

## カルスト研究から自然地理学を俯瞰する

尾方隆幸 おがた たかゆき

琉球大学

カルスト地形は、石灰岩が風化と侵食を受けることによって形成される、自然地理学が長年にわたって研究してきた地形のひとつです。石灰岩には化学反応によって溶けやすい性質があり、その化学的なプロセスはカルスト研究で特に重視されてきました。一方、カルストをつくる石灰岩そのものを考えるためには、地質学の知識に基づいた「時間的な俯瞰」も必要です。今回は、カルスト研究からみえてくる自然地理学の立ち位置について考えてみることにします。

### 沖縄には「熱帯カルスト」があるのか？

沖縄には斜面傾斜の大きいカルスト地形があり、自然地理学者によって「熱帯カルスト」と説明されてきました。熱帯カルストとは、降水量の多い湿潤熱帯で石灰岩の化学的な溶解・溶食が効果的に進み、その結果として急峻な斜面が形成されたカルスト地形のことです。カルスト地形は、たしかに気候の影響を強く受ける地形ですが、その成因を考える際は気候条件の検討だけでは不十分で、石灰岩の規模やその物理性・化学性、さらに陸域で風化・侵食を受けた時間など、多くの環境条件を考慮する必要があります。

実際、沖縄のカルストに登ってみると、自然地理学の「熱帯カルスト説」に対する疑問がいくつも湧いてきます。沖縄島北部の本部半島には傾斜 30° ほどの円錐形を呈するカルストがありますが、その斜面は活発な溶解・溶食の痕跡に乏しく、物理的

に割れたと考えられる数多くの巨礫に覆われています。本部半島のさらに北、沖縄島の最北端に位置する辺戸岳には、傾斜 90° に近いタワー状のカルストがあり、崖の基部に巨礫がたくさん落ちていて、崖錐という地形をつくっています<sup>1</sup>。

沖縄島のカルストで観察できるこれらの事実は、活発な溶解・溶食とは必ずしも関係しません。むしろ、石灰岩の物理的な風化を示唆する証拠です。さらに、辺戸岳には、本州・四国・九州から続く大きな地質構造の境界（仏像構造線）が通っており、石灰岩の崖は断層運動の影響を受けたものと考えられます。ところが、これらの地形は「溶けやすいゆえの熱帯カルスト」として紹介され続けてきたのです。この解釈は、私には、日本列島（本土）の目線からみた先入観とフィールドでの観察不足によって導き出された誤認に思えてしまいます。

### 地球を俯瞰してみると

沖縄のカルストを理解するためには、地球を俯瞰するセンスも要求されます。本場の「熱帯カルスト」が分布する東南アジアの一例を紹介しましょう（図）。インドシナ半島の付け根にあたる中国南部～ベトナム北部～ラオス北部・中部～タイ北部（地質体としては南中国地塊・インドシナ地塊）には、主に古生代ペルム紀～中生代トリアス紀（298 Ma～201 Ma；Ma は 100 万年前）に堆積した石灰岩の巨大な岩体が、極めて広範囲に露出しています<sup>2</sup>。この石灰岩が堆積した頃は、パンゲアという巨大な大陸とパンサラッサという巨大な海洋で構成されていた地球が大陸分裂のステージに切り替わる時代でした。その後、石灰岩をつくった広大な堆積盆がプレートの運動によって陸域になり、現在のようないンドシナ半島になったのです。



図—ラオスのカルスト平原と残丘

石灰岩の厚くて広い岩盤が、長い時間をかけて溶かされたもの。

散在する溶け残りのタワーカルスト山頂から 2018 年 5 月 2 日に撮影。

カルスト地形にとって、こうした地質学的な背景はどのように関わるのでしょうか。古生界ペルム系～中生界トリアス系の石灰岩で構成される点では、インドシナ半島と沖縄のカルストは共通しています。しかし、沖縄島の本部半島や辺戸岳で見られる古生界ペルム系～中生界トリアス系の石灰岩は、海洋プレート上で堆積し、それがプレートテクトニクスによって移動し、中生代ジュラ紀～白亜紀（201 Ma～66 Ma）にプレートの沈み込み境界で大陸プレートに付加されたものです。海洋プレートから付加される地質体は石灰岩だけではないため、石灰岩の規模は必然的に小さくなりますし、地殻変動の影響も強く受けています。一方、インドシナ半島では、かなり長い期間にわたって、安定した大陸に広く石灰岩が露出していました。すなわち、風化・侵食を受ける環境が、インドシナ半島と沖縄のカルストで大きく異なっています。

このような地質時代のスケールでの環境条件の違いが、現在の地形に影響しないはずはありません。現在の地形だけを見て「沖縄のカルストは熱帯

のもの」と形が似ているから熱帯カルストだろう」という解釈は単純すぎて、カルスト地形をコントロールする地質条件と気候条件の時間的な変化を考えなければ、その成り立ちを見誤ることになります。沖縄の「熱帯カルスト説」は、自然地理学が時間の俯瞰に失敗してしまった事例ではないでしょうか。

#### 自然地理学の立ち位置とフィールドワークの魅力

カルスト研究は、自然地理学だけではなく、さまざまな学問分野にまたがります。最近では、風化に対する生物の影響を明らかにするため、石灰岩の試料を用いて付着する微生物の DNA 解析を行ったり、数値シミュレーションを走らせたりもしていますが、このようなアプローチには、生物学や農学・工学との共同研究が効果的です。解析の結果、微生物が石灰岩の風化を促進する場合もあれば、それを抑制する場合もあるなど、新しいこともいくつかわかってきました。そして、そのような解析

に関する日常的な議論は、化学系・工学系・農学系など、自然地理学とは直接の関係がない研究者たちと進めています。

今日の研究者にとってはアウトリーチ活動も重要です。アウトリーチの現場に出ると、アカデミアの縦割りはもちろん、学問分野の名称すら意味を失います。私はこれまで、BBCやNHKなどの番組に地球科学の専門家として出演する機会がありました。たとえばNHKの「プラタモリ」では、琉球史の研究者と一緒にカルスト地形を歩きましたが、そこまで専門が異なると、もはやお互いに新しく知ることばかりです。そのような機会は、自分の専門分野がアウトリーチの最前線でいったいどのように貢献できるのか、ゼロから省みるきっかけにもなります。

どんな学問分野も一長一短ですが、それらは異分野の研究者と日常的に交流しないとわかりません。カルストの事例からもわかるように、まずは進歩と再編が進む地球惑星科学において自然地理学の立ち位置を改めて考えることが重要だと感じます<sup>3</sup>。

ところで、フィールドワークにはトラブルが付き物です。これまで石灰岩の風化環境を測定するため、あちこちにセンサーやデータロガーを設置してきましたが、東南アジアでは機器が行方不明になることがしばしばあります。カルストは身体そのものにも牙をむいてきます。2020年3月の海外調査中には、COVID-19の影響で帰国便がキャンセルになって予定外の長居をしていたミャンマーのカルストで骨を2本ほど折り、この原稿を執筆している7月上旬も、まだリハビリテーションをやっています。そのような痛い思いをしながらもやめられないフィールドワークの中毒性こそ、自然地理学を含めた地球科学の最大の魅力なのかもしれません。

1—尾方隆幸・大坪 誠：琉球弧の地球科学的研究—断層と風化・侵食プロセスに関する研究の課題と展望—。第四紀研究, 58, 377-395 (2019)

2—尾方隆幸：「境界」の魅力—インドシナ半島シームレス巡検—。E-journal GEO, 13, 338-346(2018)

3—日本地球惑星科学連合編：『地球・惑星・生命』。東京大学出版会 (2020)