

私たちが住んでいる土地と災害 —地図から知る土地の変遷—

国土交通大学校 測量部長
鎌田 高造

本日は話すこと

- 地震で起きる被害にはどのようなものがあるの？
- 東日本大震災の被害状況（津波と液状化の写真）
- 地震の種類
- マグニチュードと震度の違い
- 地盤が揺れやすさに及ぼす影響
- データで見る船橋の地盤
- 地盤は改良できる？
- リスクとどうやって向き合えばいいの？
- 質問タイム（終わった後でもOk）

演者はどんな人？

- 今は国土交通大学校で管理職をしています
- もともとは、国土地理院の職員です
- 文部科学省で活断層の調査をしたことも

- 地震の専門家ではありませんが、地震の専門家のすぐ近くで仕事をしていました
- 分かりやすく一般市民に伝えるのは仕事のウチ
- めざせ、池上彰さん（無理）

地震で起きる被害の種類

- 揺れ
- 津波
- 地形変形（液状化、地割れ、斜面崩壊、隆起または沈降）

地震の種類

- 大別すると、海溝型と内陸型に分類できる
 - 海溝型（プレート境界型）
 - 内陸型（活断層型）

海溝型の地震

- プレート境界型、とも言う
 - 2枚のプレートが押し合う場合に、境界が滑って発生
 - 日本付近では、プレート境界に海溝がある場合が多い
 - M7以上、場合によっては東日本大震災のようにM9も
- 数十年から数百年に一度の頻度で発生する
 - 例えば、近い将来発生が心配されている東南海地震や南海地震は、前は昭和19年及び21年に発生している
 - 宮城沖地震は、最近の約200年間では、平均して5年に1度地震を起こしていた
(但し、M7.5程度の地震だった)

内陸型の地震

- 活断層型、とも言う
 - プレート内部に力が掛かり続けた場合に発生
 - 力が掛かる具合が長年変わらないので、同じ場所で繰り返して発生する(同じように地盤が割れ、ずれる)
 - 地盤の割れ、ずれが断層
 - 繰り返し起きるので、活断層
- 千年から数千年に一度の頻度で発生する
 - 講演者は大阪生まれ(六甲山の南東側で育つ)
 - 六甲山の南麓は活断層、3000年に一度3m動く
 - 100万年動き続けば、あのような932mの山になる！
 - 六甲山以外にも、そういう場所があります

マグニチュードと震度

- マグニチュード
 - 地震がどの程度のエネルギーを持っているか、の指標
 - これが5未満の場合は、揺れたとしても心配なくて良い
(建て付けの悪い家に居る、高いところに不安定な物が置いてあるなどの場合を除き、被害は出にくい)
 - 一つの地震にマグニチュードは一つ
- 震度
 - その場所でどれだけ揺れたか、の指標
 - 場所によって震度は異なる
 - 震度5弱からは怖い。6弱からは本当に怖い。

地震が起きたら（そのとき演者は） 1

- どのくらい強く揺れている？（目安は震度5弱）
 - 自分の居る場所が震度5弱以上に思える時は、安全優先
 - 建物強度、周囲の動きやすい物を見て、素早く安全な場所に逃げる
 - 逃げられない場合は、被害最小の姿勢を取る
 - まだ、震度5弱までしか経験していませんので、震度7が来た場合に冷静に行動できるかどうかは分かりませんが
- 震度が4以下の場合
 - 当面、自分は安全
 - マグニチュードを確認します

地震が起きたら（そのとき演者は） 2

- マグニチュードの確認
 - TVやラジオで、数分以内に放送があるはず
 - 気象庁のサイトと、防災科学技術研究所のサイトが便利
 - どちらも、全国の地震計のデータを集約しています
 - 揺れている時間が短ければ、放送を聞くまでもなく平気
 - 自分の居る場所で揺れが小さくても、長い間揺れた場合は危険（遠くで巨大な地震が起きている、ということ）
- 各地の震度、津波
 - 震度6弱以上の場所がなければ、あとは津波だけ注意
 - M6.5以下であれば、普通は津波も心配しなくて大丈夫

地震が起きたら（そのとき演者は） 3

- あの時
 - 演者は休暇で、台東区のコンビニに居ました
 - 揺れが長い間止まらないので、これは危険だと直感
 - 直ちに休暇を取り消して仕事場へ戻りました
 - 最初は、37年毎に来る宮城県沖地震だと思っていました（最初の報道がM7.9だったから）
- しばらくしてM8.8に修正
 - 一挙に背筋が寒くなる
 - 津波もその時点で覚悟
 - みんな逃げてくれ、と祈り続ける

東日本大震災、被害の状況

- 津波と液状化を中心に、写真をお見せします
- 津波
 - 2011年5月3日、4日に現地で演者が撮影したもの
 - 被災した人の気持ちを考えて、慎重に撮影しました
 - 原則、人が居ない場所に限定してシャッターを切りました（見世物ではないし、自分はプロのカメラマンではない）
- 液状化
 - 演者の同僚が業務上の調査で撮影（時期はいろいろ）
 - 昨年6月に、国土地理院報告会（新宿）で報告したものから抜粋しています















陸前高田の海岸近くにあった雇用促進住宅
5階も浸水、4階以下は水没



気仙沼の市街地北部（湾の奥）
船舶燃料による火災＋船舶漂流の二重被害







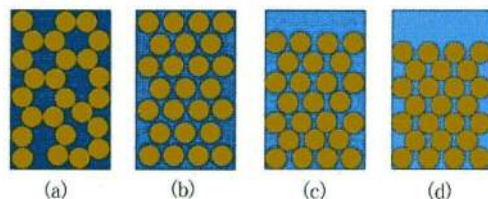


東日本大震災による 液状化被害域の地理的特徴

液状化とは

国土地理院

液状化現象とは、地震の際に地下水位の高い砂地盤（近年の調査で粘性土地盤でも液状化が確認されている）が、振動により液体状になる現象のこと。これにより比重の大きい構造物が埋もれ、倒れたり、地中の比重の軽い構造物（下水管等）が浮き上がったりする。



付図1-1 液状化のメカニズム [吉見(1991)による]

- (a)液状化前のゆる詰め砂
- (b)液状化した瞬間全粒子が浮遊状態にある
- (c)下部は液状化が終了し、上部では液状化が続いている
- (d)全層にわたって液状化が終了して、砂は密に詰まっている

「日本の地震活動－被害地震から見た地域別の特徴－」から

35

液状化を起こしやすい地形とは

国土地理院

液状化が生じるためには、強い地震動の他に、**地層が水を多く含んでいること、ゆるく堆積した砂であること**などの条件が必要である。これらの条件がそろった液状化が発生する可能性の高い場所は、地下水位の高い砂地盤で、例えば、**埋立地、干拓地、昔の河道を埋めた土地、砂丘や砂州の間の低地**などがあげられる。

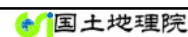
（「日本の地震活動－被害地震から見た地域別の特徴－」から）



液状化を起こしやすい地形は、土地の成り立ちを知ることによって概ね把握が出来る。

36

活用可能な古い地図・空中写真(時系列地理情報)



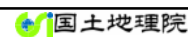
土地の成り立ちを知ることが出来る情報

→ 古い地図や空中写真、
地形分類を示す主題図など

- ・旧版地形図(明治時代以降の地形図、1/50,000、1/25,000など:全国整備)
- ・過去の空中写真(米軍写真:1940年代後半;国土地理院撮影:主に1960年代以降、全国整備)
- ・土地条件図, 治水地形分類図(地形分類を示す主題図:整備地域は限定される)
- ・迅速測図原図(明治10年代の土地景観を把握する情報:関東地方南部に限定)

37

下妻市鬼怒地区(鬼怒川の旧河道)の液状化被害



国土地理院2008年撮影空中写真
CKT20082-C2-36



土地条件図「水海道」の一部
赤破線の箇所が旧河道

38

鬼怒川の河道の移り変わり

国土地理院

(旧版地形図と米軍写真から知る)



明治42年測図
5万分1地形図「水海道」



昭和27年修正
5万分1地形図「水海道」



昭和9年修正
5万分1地形図「水海道」

昭和9年(約75年前)には河道の短縮化の工事が行われていて、1947年(約65年前)には蛇行していた鬼怒川が陸化していることがわかる。



米軍1947年撮影空中写真39
USA-R388-61

我孫子市布佐地区の液状化被害の状況

国土地理院



液状化の甚大な被害は、我孫子市布佐の都地区に集中した。

40

布佐地区の昔の空中写真

国土地理院



米軍1947年撮影空中写真
USA-M675-1



国土地理院1962年撮影空中写真
MKT621-C11-17

1947年撮影の米軍空中写真を見ると北東－南西方向に延びる細長い水部が存在している。今回の地震で液状化が激しかった箇所が、その細長い水部の箇所と一致している。
1962年撮影の空中写真では、その水部が埋め立てられ、住宅地となっている。

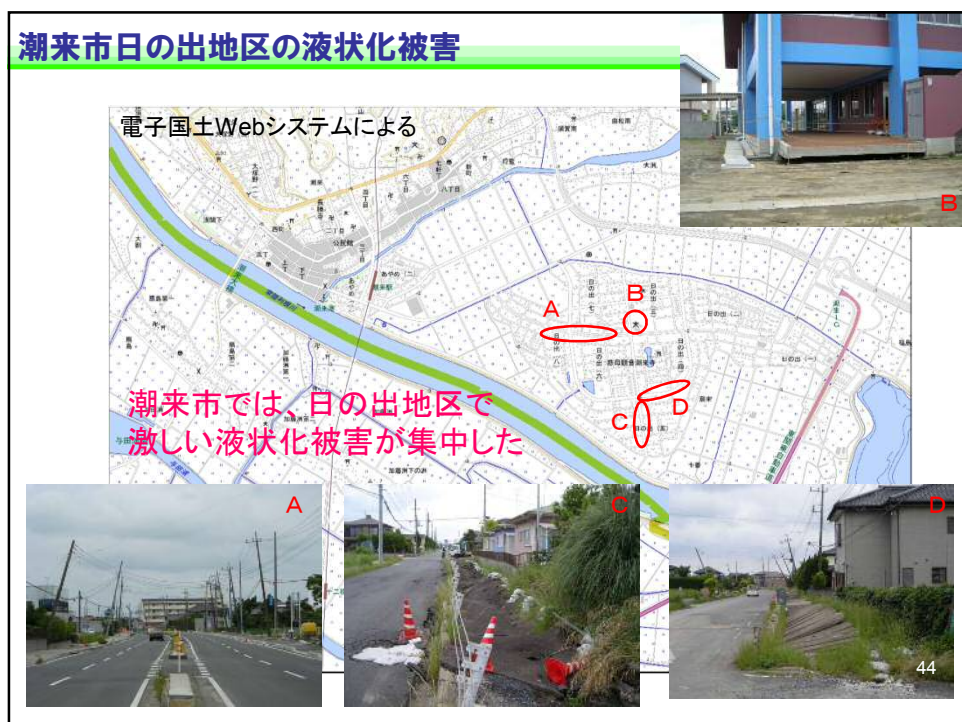
41

千葉県神崎町(松崎から神崎神宿にかけて) の液状化被害

国土地理院



42



潮来市日の出地区の土地の履歴

国土地理院



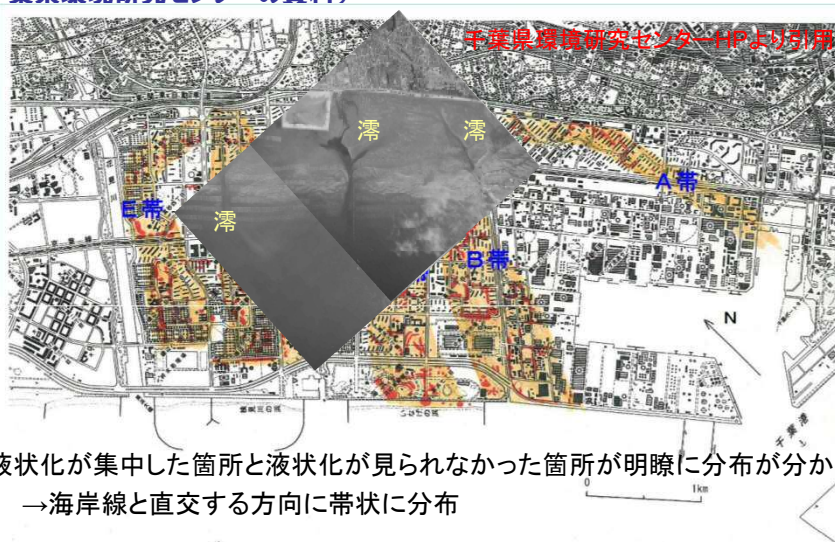
明治時代の地図を現在の地図と重ね合わせてみると、日の出地区は、外浪逆浦の入江である内浪逆浦を埋め立てた土地であることがわかる。

45

検見川浜から稲毛海岸にかけての液状化被害

国土地理院

(千葉県環境研究センターの資料)



液状化が集中した箇所と液状化が見られなかった箇所が明瞭に分布が分かれる
→ 海岸線と直交する方向に帯状に分布

同様の傾向は1987年千葉県東方沖地震でも認められる
原因——沖積層の埋積谷の存在、滞の存在

46

地震と揺れ、地盤

- 地盤によって揺れ方は異なる
 - 固い地盤のほうが揺れ方が少ない
 - 軟弱地盤は危険
 - 地盤の違いで、震度区分で1ランク以上揺れの大きさが変わることもある！
- どうして？
- 固い地盤では、地震波の伝わるスピードが速い
 - 柔らかい地盤でスピードが遅くなり
 - 後から来た波に追いつかれ、揺れ幅が大きくなる
 - 波の基本的な性質(海辺でも観察できる)

どういう地盤が危険？

- 柔らかい地盤が危険
 - 揺れが大きくなるから
 - 地下水位が高い場合がおおく、液状化しやすいから
- どこでも、地下深くは固い
 - 地表付近は柔らかい(手掘りで簡単に穴が掘れる)
 - 固い岩盤が地下浅くにある場合は安全(揺れにくい)
 - 地下水位が低い場合も比較的安全(液状化しにくい)

どうして地盤に硬軟があるの？

- 地盤のなりたち
 - 雨が降ると、上流の地面が削れ、土砂が流される
 - 川や海が運んできた土砂、火山灰、植物が腐って出来た土が地面に堆積する
 - 乾燥したり、動物が踏み固めたり、他の地層に覆われたりする
 - 他の地層に覆われると、重みで固結してゆく
 - 十分固くなるのは気の遠くなるような時間が掛かる

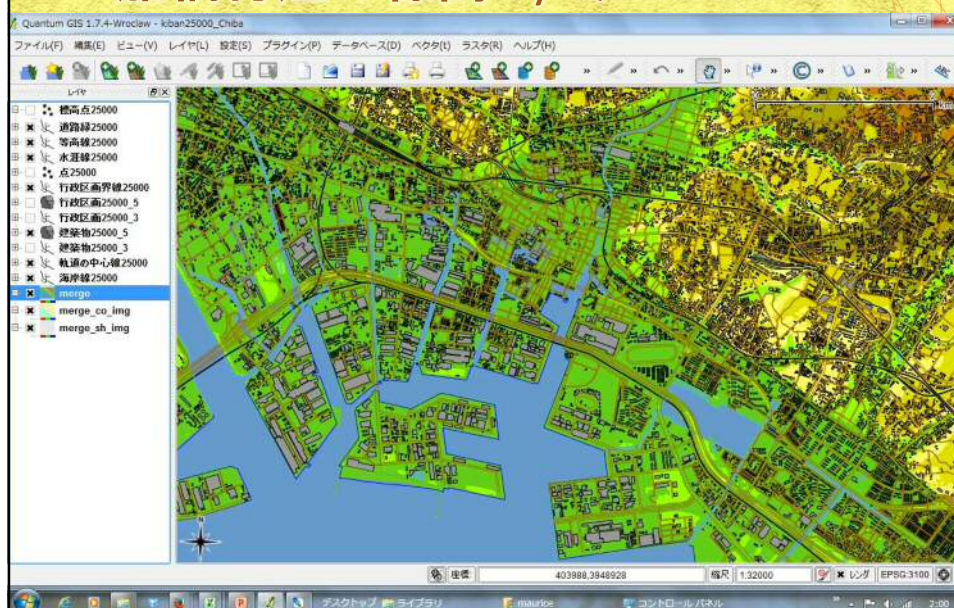
どういう場所の地盤が軟らかい

- 最近まで川、池、沼、海だった場所
 - 埋め立てた場所
 - 陸地になって間もない（数万年以内の）場所
- 盛り土の場所
 - 外部から土砂を持ってきた
 - 締め固めをしても、岩盤にはならない
- 一般的には、こういう場所の地盤が軟らかい

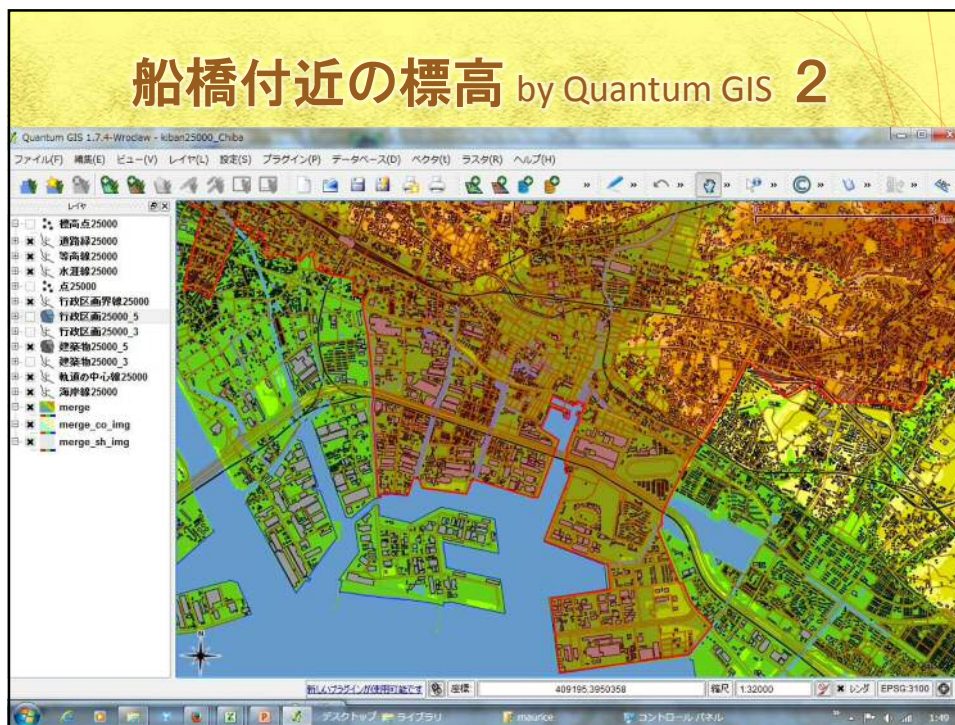
船橋市はどうでしょうか？

- 行政機関の公開データで、実際に見ていきましょう
- こんなデータを使います
 - 現在の地図(国土地理院の地図、Googleなどの地図)
 - 地質図(産業総合技術研究所、シームレス地質図)
 - 標高データ(国土地理院の基盤地図情報)
 - 昔の地図(国土地理院の旧版地図)
 - 明治時代の湿地分布(国土地理院の技術資料)
- いずれも公開されているデータです
- GISというプログラムで、重ね合わせて表示させます
 - 自由に利用できる Quantum GIS を使います

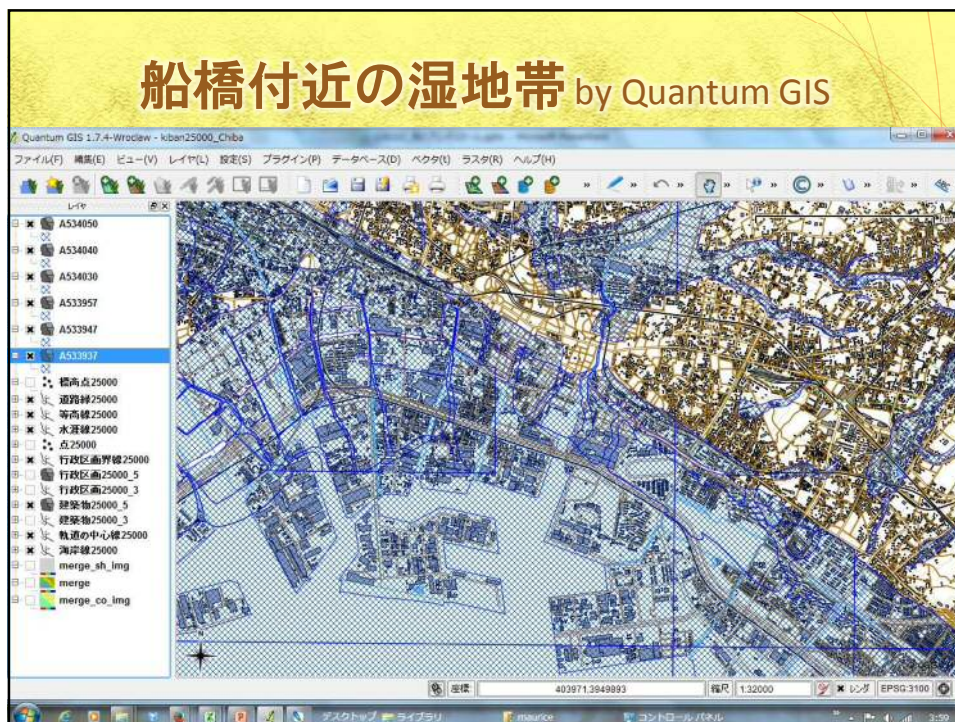
船橋付近の標高 by Quantum GIS



船橋付近の標高 by Quantum GIS 2



船橋付近の湿地帯 by Quantum GIS





現在の地図を重ね合わせてみた

by 歴史的農業環境閲覧システム



船橋市の状況を眺めて

- 15万年前よりも古い地盤はありませんでした
 - 南関東としては、平均的な地盤だと思います
 - 東京下町よりはずっと良好ですが、ベストではありません
- 活断層はおそらくありません
 - 直近数万年間に断層が動いた形跡は見当たらないので
- 海老川沿い及び海岸沿いは湿地帯でした
 - 埋め立て前は干潟が多かったわけですから、当然ですね
 - 液状化が発生したのも海岸沿いに集中していました
- いつ開発の手が入ったかは耐震性に影響します
 - 耐震基準が厳しくなる前か後か
- 個別の場所は、専門家の判断が必要です＜重要＞

地盤は改良できます

- たとえば広島
 - 毛利輝元(毛利元就の孫)が初めて広島に城を築く
 - それまでの広島は、人が住んでいない太田川の三角州
 - 地下に松の杭を大量に埋めて、地盤を固めてから築城
 - 松の杭は、東京駅の地下にも沢山(ブラタモリで紹介)
- たとえばお台場
 - 浦安は住宅地でも液状化の被害が沢山でしたが
 - お台場は液状化したという話を聞きませんね
 - 液状化が心配されるようになって、必要に応じて地盤改良をするようになったということです

地盤は改良できます

- 地盤に固結剤を注入したり、水抜きをしたり
 - 個人の住宅でも効果はあります
 - 不特定多数の市民が訪れるような場所は、対策が施されている場合が多くなってきました
 - 地盤改良と、建物の基礎工事や耐震補強とは、セットで行われることが多いですね
- それでも、軟らかい地盤の上に住むのは不利です
 - できれば、最初から固い地盤の上に住む方が安全です
 - 基礎工事や耐震補強をしっかり行ったとしても、それだけ経費が掛かりますね
 - 便利さとリスク、経費などを考えて判断するわけです

リスクを正しく理解する

- どこに住んでもリスクはあります
 - 地震のリスク、風水害のリスク、防犯上のリスク...
- 完全に安全な場所はありません
 - お金をかけて手当をすれば、安全度は上がりますが...
 - 防犯で考えても、ルパン三世が侵入できないレベルまでの安全性を求めると、億万長者にならないと無理ですね
 - 仕事や生活のために滞在する場所の安全性や、移動の途中に通過する場所の安全性まで考えると、キリがありません

リスクを正しく理解する

- リスクを避けることと、リスクを承知して生きること
 - 例えば、水産業に従事していると、海の近くに住む方が（普段は）便利
 - 多くの人は、交通事故の危険はあっても車に乗りますね
- 一般市民にできることは？
 - 「避けられる危険はキチンと避ける」ということが大事
 - そのために、何が危険か、何がリスクかを知ることが大事
- 行政の仕事は？
 - 既知のリスクを、分かりやすく一般市民に伝えること
 - 税金を使いすぎない範囲で、リスクを緩和すること

まとめ

- 地盤が固い方が揺れにくい
- 船橋市は、南関東としては平均的な地盤
- 明治初めまで湿地だった場所もそこそこある
- 埋め立てられた地域では液状化が発生している
- 概ね築30年以上の建物は、耐震性に注意
- 公開データを使えば個人でも目安を知ることができるが、最終的には専門家の判断が必要
- 正しくリスクを理解する
- リスクの回避にはお金が掛かる
- 避難、個人支出、行政の支出の使い分けが重要