

－報 告－

## 日中韓共同による日本海溝微生物調査航海KR07-14の速報

加藤 千明<sup>1\*</sup>, 佐藤 孝子<sup>1</sup>, Xiang Xiao<sup>2</sup>, Sang-Jin Kim<sup>3</sup>, KR07-14乗船者一同

近年, 我が国の隣国である中国, 韓国において, 深海調査への機運が高まり, 深海調査船等が活発に開発されつつある。そうした中, 日中韓を中心とした東アジア地域で深海バイオテクノロジーの共同研究ネットワークを構築しようという動きも活発に展開されるようになった。筆者らは, 当機構を中心として, 中国国家海洋局 (SOA) 第3海洋研究所, 韓国海洋研究所 (KORDI) の日中韓3国の海洋研究開発機関と深海バイオテクノロジー分野における共同研究の立ち上げに向けた協議を重ね, その結果, 3者が共通して興味を持つ深度7,000m程度の大深度深海環境での微生物学的多様性解析並びに有用遺伝子資源の開発を目的とした潜水調査を実施する運びとなった。本研究は, 平成19年度の深海調査研究の「かいれい」-「かいこう7000II」を利用する航海として採択され, 平成19年11月1日~9日のKR07-14航海として実施された。本調査では, 日本海溝既知サイトの他, 新規に深度7,000mの海底2カ所の調査を行ったのでここに航海概要報告として速報する。

キーワード: 深海バイオテクノロジー, 日本海溝, 日中韓共同, かいこう7000II, KR07-14航海, 微生物学

---

2008年8月1日受領; 2008年9月26日受理

1 独立行政法人海洋研究開発機構・極限環境生物圏研究センター

2 Third Institute of Oceanography, SOA, China

3 Korea Ocean Research and Development Institute

代表執筆者:

加藤 千明

独立行政法人海洋研究開発機構・極限環境生物圏研究センター

〒237-0061 神奈川県横須賀市夏島2-15

+81-46-867-9550

kato\_chi@jamstec.go.jp

著作権: 独立行政法人海洋研究開発機構

– Report –

**Initial report on the Japan Trench microbial investigation cruise, KR07-14,  
by the Japanese- Chinese-Korean collaboration group.**

Chiaki Kato<sup>1\*</sup>, Takako Sato<sup>1</sup>, Xiang Xiao<sup>2</sup>, Sang-Jin Kim<sup>3</sup>, and the Science Party of the KR07-14 Cruise

The cruise, KR07-14, was organized by the Japanese-Chinese-Korean (JCK) Collaboration group, consisting of Drs. Chiaki Kato (JAMSTEC), Xiang Xiao (SOA) and Sang-Jin Kim (KORDI), called the JCK Japan Trench Investigation Cruise. The title of the cruise and the investigation area were as follows.

- Title: Analyses of microbial diversity and discovery of useful microbes and genes from the extremely deep sea bottom of the Japan Trench, by the Japanese-Chinese-Korean cooperation network.
- Investigation area: the Japan Trench off Sanriku at depths of 2,700~7,000m.

We shared the deep-sea samples and experiments, and exchanged information. The results could then be published at science - journal quality regarding our successful collaboration. In this report, brief results of the cruise are described.

**Keywords :** Deep-sea biotechnology, Japan Trench, Japanese-Chinese-Korean collaboration, *KAIKO* 7KII, KR07-14 cruise, Microbiology

---

Received 1 August 2008 ; accepted 26 September 2008

- 1 Extremobiosphere Research Center, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology
- 2 Third Institute of Oceanography, SOA, China
- 3 Korea Ocean Research and Development Institute

Corresponding author:

Chiaki Kato  
Extremobiosphere Research Center, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology  
2-15, Natsushima, Yokosuka, 237-0061, Japan  
+81-46-867-9550  
kato\_chi@jamstec.go.jp

Copyright by Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

## 1. はじめに

我々は、これまで韓国海洋研究所 (KORDI, Korea Ocean Research and Development Institute, Ansan市) ならびに中国國家海洋局第3海洋研究所 (Third Institute of Oceanography, SOA, Xiamen大学と連携, Xiamen市) と長年にわたる研究協力・情報交流を行い、主に「深海バイオテクノロジー」分野において信頼関係を構築してきた。そこで、こうした研究協力関係を更に発展させ、将来にわたる共同研究を確固としたものにさせるために、「深海バイオテクノロジー」の展開と日中韓協力体制の確立」を目的として、この3国の研究機関間で共同研究調査航海を行うことが議論され、各機関の役割分担を明確にして、共同研究を行うことを合意した。なぜ日中韓3国かというと、アジア地域においてこの3国が深海調査に特に積極的で、それぞれ独自の深海調査システムを備えている、もしくは計画中であることから、将来の相乗り調査を見据えてのことである。こうした背景のもと、これまで日中韓3カ国で充分話し合ってきた内容をもとに、インド洋や東シナ海、日本海等といった複雑な政治的配慮の必要な海域調査は後回しとし、まずは本研究提案者のもっとも得意とする研究フィールドである日本海溝の調査に絞り、平成19年度の潜航調査提案を行なった。

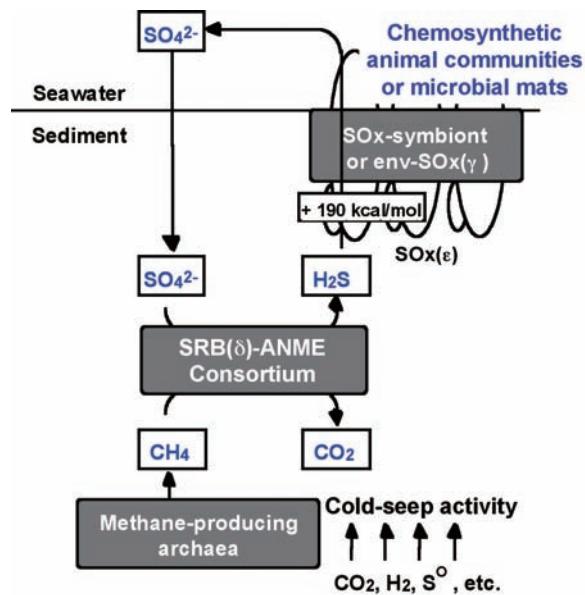


Fig. 1 Sulfur and carbon cycling ecosystems within the microbial community in the deep-sea seep environment. Anoxic methane-oxidizing and sulfate-reducing microbial consortium (ANME-SRB) located just between oxidation and anoxidation layer played an essential role for S- and C- circulation.

図1 コールドシープ環境における微生物を介したイオウ循環モデル。海底下の好気嫌気の境界層に位置する硫酸還元嫌気的メタン酸化微生物コンソーシアム (ANME-SRB) がイオウ・炭素循環の中で中心的な役割を果たしている。

日本海溝は、平成3年度の「しんかい6500」による最初の調査以来、「しんかい6500」・「かいこう」により繰り返し調査されてきており、地学的なセッティング、生物学的な分布、微生物学的な解析等がかなり進められてきている。なかんずく、平成18年度のYK06-05航海 (PI: 稲垣史生)においては、日本海溝調査史上初めて、5,000 mを越える大深度でのナギナタシロウリガイコロニー現場にて、化学計測センサーを差し込んでの現場計測を行い (ドイツマックスプランク研究所との共同研究)、こうした超深海域におけるシープ現象の特異性が示唆されてきている。事実、筆者らのこれまでの微生物解析結果をまとめると、シープ活動の深度別活動分布に関して南海トラフ (YK05-08, NaBiSC航海, PI, 加藤千明) と日本海溝とはかなりの違いが観察されている。すなわち、ゆっくりとした沈み込みによる付加帯形成を伴う南海トラフでは、深度が浅いほど硫酸還元嫌気的メタン酸化微生物コンソーシアム (図1) が海底下表層にててきている (Arakawa et al., 2006b) のに対し、早い沈み込みで付加帯形成を伴わない日本海溝では、超深海域の海溝中軸付近において同コンソーシアムがもっとも表層に検出されている (Arakawa et al., 2005, 図2)。こうした観察から、日本海溝においては、海溝中軸部に近づくほどシープ活動が活発になるとの仮説が提唱された (加藤・荒川, 2004; 加藤ら, 2005; Kato et al., 2008)。しかしながら、これまで見いだされているシープ活動域は、深度6,300 mのナギナタシロウリガイ群集より深いところでは、深度7,300 mを超えるナラクハナシガイ群集ということになっており (Fujikura et al., 1999; 2002)、その中間深度帯での調査はほと

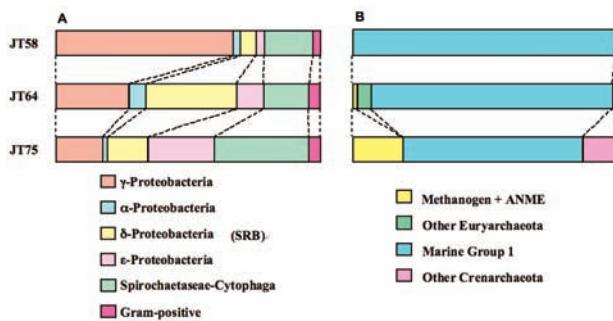


Fig. 2 Comparison of the microbial abundance of the Japan Trench seep sediments at different depths (JT58: 5,791 m, JT64: 6,367 m, JT75: 7,434 m) calculated from the numbers of 16S rRNA gene clones. A: Bacterial diversity; B: Archaeal diversity. Ratio and amounts of the ANME-SRB consortium were more abundant in the JT75 sediment.

図2 日本海溝における深度別微生物分布。

JT58, 深度5,800 m; JT64, 6,400 m; JT75, 7,500 m。

JT75においてANME-SRBコンソーシアムの存在比と量が最大となっている。

んど行なわれていない。南海トラフにおいては、微生物学的多様性解析の結果と符合して、シープ活動が活発と考えられている深度600~1,000 m付近では、広範に分布しているシロウリガイの群集が見いだされている（Kojima et al., 2004）。日本海溝においても海溝中軸を含む超深海域において、このような化学合成共生系生物群集の分布は充分推定される。そこで、「かいこう7000 II」の開発運用とともに可能となった、深度7,000 m付近における調査を軸に本研究を実施した。日中韓3国の研究の役割分担としては、日本側で調査プロポーザルおよび微生物学的多様性研究、中国側でメタゲノム解析、韓国側で有用微生物探索などのテーマを分担した。これらの成果は、結果が出つつあり、原著論文として報告していく予定である。

なお、本調査は「長期観測による日本海溝からのプレート沈み込み様式の仮説的検証実験」（PI: 荒木英一郎）との相乗り調査となった。

## 2. 本調査の目的

上述した、「日本海溝においては、海溝中軸部に近づくほどシープ活動が活発になるとの仮説」をより詳細に検証することを目的に、特に深度6,000~7,000 mの深度帯における冷シープ生物群集（化学合成共生系生物群集）の調査を行い、底泥サンプルを回収し、あわせ化学分析・微生物学的解析を行う。また、こうした冷水湧出域ではイオウ酸化やメタン酸化にかかる微生物が多く存在し、海洋の環境汚染浄化微生物としても着目されている（石田・杉田2005）。イオウ酸化菌や、メタン酸化菌、有機リン化合物分解菌等の新規有用微生物の分離を試みる。さらに、培養できない微生物遺伝子資源として環境ゲノムライブラリーを構築し、ここから有用遺伝子（抗生物質生産系、硫黄酸化・還元、メタン生産・酸化に関わる遺伝子等）を探索する。これらの研究は日中韓3カ国の共同研究の枠で行う。

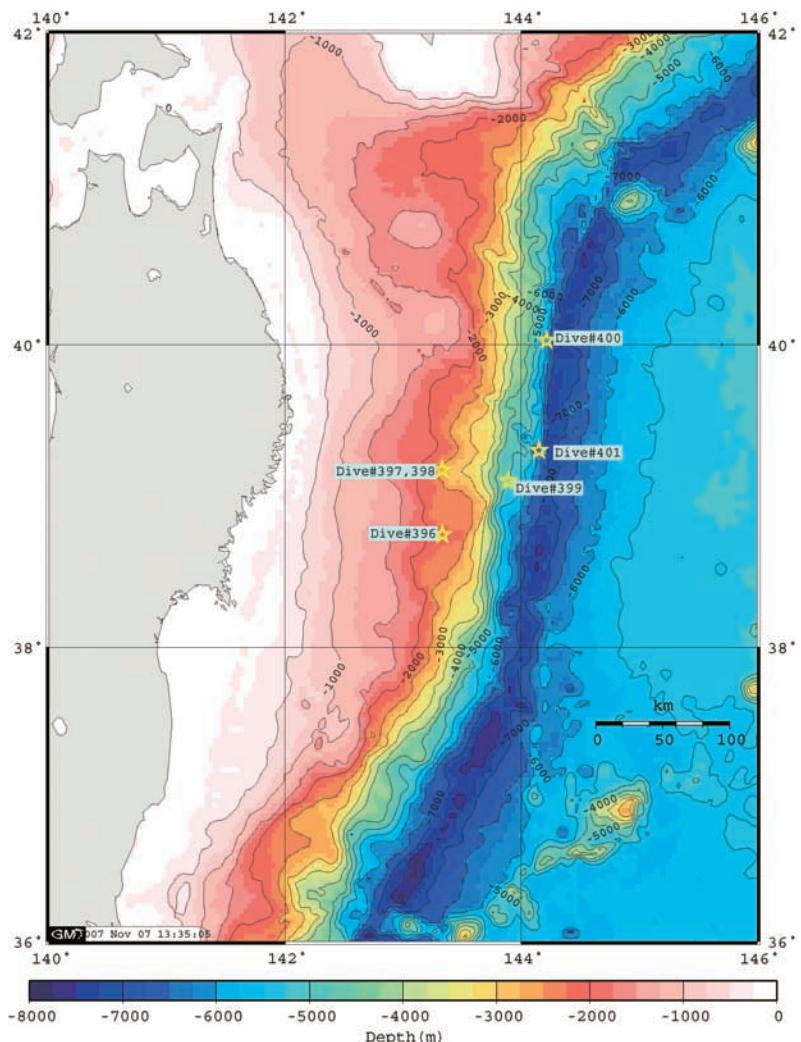


Fig. 3 Location map of the diving points (yellow stars) in the Japan Trench during the cruise KR07-14.

図3 日本海溝調査海域の海底地形図とKR07-14航海における各潜航ポイント（黄色の星印）。

### 3. 各潜航調査概要

#### ・調査海域について

KR07-14航海にて、「かいこう7000II」を利用して、全部で6回の潜航行動（7K#396~#401）を行なった。そのうち7K#398から#401までの4潜航は、日中韓共同研究のためのサンプル採取のための潜航行動であった。図3に海域の海底地形図と、各潜航行動の潜航ポイントを示した。

#### ・7K#398潜航（深度2,696m、位置 $30^{\circ}10.85'N \cdot 143^{\circ}19.92'E$ ）

本潜航は、JT1掘削孔内地震・地殻変動観測所に設置されたG-BOXが7K#397潜航にて回収できなかったので、その状況を確認し、問題の解決を図る目的で実施された。その際、あわせ、MBARIコアサンプラー（1本）にて、深海底泥を回収し、微生物用サンプルとした。海底は無数の

ナマコ、ウミシダ類で覆われていて、底質は粘土質であり、コアサンプルは約25cm採取できた（図4 A）。また孔内観測所の装置には生物が多数付着しており、真っ白なタコがしがみついていた（図4 B）。

#### ・7K#399潜航（深度5,356m、位置 $39^{\circ}06.31'N \cdot 143^{\circ}53.55'E$ ）

本潜航点は、これまでナギナタシロウリガイの生息地として報告されているポイント（Sasaki et al., 2005）で、本潜航においてナギナタシロウリガイ個体並びに、MBARIコアサンプル4本の回収に成功した。コアサンプルは3本がシロウリガイ類生息域から、1本をコントロールサンプルとして回収した。海底は、スポット状のシロウリガイ群集がいくつも観察され（図5 A）、ナギナタシロウリガイにはカイコウツムバイが付着していた（図5 B）。

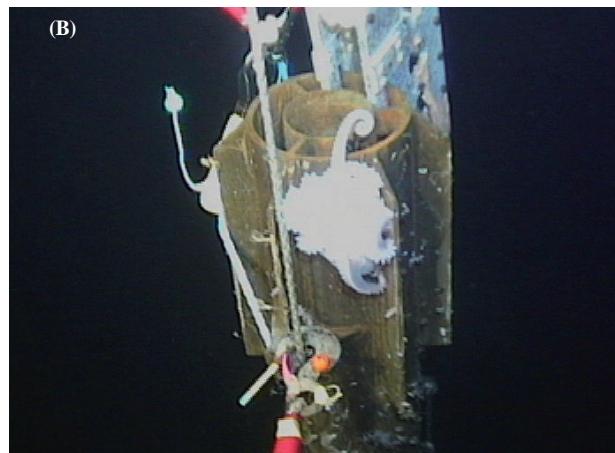
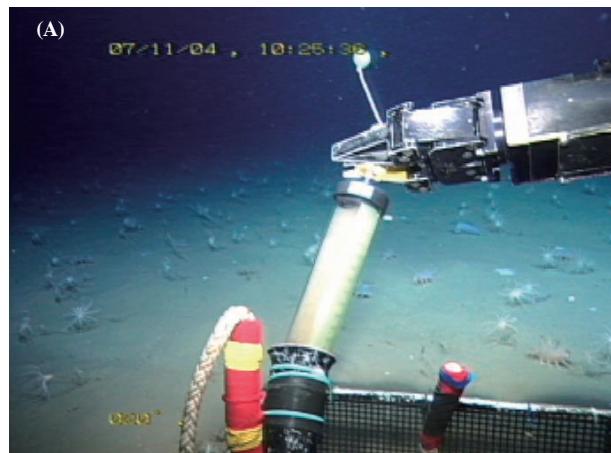


Fig. 4 Photographs of the bottom from dive 7K#398 at a depth of 2,696m.

(A) Observation of deep-sea animals and the core sediment sample. (B) Octopus with the long-term seismogeodetic observation system at the JT1 site.

図4 7K#398潜航における海底の様子（深度2,696m）。

(A) 海底に観察されたナマコとウミシダ類、およびサンプリングされたコアサンプル。 (B) JT1掘削孔内地震・地殻変動観測所に付着した生物。



Fig. 5 Photographs of the bottom from dive 7K#399 at a depth of 5,356m.

(A) Observation of *Calyptogena phaseoliformis* communities. (B) Whelk *Baryerius arnoldi* with *C. phaseoliformis*.

図5 7K#399潜航にて観察されたナギナタシロウリガイ群集の様子（深度5,356m）(A)

とナギナタシロウリガイに群がるカイコウツムバイ (B)。

・7K#400潜航（深度6,983m, 位置40°01.71'N・144°12.91'E）

本潜航は全く過去の潜航実績のないポイントで行なわれた。本潜航点を設定するに際し、シープ活動のありそうなポイントということで、深度6,400mのナギナタシロウリガイサイト（Sasaki et al., 2005）と深度7,300mのナラクハナシガイサイト（Fujikura et al., 1999）の間の深度約7,000m以浅に確認された階段状の地形を選んで潜航を実施した。海底は、一面にわたりウミシダ類が生息しており時おりマメボヤ類、巻貝等が観察された（図6 A・B）。しかしながら、化学合成生物群集を形成する深海性二枚貝、ナギナタシロウリガイもしくはナラクハナシガイ、の発見・採取には至らなかった。こうした新規サイトの探索には、その行動範囲の狭さから「かいこう7000II」はあまり適しているとはいえない、同じサイトにおける複数回にわたる調査が必要であることを痛感した。本潜航では3本のMBARIコアサンプル

の採取に成功し、ウミシダ、巻貝等もあわせ採取された。

・7K#401潜航（深度6,938m, 位置39°18.43'N・144°09.09'E）

本潜航も過去に潜航実績のない新規サイトで行なわれた。本潜航点は、7K#399潜航ポイント（深度5,350mのナギナタシロウリガイサイト）と海溝海側斜面に発見された海底の亀裂、通称マネキンサイト、を直線上結んで、深度7,000m以浅の海溝陸側斜面かつ階段状の地形を選んで選定された。海底は、砂まじりの泥で生物は比較的希薄であったが、オトヒメノハナガサや、深海性ヨコエビ、カイメンなどが観察された（図7 A）。また、魚類の存在も確認され、日本海溝における脊椎生物が深度7,000mでも生息していることが確認された（図7 B）。本潜航でも3本のMBARIコアサンプルの採取に成功し、カイメン、オトヒメノハナガサ、巻貝等もあわせ採取された。



Fig. 6 Photographs of the bottom from dive 7K#400 at a depth of 6,983m.

(A) Observation of deep-sea animals on the bottom. (B) *Phlebobranchia* gen.?

図6 7K#400潜航にて観察されたウミシダで群がる海底の様子（深度6,983m）(A)  
と海底から糸でつながっているマメボヤ類（B）。



Fig. 7 Photographs of the bottom from dive 7K#401 at a depth of 6,938m.

(A) Observation of *Branchiocerianthus imperator*. (B) Deep-sea fish.

図7 7K#401潜航にて観察されたオトヒメノハナガサ（A）と深海魚（B）（深度6,938m）。  
深度7,000m付近で見つかる魚類は珍しい。

#### 4. 微生物学的多様性解析

以上の4潜航点から採取された深海底泥中に含まれる微生物学的多様性の解析を行なった。方法は、得られた底泥コアサンプルを2~5cmごとにカット後、そこから直接DNAを抽出し、末端断片長多型解析(t-RFLP)法にて行なった(Arakawa et al., 2006a)。得られたそれぞれのt-RFLPプロファイルは、これまでのシープ底泥の解析結果のプロファイルカタログ(Kato et al., 2008)と比較して、各ピークの微生物種を同定した(原著論文として投稿準備中)。

今回の日本海溝の微生物学的多様性の解析結果を表1にまとめた。

サンプルID:7K#398(日本海溝2,700m付近)のシロウリガイ類群集が存在しない所から採取したMYサンプルにおいて、8cm以深より、ANME-SRB複合体をはじめとするシープ域特有の微生物群が微量に確認でき、これからのシープ活動の可能性を示した。

サンプルID:7K#399(日本海溝5,350m付近)のナギナタシロウリガイ群集内から採取したMBサンプル、MGサンプルにおいては、0~5.5cm以深よりANME-SRB複合体をはじめとするシープ域特有の微生物群が大量に確認でき、シープ活動が活発であることを示した。シロウリガイ群集の横から採取したMSサンプルにおいては、25cm以深よりANME-SRB複合体をはじめとするシープ域特有の微生物群が確認でき、シープ活動の存在を示した。

サンプルID:7K#400(日本海溝7,000m付近)のシロウリガイ類が存在しない所から採取したMBサンプル、MRサンプル、MGサンプルにおいては、MBサンプルは5cmでANME-SRB複合体をはじめとするシープ域特有の微生物群は確認できず、MRサンプルも1cmでANME-SRB複合体をはじめとするシープ域特有の微生物群は確認できなかつた。しかし、MGサンプルは、5.5~13cm以深よりANME-SRB複合体をはじめとするシープ域特有の微生物群が微量に確認でき、これからのシープ活動の可能性を示した。

Table 1. Occurrence and distribution of seep-specific microorganisms in the core sediment samples.

表1 各底泥コアサンプル中における、シープ特異的微生物群集の存在とその分布。

Sample No.	Depth (m)	Calyptogena community	Identified microbial groups					Deduced seep activity (depth of sediment)
			ANME-SRB*	SOx*	MET*	MB**	MG-1**	
7K#398-MY	2686	-	+	±	++	+	+	+(8cm)
7K#399-MB	5356	+++	+	+	++	+	+	++(5.5cm)
7K#399-MG	5356	+++	++	++	++	±	+	+++(0cm)
7K#399-MS	5357	Beside	+	+	+	+	++	+(25cm)
7K#400-MB	6983	-	-	±	-	+	++	-(5cm)
7K#400-MR	6983	-	-	+	-	++	++	-(1cm)
7K#400-MG	6980	-	+	+	+	+	++	+(5.5-13cm)
7K#401-MB	6938	-	-	±	±	+	++	-(3cm)
7K#401-MR	6914	-	-	±	±	+	+	-(13cm)
7K#401-MG	6931	-	+	+	+	+	++	+(13cm)

■ Calyptogena phaseoliformis sediments (strong seep sediment)

■ Weak seep sediment

\*Seep-specific microorganisms: ANME-SRB, anoxic methane-oxidizing archaea and sulfate-reducing bacterial consortium; SOx, sulfide oxidizing bacteria; MET, methanogenic archaea.

\*\*Normal marine microorganisms: MB, marine bacteria; MG-1, crenarchaeota marine group 1.

In 7K#400-MB, -MR, 7K#401-MB, and -MR, it is possible to find a slightly active layer at deeper sediment.

サンプルID:7K#401(日本海溝7,000m付近)のシロウリガイ類が存在しない所から採取したMBサンプル、MRサンプル、MGサンプルにおいては、MBサンプルは3cmでANME-SRB複合体をはじめとするシープ域特有の微生物群は確認できず、MRサンプルも13cmでANME-SRB複合体をはじめとするシープ域特有の微生物群は確認できなかつた。しかし、MGサンプルは、13cm以深よりANME-SRB複合体をはじめとするシープ域特有の微生物群が微量に確認でき、これからのシープ活動の可能性を示した。

この結果から予想される、日本海溝5,350m付近、日本海溝7,000m付近における地層内の微生物群集の存在分布モデルを図8(A・B)に示す。

日本海溝2,700mの地層内の微生物群集存在分布モデル

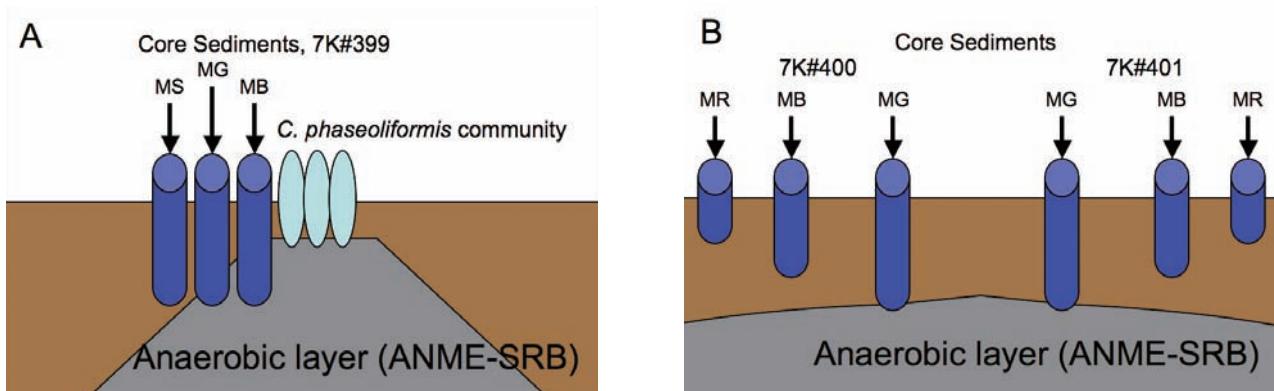


Fig. 8 Possible structures on the bottom in the Japan Trench land slope at depths of 5,350m : (A) a *C. phaseoliformis* community, and (B) around 7,000m .

図8 日本海溝陸側斜面深度5,350m(ナギナタシロウリガイ群集、A)および7,000m付近(B)の推定海底構造。

については、8 cm以深より嫌気層が広がっていると予想できるが、コアサンプルを1つしか採取していないため、微生物群集存在分布モデル作成は省いた。

日本海溝5,350 mの地層内の微生物群集存在分布モデルについては、シロウリガイ群集内では5.5 cm以深よりANME-SRB複合体などのシープ域特有の微生物群が存在し、シロウリガイ群集横になると25 cm以深と急激に深くなる。このことから、このサイトでは、他のシロウリガイサイトと比較すると嫌気層はより深くより狭く分布していると考えられる(図8A)。

日本海溝7,000 mの地層内の微生物群集存在分布モデルについては、シロウリガイ群集は存在しないが、サンプルID:7K#400, 401において、13 cm以深よりANME-SRB複合体などのシープ域特有の微生物群が存在したことから、深い所に嫌気層が広く存在すると考えられる(図8B)。

## 5.まとめ

KR07-14航海の微生物分野における主な成果を以下にまとめた。

- ・日中韓の3国の微生物学研究者が一堂に会して、初の深海バイオ共同研究航海を実施した。航海前および中の議論を通してお互いの役割分担を明確にすることができ、今後の研究協力体制の構築に成功した。
- ・日本海溝陸側斜面における3つの異なった深度(2,700, 5,350, 7,000m)での潜航に成功し、それぞれコア、海水、生物サンプルの回収ができた。これらのサンプルは、新規微生物の分離、微生物学的多様性解析の資料として、研究に供された。
- ・今回、「かいこう7000II」の潜航限界深度である7,000m潜航を異なった新規サイトで2回実施することができた。これは科学目的の潜航としては初の試みであり、サンプリング等の作業を難なくこなすことができることを証明した。残念ながら今回のピンポイント潜航では世界最深の化学合成生物群集を確認することはできなかったが、今後の微生物解析などで、こうした発見の日は近いものと確信した。
- ・微生物学的多様性解析の結果、シロウリガイ類群集の有無にかかわらず日本海溝陸側斜面の全域にわたってシープ活動が存在している可能性が示唆された。シロウリガイ類等の化学合成生物群集が視認できるポイントでは、シープ活動が活発で、地層内の嫌気層が海底表層近くまでできていることが示唆された。
- ・今回の調査では、「日本海溝においては、海溝中軸部に近づくほどシープ活動が活発になるとの仮説」の検証には至らなかった。今後の継続的な調査が必要である。

## 6.今後の展開

本調査研究は、日中韓3カ国による「深海バイオテクノロジー分野」における信頼関係に基づいて作成されたもので、将来的には、東シナ海や日本海、インド洋等の中韓のEEZ海域内の共同調査に向けた布石ともなるものである。こうしたEEZ海域内では、熱水や冷シープ等の現場も多く存在しており、そうした環境に適応して生息する未発見の化学合成生物・微生物群集の存在も指摘されており、こうした生物の世界的な分布・生物地理に対する興味だけではなく、新たな生物・遺伝子資源の宝庫としても着目されている。こうした研究を推進するためには日中韓3カ国の研究協力のネットワーク作りが欠かせない、中韓で開発している潜水調査システムとの相互利用等が必須の条件となり、これら3国の協力による本研究の実施は、こうした展開のための重要な第1歩となった。今後、本航海で得られたサンプルの解析が進み、多くの成果が論文発表されることが期待されている。

## 7.謝辞

本調査は「長期観測による日本海溝からのプレート沈み込み様式の仮説的検証実験」(PI: 荒木英一郎)との相乗り調査となつたが、本KR07-14航海の全行動の航海首席を務められた荒木博士に感謝申し上げる。また、母船「かいこう」の田中船長をはじめとする乗組員の皆様、ROV「かいこう7000II」の平田運航長をはじめとする「かいこう」チームの皆様方のご尽力に感謝申し上げる。そして、乗船研究者として船上の研究・サポート活動に携わった、マリンワーク(株)の岡田さん、町田さん、加えて立教大学、東京海洋大学、日本大学、近畿大学、県立広島大学、Xiamen大学の学生諸君に深謝したい。

## 8.引用文献

- Arakawa, S., M. Mori, L. Li, Y. Nogi, T. Sato, Y. Yoshida, R. Usami, and C. Kato (2005), Cold-seep microbial communities are more abundant at deeper depths in the Japan Trench land slope. *J. Jpn. Soc. Extremophiles*, 4, 50-55.
- Arakawa, S., T. Sato, R. Sato, J. Zhang, T. Gamo, U. Tsunogai, A. Hirota, Y. Yoshida, R. Usami, F. Inagaki, and C. Kato (2006a), Molecular phylogenetic and chemical analyses of the microbial mats in deep-sea cold seep sediments at the northeastern Japan Sea. *Extremophiles*, 10, 311-319.
- Arakawa, S., T. Sato, Y. Yoshida, R. Usami, and C. Kato (2006b), Comparison of the microbial diversity in

- cold-seep sediments from the different water depths in the Nankai Trough. *J. Gen. Appl. Microbiol.*, 52, 47-54.
- Fujikura, K., Y. Fujiwara, S. Kojima, and T. Okutani (2002), Micro-scale distribution of mollusks occurring in deep-sea chemosynthesis-based communities in the Japan Trench. *Venus*, 60, 225-236.
- Fujikura, K., S. Kojima, K. Tamaki, Y. Maki, J. Hunt, and T. Okutani (1999), The deepest chemosynthesis-based community yet discovered from the hadal zone, 7,326m deep, in the Japan Trench. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 190, 17-26.
- 石田裕三郎、杉田治夫編 (2005) 「海の環境微生物学-海を汚染から守る微生物学」, 厚生社厚生閣出版。
- 加藤千明, 荒川康 (2004), 深海極限環境における微生物学的多様性と難培養性微生物, 工藤俊章, 大熊盛也 (編) 「難培養微生物研究の最新技術－未利用微生物資源へのアプローチ－」, シーエムシー出版, 132-147.
- Kato, C., S. Arakawa, T. Sato, and X. Xiao (2008), Chapter 13. Culture-Independent Characterization of Microbial Diversity in Selected Deep-Sea Sediments. In *High-Pressure Microbiology*, Michiels, C., D. H. Bartlett, and A. Aertsen (eds.), ASM press, Washington, D.C., 219-236.
- 加藤千明, 荒川康, 宇佐美論, 佐藤孝子 (2005), コールドシープ環境における微生物学的多様性とイオウサイクル, 松本良 (編) 「メタンシープとメタンハイドレート」, 月刊地球, 27, 939-948.
- Kojima, S., K. Fujikura, and T. Okutani (2004), Multiple trans-Pacific migrations of deep-sea vent/seep-endemic bivalves in the family Vesicomyidae. *Mol. Phylogen. Evol.*, 32, 396-406.
- Sasaki, T., T. Okutani, and K. Fujikura (2005), Molluscs from hydrothermal vents and cold seeps in Japan: A review of taxa recorded in 20 recent years (1984-2004). *VENUS*, 64, 87-133.