

5-4. 弓ヶ浜半島の地震環境

表5-4.1に、昭和45年以降に中海周辺に被害を与えた地震の一覧を示す(出典:宇佐美(1996))。このうち推定最大加速度は、弓ヶ浜半島地点における最大加速度を、地震のマグニチュードと震央距離から距離減衰式(土木研究所(1992))で、推定したものである。

表5-4.1 昭和45年以降に中海周辺に被害を与えた地震一覧

年月日	震源地域	M	推定最大加速度	被害の概要
平成元年10月27日	鳥取県西部	5.3	79(gal)	震源は日野町付近.道路への落石2ヵ所(日野町),棚の商品落下(松江市・米子市)
平成元年11月2日	鳥取県西部	5.4	82(gal)	震源は日野町付近.棚の商品の落下(米子市)があり,日野町に小亀裂1本(長5m).日野町の震度はIVと推定される.
平成3年8月28日	島根県東部	5.9	133(gal)	最大震度はIV(松江・米子),震央付近の能義郡・平田市などでは落石,公共施設や住家の亀裂などの小被害があった

(1) 期待値分析

調査地の地震環境を把握するために、有史以来の地震資料を整理し、過去の地震が調査地付近にどのような影響を及ぼしたかを調べた。

今回用いた地震データは以下の資料から収集した。

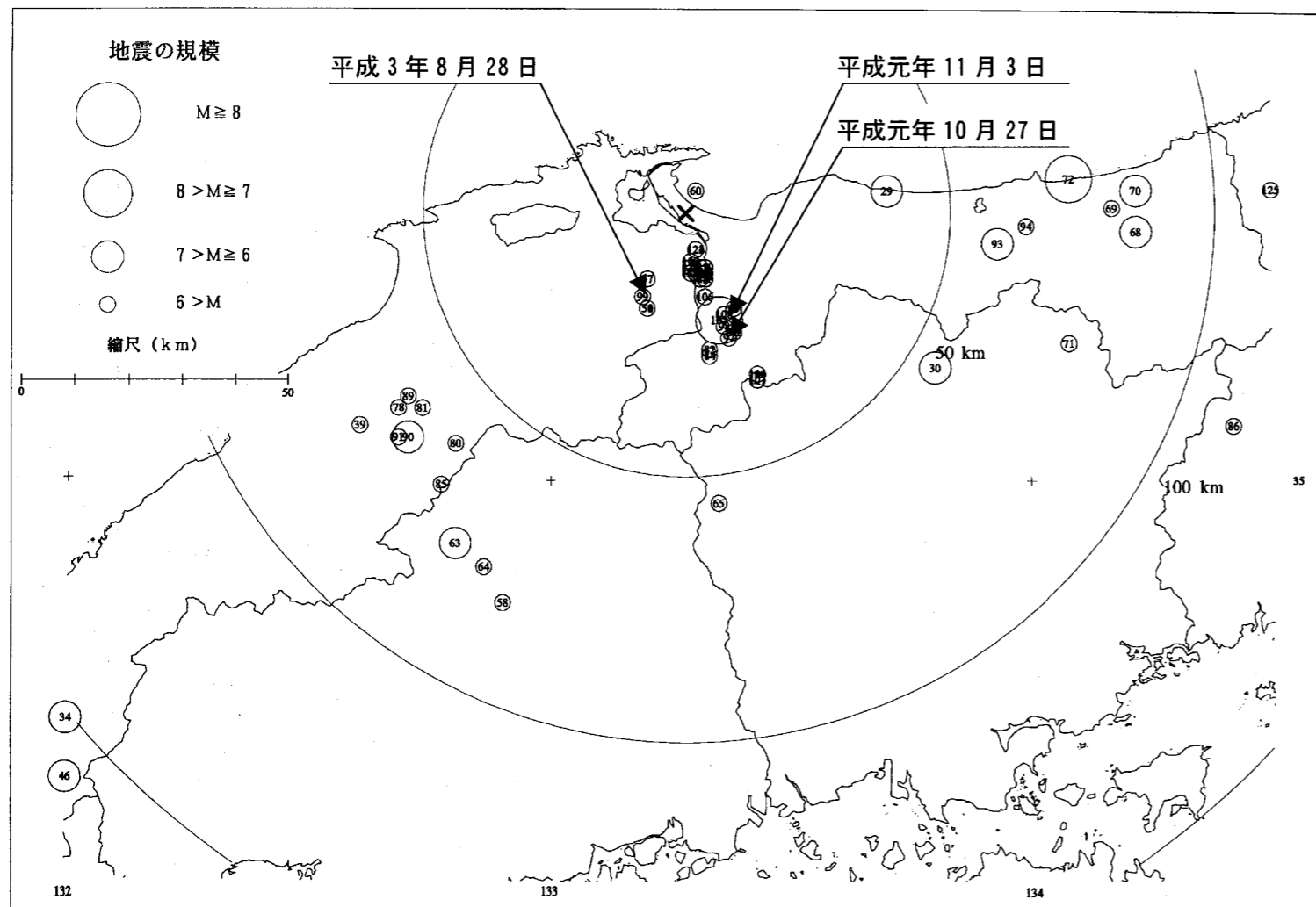
1. 1600年～1995年 : 宇佐見(1996), 新編 日本地震被害総覧
2. 1951年～1997年 : 気象庁, 地震月報
3. 1997年～2000年 : 気象庁, 地震・火山月報(カタログ編)
4. 2000年～2001年 : 気象庁, 気象(暫定値)

以上の資料から西暦1600年～2001年までの1553地震を収集・整理し、基礎データとした。これらの基礎データをもとに、距離減衰式(土木研究所(1992))を用いて調査地の地盤上の加速度を算出し、推定最大加速度が25gal以上のものを抽出した。

抽出された影響地震は125地震である。抽出された影響地震のうち、影響の大きいもの上位100地震のリストを表5-4.2に示す。また、これらの影響地震の震央分布を図5-4.1に示す。図中の丸印の大きさはマグニチュードを表しており、その中の数字は、表5-4.2のデータNo.と対応している。

期待値分析の結果を図5-4.2に示す。50年、100年期待値は、図5-4.2よりそれぞれ約100gal、130galと求められる。

今回算出された地表面加速度は、地震の再来年数(期待値)としては、約220年～数千年程度の地震に相当する。



計算地点：弓が浜半島
抽出基準：加速度 25.0 gal 以上

図5-4.1 影響地震の震央分布

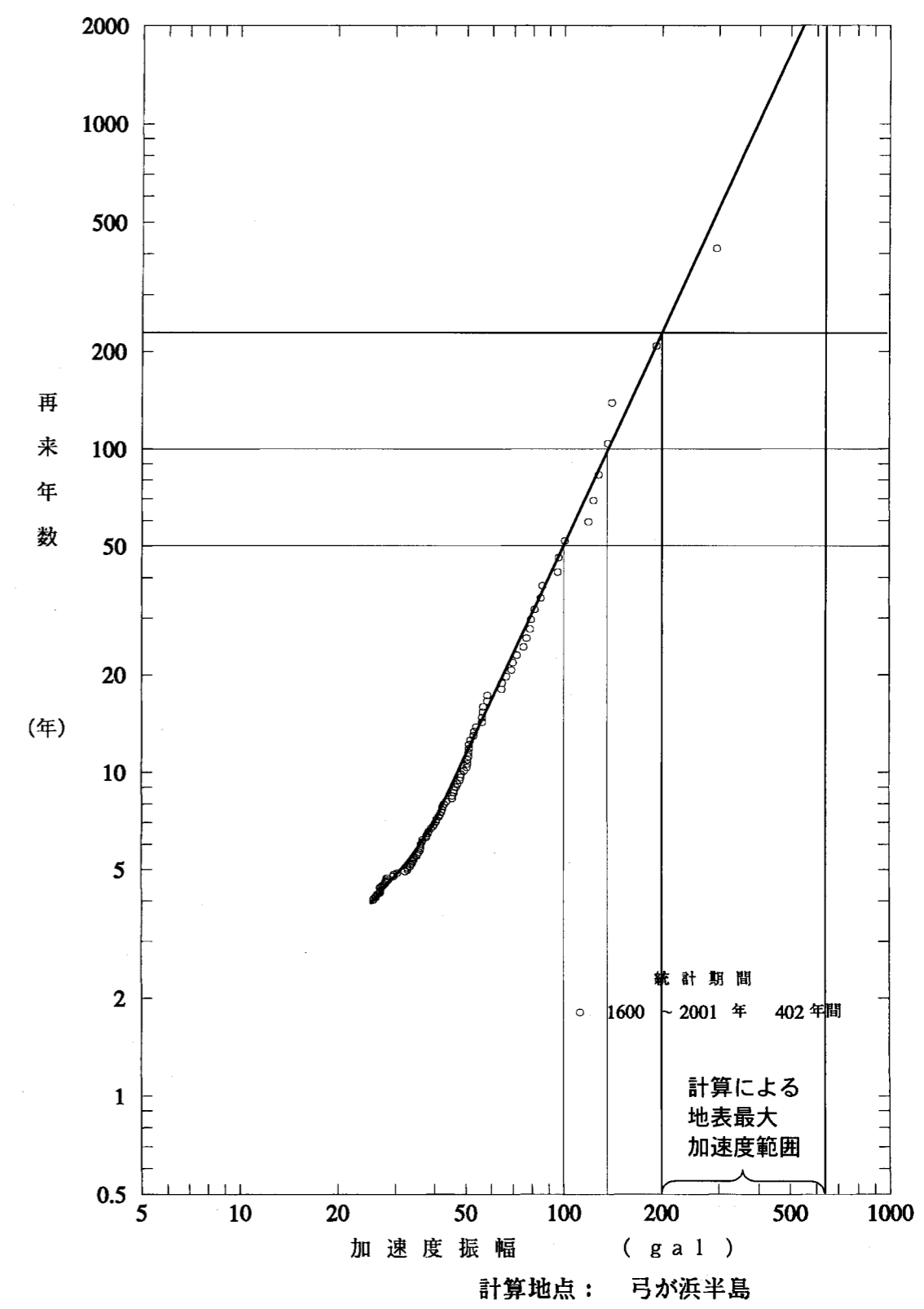


図5-4.2 期待値分析結果

5-5. 当地震による液状化の特徴

今回発生した平成12年鳥取県西部地震における液状化現象の特徴について考察した。ここでは、特に土質材料について着目した。

弓ヶ浜半島の砂（自然堆積）の性質を表5-5.1に示すと共に、写真5-5.1に砂粒子の顕微鏡写真を示した。（出典：砂地盤の性質と基礎の設計 日本建築学会中国支部基礎地盤委員会 昭和54.7）

表5-5.1 弓ヶ浜半島の砂の性質

地形区分	外浜砂州	砂丘	砂州	中海砂州	低湿地
分布	日野川河口から外浜海岸沿岸	中浜・内浜		中海干拓地埋立地	日野川河口付近の低湿地
粒度・色	粗砂・茶褐色	細砂・暗灰色		細砂・暗灰色	細～中砂・黒灰色
材質・含有物	石英質・雲母交り	石英質	石英質・有機物交り	石英質・貝交り	石英質・有機物交り
D ₁₀ mm	0.3~0.4 (0.35)	0.115~0.12 (0.12)	0.11~0.12 (0.115)	0.12~0.14 (0.13)	0.1~0.3 (0.2)
U _c	2.0~3.0 (2.4)	1.7~2.4 (2.1)	1.6~2.2 (1.8)	2.1~2.4 (2.2)	2.0~3.0 (2.5)
安息角 度	32~34 (33)	30~32.5 (31)	30.5~32 (31)	30.5~31.5 (31)	30.5~33.0 (32)
b/a	0.70~0.76 (0.74)	0.66~0.72 (0.70)	0.68~0.76 (0.72)	0.70~0.72 (0.70)	0.62~0.64 (0.62)
角ばり度	3.0~3.6 (3.4)	3.2~3.4 (3.3)	3.0~3.8 (3.4)	3.2~3.6 (3.6)	3.2~3.8 (3.2)
比重	2.69 (日野川河口砂)	2.68 (高専砂丘砂)	2.71 (B _{p5} 0.6m)	2.69 (B _{q4} 0.6m)	2.73 (D _{q5} 1.0m)
G.L.-2~3mのN	5~15	5~15	5~15	2~5	5~10
備考	海に注ぐ小川の低湿地は有機物多く黒褐色	砂丘の下底はW.L.+10m前後	砂鉄を含むことあり	埋立は砂丘砂による	砂鉄を含むことあり

- ・ D₁₀ : 10% 粒径、 ・ U_c : 均等係数、 ・ N : N 値、 ・ W. L. : 地下水位
- ・ 砂粒を最も安定した状態に置いたときの長辺の長さがa、短辺の長さがb
- ・ 角ばり度：三笠の方法による5段階分類法により丸いものが1、鋭角のものを5とする（三笠正人他：粒子形状の表現法と試験法について 第6回土質工学研究発表会 昭和46.6 No.13）
- ・ 比重の試験位置は図2-2に示す。（数値は採取深さ）
- ・ () は平均値



角ばりの程度

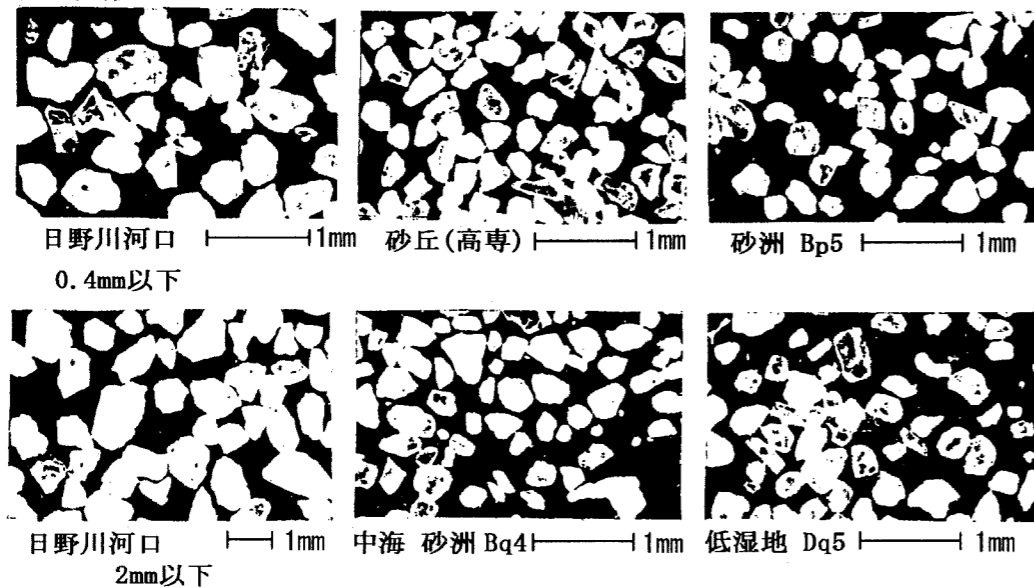


写真5-5.1 弓ヶ浜半島の砂粒子

一方、昭和町のかに簗岸壁や竹内工業団地で採取した噴砂の電子顕微鏡写真を写真5-5.2~写真5-5.4（出典：土と基礎；Vol.49 No.1 Ser.No.516；（社）地盤工学会）に示した。これらの写真から昭和町のかに簗岸壁で噴出した砂は粒径が大きく揃ったきれいなすなである一方、竹内工業団地で採取した噴砂は写真からも確認できるとおり0.02mm程度の粒径の粒子（シルト）が大半をしめており、その周辺をより小さな粒子により覆われている様子がうかがえる。また、倍率を大きくした写真5-5.4からは、一般に海成粘土に含まれる珪藻が確認される。

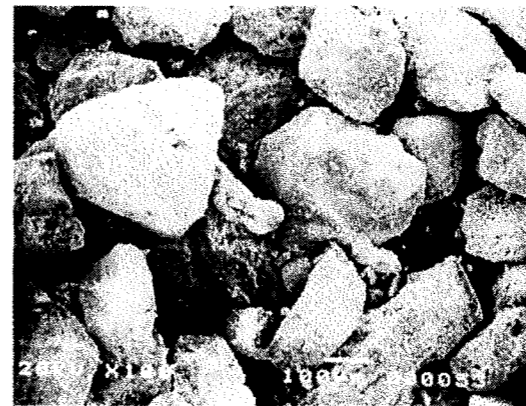


写真5-5.2

昭和町のかに簗岸壁で噴出していた噴砂の電子顕微鏡写真

比較的粒径の揃ったきれいな砂であることが分かる。

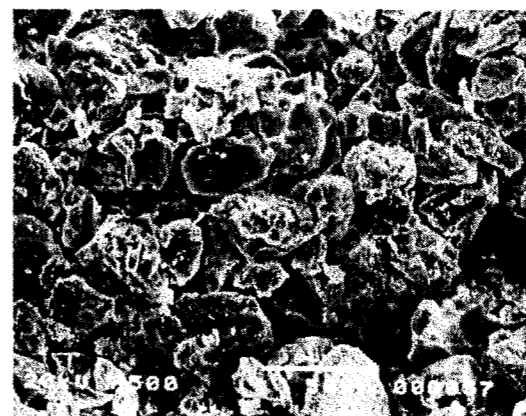


写真5-5.3

竹内工業団地内に広く噴出していた噴砂（噴泥）の電子顕微鏡写真

撮影されている試料の大半は、粒径0.02mm程度の粒子であり、その周囲をさらに小さい粒径の粒子が覆っている様子がうかがえる。

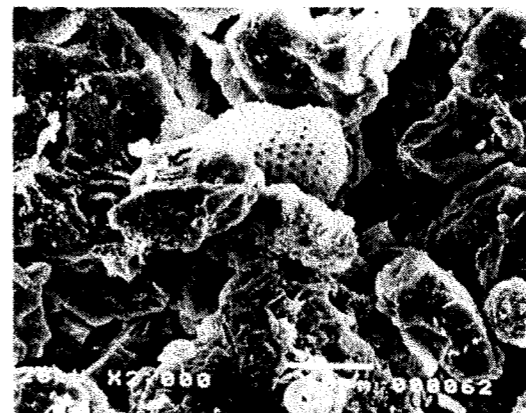


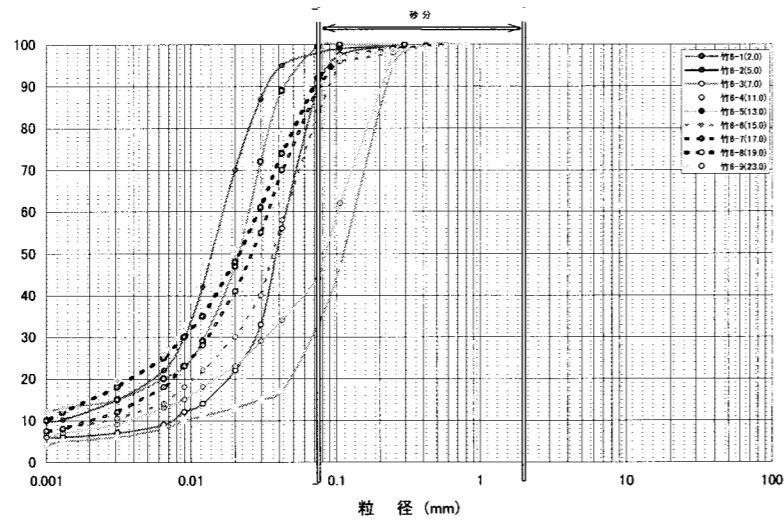
写真5-5.4

竹内工業団地内に広く噴出していた噴砂（噴泥）の電子顕微鏡写真

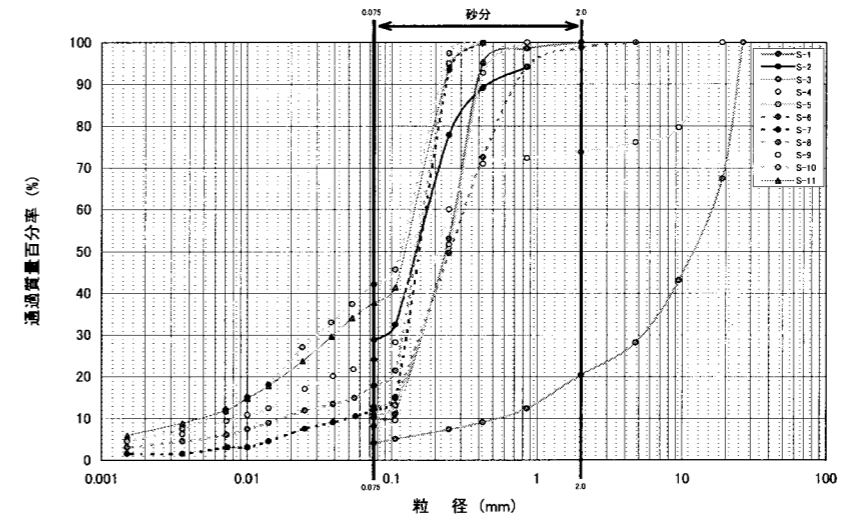
倍率を大きくした電子顕微鏡写真には、一般に海成粘土に含まれる珪藻が見られる。

既存および地震後に実施された調査ボーリングにおいて埋土層から採取された攪乱資料を用いて粒度試験をしたデータを図5-5.1に示す。これらより竹内工業団地のみが何れも細粒分が多く特異であるが、他の団地ではいずれも埋め土材の土質は砂質土であることが判る。

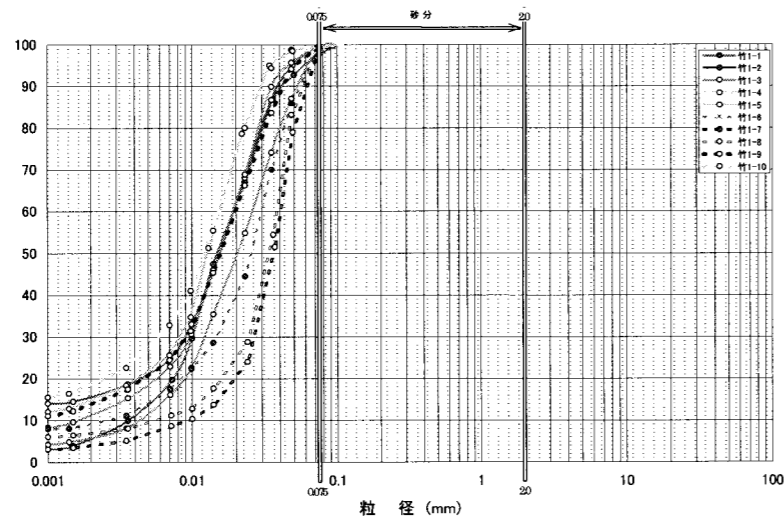
●竹内工業団地 (No. 6)



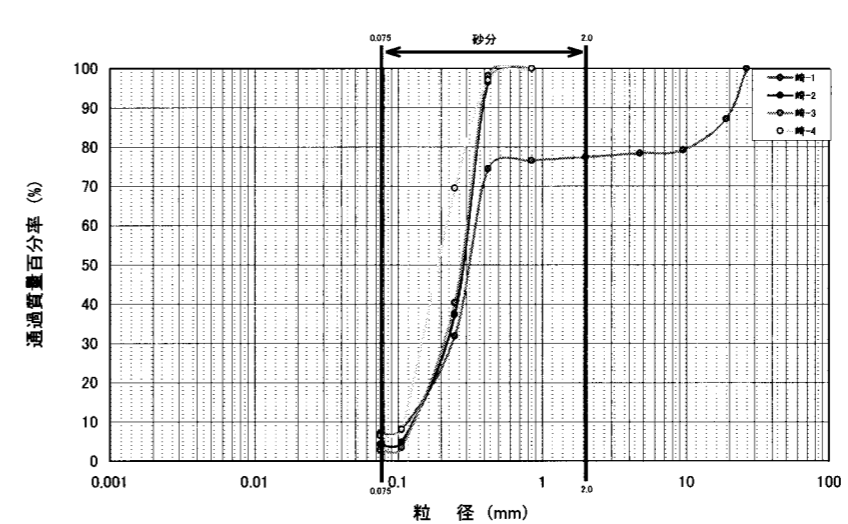
●昭和町工業団地



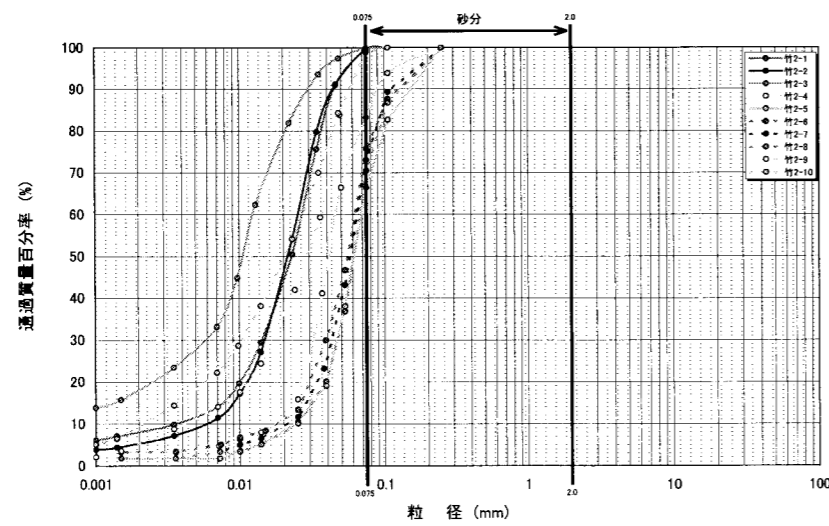
●竹内工業団地 (No. 1)



●崎津団地



●竹内工業団地 (No. 2)



●安倍・彦名団地

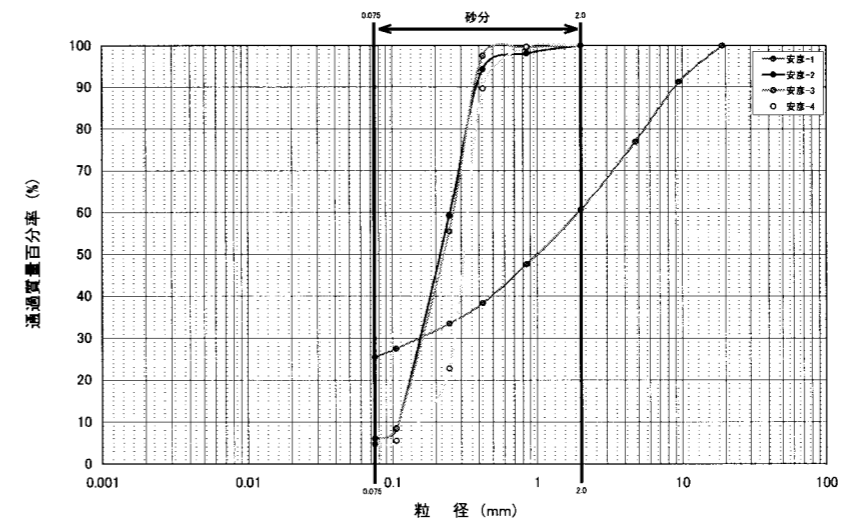


図 5 - 5 . 1 埋土層の粒径加積曲線

【参考】竹ノ内工業団地の埋土材料の活性度

吉見らによると千葉県東方沖地震などで液状化した地点の埋め立て土層について塑性指数、粘度分含有率、細粒分含有率、液性限界との関係は図-参考1の傾向を示すとしている。

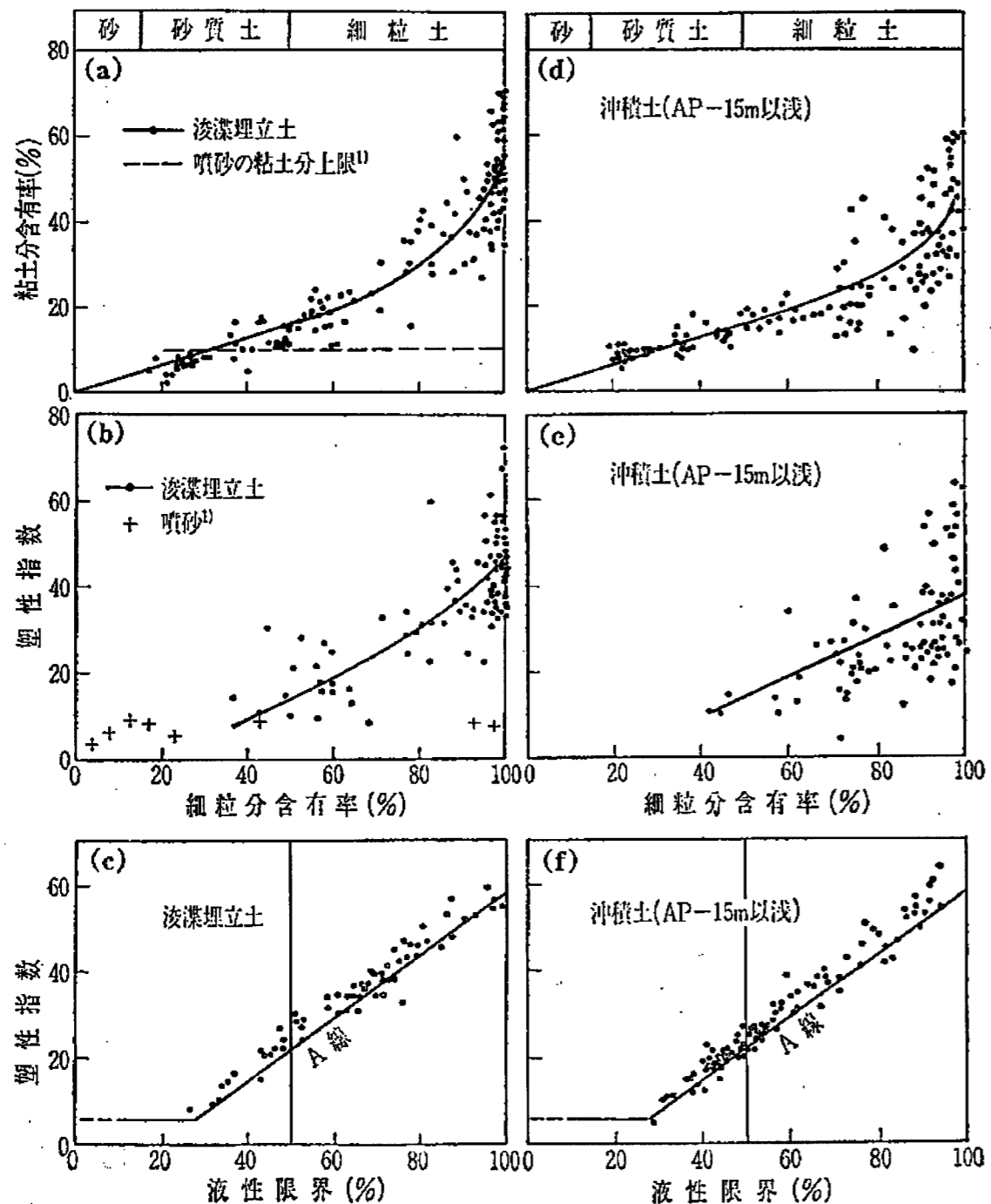


図-参考1 海岸埋立土、沖積土、および液状化による噴砂の粒度と塑性の比較
 (出典：吉見吉昭、土と基礎 Vol. 39, No. 8, pp49-50)

今回ボーリング調査を実施した竹ノ内工業団地で採取した試料について同様の分析を行うと、図-参考2のようになる。東京湾臨海部の埋立材料に比べて相対的に粘土分含有率が低いことがうかがえる。

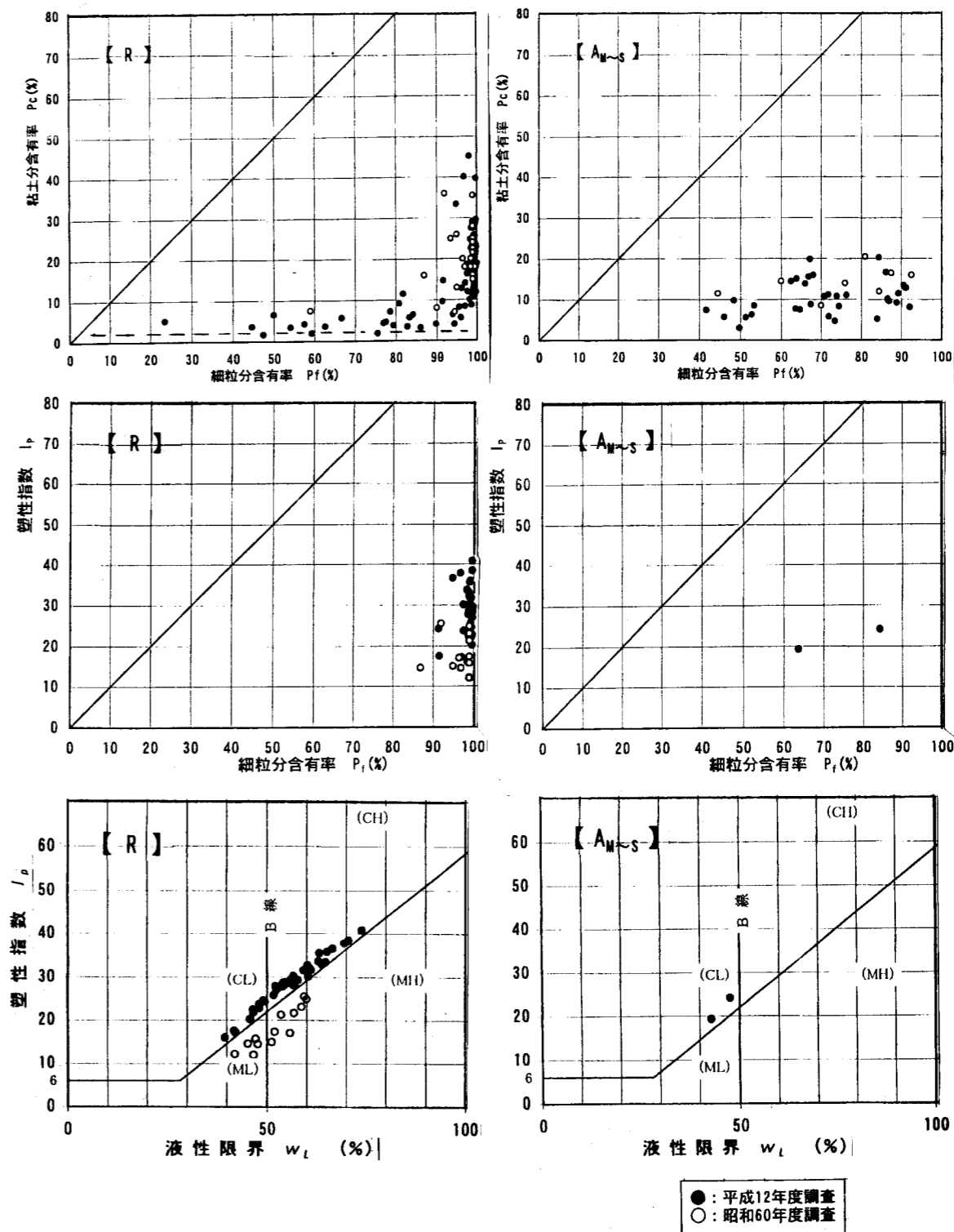


図-参考2 竹ノ内工業団地の埋土層の粒度と塑性の比較

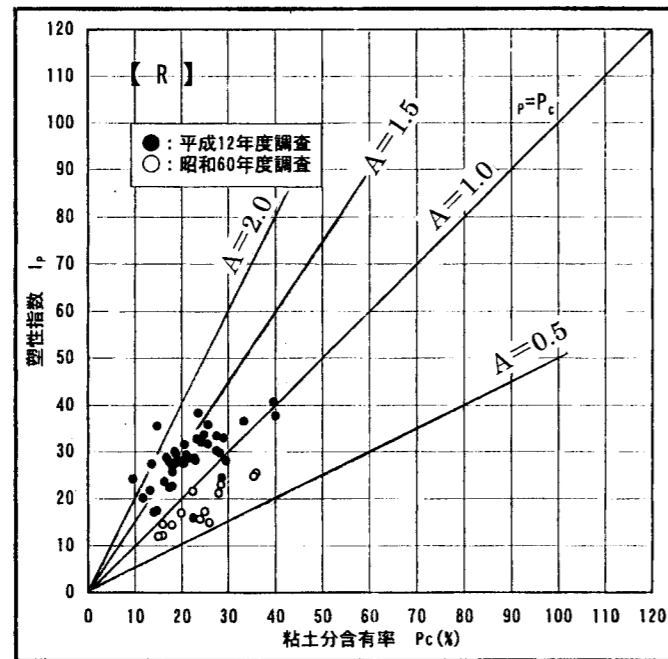
<竹ノ内工業団地の埋土材料の活性度>

活性度は、粘性土の活性の程度を表し、値が大きいほど活性が高いことを示す。国内の港湾地域の粘性土の活性度の例では、大部分が1～2程度を示している。

$$\text{活性度 } A = \frac{IP}{0.005\text{mm 以下の粘土分含有量 (\%)}$$

(IP : 塑性指数)

図一参考3には、竹内工業団地の埋立土層 (R) の塑性指数と粘土分含有率の関係図に活性度を併せ示した。



図一参考3 竹内工業団地の埋立土層、上部沖積層の活性度

(参考) 平成7年兵庫県南部地震を受けて改訂された液状化の判定 (道路橋示方書)

砂質土地盤の液状化判定法および液状化した場合の基礎構造設計の方法については、昭和55年改訂版以降道路橋示方書において、それらの定量的な取り扱い方法が述べられてきた。周知のように、平成7年兵庫県南部地震では湾岸埋立地をはじめとする広範な地域で液状化が発生し、側方流動など液状化に伴う被害が見られた。この地震を契機として、液状化判定法に関しては強い地震動の下では礫を多く含む土や低塑性のシルトでも液状化が生じること、また、比較的密な砂質土でも液状化し得るに各種構造物の液状化判定法が改定された。平成8年12月の改訂の中で、液状化の判定を行う必要がある土層が表5-5.2のとおり粒径分布の範囲が改訂された。表5-5.2の内容を粒径分布で表現したものが図5-5.2である。

今回の地震で液状化現象が顕著に認められた竹内工業団地における埋立土層の粒径分布は、平成7年兵庫県南部地震を契機に広げられた粒径分布よりさらに細粒側でも低塑性(盛土材の液性・塑性試験の結果からは殆どの試験結果がNPとなっている。)な土質であれば液状化の可能性のある土層であることが検証されたことになる。

また、「5-3. 今回の地震による液状化程度の検証」において、再現(推定)された地震動により液状化に対する抵抗率(F_L)が1.0を下回り液状化したと推定される土層の殆どが埋土層であったことも当地震の液状化における最大の特徴と言える。

表5-5.2 平成8年12月の改訂内容 (道路橋示方書)

	改定前	改定後	改訂による影響
粒度の下限値	①平均粒径 $D_{50} \geq 0.02\text{mm}$	①細粒分含有率 $F_c \leq 35\%$ または ②塑性指数 $I_p \leq 15$	礫質土が新たに追加される
粒度の上限値	②平均粒径 $D_{50} \leq 2.0\text{mm}$	③平均粒径 $D_{50} \leq 10\text{mm}$ かつ ④10%粒径 $D_{10} \leq 1\text{mm}$	

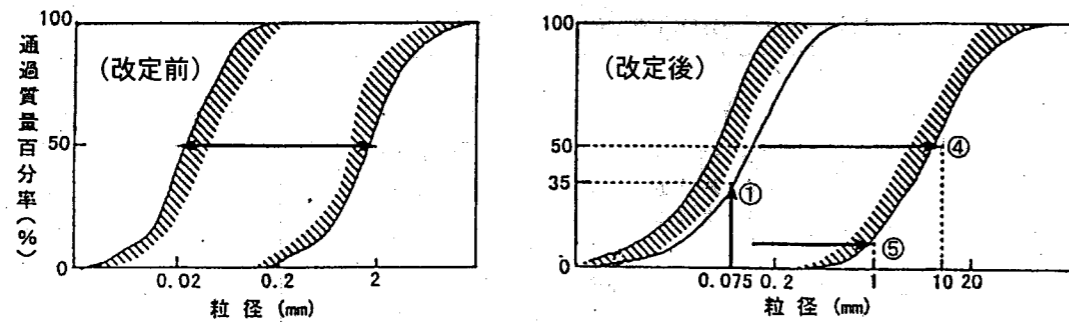


図5-5.2 液状化の判定を行う必要がある土の粒径分布