

地殻変動を生き延びてきた生物たち

●文：井龍康文（東北大学・海洋研究開発機構変動海洋エコシステム高等研究所特任教授）

長い歴史の中で、陸地の姿は、海底のプレート運動や火山活動、海水面の上下などダイナミックな地球の活動によって絶えず変化してきました。飛び石のように離れた島々に似た生き物たちが共通して見られる理由は、そうした変化とひも付けて説明されてきましたが、まだ謎も多く残されています。今回は、宮古諸島の陸生動物たちに関する謎解きを大きく前進させた井龍先生に、地質学と生物学の融合による最新の研究成果をご紹介します。

九州と台湾の間の1,000 km以上にわたる海域に太平洋側に張り出した弓のように連なる島々を、地質学では伝統的に琉球列島と呼んでいる(図1)。この列島は面積0.01 km²以上の島に限っても200にも及ぶ島々からなり、トカラ列島の悪石島と小宝島の間および沖縄本島と沖縄宮古海台(後述)の間の地形的な窪み(それぞれ、吐噶喇ギャップおよび慶良間ギャップ)を境に、北琉球、中琉球、南琉球に区分される。地質学的には、琉球列島はフィリピン海プレートがユーラシアプレート下に沈み込むことによって形成された島弧(琉球弧)であり、太平洋に面する側(前面)は琉球海溝で縁取られ、背後(大陸側)に東シナ海という縁海を有している。琉球列島が島弧となる前は、同“列島”はユーラシア大陸の一

部であったが、沖縄トラフの拡大により大陸から隔離され、島弧となった。その際、琉球列島の北部は反時計回りに、南部は時計回りに回転運動を行い、その時期は600~200万年前とされている。これは、高校地学の教科書でも取り上げられている日本海の拡大時(2,400~1,600万年前)における東北日本の反時計回り、西南日本の時計回り回転運動と類する運動である。琉球列島には、数多の素晴らしい自然があるが、本稿ではサンゴ礁と特異な陸生生物個体群や固有種に関して、地質学の立場から話題を提供したい。

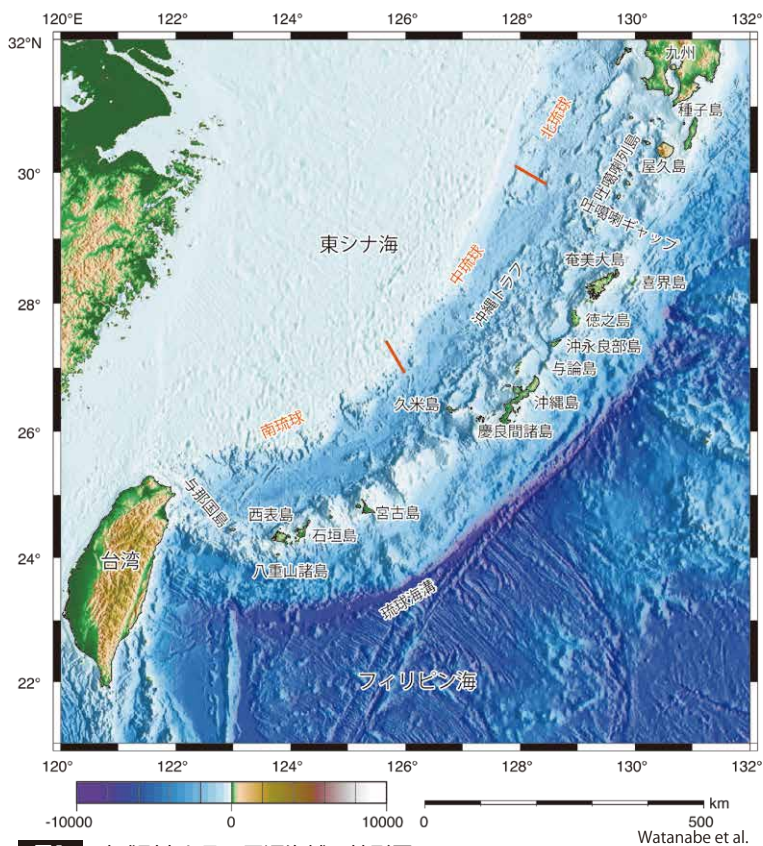


図1 琉球列島とその周辺海域の地形図

サンゴ礁はいつから、どうして

琉球列島の島々の周囲にはサンゴ礁が発達しており、その美しさは国内外で有名である。実は、琉球列島は北西太平洋のサンゴ礁の北限付近に位置しており、緯度が30°に及ぶ地域にまでサンゴ礁(図2)が分布する稀有な地域である。これは、暖流である黒潮が琉球列島の背後側を列島沿いに流れていることによる。このように琉球列島はサンゴ礁の分布の縁辺域に位置するため、サンゴ礁



図2 石垣島川平のサンゴ礁

は全域にわたって分布するものの、その規模や生息するサンゴの多様性(種数)は、北に向かって顕著な減少傾向を示す。同列島の最北部の種子島でサンゴ礁とされている場所で潜ってみると、サンゴが岩盤を薄く覆っているのみであり、サンゴ礁の定義である、“サンゴが海面に達するまで累重し、波浪に耐えうる構造を成したものを”を満足していない(図3)。実際には、吐噶喇列島の中に琉球列島内におけるサンゴ礁の北限があると思われる。

それでは琉球列島では、いつ頃からサンゴ礁が形成され始めたのであろうか。この解答を得るには、現在、琉球列島の陸上でみられるサンゴ礁とその沖合の海域で形成された堆積物である琉球層群(一般には、琉球石灰岩として知られている 図4)の年代を決定すればよい。しかし、これは容易なことではなかった。

例えば、琉球層群を代表する石灰岩である石灰藻球石灰岩(図5)は、現在でこそサンゴ礁の沖合海域の陸棚(水深50~130 m)の堆積物と理解されているが、生きた石灰藻球[無節サンゴモという体内に炭酸カルシウムを沈着する藻類(紅藻)と底生有孔虫という原生生物が生物殻の破片を等を覆って形成された礫状の岩塊]が報告されたのは1980年代半ばであり、これが学界のコンセンサスを得るまでには、さらに数年を要した。このようにして、琉球層群を構成する堆積物(石灰岩)の分類が確立され、各石灰岩の堆積場が特定されると、多くの島・地域で琉



図3 種子島広田海岸のサンゴ
ここはサンゴ礁とされているが、実際にはサンゴは砂岩を薄く覆うのみで、礁とはいえない

球層群の堆積過程(=サンゴ礁の形成過程)を明らかにする研究が行われた。その結果、琉球層群は第四紀の氷河の拡大・縮小による海水準変動とローカルな地殻変動の影響を受けながら堆積したことが判明した。これと同時に、石灰質ナノ化石という^{えんせきせう}円石藻の細胞表面を覆う殻の化石を用いて年代を決定する研究手法(石灰質ナノ生層序学)により、琉球層群の堆積年代が検討された。その結果は驚くべきもので、琉球層群の堆積開始、すなわち琉球列島におけるサンゴ礁の形成は沖縄島で最も早く、170~140万年前に遡るといふものであった。これが判明した1990年代前半では、琉球層群は70万年より新しいとする見解が支配的であり、それよりも70年以上も古い年代であった。沖縄島南部では、琉球層群の下位に800~200万年前に堆積した島尻層群と呼ばれる泥岩主体の地層が分布する。また、島尻層群と琉球層群の間には、両者の中間的特徴(下部は島尻層群的、上部は琉球層群的な顔つき)を示す知念層が存在する。このような地質学的なデータから、沖縄島の沿岸は、200~170万もしくは140万年前に泥の海からサンゴの海へに変化したことが読み取れる(図6)。この海洋環境の激変は、黒潮が琉球列島の



図4 琉球列島の陸上でみられるサンゴ礁とその沖合の海域で形成された堆積物である琉球層群一般には、琉球石灰岩として知られている



図5 石灰藻球石灰岩



図6 うりずん露頭(沖縄県南城市知念)
島尻層群の泥岩(右下の暗い灰色の層)、知念層下部の砂岩(中央の明るい灰色の層)、知念層下部の砂質石灰岩(中央から上部の赤茶けた層)が重なる。最上部中央の樹木の下の方の中には琉球層群の石灰岩が分布する。この地層の重なりから、沖縄本島南部が泥の海からサンゴの海へと変化した過程を読み解くことができる

背後を流れるようになり、ユーラシア大陸からの陸源性堆積物が遮断されたためと考えられている。しかし、島々間でサンゴ礁の形成開始時期には差があることや、黒潮が琉球列島の背後に流入する際に通過する与那国島と台湾の間の海峡は400万年前には開いていたとする生物系統地理学(生物の地理的分布がどのような歴史的過程により生じたのかを、遺伝子解析から解明しようと試みる学問分野)データとの不一致などが解決されておらず、琉球列島がサンゴの海に変貌したシナリオの完成にむけて、さらなる取り組みが必要である。

特異な生き物たち

琉球列島の島々には、特異な陸生生物個体群や固有種が多く見られる。現在の琉球列島の陸生生物に見られる多様性や独自性は、過去数百万年の間に島々が陸橋によって、相互および周辺の陸域(九州、台湾、ユーラシア大陸など)と連結・分断を繰り返したことが原因とされていた。しかし、1990年代以降に海を渡る能力(=渡海能力)が極めて限定的な生物(例えば、両生類や多くの陸生爬虫類)の生物系統地理に関する研究が進み、琉球列島とその周辺海域の地質や地殻構造に関する理解が進むと、更新世以降(過去260万年間)に大規模な陸橋が形成されたとする説は否定された。

爬虫類および両生類の生物系統地理は、中琉球がユーラシア大陸や北琉球・南琉球(ただし、宮古諸島を除く)と500万年間に渡って隔離されてきたことを示している。このことは、琉球列島は、500万年頃には大陸から距離的にある程度は隔てられており、北琉球、中琉球、南琉球に分かれていたことを示唆している。このタイミングは、琉球列島が沖縄トラフの拡大によりユーラシア大陸から隔離され、列島化した時期(600~200万年前)と合致している。よって、このユーラシア大陸との分断とその後の洋上分散(島々を伝って分布を拡大)が、琉球列島の島々の特異な生き物たちの成り立ちの要因であると考えられる。

しかし、宮古諸島の陸生動物たち(石灰岩の割れ目や鍾乳洞などから発見される化石も含む 図7)は、このシナリオでは説明できない。宮古諸島は、ほぼ全域が琉球層群で覆われており、その年代は125~40万年前

である。よって、この期間には島々は繰り返し水没したことが確実である。したがって、同諸島の陸生動物たちは、琉球層群の堆積後(40万年前以降)に移入したものである。それらの中には、沖縄諸島やそれ以北のみに同種や類似した個体群が分布する(した)生物たちが含まれており、中には渡海能力が極めて限定的なものが存在する。例えば、ミヤコヒバアやハブ(かつて宮古諸島にはハブが生息していた 図8)である。宮古諸島と沖縄諸島は現在少なくとも300 kmも海で隔てられていることを考慮すると、そのような分布パターンが形成されたことは謎であった。筆者は共同研究者とともに、かつて沖縄島と宮古島の上に巨大な島として存在し、今は海中に没している沖縄-宮古海台(図9)が、沖縄諸島から宮古諸島への生物移入の経路地となったとするOMSP仮説を提唱した(図10)。なお、OMSPは沖縄-宮古海台の英語名の頭字語である。

沖縄-宮古海台は、沖縄島と宮古島の上に位置する。北東-南西方向が135 km、北西-南東方向が35~75 kmの広さを有し、南西側が浅く、階段状に北東側に向かって深度を増す。各段を境するのは、北西-南東方向、相対的に北東側の段が落ちた正断層群である。この海台では、これまでに海底ボーリングが1地点でのみ実施されている。保管されていたボーリング試料を再検討したところ、OMSPでは810~550万年という地質学的には非常に短期間に厚さ2,700 mもの泥岩(島尻層群)が堆積していたことが確認された。上限の年代は、沖縄島南部や宮古島の島尻層群の上限の年代(200万年前)に比べ著しく古く、OMSPでは両地域より早期に堆積が休止したことを示す。また、OMSPは27万年以降に堆積した石灰岩に覆われていることから、同時期には水没したと判断される。このように、OMSP上には550~27万年前の海洋堆積物が見られないことより、この間は陸域であったと考えてよい。



図7 石灰岩の割れ目の中の脊椎動物の化石(沖縄本島南城市知念)



図8 ハブ

ハブの分布は、長らく研究者を悩ませてきた

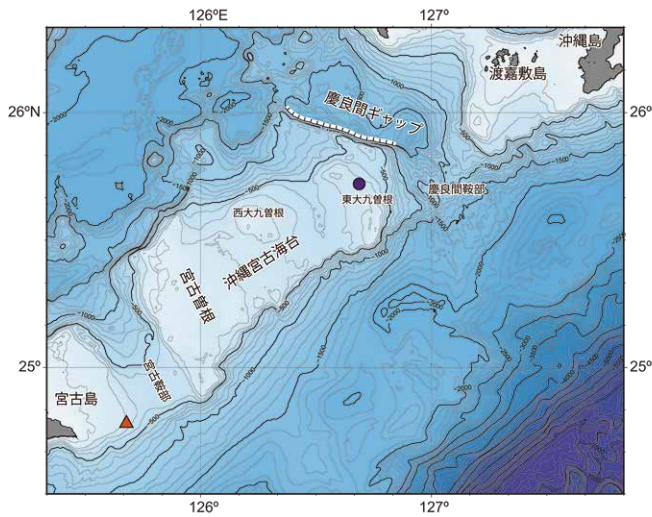


図9 沖縄-宮古海台(OMSP)の地形図

沖縄島南部は、200万年前直後に急速に隆起し陸化したことが、島尻層群最上部および知念層下部に含まれる底生有孔虫から明らかである。この急速隆起により、当時の海底ではメタンハイドレートが分解して、大量のメタンが放出されたことが確認されている。隆起の原因は、慶良間ギャップを形成した右横ずれ断層の垂直成分であり、隆起域は沖縄島南部に留まらず、慶良間鞍部と呼ばれる沖縄島とOMSPを結ぶ尾根状の地形を示す部分も隆起した。また、宮古諸島の島尻層群の上限の年代も約200万年前であることから、この時期に宮古諸島も隆起し、陸化した。以上の結果、OMSPは200万年前の直後に沖縄島および宮古諸島とつながり、北東-南西方向に400kmに渡る巨大な島が形成され、沖縄島の動物がOMSPにまで分布を広げたと想定される。

しかし、この島が巨大であった期間は短く、170~140万年前には沖縄諸島の周囲にサンゴ礁が形成され(言い換えれば、琉球層群が堆積し)、OMSPと沖縄諸島の間は海で分断された。さらに、宮古諸島でも125万年前頃からサンゴ礁が形成され始め、その後、宮古島は水没と陸化を繰り返した。このようにして、OMSPは沖縄諸島からも宮古諸島からも隔離された陸域として存在した。

沖縄諸島は45万年以上、宮古諸島は40万年以上、隆起に転じた。OMSPに生息していた動物は、この時期に陸域となった宮古諸島に移入したと思われる。一方、OMSPは沈降に転じた。海台上には27万年以上に形成された石灰岩(浅い海域ではなく、陸棚のようなやや深い場所で形成された石灰岩)が広がることから、27万年以上にはOMSPは完全に水没したようである。

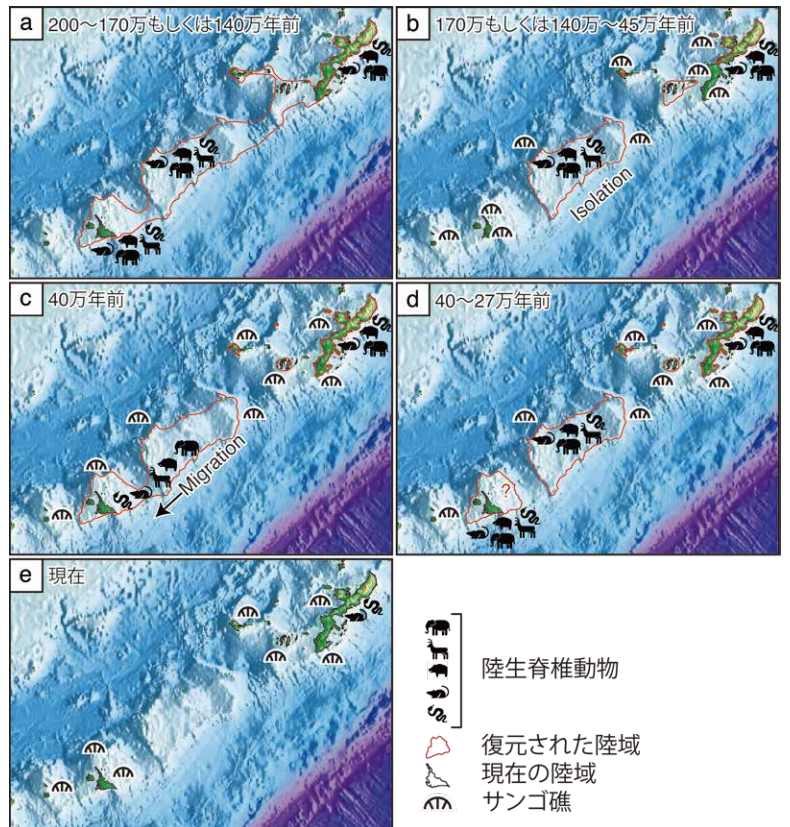


図10 沖縄・宮古地域の古地理の変遷と陸上脊椎動物の移動

このように、宮古島に分布する(した)沖縄諸島やそれ以北を起源とする生物たちは、200~170万もしくは140万年前の間にOMSPに移動し、そこで100年以上に渡って生き延び、40~27万年前に宮古島に移入という数奇な運命を辿ったのである。その中には、ハブのように現在まで生きながらえることのできなかつたものもいた。とかく、世界自然遺産に登録された島々(奄美大島、徳之島、沖縄島北部および西表島)の希少種が注目されがちであるが、琉球列島の地殻変動を生き延びてきた宮古諸島の生物たちの波乱万丈の歴史にも注目していただきたい。

井龍 康文 いりゅう・やすふみ

東北大学・海洋研究開発機構
変動海洋エコシステム高等研究所 特任教授
1987年東北大学博士課程修了。博士(理学)。日本学術振興会特別研究員、東北大学准教授、名古屋大学大学院環境学研究科教授などを経て現職。まるで古文書のように過去を記録しているサンゴ礁堆積物などを調べ、さまざまな時代の地球環境変動の復元を進めている。

