

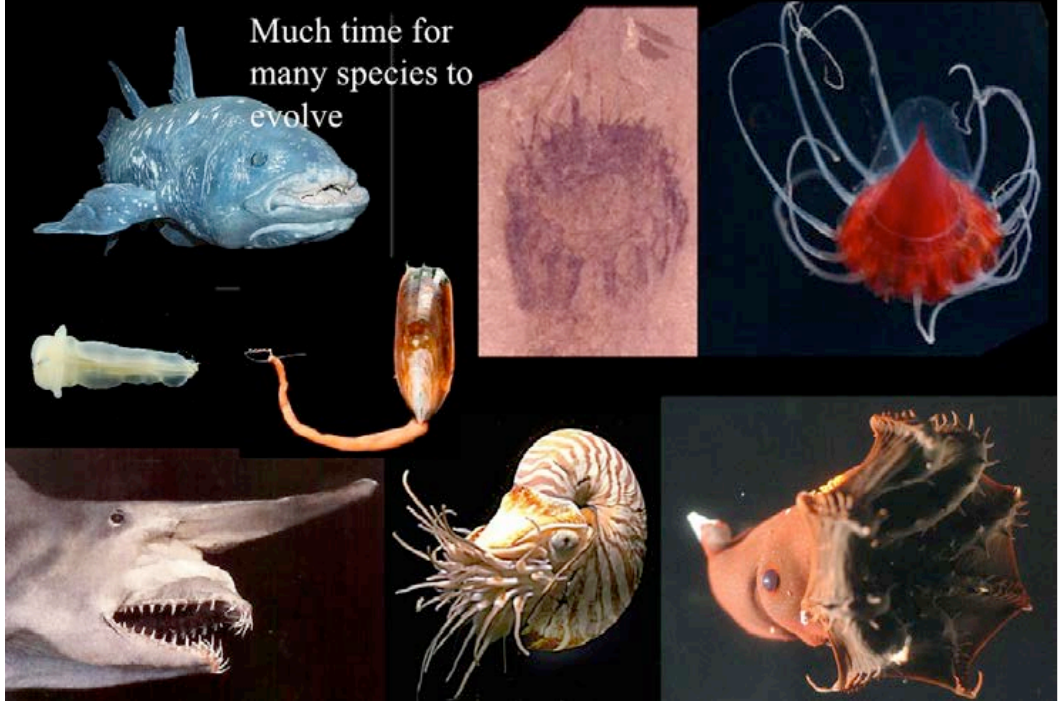
Deep Sea  
Biodiversity:  
Why so high?

CENSUS  
OF MARINE LIFE  
COP-10

Dhugal John Lindsay  
ドゥーグル・リンズィー

The image is a collage of various deep-sea organisms. At the top left is a large, translucent jellyfish with pinkish internal organs. To its right is a smaller, golden-brown jellyfish. Further right are two small inset images: one showing a squid-like creature with a blue body and orange tentacles, and another showing a pinkish, elongated organism. Below the large jellyfish is a white crab. To the right of the crab is a large, bright red shrimp. In the center, a dark, elongated squid-like creature is shown. Below it is a small orange fish. To the right of the fish is a large, dark, spiny crustacean, possibly a scud or a similar deep-sea crustacean. At the bottom left is the logo for the 'CENSUS OF MARINE LIFE COP-10' featuring a green leaf and blue water droplets. At the bottom right is the name 'Dhugal John Lindsay' in English and Japanese.

## An ancient ecosystem: a refugia A stable environment



Much time for  
many species to  
evolve

深海には大量絶滅期を逃れた沢山の生きた化石があります。従って、一つ一つの種が継続的に存在し、他の種類を進化で生み出すのに十分古い環境です。一方、生物を分類する上で高次分類群である「門」が存在しますが、海には門が28種類あるのに対して、陸上には11種類しかありません。これもその深海環境の古さや多様性の高さを物語っています。また、環境が安定しており、水温・塩分・溶存酸素濃度などが急激に変動することがないので、適応による生物種の分化も起りやすいとされています。

The deep sea harbours many “living fossils” and is thought to have acted as a refugia during mass extinctions.

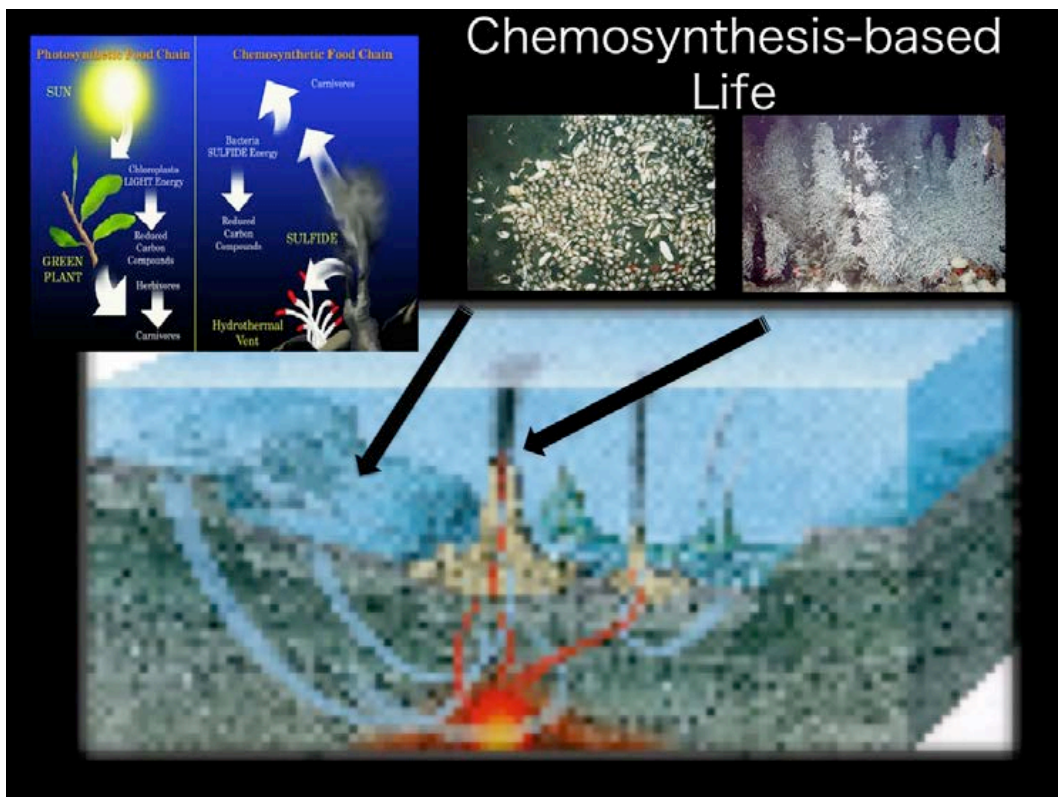
This would mean there has been a large amount of time for speciation to have occurred and therefore for biodiversity to be high. In fact there are 28 higher classifications of organisms called Phyla in the marine environment versus only 11 Phyla on land – another testimony to the great age of this habitat.

It is also very environmentally stable without large temporal fluctuations in heat, salinity, oxygen concentration, or the like and this allows adaptation and therefore speciation to occur.



海洋生態系の多様性を高めている一つの因子は、皆さんがよく知っている太陽起源のエネルギーを有機物に変え光合成に依存する生態系とは別に、もう一つのエネルギー源が深海には存在するからです。

Biodiversity in the ocean is also increased because as well as the organisms that rely on energy from the sun, a second source of energy exists – mainly in deep sea environments.



それは地球内部より湧き出る硫化水素やメタンなどの毒ガスを利用して、有機物を作り出す化学合成に依存する生態系も存在するからです。

This source of energy is the poisonous gases such as hydrogen sulphide and methane that are injected into the ocean from hydrothermal vents, cold seeps, or are created by rotting organic material such as whale bones and the like.

Photosynthesis uses energy from the sun to make food but this other kind of ecosystem is based on turning chemicals into food – a process called chemosynthesis.

## Biodiversity at Chemosynthesis-based Ecosystems



Vesicomylid clam



Bathymoldiolin mussel



*Alviniconcha* gastropod



Vestimentiferans



*Osedax* polychaete



Deep-sea lancelet



*Shinkai* crab



Scale worm

これらの生物は化学合成に依存しています。また、化学合成が行われている一カ所一カ所には独自の生物相があることは決して珍しいことではありません。こういった化学合成群集が全地球上に散らばっていることを考えると、全地球的に考えると多様性がかなり高いことが想定できます。

Here are some examples of organisms that rely on energy from chemosynthesis for their survival and it is common for each of these chemosynthetic ecosystems to have their own particular fauna.

Multiply this by the vast number of such sites thought to be scattered around the globe and one can see why the global biodiversity of these organisms can be thought to be very high.

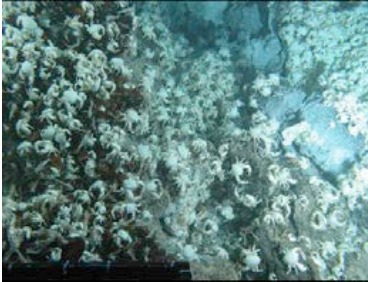
# No organism lives in isolation



生物種は独自に存在するわけではなく、生物同士がかかわり合って生態系が成り立つのです。

No organism lives in isolation and species to species associations have recently been gaining much attention for their role in the development and maintenance of biodiversity.

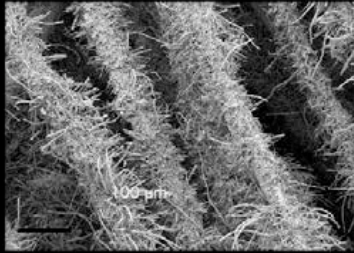
# Squat lobster farms bacteria



Lives around hot vent at 1500m in Okinawa Trough



Spines on belly



Bacteria on spines (electron microscopy)

Squat lobster supplies habitat for bacteria



Bacteria provide food for squat lobster

Tsuchida et al. (in prep.)

化学合成群集から一例を挙げると、このゴエモンコシオリエビは自分のおなかにバクテリアを栽培しています。バクテリアには、付着できる表面を提示し、エネルギー源となる毒ガスの濃度や成長効率を左右させる水温など、バクテリアの成長に最適な環境へバクテリアを運んでくれます。その代わりに、そのバクテリアはゴエモンコシオリエビのおなかに付いているお弁当箱のような存在となり、食べられ続けられている存在となります。

One example from a chemosynthetic environment is this squat lobster that farms chemosynthetic bacteria on the spines on its belly.

It provides a surface for the bacteria to live on and carries them to areas where they can grow at the optimal rate. In return the bacteria provide a source of food – a lunchbox perhaps – that the squat lobster can feed on.

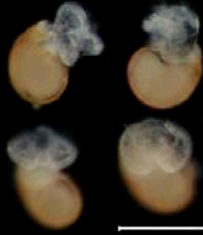
# Snail eggs laid on chemosynthetic mussel

 We Are Not  
Independent  
But Interdependent.



Egg cases laid on mussel

Lives around a cold seep at 1100m in Sagami Bay



Seep mussel provides reproductive habitat for  
carnivorous snail

Veliger larvae from egg cases

Fujikura et al. (2010)

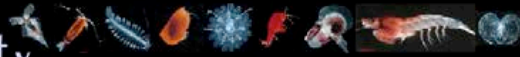
この巻貝はエサ関係ではなく、卵を産む表面としてこの化学合成系2枚貝に頼っています。  
けっして岩や他の表面に卵を産むことはなく、生殖するのにこの2枚貝に頼っています。

This snail from a cold seep relies on the shell of this chemosynthetic mussel as a substrate on which to lay its eggs.

The eggs are never found on rocks or sediment but only on the shells of this particular species of mussel.



# Planktonic biodiversity



Physico-chemical environmental variability is low but planktonic alpha-diversity is high. Why is this so?

“The Paradox of the Plankton”



A relationship with the amount and/or type of marine snow food?

Sampling artifact?

Niches based on certain physico-chemical environmental parameters do in fact exist?

Plankton nets integrate communities

Biological interactions important?



「プランクトンの生物多様性には、いくつかのパラドックスが存在します。プランクトンが住んでいる海水は比較的安定している環境で、よく混合しているのにも関わらず、ある地点でプランクトンを採集するとその環境で予想される多様性よりもプランクトンの種多様性が高いのです。これを「プランクトンのパラドックス」と呼んでいます。このパラドックスの一部は、プランクトンが伝統的にネットによってサンプリングされることで説明できるかもしれません。プランクトンの種がとても薄い層に存在することが、いくつかのデータが示しています。そして、まるでそれらが一つのコミュニティであるかのように、ネットによってこれらの層の全てから採取してしまいます。マリンスノーや有機物の粒子の役割も、完全には調査されていません。生物間の相互作用も重要であると思います。」

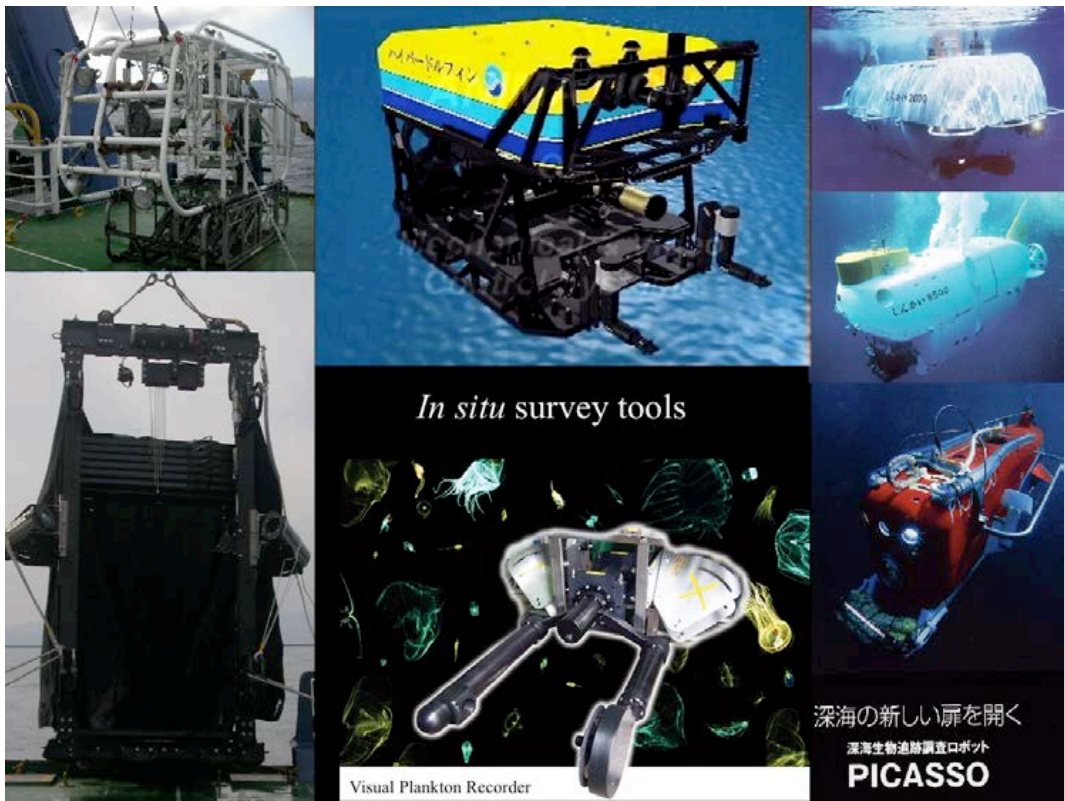
The biodiversity of plankton presents somewhat of a paradox. Even though the open ocean environment has relatively few possible habitats and is relatively well-mixed, the diversity of plankton at any one spot on the map is extremely high.

This is termed “the paradox of the plankton”.

Part of this paradox may be able to be explained because of the way in which plankton was traditionally sampled – by net.

Some data suggests that planktonic species can occur in extremely thin layers and a plankton net would sample all of these layers as if they were a single community.

The role of marine snow or organic particles has also not been investigated fully. Biological interactions may also be important.



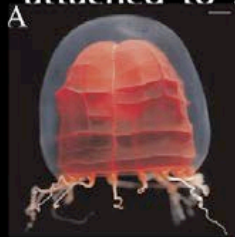
「各生物種に物理・化学環境に対する詳細な“好み”があるかどうかを調べるには有人潜水調査船、無人探査機、カメラ付きプランクトンネットなど、高度な現場調査ツールが必要となります。」

In order to determine whether niches based on certain physico-chemical environmental parameters do in fact exist, very high quality data on organism distributions and the environmental variables in those habitats is needed.

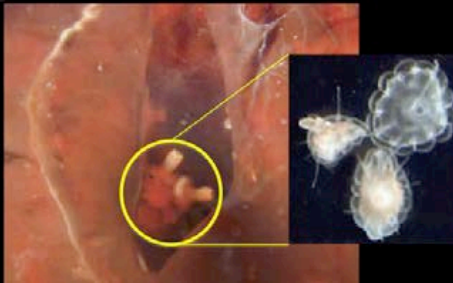
At JAMSTEC we use a variety of survey tools to acquire such invaluable, high-quality data.

## *Pandea rubra* : a host to other animals

Sea spiders, sea fleas, and the babies of other jelly fish, observed *in situ* to be attached to *P. rubra*. *P. rubra* was made use of by these animals as a habitat.



Narcomedusae occurred inside the umbrella of *Pandea rubra*



Pycnogonids on the surface of *Pandea rubra*



Amphipods on the surface of *Pandea rubra*

「現場調査の実例をご紹介します。アカチョウチンクラゲは、他の動物の生息地になっています。海クモ、海ノミやクラゲ幼生などは、アカチョウチンクラゲに付着していることを現場で調査しました。」

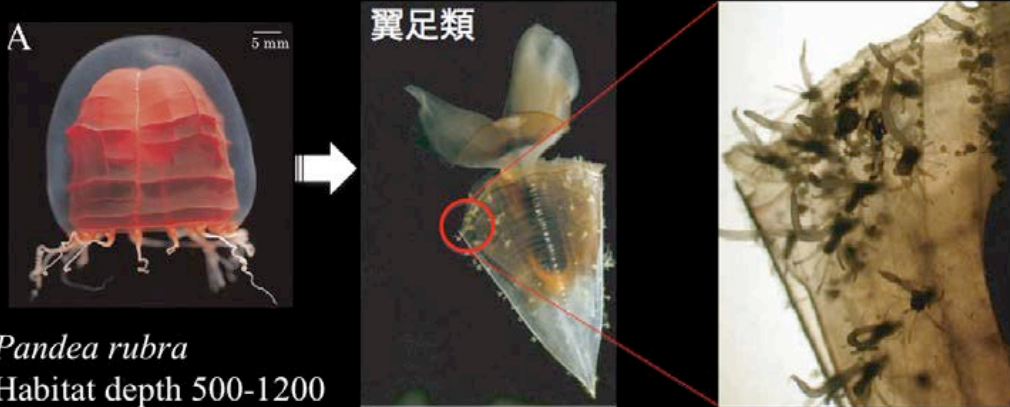
*Pandea rubra* : a host to other animals

Sea spiders, sea fleas, and the babies of other jelly fish, observed *in situ* to be attached to *P. rubra*.

*P. rubra* was made use of by these animals as a habitat.

## *Pandea rubra*: itself dependent on another animal

A deep sea jellyfish using a planktonic snail as a “cradle”



*Pandea rubra*  
Habitat depth 500-1200  
m

*Pandea* polyps produce juvenile jellyfish while living on shallow water planktonic snails

Lindsay et al. (2008)

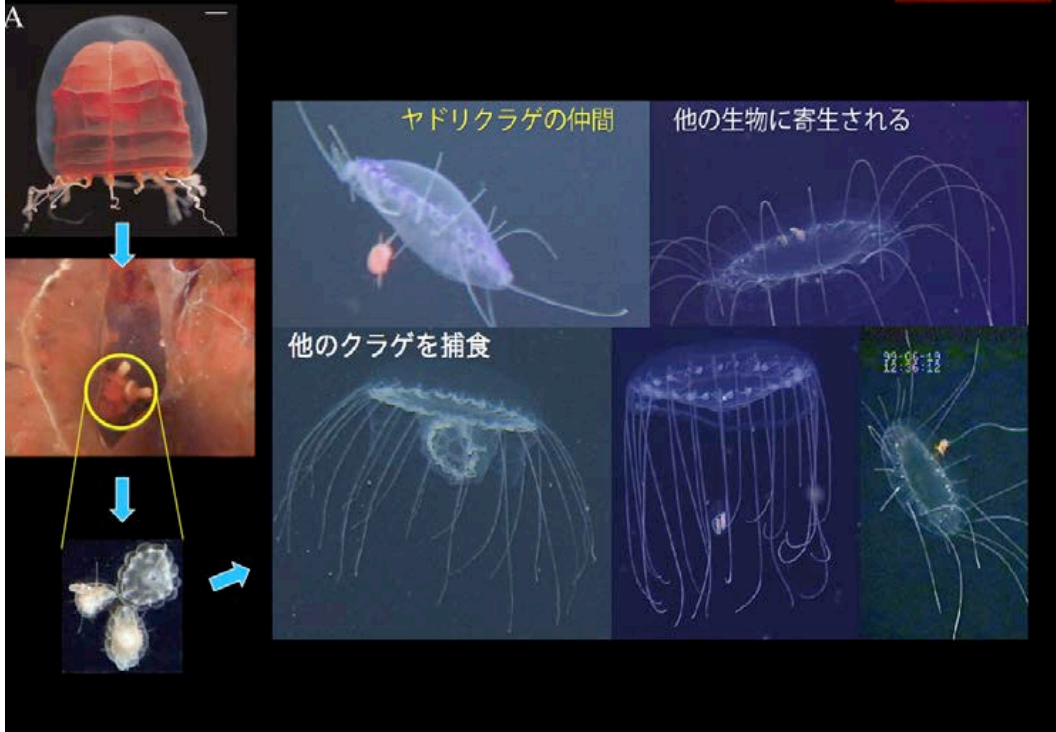
「アカチヨウチンクラゲは、それ自体も他の動物に依存しています。  
深海のクラゲは、「揺りかご」としてプランクトンの巻き貝を使っています。  
プランクトンの巻き貝が浅海にいる間、アカチヨウチンクラゲのポリプは若いクラゲを産みます。」

*Pandea rubra* : itself dependent on another animal

A deep sea jellyfish using a planktonic snail as a “cradle”

*Pandea* polyps produce juvenile jellyfish while living on shallow water planktonic snails.

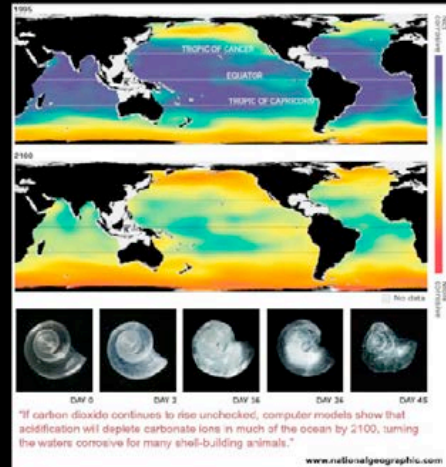
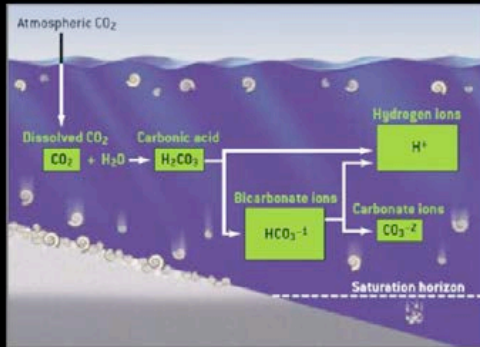
# Narcomedusae in turn provide habitats for other animals



「ヤドリクラゲの仲間は、他の動物に対し、寄生されたり、捕食されたりを繰り返します。」

Narcomedusae in turn provide habitats for other animals.

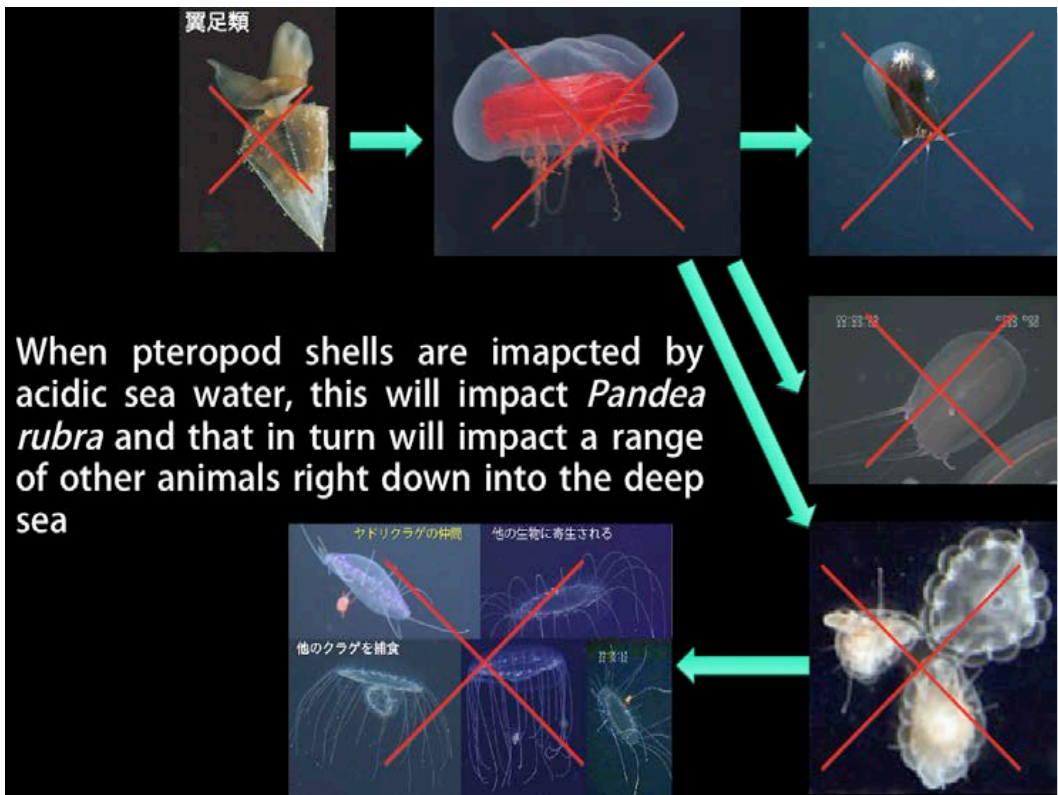
As the concentrations of the greenhouse gas CARBON DIOXIDE rise, the calcium carbonate shells or skeletons of animals such as corals and shellfish will be harder to form and may dissolve in the more acidic ocean waters.



Scenario of ocean acidification and dissolution of calcium carbonate shells

温室効果ガスであるCO<sub>2</sub>が高濃度化することにより、炭酸カルシウムの殻珊瑚や甲殻類のような動物の骨格の形成が難しくなり、海洋の酸性化がすすんでしまうかもしれません。

As the concentrations of the greenhouse gas CARBON DIOXIDE rise, the calcium carbonate shells or skeletons of animals such as corals and shellfish will be harder to form and may dissolve in the more acidic ocean waters.



翼足類の殻の形成が海洋の酸性化の影響を受けるとき、アカチョウチンクラゲにも影響を与えます。そして、それは順々に他の動物の生息範囲を深海へ向かわせることになります。

When pteropod shells are impacted by acidic sea water, this will impact *Pandea rubra* and that in turn will impact a range of other animals right down into the deep sea

# Biodiversity Research



## Census of Marine Zooplankton



**Census of Marine Life** (ended October 2010) **What is there?**  
species inventories

new species descriptions

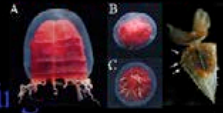
assess & explain diversity,  
distribution & abundance

biogeography

**2<sup>nd</sup> Census of Marine Life** (proposed to 2020) **How does it work?**

speciation processes (sub-species level studies)?

species composition effect on ecosystem function?



species-species interactions for predictions (including man)?

「海洋生物のセンサスは、今年の10月に終了します。ここでは、種の目録、新しい種の説明、生物地理学を充実させ、それらにより多様性の評価と理解、定量化と分布の把握が行われました。これから再び海洋生物センサスが提案されようとしています。

ここでは、種形成プロセスがどうなっているのか？

種の構成が生態系機能上どのように影響しているのか？

人間を含む種同士の相互作用や予測は行えるのか？

ということがポイントになると考えられます。」





「海洋生物のセンサスは、終わったわけではありません。まだ始まったばかりなのです。  
ご清聴、ありがとうございました。」