The Japanese Geotechnical Society

講座

地盤工学者のための地形・地質情報の活用法入門
9．地形・地質情報の活用例（その3）
—表層地質（地層分布）—

稲　垣　秀　輝（いながき　ひでき）
㈱環境地質　代表取締役

9.1　はじめに

私達が地質調査を行う場合，まず，調査の場所はどこか，調査の時期はいつかいうことを気にすることが多い。なぜ気にするかというと日本の場合地層分布が複雑なうえ，地層が土壌や植生に覆われ，その地層分布を正確に把握することがたいへん難しいからである。

したがって，できる限り植生の少ない時期を選び調査したいし，地層の表層分布の複雑さの度合をあらかじめ予測し，それに対応した調査準備を行う必要がある。

海外での調査でも，日本の地層分布や植生状況と類似した地域もあるが，総じて地層分布が単純であったり，地層の露出状況が良好な地域が多いようである。ここでは，日本での表層地質の分布状況の特徴を述べるとともに，土木地質に役立つ地質・地形情報をどのように入手，活用したかについて述べる。

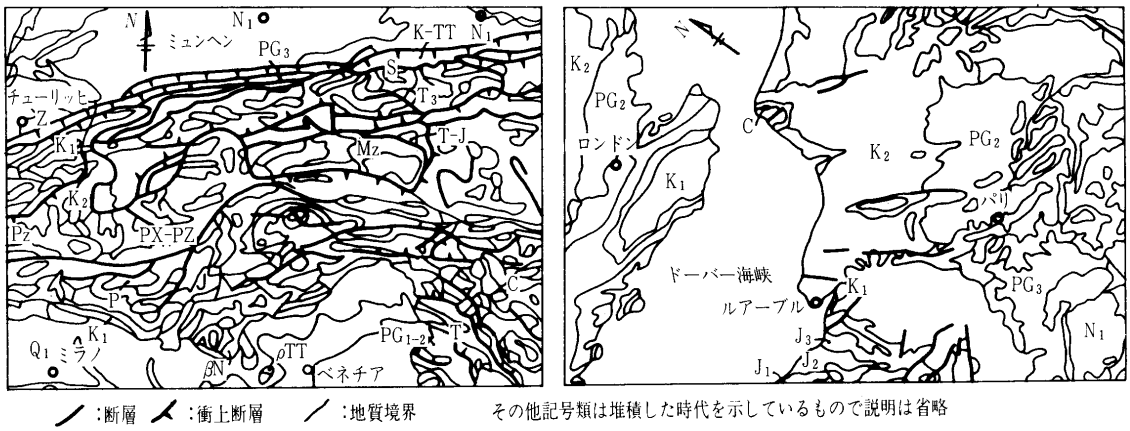
9.2　日本の地層分布の特徴（湿潤変動帯の表層地質）

日本の表層地質の分布は，1）プレートテクトニクスでの変動帯に位置すること，2）気候区分上温暖湿潤帯に属することで特徴づけられ，さらに，地質調査での障害として，3）土地利用が進んでいることがあげられる。

まず，変動帯での地層分布を簡単に述べると，日本は海洋プレートが大陸プレートの下に沈み込む地域に位置する。このため，地層が堆積する際お互いに混じり合ったり，地層形成後断層等により切られたりして，地層の横のつながりが少なくなることが多い。**図—9.1**はユネスコにより編集された世界の地質図の一部をとり出したもので縮尺は1：10 000 000である。日本と同様に変動帯に位置するヨーロッパアルプスと，安定地域に位置するパリ盆地付近の地層分布を比較すると，きわめて小縮尺であるが変動帯での地質分布が複雑であることがわかる。また，後で述べるが，これらの地層分布の複雑さは，例え縮尺を変化させても変わることのない難点をもっており，地質調査をより困難にしている。**図—9.2**には，これらの二つの地域で土木工事の際作成された地質断面図をトンネルを例として示した。変動帯である日本の青函トンネルでは地層の横への連続性が少なく断層が頻繁に入ってくる。このため，TBM（トンネル掘削機械）は使用不可能であったし，多くの出水事故が発生した。それに対して，安定地域である英仏海峡トンネルでは地層の連続性がよく，地質の良好なチョークマール層沿いにTBMによるトンネル掘削を行い，最大日進40～60 mの急ピッチの施工で施工中にも出水事故等は生じていない。また，英仏海峡トンネルで図示した断層はその規模は小さく，この程度の断層は青函トンネルでは数万箇所数えられると述べられている[2]。

変動帯で地層を複雑にしている地質構造として，断層，褶曲構造のほかに後に述べるメランジュやオリストストローム等があり，加えて，地殻変動に伴う地震や火山活動が多く，地盤内に大きなひずみが蓄積しており，多くの割れ目やせん断帯が発達している。また，火山活動に伴う陥没地形や熱水変質により地盤が著しく劣化する場合も多く，地殻変動量についても年間0.1～数mmの隆起帯，沈降帯があり，隆起量の著しい日本アルプス等では浸食作用が活発となり凹凸の著しい地形を作るとともに，多量の土砂を発生させダム貯水池の堆砂量を増やす一因となっている。

次に，日本は気候区分上温暖湿潤気候～湿潤大陸気候に属し，東京での年平均気温は12℃，年平均降水量は1 400 mm程度の値を示している。したがって，植物に

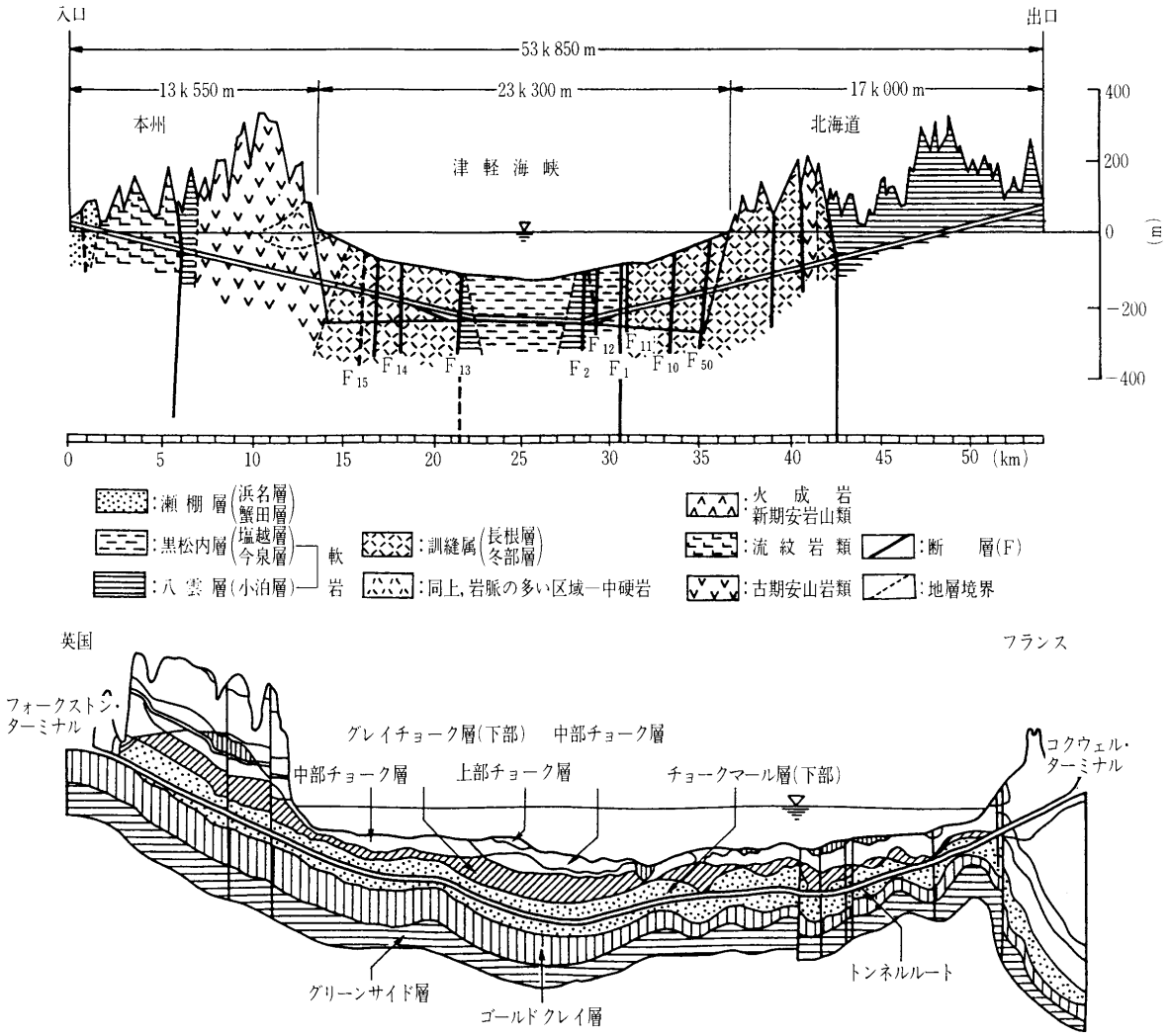


：断層　：衝上断層　：地質境界　　その他記号類は堆積した時代を示しているもので説明は省略

図—9.1　変動帯（左）と安定地域（右）の地層分布比較[1]

NII-Electronic Library Service

The Japanese Geotechnical Society

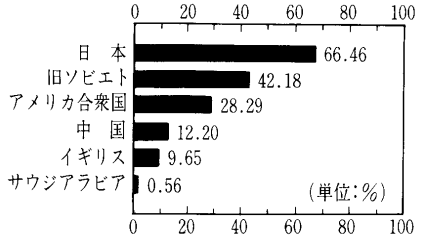


図—9.2　青函トンネル（上）と英仏海峡トンネル（下）の地質断面図[2)]

とっては成育しやすい気候であり，それに伴い土壌化が進むため植物帯としては温帯常緑広葉樹林～落葉広葉樹林混合林帯，土壌帯としては赤黄色土～褐色森林土帯を構成することとなる。

国土に対する森林面積の比率を求めると1988年では，**図—9.3**のとおり日本は66.5%の値を示し，世界中で7番目の高さとなるとともに，森林内での閉鎖林[注)]の比率が94.5%とアメリカ合衆国の65.5%，ヨーロッパの86.2と比較して大きく，国土内を植生が密に分布していることが分かる[3)]。したがって，調査したい表層地質をこれらの土壌や植生が広く覆い，地形・地質調査の妨げとなることが多い。実際の地質調査の例として，**口絵写真—10**に示した箇所で防災池を建設する計画では，周辺には岩盤露頭がほとんどなく，立体的な地層分布を把握するためボーリング調査等数多くの事前調査が必要となった。

地形・地質調査の障害としては，これら自然要因だけでなく，日本では土地利用が進んでいるため，建設途中



図—9.3　世界の主要国の森林面積率[3)] 抜粋

の切土箇所は別として，構造物や農作物が地表を覆っており，地層の分布は把握し難いし，様々な原位置試験や探査（発破を使用する弾性波探査等）が不可能な場合も多い。また，変動帯であるがゆえに急峻な山地が多く，これらの地形が大掛かりな探査や調査の障害となることも多い。地形解析上でも，人工改変により自然地形が失われている箇所が多く，ここでは地層や地盤の種類を示す様々な地形要素（リニアメント，段丘面，地すべり地形，微高地等）の判読が不可能となり，地すべり調査や活断層調査の障害となっている。

次に，変動帯での地質の特徴である，①断層，②メランジュ，と，これらの劣化した岩盤で生じることの多い③大規模岩盤すべりについて地形・地質情報を活用した例を示す。

注）閉鎖林：樹冠の投影面積がかなりの部分を占め，連続した草地が林床を形づくることのない林地。
開放林：樹木が間隙を置いて生えている林地（疎林とも呼ばれる）。

NII-Electronic Library Service

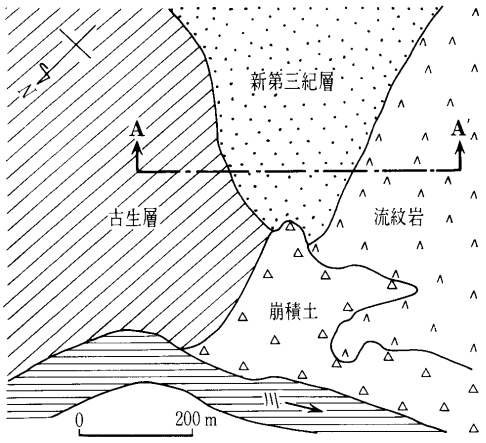
The Japanese Geotechnical Society

9.3 断　層

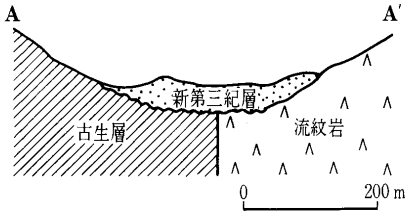
構造物の基礎調査として，表層地質の分布を調査した。

調査に先立って既往文献を集めたところ**図—9.4**のような地層分布が推定された。表層地質の分布が複雑であると予想されるため，まず，地形解析と地表地質踏査により平面的な地層分布を調べた。**図—9.5**の空中写真による地形解析では断層地形を示す地形要素（傾斜遷緩線，鞍部，三角末端面，急崖）が線状に連なり，構造物付近を通過することがわかった。このため，地表踏査ではこの付近を特に念入りに調べたところ，今まで植生や被覆層に覆われて見えなかった断層露頭が5箇所で認められ，それも時代の古い古生層が新しい地層である新第三紀層の上に乗り上げた低角度の逆断層（衝上断層）で，通常の地層の重なり方からすると逆の接し方をしていた。そこで，構造物付近でボーリング調査を計画し，断層の上盤である古生層の地山から掘削したところ，予想どおり深度60m付近から断層破砕帯となり，深度80m付近で新第三紀層が確認された。ここでは，それ以降数多くのボーリング調査や物理探査が行われ，**図—9.6**の地層分布が明らかになっている。特に，新第三紀層の地層の傾きについては通常の緩やかな傾斜の地層が断層付近で引きずられ急傾斜を示したり，逆転層となるようなめくり上がる構造が認められることが多いが，ここでは新第三紀層内の砂岩の堆積構造を露頭やボーリングコアで詳細に観察したところ逆転した構造は認められず，単一傾斜の構造（同斜構造）を示していることがわかった。

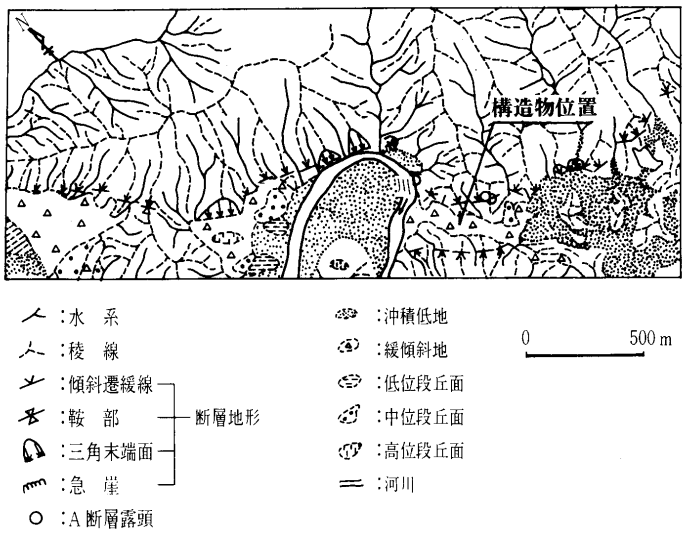
これらの調査の結果は構造物の設計の基礎資料となった。



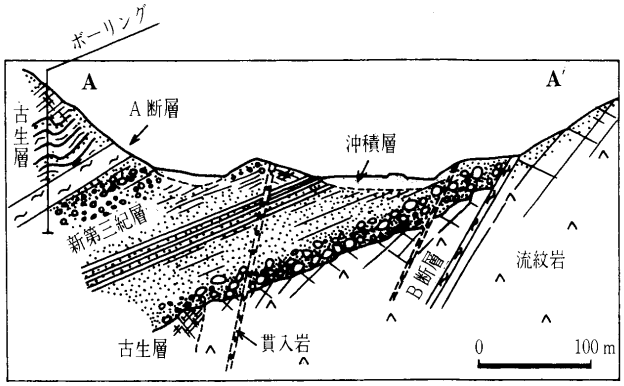
構造物付近の推定地質断面図



図—9.4　調査地の既存資料による地層分布図



図—9.5　断層調査地形解析図



図—9.6　調査後の地質断面図

9.4 メランジュ

メランジュは変動帯によくみられる地層分布であるが，従来から連続性の少ない地層であるがゆえに事前の調査結果が施工中の地層分布と異なるということで地質屋の信用を落としてきた地質である。しかしながら，ここ10数年間で変動帯の地質構造の研究が進み，メランジュの地層分布様式やそれに伴う工学的な取扱い方もある程度対処できるようになってきている。

さて，メランジュとは，**図—9.7**に示したとおり，プレートの沈込みにより海洋底の地殻（玄武岩等）や遠洋性の堆積物（チャートや石灰岩等）と陸からの堆積物（礫・砂・泥）が混じり合ったものと考えられている。明らかに断層やせん断帯等の構造運動によって混合したものを特に構造性メランジュと呼び，**図—9.7**に示したとおり，海底の大陸斜面の大規模地すべり等により，これらの地層が混合した場合をオリストストローム（堆積性メランジュ）と呼んでいる。ちなみに，これらの区別がつかない成因不明の場合は単にメランジュとして一括している。

我が国においては，西南日本外帯（西南日本の太平洋側）に，これらの堆積物が特に多く，泥質なマトリックスの中にチャートや玄武岩，砂岩，等の大小のブロックが混在することを特徴としている。メランジュの露頭状況を**口絵写真—11**に示したが，これらを模式的に表現すると**図—9.8**に示したとおり，大きさ数km～数10km

NII-Electronic Library Service

The Japanese Geotechnical Society

のブロック（スラブ）から大きさ数10cm～数mのブロック（小岩塊）まで混在していることがわかる。したがって，これらメランジュの地層を地質図で表現する場合，使用する地形図の縮尺により表現できるブロックの大きさを決める必要がある。

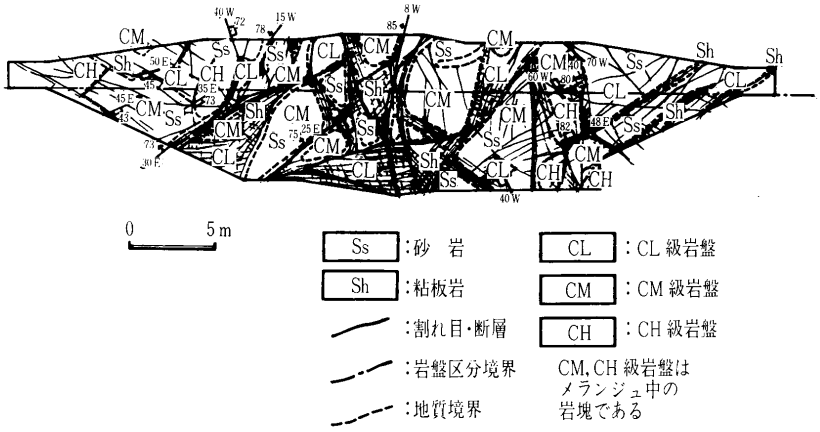
例えば，**図—9.9**に示した四万十帯（西南日本外帯での四万十層群の分布する地帯）の広域地下水調査では，メランジュ層を一括して表現しその中に含まれるブロックは記入していない。これは，このスケールの地形図ではこれらのブロックを記入できないこともあるが，広域の地下水の分布についてはメランジュを一括して表現し，その平均的な風化の度合や水理定数を決めて解析しても問題がないためである。

なお，この図でメランジュ層が砂岩泥岩互層の正常な地層の中に帯状に連続していることに注目していただきたい。これはメランジュ層に一般に認められることであり，メランジュ層それ全体が不規則に分布していない点，土木地質的にみてその分布を把握するための要点となる。次に，同じ四万十帯内の地質調査でも対象が砂防ダムの場合では，縮尺1：200の大縮尺での岩盤スケッチを行っている。この場合には**図—9.10**に示したとおり，m単位のブロックまで表現し，数cm単位の小岩塊は記入していない。これは，構造物の大きさが数10mであり設計上数cmの小岩塊は無視できるためである。設計上問題となる数mのブロックについてはそれを表現し，岩盤分類することにより通常の設計に生かしている。ちなみにこのサイトではマトリックスの頁岩がCL級岩盤，ブロックである砂岩がCM～CH級の岩盤である。

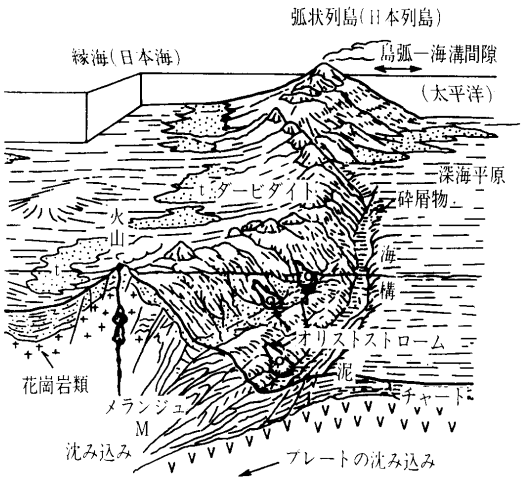
このように，地質図に表現できるブロックの大きさと地質図の縮尺との関係は様々な地質現象とも考え合せて**表—9.1**に示した程度と考えている。

また，メランジュ層が分布する地点での構造物の規模と不均質さの規模の関係については永田[6]が**図—9.11**に示した考え方があり，参考にできる。

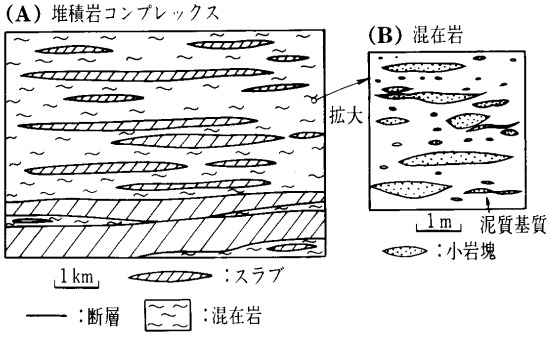
メランジュ層内の岩塊ブロックや断層の分布については，広域調査から詳細調査へと調査密度が増加するに従い，確認されるブロックや断層の数量が増加するため，調査地周辺の広域地質図中に構造物近傍の詳細地質図をコンパイルすると，あたかも構造物近傍のみに断層や岩塊ブロックが多く認められ，構造物付近だけが地質が不良な印象を与えることになる。しかし，先にも述べたメ



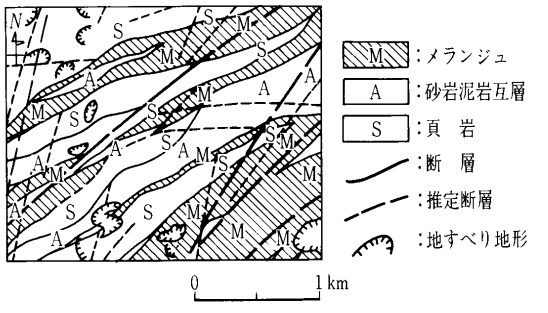
図—9.10　砂防ダムサイトでのメランジュの分布（四万十帯）



図—9.7　メランジュの形成環境[4]



図—9.8　メランジュの内部構造模式図[5]



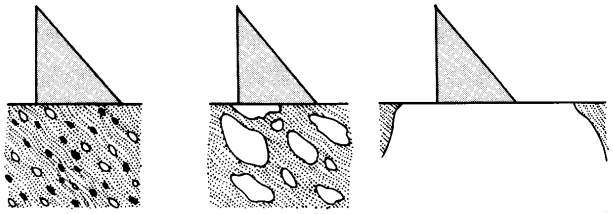
図—9.9　メランジュでの広域水分地質調査例（四万十帯）

表—9.1　地質図に表現できるブロックの大きさと地形図の縮尺

地質図の縮尺	表現できるブロックの大きさ	調　査　対　象
1/5万～	数100m～	広域地質調査
1/1万～1/5万	数10m～数100m	広域の地すべり，水文，地質調査
1/1 000～1/1万	数m～数10m	ダム等構造物の概略地質調査
1/100～1/1 000	数cm～数m	ダム等構造物の詳細地質調査
～1/100	～数cm	露頭スケッチ，原位置試験面のスケッチほか

NII-Electronic Library Service

The Japanese Geotechnical Society



(a) 構造物の規模＞不均質さの規模：不均質さは無視できる
(b) 構造物の規模＝不均質さの規模：不均質さが問題となる
(c) 構造物の規模＜不均質さの規模：ブロックの内部の検討となる

図—9.11　構造物の規模と不均質さの規模との関係[6]

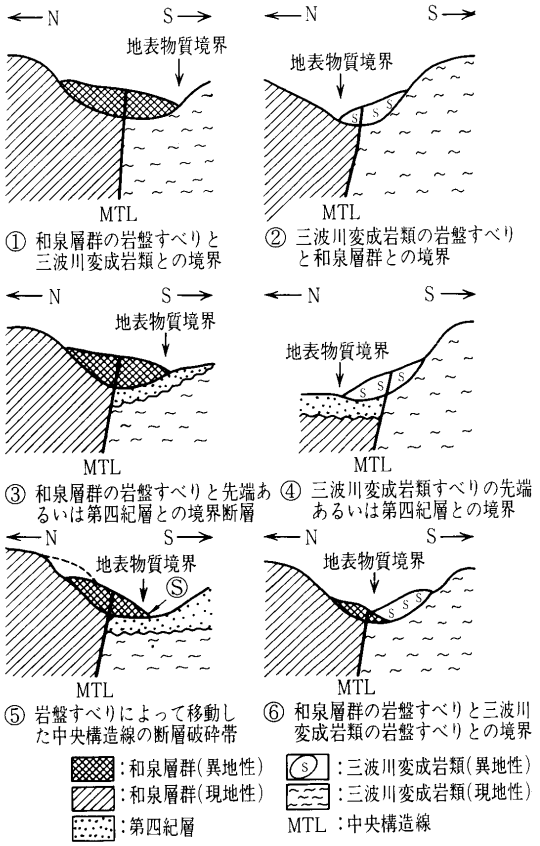
ランジュ層を代表とする変動帯での地質構造の性格上，断層や岩塊ブロックの少ない表現となっている調査地周辺の地域でも詳細な調査を追加すると構造物近傍の地層分布と大きく変わらないことが多い。これは，土木地質上留意すべき点である。

9.5　大規模岩盤すべり

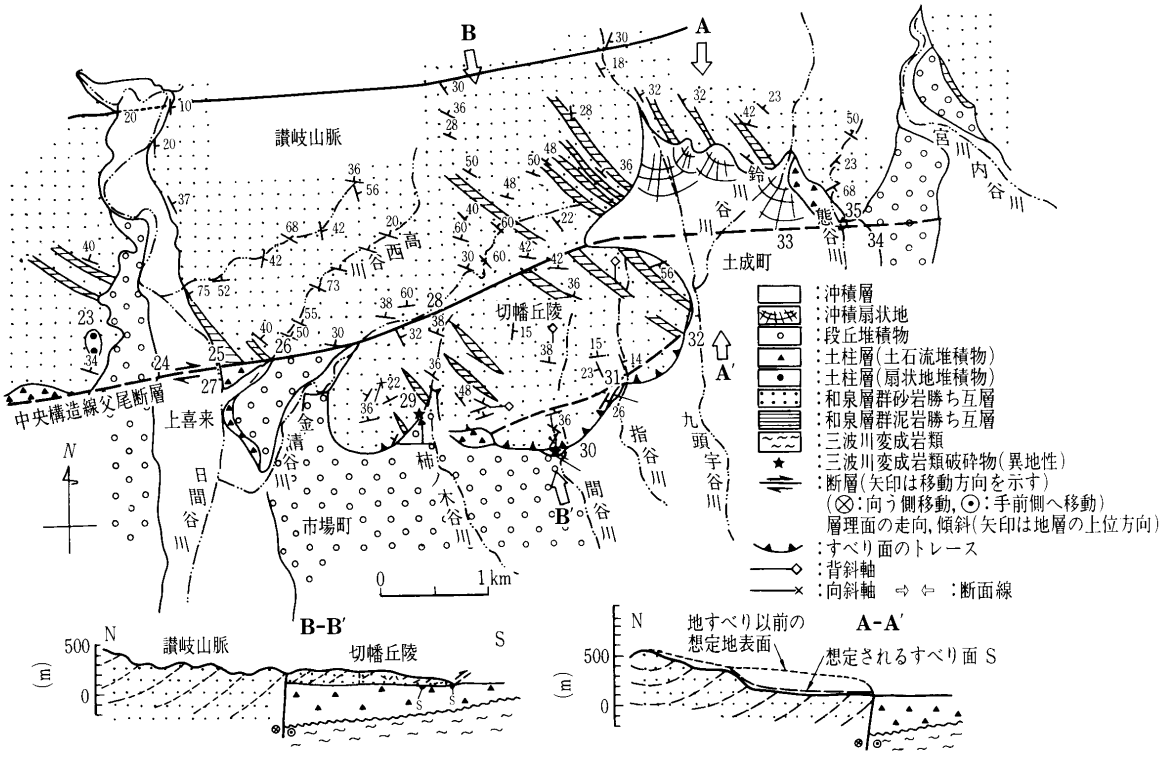
先にも述べたとおり，変動帯に属する我が国においては，破砕を受けた岩盤が多いうえ，大規模な断層や火山に伴う変質帯が多く，加えて，地殻変動による急激な地盤の上昇等によりこれらの劣化した岩盤の周辺では現在，過去，未来において大規模な岩盤すべりが発生することが多い。

ここでは，その一例として，我が国での第一級の大断層である中央構造線沿いの岩盤すべりについて紹介する。中央構造線は四国北部から紀伊半島，三河湾を通り長野県諏訪湖付近に至る断層で，地下では大規模な破砕帯を形成しているが，地表部では被覆層やここで述べる大規模岩盤すべりに覆れていることが多く，断層露頭自体はその延長の長さに比較して少ない。

ただし，中央構造線は，地形的に盆地や山麓の緩斜面を作ることが多く，大規模構造物である高速道路等の建設がここを通ることが多くなっており，規模の大きな切土の際，たびたび切土斜面の崩壊が生じている。長谷川[7]は，過去においても大規模な岩盤すべりの発生を指摘しており，その規模は，数 km の地すべりブロックであるとしている。**図—9.12**はその大規模岩盤すべりの



図—9.12　中央構造沿いの大規模岩盤すべりの概要図[7]

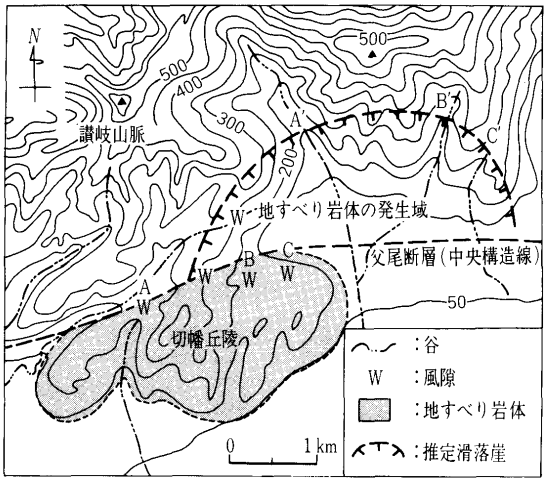


図—9.13　切幡丘陵周辺の地質図および地質断面図[7]

NII-Electronic Library Service

The Japanese Geotechnical Society

概要図であるが，中央構造線の北側に分布する和泉層群と南側に分布する三波川変成岩類の地山からその構造発達史に応じて，つまり，主として北側が隆起する時期には北側の和泉層群の地山斜面から地すべりが発生し，南側が隆起する時期には南側の三波川変成岩類から地すべりが発生し，中央構造線自体を覆ってしまっている。特に徳島県の吉野川左岸の切幡丘陵（長さ3km前後）では**図—9.13**に示した地表地質踏査を行い，岩盤の緩み具合や地層の走向の違い，接する地層どうしの関係等を詳細に観察するとともに，地形解析により古い地すべり地形と地すべり土塊の認定を行っている。それによると切幡丘陵は**図—9.14**に示したとおり100万年前の更新世前期～中期にかけて讃岐山脈南麓に形成されていた父尾断層（中央構造線の一部）の断層崖で発生した岩盤すべりにより生じた地すべりブロックである。そして，その後の父尾断層の右横ずれ断層の活動により西方へ2～3km移動したと興味ある報告をしている。



図—9.14　切幡丘陵の地すべり岩体の復元[7]
（基図は100m未満の谷埋接峰面図）

9.6　おわりに

本章では，地形・地質情報の活用例として表層地質の地層分布の特徴を，我が国の湿潤変動帯での地質の特異性としてまとめた。ここでは，変動帯での地質現象の特徴として，断層，メランジュ，大規模岩盤すべりの調査例のみをあげたが，そのほかに，火山活動に伴う陥没地形や変質帯等，地層の横へのつながりが少ない地質現象が認められるし，一般的な地質現象での不整合や玉ねぎ状風化等が多く地層や物性が横へつながりにくいことも多い。これらは誌面の都合で省略したが，土木地質における地質調査の際には，対象となる構造物や調査目的に応じて表現する地層規模を適宜選定したり，表層地質の分布を変動帯での地質構造発達史を頭に入れながら，調査して行く必要がある。また，我が国のようにどうしても植生や被覆層が多く，表層地質が把握しがたい場合には，ボーリング調査や物理探査等を多用し，立体的な地質構造を確認せざるを得ないことも多いが，何にも増して土木地質に従事する技術者の日頃の勉強と建設工事の計画・工事段階から竣工，維持管理にいたるまでの間での土木技術者と地質技術者とのコミュニケーションが重要である。

参　考　文　献

1) UNESCO: Geological World Atlas, 1976.
2) 持田　豊：青函トンネルから英仏海峡トンネルへ，中公新書，253p., 1994.
3) ㈶地球人間環境フォーラム：環境要覧「92」図説日本・世界の環境データ，富士総合研究所，pp. 372～374, 1992.
4) 勘米良亀齢・水谷伸次郎・鎮西清高：岩波講座　地球科学5（地球表層の物質と環境），岩波書店，p. 1, 1979.
5) 木村克己・牧本　博・吉岡敏和：5万分の1地質図幅「綾部」および同説明書，地質調査所，p. 8, 1989.
6) 永田秀尚：予測性の観点からの地質体の分類と記述，応用地質，第31巻，1号，pp. 29～36, 1990.
7) 長谷川修一：讃岐山脈南麓における中央構造線沿いの大規模岩盤すべりと第四紀断層運動，地質学論集「中央構造線のネオテクトニクス—その意義と問題点—」，第40号，pp. 143～170, 1992.
8) 吉川虎雄：湿潤変動帯の地形，UP Earth Science，東京大学出版会，132p., 1985.
9) 貝塚爽平：日本の地形，岩波新書，234p., 1993.
10) 小島圭二：岩波講座　地球科学14（地球の資源／地表の開発），岩波書店，pp. 217～258, 1979.

NII-Electronic Library Service