

## 研究室だより

### 五浦海岸の岩礁に刻まれた謎

(1670 万年前の天然ガスがもたらした最大級の炭酸塩コンクリーション)

大学院理工学研究科(理学野) 地球環境科学領域 教授 安藤 寿男



2020年7月、共著論文の出版に際して、北海道大学と茨城大学から「茨城県五浦に幻の巨大油ガス田」というプレスリリースを出していただいたところ、全国的な話題として新聞・

テレビの報道、ウェブサイト等にたくさん取り上げられました。「バズる」という言葉も初めて理解しました。2020年11月の日立総合支部会報にも紹介頂きました。そこで、改めて五浦海岸の成り立ちと六角堂の前に突出する岩礁の謎について解説します。

#### 研究のきっかけ

理学部地球環境科学コースでは、1年生が学ぶ「大学入門ゼミ」で、現在は北茨城市五浦海岸周辺での地質見学を行っています。県内の地質の名所を案内するため、20年ほど前に下見に行って驚いたのは、海食地形の岩礁が極めて不規則複雑で、見たこともない奇岩風景でした。不思議に思い学生と一緒に研究を始めました。

#### 五浦の炭酸塩コンクリーション

五浦海岸一帯は1,800~1,000万年前の新生代中新世という時代の地層からできています。特に六角堂から北側は、かつての陸棚の浅海底にたまった砂が堆積岩となったもの(=砂岩)です。ところが、現在は海側に緩く傾いた地層面に沿って形も大きさも様々な塊が不規則に突出しています(写真1)。これは、地層が地下で固まる際、二次的に炭酸水素イオンができて、浸み込んでいた海水中のカルシウムイオンと反応した部分だけに炭酸カルシウム(主に方解石)が沈着してセメントされ、周りより硬くなった“天然のコンクリート”です。その後、地下の地層が隆起侵食されて露出すると、太平洋の荒波で軟らかい部分が削られ、硬いところだけが取り残されたものです。五浦炭酸塩コンク

リーションの特徴は、地層中によく見られる扁平球状のコンクリーションと違って、形が極めて不規則で大きく密集度も高く、全国的にも例がない程規模が大きいことです。それが海岸崖や波食棚にこれほど広範囲に露出しているのは世界的にも稀でしょう。

#### 含まれる化石

コンクリーションやその周囲にはツキガイモドキ、シロウリガイ、キヌタレガイなどの二枚貝化石が、しばしば散在・密集します。これらの貝類は化学合成群集と呼ばれ、海底下から湧いてきたメタンやその酸化に伴って発生する硫化水素のような、生物にとって猛毒の物質から化学エネルギーを得ることのできるバクテリア(細菌)を共生させて、大型化し高密度で生きている生物です。生き埋めの姿勢でコンクリーションの成長とともに化石化した様子も見られます。殻長30cmの世界最大のキヌタレガイもありました。これらは化学物質を多量に含む湧水の海底噴出口付近などに生息し、海底からの化学エネルギーで生活する独特な生態系の生き物です。5つある小さな入り江(=五浦)の大五浦(六角堂前)の岩礁からは、幅7cmを越える巨大ザメ(ムカシオオホホジロザメ)の歯化石が50個以上も見つかり、幾つかは上下がかみ合った状態でした。推定体長10m超の巨大捕食者の遺骸の一部がコンクリーションに保存されていたのです。

#### 研究手法

成因や形成過程を考えるため、コンクリーションの形や産状を観察し、大型塊状、小扁球状、板状、チューブ状などに類型化しました。岩石試料を採取し精密化学分析を多数行いました。北大のプラズマ放電ヘリウムイオン化検出器を用いた高感度分析法では、コンクリーション中の微量ガス成分(水素、メタン、エタン、二酸化炭素など)の測定に世界で初めて成功しました。また、気体同位体比質量分析計により残留ガスの炭素・水素同位体組成や炭酸塩の炭素・酸素同位体組成も測り

ました。バイオマーカーと呼ばれる、嫌氣的メタン酸化アーキア（古細菌）の分子化石（細胞膜のエーテル脂質由来の有機分子）と、それらの炭素同位体組成も分析しました。

### 成因と起源

以上の結果から、当時の五浦地域の浅海底には大量のメタンを含む冷水が地下深くから大量に湧き上がってきていたことがわかりました。メタンは海底に湧き出る前の嫌氣的な場で一部がアーキアの生命活動で酸化されて炭酸水素イオン（ $\text{HCO}_3^-$ ）となり、海水由来のカルシウムイオン（ $\text{Ca}^{2+}$ ）と結びついて堆積物粒子の隙間に炭酸カルシウム（ $\text{CaCO}_3$ ）が沈着して、大量の炭酸塩コンクリーションが形成されたことも確認できました。炭酸塩コンクリーションを構成する炭素は、地下深部の熱によって生成したメタンガス、つまり天然ガスに由来していることが初めて明らかになりました。天然ガスは海洋の動植物プランクトンに由来するケロジェン（油母：石油天然ガスの先駆有機物）起源で、原油も存在していた可能性が高いことがわかりました。

### 地質学的背景

五浦炭酸塩コンクリーションが形成された 1,670

万年前は、日本列島がユーラシア大陸から分離され日本海が拡大した時期で、地殻変動によって地下の油ガス田に亀裂が生じて天然ガスの流出が数万年間以上にわたって断続的に生じたと考えられます。茨城県沖の海底地質情報から、その根源岩は中生代白亜紀の海成堆積岩だと予想されます。

### 今後への期待

現存する五浦炭酸塩コンクリーションの炭酸塩の体積は少なくとも 600 万  $\text{m}^3$  以上と見積もられ、炭素のほとんどが天然ガスに由来し、約 73 億  $\text{m}^3$  以上のメタンガスが変化して形成されたと試算されます。海岸や陸上での風化侵食によって既に消失した炭酸塩が大量にあるので、実際にはさらに多くの炭酸塩コンクリーションが形成されていました。また、海底に湧出した天然ガスの一部だけが炭酸塩となるので、実際に油ガス田から流失した天然ガス量ははるかに大量だったことから、大規模な油ガス田が近くに存在していたと考えられます。茨城県沖も重要な地下資源探査対象海域とされており、今後の進展が期待されます。

### 研究成果を社会に還元

地質見学地の研究を端緒に、学生の卒論・修論・共同研究・学会発表・論文公表と、茨城大学



写真1 五浦海岸の大五浦の全景。中央の岩礁で巨大ザメの発掘作業中。2006年6月13日干潮時。  
(右上のベンガラ色壁の建屋が六角堂)

五浦美術研究所という校地のある歴史的景勝地の自然の成り立ちを探求していく中で、日本列島のエネルギー資源探査に繋がる普遍的な話題にまで昇華できました。学会の見学会などで研究者仲間を何度も案内し、五浦海岸の重要性を紹介していく中で、それに呼応して最先端の分析機器で共同研究をしてくれた北大の鈴木徳行名誉教授の提案なしにはここまでやれなかったでしょう。茨城大学が主導してきた茨城県北ジオパーク（2011-2017年）の目玉となるジオサイトの学術的裏付けを提供

できたことは誇りに思います。岡倉天心らが魅了された海岸風景が、五浦の海底で起きた特殊な地質現象と海食がもたらした“自然の芸術”であったことを証明できたことは大きな喜びです。五浦美術研究所内の天心記念館に、炭酸塩コンクリーションの岩石ブロックと解説パネルが展示されていますので、機会があれば是非ご覧ください。

研究室 Website :

<http://paleo-geo-ando.sci.ibaraki.ac.jp/>