

土木地質学特論

(1) 土木地質学とは

土木地質学とは

■土木系「地質学」と理学系「地質学」の違い

- ・人間社会のインフラ整備・防災に役立てるための「地質学」。
- ・土や岩石の物理・力学的性質，層序，分布。
- ・インフラ整備の際，どこが問題となりそうか。どこが支持層なのか。
- ・自然災害が発生しやすい場所，地形形状。地すべり地形，断層の痕跡。

■地形の成り立ちと自然災害

- ・山地・丘陵：山頂，斜面，河谷，カルスト
- ・段丘：砂礫段丘，岩石段丘，ローム段丘，現成段丘崖
- ・低地：扇状地，蛇行原，三角州，浜堤・砂州，砂丘，湖沼跡地，海浜
- ・火山
- ・断層地形

- ・多種多様にあるが，覚えるのではない。地形の成り立ち，地層の層序，周辺状況を総合的に判断すれば，発生危険性の高い災害が想像できる。

■大地を読む，地形図を読む

- ・地形図から地形を判読できるか。
- ・地形図から実際の山や谷の形が想像できるか。
- ・実際の現場の地形を見て，地形や災害発生の危険性を判断できるか。
- ・全国的に整備されている表層地質図も有用。
- ・地名が示す土地の性格（2013年広島豪雨災害：八木蛇落地悪谷→八木上楽地芦谷→八木）

■調査報告書を読む

- ・地質調査報告書の読み方。
- ・土，岩石の種類と特徴。
- ・標準貫入試験，N値。
- ・地質調査方法とサンプルコアの観察。

■土木地質学特論が目指すもの

- ・「地形図」＋「地質調査報告書」から，インフラ整備計画における留意点や災害発生の危険性とその対策を提案できる。
- ・知識の丸暗記はしない。臨機応変に現場に即した判断ができる。

土木地質学特論

(2) プレートテクトニクスと日本の地質概要

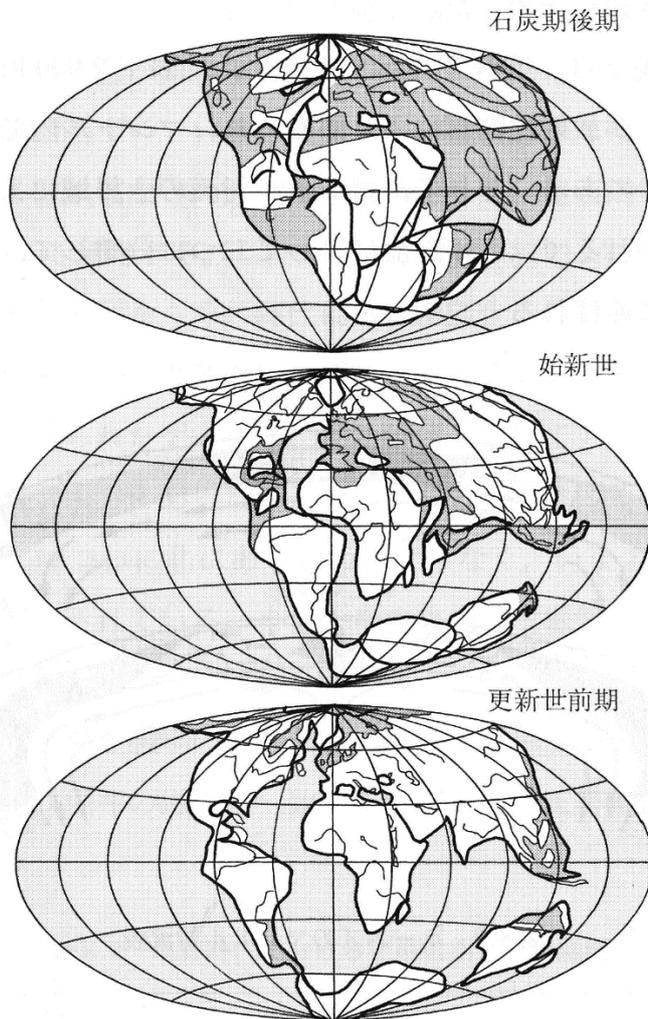


図 2.1 ウェゲナーの大陸移動説 (今井五郎ら 地盤地質学 コロナ社 より)

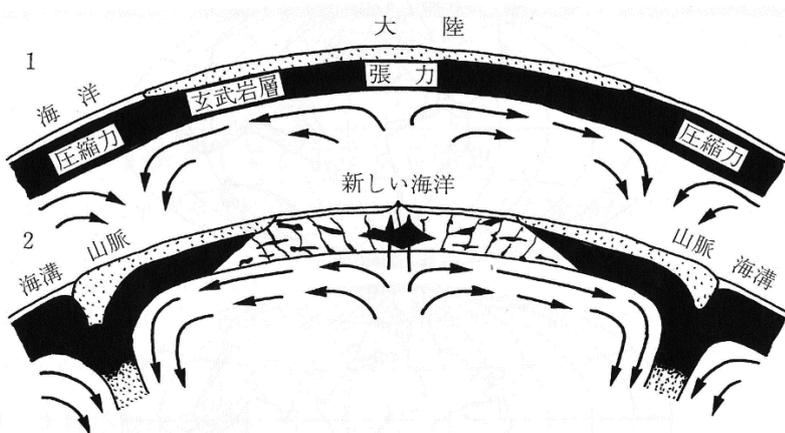


図 2.2 ホームズのマンテル対流説 (今井五郎ら 地盤地質学 コロナ社 より)

表 2.1 地質時代における正帯磁期と逆帯磁期 (今井五郎ら 地盤地質学 コロナ社 より)

K-Ar年代 (100万年)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0													
地磁気極性期の年代	0.69		2.43				3.32														
地磁気極性期	ブリュンヌ正帯磁期		松山逆帯磁期				ガウス正帯磁期														
磁場の逆転	[逆帯磁期]		[正帯磁期]				[逆帯磁期]														
極性事件の年代	0.03	0.03	0.89	0.95	1.61	1.64	1.79	1.95	1.98	2.11	2.13	2.80	2.90	2.94	3.06	3.70	3.92	4.05	4.25	4.38	4.50

(凡例) □ 逆帯磁期, ■ 正帯磁期

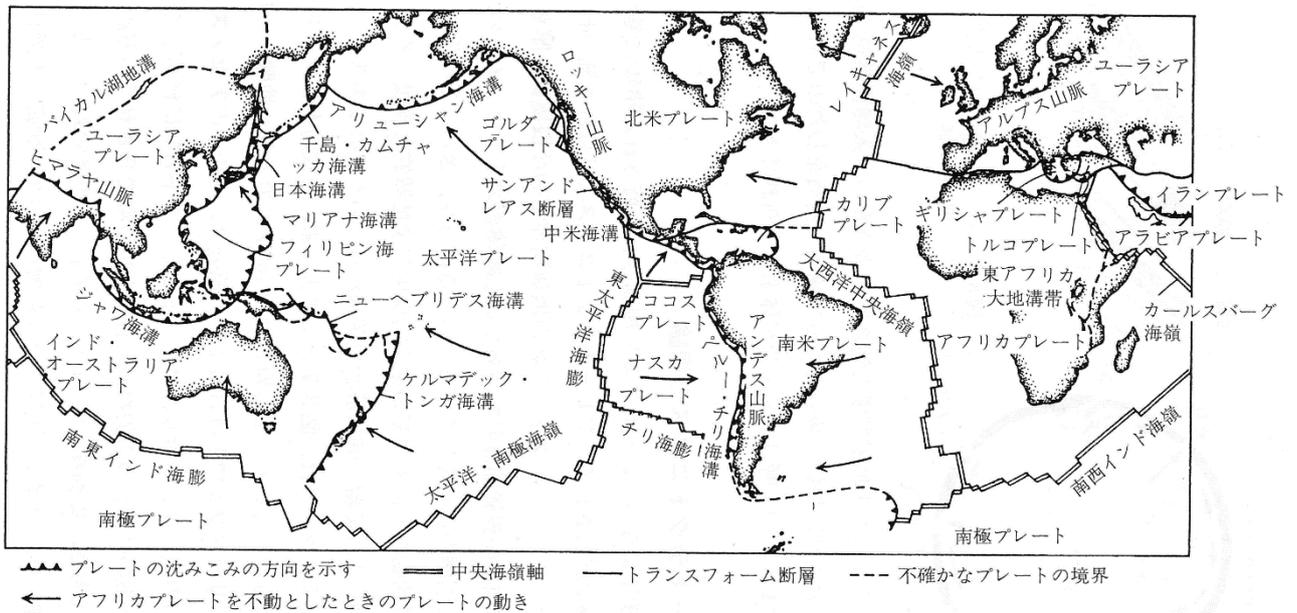


図 2.3 地球上のプレート分布とその境界 (今井五郎ら 地盤地質学 コロナ社 より)

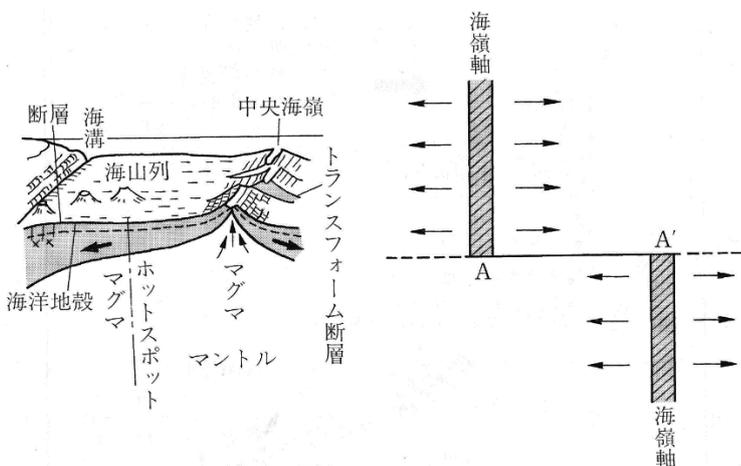


図 2.4 トランスフォーム断層 (今井五郎ら 地盤地質学 コロナ社 より)

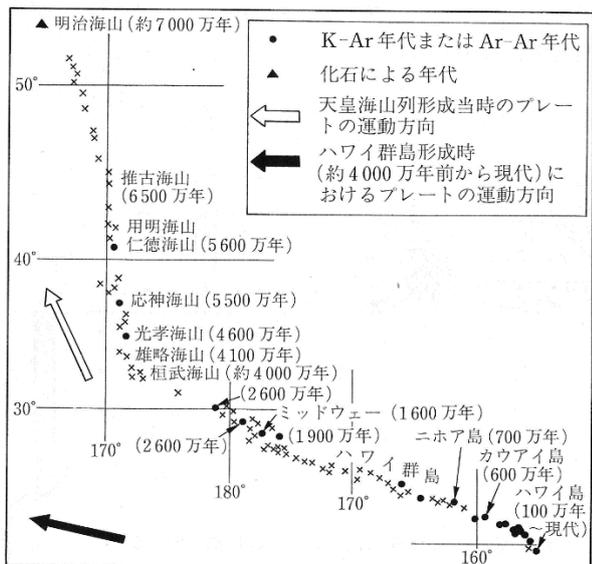


図 2.5 ハワイ・天皇海山列とその年代 (今井五郎ら 地盤地質学 コロナ社 より)

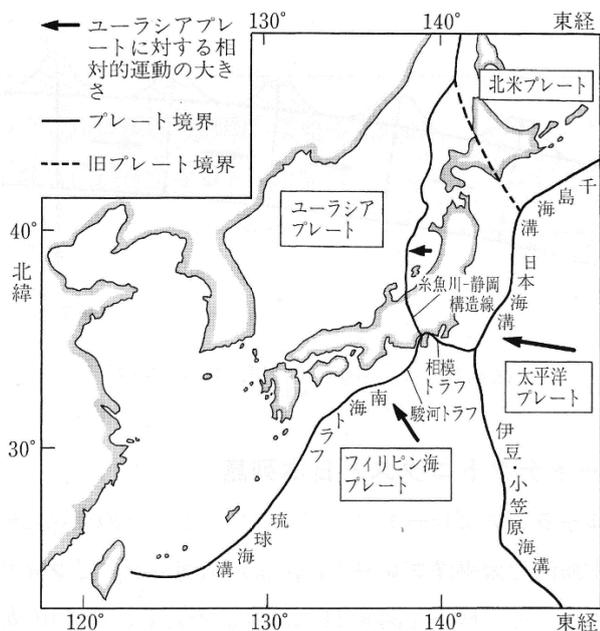


図 2.6 日本列島周辺のプレートと海溝 (今井五郎ら 地盤地質学 コロナ社 より)

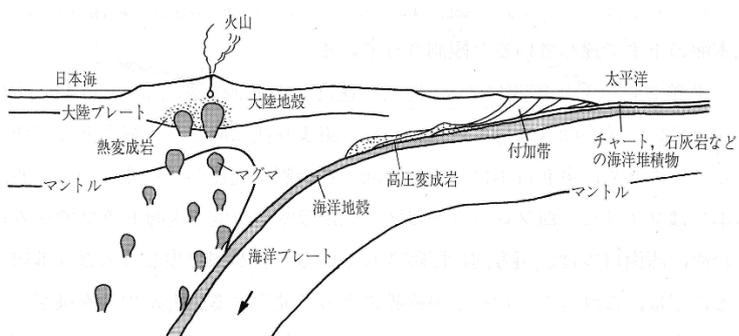
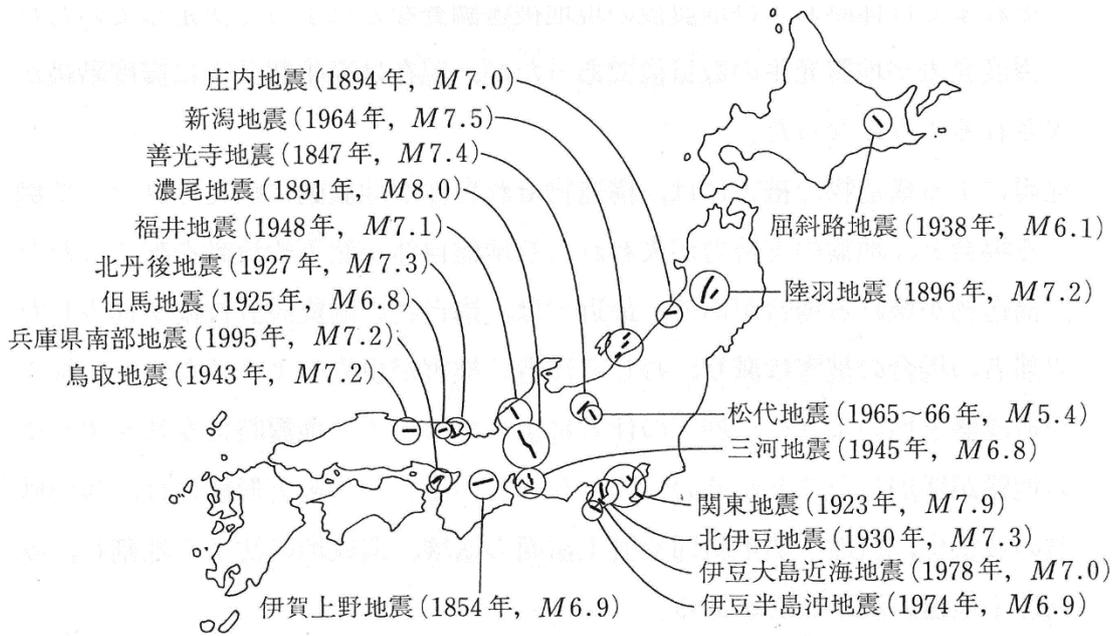


図 2.7 沈み込み帯の模式断面図 (今井五郎ら 地盤地質学 コロナ社 より)



区分	1000年間の平均変位速度 S	例
AA級	$100\text{ m} > S \geq 10\text{ m}$	日本海溝沿いの断層 南海トラフ断層 相模湾断層 サンアンドレアス断層
A級	$10\text{ m} > S > 1\text{ m}$	中央構造線 糸魚川-静岡構造線中央部 阿寺断層 丹那断層 跡津川断層
B級	$100\text{ cm} > S \geq 10\text{ cm}$	立川断層 深谷断層 長町-利府断層
C級	$10\text{ cm} > S \geq 1\text{ cm}$	深溝断層 郷村断層 吉岡断層

図 2.8 地表地震断層を伴う被害地震と主な活断層の平均変位速度区分
(今井五郎ら 地盤地質学 コロナ社 より)

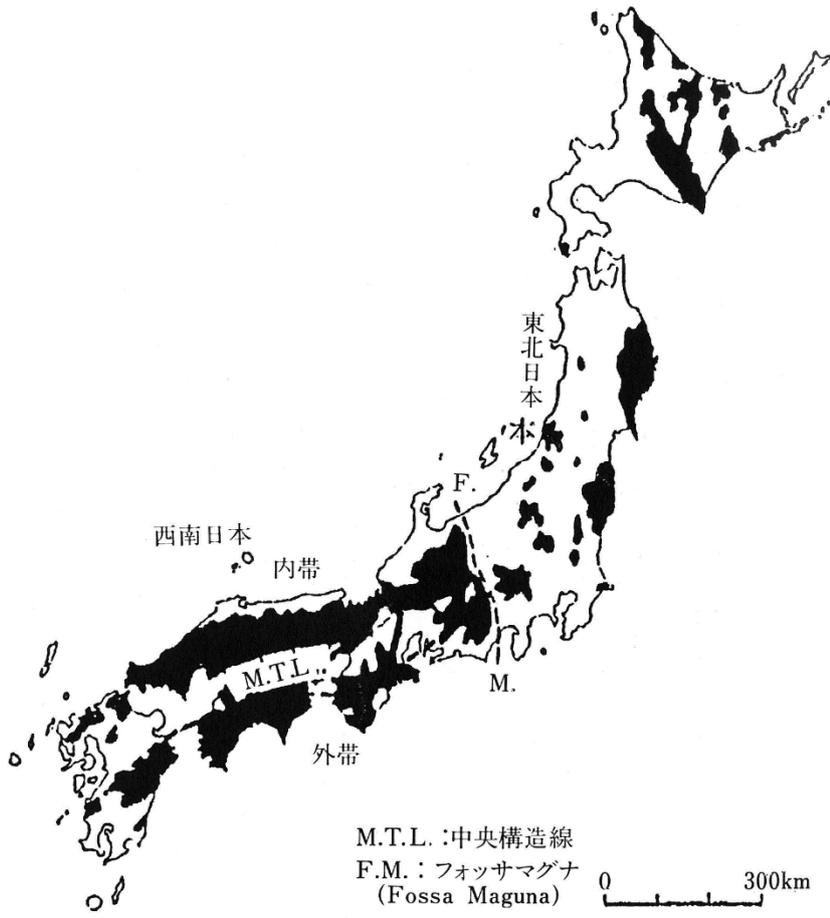


図 2.9 基盤岩（古生代・中世代）の露出部（羽田忍 土木地質学入門 築地書館 より）

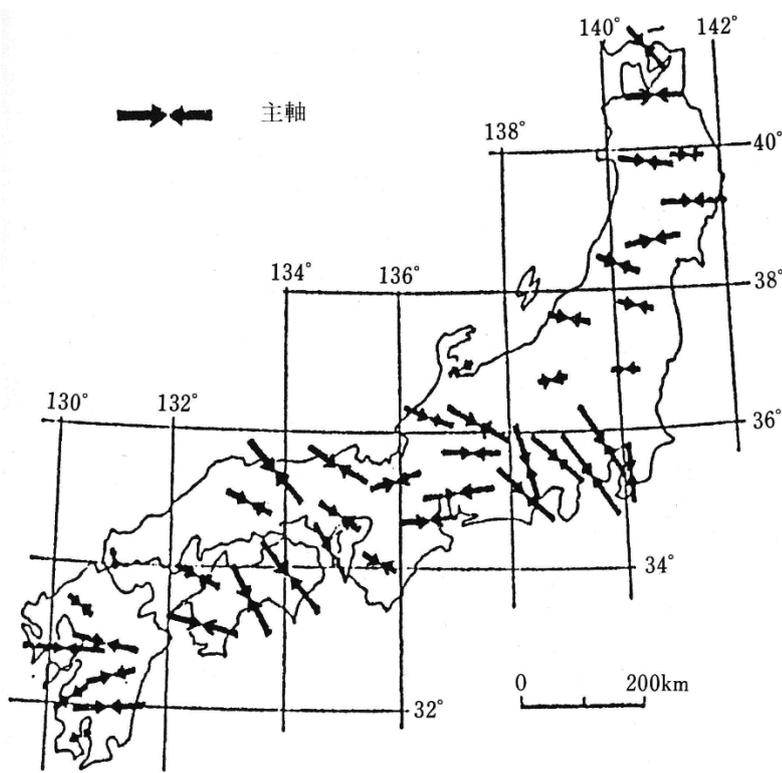
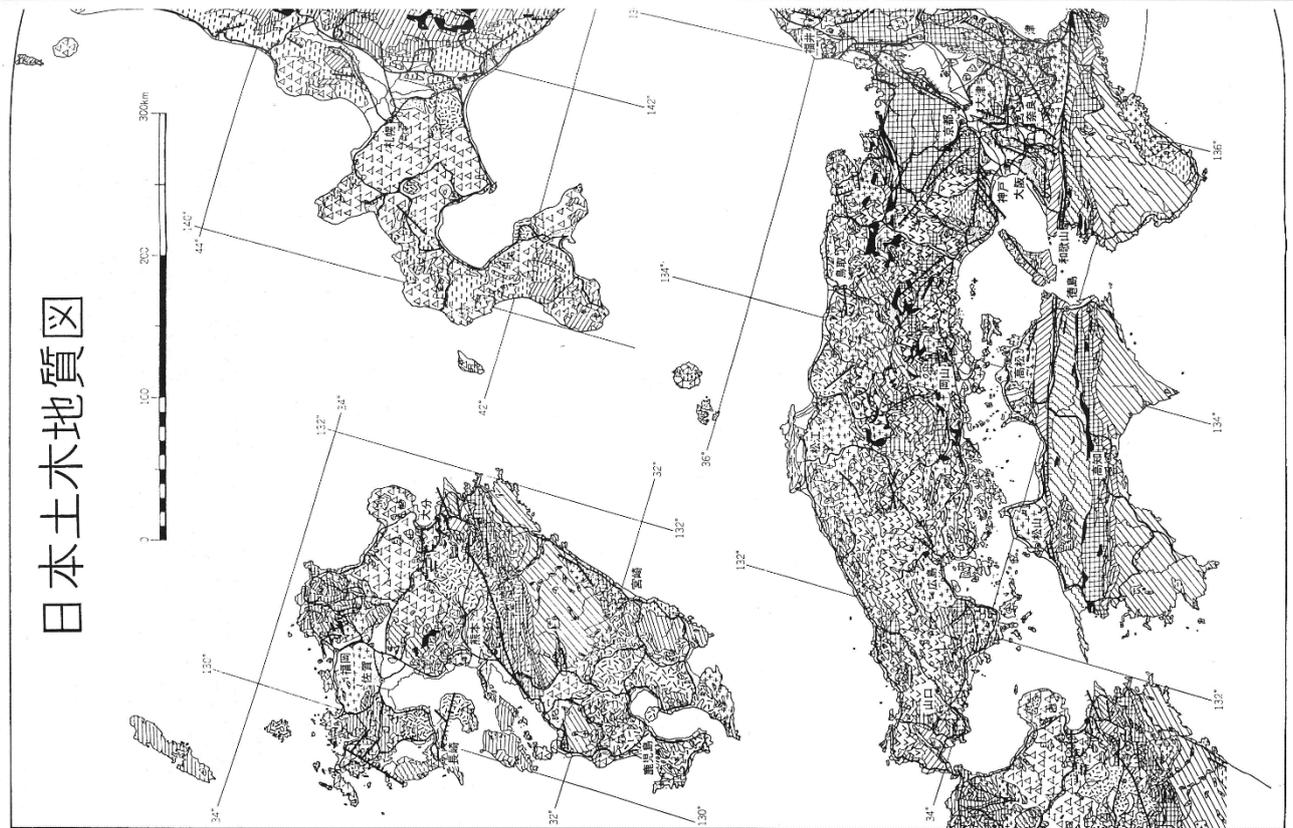


図 2.10 日本列島の定常ひずみの方向（羽田忍 土木地質学入門 築地書館 より）



日本土质地質図

図 2.11 日本土质地質図 (羽田忍 土质地質学入門 築地書館 より)

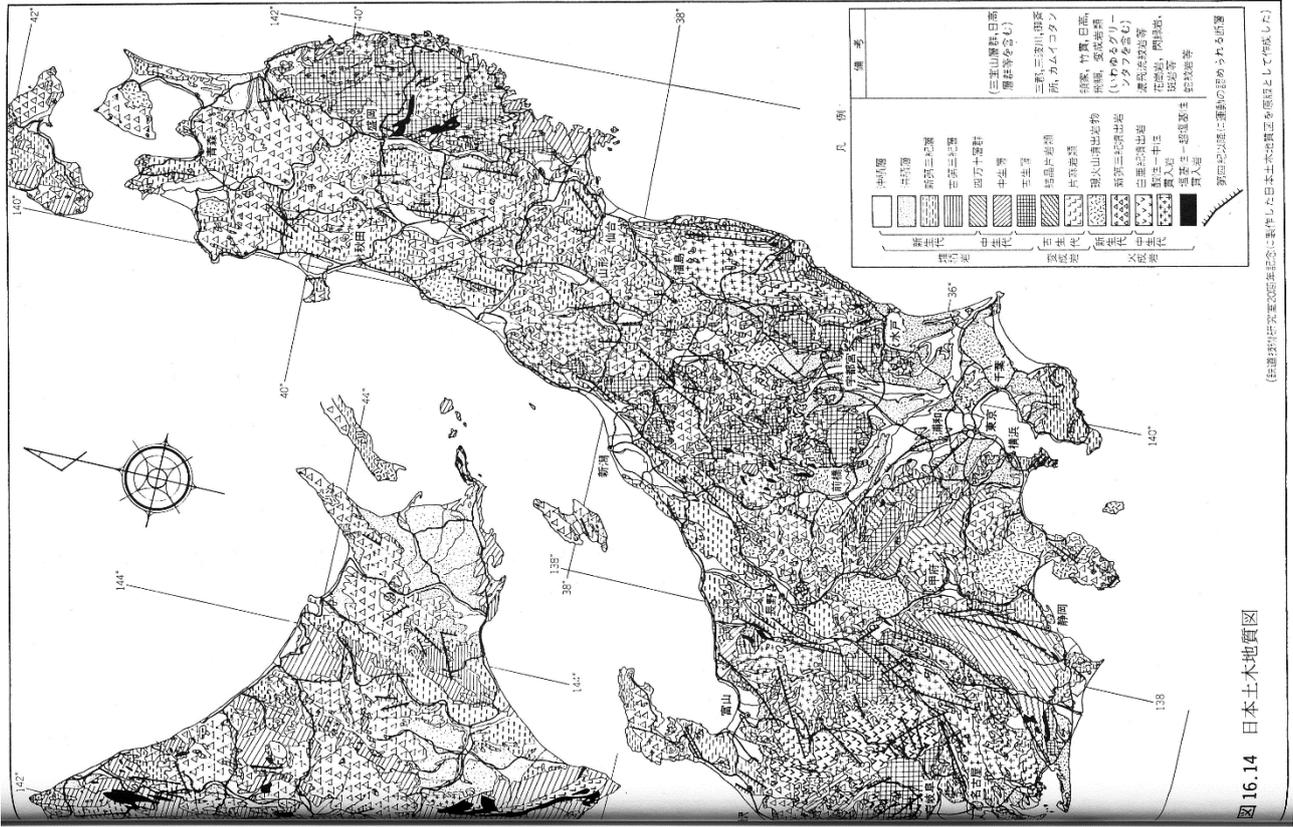


図 16.14 日本土质地質図

(注: 本図は羽田忍氏の著作「土質地質学入門」より転載したものである)

土木地質学特論

(3) 地質学の基礎知識

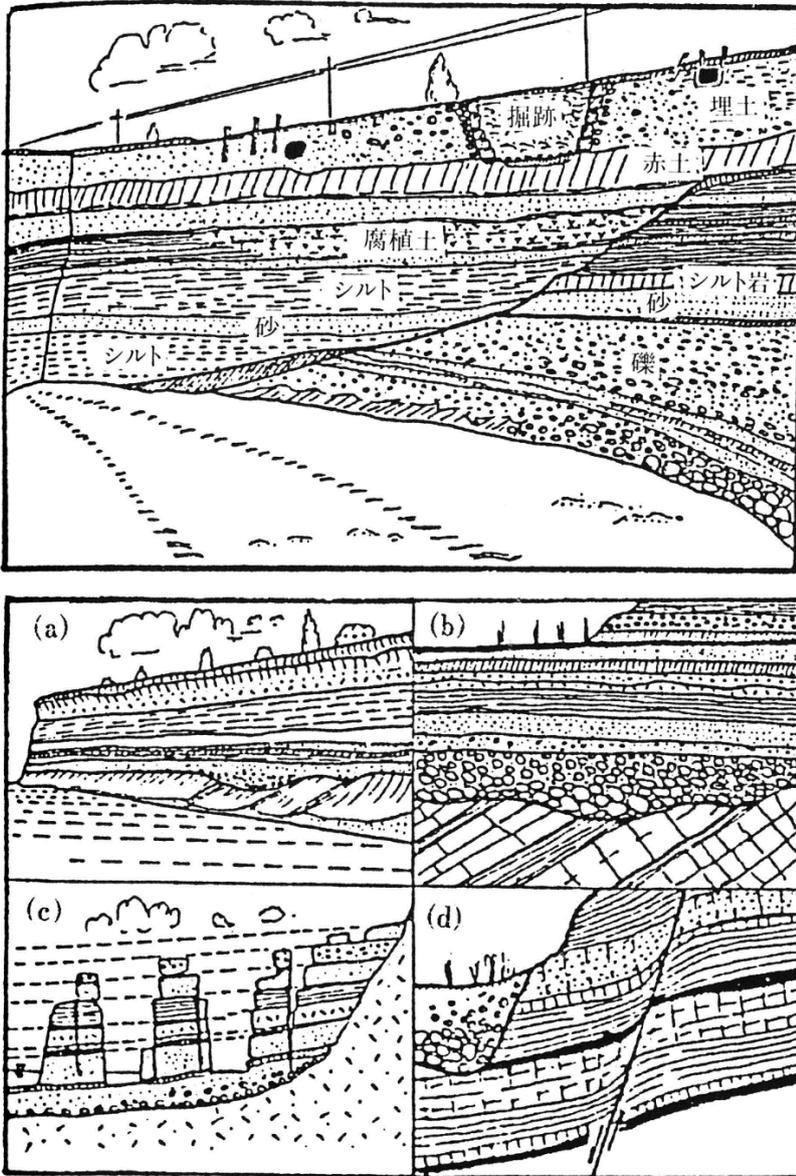


図 3.1 地質学の基本原理 (羽田忍 土木地質学入門 築地書館 より)

- (a) 地層累重の法則
- (b) 堆積初期の地層水平性の法則
- (c) 地層連続の法則
- (d) 地層切断の法則
- (e) 斉一過程原理 (図なし)

表 3.1 地質年代表 (今井五郎ら 地盤地質学 コロナ社 より)

地質時代区分				植物界	動物界	
代(界)	絶対年代 〔百万年〕	紀(系)				世(統)
新 生 代	0.01	第四紀	完新世 (沖積世)		被子植物	哺乳類
	1.7		更新世 (洪積世)			
	5.2	第三紀	新第三紀	鮮新世 中新世		
	24		古第三紀	漸新生 始新世		
36 57 65	暁新世					
中 生 代	146 208 245	白亜紀 ジュラ紀 三疊紀		裸子植物	爬虫類	
古 生 代	290	ペルム紀(二疊紀)		シダ植物	両生類 魚類	
	363	石炭紀				
	409	デボン紀				
先カンブリア 時 代	430	シルル紀		菌類藻類	三葉虫 原生動物	
	510	オルドビス紀				
	570	カンブリア紀				
先カンブリア 時 代	2 500	(原生代)		菌類藻類	原生動物	
	4 600	(始生代)				

表 3.2 日本地質学会地層命名規約 (羽田忍 土木地質学入門 築地書館 より)

現在の地質学の段階では、地層の区分には地史的記録を強く反映した岩相的層序区分と、主として古生物に基いた年代的層序区分とを併用すべきである。この観点から、岩相的層序区分と年代的層序区分の単位名を区別し、その名称・序列及び命名法を次の如く規定する。

I. 岩相的層序区分単位とその命名法

1. 岩相的層序区分の単位とその序列は次のように定める (上級から下級へ)
 - 層群 (英訳は Group) 累層 (英訳は Formation)
 - 部層 (英訳は Member)
 - (1) 層群より上級の単位及び部層より下位の単位に対しては規定しない。
 - (2) この規約は序列及び名称の混乱をさけるために定めるもので、各単位の大きさは規定しない。
2. 各単位の地層の命名は次の通りとする。
 - (1) 層群の単位の地層名には地名+単位名の呼び方をする。例：掛川層群
 - (2) 累層の単位の地層名には地名+単位名の呼び方を原則的に重んじるが、地名+岩質名+単位名の呼び方をしてもよい。例：大日 (砂岩) 累層
 - (3) 部層の単位の地層名には地名 (或は記号) +岩質名+単位名の呼び方をするが、地名 (或は記号) はかならずしもつけなくてもよい。例：五百済凝灰岩 (部層) ・第一凝灰岩 (部層) ・凝灰岩部層
 - (4) 累層或は部層の何れか一方を層としてよい。
 - 掛川「層群」
 - 大日「累層」 大日「累層」 大日「層」
 - 五百済凝灰岩「部層」 五百済凝灰岩「層」 五百済凝灰岩「部層」
 - (5) 地名については次の規定にしたがう。
 - a) 累層及び部層には、模式地の地名をとる。原則として五万分乃至二万五千分の一地形図に出ていない地名はさける。
 - b) 層群にはなるべく二十万分の一地形図に出ている地名をとる。ただしこの場合、慣習的な地方名を用いてもよい。例：加越、北信、蝦夷、関門。
 - c) 同じ地名を異なる単位に併用しないようにする。ただし地名の少ない場合には累層中の細分を上、中、下、あるいは a, b, c 等の記号を付して部層名としてよい。又岩質名によって区別できる場合にも同一地名を使用してよい。
 - d) 地名を用いず岩質や化石上の特質だけによる層群、累層の命名は今後さける。例：上部菊石層、埋木層群、砥石層、硯石層群
 - e) 従来の地層名は内容の定義に大きい修正のなきがかりなるべく活用する。
 - f) 命名後に地名が変わった場合にも地層名は変更しない。例：奄芸群が河芸群に変更されたために、「奄芸層群」が「河芸層群」と改名されたことがあるが、このような改名は必要としない。
 - g) 地層名を新たに命名する場合、難読の地名にはよみ方を付記する。

II. 年代的層序区分単位とその命名法

1. 年代区分及び年代的層序区分の単位とその序列は、世界の学界に広く用いられているものに従う。

〔年代区分〕	〔年代的層序区分〕
代：Era	界：Erathem
紀：Period	系：System
世：Epoch	統：Series
期：Age	階：Stage

代及び界より上の単位と、期及び階より下の単位については規定しない。

2. 年代的層序区分の名づけ方

原則として地名+単位名で呼ぶが、従来慣用されているものは定義に大きい変更のなきがかりそのまま使う。

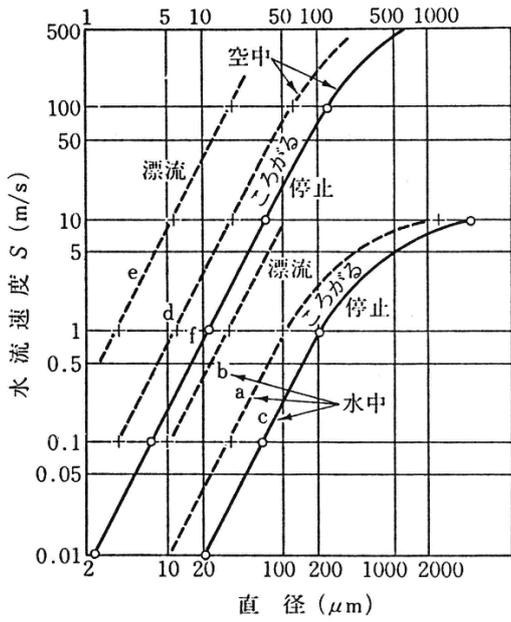


図 3.3 土粒子の水流による移動 (羽田忍 土木地質学入門 築地書館 より)

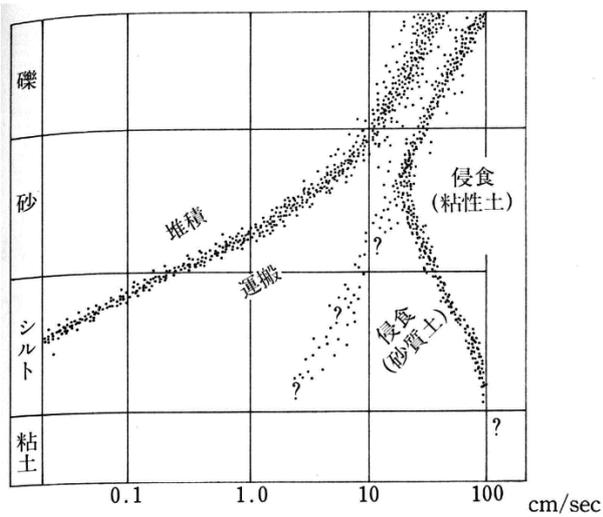


図 3.4 土粒子の沈降、沈殿、堆積作用 (羽田忍 土木地質学入門 築地書館 より)

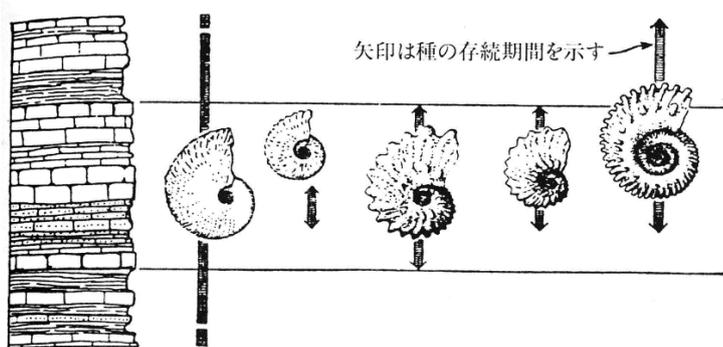
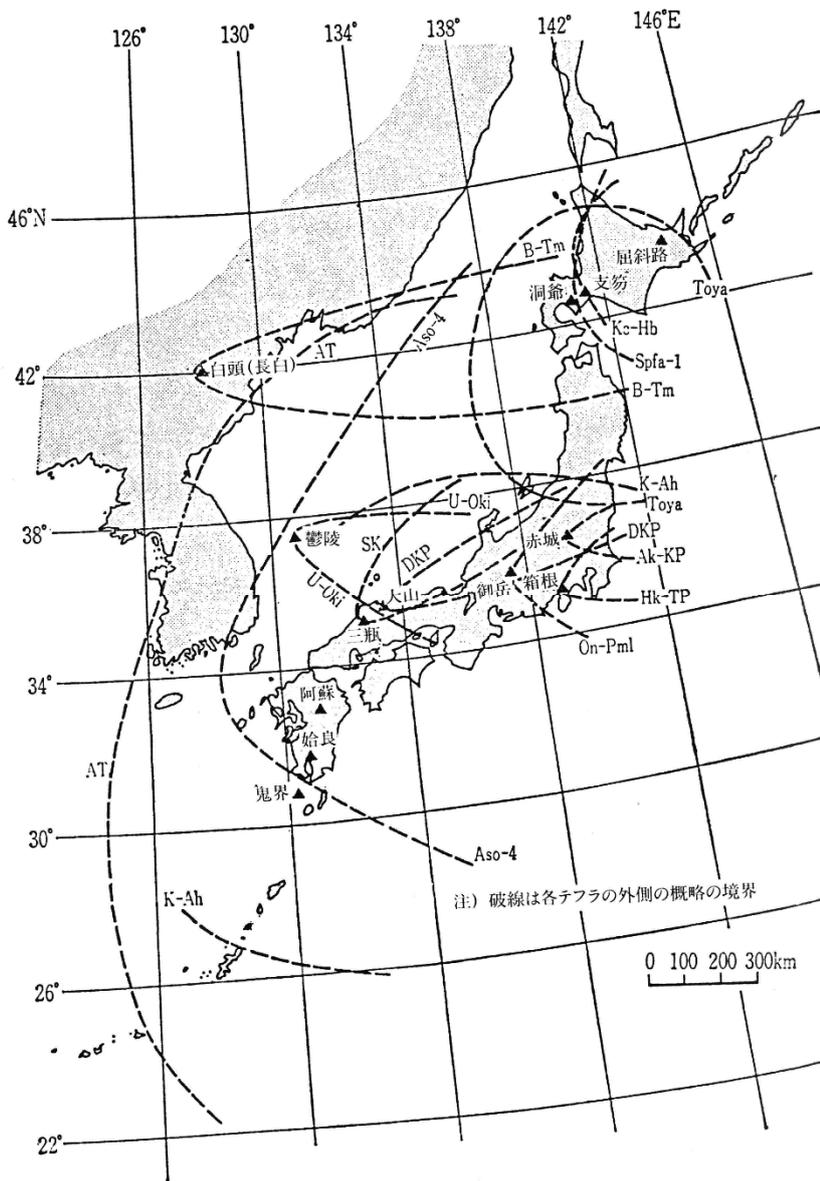


図 3.5 化石を用いた地層の時代の決定 (羽田忍 土木地質学入門 築地書館 より)



火山名	テフラ (記号)	年代 (千年前)	測年法*	噴出・堆積 様式**	見かけの 体積(km) ³
白頭	B-Tm	1.0	考古学	p, i, c	50
鬼界	K-Ah	6.3	C-14	p, i, pp, c	>150
鬱陵	U-Oki	9.3	C-14	p, i	>10
始良	AT	22	C-14	p, i, c, pp	300
支笏	Spfa-1	32	C-14	p, i	150?
赤城	Ak-KP	32	FT	p	10
大山	DKP	43-47	U	p, i	>20
箱根	Hk-TP	49	FT	p, i	30?
阿蘇	Aso-4	70	ST, FT	i, c	>400
御岳	On-Pml	80	FT	p	70
三瓶	SK	85-90		p	10?
洞爺	Toya	90-100	FT, ST	pp, i, c	>150
屈斜路	Kc-Hb	100-120	FT, ST	i, c	>150

*—FT: フィッシュントラック法, U: ウランシリーズ法, ST: 層位学的方法

**—p: プリニー式噴火 (降下テフラを出す噴火), pp: 水蒸気プリニー式噴火 (珪長質マグマが水と接触して生じた爆発的噴火), i: 火砕流噴火, c: コイグニンプライム降下テフラ (大火砕流と同時の降下テフラ)

図 3.6 最近 12 万年の日本周辺の代表的な広域テフラの分布範囲
(羽田忍 土木地質学入門 築地書館 より)

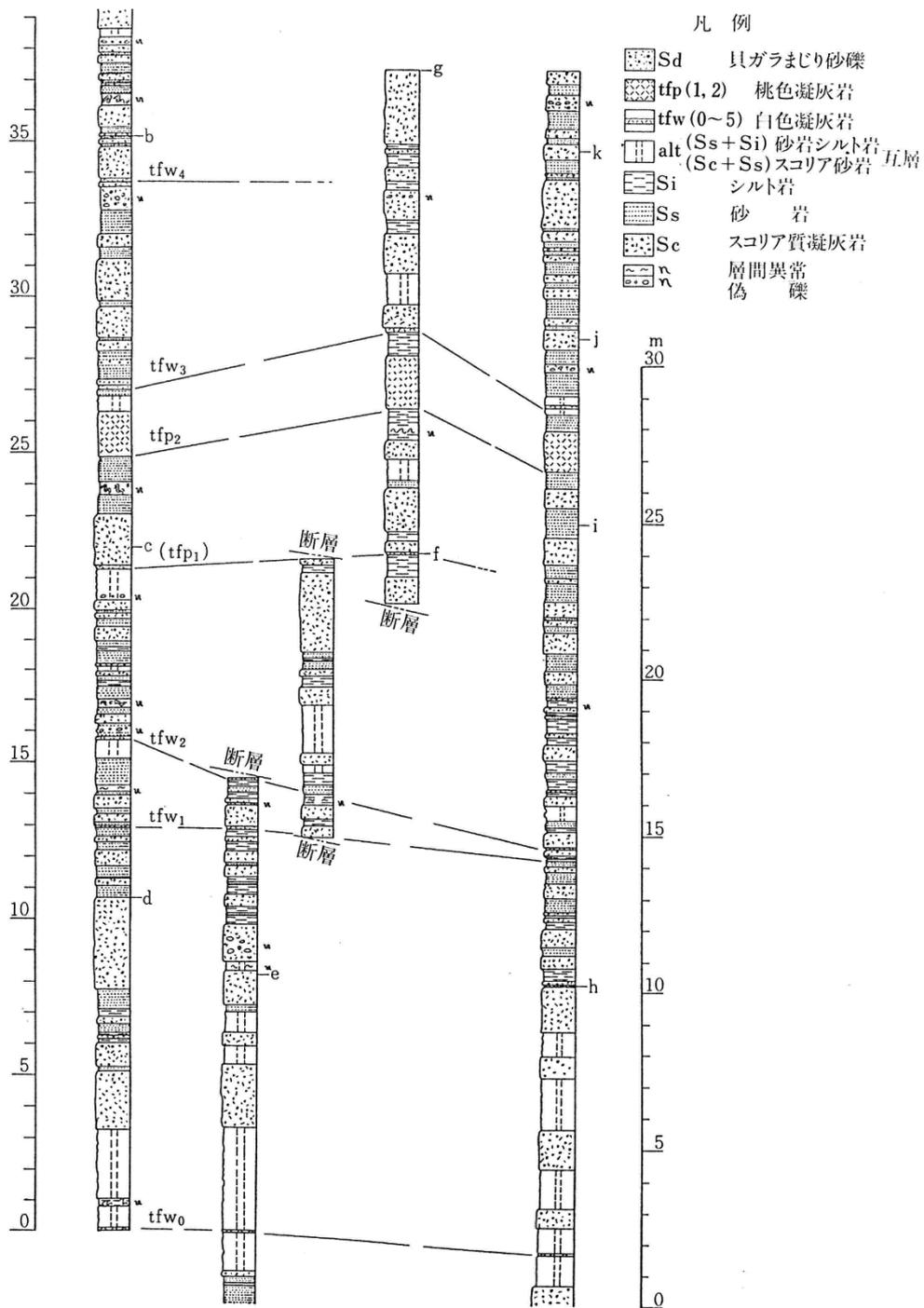


図 3.7 神奈川県城ヶ崎の地質柱状図 (例) (羽田忍 土木地質学入門 築地書館 より)

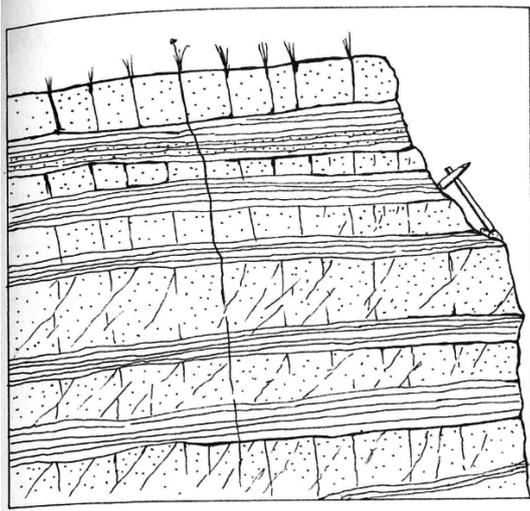


図 3.8 砂岩・粘板岩の整合関係 (羽田忍 土木地質学入門 築地書館 より)

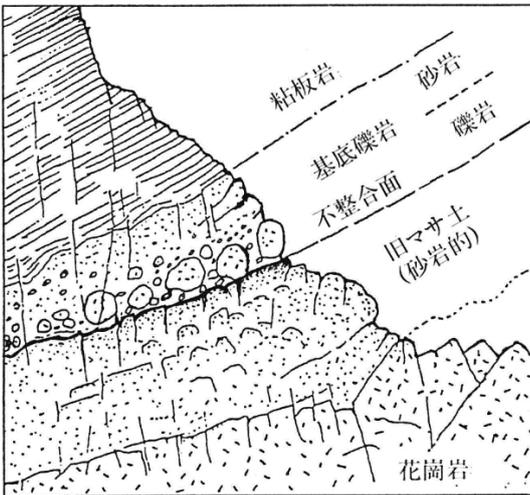


図 3.9 花崗岩を不整合に覆う礫岩・砂岩・粘板岩 (羽田忍 土木地質学入門 築地書館 より)

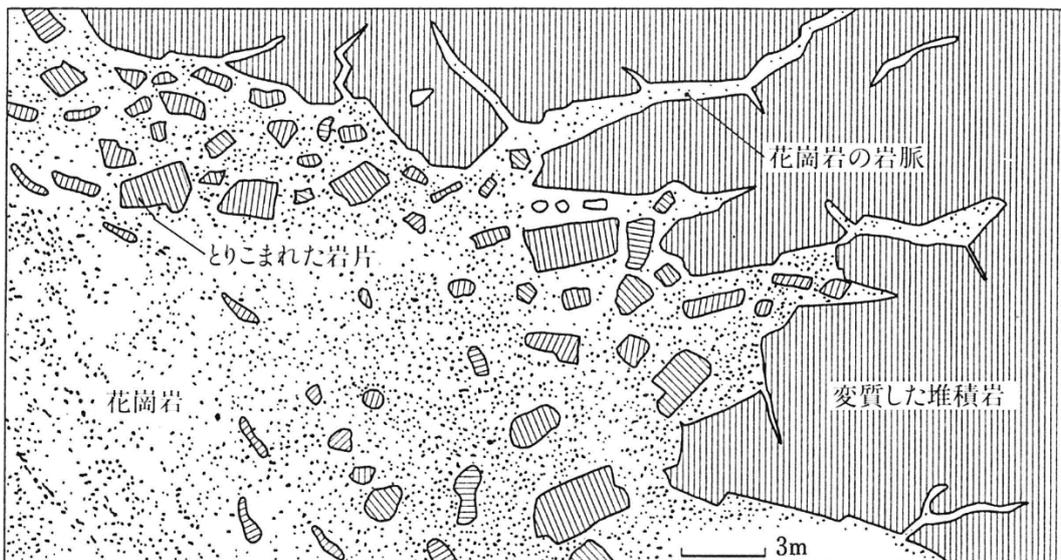


図 3.10 堆積岩中に貫入した花崗岩 (羽田忍 土木地質学入門 築地書館 より)

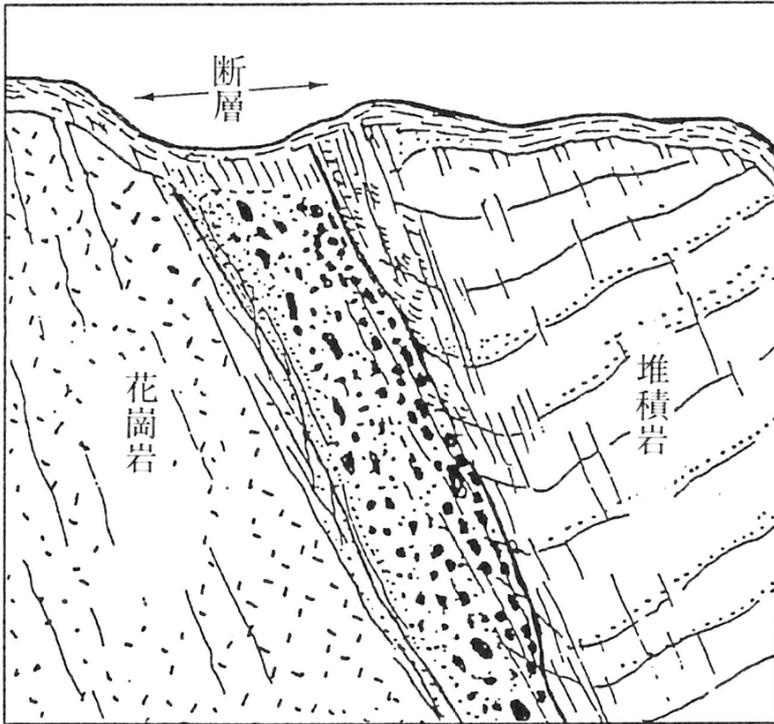


図 3.11 花崗岩と堆積岩の断層による接触（羽田忍 土木地質学入門 築地書館 より）

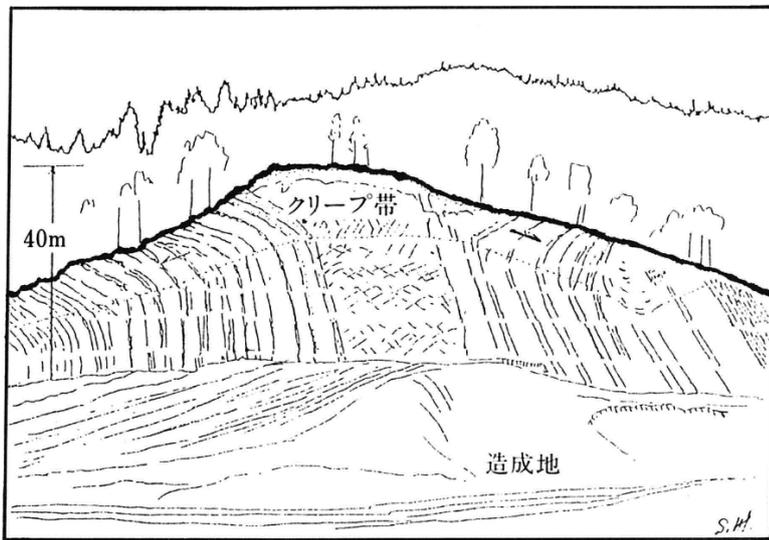


図 3.12 第三紀層のクリープ現象（羽田忍 土木地質学入門 築地書館 より）

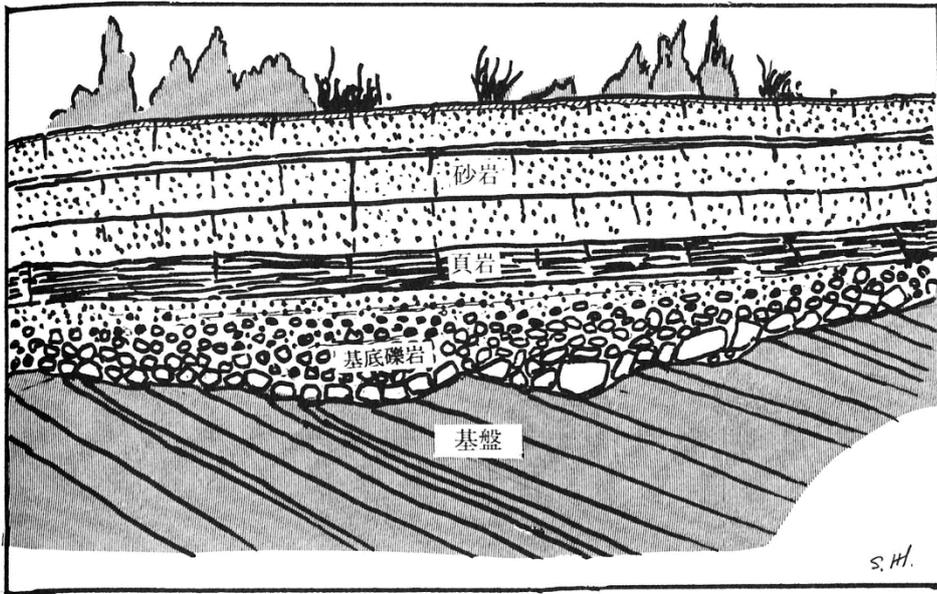


図 3.13 基盤を覆う基底礫岩 (羽田忍 土木地質学入門 築地書館 より)

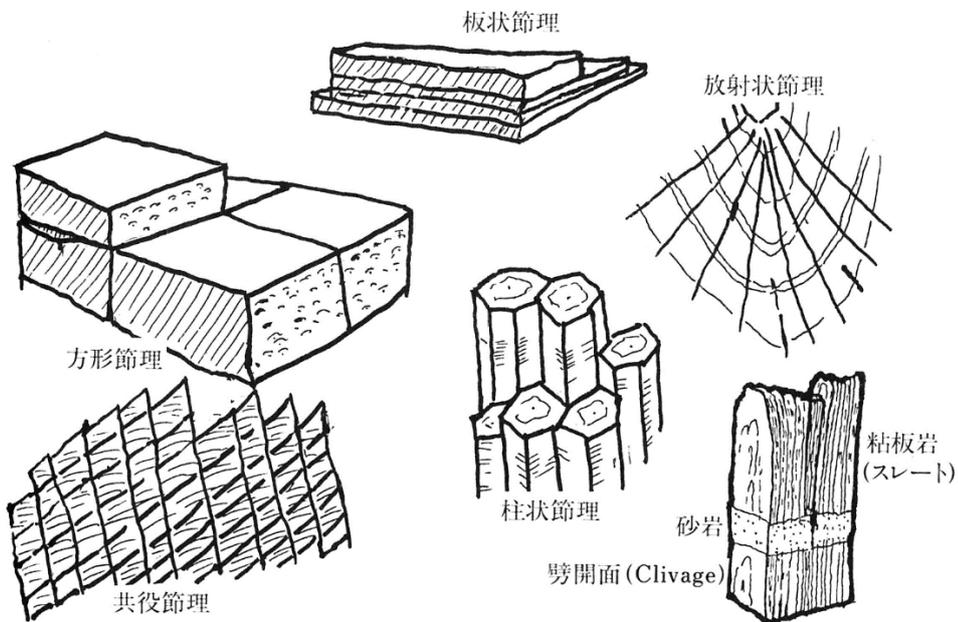
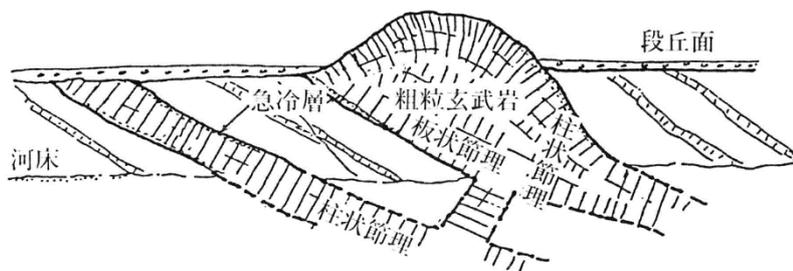
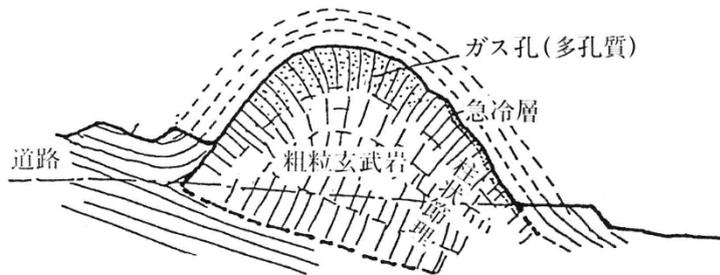


図 3.14 節理のいろいろ (羽田忍 土木地質学入門 築地書館 より)

森吉ダム貯水域



八戸市郊外



胆沢川猿岩

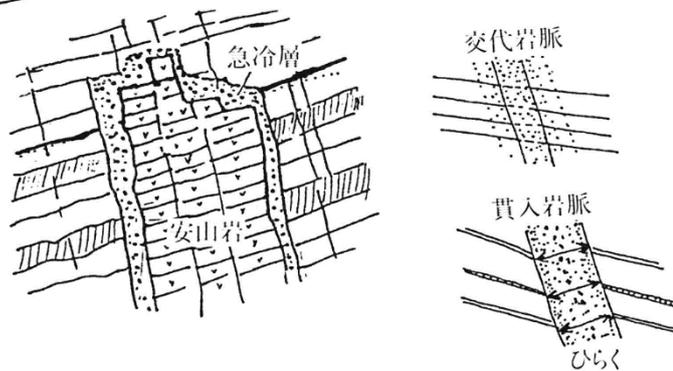
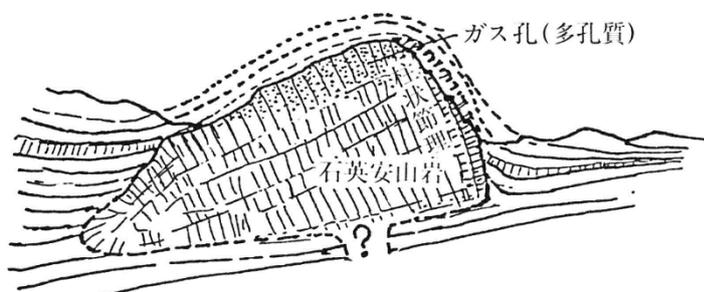


図 3.15 貫入岩脈のいろいろと節理 (羽田忍 土木地質学入門 築地書館 より)

土木地質学特論

(4) 岩石と岩盤

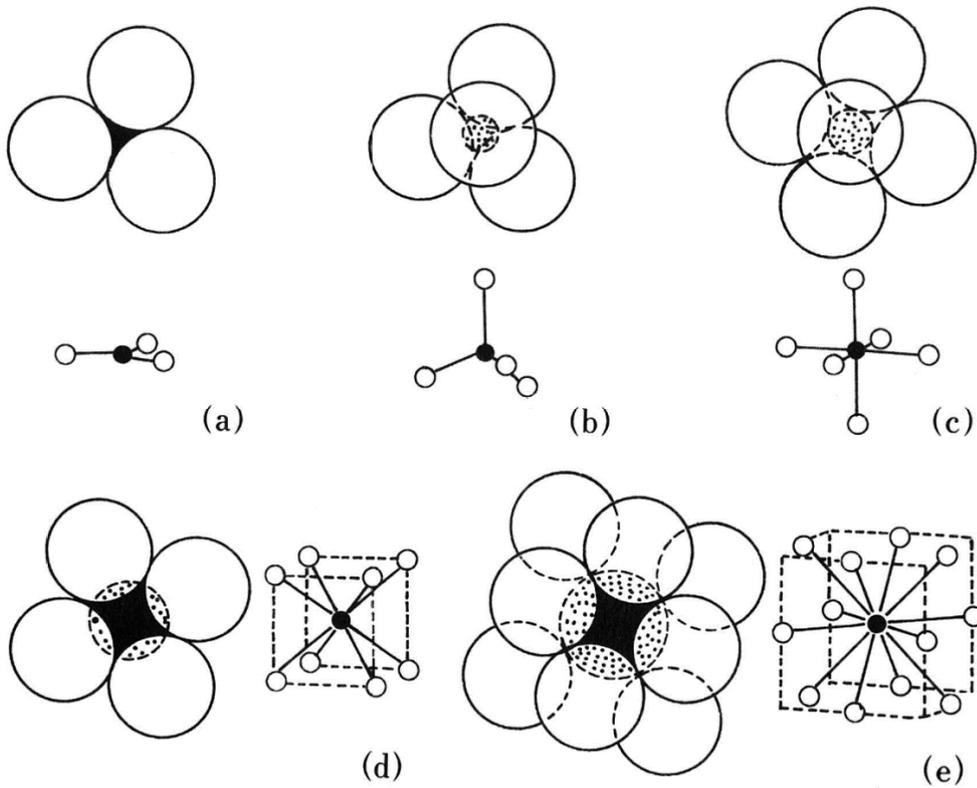


図 4.1 原子の半径比・配位数と陽イオンのまわりの陰イオンの配列の関係
(羽田忍 土木地質学入門 築地書館 より)

表 4.1 主な造岩鉱物の比重 (羽田忍 土木地質学入門 築地書館 より)

鉱物名	石英	正長石	斜長石	普通輝石	角閃石	かんらん石	緑簾石
比重	2.7	2.6	2.7	3.3	3.1	3.4	3.4
鉱物名	黒雲母	白雲母	蛇紋石	石膏	方解石	磁鉄鉱	黄鉄鉱
比重	2.9	2.8	2.7	2.3	2.7	5.2	5.0

結晶系	結晶系の基本形	鉱物の結晶の例	
等軸晶系		磁鉄鉱 	方鉛鉱
正方晶系		すず石 	ジルコン
六方晶系		りん灰石 	方解石
斜方晶系		いおう 	かんらん石
単斜晶系		正長石 	普通輝石
三斜晶系		そう長石 	ばら輝石

図 4.2 結晶形の例 (羽田忍 土木地質学入門 築地書館 より)

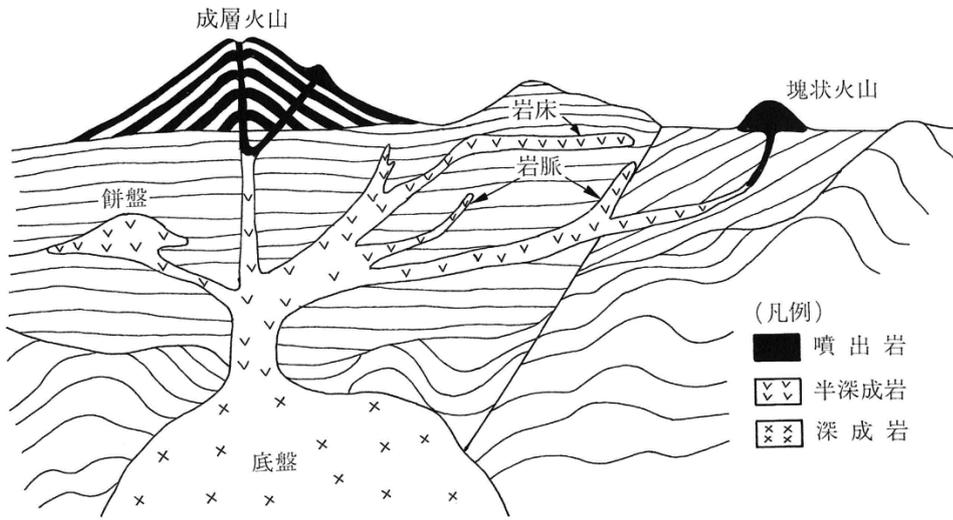


図 4.3 火成岩の貫入深さと状態による種別 (今井五郎ら 地盤地質学 コロナ社 より)

SiO ₂ [%]		95	66	52	45	30
産 状		酸性 石英+長石 +雲母	中 性 長石+(角閃石 +雲母+輝石)	塩 基 性 長石+輝石	超塩基性 長石+ かんらん石	
大 ↑ 鉍 物 粒 径 ↓ 小	深 成 岩	花崗岩	閃緑岩	はんれい岩	かんらん岩	
	半 深 成 岩	石英斑岩	ひん岩	輝緑岩		
	火山(噴出)岩	石英粗面岩 流紋岩	安山岩	玄武岩		
		2.65 小 ← 密度 [g/cm ³] → 大 3.00				
		優白 ← 色 → 優黒				
造 岩 鉍 物		石英	斜長石	輝石	かんらん石	
		カリ長石	角閃石			
		雲母			副成分鉍物	

図 4.4 火成岩の分類 (今井五郎ら 地盤地質学 コロナ社 より)

表 4.2 変成岩の分類 (今井五郎ら 地盤地質学 コロナ社 より)

熱変成岩	ホルンフェルス(原岩が泥質岩) 珪岩(原岩は砂質岩) 大理石(原岩が石灰岩)	マグマの熱とその溶液の影響を受けてできた岩石で、マグマからの影響範囲は狭い
動力変成岩	ミロナイト(圧砕された細粒集合岩)	断層によるせん断応力の作用によってできた岩石で、その範囲は狭い
広域変成岩	片麻岩(原岩は花崗岩, もしくは堆積岩)	地殻の構造運動に伴う圧力と温度の上昇によって、既存の岩石が広範囲に変成されてできた岩石
	結晶片岩(はく離性が高い) 泥質片岩, 砂質片岩, 石墨片岩, 雲母片岩, 石英片岩, 緑色片岩, 角閃岩, 紅れん片岩	
	千枚岩(原岩は泥質岩)	

表 4.3 堆積岩の分類 (今井五郎ら 地盤地質学 コロナ社 より)

生成状態	水成砕屑				火山砕屑	風成砕屑	氷成砕屑
	礫	砂	シルト	粘土			
固結していないもの	礫 φ 2~ 4 mm 細礫 4~ 64 mm 中礫 64~256 mm 大礫 256~ 巨礫	0.075~0.42 mm 細砂 0.42~2 mm 粗砂	0.001 mm 以下 コロイド 0.001~0.005 mm 粘土 0.005~0.074 mm シルト		火山岩砕(火山灰) (火山砂) (火山礫)	ローム 黄土(砂丘) (砂漠)	ティル(氷礫土)
固結しているもの	礫岩	砂岩	泥岩, 頁岩 粘板岩	凝灰岩 凝灰角礫岩	—	ティライト(氷礫岩)	
有機物	炭質岩	歴青質岩	珪質岩	炭酸塩岩	塩類	—	—
	石炭 泥炭 亜炭	土歴青 (ピッチストーン)	チャート 珪藻土	石灰岩 白雲岩	石膏 岩塩	—	—

表 4.4 土の成因による分類 (今井五郎ら 地盤地質学 コロナ社 より)

大区分	生成の営力	代表的な土の名称など	成因による分類名
風化土	物理的破碎 化学的分解 腐朽	花崗岩地帯のまさ土	残積土
	重力	崖錐, 地すべり崩土	崩積土
堆積土	流水	沖積平野の土層	河成(沖積)土 海成(沖積)土 湖成(沖積)土
	風力	砂丘砂 レス	風積(風成)土
	火山	火山砂礫 軽石 ローム	火山性(堆積)土
	氷河	ティル モレーン	氷積(氷成)土
	植物の腐朽 集積	ピート 泥炭	植積(有機)土

表 4.5 岩石片の区分 (新鮮なもの) (羽田忍 土木地質学入門 築地書館 より)

		硬 岩	準 硬 岩	軟 岩	
堆積岩類	古生層・中生層	ト岩 砂岩 板岩 珪質凝灰岩 輝緑凝灰岩 石灰岩(大理石) 珪質凝灰岩 砂岩(団結)	細粒 粗粒		<p>硬岩：</p> <ul style="list-style-type: none"> 誰が見ても岩石。 圧縮強度600kgf/cm²以上。 吸水性はほとんどない。 <p>準硬岩：</p> <ul style="list-style-type: none"> 人によってやや硬い、やや軟らかいと表現する岩石。 圧縮強度200~600 kgf/cm²。 ぬらすと多少吸水性がある。
	新生層	ト岩 礫岩 凝灰岩 半固結岩 (土円)			
火成岩類	深成岩	岩 緑岩 閃緑岩 閃緑岩 かんらん岩 蛇紋岩			<p>軟岩：</p> <ul style="list-style-type: none"> 軽い石。 圧縮強度200kgf/cm²以下。 水侵すると吸水し、乾燥したものは、昏に吸いつく。
	火山岩	岩 山岩 安山岩 玄武岩 斑岩 英安山 多孔隙質安山岩			
変成岩類	片麻岩 石英片麻岩 緑泥石片麻岩 石墨片麻岩 滑石片麻岩 ホルンフェルス	塊状	片状	<p>q_u = 圧縮破壊強度 S_p = 超音波伝播速度</p>	
その他	熔結凝灰岩(第四紀) 火山泥流 シラ		石質		
備考			コンクリート 350kg/cm ²	大谷石 85kg/cm ²	

— は、新鮮な岩石の概略の強度範囲
--- は、風化岩の範囲

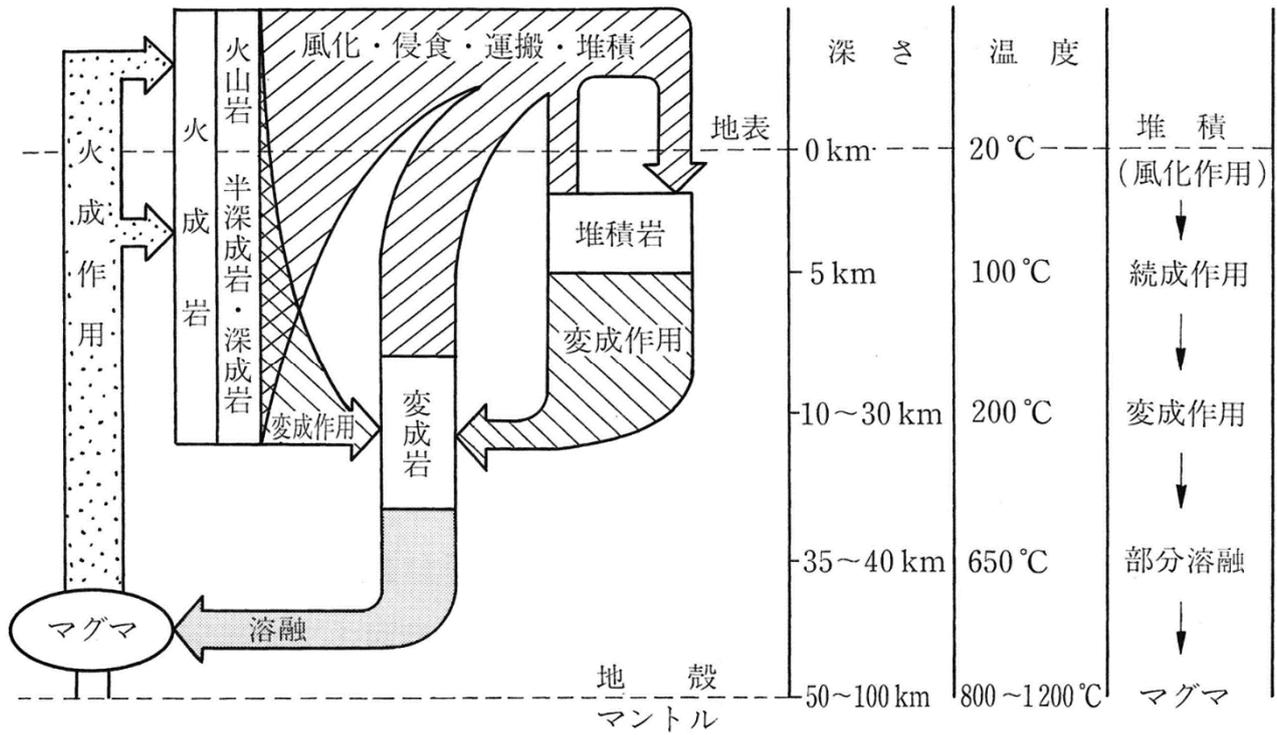


図 4.5 岩石のサイクル (今井五郎ら 地盤地質学 コロナ社 より)

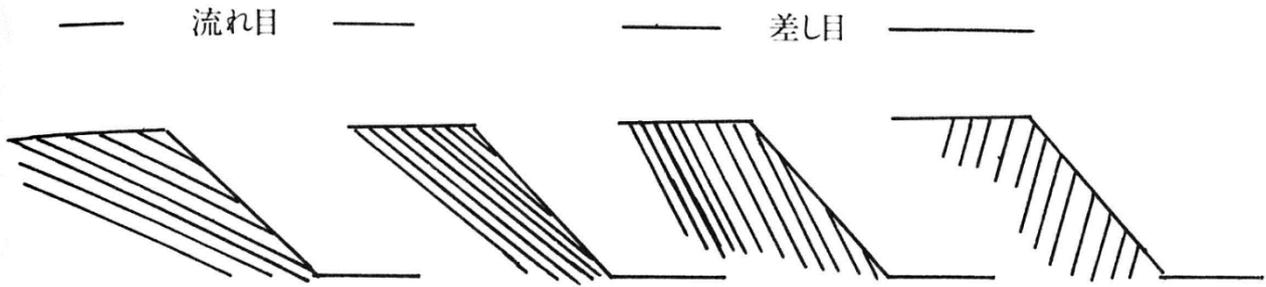


図 4.6 流れ目と差し目 (羽田忍 土木地質学入門 築地書館 より)

名称	特 徴
A	極めて新鮮なもので造岩鉱物及粒子は風化，変質を蒙っていない。亀裂，節理は良く密着し，それらの面にそって風化の跡の見られないもの。
B	岩質堅硬で開口した（たとえ 1 mm でも）亀裂或は節理はなく，節理及亀裂はよく密着しているもの，但し造岩鉱物及粒子は部分的に多少風化，変質跡が見られる。
C	(1) 岩質は可成り堅硬であっても風化作用の為，造岩鉱物及粒子は石英を除けば多少軟化した傾向が見られる。一般に褐鉄鉱等に汚染せられ軽打すれば，節理或は小亀裂面に沿って剥脱しその剥脱面には褐色粘土質物質の極く薄層が残存するもの。 (2) 岩質は極めて堅硬であるが 1～2 mm の空隙を有する可成り大目の節理或は亀裂が発達し，その空隙は時には赤褐色粘土質泥状物質を挟在し，水滴落下するもの。
D	(1) 所謂風化作用を受けて造岩鉱物及粒子は変質を蒙り黄褐色乃至褐色を呈し岩質は著しく軟質のもの (誰が見ても風化岩と見えるもの) (2) 岩盤には大なる開口亀裂或は節理が発達する。そのため岩盤は各個の岩塊に分離している。各個岩塊の岩質は堅硬であっても開口亀裂又は節理は煙草の煙或はカンテラの火を吸込むこともあるもの。 (3) 尚，其他，樹木の毛根が岩盤の節理或は亀裂面に侵入しているのがみられるようなもの。

図 4.7 ダムの基礎岩盤岩質判定基準 (羽田忍 土木地質学入門 築地書館 より)

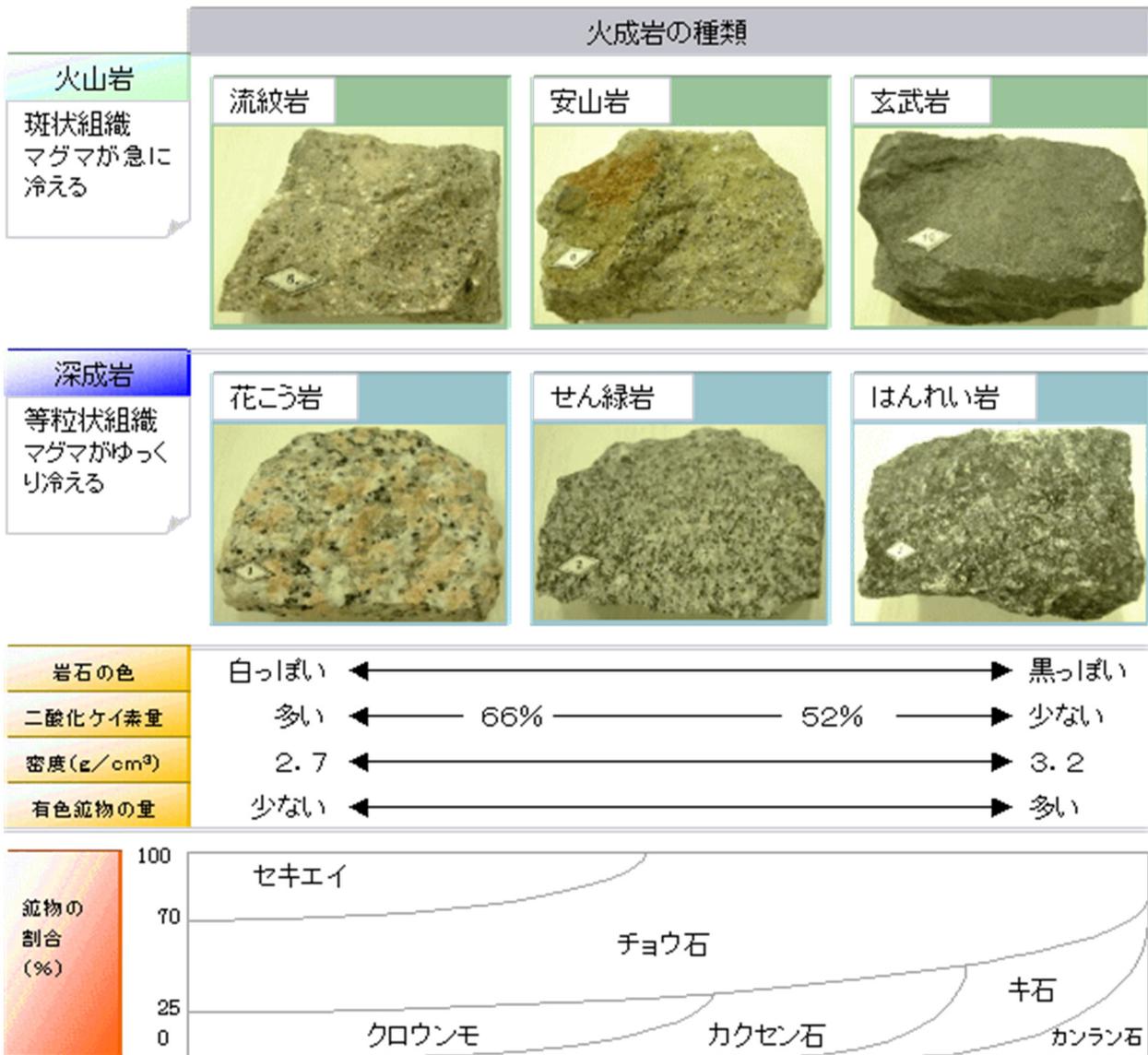


図 4.8 火成岩の種類 (火山と火成岩 Hello School, <http://www.hello-school.net/harorika016.htm> より)

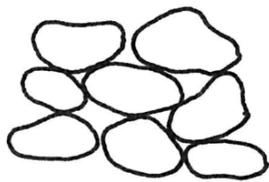
土木地質学特論

(5) 土と土質分類

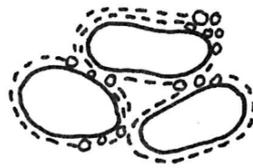
土の分類方法

- (1) コンシステンシー限界による分類
- (2) 土の粒度組成による分類
- (3) 地盤材料の工学的分類（前述の(1)+(2)の方法）

土の構造と粒径

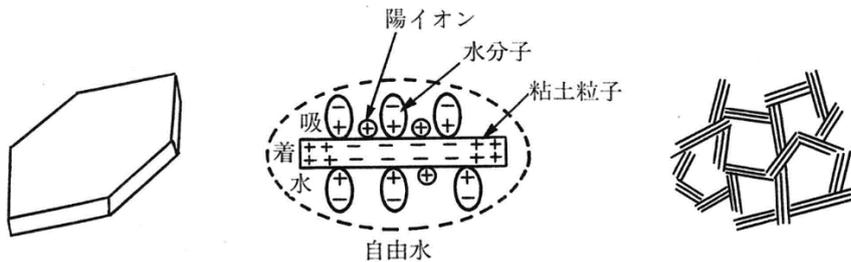


(a) 粗粒土の構造



(b) 細粒分を含む場合

図 5.1 粗粒の土の構造（河上房義 土質力学 第7版 森北出版株式会社 より）



(a) 粘土鉱物の粒子

(b) 吸着水

(c) 粘土粒子の構造

図 5.2 粘土粒子の形と構造（河上房義 土質力学 第7版 森北出版株式会社 より）

JGS 0051-2000（地盤材料の工学的分類方法）

		粒 径 (mm)								
		0.005	0.075	0.25	0.85	2	4.75	19	75	300
粘 土	シルト	細砂	中砂	粗砂	細礫	中礫	粗礫	粗 石 (コブル)	巨 石 (ホルダー)	
		砂			礫			石		
細粒分		粗 粒 分					石 分			

(注1) 土質材料の粒径区分による粒子名を意味するときは、上記区分に「粒子」という言葉をつけ、上記粒径区分中の構成成分を意味するときは、上記区分名に「分」という言葉をつけて分類名、土質名と区分する。

(注2) 土質材料の75 μ m以下の構成成分を「細粒分」、75 μ mから75mmまでの構成成分を「粗粒分」という。

図 5.3（地盤工学における）地盤材料の粒径の区分とその呼び名
（河上房義 土質力学 第7版 森北出版株式会社 より）

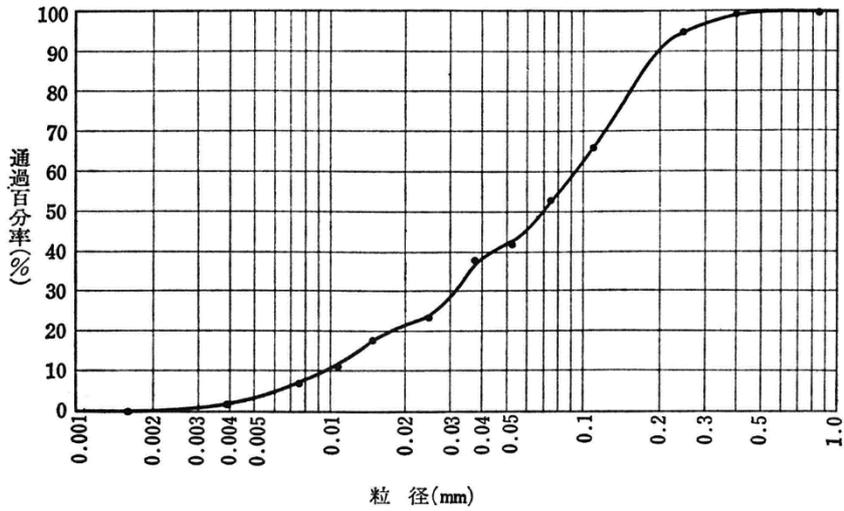


図 5.4 粒径加積曲線 (河上房義 土質力学 第7版 森北出版株式会社 より)

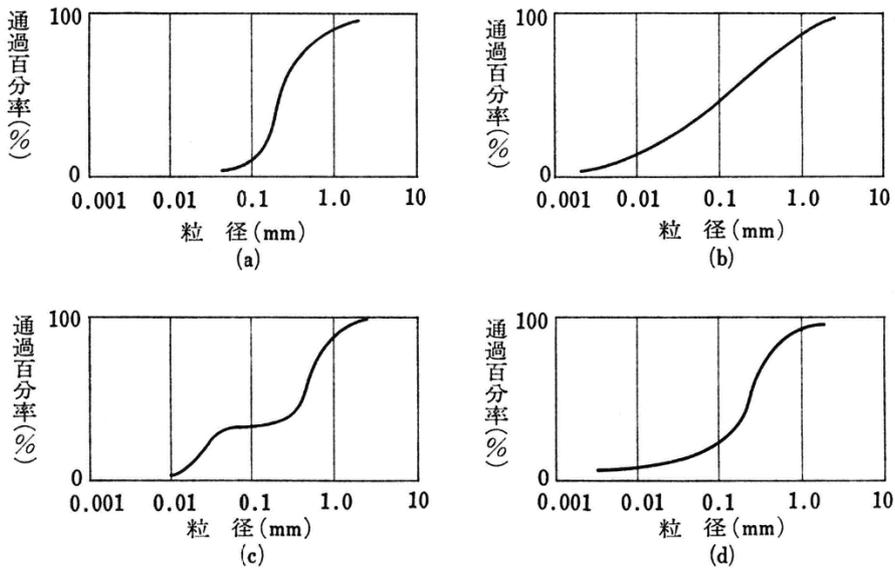


図 5.5 粒径加積曲線の型 (河上房義 土質力学 第7版 森北出版株式会社 より)

コンシステンシー限界による分類

→土の含水比に応じた粘り気の違いによる分類

- ・液性限界試験（丸い皿に粘土を塗りつけて溝を切ってトントン。）
- ・塑性限界試験（直径 3mm の土のひもを作って、ちょうど切れ切れになる含水比を計る。）

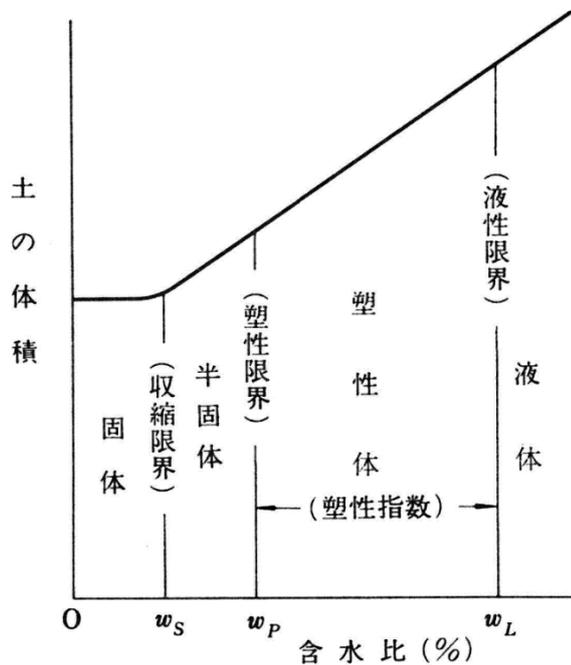


図 5.6 コンシステンシー限界（河上房義 土質力学 第7版 森北出版株式会社 より）

土の粒度組成による分類

→土粒子の大きさによる分類

- ・土の粒度試験
- ・土粒子密度試験

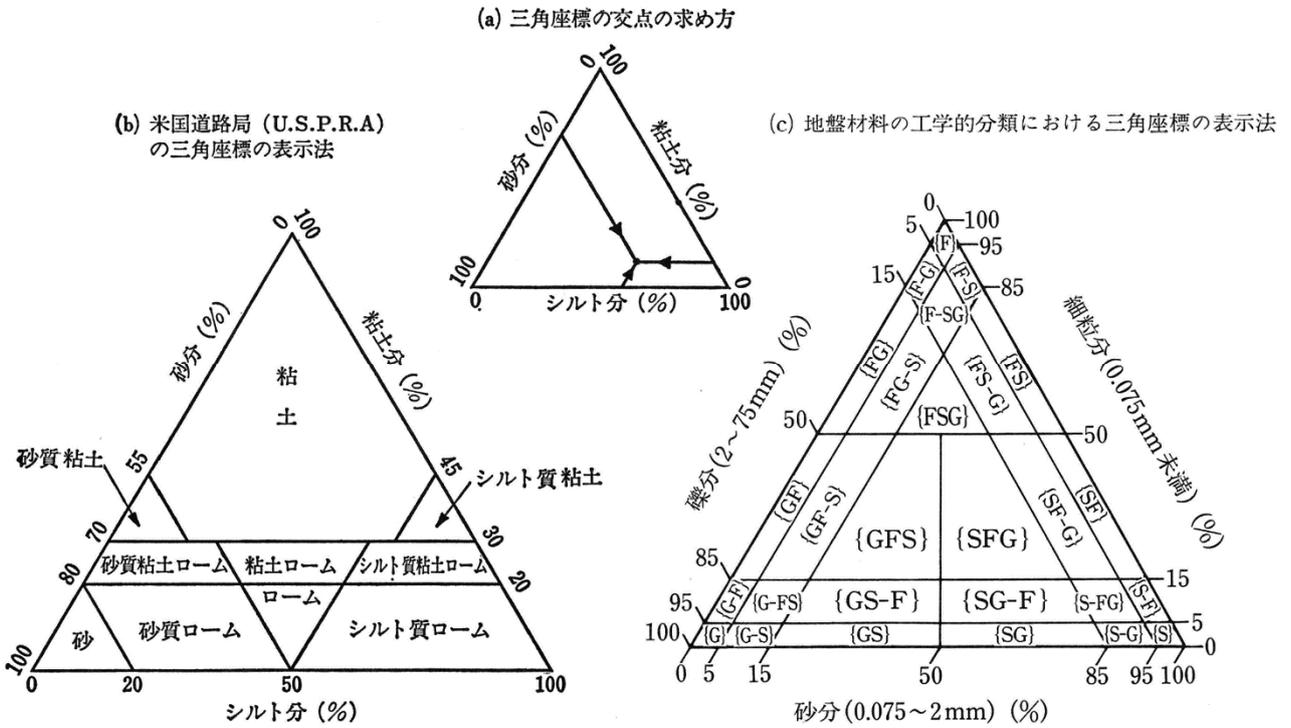


図 5.7 三角図表による土の分類 (河上房義 土質力学 第7版 森北出版株式会社 より)

地盤材料の工学的分類

→ (土粒子の大きさによる分類) + (コンシステンシー限界による分類)

表 5.1 地盤材料の工学的分類 (概略表)

(分類0)	(分類1)	(分類2)	大分類	中分類	小分類	小分類名
Gm	Sm 石分=0%	Cm 粗粒分>50%	[G] 礫分>砂分	{G}	(G)	礫
					(G-S)	砂混じり礫
					(G-F)	細粒分まじり礫
				(G-FS)	細粒分砂まじり礫	
				{GS}	(GS)	砂質礫
					(GS-F)	細粒分まじり砂質礫
			{GF}		(GF)	細粒分質礫
				(GF-S)	砂まじり細粒分質礫	
				(GFS)	細粒分質砂質礫	
				[S] 砂分≧礫分	{S}	(S)
		(S-G)	礫まじり砂			
		(S-F)	細粒分まじり砂			
		{SG}	(S-FG)		細粒分礫まじり砂	
			(SG)		礫質砂	
			(SG-F)		細粒分まじり礫質砂	
		Fm 細粒分≧50%	[Cs]	{M}	(ML)	シルト(低液性限界)
					(MH)	シルト(高液性限界)
				{C}	(CL)	粘土(低液性限界)
					(CH)	粘土(高液性限界)
			[O]	{O}	(OL)	有機質粘土(低液性限界)
(OH)	有機質粘土(高液性限界)					
[V]	{V}		(OV)	火山灰質有機質土		
			(VL)	火山灰質粘性土(低液性限界)		
Pm	[Pt]		{Pt}	(VH1)	火山灰質粘性土(高液性限界1型)	
				(VH2)	火山灰質粘性土(高液性限界2型)	
Am	[A]	{Pt}	(Pt)	泥炭		
			(Mk)	黒泥		
Rm 0%<石分<50%	Sm-R 石分≧50%	[A]	{Wa}	廃棄物		
			{I}	改良土		
						岩石質材料
						石分まじり土質材料

表 5.2 粗粒土の小分類名における「質」と「まじり」

質量構成比	分類表記	接続記号
15%以上50%未満	**質	無し
5%以上15%未満	**まじり	-
5%未満	表記しない	

表 5.3 分類記号の意味 (河上房義 土質力学 第7版 森北出版株式会社 より)

記号		意味
地盤材料区分	Gm	地盤材料 (Geomaterial)
	Rm	岩石質材料 (Rock material)
	Sm	土質材料 (Soil material)
	Cm	粗粒土 (Coarse-grained material)
	Fm	細粒土 (Fine-grained material)
	Pm	高有機質土 (Highly organic material)
	Am	人工材料 (Artificial material)
主記号	R	石 (Rock)
	R ₁	巨石 (Boulder)
	R ₂	粗石 (Cobble)
	G	礫粒土 (G-soil または Gravel)
	S	砂粒土 (S-soil または Sand)
	F	細粒土 (Fine soil)
	Cs	粘性土 (Cohesive soil)
	M	シルト (Mo: スウェーデン語のシルト)
	C	粘土 (Clay)
	O	有機質土 (Organic soil)
	V	火山灰質粘性土 (Volcanic cohesive soil)
	Pt	高有機質土 (Highly organic soil) または泥炭 (Peat)
	Mk	黒泥 (Muck)
	Wa	廃棄物 (Wastes)
I	改良土 (I-soil または Improved soil)	
副記号	W	粒径幅の広い (Well graded)
	P	分級された (Poorly graded)
	L	低液性限界 ($w_L < 50\%$) (Low liquid limit)
	H	高液性限界 ($w_L \geq 50\%$) (High liquid limit)
	H ₁	火山灰質粘性土の I 型 ($w_L < 80\%$)
	H ₂	火山灰質粘性土の II 型 ($w_L \geq 80\%$)
補助記号	○ ○	観察などによる分類 (*○○と表示してもよい)
	○ ○	自然堆積ではなく盛土, 埋立などによる 土や地盤 (#○○と表示してもよい)

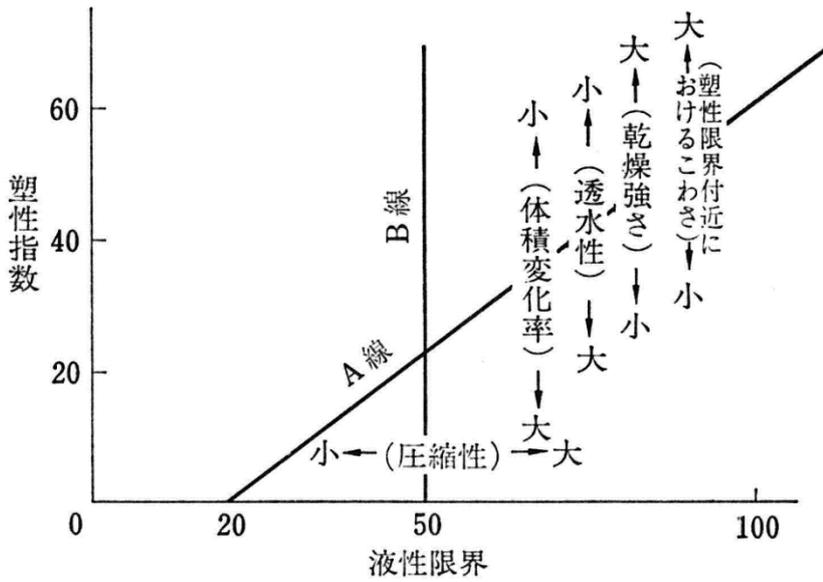


図 5.8 (米国) 統一土質分類のための塑性図と土の性質
 (河上房義 土質力学 第7版 森北出版株式会社 より)

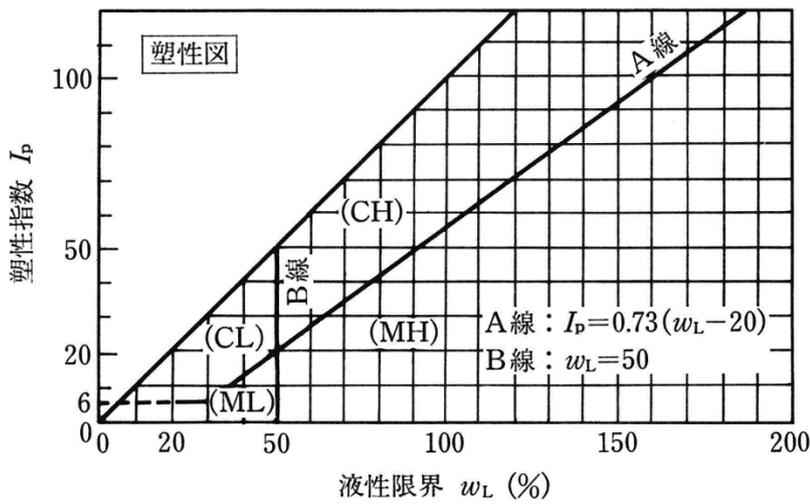
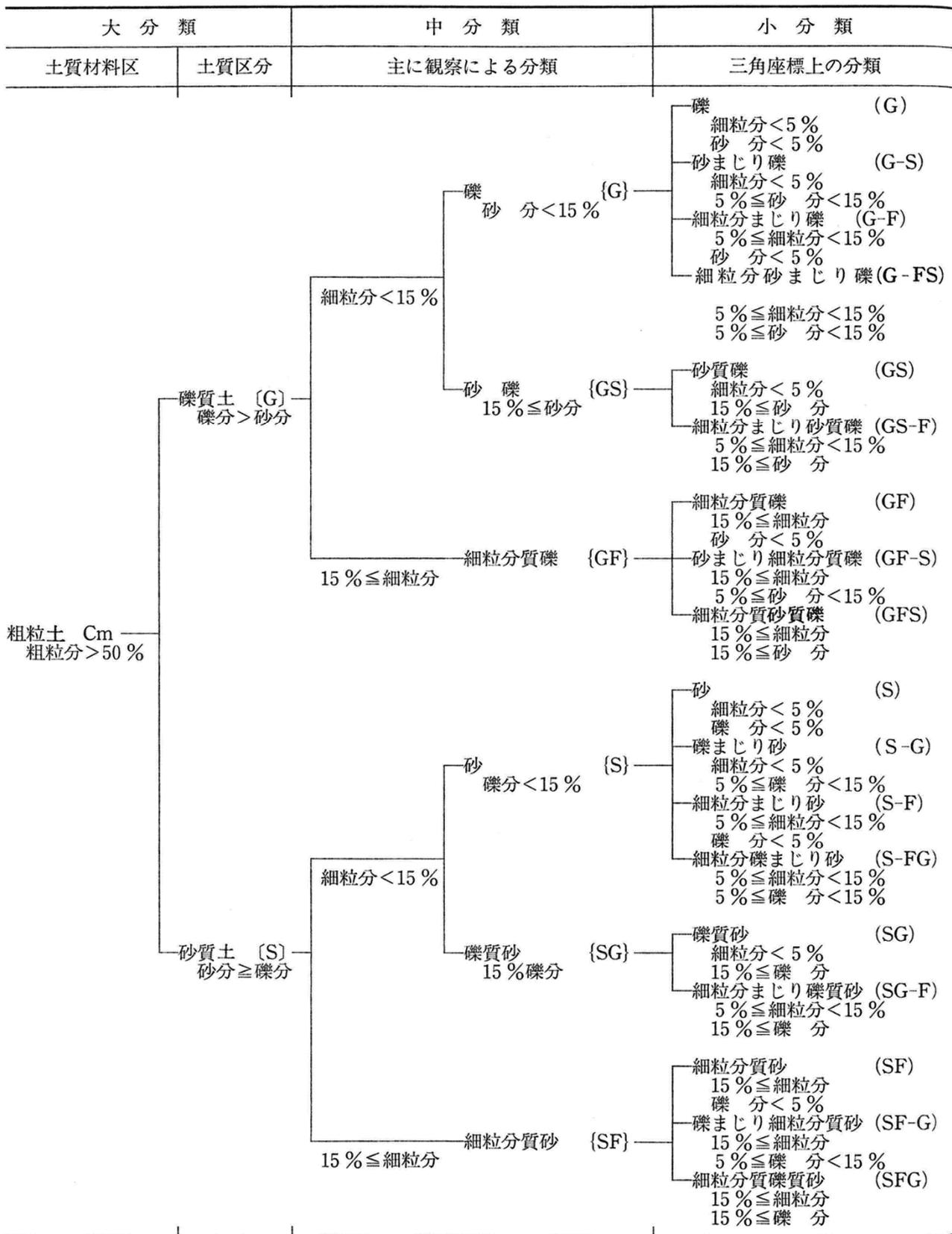


図 5.9 塑性図 (河上房義 土質力学 第7版 森北出版株式会社 より)



注：含有率%は土質材料に対する質量百分率

図 5.10 (a) 土質材料の工学的分類体型 (粗粒土)

(河上房義 土質力学 第7版 森北出版株式会社 より)

大 分 類		中 分 類	小 分 類
土質材料区分	土質区分	観察・塑性図上の分類	観察・液性限界等に基づく分類
細粒土 Fm 細粒分 $\geq 50\%$	粘性土 [Cs]	シルト 塑性図上で分類 {M}	$w_L < 50\%$ —— シルト (低液性限界) (ML)
			$w_L \geq 50\%$ —— シルト (高液性限界) (MH)
		粘土 塑性図上で分類 {C}	$w_L < 50\%$ —— 粘 土 (低液性限界) (CL)
			$w_L \geq 50\%$ —— 粘 土 (高液性限界) (CH)
	有機性土 [O] —— 有機質土 有機質、暗色で有機臭あり {O}	$w_L < 50\%$ —— 有機質粘土 (低液性限界) (LL)	
		$w_L \geq 50\%$ —— 有機質粘土 (高液性限界) (OH)	
		有機質で、火山灰質 —— 有機質火山灰土 (OV)	
	火山灰質粘性土 [V] —— 火山灰質粘性土 {V} 地質的背景	$w_L < 50\%$ —— 火山灰質粘性土 (低液性限界) (VL)	
		$50\% \leq w_L < 80\%$ —— 火山灰質粘性土 (I型) (VH ₁)	
		$w_L \geq 80\%$ —— 火山灰質粘性土 (II型) (VH ₂)	
高有機質土 Pm —— 高有機質土 [Pt] —— 高有機質土 {Pt}	未分解で繊維質 —— 泥 炭 (Pt)		
有機物を多く含むもの	分解が進み黒色 —— 黒 泥 (Mk)		
人工材料 Am —— 人工材料 [A]	廃棄物 {Wa} —— 廃棄物 (Wa)		
	改良土 {I} —— 改良土 (I)		

図 5.10 (b) 土質材料の工学的分類体型 (細粒土)

(河上房義 土質力学 第7版 森北出版株式会社 より)

土木地質学特論

(6) 地質調査法

表 6.1 地盤調査の手順

((一社) 全国地質調査業協会連合会 宅地地盤調査マニュアル 2014 より)

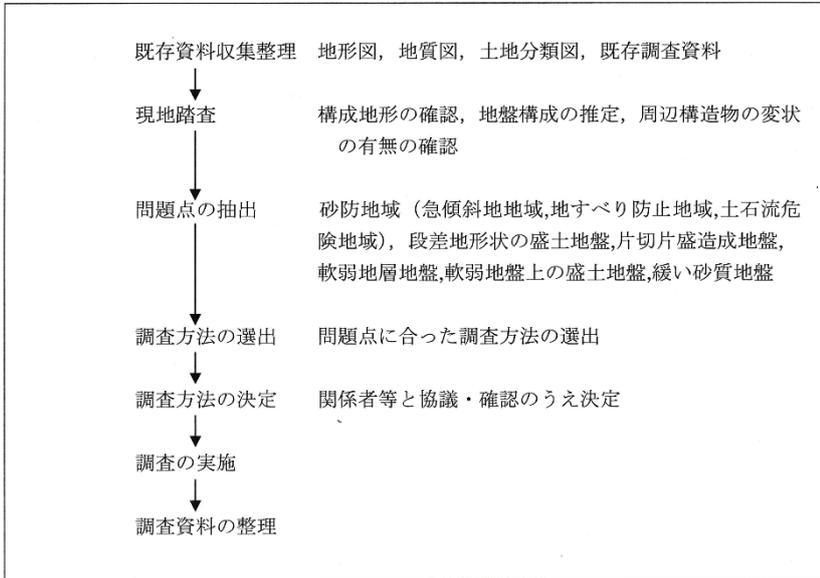


表 6.2 既存資料の種類と概要

((一社) 全国地質調査業協会連合会 宅地地盤調査マニュアル 2014 より)

分類	資料の種類	発行・提供機関	主要なデータと概要
地形・地質	地形図 都市計画図	国土地理院 地方自治体	明治時代の地形図が入手可能で, 新旧の比較により地形の改変や地歴の推定資料となる。2万5千分の1, 2千5百分の1など。
	空中写真 (航空写真)	国土地理院 民間会社	地形図と同様な利用が可能, 微地形・建物・植生などの判読に利用。撮影縮尺8千~1万5千分の1。
	衛星画像	宇宙航空研究開発機構 (JAXA)	代表的な衛星画像として, 地球観測衛星「ALOS (だいち)」による衛星画像で広域の防災活動への利用がある。撮影頻度1回/46日。
	土地条件図	国土地理院	平野部が中心で, 主に地形分類 (山地・丘陵地, 台地・段丘, 低地, 水部, 人口地形など) について示されている。2万5千分の1。
	土地利用図	国土地理院	土地の利用区分 (田, 畑, 果樹園, 森林, 荒地, 建物用地, 幹線交通用地, 湖沼, 河川など) を整備。2万5千分の1。
	土地分類図	国土交通省 土地・水資源局	地形・表層地質・土壌などの自然的要素, 土地の利用現況, 災害履歴などがまとめられている。地図と説明書。5万分の1~50万分の1
	地質図	産業技術総合研究所 地方自治体, 大学	表土を除いた表層の地質分布や時代区分が示されている。地質平面図・地質断面図および説明書あり。
地盤状況など	地盤図	学会, 地方自治体, 研究機関, 地質調査業協会	主に平野部の表層地質。ボーリング柱状図, 土質試験データ等。
	設計図書 施工記録	地方自治体 国の機関	既存構造物の地盤調査報告書・設計図書・施工記録などである。入手困難な場合が多い。
	埋設物台帳	地方自治体 民間会社	埋設物 (上下水道・電気・光ケーブル・ガスなど) の位置を示した地図。
	学会出版物など 関連報告	学会	地盤工学会, 日本建築学会, 土木学会, 日本地質学会, 応用地質学会などの学会誌, 論文集, 研究発表会概要集など
災害	ハザードマップ	地方自治体 国土交通省	種々の災害の発生の可能性を地図上に表現したもので, 液状化, 土砂災害, 活断層などがある。

(日本建築学会 (2009): 建築基礎設計のための地盤調査計画指針, p.30 より抜粋引用)

表 6.3 地形図・地質図などの種類

((一社) 全国地質調査業協会連合会 宅地地盤調査マニュアル 2014 より)

資料名	種 類	発行・提供機関	備考
地形図類	地形図 1/10,000、1/25,000 都市計画図 1/2,500、1/5,000 旧版地形図 1/25,000、1/50,000	国土地理院 市町村など 国土地理院	電子版 一部電子版 電子版
地形分類図	土地条件図 1/25,000 沿岸海域土地条件図 1/25,000 治水地形分類図 1/25,000 首都圏活断層図 1/25,000	国土地理院 国土地理院 国土地理院 国土地理院	電子版 電子版 電子版 電子版
地質図	地質図幅 1/50,000、1/75,000 ほか 土地分類基本調査図 1/50,000	産業技術総合研究所ほか 国土交通省土地・水資源局	地質分布 表層土質分布

表 6.4 空中写真と衛星写真

((一社) 全国地質調査業協会連合会 宅地地盤調査マニュアル 2014 より)

種類	特徴	発行機関
モノクロ 空中写真	昭和 35 年以降、5 年～10 年周期で平野部および周辺地域の縮尺 2 万分の 1～2 万 5 千分の 1 (都市地域は一部は 1 万分の 1) の撮影縮尺。	国土地理院
カラー 空中写真	市街地や農地の土地利用、植生あるいは道路、建物など各施設の状態を容易に判読することが可能。 平野部は 8 千分の 1～1 万分の 1、丘陵地・山岳部は 1 万分の 1～1 万 5 千分の 1 の撮影縮尺。撮影頻度 1 回/数年	国土地理院
衛星画像	代表的な衛星画像として、地球観測衛星「ALOS (だいち)」による衛星画像で広域の防災活動への利用がある。水平方向精度は 3～10m 程度、高さ方向は 5m 程度とされている。撮影頻度 1 回/46 日。	宇宙航空研究開発機構 (JAXA)

表 6.5 地盤調査の種類

((一社) 全国地質調査業協会連合会 宅地地盤調査マニュアル 2014 より)

調査・試験の種類	適用地盤と問題点	調査可能 深さの日安 (m)	測定値又は 求まるもの	測定値からの 推定値
スウェーデン式 サウンディング試験	玉石・礫・締まった砂を除く地盤(固 い層があると貫入不能)	10m	W_{sw} N_{6w}	N 値, q_u 地盤の支持力 q_n
標準貫入試験	ロータリー式機械ボーリングを伴 う。すべての地盤	50m～ 100m	N 値 乱した試料	c_u , ϕ_u 地盤の支持力 q_n 土質の確認
地盤の平板載荷試験	全ての地盤	地表面近く	荷重と沈下量 時間と沈下量	地盤の支持力 q_n 地盤反力係数 K_v
オートマチックラム サウンディング試験	玉石・礫・締まった砂を除く地盤(固 い層があると貫入不能)	20m～30m	N_0 値	N 値 地盤の支持力 q_n
電気式コーン貫入試験	玉石・礫・締まった砂を除く地盤(固 い層があると貫入不能)	10m～50m	q_c 間隙水圧 u 周面摩擦 f_s	c_u , ϕ_u 地盤の支持力 q_n 土質の確認
機械式コーン貫入試験	玉石・礫・締まった砂を除く地盤(固 い層があると貫入不能)	10m～20m	q_c 周面摩擦 f_s	c_u , ϕ_u 地盤の支持力 q_n
簡易動的コーン 貫入試験	玉石・礫・締まった砂を除く地盤	3m	N_0 値	N 値, q_u 地盤の支持力 q_n
ポータブルコーン 貫入試験	有機質土, 柔らかい粘性土, ゆるい砂地盤	3m	q_c 値	c_u 地盤の支持力 q_n
オーガーボーリング	有機質土, 軟らかい粘性土地盤,(地 下水位以下の砂は掘削不能)	3m	乱した試料	土質の確認 地下水位
表面波探査	全ての地盤	10m～20m	S 波速度	S 波構造 (二次元)

表 6.6 土質試験方法

((一社) 全国地質調査業協会連合会 宅地地盤調査マニュアル 2014 より)

土質試験の種類	対称とする土質	求まるもの	値の利用方法	用いる試料の状態
粒度試験	粗粒土 (砂・砂礫)	10% 粒径 (D_{10}) 50% 粒径 (D_{50})	土の分類 液状化の検討	乱した試料
液性・塑性限界試験	有機質土 粘性土	液性限界 (w_L) 塑性限界 (w_p)	土の分類 圧縮性の程度	乱した試料
一軸圧縮試験	粘性土	一軸圧縮強さ (q_u) 変形係数 (E_{50})	地盤の支持力 地盤の変位	乱れの少ない試料
圧密試験	粘性土	圧縮指数 (C_c) 圧密降伏応力 (p_c) 圧密係数 (α)	圧密沈下量 圧密沈下時間	乱れの少ない試料

土木地質学特論

(7) 平野・低地の地質・地盤

低地の定義

- (1) 人工堤防等で保護されていなければ、100年に1回程度の大出水や暴浪の時に冠水するほど、相対的に低い土地。(周辺の土地との比高が数m~20m程度。標高は問題ではない。)
- (2) 平滑な土地。平滑に均された土地。(常識的に地表面傾斜5度程度以下。)

低地の生成過程による大分類

- (1) 堆積低地：窪みに岩屑などが堆積して平坦化した土地。
河成堆積低地 > 海成堆積低地 > 風成堆積低地 > 湖成堆積低地 > . . .
- (2) 侵蝕低地：かつての高所が削られて低平化した土地。
河成侵蝕低地 > 海成侵蝕低地 > . . .

堆積低地と侵蝕低地の一般的差異

堆積低地：非固結堆積物で構成されている。窪みに堆積物が積もったから。
 侵蝕低地：基本的に岩盤で構成されている。高地が削られたから。

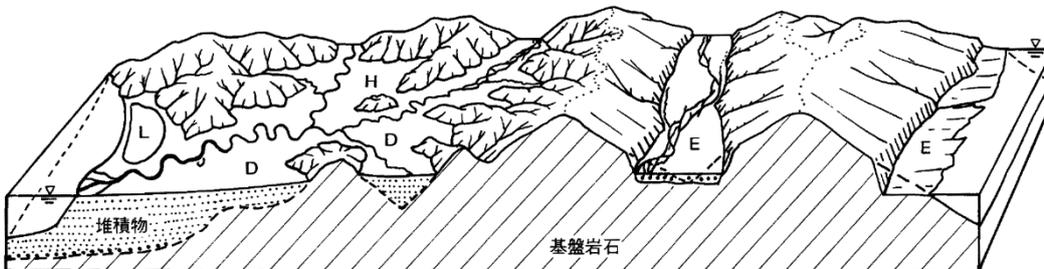
表 7.1 低地の分類とそれに含まれる複式・単式地形種の例
 (鈴木隆介 著, 建設技術者のための地形図読図入門 第2巻 低地, 古今書院 より)

地形過程	複合地形種の大分類	複式地形種の例	単式地形種の例	
低所に地形物質(砂礫, 泥, 有機物など)が積み重なって平坦化	堆積 堆積低地	河成堆積低地	扇状地, 蛇行原, 三角州, 谷底堆積低地	河川敷, 自然堤防, 後背低地
		海成堆積低地	堤列低地, 堤間湿地, 水底三角州	浜, 沿岸底州, 浜堤, 砂嘴
		湖成堆積低地	各種の湖沼跡地	各種の湖沼底, 河跡湖跡地
		風成堆積低地	砂丘帯	砂丘, 丘間凹地
		水河成堆積低地	アウトウォッシュプレーン	堆石堤, エスカー
	集団移動	集団移動成低地		麓斜面, 崖錐, 沖積錐
	付着	付着成低地	サンゴ礁, 泥炭地	サンゴ礁も泥炭地も亜種が多い
	沈殿	沈殿成低地		石灰華階段
	蒸発	蒸発成低地		ブラヤ (塩原)
	高所が削られたり, 溶かされて低平化	侵蝕 侵蝕低地	河成侵蝕低地	谷底侵蝕低地, 侵蝕扇状地
海成侵蝕低地			少し離水した傾斜波蝕面・波蝕棚	
布状洪水侵蝕低地			ベディメント (岩石床)	
風成侵蝕低地			デザートベイブメント	風蝕凹地, 砂谷
水河成侵蝕低地			氷蝕階段, 氷蝕岩石盆地	氷蝕谷棚
溶蝕		溶蝕低地	カルスト平地	

表 7.2 日本における堆積低地と侵蝕低地の一般的差異

(鈴木隆介 著, 建設技術者のための地形図読図入門 第2巻 低地, 古今書院 より)

		堆積低地 (depositional lowland)	侵蝕低地 (erosional lowland)
低地が形成される前の元の地形		現在より低かった.	現在より高かった.
形成営力		流体の流れ (河流, 波, 流れ, 風, 氷河)	同左
形成過程		流体力によって, その流体を媒体として別の場所から運ばれてきた岩屑で, 低所が埋め立てられて低平化した.	高所が, 流体力の及ぶ高さまで, ほぼ平らに削られて低平化した.
形態的特徴	低地に接する山麓線または段丘崖麓線の平面形	リアス式海岸線のように屈曲に富む. 支流の谷底にも低平地が樹枝状に入り組んでいる. 低平地内に島状丘陵が存在することもある.	比較的滑らかで, 山側に凹の弧状または直線状である. 島状丘陵はない.
	低地に接する海岸線または湖岸線の平面形	屈曲に乏しい滑らかな直線形, 陸側に凹の弓形, または海側に凸の円弧形. 前面に岩礁の存在は稀である.	一般に小さな屈曲に富み, 前面に岩礁や島の存在することも多い. ただし, 軟岩の海岸では直線形または陸側に凹の弓形である.
	主要河川または海岸線の特徴	河川の流路形態は網状・蛇行・分岐・網状分岐あるいは直線状流路である. 海岸は礫浜, 砂浜または泥浜であり, 磯はない.	河川は網状流路で, 流路ぞいに岩盤が露出し, 礫堆または砂礫堆はあるが, 泥堆はない. 海岸は磯であり, 岩礁があるが, 浜はほとんどない.
	低地を構成する複式地形種および単式地形種	河川ぞいには扇状地, 蛇行原, 三角州などの河成堆積低地があり, 海岸ぞいには浜堤, 砂嘴, 堤間湿地, 砂丘などが発達する.	岩床河川ぞいに岩畳が発達し, 海岸では傾斜波蝕面や波蝕棚が発達し, その背後に海蝕崖, 海蝕洞などが発達する.
地盤条件	整形物質の厚さ	数m~数十m と厚く, 場所的変化が大きい.	数m以下と薄く, どの場所でもほぼ一定である.
	整形物質の岩相	礫, 砂, 泥 (シルト・粘土), 泥炭などの非固結堆積物であり, 場所的変化が著しい.	厚さ約 3 m以下の薄い礫層の下に岩盤または古い非固結堆積物があり, 場所的変化は小さい.
	表層 (約 5 m以浅) の地盤	N 値は 0~50 で, 場所的深度的変化が著しい.	N 値は 30 以上で, 場所的変化は小さい.
自由地下水の水位と量		数十mから数 cm と深淺変化が大きく, 豊富	堆積物の基底部にのみ存在し, 少量
自然災害		災害種別とその規模の場所的変化が大きい.	災害は堆積低地より相対的に少ない.



D : 堆積低地, E : 侵蝕低地, L : 湖沼, H : 島状丘陵

図 7.1 堆積低地と侵蝕低地の模式図

(鈴木隆介 著, 建設技術者のための地形図読図入門 第2巻 低地, 古今書院 より)

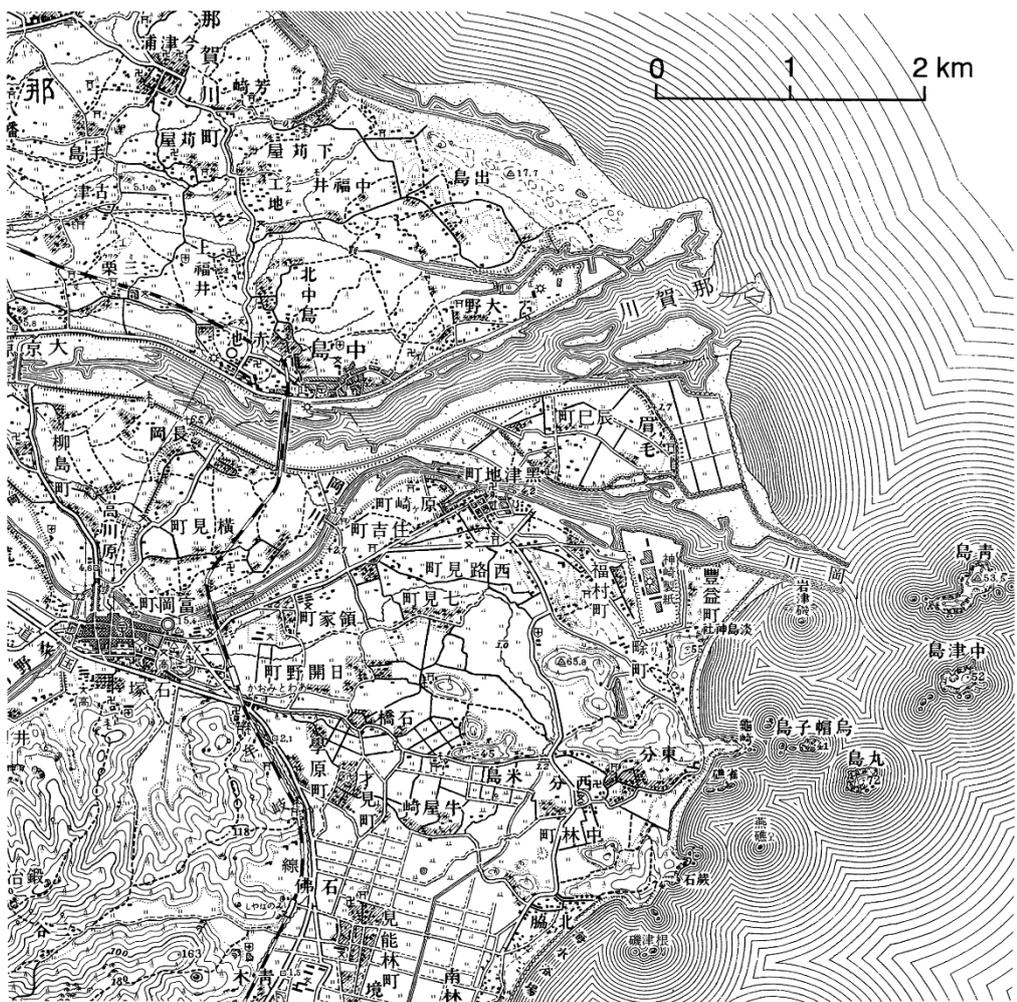


図 7.2 堆積低地の例
 (鈴木隆介 著, 建設技術者のための地形図読図入門 第2巻 低地, 古今書院 より)

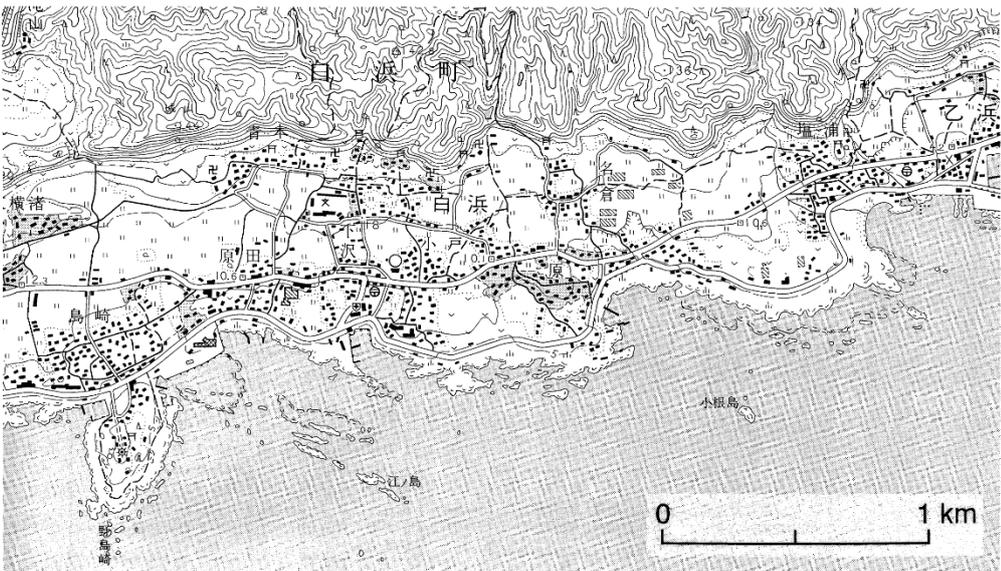


図 7.3 侵蝕低地の例
 (鈴木隆介 著, 建設技術者のための地形図読図入門 第2巻 低地, 古今書院 より)

表 7.3 日本に多い堆積低地の分類

(鈴木隆介 著, 建設技術者のための地形図読図入門 第2巻 低地, 古今書院 より)

形成過程とその複合性による分類		表層堆積物による低地の分類 形成域の地形場	礫質低地 gravelly lowland	砂質低地 sandy lowland	泥質低地 muddy lowland	有機質低地 organic lowland
			主として礫層または砂礫層で構成され、礫の占める割合が大きい	主として砂層で構成され、少量の細礫とシルト、粘土を含む	主としてシルト層および粘土層で構成され、少量の砂を含む	河成および湖成低地では泥炭層で構成され、海岸では造礁サンゴや貝殻層で構成される
河成堆積低地	単式	河川敷・河床(流路形態)	礫堆・礫床(網状流路)	砂堆・砂床(蛇行流路)	泥堆・泥床(分岐流路)	泥床・泥炭床(蛇行流路)
		河畔	礫質の自然堤防	砂質の自然堤防	泥質の自然堤防	泥炭地
		自然堤防の背後	礫質の後背低地	砂質の後背低地, 後背湿地, 後背沼沢地	泥質の後背低地, 後背湿地, 後背沼沢地	後背湿地, 後背沼沢地, 泥炭地
	複式	谷口より上流	礫質の谷底堆積低地	砂質の谷底堆積低地	泥質の谷底堆積低地	支谷閉塞低地, 泥炭地
		谷口から下流	扇状地	蛇行原	三角州	泥炭地
縦断方向の傾斜			$>10^{-3}$	$10^{-3} \sim 10^{-4}$	$<10^{-4}$	$0 \sim 10^{-5}$
海成堆積低地	単式	浅海底	礫質の海底州・沿岸溝	砂質の海底州・沿岸溝	泥質の干潟	サンゴ礁, マングローブ林湿地
		汀線ぞい	礫浜	砂浜	泥浜	サンゴ礁, 塩性湿地
		汀線より内陸	浜堤, 沿岸州, 砂嘴, トンボロ		堤間湿地	サンゴ礁, 泥炭地
	複式	海岸	堤列低地, 潮汐三角州, 水底三角州			潟湖跡地, 離水サンゴ礁
風成堆積低地	単式	河畔	……	河畔砂丘	……	……
		海岸	……	海岸砂丘	……	……
		砂丘間	……	丘間凹地	……	……
	複式	河畔	……	河畔砂丘帯	……	……
		海岸	……	海岸砂丘帯	……	……
集団移動成定着低地	単式	斜面の基部	単一回の崖錐, 微小な麓層面			……
		谷口, 谷底	土石流堆	砂流堆	……	……
	複式	斜面の基部	崖錐, 麓層面			稀に崖錐
		谷口, 谷底	沖積錐, 土石流埋積谷底低地	沖積錐(稀に存在)	……	……
地盤条件 (N値の一般値)			優良 (>30)	良 (10~20)	不良 (<10)	泥炭地: 極悪 (<5), サンゴ礁: 良 (>30)
地下水位, 水質			深~中, 優良	中~浅, 良	浅, 良~不良	浅, 不良
地震災害の相対的危険度			小	中	大	極大

注: 湖成低地は海成低地とほぼ同じである。……印は該当する地形種が存在しないことを示す。

表 7.4 日本に多い侵蝕低地の分類

(鈴木隆介 著, 建設技術者のための地形図読図入門 第2巻 低地, 古今書院 より)

侵蝕営力による大分類	形成位置における中分類	
	形成位置	中分類名
河成侵蝕低地	谷底	谷底侵蝕低地
	谷口の下流	侵蝕扇状地
海成侵蝕低地	汀線近傍	傾斜波蝕面, 波蝕棚
	浅海底	波蝕面

表 7.5 低地に特有の自然災害（直接的な気象・地震・火山災害を除く）の種類と発生頻度
 （鈴木隆介 著，建設技術者のための地形図読図入門 第2巻 低地，古今書院 より）

災害を起こす 地形過程 主な地形種 (日本の場合)		河川災害				海岸災害					集団移動災害				その他			
		鉄砲水	冠水	内水・湛水	河岸侵蝕	高波	高潮	津波	飛砂	漂砂	海岸侵蝕	匍行	崩落	地すべり	土石流	地盤沈下	地盤液状化	
河成低地	河川敷	網状流路	4	5	0	4	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
		蛇行流路	0	4	3	4	1	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	3
		分岐流路	0	4	3	3	5	5	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
	扇状地	扇状地面	1	3	0	3	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
		扇頂溝	4	4	0	4	0	0	1	1	0	0	0	3	0	1	0	0
		流路跡地	1	3	0	2	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	蛇行原	自然堤防	0	3	1	3	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
		後背低地	0	3	3	2	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	2	3
		後背湿地	0	3	3	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	5	0
		流路跡地	0	4	4	3	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	5	3
	三角州	自然堤防	0	3	1	3	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
		後背低地	0	3	3	1	1	4	1	0	0	1	0	0	0	0	2	3
		後背湿地	0	3	3	0	0	4	1	0	0	1	0	0	0	0	5	1
		流路跡地	0	4	4	3	1	4	1	0	0	1	0	0	0	0	5	3
谷底堆積低地		1	4	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	
支谷閉塞低地		0	4	4	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5	3		
河成侵蝕低地		3	4	1	3	1	0	1	0	0	1	0	0	0	2	0	0	
海成低地	浜	礫浜	0	1	0	1	5	5	3	3	5	5	0	0	0	0	0	0
		砂浜	0	1	0	1	5	5	3	5	5	5	0	0	0	0	0	3
		泥浜	0	1	0	1	3	5	3	0	4	3	0	0	0	0	5	1
	浜堤		0	0	0	1	3	3	2	5	5	1	0	0	0	0	0	0
	砂嘴，沿岸州		0	0	0	1	3	3	2	5	5	3	0	0	0	0	1	0
	堤間湿地		0	1	3	1	3	3	3	0	0	3	0	0	0	0	5	3
	波蝕棚，磯		0	0	0	0	5	5	3	0	5	5	0	4	0	0	0	0
サンゴ礁		0	0	0	1	5	5	3	4	5	1	0	3	0	0	0	0	
砂丘	海岸砂丘	0	0	0	1	2	0	2	5	5	1	5	3	0	0	0	0	
	河畔砂丘	0	0	0	1	0	0	0	5	0	0	5	3	0	0	0	0	
湖沼成低地	潟湖跡地	0	3	3	0	3	3	3	0	0	1	0	0	0	0	5	3	
	泥炭地	0	3	3	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	5	0	
集団移動成低地	麓屑面	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	5	0	2	0	1	0	
	崖錐	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	5	5	3	1	1	0	
	沖積錐	4	4	0	3	1	1	1	0	1	1	0	0	1	5	0	0	

防災工が皆無の場合に，個々の地形種の形成に關与する地形過程によって起こり得る自然災害の種別とその発生頻度を次の6段階に大別してある。5：毎年発生，4：十年に1回程度発生，3：数十年に1回程度発生，2：数百年に1回程度発生，1：地形場によって発生することがある，0：発生しない。海岸災害は，それぞれの地形種が海に接している場合を示す。

表 7.6 低地の地形種に基づく表層地盤・農業的土地利用および建設工事上の留意事項
(鈴木隆介 著, 建設技術者のための地形図読図入門 第2巻 低地, 古今書院 より)

土地条件		表層地盤 (約 5 m 以浅)			昔の農業的土地利用 (1965 年以前の旧版地形図 で完全な灌漑排水施設のない 場合)	建設工事で問題となる事項 (自然災害を除く)		
		主要構成物質 (整形物質)	N 値	地下水 面深度 (m)		構造物基礎, 盛土, 埋立	開削, トンネル	
主要な地形種 (日本の場合)								
河成 低地	河川敷	網状流路	礫層	>30	< 3	草地	洗掘, 側刻	湧水, 崩落
		蛇行流路	砂層	<10	< 2	草地	側刻, 支持力不足	湧水, 土圧, 酸欠
		分岐流路	細砂層	<10	< 1	草地	支持力不足	湧水, 土圧, 酸欠
	扇状地	扇状地面	礫層	>30	> 3	畑, 桑畑, 果樹園, 林		湧水, 崩落, 落盤
		扇頂溝	礫層	>30	> 3	草地	洗掘, 側刻	湧水, 崩落, 落盤
		流路跡地	礫層, 砂層	>30	> 1	畑, 乾田		湧水, 崩落, 落盤
	蛇行原	自然堤防	砂層	10~20	< 3	畑, 桑畑, 果樹園, 林		湧水, 土圧
		後背低地	砂泥互層	<10	<1	乾田, 湿田		湧水, 土圧, 酸欠
		後背湿地	泥層, 泥炭層	<5	<1	湿田, 沼田	支持力不足	湧水, 土圧, 酸欠
		流路跡地	泥層, 泥炭層	<5	<1	湿田, 沼田	支持力不足	湧水, 土圧, 酸欠
	三角州	自然堤防	細砂層	10~20	< 3	畑, 果樹園, 林		湧水, 土圧
		後背低地	砂泥互層	<10	< 1	乾田, 湿田	支持力不足	湧水, 土圧, 酸欠
		後背湿地	泥層, 泥炭層	< 5	< 1	湿田, 沼田	支持力不足	湧水, 土圧, 酸欠
		流路跡地	泥層, 泥炭層	< 5	< 1	湿田, 沼田	支持力不足	湧水, 土圧, 酸欠
		谷底堆積低地	砂礫, 泥層	多様	多様	各種	多様	湧水, 土圧
		支谷閉塞低地	泥層, 泥炭層	< 5	< 1	湿田, 沼田	支持力不足	湧水, 土圧, 酸欠
		河成侵蝕低地	礫層, 岩盤	>30	多様	各種		湧水
	海成 低地	浜	礫浜	礫層	>30	< 2	裸地	洗掘
砂浜			砂層	<10	< 2	裸地, 草地	洗掘	湧水, 土圧
泥浜			泥層	< 5	< 1	裸地, 草地	支持力不足	湧水, 土圧
浜堤		砂礫層	多様	> 4	畑, 桑畑, 果樹園, 草林地		湧水, 土圧	
砂嘴, 沿岸州		砂礫層	多様	> 4	畑, 草林地	多様	湧水, 土圧, 酸欠	
堤間湿地		泥層, 泥炭層	< 5	0~1	湿田, 沼田	支持力不足	湧水, 土圧, 酸欠	
波蝕棚, 磯		固結岩	>30	< 1	裸地		湧水	
サンゴ礁	サンゴ石灰岩	>30	0~1	裸地		湧水		
砂丘	海岸砂丘	砂層	>10	>20	畑, 果樹園, 桑畑, 草林地	崩壊, 土圧	崩落	
	河畔砂丘	砂層	>10	>20	畑, 果樹園, 桑畑, 草林地	崩壊, 土圧	崩落	
湖沼成 低地	潟湖跡地	泥層, 泥炭層	< 5	0~1	湿田, 沼田	支持力不足	湧水, 土圧, 酸欠	
	泥炭地	泥炭層	< 5	0	草地	支持力不足	湧水, 土圧, 酸欠	
集団 移動成 低地	麓層面	角礫層	>30	>10	畑, 桑畑, 果樹園, 林	基礎根入	崩落, 落盤	
	崖錐	角礫層	>30	>10	畑, 桑畑, 果樹園, 林	基礎移動	崩落, 落盤	
	沖積錐	角礫層	>30	>10	畑, 桑畑, 果樹園, 林	基礎根入	湧水, 崩落, 落盤	

海岸建設工事は, それぞれの地形種が海に接している場合を示す。

低地の自然災害

河川災害 : 冠水, 外水氾濫, 内水氾濫, 鉄砲水, 河岸浸食

海岸災害 : 高波, 高潮, 津波, 飛砂, 漂砂, 海岸浸食

集団移動災害 : 土石流, 斜面崩落, 地すべり

その他 : 地震災害, 地盤の支持力, 掘削と安定, 沈下 (圧密沈下) 沈下 (地震後の長期沈下), 地盤の液状化, 側方流動, ボイリング, ヒービング

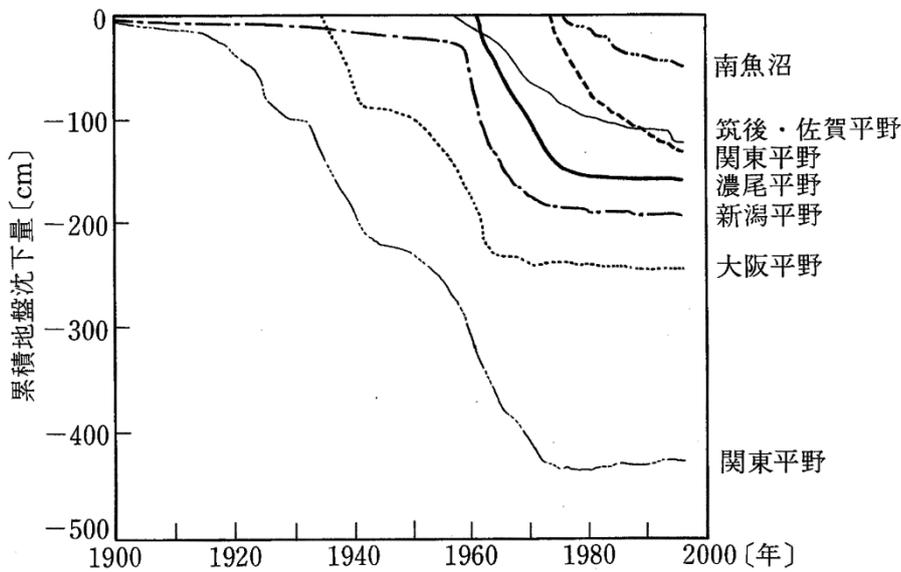


図 7.4 地下水くみ上げによる広域地盤沈下の例 (今井五郎ら 地盤地質学 コロナ社 より)

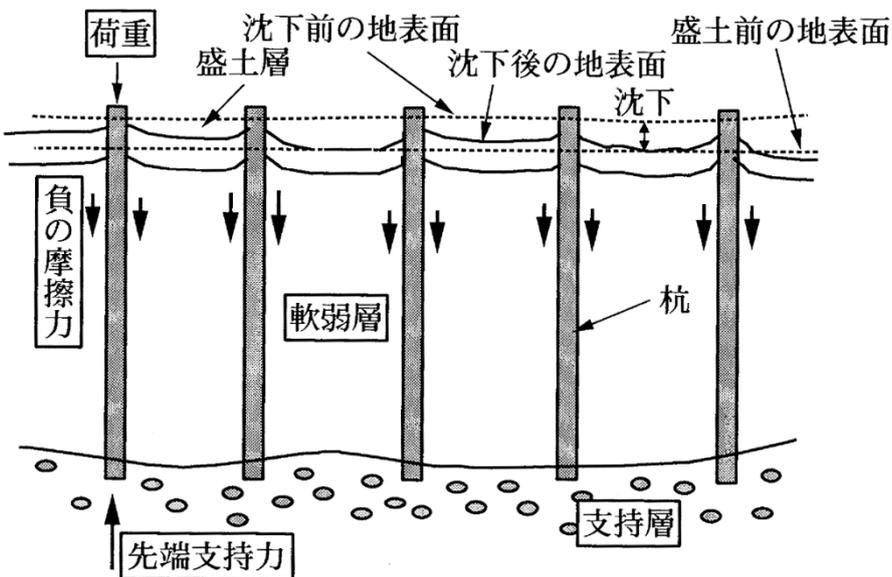
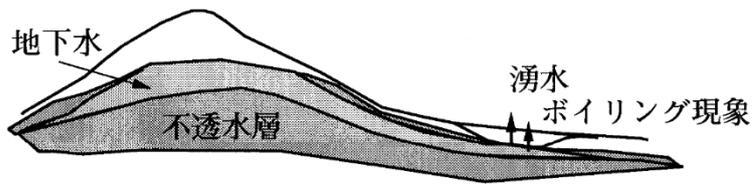
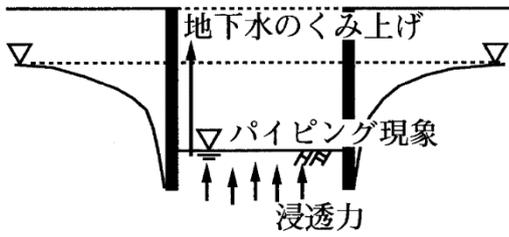


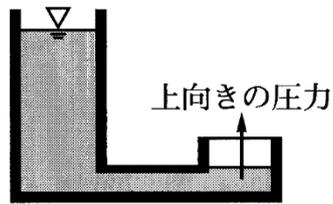
図 7.5 杭に作用する負の周面摩擦力の概念図 (今井五郎ら 地盤地質学 コロナ社 より)



(a) 被圧地下水と湧水



(b) 地盤掘削に伴う地下水変動とパイピング



(c) 透水力(浸透力)の概念

図 7.6 地下水圧と浸透力 (今井五郎ら 地盤地質学 コロナ社 より)

土木地質学特論

(8) 段丘の地質・地盤

段丘の定義

(1) 低地が離水し、河川浸食あるいは海岸浸食によって開析されたために、一方ないし四方を崖または急斜面で縁取られ、周囲より不連続的に高い平坦地を持つ、階段状ないし卓状になった高台を段丘と呼ぶ。

【キーワード】 段丘、段丘面、段丘崖、台地、台地面、台地崖

(2) 段丘：河成低地、海成低地、湖成低地、サンゴ礁。低地が起源であること。

段丘に類似するが異なるもの：崖錐や沖積錐が侵蝕された段丘状の地形、火砕流台地、地すべり錐、地層階段など。低地が離水したものではない。

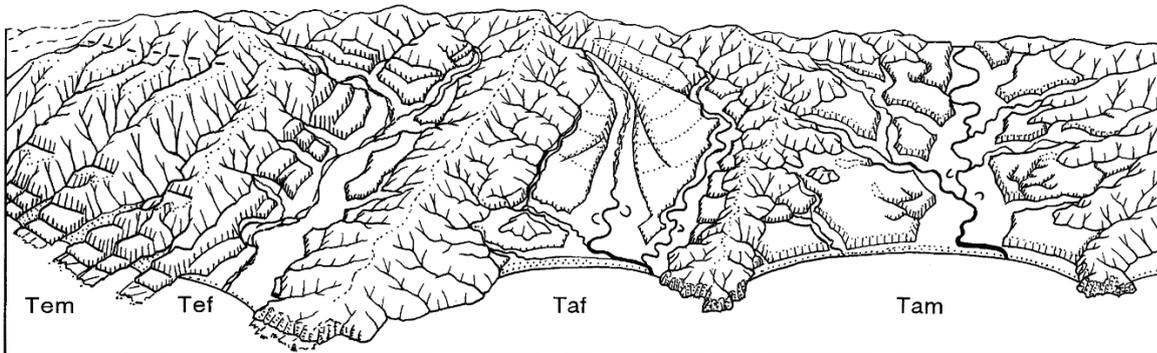
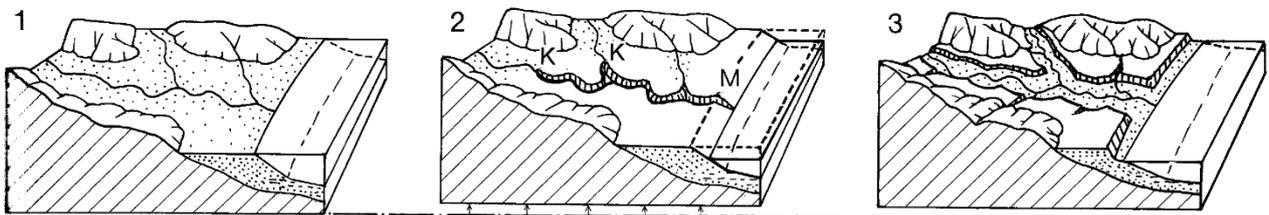


図 8.1 段丘と台地（鈴木隆介 著、建設技術者のための地形図読図入門 第3巻 段丘・丘陵・台地、古今書院 より）

段丘の形成過程の概要

- (1) 低地（後の段丘面）の形成
- (2) 低地の離水（氷河性海面変動、地盤の隆起）
- (3) 河川の下方侵蝕、海岸侵蝕による低地の段丘化（段丘面と段丘崖の分化）



1：河成堆積低地の形成期：打点域が低地であり、自然条件下では百年に1回くらいの頻度で冠水する。

2：段丘の形成初期：①段丘化の根源的原因の発生（たとえば矢印の長さに相当する地盤の隆起）と②それに起因する低地の離水、沖合へ移動した新河口（M）までの延長川の形成、河川の下方侵蝕と頭方侵蝕の復活（Kは滝や早瀬の遷急点）ならびに③海岸侵蝕の復活（=段丘崖の形成=旧低地面の離水=旧低地の段丘面化）。打点域はまだ段丘化していない低地である。

3：段丘の縮小期：新しい谷底侵蝕低地と海成侵蝕低地（打点域）の形成に伴う段丘崖の後退と段丘面の縮小ならびに段丘開析谷の発達による段丘面の分断。

図 8.2 段丘の生成過程（鈴木隆介 著、建設技術者のための地形図読図入門 第3巻 段丘・丘陵・台地、古今書院 より）

段丘各部の意義と諸元

- (1) 段丘 = (段丘面) + (段丘崖) + (段丘解析谷)
- (2) ひとつの段丘で一つの時代。前面段丘崖、後面段丘崖、崖頂線、崖麓線。
- (3) 一つの段丘面の形成過程を考察する場合には、後面段丘崖が重要（地形学的には）。前面段丘崖は崩壊・斜面発達などで変形し、初生的形態が失われている。古い段丘ほど段丘崖が緩傾斜。但し、建設工学的には段丘崖の安定性を理解するために、前面段丘崖の比高や崖頂線の形態などは重要な意味を持つ。

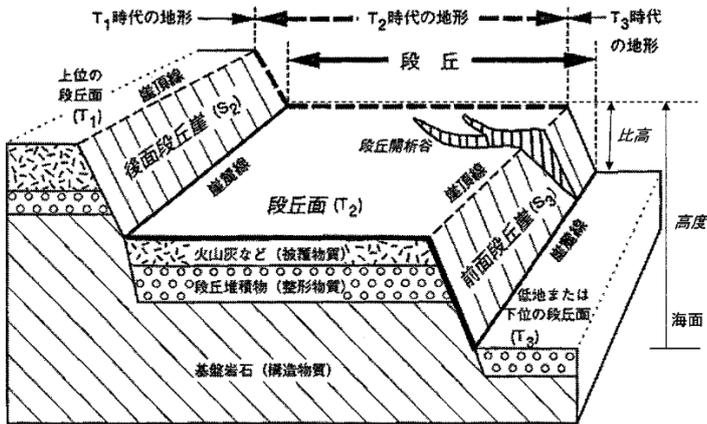
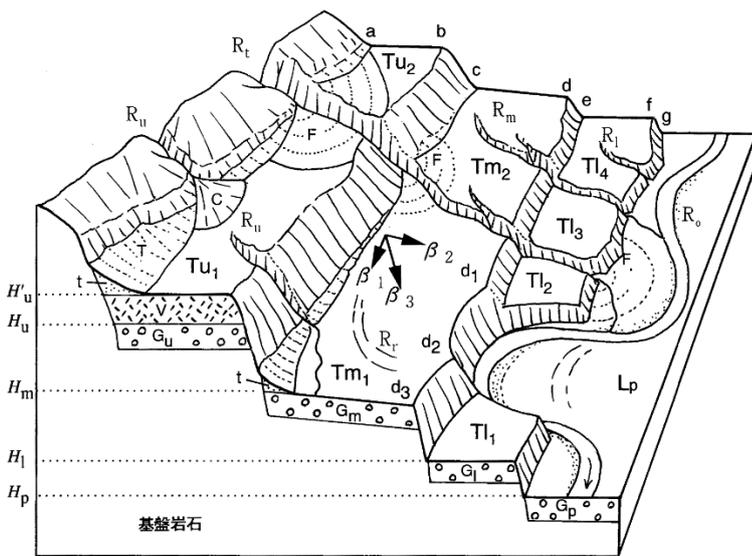


図 8.3 段丘各部の名称（鈴木隆介 著，建設技術者のための地形図読図入門 第3巻 段丘・丘陵・台地，古今書院 より）

段丘各部の諸元

段丘の地形的特徴は「地形相」と「地形量」で記述される。

- (1) 段丘面の傾斜（縦断傾斜，横断傾斜，最大傾斜）
- (2) 段丘面の高度と比高
- (3) 段丘面の幅
- (4) 段丘の開析度

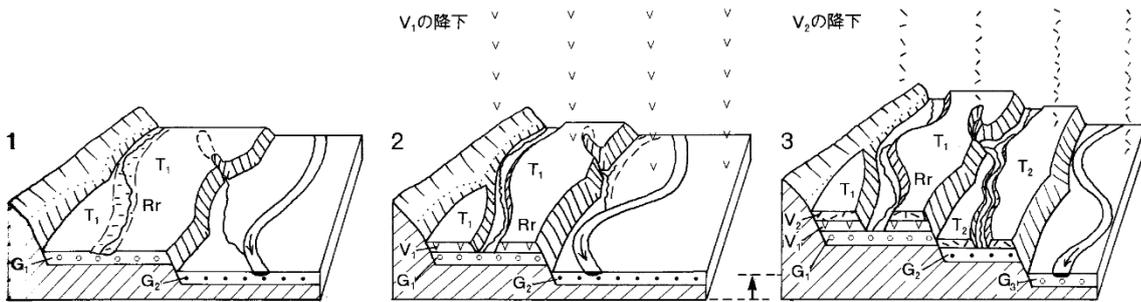


Tu・Tm・Tl：上位・中位・下位段丘面，添字は各段丘面の断片を示す。
 a：山麓線，c, e, g：段丘崖の崖麓線，
 b, d, f：段丘崖の崖頂線。
 Lp：現成の河成低地，T：崖錐，C：沖積錐，F：支流の扇状地。
 R₀：本流，R_i：古い支流とその段丘開析谷，R_u・R_m・R_l：上位・中位・下位の段丘形成後に生じた河川とその段丘開析谷，R_r：流路跡地。
 H_u・H_{u'}：上位段丘面の実質高度・名目高度，H_m・H_l・H_p：中位段丘面・下位段丘面・現成低地の実質高度。
 h_u(=H_u-H_p)とh_{u'}(=H_{u'}-H_p)：現河床から上位段丘面までの実質比高と名目比高。中位・下位段丘でも同様。
 β₁, β₂, β₃：中位段丘面の縦断勾配，横断勾配および最大勾配ならびにそれらの傾斜方向。
 G_u, G_m, G_l, G_p：上位，中位，下位の段丘および低地の堆積物，V：火山灰層，t：崖錐堆積物。

図 8.4 段丘の形態的特徴の諸相と諸元（鈴木隆介 著，建設技術者のための地形図読図入門 第3巻 段丘・丘陵・台地，古今書院 より）

段丘の構成物質

- (1) 段丘堆積物：ほぼ水平に堆積。非固結の碎屑性堆積物。厚さと粒径。地下水の低下に伴う酸化，風化。礫の粘土化。
- (2) 基盤岩石：固結性岩石，非固結性堆積物。受け盤，流れ盤。
- (3) 降下火砕堆積物：火山の主に東側。火山灰，スコリア，軽石が段丘堆積物を数 m～数十 m の厚さで被覆していることがある。約 1 万年以前のもものは風化して赤色，褐色になり粘土化。赤土，関東ローム。

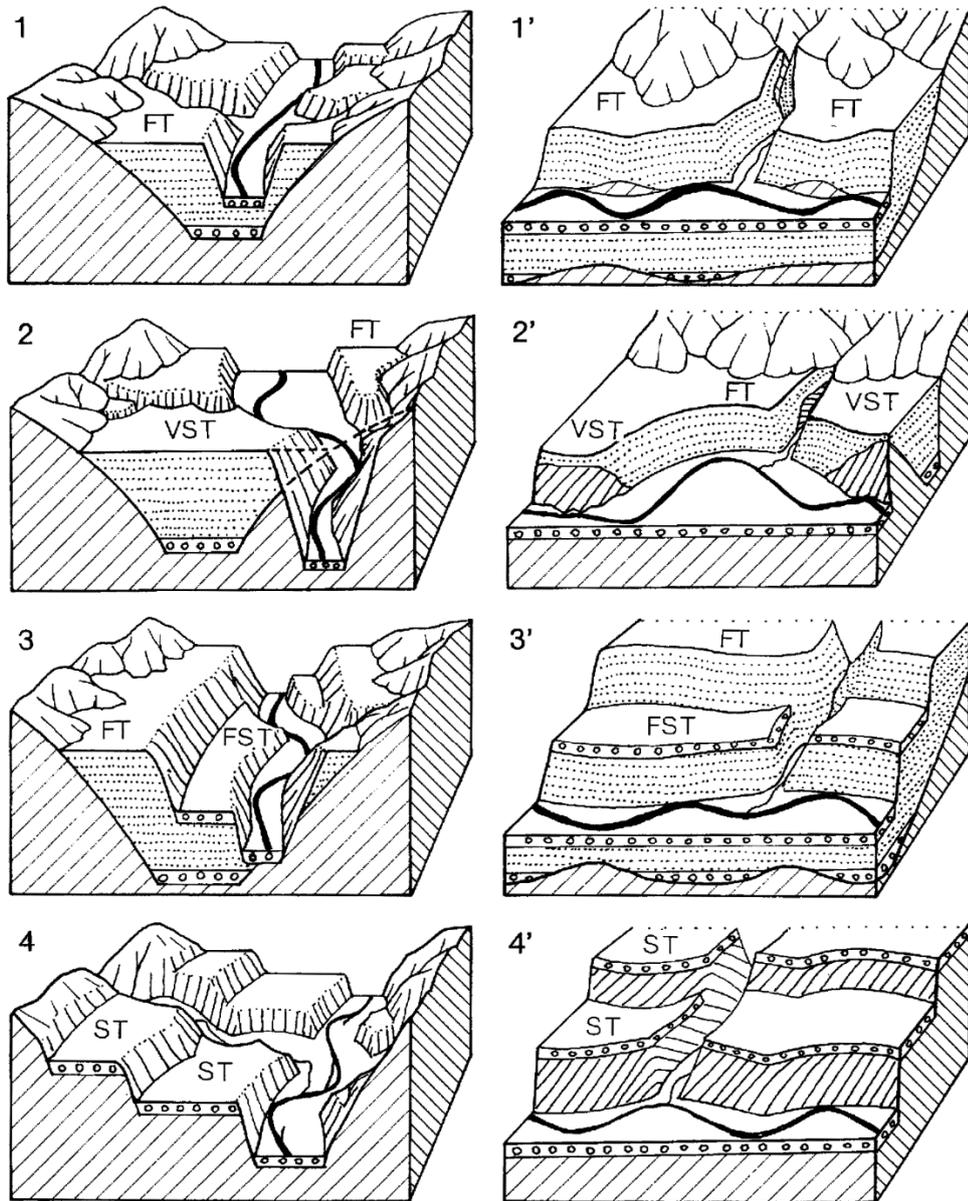


- 1：降下火砕物質（火山灰，軽石，スコリアなど）の降下前の地形であり，段丘面に名残川（ R_r ）がある。
- 2：降下火砕物質（ V_1 ）は段丘面（ T_1 ）には堆積するが，現成低地および名残川ぞいでは水流で除去され堆積しない。
- 3：段丘面（ T_2 ）の形成後の降下火砕物質（ V_2 ）の降下・堆積。上位の段丘（ T_1 ）ほど被覆物質が厚くなり，名残川は谷を形成し，その両岸が‘ローム段丘’になる。

図 8.5 段丘面を被覆する降下火砕物質とローム段丘（鈴木隆介 著，建設技術者のための地形図読図入門 第 3 巻 段丘・丘陵・台地，古今書院 より）

段丘の分類

- (1) 段丘の地形場による分類：河岸段丘，海岸段丘，湖岸段丘。
- (2) 段丘面の形成過程による分類
 - (a) 段丘面の形成営力による分類：河成段丘，海成段丘，湖成段丘，サンゴ礁段丘。
 - (b) 段丘の平坦化の過程による分類：堆積段丘，侵蝕段丘，サンゴ礁段丘。
- (3) 段丘の内部構造による分類
 - (a) 段丘構造物の意義による分類：フィルトップ段丘，フィルストラス段丘，ストラス段丘。
 - (b) 段丘堆積物の厚さによる分類：砂礫段丘（非固結，5m 以上），谷側積載段丘（建設工学的に問題が多い），岩石段丘（固結），サンゴ礁段丘。
- (4) 段丘化の根源的原因による分類
 - (a) 広域的原因による段丘：変動段丘（地殻変動による広域的地盤変動），氷河性海面変動段丘（間氷期：プラス数m，氷期：マイナス約 100m），気候段丘（気温，降雨，氷河，植生被覆，岩屑生産量，河川流量など），重合段丘。
 - (b) 局所的原因による段丘：局所の変動に起因する段丘（断層，活背斜運動（押し合って盛り上がる）による低地の隆起），河川争奪に起因する段丘，河川の生育蛇行に起因する段丘，河川の流路短絡に起因する段丘，その他・・・。



- 1: フィルトップ段丘 (砂礫段丘), FT.
 2: 谷側積載段丘 (フィルトップ段丘の亜種), VST.
 谷側積載段丘の部分 (峡谷) と砂礫段丘の部分との谷底低地幅の差異に注意.
 3: フィルストラス段丘 (砂礫段丘), FST.
 4: ストラス段丘 (岩石段丘), ST.
 1'~4' は段丘崖を正面からみた模式図: 段丘堆積物と基盤岩石の存在状態に注意.

図 8.6 段丘堆積物による段丘の分類 (鈴木隆介 著, 建設技術者のための地形図読図入門 第3巻 段丘・丘陵・台地, 古今書院 より)

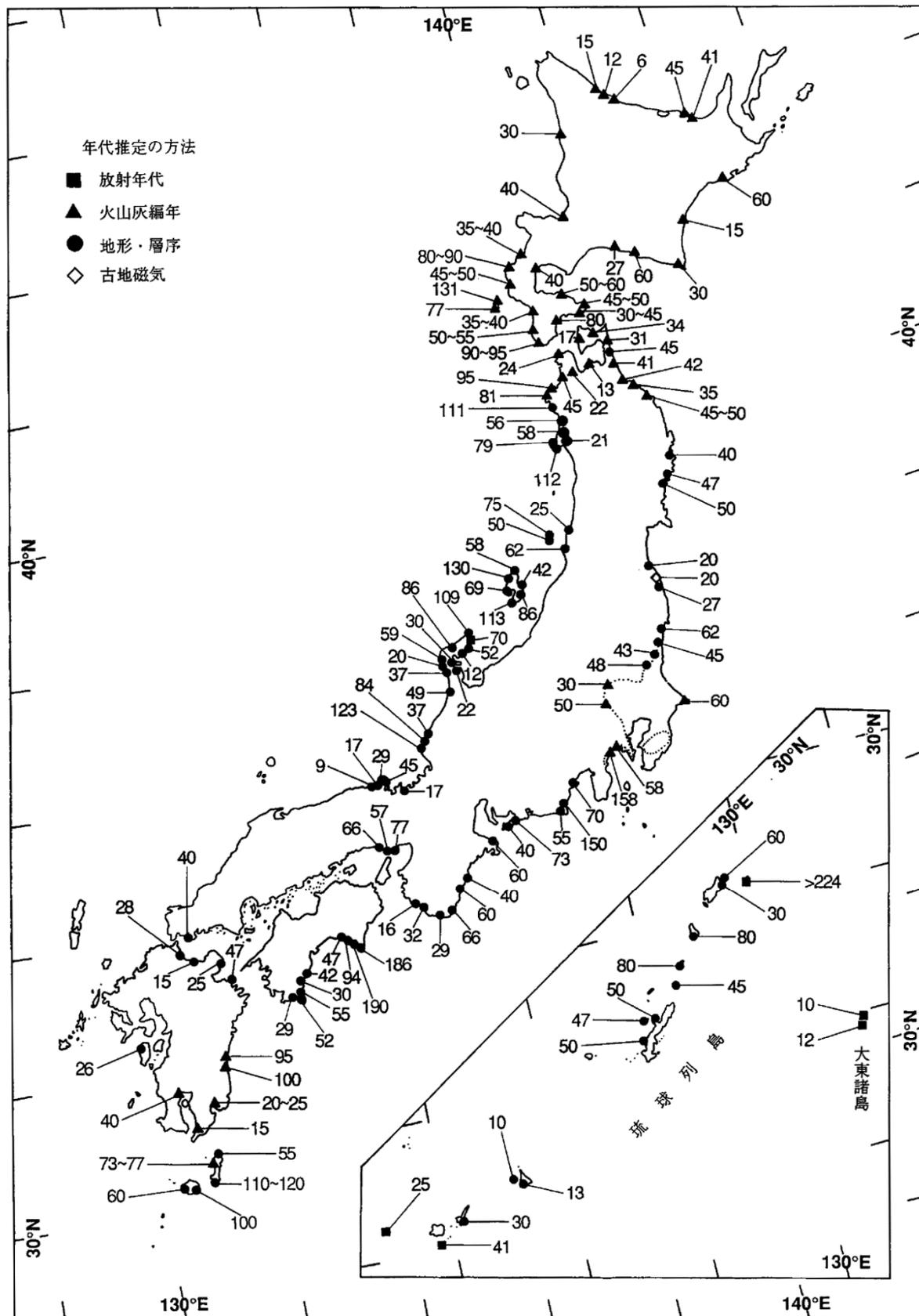


図 8.7 最終間氷期最盛期（約 12 万年前）の旧汀線の高度分布（鈴木隆介 著，建設技術者のための地形図読図入門 第 3 巻 段丘・丘陵・台地，古今書院 より）

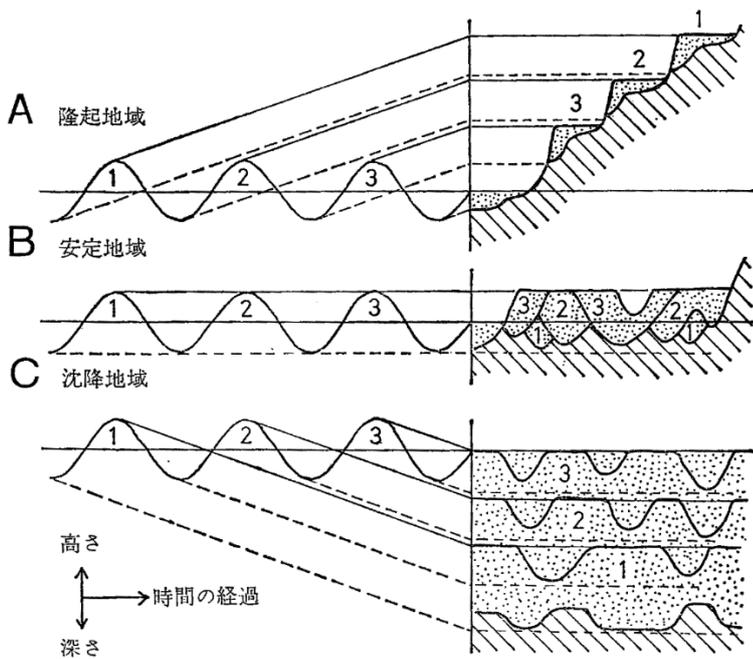
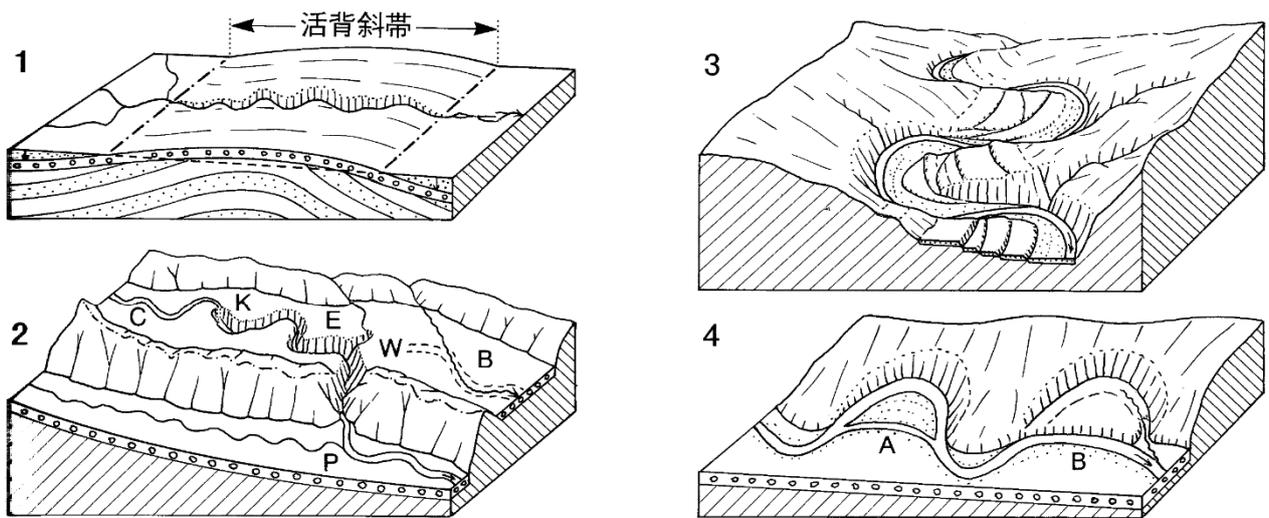


図 8.8 氷河性海面変動と広域の変動変位の合成による臨海地域の地形発達 の 3 区分 (鈴木隆介 著, 建設技術者のための地形図読図入門 第 3 巻 段丘・丘陵・台地, 古今書院 より)



1: 局部的隆起, 2: 河川争奪 (C: 被奪河川, K: 遷急点, E: 争奪の肘, W: 風隙, B: 斬首河川, P: 争奪河川), 3: 生育蛇行, 4: 流路短縮 (A: 早瀬切断の前, B: 早瀬切断の後), にそれぞれ起因する段丘。

図 8.9 局所的原因による段丘の 4 例 (鈴木隆介 著, 建設技術者のための地形図読図入門 第 3 巻 段丘・丘陵・台地, 古今書院 より)

表 8.1 新旧の河成・海成段丘の一般的差異（約 12 万年前）の旧汀線の高度分布（鈴木隆介 著，建設技術者のための地形図読図入門 第 3 巻 段丘・丘陵・台地，古今書院 より）

		新しい段丘ほど	古い段丘ほど
段丘面	現河床からの比高または高度	低い	高い（例外：埋没段丘および沈水段丘）
	残存状態および連続性	広く，広範囲に連続し，流路跡地などの旧低地の原形が保存されている	狭く，段丘開析谷で分断され，旧低地の原形が失われている
	段丘開析谷	少なく，短く，幅が狭く，浅い	多く，長く，幅が広く，深い
	旧低地時代に形成された単式低地の残存状態	流路跡地，自然堤防，後背低地，浜堤，堤間湿地，岩島などがある	不明瞭
段丘崖	縦断形と傾斜	崖頂線と崖麓線がともに明瞭で，急斜面の直線斜面に近い	頂部は凸形斜面で，崖頂線が不明瞭。中部は直線斜面。基部は凹形斜面で，崖麓線が不明瞭
	侵蝕谷・ガリーの発達状態	少なく，短い，深淺多様	多く，長く，深い
	起こりやすい集団移動の様式	崩落（落石，岩盤崩壊），地すべり	匍行，地すべり
	植生被覆	露岩が多く，自然林や竹林，耕地は稀	露岩は少なく，人工林や畑，桑畑，稀に水田
段丘堆積物	現成堆積物との比較	粒径・岩質がほぼ同じ	粒径・岩質が異なることもある
	風化程度と土壌の厚さ	新鮮～弱風化。土壌は薄い	中風化～強風化（腐れ礫を含む）。土壌は厚い
段丘堆積物基底の基盤岩石の風化状態		薄い	厚い
後背斜面または支流に由来する被覆堆積物の形成した地形種の被覆状態		少ない：小規模な崖錐，沖積錐，支流の扇状地が被覆する	多い：麓斜面，崖錐，沖積錐，地すべり堆，支流の扇状地が被覆する
降下火砕堆積物（テフラ）の被覆		ないか，あっても薄い	厚く，古い風化火山灰（ローム層）もある。ただし，火山の風上地域や遠隔地域にはない

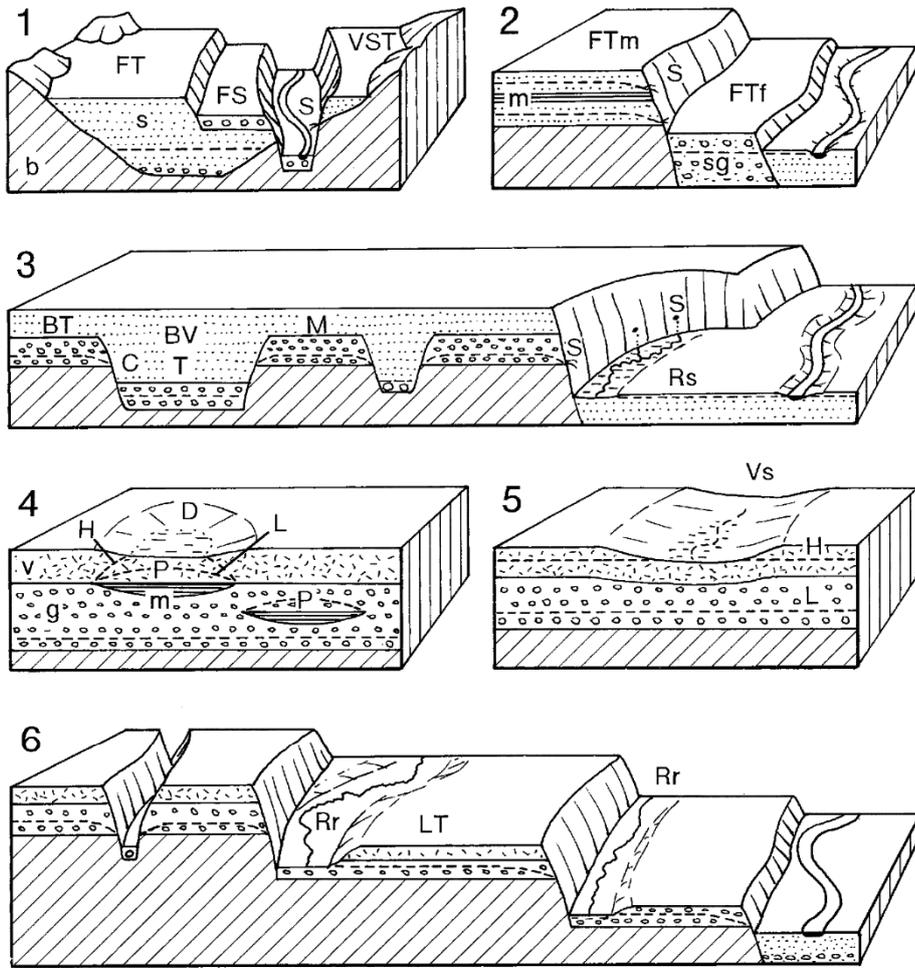
段丘の自然災害と建設工事

段丘は低地とは異なり，乾燥しており，地下水位も深く，洪水や高潮によって冠水することも無く，一般的に軟弱地盤も少ないことから，建設工学的にそれほど問題は多くないものの，段丘の内部構造と建設工事の種類，場所の組み合わせによっては，危険となる場所もある。

建設工事が危険となる組み合わせは，段丘堆積物の薄い岩石段丘（侵蝕段丘），段丘堆積物の厚い砂礫段丘（主に堆積段丘）で著しく異なっている。建設工事的に特に重要なことは，段丘の内部構造と段丘各部に対する構造物の位置関係である。

段丘面窪地の豪雨による冠水，段丘面後輩の山腹斜面・後面段丘崖からの崩落や地すべり，前面段丘崖の崩壊など。

- (1) 切取と開削：掘削勾配，地下水位の急激な低下。
- (2) 盛土と基礎：流れ盤，支持力不足。
- (3) トンネル：偏圧による崩壊，基盤岩内へ設置が基本。地下ダムとなり，地下水環境が変化。
- (4) ダム：段丘堆積物を跨ぐ場合，止水が難しい。



破線は自由（不圧）地下水の地下水面を示す。

H・L：高水位期・低水位期の地下水面，S：湧水，C：地下水瀑布，T：地下水谷，M：地下水堆，P：宙水。

1：河成のフィルトップ段丘（FT），谷側積載段丘（VST）およびフィルストラス段丘（FS），

2：海成フィルトップ段丘（FTm）と河成砂礫段丘（FTf），

3：埋没段丘（BT）と埋没谷（BV）をもつフィルトップ段丘，Rs：湧泉川，

4：厚いローム層に被覆された段丘上の浅い凹地（D）と宙水（P），

5：厚いローム層に被覆された段丘上の浅い谷（Vs）と地下水面，

6：岩石段丘と地下水面，LT：ローム段丘，Rr：名残川。

g：礫層，sg：砂礫層，s：砂層，m：泥層，v：被覆火山灰層（ローム層），

b：基盤岩石。

図 8.10 段丘と地下水の関係の概念図（鈴木隆介 著，建設技術者のための地形図読図入門 第3巻 段丘・丘陵・台地，古今書院 より）

災害を起こす 地形過程		河川災害*2				海岸災害*3					集団移動災害*4				その他			
		鉄砲水	外水氾濫	内水・湛水	河岸侵蝕	高波	高潮	津波	飛砂	漂砂	海岸侵蝕	匍行	崩落	地すべり	土石流	地盤沈下	地盤液状化	
主な地形種																		
砂礫 段丘*5	段丘面*6	山麓部	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5	1	1	1	0	0
		後面段丘崖の麓部	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5	1	1	0	0	0
		段丘面中央部	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
		前面段丘崖の頂部	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	3	2	0	0	0
	微低地・凹地	0	4	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
	段丘崖*7	古期の段丘崖	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0
		中期の段丘崖	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	1	0	0	0	0
		現成の段丘崖	1	5	0	3	5	5	2	1	5	5	5	5	3	0	0	0
段丘開析谷の谷壁		1	5	0	3	0	0	1	0	0	0	5	5	3	1	0	0	
岩石 段丘	段丘面*6	山麓部	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5	1	1	1	0	0
		後面段丘崖の麓部	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5	1	1	1	0	0
		段丘面中央部	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		前面段丘崖の頂部	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	3	2	0	0	0
	微低地・凹地	0	4	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	段丘崖*7	古期の段丘崖	1	4	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1
		中期の段丘崖	0	4	4	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5	3
		現成の段丘崖	1	5	0	3	5	5	2	1	5	5	5	5	3	1	0	0
段丘開析谷の谷壁		1	5	0	3	0	0	1	0	0	0	5	5	3	1	0	0	
サンゴ礁段丘*7			0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	

* 1 : 直接的な気象・地震・火山災害を除く。

* 2 : 河成段丘面を形成した本流による河川災害を示す。本流による河川災害が起こらなくても、背後の山地斜面から流出する小支流による河川災害が起こることがある。

* 3 : 海成・河成を問わず、臨海の段丘全般を対象とする海岸災害を示す。

* 4 : 背後の山地斜面と後面段丘崖で発生する災害も対象とする。ただし、山麓部は離麓距離が背後斜面の比高以下の範囲である。

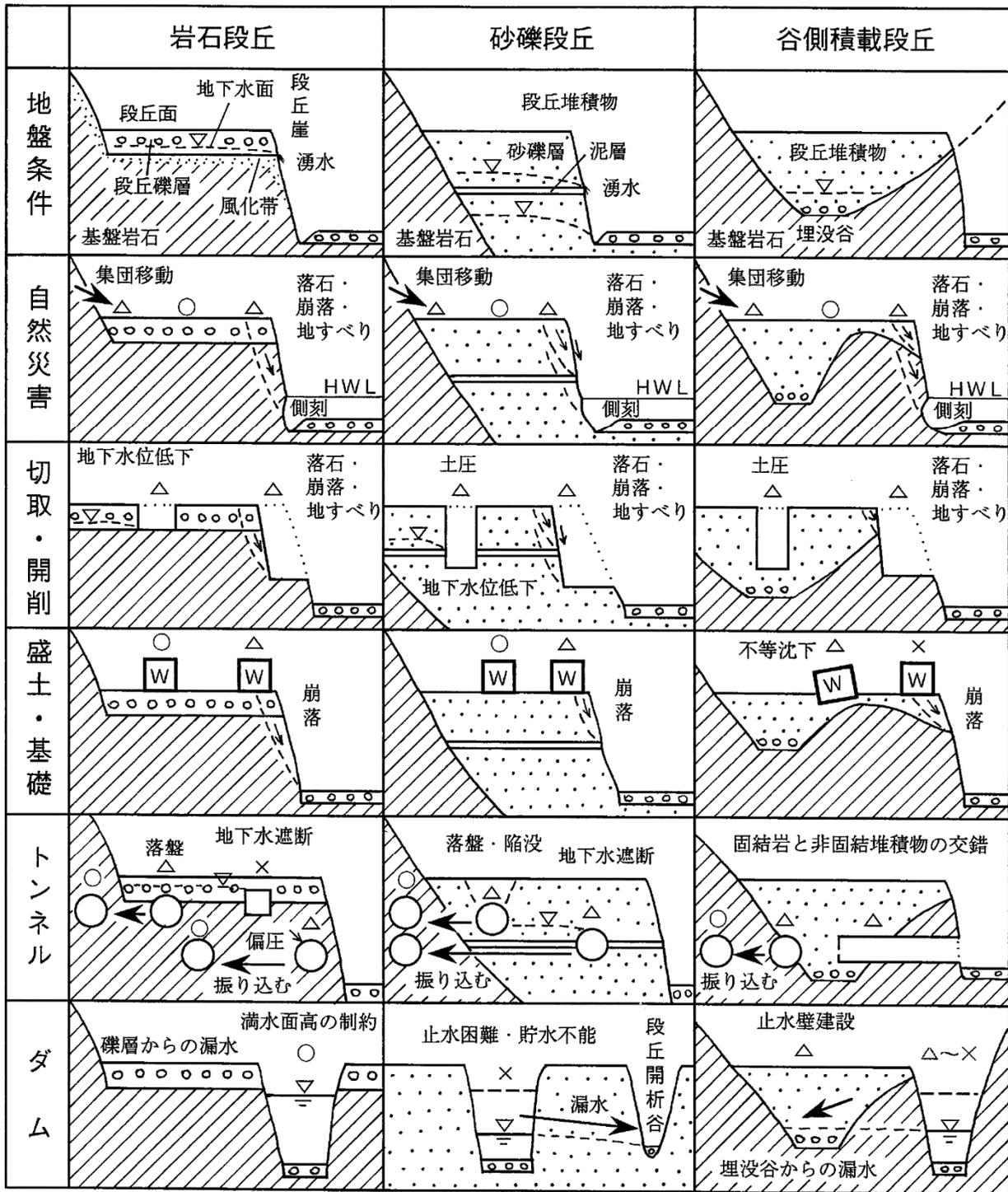
* 5 : 砂礫段丘の段丘堆積物は礫、砂、泥の単層または互層の場合がある。

* 6 : 段丘崖の比高に比べて数十倍の横断幅をもつ段丘面を対象とする。

* 7 : 現成段丘崖の基部が河川または海に接している場合について、発生頻度が予想されている。

表中の数字は、防災工が皆無の場合に、個々の地形種の形成に関与した地形過程によって発生しえる自然災害の種類とその発生頻度を次の6段階に大別して示す。5: 毎年発生, 4: 十年に1回程度発生, 3: 数十年に1回程度発生, 2: 数百年に1回程度発生, 1: 地形場によって発生することがある, 0: 発生しない。海岸災害は、それぞれの地形種が海に接している場合を示す。

図 8.11 段丘各部に特有の自然災害の種類と発生頻度の予測例 (鈴木隆介 著, 建設技術者のための地形図読図入門 第3巻 段丘・丘陵・台地, 古今書院 より)



図中の記号は、個々の建設工事の相対的難易度であり、○：とくに問題はない、△：要注意、×：極めて困難、をそれぞれ示す。段丘各部に対する構造物の位置に注意。W：人工的荷重。

図 8.12 3種の段丘の地盤条件と自然災害および建設工事における留意事項の概要（鈴木隆介 著、建設技術者のための地形図読図入門 第3巻 段丘・丘陵・台地、古今書院 より）

土木地質学特論

(9) 丘陵地・山地の地質・地盤

日本の国土の約70%は丘陵・山地・火山で構成されている。このうち、丘陵・山地は隆起（内的営力）によって標高が高くなった地盤（最初は平坦であった）が、侵蝕・風化・崩壊（外的営力）によって削られ、起伏を増したものである。地形の高低差が大きいため、地形の変化速度は低地や段丘と比べて大きい。

丘陵地・山地の定義

明確な区別は無い。イメージとしては以下の通り。

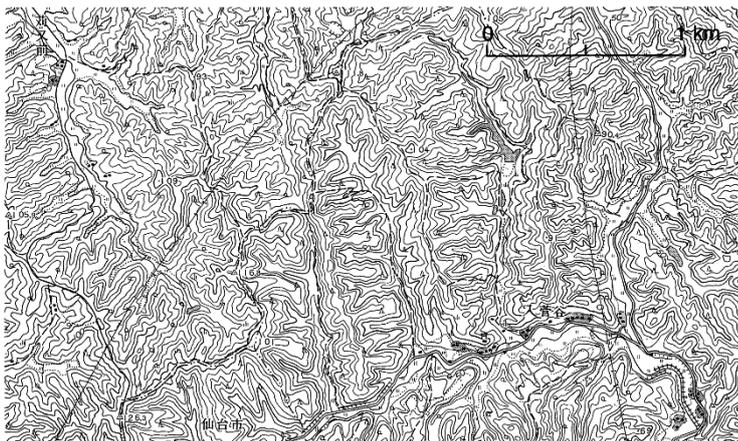
丘陵：低くて緩傾斜のなだらかな尾根と浅い谷の連なる里山。

山地：高くて険しく、深い谷がある。

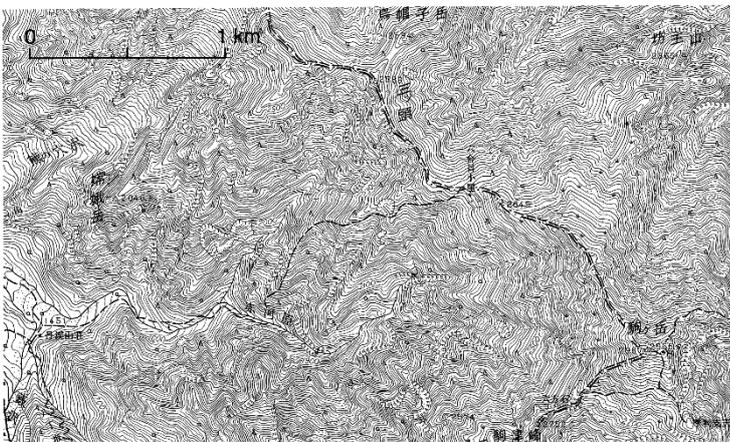
山地の中の分類における用語のイメージ

山脈：広範囲にわたって細長く伸びている大起伏の山地。

山地・高地・高原：細長くない山地。山地>高地>高原の順に高度と起伏量が小さくなる。



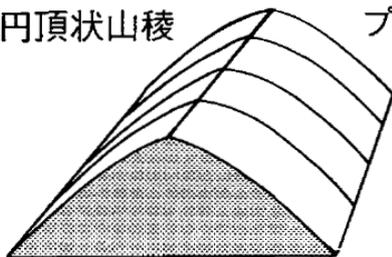
(2.5万「富谷」〈仙台2-2〉附46修正) 主要尾根の高度は90~126mで定高性があり、主要谷底の高度は約20~50mであり、1km方眼の起伏量は約70mと小さく、ほぼ一定である。プリズム状ないし円頂状の尾根が発達する。



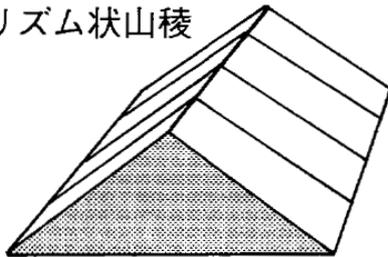
(2.5万「甲斐駒ヶ岳」〈甲府14-1〉平2修正) 主要尾根の高度は約2,500~約3,000m、主要谷底（例：赤河）の高度は約1,500m、1km方眼の起伏量は500m内外であり、尖頂状尾根をもつ急峻な地形を示す。

図9.1 丘陵（上図）と山地（下図）の例（鈴木隆介 著、建設技術者のための地形図読図入門 第3巻 段丘・丘陵・台地，古今書院 より）

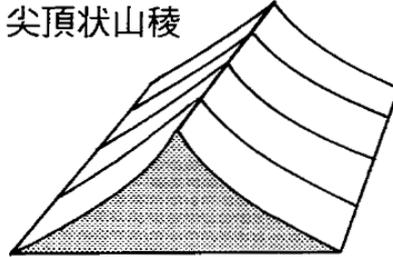
円頂状山稜



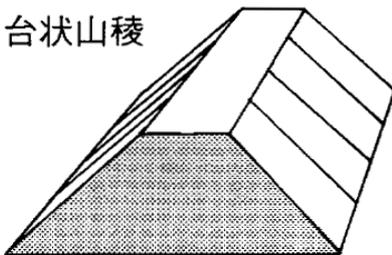
プリズム状山稜



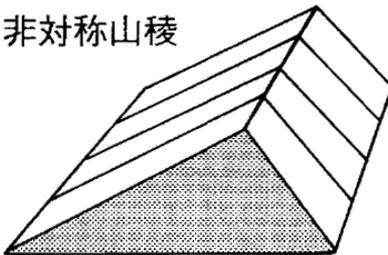
尖頂状山稜



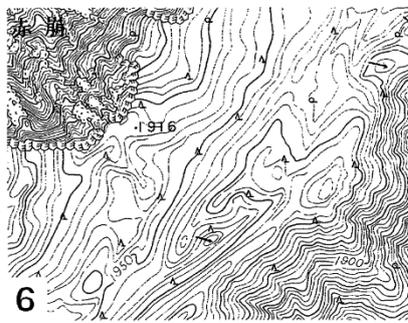
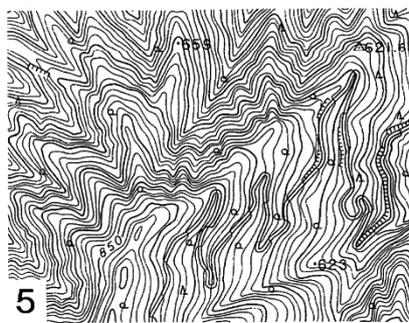
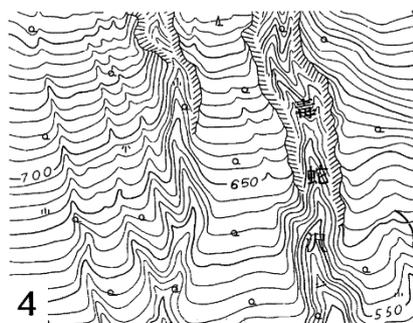
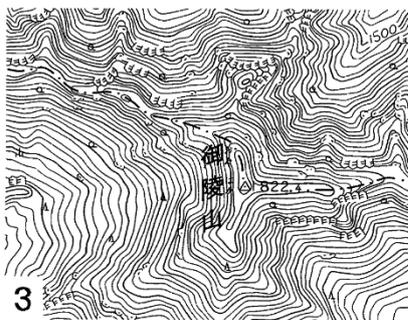
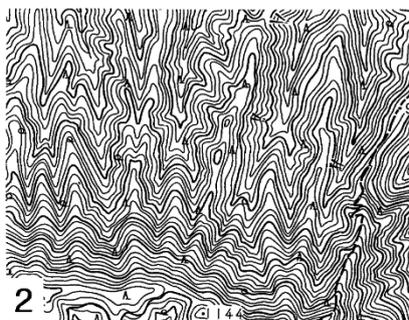
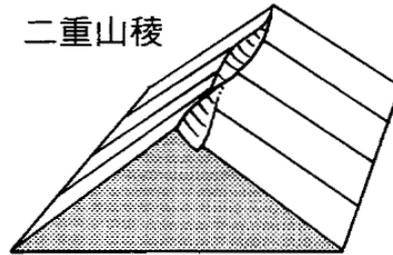
台状山稜



非対称山稜



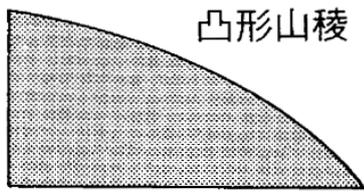
二重山稜



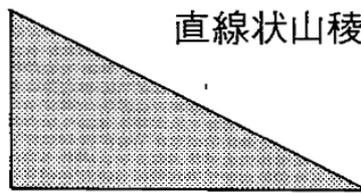
2.5万原寸. 1~6の配列は図12.0.3に対応.

1:「安牛」〈天塩3-1〉昭54修正, 2:「上垣内」〈和歌山8-1〉昭42測, 3:「御所平」〈甲府5-3〉昭48測,
4:「岩木山」〈弘前9-3〉平6修正, 5:「内田」〈岡山及丸亀4-1〉昭59修正, 6:「上河内岳」〈甲府16-2〉平10修正.

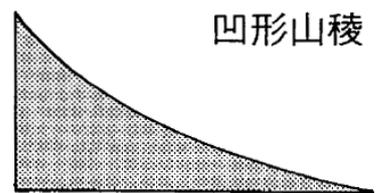
図9.2 尾根横断形の基本類型の実例 (鈴木隆介 著, 建設技術者のための地形図読図入門 第3巻 段丘・丘陵・台地, 古今書院 より)



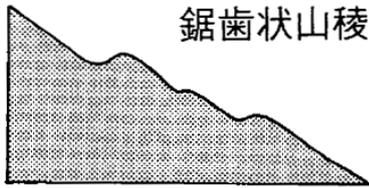
凸形山稜



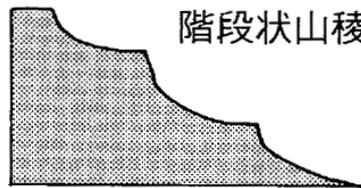
直線状山稜



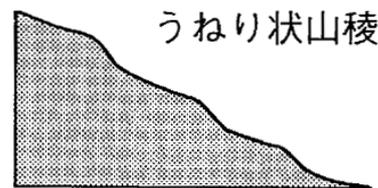
凹形山稜



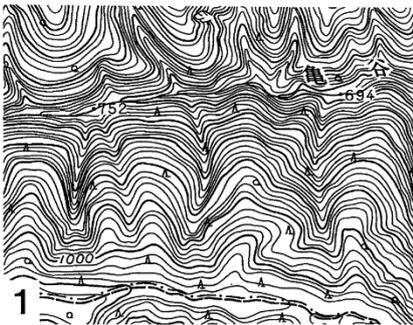
鋸歯状山稜



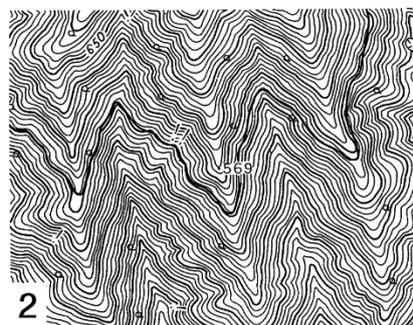
階段状山稜



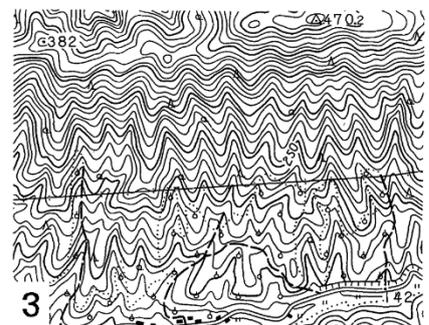
うねり状山稜



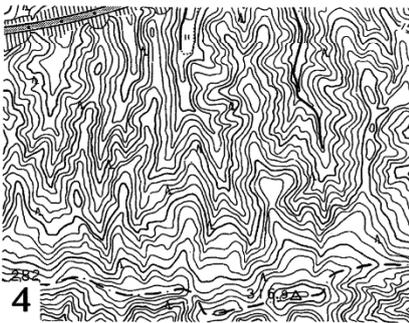
1



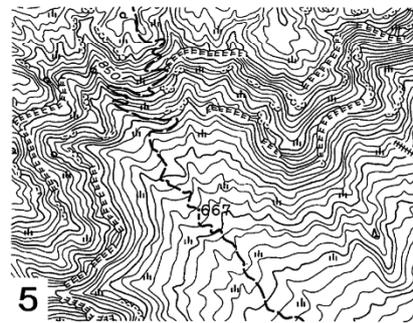
2



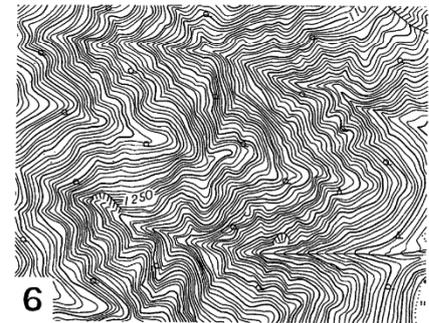
3



4



5



6

2.5万原寸. 1~6の配列は図12.0.5に対応.

1:「護摩壇山」〈和歌山 8-4〉昭42測, 2:「思地」〈高知 11-3〉昭45修正, 3:「金屋」〈和歌山 12-4〉昭43修正,
4:「国東山」〈伊勢 6-3〉平9修正, 5:「坊中」〈大分 15-3〉昭50測, 6:「信濃大河原」〈甲府 15-4〉昭46測.

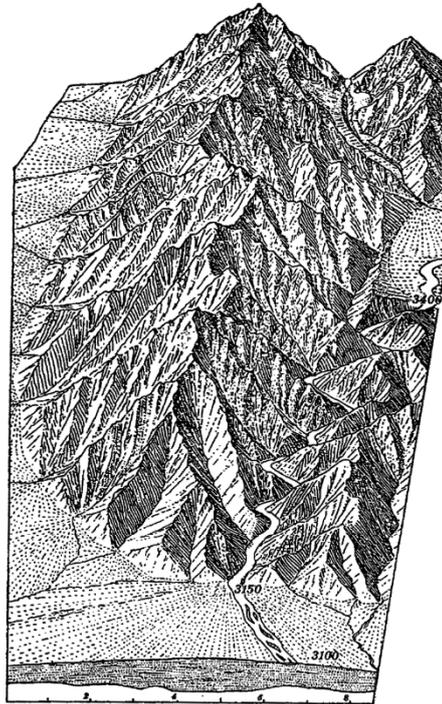
図9.3 尾根縦断形の基本類型の実例（鈴木隆介 著，建設技術者のための地形図読図入門 第3巻 段丘・丘陵・台地，古今書院 より）

侵蝕階段

幼年期→早壮年期→満壮年期→晩壮年期→老年期→準平原



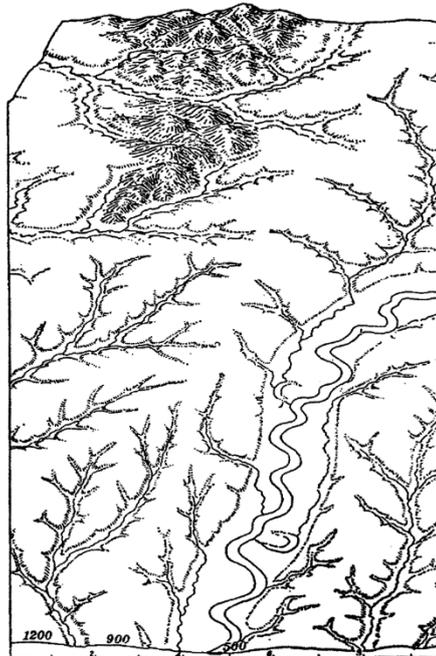
A：幼年期の地形，曲隆した準平原を示す。鎖線は隆起軸で，それを横切る深い谷は先行谷



B：壮年期の地形，けわしく開析された高山と山麓の沖積地を示す



C：老年期の従順山地，開析扇状地や段丘の発達がみられる



D：若干のモナドノックのある準平原

図 9.4 山地の侵食階段（鈴木隆介 著，建設技術者のための地形図読図入門 第3巻 段丘・丘陵・台地，古今書院 より）

表 9.1 山地の浸食階段とその一般的特徴（鈴木隆介 著，建設技術者のための地形図読図入門 第3巻 段丘・丘陵・台地，古今書院 より）

		幼年期	壮年期			老年期
			早壮年期	満壮年期	晩壮年期	
原地形（原面）の残存状態		侵蝕谷の地区より広い面積を占める	侵蝕谷の地区より狭い面積で残存	点的に残存	原面は残存しない	原面は残存しない
主尾根	縦断形	平滑で高原状	平頂峰が多く，定高性と深い鞍部	鋸歯状で，鞍部があり，凹凸に富む	風波状	うねり状，寝姿状
	横断形	台形，原面は従順	プリズム状	尖頂状	円頂状，従順	円頂状，従順
起伏量		小～大	大	最大	中	小
侵蝕前線		明瞭	明瞭	不明瞭	不明瞭	ない
谷壁斜面の状態		露岩と崩壊が多い	露岩と崩壊が密集	露岩と崩壊が多い	露岩と崩壊は少ない	露岩はほとんどない
主要河川	河道の平面形	直線状，掘削蛇行	掘削・生育蛇行	生育蛇行	生育蛇行	蛇行する浅い谷
	谷の縦断形	緩勾配～急勾配	急勾配，大滝	大滝，深い淵，早瀬	浅い淵と瀬	緩勾配
	谷の横断形	浅い谷，V字谷	急なV字谷，欠床谷	V字谷，欠床谷	開いたV字谷，床谷	浅い谷
	河床の状態	岩床河川，巨大岩塊	岩床河川，大岩塊	岩床河川，大岩塊	角礫床～礫床河川	礫床河川
	主な侵蝕様式	谷頭侵蝕，下刻	谷頭侵蝕，下刻	下刻，側刻	側刻	平衡
	谷密度	大（～小）	大	最小	中	大
差別削剝地形の発達		不明瞭	出現し始める	顕著	顕著	少ない
風化帯の厚さ		原面で厚い，谷壁では下方ほど薄い	原面を除くと，薄い	極めて薄い	稜線部で厚く，斜面では薄い	稜線部，斜面ともに増加
土地利用		原面に散村，水田，畑，谷壁斜面は自然林	自然林，二次林，地すべり堆に散村，水田，畑	林地，地すべり堆に散村，水田	斜面は林地，地すべり堆に散村，水田，谷底に小集落と田畑	人工林と畑，谷底低地に集落，水田
自然災害を起こす削剝過程		原面では少ない，谷壁斜面で各種の集団移動，下刻	各種の集団移動（特に侵蝕前線の下方で顕著），下刻	各種の集団移動（極めて急速），溪岸侵蝕，下刻	各種の集団移動，溪岸侵蝕	ほとんどない，稀に氾濫
好例の見られる山地		美濃高原，阿武隈山地と北上山地の東部	紀伊山地，飛驒山地，赤石山地，四国山地	丹沢山地，日高山地	八溝山地，足尾山地	北上山地，阿武隈山地北部，三河高原

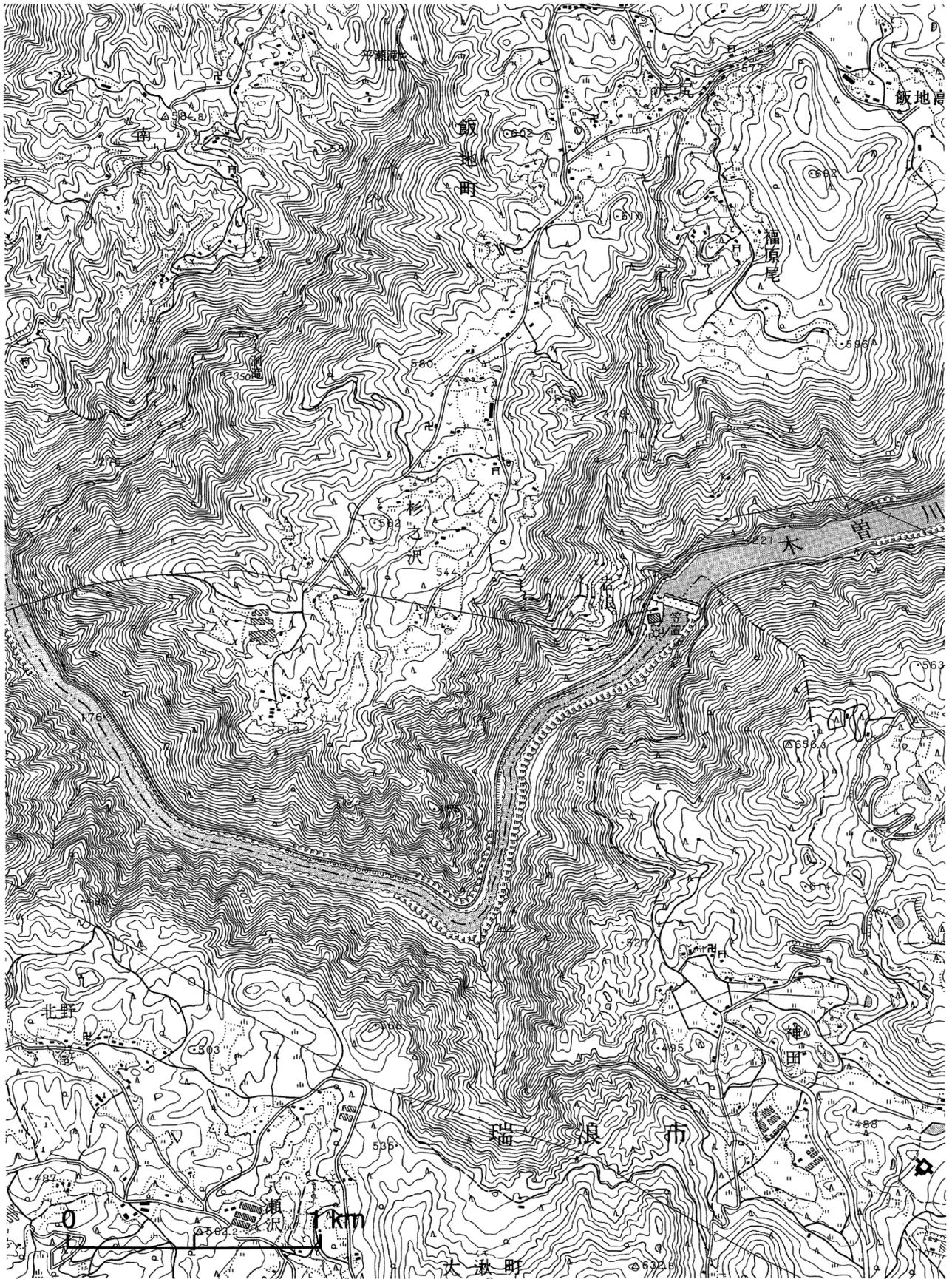


図 9.5 幼年期的な山地（鈴木隆介 著，建設技術者のための地形図読図入門 第3巻 段丘・丘陵・台

地，古今書院 より)

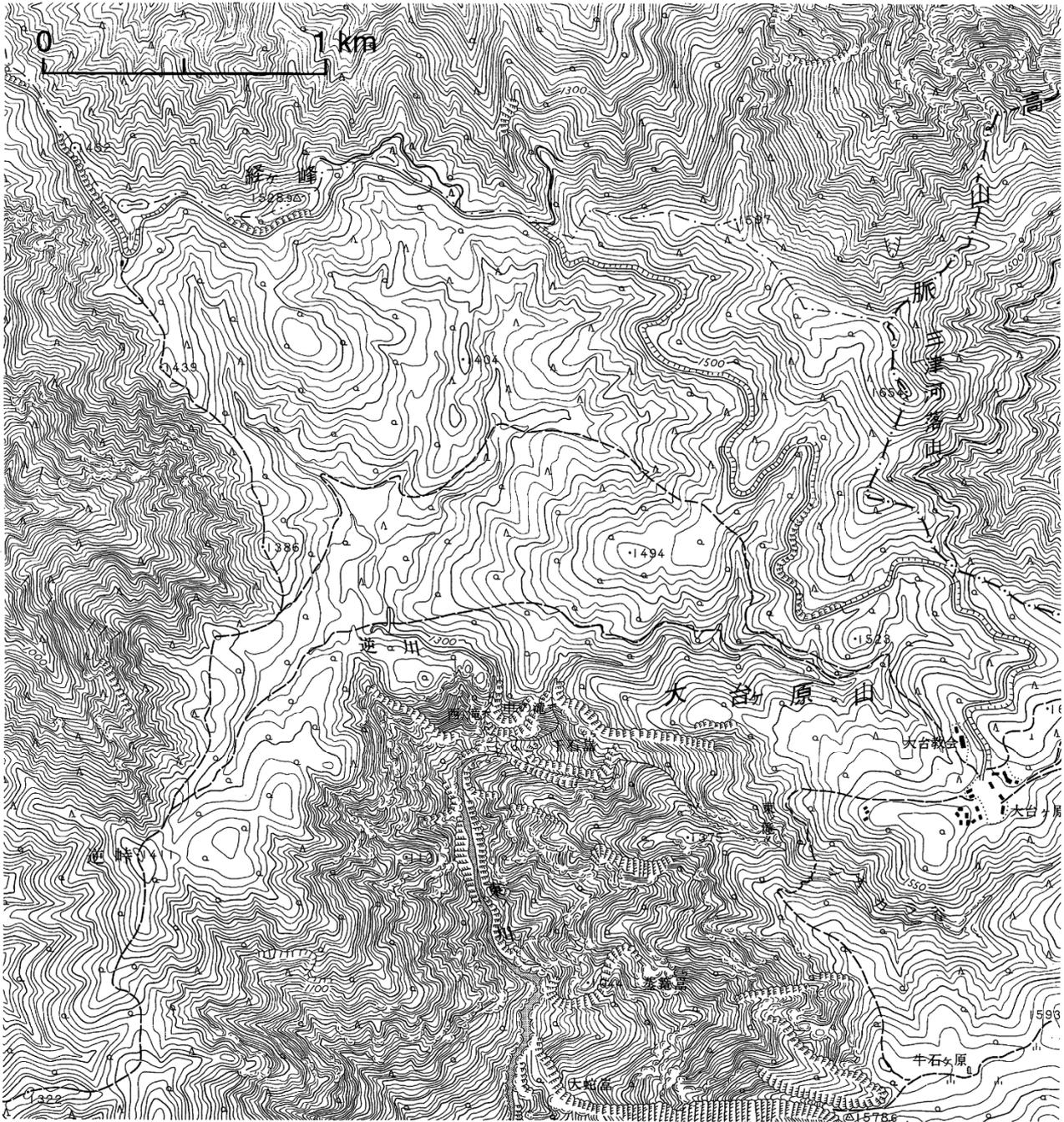


図 9.6 早壮年期的な山地（鈴木隆介 著，建設技術者のための地形図読図入門 第3巻 段丘・丘陵・台地，古今書院 より）

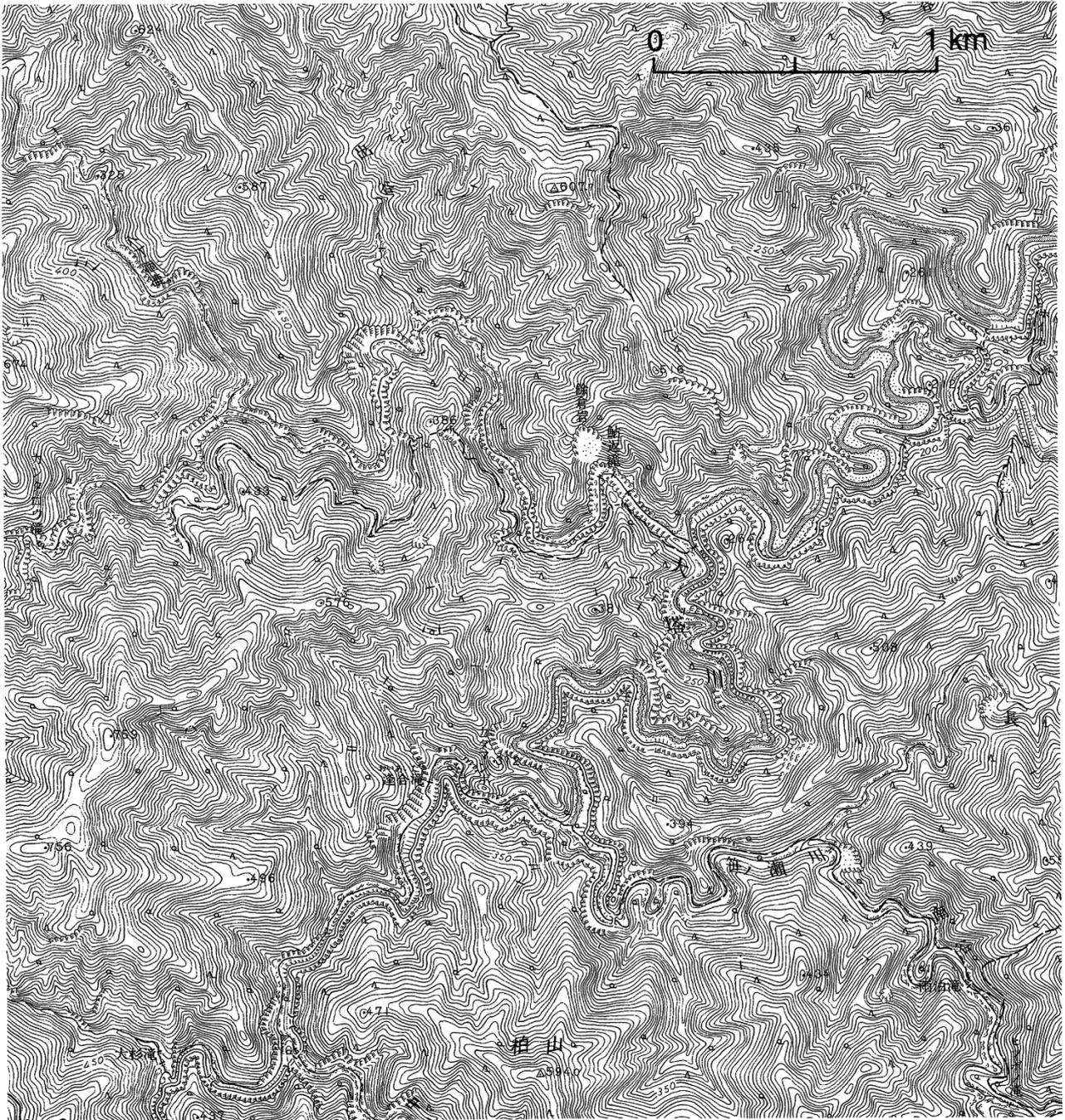


図 9.7 満壮年期的な山地（鈴木隆介 著，建設技術者のための地形図読図入門 第3巻 段丘・丘陵・台地，古今書院 より）

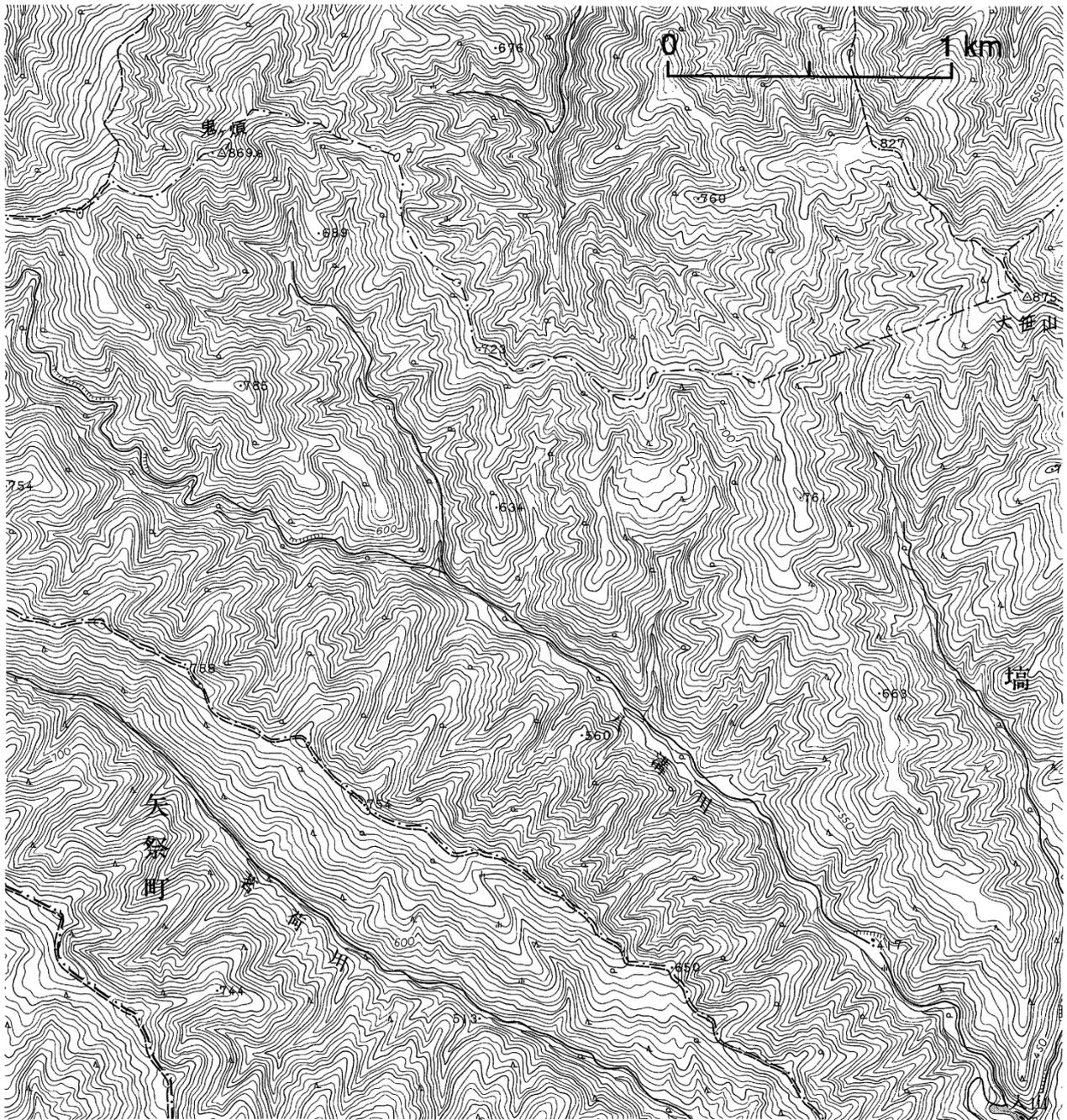


図 9.8 晩壮年期的な山地（鈴木隆介 著，建設技術者のための地形図読図入門 第3巻 段丘・丘陵・台地，古今書院 より）

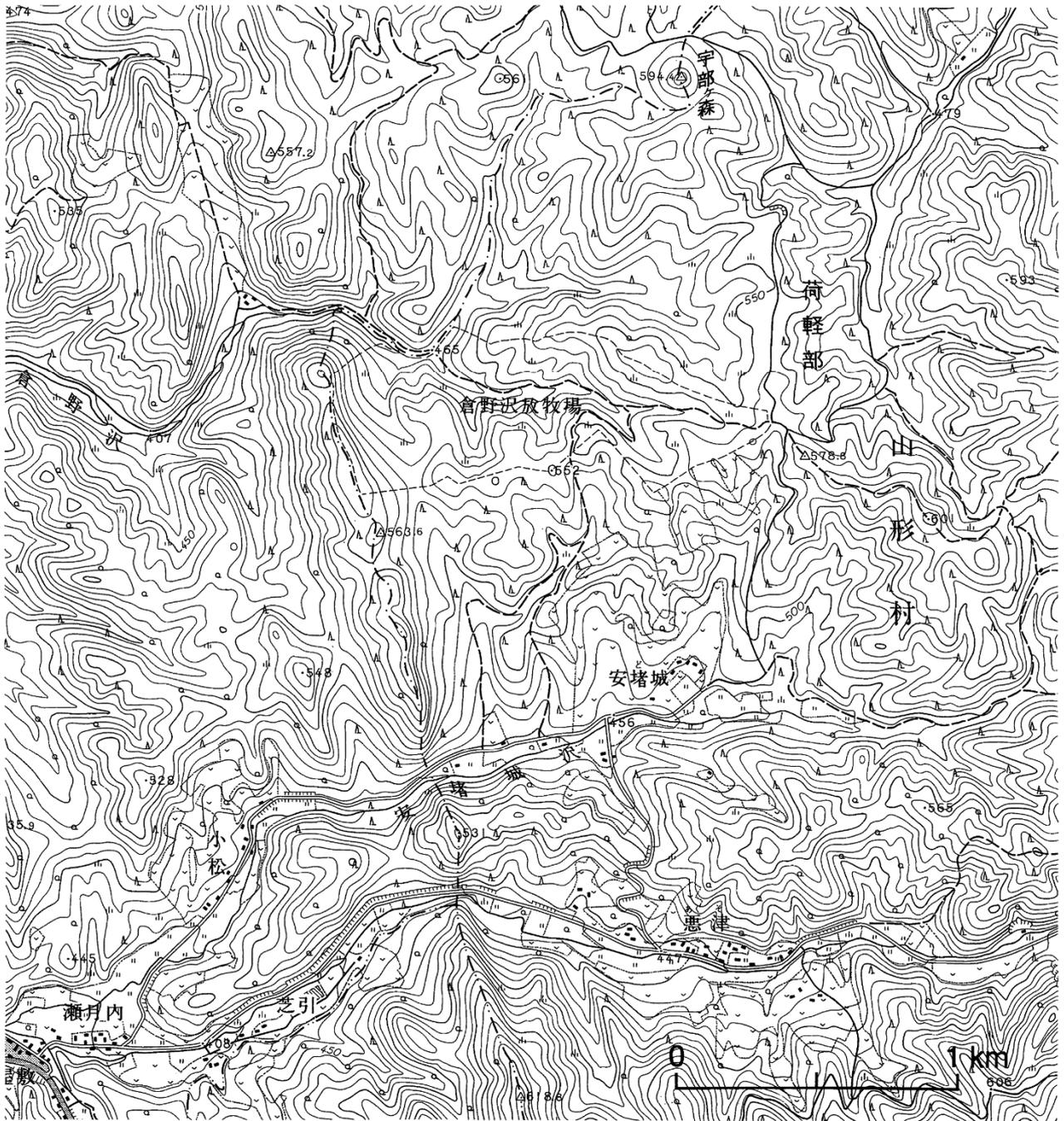


図 9.9 老年期的な山地（鈴木隆介 著，建設技術者のための地形図読図入門 第3巻 段丘・丘陵・台地，古今書院 より）

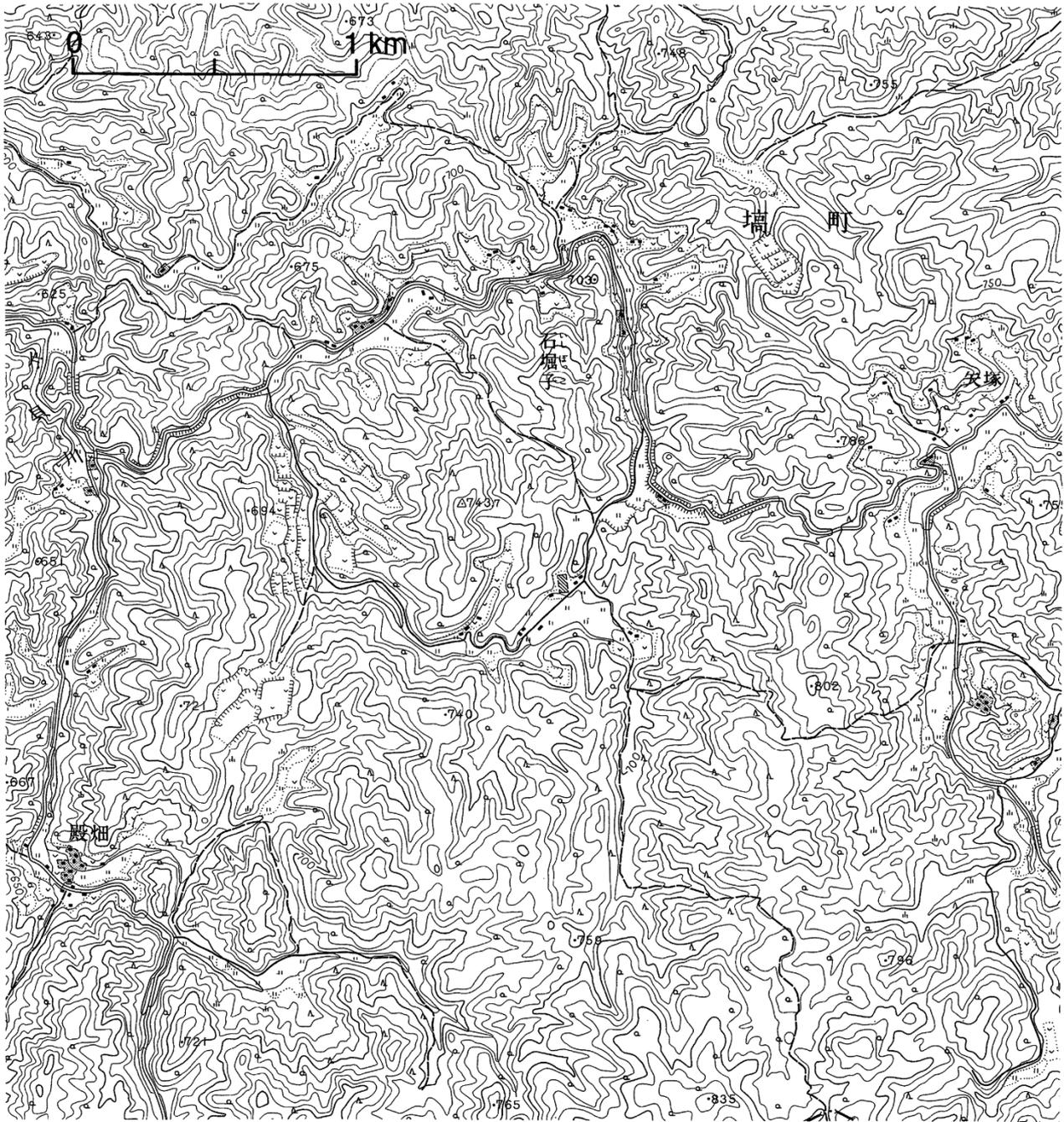
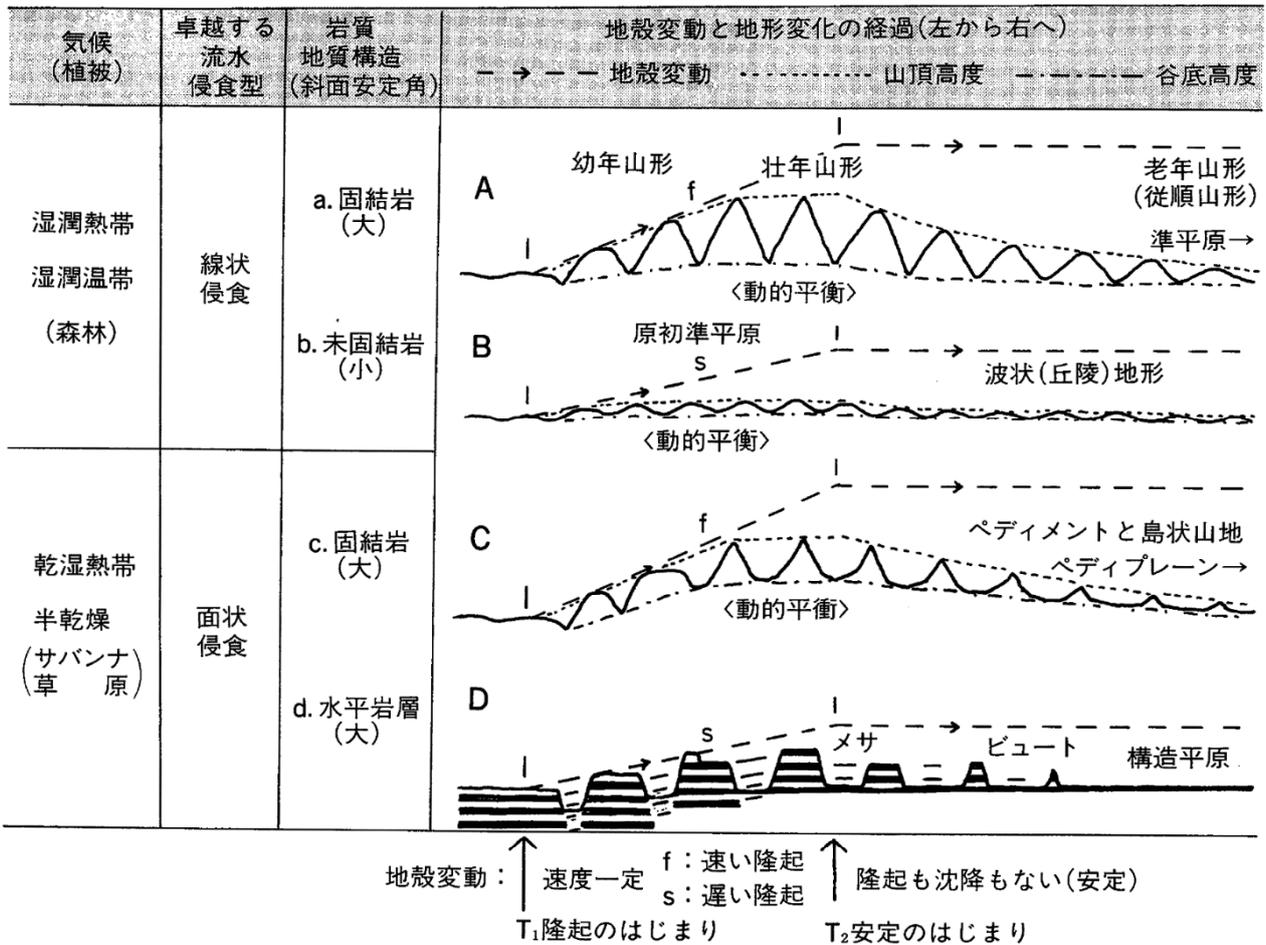


図 9.10 準平原に近づいた老年期の山地の例（鈴木隆介 著，建設技術者のための地形図読図入門 第 3 卷 段丘・丘陵・台地，古今書院 より）



(貝塚, 1997)

この図では、典型的な2種の流水環境（気候を反映した線状侵蝕と面状侵蝕）、3種の地形物質（岩質と地質構造：固結岩、未〈非〉固結岩、水平岩層）および隆起速度の大小の組み合わせについて、隆起後に地殻変動の安定期があると仮定した場合における山地の解体過程に関する4つのモデル（A, B, C, D）ごとに、山頂高度、谷底高度および山腹斜面の断面形が経時的に変化する様子が模式的に図示されている。ただし、時空間のスケールは定性的で、左から右への時間の流れの間に気候変化や侵蝕基準面の変化はなく、主要な河川の位置は変わらず、CとDでは急斜面の勾配は不変と仮定されている。

図 9.11 流水による侵食地形の発達史モデル（鈴木隆介 著，建設技術者のための地形図読図入門 第3巻 段丘・丘陵・台地，古今書院 より）

丘陵地・山地の地質

深成岩，比較的古い火山岩（第三紀以前），堆積岩（古生代，中生代，第三紀）で構成されていることが多い。基本的に地層は固結しており硬いため，建設工学的立場では，岩石や地層自体が問題になることは少ないが，岩石・地層が風化していたり，温泉変質，熱水変質を受けている場合には，そこが弱面になりやすい。

表 9.2 山地における建設工学上の問題の多い地形・地質条件（鈴木隆介 著，建設技術者のための地形図読図入門 第3巻 段丘・丘陵・台地，古今書院 より）

地形・地質条件		地形特徴	地質概要	問題事項
山	風化土	比較的緩傾斜の山地	岩塊，玉石混じり土砂（まさ土など）	豪雨などによる崩壊性，硬軟不同
	崖 錐	急崖下の 30~40° 斜面	未固結，角礫，土砂	斜面クリープ，崩壊性，湧水，漏水
	地すべり	地すべり地形	不均質崩壊土砂，岩塊	クリープ移動，崩壊性
	断 層	各種断層地形	破碎岩石，断層粘土	崩壊性，湧水，漏水，活断層のときは地震時相対変位の可能性
地	膨張性岩	地すべり地形，ただし伏在しているときは不明	蛇紋岩，変朽安山岩，一部の泥岩	膨張性，土圧
	石灰岩	カルスト地形	石灰岩，テラロッサ，地下空洞	硬軟急変，地下空洞，漏水
火山	火山岩地帯	火山地形，火山侵食地形	火山岩類，未固結火山砂礫，火山灰	地質不均質，多量の地下水伏在，漏水，温泉，変質岩
	火山山麓	火山裾野，火山扇状地	火山砂礫，火山灰層，溶岩流	不均質な地質，未固結土層，高い被圧地下水

風化土層

物理的風化作用：温度収縮・膨張，乾湿繰り返し，鉱物粒子の噛み合わせの緩み，水の凍結・融解。斜面傾斜が大きく，温度変化が大きい高山地帯などで活発。

化学的風化作用：大気による造岩鉱物中の鉄マンガン化合物の酸化作用，地下水に溶け込んでいる炭酸ガスによる鉱物（長石，角閃石，カンラン石など）の炭酸化作用，雨水・地下水による溶解作用・水和作用など。雨量の多い高温多湿地域で活発。

花崗岩系（深成岩）の風化土：まさ土と呼ばれる。神戸六甲山周辺から中国地方の瀬戸内海沿岸に広く分布（もちろん他の地域にも分布している）。まさ土は粘着力が小さいので，豪雨による浸食，崩壊，地震による液状化などに弱い。

安山岩・玄武岩（火山岩）の風化土：風化によって，粘性に富んだ褐色の風化土となる。

粘板岩・泥岩（堆積岩）の風化土：母岩の小屑片を含んだ粘土分の多い風化土を作る。その厚さは比較的薄くて直線的。この境界面を境にして表層崩壊が起こりやすい。

石灰岩の風化：炭酸ガスを含む水に溶解する（化学的風化）。溶解浸食。空洞，鍾乳洞。風化部と健全部の境界線が曖昧。風化によって石灰分がなくなると，鉄・アルミニウムに富むテラロッサという赤褐色の粘土質風化土となる。

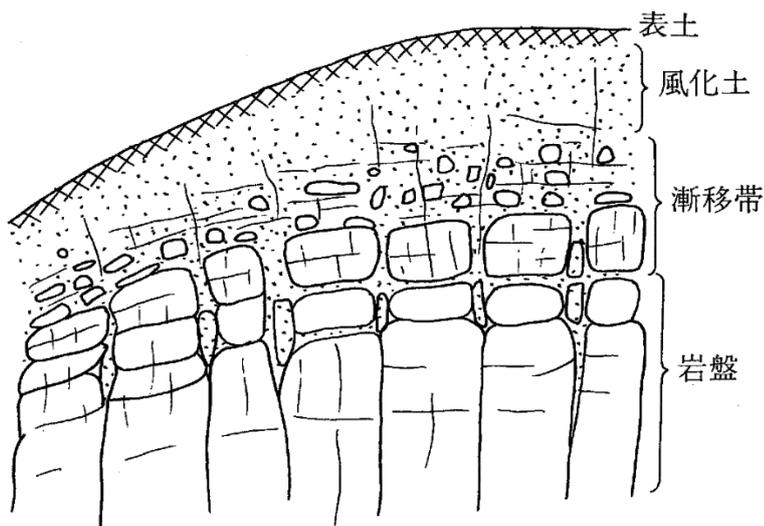


図 9.12 深成岩の風化断面（鈴木隆介 著，建設技術者のための地形図読図入門 第3巻 段丘・丘陵・台地，古今書院 より）

崖錐

山間部の急な斜面，特に岩盤が露出している急崖の下には崖錐が発達していることが多い。崖錐は，急斜面の岩盤が物理的風化作用で緩み，崖下に落下して堆積したもの。自然状態では限界勾配に近いので，下方を浸食されたり，人工的に切り取った場合には安定を損なって崩壊する可能性がある。崖錐と岩盤との境界からは湧水があることが多い。崖錐中のトンネルなどは偏圧を受ける。

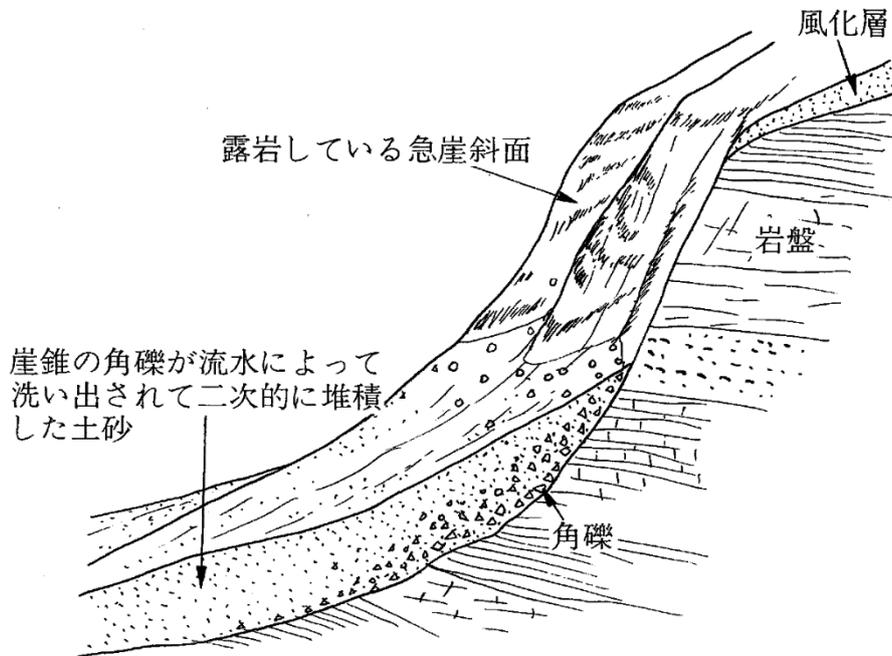


図 9.13 崖錐とその断面（鈴木隆介 著，建設技術者のための地形図読図入門 第 3 巻 段丘・丘陵・台地，古今書院 より）

地すべり地

新潟県，長野県北部：新第三紀層における地すべり。新潟県魚沼・頸城地方における寺泊層（新第三期海成層）と呼ばれる黒色泥岩層で多くの地すべり。

中央構造帯沿い：結晶片岩地帯（角礫を多く含む），蛇紋岩の露出地域（膨潤性を持つ蛇紋岩が泥質化）。

更新世に大規模に生じた山崩れや地滑りの崩土が地すべり地形を形成し，現在活動している地すべりはこれらの再滑動が大部分であるといわれている。崩土は粒径が不揃い，成層を成さない，岩塊を含む，すべり面付近に地すべり粘土が存在。一般的に，滑落崖の下方やすべり面下方には被圧地下水層が存在しており，地すべりの滑動を助長していることもある。

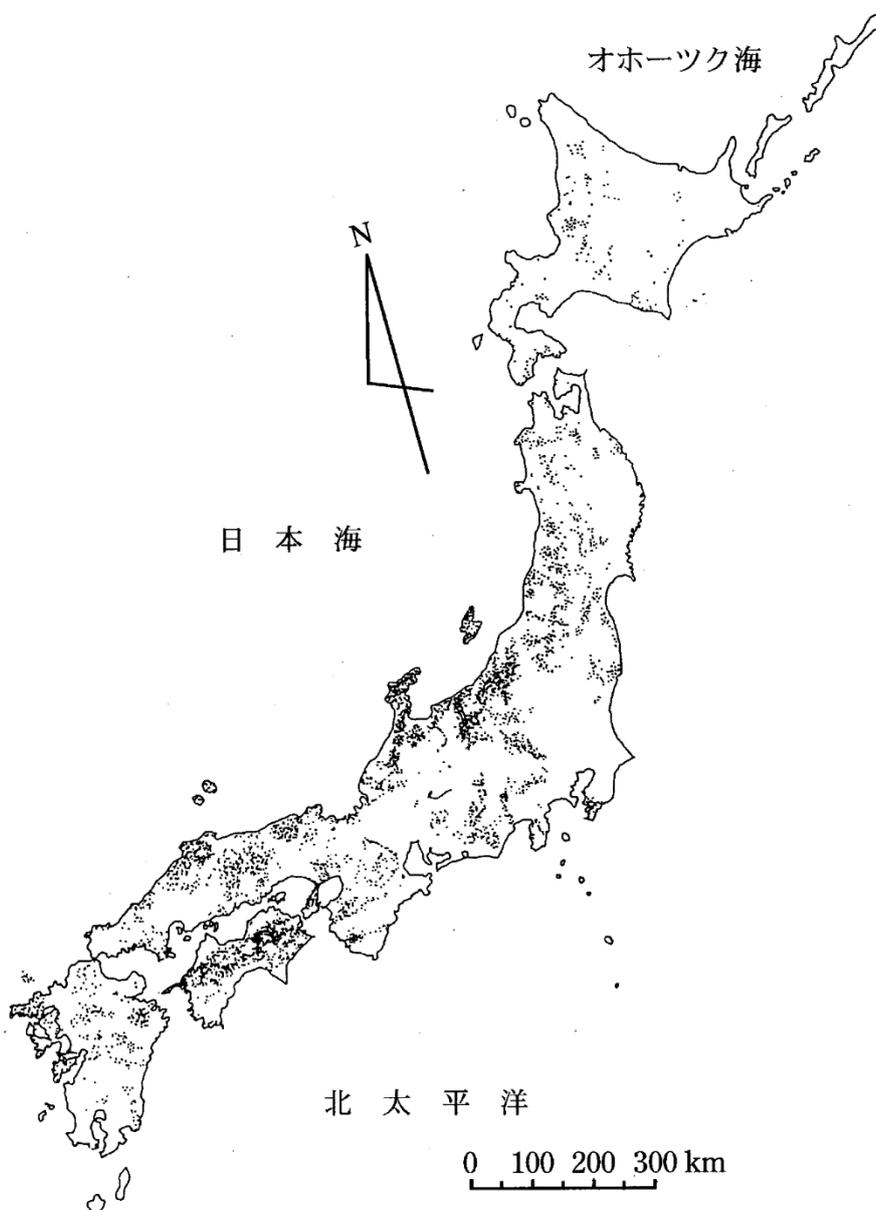


図 9.14 日本の地すべり分布（鈴木隆介 著，建設技術者のための地形図読図入門 第3巻 段丘・丘陵・台地，古今書院 より）

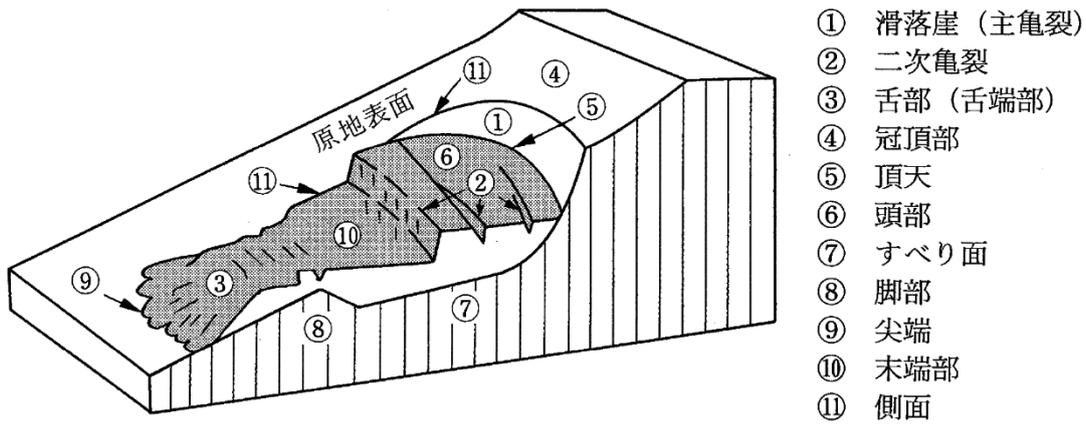


図 9.15 地すべり地形の模式図（鈴木隆介 著，建設技術者のための地形図読図入門 第3巻 段丘・丘陵・台地，古今書院 より）

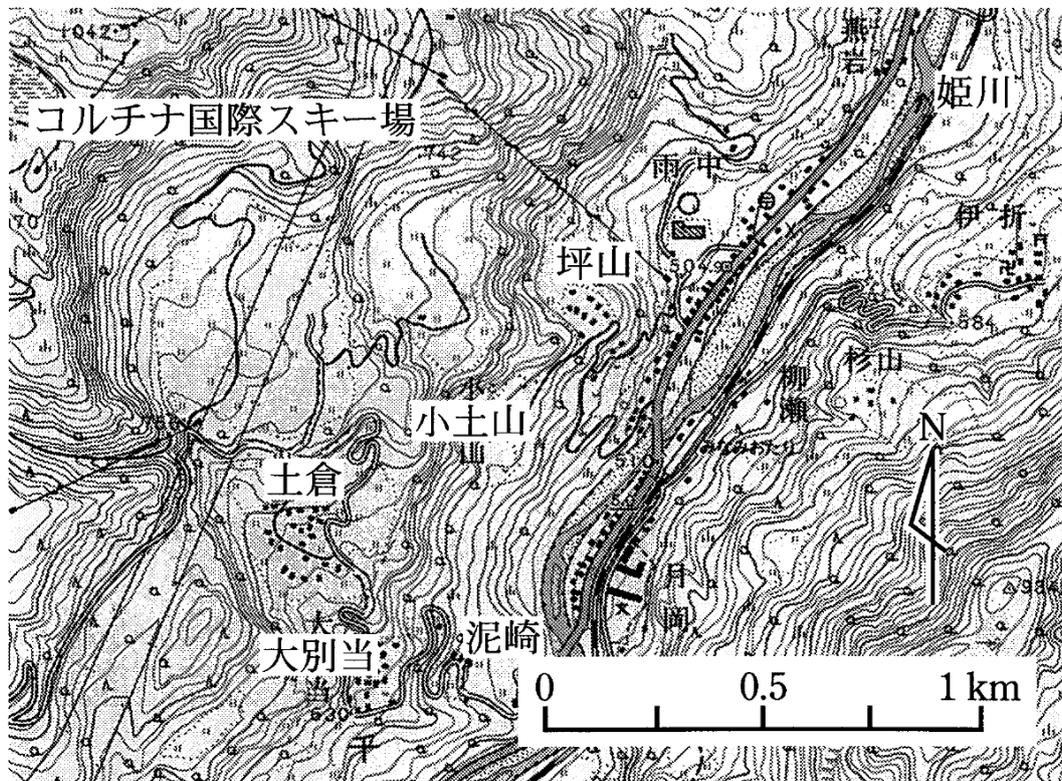


図 9.16 地すべり地形の例（鈴木隆介 著，建設技術者のための地形図読図入門 第3巻 段丘・丘陵・台地，古今書院 より）

不整合面

生成年代の異なる二つの地層や岩体が接している場所。古い岩体の上には基底礫岩層が存在することが多く、古い岩体の表面は風化していたり亀裂が入っていたりする。基底礫岩層部分から湧水が生じることが多い。

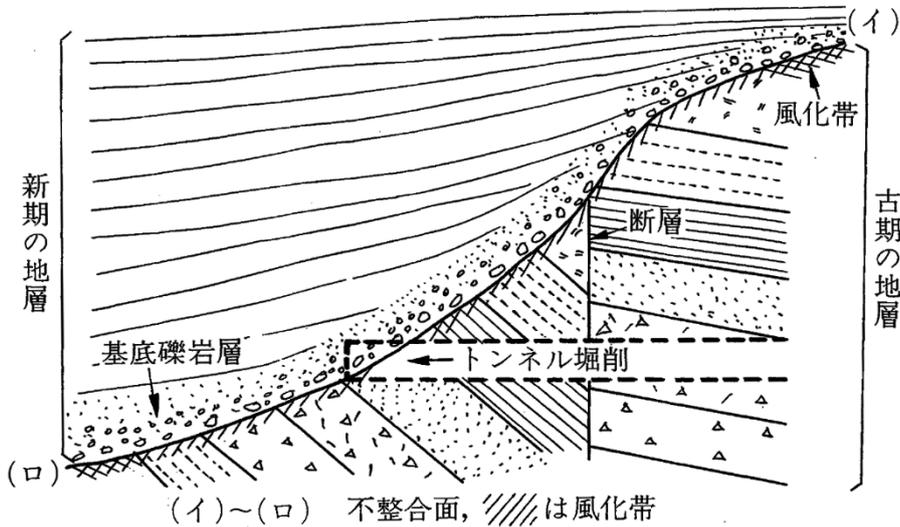


図 9.17 不整合と基底礫岩層（鈴木隆介 著，建設技術者のための地形図読図入門 第3巻 段丘・丘陵・台地，古今書院 より）

膨張性岩

蛇紋岩，変朽安山岩，断層粘土，第三紀の緑色凝灰岩，一部の泥岩など。膨張圧によりトンネルの支保工や覆工に悪影響を及ぼす。

岩石が膨張を生じる原因

化学的要因：モンモリロナイトなどの吸水膨張性を持つ鉱物によるもの。

物理的要因：軟岩がトンネル掘削により応力開放されたことによるもの。

断層

断層破碎帯，断層角礫，断層粘土，断層鏡面

土木地質学特論

(10) 火山の地質・地盤

日本の国土の約 10%は火山地形。

活火山（1 万年以内に噴火）：84 個。

100 年以内に噴火：49 個（2004 年現在）。有珠山，伊豆大島，御嶽山，箱根山，浅間山，三宅島，雲仙岳，新燃岳，桜島，等。

火山噴出物

- ・火山ガス（気体）
- ・溶岩（液体）：マグマの岩石組成による粘度の違い。
- ・火山砕屑物（固体）：火山角礫岩，凝灰角礫岩，凝灰岩，軽石凝灰岩，溶結凝灰岩。
玄武岩質，安山岩質，デイサイト質，流紋岩質。

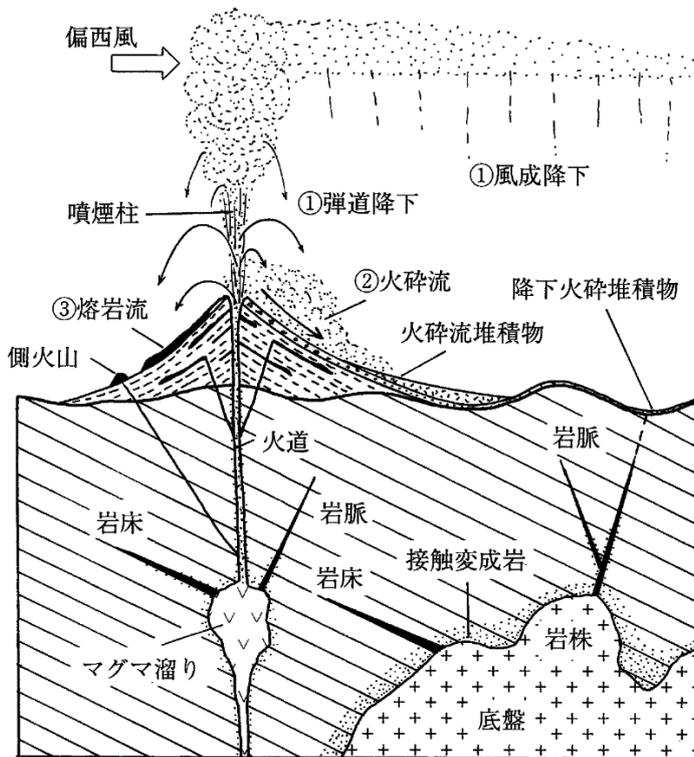


図 10.1 火山岩・火成岩の産出状況の模式図（鈴木隆介 著，建設技術者のための地形図読図入門 第 4 巻 火山・変動地形と応用読図，古今書院 より）

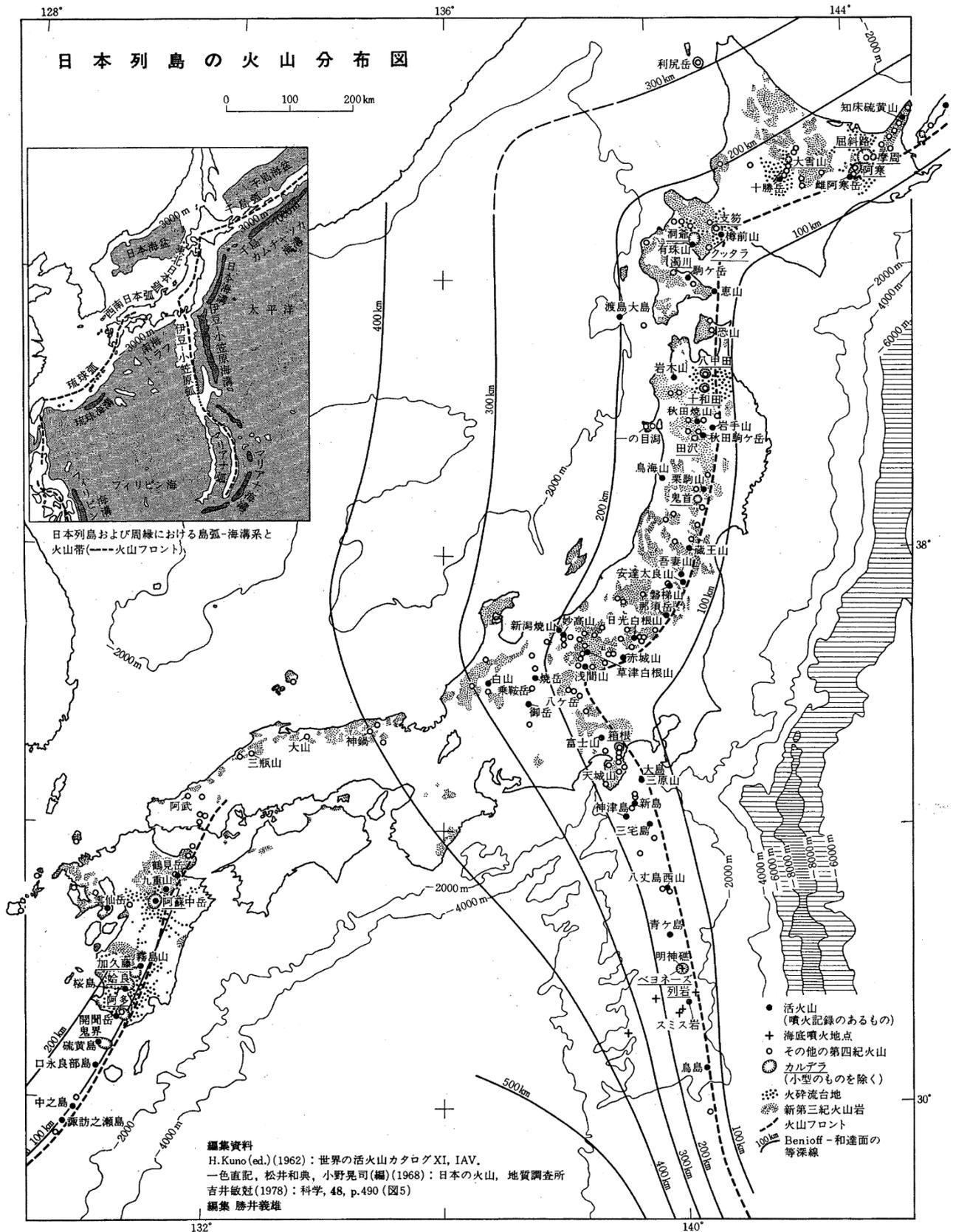


図 10.2 日本列島の火山分布図 (鈴木隆介 著, 建設技術者のための地形図読図入門 第 4 巻 火山・変動地形と応用読図, 古今書院 より)

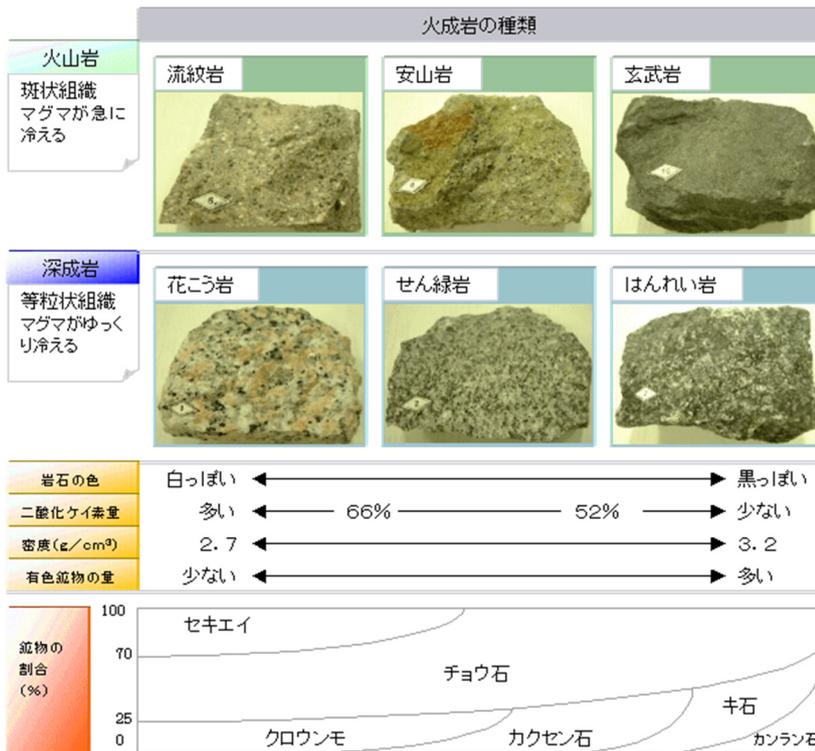


図 10.3 火成岩の種類 (火山と火成岩 Hello School, <http://www.hello-school.net/harorika016.htm> より)

表 10.1 火山砕屑物 (個々の破片) および火山砕屑岩 (集合体) の分類 (鈴木隆介 著, 建設技術者のための地形図読図入門 第 4 巻 火山・変動地形と応用読図, 古今書院 より)

火山砕屑物 (火砕物) pyroclastic material					火山砕屑岩 (火砕岩)* ¹ pyroclastic rock		
個々の破片の性質					集合物の記載的な 岩石名	噴出・移動・定着様式による分類	
分類名称	粒径 (mm)	外形	色	内部構造		降下火砕堆積物* ²	火砕流堆積物* ³
火山岩塊 volcanic block	>64	不定形	黒色～灰色であるが、白色、黄色、赤褐色、紫灰色など多様	外形とは無関係	火山岩礫岩* ⁵ pyroclastic breccia	弾道降下堆積物 ballistic fall deposit	熱雲堆積物 nuée ardente deposit または 石質火砕流堆積物 lithic flow deposit: block and ash flow deposit
火山礫 lapilli	2～64				凝灰岩礫岩* ⁵ tuff breccia		
火山灰 ash	<2				火山礫凝灰岩 lapilli tuff		
火山弾 bomb	放出時には塑性的で、粒径とは無関係	紡錘形、卵形、パン皮条	黒～灰色	外形に調和した同心的縞状組織	凝灰集塊岩 agglomerate	弾道降下堆積物 ballistic fall deposit	存在しない
熔岩餅* ⁴ driblet		ほぼ円形の薄い板状	黒色		アグルチネート agglutinate		
軽石 pumice	粒径とは無関係	不定形	白色～黄色	外形とは無関係で、多孔質	軽石凝灰岩 pumice tuff	降下軽石層 pumice fall deposit	軽石流堆積物 pumice flow deposit
スコリア scoria			黒色～灰色		スコリア凝灰岩 scoria tuff	降下スコリア層 scoria fall deposit	スコリア流堆積物 scoria flow deposit

* 1: 岩石の固結と非固結を問わない。少量の類質物質および異質物質を含むことがある。* 2: ほかに、火砕サージ堆積物がある。
* 3: ほかに、火山体の破壊に伴って二次的に生じた火山岩屑流堆積物や河成堆積物 (例: 火山円礫岩) などの火砕岩もある。* 4: スパター (spatter) も熔岩餅と本質的には同じである。玄武岩質マグマではペレーの毛 (Pele's hair) やペレーの涙 (Pele's tear) とよばれるガラス質の破片および繊維状物質が放出することがある。* 5: 火山岩塊が全体の 50% 以上をしめるものであり、それ以下のものは凝灰角礫岩とよぶ。

噴火様式

- ・ 溢出（いっしゅつ）的噴火
- ・ 爆発的噴火

火山の分類（活動度）

- ・ 活火山（約 1 万年以内に噴火した火山）
 - ランク A：過去 100 年に数回，またはそれ以上の噴火があった火山。
 - ランク B：数年から数十年に 1 回の割合で噴火等があった火山。
 - ランク C：過去 100 年に噴火していない火山。
 - ・ 非活火山
- ※現在は，活火山，休火山，死火山の分類はしない。

ハワイ式

プリーニー式

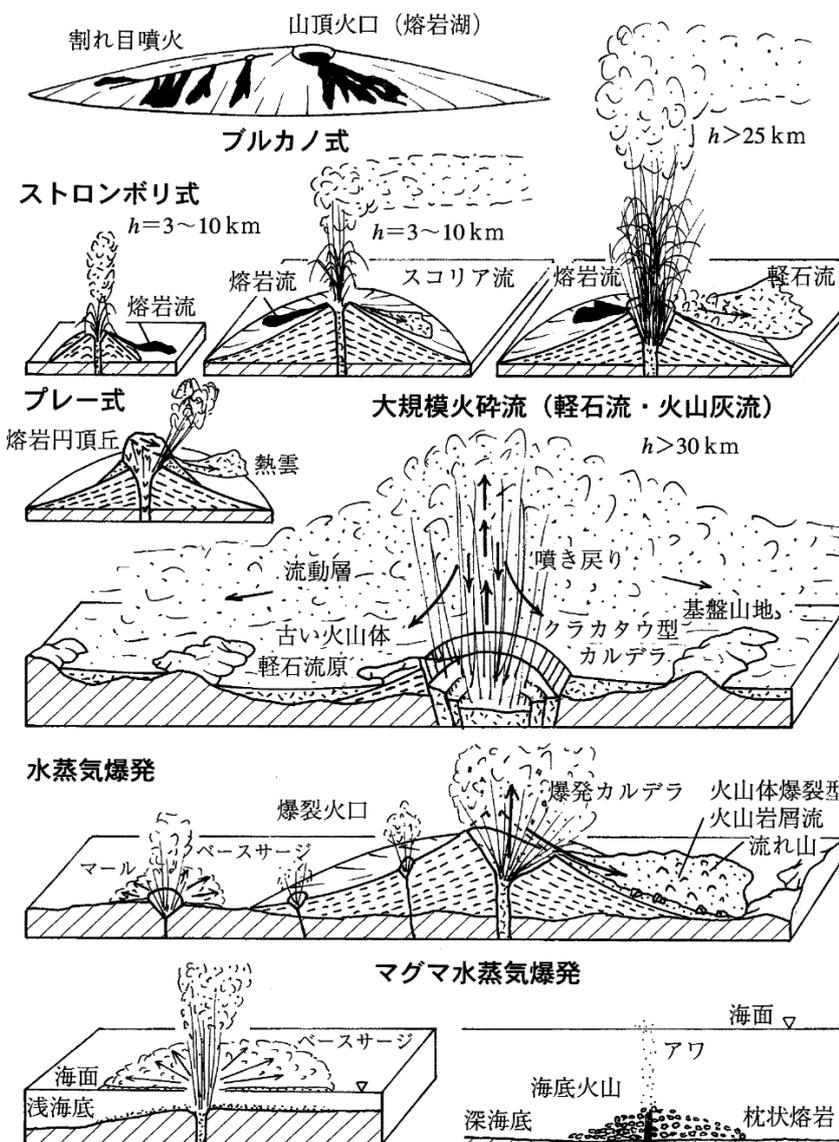


図 10.4 主要な噴火様式のイメージ（鈴木隆介 著，建設技術者のための地形図読図入門 第 4 巻 火山・変動地形と応用読図，古今書院 より）

表 10.2 マグマの性質と噴火様式、噴出物および火山地形との一般的関係（鈴木隆介 著，建設技術者のための地形図読図入門 第4巻 火山・変動地形と応用読図，古今書院 より）

マグマの名称		玄武岩質マグマ		安山岩質マグマ		デイサイト質・流紋岩質マグマ		(火山ガス)	
マグマ	SiO ₂ 含有量 (wt%)	45	52	57	63	69~77		(H ₂ O)	
	相当する火山岩	台地玄武岩	玄武岩	玄武岩質安山岩	安山岩	デイサイト	流紋岩		
火山ガスの圧力・量		小		中		大	極大	極大	
噴火様式	起こりやすい噴火様式	熔岩洪水式	ハワイ式	ストロンボリ式	ブルカノ式	プレー式	プリニー式	水蒸気爆発	
	爆発指数 (%) ^{*1}	弱 (3)	(40)	(70)		(95)		(100) 強	
	主要噴出物の量比ないし噴出頻度比 (上下の長さを1とする)	熔岩		降下火砕物質		火砕流堆積物		火山岩屑流堆積物	
	地震・空振	小		中		大		極大	
	地殻変動	小		中		大	極大		
火山噴出物の特徴	火山放出物	噴出物の色	黒色	黒色	灰黒色	灰色	灰白色	白色	各色
		放出高さ (km)	<0.1	0.1~1	1~5	3~15	10~25	>25	
		噴出量 (km ³) ^{*2}	少					多	
		多孔質物質	— スコリア —				— 軽石 —		
		火山弾の形態	リボン状		紡錘状		パン皮状		
		火山ガラス	ベレーの毛・泪				黒曜石		
	ベースサージ堆積物			少			多		
	火砕流	火砕流の小分類名称	— スコリア流 —				— 軽石流 —		
		発泡度 (比重)	小 (約2)		中 (約1.5)		大 (約1.0)		
	熔岩	噴出時の温度 (°C)	約1100		約1000		約950~約1000		
粘性 (ポアーズ)		10 ³ ~10 ⁵		10 ⁵ ~10 ⁷		10 ⁹ ~10 ¹¹			
熔岩流原の表面形態		パホイホイ アア		塊状		大起伏			
熔岩の厚さ (m)		10 ⁰ ~10 ¹		10 ¹ ~10 ²		10 ¹ ~10 ²			
縦横比		<0.01		0.02~0.5		0.02~0.7			
熔岩流原の傾斜 (度)	<35		<45		<70				
主な火山地形	単成単式火山	ベースサージ地形	マール	環状丘	火山灰丘				
		火山碎屑丘	— スコリア丘 —		— 噴石丘 —		— 軽石丘 —		
		火砕流原	— スコリア流原 —		— 熱雲原 —		— 火山灰流原 —		火山体爆裂型 火山岩屑流原
		熔岩地形	薄い熔岩流原	— 熔岩平頂丘 —		— 火山岩尖 —	— 熔岩円頂丘 —		
	複成単式火山	熔岩原	盾状火山	成層火山					
	カルデラ	キラウェア型				クラカタウ型	バイアス型	爆発型	
典型的な噴火のあった日本の活火山の例			伊豆大島 富士山	阿蘇山 秋田駒ヶ岳	浅間山 桜島	有珠岳 三瓶山	新島 神津島	磐梯山	

*1：一輪廻の噴火の全噴出物量に占める火山碎屑物の総量の百分率。*2：一輪廻の噴火における噴出量。

表 10.3 日本の活火山のランク（鈴木隆介 著，建設技術者のための地形図読図入門 第4巻 火山・変動地形と応用読図，古今書院 より）

	ランク A	ランク B	ランク C
北海道	十勝岳，樽前岳，有珠山，北海道駒ヶ岳	知床硫黄山，羅臼岳，摩周，雌阿寒岳，恵山，渡島小島	アトサヌプリ，丸山，大雪山，恵庭岳，倶多楽，利尻山，羊蹄山，ニセコ
東北		岩木山，十和田，秋田焼山，岩手山，秋田駒ヶ岳，鳥海山，栗駒山，蔵王山，吾妻山，安達太良山，磐梯山	恐山，八甲田山，肘折，八幡平，鳴子，燧ヶ岳，沼沢
関東	浅間山	那須岳，榛名山，草津白根山，箱根山	高原山，日光白根山，赤城山
伊豆・小笠原	伊豆大島，三宅島，伊豆鳥島	伊豆東部火山群，新島，神津島，西之島，硫黄島	八丈島，青ヶ島，利島，御蔵島
中部		新瀉焼山，富士山，焼岳，御岳山	妙高山，弥陀ヶ原，横岳，乗鞍岳，アカンダナ山，白山
中国			三瓶山，阿武火山群
九州	阿蘇山，雲仙岳，桜島	鶴見岳・伽藍岳，九重山，霧島山	由布岳，福江火山群，開聞岳，米丸・住吉池，池田・山川
南西諸島	薩摩硫黄島，諏訪瀬島	口永良部島，中之島，硫黄島	口之島
計	13	36	36

対象外の海底火山：ベヨネース列岩，須美寿島，孀婦岩，海形海山，海德海山，噴火浅根，北福徳堆，福徳岡ノ場，南日吉海山，日光海山（以上，伊豆小笠原），若尊，西表北北東海底火山（以上，九州・南西諸島）。

対象外の北方領土の火山：茂世路岳，散布岳，指臼岳，小田萌山，択捉焼山，択捉阿登佐岳，ベルタルベ山，ルルイ岳，爺爺岳，羅臼山，泊山。

空欄は活火山がないことを示す。

火山地形

- ・ベースサージ地形：マール，環状丘（タフリング），火山灰丘（タフコーン）
- ・火山碎屑丘：スコリア丘，軽石丘，噴石丘
- ・火砕流地形

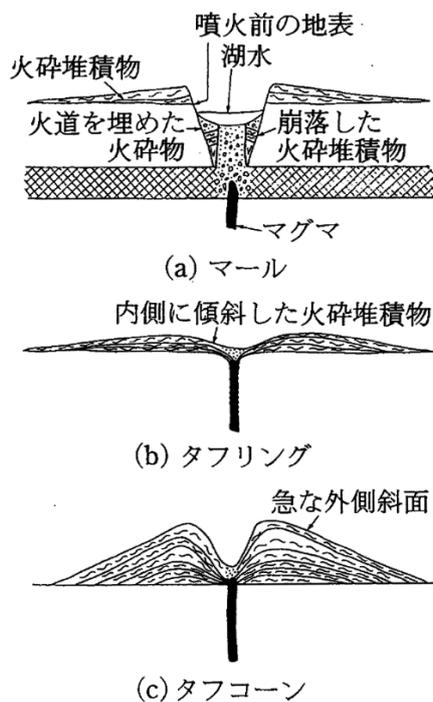
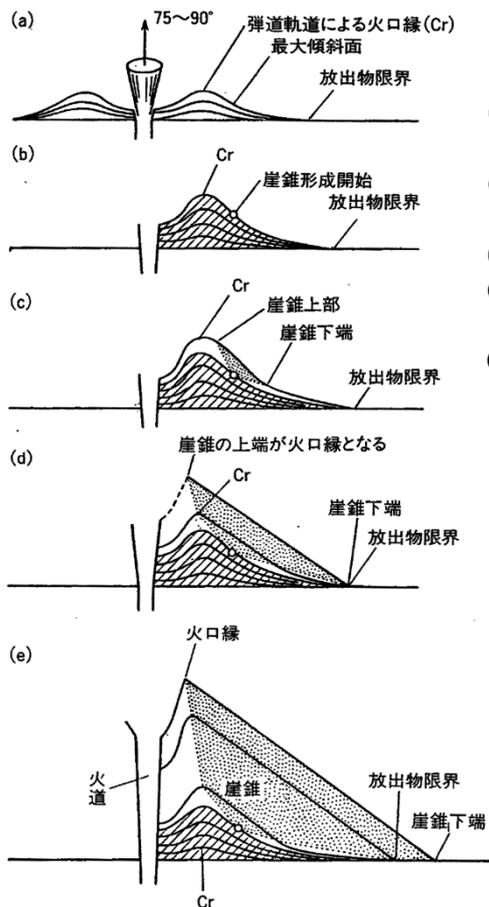


図 10.5 マール，タフリング，タフコーンの構造（鈴木隆介 著，建設技術者のための地形図読図入門 第4巻 火山・変動地形と応用読図，古今書院 より）



スコリア丘の成長過程の一つの考え

(McGetchin ら, 1974, 訳文は町田・白尾, 1998 <一部省略>)

- (a) 第1段階：スコリアは75~90°の弾道軌道で打ち上げられて着地し、低い火口縁をもつリング状地形ができる。
- (b) 第2段階の開始：最大傾斜角が安息角（30°）を越えるようになると、崖錐ができ始める。
- (c) 第2段階：崖錐による斜面が上方と下方に広がる。
- (d) 第3段階の開始：崖錐の下端が弾道軌道による放出物の限界に達する。
- (e) 第3段階：スコリア丘の成長はすべて崖錐によってまかなわれるようになるので、スコリア丘は傾斜30°の安息角を保った相似形のまま成長を続ける。

図 10.6 スコリア丘の成長過程の一つの考え（鈴木隆介 著，建設技術者のための地形図読図入門 第4巻 火山・変動地形と応用読図，古今書院 より）

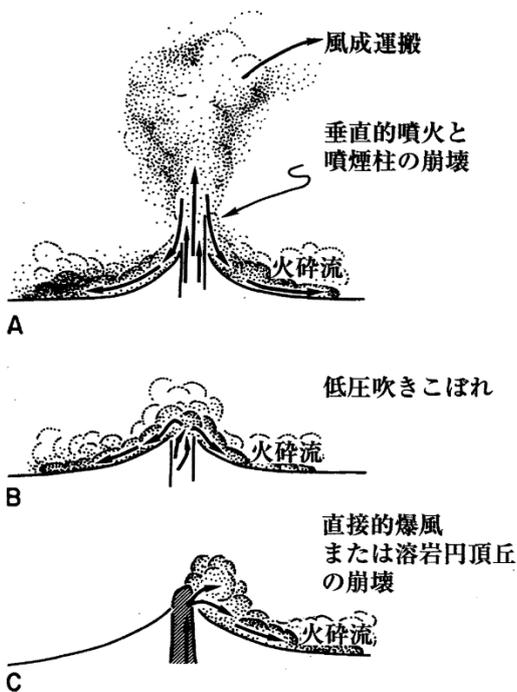


図 10.7 火砕流発生モデル（鈴木隆介 著，建設技術者のための地形図読図入門 第4巻 火山・変動地形と応用読図，古今書院 より）

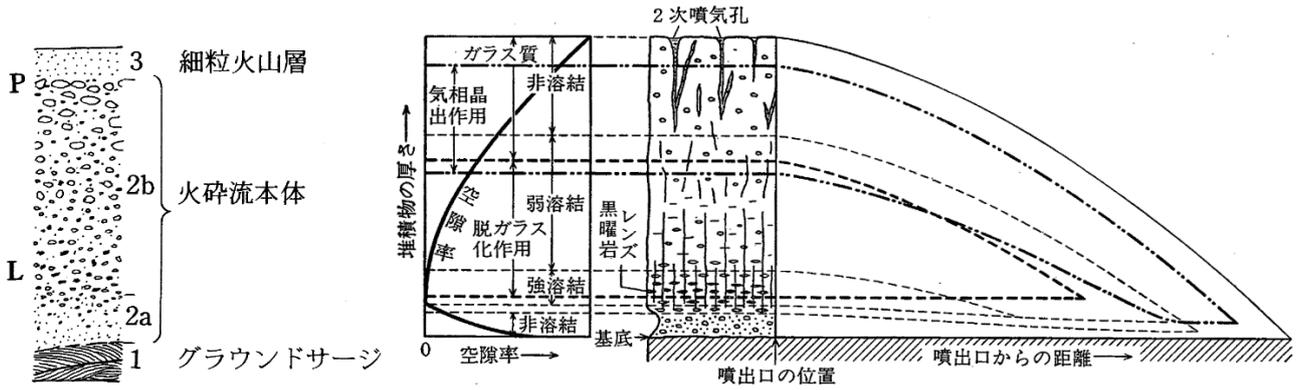
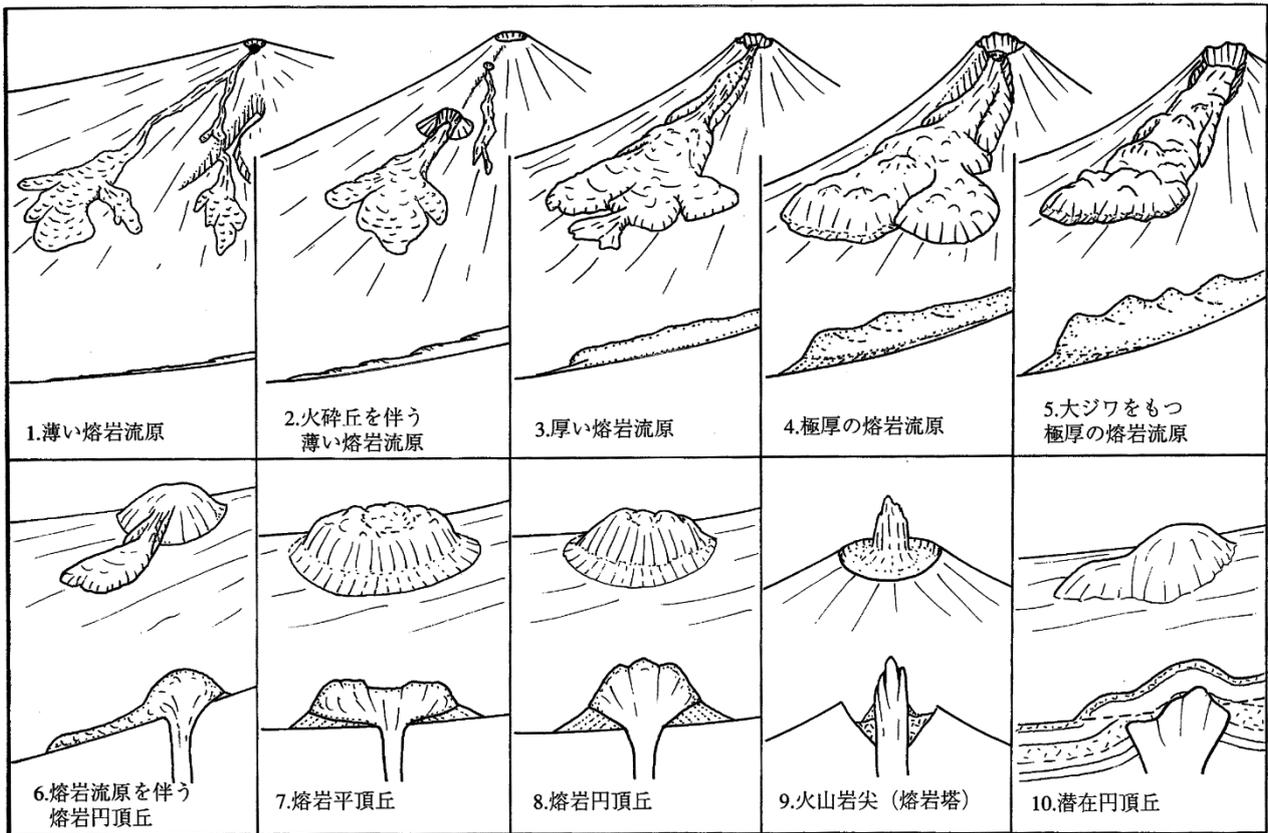


図 10.8 (左図) 火砕流堆積物の模式断面図 (鈴木隆介 著, 建設技術者のための地形図読図入門 第4巻 火山・変動地形と応用読図, 古今書院 より)

図 10.9 (右図) 一部溶結した火砕流堆積物にみられる累堆構造の模式図 (鈴木隆介 著, 建設技術者のための地形図読図入門 第4巻 火山・変動地形と応用読図, 古今書院 より)



溶岩地形の諸類型 (鈴木, 1983, を一部改変)

1~10の上段は斜観図で下段は断面図である。単成盾状火山(アイランド式)を除く。1~9へとマグマの粘性が高い。1~5の溶岩流については、溶岩堤防、溶岩シワ、側端崖、末端崖の大きさと溶岩の厚さの関係ならびに主山体が順に急傾斜になっていることに注意。断面図の打点部は溶岩の破砕物質(クリンカーなど)の部分を示す。6~9については、溶岩内部の節理、基底の崖錐堆積物、溶岩地形と崖錐の斜面傾斜および溶岩地形頂部の起伏状態に注意。

図 10.10 溶岩地形の諸類型 (鈴木隆介 著, 建設技術者のための地形図読図入門 第4巻 火山・変動地形と応用読図, 古今書院 より)

火山における建設工学上の諸問題

火山特有の複雑な地形・地質条件のために、非火山地域における建設技術や経験を、そのまま火山地域に適用できない場合も多い。

建設工学的には、岩質分類（流紋岩，安山岩，玄武岩）よりも、溶岩，軽石流堆積物，降下火山碎屑物などといった，地盤の産出状況がより重要である。

(1) 切取・開削

基本的に山頂を中心とした流れ盤となっている。火災丘の斜面は崖錐である。非固結の降下火砕堆積物に覆われている地盤では，切取が新たな崩壊を生じやすい。溶岩や溶結凝灰岩は垂直に近くとも自立できるが，風化によって落石・崩壊が生じる。

(2) 盛土・基礎

火山噴出物の多くは N 値 50 以上で，盛土や構造物の基礎地盤としての支持力は十分であるが，熱変質や温泉変質を受けたもの，および湖沼跡の泥炭地や湿原に分布する軟弱地盤に注意。

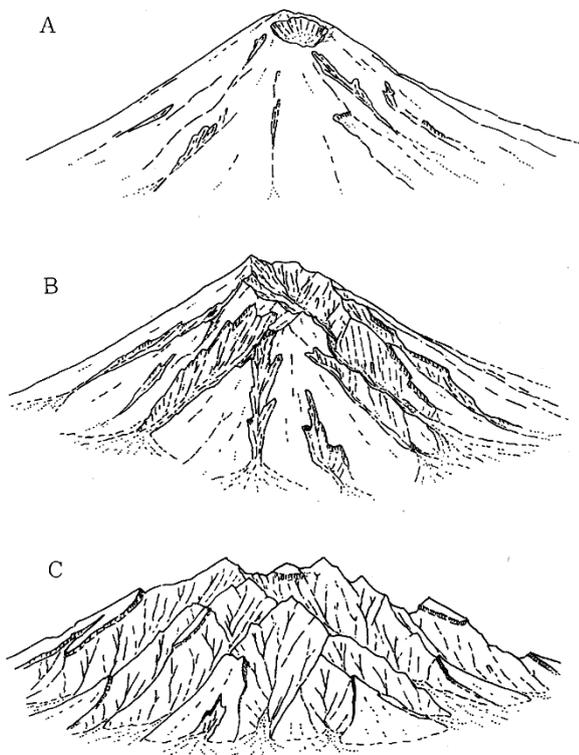
(3) トンネル

地層が工作しているので，計画・施工ともに難しい。

硬軟の岩盤の交錯，落盤，湧水（火砕堆積物は透水性が大きい），溶岩中の節理面の走向・傾斜。

(4) ダム

基本的に困難。漏水，地すべり，支持力不足。宮城県鳴子ダムにおいて，火山岩の熱変質のために湛水後に湖畔で地滑りが発生。



成層火山の削剝過程の概念図（平野，1993）

経時的に A→B→C のように変化する。

図 10.11 成層火山の削剝過程の概念図（鈴木隆介 著，建設技術者のための地形図読図入門 第4巻 火山・変動地形と応用読図，古今書院 より）

表 10.4 噴火災害の加害因子（鈴木隆介 著，建設技術者のための地形図読図入門 第4巻 火山・変動地形と応用読図，古今書院 より）

加害因子		災害要因	
噴火	火山ガス	ガス中毒，大気・水質汚染，植生破壊	
	降下物質	火山塵	成層圏エアロゾル増加→気象変動
		火山灰	降下・付着・埋積
		火山礫	吸引による航空機エンジンの停止
		噴石，火山弾	落下衝撃→破壊・埋積・火災
	ベースサージ	掃過域の決定的破壊・埋積，	
火砕流	森林火災		
熔岩流	河川堰止→天然ダム→湖沼形成		
火山岩屑流			
随伴現象	火山体崩壊	斜面破壊，火山麓の埋積，火山島爆裂と崩壊物質の水域突入による津波	
	火山性地震	地震動による建造物の破壊，津波	
	空振	爆風による窓ガラスの破壊	
	地形変化	火山体の新生，成長，破壊	
	地殻変動	隆起，沈降，地割れ，断層，曲動，地表水・地下水の水系変化	
	地熱変化	地下水温変化，温泉湧出状況の変化	

表 10.5 火山における建設工事上の留意事項（鈴木隆介 著，建設技術者のための地形図読図入門 第4巻 火山・変動地形と応用読図，古今書院 より）

建設工事の諸問題		固結度	支持力	透水性	切取・掘削		盛土	トンネル	ダム	
					掘削法	切取法面の安定性 (斜面安定工をしない場合)				
火山岩の種類										
火山砕屑岩	降下火砕堆積物 (火山灰，軽石，スコリア，噴石)	新期	小	中	大	ブルドーザー	不安定，植生工不良，ガリー発達	可	落盤，余堀	不可，漏水
		古期 (ローム)	小	中	大	ブルドーザー	比較的安定，植生工不良，直切可	可	容易	アースダム可
	ベースサージ・スコリア流・軽石流堆積物	小	大	大	ブルドーザー	直切可，斜切ではガリー発達，崩落，植生工不良	可	落盤	不可，漏水	
	熱雲堆積物 (石質火砕流)	小	大	大	ブルドーザーとリッパー	比較的安定，落石，崩落，植生工不良	可	落盤	不可，漏水	
	熔結凝灰岩	大	大	中	発破	直切可であるが，落石	可	容易，落盤	可，漏水	
	火山岩屑流堆積物	小	中	中	リッパーと発破	落石多し	不等沈下	硬軟岩の交错，落盤	漏水	
熔岩	表層部と基底部	小	大	大	リッパー	落石	可であるが，不等沈下	落盤	可，グラウト不可欠	
	内部	大	大	大	発破	直切可，落石	可	容易，節理注意	可，グラウト不可欠	
変質岩	温泉余土	小	小	小	ブルドーザー	極めて不安定，地すべり	極く不安定	極めて困難，盤膨	不可，地すべり，強酸性	
	変朽安山岩，グリーンタフ	中	大	小	リッパーと発破	崩落，落石，地すべり	可	落盤，盤膨	可であるが，地すべり	

注1：建造物の規模に対して，火山岩が十分な厚さをもつ場合を想定して記されている。

注2：火山地域には，表中の火山噴出物のほかに，河成堆積物，湖成堆積物（泥炭）や集団移動定着物があり，また断層もある。

注3：固結度，支持力および透水性は火山岩相互間の相対的な大小を示す。

土木地質学特論

(11) 地形図から地形をイメージする

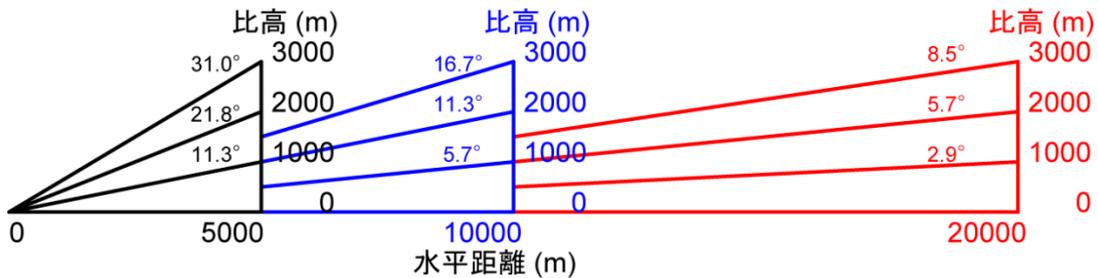
地形図から見える地形をイメージする練習

準備物：定規（長いほど良い，30cm 位が良い），関数電卓

【作図のポイント】

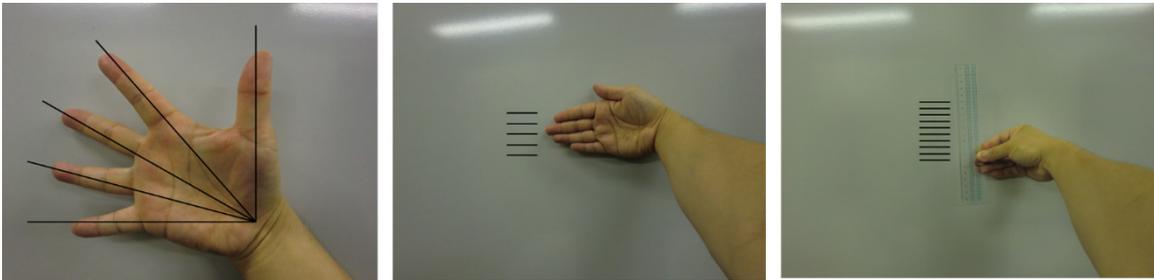
基本的に，測量学実習の平板測量と要領は同じ。水平角と水平距離は地形図上からわかるので，鉛直角を計算すれば良い。地形図から，観測点～測点までの水平角，鉛直角を計算して，図化する。

$$\text{鉛直角 } (^\circ) = \tan^{-1} \{ (\text{比高}) / (\text{水平距離}) \}$$



自分の体の一部や，身の回りの道具で，だいたい垂直角を測れるようにしておくとう便利。

- (a) 自分の手の指を開くと，何度くらいに開くのか？
- (b) 腕を伸ばして指を見たとき，指一本分はだいたい何度か？
- (c) 腕を伸ばして定規を見たとき，1 cm はだいたい何度か？



$$\text{鉛直角 } (^\circ) = \tan^{-1} \{ (\text{比高}) / (\text{目～手の先までの長さ}) \}$$

※森は（目～手の先までの長さ）=55 cm，指一本の太さが 1.7 cm でした。

- (a) 小指を水平にした時

自分の値	森の値【参考】
薬指 : (°)	(15 °)
中指 : (°)	(30 °)
人差し指 : (°)	(49 °)
親指 : (°)	(90 °)
(b) $\tan^{-1} \{ (\quad) / (\quad) \} = (\quad \quad \quad)^\circ$	$\tan^{-1} \{ 1.7 / 55 \} = 1.77^\circ$
(c) $\tan^{-1} \{ (\quad) / (\quad) \} = (\quad \quad \quad)^\circ$	$\tan^{-1} \{ 1.0 / 55 \} = 1.04^\circ$

【作図の手順（例）】

- (1) 地形を描く（イメージする）範囲を決める。
- (2) 地形を描く（イメージする）範囲と用紙の画角の範囲を決める。本当は絵の縦横アスペクト比は1:1が良いが、1:1にすると平べったくなるので、縦倍率を2~3位にしても良い。
- (3) 画面の中に、縦線（方向角）、横線（鉛直角）を入れる。
- (4) 山の頂上、稜線（尾根）を見つけ、任意の点の標高を確認する。
- (5) 観測点からの距離と任意の点の標高値から、鉛直角を算出。
- (6) 方向角と鉛直角を確認して、その点をプロットして線で繋ぐ。
- (7) 以下、繰り返す。