日本列島の地形・地質環境の特性

日本列島の地形・地質環境の特性

（地質調査技士登録更新講習会　補助資料）

第１節　日本列島の成り立ち －脆弱な日本列島― ……………………………………… １

１－１　日本列島の成り立ち…………………………………………………………… １

１－２　日本列島の地殻……………………………………………………………… ３

１－３　日本列島の地震帯・火山帯………………………………………………… ４

１－４　構造帯の分布とその特性…………………………………………………… ５

第２節　日本列島の地形・地質の特質………………………………………………… ７

２－１　日本の地形…………………………………………………………………… ７

２－２　日本の地質…………………………………………………………………… ７

第３節　日本列島と欧米大陸の地盤の比較……………………………………………14

第４節　地質調査の担うべき役割と重要性……………………………………………20

４－１　地質調査………………………………………………………………………20

４－２　地質調査を利用する視点から………………………………………………23

第1節

日本列島の成り立ち－脆弱な日本列島－

1－1 日本列島の成り立ち

日本列島の地質の骨組は古生代から中生代、新生代始めにかけて形成された。(地質時代の区分は表－1に示す。)古生代と中生代は大陸と海洋の時代と言われており、いわゆる日本列島の胎動期に位置付けられる。それに続く新生代始めは日本列島の島弧が形成された時代であり日本列島の成長期である。

表－1 地質時代の区分

代	紀	世
新生代 Cenozoic	第四紀 Quaternary	完新世 Holocene
		更新世 Pleistocene
	1.7Ma	
	新第三紀 Neogene	鮮新世 Pliocene
		中新世 Miocene
	24	
	古第三紀 Paleogene	漸新世 Oligocene
		始新世 Eocene
		暁新世 Paleocene
	65	
中生代 Mesozoic	白亜紀 Cretaceous	新世(後期)
		古世(前期)
	146	
	ジュラ紀 Jurassic	新世(後期)
		中世(中期)
		古世(前期)
	208	
	三畳紀 Triassic	新世(後期)
		中世(中期)
		古世(前期)
	245	
古生代 Palezoic	ペルム紀 Permian	
	290	
	石炭紀 Carboniferous	
	363	
	デボン紀 Devonian	
	416	
	シルル紀 Silurian	
	439	
	オルドビス紀 Ordovician	
	510	
	カンブリア紀 Cambrian	
	570	
原生代 Proterozoic		
	2,500	
始生代 Archaeozoic		

年代の単位：100万年(Ma)
(年代区分は Harland, W.B. ほか “A geologic time scale” 1989より)

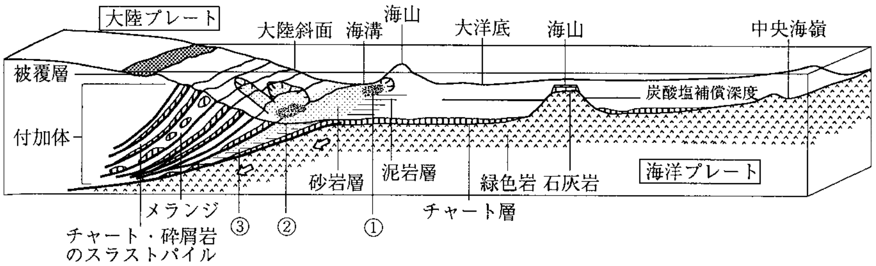
(1) 日本列島の胎動

①西南日本における胎動

西南日本の代表的な地層や岩体はプレート運動(後述する)における地層の形成と火成活動による深成作用により密接にかかわっており、帯状構造が発達している。いわゆる、変成帯や褶曲帯であり、その形成は大陸側から次々と起こってきた造山運動と呼ぶべきものによって行われたと考えられている。それと前後して、海洋プレートが大陸側に潜り込む際に削り取られ陸側に付加し(付加体と呼ぶ 図－1参照)、大小さまざまな岩塊が無秩序に取り込まれた地層が形成されている。それに連動するがごとき、後期中生代に起こった火成活動を主体とする変動によって火成岩類による基盤が形成されていった。

②東北日本における胎動

東北日本の胎動は北上山地、阿武隈山地に始まったと考えていい。海洋プレートの沈み込みに伴う付加体の形成と、それに続く変成作用と深成岩類の貫入を経て両地区で東北日本の古陸が形成された。その後浅海成～陸成の砕屑岩類が堆積し、分化、移動した各堆積層が認められる。(古生代～中生代)



図－1 付加体形成

中生代後期には、激しい火山活動があり北上山地、阿武隈山地東縁に厚い火山岩・火山砕屑岩類が堆積した。その後、褶曲・断層運動があり、ほぼ同時にこの火山岩の上昇・貫入により熱変成を受けながら東北日本は形成されていった。この火成活動は西南日本の同活動の最盛期に較べやや早い時期にあたる。

③北海道における胎動

北海道の胎動は北海道周辺にあった東西２つの沈み込み帯（島弧－海溝系）が存在していたことに端を発している。西側のユーラシア大陸東縁には、白亜紀前期から始まった西方沈み込みによって付加体が形成され、同様に東側のオホーツク古陸の西～南縁には、白亜紀後期に始まった東方～北方沈み込みによる付加体が存在した。その後両付加体は東西圧縮応力により衝突・接合し、東側付加体（日高帯）の変成岩層は右横ずれを伴いながら西側付加体に衝上している。これが北海道の脊梁山脈である日高山脈の誕生である。

（２）地殻変動から島弧列島形成

新第三紀中新世になると、古生代～中生代に形成された日本列島各地で激しい海底火山活動を主体とする地殻変動が始まった。この変動は地域によって多少の変動はあるものの火山活動等の発生過程に多くの共通した特徴が見られることより、一つの変動期として扱われグリーンタフ変動と呼ばれている。

新第三紀後半の鮮新世になると、日本列島全域にわたって地域的なブロック隆起が起こり、グリーンタフ変動とは性格を異にする地殻変動が始まり、これを島弧変動と呼んでいる。

①グリーンタフ変動

グリーンタフ（緑色凝灰岩）の名前はこの変動期の一つの象徴的現象である海底火山による膨大な火山岩類が変質化作用を受けて緑色に変色して出現していることからきている。

西南日本のグリーンタフ変動…同地区のグリーンタフ変動の痕跡は北陸から山陰地方にかけての日本海に沿って分布する。大規模な火山性陥没と隆起が地域的に生じ海進、海退を繰り返し北陸、山陰を形成した。

東北日本のグリーンタフ…グリーンタフ変動は東北日本弧の延びにおよそ平行な南北方向に沿っている。この地域での構造発達は島弧の形成過程に重要な役割を果たしている。特に大量に噴出した火山岩類の堆積により島状に点在した多島海的な状況が出現し、前後して起こった陥没と隆起により日本海を含む東北日本弧は形成されていった。

フオッサマグナ地域のグリーンタフ…フオッサマグナは、本州弧の中央部を日本海から太平洋にかけて横断する構造帯（後述）であるが、新世代始めにおいては太平洋と日本海の海を結ぶ海峡であったと見られている。その後この地域で激しい海底火山活動が起こっており、かつ隆起し始める。そのため、フオッサマグナの中央部まで入り込んでいた海は、太平洋や日本海に後退し始め、堆積物が陸化していった。

北海道のグリーンタフ…同地区では、西部・東部がグリーンタフ変動によって形成されたと見られている。両地区とも活発化した海底火山による火山岩類の堆積物による堆積盆地が形成されていった。

②島弧変動

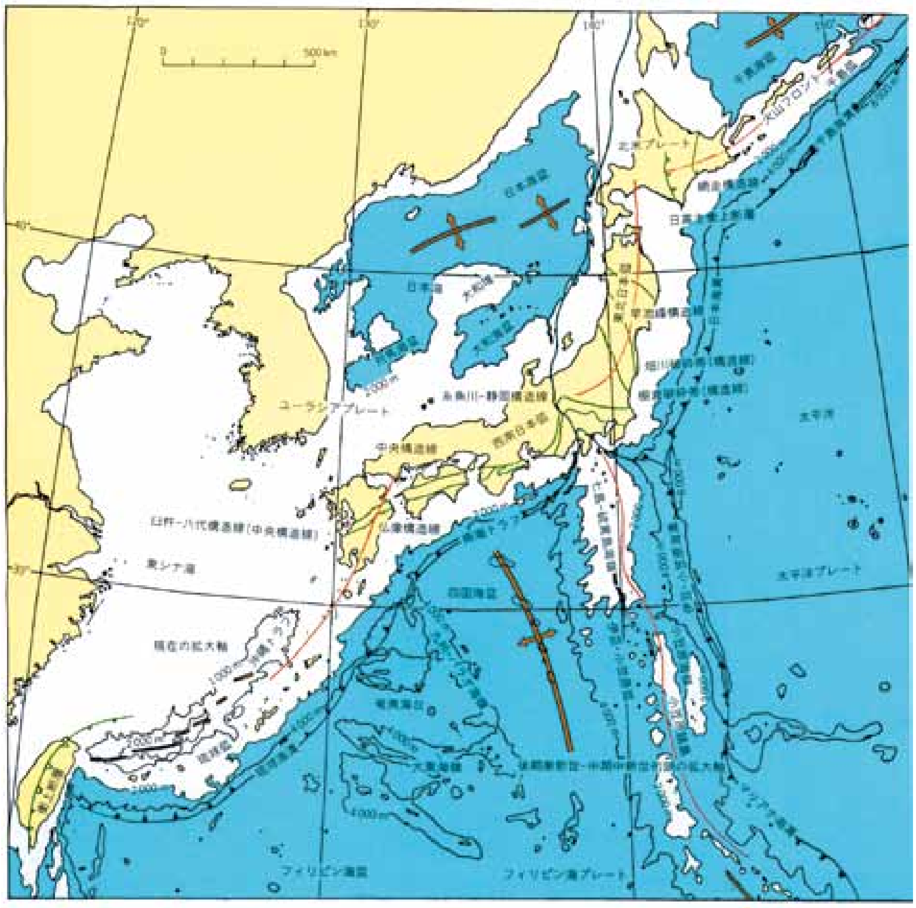
新第三紀後半から第四紀にかけての日本列島各地に見られる地殻変動は

- グリーンタフ地域、非グリーンタフ地域を問わず日本列島で各地に見られる。
- 変動は新しい隆起によって地殻がブロック割れを起こし各ブロックがその割れ目を境に相対的にずれ（隆起）を生ずるのを基本にしている。

このグリーンタフ変動に続く島弧変動によって、今日の日本列島の島弧形態、火山帯、浅～深発地震帯、海溝等が形成されていったと言われている。

1－2　日本列島の地殻

日本列島は代表的な島弧～海溝系に属し、地球を被っている十数枚のプレートのうち四枚のプレート衝突部にあって活発なサブダクションゾーンのフロントに位置している。(図－2参照）この列島は北米プレートとユーラシアプレートの二つの大陸地殻にまたがり、この両プレートに太平洋プレートとフイリッピン海プレートが沈み込み、この地殻運動により二方向から圧縮されている。この海洋プレートの沈み込みは前節で触れたように日本列島を形作った造営力の主要因であり、現在も引き続いていることを示している。この四つのプレートがぶつかり合う中心は伊豆半島付近であり、せ



図－２　日本列島周辺のプレート

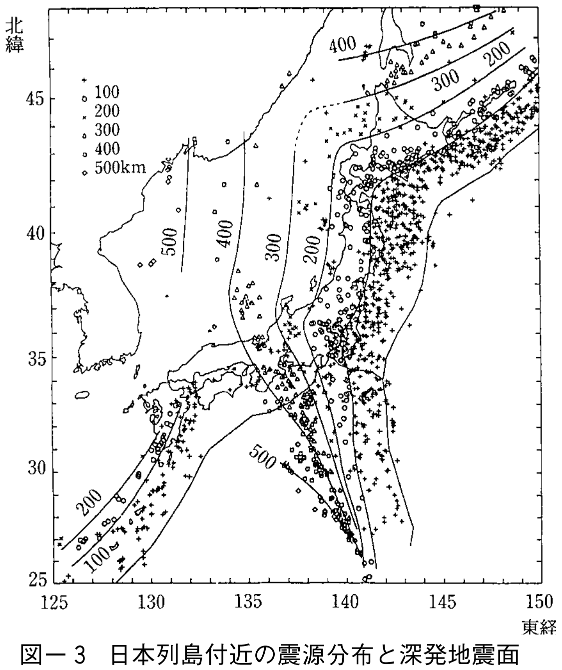
めぎ合う場として世界に例がない複雑な応力場になっている。

西南日本が乗るユーラシアプレートは年間数センチの割合で東進しており、これが西南日本が東西に圧縮力を受けている原因の一つと考えられている。東北日本では北米プレートの下に、太平洋側で太平洋プレートが潜り込み、日本海側ではユーラシアプレートが潜り込んでいる。西南日本では、太平洋側でフイリッピン海プレートがユーラシアプレートの下に潜り込んでいる。また、伊豆半島から房総半島沖にかけて、フイリッピン海プレートが、北米プレートの下に潜り込んでいる。

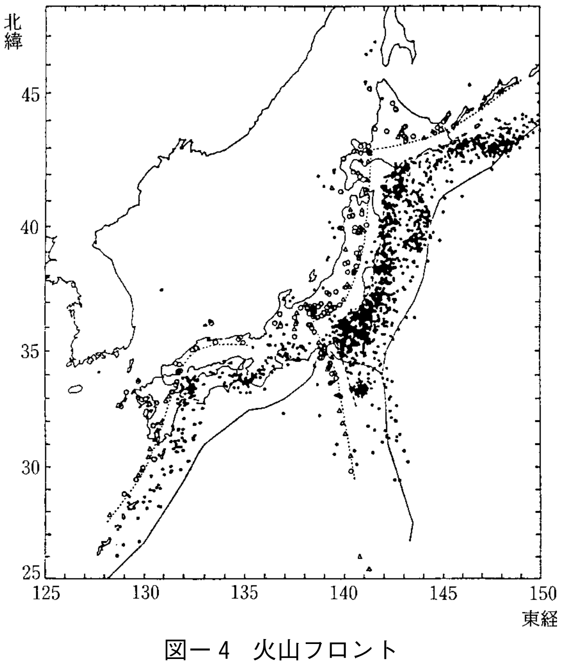
1－3　日本列島の地震帯・火山帯

日本における過去の地震の観測結果によると、前節の説明のプレートの境界付近で地震が多く、巨大地震の殆どはここで発生する。（図－3 日本列島付近の震源分布と深発地震面）海洋プレートが大陸プレートに沈み込むところでは、大陸プレートの先端が沈み込む海洋プレートに引きずり込まれる。引きずり込まれる長さが数m～10m程度に達するとプレートの先端部分が耐えきれなくなり、一気に跳ね返って元にずれ戻り、それまで蓄積していたエネルギーを解放する。これが地震の発生である。また、日本列島はこれらのプレートの動きによりほぼ東西に圧縮されており、このためにプレート内にずれ（活断層）が発生する。これが内陸型地震である。日本が世界で有数の地震国であるのは以上の理由によるためである。

図－4 によれば、日本列島付近の火山は、プレートの境界に平行して少し陸側に離れて並んでいる。この火山帯は大陸プレートと潜り込む海洋プレートとに挟まれたプレート下のマントル内に発生する接触面での摩擦熱によって、マントルがマグマになりそれらが集まって「マグマ溜まり」ができる。そのマグマが地殻の割れ目や弱いところを通って地表に噴出して火山となる。日本が世界有数の火山国でもあるのは以上の理由からである。



図－3　日本列島付近の震源分布と深発地震面



図－4　火山フロント

1－4　構造帯の分布とその特性

日本列島はおよそ二つの弧状帯に区分される。一つは千島から東北日本を通り、伊豆・小笠原へぬけている東北日本弧、もう一つは西南日本から南西諸島にぬける西南日本弧である。

（1）フオッサマグナと糸魚川～静岡構造線

西南日本と東北日本の境界に南北に構造帯が走っている。これをフオッサマグナ、この西縁は特に明瞭な断層となっていて糸魚川～静岡構造線と呼んでいる。この断層は北米プレートとユーラシアプレートとの境界線と考えられている。

図－5　日本列島の地質構造

（2）中央構造線

西南日本の帯状構造を示す最も顕著な断層が、領家変成帯と三波川変成帯との境界の中央構造線である。この中央構造線の南側を外帯、北側を内帯と呼ぶ。内帯の二大要素は飛驒変成帯と三郡変成帯である。

領 家 変 成 帯…古生代後期から中生代までの地層で高温低圧下の片麻岩を主体に花崗岩に貫かれたり、広大な流紋岩に覆われている。
三波川変成帯…領家変成帯とほぼ同時期の地層であり低温高圧下での結晶片岩からなる。
飛 驒 変 成 帯…高温低圧条件下で形成され、花崗岩の貫入を伴う。
三 郡 変 成 帯…低温高圧下で形成され、飛驒変成帯と対変成帯として見られている。

（3）仏像線

中央構造線に平行で、北側の秩父帯と南側の四万十帯の境界の断層を仏像線と呼ぶ。

秩　父　帯…三波川変成帯の南方への漸移層である。
四万十帯…変形を強く受けた白亜紀から第三紀中頃までの砂岩・泥岩を主とする地層が分布し、その上に第三紀の後期の地層が不整合に覆っている。

（４）棚倉構造線

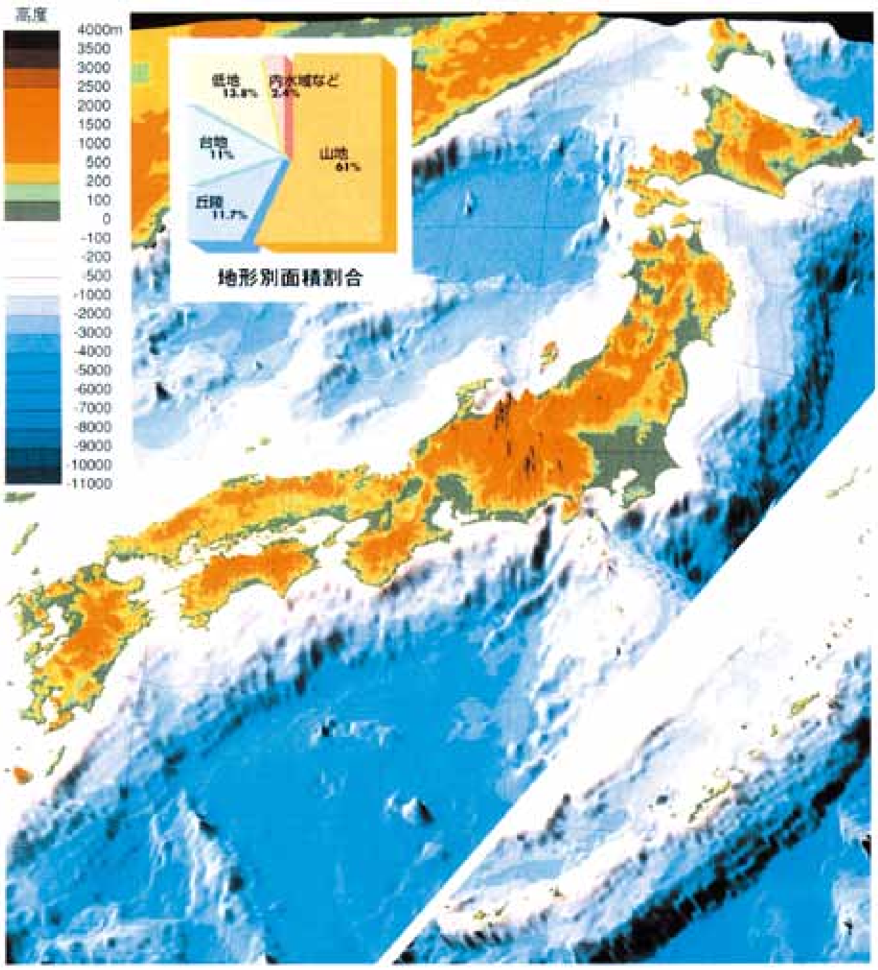
フオッサマグナとほぼ並行に走っており東北日本と西南日本との一つの境界と考えられている。

第2節

日本列島の地形・地質の特質

2－1　日本の地形

図－6によると日本列島はユーラシア大陸東縁に位置し、千島弧、東北日本弧、西南日本弧、琉球弧、伊豆－小笠原弧かならる島弧の集まりである。それぞれの島弧の前面には千島海溝、日本海溝、南海トラフ、琉球海溝、伊豆－小笠原海溝が、背後にはオホーツク海、日本海、東シナ海、フイッリピン海がある。それらの海の下には、千島海盆、日本海盆、大和海盆、沖縄トラフ、四国盆等の背弧盆が広がっている。また、島弧に沿って第四紀の火山が並び、山地・盆地が認められ起伏に富む、地形をなしている。それらを分類すると「山地」、「丘陵」、「台地」、「低地」及び「内水域」になり、その内「山地」と「丘陵」のしめる割合は約73％であることから、島国であるとともに山国でもあるといえる。



図－6　日本の地形

2－2　日本の地質

日本列島は前述のように大陸プレートと海洋プレートとの境界の大陸プレート側にあり、その下に海洋プレートが沈み込んでいる。このような沈み込み地帯と言われる地域の前弧側では沿岸から大陸斜面、海溝にかけて堆積した砕屑物が海洋底に堆積したチャートや石灰岩、海洋地殻の一部をなす玄武岩と共に陸側に押し上げられて付加体を形成する。この付加帯の底部は地下深く引きずり込まれ高圧下で変成する。一方沈み込んだ海洋プレートの直上では高熱により部分融解が起こりここで生じたマグマは浮力で上昇し地殻に達し、一部は地殻下部で固結し深成岩となり、一部は地表に達して溶岩や火砕物として噴出し火山を形成する。また、マグマが運んできた熱により地殻の一部が変成し解けてマグマにな

り深成岩を形成する場合もある。一方、内陸側では前弧盆の堆積物、火成岩、部分的には背弧盆の堆積物がお互いにほぼ並行して分布している。また、深成岩の周辺では堆積物が中～低圧下で熱変成している。

（１）九州四国地方の地質（図－８）

九州四国地方は、中央構造線の南側で付加体のなす帯状構造が顕著であり、それは三波川変成帯、秩父帯、四万十帯として順に並んでいる。中央構造線に沿っては白亜紀末の堆積岩類（和泉層群）、珪長質花崗岩が分布している。また、九州北部には古第三紀～新第三紀に前盆弧あるいは後盆弧を埋めた堆積岩類や火山岩類が、瀬戸内海に沿っては前期中新世後期～中期中新世前期の海成の堆積岩類が分布する。

（２）四国中国地方の地質（図－９）

中央構造線の北側では飛騨の変成岩や堆積岩類を取りまくように古生代～ジュラ紀の付加体（丹波－美濃帯）、堆積岩類（舞鶴帯）、三郡変成帯が分布しており、これらに白亜紀～第三紀の火成岩類が貫入あるいは覆っている。

（３）本州中央部の地質（図－10）

本州の中央部は、東北日本弧と西南日本弧の会合部にあたり島弧の幅が最も広い地域であり、世界でも有数の地殻変動の激しさを反映して、地震、火山、地すべり、各種地盤災害が多いことが特徴的である。糸魚川～静岡構造線以東は構造的低地であるフォッサマグナと呼ばれる東西日本の接合部で、新第三紀以降の岩石が主に堆積している。同構造線以西は中国四国の地質構造である中央構造線の外帯、内帯に続いている。

（４）東北地方の地質（図－11）

東北地方の中軸には、奥羽山地が南北に長く縦走しており、その東側には北上川や阿武隈川に沿う低地を挟んで、北上山地、阿武隈山地が、又、西側側には山間盆地を挟んで出羽山地等が分布する。大平洋側の北上山地及び阿武隈山地では主として中・古生代の堆積岩類や付加体と白亜紀珪長質深成岩が分布する。奥羽山地から西側には、後期漸新世以降の火山岩や堆積岩がそれ以前の岩石を広く覆い、その上に第四紀火山が南北に点在している。

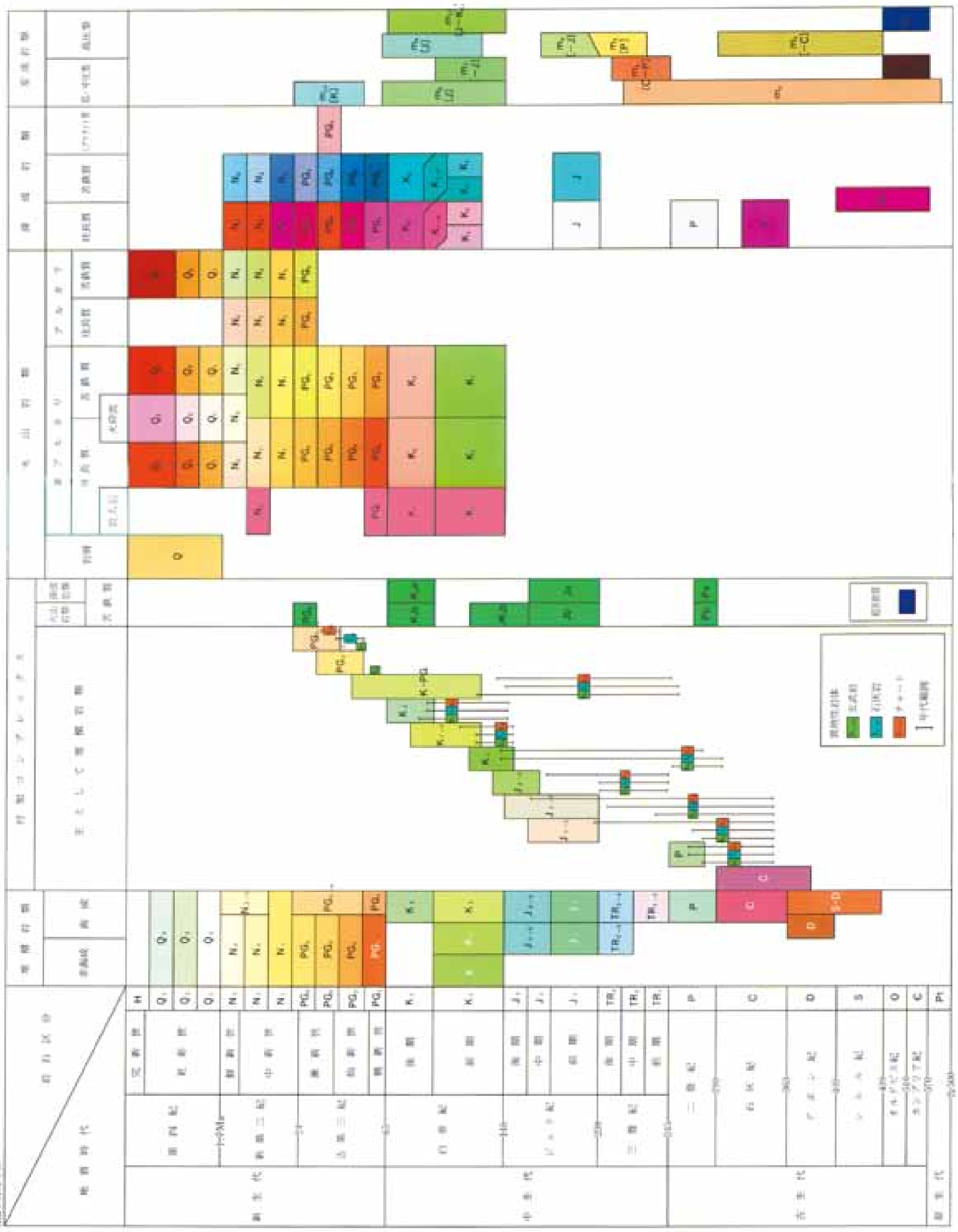
（５）北海道の地質（図－12）

北海道の地質は、東北日本の地質の延長線である樺戸山地以西の西南北海道、北海道の背骨をなす日高山脈とその北方にほぼ平行な地質構造を示す北海道中央部、そして千島弧に関連する地質からなる北海道東部の三つの単位からなる。西南北海道には、石炭紀以降

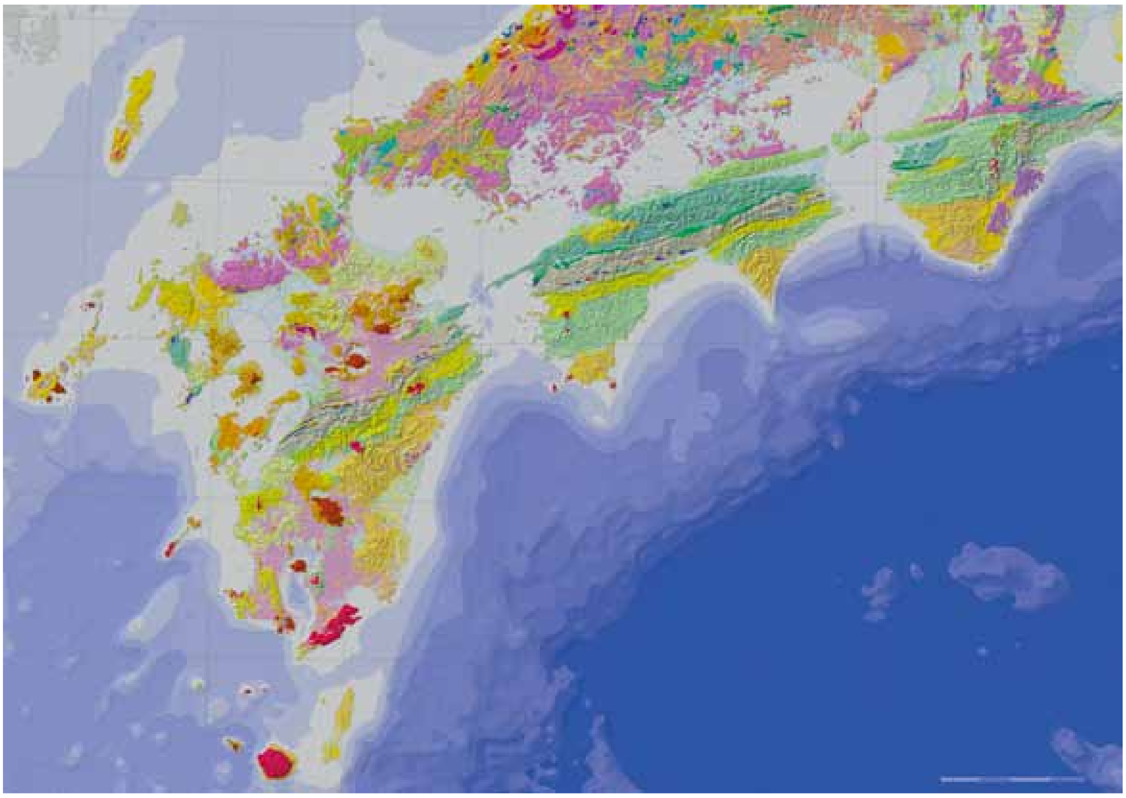
の各種岩体を含むジュラ紀の付加体、それを貫く白亜紀の花崗岩類や、それらを不整合に覆って新第三紀～第四紀の火山岩類や地層が分布する。北海道中央部の地質はジュラ紀もしくはそれ以前の地質体を原岩とする神居古たん変成岩類、白亜紀～古第三紀の付加体（玄武岩類等）、この付加体を原岩とする日高変成岩類、古第三紀に併入した日高深成岩類、白亜紀の前弧海盆堆積物、古第三紀の陸成～浅海成堆積物、新第三紀の火山性岩類からなる。北海道東部にはジュラ紀の火山岩類、白亜紀～古第三紀の前弧海盆堆積物、新第三紀～第四紀の火山岩類や地層が分布する。北海道東部の千島弧を構成するこれらの地質体は、中期中新世に北海道中部を構成する地質体に衝突したと言われており、そのため中央部の地殻深部の地質体は西側に衝上した。

（６）南西諸島の地質（図ー13）

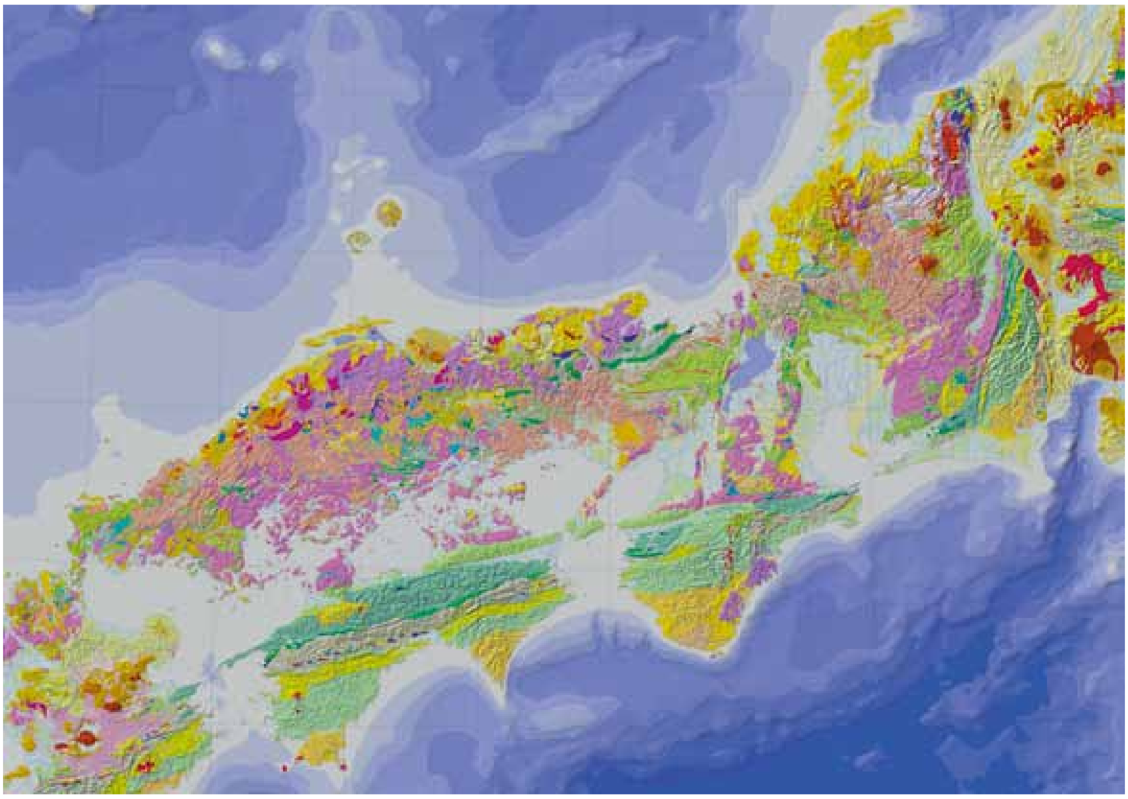
南西諸島の太平洋側には、二畳紀以降の付加体が広く分布し、それらを覆って前弧堆積物が分布する。この付加体は西南日本弧の付加体（秩父帯、四万十帯等）に相当する。トラカ列島から久米島にかけて中期中新世以降の溶岩や火砕岩が帯状に分布し、活火山も多い。先島諸島には、西南日本内帯の三郡変成岩類に類似した三畳紀～ジュラ紀の変成岩類が分布する。



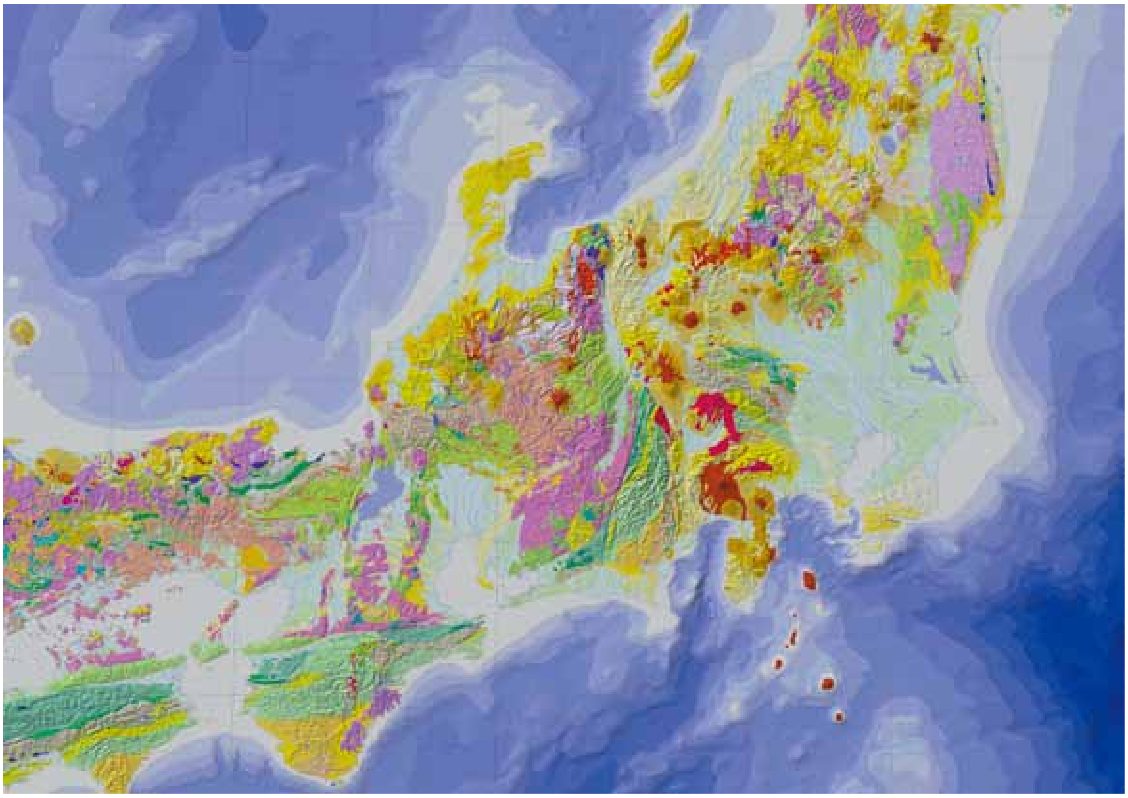
図－7　地質図凡例



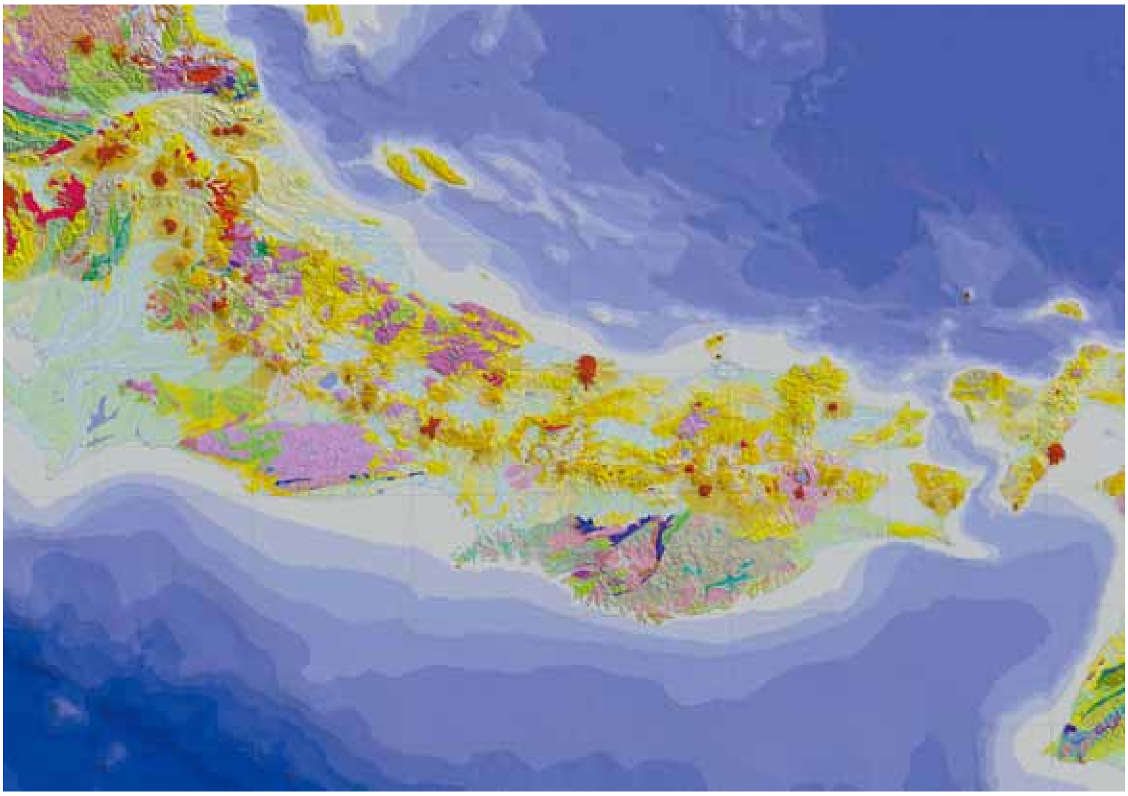
図－8　九州四国地方の地質



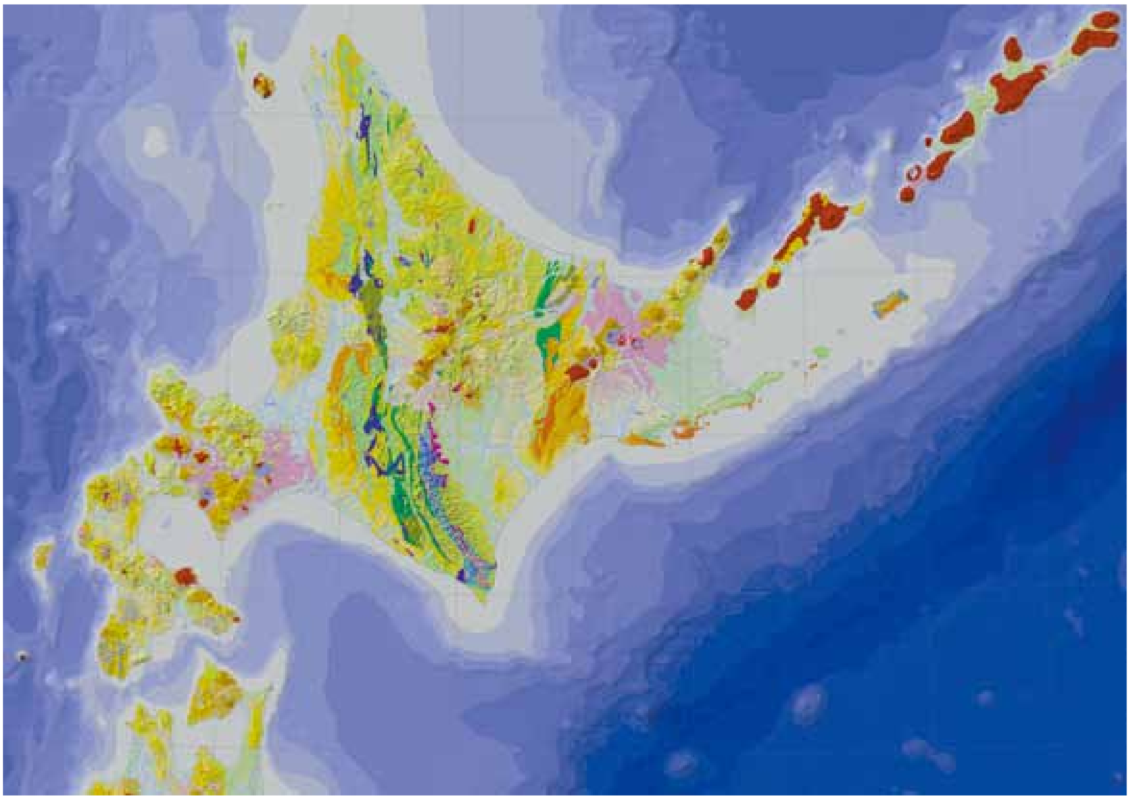
図－9　四国中国地方の地質



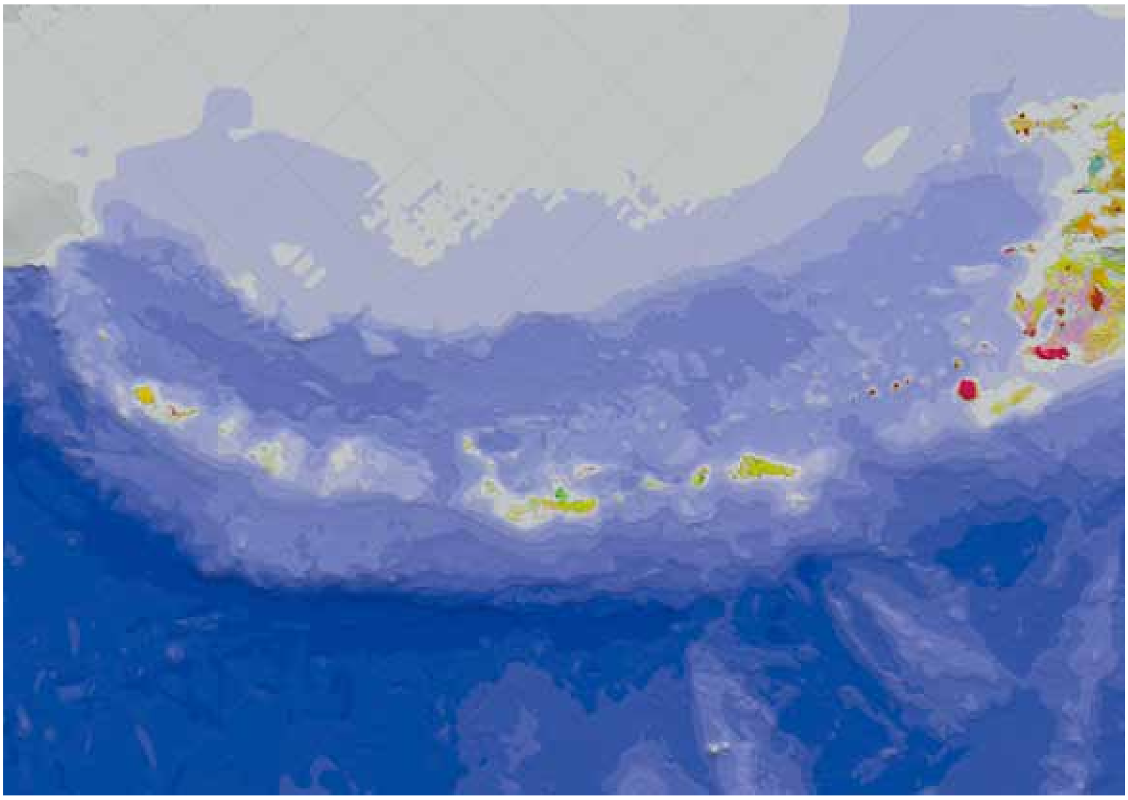
図−10　本州中央部の地質



図−11　東北地方の地質



図ー12　北海道の地質



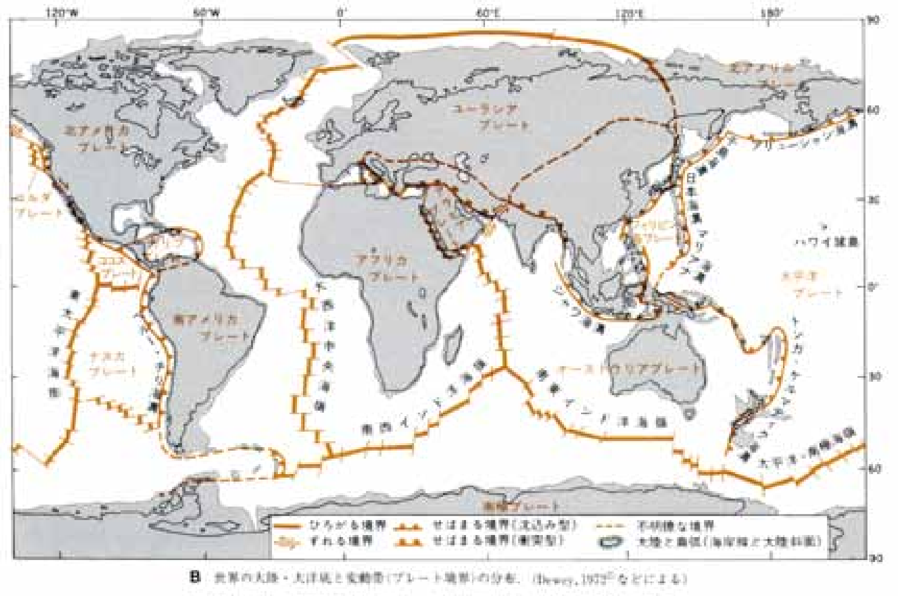
図ー13　南西諸島の地質

第 3 節

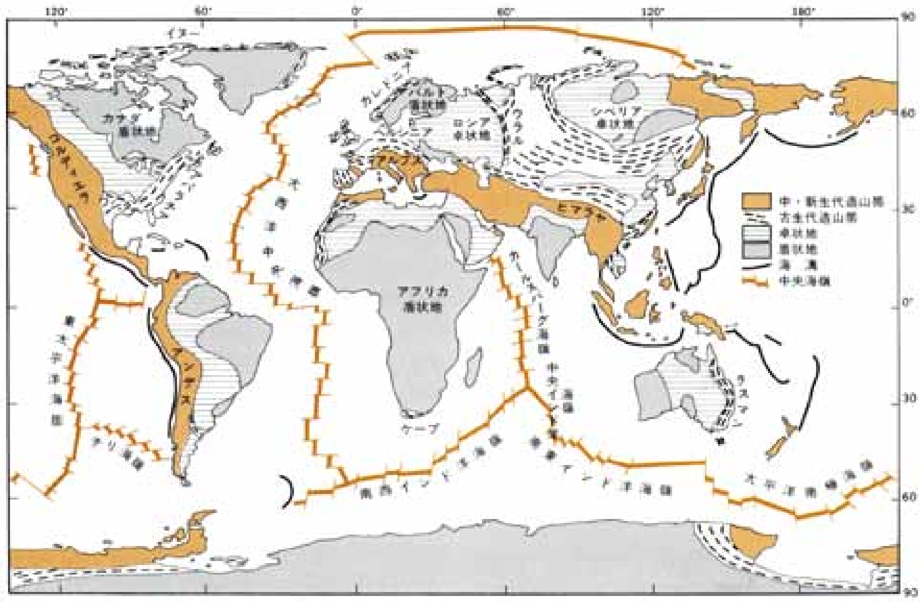
日本列島と欧米大陸の地盤の比較

（１）欧米の地盤特性

図－14に世界のプレートと海嶺の分布を示した。東太平洋海膨・大西洋中央海膨・太平洋－南極海嶺等中央海嶺と称される大規模な海嶺は、プレート拡大境界の地形である。拡大する速さは、東太平洋海膨では20cm弱／年、大西洋中央海嶺ではヨーロッパ－北米間で数cm／年程である。



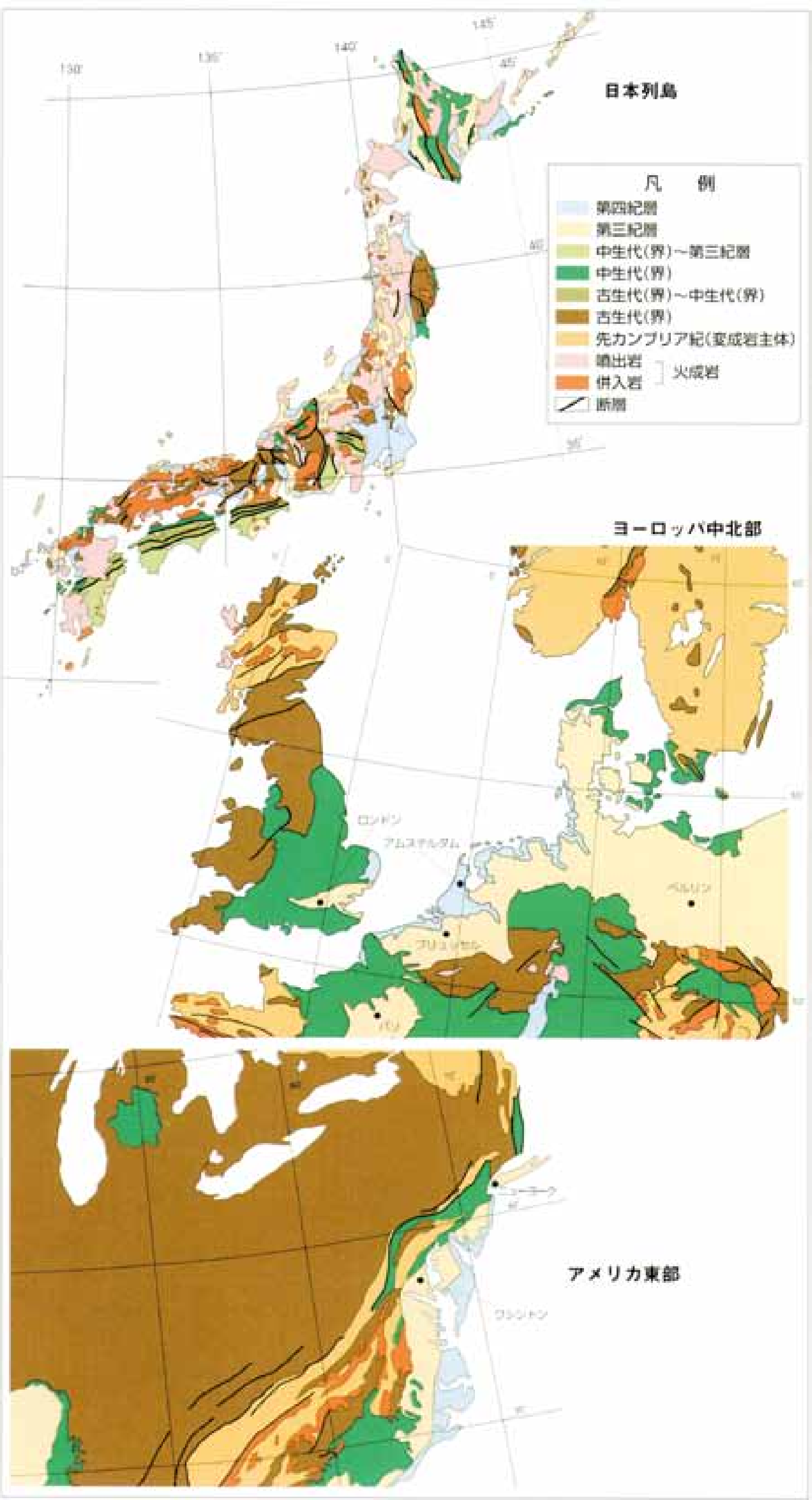
図－14　世界のプレートと海嶺



図－15　世界の地質構造

狭まるプレート境界には、沈み込み型と衝突型があり、前者は比較的重い海洋プレートが大陸や島弧の縁で、海溝を創りながら沈み込んでいくもので、アンデスの様な大陸弧や東北日本弧（既述）のような島弧をつくる。最も速いのは太平洋の西部（日本弧）での約10cm／年である。衝突型の狭まる境界は、軽い大陸地殻をもつプレート同士が狭まったり、押し合ったり、一方がのし上がったりするところである。その最大の例はユーラシアプレートのチベットとインド—オーストラリアプレートのインド亜大陸の衝突である。インド側がチベットの下に押し込むように衝突し、チベット側では圧縮によりヒマラヤが上昇している。

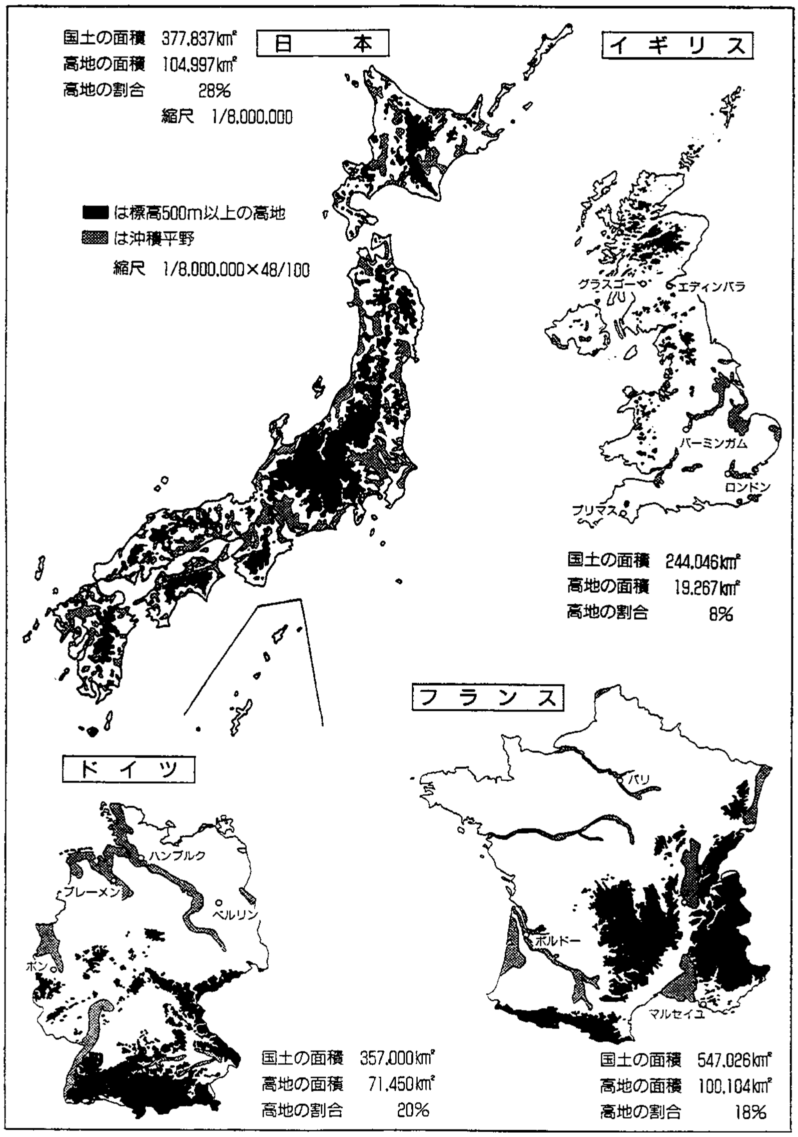
プレートの境界では、プレートの沈み込みや圧縮力により、断層・褶曲構造やそれに伴う地震の発生、火成岩・変成岩の形成が行われ、時に上昇するマグマから火山が地表に生ずる。このようなさまざまな変動を生ずる境界を造山帯と呼んでいる。図－15に世界の地質構造を示すが、古生代や中生代・新生代の造山帯のほかに卓状地や盾状地と呼ばれる地域があるが、この地域は古生代よりも古い時代の造山帯で、長い浸食作用によって造山帯の深所にあった火成岩や深成岩が広く地表に現れた平原（盾状地）となっているか、盾状地の表面が古生代や中生代ないし新生代の地層に覆われた平原（卓状地）になっている。これを変動帯に対して安定地塊と呼んでいる。同図によれば欧米大陸は一部（アルプス、北米大陸の西海岸沿い）を除いて安定地塊であり欧米の地盤の大半は安定していることを示している。地質的には欧米の地質は、各地質のユニットが広く分布し、断層が少なく地質構造が単調である。例えばヨーロッパ中北部の地質は、スカンジナビア半島に分布する先カンブリア紀の片麻岩類やイギリスと大陸に分布する古生代から中生代・新生代の堆積岩類が主体である。アメリカ東部の地質は大半が古い時代（先カンブリア紀～古生代・中生代）の堆積岩類であり地層の連続性が良い単調な構造を示している。（図－16参照）


130°
135°
140°
145°
日本列島
凡　例
第四紀層
第三紀層
中生代(界)～第三紀層
中生代(界)
古生代(界)～中生代(界)
古生代(界)
先カンブリア紀(変成岩主体)
噴出岩
併入岩
火成岩
断層
ヨーロッパ中北部
ロンドン
アムステルダム
ベルリン
ブリュッセル
パリ
ニューヨーク
アメリカ東部
ワシントン

図－16　欧米の地質

（2）日本列島との比較

既述のように日本列島は世界有数の変動地帯であり、かつ島弧状であり国土の広がりは非常に大きい。北緯二十度二十五分（沖の鳥島）から北緯四十五度三十三分（択捉島）、東経百二十二度五十六分（予那国島）から百五十三度五十九分（南鳥島）に至る東西南北、それぞれ約3,000kmの空間的広がりを有している。この細長い国土の中央部には2,000 mから3,000 mの非常に高い脊梁山脈が連なり、国土を太平洋側と日本海側に分断している。そのため平野地は比較的少なく、急峻であり、世界中の地震の約10%が日本とその周辺で発生し、かつ世界の活火山の10%以上が存在する有数の火山国でもある。

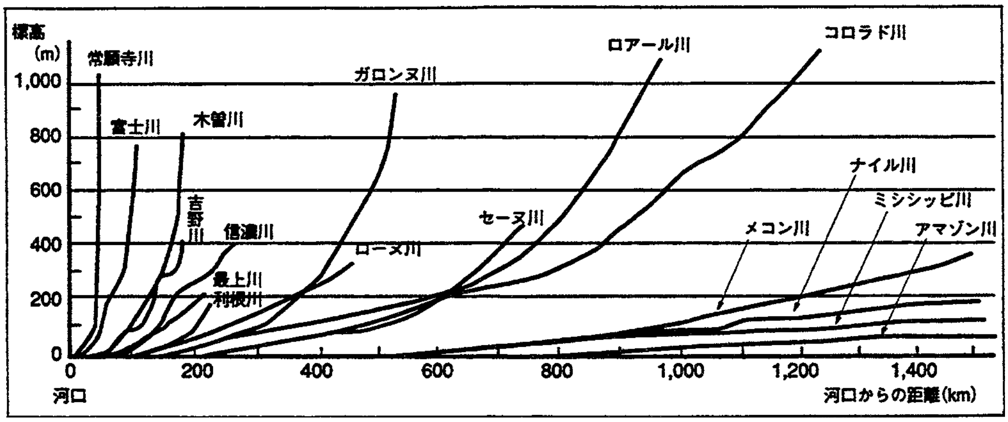


図ー17　日本列島との比較

これに対して、ヨーロッパでは直径2,000kmの円を描けばＥＵ15ヵ国がすべて含まれてしまう。わが国の面積は約38万平方kmに対してドイツは約36万平方km、イギリスは24万平方km、フランスは55万平方kmとわが国と大差ないが形状がまとまっている。図ー17は標高500 m以上の高地の分布について示している。国土面積に占める標高500 m以上の高地の割合は、日本では28%であるのに対して、ドイツでは20%、フランスでは18%であり、イギリスでは８%にすぎない。また、ドイツでは北ドイツ平原、フランスではフランス平原と呼ばれる、それぞれ国土の約1/3、1/2を占める太平原がまとまって存在する。イギリスでは、北部を除けば全土が平地かなだらかな丘陵地と言ってよい。

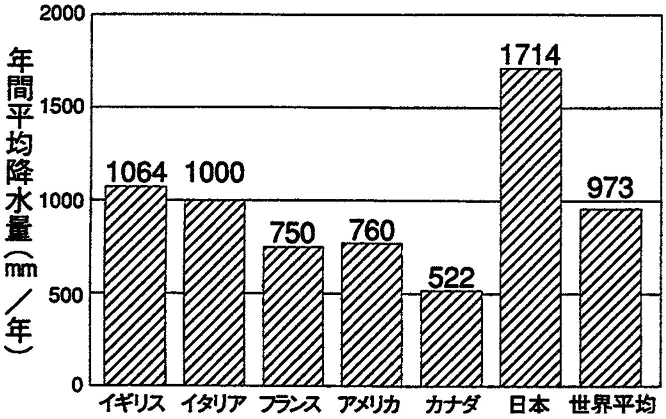
平野地と言っても、その形成過程で国により異なる。わが国の平野部の多くは沖積層と呼ばれる過去１万年以内に堆積した軟弱層であるが（東京湾、大阪湾、伊勢湾等）、ヨー

ロッパ諸国では、ロンドン、パリ、ベルリン、ウイーン、ローマ、マドリッドと約200万年前に形成された洪積層の上に発展してきている。さらに、軟弱地盤は地震に弱い。地震が起こると、軟らかい地盤では、固い地盤より地震エネルギーが吸収され易く被害が起こる危険性が増す。即ちわが国はヨーロッパ等に較べ耐震性を考える時に地震が発生しやすく、かつ軟弱地盤上の都市が多いことから地震被害は起きやすい条件を有している。また、わが国は水田耕作の開始と、海退と共に人々は河川周辺の平地に定住し、集落を形成し、食料生産力を増大させ、人口も増加した。この地はいわゆる氾濫原であり、河川から堤防によって守られている地域であると言える。現在では国土の10％にあたる氾濫区域に人口の50%、資産の75%が集中している。低平地で有名なオランダを除けば、氾濫原区域内人口については欧米主要国は日本よりはるかに低く、世界の主要都市で堤防に守られて人々が暮らしている状況は希である。その上、河川そのものにも大きな特徴がある。日本の川は、世界の主要な川と較べかなり急流になっている。図－18に河川の勾配を示しているが、例えばミシシッピ川については源流は河口から約3,800km上流にあるが、標高は450 mにすぎない。一方日本の河川は最も大きな利根川でさえ、源流まで約220km、標高は約190 m勾配にして7倍強である。この結果、日本では雨が降るとあっという間に大きな流れとなり一気に洪水となって上流から下流の都市に流れ下る。しかもその都市では洪水が市街地の地盤高より高いところを流れ正に堤防に守られた都市とも言える。気象条件も日本は特異であり、梅雨期や台風シーズンに降雨が集中し、集中豪雨の被害が発生している。わが国で観測された時間雨量の最高記録は1982年7月23日夕方から翌24日にかけて長崎市周辺を襲った長崎水害時に観測されたもので、187mmに達した。この豪雨により長崎市を中心に、死者・行方不明者299人、甚大な被害が発生している。この時に、わずか二日間に572mmの降雨を記録した。図－19に日本と主要国の年間降雨量の比較を示したが、わが国の降雨量は飛び抜けて多いことが分かる。この多量な降水量に対して、前述の洪水位時の堤防の安定の外に急傾斜地の安定が大きな課題になっている。細長い国土を急峻な脊梁山脈が貫き、市街地は山に迫り、山の急斜面をぬって道路、鉄道、住宅を建設しなければならないわが国は、土砂災害の危険区域が全国で約18万カ所も存在する。時として集中豪雨のため、土石流や崖崩れなどが発生し、人々、家屋、街、道路、鉄道等に甚大な被害を及ぼす。



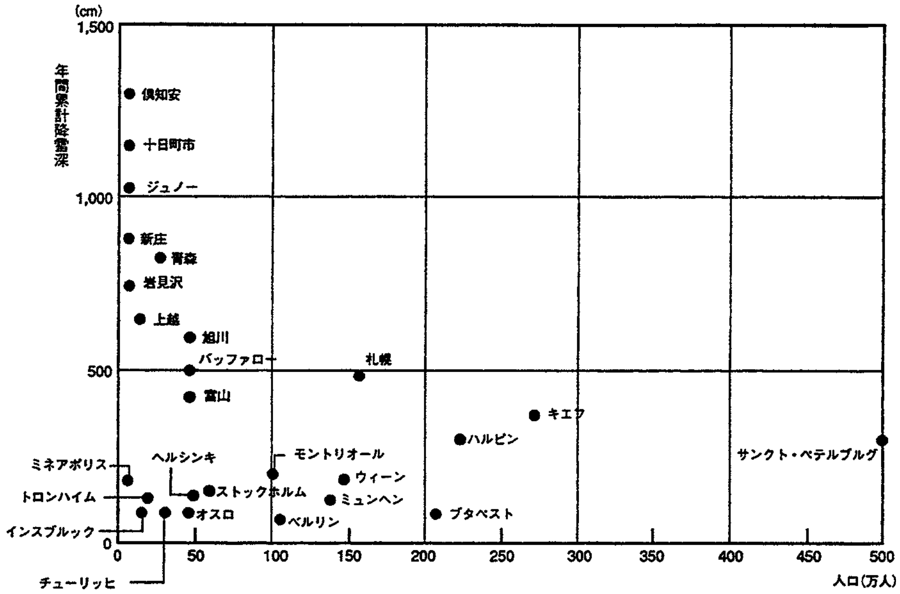
図－18　河川の勾配

わが国では冬季になると、日本海をわたる季節風によって運ばれた大量の水蒸気が脊梁山脈にぶつかり、雪となって日本海沿岸に降り注ぐ。豪雪地帯対策特別措置法に基づき豪雪地帯に指定されている地域は、北海道、東北から日本海側を経て島根、広島に至る広い地域に分布し、国土の約51％が豪雪地帯になっている。多雪地帯にある世界の主要な都市の年間累計降雪深（ある一定の時間毎に積もった雪の深さで、年間で足し合わせたもの）を見てみると、図－20に示すとうりである。海外でもカナダのブリティッシュコロンビア州にあるジュノー市のように年間の累計降雪深が10mに達する都市もあるが、ミュンヘン、モントリオール、ヘルシンキ、ストックホルム等多くの都市では年間の累計降雪深は2m以下である。年間の降雪深は5mを越える地域で人口数十万人規模の都市活動が営まれていること自体が、世界的にも珍しい。降雪は雪の文化を育む反面、都市活動を著しく低下させる。多雪地域では、降雪のない地域と比較して、雪崩や吹雪対策、交通やエネルギー供給などのライフラインの確保、積雪処理対策など、困難でコストのかかる対策が必要である。



図－19　年間降水量

このようにわが国は自然条件、地理条件、地形条件とも非常に厳しい中で、国土保全、社会資本を充実化していかなければならない宿命を負っている。



図－20　多雪地帯にある都市

第４節

地質調査の担うべき役割と重要性

わが国のように変化に富む地形地質条件のもとで国土保全事業、社会資本充実事業を効率的に進めていくためには、地質調査の役割は益々重要になってきている。

４－１　地質調査

地盤は地球の造山運動により形成されたものであり、同時進行してきた気象条件による変動、浸食・堆積作用等による地形変化と、人類の登場以降の関わりの中での地盤利用の過程での地盤変化をへて現在の地盤がある。地質調査はこの複雑な地盤の成り立ちを捉え、地盤状況を把握し、工学的特性を求め、建設工事の際に予測される課題に対しての対応策を提案することが求められている。

以下具体的に述べる。

（１）都市部の地質調査

日本の主な都市は、ほとんど平野や盆地等の平坦部にあり、海岸平野に大都市が多い。その海岸平野のほとんどは沖積低地で、地盤状況から見ると軟弱地盤が広く分布する地域で構造物を施工するには全体的に不利と言える。

都市の地盤を分類すると、海岸低地、扇状地、河川の氾濫原、台地（段丘面）、埋立地等に分類される。

①海岸低地…地表は平坦で、広い範囲で均質な地層がほぼ一様な厚さで堆積している。一般的には表層には緩い砂層が、その下には軟弱な粘土層が堆積し、いわゆる軟弱層が多い。また、地下水位が高く人為的な地下水位低下で圧密沈下が生じやすい。従って、軟弱地盤の層厚、軟弱な砂層・粘土層の力学特性、圧密特性の把握が必要であり、構造物に対する支持力特性・変形特性、地震時安定性の検討が求められる。

②扇状地…非常に緩く傾斜し、上流から運搬された砂層や礫層からなる比較的良好な地盤である。全体的に地下水が豊富で、地盤の透水性は良好。地下水特性（流向、流速、地盤の透水係数等）の把握が重要である。

③河川氾濫原…後背湿地・自然堤防・旧河道など複雑な微地形からなり、砂泥互層状でありかつ水平方向への地層の連続性に欠ける。後背湿地の腐植土層の圧密沈下特性と自然堤防・旧河道の地震時の安定性の検討が必要である。また、構造物の支持層である安定層が連続しないことが多く、基礎形式の選定には慎重な検討が求められる。

④台地…砂礫層からなり全体に固結度が高く、沖積平野の沖積層に較べて良好な地盤である。都市化による地形改変で分かりにくくなっていることもあり、旧地形図などを参考にして地盤状況の判断を間違えないように注意することが必要である。

⑤埋立地…市街地で発生したゴミ・残土・山砂・浚渫土などからなる人工地盤のことである。埋立材料によりその性質は異なり、全体的に固結度が低く沈

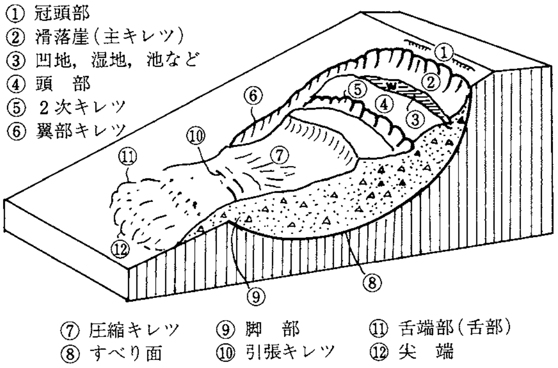
下、地震時の安定性の検討が求められる。

（２）地盤防災調査

日本では毎年多くの地盤災害が発生する。地盤災害による被害を軽減することは私達にとって重要な課題であり、地質調査をすることにより危険箇所の予めの抽出、予測される災害の規模と対策工の検討等が可能になり被害軽減の道が開けることになる。

①地すべり調査

地すべり地形は、馬蹄形状の急崖を示す滑落崖と前面に広がる緩急斜面や波状地形、その中に見られる凹状地（池、沼）、亀裂、末端隆起等の微地形で構成される（図－21参照）。地形図や空中写真により地すべり地形の特徴を判読して地すべり地形か否かを読みとる。さらに現地で聞き込みや踏査を実施して精度の向上を図る。地すべり災害危険性の予測と解析では



図ー21　地滑り地形の模型図

・既往地すべり災害事例の収集と発生条件の整理
・誘因（集中豪雨・豪雪・地震・人工改変等）の整理と、考慮すべき誘因特性の検討
・地すべり防止指定区域と地すべり状況危険個所の分布状況と地形・地質特性
・地すべりの被害想定

地すべりの危険範囲は、地すべり移動危険個所の範囲と、移動土塊の到達範囲を含めた区域で示される。これを被害想定範囲の目安とする。

②崖崩れ

崖崩れは、地すべりに較べて規模が小さく、発生勾配が急である。崖崩れの厚さは大きくても２～３m、勾配の多くは35～60度の斜面に発生している。崖崩れを引き起こす誘因は豪雨と地震であり、雨量と地震動の大きさとの関係で検討されることが多い。また、基本的な素因としては、斜面の傾斜、地下水・地表水の集水性、地盤の性質とその構造等をあげることが出来る。これらの分布や実態の把握は、地形図の判読、空中写真判読、現地調査により行い、崖崩れ災害危険性の予測と解析は地すべり調査に準じて行う。

③土石流

土石流の発生成因には、
・山崩れの土砂が流下中に水と混じり合って流動化して土石流になるもの
・急激な出水により渓岸、渓床の堆積土砂が浸食され流水が一時に多量の土砂を含み流下するもの

・大規模な山崩れの土砂が渓流の一部をせき止めて天然ダムを作りそれが崩壊流下するものがある。既往の土石流発生事例でみると、勾配が20度程度以上の渓床や山腹に発生し、多くは3～10度の区間に停止堆積している。土石流の発生成因からみると、土石流が発生しやすい条件を備えた渓流は、山崩れが発生しやすい山地内にあり、渓床勾配が急な区間が上流にあって、そこに堆積土砂が多量にかつ不均質に分布している渓流である。土石流の災害危険性の予測と解析は地すべり調査に準じて行うが、数値シュミレイションによる詳しい方法もある。

（３）河川調査

日本国土は急峻な山岳地が多く、河床勾配が他国に較べて極めて急である。そのため集中豪雨の際は流水が急増し、中～下流の地域では短期間で洪水が到達する。また、日本は多雨地帯であり、河川災害の面では劣悪な環境にあるため、有史以来洪水対策は大きな課題であった。人々は生活環境の変化に応じ河川流路を整え、河床を掘り下げ、堤防を作り川を治め洪水を防いできた。河川災害の素因は保全対象物の規模、密度および地盤の強度であり、防災対策や治水施設の有無である。また、誘因としては集中豪雨、高潮、地震であり、それらの条件を考慮した対策がとられる。その際には地形の特徴、地質特性の把握、森林伐採や土地造成などの土地利用変化などの要素を分析し総合的な河川防災対策とする。

（４）地下水調査

地下水調査には土木・建築工事に伴うものと地下水資源調査の二分野がある。

①土木・建築工事に伴うもの

この地下水調査には2つの目的があり、ひとつは構造物の設計・施工計画のための基礎データをとること、もうひとつは工事に伴う周辺の地下水障害（地盤沈下、井戸枯渇等）を防止することである。いずれにしても対象地域の地形・地質調査を始め水利用施設の調査、地盤関連調査が必要であり、対象地域の水文地質特性（地下水位・帯水層と難透水層の位置や連続性・帯水層定数・圧密特性等）を明らかにすることが必要である。

②地下水資源調査

地下水資源の評価及び地下水資源の開発のために、地表地質調査・地下水位観測・湧水観測・水質分析などを実施し水文地質構造を明らかにして地下水賦存状態、地下水流動状態を推測する。その後、より詳細な地質調査･物理探査（弾性波探査・電気探査等）･ボーリング調査・井戸試掘調査・揚水試験等を実施し地下水モデルを作成する。

（５）海域調査

陸地の利用には限りがあるため、海域に構造物例えば、人工島、沿岸域の港湾施設、海上横断道、海底トンネル、海上空港等を建設することが進められ、海岸部、海底地盤調査

が実施されてきた。海岸部に関しては海岸調査・地形測量・地表地質調査により、対象海岸の地形・地質特性を把握する。海岸から続く海域部に関しては、深浅測量・海底地質調査・底質調査等により海底地形、地質特性を把握する。特に大規模地震が予想される地域や重要な構造物に対しては、地震時の土の動的力学特性や液状化対策のための調査も実施されるようになってきた。また、海底地盤の構造把握のため、物理探査（音波探査、地震探査等）の有効性が認識されつつあり今後の新しい調査手法として注目されている。

4－2　地質調査を利用する視点から

地質調査は利用されはじめて活きてくる。換言すれば利用されやすくまとめられていることが重要であり、求められることに対して定性的にかつ必要に応じて定量的に応えていなければならない。しかし、基本は地盤の成り立ちを理解し、地盤のあり方を地質的体系のなかで記述し、図等で表現することにある。その上、安定要因と不安定要因を分析し地質調査目的に合致した工学的判断をすることが求められている。

以下、具体的に地質調査を利用する視点から述べる。

（1）対象地盤に特異性はあるか

地盤は千差万別であるが、その成り立ちと現在の地盤の姿から分類することが出来る。その結果、調査目的に照らして（構造物建設、河川改修、切土施工、大規模掘削等）問題となる特異な現象があれば明らかにしなければならない。例えば、軟弱地盤が厚く堆積している、岩盤の起伏が激しく場所により風化土が厚い、地すべり地形である、凝灰岩質であり全体的に脆い、地下水が豊富である、特殊土の存在等であり、この特異性現象によって予測される事象を説明する。

（2）外的要因に対して安定性は確保されるか

現在は安定性を保持していても、外的要因（例えば地震、豪雨、洪水位、高潮等）により、不安定状態になる危険性に関して検討し提案する。この際、外的要因の規模等が大きく影響するので、その設定条件と不安定状態のランクを明らかにすることが望ましい。

（3）地層区分に対して工学的特性が対応しているか

地層区分は地質的区分に基づいているが、必ずしも工学的分類に対応しているとは言えない。現場調査、室内試験等により最終的には各地層の工学的特性値（物理特性値、強度特性、透水性等）が示されていなければならない。

（4）構造物の劣化､変状に関して地盤との兼ね合いにおいて的確な判断がされているか

構造物を保全し維持していくことは成熟した社会の趨勢である。また、地盤と構造物は

相互に依存しており、地盤の特性抜きでは構造物の安定性は議論できない。従って、構造物の保全維持事業に関しては、地盤の構造物に対する影響度の考察が不可欠と言える。

（5）地盤環境の変化に対してモニター的役割が期待できるか

地盤は水を含めて人間を取りまく環境の大きな要素のひとつである。地質調査には地盤汚染、地下水枯渇等地盤環境の変化に対して、モニター的役割が期待されている。即ち、地域住民の健康を害することがないように、また環境資源である地下水の利用が永続的に利用できるようにするために、環境データを提供することが求められている。

参考文献

1）日本列島のおいたち、新版地学教育講座⑧、地学団体研究会編、在田一則他、東海大学出版会、H 7 年
2）日本列島の地質、日本列島の地質編集委員会、丸善株式会社、H 9 年
3）新地学、力武常次他、数研出版、H 10 年
4）応用地学ノート、武田裕幸他、共立出版、H 9 年
5）写真と図で見る地形学、貝塚爽平他、東京大学出版会、H 8 年
6）日本地質アトラス第 2 版、H 4 年
7）Geological World Atlas
8）脆弱国土を誰が守る、大石久和他、中央公論　6 月、H 10 年

引用文献一覧表

表－1　地学団体研究会編、東海大学出版会発行（1995）:「日本列島のおいたち　新版地学教育講座⑧」P1
図－1　同上　P15
図－2　日本列島の地質編集委員会、丸善株式会社発行（平成 9 年）:「日本列島の地質」P1
図－3　地学団体研究会編、東海大学出版会発行（1995）:「日本列島のおいたち　新版地学教育講座⑧」P3
図－4　同上
図－5　力武常次他、数研出版株式会社発行（平成 10 年）:「新地学」P301
図－6　社団法人　全国地質調査業協会連合会：日本列島の地形と地質環境「豊かで安全な国土のマネジメントのために」P11
図－7　日本列島の地質編集委員会、丸善株式会社発行（平成 9 年）:「日本列島の地質」P22
図－8　同上　P28
図－9　同上　P30
図－10　同上　P32
図－11　同上　P34
図－12　同上　P36
図－13　同上　P38
図－14　貝塚爽平他、財団法人東京大学出版会発行（1996）:「写真と図でみる地形学」P7
図－15　同上　P9
図－16　社団法人　全国地質調査業協会連合会：日本列島の地形と地質環境「豊かで安全な国土のマネジメントのために」P15
図－17　大石久和他　中央公論社発行　中央公論　6 月（平成 10 年）:「脆弱国土を誰が守る」P155
図－18　同上　P159
図－19　同上　P161
図－20　同上　P164
図－21　武田裕幸他、共立出版株式会社発行（1997）:「応用地学ノート」P93