

第3回公開講演会開催される

広報委員 田近 英一 (地球惑星科学専攻)

東京大学大学院理学系研究科・理学部では基礎研究の面白さと重要性を広く内外にアピールする目的で、昨年度から公開講演会を行っている。その第3回目が4月25日農学部弥生講堂で行われた。今回は「基礎科学の地平線 - 東大理学部からのメッセージ」と題して、二つの講演が行われた。当日は小雨の降るあいにくの天気にもかかわらず、約200名の聴衆が集まった。

講演に先だって、理学系研究科長・理学部長の岡村定矩教授の挨拶があった。基礎科学は、いまはやりの言葉で言えば“なんでだろう?”という疑問を持つことから

はじまるのであり、たとえすぐ役に立たなくても非常に重要なのだということを述べられ、一般市民の方々に基礎科学に対する理解と支援をお願いした。

最初の講演は、地球惑星科学専攻の茅根創助教授による「サンゴは警告する」であった。過去約1000年間の気温変化は、現在温暖化が進行していることが紛れもない事実であることを示しているが、温暖化の影響がはじめて顕在化したのは1998年のことである。この年にはエルニーニョ現象が起り、観測史上最も気温が上昇し、高い海水温によって世界中のサンゴが次々と白化していっ

た。その様子は、世界各国のサンゴ礁研究者によりインターネットを通じてリアルタイムで報告されたことが、臨場感をもって語られた。白化したサンゴの中には回復するものとしめないものがあること、白化現象とはサンゴによる共生藻類の入れ替え作業ではないかという仮説など、大変興味深い議論がなされた。地球温暖化問題に対する関心もあってか、多くの質問やコメントがあった。

次に、新領域創成科学研究科/理学系研究科の松井孝典教授が「宇宙から探る生命の起源と進化 - アストロバイオロジーとは -」と題し、アストロバイオロジーの紹介を行った。アストロバイオロジーとは、米国NASAの主導によって最近立ち上げられたばかりの新しい分野であり、生命の起源と進化、宇宙におけるその分布、地球惑星環境の安定性・変動性・進化などを主要な研究課題としている。自然科学において物理学や化学は宇宙に普遍的な法則や現象を扱っているのに対し、生物学は、生物が未だ地球でしか知られて



公開講演会で挨拶する岡村理学系研究科長・理学部長

いないという理由によって、地球生物学であることが指摘され、生命をどのように定義すべきかという根本的な問題から取り組む必要があることが述べられた。講演後は活発な議論があったが、中でも“地球外生命はいつごろ発見されるか”という質問に対し、“そういうテーマには研究費がつかないので現時点では予測できないが、系外惑星系の観測によって将来地球とよく似た惑星が発見されれば、大きな予算がついて状況が変わるだろう”というやり取りに、アストロバイオロジー研究の究極の夢と現実を垣間見た。

今回の講演会も大学院生の方々に司会進行をしていただいた。親しみやすい雰囲気であったのではないと思う。聴衆は、年配の方や会社帰りのサラリーマン風の方が多く、本学の教官・大学院生・学部生のほか、駒場生や高校生の参加もあったようである。公開講演会は理学部の研究教育活動を一般市民に宣伝する大切な機会であり、その意図は十分達成されているように思われる。しかし、同じ理学部の教官や学生にとっても、異なる研究分野の最新の成果を聞く機会はめったにないのではなかろうか。公開講演会は、私たちも大いに楽しめるし勉強にもなる。学内の方々もぜひ積極的に参加されることをお勧めしたい。

サンゴは警告する



略歴

1988年 東京大学大学院理学系研究科地理学専門課程博士課程修了，理学博士。1988年 通産省工業技術院地質調査所海洋地質部研究官，1992年主任研究官。1995年 東京大学大学院理学系研究科地理学専攻助教授，2000年地球惑星科学専攻助教授。

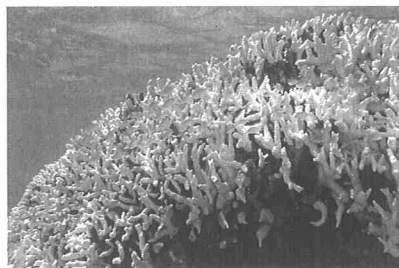


図1 白化したユビエダハマサンゴ (石垣島白保)

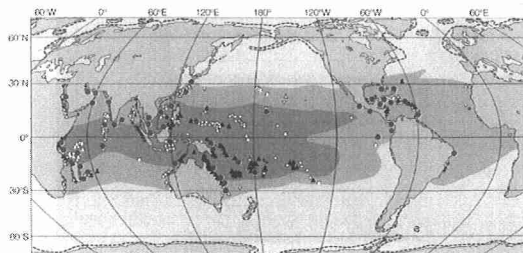


図2 1997-1998年に大規模な白化が見られたサンゴ礁

茅根 創 (地球惑星科学専攻)

1. 白化したサンゴ礁

1997年から1998年にかけて、世界中の熱帯・亜熱帯の海でサンゴ礁の「白化」が起こった(図1, 2)。白化とは、様々なストレスによってサンゴ体内の共生藻が抜け出してしまふ現象で、この時のストレスは高水温だった。

20世紀後半の温暖化によって、生態系がすでに影響を受けているかどうかについては議論がある。白化は、生態系が温暖化によって大きなダメージを受けることを示した初めての例である。白化の様子やその後の状況を詳しく調べることによって、今世紀の地球温暖化に対する生命圏の応答について手がかりを得ることができる。

2. 白化はなぜ起こるのか?

サンゴはイソギンチャクと同じ仲間の動物であるが、体内に多数の微細な藻類を共生させており、光合成を行ってサンゴとサンゴ礁に生産物を与えている(図3, 4)。また、サンゴは群体をなしてその下に石灰質の骨格を作る。サンゴ礁は、海洋でもっとも生物の多様性が高い系であるが、多様な生物は共生藻が作る生産物と、サンゴ礁が作

る住み場所に支えられている。

サンゴはストレスを受けると、体内の共生藻を放出してしまう。ストレスによって光合成回路の一部が阻害され、電子が蓄積して活性酸素などになって共生藻とサンゴを損傷してしまうためであると考えられている(図5)。

共生藻が抜け出すと、石灰質の白い骨格がサンゴを透かして見えるようになる。これが白化である。白化してもサンゴは数週間生きていられるが、共生藻から生産物を得られないためにやがて死んでしまう。サンゴが死ぬとサンゴ礁の生物を支えていた光合成生産もサンゴ礁地形を作る機能も失われ、サンゴ礁の生物多様性は失われてしまう。

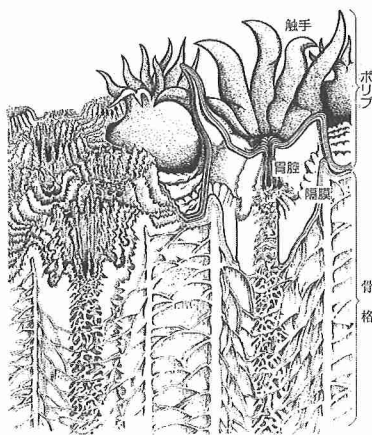


図3 サンゴの解剖図

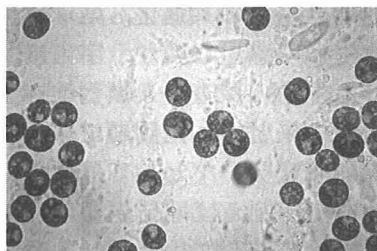


図4 サンゴ体内の共生藻(直径0.01mm)

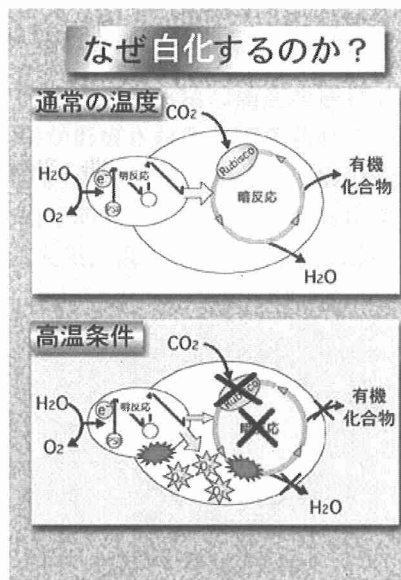


図5 白化のメカニズム
高水温によって光合成の明反応は働くが、暗反応は阻害される。明反応によって海水からくみ出された電子が行き場を失って蓄積し、サンゴと共生藻を損傷する。このため、サンゴは共生藻を体外に放出する。

3. 地球温暖化とサンゴ礁の白化

1997年から1998年にかけて起こったサンゴ礁の白化は、ちょうど同じ時期に起こったエルニーニョに伴って世界の様々な海域に高水温域が現れたことによって起こった。衛星によって監視された高水温域と現地からの白化の報告は、場所と時期がぴったりと一致した。

1980年代以降、大規模な白化がしばしば報告されるようになった。研究者の数が増えたことを差し引いても、20世紀の最後の20年間に白化が頻繁に起こるようになったことが明らかである。これは、20世紀後半に海水温度が全体として0.6度程度上昇

したことに対応している。さらに今世紀中に水温が2度程度上昇すると、こうした大規模な白化が1~2年に1度起こるというシミュレーション結果もある。

4. 地球温暖化と生命圏の将来

サンゴ礁の白化に対する応答は、地球温暖化に対する生態系の応答が単純なものではないことを示している。

白化の原因が高水温ならば、現在低水温の限界付近のサンゴにとっては逆に生育に都合がよいはずである。しかし1998年の白化の際には、サンゴ分布北限の紀伊半島や天草のサンゴも白化してしまった。サンゴ群集は、それぞれの低水温域では低水温に適した種構成と生理特性を持っていたことがわかった。

白化後、共生藻を取り戻したサンゴは、同じ高水温にさらされても白化しにくくなることを見出された。白化前後で共生藻の遺伝型を調べてみると、白化後には高水温に対する耐性の強い型の共生藻に置き換わっていることがわかった。このことから、白化はサンゴと藻類の共生関係を新しい環境に適応したものに置き換えるプロセスではないかと考えられるようになった。環境変動に対する生物の応答は、予想以上に早いかもしれない。

白化によって多くのサンゴ礁ではサンゴがへい死してしまっていて、回復していない。一方、いくつか

のサンゴ礁では、サンゴの回復が見られている。サンゴ群集の回復は、白化後共生藻を取り戻す場合、生き残ったサンゴが成長して増える場合、他の場所から幼生が来て定着して成長する場合(図6)の3通りがある。いずれも、その場所の環境がサンゴの生育にとって適当であることが必要条件である。

地球規模の環境変動によって、地球上の生物は大きな影響を受けるであろう。しかしそれは、分布域が高緯度側に移動するという単純なものではない。これは、環境変化に対する生物の応答は物理現象のような決まった関数形で表せるものではなく、環境変化に対して生物がその特性を変える力を持っていること、生物が復元力をもっていることによる。私たちは、生物の持つ適応力や復元力を少しでも促進する手だてを考えなければならない。

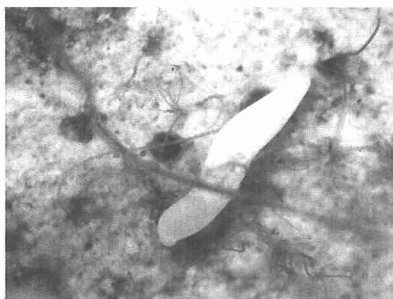
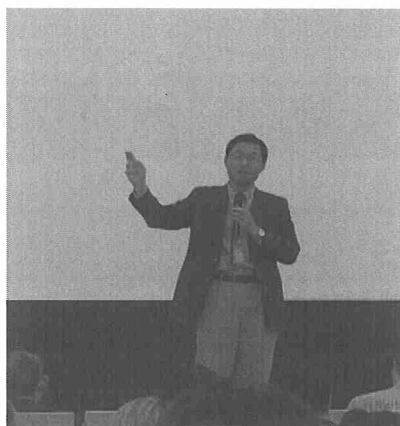


図6 定着場所を探索するアオサンゴ幼生(長さ約4.0mm)

* 図1と図6は、東京工業大学波利井佐紀博士撮影。図4は、琉球大学日高道雄教授撮影。図2, 3, 5は、日本サンゴ礁学会ホームページ(<http://www.wsoc.nii.ac.jp/jcrs/>)による。

宇宙から探る生命の起源と進化 —アストロバイオロジーとは—

松井孝典(新領域創成科学研究科複雑理工学専攻)



略歴

東京大学理学部地球物理学科卒、理学系研究科地球物理学専攻博士過程終了、理学博士。日本における比較惑星学のパイオニア。NASA 招聘科学者を経て理学部助手、助教授、現在は新領域創成科学研究科教授。その間、国際気象・大気物理学連合惑星大気委員会、国際地質学連合比較惑星学委員会などの委員、ミシガン大学、MITの招聘科学者、マックスプランク化学研究所客員教授などを歴任。専門は、比較惑星学、アストロバイオロジー。

アストロバイオロジーとは、生命の起源と進化に関わるあらゆる問題を、天文学、地球惑星科学から生物学まで、分野横断的に、その研究のベクトルをそろえて総合的に解明しようという、学問的試みに付けられた名称です。このような名称を冠していたわけではありませんが、そのような試みは我が国を含め各国で既に1990年代から行われていました。それをNASAが2000年、アストロバイオロジーなる名称の下に組織化した、というのがその成立の経緯です。研究の目標として掲げられているのは、1. 我々(地球生命)はどこから来たのか?—生命はどのように誕生し、進化してきたのか? 2. 我々(地球生命)は宇宙で孤独な存在か?—生命は宇宙にどのように分布しているか? 3. 我々(地球生命)はどこへ行くのか?—地球生命と文明の未来はどうなるか?—といった問題です。

それをもう少し具体的に述べれば、地球生命の起源と進化、地球と生物の共進化、地球は何故生命の惑星なのか、宇宙における生命の探査、人類と地球生命の未来といった問題です。実際の研究テーマとしては更に具体的で、例えば地球生命の起源と進化に関していえば、生命の材料物質は如何にして合成され

たのか(化学進化), 地球生命は何故L型アミノ酸を選択したのか, 生命誕生の場はどこか(地球か宇宙か), 細胞のような構造の形成は如何にして起こるのか, 生命というシステムを維持する一般原則は何か, 分子レベル, 個体レベル, 生態系レベルで生物進化はどのようにして起こったか, 地球上における最古の生命の探査, といったテーマが挙げられます。これ以外の問題に関して同様に, 細分化されたより具体的なテーマが挙げられますが, それは講演で触れることにしてここでは省略します。

いずれもこれまで, それぞれの既存の学問分野で追及されてきた大問題です。それを共通の問題意識のもとに, バックグラウンドを異にする研究者がそれぞれの問題意識のもとに, 複数の研究グループを構成して議論していこうというのが, 従来と違う点です。現在米国だけでも15の研究拠点があり, それをNASA エームス研究センターのアストロバイオロジー研究所が統括するというのが, 米国のアストロバイオロジー研究の現状です。このような研究組織は, ヨーロッパにもオーストラリアにも組織され, 活発な研究が行なわれています。アストロバイオロジーと関した学術誌も複数刊行され, 毎年春に学会も開催されています。

以上がアストロバイオロジーの概略の紹介ですが, 講演ではそれぞれの研究テーマの, 最新の結果についても紹介します。またそのなかで私自身がどのような問題に興味を持っているかも紹介する予定です。それはもちろん, 世界でまだどのグループもアプローチし

ていないテーマですが, 天体衝突と地球・惑星・生命史の総合的研究です。微惑星の衝突を通じて惑星が形成されると考えられています。その過程が太陽系形成の素過程であり, 惑星や地球の分化過程(大気, 海, 大陸, コアの形成過

程)を支配し, 生命の起源と進化にも深く関わります。この研究は, 上で紹介した全ての大テーマを横断して, それぞれのなかの, 複数の小項目の研究テーマに関係するので, まさにアストロバイオロジー的研究です。

海が安定に存在しうる条件

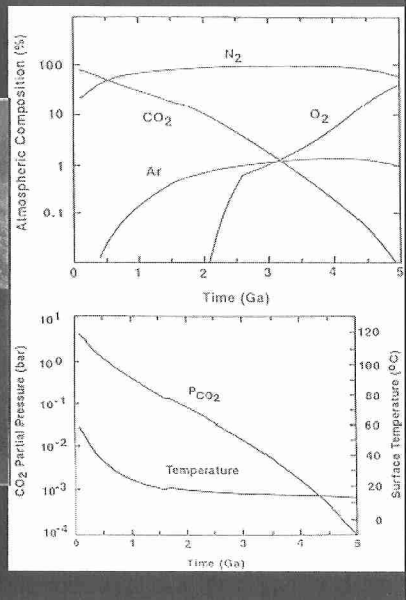
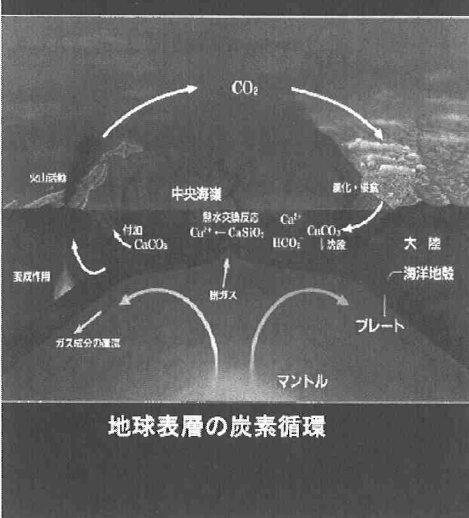


図1 海が安定に存在しうる条件
左図は地球表面における炭素循環の模式図
右グラフは左図の炭素循環モデルに基づいた, 太陽の光度変化を加味した場合の地球大気組成(上図), 二酸化炭素分圧と表面平均温度(下図)の時間変化

地球環境と生命

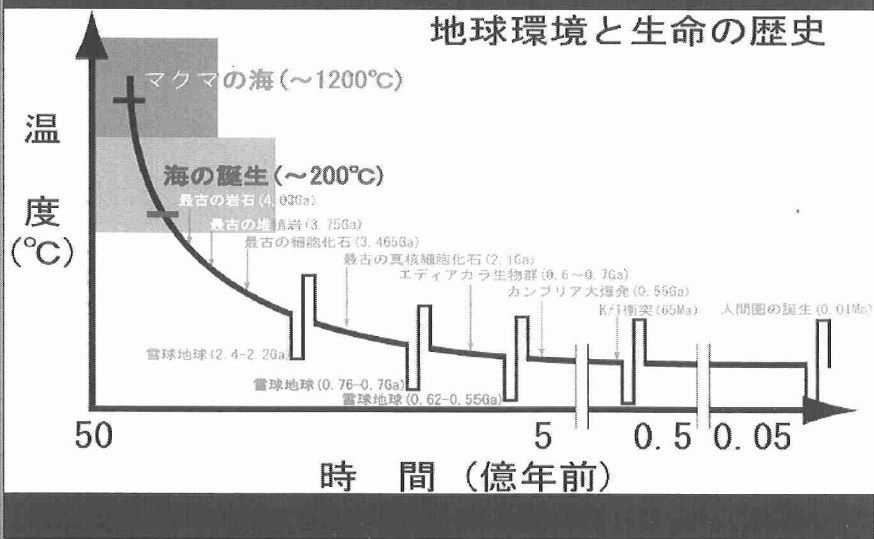


図2 地球環境と生命
グラフは地球の表面温度の時間変化をあらわす