

2 地球科学と生物学の融合研究から琉球列島の謎に迫る



井龍 康文
IRYU Yasufumi

東北大学 変動海洋エコシステム高等研究所

琉球列島の島々には特異な陸生生物や固有種が多くみられる。近年、陸生生物の分布・分散の研究が進むにつれ、これまで地球科学分野で考えられていた琉球列島の形成過程では説明できない謎が現れた。地球科学と生物学の融合研究によりその謎を解き明かす仮説について解説する。

琉球列島

琉球列島は九州～台湾間の1,000km以上に渡る海域に点在する200以上の島々より成る。同列島は、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、太平洋側は琉球海溝で縁取られ、大陸側には東シナ海が存在する。同列島は、悪石島と小宝島の間（吐噶喇ギャップ）、沖縄本島と後述の沖縄－宮古海台の間（慶良間ギャップ）の凹地を境に、北琉球、中琉球、南琉球に区分される（図1）。

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。琉球弧形成の時期と過程に関しては未だに議論中であるが、古地磁気データによれば、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600～200万年前である。

個体群や固有種の宝庫

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、

その最も代表的な区域である「奄美大島、徳之島、沖縄島北部及び西表島」は、世界自然遺産に選ばれている。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、現生および化石生物の形態分類

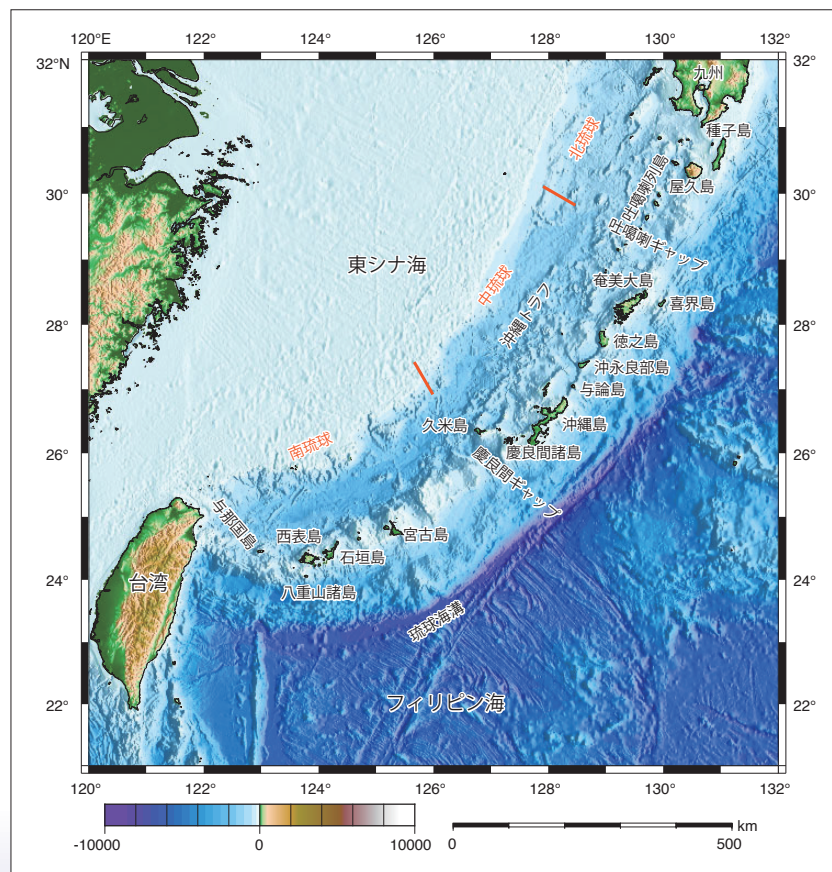


図1 琉球列島およびその周辺海域の地形図

学的知見に基づいて、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・分断を繰り返したためと解釈されていた。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）の生物系統地理学的研究（分子系統学的視点が導入された生物地理学的研究）が進展するとともに、琉球列島とその周辺海域の地質や地殻構造に関するデータの蓄積と理解が進むと、鮮新世以降（過去530万年間）、琉球列島は北琉球、中琉球、南琉球に分断されていたこと、中琉球は大陸から隔てられ、渡海能力が限定的な生物は両者間を移動できなかったことが示され、大規模陸橋説は否定された。この知見は、前述の古地磁気データによる琉球弧の形成時期（600～200万年前）と矛盾しない。すると、ユーラシア大陸からの隔離による琉球弧の成立と、その後の洋上分散（島々を伝って分布を拡大）で、琉球列島の特異な個体群や固有種の成立が完全に説明できるはずである。



写真1 宮古島に分布する琉球層群の石灰岩の割れ目とそれを充填する堆積物（岩石ハンマーの上）。この充填堆積物には、脊椎動物の化石が含まれていた。岩石ハンマーの長さは28cmである

宮古諸島の陸生動物にまつわる謎

しかし、宮古諸島（宮古島および周辺の島嶼）の現生および石灰岩の割れ目や鍾乳洞内の堆積物（写真1）から発見される化石の陸生動物には、このシナリオでは説明できないものが含まれている。宮古諸島は低標高の島々から構成され、最高所の標高は約110mである。島々のほぼ全域は125～40万年前にサンゴ礁とその沖合海域で堆積した石灰岩（琉球層群）で覆われている（写真2）。よって、この期間には島々は繰り返し水没し、島々に生息していた生物は水没のたびに一掃された。したがって、島々の現生および化石陸生動物は、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（沖縄島および周辺の島嶼）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いる。さらに、これらの北方要素の中には、ミヤコヒバアやハブのような渡海能力が極めて限定的なものが存在する。宮古諸島と沖縄諸島は少なくとも300kmも海で隔てられていることを考慮すると、このような北方要素の存在は謎である。この謎に関して、長谷川¹⁾は、次のように述べている（一部改変）。

「宮古島と伊良部島だけに3万年前、いくつかの北方系動物が北側にある宮古凹地を通して分布したことになる。いまのところ、この変った動物たちの移動について、説得力のある説明はない。まぼろしの箱舟でやってきたというしかない。」



写真2 宮古島北部の露頭で見られる島尻層群と琉球層群の不整合関係

OMSP 仮説

この謎を解く仮説として提唱されたのがOMSP仮説である。これは筆者が共同研究者とともに琉球列島の陸上・海洋地質、地球物理、古生物、生物系統地理に関する最新のデータを統合して構築したもので、沖縄島と宮古島の間に存在する沖縄－宮古海台（図2）が、過去には巨大な島として存在し、沖縄諸島から宮古諸島への生物移入の経由地となったとする仮説である（図3）。なお、OMSPは沖縄－宮古海台の英語名の頭字語である（Okinawa-Miyako submarine plateau）。

沖縄島と宮古島の間に位置する沖縄－宮古海台は、北東－南西方向が135km、北西－南東方向が35～75kmの広さを有し、南西側が浅く、北東側に向かって深くなる階段状の地形を成す。各段の境界は、北西－南東方向で、北東落ちの正断層群である。沖縄－宮古海台では、1970年代後半に海台の北東端付近で海底ボーリングが実施されている。ボーリング試料に含まれている石灰質ナノ化石（植物プランクトン化石）を再検討し、堆積年代の特定を試みた結果、OMSPでは810～550万年という比較的短い期間内に厚さ2700mもの泥岩（島尻層群）が堆積し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（約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。また、ボーリング試料では泥岩の上位に載る石灰岩（琉球層群）は年代を決定できなかったが、OMSP上には27万年以降に堆積した石灰岩が分布することが報告されて

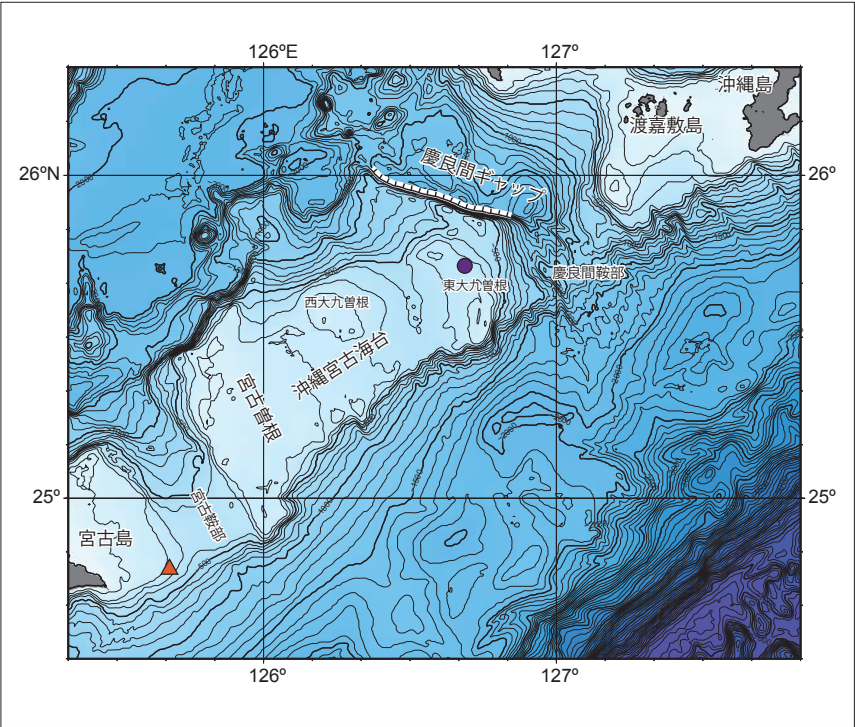


図2 沖縄－宮古海台（OMSP）の地形図。紫の丸は、海底ボーリングの実施地点である

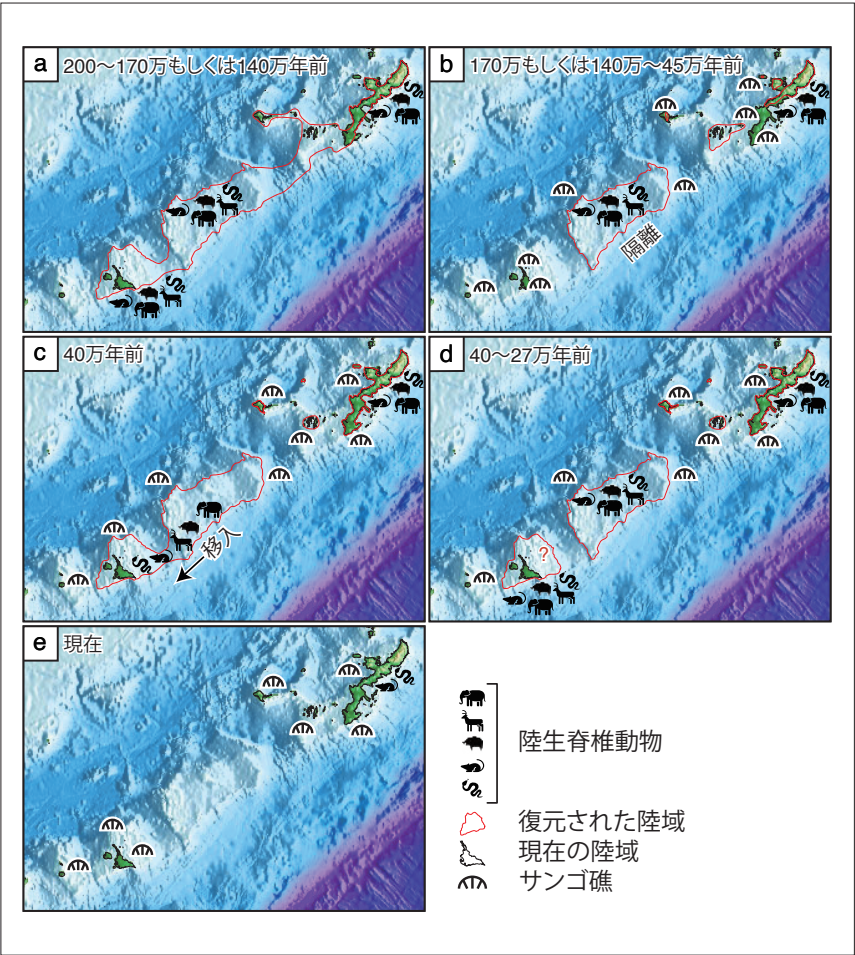


図3 沖縄諸島から宮古諸島に至る一帯の古地理の変遷と陸生脊椎動物の移動

いる。このように、OMSP上には550～27万年前の堆積物が分布しないことから、その間、全期間もしくは長期に渡って陸域であったと推定できる。

それでは、OMSPは沖縄島および宮古島と、いつ・どのように連結・分断したのであろうか。沖縄島の南部では、810～200万年前の間に堆積した泥岩を主体とする島尻層群と、170～140万年前以降にサンゴ礁とその沖合海域で堆積した琉球層群の間に知念層という両者の中間的な堆積物が分布する（写真3）。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群集は、200万年前の直後に沖縄島南部が急速に隆起したことを示す。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、大量のメタンが放出され、炭酸塩鉱物であるドロマイト（化学組成 $\text{Ca}_{0.5}\text{Mg}_{0.5}\text{CO}_3$ ）のノジュールが形成されたことが報告されている。また、琉球層群は島尻層群や知念層を不整合関係で覆うことから、200万年前の直後に、沖縄島が陸化したことは確実である。この隆起は、慶良間ギャップを形成した右横ずれ断層の垂直成分に因るものであり、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にも及んだ。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、同様の時期に宮古諸島も隆起し、陸化した。以上の結果、OMSPは沖縄島および宮古諸島とつながり、北東－南西方向が400kmにも達す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推定される（図3a）。

しかし、この島が巨大な島として存在した期間は短く（30～60万年間）、170～140万年前には沖縄諸島の周囲にサンゴ礁が形成され、OMSPと沖縄諸島の間は海で分断された（図3b）。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、宮古諸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島として存在した。

琉球層群を構成する石灰岩の重なり方から、堆



写真3 うりずん露頭（現 沖縄県南城市知念屋外運動場）。下位より、島尻層群の泥岩（右下の暗灰色の地層）、知念層下部の砂岩（中央の明灰色の地層）、知念層上部の砂質石灰岩（中央から上部の赤茶けた地層）が重なる。最上部中央の樹木の下の数の中には琉球層群の石灰岩が分布する。島尻層群最上部付近には、ドロマイトのノジュールがみられる

積時の昇降運動（沈降か隆起か）を知ることができる。それに基づく、沖縄諸島は45万年以降、宮古諸島は40万年以降に、隆起に転じたと推定される。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（図3c）。両諸島が隆起したのに対して、OMSPは沈降し、宮古島とは分断された（図3d）。OMSP上には27万年以降に形成された石灰岩が広がることから、同時期には大部分が水没し、現在に至る（図3e）。ただし、OMSPの中で最も水深が浅い南西端は氷期には干出していたことが知られている。以上をまとめると、宮古諸島に分布する・した沖縄諸島やそれ以北を起源とする北方要素は、200万年前から170～140万年前の間にOMSPに移動し、そこで100万年以上に渡って生き延び、40～27万年前に宮古島に移入したというシナリオになる。

あとがき

OMSP仮説は、地球科学と生物学の融合研究の成果であり、異なる学問分野の連携・共同研究が新たな発想を生み、単独では得られない成果に繋がることを示している。また、この成果をフィードバックすることにより、個々の分野における研究もさらに深化すると期待される。OMSP仮説は誕生したばかりであり、今後の新たな研究成果に基づき修正・改善され、強固な学説に成長するであろう。

<参考資料>
1) 長谷川善和, 日本の現世哺乳類の起源を考える, 哺乳類科学, 2012, 52, pp.233-247.