

鳥取県西部地震による山間部の地盤変状と斜面崩壊

横田修一郎・加古満則（島根大学・総合理工学部）

1. はじめに

鳥取県西部地震では道路面上や側溝・擁壁などにクラック（キレツ）とそれらに沿った沈下・隆起・側方移動などの地盤変状，さらに山腹斜面や道路法面において多数の斜面崩壊や落石が確認された．地盤変状は震源域から北へ約 30km の境港から弓ヶ浜半島にかけての地域でも現れたが，この地域特有の砂質軟弱地盤による変状を除けば，著しい地盤変状や斜面崩壊の発生は震源域の島根県伯太町から鳥取県西伯町・日野町・日南町にかけての山間部に集中している．

山間部の基盤は主に均質な花崗岩体によって構成されているが，花崗岩地帯でも地表近くは風化しているところが多く，岩体上には断片的ながら様々なルーズな堆積物が覆っている．このため，上記の変状は人工的な盛土部分とともにこうした表層の地質・地盤状態とその構造を反映したものであることが多い．筆者らはこのような視点から，鳥取県西部地震による山間部の地盤変状と斜面崩壊について調査を行った．

2. 山間部における花崗岩と表層堆積物

(1) 震源域と被災地域の地質概要

図-1 は美保関町から，境港市，米子市，西伯町をへて日野町，日南町にいたる N-S 方向の地形・地質概念図である．本震およびその後の余震が密集して発生した南部地域は比較的均質な白亜紀の花崗岩体よりなり，根雨（ねう）花崗岩体（山陰バソリス研究グループ，1982）とよばれている．この岩体が地下どの程度の深さまで連続しているかは明かではないが，震源の浅さから震源断層面のかなりの部分はこの花崗岩体中と考えられる．

北部の境港から弓ヶ浜半島にかけては砂丘堆積物が広く覆っている．地形的にまわりより低いこの地域は宍道湖から中海を連ねて E-W に続く宍道地溝帯（澤田,2000）の一部であり，余震域の北限はほぼこの地溝帯に相当する（島根大学調査団，2000）．

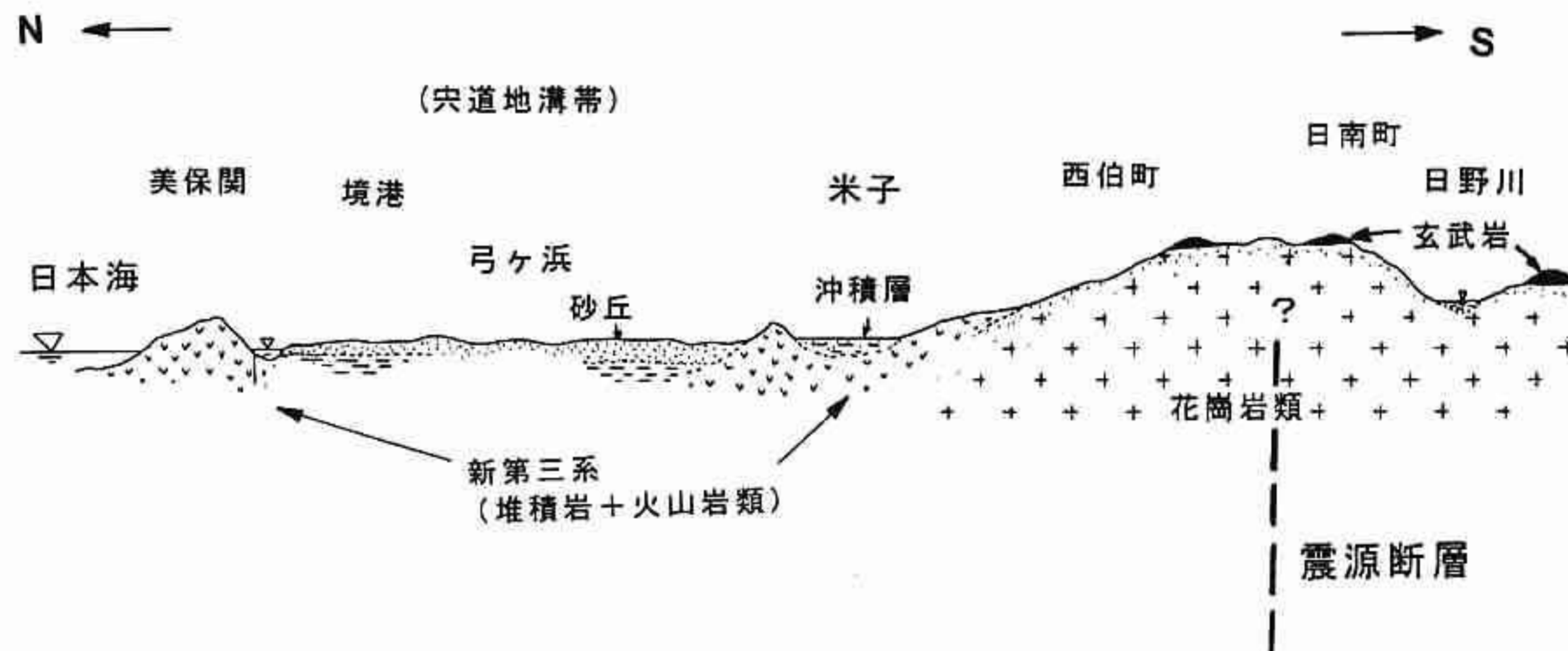


図-1 美保関から境港，弓ヶ浜半島，米子をへて日野町，日南町にいたる地域の地形・地質概念図

(2)山間部の地形と花崗岩を覆う表層堆積物

震源域の山間部では前述のように花崗岩上に第四紀の玄武岩類が点在している。花崗岩中の節理には NW-SE 方向のものが多く、同方向の岩脈が多いことも古くから指摘されてきた（服部・片田，1964；山陰バソリス研究グループ，1982）。また，単成火山体と考えられている第四紀玄武岩体の分布も NNW-SSE に配列していることが指摘されている（島根大学地震災害調査団，2000）。河川沿いには河川性堆積物が基盤の谷を埋めるかたちで分布している。花崗岩地帯でも地表近くは風化しているところが多く，岩体上には断片的ながら様々なルーズな堆積物が覆っている。

この地域はまた高原状地形が連なる中国山地の一部が日野水系によって大きく開析されようとする地域であり，北東方に流下する日野川に沿って細長い平野が広がっている。日野川下流部は丘陵状地形のところが多いが，上流部では左右両岸から急峻な山地がはり出して平野との比高も大きくなっており，河谷に面した山腹斜面には 30° 以上の急傾斜のところもある。

3. 盛土・埋土の沈下・隆起・側方移動

(1)盛土の変状

道路面上に現れた地盤変状としては様々なクラック群とそれらに伴う沈下・隆起・側方移動があり，なかには明確な横ずれ変位を伴うものもある。これらの変状は道路の舗装・未舗装にかかわらず現れており，形態と位置からそれらの大半は道路面直下を構成する盛土・埋土の部分的な沈下・移動によると解釈でき（図-2(a)），地震時の振動が主因とみてよいであろう。変状のなかには高さ数 cm の尾根状隆起が現れている箇所もあるが，これは路床材の一部が水平方向の圧縮によって座屈した結果と解釈できる。

道路盤の変状は震源域ではとくに著しく，変位 20-30cm のものが長さ数 10m にわたって現れているところもあり，このようなものには盛土と基盤の間のすべりによるものがかなり含まれているといえよう。こうした変状の例は阪神・淡路大震災でも数多く発見され，表層の盛土部のみのすべりが確認された例もある（横田・仲津，1996）。道路側溝やコンクリート擁壁に見られるクラック・移動などもこれらと同様に，あるいはこれらに付随して生じた結果として解釈できる。

主要道路では多くの橋梁構造物の両端で段差が現れた。なかには段差が数 10cm に達するものもあったが，これらも両端アバット部分の盛土の振動による沈下と解釈できる。山間部の簡易舗装部では道路面上のクラックが開口したり圧縮されてリッジ状隆起を示すものが認められたが，これらはアスファルト部分のみが水平に移動した可能性を示している。地震動とこうした沈下・すべり発生の具体的関係は必ずしも明かではないが，個々の地点の諸条件に応じて微妙に異なるものと思われる。

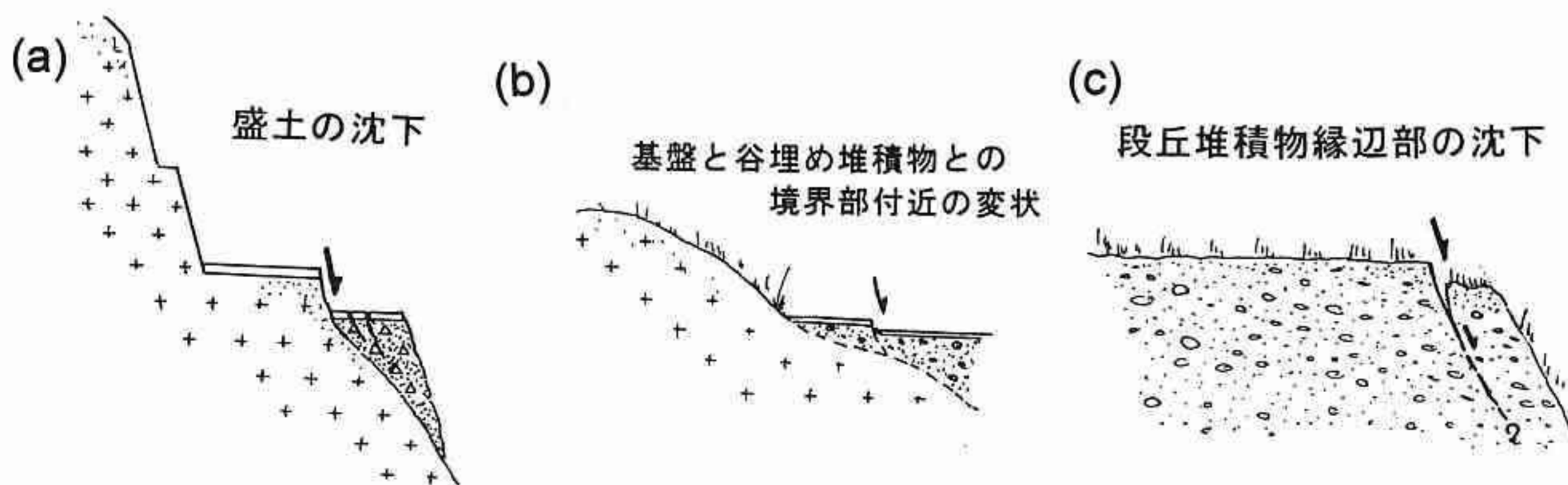


図-2 地盤変状の模式図 (a)道路盛土の沈下・すべり，(b)基盤の花崗岩と谷埋め堆積物境界部の沈下・すべり，および(c)段丘堆積物縁辺部のすべり・クラックの開口

(2) 表層堆積物の変状

こうした変状は震源域では必ずしも人工的な盛土だけではなく、自然の堆積物中にも発生している。図-3は日野町榎市に現れたそのような例である。ここでは花崗岩上の谷を土石流性堆積物が埋積しているが、その左岸側アバット部分に沿ってクラックが多数現れた。クラックは谷に沿って断続的ながら1km近くに達している。クラックの移動センスと発生位置からみてこれらも振動によるルーズな堆積物の沈下とそれに伴う変状として説明可能であり(図-2(b))、基盤まで達するクラックではないであろう。

また、日野川に沿った河岸段丘の一部では、図-2(c)のように段丘崖の一部にすべりが生じ、段丘面上にクラックの変位や開口を生じたところもある。

なお、震央に近い山間部では地震直後から地表地震断層の調査がなされて、一部では可能性が指摘されている(吉岡他, 2000)。上記のクラックや変状のなかにも単に地震動だけでなく、地下の震源断層の変位となんらかの関わりをもつものが含まれている可能性もある。

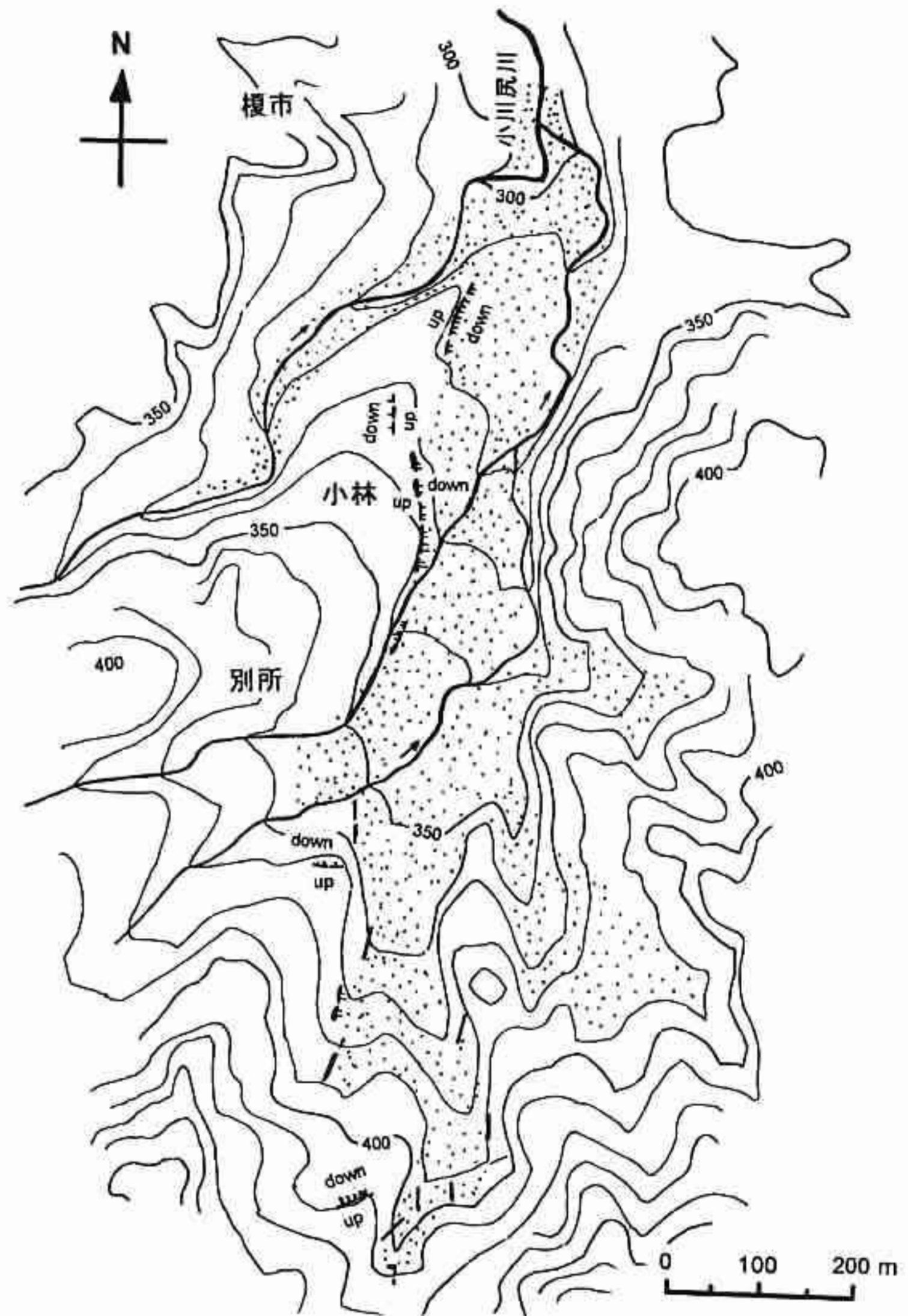


図-3 花崗岩とそれを埋める表層堆積物との境界付近に発生した地盤変状(日野町南部, 榎市付近)。点々は堆積物の分布範囲。

4. 斜面崩壊

地震時の斜面崩壊跡は自然斜面にも人工切土斜面にも現れている。自然斜面の例としては日野町根妻の花崗岩斜面と日野町本郷の玄武岩斜面の崩壊が顕著な例である。前者は日野川に面した風化花崗岩斜面の表層崩壊であり、段丘堆積物直下の 30° 以上の急斜面が高さ20m以上、幅50m以上にわたって崩壊し、露岩が広く現れている。斜面は多少凹凸しており、わずかに水流も見られるが、必ずしも凹地形部だけが崩壊したものではなく、斜面全体にわたって厚さ2-3mの風化部が崩壊したものと推定される。この周辺には高さ数mの小規模表層崩壊も多数みられることから、上記の斜面はこれらの集合体のようなものと考えられる。

一方、後者は柱状節理斜面のトップリングと旧崩積土のすべりである。 80° 以上の急

斜面に柱状節理をもった玄武岩が露出しており、その一部がトッピング状に薄く剥がれて斜面前方に崩壊したものと推定される（図-4）。ただし、崩壊面の一部には植生が付着していることから、すでに存在していた崩壊面の一部が今回の地震時に新たに崩壊したと解釈できる。この急斜面の直下には 1-2m の玄武岩ブロックを多量に含んだ崩積土が堆積しており、今回の地震時にはこの部分がすべりを伴って崩壊したと考えられる（図-4）。

上記以外でも花崗岩類の岩盤斜面では崩壊とともに落石が多く確認された。日南町の菅沢ダム貯水池（日南湖）周辺には花崗岩の露出斜面が多く、とくに周回道路の切土斜面では露岩部に多くの崩壊・落石跡が見られた。その多くは 30° 以上の急斜面で生じている。

ここでは落石はすべりによるものだけでなく、鉛直に近い節理面に沿ったトッピングのほか振動によって直接飛び出したようなものも多い。ただし、同じ切土斜面でもコンクリートで保護された斜面ではほとんど見られない。

日野町下榎の長楽寺から鵜ノ池にかけての道路沿いには著しい道路変状とともに多数の斜面崩壊が法面上に発生している。ここでは日野川左岸の比高約 150m の山腹斜面に急カーブが連続する道路が設置されており、急勾配の法面には風化して角礫化した花崗岩とともにそれを覆うルーズな堆積物が広く分布している。崩壊の大半は表層のものであるが、一部では斜面上のかつての崩積土が多量に移動して、道路上に厚く堆積した

（図-5）。この場合、斜面の崩壊だけでなく、周辺の道路・側溝・擁壁などにも様々な変状が現れていることから、こうした崩壊は、花崗岩上を覆うルーズな堆積物が広い範囲にわたって沈下・移動し、それに伴って発生した可能性がある。

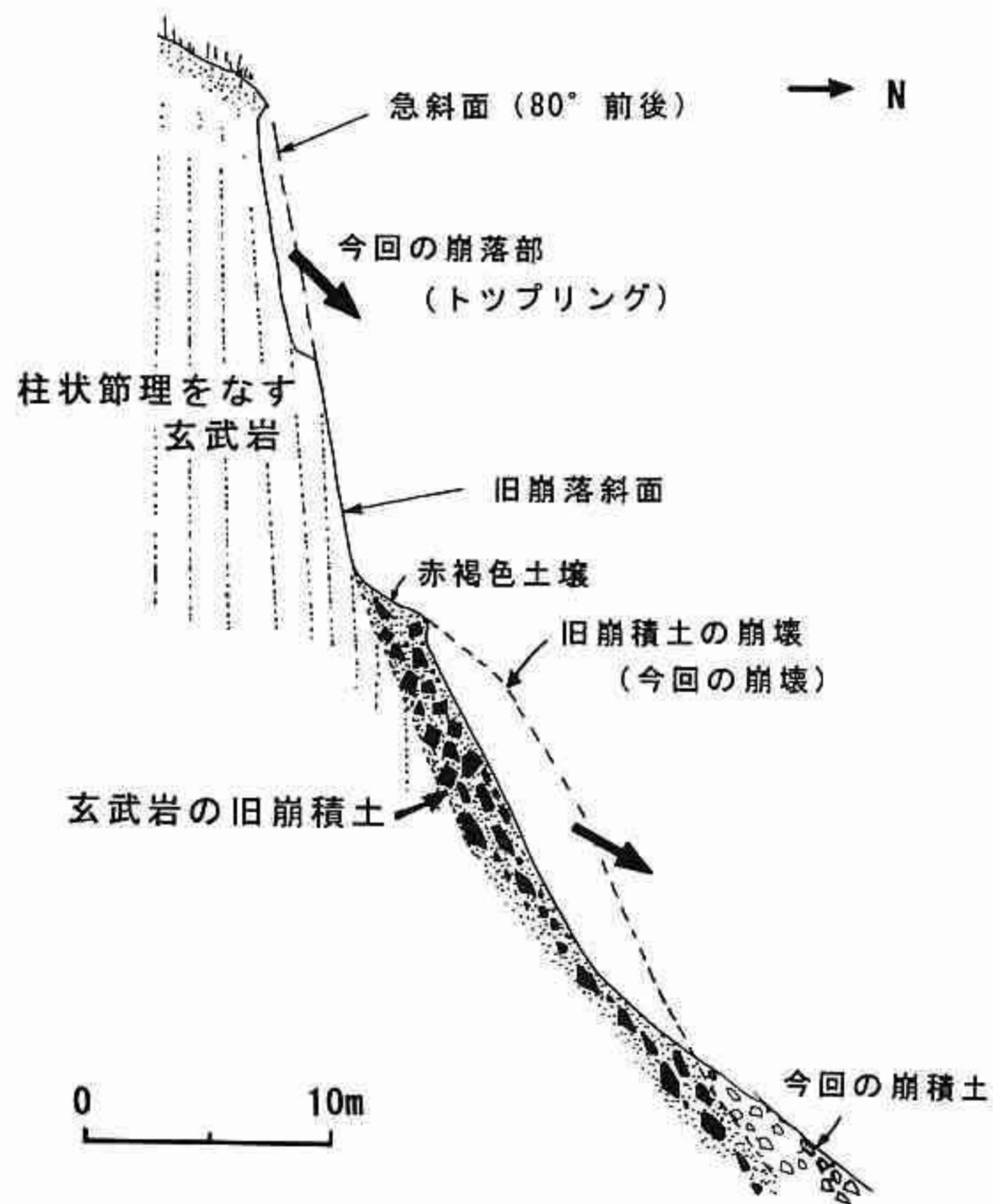


図-4 柱状節理の発達した玄武岩斜面と旧崩積土の崩壊（日野町本郷）

今回の斜面崩壊の発生は自然斜面・人工斜面をとわず、風化岩盤をも含めた斜面表層のルーズな部分に関係していることが多い。また、崩壊というかたちで表面に現れておらず山腹斜面にクラックが入った状態のところもかなり存在するようである。本震以降にも小規模ながら頻繁に落石・崩壊が発生したのはこうしたものがかかわっている可能性があり、今後の融雪期や梅雨期の豪雨による斜面崩壊が懸念される。

わが国ではこれまで斜面崩壊のほとんどは降雨によるものを念頭において考えられ、地震動による崩壊はむしろ例外的なものとして扱う傾向にあった。しかし、今回のような地震振動の発生がそれぞれの地域で数 10 年～数 100 年に一度のものであっても、斜面表層に「ゆるみ」を発生させ、それが将来の豪雨時の崩壊に対する基本的な地質素因も形成していく可能性は十分考えられる。

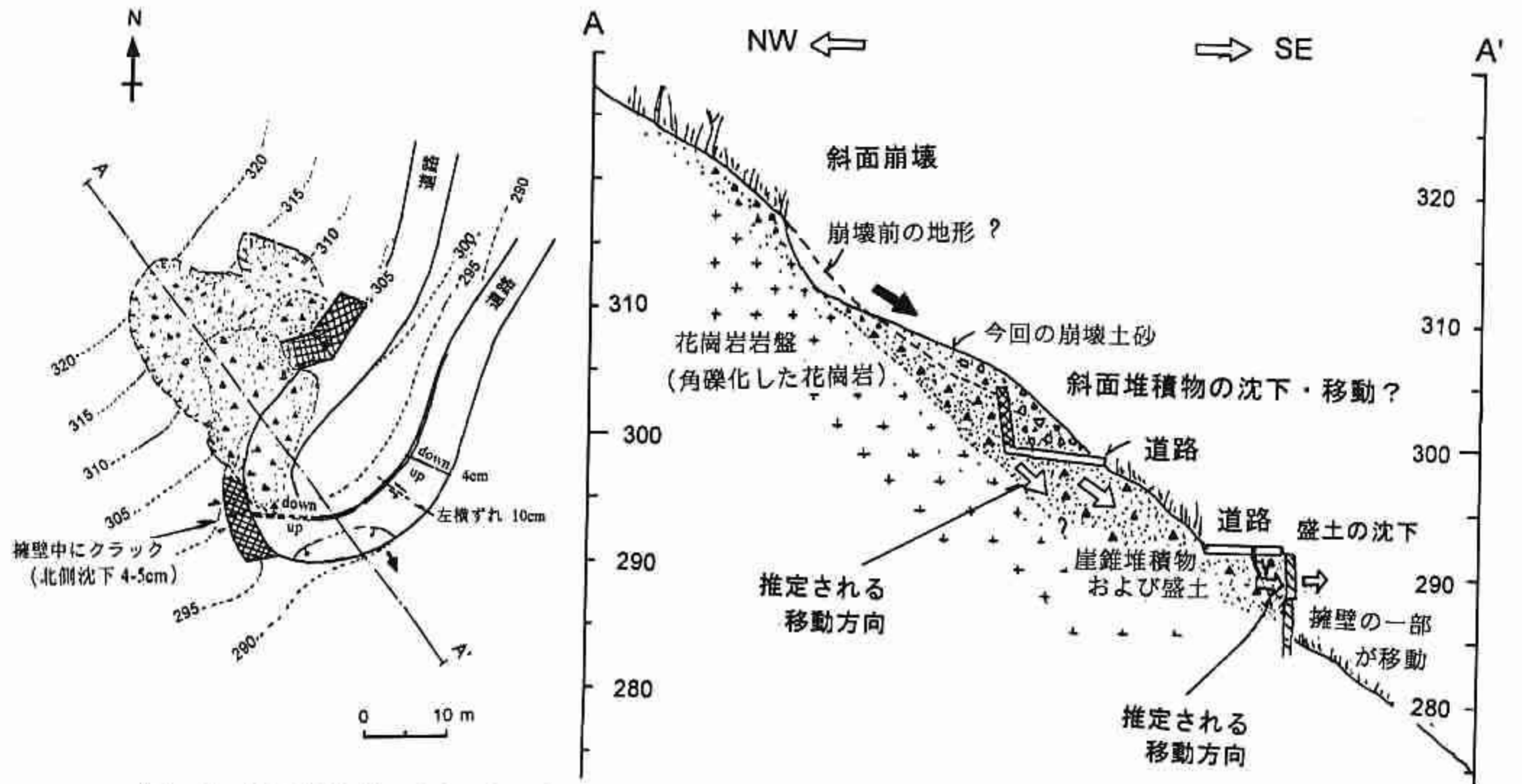


図-5 花崗岩斜面を覆う表層堆積物と土砂移動（日野町長楽寺付近）
左:平面図， 右:A-A'の断面図

5. まとめ

- (1)道路盤では盛土部分で沈下・隆起・側方移動が広い範囲に認められたが、変位の著しいものは震央に近い山間部に集中している。
- (2)道路盤変状の大半は盛土・埋土の箇所であるが、山間部では自然地盤でも表層のルーズな堆積物を中心に同様の変状を生じている。これは堆積物内の沈下また堆積物と基盤との間のすべりによると考えられる。
- (3)山間部では多数の斜面崩壊が確認されたが、斜面崩壊は表層崩壊が主体である。
- (4)ただし、斜面表層の堆積物が厚い地域ではそれに対応して広い範囲に変状が現れている。
- (5)鉛直の節理の多い玄武岩や花崗岩露岩部ではトップリングを伴う崩壊・落石が認められた。
- (6)山腹斜面には崩壊にいたらず、クラックが入った状態のところも存在するようであるが、これは、将来の崩壊に対する地質素因を形成している可能性がある。このため、融雪期や梅雨期豪雨による新たな斜面崩壊が懸念される。

文献

- 服部 仁・片田正人，1964，5万分の1地質図幅説明書「根雨」，地質調査所，49pp.
- 山陰バソリス研究グループ，1982，根雨花崗岩体ー山陰帯におけるバソリス研究（その1）地質学雑誌，88，299-310.
- 澤田順弘，2000，宍道地溝帯と後期新生代火山活動，日本地質学会第107年学術大会講演要旨，43.
- 島根大学地震災害調査団，2000，2000年10月6日鳥取県西部地震の被害状況について，日本地質学会 News, 3, No.12, 2-5.
- 横田修一郎・仲津忠良，1996，西宮市上ヶ原地区の例にみる兵庫県南部地震による盛土すべりと旧地形に対応した地表での地割れの変位，地球科学，50, 385-390.
- 吉岡敏和・水野清秀・井村隆介・伏島祐一郎・小松原 琢，2000，2000年10月6日鳥取県西部地震に伴う地震断層の緊急調査，地質ニュース，No.555，7-11.