

2 日本の地形

2.1 はじめに

2011年3月に発生した東北地方太平洋沖地震、その後に内閣府が被害想定を行った南海トラフの巨大地震、いずれも我が国で発生する地震としては最大級のものであります。日本には、なぜこのように地震が多いのだろうかと思われている方も大勢いらっしゃると思います。通常、このような疑問に対しては、プレートテクトニクスやマントル対流という、やや難しい考え方をもとにして説明されますが、ここでは別の見方で説明してみたいと思います。そのために、まず日本の地形を眺めるところから始めましょう。

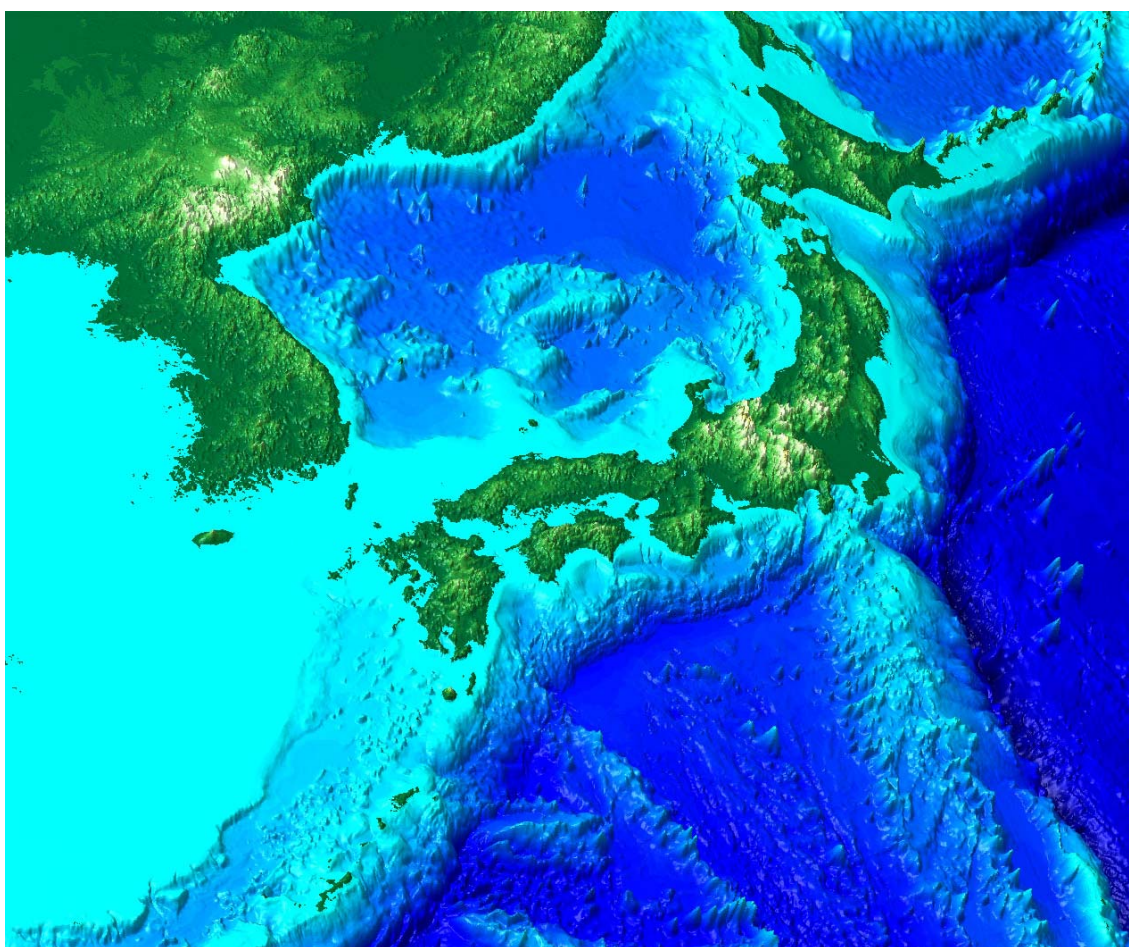


図1 日本周辺の地形図。アメリカ大気海洋局（NOAA）が提供しているデジタル地形データ（etopo1）を用いた。

2.2 日本とその周辺の地形

図1は日本列島と周辺の地形を表した図です。デジタルで提供された標高データからコン

コンピュータを使って描いたものです。陸上の標高だけでなく、海の深さのデータもありますので、海底地形もきれいに描くことができます。陸上は標高が高くなるに従い緑色からベージュ、海は深くなるに従い、水色から濃い青色で表現してあります。立体的に見えるように高さや深さを 15 倍に強調し、南南東の上空から眺めたように地形を描いてあります。ただし、陸上の海拔よりも低い部分（いわゆるゼロメートル地帯）は海として認識されてしまったり、湖底の標高がゼロメートルよりも高い湖は陸として認識されてしまっているため、実際の海岸線や湖岸線とは少し異なります。

私たちは、陸上の地形については地図や実際の風景で見慣れているのですが、海底の地形を直接見ることはできません。海の地形と陸の地形を一度に立体的に表現した地図もまれです。しかし、海と陸の地形を一度の眺めると、日本列島の形成の様子などが非常に良くわかります。以下の説明では、図 1 の地形図にもとづいて説明を進めていきます。また、わかりやすいように、説明のキーワードとなる語を入れた地形図を図 2 に示しました。

「陸」と「浅い海」、「深い海」

陸と海を同時に表現した地形図の全体を眺めると興味深いことがわかります。青系統の色で表現されている海は、濃い青色で表現された深い海と薄い水色で表現された浅い海に大まかに分けられることがわかります。浅い海と深い海との境界は比較的急な崖になっており、その境界ははっきりしています。例えば、九州の西側、朝鮮半島の南西の東シナ海には比較的浅い海が広がっています（図では薄い水色で示され

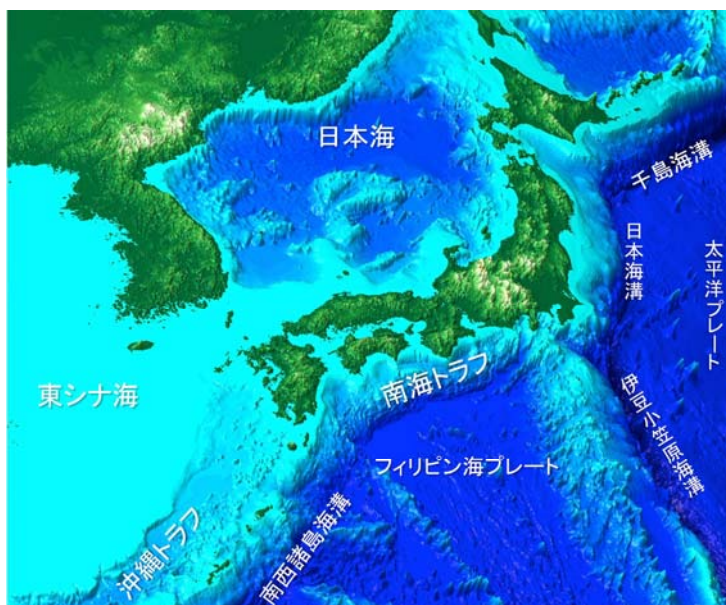


図 2 日本付近の地形に関する名称を図 1 に加えたもの。

た部分です) が、この浅い海は中国大陸、朝鮮半島から九州・山陰まで続いています。東シナ海の浅い海は沖縄にまでは連続せず、沖縄のすぐ北にある沖縄トラフで急な崖になって終わっていることがわかります。また山陰にまで続いている浅い海底も、日本海の深い海との境で崖になっていることがわかります。日本海をはさんで日本の対岸は海岸に沿った狭い領域に浅い海がありますが、すぐに崖となって深い海になってしまっています。このように深い海と浅い海との境界は傾斜の急な崖となり、非常にはっきりした地形であるのに対し、陸と浅い海との違いは単に海水に覆われているかどうかだけで、地形的に際立った違いが無いことに注意して下さい。

私たちは海水に覆われた部分を海と読んでいますが、地形から見ると少し違った見方がで

きることを理解していただけたでしょうか。さて、この地球科学的に見た陸と海はどのように異なっているのでしょうか。またどのようにできたのでしょうか。もう少し詳しく見ていきたいと思います。

2.3 海はどのようにしてできたか

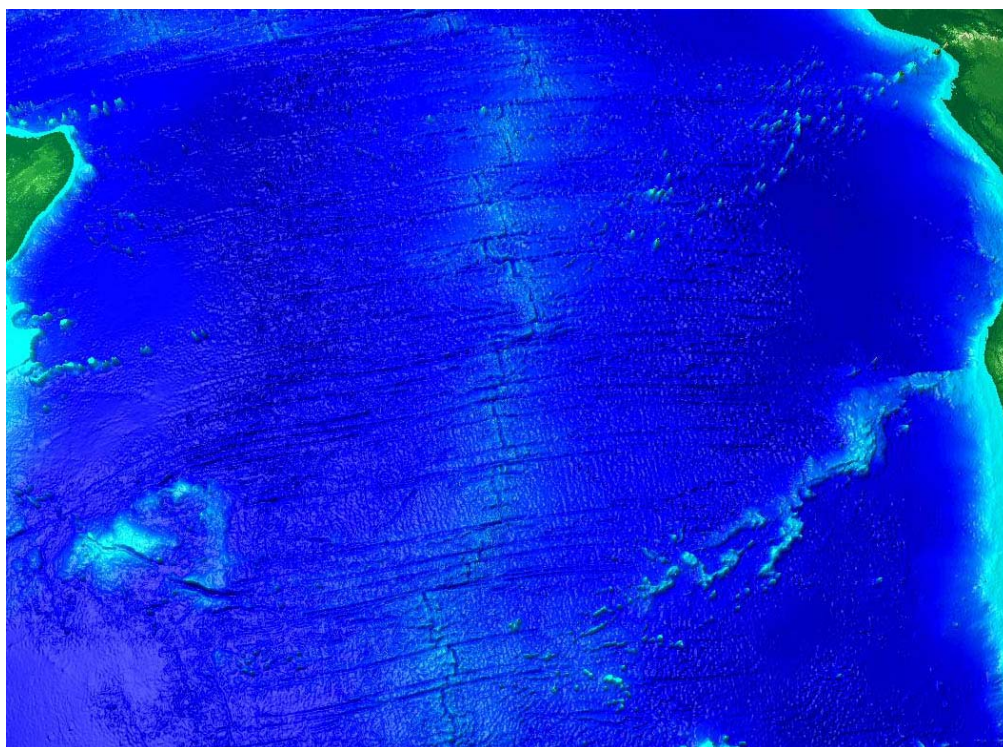


図3 南大西洋の海底地形。中央に南北に走るのが大西洋中央海嶺。右側の陸地はアフリカ大陸、左側は南アメリカ大陸。

「海」の成因

地球科学的に見た海とは、図1では濃い青色で示された領域です。このような海はどのようにしてできたのでしょうか。その成因は1960年代から発展したプレートテクトニクスという考え方をを用いて次第に理解されるようになってきました。海は海嶺という海底の高まりで作られたのです。図3に海嶺の地形図を示します。これは南大西洋の海底の地形図です。左側にすこし見える陸地が南アメリカ大陸、右側に見える陸地はアフリカ大陸です。大陸と大陸の中央に海底の山脈が走っています。またその中央には窪地状の裂け目が見えます。この海嶺で海底が新しく生産されているのです。海嶺では海底が左右に引っ張られ、その場所に地下からマグマが上昇してきて海底を作っています。つまり海嶺は地球の表面で最も新しい場所の一つなのです。海嶺で作られた海底は次第に海嶺から離れていくため、海嶺から遠く離れた場所ほど古い時代に作られた海底です。図3をよく見ると、海嶺から離れるに従って青い色が濃くなっていることがわかります。これは古い海ほど深くなっていることを表して

います。海底は冷たい海の底にさらされて海嶺から次第に離れていき、時間とともに冷やされます。冷やされると海底の下の岩盤（プレート）が重くなって次第に沈下していきます。

日本付近の海底をみると、太平洋プレートの海底は、日本付近では約 6,000m ですが、フィリピン海プレートの海底は約 4,000m で、フィリピン海プレートの方が浅くなっています。これは、太平洋プレートの方が海嶺で生産されてからの時間が長く（年齢が古く）、その分だけ重くなって沈降しているためです。太平洋プレートの年齢は日本海溝付近では約 1 億 3 千万年であるのに対し、フィリピン海プレートは南海トラフ付近で約 3 千万年程度であることがわかっています。一方、日本海はさらに浅く、深いところでも 3,000m 程度です。日本海溝は約 2 千万年前に生まれたと考えられていて、フィリピン海プレートよりもさらに若い海です。ただし同年齢のその他の海と比べると日本海はやや浅く、海嶺で生まれた海とは少し性質が異なっているようです。

日本海の成因

さて、日本海はどのようにしてできたのでしょうか。日本海は今から約 2 千万年前に日本列島が大陸から引きはがされる時にできたとされています。日本海ができる以前は、日本列島は大陸にくっついていました。しかしその沿岸では今と同様プレートが沈み込んでいたと考えられています。しかし、何かの原因で突然 2 千万年前に大陸から離れ始め、1 千 5 百万年前頃までに現在の位置に移動してきました。日本列島と大陸との間にできたすき間に地下からマグマが上昇してきて海を作ったのが今の日本海です。マグマが上昇して海底を作るといふプロセスは海嶺と同じですが、マグマが上昇する位置があちこちに移動したため地形的には海嶺のような直線的な高まりができなかったようです。大陸から引きはがされる際に、日本列島は「く」の字に折れ曲がり、今の形になったのです。

大陸から分離している間の日本列島の地殻変動や火山活動は非常に激しく、列島にずたずたに裂け目が入り、あちこちでマグマが上昇して激しい火山活動が起きました。また陥没して低くなった場所に堆積物がたまりました。当時の堆積物は日本列島の各地に見ることができます。愛知県の近辺では、岐阜県の瑞浪付近の瑞浪層群という地層がそれにあたります。またこの時期には多くの火山も噴火しています。三重県南部の尾鷲市から熊野市付近に分布する熊野酸性岩体と呼ばれる岩もこの頃に噴出した火山岩です。非常に固くて浸食されにくいため、今でもごつごつした地形となって残っています。

沖縄トラフ

沖縄の北西側の海底には北東-南西方向にのびた窪み地形があります。その地形の特徴からここは沖縄トラフと呼ばれています。トラフと言っても南海トラフのように海底のプレートが沈み込む場所ではありません。沖縄トラフは日本海と同様、陸地が避けてできた「深い海」なのです。日本海はすでに拡大をやめてしまいましたが、沖縄トラフは今まさに拡大している「生まれつつある海」なのです。沖縄のある南西諸島には南西諸島海溝からフィリピン海プレートが沈み込んでいます。しかし、不思議なことに沖縄はフィリピン海プレートに押されず、逆に南東に移動しているのです。そのため、沖縄の北西側が引っ張られて陥没して沖

縄トラフができています。

沖縄トラフの西の延長は台湾の北部まで到達しており、地熱地帯となっています。地殻が引っ張られて地下からマグマが上昇してきているためでしょう。台湾とは反対側は九州に達しています。GPSにより測定した地殻変動をみると、九州は全体に南北方向に伸びの変形をしています。これは四国がフィリピン海プレートに押されて縮んでいることとはおおきく異なっています。九州では島原から阿蘇と連なる火山、南九州の霧島火山や桜島火山といった火山活動が活発です。このように生まれつつある海では、地下からマグマが上昇し、活発な火山活動によって新しく地殻を作っているのです。

2.4 陸はどのようにしてできた

陸の年齢

深い海が地下から上昇するマグマ活動によって海溝などで生まれたことは述べました。では、陸はどのようにしてできたのでしょうか。それは、陸の年齢が鍵になるのですが、その前に海の年齢について解説します。地球上のほとんどの海底は海嶺で形成されました。海底の年齢は、海底の堆積物中の化石を調べることでわかります。プレート運動によって海底が動いていく最中に、その上に少しずつ堆積物がつもります。堆積物は下のものほど年齢が古いので、海底の堆積物のうち最下部のものを調べると海底の年齢がわかります。そのようにして調べられた海底の年齢のうちもっとも古いのは1億6千万年前に作られた海底です。場所は日本の南のマリアナ海溝付近の太平洋プレートです。そこは、はるか昔に海嶺で作られたプレートがはるばる1億6千万年も旅をし、いままさに海溝から地球内部に戻ろうとしている場所です。海底は、海嶺で生まれ海溝で消えるという運命にあります。海底は海嶺と海溝によりリサイクルされているとも言えます。

海底の年齢がせいぜい1億6千万年であるのに対し、陸の年齢ははるかに古いものがあります。陸上で最も古い場所は今から40億年も前にできたことがわかっています。地球の年齢が46億年ですから、地球の歴史の85%が陸地に残っているわけです。それでは陸の若い地層はどこにあるのでしょうか。陸のうち比較的若い地層が分布する地域を図4に示しました。中生代以降（2億5千万年前以降）に作られた比較的若い場所を濃い色で塗ってあります。色を塗った若い場所は大きく2つに分けられます。一つは環太平洋地域、もう一つはニュージーランドからヒマラヤをへて地中海に至る地域です。前者を環太平洋造山帯、後者をアルプス＝ヒマラヤ造山帯と読んでいます。環太平洋造山帯は、言うまでもなくプレートの沈み込みによって地震や火山活動が活発な地域です。アルプス＝ヒマラヤ造山帯もプレートが沈み込んだり、インドのような大陸が衝突して、活発な地震活動が観測される場所です。インドの衝突も、元をたどればプレートの沈み込みによってインドがユーラシア大陸に引き寄せられたものです。若い陸地はプレートの沈み込み口に沿ってあると言っても過言ではないのです。このような若い陸地を変動帯と呼んでいます。

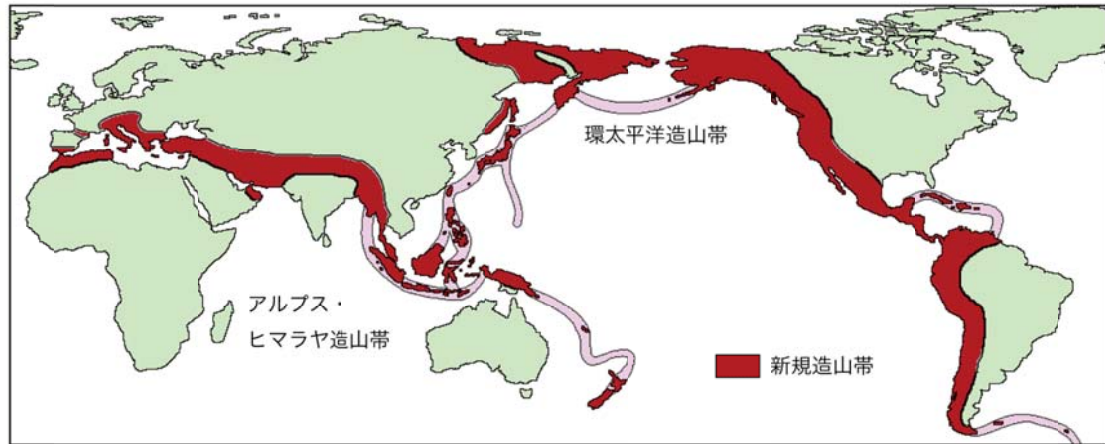


図4 世界の変動帯。中生代以降（2億5千万前以降）に作られた比較的若い陸地の分布。

変動帯

変動帯がプレートの沈み込みに沿っているということは、陸地の成因を理解する重要なヒントです。このヒントをもとに陸の成因を探るためには、プレートの沈み込みで何が起きているかを理解する必要があります。日本周辺には、千島海溝、日本海溝、伊豆小笠原海溝、南海トラフ、南西諸島海溝があり、いずれもプレートの沈み込みに伴い地震や火山活動を引き起こしていることはよく知られています。プレートの沈み込みには、これらに加えて陸を作る作用があります。

プレートは海嶺で生産された後、海の底をはるばる旅して海溝にたどり着きます。海の底では堆積物がゆっくりつもっていきます。時には海底を突き破ってハワイのような火山島ができたりします。暖かい海で火山島ができるとその周りに珊瑚礁が発達します。このような堆積物や島をのせてプレートは海溝にやってくるのです。

プレートが海溝で沈み込む場合に、海底の柔らかい堆積物や火山島（海山）などの出っ張りがプレートからはがされて陸側にへばりつくことがあります。このようなへばりつきを**付加帯**と呼んでいます。プレートが沈み込み続ける海溝では、次から次へと堆積物や海山が陸側にへばりつき、へばりついた堆積物は次々に押されて隆起していき、ついには陸地になってしまいます。そのように隆起してできた堆積物を、現在陸上で岩としてみるができます。例えば、石灰岩は火山島のまわりにできた珊瑚礁がへばりついたものです。その証拠に、石灰岩のそばにはしばしば火山島起源の玄武岩が分布しています。またチャートという固い岩石も、深海でゆっくりつもったプランクトンの殻が固まったものです。プランクトンの殻が石英質であったため、チャートは非常に固く、浸食に打ち勝って山となっています。あちこちに見られる泥岩（頁岩）と呼ばれる細かい泥が固まってできた岩も、陸から遠く離れた場所で堆積したものです。これらのものが陸にへばりつくことで、陸は次第に太っていきます。

プレートの沈み込みに伴い、火山活動も起きます。プレートが 120km くらいまでもぐり込むと、沈み込みによって海底から持ち込んだ海水の作用で周囲のマントルが溶けマグマができます。そのマグマが上昇していき、地表まで達したものが火山です。上昇したマグマのうち、地表に達するものは1割以下と考えられていますから、私たちが地表で見るよりも膨大な量のマグマが陸の下に残り、冷え固まって陸地を太らせていきます。

このようにして成長してできた陸地は、比較的軽い物質でできているため、もはや地球の中に沈んでいくことはありません。海のプレートは冷やされるとマントルよりも重くなるために地球の中に沈んでいくのとは対照的です。プレートの沈み込みは主に陸地の周囲で起きるため、陸地は周辺に向けてどんどん成長していきます。陸地はリサイクルされないのです。

2.5 おわりに

日本列島は、地球上で陸地が生産されつつある変動帯にあることを説明しました。そのプロセスは、プレートが沈み込む時にプレート上の堆積物を陸地にへばりつかせることによる付加体の形成と、下からのマグマの付加です。その2つの作用によって日本列島の地殻が徐々に厚くなります。そのようにしてできた地殻はマントルよりも軽い（密度が小さい）ためマントルに浮かんでいます。ところが、何もしないで放っておくと雨などの浸食によって山はどんどん低くなり、また地殻がゆっくりと変形して横へ広がって薄くなってしまうため、ついには地表が海水面よりも低くなってしまいます。しかし、そうならないのは、プレートが日本列島をぐいぐい押し縮めて厚くしているからなのです。そのような力が小さい場所である伊豆小笠原海溝や南西諸島海溝では、地殻の一部だけが海から顔を出して、島になってしまっています。GPSなどの解析結果を見ても、伊豆小笠原や沖縄はプレートによって強くは押されていないようです。その結果として、どちらも巨大地震の発生は知られていません。もちろん、我々が知らないだけで、非常にまれには発生するのかも知れません。

その一方、日本海溝や南海トラフに沿っては巨大地震が頻繁に発生しています。これはプレートが日本列島を押す力が大きいことを反映していると考えられます。大きな力で押されているため、地殻が隆起して我々が住む日本列島ができるのです。我々が住む日本列島ができることと、日本で巨大地震が頻発することは表裏一体の関係なのです。また日本列島が自然の風景の変化に富むことは、プレートに押されて隆起したり火山活動によって山が作られる一方、浸食によって削られていく作用によります。このようにわれわれは自然の恩恵によって形づくられた日本列島に住む以上は、地震ときちんとつきあっていく必要があるのです。

(山岡耕春)