

# 東海地震で予想される地盤災害

## — 軟弱地盤災害と山崩れ災害 —

静岡大学名誉教授地球科学 土 隆 一

### 1. まえがき:

急峻な山地が海に迫り、幅狭い海岸平野に人口と建造物の集中する静岡県地域では、過去の大地震による被害は平野部の家屋被害、津波被害、それに山崩れ災害の3つが顕著であったし、これから起こる大地震でも同じように大きな被害が予想される。ここでは、やがて来るであろう東海地震の際、静岡（県）地域で予想される軟弱地盤と山崩れの災害について述べる。

### 2. 東海地震で予想される震度:

東海地震ではこの地域はどれくらいの震度が予想されるだろうか？ 関東地震（1923, M7.9）と東南海地震（1944, M8.0）の震度分布、それに安政東海地震（1854, M8.4）の推定震度分布を見ると、安政東海地震の場合がもっとも近く、静岡県の地域は全域がほぼ震度6~7になると考えてよさそうである。

### 3. 静岡地域の山地、沖積海岸平野とその地盤の形成:

この地域は最近地質時代以来、新第三紀~中生代の地層からなる山地は強く圧縮されるように隆起をつづけ、急峻な山地が海に迫り、山地から流下する急流河川の“東海道式河川”は多量の水と砂礫を下流へ運び、河口部に三角州性扇状地平野を形成した。そして、主流沿いには礫層を厚く堆積させ、主流の勢力の及ばない縁辺部や山蔭の区域、あるいは後背湿地には泥層を厚く堆積させた。一方、海岸沿いでは卓越する西南西の風と強い沿岸流によって砂洲と砂丘がつけられた。したがって、扇状地平野には厚い礫質地盤、周辺部の低地に厚い泥質地盤、海岸沿いに砂質地盤が発達することになる。また、東海道式河川を欠く場合には、中小河川による堆積のため、泥質地盤が下流域の主部を占める。前者の例として富士川、安倍川、大井川、天竜川の下流部沖積平野を、後者の例として狩野川下流の田方平野、菊川、太田川下流の平野などが挙げられる。このように、静岡地域の沖積平野の地盤は、礫質、泥質、砂質の地盤がそれぞれ明瞭に区別されるように分布することが大きな特徴である（図2）。

### 4. 地震と軟弱地盤:

軟弱な地盤では地震の際の木造家屋の被害が大きいことは、すでに関東地震で東京の被害が下町（沖積層）と山の手（台地）にはっきり区別され、主に泥質層から成る東京と横浜の沖積層の厚さが厚い程、被害が大きくなるとされている（表, 1949; 河角, 1961）。静岡地域でも東南海地震による木造家屋の被害は太田川・菊川流域の平野などの泥質地盤で大きいことが明らかにされている（大庭, 1957）。一方、新潟地震（1964）以来、地下水の浅い砂質地盤の液状化による被害が注目されるようになり、日本海中部地震（1983）では液状化被害が顕著であった。静岡県の過去の地震でも屢々噴砂、噴泥現象が報告されているので、地震による海岸低地砂質地盤の液状化はかなり顕著であったと思われる（飯田ほか, 1985）。

軟弱地盤とは、その上に構造物をつくる場合に基礎としては硬さが不十分な地盤を指すと思われるが、

---

Notes on Possible Ground Disasters to be Caused by the Coming “Tokai Earthquake”

Ryuichi TSUCHI, Prof. Emer. Shizuoka Univ. in Geosci.

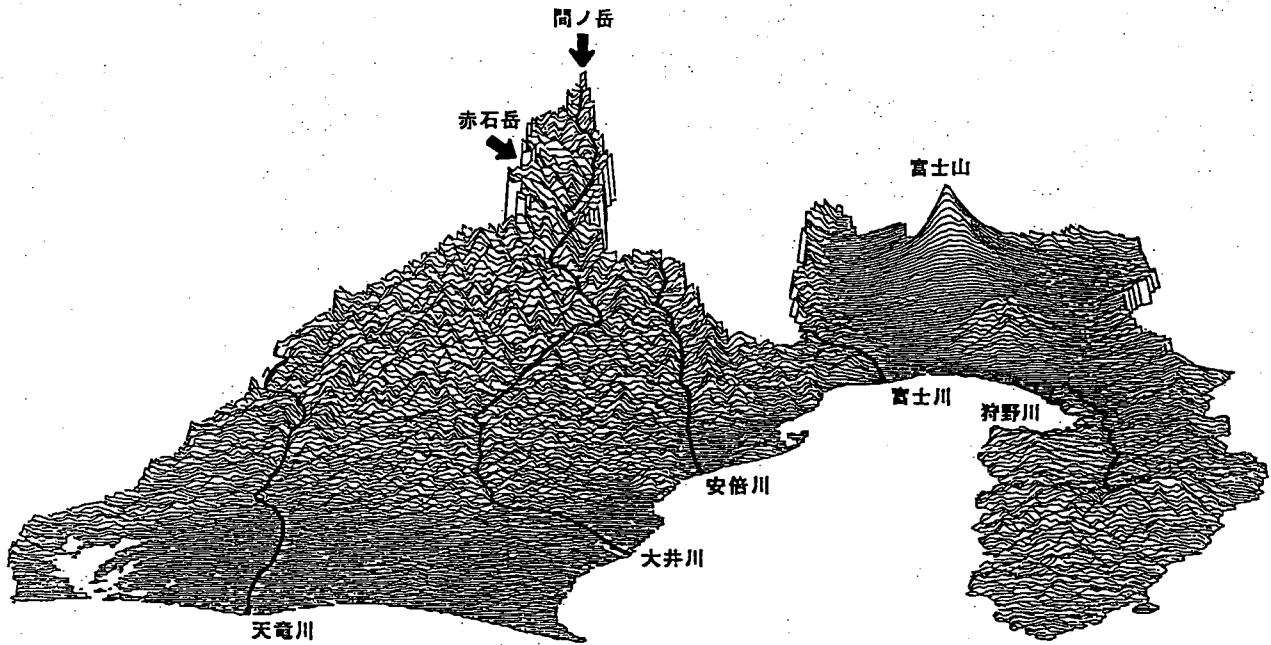


図1. 南方上空から眺めた静岡県の鳥瞰図 (高さは2.5倍に強調してある) (国土地理院による)

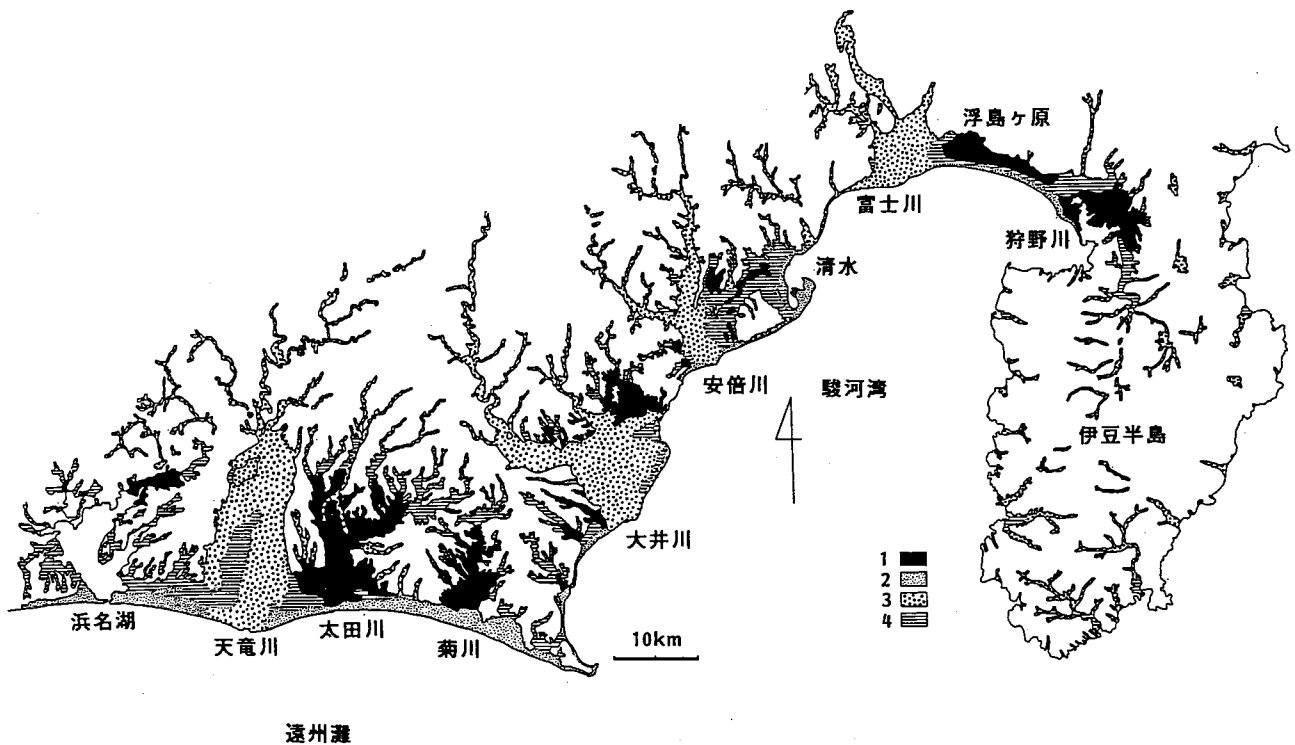


図2. 静岡地域沖積海岸平野表層部の地質図  
表層10mを構成する主な地層で示す 1.泥層 2.砂層 3.礫層 4.砂泥礫互層

ここでは N 値の小さい ( $N < 10$ ) 泥質沖積層が厚く発達している地域を軟弱地盤地域と呼ぶことにする。しかし、N 値はより大きいとしても液状化を起こすような砂地盤も軟弱地盤に含めるべきかも知れない。

4A)北伊豆地震による田方平野の木造家屋被害: 昭和 5 年 (1930) 11 月 26 日、伊豆半島北部の丹那盆地付近を震央とし、深さ 5km 未満に震源をもつ、M7.0 の地震が発生した。この北伊豆地震による災害で特筆すべきことは、田方平野一帯で木造家屋に著しい被害があったことである。田方平野は沼津・三島から南へ大仁にかけて広がる海拔 10m 前後の低地で、天城山を源とする狩野川が入江を埋積してつくった三角州平野で、田方平野一帯に海成泥層が広く分布する。図 3 では、平野の地質を表層 10m の間に優占する地層で表し、さらに N 値 10 以下の軟弱な地層の等層厚線図を画いてある。この軟弱層の大部分はシルト・粘土層であるが、砂泥層や砂層が一部含まれる場合もある。軟弱層は盆地状に発達し、最厚 40m に達する。

北伊豆地震による田方平野の家屋倒壊率の分布を図 4 に示す。集落または字単位の木造家屋の全壊及び半壊の割合を円グラフで表し、当時の三島町や沼津市のように付近一帯の分を合算したものは大きな円で示してある。この被害分布図をさきの表層地質図と重ね合わせて見ると、泥層のひろがっている区域、とくに軟弱層の厚い区域と被害の大きい区域はおよそ一致し、軟弱層の厚さがほぼ 10m 以上の区域ではしばしば全壊率が 50% を超えている。東側の山麓地帯に見られる若干の例外を除いて、全壊率が 50% を超えた集落はすべて、軟弱層の厚さ 10m 以上の区域に含まれる。全壊率の最高は 98% に達する。このように、N 値 10 以下の軟弱層が厚さ 10m 以上も発達している区域は地震災害とは密接な関係があり、軟弱地盤地域と呼んでもよいだろう。一方、軟弱地盤地域でも全壊率が 50% に達しない部分もある。これは、集落は通常砂礫から成る自然堤防の高まりにつくられるが、その自然堤防の地下に砂礫層がどのように挟まれているかという局地的地盤条件に左右されるためと考えている。

4B)東南海地震による太田川下流平野の木造家屋被害: 昭和 19 年 (1944) 12 月 7 日、熊野灘の海底下 30km 未満に震源をもつ、M8.0 の東南海地震が発生し、静岡県西部にも多大の被害を与えた。震度は袋井で 6 とされる。大きな被害を受けたのは、袋井・浅羽など太田川下流域、榛南地域などいずれも中小河川の下流につくられた三角州性沖積平野の木造家屋であった。ここでは太田川下流域の例を挙げる。太田川下流域には低平な三角州平野がひろがる。海岸には砂州と砂丘が発達し、海岸より内側一帯に泥質地盤がひろがっている。この点は天竜川下流平野が厚い礫質地盤から成るのと対照的で、天竜川の影響も磐田原台地にさえぎられてここまで及ばなかった。図 5 に太田川下流域の表層地質を示す。袋井・浅羽を中心に泥質軟弱層が盆地状に厚く発達し、最厚 40m に達する。

東南海地震によるこの地域の木造家屋倒壊率の分布を大庭 (1957) の資料により作成し図 6 に示す。泥質軟弱層の厚く発達する区域では家屋の全壊率はきわめて高い。ここでも軟弱層の層厚 10m 毎の等層厚線を描くと、全壊率の高い集落は殆どその範囲に含まれるし、その区域では全壊率はしばしば 50% を超える。特に、袋井西方では全壊率 100% 近いところが若干見られるが、その軟弱層の厚さは 20~30m 以上に達し、軟弱層の層厚が大きいほど全壊率も高くなるように見える。しかし、一方では、軟弱層の層厚が 20~30m 以上の範囲にあっても全壊率の比較的低い集落もある。これは集落の立地する地下に砂礫層の存在といった局地的な地盤条件に由来すると考えられる。そのため、全壊率は地下の地質条件によって 20~100% と変化する場合がある。

海岸沿いの砂州・砂丘地帯では砂~砂泥地盤となるが、ここでは全壊率 20% 前後の場合が多い。地盤の N 値が大きいにもかかわらず、ここに被害が生ずるのは液状化現象が加わるためと考えられる。磐田原台地や天竜川下流の礫質地盤では、被害はあったとしても全壊率は 10% 以下であった。

以上述べてきたように、東南海地震によるこの地域の木造家屋被害は全壊率の分布から見るとしばしば

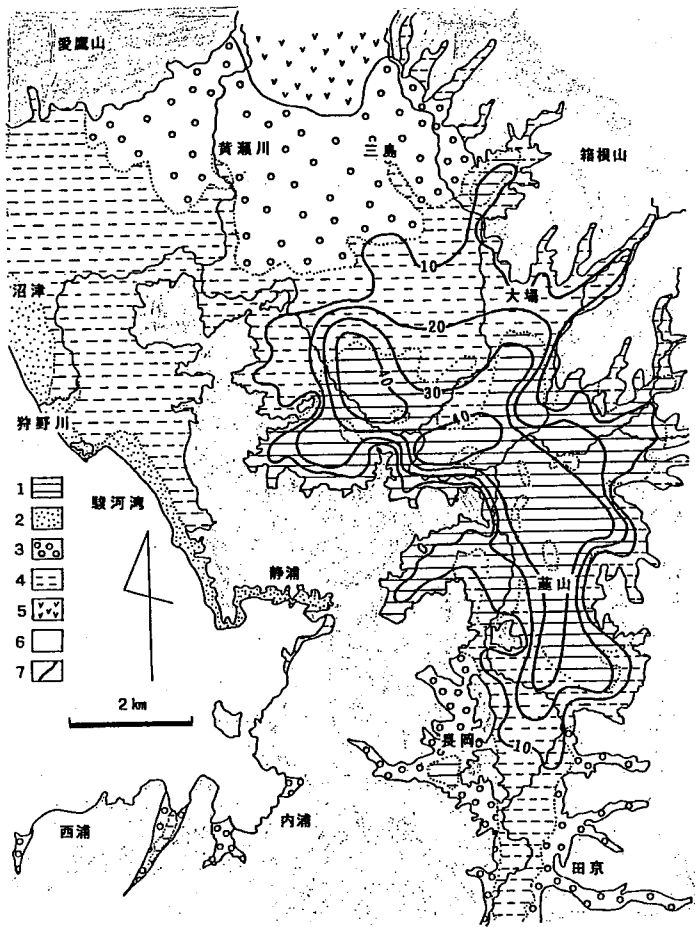


図3. 田方平野の表層地質図  
 表層10mを構成する主な地層で示す  
 1.泥層 2.砂層 3.礫層 4.砂泥礫互層  
 5.溶岩 6.山地 7.軟弱層の厚さ(m)

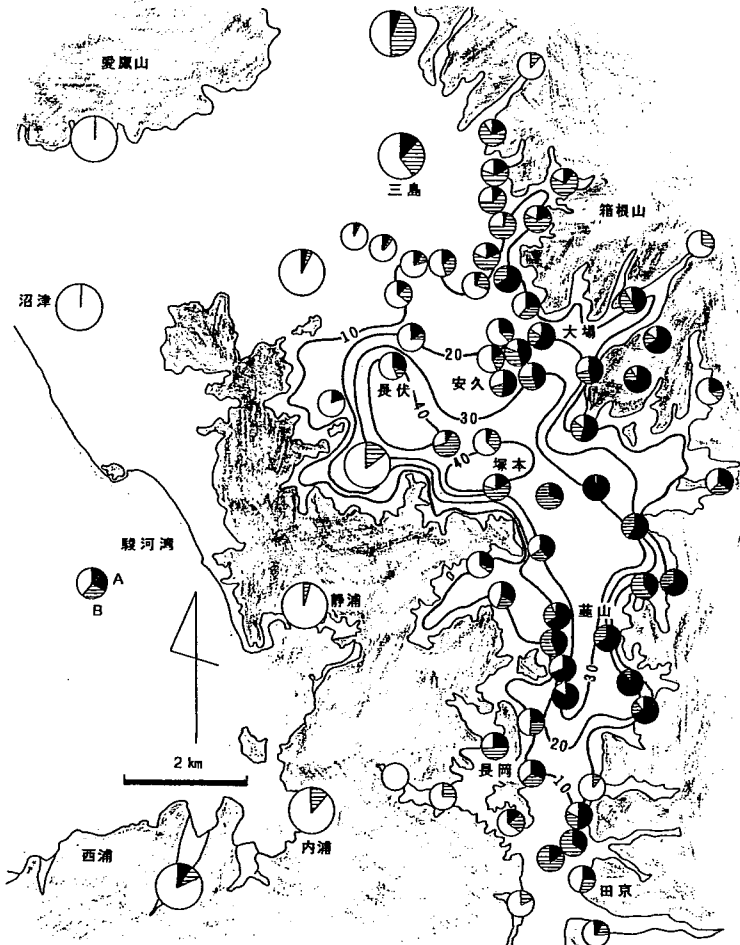


図4. 北伊豆地震による  
 田方平野の木造家屋被害  
 A.全壊率 B.半壊率  
 軟弱層の厚さは図3に同じ

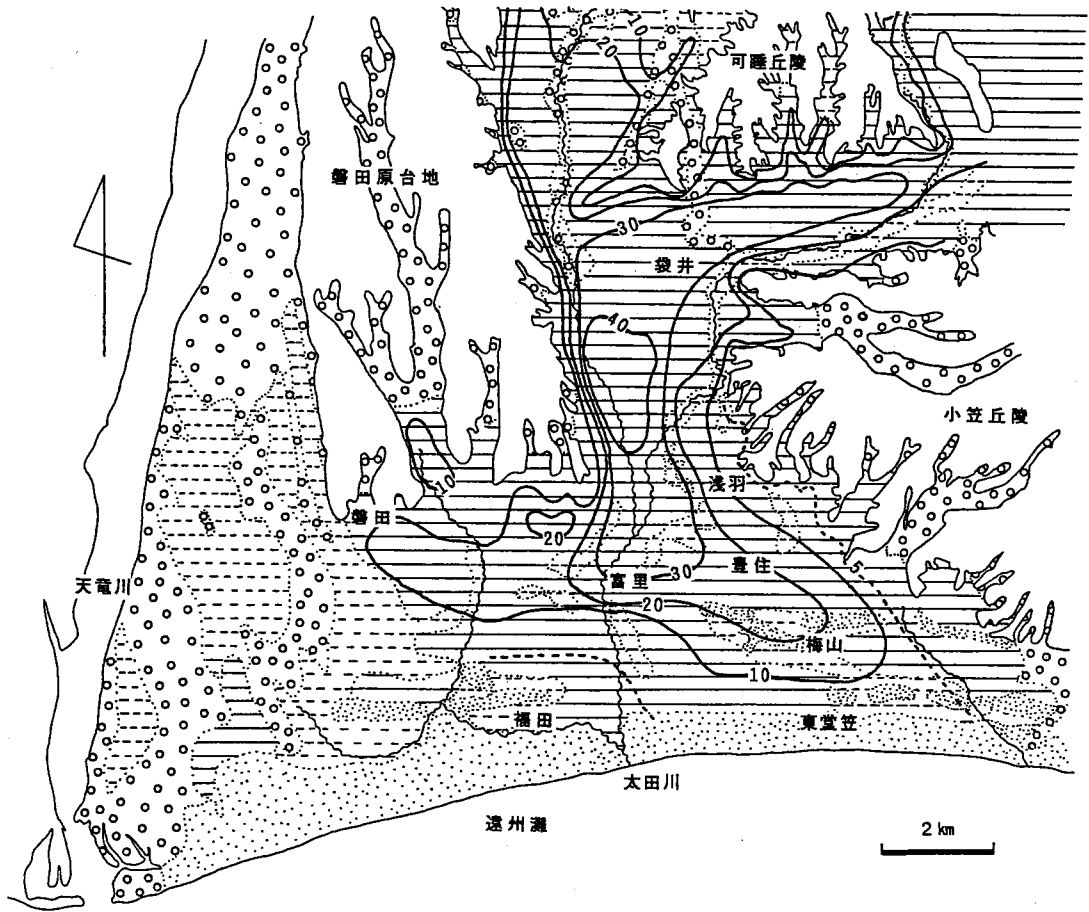


図5. 太田川流域沖積平野の表層地質図 凡例は図3に同じ

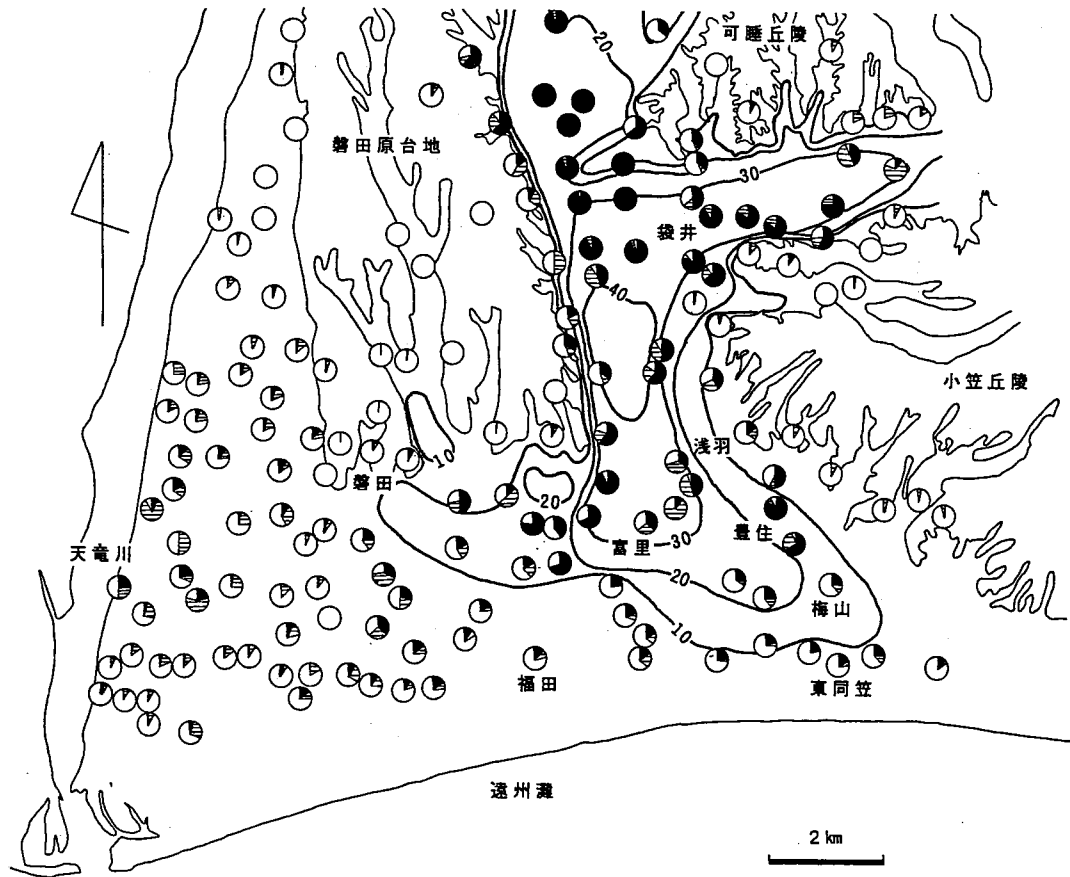


図6. 東南海地震による太田川流域沖積平野の木造家屋被害 凡例は図4に同じ

50%を超える泥質軟弱層の厚さ 10m 以上の区域、20%前後を示す砂泥礫互層地盤や旧砂州の砂質地盤の区域、10%未満の天竜川扇状地、磐田原台地、小笠丘陵の区域の 3 区域に明瞭にわけることができる。

4C)地震による平野部の木造家屋被害と今後の課題：地震による平野部の木造家屋被害を 1930 年北伊豆地震という直下型地震、1944 年東南海地震という沖合海底下の地震の 2 つの場合について検討すると、沖積海岸平野表層部に N 値 10 以下の軟弱泥層が厚く発達する軟弱地盤の区域では、直下型・沖合海底下の地震を問わず、木造家屋の被害がきわめて大きかったことがわかる。しかも一般的には軟弱層の層厚が厚いほど被害も大きくなっているように見える。砂泥～砂地盤ではなお若干の被害が認められ、礫質地盤や洪積台地になるときわめて少ない。このように、木造家屋の被害の程度は地盤型によって大きく 3 段階にわけることができる。そして、木造家屋の被害は、“沖積層”の層厚よりも、表層部の地盤条件に大きく左右されると考えた方がよい。

軟弱地盤地域で木造家屋被害が大きくなるのは、当然考えられる地震動振幅の増大、地震振動周期と木造家屋固有振動周期の一致による共振、地下水を含む未固結な地層の振動による破壊などが相伴って作用するためと考えられる。そこで、今後の課題として“東海地震”の場合には東南海地震における太田川下流平野と同じかそれ以上の震度をそれぞれの平野にあてはめて見るのが当然かもしれない。しかし、過去の地震による被害率をそのまま充てるわけにもいかない。1944 年以後の耐震建築の進歩、耐震建築への改造、鉄骨・鉄筋建物の増加も考えなければならないし、一方、軟弱地盤地域への市街化の進出、埋立地・盛土の増加、家屋の密集と老朽化、簡易ブロック塀の増加、近代化に伴う落下危険物の増加等も考慮すべきであろう。しかし、地盤によってこれほど被害の大きさが異なるならば、やはり地盤型を区分し、それらを地震によるゆれが大きいという危険度に分け、過去の震害を参考にそれぞれ防災対策を立てることも必要と思われる。

## 5. 地震による山崩れ災害：

5A) 静岡県の山崩れの分布と安政東海地震による安倍川流域の山崩れ：山崩れは地震によっても大雨によっても発生する。図 7 は安倍川流域について、1854 年安政東海地震の際の山崩れ古絵図と、それから現地地形図に写し直して、空中写真から判読した現在の山崩れ分布を比較したものである。空中写真では過去数 10 年の山崩れの記録を眺めていると考えてよい。両者はよく一致しており、安政地震時の山崩れの場所はほとんど現在の山崩れの場所と同じである。これは、地震であれ、大雨であれ、崩壊要因である地質条件が除かれな限り同一場所で山崩れは繰返し発生すると考えた方がよいことを示している。

勿論、地震の規模によって山崩れの分布範囲は異なる。しかし、安政地震の際の安倍川流域の山崩れの分布と規模を見る限り、来るべき東海地震では全県下で山崩れが発生すると考えた方がよい。図 8 に示した空中写真による全県下の山崩れ分布はその防災の役に立つと思っている。

5B)地震による土石流災害：土石流は山崩れの一つではあるが、“山津波”といわれるように、大量の水分を含んだ崩石土が一気に河谷を流れ下る点に特徴があり、中下流部にしばしば大災害をもたらすことはよく知られている。1984 年長野県西部地震 (M6.9) の際には御岳南側斜面、伝上川上流部が崩落し、3600 万  $m^3$  に達する大量の土砂を平均速度 70km/h で、押し流し、側侵食による濁河谷の U 字谷化、支谷出口のカットや埋積、押し出した堆積物による低い河岸段丘の形成など、顕著な河谷地形を残した。

静岡県の地震による大規模崩壊・土石流として、安倍川上流大谷崩、富士川下流域の白鳥山斜面などがある。大谷崩では宝永地震 (1707) の際、大規模な崩壊が発生し、現在梅ヶ島新田の集落がのる高位段丘をつくり、本流をせき止めて大池をつくったといわれている。この大池の堆積物と思われる三河内川河床面下 1m および 7m の泥・砂層中の木片から 1720±130C14 年、1710±140C14 年の値をそれぞれ得ること

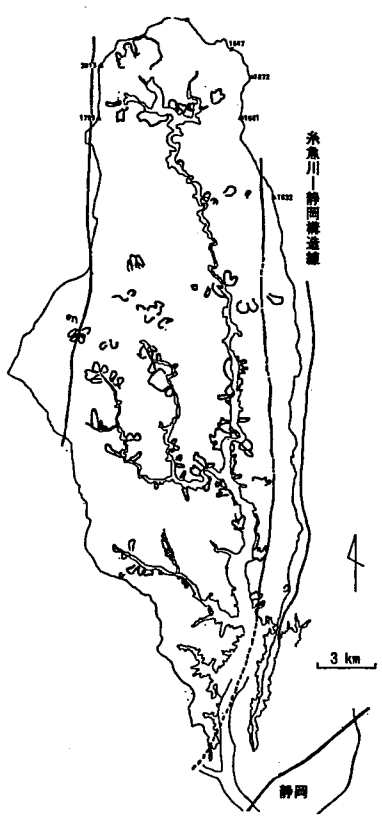


図7.  
 左：1854年安政東海地震による  
 安倍川流域の山崩れ分布の  
 古絵図  
 右：左図を現在の地形図上の  
 分布におきかえたもの

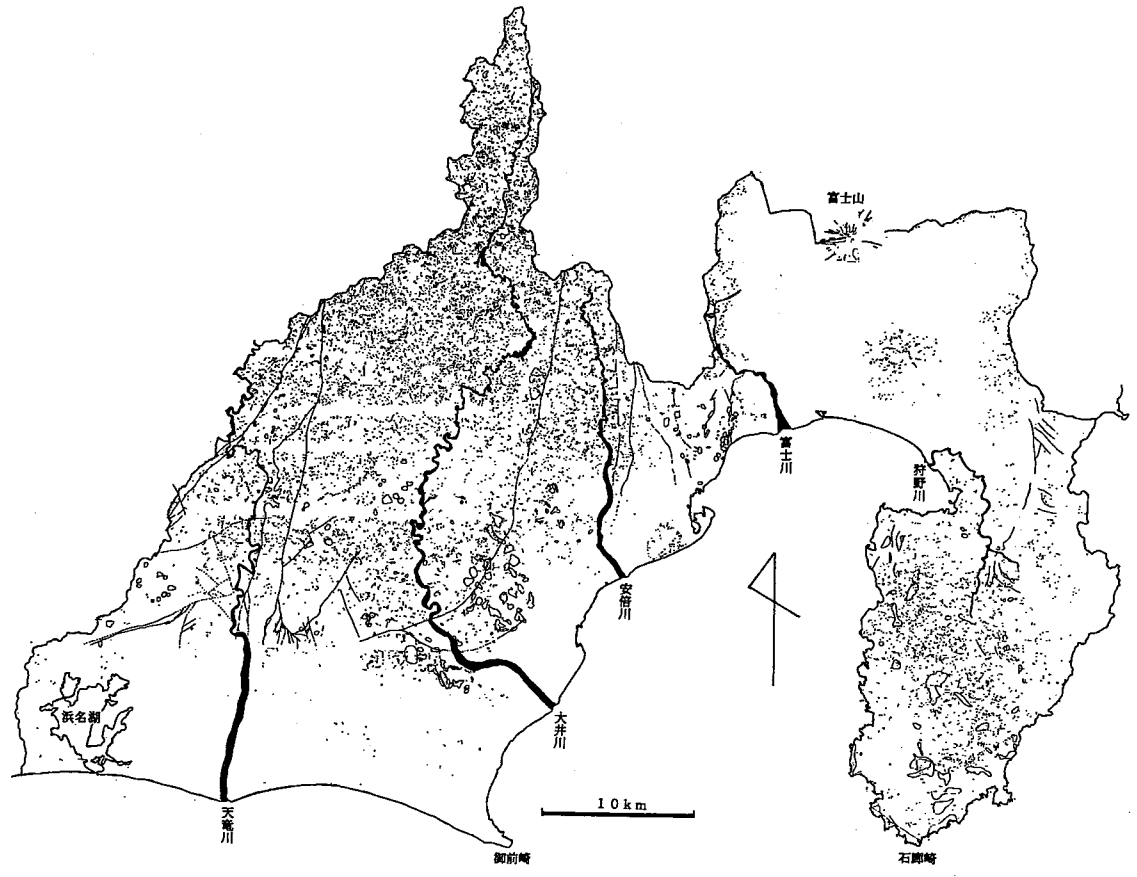


図8. 静岡県の山崩れの分布図

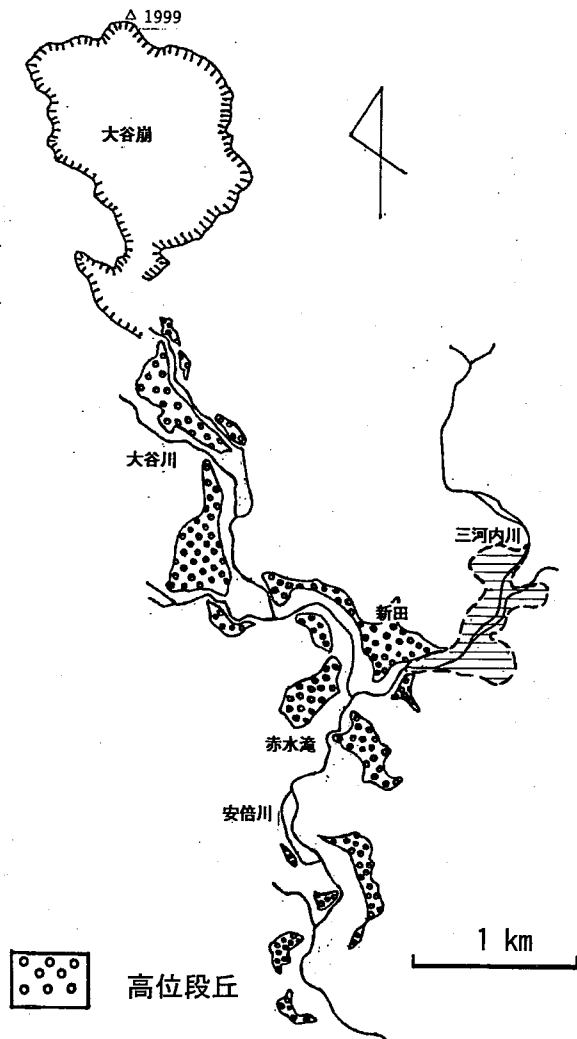


図9. 1707年宝永地震による大谷崩土石流の分布と新田大池の形成. 高位段丘が氾濫域を示す

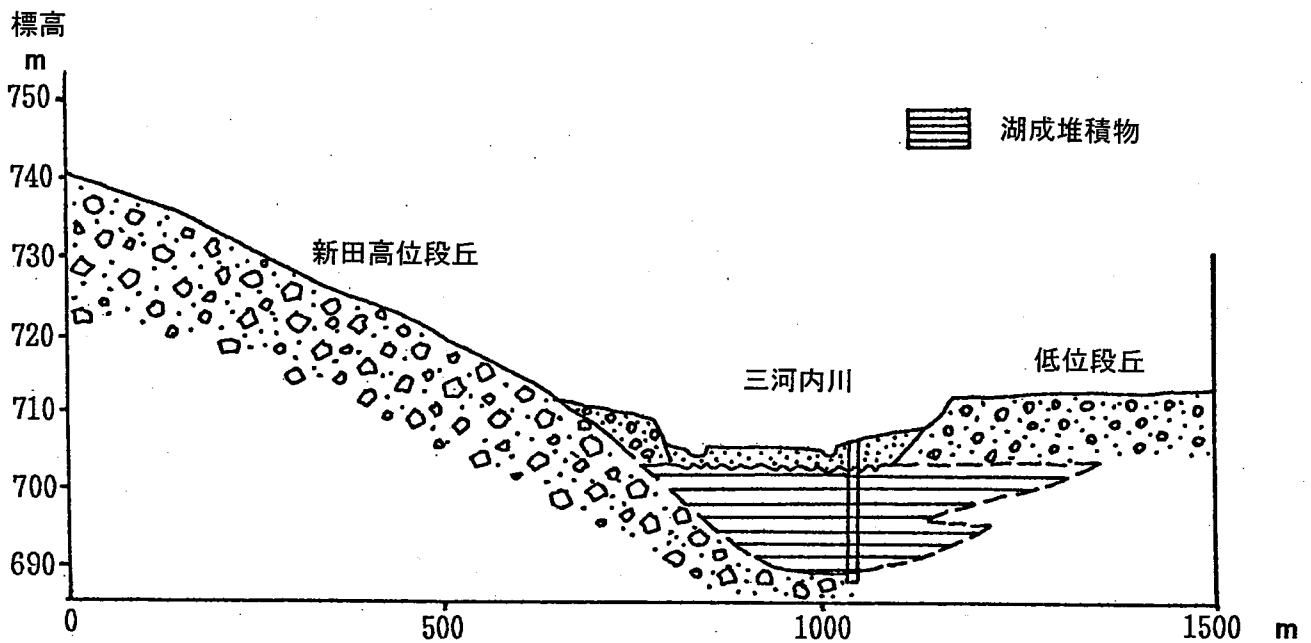
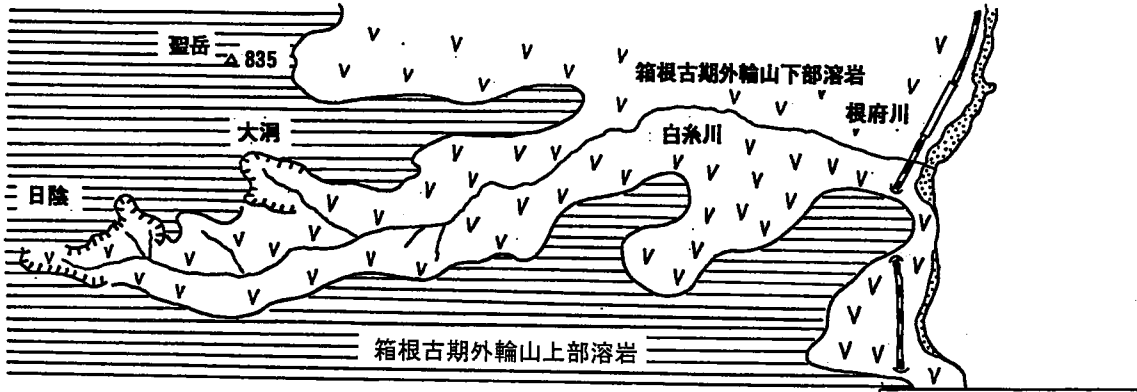


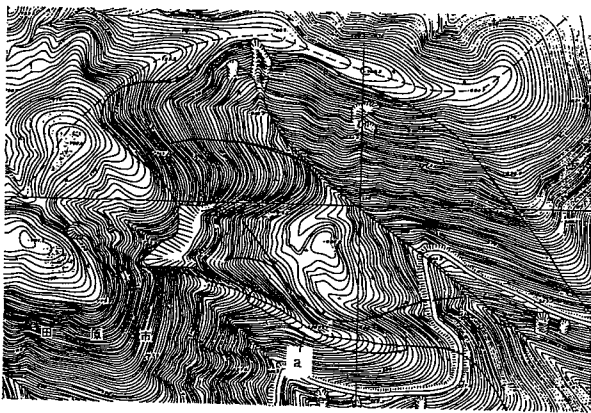
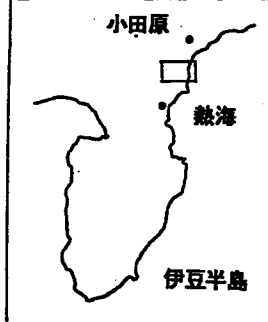
図10. 図9の大谷崩土石流でできた新田大池の湖成堆積物の地質断面図とボーリング位置





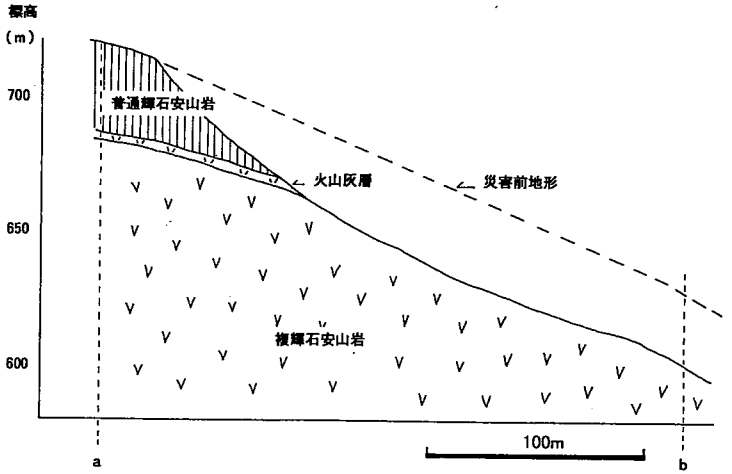
根府川周辺の地質図

1 km

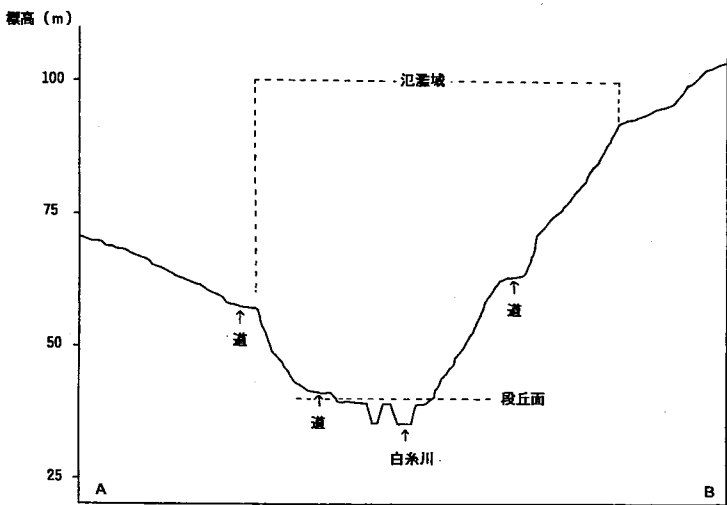


白糸川源流部大洞の崩壊

0 100 m



大洞の崩壊地の地質断面図



白糸川河口付近の地形断面

100m

図 11. 1923 年関東地震による  
根府川土石流

ができた。この段丘の延長は大谷崩れから下流へ 7km、中央に高まる形をした段丘面、乱雑な段丘堆積物、U 字型に近い谷の横断面などは大規模土石流による運搬を特徴づける（図 9, 10）。ここでは安政地震（1854）の際にも崩壊したが、規模はそれほど大きくはなかったように見える。ここの崩落は南北性の衝上断層群にはさまれた古第三紀瀬戸川層群の圧縮による割れ目の発達が主因の 1 つと思われる。

白鳥山の崩壊は宝永地震時に東側斜面が、安政地震時に北西側斜面が崩落し、何れも富士川を一時的にせき止め、やがて下流に氾濫した。ここは南部フォッサマグナの断層地塊の 1 つである。傾斜が 40 度近いその斜面は常に崩落の危険が大きい。白鳥山の直下を富士川本流が流下している点がこの地域の特徴である。

1923 年関東地震では、静岡県のおよそ近く、神奈川県根府川で発生した山津波は箱根古期外輪山の聖岳南方の白糸川上流の大洞と日蔭が崩壊し、150 万 m<sup>3</sup> の土石流となって 4-5km 下流の根府川集落を本震後 5-6 分で襲い、70 戸と当時の住民の半数近い 300 人に被害を及ぼし、さらに東海道線の鉄橋を海中へ運び去った。地震後 78 年を経た現在でも、河谷の特徴的な地形と堆積物はかなりよく残され、土石流の氾濫した範囲を推定することができる（図 11）。大洞付近の地質構造は、基盤の風化のすすんだ下部安山岩体上に、火山灰層をはさんで、新鮮な節理の発達した上部安山岩溶岩がゆるい傾斜でのっている。間にはさまれた火山灰層からしばしば湧水が見られるので、多量の地下水を含んだ火山灰層が滑り面となって崩落した可能性が高い。

このほか、地震による地すべりが挙げられる。関東地震の際、由比海岸の地すべり地帯で多くの地すべりが発生し、長期間交通が途絶したことはよく知られている。これも地下水が関係している。防災工事もかなり進められたが、地震前の気象条件によっては油断できないと考えたい。

このように、それぞれの地域で地震による過去の大崩落と土石流のあとを、その共通する地形地質の特徴から明瞭に読み取ることができる。今のところそれ以前の大規模崩落の繰り返しを推定するまでには至っていない。しかし、大崩壊の地質的要因がとり除かれていない現在、将来の大地震による発生の危険度は高いと見た方がよい。

## 6. 東海地震への備え：

以上、東海地震が発生した時の起こりそうな地盤災害の概要を述べた。軟弱地盤による住宅被害の対策については、すでに述べたように、やはり地盤型にしたがって住宅の適切な耐震化をすすめること、建築の近代化に伴い危険要素を少しでも減らすことにつとめるべきと考える。

山崩れ、地すべり、土石流災害については、大規模な発生が懸念される区域を特定し、もし起こった場合にそれに備える対策を準備しておくべきと考える。

### 【文献】

飯田汲事・谷口仁士（1985）：東海地方の地震による地盤液状化履歴と被害，地震学会 60 年度春季大会予稿集，p.105.

河角 広（1951）：東京の震度分布と地盤について．建築雑誌，773，p.3.

大庭正八（1957）：1944 年 12 月 7 日東南海地震に見られた遠江地方の家屋被害分布と地盤の関係．震研報，35，p.201-296.

表俊一郎（1949）：横浜市内の震害分布と地盤の関係．震研報，27，p.63.

土 隆一・寺沢友晴（1989）：地震による大規模崩壊土石流域の特性：平成元年度自然災害科学中部地区シンポジウム要旨集，p.23-24.