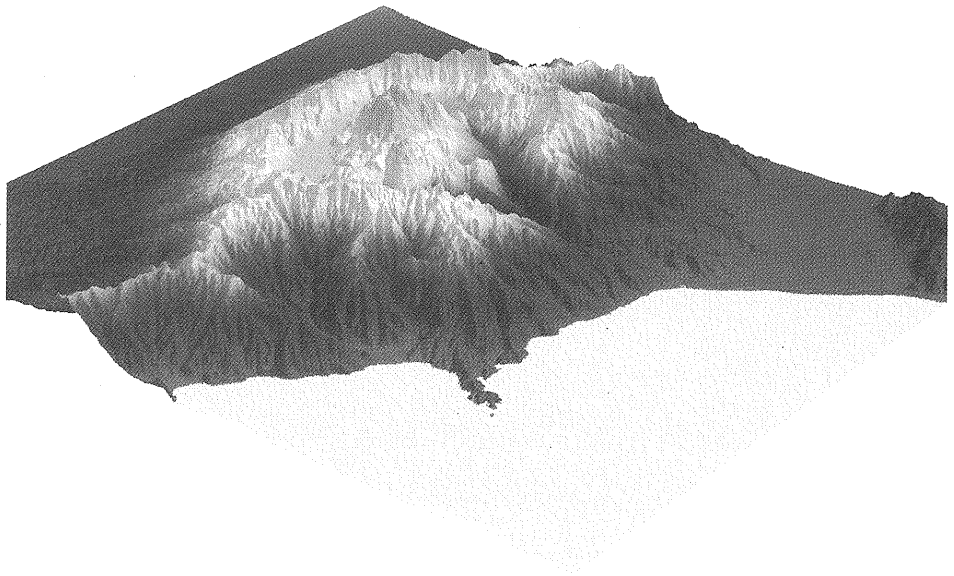


中縮尺土地保全図付属説明書

縮尺2万5千分の1

土地保全基本調査(相模湾北西地区)報告書

——地震による山地崩壊と保全——



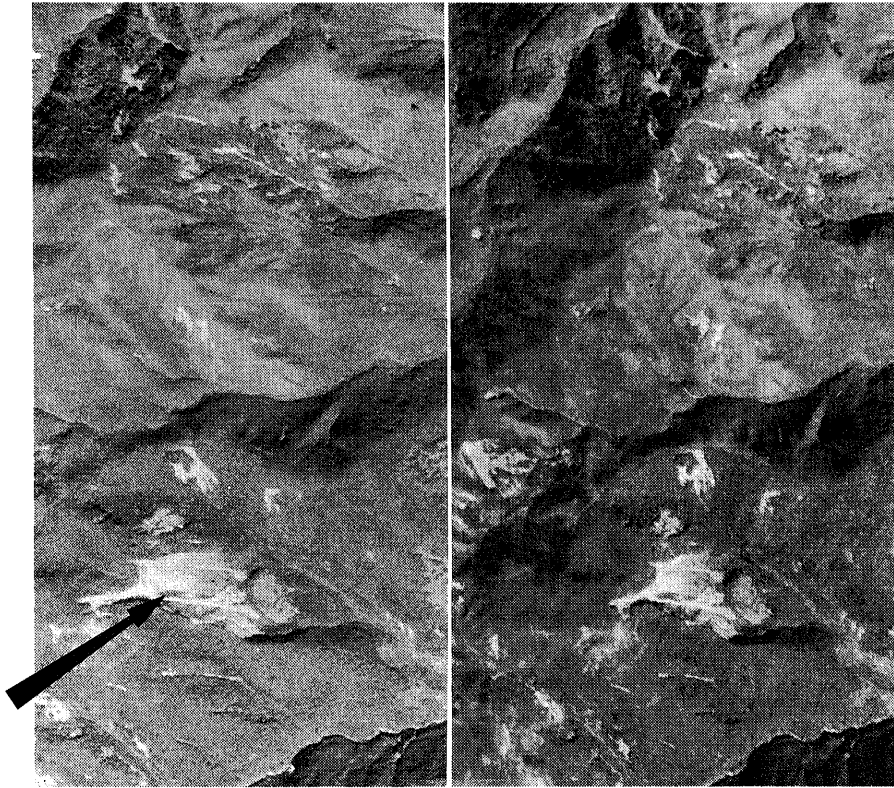
平成5年3月

国土庁土地局国土調査課

正 誤 表

ページ・行	誤	正
37 32	切 山稜	切截山稜
57 18	K_s	k_s
19下	σ'	σ_v
20中	log	\log_{10}
21下	0.04	0.004
22	X	x
59 16	k_{so}	k_{so}
17~19	(tf/)	(tf/m ²)
26	$P_L = \int_0^{20} F \cdot W(Z) dZ$ $F = \begin{cases} 1 - F_L & (F_L < 1.0) \\ 0 & (F_L \geq 1.0) \end{cases}$ $W(Z) = 10 - 0.5Z$	$P_L = \int_0^{20} F \cdot W(Z) dZ$ $F = \begin{cases} 1 - F_L & (F_L < 1.0) \\ 0 & (F_L \geq 1.0) \end{cases}$ $W(Z) = 10 - 0.5Z$
60 22	K_{so}	k_{so}
63 1	K_{so}	k_{so}
5~10	K_{so}	k_{so}
表5.5	(tf/)	(tf/m ²)
84 1	(2行目と重複)	削除
3	(4行目と重複)	//
11	(10行目と重複)	//
20	(19行目と重複)	//

表紙に用いた鳥瞰図は、国土庁からの依頼により、建設省国土地理院が作成し、(財)日本地図センターが発行している50mメッシュ(標高)データを使用して、株式会社マップコンが作製したものです。



大正12年(1923年)9月1日の関東大震災で発生した根府川土石流の原因となった4 km上流の白糸川上流の地すべり性大規模崩壊地。(1948年米軍撮影)



上の空中写真の地すべり性大規模崩壊地(1991年6月撮影)

序

この調査は、過去の地震によって災害の多発した相模湾北西地区を対象に、国土調査法に基づき実施されている縮尺5万分の1土地分類基本調査の成果、もしくはこれに準じてなされている成果が、土地が潜在的に持っている地震災害に対する評価にどこまで貢献できるかを明らかにすることを目的として実施した。

現在、縮尺5万分の1土地分類調査の成果は、(1)地形分類図・表層地質図・土壌図・傾斜区分図などからなる自然環境関係の主題図と、(2)土地利用現況図や防災保全等関係法令指定区域図などの社会環境関係主題図からなる。これらの主題図は、それぞれ単独にも広く利用されている。ある程度の基礎知識があれば、洪水や地すべりの常襲地は地形分類図から読み取ることが出来るし、建物など建設する場所の支持基盤の深さ、骨材・用土の採取適地は表層地質図から、また、泥炭地など水で飽和した軟弱地盤の分布や表層構成物質の土性は土壌図から、それぞれ読み取ることができる。

土地分類基本調査の成果は、このような個別の利用法だけでなく、これらを相互に有機的に組み合わせることによって、例えばダム・道路・水路・発電所といった構造物の位置選定や、農地・宅地の造成などの事業を進めるうえで基礎資料として利用できる。同様に、これらの土地分類調査の成果は、山地災害が頻発する我が国において、特に地震災害に対する土地の特性を知るための基礎資料としても利用できる。

本調査は、(1)既往の土地分類調査成果から、地震災害に対する土地の持つ脆弱性をどう読み取っていけばよいかという点と、(2)土地分類成果をどう加工し、あるいは何を付加することによって読みやすくなるかという点を、地震災害の多発した相模湾北西地区を例にして明確にしようとしたものである。

山地地域における地震災害は、そのほとんどが斜面崩壊と土石流による災害である。斜面崩壊による直接的な災害は多くはないが、崩れた土砂が土石流となって起こる災害は非常に多く、これらに対する適正な保全策が推進されるよう願ってやまない。本書がその一役を担えれば幸いである。

企画・編集： 国土庁土地局国土調査課 専門調査官 庄司 浩
作業機関： 株式会社 地域開発コンサルタンツ 塩島 由禎
明治大学講師 清水 長正

目 次

はじめに

1. 調査概要	1
1.1 地域の概要	1
1.2 調査項目	2
1.3 調査手法	3
2. 箱根地方における既往の地震災害履歴	4
2.1 概要	4
2.2 関東大震災	8
2.3 北伊豆地震	10
2.4 最近の地震災害	12
3. 山地の(微)地形分類図(斜面の編年と斜面災害との関係)	15
3.1 箱根火山の地形・地質の概要	15
(1) 地形	15
(2) 地質	17
3.2 サンプル地域の大縮尺地形分類図(1/5,000)	22
3.3 1/25,000地形分類図	35
4. 斜面条件と崩壊発生危険性	43
4.1 崩壊地の分布状況	43
4.2 崩壊発生危険要因の分布	44
(1) 調査方法	44
(2) サンプル数	44
(3) 要因種類とカテゴリー	44
(4) 分析結果	45
5. 低地の地盤災害	55
5.1 地震による地盤のゆれ方	55
5.2 地震による液状化	57
5.3 予測	60
6. 地震による崩壊条件と災害評価	66
7. 地域別の地震被害の特性(土地保全図の作成)	73
参考文献・資料	81

はじめに

1923年（大正12年）9月1日11時58分頃に関東南部に発生した地震は、後に、関東大震災と言われてマグニチュード7.9と算出されている。震源地は相模湾で神奈川や東京で大きな被害が発生した。特に、人口の集中した東京市や横浜市では、地震の揺れによる家屋の崩壊よりも、発生時間が正午であったことから、火災による被害がその大半を占めた。東京市の浅草・本所・深川では、木造家屋が多く火の廻りも早かったため、多くの死傷者をだし大惨事となった。

地震による地盤の変動は相模湾に沿った地域で大きく、小田原では城の石垣が崩れ、鎌倉では大仏がずれたり沈んだりした。また、橋脚の変動や煙突の倒壊などもみられた。山中でも山崩れや崖崩れが多数発生し、なかでも根府川で発生した災害は、山中深く発生した山崩れが山津波となって流れ下り、集落や駅に停車中の列車を被害に巻き込んでしまった。

最近になって相模湾付近で発生した地震は、1974年の伊豆半島沖地震と1978年に発生した伊豆大島近海地震である。伊豆半島沖地震はマグニチュード6.9で震源の位置は半島の南端付近、伊豆大島近海地震はマグニチュード7.0で震源は伊豆半島と大島の間となっている。両地震ともに数十人の死者と数百人の負傷者をだし、地盤の変動による山崩れなどのため交通遮断などの被害を引き起こしている。

このように、相模湾を中心にした周辺地域で発生する地震では、伊豆・箱根の火山地帯での地盤の変動が、災害を大きくする一つの要素となっていると考えられる。特に新しい火山の噴出物が堆積する地域では、地震の揺れに対して脆弱な地盤となっているものと思われる。

本調査では、火山岩類の分布する地域での地震に対する山崩れの予測と、発生した山崩れ災害に対する土地保全の考え方を、観光地であり且つ火山地域でもある、箱根を中心に検討しようとするものである。なお本地域には、関東大震災時に発生した崩壊の分布を、現地調査によって詳細に図示したものが、神奈川県資料として残されており、本調査で活用させて頂いた。

1. 調査概要

1.1 地域の概要

本調査の対象地域は、相模湾北西地域に位置する箱根火山を中心とする地域である。箱根火山は、古くから箱根七湯として知られた豊かな温泉に恵まれた火山であり、地形的な厳しさや自然景観のすばらしさは天下の険とうたわれ、1936年（昭和11年）には早くも富士箱根伊豆国立公園に指定され、現在では年間2,000万人をこえる観光客のあつまる国際的リゾート地となっている。

この箱根山は、約40万年前頃から火山活動を始め、はじめは標高約2,700mもある、富士山のように美しい円錐火山であったと考えられる。その後、カルデラをつくる爆発的な噴火と、円錐状の山体をつくる熔岩流を流す噴火を繰り返し、今日では重なりあう新旧2つのカルデラおよびその周囲の外輪山と、その中に噴出した箱根火山の最高峰である神山（1,439m）や駒ヶ岳などの7箇所中央火山丘群からなる典型的な三重式火山となっている。

箱根火山の位置する伊豆半島は、フィリピン海プレートが日本近海で潜り込んでいる南海トラフと相模トラフの接合点にあたり、大規模な地震活動の多発地帯のひとつであり、これまでにしばしばマグニチュード7を超える大きな地震被害を被っている。特に、1923年（大正12年）の関東大震災と1930年（昭和5年）の北伊豆地震の際には、地震動による家屋の破壊などの他に、多くの斜面で大小の崩壊が発生するなどの斜面災害が多発している。

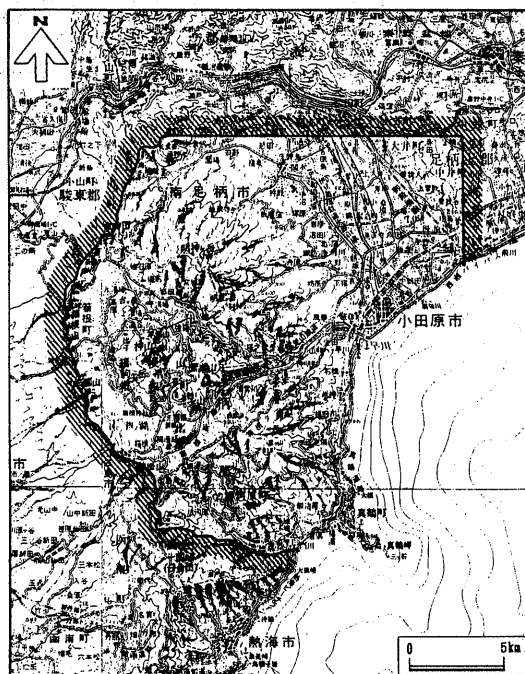


図1.1 調査地域位置図

1.2 調査項目

図1.2に調査のフローチャートを示した。調査項目は次のとおりである。

- | | |
|--|---------------------------|
| (1) 山地の地形分類図 (1/25,000)
(モデル地域は1/5,000) | (4) 表層地質・低地地盤図 (1/25,000) |
| (2) 植生及び土地利用区分図 (1/25,000) | (5) 低地の地盤断面図 |
| (3) 災害履歴図 (1/25,000) | (6) 傾斜区分図 (1/25,000) |
| | (7) 土地保全図 (1/25,000) |

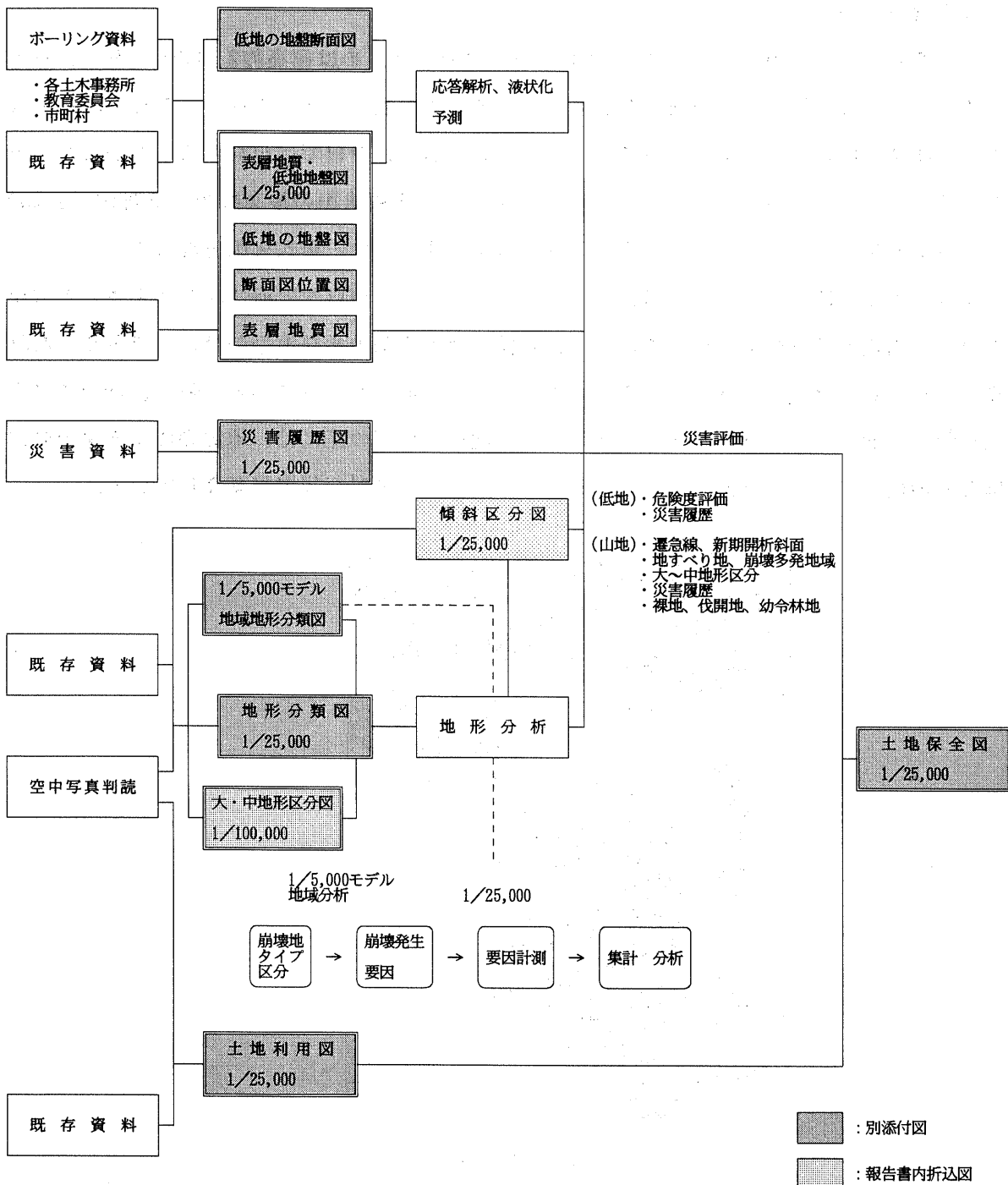


図1.2 土地保全基本調査フローチャート

1.3 調査手法

調査手方法は次のとおりである。

(1) 山地の地形分類図

モデル地域での大縮尺地形分類図(1/5,000)を作成し、これにもとづいて全域の地形分類図(1/25,000)を作成した。

- ① 空中写真を用いて遷急線、崩壊地、崩壊跡地を判読し図示した。
- ② 遷急線は、1斜面につき3本以上を判読することを基準とした。
- ③ 崩壊跡地の判読は、関東地震による崩壊までを対象とした。
- ④ 谷壁及び谷底の堆積地形を図示した。
- ⑤ 以下の撮影時期の空中写真を用いた。
 - 1) 米軍写真(昭和20~21年)
 - 2) 昭和37年
 - 3) 昭和42年
 - 4) 昭和58年

(2) 植生及び土地利用区分図

- ① 植生は、樹種及び樹齢の区分を行った。
- ② 土地利用は、水田、畑、果樹園、家屋連たん部、庭園を含む住宅等の区分を行った。

(3) 災害履歴図

地震災害、水害、土石流災害について、既存資料により図示した。

(4) 表層地質・低地地盤図

既存資料及び現地確認により、地表付近の地質の調査をおこない、風化の現況及び地質構造を表示した。また、低地地盤については、既存資料及び収集したボーリング柱状図を解析して、沖積層の層相区分を行った。

(5) 低地の地盤断面図

収集したボーリング柱状図から沖積層の地盤断面図を作成した。

(6) 傾斜区分図

(7) 土地保全図

災害評価図に植生および土地利用区分図・表層地質図を加えて作成した。

2. 箱根地方における既往の地震災害履歴

2.1 概要

プレートによって、あたかも太平洋の西端に押しつけられた様なわが国は、世界でも有数の地震国である。

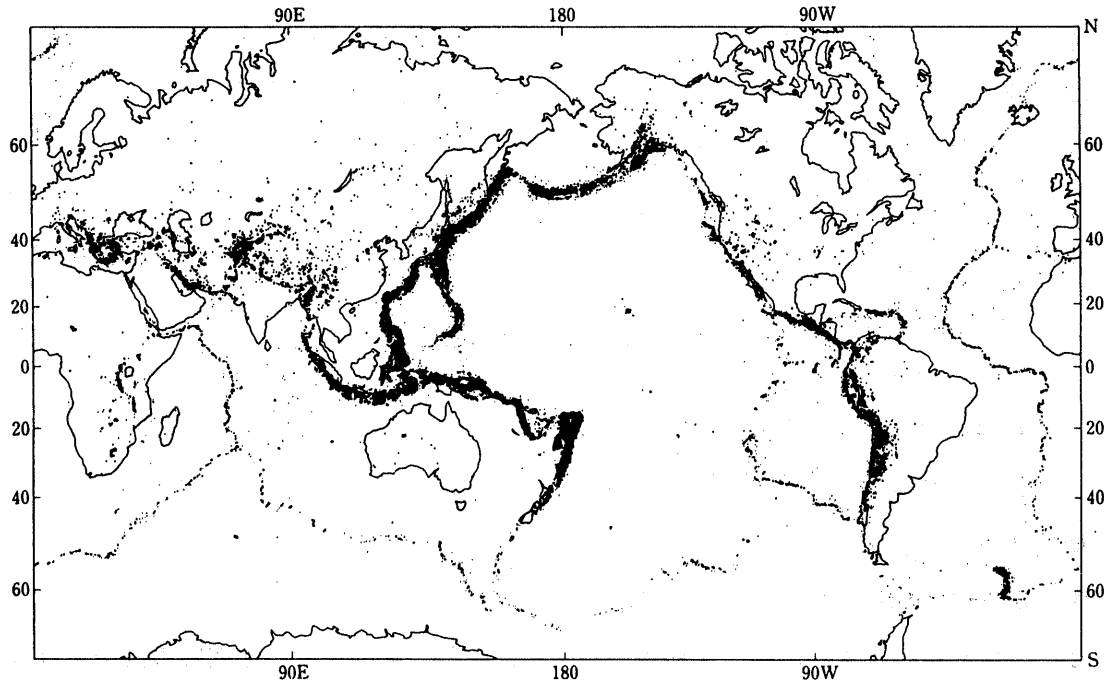


図2.1 世界の地震分布図

(注) 1963～1977の間に発生したM4.5以上の地震 (NOAAによる)。地域防災データ総覧より。

37万7千km²の細長い島国では、地殻の変動によるものと火山活動によるものの、身体に感じないゆれも含めて毎日どこかで地震が起きていると言っても過言ではない。とは言っても、日本列島でまんべんなく地震が発生しているわけではない。図2.1からもわかるよ

表2.1 著しい土地の変動を伴った地震

年号	西暦	地震名	地殻変動
天武12年	684年	土佐	土佐の国、田苑12km ² 海となる
大宝9年	701	丹後	若狭湾の一島沈下、一郷海に没す
元弘1年	1331	紀伊千里浜	千里浜隆起して3km ² 陸地となる
慶長1年	1596	大分	別府湾の瓜島沈下して海底に没す
慶長9年	1605	東海、南海、西海	房総半島隆起して4km ² 余干潟となる
元禄16年	1703	関東	房総半島の東岸1,500km ² 余干潟となる
宝永4年	1707	東海道、南海	土佐西南部所々陥没、東南部隆起
寛永4年	1793	青森	海岸隆起、大瀬戸、小瀬に海岸段丘を生じる
享和2年	1802	佐渡	佐渡南部25km ² 隆起
文化1年	1804	象潟	象潟の海底隆起して10km ² 陸地となる
安政1年	1854	南海	紀伊半島、室戸岬南端隆起、高知付近沈下
明治5年	1872	浜田	海岸20km ² 隆起、一部沈下、千畳敷を生じる
大正12年	1923	関東	相模湾北岸、三浦半島、房総半島の南部隆起、丹沢地域沈下
昭和21年	1946	南海	紀伊半島、室戸岬南端隆起、高知付近沈下
昭和39年	1964	新潟	震央付近の本州海岸沈下、粟島1m隆起

うに分布域がかなり片寄っている。

地震によって発生する自然条件の変化には、①土地の変動、②津波などがある。土地の変動には地盤の上下運動、斜面崩壊、地盤の液状化があ

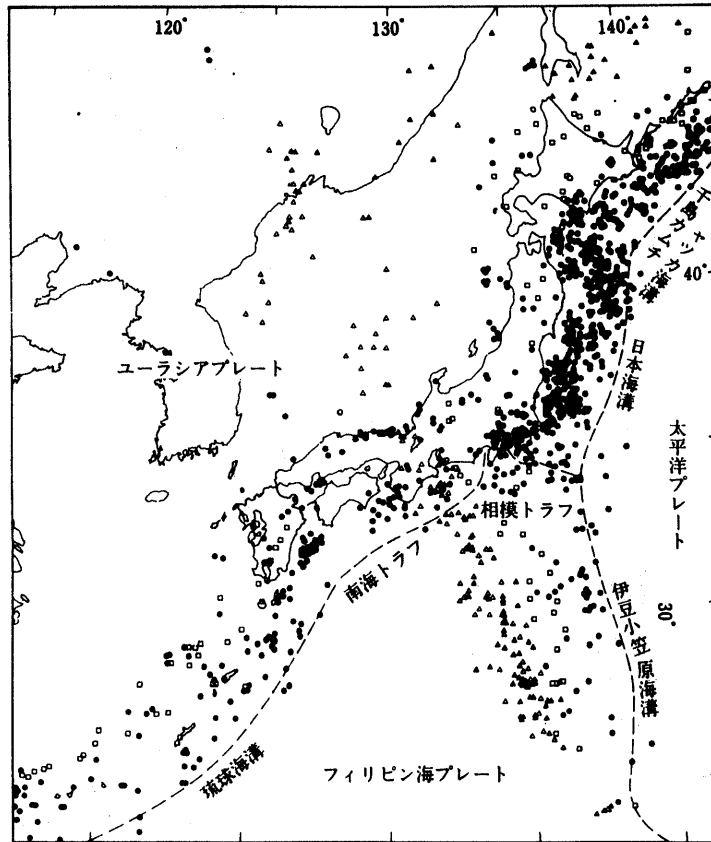


図2.2 1901～1980年における日本付近におこったM6.0以上の地震（1636個）の震央

(注) 黒丸は浅い地震（深さ100km未満）、四角はやや深い地震（深さ100km以上300km未満）、三角は深い地震（深さ300km以上）。
地域防災データ総覧より

表2.2 近年の地震による斜面災害

地域防災データ総覧より

年月日	地震名	マグニチュード	斜面災害
昭和36年 2月27日	日向灘の地震	7 震度V	宮崎から油津に至る国分線日南市富士付近（落石）鹿児島県末吉町通山付近（がけ崩れ）。
昭和36年 8月19日	北美濃地震	7	九頭竜川水系打波川筋、手取川水系牛首川筋、庄川水系大白川筋に被害が大。
昭和38年 3月27日	越前岬沖地震	7	敦賀市色々浜付近幅25～30m、高さ20～30mの山崩れ。地方道敦賀三国線で落石。国道27号線、一般県道常神三万線、日本美浜線、のり面崩壊。
昭和39年 6月16日	新潟地震	7.5±0.2 震度VI	河川堤防の崩壊き裂。道路のり面崩落盛土沈下。
昭和43年 2月21日	えびの地震	6.1	火山灰地帯（シラス）に山・がけ崩れが多く、その被害箇所は、宮崎県30、鹿児島県11、熊本県で30。
昭和43年 5月16日	1968年十勝沖地震	7.8	道路のり面崩壊および盛土本体の崩壊、河川堤防の破壊、き裂。
昭和47年 2月29日	八丈島近海の地震	7.2	100箇所、延長1,429m、土砂量9,256.1。
昭和49年 5月10日	1974年伊豆半島沖地震	6.8	石廊崎、仲木、前原地区で被害大110箇所。
昭和50年 1月22日	阿蘇山北東部の地震	6.1 震度IV(1.22) 震度V(1.23)	急峻な坂路部被害大。
昭和50年 4月21日	大分県中部地震	6.4 震度IV	道路の盛土部のすべり上方のり面からの土砂崩壊落石の被害大。
昭和53年 1月14日	1978年伊豆大島近海地震	7.0	伊豆半島東部～中央部の急傾斜地に多数の落石崩壊、すべりが発生した。
昭和53年 6月12日	1978年宮城県沖地震	7.4	山やがけ崩れの被害箇所は宮崎県下138、福島県下26、岩手県下22。

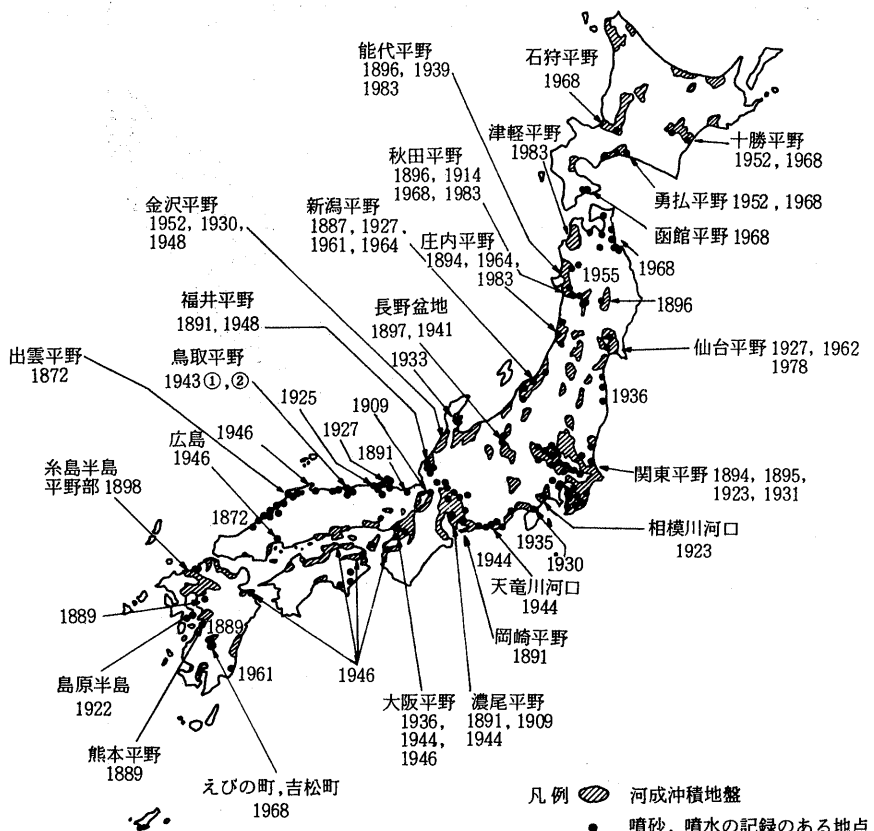


図2.3 明治以来の地震によって液状化が起こったと考えられる地点の分布

(注) 数字は、液状化を生じさせた地震のあった年。 地域防災データ総覧より

る。地盤の上下運動は海岸付近では海が陸になったり、陸が海中に没したりする。また内陸では数メートルから数10メートルの標高の変化が見られる(表2.1)。斜面崩壊では山地の斜面が崩れたり、道路沿いの崖が崩れる。山中の斜面が崩れた場合には、これが斜面下方や谷に堆積したままの状態になる場合や水を含んで土石流となって流下する場合がある。表2.2に近年の地震によって発生した斜面災害を示した。地盤の液状化が地震との結びつきで積極的に取り扱われるようになったのは20年位前からである。液状化は土地の変動と言うよりはむしろ地盤の変化であろう。特に軟らかい地盤に構造物を設置した場合にはこの変化が災害に結びつく。図2.3に明治以降に液状化が発生したと思われる地点の分布図を示した。

次に津波であるが、津波は海底の地殻変動が生じた地域に発生し、波となって海岸に伝播する。津波の規模は海岸での津波の高さの最高値と津波のあった海岸の広がりから、津波の規模階級(マグニチュードm)が定義されている。例えば規模4の津波は、津波の発生地点に近い海岸で津波の高さが30m以上あり、沿岸500km以上に被害が及んだものである。三陸地震(1896年)、八重山地震(1717年)、宝永地震(1707年)などがこれに当たると言われている(表2.3参照)。図2.4に津波の等時線図を示した。等時線図は、検潮所や岬から津波の逆伝播図を描いたものであり、波源には広がりがあるため、震央からの到達時間にはかなりの誤差を伴うが到達時間の一応の目安とすることができる。

表2.3 日本の巨大津波の表

地域防災データ総覧より

年 月 日		波 源 域	マグニチュード		影 響 範 囲	死者数 人	
西暦	和暦		地震 M	津波 m			
684	29	天武12X14	東海・南海道沖	8.4	3	東海～南海道	
869	VII 13	貞観11V 26	三 陸 沖	8.6	4	三陸	1,000
887	VIII 26	仁和 3VIII 30	紀 伊 沖	8.6	3	四国・紀伊・大阪	
1096	17	永長 1 24	東 海 沖	8.4	3	駿河・伊勢	
1099	II 22	康和 1 I 24	南 海 道 沖	8.0	3?	南海道	
1361	VIII 3	正平16VI 24	紀 伊 沖	8.4	3	四国・大阪	
1498	IX 20	明応 7VIII 25	東 海 沖	8.6	3	東海・伊勢・関東	5,000
1605	II 3	慶長 9 16	房総・南海道沖	8	3	東海・南海道・房総・八丈島	3,800
1611	2	慶長16X 28	三 陸 沖	8.1	4	三陸・北海道	6,800
1677	4	延宝 5X 9	房 総 沖	8	3	宮城～房総	500
1703	31	元禄16 23	房 総 近 海	8.2	3	南関東	5,233
1707	X 28	寛永 4X 4	東海・南海道沖	8.4	4	東海・南海道・大阪	4,900
1741	VIII 29	寛保 1VII 19	北海道南西沖	7.5?	3	渡島・津軽・佐渡	1,467
1771	IV 24	明和 8III 10	沖縄石垣島沖	7.4	4	石垣島・宮古島	11,861
1792	V 21	寛政 4IV 1	島 原 西 岸	6.4	2?	島原・熊本	15,030
1854	23	安政 1 4	東 海 沖	8.4	3	東海・伊勢・熊野	900
1854	24	安政 1 5	南 海 道 沖	8.4	3	南海道・大阪	3,000
1896	VI 15	明治29	三 陸 沖	7.6	3~4	三陸・北海道	27,122
1933	III 3	昭和8	三 陸 沖	8.3	3	三陸・北海道	3,008
1944	7	昭和19	熊 野 灘	8.0	2.5	三重	998
1946	21	昭和21	紀 伊 沖	8.1	2.5	四国・和歌山	1,330

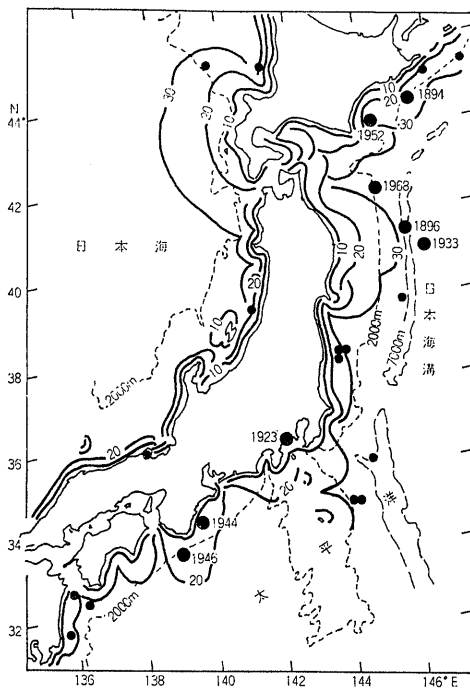


図2.4 津波の等時線図 (単位、分)

(注) 黒丸は最近85年間の津波を伴ったおもな地震の震央
地域防災データ総覧より

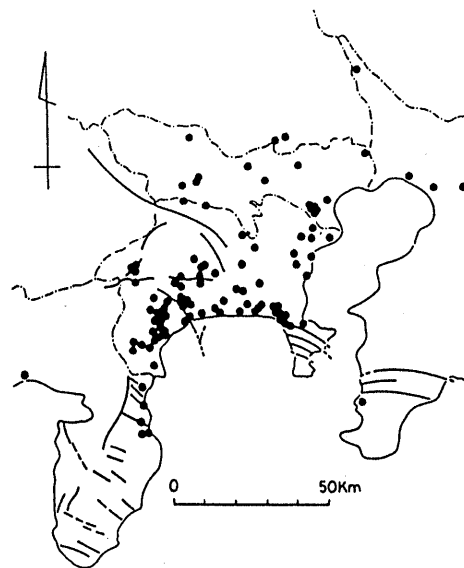


図2.5 「なまずの会」水位観測井分布図
(1985年現在) (注) 実線は活断層

ところで、南関東を中心に江戸時代以降の地震を見ると表2.3のようである。特に小田原周辺では50～60年周期でマグニチュード7以上の地震が発生している。以下に、箱根、伊豆地方で地震に係わる記録が詳細に残っている関東地震、北伊豆地震、伊豆半島沖地震、伊豆大島近海地震について述べる。

表2.4 南関東における江戸期以降の地震災害

発生時期		地震災害の名称、被害範囲、規模等
日本歴	西暦	
慶長 9年12月16日	1605	慶長地震 (M7.9) 関東・東海地方 津波の被害大
19年1月22日	1614	小田原地方地震
寛永 10年1月20日	1633	南関東に大地震 (M7.1) 小田原城倒壊 箱根山崩れ
11年2月	1634	小田原・箱根・三島に地震
正保 9年9月15日	1645	小田原地方に地震
慶安 元年4月22日	1648	小田原地方に地震 (M7.1) 小田原城破損
2年6月21日	1649	関東地震 (M7.1)
7月25日		関東地震 (M6.4)
元禄 16年11月23日	1703	元禄地震 (M8.2) 津波有り 小田原の死者2,291名
宝永 4年10月4日	1707	宝永地震 (M8.4) 小田原被害
天明 2年7月15日	1782	小田原に地震 (M7.3) 小田原城櫓3ヶ所 民家1,000戸破損
6年2月24日	1786	箱根に地震 双子山崩れ 芦の湯・底倉温泉破壊
嘉永 6年2月2日	1853	小田原付近に地震 (M6.5) 死者24名 民家3,300破損
安政 元年11月4日	1854	安政東海地震 (M8.4) 房総-土佐に津波 露国艦破損
2年10月2日	1855	江戸地震 (M6.9)
明治 27年6月20日	1894	東京湾北部地震 (M7.5) 小田原被害有り
大正 12年9月1日	1923	関東大地震 (M7.9) 被害は県全域 死者29,614名
13年1月15日	1924	丹沢山地 (M7.2) 県中南部に被害多し 死傷480名
昭和 5年11月26日	1930	北伊豆地震 (M7.0) 早川、酒匂川に多量の土砂
53年1月14日	1978	伊豆大島近海地震 (M7.0)
55年6月29日	1980	伊豆半島東方沖地震 (M6.7)

※神奈川県の砂防、小田原市史、理科年表、酒匂川洪水と防備の歴史、神奈川県温泉地学研究所報告、神奈川の気象と災害による
「土地分類基本調査 小田原・熱海・御殿場」1985より抜粋

2. 2 関東地震

大正12年(1923年)9月1日の正午頃に発生した地震は、震源地を東経139.5°、北緯35.1°、深さ10~20kmでマグニチュード7.9という大きなもので、関東大地震と呼ばれている。この地震によって被災した地域は東京を始めとして神奈川、千葉、埼玉、静岡、山梨、茨城の各府県で死傷者と家屋を含む被害があり、群馬、栃木両県が負傷者・家屋の被害、長野県にも家屋の被害が及ぶという広範囲に亘って影響を与えた(表2.5)。神奈川県では震源地に近いことから、最大被災地の東京府に次いで多くの被害が発生した。死傷者数は東京府が11万人に対して神奈川県では8万5千人、家屋の被害は東京府では焼失家屋が飛び抜けて多く38万戸もあったが、神奈川県では全潰、半潰、焼失家屋がほぼ同数の5万3千から6万9千戸もあった。当時の人口密度と比較すると東京府よりむしろ神奈川県の方が被害が大きかったものと考えられる。特に箱根地方では、地震の震源地が相模湾の伊東沖であったため、山中に多くの崩壊が起こり、根府川の集落を含む白糸川流域では大規模な山津波が発生して大きな被害となった。ここでは、白糸川流域の災害を主軸に山地崩壊について記したい。

箱根のこの地方は、関東地震の前夜から雨で、翌朝は次第に小降りとなり10時頃には雨は止んでいたという。当時の資料によれば、この根府川の山津波の発生地は、白糸川の河口から3.5~4km上流の左岸側急斜面で、標高800mの山の東側が山膚に滑落の跡を残している。流出した土砂は100万 規模と云われ、山津波の流下速度は主震後約5分で河口付近に達し、

表2.5 関東地震による府県別被害現況

根府川の集落の70戸の家屋と300人余の住民を土砂に埋め、東海道線の鉄橋を海に押し出してしまった。

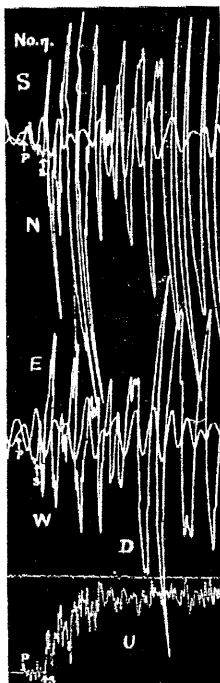
山津波の流下速度に

については、データの取り方によって違ってくる。小林は、地震の発生時刻と流下距離から平均速度を13~19m/sとし、さらに松沢の証拠をもとに25m/sの速度も推定。また最大瞬間速度45m/sを全流動過程のシミュレーションより求めた。

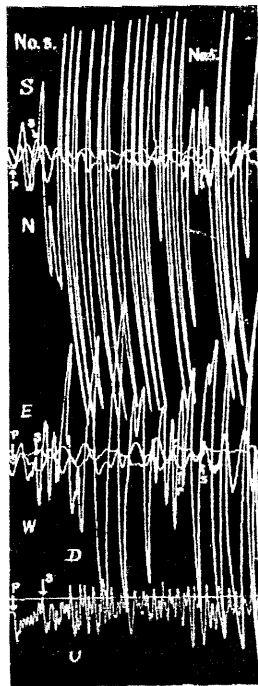
白糸川流域以外の山崩れはどうであったであろうか。神奈川県下では林野の被害が多く、

その特徴は、①傾斜30°以上の急斜面に多い、②標高の高い所、地形の凸部に多い、③例外はあるが一般に北向き斜面に少ない、④地震より後日の雨で崩れた、⑤植林地・伐採跡地に多いなどである。箱根地方に限ってみれば、土地保全図のうちの山地の微地形分類図を参考にみて頂ければ、その分布状況が把握出来る。

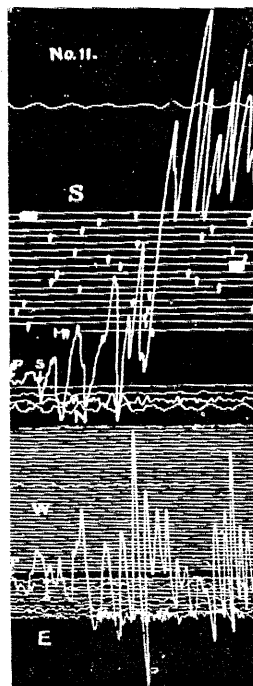
府県	死者の数	負傷者の数	行方不明者	家屋数				
				全壊	半壊	焼失	流失	合計(全壊除く)
神奈川県	29,065	56,269	4,002	62,887	52,863	68,569	136	131,592
(横浜、横浜圏を含む)								
横浜市	23,440	42,053	3,183	11,615	7,992	58,981		70,496
横浜須賀町	540	982	125	8,300	2,500	3,500		11,800
東京市	68,215	42,135	39,304	20,179	34,632	377,907		398,086
(東京市を含む)								
東京市	59,065	15,674	1,055	3,886	4,230	366,262		370,148
千葉県	1,335	3,426	7	31,186	14,919	647	71	31,904
埼玉県	316	497	95	9,268	7,577			9,268
山梨県	20	116		1,763	4,994			1,763
静岡県	375	1,243	68	2,298	10,219	5	661	2,964
茨城県	5	40		517	681			517
長野県				45	176			45
栃木県		3		16	2			16
群馬県		4		107	170			107
合計	99,331	103,733	43,476	128,266	126,233	447,128	868	576,262



大正12年9月1日
初動 午後0時40分
20秒 (本部観測)



同左
初動 午後0時48分
3秒 (本部観測)



同左
初動 午後4時38分
21秒 (本部観測)

図2.6 関東地震の本郷観測記録 (関東大地震調査報告書より)

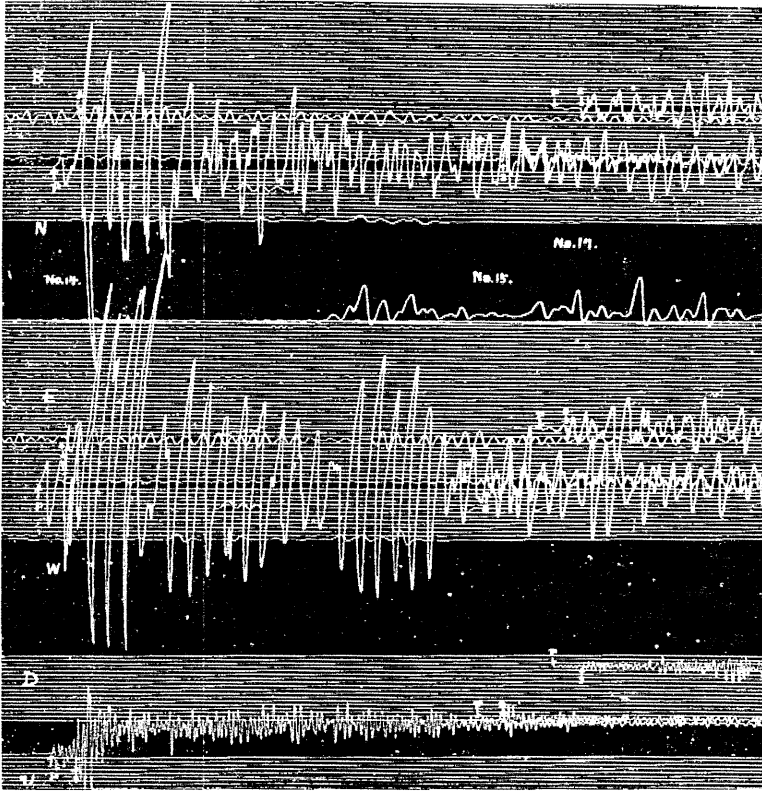


図2.7

大正12年9月3日地震記録

No.14は午後6時27分4秒

No.15は午後6時49分2秒

No.17は午後11時16分46秒

(本郷観測) (関東大地震調査報告より)

2.3 北伊豆地震

昭和5年(1930年)11月26日4時3分ごろ東経139.0°、北緯35.1°の伊豆半島の北部に震源を持つ地震が発生した。震源の深さは5km以内で、マグニチュード7.0。地震は中部、関東の全域及び東北の南部、北陸の能登半島先端を除いた地域、近畿は瀬戸内側の一部を除いた地域で感じられた(図2.8)。

地震による被害は伊豆半島北部に集中し、断層付近及び葦山の平地に多い。被害の実数は文献によって異なっているが、死者が260~270人、負傷者は570~760人と約200人もの差がある。住宅の全潰は2,140~2,160戸、半潰では3,800~5,500戸と1,500戸程度の差がみられたが、これは実数の多い方は納屋や倉庫も加えられていたためとしている。

この地震では前震が著しく、本震の前日にはマグニチュード5.2の強い地震があった。被害は図2.8からもわかるように、断層の西側に集中している。また、箱根から南姫之湯にかけては、いろいろな型の数条の断層が生じた。芦ノ湖には箱根町断層、田代から南に丹那断層、浮橋にある浮橋断層は左右に2条の並列した断層である。さらに南西方向にかけては、小野断層、加殿断層、姫之湯断層と続いている。断層の動きは、全体的にみて東側が北に動いたが、姫之湯断層は北側が東に動き最大87cmの隆起がみられた。水平変位は最大約3.5m、上下変位は場所によって異なるが最大約2.4mである。そのほか山津波、大陥没、地割れ等が生じた。特殊な現象としては発光現象が各地でみられた。形はオーロラ状が多く、色は青

色が一番多く時刻は地震前日の午後5時頃から、翌日の本震後約1時間位までの間であった。

さらに、トンネル内と地表での地震動の比較観測もおこなわれた。特に地震学的にはこの地震の走時曲線が詳しく調べられ、日本付近の標準走時曲線が作られ、最近まで震源の決定に使われた。

今調査地域内にみられる災害としては、箱根町孫助山の北斜面、大明神川の谷頭で山崩れが発生し、土石流による死者1名が出た。また、芦ノ湖南西部の海の平（941.5m）の北側山麓で土石流が発生し、林野局の仮屋を埋めて10名の犠牲者を出した。

図2.8

震度分布図（中央气象台による）
日本被害地震総覧1975より

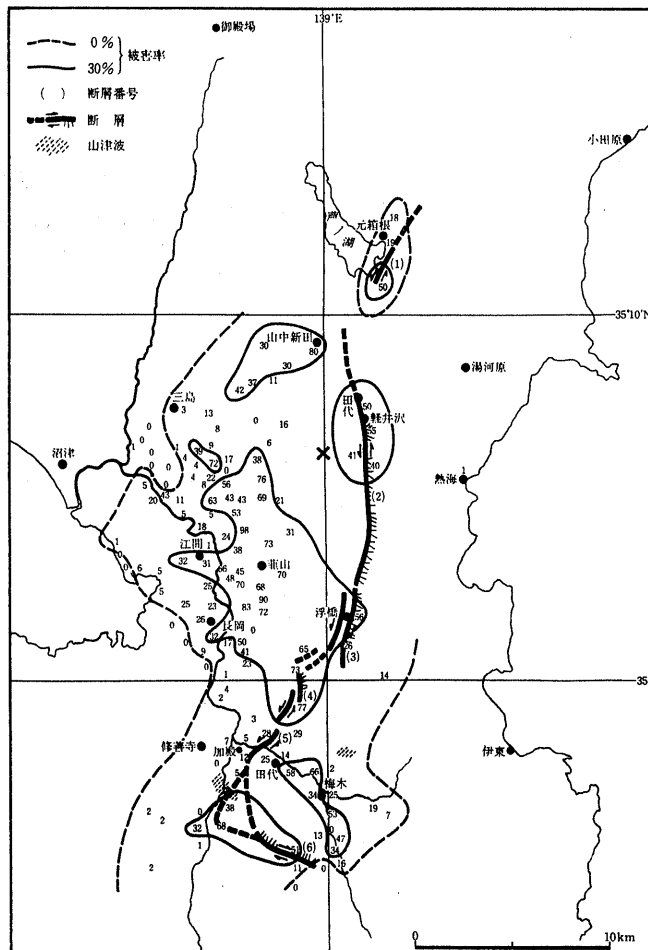
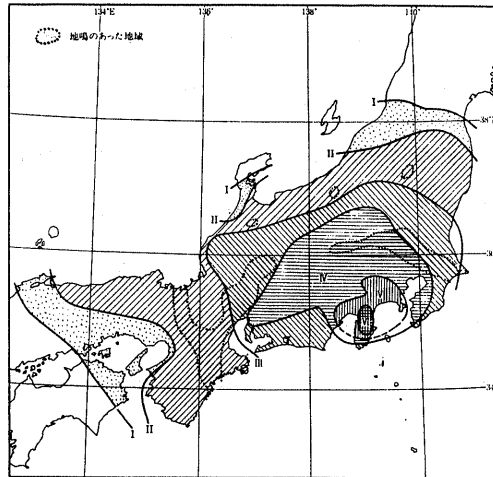


図2.9

変動した断層と住宅被害百分率

- (1)は箱根町断層
- (2)は丹那断層
- (3)は浮橋断層（東と西の2本）
- (4)は小野断層
- (5)は加殿断層
- (6)は姫之湯断層
- ×印は震源地

日本被害地震総覧 1975より

2. 4 伊豆半島沖地震

昭和49年（1974年）5月9日8時33分ごろ東経138.8°、北緯34.57°石廊崎沖を震源とする直下型地震として発生した。震源の深さは10km、マグニチュード6.9で中部・関東の全域及び近畿、東北地方と北海道の一部で揺れが感じられた（図2.10）。

地震による被害は、伊豆半島南部の南伊豆町を中心に局所的なものであり、また御前崎と南伊豆では小さな津波が記録されたが被害はなかった。

被害にあった市町は、最も大きな被害を被った南伊豆町を始めとして下田市、東伊豆町、西伊豆町、松崎町、河津町などである。南伊豆町中木では、地震によって裏山が崩れ、27名が土砂に埋まって死亡、負傷者8名、家屋の被害57戸と壊滅的な被害を受けた。南伊豆町では、このほか死者3名、家屋の被害692戸の被害となった。また、他の市町においては死者はなかったが、負傷者が44名あり、家屋の被害は72戸、屋根がわらが飛んだり、ガラスが割れたりしたものは1,475戸に達した。

一方、この地震では公共施設の被害が目立った。特に道路の災害が南伊豆町に集中し、切取部では法面の崩壊や落石が

表2.6 一般被害

区分		県名	静岡県
人	死者		30
	負傷		102
建物 (棟)	全壊・流失		134
	半壊		200
	全焼		-
	半焼		-
	床上浸水		5
	床下浸水		-
	一部破損		1,917
非住家被害		452	
り災世帯数			379
り災者数			1,465
船舶 (隻)	沈没		-
	流失		-
	破損		15

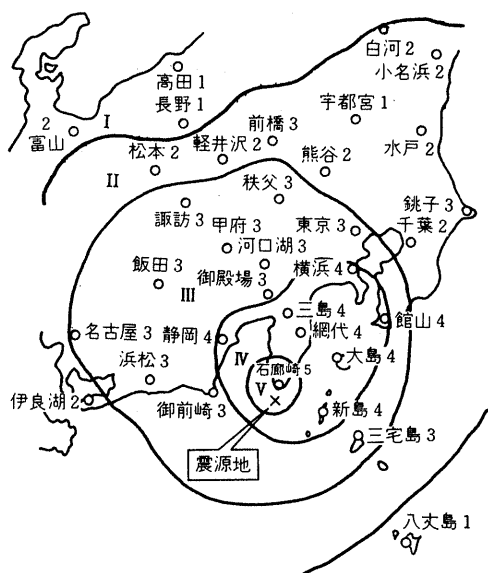


図2.10 1974年伊豆半島沖地震震度分布
地震対策と災害復旧工法より



写真2.1 南伊豆の道路は至るところで破断
地震対策と災害復旧工法より

主となり、盛土部では路面の地割れ、隆起、陥没、路肩の決壊、盛土のすべりなど被害が甚だしかった。トンネル部では、被覆のコンクリートに小さな亀裂の入ったものや素堀の所で少しの落石があった他は震害は認められなかった。橋梁の被害では、中小の橋でアプローチの沈下が各所でみられた。

2. 5 伊豆大島近海地震

昭和53年（1978年）1月14日12時24分ごろ東経139.25°、北緯34.77°の伊豆大島近海の海底を震源とする地震が発生した。震源の深さは0kmとごく浅く、マグニチュード7.0で伊豆半島を中心に静岡、神奈川、東京の都県から、北海道の帯広、山陰の松江に及ぶ広い範囲にわたって揺れが感じられた（図2.11）。

地震による被害は静岡、神奈川、東京（伊豆大島）の各都県でみられ、特に伊豆半島の加茂郡河津町、東伊豆町、田方郡天城湯ヶ島町などでは山崩れや崖崩れなどのために大きな打撃を受け、伊豆半島全域で死者25名、負傷者205名、家屋の被害は712戸に及んだ。そのほか道路の決壊、停電、断水などが方々で起こり、昭和49年5月の伊豆半島沖地震を上回る大きな被害となった。

伊豆半島は地質年代的に新しく、脆弱で断層も多く、これらの悪条件の地域に災害が集中した。道路に沿う斜面崩壊は、風化の進んだルーズな物質で作られた傾斜地が、薄い表土と根の浅い植生によって被われているために大規模な崩壊が多く、また斜面の上部には亀裂や段差が発生して、かなり不安定な地山の個所が多い。このため、道路沿いや斜面下方での災害が多く、山津波による家屋の埋没で7名が死亡した。崩土による死者は家屋の埋没や崩壊によるもののほか、定期バスや乗用車での災害で11名となった。さらに落石による死者も、バスへの直撃や観光客への被害などで6名を数えた。特殊な例として、鉱山で鉱さい堆積物のかん止堤が崩壊して死者1名を出し、さらに流出した鉱さいの二次災害が懸念されるという事態も発生した。

家屋の被害は、伊豆半島のほぼ全域に見られたが、河津町や東伊豆町の被害のような大打撃は受けなかった。

その他、公共施設の被害も多くみられ、特に道路の災害が目立った。伊豆半島の東海岸・西海岸・中央幹線の各道路のほか、東西を結ぶ道路など10路線14区間27カ所も交通不能となった。

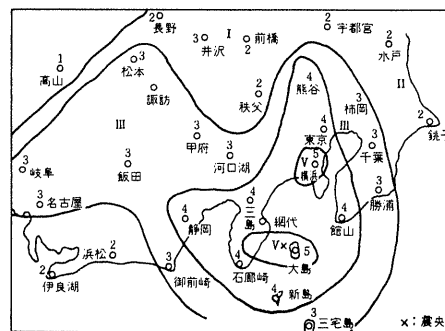


図2.11 本震の震度分布図 地震対策と災害復旧工法より

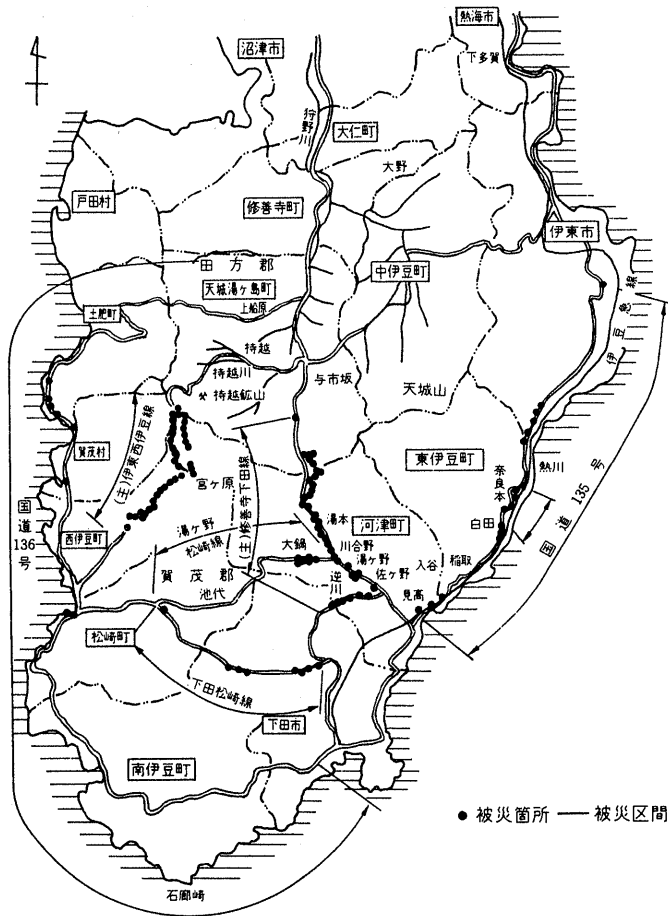


図2.12

県管理主要道路被災箇所図

地震対策と災害復旧工法より

3. 山地の地形分類図

相模湾北西地域・箱根火山一帯では、1923年の関東大震災と1930年の北伊豆地震によって、多くの斜面で大・小の崩壊が発生した。その位置については『関東大震災・北伊豆地震荒廃林地復旧事業地地図』や『豆相地震報告書』（1931）などに図示されている。ここでは、それらの地震による崩壊が箱根火山の斜面のうちでどのような場所に発生したか、またその斜面形態・表層地質がどのようであったかなどの崩壊発生要因のいくつかを検討するための基礎データとして、1/2.5万地形分類図を作成した。この斜面地形分類にあたっては、前年度モデル地区で行った1万分の1地形分類図の斜面地形分類に準拠した。地形分類作業は、もっぱら空中写真判読によった。使用した空中写真は国土地理院撮影の1/4万（1974～1948）、1/2万（1962）、1/1万（1983）の3種類で、判読対象となる地形の状況により使い分けた。また、1923年と1930年に発生した地震崩壊地の分布については、神奈川県（1985）：土地分類基本調査「小田原・熱海・御殿場」の『自然災害履歴図』を資料とした。

3. 1 箱根火山の地形・地質の概要

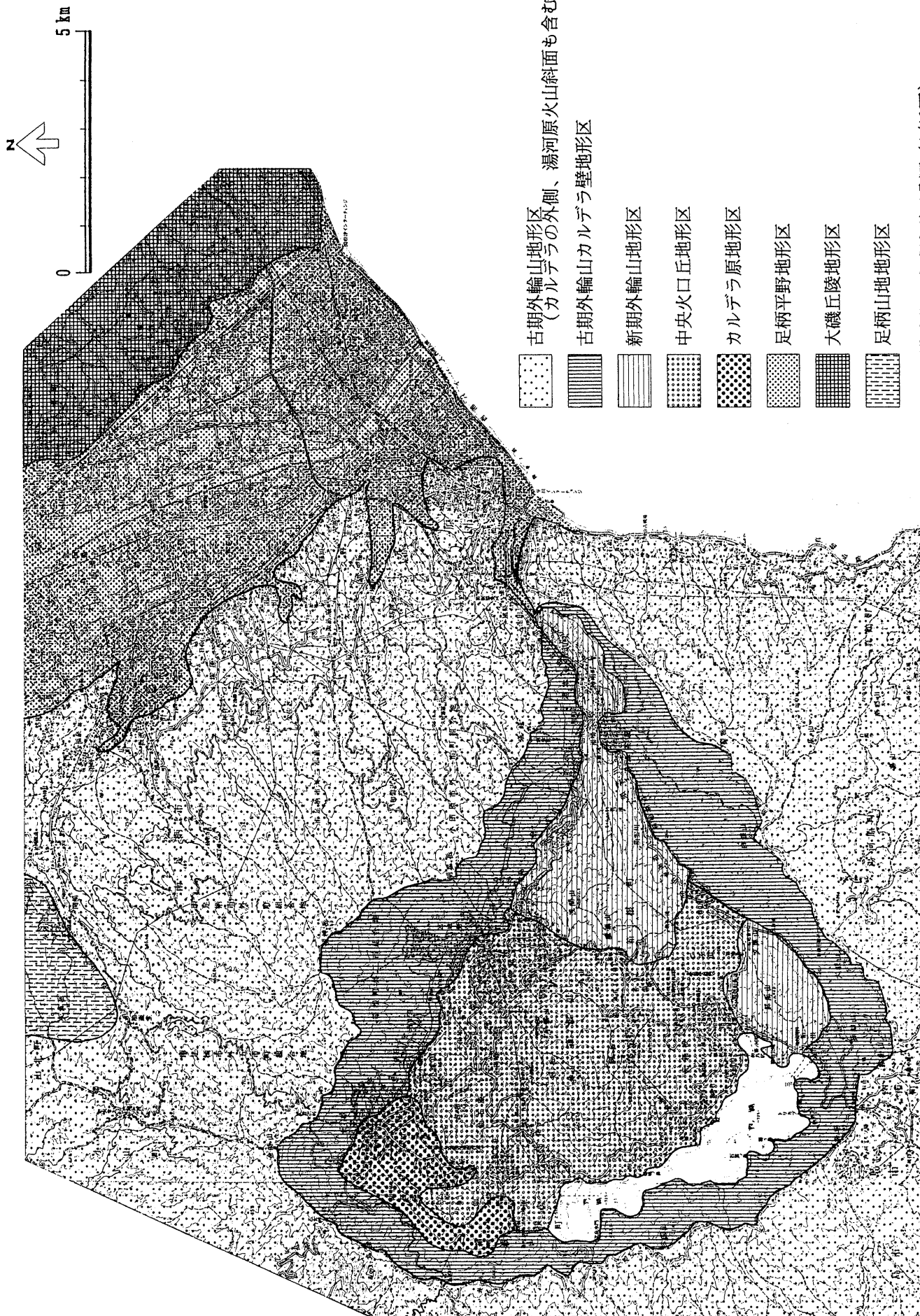
(1) 地形

1) 地形図

本地域の大半を占める箱根火山は、大局的に新・旧の外輪山と中央火口丘の3つの火山体とそれぞれを開析する開析斜面とからなっている。したがって、同じ開析斜面であっても、場所によって、開析の度合や広がり異なるのは当然である。また、関東大震災・北伊豆地震による地震崩壊の分布も、基本的にこれらの火山体の位置によって、疎密が大きく異なっている。

ここでは、1/2.5万地形分類図では、表現されていない箱根火山周辺の地形区を図3.1に以下のような区分で表した。

1. 古期外輪山地形区（カルデラの外側、湯河原火山斜面も含む）
2. 古期外輪山カルデラ壁地形区
3. 新期外輪山地形区
4. 中央火口丘地形区
5. カルデラ原地形区
6. 足柄平野地形区
7. 大磯丘陵地形区
8. 足柄山地地形区



- 古期外輪山地形区
(カルデアの外側、湯河原火山斜面も含む)
- 古期外輪山カルデア壁地形区
- 新期外輪山地形区
- 中央火山丘地形区
- カルデア原地形区
- 足柄平野地形区
- 大磯丘陵地形区
- 足柄山地地形区

図3.1 相模湾北西地域地形区分図 (1/10万)

1/2.5万地形分類図で分類した火山原面と開析斜面は、これらの地形区のなかで、双方が含まれることになる。

2) 地形の編年

表3.1は、左側に、町田（1977）に基づく箱根火山活動史、右側に、地形分類図中の主な地形の形成期を編年表としてまとめたものである。

これらの編年にあたっては、比較的年代資料の豊富な火山活動とその関連現象を基準として、熔岩原面や火砕流堆積面などの火山活動の一次的な地形と、それにともなう湖成面・段丘面などの堆積地形を対比させた。

一方、開析斜面の形成期については、この編年表に明確に位置を示すことができるほどの資料はない。そこで、箱根火山の活動史のなかで、比較的長い休止期や不安定な斜面が突然つくられたカルデラ形成直後などを、主な侵食期（開析期）と考え、古期カルデラ形成後の火山活動休止期に開析作用によって形成された斜面を旧期開析斜面、新时期カルデラ形成後から現在までの開析作用によって形成された斜面を新时期開析斜面と推定した。

(2) 地 質

箱根火山及び足柄火山・大磯丘陵地域の地質層序表を表3.2に示した。

1) 未固結堆積物

①沖積層

河成平野・海岸平野・完新世段丘は沖積層より構成されている。沖積層には、分布は狭いが崖錐・湖成堆積物も含まれる。

酒匂川の流れる足柄平野は、2段～3段の埋没段丘が発達している。足柄平野の上流沖積層は更新世末から完新世にかけて堆積した扇状地性の厚い河成礫層が良く発達し、下流の沖積層は礫層、砂礫層、泥層の互層からなる。沖積層の基底の標高は河口付近の酒匂（海拔10m）で-75mから-80m、上流の開成町吉田島（海拔40m）で+10mである。

森戸川の小田原－厚木道路付近の沖積層の厚さは40～50mで、基底より海拔-1～-2mまで海成シルト層、泥層、砂層の互層からなり、その上位は厚さ10m近い軟弱な泥層砂層が乗る。現酒匂川の氾濫原は厚さ10m以下の礫層で構成されている。

足柄平野の西縁は箱根古期外輪山の斜面がなだらかに平野の下に潜り込み、平野の左縁は比高100～200mの急な崖で大磯丘陵に接している。この崖は国府津－松田断層がつくる断層崖である。国府津－松田断層は相模トラフの北西延長にあたり、フィリピン海プレートとユーラシアプレートの境界をなす断層の一部と考えられている。同

表3.1 箱根火山の編年と地形分類図中の主な地形の形成期

地質時代	箱根火山の活動	絶対年代	火山活動(年代)	関連現象	地形分類図中の主な地形の形成期			
					火山活動による地形	河成・湖成地形、その他	開析斜面	
完新世	第4期	0	冠ヶ岳 大湧谷火砕流(2,900)	芦の湖	中央火口丘 岩屑なだれ堆積面	沖積錐・扇状地・沖積面・砂丘 下位段丘面 富士・御殿場泥流堆積面	豪雨崩壊斜面Ⅰ 豪雨開析斜面Ⅰ 地震崩壊斜面	
		4,000	神山岩屑なだれ(3,100)		中央火口丘 熔岩原面			
		1万	↑ 二子山 駒ヶ岳					
			丘 神山 神山泥流(1.8万) 神山熱雲(2.0万) 神山火砕流(2.8万)	早川埋積 仙谷原湖	火口壁 中央火口丘 火砕流堆積面	開析沖積錐 上位段丘面・開析沖積錐 湖成面	新期開析斜面 開析前線	
更新世	第3期	4.5万	(新期カルデラ) 東京軽石流 T p f 1 (4.9万) 軽石流		軽石流堆積面	千代台面(?)		
		7万	↓ 新期外輪山		新期外輪山 熔岩原面		旧期開析斜面	
		15~16万		早川による 古期カルデラの開析				
更新世	第2期	25万	(古期カルデラ) 古期外輪山		古期外輪山 熔岩原面	高位段丘面(?)		
		40万	↓ 古期外輪山					

表3.2 地質層序表

年代 × 10 ⁴	時代	箱 根 火 山		足柄火山・大磯丘陵		
1	完新世	神山山崩れ堆積物		御殿場泥流堆積物		
		沖積層		沖積層		
	後	箱根火山	中央火口丘熔岩類		新期ローム層	
			泥流堆積物			
			石英安山岩質軽石流		石英安山岩質軽石流	
			新規外輪山熔岩類			
	5	更	古期外輪山熔岩類		古期ローム層	
			湯河原火山熔岩類			
	15	中	天照山玄武岩類		足柄層群	
			二宮層群			
40	新	須雲川安山岩類		前川泥岩層		
		早川凝灰角礫岩				
70	世	湯ヶ島層群		鷹取山礫岩層		
		丹沢層群				
200	鮮新世	湯ヶ島層群		丹沢層群		
540	中新世	湯ヶ島層群		丹沢層群		
2300	中新世	湯ヶ島層群		丹沢層群		

断層を隔てて大磯丘陵が1000年に2～5mの平均変位速度で相対的に隆起しているといわれている。

箱根カルデラ内の仙石原一帯は主に粘土層、砂層からなる湖成堆積物が分布する。この湖成層は約2万年前から現在にかけて堆積したものである。仙石原河向のボーリングでは厚さが39mに達している。

箱根火山の東北麓では海に面して海崖が発達し、山腹斜面から流下する小河川の河口にわずかな沖積低地ができている。湯河原町のやや広い低地には千歳川と新崎川から流れ出した礫層が10～20mの厚さに堆積している。湯河原駅付近では後背湿地性の厚さ約10mの泥層が東西に延びて分布している。

2) 半固結堆積物

①湖成堆積物

箱根カルデラ内の須雲川の上流部に沿って半固結の湖成堆積物が分布する。屏風山南東の須雲川沿いのものは古期カルデラ内に生じた湖に堆積した砂層・粘土層である。箱根町から大観山への自動車道路沿いのものは新期カルデラ内の湖の堆積物と思われる。

3) 固結堆積物

①足柄層群

足柄層群は箱根火山の北麓の南足柄市地藏堂付近に分布し、箱根古期外輪山熔岩に不整合関係で覆われるか、又は断層で接する。本層群の下部は瀬戸礫岩層、中部は畑砂岩泥岩互層、上部は塩沢礫岩層に区分される。足柄層群は第四紀の海底堆積物であるが、激しい地殻変動を受けて複雑な構造を示す堅固な堆積物である。全体としては西から北西へ40°～60°傾斜するが、内川の流路に沿ったN60°E方向の二つの断層によって挟まれた地域は南急傾斜かあるいは逆転している。

4) 火山性岩石

①御殿場泥流堆積物

約2300年前に富士山東麓に生じた大規模な泥流とその二次的な堆積物が御殿場泥流堆積物で、黒色スコリアの多い成層した火山砂礫層からなる。泥流は御殿場付近に広く堆積し、酒匂川に流入したものは谷を埋めて流れ、河口まで達し、小田原市鴨ノ宮付近の現沖積面より2～3m高い段丘の上位厚さ1～2mの部分は、この泥流堆積物である。

②新期ローム層

いわゆる立川ローム層及び武蔵野ローム層を新期ローム層と呼ぶ。主に古富士火山より噴出したスコリア質風化火山灰やスコリアからなるが、箱根火山の新期カルデラ形成期及び中央火口丘期の軽石火山灰も含む。

(a)立川ローム層

およそ3万年前から1万年前までに堆積した主に富士山から運ばれた火山灰層。箱根火山地域の立川ローム層は古期カルデラの内壁や中央火口丘に分布するほか、河成段丘礫層の上に認められる。

(b)武蔵野ローム層

およそ7万年前からおよそ3万年前までの間に堆積した富士山及び箱根火山の火山灰層。主に古富士火山より噴出したスコリア質風化火山灰やスコリアからなるが、箱根火山の新期カルデラ形成期及び中央火口丘期の軽石の一部も含まれる。

③古期ローム層

古期ローム層はいわゆる吉沢ローム層（下末吉ローム相当層）及び多摩ローム層を合わせたもので、主に箱根火山古期外輪山形成期から新期外輪山形成期に噴出した軽石及び火山灰からなる。

④石英安山岩質軽石流堆積物

箱根火山の新期外輪山活動の末期（5万年前）に噴出した大規模な軽石流堆積物で、

一般に東京軽石流堆積物（TPflow）として知られている。本軽石流は古期外輪山を乗り越えて四方に流出した。東方に流れた軽石流は関本丘陵や、小田原市諏訪ノ原、久野、星山、小田原の丘陵を形成し、さらに大磯丘陵を乗り越え東方に達している。

軽石流堆積物の厚さは小田原－星山で10～30mであり、図幅内最大値は40m位である。軽石流堆積物は軽石片と石質岩片が場所によっていろいろな割合で混合しており、軽石流の上には立川・武蔵野ロームに相当する火山灰層が重なっている。

⑤箱根火山熔岩類

箱根火山は中央火口丘、新期外輪山、古期外輪山からなる三重式火山である。本火山はおよそ40～50万年前に活動をはじめ、玄武岩質（OS₁）－安山岩質（OS₂, OS₃）の熔岩と火山砕屑岩（区分は神奈川県教育委員会（1980）による）を噴出し大型の成層火山を形成した。この活動の最後に石英安山岩質軽石を大量に噴出して火山体中央部が陥没し、カルデラを生じ、まわりに明星ヶ岩、明星ヶ岳、湖尻峠、箱根峠、白銀山等の古期外輪山が形成された。つづいて安山岩質－石英安山岩質熔岩を噴出する火山活動が始まり、緩傾斜の厚い熔岩流（YS₁～YS₅）からなる火山がカルデラ内に形成された。この活動の末期に大量の石英安山岩質軽石と軽石流を噴出する活動がつづき、カルデラ内に形成された火山体の西側が陥没し新期カルデラが形成された。現在、浅間山・屏風山の緩傾斜の台地がこの時陥没をまぬがれた火山体（新期外輪山）である。新期カルデラ内に再び安山岩質の火山活動がおこり、成層火山の神山（CC3）、熔岩円頂丘の台ヶ岳（CC1）、小塚山（CC2）、駒ヶ岳（CC6）、陣笠山（CC4）（1325mの峰）、上二子、下二子（CC7）を生じた。また丸山（CC5）も中央火口丘の一つと考えられる。

神山はその活動期に泥流や火砕流を発生した。二の平、宮の下、大平台、塔の沢にかけて断片的に残っている火山円礫岩（Kmf）は神山から発生した泥流堆積物である。また2～3万年前に発生した火砕流は小塚山東麓で早川を堰止めて湖（仙石原湖）をつくり、やがて埋積されて仙石原の湖成堆積物を形成した。およそ3000年前に神山の北西部が爆発崩壊し、乾燥岩屑なだれ（神山山崩れ堆積物 Kd）となって流れ下り、早川を堰止めて芦ノ湖を形成した。その直後、神山火口から大湧谷火砕流が発生し、その堆積物は厚さ1～2m以下と薄いのが、小塚山、仙石原、湖尻方面に流れ下った。次いで火口内に粘性の高い熔岩が上昇してきて冠ヶ岳の熔岩尖塔（CC8）が形成された。

⑥金時山、幕山熔岩類

金時山は箱根火山の北西に生じた箱根火山より古い火山で、かんらん石輝石玄武岩、輝石安山岩からなる成層火山（K1）である。古期カルデラ形成期に山体の南半分がカルデラ内に落ち込んで失われ、現在の地形が作られた。幕山は箱根火山の南東山腹に生じた側火山で、安山岩と石英安山岩質熔岩が縞状構造をなす熔岩円頂丘（M1）である。

⑦湯河原火山熔岩類

湯河原火山は湯河原町宮上付近に中心部を持つ安山岩質の成層火山である。活動の最後に爆発的噴火が起こり山体の中央部が飛散した。火山の中心部は侵食されて、基盤の岩石である天照山玄武岩類、湯ヶ島層群が露出している。火山体は箱根外輪山の南端の孫助山・鞍掛山より南に湯河原町を大きく取り巻いて分布する。

⑧早川凝灰角礫岩、須雲川安山類、天照山玄武岩類

これらの累層は湯ヶ島層群と不整合関係である。早川凝灰角礫岩は早川の谷沿いに分布し、石英安山岩質あるいは安山岩質火山凝灰岩を主とする浅海性堆積物で貝化石を産する。須雲川安山類は須雲川沿いに露出し、ガラス質輝石安山岩熔岩、火山角礫岩を主とし、早川凝灰角礫岩に整合的に重なる。天照山玄武岩類は、奥湯河原の北にある天照山神社付近を模式地とし、玄武岩－安山岩質熔岩と同質の火山碎屑岩よりなる。湯河原火山や箱根火山は、これらの累層が陸上に露出し風化作用を受けた後、その上に生じた。

⑨小噴出岩体

石英安山岩質小噴出岩体が湯河原駅北方の山腹に分布する。

⑩湯ヶ島層群・丹沢層群

両層群は新第三紀中新世に激しい海底火山活動により形成された堆積物である。伊豆半島の変質した暗緑色の熔岩と火山碎屑岩からなる累層が湯ヶ島層群で、箱根町宮ノ下付近の早川谷底、湯河原町の温泉場－広河原に分布する。

5) 深成岩

①矢倉岳石英閃緑岩

本石英閃緑岩は図幅の北西部の矢倉岳に分布する。足柄層群に貫入した石英閃緑岩の小岩体である。

3. 2 サンプル地域の大縮尺地形分類図 (1/10,000)

(1) サンプル地域の選定

サンプル地域として調査地域内より地形・地質の多様性ならびに代表性、および過去の地震による崩壊地・崩壊跡地の分布状況等を勘案して、図3.2に示す地区を選定した。

(2) サンプル地域の地形・地質の概観

1万分の1地形分類図の図化範囲は、箱根火山の第1期～第4期の火山活動による形成地域のうち、古期外輪山南部の聖岳周辺の地区（A地区）と新时期外輪山を含む須雲川中

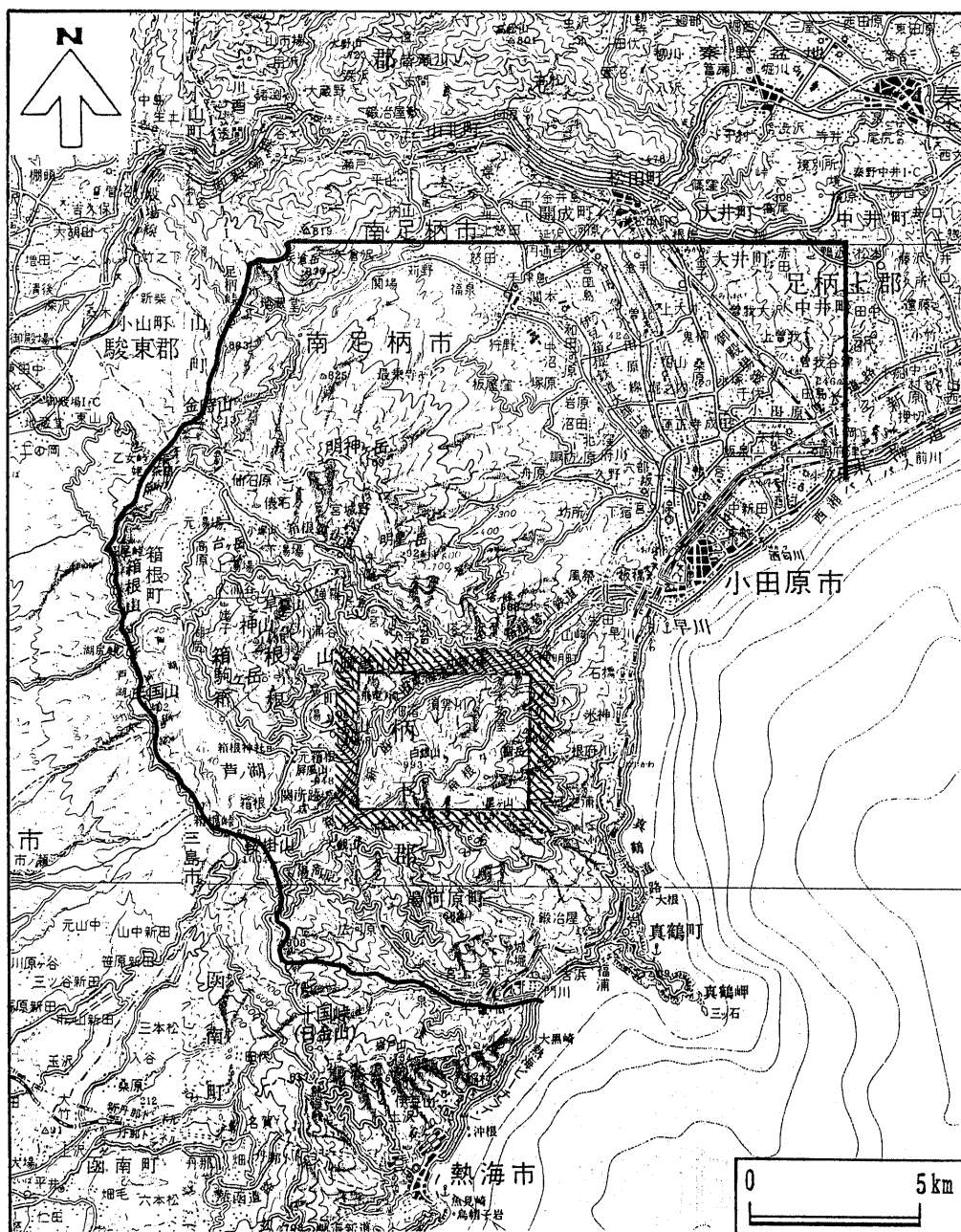


図3.2 モデル地域位置図

流周辺の地区（B地区）の2地区を選定した（図3.3）。選定した理由は、箱根火山のなかでは新・旧の外輪山は中央火口丘に比べて著しく開析がすすんでいること、2地区が形成年代の全く異なる火山体（古期外輪山；約25万年以前の形成、新时期外輪山；約5万年以前の形成）で構成されること、関東大震災と北伊豆地震によって地区内に多数の崩壊が発生し、しかも面積5ha以上の大規模な崩壊が含まれること、などによる。

以下で、A・B両地区の地形・地質の概要について述べる。

A地区（古期外輪山）

図3.4に1万分の1地形図（微地形分類図の基図）と地質の概観を示した。

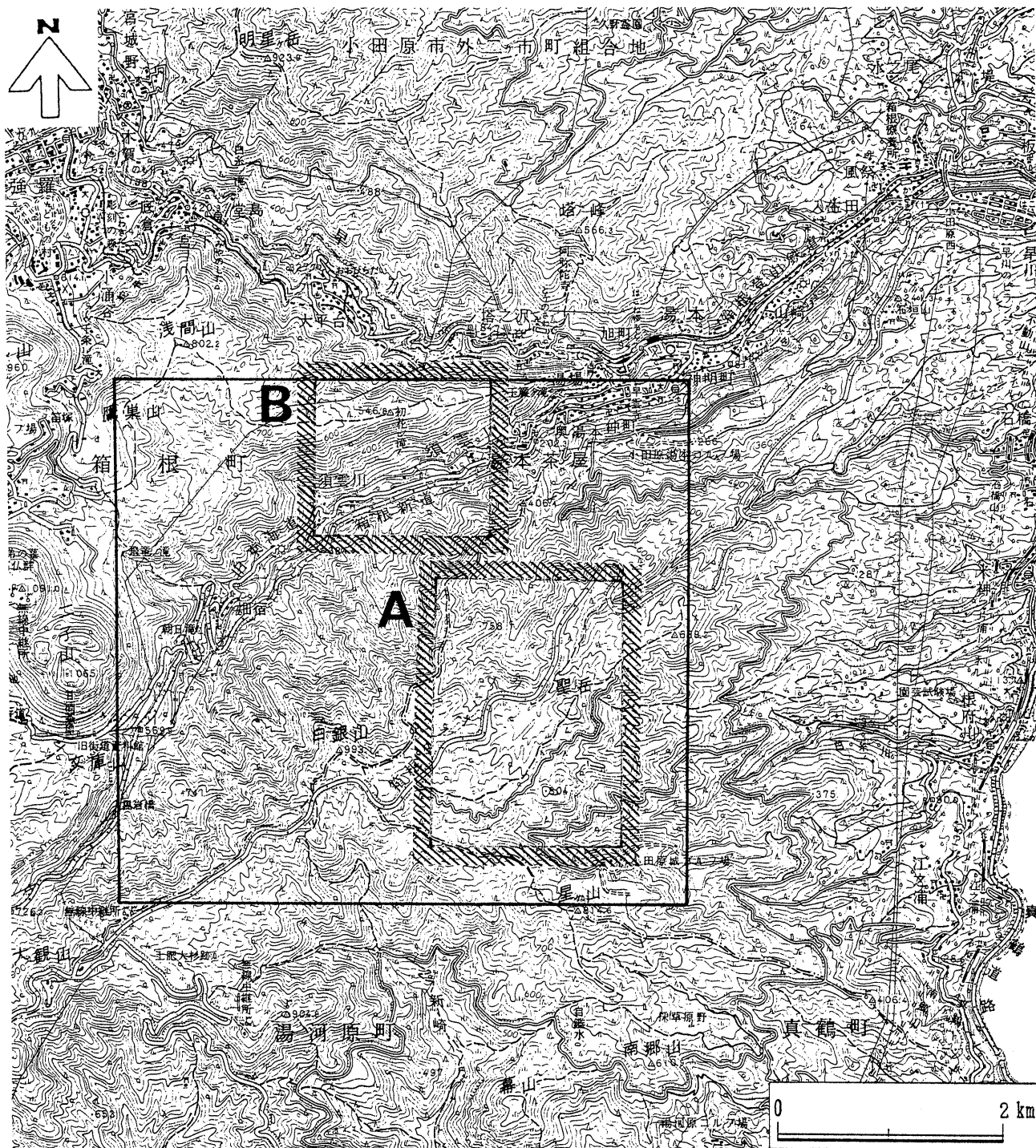


图3.3 A·B两地区位置图



図3.4 A地区の地形・地質

(地質は、神奈川県「表層地質図-小田原・熱海・御殿場」1985より編集) (F:断層)

本地区は、大半が古期外輪山を開析した斜面からなっている。とくに、地区内北西側の須雲川流域の斜面は、古期外輪山の内壁（カルデラ壁）という初生的な急斜面をさらに開析した斜面で、起伏量が大きく傾斜も急である。一方稜線部は広い平坦面（火山原面）がほとんど認められず、凸型の丸みをもった緩斜面からなっている。その一部は古期外輪山の原面が稜線として残存したものと考えられる。

地区内の地質は、大半が古期外輪山（成層火山）を構成する安山岩熔岩と火山碎屑物（写真3.1）の互層である。それら各層の一枚ごとの厚さは一般に数mから10数mほどであるが、まれに100mの厚さをもつものもある。緩傾斜の稜線部では、軽石層を含む厚さ数m以上の火山灰層がみられる（写真3.2）。なお、地区内中央東よりにある聖岳は、マグマの貫入により上位の岩層を押しあげて形成されたものとみなされている（図3.5）。

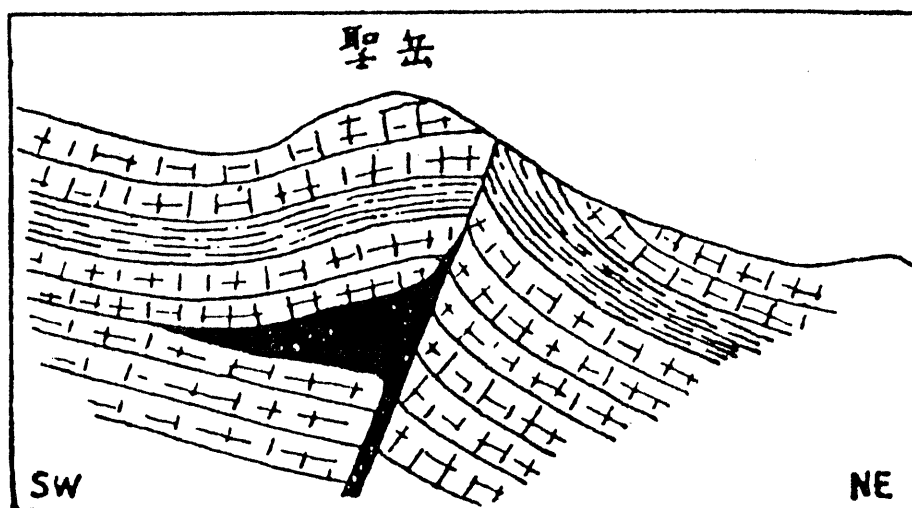


図3.5 聖岳の模式断面図

地下の貫入岩体を示す。（久野、1972）

B 地区

図3.6に1万分の1地形図（微地形分類図の基図）と地質の概観を示した。

本地区は、新期外輪山の原面とそれを開析する斜面、須雲川やその支川によって形成された段丘・沖積錐などの河成地形などからなる。新期外輪山の原面は勾配10°前後で東へ傾くが、標高500～450mで熔岩の末端部とみられる比較的急傾斜な部分がある。開析斜面は須雲川に直接面しているために、全体として起伏量がおおきく傾斜も急である。

地区内の地質は、新期外輪山の原面から須雲川の谷底までの間の開析斜面なかほどで区分される。すなわち、下位は箱根火山の基盤をなす第三紀火山岩類の早川凝灰角礫岩

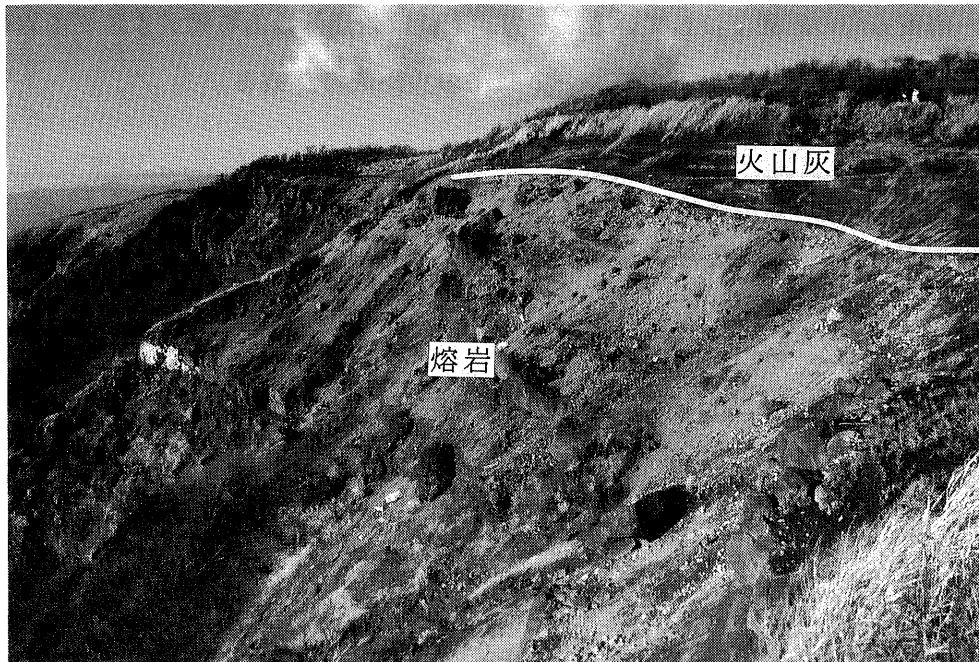


写真3.1 明神ヶ岳山頂付近の頂部斜面の断面
古期外輪山熔岩上に厚い火山灰が載る。

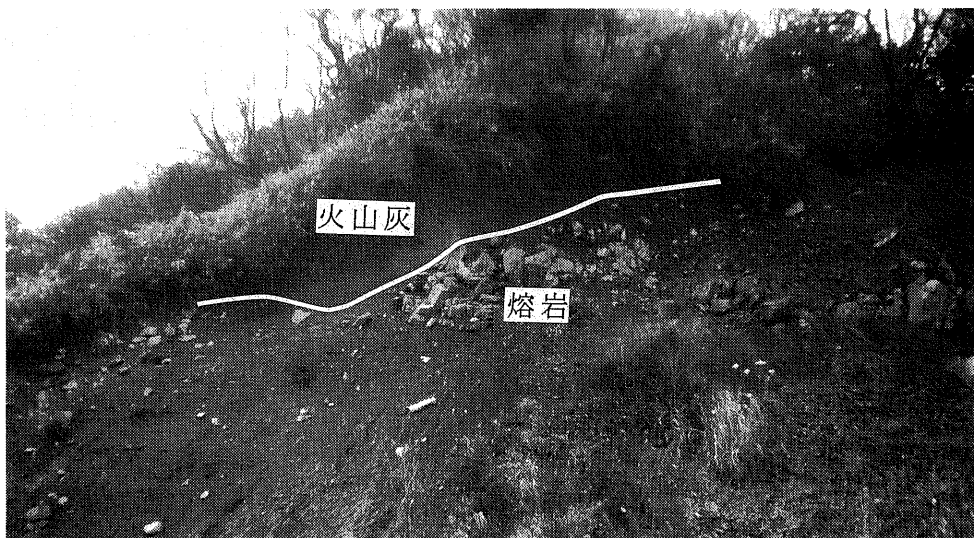


写真3.2 孫助山（箱根峠東方）付近の開析断面1の断面
熔岩を侵食した部分に厚さ2～3mの火山灰が載る。

と須雲川安山岩類からなる。この早川凝灰角礫岩と須雲川安山岩類は、須雲川を横切る北西－南東方向の断層で接している。一方、上位は新期外輪山を構成する安山岩溶岩で、それが形成する原面上には武蔵野ローム以上の火山灰層が載る。

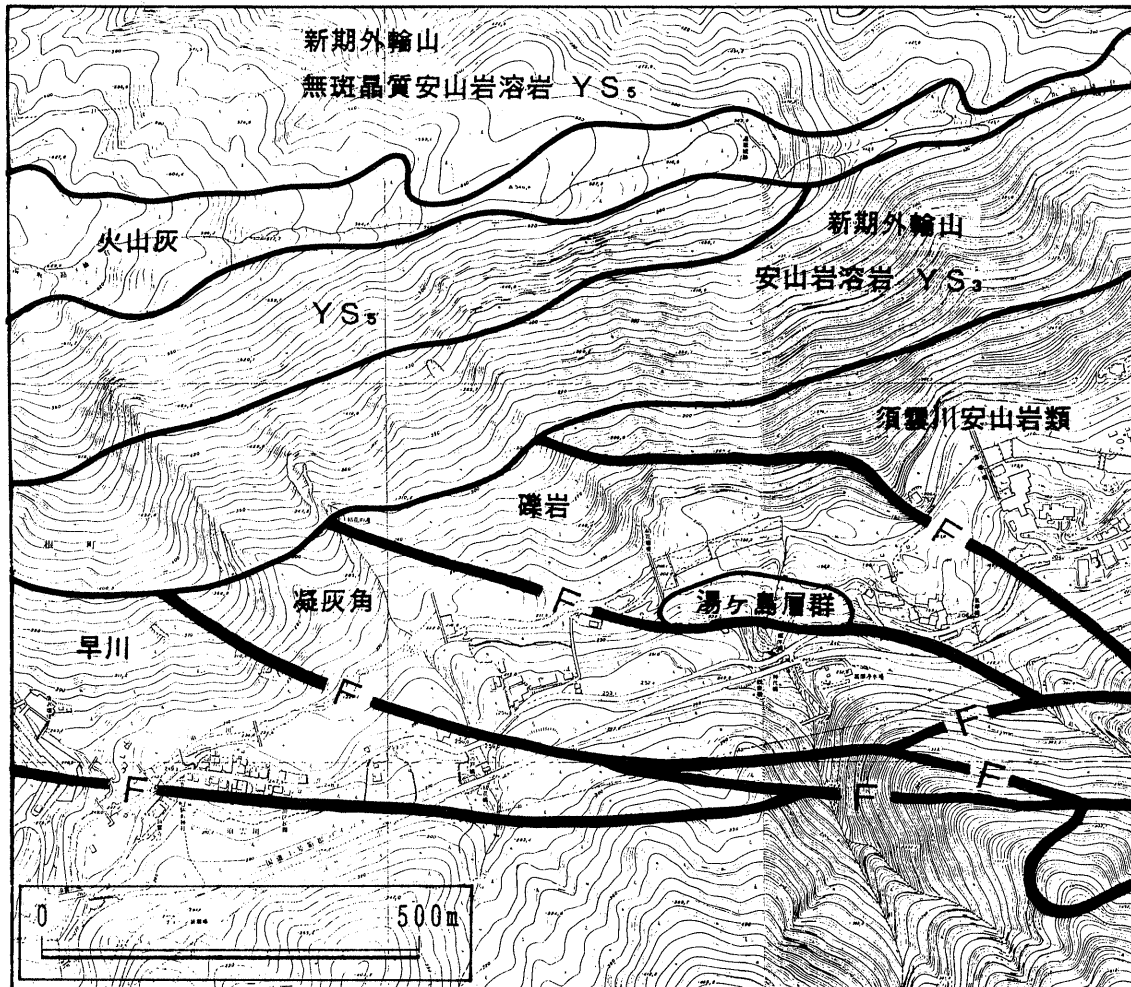


図3.6 B地区の地形・地質

(地質は、神奈川県「表層地質図—小田原・熱海・御殿場」1985より編集) (F：断層)

(3) 斜面区分と凡例基準

A・B両地区は、全域が箱根火山に含まれるので、ベースとなる地形は各種の火山地形である。しかし、地区内では、新期外輪山の原面をのぞいて、多くの斜面で開析がすすんでいる。したがって、1万分の1程度の大縮尺で微地形分類を行うには、熔岩原面や火砕流堆積面などの火山地形分類にとどまらず、開析斜面の細分が必要である。そこで、1万分の1微地形分類図(付図-1)では、開析斜面がいつごろどのように形成されたかという視点から、表3.3のような斜面地形区分を行った。また、この区分の概観と模式縦断面を図3.7に示した。

表3.3 1万分の1地形分類図(付図-1)の斜面地形区分

名称	横断形	縦断形	上縁側境界	下縁側境界	形成概要	火山灰
頂部斜面	—	凸	—	遷急線	火山原面が凸形に従順化	厚い
開析斜面1 (初期開析斜面)	凸または直線	直線	遷急線1	遷急線 または遷緩線	火山原面形成後の初期に開析された斜面が従順化	やや厚い
開析斜面2 (旧期開析斜面)	凹または直線	凹または直線	遷急線1・2	遷急線 または遷緩線	おおむね更新世におこった崩壊斜面の集合	薄い?
開析斜面3 (新时期開析斜面)	凹または直線	凹または直線	遷急線1~3	遷急線 または遷緩線	おおむね完新世におこった崩壊斜面の集合	なし
開析斜面4 (20世紀崩壊斜面)	凹または直線	凹または直線		遷急線 または遷緩線	1923年および1930年におこった崩壊斜面	
崖錘斜面	凸または直線	凸または直線	遷緩線	遷緩線	崩壊・崩落物質の堆積斜面 開析斜面2~4に含まれる	?
地すべり塊	凸	凸	遷緩線	遷緩線	滑落によるやや大規模な土塊 開析斜面2~4に含まれる	?

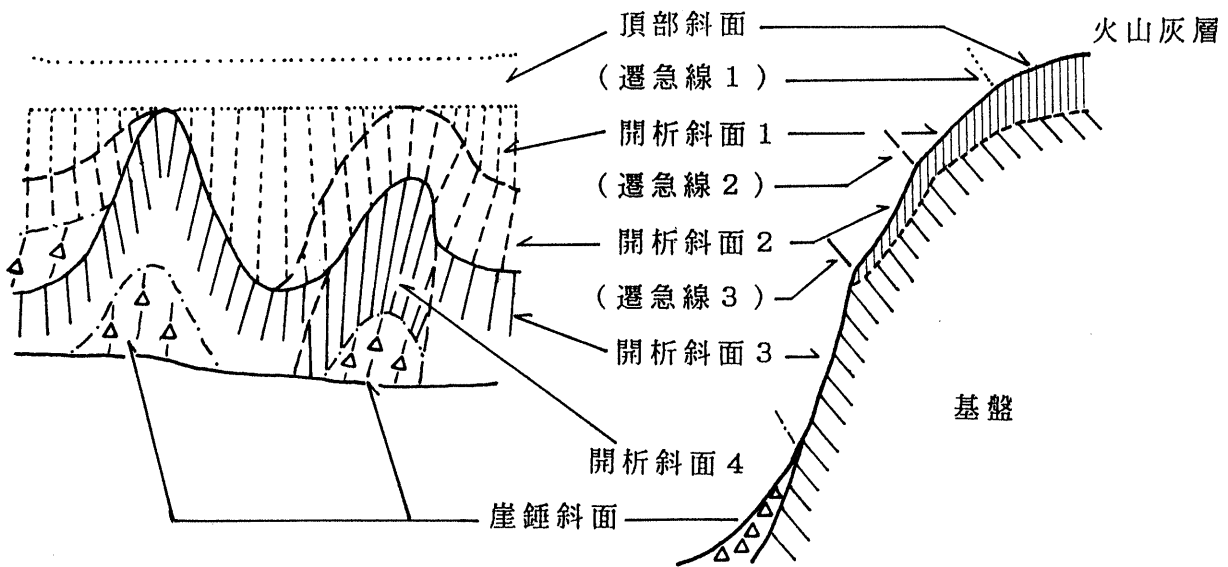


図3.7 斜面地形区分の概観と模式縦断面

一般に山地斜面は、頂部斜面 crest slope と側斜面 side slope から構成される。

頂部斜面は、箱根火山では、熔岩原面・火砕流堆積面などの火山原面が凸形に残存するもので、それらの原形となった火山原面の形成期は、古期外輪山でおよそ25万年前以前、新期外輪山でおよそ5万年前以前である。

側斜面は、形態の差（崩壊形態が新鮮か、あるいは従順化がすすんでいるか）によって古いほうから開析斜面1～4に細分した。それらの上縁はそれぞれ古いほうから遷急線1～3で画されている。遷急線1～3が収束する部分は、開析が進行しより新しい遷急線が古い遷急線におよぶというような斜面発達の見点から、遷急線1と2が収束する部分を遷急線2、遷急線2と3が収束する部分を遷急線3、遷急線1～3が収束する部分を遷急線3、として表示した。

各斜面の形態・形成概要（推定）・火山灰の厚さ（推定）などについては、表3.3および図3.7にまとめたとおりである。このうち、開析斜面4は、1923年の関東大震災および1930年の北伊豆地震による崩壊斜面で、『関東大地震・北伊豆地震荒廃林地復旧事業地地図』や『豆相地震報告書』などの資料をもとにした『自然災害履歴図－小田原・熱海・御殿場』（神奈川県、1985）によった。ただし、旧5万分の1図によっているので、崩壊地の正確な位置を特定しにくい。そこで、これらの資料をもとに、開析斜面3のなかで該当する崩壊範囲を空中写真上で判読し、その位置をおさえた。

崖錐斜面は、開析斜面中の山脚または山腹の崩壊・堆積斜面を区分したもので、基本的に開析斜面の2～4の一部である。これらの崩壊・崩落物質が大きな土塊となって移動したとみられる部分は、地すべり塊として表示した。

(4) 地震崩壊と斜面の土地条件

1923年の関東大震災と1930年の北伊豆地震で初生した崩壊を1万分の1微地形分類図では開析斜面4とした。それらは地震によって発生した崩壊であるから、地震崩壊ともいえる。それらがどのような斜面条件をもつところで発生したかは、斜面防災や斜面発達を考えるうえできわめて重要である。

開析斜面4（地震崩壊）の頂部の位置について、微地形分類図上で検討すると、以下のような4つのタイプに区分される。（図3.8）。

タイプⅠ；頂部が開析斜面3のなかほどにあるもの

タイプⅡ；頂部が遷急線3と一致し、開析斜面2に接しているもの

タイプⅢ；頂部が遷急線2・3の収束部と一致し、開析斜面1に接しているもの

タイプⅣ；頂部が遷急線1～3の収束部と一致し、頂部斜面に接しているもの

これらのタイプ別崩壊数を表3.4に示した。A・B両地区ともタイプⅡが最も多く、遷

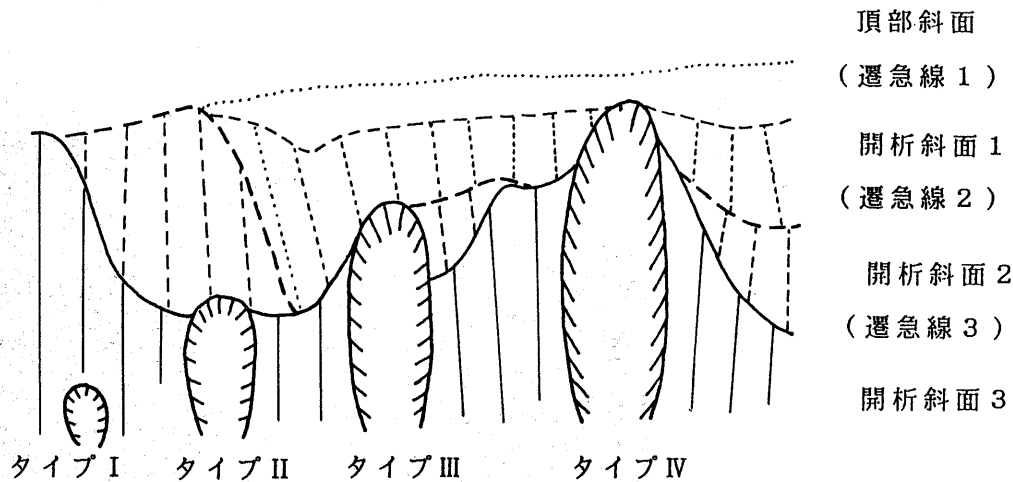


図3.8 開析斜面4（地震崩壊）の頂部と開析斜面1～3・頂部斜面との関係

表3.4 A・B両地区における地震崩壊タイプ別崩壊数

	A 地区	B 地区
タイプ I	9	15
タイプ II	58	21
タイプ III	37	4
タイプ IV	14	1

急線3付近で地震崩壊が多発していることが明らかである。

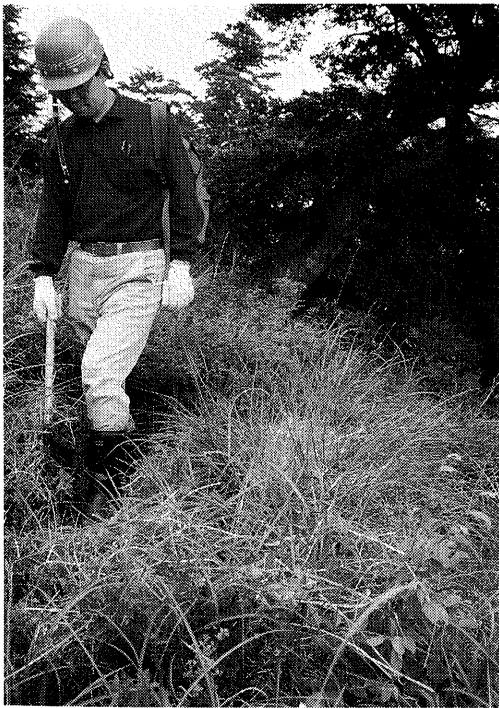
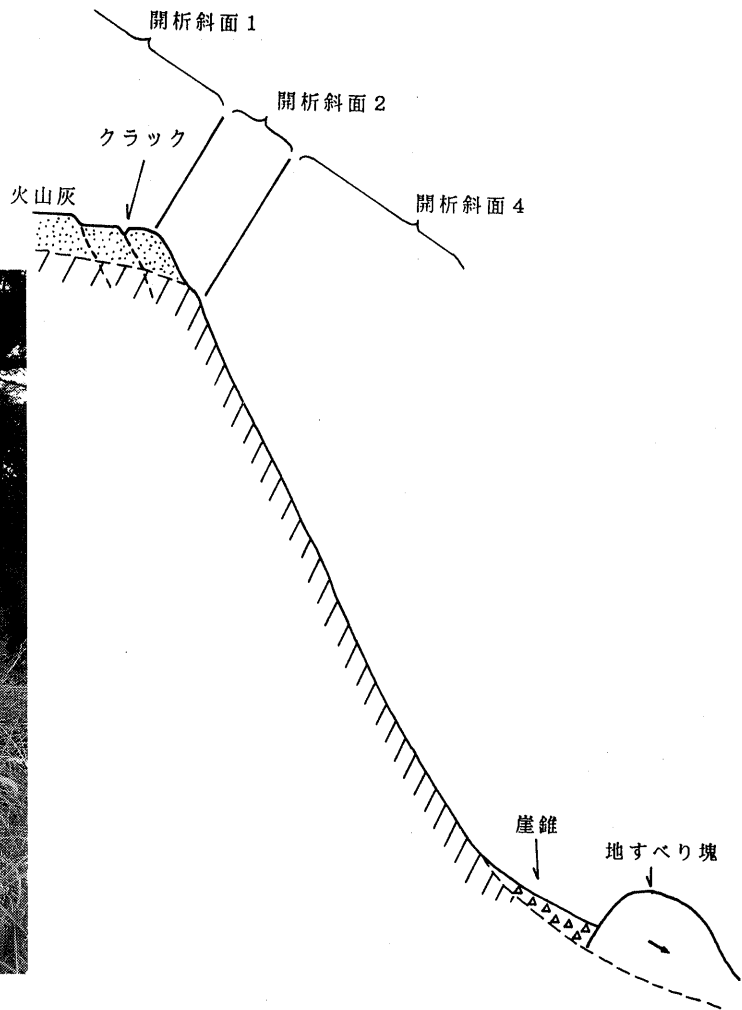
これを斜面表層の構成物からみると、頂部斜面・開析斜面1・2は未固結物質（火山灰）におおわれる（図3.9の模式縦断面図）。タイプII～IVは、いずれもその頂部が、遷急線3またはその収束部をもって頂部斜面・開析斜面1・2に接している。したがって、1923年と1930年の地震崩壊では、頂部斜面・開析斜面1・2の表層を構成する未固結物質が崩落し、崩壊が発生したものと推定される。遷急線3は、表層の未固結物質のある斜面とならない斜面の境界をなすもので、今後ともその付近に崩壊が発生する可能性が高い。

このほか、基本的に断層（弱線）の存在に起因する地震崩壊や地すべり性の地震崩壊について述べる。

A地区内の東側では、5ha以上の地震崩壊（開析斜面4）が2箇所（聖岳東側斜面の崩壊及び根府川土石流の起源となった白川上流の崩壊）ある。

聖岳東側斜面の崩壊は、崩壊斜面を横切る断層が存在することから、その弱線に沿って大規模な崩壊が生じたものと考えられる。

挿入写真①
 矢印は挿入写真②の位置



挿入写真②

図3.9 白糸川上流大規模崩壊地の模式断面

白川上流の崩壊は、斜面なかほどに逆傾斜する地すべり塊があり、その背後には裸地化した岩壁と崖錐がみられる（挿入写真①）。また崩壊より上方の開析斜面1では、崩壊頂部縁に平行する段差（比高4m>）や溝（長さ10m、幅50cm、深さ20cm）が認められる（挿入写真②）。これらのことから、ここでは地震により地すべり性の大規模崩壊が起り、その影響で上方の斜面にクラックを生じたものと考えられる。

(5) 2万5千分の1地形分類図への応用

A・B両地区の1万分の1微地形分類図を2万5千分の1のスケールで表現しようとする、図上での区分が細かくなりすぎ、全体に錯雑として読みにくい図となってしまう。そこで、1万分の1微地形分類図の凡例のなかから、2万5千分の1という中縮尺図に適当な表現内容を持つ凡例を取捨選択しなければならない。また、A・B両地区内では比較的少ないが、中央火口丘周辺では火山原面が広範囲に分布するので、その成因的な区分も必要である。これらを勘案して、2万5千分の1地形分類図の凡例を設定した。

2万5千分の1地形分類図の図化区域である箱根火山一帯の地形は、火山原面、開析斜面、河成（湖成）面に大別される。

火山原面については、守屋（未公表）の箱根火山地形分類図（図3.10）にもとづき、古期外輪山熔岩原面起源の稜線（幅がせまいので2万5千分の1のスケールでは線の表現とした）、新期外輪山熔岩原面、軽石流堆積面、中央火山丘熔岩原面、中央火口丘火砕流堆積面、中央火口丘岩層なだれ堆積面、に区分した。このうち、A地区での頂部斜面が古期外輪山熔岩原面起源の稜線、B地区での頂部斜面が新期外輪山熔岩原面である。

開析斜面は、前項で述べたように、斜面表層の未固結物質の有無により、開析斜面1・2と開析斜面3・4に区分される。両者の境界をなす遷急線3周辺では地震崩壊が多発しており、今後も崩壊が発生する可能性がある。そこで、それより上位を旧期開析斜面とまとめ、それより下位の開析斜面3・4については地震崩壊の有無を示すのでそのままの区分とし、開析斜面3を新期開析斜面、開析斜面4を地震崩壊斜面とした。さらに1962年の空中写真上で判読される崩壊については、1923年、1930年の地震時以降に豪雨によって発生した崩壊と考えられ、豪雨崩壊斜面とした。これらの斜面地形区分の概観を図3.11に示した。

河成（湖成）面は、湖成面（おもに仙石原）、段丘面、開析沖積錐、沖積面、沖積錐、土石流堆、河道などである。これらは一定の広がりをもつので、2万5千分の1のスケールでも十分図示可能である。

以上の地形区分を、2万分の1空中写真判読により、A・B両地区で製作したものが縮尺1万分の1山地内試験区域分類図である。

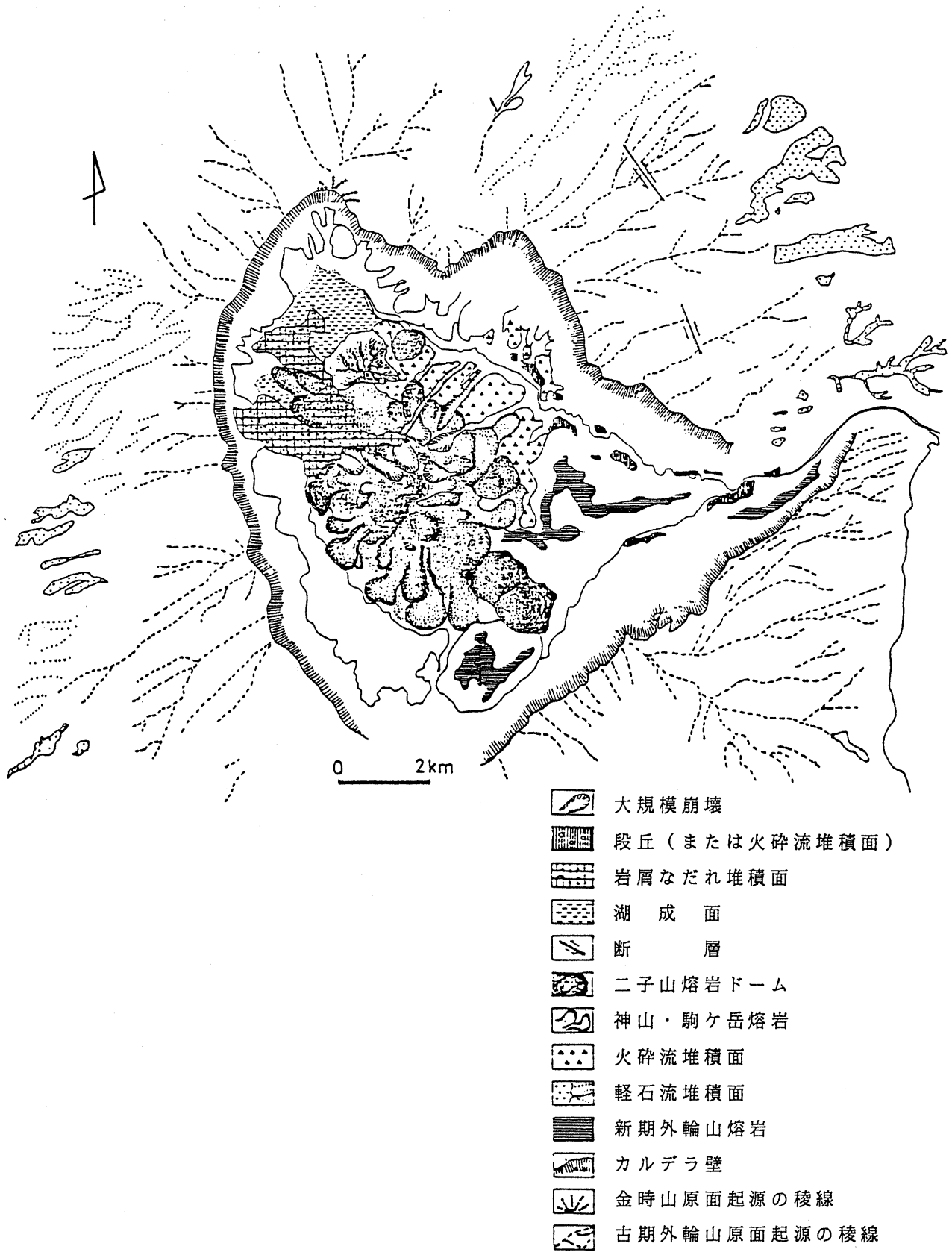


図3.10 箱根火山地形分類図（守屋以智雄：未発表）

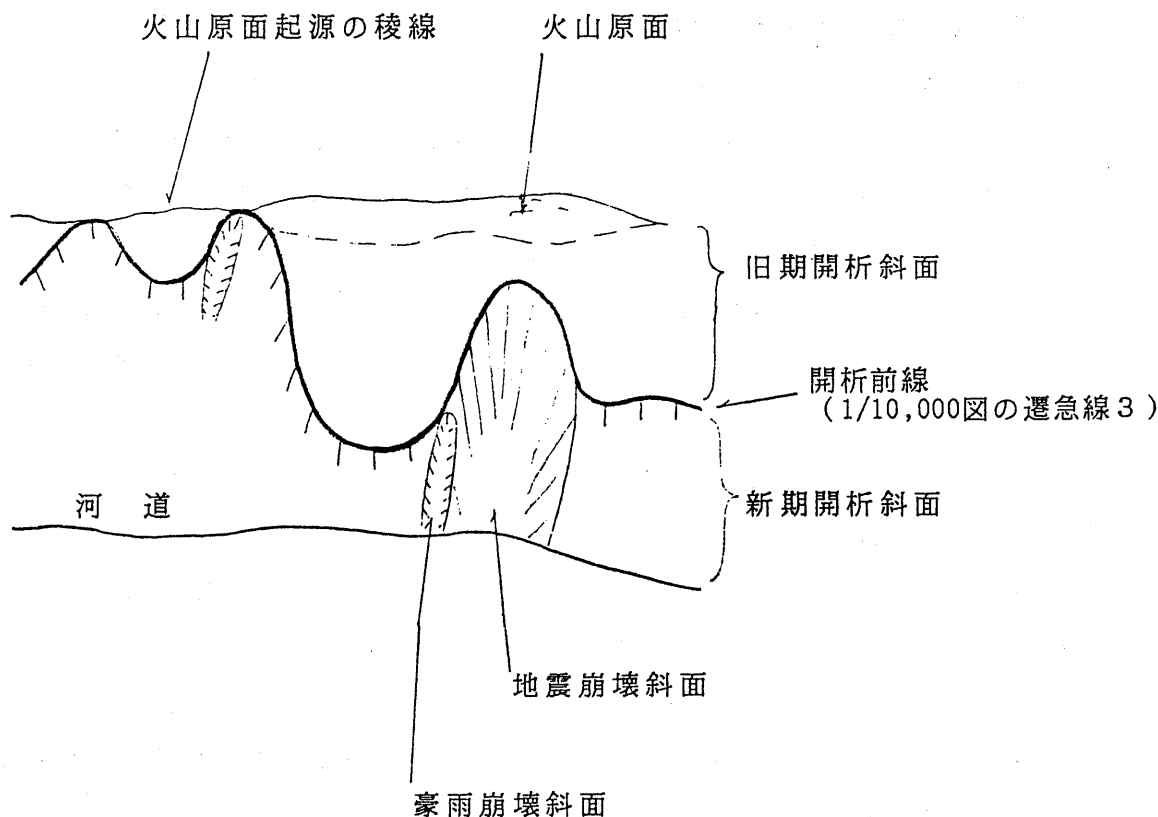


図3.11 2万5千分の1地形分類図の斜面地形区分の概観

3.3 1/25,000地形分類図

1/25,000地形分類図では、各地形分類を成因的に大区分して

- (1) 箱根火山の火山活動による地形
- (2) 開析斜面
- (3) 河成（湖成）地形
- (4) その他

に大別した。以下では、大区分した地形ごとの地形分類項目について、形態、成因、構成物、分布の特徴などを記載する。

(1) 火山活動による地形

前述のように、箱根火山の地形を成因的に二分すれば火山活動によって生じた地形（火山地形）とそれを侵食する開析斜面に大別される。したがって、ここで述べる火山活動による地形は、火山活動によって形成されて以降ほとんど変化のない状態で現在まで残存してきた部分である。

箱根火山の火山地形区分については、守屋（未公表）の箱根火山地形分類図（図3.10参照）があるのでそれに準じて以下のような、分類項目を設定した。

1) 古期外輪山熔岩原面起源の稜線

約40万年前から約15万年前までに形成された箱根火山古期外輪山（成層火山）の原面は、大半が開析され、現在ではそのほとんどが稜線として存在するのみである。形態的な特徴として、古期カルデラ線より、カルデラの外側に放射状に延びる稜線のうち、およそ10m以上の幅があり、スムーズに漸次高度を低下させる部分を判読した。場所によっては、幅100m前後の山頂緩斜面として残存しているところもある。これらには、古期外輪山形成初期に噴出した金時山やその後に噴出した幕山の熔岩原面起源の稜線、一時代古い湯河原火山の原面起源の稜線などを含む。

これらの稜線上には、厚さ数m以上の火山灰層が載っている場合が多い。

2) 新期外輪山熔岩原面

屏風山、浅間山、早川と須雲川の間稜線上を通る湯坂道（旧鎌倉街道）、早川右岸の小田原湯本ゴルフ場周辺に広がる山頂緩斜面で、熔岩とそれをおおう火山灰層からなる。これらは、盾状火山の原面とされていたが、屏風山は熔岩円頂丘または熔岩平頂上と考えられるようになった（平田・袴田 1991）。湯坂道では旧街道に沿って溝状の凹地が認められるが、鎌倉時代以前からの人馬の往来による堀れ込みとみられる。

3) 軽石流堆積面

箱根外輪山の北東～東麓にかけて分布する軽石流の堆積面で山頂緩斜面や台地を形成している。岩原西方や諏訪の原周辺の台地は広大で、表面はなめらかな起伏がある。これらの軽石流堆積面の表面は一般に火山灰が載っている。

箱根火山は、古期外輪山形成後と新期外輪山形成後に大規模な軽石流を噴出させているが、これらの軽石流堆積面は箱根火山第3期、つまり新期外輪山形成後の数回の軽石流放出期（約7万年前～4.9万年前）に堆積したもので、軽石流堆積物の最上位はT p f 1（4.9万年前）とされている（町田、1977）。

4) 中央火口丘熔岩原面

箱根火山中央火口丘の神山（成層火山）、駒ヶ岳・二子山（熔岩円頂丘）などの熔岩で構成される斜面である。これらは、箱根火山第3期（およそ3万年前以降）に形成された熔岩原面で、開析が進んでなく、比較的広く分布する。表面には熔岩末端崖や、後述する熔岩じわ・熔岩堤防などによる遷緩線、谷線なども認められる。

5) 中央火口丘火砕流堆積面

中央火口丘の最高峰・神山（1,437m）の北麓から東麓にかけて分布する火砕流堆積面である。

早川の本・支流によって周囲が開析され、開析扇状地のような形態を呈する。更新世末から完新世にかけて神山から流下した神山火砕流（約28,000年前）、神山熱雲（約

20,000年前)、神山泥流(約18,500年前)などの堆積面である。表面形態は、概して平滑であるが、流走方向に延びる火砕流堤防や火砕流条溝起源のリッジや細長い凹地が認められる。

6) 中央火口丘岩屑なだれ堆積面

約3,100年前神山北西側斜面の水蒸気爆発によって発生した岩屑なだれの堆積面である。姥子・湖尻・仙石原一帯に広がり、この岩屑なだれによるせき止めで芦ノ湖が生じた。表面形態については小規模な流れ山、流走方向のうね、一部で小凹地などが認められる。

7) 火口壁

神山山頂付近にある爆裂火口で、その後大きく変形をうけずにはほぼ原形をとどめているもの。早雲山西方にはピットクレーターと呼ばれる小凹地がある。

8) 火山性の遷緩線・谷線

神山・駒ヶ岳周辺の熔岩堆積面上にみられる熔岩じわ・熔岩末端崖、熔岩裂目などの熔岩の流動によって生じた遷緩線や谷線。また、二子山山頂付近にみられる複数の熔岩噴出によって、その間に生じた谷線など。

(2) 開析斜面

前述したように火山活動によって生じた地形を開析した地形、また、より古い岩石からなる山地や丘陵などを開析した地形を開析斜面とした。さらには、河川地形のうち段丘崖も同じく開析斜面とみなした。

開析斜面は1/2.5万地形分類図を作成するための指針とした前掲の1/1万微地形分類図で行った斜面分類のうち、開析斜面1・2と開析斜面3・4の間を開析前線とし、それより上方の斜面を旧期開析斜面、下方の斜面を新时期開析斜面とした(表3.3及び図3.7参照)。なお、新时期開析斜面の中には、地すべり土塊、大規模崖錐、地震崩壊斜面、豪雨崩壊斜面、火山性崩壊斜面などを含む。

1) 旧期開析斜面は、稜線からの縦断面形が凸形→直線形を標準としており、ときに凹形の場合があるが、全体にスムーズに移行していて、斜面中には顕著な遷急線・遷緩線は認められない。いわゆる従順形な斜面である。表層には火山灰など未固結物質が厚く堆積しているところもある。少なくとも、中央火口丘が形伐されて以降開析をうけることがほとんどなかった斜面である。

2) 開析前線

旧期開析斜面と新时期開析斜面の間の遷急線を開析前線とした。稜線をはさんで両側の開析前線がともに稜線で接している場合は、両側の旧期開析斜面が切り合う切山稜を

示すことになる。

羽田野（1986）は『後氷期開析前線』として、約1万年前以降の雨量や河川の流量の増加により遷急線の後退が著しく進行したことを指摘した。ここでは、箱根火山の発達史と中央火口丘に旧期開析斜面が認められないことから、開析前線の進行のはじまりを中央火口丘の神山形成後（およそ3万年前）まで遡るものとみなした。

3) 新期開析斜面

開析前線より下方の縦断面形が凹形～直線形を標準とする斜面である。急傾斜で、かつて崩壊が起こって形成されたことが推定される。広がり、谷底から主稜線まで比高数100mにおよぶこともある。段丘崖や、火砕流台地（軽石流堆積面）の崖も含む。表層には火山灰は堆積していない。

4) 地すべり土塊

新期開析斜面中で、山体の一部がマスとして滑動したもの。古期外輪山の斜面で認められるが、その多くは、形態がやや不明瞭であったり、土塊そのものが下方から開析されていたりして、過去に滑動した化石型のようなものである。ただし、後述する白糸川上流の地震崩壊地中に地すべり土塊は形態が明瞭である。

5) 大規模崖錐

崩壊基部に堆積する崖錐のうち、空中写真上や地形図上で識別できるほどの大規模なもの。上縁は遷緩線で、新期開析斜面と接する。通常、おもに角礫層で構成される。小湧谷西方にある大規模崖錐は地すべり塊の可能性もあるが、判断しかねる形態なので、便宜上、大規模崖錐に含めた。

6) 地震崩壊斜面

1923年の関東大地震と1930年の北伊豆地震によって発生した崩壊斜面である。地震後の現地調査によって作成された『関東大震災・北伊豆地震荒廃林地復旧事業地地図』や『豆相地震報告書』などをもとにした神奈川県（1985）の『自然災害履歴図』を資料として図化した。

箱根火山一帯に分布するが、特に狩川流域、須雲川流域、白糸川流域、新崎川流域などに集中している。白糸川流域には、崩壊斜面内に地すべり土塊を含む大規模なものがある。なお、明星ヶ岳を源とする山王川上流には認められないが、これは当時、何らかの理由で現地調査が行われなかった地域と思われる。

7) 豪雨崩壊斜面 I

1948年、米軍撮影の空中写真上に現れる崩壊斜面。その頃の豪雨による崩壊地分布を示すものと推定される。

8) 豪雨崩壊斜面Ⅱ

1962年、国土地理院撮影の空中写真上に現れる崩壊斜面。その頃の豪雨による崩壊分布を示すものと推定される。

9) 火口性崩壊斜面

大湧谷や早雲山周辺に分布する。噴気孔の影響により裸地化し、崩壊の常習地となっている斜面。小規模な地すべり地形を含む。

(3) 河成・湖成地形

河川による侵食・堆積、湖による堆積などによって形成された地形。河成地形は、箱根火山山間部の比較的小規模なもの、足柄平野に分布する広範なものに大別される。足柄平野の地形分類については、大矢ほか（1991）の『相模湾北部沿岸地形分類図』の成果があり、おおむねそれを踏襲した。

なお、図化区域内全域の段丘面の対比は、火山活動、地殻運動などの影響により、きわめて困難である。ここでは、神山泥流（約18,500年前）による早川埋積の結果生じた段丘を上位段丘面とし、それより低い段丘を下位段丘面と区分した。他の流域の段丘は、これに準じて大胆に対比した。ただし、図化区域内北部の内川・狩川流域に分布する段丘面（鈴木、1963）については、内山面を上位段丘、関本面を軽石流堆積面に対比し、それらより古く高位に分布する矢倉沢面は高位面として独立させた。

一方、大磯丘陵側では、丘陵縁に沿って段丘面Ⅳ（約30,000～10,000年前）が分布し、足柄平野中に千代台地と呼ばれる段丘面Ⅲ（約80,000～60,000年前）が分布する（大矢ほか、1991）。そこで、この段丘面Ⅳは上位段丘面に対比し、また段丘面Ⅲは、該当するものがないので千代台面として独立させた。

1) 湖成面

約28,000年前の神山火砕流によって早川が堰き止められ、上流側に仙石原湖が出現した。この湖に堆積した湖成層の堆積面である。仙石原の湖成面上には、湿原が存在する。また、この湖成面は下流側で早川による開析が認められ、段丘化している。一方、二子山の山麓にも小規模な湖成面がある。これらは、二子山熔岩円頂丘の形成によって周辺の駒ヶ岳や新期外輪山などのより古い火山斜面との間に凹地（湖）が形成され、それによる湖成層の堆積面である。

2) 高位段丘面

矢倉岳付近の内川・狩川流域にある河床からの比高100m前後の段丘面である。鈴木（1963）の矢倉沢面で、矢倉沢礫層とその上位の数枚の火山灰層からなっている。原面は分布が狭く段丘とは認めにくいほど開析されている。

3) 上位段丘面

早川流域の宮城野、宮ノ下、大平台など、河床から60~70mほどの比高の段丘面である。同程度の比高の段丘面は須雲川沿いにも認められる。また、狩川の左岸の関本付近では、河床から比高20m前後の段丘面（内山面）が、広く分布する。内山面の構成層は段丘礫層とそれをおおう火山灰層とからなる。また大磯丘陵側の国府津―松田断層に沿うように比高70m前後の段丘面（段丘面Ⅳ；大矢ほか、1991）がある。これらの段丘面を一括して上位段丘面とした。

なお、上位段丘面とその段丘崖の界線の遷急線は、旧期開析斜面の縁どりとなる開析前線から連続するものと、そうでないものがある。ここでは、その状況のとおり、連続するものだけ開析前線として現した。上位段丘面は、開析前線との関係からも細分される。

4) 下位段丘面

上位段丘面以下で、河床からの比高20m~数m程度の低い段丘面である。図化区域内の大半の河川沿いに断片的に分布する。

おそらく、完新世（1万年前以降）に形成された段丘面であろう。

5) 千代台地面と段丘崖

足柄平野東部に舟状に分布する段丘面で、沖積面からの比高は5~10mほどの低い段丘面である。ところがこの段丘を構成する礫層上から新期外輪山の軽石流堆積物（TPf1：49,000年前）が確認され、上位段丘面より古い段丘面であることがわかったので、別に千代台地面として区分した。活断層研究会（1991）によれば、この台地の西側の崖を活断層（確実度Ⅱ）と推定している。いずれにしろ、断層変位に関連して形成された段丘崖とみられる。

6) 断層変位に関連する段丘面上の浅い谷

千代台地面上には、国府津―松田断層に直交するような方向に延びる浅い谷が存在する。活断層研究会（1991）は、そこに活断層（確実度Ⅱ）を推定している。いずれにしろ、断層運動に関連する谷と推定される。

7) 開析沖積錐

過去の土石流によって形成された沖積錐が開析され段丘化したもの。表面の形態はコーン状で、平坦な段丘面とは異なる。

早川上流の左岸側（古期カルデラ内壁の基部）に、比較的大規模なものが発達する。これらは面の連続性からみれば、湖成面や中央火口丘火砕流堆積面（おもに神山火砕流；約28,000年前）などとスムーズに連続している。したがって、これらの開析沖積錐は、湖成面や火砕流堆積面とほぼ同時期の形成で、それ以降の早川の下刻にともなって、開

析が進み、形成されたものとみられる。

その他、須雲川流域や新崎川流域などでは、下位段丘面に連続する開析沖積錐も分布する。

8) 沖積錐・土石流堆（山間部の狭小な沖積面を含む）

おもに土石流によって形成された沖積錐・土石流堆と、山間部の狭小な沖積面で、土石流の氾濫推定区域を一括して、この分類とした。1953年に発生した早雲山地すべりによる土石流氾濫区域もこれに当たる。

沖積錐は溪流の谷口に広がるコーン状の地形で、一般には扇状地と混同されてしまうが、扇状地より傾斜が急で、コーンの形態が小さいものを指す。ただし、傾斜や広がり規模については、絶対的な基準はない。

土石流堆は、谷底部で凸にふくらむ形態をみせる。

土石流氾濫区域は、一般に3'以上という規定があるが、ここでは谷底の広がりや形状から、およそ谷底平野と沖積面との境界をひいた。

9) 谷底平野・沖積面（氾濫原）

大河川の下流部に広がる、現河床との比高がほとんどない平坦な地形。酒匂川流域には広く分布する。

10) 扇状地

前掲の沖積錐に比べて、著しく傾斜がゆるく大規模なもの。松田付近を扇頂として、足柄平野一帯に広がるが、地形図上や空中写真上では、その全貌はつかみにくい。大矢ほか（1991）では、扇状地面をⅠとⅡに区分しているが、ここでは、扇状地面Ⅰを扇状地、扇状地面Ⅱを沖積面（氾濫原）と解釈した。

このほか、仙石原の湖成面の北西方に、沖積錐とするには大規模なものがあり、これを扇状地と認めた。湖成面をおおうような形状であり、その形成は湖成面形成以降である。

11) 自然堤防

12) 旧河道

沖積面（氾濫原）あるいは扇状地面上の、細長い微低地である。分布は足柄平野のみで、大矢ほか（1991）の図をそのまま踏襲した。

13) 河道

現在、水流があるところおよび、豪雨時に流水がみられるところである。山間部の谷線でも、空中写真上で、流路または流路跡の痕跡が全く認められないところは除外した。

14) 堤内敷・海浜

堤防・防波堤などによって人為的に定められた裸地ないしは草地。

(4) その他の地形

1) 砂丘

海岸沿いの風成地形である。

小田原の海岸沿いに比較的広く分布する。また、国府津や湯河原付近の海岸沿いにも分布する。

2) 後背湿地

小田原の市街部を中心に分布する。前掲の砂丘に閉塞される形で、低地となっている部分。

3) 富士 — 御殿場泥流堆積面

足柄平野の酒匂川下流部左岸側や足柄平野の西端の箱根火山と接するあたりに低い段丘状の地形となって分布する。周辺との比高は、酒匂川下流で2m、塚原付近で5m以上、図化区域内北端の千津島付近では10m以上と上流側に行くにつれ比高を増している。これらは、約2,300年前に富士山の崩壊による御殿場泥流堆積面が残存したものである（山崎、1985）。

4) 活断層

活断層研究会編（1991）『新編日本の活断層』の横須賀図幅に引かれた活断層について、再判読し、空中写真上でリニアメントがあらわれている部分のみを表示した。これらのうち確実な活断層、（確実度Ⅰ）とされているものに大磯丘陵西縁の国府津—松田断層、山北方面から矢倉岳山麓に延びる平山断層、古期外輪山北東側中腹を切る和留沢断層、内川上流夕日の滝付近の地藏堂・夕日の滝断層などがある。国府津—松田断層は確実度Ⅰ・活動度Aの第一級の活断層であるが、大磯丘陵と足柄平野の境界の山麓線として認識される程度で、リニアメントとしてはあまり明瞭ではない。

上杉ほか（1982）によれば、国府津—松田断層は、沈降する箱根火山側と隆起する大磯丘陵の境界部に発生したとう曲崖および多数の根なし小断層群の総体的表現で、N45°W方向の大断層は推定されたものにとどまっているとしている。したがって国府津—松田断層は一条のリニアメントとしては地表に現れない性質がある。そこで国府津—松田断層については、山麓線が直線的に認められる部分のみを示した。

5) 人工改変地

切土・盛土などの人工地形。

工場・学校・宅地などの造成地、道路の法面、採石場、城跡、ゴルフ場などがある。このほか、山間部の道路は幅員5.5m以上のものについて人工改変地とみなし白ヌキ表示とした。

4. 斜面条件と崩壊発生危険性

4. 1 崩壊地の分布状況

3. 3でも述べたように、本調査地域には関東大震災（1923年。マグニチュード7.9）及び北伊豆地震（1930年。マグニチュード7.0）によって多数の斜面崩壊が発生した。これらの地震による崩壊地は現在では植生が復旧し、崩壊地であったことも判別し難いものが多いが、その発生位置は、神奈川県（1985）土地分類基本調査（小田原・熱海・御殿場）の「自然災害履歴図（5万分の1）」に基づいて図化を行った。これらの地震による崩壊地は箱根火山一帯に分布しており、白糸川上流の地すべり性大規模崩壊地や、須雲川両岸に認められるように幅100m～数100mにわたって崩れ落ちたものなど大規模な崩壊地が多く含まれていることが特徴である。このような大規模崩壊地も含めて、崩壊地の箇所数は図上で3,263箇所に及んでおり、地域的には特に狩川、須雲川、白糸川、新崎川などの流域に集中している。

これらの地震による崩壊地に対して、降雨による崩壊地は特定の豪雨に対応させることは難しいが、1948年の米軍撮影空中写真（約4万分の1）及び1962年の国土地理院撮影の空中写真（約2万分の1）に現れている崩壊地を判読し図化した。1948年時点の崩壊地は、これより以前に箱根地方を襲った顕著な大雨として1929年（昭和4年）9月9～10日及び10月26日の台風、1935年（昭和10年）10月26～27日の低気圧、1937年（昭和12年）7月14～17日の前線性集中豪雨などがあるが、写真撮影の直前の1947年（昭和22年）9月14日～15日のカスリーン台風によって発生したものが多いと考えられる。また、1948～1962年間の崩壊地については、その間の大雨として1948年（昭和23年）9月16日のアイオン台風、1949年（昭和24年）8月31～9月1日のキティ台風、1956年（昭和31年）10月31日の集中豪雨、1961年（昭和36年）6月24～29日の梅雨前線による集中豪雨などがあるが、1958年（昭和33年）9月26～27日の狩野川台風の役割が大きかったものと推察される。1948年時点の豪雨による崩壊地は主として須雲川右岸、藤木川源流及び早川中流宮城野地先に集中しており、図上では280箇所を数える。また1962年時点の崩壊地は、同様に須雲川右岸及び藤木川源流に集中するほか、狩川上流、箱根中央火口丘にも集中しており、図上で425箇所が分布する。なお、豪雨による崩壊地は、空中写真による判読のためとも考えられるが、地震による崩壊地に比べて規模（面積）が小さい傾向がある。

これらの崩壊地の分布位置については、「地形分類図（1/25,000）」及び「災害履歴図（1/25,000）」に示した。

4. 2 崩壊発生危険要因の分布

(1) 調査方法

崩壊地及び非崩壊地に係る地形要因を計測し、各要因（アイテム）の 카테고리別に集計し、非崩壊地（安全斜面）に対する崩壊斜面の密度（ 카테고리別の崩壊発生に対する寄与率（危険度）：崩壊地全体の中での該当 카테고리の割合 / 非崩壊地全体の中での該当 카테고리の割合）を求め、崩壊発生危険性の高い地形条件を求めた。

崩壊地は地震（関東大震災、北伊豆地震）による崩壊地、豪雨による崩壊地A（1948年以前に崩壊発生）及び豪雨による崩壊地B（1948年から1962年にかけて崩壊発生）の3種に区分する。非崩壊斜面は山地の微地形分類図から緩斜面・平坦地・堆積地形を除いた斜面を対象に、グリッド交点下の崩壊地以外の斜面を抽出した。

(2) サンプル数

1) 地震崩壊地	3,263ヶ所
2) 豪雨崩壊地A	280ヶ所
3) 豪雨崩壊地B	425ヶ所
4) 非崩壊斜面	125ヶ所

(3) 要因種類と 카테고리

計測要因は傾斜、方位、斜面横断形、斜面縦断形の4種類であり、それぞれの 카테고리は以下のとおりである。

- 1) 傾 斜
 - ① 20°未満
 - ② 20°～30°
 - ③ 30°～40°
 - ④ 40°～50°
 - ⑤ 50°以上
- 2) 方 位（16方位）
 - ① N
 - ② NNE
 - ③ NE
 - ④ ENE
 - ⑤ E
 - ⑥ ESE
 - ⑦ SE
 - ⑧ SSE

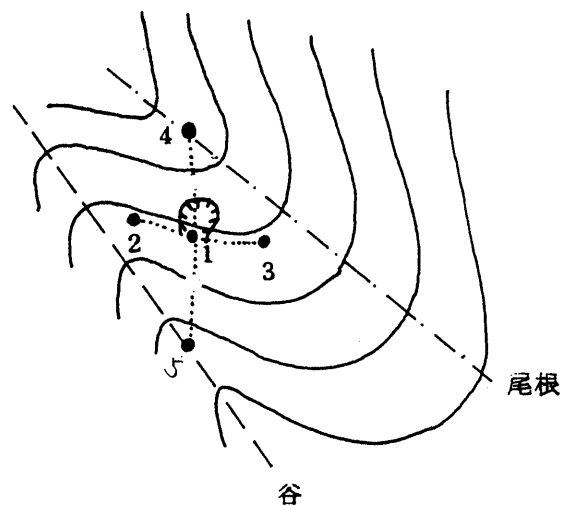


図4.1 要因の計測方法

傾斜：4～1～5の勾配
 方位：4～1～5の方位
 斜面横断形：2～1～3の平面形状
 斜面縦断形：4～1～5の縦断面形状

- ⑨ S
- ⑩ S S W
- ⑪ S W
- ⑫ W S W
- ⑬ W
- ⑭ W N W
- ⑮ N W
- ⑯ N N W

3) 斜面横断形

- ① 凹型
- ② 直線型
- ③ 凸型

4) 斜面縦断形

- ① 凹型
- ② 直線型
- ③ 凸型

(4) 分析結果

1) 傾 斜

- ・地震崩壊は30°～40°のカテゴリのみ発生に大きく寄与（発生）している。他はむしろマイナスである。
- ・豪雨災害でも40°～50°は中立であった。30°～40°の発生率は地震崩壊の場合とほぼ同様である。

2) 方 位

- ・地震の場合、WSW～W～N～NNEで発生に寄与している。特にWSWの発生率が高い。しかし、豪雨崩壊も同様の傾向が認められ、地震の水平方向加速度の偏方位性が反映しているとは考えられない。
- ・同方向範囲に急斜面が多く崩壊発生をするだけしてしまったため、非発生斜面が少なくなっている、とも考えられる。

3) 斜面形（型）

- ・横断形は地震、豪雨A・Bをとわず、直線型でやや発生率が高く、凹型はほぼ中立である。凸型は明かに発生率が低い。
- ・縦断形では地震と崩壊に差異があり、地震崩壊の場合は凸型でやや発生率が高く、直線型で中立、凹型は低い。豪雨の場合はA・B共に直線型でわずかに発生率が高く、他は低い。

表4.1 傾斜と方位のクロス集計 (地震崩壊)

単位：箇所、() 内は%

方位 傾斜	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	計
20° 未満	21 (0.6)	13 (0.4)	7 (0.2)	20 (0.6)	10 (0.3)	16 (0.5)	12 (0.4)	19 (0.6)	6 (0.2)	6 (0.2)	3 (0.1)	14 (0.4)	2 (0.1)	3 (0.1)	9 (0.3)	23 (0.7)	184 (5.6)
20° ~30°	62 (1.9)	66 (2.0)	53 (1.6)	82 (2.5)	41 (1.3)	75 (2.3)	47 (1.4)	68 (2.1)	31 (1.0)	27 (0.8)	18 (0.6)	27 (0.8)	19 (0.6)	57 (1.7)	93 (2.9)	119 (3.6)	885 (27.1)
30° ~40°	133 (4.1)	165 (5.1)	71 (2.2)	146 (4.5)	81 (2.5)	129 (4.0)	95 (2.9)	134 (4.1)	79 (2.4)	78 (2.4)	37 (1.1)	97 (3.0)	62 (1.9)	116 (3.6)	155 (4.8)	207 (6.3)	1,785 (54.7)
40° ~50°	31 (1.0)	29 (0.9)	10 (0.3)	31 (1.0)	18 (0.6)	26 (0.8)	22 (0.7)	35 (1.1)	19 (0.6)	20 (0.6)	14 (0.4)	25 (0.8)	10 (0.3)	27 (0.8)	28 (0.9)	39 (1.2)	384 (11.8)
50° 以上	3 (0.1)	1 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.0)	0 (0.0)	4 (0.1)	1 (0.0)	2 (0.1)	0 (0.0)	1 (0.0)	1 (0.0)	4 (0.1)	2 (0.1)	2 (0.1)	0 (0.0)	3 (0.1)	25 (0.8)
計	250 (7.7)	274 (8.4)	141 (4.3)	280 (8.6)	150 (4.6)	250 (7.7)	177 (5.4)	258 (7.9)	135 (4.1)	132 (4.0)	73 (2.2)	167 (5.1)	95 (2.9)	205 (6.3)	285 (8.7)	391 (12.0)	3,263 (100.0)

表4.2 横断形と縦断形のクロス集計 (地震崩壊)

単位：箇所、() 内は%

縦断形 横断形	凹 型	直 線	凸 型	計
凹 型	283 (8.7)	644 (19.7)	209 (6.4)	1,136 (34.8)
直 線	310 (9.5)	981 (30.1)	250 (7.7)	1,541 (47.2)
凸 型	136 (4.2)	342 (10.5)	108 (3.3)	586 (18.0)
計	729 (22.3)	1,967 (60.3)	567 (17.4)	3,263(100.0)

表4.3 傾斜、横断形、縦断形のクロス集計 (地震崩壊)

単位：箇所、() 内は%

傾斜 縦断形 横断形	凹 型	直 線	凸 型	計
20° 未 満	凹 型	11 (6.0)	59 (32.1)	11 (6.0)
	直 線	6 (3.3)	48 (26.1)	4 (2.2)
	凸 型	7 (3.8)	32 (17.4)	6 (3.3)
20° 30°	凹 型	106 (12.0)	170 (19.2)	60 (6.8)
	直 線	78 (8.8)	224 (25.3)	53 (6.0)
	凸 型	50 (5.6)	107 (12.1)	37 (4.2)
30° 40°	凹 型	145 (8.1)	341 (19.1)	116 (6.5)
	直 線	186 (10.4)	560 (31.4)	147 (8.2)
	凸 型	73 (4.1)	167 (9.4)	50 (2.8)
40° 50°	凹 型	19 (4.9)	73 (19.0)	21 (5.5)
	直 線	37 (9.6)	140 (36.5)	42 (10.9)
	凸 型	5 (1.3)	32 (8.3)	15 (3.9)
50° 以 上	凹 型	2 (8.0)	1 (4.0)	1 (4.0)
	直 線	3 (12.0)	9 (36.0)	4 (16.0)
	凸 型	1 (4.0)	4 (16.0)	0 (0.0)
計	凹 型	283 (8.7)	644 (19.7)	209 (6.4)
	直 線	310 (9.5)	981 (30.1)	250 (7.7)
	凸 型	136 (4.2)	342 (10.5)	108 (3.3)
				3,263 (100.0)

表4.4 傾斜と方位のクロス集計 (豪雨崩壊A)

単位：箇所、()内は%

方位 傾斜	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	計
20° 未満	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (1.1)	2 (0.7)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	5 (1.8)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	11 (3.9)
20° ~30°	2 (0.7)	0 (0.0)	1 (0.4)	4 (1.4)	1 (0.4)	4 (1.4)	1 (0.4)	2 (0.7)	2 (0.7)	0 (0.0)	1 (0.4)	4 (1.4)	1 (0.4)	2 (0.7)	1 (0.4)	0 (0.0)	26 (9.3)
30° ~40°	9 (3.2)	8 (2.9)	5 (1.8)	10 (3.6)	5 (1.8)	11 (3.9)	5 (1.8)	23 (8.2)	10 (3.6)	13 (4.6)	3 (1.1)	25 (8.9)	6 (2.1)	5 (1.8)	4 (1.4)	2 (0.7)	144 (51.4)
40° ~50°	4 (1.4)	2 (0.7)	3 (1.1)	10 (3.6)	0 (0.0)	5 (1.8)	5 (1.8)	11 (3.9)	5 (1.8)	13 (4.6)	11 (3.9)	9 (3.2)	0 (0.0)	1 (0.4)	1 (0.4)	3 (1.1)	83 (29.6)
50° 以上	0 (0.0)	2 (0.7)	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (1.1)	5 (1.8)	1 (0.4)	0 (0.0)	1 (0.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	4 (1.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	16 (5.7)
計	15 (5.4)	12 (4.3)	9 (3.2)	27 (9.6)	11 (3.9)	25 (8.9)	12 (4.3)	36 (12.9)	18 (6.4)	31 (11.1)	15 (5.4)	42 (15.0)	7 (2.5)	9 (3.2)	6 (2.1)	5 (1.8)	280 (100.0)

表4.5 横断形と縦断形のクロス集計 (豪雨崩壊A)

単位：箇所、()内は%

縦断形 横断形	凹 型	直 線	凸 型	計
凹 型	19 (6.8)	97 (34.6)	13 (4.6)	129 (46.1)
直 線	20 (7.1)	94 (33.6)	10 (3.6)	124 (44.3)
凸 型	9 (3.2)	16 (5.7)	2 (0.7)	27 (9.6)
計	48 (17.1)	207 (73.9)	25 (8.9)	280(100.0)

表4.6 傾斜、横断形、縦断形のクロス集計 (豪雨崩壊A)

単位：箇所、()内は%

傾斜	縦断形 横断形	凹 型	直 線	凸 型	計
20° 未 満	凹 型	1 (9.1)	5 (45.5)	0 (0.0)	11 (3.9)
	直 線	0 (0.0)	2 (18.2)	0 (0.0)	
	凸 型	1 (9.1)	2 (18.2)	0 (0.0)	
20°	凹 型	4 (15.4)	13 (50.0)	1 (3.8)	26 (9.3)
	直 線	2 (7.7)	5 (19.2)	1 (3.8)	
30°	凸 型	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	
30°	凹 型	10 (6.9)	49 (34.0)	4 (2.8)	144 (51.4)
	直 線	11 (7.6)	49 (34.0)	7 (4.9)	
40°	凸 型	7 (4.9)	6 (4.2)	1 (0.7)	
40°	凹 型	3 (3.6)	30 (36.1)	5 (6.0)	83 (29.6)
	直 線	4 (4.8)	31 (37.3)	1 (1.2)	
50°	凸 型	1 (1.2)	7 (8.4)	1 (1.2)	
50° 以 上	凹 型	1 (6.3)	0 (0.0)	3 (18.8)	16 (5.7)
	直 線	3 (18.8)	7 (43.8)	1 (6.3)	
	凸 型	0 (0.0)	1 (6.3)	0 (0.0)	
計	凹 型	19 (6.8)	97 (34.6)	13 (4.6)	280 (100.0)
	直 線	20 (7.1)	94 (33.6)	10 (3.6)	
	凸 型	9 (3.2)	16 (5.7)	2 (0.7)	

表4.7 傾斜と方位のクロス集計 (豪雨崩壊B)

単位：箇所、()内は%

方位 傾斜	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	計
20° 未満	0 (0.0)	1 (0.2)	0 (0.0)	3 (0.7)	0 (0.0)	1 (0.2)	1 (0.2)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (0.7)	1 (0.2)	1 (0.2)	0 (0.0)	0 (0.0)	11 (2.6)
20° ~30°	2 (0.5)	5 (1.2)	3 (0.7)	5 (1.2)	8 (1.9)	15 (3.5)	12 (2.8)	14 (3.3)	4 (0.9)	2 (0.5)	2 (0.5)	5 (1.2)	2 (0.5)	7 (1.6)	0 (0.0)	11 (2.6)	97 (22.8)
30° ~40°	4 (0.9)	12 (2.8)	5 (1.2)	13 (3.1)	15 (3.5)	15 (3.5)	19 (4.5)	43 (10.1)	20 (4.7)	20 (4.7)	6 (1.4)	20 (4.7)	7 (1.6)	11 (2.6)	3 (0.7)	9 (2.1)	222 (52.2)
40° ~50°	1 (0.2)	5 (1.2)	0 (0.0)	5 (1.2)	0 (0.0)	11 (2.6)	6 (1.4)	14 (3.3)	13 (3.1)	16 (3.8)	7 (1.6)	7 (1.6)	1 (0.2)	2 (0.5)	2 (0.5)	1 (0.2)	91 (21.4)
50° 以上	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.2)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.2)	0 (0.0)	1 (0.2)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.2)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	4 (0.9)
計	7 (1.6)	23 (5.4)	8 (1.9)	27 (6.4)	23 (5.4)	42 (9.9)	38 (8.9)	72 (16.9)	37 (8.7)	39 (9.2)	15 (3.5)	35 (8.2)	12 (2.8)	21 (4.9)	5 (1.2)	21 (4.9)	425 (100.0)

表4.8 横断形と縦断形のクロス集計 (豪雨崩壊B)

単位：箇所、()内は%

縦断形 横断形	凹 型	直 線	凸 型	計
凹 型	33 (7.8)	130 (30.6)	14 (3.3)	177 (41.6)
直 線	25 (5.9)	138 (32.5)	18 (4.2)	181 (42.6)
凸 型	11 (2.6)	45 (10.6)	11 (2.6)	67 (15.8)
計	69 (16.2)	313 (73.6)	43 (10.1)	425 (100.0)

表4.9 傾斜、横断形、縦断形のクロス集計 (豪雨崩壊B)

単位：箇所、()内は%

傾斜 縦断形 横断形	凹 型	直 線	凸 型	計
20° 未 満	凹 型	0 (0.0)	7 (63.6)	1 (9.1)
	直 線	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
	凸 型	0 (0.0)	3 (27.3)	0 (0.0)
20° 30°	凹 型	5 (5.2)	29 (29.9)	6 (6.2)
	直 線	6 (6.2)	36 (37.1)	4 (4.1)
	凸 型	2 (2.1)	8 (8.2)	1 (1.0)
30° 40°	凹 型	22 (9.9)	65 (29.3)	7 (3.2)
	直 線	14 (6.3)	70 (31.5)	8 (3.6)
	凸 型	8 (3.6)	21 (9.5)	7 (3.2)
40° 50°	凹 型	6 (6.6)	27 (29.7)	0 (0.0)
	直 線	5 (5.5)	32 (35.2)	5 (5.5)
	凸 型	1 (1.1)	12 (13.2)	3 (3.3)
50° 以 上	凹 型	0 (0.0)	2 (50.0)	0 (0.0)
	直 線	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (25.0)
	凸 型	0 (0.0)	1 (25.0)	0 (0.0)
計	凹 型	33 (7.7)	130 (30.6)	14 (3.3)
	直 線	25 (5.9)	138 (32.4)	18 (4.2)
	凸 型	11 (2.6)	45 (10.6)	11 (2.6)

表4.10 傾斜と方位のクロス集計 (非崩壊)

単位：箇所、()内は%

方位 傾斜	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	計
20° 未満	0 (0.0)	1 (0.8)	2 (1.6)	4 (3.2)	2 (1.6)	9 (7.2)	3 (2.4)	2 (1.6)	1 (0.8)	4 (3.2)	0 (0.0)	2 (1.6)	0 (0.0)	3 (2.4)	1 (0.8)	3 (2.4)	37 (29.6)
20° ~30°	1 (0.8)	1 (0.8)	0 (0.0)	10 (8.0)	1 (0.8)	3 (2.4)	1 (0.8)	7 (5.6)	1 (0.8)	1 (0.8)	1 (0.8)	2 (1.6)	0 (0.0)	1 (0.8)	2 (1.6)	6 (4.8)	38 (30.4)
30° ~40°	1 (0.8)	2 (1.6)	0 (0.0)	4 (3.2)	0 (0.0)	2 (1.6)	1 (0.8)	3 (2.4)	1 (0.8)	2 (1.6)	0 (0.0)	1 (0.8)	2 (1.6)	1 (0.8)	0 (0.0)	0 (0.0)	20 (16.0)
40° ~50°	0 (0.0)	5 (4.0)	1 (0.8)	1 (0.8)	1 (0.8)	3 (2.4)	3 (2.4)	4 (3.2)	1 (0.8)	3 (2.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (2.4)	2 (1.6)	27 (21.6)
50° 以上	1 (0.8)	1 (0.8)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.8)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (2.4)
計	3 (2.4)	10 (8.0)	3 (2.4)	19 (15.2)	4 (3.2)	17 (13.6)	8 (6.4)	17 (13.6)	4 (3.2)	10 (8.0)	1 (0.8)	5 (4.0)	2 (1.6)	5 (4.0)	6 (4.8)	11 (8.8)	125 (100.0)

表4.11 横断形と縦断形のクロス集計 (非崩壊)

単位：箇所、()内は%

縦断形 横断形	凹 型	直 線	凸 型	計
凹 型	19 (15.2)	22 (17.6)	8 (6.4)	49 (39.2)
直 線	8 (6.4)	25 (20.0)	6 (4.8)	39 (31.2)
凸 型	9 (7.2)	24 (19.2)	4 (3.2)	37 (29.6)
計	36 (28.8)	71 (56.8)	18 (14.4)	125 (100.0)

表4.12 傾斜、横断形、縦断形のクロス集計 (非崩壊)

単位：箇所、()内は%

傾斜 縦断形 横断形	凹 型	直 線	凸 型	計
20° 未満	凹 型	7 (18.9)	7 (18.9)	4 (10.8)
	直 線	2 (5.4)	7 (18.9)	1 (2.7)
	凸 型	5 (13.5)	4 (10.8)	0 (0.0)
20°	凹 型	6 (15.8)	6 (15.8)	3 (7.9)
	直 線	1 (2.6)	9 (23.7)	0 (0.0)
30°	凸 型	3 (7.9)	9 (23.7)	1 (2.6)
30°	凹 型	1 (5.0)	6 (30.0)	1 (5.0)
	直 線	0 (0.0)	2 (10.0)	1 (5.0)
40°	凸 型	1 (5.0)	6 (30.0)	2 (10.0)
40°	凹 型	4 (14.8)	3 (11.1)	0 (0.0)
	直 線	4 (14.8)	7 (25.9)	4 (14.8)
50°	凸 型	0 (0.0)	4 (14.8)	1 (3.7)
50° 以上	凹 型	1 (33.3)	0 (0.0)	0 (0.0)
	直 線	1 (33.3)	0 (0.0)	0 (0.0)
	凸 型	0 (0.0)	1 (33.3)	0 (0.0)
計	凹 型	19 (15.2)	22 (17.6)	8 (6.4)
	直 線	8 (6.4)	25 (20.0)	6 (4.8)
	凸 型	9 (7.2)	24 (19.2)	4 (3.2)

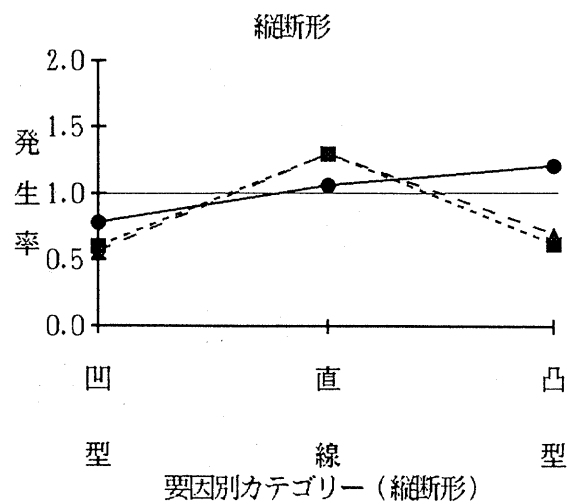
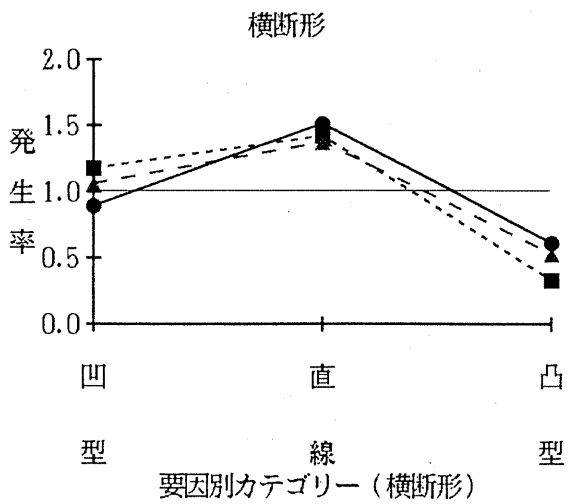
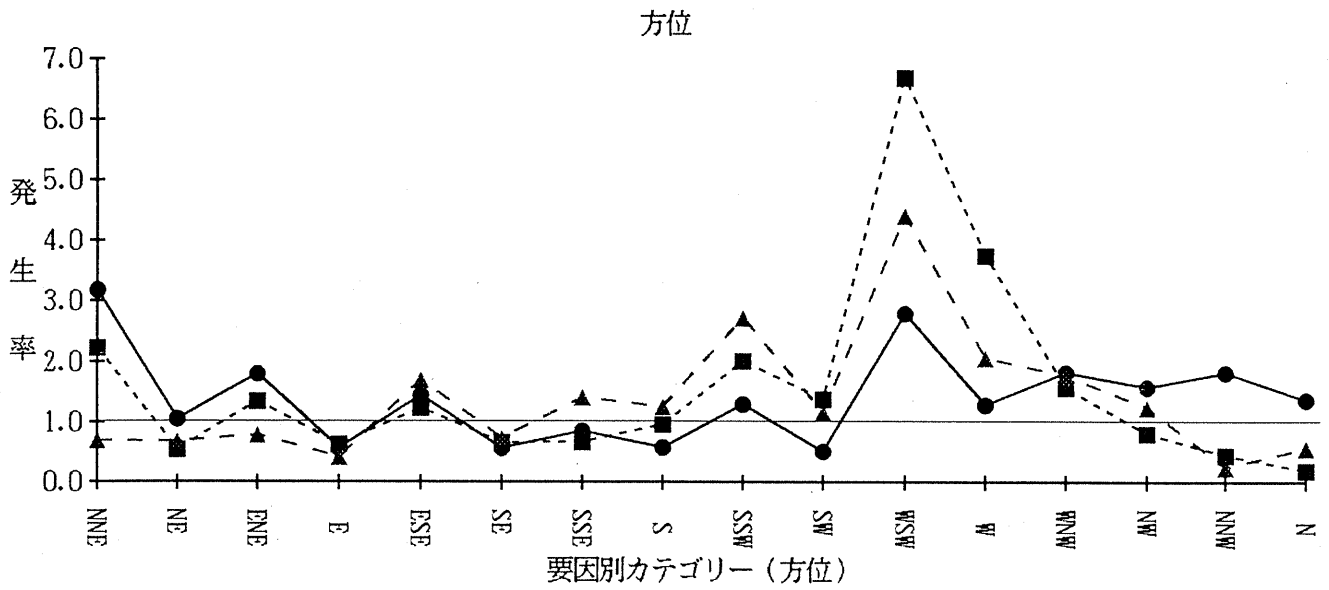
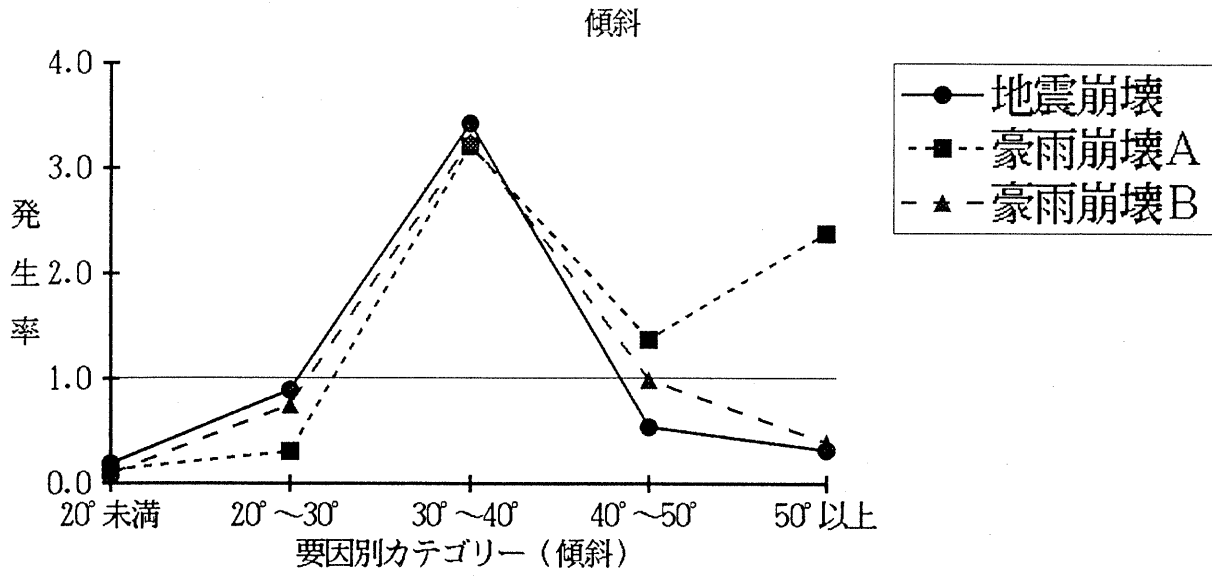


図4.1 要因別崩壊発生率

表4.13 傾斜別・方位別カテゴリーの崩壊発生率（地震崩壊／非崩壊）

方位 傾斜	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	計
20°未満	∞	0.50	0.13	0.19	0.19	0.07	0.15	0.36	0.23	0.06	∞	0.27	∞	0.04	0.38	0.34	0.19
20°～30°	2.38	2.53	∞	0.31	1.57	0.96	1.80	0.37	1.19	1.03	0.69	0.52	∞	2.18	1.78	0.76	0.89
30°～40°	5.10	3.16	∞	1.40	∞	2.47	3.64	1.71	3.03	1.49	∞	3.72	1.19	4.44	∞	∞	3.42
40°～50°	∞	0.22	0.38	1.19	0.69	0.33	0.28	0.34	0.73	0.26	∞	∞	∞	∞	0.36	0.75	0.54
50°以上	0.11	0.04	∞	∞	∞	∞	∞	0.08	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0.32
計	3.19	1.05	1.80	0.56	1.44	0.56	0.85	0.58	1.29	0.51	2.80	1.28	1.82	1.57	1.82	1.36	

表4.14 傾斜別・方位別カテゴリーの崩壊発生率（豪雨崩壊A／非崩壊）

方位 傾斜	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	計
20°未満	∞	0.00	0.00	0.33	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56	∞	0.00	∞	0.15	0.00	0.00	0.13
20°～30°	0.89	0.00	∞	0.18	0.45	0.60	0.45	0.13	0.89	0.00	0.45	0.89	∞	0.89	0.22	0.00	0.31
30°～40°	4.02	1.79	∞	1.12	∞	2.46	2.23	3.42	4.46	2.90	∞	11.16	1.34	2.23	∞	∞	3.21
40°～50°	∞	0.18	1.34	4.46	0.00	0.74	0.74	1.23	2.23	1.93	∞	∞	∞	∞	0.15	0.67	1.37
50°以上	0.00	0.89	∞	∞	∞	∞	∞	0.00	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	2.38
計	2.23	0.54	1.34	0.63	1.23	0.66	0.67	0.95	2.01	1.38	6.70	3.75	1.56	0.80	0.45	0.20	

表4.15 傾斜別・方位別カテゴリーの崩壊発生率（豪雨崩壊B／非崩壊）

方位 傾斜	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	計
20°未満	∞	0.29	0.00	0.22	0.00	0.03	0.10	0.00	0.00	0.00	∞	0.44	∞	0.10	0.00	0.00	0.09
20°～30°	0.59	1.47	∞	0.15	2.35	1.47	3.53	0.59	1.18	0.59	0.59	0.74	∞	2.06	0.00	0.54	0.75
30°～40°	1.18	1.76	∞	0.96	∞	2.21	5.59	4.22	5.88	2.94	∞	5.88	1.03	3.24	∞	∞	3.26
40°～50°	∞	0.29	0.00	1.47	∞	1.62	0.59	1.03	3.82	1.57	∞	∞	∞	∞	0.20	0.15	0.99
50°以上	0.00	0.00	∞	∞	∞	∞	∞	0.29	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0.39
計	0.69	0.68	0.78	0.42	1.69	0.73	1.40	1.25	2.72	1.15	4.41	2.06	1.76	1.24	0.25	0.56	

表4.16 横断形別・縦断形別カテゴリーの崩壊発生率（地震崩壊／非崩壊）

縦断形 横断形	凹 型	直 線	凸 型	計
凹 型	0.57	1.12	1.00	0.89
直 線	1.48	1.50	1.60	1.51
凸 型	0.58	0.55	1.03	0.61
計	0.78	1.06	1.21	

表4.17 横断形別・縦断形別カテゴリーの崩壊発生率（豪雨崩壊A／非崩壊）

縦断形 横断形	凹 型	直 線	凸 型	計
凹 型	0.45	1.97	0.73	1.18
直 線	1.12	1.68	0.74	1.42
凸 型	0.45	0.30	0.22	0.33
計	0.60	1.30	0.62	

表4.18 横断形別・縦断形別カテゴリーの崩壊発生率（豪雨崩壊B／非崩壊）

縦断形 横断形	凹 型	直 線	凸 型	計
凹 型	0.51	1.74	0.51	1.06
直 線	0.92	1.62	0.88	1.37
凸 型	0.36	0.55	0.81	0.53
計	0.56	1.30	0.70	

表4.19 傾斜別・横断形別・縦断形別カテゴリーの崩壊発生率（地震崩壊／非崩壊）

傾斜	縦断形 横断形	凹 型	直 線	凸 型
	20° 未 満	凹 型	0.32	1.69
直 線		0.60	1.38	0.80
凸 型		0.28	1.61	∞
20° }	凹 型	0.76	1.22	0.86
	直 線	3.35	1.07	∞
30° }	凸 型	0.72	0.51	1.59
	凹 型	1.62	0.64	1.30
30° }	直 線	∞	3.14	1.65
	凸 型	0.82	0.31	0.28
40° }	凹 型	0.33	1.71	∞
	直 線	0.65	1.41	0.74
50° }	凸 型	∞	0.56	1.05
	凹 型	0.24	∞	∞
50° 以 上	直 線	0.36	∞	∞
	凸 型	∞	0.48	∞

表4.20 傾斜別・横断形別・縦断形別カテゴリーの崩壊発生率（豪雨崩壊A／非崩壊）

傾斜	縦断形 横断形	凹 型	直 線	凸 型
	20° 未 満	凹 型	0.48	2.40
直 線		0.00	0.96	0.00
凸 型		0.67	1.68	∞
20° }	凹 型	0.97	3.17	0.49
	直 線	2.92	0.81	∞
30° }	凸 型	0.00	0.00	0.00
	凹 型	1.39	1.13	0.56
30° }	直 線	∞	3.40	0.97
	凸 型	0.97	0.14	0.07
40° }	凹 型	0.24	3.25	∞
	直 線	0.33	1.44	0.08
50° }	凸 型	∞	0.60	0.33
	凹 型	0.19	∞	∞
50° 以 上	直 線	0.56	∞	∞
	凸 型	∞	0.19	∞

表4.21 傾斜別・横断形別・縦断形別カテゴリーの崩壊発生率（豪雨崩壊B／非崩壊）

傾斜	縦断形 横断形	凹 型	直 線	凸 型
	20° 未 満	凹 型	0.00	3.36
直 線		0.00	0.00	0.00
凸 型		0.00	2.52	∞
20° 〈	凹 型	0.33	1.89	0.78
	直 線	2.35	1.57	∞
	凸 型	0.26	0.35	0.39
30° 〉	凹 型	1.98	0.98	0.63
	直 線	∞	3.15	0.72
	凸 型	0.72	0.32	0.32
40° 〉	凹 型	0.45	2.67	∞
	直 線	0.37	1.36	0.37
	凸 型	∞	0.89	0.89
50° 以 上	凹 型	0.00	∞	∞
	直 線	0.00	∞	∞
	凸 型	∞	0.75	∞

5. 低地の地盤災害

5. 1 地震による地盤のゆれ方

地表で観測される地震動は、震源から発した地震動が基盤層まで伝わり、基盤から地表までの表層地盤により増幅をうけながら地表に達したものである。より一般的な人体感覚や被害と関連のある深度は、表5.1に示すように地表最大加速度に関係している。

地表面での最大加速度 A_{max} (gal) の推定式としては金井式と新耐震式が代表的なものであるが、金井式には震源近くでは値が大きくなりすぎ適さないという短所がある。そこで本調査では「新耐震設計法(案)」1977、建設省により提案された新耐震式により A_{max} を計算することとした。新耐震式を以下に示す。なお、ここでの地盤種別は表5.2に示すとおりである。

$$\text{第1種地盤： } A_{max} = 46.0 \times 10^{0.208 \cdot M} \times (\Delta + 10)^{-0.886}$$

$$\text{第2種地盤： } A_{max} = 24.5 \times 10^{0.333 \cdot M} \times (\Delta + 10)^{-0.924}$$

$$\text{第3種地盤： } A_{max} = 59.0 \times 10^{0.261 \cdot M} \times (\Delta + 10)^{-0.886}$$

$$\text{第4種地盤： } A_{max} = 12.8 \times 10^{0.432 \cdot M} \times (\Delta + 10)^{-1.125}$$

ここに

A_{max} ：地表面積最大加速度 (gal)

M：マグニチュード

Δ ：震央距離 (km)

表5.1 気象庁震度階級

震度	名称	説明	最大加速度
0	無感	人体に感じないで地震計に記録される程度	0.8gal
I	微震	静止している人や、特に地震に注意深い人だけに感じる程度	2.5gal
II	軽震	大勢の人に感じる程度のもので、戸障子がわずかに動くのがわかるぐらいの地震	8.0gal
III	弱震	家屋がゆれ、戸障子がガタガタと鳴動し、電燈のようなつり下げ物は相当ゆれ、器内の水面の動くのがわかる程度の地震	25 gal
IV	中震	家屋の動揺が激しく、すわりの悪い花びんなどは倒れ、器内の水は、あふれ出る。また歩いている人にも感じられ、多くの人々は戸外の飛び出す程度の地震	80 gal
V	強震	壁に割目がいり、墓石、石灯籠が倒れたり、煙突、石垣などが破損する程度の地震	250gal
VI	烈震	家屋の倒壊は30%以下で山くずれが起き、地割れを生じ、多くの人々は立っていることができない程度の地震	400gal
VII	激震	家屋の倒壊が30%以上におよび、山くずれ地割れ、断層などを生ずる	

表5.2 地盤種別

区分	地盤種別 ¹⁾
1種	(1) 第三紀以前の地盤（以下岩盤と称する） (2) 岩盤までの洪積層 ²⁾ の厚さが10m未満
2種	(1) 岩盤までの洪積層の厚さが10m以上 (2) 岩盤までの沖積層 ³⁾ の厚さが10m未満
3種	沖積層の厚さが25m未満でかつ軟弱層の厚さが5m未満
4種	上記以外の地盤

- 注) 1) ここでいう地層の厚さは地表面からの厚さとする。
 2) 沖積層の締まった砂層、砂礫層、玉石層をふくむ。
 3) がけくずれなどによる新しい堆積層をふくむ。

5.2 地震による液状化

地盤の液状化は、1964年の新潟地震による被害によってその重要性が認識された。以来いくつかの被害地震で液状化が発生して、地震問題を論ずるうえで、欠かすことのできない検討項目となり、液状化発生メカニズム、発生の条件、あるいは発生の予測手法については、数多くの研究が積み重ねられてきた。これらの成果を基礎として、各種の設計指針・基準等に液状化判定法がとり入れられ、同時に液状化層の設計上の扱いが規定されてきた。

液状化の判定手法としては、表5.3に示すように多くの方法が提案されている。これらの中で、一般に最もよく用いられている方法は、日本道路協会（1980）により提案された。F_L法（表5.3の㊸）である。このF_L法は、日本道路協会発行の「道路橋示方書・同解説V耐震設計編」で規定された方法で、深度ごとに液状化の可能性を定量的に評価できるものである。本調査ではこのF_L法を用いてF_L値を計算し、さらにP_L法を適用して最終判定を行うものとした。以下にF_L法とP_L法について、その方法を述べる。

(1) F_L法

道路橋示方書に掲載されている計算式で、各砂質土層の動的せん断抵抗率Rと地震時せん断応力比Lを計算し、液状化に対する抵抗率F_Lを求める。

$$F_L = R / L$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

$$L = r_d \cdot K_s \cdot \frac{\sigma_v}{\sigma'_v}$$

$$R_1 = 0.0882 \sqrt{\frac{N}{\sigma'_v + 0.7}}$$

$$R_2 = \begin{cases} 0.19 & (0.02 \text{ mm} \leq D_{50} \leq 0.05 \text{ mm}) \\ 0.2251 \log(0.35 / D_{50}) & (0.05 \text{ mm} \leq D_{50} \leq 0.6 \text{ mm}) \\ -0.05 & (0.6 \text{ mm} \leq D_{50} \leq 2.0 \text{ mm}) \end{cases}$$

$$R_3 = \begin{cases} 0.0 & (0\% \leq FC \leq 40\%) \\ 0.04FC - 0.16 & (40\% < FC \leq 100\%) \end{cases}$$

$$r_d = 1.0 - 0.015X$$

$$k_s = C_z \cdot C_g \cdot C_i \cdot k_{s0}$$

$$\sigma_v = \{ r_{t1} h_w + r_{t2} (x - h_w) \} / 10$$

$$\sigma'_v = \{ r'_{t1} h_w + r'_{t2} (x - h_w) \} / 10$$

ここに、

F_L = 液状化に対する抵抗率

R = 動的せん断抵抗率

表5.3 主な簡易液状化判定手法

手 法	概 要	分 類	備 考
① Seed, Idriss (1971)	あらかじめ用意されている図表を用いて、等価せん断応力 $\bar{\tau}d$ と液状化せん断応力 $\bar{\tau}n$ を求め、 $\bar{\tau}d > \bar{\tau}n$ のとき液状化、 $\bar{\tau}d \leq \bar{\tau}n$ のとき非液状化とする。 $\bar{\tau}d = 0.65rd \gamma z \alpha_{max}/g$ 、 $\bar{\tau}n = \frac{\sigma_d}{2\sigma_0'} \cdot 50 \cdot \frac{CrDr}{50} \sigma v'$ を用いる。	等価せん断応力 $\bar{\tau}d$ と液状化せん断応力 $\bar{\tau}n$ の比較、定量的判定	現在は、ほとんど使われていない。
② 福岡・石原 (1972)	各土層の材料、砂層のN値、表層および砂層の厚さに対して、あらかじめ用意しておいた判断図表を用いて判定を行う。	土の種類、限界N値、層厚により定める定性的判定	G、L-15mまでを対象とし、地下水位-1.5m、地表最大加速度0.25gとして限界N値を求めている。
③ 日本建築学会 (1974)	深度と地下水位と粒度特性とN値より判定を行う。	粒度、限界N値に基づいた定性的判定	
④ 沈埋トンネル耐震設計研究委員会 (1975)	日本港湾協会、日本国有鉄道で定めている判定方法を紹介。		
⑤ Tanimoto, Noda (1976)	過去の地震（マグニチュード、震央距離、地震動継続時間）、地盤データ（N値、地下水位、深さ）を用いて、これらの量の一次結合Yを考え液状化の起きた場合YLと起きなかった場合YNLについてYL-YNLがなるべく大きく、分散がなるべく小さくなるようにYの係数を定めた。	統計的手法を用いた定量的判定	今後信頼性の高いデータが多くなれば、かなり精度の良くなる可能性有
⑥ 田治米、望月松田 (1977)	限界N値と軟弱層の厚さ、位置とにより、被害地域を分離している。なお、軟弱層とは、N値<限界N値である区間をいう。	限界N値と軟弱層厚に基づいた定性的判定	新潟地震における液状化例を用いている。
⑦ 愛知県 (1978)	⑥の手法を若干修正したものであるが、基本的な考えは⑥と同じである。	限界N値と軟弱層厚に基づいた定性的判定	
⑧ 岩崎・龍岡 (1978)	$L = \alpha_{max}/g \cdot \sigma v / \sigma v' \cdot rd$ (rd:低減係数)より、地震時作用荷重Lを、N値と、有効上載厚 $\sigma v'$ とD50から原位置液状化強度を求め、 $L > R$ のとき液状化、 $L \leq R$ のとき非液状化とする。	地盤時作用荷重Lと、液状化強度Rを比較する定量的判定	⑩のもとになっている。
⑨ 日本港湾協会	粒径分布と限界N値から判定。	粒度、限界N値に基づいた定性的判定	
⑩ 日本国有鉄道 (1979)	地下水位、深さ、N値、粒径分布より判定を行う。	粒度、限界N値に基づいた定性的判定	
⑪ Seed (1979)	①を改善したものであり、特に液状化せん断応力 $\bar{\tau}$ の求め方が、より簡単に換算N値より求められるようになっている。 $\bar{\tau}d$ と $\bar{\tau}n$ を比較することは①と同様である。	等価せん断応力 $\bar{\tau}d$ と液状化せん断応力 $\bar{\tau}n$ の比較、定量的判定	現在、よく使われる手法のひとつである。N値の目米の違いに留意。
⑫ 日本道路協会 (1980)	まず、判定を行う必要があるかどうかを規定している。沖積層かどうか、深さ、地下水位、粒径がある条件を満たしていない場合は判定の対象から除外している。判定対象となるものについての判定手法は⑧と同じである。	堆積年代、深さ、地下水位、粒径による定性的判定と、⑩の定量的判定の組み合わせ	現在、日本では最もよく使われていると思われ、FL法ともいわれている。
⑬ 神奈川県 (1980)	地下水位、深さ、粒径、N値、層厚による一次判定と、⑩に修正を加えた二次判定を行い定量的判断を下す。	地下水位、深さ、粒径、N値、層厚による一次判定と、⑩を修正した二次判定の組み合わせ	⑩と同様、2段階構成となっており、合理的判定手法と考えられる。
⑭ 札幌市 (1981)	地表加速度、N値、液状化層の下限、地下水位を用いて、これらの一次結合を考え、⑤と同様な手法で係数を定めている。 $L = x_1 - 0.28x_2 - 1.09x_3 + 0.37x_4$ (x_1 :地下水位、 x_2 :液状化層の下限の深さ、 x_3 : $L > -9.17$ で液状化、 $L \leq -9.17$ で非液状化)。	統計的手法を用いた定量的判定	
⑮ 柴田 (1981)	$L = \frac{\tau L}{\sigma v'} = k_s \frac{\sigma v}{\sigma v'}$ (1-0.015Z)より、地震時作用荷重Lを求め、 $R = \frac{1}{80} \frac{N}{\sigma v'}$ ($\sigma v' \leq 0.75 \text{ kg/cm}^2$)、 $R = \frac{1}{60} N$ ($\sigma v' > 0.75 \text{ kg/cm}^2$)より、液状化抵抗値Rを求め、 $L > R$ で液状化、 $L \leq R$ で非液状化とする。	地震時作用荷重Lと液状化抵抗値Rを比較する定量的判定	
⑯ 時松・吉見 (1982)	地震入力の強さ $\tau d / \sigma_0'$ と換算N値N1との関係を細粒分含有率毎にプロットし、せん断歪振幅 γ をパラメーターとして液状化抵抗力 $\tau R / \sigma_0'$ を定め、両者を比較する。 $\tau d > \tau R$ で液状化、 $\tau d \leq \tau R$ で非液状化。ただし、この場合、 $\gamma = 10\%$ とするとよいようである。	地震入力の強さ $\tau d / \sigma_0'$ と、液状化抵抗力 $\tau R / \sigma_0'$ とを比較する定量的方法	判定法として確立しているわけではない。

- L = 地震時せん断応力比
- R₁ = N値と有効上載圧σ'vの関数で表される動的せん断強度比Rの第1項
- R₂ = 平均粒径D₅₀の関数で表される動的せん断強度比Rの第2項
- R₃ = 細粒分含有率FCの関数で表される動的せん断強度比Rの第3項
- r_d = 地震時せん断応力比の深さ方向の低減係数
- k_s = 液状化の判定に用いる地表面での設計水平震度
- σ_v = 全上載圧 (kgf/cm²)
- σ'v = 有効上載圧 (kgf/cm²)
- N = 標準貫入試験から得られるN値
- D₅₀ : 土の平均粒径 (mm)
- FC : 細粒分含有率 (%) (粒径74μm以下の土の質量百分率)
- x : 地表面からの深さ (m)
- C_z : 地域別補正係数
- C_g : 地盤別補正係数
- C_i : 重要度別補正係数
- k₅₀ : 液状化の判定に用いる標準設計水平震度
- r_{t1} : 地下水位面より浅い位置での土の単位重量 (tf/)
- r_{t2} : 地下水位面より深い位置での土の単位重量 (tf/)
- r'_{t2} : 地下水位面より深い位置での土の有効単位重量 (tf/)
- h_w : 地表面から地下水位面までの深さ (m)

(2) P_L法

F_L法は、ある1地点における1深度ごとの判定であり、地盤の液状化の激しさの程度はF_L値の深度方向の分布の仕方によると考えられる。その地盤の液状化のポテンシャルをあらわす方法がP_L法である。P_L値は、各深度で得られたF_L値を深さ方向の重み係数を考慮して積分したものである。

$$P_L = \int_0^{20} F \cdot W(Z) \, dZ$$

$$F = \begin{cases} 1 - F_L & (F_L < 1.0) \\ 0 & (F_L \geq 1.0) \end{cases}$$

$$W(Z) = 10^{-0.5Z} \quad (\text{重み係数})$$

このP_L値を用いた液状化の判定は以下のとおりである。

P_L > 15.0 : 液状化の可能性は極めて高い

5.0 < P_L ≤ 15.0 : 液状化の可能性は高い

0.0 < P_L ≤ 5.0 : 液状化の可能性はやや低い

P_L = 0.0 : 液状化の可能性は低い

5.3 予測

(1) 地表加速度の予測

地表加速度の予測にあたっては、過去に大きな被害をもたらした関東大震災、及び北伊豆地震の再発を想定し、計算を行った。各地震の諸元は表5.4に示すとおりである。調査地域は図5.1に示す酒匂川下流域のうち、地表加速度が最も大きくなると推定される沖積層軟弱地盤の地域である。また、予測計算は1 km間隔で引かれた東西及び南北地質断面の交点で行った。地質断面図は資料編に示す。

表5.4 各地震の諸元

地震	震央位置	マグニチュード
関東大震災	N35.1°、E139.5°	7.9
北伊豆地震	N35.1°、E139.0°	7.0

予測結果は図5.1、5.2に示す。関東大震災については374gal～481gal（震度VI～VII）、北伊豆地震については217gal～295gal（震度V～VI）であり、ともに極めて大きな値を示しているが、両者とも震源に近い地点、すなわち関東大震災では南東側、北伊豆地震では南西側、ほど値はより大きくなっている。

なお、「神奈川県地震被害想定調査報告書」（1985）に神奈川県においても地表加速度の調査が行われている。本調査とは推定方法等が異なるために予測値の分布に多少の差はあるものの、全体的な傾向や平均的な値の大きさは本調査とほぼ同様の結果となっている。

(2) 液状化の予測

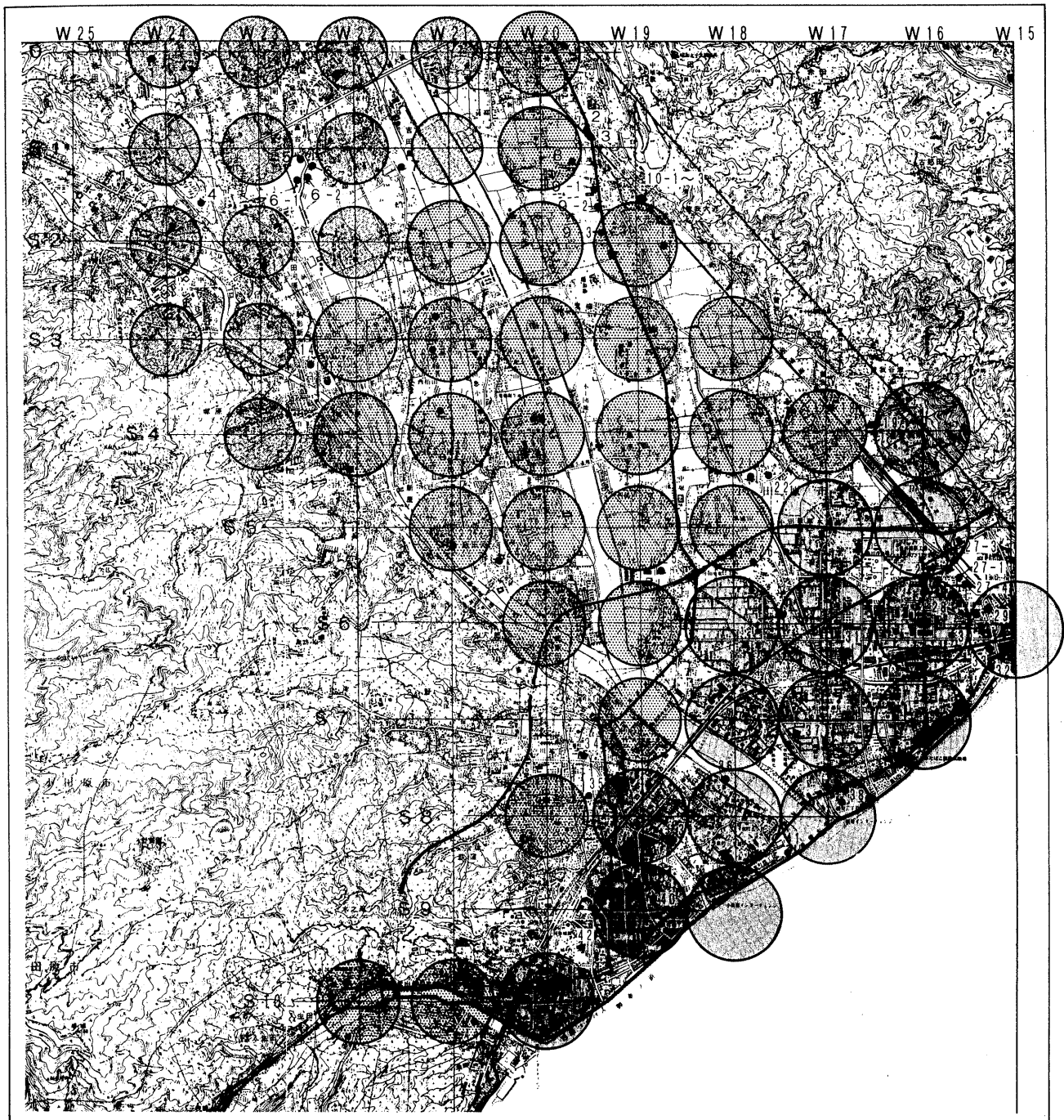
液状化が発生しやすいのは沖積層の軟弱地盤である。したがって液状化の予測は地表加速度の予測と同一地点で行った。液状化の予測に必要な係数の値は調査地域の特性から以下のとおりとした。

液状化標準設計水平震度：K_{s0} = 0.15（一般値）

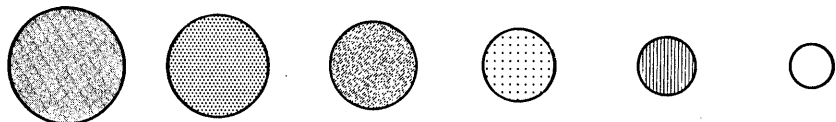
地域別補正係数：C_z = 1.0（神奈川県全域）

地盤別補正係数：C_κ = 1.2（沖積層軟弱地盤）

重要度別補正係数：C_i = 1.0（重要）



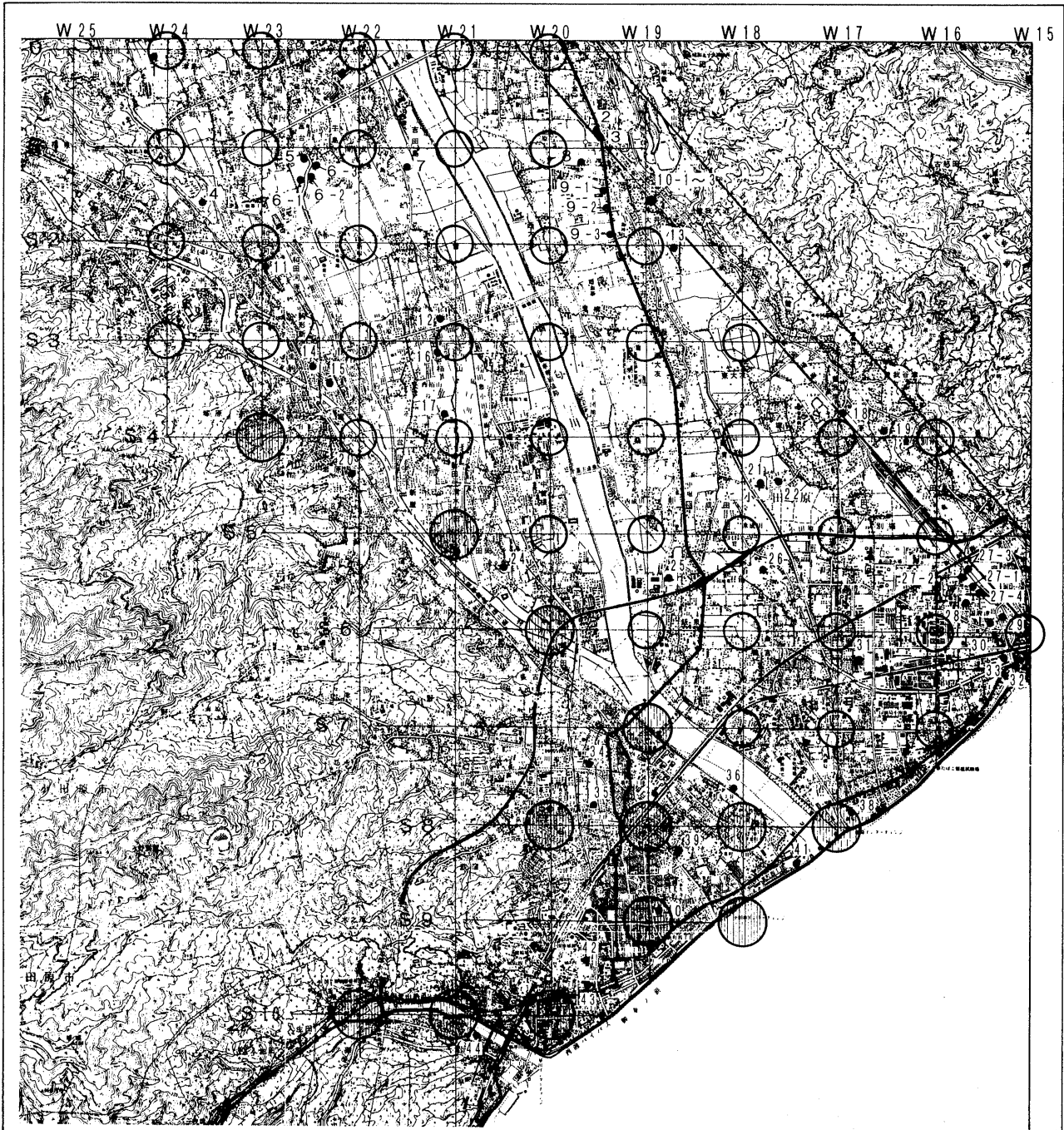
凡 例



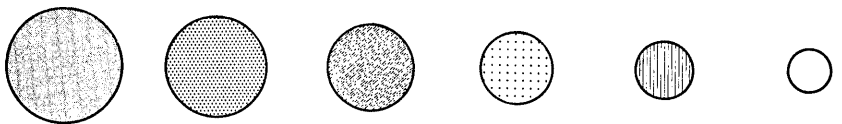
450 gal~ (震度VII) 400~450 gal (震度VII) 350~400gal (震度VI) 300~350gal (震度VI) 250~300gal (震度VI) 200~250 gal (震度V)

— 地質断面 (O~S10: 東西断面、W25~W15: 南北断面)
 ● ボーリング位置

図5.1 地表加速度予想図(関東大震災)



凡 例



450 gal~ (震度VII) 400~450 gal (震度VII) 350~400gal (震度VI) 300~350gal (震度VI) 250~300gal (震度VI) 200~250 gal (震度V)

— 地質断面 (0~S.10: 東西断面、W25~W15: 南北断面)
 ● ボーリング位置

図5.2 地表加速度予想図(北伊豆地震)

なお、 K_{s0} については比較のため $K_{s0}=0.30$ での予測も行った。

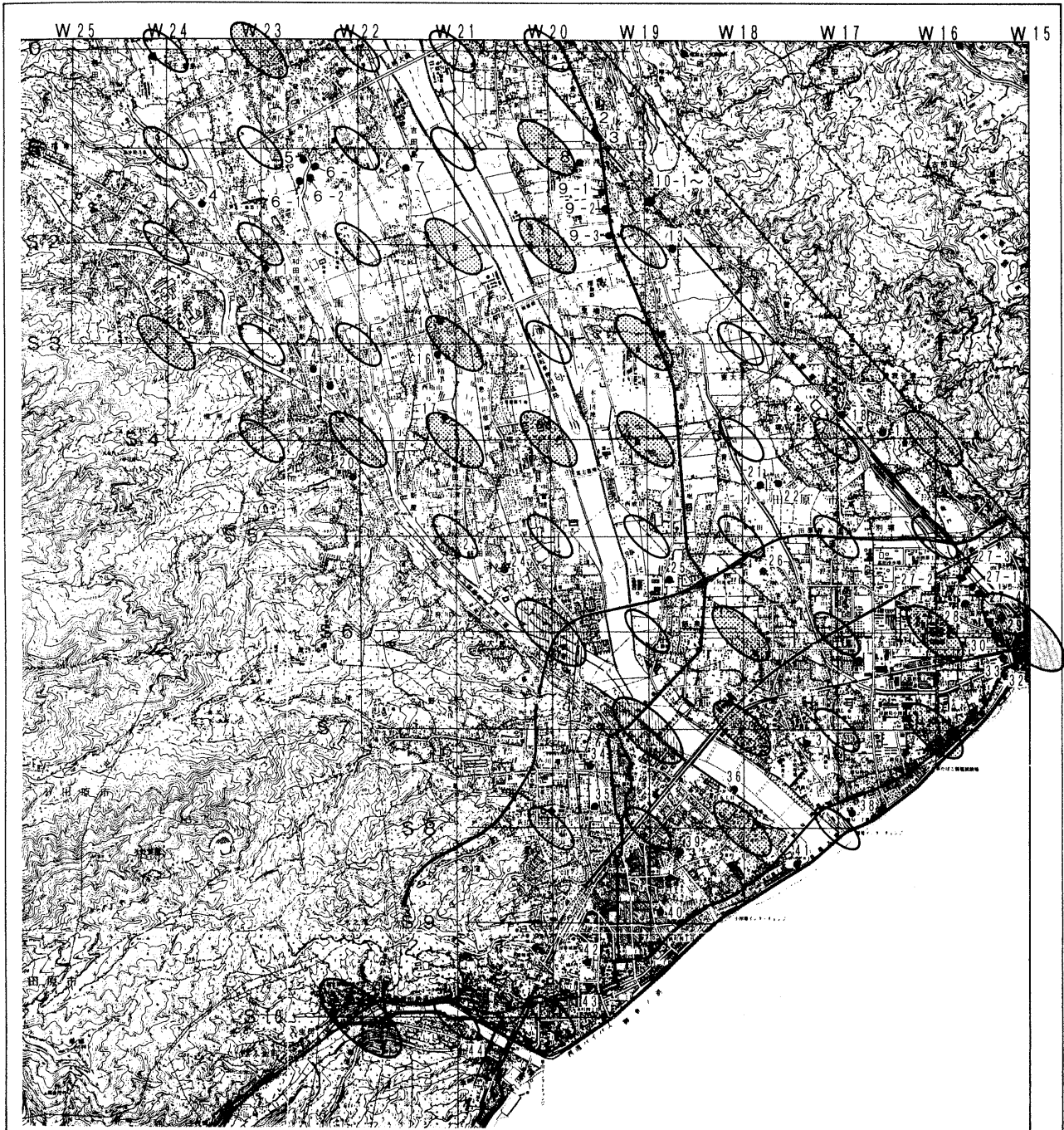
液状化の予測にあたって用いた地質・土質別の想定物性値は表5.5に示すとおりである。また、地下水位面の深さは近傍のボーリング資料などから判断した。

予測結果は図5.3、5.4に示す。液状化が発生する可能性は河川に沿った地域で高くなる傾向がみられる。また、 $K_{s0}=0.30$ の場合には液状化の可能性が極めて高い地域がほぼ全域にわたり、このことは $K_{s0}=0.15$ では液状化の可能性が低いと判断された地点でも、震度によっては液状化をおこす可能性があることを示している。

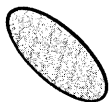
なお、「神奈川県地震想定調査報告書」では液状化の予測も行っているが、想定地震に基づいた予測法を用いているため、震源位置等の影響が大きく、本調査とは単純に比較できるものではない。しかし、県報告書での結果は本調査の $K_{s0}=0.15$ での予測結果と $K_{s0}=0.30$ でのものとの中間的な値を示しており、このことは調査地域では震度つまり地表加速度の大きさにより液状化が発生しうることを裏付ける結果となっている。

表5.5 土質別想定物性値

記号	土質名	N値	平均粒径 D_{50} (mm)	細粒分含有 率FC(%)	地下水位面上 の単位重量 r_{t1} (tf/)	地下水位面下 の単位重量 r_{t2} (tf/)	地下水位面下の 有効単位重量 r'_{t2} (tf/)
Alh	表土等	3~10	0.025	75	1.55	1.75	0.75
Ac	粘性土	3~20	—	—	1.55	1.75	0.75
As	砂層	5~50	0.15	30	1.75	1.95	0.95
Asg	砂礫層	10~50	0.6	10	1.8	2.0	1.0
Ag	礫層	15~50	2.0	0	1.9	2.1	1.1



凡 例



$P_L > 15.0$

$5.0 < P_L \leq 15.0$

$0.0 < P_L \leq 5.0$

$P_L = 0.0$

液状化の可能性：極めて高

液状化の可能性：高

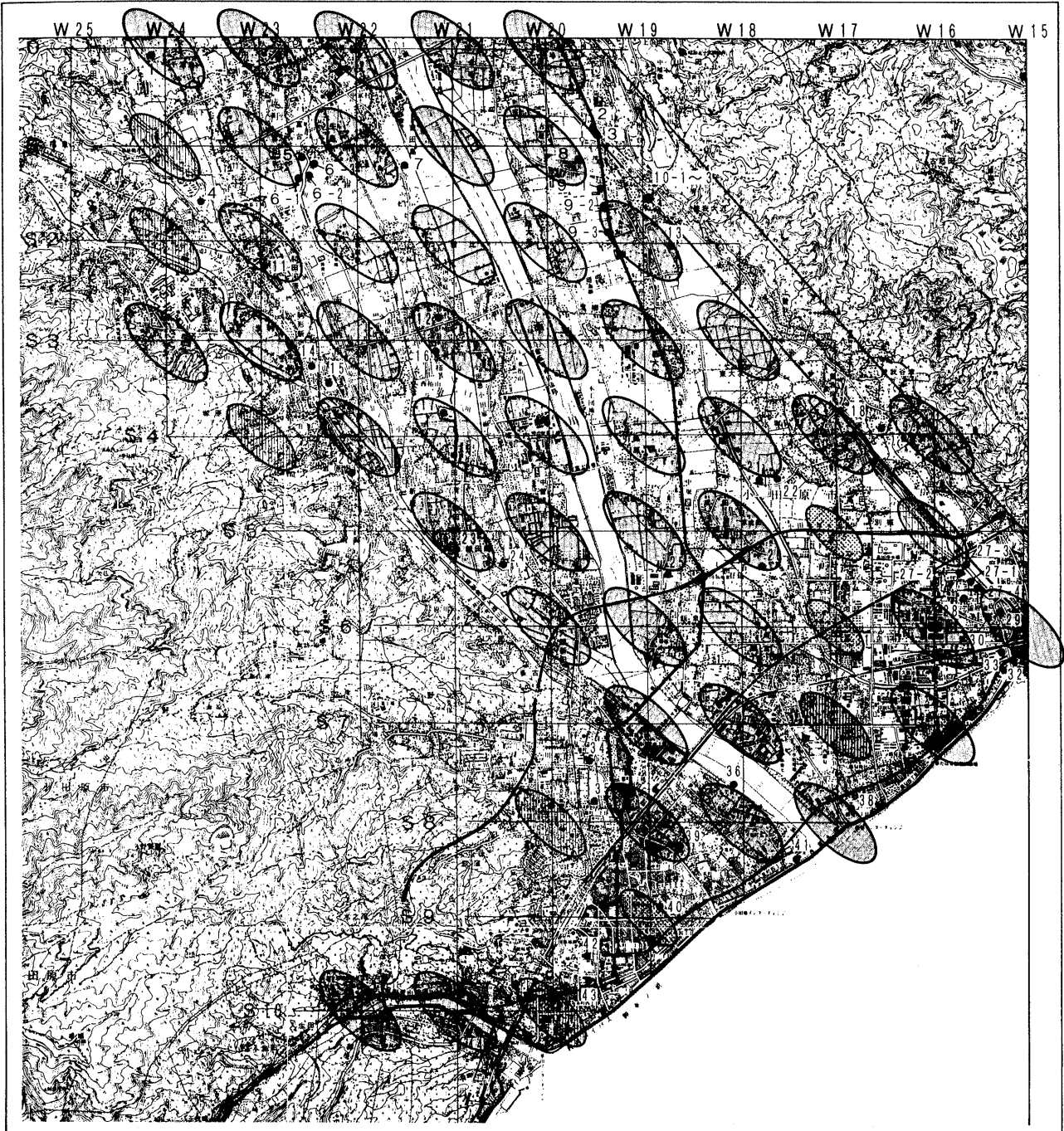
液状化の可能性：中

液状化の可能性：低

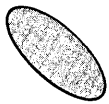
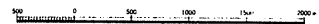
— 地質断面 (O~S10: 東西断面、W25~W15: 南北断面)

● ボーリング位置

図5.3 液状化予想図 ($K_{so}=0.15$)



凡 例



$P_L > 15.0$ $5.0 < P_L \leq 15.0$ $0.0 < P_L \leq 5.0$ $P_L = 0.0$
 液状化の可能性：極めて高 液状化の可能性：高 液状化の可能性：中 液状化の可能性：低

— 地質断面 (0~S10: 東西断面、W25~W15: 南北断面)
 ● ボーリング位置

図5.4 液状化予想図 ($K_{so}=0.30$)

6. 地震による崩壊条件と災害評価

これまでの調査の結果得られた資料から、既に3.2(4)及び(5)でも述べており、また4.1及び4.2にも述べられているが、地震によって起こる崩壊の条件を整理し、崩壊の発生危険度を求めて災害評価としての活用を図る。

地震によって発生する崩壊は、まず第一は傾斜地であること、第二は崩れやすい物質であることである。これは地震に限らず豪雨による崩壊でも言えることである。

第一の傾斜地については、4.2で過去に発生した崩壊の要因別・カテゴリー別集計が取られているが、このうち要因傾斜のカテゴリー区分では30°～40°で最も発生率が高く、次には20°～30°で、三番目には40°～50°となっている。その理由は、傾斜が40°以上の斜面では固い堅牢な地盤が優先しており、地盤の変動以外の地震の揺れによるクラック等の発生が不可能であることに起因すると考えられる。40°以下の斜面については、地盤の風化や上部斜面からの崩落物質の堆積の場となることなどから、地震の揺れに対しては容易に割れ目などが発生するものと考えられる。但し20°以下では、傾斜が緩く崩落は発生し難い。ちなみに豪雨による崩壊では二番目と三番目の発生率が反対となっている。

第二の崩れやすい物質であるが、3.2(4)では斜面をかなり拡大して説明している。ここでの地質は、火山地域であることから熔岩類、火山砕屑物、火山灰、軽石などであるが、崩れやすい物質としては火山灰や軽石である。これらのほとんどは、現在では山頂部の稜線付近に分布しており、過去の崩壊の頂部に接するものが多いことから、山頂部以外では崩壊によってすでに取り除かれたものと考えられる。このことから、今後発生を予測させる斜面は、火山灰等の残っている所で見られるものと考えられる。

次に、発生危険度と災害評価について考えたい。

上述したように、崩壊発生条件としては傾斜の状況であり、崩れやすい物質の有無である。それぞれは傾斜区分図や地形・地質分類図に表示されることが通常である。本調査では、傾斜区分図の作成を2万5千分の1地形図上で行ったが、調査の目的からは補助的なものであることから、図面としての印刷は行わず、説明書に図6.1として縮小して添付している。また、崩れやすい物質の有無については、本図の2万5千分の1土地保全図（相模湾北西地区）微地形分類図の中で旧期開析斜面・新时期開析斜面とした部分であるが、火山灰との対応については3.2(5)を参照して頂きたい。このように、それぞれ作成された2枚の図から発生危険度を得るためには、この2枚の図を重ね合わせて読み取ることが大切である。例えば傾斜が30°～40°で、斜面の上方に火山灰が分布する所では発生危険度が最も高く、火山灰がある所では10°以下、火山灰のない所では20°以下の傾斜斜面で発生危険度が最も低い。しかし、重ね合わせた図面から必要な情報だけを読み取ることは大変難しく、かなり熟練した調査者を必要とする。最近

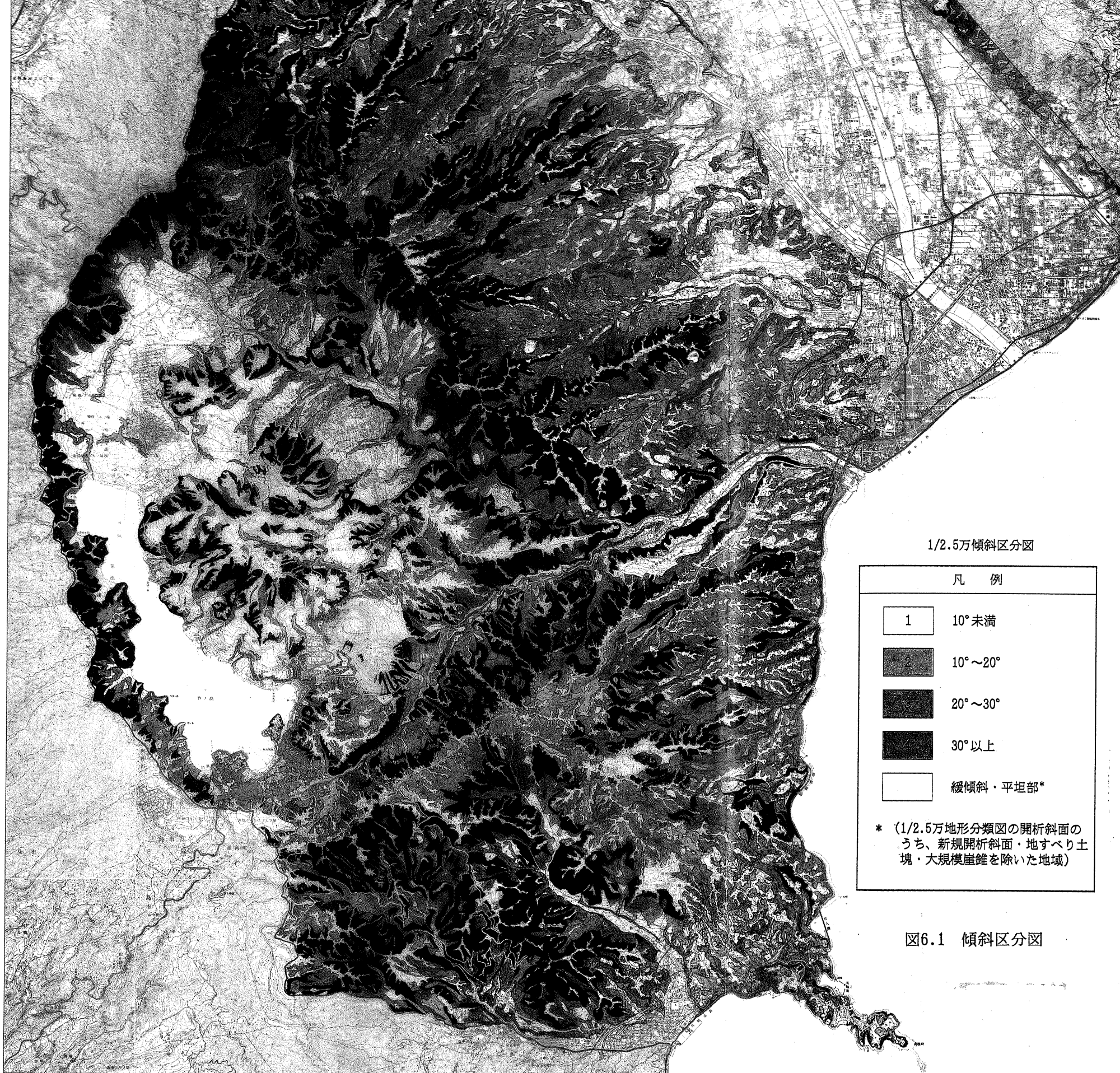


図6.1 傾斜区分図

の技術では図面を数値情報化し、電子計算機を駆使して、誰でもが比較的容易に、重ね合わせの情報を得ることが出来る。

以上は自然条件からの崩壊発生の条件である。次に災害評価について考えてみたい。

災害評価は社会的な条件によって変化する。山崩れや崖崩れ、土石流などはそれ自体では災害とはならない。これらが人間の生活に関わってきた時に「災害」としての認定が与えられる。この関わりが評価である。普段では、人間の全く関わりのない山中で発生した山崩れや土石流でも、崩れた面積が大きかったり、崩れた土砂の量が多かったり、また降雨などによって土石流が異常に発達して人間の生活の場に到達した時に、その場が人の集まる場所なのか、建物の密集した場所なのか、公共的な施設の多い場所なのかなどによって災害の評価が違ってくる。一般的に災害評価の高いのは、人間が直接災害に合う確率の高いところであり、例えば、商店街、オフィス、役所、駅、観光宿泊施設などである。また、災害評価の低いところでは、水田、畑、果樹園などの人間が常時いないところである。ここでは、災害評価は直接の目的ではないが、地域の土地保全を考えるには当然通らなければならない道筋でもある。

表6.1 傾斜と物質からみた発生危険度

傾斜 物質	～10°	10°～20°	20°～30°	30°～40°	40°～
火山灰あり	5	4	2	1	3
火山灰なし	5	5	3	2	4



図6.2 関東大震災による崩壊密度図

7. 地域別の地震被害の特性（土地保全図の作成）

本地域の地震による被害については、以下に示すような地域区分（図7.1参照）を行い、地域別の被害特性として述べる。また、地域別の特性の概略を表7.1に示した。

地域区分に当たっては、地質条件や地形的な条件を基に行った。

A) 中央火口丘地区

芦ノ湖の東岸に聳える駒ヶ岳・神山・二子山の作る山体を中央火口丘地区とした。この地区は、箱根火山では最も新しく噴出した物質を持つもので、熔岩原面は解析されずに残っている。

B) 新期外輪山地区

二子山を挟んで南西側の屏風山と山体と、北東側の鷹巣山・浅間山の作る山体、及び箱根湯本の湯本茶屋から背後の稜線が東に伸びた山稜の地区である。何れも、稜線上に新規外輪山の熔岩原面が分布する。二子山によって二分されているこの地区は、更に、宮城野の西の碓氷峠付近にも同期の噴出物が見られるが、熔岩の面積は見られず、また分布域も小さいので表示しない。

C) 古期外輪山内壁地区

この地区は、通常言われている箱根外輪山の山稜の内側斜面を言う。古期外輪山の中には、新期外輪山や中央火口丘、芦ノ湖などが包括されている。本地区の早川付近での境界は明瞭ではない。

D) 古期外輪山外壁Ⅰ地区（藤木川・新崎川流域）

箱根ターンパイクの走る稜線と白銀山から小田原市と湯河原町・真鶴町の境界のある稜線で囲まれた範囲である。新崎川より西側には、古期外輪山より古い火山岩が分布している。また、真鶴町は地形的条件から本地区に含めた。

E) 古期外輪山外壁Ⅱ地区（早川・片浦）

白銀山から北東方向に、箱根ターンパイクの乗る稜線上を小田原西インターまで伸びた地域の東側で、南側を古期外輪山外壁Ⅰ地区と境された地区である。地区全体に古期外輪山熔岩が分布し、白銀山から海に向かって伸びるそれぞれの稜線上には立川・武蔵野ローム層の火山灰が乗っている。

F) 古期外輪山外壁Ⅲ地区（小田原）

所謂外輪山の南側を早川、北側を南足柄市との境で区画した山地である。稜線はほぼ東西方向に約5 kmほどの距離で伸びている。稜線の東端は軽石流堆積物が分布し、そこでは傾斜が緩い。山王川左岸沿いには、段丘が分布する。

G) 古期外輪山外壁Ⅳ地区（足柄）

狩川右岸山地を小田原市との境まで及び狩川上流を外輪山稜線まで、更に金時山から足柄峠方向の稜線東側斜面と矢倉岳山体以外の狩川左岸の地域である。狩川右岸では、外輪山稜線から放射状に伸びる尾根が火山地形を表現しており、尾根の末端部に軽石流堆積物が分布している。また、狩川左岸地域でも尾根の連続性が見られ、山稜末端部には段丘や軽石流堆積物が見られる。狩川上流及び金時山に繋がる地域は、尾根の張り出しが短く谷の解析が激しい。

H) 足柄山地地区

狩川中流左岸で、夕日の滝から下流の矢倉岳を含む地域である。地質的には足柄層群の分布地域で、箱根火山の影響の及ばない地域である。

I) 酒匂川低地地区

大磯丘陵と箱根火山山地の間を流れる酒匂川によって作られた低地。酒匂川支流の狩川及び山王川、早川の低地も含む。酒匂川低地では、沖積層の深さが図郭の北端で5m、河口部では70mと急傾斜で海に落ちており、堆積物も砂礫質のものが大部分をしめている。地形的には扇状地と谷底平野としているが、扇状地のところは砂礫洲性の地形である。また、河口部に近い所では富士－御殿場泥流堆積物が、周囲の地形と2～5mの比高で高くなっている。

次に地域別の地震災害の特性について記す。

まず始めに、全体の災害の傾向については、災害履歴図を見て頂きたい。本図の作成工程については、1.3の調査手法で概略を述べているが、基本的には5万分の1土地分類基本調査「小田原・熱海・御殿場」の災害履歴図を用いた。但し、山地の崩壊分布については、本図の縮尺が2.5万分の1であることから、土地分類基本調査の災害履歴図は、ポイントをつかむための資料として用い、これに空中写真による判読を行って正確な位置と形を地形図上に表示した。また、豪雨による崩壊及び火山性崩壊についても、空中写真判読によって区分し表示している。

山地の崩壊のうち、地震による崩壊は東側の古期外輪山を中心に、南北に帯状に分布している。北部の金時山北東付近では、小さな崩壊が多数発生しているが、被害の報告は少ない。また、古希外輪山斜面の中腹より下位では崩壊の発生が少ない。山王川の上流域には、崩壊の発生の全くない地域が見られるが、これは資料に表示されていないため、空中写真の判読からだけでは判断出来ないために、表示を控えたためである。

住宅地などの建築物のある地域の地震災害は円グラフで表示した。地震による被害が無い所も見られるが、殆ど建物半壊以上の被害が認められる。中には津波や土石流による流出の被害

も発生している。低地帯の被害として、最近話題となっている液状化はここでは無かったのか、あるいは、まだ被害としての認識に入らなかったのか、どこにも記載が無いので取り上げていない。

A) 中央火口丘地区

過去の災害事例は非常に少ない。しかし、被害のポテンシャルは、観光地の中心として宿泊施設や名所旧跡が多いため高くなる。特に火山性災害として地すべり地があり、これが過去に被害を出している事などから、危険が大きいと判断される所がある。

B) 新期外輪山地区

山頂部は熔岩原面の作る緩斜面が広く分布しており、災害の発生は見られない。側壁の斜面は、斜面長は短い傾斜が急であり、山麓部に建築物等がある場合は被害のポテンシャルは高いと考えられる。山麓部に施設を設置する場合には、斜面側に空地を設けるなどの措置が必要である。

C) 古期外輪山内壁地区

本地区の早川・須雲川流域では、比高が大きく傾斜も急であるため、過去の災害事例が多く、災害の危険度は大きい。しかし、地形的には谷が狭いため人間の活動が制約されて、被害の発生は少ないと思われる。但し、早川流域では宮城野や仙石原には別荘や宿泊施設が集中している。

芦ノ湖の西に連なる地域では、傾斜は急であるが比高は小さい。湖側では湖岸の利用は難しい。また湖より北側では、高原などの比較的平坦な地形が広がっているので、利用は容易である。

元箱根から大観山にかけては、本地区のなかでも最もなだらかな地形で、過去の災害事例もない。芦ノ湖観光や主要道路の要衝として活用が期待される。

D) 古期外輪山外壁Ⅰ地区（藤木川・新崎川流域）

藤木川流域では、過去、地震による災害・豪雨による災害が発生しており、谷は土石流の起こり易い地形である。下流部は斜面・谷ともに傾斜がやや緩くなっているが、ここは温泉場などの宿泊施設が集中しており、災害危険度は「小」としているが、土石流災害に対しては「大」として表示したい。

新崎川流域は、過去の災害では藤木川流域より災害密度は高い。しかし、この流域では、被害の対象物が下流の開けた地域にあることから、災害発生の危険度は大きいものの、被害は殆ど少ないと考えられる。

その他、本地区には南郷山から南東方向の真鶴半島を含む地域がある。本地区での山地災害は非常に少ないが、津波の災害が発生している。特に東向きの海岸や半島の海岸では

注意が必要である。

E) 古期外輪山外壁Ⅱ地区（早川・片浦）

本地区では、聖岳及びその南側付近一帯に単位斜面の大きな地震による災害が発生している。特に、白糸川流域では大きな崩壊が並んで発生し、崩れた土砂が白糸川を一気に下って、下流の海岸付近では大きな被害が発生している。の稜線上には立川・武蔵野ローム
白糸川より南側の地域では、一般に斜面の傾斜や谷の勾配が急であるため、山中における災害が下流域での被害に繋がる確率は高いと考えられる。

白糸側の北側地域では、山中では災害の発生確率が高いが、下流部では傾斜の緩やかな地形が多く、発生した災害が被害となる事は少ないと考える。

F) 古期外輪山外壁Ⅲ地区（小田原）

外輪山山稜付近では、過去の災害実績も多く斜面の傾斜も急であるため、災害の発生危険度は大であると言える。しかし、外壁の山麓近くでは斜面の傾斜や谷の勾配が緩やかとなり、上流の災害の下流に及ぼす被害は少ないと考える。

G) 古期外輪山外壁Ⅳ地区（足柄）

狩川右岸地域では、外輪山外壁の中腹まで過去の災害の痕跡が認められ、斜面の傾斜等は急である。このため山麓の近くまで災害発生の危険度は大であるとしたが、山麓では穏やかな傾斜の地形が作られているため、被害の発生率は低いと考える。また、狩川中流左岸については、地形的に災害発生の危険度は小さい。狩川上流域及び金時山から足柄峠に向かう稜線の東側地域では、地震による災害の痕跡が多く認められる。谷の解析度が大きく災害の発生危険度は大である。この地域では現在被害を被るものはないが、全域が予防の対象となる地区である。

H) 足柄山地地区

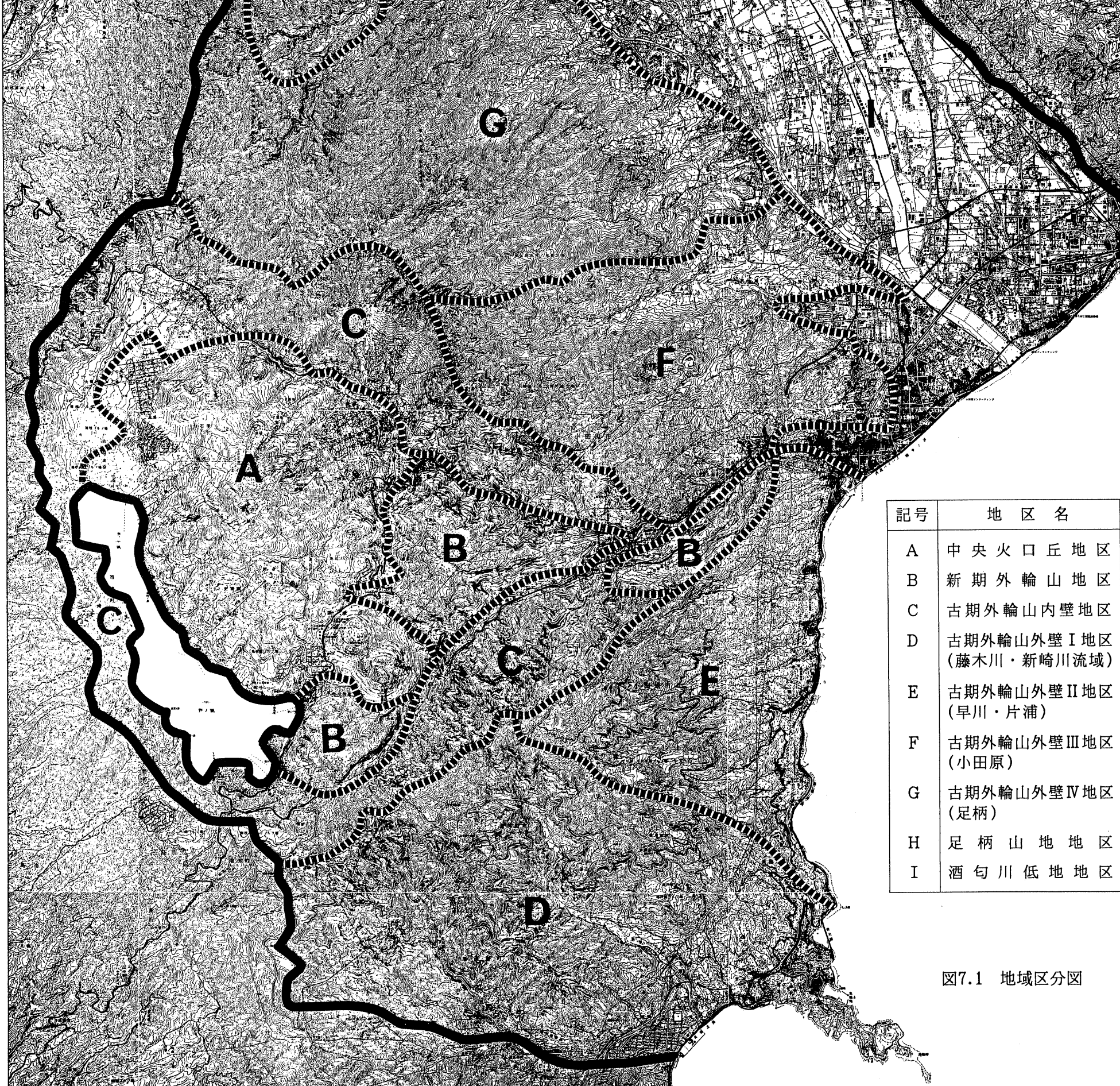
本地区の地質は、A～G地区よりやや古く岩石も少し硬い。過去の災害実績も足柄地区よりもやや少ない。山地の起伏量が大きいため、斜面の傾斜は急である。このため災害発生危険度は、山頂及び山稜を除いては大である。本地区で保全を必要とする施設を谷合いに作ることは避けたい。

I) 酒匂川低地地区

低地については、地盤災害の危険度（液状化危険度）を道路橋示方書にによる計算式により求め表示した。また、過去の資料では柔らかい地層が厚いほど、建築物等の倒壊率が大きくなるという結果が出ている。

表7.1 土地保全に係る地域別特性

地区名	地形的特徴	地質	植生・土地利用	災害履歴
A. 中央火口丘地区	熔岩原面の保存が良い。北側には火砕流や岩屑が分布する。	安山岩熔岩 砕屑岩 火山灰層（立川・武蔵野層）	樹高4m以上の広葉樹林・混交林が大。堆積面上には居住地域が分布。農地は沖積低地に僅かに分布。	地震・豪雨による崩壊は少ない。火山性の地すべりが冠ヶ岳の北及び北西側に見られる。
B. 新期外輪山地区	中央火口丘の形成や河川の侵食によって分断されている。古期外輪山に比べて山稜線の平坦部が広い。	安山岩・石英安山岩熔岩 火山灰層（立川・武蔵野層） 石英安山岩質軽石流	広葉樹林・混交林が多く樹高4m以上。鷹巣山の東から南は人工林が分布。早川右岸の山稜にはゴルフ場が分布。	須雲川の上流では地震による崩壊と豪雨による崩壊が頻りに発生。早川と須雲川に挟まれた地域では、規模の大きな、地震による崩壊の痕跡が見られる。
C. 古期外輪山内壁地区	早川左岸地域では幅700～2,000m、比高300mの山地が連続する。上流では比高1km前後で比高300m、中流から下流にかけては幅が次第に広くなり、最大で2kmで比高は500mである。金時山から芦ノ湖西岸地域では幅が1km弱で比高が170mである。	玄武岩熔岩-安山岩質熔岩 凝灰角礫岩	樹高8m以上の針葉樹林、広葉樹林、混交林が分布。早川左岸の稜線には、所々に野草植帯として利用。宮城野では緩やかな斜面上を別荘地として利用。	早川左岸では大平台の対岸付近で地震による崩壊の密度が100を超えるが、他の地域では10～70程度である。須雲川右岸では、地震による崩壊の密度が最も大きいところであり、上流ほど少なく大輪山の西では0である。また、豪雨による崩壊の密度も大きい。芦ノ湖西岸では、規模の大きな崩壊が多く、その密度は数個である。
D. 古期外輪山外壁I地区 (藤木川・新崎川流域)	藤木川・新崎川流域では外輪山外壁の長さが約6.3kmで、旧期解折斜面の保存は良い。真鶴付近では旧期解折斜面の分布が大きい。河川は南東方向に流れ、J R湯河原駅付近で広い谷底平野を作っている。	藤木川流域 安山岩質熔岩 玄武岩質熔岩 凝灰岩質熔岩 その他の地域 玄武岩熔岩-安山岩質熔岩 安山岩-石英安山岩質熔岩	外輪山の稜線付近では、樹高4～8mの広葉樹林、混交林が分布し、稜線の低位からは8m以上の森林が広がる。樹高8m以上の針葉樹林は里近くに分布する。この地区では、野草植帯としてのカヤの分布が見られる。海に面した斜面は果樹園となっている。	地震による崩壊密度は、藤木川流域では40が最大であるが、新崎川流域では最大100の所がある。豪雨による崩壊も、新田取り混せて所々に見られる。真鶴側に向かう丘陵地帯では、内陸部に僅かに地震による崩壊が見られる。
E. 古期外輪山外壁II地区 (早川・片浦)	白銀山から海に向かってラップ状に開いた本地区では、河川の上流はラップの中心に向かっている。河川の延長は5km弱で、比高は約1,000mあり、河口部での谷底平野は小さい。	玄武岩熔岩-安山岩質熔岩 火山砕屑物 火山灰層（立川・武蔵野層）	海に面した標高250m以下の斜面は果樹園となっている。果樹園以外では、樹種・樹高ともに各種入り乱れて分布している。	地震による崩壊密度は40以下と小さいが、白糸川上流やその北側の河川の上流では、大きな崩壊が発生している。関東大震災では大きな被害が発生している。
F. 古期外輪山外壁III地区 (小田原)	東西方向の尾根と谷が整列されたように並んでおり、東端は酒匂川の低地に向かう。東側の尾根の末端部には緩斜面が広がって段丘面も見られる。	玄武岩熔岩-安山岩質熔岩 火山砕屑物 石英安山岩質軽石流 火山灰層（立川・武蔵野層）	樹高150m以下の斜面には果樹園が分布する。果樹園以外の山地では80%が樹高8m以上の針葉樹林である。緩斜面上には住宅地や工場が分布する。	明星ヶ岳の東側で、山王川の上流に、地震による崩壊密度が40の分布域が僅かに見られる。明星ヶ岳の北側に入る谷には、豪雨による崩壊が数ヶ所見られる。
G. 古期外輪山外壁IV地区 (足柄)	河川に向かかって5km以上にわたって尾根の連続する関場より下流の流域と、解折の激しい上流の流域に分ける。尾根の連続する末端部には緩斜面が分布する。	玄武岩熔岩-安山岩質熔岩 火山砕屑物 石英安山岩質軽石流 火山灰層（立川・武蔵野層）	外輪山の山稜から1.5kmの範囲では樹高4m以上の広葉樹林が50%を占める。樹高8m以上の針葉樹林の連続する地域では、樹高8m以上の針葉樹林がほとんどを占める。果樹園は各谷底平野に面する緩斜面に見られる。	地震による崩壊は、外輪山外側斜面の中腹より上流で発生している。崩壊密度80を最大とするのは、金時山から足柄峠への稜線にあり、また明神ヶ岳から連続する尾根にも見られる。崩壊密度70は谷の解折の激しい地域に分布する。
H. 足柄山地区	矢倉岳に代表されるように独立峯的な山体によって作られている。	石英閃緑岩 左岸泥岩互層 凝灰岩 石英安山岩質軽石流 火山灰層（立川・武蔵野層）	早川左岸、矢倉沢付近より下流の緩斜面には果樹園が分布する。矢倉岳の東側半分は樹高8m以上の広葉樹林・混交林が占め、西側中腹までは野草地となっている。	足柄峠を含む山稜域では、地震による崩壊密度は40以下である。矢倉岳では、中腹以下に比較的大きな崩壊が見られるが、崩壊密度は30以下である。
I. 酒匂川低地地区	本地区の属状地は露端付近のため扇形を持たないが、扇状地性堆積物が分布する。河口付近では、富士-御殿場泥流堆積面の分布が見られる。	沖積層 礫、砂、泥 火山泥流	海に面して幅約2km間は住宅地・工場が密集し、この上流では水田に住宅地や工場が広がっている。	関東大震災では、大井・堀之内より下流では70%以上の全壊家屋が発生した。和田河原・曾比・金手では半壊の家屋が60%を占めている。



記号	地区名
A	中央火口丘地区
B	新时期外輪山地区
C	古期外輪山内壁地区
D	古期外輪山外壁I地区 (藤木川・新崎川流域)
E	古期外輪山外壁II地区 (早川・片浦)
F	古期外輪山外壁III地区 (小田原)
G	古期外輪山外壁IV地区 (足柄)
H	足柄山地地区
I	酒匂川低地地区

図7.1 地域区分図

参考文献・資料

- (地質・土質・ボーリング資料等) (N)の番号は図5.1~5.4のボーリング地点番号に対応している。
- (1) 昭和58年度福沢小学校校舎新增改築工事に伴う地質調査委託報告書、
横浜ボーリング工業株式会社
 - (2) 昭和54年度地震対策道路工事(分割-2)調査報告書、昭和54年12月、
日建コンサルタンツ株式会社
 - (3) 昭和58年度道路橋梁計画調査(一般国道255号線)調査報告書、昭和59年3月、
コロナ技建開発株式会社地質調査課
 - (4) 昭和54年向田小学校屋内運動場建設予定地地質調査委託報告書、
横浜ボーリング工業株式会社
 - (5) 小規模河川改修(分-1)工事地質調査報告書、昭和58年9月、
神奈川県松田土木事務所、株式会社 間瀬コンサルタント
 - (6) 昭和60年度、小規模河川改修工事(分-1)要定川土質調査報告書、昭和60年12月、
株式会社 諸星建設コンサルタント
 - (7) 昭和53年、河川局部改良工事(分割の1)地質調査報告書、昭和53年5月、
株式会社 共和技術コンサルタンツ
 - (8) 平成2年度、大井町総合体育館用地地質調査委託報告書、平成3年3月、
株式会社 アースリサーチ
 - (9) 昭和53年度道路橋梁(調査委託)一般国道255号線地質調査(足柄上郡大井町地内)
調査報告書、昭和53年11月、神奈川県松田土木事務所、株式会社 道路技術研究所
 - (10) 昭和58年度公共下水道地質調査委託(大井町・上大井地内)報告書、昭和59年3月、
道路土質調査、株式会社 神奈川営業所
 - (11) 昭和52年度南足柄市立むつみ幼稚園園舎建設予定地地質調査報告書、昭和53年3月、
株式会社 北海ボーリング
 - (12) 小田原市立桜井小学校地質調査、昭和48年3月、共和地下開発株式会社
 - (13) 小田原市立曾我小学校プール建設に伴う地質調査委託業務報告書、平成元年2月、
小田原市役所、日進地下開発工業株式会社
 - (14) 昭和59年度岡本小学校校舎新增改築工事に伴う地質調査委託、南足柄市塚原1769番地
報告書、昭和59年2月、京浜調査工事株式会社
 - (15) 昭和57年度足柄市立岡本中学校校舎新增改築工事に伴う地質調査委託報告書、
昭和57年6月、ツルミ技術株式会社

- (16) 小田原市立城北中学校建設工事に伴う地質調査委託業務、昭和19年3月、
道路土質調査株式会社
- (17) 小田原市立報徳小学校給食調理場新築工事に伴う地質調査 小田原市小台405外報告書、
昭和55年3月、京浜調査工事株式会社
- (18) 平成元年度道路改良工事（当初19号分割の3）土質調査報告書、平成2年3月、
小田原土木事務所、中央復建コンサルタンツ株式会社
- (19) 小田原市立下曽我小学校校舎改築工事に伴う地質調査委託業務報告書、昭和63年2月、
株式会社 ソイルエンジニアリング
- (20) 昭和53年度南足柄市立岩原小学校校舎建設予定地地質調査報告書、
横浜ボーリング工業株式会社
- (21) 小田原市立千代中学校校舎増築に伴う地質調査委託業務報告書、昭和61年5月、
小田原市役所、野口試錐工業株式会社
- (22) 報告書 小田原市立千代小学校屋内運動場建設に伴う地質調査、昭和56年3月、
神奈川県小田原市役所、森山土質調査株式会社
- (23) 小田原市立富水小学校校舎増築工事に伴う地質調査委託報告書、昭和59年6月、
小田原市役所、株式会社 建設技術コンサルタント
- (24) 小田原市立泉中学校校舎増築工事に伴う地質調査委託報告書、昭和60年5月、
協和地下開発株式会社 神奈川事務所
- (25) 豊川新設小学校（仮称）建設第一期工事に伴う地質調査報告書、昭和56年8月、
神奈川県小田原市役所、大和試錐工業株式会社
- (26) 昭和47年小田原市立下府中新設小学校建設第二期工事に伴う地質調査（矢作小）地盤調
査報告書、昭和47年、実工技術開発株式会社
- (27) 平成元年度街路事業計画調査（穴部国府津線）小田原市国府津・田島地内 地質調査報
告書、平成2年2月、神奈川県小田原土木事務所、アースコンサルタンツ株式会社
- (28) 小田原市立国府津中学校改築第2期工事に伴う地質調査報告書、昭和55年3月、
株式会社 千代田地質
- (29) 昭和62年度 街路整備工事（当初18号分割の4）報告書、昭和63年1月、
小田原土木事務所、石川綜合技研株式会社
- (30) 小田原市立国府津小学校校舎増築工事に伴う地質調査委託業務報告書、昭和62年3月、
小田原市役所、株式会社 北海ボーリング
- (31) 小田原市立下府中小学校建設第1期工事に伴う地質調査報告書、昭和52年3月、
ツルミ技術株式会社

- (32) 昭和54年度 街路整備工事（公共）（当初21号分割の2）都市計画道路穴部国府津線
報告書、昭和54年8月、神奈川県小田原土木事務所、上條ボーリング株式会社
- (33) 昭和54年度 街路整備工事（公共）（当初21号分割の7）飯泉国府津線小田原市国府津地
内報告書、昭和55年1月、神奈川県小田原土木事務所、上條ボーリング株式会社
- (34) 小田原市立足柄小学校屋内運動場改築工事に伴う地質調査委託業務、小田原市扇町3-559
（市立足柄小学校運動場内）昭和63年5月、京浜調査工事株式会社
- (35) 小田原市立芦子小学校改築第3期工事に伴う地質調査報告書、昭和54年2月、
協和地下開発株式会社
- (36) 平成2年度 道路整備計画調査栄町小八幡線報告書、平成2年7月、小田原土木事務所、
ソイル機工株式会社
- (37) 小田原市立富士見小学校運動場新築に伴う地質・土質調査委託調査報告書、
昭和60年6月、日建コンサルタント株式会社
- (38) 小田原市立酒匂中学校校舎増築工事に伴う地質調査委託業務、昭和62年3月報告書、
関東基礎設計株式会社
- (39) 小田原市立町田小学校給食調理場建設に伴う地質調査（小田原市寿町2-147番地）報告書、
昭和56年3月、道路土質調査株式会社
- (40) 小田原市立新玉小学校屋内運動場建設に伴う地質調査報告書、昭和57年5月、
宮本地質コンサルタント株式会社
- (41) 小田原市立白鷗中学校技術科教室等改築工事に伴う地質調査委託業務報告書、
昭和61年5月、神奈川県小田原市、不二ボーリング工業株式会社
- (42) 小田原市城内小学校新築工事に伴う土質・地質調査報告書、昭和58年10月、
株式会社 泉創建エンジニアリング神奈川営業所
- (43) 小田原市立本町小学校屋内運動場建設に伴う地質調査、昭和57年5月報告書、
土質コンサルタント株式会社
- (44) 小田原市立早川小学校増築に伴う地質調査報告書、昭和53年12月、
株式会社 北海ボーリング

（地形・地質）

久野 久(1952)：7万5千分の1地質図幅「熱海」及び同説明書、地質調査所

鈴木隆介(1963)：箱根火山北東部における軽石流の堆積とそれに伴った地形変化について、
地理学評論、36(1), 24-41

日本火山学会(1971)：箱根火山、箱根町

- 神奈川県(1971)：神奈川県地盤地質調査報告書、神奈川県地盤対策資料
- 神奈川県(1971)：神奈川県地盤地質調査報告書－神奈川県地盤対策資料－
- 久野 久 著(1972)：箱根火山地質図及び同説明書、大久保書店
- 久野 久 著、箱根火山地質図再版委員会編(1972)：5万分の1箱根火山地質図及び同説明書、大久保書店
- 大木靖衛・袴田和夫(1975)：箱根芦ノ湖誕生のなぞをさぐる、国土と教育、30, 2-9
- 町田 洋(1977)：火山灰は語る、蒼樹書房
- 見上敬三(1978)：神奈川県地質、神奈川県史各論編、4(自然)、71-378
- 大木靖衛(1979)：箱根 火山と温泉、神奈川合同出版
- 神奈川県教育委員会(1980)：神奈川県地質図(5万分の1)
- 神奈川県教育委員会(1980)：神奈川県地質図
- 国土地理院(1981)：1万5千分の1土地条件図「小田原」及び調査報告書
- 上杉 陽・千葉達郎・米澤 宏(1982)：いわゆる国府津・松田断層について
— その研究史と実態 —、関東の四紀、9, 21-32
- 神奈川県(1983)：神奈川県地震被害想定地質地盤調査昭和57年度概要報告書
- 神奈川県建築士会(1983)：神奈川県地盤図
- 狩野謙一・上杉 陽・伊藤谷生・千葉達郎・米澤 宏・染野 誠(1984)：丹沢南部・大磯丘陵周辺における中期更新世以降の断層運動、第四紀研究、23, 137-143
- 山崎晴雄(1985)：足柄平野の地質と地殻変動、地球、7(8), 466-472
- 山崎晴雄(1985)：足柄平野の地質と地殻変動、地球、74, 466-473
- 活断層研究会編(1991)：「新編 日本の活断層」、東京大学出版部
- 大矢雅彦ほか(1991)：相模湾北部沿岸地形分類図
- 平田由起子・袴田和夫(1991)：箱根線No.371～No.447の地形・地質
- 袴田和夫(1992)：真鶴の本小松石に見られる再溶融構造、大涌谷自然科学館、調査研究報告、11, 11-14
- 箱根団体研究グループ(1992)：箱根火山南東麓の地質Ⅰ・Ⅱ、関東の四紀、17, 35-48

(災害)

- 震災予防調査会(1925)：震災予防調査会報告、第百号(甲)
- 神奈川県(1927)：神奈川県震災誌
- 神奈川県(1927)：神奈川県震災誌および大地震写真帳
- 神奈川県測候所(1931)：豆相地震報告

消防科学センター(1984)：地域防災データ総覧、地震災害・火山災害編

小林芳正(1985)：根府川山津波と地震による山崩れ、地球、7(8),457-460

宇佐美龍夫(1975)：資料日本被害地震総覧、東京大学出版会

神奈川県農政部林務課：関東大地震災・北伊豆地震荒廃林地復旧事業地地図

(その他)

神奈川県企画総務室(1989. 4)：神奈川県土地規制図(1/50,000、1/100,000)

神奈川県都市政策課(1988)：土地利用現況図 湘南西(1/20,000)

(1988)： " 足柄上(1/20,000)

(1988)： " 足柄下(1/20,000)

神奈川県砂防課(1990. 6)：神奈川県砂防図(1/100,000)

神奈川県自然保護課(1990. 4)：神奈川県自然公園・自然環境保全地域等区域図(1/100,000)

神奈川県河港課(1990.12)：神奈川県河川・海岸・港湾図(1/100,000)

神奈川県環境政策課(1989.11)：神奈川県アボイドマップ 西湘地区(1/10,000)

" (1989.11)： " 足柄地区(1/10,000)

