

大陸の誕生と分裂をさぐる

やました ひろゆき
山下 浩之(学芸員)

地球は約46億年前に誕生しました。現在の地球には6つの大陸と5つの大きな海がありますが、地球の誕生当時からそれらがあったわけではありません。46億年にわたるダイナミックな地球の営みが、過去から現在まで大小様々な大陸と海をつくり出してきました。しかし、すべてがわかったわけではありません。地球科学者たちは、その歴史を解き明かすべく、現在でも世界中を調査し、試料を集め、研究を進めています。

最初の陸

現在発見されている、地球上で最も古い年代を示す岩石は、約40億年前のものです。そのなかの一つに、当館でも展示されているアcasta片麻岩と呼ばれるトーナル岩質片麻岩があります。トーナル岩の化学組成は安山岩に近く、玄武岩質の岩石が溶けてできるマグマからつくられます。安山岩質のマグマができる場所は、地球を取り巻く岩板であるプレートが沈み込むところです。地球が誕生してから小さい玄武岩質のプレートが無数にでき、これらがお互いに押し合いを始めます。場合によっては、あるプレートがもう一方のプレートの下に沈み込むことが起きます。このような場所で玄武岩質の岩石が溶けて安山岩質のマグマが形成されます。安山岩質の岩石は玄武岩質の岩石やマントルに比べて比重が小さく軽いので、地表付近に上昇して安山岩質の地殻をつくり出します。地球上の各所で誕生した安山岩質の地殻は、やがてプレート運動によって移動し、衝突し合います。衝突を繰り返すことで地殻が次第に大きくなり、大陸となります。大陸となっても衝突を繰り返します。時には大陸の衝突や変動によって、熱や圧力による変成作用を受け、片麻岩という変成岩に変わることがあります。

このように誕生した太古の地質帯は、楕状地とか安定地塊と呼ばれています。これらの楕状地や安定地塊が移動して、ぶつかり合うことでより大きな大陸が誕生します。現在地球上にある、ユーラシア大陸、北アメリカ大陸、南アメリカ大陸、ア

フリカ大陸、南極大陸、そしてオーストラリア大陸もいくつかの楕状地や安定地塊が集合してできたものです。現在の地球上には6つの大陸しかありませんが、プレートの運動によってはもっと数が多くなったり、1つにまとまって巨大な超大陸となったりしたこともあります。

大陸衝突の証拠

なぜ、太古の昔に大陸が衝突したことがわかるのか。それを知るには3つのことが必要です。1つ目は地質調査を行い、岩石を調べることです。プレートの動きにより大陸同士が出会うと、片方の大陸の一部がもう片方の大陸の下に沈み込むような状況が起こります。しかし、すべてが沈み込めるわけではなく、一部は衝突してしまふこともあります。また沈み込んだ部分も浮力があり、沈み込まれた大陸を上昇させたりします。このように大陸同士が出会う境界付近では、いわゆる造山運動が起きて山脈ができます。しかし時間が経つにつれ山脈は侵食され、地下深部の岩石が露出します。衝突境界付近にあった岩石は、衝突による高い熱と圧力を受けているために、変成岩にかわっています。変成岩には、サファイアやルビーのような高温高压の条件下でできる変成鉱物が含まれていることがあります。このような岩石や鉱物を調べることで過去に大陸の衝突があったことがわかるのです。

2つ目は岩石ができた年代や変成を受けた年代を調べることです。年代測定にはいろいろな方法がありますが、近年よく使われているのがジルコンという鉱物を用いたウラン (U)-鉛 (Pb) 年代測定法です。これはウランが時間の経過に伴い鉛に変化することを利用して年代を測定するものです。ジルコンという鉱物は物理的、化学的に大変安定した鉱物のため、一度生成するとなかなか壊れません。岩石に含まれるジルコンが風化、侵食されて川に流されても、壊れずに砂粒に紛れて存在します。また、マグマ中でも溶けずに、逆にもともとあったジルコンの結晶のまわりに新たな結晶が成長します。このようなジルコン粒子を調べると、中心に、より

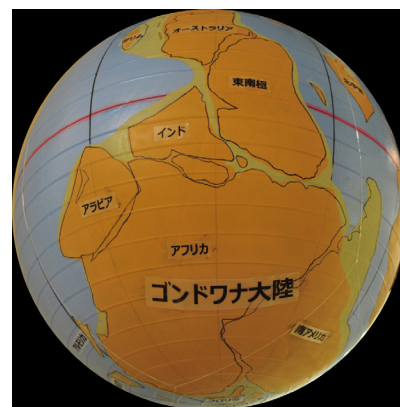


図1. 5億3千万年前の大陸の分布を示した地球儀。Li et al. (2008)を参考に谷圭司氏が作製した。アフリカ大陸が反時計回りに90度回転しているため、現在のアフリカ大陸の北西部が“南極圏”となり、南極大陸のあたりに赤道(赤い線で示してある)がある。ゴンドワナ大陸が南半球にあるのがわかるように、下側45度から撮影した。

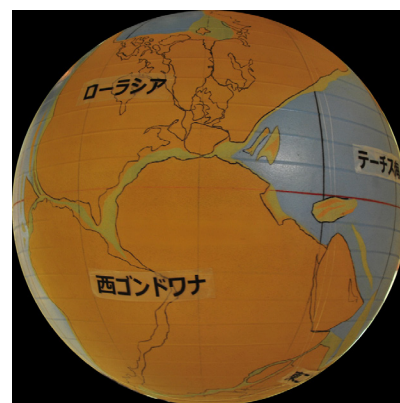


図2. 3億年前の大陸の分布を示した地球儀。Torsvik et al. (2012)を参考に谷圭司氏が作製した。南半球にゴンドワナ大陸が、北半球にローラシア大陸が分布し、これらが結合してパンゲア超大陸となっている。

昔にできた結晶があり、その周りに同心円状に成長した新しい結晶を見ることができます。その部位ごとに年代測定を行うことで、イベントが起きた年代を知ることができるのです。

3つ目は岩石に残された過去の地球磁場を調査することです。地球には磁場があり、N極とS極が存在します。火山活動の噴火で流れ出た溶岩は、冷えて固まる際に、その時の地球の磁場を記録して固化します。これを熱残留磁化と言います。この原理を利用して、溶岩に残されている地球磁場を調べることで、溶岩が噴出した緯度を推定することができるのです。近年は火山岩だけでなく、堆積

岩からも鉱物の堆積残留磁化が調べられるようになりました。もしも大地が移動せずに、常に同じ位置にあったとしたら、残留磁化が示す磁極は変わらないままです。しかし、実際に残留磁化を調べると、陸ごとに磁極の向きが異なります。これは岩石ができた後で、陸が移動してしまったことが原因です。陸が「いつ」、「どのくらい」動いたのか？それは残留磁化と岩石ができた年代をあわせて調べることで推定することができるのです。

ちょっと理屈は難しいですが、地質調査とそこで得られた岩石の年代測定、残留磁化を調べることで、大陸の移動の履歴を知ることができるのです。

分裂する大陸

一度誕生した大陸は、マントルの上に浮いている状態なのでなかなか壊れることはありません。大陸の分裂は、大陸の地下深部のマントルと核の境界部から、ブルームと呼ばれる巨大な熱いマントルの上昇流による、大規模な火山活動によって起こります。アフリカ大陸と南アメリカ大陸の分裂では、ブルームの上昇によって生じた大規模火山活動により、カルー玄武岩やバラナ玄武岩という大規模な洪水溶岩流が流出しました。アフリカと南アメリカを分裂させたこの火山活動は、現在では大西洋中央海嶺となって両大陸の分裂を続けさせています。

巨大大陸の誕生と分裂

巨大大陸はいつから誕生したのでしょうか。これも大変難しい問題で、研究者の間でも統一見解はありません。最も古い超大陸は約36億年前に誕生したバールバラ超大陸であるという説もあれば、約19億年前のヌーナ超大陸であるという説もあり、諸説紛々です。今のところ、約10億年前に誕生したロディニア超大陸の存在は、共通認識としてあります。ロディニア超大陸が形成した時にできた変成岩類は、インドや南アフリカなどで見つかっています。このロディニア超大陸は10億年前から7億5千万年前まで存在していたと考えられています。7億5千万年前頃から大規模な火山活動が起こり、その結果新しいプレートが形成されて超大陸はいくつかの小大陸に分裂しました。



図3. メソサウルス化石 (KPM-NNV 101033, ブラジル産)。撮影：大島光春 学芸員

6億年前頃から現在のアフリカ、南アメリカ、インド、オーストラリア、南極の各小大陸が再び集合したゴンドワナ大陸が誕生します(図1)。この時の小大陸の衝突の痕跡にあたる変成帯が、南アメリカからアフリカと、アフリカからマダガスカル、インド、南極へと带状に残されています。この変成帯では、片麻岩やグラニュライトなど大陸の深部でできた高温高圧の変成作用を受けた変成岩類や、サファイアやルビーなどの宝石鉱物を産します。なお、今号の表紙で紹介したサフィリンを含む金雲母岩は、アフリカとインド、南極大陸に挟まれたマダガスカルでできたものです。この時代は、後の北アメリカになるバルティカ大陸やローレンシア大陸、後のユーラシア大陸になるシベリア大陸や南北の中国地塊は集合していませんでしたので、すべての大陸が集合していたわけではありません。

その後ゴンドワナ大陸は、あまり形を変えずにプレート運動により移動します。約3億年前、ゴンドワナ大陸は、バルティカ大陸やローレンシア大陸(この時はこの2つは集合してユーラアメリカ大陸となっていた)、シベリア大陸と集合して、パンゲア超大陸が誕生します(図2)。しかし、パンゲア超大陸は、誕生から1億年後の約2億年前には再び大規模な火山活動により分裂がはじまります。「分裂する大陸」で紹介した、カルー玄武岩やバラナ玄武岩はこの時代に噴出したものです。パンゲア超大陸は、後に北米大陸やユーラシア大陸になる北側のローラシア大陸と、南側のゴンドワナ大陸とに分断します。さらにゴンドワナ大陸も、アフリカと南アメリカからなる西ゴンドワナ大陸と、インド、マダガスカル、オーストラリア、南極大陸からなる東ゴンドワナ大陸とに分裂します。この時点でゴンドワナ大陸が消滅



図4. グロソプテリス化石 (KPM-NN 5060, オーストラリア産)。撮影：田口公則 学芸員

したことになります。

証拠は複数あります。その中でも有名なのはゴンドワナ大陸でしか見つからない化石です。爬虫類化石のメソサウルス(図3)は、南アメリカとアフリカの地層から見つかっています。メソサウルスは汽水性で海を渡ることはできないため、両者が各々の大陸から見つかるということは、大陸が繋がっていたとしか考えられません。同じように、爬虫類化石のリストロサウルスはアフリカ、マダガスカル、インド、南極大陸から見つかります。グロソプテリスという植物化石(図4)は、南アメリカとアフリカ、マダガスカル、インド、南極大陸とすべての大陸から見つかっています。これらの化石は、ゴンドワナ大陸が分裂した証拠となっているのです。

その後、パンゲア超大陸から分裂した各々の大陸は、プレートの運動によって移動を開始して、現在の大陸の配置になっていったのです。

ゴンドワナ展へ

さて、長々と難しい話を紹介しました。この話は、2020年2月29日から5月10日まで開催されている、企画展「ゴンドワナ～岩石が語る大陸の衝突と分裂～」の第1章の内容です。拙文をお読みいただき、是非とも展示をご覧になっていただければ幸いです。