

資料 4

中央防災会議「東海地震に関する専門調査会」
(第10回)

斜 面 崩 壊

平成13年11月27日
中央防災会議事務局

1. 資料収集

今回対象となる、神奈川県、山梨県、長野県、岐阜県、静岡県、愛知県、三重県の7県の急傾斜地データを急傾斜地崩壊危険箇所カルテ（紙データ）から収集し、その位置および属性データ（斜面長、斜面勾配、地盤の状態、湧水の状態等）を入力し、map データとして整備した。

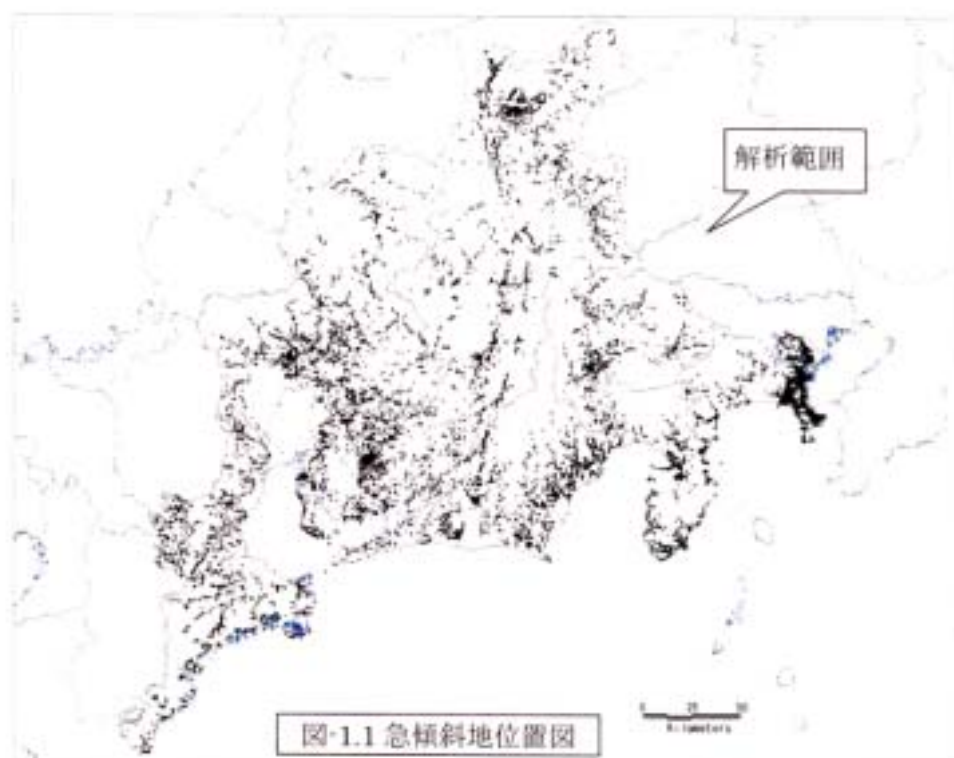
7県の急傾斜地数は国土交通省 HP 等で公開されており、それによると下表に示したとおり 15,321 箇所になる。一方、今回、対象自治体の担当者の協力により収集できた数は 14,886 箇所、全数の 97%である。

表-1.1 危険箇所収集結果

県名	公表されている危険箇所数	今回収集できた危険箇所数	不明数
神奈川	2,038	2,031	▼ 7
山梨	1,112	735	▼ 377
長野	2,392	2,392	
岐阜	2,006	1,957	▼ 49
静岡	3,046	3,046	
愛知	2,214	2,214	
三重	2,513	2,511	▼ 2
合計	15,321	14,886	▼ 433

平成 12 年度から急傾斜地調査は新しい抽出基準で実施されており、現在調査中であり、その数は大幅に増加する見込みである。

以下に収集した斜面データの位置を示す。なお、収集した斜面データは 14,886 箇所である。



2. 地震による崩壊予測手法

2.1. 斜面崩壊予測手法

斜面、急傾斜地の地震時の崩壊予測は、下表に示すように多くの自治体で実施されている。使用するデータは、急傾斜地崩壊危険箇所カルテ（東京、埼玉、静岡）と独自に入手する地形・地質情報（神奈川、千葉、長野）に分かれる。得られる斜面危険度は、東京都が被災戸数であるが、他の県では危険度（崩壊）ランクとして求めている。

予測手法としては既往の地震被害に基づく方法（東京、神奈川、千葉）と地形・地質等から危険度を判定する方法（埼玉、静岡、長野）に2分される。

表-2.1 斜面予測手法一覧（斜面・急傾斜地の地震時の崩壊被害に関する研究、損害賠償料率算定会、H6.6）

都県名	必要なデータ	予測方法	得られる斜面危険度	問題点・留意点
東京都	①急傾斜地崩壊危険箇所 ②「 μ 」に含まれる家屋数	・伊豆大島近海地震等の事例から得られた崩壊回 積率を用いて斜面の崩壊回積率を計算し、これより 被災戸数を算定する。 崩壊回積率＝斜面の長さ×斜面の高さ×崩壊回積率 崩壊回積率＝崩壊回積率×（斜面の高さ×2） 被災戸数＝総戸数×（崩壊回積率×斜面の長さ） ・斜面を崖・崩壁・複合の3種類に分類してそれ ぞれに被災戸数を算定。	・被災戸数	・検討対象を急傾斜地 のみに限定。 ・斜面の形状（崖・崩 壁・複合）の情報が必要。
神奈川県 千葉県	・勾配度、起伏量、岩石のか たさ、崩壊の長さ、人工斜 面の長さ、地表最大加速度 斜面の水平長	・0～7つの項目（アイテム）のカテゴリーウェ イトの合計から平均傾点を計算し、崩壊ランクを 決める。各崩壊ランクには平均崩壊率が与えられ ている。	・崩壊ランクと斜面 平均崩壊率	・各項目の選定に手間 がかかる
埼玉県	①急傾斜地崩壊危険箇所 ②地すべり地 ③常時の崩壊危険度ランク ④観測点毎の震度	・常時の危険度ランクを基に想定地震の震度（4 ～6+の6段階）に応じて危険度ランクをA～ Cの3ランクで設定する。 ・常時の危険度は、地質原因、地質土質状態、地 層構造などの検討・選定から決められている。	・被害危険度ランク A：高い B：やや高い C：低い	・地震時の被害は暫年 であるが、常時の危険 度ランクの決定に手間 がかかる。
静岡県 (1988) (1990)	①急傾斜地崩壊危険箇所 ②地すべり地 ③大規模崩壊危険箇所 ※1988年は①のみ	①過去の急傾斜地崩壊危険箇所の被害率より推定 ②各斜面を地質・地層等の要素点と地震力の両方 から危険度を決定 ※①は1988年、②は1990年	・被害危険度ランク A、B、Cの3ラ ンク	・1990年の方法では、 斜面崩壊危険度の選定に 手間がかかる。
長野県	・傾斜、地質条件 ・震源からの距離	・傾斜と地質条件及び想定地震の震源距離より得 られる評点（加減法または上位規定法）で危険度 を評価する。 ・土砂災害危険度を、崩壊、地すべり、土石流の 3つで評価する。	・崩壊、地すべり、 危険度を1～8の点 数で表す。・3つの 災害を総合（上位規 定法）して土砂災害 危険度を決定する。	・評点に地域傾斜性が 強く現れていると考 えられるので、そのま まの形では全国への適用 は難しい。

今回の予測対象は、7県と広範囲にわたることから均質なデータとして入手可能な急傾斜地崩壊危険箇所カルテを用いた。カルテの評価項目は表-2.1.1 カルテ評価項目に示したように58年度から時代を経て徐々に増えてきている。本業務で、対象県全てで入手できた評価項目データは平成8年度版の評価項目である。

急傾斜地崩壊危険箇所カルテを用いた地震時斜面危険度評価としては、東京都、静岡県が過去の地震災害事例より崩壊、災害率を求め評価の基準としているのに対して、埼玉県では、建設省が昭和61年に示した評価点数ベースに、その後示されたシラス斜面解析な

どの評価点数を参考にして評価点数を決めている。

このほか急傾斜崩壊危険箇所カルテを用いた評価法としては、ファジィ理論による評価手法の検討（土木研究所、財）砂防・地すべり技術センター、1997）がある。ファジィ理論を用いた解析は調査者の主観を可能な限り除去する観点から検討され、地震時の危険度判定も考慮した構成となっているが、現在、実証検討段階である。

表-2.1.1 カルテ評価項目

昭和58年度	昭和62年度	平成8年度	ファジー解析	宮城県
斜面高	斜面高	斜面高	斜面の高さ	斜面高
斜面勾配	傾斜度	斜面勾配	斜面勾配	斜面勾配
横断形状 (オーバーハング)	(オーバーハング) 横断形状	オーバーハング	横断形状	オーバーハング
地表の状況		地盤の状況	地盤の状況	斜面地質
表土の厚さ	表土の厚さ	表土の厚さ	表土の厚さ	表土の厚さ
湧水	湧水	湧水	湧水の状況	湧水
崩壊履歴	崩壊履歴	崩壊履歴	崩壊履歴 (隣接斜面)	崩壊履歴
		斜面形状	(斜面形状)	
		風化度合 (状況)	風化度合	
		岩盤の亀裂	基盤地質構造 (亀裂)	
		植生の種類 (遷急線)	植生の状況 遷急線	

既往地震被害に基づく方法は適応が簡単であるが、判定結果が既往震害特性（地震動等）を強く反映したものになる。地形・地質に基づいて判定する方法は、各斜面の特性を反映できるという点では良い方法であるが、広い範囲に適用するにはかなりの手間がかかるという難点があったが、近年急傾斜崩壊危険箇所カルテが整備され、適用の条件は整ったと考えられる。

建設省が示した評価点数は、数量化Ⅱ類を用いた判別解析をベースにしたもので、その後の災害実績との比較検証も多く実施され、評価点数の配分にも改訂が加えられている（表-2.1.2）。しかし、これらの点数は、降雨に伴う危険度評価と地震時の評価の関係が明確でない問題がある。

一方、地震による急傾斜地崩壊の危険度評価の研究は、安江、仲野 1979、山口、川辺 1982、など多くある。

地震時に崩壊が発生しやすい斜面として、傾斜が急なほど起こしやすく、また斜面の縦断形も凹型より凸型の所の方が崩壊を起こしやすという傾向がいわれている。

斜面の横断形については、降雨の場合に谷型が多いという傾向は地震の場合には表れない。幾つかの要因について数量化解析を行い、そのレンジから判断した事例では斜面角、比高、縦断形などが危険度判定に関与する度合いが大きいという結果となっている。崩壊した土砂の到達範囲は降雨の場合に比べ比較的狭い。崩壊源は比較的斜面の高い位置にあり、またき裂の多い岩の斜面での崩壊も多い。震源に近いほど崩壊の発生数が多いという報告は幾つかある。

地震加速度との関係で整理すると指数関数的である。また崩壊は震央に対して 50～60°の向きで起こっているものが多いという報告もある。

カルテを用いての地震時斜面崩壊予測の問題は、評価項目の重み付け（配点）と、加速度や震度階との対応の2点であるが、表-2.1.1 に示した埼玉県の評価方法をベースに行っ

た宮城県の例では、震度階を用いた評価方法で、宮城県沖地震での斜面災害実績との比較も行われ良い相関があると報告されている。

2.2. 斜面崩壊予測手法の選定

今回の斜面崩壊予測手法として埼玉県方式をさらに改良し、宮城県で実施された地形・地質に基づいて判定する方法（以下宮城県方式あるいは急傾斜崩壊危険箇所カルテを用いた地震時斜面危険度予測方式と呼称）を以下の理由から、用いる。

- ① 7県と広範囲にわたる地形・地質・斜面状況などが均質なデータとして入手可能なのは斜面カルテである。
- ② カルテを用いて地震時の斜面危険度評価を行っているのは埼玉県方式（1982）、横浜市方式（1987）、宮城県方式（1987）で、そのうち地震動（震度階）との関係で評価しているのは埼玉県方式と宮城県方式である。
- ③ 埼玉県方式では震度Ⅳ、Ⅴ、Ⅵについて評価しているが、宮城県方式では～Ⅳから～Ⅵ+の4段階で評価していて、現在の震度階とほぼ対応している。
- ④ さらに、従来「急傾斜崩壊危険箇所カルテを用いた地震時斜面危険度予測方式」の弱点と見られていた震度階との対応について、宮城県方式では、宮城沖地震などでの実績との比較検討が行われていて、よい相関があると報告されている。
- ⑤ 最近の地震時の危険度評価としてファジー解析による評価が行われているが試行段階で、その評価法、評価結果などは公開されていない。また、震度階との対応もこれからの検討課題である。

表-2.1.2 今までに実施された危険度評価の評価点の変遷

	建設省基準(昭和41年度)	国土の耐震性検討委員会(日本建設院 1979, 埼玉県1982, 宮城1983)	経費危険度判定基準(横浜市1987)	本業務
	自然斜面人工斜面			
斜面高さ	10m以上 10m未満	1 30m以上 2 30m以上<30 3 15m以上<30 4 5m以上<15	10 30m以上 11 30m以上<30 12 15m以上<30 13 5m以上<15	10 30m以上 11 30m以上<30 12 15m以上<30 13 5m以上<15
傾斜度	40°以上 40°未満	1 30°以上 2 30°以上<45° 3 15°以上<30°	1 30°以上 2 30°以上<45° 3 15°以上<30°	1 30°以上 2 30°以上<45° 3 15°以上<30°
オーバーハングの有無	有 無	1 構造物のない斜面のオーバーハング 2 構造物のある斜面のオーバーハング 3 オーバーハングなし	1 構造物のない斜面のオーバーハング 2 構造物のある斜面のオーバーハング 3 なし	1 構造物のない斜面のオーバーハング 2 構造物のある斜面のオーバーハング 3 なし
崖土の厚さ	2.5m未満 2.5m以上	1 2.5m未満 2 10.5m以上	1 2.5m以下 2 10.5m以上	1 2.5m以上 2 10.5m以下
湧水などの有無	有 無	1 有 2 無	1 有 2 無	1 崖脚湧水あり 2 崖内湧水あり 3 湧水が崖脚にため 4 湧水は湧き
斜面の形状 (急で、急傾斜度)	有 無	1 急傾斜以上 2 急傾斜未満 なし	1 急傾斜以上 2 急傾斜未満 なし	1 急傾斜地がある 2 急傾斜地がある 3 急傾斜地認められない
斜面の地質 (斜面の地質)	新鮮な凝結礫系 不透水性粘土に凝結礫 透水性粘土の地層が分布 一帯シラス 固結シラス	1 斜面の表面に粘土、浮石が多い 2 粘土の層に浮石が多い 3 粘土、安山岩の発達した地 層より土砂 4 粘土、安山岩 5 礫岩の発達した地 層 6 土砂 7 粘質土 8 礫岩の発達していない地	1 斜面の表面に粘土、浮石が多い 2 粘土の層に浮石が多い 3 粘土、安山岩の発達した地 層より土砂 4 粘土、安山岩 5 礫岩の発達した地 層 4 土砂 1 粘質土 2 礫岩の発達していない地	1 粘土の層に粘土、浮石が多い 2 粘土の層に浮石が多い 3 粘土、安山岩の発達した地 層より土砂 4 粘土、安山岩 5 礫岩の発達した地 層 4 土砂 1 粘質土 2 礫岩の発達していない地
植生	竹林 草地 広葉樹(20年程度) 広葉樹(20年程度以上) ナシ	1 1 2 2		
斜面形状				凸型崖脚斜面 直壁崖脚斜面 凹型崖脚斜面 凸型崖脚斜面 直壁崖脚斜面 凹型崖脚斜面 凸型崖脚斜面 直壁崖脚斜面 凹型崖脚斜面
崩壊形状				オーバーハングがある 斜面上部に凹凸がある 斜面下部に凹凸がある 平坦な斜面である
崖脚				崖脚が非常に脆弱 崖脚が脆弱 崖脚が堅固

2.3. 急傾斜崩壊危険箇所カルテを用いた地震時斜面危険度予測

「急傾斜崩壊危険箇所カルテを用いた地震時斜面危険度予測方式（宮城県方式）」の危険度判定基準（点数表）および震度による判定ランクの振り分け表を下表に示す。

表-2.2 急傾斜地地震対策危険度判定基準

項目	小項目名	点数	備考
①斜面高 (H) m	H < 10	3	
	10 ≤ H < 30	7	
	30 ≤ H < 50	8	
	50 ≤ H	10	
②斜面勾配 (α)	α < 1:1.0	1	
	1:1.0 ≤ α < 1:0.6	4	
	1:0.6 ≤ α	7	
③オバ・ハゲ	構造物のない斜面のオバ・ハゲ	7	岩の斜面などで一見してオバ・ハゲと見られるもの
	構造物のある斜面のオバ・ハゲ	4	
	なし	0	
④斜面の地盤	斜面の表面に転石・浮石が多い	10	上位のものを用いる。例えば、土砂で表面に転石・浮石が多いものは10点とする。
	切土法面に玉石が多い	7	
	風化変質・亀裂の発達した岩	6	
	硬湿りり土砂	5	
	風化変質した岩	4	
	亀裂の発達した岩	4	
	土砂	4	
粘質土	1		
⑤表土の厚さ	0.5m以上	3	表土とは表面の腐植土・表土有機質を指す。但し、表土下に非常に不安な崩石があれば、それも含める。
	0.5m以下	0	
⑥湧水	有	2	常時見られる湧水を指す。
	無	0	
⑦落石・崩壊頻度	年1回以上	5	道路交通または道路構造物に損傷を与えない程度の軽微な落石・法崩れ等を指す。
	年1回未満	3	
	なし	0	
合計			

表-2.3 震度による判定ランクの振り分け（宮城県）

震度	基準要素点	13点以下	14～23	24点以上
	6強～7		A	A
6弱		B	A	A
5強		C	B	A
5弱		C	C	B
4		C	C	C

本方式は、斜面、急傾斜の特性を表-2.2に示した点数で表現し、その合計点数を表-2.3に示した基準要素点と震度のクロスチェック表に当てはめ、斜面毎に崩壊危険度ランクを設定する。

今回収集した斜面カルテの属性データから、表-2.2に適合するデータを用いて斜面毎の基準要素点を算出し、別途解析される震度分布と照合することで、崩壊予測を行った。

2.3.1. 斜面カルテの読み替え

斜面カルテの調査内容と記載内容を表-2.4 に示した。

斜面カルテは斜面を踏査した内容を土砂災害危険箇所調査結果データベース作成マニュアルにしたがって、記号化したものである。

したがって、上記した表-2.2 の斜面特性要素とは若干異なる。このため、この斜面カルテを表-2.2 に対応可能なように読み替える必要がある。

特に読み替えが必要となるのは、表-2.2 に示す斜面特性③④⑥⑦であり、下表に示すルールで読み替えた。

表-2.5 斜面カルテ読み替えルール

③オーバーハング

カルテ番号	⑤-32	斜面区分	
横断形状	②-13	1	2
	1	7	4
	2	0	0
	3	0	0
	4	0	0
	5	0	0
	6	0	0

④斜面の地盤

判定基準④ 斜面の地盤	カルテ番号②-26 地表の状況				
	1	2	3	4	5
10	○				
7					
6		○			
5			○		
4					
4					
4					
1				○	
0					○

⑥湧水

判定基準⑥ 湧水	カルテ番号②-19湧水の状況				
	1	2	3	4	5
2	○				
0		○	○	○	○

⑦落石・崩壊頻度

判定基準⑦ 落石・崩壊	カルテ番号②-33 崩壊履歴		
	1	2	3
5		○	
3	○		
0			○

2.3.2. 対象斜面の基準要素点

上記のルールにしたがって、各斜面の基準要素点を算出し、図-2.1 に図化した。基準要素点が14～23点のものが全体の75%を占め、全表-2.3 との関連で見ると、震度6弱以上でこれらは危険度Aとなる。また、基準要素点24点以上は名古屋市、豊田市、岡崎市、鳥羽市、磐田郡、鎌倉市、横浜市、横須賀市など、都市化の進んだ地域に多くあるようである。

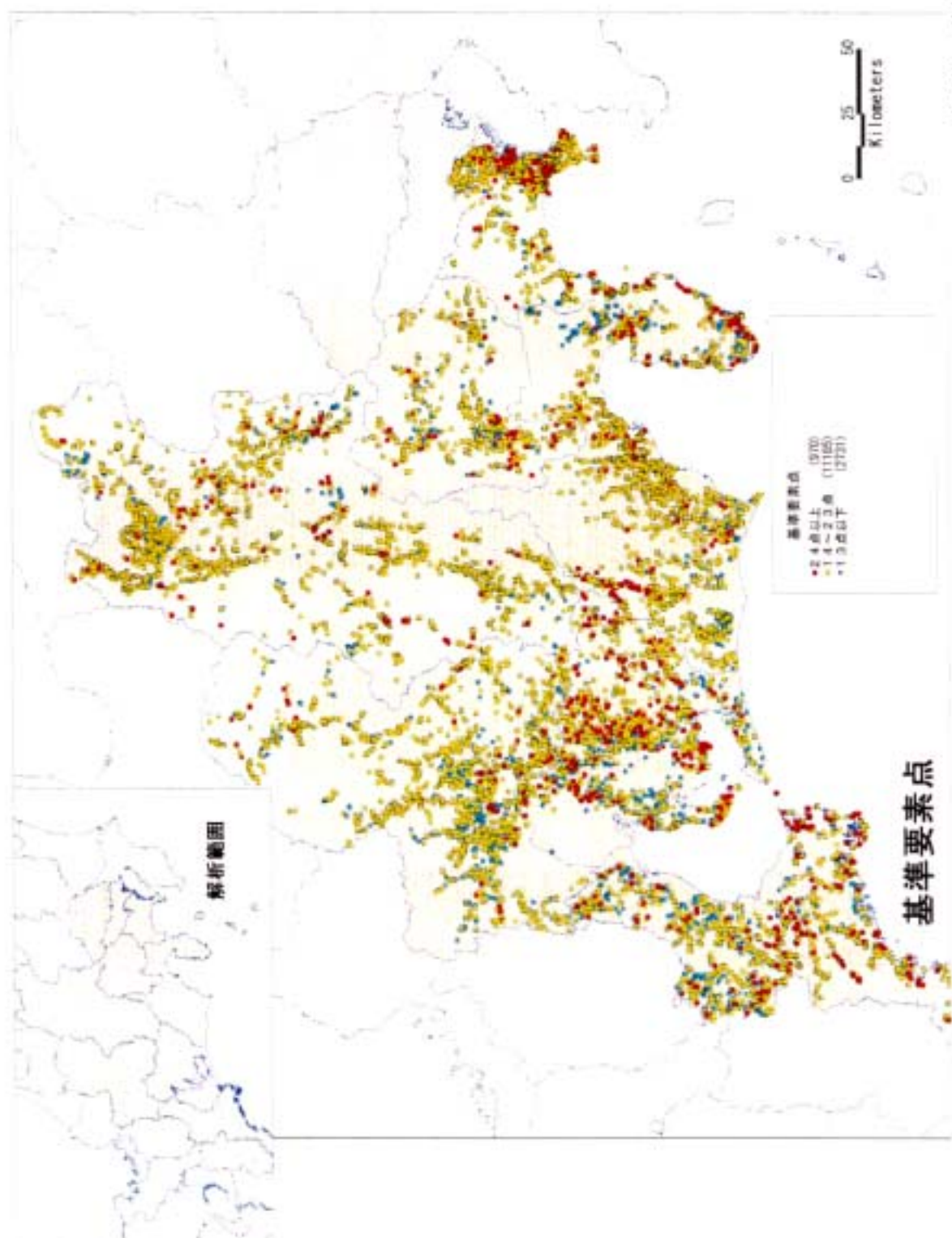


图-2.1 基準要素点

3. 斜面崩壊予測

1) 震度分布

以上のように斜面データを整備したうえで、別途算出された震度分布（図-3.1）について斜面の崩壊予測結果を示す。

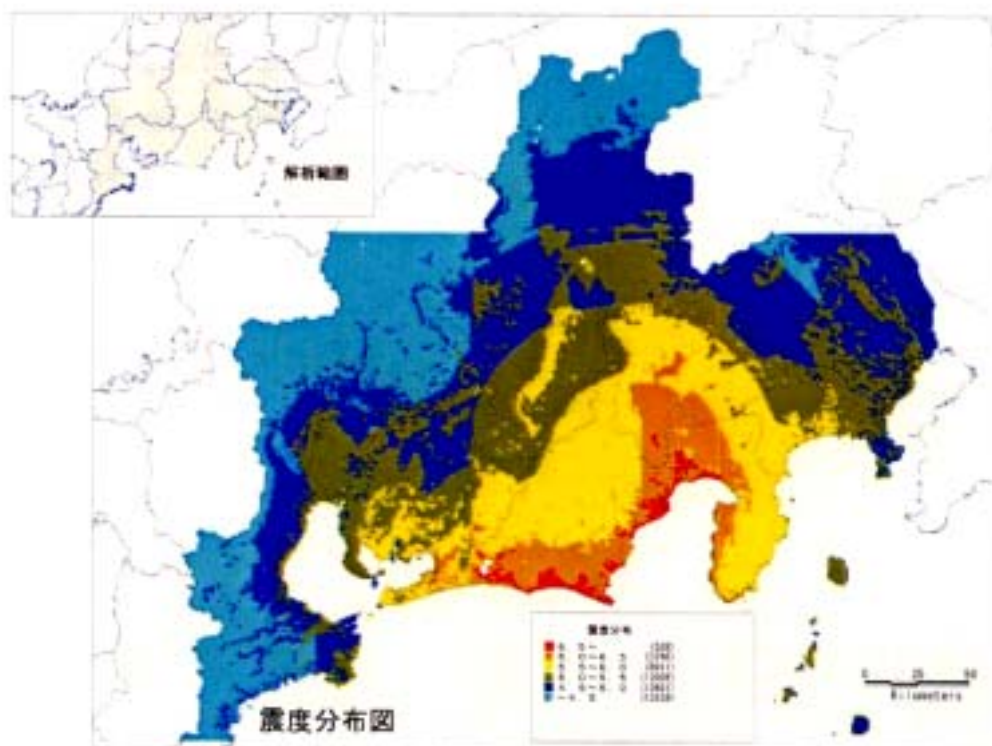


図-3.1 震度分布図

土砂災害警戒区域及び土砂災害特別警戒区域のイメージ
[数値資料の参照]



図-3.3 斜面における警戒区域のイメージ
(国土交通省 HP より)

2) 個別斜面の危険度

個別斜面の危険度は、図-2.1の基準要素点および図-3.1の各地点の震度から、表-2.3の危険度ランク表を用いて、算出した。なお、前述したように斜面の75%を占める基準要素点14~23点は震度6弱でその評価が大きく分かれることから、震度6弱以上の地域に対する個別斜面の危険度を表示した（図-3.2）。

また、震度6弱以上という縛りをなくした場合の個別斜面の危険度分布を図-3.6に示した。

3) メッシュ毎の危険度

1kmメッシュ毎の危険度ランクは、危険斜面に対して、土砂災害防止法で定義される警戒区域（図-3.3）の面積を算出し、その面積が1kmメッシュに占める割合で示した。

具体的には、斜面カルテより対象斜面の幅、高さ、勾配が既知であるため、高さおよび勾配から図-3.3に示す警戒区域（長さ）を算出し、それに幅を乗じて、震度6弱以上の地域について、警戒

区域の面積を求め、その分布を図示した。また、1km メッシュの中に数箇所危険斜面がある場合その面積は総和とした。

メッシュ毎の危険度のランキングは0～5(%)、5～10(%)、10～20(%)、20～50(%)および50(%)以上の5区分とした。対象とした自治体の警戒区域面積の平均は約20,000m²で、危険斜面一箇所につき、保全対象家屋は約10戸である、したがって、メッシュ毎の危険度の対応は、ほぼ表-3.1に示したとおりとなる。

表-3.1 メッシュ毎のランキングの対応

メッシュ中に示す警戒区域の面積比(%)	危険箇所数(箇所)	保全人家数(戸)
0～5	0～3	0～30
5～10	3～5	30～50
10～20	5～10	50～100
20～50	10～25	100～250
50%以上	25箇所以上	250戸以上

震度6弱以上で、警戒区域の面積を求める危険度をAランクのみとした場合のメッシュ毎の危険度を図-3.4に示し、危険度AおよびBを対象とした場合のメッシュ毎の危険度分布は図-3.5に示した。

また、震度6弱以上という縛りをなくした場合の危険度Aランクの警戒区域面積が1kmメッシュ内に占める面積比率の分布を図-3.8に対象斜面の危険度ランクをAおよびBした場合の警戒区域面積が1kmメッシュ内に占める面積比率の分布を図-3.9に示した。

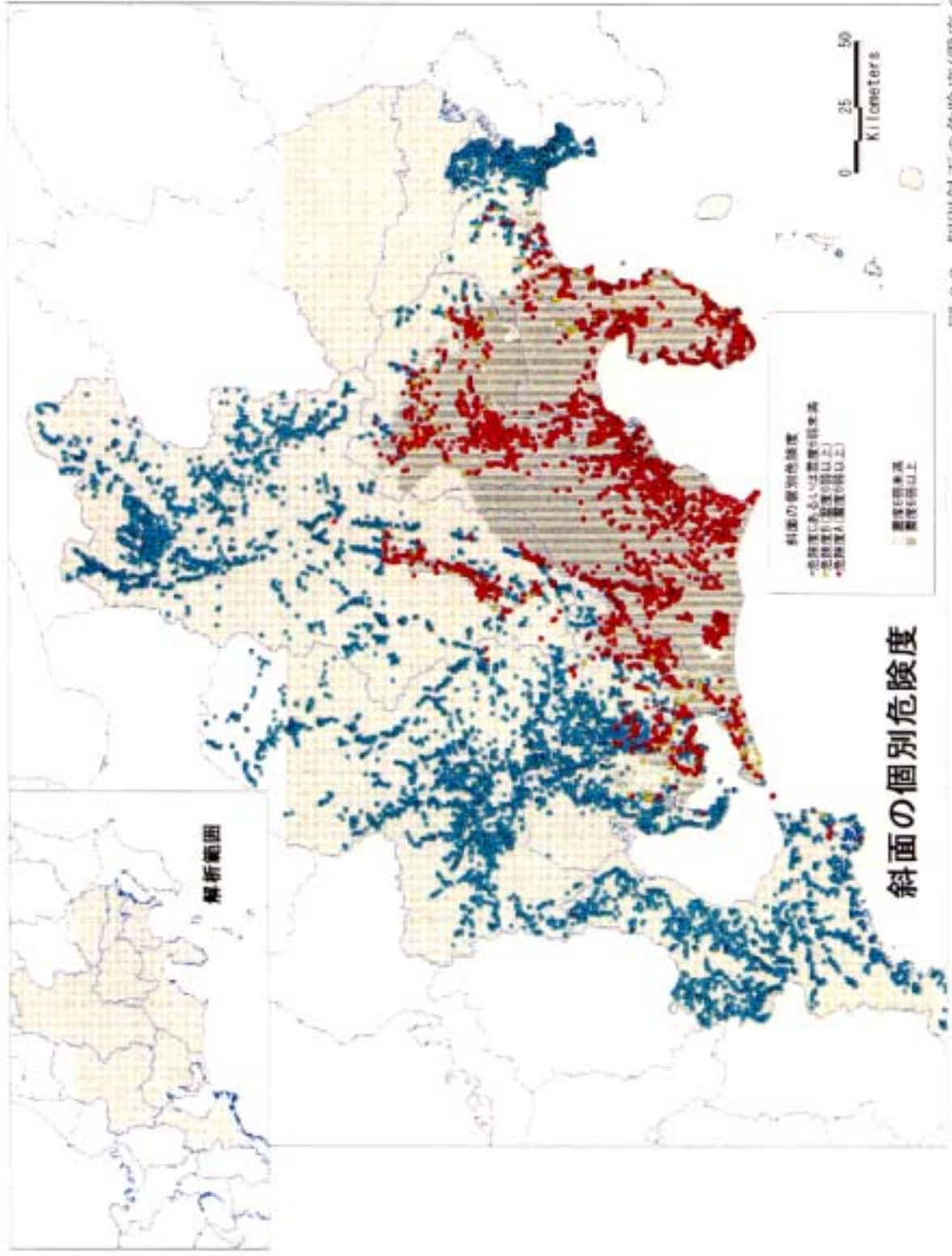


図-3.2 個別斜面の危険度(震度 6弱以上)

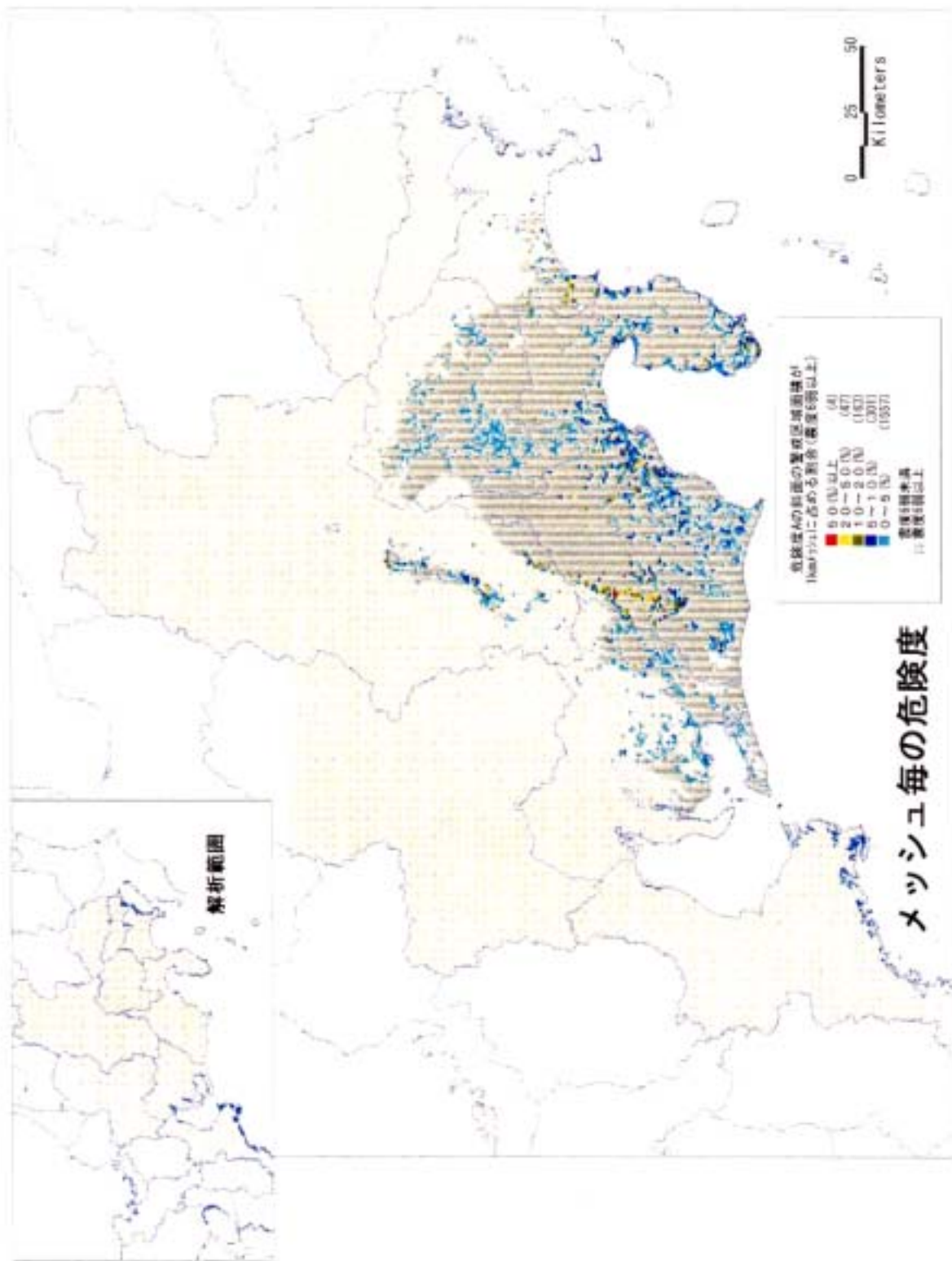


図-3.4 メキシコ毎の危険度(震度6弱以上、危険度A)

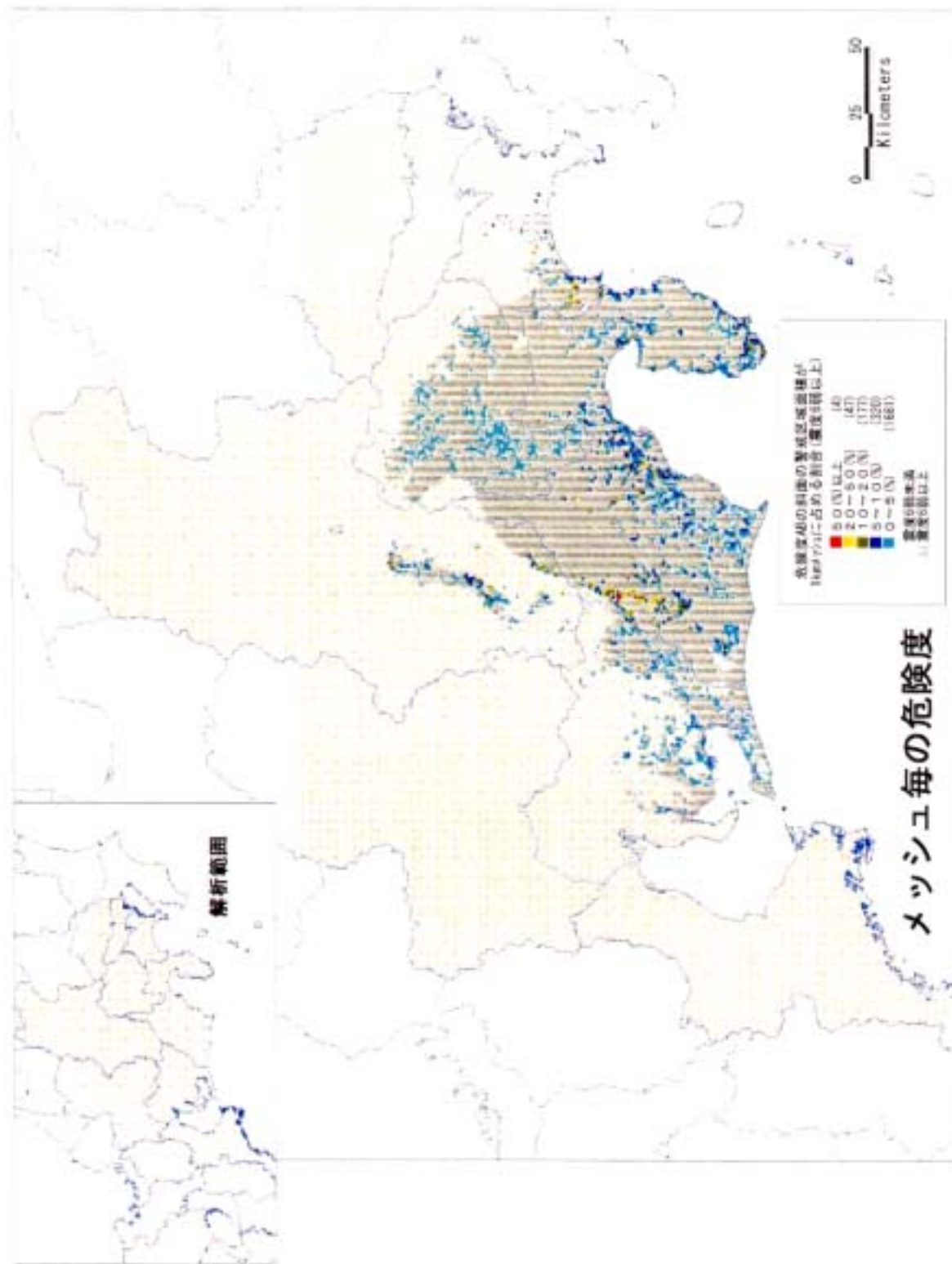


図-3.5 メッシュ毎の危険度(震度6弱以上、危険度A、B)

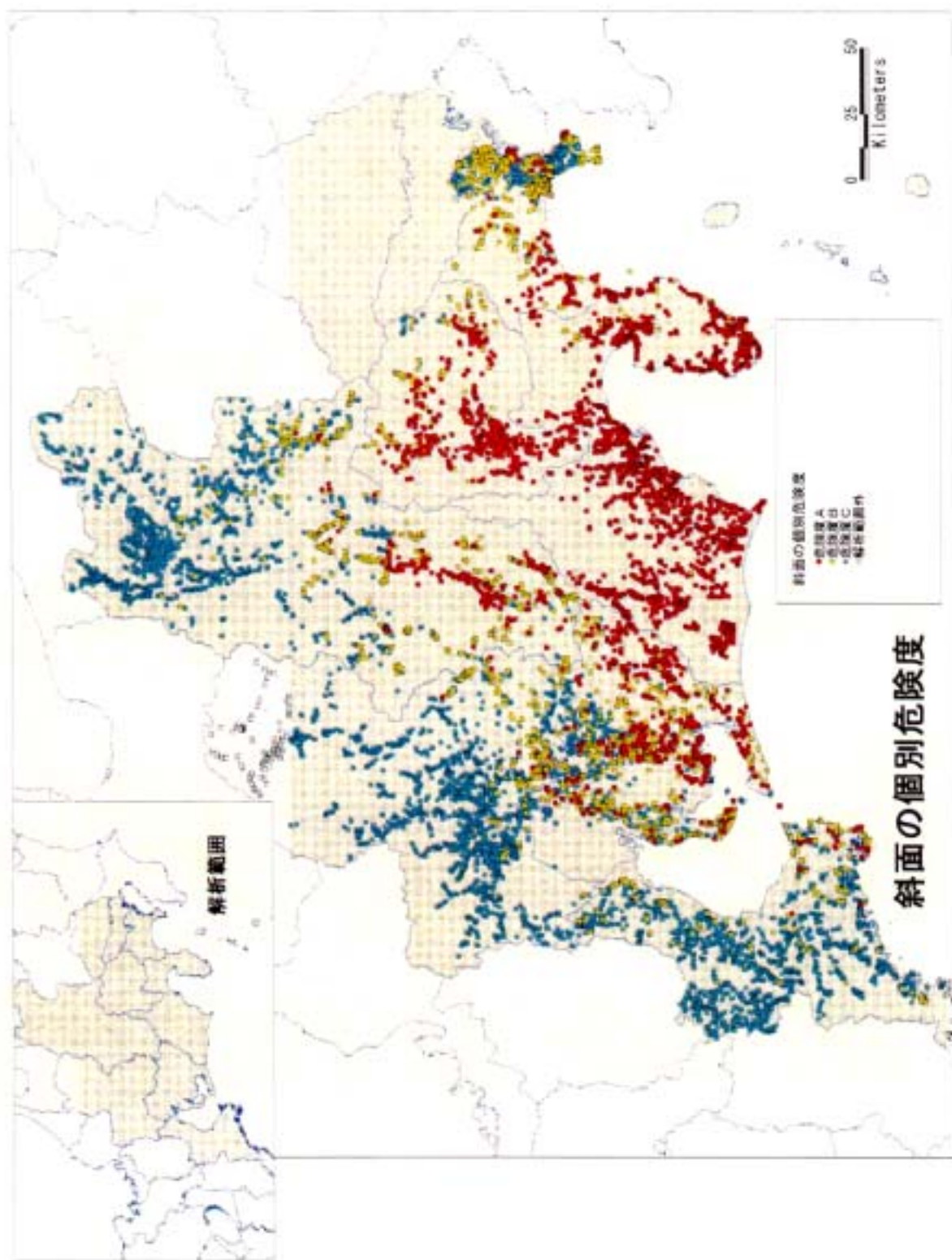


図-3.6 個別斜面の危険度

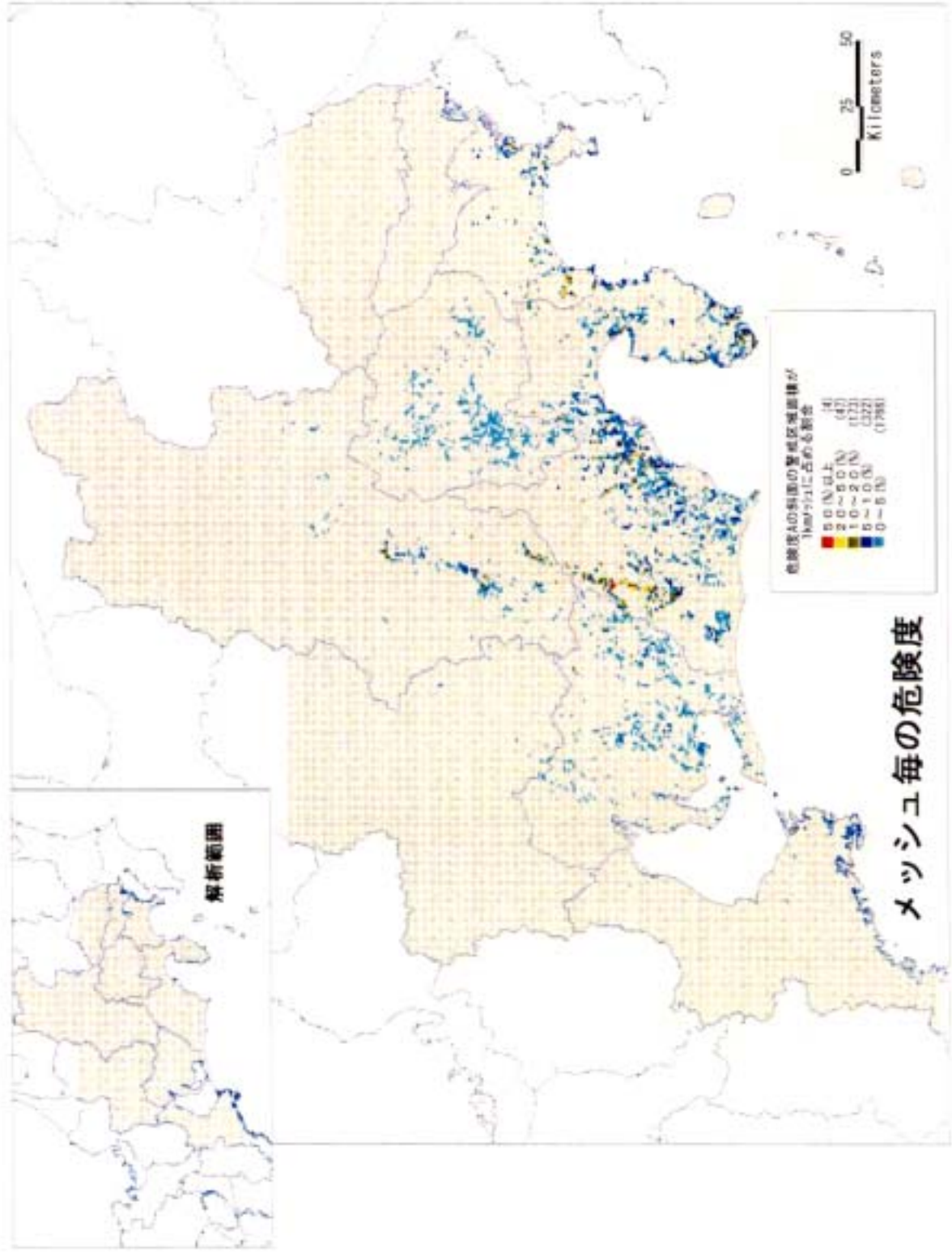


図-3.7 メッシュ毎の危険度（危険度ランクA）

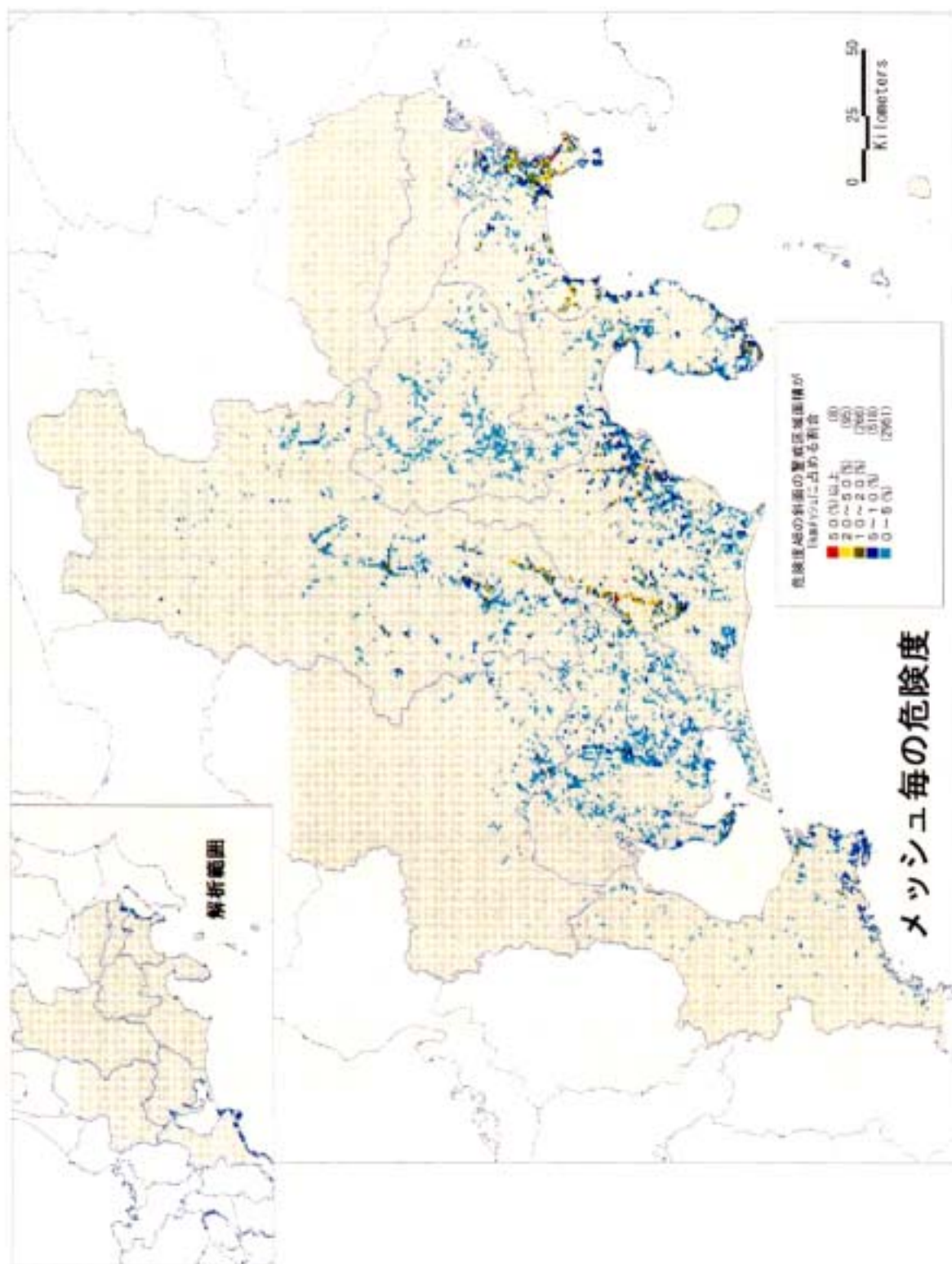


図-3.8 メッシュ毎の危険度 (危険度ランク A, B)