

千葉県立中央博物館 平成 23 年度自然誌シンポジウム

ちばせき
新鉱物 『千葉石』

—その性質と成因—



門馬綱一氏撮影（本間千舟氏標本）

日 時：2011 年（平成 23 年）6 月 11 日（土）

10：00 ～ 16：00

場 所：千葉県立中央博物館 講堂

千葉県立中央博物館

【日 程】

10 : 00	開 会
10 : 00～10 : 05	館長あいさつ
10 : 05～10 : 10	趣旨説明
10 : 10～11 : 00	講演 1 「千葉石の性質と成因」門馬綱一氏 (国立科学博物館)
11 : 00～11 : 10	休 憩
11 : 10～12 : 00	講演 2 「千葉石の地質環境」高橋直樹・伊左治鎮司 (千葉県立中央博物館)
12 : 00～12 : 30	トピックス展展示解説
12 : 30～13 : 30	昼休み
13 : 30～14 : 20	講演 3 「千葉石とゼオライト」池田卓史氏 (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)
14 : 20～15 : 00	講演 4 「千葉石発見物語」西久保勝己氏・本間千舟氏
15 : 00～15 : 10	休 憩
15 : 10～16 : 00	講演 5 「日本の新鉱物と千葉石」松原 聰氏 (国立科学博物館名誉研究員)
16 : 00	閉 会

千葉石の性質と成因

門馬 綱一 (国立科学博物館)

理想化学組成： $\text{SiO}_2 \cdot n(\text{CH}_4, \text{C}_2\text{H}_6, \text{C}_3\text{H}_8, \text{C}_4\text{H}_{10})$ (微量成分として Al と Na を含む)
結晶系： 等軸晶系 (対称性が低い結晶も存在する)
比重： 2.03 g/cm³ (計算値)
硬度： モース硬度 6.5~7
色： 無色透明
劈開： なし
光沢： ガラス光沢，貝殻状断口
屈折率： 1.47
共生鉱物： 石英，オパール，方解石，剥沸石，斜プチロル沸石，黄鉄鉱，石膏

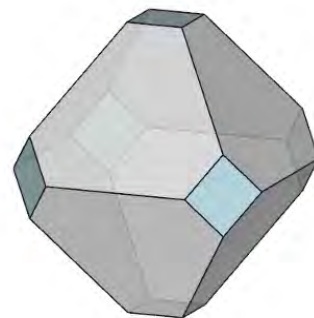
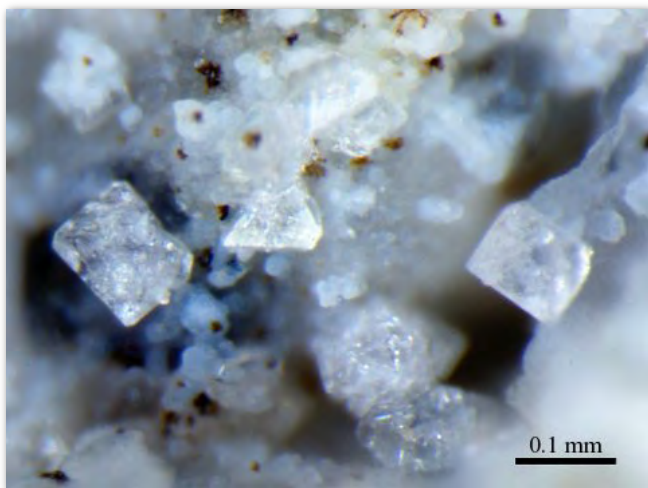


図 1. 非常に微細な八面体単結晶.

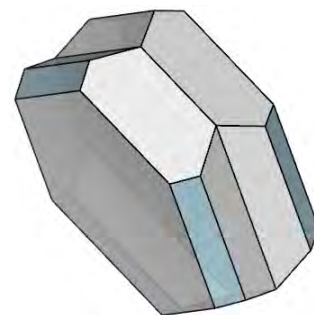


図 2. 千葉石の{111}双晶と結晶の形態.

千葉石 (chibaite) は千葉県南房総市から発見された新鉱物である。凝灰質の砂岩や泥岩を貫く石英質の脈や方解石脈に伴い、数 mm 程度の自形結晶として、あるいは細脈として産出する¹⁾。単結晶は{111}八面体および、{100}切頭八面体結晶をなす(図 1)。また、{111}面を双晶面とする六角板状の接触双晶が普通に見られ(図 2)、むしろ単結晶のほうが少ない^{2,3)}。多くの千葉石は、白濁した「千葉石後の低温石英仮晶」となっており、透明な千葉石の結晶はまれである。

千葉石の主成分は石英と同じ二酸化珪素(シリカ)であるが、それらが中空の‘カゴ’状構造をつくり、その‘カゴ’の中にメタン、エタンなどの炭化水素ガス分子を1個ずつ含む(図 3)。こうしたカゴ状の骨格(ホスト)中に、分子(ゲスト)が包摂された物質をクラスレート化合物といい、骨格がシリカから成るクラスレートを特にクラスラシルとも呼ぶ。クラスレート化合物として最も有名なのは、深海底に存在するメタンハイドレートであろう。実は、クラスラシルとハイドレートは、化学組成こそ全く異なるが、結晶構造は類似している。

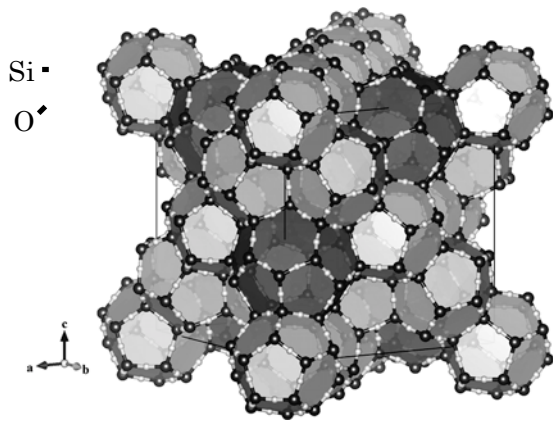


図 3. 千葉石の結晶構造。ケイ素(Si)と酸素(O)が中空のカゴ状構造を作っており、大小2種類のカゴの内部にメタン、エタン、プロパン、2-メチルプロパン(イソブタン)などの天然ガス分子を含む。

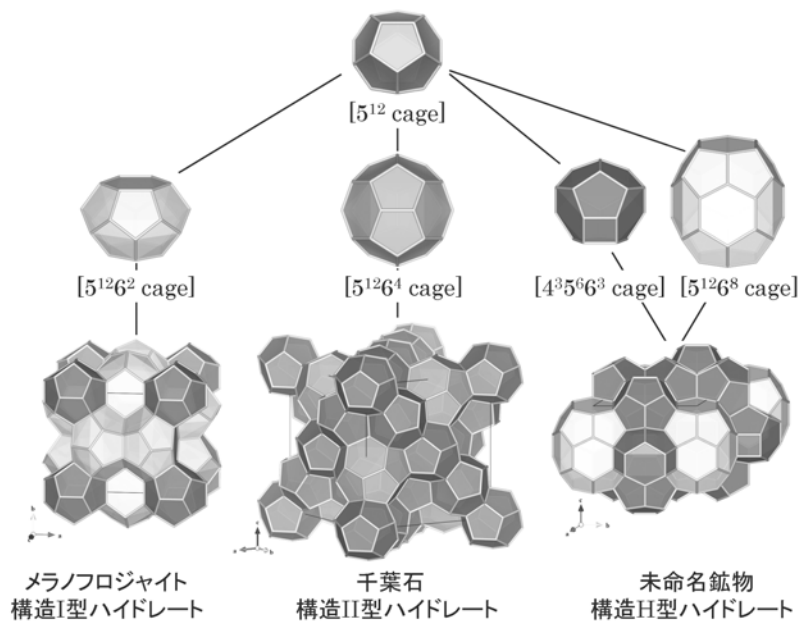


図 4. クラスレート化合物の代表的な3種類の骨格構造。

メタンハイドレートとは水分子がケージ状の骨格構造を構成し、その隙間にメタン分子が取り込まれた物質である。メタン分子の他にエタンやプロパンなど、より大きな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。ケージの直径は 1nm 程度で、大きな分子は小さなケージには入れない。そのため、含まれるガス分子の種類によってハイドレートの結晶構造は異なり、自然界では等軸晶系の構造 I 型 (sI)、構造 II 型 (sII)、六方晶系の構造 H 型 (sH) の 3 種類の存在が確認されている。図 4 に 3 種類の骨格構造を示す。

千葉石は、これら 3 種類の構造タイプのうち、II 型の骨格構造を持つ。メラノフロジャイトという珍しいシリカ鉱物があるが、こちらは I 型の骨格構造をもつ。さらに今回、千葉石と共生して、H 型の骨格構造をもつシリカ鉱物も見つかり、こちらは新鉱物としての申請準備中である。シリカ鉱物とハイドレートという、全く化学組成の異なる物質の構造が類似していることは、一見不思議に思われるかもしれないが、 H_2O の結晶と、 SiO_2 組成を持つシリカ鉱物の結晶は、互いに構造が類似したものが多い。例えば、身近に存在する氷は、鱗珪石 (tridymite) というシリカ鉱物と同じ結晶構造 (同形) である。

千葉石に含まれる炭化水素分子はどこから来たのであろうか？ 千葉石が発見された地層 (保田層群) は、プレートの沈み込みに伴って形成された、付加体の一部であると報告されており、各種の貝化石が産出する⁴⁾。こうした環境中における天然ガスの起源には、メタン生成菌由来の微生物起源ガスと、有機物が地熱で分解されて生成した熱分解起源ガスの 2 種類が存在する。千葉石にはエタン、プロパン、2-メチルプロパン (イソブタン) など、メタンより分子量の大きなガス分子が含まれており、これらは熱分解起源ガスの特徴である。そして、千葉石の形成場であるプレート収束型境界は、熱分解起源ガスの主要な供給源の一つである。

天然ガスハイドレートにおいては、微生物起源メタンを含むメタンハイドレートが最も多いと見積もられているが、近年、熱分解起源ガスを含む天然ガスハイドレートも世界各地で確認されている。この熱分解起源の天然ガスハイドレートと千葉石は、基本的に同じメカニズムで生成した天然ガスを、地層中の異なる深度で固定したものと推察される。すなわち、天然ガスハイドレートは海底面近傍の低温環境で形成されるのに対し、千葉石は、有機物の熱分解が生じている場所により近い、地層深くの温度の高い環境で形成される。そのため、千葉石およびそれに伴うクラスシル鉱物は、熱分解起源の天然ガスハイドレートの成因や、プレートテクトニクスに伴う有機炭素化合物の発生と固定に関して、多くの有用な情報を含んでいると期待される。

引用文献

1. K. Momma, T. Ikeda, K. Nishikubo, N. Takahashi, C. Honma, M. Takada, Y. Furukawa, T. Nagase and Y. Kudoh (2011) New silica clathrate minerals that are isostructural with natural gas hydrates. *Nature Communications*, **2**, 196.
2. 西久保勝己・高田雅介・高橋直樹・本間千舟 (2007) 千葉県南房総市荒川産仮晶石英の結晶形態について。ペグマタイト, **85**, 2-7.
3. 高田雅介 (2010) 日本産鉱物の結晶形態 - 高田鉱物標本・結晶図集。158p.
4. 倉持卓司・蟹江康光・秋本和實・本間千舟・本間峰子 (1999) 房総半島保田層群より産出したシロウリガイ属二枚貝。横須賀市博研報 (自然), **46**, 55-56.

千葉石の地質環境

高橋 直樹・伊左治 鎮司（千葉県立中央博物館）

千葉石の産出層

千葉石が産出した地層は、房総半島南部の嶺岡帯及びその周辺地域に分布する「保田層群(ほたそうぐん)」と呼ばれる地層である。保田層群全体の地層の形成年代は古第三紀漸新世末から新第三紀中期中新世前期にまで渡るが（およそ 2300 万年前～1400 万年前）（斎藤,1992）、千葉石が産出した場所の近傍で、前期中新世の約 1800 万年前の放射虫化石が産出している（倉持ほか,1999）。千葉石はこの地層を高角で切るような幅数cmの石英質の鉱物脈中に産出する。

千葉石は、現在のところ、最初に発見された南房総市荒川地域の限られた露頭でしか見いだされていないが、玉髓などからなる石英質の脈は保田層群分布域の各所で散見され、今後、房総半島の他の地域や三浦半島の葉山層群分布域などでも千葉石が産出する可能性がある。

なお、1800 万年前というと、日本列島の発達史の中では激変期にあたり、当時の日本はまだアジア大陸のへりに存在し、南方ではフィリピン海プレートの東縁で四国海盆が拡大を継続中（伊豆・小笠原弧が東進中）であるうえ、大陸のへりでは日本海が拡大を始めようとする時期である。当時の房総半島がどのような場所に位置していたかはあまり明瞭ではない。

地層の構成物質

千葉石を産出した地層の性質は凝灰質砂岩・泥岩（互層）を主体とする。凝灰質砂岩は、斜長石、単斜輝石、斜方輝石、普通角閃石、石英などの鉱物粒子や火山ガラス、火山岩片等の粗粒粒子を多く含み、陸源の碎屑粒子をあまり含まないことから、火山地帯から運ばれてきていると推定される。火山ガラスは SiO_2 含有量が 70 重量%以上に達するほか、斜長石は曹長石成分に富むものが多く、流紋岩質の火山噴出物を主体とすると言える。これらをもたらした火山の起源としては、前述のように拡大を始めたアジア大陸のへりの火山か、近づきつつある伊豆・小笠原弧の火山の両方の可能性が考えられる。小川・谷口（1987）は陸源性の粒子に乏しいことから、伊豆弧の物質が付加したと考えている。

ところで、千葉石はシリカ（ SiO_2 ）を主成分とする鉱物であるが、その成分はどこからもたらされたのであろうか。千葉石脈を含む保田層群が凝灰質砂岩・泥岩から成ることから、それらを構成する火山碎屑物 1 つの候補として挙げられる。前述のように凝灰質砂岩の主体をなす火山ガラスの SiO_2 含有量が非常に高く、シリカの供給源として十分な資格を持つと言える。イタリアでは、千葉石と同じシリカクラスレート鉱物のメラノフロジャイトが、同様に凝灰質な岩石中に産している例もあり（Adorni & Tateo, 2007）、母岩の岩質との関連性が示唆される。

地層中に含まれる化石

この千葉石を含む露頭の近傍から、シロウリガイに代表される化学合成二枚貝の化石が数多く産出する。

化石は、地層が堆積した当時の環境を探る鍵となる。化石を調べるには、含まれる種類や、地層の中での埋没状態などに注目する。千葉石が見つかった石切場では、二枚貝の左右の殻が合わさった状態であることと、泥底にすむ種類が、泥岩層より産出するといった特徴がある。これらの特徴は、貝類が生息していた場所で、そのまま堆積物中に埋もれて化石化した事を示す。そして、これらの化石貝類に近い仲間が現在も生息していれば、その生息環境と比較する事で、過去の堆積環境を探る事ができる。

貝類化石の種類は、キヌタレガイ類やクルミガイ類、ロウバイガイ類、シロウリガイ類、ハナシガイ類、タマガイ類などで構成される。この中でキヌタレガイ類、シロウリガイ類、ハナシガイ類は化学合成群集として知られる。化学合成群集とは、無機物をエネルギーとする化学合成細菌が一次生産者となって構成される生物群集である。貝類では、深海底の熱水噴出口や、プレートの沈み込み帯に伴う冷湧水の周辺で、硫化水素やメタンをエネルギーとする化学合成細菌に依存した貝類群集が存在する。その代表ともいえるのが、シロウリガイ類である。現生のシロウリガイ類は、日本周辺海域に13種確認されており、その生息場所の水深は1,000mを超える種が多く、中でもナギナタシロウリガイ類は6,000mを超える超深海にも生息している。本間千舟氏が千葉石脈の近傍で発見したシロウリガイ類の化石は、現在生きている種類の中では、ナギナタシロウリガイ類に似ているが、同じような超深海ではなく、もう少し浅い場所に生息していたようである。なぜなら、同じ場所から産出する他の貝類化石では、それらに比較される現生種の生息深度は、深くて数100~1,000mほどと推定されるからである。一方で、底生有孔虫化石を用いた研究では、浅くても800~2,500mよりは深いという堆積深度が算出されていることから、この貝類群集は、おおよそ1,000m近い深海に生息していたと考えてよさそうである。

地層の変形構造

この地層は、堆積後にかなり変形を受けている。変形構造としては、未固結時に間隙水圧の上昇によって形成されると考えられているクモの巣状構造 (web structure) が卓越する。地層全体も大小の断層が発達して分断され、連続性に乏しい。これらは、プレートの沈み込み帯近傍で形成される付加体の性質を示す (小川・石丸,1991)。

千葉石の成因に関する考察

保田層群が蛇紋岩などを含む嶺岡オフィオライト岩類の貫入を受けていることから、当時はこの地域がプレート境界に位置していたことを示している。地層の変形構造が付加体の特徴を持つことも、これと調和する。すると、地層中に含まれる化学合成生物は、プレートが沈み込む海溝に近い陸側斜面に形成された逆断層群に伴う冷湧水の噴出口の近傍に生息していたことが想定される。千葉石が結晶内部にメタンなどのガス分子を含むことから、千葉石

もこのような海溝陸側斜面の逆断層内部で形成された可能性がある。千葉石がメタンのほか、エタン、プロパン、イソブタンまで含むことは、この断層の比較的深部で形成されたことを示している。

ただし、この千葉石を含む脈は地層の堆積構造や変形構造を切っていることから、付加体形成の後に形成されたとみられるが、どの程度の時間がたっているかは不明である。この脈が別の断層で切られる様子はほとんど見られないことから、意外に新しい可能性も考えられる。そうすると、千葉石の生成場所も現在の位置に近いかもしれない。今後の詳細な検討が必要である。

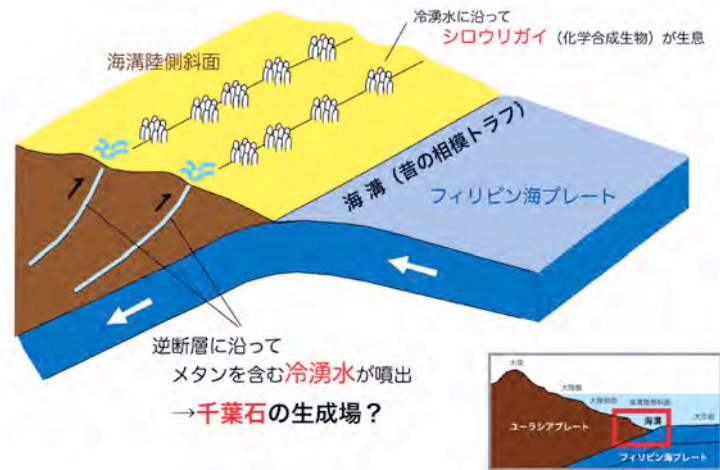


図1. 千葉石形成場の推定図.

引用文献

- Adorni, F. and Tateo, F. (2007) A new melanophlogite occurrence from the Case Montanini Quarry, Parma, Northern Appennines, Italy. *Axis*, **3**, 1-12.
- 倉持卓司・蟹江康光・秋元和実・本間千舟・本間峰子 (1999) 房総半島保田層群より産出したシロウリガイ属二枚貝. 横須賀市博研報 (自然), (46), 55-56.
- Momma, K., Ikeda, T., Nishikubo, K., Takahashi, N., Honma, C., Takada, M., Furukawa, Y., Nagase, T. and Kudoh, Y. (2011) New silica clathrate minerals that are isostructural with natural gas hydrate. *Nature Communications*, DOI: 10.1038/ncomms1196.
- 小川勇二郎・石丸恒存 (1991) 房総半島南部江見海岸における江見層群の地質構造. 地学雑誌, **100**, 530-539.
- 小川勇二郎・谷口英嗣 (1987) 前弧域のオフィオリティック・メランジュと嶺岡帯の形成. 九大理研報 (地質), **15**, 1-23.
- 斎藤実篤 (1992) 房総半島南部の新生界の層位学的研究. 東北大理地質古生物邦文報告, (92), 32p.

千葉石とゼオライト

池田 卓史（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）

ゼオライト（沸石）は古くから知られている鉱物の一群であるが、今日では様々な産業分野で用いられる無機多孔体として定着している。Si, Al, P, O を主な骨格元素とし、1 ナノメートル未満の穴が規則的にびっしりと並び、結晶構造を形成していることが大きな特徴である。ゼオライト本来の性質を生かし、高い分子吸着能やイオン交換能、耐熱性や耐薬品性を持つものが幾つも合成され用いられている。特に、ゼオライトの骨格には強い反応活性点があるため、石油化学製品の合成やガソリン精製に不可欠な固体触媒として用いられている。

今回千葉県南房総市で見つかった新鉱物『千葉石』は、 SiO_2 を主成分とし、**MTN** 型ゼオライト構造と同形構造を有し、ナノメートルスケールのケージ（籠）を含んでいる（図1）。さらにそのケージ内にメタンなどの天然ガス分子を内包していることから、シリカ包摂化合物（クラスラシル）でもある。“**MTN**”は **Framework Type Code** と呼ばれるゼオライトの骨格トポロジーを定義するコードの一つであり、**International Zeolite Association** によって認定されたものである。そしてこの3文字は、最初に **MTN** 型構造を持つゼオライトを開発したモービル社（現：エクソンモービル）の化合物名 **ZSM (Zeolite Socony Mobil) -39** に由来する。

我々の研究から、千葉石が含まれる母岩には、**DOH** 型構造を持つ鉱物が少量ながら存在することが粉末 X 線回折実験により明らかとなっている。この **DOH** 型鉱物も千葉石同様に、閉じたケージ構造を有している。詳細な分析は目下進行中であるが、何らかの天然ガス分子がケージ内に含まれていると推定される。この発見により、これまで唯一のクラスラシル鉱物であったメラノフロジャイト (**MEP** 型) に、兄弟分が2つも現れたことになる。また、この3種のクラスラシル構造が、骨格組成が全く異なるガスハイドレートに存在する3種類の構造 (**sI, sII, sH**) とトポロジーが同一であることや、ガスハイドレートと同様に千葉石の結晶内に天然ガス分子が内包されているという事実から、ガスハイドレートとクラスラシルの結晶成長において、天然ガス分子が共通の役割を担ったと推測することが出来る。

MTN 型ゼオライトには、幾つかの合成法が知られているが、テトラメチルアンモニウム $[(\text{CH}_3)_4\text{N}^+]$ とよばれる4級アミン分子をシリカ源に加えて水熱反応させると、比較的容易に得ることが出来る。幾つかのゼオライト合成では、アミン分子はケージ形成のための鋳型として振る舞う事が知られている。しかし、メタンやエタンなどの天然ガス分子を用いての合成例はこれまで報告されていない。理由は明らかではないが、メタンは分子サイズが小さい

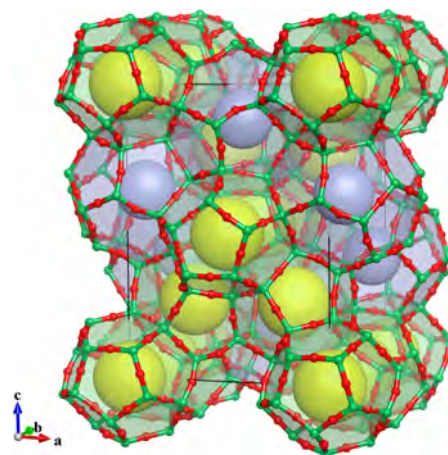


図1. 千葉石の結晶構造モデル. 黄色と紫色の球は内包されるメタン分子を示す.

ためケージの鑄型にはなりにくいことや、常温で気体であるため扱いにくい事が考えられる。従って、千葉石がどのような環境下で生成されたのか、合成系と比較して結晶化条件や結晶核生成にどのような違いがあるのかは非常に興味深く、その詳細の解明は今後の課題である。

次に、他の既知ゼオライトとの構造類似性について述べる。現在までにゼオライトには、天然・合成あわせて 197 種の異なる骨格トポロジーがあることが知られている。その中で、**MEP**, **MTN**, **DOH** 型と **DDR** 型ゼオライト (deca-dodecasil 3R) の 4 種類だけが、 5^{12} ケージを共通に持っている (図 2, 3)。少し条件を広げ、結晶内に閉じたケージを持つ構造の種類は、**AFG** 型や **MAR** 型など 13 種類ある。このなかには天然ゼオライトも 8 種類含まれるが、それらの細孔 (穴) 内は **Mg** や **Ca** などのアルカリ土類金属イオン等で埋まっています、クラスラシルとは呼ばれない。他の天然ゼオライトの多くでも、遷移金属 (**Fe**, **Cu**, **Cr**, **Mn** etc.) イオンやアルカリ土類金属イオン、吸着水分子で細孔内は塞がっている。しかし、構造類似性からは、今回見つけたもの以外にも別のクラスラシル鉱物が存在しても不思議ではないと思われる。

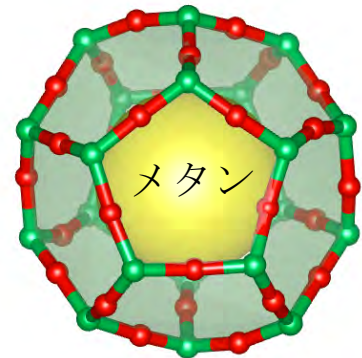


図 2. **MEP**, **MTN**, **DOH** 型構造に共通な 5^{12} ケージ

クラスラシル型ゼオライトは、ケージの窓径が小さく、分子の出入りが困難なため、材料研究で用いられることは少ない。しかし千葉石では、その小さな空間に大昔のガス分子を閉じ込めてタイムカプセルのように振る舞ったことで、今日我々が新しい知見を得ることが出来た。これまで材料開発の立場でゼオライトに接してきた筆者には、このことは非常に新鮮に感じられた。千葉石と合成ゼオライトの間には共通点も多いが、明らかに異なっているところもあり、今後より詳しく比較することで、ゼオライト合成のための有益なヒントが得られるかもしれない、と期待している。講演では、様々な合成ゼオライトとその応用を紹介し、合成や構造研究の視点から見た千葉石について述べる予定である。

注) 骨格トポロジーについての詳細は <http://www.iza-structure.org/databases/> を参照

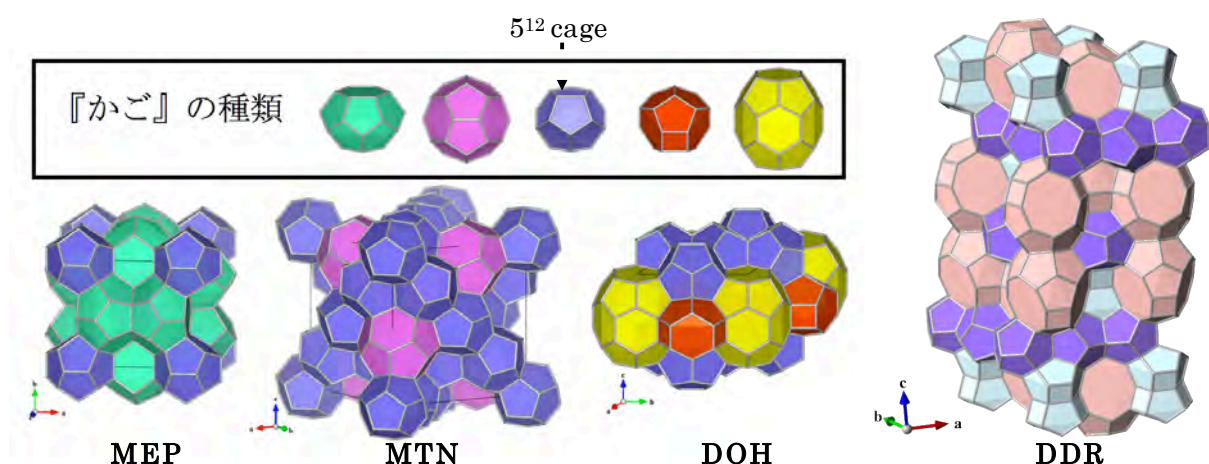


図 3. 5^{12} ケージを結晶構造の中に有するクラスラシル型ゼオライト

千葉石発見物語

西久保勝己・本間千舟

はじめに

乳白色六角板状結晶が採集されてから 13 年、ようやく新鉱物千葉石として発表された。経緯の概要は以下のとおりであるが、筆者らがかかわった箇所を中心にその顛末を述べてみたい。

- 1998 年 本間、乳白色六角板状結晶採集。
- 1999 年 千葉県立中央博物館へ持ち込み。国立科学博物館の分析（X線回折）では石英。
- 2000 年 千葉県立中央博物館発行「千葉県の鉱物」に石英として発表。“別鉱物の仮像（仮晶）か？”
- 2006 年 高橋から西久保へ相談。西久保から高田へ結晶形態の調査依頼。
- 2007 年 「ペグマタイト」誌に発表。“クリストバル石またはメラノフロジャイトの仮晶か？”
- 2007 年 西久保、無色透明結晶採集、門馬へ分析依頼。
- 2008 年 “メラノフロジャイトらしい” 後に“新鉱物”と判明。
- 2008 年 門馬ら、日本鉱物科学会で発表。IMA へ新鉱物“千葉石”の申請。
- 2009 年 IMA より新鉱物の承認。
- 2011 年 「Nature Communications」誌に発表。

乳白色六角板状結晶

南房総市荒川にあった採石場「協栄産業」では埋め立て用の砂岩・泥岩を採掘していた。1995 年頃、本間は化石が産出することに気づき、夫婦で採集に通うようになった。そこでは、シロウリガイ、タマガイ、キララガイ、キヌタレガイ、ソデガイなどの貝化石やノジュールを採集することができた。さらに、方解石、水晶、玉髓、めのう、オパール、そして 1998 年になって乳白色六角板状結晶を発見したのである。



図 1. 操業中の協栄産業（1996 年 6 月頃）

図 2. シロウリガイ



図3. タマガイ



図4. ノジュール（へそ石）



図5. ノジュールへそ部分の水晶（石英）
（長さ約3mm）



図6. めのう



図7. 最初に発見した千葉石仮晶



図8. 千葉石仮晶の脈

これら採集物の寄贈を受けた千葉県立中央博物館の高橋は、見慣れぬ乳白色六角板状結晶に着目した。国立科学博物館へ分析を依頼したところ、結果は水晶（石英： SiO_2 ）であった。

しかし、結晶形態が通常の水晶とは異なるので、何か別の鉱物の仮像（仮晶）であろうと高橋は考えた（高橋, 2000）。

結晶形態および文献の調査

たとえば、水晶（石英）であれば先のとがった六角柱状結晶というように、鉱物はそれ独特の結晶形態を示すことが多い。乳白色六角板状結晶は、現在は石英であるが、その結晶形態を調べることで元の鉱物を推定できるかもしれない。

高橋から相談を受けた西久保は、本間より試料を譲り受けた。確かに水晶としては形がおかしい。ながめていても埒があかないので、高田に結晶形態を調べてもらうことにした。

調査（測角）はかなり困難であったようだが、それでも、等軸晶系で八面体結晶の双晶により六角板状になっていることが判明した。つまり、最初から石英（三方晶系）として結晶したのではなく、他の等軸晶系の鉱物が後に石英に変化したもの、すなわち仮晶であることが確認された。また、元鉱物の候補として、等軸晶系で化学組成が SiO_2 またはそれに近いものとして、クリストバル石とメラノフロジャイトが高田から示された。

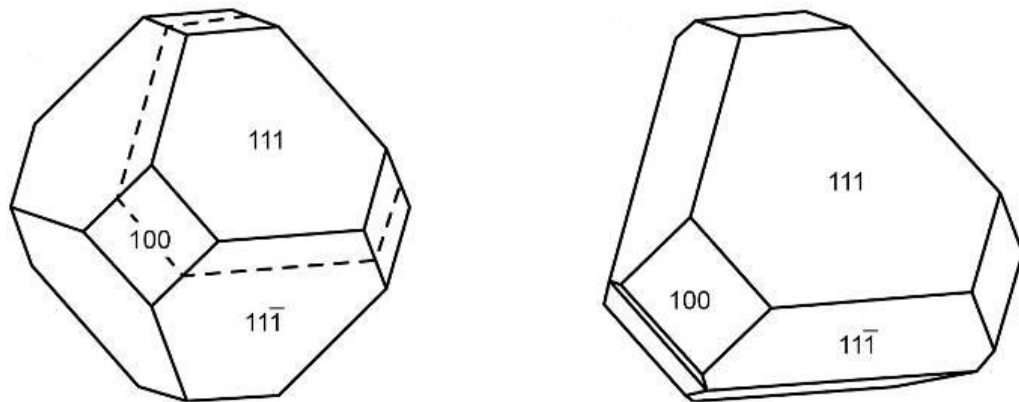


図9. 千葉石の結晶形態 [左：単結晶，右：双晶]（高田雅介作成）



図10. クリストバル石
(mindat.org より引用)



図11. メラノフロジャイト
(mindat.org より引用)

そして、クリストバル石とメラノフロジャイトの結晶形態や産状について既存の文献を調査した。クリストバル石については、双晶により六角板状になる例や、八面体結晶ではあるものの深海底という低温環境（千葉石の生成環境と推定されている）で生成する例が見つかった。また、メラノフラジャイトについては、結晶形態は立方体のみが知られ、八面体や双晶による六角板状のものはなかった。しかし、低温生成を示す例はいくつかあった。

結局、決め手はなかった。元鉱物がクリストバル石であってもメラノフロジャイトであっても、何ら矛盾はなかった。調査結果をまとめて、2007年、ペグマタイト誌に発表した（西久保ら,2007）。

無色透明結晶

千葉県からは、新鉱物（世界初）はおろか日本新産鉱物（日本初）すら見つかっていない。もし、元鉱物がメラノフロジャイトで変質前のものがあれば、それは日本新産である。千葉県民としては、このまま諦めるわけにはいかない。

文献にはメラノフロジャイトは加熱により結晶が黒色化すると記述がある。それが鉱物名の由来にもなっている。そこで、半透明の結晶1粒をガスコンロで加熱してみたが、黒くなったような、ならないような微妙な色であった。加熱する時間が足りなかったのだろうか、それとも、既に石英に変質してしまっているのだろうか。

完全に手詰まりとなった。こうなれば、あとは変質前の結晶を見つけ研究者に分析してもらうしかない。現地へ出かけると、運よく無色透明な結晶を見つけることができた。“ああ、メラノフロジャイトだ。とうとう見つけた”。新鉱物とまでは行かなかったが、千葉県から新産鉱物がようやく発見された。満足感でいっぱいであった。西日を浴びながら、標本を新聞紙に包んだ。

メラノフロジャイトではない？

2007年末、試料を門馬へ送付した。年が明け2008年になり、予察的な試験ではガスのピークが見られ、メラノフロジャイトのようですとの回答があった。予想が見事的中し万歳三唱である。

ところが、学会発表のため、さらに分析を進めると、メラノフロジャイトではなく新鉱物であることが判明した。ガスを含む鉱物（物質）には3種（MEP, MTN, DOH）があり、メラノフロジャイト（MEP）だけは既に天然物として発見されているが、今回のものはMTNに相当するものだという。そんなうまい話があるだろうか。もっとよく調べた方がいいのではないだろうか。しかし、門馬らが慎重に研究を重ねた末の結論であった。こうして、2008年秋の日本鉱物科学会にて「千葉県南房総市荒川から産出した包摂化合物結晶について」として発表された。

IMAへの申請・論文発表

新鉱物を発見した場合には勝手に論文発表すればいいというものではない。まずは、国際

鉱物学連合（IMA）の新鉱物・命名・分類委員会から承認を得なければならない。門馬ら研究グループが申請書類を整え、国内審査の後、IMAへ書類を提出した。

鉱物名は“千葉石”を希望することを門馬へ伝えた。千葉県民としての願いである。千葉県から新鉱物発見のチャンスはそうはないだろう。とはいえ、研究者として考慮しなければならないこともあるだろうから、最終的な判断は門馬に委ねた。

2009年3月、無事に承認のレターが届いた。これで一息つけるが、まだ安心はできない。2年以内に論文が出されないと正式な記載がされたことにならず、承認が取り消されるおそれもある。早速論文執筆に着手し、2010年11月、Nature Communicationsへ投稿した。レフェリーによる査読コメントに対する修正の後、2011年1月に受理され、2011年2月16日午前1時（日本時間）に論文が掲載された。

おわりに

こうして千葉石は誕生した。結晶形態だけが先に調べられていたという変わり種である。発表時には舞い上がっていたが、少し時間がたって冷静になってみると、今回は非常にラッキーであったと思えるようになった。多くのご協力いただいた人たちと、幸運の女神に感謝したい。

また、鉱物愛好家の間では“石なし県”と揶揄される千葉県ではあるが、やはり地元は大切にしなければならないということを感じるのである。

引用文献

倉持卓司・蟹江康光・秋元和実・本間千舟・本間峰子（1999）房総半島保田層群より産出したシロウリガイ属二枚貝。横須賀市博研報（自然）, (46), 55-56.

Koichi Momma, Takuji Ikeda, Katsumi Nishikubo, Naoki Takahashi, Chibune Honma, Masayuki Takada, Yoshihiro Furukawa, Toshiro Nagase & Yasuhiro Kudoh (2011) New silica clathrate minerals that are isostructural with natural gas hydrates. *Nature Communications*. 2:196, doi: 10.1038/ncomms1196.

西久保勝己・高田雅介・高橋直樹・本間千舟（2007）千葉県南房総市荒川産仮晶石英の結晶形態について。ペグマタイト, (85), 2-7.

高橋直樹（2000）地学資料—千葉県の鉱物。千葉県立中央博物館, 38p.

日本の新鉱物と千葉石

松原 聰 (国立科学博物館名誉研究員)

千葉石は、私が作成した「日本産鉱物リスト」で、109番目の新鉱物で、都道府県名がつけられたものの6番目にあたる。そもそも生物と同じように、鉱物にも種概念を適用するため、新種(新鉱物)が定義される。

1959年、国際鉱物学連合(IMA)の中に、新鉱物・鉱物名委員会(CNMMN)が発足して活動を開始した。それ以前は、個々の研究者が自己の責任において(悪く言えば独断で)新種と認定して発表していた。しかし、弊害が多いためそれを原則的に禁止し、各国から選ばれた1名の委員が、提案者からの「新鉱物のデータ」を吟味して可否の投票をすることになった。投票国の2/3以上がYESであれば承認となり、それから学術誌に投稿できるようになるというシステムである。2006年からは、鉱物分類委員会と統合して、新鉱物・命名・分類委員会(CNMNC)と名称を変更した。現在までのところ、約4,500種の鉱物が知られているが、日本には約1,200種の産出が確認されている。日本は狭い国土の割には鉱物種に富んでいるが、そのうち新種は110種ほどである。IMAのシステム以前の日本の『新鉱物』で生き残っているのは、わずか7種類のみである。以下の表には、地質環境ごとに新鉱物を示した(表には論文として未発表のものは掲載していない)。私が関わった日本産新鉱物は今のところ34種(太字)で、それらの概略と鉱物の概念、種の定義、新鉱物申請のための手順などについて講演する。

この表は、「新鉱物発見物語」(松原 2006, 岩波書店)を改変したものである。

新潟石*は、緑簾石グループの再定義により、clinozoisite-(Sr)(ストロンチウム単斜灰簾石)とされたが、和名は新潟石として使用する。

地質環境	鉱物名		
熱水鉱脈	轟石	生野鉱	中瀬鉱
	櫻井鉱	福地鉱	褐錫鉱
	阿仁鉱	河津鉱	若林鉱
	古遠部鉱	豊羽鉱	渡辺鉱
	津軽鉱	バラ輝砒鉱	
堆積性マンガン鉱床 (変成を受けている ことが多い)	吉村石	園石	神保石
	萬次郎鉱	神津閃石	高根鉱
	南部石	加納輝石	磐城鉱
	長島石	木下雲母	種山石

	マンガンパンペリー石 ソーダ南部石 プロトマンガン鉄直閃石 カリリーキ閃石 ストロンチウム緑簾石 ネオジウムエークフィールド石 フッ素ソーダローメ石	原田石 オホーツク石 多摩石 わたつみ石 東京石 桃井石榴石	鈴木石 白水雲母
スカルン	備中石 三原鉱 ソーダ魚眼石 カリ定永閃石 単斜トベルモリー石 森本石榴石 パラシベリア石 カリ鉄パーガス閃石	布賀石 大江石 カリ苦土定永閃石 神岡鉱 和田石 武田石 苦土定永閃石 沼野石	都茂鉱 釜石石 逸見石 草地鉱 岡山市 ソーダ金雲母
ペグマタイト	石川石 益富雲母 セリウムヒンガン石	河辺石 プロト鉄直閃石 岩代石	飯盛石
二次鉱物	手稲石 赤金鉱 欽一石 宗像石	垂砒藍鉄鉱 中宇利石 滋賀石 亜鉛ビーバー石	尾去沢石 上国石 大阪石
噴気・熱水変質	南石 アンモニウム白榴石	砥部雲母 苦土フォイト電気石	三笠石
火山岩	湯河原沸石 木村石 ランタン弘三石	大隅石 ネオジム弘三石	芋子石
深成岩	自然ルテニウム 大峰石	杉石 菅木鉱	片山石 上田石
広域変成岩	ストロンチウム斜方ホアキン石 ストロナルシ石 松原石	青海石 糸魚川石 新潟石*	蓮華石 プロト直閃石
堆積岩	人形石	千葉石	