

大地震時における宅地盛土の被害に関する調査業務

報 告 書

平成 17 年 9 月

特定非営利活動法人 都市災害に備える技術者の会

## 目 次

	頁
1. 概 要	1
2. 阪神・淡路大震災により被災した盛土宅地に関する情報収集とその分析	2
2.1 情報収集	2
2.2 分析	8
2.2.1 宅地盛土の分布と被災盛土の特性	8
2.2.2 地震動と被災盛土との関係	12
2.2.3 使用された復旧工法の概要と効果等	16
3. 盛土造成宅地の分布状況の把握に関する調査、検討	22
3.1 谷埋め盛土の賦存状況について把握するための各種資料収集および 手法の検討	22
3.1.1 造成地の分類	22
3.1.2 盛土宅地の抽出方法	24
(1) 小林の手法	24
(2) 損害保険料率算定会の手法	24
(3) 最新の IT 技術を用いた手法	25
(4) 学識経験者の意見聴取	27
3.2 ケーススタディとして阪神地域の谷埋め盛土賦存量の推定	28
4. 盛土の危険度判定手法に関する調査	34
4.1 損害保険料率算定会の手法	35
4.2 釜井博士の手法	36
5. 宅地盛土の安定化対策手法について	39
5.1 盛土地盤のモデル化	42
5.2 対策工の簡易設計手法	43
5.3 地震時の盛土安定化対策工（既存工法）	44
5.4 地震時の盛土安定化対策工（新工法）	44
5.5 対策工法の課題	46
6. 今後の課題	47
6.1 ハザードマップ作成に関する技術基準の策定	47
6.2 対策工設計に関する技術基準の策定	47

## 巻 末

- 1) A 3 版図面
- 2) 盛土賦存率・震度による被災率を算出する根拠となる盛土分布図
- 3) 文献リスト
- 4) 文献 DVD

## 1.概 要

業務目的：本業務は未曾有の宅地災害を引き起こした阪神・淡路大震災等を事例として、被災した盛土宅地に関する情報収集や追跡調査等を行い、大地震時に変状の危険性の恐れのある盛土宅地の特性や復旧手法等をつまびらかにすることを目的とする。

業務内容：本業務では下記の内容についての調査を実施する。

- (1) 阪神・淡路大震災により被災した盛土宅地に関する情報収集とその分析
- (2) 盛土造成宅地の分布状況の把握に関する調査、検討
- (3) 盛土の危険度判定手法に関する調査
- (4) 報告書のとりまとめおよび作成

業務期間：平成 17 年 7 月 20 日～平成 17 年 9 月 30 日

業務監督機関：国土交通省都市・地域整備局 都市計画課 開発企画調査室

業務実施：特定非営利活動法人 都市災害に備える技術者の会

〒651-14 兵庫県西宮市すみれ台 3 丁目 1 番地 (有限会社太田ジオリサーチ内)

TEL 078-907-3120 FAX 078-907-3123

e-mail : office@toshisaigai.net

## 2. 阪神・淡路大震災により被災した盛土宅地に関する情報収集とその分析

### 2.1. 情報収集

情報収集は、資料収集およびヒアリングにより実施した。

#### 【資料収集】

資料収集は、下記の資料に該当するものを中心に行った。主として阪神・淡路大震災に関わるものを収集したが、一部それ以外の震災（2004年新潟県中越地震等）のものも収集した。

- (1) 盛土宅地被害に関する研究論文等の文献収集
- (2) 地方自治体による調査・検討関係資料の収集
- (3) 復旧工事に関する情報収集

表 2.1 に収集した資料のリストを示す。資料をスキャニングしたデータは、別添のDVD に画像ファイル形式 (bmp, jpg, tiff 形式)、pdf 形式 (adobe 社の acrobat 形式)、xdw 形式 (富士ゼロックスの DocuWorks 形式) でまとめている。画像ファイルはペイントソフト (例えば adobe 社の Photoshop) で、pdf 形式のファイルは Acrobat Reader (フリーソフト)、xdw 形式のファイルは DocuWorks Viewer Light (フリーソフト) で閲覧・印刷が可能である。

Acrobat Reader のダウンロード

<http://www.adobe.co.jp/products/acrobat/readstep2.html>

DocuWorks Viewer Light のダウンロード

<http://www.fujixerox.co.jp/soft/docuworks/viewer.html>

#### 【ヒアリング】

ヒアリングは、阪神間の都市、兵庫県および住宅メーカーにおこなった。それらの詳細は表 2.2 に示すが、概要は以下のとおりである。

1995 年兵庫県南部地震時に宅地の盛土地盤の危険性は認識されておらず、資料の取りまとめや対策に対してその視点から行われなかった。

行政の対応は、主として被災証明を出すことや改善勧告 (そのほとんどが擁壁の復旧) であり、宅地が切土であるか盛土であるかという区別は行っていなかった。盛土宅地が側方流動を起こし亀裂がたくさん入った場所であっても、整地する程度の対応しかしていないと思われる。このため、住宅メーカーなどが系統的に被災宅地に対して対策を行っていない。

なお、被災規模が大きい場合などは、例外的に急傾斜地崩壊防止事業の特例措置により斜面安定化対策が行われた箇所がある (採択基準等については別途資料を参照)。

表2.1 収集文献等のリスト

整理番号	資料タイトル	作成時期	作成機関	資料収集方法	資料の内容	その他
scan01	神戸市ボーリングデータ	1995年	神戸市	釜井先生提供資料	谷埋め盛土のボーリング調査資料6孔分	
scan02	神戸市ボーリングデータ	1995年	神戸市	釜井先生提供資料	神戸市ボーリングデータ7孔分	
scan03	神戸市ボーリングデータ	不明	神戸市	釜井先生提供資料	神戸市の谷埋め盛土ボーリングデータ8孔分	
scan04	神戸市ボーリングデータ	不明	神戸市	釜井先生提供資料	ボーリングデータ8孔	
scan05	JIBANKUN谷埋め盛土データ	不明	神戸市	釜井先生提供資料	JIBANKUNの分布図。	
scan06	地震防災土地条件図	平成8年	国土地理院	釜井先生提供資料	芦屋・西宮	
scan07	平成7年兵庫県南部地震災害現況図(第II版)	1995年4月	国土地理院	釜井先生提供資料	建物の倒壊・破損、火災、道路鉄道の破損、斜面崩壊・地すべり、液状化、海岸堤防の破損の調査図面	
scan08	被災度別建物分布状況図集	1995年3月25日	日本都市計画学会関西支部・日本建築学会近畿支部都市計画部会	釜井先生提供資料	建物の外観によってとらえられた損壊状況のランク別分布図の作成による被災の全体像の記録。10000分の1図	
scan09	1995年兵庫県南部地震並びに阪神・淡路大震災に関する地学的調査・研究報告の一覧	1997年1月	日本学会議地質学研究連絡委員会	釜井先生提供資料	日本大学小坂和夫先生が中心となってとりまとめられた文献リスト集	
scan10	人工地盤における地震被害予測に関する研究	1992年12月	損害保険料率算定会	釜井先生提供	(財)地震予知総合研究振興会に組織された「人工地盤における地震被害予測に関する研究委員会」によって遂行されたものである。 目次 1. 概説 2. 宅地開発の変遷と設計関係規定等 3. 宅地造成地における既往の震害状況の整理と分析 4. 宅地造成地における危険度評価の方法 4. 2. 危険度評価の考え方 4. 3. 既存資料を用いた住宅造成地の判別方法の検討 4. 4. 造成タイプ、造成年代による危険度の定量化 5. まとめおよび今後の課題	造成タイプ、造成年代の影響を考慮した危険度の評価手法が提案されている
scan11	六甲山地周辺人工改変地形分布調査	1995年3月	株式会社パスコ	釜井先生提供	目的) 兵庫県南部地震により六甲山地周辺に発生した地すべりの二時災害防止のために被災地全域における人工改変地形の分布、すなわち地すべりが発生した可能性の高い地域を抽出することを目的とする。 調査対象地域) 兵庫県神戸市、芦屋市及び西宮市の六甲山地周辺地域 調査概要) 空中写真判読による地形分類手法により、主として宅地造成による地形の人工改変が行われた地域を地形図上に表現した。大規模な地形改変が行われる以前の空中写真および地形図等を用いて、原地形に関する地形分類を行い、次にそれ以降の資料を用いて地形改変の種類と規模、時期を明らかにした。	丘陵地の造成地の範囲を決める材料として用いた
scan12	被災度別建物分布状況図集25,000分の1	1995年3月25日	日本都市計画学会関西支部・日本建築学会近畿支部都市計画部会	釜井先生提供資料	建物の外観によってとらえられた損壊状況のランク別分布図の作成による被災の全体像の記録。25000分の1図	
scan13	谷埋め盛土被災写真(釜井)	1995年地震直後	釜井先生撮影	釜井先生からの提供	代表的な谷埋め盛土の被災写真 西宮市豊楽町、上ヶ原、仁川百合野町など	
scan14	盛土被災写真	1995年地震直後	太田撮影	太田提供	仁川百合野町(1995.1.18)、西宮市内	
scan15	盛土の被災に関する雑誌記事、新聞記事	1995年		釜井先生、太田、神戸市等の提供	盛土の被災に関する雑誌・新聞記事等、一般市民に向けられて発信された情報を中心に収集	
scan16	神戸市宅地被害の状況	地震後	神戸市	神戸市より提供	地震により被害を受けた宅地の調査票。主に擁壁の被災を中心に取りまとめている。	
scan17	被災盛土分布図(釜井)	1995年	京都大学防災研究所釜井先生	釜井先生より提供	阪神間の被災盛土分布図。被災した谷埋め盛土、被災しなかった谷埋め盛土、ため池を埋めた盛土および、亀裂分布図。	被災盛土賦存率を算定するための基礎データとして使用
scan18	地震時斜面災害予測図-宅地盛土地盤-	—	京都大学防災研究所釜井先生	釜井先生より提供	釜井先生の予測モデルで判定された首都圏の宅地危険度マップ。新横浜・武蔵小杉・鶴見・自由が丘地域のマップ	

整理番号	資料タイトル	作成時期	作成機関	資料収集方法	資料の内容	その他
scan19	震度分布図(翠川)	---	東京工業大学総合理工学研究課人間環境システム専攻翠川研究室	http://www.enveng.titech.ac.jp/midorikawa/member/kazu/fig03.html	兵庫県南部地震の被災地には、当地地震計が少なかったため震度分布をつかむことができなかった。このため翠川研究室では、墓石の転倒調査を行い、墓石の転倒率から地震動の最大地動速度を求め、震度分布図を推定した。その他の震度分布図のデータも収集したが、主に震災の帯(震度7)の分布を推定しているものが大半であり、広範囲で細かい震度分布図を作成していたのは翠川研究室のものであった。	この震度分布図から、震度と谷埋め盛土被災率の関係を導いた
scan20	釜井文献	---	京都大学防災研究所釜井先生	釜井先生提供	(1) 阪神間で右往左往; 土木学会斜面工学研究小委員会巡検資料 (2) 都市域における地震時谷埋め盛土地すべり; 平成17年度地すべり防止工事土更新登録特別講習会テキスト (3) 都市域における地震時斜面災害のハザードマップ; 平成12年度応用地質学会シンポジウム (4) 地震時における大規模宅地盛土斜面の不安定化予測; 日本地すべり学会誌 (5) 平成7年兵庫県南部地震による都市域の斜面変動; 地質調査所月報 (6) 新潟県中越地震による宅地造成地の斜面災害; 日本地すべり学会関西支部シンポジウム	(3) 幅/深さ比が最大の不安定化ファクターであることを示した文献 (4) ニューラルネットワークを用いた最新の斜面不安定化予測手法 (5) 兵庫県南部地震のデータから谷埋め盛土の地震時危険性を示した最初の文献
scan21	神戸市宅地開発指導課資料	---	神戸市宅地開発指導課	神戸市より提供	1) 「よみがえる神戸の山と川」: 地すべり対策として西岡本地区、有馬の射場山～愛宕山地区の状況・対策工について記載がある。 急傾斜地対策としては、有馬町(重力式擁壁2箇所)、東灘区鴨子ヶ原(土留横矢板併用重力式擁壁)、垂水区星ヶ丘(アンカー付格子状擁壁)、長田区大丸町(重力式擁壁)、長田区重池町(重力式擁壁)、垂水区星ヶ丘(ルートパイル工法)、兵庫区湊川町(重力式擁壁)、長田区蓮宮町(ルートパイル工法)、東灘区岡本(フリーフレーム工法)についての記載がある。 2) 住吉山手6丁目(プール崩壊)、長田区源平町(被災宅地通行止め)、垂水区高丸、神影町その他の資料	2) には、個人情報が多数入っているのので取り扱い注意
scan22	山古志村宅地被災写真	2005年5月	太田ジオリサーチ	太田より提供	2004年新潟県中越地震で被災した山古志村(現長岡市)の宅地被災写真	
scan23	兵庫県南部地震宅地被害調査(阪神・淡路大震災)	1995年7月	住宅・都市整備公団、千代田コンサルタント	住宅都市整備公団関係者から借用	スライド用資料。兵庫県資料と同じ(そのモトになった資料)。	
scan24	兵庫県南部地震 明石市の災害と復興への記録	1996年1月17日	明石市役所	明石市で購入	震災1年後に明石市の復興状態を記録したものの。「倒壊家屋と住宅」という項目はあるが、宅地地盤についての記載はほとんどない。明石市の家屋被災マップがある。	
scan25	阪神淡路大震災 宝塚市の記録1995	1997年3月1日	宝塚市	宝塚市役所で購入	(3) 宅地の被害 宅地の擁壁に崩壊亀裂等が生じたため、宅地造成等規制法に基づき兵庫県から防災措置の勧告及び通知を出した件数は、平成7年5月31日現在、勧告248件、通知235件、合計483件であった。	
scan26	兵庫県の建築行政記録	---	兵庫県	ヒアリング時に提供を受けた	1) 阪神淡路大震災と建築業政等の記録; 被災宅地の二時被害防止と宅地擁壁復旧についての記載がある 2) 兵庫県の宅地被災記録; 都市公団の調査資料がモトになっている 3) 仁川百合野町対策工事概要; 2000年の地すべり学会現地見学会資料	
scan27	地質地盤系文献	---	学会等	石川浩次氏より提供	1) アーバンクボタ「谷埋め盛土・ため池跡地」 2) 土木学会関西支部「大震災に学ぶ」山崩れおよび宅地造成 3) 関西地質調査業協会「六甲山地東部の地形地質と地震被害」地震による土砂災害 4) 地盤工学会「阪神・淡路大震災調査報告共通編 第二編地盤・地質」阪神間内陸部の人工改変地形 5) 第四紀研究 “1995年兵庫県南部地震による西宮・大阪地域の震害と地盤構造” 三田村宗樹ほか 6) 関西自然保護機構会報「1995年兵庫県南部地震による液状化被害と地形の人工改変」三田村宗樹	

整理番号	資料タイトル	作成時期	作成機関	資料収集方法	資料の内容	その他
scan28	宅地地盤の安全性と性能評価に何するシンポジウム発表論文集	2005年	地盤工学会	購入	1) 松下克也”戸建て住宅の基礎・地盤の沈下障害と地震被害”；住宅会社の報告によれば過去10年間に発生した地震による被害のうち沈下障害を伴うものは、この間の建築実績に対し約0.07% 2) 橋本隆雄”新潟県中越地震における年代別地形図を用いた長岡市内の宅地地盤被害分析” ハザードマップの公表、適切な対策の実施、など。	
scan29	商用データベースからの文献その他	—	—	jicstデータベースなど	(1) 大野宏之”民間宅地の擁壁復旧について”、(2) 城戸史郎”大地震における宅地擁壁等の被害を最小限にするために”、(3) 渡辺文人”宅地災害”、(4) 沖村孝ほか”兵庫県南部地震による宅地地盤被害の原因(その2)”、(5) 二木幹夫ほか”基礎および宅地地盤の被害”、(6) 高田直俊”壊れたもの、壊れなかったもの”、(7) 二木幹夫”宅地地盤および擁壁の調査報告”、(8) 兵庫県南部地震による建築構造物被災分布と地形”、(9) 土木研究所調査団材料施工班”土構造物関係の被害”、(10) 杉浦省悟”宅地造成における盛土法面の安定と維持管理”、(11) KAMAI”landslide in the Hanshin Urban Reasion caused by the 1995 Hyogoken-Nanbu Earthquake, Japan”、(12) 坂本勝比古”阪神間の住宅地形成に関する基礎的研究(2) 近代日本の大都市郊外住宅形成過程”、(13) 太田英将”土塊のない部抵抗を利用した新しい地すべり対策工法”、(14) 太田英将”宅地地盤の地震時盛土すべりのメカニズムと対策方法”、(15) 太田英将”兵庫県南部地震で実証された造成地盤の危険性”、(16) 釜井俊孝ほか”斜面防災都市 第二章 都市型斜面災害の対策”、(17) 池田俊雄”地盤と構造物 \$16 震害問題について”	
scan30	釜井研究室文献、都市域における宅地盛土斜面における以深災害予測図の作成	2000年	日本大学大学院 小林慶之	筆者より提供	釜井俊孝先生の指導の元で、日本大学の小林慶之氏が執筆した修士論文。兵庫県南部地震で被災した谷埋め盛土の原因を究明し、幅/深さ比が重要なファクターであることをはじめて明らかにしたものである。	兵庫県南部地震で被災した盛土形状等の元データが納められている。
scan31	日本道路公団中越地震の文献	2005年	日本道路公団	「ハイウェイ技術」より	(1) 土構造物における被災状況 盛土に崩壊や沈下の変状が発生した。切土法面には崩落は確認されていない。土構造物は地下水で飽和状態にあったことが確認されている。 (2) 災害応急復旧工事 盛土の車線部に至る大規模な崩壊は傾斜地盤、沢部及び切盛境などの盛土上流部が集水地形である箇所が発生した。被災要因は地震動のほかに地下水などの水の影響が考えられるため、工事に当たっては盛土内の排水性を考慮し、盛土材および土壌の中詰め材は砕石を使用した。沢部の盛土崩壊箇所については湧水が多かったことから水抜ボーリング・大型地下水排水工を設置し盛土内の排水対策をした。	

表 2.2 ヒアリング結果一覧表

ヒアリング対象		ヒアリング内容	収集資料
宝塚市	(2005.9.6) 開発審査課 [redacted]	<p>震災当時、開発申請事務は県が担当しており、市としては平成 10 年以降委任されているため充分把握できていない。被災証明を出すための資料は残っているが、家屋の損壊が中心であり、宅地が盛土であったかどうかという視点でまとめられたものは無い。</p> <p>有馬高構造線沿いで家屋の倒壊が多かったが、山側には被害があまり発生していなかったと記憶している。当事のものをまとめた資料が閲覧コーナーにある(右記資料)。</p> <p>造成地の盛土被害に関しては、中山桜台で住宅に変状が出てきて対処したことがあるが、それは地震よりも前のことである。</p>	『阪神・淡路大震災－宝塚市の記録 1995』購入
西宮市	(2005.7.22) 開発審査課 [redacted] 開発指導課 [redacted] 防災対策課 [redacted]	<p>復旧に当たって、宅地が盛土であるかどうかについての特別の審査はおこなっておらず、あくまでも現行の法律・基準に合致するかどうかという観点から、申請された宅地単位で審査を行った。申請書の概要は平成 12 年以降閲覧できるようになったが、地震の被害の復旧はそれ以前なので閲覧できない。特例措置として急傾斜地対策として対策が行われた箇所がいくつかある。</p>	なし
芦屋市	(2005.9.6) 開発指導課 [redacted]	<p>宅地が盛土であるかどうかという視点でまとめられたものは無い。谷埋め盛土が三条町で動いたということは認識しているが、宅造法で対応できること以外は行っていない。現在の基準でも盛土地盤に特別の対応を行うことは無理なのではないか。</p>	なし
神戸市	(2005.7.25) 宅地開発指導課 [redacted]	<p>改善勧告(1918 宅地に対して行った)の元になる調査データ+写真は存在する。これらは現地踏査や通報により作成されたもので個人情報が含まれる。しかしこの帳票に宅地地盤が切土か盛土かなどという視点は含まれていない。改善勧告として行われたものは、ほとんどが擁壁のやり直しである。被害は卓三方を受けていない空石積擁壁に多く、宅造法で許可を受けたところの被害は軽微であり、宅造法が有効だったとの認識である。</p>	『神戸復興誌』の一部のコピーを入手 8/29 に個別調査箇所の調査票を入手



明石市	(2005.9.6) 開発審査課 ■■■■■ 総務課 ■■■■■	罹災証明を出したので被害状況は把握しているが、地盤が切土であるか盛土であるかなどの区別はしていない。 行政情報閲覧コーナーに明石市の家屋被災のマップ等をまとめた書物があるので参照されたい。	『明石市の災害と復興への記録』購入
兵庫県	(2005.9.7) まちづくり局長 坂井豊氏 開発指導室長 ■■■■■ 開発指導室 ■■■■■	宅地に関しては、住宅都市整備公団の応援で調査を行った。宅地の擁壁を復旧する場合、道路事業として行う場合があった。 災害関連緊急傾斜地崩壊対策事業（特例措置）で行ったところもある（右記資料参照）。 当社は家屋の倒壊等、緊急に対応するものがたくさんあり、谷埋め盛土地盤という観点で調査を行っていない。 対策については、フォローしていないが、おそらく宅盤の亀裂・段差とうについては整地程度しか行っていないのではないかと。	『阪神・淡路大震災と建築行政等の記録』のコピー、および宅地被害調査一覧表のコピー
ミサワホーム	(2005.9.8) 技術環境部 ■■■■■	当社では、住宅の倒壊が発生するような地震があった場合、被災地域に建つ自社物件の全棟調査を兵庫県南部地震以降行っております。被害状況の写真等は、保管しておりますが、宅地盛土などのキーワードで、調査や整理を行ってきておりません。	なし

## 2.2.分析

下記の項目について収集した資料から検討を行う。

- (1)被災した盛土宅地の特性を抽出
- (2)被災した盛土宅地の分布や地震動との関係の分析
- (3)使用された復旧工法の概要と効果等

### 2.2.1.宅地盛土の分布と被災盛土の特性

収集した資料のうち、宅地盛土の分布がマッピング可能なレベルで存在するのは、地盤工学会「阪神・淡路大震災調査報告書」(図 2.2.1)と、京都大学防災研究所釜井俊孝博士から提供を受けた被災盛土分布図(図 2.2.2)である。

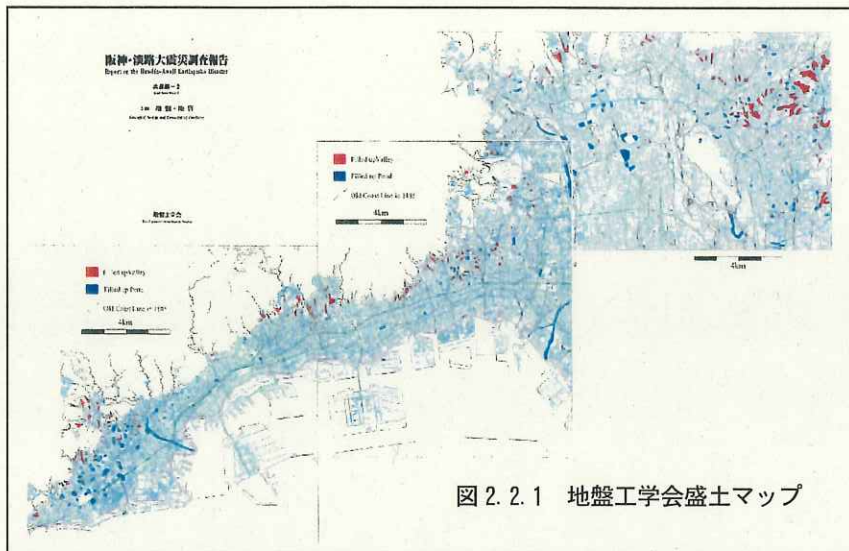


図 2.2.1 地盤工学会盛土マップ

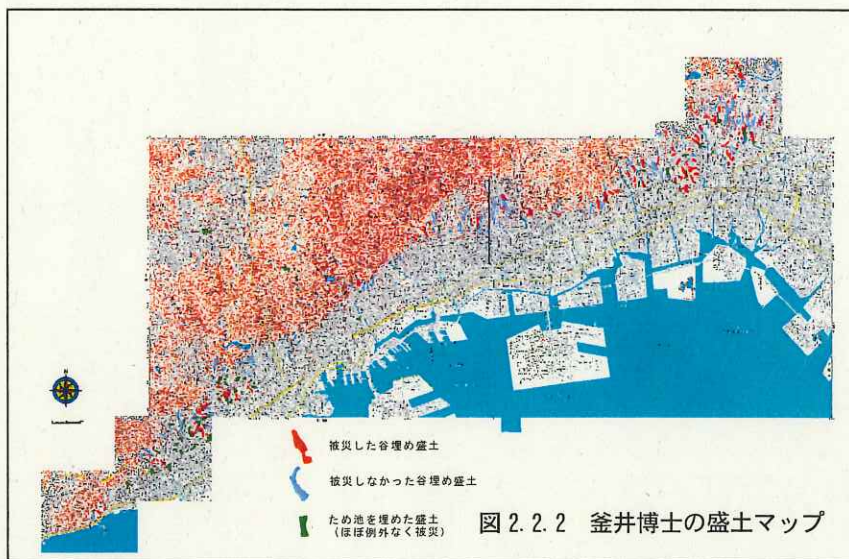


図 2.2.2 釜井博士の盛土マップ

地盤工学会の盛土マップ（図 2.2.1）は、広範囲な調査が行われているが、被災した盛土と被災しなかった盛土が区別されておらず、谷埋め盛土と池を埋めた盛土の区分のみであり、被災盛土の特性を抽出するには不向きである。ただし、限られた範囲においては、図 2.2.3 に示されるように細かな要因別被災原因の判定が行われている。

一方、釜井博士の盛土マップ（図 2.2.2）は、被災したもの、被災していないものが区分されており、被災盛土の特性を抽出するのに適したマップとなっている。

このため、本報告では図 2.2.2 を基本図として分析を行うものとする。

盛土の分布を西宮市の周辺について見ると、図 2.2.4 のようになる。これを見ると、丘陵

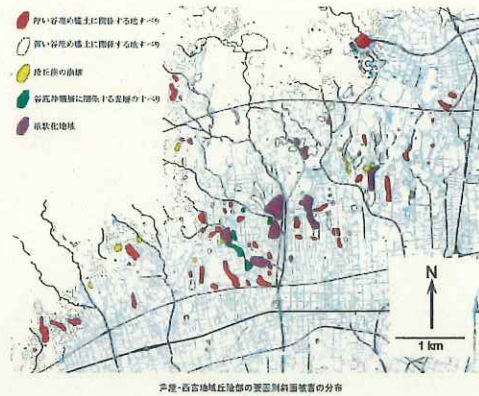


図 2.2.3 芦屋・西宮地域丘陵部の要因別斜面被害の分布図

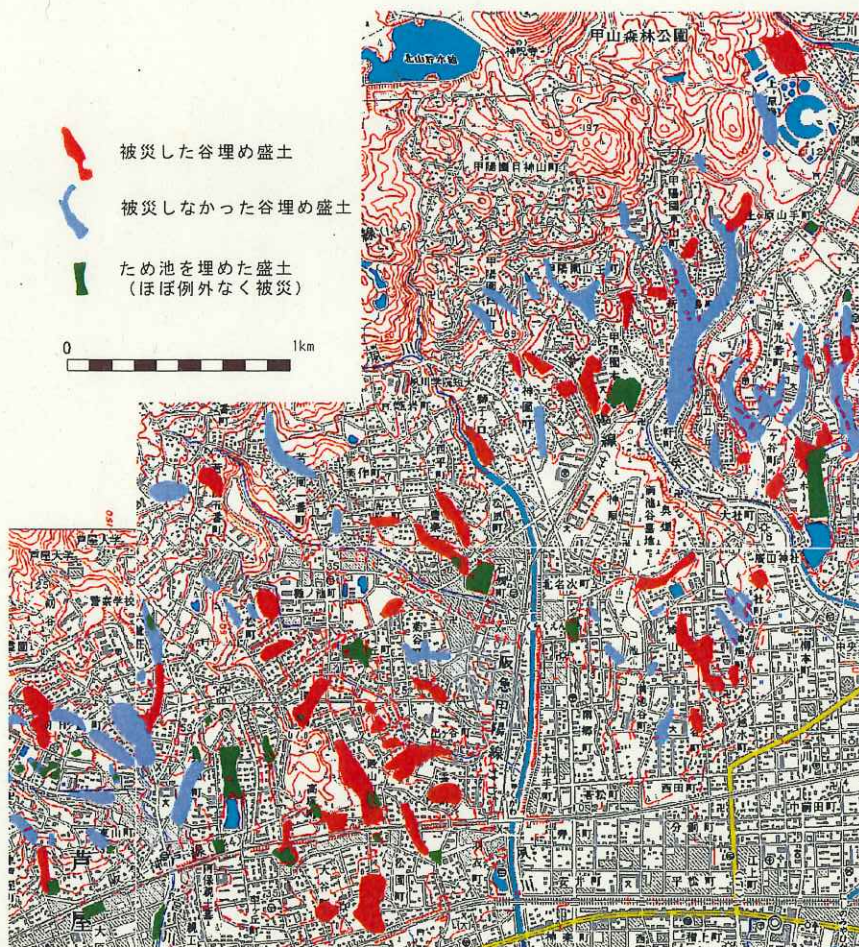


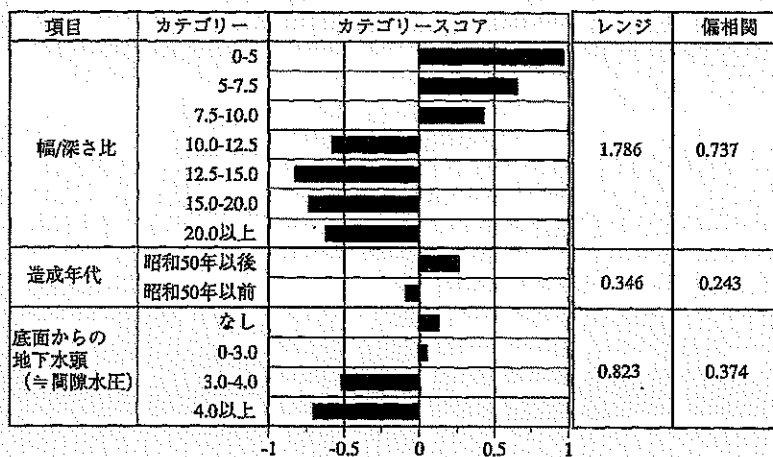
図 2.2.4 西宮周辺の盛土マップ（釜井原図）  
谷埋め盛土でも被災したものと被災しなかったものが混在している

地の谷を埋めて造成された盛土（谷埋め盛土）であっても、被災したものと被災しなかったものが混在することがわかる。この平面図のみからはその原因を読み取ることはできないが、ある条件が整ったときにはじめて地震時に滑動（側方流動）するということが読み取れる。

釜井俊孝ほか

(2000) “都市域における地震時斜面災害のハザードマップ”では、盛土の強度 (N値)、盛土の形状、地下水、盛土の形成年代 (宅造法施行前後)、盛土底面勾配などの要因を数量化解析により分析している。

その結果、有意な要因は、幅/深さ比 (盛土の横断形状比)、造成年代、地下水位の3要素であることが判明し、特に幅/深さ比が重要な要因であることが導き出された。具体的には、幅/深さ比が10を超える扁平形状となると地震時に非常に滑動しやすくなる。宅造法に従って造成を行うようになることによって地震時の滑動がややしくなっている。地下水位が高いと地震時に滑動しやすい。



注) カテゴリースコアが大きい (正に) ほど安全側

1次予測モデル (数量化Ⅱ類) に使用したパラメーターと解析結果

図 2.2.5 谷埋め盛土の被災要因解析結果

地震時の谷埋め盛土被害の定性的な評価は、他の研究でも指摘されている。

三田村宗樹ほか(1996) “1995年兵庫県南部地震による西宮・大阪地域の震害と地盤構造”においては、「亀裂集中地域が盛土地域や傾斜地 (多くの場合小規模な盛土であることが多い) に分布している」と記載されている。

地盤工学会の阪神・淡路大震災調査報告においても、「この地域 (阪神間都市域) に分布する谷埋め盛土・溜池跡地のうち、地すべり・液状化の確認された箇所は全体の56%にも達していて、高い被害率を示す」「西宮市における埋設管の被害は、不均質な地盤構成 (切盛造成地を含む) と沿岸部の軟弱地盤で噴砂の見られた地域に集中していて (中略)、丘陵地内では造成地の切盛境界付近でのひずみ集中が、このような被害分布をもたらしている」と記載されている。

三田村宗樹 (1995) “1995年兵庫県南部地震による液状化被害と地形の人工改変”においては「盛土地は、多くの場合、谷部を埋めて造成を行った場所であり、盛土の下部には地下水脈が形成されやすくなる。このような箇所で強い地震動が加わると、地下水の水圧

が異常に増加し、その周辺土砂の強度低下を引き起こし、それが極端な場合には盛土の崩壊を招く」と記載されている。

アーバンクボタ(2003)の“阪神淡路大震災(1995) 谷埋め盛土・ため池跡地”では、「全被害の7割までが盛土地で起きているわけで、盛土造成地では、いかに被害がおきやすいかがわかります。さらに、液状化地域のほとんどはため池埋め立て地などの人工地層ですから、丘陵部の被害の83%以上が人工地層に関わる被害ということになります。なお、盛土造成地の地すべりの多くは、盛土層基底の液状化・流動化によって発生しているとみられます」と記載されている。

また、兵庫県南部地震の例ではないが、鉄道分野では盛土構造物が多いため震害に対する研究は古くから行われていた。池田俊雄(1999)『地盤と構造物』では、「今回の地震(1968年十勝沖地震)による盛土崩壊のメカニズムを調査検討して適切な対策工を見出すために検討委員会が設けられ、鉄道技術研究所において一連の震害パターンの再現試験と、種々の対策工法の有効性と優劣順位を求める研究実験が行われた。この実験研究により砂盛土では盛土内の地震時の間隙水圧の上昇が破壊の主原因であることが立証された。そこで対策工法としては盛土内の間隙水を排除すればよいわけで(中略)、種々の工法が実験的にも比較されたが、既設の盛土に対しては水抜パイプの打設が最も实际的で有効であるとされた」と記載され、間隙水圧の上昇が地震時の盛土破壊の原因であると断定されている。

2004年新潟県中越地震時の関越自動車道の復旧工事に関しては、横山康弘ほか(2005)“災害応急復旧工事”において、「盛土は主に崩壊・はらみ出し・沈下等の被害があった。盛土の車線部に至る大規模な崩壊は傾斜地盤、沢部および切盛境などの盛土上流部が集水地形である箇所が発生した。被災要因は地震動のほかに地下水などの水の影響が考えられるため、工事に当たっては盛土内の排水性を考慮し、盛土材および土嚢の中詰材は碎石を使用した」と記載している。

以上の研究成果を総合すると、地震時に被災した谷埋め盛土の特徴は以下のように取りまとめられる。

- (1) 丘陵地で被災する地盤の大半(7割~8割以上)は盛土などの人工地盤である。
- (2) 盛土の側方流動により埋設管も多く被害を受ける
- (3) 盛土内に存在する地下水が強震動を受けて過剰間隙水圧を発生し滑動に至る
- (4) 谷埋め盛土においては、横断形状(幅/深さ比)が非常に大きな要因となる。具体的には、平べったい盛土(幅/深さ比 $\geq 10$ )が滑動しやすい。
- (5) 対策工としては、第一義的に間隙水を排除することである

### 2.2.2. 地震動と被災盛土との関係

1995年当時には地震計の設置数が少なく、阪神間で地震計の計測による震度分布が把握されていなかった。このためさまざまな方法で震度推定が行われた。

日本応用地質学会(2000)「都市地震防災のための深部地盤モデルに関するシンポジウム」において、深部地盤構造と表層地盤モデルを組み合わせた準3次元応答解析により、図2.2.6のような震度分布図が示されている。

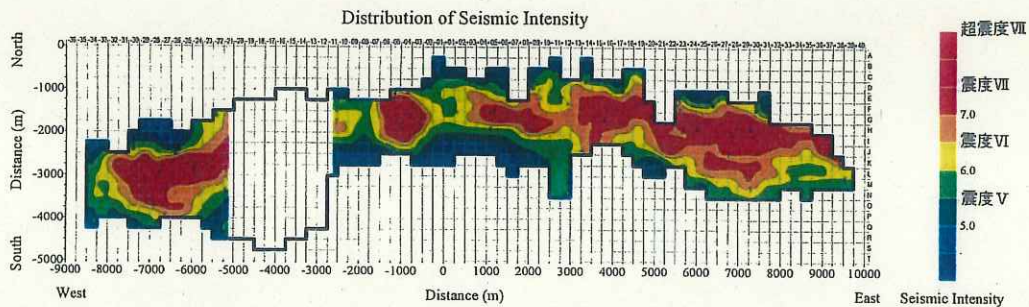


図 2.2.6 1995年兵庫県南部地震における震度分布図

また、東京工業大学の翠川研究室では、墓石の転倒率から地震動の最大地動速度を求め震度分布の推定を行っている(図2.2.7)。

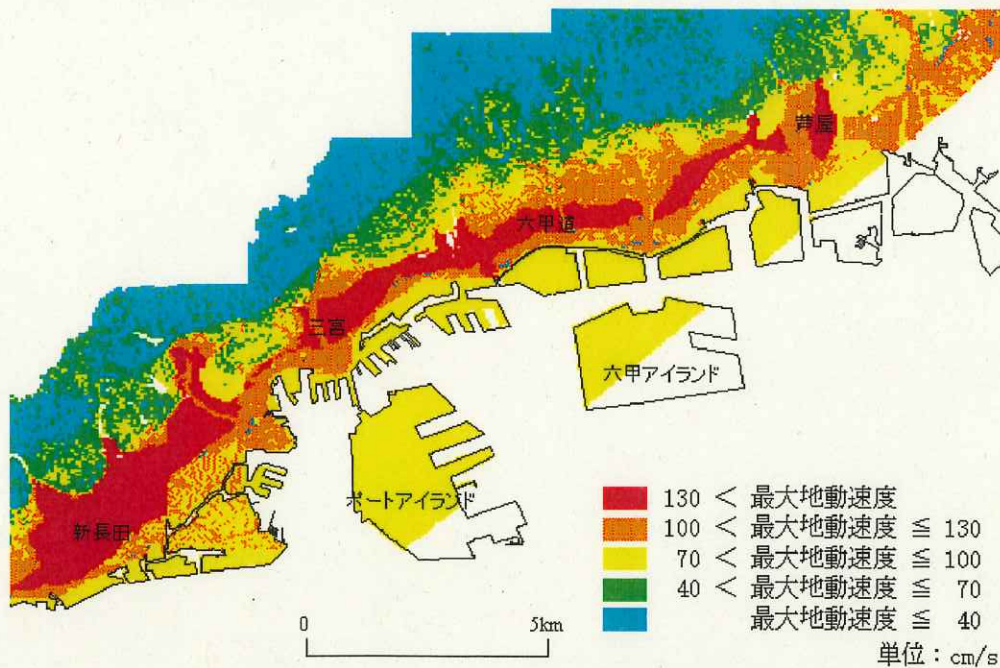


図 2.2.7 推定による兵庫県南部地震での震度分布

<http://www.enveng.titech.ac.jp/midorikawa/member/kazu/fig03.html>

先に示した釜井博士の盛土マップとの重ね合わせを行う場合には、推定単位（ピクセル）が小さく、海岸地形が明示してある翠川研究室のマップの方が適している。ただし、このマップは最大地動速度で分類されているため、震度に換算するために表 2.2.1 のように読み替えるものとする。

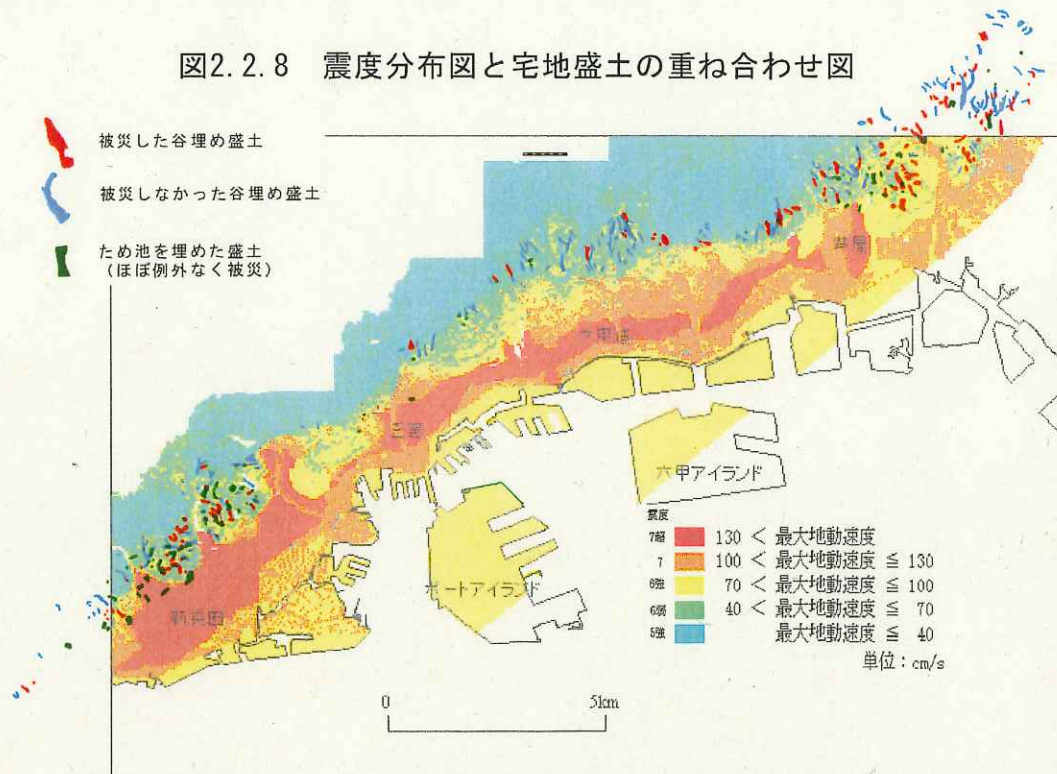
表 2.2.1 震度階への換算表

震度階級	最大加速度(gal)	S I 値(kine) **	単位 cm/sec
震度 4	40～ 110 程度	4～ 10 程度	
震度 5 弱	110～ 240 程度	11～ 20 程度	
震度 5 強	240～ 520 程度	20～ 40 程度	最大地動速度 $\leq$ 40
震度 6 弱	520～ 830 程度	41～ 70 程度	40 < 最大地動速度 $\leq$ 70
震度 6 強	830～1,500 程度	71～ 99 程度	70 < 最大地動速度 $\leq$ 100
震度 7	1,500 程度～		130 < 最大地動速度
			100 < 最大地動速度 $\leq$ 130

<http://www.nilim.go.jp/japanese/database/nwdb/html/how-to-use.htm>

図 2.2.8 に震度分布図と宅地盛土の重ね合わせ図を示す。これを見ると、丘陵地を造成した宅地はいわゆる「震災の帯（震度 7）」にはなく、震度 5 強～震度 6 強の分布域にあることがわかる。

図 2.2.8 震度分布図と宅地盛土の重ね合わせ図



震度ごとに被災の有無を詳細に集計すると、表 2.2.2 のようになる。なお個別の集計表は巻末に示す。

震度と宅地盛土の被災率について取りまとめると、以下のようになる

**■震度と被災率**

表 2.2.2-① 震度と被害の有無との集計表 (全盛土対象)

**震度と被災との関係(箇所数;全盛土対象)**

震度	被災した 谷埋盛土	無被災の 谷埋盛土	ため池 埋立盛土	総計
	A	B	C	
データなし	35	47	12	94
震度5強	1	22	4	27
震度6弱	63	94	55	212
震度6強	23	14	28	65
震度7	0	0	8	8
総計	122	177	107	406

※データなし：震度分布図の範囲外

**震度と被災との関係(面積;全盛土対象)**

震度	被災した 谷埋盛土	無被災の 谷埋盛土	ため池 埋立盛土	総計
	A	B	C	
データなし	202,693	471,143	79,749	753,585
震度5強	1,175	109,957	3,906	115,038
震度6弱	468,017	746,027	163,471	1,377,515
震度6強	163,697	76,292	164,935	404,924
震度7	0	0	63,148	63,148
総計	835,583	1,403,419	475,208	2,714,209



表 2.2.2-② 震度と被害の有無との集計表 (谷埋め盛土のみ対象)

震度と被災との関係(箇所数;谷埋盛土)

震度	被災した 谷埋盛土	無被災の 谷埋盛土	総計
	1	22	23
震度5強	4.3%	95.7%	100.0%
	63	94	157
震度6弱	40.1%	59.9%	100.0%
	23	14	37
震度6強	62.2%	37.8%	100.0%
総計	122	177	299
	40.8%	59.2%	100.0%

震度と被災との関係(面積m<sup>2</sup>;谷埋盛土)

震度	被災した 谷埋盛土	無被災の 谷埋盛土	総計
	1,175	109,957	111,132
震度5強	1.1%	98.9%	100.0%
	468,017	746,027	1,214,044
震度6弱	38.6%	61.4%	100.0%
	163,697	76,292	239,989
震度6強	68.2%	31.8%	100.0%
総計	835,583	1,403,419	2,239,001
	37.3%	62.7%	100.0%

丘陵地を造成した場所の最大震度は震度6強である。

<箇所数>

- ・震度5強では、谷埋め盛土の4%が被災した。  
震度6弱では40%、震度6強では62%が被災した。

<面積>

- ・震度5強では、谷埋め盛土の1%が被災した。  
震度6弱では39%、震度6強では68%が被災した。

なお、ため池を埋め立てた盛土は全箇所被災した。

### 2.2.3 使用された復旧工法の概要と効果等

行政・住宅メーカーへのヒアリング結果でも示したように、多くの宅地盛土被害は擁壁の復旧および整地程度が行われたのみであり、盛土地盤を安定化させるための対策がとられていないようである。

下記には、地すべり対策、急傾斜地崩壊防止対策として施工された復旧工法についてその概要を示す。効果については特に記載はされていないが、公共事業の基準を満足するレベルの対策工がなされているため、全箇所において「対策効果は十分ある」と評価できるものとする。なお、対策工の資料は、主に兵庫県神戸土木事務所『よみがえる神戸の山と川』から抜粋する。

#### (1)西岡本地区

地すべり対策事業として、グラウンドアンカー工を主工法として対策がなされた。



図 2.2.9 西岡本地区の地すべり対策

## (2)西宮市仁川百合野町地区

仁川右岸の盛土が、兵庫県南部地震により長さ 120m、幅 80mにわたり崩壊した。この崩壊により 12 世帯の人家および仁川が埋没するとともに、34 人の生命が失われた。このため、緊急地すべり対策事業として地すべり対策が行われた。

事業の概要 総事業費約23億円

### 工事の概要

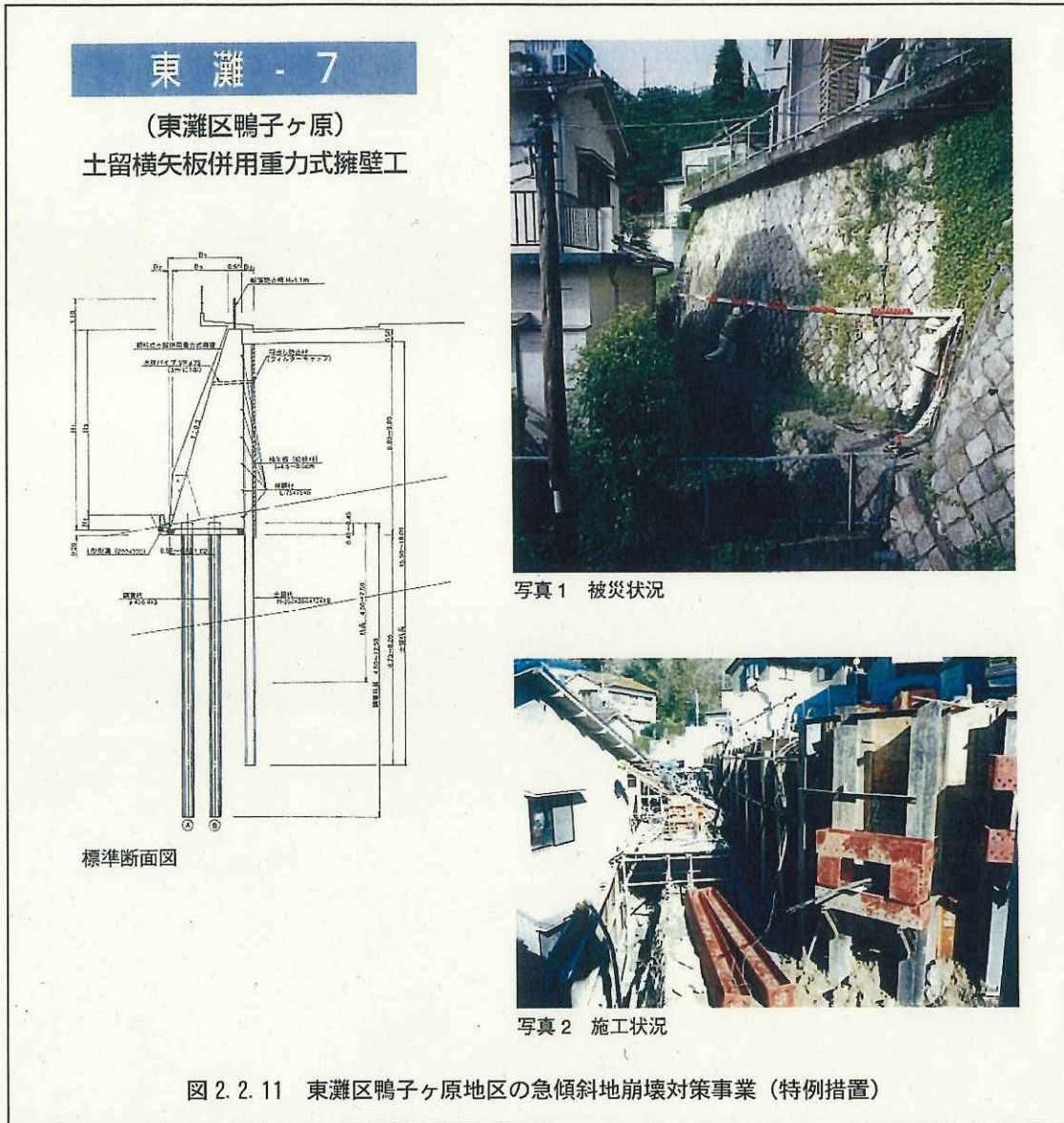
仁川の開削工事	約40,000m <sup>3</sup>
抑止杭工	φ508mm 142本
井桁擁壁工	H=4m L=286m
集水井工	4箇所
集水ボーリング工	167本 約6,500m
法粹工	約12,300m <sup>3</sup>
仁川改修工事	L=100m



図 2. 2. 10 仁川百合野町地区の地すべり対策

(3)東灘区鴨子ヶ原地区

急傾斜地崩壊対策事業（特例措置）として土留横矢板併用重力式擁壁工が施工された。



(4)垂水区星ヶ丘地区

急傾斜地崩壊対策事業（特例措置）としてアンカー付格子状擁壁工が施工された。



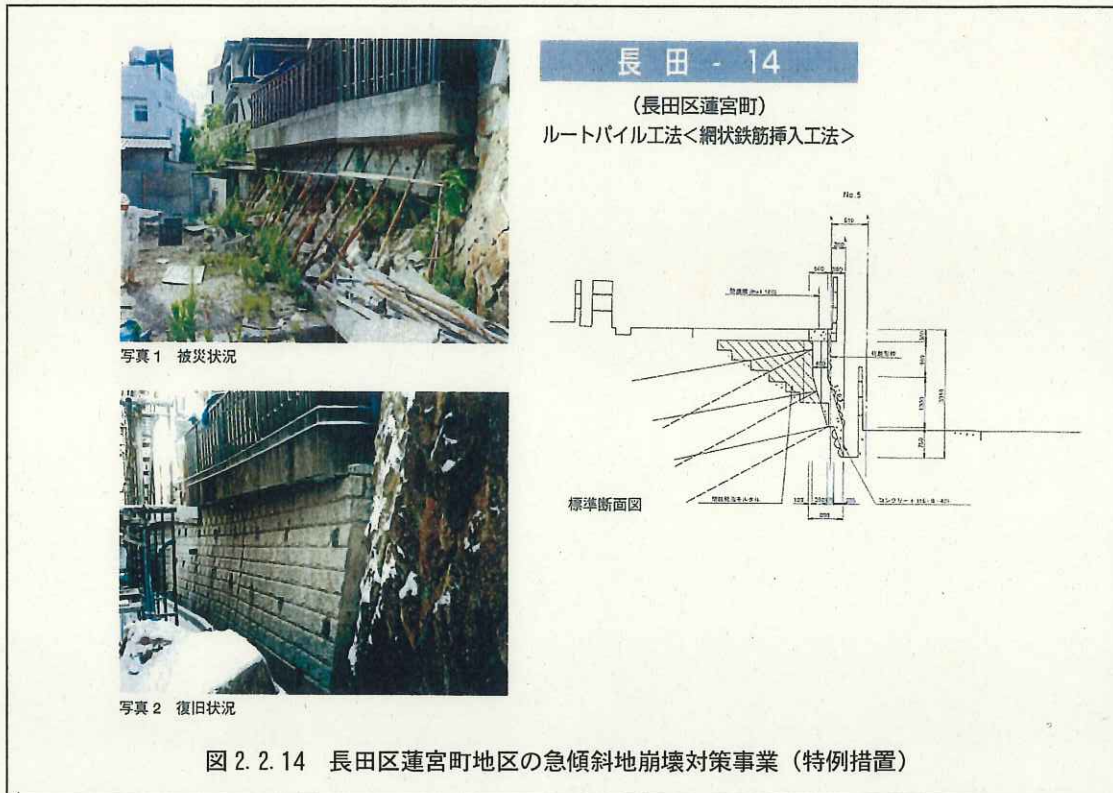
(5)東灘区岡本地区

急傾斜地崩壊対策事業（特例措置）としてフリーフレーム工法が施工された。



(6)長田区蓮宮町地区

急傾斜地崩壊対策事業（特例措置）としてルートパイル工法が施工された。



(7)兵庫区湊川町地区

急傾斜地崩壊対策事業（特例措置）として重力式擁壁工が施工された。



兵庫県内で実施された、災害関連緊急地すべり対策事業および災害関連緊急急傾斜地崩壊対策事業の箇所と工法は、以下に示すとおりである。

災害関連緊急地すべり対策事業実施箇所

箇所名	主な工法
西岡本	アンカー工, 集水井工
有馬	杭工
仁川百合野町	アンカー工, 杭工
灘木	杭工
野島大川	アンカー工
育波	のり砕工
高滝	集水井工, 谷止め工
宝生が丘	アンカー工

災害関連緊急急傾斜地崩壊対策事業実施代表箇所

箇所名	主な工法
月見山	のり砕工, アンカー工
宝生が丘	のり砕工
一の谷(2)	のり砕工
北山	擁壁工
有馬愛宕山	擁壁工
苦楽園	のり砕工
武庫山	のり砕工
熊内(4)	擁壁工
大丸町	擁壁工
池田上町	擁壁工
大手町(3)	のり砕工
西脇	のり砕工
栢谷	のり砕工
深谷	のり砕工
明泉寺	のり砕工
住吉山手7丁目	のり砕工, アンカー工
上網沢町32	格子砕擁壁, アンカー工
奥山畑町43	擁壁工
唐櫃台2丁目	擁壁工

### 3. 盛土造成宅地の分布状況の把握に関する調査、検討

#### 3.1. 谷埋め盛土の賦存状況について把握するための各種資料収集および手法の検討

谷埋め盛土の抽出を行うためには、造成計画図面を用いるのが最も容易な方法であるが、一般的にその資料収集に過大な労力がかかり、新しい造成地の場合を除いて資料そのものが破棄されている場合が多い。造成前後の新旧地形図から盛土地を抽出する方法が用いられている。

##### 3.1.1 造成地の分類

造成地の分類としては、損害保険料率算定会（1992）“人工地盤における地震被害予測に関する研究”で、A型、B型、C型の3つの型に分類されている。

##### ■ A型造成地

急峻な谷を完全に埋め立てた上で、その谷の下流方向にひな壇を造成したタイプである。比較的初期に大規模でない宅地造成が地元資本の手で行われたものに多い。

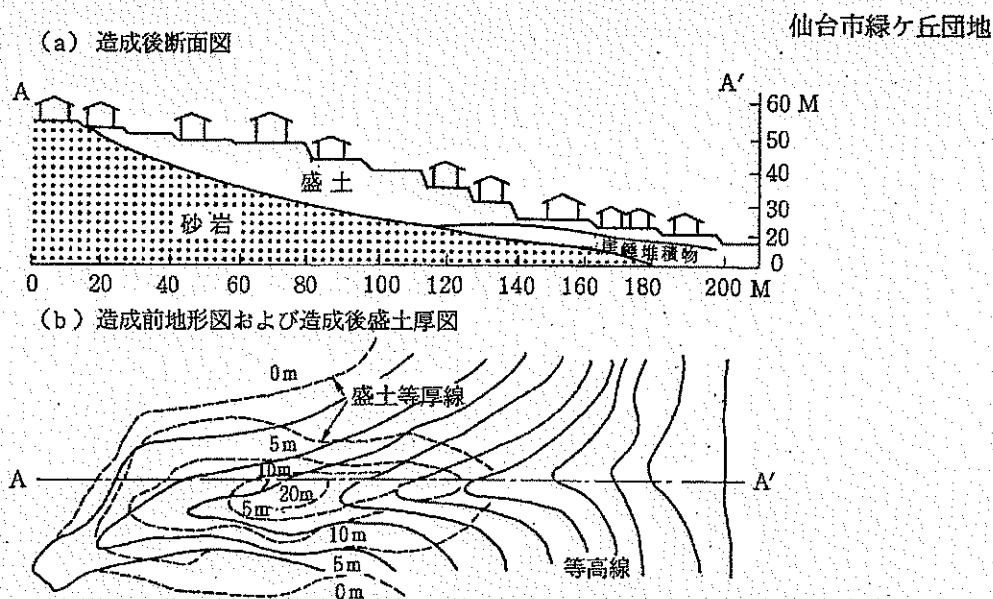


図 3.1.1 A型造成地の例（地元資本、大規模でない造成）

##### ■ B型造成地

いくつもの尾根や谷をまたがって大規模な切盛工事を行い、広大な平坦面を造ることによって丘陵地の地形がまったく改変されたタイプである。このタイプノ造成地は、1960年代中期から現在に至るまで地元や中央の大中資本、あるいは住宅供給公社や土地区画整理事業組合など公共機関によって造成されたもので、最近の大規模造成地に多い。



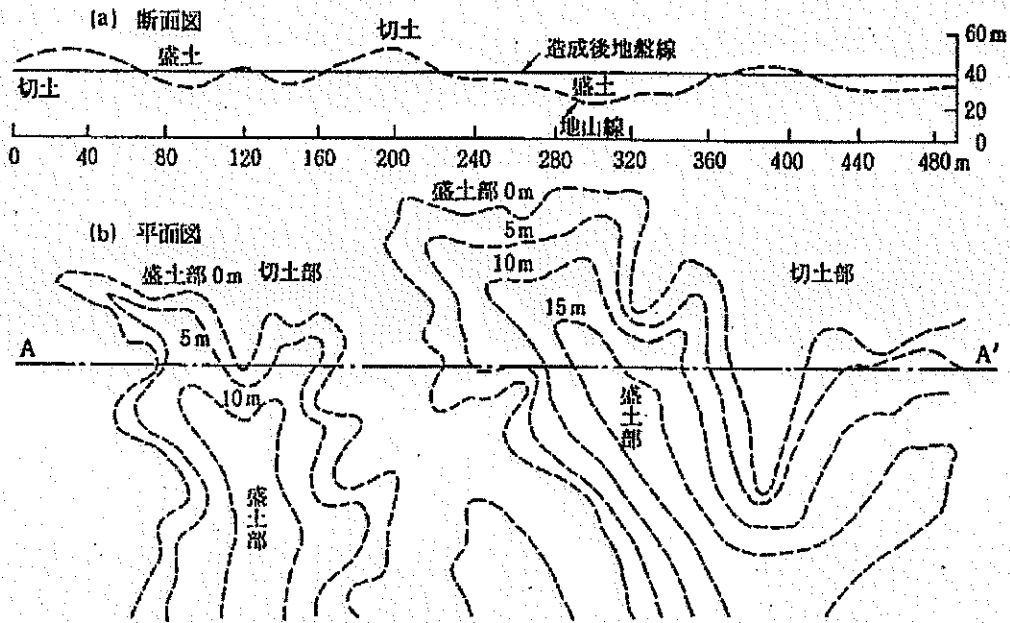


図 3.1.2 B型造成地の例 (大中資本、大規模造成)

■ C型造成地

丘陵斜面を切盛して、幅の狭い談を多数造りだすタイプである。このタイプの造成地はあまり大規模でない住宅造成が地元資本の手で行われたものに多く見られる。現在でも身に開発によって行われる造成地にこのタイプが多い。

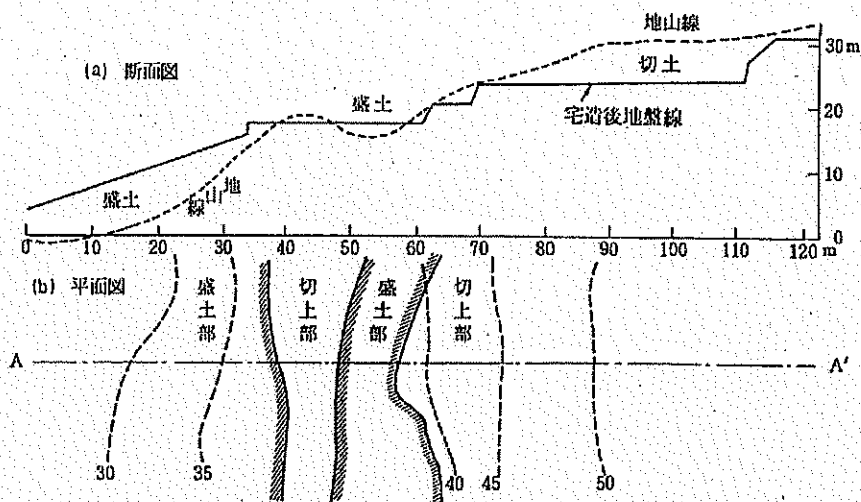


図 3.1.3 C型造成地の例 (地元資本、ミニ開発)

### 3.1.2.盛土宅地の抽出方法

#### (1)小林の手法

前述の宅地タイプのうち、大規模造成地の盛土部を抽出するのが最も困難であり、その抽出が可能となる方法を用いることが求められる。

小林慶之（2000）“都市域における宅地盛土斜面における地震災害予測図の作成”では、1/10,000の地形図を用いてDEM（デジタル標高モデル）を作成し、その差分を計算して抽出を行っている（図3.1.4）。ただし、地形図の誤差により判定が難しい箇所に関しては、現地による確認作業も行っている。

判定は下記の方法で行われ、図3.1.5に示すような差分図を得ている。

(新地形図の標高) - (旧地形図の標高) > 0 盛土された地域

(新地形図の標高) - (旧地形図の標高) = 0 地形変化が行われていない地域

(新地形図の標高) - (旧地形図の標高) < 0 切土された地域

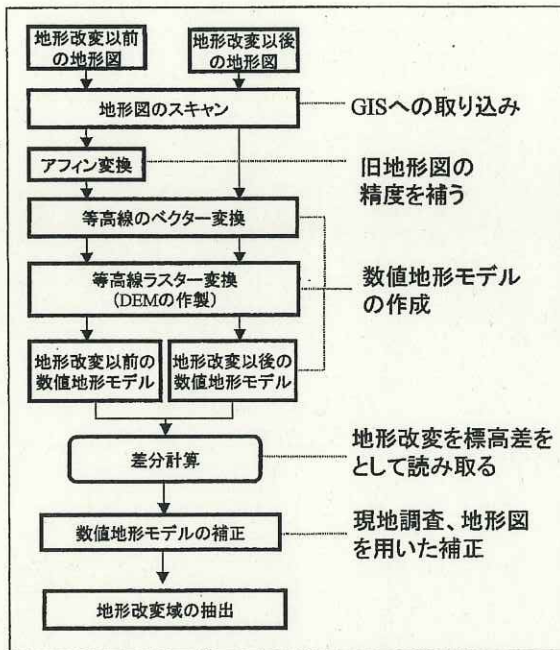


図3.1.5 差分図の例

図3.1.4 人工地形変化域抽出フロー（小林）

#### (2) 損害保険料率算定会の手法

損害保険料率算定会（1992）“人工地盤における地震被害予測に関する研究”では、新旧地形図当を用いた住宅造成地の判別として、1990年と1968年の1/2.5万地形図を用いて、その重ね合わせにより抽出を試みている。その結果、この手法では盛土部の抽出が十分できないと評価している。その原因として下記の4項目を挙げている。

- ・ 1/2.5万地形図の重ね合わせなので精度が悪い
- ・ 住宅団地には盛土だけでなく切土部分もある

- ・住宅団地おのおのの土地改変程度が明らかではない
- ・住宅団地＝造成地という図式が必ずしも成り立たない

そして、その改善策として小縮尺の地形図 (1/10,000～1/2,500)を用いることが適切であると結論付けている。

以上のことから、**盛土宅地の抽出のためには、1/10,000～1/2,500 の新旧地形図を用いてDEMを作成し、その差分により判定する** 手法が現実的であると結論付けられる。

### (3)最新の IT 技術を用いた手法

造成地内の盛土分布の把握は、最も労力と費用がかかる処理過程であり、このプロセスを効率化することは盛土造成地の変動予測事業にとって重要である。このため、日進月歩のIT技術を用いて効率化を検討しておく必要がある。

#### ■固定資産評価に用いられている最新技術の利用

造成前後の地形を比較は、固定資産移動判定（家屋の新築・増築や滅失）の判定とその原理が酷似している。固定資産移動判定分野では、従来2期の空中写真を目視により比較するという作業を、2期の空中写真から全ピクセル単位の精密オルソとDSM（デジタル表面モデル）を作成し、その差分による判定を行うことで効率化を図っている（図3.1.6）。

盛土の抽出を行う場合には、造成前の写真と造成後の写真を用いれば可能となる。課題としては、造成前には樹木が存在する可能性があるため補正が必要となること、造成後には家屋が存在するため敷地の地盤高のみをフィルタリング処理する必要があることなどであるが、これらは解決可能と考えられる。

空中写真は都市計画図作成時に撮影したものを活用することができると考えられる。



図 3.1.6 2期の空中写真から差分を自動判定する新技術の例  
(NECシステムテクノロジー社のステレオ処理システム資料から抜粋)

### ■3D レーザー測量の利用

ヘリコプターなどから3次元レーザー測量することにより現在の地形を効率よく収集することが可能と考えられる。計測やデータ処理は自動化されているため、広範囲の計測をする場合であれば、時間・コストともに縮減できるものと考えられる。家屋や樹木の影響は、ラストパルス（最も遠い位置情報）のみをフィルタリング処理することにより取り除くことが容易である。

ただし、造成前の地形に関しては、地形図からDEMを生成するか、空中写真からステレオ処理によりDSM→DEMを生成する必要がある。



図 3.1.7 3D レーザースキャナにより現地形を計測する新技術の例  
(地層科学研究所の Geo-Scanner LISA 資料から抜粋)

#### (4)学識経験者の意見聴取

上記手法について、盛土災害を研究されている学識経験者の方にご意見を伺った。

##### ■釜井俊孝博士（京都大学防災研究所）

現在の地形の標高データに関しては、ある程度まとまった範囲であれば3Dレーザー測量が効果的となる可能性がある。

過去のデータに関しては、空中写真からDEMを発生させるモデルが有孔である可能性があるが、モデルケースで検証してみることが望ましい。ただし、古い造成地（戦前）に関しては空中写真がないと考えられるため、そのときは古い地形図からDEMを作成するよりほかないのではないかと。

なお、斜面の小さな凹部を埋めた腹付け盛土の場合には、地形図を作成する人によって等高線形状が大きく異なる場合があるので、空中写真からのDEM作成が有効な手段となる可能性がある。

しかし、釜井博士は、上記の機械的手法だけから盛土の賦存を抽出する方法だけでは、経験的に間違いが多くなる確率が高くなることがわかっているため、**周辺の地形・地質状況から基盤の谷地形を読む能力のある技術者の目を必ず通す必要がある**と強く指摘されている。

##### ■沖村孝博士（神戸大学都市安全研究センター）

現在の地形に関しては、空中写真からのDEM化でも等高線からのDEM化でも可能である。造成前の地形については、地形図からのDEM化は極力避けたほうが良い。これは等高線の信頼性が低いことがしばしばあるためである。

空中写真からのDEM化は有力な手段となる可能性があるが、その手法がいくつかあるのでモデルケースで検証してみる必要がある。腹付け盛土の抽出には有力な手段となる可能性がある。

### 3.2. ケーススタディとして阪神地域の谷埋め盛土賦存量の推定

1995年兵庫県南部地震後に京都大学防災研究所の釜井俊孝博士が調査したデータ（釜井俊孝ほか(1996)“平成7年兵庫県南部地震による都市域の斜面変動”地質調査所月報）および、その後釜井研究室でまとめられたデータ（図3.2.1）から造成地内の谷埋め盛土賦存量の推定を行う。

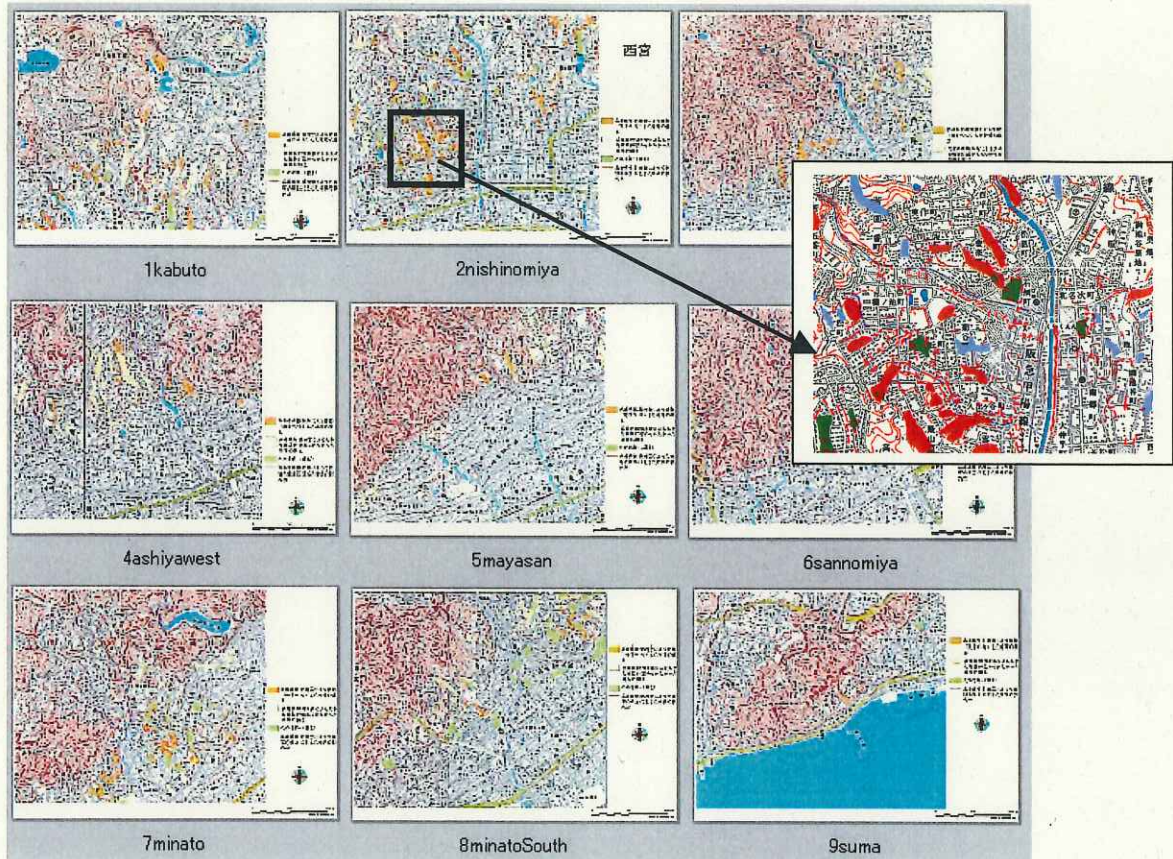


図 3. 2. 1 被災盛土分布図（京都大学防災研究所釜井博士提供資料）

盛土宅地の面積に関しては、図3.2.1の図面を合成し、その中に記載されている盛土の面積をタイプごと（被災した谷埋め盛土・被災しなかった谷埋め盛土・ため池を埋めた盛土）に集計する。賦存率を算出する場合には、その分母となる「造成地面積」が必要となるが、造成地の定義とエリア区分に関しては、以下のようにして行った（図3.2.2）。

『六甲山地周辺人工改変地形分布調査報告書 平成7年3月 株式会社パスコ』の中の、地形分布図を合成し、人工改変地のエリアを特定する。その後、図3.2.1の被災盛土分布図を合成した図面とCAD上で重ね合わせ、地形図とのずれを調整し人工改変地（＝造成地）と盛土分布図の重ね合わせ図を作成する（手順を図3.2.2に示し、その結果できた造成地内の盛土賦存図を図3.2.3に示す）。その後盛土面積と造成地面積の集計を行い、表3.2.1に賦存率を算出した。個別の算出根拠については巻末に示す。

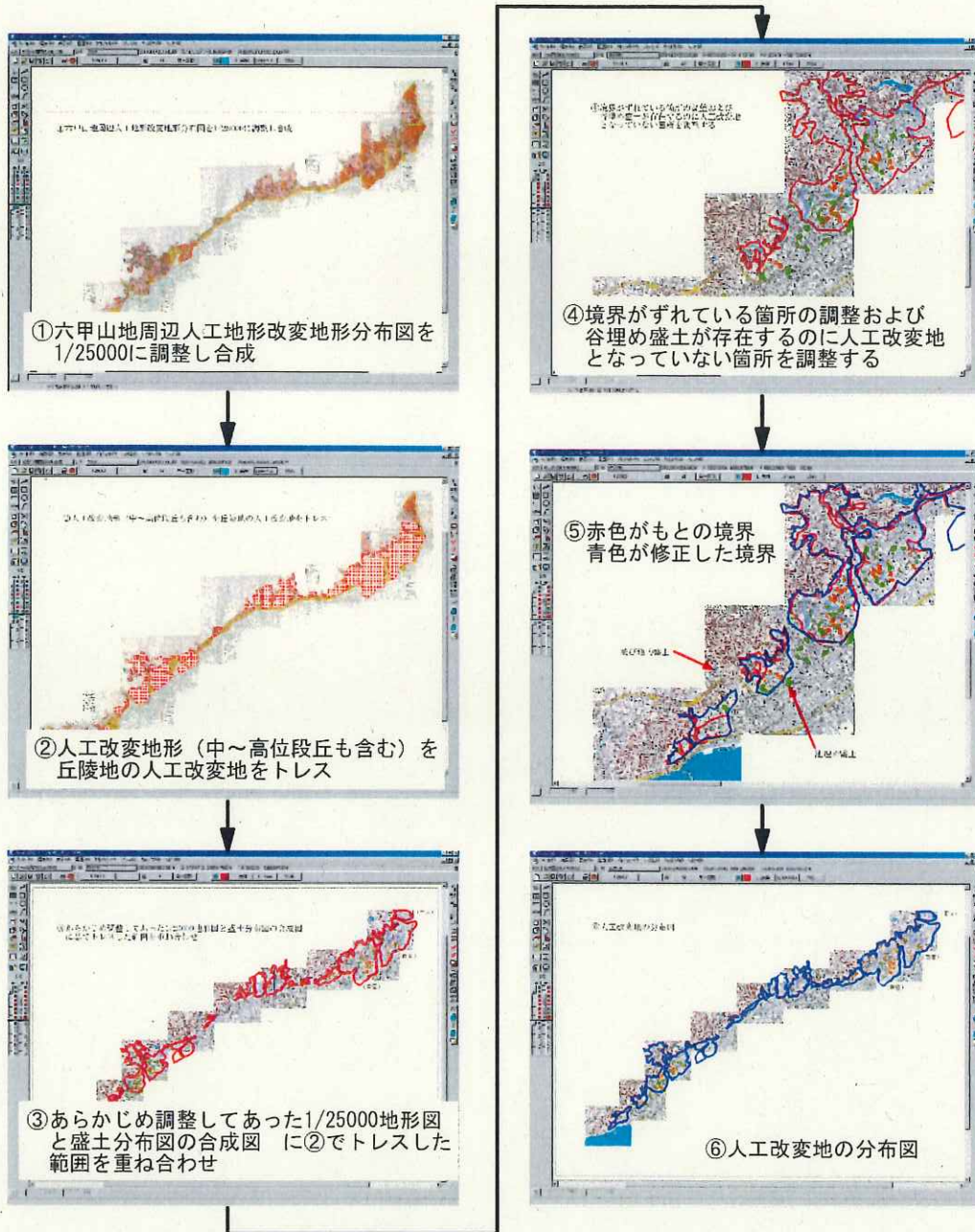


図 3. 2. 2-① 盛土分布図と造成地範囲の重ね合わせ作業手順（その 1）

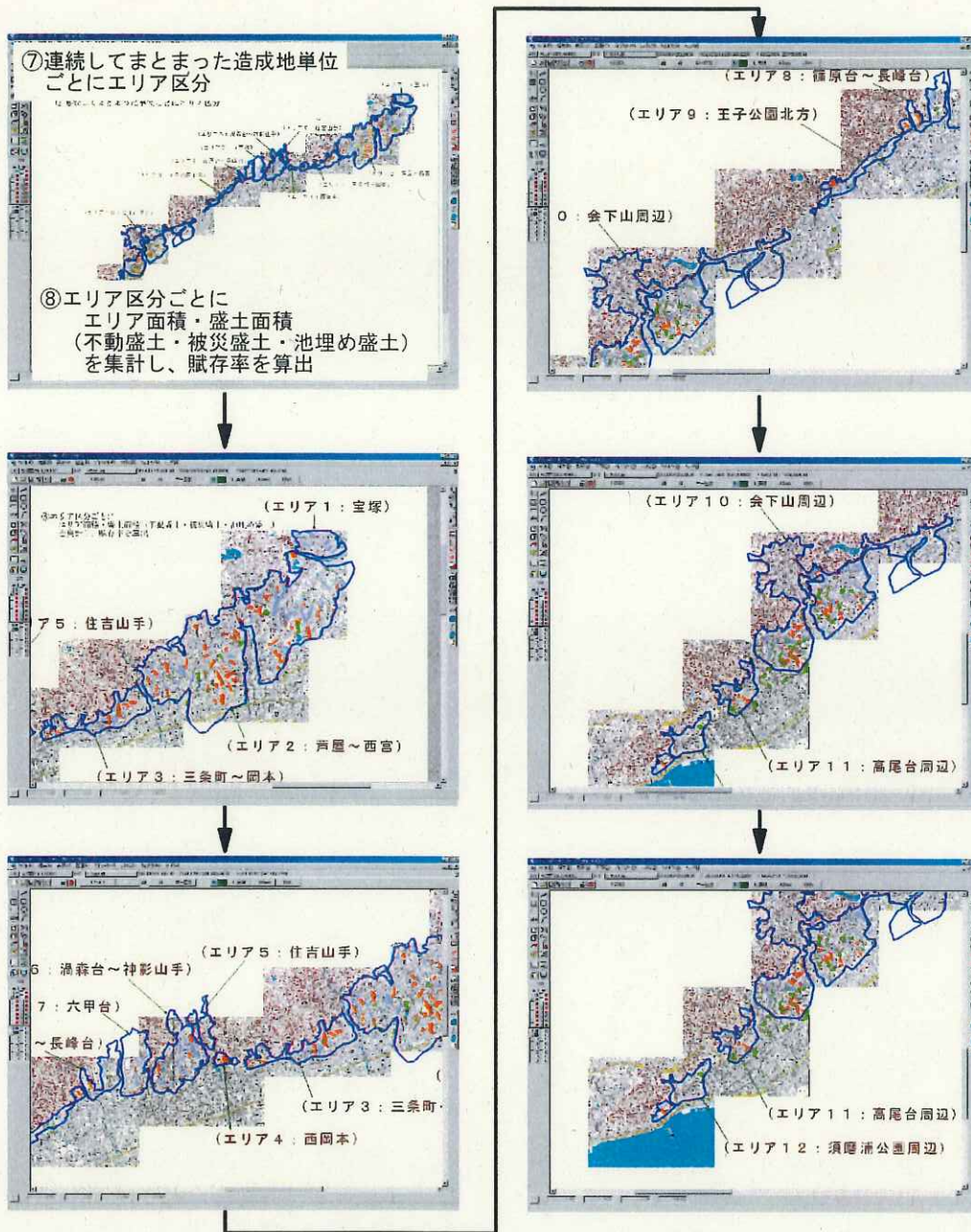
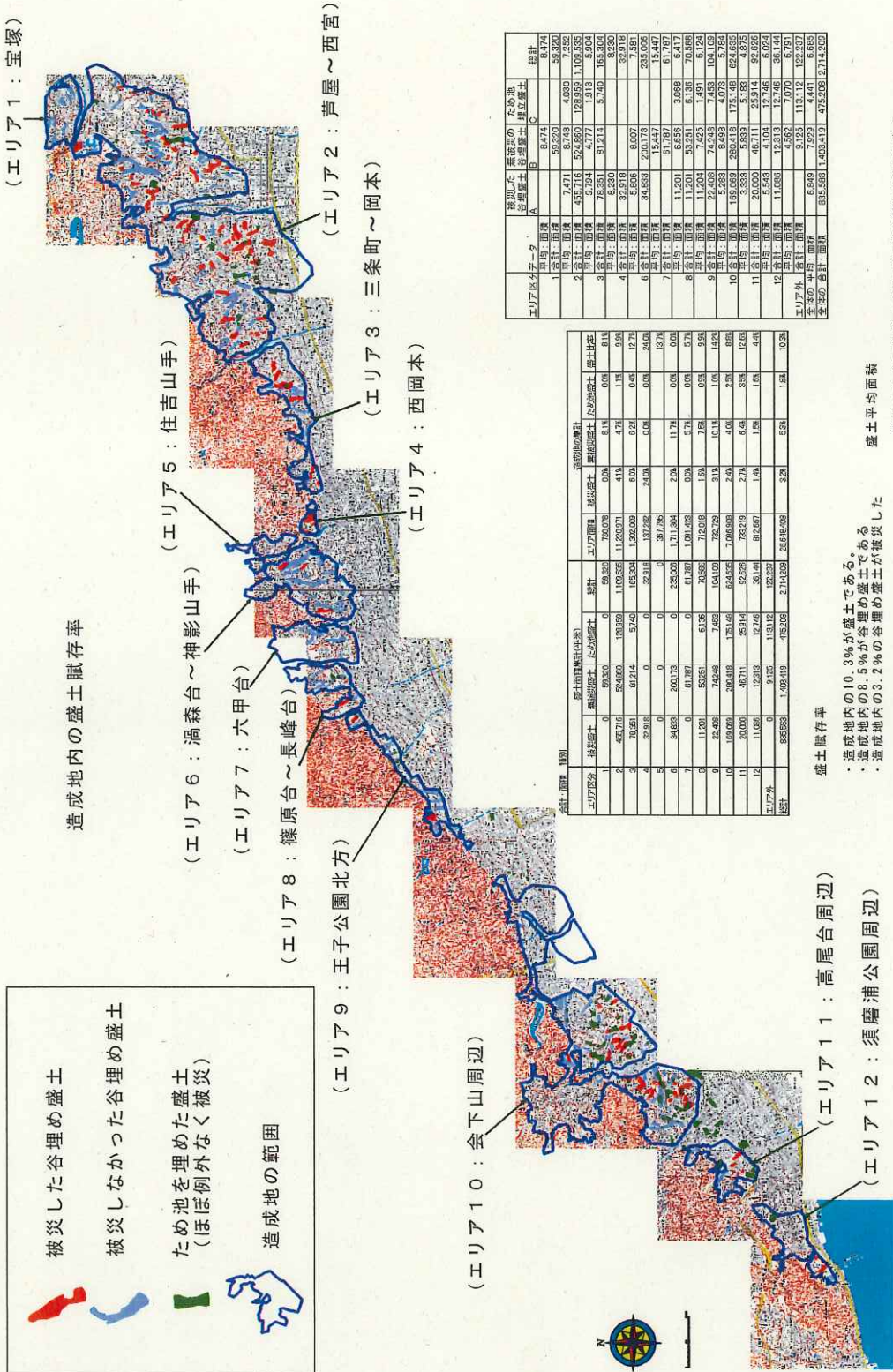


図 3. 2. 2-② 盛土分布図と造成地範囲の重ね合わせ作業手順 (その 2)





造成地内の盛土賦存率

被災した谷埋め盛土  
被災しなかった谷埋め盛土  
ため池を埋めた盛土  
(ほぼ例外なく被災)  
造成地の範囲

エリア区分	被災した谷埋め盛土		被災しなかった谷埋め盛土		合計
	面積 (㎡)	割合 (%)	面積 (㎡)	割合 (%)	
1	8,474	0.00	59,320	0.00	67,794
2	2,471	0.00	1,080	0.00	3,551
3	452	0.00	1,032	0.00	1,484
4	9,734	0.00	1,513	0.00	11,247
5	78,331	0.00	5,740	0.00	84,071
6	5,200	0.00	8,330	0.00	13,530
7	3,978	0.00	3,735	0.00	7,713
8	34,833	0.00	235,006	0.00	269,839
9	15,447	0.00	15,447	0.00	30,894
10	11,201	0.00	3,668	0.00	14,869
11	11,201	0.00	6,124	0.00	17,325
合計	112,000	0.00	1,000,000	0.00	1,112,000

エリア区分	被災した谷埋め盛土		被災しなかった谷埋め盛土		合計
	面積 (㎡)	割合 (%)	面積 (㎡)	割合 (%)	
1	8,474	0.00	59,320	0.00	67,794
2	2,471	0.00	1,080	0.00	3,551
3	452	0.00	1,032	0.00	1,484
4	9,734	0.00	1,513	0.00	11,247
5	78,331	0.00	5,740	0.00	84,071
6	5,200	0.00	8,330	0.00	13,530
7	3,978	0.00	3,735	0.00	7,713
8	34,833	0.00	235,006	0.00	269,839
9	15,447	0.00	15,447	0.00	30,894
10	11,201	0.00	3,668	0.00	14,869
11	11,201	0.00	6,124	0.00	17,325
合計	112,000	0.00	1,000,000	0.00	1,112,000

盛土賦存率

- ・造成地内の10.3%が盛土である。
- ・造成地内の8.5%が谷埋め盛土である。
- ・造成地内の3.2%が谷埋め盛土が被災した。
- ・全盛土の中の83%が谷埋め盛土である。
- ・全盛土の中の31%が被災した。
- ・谷埋め盛土の中の38%が被災した。

盛土平均面積

- ・被災した谷埋め盛土の平均面積は約0.68haである。
- ・被災しなかった谷埋め盛土の平均面積は約0.79haである。
- ・ため池を埋めた盛土の平均面積は約0.44haである。

※被災盛土分布図は、京都大学防災研究所の釜井俊孝博士の資料を用いた

図 3.2.3 造成地内の盛土賦存図

表 3.2.1 造成地内の盛土賦存率集計表

エリア区分	盛土面積集計(平米)				盛土宅地賦存率の算出				
	被災盛土	無被災盛土	ため池盛土	総計	エリア面積	被災盛土	無被災盛土	ため池盛土	盛土比率
1(宝塚)	0	59,320	0	59,320	730,078	0.0%	8.1%	0.0%	8.1%
2(芦屋～西宮)	455,716	524,860	128,959	1,109,535	11,220,971	4.1%	4.7%	1.1%	9.9%
3(三条町～岡本)	78,351	81,214	5,740	165,304	1,302,009	6.0%	6.2%	0.4%	12.7%
4(西岡本)	32,918	0	0	32,918	137,282	24.0%	0.0%	0.0%	24.0%
5(住吉山手)	0	0	0	0	367,795	0.0%	0.0%	0.0%	13.7%
6(渦森台～神影山手)	34,833	200,173	0	235,006	1,711,304	2.0%	11.7%	0.0%	0.0%
7(六甲台)	0	61,787	0	61,787	1,091,428	0.0%	5.7%	0.0%	5.7%
8(篠原台～長峰台)	11,201	53,251	6,136	70,588	712,018	1.6%	7.5%	0.9%	9.9%
9(王子公園北方)	22,408	74,248	7,453	104,109	732,729	3.1%	10.1%	1.0%	14.2%
10(会下山周辺)	169,069	280,418	175,148	624,635	7,096,908	2.4%	4.0%	2.5%	8.8%
11(高尾台周辺)	20,000	46,711	25,914	92,626	733,219	2.7%	6.4%	3.5%	12.6%
12(須磨浦公園周辺)	11,086	12,313	12,746	36,144	812,667	1.4%	1.5%	1.6%	4.4%
エリア外	0	9,125	113,112	122,237					
総計	835,583	1,403,419	475,208	2,714,209	26,648,408	3.2%	5.3%	1.8%	10.3%

以上のケーススタディの結果、1995年に発生した兵庫県南部地震時の影響を受けた地域の造成地盛土宅地の賦存率は、下記のようにまとめることができる。

**■盛土賦存率**

- ・造成地内の10.3%が盛土である。
- ・造成地内の8.5%が谷埋め盛土である
- ・造成地内の3.2%の谷埋め盛土が被災した
  
- ・全盛土の中の83%が谷埋め盛土である
- ・全盛土の中の31%が被災した  
(ため池埋立盛土を加えると49%が被災した)
- ・谷埋め盛土の中の38%が被災した

#### 4. 盛土の危険度判定手法に関する調査

盛土造成宅地の地震時の危険度判定手法についての研究事例等の収集を行い、その特徴等について比較する。収集した資料の中で、宅地盛土の地震時危険度予測を行う手法は2種類存在した。それぞれの概要は以下のとおりである。

##### (1) 損害保険料率算定会の手法

この手法は、①造成タイプ、②地盤・立地条件（切土、切盛境界、盛土内）、③造成時代などの要因から、**被害率（全半壊率）を算出する手法**である。盛土の地震時崩壊メカニズムから導いた手法ではないため、個別の宅地盛土の危険性を評価するものではない。

##### (2) 釜井博士の手法

過去の地震（1978年宮城県沖地震、1993年釧路沖地震、1995年兵庫県南部地震）による宅地盛土のデータから、ハザードマップ作成や対策の実施を目的として作成された簡易かつ合理的な不安定化予測手法である。素因（盛土の厚さ、幅、厚さ／幅比、底面の傾斜、地下水の量、造成年代）と誘因（震源断層からの距離と方向、モーメントマグニチュード）を入力し、**変動の有無を出力**とするニューラルネットワークモデルである。学習群として、釜井博士所有の阪神・仙台・釧路の214例を用いている。

#### 4.1 損害保険料率算定会の手法

この手法では個別の宅地盛土の危険度を導くことができず、ハザードマップの作成には適用できない。このため簡単な説明にとどめる。詳細は、添付DVD資料の損害保険料率算定会(1992)“人工地盤における地震被害予測に関する研究” pp.74 第4章宅地造成地における危険度表化の方法、および4.4造成タイプ、造成年代による危険度の定量化、を参照いただきたい。

表 4.1

丘陵地造成地の危険度評価の要因と概略的特性  
(ランクは震度V程度の場合をイメージした相対的な評価)

危険度評価項目と評価ランク					危険度ランク		備考
造成年代	造成タイプ	評価ランク	地盤・立地条件	評価ランク	古い造成地	新しい造成地	
比較的古い造成地*	A型造成地	×	切	土	○	小	小
			盛土	切盛填	△	中～大	小～中
				盛土内	×	中～大	中
			新しい造成地	B型造成地	○	切	土
盛土	切盛填	×				中～大	小～中
	盛土内	○				小～中	小
*目安としては、昭和40年以前	C型造成地	△				切	土
			盛土	切盛填	×	大	中～大
				盛土内	△	中～大	中

注: 1) 評価ランクは、各々の項目の中での相対的なランクである。  
×: 被害を受けやすい △: 被害やや受けやすい ○: 被害を受けにくい

この手法では、危険度の評価要因と定性的な危険度の判定として表4.1のような評価を行っている。

これらの危険度要因を数量化して、実際の被害率(全半壊率)との対応関係から、造成タイプによる被害率補正係数・造成年代による被害率補正係数を導く。その対応関係から他の地域での被害率を推定するというものである(図4.1)。

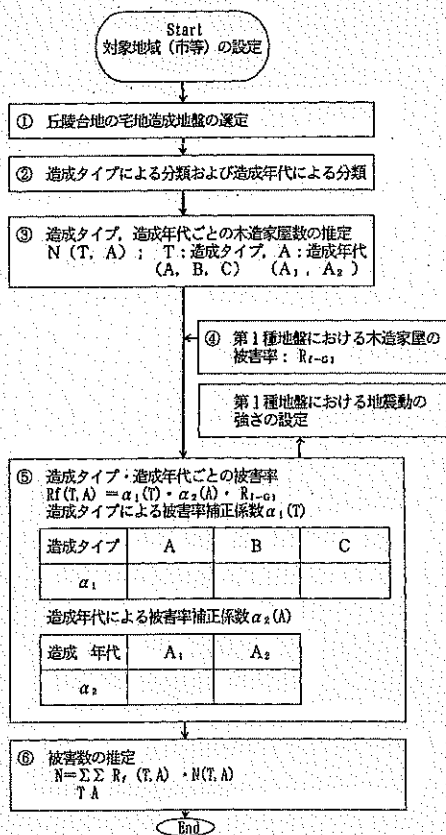


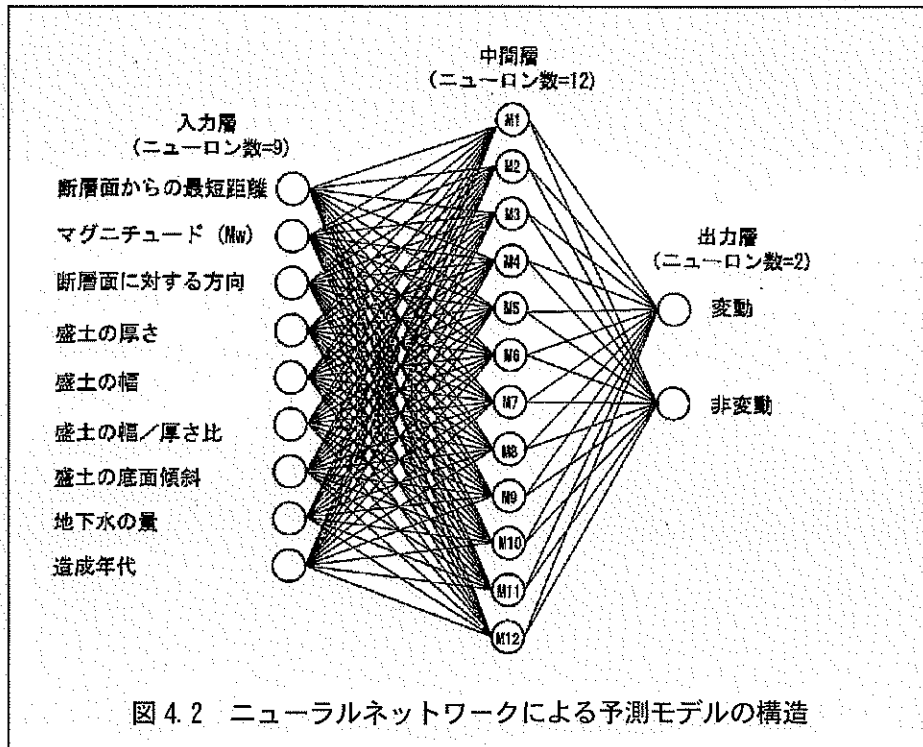
図 4.1 宅地造成地の危険度評価の流れ

出力値が地域内の被害率であること、及びその被害は造成地の変形・側方流動という現象ではなく盛土宅地の上に建っている木造住宅被害のことを示している。

このため、この手法で個別の盛土危険度を評価しハザードマップを作成することは困難である。

## 4.2 釜井博士の手法

釜井ほか（2004）“地震時における大規模宅地盛土斜面の不安定化予測”に示される手法である。この手法の特徴は、現実にあらゆる斜面・盛土に対して詳細な調査と解析を行うことが困難であるため、素因と誘因を入力条件としたニューラルネットワーク手法を用いて、出力値を変動の有無としている点である。このため、ハザードマップ作成が容易になる。



予測モデルは、地震動の誘因として下記の情報を入力する。

- 1) 断層面からの最短距離
- 2) モーメントマグニチュード
- 3) 断層面に対する方向

一方、盛土がもともと持っている素因として、下記の情報を入力する。

- 1) 盛土の厚さ：盛土の質量に関連するパラメータ。兵庫県南部地震時の変動率との関係は、盛土が暑いほど変動しにくく、薄いほど変動しやすい傾向があった。
- 2) 盛土の幅：側方拘束の影響に関連するパラメータ。幅が広ければ側方拘束の影響が弱まる。
- 3) 盛土の幅/厚さ比：盛土の横断形状を記述する無次元数。三次元的なスベリを考えた場合側面の抵抗を表現する。谷埋め盛土の底面には軟弱な地盤が残されていることが多く盛土側面の抵抗は変動の有無に大きな影響を及ぼす要因。
- 4) 盛土の底面傾斜：盛土の形状を記述する基本的要因。一般に底面の傾斜が急であ

れば変動しやすいと考えられるが、兵庫県南部地震ではその傾向が認められなかった。

- 5) 地下水量：谷埋め盛土の内部にはしばしば地下水が貯溜されており変動の有無に影響を与えている。兵庫県南部地震の場合、地下水に乏しい盛土の変動率が約9%だったのに対し、地下水位が高いと判定された箇所は約54%の変動率であり顕著な差があった。
- 6) 造成年代：宅地造成に関する法令・規制の多くが1965～1975年にかけて整備され、それが谷埋め盛土の品質に影響を及ぼしたと考えられる。このため1975年以前と以降に区分する。

素因として入力する情報は、被災した盛土と被災しなかった盛土の要因分析（数量化Ⅱ類）で関係が深かったものが主であり、たとえば盛土の強度（N値）などの項目は含まれていない。このため、造成前後の地形情報があれば危険度を判定することが可能となっており、広範囲のハザードマップを作成するのに適した手法となっている。なお、地下水量は現地調査ではなく造成前の地形（集水地形など）や土地利用形態（水田として利用されていれば地下水量が多い等）により判定する。

上記の入力値を判断材料として、変動の有無という出力をニューラルネットワークを用いて行うのがこの方法の特徴である。

ニューラルネットワークとは、脳の中の神経細胞（ニューロン）とその繋がり（ネットワーク）をモデル化した人工知能のひとつである。ニューラルネットワークの特徴のひとつは学習し判断を行うということである。このため学習用のデータセットが必要となる。

学習としては過去の地震による変動・非変動の事例を用いる。釜井手法では、兵庫県南部地震による神戸市長田区～京都府向日市の事例（256、うち変動事例117）、宮城県沖地震による仙台都市域の事例（53、うち変動事例10）、釧路沖地震による釧路市の事例（4、うち変動事例2）となっている。モデルの適合率（正解率）は92%と十分実用的なレベルにあることがわかっている。

この宅地盛土危険度判定システムを模式的にあらわすと、図4.3のようになる。すなわち、予測モデルの論理構造（ニューラルネットワークモデル）に、既存の変動・非変動の学習を行わせることによって、このシステムが「宅地盛土危険度判定システム」としての機能を持つようになり、そこに予測したい地域のデータを入力することによって、変動・非変動の二値の答えを出力する。このシステム自体は、一種のブラックボックスとして機能するので、利用者は入力値を収集するだけでよく、個人差がない同品質の答えを出すのである。

また、新たな地震によりデータが増えた場合には、データセットを入れ替えることによりの中率が高くなるといった成長するシステムでもある。



図 4.3 宅地盛土危険度判定システムの概念図

このシステムは、宅地盛土のハザードマップを作成する上で非常に簡易でかつ精度の高い答えを出すものと期待できる。もし課題があるとするれば、入力値にある地震のデータの選択方法であろう。内閣府が公表している「地震防災マップ作成の考え方」では、活断層によるシナリオ地震（海溝型・直下型とも）と、「何処でも起こりうる M6.9 の地震」という 2 つに対してゆれやすさを評価するように指導している。

想定される地震断層が特定されている場合には、釜井手法をそのまま利用することができるが、「何処でも起こりうる M6.9 の地震」を対象とする場合には、卓越周期、距離減衰の傾向を数値化して計算するなどの工夫が必要になるものと考えられる。



## 5. 宅地盛土の安定化対策手法について

第2章で示したように、兵庫県南部地震でとられた対策は、すべて被災後の復旧工法であり、以下のような工法であった。

### (1) 地すべり対策として

グラウンドアンカー工、抑止杭工、集水井工など

### (2) 急傾斜地崩壊防止対策として

重力式擁壁工、法枠工、ルートパイル工、アンカー付格子状擁壁工など

これらの工法は、従来から用いられているものであり、対策効果が高いと考えられるが予防工に用いるには高価と考えられる。

兵庫県南部地震では変動した谷埋め盛土と変動しなかったものが同じ地域・同じ震度で並存した。このことは、比較的安価な予防対策工が考案できる可能性を示唆するものである。

宅地盛土の地震時の滑動は、地山と盛土との境界部に発生する液状化が最大要因であると考えられている。傾斜地で液状化が発生すると、抵抗力が限りなくゼロに近づくため、わずかな傾斜があっても上位土塊は滑動しやすくなる。

滑動する盛土と滑動しない盛土の最も大きな違いは、幅/深さ比という横断形状であり、兵庫県南部地震の実績では、幅/深さ比が10よりも大きい場合著しく変動率が高くなった。このことは、側部摩擦（サイドフリクション）が傾斜地の盛土安定性に大きく関与していることを示している。

これまでの研究結果から、対策工としての優先順位は以下のようになる。

### (1) 地下水排除工

盛土内の飽和地下水は、強震動により液状化を発生させる主要原因になる。液状化は底面の摩擦を限りなくゼロに近づけることになるため、液状化を発生させないということが最も重要な対策効果であると考えられる。したがって、常時の飽和地下水排除が最優先されるべき対策工であることは疑いない。

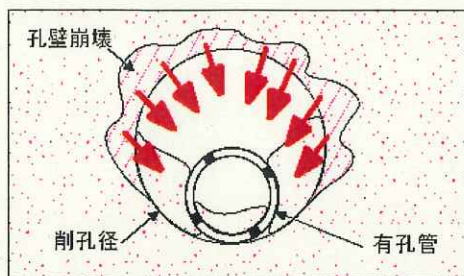
地下水排除工の施工位置は、盛土内の地下水を排除するために盛土分布地内で打設する場合と、盛土内へ地下水が流入するのを防ぐ目的で盛土の上方で施工する場合の2通りが考えられる。それらについては、地下水の集水地形や用地取得の可否を含めて総合的に決定する必要がある。

なお、地下水排除工は地表面から比較的浅い位置に存在し、締まりの緩い盛土内を有孔管が通ることから、土砂の流出による地表沈下等を発生させないよう配慮する必要がある。土砂の流出は、有孔管外形に比べて掘削径が大きい場合、孔壁の崩壊した土砂が地下水とともに流出し、孔壁がどんどん拡大するようなケースで起こり得る。こ

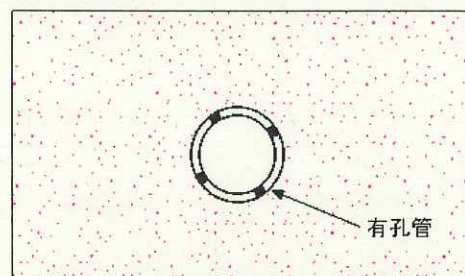
の影響を最小限にするためには、削孔径と有孔管外形がほぼ同じか、もしくは削孔径のほうが小さくて有孔管を打設挿入するなどの手法が考えられる。



有孔管（鋼管製）を打設挿入する工法の例



削孔径が保孔管に比べて大きい場合  
孔壁崩壊により土砂流出がおきやすい



削孔径が保孔管と同等か小さい場合  
土砂流出がおきにくい

## (2) 過剰間隙水圧の消散工法

液状化を防止するためには、強震動で発生する過剰間隙水圧を消散（除圧）することでも可能となる。沖積低地の液状化可能性の高い地盤においては、有孔管を縦に配置することにより実際に用いられている。ただし、この工法で間隙水圧を消散するためには、排水距離が短い必要があり、通常75cm～1.5m 間隔で設置されていることが多い。新規造成地であれば可能であるが、



間隙水圧消散工法の例

既存宅地の場合にはすでに家屋が存在するため、完全な配置は困難である。このため、この手法は谷埋め盛土に対しては第二番目の優先順位と考えるのが妥当である。

## (3) 構造物による対策工法

構造物による対策工としては、アンカー工や杭工などのような従来地すべり対策で用いられている「待ち受け型抑止工法」が代表的である。ただし、この工法は一般に高価である。さらに、盛土地盤の剛性が小さいため、地震時に滑動すると地盤変形を引

き起こしアンカー工などの対策工がある場所では滑動がとまっても、その上方土塊が大きく変形し、家屋に被害を与えるということがある。実際兵庫県南部地震の際にはそのような被災形態が目立った。対策工法自体は、実績のあるものであるが、宅地盛土の防災に適用できるかどうかについては、機能（盛土の変形をどう防止するか）の点と経済性の点から十分吟味する必要がある。

#### （４）幅／深さ比を改善しサイドフリクションを大きくする工法

釜井博士の研究成果により、谷埋め盛土の地震時安定性が側部抵抗力（サイドフリクション）の影響を強く受けていることが示されている。側部は液状化を起こしにくいので地震時にも抵抗力を発揮するためと考えられる。このことは、幅／深さ比を改善（小さくする）すれば抵抗力が増加することを示しており、それを利用した対策工の開発が期待される。ただし、従来の待ち受け型対策工法と異なる考え方となるため、今後実証実験等が必要である。

### 5.1 盛土地盤のモデル化

対策工を検討するうえで、新旧DEMの比較により抽出された盛土をモデル化する必要がある。モデル化には、サイドフリクションの評価を行うための盛土の形状、液状化の可能性を評価するための地下水状況および地山との境界部の土質状況の3要素が特に重要である。

盛土の形状に関しては、表面波探査法による探査が簡易でかつ正確である。解析された表面波速度はS波相当なので、地盤強度を評価することも可能である。

飽和地下水の分布状況に関しては、電気探査による把握が容易である。最近では電極棒を打設することなく比抵抗探査が行えるシステム（Ohm Mapper）などが利用できるものと考えられる。

地下水状況および地山境界部の土質状況を把握するためには、簡易貫入試験（間移動的コーン貫入試験）などのサウンディング手法が利用できる。

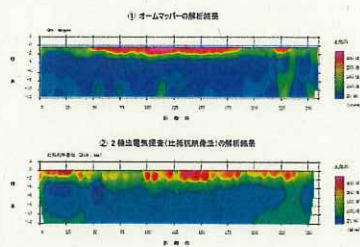


表面波探査実施例



[http://www.oyo.co.jp/product/8-pdf\\_product/8-paper\\_catalog/1-geo\\_survey/ohm\\_mapper\\_o.pdf](http://www.oyo.co.jp/product/8-pdf_product/8-paper_catalog/1-geo_survey/ohm_mapper_o.pdf)

Ohm Mapper を用いた電気探査実施例



## 5.2 対策工の簡易設計手法

谷埋め盛土の地震時対策工の設計手法について定まったものは現状では存在しない。しかし、土塊が重力と地震力によって斜面下方に側方流動する現象であることには違いないので、地震時であっても土塊の抵抗力が滑動力を下回らない（安全率1）ようにすればよいという原則に違いはない。

過去の数々の研究において、盛土の地震地すべりにおいて共通している原因として地下水の存在が挙げられている。飽和地下水を含んだ箇所（盛土底面付近）は強震動により過剰間隙水圧が作用し、一種の液状化を起こした状態となり抵抗力が著しく低下するものである。

太田（2005）“宅地地盤の地震時盛土すべりのメカニズムと対策方法”では、宅地盛土を抵抗力の大きな側部と、飽和地下水が存在する場合液状化により摩擦を失う底面を別々の強度に分けて滑動力と抵抗力を計算する単純な安定計算手法を提案している。

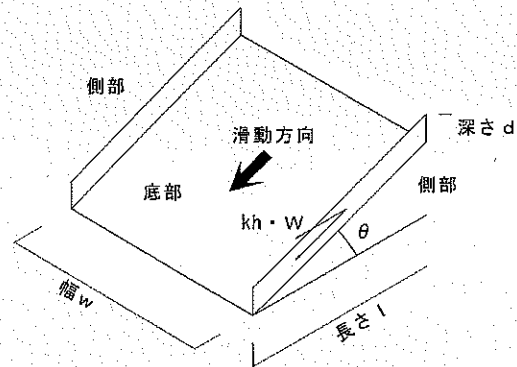


図 5.1 単純化された宅地盛土の3次元安定計算モデル

このモデルでは、滑動力 $T$ ・抵抗力 $R$ は次式で示される。安全率 $F \geq R/T$ となるのに必要な量の対策を設計することになる。またこのモデルでは地震動を超えると、間隙水圧比 $u/\sigma_o=1$ （液状化し抵抗力を失った状態）となり、側部抵抗力のみで土塊を支える状態となることを組み入れている。

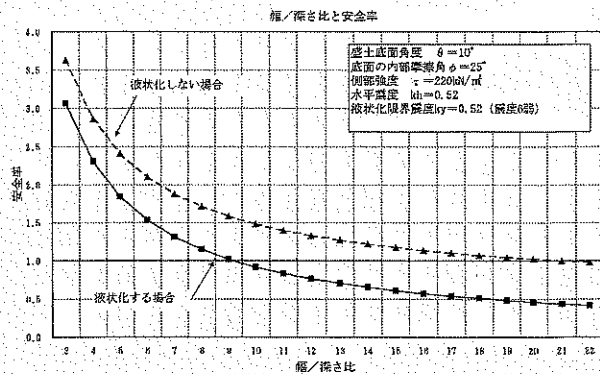
$$T=W \times (\sin \theta + kh/\cos \theta) \quad \dots \dots (1)$$

$$R=2 \cdot \tau_{side} \cdot d \cdot l + (1-u/\sigma_o) \cdot W \cdot \cos \theta \cdot \tan \phi \quad \dots \dots (2)$$

$$F_s=R/T \quad \dots \dots (3)$$

ここで、 $W$ ：土塊重量， $\theta$ ：盛土底部の傾斜角， $\tau_{side}$ ：側部のせん断抵抗力， $d$ ：盛土深さ， $l$ ：盛土長さ， $u$ ：間隙水圧， $\sigma_o$ ：有効土被り圧( $u/\sigma_o \leq 1$ )， $F_s$ ：安全率，である。ある地震動を超えると、間隙水圧比 $u/\sigma_o=1$ （液状化し抵抗力を失った状態）となり、側部抵抗力のみで土塊を支える状態となる。

この手法を用いると、液状化発生の有無、幅/深さ比の違いを反映した安全率の算定が可能となる。



液状化の有無と幅深さ比を反映した安全率計算結果例

### 5.3 地震時の盛土安定化対策工（既存工法）

1968年十勝沖地震で東北本線の盛土構造物が大きく破損した国鉄は、震害対策の研究を行い、砂質盛土の場合には盛土内の地震時の間隙水圧の上昇が破壊の主原因であることを立証した。そして対策工法としては盛土内の間隙水を排除すればよいということで種々の工法を実験し比較した結果、既設の盛土に対しては水抜パイプの打設が最も有効であると結論付けた。

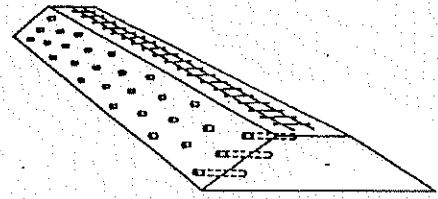
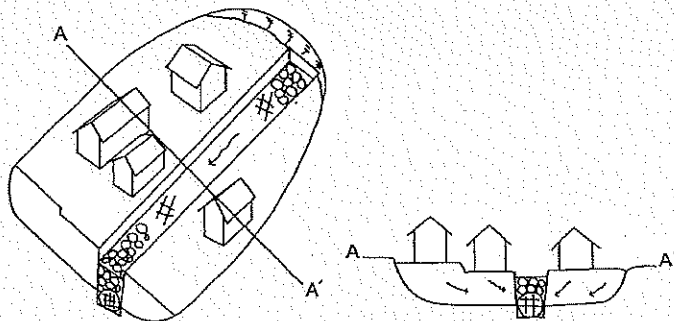


図 5.2 排水パイプが施工された鉄道盛土

### 5.4 地震時の盛土安定化対策工（新工法）

また、釜井ほか『斜面防災都市』では、ハード的対策工事のアイデアとして、マンション建設地では変動条件を持つ谷埋め盛土が変動しなかったことをヒントとして、「軽い拘束」をかける対策工法の可能性を示唆している。

さらに、これから造成を始める場合や大規模な土地区画整理を行える場合は、側面の抵抗を増やすことを目的として、より根本的な対策（図 5.3）を行うことができることを指摘している。ただし、これらの工法の定量的な検証例はまだできていない。



蛇籠・栗石・碎石で奥行方向にブロックを分割することにより、水位低下と側部摩擦力増加が図れ安定化が可能。

図 5.3 谷埋め盛土スベリへの対策案

また、太田（2001）“土塊の内部抵抗を利用した新しい地すべり対策工法”では、既設盛土内に何らかの方法で擬似的な側壁を構築（図 5.4）することにより、前述の工法と同様の機能を持たせることができることを示している。ただし、上記対策工と同様に、この対策工についても実証実験が行われておらず、今後の研究により設計手法を明らかにする必要がある。

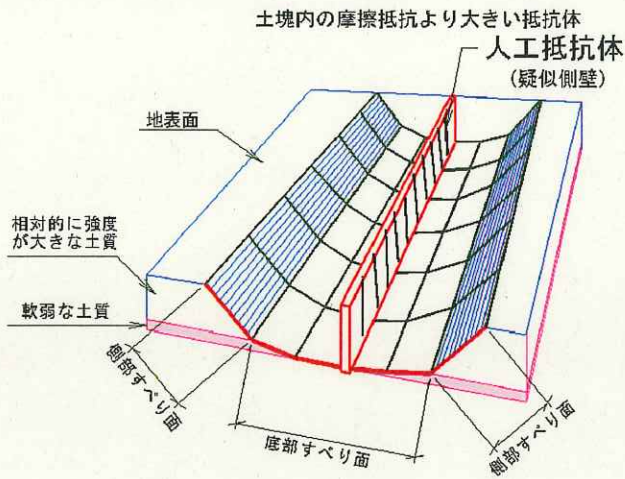
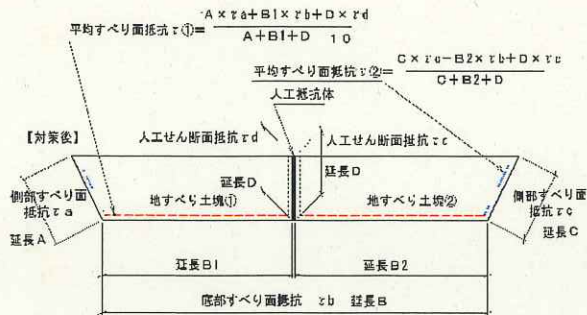


図 5.4 疑似擁壁を地すべり土塊中に形成し、幅/深さ比を小さくして「平均すべり面強度」を向上させる工法概念図

## 5.5 対策工法の課題

盛土底面で液状化を発生させないことが第一義であり、そのためには地下水を排除する方法が最も優れている。地下水排除工に関しては下記の課題がある。

### (1)土砂の流出防止

土砂が流失すると、有孔管の排水機能を阻害すると同時に、孔壁の崩れが逐次波及し、地表面が近い場合には陥没等の被害を発生させる恐れもある。このため、土砂流出を防止する地下水排除工を用いることが望ましい。具体的には有孔管とプレボーリング削孔径のクリアランスがない状態となるのが理想的である。短尺であればプレボーリングを行わない打撃挿入が可能であるが、長尺の場合には有孔管よりも小さいプレボーリングを行うなどの改良が必要となる。

### (2)有孔管の維持管理

有孔管は経年的に、鉄バクテリア等により機能低下する。地すべり対策工においては、超高压水による洗浄が行われるが、その場合機器が特殊となる。宅地の排水対策に当たっては、水道水の水圧程度で簡易に洗浄・機能回復を図れる方法の開発が必要である。

### (3)設計手法の確立

個別に細かなデータを得られることが困難であるため、取得できるデータのレベルに応じた簡易な設計手法を確立する必要がある。

### (4)新工法の開発

宅地盛土の対策は、他の斜面防災事業よりもさらに経済性の追求が重要である。いくら良い工法であっても高価であるため導入されなければ何の意味もない。今後積極的な新工法開発を行う必要がある。



## 6.今後の課題

### 6.1 ハザードマップ作成に関する技術基準の策定

ハザードマップ作成の技術基準を策定する必要がある。課題としては以下の項目が考えられる。

#### ■盛土の抽出

谷埋め盛土においては、場所および形状を抽出する必要がある。特に幅／深さ比は安定度評価の重要項目となるが、新旧地形図から抽出する場合においては比較する座標のずれや、等高線の人為的ばらつきなどが障害要因と考えられるので、地形・地質的判断のできる技術者のチェックが不可欠と考えられる。

また、腹付け盛土については側部抵抗力（サイドフリクション）はあまり作用しないと考えられるため縦断形状が重要である。新旧地形図の等高線で微妙な凹部が正確に記載されている可能性は高くないので、DEMの作成方法を検討することが重要である。さらに周辺地形から小さな谷地形が存在するかどうかを判断できる技術者のチェックが不可欠である。

#### ■危険度予測

釜井博士の考案したニューラルネットワークによる危険度予測システムが、現在最も信頼性が高いものである。このシステムの精度は教師データの質に大きく依存しており、その管理および実例が発生した場合の更新方法について、一元管理することが必要である。

### 6.2 対策工設計に関する技術基準の策定

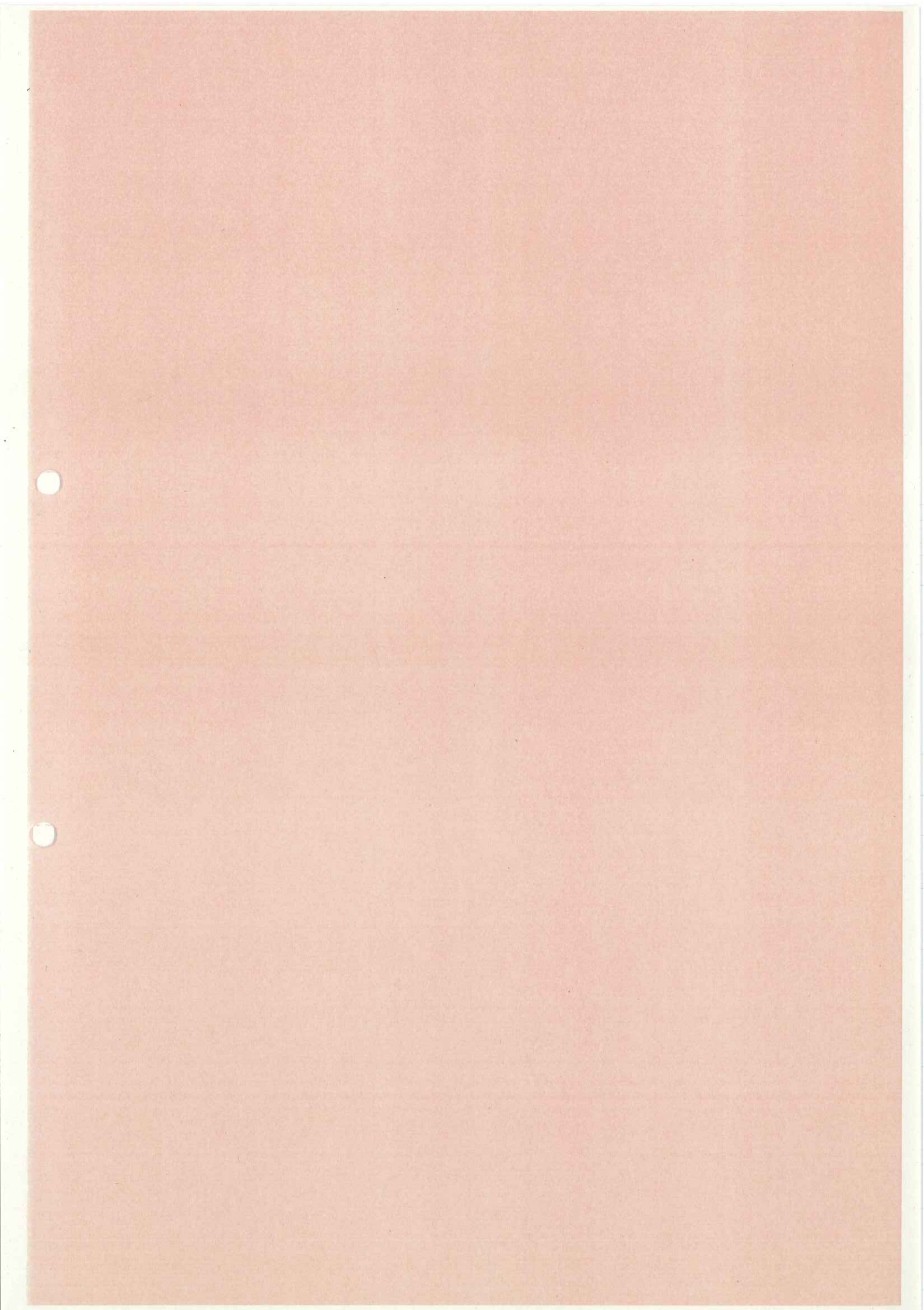
対策工の設計に関する技術基準に関しては、下記の課題がある。

#### ■安定計算手法

定量的な計算手法が必要である。しかし入手できるデータが限られていることから、できるだけ簡易な計算である必要がある。また、対策効果をどの程度の震度までを対象とするかについても明確化する必要がある。対策効果について確率的に示す信頼性設計手法の導入の必要性・可能性についても検討する必要がある。

#### ■対策工法

効果的かつ安価な予防的対策工を機能的な優先順位をつけて標準化する必要がある。



# A 3 版面

# 盛土分布図

(京都大学防災研究所 釜井俊孝博士作成資料を再現)



(エリア1 : 宝塚)



造成地内の盛土賦存率



(エリア10 : 会下山周辺)



(エリア11 : 高尾台周辺)

(エリア12 : 須磨浦公園周辺)

エリア区分	盛土面積集計(平米)				エリア面積	造成地の集計			
	被災盛土	無被災盛土	ため池盛土	総計		被災盛土	無被災盛土	ため池盛土	盛土比率
1	0	59,320	0	59,320	730,078	0.0%	8.1%	0.0%	8.1%
2	455,716	524,860	128,959	1,109,535	11,220,971	4.1%	4.7%	1.1%	9.9%
3	78,351	81,214	5,740	165,304	1,302,009	6.0%	6.2%	0.4%	12.7%
4	32,918	0	0	32,918	137,282	24.0%	0.0%	0.0%	24.0%
5	0	0	0	0	367,795				13.7%
6	34,833	200,173	0	235,006	1,711,304	2.0%	11.7%	0.0%	0.0%
7	0	61,787	0	61,787	1,091,428	0.0%	5.7%	0.0%	5.7%
8	11,201	53,251	6,136	70,588	712,018	1.6%	7.5%	0.9%	9.9%
9	22,408	74,248	7,453	104,109	732,729	3.1%	10.1%	1.0%	14.2%
10	169,069	280,418	175,148	624,635	7,096,908	2.4%	4.0%	2.5%	8.8%
11	20,000	46,711	25,914	92,626	733,219	2.7%	6.4%	3.5%	12.6%
12	11,086	12,313	12,746	36,144	812,667	1.4%	1.5%	1.6%	4.4%
エリア外	0	9,125	113,112	122,237					
総計	835,583	1,403,419	475,208	2,714,209	26,648,408	3.2%	5.3%	1.8%	10.3%

盛土賦存率

- ・造成地内の10.3%が盛土である。
- ・造成地内の8.5%が谷埋め盛土である
- ・造成地内の3.2%の谷埋め盛土が被災した

- ・全盛土の中の83%が谷埋め盛土である
- ・全盛土の中の31%が被災した
- ・谷埋め盛土の中の38%が被災した





盛土平均面積

- ・被災した谷埋め盛土の平均面積は約0.68haである。
- ・被災しなかった谷埋め盛土の平均面積は約0.79haである。
- ・ため池を埋めた盛土の平均面積は約0.44haである。

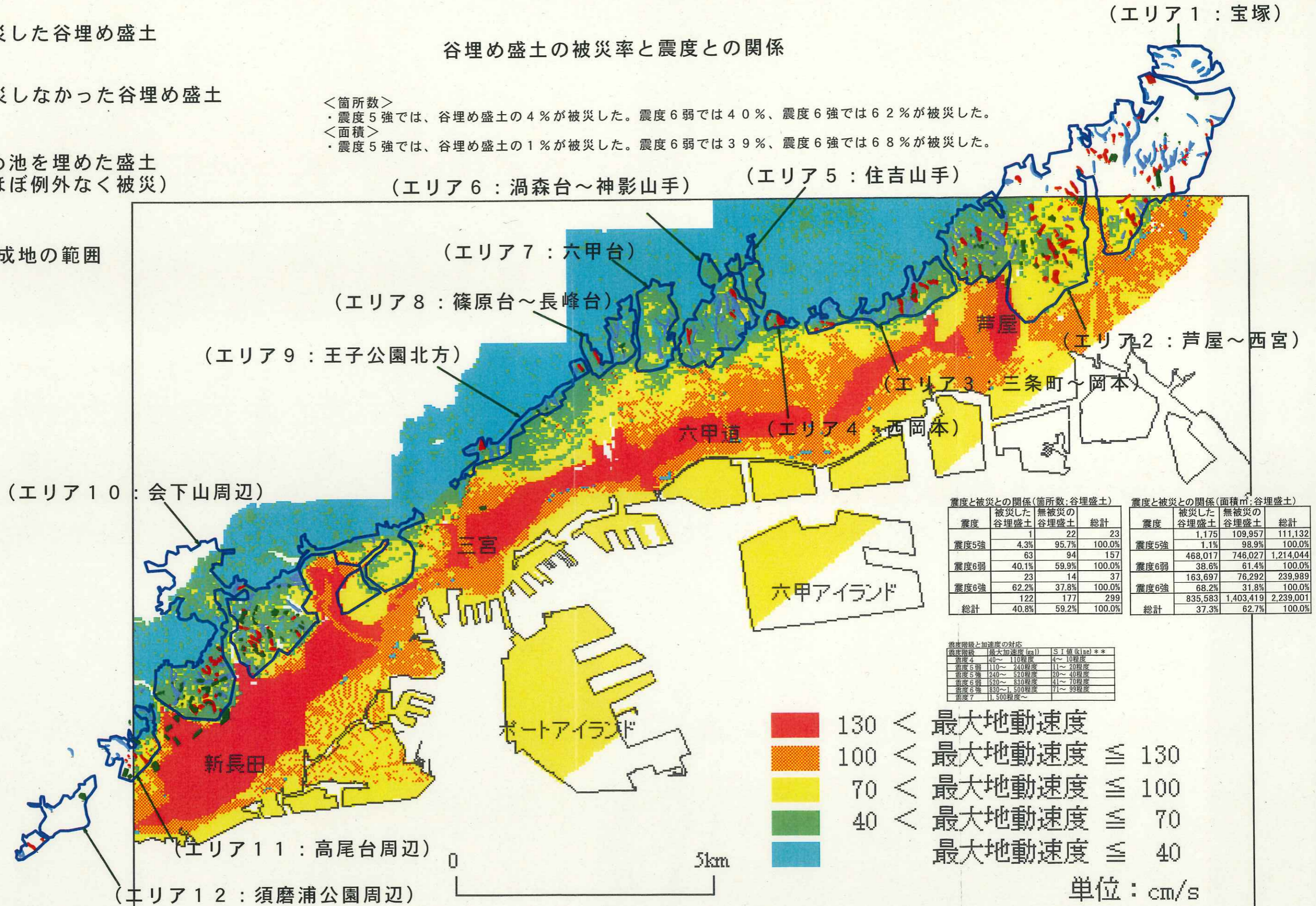
エリア区分	データ	被災した谷埋め盛土 A	無被災の谷埋め盛土 B	ため池埋立盛土 C	総計
1	平均:面積		8,474		8,474
1	合計:面積		59,320		59,320
2	平均:面積	7,471	8,748	4,030	7,252
2	合計:面積	455,716	524,860	128,959	1,109,535
3	平均:面積	9,794	4,777	1,913	5,904
3	合計:面積	78,351	81,214	5,740	165,304
4	平均:面積	8,230			8,230
4	合計:面積	32,918			32,918
6	平均:面積	5,806	8,007		7,581
6	合計:面積	34,833	200,173		235,006
7	平均:面積		15,447		15,447
7	合計:面積		61,787		61,787
8	平均:面積	11,201	6,656	3,068	6,417
8	合計:面積	11,201	53,251	6,136	70,588
9	平均:面積	11,204	7,425	1,491	6,124
9	合計:面積	22,408	74,248	7,453	104,109
10	平均:面積	5,283	8,498	4,073	5,784
10	合計:面積	169,069	280,418	175,148	624,635
11	平均:面積	3,333	5,839	5,183	4,875
11	合計:面積	20,000	46,711	25,914	92,626
12	平均:面積	5,543	4,104	12,746	6,024
12	合計:面積	11,086	12,313	12,746	36,144
エリア外	平均:面積		4,562	7,070	6,791
エリア外	合計:面積		9,125	113,112	122,237
全体の平均:面積		6,849	7,929	4,441	6,685
全体の合計:面積		835,583	1,403,419	475,208	2,714,209

※被災盛土分布図は、京都大学防災研究所の釜井俊孝博士の資料を用いた

# 谷埋め盛土の被災率と震度との関係

-  被災した谷埋め盛土
-  被災しなかった谷埋め盛土
-  ため池を埋めた盛土 (ほぼ例外なく被災)
-  造成地の範囲

<箇所数>  
 ・震度5強では、谷埋め盛土の4%が被災した。震度6弱では40%、震度6強では62%が被災した。  
 <面積>  
 ・震度5強では、谷埋め盛土の1%が被災した。震度6弱では39%、震度6強では68%が被災した。



震度	被災した谷埋盛土	無被災の谷埋盛土	総計
震度5強	1	22	23
震度6弱	63	94	157
震度6強	23	14	37
総計	122	177	299

震度	被災した谷埋盛土	無被災の谷埋盛土	総計
震度5強	1,175	109,957	111,132
震度6弱	468,017	746,027	1,214,044
震度6強	163,697	76,292	239,989
総計	835,583	1,403,419	2,239,001

震度階級	最大加速度 (g)	SI値 (kne)**
震度4	140~110程度	4~10程度
震度5弱	110~240程度	11~20程度
震度5強	240~520程度	20~40程度
震度6弱	520~830程度	41~70程度
震度6強	830~1,500程度	71~99程度
震度7	1,500程度~	

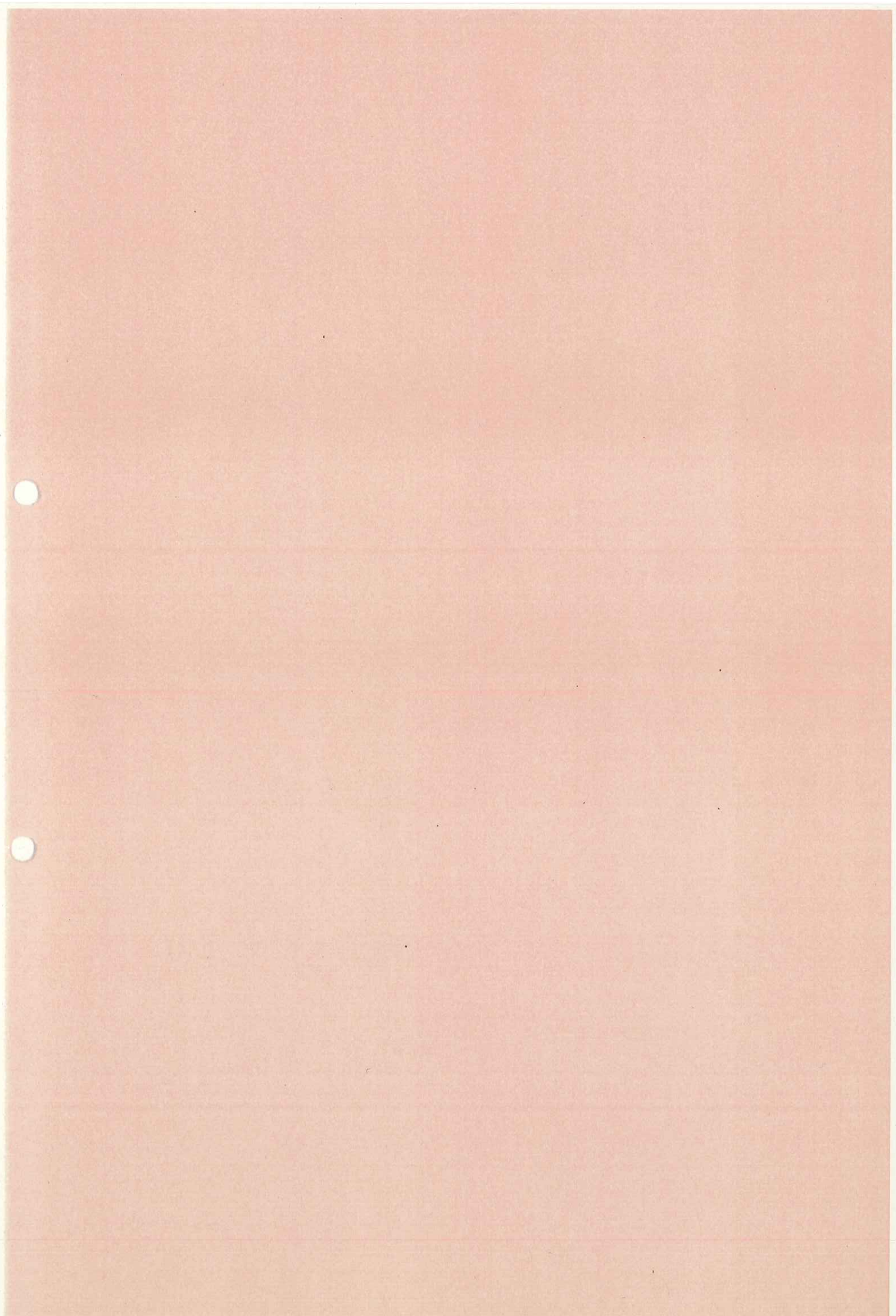
-  130 < 最大地動速度
-  100 < 最大地動速度 ≤ 130
-  70 < 最大地動速度 ≤ 100
-  40 < 最大地動速度 ≤ 70
-  最大地動速度 ≤ 40

単位: cm/s

震度	被災した谷埋盛土		ため池埋立盛土	総計
	A	B	C	
データなし	35	47	12	94
震度5強	1	22	4	27
震度6弱	63	94	55	212
震度6強	23	14	28	65
震度7	0	0	8	8
総計	122	177	107	406

震度	被災した谷埋盛土		ため池埋立盛土	総計
	A	B	C	
データなし	202,693	471,143	79,749	753,585
震度5強	1,175	109,957	3,906	115,038
震度6弱	468,017	746,027	163,471	1,377,515
震度6強	163,697	76,292	164,935	404,924
震度7	0	0	63,148	63,148
総計	835,583	1,403,419	475,208	2,714,209

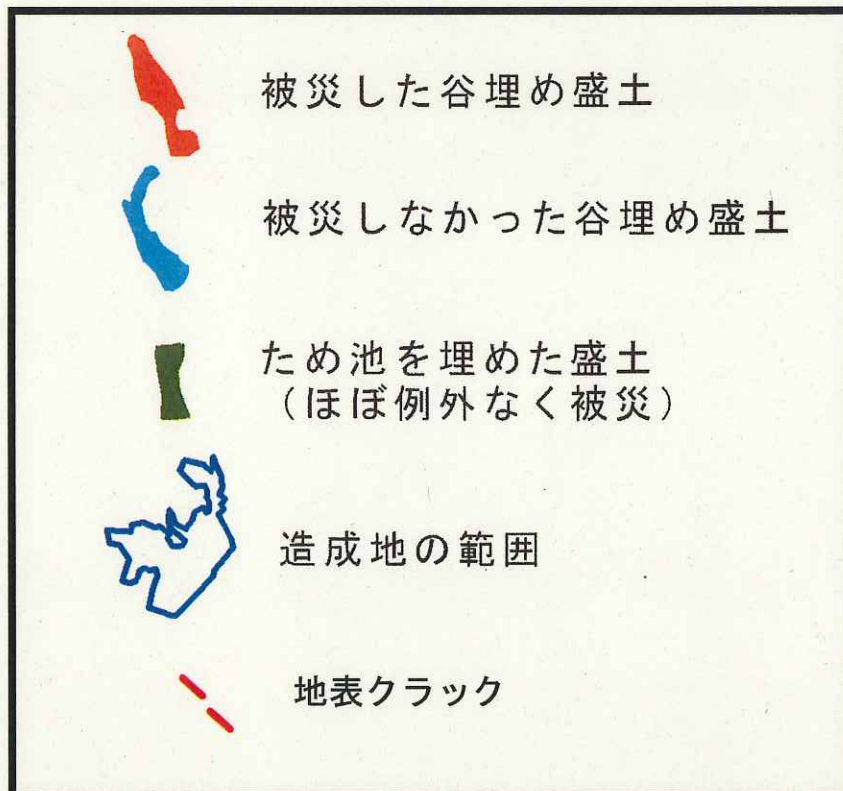
※被災盛土分布図は、京都大学防災研究所の釜井俊孝博士の資料を用いた  
 ※震度(速度)分布図は、東京工業大学翠川研究室の資料を用いた  
<http://www.enveng.titech.ac.jp/midorikawa/member/kazu/fig03.html>



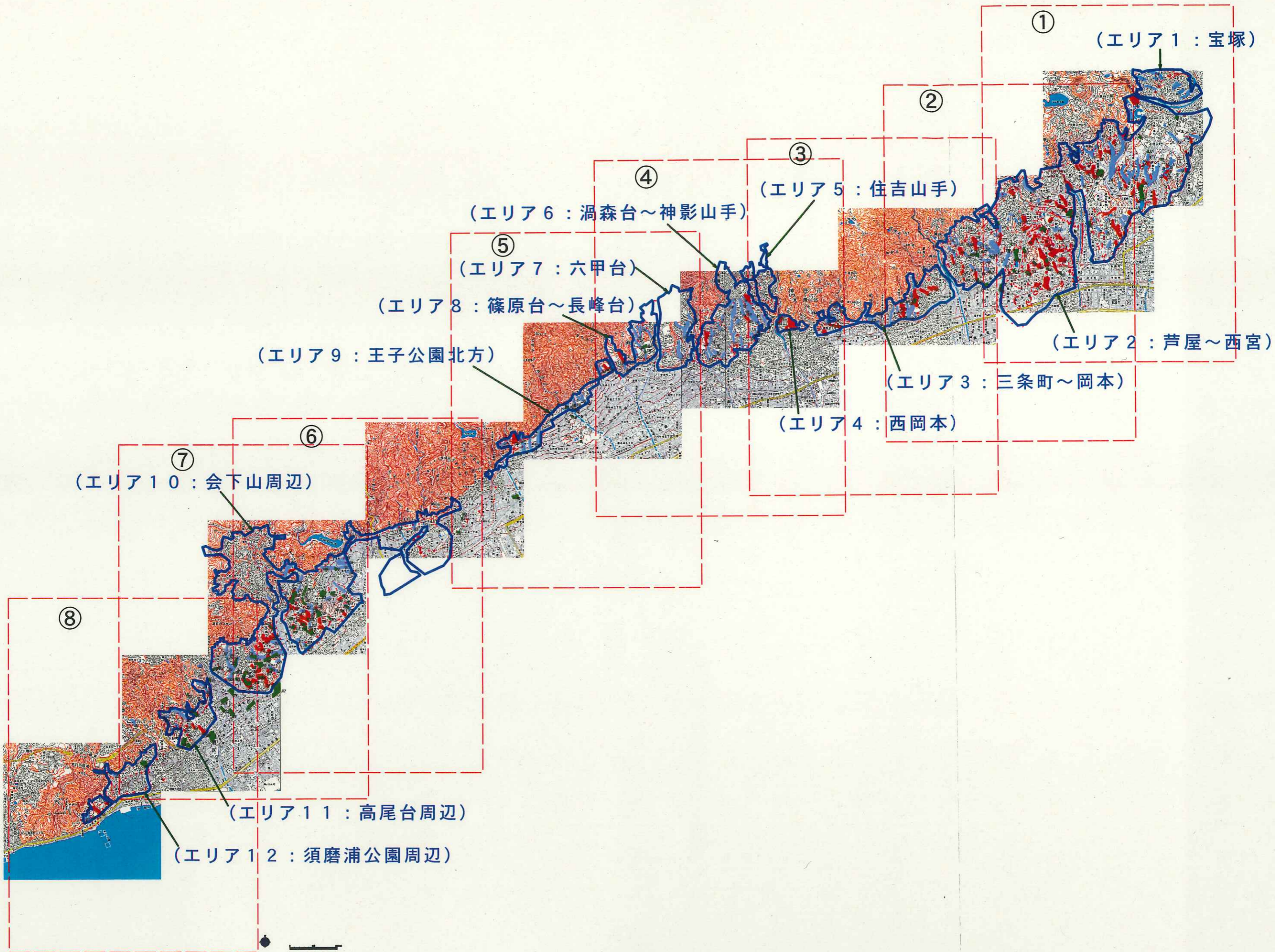
# 盛土賦存率・震度による被災率を算出する 根拠となる盛土分布図

(京都大学防災研究所釜井俊孝博士のデータを再現したもの)

## 凡 例

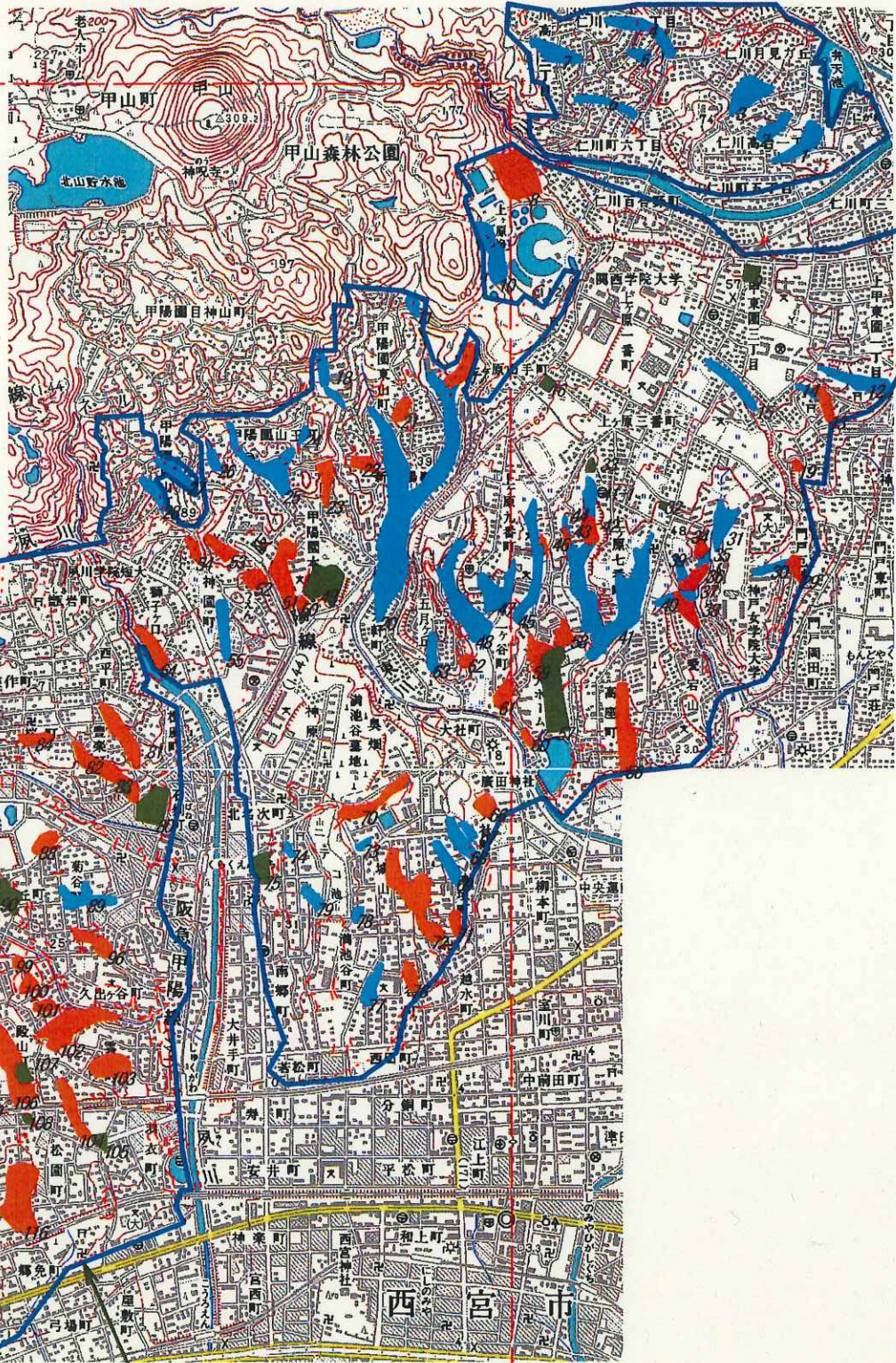






①

(エリア1: 宝

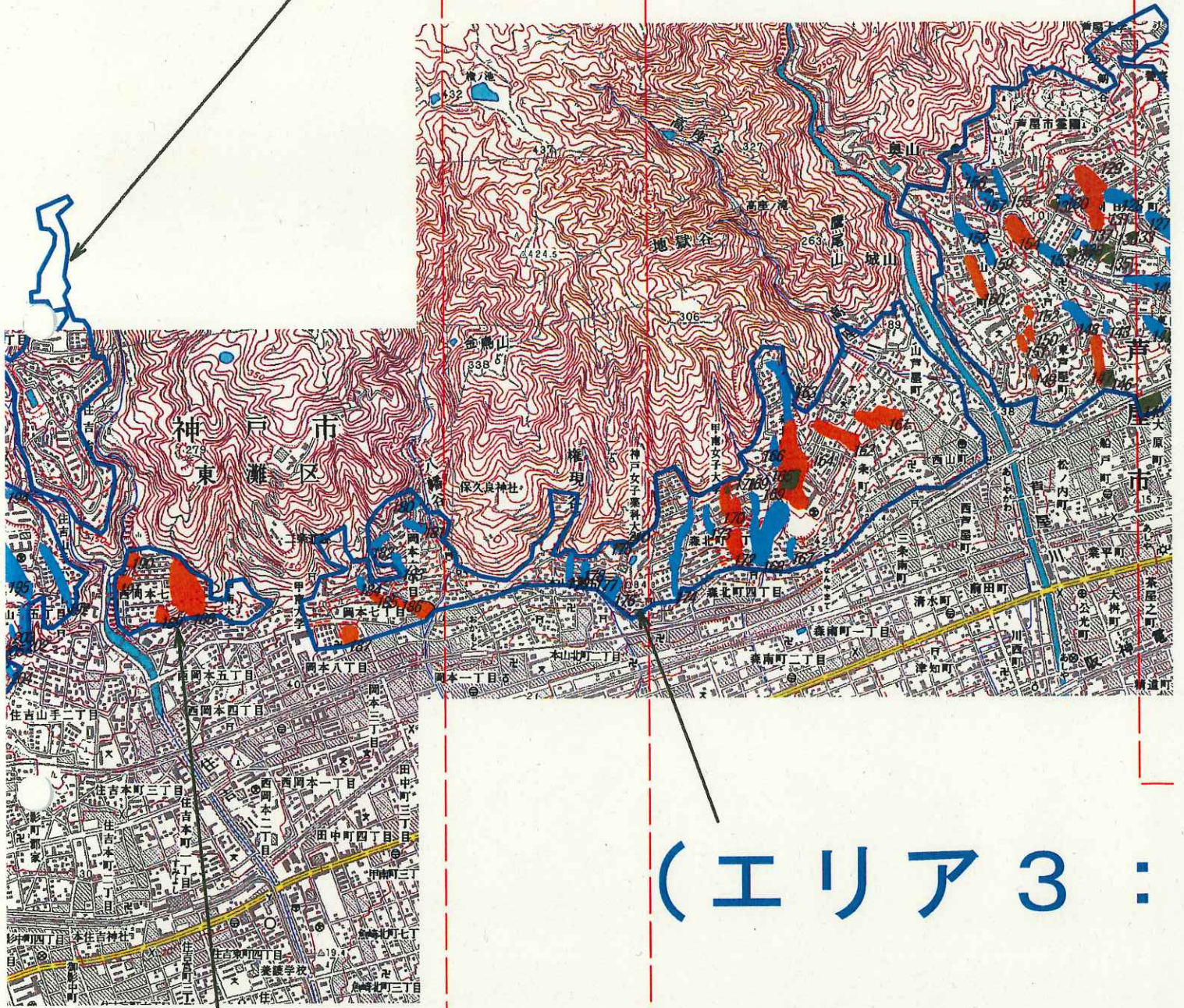


(エリア) 2 : 芦屋～  
盛土分布図  
S=1/25,000



(3)

(エリア 5 : 住吉山手)



(エリア 3 :

(エリア 4 : 西岡本)

④

(エリア)

森台～神影山手)

台)

台)



(エリア)

盛土分布図  
S=1/25,000

(5)

(エリア7：六甲台)

3：篠原台～長峰台)

比方)



盛土分布図  
S=1/25,000

6

山周辺)



盛土分布図  
S=1/25,000

⑦

# ア10：会下山周辺)





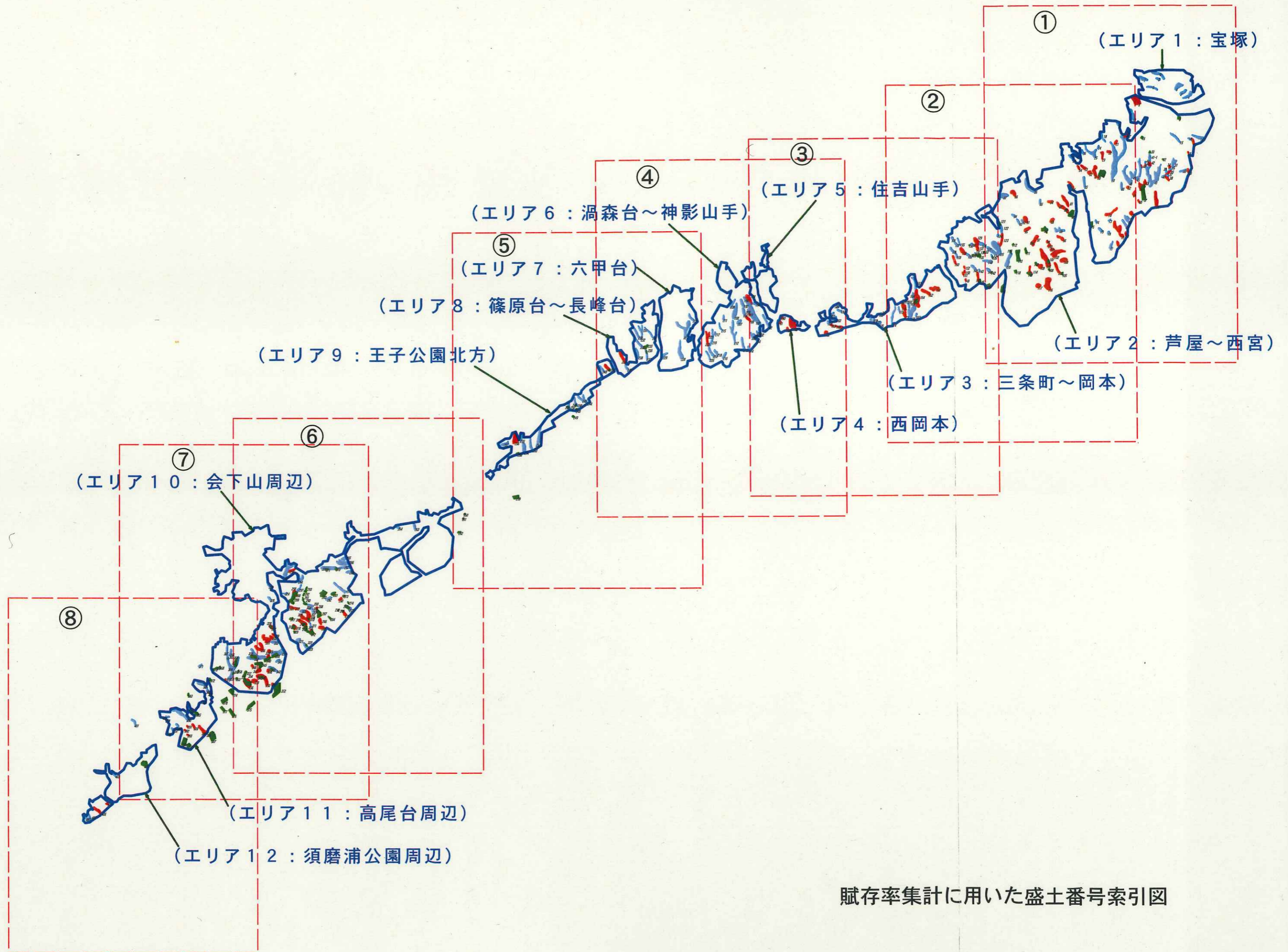
8



(エ

(エリアー

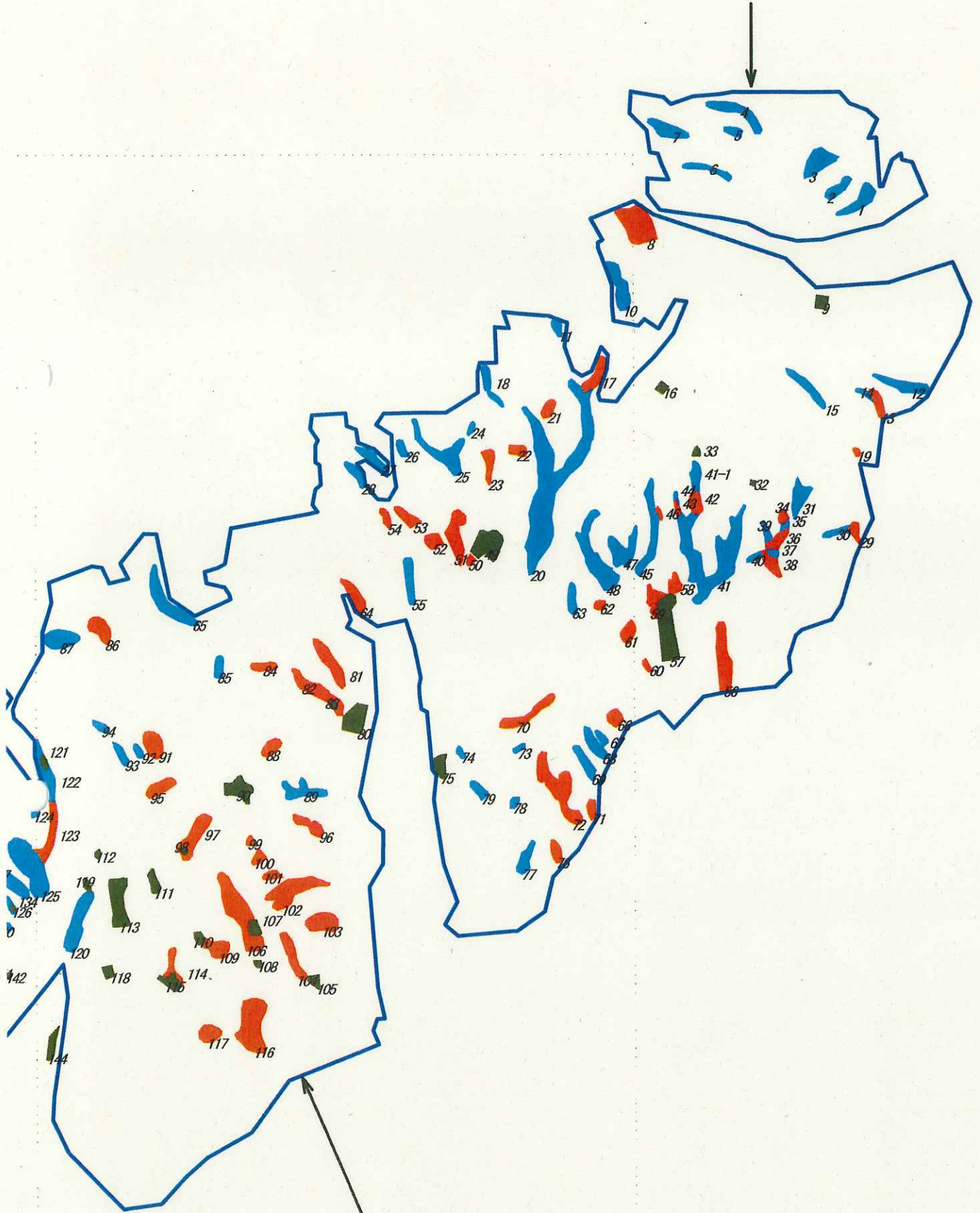
盛土分布図  
S=1/25,000



賦存率集計に用いた盛土番号索引図

①

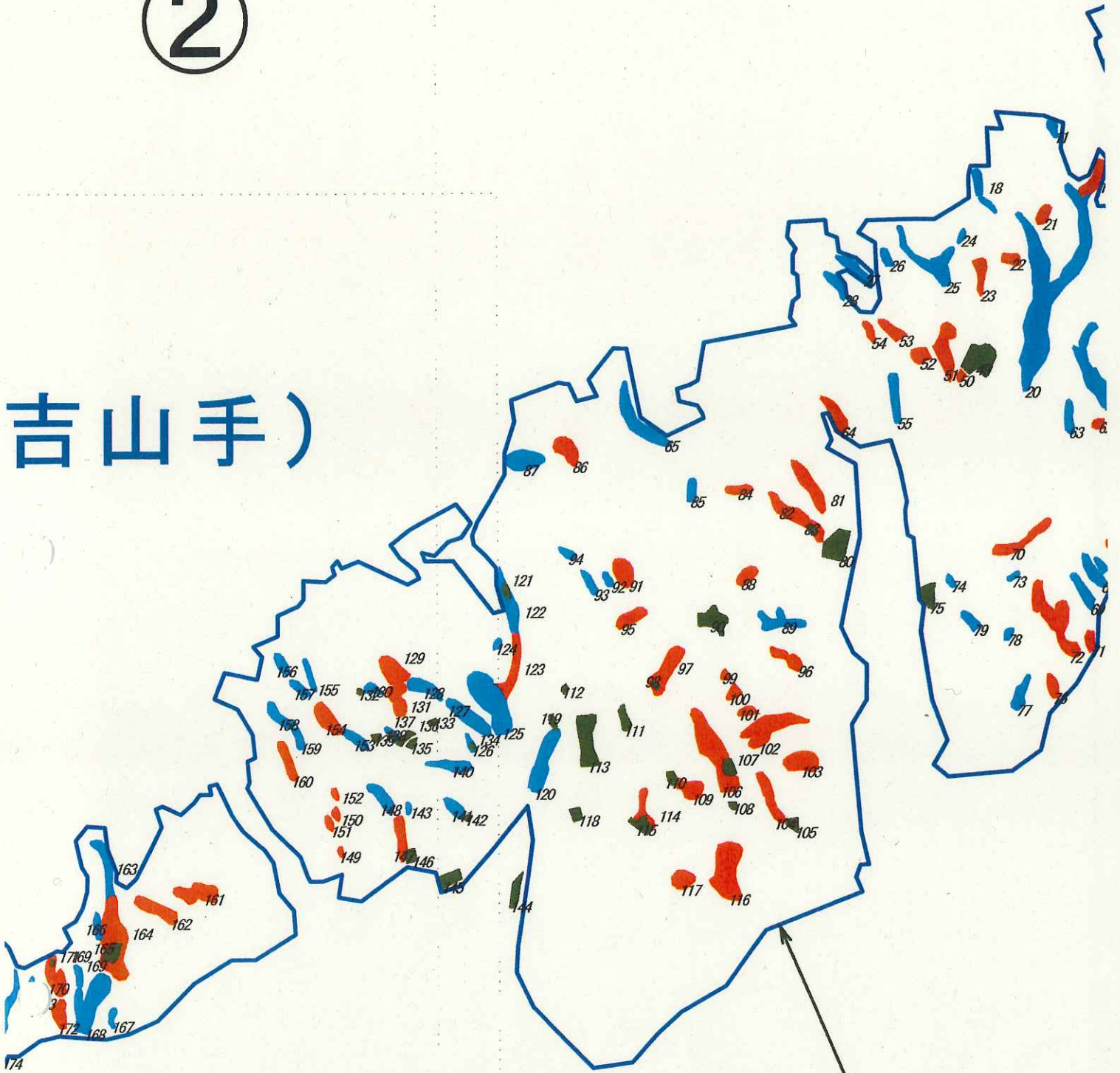
(エリア1:宝)



(エ) 盛土番号索引図 S=1/25,000 2 : 芦屋〜

②

吉山手)



(エリア:

エリア 3 : 三条町 ~ 岡本)

西岡本)

盛土番号索引図  
S=1/25,000

(3)

(エリア 5 : 住吉山手)



(エリア 3 :

(エリア 4 : 西岡本)

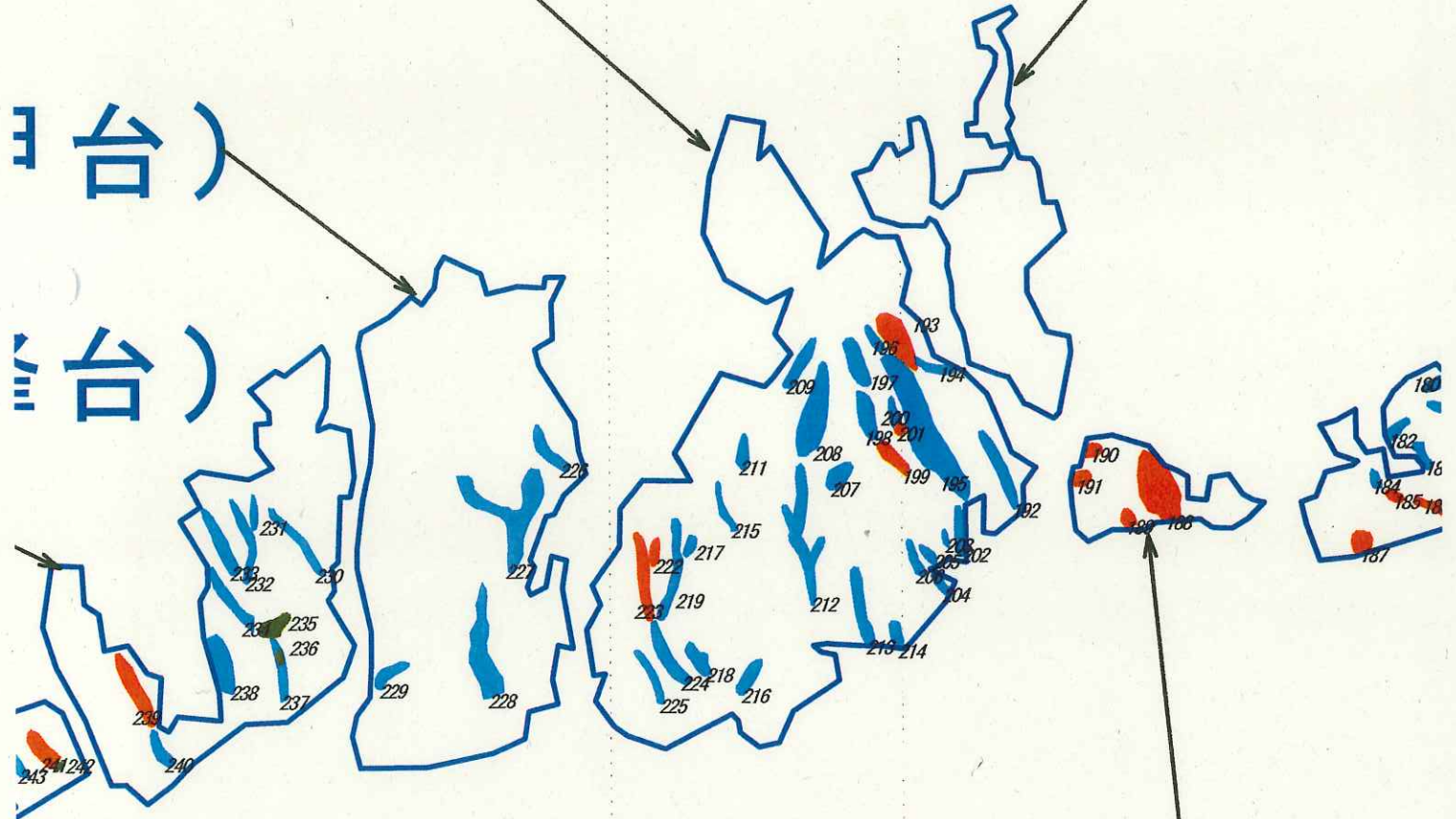
④

(エリア)

森台～神影山手)

台)

台)



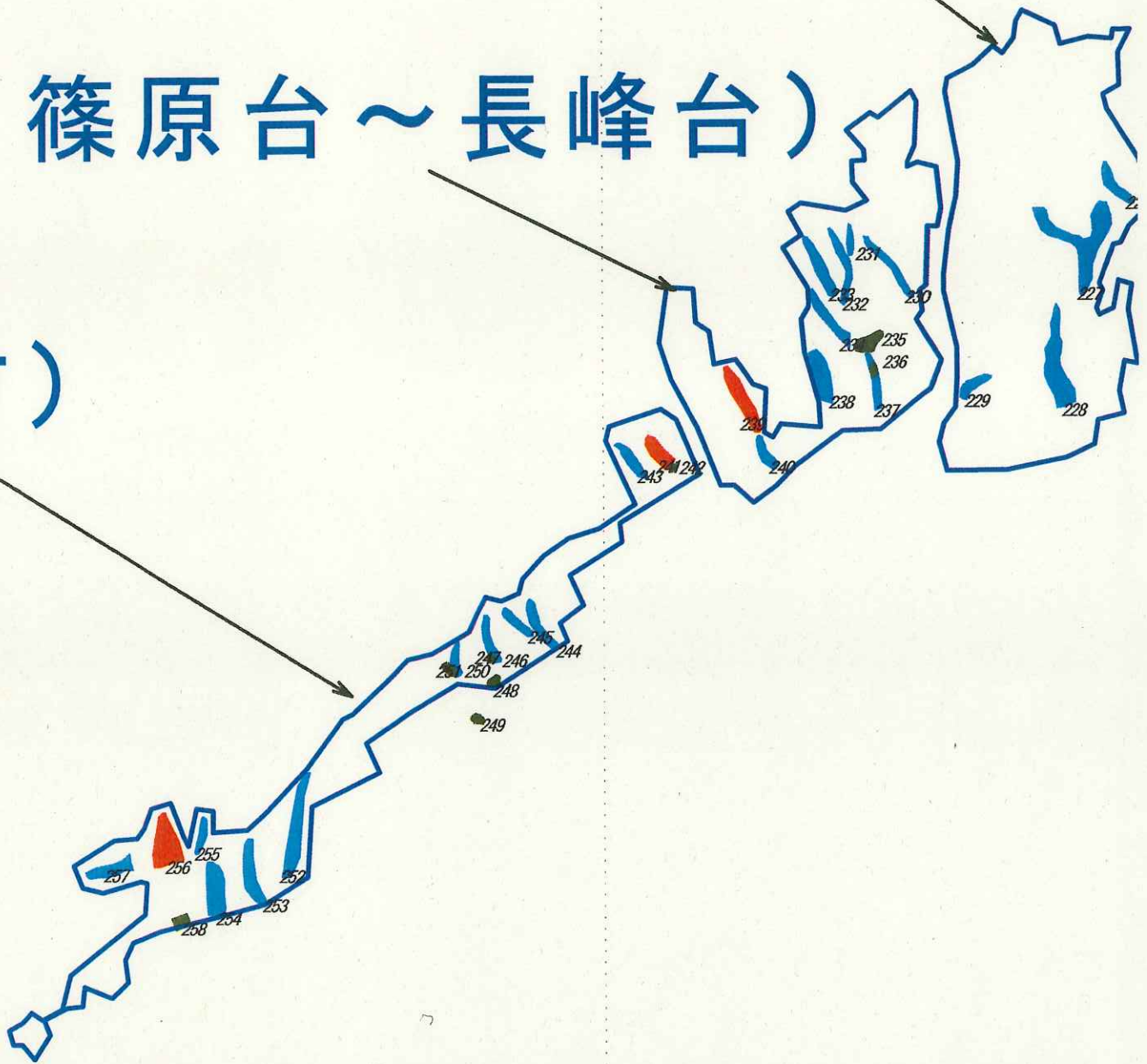
(エリア)

(5)

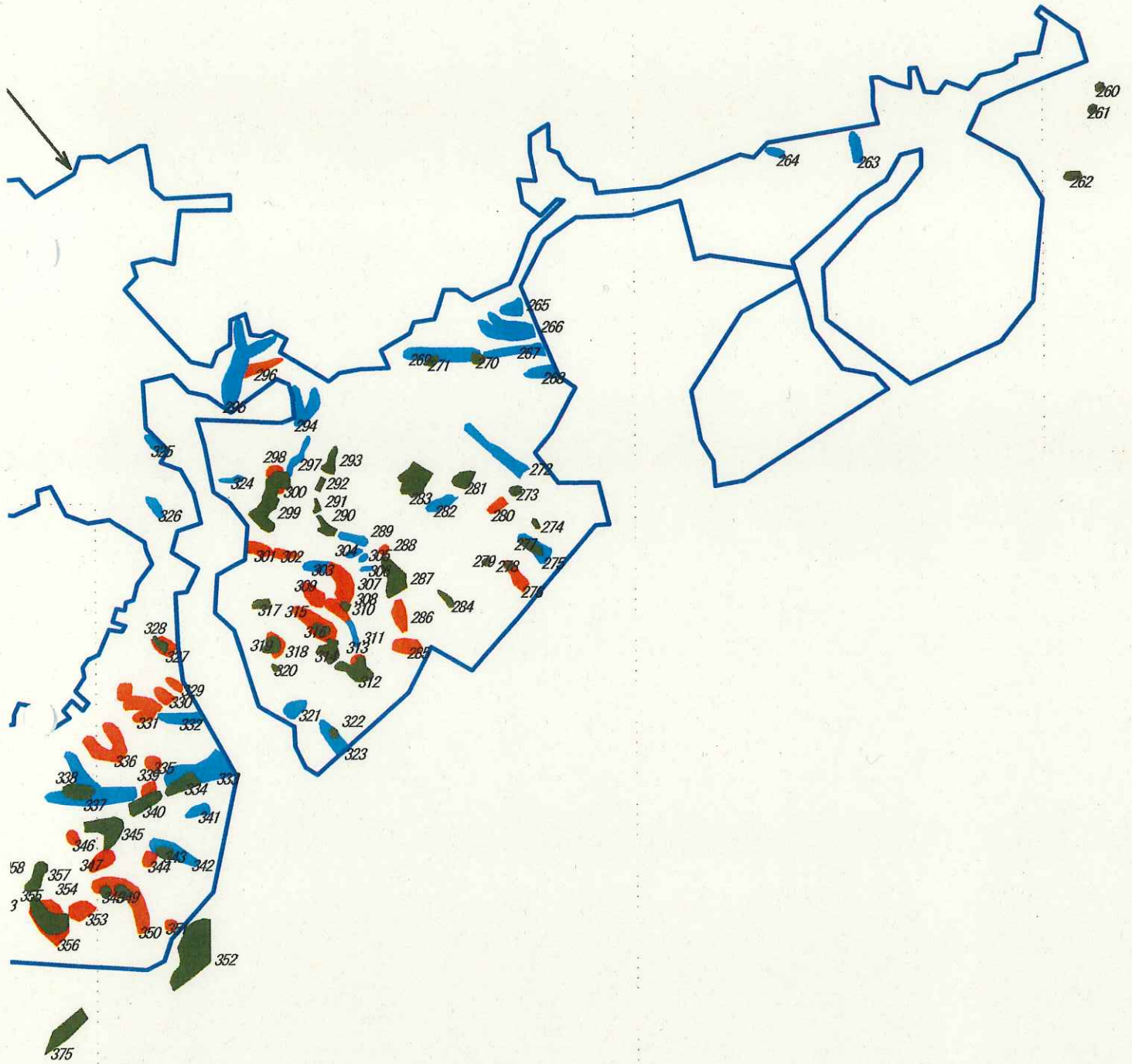
(エリア7：六甲台)

3：篠原台～長峰台)

比方)



山周辺)



盛土番号索引図  
S=1/25,000



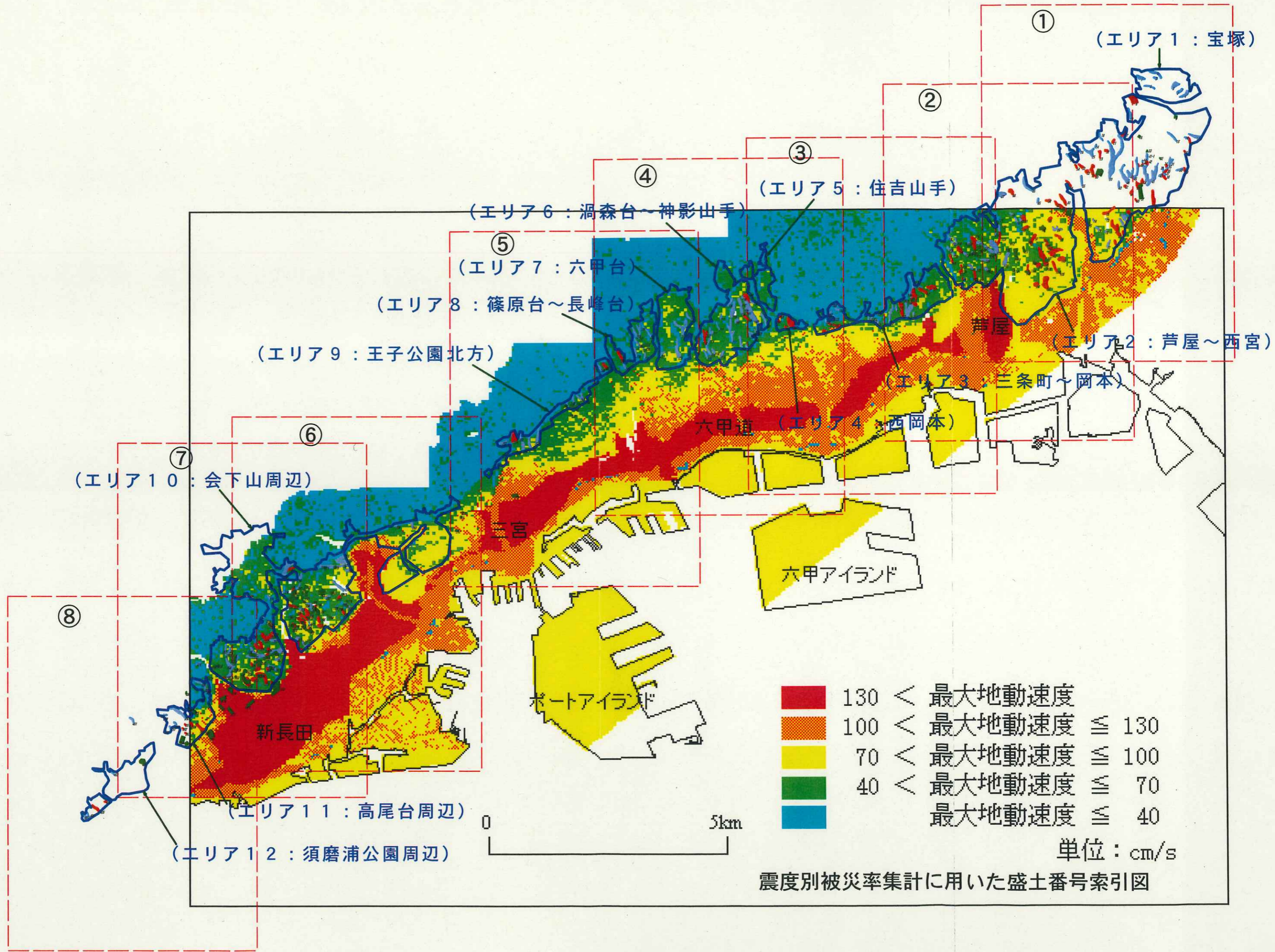
7

# ア10：会下山周辺)





(エ)  
(エリア)



① (エリア1 : 宝塚)

②

③ (エリア5 : 住吉山手)

(エリア6 : 渦森台~神影山手)

④

(エリア7 : 六甲台)

(エリア8 : 篠原台~長峰台)

(エリア9 : 王子公園北方)

(エリア2 : 芦屋~西宮)

(エリア3 : 三条町~岡本)

六甲道 (エリア4 : 西岡本)

(エリア10 : 会下山周辺)

⑥

⑦

六甲アイランド

ポートアイランド

新長田

(エリア11 : 高尾台周辺)

(エリア12 : 須磨浦公園周辺)

⑧

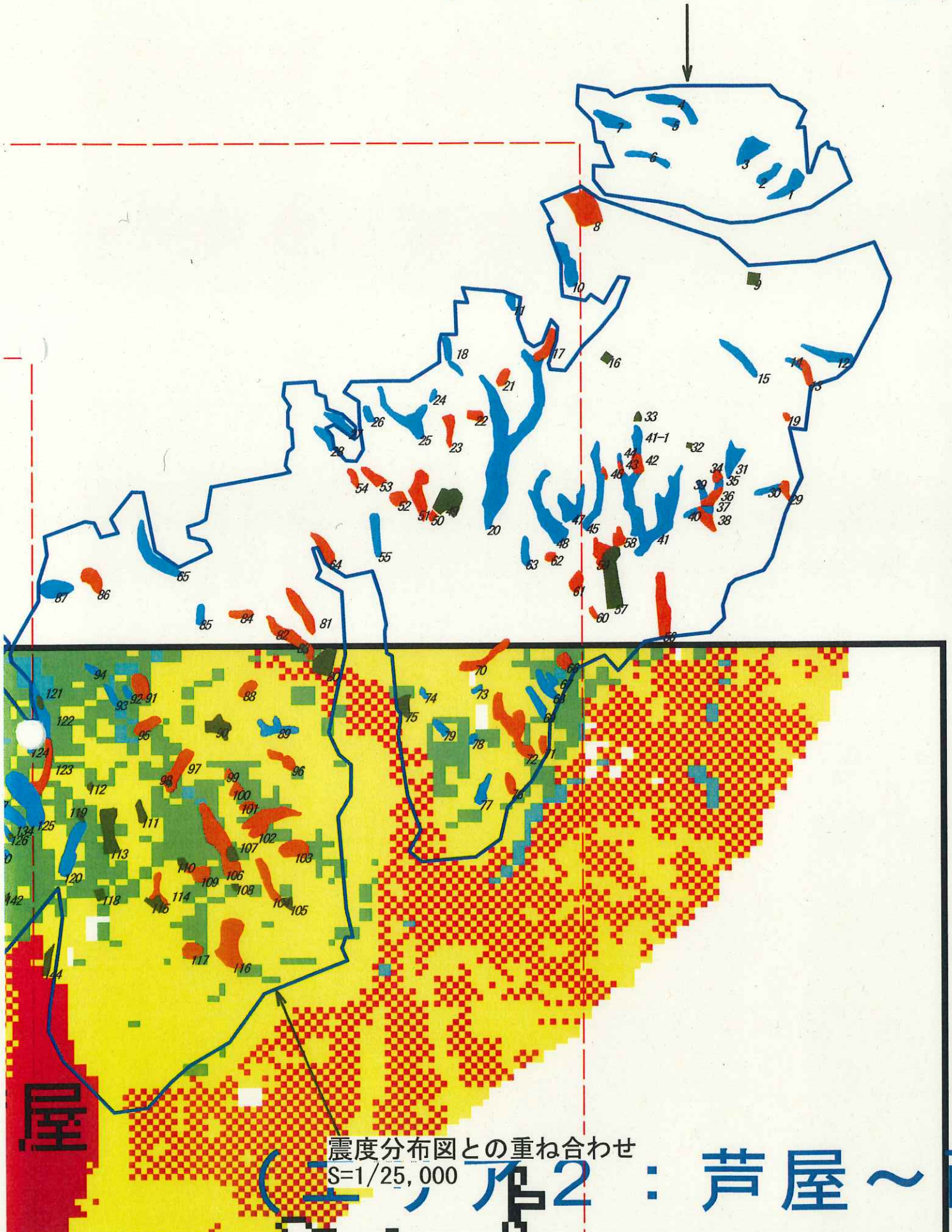
- 130 < 最大地動速度
- 100 < 最大地動速度 ≤ 130
- 70 < 最大地動速度 ≤ 100
- 40 < 最大地動速度 ≤ 70
- 最大地動速度 ≤ 40

単位 : cm/s

震度別被災率集計に用いた盛土番号索引図

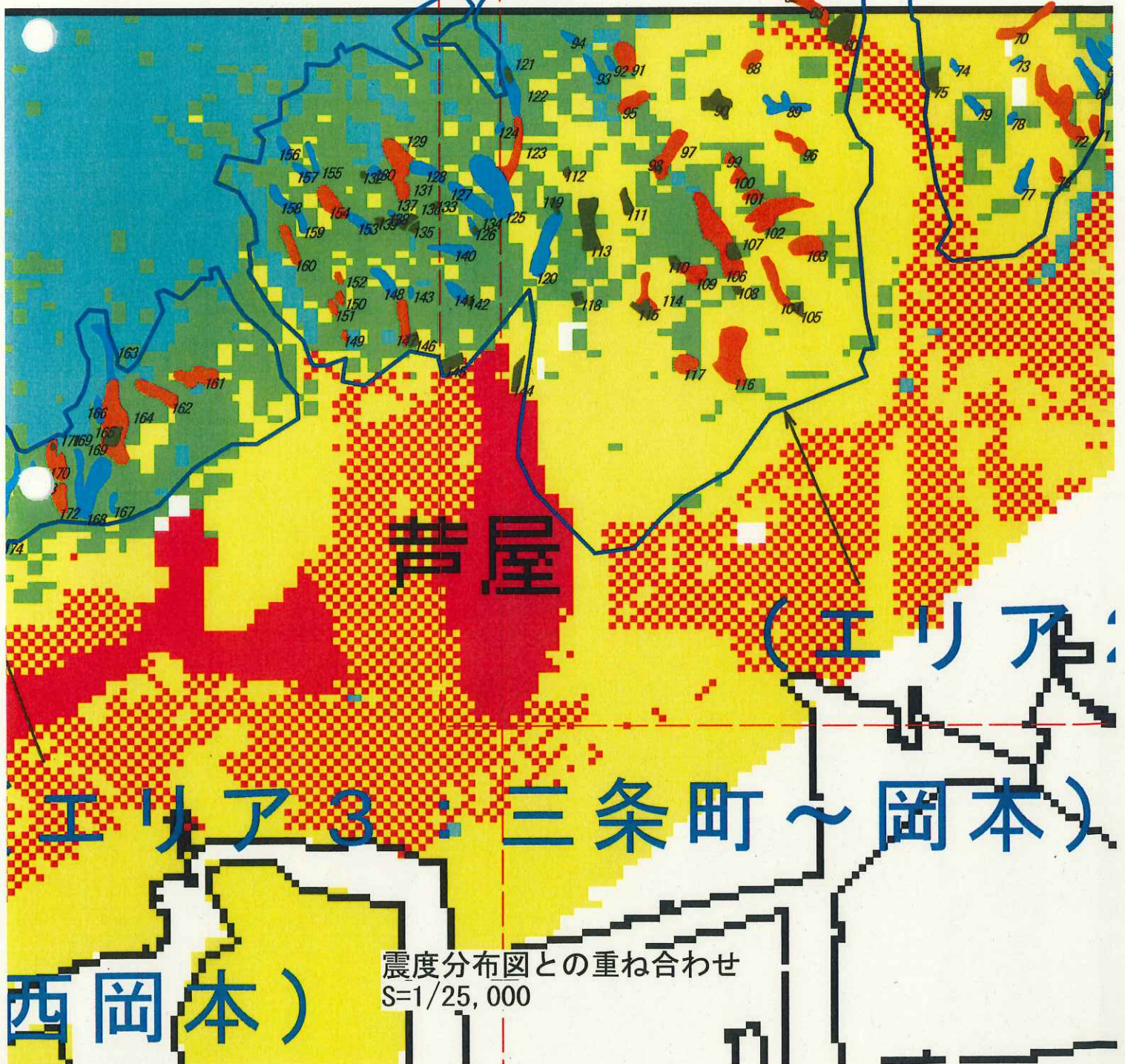
①

(エリア1:宝)



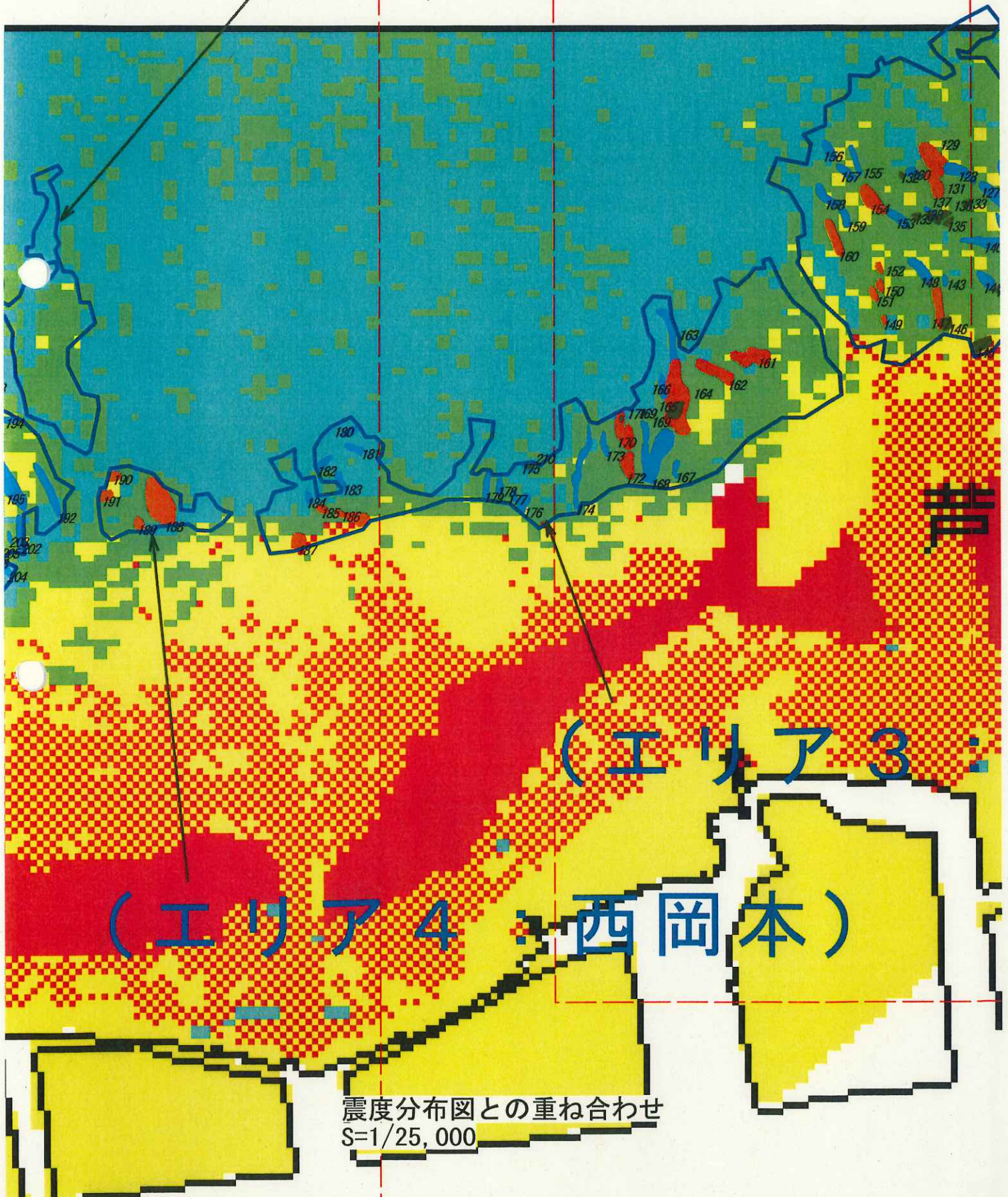
(2)

吉山手)



(3)

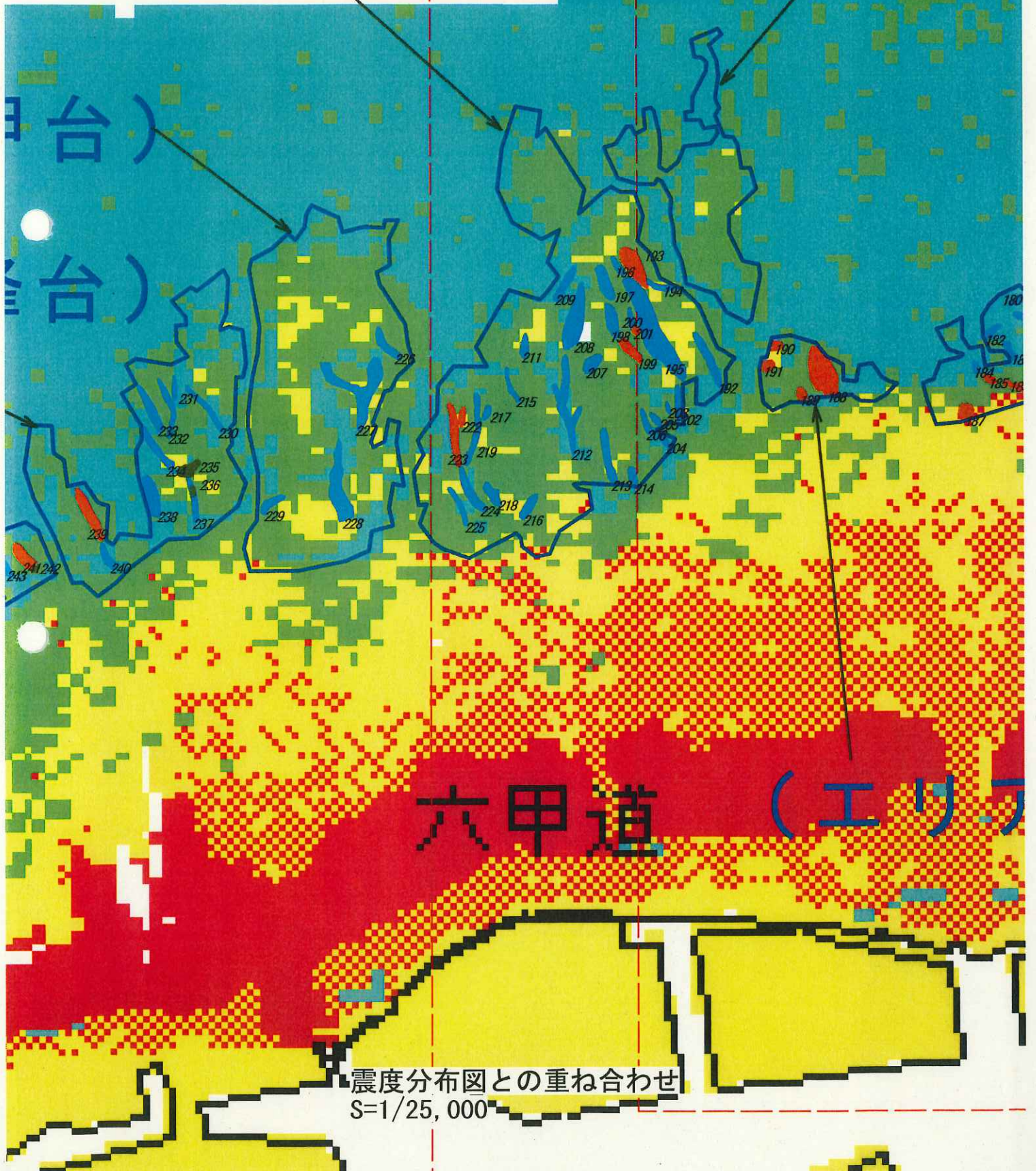
(エリア 5 : 住吉山手)



④

(エリア)

森台～神影山手)



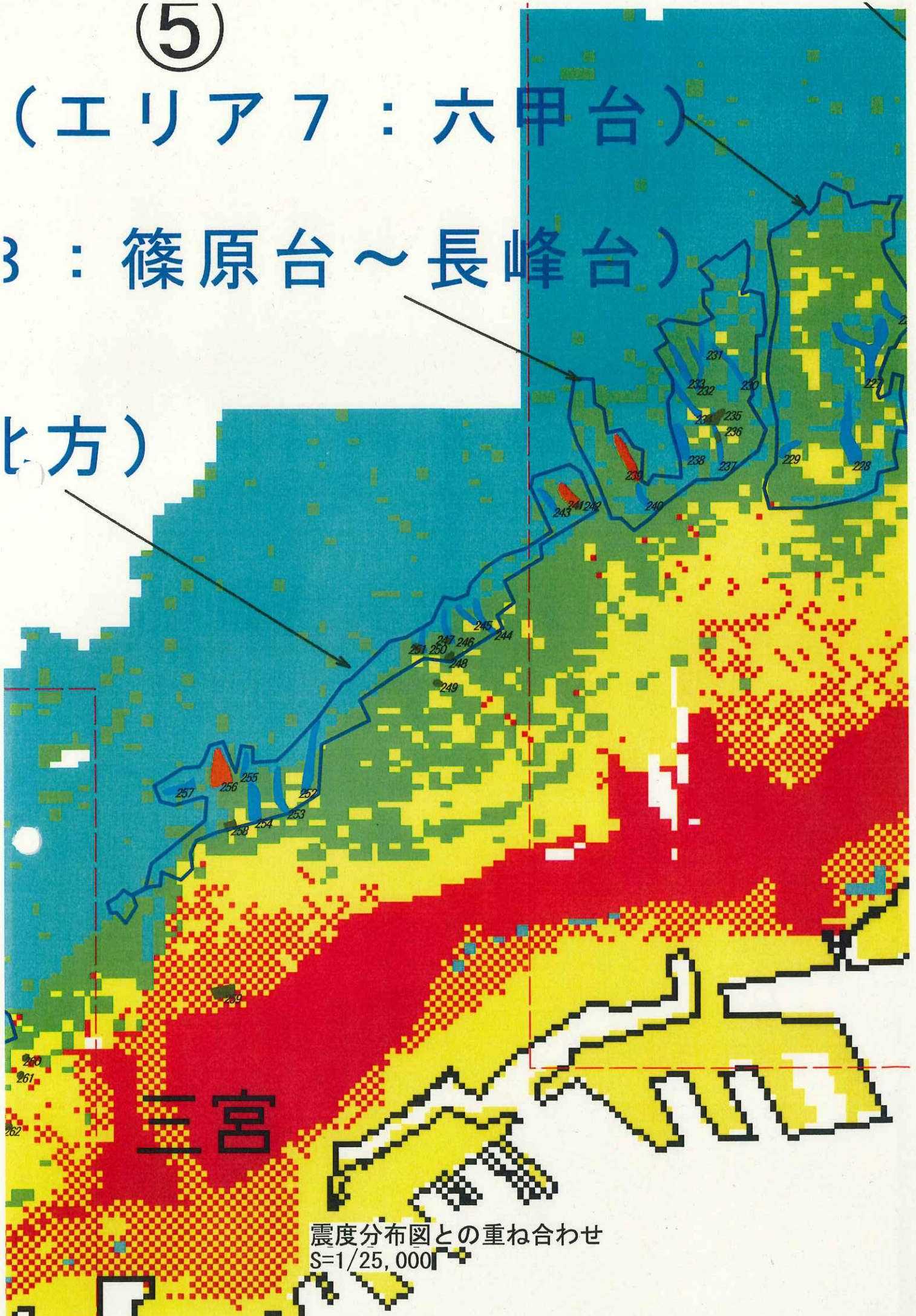
震度分布図との重ね合わせ  
S=1/25,000

(5)

(エリア7：六甲台)

3：篠原台～長峰台)

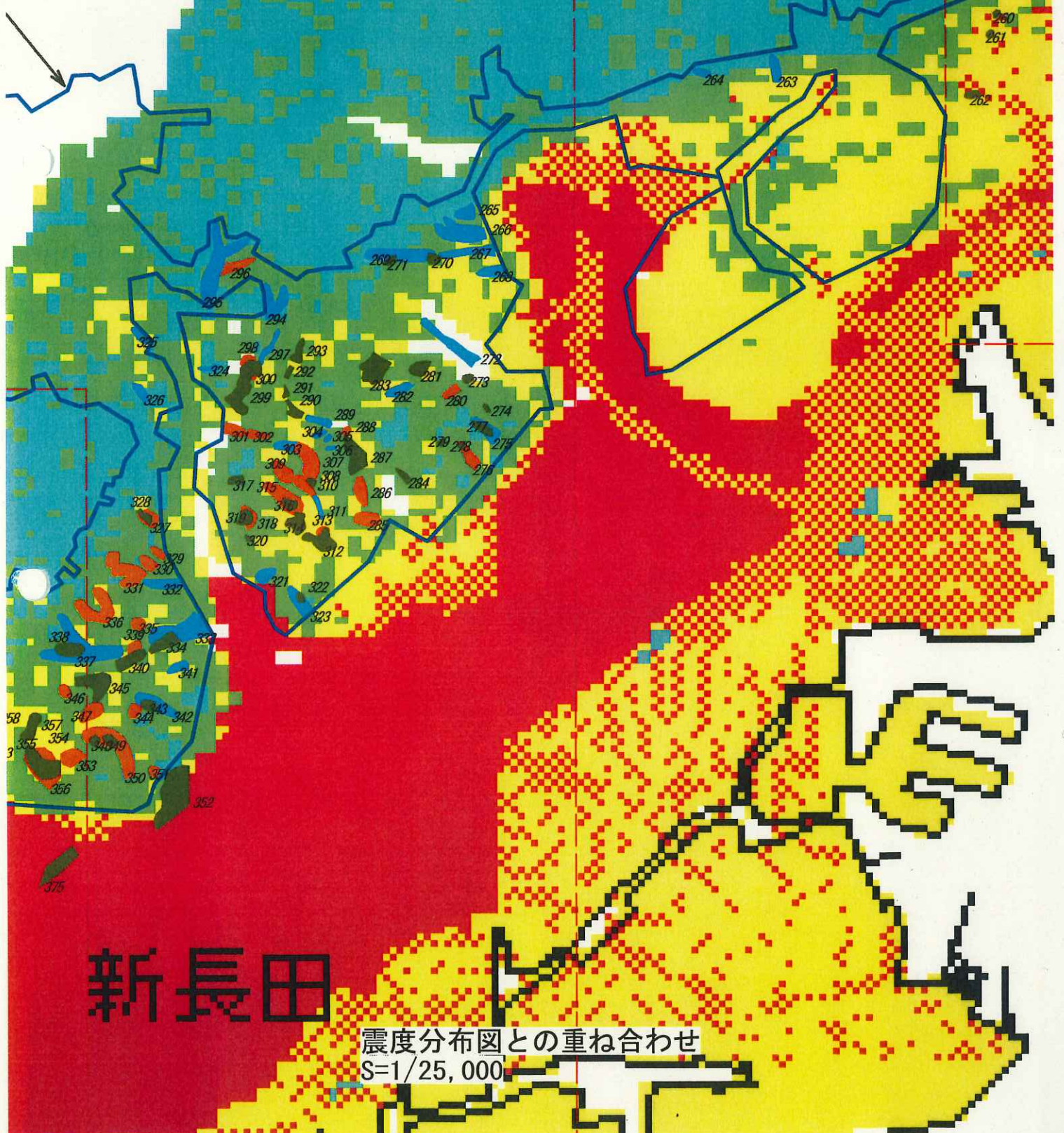
比方)



震度分布図との重ね合わせ  
S=1/25,000

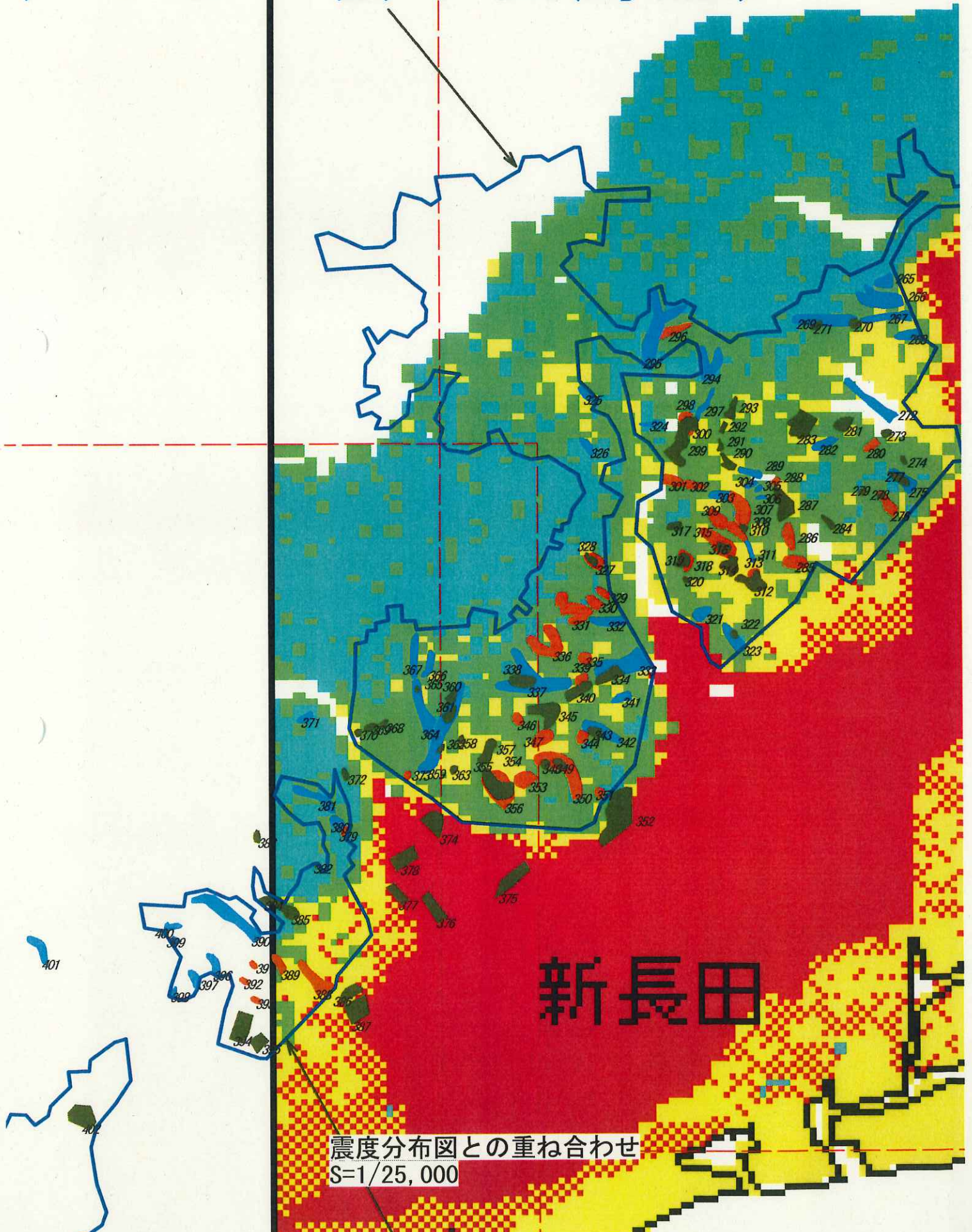


山周辺)

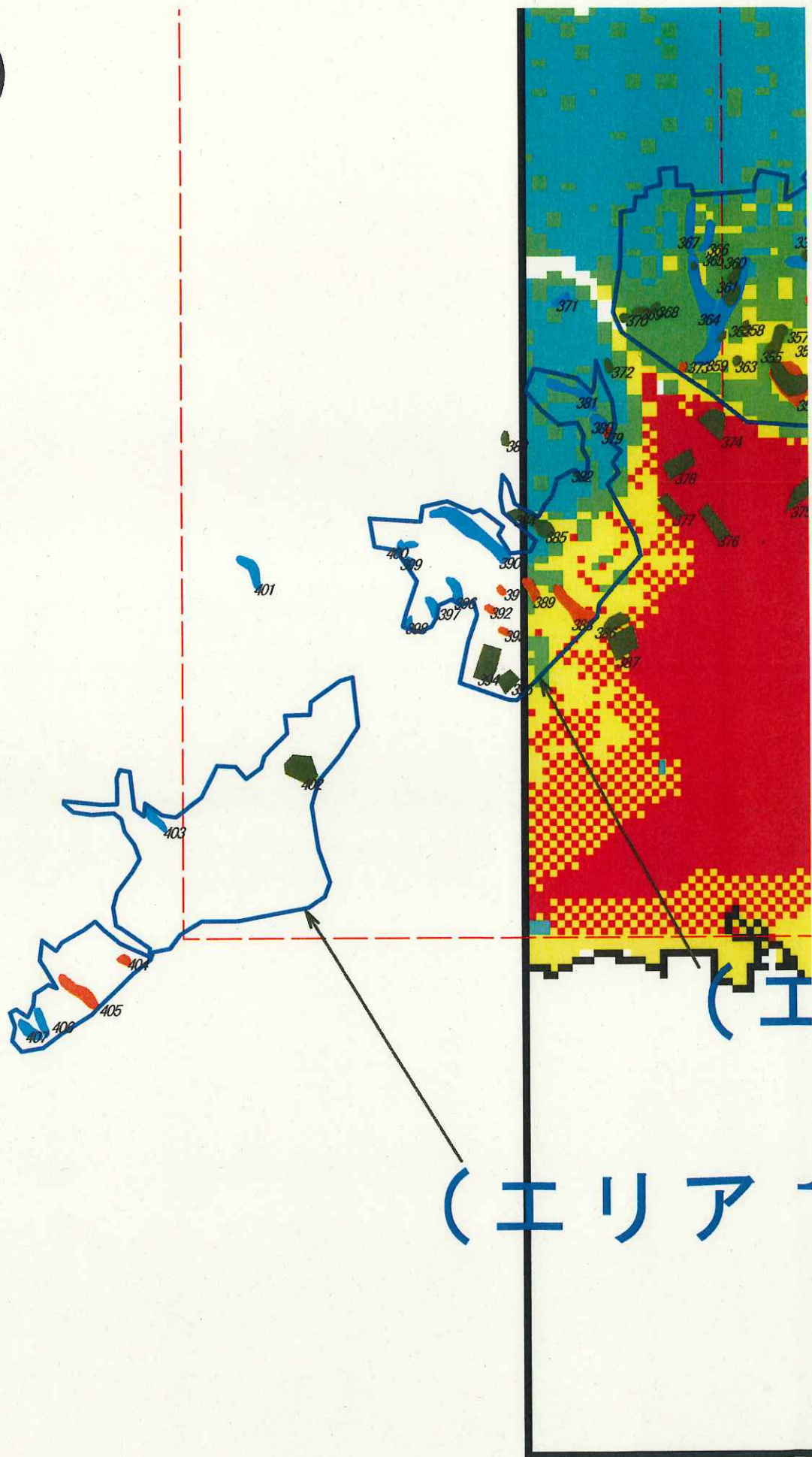


7

# ア10：会下山周辺)



8



震度分布図との重ね合わせ  
S=1/25,000

盛土箇所別集計資料

No.	種別	面積	エリア 区分	震度	A面積総計	B面積総計	C面積総計	A個数	B個数	C個数	エリア面積
1	B	10,100.1	1	データなし		59,319.9			7		730,078.4
2	B	5,931.6	1	データなし							
3	B	12,682.4	1	データなし							
4	B	11,971.5	1	データなし							
5	B	3,012.7	1	データなし							
6	B	5,969.8	1	データなし							
7	B	9,651.7	1	データなし							
8	A	23,896.0	2	データなし	455,716.3	524,860.3	128,958.6	61	60	32	11,220,970.8
9	C	3,264.4	2	データなし							
10	B	12,982.7	2	データなし							
11	B	2,861.1	2	データなし							
12	B	10,481.4	2	データなし							
13	A	4,983.2	2	データなし							
14	B	1,588.8	2	データなし							
15	B	8,279.1	2	データなし							
16	C	1,891.5	2	データなし							
17	A	8,385.3	2	データなし							
18	B	6,232.3	2	データなし							
19	A	982.5	2	データなし							
20	B	90,946.7	2	データなし							
21	A	3,885.3	2	データなし							
22	A	3,577.1	2	データなし							
23	A	5,405.5	2	データなし							
24	B	1,487.1	2	データなし							
25	B	17,231.2	2	データなし							
26	B	3,005.4	2	データなし							
27	B	6,022.9	2	データなし							
28	B	4,947.2	2	データなし							
29	A	3,687.8	2	データなし							
30	B	3,369.8	2	データなし							
31	B	9,168.2	2	データなし							
32	C	578.7	2	データなし							
33	C	1,210.1	2	データなし							
34	A	2,545.1	2	データなし							
35	B	1,151.9	2	データなし							
36	A	5,652.8	2	データなし							
37	B	1,583.9	2	データなし							
38	A	5,972.1	2	データなし							
39	B	2,643.9	2	データなし							
40	B	1,884.1	2	データなし							
41	B	54,180.6	2	データなし							
41.1	B	5,318.4	2	データなし							
42	A	5,223.7	2	データなし							
43	A	1,646.1	2	データなし							
44	B	612.0	2	データなし							
45	B	15,783.3	2	データなし							
46	A	1,200.4	2	データなし							
47	B	13,486.8	2	データなし							
48	B	24,578.8	2	データなし							
49	C	14,831.3	2	データなし							
50	A	1,416.8	2	データなし							
51	A	13,409.3	2	データなし							
52	A	4,497.3	2	データなし							
53	A	5,270.0	2	データなし							
54	A	2,768.9	2	データなし							
55	B	7,953.3	2	データなし							
56	A	17,534.8	2	データなし							
57	C	22,546.7	2	データなし							
58	A	4,334.8	2	データなし							
59	A	6,804.1	2	データなし							
60	A	1,451.9	2	データなし							

盛土箇所別集計資料

No.	種別	面積	エリア 区分	震度	A面積総計	B面積総計	C面積総計	A個数	B個数	C個数	エリア面積
61	A	5,209.6	2	データなし							
62	A	2,086.0	2	データなし							
63	B	5,098.8	2	データなし							
64	A	8,508.4	2	データなし							
65	B	17,874.5	2	データなし							
66	A	4,451.3	2	震度6弱							
67	B	2,301.5	2	震度6弱							
68	B	7,432.3	2	震度6弱							
69	B	6,660.4	2	震度6強							
70	A	10,593.1	2	震度6強							
71	A	3,024.8	2	震度6強							
72	A	24,405.1	2	震度6強							
73	B	1,404.6	2	震度6強							
74	B	1,556.4	2	震度6強							
75	C	4,863.7	2	震度6強							
76	A	4,106.5	2	震度6強							
77	B	6,306.3	2	震度6強							
78	B	1,784.3	2	震度6強							
79	B	3,845.8	2	震度6強							
80	C	12,114.0	2	震度6強							
81	A	11,911.2	2	データなし							
82	A	13,175.5	2	データなし							
83	C	1,623.5	2	震度6弱							
84	A	4,151.3	2	データなし							
85	B	3,772.4	2	データなし							
86	A	8,696.2	2	データなし							
87	B	12,149.4	2	データなし							
88	A	4,973.7	2	震度6強							
89	B	9,998.1	2	震度6強							
90	C	9,589.5	2	震度6強							
91	A	9,020.4	2	震度6弱							
92	B	2,073.9	2	震度6弱							
93	B	3,648.8	2	震度6弱							
94	B	2,506.6	2	震度6弱							
95	A	6,994.2	2	震度6弱							
96	A	6,428.3	2	震度6強							
97	A	13,320.9	2	震度6弱							
98	C	891.2	2	震度6弱							
99	A	1,644.4	2	震度6弱							
100	A	3,024.9	2	震度6強							
101	A	2,776.2	2	震度6弱							
102	A	20,311.0	2	震度6弱							
103	A	11,147.6	2	震度6強							
104	A	9,367.5	2	震度6強							
105	C	2,465.5	2	震度6強							
106	A	28,115.4	2	震度6弱							
107	C	3,468.0	2	震度6弱							
108	C	1,028.5	2	震度6強							
109	A	7,541.3	2	震度6弱							
110	C	2,291.1	2	震度6強							
111	C	3,796.6	2	震度6強							
112	C	816.9	2	震度6弱							
113	C	15,950.7	2	震度6強							
114	A	5,171.0	2	震度6強							
115	C	4,852.5	2	震度6強							
116	A	25,937.6	2	震度6強							
117	A	6,612.4	2	震度6弱							
118	C	2,389.6	2	震度6弱							
119	C	1,575.8	2	震度6弱							
120	B	17,550.9	2	震度6強							
121	C	1,431.3	2	震度5強							

盛土箇所別集計資料

No.	種別	面積	エリア 区分	震度	A面積総計	B面積総計	C面積総計	A個数	B個数	C個数	エリア面積
122	B	9,600.8	2	震度6弱							
123	A	10,505.3	2	震度6弱							
124	B	1,483.0	2	震度6弱							
125	B	28,938.1	2	震度6弱							
126	B	1,553.3	2	震度6弱							
127	B	12,305.5	2	震度6弱							
128	B	7,555.4	2	震度6弱							
129	A	10,379.0	2	震度6弱							
130	B	2,748.7	2	震度6弱							
131	A	8,468.3	2	震度6弱							
132	C	507.8	2	震度6弱							
133	C	945.3	2	震度6弱							
134	C	477.1	2	震度6弱							
135	C	1,291.7	2	震度6弱							
136	C	2,429.8	2	震度6弱							
137	B	1,718.8	2	震度6弱							
138	C	477.9	2	震度6弱							
139	C	1,248.1	2	震度6弱							
140	B	7,389.0	2	震度6弱							
141	B	4,648.4	2	震度6弱							
142	C	703.9	2	震度6弱							
143	B	1,058.3	2	震度6弱							
144	C	4,293.0	2	震度6強							
145	C	4,733.9	2	震度6弱							
146	C	2,672.0	2	震度6弱							
147	A	7,104.4	2	震度6弱							
148	B	7,013.6	2	震度6弱							
149	A	942.8	2	震度6弱							
150	A	1,527.4	2	震度6弱							
151	A	1,883.3	2	震度6弱							
152	A	1,209.2	2	震度6強							
153	B	4,834.8	2	震度6弱							
154	A	9,646.3	2	震度6弱							
155	B	3,487.4	2	震度6弱							
156	B	3,872.5	2	震度5強							
157	B	3,511.8	2	震度6弱							
158	B	6,106.1	2	震度6弱							
159	B	3,288.9	2	震度6弱							
160	A	6,813.7	2	震度6弱							
161	A	12,305.9	3	震度6弱	78,350.8	81,213.5	5,739.8	8	17	3	1,302,008.8
162	A	10,140.6	3	震度6弱							
163	B	8,775.0	3	震度6弱							
164	A	26,965.4	3	震度6弱							
165	C	4,853.4	3	震度6弱							
166	B	3,438.1	3	震度6弱							
167	B	2,102.2	3	震度6弱							
168	B	24,028.6	3	震度6弱							
169	B	2,688.1	3	震度6弱							
170	A	9,691.2	3	震度6弱							
171	C	426.3	3	震度5強							
172	A	6,180.7	3	震度6弱							
173	B	3,130.6	3	震度6弱							
174	B	11,140.4	3	震度6弱							
175	B	1,599.3	3	震度5強							
176	B	3,864.4	3	震度6弱							
177	B	1,335.2	3	震度6弱							
178	B	2,216.8	3	震度6弱							
179	B	3,378.5	3	震度6弱							
180	B	2,781.9	3	震度5強							
181	B	2,943.4	3	震度5強							
182	B	3,031.3	3	震度5強							

盛土箇所別集計資料

No.	種別	面積	エリア 区分	震度	A面積総計	B面積総計	C面積総計	A個数	B個数	C個数	エリア面積
183	B	3,022.5	3	震度5強							
184	B	1,737.2	3	震度5強							
185	A	1,734.7	3	震度6弱							
186	A	6,797.2	3	震度6弱							
187	A	4,535.1	3	震度6強							
188	A	24,660.7	4	震度6弱	32,918.4			4			137,282.3
189	A	2,382.3	4	震度6弱							
190	A	2,666.4	4	震度6強							
191	A	3,209.0	4	震度6強							
192	B	9,709.1	6	震度6弱	34,833.2	200,172.5		6	25		1,711,303.5
193	A	13,663.8	6	震度6弱							
194	B	3,581.1	6	震度6強							
195	B	45,602.9	6	震度6弱							
196	B	2,613.1	6	震度6弱							
197	B	8,551.4	6	震度6弱							
198	B	7,740.0	6	震度6弱							
199	A	5,306.2	6	震度6弱							
200	A	2,405.8	6	震度6弱							
201	A	1,346.5	6	震度6弱							
202	B	5,023.7	6	震度6弱							
203	B	916.2	6	震度6弱							
204	B	2,483.1	6	震度5強							
205	B	2,054.4	6	震度6弱							
206	B	3,399.4	6	震度6弱							
207	B	5,583.9	6	震度6弱							
208	B	20,700.7	6	震度6弱							
209	B	6,403.2	6	震度5強							
210	C	460.1	3	震度5強							
211	B	3,569.8	6	震度6弱							
212	B	20,508.9	6	震度5強							
213	B	9,641.3	6	震度6弱							
214	B	3,163.7	6	震度6弱							
215	B	3,422.8	6	震度6弱							
216	B	5,056.5	6	震度6弱							
217	B	2,067.4	6	震度6弱							
218	B	5,002.6	6	震度6弱							
219	B	9,720.5	6	震度6弱							
222	A	2,350.8	6	震度6強							
223	A	9,760.1	6	震度6弱							
224	B	9,040.8	6	震度6弱							
225	B	4,616.0	6	震度6弱							
226	B	6,423.4	7	震度6弱		61,787.2			4		1,091,427.5
227	B	29,526.0	7	震度6弱							
228	B	21,223.4	7	震度6弱							
229	B	4,614.4	7	震度6弱							
230	B	7,151.3	8	震度5強	11,200.7	53,250.6	6,136.4	1	8	2	712,017.7
231	B	2,179.4	8	震度5強							
232	B	7,417.6	8	震度6弱							
233	B	8,797.1	8	震度6弱							
234	B	7,531.1	8	震度6弱							
235	C	5,177.4	8	震度6弱							
236	C	959.0	8	震度6弱							
237	B	4,794.6	8	震度6弱							
238	B	10,933.8	8	震度5強							
239	A	11,200.7	8	震度6弱							
240	B	4,445.7	8	震度5強							
241	A	6,899.8	9	震度6弱	22,408.3	74,248.1	7,452.7	2	10	5	732,729.4
242	C	702.4	9	震度6弱							
243	B	5,365.2	9	震度5強							
244	B	7,023.3	9	震度6弱							
245	B	4,249.5	9	震度6弱							

盛土箇所別集計資料

No.	種別	面積	エリア 区分	震度	A面積総計	B面積総計	C面積総計	A個数	B個数	C個数	エリア面積
246	B	5,135.6	9	震度5強							
247	C	696.0	9	震度6弱							
248	C	1,664.9	9	震度6弱							
249	C	1,419.3	9	震度6弱							
250	B	3,262.3	9	震度6弱							
251	C	1,698.5	9	震度6弱							
252	B	16,043.4	9	震度6弱							
253	B	10,150.4	9	震度6弱							
254	B	12,357.3	9	震度6弱							
255	B	3,410.0	9	震度5強							
256	A	15,508.5	9	震度6弱							
257	B	7,251.1	9	震度6弱							
258	C	2,690.9	9	震度6強							
259	C	7,652.3	9	震度6強							
260	C	958.3		震度7							
261	C	1,023.1		震度6強							
262	C	2,211.8		震度6強							
263	B	5,035.7	10	震度6強	169,069.1	280,417.7	175,148.4	32	33	43	7,096,908.3
264	B	2,438.8	10	震度6弱							
265	B	5,081.0	10	震度6弱							
266	B	17,723.6	10	震度6弱							
267	B	8,919.0	10	震度6強							
268	B	5,588.8	10	震度6弱							
269	B	15,877.1	10	震度6弱							
270	C	2,222.3	10	震度6弱							
271	C	1,644.5	10	震度6弱							
272	B	12,743.5	10	データなし							
273	C	1,666.8	10	データなし							
274	C	831.6	10	震度6弱							
275	B	5,184.6	10	震度6弱							
276	A	5,142.5	10	震度6弱							
277	C	3,246.1	10	震度6弱							
278	C	825.8	10	震度6弱							
279	C	797.6	10	震度6弱							
280	A	2,921.6	10	震度6弱							
281	C	4,800.0	10	震度6弱							
282	B	4,922.8	10	震度6弱							
283	C	13,153.5	10	震度6弱							
284	C	1,979.4	10	震度6弱							
285	A	6,422.3	10	震度6弱							
286	A	5,980.5	10	震度6弱							
287	C	11,046.6	10	震度6弱							
288	A	1,223.0	10	震度6弱							
289	B	3,817.4	10	震度6弱							
290	C	3,355.6	10	震度6強							
291	C	1,003.5	10	震度6強							
292	C	1,201.2	10	震度6強							
293	C	3,770.0	10	震度6弱							
294	B	10,974.0	10	震度5強							
295	B	26,937.5	10	震度6弱							
296	A	5,424.1	10	震度6弱							
297	B	4,074.1	10	震度6弱							
298	A	1,938.5	10	震度6弱							
299	C	18,438.8	10	震度6弱							
300	A	458.7	10	震度6弱							
301	A	4,674.2	10	震度6弱							
302	A	3,096.5	10	震度6弱							
303	B	4,085.7	10	震度6弱							
304	B	1,621.7	10	震度6弱							
305	B	875.2	10	震度6弱							
306	B	801.5	10	震度6弱							



盛土箇所別集計資料

No.	種別	面積	エリア 区分	震度	A面積総計	B面積総計	C面積総計	A個数	B個数	C個数	エリア面積
307	A	11,901.2	10	震度6弱							
308	C	1,192.3	10	震度6弱							
309	A	6,186.1	10	震度6弱							
310	A	5,156.5	10	震度6弱							
311	B	2,357.3	10	震度6強							
312	C	9,045.6	10	震度6強							
313	A	1,086.5	10	震度6強							
314	C	6,103.8	10	震度6強							
315	A	10,483.2	10	震度6強							
316	C	3,040.9	10	震度6弱							
317	C	2,539.8	10	震度6弱							
318	A	2,444.3	10	震度6弱							
319	C	4,002.4	10	震度6弱							
320	C	703.9	10	震度6弱							
321	B	5,011.5	10	震度6弱							
322	C	1,071.3	10	震度6弱							
323	B	7,796.9	10	震度6弱							
324	B	1,779.1	10	震度5強							
325	B	3,361.4	10	震度6強							
326	B	3,499.7	10	震度5強							
327	A	3,532.3	10	震度6弱							
328	C	2,160.4	10	震度6弱							
329	A	2,213.5	10	震度6弱							
330	A	3,725.5	10	震度6弱							
331	A	15,144.3	10	震度6弱							
332	B	7,124.4	10	震度6弱							
333	B	20,800.9	10	震度6弱							
334	C	7,088.4	10	震度6強							
335	A	3,151.5	10	震度6弱							
336	A	15,876.0	10	震度6弱							
337	B	28,296.7	10	震度6弱							
338	C	6,857.8	10	震度6弱							
339	A	2,613.4	10	震度6弱							
340	C	7,225.3	10	震度6強							
341	B	3,930.7	10	震度6強							
342	B	9,026.4	10	震度6弱							
343	C	2,742.4	10	震度6弱							
344	A	2,975.6	10	震度6弱							
345	C	12,325.5	10	震度6弱							
346	A	2,573.5	10	震度6弱							
347	A	6,672.1	10	震度6弱							
348	C	1,859.1	10	震度6弱							
349	C	2,528.6	10	震度6弱							
350	A	18,464.0	10	震度6弱							
351	A	1,919.6	10	震度6弱							
352	C	30,185.3		震度6強							
353	A	6,640.5	10	震度6強							
354	A	3,398.1	10	震度6強							
355	C	14,523.5	10	震度6強							
356	A	4,451.7	10	震度6強							
357	C	6,392.0	10	震度6強							
358	C	977.6	10	震度6強							
359	B	25,264.8	10	震度6弱							
360	C	2,756.7	10	震度6弱							
361	C	3,303.5	10	震度6弱							
362	C	803.2	10	震度6強							
363	C	1,202.8	10	震度6強							
364	B	13,470.6	10	震度6弱							
365	C	432.6	10	震度6弱							
366	B	4,778.0	10	震度6弱							
367	B	7,217.3	10	震度6弱							

盛土箇所別集計資料

No.	種別	面積	エリア 区分	震度	A面積総計	B面積総計	C面積総計	A個数	B個数	C個数	エリア面積
368	C	1,045.4	10	震度6弱							
369	C	2,236.1	10	震度6弱							
370	C	1,004.2	10	震度6強							
371	B	2,866.6		震度5強							
372	C	1,587.9		震度5強							
373	A	1,177.8	10	震度6弱							
374	C	9,531.5		震度7							
375	C	11,565.7		震度7							
376	C	8,951.6		震度7							
377	C	5,228.8		震度7							
378	C	9,564.7		震度7							
379	A	1,175.4	11	震度5強	20,000.2	46,711.3	25,914.2	6	8	5	733,219.0
380	B	3,833.0	11	震度5強							
381	B	9,045.5	11	震度6弱							
382	C	197.0	11	震度6弱							
383	C	1,591.9		データなし							
384	C	2,576.0	11	データなし							
385	C	6,295.2	11	震度6弱							
386	C	5,689.5		震度7							
387	C	11,657.5		震度7							
388	A	11,558.6	11	震度6強							
389	A	3,927.5	11	震度6強							
390	B	21,319.3	11	データなし							
391	A	991.3	11	データなし							
392	A	1,175.2	11	データなし							
393	A	1,172.2	11	データなし							
394	C	11,845.9	11	データなし							
395	C	5,000.1	11	データなし							
396	B	4,311.6	11	データなし							
397	B	2,587.3	11	データなし							
398	B	968.7	11	データなし							
399	B	1,374.0	11	データなし							
400	B	3,271.9	11	データなし							
401	B	6,257.9		データなし							
402	C	12,745.6	12	データなし	11,085.5	12,312.9	12,745.6	2	3	1	812,666.6
403	B	3,893.0	12	データなし							
404	A	1,871.2	12	データなし							
405	A	9,214.3	12	データなし							
406	B	3,744.2	12	データなし							
407	B	4,675.7	12	データなし							



大地震時における宅地盛土の被害に関する調査業務

## 収集資料データベースのリスト

- NPC資料収集
  - 01神戸市ボーリングデータ
  - 02神戸市ボーリングデータ
  - 03神戸市ボーリングデータ
  - 04神戸市ボーリングデータ
  - 05JIBANKUN谷埋め盛土位置図
  - 06地震防災土地条件図
  - 07災害現況図(阪神間)
  - 08被災度別建物分布状況図集10000
  - 09地学的調査研究報告の一覧
  - 10地震保険調査研究H4
  - 11六甲山地周辺人工改変地形分布調査
  - 12被災度別建物分布状況図集25000
  - 13谷埋め盛土被災写真(釜井)
  - 14被災写真(太田)
  - 15出版物\_新聞記事
  - 16神戸市宅地被害の状況資料
  - 17被災盛土分布図(釜井)
  - 18地震時斜面災害予測図(釜井)
  - 19震度分布図(翠川)
  - 20釜井先生文献
  - 21神戸市開発指導課
  - 22山古志村宅地被災写真
  - 23都市公団資料
  - 24明石市の震災記録
  - 25宝塚市の震災記録
  - 26兵庫県の建築行政記録
  - 27地質地盤文献(石川提供)
  - 28宅地地盤の安全性と性能評価
  - 29商用データベースからの文献その他
  - 30釜井研究室文献(小林慶之)
  - 31日本道路公団関越自動車道文献

資料番号 scan01  
資料名 神戸市ボーリングデータ

作成時期 1995年

作成機関 神戸市

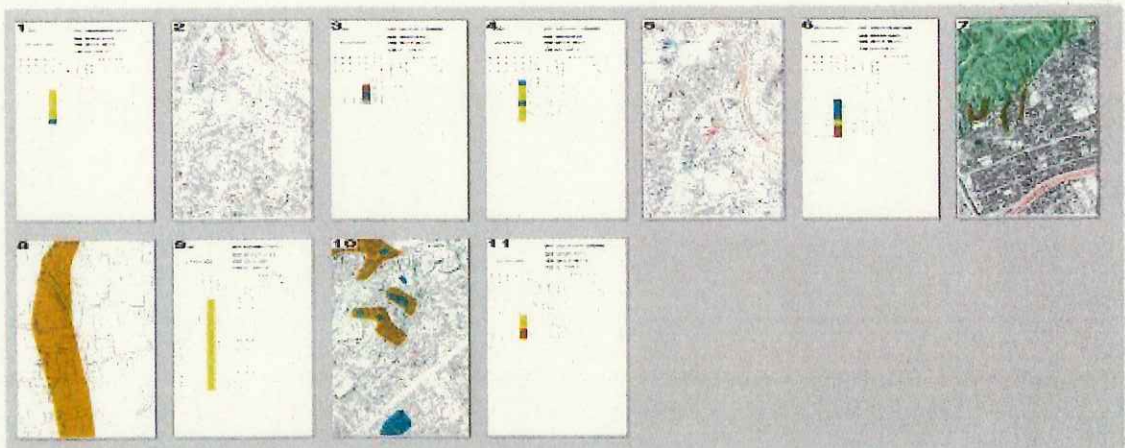
資料収集方法 釜井先生提供資料

**【資料の内容】**

谷埋め盛土のボーリング調査資料6孔分

**【その他】**

**【資料イメージ】**



資料番号 scan02  
資料名 神戸市ボーリングデータ

作成時期 1995年

作成機関 神戸市

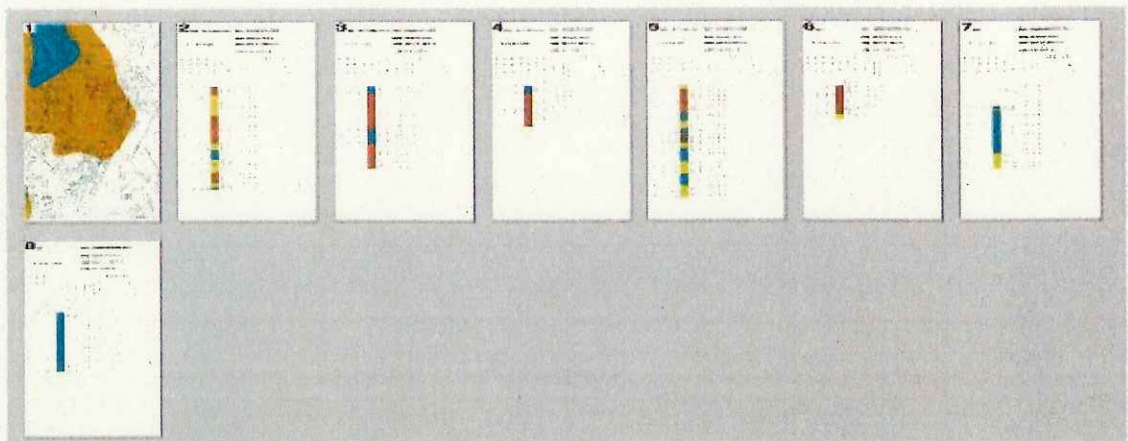
資料収集方法 釜井先生提供資料

**【資料の内容】**

神戸市ボーリングデータ7孔分

**【その他】**

**【資料イメージ】**



資料番号 scan03  
資料名 神戸市ボーリングデータ

作成時期 不明

作成機関 神戸市

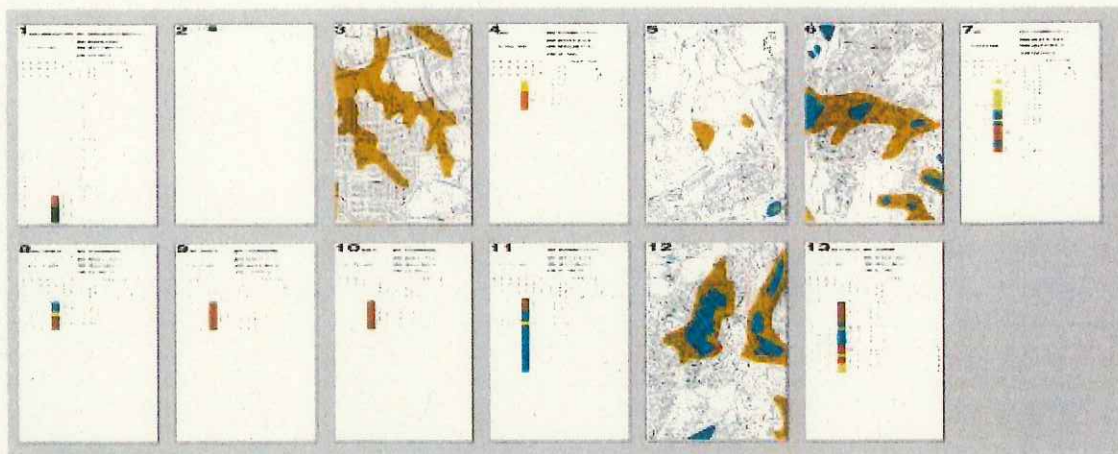
資料収集方法 釜井先生提供資料

【資料の内容】

神戸市の谷埋め盛土ボーリングデータ8孔分

【その他】

【資料イメージ】



資料番号 scan04  
資料名 神戸市ボーリングデータ

作成時期 不明

作成機関 神戸市

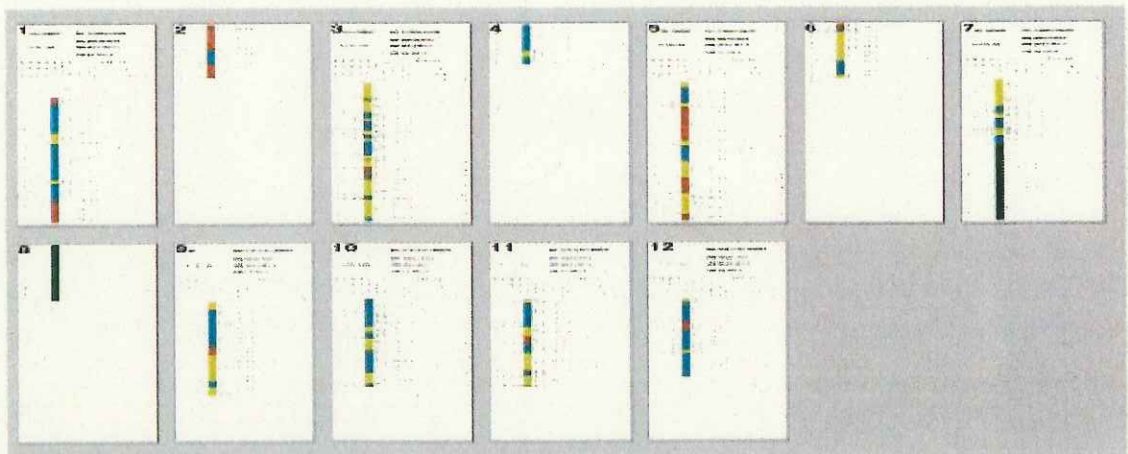
資料収集方法 釜井先生資料

**【資料の内容】**

ボーリングデータ8孔

**【その他】**

**【資料イメージ】**





資料番号 scan05  
資料名 JIBANKUN谷埋め盛土データ

作成時期 不明

作成機関 神戸市

資料収集方法 釜井先生提供

【資料の内容】

JIBANKUNの分布図。

【その他】

【資料イメージ】



資料番号 scan06  
資料名 地震防災土地条件図

作成時期 平成8年

作成機関 国土地理院

資料収集方法 釜井先生提供資料

【資料の内容】

芦屋・西宮

【その他】

【資料イメージ】



資料番号 scan07  
資料名 平成7年兵庫県南部地震災害現況図(第Ⅱ版)

作成時期 1995年4月

作成機関 国土地理院

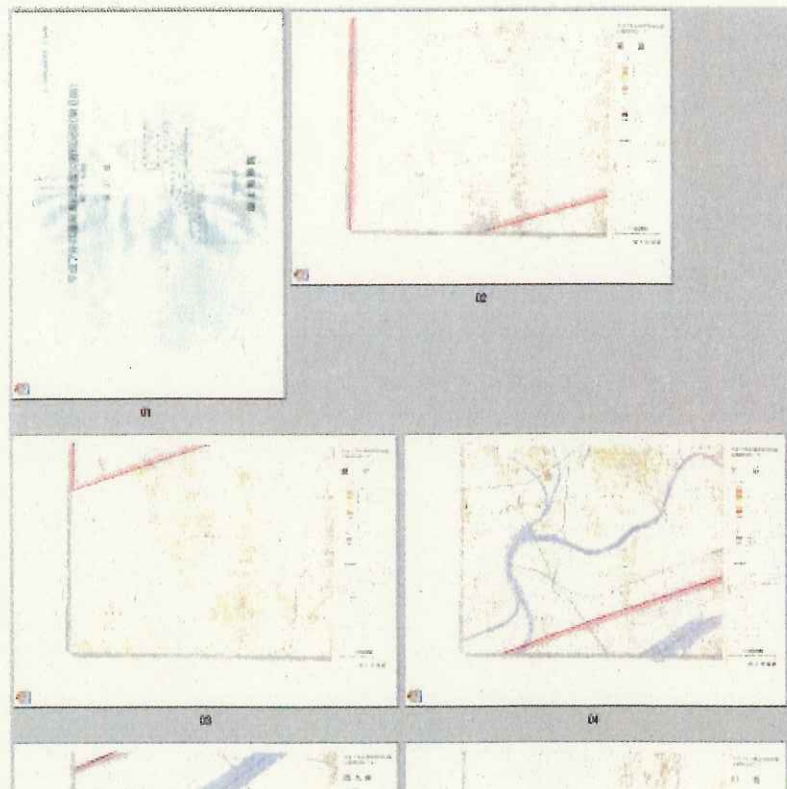
資料収集方法 釜井先生提供資料

【資料の内容】

建物の倒壊・破損、火災、道路鉄道の破損、斜面崩壊・地すべり、液状化、海岸堤防の破損の調査図面

【その他】

【資料イメージ】



資料番号 scan08  
資料名 被災度別建物分布状況図集

作成時期 1995年3月25日

作成機関 日本都市計画学会関西支部・日本建築学会近畿支部都市計画部会

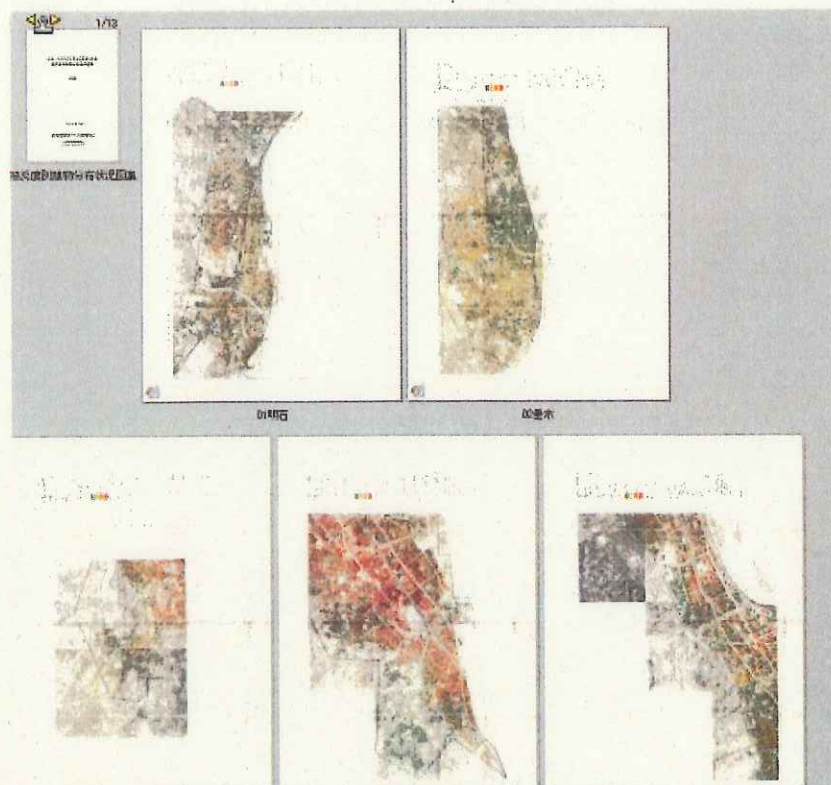
資料収集方法 釜井先生提供資料

【資料の内容】

建物の外観によってとらえられた損壊状況のランク別分布図の作成による被災の全体像の記録。10000分の1図

【その他】

【資料イメージ】



資料番号 scan09

資料名 1995年兵庫県南部地震並びに阪神・淡路大震災に関する地学的調査・研究報告の一覧

作成時期 1997年1月

作成機関 日本学術会議地質学研究連絡委員会

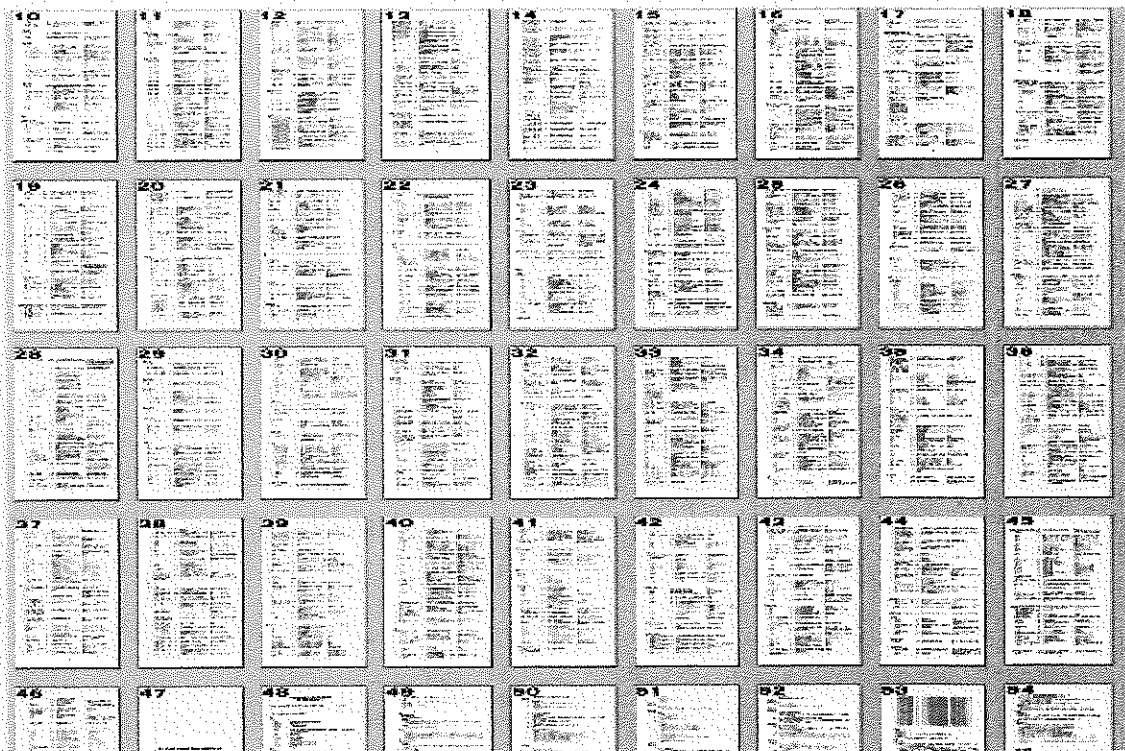
資料収集方法 釜井先生提供資料

**【資料の内容】**

日本大学小坂和夫先生が中心となっておりまとめられた文献リスト集

**【その他】**

**【資料イメージ】**



資料番号 scan10  
資料名 人工地盤における地震被害予測に関する研究  
作成時期 1992年12月  
作成機関 損害保険料率算定会  
資料収集方法 釜井先生提供

【資料の内容】

(財)地震予知総合研究振興会に組織された「人工地盤における地震被害予測に関する研究委員会」によって遂行されたものである。

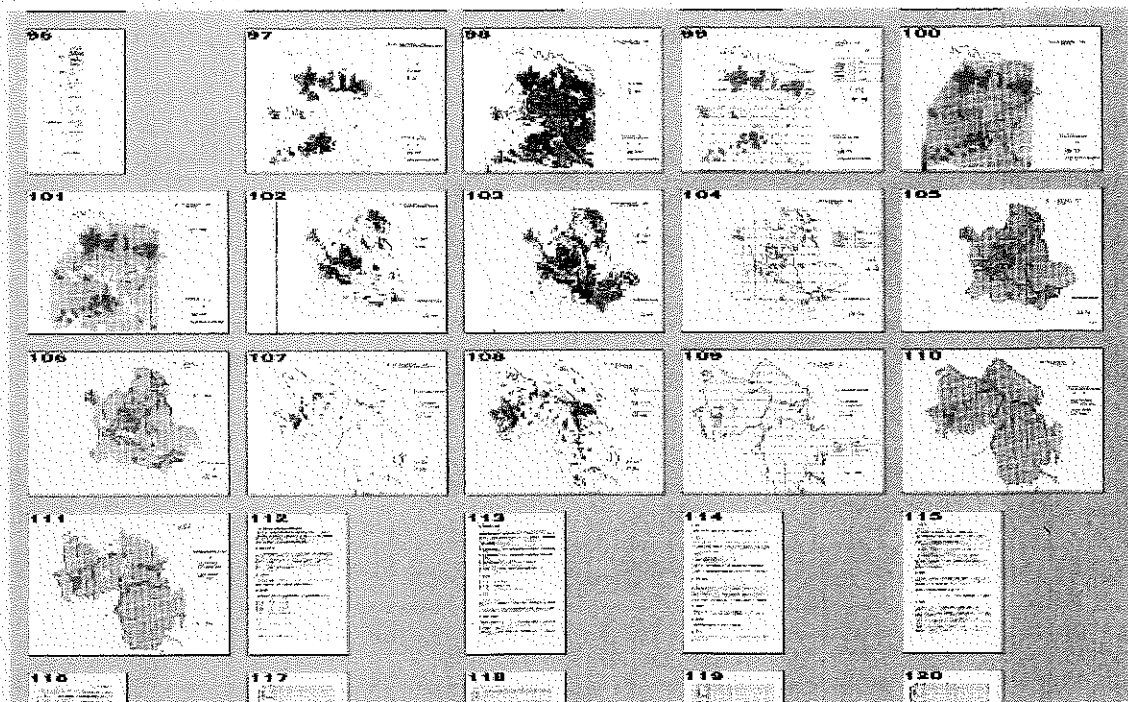
目次

- 1.概説
- 2.宅地開発の変遷と設計関係規定等
- 3.宅地造成地における既往の震害状況の整理と分析
- 4.宅地造成地における危険度評価の方法
  - 4.2.危険度評価の考え方
  - 4.3.既存資料を用いた住宅造成地の判別方法の検討
  - 4.4.造成タイプ、造成年代による危険度の定量化
- 5.まとめおよび今後の課題

【その他】

造成タイプ、造成年代の影響を考慮した危険度の評価手法が提案されている

【資料イメージ】



資料番号 scan11  
資料名 六甲山地周辺人工改変地形分布調査

作成時期 1995年3月

作成機関 株式会社パスコ

資料収集方法 釜井先生提供

**【資料の内容】**

目的) 兵庫県南部地震により六甲山地周辺に発生した地すべりの二時災害防止のために被災地全域における人工改変地形の分布、すなわち地すべりが発生した可能性の高い地域を抽出することを目的とする。

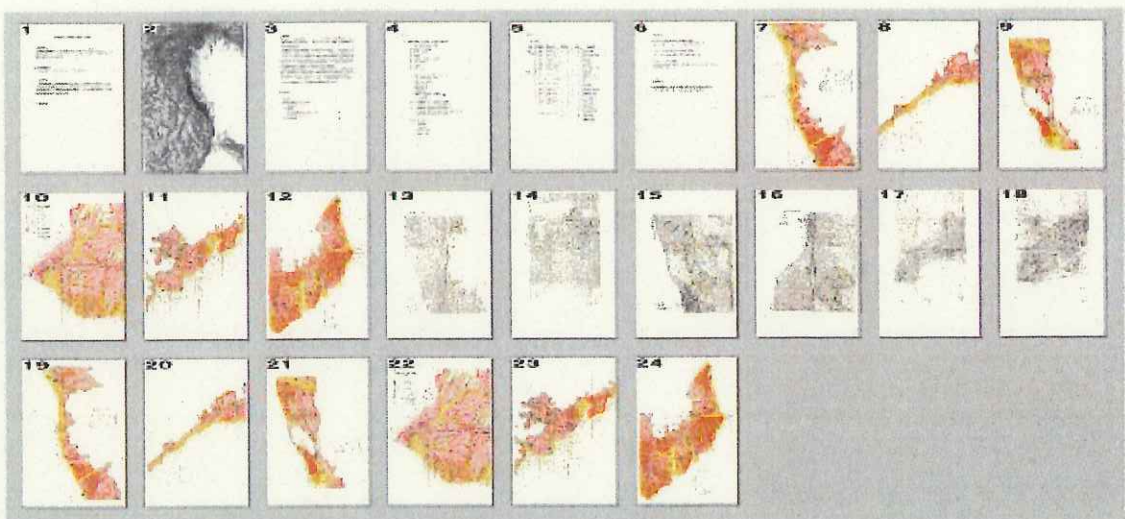
調査対象地域) 兵庫県神戸市、芦屋市及び西宮市の六甲山地周辺地域

調査概要) 空中写真判読による地形分類手法により、主として宅地造成による地形の人工改変が行われた地域を地形図上に表現した。大規模な地形改変が行われる以前の空中写真および地形図等を用いて、原地形に関する地形分類を行い、次にそれ以降の資料を用いて地形改変の種類と規模、時期を明らかにした。

**【その他】**

丘陵地の造成地の範囲を決める材料として用いた

**【資料イメージ】**



資料番号 scan12  
資料名 被災度別建物分布状況図集25,000分の1

作成時期 1995年3月25日

作成機関 日本都市計画学会関西支部・日本建築学会近畿支部都市計画部会

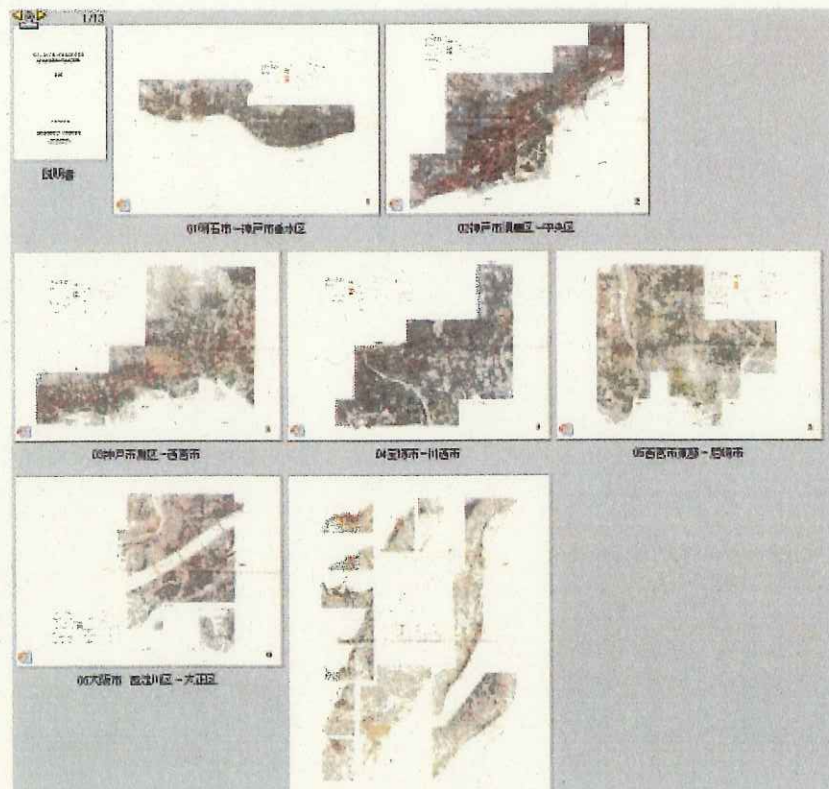
資料収集方法 釜井先生提供資料

【資料の内容】

建物の外観によってとらえられた損壊状況のランク別分布図の作成による被災の全体像の記録。25000分の1図

【その他】

【資料イメージ】





資料番号 scan13  
資料名 谷埋め盛土被災写真(釜井)

作成時期 1995年地震直後

作成機関 釜井先生撮影

資料収集方法 釜井先生からの提供

**【資料の内容】**

代表的な谷埋め盛土の被災写真  
西宮市豊楽町、上ヶ原、仁川百合野町など

**【その他】**

**【資料イメージ】**



資料番号 scan14  
資料名 盛土被災写真

作成時期 1995年地震直後

作成機関 太田撮影

資料収集方法 太田提供

【資料の内容】

仁川百合野町(1995.1.18)、西宮市内

【その他】

【資料イメージ】



資料番号 scan15

資料名 盛土の被災に関する雑誌記事、新聞記事

作成時期 1995年

作成機関

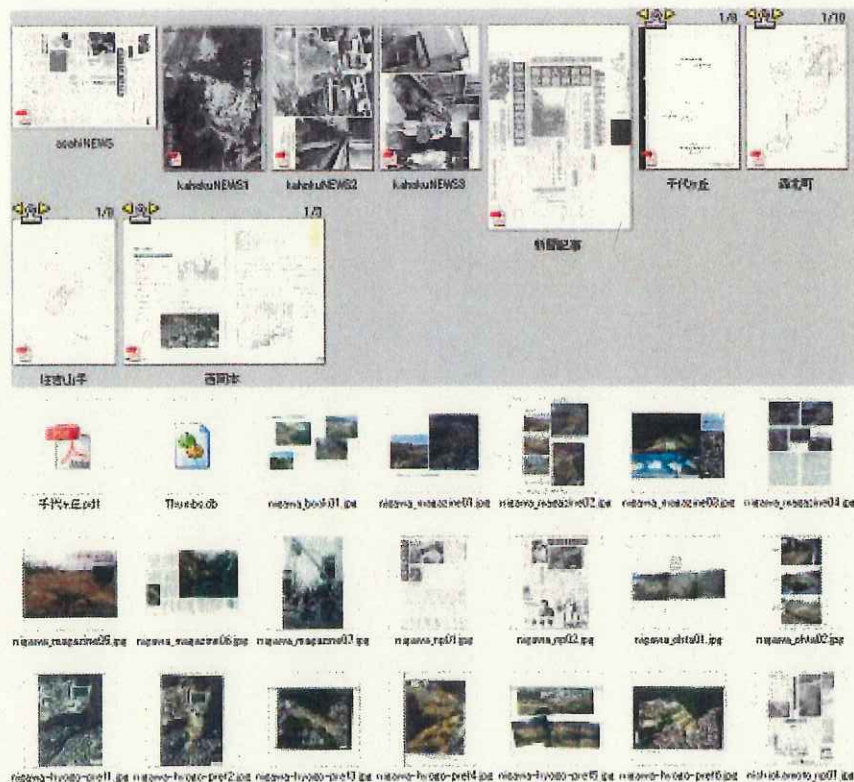
資料収集方法 釜井先生、太田、神戸市等の提供

【資料の内容】

盛土の被災に関する雑誌・新聞記事等、一般市民に向けられて発信された情報を中心に収集

【その他】

【資料イメージ】



資料番号 scan16  
資料名 神戸市宅地被害の状況

作成時期 地震後

作成機関 神戸市

資料収集方法 神戸市より提供

【資料の内容】

地震により被害を受けた宅地の調査票。主に擁壁の被災を中心に取りまとめている。

【その他】

【資料イメージ】



資料番号 scan17  
資料名 被災盛土分布図(釜井)  
  
作成時期 1995年  
作成機関 京都大学防災研究所釜井先生  
資料収集方法 釜井先生より提供

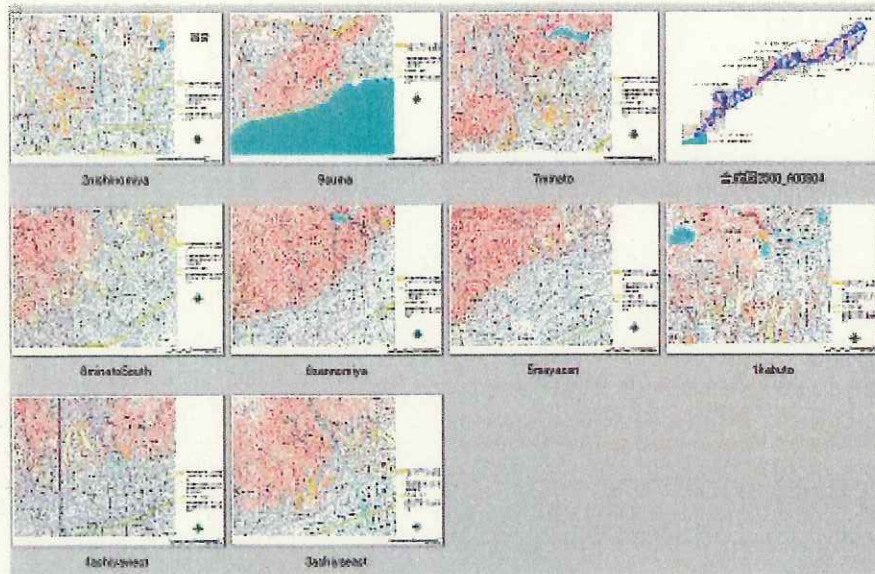
【資料の内容】

阪神間の被災盛土分布図。被災した谷埋め盛土、被災しなかった谷埋め盛土、ため池を埋めた盛土および、亀裂分布図。

【その他】

被災盛土賦存率を算定するための基礎データとして使用

【資料イメージ】



資料番号 scan18  
資料名 地震時斜面災害予測図―宅地盛土地盤―

作成時期 ー

作成機関 京都大学防災研究所釜井先生

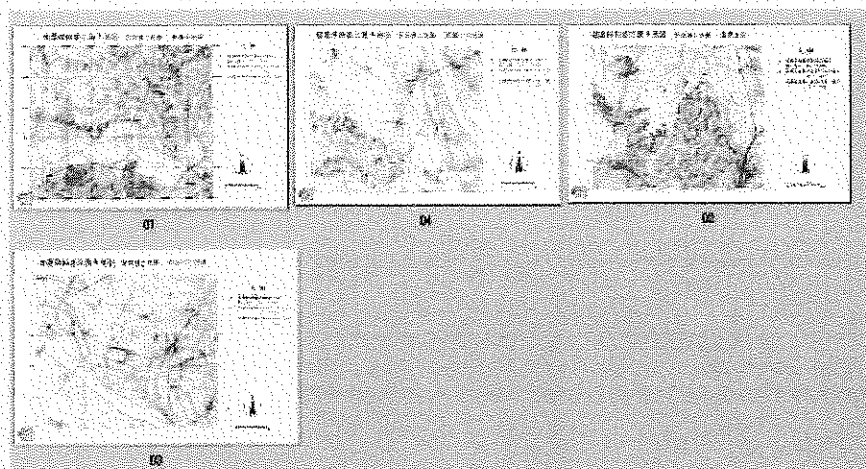
資料収集方法 釜井先生より提供

**【資料の内容】**

釜井先生の予測モデルで判定された首都圏の宅地危険度マップ。  
新横浜・武蔵小杉・鶴見・自由が丘地域のマップ

**【その他】**

**【資料イメージ】**



資料番号 scan19  
資料名 震度分布図(翠川)

作成時期 —

作成機関 東京工業大学総合理工学研究課 人間環境システム専攻 翠川研究

資料収集方法 <http://www.enveng.titech.ac.jp/midorikawa/member/kazu/fig03.htm>

#### 【資料の内容】

兵庫県南部地震の被災地には、当地地震計が少なかったため震度分布をつかむことができなかった。このため翠川研究室では、墓石の転倒調査を行い、墓石の転倒率から地震動の最大地動速度を求め、震度分布図を推定した。

その他の震度分布図のデータも収集したが、主に震災の帯(震度7)の分布を推定しているものが大半であり、広範囲で細かい震度分布図を作成していたのは翠川研究室のものであった。

#### 【その他】

この震度分布図から、震度と谷埋め盛土被災率の関係を導いた

#### 【資料イメージ】



資料番号 scan20  
資料名 釜井文献

作成時期

作成機関 京都大学防災研究所釜井先生

資料収集方法 釜井先生提供

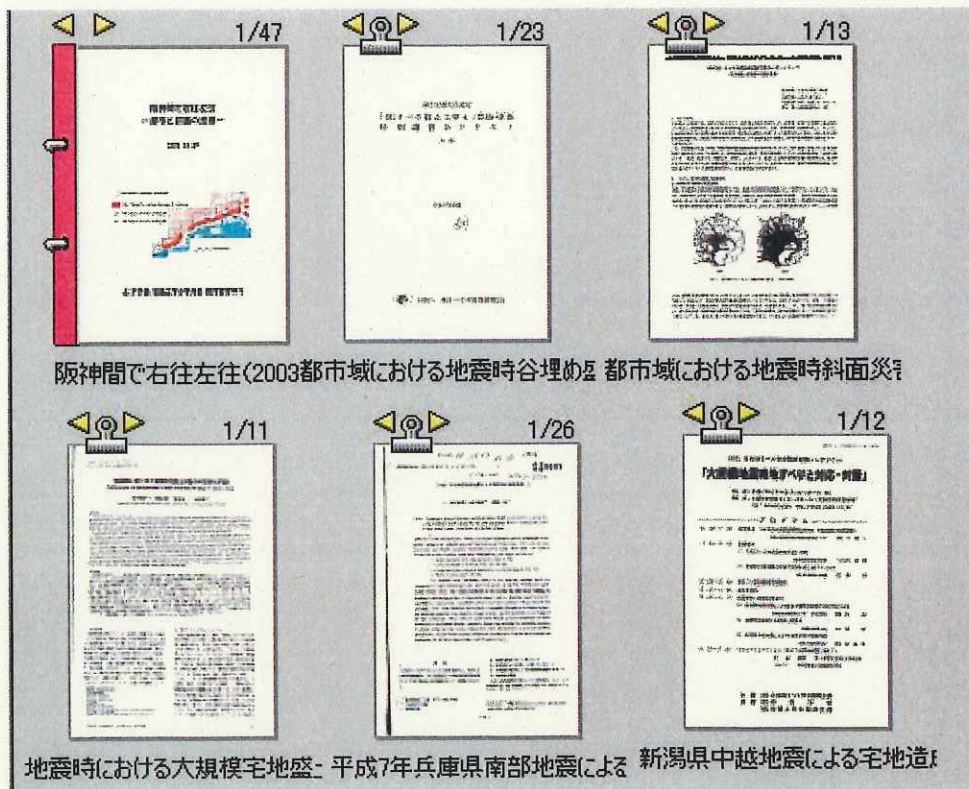
【資料の内容】

- (1) 阪神間で右往左往; 土木学会斜面工学研究小委員会巡検資料
- (2) 都市域における地震時谷埋め盛土地すべり; 平成17年度地すべり防止工事士更新登録特別講習会テキスト
- (3) 都市域における地震時斜面災害のハザードマップ; 平成12年度応用地質学会シンポジウム
- (4) 地震時における大規模宅地盛土斜面の不安定化予測; 日本地すべり学会誌
- (5) 平成7年兵庫県南部地震による都市域の斜面変動; 地質調査所月報
- (6) 新潟県中越地震による宅地造成地の斜面災害; 日本地すべり学会関西支部シンポジウム

【その他】

- (3) 幅/深さ比が最大の不安定化ファクターであることを示した文献
- (4) ニューラルネットワークを用いた最新の斜面不安定化予測手法
- (5) 兵庫県南部地震のデータから谷埋め盛土の地震時危険性を示した最初の文献

【資料イメージ】





資料番号 scan21  
資料名 神戸市宅地開発指導課資料

作成時期 ー

作成機関 神戸市宅地開発指導課

資料収集方法 神戸市より提供

#### 【資料の内容】

- 1) 「よみがえる神戸の山と川」:  
地すべり対策として西岡本地区、有馬の射場山～愛宕山地区の状況・対策工について記載がある。  
急傾斜地対策としては、有馬町(重力式擁壁2箇所)、東灘区鴨子ヶ原(土留横矢板併用重力式擁壁)、垂水区星ヶ丘(アンカー付格子状擁壁)、長田区大丸町(重力式擁壁)、長田区重池町(重力式擁壁)、垂水区星ヶ丘(ルートパイル工法)、兵庫区湊川町(重力式擁壁)、長田区蓮宮町(ルートパイル工法)、東灘区岡本(フリーフレーム工法)についての記載がある。
- 2) 住吉山手6丁目(プール崩壊)、長田区源平町(被災宅地通行止め)、垂水区高丸、神影町その他の資料

#### 【その他】

- 2) には、個人情報が多いので取り扱い注意

#### 【資料イメージ】



資料番号 scan22  
資料名 山古志村宅地被災写真

作成時期 2005年5月

作成機関 太田ジオリサーチ

資料収集方法 太田より提供

【資料の内容】

2004年新潟県中越地震で被災した山古志村(現長岡市)の宅地被災写真

【その他】

【資料イメージ】



資料番号 scan23  
資料名 兵庫県南部地震宅地被害調査(阪神・淡路大震災)

作成時期 1995年7月

作成機関 住宅・都市整備公団、千代田コンサルタント

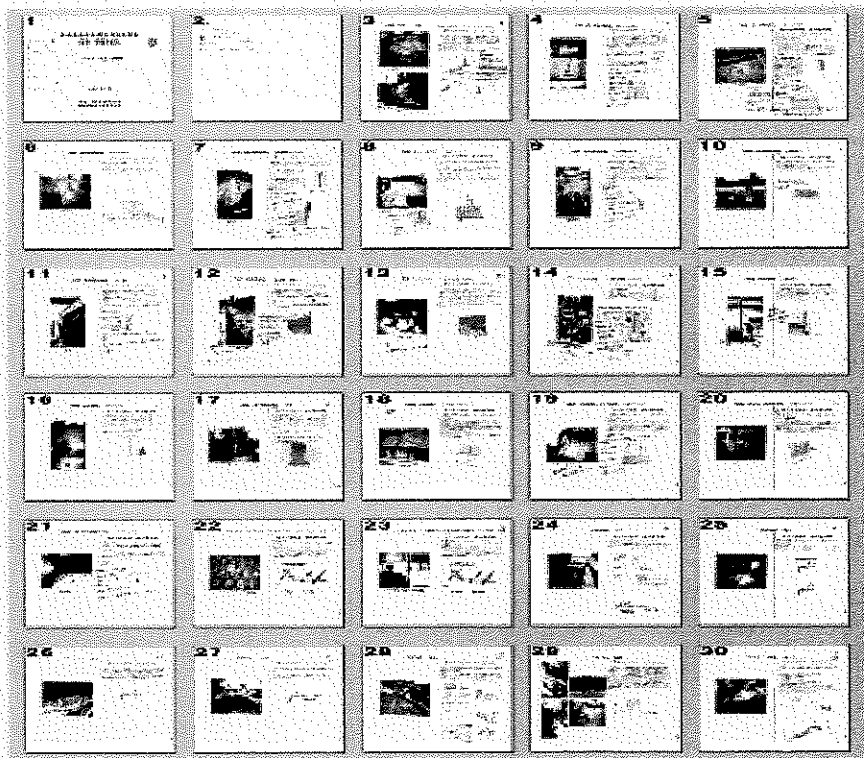
資料収集方法 住宅都市整備公団関係者から借用

**【資料の内容】**

スライド用資料。兵庫県資料と同じ(そのモトになった資料)。

**【その他】**

**【資料イメージ】**



資料番号 scan24

資料名 兵庫県南部地震 明石市の災害と復興への記録

作成時期 1996年1月17日

作成機関 明石市役所

資料収集方法 明石市で購入

**【資料の内容】**

震災1年後に明石市の復興状態を記録したもの。「倒壊家屋と住宅」という項目はあるが、宅地地盤についての記載はほとんどない。明石市の家屋被災マップがある。

**【その他】**

**【資料イメージ】**



資料番号 scan25  
資料名 阪神淡路大震災 宝塚市の記録1995

作成時期 1997年3月1日

作成機関 宝塚市

資料収集方法 宝塚市役所で購入

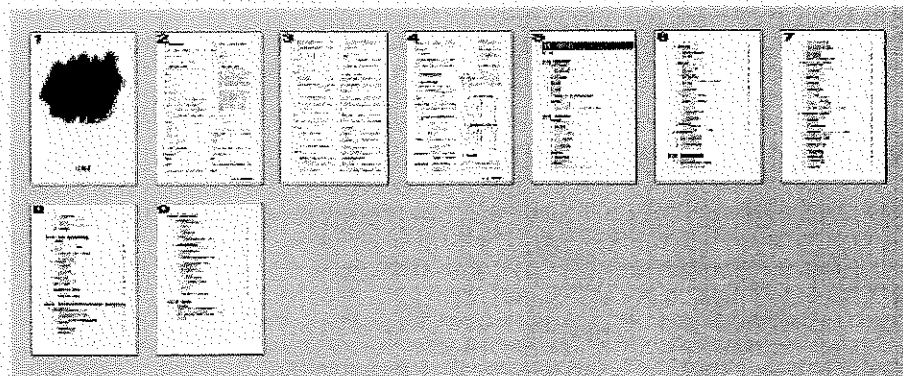
**【資料の内容】**

(3)宅地の被害

宅地の擁壁に崩壊亀裂等が生じたため、宅地造成等規制法に基づき兵庫県から防災措置の勧告及び通知を出した件数は、平成7年5月31日現在、勧告248件、通知235件、合計483件であった。

**【その他】**

**【資料イメージ】**



資料番号 scan26  
資料名 兵庫県の建築行政記録

作成時期 ---

作成機関 兵庫県

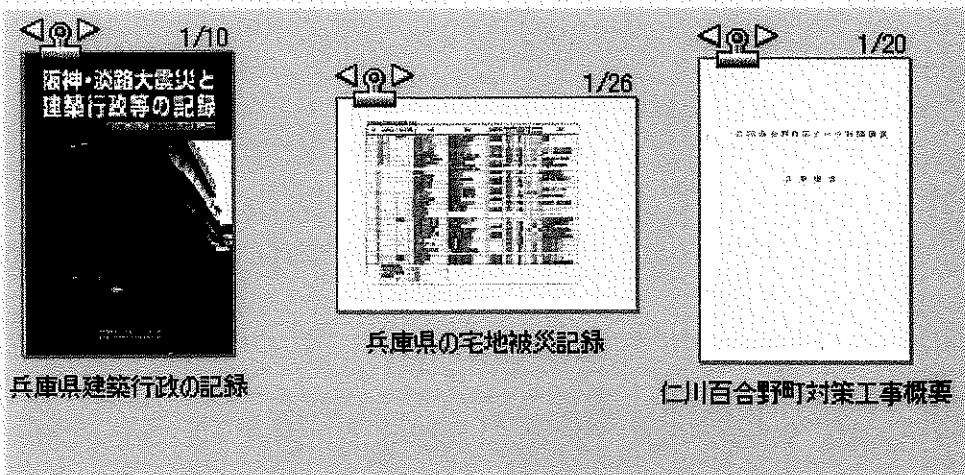
資料収集方法 ヒアリング時に提供を受けた

**【資料の内容】**

- 1) 阪神淡路大震災と建築業政等の記録;被災宅地の二時被害防止と宅地擁壁復旧についての記載がある
- 2) 兵庫県の宅地被災記録;都市公団の調査資料がモトになっている
- 3) 仁川百合野町対策工事概要;2000年の地すべり学会現地見学会資料

**【その他】**

**【資料イメージ】**



資料番号 scan27  
資料名 地質地盤系文献

作成時期 —

作成機関 学会等

資料収集方法 石川浩次氏より提供

【資料の内容】

- 1)アーバンクボタ「谷埋め盛土・ため池跡地」
- 2)土木学会関西支部「大震災に学ぶ」 山崩れおよび宅地造成
- 3)関西地質調査業協会「六甲山地東部の地形地質と地震被害」 地震による土砂災害
- 4)地盤工学会「阪神・淡路大震災調査報告 共通編 第二編地盤・地質」 阪神間内陸部の人工改変地形
- 5)第四紀研究 ”1995年兵庫県南部地震による西宮・大阪地域の震害と地盤構造” 三田村宗樹ほか
- 6)関西自然保護機構会報”1995年兵庫県南部地震による液状化被害と地形の人工改変”三田村宗樹

【その他】

【資料イメージ】



資料番号 scan28

資料名 宅地地盤の安全性と性能評価に何するシンポジウム発表論文集

作成時期 2005年

作成機関 地盤工学会

資料収集方法 購入

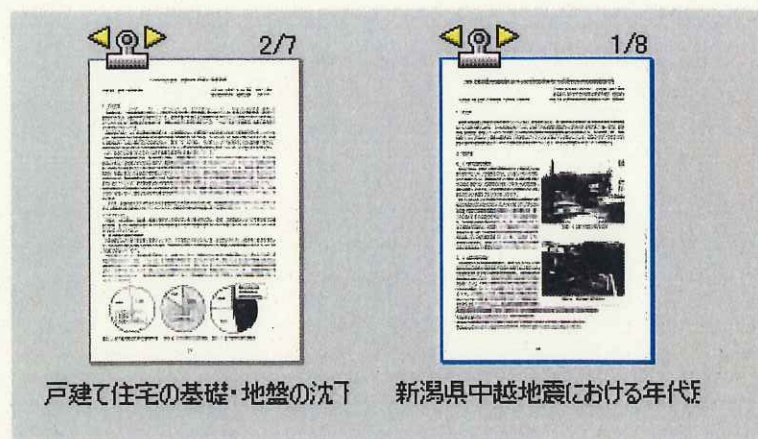
【資料の内容】

1) 松下克也”戸建て住宅の基礎・地盤の沈下障害と地震被害”;住宅会社の報告によれば過去10年間に発生した地震による被害のうち沈下障害を伴うものは、この間の建築実績に対し約0.07%

2) 橋本隆雄”新潟県中越地震における年代別地形図を用いた長岡市内の宅地地盤被害分析” ハザードマップの公表、適切な対策の実施、など。

【その他】

【資料イメージ】





資料番号 scan29

資料名 商用データベースからの文献その他

作成時期

作成機関

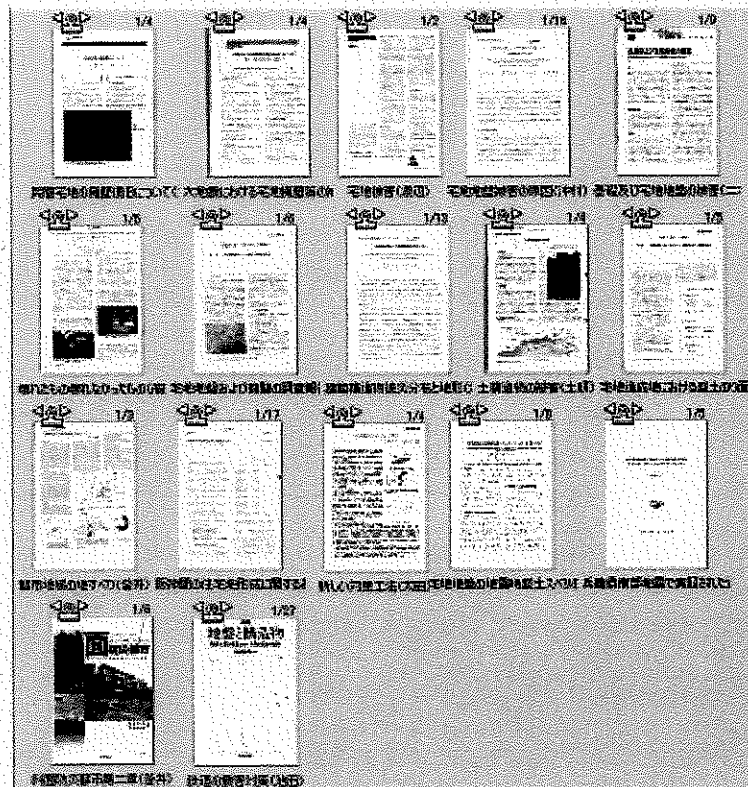
資料収集方法 jicstデータベースなど

### 【資料の内容】

(1)大野宏之”民間宅地の擁壁復旧について”、(2)城戸史郎”大地震における宅地擁壁等の被害を最小限にするために”、(3)渡辺文人”宅地災害”、(4)沖村孝ほか”兵庫県南部地震による宅地地盤被害の原因(その2)”、(5)二木幹夫ほか”基礎および宅地地盤の被害”、(6)高田直俊”壊れたもの、壊れなかったもの”、(7)二木幹夫”宅地地盤および擁壁の調査報告”、(8)兵庫県南部地震による建築構造物被災分布と地形”、(9)土木研究所調査団材料施工班”土構造物関係の被害”、(10)杉浦省悟”宅地造成における盛土法面の安定と維持管理”、(11)KAMAI”landslide in the Hanshin Urban Reasion caused by the 1995 Hyogoken-Nanbu Earthquake,Japan”、(12)坂本勝比古”阪神間の住宅地形成に関する基礎的研究(2)近代日本の大都市郊外住宅形成過程”、(13)太田英将”土塊のない部抵抗を利用した新しい地すべり対策工法”、(14)太田英将”宅地地盤の地震時盛土スベリのメカニズムと対策方法”、(15)太田英将”兵庫県南部地震で実証された造成地盤の危険性”、(16)釜井俊孝ほか”斜面防災都市 第二章 都市型斜面災害の対策”、(17)池田俊雄”地盤と構造物 §16 震害問題について”

### 【その他】

### 【資料イメージ】



資料番号 scan30

資料名 釜井研究室文献、都市域における宅地盛土斜面における以深災害予測図の作成

作成時期 2000年

作成機関 日本大学大学院 小林慶之

資料収集方法 筆者より提供

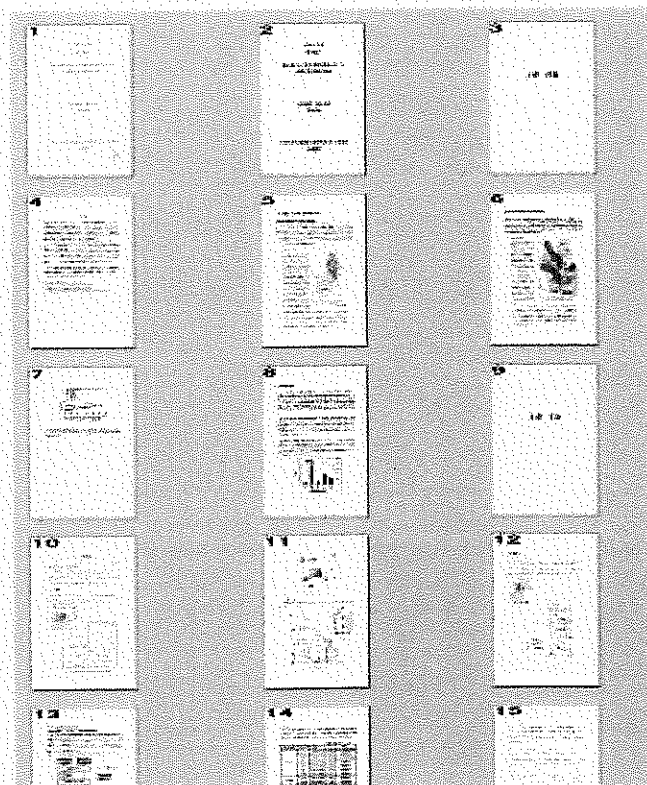
#### 【資料の内容】

釜井俊孝先生の指導の元で、日本大学の小林慶之氏が執筆した修士論文。  
兵庫県南部地震で被災した谷埋め盛土の原因を究明し、幅／深さ比が重要なファクターであることをはじめて明らかにしたものである。

#### 【その他】

兵庫県南部地震で被災した盛土形状等の元データが納められている。

#### 【資料イメージ】



資料番号 scan31  
資料名 日本道路公団中越地震の文献  
作成時期 2005年  
作成機関 日本道路公団  
資料収集方法 「ハイウェイ技術」より

【資料の内容】

(1) 土構造物における被災状況

盛土に崩壊や沈下の変状が発生した。切土法面には崩落は確認されていない。土構造物は地下水で飽和状態にあったことが確認されている。

(2) 災害応急復旧工事

盛土の車線部に至る大規模な崩壊は傾斜地盤、沢部及び切盛境などの盛土上流部が集水地形である箇所が発生した。被災要因は地震動のほかに地下水などの水の影響が考えられるため、工事に当たっては盛土内の排水性を考慮し、盛土材および土嚢の中詰め材は砕石を使用した。沢部の盛土崩壊箇所については湧水が多かったことから水抜ボーリング・大型地下水排水工を設置し盛土内の排水対策をした。

【その他】

【資料イメージ】

