

□日本列島形成の営みと我が国の巨大地震

名古屋大学環境学研究科教授 山岡 耕 春

1. はじめに

日本列島は地震が多い。このことは日本に住むほとんどの人が知っている事実だろう。それが日本列島の下に沈み込むプレートによって引き起こされていることもほとんどの人が知っている。テレビの解説などでも、海底の岩盤（プレート）が日本列島の下に沈み込み、陸側のプレートが反発するときに地震が起きると説明している。ところがそのプレートの沈み込みが日本列島の形成に主要な役割を果たしていることは必ずしもよく知られていない。ここでは、プレートの沈み込みを日

本列島の形成と関係づけ、日本列島で発生する巨大地震について解説する。

深い海と浅い海

まず、日本とその周辺の地形を見てみよう。図1は、日本列島とその周辺の海底地形を表した地図である。この図は、米国大気海洋局（NOAA）がインターネットに公開しているデジタルデータをもとに、筆者がコンピュータで描いた地形図である。起伏の感じがわかりやすいように日本列島を斜め南西方向から眺めて、高さや深さを15倍に拡大してある。こうしてみると海はどこも同じ深



図1

さではないことがわかる。大雑把に言って、「浅い」海と「深い」海に分かれていることが理解できると思う。日本の西方にある東シナ海は「浅い海」であり、海水に覆われた陸地で、地殻の構造は大陸と同じである。このような地殻を**大陸地殻**と呼び、大陸地殻をのせたプレートは大陸プレートと呼ばれる。それに対し、太平洋や日本海は「深い海」である。「深い海」は、地球の表面が割れて広がり、地下からマグマが湧き出してきて形成された。このような地殻を**海洋地殻**と呼んでいて、海洋地殻を乗せたプレートは海洋プレートと呼ばれる。日本列島の東側の海底は、太平洋プレートと呼ばれ、日本からはるか1万 km も離れた場所にある「海嶺」と呼ばれる海底の裂け目で生まれ、約1億年かけて移動し、千島海溝・日本海溝・伊豆小笠原海溝から地球内部に沈み込んでいる。日本列島の南側の海底は、フィリピン海プレートとよばれ、南海トラフと南西諸島海溝から地球内部に沈み込んでいる。フィリピン海プレート東縁の伊豆小笠原海溝沿いには浅い海底が南北に連なっている。これは太平洋プレートの沈み込みによって形成された火山列であり、これもフィリピン海プレートの移動によって日本列島の方向に移動している。しかし、この火山列は海洋プレートよりも軽いため、地球内部に沈み込むことはできず、

日本列島に衝突している。その衝突している場所が伊豆半島である。伊豆半島の衝突は、日本列島を大きく変形させ、地震の発生様式にも大きな影響を与えている。

日本列島と大陸との間にある日本海は、約2千万年前に大陸に裂け目ができて広がってできた「深い海」である。原因は未だ謎であるが、大陸の地殻がズタズタに裂けて広がり、その間に地下からマグマが上昇してできた海底である。当時の裂け目の一部は、現在も東北から北陸にかけての日本海側に古傷として残り、いまでも時々ずれ動いて地震を発生させている。

すでに拡大を停止した日本海に対し、今まさに裂け目が拡大しているのが沖縄トラフである。沖縄トラフが拡大しているのは、フィリピン海プレートが南西諸島海溝に沈み込みながら海溝を後退させているためである。

2. プレートの沈み込みと自然災害

プレートの沈み込みと地震・火山

日本列島のようにプレートの沈み込みによって形成された地殻を**島弧地殻**と呼んでいる。島弧地殻の下にプレートが沈み込む様子を模式的に断面図で示す(図2)。まず、この沈み込み自体が地

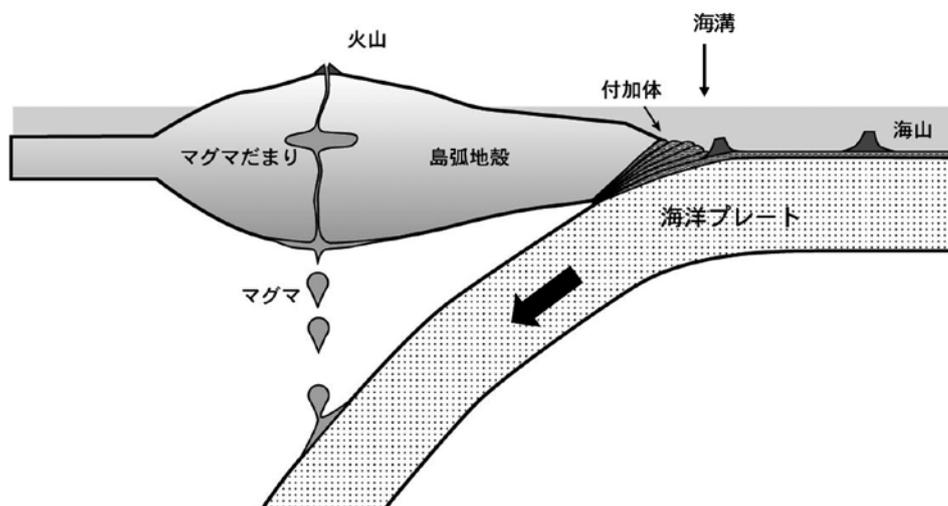


図2

震を発生させる。その地震には、大きく分けて**海溝型の地震**と**内陸活断層型の地震**がある。海溝型の地震とは、プレートの沈み込みに伴って発生する地震の総称である。沈み込むプレートと陸側地殻との境界面が突然ずれ動くことで発生する地震がある。これを特にプレート境界の地震と呼んでいる。プレートの境界面は海洋プレートの沈み込みによって滑っている場所なので、ずれ動きやすい場所となり、繰り返し地震を発生する。また沈み込むプレートは下に向けて大きく曲げられるためプレート内部の岩盤も破壊されて地震が発生する。これらを特に**スラブ内**(あるいはプレート内)**地震**と呼んでいる。内陸活断層型の地震は、内陸の地殻が沈み込むプレートの力に耐えかねて突然破壊することで発生するものである。破壊によって断層がずれ動き、一度ずれ動いてできた断層は地殻内の弱面となって繰り返しずれ動く。

プレートがマントルに沈み込むと、深さ100kmを越えたあたりでマグマを発生させる。これは、海底で水を取り込んだ海洋プレートがマントル内に沈み込み、その水を深部でマントルに供給するためである。水は海底で岩石中の鉱物に取り込まれ、深部の高温高压によって分解して水を放出する。マントルに水が供給されるとマントルの融点が下がり、マントルが溶けてマグマができる。マグマは周囲のマントルよりも軽いため上昇して島弧地殻に入り込み、さらに上昇して地表に達する。これが火山の噴火である。このように、日本列島で発生する自然災害のうち、地震や火山噴火はプレートの沈み込みが原因であることはよく知られている。

島弧地殻の成長

プレートの沈み込みが地震や火山噴火を引き起こすことを説明した。しかし、それらは私達が住む島弧地殻が成長することと裏表の関係にある。火山活動が山を作ることはわかりやすい。我が国最大の火山である富士山は標高3776mで、約

1000km²の大地を溶岩で覆っている。火山が大地を作る働きは実に大きいことを実感する。しかし、実は地下で生成されたマグマのうち、地表に達するのはほんの一部(5%程度)である。地表に噴出したマグマの実に20倍に及ぶ大量のマグマが地表に噴出しないまま地下で固まってしまうのである。マグマは島弧地殻を成長させる大きな要因となっている。

マグマだけでなく、プレートの沈み込みそのものも島弧地殻を成長させる。海溝ではプレート表面の一部が削り取られて陸側に付加する。これを付加体と呼んでいる。ひとことで付加体といっても、島弧地殻に付加される物質にはいろいろある。プレートが海底を動いている間にたまった堆積物、ハワイのように、海の中にそびえ立つ火山島、さらに火山島の周囲に発達した珊瑚礁など様々な物質が島弧地殻に付加される。付加されたものは、ゆっくり固化して岩となり一部は隆起して地表に現れる。細かい泥は泥岩や頁岩に、SiO₂の固い殻を持った珪質プランクトンの死骸はチャートに、珊瑚礁は石灰岩になる。これらの岩石は日本列島のあちこちに分布しており、プレート沈み込みによる付加作用を目の当たりにすることができる。また意外に目立たないものの、石灰岩の周辺にはしばしば火山島を形作っていた玄武岩が見られる。このように横からあるいは下から物質が付加されて日本列島は成長していくのであるが、さらにプレートの沈み込みによって水平に押す力が働き、島弧地殻が変形し上と下に膨らんでいく。このように島弧地殻の成長はプレートの沈み込みが大きな役割を果たしている。

島弧地殻の成長がもたらす大雨

雨は雲から降る。その雲は上昇気流によって成長する。例えば夏の暑い日には日射によって暖められた地表付近の空気が上昇して積乱雲が発達して強い雨が降る。上昇気流の中では断熱膨張によって温度が下がり、それに伴って空気中に含ま

れている水蒸気が凝縮して水滴となり雲を作る。凝縮によって熱を発生するのでさらに上昇気流が促進されて雲が発達し、強い雨が降る。

このような自発的な上昇気流以外にも、山に当たった風が地形に沿って上昇するときにも雲ができる。つまり島弧地殻の成長によって高くなった山地に海からの湿った風が当たると斜面に沿って空気が上昇して雲ができ、雨が降る。日本列島に山脈がなかったら湿った空気は日本の上を素通りして、今よりもずっと雨が少なかったはずである。日本列島に山があるため、太平洋側に雨をもたらす。季節風の風も、台風の風も、山に当たって雨が降らせる。降った雨は山を浸食し、土砂が川に流れ込む。土砂は下流に運ばれ、緩やかな流れとなった河口付近に堆積して平野を作る。このようにできた平地を利用して人々が生活をしている。日本の地形はプレートの沈み込みによる地殻変動と、地殻変動によって引き起こされる降雨によって形作られていると言えるだろう。

プレートの沈み込みと自然災害

ここまでは、自然現象としてプレートの沈み込みが島弧地殻に与える作用を見てきた。地震、火山噴火だけでなく、雨水による土砂移動も、元をたどるとプレートが沈み込むことによって引き起こされることがわかったと思う。この様に、世界の中で日本列島に自然災害が多いのは、プレートの沈み込みがあつて陸地が作られている場所であることが大きな要因である。日本列島に住む我々は、つねに自然災害と向き合つて生きる必要がある。

3. 海溝型巨大地震

このように、プレートの沈み込みは、日本のような変動帯で自然災害を引き起こす主役となっている。その中でも、海溝型の巨大地震は広い範囲で強い揺れをもたらすだけでなく、規模の大きな

津波災害を引き起こすことで、島弧地殻の上に住む人々にとって大きな脅威となっている。しかし、その地震の起き方は、日本列島においてさえ場所によって異なっている。ここでは、政府の地震調査研究推進本部の資料をもとに、日本における海溝毎の地震発生様式の違いを見ていくことにする。

千島海溝

北海道の太平洋沿岸のプレート境界ではマグニチュード8クラスの地震が多く発生してきた。明治以降に発生したM7.8以上の地震としては1894年根室半島沖地震(M7.9)、1918年択捉島沖地震(M8.0)、1952年十勝沖地震(M8.0)、1963年択捉島沖地震(M8.1)、1969年色丹島沖地震(M7.8)、1994年北海道東方沖地震(M8.2)、2003年十勝沖地震(M8.0)が知られている。それだけではなく、千島海溝沿いでは、これらの地震を越えるマグニチュード9クラスの超巨大地震が起きることが、陸上の津波堆積物の証拠から指摘されている。直近の超巨大地震は17世紀前半に発生したと考えられており、それ以前は平均すると約400年間隔で発生していたことも明らかになってきた。最後の地震からすでに400年程度経過していることから次の超巨大地震への備えが急務である。

日本海溝沿い

東北地方から関東地方の日本海溝沿いも、千島海溝沿いと同様に巨大地震がしばしば発生している。M7.8以上の地震としては、1896年明治三陸地震(M8.2)、1933年昭和三陸地震(M8.1)、1968年十勝沖地震(M7.9)が知られている。このうち1896年の明治三陸地震は地震の揺れが比較的小さかったのに対し津波規模が大きい津波地震であった。これ以外にも1938年福島県東方沖地震(M7.5)、1953年房総沖地震(M7.4)、1978年宮城沖地震(M7.4)のようなマグニチュード7クラスの地震も多く発生している。2011年東北地方太平洋沖地震(M9.0)はこの地域で発生した超巨

大地震である。三陸沖から茨城県沖までの広い範囲のプレート境界がずれ動いたため津波による大きな被害を発生させた。この地域の超巨大地震は、869年に発生した貞観地震のほか、15世紀後半から17世紀前半に1回、4～5世紀に1回、紀元前4～3世紀に1回発生していたと考えられており、500～600年間隔で発生していることがわかっている。また少し古いのが、房総半島の東方沖では1677年に延宝地震（M8程度）が発生し、津波による被害が発生している。この地震も津波地震と考えられている。

伊豆小笠原海溝

伊豆小笠原海溝沿いでは、プレート境界の巨大地震発生は知られていない。この海溝から沈み込む太平洋プレートは、日本海溝や千島海溝とは異なり、深い角度で沈み込んでいる。そのため、プレート間の固着が弱くなり、巨大地震が発生しにくいと考えられる。

相模トラフ

伊豆半島の東側から房総沖にかけて、フィリピン海プレートの沈み込み口である相模トラフが伸びている。この相模トラフでは、1923年に関東地震（M7.9）が発生し、神奈川県や東京都を中心に大きな被害をもたらした。同じプレート境界の巨大地震としては、1703年に元禄地震（M8程度）が発生している。関東地震の震源域が神奈川県から房総半島であるのに対し、元禄地震はさらに房総半島の南東沖にまで震源域が広がったと考えられている。今年（2023年）は関東地震からちょうど100年目にあたる。過去の地震発生周期から見ると次の地震までにはもうしばらく時間があるが、次の関東地震を意識したまちづくり計画をそろそろたて始めておいても良いだろう。

南海トラフ

伊豆半島の西側から四国沖にまで延びる南海

トラフもフィリピン海プレートの沈み込み口である。このトラフ沿いでは、過去におよそ100～200年間隔で巨大地震が発生してきた。直近の地震は、1944年東南海地震（M7.9）と1946年南海地震（M8.0）である。南海トラフでは、紀伊半島を挟んだ両側で時間的に近接して地震が発生しやすいことが知られている。南海トラフで発生した過去最大級の地震は1707年の宝永地震（M8.6）であり、紀伊半島両側のプレート境界が連動してずれ動き、静岡県沖から四国沖までの広い範囲が震源域となった。南海トラフ沿いにおける地震活動はこのような巨大地震の発生を除けば、日本海溝沿いや千島海溝沿いにくらべて非常に静かである。しかしながら、プレート境界がゆっくりとずれ動くスロースリップは頻繁に観測されており、巨大地震発生に向けて確実にエネルギーの蓄積が行われている。

日向灘

南海トラフの西側の延長である日向灘は、南海トラフとは異なり、普段からプレート境界で大小の地震が発生している。日向灘ではM8クラスの地震の発生は知られていないが、比較的大きな地震としては1662年にM7.6の地震が発生している。近年では1941年（M7.2）、1968年（M7.5）、などが発生し、揺れや津波による被害が生じている。なお、過去に例は知られていないものの、南海トラフで超巨大地震が発生した場合には、日向灘まで震源域が広がる可能性も指摘されている。

南西諸島海溝

九州南方から沖縄の太平洋側を通して台湾付近まで伸びる南西諸島海溝については、歴史の資料によって知られる被害地震は少ない。比較的大きな地震としては、1911年に九州に近い喜界島沖地震（M8.0）が知られている。プレート境界に限らなければ、被害をもたらす地震が発生している。特に沖縄県西部の先島諸島付近ではM7クラスの

地震がしばしば発生している。1771年の八重山地震（M7.4）による津波は、12000人が溺死したという記録がある。ただしこの津波は地震の揺れによって誘発された海底地滑りによって発生したという説もあり、はっきりしない。これ以外にも1966年台湾東方沖の地震（M7.8）や、1938年の宮古島北方沖の地震（M7.2）、1947年与那国島近海の地震（M7.4）、1958年石垣島近海の地震（M7.2）が知られている。沖縄の大陸側には沖縄トラフという地殻の割れ目があり、現在も拡大を続けている。それに合わせて、南西諸島海溝の特に西側では海溝が後退を続けており、この事が原因でプレート境界の巨大地震が発生しにくいものと考えられる。

4. おわりに

日本のように地球上で地殻が成長している場所

は変動帯と呼ばれている。図3の地図で濃く塗った場所が変動帯であり、中生代以降（2億5千万年前以降）にできた、地球の陸地の中では比較的若い地域である。これらの変動帯は、日本と同様にプレートが地球内部に沈み込んでいる場所である。それと同時に変動帯は、今まさに陸地ができつつある場所である。海洋プレートが地球内部に沈み込んで終焉を迎える海溝で新しい陸地が生まれることは、地球の不思議を感じてしまう。変動帯に住む私達にとって、自然災害は宿命とも言えるものである。世界には変動帯ではない安定した大陸にある国々も多い。変動帯に住む国々では、自然災害を乗り越えて、変動帯にない国々とも経済的に競争をしていかなければならない。我々は、自然災害と向き合い、克服し、時にいなしながら、また自然災害の結果を利用しながら、生活を営んでいるのである。

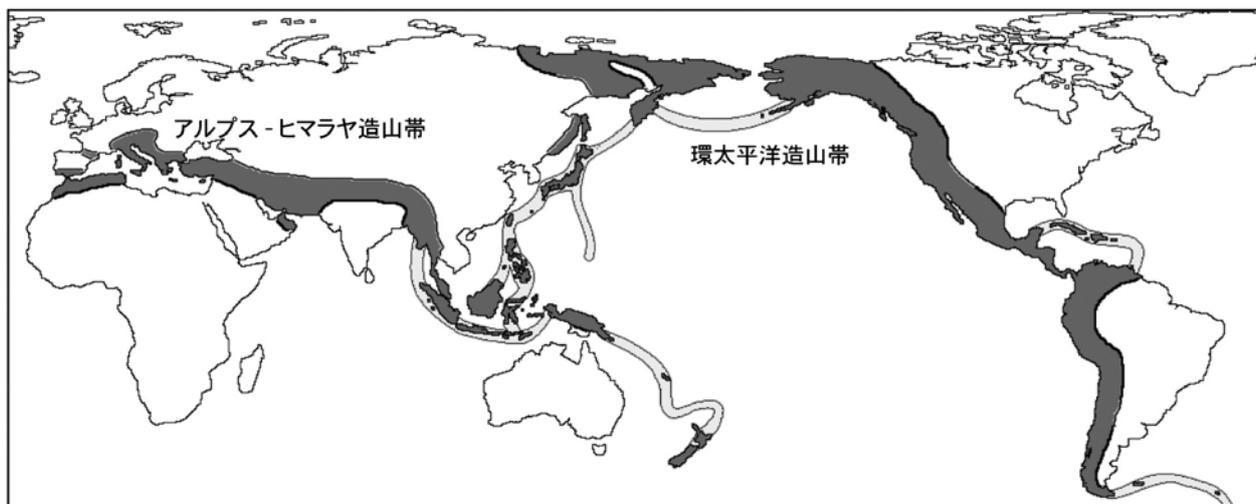


図3