

第2章 山と川

右の写真はヤマタノオロチの
伝説の舞台となった斐伊川

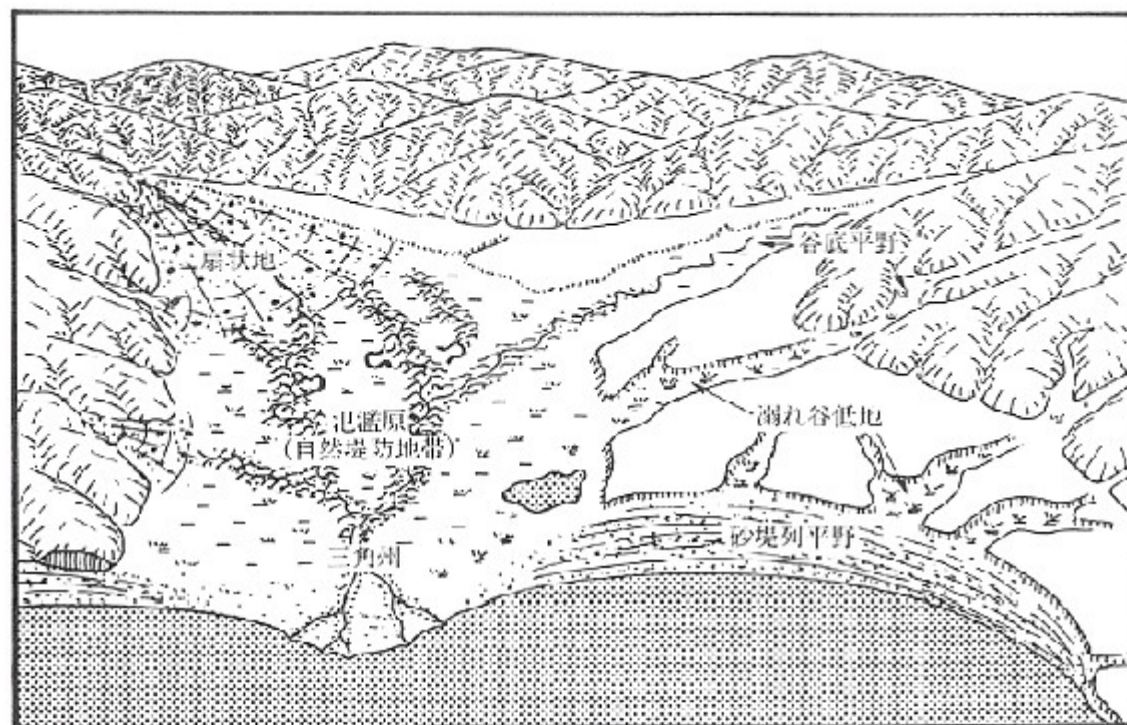
流送土砂量が多いので河道
は網状流をなしている

自然堤防や後背湿地、旧河
道といった地形は、かつての
氾濫の歴史を記録している

写真を判読してみよう



沖積低地 扇状地→氾濫源(自然堤防地帯)→三角州



自然堤防

洪水時に水が河道から溢流するとき、流速が急に減じるために粗粒物質を堆積

氾濫源

洪水時に流水が河道などから溢流して氾濫する範囲の平野

③ 自然堤防—信濃川



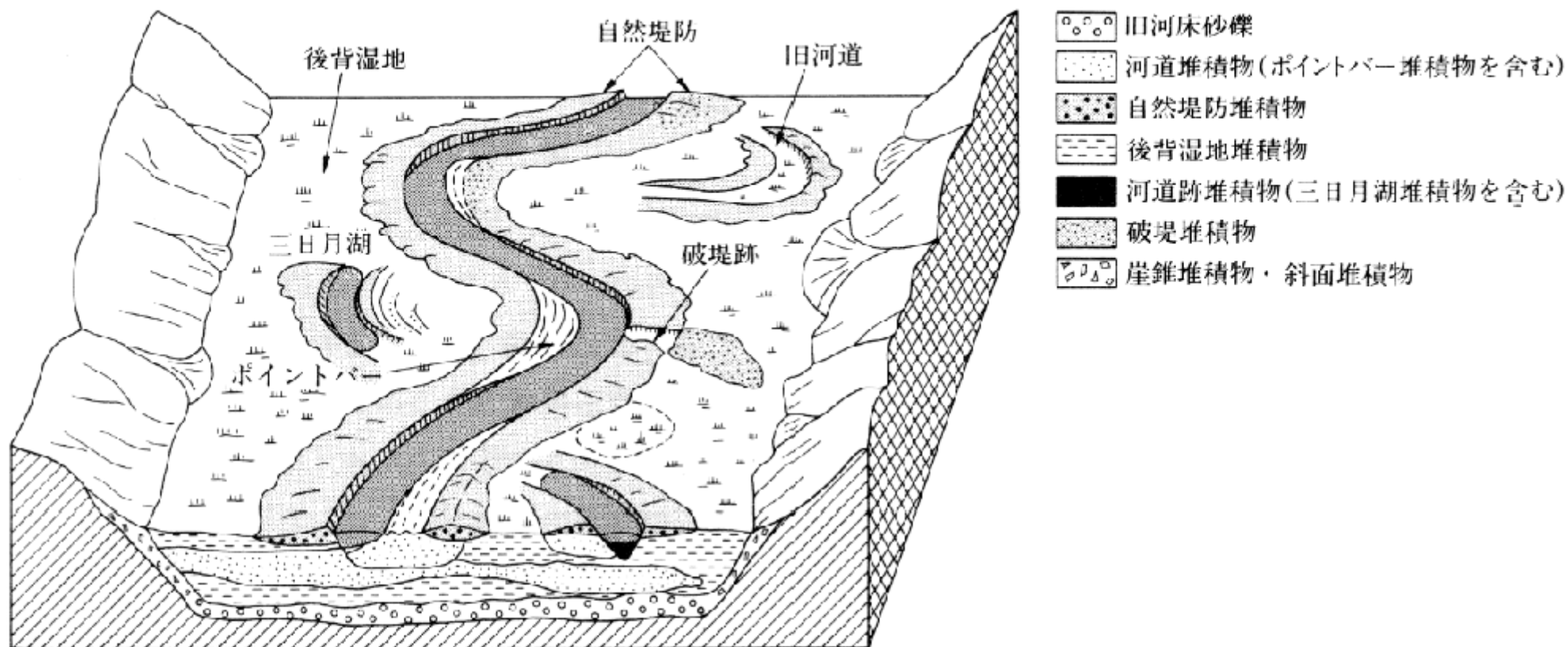
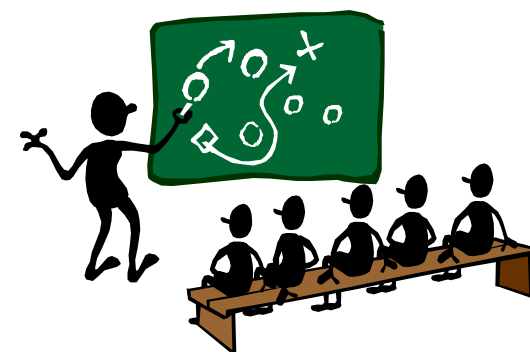


図 2.2 自然堤防と後背湿地 (貝塚ほか, 1985 を改変)

典型的な氾濫源の地形



ヤマタノオロチは斐伊川

八つの頭と尾

- ・上流が多数の支流に分岐し、下流が網状流をなすこと

スサノオが出雲の斐伊川を上流にたどっていくと、老夫婦が娘を抱いて泣いていた。わけを尋ねると、「わしらには八人の娘があったが、ヤマタノオロチが毎年来て食べてしまった。今年ももう来るころなのだ」と答えた。オロチは、八つの頭と八つの尾を持ち、体には木が茂り、いくつもの峰や谷をまたぐほど大きく、その腹は血に染まっているという。スサノオは強い酒を醸させてオロチを誘い、酔って眠ったところを切り殺した。その尾の中には一本の太刀があった。それが草薙の太刀である。

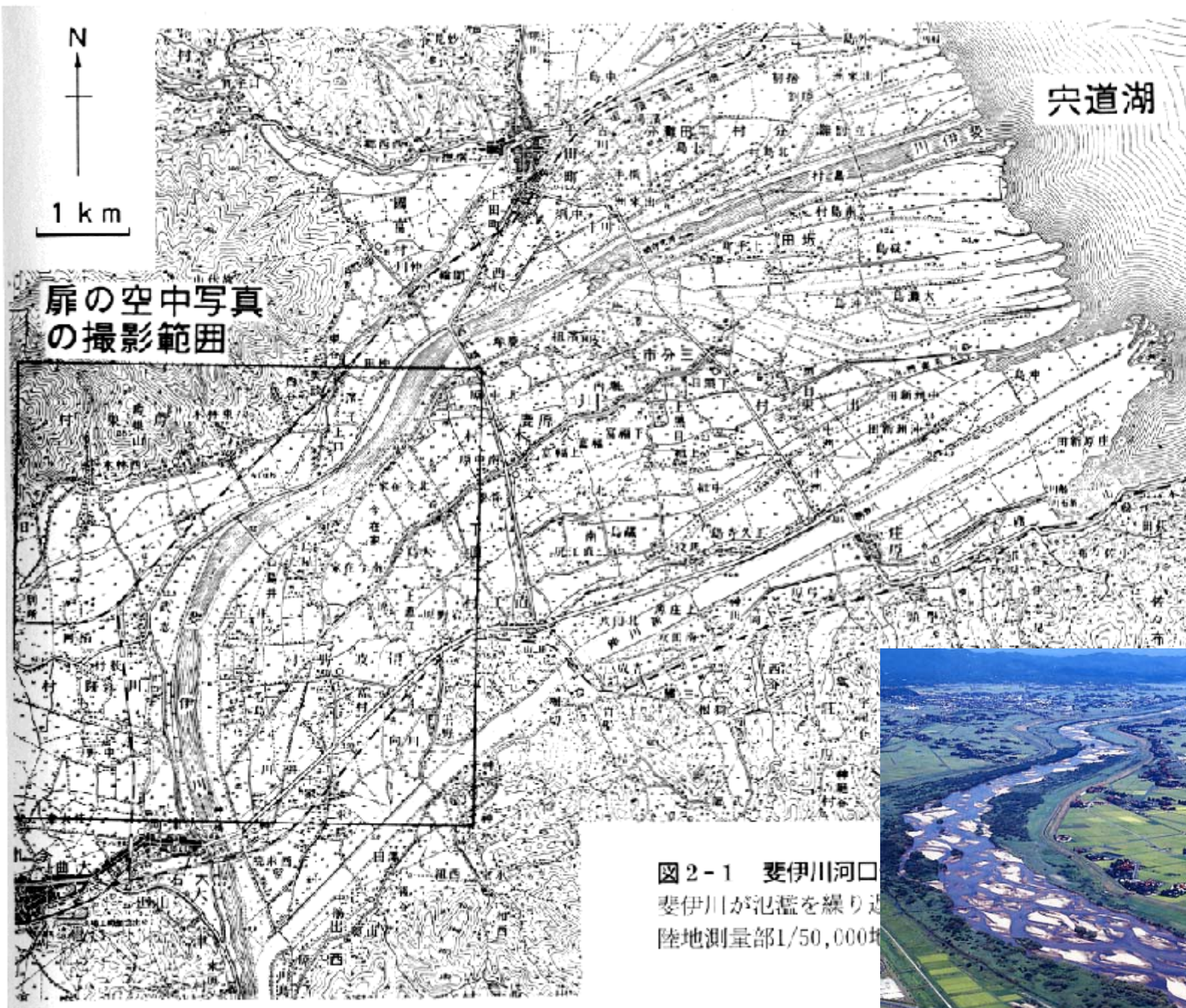
『古事記』より要約

網状流

- ・流送土砂量が多い河川に見られるが、河床が高くなるので氾濫しやすく、そのたびに流路が移動する
- ・氾濫の原因は増水だけでなく、多量の土砂の存在もある

図2-1(次ページ)で、斐伊川にほぼ平行する道や家並みに注目

- ・自然堤防の微高地に立地したもの
- ・その間の水田は後背湿地や旧河道



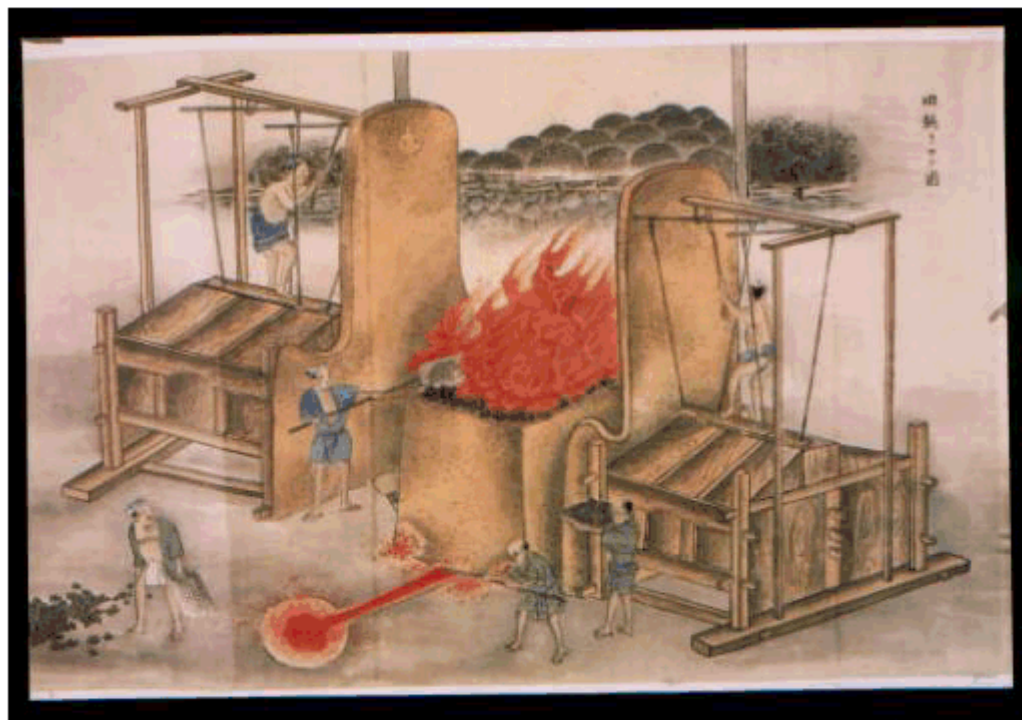
旧版地図には
斐伊川が
氾濫を繰り返した地形
が残されている

図 2-1 斐伊川河口
斐伊川が氾濫を繰り返した
陸地測量部1/50,000地

なぜ斐伊川で氾濫が多いのか？

・中国山地のタタラ製鉄

- ーオロチの血は鉄酸化物の色、尾中の太刀は製鉄を暗示
- ー「出雲國風土記」(733年)に斐伊川上流で鉄を産するとの記述あり



「先大津阿川村山砂鉄洗取図(さきおおつあがわむらやまさてつあらいとりのず)」と題する絵巻物に記載されたタタラ製鉄の一場面である。タタラ製鉄は、古くから中国地方、主として鳥取、島根、広島、岡山、兵庫の一带で行われていたが、本絵巻物は、従来タタラと無関係とされていた山口県下において幕末ではあるが、大規模に製鉄まで一貫作業が実施された事実を記録するものとして、製鉄史上貴重な資料とされている。この図は製鉄のかなめにあたるタタラ炉による操業の様子を描いたもので、各職人の仕事分担がよくわかる図である。(東京大学地球システム工学科所蔵)h

タタラの原料は砂鉄と木炭

砂鉄: 中国地方に広く分布する花崗岩に多く含まれる

木炭: 精錬用、鍛冶用に大量に使用

・砂鉄の採掘に伴う地形改変や選鉱時の廃砂により河川に大量の土砂を流した可能性

・木炭を調達するために広い面積の森林が伐採された

鉄穴流し



花崗岩の風化土層(まさ)を水路に流し、比重選別によって砂鉄を採取
(写真: 国土交通省HPより)



もののけ姫に
登場する斜面
(C) スタジ
オジブリ

中国地方における近世のタタラ 製鉄所の分布





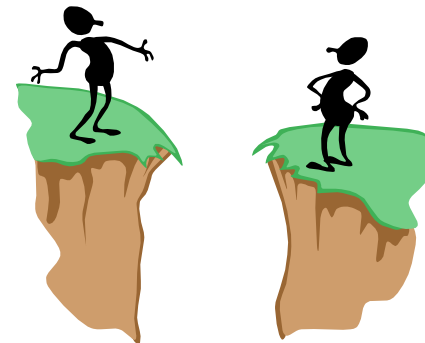
● 人間活動は地形も変える！

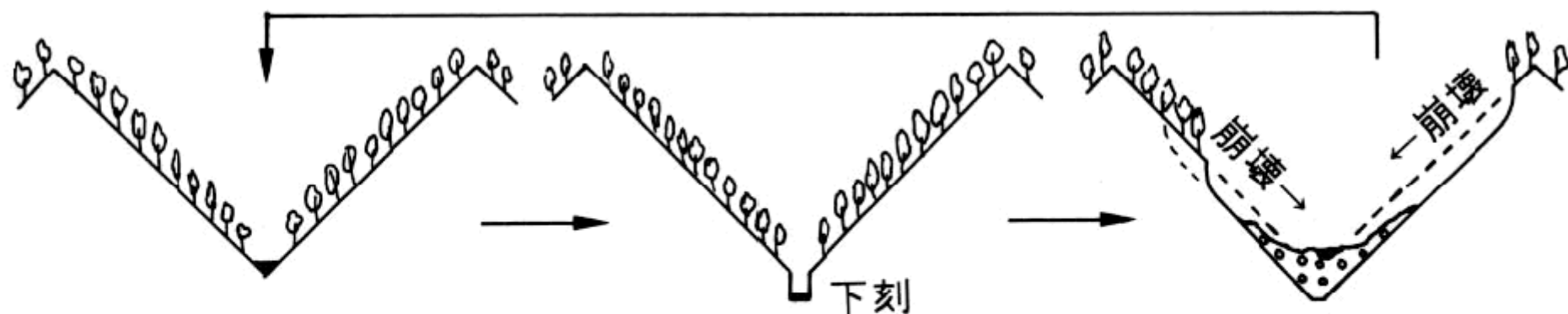
[illegible]

2.1 河谷と河川的作用

2.1.1 河川侵食と谷壁斜面の発達

- ・河川は山地域から水だけでなく土砂も排出する
- ・しかし、この土砂は「河川が削ってきた」というと誤解の余地がある
- ・日本列島の山地では、河谷の形態はV字形をなしているが、そのすべてを河谷が浸食した訳ではない
- ・急峻な谷壁斜面は自重で崩れる
- ・河谷はその崩壊土砂を下流に運搬する

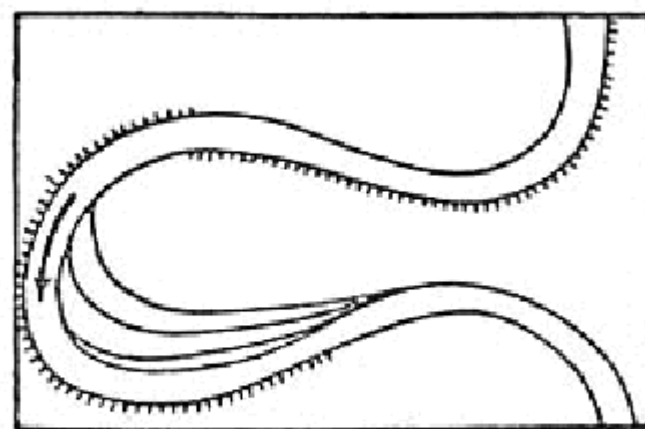




河川が河床を**下刻**すると、不安定になった谷壁斜面が自重で崩壊。河川はその崩壊土砂を下流へ排出して、再び下刻していく。

谷が蛇行しているところでは、湾曲した外側の攻撃斜面には**側刻作用**も働き、谷壁はより不安定になる

河川は谷底に設置されたベルト・コンベアであると同時にノコギリ



川の蛇行

河川は自ら河床勾配を調節する

- ・河川流量に対して多量の土砂を運搬するためには、河床勾配を急にする必要がある
- ・土砂が減れば、緩い河床勾配でも供給される土砂を運搬できる

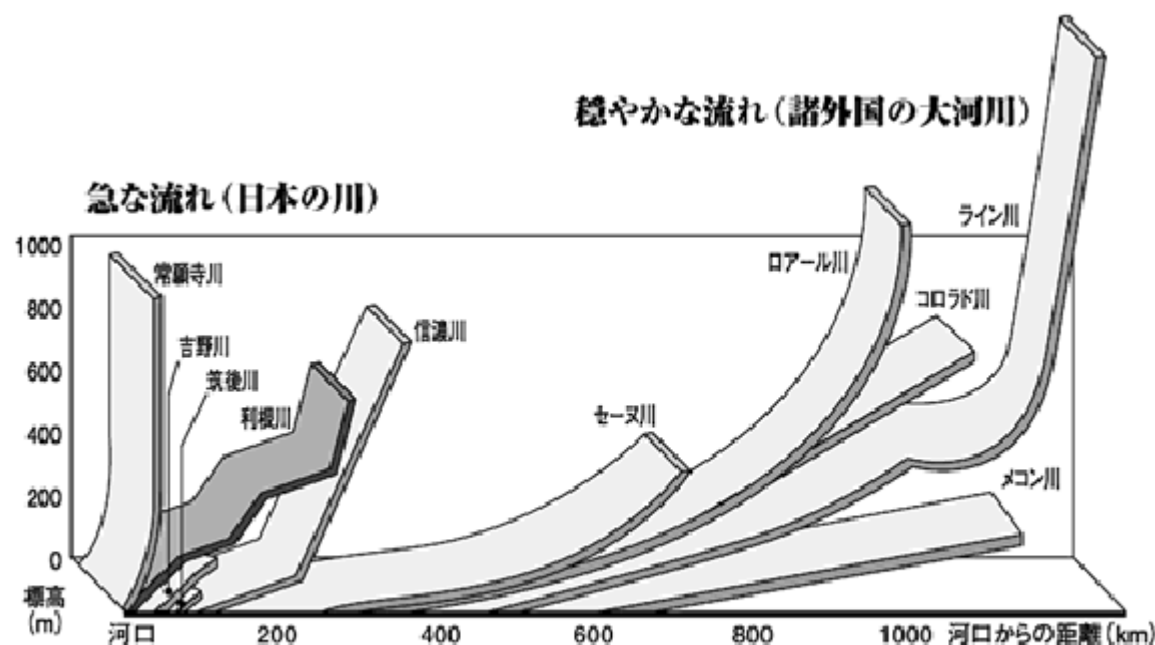
河床勾配は土砂量によって短期間で変わる

- ・上流にダムができたらどうなるか？

日本列島の河川は流域面積に比べて流送土砂量が多い

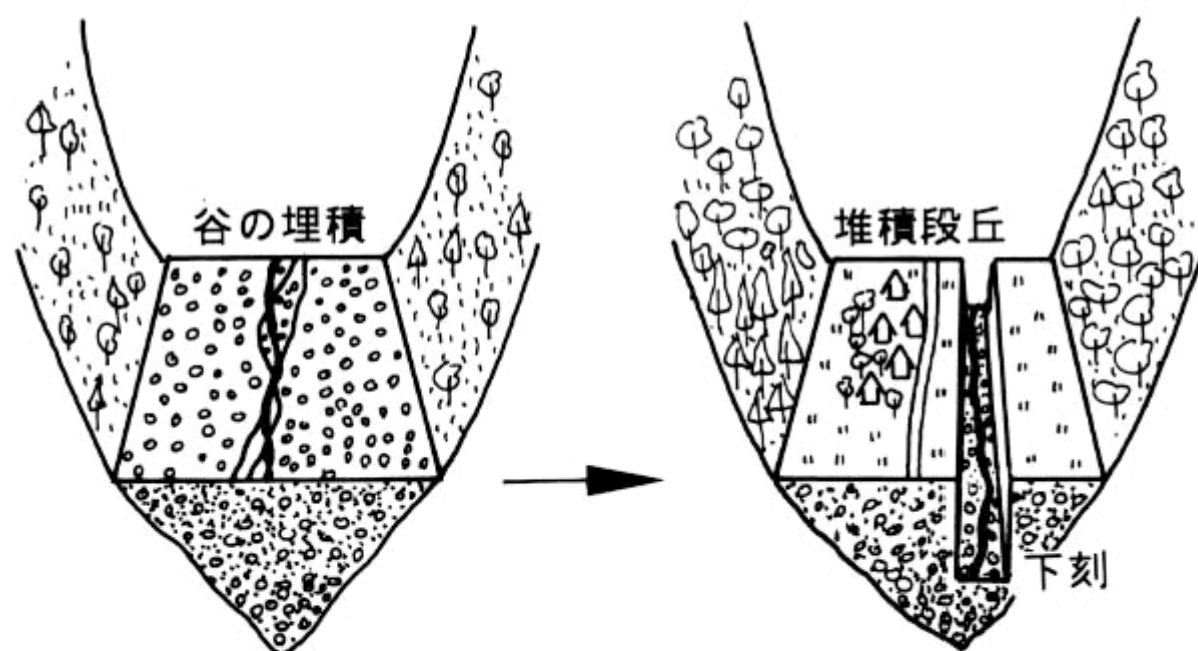
- ・そのため、世界的に見れば急流

これは瀧だ！(ヨハネス・デレーケ)



2.1.2 堆積段丘の形成

- ・ 河川流量に比較して土砂が多い場合 → 堆積が生じる
- ・ 土砂量が減少した場合 → 浸食



気候変動などによって河川流量と土砂生産量のバランスがくずれ、土砂生産量が過剰になると、運びきれない土砂が河谷を埋積

その後、土砂生産量の減少、あるいは流量の増加により、河川は堆積物を下刻

浸食を免れた部分は離水して、**堆積段丘**になる

段丘は地盤が砂礫質なので、水に乏しく、水田を開くには灌漑工事を必要とした



片品川は典型的な河岸段丘が発達するために、教科書ではおなじみ

河岸段丘 堆積段丘、浸食段丘



流送土砂量が変化する理由

- ・突発的な大規模崩壊、火山活動による流送土砂量の激増
→局地的でその流域内のみに分布
- ・気候変動によるもの

最終氷期の日本アルプスや日高山地では山頂部にカール氷河が形成され、山腹斜面の広い部分で周氷河現象が発生した(図2-5)

氷期には周氷河作用によって岩屑の生産量が多くなる
→河谷は埋積され、山麓では扇状地が形成

このようにして形成された段丘を気候段丘と呼んでいる





薬師岳カール



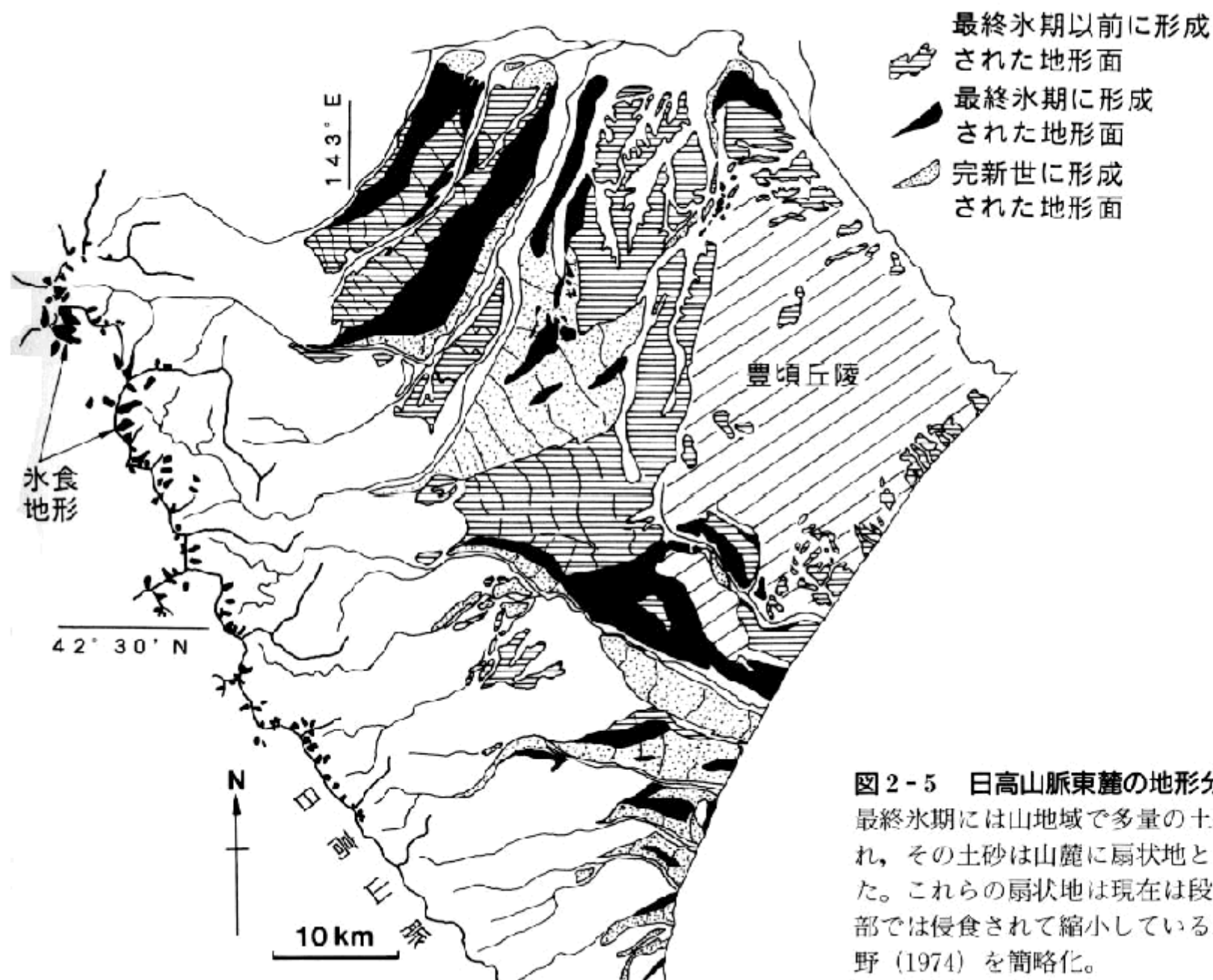


図 2-5 日高山脈東麓の地形分類図

最終氷期には山地域で多量の土砂が生産され、その土砂は山麓に扇状地として堆積した。これらの扇状地は現在は段丘化し、一部では侵食されて縮小している。平川・小野（1974）を簡略化。

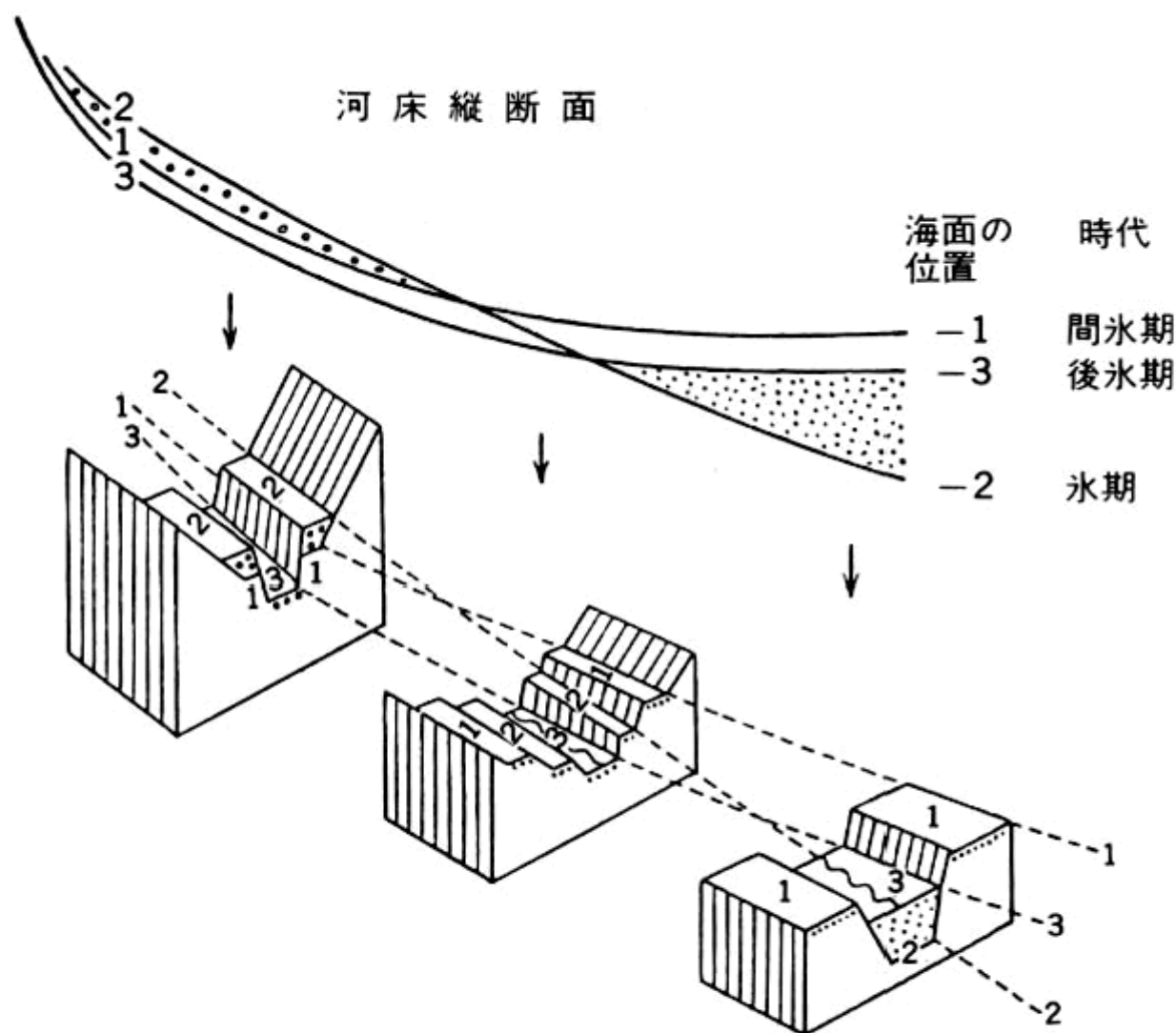
中・高緯度地域における間氷期、氷期、後氷期の河川の変化

間氷期、後氷期

- ・砂礫供給量の減少、流量の増加、海面の上昇
- 緩勾配河川の成立

氷期

- ・上流部での砂礫供給量の増大（植物被覆の少ない地面の拡大）
- ・流量の減少
- ・海面低下
- 急勾配河川の成立

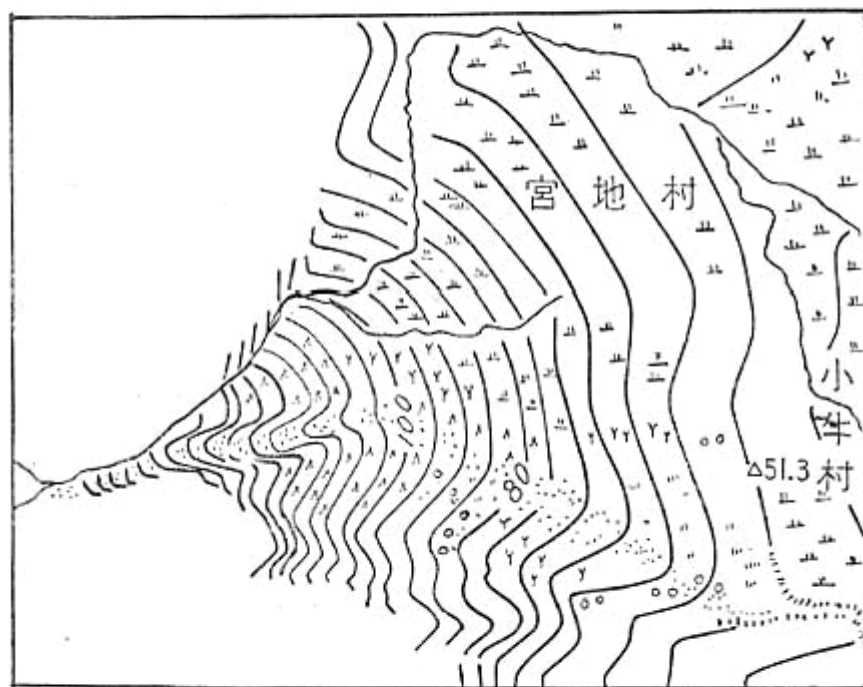


2.1.3 扇状地の形成

- ・山麓の谷口で川幅が急に広がり、水深が浅くなって運搬力が落ちると、そこに砂礫が堆積して扇状地が形成される
- ・河道は洪水のたびに谷口を中心に振れるように移動するので、堆積物は円錐状になる
- ・ただし、武蔵野台地のような堆積物が薄い扇状地では側方侵食も働くらしい

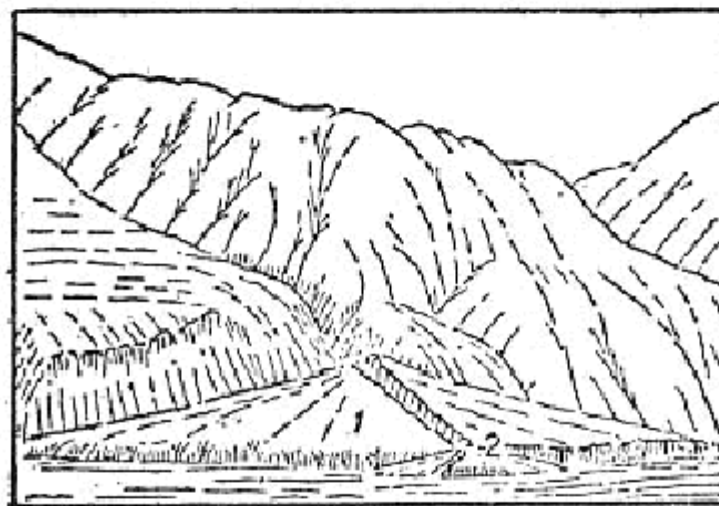


注)古い教科書では扇状地の成因について、“山地から低地に河水が流出するとき、川の勾配は突然減少するので、山間で運んできた岩屑は全部運搬することができなくて、その谷口に堆積する”、という記載を見かけることが多いが、実際は勾配はあまり変わらないという研究結果がある



第63図 扇状地

大垣市北西方、池田山924.4mの東麓の断層崖下の扇状地。100m 等高線から上流側の河床は等高線が山地側に入り込み、これから下流側では扇端に突出している。



インターセクションポイント:これより下流では洪水・土砂災害の危険性が大きくなる

第64図 扇状地の発達

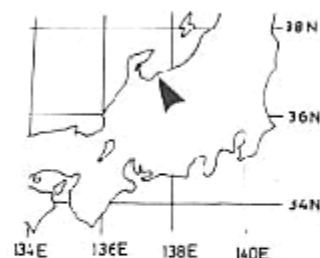
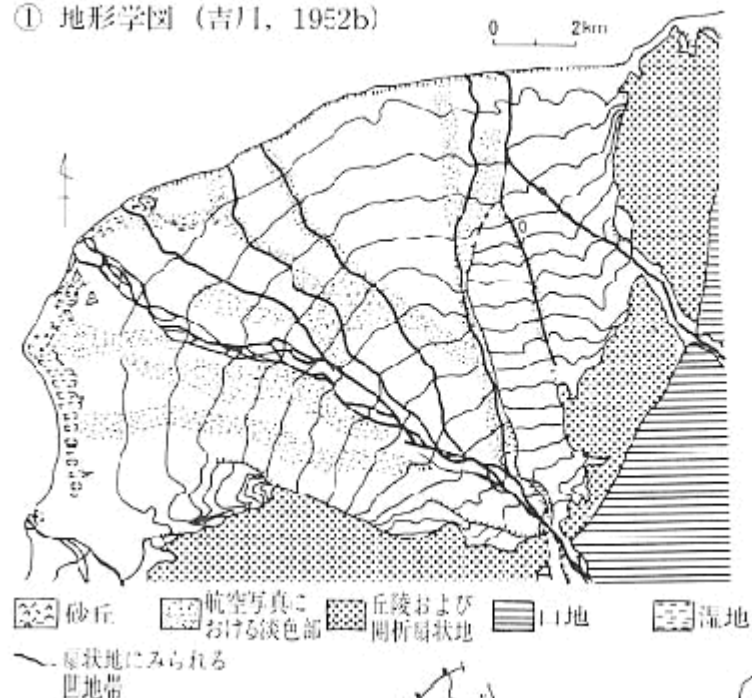
谷口で河床勾配が突然緩やかになると砂礫を堆積して扇状地を形成する。

1は古いもので、発達中に若返り、川は下刻し、ついで2の新しいものを形成する。

1の扇状地の末端は本流によって側刻され崖を生じている。

(三野与吉:地形入門)

① 地形学図 (吉川, 1952b)



黒部川扇状地上には、数多くの洪水流路、網状流後間微高地、低水路跡が見られる。

これらの微地形を対象に黒部川の発達過程に関する研究が多数なされている。

(斉藤享治: 日本の扇状地)

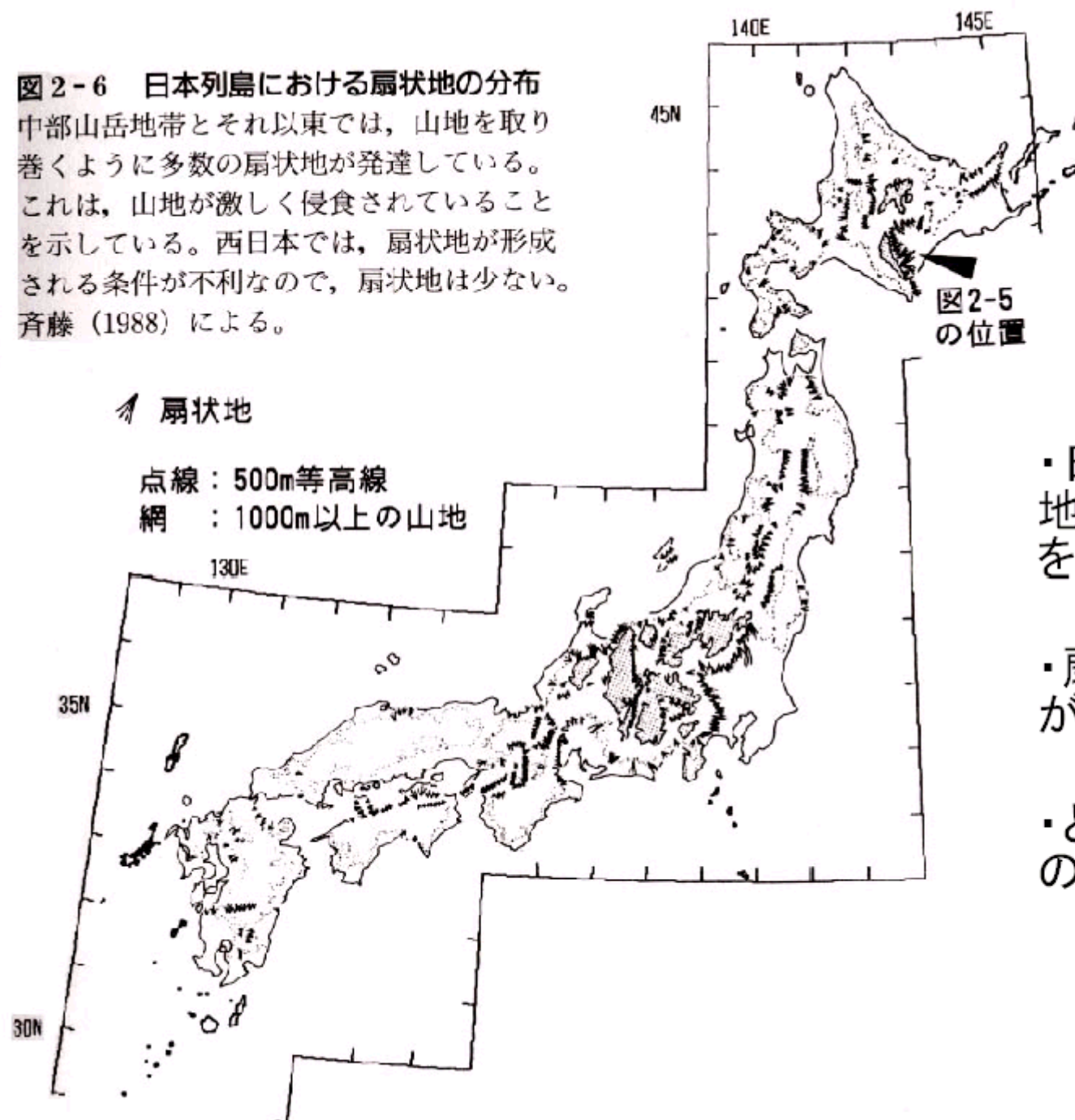


② 水文地形学図 (梶根・山本, 1971)



③ 低水路跡分布図 (大内, 1979)

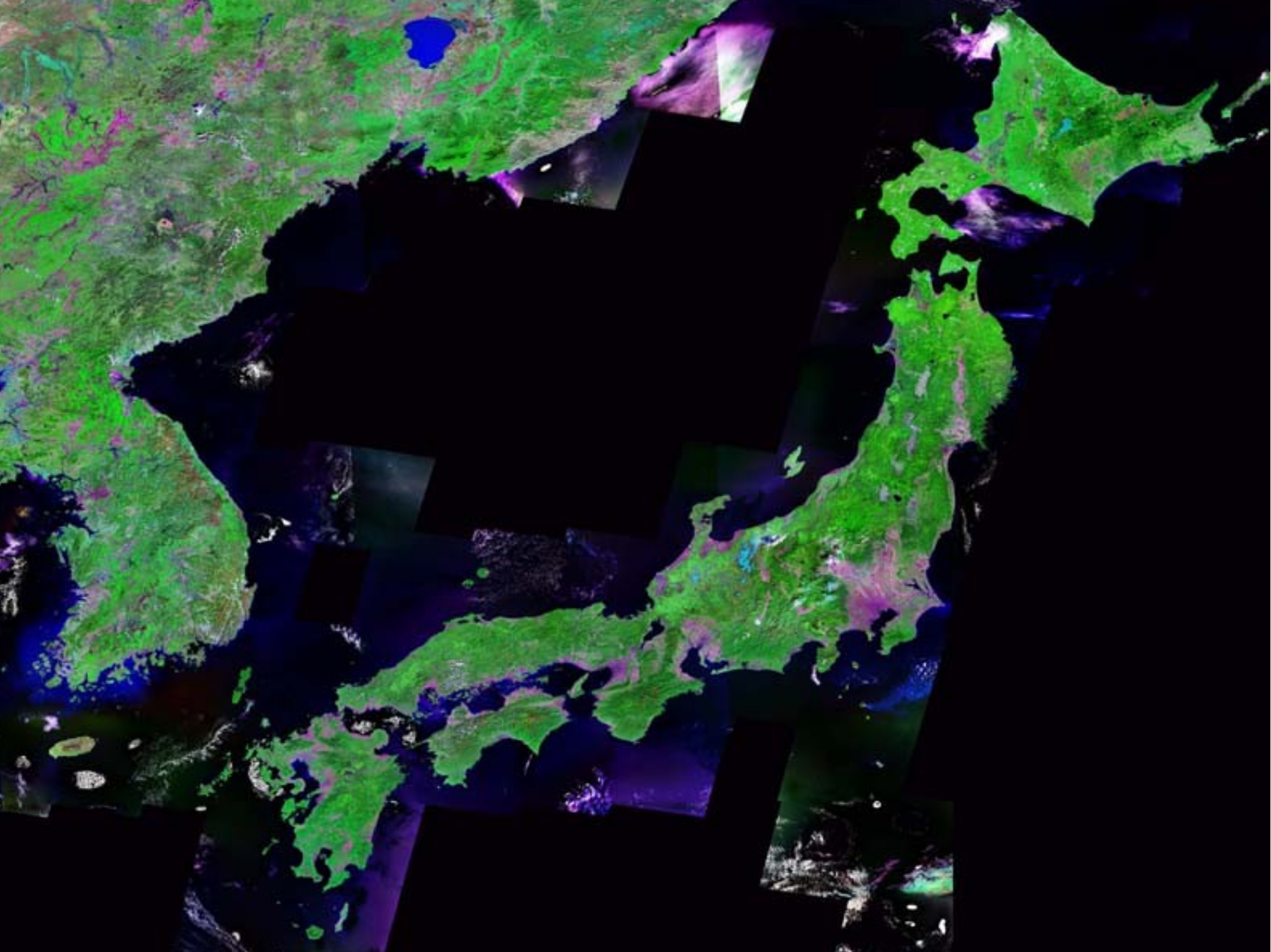
図2-6 日本列島における扇状地の分布
 中部山岳地帯とそれ以东では、山地を取り巻くように多数の扇状地が発達している。これは、山地が激しく侵食されていることを示している。西日本では、扇状地が形成される条件が不利なので、扇状地は少ない。齊藤（1988）による。



・日本列島には現成の扇状地または段丘化した扇状地を持つ流域が約500個ある

・扇状地の分布には地域性がある

・どうして分布に偏りがあるのか？



集水面積(谷口より上流側の面積)が200km²以上の流域では扇状地が形成されやすい条件として以下の3つがあげられている

- ①中部山岳地帯の盆地域では起伏比が大きいこと
・土砂生産量を増加させ、河床勾配を急にする

注) 起伏比: 谷口から集水域内の最高山頂までの標高差を、谷口から最も遠い山頂までの水平距離で割った値

- ②関東平野では堆積場が平野域にあること
・平野では扇状地が広がるだけの空間があるが、直接海に面する流域ではそれがほとんど無い

- ③日本海側では豪雨が強いこと
・洪水流量が大きくなると砂礫が遠くまで流されてしまい、河床勾配が小さくなりすぎる

以上の条件のいずれかが不利な西日本では、扇状地が少ない

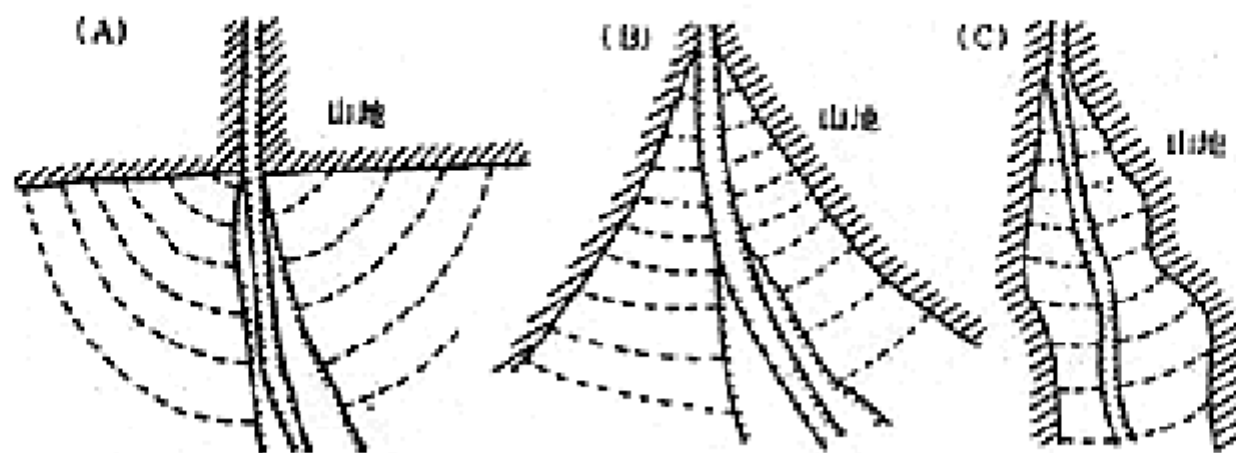
- ・集水面積が約1600km²以上になると、河床勾配が緩くなって粗粒な砂礫が運搬されず、扇状地は形成されにくい

- ・集水面積が200km²以下と小さくなると、土砂の運搬様式が**土石流**となり、**沖積錐**(ちゅうせきすい)という小規模な扇状地が形成される

注) 土石流: 急勾配の渓流を土砂が集団で転落してくる現象。洪水堆積物は粒径がそろった砂礫が成層するのに対して、土石流堆積物は乱雑な層相を持つ(“淘汰が悪い”)と言う)

- ・沖積錐は集水面積100km²前後でよく形成され、約6km²以下になるとほとんど形成されなくなる

- ・沖積錐が形成されている山麓では、将来も土石流災害の危険があると予知できる



- 溪床の勾配が急
($2 \sim 3^\circ$ より急傾斜)
- 上流に崩壊地形
- 溪床に土砂の蓄積
- 沖積錐地形の存在
- その他



山梨県足和田村の土石流災害の例

このような地域ではしばしば”分家災害”と呼ばれる災害が生じる

土石流災害の事例：足和田土石流災害

昭和41年9月15日、台風24号の降雨(270mm)の後、台風26号の影響による時間雨量100mmの豪雨により、足和田村(現富士河口湖町)で土石流が発生。

本沢川、三沢川で発生した土石流は、それぞれ根場地区、西湖地区の中心部を直撃した。

根場地区では人口235名のうち、死者・行方不明者63名。

西湖地区では人口513名のうち、死者31名を記録。

その後、**集団移転**が行われた



(写真 下左：根場、下右：西湖)



(富士砂防：http://www.fujisabo.go.jp/jimusyo/fujiazami/fujiazami_55/fa55-2.html)

2.2 斜面地形と地形災害

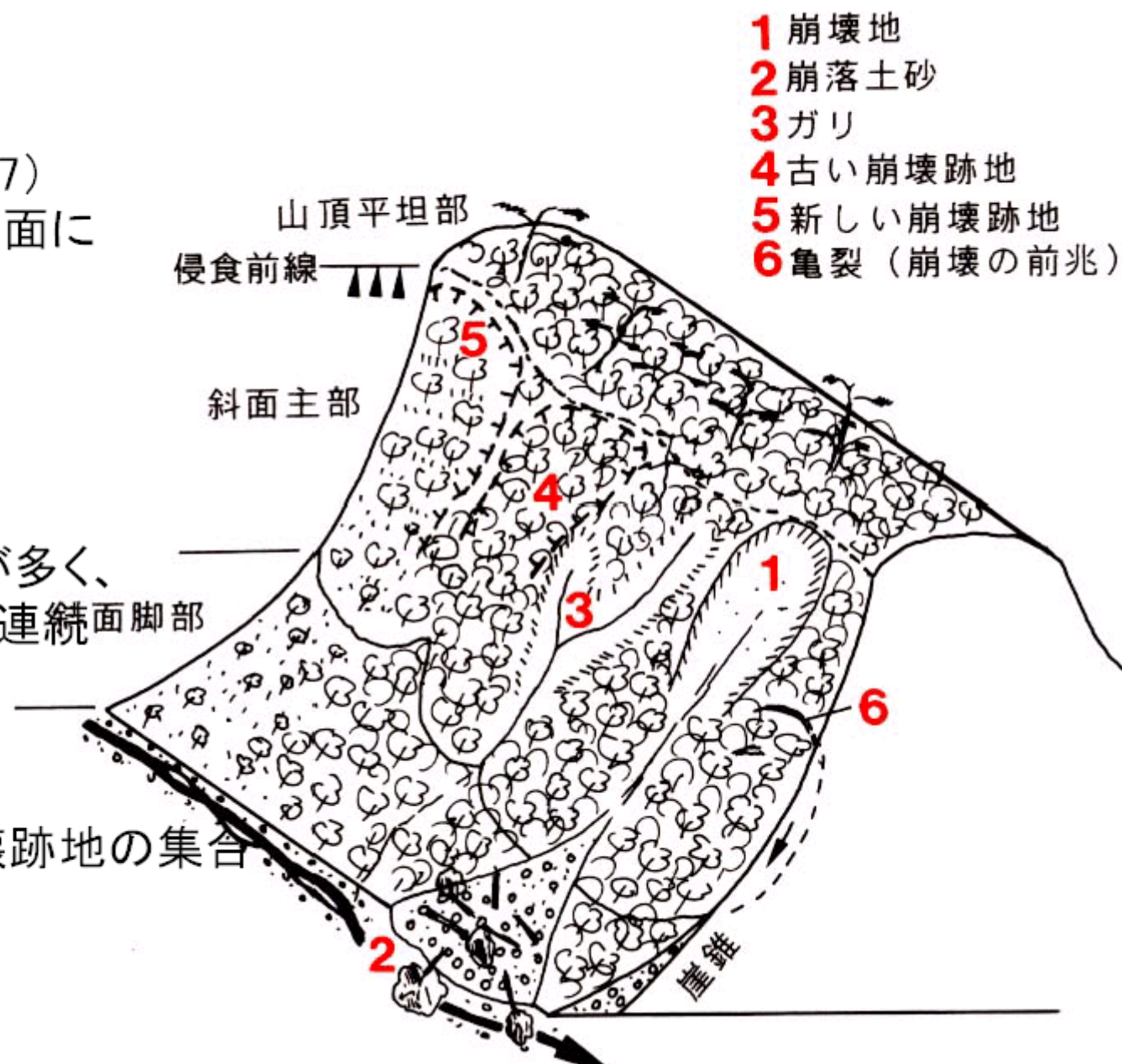
2.2.1 山腹斜面の地形

一般的な崩壊地形 (図2-7)

- ・斜面表層の風化層が斜面に沿って滑り落ちるもの
- ・豪雨時によく発生

山腹斜面の地形単元

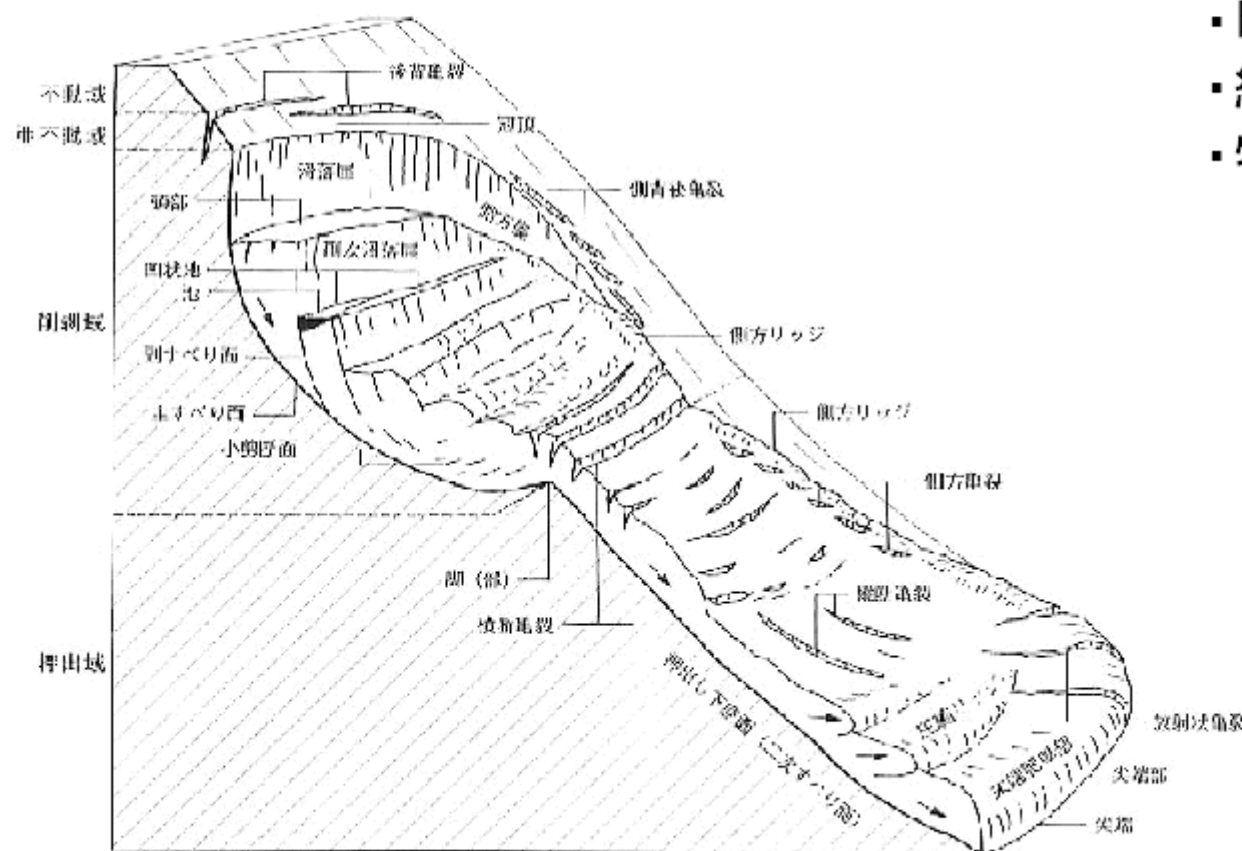
- ・山頂平坦部
丸みを帯びていることが多く、急峻な谷壁斜面とは不連続
- ・侵食前線
- ・斜面主部
凹地 → 崩壊跡地
斜面主部は多数の崩壊跡地の集合
- ・斜面脚部
崩壊した土砂の堆積
崖錐



2.2.2 崩壊しやすい地質条件

地すべり（“地滑り”とは書かない）

- ・滑り面が深くて広いスプーン状をなし、馬蹄形の平面形
- ・急激に崩壊することはなく、むしろ平地の少ない山地では貴重な宅地や農地を提供



- ・明瞭な滑り面を持つ
- ・緩慢な動き
- ・特徴的な地すべり地形

地すべりに伴って生じる各種の地形の模式図 (大八木, 1982, を一部改変)

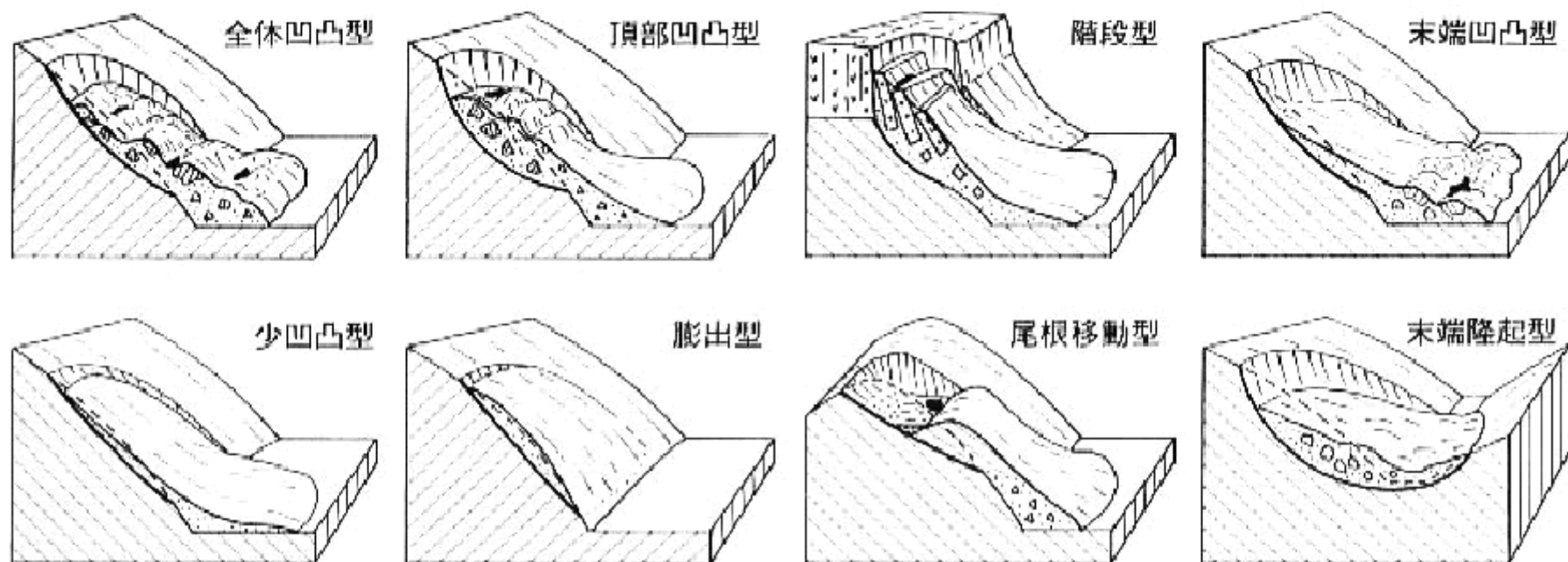


図 15.5.5 地すべり地形の基本的な類型

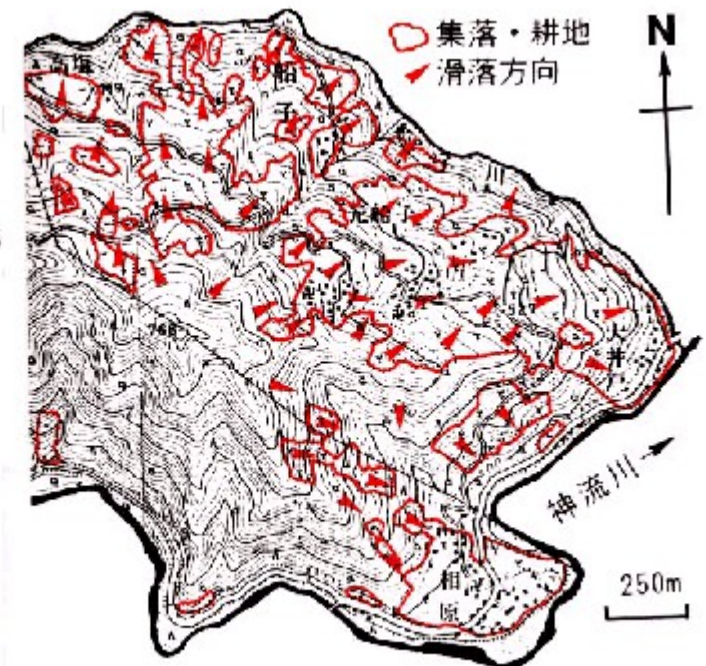
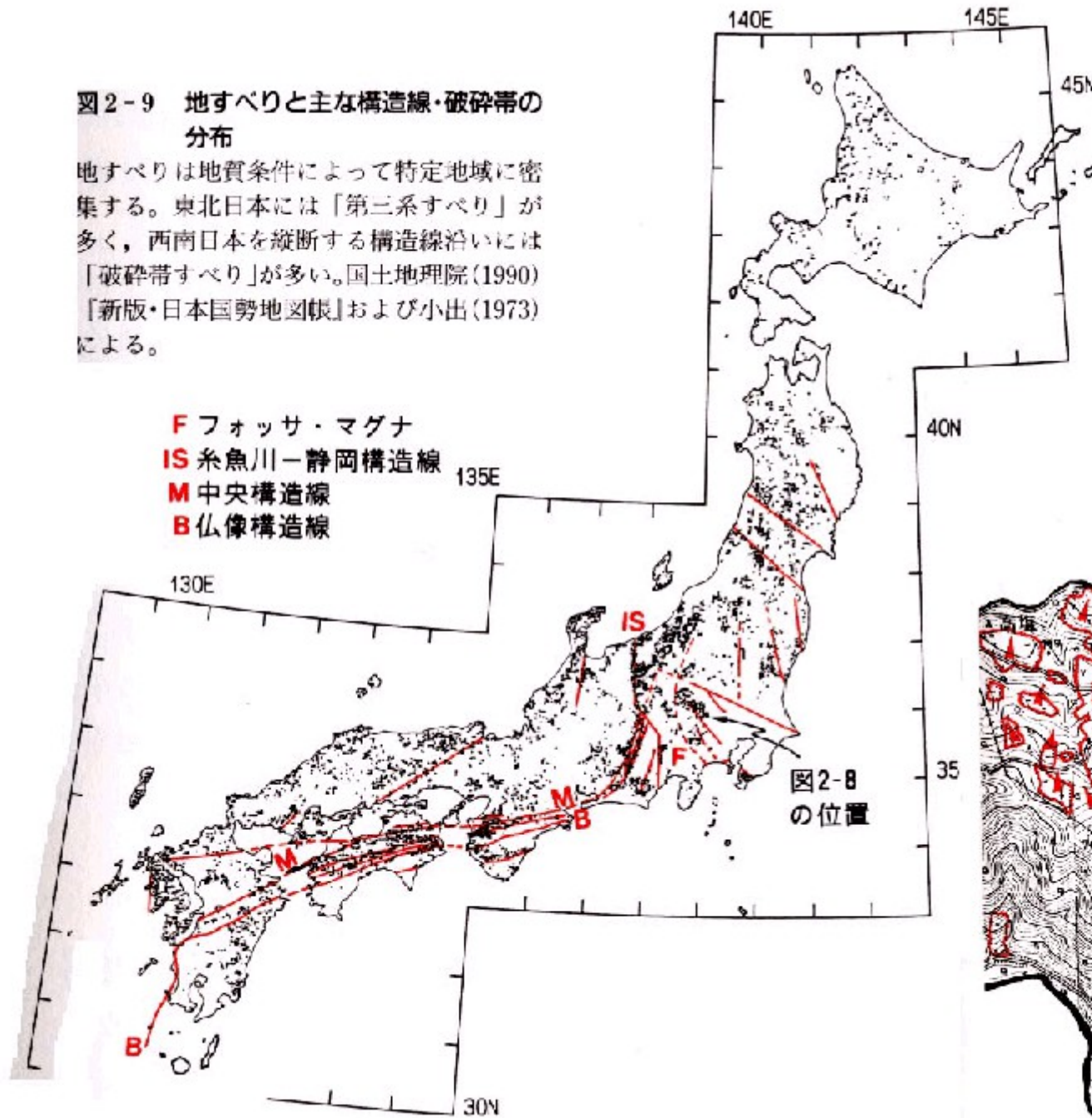
地すべり地形の基本的な類型

地すべり地の分布

図2-9 地すべりと主な構造線・破碎帯の分布

地すべりは地質条件によって特定地域に密集する。東北日本には「第三系すべり」が多く、西南日本を縦断する構造線沿いには「破碎帯すべり」が多い。国土地理院(1990)「新版・日本国勢地図帳」および小出(1973)による。

- F** フォッサ・マグナ
- IS** 糸魚川-静岡構造線
- M** 中央構造線
- B** 仏像構造線



- ・地すべりは地質条件によって特定地域に集中する傾向がある
- ・それは、滑りやすい粘土を生じる地質

①第三紀の砂泥互層や凝灰岩

東北地方に多く分布

泥岩や凝灰岩は風化すると直接粘土になる

②構造線(大断層)

中央構造線のような断層に沿っては破砕帯が発達

ここでは、断層運動によって岩石が機械的に破砕され、一部が粘土化

③火山地域

噴出する酸性ガスと反応して岩石の化学的風化が進行して粘土化

④その他

火山灰や軽石も粘土化しやすい

地すべりは地形を形成する普遍的な現象である



新潟県柵口地すべり(左)
とトチ山地すべり(右)

- ・滑落崖

- ・地すべり土塊内は水が豊富であるため、千枚田として利用されている

② 紀ノ川上流・吉野の地すべり地 (1995.11 杉谷撮影)

紀ノ川の河谷には中央構造線が通っており、断層破砕帯に起因する地すべり地が見られる。写真中央部の緩傾斜地が地すべり地で、集落が立地している。現在ここはダム建設が進められていて、地域は大きく変貌している。開発に伴って、写真左側では道路の拡張・付け替え工事がなされ、写真下側の地すべりブロックの前面には、コンクリート擁壁による対策工事がなされている (p.28参照)。



破砕帯地すべりの例



(左上) 秋田県谷地地すべり

- ・池に注目、地下水を涵養し、不安定化を促進
- ・川への押し出し

(右上) 奈良県亀の瀬地すべり

- ・脚部を関西線が通る



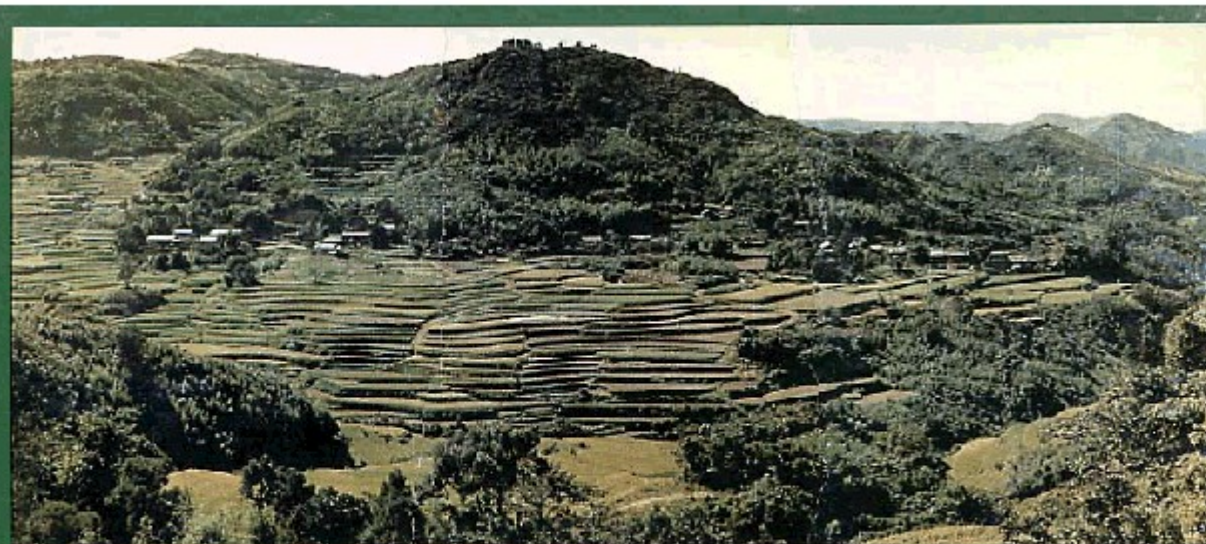
(左中) 長野県清水山地すべり

- ・姫川地すべり帯

(左右) 長野県茶臼山地すべり

(左下) 新潟県松之山地すべり





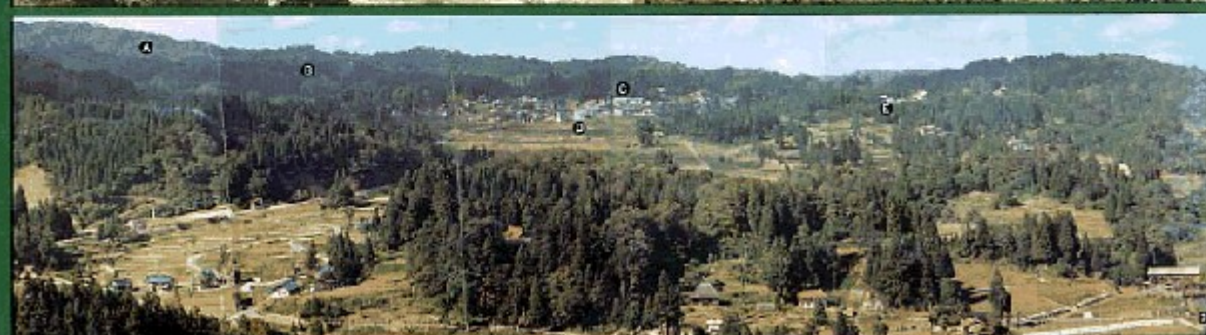
(上) 長崎県平山地すべり移動初期(1961年)

- ・中央の愛宕山には山頂付近を通り、左下に続く初期的な亀裂が見える
- ・中央を左右に広がる集落も何とか持ちこたえている
- ・集落左端から右下りに見える線は脚部線沿いのせり出しが認められる
- ・右側の道路から左側に末端隆起が始まっており、8枚の水田は左側に傾動している



(中) 平山地すべり水平方向約100m移動後の状態

- ・崩壊後
- ・明瞭な滑落崖
- ・中央には明瞭な亀裂、陥没
- ・水田は耕作不能、民家は移転避難



(下) 松之山地すべり

花崗岩

- ・新鮮な花崗岩は堅く、侵食に強いので、長野県寝覚ノ床や山梨県昇仙峡のような奇岩景勝地を作る
- ・石材としても利用
- ・一方で、著しい深層風化によって厚い砂層を生じやすい→マサ(真砂)
- ・マサ斜面は崩壊しやすい



花崗岩の分布

・はげ山

田上山地、愛知県瀬戸
タタラ製鉄によるもの

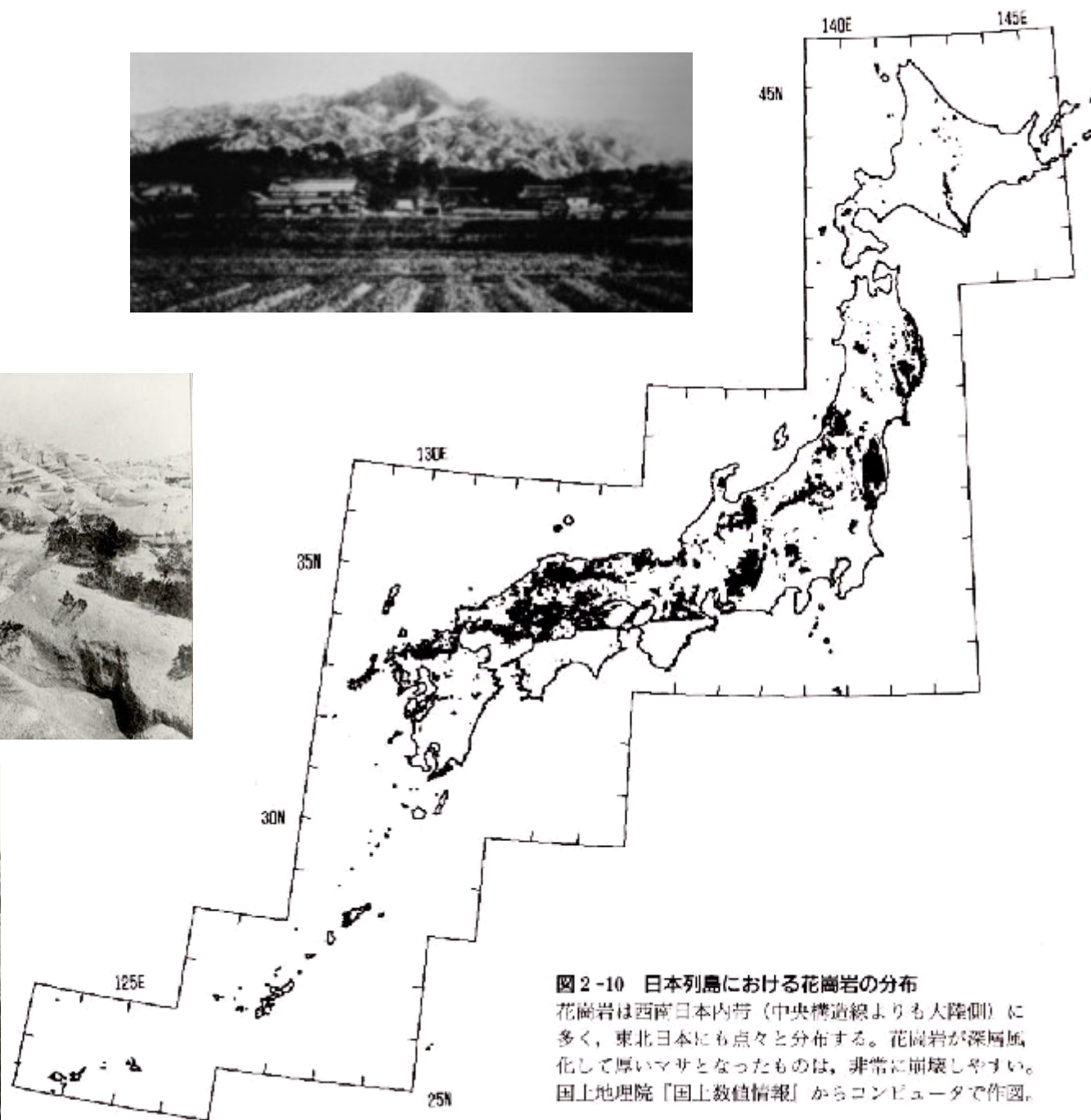


図2-10 日本列島における花崗岩の分布

花崗岩は西南日本内帯（中央構造線よりも大陸側）に多く、東北日本にも点々と分布する。花崗岩が深層風化して厚いマサとなったものは、非常に崩壊しやすい。国土地理院「国土数値情報」からコンピュータで作図。

2.2.3 斜面災害の発生



「災害の原因」→**素因**: 潜在的な原因、**誘因**: 引き金となる原因

崩壊の素因

- ・斜面上に重力的に不安定な土砂(風化層)があること
- ・土砂の量や安定性は、斜面勾配や地質、植生、過去の災害履歴などに左右される
- ・人為的な地形改変で土砂が不安定化することもある

崩壊の誘因

- ・地震もあるが、一般的には豪雨



豪雨の発生の予測が重要となる

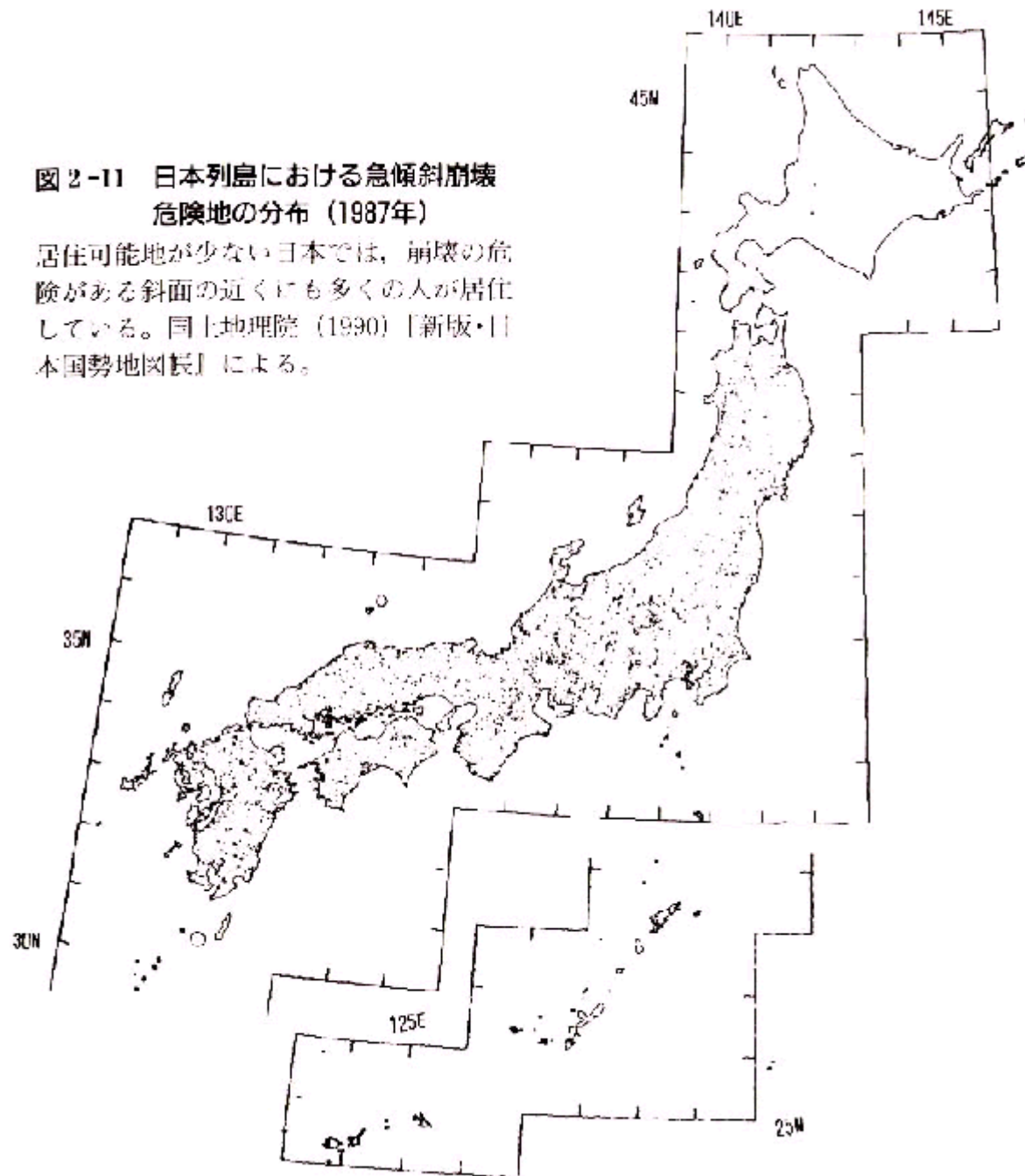
- ・弱い大雨は頻発するが、強い豪雨はまれにしか発生しない
- ・既存の観測資料から統計的に**確率雨量**を算出

→100年確率雨量は統計的に100年に一度発生する雨量であるが、一回発生したから後100年は降らないという意味ではない

→観測資料が短い期間しかない場合もある

図2-11 日本列島における急傾斜崩壊危険地の分布(1987年)

居住可能地が少ない日本では、崩壊の危険がある斜面の近くにも多くの人々が居住している。国土地理院(1990)『新版・日本国勢地図帳』による。



災害とは

- ・斜面崩壊や洪水はふつうの自然現象
- ・人間が巻き込まれると災害になる

→日本列島における急傾斜危険地の分布(図2-11)

急傾斜崩壊危険地の分布

- ・人が住んでいるから危険地
- ・だれもいなければただの斜面

2.2.4 植生による侵食防止

植生には侵食を防止する効果がある

- ・崩壊跡地や森林の伐採跡地のように山腹斜面が裸地化すると、雨滴が直接地面をたたくようになり、土粒子が飛散しやすくなる
- ・森林土壌が失われると、雨水が土壌に浸透せずに、斜面を流れ、急速な土壌浸食が進行する
- ・その結果、出水が激しくなる（洪水のピークが大きくなり、出水までの時間が短くなる）

例

- ・工事現場の盛土に刻まれた多数の浅い溝（リル）
- ・中国、黄土高原
→バッドランド
→その、侵食砂泥が黄河の特徴





1	2
3	

1. 黄土梳状冲沟
Comb-shaped gullies
in the loess
2. 黄土树枝状冲沟
Dendrite-like gully
in the loess
3. 黄土掌状冲沟
Palm-like gully in
the loess

陕西富县
Fuxian county,
Shaanxi province

甘肃通渭
Tongwei county,
Gansu province

甘肃庄浪
Zhuanglang county,
Gansu province



裸地化の原因

- ・森林伐採、崩壊

崩壊は若い人工林が多い。現在は十分成長し、表層崩壊は少なくなったが、岩盤崩れといった大規模災害の危険性

- ・丘陵地の地形改変、道路建設

- ・土木工事や鉱山の残土→ボタ山

- ・有毒ガス

→足尾銅山: 精錬時に発生した亜硫酸ガスで植物が枯死

- ・耕地の土壌浸食



(画像は Wikipedia)

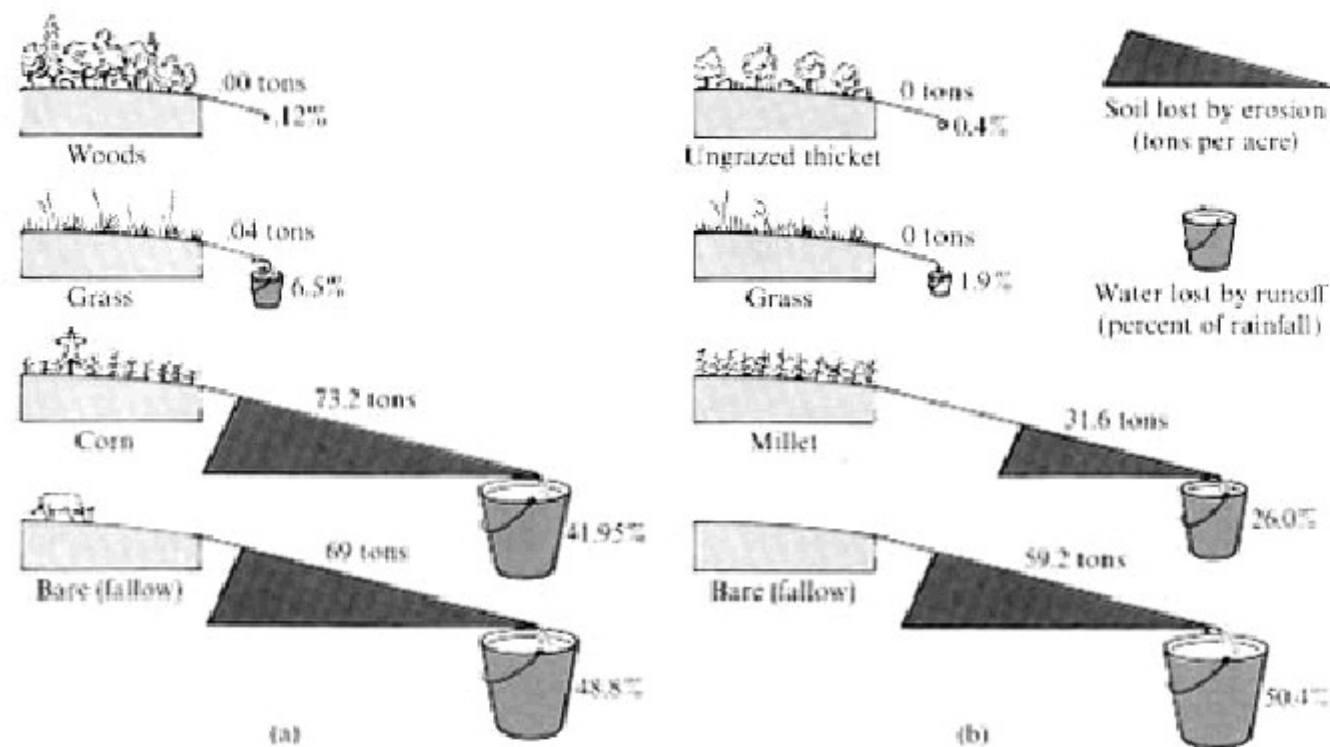
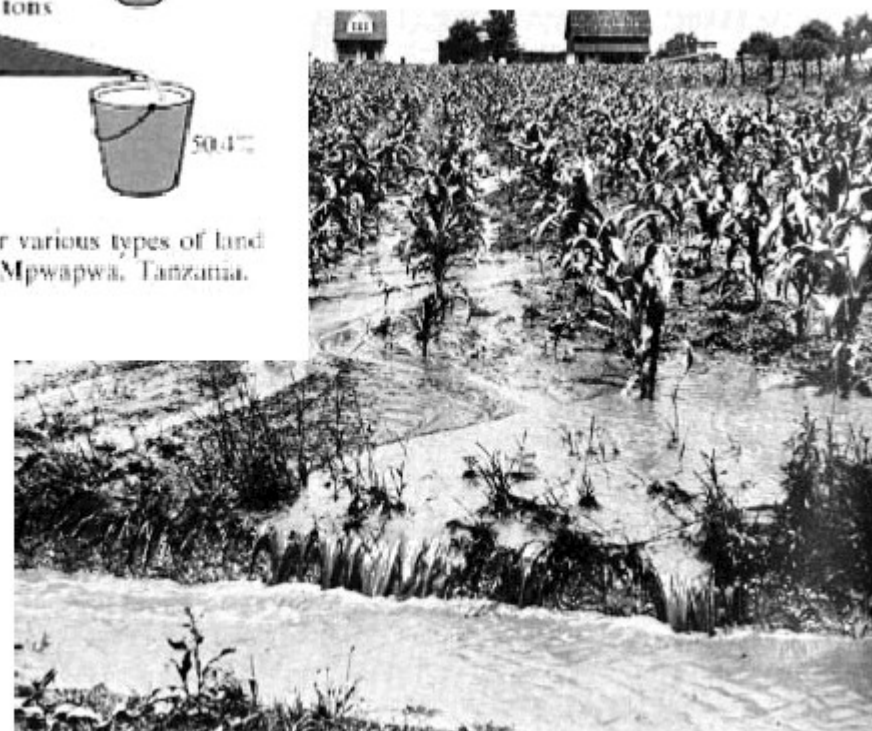


Figure 15-15 Results from plot studies of runoff and erosion under various types of land use. (a) Midwestern United States. (Soil Conservation Service.) (b) Mpwapwa, Tanzania. (From Rapp et al. 1972.)

異なる土地被覆からの流出土砂量の違い



2.3 山地の発達

2.3.1 崩壊の免疫性と侵食速度

・一度崩壊すると、地表の不安定土砂が除去されてしまう。再び風化によって不安定土砂が蓄積するまでには、普通100年以上の時間がかかると考えられている。

→崩壊の免疫性

・ただし、流域を単位として考えると、どこかで崩壊が起きている

→図2-12(右の図)：14年の間に崩壊地の一部に草地が回復するが、それを補うように新たな崩壊が発生

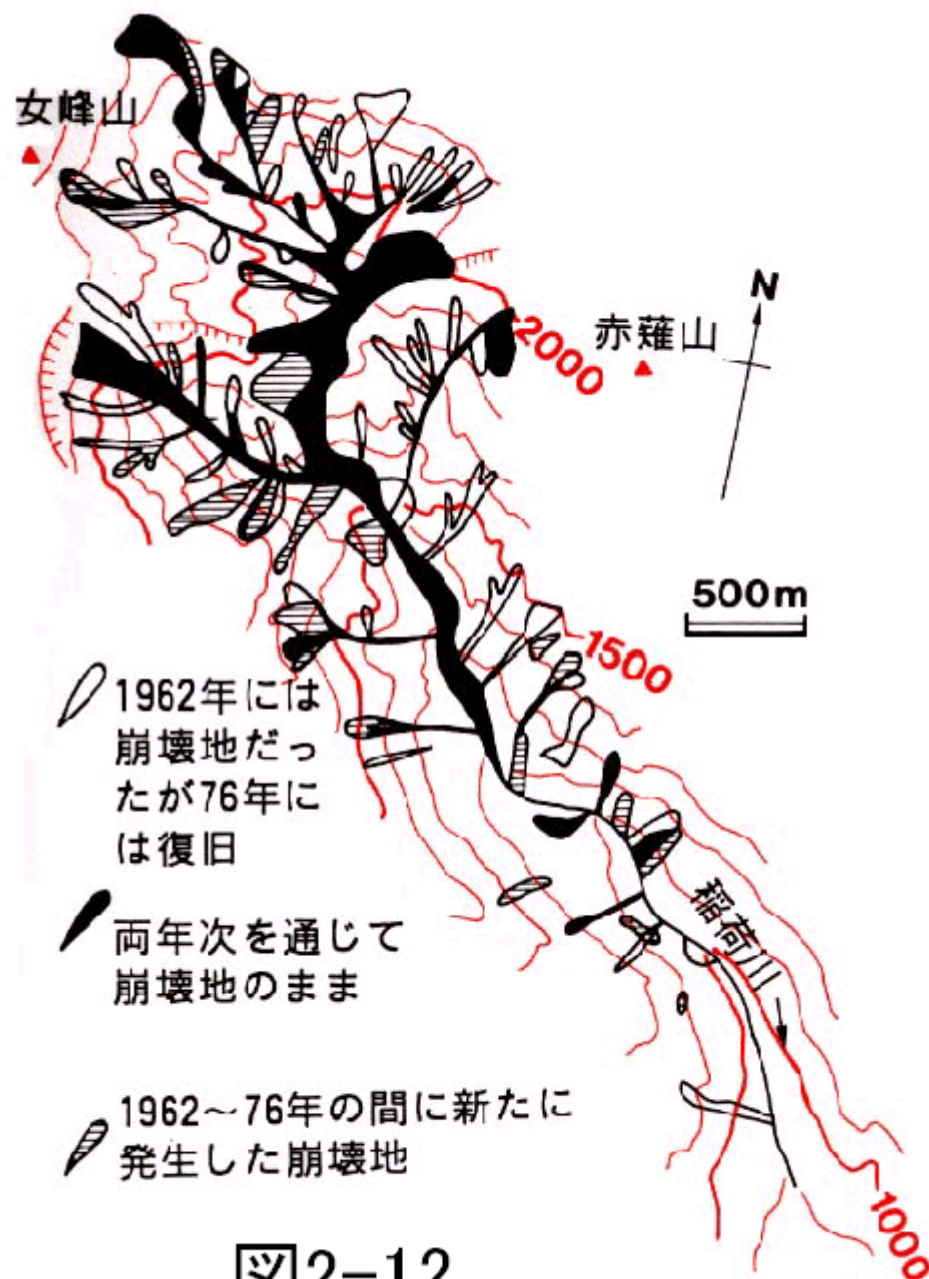
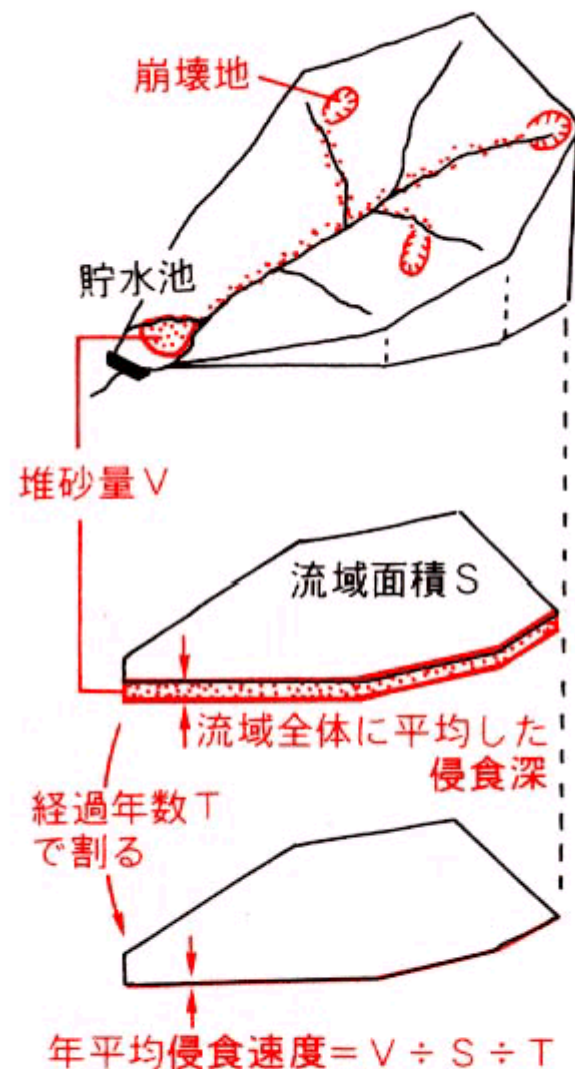


図2-12



流域単位ではどれくらいの土砂が出ているのだろうか？

- ・流域内の土砂生産量は、貯水池の堆砂量から求めることができる
- ・この堆砂量を流域面積で割り、さらに1年間になおした量を、**年平均侵食速度**という
- ・この値は、日本の山地では**約0.1～1mm/year**の桁で求まる
- ・中部山岳地域では、**最大数mm/year**
- ・1mm/yでも、100万年経つと1000mになる

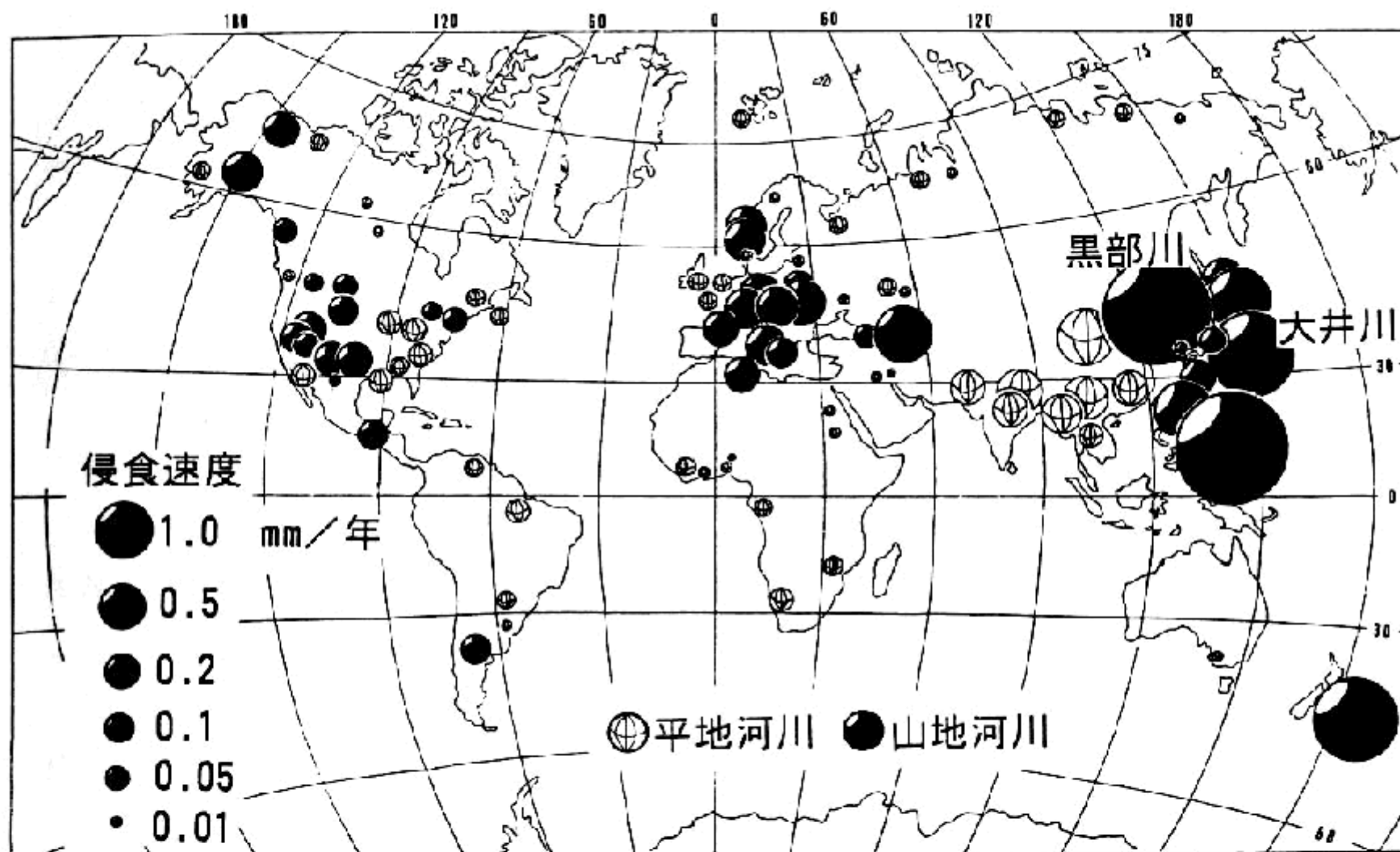
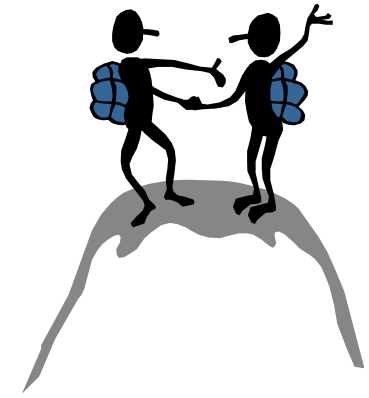


図2-14世界における年平均侵食速度の分布

日本列島は地球上で最も侵食速度が大きな地域

2.3.2 地殻変動と山地の隆起

- ・このような侵食が起こる原因は「そこに山があるから」
- ・高い山は大きな位置エネルギーを持っている
- ・山が崩れていく現象は、位置エネルギーを解消すること
- ・山に位置エネルギーを与えているのは地殻の隆起運動
- ・それは、地殻に圧縮応力・引張応力が働くから
- ・この力はプレート運動に由来する



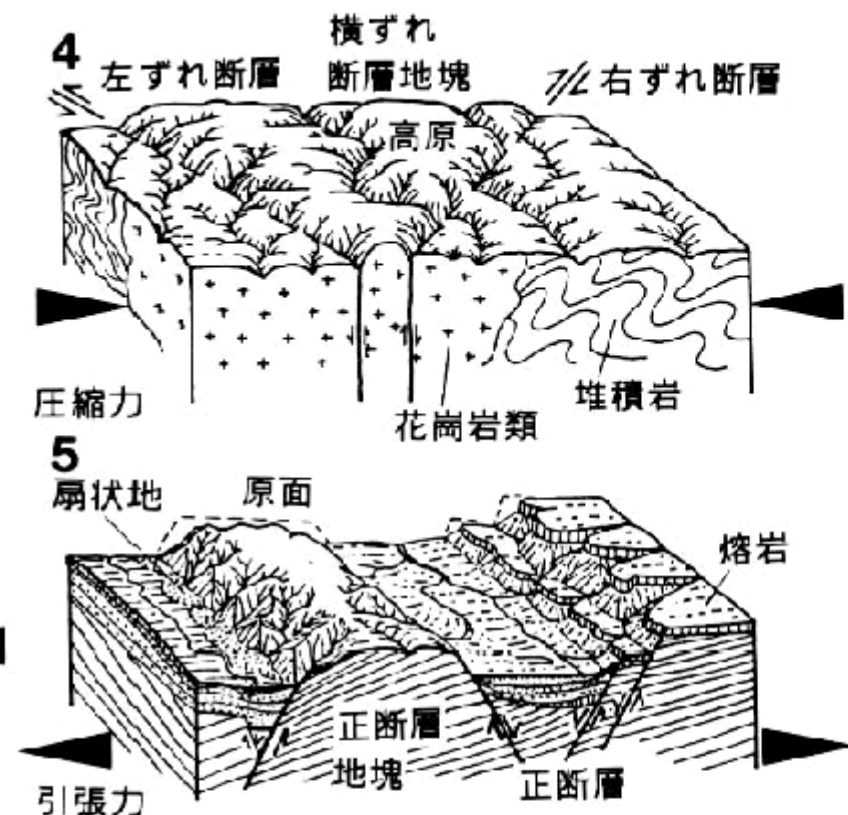
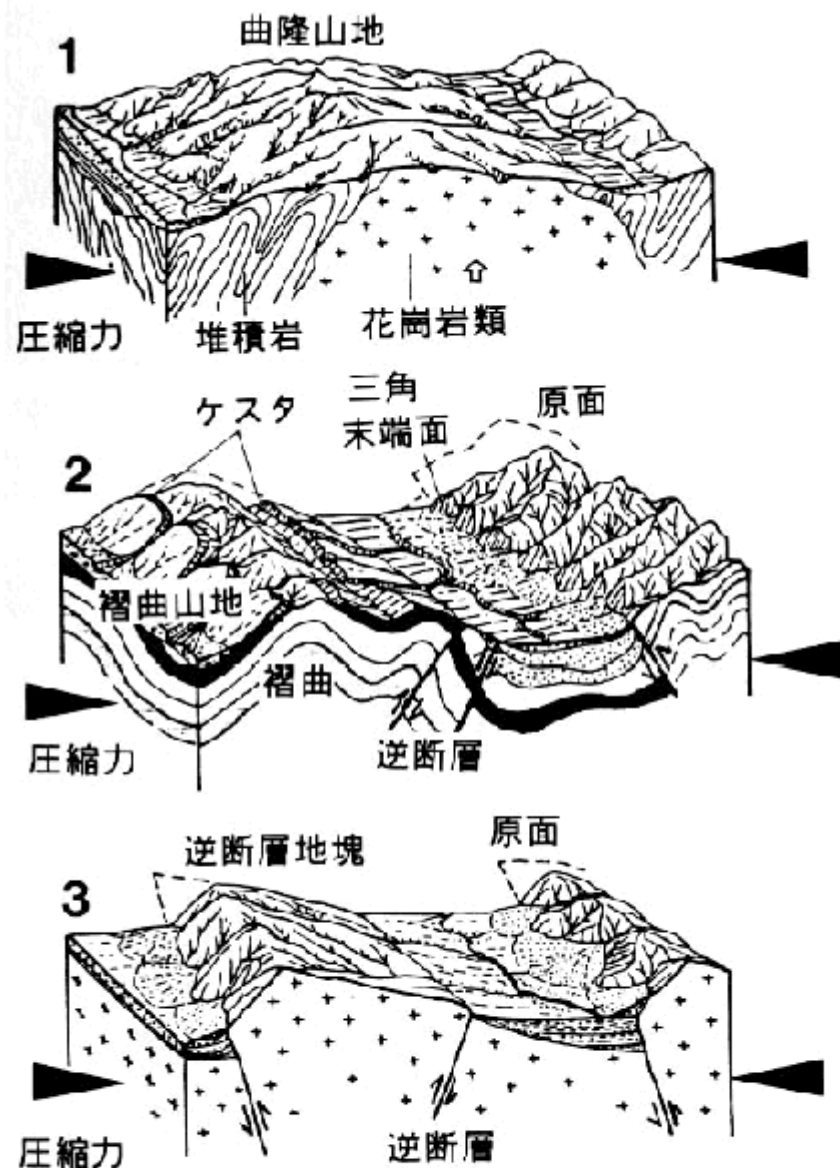


図 2-15 山地形成様式の模式図

山地は、水平的に働く力によって地殻が変形することで形成される。その変形様式には、力の性質や地殻の岩盤物性に応じて、図に示すようないくつかの型がある。鎮西・貝塚 (1986) による。

山地の隆起様式

①曲隆山地

北上、阿武隈、紀伊、四国、九州山地

②褶曲山地

越後丘陵(活褶曲)、出羽丘陵

③逆断層地塊山地

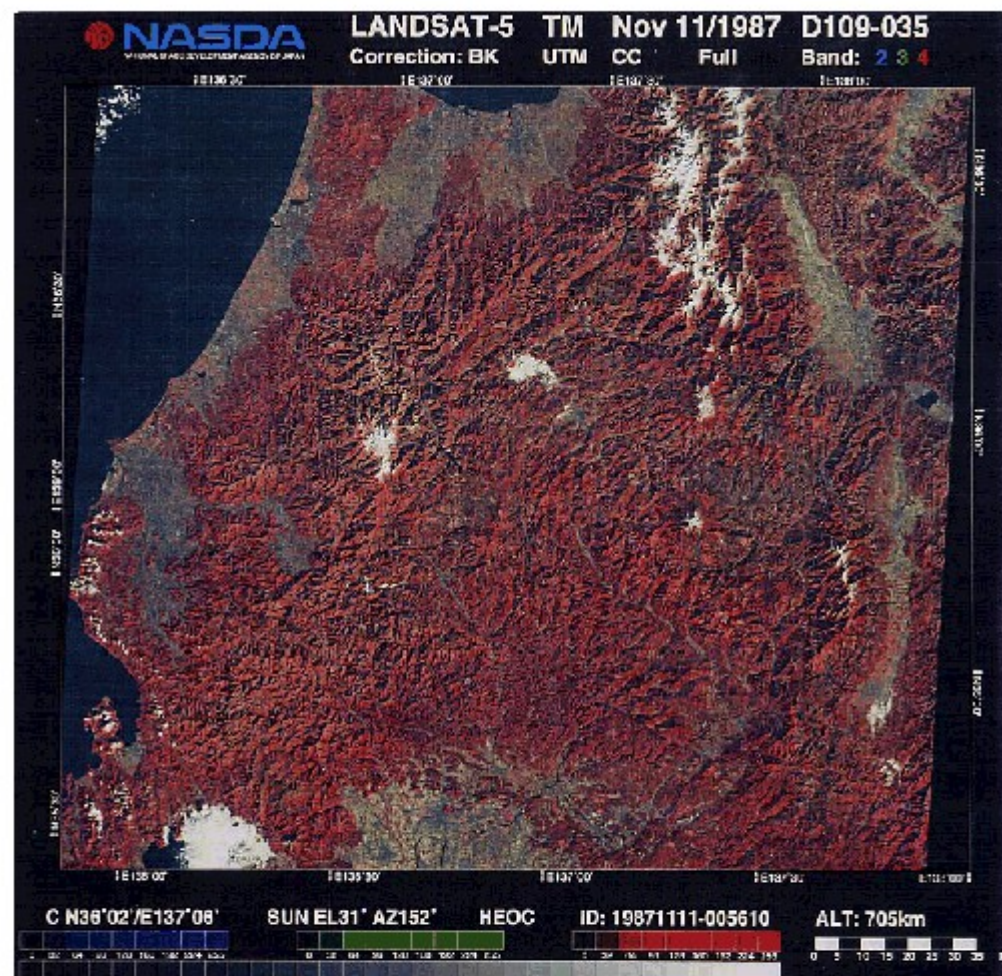
木曾山脈、鈴鹿山脈、生駒山脈

④横ずれ断層地塊山地

加賀美濃山地、飛騨高原、丹波高原

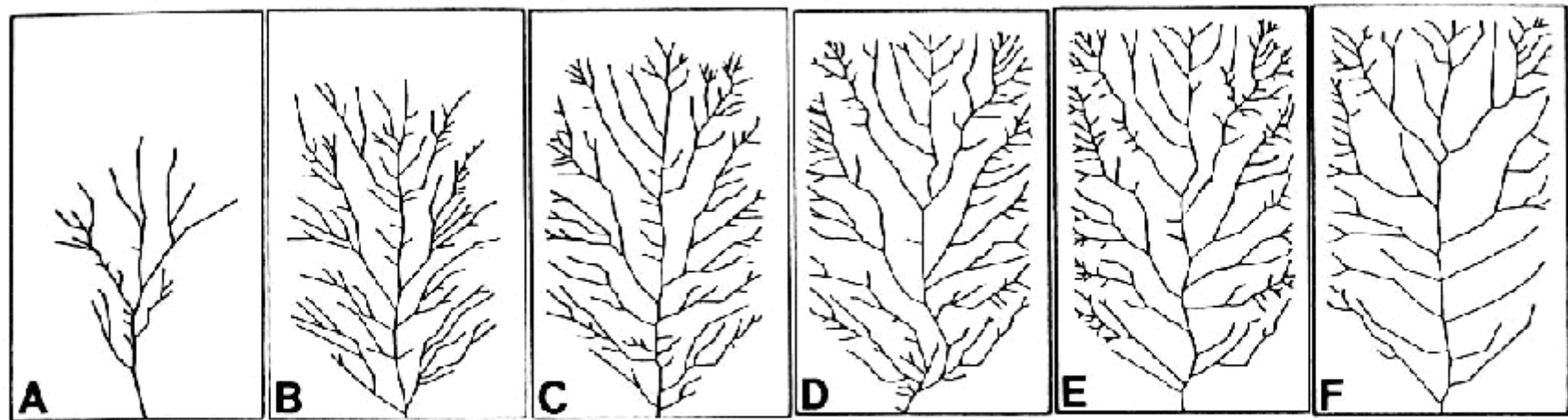
⑤正断層地塊山地

別府-島原地溝



- ・日本列島の地殻は一部を除いてめっちゃめっちゃに割れており、山地と低地が明瞭に境されたモザイク状の地形配列
- ・このような断裂を伴う急激な隆起運動は中期更新世(約70万年前)から現れた
- ・日本列島の山地高度はほぼ第四紀の隆起量を反映している
- ・図2-15は高さが誇張されて描かれている。実際にはわずかな地殻のたわみで山地が形成されてしまう
- ・山地の隆起速度は人間の一生と比較すれば非常に緩やかであるが、年間1mm隆起しても、100万年経てば1000mもの高さになる

地質学的なスケールで過去を振り返ってみよう！



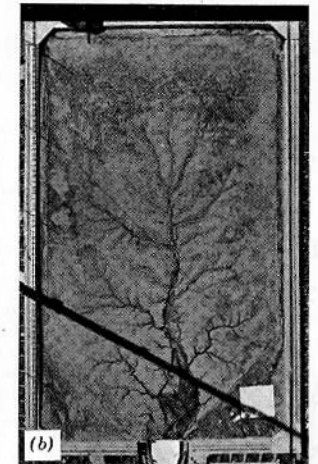
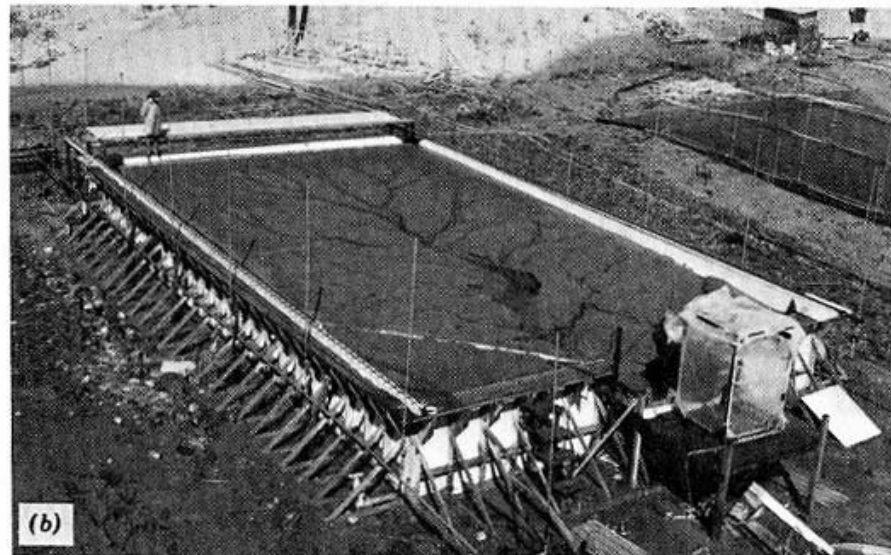
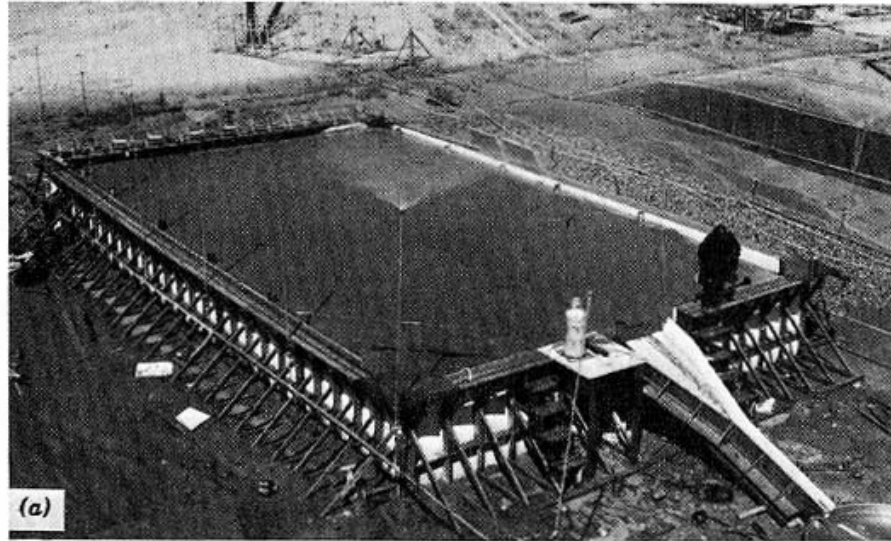
2.3.3 水系の発達

- ・隆起と同時に侵食で谷が発達し、水系が形成される
- ・河川の本流・支流を体系的に捉えて水系と呼ぶ
- ・水系は時間とともに変わる

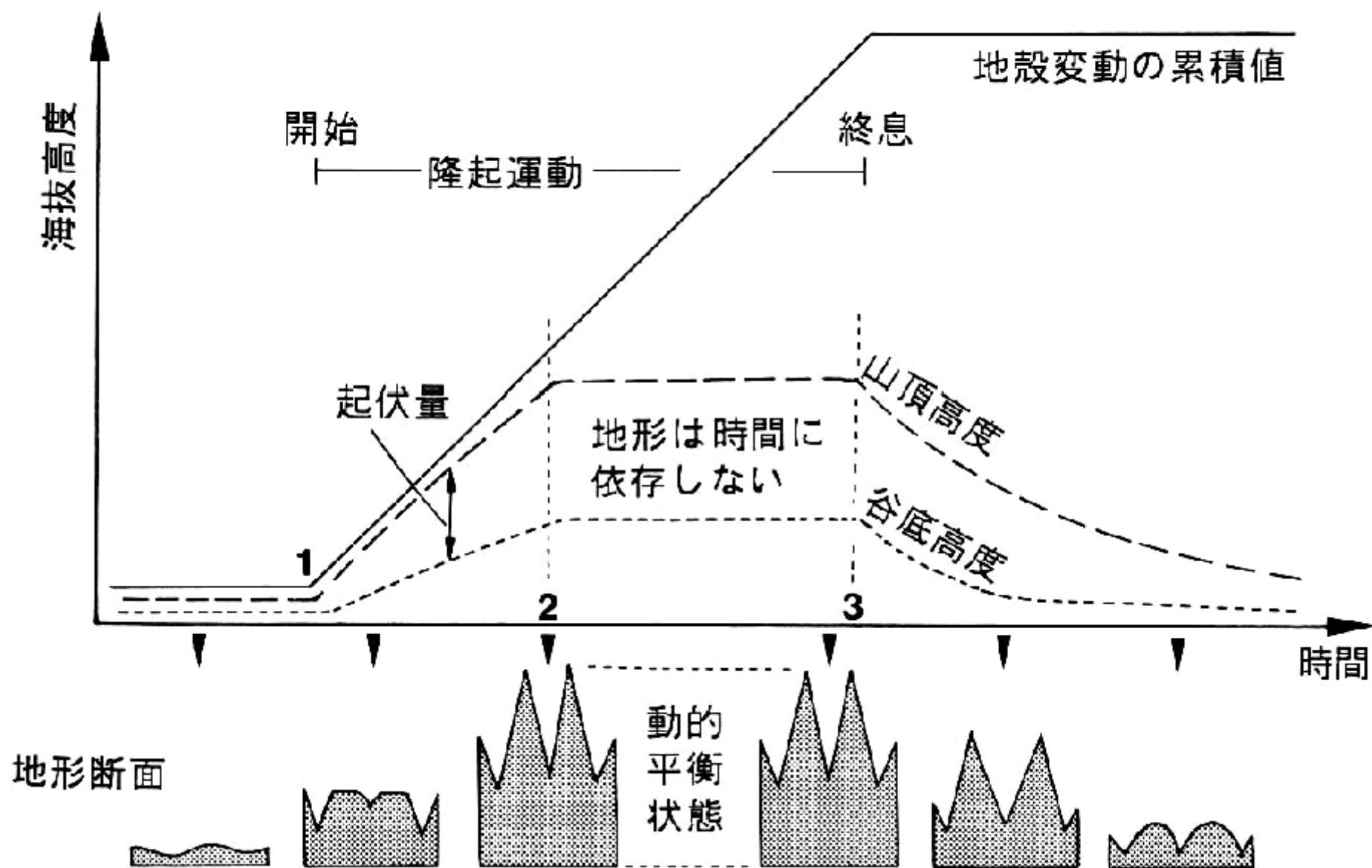
A:初性的状態、B、C:山地の隆起、D:極相、
 (C,D間では隆起と下刻が平衡状態)
 E:山頂高度、谷底高度低下、F:準平原

実際の地形を見て、どのステージにあるか判断すると、ハザードの予測につながる

コロラド大学における降雨実験の様子



2.3.4 山地の成長 山地成長の概念図(図2-17)



- ・横軸の長さは数百万年
- ・当初は侵食速度は小さく、隆起が勝る
- ・侵食速度は高度の増加に伴い、大きくなる
- ・やがて、隆起速度と侵食速度が等しくなる(動的平衡)



→現在の日本の中部山岳地帯はこの状態にある可能性が高い

- ・隆起が終息すると、山地は一方向的に侵食
- ・最終的にはほとんど標高のない平坦面(準平原)

→日本の山地の山頂にはもとは準平原だったと考えられる平坦面が残存している場合がある

→現在の隆起運動が起こる前の第三紀末に、いちど日本列島が平坦化されたことを示すと考えられている