

# 液状化 Q & A

## 1. “液状化”とはなにか？

東日本大震災で、液状化被害のことが大きく報道されましたので、映像をご覧になった方も多いと思います。黒い水が割れ目から噴き上がる様子が目に焼き付いています。噴水が収まると、後には砂が残されます。これらの砂は、水が噴き出る際に一緒に出てきたものです。このように、液状化とは、水分を多く含んだ（地下水に満たされている）砂の層が液体のように流動化する現象で、水圧の上があった地下水が砂といっしょに噴き上がる現象を噴砂（現象）といいます。



## 2. 液状化は昔からあったのか？

液状化という現象が初めて世界から注目されたのは1964年6月16日に発生した新潟地震です。実は、同じ年の3月28日にアラスカでマグニチュード9.2というすさまじく大きな地震が発生し、液状化現象が報告されていました。しかし、過疎地よりも都市部で発生した新潟地震の方がインパクトが大きく、新潟市は一躍有名となり、これを契機に液状化の研究が本格的に開始されました。しかし、液状化現象そのものは当然発生していたわけで、新潟地震が初めてというわけではありません。江戸時代の三条地震でも液状化現象を示す記録がありますし、考古学の発掘現場からも続々と報告されており、液状化という言葉は知らなくても、縄文人もその現象には気づいていたに違いありません。



## 3. どうして液状化するのか？

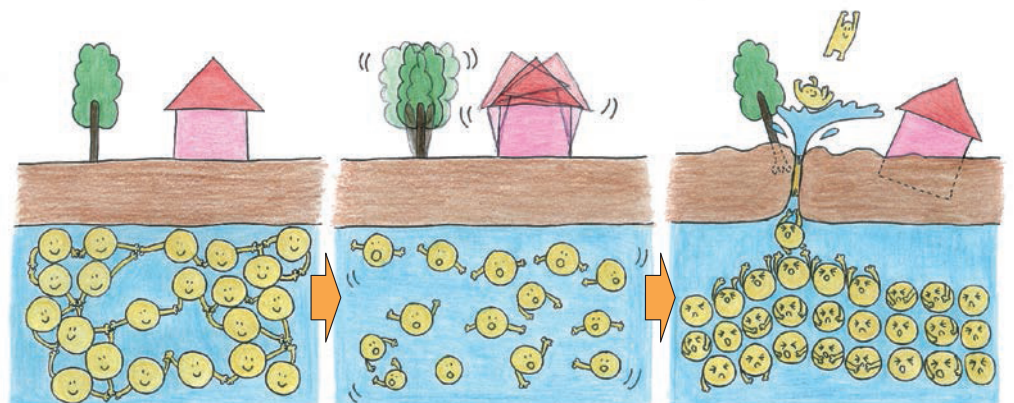
液状化現象の研究により、液状化しやすい条件として3つあることがわかりました。一つは、砂地盤であること（少なくとも地下2～3mの浅い位置に砂層が存在すること）、二つ目は、砂がふんわりとたまっていて締めかたまっていないこと（N値が低いこと）、3つ目はこうした緩い砂の層が地下水に満たされていることです。これを、仮に「液状化3条件」と呼びましょう。

この3条件がそろった場所で、大きな地震が発生し激しく揺れると、砂粒が移動します。砂粒が一方にぎゅっと集まることによって砂粒の回りにあった地下水の水圧が急に上昇し、弱いところ（裂け目）を見つけて地上に噴き上がります。この時、水といっしょに砂も上がってくるのです。



## 4. 液状化はどこでもおこるのか？

先に述べた「液状化3条件」がそろっているところで発生します。したがって、粘性土地盤や砂礫地盤では起こりにくいと言えます。また、地下水位が低い標高の高い砂丘地や硬い地層のところでは発生しません。液状化の発生しやすいところは、海岸沿いの浚渫土を使った埋め立て地や旧河道、砂丘の縁、沼や湿地を埋め立てて盛土した宅地造成地などです。



## 5. 液状化すると何が困るのか？

液状化の特徴は、①構造物(建物など)を支えていた砂地盤が、液体状になることによって支える力を失ってしまうことと、②地下の砂が地表に噴き出したことによって凹みができてしまう(沈下する)ことです。いずれにしても、建物の沈下がおこります。重いものが沈下する一方、中空のマンホールなどは浮力によって浮き上がります。また、沈む際には片方に傾くことが普通で、これを不同沈下と呼びます。たとえ1/100程度のわずかな傾斜でも平衡感覚がおかしくなり、そのまま住み続けることむずかしいとされます。



## 6. 地震が起きると必ず液状化するのか？

「液状化 3 条件」がそろっていても、ある程度強く揺れなければ発生しません。おおよその目安は震度 5 以上です。また、揺れの強さとともに継続時間も重要です。揺れ時間が短い場合は発生しません。「液状化 3 条件」に加えて、ある程度大きな地震の揺れが一定時間続くことが必要です。



図-3.2 液状化で浮き上がったマンホール(新潟市中央区川岸町)

## 7. 同じところで何回も液状化するのか？

土砂災害の 1 つである地すべりは、一度発生するとしばらくは安定するといわれます。これを免疫性と呼びます。果たして液状化にも免疫性はあるのでしょうか。答えはノーです。新潟県では中越地震と中越沖地震という 2 つの大きな地震が短い間隔で発生しましたが、2 回とも液状化による被害を受けたというお宅があります。液状化すると振動によって締めかたまって強度が増すようにも考えられるのですが、実際は、地下水の中でふんわりとゆる詰まりの状態でも再堆積するようで、締めかたまるというわけではなさそうです。

過去におこった地震で液状化した痕跡を調べることを液状化履歴調査といいます。履歴のあるところは、液状化しやすい条件を備えていることが証明されたところでもあるため、履歴の有無は、防災上重要な手がかりになります。履歴研究の意義は、まさにこの点にあります。

## 8. 液状化で命が助かるというのはほんとうか？

新潟地震は大きな被害をもたらしましたが、死者の数は 26 名で、地震の規模の割には少なかったのです。有名な川岸町の 4 階建ての県営アパートは、横倒しになりながらも中にいた人は無事だったのです。液状化したことによって強い揺れが吸収され、破壊されなかった。しかも、ゆっくりと傾いた。これに比べ、阪神大震災では、潰れた家やビルの下敷きになった犠牲者が非常に多かったのです。このように、新潟地震では、液状化したことによって、倒壊を免れた家も多かったはずで、液状化にはこうした意外なプラス面もあるのです。しかし、新潟地震の際には、新潟市の青山で、運悪く噴砂孔に転落して亡くなられた方がおられるので、噴水場所に近づくことは禁物です。



図-3.3 基礎部が現れた県営アパート(新潟市中央区川岸町)

## 9. 液状化で火災が減るといのはほんとうか？

新潟地震が発生した時間は午後 1 時 2 分。ちょうどお昼時で、火を使っていた家や店は多かったはずで、まだコンロを使っていた家庭も多かったと思います。その上、臨港町の工場地帯では精油所から火災が発生し、激しく燃え上がりました。関東大震災や阪神大震災では、火災により多数の死者が出ています。とくに関東大震災では 10 万人を超え



る犠牲者の大半は火災によるものでした。しかし、新潟市では、市街地から火の手はほとんど上がりませんでした。その理由の一つは、液状化にともなう噴水が消火に役だったのではないかと考えられています。これも、液状化現象の意外な一面と言えます。

## 10. 古い埋立地なら安心できるのか？

「君が代」の一節に「さざれ石のいわお(巖)となりて」というのがあります。小石が集まってやがて大きな岩になる長い長い時間のことをたとえたもの、と考えられます。地質学の目で見ると、砂や泥がかたまって堆積岩になることを連想してしまいます。堆積物には年代効果というものがあり、時間が経つと次第にかたまってきます。続成(ぞくせい)作用ともいいます。液状化という視点で考えた場合、液状化の被害を逃れるまで締めかたまるのにどのくらいの時間を必要とするのでしょうか。

新潟地震の際、古町地区は同じ砂地盤であっても被害はほとんどありませんでした。信濃川沿いの埋め立てが昭和の初めに大々的に行われたのに対し、古町地区は江戸時代以前から中州であったところに、江戸時代の初期(1655年)に移転して形成されたところ<sup>2)</sup>。したがって、中州が形成されてから新潟地震の発生まで、少なくとも300年以上経っていたことがわかります<sup>3)</sup>。こうしたことから、たとえ緩くたまった砂層でも、300年以上経てば液状化に対する抵抗力がついてくると言えそうです。300年というのが1つの目安になると思われます。

## 11. 自宅が危険ゾーンに入っていた! どうしたらいい?

このマップは、地形条件と公表された近隣のボーリング資料をもとに、その地点を含む地形の分布範囲内の地盤が、液状化しやすい性質を持っているかどうか、その傾向を示したものです。したがって、赤やピンクに入っていたとしても、必ず液状化するというわけではありません。

実際、新潟地震、中越地震、中越沖地震で液状化した範囲(面積)を、地形ごとに発生面積率を求めて見ると、もっとも高い旧河道で約30%、盛土地で10%強、自然堤防や干拓地では5%前後でした。また、扇状地や段丘(台地)では、0~0.4%でした。

液状化するしないの判断は、あくまでもその地点での地質調査(ボーリング)資料によらなければなりません。このマップで自宅が危険ゾーンに入っていたら、次にはその地盤がどういうできかたをしたのか調べてみましょう。それでもどうしても不安に思ったら、地質調査の専門家に相談したら良いでしょう。その段階で解決する場合もあると思います。詳しく調べたい場合は、地耐力を調べるだけのサウンディング調査(先のとがった金属の棒を押し込んで地盤の固さを調べる)では不足で、ボーリング調査が必要です。

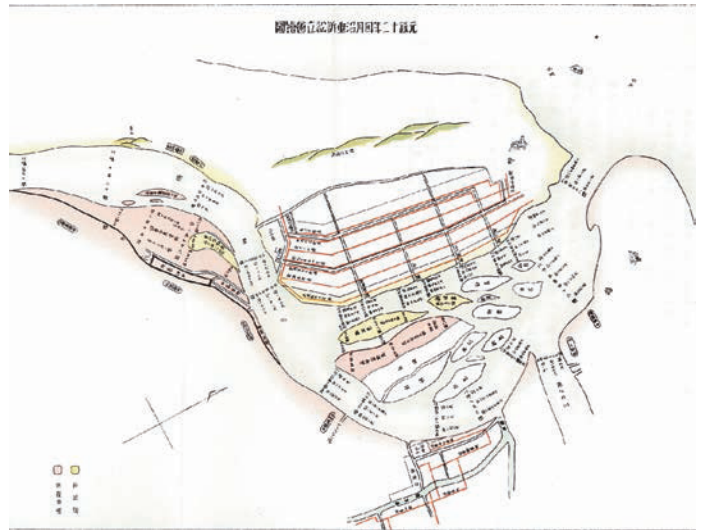


図-3.4 元禄12年(1699年)の新潟町<sup>2)</sup>

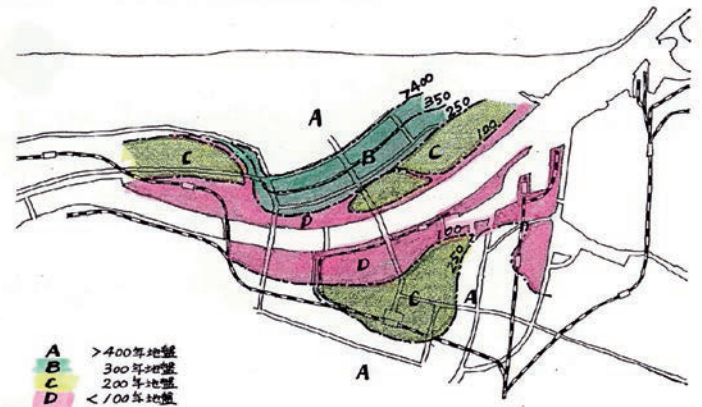


図-3.5 地震被害と地盤の形成年代の関係図(文献3)に着色



図-3.6 古地図の例(明治23年の新潟町と沼垂町, 陸地測量部)

## 12. 液状化を防ぐにはどうすればよいのか？

要は「液状化 3 条件」を除けば良いのですが、他に、液状化しても家が傾かないようにするというものも含まれます。後者の例としては、しっかりと安定した地層に杭を打ち込んで建物を支える(杭基礎)というのがあります。しかし、この場合、周りが液状化して沈下すると段差が出来て、ガス管や上下水道管は破断して使えなくなるといった心配があります。

さて、本題の「液状化 3 条件」の排除ですが、緩いことと砂地盤(層)であるという性質に対しては、セメントなどの固化剤を入れて固めること(地盤改良)や砂の杭を押し込んだり、地盤におもりを落としたりして締め固めることが行われます。

また、地下水に満たされているという点については、地下水を排水して水位を低下させたり水圧を下げる排水工が行われます。実際、中越地震の後に排水工を実施した家で、中越沖地震時に液状化被害を免れたという例があります。また、中越沖地震の後、柏崎市の山本地区では排水工法が施行されました。この工法には、穴を開けたパイプを地下に差し込んで水を抜くタイプや垂直に円柱形の細長い穴を開けて碎石を入れるタイプ、透水性の高い不織布を入れるタイプ、水抜き管を地下にはわせて排水する方法などがあります。

いずれにせよ、「液状化 3 条件」対策は、家を建てる前にあらかじめ実施することが前提となります。家が建った後で実施しようとする、採用できる工法は限られ、費用も格段に増えます。また、被害が生じた後に復旧しようとする場合も同様です。

## 13. これから家を建てるとしたら、どんな土地を選べばよいのか？

日本は災害列島と呼ばれるほど自然災害が多い国です。真っ先に思い浮かぶのが地震、津波、そして台風や梅雨期の集中豪雨、豪雪、これらによって引き起こされる洪水や土砂災害、さらには火山災害や竜巻。その原因は、①東アジアのモンスーン地帯に位置し年間降水量が多いこと、②4つのプレートがせめぎ合い、地殻変動が激しく地質構造が複雑である(地質の種類が多く、割れ目が多い)こと、③山地が多く河川が急勾配なため侵食が盛んで土砂生産量が多いこと、④比較的軟らかい地盤から構成され、水に浸かりやすい沖積海岸平野に人口が集中していること、などが挙げられます。

こうした自然現象にともなって発生する災害は天災とも呼ばれますが、人の行為が被害を拡大させている面も否定できません。災害を防ぐことを防災といいます。最近では、災害の発生自体を押さえようとするのではなく、できるだけ被害を軽減させようとする減災という考え方が重要視されるようになってきました。

災害を回避するためにもっとも有効な手段は何か。それは危ないところに近づかないことです。そのためには、何が危険で、どう振る舞えば良いかを知っておくことです。まさに「君子危うきに近寄らず(論語)」、「敵を知り、己を知れば、百戦危うからず(孫子)」です。防災・減災の場合、己を知るということは、自分の住んでいる土地の自然条件、とりわけ地盤の性質とその生い立ち(出来かた)を知ることです。そして、その上で、その特徴に応じた土地利用をすること、それが一番だと思います。

