

### 3. 被害の特徴

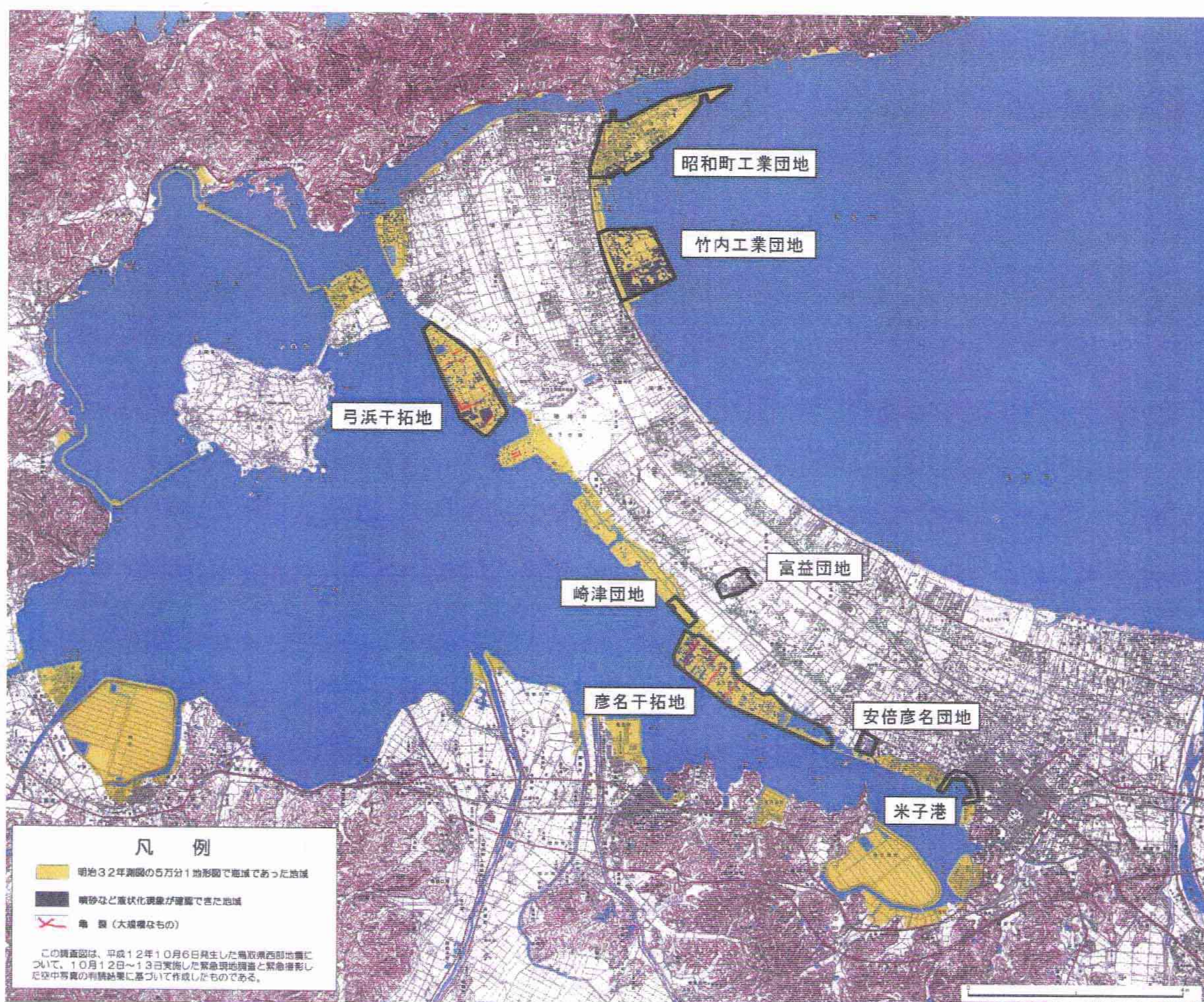
今回の地震災害は、被害の形態から「液状化災害」と「山地災害」に区分される。前者は、震央から北北西に約 30 km 離れた弓ヶ浜半島に沿って埋め立てられた干拓地において生じた液状化による災害であり、後者は日野川上流域に北北西－南南東方向にのびる余震域に沿って多発した落石・斜面崩壊を主体とする災害である。

#### 3.1 液状化災害

##### (1) 地形地質

米子市から境港市に至る弓ヶ浜半島は、日野川から流れる土砂が堆積してできた全長 18 km、幅 4 km の砂州であり、比較的良く締まった砂質土を主体としている。特に、西側の中海側では砂州の上に新砂丘がよく発達しており、米子市彦名町では海拔 20 m を超える厚さとなっている。

一方、砂州により形成された半島の外周部は、農業用地、工業用地拡充を目的として埋め立てや、干拓が行われてきた人工造成地である。こうした地盤は、一概には言えないが全般的に緩い状態にあり、今回の地震では液状化被害が発生している。



液状化被害位置図 (国土地理院：平成12年11月作成に加筆)

##### (2) 被害状況

以下に、弓ヶ浜半島における液状化現象の特徴や被災状況の代表例を示す。

1) 地盤の液状化現象は、弓ヶ浜半島周辺の埋立地や干拓地の若齢地盤においてのみ発生した。反面、弓ヶ浜半島の在来地盤である人工的な掘削・埋立地盤などの特別な場合を除いて、砂嘴・砂丘上においては液状化現象の発生は見られなかった。



2) 今回の地震災害の特徴のひとつでもあるが、竹内工業団地ではシルトを主体とした埋立土で液状化現象が発生しており、大規模な地割れや噴砂（泥）が生じた。また、高松川（承水路）では、周辺の埋立地盤の液状化に伴う側方流動により被害が発生した。こうした液状化による噴砂及び側方流動により、竹内工業団地を含む地域一帯が、全体的に沈下しているものと考えられる。なお、沈下の程度は不均一である。

液状化による被害は、竹内工業団地の一部を除いて全体的に見られるが北側から南西側にかけて被害が見られないところが点在している。

① 噴砂（クラック、浮き上がり、沈下、波打ち）

液状化による噴砂は、団地全体にみられるが、特に西側が比較的多く、アスファルトを突き破ったものと、空き地等において噴砂したものがあり、噴砂とともにクラックや目地等の開きが生じている。なお、噴砂がアスファルトを突き破れなかった箇所では、アスファルトが浮き上がったり道路等の波打ちが生じている。なお、沈下した箇所は、液状化による地盤の土砂の移動で生じたものと考えられる。

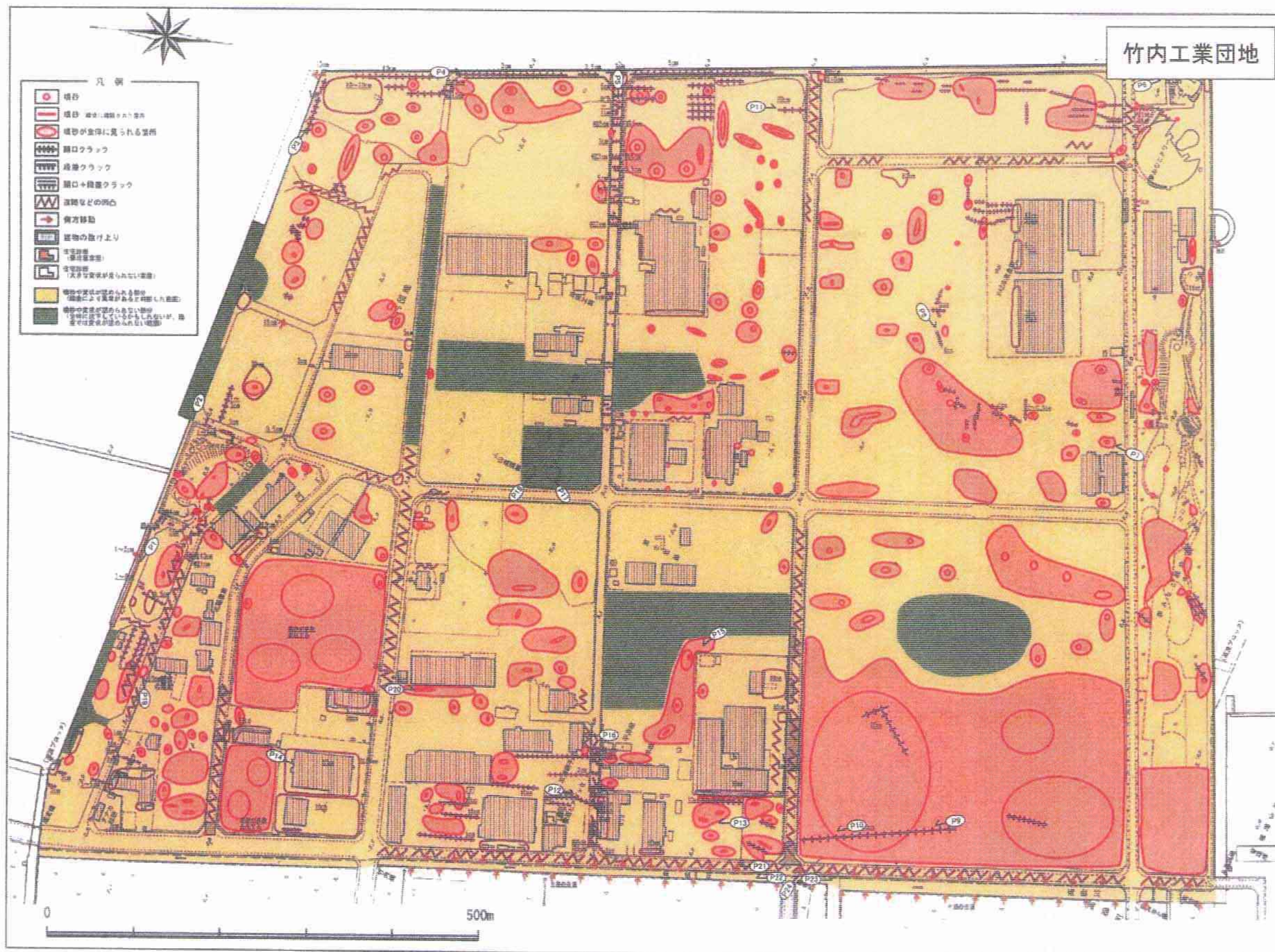
② 抜け上がり（沈下）

液状化による建造物の抜け上がり（周辺地盤の沈下）によって、地中埋設管の損傷等の被害が工場建物で生じている。

③ 側方流動

液状化による側方流動は、西側の水路で生じており、水路の護岸が内側に傾動している。

現在の液状化判定基準では、塑性指数  $IP < 15$  以下、細粒分混入率  $F_c < 35\%$  以下あるいは粘土分混入率が  $20\%$  以下などの土層について、液状化の可能性を検討することとなっている。しかし、竹内工業団地においては、これらの規定からはずれるシルト地盤で液状化現象が発生しており、こうした地盤での液状化の判定手法の研究は今後の課題と言えよう。



竹内工業団地液状化分布図





開口クラックに見られる噴砂



水路の両岸の護岸とも川側に押されている。川底は隆起し、その上に噴砂の砂が堆積している

3) 昭和工業団地では、液状化による噴砂や側方流動により、昭和工業団地を含む一帯が全体的に沈下したものと考えられる。なお、沈下の程度は不均一である。

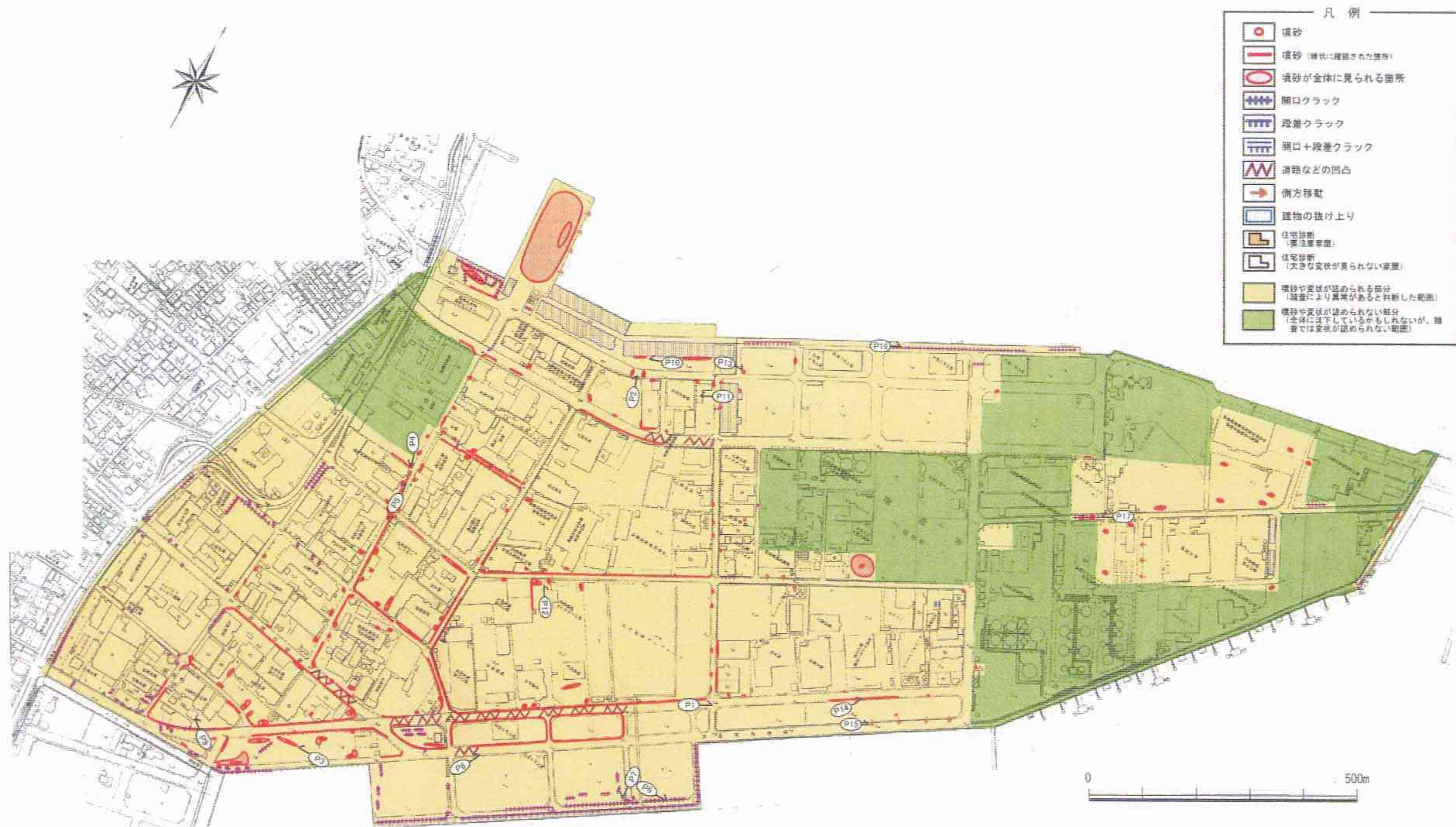
液状化の発生とこれに伴う被害は、概ね西側で大きい傾向を示している。詳細な埋立造成の経緯については不明であるが、埋立の性状を考えると、西側では砂質土が、また東側では粘性土が主体をなしていることから、この差異が被害の大小に関係していると推定される。

① 噴砂 (クラック、開き、傾き、浮き上がり、波打ち)

液状化による噴砂は、道路と側溝の境界や目地等からと、アスファルトを突き破ったものと、空き地等において見られる、噴砂に伴ないクラックや目地の開き及び構造物の傾き等が生じている。なお、噴砂がアスファルトを突き破れなかった箇所では、アスファルトが浮き上がったり道路等が波打ちが生じている。

② 抜け上がり (沈下)

液状化による構造物の抜け上がり(周辺地盤の沈下)により、地中埋設管の損傷等の被害が生じている。こうした現象は、鳥取県宮境港水産物地方卸売市場、境港水産物加工会館



昭和工業団地液状化分布図



の建物、流通会館、鳥取缶詰第一工場、小林商店第三冷蔵庫、山陰化成工業の建物の一部、境水道大橋の取り付け道路橋の基礎、新王子製紙チップヤードのコンベヤーの基礎等で生じている。

### ③ 側方流動

液状化による側方流動は、北西側新港荷揚場の岸壁で生じており、岸壁が海側に傾動している。



県道境外港線南側側溝の変状



電柱回りの噴砂と電柱の沈下



外港昭和南埠頭の抜け上がり（北側の沈下）



漁港突堤法線のはらみ出し

4) 地震による液状化により、海浜部に近い公園では大きな被害が出た。こうした公園では、地盤の陥没、石組み崩壊をはじめ施設建築物の亀裂、設備に被害が及んでいる。



竹内マリーナ線（道路の液状化）



夢みなと公園（広場の液状化）

公園の役割として、災害時の避難場所としての機能が上げられるが、今回経験した震度6強の地震においては、地盤を含めた避難施設の脆弱さが浮き彫りとなった。憩いの場として市民に親しまれている公園を利用しやすい場所に設置し、さらに避難上安全である空間の提供を図ることが重要であることは明らかである。



## 3.2 山地災害

### (1) 特異な地質構造が関与した被災事例

物理特性の異なる岩種及び構造が存在すると、地震波の伝播速度の違いから、そこで変位が生じる結果、落石・崩壊の原因となった。



被災事例位置図 (S=1/500,000)

#### 1) 貫入岩

今回の地震災害では、花崗岩体中に貫入した風化「ひん岩」が関与した崩壊事例が非常に多く、規模も大きい場合が多かった。

#### 西伯町上中谷地区 (道路災害：一般国道180号)

当地区は、ほぼ震源地 (震央から南東約0.5km) の位置にあるにもかかわらず、地震直後には目立った崩壊は見られなかった。しかし、地震後の大雨や融雪によって、周辺斜面では随所で比較的規模の大きな崩壊が発生した。

地表踏査の結果、当地区周辺では余震域と共役方向にあたる東北東-西南西方向の痩せ尾根に沿って、幅3~5m、延長80mにわたって連続性の良い断裂亀裂が発生していたほか、谷頭や斜面上部から中腹部にかけて発生した崩壊地の後背斜面には多数の亀裂が生じていたことが判明した。

こうした現象から震央近くの山体では、震動エネルギーが斜面頂部を主体に大きなダメージを与えたことが伺える。さらに興味深い点であるが、いずれの崩壊もひん岩の岩脈が関係していた。



痩せ尾根沿いに発生した断裂亀裂

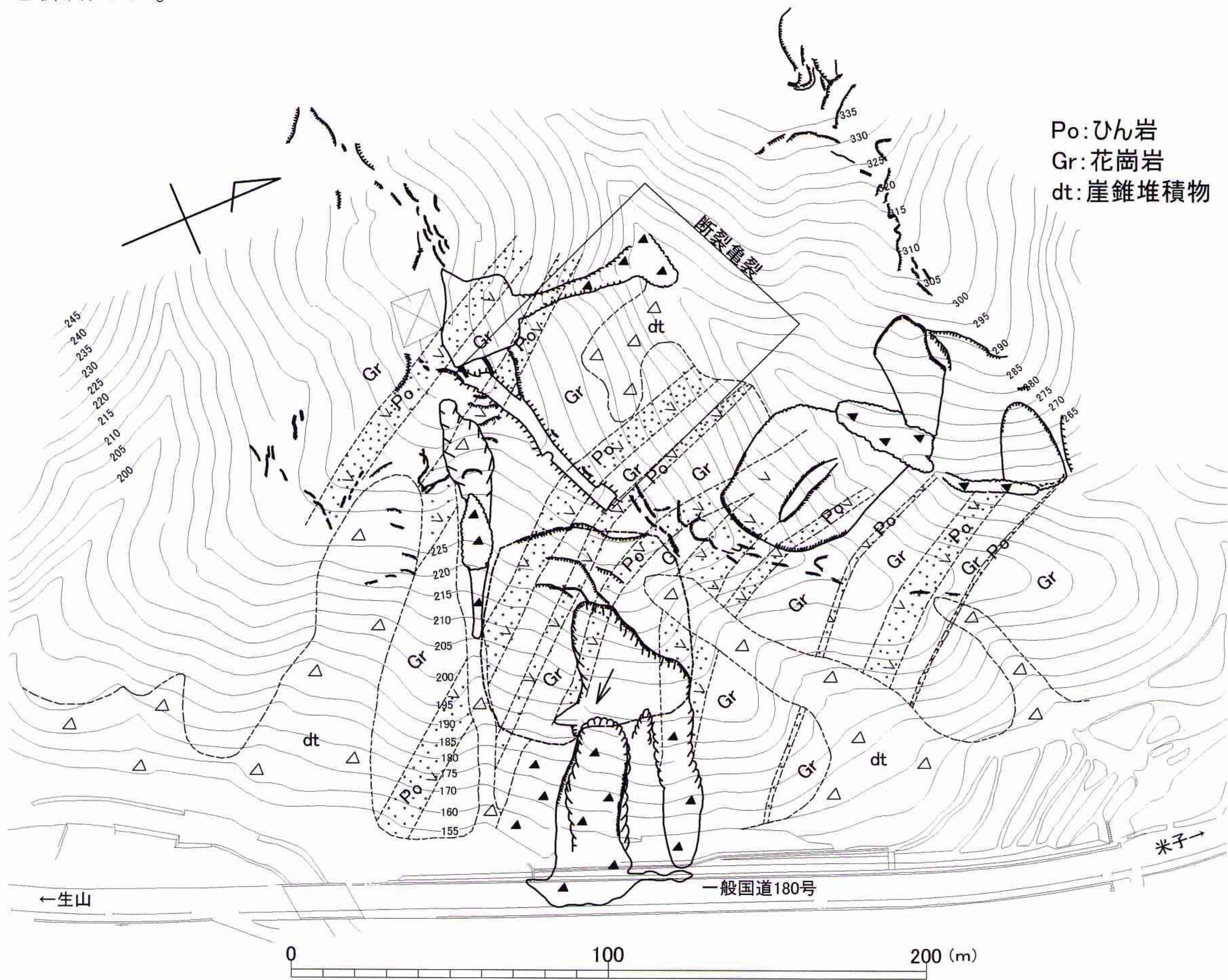


断裂亀裂の延長上に発生した開口亀裂



また、一般国道 180 号に土砂が流失した斜面では、崩壊面に南東方向のすべり条痕が見られたが、大半の崩土は最大傾斜角方向の東南東方向に流失していた。この条痕の方向と痩せ尾根沿いに発生した断裂亀裂とは、ほぼ直角関係にあることから、これらの変状は一連のものと考えられる。すなわち、直下の震源から入力した強烈な震動エネルギーは、媒体が先細りになる尾根に向かって増幅されながら尾根頂部で最大となった結果、こうした特異な変状が生じたものと考えられる。

復旧工法は、崩壊地周辺に残存する深さ 4~6mの緩んだ土塊を除去する目的で「全排土工」を採用した。



踏査平面図 (S=1/2,500)



斜め航空写真 (上中谷地区)

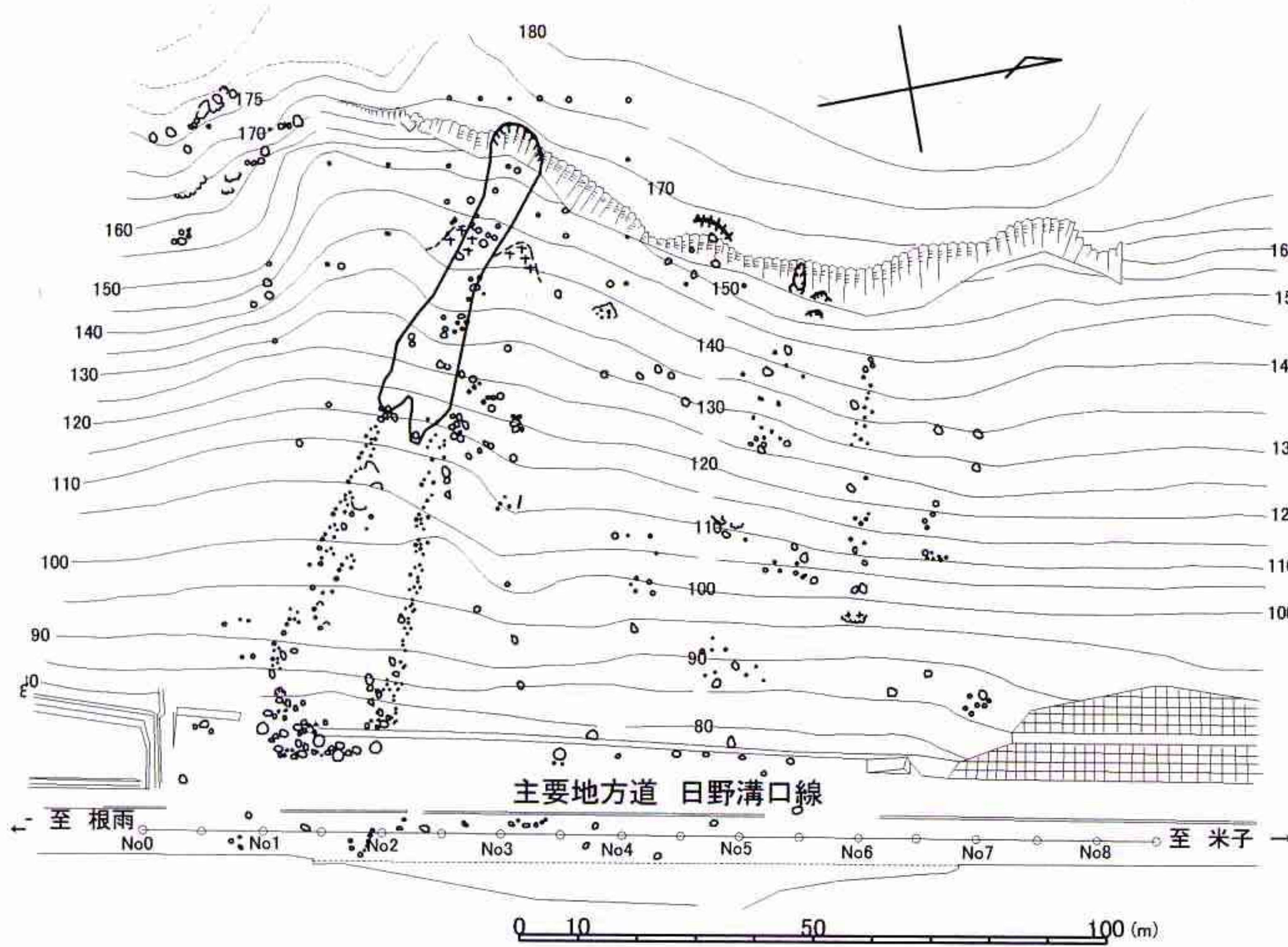


## 2) キャップロック構造\*

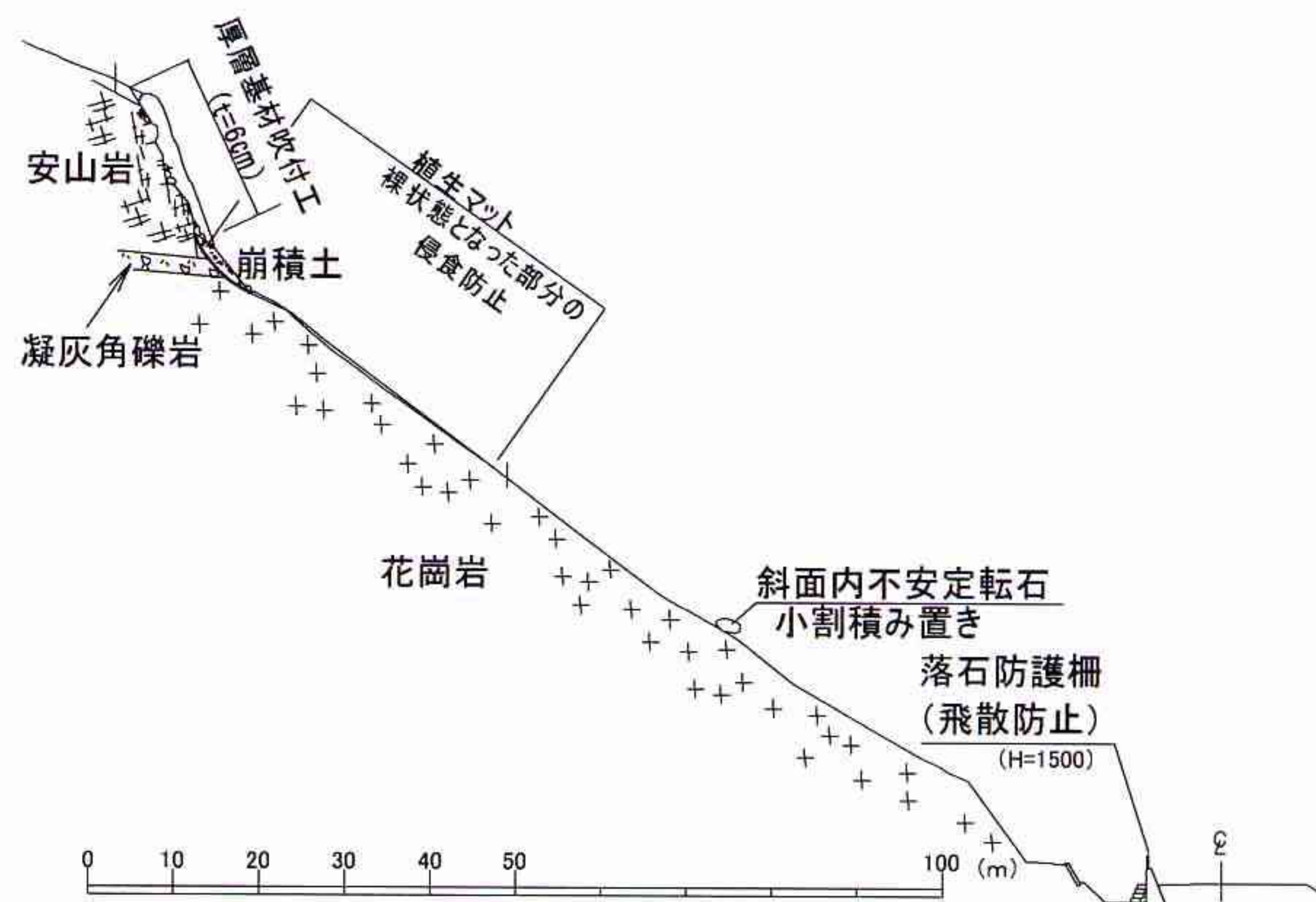
中生代白亜紀の花崗岩体に第三紀鮮新世の玄武岩類が被覆した構造を持つ。両岩体の風化度合いの違いから、花崗岩に比べて風化に強く緻密な玄武岩類は屏風岩状を呈する。

### 溝口町宇代地区（道路災害：主要地方道日野溝口線）

県道からの比高約 90m の位置にある屏風岩のうち東南東方向の崖面上部で崩壊が発生し、その一部は落石化し南東方向に最大 130m 落下して県道に及び、通行中の車両 1 台が押しつぶされた。復旧工法は、「待受け擁壁」や「高エネルギー吸収防護網」などを採用した。



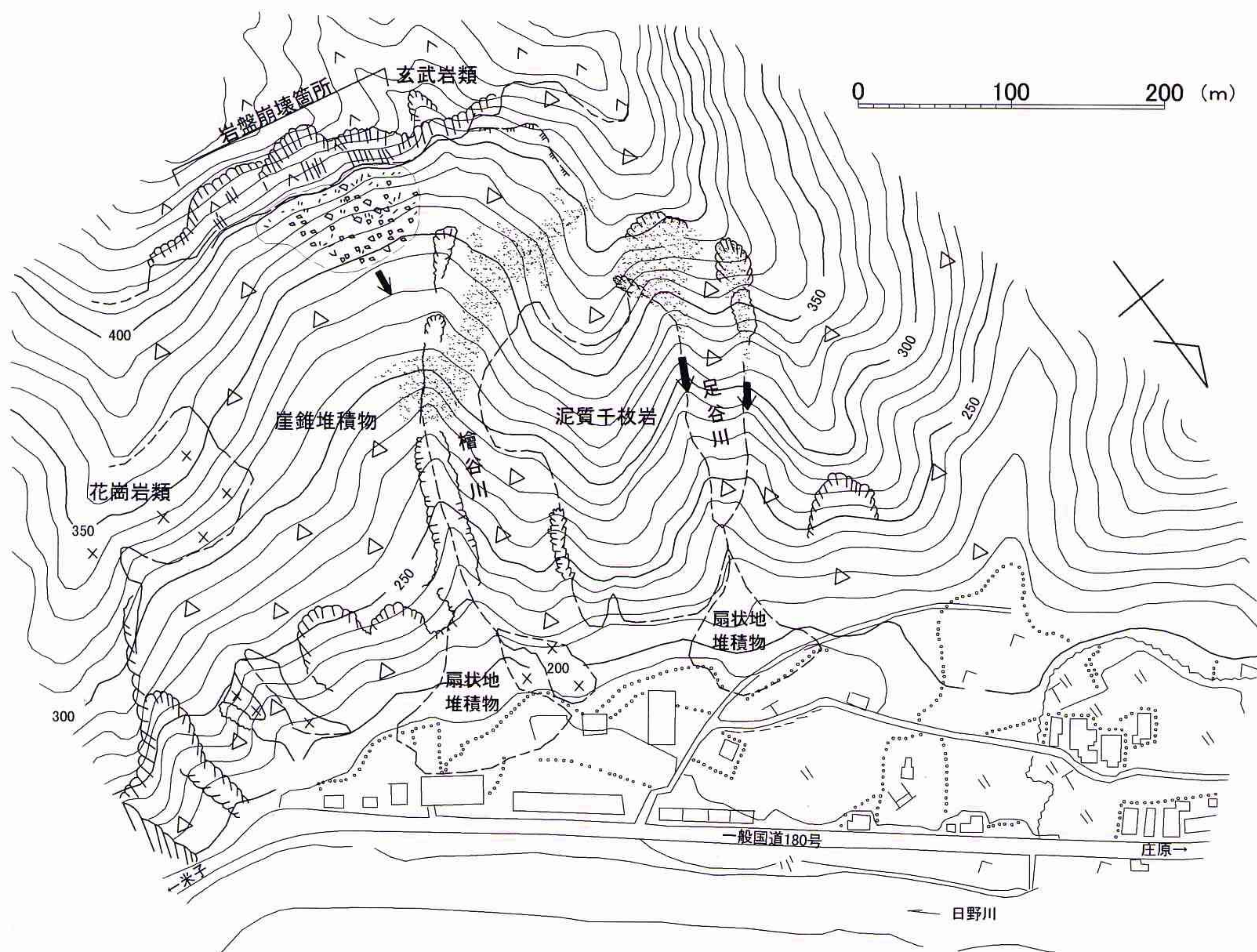
平面図 (S=1/2,500)



断面図 (S=1/2,000)

### 日野町漆原（緊急砂防：日野町檜谷川）

日野川から比高約 200m の位置にある北北東に向けた屏風岩の崖面上部で、幅 90m \* 高さ 60m の岩盤崩壊が発生した。大部分は直下に堆積したが、その一部は檜谷川に流れ込み土石流化して、溪流口にある人家付近まで及んだが被害はなかった。復旧工法は「砂防ダム工」を採用した。



平面図 (S=1/6,000)

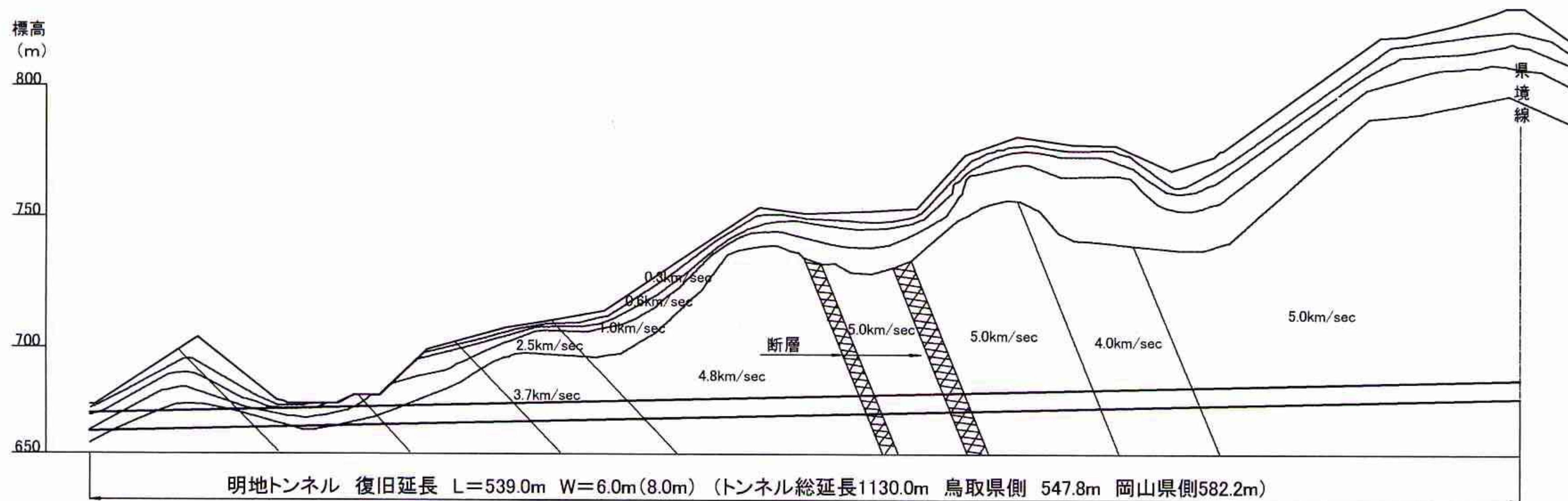
\* 岩質として異質な岩体が脆弱な基盤岩に上載している場合、これをキャップロック構造と呼ぶ。この上載岩体から供給される地下水や下位脆弱層の風化の進行が地すべりの大きな原因となり、端部では地すべりが生じやすい。



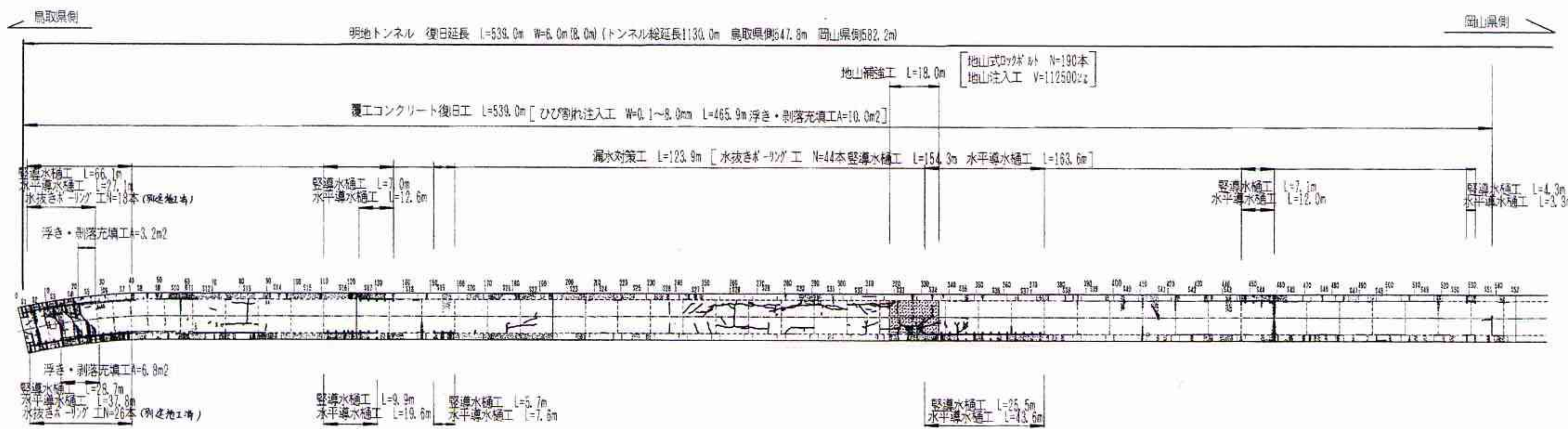
### 3) 断層破碎帯

#### 明地トンネル (トンネル災害：一般国道 180 号)

鳥取県西部地震の余震域南端部に位置する明地トンネルでは、鳥取県側坑口より 250～350m 区間に 2 本の断層破碎帯が交差しており、この部分の覆工コンクリートに多数の縦断亀裂が発生した。復旧工法は「地山補強 (ロックボルト) 工」や「ひび割れ注入工」などを採用した。



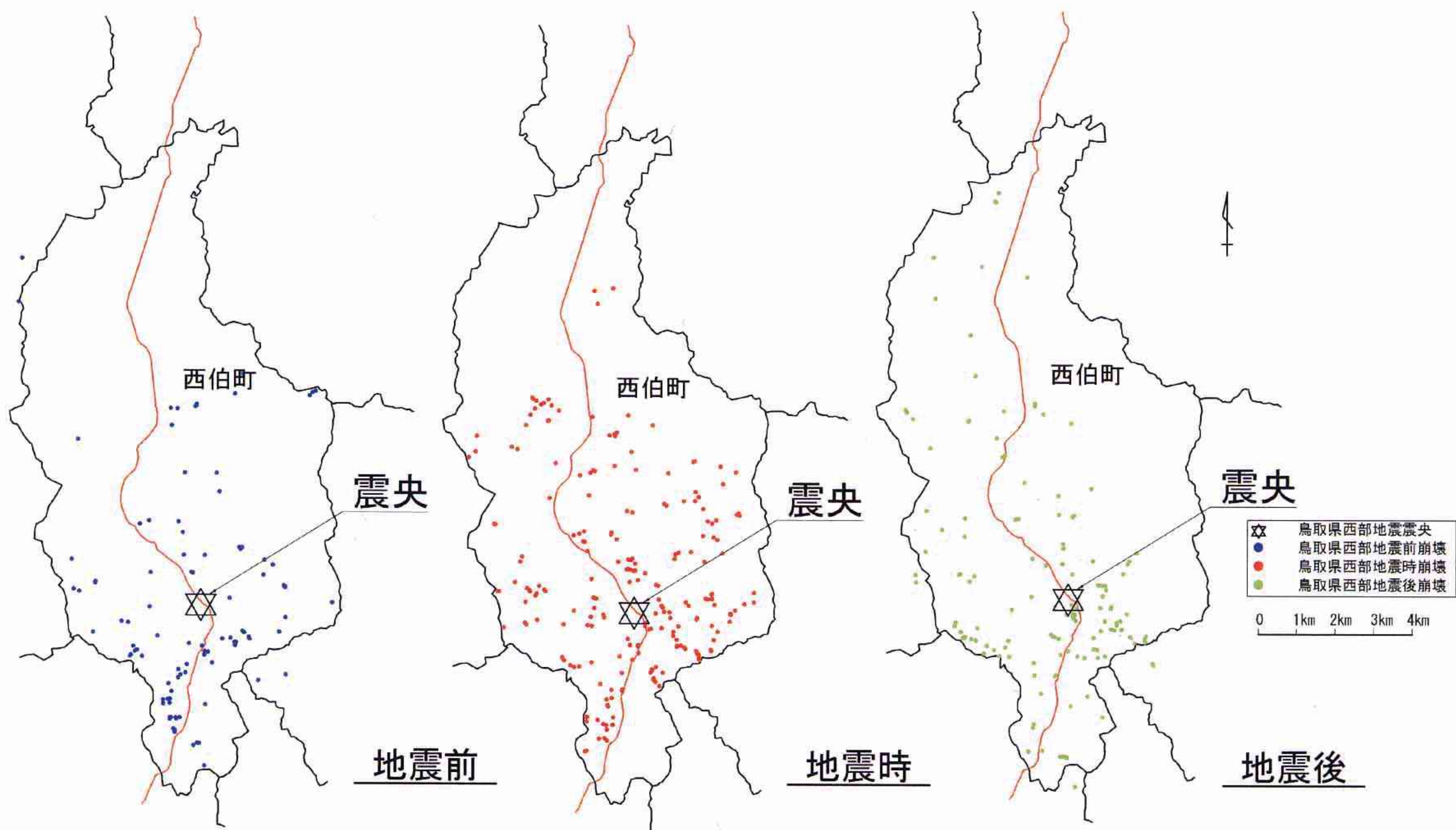
縦断図 (S = 1/4, 000)



平面図 (S = 1/4, 000)

### (2) 統計処理結果

西伯郡西伯町における山地災害の発生時期を地震前、地震時、地震後にわけて分類し、統計処理した結果を以下にまとめた。調査範囲は、ほぼ同じ地形地質条件を持つことから、得られたデータは、今回の地震特性を比較的に明らかにしていると考えられる。



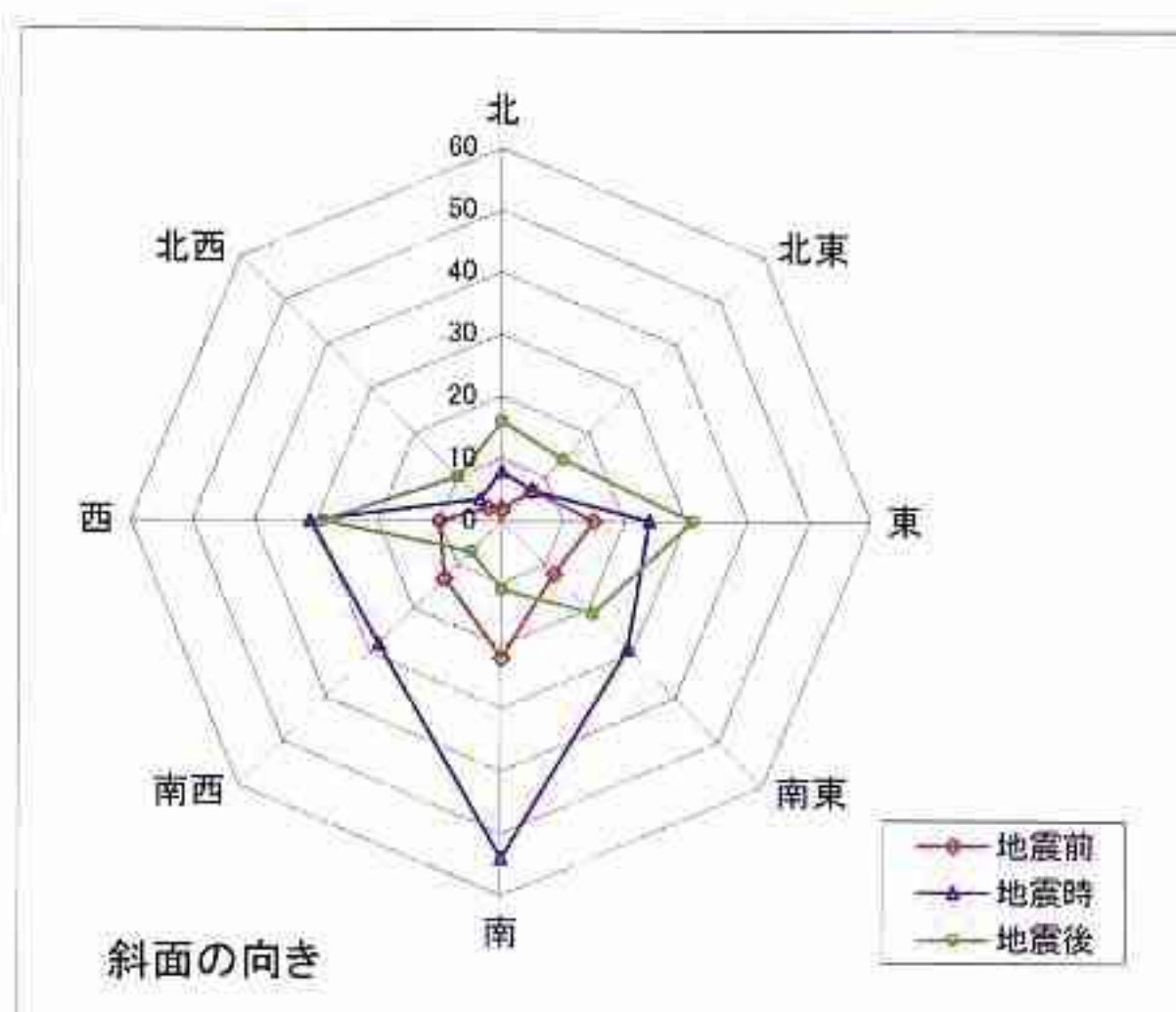
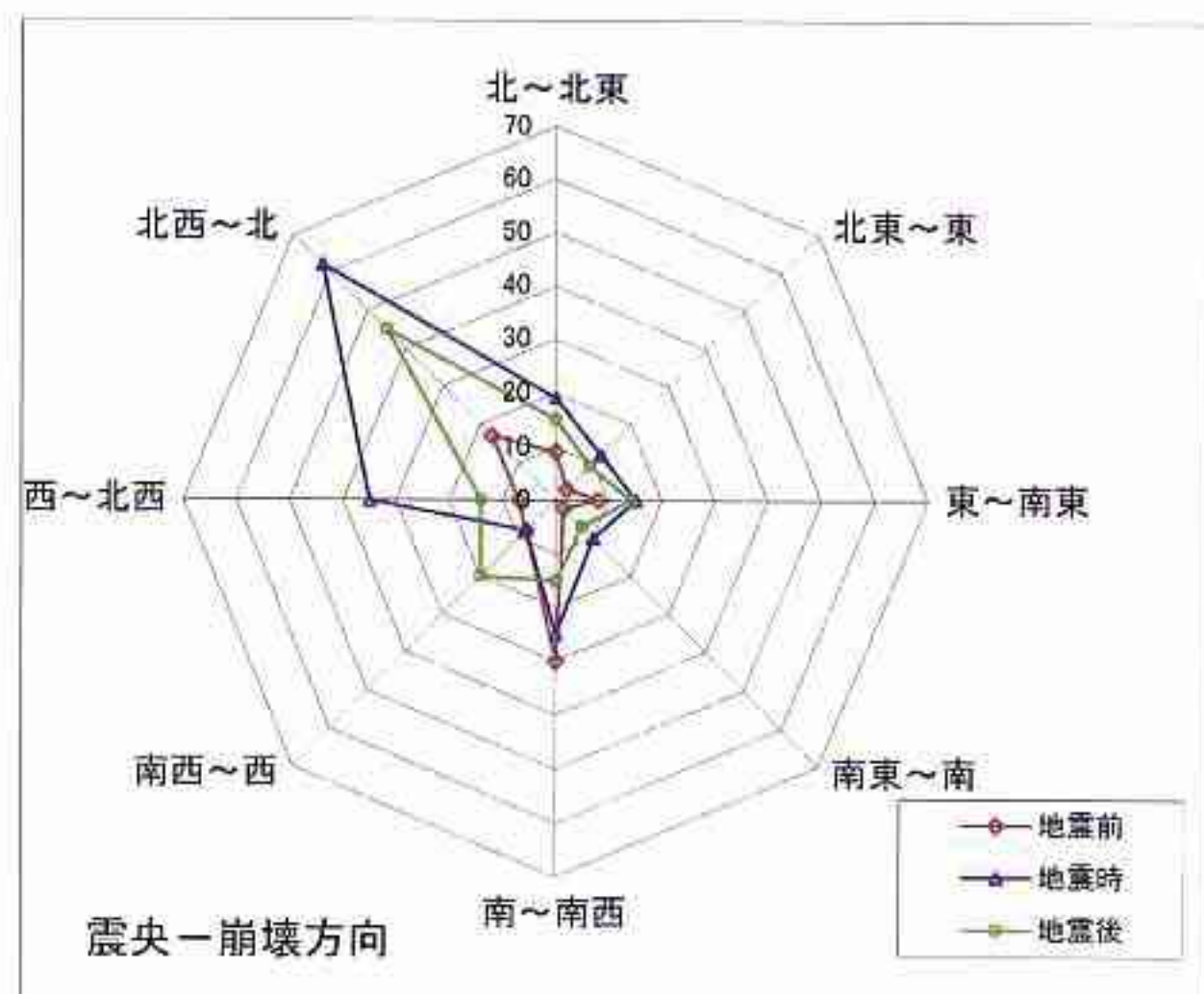
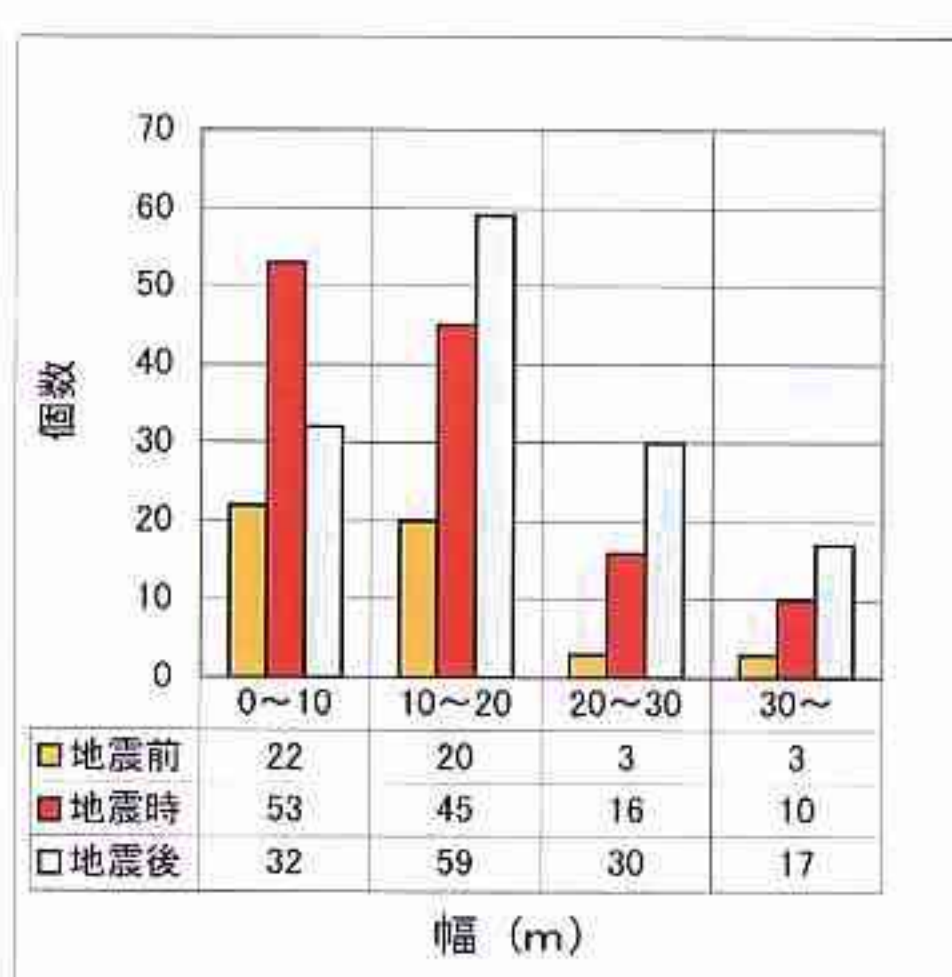
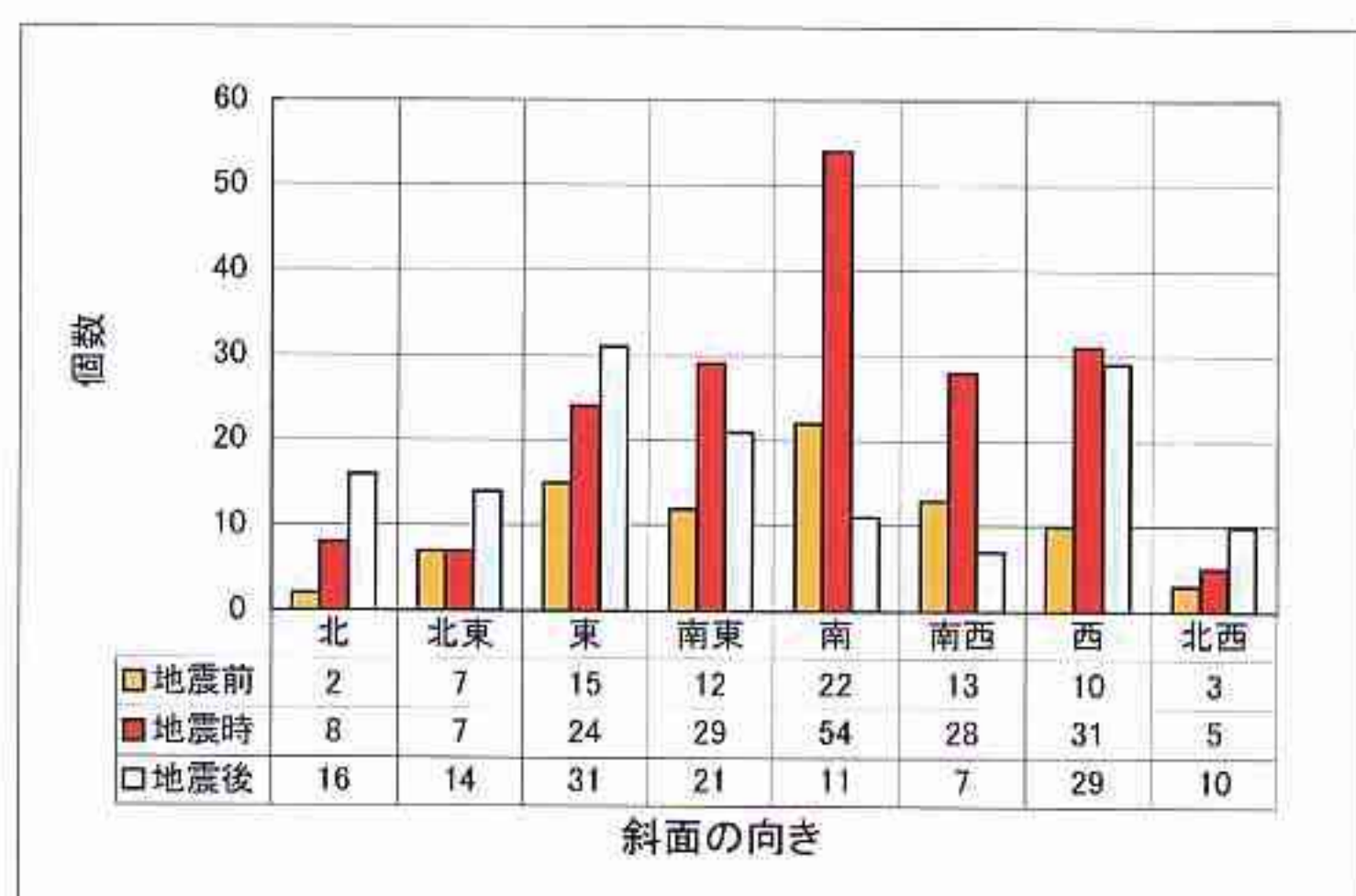
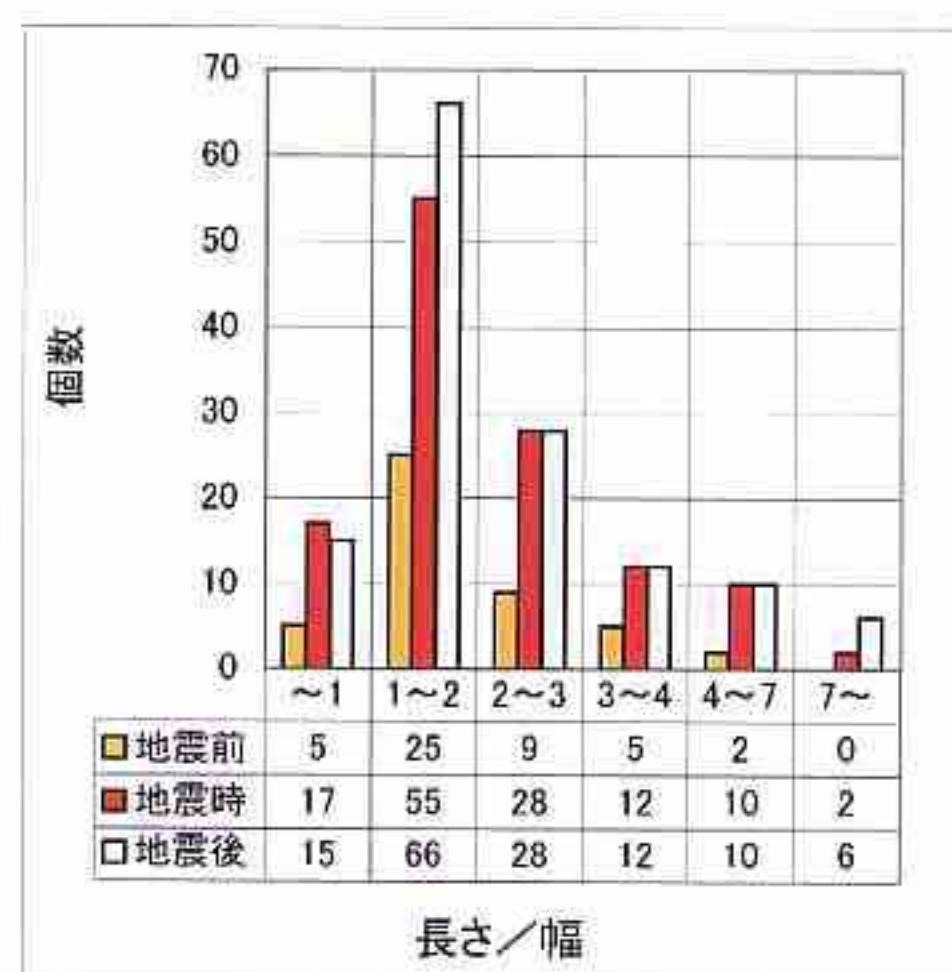
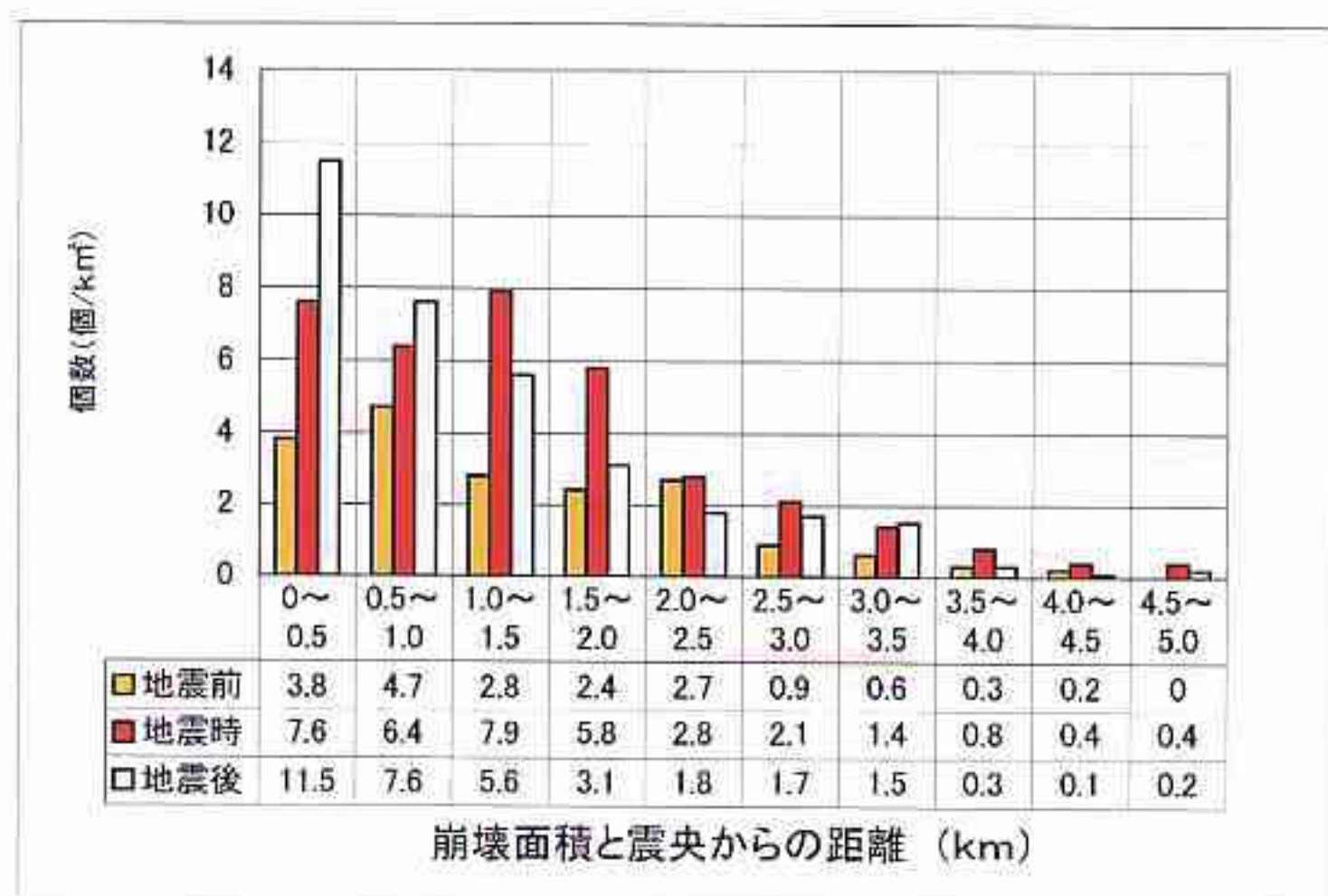
時系列でみた山地災害の発生状況



震源地である西伯町管内で発生した斜面崩壊には下記に示すような特徴がある。

- ・余震域（北北東—南南西方向）に沿って、長さ9km\*幅4kmの狭い範囲に斜面崩壊が集中して発生している。
- ・地震時に発生した崩壊が、地震後の大雨で拡大した箇所は非常に少なかった。
- ・地震時は南向き斜面で崩壊が多発しているが、地震後の大雨では東西方向が多く、全体として北向き斜面の崩壊が少なかった。
- ・地震時には震央から2km以内の斜面では、距離に関係なくほぼ一様に崩壊が発生しているが、地震後の大雨では震央に近いほど多く、しかも規模の大きい崩壊が発生している。（事例：西伯郡笹畑周辺）

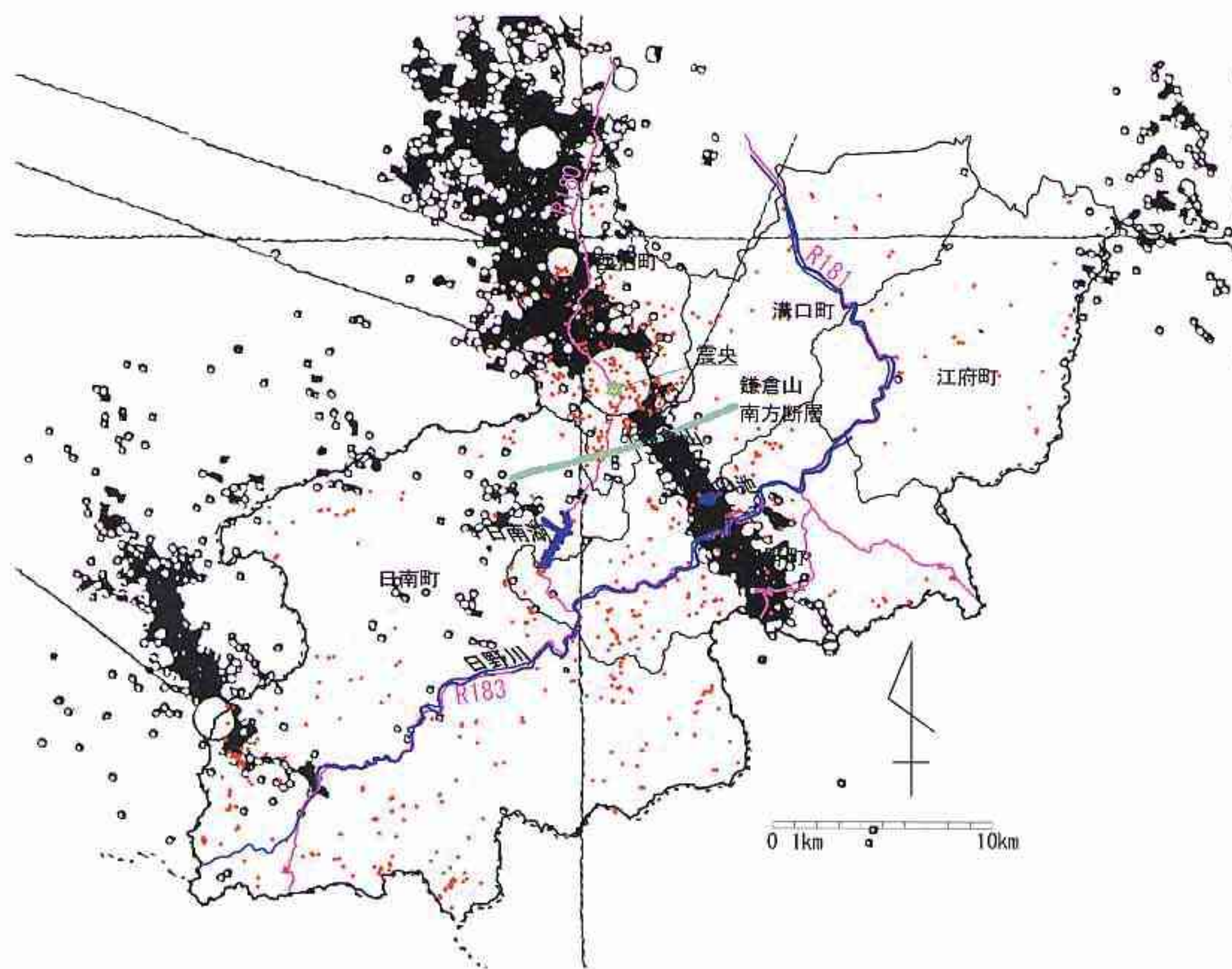
これは、地震時に大きな衝撃が加わった結果として、小規模なものはその時点で崩壊したが、変形規模が大きいものは亀裂が生じたものの崩壊に至ることなく残ったものが多かったためと考えられる。





### (3) 山地災害の特徴

- ①鳥取県西部地震の余震域の形状（北北東-南南西方向）は、鎌倉山南方断層付近を境に異なっている。
  - ・以南では余震域の幅は2kmと狭い範囲に集中しているが、以北では余震域の幅は北に向かって3km~10kmに徐々に広がっている。
- ②山地災害の分布状況は、鎌倉山南方断層（鎌倉山南山麓を東北東-西南西方向に延びる活断層、確度Ⅲ）を境に南北で大きく異なっている。
  - ・以北では、震央を含む余震域に沿って長さ9km、幅4kmの狭い範囲に、斜面崩壊が集中している。
  - ・以南では、余震域に集中する傾向は以北に比べて少なく分散気味である。（山地災害が比較的に集中する範囲としては、余震域に沿った長さ10km、幅は東側5km、西側10kmの範囲である。これは、余震域が以北で広く、以南で狭くなっていることと対照的である。）
  - ・鎌倉山南方断層以南に広がる浸食小起伏面では斜面崩壊が少ない。
  - ・鎌倉山南方断層以南では、東北東-西南西方向に斜面崩壊が分布しているように見える。
- ③日南町の南東部では、島根県東部地震の余震域に沿った斜面崩壊がわずかながら見られる。



地震時の震央分布と山地災害分布図（S=1/400,000）

- ④崩壊は表土層及び強風化土層を主体に発生しており、深さ2m以浅がほとんどであった。
- ⑤震央に近い尾根沿いでは、断裂性の特異な亀裂が生じた。この亀裂は余震域及び共役関係にある方向の痩せ尾根沿いのみ確認されている（西伯町笹畑，早田，鎌倉山北山麓）。
- ⑥貫入岩及び断層破碎帯など地質構造上の弱線に関係した崩壊が多く見られた。
- ⑦キャップロック構造を呈する箇所では、揺れの大きい上位層において岩盤崩壊や落石が生じた。
- ⑧盛土箇所では、片切片盛境界に沿って段差亀裂やヘアークラックが多数発生した。しかし、「円弧すべり」を起こした箇所は比較的少なかった。



## 4. 主な被災箇所と復旧概要

日野郡などの山間部の道路においては、強い地震動により斜面の崩落、大規模な落石、路面の陥没及び亀裂、橋梁背面の段差等が数多く発生し、多くの道路が被災した。

特に、日野町本郷の一般国道180号、溝口町宇代の主要地方道日野溝口線、日野町久住の一般県道菅沢日野線では甚大な被害が発生した。

### (1) 一般国道180号（日野町本郷）

#### 1) 被災状況

重力式擁壁の倒壊により多量の土砂が道路へ崩落するなど、道路の凸部での被害が顕著であった。また、河岸段丘堆積物区間及び風化花崗岩区間にかかわらず、法面やモルタル吹付け面で崩壊が発生するとともに、盛土区間では路面の陥没など広範囲にわたって連続的に被災した。

#### 2) 二次災害の発生

10月6日の地震発生から約1ヶ月後の11月2日～3日にかけて、24時間雨量で97mmの集中豪雨があり、地震により緩んでいた法面が大規模に崩壊した。

#### 3) 復旧概要

被災箇所の道路は2車線の車道しかなかったが、前後の区間で歩道が整備されていることから災害復旧工事と合わせて歩道を整備することとし、復旧延長L=1,150m、工事費860百万円の道路災害関連事業を導入した。

- ・ 計画延長：L=1,150m
- ・ 現況幅員：W=6.0 (8.0) m (歩道なし)
- ・ 計画幅員：W=6.0 (10.0) m (2.5mの片側歩道)
- ・ 総事業費：860百万円 (災害費405百万円、関連費455百万円)
- ・ 工期：平成13年3月～平成15年3月

#### 4) 特記事項

道路に沿って法面中腹部を流れる本郷水路（地元管理の農業用水路）が被災したため、平成13年度の作付けを中止せざるを得なかった。平成14年度の作付けに支障なく用水を確保するため、日野総合事務所農林局、日野町との工事工程の調整を行なった。



被災状況



復旧状況

### (2) 主要地方道日野溝口線（溝口町宇代）

#### 1) 被災状況

斜面上部にある高さ20mの崖面の一部が崩壊し、大量の岩塊が斜面を落下して道路まで及び、停車中の軽ライトバンを直撃大破した。当路線は通学路でもあるが、幸いに死傷者はなかった。

#### 2) 復旧概要

崩落した崖面には植生基材吹付けを行なうとともに、道路沿いには落石防護網や落石防護柵を設置して落石対策を行なった。

- ・ 復旧延長：L=168m
- ・ 総事業費：235百万円
- ・ 工期：平成13年3月～平成14年8月





被災状況



復旧状況

### (3) 一般県道菅沢日野線（日野町久住）

#### 1) 被災状況

当路線の約1.4km区間では十数カ所で土砂崩れが発生し、長期間にわたって全面通行止めとなっている。当路線は久住地区と黒坂地区を最短（約3.5km）で連絡する通勤・通学路であるが、全面交通止めにより約20kmの迂回を余儀なくされ、生活に深刻な影響が生じた。

また、平成13年3月2日、融雪による新たな土砂崩落が発生し、大規模な地すべりの兆候が現れていたことから詳細な調査が行われた。

#### 2) 融雪による新たな土砂崩落に係る経緯

##### ① 調査観測結果

- ・地質調査（ボーリング3箇所：最深ボーリング長L=45m）を実施、6月中旬に完了。
- ・地すべり計器観測の結果、6月20日及び7月18日の梅雨前線豪雨、9月15日の秋雨前線豪雨（日雨量80mm程度）においても顕著な動きは見られなかった。

##### ② 復旧工の考え方

- ・観測期間中、異常な降雨が3回あったが変動量は微少であり、現時点では地すべり対策は必要ないと判断した。
- ・調査結果に基づき、表層崩落を対象とした復旧工を実施し、道路を供用する。
- ・万一の場合に備え、当面、継続観測による監視と、異常気象時には通行規制の安全対策をとる。
- ・森林管理署も表層崩落と判断。

##### ③ 対策工法

崩土除去・法面整形 + 法枠工 + 雪崩防止柵工

##### ④ 施工範囲

- ・道路から約20m上方斜面までを鳥取県、その上を森林管理署で施工することで調整。

##### ⑤ 災害査定結果

- ・森林管理署：災害査定を受け、平成13年度内に工事発注。
- ・鳥取県：12月10日に査定を受け、その結果、ほぼ提案とおりの対策工法が認められる。（事業費：約80百万円）
- ・森林管理署の工事の進捗状況をみながら、平成14年夏頃に工事を発注する予定。

#### 3) 復旧概要

現況の道路幅員は概ね4m、最急縦断勾配13%、最小曲線半径11mの未改良区間であるため、災害復旧工事と合わせて幅員5mの改良復旧を行うこととし、久住側の900mについて、道路災害関連事業を導入するとともに、融雪による新たな土砂崩落については、森林管理署と連携して復旧を行なっている。

##### （道路災害関連事業の概要）

- ・計画延長：L=900m
- ・現況幅員：W=3.0（4.0）m



- ・計画幅員：W=4.0 (5.0) m
- ・総事業費：400百万円（災害費211百万円、関連費189百万円）
- ・工 期：平成13年3月～平成15年春目標

#### 4) 特記事項

平成15年春の全面復旧までに時間を要することから、大規模林道日野金城線と主要地方道日野溝口線を迂回路として使用する。この場合の迂回距離は約6kmであり、平成14年1月15日に暫定供用開始した。



被災状況



復旧状況

#### (4) 急傾斜地崩壊防止施設（日野町根雨地区）

##### 1) 被災状況

根雨地区急傾斜地崩壊危険区域内では、最大約13トンの巨石が落下し、斜面中腹部に設置された既設の落石防護柵を9箇所破損させて、民家との間に設置された待受け式擁壁の手前で停止した。

斜面の至るところで転石や浮石が確認されたことから、根雨1区、2区には避難勧告が出された。これらの転石や浮石が余震や、豪雨・豪雪により、再滑動して下部の民家に重大な損害を与える危険性があると判断された。

##### 2) 復旧概要

落石対策として、巨石については許容落石防護能力の大きな高エネルギー吸収柵を設置し、極めて不安定で危険性の高い転石や浮石については、小割り・根固め・接着ボンドによって個別に対処するものとした。

- ・復旧延長：L=100m
- ・総事業費：136百万円
- ・工 期：平成13年3月～平成13年12月



被災状況



復旧状況



## (5) 足谷川、檜谷川災害関連緊急砂防事業（日野町本郷）

### 1) 被災状況

足谷川の上流部では土砂崩壊が、檜谷川の上流部では大規模な岩盤崩落がそれぞれに発生した。これらが土石流化して下流の人家及び国道等に被害をもたらす危険性があったことから、足谷川下流にある町営住宅に避難勧告が出された。このため、仮設防護柵等の応急対策がなされるとともに、土石流対策として緊急に砂防ダムを設置することとなった。

### 2) 復旧概要

#### 足谷川砂防ダム（堆砂量 $V=3,240\text{m}^3$ ）

- ・ダム本体工（ $H=12.0\text{m}$ 、 $L=59.0\text{m}$ ）、第1垂直壁工（ $H=7.0\text{m}$ 、 $L=41.0\text{m}$ ）
- ・総事業費：192百万円
- ・工 期：平成13年3月～平成14年3月



被災状況



復旧状況

#### 檜谷川砂防ダム（堆砂量 $V=9,180\text{m}^3$ ）

- ・ダム本体工（ $H=14.0\text{m}$ 、 $L=86.9\text{m}$ ）、第1垂直壁工（ $H=8.6\text{m}$ 、 $L=37.0\text{m}$ ）
- ・総事業費：276百万円
- ・工 期：平成13年3月～平成14年12月



被災状況



復旧状況