

# 芸予地震(2001)における広島県の液状化現象に関する一考察

(建築学科)西村光正、門前勝明  
(専攻科)荒川智輝、(福山大学)芳賀保夫

## The Consideration on the Liquefaction of Hiroshima Prefect. in Geiyo Earthquake(2001).

(Department of Architecture) Mitsumasa NISHIMURA and Katsuaki MONZEN  
(Advanced Architecture and Civil Engineering Course)Tomoteru ARAKAWA  
(Fukuyama University)Yasuo HAGA

### Abstract

It was anticipated that the liquifaction was generated in each place by the Geiyo-Earthquake in Hiroshima-Prefect. However, the site point was little. The cause is examined, and the site which generated the liquefaction was surveyed on site, and it observed the situation of the crack and sand boil in the ground. They are reported in this paper.

Key Word:Liquefaction, Sandy ground, Site investigation, Case history  
液状化、砂質地盤、現地調査、事例

### §1. はじめに

地震の被害報告で液状化と呼ばれる現象も現地をよく観察すると次の3種に区分できるようである。

- (1) 地下水面下のゆるい砂層の体積圧縮に起因するいわゆる液状化現象。
- (2) 含水比が液性限界をこえる非塑性または低塑性シルトが振動で液化する現象。
- (3) 埋立土が振動で締固められて表面が沈下し部分的に噴砂、噴泥をとまう現象。

現在、液状化危険度の判定はN値と細粒土含有率によって行っているが、これは液状化に必要な条件の1つを示すもので、実際に発生するかどうかの十分条件を示すものではない。以下鳥取県で発生した液状化事例も参考にして、(1)~(3)の特性を検討する。

### §2. 砂の液状化

#### 2.1 砂の体積圧縮

砂の体積圧縮の生じ易さを示す値として(最大)体積圧縮比を用いるのが便利である。

(最大)体積圧縮比  $\epsilon_{max}$  は

$$\epsilon_{max} = \frac{e_{max} - e_{min}}{1 + e_{max}} \quad \dots (1)$$

ここに  $e_{max}$ : 最大間隙比  $e_{min}$ : 最小間隙比  
いずれも測定は地盤工学会の試験法による。

我国各地の試験結果によると  $e_{max}$ ,  $e_{min}$  の間に次のような関係が見られる<sup>1) 2)</sup>。

$$e_{min} \approx 0.65 e_{max} \quad \dots (2)$$

これより

$$\epsilon_{max} = \frac{0.35 e_{min}}{1 + e_{max}} \quad \dots (3)$$

(3)式は図1のように示され、 $e_{max}$  が大きいほど  $\epsilon_{max}$  が大きくなる様子がわかる。 $e_{max}$  を決める主な要因は砂の形状と均等係数である。

形状と  $e_{max}$  の関係は文献<sup>2)</sup>の測定結果から大略、図2のように示される。粒子が角ばるほど詰まりにくく、 $e_{max}$  が大きくなる様子がわかる。図2には鳥取県西部地震(2000.10.6)で液状化した弓ヶ浜の砂および液状化

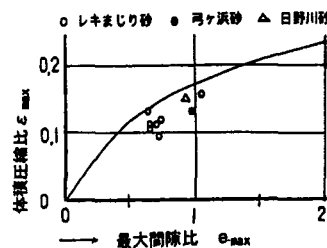


図1 砂の最大間隙比と体積圧縮比  
文献<sup>1) 2)</sup>による

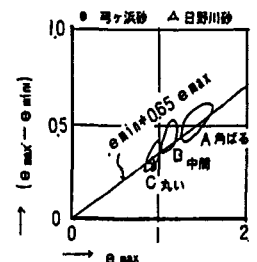


図2 砂の形状と間隙比  
文献<sup>2)</sup>による

しなかった日野川河口砂の試験結果<sup>1)</sup>も併記する。

砂の均等係数は次のように定義される。

$$\text{均等係数 } U_c = D_{60} / D_{10}$$

$D_{60}$  : 60%径  $D_{10}$  : 10%径

文献1)の測定結果では  $U_c$  と間隙比の関係は図3のようになる。図3

には弓ヶ浜砂、日野川河口砂の値も併記する。

$U_c$  が1.5~4.0の間で間隙比、体積圧縮比共に急激に減少する様子がわかる。

図3の結果は図1にも転記しておく。図1の(3)式のグラフは測定値のほぼ上限を示すことができる。

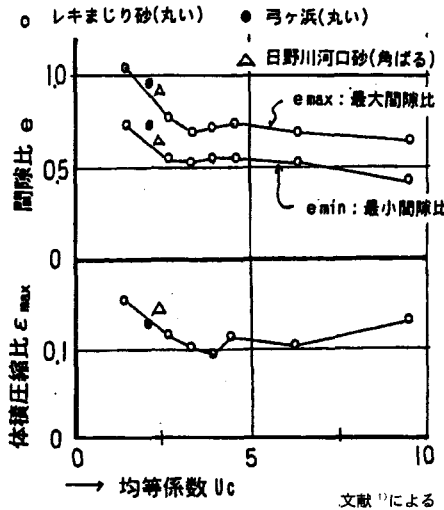


図3 砂の均等係数と体積圧縮比 間隙比e

### 2.2 砂の透水性

砂の体積圧縮が生じて透水性が良ければ間隙水圧の上昇はなく液状化にはならない。

透水係数  $K$  (cm/sec) と透水性の関係は

- $10^{-1}$ 以上 透水性大
- $10^{-1} \sim 10^{-3}$  透水性中位
- $10^{-3} \sim 10^{-8}$  透水性低い

ハーゼン(Hazen)によると<sup>4)</sup>砂の10%径  $D_{10}$  と  $K$  との関係は次のようになる。

$$\text{透水係数 } K = CD_{10}^2 \text{ (cm/sec) } \dots (4)$$

ここに  $D_{10}$  : 10%径 (cm)

$C$  ( $1/\text{cm} \cdot \text{sec}$ ) は均等な砂で150、ゆるい細砂で120、よく締った細砂で70程度である。液状化が問題となるゆるい細砂を考え  $C=120$  とする。主な砂について透水係数の値を示す。

鳥取県西部地震で液状化した細砂の上限  
 $D_{10} = 0.25\text{mm}$   $K = 7.5 \times 10^{-2}$  (cm/sec)

液状化しなかった日野川河口砂  
 $D_{10} = 0.32\text{mm}$   $K = 1.2 \times 10^{-1}$  (cm/sec)

細粒土を10%含む砂  
 $D_{10} = 0.075\text{mm}$   $K = 6.8 \times 10^{-10}$  (cm/sec)

鳥取県西部地震で液状化したシルトの下限  
 $D_{10} = 0.026\text{mm}$   $K = 7.6 \times 10^{-4}$  (cm/sec)

これらの結果から液状化の危険のある砂(シルト)は透水係数中位の範囲のものと考えてよからう。

鳥取県西部地震の際、弓ヶ浜砂では大きな余震が続い

た2日以内に噴砂はおさまったが、竹の内工業団地のシルト質砂では噴泥が1週間程度続いたと云われる。透水性が悪く過剰間隙水圧の消散がおくれたことを示すものと云えよう。

### 2.3 砂の相対密度

砂の相対密度  $D_r$  の定義は次のとおりである。

最もゆるい砂 ( $e_{max}$  に相当) の  $D_r = 0\%$

最も密な砂 ( $e_{min}$  に相当) の  $D_r = 100\%$

$D_r < 1/3$  がゆるい砂、 $D_r > 2/3$  が密な砂でその中間が普通の砂である。自然状態のゆるい砂の  $D_r$  は  $1/4 \sim 1/3$  であり、これが大地震で体積圧縮された後の  $D_r$  は  $1/2 \sim 2/3$  程度である。液状化による砂の体積ひずみは最大体積圧縮比  $\epsilon_{max}$  の  $1/4 \sim 1/3$  程度と考えられよう。 $\epsilon_{max}$  を約0.15とすると体積圧縮量は4~5%以内と推定される。鳥取県西部地震の際の噴砂の少ない地表面の沈下量から砂の体積圧縮量は3~4%程度と推定される。

振動締固めでゆるい砂の体積を8~10%圧縮すると液状化対策に有効であるのはこの理由による。締固め杭打でも5%程度の体積圧縮は容易に実施できるが、同様に液状化対策として有効である。

現在のところ  $D_r$  は  $N$  値 (またはスウェーデン式サウンディング  $N_{sw}$ ) から間接的に推定する他に適当な方法がない。 $N$  値から液状化危険度を判定する方法は各種提案されているが、実際に液状化が起こったかどうかは、現地の観察により確認する必要がある。

### §3. 非塑性、低塑性シルトの液化

日本建築学会の指針<sup>5)</sup>では0.075mm以下の細粒土含有率によって土を区分している。

- 細粒土含有率：
- 0~20% 砂質土、
  - 20~50% 中間土、
  - 50~100% 粘性土

文献6)による弓ヶ浜の砂と大山火山灰粘土の混合土の土質試験結果を図4に示す。

液性限界  $W_L$ 、塑性限界  $W_P$  時の間隙比を最大、最小間隙比  $e_{max}$ 、 $e_{min}$  とみなしている。

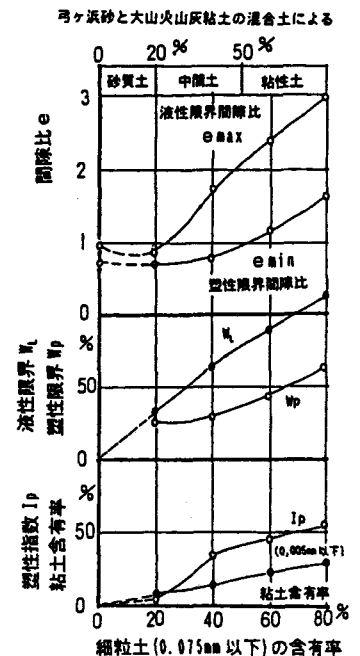


図4 細粒土含有率による土性の変化  
 文献<sup>5)</sup>による

細粒土含有率20%までは $e_{max}$ 、 $e_{min}$ 共に減少し、塑性指数 $I_p$ も5%以下であり、砂質土の延長上にあると見られる。細粒土含有率20%をこえると粘性土の性質が現れるものの30%付近までは $W_L$ 50%以下、 $I_p$ 15%以下となり、ポンプによる埋立シルトなど造成後日の浅い土では自然含水比が $W_L$ をこえてしまう例が多い。

このような土は地震による衝撃でゾル⇔ゲルの変化を繰り返し余震による噴泥が長時間続くことになる。

鳥取県西部地震の際に竹の内工業団地のシルト層では $W_L=40\sim50\%$ 、自然含水比は $W_L$ とほぼ等しい。液化による噴泥は地震後1週間以上続いたという。地震前後の比較では自然含水比が3~5%減少しており、体積圧縮も3~5%生じているものと推定される。

細粒土含有率が35%をこえると液化が起こりにくくなることは文献5)でも指摘されているが、自然含水比が $W_L$ をこえる場合にはこのような土でも液化の危険性があることを考慮する必要がある。

#### § 4. 埋土・盛土の体積圧縮

埋土・盛土は施工後、かなりの期間クリープ沈下が続く。強い振動・衝撃は施工後日の浅い埋土・盛土のクリープ沈下を一気に進行させる。このときの体積圧縮量は転圧良好な盛土でも1~2%、転圧をしていない埋立土では3%をこえるであろう。雨水、地下水の溜まった部分からは噴砂、噴泥が発生することは鉄道の路盤に生じる噴砂、噴泥と同じ現象である。

水深の大きい埋立地へマサ土を投入するだけで十分な締固めを行わなかった場合に、地震時に体積圧縮が起こり、分離された細粒土が地表に噴出する。阪神大震災(1995.1)時の神戸ポートアイランドの噴砂現象はこの区分に入るものであろう。(大塊を含むマサ土のN値は締め具合を正しく表してはいない)

#### § 5. 広島県沖積平野の砂地盤

鳥取県西部地震の事例から液状化の可能性の高いと考えられる粒度範囲を図5のように想定する。

図5には次の事項を併記する。

- (1) 鳥取県西部地震で液化した埋立シルトの主な粒度範囲
- (2) 同地震で液状化した弓ヶ浜砂、液状化しなかった日野川河口砂の粒度<sup>1)</sup>
- (3) 地盤工学会指針による重力排水可能の範囲<sup>4)</sup>

広島県地盤図'97<sup>1)</sup>によると広島県沖積平野の沖積砂層U Sの下底は地表面から8~10m程度である。地表付近の表層U mは厚さ2~3mで堆積粘性土または埋立土

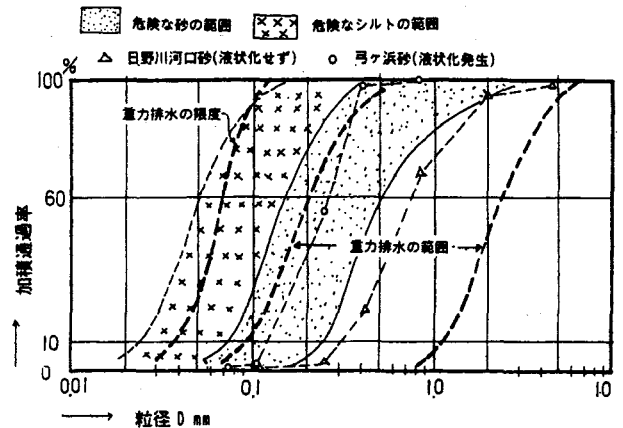


図5 危険な砂・シルトの粒度範囲 文献<sup>1)</sup>ほか

からなる。地盤図からUs層Um層中に図5の危険な粒度範囲の砂(レキ分 $\leq 5\%$ かつ、細粒土 $\leq 10\%$ のもの)の存在する地点を抽出し、その分布図を○印で付図1に示す。特にこの内 $N < 10$ の砂は条件次第では液状化する危険が高く付図1に●印で示す。広島市をはじめ大小の河口三角州の他に崖錐状の海岸低地にもこのような危険地点が広く分布している。全抽出地点の●印の割合は52%にも達する。鳥々の塩田跡地など調査の行われていない地区にもこのような危険地点は存在する筈である。

付図1に示す危険な砂の粒度分布を図6に示す。

図5に示す弓ヶ浜の砂は10%径 $D_{10}=0.12\text{mm}$ 、均等係数 $U_c=2.24$ であるが、図6に見る広島の砂の均等係数の最頻値 $\approx 3.5$ と弓ヶ浜砂の1.5倍近くに達する。

図1、図3から均等係数が大きいと $e_{max}$ が小さく $\epsilon_{max}$ も低下する。結果として広島の砂は弓ヶ浜の砂よりも液状化が起こりにくいのではないかと推定される。

液化の危険度の高い非塑性、低塑性シルトとして自然含水比 $W \geq W_L$ 、 $I_p \leq 10\%$ の範囲を想定し、これらのシルトが沖積砂層と同じ深さまでに存在する地点を付図1に×印で併記する。これらの地点数は多くないものゝ海岸埋立地の他に後背湿地にも分布する。

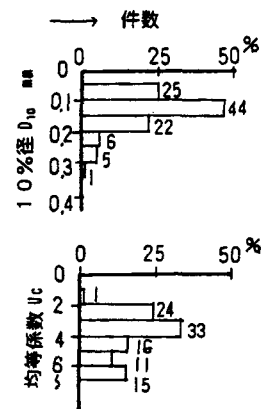


図6 広島県下の危険な砂の粒度分布 (サンプル数157件) 文献<sup>1)</sup>による

#### § 6 芸予地震(2001.3.24)液状化の事例

付図1によると広島県臨海平野全域に液状化の可能性のある地点が分布しているが、今回の地震で実際の液状

化が観察された地点は極めて限られている。その最大の原因は地震の規模が小さく、沿岸部沖積層の地表面加速度が平均的に200~300galと小さかったことがあげられる。

その他液状化を抑制する条件としては次のような事項があげられる。

#### (1) 地下水位の深さ(地盤高さ)

地下水位の深さが地表面から3mをこえると上載圧が液状化をおさえる効果があり、噴砂があっても多くは途中で吸収されてしまう。

一方地下水位が浅く、地表面から液状化層が始まる時には激しい液状化が起る。鳥取県西部地震時の彦名干拓地(米子市)では地表面から液状化が生じ全体が海面のように波打つのが観察されている。

海岸付近では地下水位は潮汐の影響を受ける。

#### (2) 表層(非液状化層)の厚さ

広島特有のマサ土や粘性土を十分転圧した非液状化層が2~3mあると(1)と同様の効果がある。

鳥取県西部地震時の竹の内工業団地(境港市)では、地表面に舗装などの仕上げの行われていない裸地ほど激しい噴砂が発生している。

#### (3) 埋立後の年数

サンドポンプで吐き出された砂は、時間と共にセメンテーションによる効果により、せん断強度が増加して液状化を抑制する。砂質シルトの場合には圧密による体積圧縮のため含水比が低下しせん断強度が増すため、同様に液状化を抑制する。

鳥取県西部地震時の昭和町工業団地(境港市)は竹の内工業団地と同様に施工されたのにもかかわらず、造成年代が20年程度早いため液状化の程度はごくわずかで済んだ。

#### (4) 側方流動の防止

護岸壁や排水路擁壁等のすべり破壊、転倒等による側方流動を防止すれば液状化の引金がひかれずにすむ。

(2)の竹の内工業団地では排水路擁壁のすべり破壊のため壁面から100mの範囲に側方流動が生じ、液状化の被害を増加させている。

液状化の疑いのある事例を含め調査を行ったのは広島県内23地区33地点である。

今回の芸予地震のように小規模な地震であるのに液状化が発生した地点は、これらの抑制効果が働かなかった貴重な事例と考えられる。各事例の詳細は付1に、発生地点は付図1に併記する。噴砂・噴泥の粒度分析の結果は表1に示す。これらの事例からは今後の液状化対策の有益な教訓を得ることができる。

## §7 事例の検討

付表1をもとに液状化発生事例23ヶ所33件について検討する。

### (1) 震度

発生地点のすべてが震度5強である。震度5弱の福山には発生していない。

### (2) 液状化発生場所

すべてが埋立地である。

造成年代は昭和以降28件、大正以前5件である。大正以前の内訳は次のようである。

- ・護岸の押出しが原因と考えられるもの 2件
- ・昭和以降に掘削・埋戻が行われたもの 3件
- 以上から造成後の年代の効果が認められる。

### (3) 液状化の規模

・広域にわたるもの 4件(1(1). 廿日市市阿品埋立地、2. 廿日市市木材港、6. 三菱重工観音グランド、16. 呉高専付近)

- ・中域のもの 7件
- ・局部的なもの 22件
- 全般に小規模のものが多い。

### (4) 護岸壁の押出

護岸壁の押出しにより地表面に噴砂・噴泥を生じたものの8件の内訳は次のようになる。今回は側方流動まではいかなかったものの更に大きな震度では流動の引金になる危険がある。

- ・広域に発生したもの 2件(1(1)廿日市市阿品埋立地、2. 廿日市市木材港)
- ・中域のもの 1件
- ・局部的で収まったもの 5件

文献8)によると観察された護岸の押出量は0~5cmが多い。

### (5) 噴砂、噴泥

噴砂・噴泥の区分と噴出量は次のようになる。

- ・なし 4件
- ・噴砂 8件(多量3件、少量1件、微量4件)
- ・噴泥 14件(多量3件、少量9件、微量2件)
- ・噴砂・噴泥 7件(少量6件、微量1件)

噴砂の内1件、噴泥の内6件は埋立マサ土の細粒分である。噴泥の割合が高く、小規模のものが多い。

### (6) 地割れ、段差、地表面の沈下量

- ・地割れの長さ
  - 10mをこえる(10件)、5mをこえ1m以下(8件)、5m以下(6件)、なし(9件)
- ・地割れの幅
  - 5cmをこえる(1件)、2cmをこえ5cm以下(8件)、2cm以下(15件)、なし(9件)
- ・構造物との段差

20cmをこえる（1件）、10cmをこえ20cm以下（6件）、5cmをこえ10cm以下（7件）、5cm以下（3件）、なし（14件）

・地表面の沈下量

20cmをこえる（3件）、10cmをこえ20cm以下（9件）、5cmをこえ10cm以下（7件）、5cm以下（14件）

地表面沈下量、構造物との段差ともおおむね20cm以下であり、地割れも小規模のものが多い。

(7) 埋立地盤

・埋立後の地盤高（T、P）

3mをこえる（8件）、1mをこえ3m以下（24件）、1m以下（1件）

・地下水他の深さ（平均）

2mをこえる（8件）、2m以下（24件）、

・埋立土の厚さ

2mをこえる（26件（内2件は1m以上））、2m以下（7件）

・埋立土

砂（3件）、砂の上にマサ土（10件）、マサ土（20件）

埋立地盤の標高は3m以下が多く、したがって地下水位も2m以下となる。しかし地震発生時広島湾は干潮で海面は平均潮位よりも1.5m程度低い。液状化発生地点の地下水位も潮位の

影響を受けていつもより低目であった可能性がある（図7参照）。

埋立土の厚さも2m以上が多

く、マサ土を転圧したものが多い。このため液状化の程度が小規模ですんだものと思われる。

サンドポンプではき出した砂は11件あるが、地表面をマサ土でおおうことで液状化の程度を軽減できるようなる。

ただしマサ土の埋立であっても、水深の大きい海面へ十分な締固めを行わずに投入されただけでは体積圧縮による噴砂が発生することは§4で述べたとおりである。

(8) 液状化した地層

・地層の種別（複数回答）

埋立土（埋戻土） 砂（12件）、マサ土（10件）

旧地盤 砂（4件）、シルト（15件）

・液状化の種別（複数回答）

砂の液状化 14件（内埋立土12件）

シルトの液化 15件

埋立土の圧縮 10件

液状化した地層は埋立土が過半を占める。特に液状化の激しかった地点をあげると次のようになる。

1(1)、(2) 廿日市阿品団地、廿日市木材港

サンドポンプ埋立砂の上をマサ土でおおう。護岸の押し出しが引金となって地割れ噴砂が発生。

6 三菱重工観音工場グラウンド

地表面までサンドポンプ埋立砂

16 呉高専付近一帯

埋立マサ土の薄い部分には著しい噴泥が発生。建物の部分は海底シルトをマサ土で置換えたので噴泥なし。

(9) 構造物の損傷

・損傷の程度

なし（11件）、軽微（17件）、中破（2件）・・・

（19 三原新幹線、23(1) 大柿町住宅）

杭打の建物は周辺地盤との段差を生じたものの沈下・不同沈下は見られない。

軽微な損傷は次のようである。

\* 舗装の段差、地割れ

\* 杭の無い木造建物の不同沈下および壁のきれつ

中破を生じたのは三原駅西1.5km付近のJR新幹線高架（鉄筋コンクリートラーメン構造）である。損傷は柱の中間をつなぐはりに生じたせん断きれつであるが、応急処理を行い列車は正常に運行されている。地盤高が低い（上載圧が小さい）部分にだけ発生しており、埋立土の下は後背湿地の有機シルト（もとは水田であった）である。

地割れ、噴泥は生じていないもののこの有機シルトが液化したことにより杭の水平抵抗力が低下、架構の変形が増加したため、スパンの短いつなぎばりが変形に耐えられずせん断きれつが発生したものであろう。これも一種の液状化被害と考え調査結果に収録した。

大柿町飛渡瀬では埋立マサ土が薄く、旧水田のシルトの液化のため木造住宅に不同沈下を生じた。ただし、損傷建物は老朽化しており基礎も簡易に造られているように見える。

## §8 まとめ

広島県臨海平野は液状化の危険度の高い地盤でありながら今回の地震による被害が少なかったのは次のような原因によると考えられる。

・震度が5強にとどまった。

・造成後の年数を経ている（多くは大正以前）。

・砂の粒度、粒径が液状化の起こりにくいものである。

・地表面が厚さ2m以上の非液状化層（主に転圧されたマサ土）におおわれている。

・護岸壁の押出量がわずかであり、側方流動が生じていない。

・地震発生時広島湾は干潮であり、地下水位が低下していた。

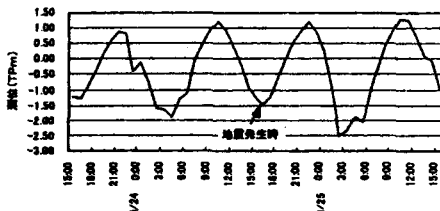


図7 地震前後の広島市草津港付近の潮位  
（中国地方整備局大田川工事事務所提供）

液状化は旧海底土よりも埋立土自体に多く発生しており、次の原因があげられる。

- ・埋立土の締固め不足。
- ・地表面をおおう非液状化層厚の不足。
- ・護岸の押出しによる地割れが液状化を誘発。

噴砂だけでなく噴泥も多く発生しており、地表面付近の含水比の高い非塑性シルトにも注意が必要である。

(参考文献)

1. 砂地盤の性質と基礎の設計 79、日本建築学会中国支部基礎地盤委員会編
2. Takeaki Fukumoto 他、Investigation of Shear Characteristics of Natural Sand in Japan.、地盤工学会論文報告集 1999.2、pp.113~120
3. 鳥取県西部地震(2000.10.6)災害資料、中国地方基礎地盤研究会2001.1(芳賀保夫:竹内工業団地内建物の液状化被害調査, 2001.3)
4. 地盤工学会, 土質試験法の透水性の項参照
5. 日本建築学会、建築基礎構造設計指針 1988
6. 松浦・芳賀、粘土・砂混合土の圧縮性、日本建築学会中国支部研究報告、第7巻2号 1980.3、pp.121~124
7. 広島県地盤図'97、中国地方基礎地盤研究会、広島県建築士会、他
8. 地盤工学会、平成13芸予地震災害緊急調査速報、土と基礎 2001.6、pp.35~38
9. 日本建築学会中国・四国支部、平成13年芸予地震被害調査速報会資料

表1 噴砂・噴泥の粒度 文献<sup>8)</sup>(○印)<sup>9)</sup>より判読

No.	場所	粒度分布 %			D <sub>10</sub> mm	D <sub>60</sub> mm	U <sub>c</sub>
		G	S	M+C			
○ 2 (1)	廿日市木材港南	8	80	12	0.06	0.24	4.0
(2)	〃	10	88	2	0.13	0.54	4.2
(3)	〃	28	72	0	0.23	1.30	5.7
○ 5	観音新町運動広場	0	93	7	0.09	0.33	3.7
○ 6 (1)	観音三菱重工グラウンド	0	92	8	0.08	0.29	3.6
(2)	〃	0	97	3	0.125	0.35	2.8
○ 15	呉市宝町	0	65	35	0.03	0.12	4.0
○ 17	仁方棧橋	10	78	12	0.06	0.60	10.0

G: 粒径2mm以上 S: 粒径2~0.075mm M+C: 粒径0.075mm以下  
 D<sub>10</sub>: 10%径 D<sub>60</sub>: 60%径 U<sub>c</sub>=D<sub>60</sub>/D<sub>10</sub>: 均等係数



1(2) 阿品高層マリナタウン 建物前の噴砂と手前の地割れ



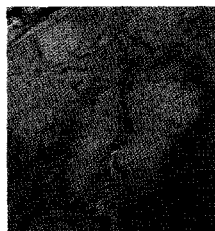
2 廿日市木材港 地割れと噴砂



3 廿日市中学校グラウンド バレーコートでの噴砂



4 草津港岸壁の陥没 道路補修部が長さ150m、40cm陥没



5 南観音運動広場の 噴砂



10 中広製材用地の噴砂



14 呉ポートピアパーク 南門入り口付近、40cm陥没



15 宝町埋立地 敷地敷力所に噴泥跡



16(1) 呉高専南門付近 道路が噴泥で真っ白、舗装が浮き上がり



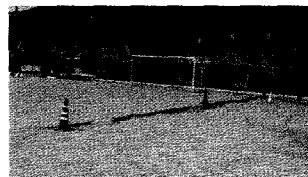
16(1) 呉高専テニスコート 地割れと噴泥



16(1) 呉高専陸上競技場 トラック横の噴泥跡の穴



16(1) 呉高専合宿研修所前 晴天なのにプールとなった



16(2) 阿賀小学校グラウンド 地下構造物の周り18cm沈下



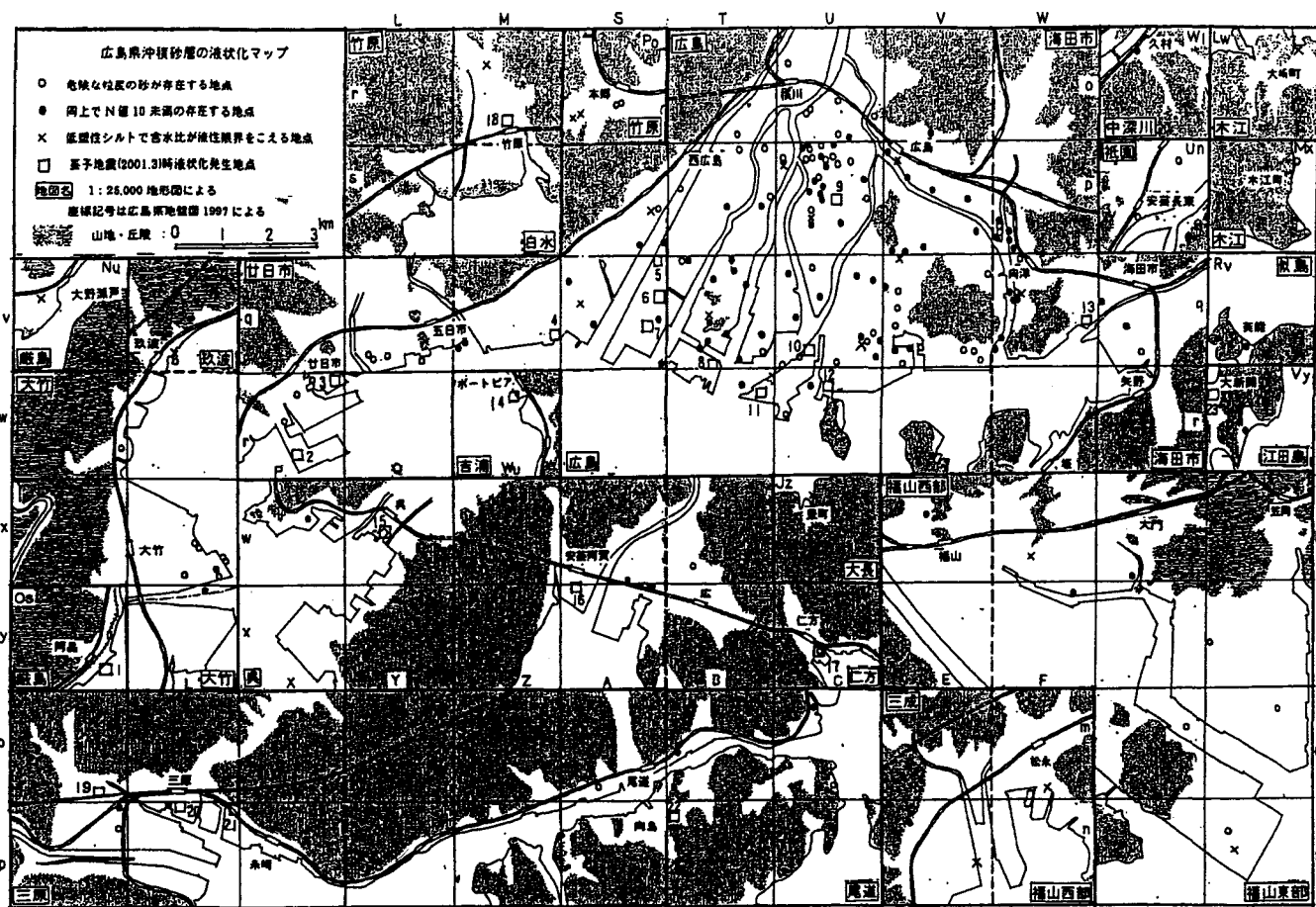
16(4) 広鶴堂前 煉瓦を突き破り噴泥、付近20cm沈下



17 仁方棧橋通り 公園前の道路の噴砂



18(1) フジタビル駐車場前 噴砂、建物周囲も20cm位沈下



付図1 広島県沖積砂層の液状化マップ

付1 液状化事例調査結果

No.	調査場所	造成年代 付近住居区	液状化				埋立土			液状化した地層 液状化の種類	調査物損傷程度 備考
			範囲 影響半径	噴砂 噴出量	地割れ (最大値) 長さ	液漏 (最大値) 埋立土下量	地盤高 T.P 地下水位	厚さ 土質	サンド ポンプ		
1	* 住宅団地内道路 (1) 廿日市市阿品3丁目2-16	昭和 広島Ot 7	広域	噴砂・噴泥	10m	0~5cm	1~3m	2m以上	○	埋立砂、海底シルト 砂の液状化、シルトの液化	軽微 石垣のキレツ幅5cm
2	* 高層住宅マリナタウン (2) 廿日市市阿品3丁目1	昭和 広島Ot 7	局部的	噴砂	30m	25cm	1~3m	2m以上	○	埋立砂 砂の液状化	軽微 擁壁の裏込め土の沈下
2	* 海岸道路、緑地帯 廿日市市木材港南2-5	昭和 廿日市Pr 18, 19	広域	噴砂 <sup>1</sup>	10m以上	5~10cm	1~3m	最大10m以上	○	埋立砂層 砂の液状化	軽微
3	* 廿日市中学校グラウンド 廿日市市桜尾3丁目9	大正、明治 廿日市Pr 1	局部的	噴泥	20m	—	1~3m	2m以上	—	埋立マサ土 埋立土の圧縮沈下	なし 噴泥はマサ土の細粒分
4	* 草津海岸壁 広島市西区草津港2-7	昭和 広島Rq 32	中域	—	100m	40cm	3m以上	最大10m以上	○	埋立マサ土 埋立土の圧縮沈下	なし
5	* 南観音運動広場 広島市西区観音新町2丁目	昭和 広島Sq 21	局部的	噴砂・噴泥	13m	—	1~3m	2m以上	○	埋立砂、海底シルト 砂の液状化、シルトの液化	なし
6	* 三菱重工観音工場グラウンド 広島市西区観音新町4丁目	昭和 広島Sq 21	広域	噴砂 <sup>1</sup>	10m	—	1~3m	2m以上	○	埋立砂、海底砂 砂の液状化	なし
7	* 山陽高校グラウンド 広島市西区観音新町4丁目	昭和 広島Sq 30	局部的	噴砂・噴泥	5m	—	3m以上	2m以上	○	埋立砂、海底シルト 砂の液状化、シルトの液化	なし
8	* 三菱重工江波工場グラウンド 広島市中区江波中町	昭和 広島Tq 45	局部的	噴砂	20m	5~10cm	3m以上	2m以上	○	埋立砂、海底砂 砂の液状化	なし
9	* 三井ガーデンホテル前側道 広島市中区中町9	江戸以前(埋戻は昭和) 広島UpI 53	局部的	—	10m	10cm	1~3m	2m以上	—	埋戻土(マサ土) 埋戻土の圧縮沈下(締固不足)	軽微
10	* 中広製材用地(空地) 広島市南区出島1丁目27	昭和 広島Uq 69	局部的	噴砂・噴泥	5m	0~5cm	3m以上	2m以上	○	埋立砂、海底シルト 砂の液状化、シルトの液化	なし
11	* 出島集会所 (1) 広島市南区出島2丁目14	昭和 広島Tr 11	局部的	噴砂・噴泥	5m	0~5cm	3m以上	2m以上	○	埋立砂、海底シルト 砂の液状化、シルトの液化	軽微

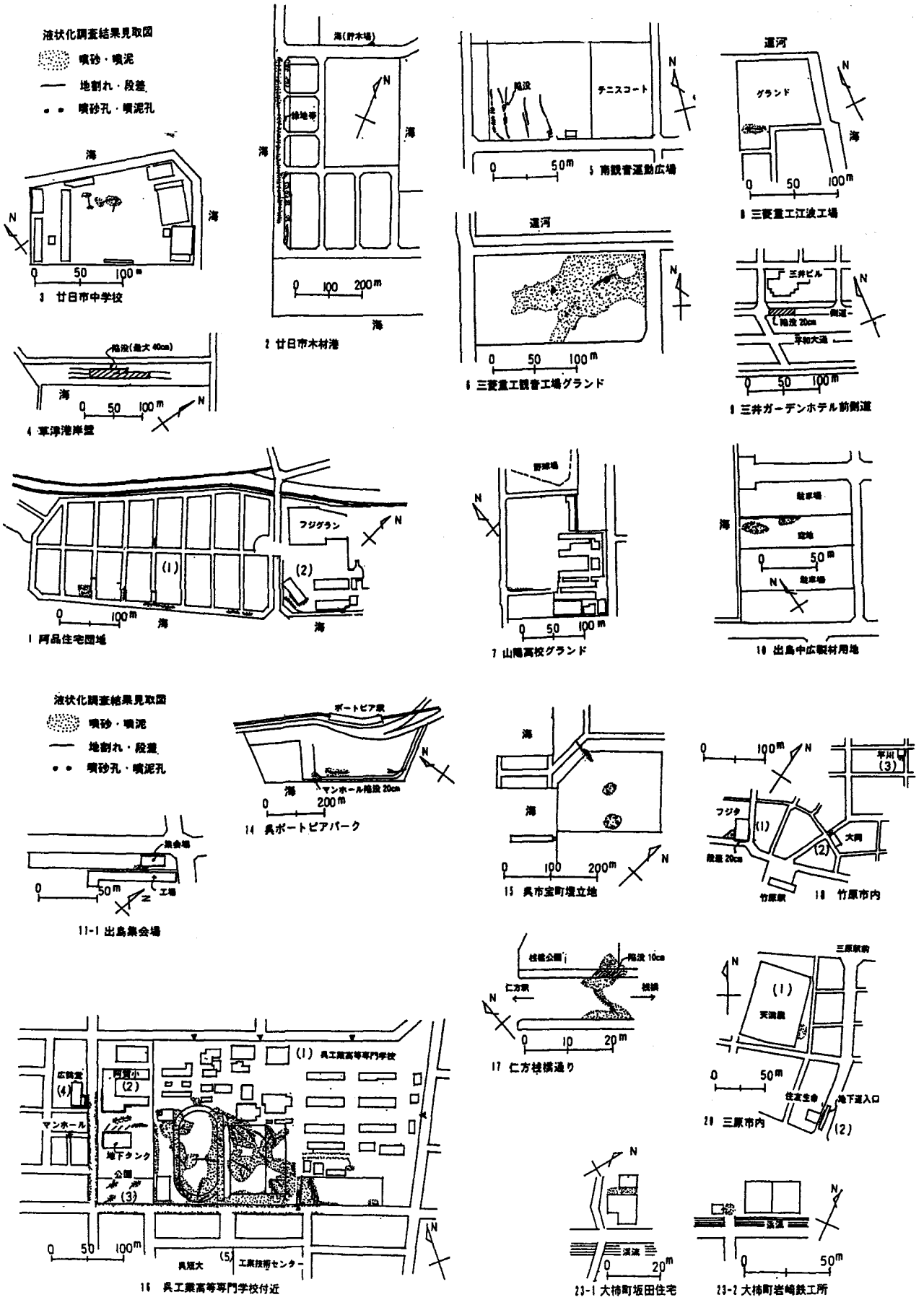
No.	構造物 場所	造成年代 付近柱状図	液状化				埋立土			液状化した地層 液状化の種類	構造物損傷程度 備考
			範囲 液状化 範囲	噴砂・噴泥 噴出量	地割れ (最大値) 長さ	液面 (最大値) 地盤面 沈下量	地盤高 T.P 地下水位	厚さ 土質	サント ポンプ		
11 (2)	出島西公園 広島市南区出島2丁目	昭和 広島Tr 13	局部的 —	噴砂・噴泥 少量	15m 1cm	— 0~5cm	3m以上 2m以深	2m以上 砂の上にマサ土	○	埋立砂、海底シルト 砂の液状化、シルトの液化	なし
12	宇品保宮棧橋付近舗装他 広島市中区宇品海岸4丁目	昭和 広島Ur 15	局部的 ○	噴砂 微量	1m 1cm	— 0~5cm	1~3m 2m以浅	2m以上 砂の上にマサ土	○	埋立砂 砂の液状化	なし
13	瀬野川河口埋立地調 広島市安芸区船越南5丁目	大正、明治 海田市Wq 46	局部的 ○	噴砂 微量	— —	— 5~10cm	1~3m 2m以浅	2m以上 砂の上にマサ土	○	埋立砂 砂の液状化	軽微 不同沈下5~10cm
14	* 呉ポートピアパーク舗装 呉市天応大浜3丁目	昭和 吉浦Wu 1~5	局部的 ○	噴泥 少量	20m 3cm	20cm 10~20cm	1~3m 2m以深	最大10m以上 マサ土	—	海底シルト シルトの液化	軽微
15	* 呉市宝町埋立地 呉市宝町	平成 呉Yw 54	局部的 —	噴泥 <sup>1)</sup> 少量	7m 5cm	— 20cm以上	1~3m 2m以浅	10m以上 マサ土	—	埋立マサ土 埋立土の圧縮沈下(締固不足)	なし 噴泥はマサ土の細粒分
16	* 呉工業高等専門学校構内 (1) 呉市阿賀南2丁目	昭和 呉Ax 2	広域 —	噴泥 多量	40m 2cm	5~10cm 10~20cm	1~3m 2m以浅	2m以上 マサ土	—	海底シルト シルトの液化	軽微 建物部分はマサ土で置換
	* 阿賀小学校構内 (2) 呉市阿賀南2丁目	昭和 呉Aw 23	中域 —	噴泥 多量	25m 2cm	15~20cm 10~20cm	1~3m 2m以浅	2m以上 マサ土	—	海底シルト シルトの液化	軽微
	* 阿賀児童公園 (3) 呉市阿賀南2丁目	昭和 呉Aw 23	局部的 —	噴泥 微量	4m 1cm	— 0~5cm	1~3m 2m以浅	2m以上 マサ土	—	海底シルト シルトの液化	なし
	* 広鶴堂前道路 (4) 呉市阿賀南2丁目	昭和 呉Ax 1	中域 —	噴泥 多量	10m 2cm	10~15cm 10~20cm	1~3m 2m以浅	2m以上 マサ土	—	海底シルト シルトの液化	軽微
	(5) 工業技術センター、呉短大構内 呉市阿賀南2丁目	昭和 呉Ax 2	中域 —	— —	— —	15~20cm 10~20cm	1~3m 2m以浅	2m以上 マサ土	—	埋立マサ土 埋立土の圧縮沈下	軽微
17	* 仁方棧橋通り道路他 呉市仁方棧橋通り	昭和 仁方Cx 20	局部的 —	噴砂 <sup>1)</sup> 微量	6m 2cm	10cm 5~10cm	1~3m 2m以浅	2m以上 マサ土	—	埋立マサ土 埋立土の圧縮沈下	軽微 噴砂はマサの細粒分
18	* フジタビル (1) 竹原市中央4丁目2-1	昭和 竹原Mr 9	中域 —	噴砂 多量	10m 2cm	15~20cm 10~20cm	1~3m 2m以浅	2m以上(塩田跡) マサ土	—	塩田砂 砂の液状化	軽微 出入口開閉不良 浄化槽キレツ
	* モード大岡 (2) 竹原市中央1丁目3-7	昭和 竹原Mr 9	局部的 —	噴泥 少量	— —	— 0~5cm	1~3m 2m以浅	2m以上(塩田跡) マサ土	—	埋立マサ土 埋立土の圧縮沈下	なし 噴泥はマサの細粒分
	* 平川生花店 (3) 竹原市中央2丁目11-20	昭和 竹原Mr 9	局部的 —	噴泥 少量	— —	— 0~5cm	1~3m 2m以浅	2m以上(塩田跡) マサ土	—	埋立マサ土 埋立土の圧縮沈下	なし 噴泥はマサの細粒分
19	新幹線高架 三原市宮浦町2丁目	昭和 三原So 5~7	中域 —	— —	— —	— 0~5cm	0~1m 2m以浅	2m以下(水田跡) マサ土	—	後背湿地のシルト シルトの液化	中破、つなぎばりのせん断 きれつ、地盤面の低い所に 発生
20	* 天満屋前広場 (1) 三原市城町1-3-1	江戸以前(埋戻は昭和) 三原Tp 8	局部的 —	噴泥 少量	— —	— 5~10cm	1~3m 2m以浅	2m以下 マサ土	—	埋戻土(マサ土) 埋立土の圧縮沈下(締固不足)	軽微 噴泥はマサの細粒分
	* 住友生命前歩道 (2) 三原市城町1-5-9	江戸以前(埋戻は平成) 三原Tp 8	局部的 —	噴泥 少量	— —	10cm 10~20cm	1~3m 2m以浅	2m以下 マサ土	—	埋戻土(マサ土) 埋立土の圧縮沈下(締固不足)	軽微 噴泥はマサの細粒分
21	木造2階建住宅 三原市寿町	昭和 三原Tp 16	局部的 —	噴泥 微量	— —	— 5~10cm	1~3m 2m以浅	2m以下 マサ土	—	海底シルト シルトの液化	軽微 ドア開閉不良
22	住宅街路地(木造住宅) 向島町東富沢尾道工業高南	昭和 尾道Yp 3	中域 —	噴砂・噴泥 微量	10m 2cm	— 0~5cm	1~3m 2m以浅	2m以下(塩田跡) マサ土	—	海底の砂、シルト 砂の液状化、シルトの液化	軽微 壁キレツ幅最大3cm 出入口開閉不良
23	* 坂田住宅 (1) 大柿町飛渡瀬2436	昭和 —	局部的 —	噴泥 少量	— —	— 10~20cm	3m以上 2m以浅	2m以下 マサ土	—	水田のシルト シルトの液化	中破 木造住宅の不同沈下
	* 岩崎鉄工所車庫前 (2) 大柿町飛渡瀬3019	昭和 —	局部的 —	噴泥 少量	0.5m 1cm	5~10cm 5~10cm	3m以上 2m以浅	2m以下 マサ土	—	水田のシルト シルトの液化	なし

- 注 1) 各地の震度は5強である。  
 2) №に\*の付いたものは見取図のあるもの  
 3) 付近柱状図は広島県地盤図<sup>97</sup>(文獻7)による  
 4) 噴砂・噴泥に\*の付いたものは噴砂の粒度分析資料のあるもの(表1)  
 5) T.Pは東京湾中等潮位(標高)

情報提供者、引用資料

- №3 廿日市市教育総務課 №12.13 文獻<sup>11</sup>による  
 №5 広島市西区スポーツセンター岩井氏 №21 塩見設計 佐藤 正孝氏  
 №6 中国新聞2001.3.25日付による №22 福山大学 寺井 雅和氏  
 №8 三笠重工 吉田 優氏 中森 康博氏 №23(1) 呉高専 福原 安洋氏





付図2 液状化結果見取図