

JGCA

# 日本ってどんな国 ～液状化に学ぶ～

●：過去の液状化地点

(社)全国地質調査業協会連合会

# 1. 液状化ってどうして起こるの

東日本大震災では、千葉県浦安市など東京湾沿岸部えんがんぶを中心に液状化の被害が問題になりました。住宅の被害は関東地方だけで一万七千棟むねにのぼるといわれ、史上最大級の液状化被害が発生したといえます。このような液状化現象は、どうして起こるのでしょうか。

## ● 液状化現象が起こりやすい場所

大きな地震が起きた時、海や川に近い平らな地面が広がる場所では、地面に砂が吹き出した液状化現象を見つけることができます。

液状化現象は、地下水が地面の近くにあり、さらに締めしまりのゆるい砂地盤で起こりやすいことが分かっています。

海や川の近くは、地下水が地面の近くにあることが多く、また、昔、海や川から運ばれてきた砂が積もって出た場所であったり、ゆるい地盤の埋立地であることが多いため、液状化現象が起こりやすいのです。

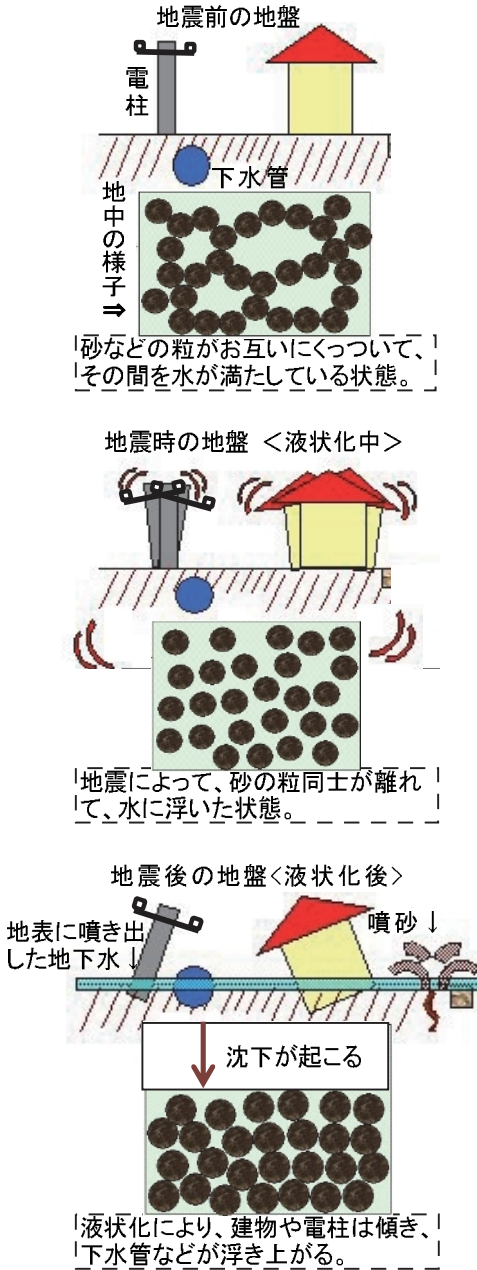


## ●液状化現象が起こるしくみ

砂でできた地盤は、日ごろは、砂の粒どうしがくつき支えあっているので、地面の上に重たい家を建てても沈んだりはしません。

しかし、地震が発生すると、くついていた砂は、バラバラとなり地下水の中をフワフワと泳ぎだすような状態になります。これを液状化といいます。

砂の粒どうしの支えがなくなることによって地盤は液体のような状態になります。すると、重たい家は沈みだし、空洞の軽い下水管は浮き上がるなどのさまざまな現象が起こるのです。



### 液状化のメカニズム

(国土交通省北陸地方整備局HPに加筆)

## 2. 地盤の液状化によって生じる被害

### ●液状化によって生じる被害のしくみ

地震によって液状化現象が起ると、文字通り地盤が液体(泥水)のようになり、様々な被害が引き起こされます。

地盤が液体のようになると、地震前の地盤の強さが無くなり、それまで地盤が重い物を支えていた力(支持力)を失います。このため地盤に直接建てられた直接基礎ちやくせつきその建物や電柱などが沈下や傾斜を起おこします。また、地中に埋設まいせつされている下水管やマンホールのように空洞の軽い構造物は、液体のようになった土の大きな浮力を受けて浮き上がります。

さらに、液状化した後には、地盤から土や水が排出されることによって地盤の体積が減少げんしょうし、地盤が広域に沈下することがあります。

また、地盤が液体のようになると、土の粒がお互いに支えあう力も失うため、河川や海



東日本大震災における浦安市内の噴砂  
(地盤工学会 HP)

岸に近いところでは地盤が横方向に流れ出すこともあります。

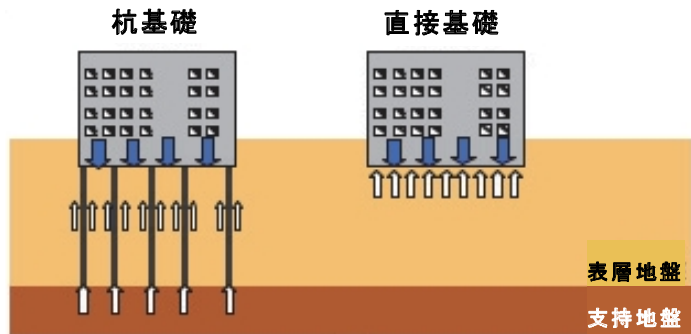
そくほうりゅうどう

このような現象を「地盤の側方流動」と言い、河川や海岸の近くに設置されている建物や橋の橋台などが被害を受ける原因となります。

### ●液状化によって大きな被害をもたらした地震

地盤の液状化が広域にわたって大きな被害をもたらした代表的な地震として、新潟地震（1964年）、日本海中部地震（1983年）、千葉県東方沖地震（1987年）、兵庫県南部地震（1995年）、そして、東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）（2011年3月11日）があります。

新潟地震では、液状化によって信濃川の近くにあったアパートが大きく傾いたり、横倒しになりました。また、震源に近い阿賀野川の脇にある新潟空港では、滑走路が津波と液状化により冠水かんすいしました。



杭基礎と直接基礎（西松建設 HP）

このように、地盤の液状化による被害の大きいことが日本で初めて認識された新潟地震をきっかけとして、液状化の発生メカニズムや対策に関する本格的な研究が始められました。

## ●液状化によって生じる代表的な被害

### 噴砂などの被害

地震によって地中の土が水とともに吹き出してくる現象を噴砂と言い、噴砂が起こると写真のように大量の砂が地面にクレーター状に溜まります。

地震によって生じる噴砂は、地表面付近が液状化を起こした場合に見られる現象です。地盤の深いところで液状化が起こった場合、噴砂は起こりませんが、地盤沈下などの原因となります(2ページおよび21ページ参照)。

東日本大震災では、千葉県<sup>ほっだい</sup>の埋立地で膨大な量の噴砂が生じ、砂の撤去<sup>てっきよ</sup>に長い時間がかかりました。



千葉県東方沖地震によるクレーター状の噴砂跡  
(応用地質)

## 建物の傾斜と転倒

液状化による地盤沈下では、沈下量にバラツキが起きやすく、直接基礎の建物が傾斜する原因となります。沈下の原因は、前にも述べたように地盤の体積の減少と土の流出などです。

一戸建て住宅では、建物が傾くことによってドアや窓が開かなくなったり、傾斜が大きな場合には気分が悪くなることもあります。

一方、鉄筋コンクリート造のような重い建物では、写真のアパートのように地盤が支える力を失って転倒するような大きな被害が生じます。新潟地震の液状化による建物の被害を経験してから、わが国では建物の設計時に必ず液状化の判定をして、液状化の危険があると判定された場合には、杭基礎くいきせや地盤改良（16ページ参照）などの対策を行うようになりました。



新潟地震の液状化によるアパートの転倒  
(新潟県土木部)

## 地盤沈下による建物の抜上り ぬけあが

液状化によつて地盤が沈下すると、直接基礎の建物は傾斜や沈下を生じますが、杭基礎の建物では地盤が沈下しても建物自体を杭が支えているために沈下しません。このため、見かけ上、建物が浮き上がったようになります。これを「ぬけあが抜上り」と言います。

この時、杭基礎の建物自体には損傷は生じませんが、写真のように建物に付いている直接基礎の昇降口などが損傷を受けることがあります。

## 河川堤防や道路などの盛土の被害

液状化が発生すると、土を盛って作られた盛土は、地盤や盛土自体の液状化によつて沈下するとともに、地盤が盛土の重さで横方向に移動することによつて元の形を残さな



日本海中部地震による  
堤防の液状化被害  
(応用地質)



東日本大震災による  
建物の抜上りと傾いた昇降口  
(地盤工学会 HP)



いくらかの被害を受けることがあります。

河川堤防の場合は、地震によって堤防が損傷を受けた後に、大雨などによる洪水が起きると大きな二次災害をもたらしになりますので耐震対策が必要でたいしんす。

同様に、道路の盛土も液状化によって大きな損傷を受けると通行不能となり、地震後の復旧・復興の大きな妨げとなるため耐震対策が必要です。

### 下水道などの埋設管の被害

液状化が発生すると、地表に設置されている重い物は沈下し、地中に埋設されたマンホールや下水管、水道管、ガス管などの空洞の軽いものは浮き上がろうとします。このため、大きな障害が生じます。しよがひ



新潟地震によるマンホール・下水管の浮き上がり  
(応用地質)

### 3. 自分の住んでいる地域は大丈夫？

地震じしんが起おきたら、自分の住んでいる地域は液状化きけんの危険があるのか？ 家は大丈夫だろうか？ 生活に問題は起おこらないのだろうか？ など、不安なことだらけです。

私たちは、自分の住んでいる地域のことを、何も知らないことに驚おどろかされます。そんな疑問ぎもんに答えてくれる情報を入力するには、どうしたら良いか考えてみましょう。

しかし、そんな情報だけをうのみにすることは危険であり、最終的には、地下じぼんの地盤情報じばんを手に入れ、細けんとうかに検討することが必要となります。

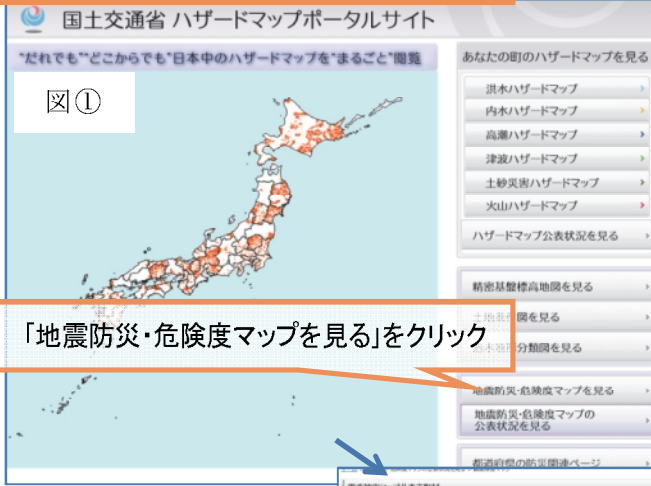
#### ●液状化ハザードマップ（液状化予測図）

都道府県や市区町村では、液状化の危険度や想定される地震による液状化の発生予測が行われています。平成24年4月現在、液状化ハザードマップを公表しているのは40都府県、そのうち31都府県ではインターネットで情報が公開されています。さらに、市区町村レベルでは、281市区町村で液状化ハザードマップが公開されており、そのうち213市区町村ではインターネットで情報が公開されています。

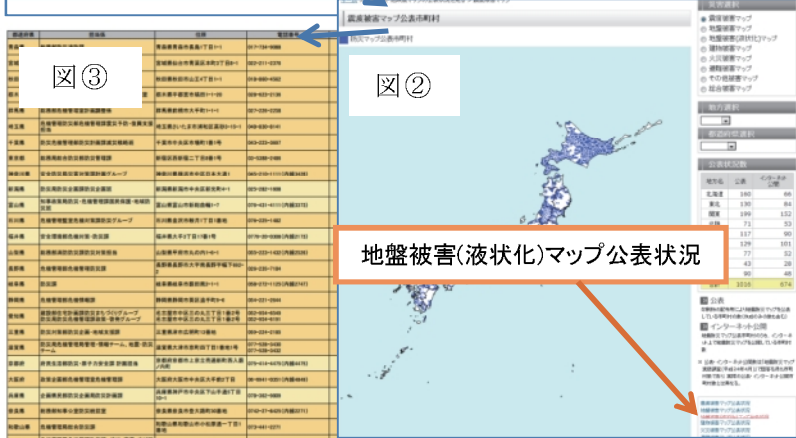
「国土交通省ハザードマップポータルサイト」を開く  
<http://disaportal.gsi.go.jp/>

都道府県の  
 液状化マップ  
 検索手順

左は、「国土交通省ハザードマップポータルサイト」から公開されている都道府県の「液状化ハザードマップ」を見る方法です。



「地震防災・危険度マップを見る」をクリック



地盤被害(液状化)マップ公表状況

左の一覧表から都道府県を選び、「公開 URL を開く」をクリックすると、都道府県の防災ホームページが表示される。

液状化ハザードマップのインターネット検索の手順

## 市町村の液状化マップ検索手順

④

「地盤被害(液状化)マップ」をクリック

⑤

⑥

図④で左の図④のように「地盤被害(液状化)マップ」をクリックします。画面が図⑤に変わったらマウスを東京付近に持って行くと「関東地方」と表示されます。ここでクリックすると図⑥に変わります。続いて東京都をクリック、最後に江戸川区をクリックします。

図④

地方選択	公表状況	インターネット公表
北海道	160	66
東北	130	84
関東	199	133
中部	71	53
中国	117	90
四国	129	101
九州	77	52
合計	43	28
九州	90	48
合計	1016	674

図⑤

地方選択	公表状況	インターネット公表
北海道	8	7
東北	13	8
関東	86	59
中部	27	20
中国	66	55
四国	39	29
九州	4	2
合計	16	8
九州	11	7
合計	243	213

図⑥

都道府県名	公表	インターネット公表
元郷市	3	1
船木町	0	0
野原町	0	0
坂玉町	50	48
千原町	26	18
東茅渚町	6	6
神奈川町	8	6
山崎町	3	1
合計	96	80

次は、市町村の液状化マップを見る方法を、江戸川区を例に説明します。前のページ図②で左の図④のように「地盤被害(液状化)マップ」をクリックします。画面が図⑤に変わったらマウスを東京付近に持って行くと「関東地方」と表示されます。ここでクリックすると図⑥に変わります。続いて東京都をクリック、最後に江戸川区をクリックします。

## ●日本の液状化履歴マップ745～2008（平成23年3月 東京大学出版会）

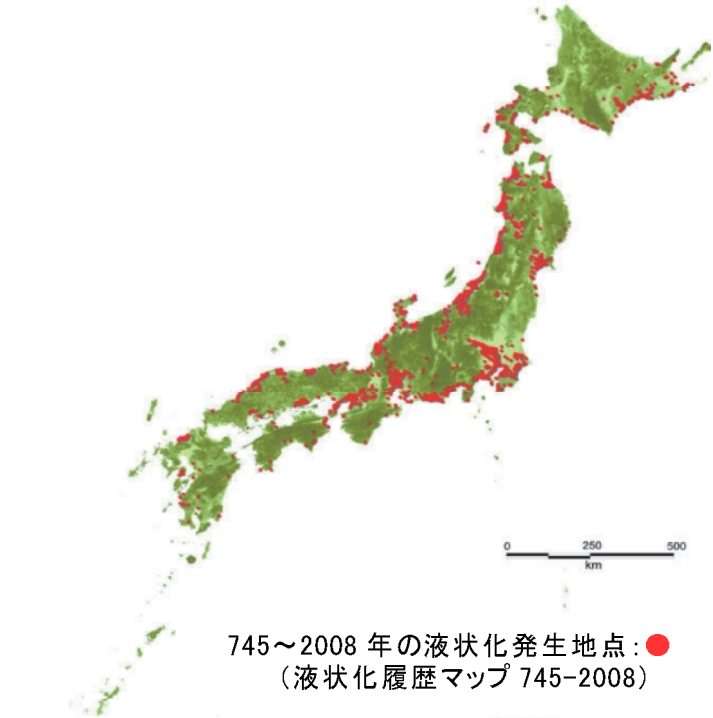
この本は、745年～2008年の150回の地震により発生した1万6688件の液状化記録と、縮尺5万分の1で示された分布図が収録されています。次のページに、日本全国の液状化発生箇所<sup>しゅうじょうくわ</sup>の分布図を示します。

一般に、液状化は同じ場所で繰り返<sup>く</sup>し起こる可能性が高く、過去の履歴は重要な情報です。しかし、海岸や河川や池の埋立<sup>うめた</sup>て等により地形が変えられ、軟弱<sup>なんじやく</sup>な地盤が新たに形成されている場合もあるので、付近で液状化が発生していないからと言って安心は出来ません。知りたい場所で、どんな工事がされたかということも、大切な情報です。

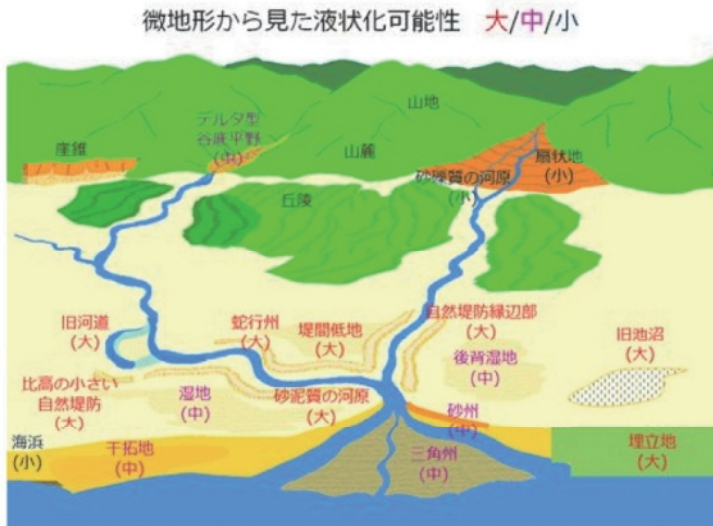
## ●地形分類による液状化危険度の判定方法

「地形・地盤分類メッシュマップ」を利用して、地形のわずかな違い<sup>びちがい</sup>（微地形区分）から、液状化危険度を評価する方法も研究されています。この研究により、危険度<sup>すいてい</sup>の推定が細かく評価<sup>ひょうか</sup>できるなど、ハザードマップの空白<sup>くうはくちいき</sup>地域を含めた、高精度<sup>こうせいど</sup>な液状化ハザードマップの作成が進むことが期待されています。

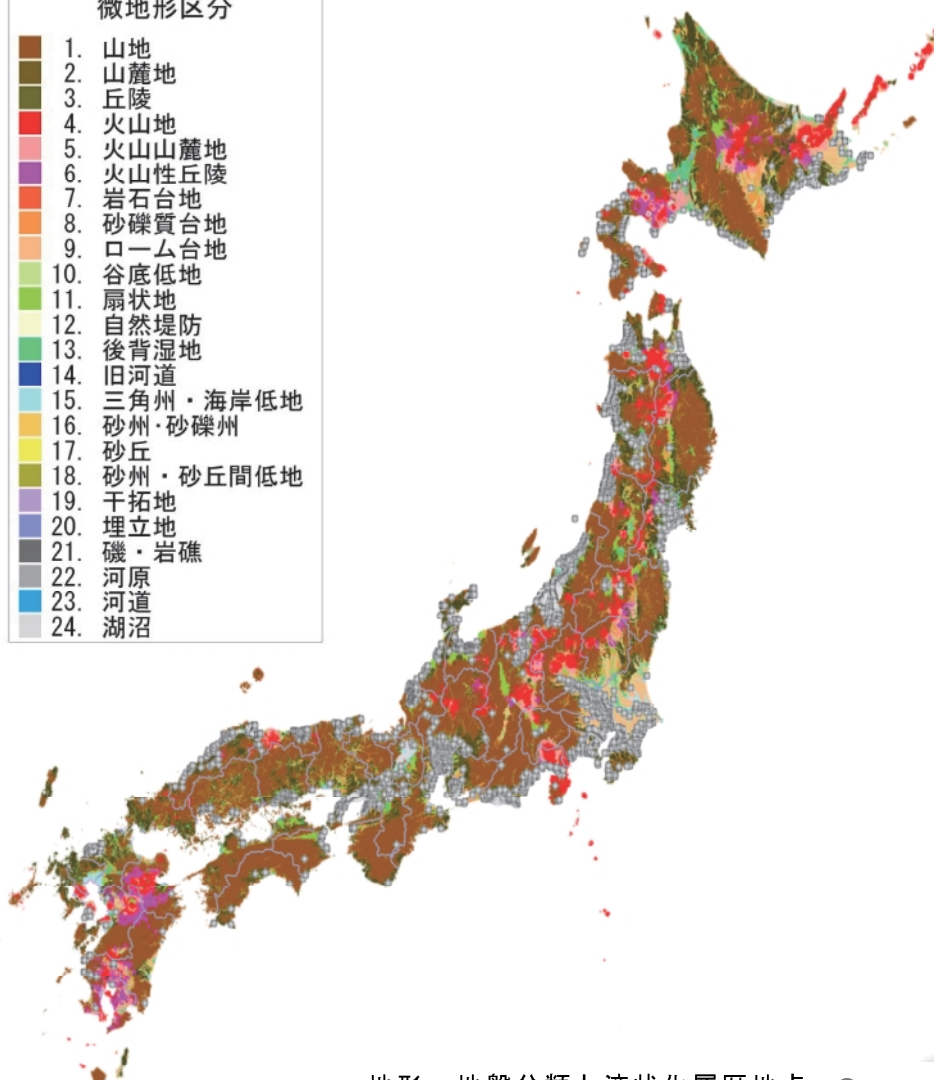
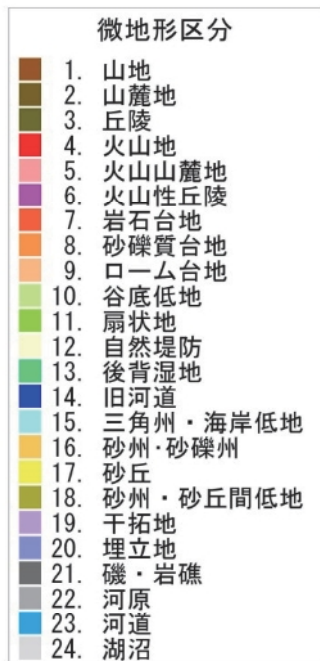
地形・地盤分類メッシュマップは、(独)防災科学技術研究所が公開する「防災ハザードステーション」から、インターネットで見ることが出来ます。



745～2008年の液状化発生地点：●  
(液状化履歴マップ 745-2008)



地形模式図による微地形区分  
(日本建築学会復旧・復興支援WG「液状化被害の基礎知識」)



地形・地盤分類と液状化履歴地点：●  
 ベースマップ：若松加寿江，松岡昌志  
 地形・地盤分類 250m メッシュマップ  
 液状化履歴地点：若松加寿江：日本の液状化  
 履歴マップ 745-2008，東京大学出版会

## 4. 液状化の対策

液状化がどのような場所で起こり、どのような地盤で起きるのかわかれば、地震時に液状化を起こさないようにする方法を考えることは当然です。だれでも液状化が起こる可能性のあるところに住んでいたり、大切な建物が近くにあれば、その場所で液状化が起こらないようにしてほしいと思うものですよ。そこで、液状化が起こる仕組みをうまく利用して、逆に液状化が起こらないようにする工事を行います。この工事の事を液状化対策と言います。また、液状化が周辺の地盤で起こったとしても、建物などを強く補強して液状化に打ち勝つ工事も液状化対策と言えます。東日本大震災などで見られたように、不幸にし

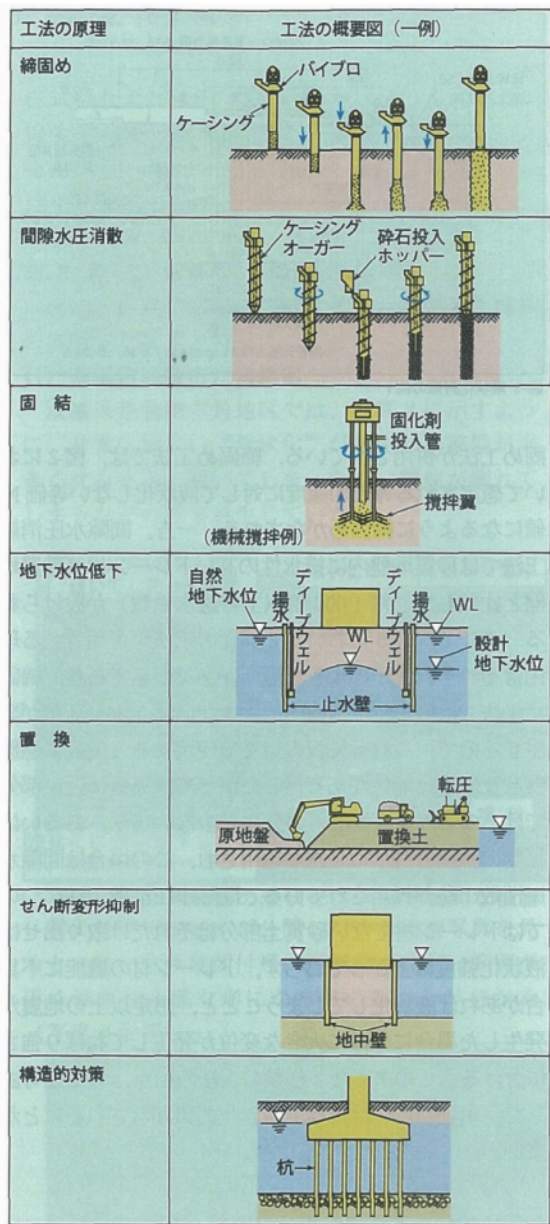


液状化対策の例  
(SAVE コンポーザ工法  
研究会)



て液状化が起こってしまった場合に、傾いた家などを元の状態もとに戻す工事も行われ  
ます。以上をまとめると液状化の対策として、次の方法があります。

- \* 地盤が液状化しにくいように地盤を強くする方法
- \* 被害を受けにくいように建物などを強くする方法
- \* 被害を受けた場合に、元の状態に戻す方法



大きな建物の場合の液状化対策  
(土木学会誌 Vol.85)

そして、これらの対策は、種類によって次のような2種類に分けられます。

\* ビルや橋、石油タンクなど大きな構造物のための対策

\* 個人の住宅などの小さな建物の対策

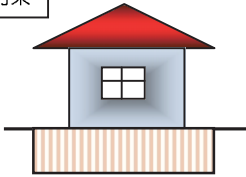
大きな構造物では周辺を壁で囲んだり、地面の中に砂の柱を入れて地盤を固めたりします。また、小石をたくさんつめた柱を地面に入れて液状化の時の地中の水を早く地面から出したり、液状化で水のようにになった地面を柱で固めて補強したりします。さらに、構造物そのものを杭（鉄やコンクリートの柱）で支えることで液状化しても構造物が耐えられるようにします。

個人の住宅では住宅の下の地盤に粘土やセメントを混ぜて固めたり、地下水位を下げたりします。これらは地面の浅いところで行うのがほとんどです。

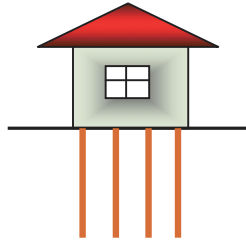
大きな地震で家が沈んだり、傾いたりしてしまった場合の対策の事を復旧ふっきゅうと言います。ジャッキで家を持ちあげて傾きを直したり、沈んだ家の下にできた空洞くうどうを元に戻したりします。また、家が建っているところの回りの地面の水を抜いて地下水

位を下げたりして、次に地震が来ても大丈夫なようにすることも考えられています。大きな建物も、個人の家にしても、地震で液状化が起こるかどうかを地盤調査じばんちょうさできちんと調べて、液状化が起こらないように対策することが大切です。

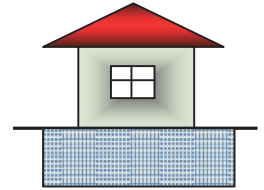
新設対策



浅層改良工法



杭基礎工法

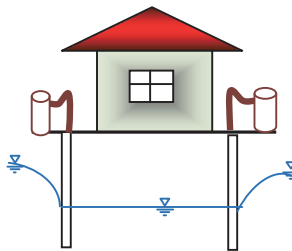


グラベルドレーン工法

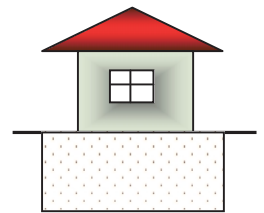
既設対策



注入固化工法  
(斜め注入)



地下水位低下工法  
(ウエルポイント)



地盤不飽和工法  
(マイクロバブル)

個人住宅の液状化対策の例

## 5. ジオドクターの役割

液状化現象の発生のしやすさを調べる方法には、りれき履歴調査と地形・地質・地下水調査などがあります。

### ●履歴調査

地盤の液状化現象は遺跡いせきなどでも確認され、古くから発生していたことが分かっています。過去に発生した液状化の履歴はマップにまとめられ、貴重な資料として活用されています。東日本大震災で発生した液状化調査もとりまとめられ、各機関で情報公開されています。

### ●地形・地質・地下水調査

地盤の液状化現象は、地盤の性質によって発生する地域が変わります。地盤の性質は地形・地質・地下水など



明治13年当時の浦安市  
現在の地盤部分は海域である  
(国土交通省 HP)

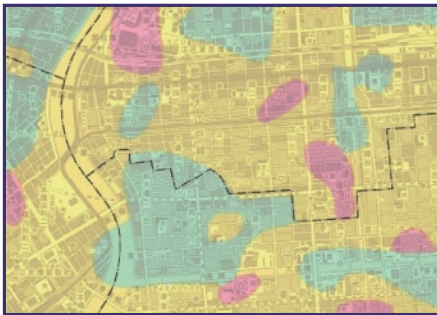


西鴻池遺跡の液状化跡  
黄色く縦に伸びる筋が噴砂  
(京都大学防災研究所 HP)

さまざまな要素で変わります。湾岸地域や谷があった場所などでは、私たちが生活しやすいように谷や沿岸海域の埋め立てを行い、人工的に地形を変えていることもあります。地質や地下水調査では、ボーリング調査などにより、土や地下水の性質を細かく調べ、その結果を用いて液状化が発生する予測を行います。

## ● ジオドクターの役割

全国地質調査業協会連合会に集まるジオドクターは、このような複雑な地盤の性質を明らかにして、地盤の液状化現象の発生のしやすさを調べています。これらの結果を総合的に判断して液状化予測図を作成し、皆さんの暮らしの安全・安心へとつなげる活動を行っています。



< 凡例 >

- : 液状化が発生しやすい地域
- : 液状化の発生が少ない地域
- : 液状化がほとんど発生しない地域

液状化予測図

(東京都土木技術支援・  
人材育成センターHP)



現在の浦安市  
埋め立てた地盤である  
(国土交通省 HP)

## 6. 地盤の液状化の実験

室内で手軽に地盤の液状化現象を観察できる実験キットとして、エキジヨツカーとエツキーがあります。エキジヨツカーは地盤の液状化現象のうち「噴砂」と「地盤沈下」を、エツキーでは「浮き上がり」を観察することができます。

### ●エキジヨツカーの実験

用意したガラスビーズと色のついた砂をペットボトルの中に入れ、水を口まで一杯に注いでフタを閉めます。ペットボトルを上下逆さに振って材料を混ぜ合わせた後に、机の上などに静かに置きます。材料が静かに沈み、これで地盤を再現しています。輪ゴムをペットボトルの下に溜まった材料の上の面に合わせて掛けます。次に、人差し指でトントンと材料の側面を軽く叩きます。この振動が地震を再現しています。すると、色のついた砂が水と共に吹き上がってきます。これが「噴砂」という現象です。さらにトントンと叩き続けると材料の上面が沈み込みます。これが「地盤沈下」という現象です。



①用意するもの

- ・砂: 0.2 mm 300g
- ・マップピン: 数個
- ・ペットボトル: 500 cc 1本
- ・水 \*材料は目安です



②叩く前

マップピンは砂の中に埋まっています



③叩いた後

マップピンは砂の表面に浮き上がります

詳細は下記を参照下さい  
 \* エキジョッカー:  
<http://staff.aist.go.jp/y-miyachi/ekijoka/>  
 \* エッキー:  
<http://dil-opac.bosai.go.jp/publication/pdf/ecky.pdf>

が砂の表面に浮き上がってきます。これが「浮き上がり」という現象です。  
 ます。次に、人差し指でトントんと砂の側面を軽く叩きます。すると、マップピンにセットして机の上などに静かに置きます。最初マップピンは砂の中に埋もれています。次に、人差し指でトントんと砂の側面を軽く叩きます。すると、マップピンが砂の表面に浮き上がってきます。これが「浮き上がり」という現象です。

●エッキーの実験



①用意するもの

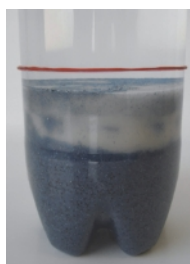
- ・ガラスビーズ: 直径 1.0 mm 100g
- ・ガラスビーズ: 直径 0.1 mm 150g
- ・色のついた砂: 100g (写真はビーズと砂を混ぜた物)
- ・輪ゴム: 1本
- ・ペットボトル: 500 cc 1本
- ・水 \*材料は目安です



②地盤を再現  
 粒の粗いものから下に沈みます



③噴砂現象  
 叩くと色砂が吹き上がります



④地盤沈下現象  
 叩くと材料が締まって表面が沈み込みます



(産総研 HP、防災科研 HP)



新潟地震の液状化で転倒したアパート(1964年6月)