

## 天然ガスを含む新鉱物『千葉石』

### —天然ガスハイドレートと相似な構造を有するシリカクラスレート鉱物—

独立行政法人物質・材料研究機構の門馬綱一研究員と独立行政法人産業技術総合研究所の池田拓史主任研究員は、千葉県立中央博物館、国立大学法人東北大学、アマチュア研究家の西久保勝己氏、本間千舟氏、結晶形態研究者の高田雅介氏と共同で、千葉県内で採取された鉱物が新鉱物であることを突き止め、『千葉石』と命名した<sup>注1</sup>。千葉石は、ケイ素原子と酸素原子から構成された『かご』状の結晶構造を持ち、『かご』の内部にはメタンなどの分子が閉じ込められている。この結晶構造は、同じく『かご』状の構造を持つ天然ガスハイドレート中の水分子を、ケイ素と酸素で置き換えた構造に相当し、主成分にメタンを含む鉱物としては世界で2例目の発見である。本研究成果は日本時間の2月16日午前1時に英国の科学誌 Nature Communications 電子版に掲載される。

メタンハイドレートは、水分子から構成される『かご』状の骨格構造の隙間にメタン分子が取り込まれた物質で、日本周辺の海底下に大量に存在することから、エネルギー資源として注目されている。メタン分子のほかに、エタンやプロパンなどのガス分子が含まれることもあり、これらは天然ガスハイドレートと総称される。『かご』の直径は1 nm程度で、大きなガス分子は大きな『かご』にしか入ることができない。そのため、含まれるガス分子の種類によって天然ガスハイドレートの結晶構造は異なり、自然界では、I型、II型、H型の3種類の存在が確認されている(図1)。

シリカ鉱物の中には、天然ガスハイドレートと組成は異なるが、同様の構造を持つものがある。たとえば、メラノフロジャイトという鉱物は、ケイ素と酸素から構成される骨格構造を持つが、骨格の形状はI型のメタンハイドレートと同一である。また、合成物では、II型やH型の骨格構造を持つ高シリカゼオライトが報告されている。しかし、II型やH型の骨格構造を持つシリカ鉱物は見つかっていなかった。我々は、千葉県に分布する堆積岩の地層中の亀裂や細脈から、II型の構造を持つシリカ鉱物を発見し、『千葉石』と命名した(図2)。千葉石は八面体と立方体の組み合わせで直径1~5 mmの結晶として見られる。さらに同時に、H型の構造を持つシリカ鉱物も発見した。これらの発見により、**天然ガスハイドレートと同様、シリカ鉱物でも、3種類の構造が自然界に存在することを世界で初めて確認した。**

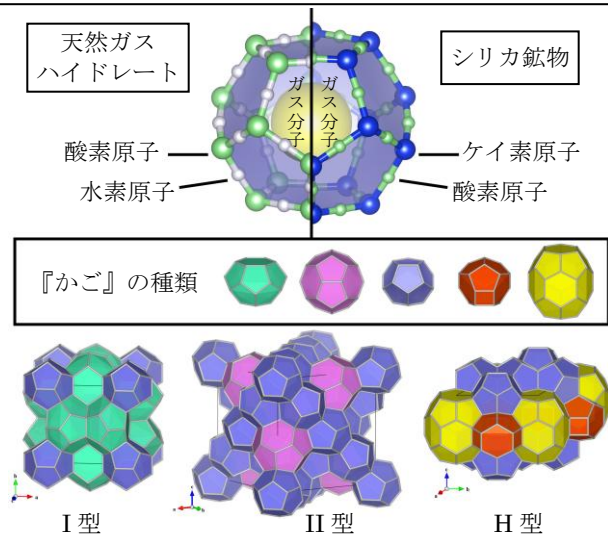


図1: 天然ガスハイドレートとシリカ鉱物の結晶構造。  
千葉石の結晶構造はII型である。

千葉石などが発見された地層は、プレートの沈み込みに伴って形成された、付加体<sup>注2</sup>と呼ばれる地質構造の一部であると考えられている。天然ガスハイドレートに含まれるガスには、微生物起源のメタンと、熱分解起源のガスの2種類があるが<sup>注3</sup>、プレートの沈み込み境界は、熱分解起源ガスの主要な発生源である。微生物起源のガスはほぼ純粋なメタンであるが、千葉石の中には、メタンのほかに、エタン、プロパン、2-メチルプロパンの4種類の炭化水素分子が含まれていることが確認された。このガス組成は、熱分解起源の天然ガスハイドレートの特徴と良く一致する。

以上のことから、今回発見したシリカ鉱物は、熱分解起源の天然ガスハイドレートと同じ起源の炭化水素分子を、地層中のより深い場所で結晶構造中に捕獲（記録）したもの

のと見なすことができる。そのため、千葉石は、天然ガスハイドレートの起源や、プレートテクトニクス<sup>注4</sup>に伴う地球規模での炭素循環を解明する上で、新たな物証となる可能性を秘めている。

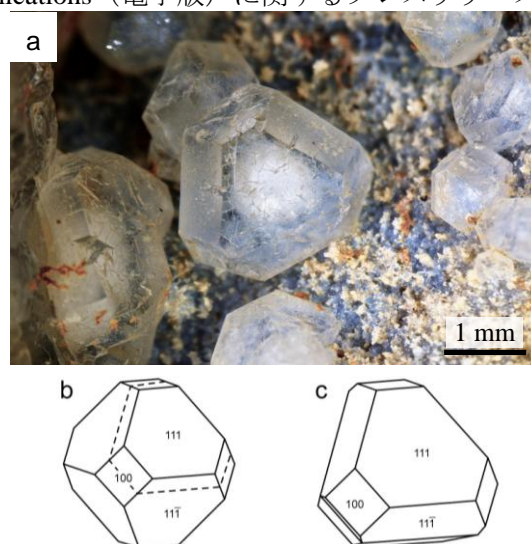


図 2: (a) 千葉石の結晶, (b,c) 結晶の形態

## <脚注>

### 注 1：新鉱物の名称

新たに発見された鉱物に命名するには、一連の物理的・化学的データを添えて、国際鉱物学連合 (IMA) の新鉱物・命名・分類委員会に申請書を提出し、承認を得る必要がある。新鉱物の名称には発見者の名前は使わないことが暗黙のルールとなっている。もう一方の H 型の骨格構造を持つシリカ鉱物については、申請準備中であるため、鉱物名はまだ確定していない。

### 注 2：付加体

海洋プレートが大陸プレートの下に沈み込む際に、海洋プレート上の堆積物のはぎとられ、大陸プレートの上に付加したものを指す (図 3)。

### 注 3：微生物起源メタン / 熱分解起源ガス

海底から数百 m より浅い堆積物中では、微生物 (メタン菌) によるメタンの生成が行われている。一方、堆積物に含まれる有機物は、埋没深度が深くなると地熱により分解して、炭化水素が生成する。現在、世界各地で確認されている天然ガスハイドレートの多くは I 型構造のメタンハイドレートであり、微生物起源と考えられているが、プレート境界や油田地帯などでは熱分解起源の天然ガスハイドレートが確認されている。私たちが日常使用している天然ガスは主に熱分解起源の生成物である。

### 注 4：プレートテクトニクス

地球の内部構造は、外側から順に、地殻、上部マントル、下部マントル、外核、内核に分類できる。このうち、地殻と上部マントルの最上部、深さ 100 km 程度までの部分をプレートと呼ぶ。地殻とマントルは岩石 (固体) から構成されているが、マントルは、長い地質時間のスケールで見れば流動性を持っており、対流している。一方、プレートの部分はほとんど流動性を示さず、堅い板のように振る舞う。プレートには大陸プレートと海洋プレートがあり、海洋プレートは海嶺で生まれ、海溝で大陸プレートの下に沈み込んでゆく。

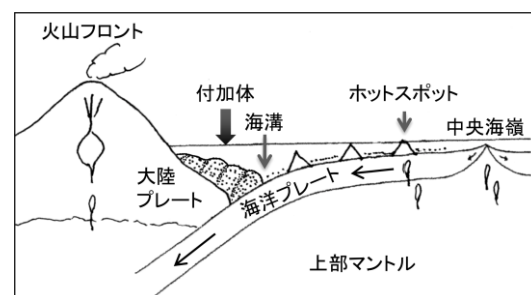


図 3

<謝辞>

本研究の一部は、東北大学グローバル COE プログラム「変動地球惑星学の統合研究教育拠点」の支援を受けて行われました。

<掲載論文>

New silica clathrate minerals that are isostructural with natural gas hydrates

Koichi Momma, Takuji Ikeda, Katsumi Nishikubo, Naoki Takahashi, Chibune Honma, Masayuki Takada, Yoshihiro Furukawa, Toshiro Nagase and Yasuhiro Kudoh

Nature Communications 電子版 (日本時間 2 月 16 日 1:00 掲載)

<本件に関するお問い合わせ先>

独立行政法人 物質・材料研究機構 量子ビームセンター

研究員 門馬 綱一 E-mail: MOMMA.Koichi@nims.go.jp TEL: 029- 851-3354 (内線 8022)

独立行政法人 産業技術総合研究所 コンパクト化学システム研究センター

主任研究員 池田 拓史 E-mail: takuji-ikeda@aist.go.jp TEL: 022-237-3016

千葉県立中央博物館

上席研究員 高橋 直樹 E-mail: takahashin@chiba-muse.or.jp TEL: 043-265-3879

国立大学法人 東北大学総合学術博物館

准教授 長瀬 敏郎 E-mail: nagase@m.tohoku.ac.jp TEL: 022-795-6652