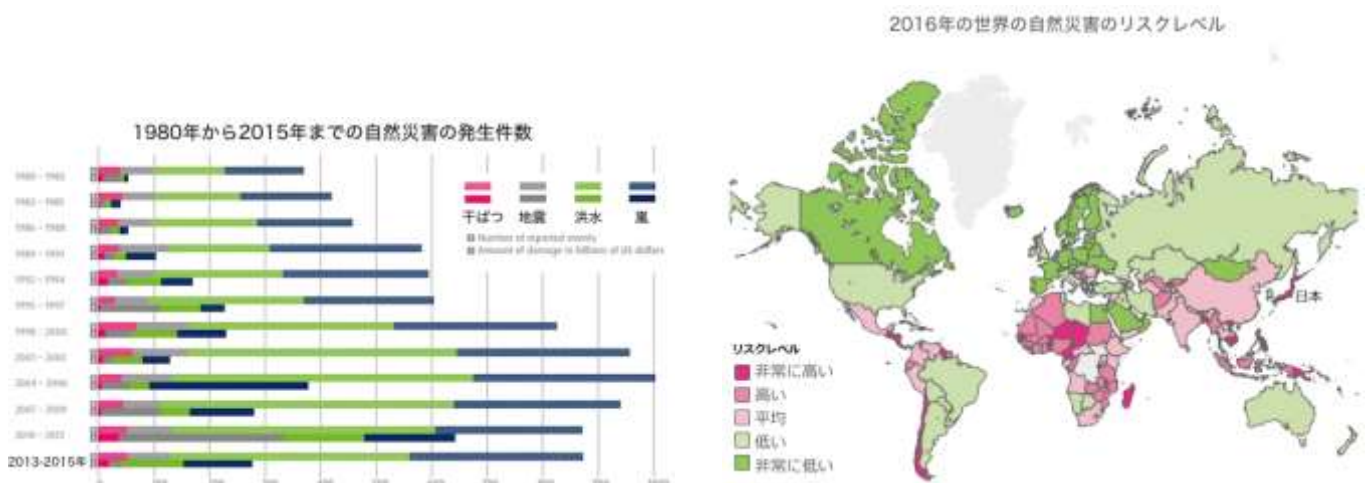


# 防災地学特論・第二回授業資料

## 「日本列島の自然災害」

自然の振る舞いは、さまざまな周期や揺らぎをもっている。自然の揺らぎが短期的に大きな振幅で起こることが「自然の猛威」であり、そこに人間社会が居合わせると「自然災害」となる。日本列島では、自然災害の原因となるさまざまな自然の猛威が発生する。多くの人口とインフラが集積された日本列島では、それらの自然の猛威の多くは自然災害となる。つまり自然災害の種類が多く、発生頻度も高い。

世界ではさまざまな自然災害が発生するが、被災人口の多さに目を注ぐと干ばつ、地震、洪水、暴風雨（嵐）に四つに大別できる。この四半世紀の間に、世界の自然災害の発生件数は増加している。わが国でもこの期間中に1995年の阪神淡路大震災や2011年の東日本大震災などの大災害を被ってきた。世界の自然災害の増加傾向に最も大きく寄与しているのが洪水災害である。わが国でも、台風や集中豪雨による洪水被害は頻発しており、その背景として一連の降雨での累積降水量や単位時間当たりの降水量（降雨強度）がきわめて大きく、各地の記録を塗り替えることがしばしばである。洪水と密接に関係する暴風雨による土石流、斜面崩壊、鉄塔などの倒壊などの被害も多発している。このように日本列島ではさまざまな自然災害が頻発するため、世界の国々の中でも自然災害リスクがかなり高いグループに属している。自然災害リスクの高い国々とはどこかを見るとアフリカやアジアや中南米に集中する一方で北米や欧州にはほとんど存在せず、わが国は先進諸国の中で例外的に自然災害リスクの高い国であることが分かる。日本に旅行中のあるいは転勤して間もない欧米人が、震度2くらいの何でもない地震にも心底驚くのもうなづける。



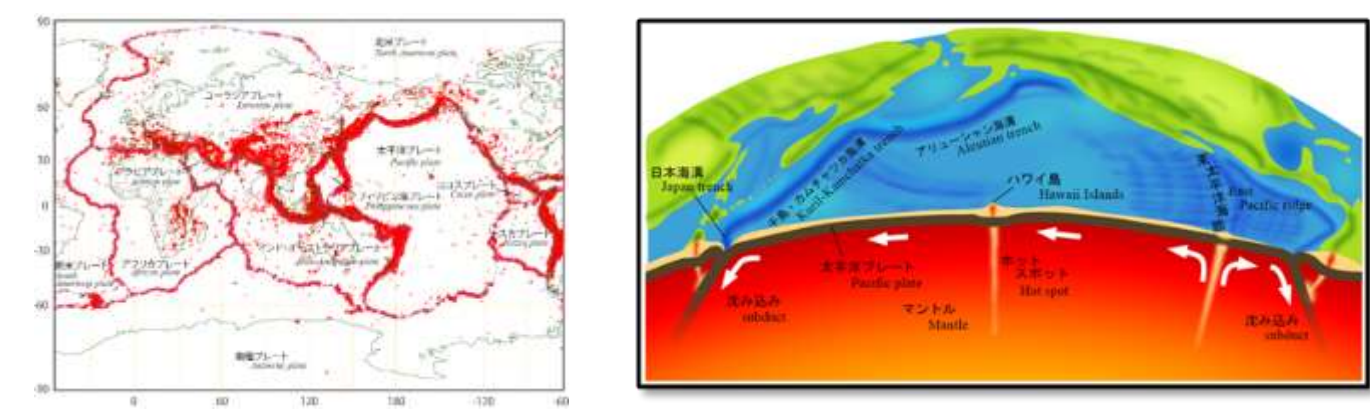
左：世界の自然災害の種類別発生頻度の推移、右：世界の国別の自然災害発生リスクレベルの分布（いずれも国連大学）

日本列島ではさまざまな自然災害が頻発する、すなわち災害リスクが高いのには、相応の理由がある。地質や岩石などの固体地球科学の面でも、大気や海洋などの流体地球科学の面でも、日本列島周辺は自然の猛威が発生しやすい。固体地球科学の面からは「四枚のプレートが相互作用を行うことで地震や火山の活動エネルギーが蓄積されやすく、その発生頻度が高い」といえる。流体地球科学の面からは、「アジアモンスーン気候区に位置しており降水量が多く、梅雨や台風による豪雨およびそれらに関連する洪水や斜面崩壊も多く、冬季の日本海側では豪雪が生じやすい」といえる。そこに大勢の人々が暮らしている地域であるから、自然災害が発生する。これらの特徴をもう少し詳しく見ていこう。

まず、日本列島固体地球科学面からの特異性をみていく。そのために、まず固体地球全体を眺めることから始めたい。地球の中心の温度は5000℃以上と推定されている。中心部が5000℃以上の高温であるのに対して表面が20℃程度しかないので、

深部の高温部で加熱されて膨張し軽くなった岩石が浮力を得て上昇し、表面付近で冷却されて収縮し重くなった岩石が沈み込んで対流運動となる。もう少し正確に言えば、より深部のプリュームテクトニクスという大規模で緩慢な対流と、より浅部のプレートテクトニクスという地表面を含む運動の二段構えの対流運動が行われている。「岩石」という固体物質が「対流」という流動現象を起こすと言う説明に違和感をもつ人もいるかもしれない。数分とか数時間の時間尺度で観察してときに固体として振舞うにもかかわらず、数千年とか数万年の時間尺度で観察すると流動体として振舞う、そういう理解の体系の中での話である。

プレートテクトニクスとは、固体地球の表面付近をおおう岩盤が10数枚に分割されており、それらの岩盤がいくつかの様式に従って相互に運動していることについての理解の体系をさす。東京理科大学理工学部と同様に、千葉県に位置するにもかかわらず「東京」を冠したテーマパークのお土産コーナーに行くと（今は行けないけど）、ミッキーちゃんとミニーちゃんの球体ジグソーパズルが販売されているが、それと同様の構造である。球体ジグソーパズルとプレートテクトニクスとの違いは、パズルは枕元に置いておいても勝手に動くことはないが、地球のプレートテクトニクスではプレートが常に互いの位置を変えている、つまり相互運動をしているということである。プレートの相互運動に伴って、プレート同士の境界部では火山活動や地震活動が活発に起こる。プレートテクトニクスによる岩盤の相互運動が、地震、火山、地殻変動などさまざまな地学現象の大部分の原因である。一体となって運動する岩盤はプレート（岩板）と呼ばれ、厚さは100km前後で、地殻とよばれる固体地球の最表層部分の全てと、マントルとよばれる固体地球主部の最上部から構成される。地球上で起こる大規模な地震や火山噴火の分布を見ると、その大部分はプレートどうしの境界で発生している。また、大山脈や海溝など固体地球表面の最大級の地形的特徴もプレートどうしの境界に沿って分布する。



左：プレートと地震の震源分布、右：太平洋でのプレート運動（ともに気象庁HP）

主要なプレートの特徴

プレートの名称	地理的位置	海陸構成	およその規模（比率％）
ユーラシア	ユーラシア大陸主要部とバレンツ海・北大西洋の一部と南シナ海ほか	陸が主体	1.5万 km x 最大6千 km（9）
北アメリカ	北米大陸・ユーラシア大陸東端と北大西洋西部・北極海ほか	陸が主体	1.4万 km x 最大7千 km（11）
南アメリカ	南米大陸と南大西洋西部	陸が過半	7千km四方（10）
太平洋	太平洋主要部	海のみ	1.2万km四方（24）
ココス	太平洋の中米沖	海のみ	3千km x 1千km（1）
ナスカ	太平洋の南米沖	海のみ	4千km四方（2）
カリブ	カリブ海と大小アンティル諸島と中米	海が主体	4千km x 1千km（1）
アフリカ	アフリカ大陸と中南部大西洋の東部	陸が過半	1万 km x 8千 km（16）
南極	南極大陸と南極海	海が主体	1.4万 km x 最大7千 km（11）
アラビア	アラビア半島	陸が主体	3千km x 2千km（1）
インド	インド大陸とインド洋北部	海が過半	4千km四方（2）
オーストラリア	オーストラリア大陸・ニューギニアとインド洋東部・南太平洋西部	海が主体	1.2万 km x 最大6千 km（8）
フィリピン海	フィリピン海	海のみ	3千km四方（2）
スコシア	南米と南極間	海のみ	2千km x 1千km（1）
ファンデフカ	太平洋の北米北部沖	海のみ	2千km x 1千km（1）

地球最大の地形区分である海洋と大陸に対応させ、大陸部分のプレートは大陸プレート、海洋部分のプレートを海洋プレートという。一枚のプレートのすべてが海洋または大陸のみで構成されることもあるが、多く場合、一枚のプレートは大陸プレートと海洋プレートの両方で構成される。プレートは、力学的観点から固体地球の層状構造を区分する際のリソスフェアに相当する。地殻はプレートの上部を構成する一部であり、「地殻≠プレート」であることに注意が必要である。

プレート相互の境界は、①発散境界、②収束境界、③すれ違い境界の3種類に大別される。つまり、異なるプレートが接している境界は、この3種類のどれかに該当する。

プレート境界の種類と特徴

	プレート境界	発散(生産)境界	収束(消費)境界		すれ違い境界
			沈み込み帯	衝突帯	
地形的特徴		大洋中央海嶺	海溝	大山脈	トランスフォーム断層
基本的プロセス		海洋プレートの生産	海洋プレートの消費	大陸プレート同士の衝突	プレート同士のすれ違い
相互作用の組合せ			海洋と大陸、海洋と海洋	大陸と大陸のみ	海洋と大陸の組合せ全て
地球活動	地震活動	やや活発	極めて活発	活発	活発
	火山活動	活発	活発	なし	なし
	地殻変動	活発	活発	極めて活発	活発
代表事例		大西洋中央海嶺	日本海溝（海洋と大陸）	ヒマラヤ山脈	サンアンドレアス断層
			伊豆小笠原海溝（海洋と海洋）		

プレート発散境界は、主として海洋底において新しい海のプレートがつくられる場所である。発散境界ではプレートが新たに生産されるので、プレート生産境界とも呼ばれる。

プレート収束境界は、隣り合うプレートが互いに接近する境界である。収束境界ではプレートが固体地球表面から失われていくので、プレート消費境界とも呼ばれる。収束境界には二つの様式、沈み込み帯と衝突帯が存在する。

沈み込み帯は、接近するふたつのプレートの双方または片方が海洋プレートの場合であり、片方の海洋プレートが他方の大陸プレートまたは海洋プレートの下に沈み込んでいく。衝突帯は、接近するふたつのプレートが両方とも大陸プレートの場合である。大陸は密度の小さな岩石を主体としているため、密度の大きな岩石であるマントル中に沈み込むことができず、その結果、大陸どうしが衝突する。

プレートすれ違い境界では、プレートどうしが水平面内ですれ違い、トランスフォーム断層を形成する。すれ違い境界の多くは中央海嶺を寸断する様式で見られる。

固体地球の最も基本的な地学的な営みであるプレートテクトニクスの理解を踏まえて、次に、日本列島の地形や地質を概観する。日本列島は、約 37 万 8000km<sup>2</sup>の面積をもち、本州・北海道・九州・四国の4島を主体とする約 7000 の島から構成される。地質的にも地形的にも、海洋プレートの沈み込みに伴って形成される島弧（弧状列島）-海溝系としての基本的特徴をもつ。日本列島は単一の島弧ではなく、千島弧、東北日本弧、伊豆-小笠原弧、西南日本弧、琉球弧が互いに接合して成り立っている。それぞれの島弧には、千島・カムチャツカ海溝、日本海溝、伊豆・小笠原海溝、南海舟状海盆（トラフ）、南西諸島海溝が併走する。日本列島の主要部は、東北日本弧と西南日本弧であり、その地形は、山地、平野、およびそれらの中間部である丘陵地に大別できる。



左：典型的な日本列島の地形断面、右：日本列島の地形区分ごとの構成率

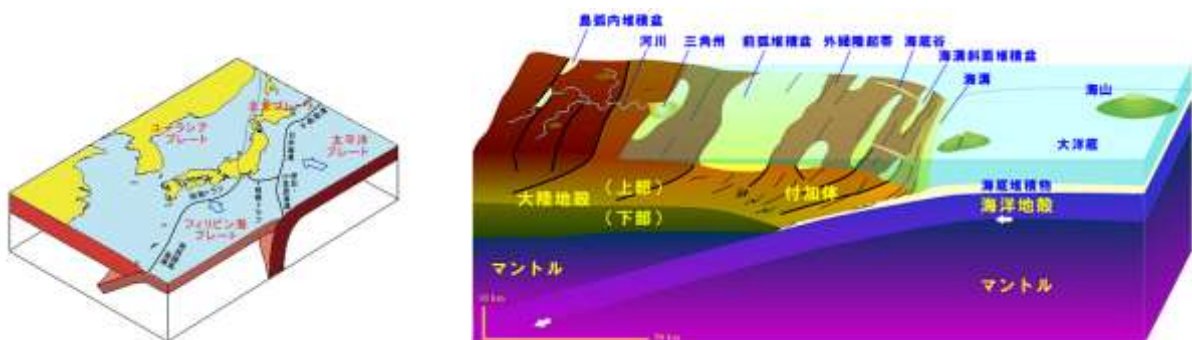


現在の日本列島は、海洋プレートの沈み込みに伴う火山活動や地殻変動が活発であり、多くの地域では地盤が隆起して山地となっている。また、過去数十万年間に形成された地質学的に新しい火山は、高く険しい火山体地形を保持している。そのため、国土の約6割が山地となっている。植生が定着できない高所を除いて、大部分が森林である。豪雨時には地滑りや斜面崩壊を起こして河川に土砂を供給する。

細長い弧状列島の軸部を源流域とする河川の流下距離は短いため、大陸の河川に比べて急流である。したがって、短時間に降雨や融雪の影響を受けてしばしば洪水状態となる。主要な河川の下流部には、洪水時の氾濫流から堆積した土砂が形成する平野が広がる。国土の約1/4を占める平野には人口や社会資本が集中するため、大都市の多くは洪水氾濫の潜在的リスクを抱えている。平野には、約10万年前の海面上昇期の海底に堆積した地層が広く分布することがある。そうした地域は台地とよばれ、海面すれすれの高度の低地に対して数～数十mほど標高が高いので、平野にありながら洪水リスクの小さな土地となっている。

山地と平野部の中間部分に分布する丘陵地は、高度も傾斜も両者の中間を示す。地質的にも堅硬な岩石を主体とする山地と、未固結で軟弱な土砂を主体とする平野の中間的性質をもつ。土木工事が容易に行えるため、大規模な産業・レジャー施設や住宅地が造成されることも多い。造成に際して切り取りや盛り立てなどの人口改変がなされるが、そうした場所で地震や豪雨時に土砂災害が生じる事例も少なくない。

現在の日本列島の地質的特徴の基本は、2つの海洋プレートと2つの大陸プレートの合計4枚のプレートがせめぎ合う場所という点である。日本列島に分布する岩石や地層の多くは、現在とは異なる過去のプレート配置の下で形成されてきたが、過去においても日本列島がプレート同士の境界に位置しており、プレート間の相互作用と密接に関係しながら列島の地質を形成してきたことがわかっている。

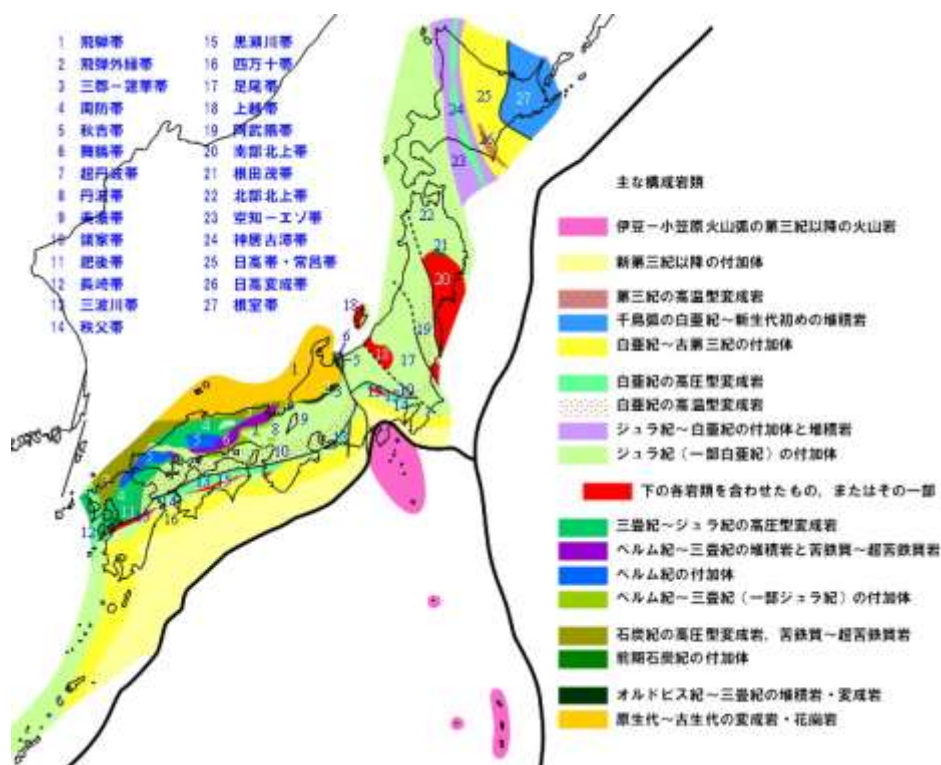


左：日本列島周辺でせめぎあう二つの大陸プレートと二つの海洋プレート（地震調査研究推進本部）

右：海洋プレートの沈み込み帯で形成される付加体（産総研地質調査総合センター）

日本列島に分布する岩石や地層の最大の地質的特徴は、その大部分が付加体と関係していることである。付加体とは、海洋プレートの上に堆積していた様々な海洋底物質が、その沈み込みに際して剥ぎ取られて、沈み込まれる側である陸側のプレートの前面に次々と付け加わっていくことで形成された地質体である。海底に堆積した地層の寄せ集めといってもよい。空港ビルなどで見られる動く歩道の終点付近にちりとりを構えた場面を考えたとき、歩道上に散らかっていたゴミが次々とちりとりの中へ取り込まれていく様子と似ている。ちり通りの奥には古いゴミが、手前には新しいゴミが溜まっていくのと同様に、付加体も、陸側に古く海溝側に新しい地質体が形成されていく。

日本列島には、そうして形成された付加体の堆積岩に加えて、いくつかの種類の地質体が分布する。例えば、付加体の堆積岩が高い温度圧力条件にさらされて変化した広域変成岩、さらに高温にさらされて融解した後に固結した大規模な珪長質火成岩、沈み込んで行く海洋プレートから供給される水分で融点さが下がることで形成されたマグマに起因する火山からの噴出物、日本列島がユーラシア大陸から引き離されたとき（日本海拡大時）にさかんに活動した海底火山からの噴出物、地質学的にはつい最近（約1万年前）まで海底であった場所に堆積した未固結の土砂の地層などである。こうしたさまざまな地質体と地形区分とはよく調和する。



日本列島の地質の基本構造：数字は共通の特徴をもつ地層群からなる地質帯（産総研地質調査総合センター）

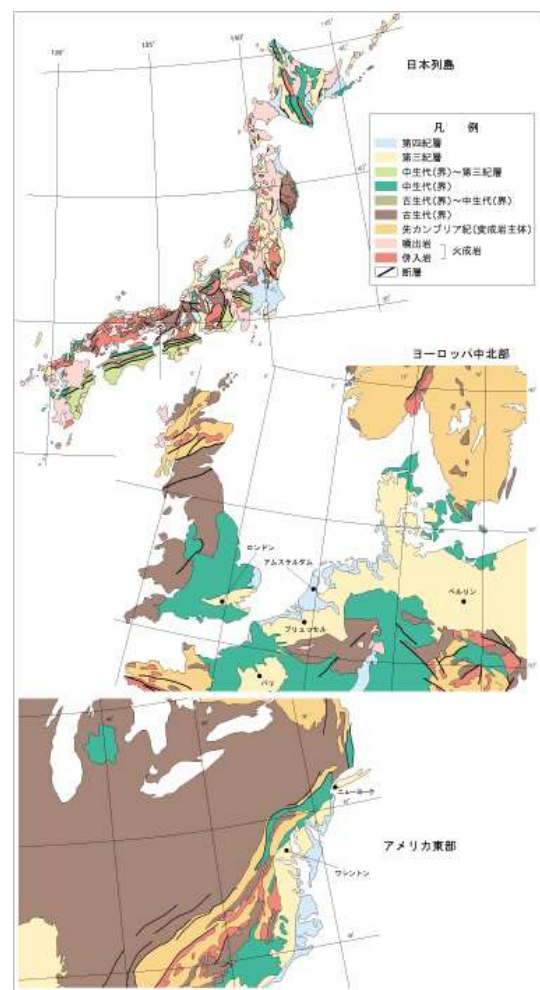
地層の説明において「基盤」（または「基盤岩」）という語を用いることがある。大地の下地の地層や岩石は、しばしば新しくて固結の度合いが小さな浅部の層と、古くて硬い深部の層から構成される。その場合、深部に存在するより古くて硬い層が基盤と呼ばれ、基盤の上にある新しい地層は被覆層と呼ばれる。両者は相対的な関係なので、その境界の時代や物性に絶対的な基準があるわけではないことに注意が必要である。例えば、日本列島全体を対象とする場合には、中生代や古生代の地層や岩石を基盤として、新生代の地層を被覆層として扱うことが多い。一方、関東平野の低地の地下構造を対象とする場合には、新生代の地層の一部が基盤として扱われる。

日本列島における地質体の種類と地形との基本的な対応関係

地質体の種類	深成岩・変成岩	第三紀以前の堆積岩	第三紀の堆積岩	第四紀の堆積層	第四紀の火山
地形	山地・丘陵地	山地	丘陵地	平野	山地
典型例	阿武隈山地	丹波高地	房総丘陵	関東平野	富士山

日本列島全体を対象とした場合、隣り合う異なる基盤同士は、大規模な断層で接することが多い。そのような大規模な断層は、構造線とよばれる。日本列島を代表する構造線は、関東地方から中部地方南部、紀伊半島、四国、九州にわたり 1000 km 以上の延長で西南日本を縦断する中央構造線である。中央構造線を境界として、その北側を内帯、南側を外帯とよぶ。西南日本と東北日本の接合部にはフォッサマグナとよばれる大規模な陥没構造が存在する。その西縁は、糸魚川-静岡構造線を境界とするが、東縁については複数の見解が並立しており、現在も研究課題となっている。より古い時代の日本列島を東西に二分する構造線として、山形県朝日山地から福島県棚倉をとおり茨城県常陸太田へと延びる棚倉構造線が知られている。

一般に、大陸地域の地質は過去の造山運動における大規模な火成活動の産物などから構成されるため、その地質構造は単純である。ところが、付加体の地質を主体とする日本列島では、海洋プレートに載って運ばれてきた大小さまざまな地質体や、それらが沈み込み過程で受ける諸々の作用によって形成される様々な岩石を構成要素とする。したがって、その構造は大陸地域と比べると非常に複雑である。国土の地質の構成や構造が複雑なので、地滑りや崩壊などの斜面災害も発生しやすい。



左：各国の地形の比較（国土技術研究センター）、右：日本列島と大陸地域の地質構造の比較（全国地質調査業者連合会）

流体地球科学の面から見た日本列島の詳細は、後日の授業で説明する。

以上