているのかというお話がありましたけれども、実は固定をしていない。それが、ちょうど酸性化と裏返しになります。化学式が入ってしまうので少し難しいかもしれませんが、サンゴの石灰化のメカニズムというのは、海水中のカルシウムイオンと、それから重炭酸イオン、これをくっつけて炭酸カルシウム。石の骨格と、実はここで二酸化炭素が出てしまいます。 $\text{CO}_2$  を直接取り込んで炭酸カルシウムにするのではなくて、海水中に最も溶け込んでいる重炭酸イオンを使って炭酸カルシウムを作りますので、1 つを炭酸カルシウムとして石灰質の骨格として作ると、固体として固定するともう一つは出てしまうという関係になっています。

ですから、実は石灰化というのは、炭酸カルシウムの骨格を作るというのは二酸化炭素の固定ではなくて、むしろ化学的には放出の過程。ただ、一方ではこの二酸化炭素と水を使って光合成で有機物を作りますから、で、酸素ですね。いいですか、これはカルシウムイオン。重炭酸イオン。それから炭酸カルシウム、石灰質。それから、二酸化炭素、水。この二酸化炭素と水を使って光合成をしますから、これは有機物。有機物は、実際はもっと違う化学式ですけれども、二酸化炭素と水で、有機物と酸素を作る。こちらが光合成。

実はサンゴ礁、サンゴで光合成と石灰化が、同時に非常に速いスピードで起こっているというのは、実はこの化学式が両方、お互いに共役しているんですね。光合成すればするほど、この炭酸カ

ルシウムが、石灰化が起こりやすくなるというように、そういう関係を持っているということもあります。

ですから、サンゴ礁全体としてはその光合成が活発に働いていると二酸化炭素は固定されている。けれど、少なくともこの石灰化だけを見ていると二酸化炭素が放出されるというような関係になっています。

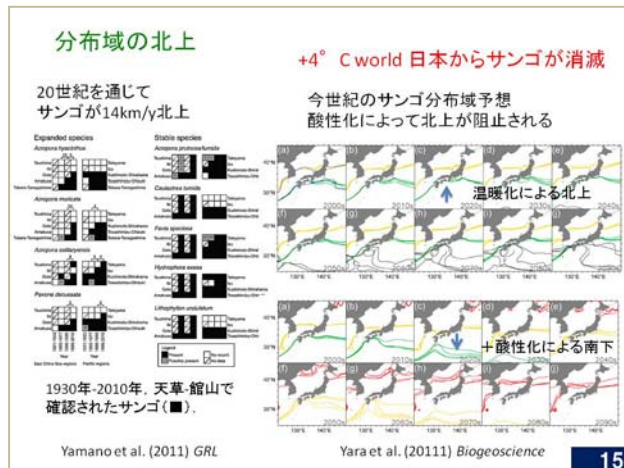
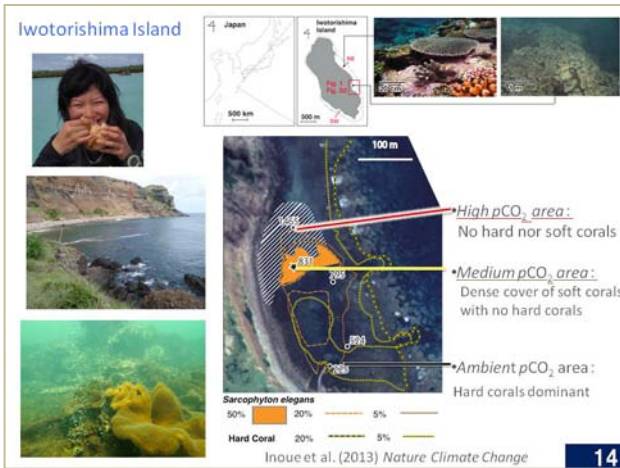


13

海洋酸性化というのは、今二酸化炭素濃度がどんどん上昇していますから、海水中の二酸化炭素も増えますので、この反応がこちらに進みにくくなる。場合によっては、二酸化炭素濃度がどんどん増えるところに進む。こちらに進むというのは、炭酸カルシウムと水と二酸化炭素と水が反応して、重炭酸イオンとカルシウムになってしまうということですから、これは溶ける、溶解する過程です。この二酸化炭素濃度がどんどん上昇すると、少なくとも石灰化が起こりにくくなる。骨格の成長が遅くなっていく。さらに二酸化炭素濃度が上昇すると、骨格が溶け出してしまうのではないかと、化学的には予想されています。

(図 1 3) これは、海洋酸性化の問題です。海洋酸性化の問題というのは、実は、サンゴ礁は石の骨格として二酸化炭素を固定しているのではない。むしろちょうど逆の関係にあるということをお覚えておいてください。

「温暖化するとサンゴ礁は北上するんですか」という質問もありましたけれども、実際にもう北上しています。(図 1 4、1 5) ちょっとこの図は見にくいかな。皆さんのお手元にもありますが、私のところの大学院で博士をとって今、国立環境研究所にいる山野さんという方が調べたものです。



日本というのは戦前から、どこにどういサンゴがいるかということ、特に東北大のグループが戦前たくさん研究をしまして、いろんな地域で昔からサンゴの調査が行われていたんです。

それから、戦後も環境省が調査をしたりというようなことで、実はサンゴのリストが、日本の北の、サンゴの分布の一番太平洋側の北限は館山なんですけれども。館山湾、紀伊半島、四国、それから奄美大島、沖縄と、どこにどういサンゴがあるかということが非常によく分かっているところ。そのデータをすべて、山野さんはまとめ直して、今と昔でサンゴの名前の付け方が違うのでそれを博物館まで行ってちゃんと見直して、同定をし直して、これは左側から年代です。

1つ1つの箱の、左側から、これは戦前、それから戦後すぐ、それからごく最近というふうにだんだんと時代がさかのぼって行って、この黒丸はそれぞれの地点で、北から南に向かって、どこで、どういサンゴが見られたか。ですから、この黒

い四角が上に登っていくというのは、その種類のサンゴが北上していることを示しています。

昔は、このサンゴは天草までしかいなかったのが、今は伊豆半島にも見られるといいようなことが示されています。年間14キロ北上しているということが分かりました。例えば、天草の南にはサンゴがいて、北には、昔は藻しかなかった。それが、今行くと北にもサンゴがいるということが起こっている。それから、あるいは伊豆半島ですとか紀伊半島で、それまで熱帯にしかいなかったようなサンゴがどんどん、今分布してきているといいようなことが実際に起こっています。ですから、温暖化によってサンゴ礁の分布は北上しています。

一方で、酸性化の影響は北の方が強い。というのは、皆さんこの後ビールを、もちろん私も飲んでですけども、冷たいビールのほうがたくさん二酸化炭素を含んでいますよね。暖かくなると全部抜けてしまいますけれども、そういう意味で、北の海のほうが二酸化炭素に富んでいるんです。酸性化の影響が強い。今後、酸性化がどんどん進むとサンゴは、今度はどんどん北から南の方へ押しやられる。そうすると、温暖化による北上と酸性化による南下で、結局、酸性化の方が勝って、これは山野さんのグループがモデルで示したものですけれども、このまま行って、特に深刻な温暖化。二酸化炭素濃度が800ppmくらいになってしまうと、酸性化で日本列島からサンゴが消えるんじゃないだろうかというような、そういうショッキングな研究成果もあります。

温暖化によって、どんどん、場合によってはずっと北のほうまでサンゴの分布。三陸まで書いてありますね。三陸まで北上するんですけども、一方で酸性化。二酸化炭素の濃い海水がどんどん北から押し寄せてきて、結局、最終的には酸性化が勝って、日本列島からサンゴがいなくなるというシナリオです。ただ、これは、4度上昇するという非常に深刻な温暖化のシナリオですから、2度の上昇ですと、ちょうどせめぎ合いぐらい。温暖化による北上と酸性化による南下がちょうどせめぎ合うぐらいの状況だということを、山野さんは教えてくれました。



じゃあ最後に、海面上昇の話。今までお話とは少し違いますけれども、サンゴ礁の中でも特に、サンゴ礁の上に人が住んでいるツバルの水没の問題を、海面上昇の問題との関係で話をし、終わりにしたいと思います。(図16)

ツバルというのは、サンゴで出来ている。皆さんご存知の方が多いと思いますけれども、いろいろなところで、特に数年前ほとんどのテレビ局で報道された、もうすでに海面上昇で水没しているという報道がされたと思います。普段は広場になっているところに、こんな水が浸ってきて、島の内側から海水が沸きだしてくる。これは朝日新聞ですけれども、ほとんどすべての新聞社、ほとんどすべてのテレビが取材に来たと思います。海面上昇で既に水没が始まっているとことが、『Nature』の記事も出ていました。いろいろ議論はあるけれども、シンキングフィーリング、水没している可能性が高いという記事です。この写真は、私がそのツバルの調査をしているときに、台湾のテレビ局に取材を受けたところですが、島内で水が湧き出してくる。大潮の時ですね、大潮の高潮位ときには島の内側から実際に水が湧き出してくる、舐めてみるとしょっぱいということで、海水がわき出してくるわけです。

島の人に聞くと、こんなことは、昔はなかった。ということは、最近の海面上昇で水没が始まっているんじゃないかと。昔は、こんな人が住んでいるところに水が湧き出してくることはなかったんだということを、島の人々は言うわけです。ツバルというのは、環礁。環礁というのは、サンゴ礁だけがリング状につながった島のことで。サンゴ礁というのは、海面よりも上には顔を出すこと

ができません。サンゴというのは海の生き物ですから、低潮位ギリギリまで、平らなサンゴ礁を作る。その上にこういう、高潮位するときにも顔を出している島があるというのは、そのサンゴ礁の上に、サンゴや後で話す星砂が打ち上がって、サンゴ礁の土台の上にサンゴのかけらや、それから星砂が打ちあがってできたのがこういう環礁の島ということになります。だいたい、標高が1~2メートルで、ツバルの場合には、これは首都ですけども、ツバルは9つの環礁からなる国でして、そのうちのフナフチ環礁というところの方角が西のあるんですけども、ここに1.2キロかける700メートルの三角形の島に、5,000人の人が今住んでいます。

そこは、標高1~2メートル。そこに、大潮の高潮位になるとこうやって、海水が島内側から湧き出してくる。これは海面上昇だろうと。

さらに、戦前の写真を見ると一面、環礁の内側を見ると、リングの内側をラグーンと言いますが、ラグーン側の海岸ですけども、一面砂浜がおおっていたのが、今は砂が全くない。これも海面上昇だというふうに言うわけです。本当にそうなのかなということで、われわれは調査に行きました。調査に行ったけれども、ツバルの島の標高が全くわからなかったので、まず測量をして、この環礁の島の断面を書きました。そうしましたところ、この環礁のリング内側のこの辺りが、標高2メートルから2.5メートルくらい。平均海面からの標高が2メートルくらいの高まり。それから、一番外側にこの国で一番高い高まりがあって、これは、標高が4メートルくらい。ですから、国の最大の標高が4メートル。あとはだいたい1~2メートルという、実際に水没してもおかしくないようなそういう島です。

現在、これは平均海面からの標高ですので、高潮位ときにはだいたい1.2メートルくらいのところまで潮が来ますから、この中央の凹地の部分、標高1メートルくらいのところは大潮のときには、大潮の、高潮位ときには海水が沸き出すというのも、当然なわけです。海水がここまで上がってくると、このうち側から海水が湧き出してくる。昔はこんなことはなかった、海面上昇によってこういうことが起こったということでしたら、昔は高潮位がこれくらいだったはずですよ。フナフチでは、

このツバルではイギリス領だったときからずっと検潮記録があって、だいたい、この50年間の海面上昇量、エルニーニョのときにはこうやって海面が下がりますけれども、平均して10センチくらい、50年で10センチ程度海面上昇量ということがはっきりと測定されています。(図17)



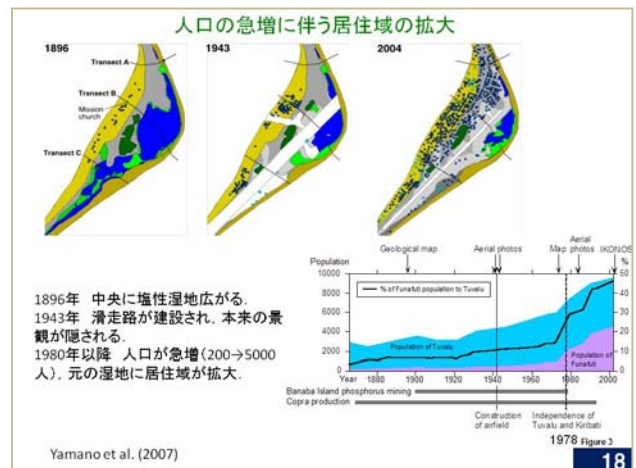
もちろん、標高1~2メートルの島ですから、0.1メートル上昇しても十分大きいのですが、ただ、その前からも合わせてやって、20センチ引いてやっても、この辺りは当然、海面上昇が起こる前から海面下にあってもおかしくないような土地なはずだったわけです。

実は、100年前にイギリスがこのフナフチ環礁の地質調査をしていました。というのは、環礁というのはダーウィンの沈降説と言って、最初、島の周りを縁取っているサンゴ礁が、だんだん水没していきながら環礁になるという沈降説を証明するために、19世紀の末にボーリングをしていて、そのときに詳細な地質図を作っていました。その地質図を我々は入手して読み解いたところ、この島の中央の標高1メートルくらいのところというのは、広い沼地が被っていて、その周辺をマングローブが縁取っていたということが読み取れました。マングローブというのは塩性の植物ですから、要するにここは塩性の沼だったわけですね。塩性、海水が混ざったような沼。実際に、この沼の縁では大潮の高潮位ときには海水が湧き出してくるということが、きちんとこの19世紀のレポートに書いてあった。

19世紀は、もちろん海面上昇が起こる遙か前から、石炭を燃やし出したので少しは起こったかもしれませんが、海面上昇が起こる前に

そういうことが、今と同じことがこの辺りで起こっていたということが分かりました。ですから、最近の海面上昇でそういうことが起こっているわけじゃないわけですね。じゃあ、なんで島の人は、昔はこんなことがなかったと言うかということですよ。この中央の標高1~2メートルのところ、第二次大戦中に米軍が、突貫工事で、今も使っている滑走路を作りました。というのは、日本がキリバスまで占領しましたから、ツバルが英米の最前線になったので、日本軍に見つからないように突貫工事で、2週間で作ったんですね。ですから、この沼地だったところに簡単な盛り土で作ったものだから、自然の景観がわかりにくくなってしまったわけです。もともとここは沼地だったよということは、分かりにくい。

でも、相変わらずここは低いことは変わらないですけれども、当時の、戦前から戦後すぐくらいのこのフナフチ環礁の人口というのは200名程度。だいたいこの、ラグーン側の標高2メートルくらいの高まりに住んでいました。もちろん、こんな湿地には住まない。ところが、1978年にツバルが独立して、別な島にあった首都がこのフナフチ環礁に移ってきたら、みんな、首都に集まるようになったわけですね。これがフナフチの人口ですけども、それまで200人~400人くらいだった人口が、今は5,000人までになってしまったということで、要するに、この2メートルから2.5メートルの高まりではとても住みきれなくなって、この点々は建物、家ですけども、この湿地だったところにどんどん居住域が拡大しているというのが水没の真実だということが、われわれの調査で分かりました。ですから、昔はこんなことはな



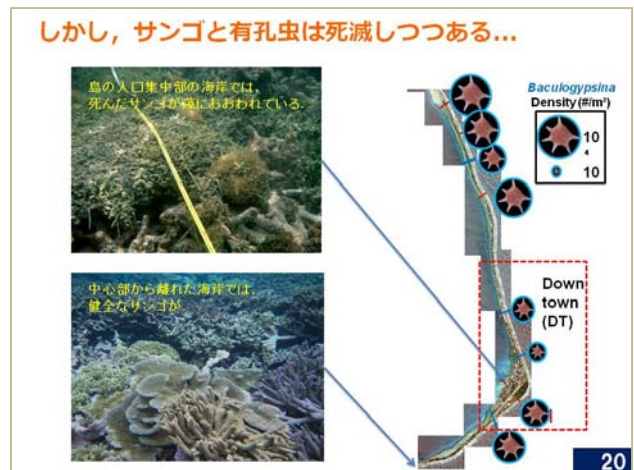
ったというのは当然で、昔はそこに人が住んでいなかったわけです。(図18)

それ以外にも、いろいろローカルな問題が起きている。環礁の島というのは、実はサンゴ礁がまず土台を作ってそこにサンゴの壊れたかけらが打ち上がって、外側の高まりを作る。そうすると、その高まり内側に星砂という、沖縄に行くとお土産で売っている、西表の調査まさにこの星砂の調査だったんですけれども、直径1ミリ~2ミリくらいの原生動物の殻。これも石灰質の殻を作っていて、しかも共生藻を持っているんですけれども、この星砂が、だいたいこの黒いのが、パイチャートの黒いのが島の堆積物のうちの星砂の割合を示している。星砂だけじゃない有孔虫ですけれども、半分から4分の3がこの星砂の有孔虫だということが分かりました。



ですから、いずれにしても、この環礁の島というのは、サンゴ礁がまず土台を作って、その上にサンゴの礫が打ち上げられて、それから星砂が島の本体を作るといのが、この環礁の島のでき方です。(図19)これは星砂ではなくてアンフィステジナという別な種類の有孔虫です。これが、藻にたくさんついていて、これがどんどん分裂して、これもまさに分裂ですね。土台ができて、その後、星砂が島の本体を作ったということで、いずれにしても、サンゴや有孔虫など生物が作った島ということになります。

ところが、この5,000人も人が住んでいるところでは、生活排水によってサンゴも有孔虫も全く死滅してしまっている。(図20)この、一番人が集中しているところの沖合のサンゴ礁を見ると、サンゴが全部立ち枯れて藻が被ってしまっている。



まさに、栄養塩だけじゃなく、おそらくいろんな菌などによってサンゴが死滅して、代わりにこういう藻になってしまっているということで、サンゴ礁が土台を作ったり、サンゴのかけらを作ったりする力が全くなくなってしまうということが分かりました。

それ以外のところでは、これだけ元気な有孔虫。だいたい1平方メートルあたり数十万個体という、びっしりと有孔虫が生息しているんですけれども。それから、サンゴも健全。ただ、この辺りでは、サンゴも有孔虫も死んでしまっているということが分かりました。これは、基本的には生活排水が原因です。見るからに、白い砂浜、ヤシの木という、南の楽園という景観で、島の人々が水浴したり魚を捕ったりということで利用しているんですが、あるとき見たら、子どもたちの足跡が真っ黒なんですね。あれっ？と思ってすくってみたら、白い砂の、有孔虫ですから橙色ですけれども、砂の2~3センチ下を見ると真っ黒な、嗅ぐと、例の卵の腐った匂いがするということで、有機物が、生活排水がここから染み出してきて、それがこういうヘドロのような状態になっていました。もしかしてと思って共同研究者が大腸菌を測ったところ、この辺りの海水というのは、特に干潮時には日本の海水浴の基準の25倍もの大腸菌が出ている。この南の島で。当然ですよ。5,000人も人が住んでいて、お手洗いはみんな、各家に浄化槽はあるんですけれども、効率を良くするために、全部浄化槽の底を抜いてあるんです。しかもメンテもしていないから、結局、潮が上がってくるとこの有孔虫やサンゴの礫でできた島に海水が全部染み出してきて、それが、潮が下がるときにフラッシ

アウトするという。島全体が、天然の水洗トイレになっている。ですから、島の中のお手洗いは全部きれいなんです。それが全部島の外側、両側に流れているということが分かりました。

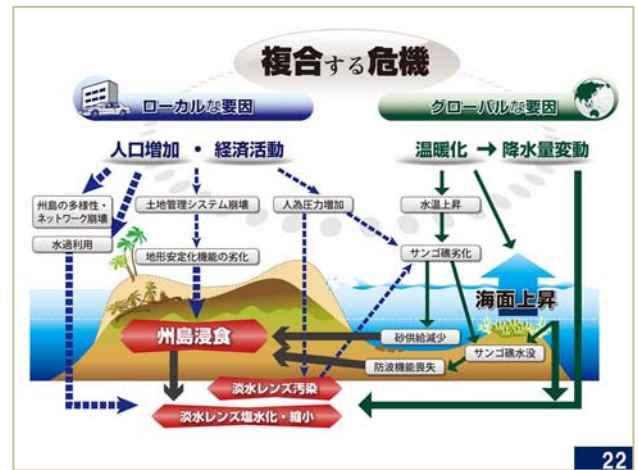
これだけでも、おそらく1時間の話になっちゃうんだけど、それ以外にも有孔虫の流れていく経路がこういうふうには遮断されていることとか、あるいは、砂浜がなくなっちゃたというけれども、実はこれも戦争中に、ここに、こういう護岸をしてしまった。そうすると、こういう護岸をすると、この護岸のふもとでは、砂が溜まらなくなるんですね。それまで、こういう斜面だと波がきて、だんだん砕けて砂を溜めるシステムだったのが、こんな直立護岸をしてしまうと、ここはもう砂が溜まらないような状況になる。それが、今砂浜がなくなってしまった、有孔虫が減ってしまってそもそも砂が来なくなってしまったり、あるいは、こういう直立護岸をして砂浜がなくなってしまった。(図21)



最近、日本でも直立護岸というのがなくなって、みんな緩傾斜護岸にしています。戦争後もこんな変な護岸をしてしまったことが、海岸侵食の現状だということが分かりました。

そういう意味で、ツバルで起こっている問題というのは、温暖化の海面上昇で水没という単純な問題じゃなくて、むしろ今起こっている問題というのは居住域がどんどん湿地に拡大していることとか、あるいは、生態系が破壊していることとか、あるいは無理な海岸の土地の改変といったようなローカルな問題です。そのローカルな問題が今世紀中に、今はまだ20センチ程度、今どんどん海面上昇の速度上がっていて、今はまだ20セン

チ程度なのが、今世紀中にあと数十センチ、場合によっては1メートルくらい海面が上昇したときに、島がもともと持っていた島を作る力というのを弱めているのではないかというのが、われわれのツバルでの調査の結果です。(図22)



これは、今日は温暖化の話とは、サンゴ礁そのものの話ではないですから少し外れた話なるかもしれませんが、温暖化、酸性化、海面上昇というストーリーの中では、ツバルの問題というのは、こういう問題を持っているということを最後にお話したいと思います。

これに対して、サンゴ礁の再生も含めて、これからどう対応していくかということです。ツバルでは今、有孔虫の増殖を、我々はやっています。これをとにかく殖やしてやって、ただ、もちろん単に増殖したものをまけばいいということではなくて、まず環境を改善していくことが大事なので、その環境を改善した中にこういう成長の速い有孔虫を殖やしてやって、さらにサンゴを養殖、移植する。この技術も、今、日本では非常に進んでいます。

親サンゴから枝を折ってそこから殖やしてやるのは、無性生殖を使った増殖方法ですけども、さらに最近は、サンゴ産卵させてやって、産卵したものはほとんどみんな外洋に流れていったり魚に食べられてしまうということを言いましたけれど、産卵を水槽の中でやって、その歩留まりをどんどん高めてやって、その産卵したサンゴから稚サンゴを作る。これをもう一度現地に植えてやるというような、そういう増殖技術が、今、日本では一番世界で進んでいます。そういったことを適用してやって、サンゴ礁の再生を進めてやる必要

があるかなというふうに思っています。

サンゴの話から有孔虫になってしまいますが、これは、有孔虫が分裂していくようすを世界で初めてとらえたものです。これも、有孔虫の無性生殖です。1匹の個体から、だいたい700~800くらいの子どもの有孔虫がこうやって分裂します。

1年間で、この小さい有孔虫が、子どもの有孔虫が1~2mmの親になりますので、砂の生産量としては非常に高いわけですね。実は有孔虫にも有性生殖があるらしいのですが、われわれは解明していません。これをなんとか水槽で、有性生殖、要するに、配偶子を出して、それがまた合体して新しい有孔虫ができるというステージがあるようなので、これもぜひ、世界で初めて確認したいというふうに思っています。

これはだいたい、4時間くらいのをまとめたものです。ツバルの問題はローカルな問題だということと言ったんだけど、われわれ日本人も震災で同じことが被災を大きくした。水田か湿地だったところにこうやって都市を作ったことで、今回の震災で大きな被害を受けたわけです。そういう意味で、ツバルに行くと、とにかく早く海面上昇から護岸をしてくれとか、埋め立ててくれと言われます。でもそういうハードだけに頼らない。もちろん、有孔虫やサンゴだけで救えるとは思いませんけれども、ハードとソフトの両方を、ソフトというのは生物の力です。両方組み合わせてこういう海面上昇や、さらに生態系の再生を進めていきたいと思っています。

希望があるとしたら、例えば沖縄の那覇市は世界で最も人間のストレスの高いサンゴ礁と言っていると思います。ここの、もともとサンゴ礁があったところに護岸をして、その護岸の外側にテトラポット置いてあるのですが、そのテトラポットを見るとこんな状態です。これはもちろん人間が置いたわけではないですけど、テトラポットを被ってサンゴがどんどん増殖している。テトラポットの上に新しいサンゴの幼生がくっついて、そこからどんどん成長している。これだけストレスの高いところでも、内側の汚れた海から切り離されているので、こちらはきっと清澄な海であろうということ、ちょうど対岸30キロのところ、慶良間諸島という非常にサンゴの残っているサンゴ礁があるから、そこから来た幼生がちょうどここ

に定着しているのだと思います。これだけの力がありますから、人工の、さまざまな人間のストレスや、さらにグローバルなストレスにもなんとか打ち勝って、サンゴ礁を再生してくる。

再生の具体的なことについては、あまり今日はお話できませんでした。これから無性生殖を使って、枝からサンゴを殖やす、あるいは、有性生殖を使ってサンゴを殖やす、さらに、先ほど質問がありましたけれども、その中で高水温に強いサンゴを作ってやるようなことを、エコテクノロジーとしてこれから進めていきたいというふうに考えています。話がだいぶあちこちにいつてしまいましたけれども、今日の私の話はこれで終わります。どうもありがとうございました。



### 【質疑応答】

会場：藻をどうやって追い出すんですか。

茅根さん：吐き出すみたいです。口から吐き出す。

会場：だって、自分から吐き出しちゃったら自分の命が危ないにもかかわらず、吐き出す理由は？

茅根さん：ですからその藻が、自分にとって損傷を、活性酸素を生み出して、サンゴにとってもダメージを与えるからでしょうね。ですから、それでエネルギーが得られなくなっても、そういう悪い状態になったものをいったん吐き出すのだというふうに考えられます。

会場：有性生殖と、それから無性生殖ですか、単性生殖というのが組み合わせて動いているように

何回かご説明がありましたよね。こういう 2 つのシステムを共存させてるというのは、何か積極的な理由があるのでしょうか。

茅根さん：無性生殖だけですと、遺伝子を混ぜられませんから。サンゴにとっては、無性生殖というのは成長の一種なんですね。どんどん群体を作って大きくなっていくという。成長の仕組みが無性生殖であるということと、無性生殖だけでは分布を広げられない。

だから、無性生殖の一番まずいところは DNA を混ぜられないですから、やっぱり DNA を混ぜないと進化できませんので、そういう DNA を混ぜると言いますか、そういうことも動物にとっては必要だということだと思います。

以上