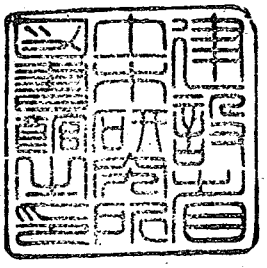
土木研究所彙報

第30号

明治以降の本邦の地盤液状化履歴



昭和49年12月

建設省土木研究所

明治以降の本邦の地盤液状化履歴

昭和49年12月

栗林栄一*
龍岡文夫**
吉田精一***

目次

まえがき……(1)
1. 緒言……(1)
2. 古い文献における噴砂・噴水に対する認識……(1)
3. 地盤液状化履歴地図（1872～1968）……(2)
4. 液状化の生ずる震度……(2)
5. 液状化の生じ方の分類……(5)
6. まとめ……(8)
7. 資料……(10)
7—1. 各種震度階の比較……(10)
7—2. 全体の共通文献……(11)
7—3. 地震毎の資料……(11)
7—4. 付図

まえがき

新潟地震以降，近代的都市においては，地盤の液状化が構造物に重大な被害をもたらすことが認識されてきた。本研究では液状化を生じる可能性のある地盤を全国的に見い出すために，明治以降の地震災害の記録の中から，液状化現象に関する資料を収集し，整理した。本報告書には，資料を解析した結果と共に，資料を要約して載せてある。

1. 緒言

新潟地震で多数の建築物が砂地盤の液状化を原因として，沈下，傾斜し，液状化現象の重要さが認識されるようになってきた。しかし，地震は古来数多く生じておりまた，新潟地方だけに液状化する可能性のある地盤が存在すると考えることはできないのは当然である。そこで，日本全国を対象として，液状化する可能性のある地盤・地域をマクロ的に把握するために，既応地震による地盤液状化の資料を収集して解析することは有効なことと思われる。明治より前の地震災害記録の中にも相当多数の液状化の記述があることが分ったが，記述があいまいで場所が極めて不明確なものが多いので，今回の調査対象は，一応記録がはっきりしている明治以降の地震に限定した。液状化現象としては，地盤や井戸からの，噴砂・噴泥・噴水，木杭の水田からの抜け出し，ケーソン，地中埋設管の浮上，噴砂丘の記述を採用し，被圧地下水の自噴現象と思われるものは除外した。収集した資料も十分な数とは思われず，また，古い記録では調査・記述が，網羅的ではないし，記述法もきわめて定性的であり，液状化の規模，液状化地点を網羅的にかつ明確に推定することはできない。したがって，以下に述べる内容は，少なくともこれだけの液状化は生じた，というものであって，実際はこれ以上生じていたと考えざるを得ない。

資料をある程度まとめてみると，液状化の記録のある地震は，明治以降に限定しても40数例を数えており，液状化は河成沖積地・埋立地に集中して生じ，その場合液状化地点の震度は少なくとも震度5（現行気象庁震度階級）であったと推定されることが分った。

2. 古い文献における噴砂・噴水に対する認識

日本は急峻な地形を持ち，降雨量も多く，面積は広くはないが砂分の多い厚い河成沖積層を各地に形成しており，また，埋立地も多い。このような条件に加えて，日本は地震国であるため，地盤の液状化現象は，地震の随伴現象として，ほとんどの被害地震で生じていたようである。濃尾地震（1891）の震災についての震災予防調査会報告第2号では，「……砂水ヲ噴出シ若シクハ河泉井水等ノ変象ハ凡テ大地震ノ際必ス随伴スル所ノモノニシテ24年ノ大地震ニ於ケルモ又其実例少カラス故ニ一々之ヲ登載スルハ煩雑ニ渉ルノミナラス別ニ珍シキ事項ニアラスト雖モ……」と述べられている。また，土木学会の関東大地震震害調査報告の中で引用されている大森博士の震度階の説明の中で次のように述べられている。「……第二，（水平）加速度毎秒900～1,000粍……低湿の地に於ては地面に小亀裂を生じ，水泥砂を噴出することあり…。第五加速度毎秒2,500粍～2,600粍……多数の井は異状を呈し，水量を変化し若しくは砂を噴出する

* 建設省土木研究所構造橋梁部振動研究室長
** 建設省土木研究所構造橋梁部振動研究室研究員
*** 建設省土木研究所構造橋梁部振動研究室

ことあるべし。……第六，加速度毎秒4,000粍……処によりては幅数尺なる地割れより砂及び水の多量を噴出し……」また，宮部直巳は，「地震に伴へる地下水の異状に就て」(地震第5巻，昭和8年)の中で，明治24年から昭和6年までの地震記録の中から，11の地震に際しての水および土砂の噴出の記録をまとめている。

このように，古来日本各地で地震の随伴現象としての噴砂，噴水は数多く生じており，かつよくある現象として認識されていたようであるが，その被害としては，主に噴砂・噴泥・噴水による田畑，耕作物の被害，井戸の混濁閉塞が認識されていただけであったようである。実際には，地盤や土構造物が液状化することによって堤防，鉄道盛土，道路盛土が沈下，すべり出したりしたこと，橋台，橋脚の沈下，傾斜が生じたらしいことは文献の記述から伺えるが，液状化現象の重要さは認識されていなかったようである。

3. 地盤液状化履歴地図（1872—1968）

図-Ⅰは，明治以降の地震記録の中で液状化現象（噴砂・噴泥・噴水・木杭の抜け出し・噴砂丘）の記述のあった地点を書き入れたものである。非常に大雑把な図であり，液状化の規模や，地盤特性を示していないが，大縮尺の地図で検討したところ(後添の資料参照)，液状化地点は例外なく，河成沖積地・埋立地であり，中でも，旧河道の埋立地，海岸，湖岸の埋立地という場所が非常に多い。図-Ⅱは，神沼ら(1973)による図に加筆したものであり，液状化記録のある地震の，震央位置とマグニチュードが示してあり，明治以降に限っても数多くの地震で液状化現象のあったことが分るであろう。表-Ⅰには，図-Ⅱに示した地震の名前をまとめてある。

また，興味深いことは，下に示すように，異なった地震によって，何回か液状化が生じたらしい地域がいくつかあることである。もちろん，厳密に同地点とは言い切れないが，字（あざ）名まで一致している場合も少なくない（詳しくは資料参照)。

(異った地震で何回か液状化があったと思われる地域)

- 雄物川周辺では陸羽・羽後両地震で液状化があった。
- 最上川河口では，庄内，新潟両地震で液状化があった。
- 利根川の旧河道である古利根川，元荒川，荒川に囲まれた埼玉県東部では，東京，利根川下流，関東，西埼玉の各地震で噴砂・噴水の記録がある。また，東京の下町では，東京，関東両地震で液状化した所がある。
- 長野市東方の千曲川沿岸では，上高井，長野の両地震で，液状化した所がある。
- 福井平野南部では，濃尾，福井両地震で液状化の記録がある。
- 濃尾平野南部では，濃尾，東南海，三河の各地震で，濃尾平野北部では，濃尾，江濃の各地震で噴砂・噴水の記録がある。

4. 液状化の生ずる震度

液状化がある地点で生じうるか否かは，その地盤の特性（地下水位，構成している土の種類，ゆるさ，層序，地形……）と，地震動の特性（最大加速度，継続時間……）などによって決るのであろうが，液状化のあった地点で，液状化の規模と上記要因との相関を求めるためにこの要因について，精度の高い記録を集めるのは早急には困難である。そこで，諸文献に出ている震度分布を現行の気象庁震度階になおしたものと，液状化地点の位置を対応させて，表-Ⅱのように，液状化地点の震度と地震のマグニチュードで分類してみた。古い文献の震度分布はあいまいであり，この表の分類は，不正確さを含んだものではあるが，少なくとも次のことが分る。

（1） 液状化が生じているのは震度5以上の所である。表中の震度4の所で噴砂・噴水のあるケースは例外であり，本当に震度4であったかはっきりしない面もある。

（2） マグニチュードの小さい地震であっても，震度5以上の沖積地があれば，液状化は生じうる。

（3） マグニチュードが大きくなると液状化の生ずる範囲が広くなりうるようになると言える。マグニチュードが小さい場合は，液状化地域は非常に局地的になる。

（3）について，もう少し定量的に調べてみると，次のようになる。

図-Ⅲは，1872～1968年に液状化を生じた地震のマグニチュードMと，液状化が生じた地点の震央距離の最大値R(km)の関係を図示したものである。Rは，十分な調査をさらに行うならば新たに液状化地点が発見されて，大きくなる可能性がある。図を見て分るように，Mと$\log_{10}R$にはほぼ線型関係があり，鳥取地震（1943）と濃尾地震（1891）だけがこの直線関係からやや離れる。前者はまだ調査が不足しており，Rはもっと大きくなる可能性がある。後者にはMの大きさに2説（8.4，7.9）あり，$M=7.9$を採用すると，線型関係からのづれは小さくなる。したがって，全体として，Mと$\log_{10}R$の線型関係は，ほぼ妥当なものと思われる。

福岡は，南海地震（1946）と新潟地震（1964）の2つの地震の経験から

$$\log_{10}R=M-5.7 \quad \cdots\cdots(1)$$

を導びいた（福岡，1971)。福岡自身この式は詳しい調査によって修正されうることを述べている。今回の調査結果によって得られた図-Ⅲで，各地震の$(M, \log_{10}R)$点の限界線を引いてみると，(1)式の直線を平行移動した直線が得られ，その式は

$$\log_{10}R=M-5.2 \quad ;\text{限界線} \quad \cdots\cdots(2)$$

噴砂、噴水の記録のある地震

地震名	発生年月日	マグニチュード（M）	震源深さ（H:km）	地震名	発生年月日	マグニチュード（M）	震源深さ（H:km）
浜田	1872年（明 5） 3月14日	7.1		能登	1933年（昭 8） 9月21日	6.0	15
新潟県古志郡	1887年（明20） 7月22日	6.1		静岡	1935年（昭10） 7月11日	6.3	10
熊本	1889年（明22） 7月28日	6.3		河内大和	1936年（昭11） 2月21日	6.4	20
濃尾	1891年（明24）10月28日	8.4		金華山沖	1936年（昭11）11月 3日	7.7	
東京	1894年（明27） 6月20日	7.5		男鹿	1939年（昭14） 5月 1日	7.0	0
庄内	1894年（明27）10月22日	7.3		長野	1941年（昭16） 7月15日	6.2	5−20
利根川下流	1895年（明28） 1月18日	7.3		鳥取県沖	1943年（昭18）3月4日，3月5日	6.1，6.1	20，20
陸羽	1896年（明29） 8月31日	7.5		鳥取	1943年（昭18） 9月10日	7.4	10
上高井	1897年（明30）1月17日，4月30日	6.3，6.3		東南海	1944年（昭19）12月 7日	8.0	0
新潟県南魚沼郡	1898年（明31） 5月	6.7		南海	1946年（昭21）12月21日	8.1	30
福岡	1898年（明31）8月10日，8月12日	6.5，6.5		福井	1948年（昭23） 6月28日	7.3	20
江濃	1909年（明42） 8月14日	6.9		十勝沖	1952年（昭27） 3月 4日	8.1	45
羽後仙	1914年（大 3） 3月15日	6.4		大聖寺沖	1952年（昭27） 3月 7日	6.8	20
島原	1922年（大11）12月 8日	6.5，5.9		徳島県南部	1955年（昭30） 7月	6.0	
関東	1923年（大12） 9月 1日	7.9	10	二ツ井	1955年（昭30）10月19日	5.7	0−10
但馬	1925年（大14） 5月23日	7.0		長岡	1961年（昭36） 2月 2日	5.2	20
北丹後	1927年（昭 2） 3月 7日	7.5	10	日向灘	1961年（昭36） 2月27日	7.0	40
石巻	1927年（昭 2） 8月 6日			宮城県北部	1962年（昭37） 4月30日	6.5	0
関原	1927年（昭 2）10月27日	5.3	0−10	新潟	1964年（昭39） 6月16日	7.5	40
加賀南西部	1930年（昭 5）10月17日			えびの	1968年（昭43）2月21日，2月22日，3月25日	5.7，6.1，5.6／5.7，5.4	0.0−0.10
北伊豆	1930年（昭 5）11月26日	7.0	0−5	十勝沖	1968年（昭43） 5月16日	7.9	0
西埼玉	1931年（昭 6） 9月21日	7.0	10−20				

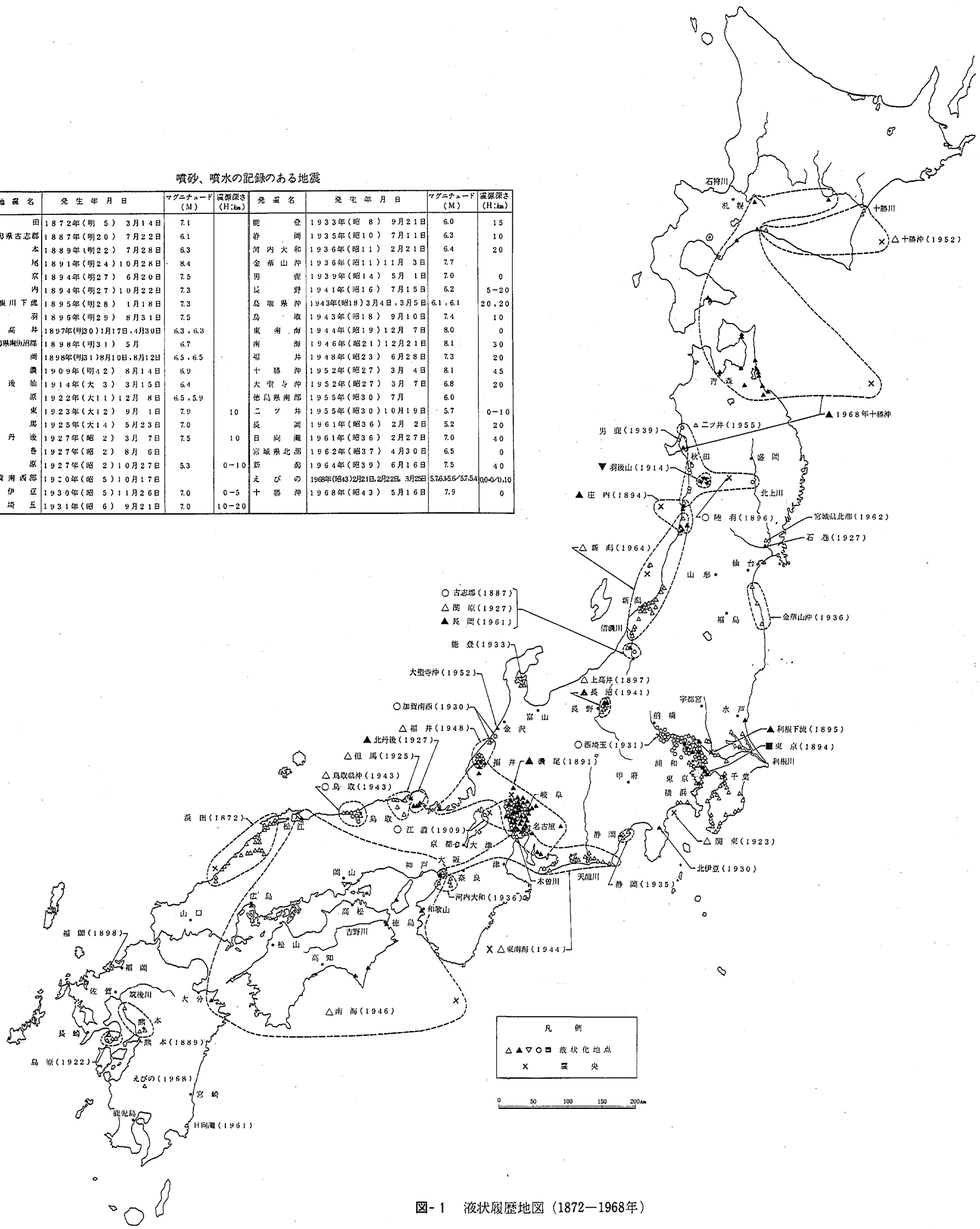


図-1　液状履歴地図（1872—1968年）

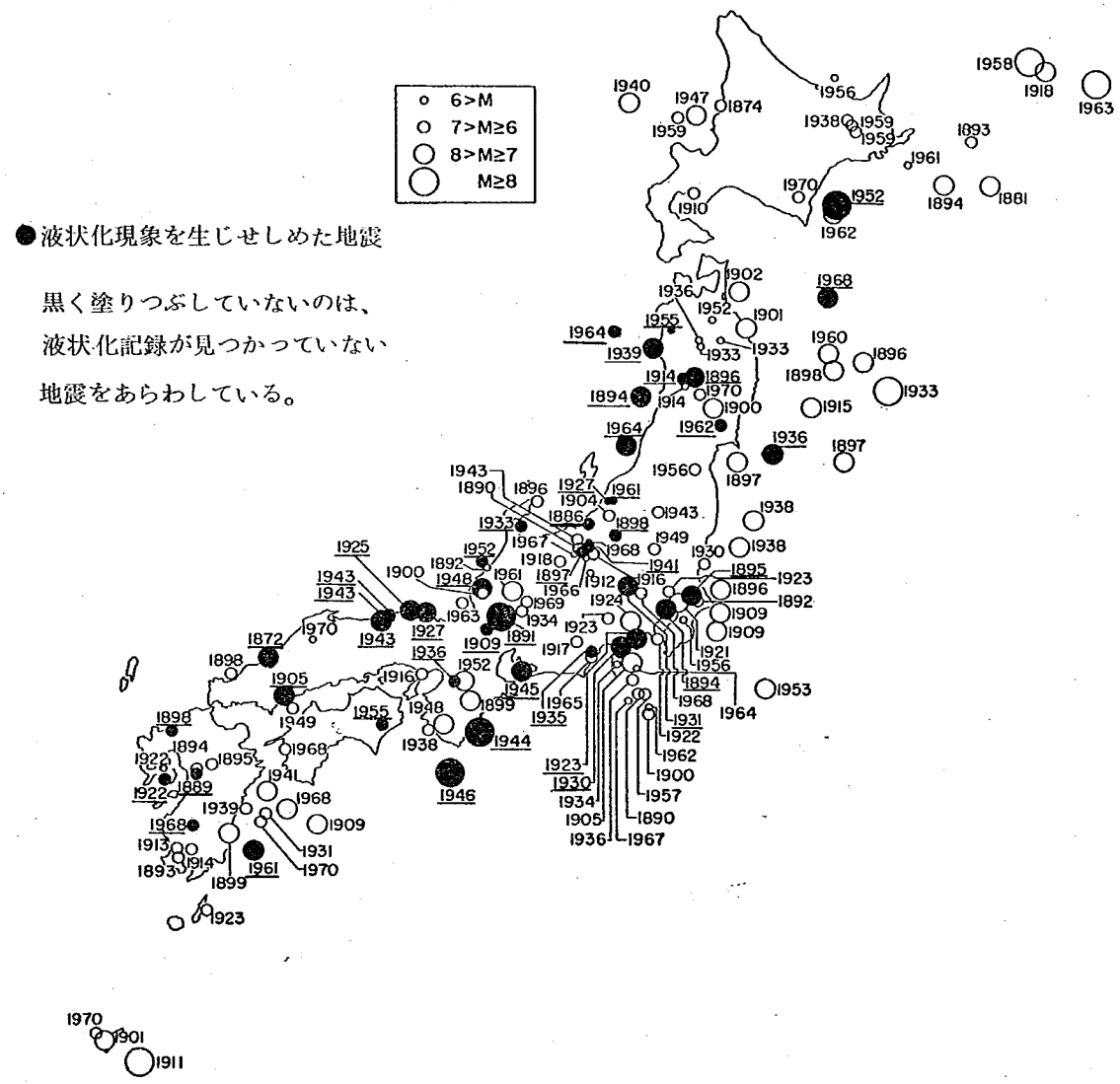


図-Ⅱ　1868年～1972年のおもな地震の震央分布図と噴砂，噴水の記録のある地震の震央分布図〔文献(1)の図に加筆したもの〕

であらわせられる。この直線より左方にずれた点に対応する地震では仮にゆるい飽和砂層が適当な場所に存在するなど条件が整っていたとするならば，Rはもっと大きくなりえたものと考えられる。したがって，(2)式の意味することは，たとえば$M=7$ならば　震央距離60km以内では条件が整った地盤は液状化する可能性があるということである。すなわち，震央距離をΔ(km)とすれば

$$\log_{10}\Delta < M-5.2 \cdots\cdots (3)$$

の地域では液状化する可能性があるということである。なお，$M \geqq 6$に対しては，

$$\log_{10}R=0.77M-3.6 \quad (M \geqq 6)\text{；限界線} \cdots\cdots (4)$$

の方がより適切である。

このようにして求めた(2)式あるいは(4)式は，限界線であり，これ以上震央から遠い距離では液状化はまずあり得ない，という線である。更に，鳥取地震の点と$M=8.4$の濃尾地震の点を除外して平均直線を求めてみたのが図-Ⅳの直線である。この直線は，

$$\log_{10}R=0.87M-4.5\text{；平均線} \cdots\cdots (5)$$

であらわせられる。この直線は，ある地震で，液状化が生じうる平均的な限界震央距離をあらわしているものと考えられる。

5.　液状化の生じ方の分類

次に，やや強引ではあるが，液状化の生じ方を分類し

表-I 噴砂，噴水の記録のある地震

地震名	発生年月日	マグニチュード (M)	震源深さ (H: km)
浜田	1872年 (明 5) 3月14日	7.1	
新潟県古志郡	1887年 (明20) 7月22日	6.1	
熊本	1889年 (明22) 7月28日	6.3	
濃尾	1891年 (明24) 10月28日	8.4	
東京	1894年 (明27) 6月20日	7.5	
庄内	1894年 (明27) 10月22日	7.3	
利根川下流	1895年 (明28) 1月18日	7.3	
陸羽	1896年 (明29) 8月31日	7.5	
上高井	1897年 (明30) 1月17日，4月30日	6.3, 6.3	
新潟県南魚沼郡	1898年 (明31) 5月	6.7	
福岡	1898年 (明31) 8月10日，8月12日	6.5, 6.5	
江濃	1909年 (明42) 8月14日	6.9	
羽後仙	1914年 (大 3) 3月15日	6.4	
島原	1922年 (大11) 12月 8 日	6.5, 5.9	
関東	1923年 (大12) 9月 1 日	7.9	10
但馬	1925年 (大14) 5月23日	7.0	
北丹後	1927年 (昭 2) 3月 7 日	7.5	10
石巻	1927年 (昭 2) 8月 6 日		
関原	1927年 (昭 2) 10月27日	5.3	0—10
加賀南西部	1930年 (昭 5) 10月17日		
北伊豆	1930年 (昭 5) 11月26日	7.0	0— 5
西埼玉	1931年 (昭 6) 9月21日	7.0	10—20
能登	1933年 (昭 8) 9月21日	6.0	15
静岡	1935年 (昭10) 7月11日	6.3	10
河内大和	1936年 (昭11) 2月21日	6.4	20
金華山沖	1936年 (昭11) 11月 3 日	7.7	
男鹿	1939年 (昭14) 5月 1 日	7.0	0
長野	1941年 (昭16) 7月15日	6.2	5—20
鳥取県沖	1943年 (昭18) 3月 4 日，3月 5 日	6.1, 6.1	20, 20
鳥取	1943年 (昭18) 9月10日	7.4	10
東南海	1944年 (昭19) 12月 7 日	8.0	0
三河	1945年 (昭20) 1月13日	7.1	0
南海	1946年 (昭21) 12月21日	8.1	30
福井	1948年 (昭23) 6月28日	7.3	20
十勝沖	1952年 (昭27) 3月 4 日	8.1	45
大聖寺沖	1952年 (昭27) 3月 7 日	6.8	20
徳島県南部	1955年 (昭30) 7月	6.0	
二ツ井	1955年 (昭30) 10月19日	5.7	0—10
長岡	1961年 (昭36) 2月 2 日	5.2	20
日向灘	1961年 (昭36) 2月27日	7.0	40
宮城県北部	1962年 (昭37) 4月30日	6.5	0
新潟	1964年 (昭39) 6月16日	7.5	40
えびの	1968年 (昭43) 2月21日，2月22日，/3月25日	5.7,6.1・5.6／5.7,5.4	0,0.0/0,10
十勝沖	1968年 (昭43) 5月16日	7.9	0

表-II 液 状 化 の 生 ず る 震 度

マグニチュード	5.0～5.4	5.5～5.9	6.0～6.1	6.2～6.3	6.4～6.5	6.6～6.7	6.8～6.9	7.0～7.1	7.2～7.3	7.4～7.5	7.6～7.7	7.8～7.9	8.0～8.1	8.2～8.3	8.4～8.5
震度IV(250～400gal，烈震）以上の地域で，噴砂，噴水の記録のある地震	関原		えびの	長野	羽後仙		江濃	北伊豆男鹿	福井	陸羽 北丹後 鳥取 新潟		関東	東南海 十勝沖 (1952)		濃尾
震度V（80～250gal，強震）の地域で噴砂，噴水の記録のある地震	長岡	二ツ井	能登 鳥取県沖	熊本 上高井* 静岡	福岡 島原 河内大和 宮城県北部		大聖寺沖	但馬 西埼玉 日向灘* 浜田	庄内*	東京 陸羽 新潟		十勝沖 (1968) 関東	東南海 南海 十勝沖 (1952)		濃尾
震度IV（25～80gal，中震）の地域で，噴砂，噴水の記録のある地震					河内大和 **					陸羽 ***					

*) 文献の震度分布は不明確なので，全体の震度分布の形から推定した。 **) 堺の埋立地 ***) 花巻，能代

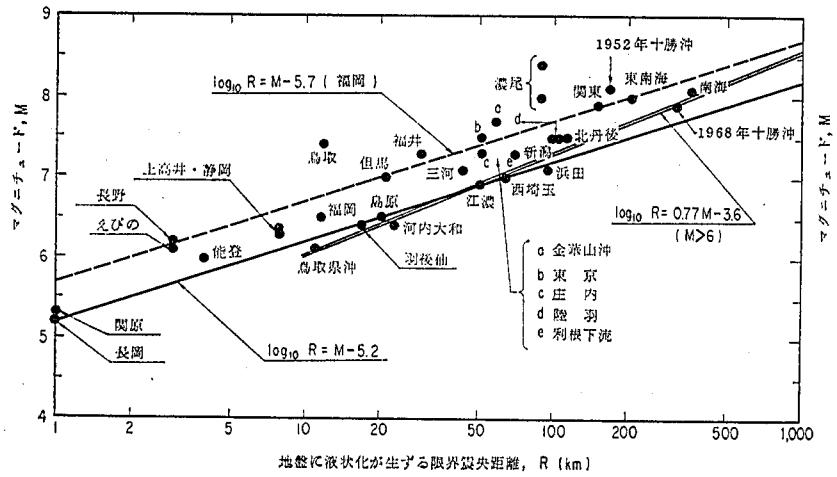


図-III 液状化した地盤の限界震央距離とマグニチュードの関係

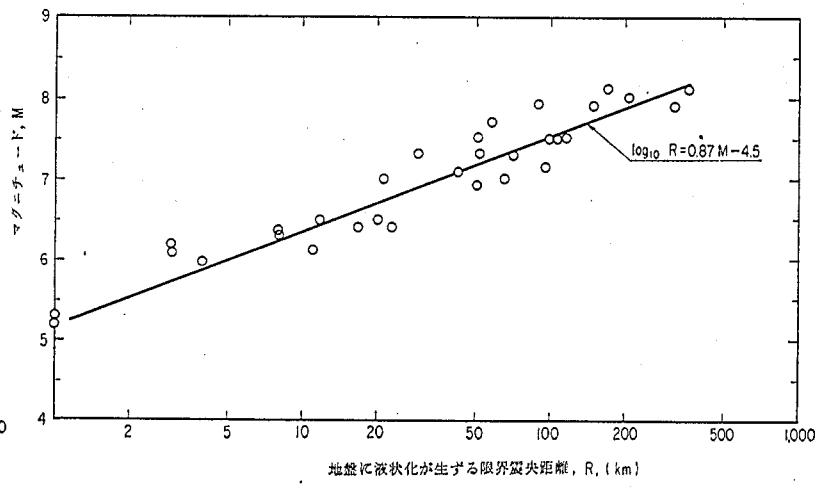


図-IV 液状化した地盤の限界震央距離とマグニチュードの関係

てみた（表-Ⅲ）。表に示されているように，広範囲の地域で大規模な液状化が生じうるのは，震央が，広い沖積地か，それに非常に近接した海底か山岳地域にあり，$M \geqq 7.0$ の場合であり，中でも福井地震は，福井平野のほぼ中央に震央があったから，福井平野全体にわたって噴砂・噴水があった。なおこの表は震源の深さを考慮していないから，この点については不十分なものである。

また，後の資料編で詳しく紹介してあるように，地震時にごく新しい沖積地，埋立地が，20～30cm，著しいのになると1～2m沈下したという記述が数多くの地震の記録の中に見うけられる。室内実験によると，液状化が生ずると，沈下量はきわめて大きくなり，地層厚の1割にも達っすることが知られている。したがって，上述のような大きな沈下量が生じた中には恐らく，地盤の液状化をともなっていたものもあったのであろう。

6. まとめ

地盤が地震時に液状化する可能性を見出すために，明治以降の地震災害の記録から，地表や井戸からの噴砂・噴泥・噴水，木杭の抜け出し，噴砂丘などの記述を収集した。ここに掲げた地図は，それらの資料から得られた地盤液状化地点を示したものである。なお，被圧地下水の噴出と思われるものは除外した。液状化の記録のある地震は40数例を数えており，この中でも，濃尾，江濃，関東，西埼玉，福井，新潟の各地震では，広範囲で大規模な液状化が生じた。局地的に大規模な液状化が生じたと思われる地震も，庄内，陸羽，但馬，東南海など数多くある。これらの資料を分析して，つぎの結論を得た。

1. 噴砂・噴水などの現象は震源距離が大きくなる程旧河道，旧河川敷などの埋立地，海岸埋立地に限定

表-Ⅲ 震央の位置とマグニチュードと液状化の生じ方

震央の位置	マグニチュード	地震名（Mマグニチュード，H震源深さ(km)）	液状化の生じ方
広い沖積平地か，それに非常に近接した海底，山岳地域に震央がある。	$M \geqq 8.0$	濃尾（M=8.4，H=？）	相当広範囲で大規模な液状化
	$8.0 > M \geqq 7.0$	関東(7.9，10)東京(7.5，？) 陸羽(7.5，？)，新潟(7.5，40km) 庄内(7.3，？)，福井(7.3，20) 三河(7.1,0)，西埼玉(7.0,10～20)	かなり広範囲で，大規模な液状化が生ずる。
	$7.0 > M \geqq 6.0$	江濃(6.9，？)，羽後仙(6.4，？) 宮城県北部(6.5,0)*)福岡(6.5,？) 河内大和(6.4，20)，	限られた範囲で噴砂，噴水，しかし，その規模は小さくはない。
	$6.0 > M$	関原(5.3，0～10km) 長岡(5.2，20km)	この場合，非常に限られた範囲で小規模な噴砂，噴水
震央は，海岸ぞいの陸地か非常に近い海底であるが，近くに大沖積平地がない。	$8.0 > M \geqq 7.0$	北丹後(7.5，10)，鳥取(7.4，10) 但馬(7.0，？)，浜田(7.1，？) 男鹿(7.0，0)	埋立地，あるいは狭い海岸沖積平地の中小河川ぞいで，選択的に，かなりの噴砂，噴水
	$7.0 > M \geqq 6.0$	大聖寺沖(6.8,20)，島原(6.5,？) 静岡(6.3,？)，鳥取県沖(6.1,20) 能登(6.0，15)	狭い海岸沖積地，埋立地で，局所的，小規模な噴砂，噴水
震央は山岳地帯の河川の沖積平地か，その極近くにある。	$7.0 > M \geqq 6.0$	上高井(6.3,？)，長野(6.2,5～20) えびの(～6.0，0)	河川ぞいの旧河道などの沖積低地で噴砂，噴水，規模も範囲も，それほど広くない。
	$6.0 > M$	二ツ井(5.7，0～10)	非常に狭い範囲で小噴砂，噴水
震央が陸地から遠距離の海底にあり，近くには大きな沖積平地がない。	$M \geqq 8.0$	南海(8.1，30)，1952年十勝沖(8.1，45)，東南海(8.0，0～30)	相当広い範囲の地域の中で，埋立地，海岸の沖積低地で選択的に，噴砂，噴水
	$8.0 > M \geqq 7.0$	1968年十勝沖(7.9，0) 日向灘(7.0，40)*)	

*) 地震エネルギー，震央の位置から見て，他の地震よりも噴砂，噴水の生じ方が少ないと思われる地震

てみた（表-Ⅲ）。表に示されているように，広範囲の地域で大規模な液状化が生じうるのは，震央が，広い沖積地か，それに非常に近接した海底か山岳地域にあり，$M \geqq 7.0$ の場合であり，中でも福井地震は，福井平野のほぼ中央に震央があったから，福井平野全体にわたって噴砂・噴水があった。なおこの表は震源の深さを考慮していないから，この点については不十分なものである。

また，後の資料編で詳しく紹介してあるように，地震時にごく新しい沖積地，埋立地が，20～30cm，著しいのになると1～2m沈下したという記述が数多くの地震の記録の中に見うけられる。室内実験によると，液状化が生ずると，沈下量はきわめて大きくなり，地層厚の1割にも達っすることが知られている。したがって，上述のような大きな沈下量が生じた中には恐らく，地盤の液状化をともなっていたものもあったのであろう。

6. まとめ

地盤が地震時に液状化する可能性を見出すために，明治以降の地震災害の記録から，地表や井戸からの噴砂・噴泥・噴水，木杭の抜け出し，噴砂丘などの記述を収集した。ここに掲げた地図は，それらの資料から得られた地盤液状化地点を示したものである。なお，被圧地下水の噴出と思われるものは除外した。液状化の記録のある地震は40数例を数えており，この中でも，濃尾，江濃，関東，西埼玉，福井，新潟の各地震では，広範囲で大規模な液状化が生じた。局地的に大規模な液状化が生じたと思われる地震も，庄内，陸羽，但馬，東南海など数多くある。これらの資料を分析して，つぎの結論を得た。

1. 噴砂・噴水などの現象は震源距離が大きくなる程旧河道，旧河川敷などの埋立地，海岸埋立地に限定

表-Ⅲ 震央の位置とマグニチュードと液状化の生じ方

震央の位置	マグニチュード	地震名（Mマグニチュード，H震源深さ(km)）	液状化の生じ方
広い沖積平地か，それに非常に近接した海底，山岳地域に震央がある。	$M \geqq 8.0$	濃尾（M=8.4，H=？）	相当広範囲で大規模な液状化
	$8.0 > M \geqq 7.0$	関東(7.9，10)東京(7.5，？) 陸羽(7.5，？)，新潟(7.5，40km) 庄内(7.3，？)，福井(7.3，20) 三河(7.1,0)，西埼玉(7.0,10～20)	かなり広範囲で，大規模な液状化が生ずる。
	$7.0 > M \geqq 6.0$	江濃(6.9，？)，羽後仙(6.4，？) 宮城県北部(6.5,0)*)福岡(6.5,？) 河内大和(6.4，20)，	限られた範囲で噴砂，噴水，しかし，その規模は小さくはない。
	$6.0 > M$	関原(5.3，0～10km) 長岡(5.2，20km)	この場合，非常に限られた範囲で小規模な噴砂，噴水
震央は，海岸ぞいの陸地か非常に近い海底であるが，近くに大沖積平地がない。	$8.0 > M \geqq 7.0$	北丹後(7.5，10)，鳥取(7.4，10) 但馬(7.0，？)，浜田(7.1，？) 男鹿(7.0，0)	埋立地，あるいは狭い海岸沖積平地の中小河川ぞいで，選択的に，かなりの噴砂，噴水
	$7.0 > M \geqq 6.0$	大聖寺沖(6.8,20)，島原(6.5,？) 静岡(6.3,？)，鳥取県沖(6.1,20) 能登(6.0，15)	狭い海岸沖積地，埋立地で，局所的，小規模な噴砂，噴水
震央は山岳地帯の河川の沖積平地か，その極近くにある。	$7.0 > M \geqq 6.0$	上高井(6.3,？)，長野(6.2,5～20) えびの(～6.0，0)	河川ぞいの旧河道などの沖積低地で噴砂，噴水，規模も範囲も，それほど広くない。
	$6.0 > M$	二ツ井(5.7，0～10)	非常に狭い範囲で小噴砂，噴水
震央が陸地から遠距離の海底にあり，近くには大きな沖積平地がない。	$M \geqq 8.0$	南海(8.1，30)，1952年十勝沖(8.1，45)，東南海(8.0，0～30)	相当広い範囲の地域の中で，埋立地，海岸の沖積低地で選択的に，噴砂，噴水
	$8.0 > M \geqq 7.0$	1968年十勝沖(7.9，0) 日向灘(7.0，40)*)	

*) 地震エネルギー，震央の位置から見て，他の地震よりも噴砂，噴水の生じ方が少ないと思われる地震

される。東南海，南海，1968年十勝地震の場合に，上記の特徴が顕著にあらわれた。震央の近くでは，沖積地であれば液状化の生ずる可能性がある。

2. 液状化が生ずるのは，現行の気象庁の震度階で震度5（80ガル～250ガル）以上の地震動が生じた場合である。地震のマグニチュードが小さくても，地盤条件によって，液状化が生じる可能性がある。たとえば，M=5.2の長岡地震でも，局地的な噴砂があった。

液状化が生ずる平均的な限界震央距離R(km)と，マグニチュードMの関係は，

$$\log_{10}R=0.87M-4.5$$

の関係であらわせる。

3. 震央が広い沖積平野か，近傍の海底・山岳地帯にあり，マグニチュードが7.0以上であると，広範囲で大規模な液状化が生じうる。たとえば，福井地震で，福井平野で全面的な噴砂・噴水が生じた。

4. 厳密には全く同地点とは言い切れないが，かなり多くの地点で何回かの地震で繰返し噴砂・噴水があったようである。このことは，一回液状化することによって，再び液状化しないようになるとは言い切れないことを意味する。

今後，詳しい地盤調査を行って，液状化現象と地盤条件の関係を求め，一般的な結論を得るように努めたいと思う。

謝　辞

次の方々，諸機関に，資料収集にあたって，御教示，御協力を得た。ここに，感謝の意を表します。

1. 大学関係，飯田汲事名大名誉教授，最上武雄日大教授，福岡正巳東大教授，市原松平名大教授，石原研而東大助教授，堀内孝英氏（名城大学）
2. 建設省関係，土木研究所構造橋梁部大久保忠良部長，建築研究所岩崎敏男室長，北陸地建畠山三郎氏近畿地建下脇文雄氏，中国地建石水一之氏
3. 農林省農業土木研究所・村尾重信氏
4. 科学技術庁防災センター
5. 福井市役所，鳥取県庁

参考文献

1) 神沼克伊ら，1973，図説日本の地震，東京大学地震研究所研究速報No.9
2) 宇佐美龍夫，1966，日本付近のおもな被害地震の表，震研彙報，Vol.44
3) 栗林，龍岡，1974，明治以降の本邦の地震液状化履歴，第13回土木学会地震工学研究発表会概要集。
4) 栗林，龍岡，1974，本邦における地震による地盤液状化地図（1872～1968），第11回自然災害科学総合シンポジウム概要集。
5) 福岡正巳，1971，地震・基礎の思い出話，橋梁と基礎，Vol.5, No.10. p.2.

各地震に関する文献は資料の項を参照されたい。

7. 資料

7-1 各種震度階の比較〔参考文献(a)〕

過去の震度階				現行の震度階		
RFS	J−1	J−2	J−3	気象庁震度階級	MMS	MSK
Ⅰ		0. 微震（感覚ナシ）	無感	0：無感 人体に感じないで，地震計に記録される程度 最大加速度 0.8 gal	Ⅰ	Ⅰ
Ⅱ	微震	1. 微震	Ⅰ. 微震	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ずる程度の地震 2.5 gal	Ⅱ	Ⅱ
Ⅲ	弱震	2. 弱震（震度弱キ方）	Ⅱ. 軽震	Ⅱ：軽震 大ぜいの人に感ずる程度のもので，戸障子がわずかに動くのがわかるぐらいの地震 8.0 gal	Ⅲ	Ⅲ
Ⅳ					Ⅳ	Ⅳ
Ⅴ		3. 弱震	Ⅲ. 弱震	Ⅲ：弱震 家屋がゆれ，戸障子がガタガタと鳴動し，電灯のようなつり下げ物は相当にゆれ，器内の水面の動くのがわかる程度の地震 25 gal	Ⅴ	Ⅴ
Ⅵ	強震	4. 強震（震度弱キ方）	Ⅳ. 中震	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，多くの人々は戸外に飛び出す程度の地震 80 gal	Ⅵ	Ⅵ
Ⅶ					Ⅶ	Ⅶ
Ⅷ		5. 強震	Ⅴ. 強震	Ⅴ：強震 壁に割れ目がはいり，墓石，石どうろうが倒れたり，煙突，石垣などが破損する程度の地震 250 gal	Ⅷ	Ⅷ
Ⅸ	烈震	6. 烈震	Ⅵ. 烈震	Ⅵ：烈震 家屋の倒壊が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 400 gal	Ⅸ	Ⅸ
Ⅹ	（劇震）			Ⅶ：激震 家屋の倒壊が３０％以上に及び，山くずれ，地割れ，断層などを生ずる	Ⅹ Ⅺ Ⅻ	Ⅹ Ⅺ Ⅻ

RFS：ロッシーフォレル震度階(1883年). J-1：日本で1884年～1897年の間使用，「烈震」の上に「劇震」がある場合も見られる．J-2：日本で1898年～1935年の間使用，1908年に各震度の定義が明文化され，震度0は「無感覚地震」に変更．J-3：日本で1936年～1948年の間使用．MMS：改正メルカリ震度階（1931年）．MSK：MSK震度階（1963年）．

7-2 全体の共通文献

(a) 神沼，岩田，茅野，大竹，1973，“図説　日本の地震1872年～1972年”東大地震研究所　研究速報第9号

(b) 宇佐美龍夫，1966，“日本付近のおもな被害地震の表”東大地震研究所彙報，第44号，P.1571～1622

◦図の番号は各地震毎にふってある。

◦付図は，資料の最後にある。

7-3 地震毎の資料

地震名（和）	地震名（洋）	発生年	ページ	地震名（和）	地震名（洋）	発生年	ページ
浜田	Hamada	(1872)	12	能登	Noto	(1933)	75
新潟県古志郡	Koshigun	(1887)	13	静岡	Shizuoka	(1935)	76
熊本	Kumamoto	(1889)	13	河内大和	Kawachi-Yamato	(1936)	78
濃尾	Nobi	(1891)	14	金華山沖	Kinkazan-Oki	(1936)	80
東京	Tokyo	(1894)	24	男鹿	Oga	(1939)	81
庄内	Shonai	(1894)	27	長野	Nagano	(1941)	82
利根川下流	Tonegawa-karyu	(1895)	31	鳥取県沖	Tottori-ken-Oki	(1943)	83
陸羽	Riku-U	(1896)	32	鳥取	Tottori	(1943)	85
上高井	Kami-Takai	(1897)	35	東南海	Tonankai	(1944)	88
新潟県南魚沼郡	Minami-Uonuma	(1898)	37	南海	Nankai	(1946)	94
福岡	Fukuoka	(1898)	37	福井	Fukui	(1948)	96
江濃	Go-No	(1909)	39	十勝沖	Tokachi-Oki	(1952)	113
羽後仙	Ugo-Sen	(1914)	42	大聖寺沖	Daishoji-Oki	(1952)	114
島原	Shimabara	(1922)	44	徳島県南部	Tokushimaken-Nanbu	(1955)	115
関東	Kanto	(1923)	45	二ツ井	Futatsui	(1955)	116
但馬	Tajima	(1925)	63	長岡	Nagaoka	(1961)	117
北丹後	Kita-Tango	(1927)	65	日向灘	Hyuga-nada	(1961)	120
石巻	Ishi-no-maki	(1927)	68	宮城県北部	Miyagi-ken-Hokubu	(1962)	120
関原	Sekihara	(1927)	68	新潟	Niigata	(1964)	121
加賀南西部	Kaga-Nanseibu	(1930)	70	えびの	Ebino	(1964)	158
北伊豆	Kita-Izu	(1930)	70	(1968年)十勝沖	Tokachi-Oki	(1968)	163
西埼玉	Nishi-Saitama	(1931)	75				

浜田（はまだ）

1872年（明5）3月14日17時頃
震央34.8°N, 132.0°E, H=？ M=7.1

被害状況

死者 552，全壊家屋 4,762。

液状化状況

亀裂は，各所に無数にあらわれ，水，泥，砂を噴出した。安濃郡鳥井村川向と称する所にては，濁水噴出して家屋の天井に達し，簸川郡雉分村にては，塩分を含みたる濁水噴水すること3丈に及んだ。また，那賀郡上府村にては，亀裂より濁水および貝殻を噴水して大気蒙々とした。図-1を見て分るように，家屋の倒壊率が大きい所（海岸沖積地，江川周辺）で，噴砂，噴泥，噴水の記録が多い。特に，震央から遠くても沖積層の厚い出雲地方で，倒壊率が大きく，液状化があったことが注目すべきであろう。このように，地震被害が震央距離だけではなく地盤条件に左右される例は数多く見い出される。

尚，〔1〕の参考文献は，地震後40年たってからの調査によるものであり，若干不正確さは，免れない。

参考文献

〔1〕 石田雅生，1912，明治5年2月6日浜田地震，浜田測候所

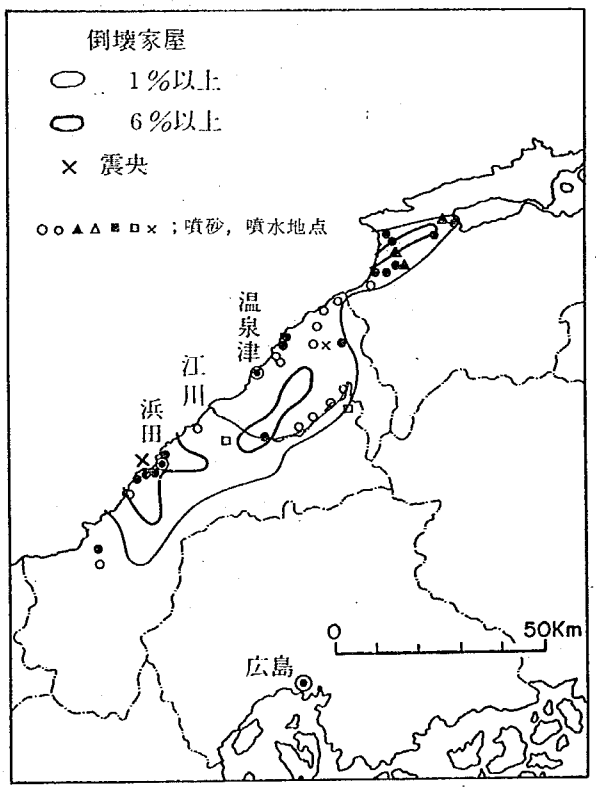


図-1　家屋倒壊率分布と，液状化地点（(a)の文献に加筆）

凡例
- ● 水砂を噴出せる地方（海浜地方に多い）
- ○ 泥水を噴出せる地方
- ▲ 青砂を噴出せる地方
- △ 白濁水を噴出せる地方
- ■ 赤土砂を噴出せる地方
- □ 土砂のみを噴出せる地方
- × 二酸化鉄を含める水を噴出せる地方

新潟県古志郡（にいがたけんこしぐん）

1887年（明20）7月22日
震源 139.0°E, 37.7°N, M=6.1

被害状況　(文献(b))
家屋全半壊あり，土蔵等は2/3以上が壁に亀裂。
負傷者1
液状化状況
郡内において亀裂数百，水砂噴出，井戸砂で閉塞。

参考文献
〔1〕 中央気象台　1888，明治20年地震報告

熊本（くまもと）

1889年（明22）7月28日23時45分
震央32.8°N, 130.7°E, H=？, M=6.3（局地的地震）

被害状況
死者20，負傷者74，全壊家屋30（文献(b)）
液状化状況
1. 飽田郡，地裂口より砂を噴出
2. 秋津村，赤色なる泥水噴出
3. 福岡県筑後川南，三池郡水田中の地裂から土砂噴出。

番号は図-1の番号に照応している。
参考文献
〔1〕 中央気象台，1900，明治22年　地震報告

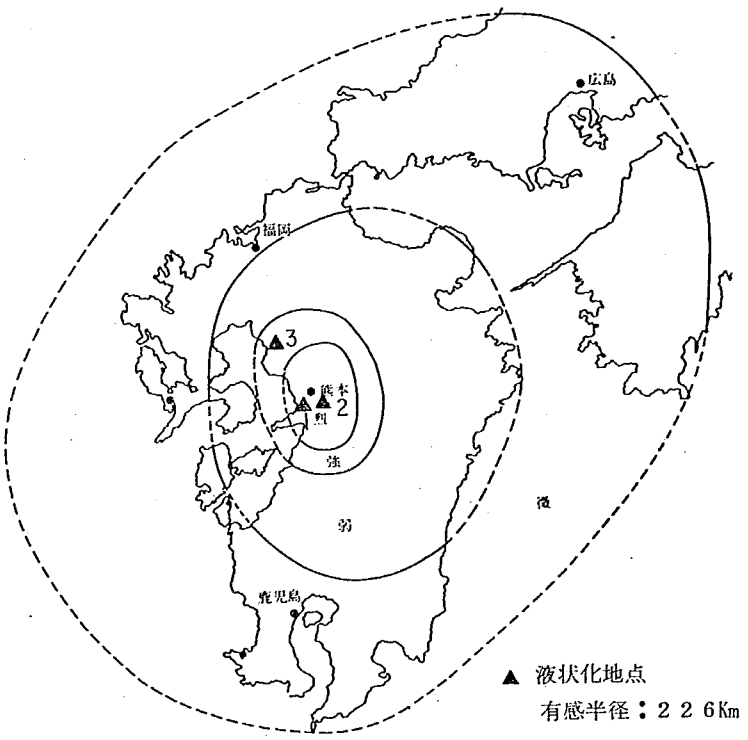


図-1 震度分布（文献(a)）

濃尾（のうび）

1891年（明24）10月28日 6時38分
震央35.6°N，136.6°E，H=？，M=8.4（内陸で起きた最大級の地震）

被害状況

死者 7,273，全壊建物 142,177

液状化状況 〔1〕，〔2〕

付図-3及び図-2，3に濃尾地震による濃尾平野での液状化地点，付図-5に，福井平野での液状化地点を△印で示してある。内陸で，きわめて広い範囲で，液状化現象が発生したことが示されている。特に，濃尾平野では，図-2，図-3に示してあるように，全面的に，旧河川道，旧河川敷など，砂層の発達した所で，液状化が生じたらしい。木曾川，長良川は，背後に広大な山地を控えていて，濃尾平野は日本でも有数の砂分の多いかつ，砂層の深い平野となっている（図-4，5参照）。このため，新潟地震における新潟平野での液状化と，同規模，あるいは，それ以上の液状化が生じたのであろう。付図を見ると，震央近くでは，山岳地帯，丘陵地帯の，小さな河成沖積地でも，液状化が発生しているが，少し震央から離れた地点では，埋立地，旧河川敷，旧河川道に選択的に液状化が発生したようである。図-6には，濃尾地震での最大加速度方向が示してあるが，最大加速度は，大きい所で400galにも達し，大規模な液状化が生ずる十分な条件を備えていたことが分る。

次に，いかに液状化の規模が大きかったかは，表-1に示してある土砂噴出や，水が噴出したため，耕作不可能になったり，収穫物がだめになった耕地面積から推定できよう。この表は文献〔1〕，〔2〕の中の数字をまとめなおしたものである。表に示してある郡の名前は当時のものであるが，噴砂によって，耕作不可能になった面積が広いのは，いずれも，木曾川，揖斐川の周辺の郡である。

文献〔1〕から，愛知県での当時の様子を抜き書きしてみよう。

- 名古屋市幅下上宿辺では，地割より砂水一丈五尺（約4.5 m）余りも高く噴出。
- 愛知郡，織豊村……噴水，噴砂の個所は，千有余ケ所，枚挙のいとまなし。
- 西春井郡……噴水，噴砂は，猛勢であり西枇杷島町のある井戸は，6～7尺以上も噴砂し，屋上に砂がたまった。
- 丹羽郡善師野地内字奥下屋……泥砂等の噴出した所は数多く，色は青，あるいは白濁色で，これは，地下幾数尺のあたりより噴出したものらしい。また，この際，木片がおびただしく噴出した。
- 碧海郡近傍にては，水なき田面激震に際して，噴水して，洋々たる水面となった。

また，文献〔5〕によると，愛知県葉栗郡光明寺町（現一宮市内），名古屋市の下之一色でも噴砂，噴水があった。また，一宮市内の監獄の建物は地震の際に約15cm均等に沈下して，建物の周囲の地表面に地裂が生じ，そこから地下水が噴出した。

また，福井平野では，福井地震で，濃尾平野では，江濃，東南海地震で再び液状化が生じた地点があるのは興味深い。

さらに文献〔6〕によると濃尾地震による土木構造物の被害は著しく次のようであった。「道路，河川道路，海岸堤防，護岸堤防等の亀裂，陥没，崩壊による被害は著しかった。また橋梁の破壊，落橋，橋ぐいの浮上（引用者注；これは地盤の液状化が原因と思われる），脚柱切断，橋台傾斜などの被害，鉄道の大府・大垣間路盤の亀裂，陥没などの被害が著しく，また樋管の破壊したところも多かった。被害のあった鉄橋は天白川鉄道，枇杷島陸橋，新川鉄橋，木曾川鉄橋などがある。これらの工事箇所を示したのが図-7である。この図よりわかるように堀川以西の沖積地域の至るところに被害が多かった。」

参考文献

〔1〕 江森臨時委員，1894，愛知県震災報告，震災予防調査会報告2，8—69.
〔2〕 岐阜県岐阜測候所，1894，“明治24年10月28日大震報告”
〔3〕 吉川ら，1973，新編日本地形論，東京大学出版会。
〔4〕 名古屋地盤調査研究会など，1969，名古屋地盤総論，コロナ社
〔5〕 市原松平ら，1974，地震時における液状化現象に関する調査，名古屋市防災会議
〔6〕 飯田汲事，1974，名古屋市における既往の地震とその災害，名古屋市防災会議

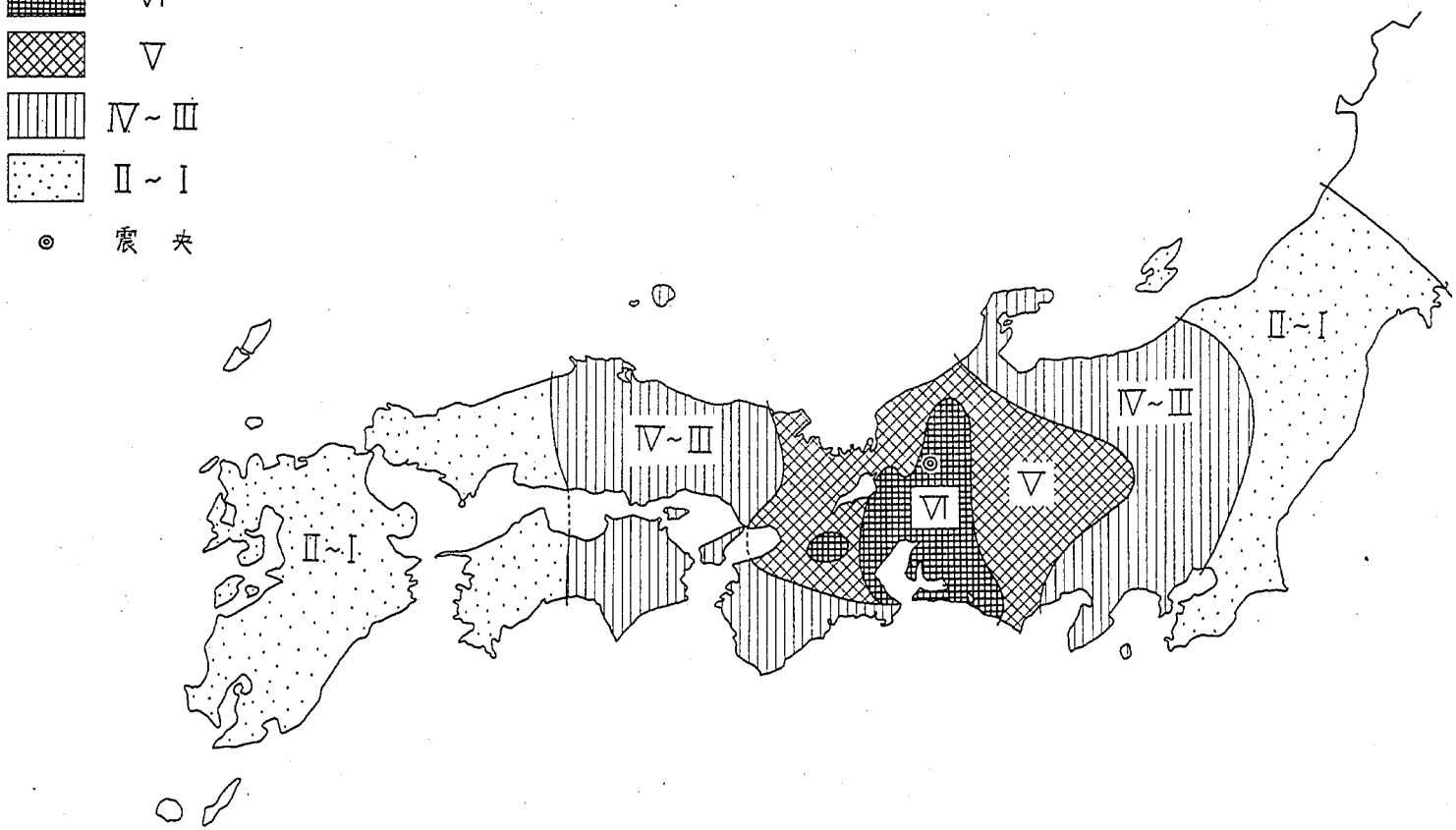


図-1 濃尾地震の震度分布図(気象庁による)

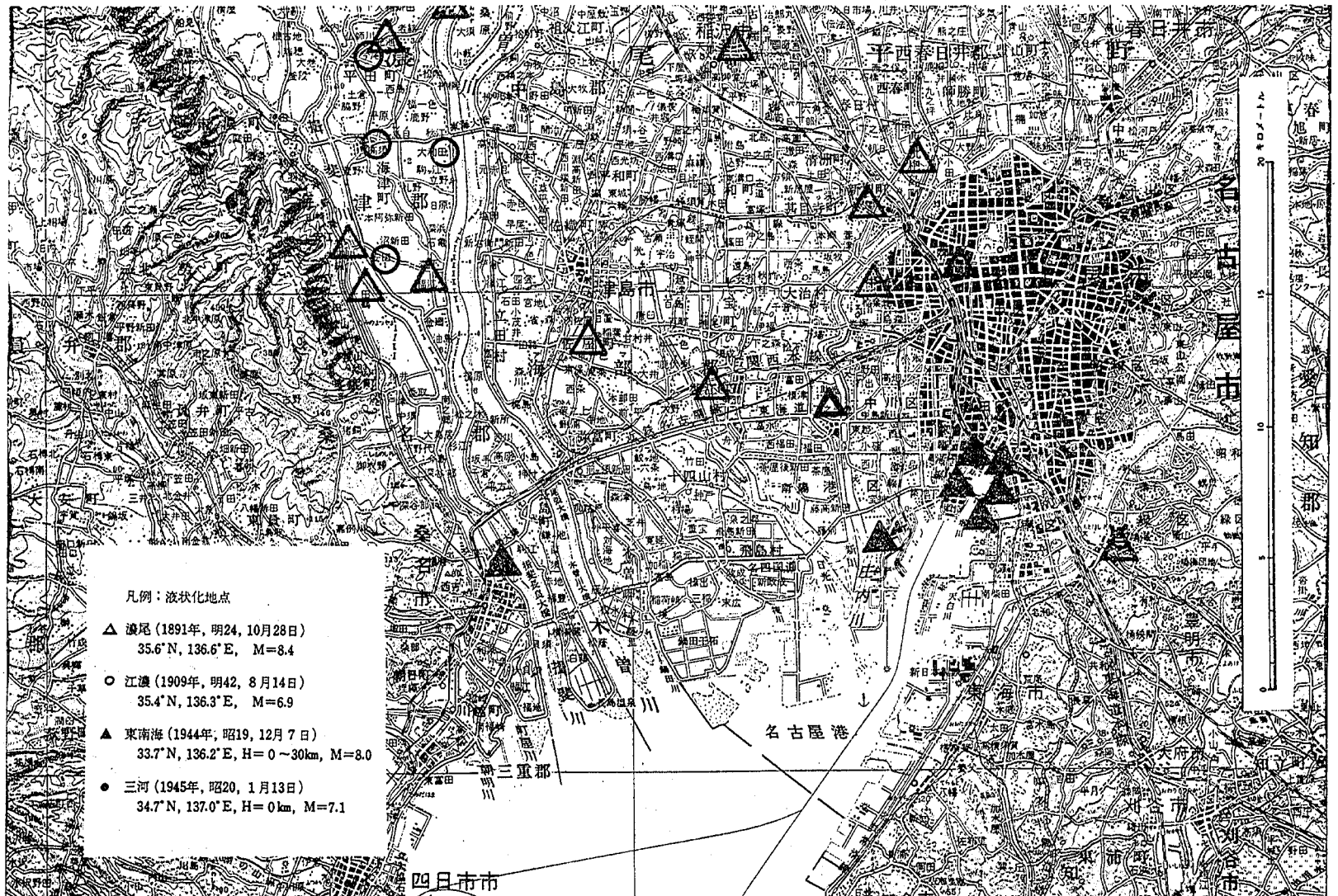


図-2(a) 濃尾平野液状化地点(主要部)

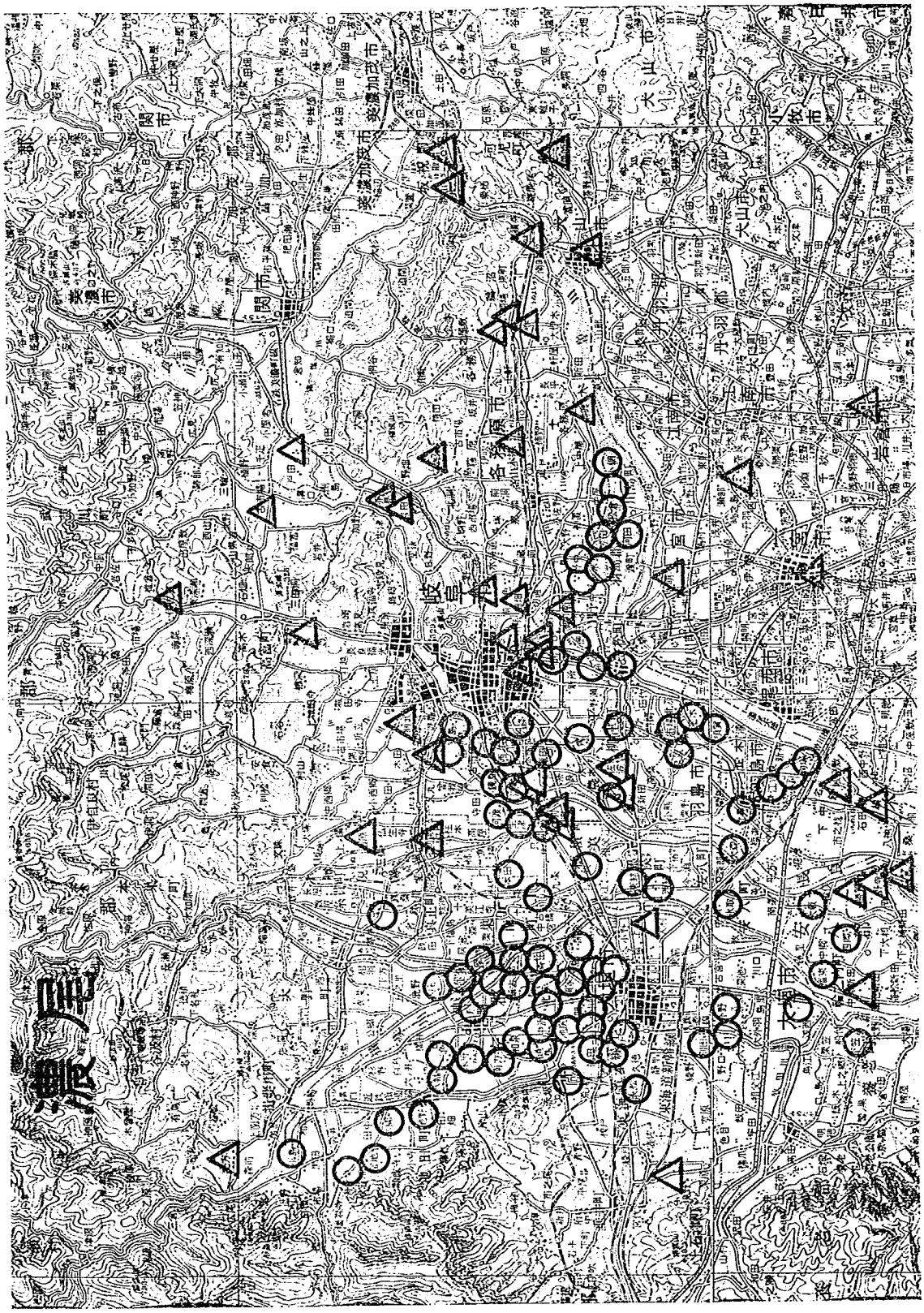


図-2(b) 濃尾平野液状化地点（主要部）

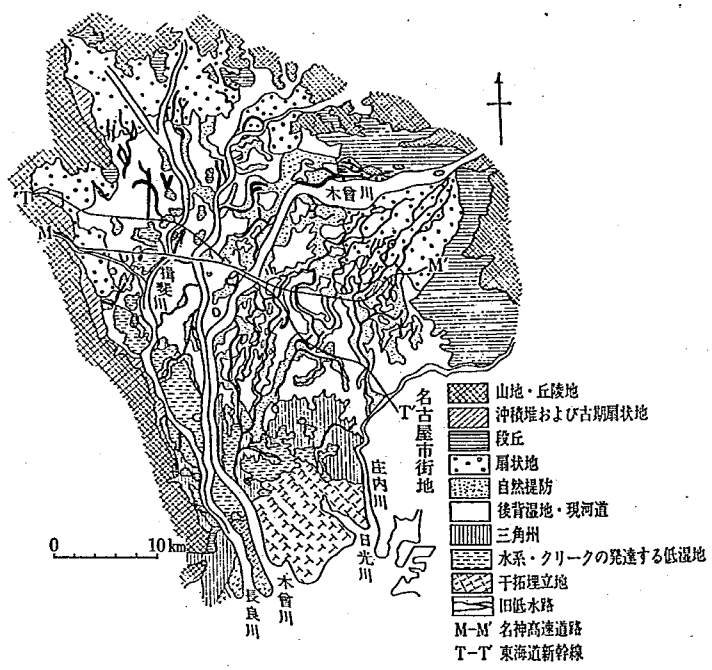


図-4　濃尾平野の地形分類図（松田磐余，1968）［3］

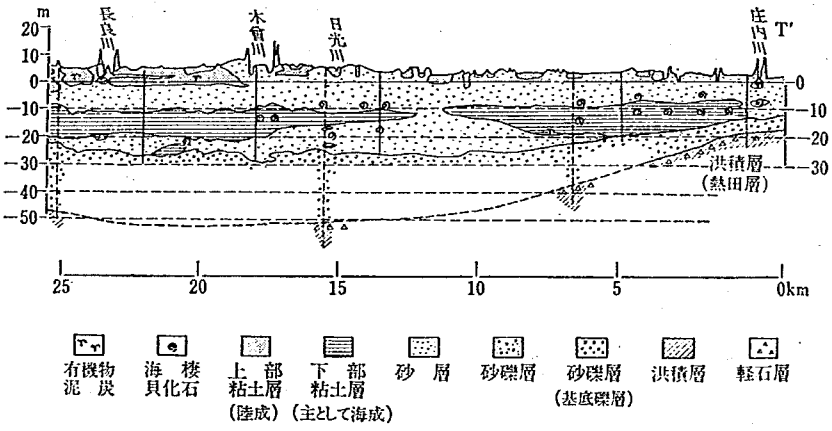


図-5　濃尾平野の東海道新幹線にそう沖積層の断面（池田俊雄，1964の部分図）［3］

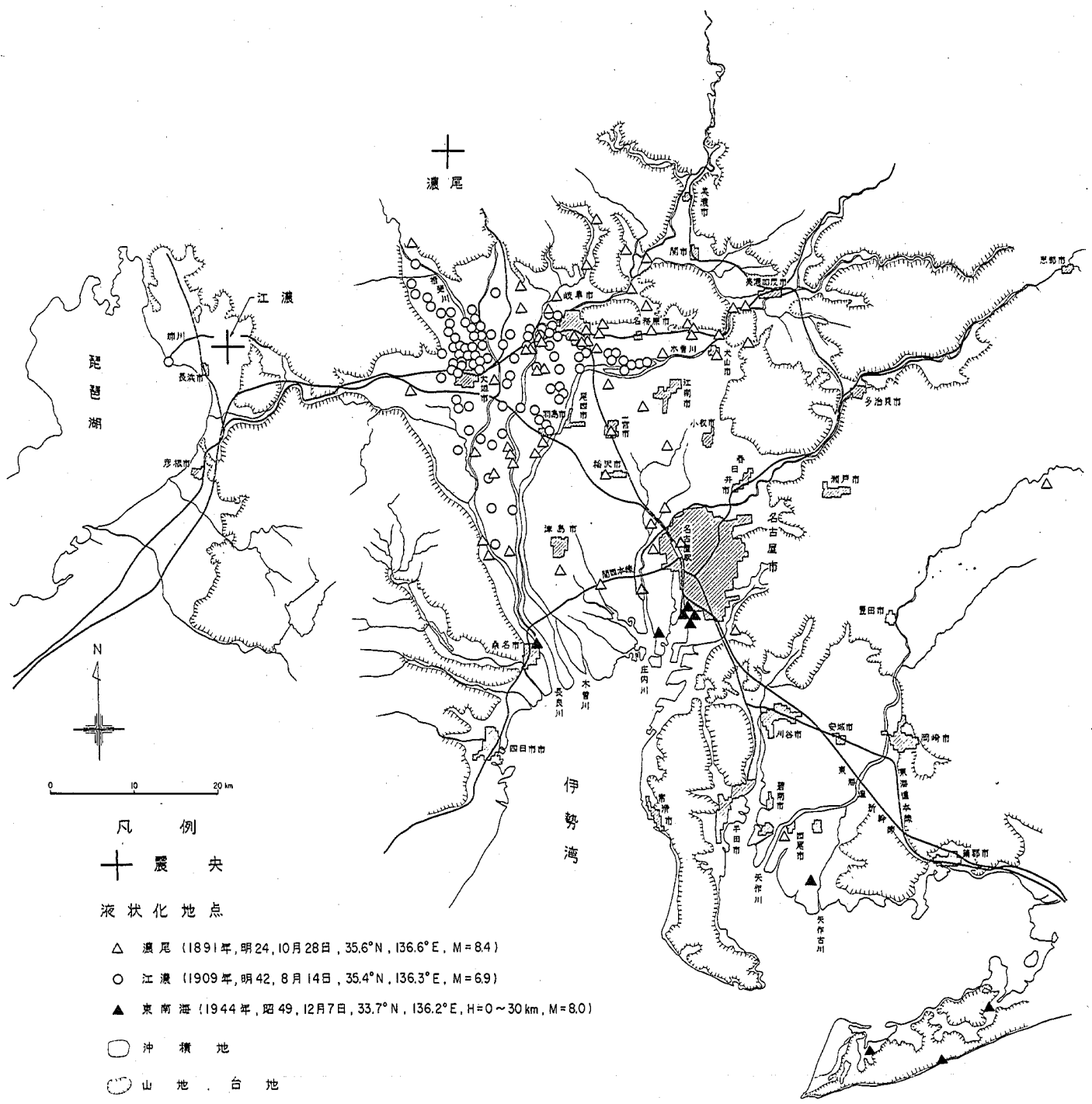


図-3　濃尾地方液状化履歴地図

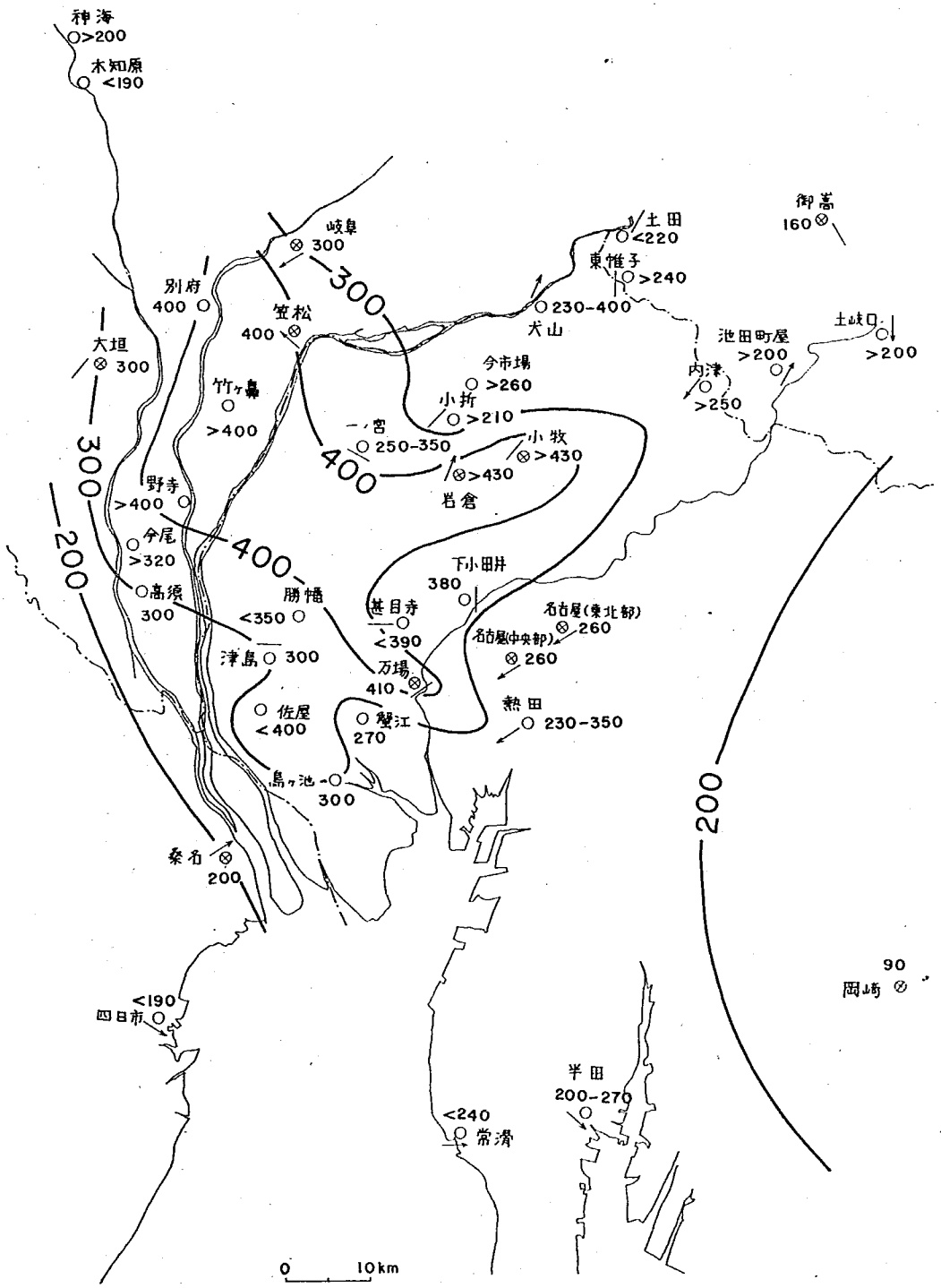


図-6 木曾三大流域以東庄内川付近の加速度分布〔6〕

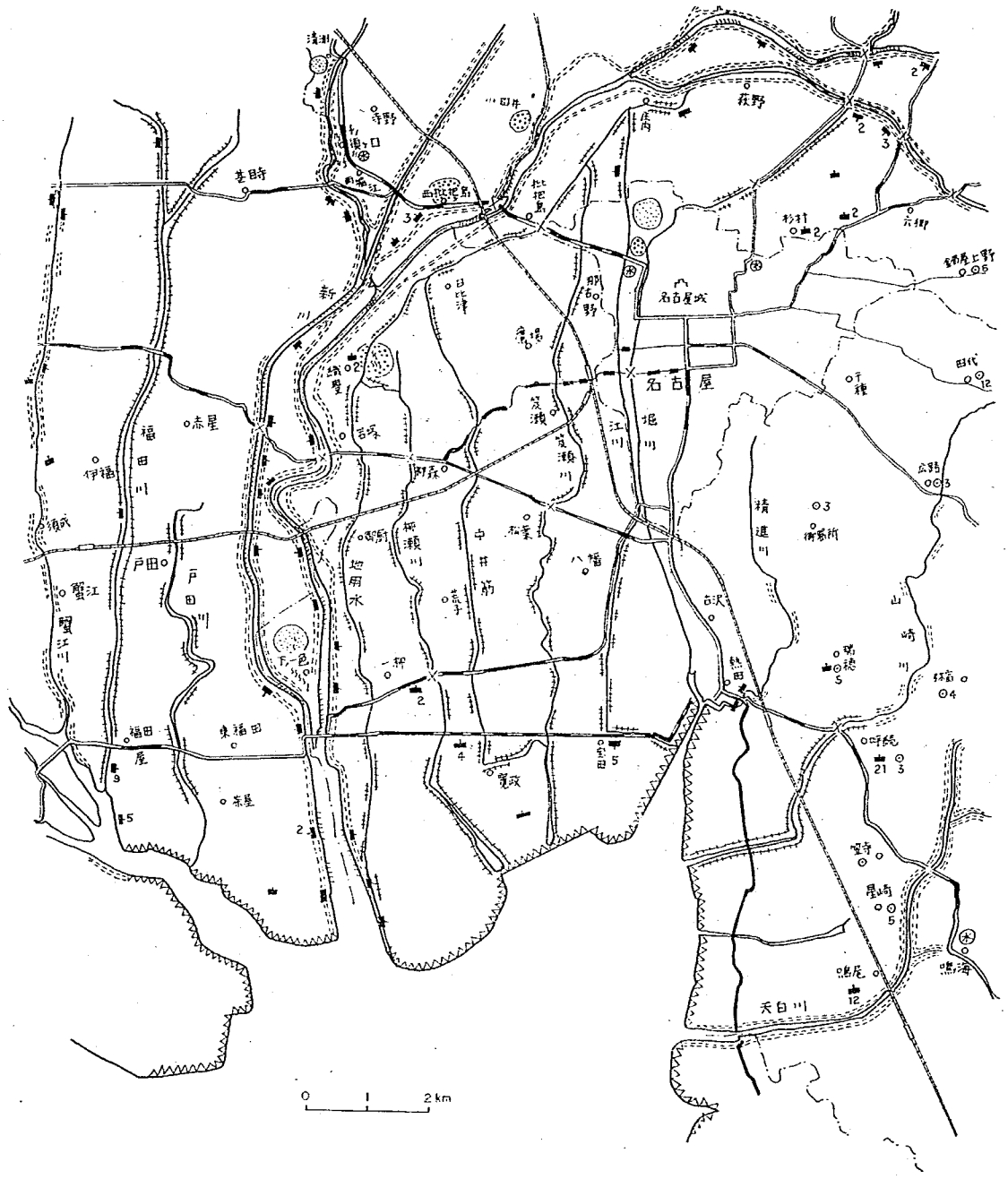


図-7 濃尾地震による名古屋市の道路，堤防，橋梁等の破壊箇所および砂・泥・水を噴出した箇所〔6〕

表-1　濃尾地震での液状化による耕地被害〔1〕〔2〕

愛知県	土砂噴出して，耕作不可能になった耕地（田＋畑）
愛知郡	82,499㎡
東春日井郡	13,772
西春日井郡	1,806,160
丹羽郡	4,882,198
葉栗郡	798,754
中島郡	12,373,314
海東郡	2,318,589
海西郡	118,941
知多郡	5,613
碧海郡	49,250
額田郡	9,918
小計	22,459,008㎡

岐阜県	（田）	＋	（畑）	＝（合計）
岐阜市	5,964		—	5,964
厚見郡	2,861,358		495,873	3,357,231
各務郡	126,658		86,198	212,856
方県郡	560,341		365,358	925,699
羽栗郡	743,465		935,731	1,679,196
中島郡	57,918		343,056	400,974
海西郡	64,468		212,331	276,799
多芸郡	93,429		5,463	98,892
不破郡	304,778		107	304,885
安八郡	2,988,815		529,392	3,518,207
大野郡	1,091,814		27,499	1,119,313
池田郡	375,774		—	375,774
武儀郡	22,618		—	22,618
本巣郡	4,202,492		156,301	4,358,793
加茂郡	123,363		11,609	134,972
可児郡	3,696		—	3,696
土岐郡	1,417		—	1,417
小計	13,628,368		3,168,918	16,797,286㎡

総計　39,256,294㎡

東京（とうきょう）

1894年（明27）6月20日14時4分
震央35.7°N，139.9°E(江戸川河口)H＝？，M=7.5(直下型地震)

被害状況

死者31，全壊家屋22

液状化状況　〔1〕，〔2〕

付図-2，図-2，3および関東地震の項参照。相当広範囲の地点で，噴砂，噴水の記録がある。旧利根川の旧河道，東京下町の埋立地，多摩川河口の旧河川敷で液状化が生じたようである。また，関東地震，西埼玉地震で再び液状化した地点がかなりある。この地震の場合も，図-2に示してあるように震度の大きい所に限って液状化が生じている。

付図-2および関東地震の図-2での液状化地点の説明。

1. 神奈川県橘樹郡大師河原（多摩川筋）……護岸より青砂噴く。
2. 荏原郡六郷村大字八幡塚……川底の砂と同じ黒砂が田畑より噴出。
3. 深川区州崎弁天町……土砂交じりの水噴出。
4. 深川区東森下町60番地……地割より淡黒色の砂泥を噴出する。
5. 本所区緑町5丁目38番地……十数年前溜池を埋立てた所より，淡黒色土砂交じりの水，15時間あまり土砂噴出。
6. 本所区石原町19番地……地割より，濁水および，ねずみ色の砂泥を噴出する。
7. 本所区小梅業平町50番地……凹落地円形にして，ねずみ色の土砂交じり水噴出。
8. 南葛飾郡砂村元亀高895番地……砂を噴出。
   南葛飾郡吾嬬村元小村井……極めて細末なる砂及び水を噴出す。噴砂の量は6,7升～3,4升。
9. 南葛飾郡南綾瀬村三番耕地……1.浅黄色の砂を噴出す。2.黒ねずみ色砂交じりの水を噴出。
10. 南葛飾郡南綾瀬村大字小管……黒ねずみ色の砂及清水噴出。
    南葛飾郡南綾瀬村大字柳原……水7尺余りを噴揚げたり。
11. 葛西村で地盤の亀裂のため砂および水を噴出せる処あり。
12. 南足立郡江北村大字鹿浜新田荒川沿岸……地割より青色砂噴出。
13. 鳩ヶ谷南平柳村……稲田一反歩あまり亀裂し，砂水噴出せり。
14. 南埼玉郡桜井村……大字平方，字川久保，字山谷前耕地において33箇所で，方三四尺ずつ亀裂し，黒砂を噴出す。同所畑地7箇所は亀裂の最大なるものにして，長さ5尺以上幅1尺，深さ6尺あり。また井戸数箇所砂を噴出。
15. 富多村上吉……土砂噴出。
16. 北足立郡常光寺村……幅3寸長さ100間あまり地盤潰裂砂を噴出。
17. 武蔵国南埼玉郡三箇村大字台畑地……亀裂し1寸～2寸程噴水し，青色の砂を交る。同大字内に同様の噴水せる亀裂数10箇所あり。
18. 北埼玉郡笠原村……荒川河岸長一里あまり地盤少し亀裂し，濁水青水を噴出すること数百箇所に及ぶ。

参考文献

〔1〕 1895，地震其他地異彙報，震災予防調査会報告，3．142—170．
〔2〕 中央気象台，1895，“明治27年地震報告”P．44．

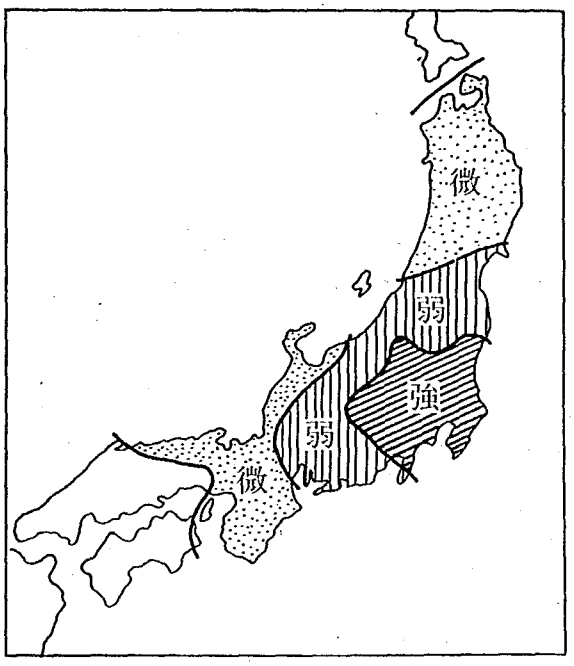


図-1 震 度 分 布 (文 献 (a))

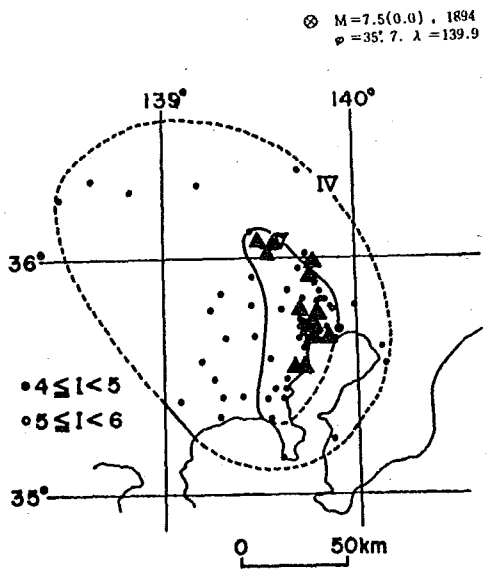


図-2 震央付近の震度分布と，液状化地点(▲)(文献(a))

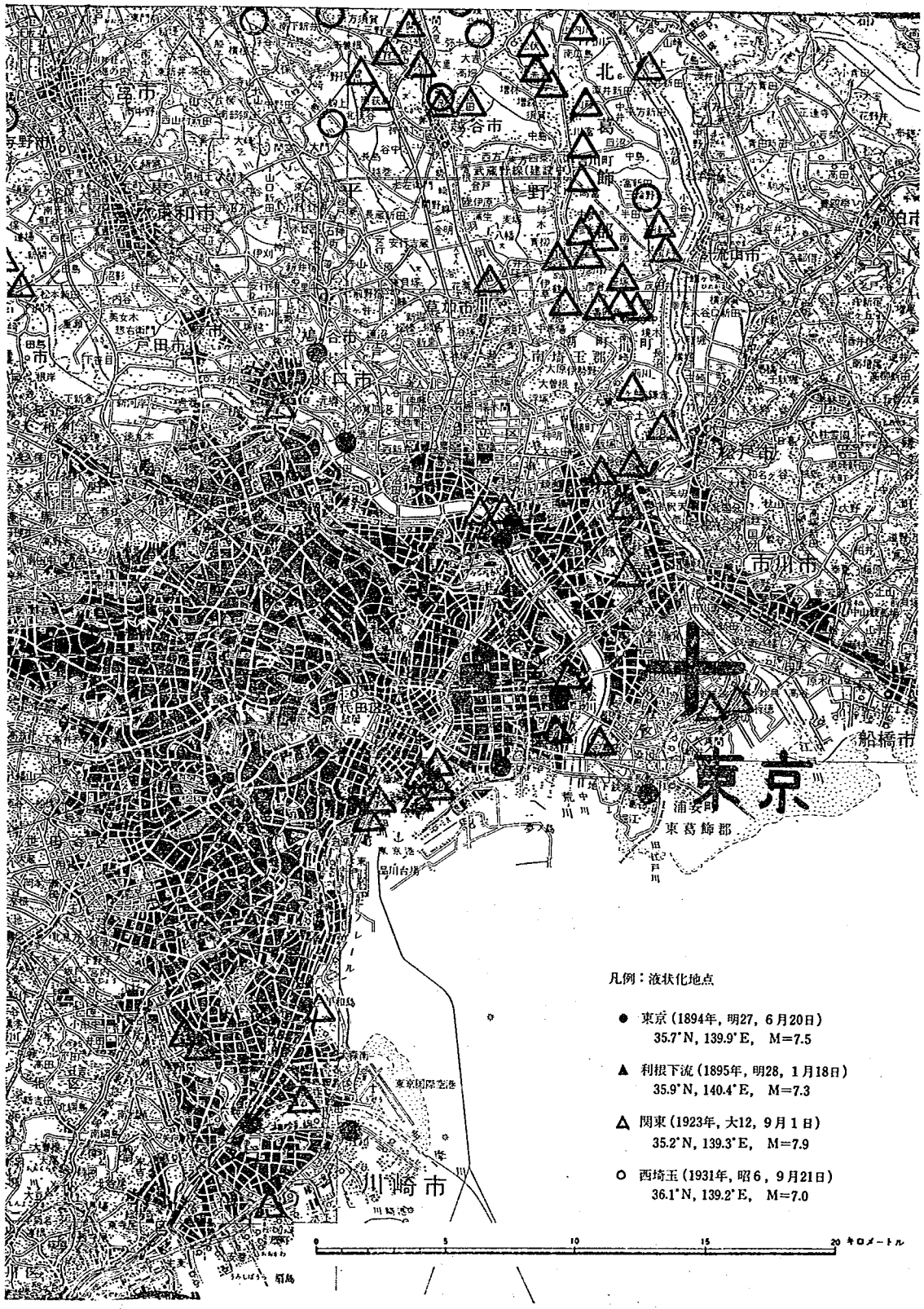


図-3 東京地方液状化地点（主要部）

庄内（しょうない）

1894年（明27）10月22日17時35分
震央39.2°N, 139.5°E, H=？, M=7.3

被害状況
山形県下で，死者726，全壊家屋3,858，焼失2,148

液状化状況　付図-4，図-2，3および新潟地震の項参照。

最上川周辺で噴砂が著しく，酒田市では，噴砂のため市街が海浜のごとくなった所があったという。飯森山の麓では高さ1尺，径2間の砂火山ができた。その他，無数の噴砂丘ができた。

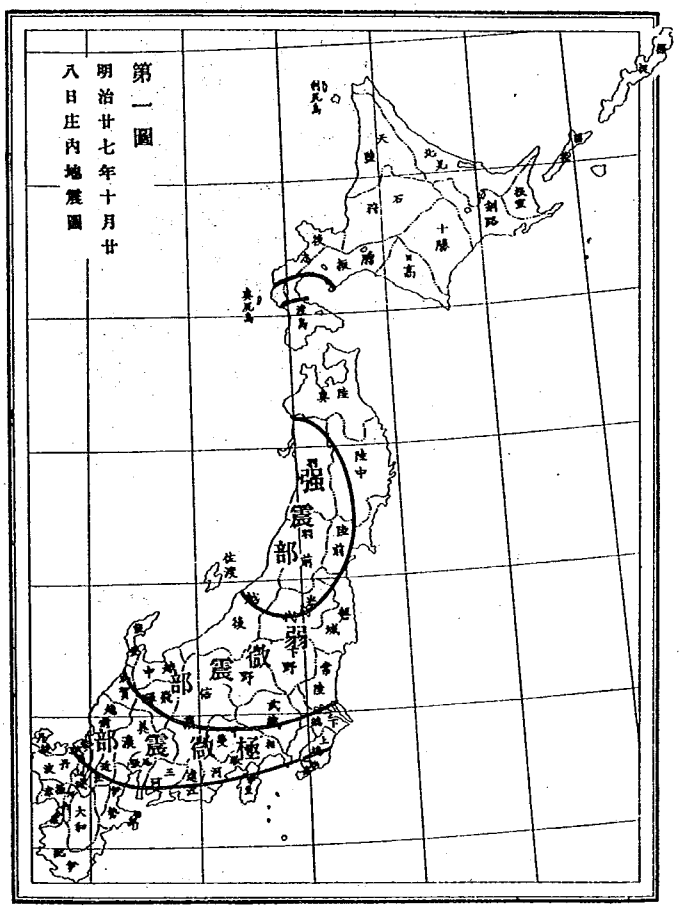


図-1　震度分布，図中の日付は誤植であろう（文献(a)）
有感半径：486km

（液状化地点の説明）〔1〕，〔2〕
山形県

1. 酒田市内船場町数十箇所より噴砂，新町，噴砂丘，高さ2尺，直径2丈，その他上小路等噴砂多し。
2. 飯森山（砂山）の山麓，赤川左岸にて，噴砂著しい。砂火山数十甚しきは直径30尺。
3. 最上川左岸，新堀，跡間，地割多し，砂水，半炭化の寄木噴出，最上川旧河床らしい。
4. 飽海郡東田村大字生石字大平，田面に亀裂，水を噴く。8町歩余被害。

秋田県

5. 上浜村小砂川，道路の亀裂より噴水。
6. 由利郡塩越村……無数なる亀裂より噴水，17箇所水色又は灰緑を帯び細砂を混じりたるもの多し。井水の湧出，2箇所。

図-3は，文献〔3〕の図に，液状化地点を書き入れたものだが，家屋倒壊などの被害の大きい所で，液状化が生じたようである。この場合も，旧河川道，旧河川敷で，液状化が生じた。

写真-1，2，3は飯森山付近の噴砂の状況のスケッチと写真であり，ここは新潟地震（1964）でも，噴砂が生じた所である。液状化地点の噴砂の規模としては，相当大きいと思われる。

参考文献

〔1〕 大森房吉，1895，明治27年10月22日庄内地震概報告，震災予防調査会報告3，79—106.
〔2〕 小藤文次郎，1895，庄内地震に関する地質学上調査報告，震災予防調査会報告8，1—22.
〔3〕 岸上冬彦，1958，1894年の庄内地震の研究，地震研究所彙報36，227—233.

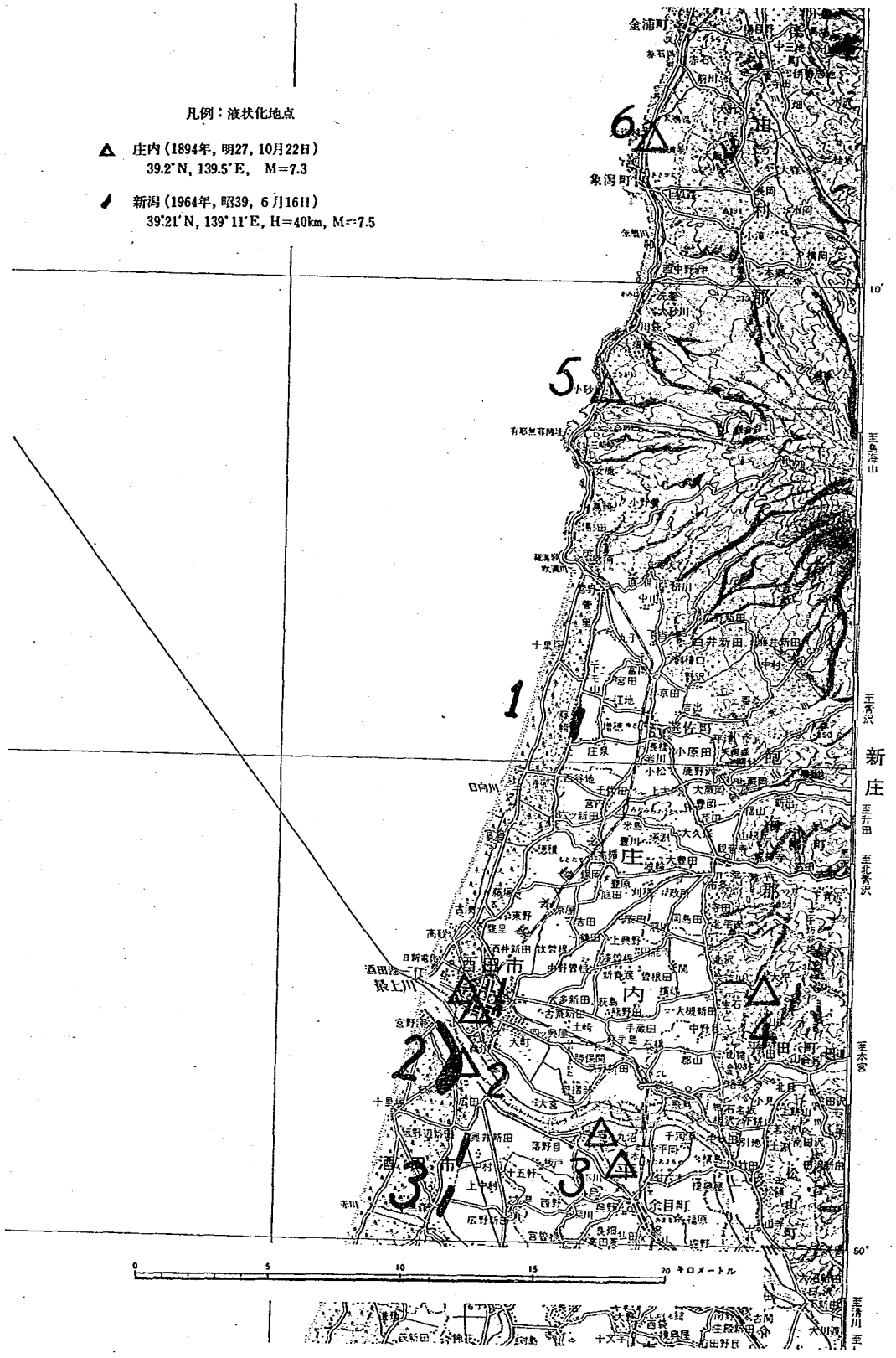


図-2 庄内平野の液状化地点

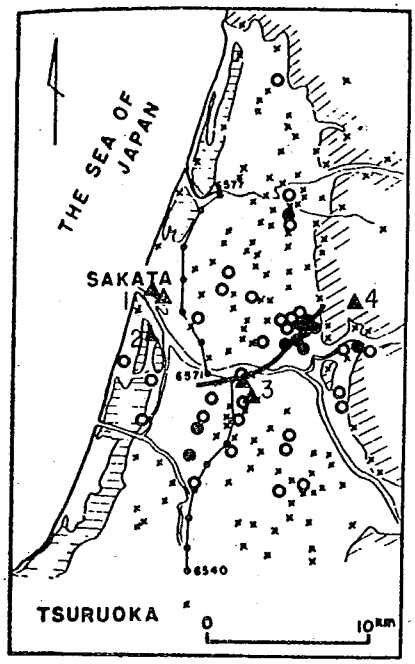


図-3　木造家屋の被害率（●80%以上，○79—40%，×39%以下）
▲液状化地点



写真-1　庄内地震による飯盛山の山麓での噴砂孔〔2〕

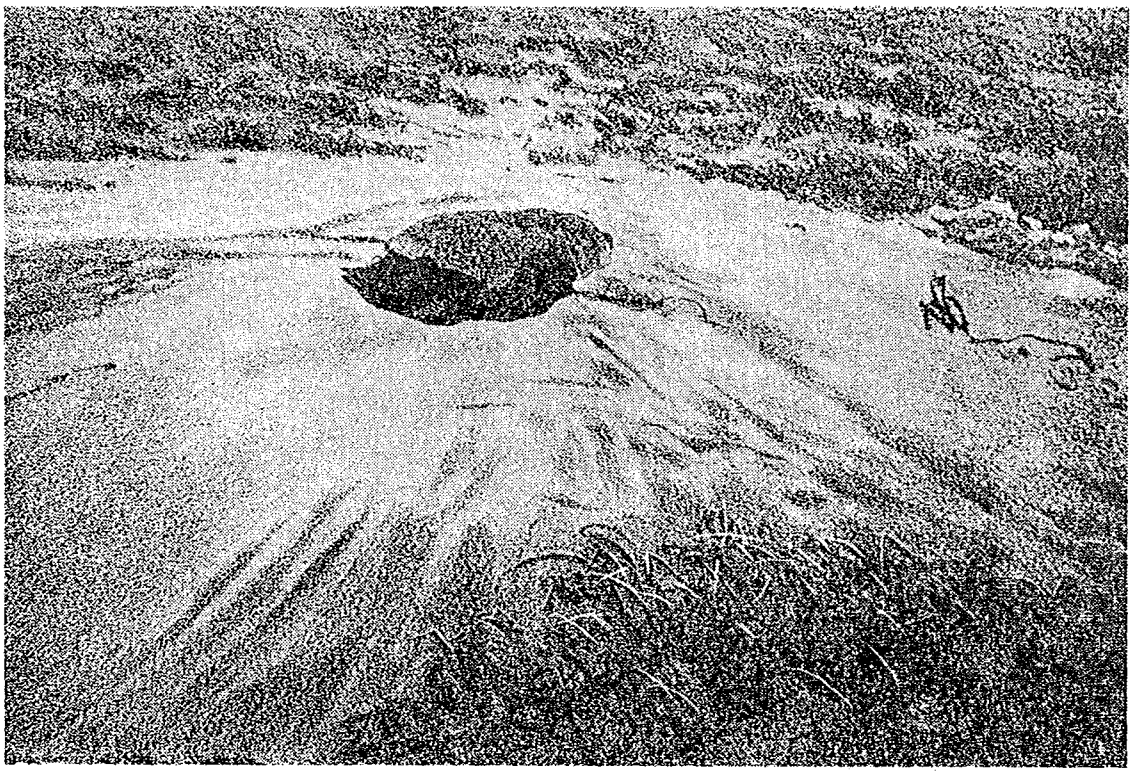


写真-2 酒田対岸飯盛山の麓における砂堆，地下より砂を噴出して小山をなせるもの，高さ1尺径2間〔2〕

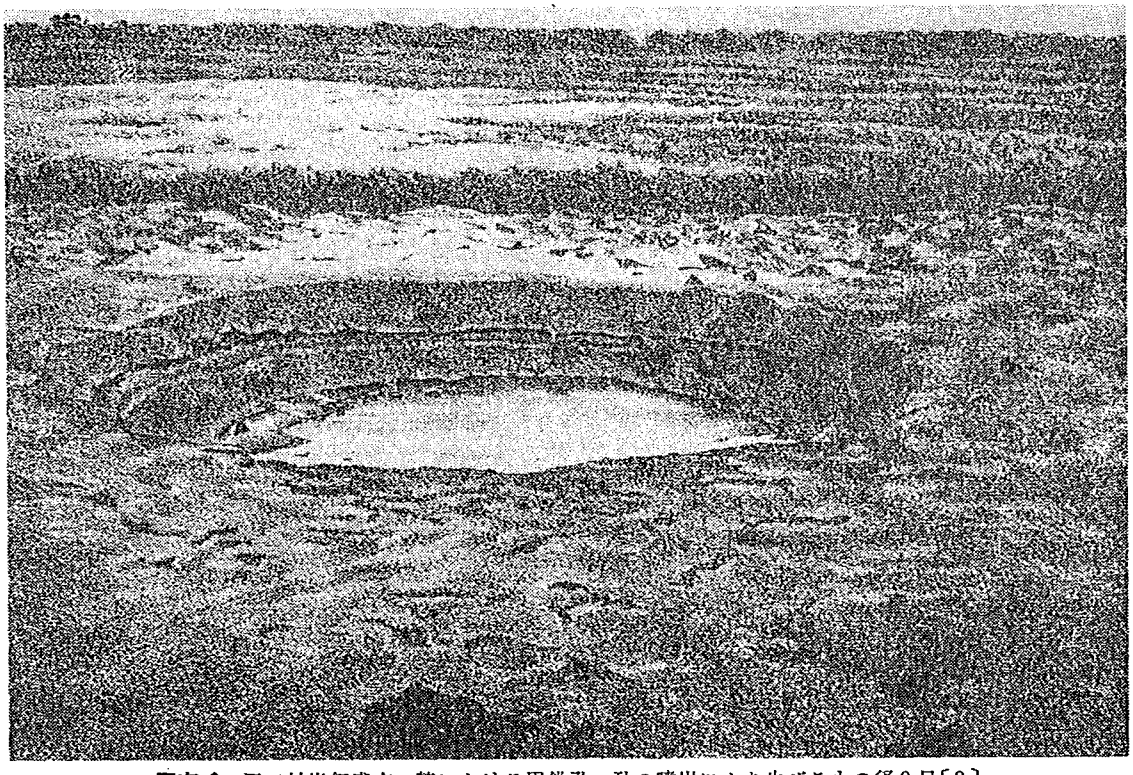


写真-3 酒田対岸飯盛山の麓における円錐孔，砂の噴出により生ぜるもの径8尺〔2〕

利根川下流（とねがわかりゅう）

1895年（明28）1月18日
震央140.4°E，35.9°N(取手あたり)$H=?$，$M=7.3$

被害状況　(文献(b))

死者9，全壊家屋47，半壊67

液状化状況

付図-2参照，相当広範囲で，噴砂，噴水あり。記録が不十分。(図中の番号の説明)

1. 那珂郡湊町，畑地割，泥土噴出4箇所，その他那珂川沿岸で，亀裂より泥土噴出（17箇所）
2. 猿島郡境町　堤防沿いに亀裂が走り，所々に径2尺の穴より，水，砂を吹き出す。
3. 南埼玉郡黒浜村字黒浜　荒川堤の近傍の耕地，亀裂が生じ，土砂を噴出。

その他　河内郡，噴砂28箇所，岡田郡，亀裂4箇所より噴水，埼玉県南埼玉郡，北埼玉郡，北足立郡，北葛飾郡銚子近くの利根川沿岸地で，噴砂あり。しかし，具体的地名不明。

境町は，関東地震，黒浜は，関東地震，西埼玉でも液状化の記録がある。

参考文献

〔1〕 1896，地震其他地異彙報，震災予防調査会報告4，95～113.
〔2〕 中央気象台，1896，“明治28年地震報告”

陸羽（りくう）

1896年（明29）8月31日17時6分
震央39.5°N，140.7°E，H=？，M=7.5

被害状況

死者 209，全壊家屋 5,792

液状化状況 〔1〕，〔2〕

相当広範囲で，液状化の記録がある。また，図-2の20万分の1の地図を見て分るように，1914年の羽後仙地震で，再び噴砂のあった所が2，3ある。いずれの液状化地点も，旧河川道，旧河川敷，もしくは，埋立地と，おぼしき所である。

図-2の液状化地点説明

1. 大曲市南の御物川沿岸での諸村での田畑の亀裂は縦横に走り，水砂を噴出，小貫，高畑の宅地では幅一間の亀裂から水5尺噴出。角間川の旭川沿いの田畑から砂水噴出。
2. 強首村の雄物川沿岸の土地の地割から，白色の水噴出。
3. 仙北部神宮寺雄物川沿岸，地面亀裂し，濁水泥砂噴出し用水路を埋める。
4. 本庄町道路亀裂濁水噴出した所少なからず。
5. 南内越村大字大浦，家屋の敷地の亀裂より噴水。
6. 元河辺郡浜田村
7. 新屋町地割より泥水噴出。
8. 秋田市古川町(元旭川川敷)深さ6尺の井水噴水。
9. 能代町海浜水砂噴出盛ん。
10. 花巻市南部金建町，一日市町（北上川旧河川敷らしい）で地割より砂水を噴出し，一時歴を没す。
11. 由利郡塩越村，地上に汚水噴出したる所あり。

（ここは，庄内地震でも，噴砂，噴水があった。）

参考文献

〔1〕 巨智部忠承，1896，秋田県震災概査報告，震災予防調査会報告11，75—83.
〔2〕 ……，1896，陸羽地震彙報，震災予防調査会報告11，109—139.
〔3〕 中央気象台，1897，“明治29年地震報告”

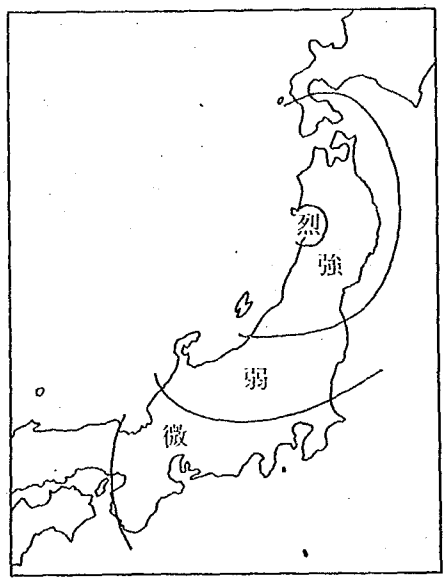


図-1 震度分布（文献(a)）

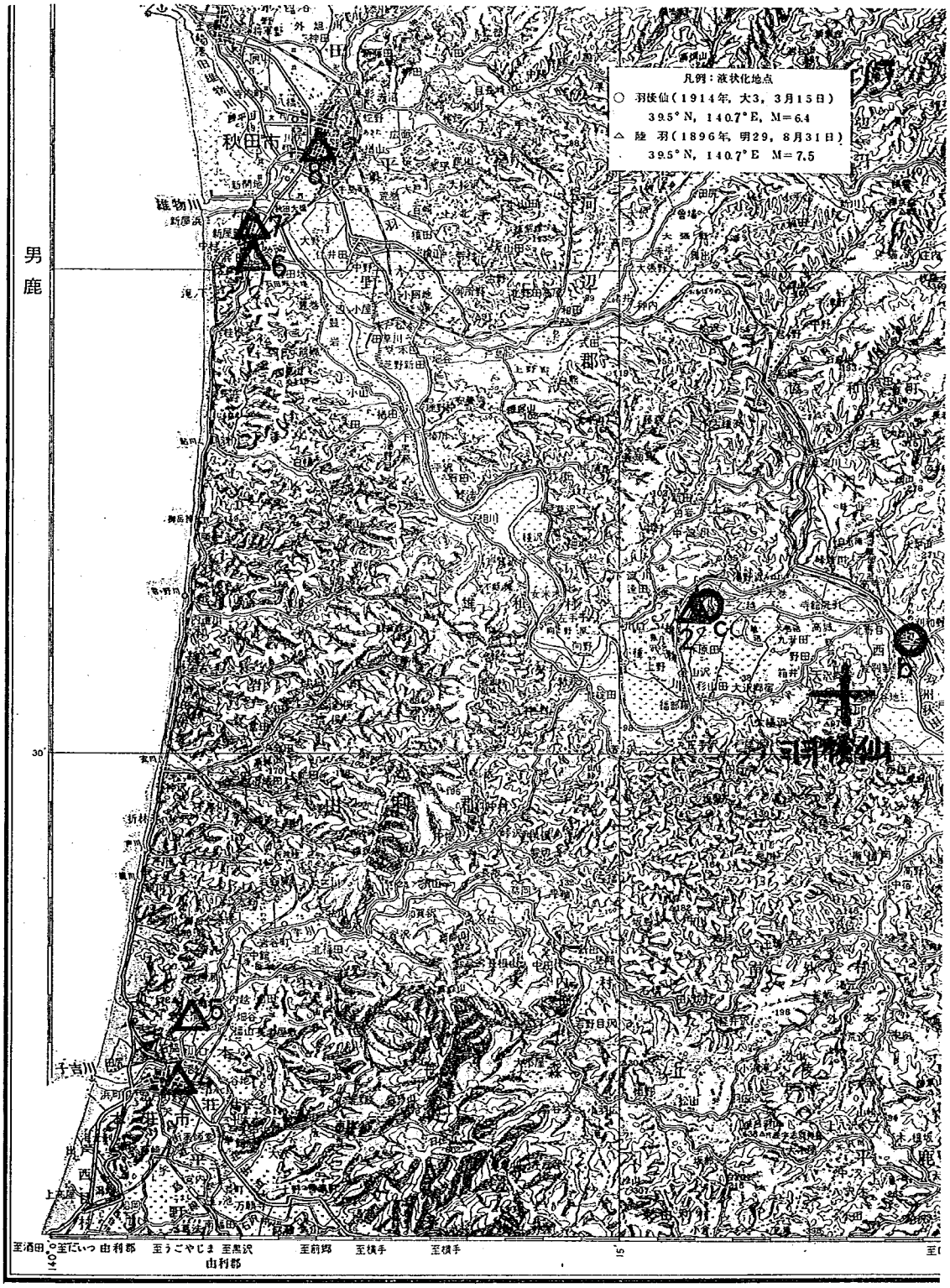


図-2(a)　雄　物　川　周　辺　液　状　化　地　点



図-2(b)　雄物川周辺液状化地点

上高井（かみたかい）

1897年（明30年）
a）1月17日5時36分，36.6°N，138.2°E，M=6.3
b）4月30日16時2分　M=6.3
（群発地震）

被害状況　（文献(b)）
家屋，土蔵の破損等，小被害のみ。

液状化状況〔1〕
図-1および，図-2参照。
震度の大きい，千曲川の両側の，旧河川敷での地裂，井戸からの噴水，噴砂が著しかった。1941年の長野地震で，噴水，噴砂のあった所とほぼ重なっている。
（液状化地点説明）
長野市東方の千曲川両岸の諸村（A地割より噴砂，B井戸より噴砂，井戸閉塞）

1. 朝陽村屋島……A，B（里道河に変したる位，直径3，4寸の孔より噴水がおびただしかった。）
2. 上高井郡川田A（赤色の泥砂）
3. 井上村字福島B
4. 同中島区B
5. 日野村字塩川，村山A
6. 長沼村，赤色の砂A。（昔は，河川敷だったらしく，深く掘ると葦等が出る。）
7. 綿内村，赤色の砂A。（千曲川の旧河川敷であったらしい。）
8. 上高井郡豊川A（千曲川の旧河川敷らしい。）

参考文献
〔1〕西沢順作，1898，長野測候所報，震災予防調査会報告21，71—95.

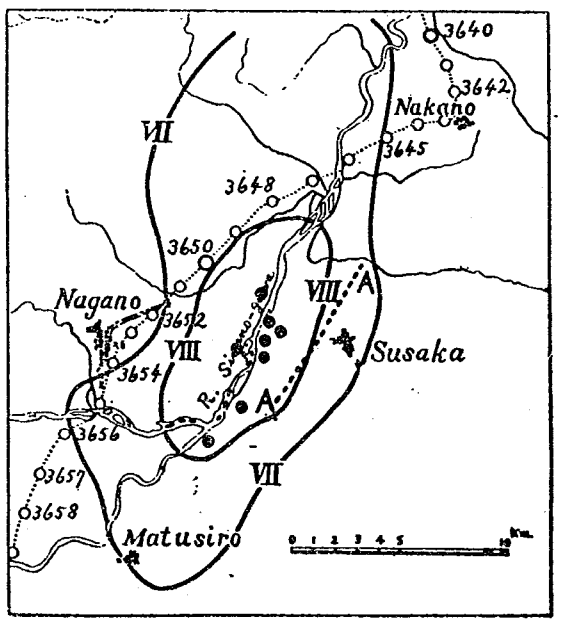


図-1 a）の震度分布および水準路線：ローマ数字はロッシ－フォレル震度階を示す。（文献(a)に加筆）
● 液状化地点

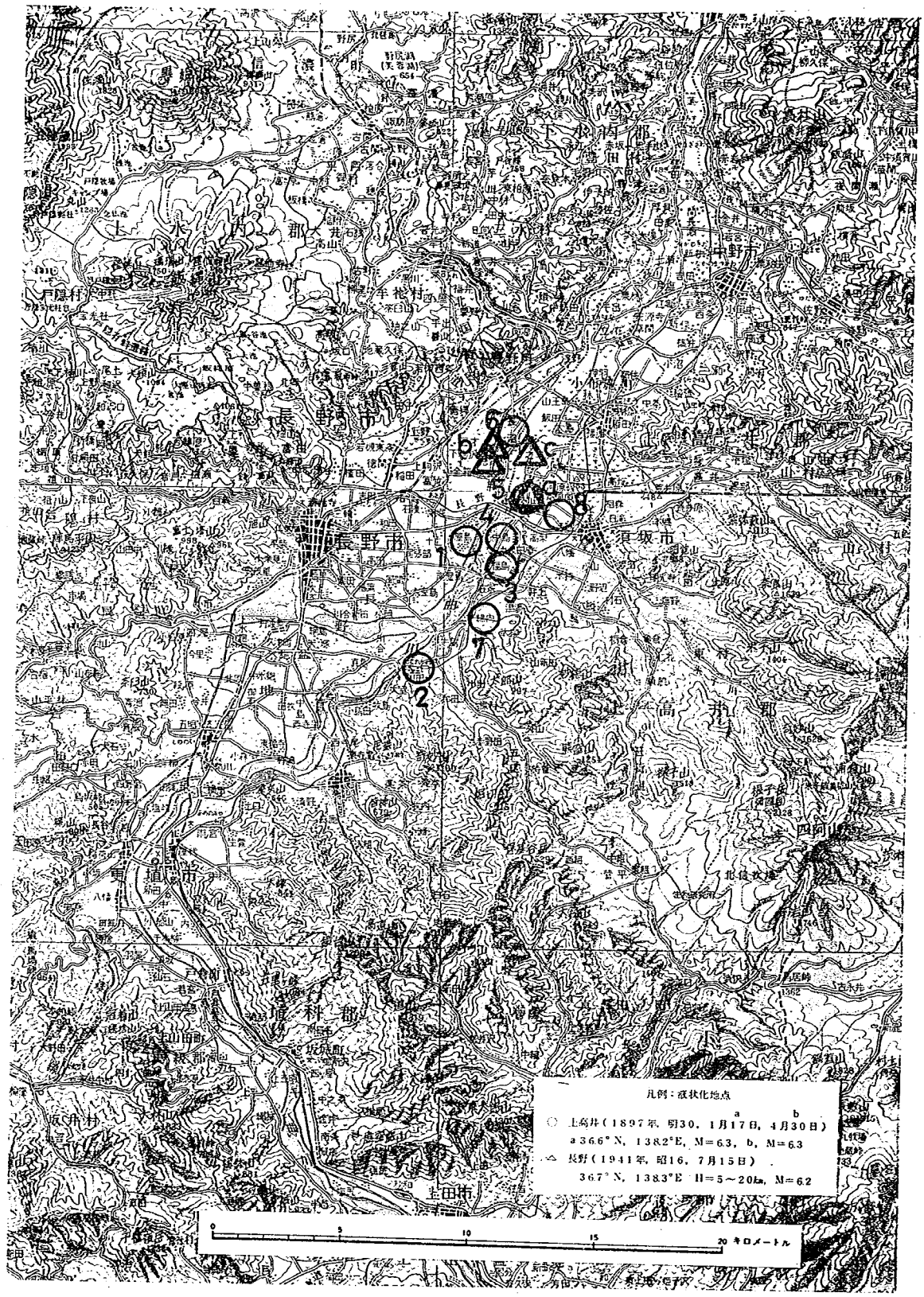


図-2 長野盆地液状化地点

新潟県南魚沼郡（にいがたけんみなみうおぬまぐん）

1898年（明31）5月26日
震央138.9°E，36.9°N，M=6.7

被害状況，液状化状況　（文献(b)）
家屋小被害，田畑内に亀裂，青砂を噴出す。

福岡（ふくおか）

1898年（明31）
a）8月10日21時57分　33.5°N，130.2°E，H=？，M=6.5
b）　22時20分　33.5°N，130.2°E，〃　M=6.5
c）8月12日8時36分　33.7°N，130.3°E，〃　M=6.6
d）　13時3分　34.0°N，130.0°E，〃　M=6.5

被害状況
糸島郡で傷3，家屋破損73，土蔵破損13，神社破損8

液状化状況〔1〕
図-1参照。糸島半島は，浜田地震（1873年）で，噴砂噴水のあった出雲地方と似て，きわめて軟弱な深い地層からなる平地部が，半島のつけねに存在する。図-1を見て分るように，この平地部は，地震動が大きく，かつ液状化地点も，ほぼこの範囲に限られている。
（液状化地点説明）図参照。

a．可也村大字小金丸……おびただしい数の地裂線より砂を噴き，水湧出す。また，直径3寸位の穴数多く30分間清水噴出。
　同村字万福寺……井戸から白砂噴上，閉塞。

b．同村大字師吉……田面より径2，3寸の穴3箇所多量の噴水，硫酸および石炭のように臭気，黄色20分間。

c．元岡村池内……溝渠，田面より，噴水したる箇所多し。

d．同村大字今出……宅地の引割より噴水，青白色の泥噴出。

e．同村田尻字上河原……地下より清水盛んに湧出し一時は，大雨の後のようになった。

f．加布里村……塩田より高さ3寸～4寸位塩水噴騰。

その他　噴砂，噴水地点多し。

参考文献

〔1〕伊木常誠，1899，福岡地震調査報告，震災予防調査会報告29，5—10.

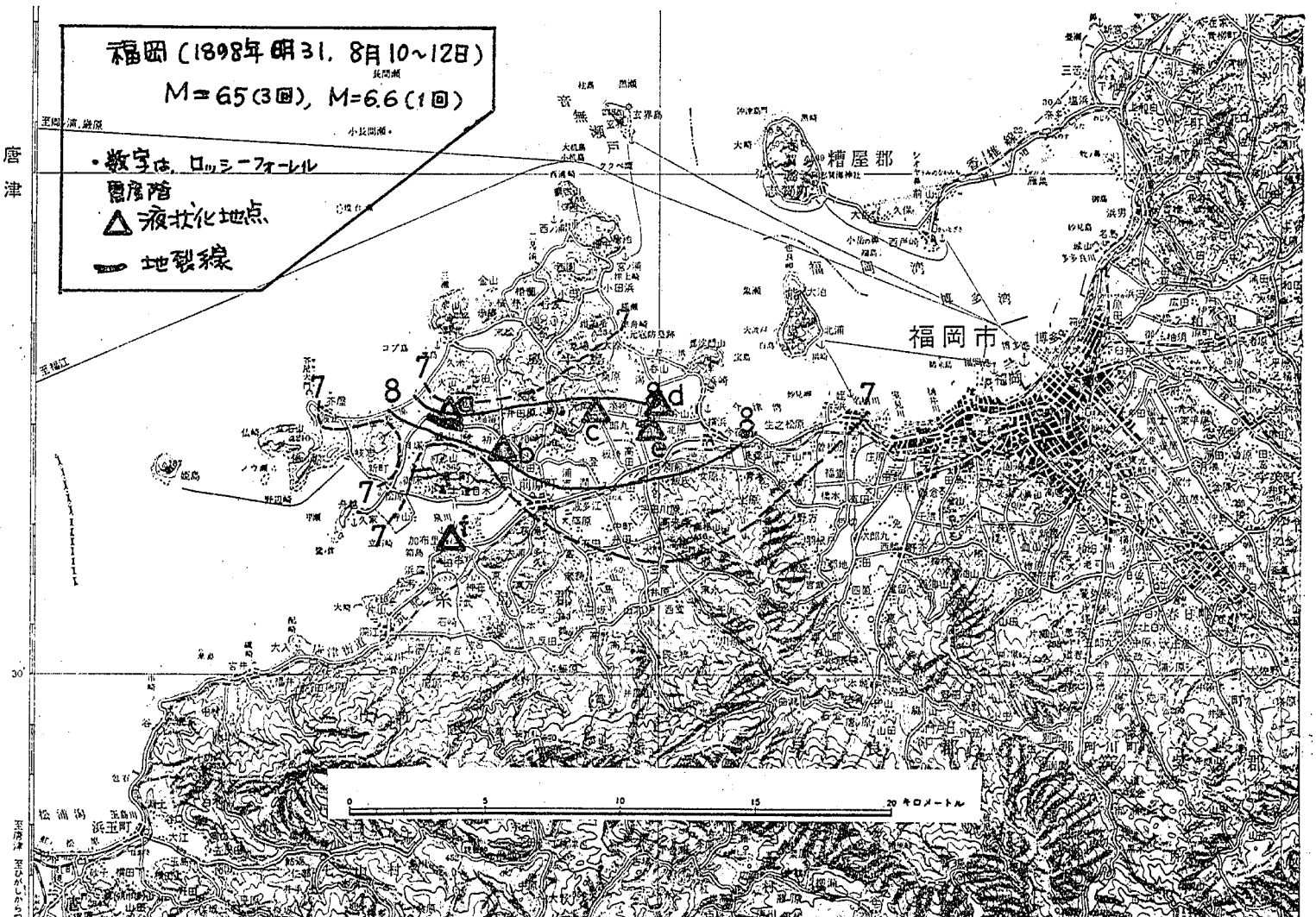


図-1 糸 島 平 野 液 状 化 地 点

江　濃（姉川）

1909年（明42）8月14日，15時30分
震央35.4°N，136.3°E，H=？，M=6.9（直下型）

被害状況　（文献(b)）

滋賀県虎姫付近の被害が最大，付近の寺院の鐘楼・本堂など倒れずして20cm～1m程移動せしものあり。死者41，負傷者 774，全壊家屋 976。

液状化状況〔3〕

付図-3，図-2および濃尾地震の図-3参照。

琵琶湖畔，姉川河口で，泥水が噴出。写真-1は，その模様を示した写真である。「下流湖岸に臨める泥州の中東西200間，南北2町余りは，大震の震動中，湖水面下に陥没し，尚，川上の方に接する浜に於ては，5，6寸より，1尺位の亀裂，おびただしく生じ，此数十個の穴より，5，6尺の高さの泥水を，はげしく噴出し，6，7分間を経て，突然噴水を止めたり。その際，濛気甚しく，異臭あり。陥没した土地は，総面積2万坪位で，深さは，陸地の所にて，4，5尺より，5，6尺に及び，従前より湖水の一部であった所は，尚一層深くなった。噴水口は，最大のものは，径9尺，深さ数寸～一尺。」

その他，姉川周辺では，噴砂，噴水の記述はない。おそらく震災当時は災天続きで33日間雨がなかったということだから，地下水位が低く震央近くであって，加速度が大きくとも，液状化しにくい条件にあったのであろう。

濃尾平野北部の，揖斐川，長良川，木曽川に囲まれた相当広範囲の地域で，噴水，噴砂があった。この地域は濃尾地震で，液状化のあった所で，この地震で再び，噴水，噴砂のあった所がかなりある。

文献〔3〕から，若干，抜き書きしてみると，……

「安八郡の北部（大垣市の北，揖斐川の右岸にあたる。）にては，至る所，泥砂を噴出し，其個所の総数3,100余箇所に達せしが，概ね，2，3時間を経て止み，井水は，ことごとく汚濁せり，羽島郡，川島，上羽栗，笠松，柳津，足近，竹の鼻，正木，駒塚等（岐阜市の南木曽川と長良川にかこまれた地域）の各町村にては，田面の噴砂，井水の濁濁少なからず，噴水総計 1,328箇所に及び，旱田が水田となった所もある。稲葉郡（岐阜市周辺）にては，宅地，田畑，道路の各所に割裂を生じ，砂泥汚水を噴出して，井水濁濁して全く使用に堪えざるものあり。鏡島村，もっとも甚しい。全郡を通じて，噴水 2,200箇所。」

参考文献

〔1〕 今村明恒，1910，明治42年姉川地震調査報告，震災予防調査会報告70乙，1—64
〔2〕 小藤文次郎，1910，地質学上の見地に依る江濃地震，震災予防調査会報告70甲1—15
〔3〕 岐阜測候所，1910，江濃地震報告

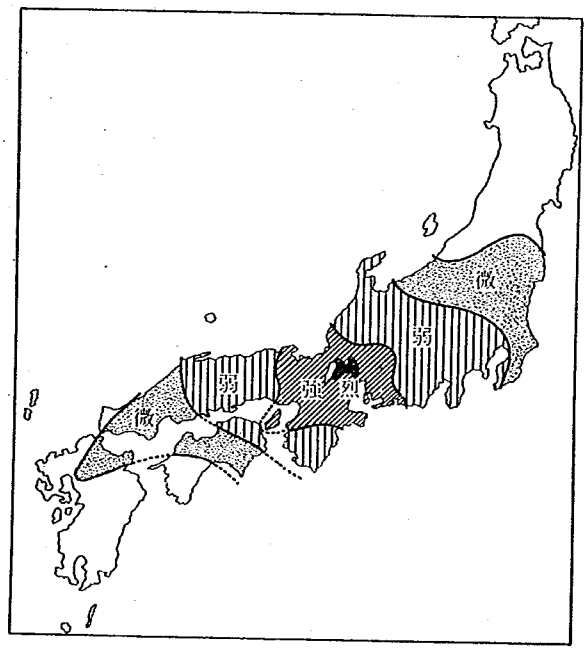


図-1 震度分布（文献(a)）

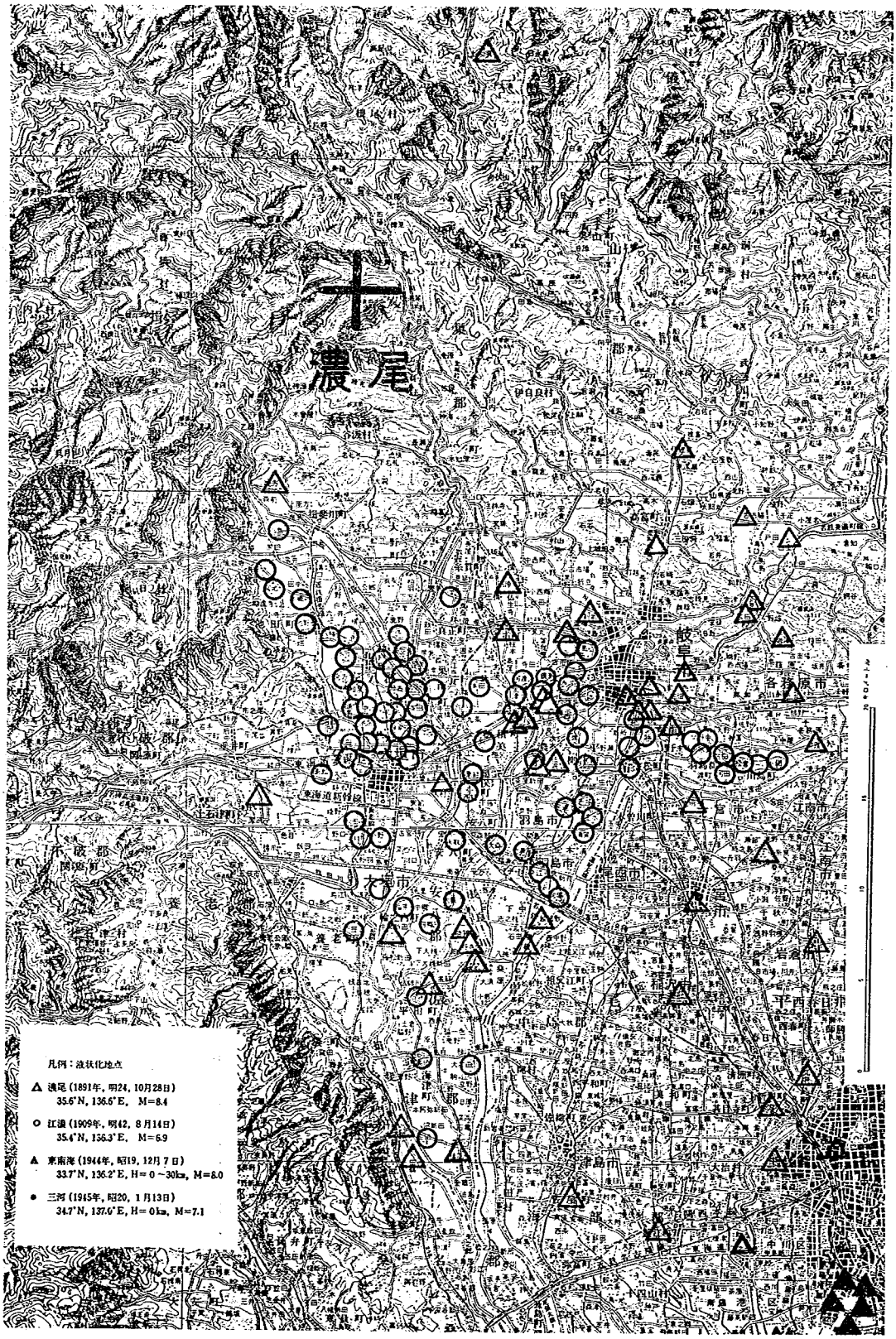


図-2 江濃地方液状化地点

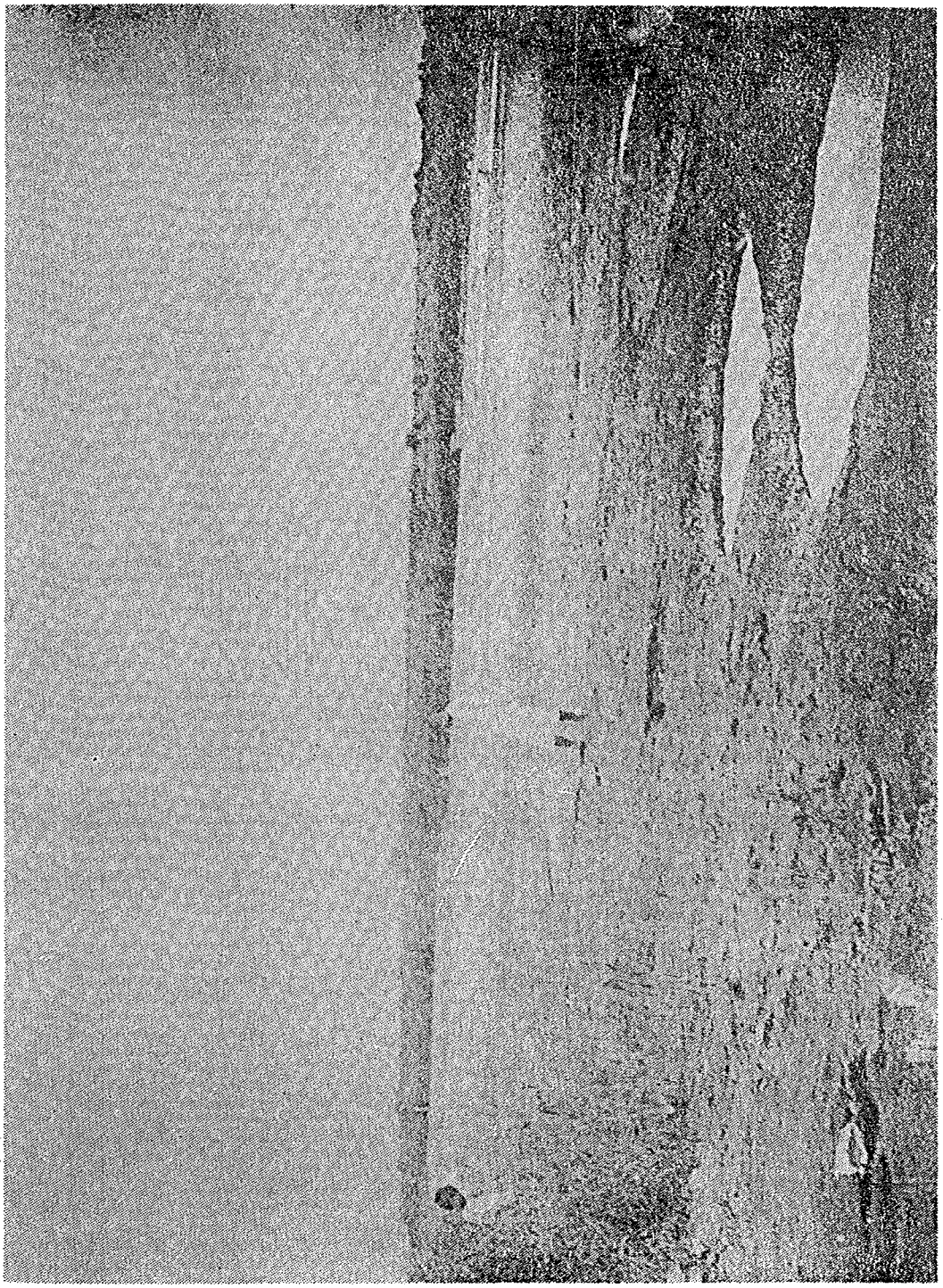


写真-1 旭川南浜における噴水孔[1]

羽後仙(仙北)

1914年（大3）3月15日 4時59分
震央39.5°N，140.4°E，H=？，M=6.4(局地地震)

被害状況

死者94，全壊家屋 640。

液状化状況 〔1〕，〔2〕，〔3〕

陸羽地震の図-2に示してあるように，噴砂のあった地点は震央近くの雄物川両岸の，旧河川道，旧河川敷とおぼしき地点でありまた，図-2に示してあるように，被害が大きい地域の中に入っている。また，陸羽地震(1896年)で，噴砂のあった地点と同一の地点と思われる所に噴砂があったことは興味深い。写真-1，2，3は，噴砂の状況を示している写真である。

（液状化地点説明）

雄物川沿岸に川に平行した無数の地割が発生した。

a．北楢岡村，雄物川右岸沿いに一里半に及ぶ地割，泥土，噴出。乾田中にも地割なく噴砂あり。

b．刈和野町付近乾田中噴砂。

c．強首村御物川右岸，地割より噴砂。

d．大川西根村，乾田噴砂。

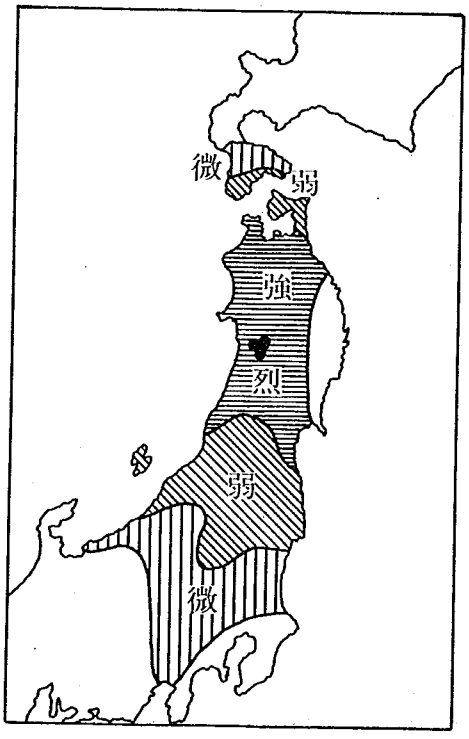


図-1 震度分布（文献(a)）

参考文献

〔1〕 今村明恒，1915，大正3年秋田県仙北郡大地震調査報文，震災予防調査会報告82，1—32。

〔2〕 碧海康温，1915，大正3年秋田県仙北郡ニ発シタル地震ニ就キテ，震災予防調査会報告82，31—36。

〔3〕 太橋良一，1915，大正3年秋田地震ニ就キテ，震災予防調査会報告82，37—42。

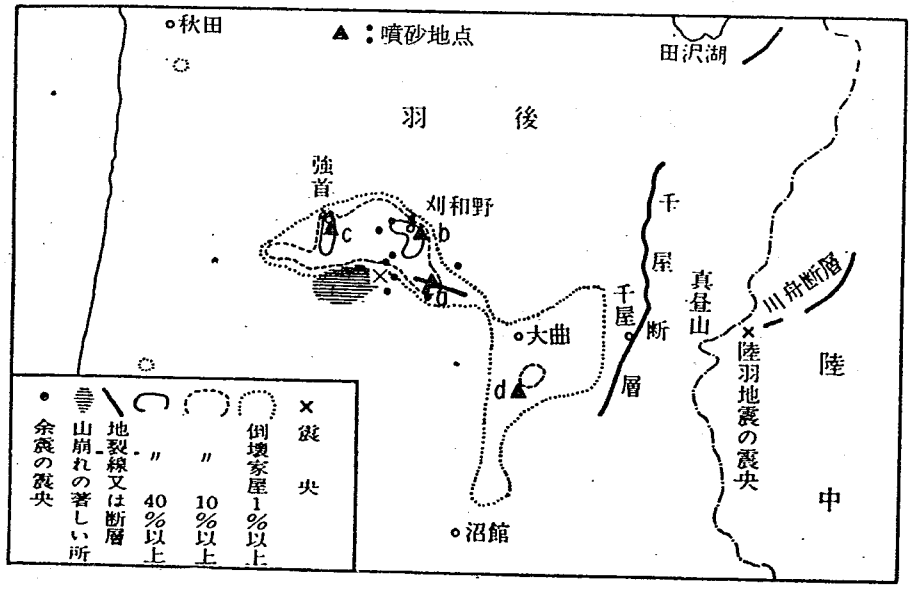


図-2 被害分布と，液状化地点（文献(a)に加筆）

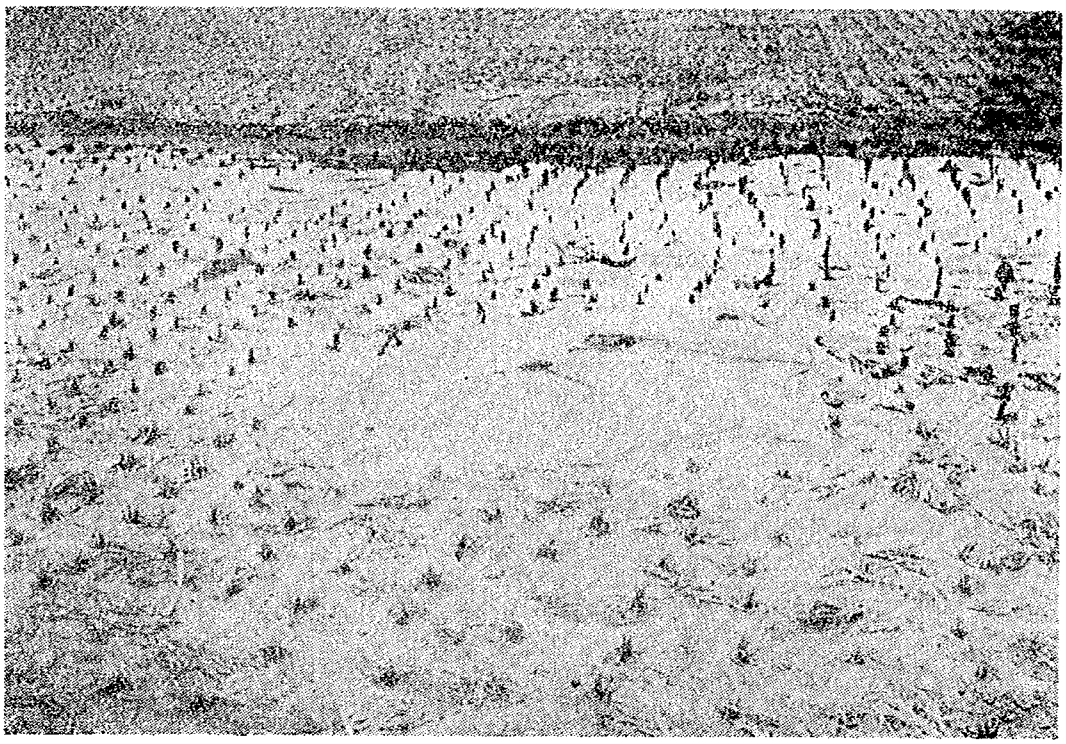


写真-1　北橋岡付近の水田に生ぜし噴砂口（地割に無関係に散在せり）〔3〕

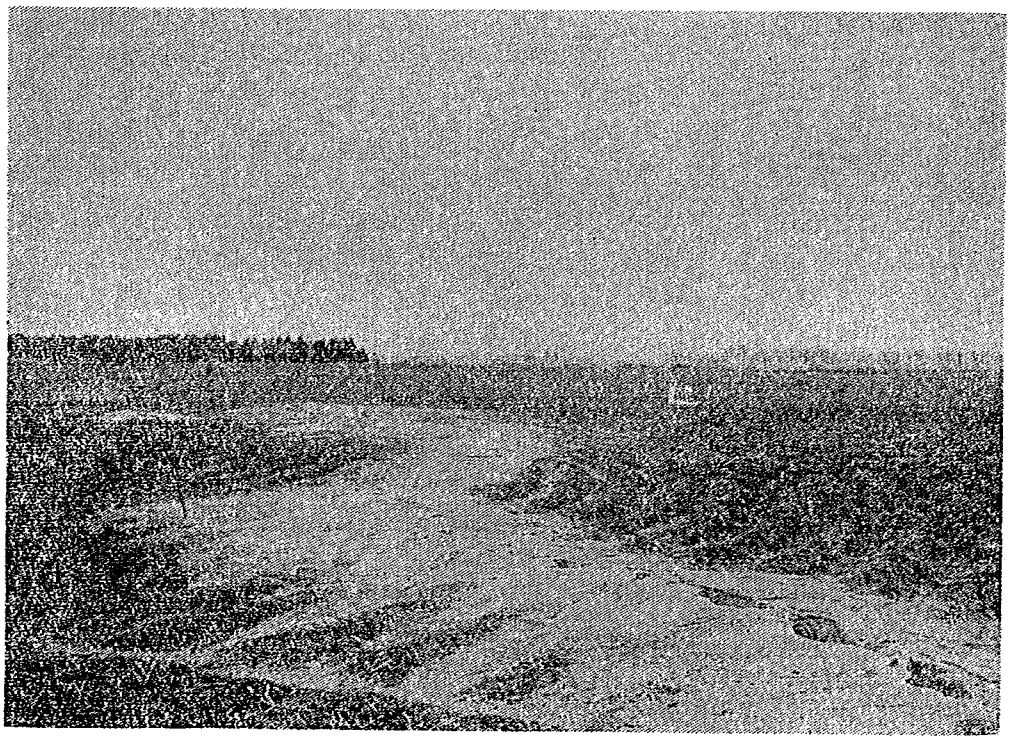


写真-2　南橋岡における長き地裂線および噴出したる泥土〔2〕

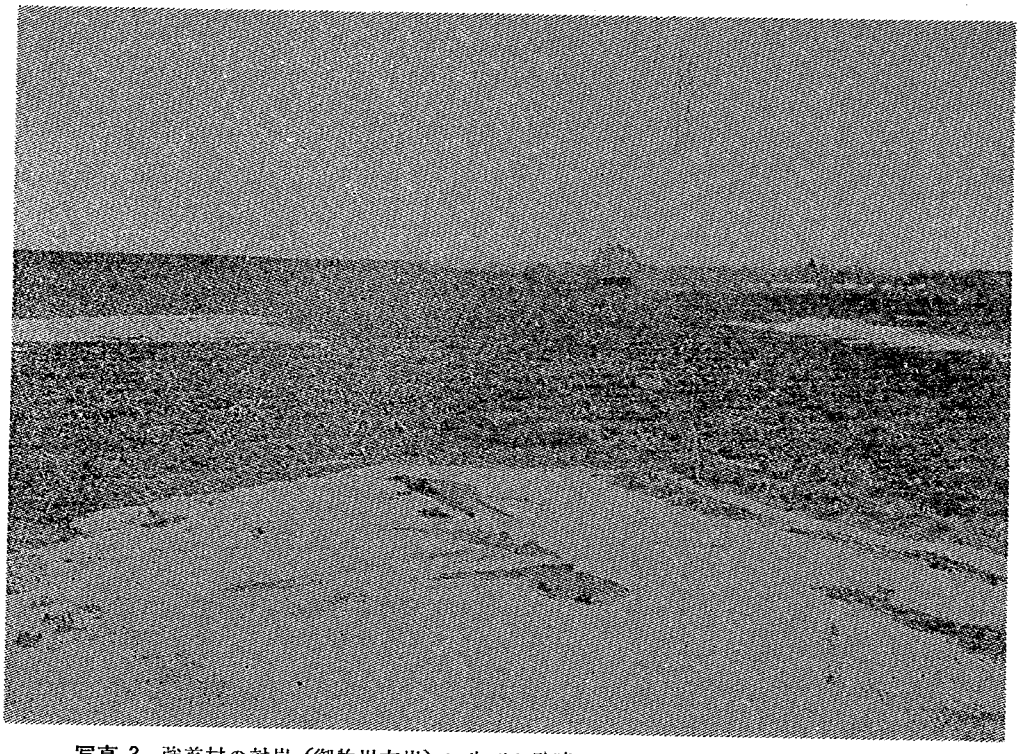


写真-3 強首村の対岸（御物川右岸）に生ぜし砂噴口の一例（地割上に生ぜしもの）〔3〕

島原（千々石湾）

1922年（大11）12月8日
a）1時50分 32.7°N，130.1°E，H=？，M=6.5
b）11時02分 32.8°N，130.1°E，H=？，M=5.9

被害状況 （文献(b)）
死者30，全壊家屋 194。

液状化状況
図-2に液状化地点を示してある。
1. 小浜村絹笠山牧場 地割より噴砂。
2. 加津佐村土手及び堂崎海岸 噴砂丘群。
3. 北有馬村橋口 地割より噴砂。
4. 西有馬村 井戸より噴砂。

参考文献
〔1〕 佐藤伝蔵，1924，地震学上より観たる島原半島の地震地学雑誌36，1—22。

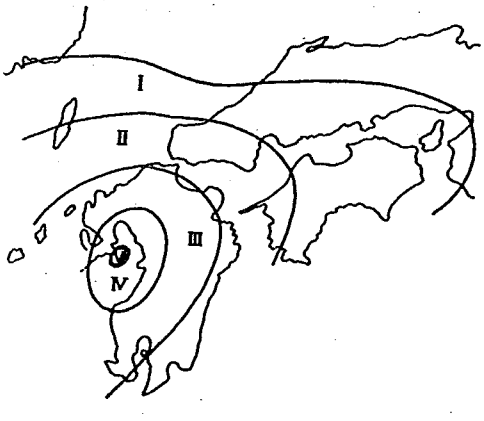


図-1 震 度 分 布

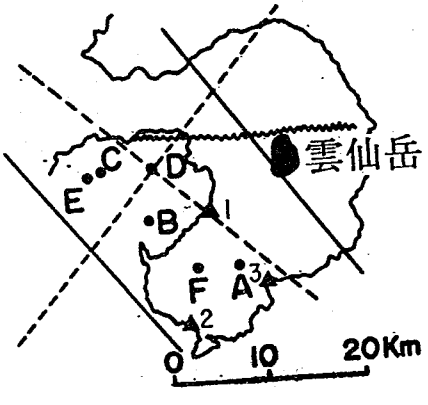


図-2 a）の地震の震央：A(大森)，B（長崎測候所)，C（今村)，D（中村)，E（気象庁)，F(坂本)による。〔3〕（文献(a)に加筆）

関東（かんとう）

1923年（大12）9月1日11時58分
震央35.2°N，139.3°E，H=10km，M=7.9

被害状況

死者99,331（焼死者を含む），行方不明43,476，全壊家屋128,266，半壊126,233，焼失447,128，流失868。

液状化状況

関東平野の相当広範囲の地域で，液状化が生じた。特に旧利根川の，旧河川道，旧河川敷である，江戸川，古利根，元荒川の流域，および，東京下町の埋立地，沖積地，震源に近い，千葉県南西部で，噴砂，噴水が著しかった（付図-2，および図-2，図-3参照）。

また，旧利根川河道では，東京地震（1894年），利根川下流地震(1895年)，西埼玉地震（1931年）でも，噴砂，噴水のあった地点が相当あるようである。利根川は約350年より前までは，大古の昔から東京湾にそそぎこんでいた。約350年前，人工的につけかえられて，現在の河道となった。そのため旧河道は，大古の昔から乱流した跡であり，幅も広く，また，軟弱層も相当深い。

諸文献から，液状化の状況を抜粋してみよう。a，b，c，b，……の符号は付図-2，あるいは図-3参照。

a．日本鋼管株式会社川崎工場内に噴出せる砂〔5〕

海辺の湿地に7，8尺の土砂を埋立して建設せられたる敷地で，随処に亀裂を生じ，建築物の被害又，甚大。噴出せる砂は数十箇所に達する。其中事務所東方の噴出孔で測定したもの噴砂孔は最大270cm×100cmの楕円で深さ25cm。噴出孔の閉塞せるものには最大で，長径225cm短径160cm，高さ40cm。噴出せる砂は，何れも多少青味を帯びた灰色。砂粒は極めて細小。

b．茅ヶ崎駅西方の旧橋柱の抜け出し。〔2〕

写真-1，2を参照。茅ヶ崎駅の西方約1km許の所で東海道の街道の通ずる下町屋橋南方約50m許の所で，小出川の西岸の田畝の中で，9月1日の大震と共に，7本の木柱（直径約0.67m～0.58m）が垂直に地中より現われ，それが又，翌年1月15日の強震で更に高く押し上げられ，今は，其の高さ，地表上1.05m～0.8m。これは，1200年頃の当時の相模川本流に架せられた橋脚らしい。各柱の上端には，地下礫層の礫を載せたまま，浮き上った。

c．国道第一号線馬入川，馬入橋（工事中）〔3〕

写真-3，写真-4，図-4参照。神奈川県中郡須馬村地先。全長342間，有効幅員24尺。径間36尺の鉄筋コンクリートT桁57連。ケーソン42本据付け，沈下工事は終っていたが写真-3に示してあるように，何れも甚しき傾斜，浮上り移動した。（元は，一直線にならんでいた。）また，右岸アバットは杭打基礎上に築かれたものであるが著しく川方へ傾く。（図-4）。3柱よりなる橋脚は図-4のように，水平連結桁の端において挫折した。

d．東北線荒川橋〔7〕

厚い粘土層の上にある純度の高い（粘土，シルトの含量が少ない）砂層の上にある基礎が最大で1.6m沈下した。図-5は片側クイ，片側クイなしの橋脚の沈下を示したものであり，支持砂層が液状化しなければ，このようなことは生じないと言えよう。

e．房総半島南部，北条町(現在の館山市市内)〔6〕

北条高等尋常小学校校庭は，地震の数年前に水田を2尺の高さに埋立てた所であり，校舎は全部倒壊した。校庭に全延町40m程の2条の地割があらわれ，そこから，およそ十尺程度の高さに泥水を吹上げた。アレヨ，アレヨと見て居る中に噴出は急に止んだが，4，5秒すると又噴出した。そうして，其後此順序を繰返すこと5，6回勢力は次第に衰えて終に噴出を止めて仕舞った。あとで其処を検査してみると，前に述べた通り，2条の地割の痕跡を残し，処々，砂の小円錐を残していた。

（地質調査所の報告には，各所の噴砂，噴水の状況が詳しく書かれているが，以下，いくつかを抜粋する。）

f．南埼玉郡，越ヶ谷町〔4〕

沖積砂地の花田耕地に東西の地裂数多くあり。水及び砂を噴出して，砂は堆積すること厚さ約5寸に及び，用水堀を埋めた所がある。手堀井は深さ10尺であって，井底より砂を噴出せしものあり。

g．南埼玉郡，粕壁町〔4〕

古利根川に近き部落の宅地，畑に地裂著しく，多量の水および砂を噴出し，稀に腐木交り黒色粘土または浮石が交っていたことがあった。川久保，川久保新田での地裂における噴水の高さ1尺で，宅地付近一面に深さ5寸の洪水となり，住家の床下，或いは敷居まで浸水し，砂は地表一面に堆積して，厚さ4寸におよび，また，用水堀を埋めた処もあった。

h．北葛飾郡，杉戸町，杉戸小学校〔4〕

古利根川北岸の砂地にある。図-6は小学校の平面図であり，地裂Aは，全長3町に及び，南側の落下せること2尺。大震の際，是等の地裂，或いは陥没地帯より，多量の水，砂及び浮石を噴出し，その噴水の高さ6寸にして，校庭一面は深さ4寸～5寸の泡立ちたる洪水となり砂の堆積した厚さは1寸～2寸に及び，浮石の大きさは鶏卵の大きさより小さかった。

i．千葉県安房郡北条町〔4〕

鏡浦湾に臨む海岸に，南北一里十町に亘る陥落地帯が生じ，地裂からは，砂水を噴出した。〔図-7参照〕噴水の高さは南部に於いて低く，北部に至るに従って漸次高

くなった。湊海岸の宅地にては，4尺に及んだ。井水は一般に濁り減水した。例えば，深さ十尺の井戸で，砂をほとんど地表まで噴出して，井内を埋めた。

j．南葛飾郡，南綾瀬村（現，東京都葛飾区）〔4〕

小菅刑務所〔図-8参照〕は，荒川の右岸にあり，事務所西の広場に於いて，北々東の方向に長さ30m，幅1m深さ1m以上の地裂三条以上生じ，砂及び水を噴出し，水の深さ0.3mに達したと言う。その他病舎付近には，東西，各監房の中間広場，東部工場付近には地裂を生じ砂及び水を噴出せり。

k．千葉県市原郡千種村〔4〕

今津延明寺庭前では，図-9のような地裂が生じ，噴出した砂は，径0.5mm内外，淡緑色で小礫が交っていた。砂は地裂に沿って堆積し，高さ15cm内外の低い円錐丘を成し，直径1m30cm地裂に沿って各丘連続し，以て瓢状となる。

1．千葉市付近〔4〕

千葉市街の中で，洪積台地に囲まれた沖積平地で，各所で，噴砂，噴水があった。〔図-10参照〕

〔1〕 登戸付近

図-11のように，洪積台地に丁字形に入りこんだ沖積地で地裂が数多く発生し，砂水を噴出した。中でも，図-12に示した千葉市立尋常高等小学校校舎付近に最も地裂が多く，校舎は倒壊した。南部では，地裂はなかったが，水と共に砂の噴出した処が非常に広かった。

〔2〕 千葉駅（現在，東千葉駅）および綿打池付近

図-13に示してあるように地裂が多数発生し，処々砂水を噴出した。この噴出は約2，30分継続した。同地域は，著しく湿潤な所である。

〔3〕 出州及寒川埋立地

楕円型の地裂を生じ，その地裂より処々で水と共に，砂を噴出し，噴出口の大なるものは，長さ30cm，幅20cm，深さ60cm以上あり。また外海に向って，馬蹄形の4つの地裂が生じ，水と共に砂を噴出した。(図-14)

〔4〕 都川沿岸

知事官舎付近は，都川に沿った埋立地であり，延長73m，幅9mの地裂が生じ，湧水と共に処々砂を噴出した。

尚，千葉市全体の被害は，家屋全壊3，半壊9，小破6，土蔵又は物置全壊6，半壊1，小破35，学校全壊1，死者2，傷者7で少なかった。

全体を通じて言えることは，液状化地点は大小河川沿いの旧河川道，旧河川敷，埋立地に限られていることである。また，約6000年前の海岸である市川，船橋には，砂層は発達しているが，液状化はなかったようである。

参考文献

〔1〕震災予防調査会，1925，関東大地震調査報文地震篇，震災予防調査会報告　100甲，1—353。

〔2〕震災予防調査会，1925，関東大地震調査報文地変及津波篇，震災予防調査会報告　100乙，1—126。

〔3〕土木学会，1926，大正12年関東大地震，震害調査報告，第一巻～第三巻。

〔4〕地質調査所，1925，関東地震調査報告，第一，第二，地質調査所特別報告第一号。

〔5〕納富，1923，日本鋼管株式会社川崎工場内に噴出せる砂，地学雑誌35．P.544

〔6〕今村明恒，1929，地割れ開閉の現象に就て，地震1，744—751

〔7〕小寺重郎，1964，橋基礎の震害と地盤（その1）～（その4）土と基礎，Vol.12，No.3～No.6

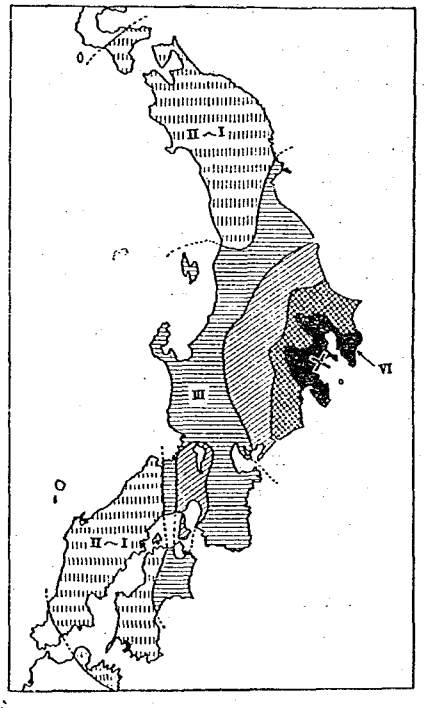


図-1 震度分布（文献(a)）

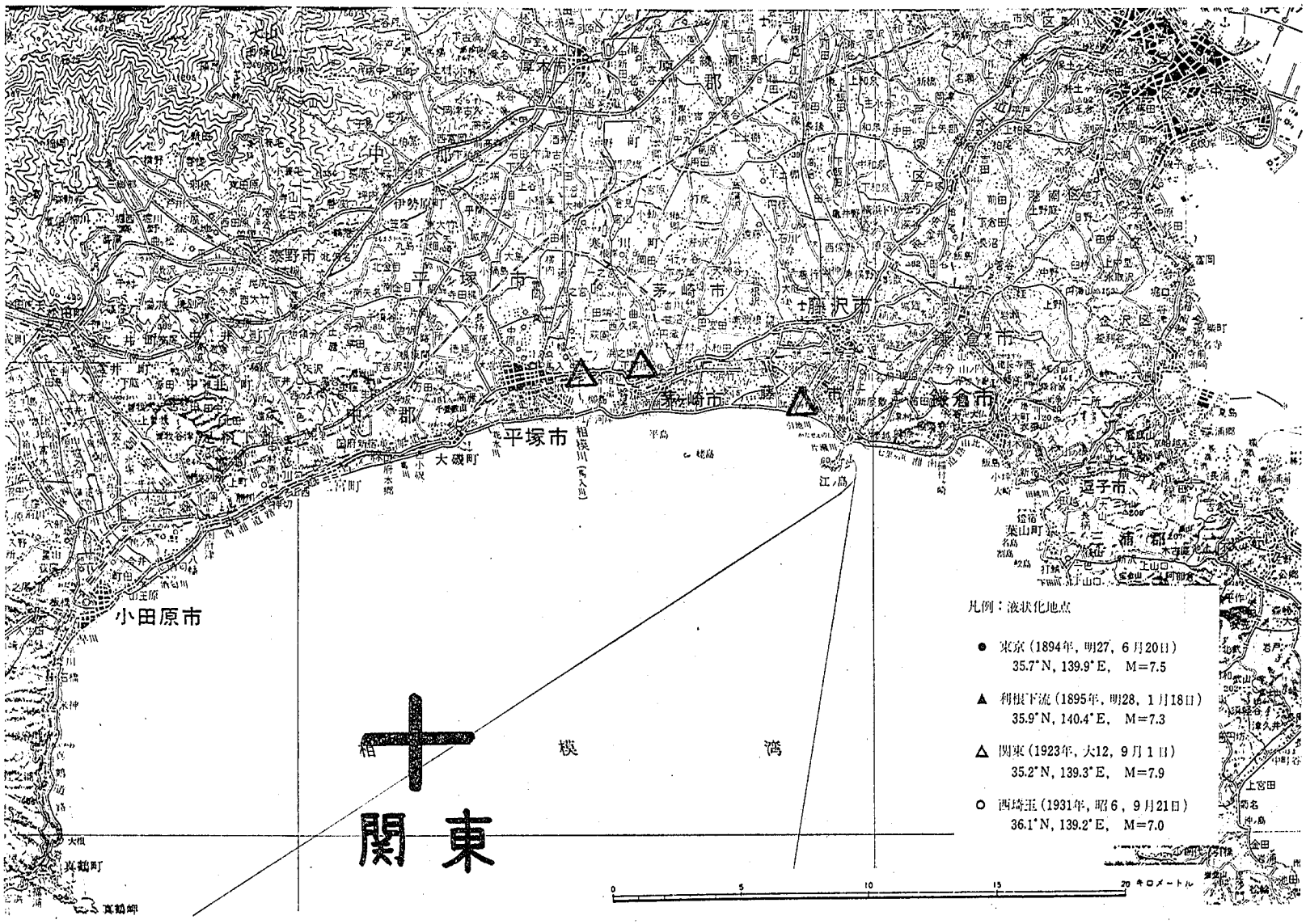


図-2(a) 関　東　平　野　液　状　化　地　点（主　要　部）

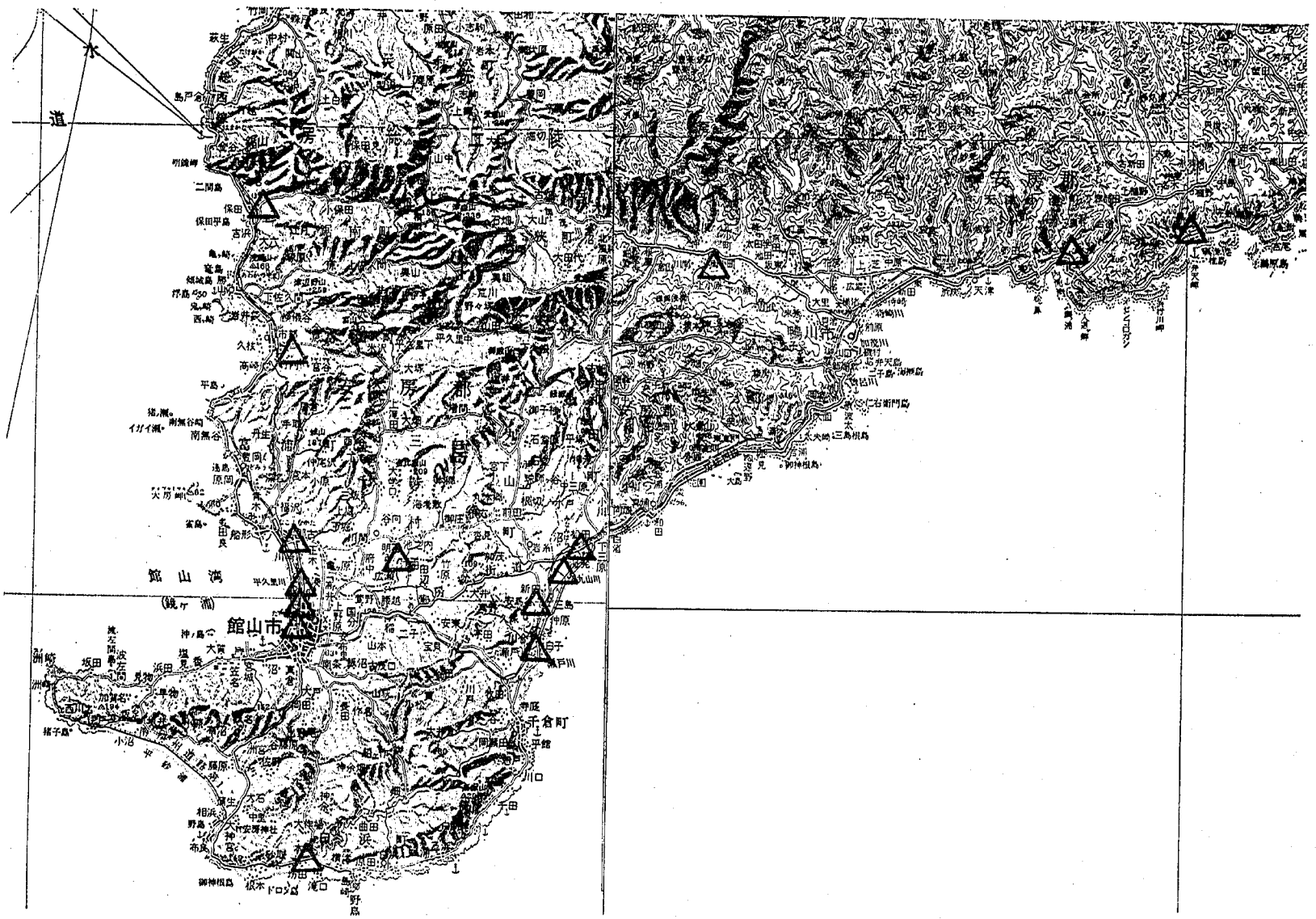
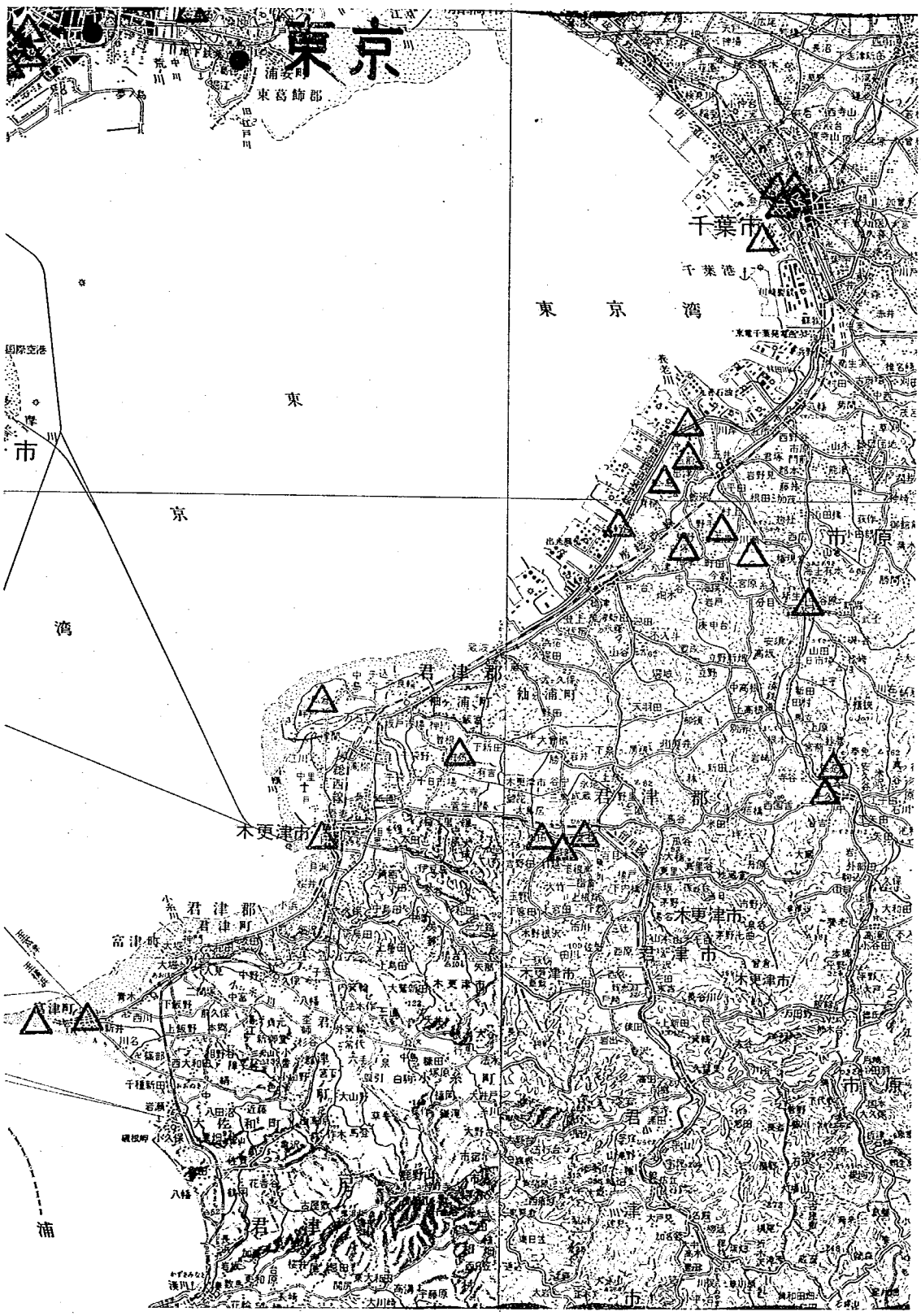


図-2(b) 関東平野液状化地点(主要部)


東京
千葉市
千葉港
東京湾
国際空港
市
京
湾
木更津市
君津市
君津町
富津町
君津郡
君津町
富津町
小糸川
小櫃川
浦
東葛飾郡
浦安町
江戸川
荒川
中川
旧江戸川
君津郡
袖ケ浦町
君津郡
君津郡
木更津市
君津市
木更津市
君津市
市原
市原
君津
君津
君津

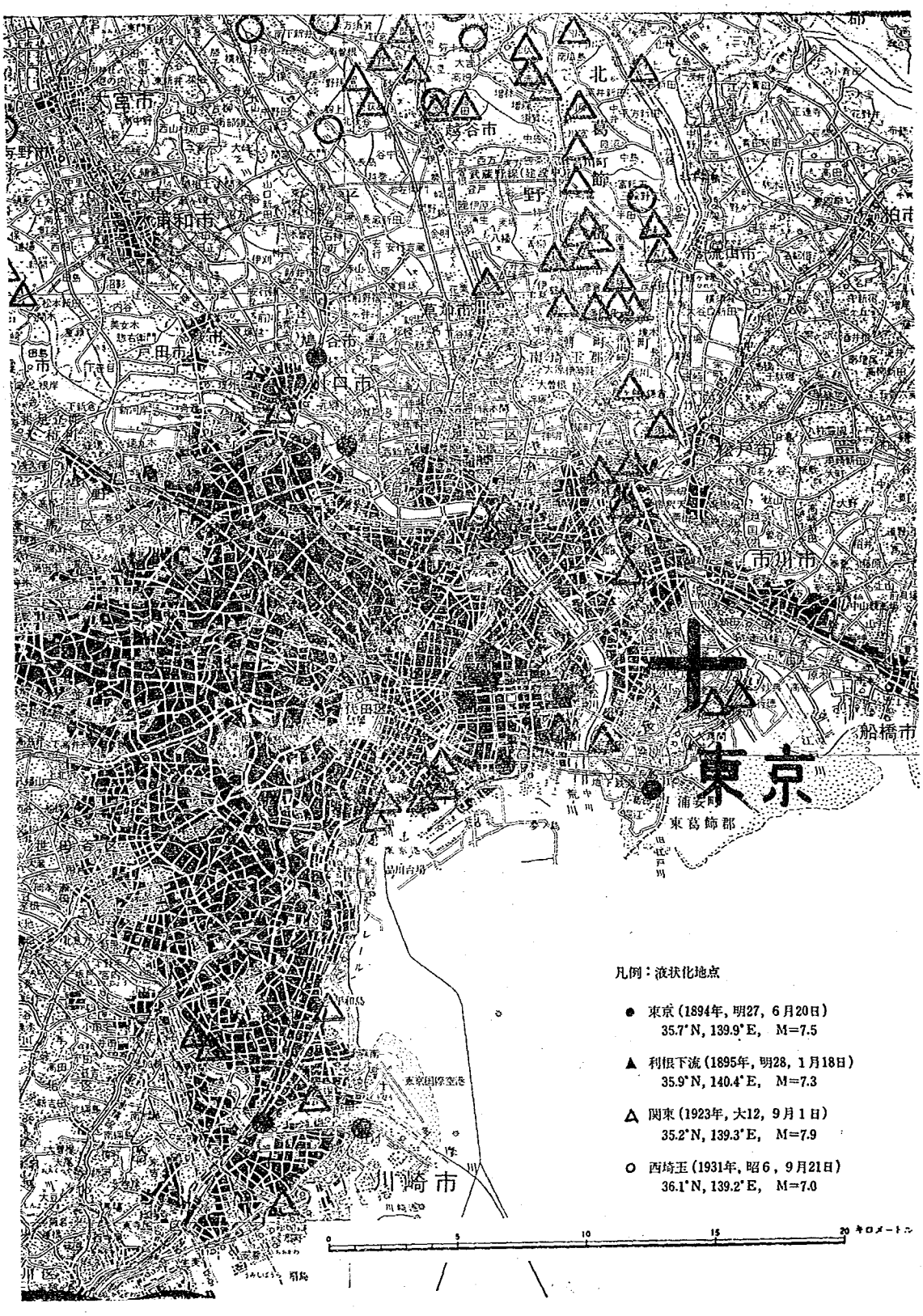


図-2(d) 関東平野液状化地点（主要部）

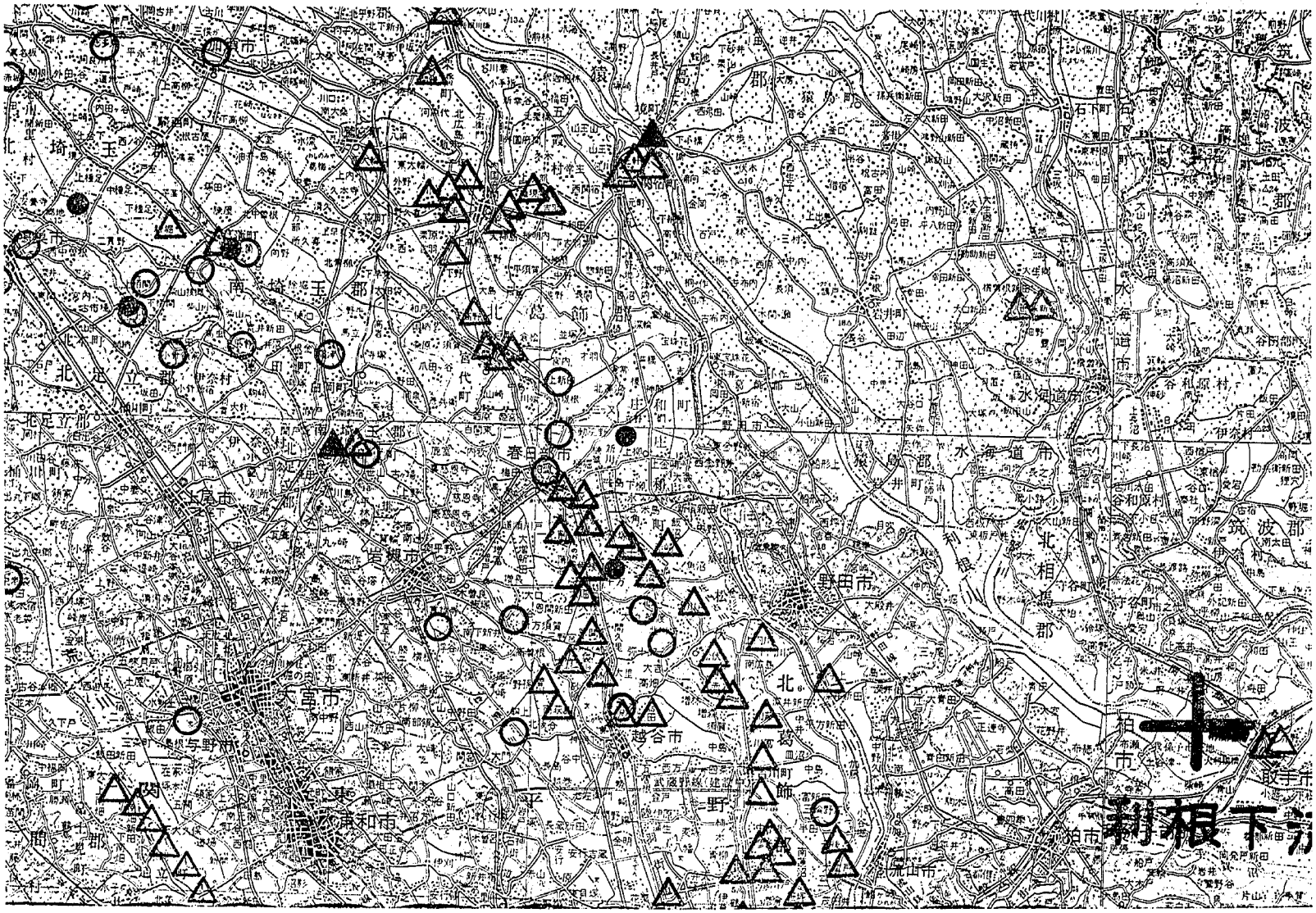


図-2(c) 関 東 平 野 液 状 化 地 点（主 要 部）

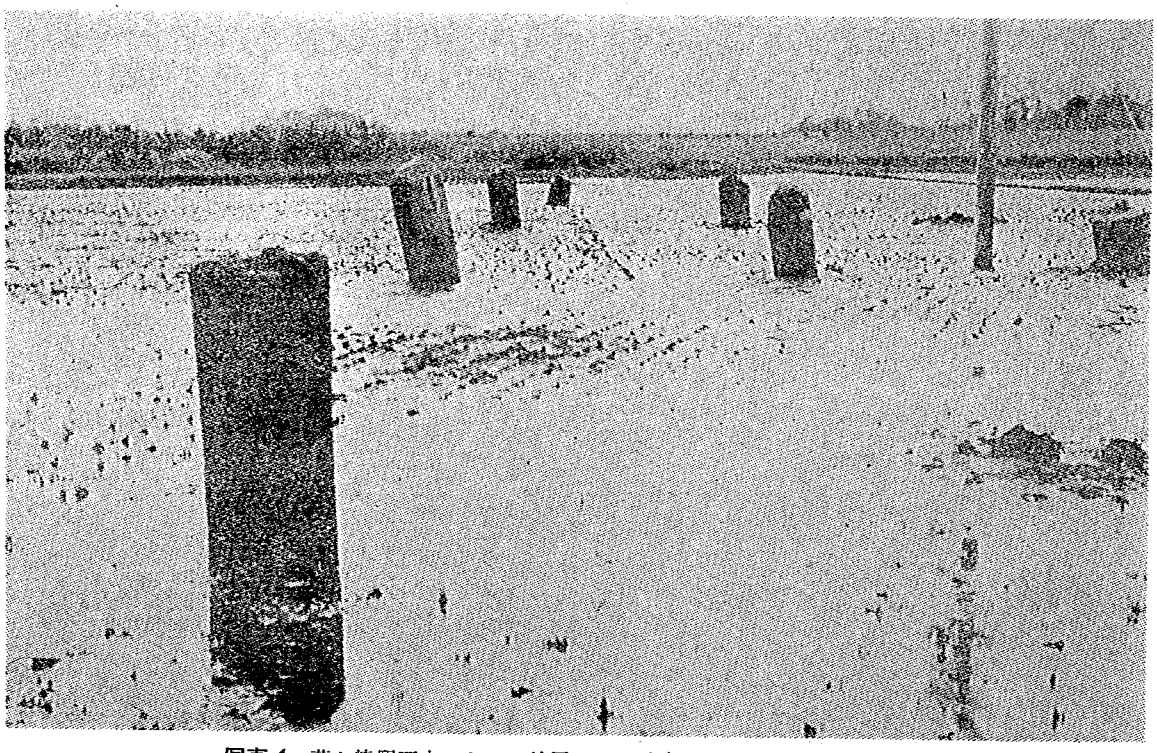


写真-1 茅ケ崎駅西方において地震のため地中より現われた旧橋柱〔2〕



写真-2 茅ケ崎駅西方において地震のため地中より現われた旧橋柱〔2〕

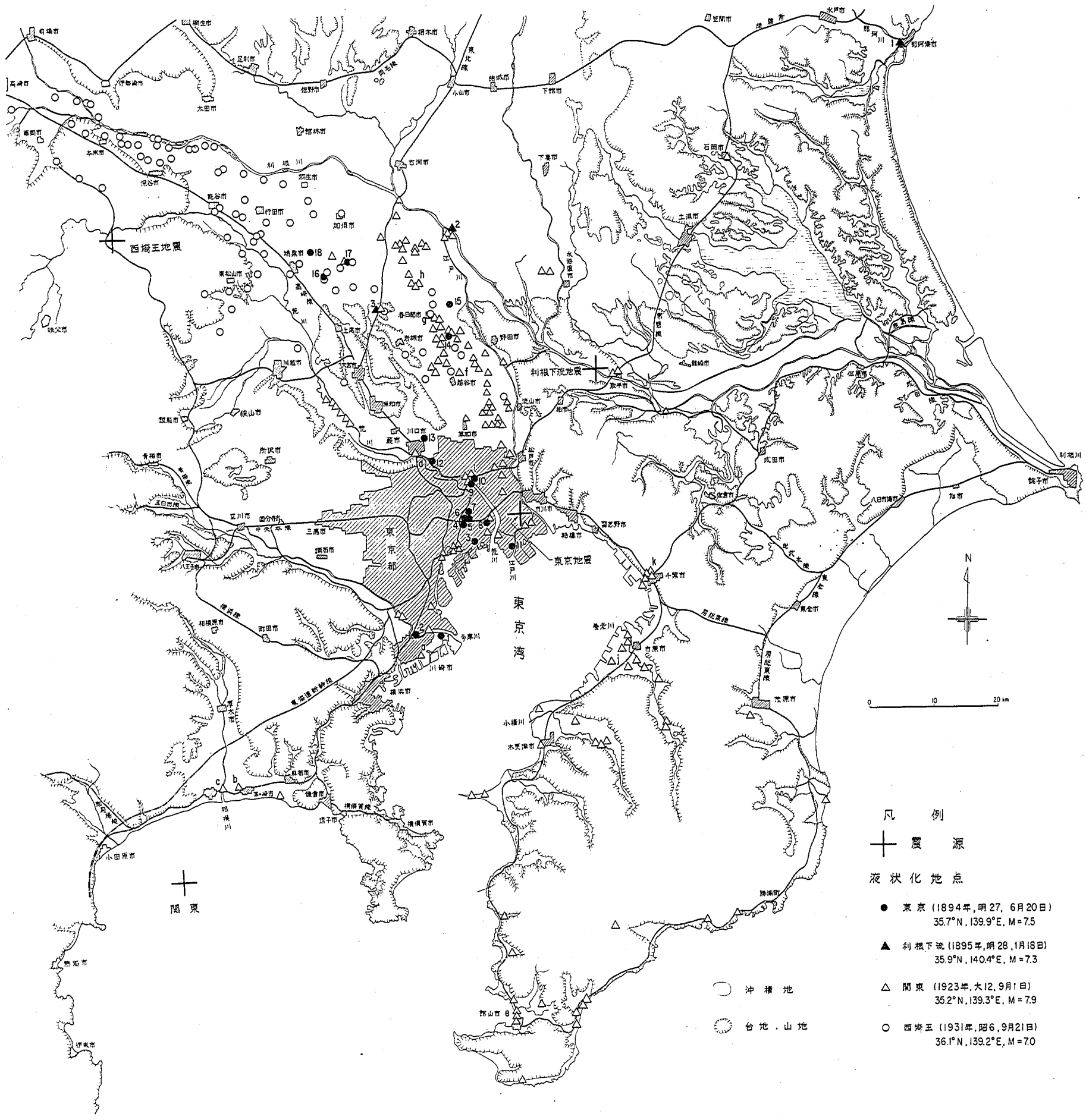


図- 3　関東地方液状化履歴地図

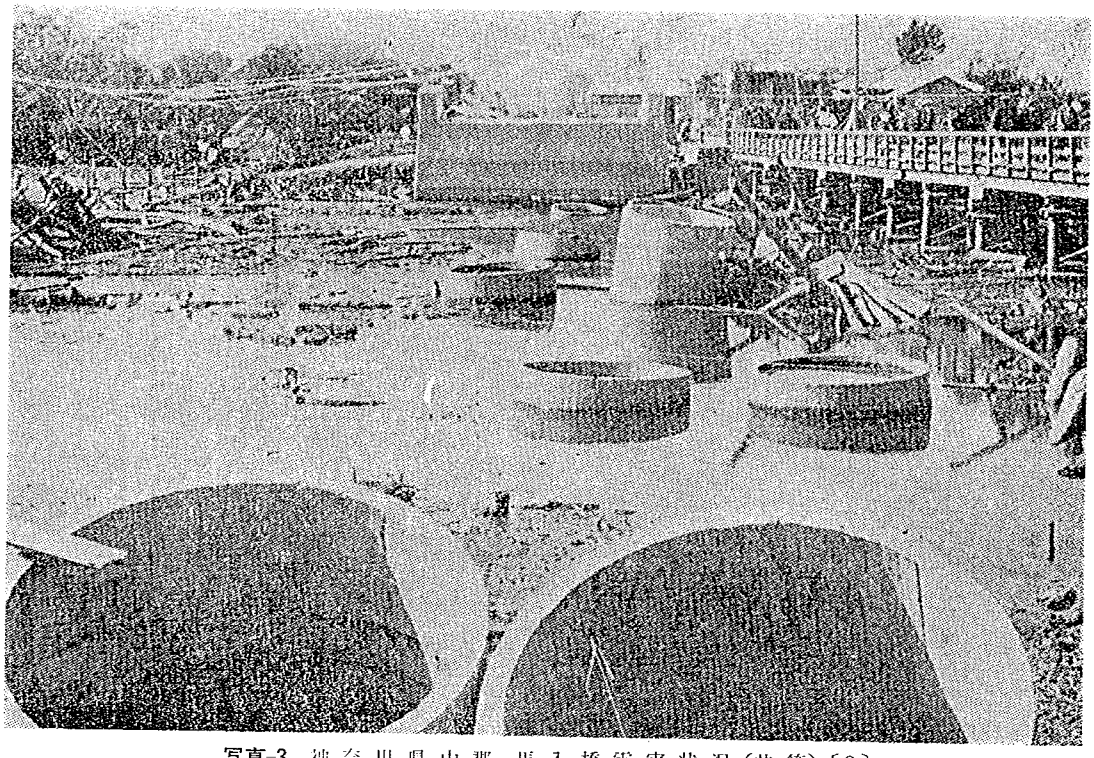


写真-3　神奈川県中郡　馬入橋震害状況（井筒）〔3〕

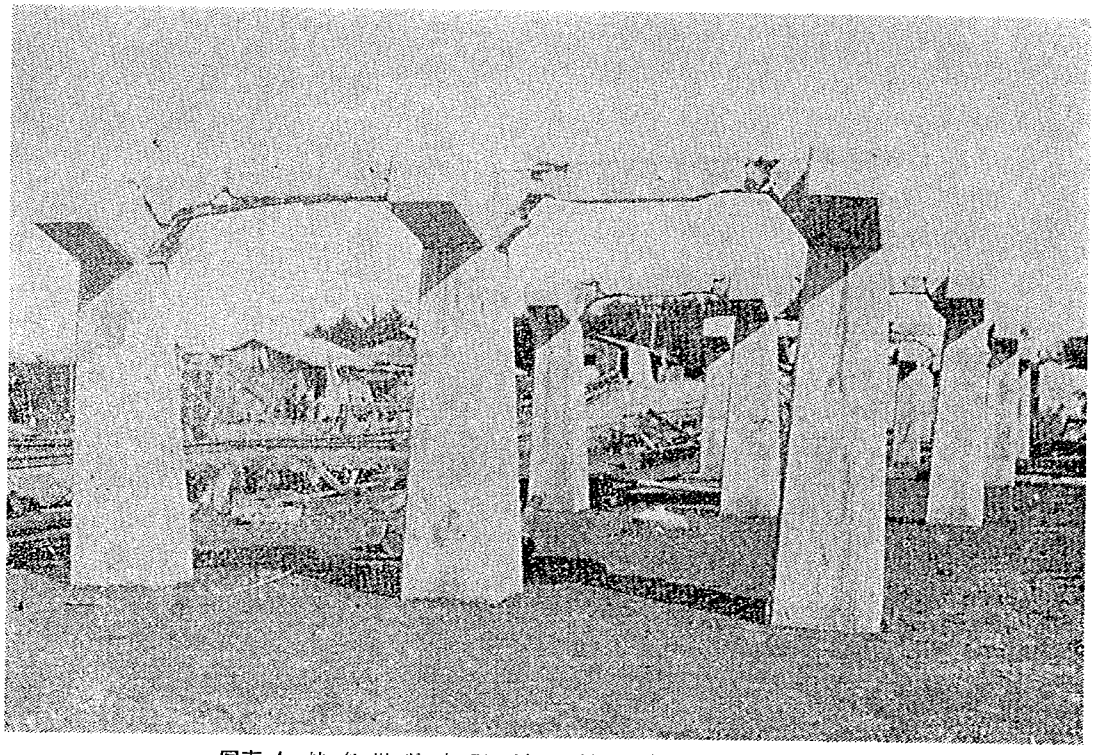


写真-4　神奈川県中郡　馬入橋震害状況（橋脚）〔3〕

(橋　梁)

神奈川縣國道第一號線　鐵筋混凝土桁橋馬入橋震害圖

(二)　橋臺の震害

(一)　橋脚基礎の震害

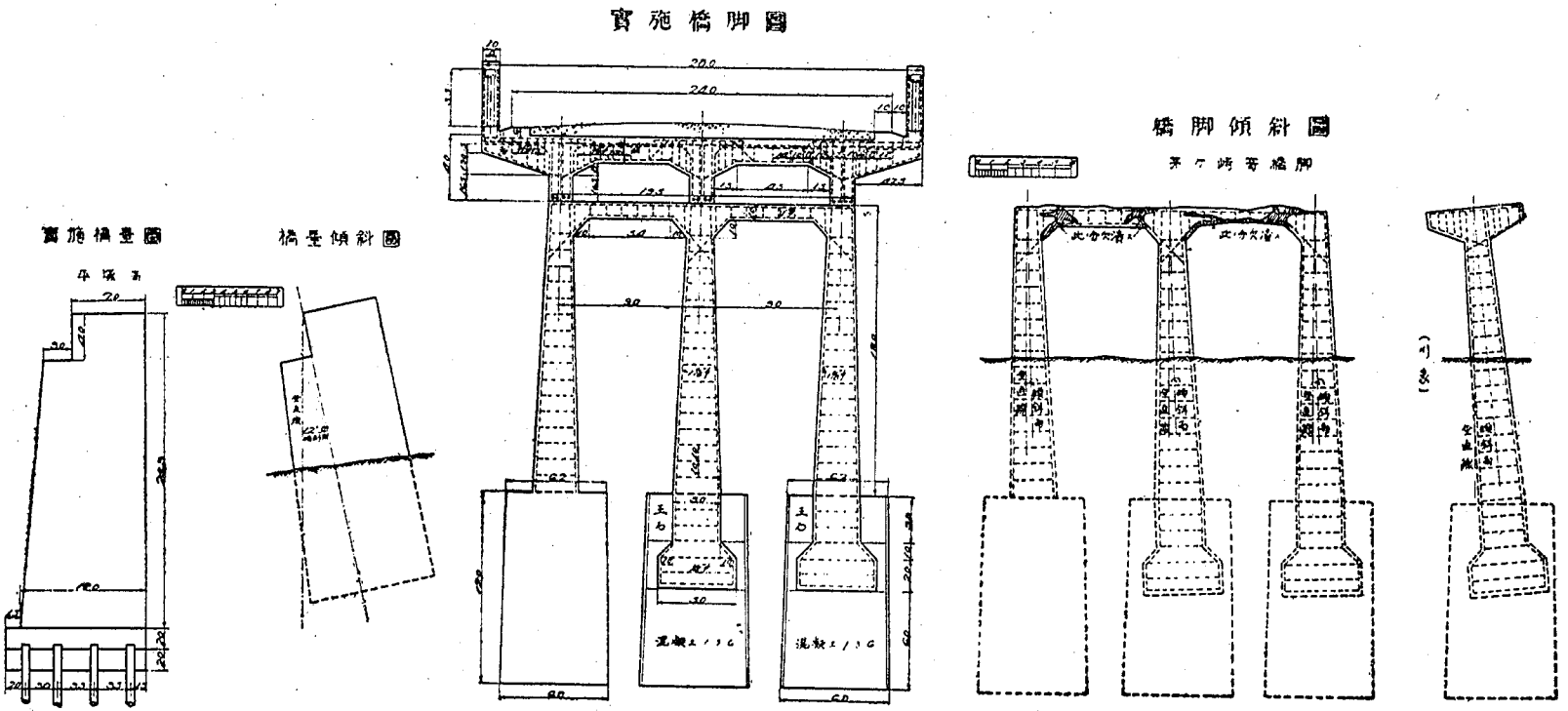


図-4　神奈川県国道第１号線　鉄筋コンクリート桁橋馬入橋震害図〔3〕

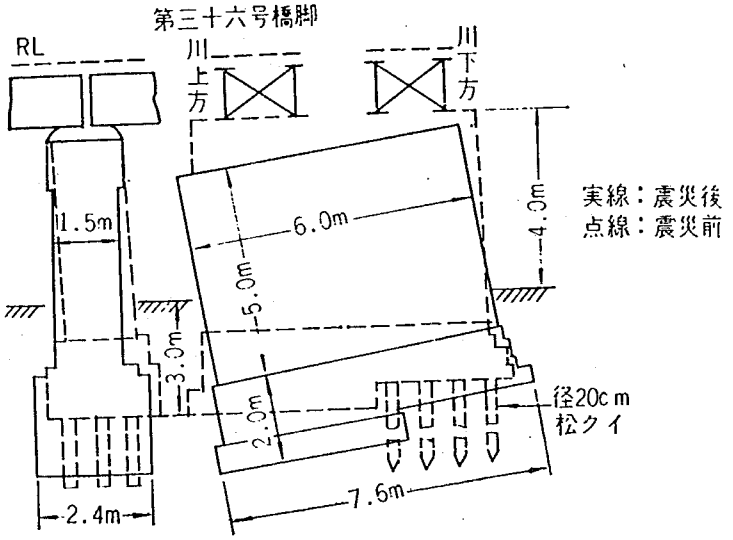


図-5　東北線荒川橋脚の傾斜〔7〕

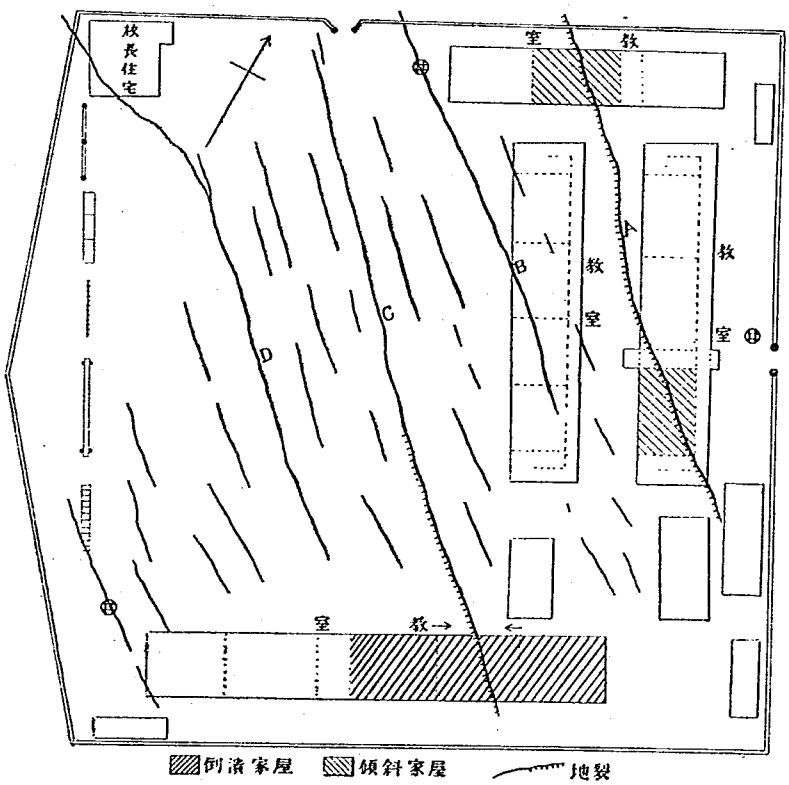


図-6　杉戸小学校の地割・噴水地点〔4〕

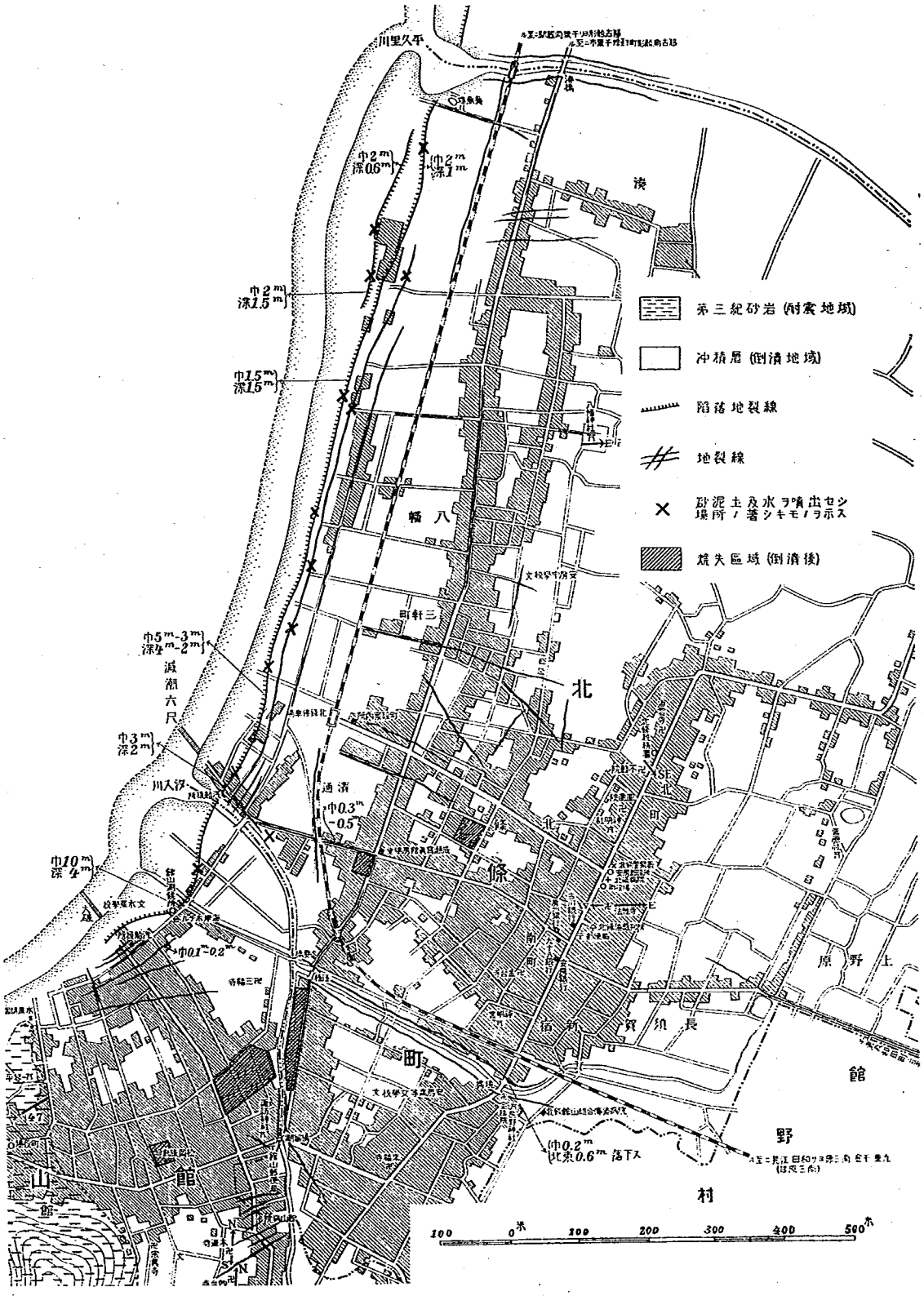


図-7 館山における噴砂地点〔4〕

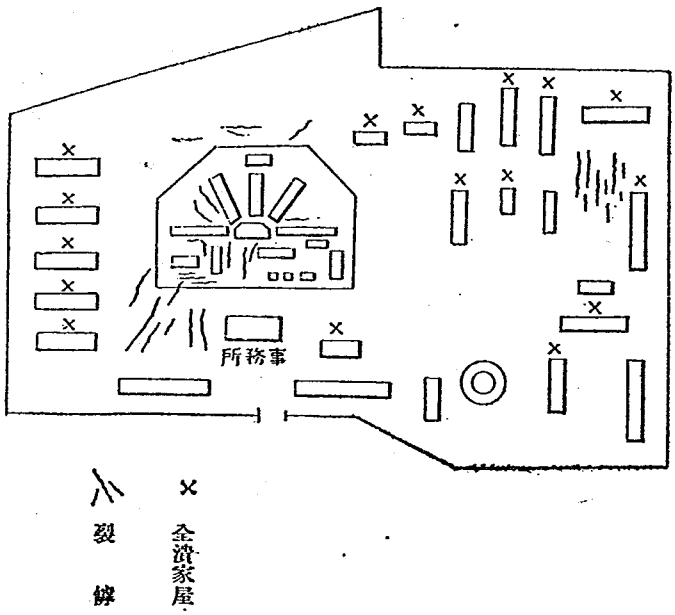


図-8　小菅刑務所における被害〔4〕

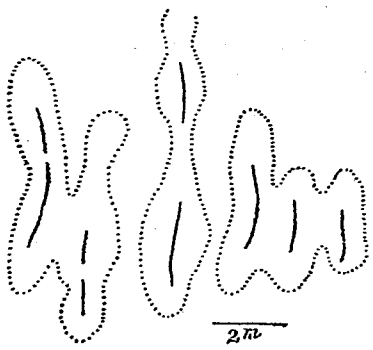


図-9　地裂および噴砂〔4〕



図-10 千葉市における噴砂〔4〕

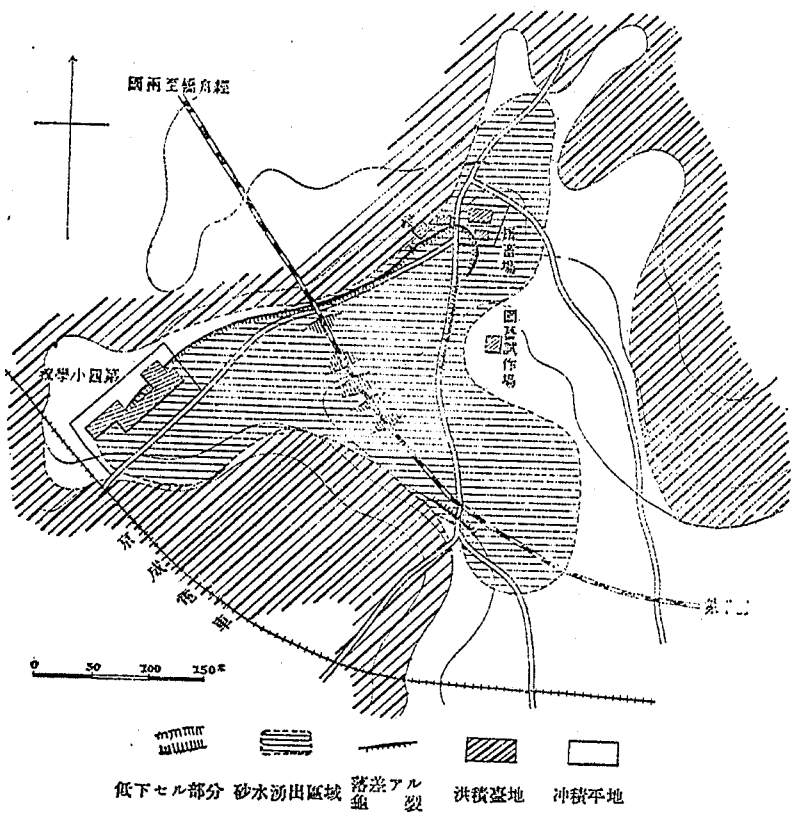


図-11 千 葉 市 に お け る 噴 砂〔4〕

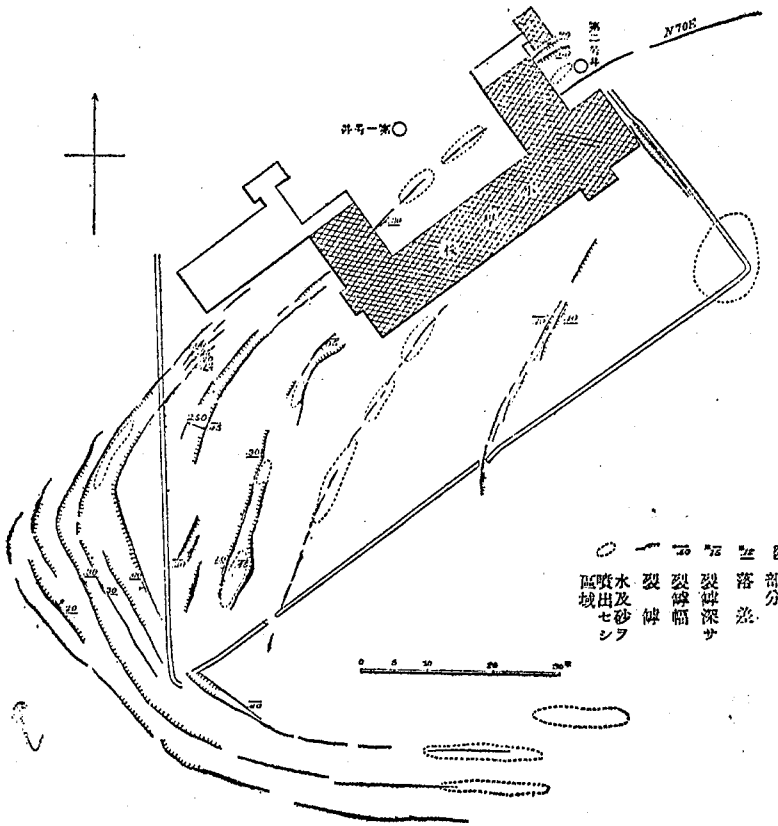


図-12 千 葉 市 に お け る 噴 砂〔4〕

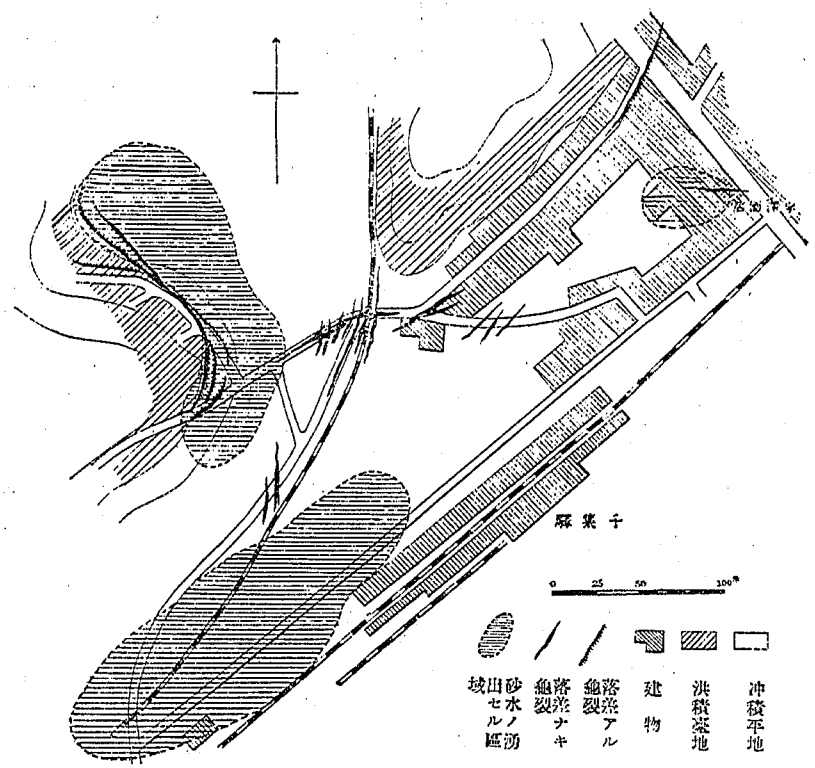


図-13 千葉市綿打池付近における噴砂〔4〕

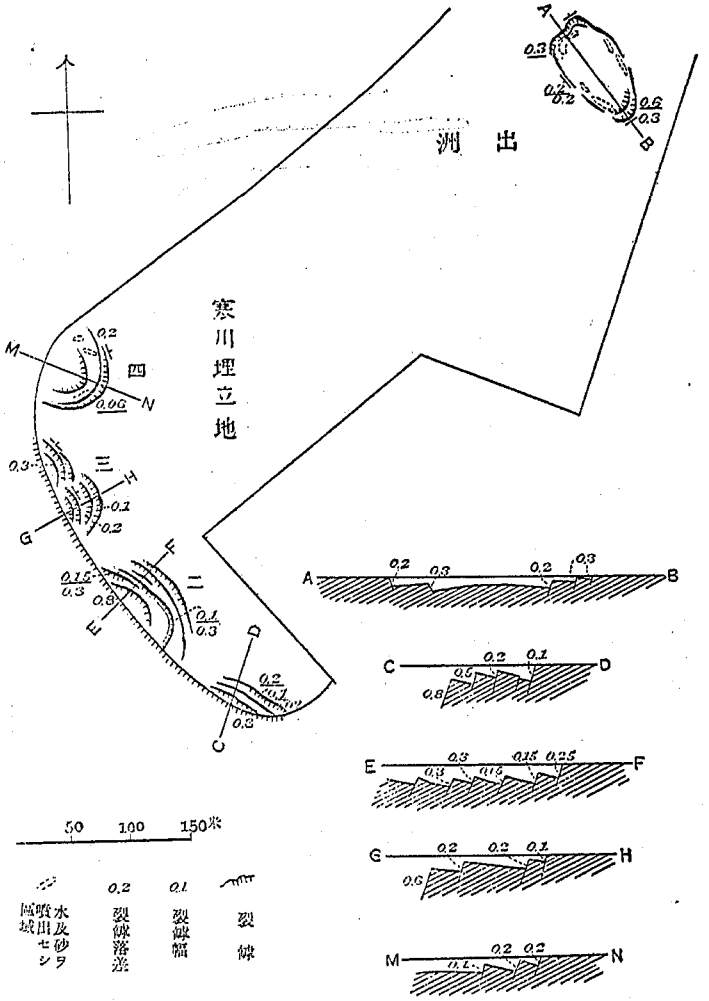


図-14 千葉市における噴砂〔4〕

但馬（たじま）

1925年（大14）5月23日　11時9分
震央　35.7°N，134.8°E，H=？，M=7.0

被害状況　〔文献(b)〕

全体で死者428，傷害834，全壊家屋1,295，半壊773，破損3,266，焼失2,180，豊岡・城崎で火災。豊岡では全壊なし。

液状化状況

図-2に，但馬地震で，噴砂，噴水のあった場所を書き入れてある。震央近くには，広い沖積平地は存在しないので，限られた範囲で，液状化が生じたようであるが，液状化が生じた所はかなり規模が大きかったようである。また，いずれも，埋立地，旧河道と思われる所である。(図-2の番号の説明)

1. 網野町，竹野郡長官舎付近の埋立地で，南北の亀裂を生じ，水と共に砂が噴出。官舎西隣の井戸は噴水。
2. 佐野谷川南北二橋の間の道路に沿って，また，これに平行に田の中に最大5寸の亀裂ありて，黒色を帯び亜炭化した植物質片を有する砂を噴出。その他白色砂を噴出した噴水口，大小無数。
3. 久美浜湾の東北の葛野（かづらの）では，約11町歩の田畑が沈水。最深部で7尺に達した。ここは，最近20年間に生じた三角州であり，大正7年の洪水後，肥沃なる田地と化した所である。地震後，新海岸線は，開墾前の海岸線に帰した。

   ここは，軟き砂地である。沈没地域に隣接する田畑に無数の噴水，噴砂があった。宅地内では，噴水した所多く，洪水のようになった。深さ1間，径3尺の井戸が砂で埋れた。
4. 久美浜町では，埋立地で地裂から細砂と水を噴出。噴火口状になる。井戸からも噴砂。
5. 気比の南方，南北に走る谷の両側に谷の方向に沿い，水噴出の跡が無数。気比の小学校の南方では，噴水孔が直径1尺を越え，1丈5尺に含る竹竿が楽々とその中に突き挿される程大きいものが生じた。
6. 円山川左岸，城崎と津居山の間。桃島橋の北には道路にも，水田中にも大亀裂が生じ，土砂が噴出した。最大噴口長径120cm，短径70cmにおよぶ。港村小島字手坂では，道路の畑中に亀裂，処々土砂噴出。瀬戸，津居山付近でも，道路に平行なる亀裂および地下水噴出の跡無数。避難者談。「土地をまぜ返えすような振動とほとんど同時に上下動を感ずるや直ちに人家は潰崩し，地表には処々亀裂を生じ，水及土砂を猛烈に噴出するを見た。25日夜の余震では地下より水の噴出が起った。」
7. 豊岡市，円山川左岸の旧河道，旧河川敷と思われる大磯，八条で地割や井戸から噴砂，京口でも井戸から噴砂。
8. 出石町出石川沿岸河原町井戸から噴砂。
9. 竹野無数の亀裂が畑中にあり，青砂噴出。

参考文献

〔1〕 今村明恒，1927，但馬地震調査報告，震災予防調査会報告　101，1—30
〔2〕 山崎直方，1927，但馬地震震源調査報告，震災予防調査会報告　101，31—34
〔3〕 石川成章ら，1925，但北地震踏査記，地球，第4巻，第1号

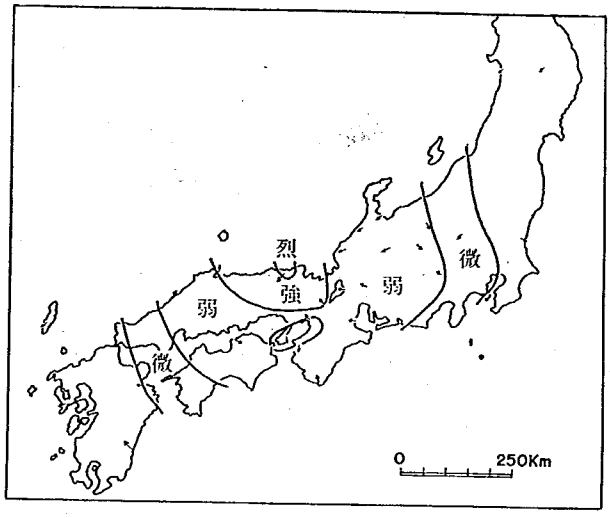


図-1　震度分布および初動方向の分布〔文献(a)〕

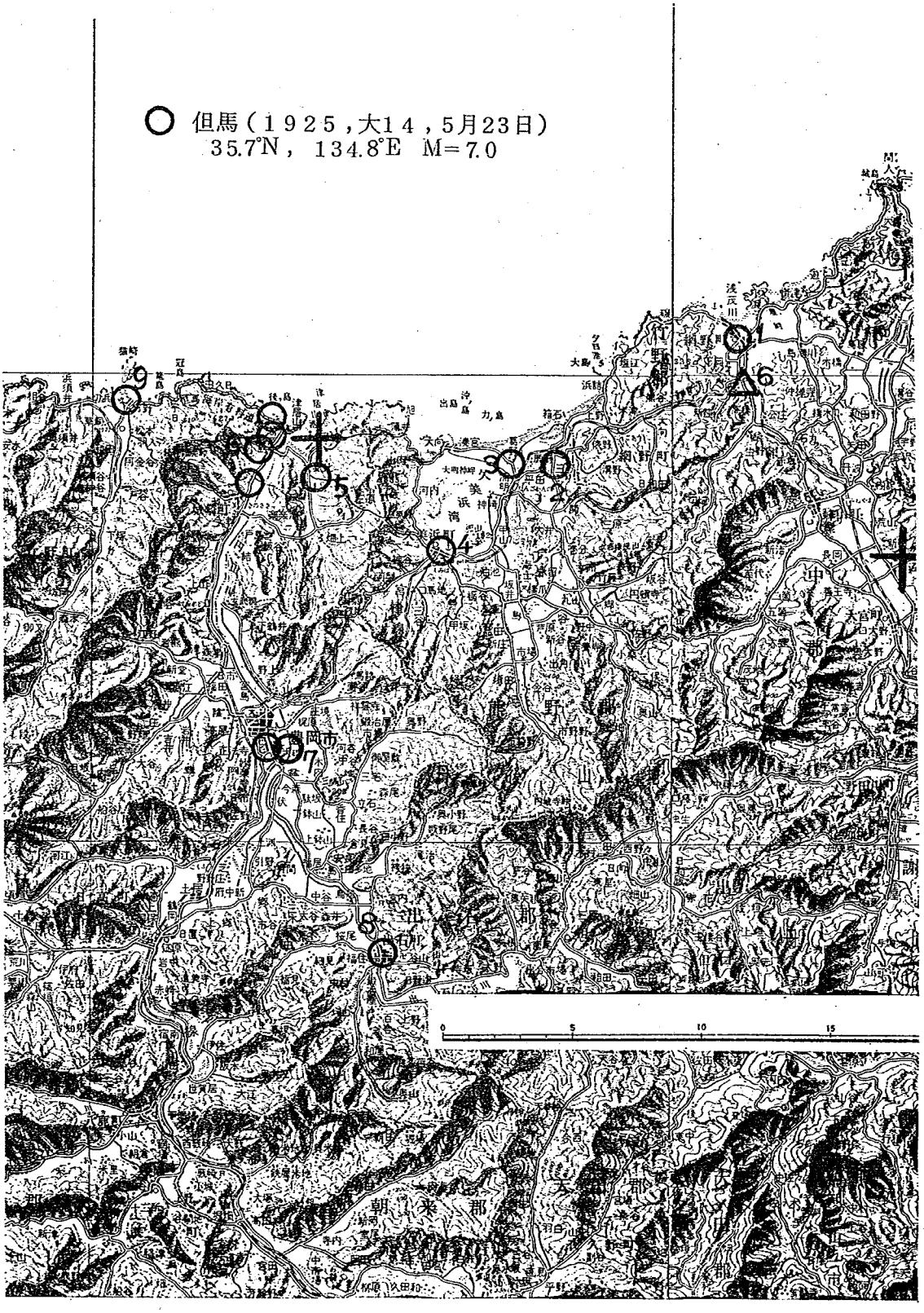


図-2 北但馬地方液状化地点

北丹後（きたたんご）

1927年（昭2）　3月7日　18時27分
震央　35.6°N，135.1°E，H=10km，M=7.5

被害状況〔文献(b)〕

被害地域は，淡路，福井，岡山，米子，徳島，三重，香川，大阪まで及ぶ。死者2,925，負傷者7,806，全壊家屋12,584，半壊10,841，焼失3,711

液状化状況〔3〕〔4〕

大阪で亀裂，地割れから泥水を噴出〔文献(b)〕図-2に震央と，噴砂，噴水のあった地点を示してある。

図の中に示してある番号について説明すると，

1. 宮津，埋立地より青砂噴出
2. 男山，岩瀧間の海岸に平行な噴砂孔列（写真-1）
3. 吉津文珠より，須津に至る海，岸，地割より噴砂
4. 野田川に沿って噴砂孔列（旧河川敷，旧河道を埋立てて，田畑とした所）
5. 山田，地割より噴砂
6. 綱野駅付近高橋，福田川左岸地割より噴砂

図-3に野田川河口の噴砂孔群を示してある。写真-1はその写真である。震源近くに，広く，かつ厚い沖積層がなかったから，大規模な液状化は生じなかったようである。

参考文献

〔1〕 国富信一ら，1929，北丹後烈震激震区域踏査報告，験震時報3
〔2〕 八鍬利助ら，1929，北丹後大地震実地踏査概況第一報告，験震時報3
〔3〕 関　和男ら，1929，北丹後大地震実地踏査概況第二報告，験震時報3
〔4〕 室伏万吉ら，1929，北丹後大地震実地踏査報告第三報告，験震時報3

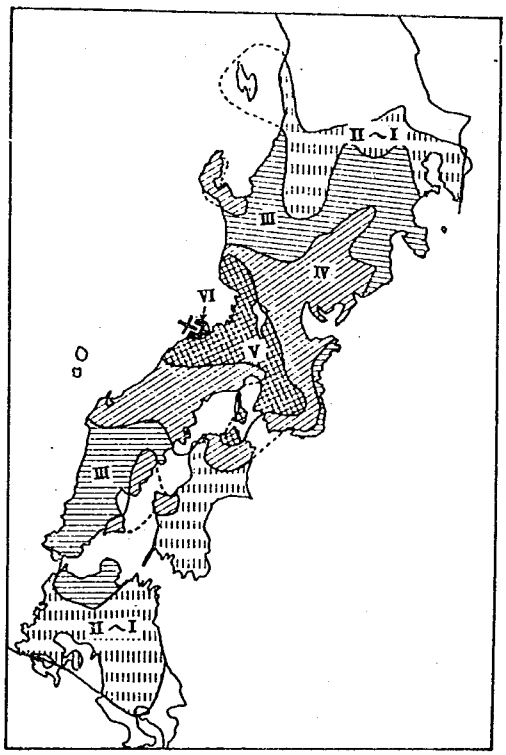


図-1 震 度 分 布（文 献 (a)）

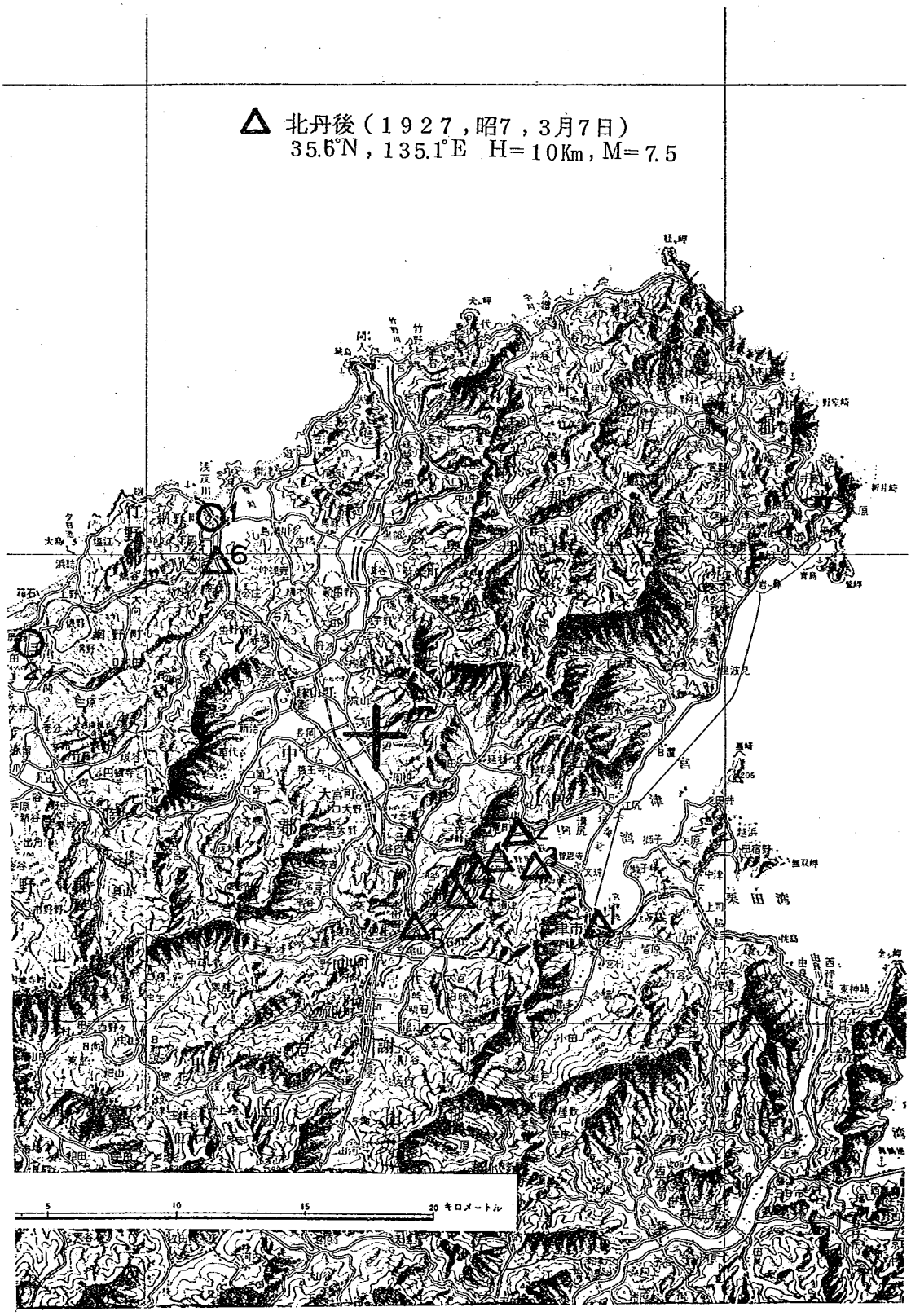


図-2 北丹後地方液状化地点

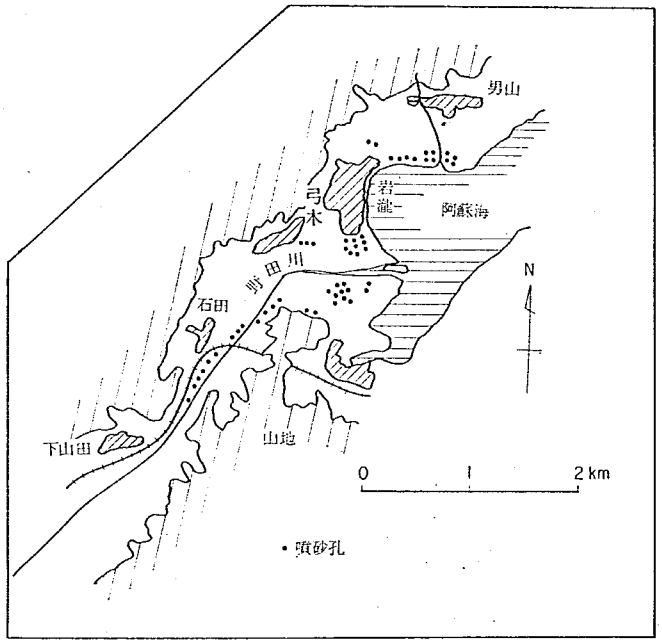


図-3　野田川河口における噴砂孔群〔〔4〕の図を修正〕

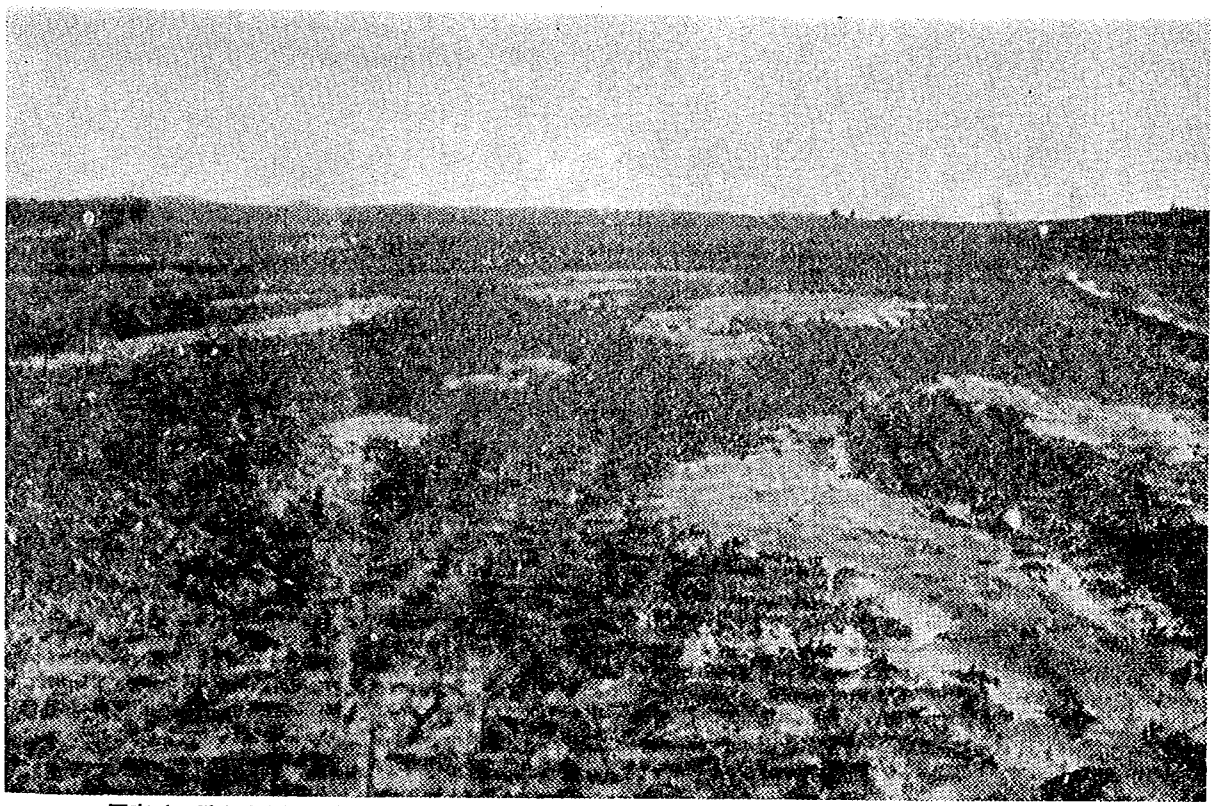


写真-1　男山地先海岸噴砂孔列　道路上より北東に向ひて撮す（昭和二年四月十四日降雨中）遠景微かに煙るは橋立及江尻方面にして其手前は海面なり。噴砂孔は所謂泥火山の形をなし列をなして北十五度東に向ふ数条平行す。〔3〕

石巻（いしのまき）

1927年（昭2）8月6日　6時13分
震源地，金華山沖合（阿武隈川河口より東南東約65km）

液状化状況

涌谷町で，明治43年の水害の際に，近くの堤防欠壊し水路となり，その後埋立た所の練牛と称する処で，地割ありて，泥水を湧出。この付近の宅地にも地水湧水し，幅2寸位の砂を盛り上げた穴を生じた。

参考文献

〔1〕 浜島仙太郎ら，1929，昭和2年，8月6日朝，石巻の地震　験震時報3。

関原（せきはら）

1927年（昭2）10月27日　10時53分
震央　37.5N。，138.8°E，H=0～10km，M=5.3

液状化状況　〔1〕，〔2〕

図-1，2，参照。

宮本村西田の田んぼ中に石油を含有した青砂を噴出した小孔列あり。これらの小孔は，約300 mにわたって，北60°東方向の直線に配列した。

参考文献

〔1〕 国富信一，1928，昭和2年10月27日の中越地震調査報告，気象集誌ii 6，59—85.
〔2〕 松沢武雄，1928，昭和2年10月27日長岡市西方の強震調査報告，地震研究所彙報 5，29—34.

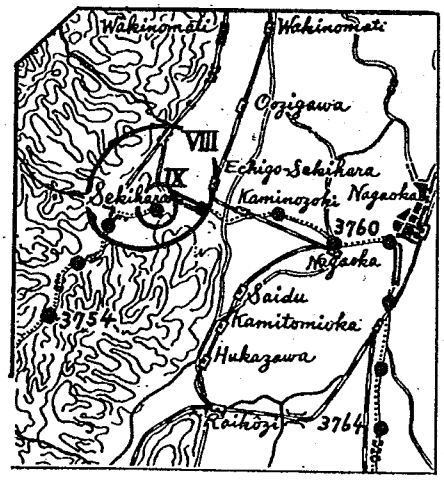


図-1　震度分布：ロッシフォレル震度階による(文献(a))

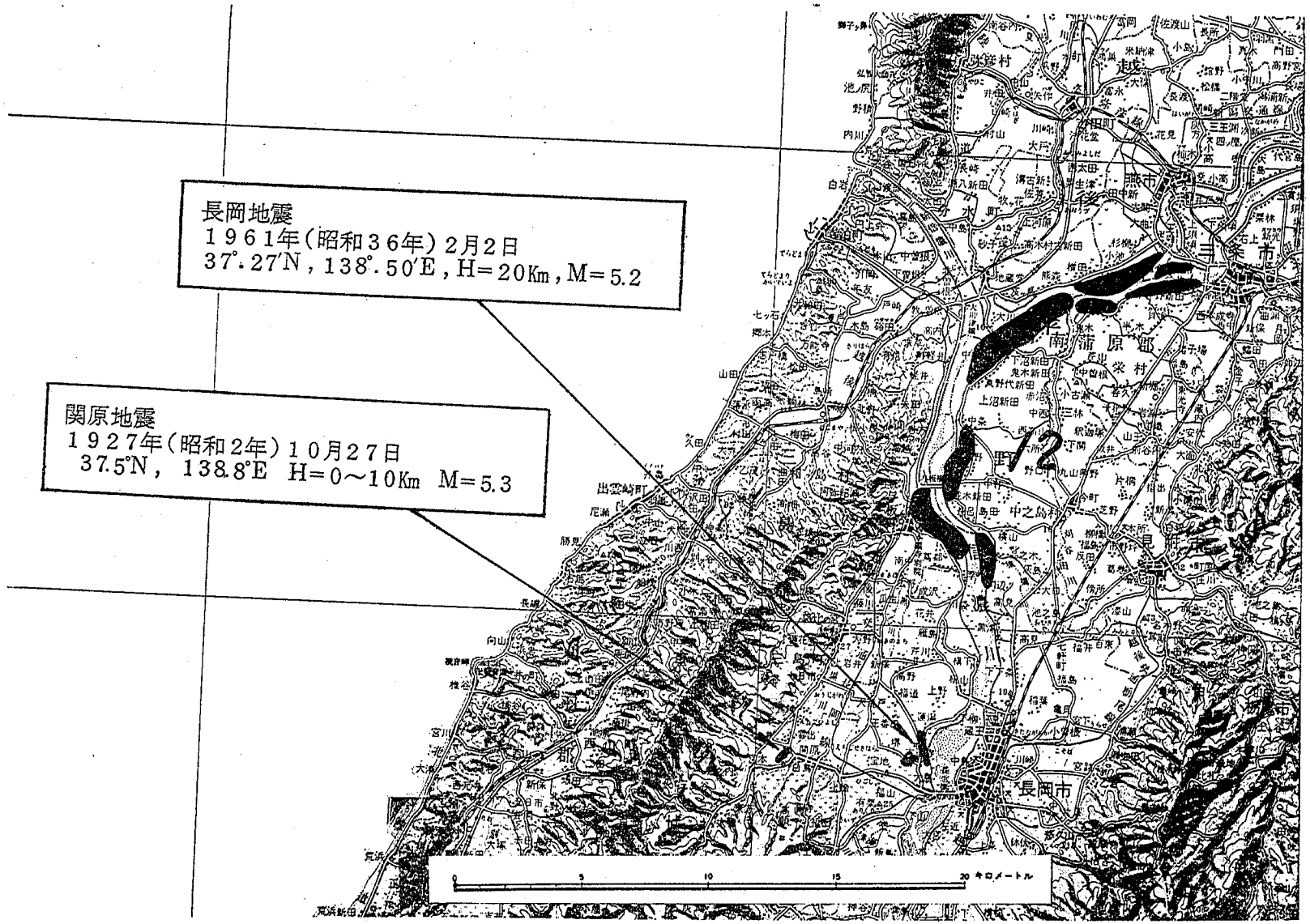


図-2 長 岡 市 周 辺 液 状 化 地 点

加賀南西部（かがなんせいぶ）

1930年（昭5）10月17日
$M=?$

液状化状況

a．片山津温泉で噴水，湖畔の沈下

b．小松町，小松高等女学校の50m平方の運動場（城の内堀跡をコークスと砂で埋立た所）で一面に網目状の亀裂が生じ，地割より灰白色の濁水噴出。噴水の高さは約30cmで，地震後10分か15分間継続した。噴水の終った跡は，噴火口状であった。

参考文献

〔1〕岸上冬彦，1931，“昭和5年10月17日加賀南西部の強震報告”震研彙報，9，216—223

北伊豆（きたいず）

1930年（昭5）11月26日　4時3分
震央　35.1°N，139.0°E，$H=0\sim5$km，$M=7.0$

被害状況

死者272，全壊家屋2,165〔文献(a)〕

液状化状況

噴砂，噴水は，ほとんどなかったようである。丹那断層の南端の浮島部落，水田中から地下水と共に土砂噴出。

西埼玉（にしさいたま）

1931年（昭6）9月21日　11時20分
震央　36.1°N，139.20°E，$H=10\sim20$km，$M=7.0$

被害状況　〔文献(b)〕

死者16，負傷者146，全壊家屋206，半壊285。

液状化状況　〔1〕，〔2〕

震央付近の秩父山地で震度が小さく，東の平野部で震度被害共に大きかった〔文献(b)〕。それに応じて，噴砂，噴水地帯は，東の平野部の利根川が東京湾に流れ込んでいた頃の旧河道，旧河川敷である東の平野部，および現利根川の周辺および現荒川の周辺に多かった。これは，地震動の強度が，震央距離だけでなく，地盤条件に，強く規定されることを示しているものと思われる。付図-2および図-2を見て分るように，この地震で噴砂，噴水があった地点で，東京地震(1894年)，利根川下流地震(1895)関東地震（1923年）でも，液状化のあったらしい所が，何箇所かあるのは興味深い。

全体的に言えることは，マグニチュードが小さい割には，広範囲の軟弱地盤地帯で，かなり大規模な液状化があったということであろう。また震央から離れると，噴砂，噴水地点はかなり厚い沖積地帯に限定されているが震央近くでは，山地の薄い沖積地でも，噴砂噴水があったらしいことである。

次に，文献〔2〕から抜き書きをしてみよう。

「土砂の噴出」　県北部児玉，大里，北埼玉各郡下の利根川南縁に当る各町村並びに熊谷町以南北足立郡馬室村に到る荒川両岸各村落，旧荒川流域に当る南北埼玉郡の町村，荒川の支流たる槻川，高麗川の下流域の如き地盤の脆弱なる区域，いわゆる沖積地帯にては今次の強震に当りその揺蕩激甚なりし為め，地下水は搾出され地表面高く昇騰せる処多かりき。是等の地域内にては田と云わず畑と云わず道路庭園等到る処に小裂罅を生じ，地下水は土砂を伴いて其処より，噴出せるにより強震直後は到る処に泥水漲溢しあたかも洪水の如き景況を現出したり。また地下水の噴出の最も旺盛なりし頃には，利根川南縁筋にては高さ4尺にも達したりと云う。地盤の振動漸次収まると共に地下水の噴出も次第に弱まり，遂に全く止む頃には伴われて噴出されたる細砂は裂罅の周辺に堆積し，整正なる円錐形状をなしその頭部のみを凹形を呈し，亀裂裂罅線上に幾基も併立せるに至りしならん。

噴出されたる細砂は一様の色彩を呈せず，多様の色合を有し青色のものあり，褐色のもの黒色を呈せるもの等あり。砂粒は極めて微細にして浅間山噴火の際当地に於て蒐集せる降灰に酷似せる程の微粒のもの多し。ただ児玉郡藤田村の噴砂は他のものに比し極わめて大粒のものなりき。

噴出されたる土地の多くは石英，長石の混合より成り大理石，蛇紋石，柘榴石等も微量に含有せられ居るも，木根草皮等は全くその片影をも検出し得ざりしと云う。」

また，文献〔2〕には，噴砂土の粒度分析の結果が載せてある。これをグラフにプロットしたのが図-3でありこれから細砂が主成分であることが分かろう。

特に，噴砂の著しかった所の状況は，次の通りである。(図-4参照)

「吹上から大芦にかけては,特に大芦は震度は非常に強く，神社の拝殿，その他家屋十数戸全潰，薄緑色を帯びた泥水を噴出した形跡が到る所に見出される。井戸にも底から泥を噴出。大芦区は，天荒川，荒川に囲まれた地域で，地盤極めて軟弱にして，太古は沼浜地区で，現在は大部分水田及桑園よりなる。田，畑，道路その他の到る処に小亀裂を生じ其の割れ目より多量の地下水を噴き出し，同時にかなり深き地下層より細砂を噴き上げ，砂の色は灰色で少し青味を帯び，極めて微。永川神社傍の桑園中に多数の噴砂孔，高さ5分，頭部で7分。地震直後では，地表面に水深二寸位は流出。小川は時ならぬ満水を来し，あたかも夕立後の如き有様。

吹上村上郷区は，沖積地帯で地中皆砂地で，電柱などを立てようとして穴を掘るにも，ザクザクと土砂崩落し非常に苦心をする。この地方に噴き出した細砂は，大芦区のものとは全く異り，普通の砂（河原にあるもの）と同じで赤灰色で大芦区のものよりかなり大粒。噴砂量は驚くべきほど大量で，道路上に尺余も堆積。桑畑，庭園家屋内等到る処に噴出し，盛り上って，砂山を築く。東曜寺北西方は，最っとも甚だし。地裂よりの噴水の量も非常に多く地上（当時は水面上）一尺余りも吹き上げ，其の辺の水深は，5寸にもなった所もあり。噴水孔は口径約30cm。其の数，数百。

去る大正十二年の大震の折には此の辺の地面は一夜のうちに一寸位も低下し，約一ケ月内外の間地盤に多少の下降現象あり。今回もまた，家の土台木より，昨夜（23日）は三寸近くも地面が下った。」

「大里郡大寄村付近の県道の処々には亀裂を生じ，濁水の噴出した跡があった。小亀裂は床下，道路，田畑等に無数に生じ，灰色状様の砂を多量に混へたる泥水一時間余も噴出し，その高さは約一尺位に迄及ぶ。同村の井水全部混濁し，泥水と化し地上にあふれ出した。岡田詮末氏宅では，噴水高さ1.2m，約30分間継続し，泥水は一時膝を没す。」

「男沼村大字五十石，道路といわず田と言わず人家の台所等ににも小亀裂を生じ，そこより泥水と共に茶褐色の細砂を噴出し，中には「ゴーゴー」と言う音を立てて砂礫をも噴出したと言う。いずれも，地震直後に起りたるものにして，大抵二十分程にて止めたりと言う。また同字区間にある60余戸の堀抜井戸は全部泥砂で埋められた。」

「吉見村，小八ツ林，亀裂，地割れ無数に生じ，地震と同時に水及砂を所々に噴出し，砂量の如きも一ケ所に於けるもの約一斗位と目測せり。砂は青色の粉末にして噴出口の周囲に堆積。目撃者によると，亀裂を生ずると同時に音を発して水を噴き出し，その高さも約3尺に昇り，噴水時間も長きもの約30分に及んだ。」

参考文献

〔1〕 群馬県前橋測候所，1931，北関東地震報告
〔2〕 験震時報，第五巻，第二号の中の諸論文

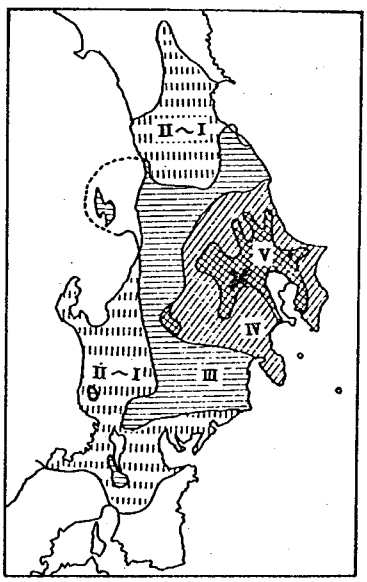


図-1 震度分布（文献(a)）

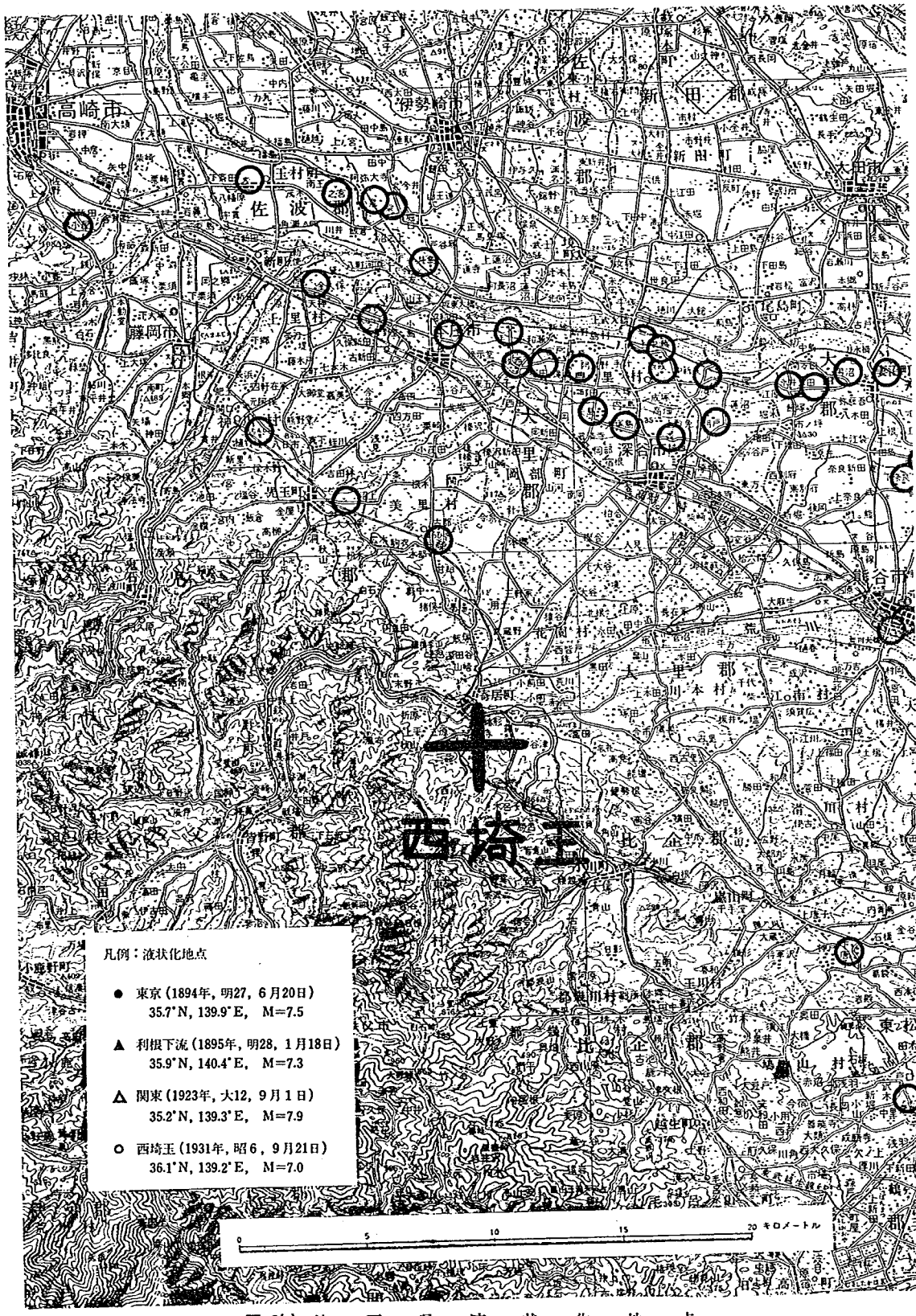


図-2(a) 埼 玉 県 液 状 化 地 点

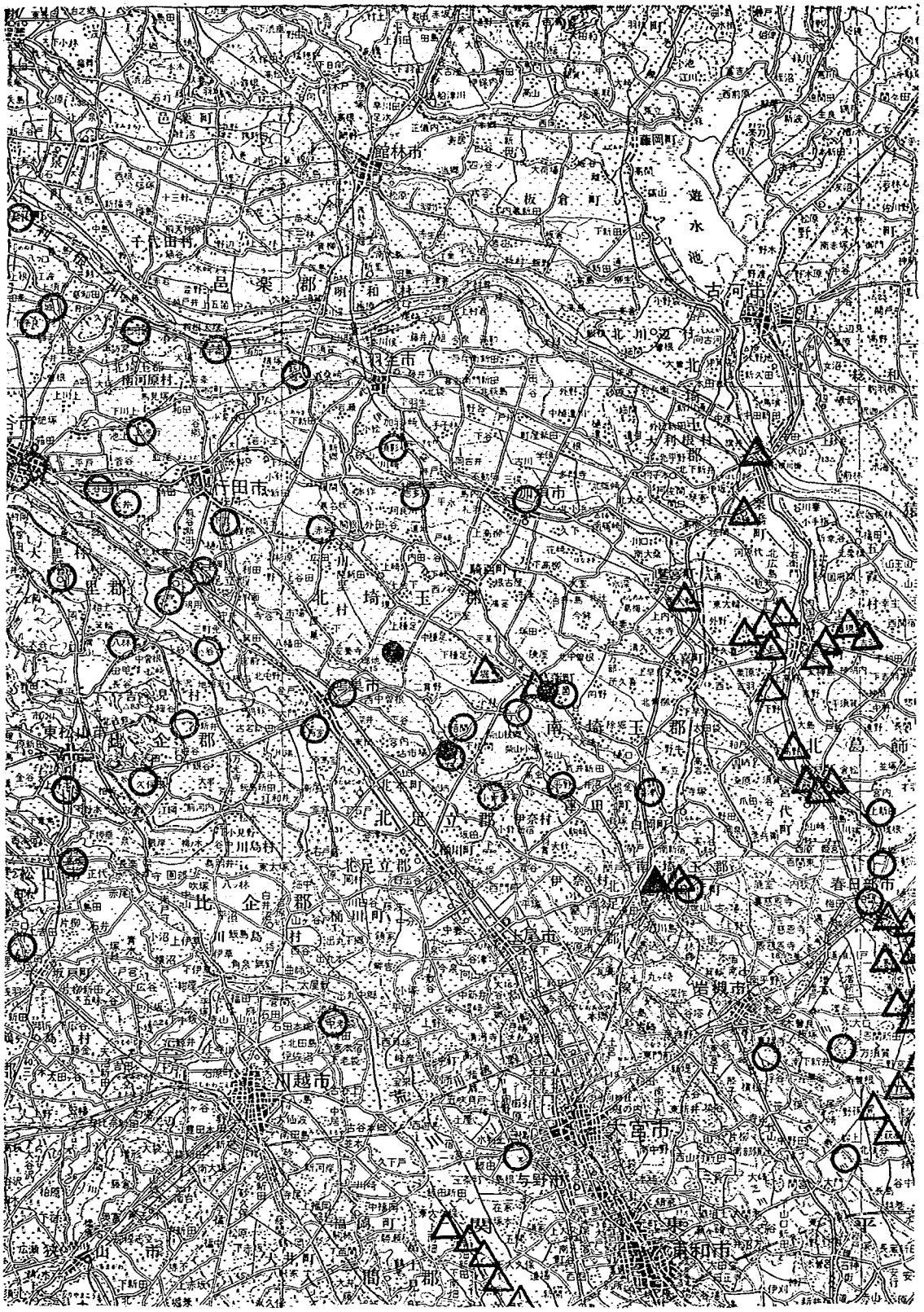


図-2(b) 埼　玉　県　液　状　化　地　点

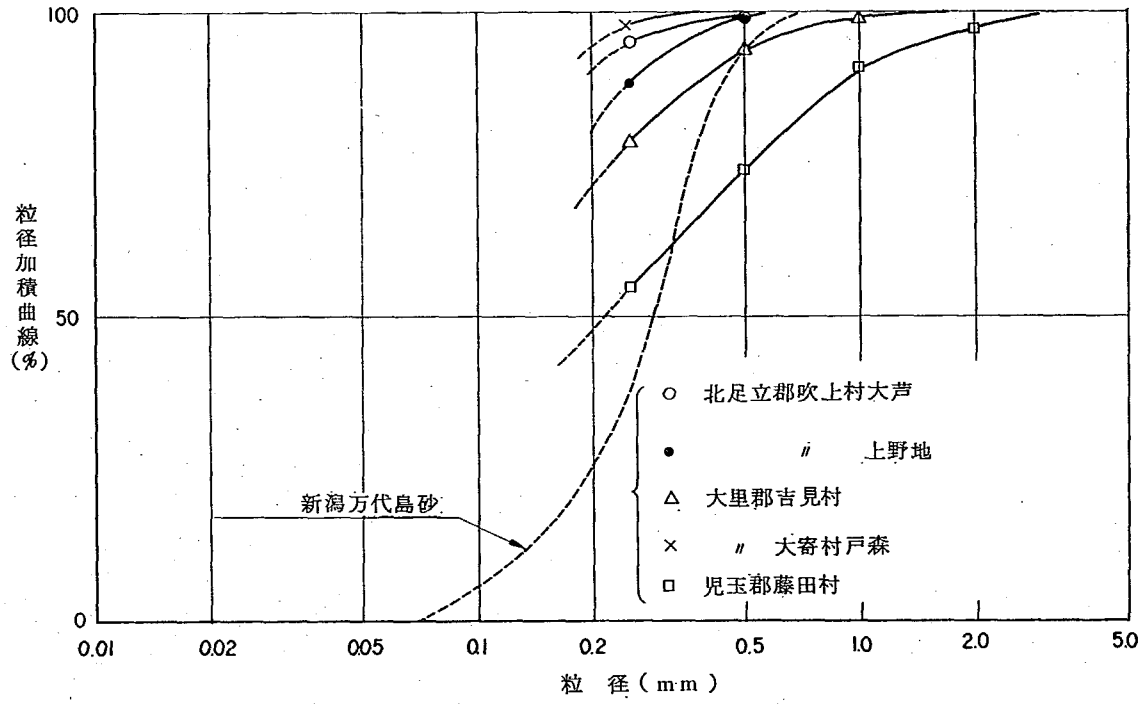


図-3 噴出した砂土の粒径加積曲線（いずれも河成水積土(沖積土)）

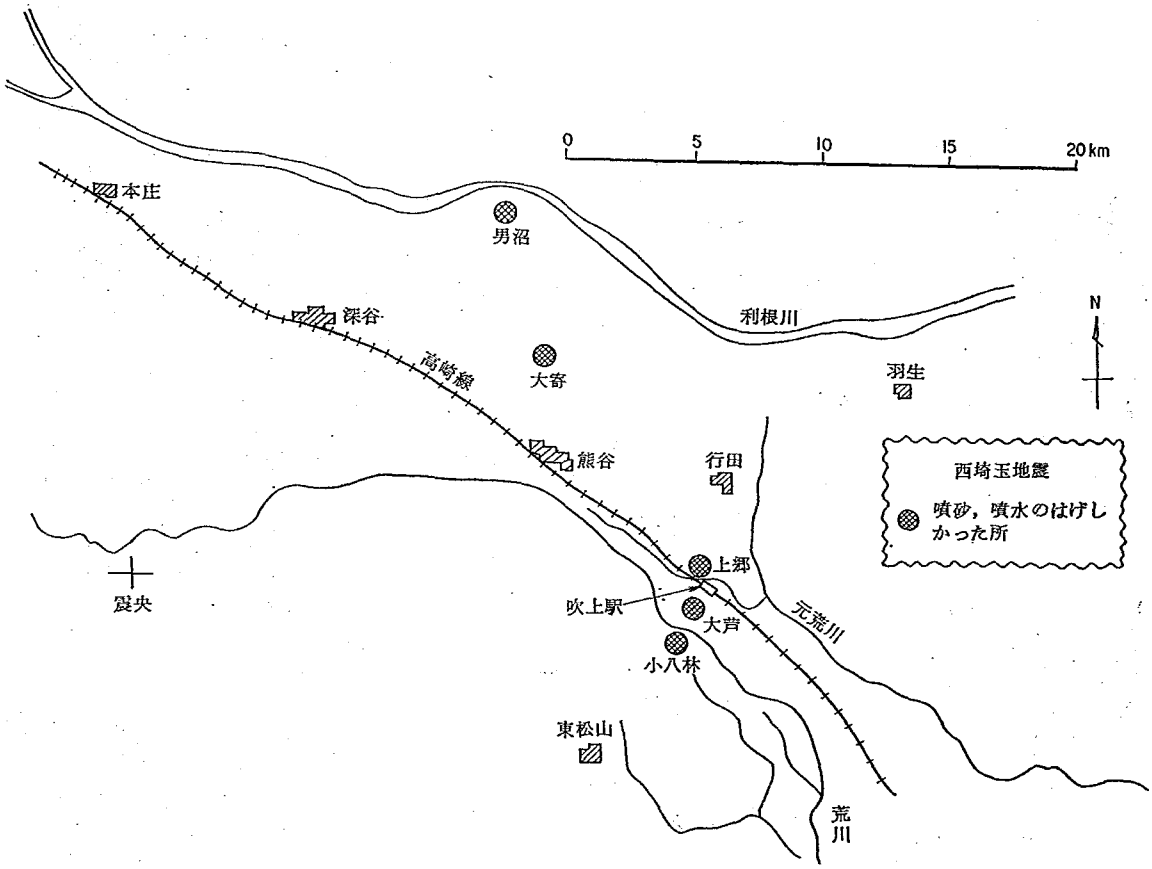


図-4 西埼玉地震で噴砂の激しかった所

能登（のと）

1933年（昭8）9月21日　12時14分
震央　37.1°N，137.0°E，H=15km，M=6.0

被害状況〔文献(b)〕
死者3，負傷者55，家屋倒壊2，破損143

液状化状況
図-2参照
1. 七尾町東，矢田新70mの亀裂より泥水，青砂噴出
2. 赤浦潟岸で割目より泥水，高砂噴出，全体として沈降

上述の両地点は共に埋立地である。

参考文献
〔1〕 鈴木武夫，1934，昭和8年9月21日の能登地震踏査報告，地震研究所彙報12，44—50
〔2〕 鈴木武夫，1の33，昭和8年9月21日の能登地震踏査概報，地震第5巻，704—714

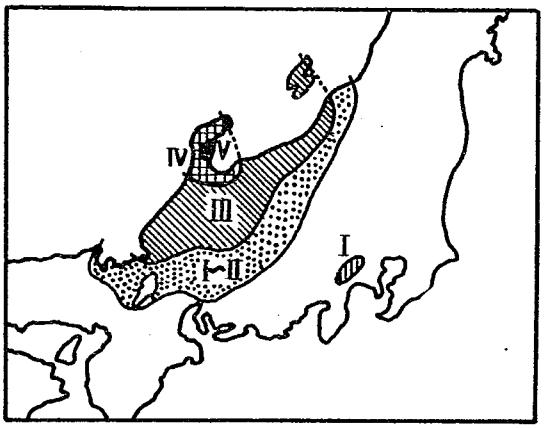
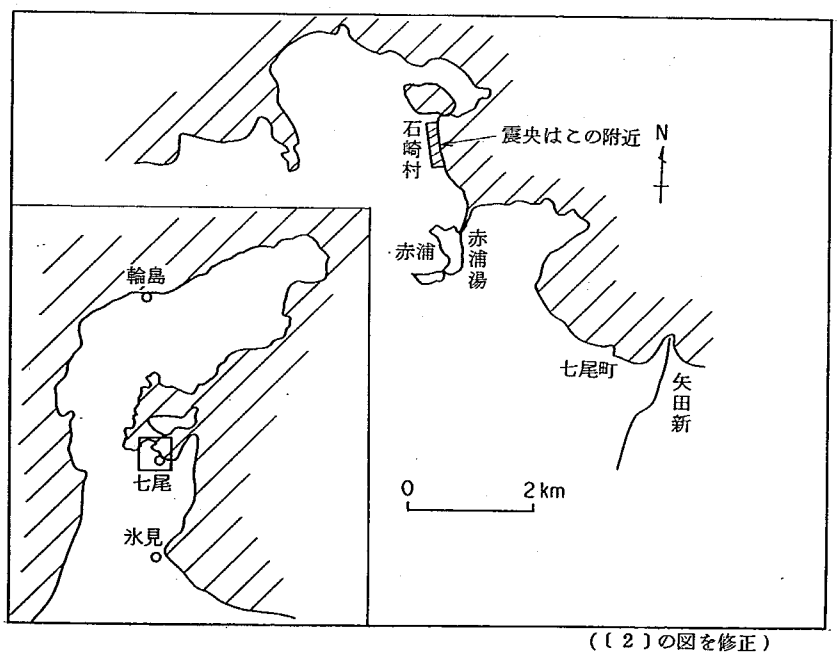


図-1 震度分布（文献(a)）



（〔2〕の図を修正）

図-2 能登地震液状化地点

静岡（しずおか）

1935年（昭10）7月11日　17時25分
震央　35.0°N，138.4°E，H=10km，M=6.3

被害状況〔文献(a)(b)〕

静岡市南東の有度山塊を中心として震度が大きく，その周辺の地盤の悪いところに震害を与えた。

死者9，負傷者299，全壊住家363，全壊非住家451

液状化状況

局地的であり，地盤の悪い所で噴砂，噴水が生じた。（図-2参照）

1. 清水港，岸壁付近海岸より噴砂
2. 安倍川左岸，有東から西脇，西島，中島に至る間田井戸より噴水
3. 中島字浜，25の井戸から噴砂
4. 震央近くの堀之内，沼から噴水

参考文献

〔1〕 中央気象台地震掛，1935，昭和10年7月11日静岡強震験測概要，験震時報　9，65—71

〔2〕 萩原尊礼，1935，昭和10年7月11日の静岡地震に就て地震研究所彙報　13，951—965

〔3〕 今村明恒，1935，静岡地震管見，地震第7巻，442—451

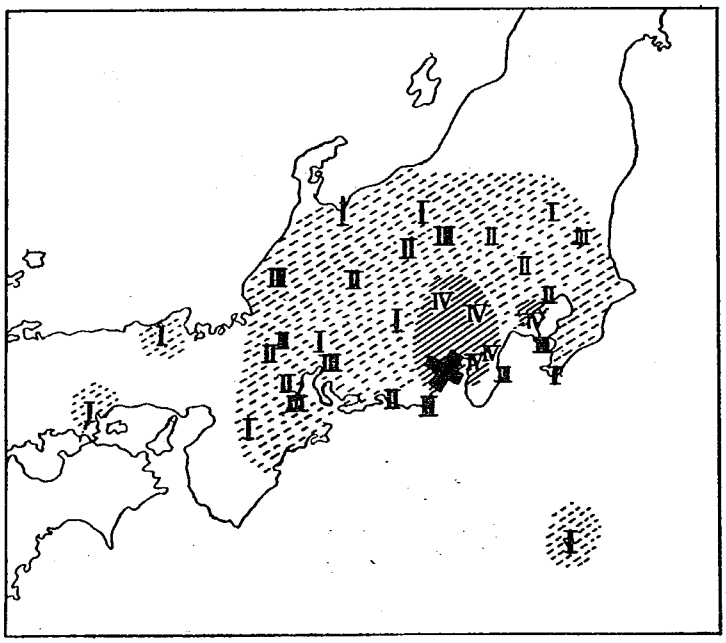


図-1 震度分布（文献(a)）

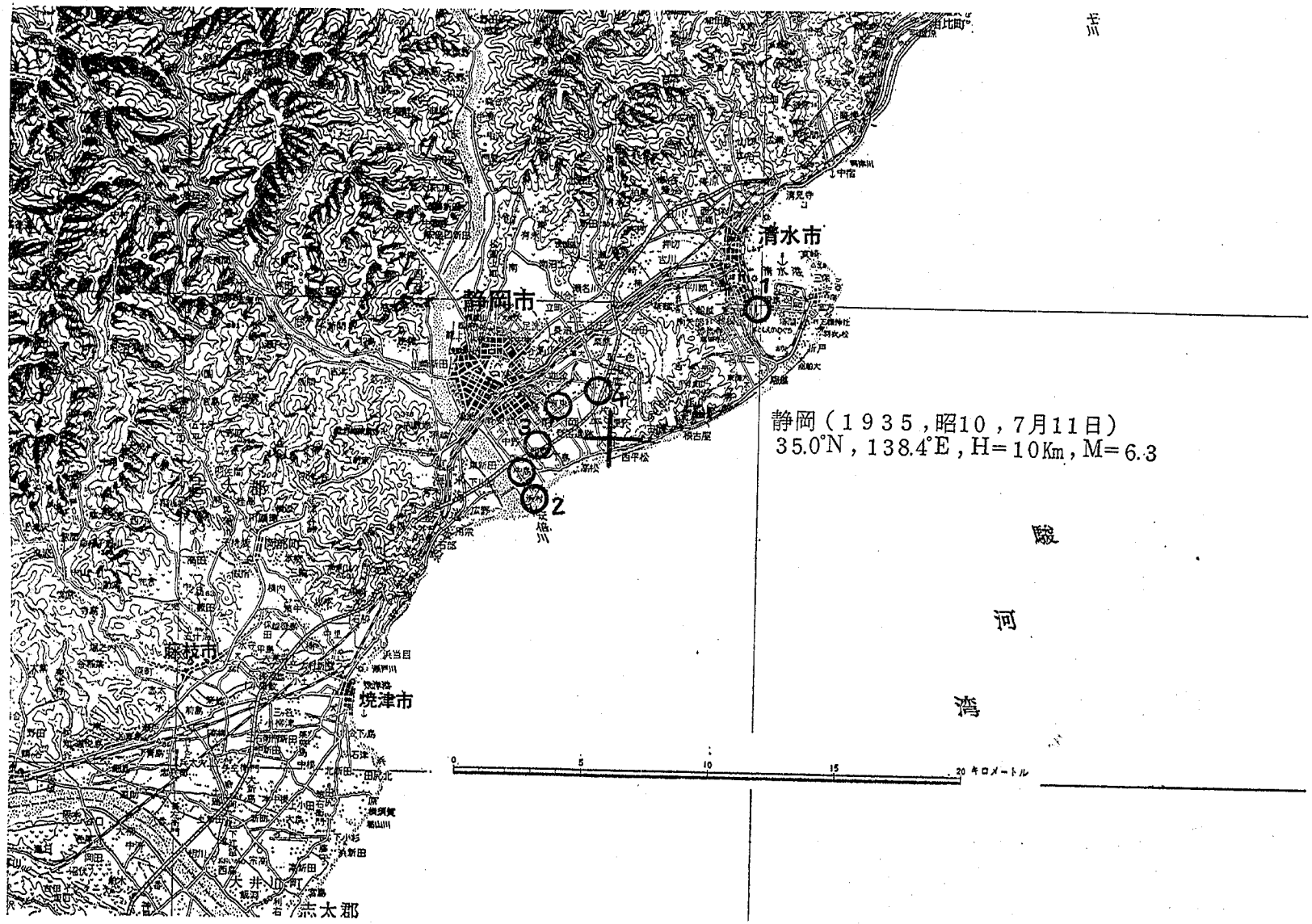


図-2 静 岡 地 方 液 状 化 地 点

河内大和（かわちやまと）

1936年（昭11）2月21日　10時8分
震央　34.5°N135.7°E，H=20km，M=6.4

被害状況〔文献(b)〕

死者9，負傷者59，全半壊家屋148

液状化状況

図-2参照。石川周辺の地盤の悪い所や埋立地にのみ噴砂，噴水。

大和川支流石川沿岸。1.柏原町南部。2.道明寺。3.古市。4.駒ヶ谷～飛島間で地割より青細砂の噴砂孔列。5.堺，大浜海岸埋立地青味砂噴出。

古市町誉田付近の噴砂が最っとも著しく，200 m位噴砂孔が続いている。噴出された砂は，何れも青味を帯びた粘土交りの細砂であって，5～6尺～10尺位地表より下に存在するものである。

写真-1は古市町誉田付近での，乾田の噴砂の写真である。〔8〕

参考文献

〔1〕 竹花峰夫・他，1936，河内大和強震験測結果，験震時報　9，91—104
〔2〕 和達清夫，1936，昭和11年2月21日河内大和強震概説，験震時報　9，87—90
〔3〕 棚橋嘉市，1936，河内大和強震地域踏査報告，験震時報　9，144—158
〔4〕 和達清夫，1936，河内大和強震地域踏査報告，験震時報　9，135—143
〔5〕 川瀬二郎，1936，大阪府下堅上村峠区の地こりの経過，験震時報　9，133—143
〔6〕 吉山良一，1936，昭和11年2月21日河内大和の地震調査雑報，地震　8，105—109
〔7〕 那須信治，他，1936，昭和11年2月21日河内大和強震調査報告，地震研究所彙報　14，285—289
〔8〕 宮部直巳，1936，昭和11年2月21日河内大和強震に関する調査報告，地震研究所彙報 14,297—306

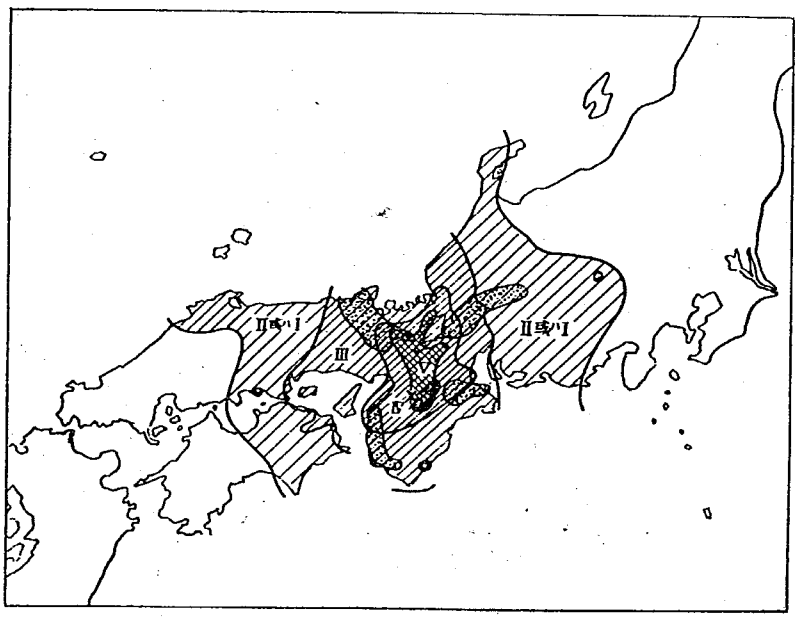


図-1　震度分布：砂目の地域は地鳴りを聞いたところ〔1〕

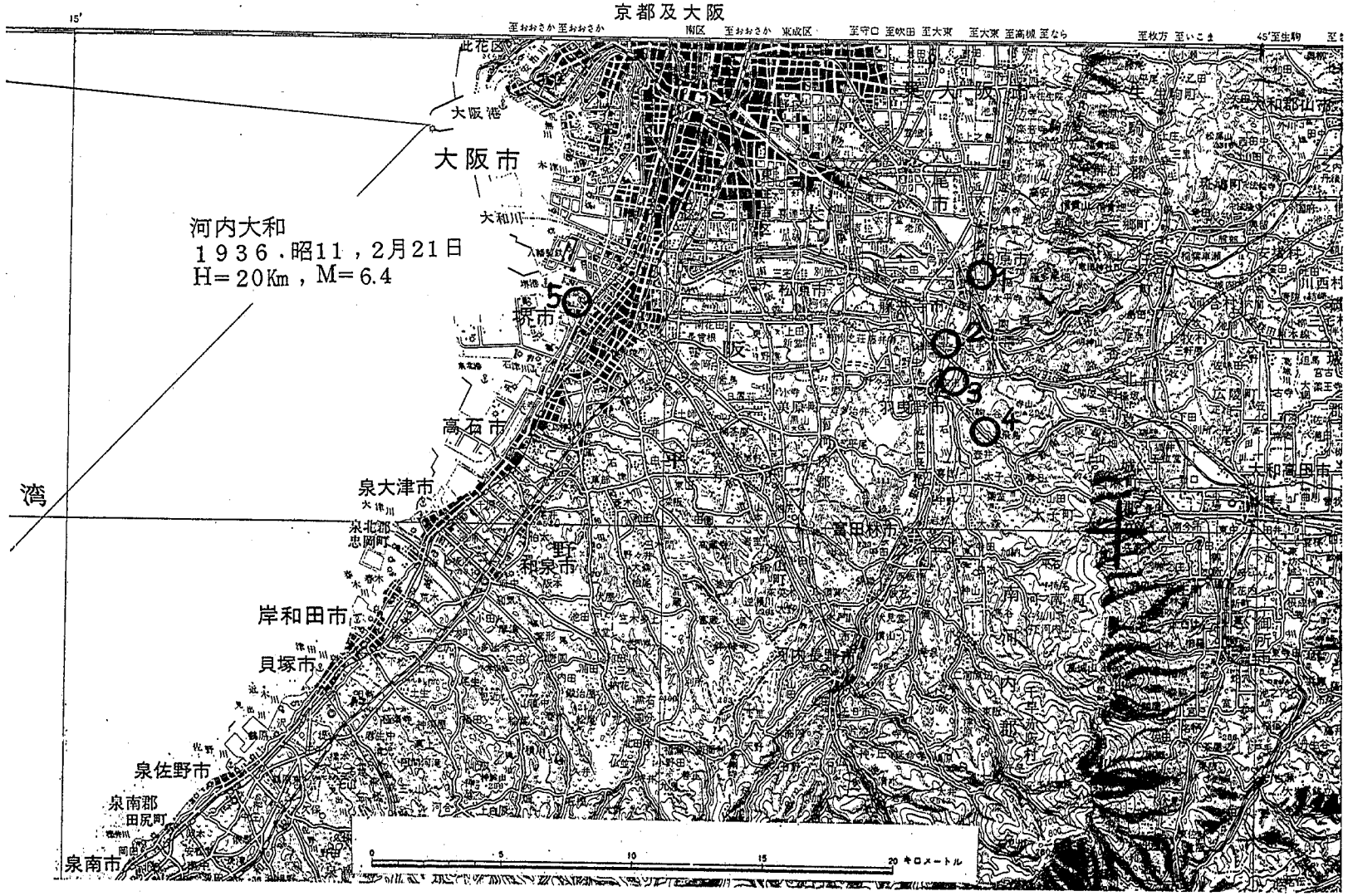


図-2 河 内 大 和 地 方 液 状 化 地 点



写真-1 乾田の噴砂（大阪府古市町誉田付近）〔7〕

金華山沖（きんかざんおき）

1936年（昭11）11月3日
震央、38.2°N，142.2°E，M=7.7

被害状況〔文献(b)〕

福島県，宮城県に負傷者4，非住家全壊3

液状化状況

1. 小高町，堀抜き井戸から青砂を多少出したのが数箇
2. 磯部村磯部，埋立地で噴水
3. 阿武隈河口，荒浜村河中の沈床の杭の抜出

海岸の軟弱な地盤を選んで液状化が生じたようである。

参考文献

〔1〕 高山威雄，1937，昭和11年11月3日金華山沖合地震被害調査報告，地震研究所彙報 15，179—184

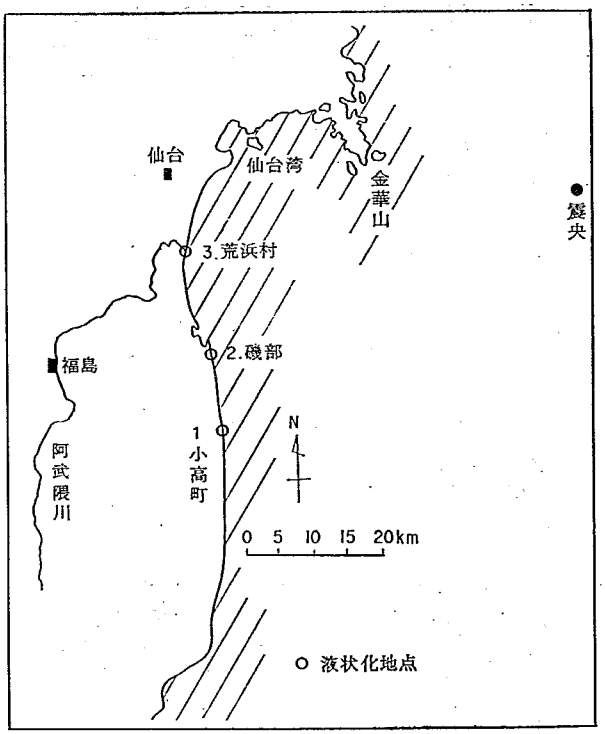


図-1 金華山沖地震における液状化地点

男鹿（おが）

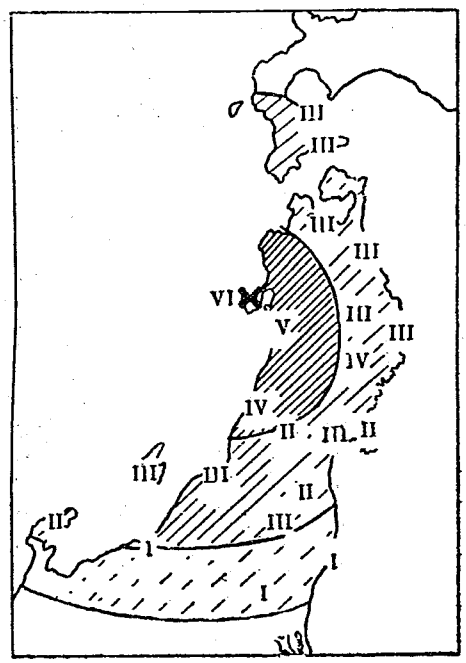
1939年（昭14）5月1日　14時58分
震央　39.9°N，139.8°E，H=0km，M=7.0

被害状況〔文献(b)〕

死者27，負傷者52，住家全壊479，半壊858，非住宅全壊106，半壊156

液状化状況

八郎潟北西部潟西村で2条の亀裂から土砂と黒濁した悪臭を持った水が噴出，(図-2参照)B，Cの2箇の亀裂に囲まれた地域の沈下が著しく，その量は最大約1m。図で，斜線をほどこした部分は，以前は玉の池に続く沼池地，または湿地であったものと思われ，砂層の下部に炭化した植物があり，地下水位も高い。したがって泥炭化した植物の腐敗したものが噴出したらしい。また，この部分では，地面が水平に移動し，地震前に直線であった道路が，曲りくねった。〔2〕



I 微震　III 弱震　V 強震
II 軽震　IV 中震　VI 烈震

図-1 震度分布（文献(a)）

参考文献

〔1〕萩原尊礼，1939，昭和14年5月1日男鹿地震調査概報，地震研究所彙報　17，627—637
〔2〕宮部直巳・他，1939，昭和14年5月1日男鹿島地震の地変に就て，地震研究所彙報　17，638—649
〔3〕大塚弥之助，1939，昭和14年5月男鹿半島地震の地変，地震研究成彙報　17，650—660

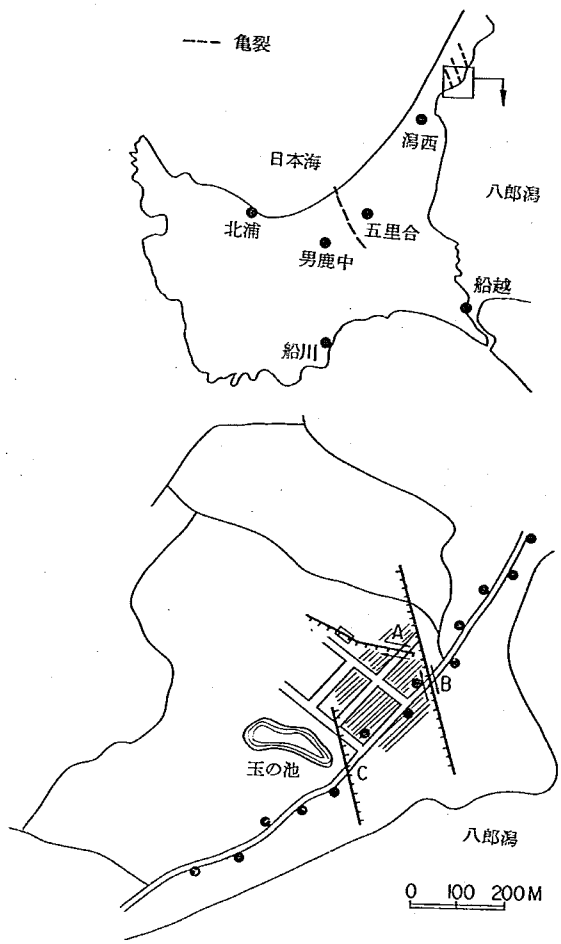


図-2 玉の池付近の亀裂と配置〔2〕

長野(長沼)

1941年（昭16）7月15日　23時45分
震央　36.7°N，138.3°E，H=5～20km，M=6.2

被害状況〔文献(b)〕

死者5，負傷者18，住家全壊29，半壊115，非住宅全壊48，半壊，122

液状化状況

上高井地震の図-2(p.36)に噴砂水地点を示してある。長野市北東の千曲川両岸の，

a．日野村村山

b．長沼村穂保，津野，赤沼

c．豊州村相之島で割れ目から砂と水をふきだした。

この液状化地点は，上高井地震（1897年）とほぼ同じ場所と思われる。文献によると，

「豊州村相之島の道路は，道に平行な割れ目が無数に出来て，方々から砂をまぜた水が噴出し足をぬらし，そのためには地震を千曲川の氾濫と間違えた人さえあったという。」〔2〕

写真-1は，赤沼東組での砂を噴出した地割れの写真である。また，「長沼村赤沼では井戸からは水と砂が多量に噴出し，砂の為に井戸が埋って非常に浅くなった。地震と共に井戸から水を噴き出し，豪雨が降った時の様に庭に水が溜った。ここは，昔は沼地であった」〔1〕

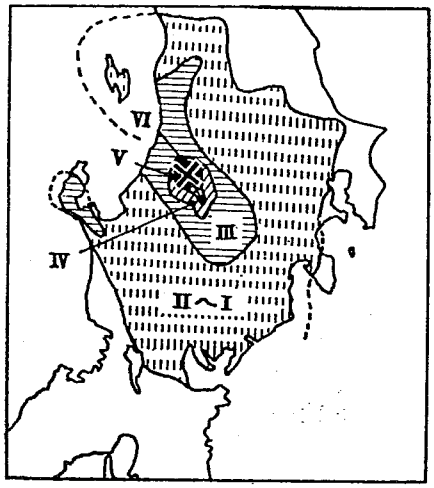


図-1　震度分布（文献(a)）

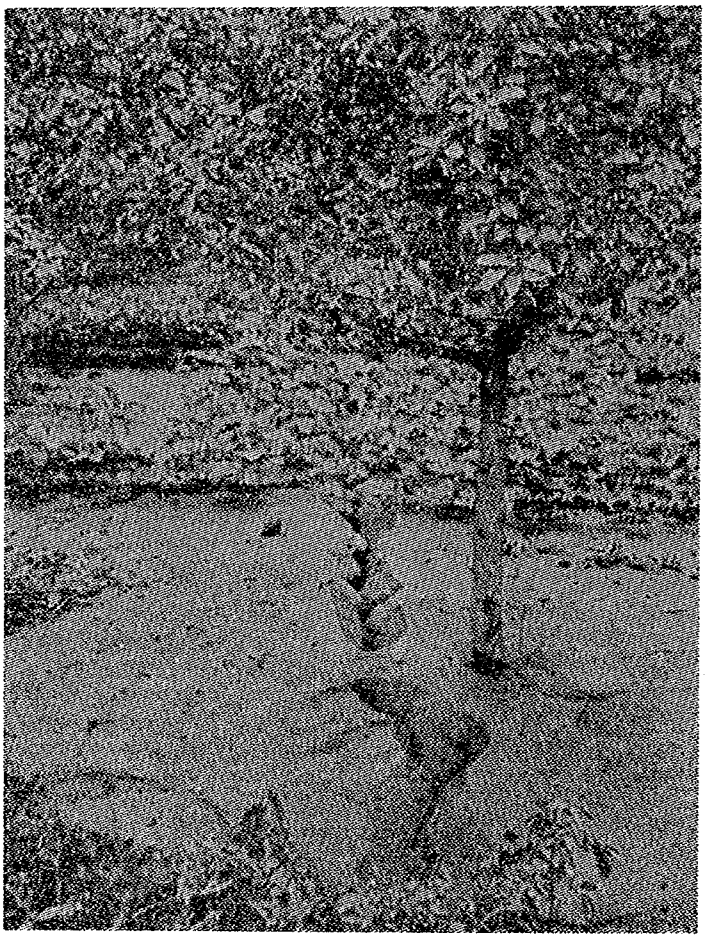


写真-1　赤沼東組砂を噴出した地割れ〔2〕

参考文献

〔1〕中央気象台，1941，昭和16年7月15日長野強震調査概報

〔2〕岸上冬彦・他，1941，昭和16年7月15日長野地震の統計的調査，地震研究所彙報　19，628.

鳥取県沖(賀露)

1943年（昭18）

a）3月4日，19時13分，震央35.6°N,134.2°E,H=20km,M=6.1

b）3月5日，4時50分,震央35.55°N,134.2°E,H=20km,M=6.1

（約6ヶ月後に，ほぼ同じ場所で，M=7.4の地震が生じた）

この地震以降，鳥取，東南海，三河の各地震は，戦時下だったため，軍部によって記録が隠された。そのため，貴重な記録が逸散などして不十分な記録しか残っていない。

被害状況（文献(b)）

負傷者11，倒壊建物66，半壊建物594

液状化状況

図-2参照。

海岸部（1. 青谷，2. 正条，3. 宝木各村）と千代川沿い（4. 賀露，5. 千代水，6. 大正，7. 鳥取，8. 面影 9. 美穂，10. 津の井，11. 大和，豊実各村）で割目から水，泥，砂をふき出した。地割を生じた所は，道路の縁または，川沿いの所が多く，砂層の所に，地割の発達が特に顕著であった。

参考文献

〔1〕 表俊一郎，1943，昭和18年3月4日鳥取地震調査概報，地震　15，101—113

〔2〕 表俊一郎，1943，昭和18年3月4日鳥取地震調査報告，地震研究所彙報　21，435—457

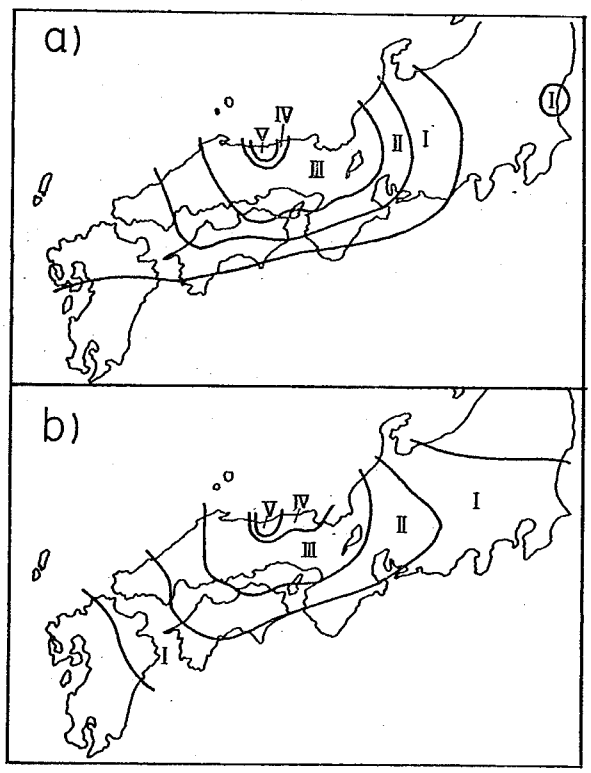


図-1 震 度 分 布〔文 献 (a)〕

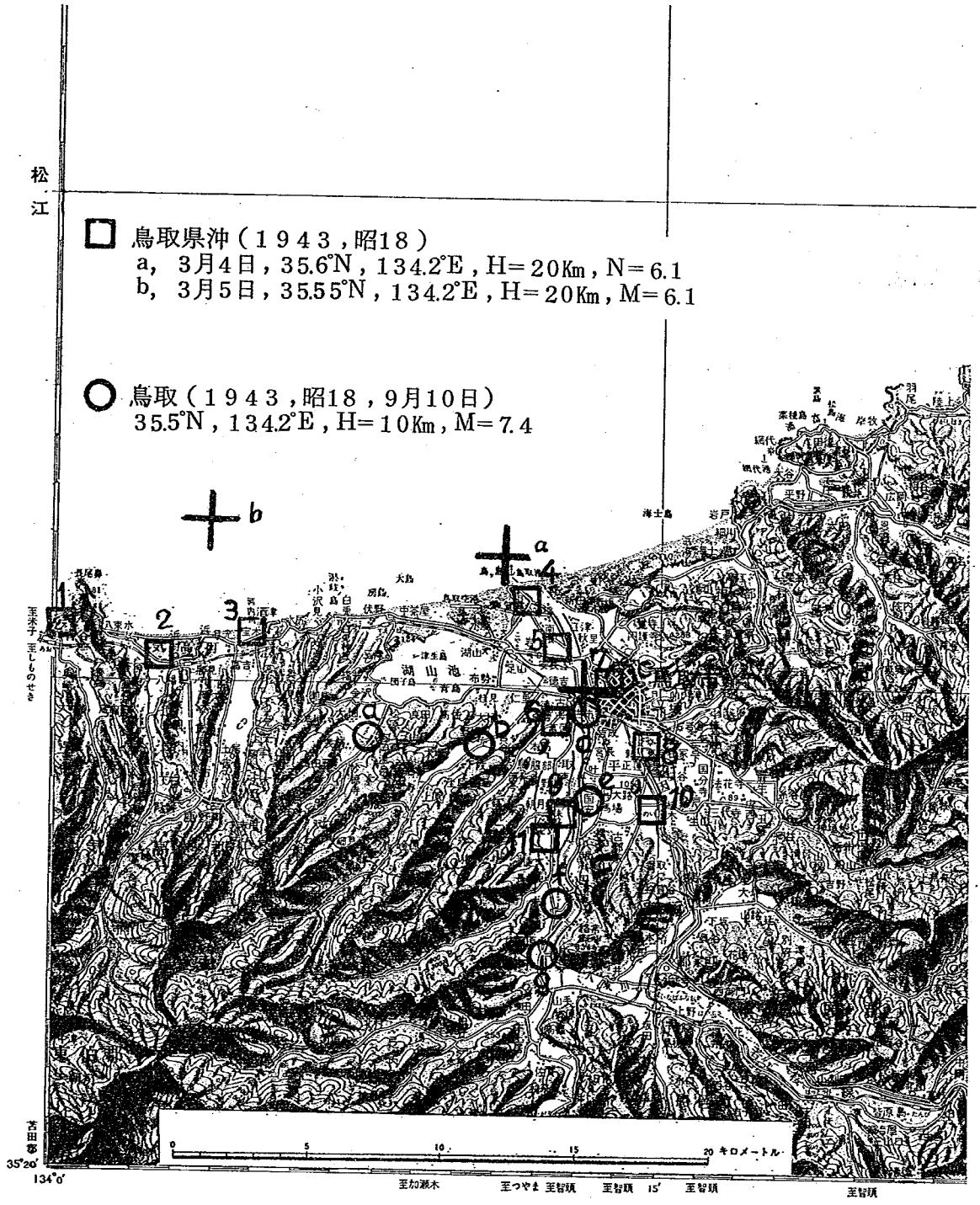


図-2 鳥取地方液状化地点

鳥取（とっとり）

1943年（昭18）9月10日　17時37分
震央　35.5°N，134.2°E，H=10km，M=7.4
典型的な直下型地震

被害状況〔文献(b)〕

典型的な直下地震であり，鳥取市及隣接地域で被害大。沖積地盤に震央があったため，福井地震（1948年）の時と同様に沖積地盤上にある鳥取市に潰滅した。写真-1，2は，その当時の状況を示した写真である。死者1,083，重傷者6,153，家屋全壊7,485，半壊6,158。〔文献(b)〕。文献〔6〕によると，「鳥取市の家屋の倒壊率が高かったのは，(1)千代川（せんだいがわ）やその支流袋川の流域で，いわゆる軟い地盤であったこと，(2)屋根に上薬をかけた瓦が葺いてあるが葺土が多く，その上この地震の直前に雨が降った為に屋根が重かったこと，(3)この地方は湿気が多く，また袋川の氾濫の為等で土台の松材が腐っていたものがあったこと，(4)市内の商店は二階家が多く，間口4間位あるのに柱が中間になく構造上弱かった。(5)家屋が互に密接して建てられ将棋倒しになった。」

図-2は，家屋倒壊率を示してあるが，これによると，倒壊率が高い所は，沖積地盤の所に限られていて，砂丘山地では倒壊率が低いことから，上述の原因の内で，(1)が最っとも大きいものと思われる。

また，図-3に示すように，鹿野断層（SW—NE方向長さ8km，南西部では北側が最大75cm沈下し，東へ最大150cm移動し，東北部では南側が最大50cm沈下）と吉岡断層（E—W方向，長さ4.5km，北側は最大50cm沈下し，東へ最大90cm移動）を生じ，両断層とも人家の真下を通ったが家は倒れなかった。文献〔6〕によると「鹿野では水平移動1.5m，鉛直変動0.4mの断層ができた。この断層の上にあった家屋を見たが，辺が17.5cmの大黒柱があり，梁の端には二方から楔をかってあるという堅固な建物であって，土地が移動して家屋の下部が裂けているが，棟では変化がなかった。その家の人々に聞くと地震がすむと，このようになっていたことに気付いたので棚の上のものは落ちなかったが，位牌は倒れたということであった。」

このことから推察すると震央の近くの断層東端の野坂では加速度は大きかったが，西端の方になると断層は，相当ゆっくりと動いたらしい。

1974年伊豆半島沖地震でも，震央からはなれた所の石廊崎部落の活断層は，約30cm水平に鉛直約20cm動いたが，家屋は，変位そのものでこわれ，加速度ではこわれなかったこと，断層からはなれるとすぐ近くでも被害が少なかったことから，断層は，ゆっくり動いたものと推察される。

以上のことは，断層は，必ずしも，急激に動くものではないことを示しているのであろう。

液状化状況

鳥取県沖地震の図-2参照。

a．吉岡およびb．野坂田畑の地割から白い砂をふきだした。その他c．鳥取市内d．古市e．国安f．布袋g．可原の千代川の諸村でつっこみ井戸，掘割井戸から砂がふきだし，割れ目から泥水をふき出した。

噴砂，噴水があった地点は，家屋倒壊率の高い地域の中にある。文献〔7〕によると，「地震直後，地下水の湧出した所が多数あった。例えば，鳥取市内各所で，1分間位水が出た。宝木でも井戸から水が10分間位出た。」

著者自身の聞き込みによると，市内の井戸はほとんど砂，泥がふき出して使えなくなり，20世紀で乾きをいやしたほどであった。

野坂村では，水田から白い砂があちこちで噴き出した。ゆれるたびにふき出した所もある。また，布袋，可原などのつっこみ井戸から地震時に，いきおいよく50cm位の高さに水，砂がふき上げて，砂でつまり，使えなくなった。古市では，掘り井戸から細かい砂がふきだして使えなくなった。また，海岸近くを走っている山陰線は田畑の中に砂で築堤をつくり其の上に軌条を通している所が多く，築堤は地震前数日間の降雨のため，相当に緩んでいた。そのために恐らく，液状化が生じたためと思われるが，各所ですべり出した。「末恒駅付近は駅を中心として，左右180mに亘り最大2mの線路沈下。末恒—宝木間では，水尻トンネル入口前に10箇所に亘り路盤沈下があり，深さは，最大5mに達っした。」〔8〕

参考文献

〔1〕津屋弘達，1944，鹿野，吉岡断層とその付近の地質，地震研究所彙報　22，1—32
〔2〕宮村摂三，1944，昭和18年9月10日鳥取地震において現われた鹿野，吉岡両断層およびその地震後の変動の精密水準測量による観測，地震研究所彙報　22，49—59
〔3〕萩原尊礼，1944，断層の動きと地表傾斜変化の観測，地震研究所　22，66—71
〔4〕永田武，1944，鹿野断層付近における地電位差変化，地震研究所彙報　22，72—82
〔5〕今村明恒，1943，鳥取地震所感，地震第15巻，第10号，233—239
〔6〕岸上冬彦，1945，昭和18年9月10日鳥取地震の被害，地震研究所彙報　23，97—103

〔7〕 岸上冬彦，1945，昭和18年9月10日鳥取地震の被害，地震研究所彙報 23，97—103
〔8〕 建築学会震災調査隊，1944，鳥取県震災調査報告，建築雑誌 58，No.76，77，79—145
〔9〕 築地明，1948，鳥取地震に於ける活断層と地形とに関する若干の考察，地理学評論，21，239—247
〔10〕 鳥取県，1944，鳥取県震災小誌

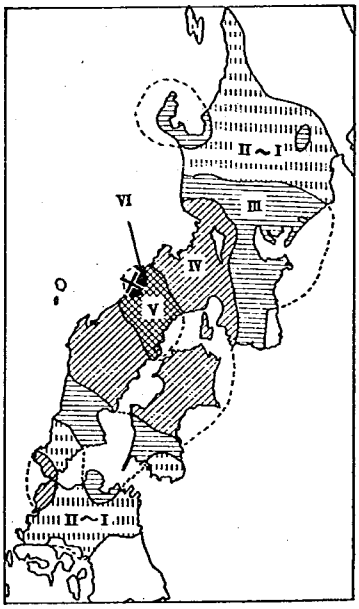


図-1 震度分布（文献(a)）

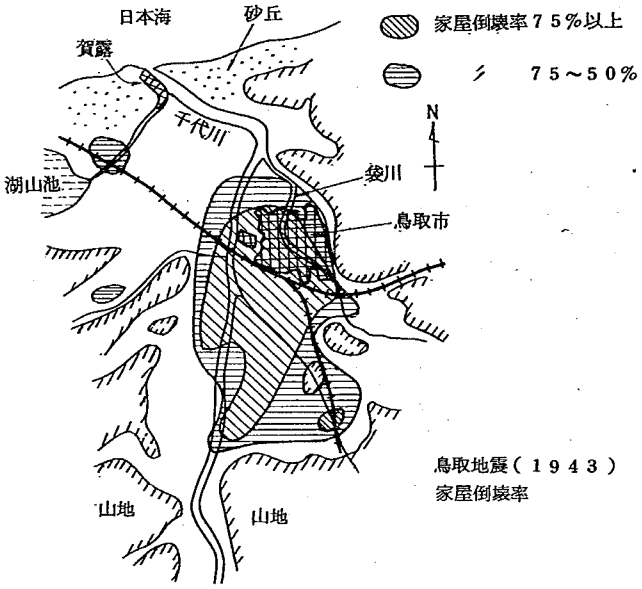


図-2 鳥取地震での家屋倒壊率〔8〕

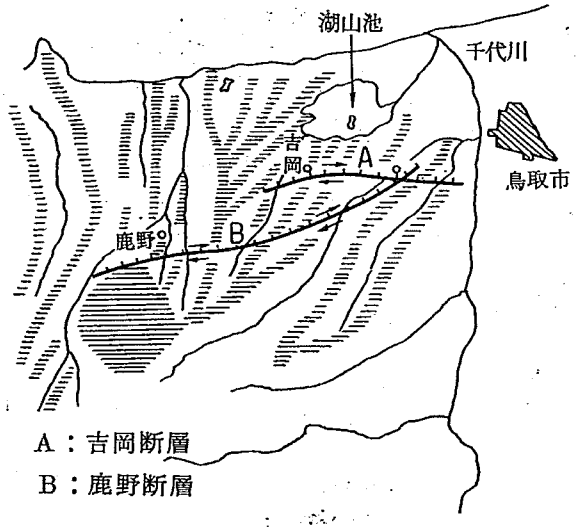


図-3 断層の水平移動と山稜の方向〔9〕

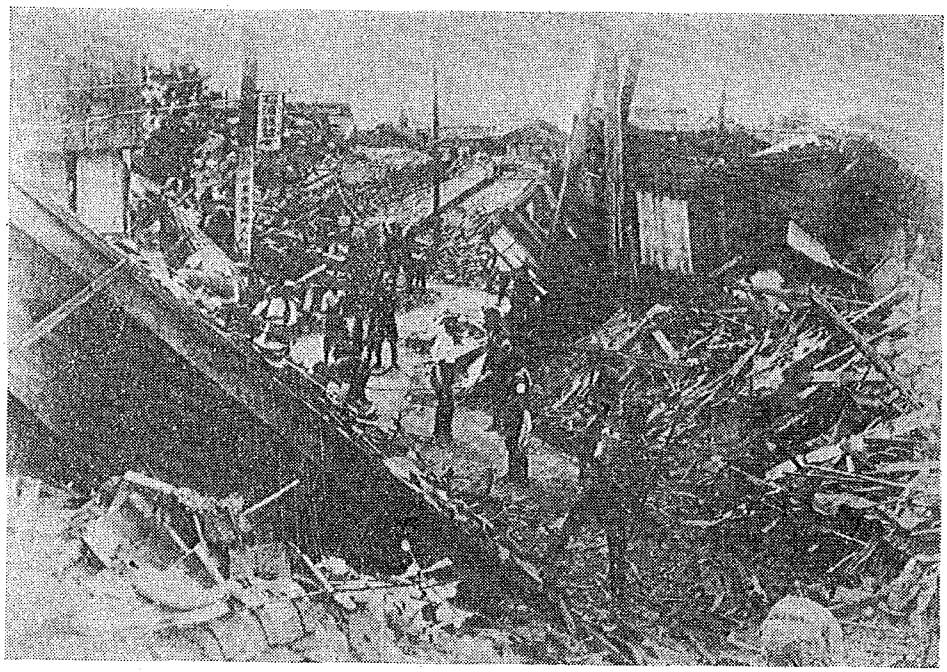


写真-1 鳥取市川外大工町の一部〔10〕

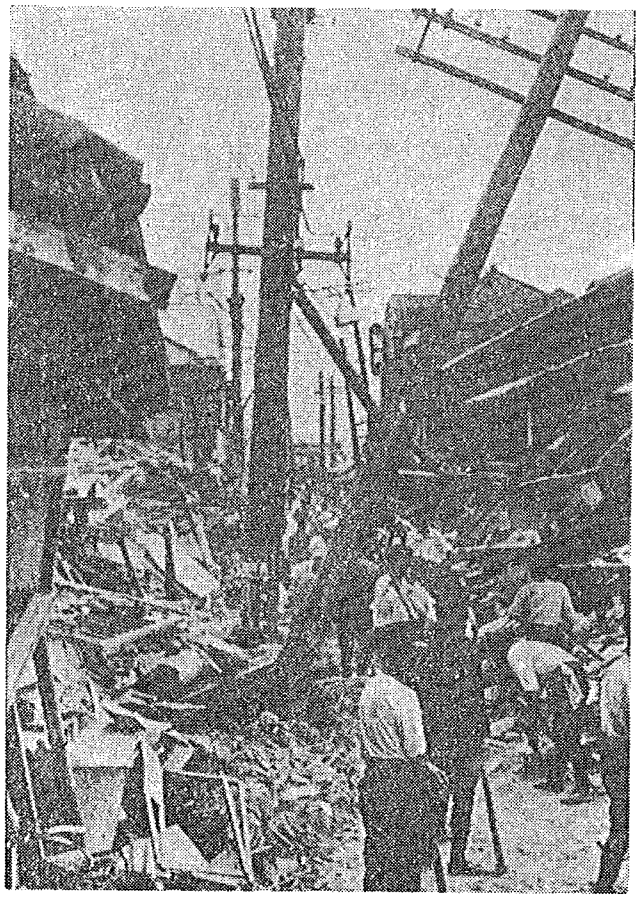


写真-2 鳥取市川端一丁目若桜橋北詰付近〔10〕

東南海（とうなんかい）

1944年（昭19）12月7日　13時35分
震央　33.7°N，136.2°E，H=0～30km，M=8.0

被害状況（文献(b)）

死者998，重傷2,135，住家全壊26,130，半壊46,950，流失 3,059。被害は静岡，愛知，三重，岐阜，奈良，滋賀の各県に多く，とくに名古屋の重工業地区の被害が大きかった。津波は各地に来襲し，波高は熊野灘沿岸8—10m，木ノ本，新宮間3m，御前崎2m，下田2mであった。

この地震は，地盤と震害の関係を顕著に示し，震央に近い所でも無被害の所がある一方震害が大きい所は軟弱地盤の発達した地区に広くばらまかれている。　表-1参照。ここで，住家倒壊率は，

$$\frac{\text{全壊住家数}+\text{半壊住家数}\times 0.5}{\text{地区内総住家数}}\times 100\ (\%)$$

表を見て分るように，震央距離を100kmを越えている静岡で倒壊率が高い所が多く，震央近くの三重県には倒壊率が高い所はない。

液状化状況

図-2に噴砂，噴水の記録のある場所を示している。図中の番号について説明すると，

1. 白羽村神子新田，埋立た所，半径1mの泥丘が無数，青砂を噴き，1mの高さに水を噴く〔1〕
2. 千浜村，砂地の畑に噴砂丘が多数，青砂噴く〔1〕，〔6〕
3. 袋井町小野田，東海道北側の田，砂混り水を噴く〔1〕
4. 久努西村，田地に水を噴いた跡〔1〕
5. 向笠村，田地で泥水又は砂水噴出〔1〕
6. 田原村，井戸増水田に噴水せる処多し。〔1〕
7. 盤田町と天龍川の間，田地で砂水を頻りに噴出〔1〕
8. 大淵村の海岸の砂丘の間で87個の噴水砂丘，最大直径20cm〔1〕
9. 中ノ町，農西村，水田には無数の噴砂，噴水，地裂〔1〕
10. 高塚，畑で砂水を吹く〔1〕
11. 新居町，田で噴砂〔1〕
12. 鷲津町，駅近く涸井で噴水，田に砂水噴出〔1〕
13. 田原町，田地埋立地で泥水噴出〔1〕
14. 赤羽根村，田で噴水〔1〕
15. 福江町，田で噴水，井戸濁る〔1〕
16. 桑名市北方揖斐川西岸桜堤，堤防破壊し，田畑より水と共に青泥土を噴く〔1〕
17. 長良川，木曾川，揖斐川，三角州，一般に地変多く泥土を噴く所が多い〔1〕
18. 大阪市大正区市岡区築港方面，泥水を噴出せし所もある〔1〕
19. 名古屋市南区，港区，中川区，噴砂噴水著しい（詳しくは図-3）〔4〕
20. 庄内川右岸，いえなが新田，田より噴砂，噴水〔3〕
21. 矢作古川河口の福地村周辺の住家倒壊率20%圏内で，田畑，井戸などから，地下水を噴出した所がある。〔7〕

文献〔2〕，〔6〕によると家屋倒壊率は，この噴砂，噴水のあった地方で高い値を示していることから液状化しやすいほどの地盤の悪い所は，地震動の増幅率も大きかったのであろう。

また，この地震での，噴砂，噴水のあった地点はきわめて，広範囲に亘っていて，地盤の悪いところを選択的に選んで，液状化が生じたようである。しかし，名古屋南部を除いて厚い緩い砂層の発達が悪いためか，それほど，大規模な液状化は生じなかったようである。

名古屋市南部は埋立などによって軟弱層が発達しており，家屋倒壊率も高く，かなり激しい湧水噴砂がかなりの範囲で生じたようである。（図-4～7参照）ここで，軟弱層率とは，N＜4の極緩砂層，N＜2の極軟粘土層を軟弱層として，

$$\frac{\text{軟弱層の厚さ(m)}}{5\ (\text{m})}\times 100\%$$

である。図を見て分るように，単なる沖積層の厚さよりも，表層5mまでの軟弱層率が高い所が，家屋倒壊率も高く，また，液状化が生じた率も高かったようである。横尾，桑原，堀内〔4〕の聞き込みの結果によると，名古屋市南部の液状化状況は，次のとおりである。

「図-4は，家屋被害分布図であり，この中で，A，B Cの3地区で噴砂，噴水が著しかった。

A地区　南区四条町，南陽通り一帯；この地域には倒壊・半壊家屋はほとんどないが大多数の家屋が傾斜被害をうけていて，それはほとんどが湧水，噴砂等の地変に起因するものが多い。その他，氷室町，昭和町，大同町柴田（涌水）

B地区　港区東築地町；この地域では倒壊家屋はなかったが，噴砂による床の膨れ上り等の被害は各所にあったようだ。

◦港区木場町；倒壊例は希れであるが，噴泥砂大であり，地変による半壊多い。防空濠は噴砂により全部埋る。

C地区　特に噴泥水甚しく，一面泥海と化したといわ

れている。

◦港区港楽町；圧倒的に家屋倒壊被害をうけていて，倒壊家屋以外の家屋は，地盤の不安定さにより半壊，または傾斜。

◦築地口付近では噴泥水大で，1m～1.5mの家屋の沈下被害例もある。

◦港区港栄町；倒壊家屋多し・半壊，傾斜被害相当あった。これらは，噴泥水などの地変に起因するものが多い。

◦港区辰己町；倒壊家屋例はかなりあり，それらは地盤沈下，噴砂に起因するものが多い。N寺にては杭基礎を採用していたため，建物は沈下せず，周囲地盤が30～50cm沈下した。半壊，傾斜，被害も多く，それらも地盤沈下，噴砂によって起った被害である。

◦千年町，海岸通りでも噴泥水大で，深さ2間の井戸が全部埋った。

◦港区西稲永町；湧水・噴砂多く，愛知航空機全工場機能止まる。「三河地震においても同工場においては噴水噴砂甚だしく，二つの工場では約1/3及び1/5浸水，その他四つの工場及び倉庫では一部浸水した。」〔9〕

E地区　東起町；湧水，その他南区昭和町，大同町，港区稲永町で湧水，噴泥砂。

以上をまとめたのが表-2である。」

図-8は，名古屋市港付近における陸地造成年代を示した図であるが，図-3，図-5と見比らべて分かるように地震被害が大きく，液状化が生じた所は，年代が新しい所に限定されていることが分かる。

参考文献

〔1〕 中央気象台，1945，昭和19年12月7日東南海大地震調査概報

〔2〕 宮村摂三，1946，東海道地震の震害分布（その1），地震研究所彙報，24，99—134

〔3〕 Kishida, H. 1969, Characteristics of Liquefied sands during Mino—Owari, Tohnankai and Fukui earthquakes, Soils and Foundations, Vol. IX, No.1.

〔4〕 横尾，桑原，堀内，1965，名古屋付近の地震と震害に関する研究（その3　東海地震の被害状況について），日本建築学会東海支部研究発表会，No.414，57—61

〔5〕 日本建築学会東海支部，土質工学会中部支部，名古屋地盤調査研究会，1969，名古屋地盤総論，コロナ社

〔6〕 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との関係，地震研究所彙報，35，201—295

〔7〕 棚橋，佐々，横尾，西村，1948，東海地震及びその余震における震害と地盤の関係，防災研究所研究報告　Vol.1，No.1.

〔8〕 日本気象協会，1974，伊勢湾付近の既往地震活動調査

〔9〕 名古屋市防災会議（地震対策専門委員会），1974，名古屋市における既往の地震とその災害

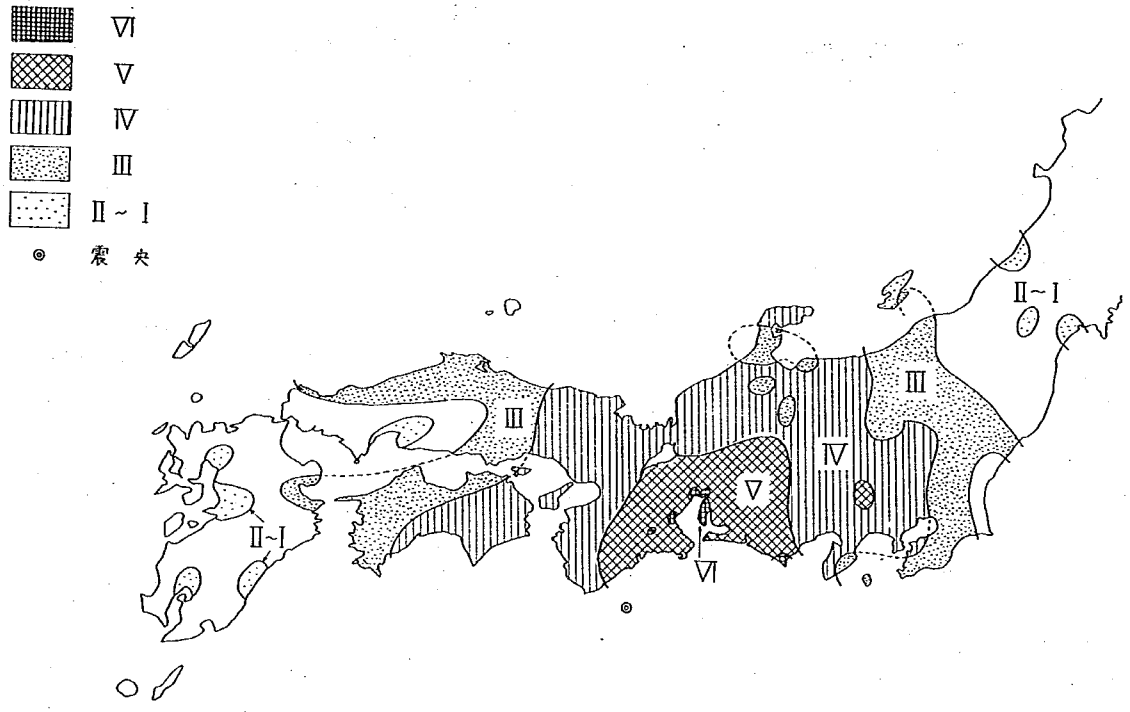


図-1 東南海地震による震度分布図（気象庁による）〔9〕

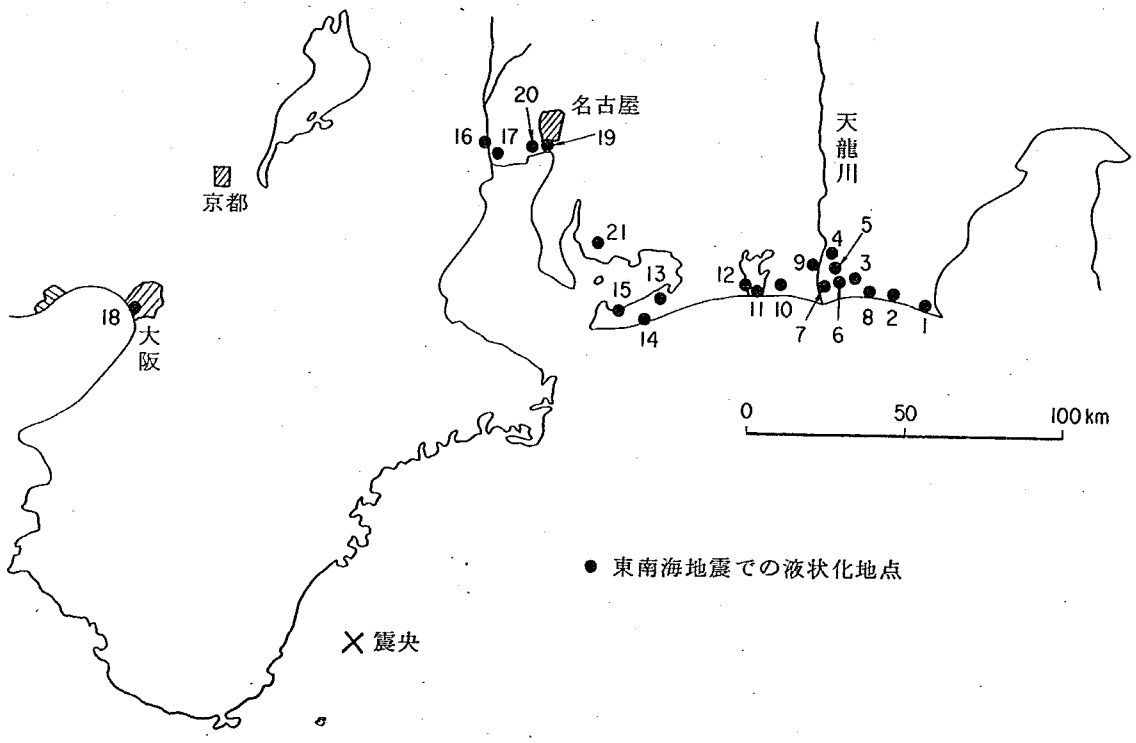


図-2 東南海地震での液状化地点

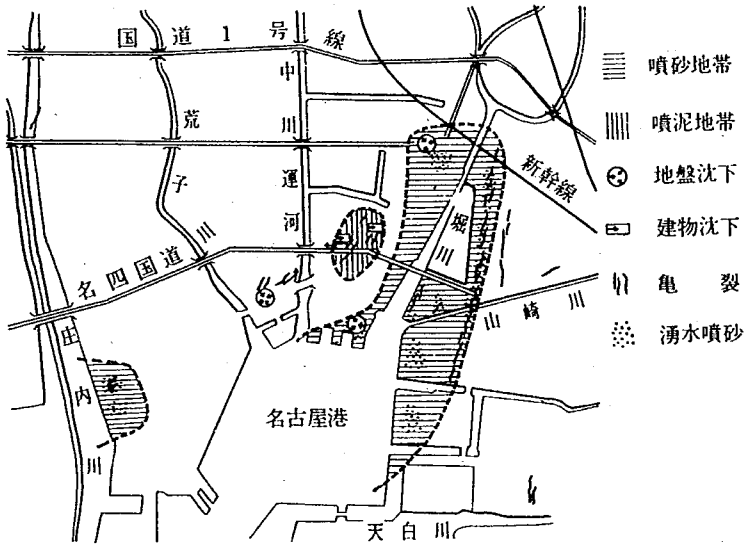


図-3　東南海地震における名古屋市南部地域地変図〔4〕

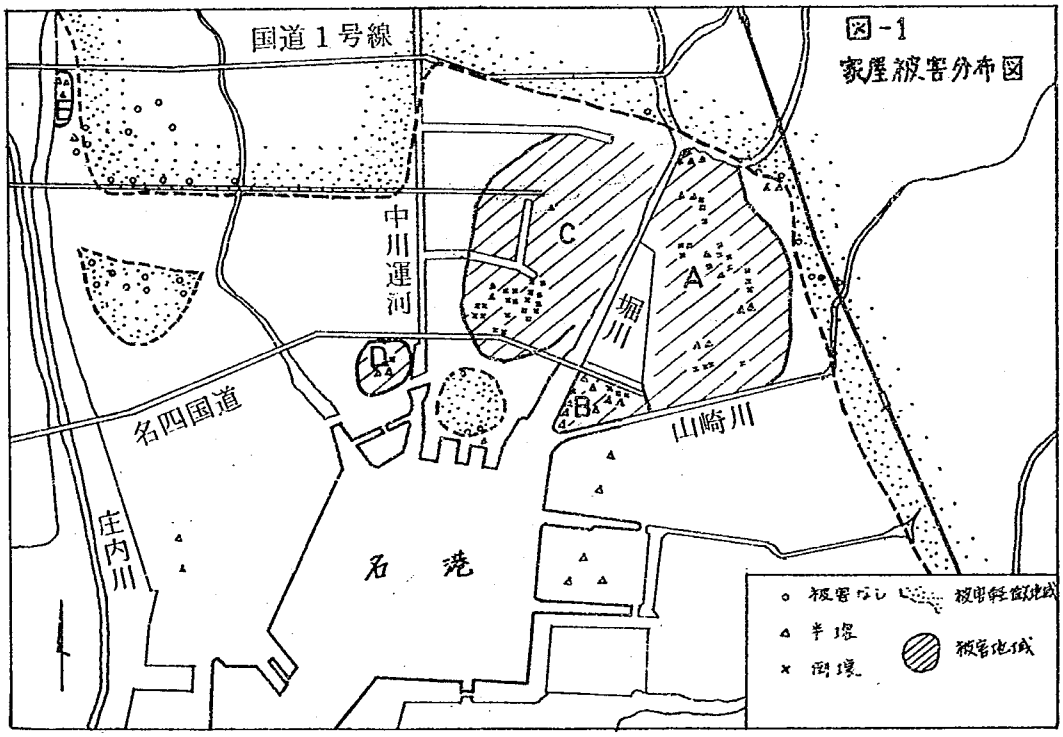


図-4　名古屋市南部家屋被害分布図〔4〕

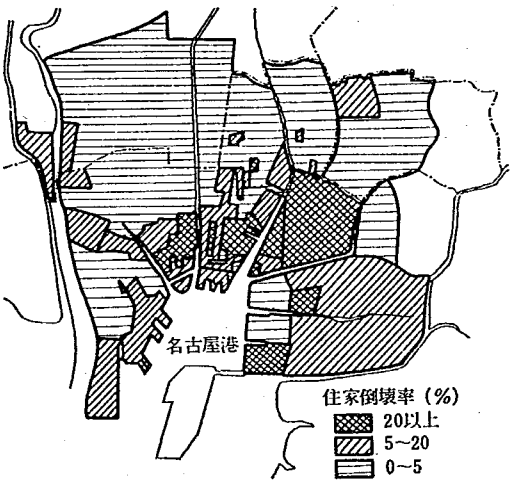


図-5 名古屋市南部住家倒壊率(%)分布図〔5〕

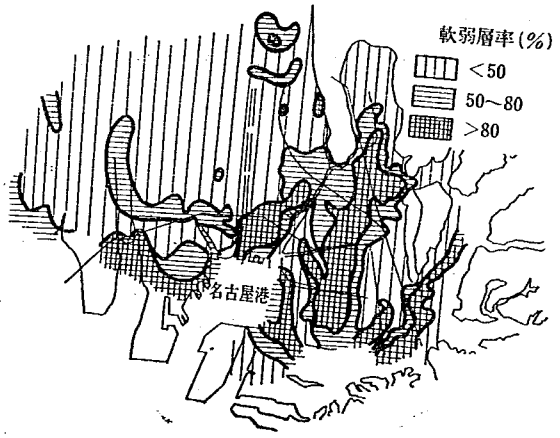


図-6 G.L.—5mまでの軟弱層率分布図〔5〕

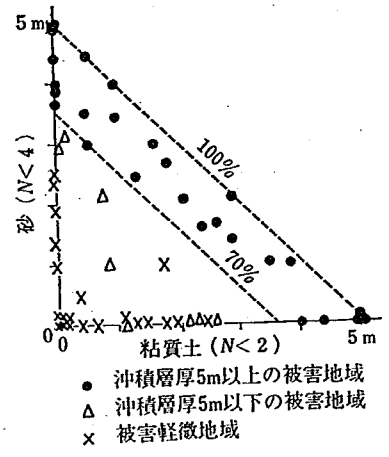


図-7 地盤状況(G.L.—5mまでの軟弱層厚)と震害との相関図(%は軟弱層率)〔5〕

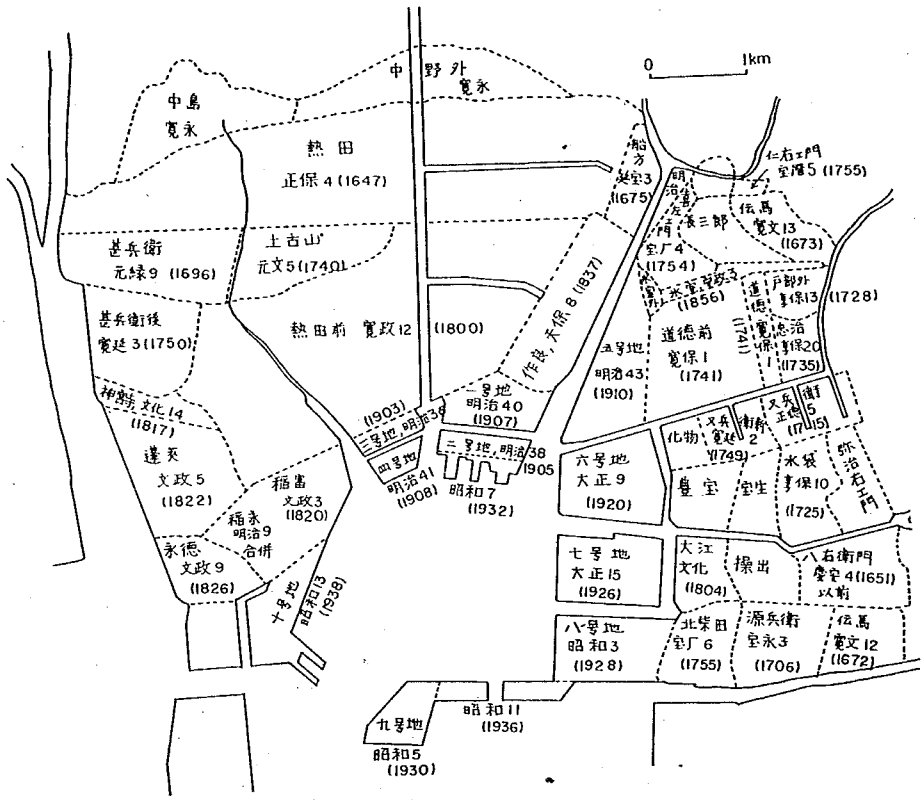


図-8　名古屋港付近における陸地造成とその年代〔9〕

表-1　東南海地震における損害の著しい地域の警察署単位の倒壊率(水上，内堀，1946)〔5〕

警察署名	府県名	倒壊率(%)	震央距離(km)	警察署名	府県名	倒壊率(%)	震央距離(km)
見付	静岡	21.6	112	新居	静岡	5.5	87
港	愛知	12.6	117	田原	愛知	4.2	71
森	静岡	11,4	120	弥富	〃	3.4	119
清永	〃	11.2	172	高須	岐阜	3.4	130
堀之内	〃	9.6	127	浜松	静岡	2.8	87
掛川	〃	7.8	125	高田	岐阜	2.8	145
西尾	愛知	7.5	90	熱田	愛知	2.3	117
半田	〃	6.9	92	安城	〃	2.0	98
南	〃	5.6	111	大正	大阪	1.0	155

表-2　家屋被害及び地変一覧表〔4〕

	家屋被害程度					地変状況				綜合被害程度	家屋被害特徴
	倒壊	半壊	傾斜	沈下	移動	亀裂	噴泥砂	湧水	沈下		
A 地域	●	●	◎			○	◎	○		大	地震動による被害多し
B 地域	○	●	○			○	◎	○		中	地変による被害多し
C 地域	●	●	◎	○	○	○	●	●	◎	大	地変による被害多し
D 地域	○	◎	●			○			○	小	地震動による被害多し
E 地域		◎	◎			○				小	特殊な地盤条件による被害

● 特に多い　◎ 多い　○ まれ

南海（なんかい）

1946年（昭21）12月21日　4時19分
震央　33.0°N，135.6°E，H=30km，M=8.1

被害状況〔7〕

被害区域が，非常に広いのが特徴。特に，高知，和歌山，徳島の諸県に被害が多く，香川，兵庫，愛媛，大阪三重，岡山の諸府県がこれに次いだ。合計死者 1,362，負傷者 2,632，行方不明 102，家屋全壊11,506，半壊21,972，流失家屋 2,109，浸水家屋 33,093，焼失家屋2,602，船舶流失破損2,991，橋梁損壊160，堤防決壊294道路損壊 1,329。

津波は九州から静岡県に至る海岸に来襲。

液状化状況

戦後間もない時期の地震であったため不十分な記録しか残っていない。図-1参照。図の中の番号について説明すると，

1. 和歌山港埋立地，亀裂から湧水。〔3〕
2. 徳島港埋立地，亀裂から青砂噴出。小松島国民学校校庭で地裂から青砂噴出〔3〕
3. 大阪港，岸壁裏から泥水の湧出。〔3〕
4. 野根町二本松，田から粘土，砂礫吹き上げ。〔1〕
5. 奈半利川海岸の砂地から泥水噴出。大きなものは直径2 m，深さ2 m，27個，噴水の高さ最大8 m。〔1〕
6. 弓浜半島の水田，全般的に陥没，ところどころに噴水。〔1〕
7. 臼杵町海岸の埋立地，地割から砂まじりの塩水噴出〔1〕
8. 宇品町，昭和10年の埋立地の畑で濁水が一面に湧出〔2〕
9. 脇田付近の水田，青砂噴出〔2〕
10. 岡山県高梁川の下流右岸の堤防の裏のり先から約100m の区間にキレツを生じ，細かい白色の砂と水が共に噴出〔8〕

その他にも，噴砂，噴水が各地にあったらしいが詳細は不明。

図を見て分るように噴砂，噴水地点は，極めて広範囲に亘っており，埋立地などの軟弱な所を選んで生じたようであり，この種の液状化の生じ方は，陸地から離れた所に震源のある巨大地震の特徴である。

その他各地で埋立地，沖積地の相対的沈下が各地で生じた様である。南海地震で，地殻的な変動がかなり生じた。〔図-2参照〕

上述の沈下は，この地殻的なものではなく，ゆりこみ沈下あるいは，液状化による沈下と思われる。

文献〔3〕によると，港の埋立地で，相対的沈下を生じたのは，次の通りである。

- 高松港……物揚場後背地は，全面的に沈下（50～70cm）
- 高知県下田港(四万十川河口)……埋立地が全面的に50cm程度沈下
- 須崎港……埋立地1.2 m沈下。
- 高知市……埋立地のみ約1.5 m沈下

（その他沈下の記述多し）

以上の沈下は，すべり出しが原因となっているものもあるようだがはっきりしない。

文献〔4〕によると，「徳島県坂野郡川内村（吉野川河口で，吉野川及び鮎喰川の運んだ土砂に依り極めて急速に堆積の行われた沖積平野の尖端にある）で，深さ約37mの掘抜井戸の竹管が地震時に約20cm抜け上った。」

また，文献〔6〕によると「高知市では，市桟橋付近で約28cmの沖積層の圧密による settling があった。」

また，文献〔5〕によると「北四国の塩田地帯で，ゆりさげによる沈下があった。」

参考文献

〔1〕 中央気象台，1947，昭和21年12月21日南海道大地震調査概報
〔2〕 地震研究所，1947，地震研究所研究速報5
〔3〕 建設院第一技術研究所・鉄道技術研究所港湾研究室，1948，昭和20年12月21日南海地震調査報告，建設院第一技術研究所概報第16号
〔4〕 百瀬寛人，1950，地震動による沖積層の圧密沈下，防災研究所研究報告，Vol. 3，No.16
〔5〕 小笠原義勝，1948，北四国の地盤変動—塩田地帯の沈下—地理調査所時報　1948年第4集
〔6〕 沢村武雄，1951，南海地震に伴った四国の地盤変動に対する一考察，地学雑誌，第682号
〔7〕 日本気象協会，1973，大阪湾付近における既往地震活動調査
〔8〕 福岡正巳，1971，地震・基礎　思い出話，橋梁と基礎，Vol. 5，No.10．p.2

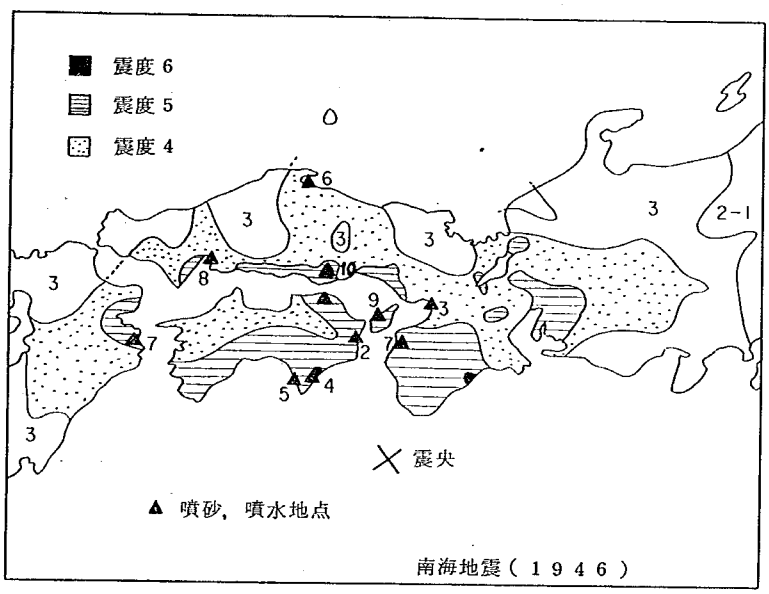


図-1　1946年12月21日南海道地震震度分布（〔7〕の図に加筆）

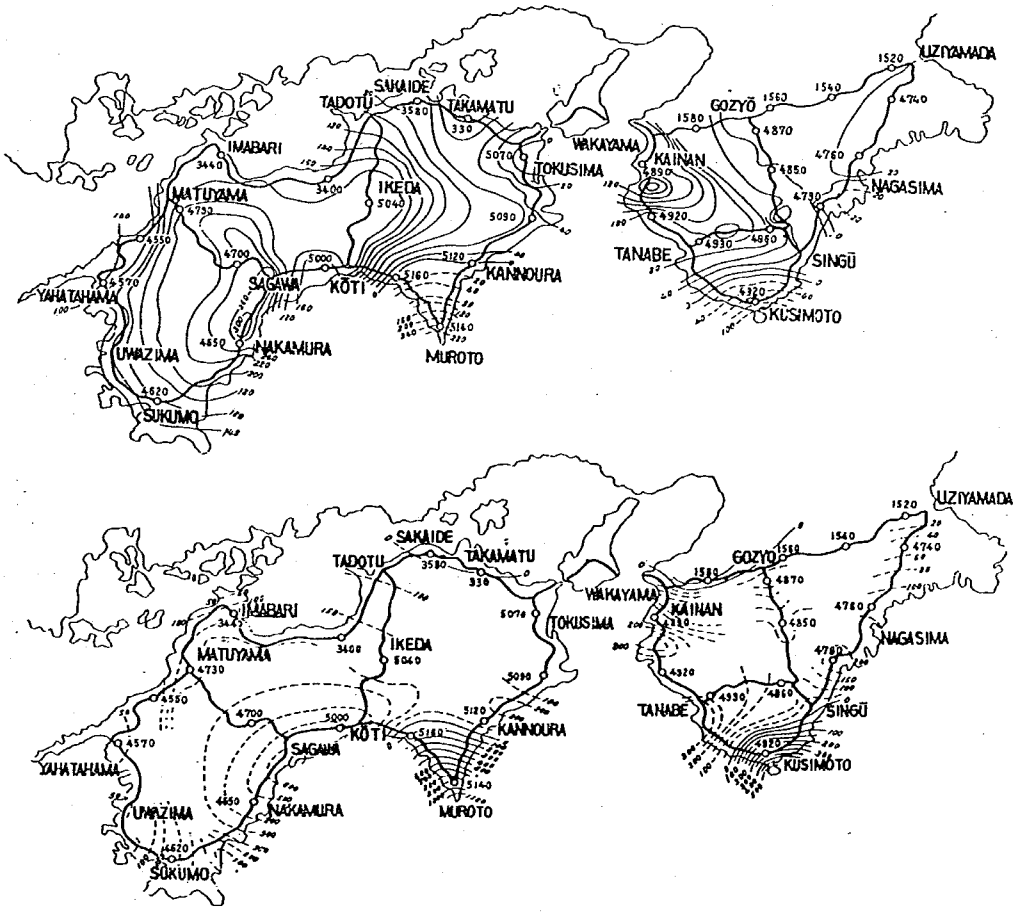


図-2　水準変動：地震前46年間（上）および地震時（下）の水準変動，
実線は隆起，破線は沈降（mm）を示す（文献(a)）

福井（ふくい）

1948年（昭23）6月28日　16時13分
震央　36.1°N，136.2°E，H=20km，M=7.3
（震央は，福井平野のほぼ中央にあり，典型的な直下型地震である）

被害状況

被害は，福井平野及びその近くに限られ，死者 3,895 負傷者16,375，家屋倒壊35,420，半壊11,449，焼失3,961。地震後福井，丸岡に火災を生じた。（文献(b)）

また，この地震では，地盤と震害の相関がきわめて明確にあらわれた。

付図-5，図-2に文献〔3〕から作った，福井平野での家屋倒壊率を示してあるが，図から分るように，

(1) 家屋の被害は，ほとんど沖積平地に限られている。福井市東方九山および南方の足羽山は，沖積平地の中にある洪積台地であるが，全潰家屋は1軒もない。（図-4，5参照）

(2) 被害地の大部分が甚しい惨害を蒙った。福井平野の大部分（80%）で倒壊率90%以上でほぼ全滅である。福井平野の東半では，倒壊家屋は単につぶれただけでなく，あたかもたたきつけられたように，柱が3つにも4つにも折れていた。

(3) 沖積平地縁辺における被害率の減少の仕方が全般的にきわめて急なことである。たとえば，写真-1は福井市南方大土呂付近の航空写真であるが，前方の沖積平地上の家屋は，相当被害を受けているが，洪積台地上にある家屋は無被害である。

また図-2に示してある破線は，深部断層であり，この点線にはさまれた間は，図-3に示すように，約60cm上昇し，地震動はかなり大きかったようである。松岡町では，この断層線の東西での被害が非常に大きく上盤にある西は全滅に近いのに，東は断層の下盤にあることに加えて洪積台地であるから，倒壊家屋はほとんどない。

文献〔4〕，〔5〕，〔6〕には，屈折法によって，地盤の弾性波速度の分布と家屋倒壊率の分布の相関を調べた結果が報告されているが，V_p の小さい層の厚さと，家屋倒壊率は，きわめてよい相関があることを示している。

図-4は，福井市を南北に縦断する面での V_p の分布と家屋倒壊率を示したものである。測線は図-5に示してある。

液状化状況

付図-5，図-2に噴砂，噴水地点が示してあるが，福井平野全般にわたって，液状化が生じたことが分ろう。図中の三角の印は，濃尾地震（1891）で，噴砂，噴水のあった地点であるが，今回の地震での噴砂，噴水地点と同一と思われる地点が何箇所かある。また濃尾地震による液状化地点は震央に近い南部と，九頭龍川に沿ったところに限られ，福井地震で液状化が全面に生じた丸岡地区では，濃尾地震では液状化が生じなかったようである。

図の噴砂，噴水地点は主に航空写真によって，確認されたものである。主に田畑に噴砂，噴水があったため，航空写真によって明確に噴砂，噴水地点を確認することができる。図-5は航空写真の位置を示したものであり写真-2はその航空写真である。図で白い筋に見えるところが噴砂，噴水したところであり，この場合旧河道，旧河道，旧河床とおぼしきところである。この場合，噴砂孔列，地割が河道とほぼ平行になっているのは，何故であろうか。

恐らく，福井地震が，震災状況を航空写真に撮影した始めての地震であろう。航空写真によると，地上に居ては判別できない全体的な状況が判別できる。特に地変は，航空写真でないと，全体的状況は把握できないであろう。したがって，この福井地震の液状化状況は，はじめて正確に把握されたものと言え，これ以前の地震の液状化状況は，この地震に比べると，きわめて，不正確にしか把握できない。

福井地震における地盤の液状化による被害は主に

(1) 堤防のすべり出し，沈下
(2) 橋脚の傾斜，沈下による落橋
(3) 道路の沈下，泥濘化
(4) 農業被害
(5) 井戸の閉塞による飲料水の欠乏であった。

文献(1)によると九頭龍川の堤防は，寺前で最大で4.5mも沈下した。（図-6参照）このあたりは，周辺の田畑で噴砂，噴水のあったところであり，この沈下は基盤の流動化によるものと思われる。

九頭龍川堤防は，松岡町および磯部村より下流は全延長にわたって沈下などの損害を蒙り，概して，左岸堤は右岸堤よりも著しかった。

(2)については，文献〔9〕が詳しいからここでは省略する。

(3)については，噴砂，噴水による道路の泥濘化，盛土の沈下が各地が生じたようである。

(4)写真-3は水田に砂を噴き出した状況の写真であるが場所によっては，水稲が全滅したところもあったと言うことである。

次に，液状化の仕方の若干の分類を文献〔3〕にしたっがて行なってみよう。

(1) 現河川の高水敷。これは写真-2の航空写真に撮されている。

(2) 蛇行河川の袂状部。特に日野川の合流限より下流

に多かった。付図-5，図-2（5万分の1）を見て分るように平野西部などで蛇行河川の袂状部で，同心円状の噴砂，噴水跡がある。これは，旧蛇行部で，後に埋立てた所と思われる。たとえば，福井市東方の四居渡，上北野，河増等の九頭龍川の袂状部や，三国町，南東の兵庫川沿いの木部東付近における旧河道の袂状部。

(3) 自然堤防の外縁部……芦原町南方の竹田川沿い。

(4) 旧河川道……兵庫川沿いの清水部落から九頭龍川布田橋に至るもの。かなりはっきりと曲線状の噴砂跡が分る。

(5) 丸岡周辺の断層に挟まれた地域……ここでの地裂は，田地上に全面的に生じ，かつ分布が不規則であり，地形に無関係である。これは，おそらく，丸岡周辺は，九頭龍川の扇状地であり，地下水位が非常に高くかつ，断層の上盤であったため，非常に加速度が大きかったため，近年の旧河道，旧河川敷でなくても液状化が生じたのであろう。

(6) 柴山潟西南側埋立地で多数の亀裂より多量の水砂噴出。

最後に，文献〔7〕から，噴砂，噴水の状況の抜き書きをしてみよう（地点は図-5参照）。

「◦森田町一帯は沈下し，その沈下量は約60cmひどいところは2～3mに達したということである。また，地震と同時に各家各田は噴砂水し，その高さは30～40cm，ところにより60cmに達したといわれる。

◦五領ケ島村……末政付近の水田中にたっていた人の話によると，西方から「ゴー」という音がするとともに田の中の水が「ブクブク」とさかんに泡だってきた。

上合月のお寺の庭から，地震とともに「ゴー」という音をたてて地表上約1mの高さに噴水，地震動が止むとともにこの噴水はやみかかり，地震約30分後にはふきやんだ。

◦東田中……10×30間の田一枚にて平均10数箇所より噴水，噴泥あり。泥は砂を交えた灰白色である。」

参考文献

〔1〕 建設省土木研究所，1949，昭和23年6月28日北陸震災調査報告，建設省土木研究所報告，第78号

〔2〕 福井県，1949，昭和23年6月28日福井大震災調査報告

〔3〕 小笠原義勝，1949，福井地震の被害と地変，特に地震と断層運動について，地理調査所時報特報，2.

〔4〕 松田友明，1949，福井地震の被害分布について防災研究所研究報告，2.

〔5〕 吉川宗治，1950，福井地震の震害と地盤，防災研究所研究報告，3.

〔6〕 横尾，馬場，1950，福井市地盤調査防災研究所研究報告，3.

〔7〕 中央気象台，1950，験震時報，14別

〔8〕 Geological Surveys Branch, Intelligence division, Office of the Engineer, General Headquarters, Far East Command, 1949, "The Fukui earthquake hokuriku region, Japan, 28 June, 1948,"

〔9〕 Iwasaki, T., 1973 "Earthquake—resistant design of bridges in Japan," Bulletin of Public Works Research Institute, No.29.

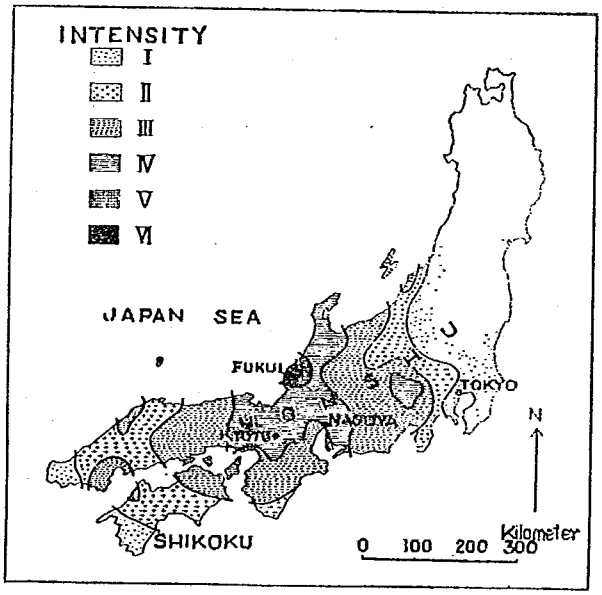


図-1 震度分布（文献(a)）

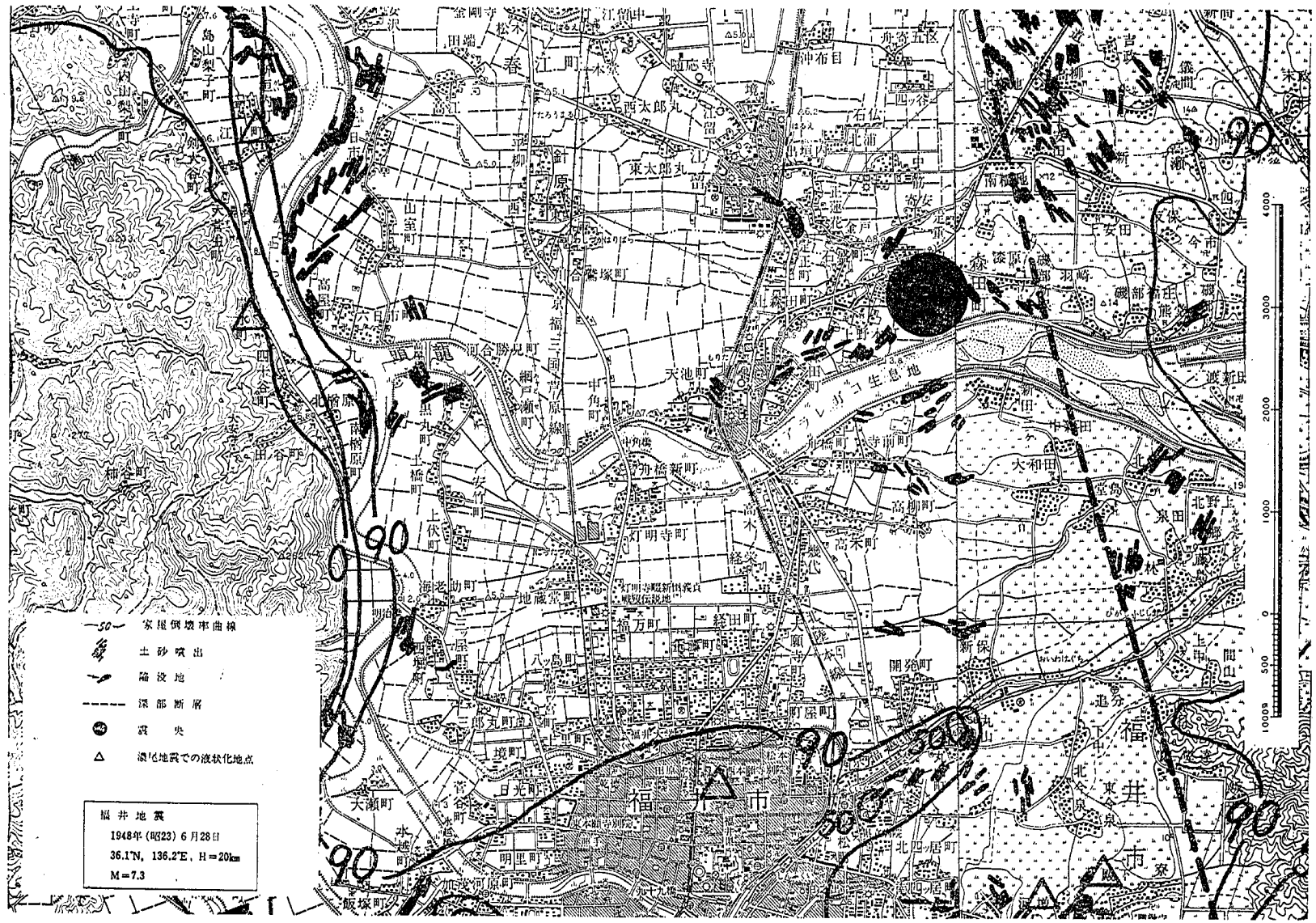


図-2(a) 福井平野液状化地点(主要部)

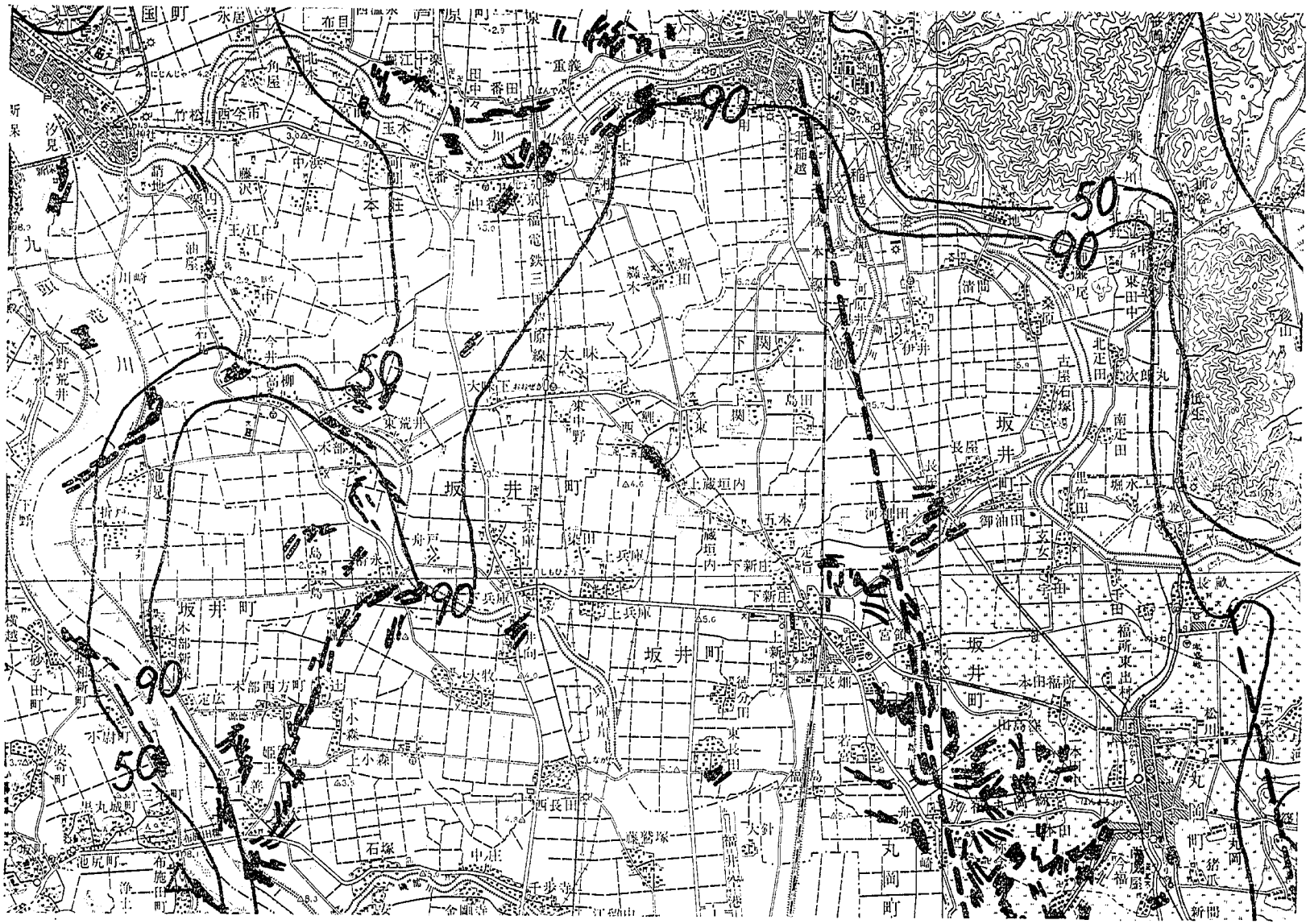


図-2(b) 福井平野液状化地点(主要部)

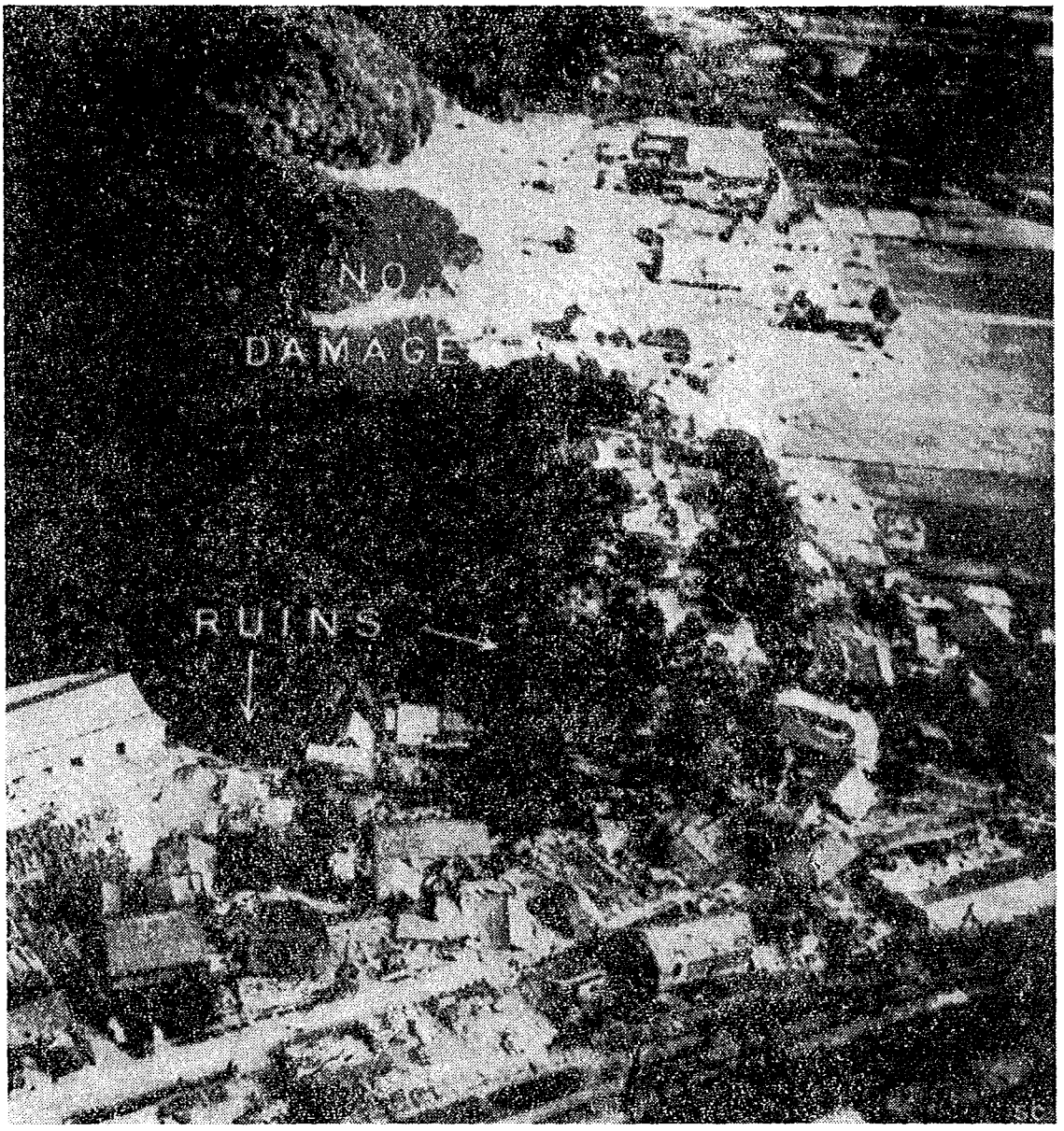


写真-1 大土呂（福井市南方）における基盤の効果〔8〕
（北側からとった写真）

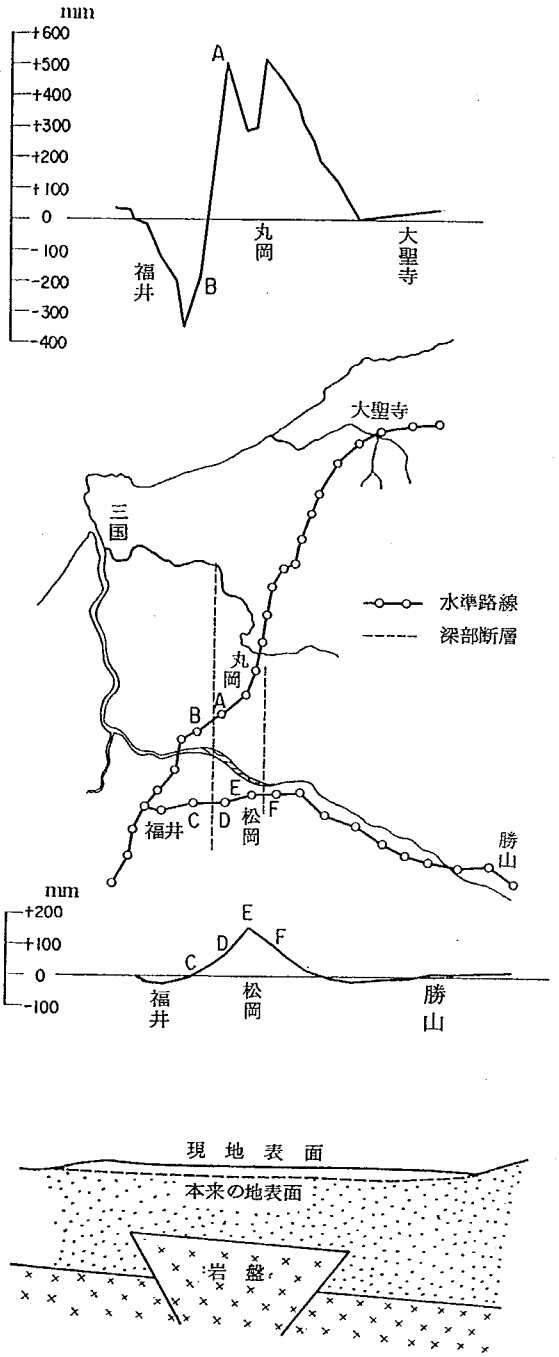


図-3　福井平野の地殻変動と深部断層との関係〔3〕

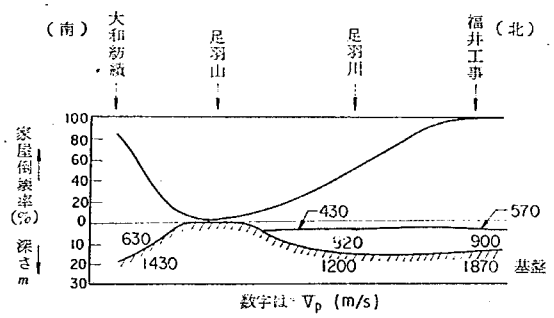


図-4　震害と地下構造，福井地震(1948)〔5〕

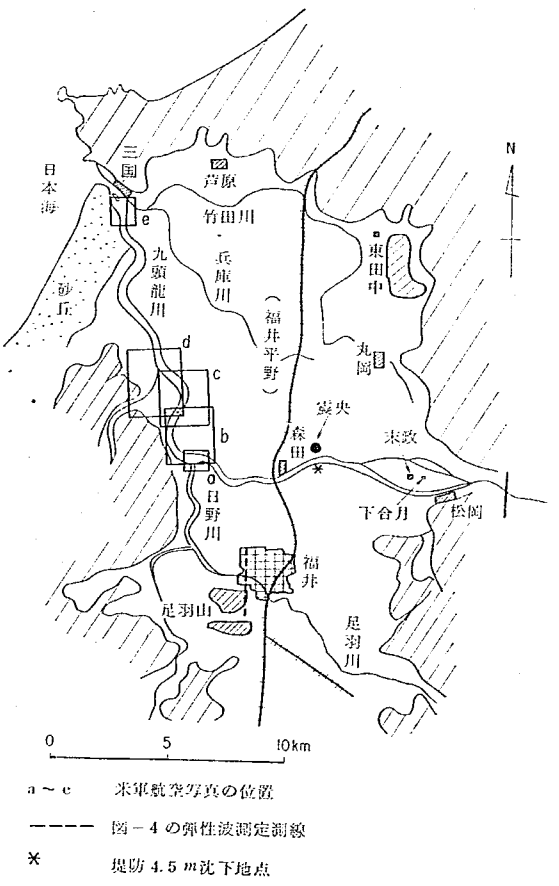


図-5　航空写真位置図

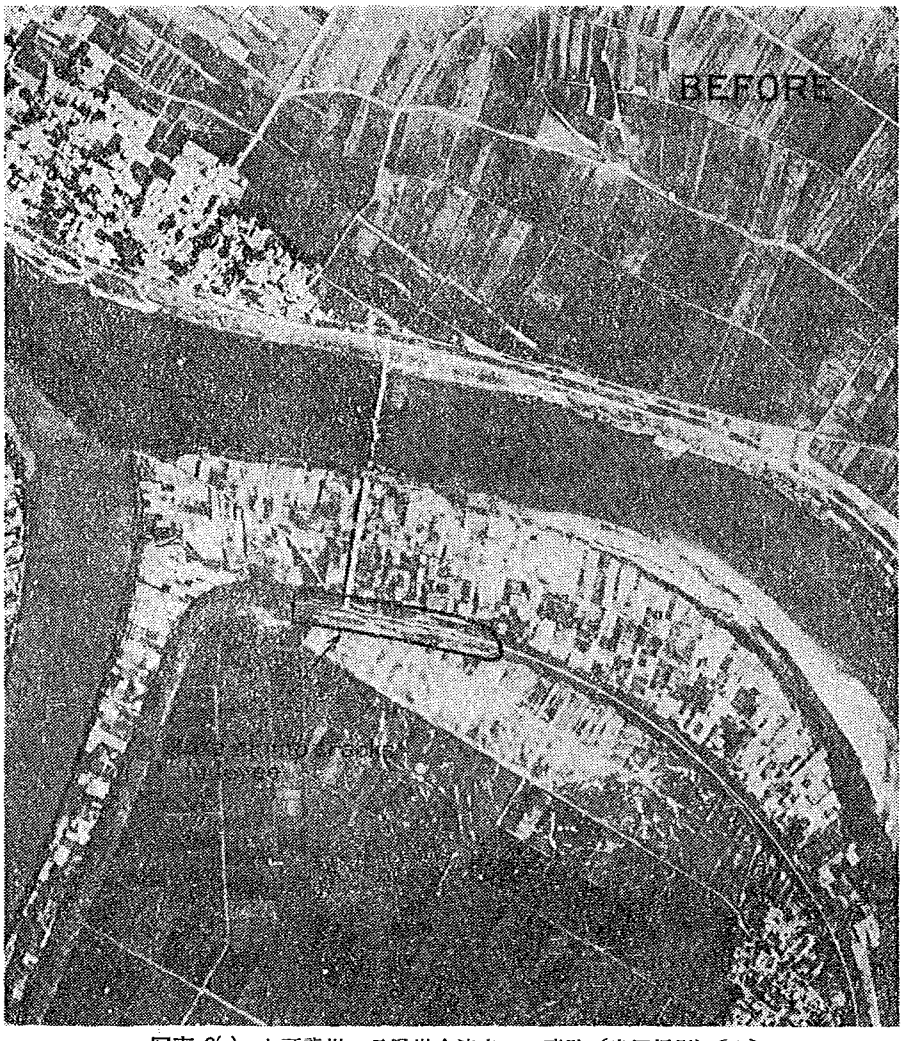


写真-2(a) 九頭龍川，日野川合流点での噴砂（米軍撮影）〔8〕

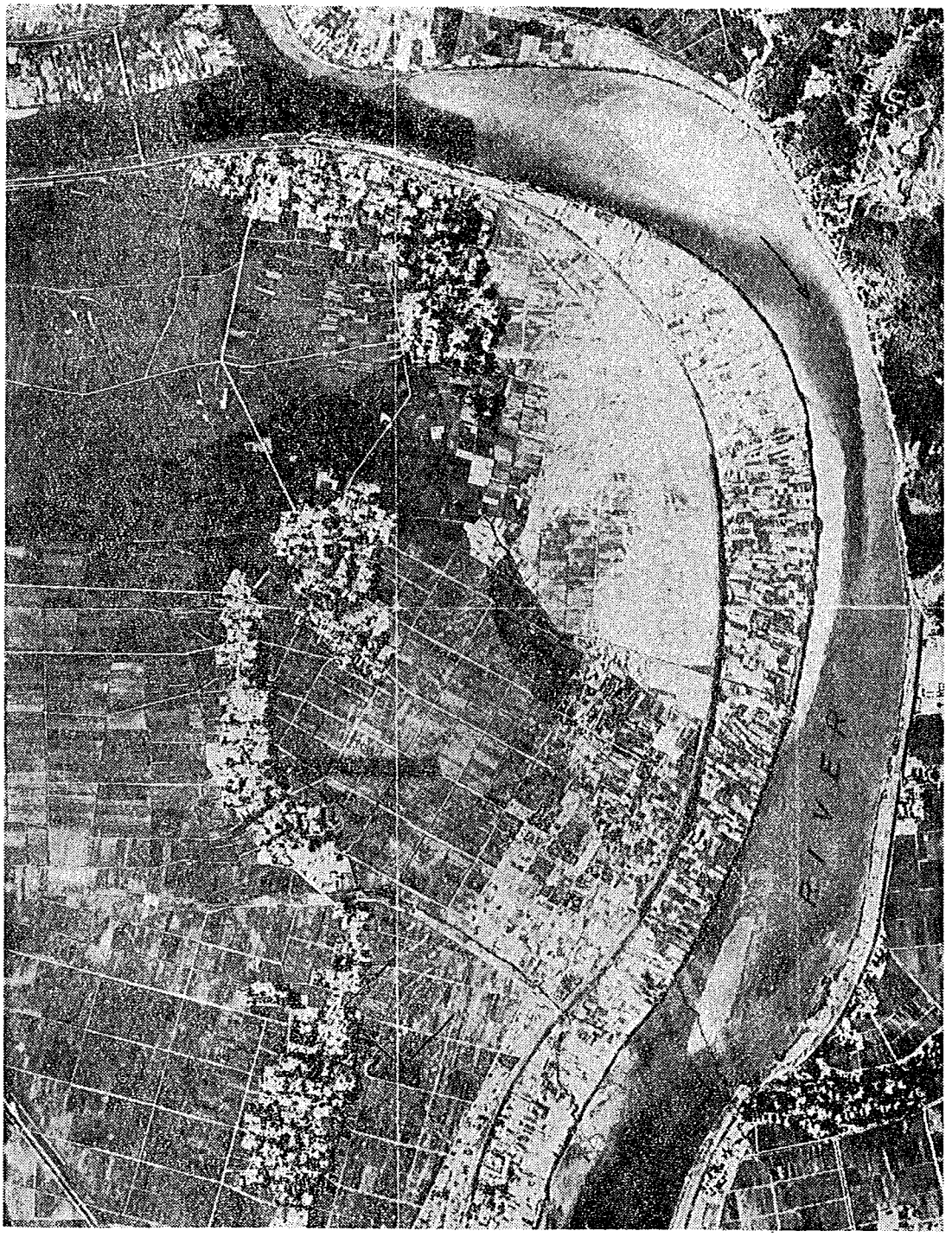


写真-2(b)　九頭龍川，日野川合流点付近での噴砂（米軍撮影）〔8〕

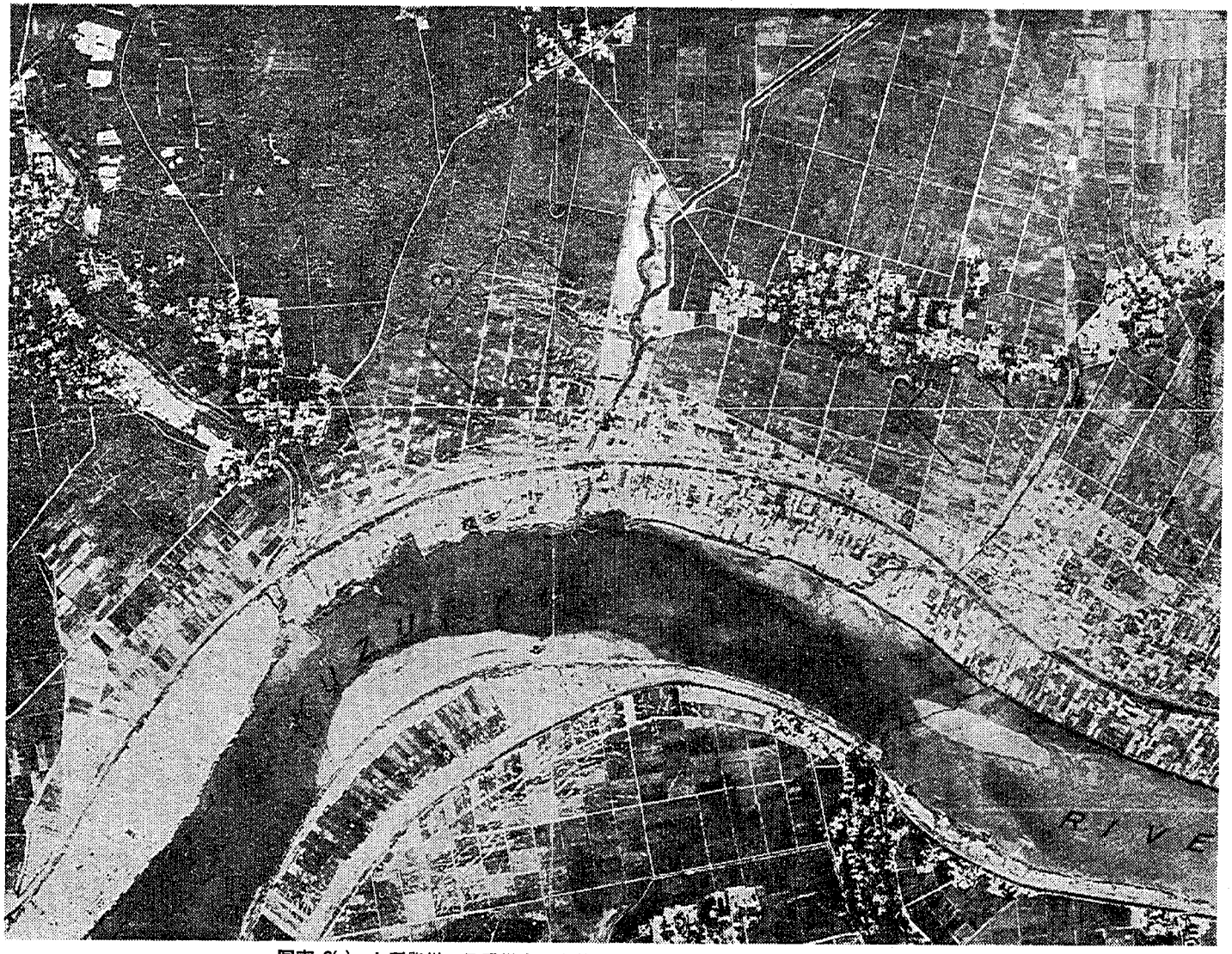


写真-2(c) 九頭龍川，日野川合流点付近での噴砂（米軍撮影）〔8〕

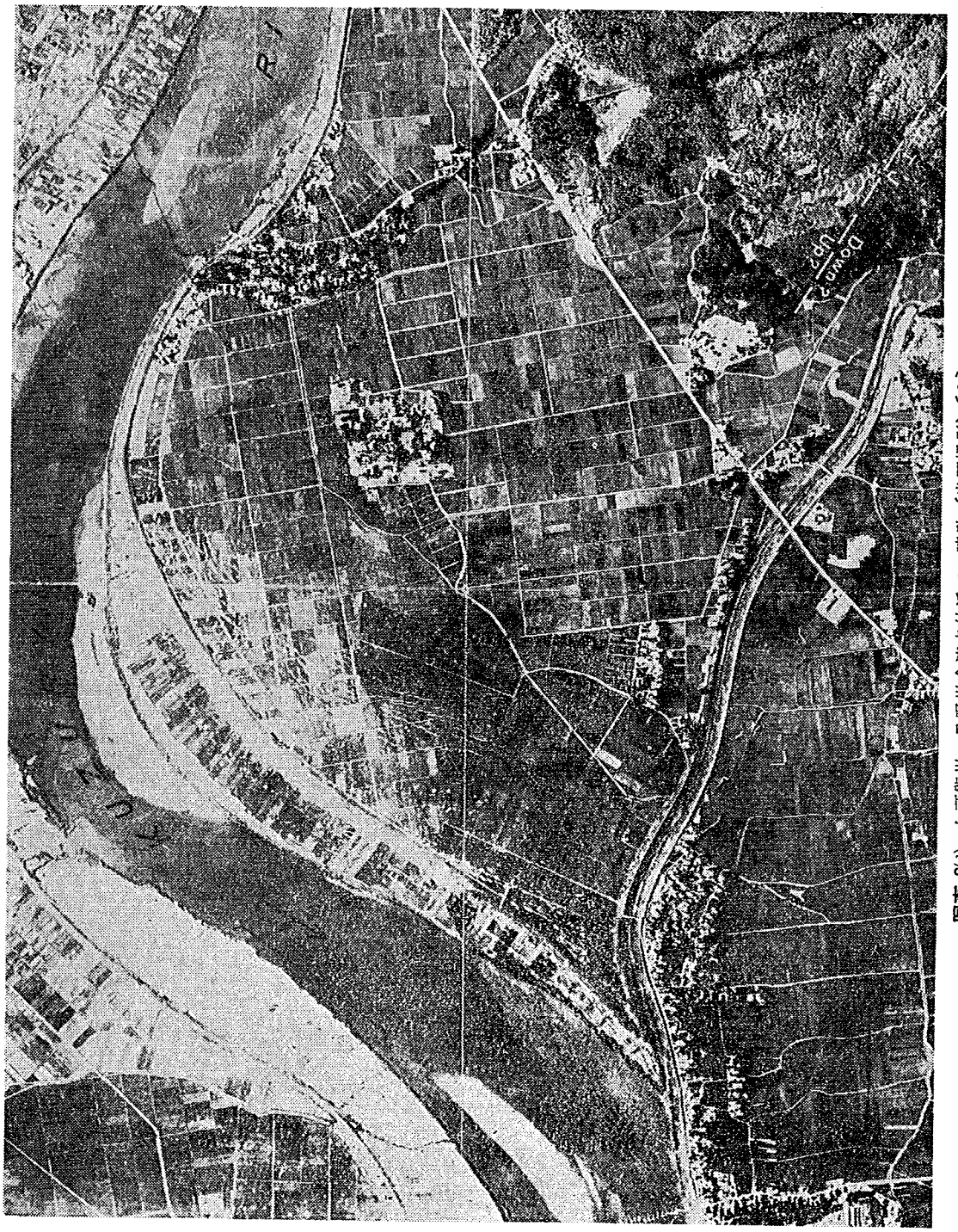


写真-2(d)　九頭龍川，日野川合流点付近での噴砂（米軍撮影）［8］

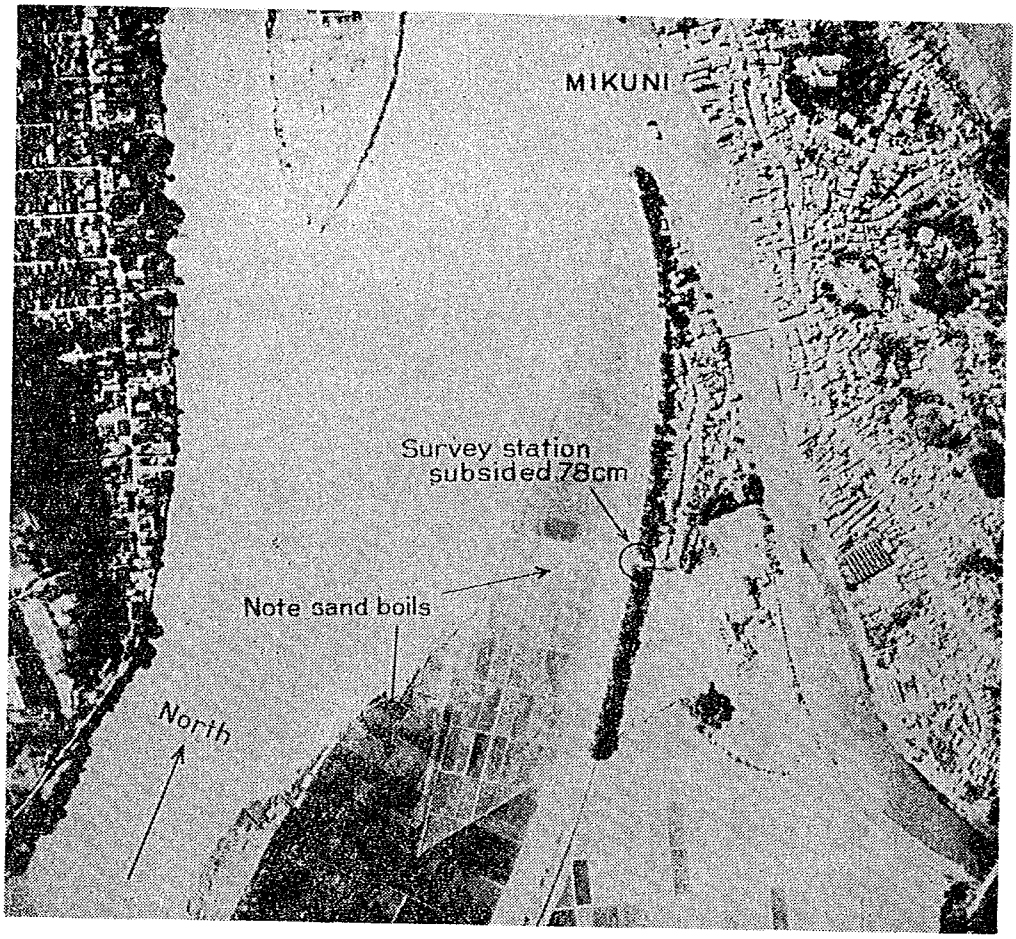


写真-2(e) 三川河川敷での噴砂（米軍撮影）[8]

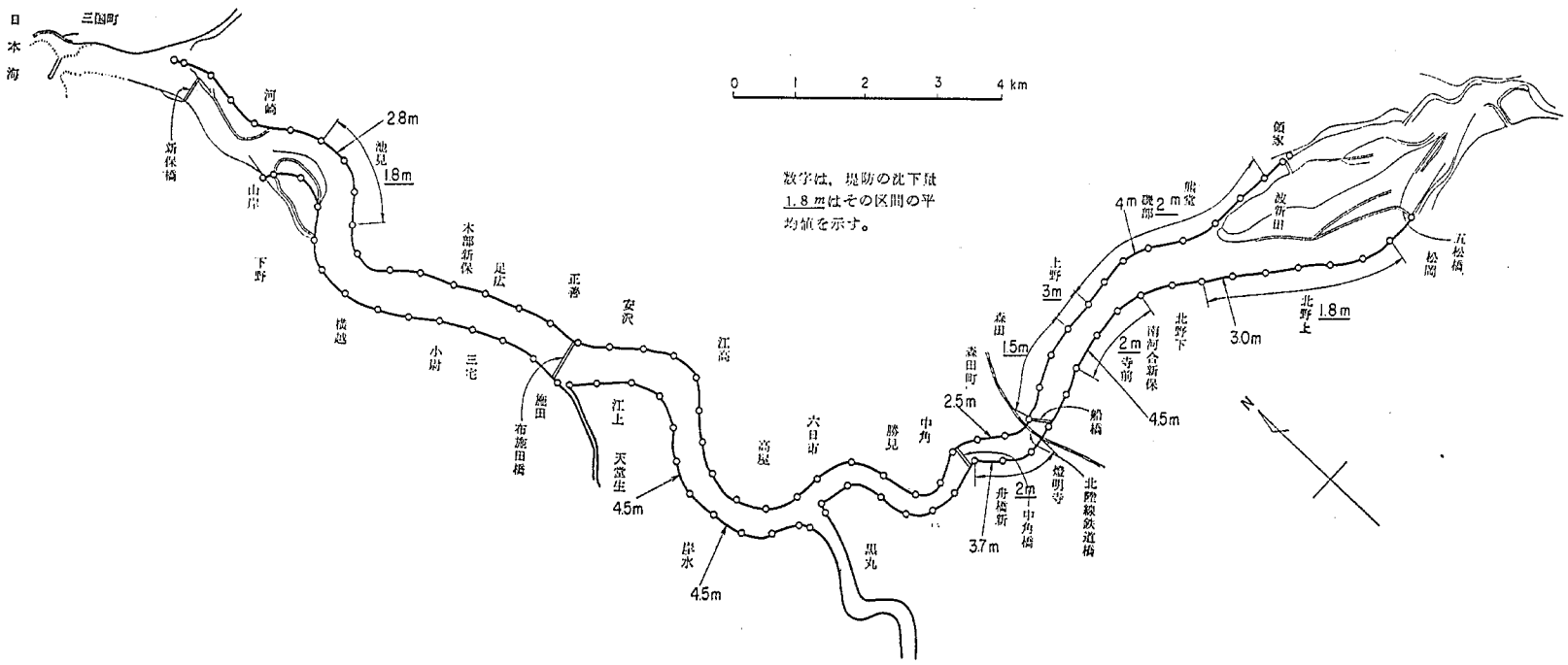


図-6 九 頭 龍 川 堤 防 被 害〔1〕



写真-3(a) 福井市郊外での田畑での噴砂（福井市役所撮影）

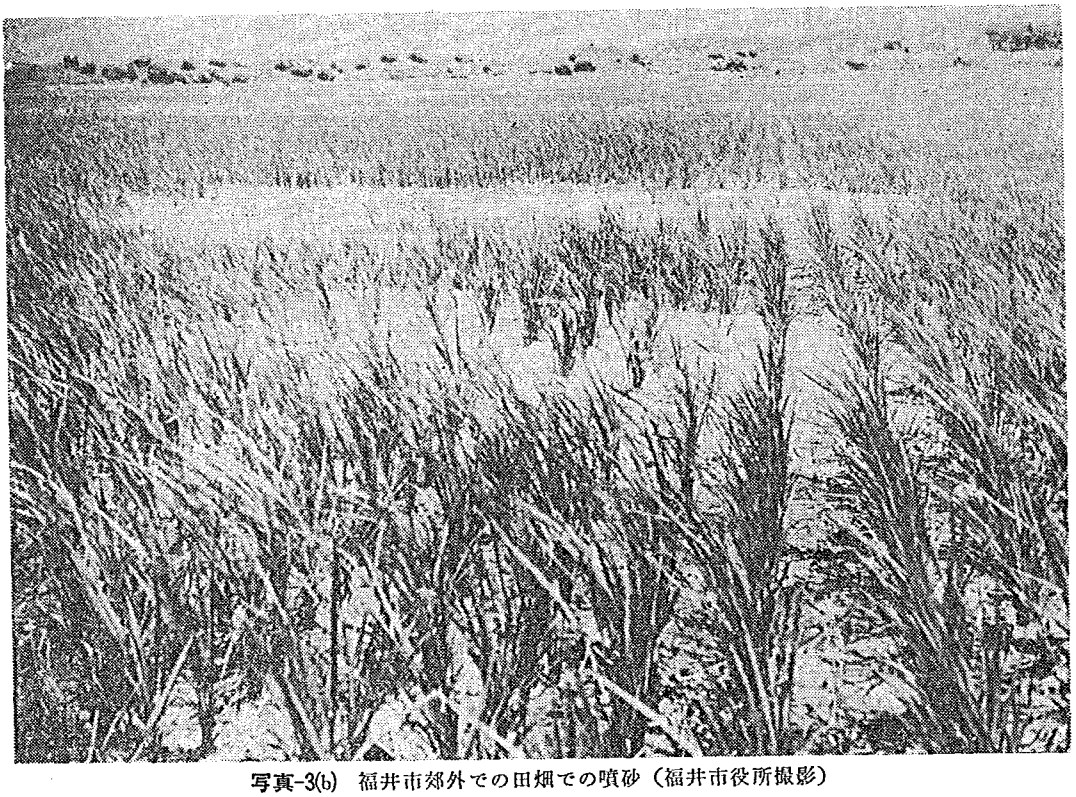


写真-3(b) 福井市郊外での田畑での噴砂（福井市役所撮影）



写真-3(c)　福井市郊外での田畑での噴砂（福井市役所撮影）

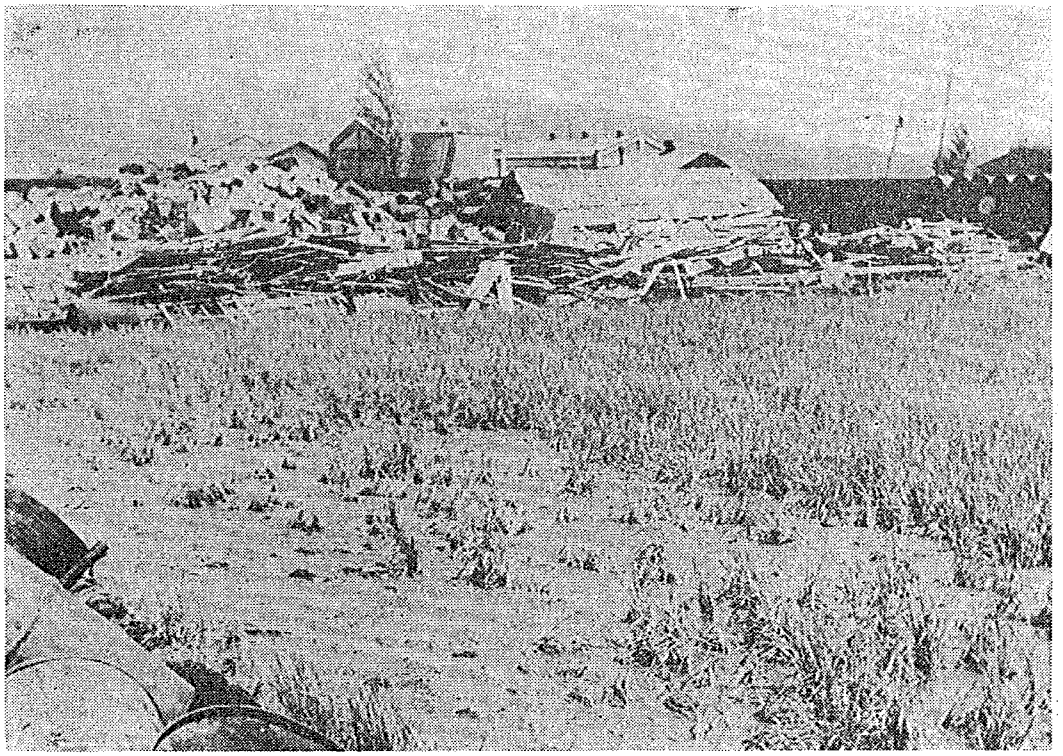


写真-3(d)　福井市郊外での田畑での噴砂（福井市役所撮影）

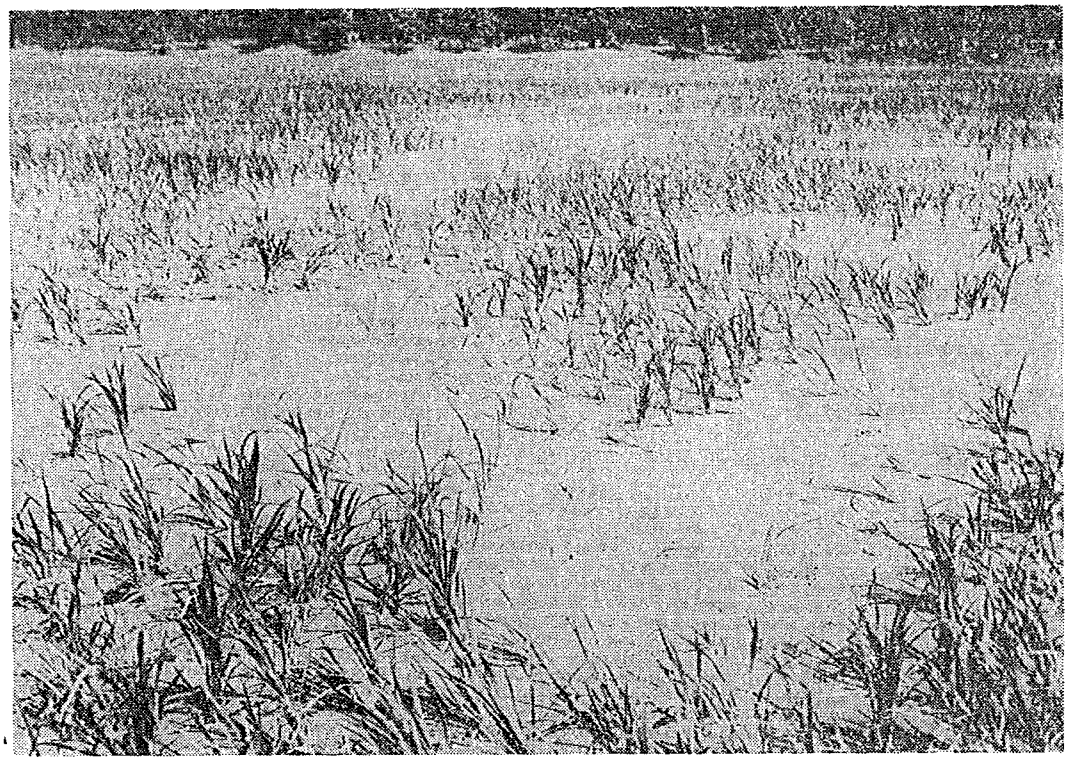


写真-3(e) 福井市郊外での田畑での噴砂（福井市役所撮影）



写真-3(f) 福井市郊外での田畑での噴砂（福井市役所撮影）

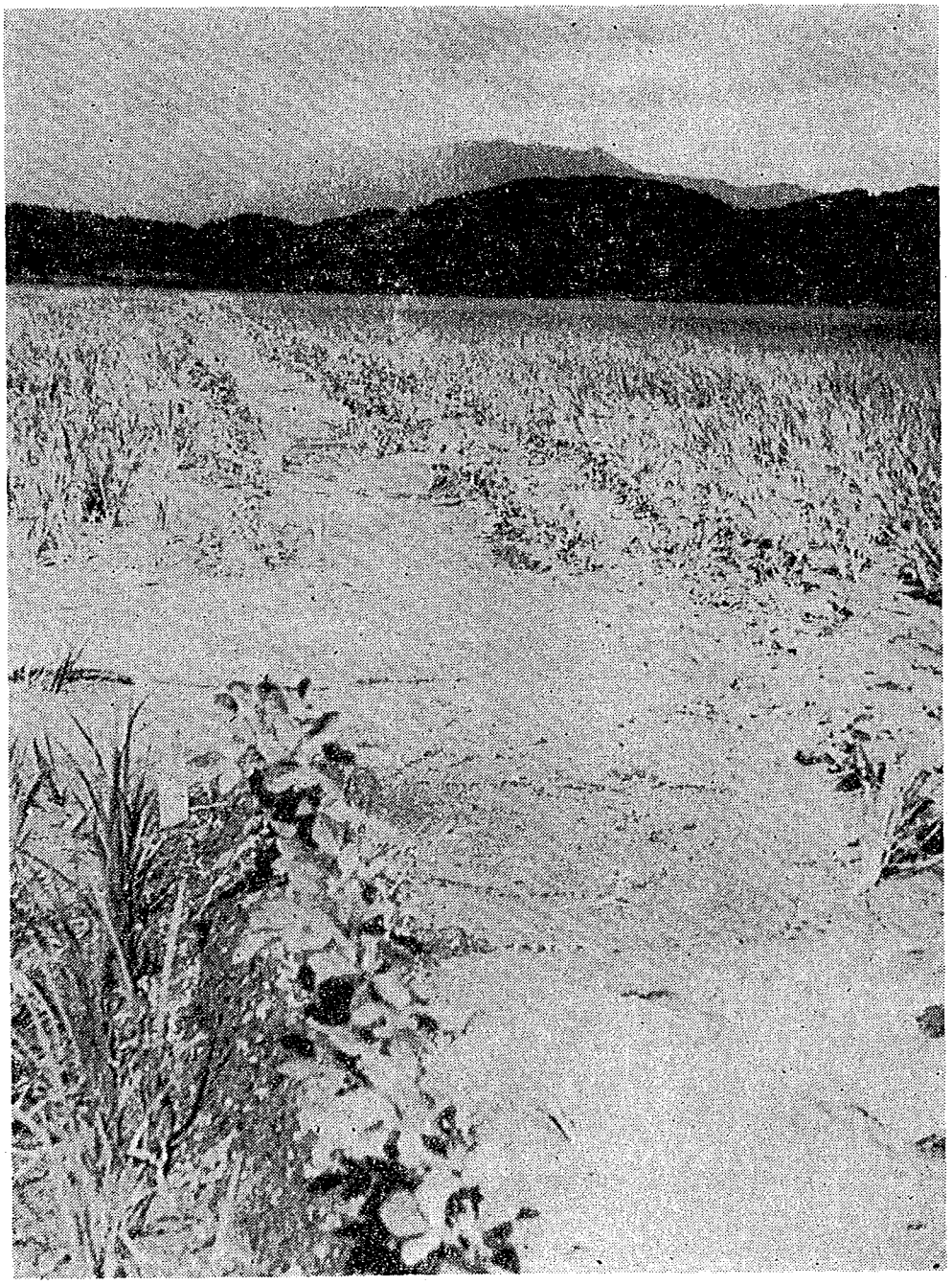


写真-3(g)　福井市郊外での田畑での噴砂（福井市役所撮影）



写真-3(h) 福井市郊外での田畑での噴砂（福井市役所撮影）

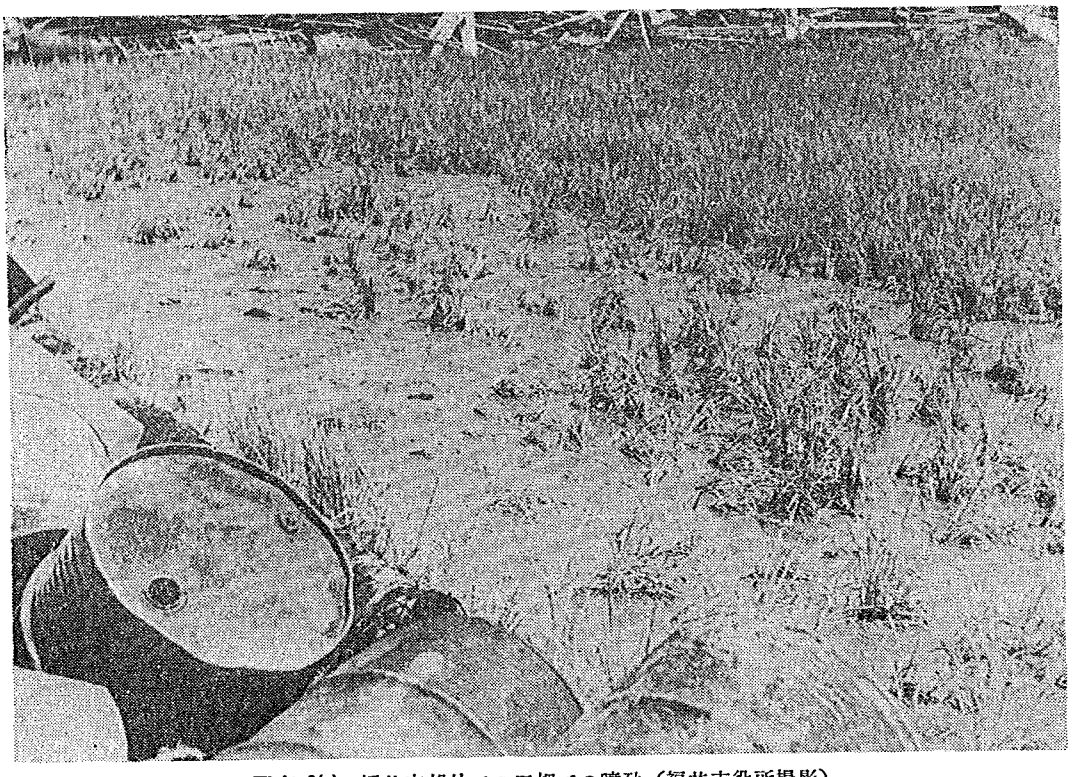


写真-3(i) 福井市郊外での田畑での噴砂（福井市役所撮影）

十勝沖（とかちおき）

1952年（昭27）3月4日　10時23分
震央　42.15°N，143.85°E，H=45km，M=8.1

被害状況（文献(b)）

各地で津波。死者28。負傷者 285。行方不明 5。家屋全壊 815。半壊 1,324。流失91。

液状化状況

液状化地点は海岸部に限られ，きわめて少なかったようである。図-2参照。

1. 長節沼，湧洞沼（いずれも海跡湖）の間の砂浜で数多くの噴泥，噴砂
2. 鵡川村，鵡川沿岸で川に平行な地割，噴砂

参考文献

〔1〕 中央気象台，1953，昭和27年3月十勝沖地震調査報告，験震時報　17(1)，1-135.

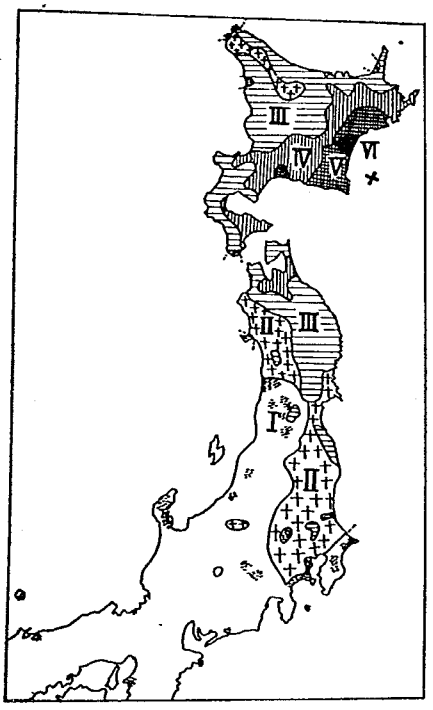


図-1　震度分布（文献(a)）

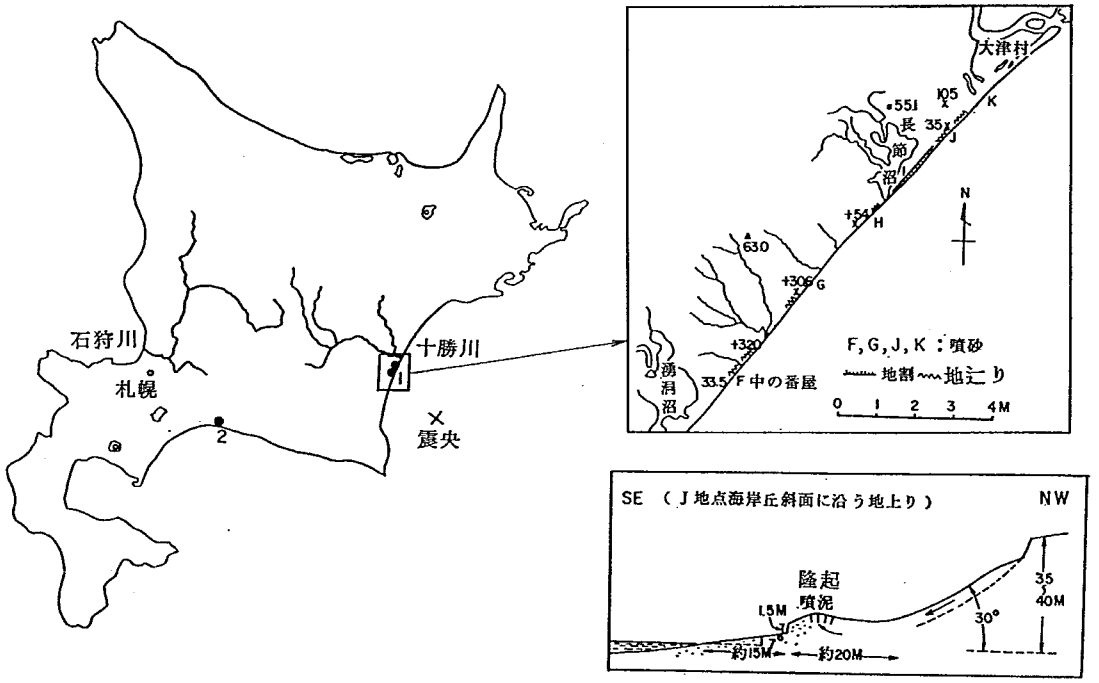


図-2　1952年十勝沖地震での液状化地点〔1〕

大聖寺沖（だいしょうじおき）

1952年（昭27）3月7日　16時32分
震央　36.45°N，136.20°E，H=20km，M=6.8

被害状況（文献(b)）

福井・石川両県で死者7，負傷者8，家屋半壊4，一部破壊82，焼失27。

波状化状況〔2〕

手取川熊田川の合流点近く湊村で田畑から，川底の砂のような，青黒い砂質噴出物，この水田が5，6cm沈下したもののごとく見うけられた。

参考文献

〔1〕山下勇，1953，大聖寺沖地震踏査報告(1)，験震時報　17(3)，103—104
〔2〕塚本章・他，1953，大聖寺沖地震踏査報告(3)，験震時報　17(3)，107—108

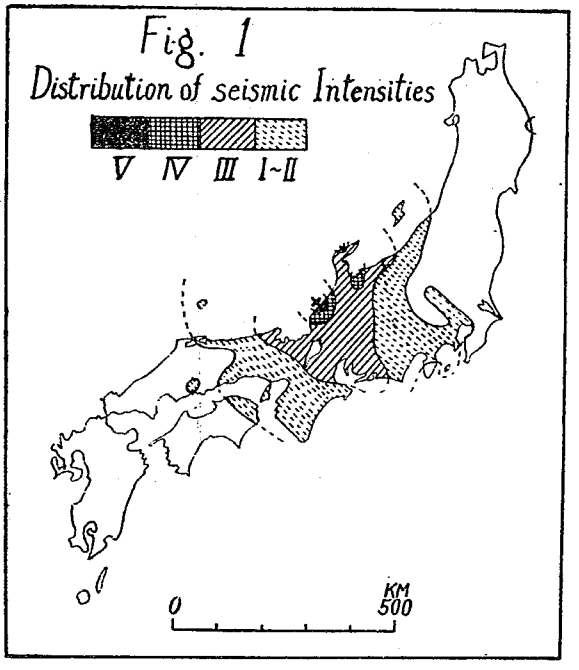


図-1　震度分布（文献(a)）

徳島県南部（とくしまけんなんぶ）

1955年（昭30）7月27日　10時21分
震央　33.8°N，134.30°E，M=6.0

被害状況（文献(b)）
死者1，負傷5，山崩れ多い。

液状化状況
成瀬で，田のうねにき裂が入り，泥水が吹き出した。

参考文献
〔1〕 徳島測候所，1956，昭和30年（1955）7月27日徳島県南部の地震報告，験震時報21.

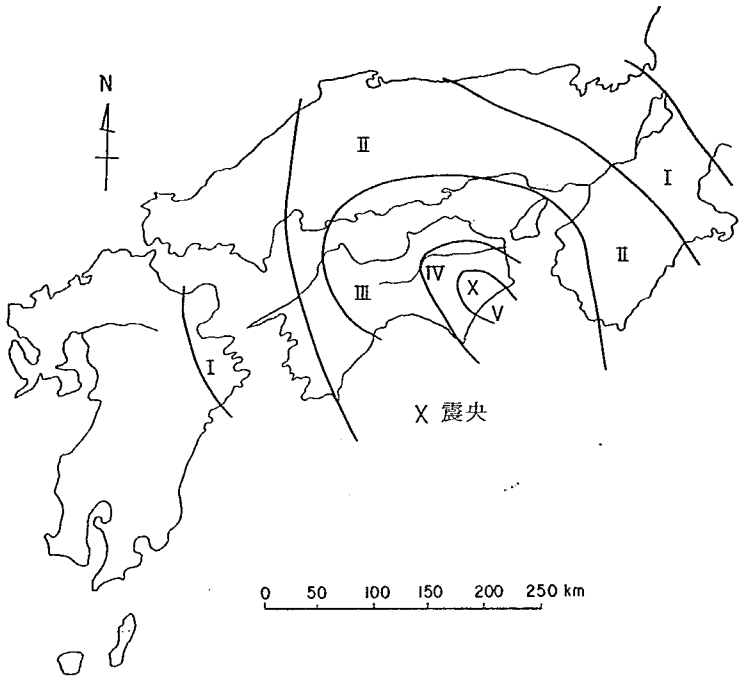


図-1　徳島県南部地震（1955）震度分布

二ツ井（ふたつい）

1955年（昭30）10月19日　10時45分
震央　40.3°N，140.2°E，H=0～10km，M=5.7

被害状況（文献(b)）

被害範囲は，ごく狭い。負傷者2，住家破損52，非住家破損99。

液状化状況〔2〕

二ツ井町天神の米代川岸の貯木場，地割より噴砂丘。直径1 m～1.2m。高さ10cm，ほぼ6 mの間隔で7個連なっていた。

参考文献

〔1〕 鳴悦三・他，1956，二ツ井地震概説，地震研究所彙報　34，113—129.
〔2〕 宮村摂三・他，1956，米代川にそう一部水準路線の測量，地震研究所彙報　34，373—380.

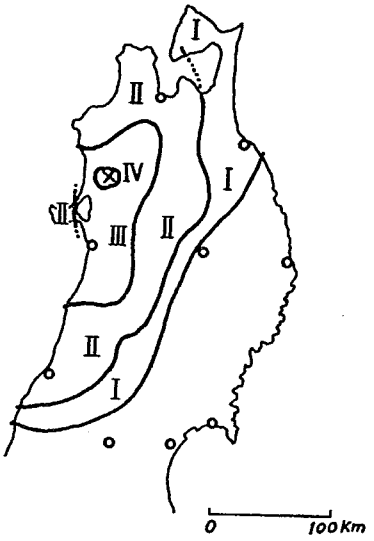


図-1　震 度 分 布〔2〕

長岡（ながおか）

1961年（昭36）2月2日　3時29分
震央　37°21′N，138°50′E，H=20km，M=5.2

被害状況（参考文献(b)，〔2〕）

長岡市の西隣りの部落直径2kmの中に被害が集中した。

長岡旧市街はほとんど被害がなく，住民も誰一人として信濃川の左岸に倒壊家屋をふくむ大被害が発生してようとは夢想だにしなかった。

死者5名。負傷者30，全壊家屋 220，半壊 465，当時積雪は，1.5～2mあり，墓石，石灯籠の雪中の部分は異常がないが，外に出ていた所は転倒，移動または回転していた。

液状化状況〔2〕

関原地震図-2および図-3に示してあるように古正寺，境では東西方向の加速度が大きかったようであり，地割れは，それと直角方向の南北方向に発生した。

古正寺では床下にきれつが生じ泥水が噴出した。

地震当時，積雪があったので，地変状況は，はっきりしなかった。

写真-1は，雪面での噴砂跡である。写真-2，3は雪解け後の調査によるものであり，古正寺より雨池にかけておよび三郷屋，喜多の中間地帯には泥水，土砂の噴出したあとの小さな噴出堆土群があった。

円すい形の泥火山の形では直径40cm，高さ30cm，円盤状では，直径40cm，高さ15cm。

噴出した砂は，粘土状に近くかなり細い。噴砂丘の内部は青色。

噴砂丘の下に直径2～3cmの穴のあるものもあった。

なお被害のあった信濃川西岸，川西地区は，信濃川の蛇行した後らしく，ぜい弱な地盤になっている。

参考文献

〔1〕 新潟地方気象台・他，1961，長岡地震調査報告　験震時報　26，65—80.

〔2〕 岡田惇，1961，長岡地震による地盤変動，地震研究所彙報　39，537—547.

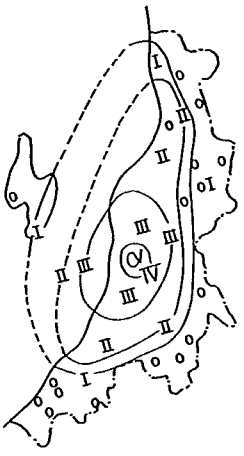


図-1　震度分布（文献(a)）

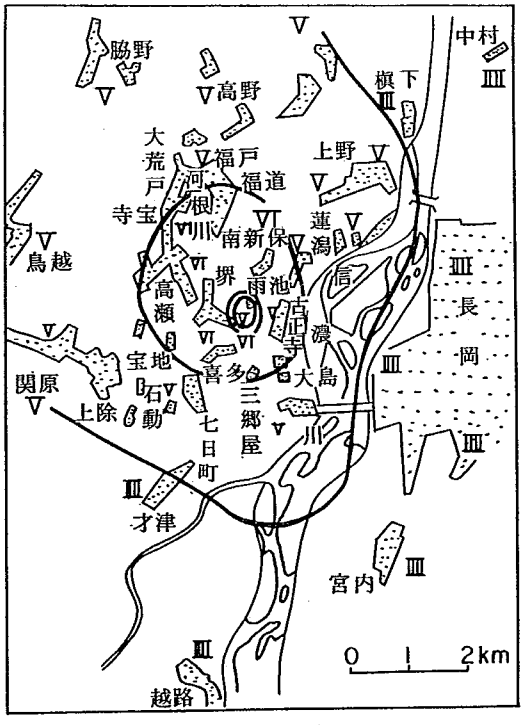


図-2　震央付近の震度分布〔2〕

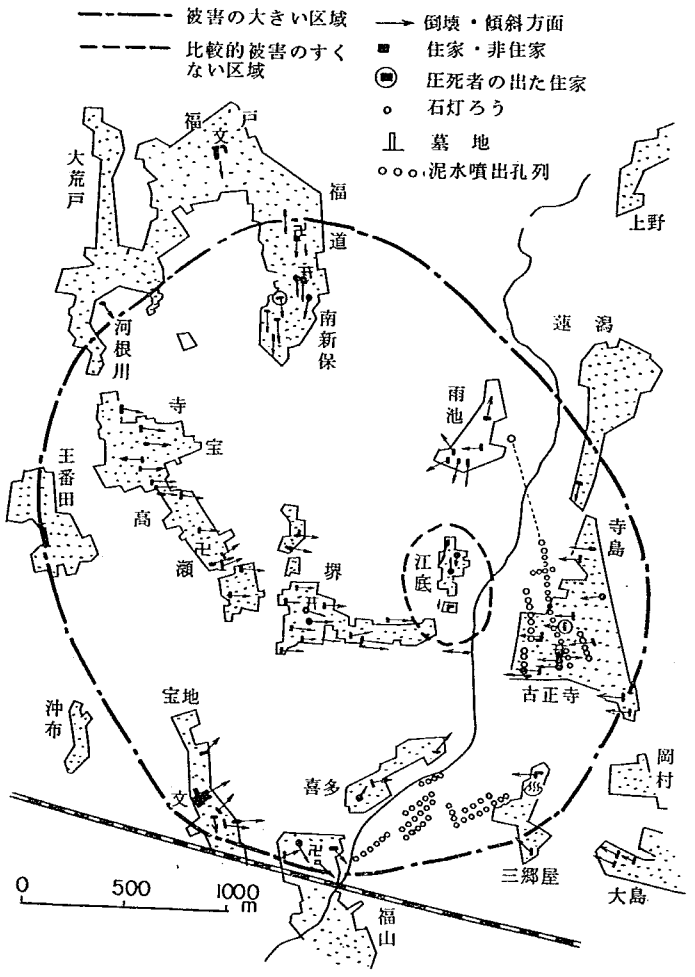


図-3 家屋等の倒壊傾斜方向分布図〔2〕



写真-1 雪面での噴砂跡〔2〕

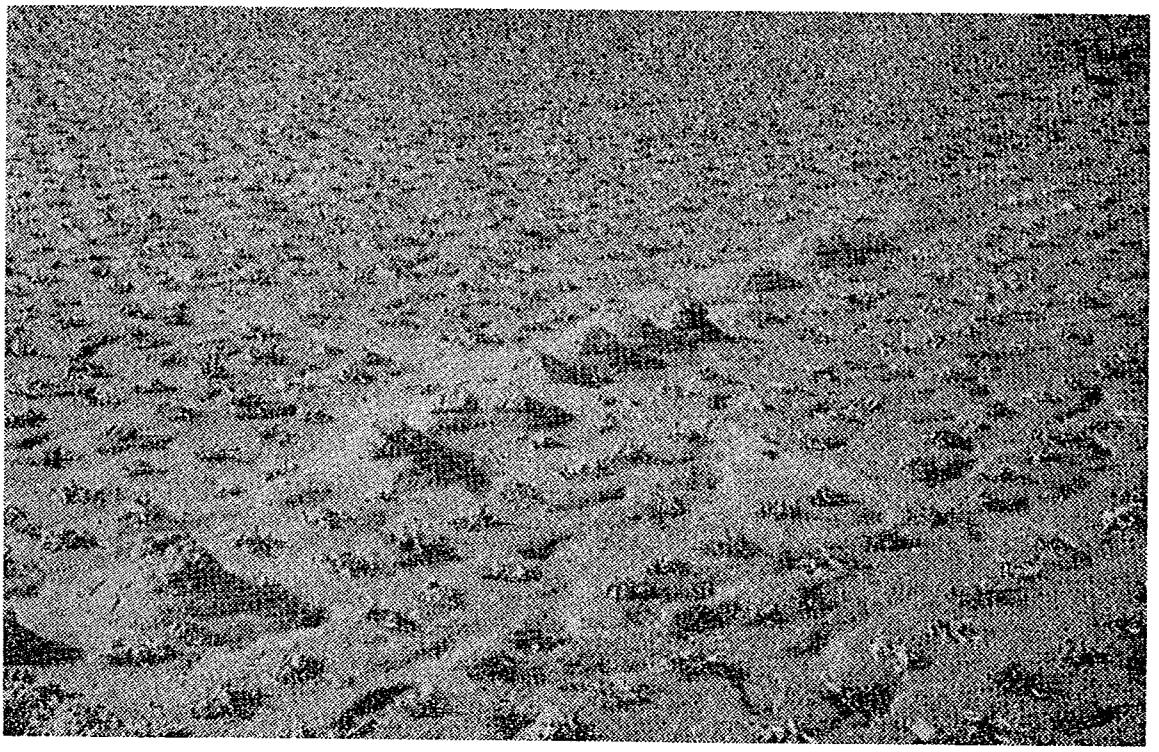


写真-2　古正寺部落，土砂の噴出群がこの部落の北西方で直交している〔2〕



写真-3　砂　の　噴　出　群〔2〕

日向灘（ひゅうがなだ）

1961年（昭36）2月27日　3時11分
震央　36°36′N，131°51′E，H=40km，M=7.0

被害状況（文献(b)）

宮崎・鹿児島両県で死者2，負傷7，家屋全壊3，半壊15。

液状化状況

栄松（図-1参照）の20年前に埋立てた所で，幅20m，長さ200mくらいの広さのところに20～30箇所位，直径1cmくらいの穴ができ，水が吹き出した。

参考文献

〔1〕 気象庁，1961，日向灘地震調査報告，験震時報26，81—107.

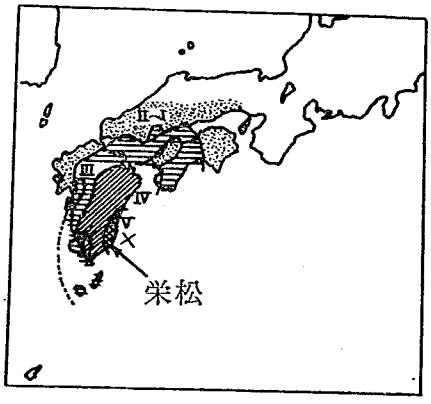


図-1　震度分布（文献(a)）

宮城県北部（みやぎけんほくぶ）

1962年（昭37）4月30日　11時26分
震央　38°44′N，141°08′E，H=0km，M=6.8

被害状況（文献(b)）

宮城県築館，石越，小牛田付近の径40kmの範囲内に被害集中。死者3，負傷者276，住家全壊369，半壊1,542。その他橋渠・道路・鉄道等の被害大きく進行中の貨車脱線する。

液状化状況〔1〕

南方村大袋，野谷地で水田中に軽石状の小石と泥水噴出。苗代に被害を与えた。

参考文献

〔1〕 仙台管区気象台，1962，昭和37年4月30日宮城県北部地震調査報告，験震　27，79—99
〔2〕 佐藤ら，1962，昭和37年4月30日宮城県北部地震調査報告，地震研究所彙報40

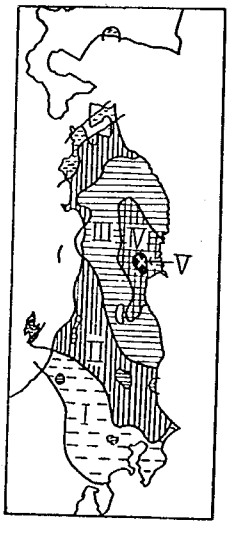


図-1　震度分布（文献(a)）

新潟（にいがた）

1964年（昭39）6月16日　13時2分
震央　38°21′N，139°11′E，H=40km，M=7.5

被害状況（文献(b)）

新潟，秋田，山形の各県に被害。死者26。負傷者447。家屋全壊 1,960，半壊 6,640，全焼 290，浸水15,297，破損67,825，その他，船舶，道路等の被害多し。

地下水面が高く，地下水面下のゆるい砂地盤（旧河床旧河川敷など）の液状化による震害に対する影響が大きく，液状化した地盤上の建物は剛体として沈下，傾斜した。

また，通船川周辺の元阿賀野川の河床，信濃川，旧河床，加治川の旧河床等の埋立地，堤外地では噴砂が著しく厚さ1mに達した所もあった。振動性の建物被害は，震央に近い村上市付近に多かった。津波が日本海沿岸一帯に来襲し，大島崎で津波5mに達した。

液状化状況

橋，建物，農地，港湾，道路，河川堤防，鉄道などの諸施設の液状化による被害の状況は，各文献で非常に詳しいので，ここでは概略を述べるのにとどめる。

全般的な液状化状況は，図-2，庄内図-2，長岡図-2，図-3，付図-4を見ていただきたい。液状化地点は，旧河床，旧河川敷の埋立地，堤外地，海岸砂丘地区に集中して生じている。特に前2者に著しい。図-2，図-3に示した各番号に示した位置の液状化の概況は以下のとおりである。

1.　遊佐町藤崎部落（図-4）

噴砂，地割による家屋の傾斜や道路の亀裂。

藤崎部落は，砂丘の崩壊砂や飛砂が砂丘背後に堆積して出てきた所で，地下水位が50cm以内と高い。

また，遊佐町の日向川にかかる栄橋は，写真-1に示すように，一部分が最大で鉛直に約2m沈下しており，これは単に橋脚の振動のみによって起った現象とは考えられず，地盤の液状化をともなったものと推察できる。[18]

2.　飯森山，宮之浦（図-4）

旧最上川の流路あるいは氾濫原に，砂丘砂が新しく堆積してできた土地で，かつ，地下水面が地表より30cm前後。

1894年の酒田沖地震の際に生じた陥没地と，位置的にほぼ一致している。

宮之浦　　数条の陥没地が噴砂を伴って生ずる。

飯森山　　数列の陥没地と，これに伴う地割れ，噴砂水田では南北に延びる畔が東に彎曲し，噴砂や土地の膨れ上りによって，灌漑が不能となった。

3.　赤川新川と最上川間の赤川旧河道（図-4）

坂野辺新田，黒森　　地割れ，噴砂，陥没が見られた。ここも地下水位が30cmと高い。

4.　荒川下流の乱流流路跡（図-5）

自然堤防，または，砂礫堆上に立地する荒川町，大津羽ヶ榎，中倉，神林村，田，中屋，福屋などに，噴砂，地割。比較的新しい時代に水田化した所である。

5.　胎内川，荒川間の砂丘間の胎内川旧河道。(図-5)

人工あるいは自然にうめたてられた。

今回の地震によって沈下著しく，かつての河道を復元したようなタン水地となった。（おそらく，液状化が生じたものと思われる。）

写真-2は神林村における液状化の状況である。

6.　加治川分水・阿賀野川間の加治川旧河道，新発田川旧河道（図-6）

- 砂丘間の埋立てられた旧河道で，噴砂，噴水が著しかった。
- 横土居北方では，明治30年代の護岸ぐい，いわゆる地中のくい列が，地上1m余に突出した。（写真-3）

横土居，内島見，笠柳にはかなり集中した家屋損傷がみられ，部落周辺の水田に沈下，噴砂などの地変を受けた。

旧加治川沿いの聖籠村地内で，護岸ぐいが地中から押し上げられた。

7.　阿賀野川下流域（図-7）

堤外地およびだ行跡の埋立地，噴砂，噴水。

① 京ケ瀬村（旧河道跡のみ液状化）（図-8）
② 豊栄町岡方地区，森下地区
③ 濁川付近底地；かつての阿賀野川河道（通船川方向へ，湾曲していた頃のもの）
④ 河口，石岸，松浜町（旧流路）噴砂，噴水

8.　水原町（京ケ瀬東方）

瓢湖に接する市街の東部に被害が集中し，地下より，悪臭ある水が噴出した。

9.　信濃川河口地帯での噴砂，噴水地帯（図-9）

＊信濃川沿岸埋立地地区

1926年（大正15年）大河津分水工事完成後，埋立てられた地区。

- 左岸では上流から，新潟硫酸ＫＫから白山浦，川岸町，下大川前通入船町川寄の地区。
- 右岸では，出来島一上所島旧堤より流作場四ツ角を経て，万国橋，山ノ下橋に至る地区および，臨港埠頭地区。

ここは，地割・噴砂・噴水が最も著しかった地域の1つである。これは砂で，ふきあげて埋立てたもので極めて loose であった。

写真-4は，川岸町での噴砂の状況であり，ここ

では県営アパートが，液状化によって支持力を失って転倒した。写真-5は，その状況を示した写真である。

写真-6は，同じように地盤の液状化によって転倒した倉庫の写真である。また，写真-7は，液状化による左岸からの地すべりによるのが原因と思われる橋脚の転倒によって落橋した昭和大橋の写真である。

＊信濃川蛇行帯低地地区

◦右岸；関屋田町周辺，礎町，湊町通，横七番町，附船町周辺，大野町周辺

◦左岸；流作場一帯　典型的な流砂現象による地割・噴砂・噴水と，これに伴うビルの沈下，傾斜，家屋の浸水害が生じた。

図-10は，新潟市周辺の土質を示したものであるがここに旧河床と書いてあるのが，信濃川・旧阿賀野川蛇行帯低地，沿岸埋立地である。図-11は，信濃川と阿賀野川の蛇行の変遷を示したものである。この蛇行地がゆるい砂層となっており，図-12に示したように，建物，橋，道路の液状化による被害がはげしかった地帯である。また，被害範囲は，この蛇行帯の外側線以内に明確に限定されていたことも特徴的であり，地盤液状化地帯以外に居た人は，このような大被害が生じているとは，地震当時想像もできなかったと言うことである。図-9と図-12を見比べてみると，旧蛇行帯以外でも，海岸砂丘地区の後背低地でも，噴砂，噴水はあったが，その程度は小さかったことが想像される。

＊旧阿賀野川蛇行帯低地

通船川に沿う旧阿賀野川蛇行帯低地は，全般的に，噴砂・噴水を伴った液状化現象が生じ，全般的に沈下した。写真-8(a)，(b)は，図-9に示した位置（阿賀野川沿い）の地震直後の航空写真であり，これを見て分るように，福井地震の時と同様に，田に帯状の噴砂列が生じており，これは，旧阿賀野川の流線方向に平行である。また，写真-9，10，11は，通船川沿岸での液状化の状況を示した写真である。また，国道7号線で，旧阿賀野川本流河道上にある上木戸一海老ケ瀬間では1mの低盛土の最大1m沈下，4mの横方向が生じ，図-13に示すような蛇行が生じた。写真-12，13，14，15は海老ケ瀬地内の国道7号線の蛇行の写真であるが自動車の埋沈，大量の噴砂から見て液状化が生じたことは間違いないものと思われる。通船川の流域地帯が液状化に伴って土地の大きな水平変動を生じたらしいことは，上掲の写真や図から判断されよう。広い地域が液状化が生ずると，その地域が図-14のように全般的に沈下するだけではなく，液状化層の上の地層が，ブロック的に別に動いて，直線状のものが蛇行することが生じるようである。後に示すように，黒崎村山田田上村曾根でも，このようなことが生じたらしい。

＊海岸砂丘地区

◦国道116号線（内野街道）に沿う砂丘の内部の凹地や砂丘間の後背低地では，地割，噴砂が生じた（青山地内等）。

◦新潟飛行場では，もとの後背低地部に相当すると思われる部分の滑走路の亀裂，噴砂が著しい。

10. 黒崎村地内，信濃川旧河道は，幅500m内外，延長3kmにわたって大被害(図-15)。写真-16，17，18，19は噴砂・噴水の著しかったことを示す写真である。写真-17，19は，地盤の液状化によって，直線道路が蛇行した状況を示している。

11. 白根郷田上村曾根の旧河川敷でも，噴砂・噴水著しく（写真-20），また，写真-21に示したように，地層がブロック状の変動をした。

12. 分水付近信濃川沿いの旧河川敷（図-16）

大河津分水完成後，余裕の生じた旧河川敷を耕地として使用している所に，集中的に大規模な液状化が生じ，噴砂・噴水・木杭のぬけ上がりなどが生じた。分水町・中之島村・三条地内・与板町。液状化した所の隣接地は全く無被害であった。図-17，写真-22は堤外地での地割と，そこから出た噴砂・噴水の全体的な様子を示した図である。写真-23，24，25，26，27，28は液状化の状況を示したものである。

13. 粟島，内浦地区の海岸沿いで，かなりの噴砂があった。図-18は，その状況を示したものであり，写真-29，30は，噴砂の状況を示したものである。

参考文献

〔1〕 建設省土木研究所，1965，新潟地震調査報告，土木研究所報告125。

〔2〕 土木学会新潟震災調査委員会編，1966，昭和39年新潟地震震害調査報告，土木学会。

〔3〕 建設省北陸地建新潟国道工事事務所，1964，新潟地震による国道の被災について

〔4〕 建設省北陸地建新潟国道工事事務所，1965，新潟地震による国道災害復旧工事記録。

〔5〕 建設省計画局・新潟県，1967，新潟地区の地盤都市地盤調査報告書 Vol. 16，大蔵省印刷局

〔6〕 全国科学技術団体総連合編，1965，新潟地震防災研究総合報告，山海堂。

〔7〕 科学技術庁国立防災科学技術センター，1966，新潟地震防災総合研究報告（その1），防災科学技術総合研究報告11

〔8〕 科学技術庁国立防災科学技術センター，1966，新潟地震防災総合研究報告（その2），防災科学技術総合研究報告12

〔9〕 建設省建築研究所，1965，新潟地震による建築

物の被害，建築研究所報告42
〔10〕 建設省国土地理院，1965，新潟地震震災調査報告書。
〔11〕 建設省国土地理院，1973，新潟地方地盤変動調査測量に関する報告，一，二等水準点の変動その他 Vol. 25
〔12〕 農林省農業土木試験場，1965，新潟地震調査報告，農業土木試験場技報　F（総合）第1号。
〔13〕 運輸省港湾局。第一港湾建設局。港湾技術研究所，1964，新潟地震港湾被害報告　第一部
〔14〕 東京大学地震研究所，1964，新潟地震調査概報地震研究所速報第8号
〔15〕 新潟県土木部，1965，新潟地震公共土木施設被災写真集
〔16〕 新潟県，1965，新潟地震の記録，地震の発生と応急対策。
〔17〕 新潟県，1964，新潟地震復興計画。
〔18〕 建設省土木研究所，1964，新潟地震調査速報，土木技術資料 Vol. 6 No.7 July.
〔19〕 青木滋，1974，粟島の海底流動災害見聞記，土と基礎，Vol. 22. No.7，No.197.

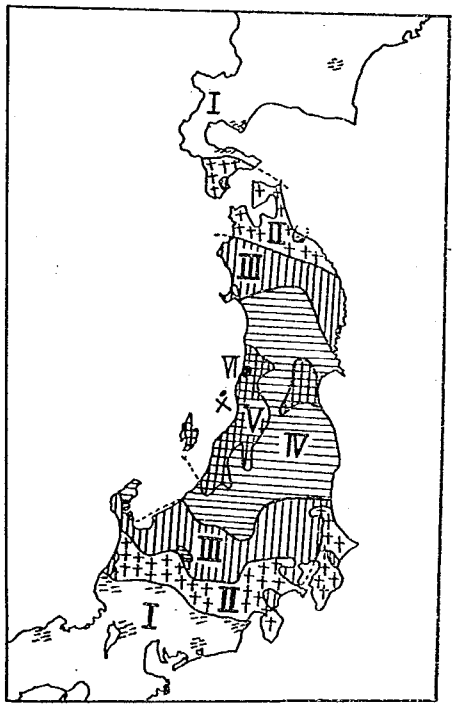


図-1　震度分布（文献(a)）

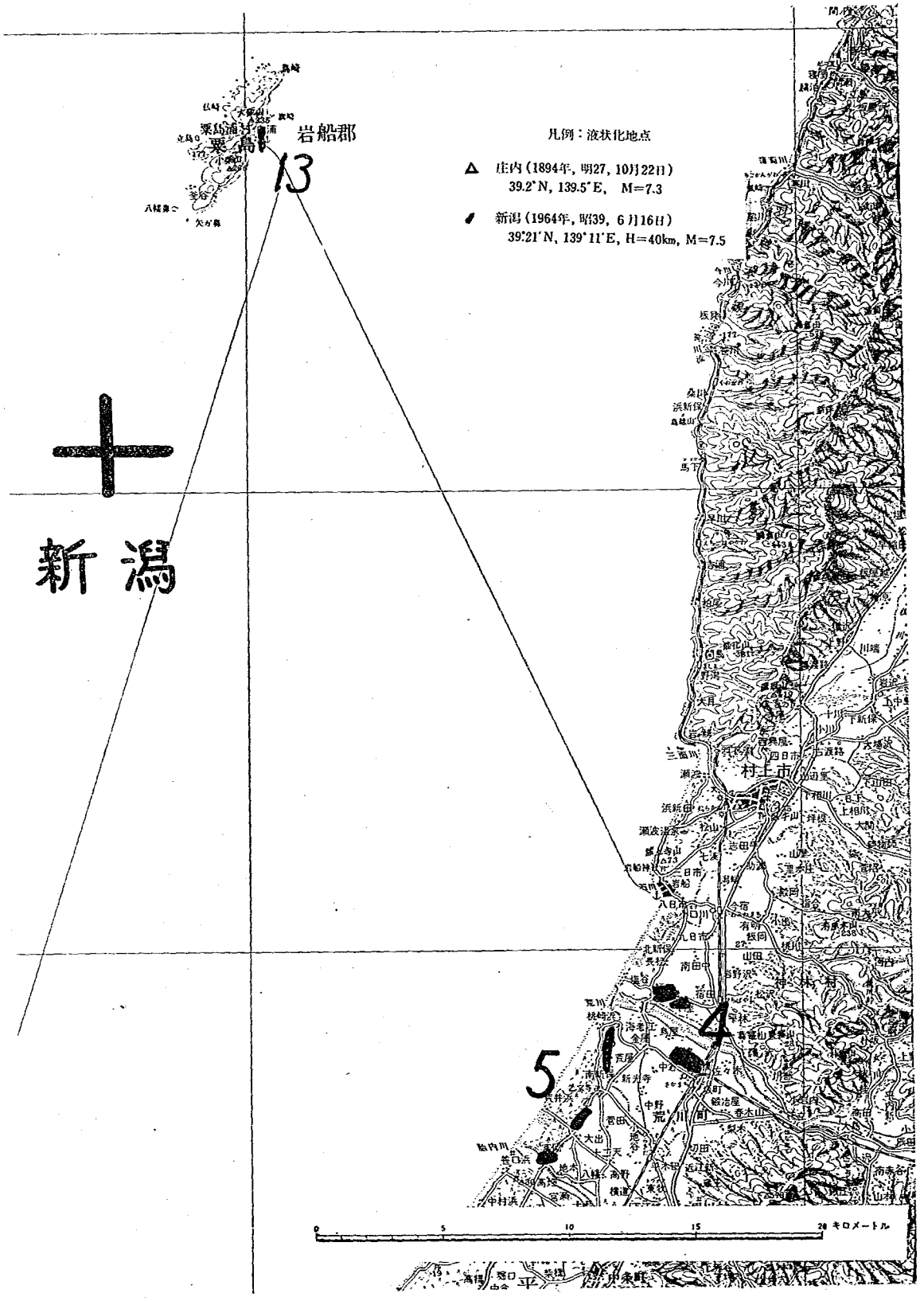


図-2(a) 新潟平野液状化地点（主要部）

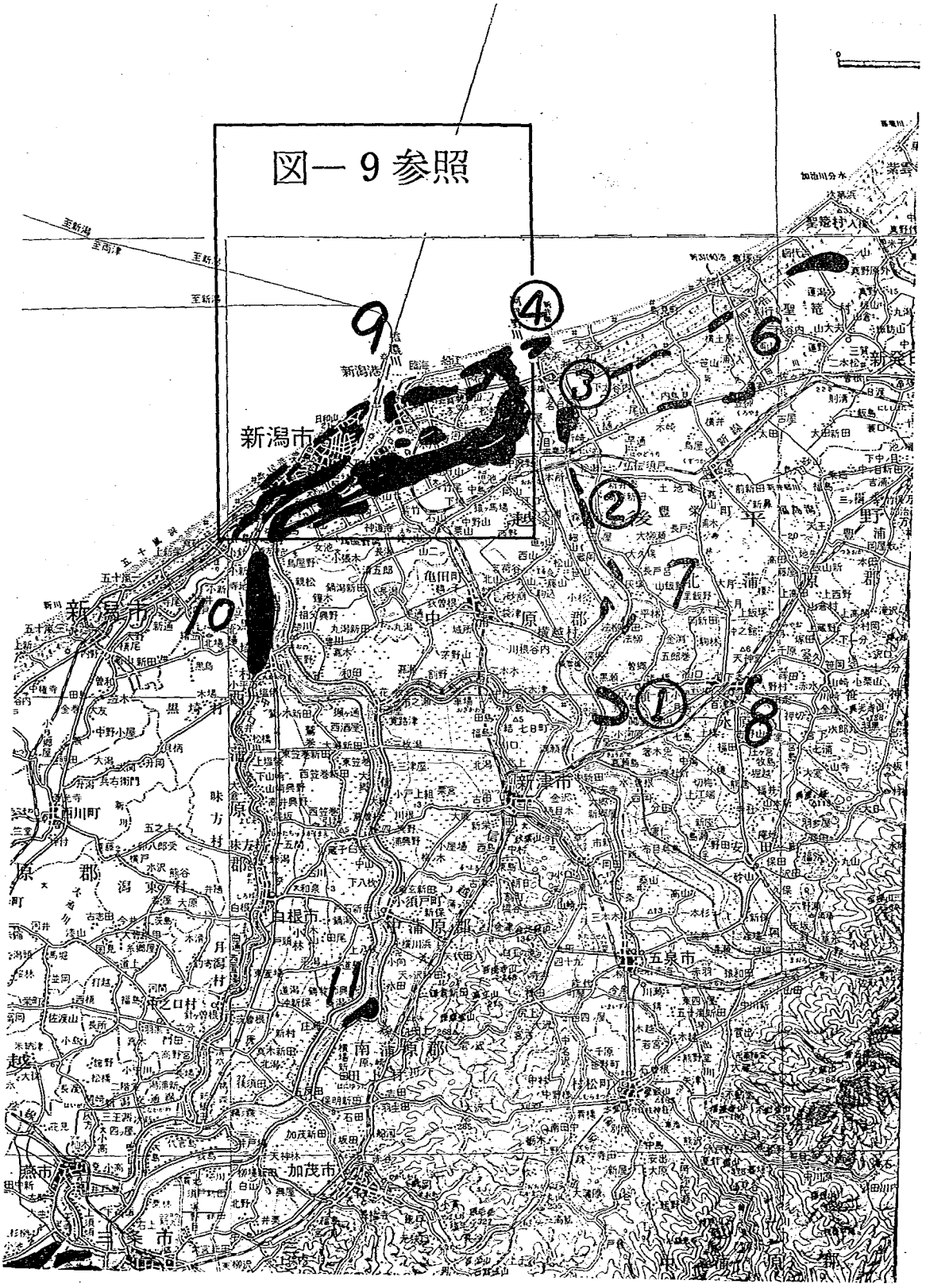


図-2(b) 新潟平野液状化地点（主要部）

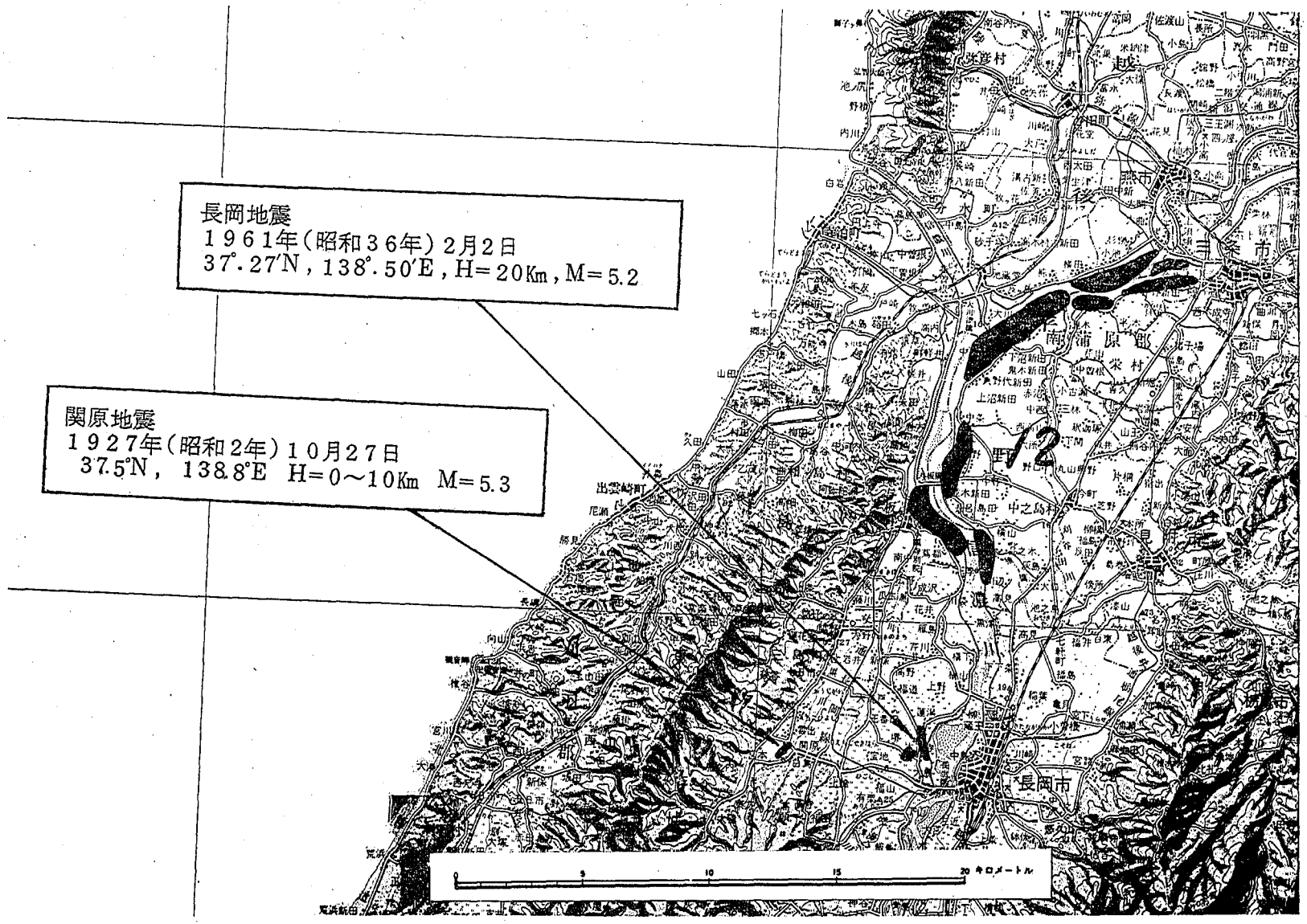


図-2(c) 新 潟 平 野 液 状 化 地 点(主 要 部)

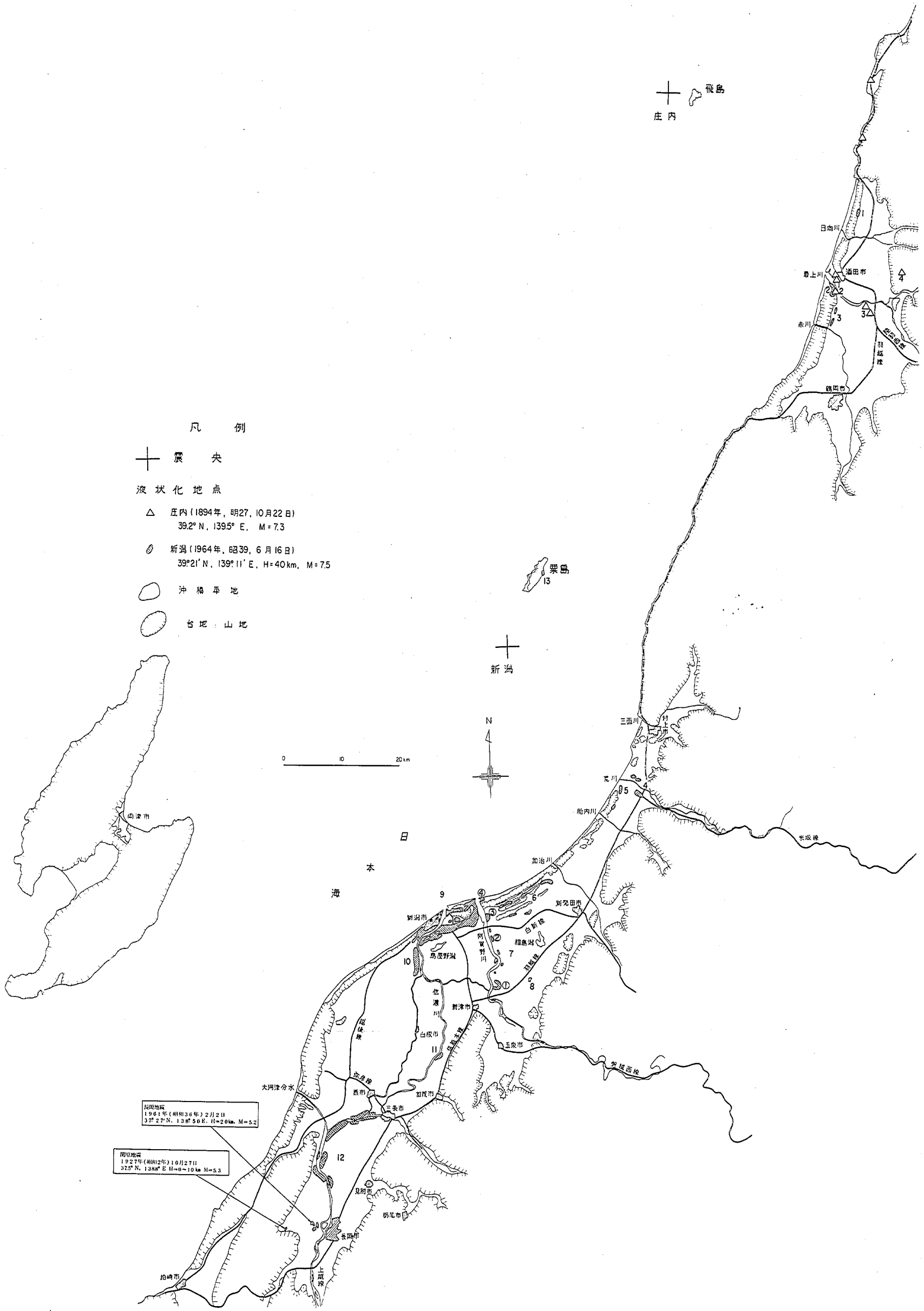
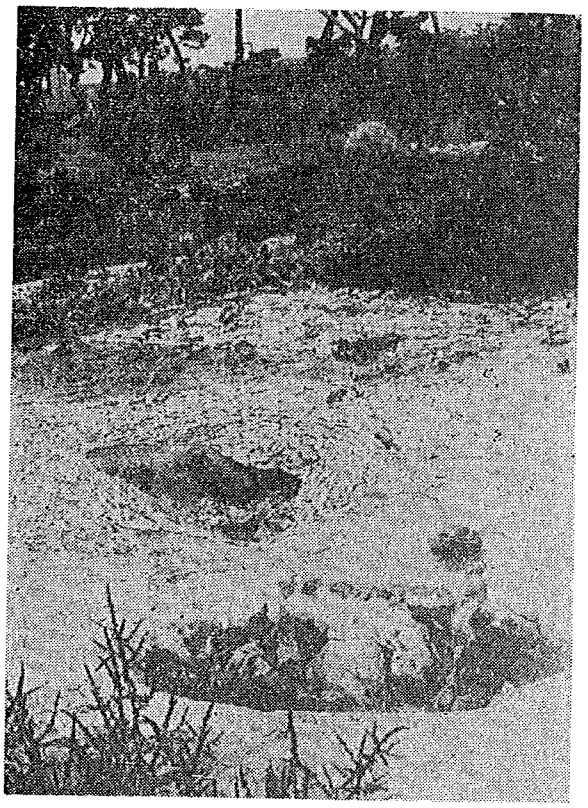


図-3　新潟地方液状化履歴地図



写真-1　液状化現象によって支持力を失って陥没した橋脚（栄橋）[18]



神林村塩谷付近

写真-2　畑中における地下水，土砂の噴出の跡 [14]

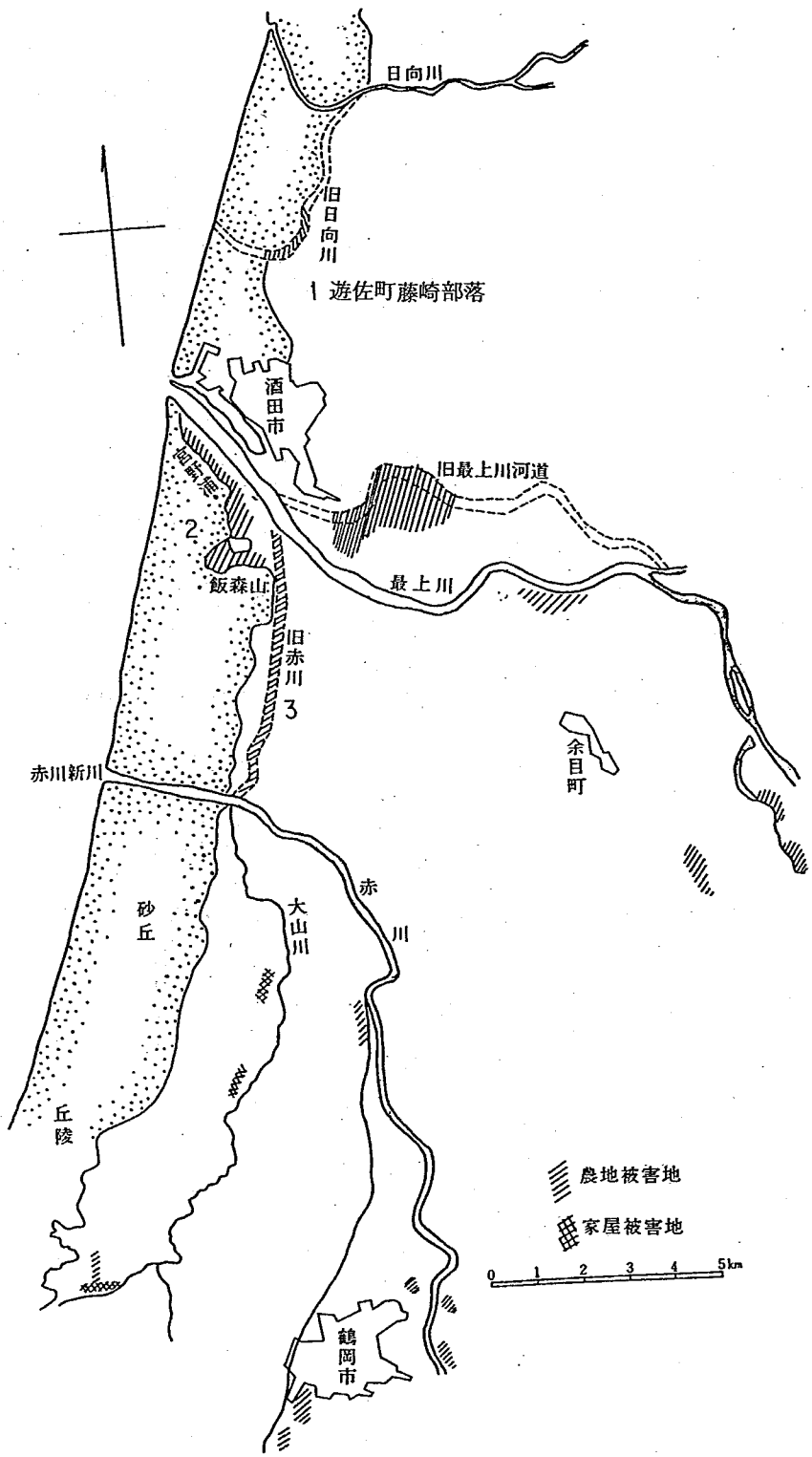


図-4 酒田・鶴岡地域農地災害の分布〔12〕

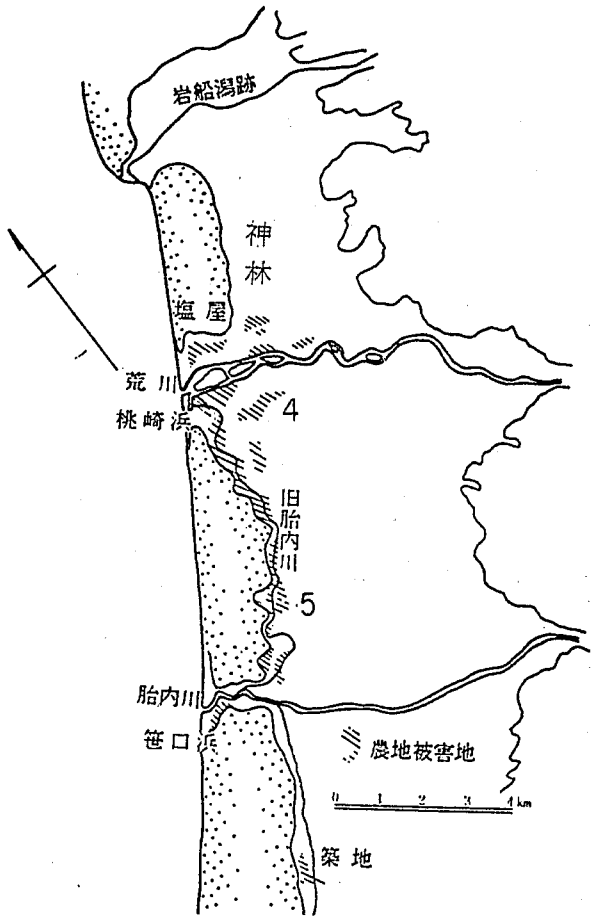


図-5　荒川・胎内川下流農地災害の分布〔12〕

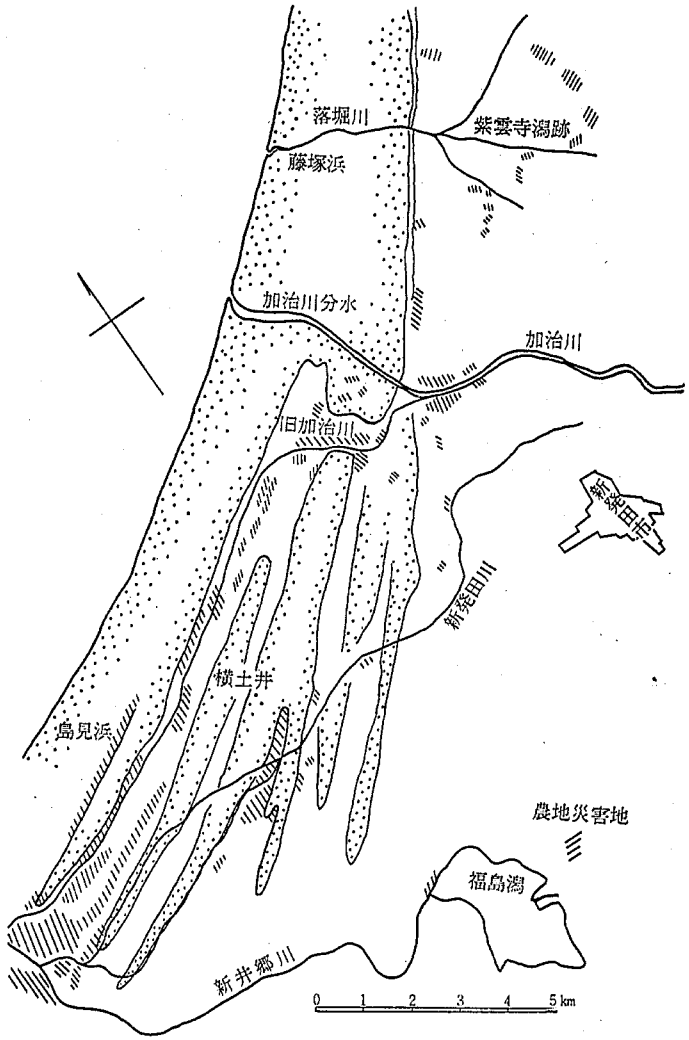


図-6　北蒲原砂丘付近農地災害の分布〔12〕

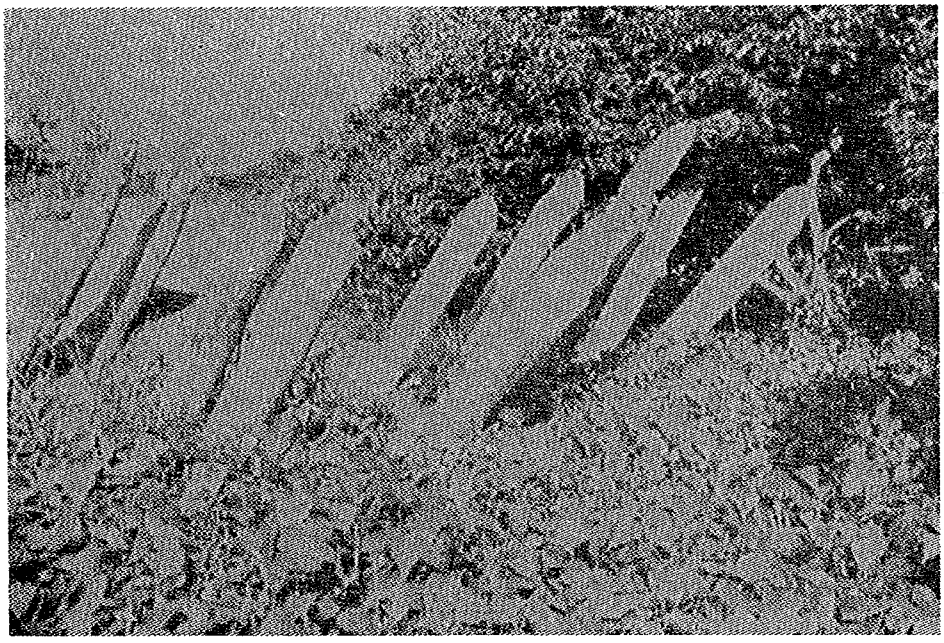


写真-3 くいの抜上り（旧加治川河道豊栄町横土居）〔12〕

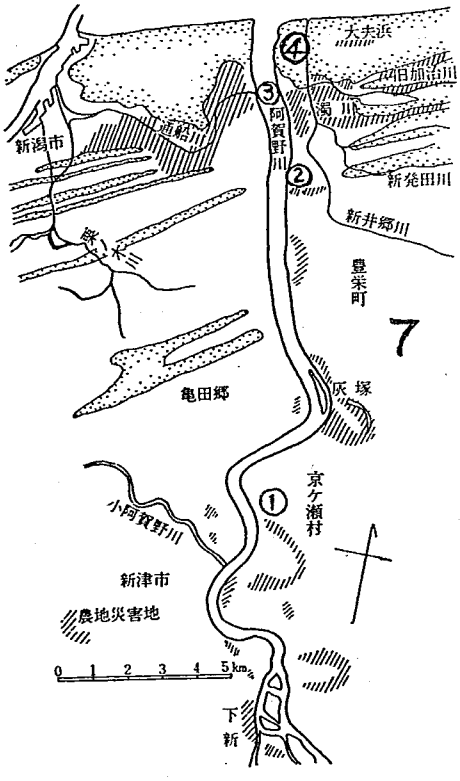


図-7 阿賀野川下流農地災害の分布〔14〕

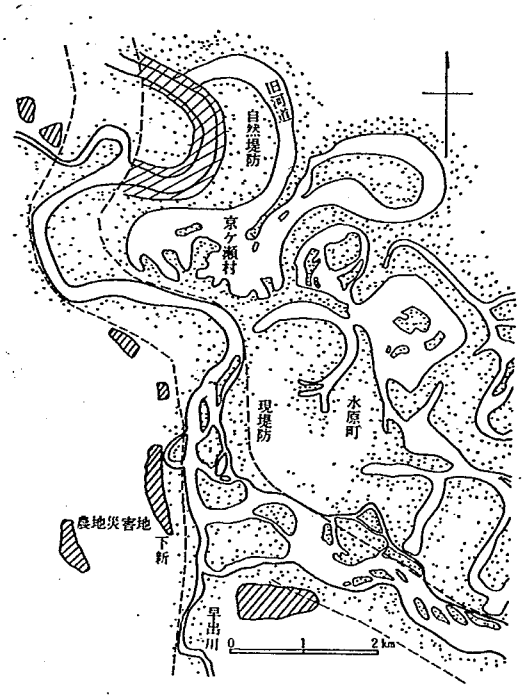


図-8 阿賀野川右岸自然堤防と旧河道（明治44年）〔12〕

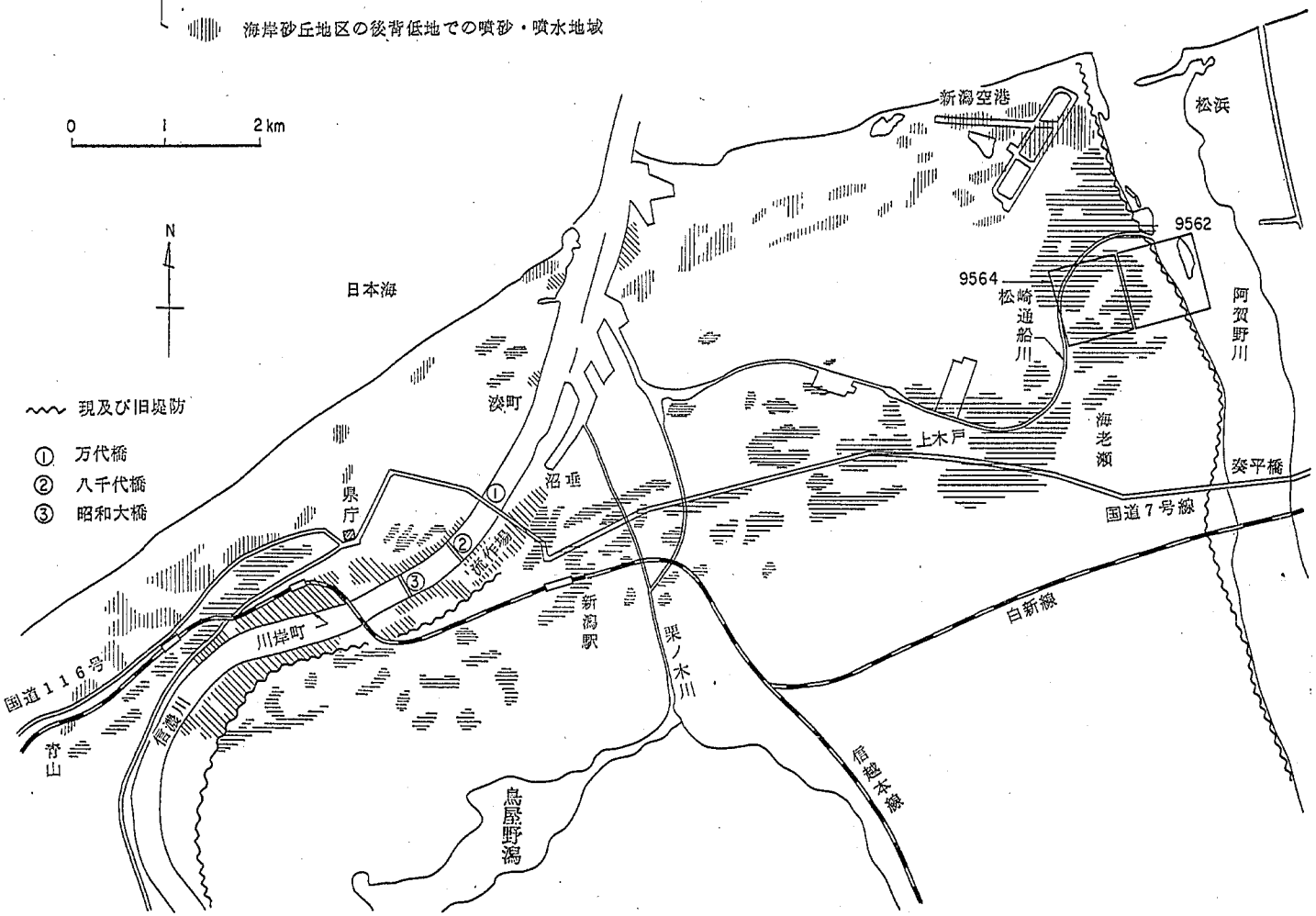
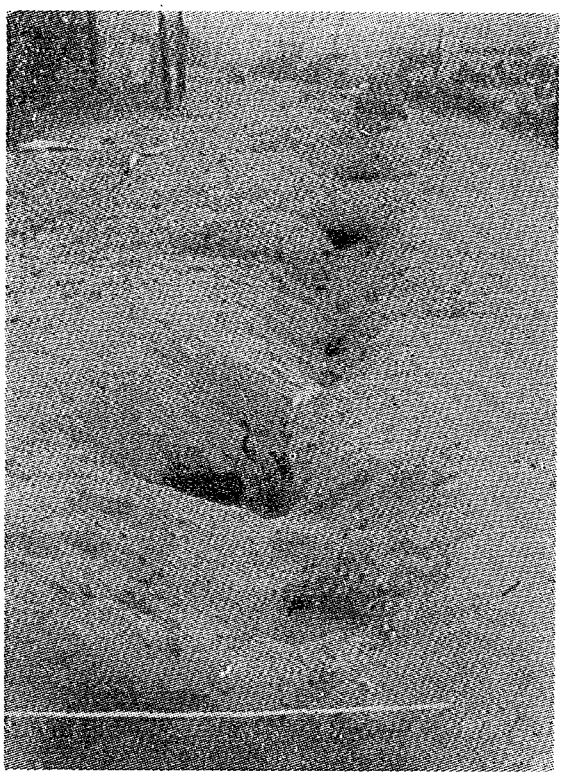
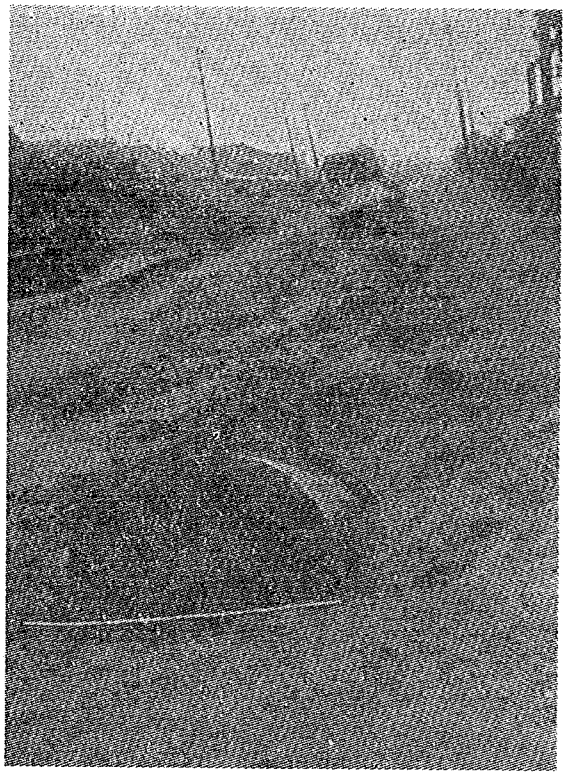


図-9 新潟市付近の噴砂・噴水状況（[10]の図に加筆したもの）



新潟市川岸町付近

写真-4(a) 下水道に沿った地下水および砂の噴出の跡〔14〕



新潟市川岸町付近

写真-4(b) 下水道の被害マンホールの浮出し〔14〕



写真-5 川岸町県営アパート4号館の転倒〔5〕

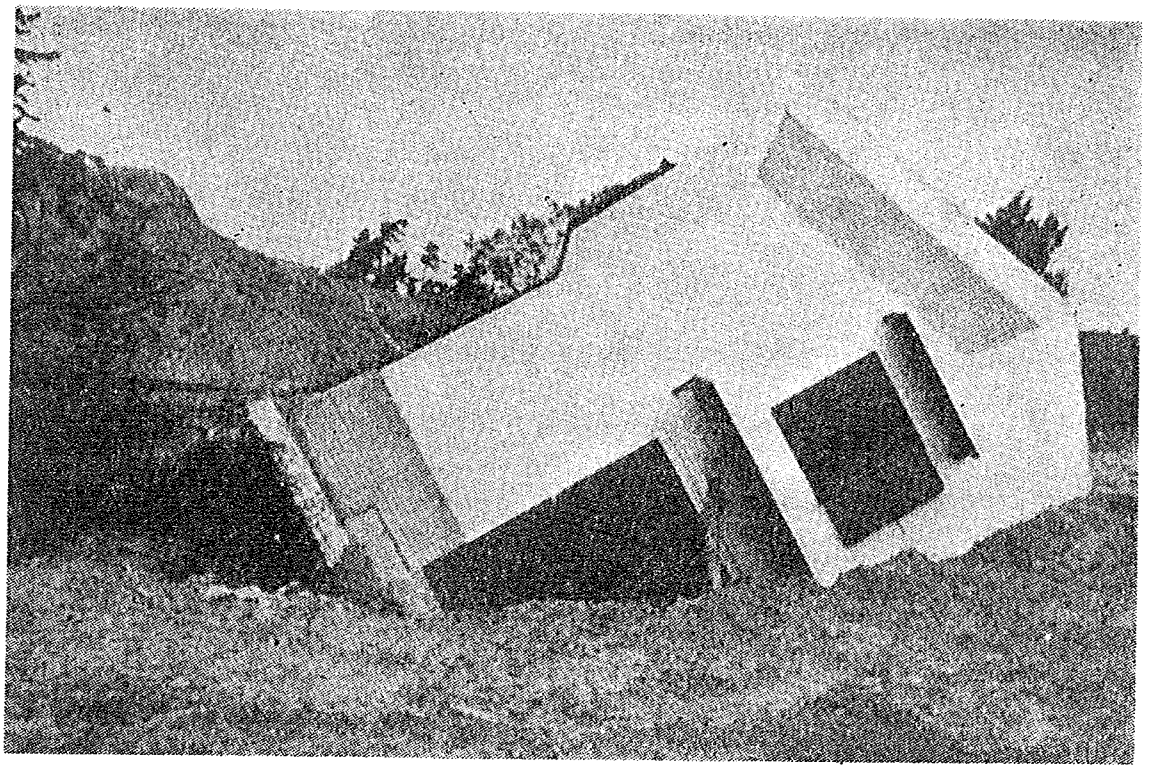


写真-6 転 倒 し た 倉 庫〔9〕

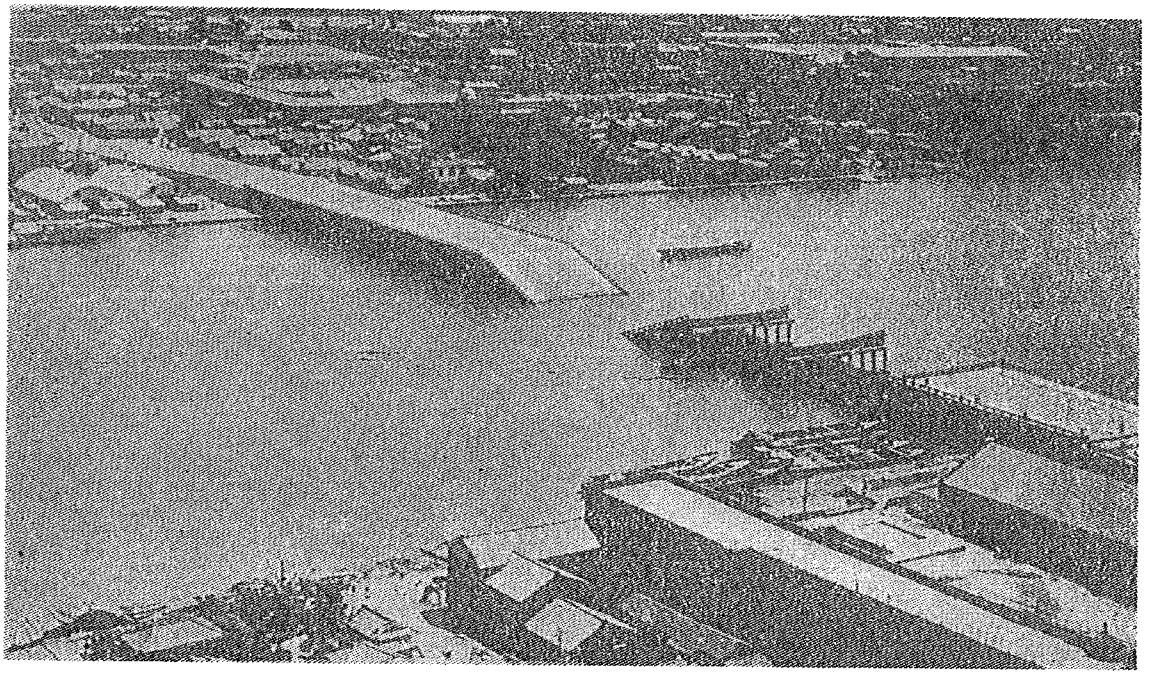


写真-7 昭和大橋（落橋）新潟日報社提供

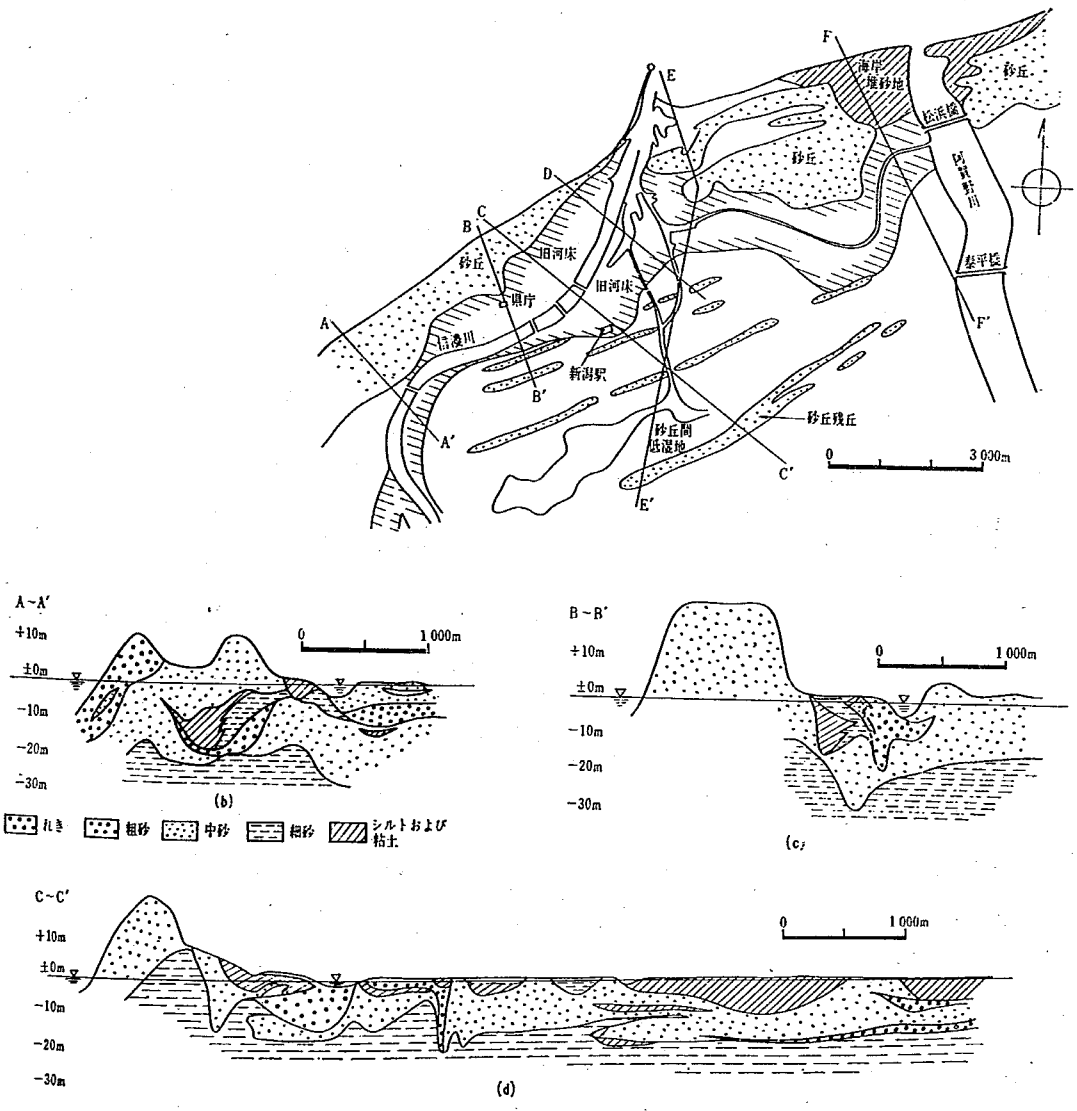


図-10 新潟市周辺の土質断面〔2〕

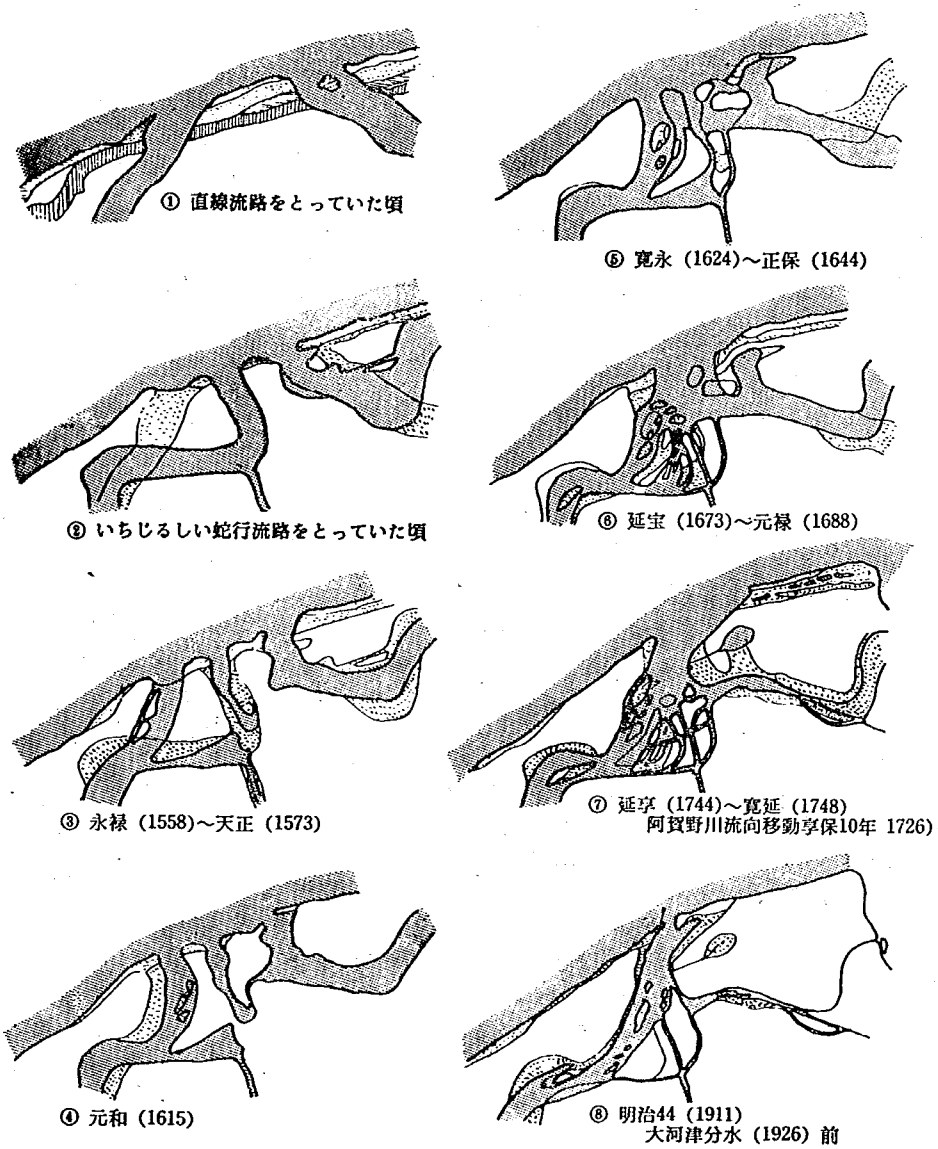
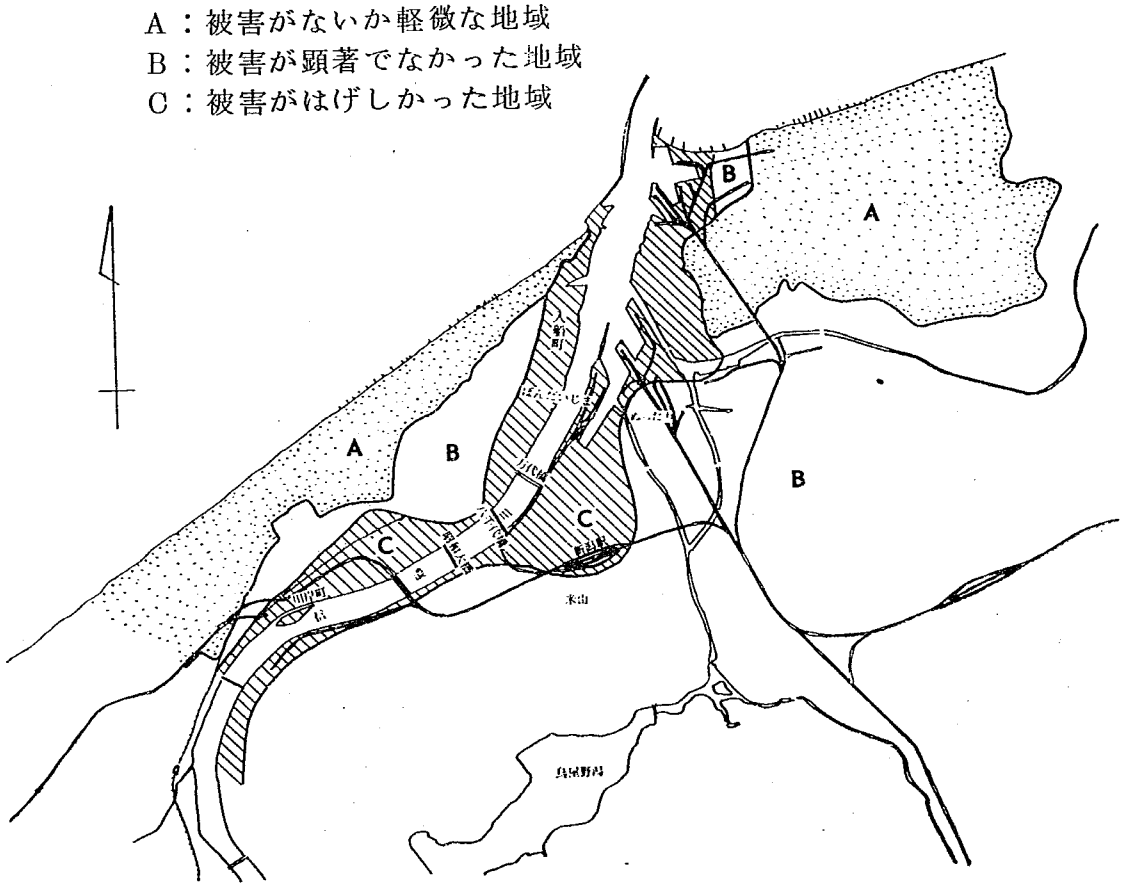


図-11 新潟市付近の地形変遷図[9]



被　害　分　布　図

図-12 被　害　分　布　図〔9〕



写真-8(a)　通船川流域噴砂状況（標点番号9562）国立防災科学技術センター撮影



写真-8(b) 通船川流域噴砂状況（標点番号956-1）国立防災科学技術センター撮影

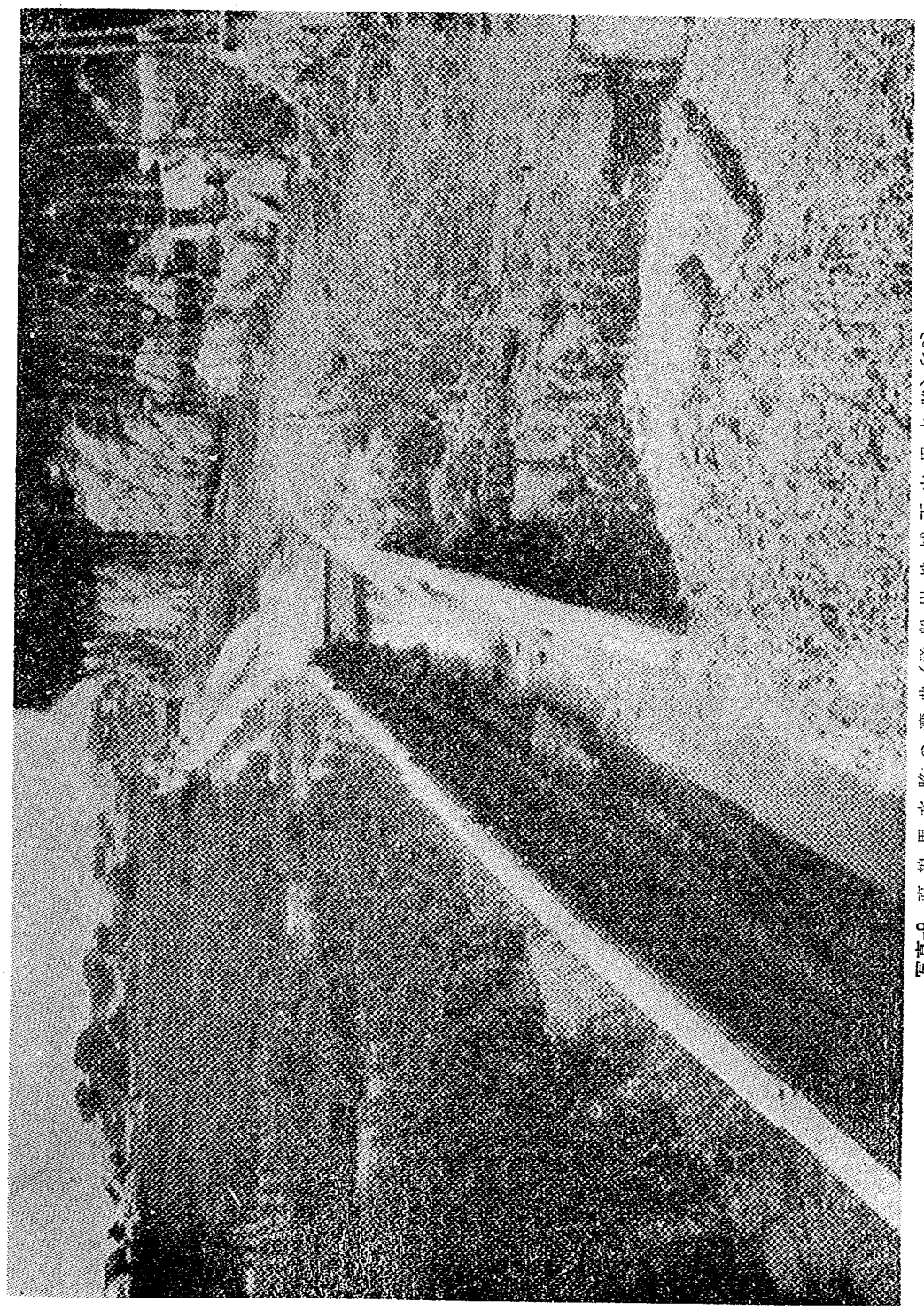


写真-9 直線用水路の湾曲（迎船川地域下山用水路）[12]

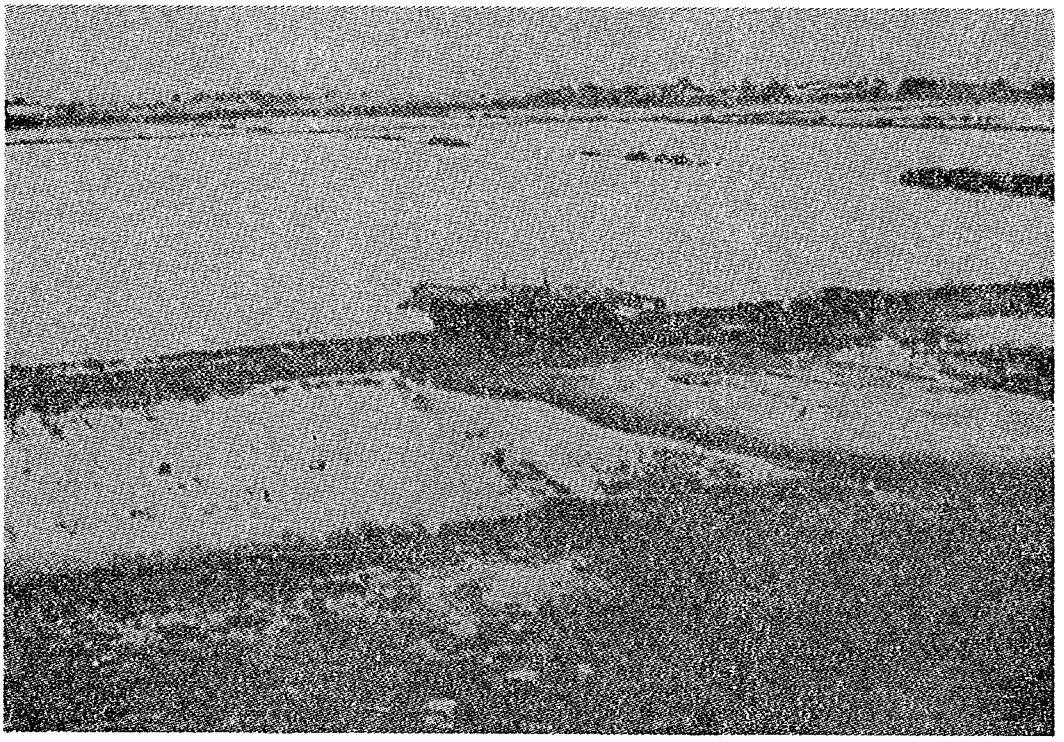


写真-10 陥没と噴水によるタン水状況（通船川沿岸 松崎）[12]

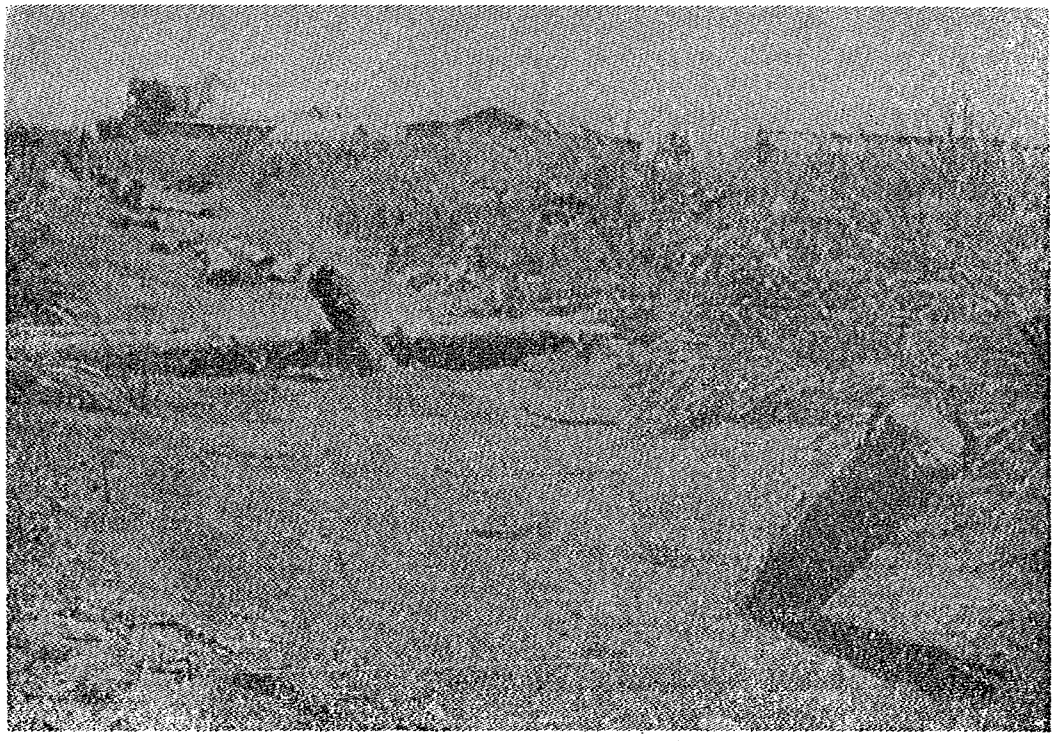


写真-11 水路基礎ぐい抜上りと水路埋没（通船川地域）[12]

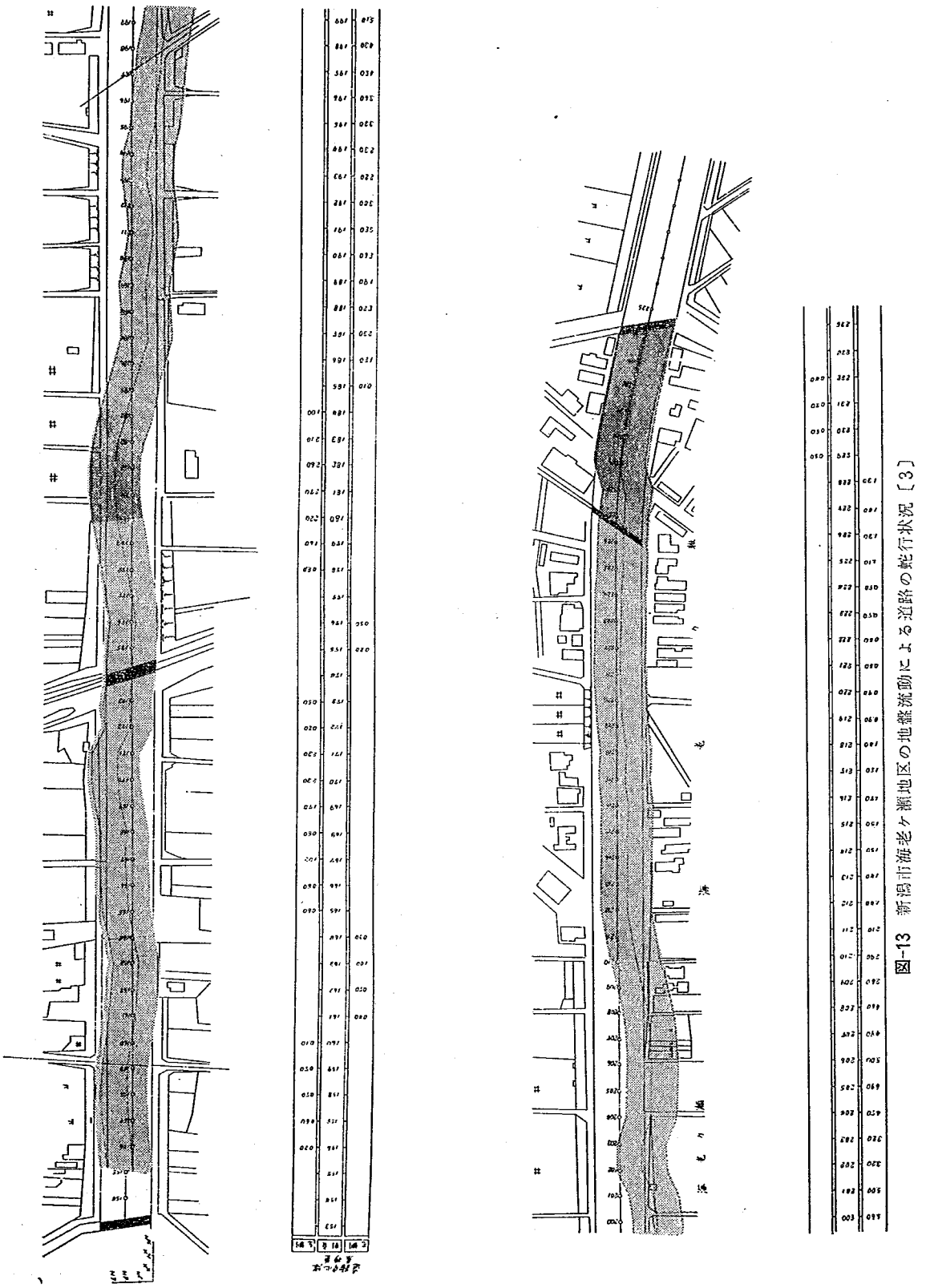


図-13　新潟市海老ヶ瀬地区の地盤流動による道路の蛇行状況［3］

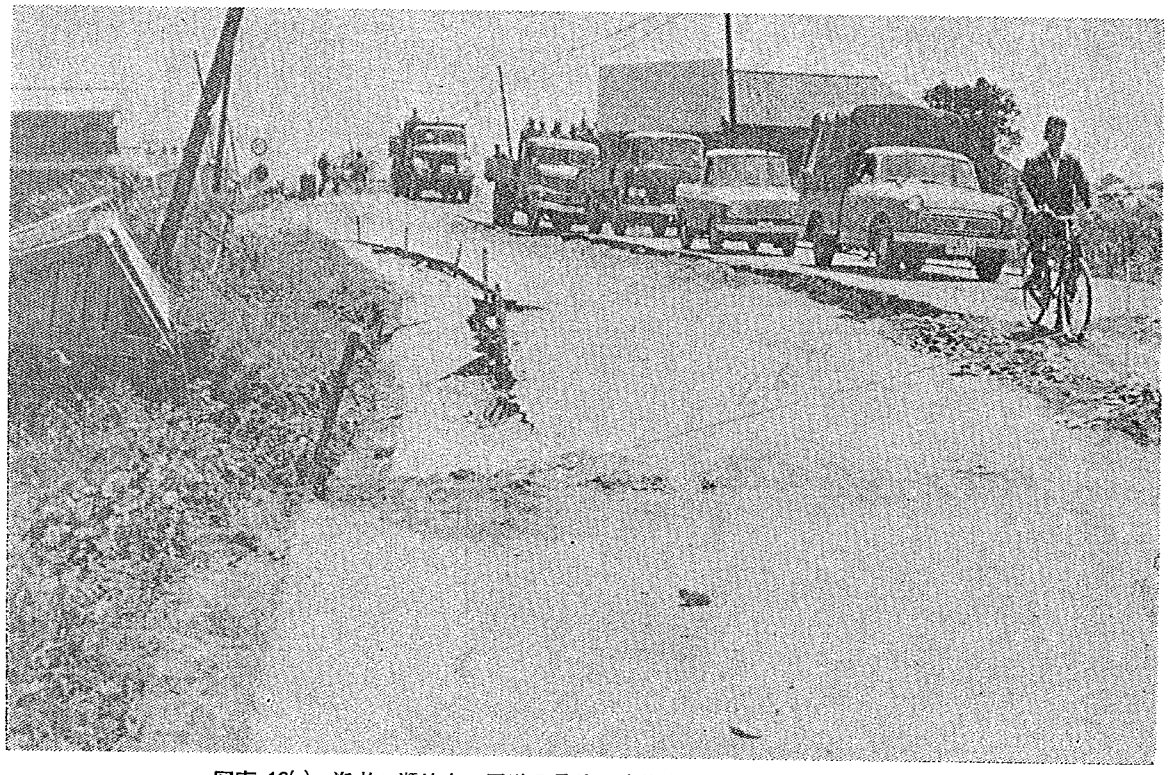


写真-12(a) 海老ヶ瀬地内の国道7号線の液状化による曲折（新潟国道撮影）

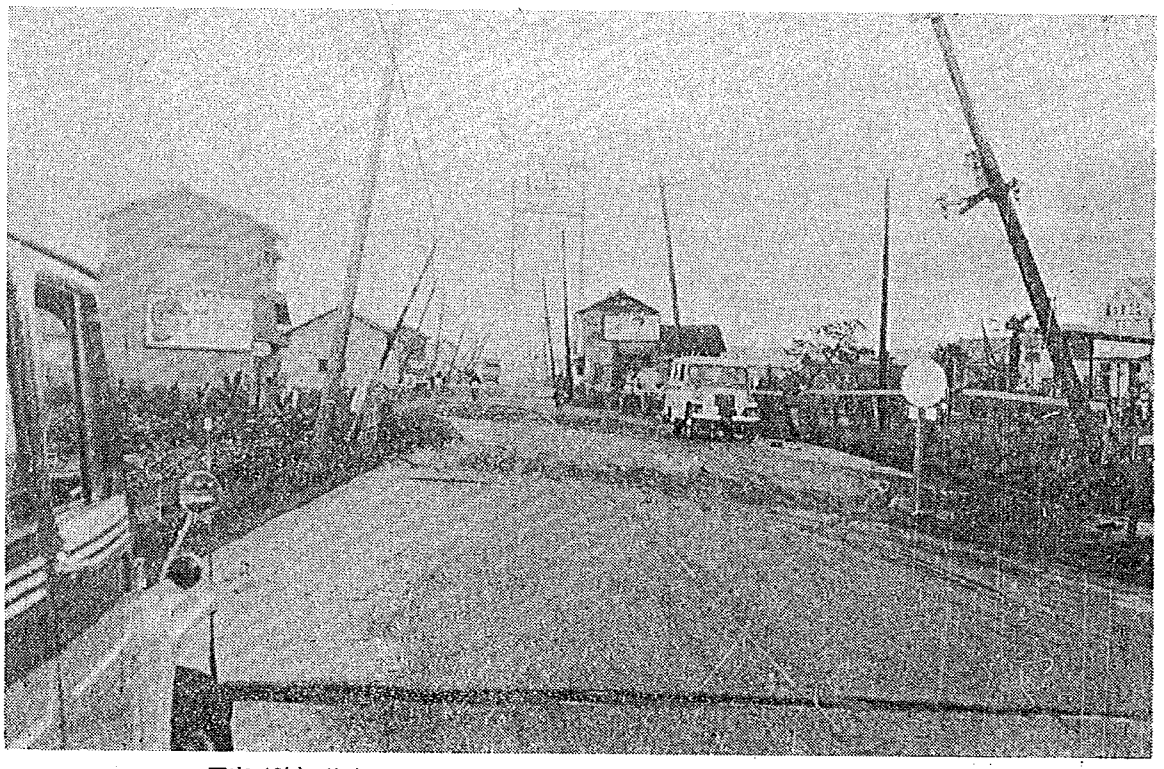


写真-12(b) 海老ヶ瀬地内の国道7号線の液状化による曲折（新潟国道撮影）

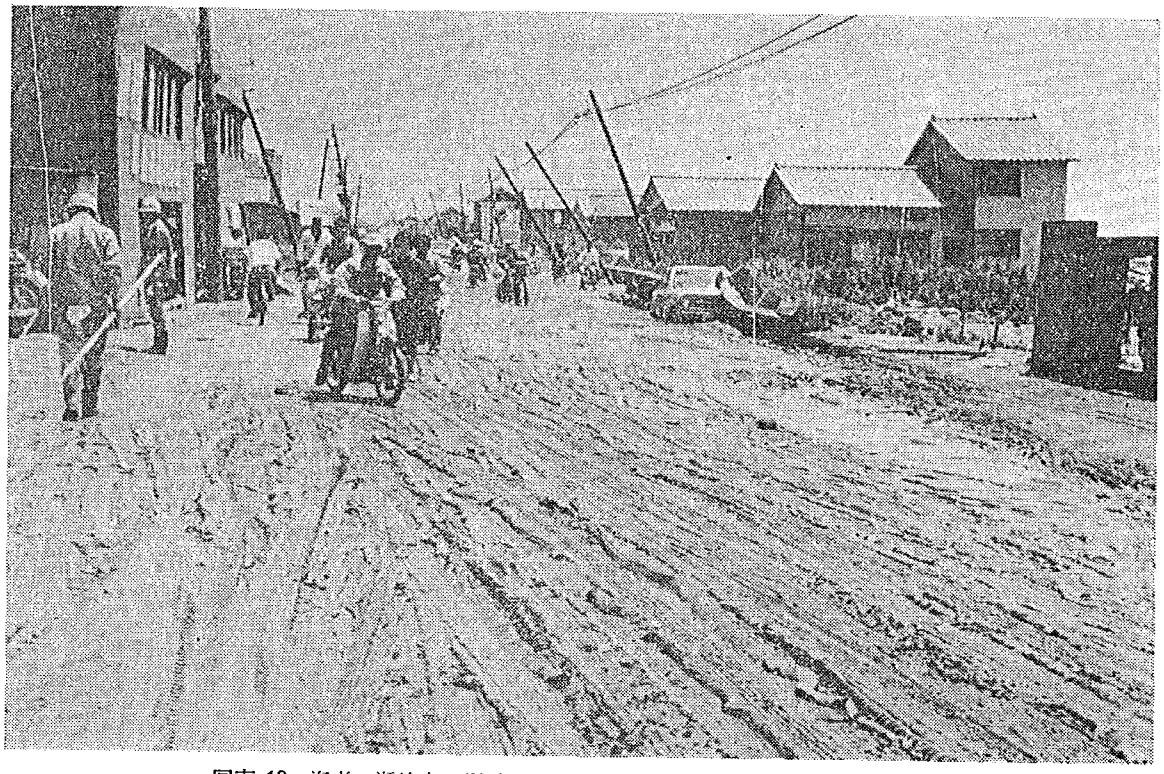


写真-13　海老ヶ瀬地内の国道７号線の液状化による曲折（新潟国道撮影）

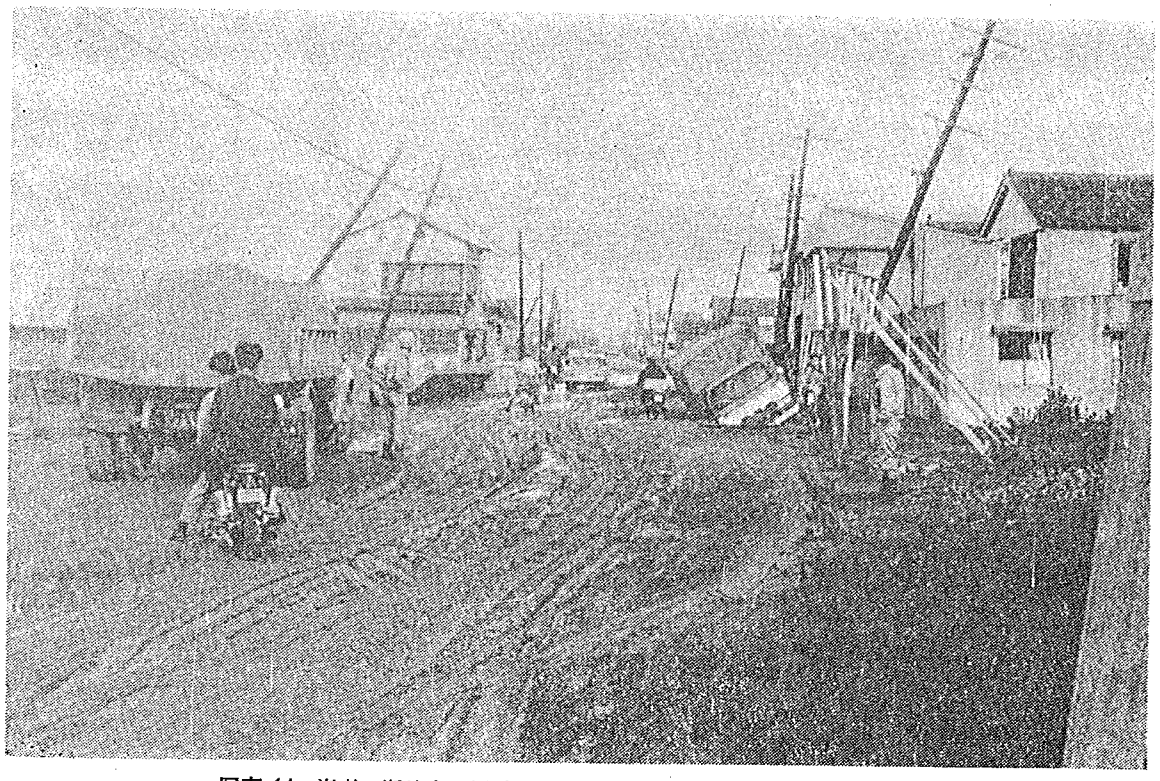


写真-14　海老ヶ瀬地内の国道７号線の液状化による曲折（新潟国道撮影）



写真-15 海老ヶ瀬地内の国道7号線の液状化による曲折（新潟国道撮影）

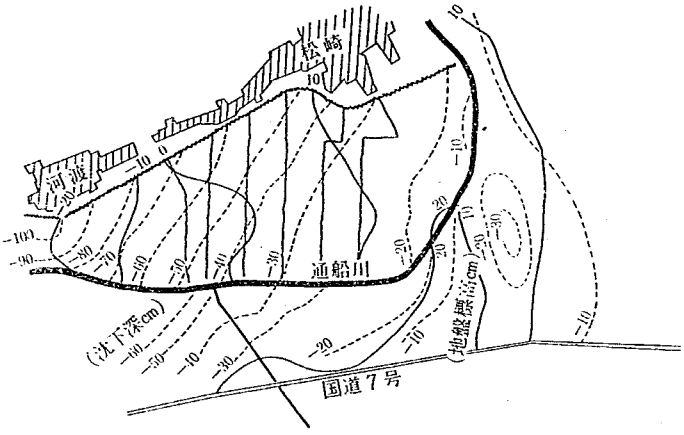


図-14　通船川地域の地盤変動〔12〕

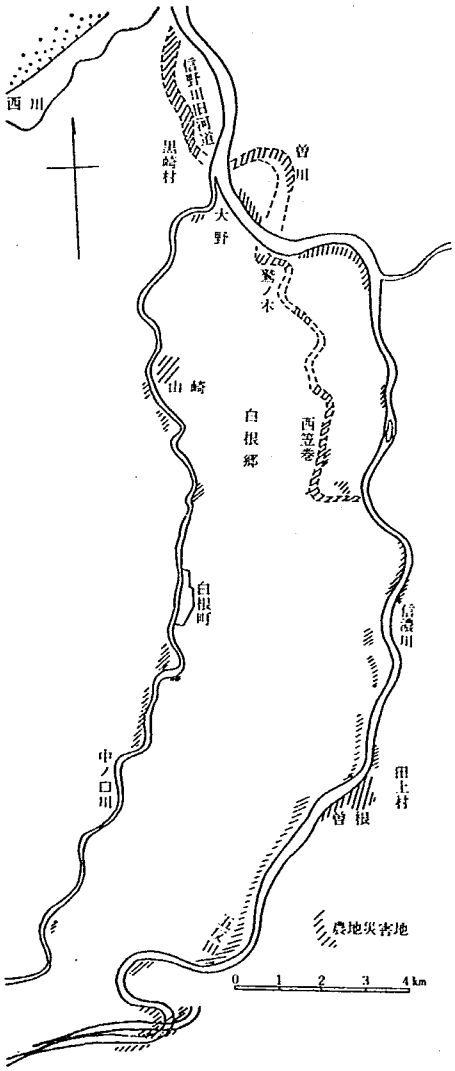


図-15　信濃川下流農地災害の分布〔12〕



写真-16 噴水によるタン水状況（黒埼村山田）[12]



写真-17 直線道路の湾曲（黒埼村山田）[12]

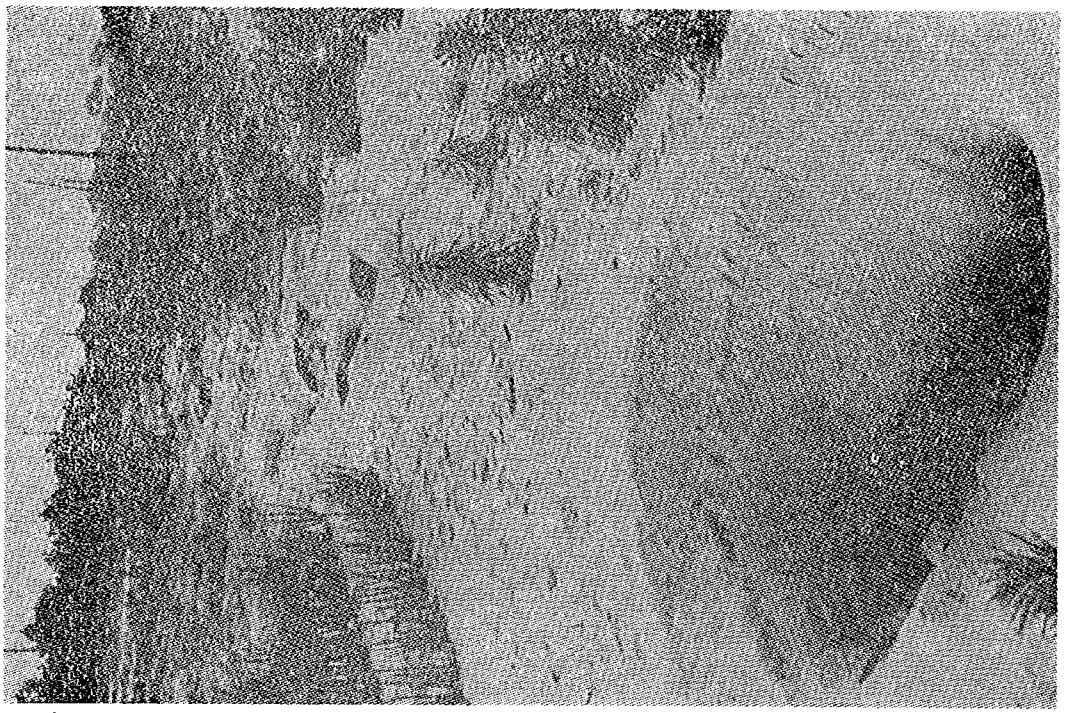


写真-19　畑中の噴砂口（黒埼村山田）[12]

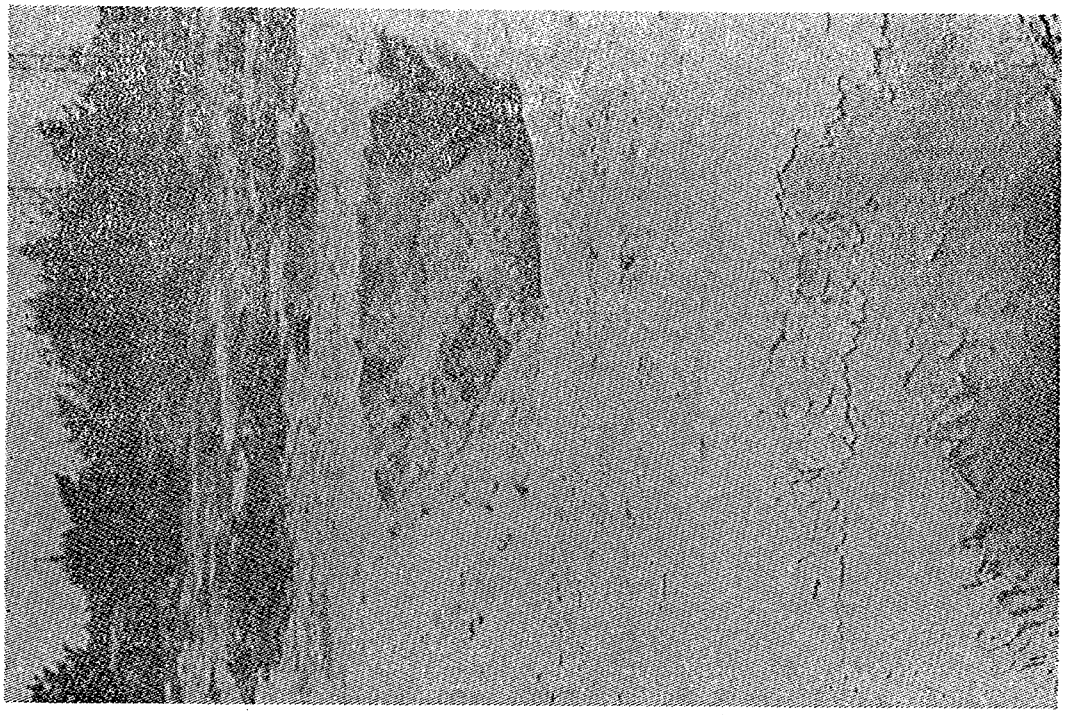


写真-18　噴砂口の列（黒埼村山田）[12]

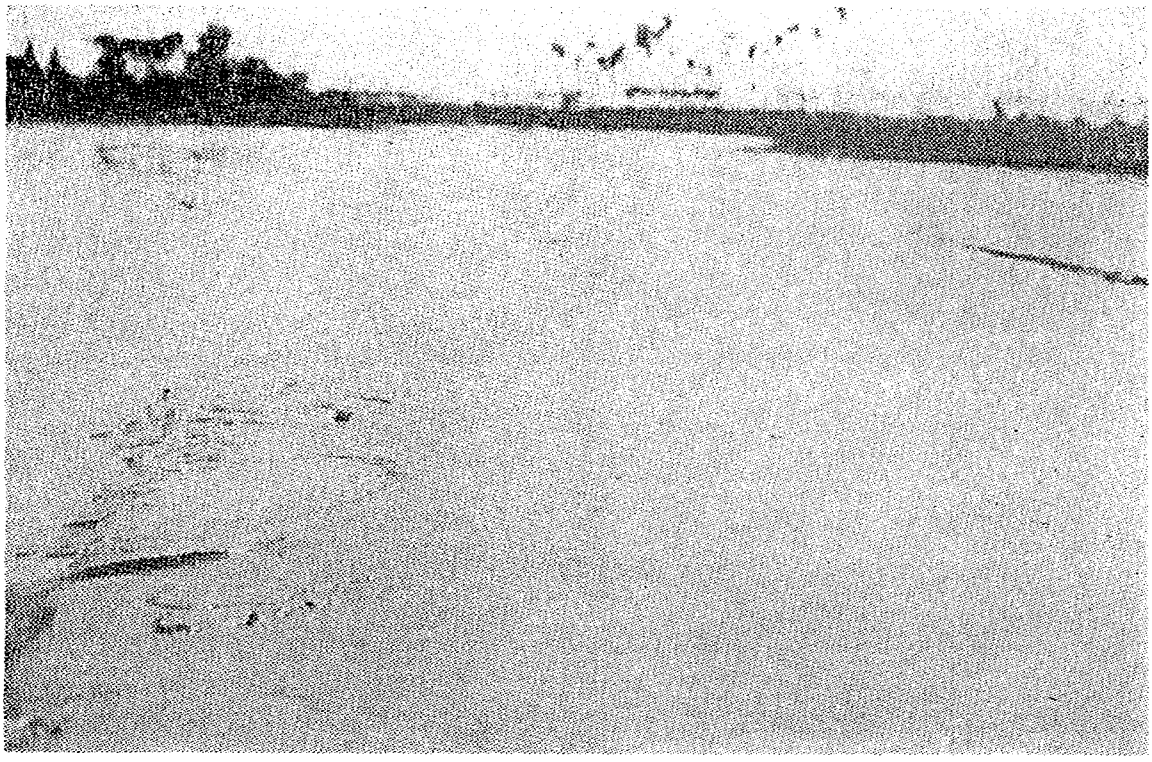


写真-20 噴水によるタン水状況（田上村曽根 6月16日15時）〔12〕



写真-21 水路・ケイハンの水平移動（田上村曽根）〔12〕

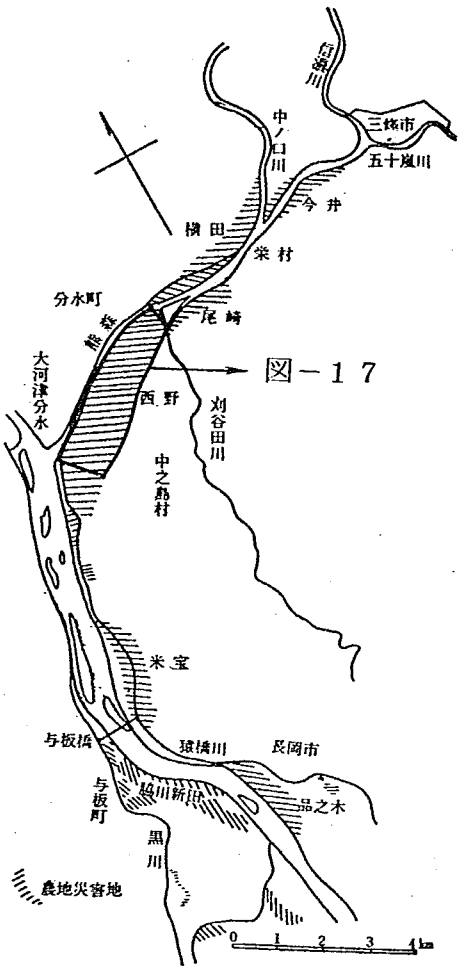


図-16　大河津分水付近農地災害の分布〔12〕

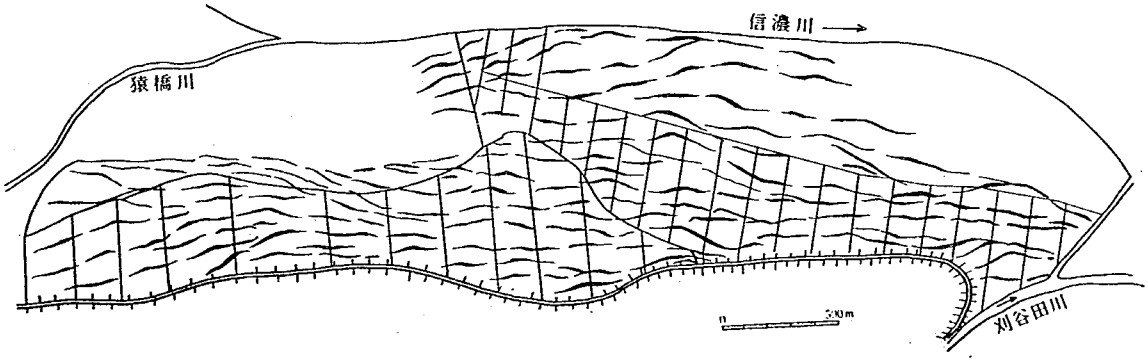


図-17　西野での堤外地水田のヤ裂・噴砂列発生状況〔12〕

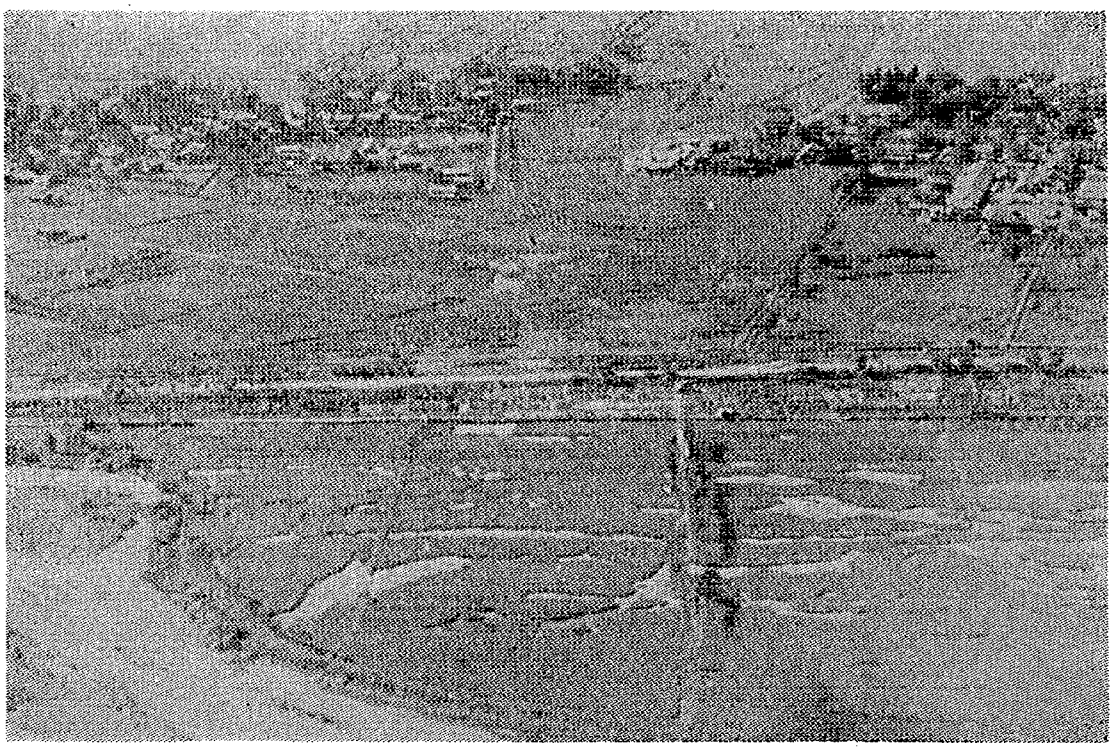


写真-22 信濃川堤外地のキ裂と破堤跡の陥没（分水町横田）〔12〕

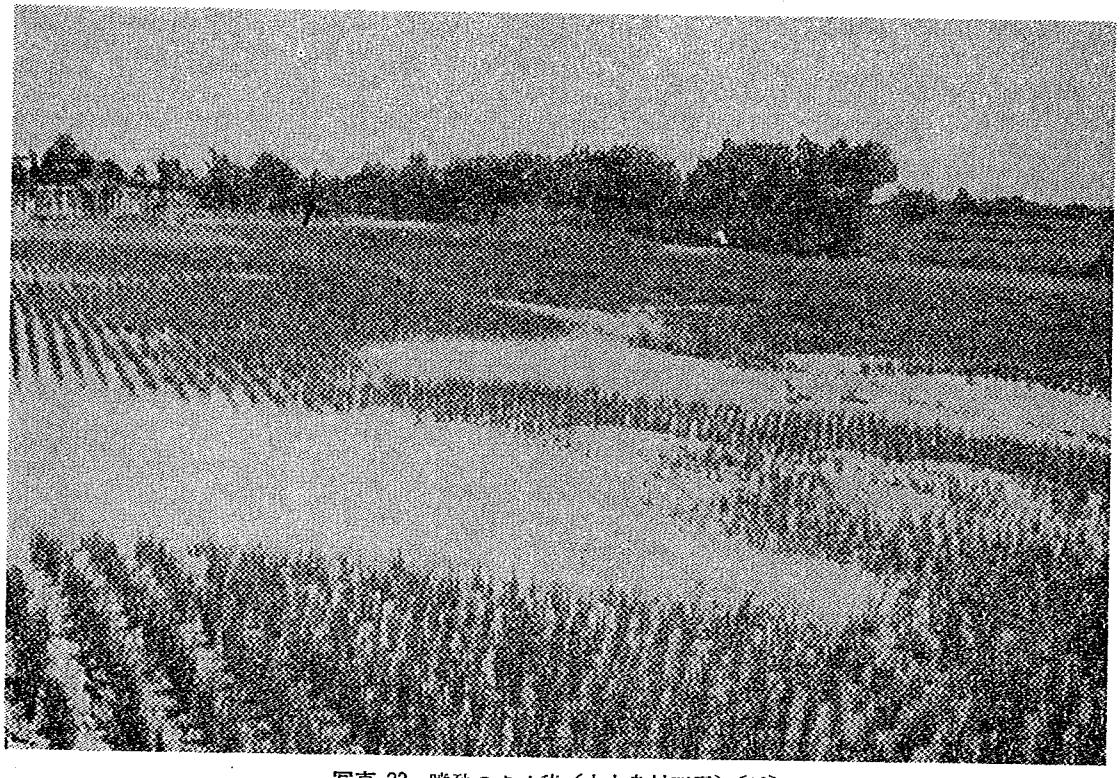


写真-23 噴砂のタイ積（中之島村西野）〔12〕

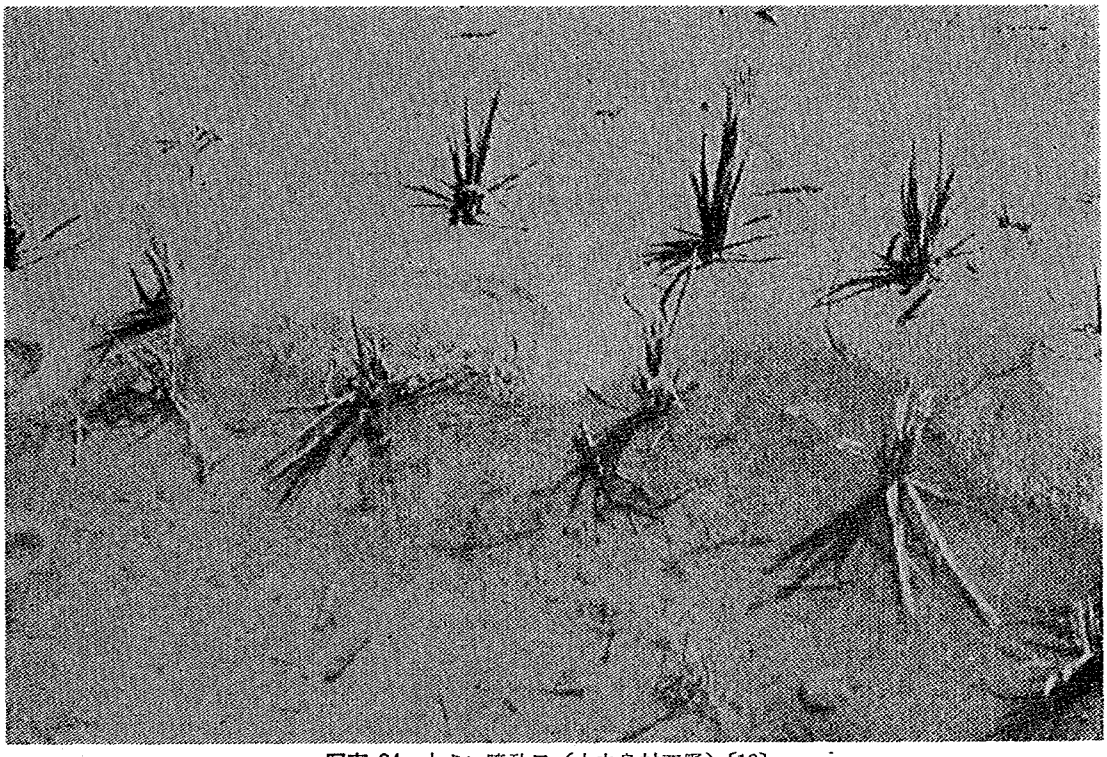


写真-24　小さい噴砂口（中之島村西野）[12]



写真-25　大きい噴砂口（水分町横田）[12]

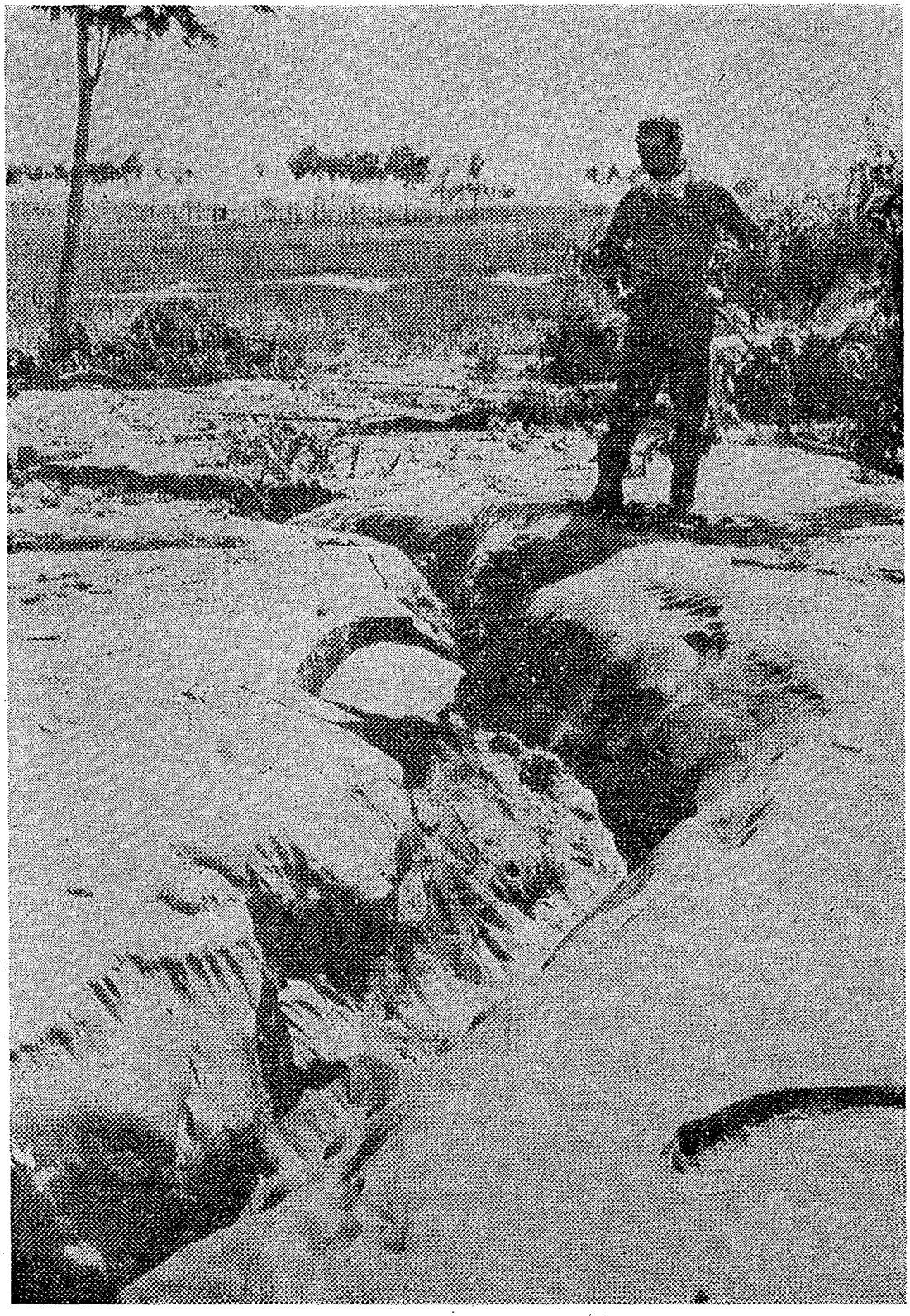


写真-26 水田のキ裂と噴砂（分水町横田）〔12〕



写真-27　信濃川破堤跡のくい抜上り（分水町横田）〔12〕

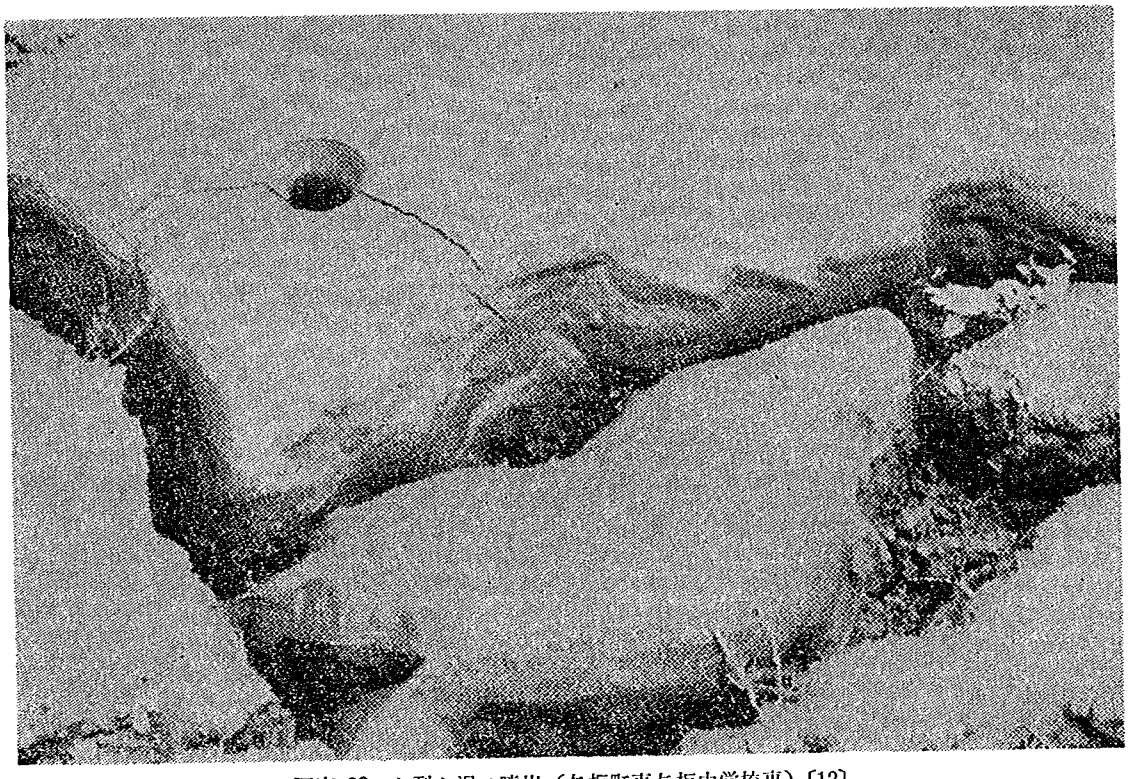
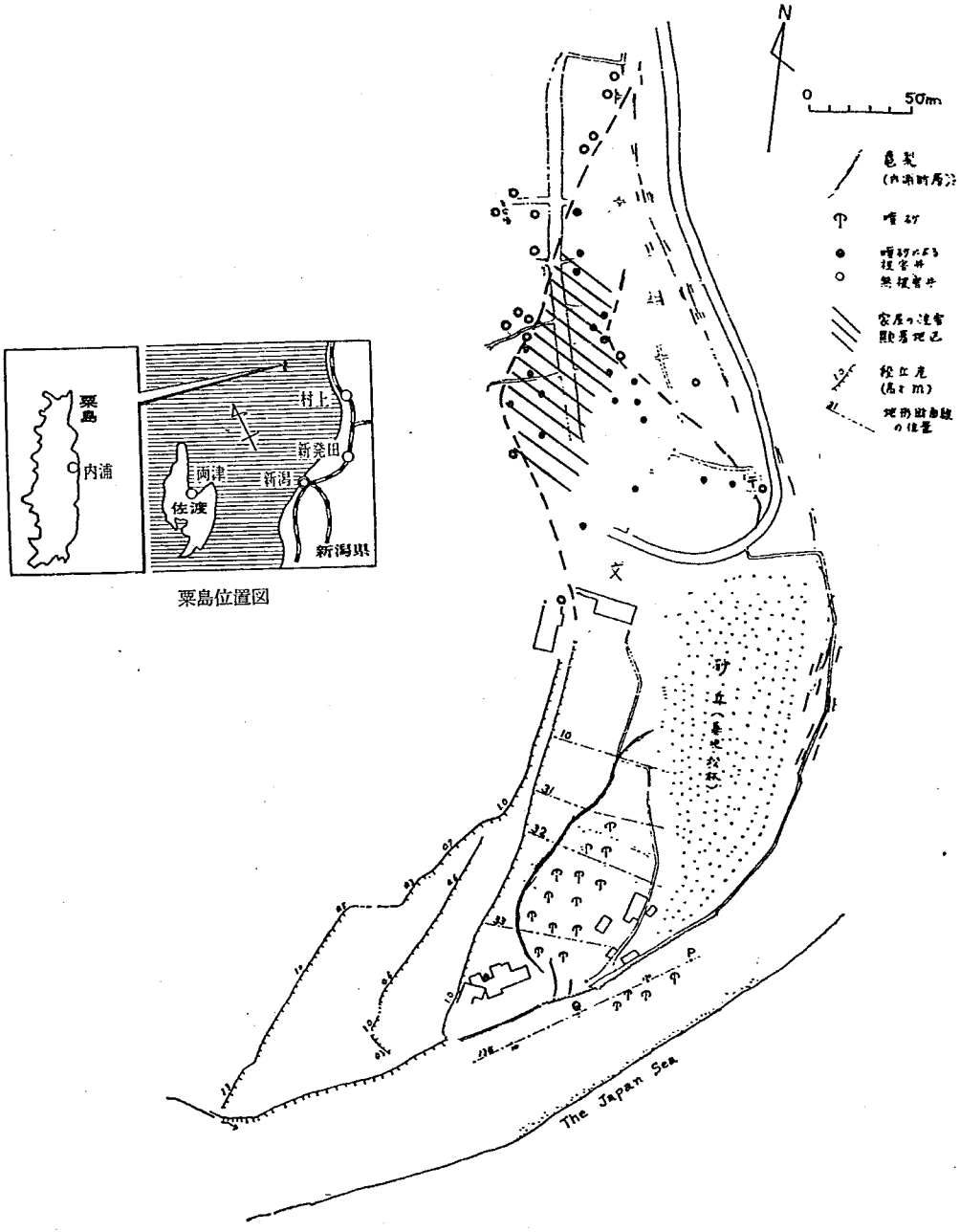


写真-28　キ裂と泥の噴出（与板町東与板中学校裏）〔12〕



粟島位置図

図-18 内浦地区の地変〔14〕

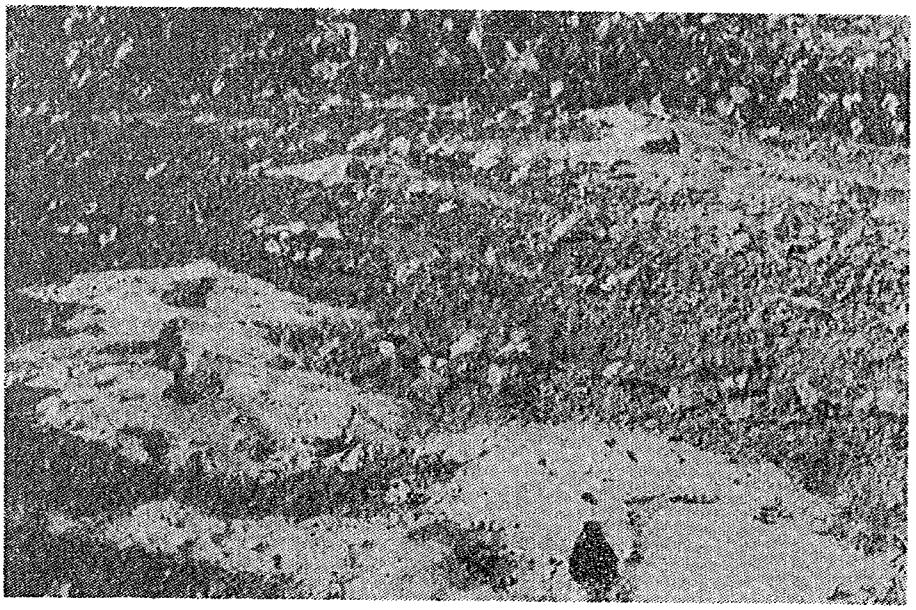


写真-29 内浦，ミヤマ地区の噴砂群・噴砂口の列が雁行している。〔14〕

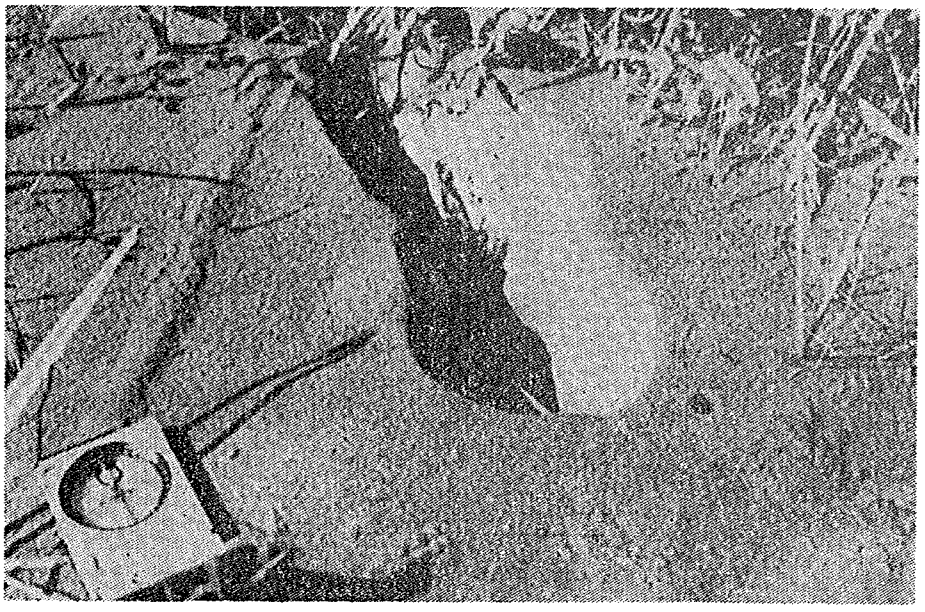


写真-30 噴砂口・下の割れ目を反映して細長い。〔14〕

えびの

1968年（昭43）2～3月

a）2月21日8時52分32°01′N，130°43′E，H=0km，M=5.7
b）2月21日10時45分32°01′N，130°43′E，H=0km，M=6.1
c）2月22日19時19分32°00′N，130°46′E，H=0km，M=5.6
d）3月25日0時59分32°01′N，130°43′E，H=0km，M=5.7
e）3月25日1時21分31°59′N，130°44′E，H=10km，M=5.4

被害状況（文献(a)）

死者3名，全壊家屋47。

液状化状況〔1〕

図-2，3に示してあるように，川内川流域の吉松町，えびの町のシラスの再堆積沖積低地で，河原，田畑からシラスが噴き出した。

これは，すべての(b)地震で発生したものであるが，柳水流幣田の水田では，3月25日の地震（震度5）後にも第1回目の噴砂個所から再度噴砂した。

図-4は噴砂したシラスの粒度であり，図-5は，噴砂個所の地盤条件を示す。いずれの場所でも地下2.3mにあるシラスが液状化したものと思われる。

写真-1の航空写真を見るとこれまでの例と同様に，旧河道で選択的に生じたことがよく分かる。

参考文献

〔1〕土質工学会シラス研究委員会，1968，えびの地盤災害　土と基礎127.47—59
〔2〕荒牧重雄，1968，加久藤盆地の地質。えびの，吉松地域の地震に関連して，地震研究所彙報，46，1325—1343

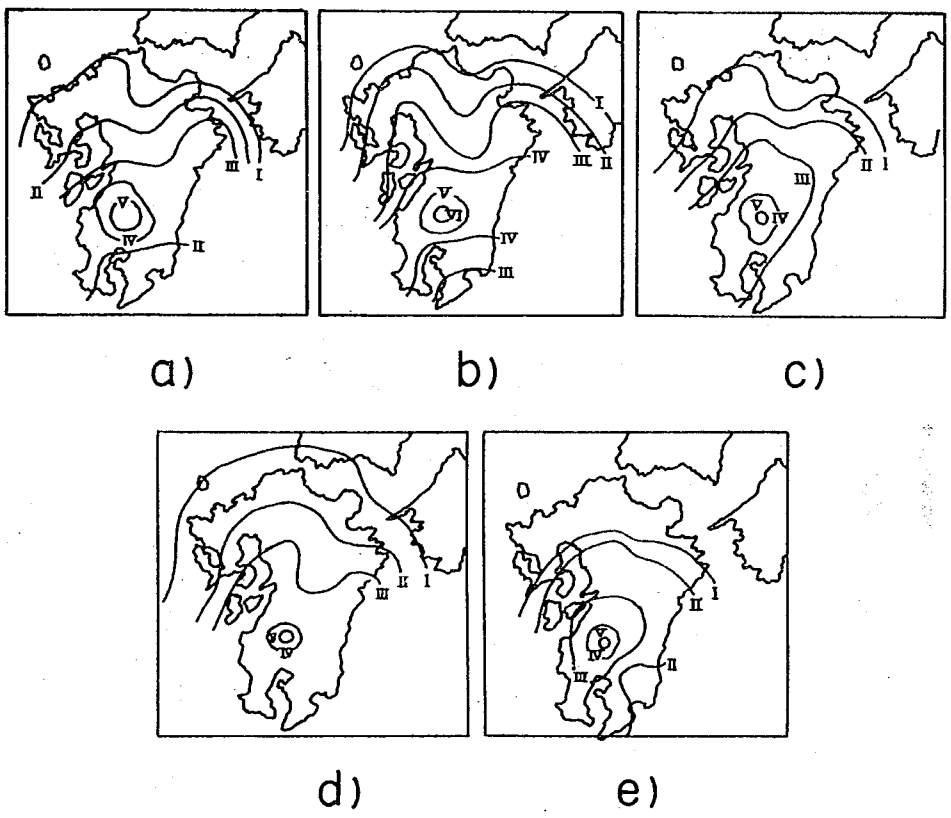


図-1 震度分布（文献(a)）

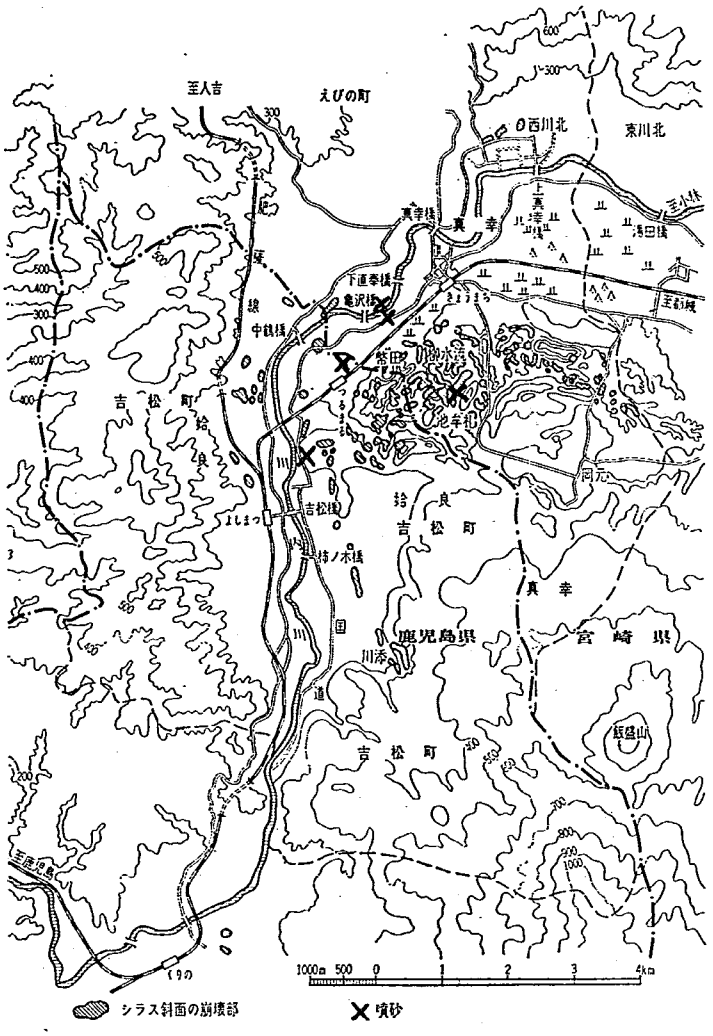


図-2　えびの吉村町一帯の地形その他〔1〕

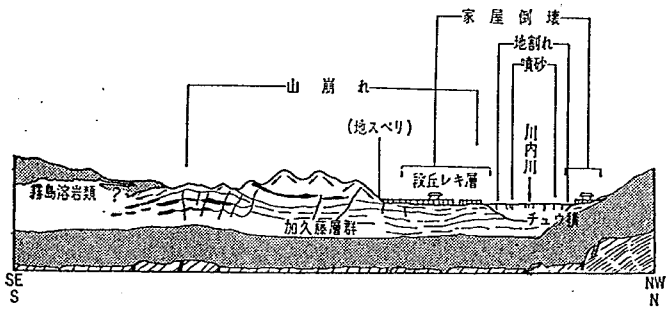
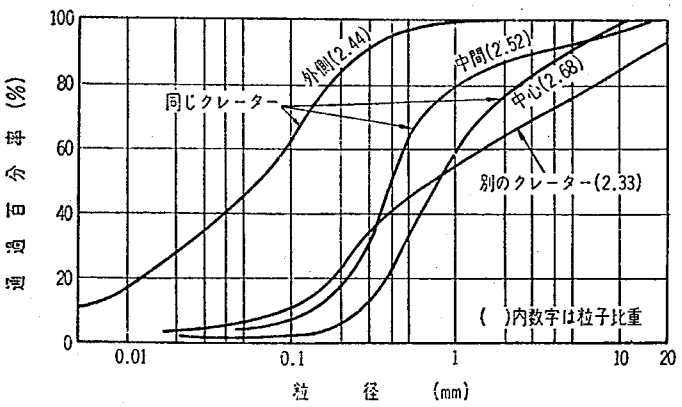


図-3　震害地域の模式的地質断面図〔1〕



注 亀沢橋(川内川)付近の広い川原におけるもの

図-4 噴砂シラスの粒度〔1〕

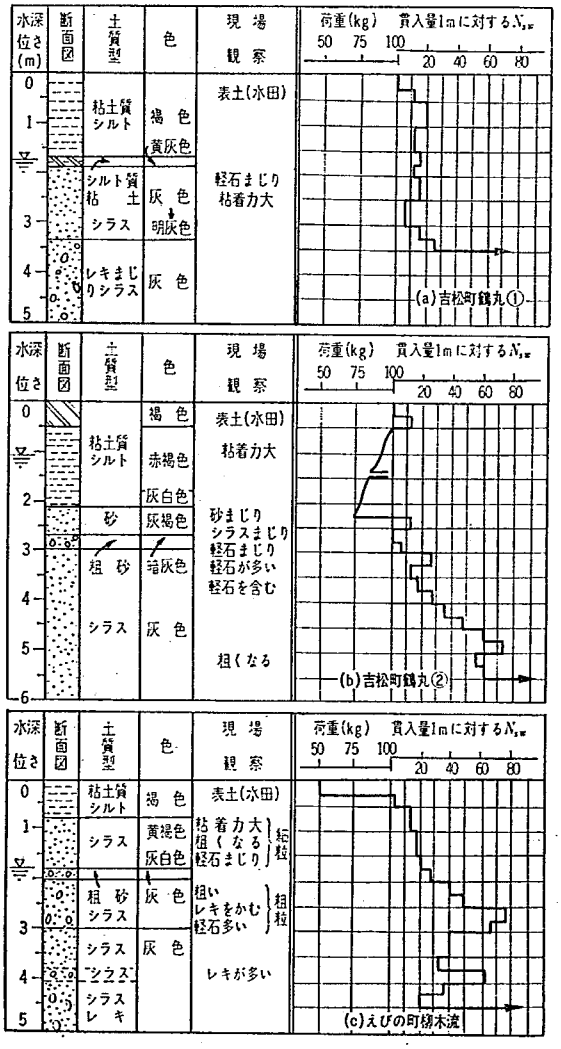


図-5 シラスの噴砂箇所の地盤〔1〕

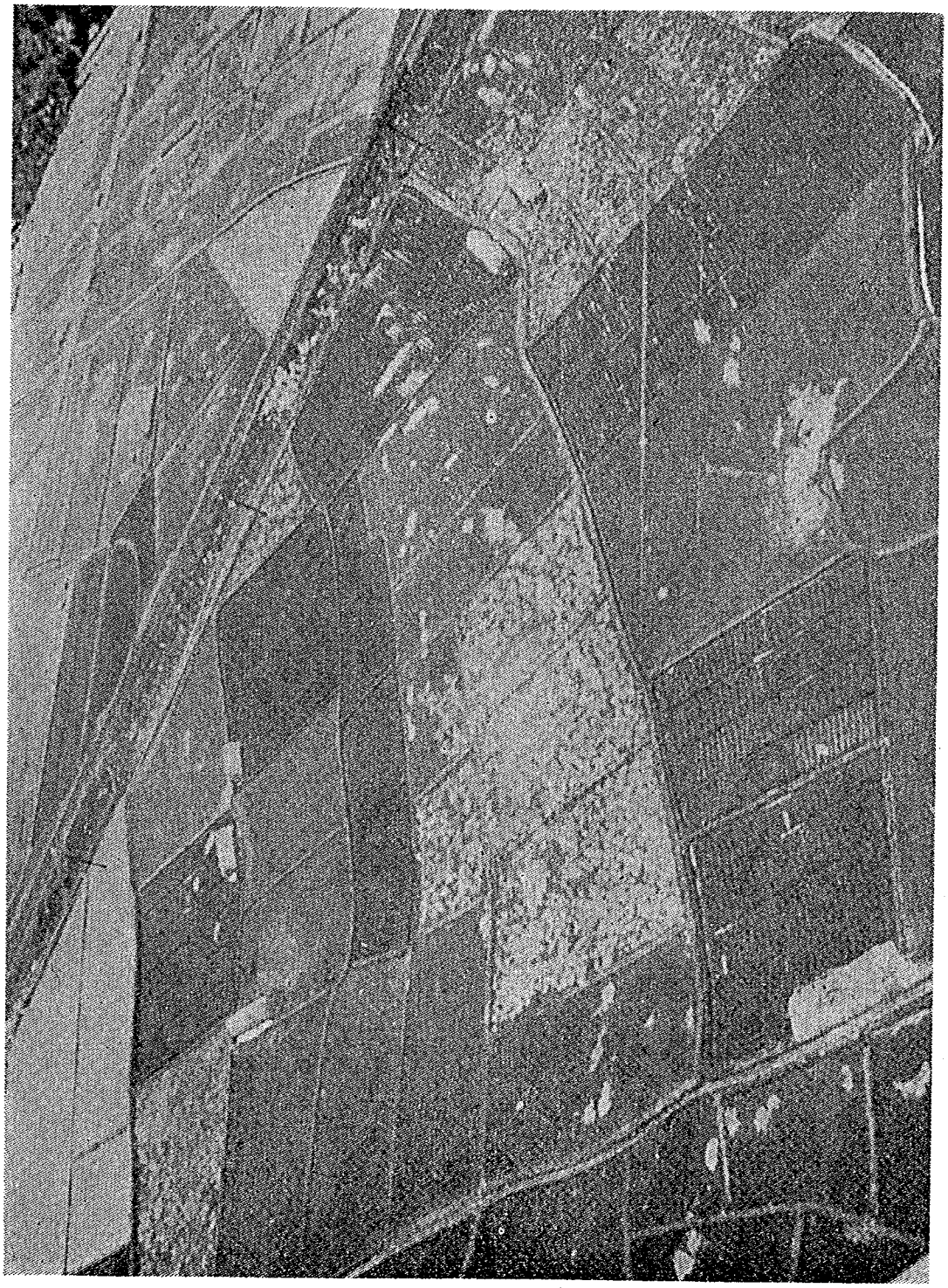


写真-1　亀沢東方の水田中の噴砂の分布，旧河川の流路の方向に平行に配列している。〔2〕

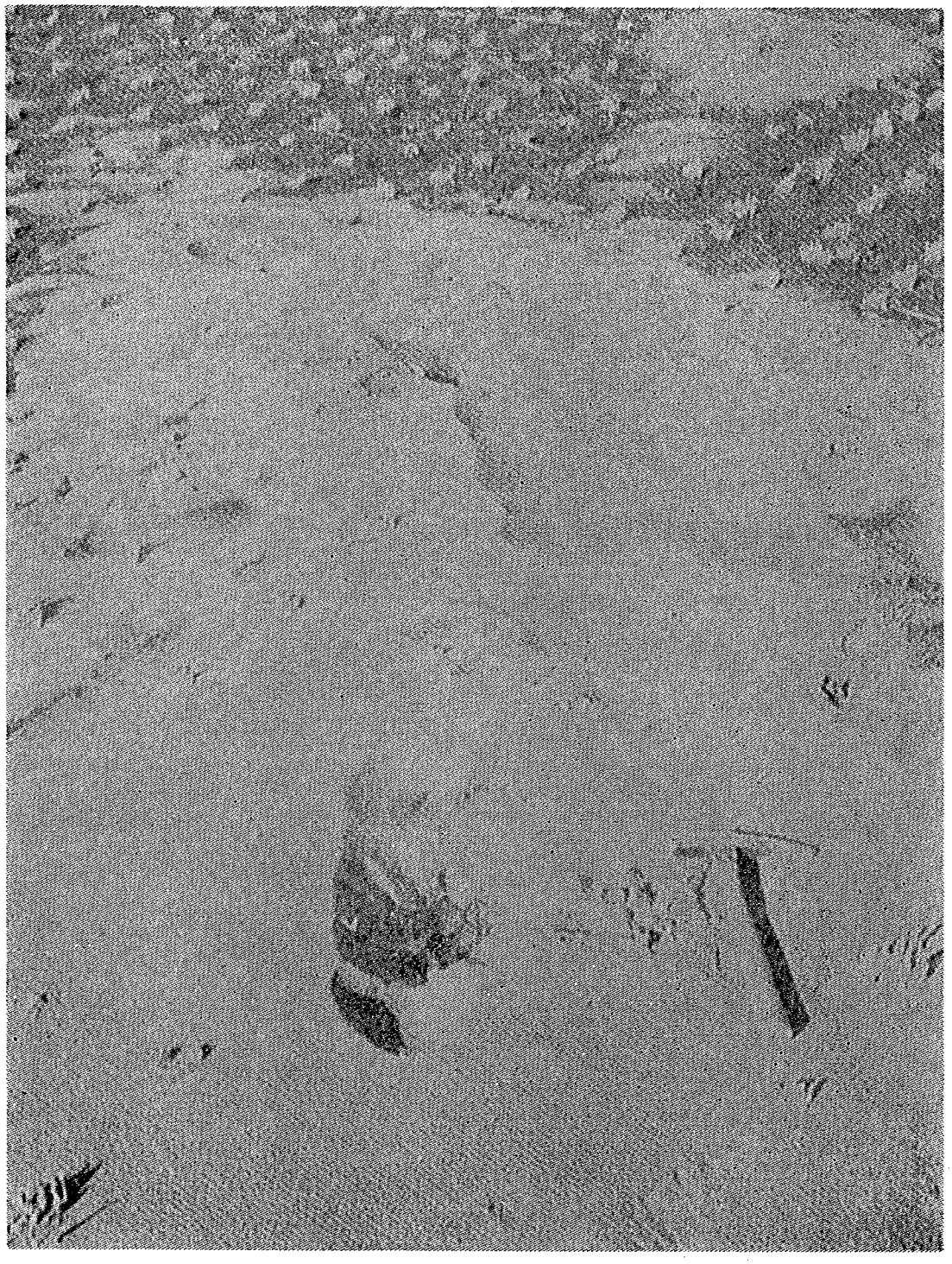


写真-2 噴　　砂〔2〕

十勝沖(1968年)

1968年（昭43）5月16日　9時49分
震央 40°44′N，143°35′E，H=0km，M=7.9

被害状況〔1〕

死者49，全壊家屋673，（コンクリート造建築の被害が目立つ。）主として青森県東部に被害が集中し，青森県内死亡者43名の内，山崩れによる死者26名，盛土崩壊による死者6名となっており，死者の大半が山崩れおよび盛土崩壊に起因している。

青森県東部の被害を特に大きくした原因の一つとして地震発生直前の豪雨による地盤のゆるみ，地下水位の上昇による地盤，土構造物の流動的破壊をあげられる。

今回の地震で特に顕著な被害は，

(1) 道路盛土，鉄道盛土，河川堤防，アースフィルなどの人工盛土の被害
(2) 自然斜面のすべりによる被害
(3) 鉄筋コンクリート建物の被害に大別できる。

(1)と(2)には，土の液状化現象がからんでいると思われるのがかなりある。図-2は，道路および鉄道の盛土の被害の状況を示したものである。写真-1，2は国道4号線の岩手県と青森県の県境の青森県側の三戸町目時地区の盛土の被害の状況であり，全長110mにわたり，旧沢の上にあった高さ5mの盛土がのり先40m余り遠方まですべってゆき流動的に崩れたものである。これはあきらかに，土の液状化が伴っていたものと思われる。

また，図-3は，青森県八戸市豊間内地区における山崩れの縦断面であり，「すべった土層の厚さは比較的薄くしかもそのタイ積は非常に平らであることから，これらの崩壊は明らかに流動化をともなっていると推測できる。」〔4〕

さらに「旧河川敷上の堤防が被害を受けやすいという顕著な例は馬淵川堤防に見られた。」〔4〕

その他の被害例は諸文献に詳しいので，ここでは省略する。

液状化状況

土構造物の土の液状化による被害の状況は諸文献に詳しいので，ここでは，地盤の液状化の概況を述べるに止める。図-4は，地盤液状化地点の概略であり，図-5は，地質図と地盤被害分布を示したものであり，液状化，沈下地割などの被害は，沖積地埋立地に限られている。図中の番号について説明すると，

1. 苫小牧，湿地を埋立てた地盤で噴水。50～60cm沈下。
2. 長沼，石狩川の支流の作った河成沖積低地の水田で，地盤沈降。地割，および泥砂のかなりの噴出。図-6，写真-3，4，5，6。
3. 函館市七重浜の埋立地（図-7参照），地震前約3年前に埋立てられた所で，無数の砂火山。噴水した砂は暗青色。噴出水は海水。噴出口の大きさは直径2～3cmのものから最大130cm程度。埋設管，マンホールの浮き上りも生じた。写真-7（(a)，(b)）
4. 函館駅前地区埋立地（函館市若林町朝市）：昭和29年頃埋立。噴砂，平均40cm沈下，隣り合わせの旧埋立地は無被害。

4′. 函館市北浜埠頭，埋立地前面の壁体の前傾と岸壁背後埋立地一帯の沈下およびそれに伴う噴砂現象。埋立は昭和40年10月～昭和41年3月（写真-8）

5. 陸奥市女館の小さな沼のほとりの砂地で噴砂。
6. 陸奥市の水田埋立地盤で噴砂。
7. 鷹架橋取付道路下で小噴砂。
8. 砂森，織笠，細谷～林代の海岸部で噴砂。
9. 百石町～村田村の境界の水田埋立地で噴砂。
10. 青森港1万トン岸壁で地割より噴水，噴砂。（写真-9，10）
11. 十和田町東一番町，水田埋立地で噴水。
12. 八戸市海浜地区（埋戻地）工場敷地で噴砂。（図-8，9，写真-11，12，13）砂鉄採取のため堀り出して，埋戻した所。

文献〔6〕に詳しい。この場所で，サンドコンパクションパイルの効果が実証された。

サンドコンパクション施工部分は無被害であるか被害が少なかったが，施行しない所は建物の沈下，傾斜が生じた。また写真-14は，建物のまわりの地盤の沈下によるパイプの破壊状況である。

13. 八戸市で尻内～正法寺間県わき水田の河岸段丘上で黄褐色の噴砂。
14. 自老町ポント沼観光園の埋立地で泥砂噴出
15. 芽室町の泥炭の農地で地割から泥噴出。
16. 八郎潟干拓地…中央干拓地正面提など堤体が沈下し，のり先（表，裏両側）0.5～1.0m付近に砂の噴出（大きいもので径3m程度）が多くみられた。噴出している砂は築堤前に深さ2mにわたっておきかえを行ったものと推定される。目撃者によると噴水は4～5mの高さに達っした。図-10は，八郎潟干拓地の全図であり，図中の×××印は1968年十勝沖地震による被害個所であり，最も軟弱地盤が厚く20m以上の所に被害が集中している。写真-15,16は噴砂状況である。

八郎潟干拓提場防は，1968年十勝地震の他に，堤防施行中の昭和35年3月の三陸沖地震，堤防が完成した後で昭和39年5月の青森県西方沖地震，同年6月の新潟地震

同年12月の男鹿沖地震と，5度にわたって地震被害を受けている。

十勝沖地震以外の地震概要は，表-1，図-11のとおりである。昭和35年の三陸沖地震のときは堤防盛土を実施しているさいのことであって，築堤砂が多少沈下した。原因は，盛土中からの噴砂があったことから，砂の流動化によると思われる。

昭和39年の青森県西方沖地震における震害が一番大きく，図-10に示してあるように，中央干拓地の西側を主体に堤防その他に被害を生じ，最も被害の激しかった区間では堤防が水面ぎりぎりの高さまで沈下した。地下水の噴出孔が随所に見受けられた。

また，潟周辺地区においても北西部において田畑地における噴水，き裂があった。

この被害地区の盛土は，その後堤防両側の押え盛土を行って，安定性を高めた。したがって新潟地震の被害は軽微であった。

十勝沖地震のときは，前の青森県西方沖地震の場合とは逆に潟東方の周辺干拓地の堤防，中央干拓正面堤防に被害が発生し，青森県西方沖地震のあと復旧を行った区間での被害は皆無であった。

過去の地震のあといろいろ調査を行なって地震被害の原因の調査を行なった結果，次のことが明らかになった。〔9〕

(1) 地震被害の発生した場所は軟弱地盤が厚い区間に限られていること。そのため，地震動が増幅されたらしいこと。

(2) 地震被害の主因は地下水面より下の堤体砂が液状化を起こしたこと。

(3) 地震被災のときは地下水面より上の砂は液状化を生じなかった。

(4) 軟弱な粘土からなる基礎地盤はすべり破壊は生じていないと推定されること。

すなわち，堤体砂の液状化が震害の原因であり，これを防止するのには，締固めが最っとも効果的であるが，経済的理由によって，押え盛土工法が防止工法として採用された。

参考文献

〔1〕 土木研究所，1970，1968年十勝沖地震災害調査報告，土木研究所報告141号

〔2〕 土質工学会震害調査委員会，1968，1968年十勝沖地震によると地盤震害調査概報，土と基礎Vol. 16 No.9

〔3〕 斎藤迪考ら，1968年十勝沖地震災害の土質上の特徴，土と基礎，Vol. 16. No.9

〔4〕 河上房義ら，1968，1968年十勝沖地震による青森県内の地盤および土質構造物の被害について，土と基礎，Vol. 16. No.9

〔5〕 Kishida, H, 1970. "Characteristics of Liquefaction of Level Sandy Ground during the Tokachi-oki Earthquake," Soils and Foundations, Vol. X June, No.2.

〔6〕 Ohsaki, Y. 1970, "Effects of Sand Compaction on Liquefaction during the Tokachi-oki Earthquake," Soils and Foundations, Vol. X, June, No.2.

〔7〕 太田裕，音田功，前川博，1968，1968年十勝沖地震の調査概要，特に北海道中南地域について，地震研究所彙報，Vol. 46, P. P. 1397—1413

〔8〕 十勝沖地震総合報告編集委員会，1971，十勝沖地震総合報告書，啓学出版

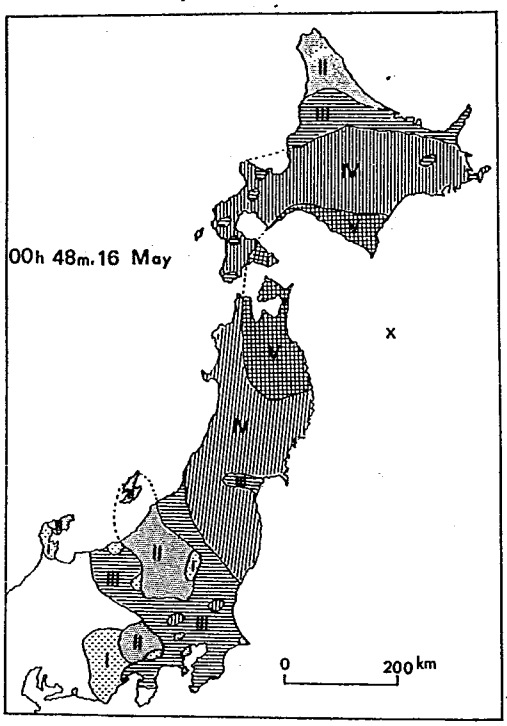
〔9〕 藤野欣一，江崎要，1969，八郎潟の堤防と基礎土質基礎，土質基礎工学ライブラリー5.

〔10〕 農林省北陸農政局，1969，八郎潟干拓事業史

〔11〕 日本建築学会，1968，1968年十勝沖地震災害調査報告

〔12〕 1968年十勝沖地震調査委員会，1969，1968年十勝沖地震調査報告

i) Main shock,



ii) the largest aftershock,

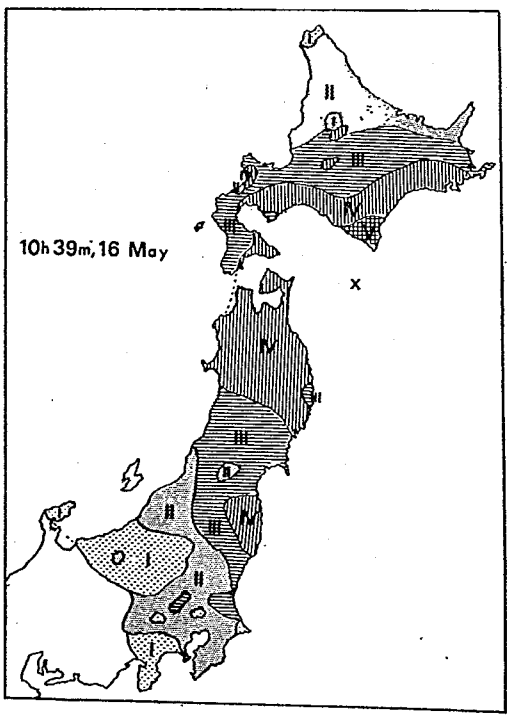


図-1 震 度 分 布 〔8〕

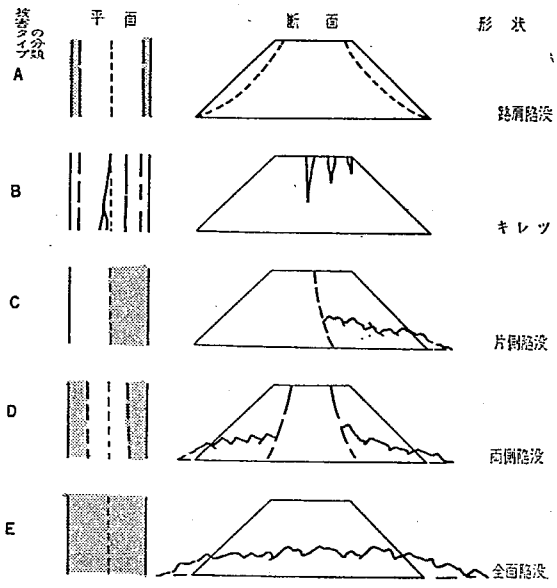


図-2(a) 道路および鉄道の被害〔3〕

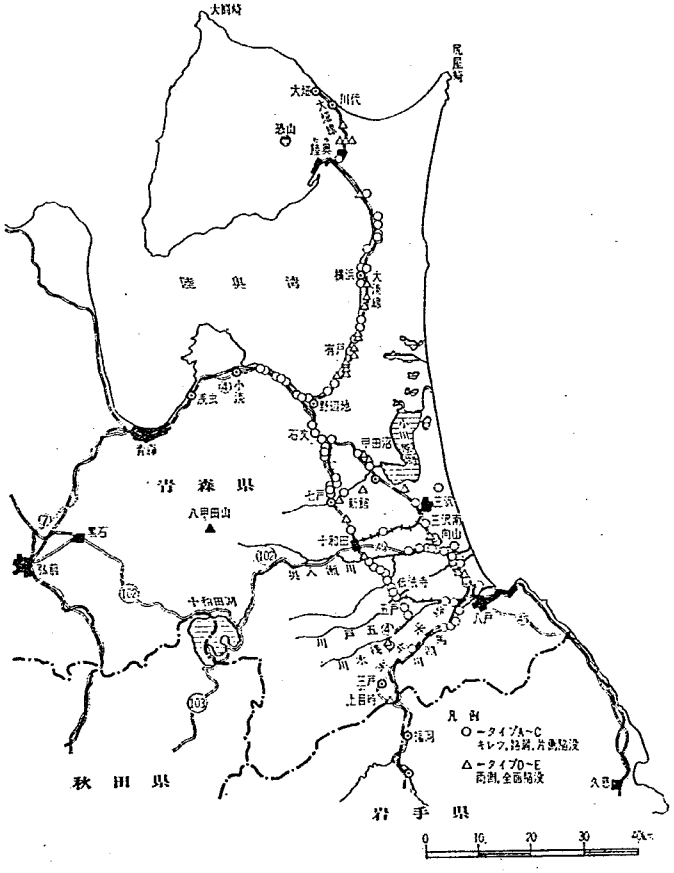


図-2(b) 道路および鉄道の被害〔3〕

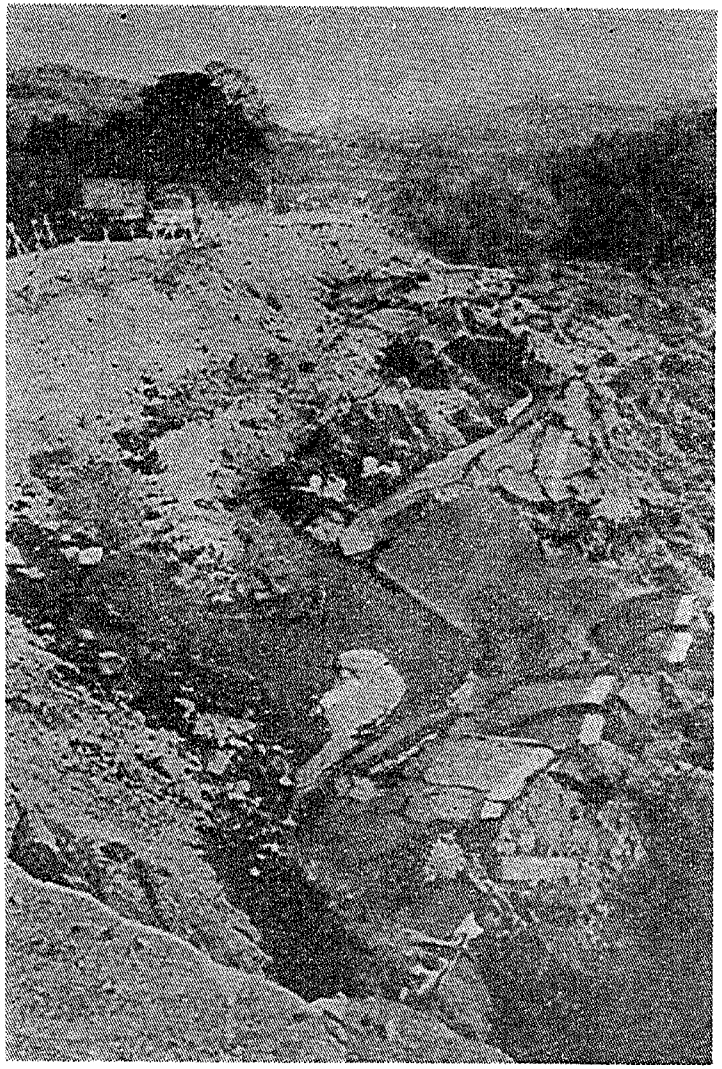
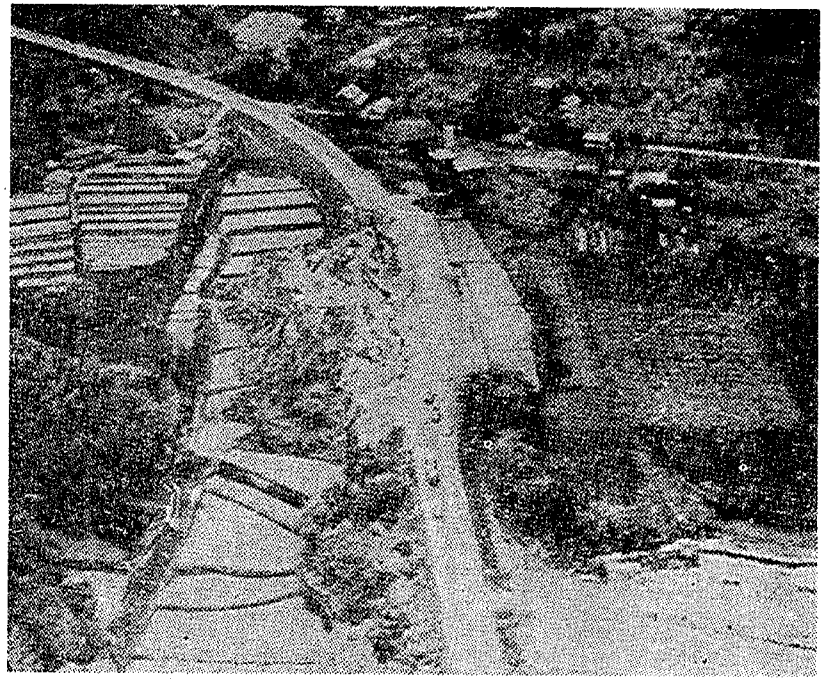


写真-1　国道４号線上目時地区の盛土の被害〔１〕



国道４号線（上目時地内）盛土崩壊

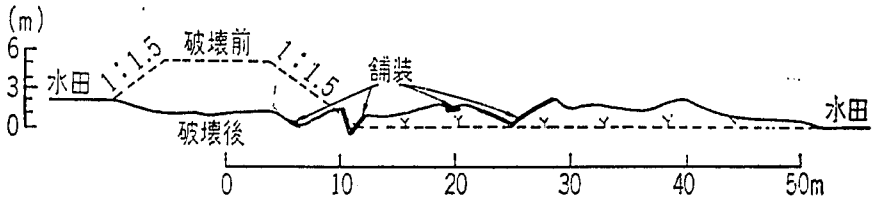


写真-2　上目時付近の国道４号線の破壊〔２〕

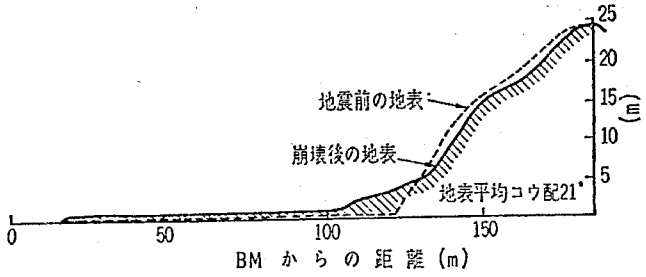


図-3 豊間内地区における山崩れの縦断面〔4〕

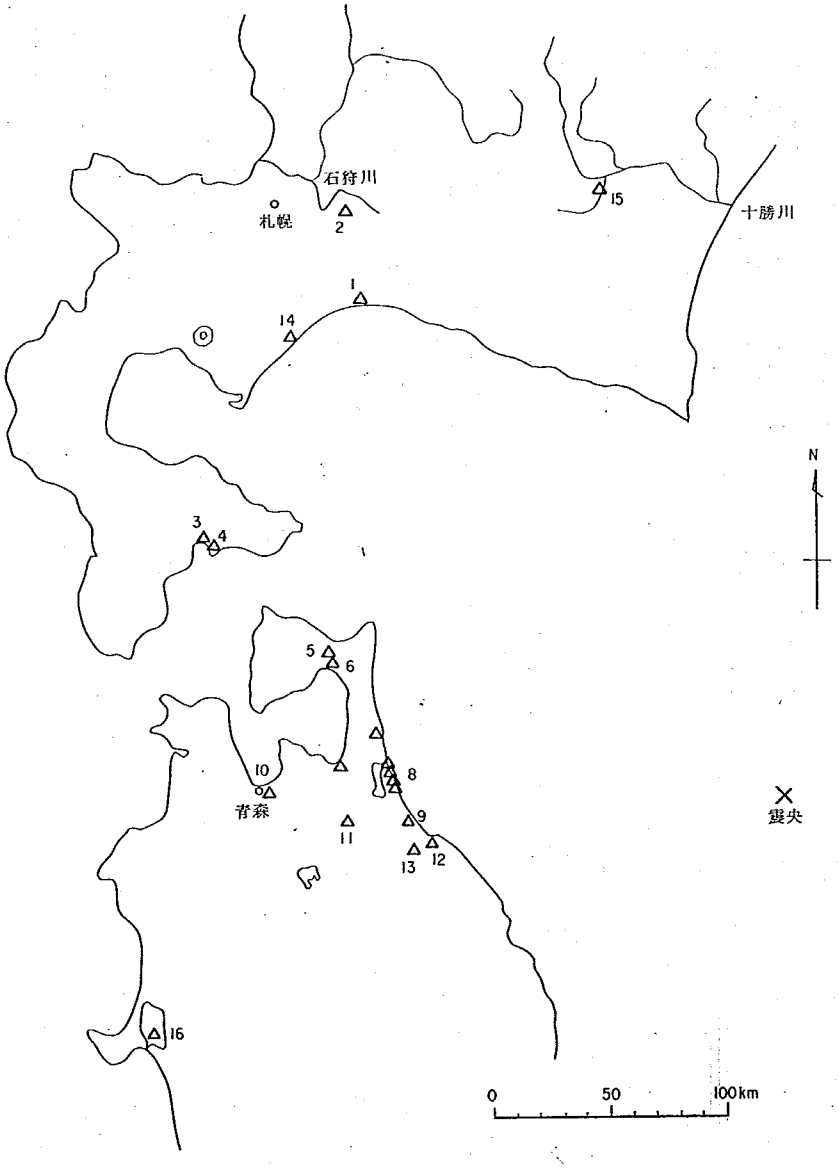


図-4 1968年十勝沖地震地盤液状化地点

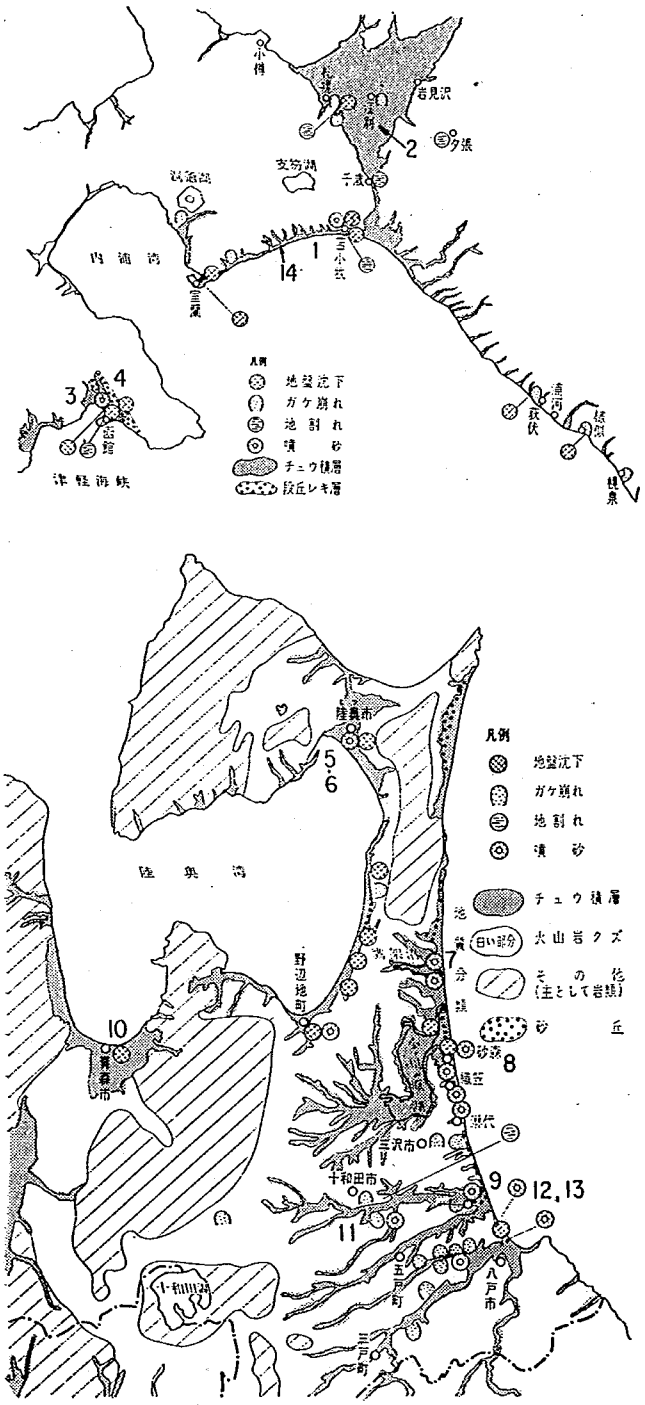


図-5　北海道南西部と青森県東部の地質図と被害分布図〔2〕

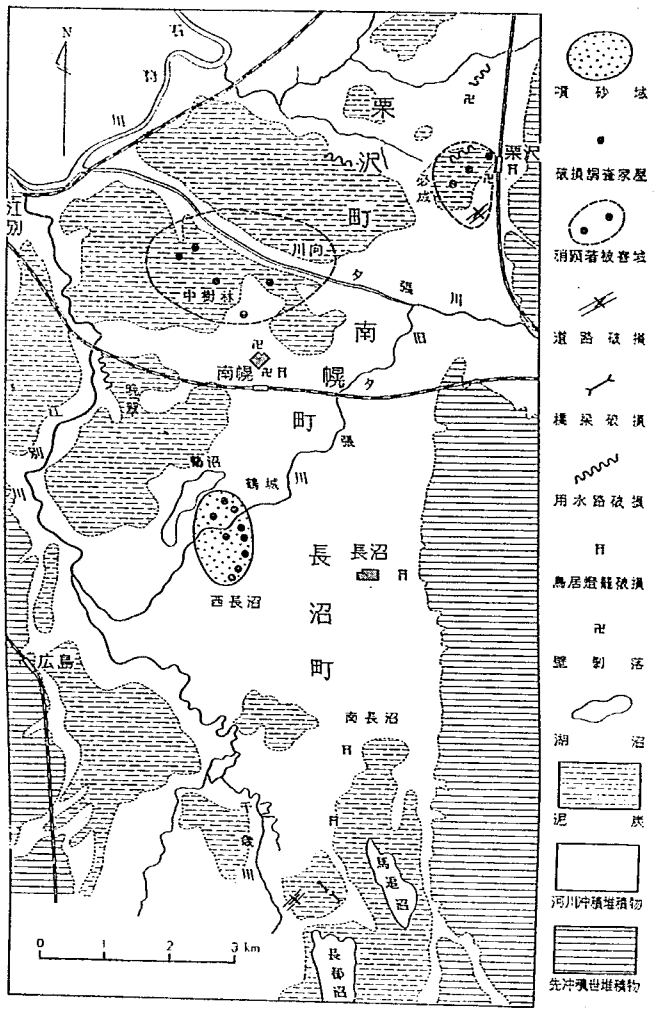


図-6 長沼，南幌，栗沢町地方の地変被害〔12〕

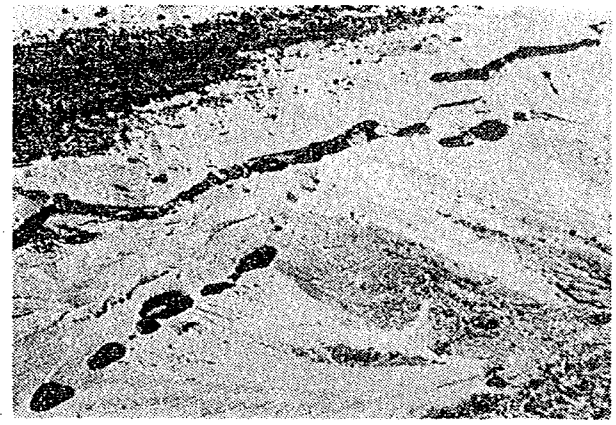


写真-3 長沼町西長沼農地の地割れと砂の噴出〔12〕

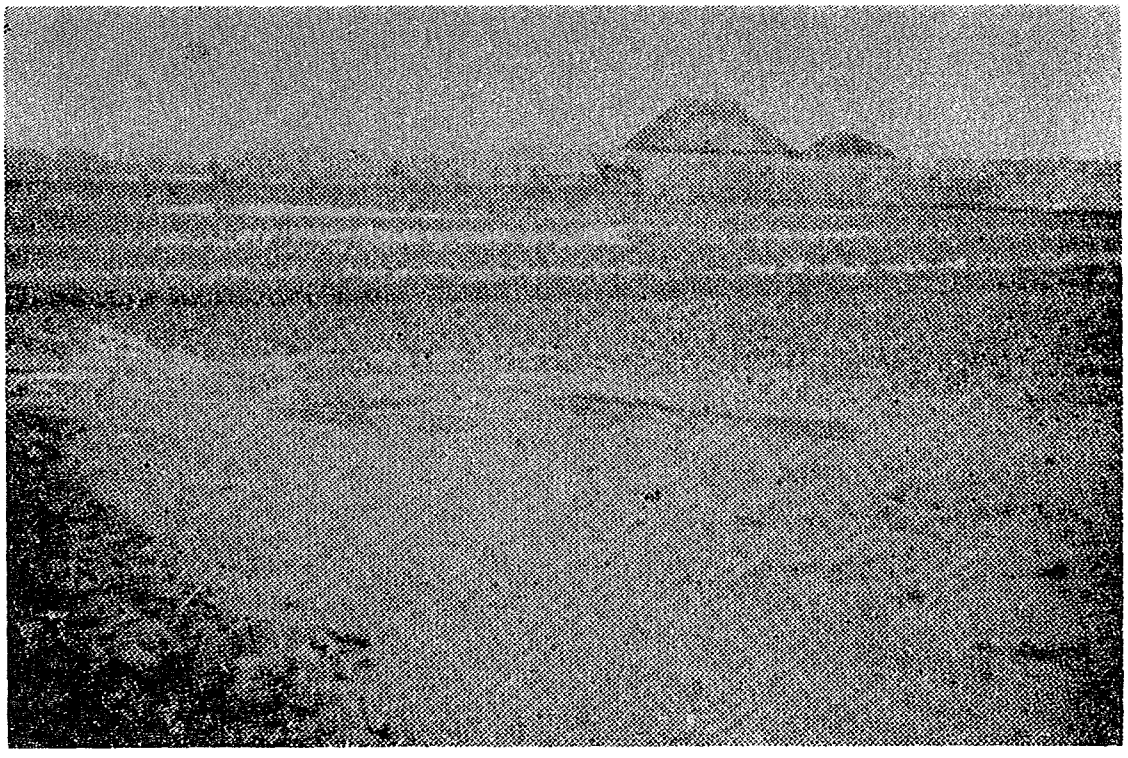


写真-4　水田地帯の噴砂（長沼）〔7〕



写真-5　水田に生じた噴砂穴，直径3m以上ある(長沼)：長沼役場提供〔7〕

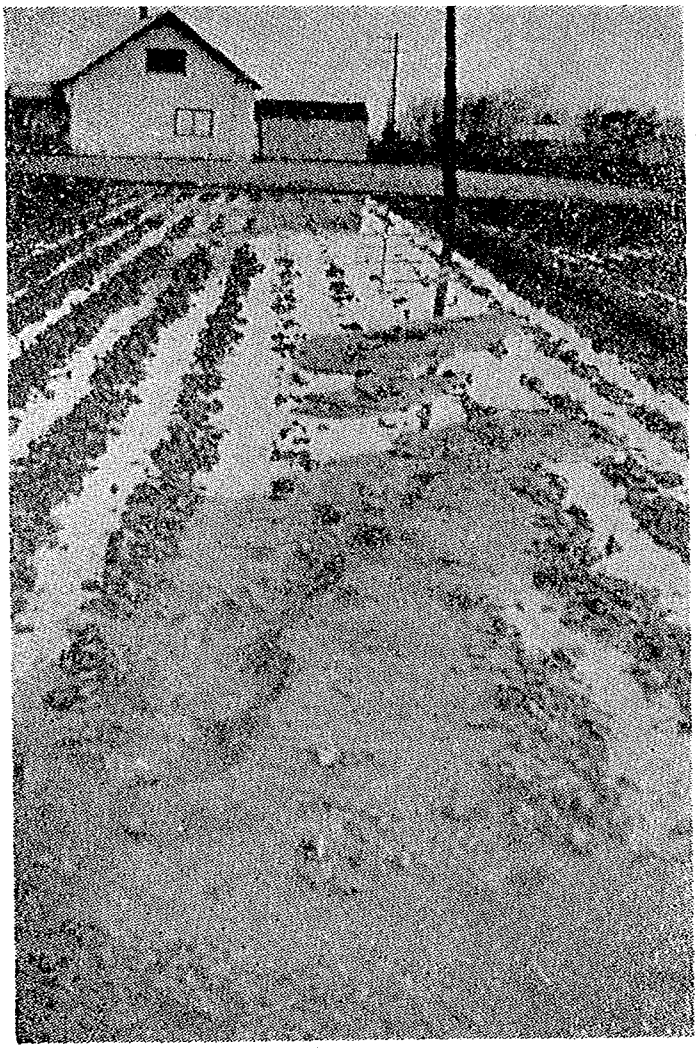


写真-6 苗代の地割れ，(長沼)：長沼役場提供〔7〕

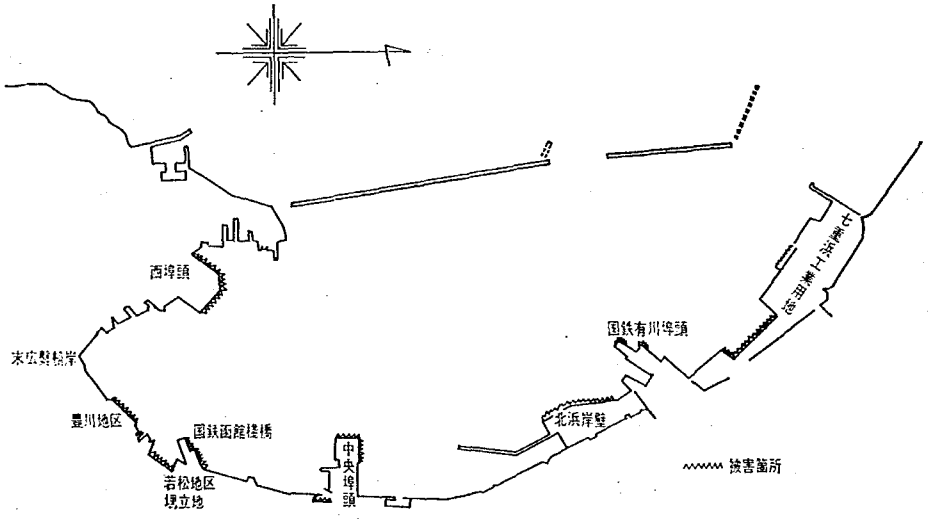
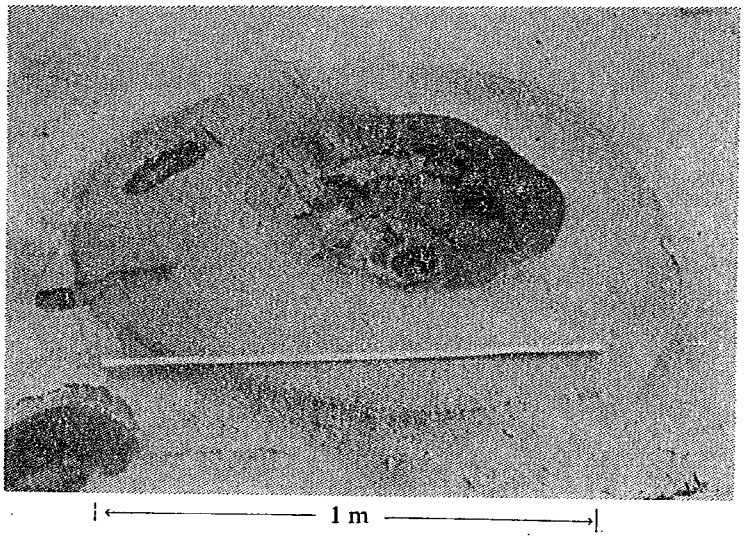
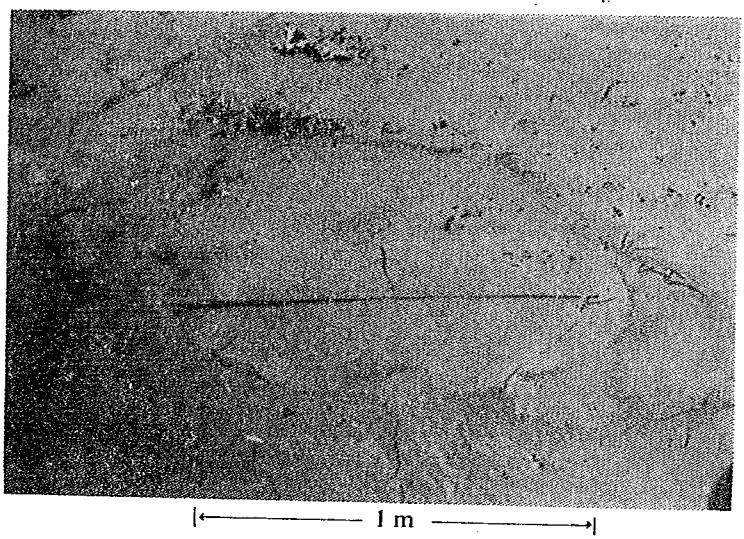


図-7 函館港平面図および被害図〔12〕





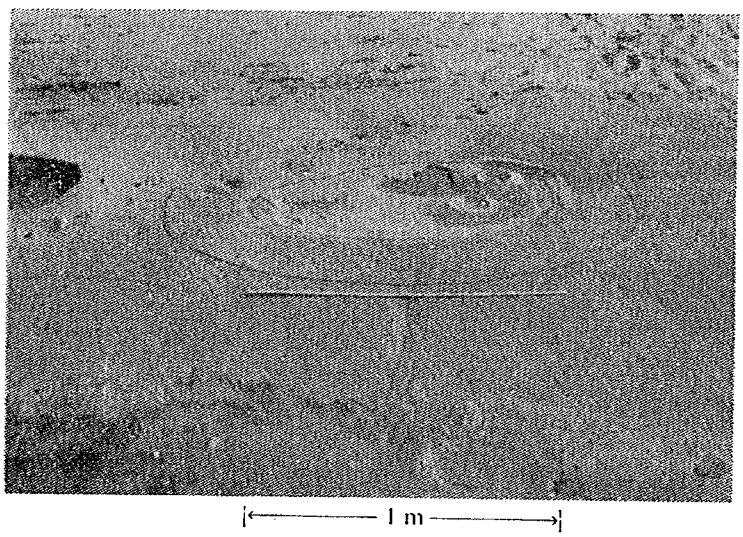
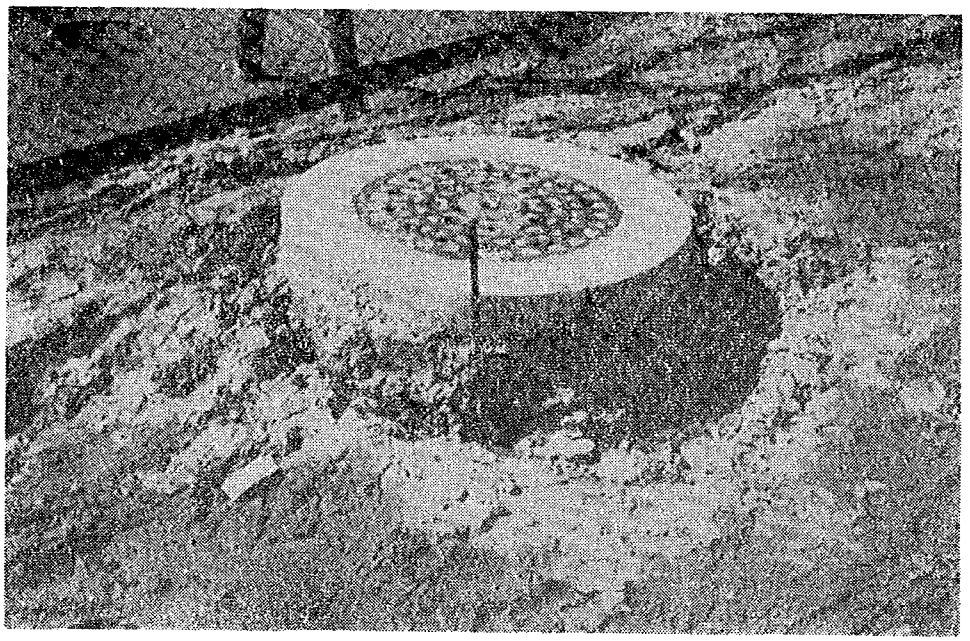


写真-7(a) Types of sand volcanoes [5]



写-真7(b) Uplift of a manhole〔5〕

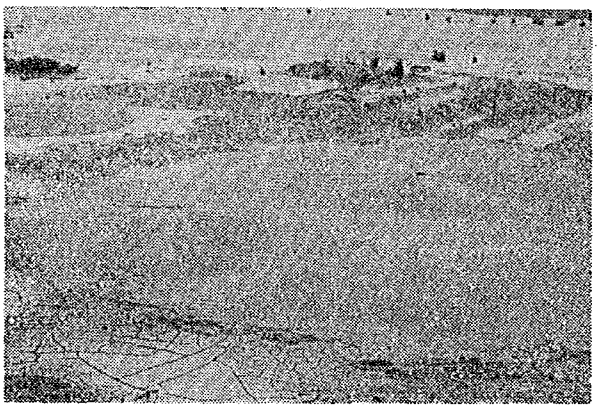


写真-8 北 浜 埠 頭 の 噴 砂〔12〕

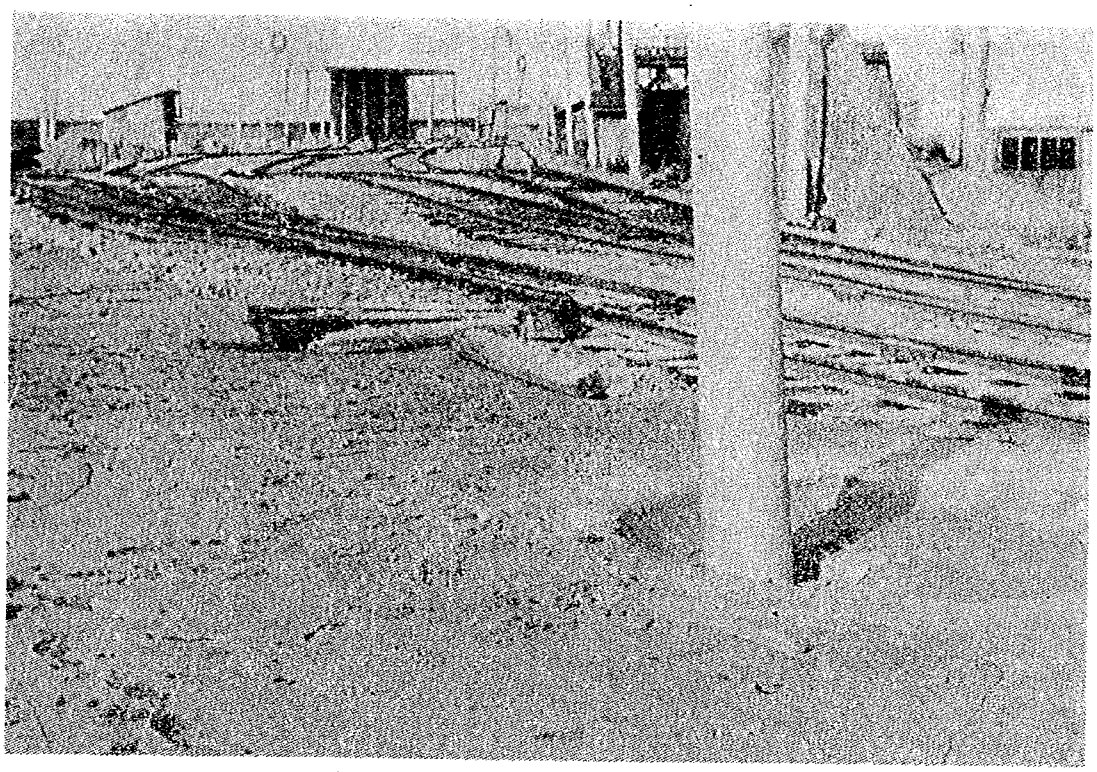


写真-9　青森駅の最近埋立てた所での噴砂丘〔8〕

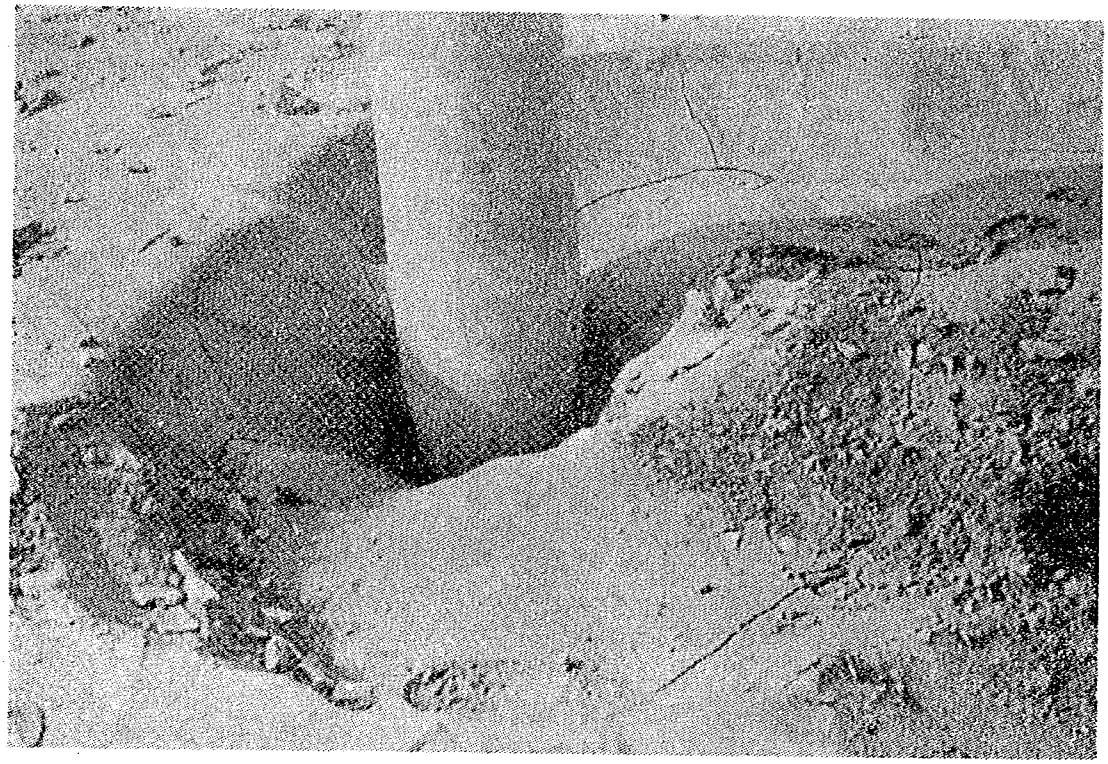


写真-10　青森駅の最近埋立てた所での噴砂丘〔8〕

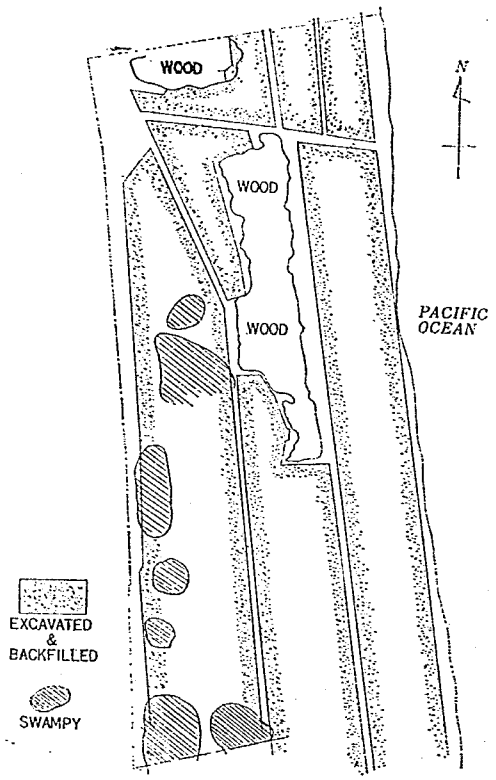


図-8 Excavated and Backfilled Areas[6]

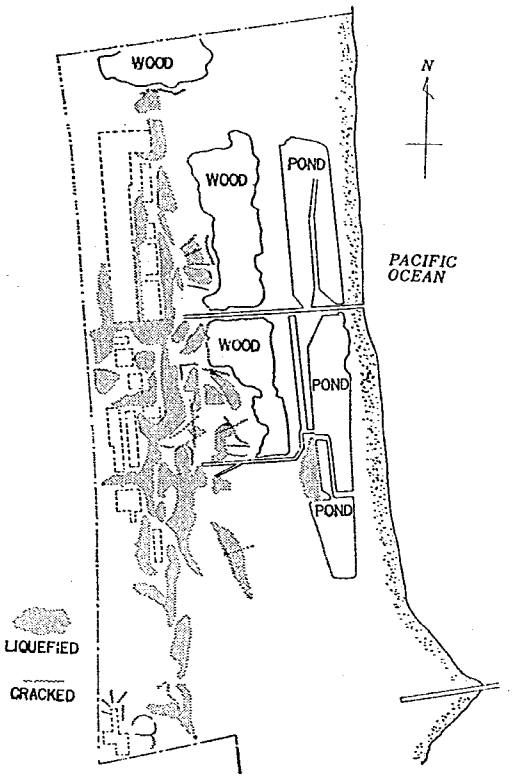


図-9 Liquefaction and Cracking of the Ground[6]

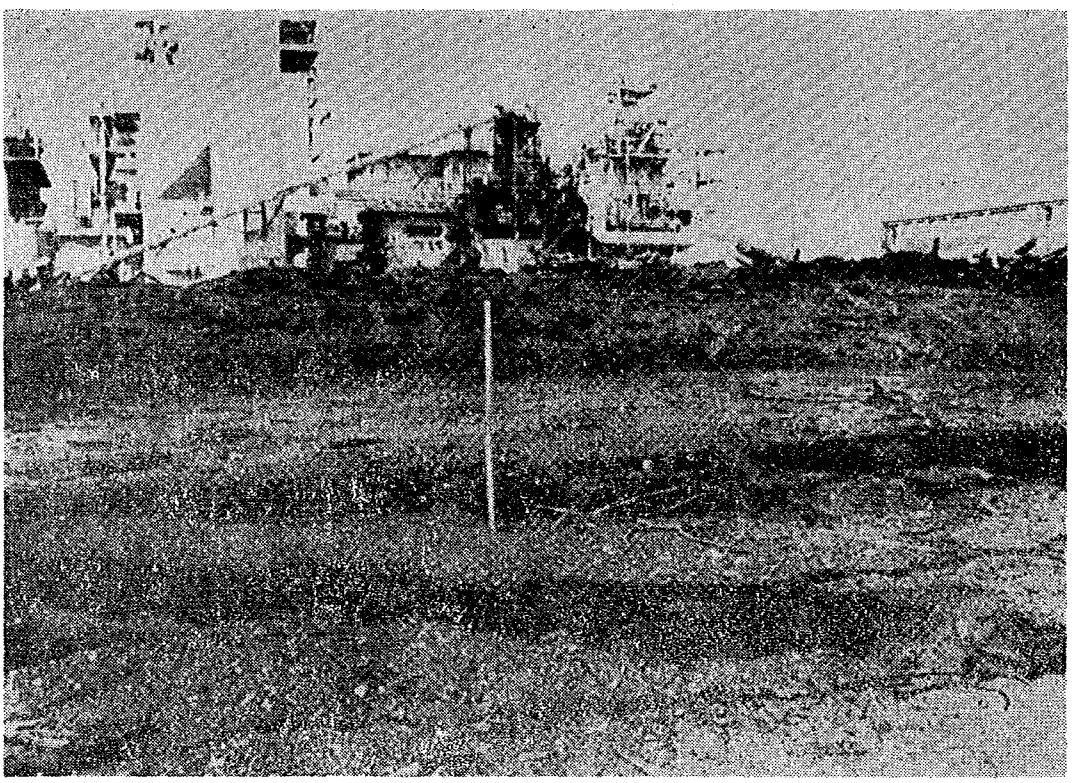


写真-11 Cracking of the Ground〔6〕

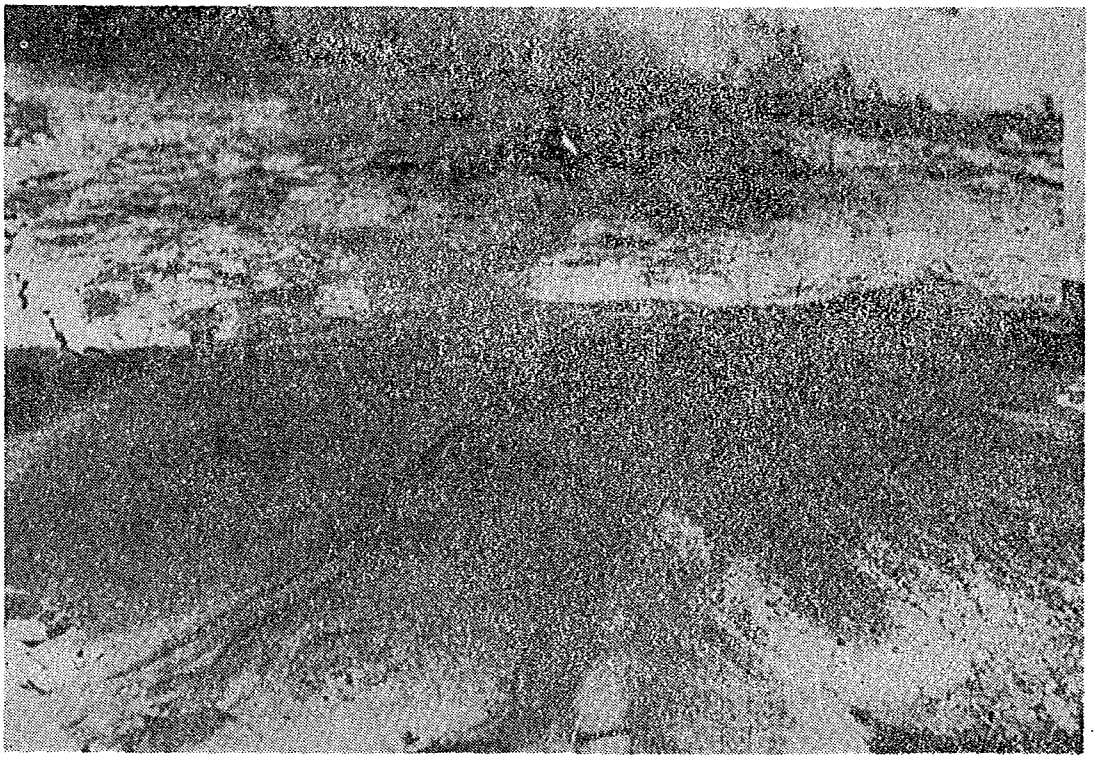


写真-12 Sand-Crater〔6〕



写真-13 Sand-Craters〔6〕

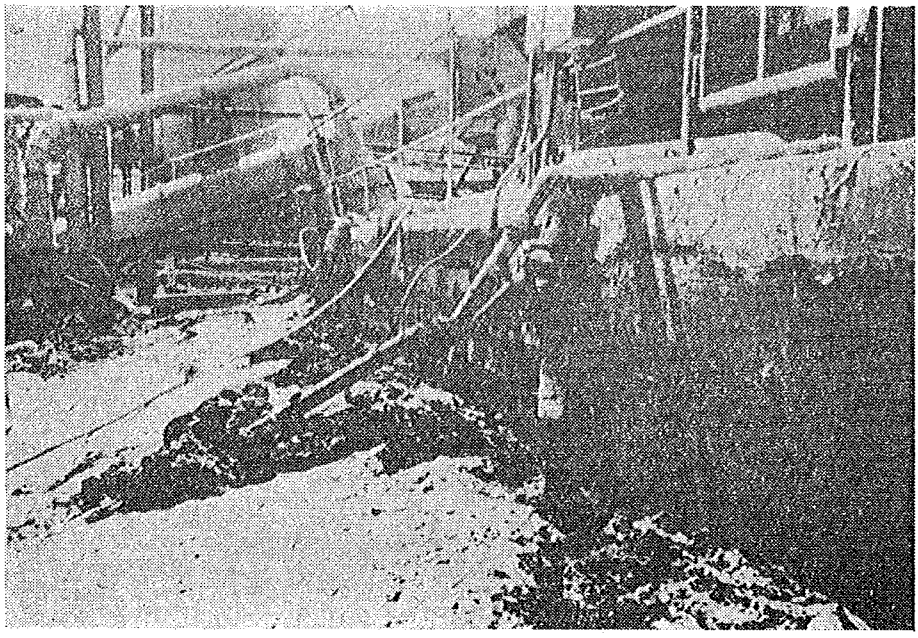


写真-14 Failure of Piping〔6〕

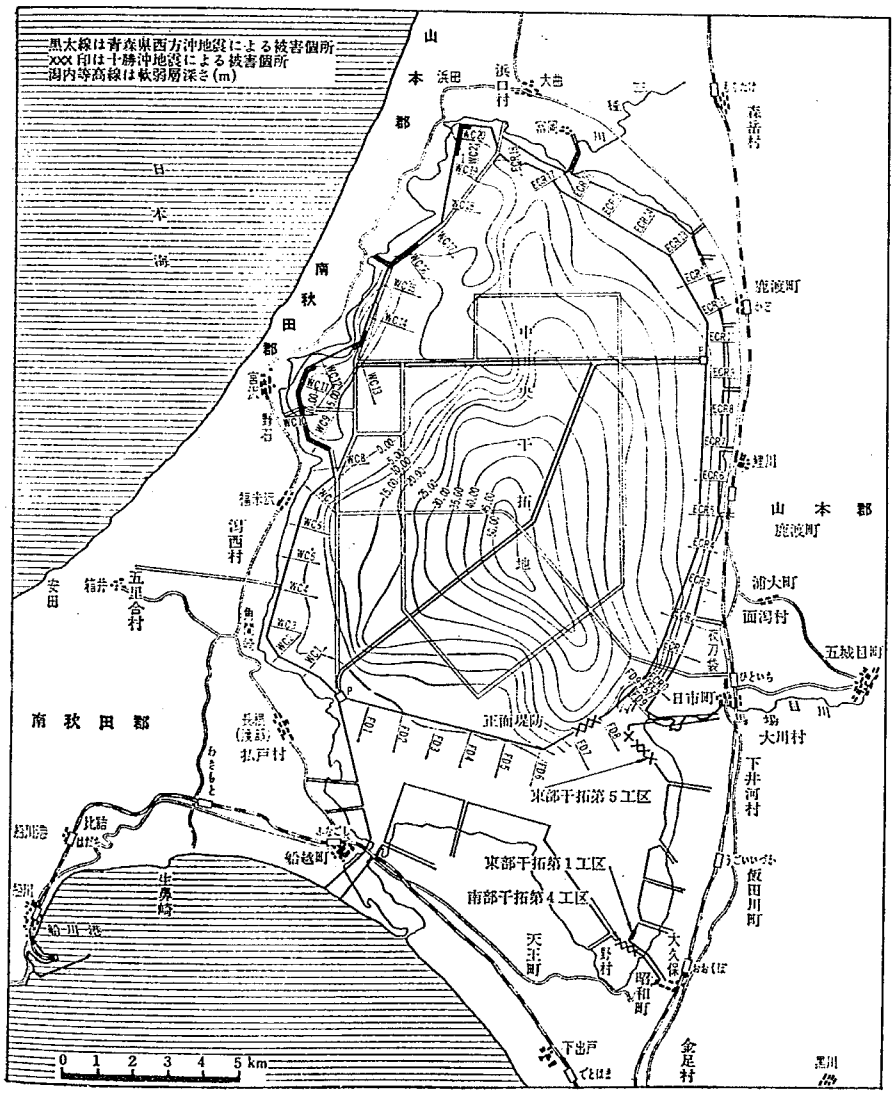


図-10　地震被害位置図〔9〕

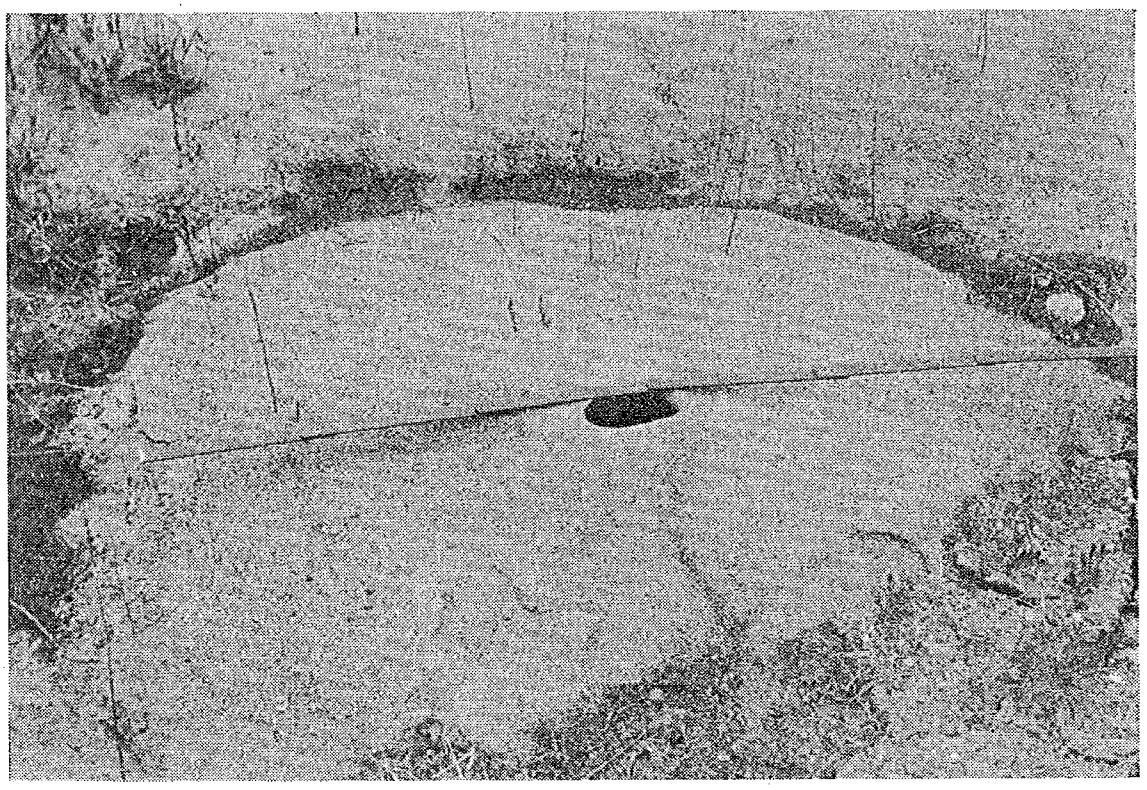


写真-15 八郎潟正面堤防付近の噴砂〔岩崎敏男氏撮影〕

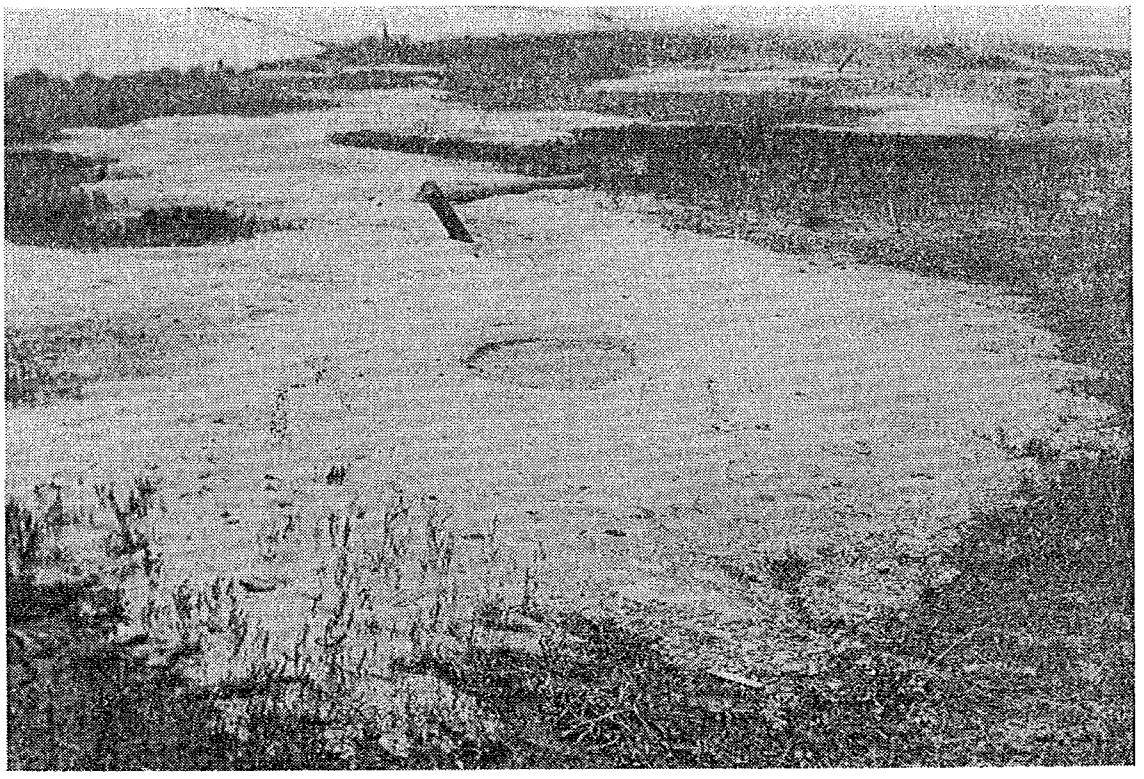


写真-16 八郎潟正面堤防付近の噴砂〔岩崎敏男氏撮影〕

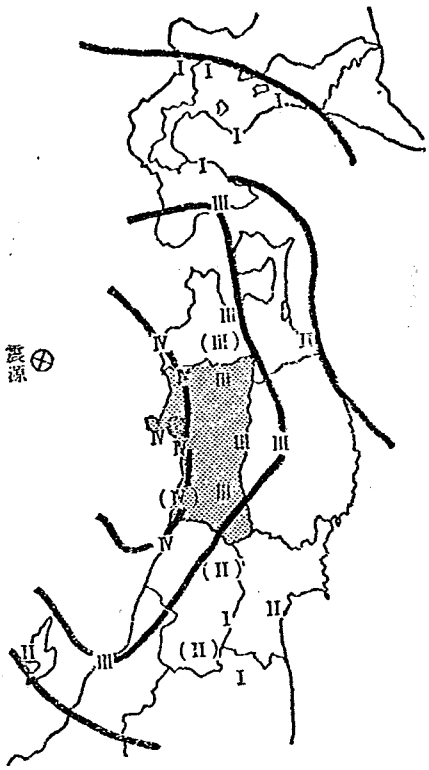


図-11　青森県西方沖地震震度分布図〔10〕

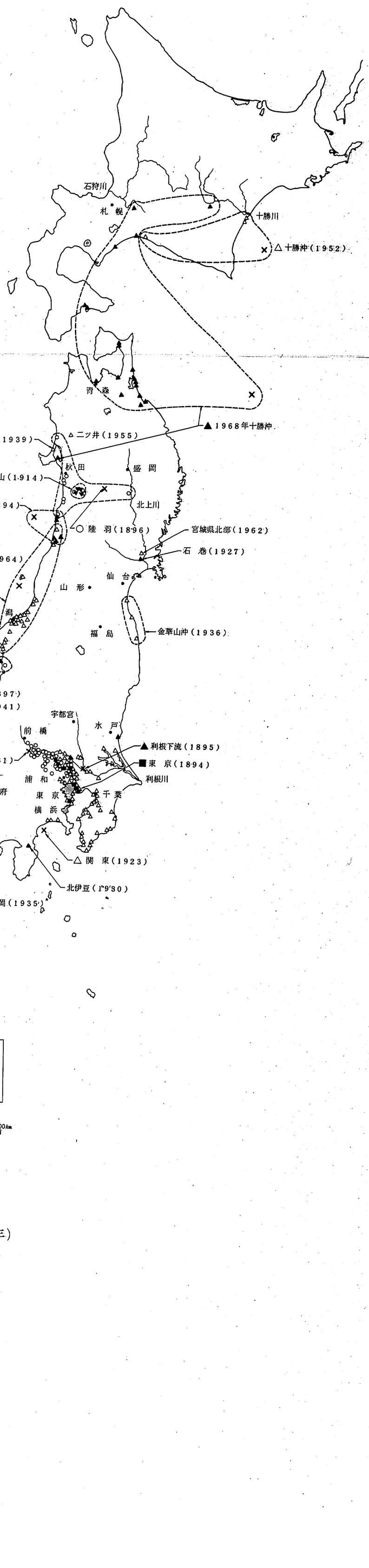
表-1　地　震　概　要〔10〕

（秋田地方気象台）

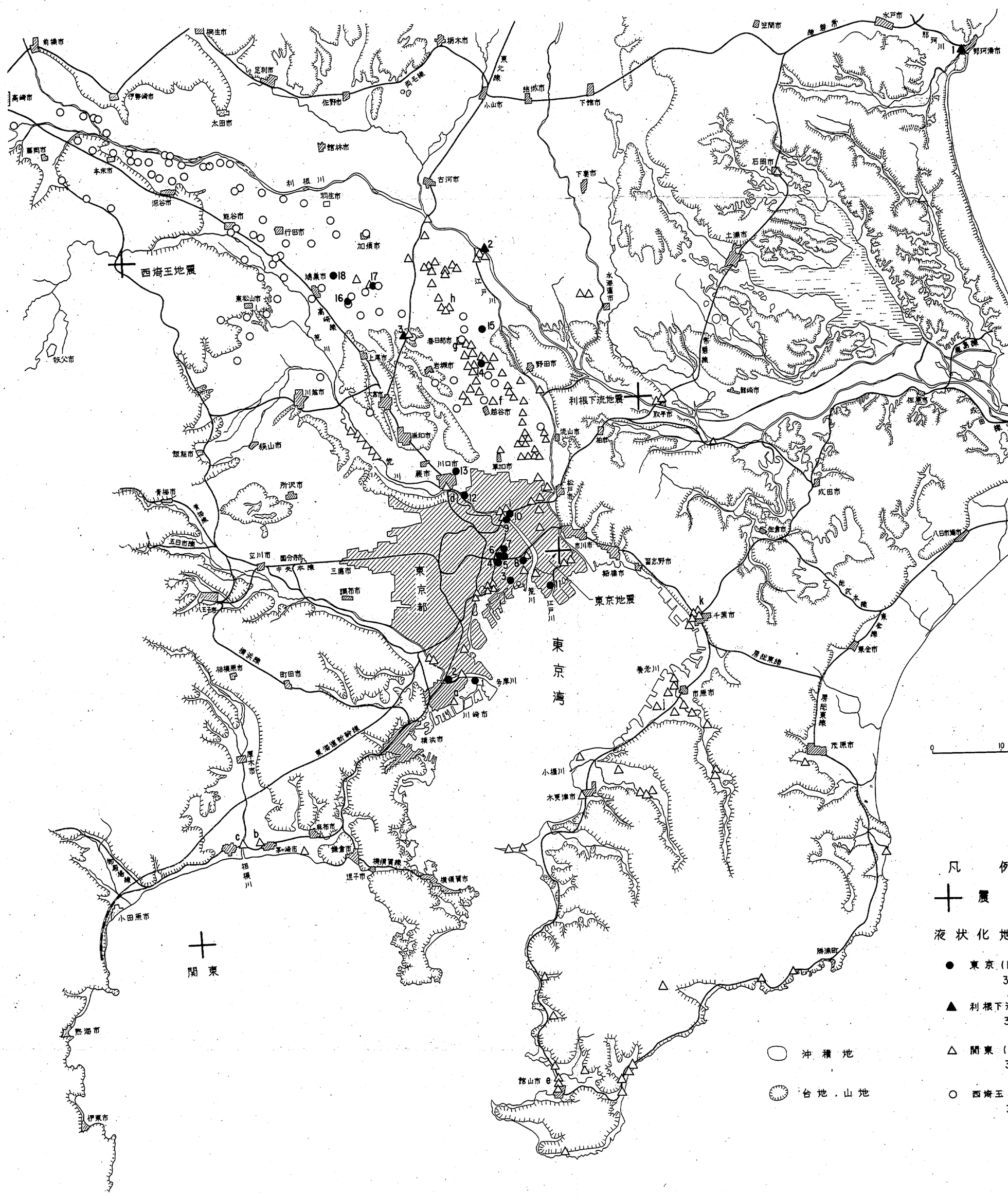
区分＼名称	青森県西方沖地震	新潟地震	男鹿沖地震	三陸沖地震
発震時	昭和39年5月7日 16時58分32.0秒	昭和39年6月16日 13時02分06.4秒	昭和39年12月11日 00時11分23.7秒	昭和35年3月21日
震源	40.5°N,138.6°E 深さ 40km	38.4°N,139.2°E 深さ 40km	40.4°N,138.6°E 深さ 60km	三陸沖　深さ40km
震度	VI (M=7～7.2)	IV (M=7.7)	IV (　　)	III
初動振幅および上下動 N—S E—W Z	 N 131 μ W 82 μ 97 μ	 N 30 μ E 34 μ 90 μ	 S 260 μ E 390 μ 106 μ	
最大振幅および上下動 N—S E—W Z	 16,800 μ 3.1秒 18,800 μ 4.9秒 8,400 μ 4.3秒	 20,500 μ 4.8秒 20,200 μ 2.1秒 10,500 μ 3.6秒	 3,750 μ 5.1秒 4,600 μ 4.4秒 2,150 μ 2.7秒	 16,700 μ 2.1秒 23,000 μ 5.0秒 8,000 μ 4.0秒
P—S所要時間	14.4秒	22.4秒	15.7秒	
震度1以上の余震	6回	3回	1回	

噴砂、噴水の記録のある地震

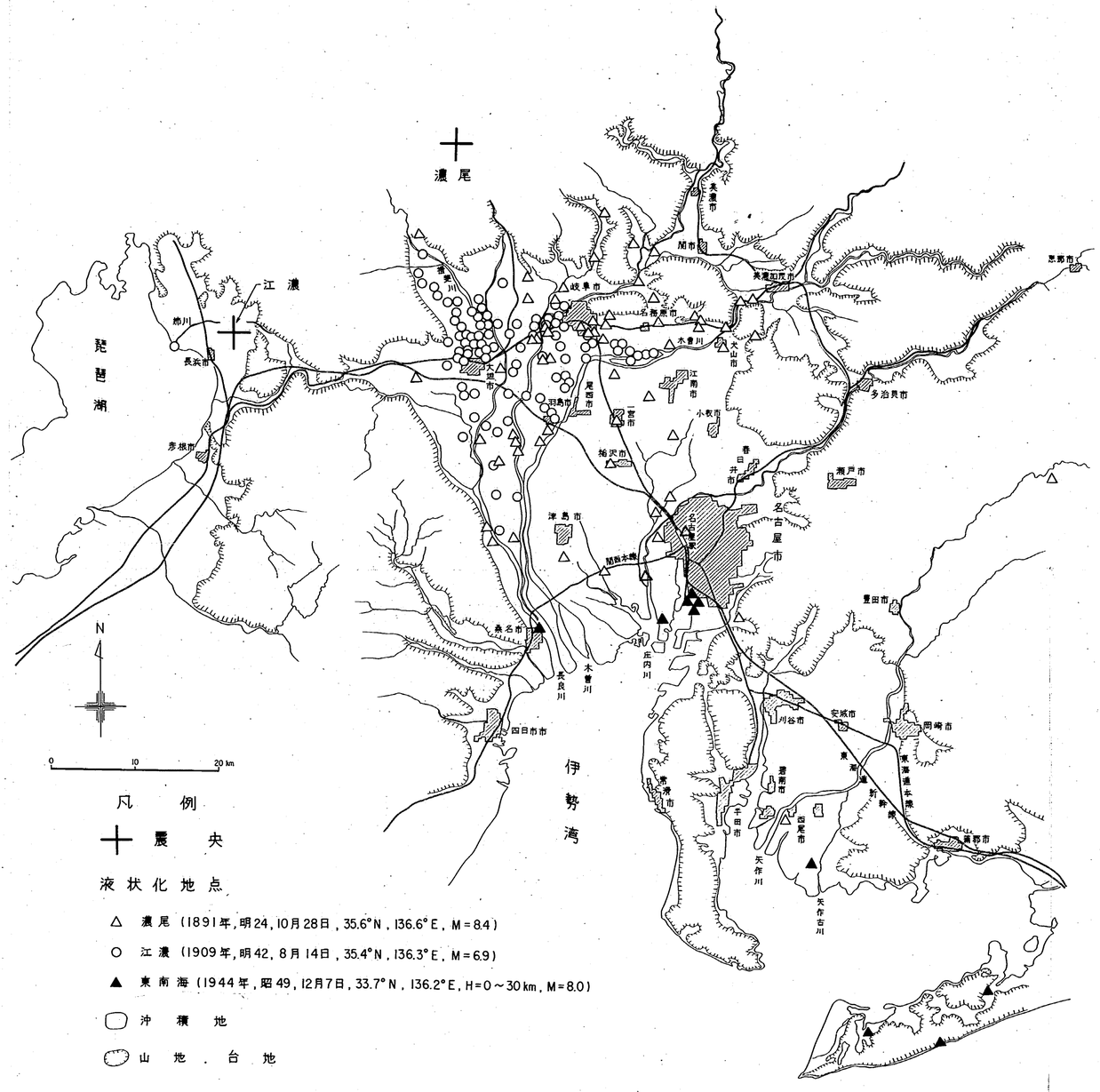
地震名	発生年月日	マグニチュード（M）	震源深さ（H：km）
浜田	1872年（明 5） 3月14日	7.1	
新潟県古志郡	1887年（明20） 7月22日	6.1	
熊本	1889年（明22） 7月28日	6.3	
濃尾	1891年（明24）10月28日	8.4	
東京	1894年（明27） 6月20日	7.5	
庄内	1894年（明27）10月22日	7.3	
利根川下流	1895年（明28） 1月18日	7.3	
陸羽	1896年（明29） 8月31日	7.5	
上高井	1897年（明30）1月17日，4月30日	6.3，6.3	
新潟県南魚沼郡	1898年（明31） 5月	6.7	
福岡	1898年（明31）8月10日，8月12日	6.5，6.5	
江濃	1909年（明42） 8月14日	6.9	
羽後仙	1914年（大 3） 3月15日	6.4	
島原	1922年（大11）12月 8日	6.5，5.9	
関東	1923年（大12） 9月 1日	7.9	10
但馬	1925年（大14） 5月23日	7.0	
北丹後	1927年（昭 2） 3月 7日	7.5	10
石巻	1927年（昭 2） 8月 6日		
関原	1927年（昭 2）10月27日	5.3	0－10
加賀南西部	1930年（昭 5）10月17日		
北伊豆	1930年（昭 5）11月26日	7.0	0－5
西埼玉	1931年（昭 6） 9月21日	7.0	10－20
能登	1933年（昭 8） 9月21日	6.0	15
静岡	1935年（昭10） 7月11日	6.3	10
河内大和	1936年（昭11） 2月21日	6.4	20
金華山沖	1936年（昭11）11月 3日	7.7	
男鹿	1939年（昭14） 5月 1日	7.0	0
長野	1941年（昭16） 7月15日	6.2	5－20
鳥取県沖	1943年（昭18）3月4日，3月5日	6.1，6.1	20，20
鳥取	1943年（昭18） 9月10日	7.4	10
東南海	1944年（昭19）12月 7日	8.0	0
南海	1946年（昭21）12月21日	8.1	30
福井	1948年（昭23） 6月28日	7.3	20
十勝沖	1952年（昭27） 3月 4日	8.1	45
大聖寺沖	1952年（昭27） 3月 7日	6.8	20
徳島県南部	1955年（昭30） 7月	6.0	
二ツ井	1955年（昭30）10月19日	5.7	0－10
長岡	1961年（昭36） 2月 2日	5.2	20
日向灘	1961年（昭36） 2月27日	7.0	40
宮城県北部	1962年（昭37） 4月30日	6.5	0
新潟	1964年（昭39） 6月16日	7.5	40
えびの	1968年(昭43)2月21日，2月22日，3月25日	5.7，6.1，5.6，5.7，5.4	0，0，0，0，10
十勝沖	1968年（昭43） 5月16日	7.9	0



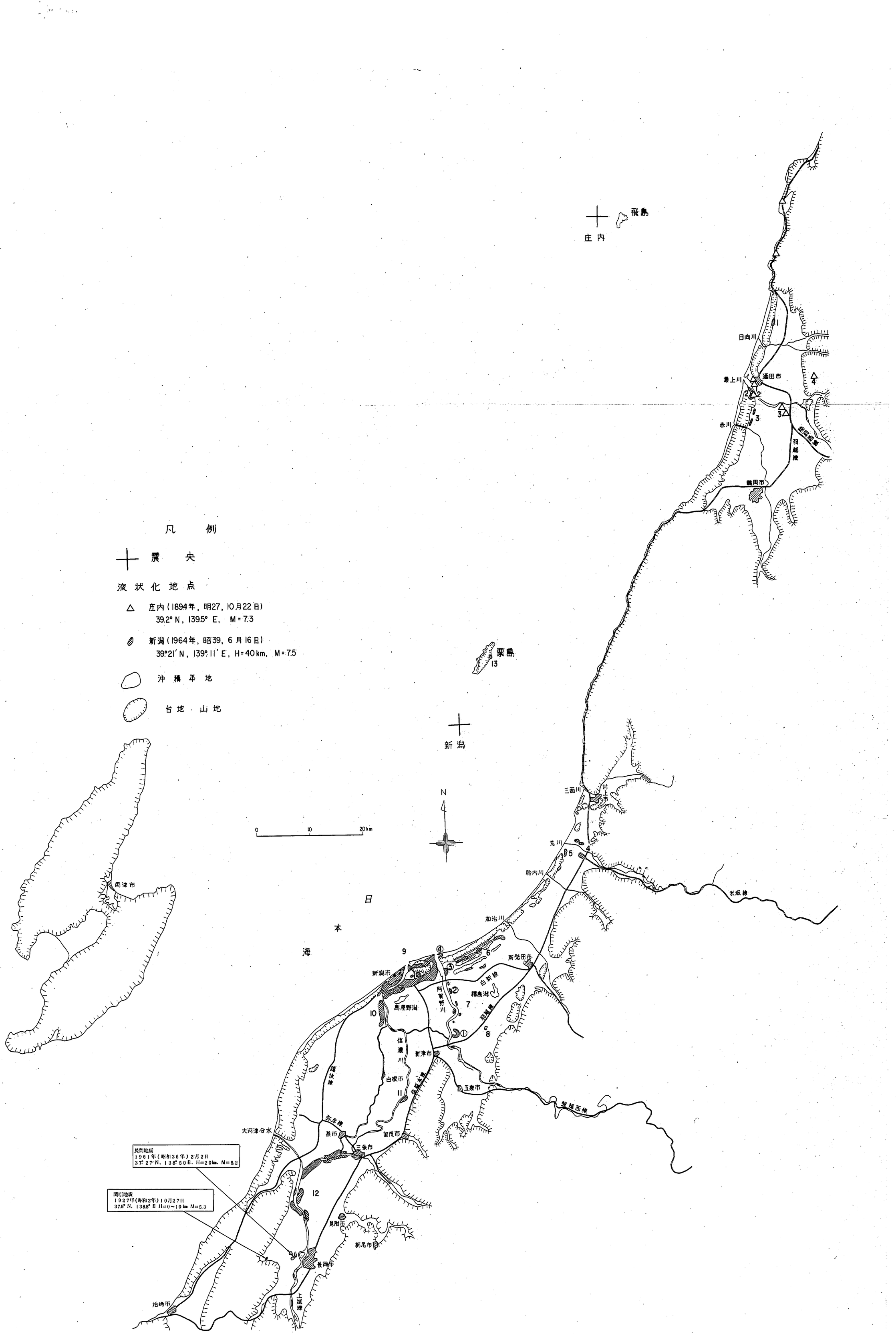
付図-1　液状化履歴地図（1872年～1968年）



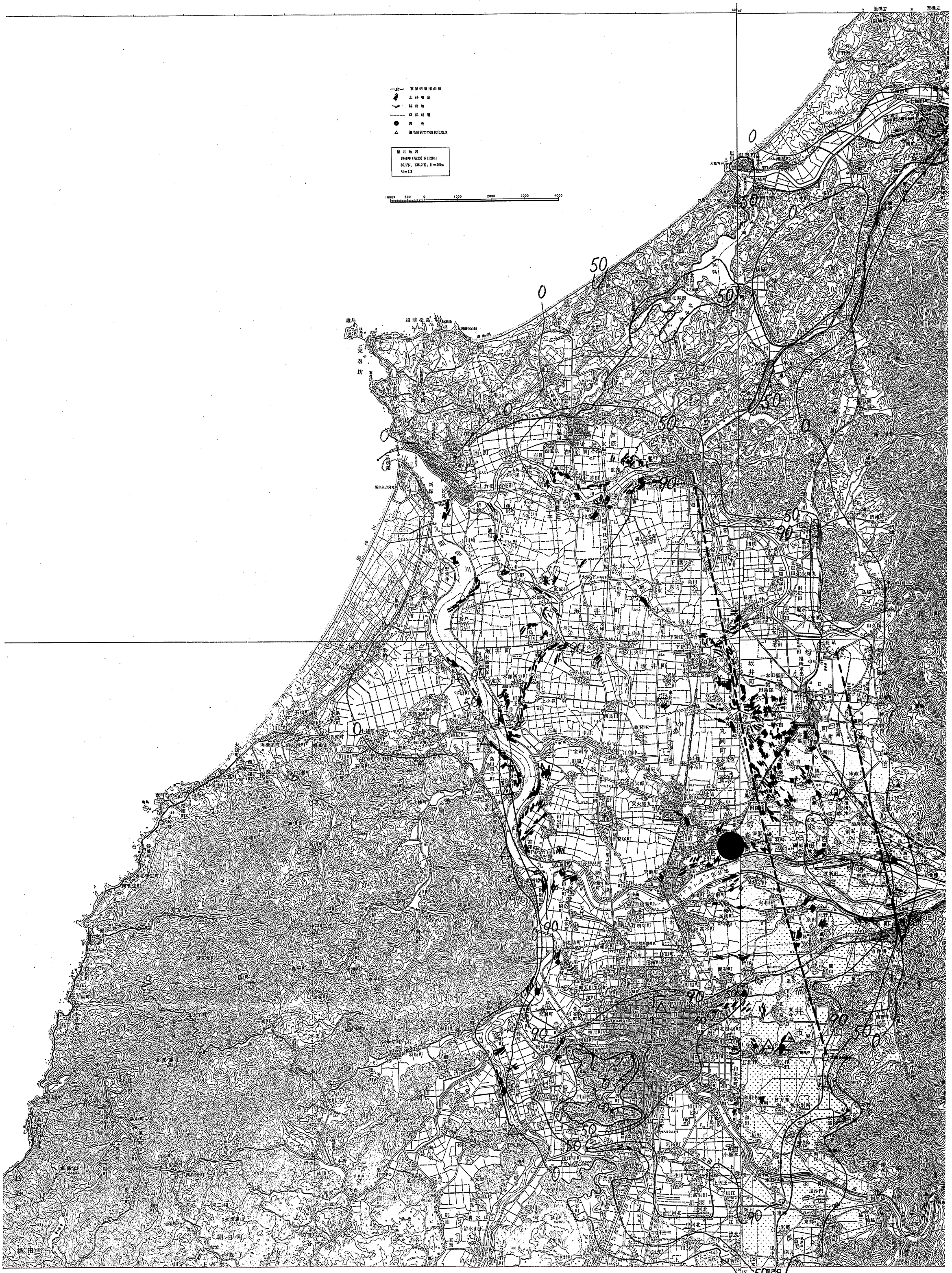
付図- 2　関東地方液状化履歴地図



付図- 3　濃尾地方液状化履歴地図



付図- 4　新潟地方液状化履歴地図


—50— 家屋倒壊率曲線
土砂噴出
陸没地
伏部断層
震央
△ 鯖尾地震での液状化地点
福井地震
1948年(昭23) 6月28日
36.1°N, 136.2°E, H=20km
M=7.3
1000m 500 0 1000 2000 3000 4000
至橋立
至橋立
福井市
坂井町
国町
東尋坊
九頭竜川
福井火力発電所
福井駅
福井地方気象台
福井県庁
福井城址
福井市役所
福井市立図書館
福井県立図書館
福井県立病院
福井県立博物館
福井県立体育館
福井県立美術