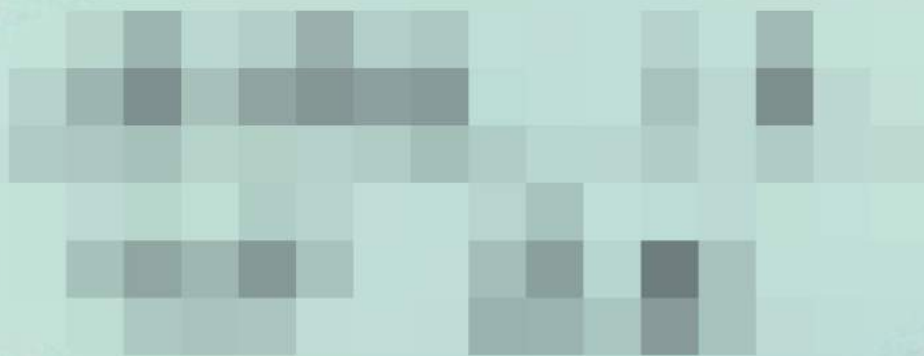

液状化を知ろう



別添資料2「小中科学展作品ラベル」

[分類] 実験

[品目]

液状化を知ろう

(1) 研究の動機

今年、長崎大水害がおこってから40年となる。長崎大水害がおこった日、市内ではサイレンが流れ、私は、亡くなった人々の冥福を祈った。浜ノ町の観光通りには、長崎大水害で増水した水の水位を表す印が鉄柱に刻まれている。鉄柱に刻まれた水位は、173cm。私の身長をはるかに超える高さにただ"驚愕した。

私の水に対するイメージは思惑の部分が大きかった。しかし、近年災害による水の被害が多いように感じる。「水害」とあるように、水は私の生活を脅かす力も持っている。その脅威の一つである「液状化現象」について私は知らない。そこで、液状化現象について私なりの研究をしてみようと思った。

(2) 研究の内容

- ① 液状化とは何か
- ② 液状化はいつからあるのか
- ③ 液状化がおこる条件とは
- ④ 液状化は縦と横で、どのように違うのか
- ⑤ 液状化は、私にも関係のあることなのか
- ⑥ 液状化は防ぐことができるのか

(3) 研究の方法

- ① 本やインターネットで調べる。
- ② 本やインターネットで調べる。

③ 本で調べる。実験をする。

④ 本で調べる。実験をする。

⑤ 本で調べる。実験をする。

⑥ 本やインターネットで調べる。

⑦ 本やインターネットで調べる。

(4) 研究期間

2023年7月28日(金) ~ 2023年8月31日(木)

(5) 研究に使った道具

虫かご・砂・砂利・土・石・木片・プラスチックのカップ・計量カップ・計量スプーン・水の入ったアルミ缶・丸鉛筆・ゼニールシート・定規・カメラ



(6) 研究の記録

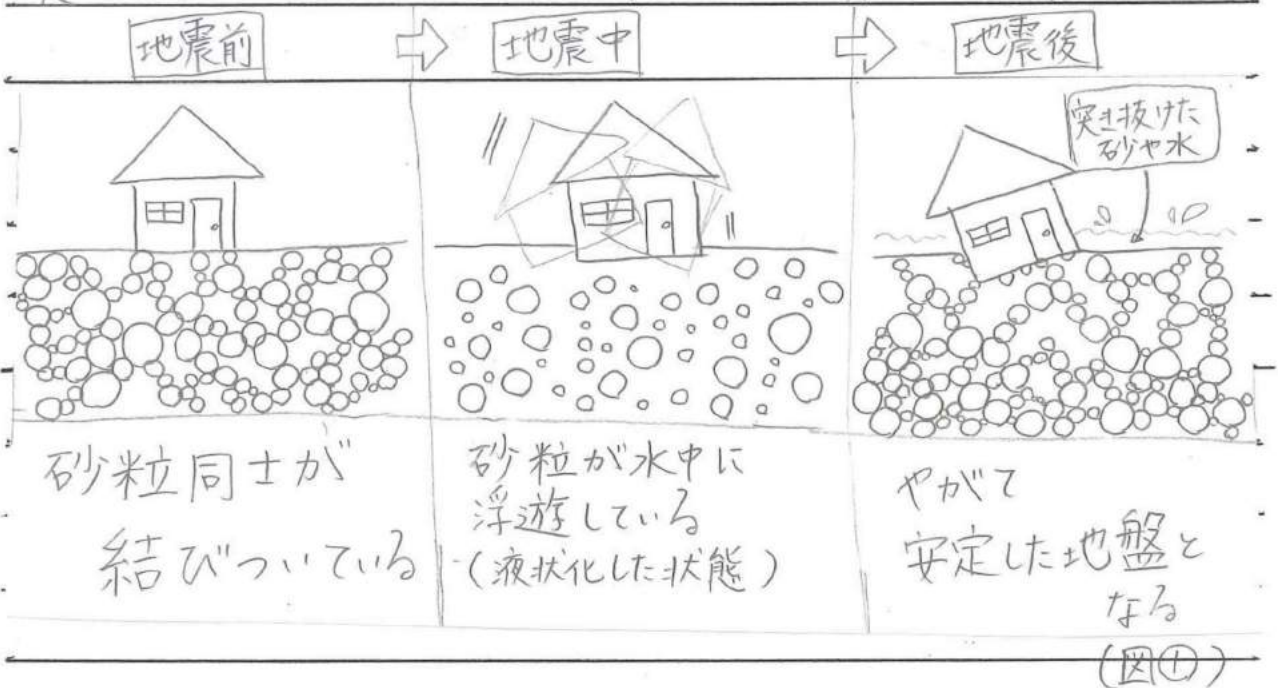
① 液状化とは何か

液状化とは、簡単にいうと、普段は地下水を含んでいてもしっかりとっている地盤が地震などで“液体状”になる現象のことだ。

通常、地盤は土と水、空気からできている。地盤の下は、地下水で満たされていて、砂粒と砂粒の間も水で満たされている。砂粒同士はとこがとこで接していて、互いに支え合っているのだ。そのため、地盤は安定し、建造物を支えることができる。しかし、地震などの振動を受けると、砂粒の間にあった結びつきが弱められ、ほいには砂粒同士が離れてしまう。そのようにして、砂粒はバラバラになり、水中に

浮遊するようになる。これが、「液状化」した状態である。この状態では、建造物を支えることができなくなる。地震が終わり、しばらくすると、水中に浮遊していた砂粒が沈む。沈んだ砂粒同士は再び互いに接点を持ち、支え合うようになる。(図①)

液状化がおこると地盤は液体状になり「噴砂」や「噴水」などの現象が発生する。地震により地盤中には大きな水圧が生じる。地震動の継続時間は10秒前後だが、この間に水圧が上昇し、それに伴い、砂粒同士の結びつきが弱まり、ついに離れて液状化に至るのだ。その際上昇した水圧により、砂や水が地盤の弱い所を突き抜けて、地表面に噴き出す現象が、「噴砂」や「噴水」である。



② 液状化はいつからあるのか

液状化が世の中の注目を集めることになったのは1964年6月の新潟地震以降である。新潟地震当時、液状化現象は、「砂地盤の液化現象」と呼ばれていたそうだ。新潟地震の時には、

地面から砂や水が噴いたり、鉄筋コンクリート造の建物などが大きく傾き、沈下したりと液状化が都市における被害要因として大きな問題になった。それまでの地震でも液状化と見られる現象が確認されていたが、あまり人口の密集した場所ではなかったため、大きな被害が生じることはなかったようだ。

日本では過去に大きな地震がいくつもあった。その被害の様子を記した歴史書や日記には地盤の液状化と思われる記述も見られる。また、遺跡などの発掘調査の際、液状化による噴砂らしき痕跡が見つかることもある。

③ 液状化がおこる条件とは

液状化は、次の3つの条件がそろった地盤でおこりやすい。

1. 地下水位が浅い(高い)こと

2. 地下水位より下に、緩い(締め固まっていない)砂を多く含む地層があること

3. 地震の揺れが強いこと

液状化がどのような条件でおこるかは知ることができた。しかし、私は液状化した地盤というものをテレビのニュース以外で見たことがない。テレビの中で私が見たのはドロドロとした泥水の中に建物が傾いた状態で沈下している映像だ。けれども、私の中では、液状化現象をしっかりと実感することができていない。そこで、液状化現象を再現するための実験をすることにした。

<実験の記録>

(実験①) 水分を含んだ砂をゆすって変化をみる。

1.) 実験の手順

1. プラスチックのコップに砂を 80cm^3 ほど入れる。
2. この砂に水を静かに注ぐ。 $30\sim 40\text{cm}^3$ ほど注ぐと、砂全体がしめってくるはずだ。
3. 沖れをおこす。コップを机の面から 5mm ほど上げて、机の面にしよとさせることをくり返す。
4. コップの中の砂の変化をみる。

2) 予想

地震動の継続時間である 10 秒前後に、液状化はおこる。しかし、今回の実験では、コップを 5mm しか上げない。そのため、基準の地震の震度よりも、震度が低くなるのではないだろうか。

なので、私は、コップをしよとさせることを 100 回ほどくり返すことが必要になると予想している。

3) 実験スタート!

1. プラスチックのコップに砂を 80cm^3 (200 mL) 入れる。(写真①)

また、計量カップに、水を $30\sim 40\text{cm}^3$ (200 mL) 入れる。



(写真①)

2. 砂 (80cm^3) に、水 (40cm^3) を静かに注ぐ。(写真②)

以外にも、砂が水をすくに吸収する様子は見られなかった。



そのため、砂が盛り上がっているところと、

(写真②)

水が浮き上がっているところが

それぞれあった。(写真③)

念のため、3分ほどおいて様子

を見たが、状態は変わらなかった。



(写真③)

3. いよいよゆれをおこす。ゴッパエ、机の面から、5mmほど上げ、机の面にしようつさせることをくり返す。トントントとリズムカルな音を意識した。

4. 50回ほど続けると、突然、

砂の上に水が、スーッと上がって

きた。しようつさせる前は、盛り上がって

いた砂が、水の下で、水平になっ

ている。(写真④) 水は、しようつさせる前と、



(写真④)

比べると、6、7mLほど上がっている。少しゆらしてみると、

砂の表面のみが、上がってきた水と左右にゆれた。しかし、

砂の下の方は全くゆれておらず、砂粒同士が支え合っている

ことが分かる。地震の時、液状化がおこると、地盤は

このようになるのだろう。では、砂の中に、水がどのくらい

あると、液状化がおこるのだろうか。実際に実験をして、

確かめたいと思う。

(実験②) 液状化がおこるときの砂のしめり具合と、ゆれの回数との関係を調べる。

1.) 実験の手順

1. コップを5個用意する。
2. それぞれに砂を 160 cm^3 ほど入れる。砂がコップの半分以上になるようにする。
3. それぞれのコップに水を、 50 cm^3 , 60 cm^3 , 70 cm^3 , 80 cm^3 , 90 cm^3 と静かに注ぐ。砂に水をしみこませるため、3分ほどおいておく。
4. ゆれをおこす。コップを机の面から 5 cm ほど上げて、机の面にしゅんとさせることをくり返す。
今回は、しゅんとさせる回数を数える。
5. 液状化現象がおこるまでの回数を記録し、水の量との関係をグラフに表す。

2.) 予想

通常的地盤は、砂粒と砂粒の間が、水で満たされている。そのため、水の量が多いほど、砂粒同士のむすびつきが弱まるのが早いのではないだろうか。

なので私は、水の量が多いほど、少ないしゅんと回数で、液状化がおこると予想している。

3.) 実験スタート

1. コップを5個用意する。
2. それぞれに砂を 160 cm^3 (mL) 入れる。

(写真⑤) この時、砂がコップの半分以上の量になるように意識する。



(写真⑤)

3. 1つめのコップに水を 50cm^3 (mL)
静かに注ぐ。水は、砂にすぐに
しみこんだ。(写真⑥)そのため、
水が少なすぎるような印象を
うける。



(写真⑥)

横からコップを見ると、上だけに
水がしみこみ、下の方にまで
水がきていない感じがした。
(写真⑦)



(写真⑦)

2つめのコップに水を 60cm^3 (mL)
静かに注ぐ。1つめのコップと
同じように、水は砂にすぐに
しみこんだ。(写真⑧)



(写真⑧)

しかし、今回は、水を全て注ぎ込んで、

約2秒ほどかけて、しみこんだため、
水が少なすぎるような印象は
受けなかった。だが、水は上の方
にのみ、しみこんでいるように見える。



(写真⑨)

(写真⑨)

3つめのコップに、水を 70cm^3 (mL)
静かに注ぐ。すぐにではないが、
水は砂に約4秒ほどかけて、
全てしみこんだ。(写真⑩)



(写真⑩)

また、水が、 50cm^3 や 60cm^3 の時と
比べると大分下までしみこんでいる。
しかし、全体的にみると、まんべん
なくしみこんでいるわけではなかった。

(写真⑪)



(写真⑪)

4つめのコップに水を 80cm^3 (mL)
静かに注ぐ。水は砂に全ては
しみこまなかった。水が、砂よりも
少し多いためか、砂が盛り上がり

いるところと、水がたまっているところが

ある。(写真⑫)

だが、コップを横から見ると、
砂全体に、水がまんべんなく

しみこんでいることが分かった。(写真⑬)



(写真⑫)



(写真⑬)

5つめのコップに水を 90cm^3 (mL)

静かに注ぐ。(写真⑭)

全て水を注ぐと、砂よりも 1cm くらい

水面が高くなった。(写真⑮)

そのため、水に比べて砂が「少ない

印象を受けた。

けれども、コップを横から見ると、

砂全体に水がまんべんなく

しみこんでいることが分かった。



(写真⑭)



(写真⑮)

4. 3分たった。これから地震をおこす。今回は、コップを机の面に
しょうとつさせた回数を数える。

まず、1つめのコップ(50cm³)で、

ゆれをおこす。(写真⑬)

予想では、水が多いほど、少ない
しょうとつ回数で液状化がおこると

考えた。予想どおりならば、1つめのコップ(50cm³)は。(写真⑬)

液状化がおこるまでのしょうとつ回数が
多いはずだ。

結果、300回以上しょうとつさせても
液状化はおこらず、水によって

固まった砂が、タマになっただけだった。(写真⑭)

(写真⑭)

次に、2つめのコップ(60cm³)で、

ゆれをおこした。1つめのコップと

同じように、300回以上しょうとつ

させても、液状化がおこらないのでは

と不安だったが、30回ほどしょうとつさせると、(写真⑮)

水が上に上昇してきた。結果、40回しょうとつさせると、

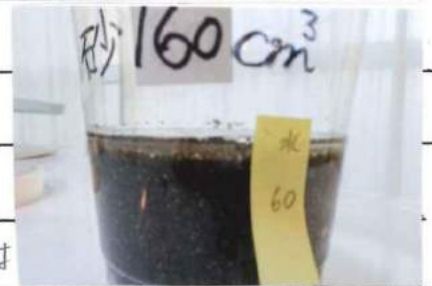
液状化がおこった。(写真⑮) 水は、砂よりも5mmくらい
出ている。

また、初め、水は全体にしみこんで

いなかったが、液状化後は、

砂全体に水がしみこんでいた。(写真⑯)

(写真⑯)



3つめのコップ(70cm³)でゆれをおこなす。

驚いたことに、8回ほどしょうとつ

させると、水が上昇してきた。結果、

22回しょうとつさせると、液状化が

おこった。水は砂より、3mmほど出ている。

(写真⑳)



(写真㉑)

4つめのコップ(80cm³)でゆれをおこなす。

すると、10回ほどしょうとつさせると、

水が上昇してきた。結果、16回ほど、

しょうとつさせると液状化がおこった。

水は砂よりも8mmほど出ている。(写真㉒)

(写真㉒)



また、しょうとつさせる前は、砂が盛り上がっているところと、水が

たまっているところがそれぞれあったが、液状化後は、砂が

水平になっていた。

最後に5つめのコップ(90cm³)で、

ゆれをおこなす。しかし、もともと水の水位が

砂をこえていたので、水が上昇しはじめた

時のしょうとつ回数がかくわしく分からなかった。

結果、10回ほどしょうとつさせると、液状化が

(写真㉓)

おこった。水が、砂よりも、15mmほど出ている。これまでで、最長

だった。(写真㉓)



5. 液状化がおこるとき、砂のしめり具合とゆれの回数、

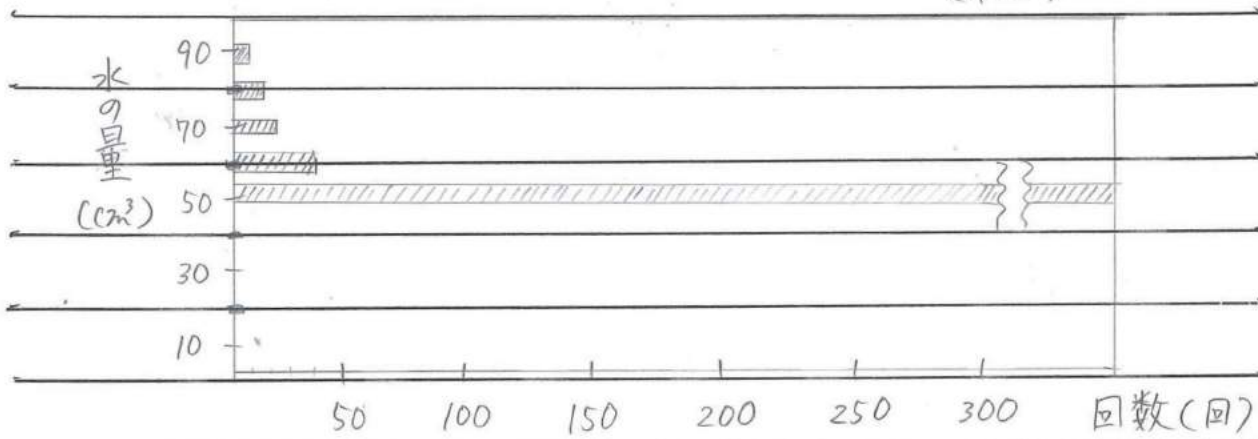
関係をグラフで表していく。この時グラフには、液状化が

おこるまでのしょうとつ回数と水の量を記録する。

液状化がおこるとき砂のしめり具合とゆれの回数 (砂 160cm³の場合)

水の量	50cm ³	60cm ³	70cm ³	80cm ³	90cm ³
ゆれの回数	300以上	40回	22回	16回	10回

(表①)



(グラフ①)

グラフを見ると、予想通り水の量(砂のしめり具合)が多いほど、少ないしめり回数(ゆれの回数)で、液状化がおこるということが分かる。つまり、地震がおこったとき、地盤に含まれる水の量が少なければ、液状化がおこる可能性が低くなるということだろう。しかし、地盤に含まれる水の量が少なくても安心はできないと思う。日本には雨季があり、その時期は、地盤に含まれる水の量も通常より、多くなるからだ。特に最近、災害級の雨が降ることもあるため、地震がおこったとき、液状化現象がおこることも多くなると考えられる。

さて、これまで砂の地盤で、液状化がおこることは分かったが、土や砂利などの他の地盤でも液状化がおこるのか、砂の地盤のときと同じ条件で実験したいと思う。

(実験③) 土や砂利で液状化現象がおこるのかどうかを調べる。

1.) 実験の手順

1. (実験①)と比較するため, (実験①)と同じように, 土や砂利をコップに 80cm^3 ほど入れる。
2. それぞれに水を $30\sim 40\text{cm}^3$ ほど注ぐ。
3. 水をおこす。コップを机の面から 5cm ほど上げて, 机の面にしんとさせることをくり返す。
4. コップの中の土や砂利の変化をみる。

2.) 予想

砂の地盤は、砂粒同士のむすびつきが弱まり、離れることで、液状化がおこる。土は、粒と粒が、砂と少し似ているので、それぞれがむすびつき合っていると思われる。なので、そのむすびつきが弱まり、粒同士が離れたとき、液状化がおこるのではないだろうか。逆に、砂利は、粒同士がむすびつきをえているようにはみられない。もともとむすびつきがないものが離れても液状化はおこらないだろう。

私は、土は液状化がおこり、砂利は液状化がおこらないと予想している。

3.) 実験スタート!

- [土] 1. プラスチックのコップに、土を 80cm^3 (mL) 入れる。(写真②3)
- また、計量カップに水を $30\sim 40\text{cm}^3$ (mL) 入れる。



(写真②3)

2. 土 (80cc) に、水 (40cc) を。

静かに注ぐ。すぐにこぼれないが、

土は水を少しずつ吸収し、

約3秒後には、水は全て、

しみこんでいた。(写真 24)



(写真 24)

横からコップを見ると、砂と違い

下の方に水がたまっている印象を

うけた。(写真 25) だが、土全体に

まんべんなく、水はしみこんでいる。



(写真 25)

3. ゆれをおこす。砂の時と同じように、コップを机の面から

5cmほど上げ、机の面にしょうとせせることをくり返す。

4. 30回ほど続けると、水が上昇

してくる気配がした。しかし、

その後300回以上くり返しても

液状化はおこらず、土と水が

混ざり、泥のようになったたけだった。

(写真 26, 27)



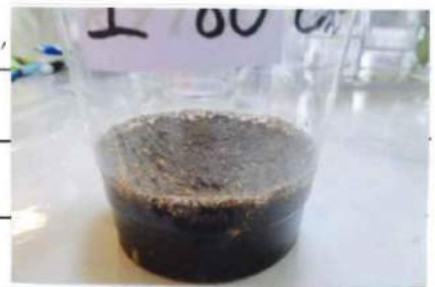
(写真 26)

水が上昇してくる気配がした時、

「予想通りかもしれない!」と

期待したが、結局液状化は

おこらず、がっかりした。



(写真 27)

[砂利] 1. プラスチックのコップに砂利を
80 cm³ (mL) 入れる。(写真②⑧)
また、計量カップに水を30~
40 cm³ (mL) 入れる。



(写真 ②⑧)

2. 砂利(80 cm³)に、水(40 cm³)を
静かに注ぐ。水はすぐに
砂利にしみ込んだ、というよりも
小石と小石の間を落ちて、
底に沈んだような印象をうけた。



(写真 ②⑧)

(写真 ②⑧)

横からコップをみると、やはり、
水は底にたまっていた。そのため、
砂利の上の方に水はみられ
なかった。(写真 ②⑨)



(写真 ②⑨)

3. ゆれをおこす。砂の時と同じように、コップを机の面から、
5mmほど上げ、机の面にしょうとっさせることをくり返す。

4. 20回~50回ほど続けると、
その間に、水が上昇してきた。
しかし、砂利は、水に完全には
沈まず、結果、300回以上
続けても液状化はおこらなかった。



(写真 ③⑩)

(写真 ③⑩, ③⑪)

だが、私は砂利で液状化がおこるとは思っていなかったが、水が上昇してきた時、とても驚いた。しかし、結局予想通りの結果となった。



(写真 ③)

今回の実験で、液状化は砂の地盤のみにおこるということが分かった。では、液状化がおこったとき、地表の建物はどうなるのだろうか。実験で確かめることにした。

(実験④) 液状化現象がおこったときに、地表の建物はどうなるのか。

1.) 実験の手順

1. コップを2つ用意し、ともに砂を80 cm³入れる。
2. どちらにも水を40 cm³ほど入れて、水を砂にしみこませるため、3分ほど待つ。
3. 砂の上に建物のモデルとして石(重い建物)と木片(木造家屋)をのせて、机の面からコップを5mmほど上げ机の面にしようにさせることをくり返す。
4. 液状化現象がおこった後の建物(モデル)の様子を見るため、液状化がおこってもかまわずコップを机の面にしようにさせ続け、変化を観察する。

2.) 予想

液状化現象は、地盤が液体状になる現象のことである。そのため、建物などの重い物体は、地盤に沈むのでは

ないだろうか。私は、石と木片は、砂に沈み、とくに、
重い建物のモデルである石が、深く沈むと予想している。

3.) 実験スタート!

[木片] 1. コップを用意し、砂を 80cm^3 (mL) 入れる。

2. 水を 40cm^3 (mL) ほど入れて、水を砂にしみこませるために
3分ほどまつ。

3. 砂の上に木造家屋のモデルとして
木片をのせる。この時の木片は、砂に
沈むようにはみられず、砂の上に、
しっかりとたっていた。(写真 ③②)



そして、机の面から、コップを 5mm ほど
上げ、机の面にしょうとさせることをくり返す。

4. すると、20回ほどで、水が上昇し、30回ほどで、液状化が
おこった。そこから、木片がたんとたんと、傾きながら沈下して
いった。その後、150回まで続けても様子はあまり
変わらなかった。(写真 ③③, ③④)



(写真 ③③)



(写真 ③④)

木片をとり除き、砂のついたあとをみると、約 $2,3\text{mm}$
ほど沈んでいたことが分かった。とり除いたあとを砂を
みると、木片があった跡があまり分からなくなっていた。

[石] 1. コップを用意し、石砂を 80cm^3 (mL) 入れる。

2. 水を 40cm^3 (mL) ほど入れて、水と砂にしみこませるために3分ほど待つ。

3. 砂の上に重い建物のモデルとして石をのせる。この時からすでに石は、砂に少しめりこんでいた。

(写真 35)



そして、机の面からコップを 5mm ほど

(写真 35)

上げ、机の面にしおとつさせることをくり返す。

4. すると、わずか2秒ほどで、氷が上昇し、10回ほどで

液状化がおこった。出ている水も木片の時と比べると、

$2, 3\text{mm}$ ほど多かった。そこから、石はどんどん沈み、

最終的に、石の半分以上が、砂にうまることとなった。

しかし、木片の時と違い、傾きながら沈む様子は

あまりみられず、そのまま下に沈んでいく印象を受けた。

その後、150回まで続けても様子はあまり変わらなかった。

(写真 36, 37)



(写真 36)



(写真 37)

石をとり除き、砂のついたあとをみると、約 15mm ほど

沈んでいたことが分かった。とり除いたあとの砂を

みると、木片の時と違い石が
沈んだあとに水がたまり、石が
あった跡がはっきりと残っていた。

(写真 38)



つまり、液状化現象がおこったとき、

(写真 38)

地表にある建物が重いほど深くしずみ、被害を多く
うけるということだろう。

④ 液状化は縦と横でどのように違うのか

これまで私は、コップを上から落とし、しよとつさせて液状化現象を
おこしていた。しかし、これは縦ゆれの場合作である。では、横ゆれの
場合には、液状化現象はおこるのだろうか。横ゆれと縦ゆれでは、
おこる液状化現象に違いがあるのだろうか。

実際に実験をしてみることにした。

<実験の記録>

(実験 5) 横ゆれによる液状化現象をおこし、縦ゆれの場合と比べる。

1.) 実験の手順

1. 約 200 cm^3 ほどの虫カゴの4分の1くらいまで砂を入れた。そして、
砂の表面を超えない程度に水を入れる。
2. 同じ間隔で軸の丸い鉛筆を4~6本置き、その上に虫カゴを
のせる。
3. 虫カゴを小刻みに、左右にゆらし、砂の様子を観察する。
4. 1~2までやり直し、3で、未開封の缶ジュースを置いた時の
砂の様子を観察。缶ジュースがないときと比べる。

2.) 予想

横ゆれの場合は、しゅうげきがあまりないため、砂粒同士のむすびつきが弱まり、離れるまでに時間がかかるだろう。

なので縦ゆれのときと比べると、液状化現象がおこるまでに時間がかかり、横ゆれを200回以上しないと液状化がおこらないと、私は予想している。だが、砂粒同士が離れるほどのしゅうげきはあると思うので、液状化現象がおこらないということはないだろう。

3.) 実験スタート!

[先ずースたし] 1. 約200cm³(2L)の虫かごの4分の1

くらいまで砂を入れる。(写真③9)

そして、砂の表面を超えない程度に水を入れる。しかし、失敗して、

水が砂を少しだけ超えてしまった。

(写真③9)

2. 次に、同じ間隔で鉛筆を4~6本

置き、その上に虫かごをのせた。

(写真④0) 鉛筆が重いため、

きれいに、バランスよく虫かごを

のせることが難しかった。

(写真④0)

3. 虫かごを左右にゆらす。この時、

鉛筆が中心に集まってしまうので、

ゆらしにくかった。(写真④1)なので、

5本から4本に減らすと、ゆらし

やすくなった。左右に50回ほどゆらすと、

(写真④1)



水が上昇しはじめ、100回ほどで、
水面が約13mmまで上がり、
液状化した。(写真④2)



しかし、縦ゆれがとくと違い、砂の
表面が水平になることはなかった。

(写真④2)

[缶ジュースあり] 1. 約 200cm^3 の虫カゴの4分の1
くらいまで砂を入れる。

そして、砂を超えない程度に、水を入
れる。(写真④3) 今回は、



失敗せずに、入れることができた。

(写真④3)

2. 次に同じ間隔で鉛筆を4本置き、その上に虫カゴを
のせる。

3. 最後に、未開封の缶ジュースを、
虫カゴの上に置く。あとは、

虫カゴを左右に小刻みにゆらす
のみである。缶ジュースを砂の上に



置くと、若干水位が上がった。

(写真④4)

(写真④4)

いよいよ虫カゴをゆらす。

すると、左右に、50回ほどで、上昇が止まり、液状化が
おこった。その間、缶ジュースは、若干後方へ傾きながら、
沈下していった。その後、約150回まで続けたが、
変化はなかった。液状化がおこった、虫カゴの中は、

水位が、13mmくらい上がっていた。また、砂の表面も缶ジュースがない場合と同じように、水平になっていない。
(写真④5, ④6)



(写真④5)



(写真④6)

缶ジュースを砂からとり出すと、下から10mmくらいまで砂にうまり、そこから上へ10mmくらいまで水にしぼられていたことが分かった。(写真④6)

缶ジュースがない時と比べ、水が上昇する前の回数は、缶ジュースがある時の方が少ないが、それ以外は、大差ないことに気付いた。

では、縦ゆれの時の液状化現象と比べると、どうだろうか。

[地表に(重い)建物がない場合]

「縦ゆれによる液状化」	「名目」	「横ゆれによる液状化」
(しぼり回数) 約50回	液状化がおこるまでのゆれの回数	(横にゆらした回数) 約100回
水平である	砂は水平かどうか	水平ではない

[地表に(重い)建物がある場合]

(表②)

「縦ゆれによる液状化」	「名目」	「横ゆれによる液状化」
(しぼり回数) 約10回	液状化がおこるまでのゆれの回数	(横にゆらした回数) 約50回
約15mmほど沈む	(重い)建物の沈み具合	約10mmほど沈む

(表③)

(表①,②)により,横ゆれによる液状化は,縦ゆれによるものよりも,おりにくく,縦ゆれの場合と比べると,地表の建物の沈み具合が低いということが分かった。つまり,地震がおこったとき,それが横ゆれならば,液状化による被害の影響度が小さいということだろう。

⑤ 液状化は私にも関係のあることなのか

さて,これまでの調べ学習や,実験により,液状化現象について理解を深めることができた。では,この液状化現象は,私にも関係のあることなのだろうか。初めの「研究の動機」では,浜ノ町の観光通りに長崎大水害で増水した水の水位を表す印が鉄柱に刻まれていることを紹介した。このように,「水害」は私達の身の回りでおこることもあるのである。だが,私には,私の住んでいる地域で液状化現象がおき,その被害が自分自身にもおよぶということが,想像できない。なので,私の住んでいる地域の「地域危険度マップ」などを参考に私と液状化現象との関係を調べていきたい。

長崎県には,液状化危険度を示したマップが2つある。1つは,「活断層地震による図」,2つめは,「微地形区分による図」である。正直,私は,「活断層地震」や「微地形区分」などといった言葉を,聞いたことがない。そのため,その言葉の意味も知らない。なので,言葉の意味を知ったうえで,調べ学習へ入りたいと思う。

まず,「活断層地震」とは,陸側のプレート内部での断層運動により,発生する地震のことである。断層運動とは,断層面に沿って

その面の両側の岩盤が急激にずれ動く現象のことを指すらしい。
次に、「微地形区分」とは、地盤のできあがった理由や形態、
構成する物質や、形成時代が、それぞれの基準の中において、
等しい量となるものをまとめた単位である。そもそも微地形とは、
5万分の1や2万5000分の1縮尺の地形図上には明確に表現
しにくいほど小規模で微細な高低をもつ地形のことだ。

1.) 活断層地震による図

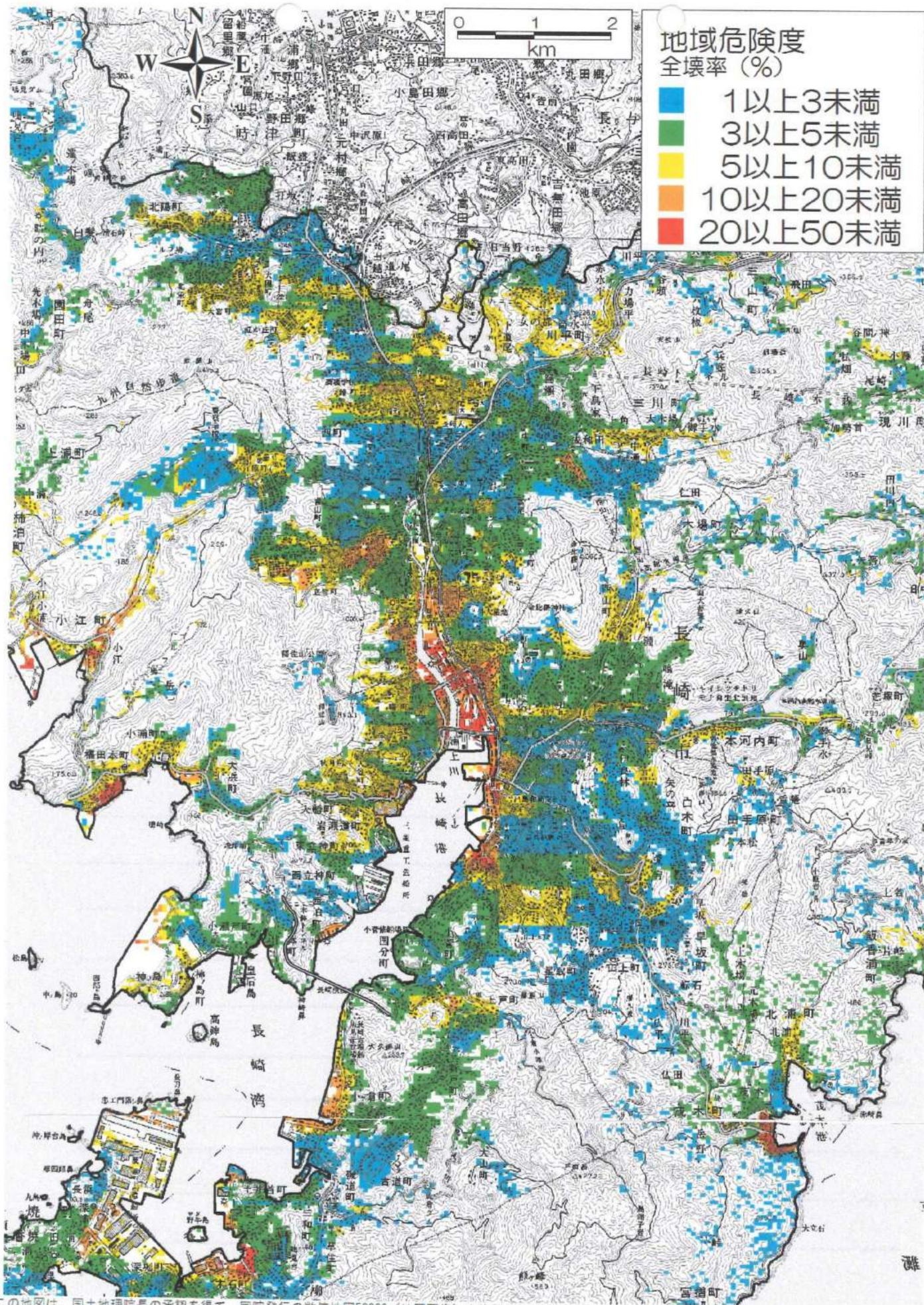
「長崎県地震等防災アセスメント」では、想定される活断層
地震の個別に求めた危険度の最大値をもとに、
250mメッシュ(網目(の大小を表す単位)。数値が大きいほど、
細かい。)で液状化危険度(5段階)を示している。

このマップから私が分かることは、浦上川沿いに沿って
下流へ行くに従って地域危険度が上がっていることだ。
(資料①) また、長崎市沿岸の港の周辺も地域
危険度が高いようにみられる。特に、埋め立てをして、きれ
いに整地された地域は、地域危険度が高いようだ。

しかし、私が住んでいる地域は、比較的地域危険度が
低いように思われる。たが、たがらといって安心しては
ならないと思う。長崎県や長崎市といった地域全体に
関心を向けることが大切だろう。なぜなら、災害がおこ
るときは、広い範囲に影響がでるからだ。

2.) 微地形区分による図

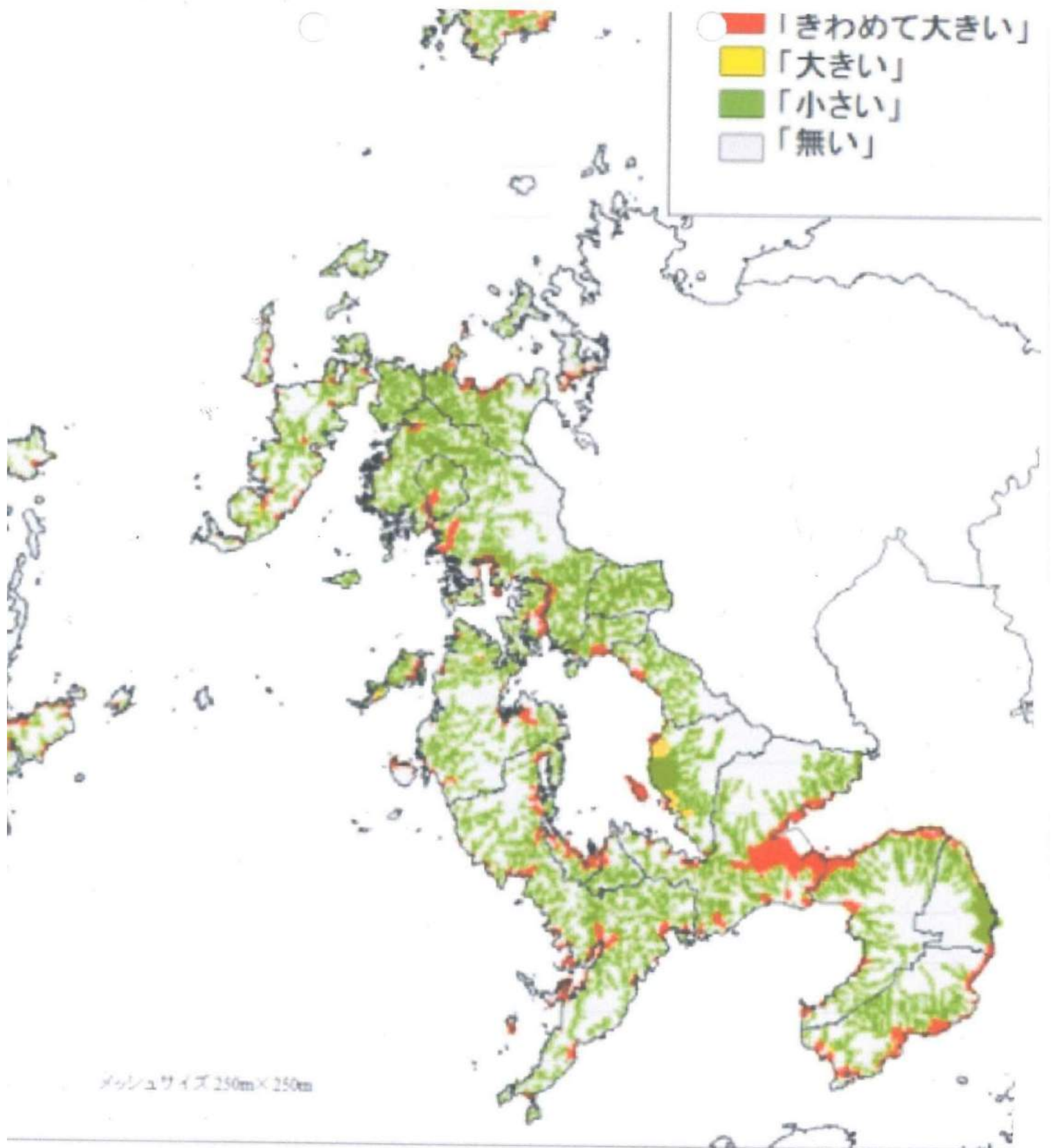
長崎県では、国土庁防災局「液状化地域ゾーニングマニ
アル」に従い、微地形区分図を基に、各地の地震等に



地域危険度
全壊率 (%)

- 1以上3未満
- 3以上5未満
- 5以上10未満
- 10以上20未満
- 20以上50未満

この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の数値地図50000（地図画像）を複製したものである。（承認番号 平22業複、第504号）
これをさらに複製又は使用して配布等する場合には、国土地理院の長の承認を得なければなりません。



「ユアル平成11年1月国土庁防災局震災対策課」に従い、平成17年度アセスメントの危険度を一般的に指摘される可能性程度で表した資料であり、特定の地震動に
 びその効果判断は行っていない。

(資料②)

応じて 250m x ヷシユ で液状化の危険度(4段階)を
示している。

このマップから私が分かることは、海沿いに液状化の
可能性が大きい場所が多いことだ。(資料②) 逆に、
他の地域との境目や、地域の内側の土地は、
液状化の可能性が大きい場所が極めて少ない。

つまり、さきほどの「活断層地震に揺る国」からも
分かるように、水が近くにあり地盤に水が多くの含まれて
いると思われる地域では、液状化がおこる可能性が
大きいということだろう。幸い、私の住む地域の近くに
水が多くのある場所は少ない。だが、いつ自分が「水害」
にまきこまれるかは、誰にも分からない。だからこそ、
「水害」がおこっても大丈夫なように、対策をしておくことが
大切だ」と考える。

では、液状化は、自分達で防ぐことができるのだろうか。

⑥ 液状化は防ぐことができるのか

液状化対策には、「地盤に施す」と、「新築住宅における」
ものがある。

まず、「地盤に施す液状化対策」は、大きく3つある。1つめは、
地盤を締固める工法だ。これを「サンドコンパクションパイル工法」
という。地盤全体を締固めるとともに地盤中に砂(サンド)を圧入し、
強固に締固めた砂杭を地盤中に築造する工法である。2つめは、
地盤を固化させる工法だ。これを「薬液等注入工法」といい、

地盤中に薬液等を注入し、地盤を固結させる工法のこととする。
つまり、地下水位を下げる工法である。ポンプなどで地下水を汲み上げて地下水位を下げさせ、地盤を液状化させにくくするのだ。

① 液状化層(地下水位)が比較的浅い地盤

② 地下水位低下により、圧密沈下(軟弱な粘性土に長期間に鉛直荷重がかかり続けることで、地下の岩石の孔隙内に存在する水が排出されて、地盤が沈下する現象)を生じる軟弱な粘性土が下部に厚く堆積していない地盤。

③ 透水性が高い地盤。

これらの地盤条件を満たしていれば比較的安価で有効な液状化対策といえる。

次は、「新築住宅における液状化対策」についてである。
これは、大きく2つのものがある。つまり、地盤改良などの対策だ。液状化の発生そのものを抑制する工法であり、地震が発生したとき、液状化がおきないように地盤を作り変えてもらう考えた。締固め工法と格子状改良工法とがある。締固め工法は、地盤を強固に締め固めるものだ。格子状改良工法は地盤のせん断変形(トランプの束の上面に力を加えると、各層が高さ按比例し、移動するように傾きをもった変形のことという)を抑制するものである。つまり、住宅への被害を低減させる構造的対策だ。液状化が発生しても建物被害を軽減させる工法で、液状化が発生したとしても建物の沈下や傾斜といった被害をなるべく少なくする考えた。杭基礎、表層地盤改良、杭状地盤補強(柱状改良、小口径杭など)などがある。

これはもともと、沈下対策として採用されていたが、周辺地盤が液状化しても建物の被害が少なくなるということが分り、より詳細な検討が進められている。

このように、液状化がおこっても、その被害を軽減させることができて分かった。しかし、一般的な戸建住宅のような小規模建築物を対象とした液状化対策で、万全ということではない。液状化対策をしても、被害をうけることもあるということを理解しておくことが大切だろう。

(7) 研究して分かったこと

① 液状化とは、普段は地水を含んでいてもしっかりと固まっている地盤が地震などで、液体状になる現象のことである。

② 液状化がおこると、地盤は液体状となり、「噴砂」や「噴水」などの現象がおこる。

③ 液状化は、昔からあったが、大きな被害が生じることがなかった。なやで、世の中の注目を集めるようになったのは、1964年6月の新潟地震以降である。

④ 液状化は、

1. 地下水位が浅い(高い)こと

2. 地下水位以下に、緩い(締め固まっていない)砂を多く含む地層があること

3. 地震のゆれが強いこと

などの条件がそろった地盤でおこりやすい。

⑤ 実際に液状化を再現してみると、(砂80cm³, 水40cm³)

机から5cmほどコップを上げ、それを落とさせること、約50回で

液状化がおこった。

⑥ ⑤の。マップを左右に少しゆらすと、表面の砂粒だけが上がってきた水とゆれた。しかし、下の方の砂は、全くゆれず、砂粒同士が支え合っていることが分かる。

⑦ 液状化は、水の量(砂のしめり具合)が多いほど、少ないしめりと回数(ゆれの回数)でおこる。

⑧ 液状化は、砂の地盤のみでおこる。そのため、土や砂利の地盤では、液状化がおこることはない。

⑨ 液状化がおこったとき、地表にある建物は傾きながら、砂に沈む。このとき、地表の建物が重いほど、深く沈む。

⑩ 液状化は、地震が、縦ゆれでも、横ゆれでもおこる。

⑪ 横ゆれによる液状化は縦ゆれによるものよりもおこりにくく、縦ゆれの場合と比べると、地表の建物の沈み具合が低い。

⑫ 長崎県には、液状化危険度を示したマップが2つあり、「活断層地震による図」と「微地形区分による図」がそれだ。

⑬ 「活断層地震」とは、陸側のプレート内部での断層運動により、発生する地震のことである。

⑭ 断層運動とは、断層面に沿ってその面の両側の岩盤が急激にずれ動く現象のことである。

⑮ 「微地形区分」とは、地盤のできあがった理由や形態、構成する物質や、形成時代が、それぞれの基準の中において等しい量となるものをまとめた単位である。

⑯ そもそも微地形とは、5万分の1や2万5000分の1縮尺の地形図上には明確に表現しにくいほど小規模で微細な高低をもつ地形のことだ。

①7 「活断層地震による図」……「長崎県地震等防災マセメント」では、想定される活断層地震の個別に求めた危険度の最大値をむに250mメッシュで液状化危険度(5段階)を示している。

①8 このマップから浦上川沿いに沿って下流へ行くに従って地域危険度が上がっていることが分かる。

①9 また、長崎市沿岸の港の周辺も地域危険度が高いように見られる。特に、埋め立てをしてきれいに整地された地域は、地域危険度が高いようだ。

②0 「微地形区分による図」……長崎県では、国土庁防災局「液状化地域ゾーニングマニュアル」に従い、微地形区分図を基に、各地の地震等に応じて250mメッシュで液状化の危険度(9段階)を示している。

②1 このマップから海沿いに液状化の可能性が大きい場所が多いということが分かる。

②2 逆に他の地域との境目や、地域の内側の土地は、液状化の可能性が大きい場所が極めて少ない。

②3 液状化対策には、「地盤に施す」と、「新築住宅における」ものがある。

②4 「地盤に施す液状化対策」には、地盤を締固める工法(サンドコンパクションパイル工法)と、地盤を固化させる工法(薬液等注入工法)、そして、地下水位を下げる工法の大きく3つがある。

②5 1. 液状化層(地下水位)が比較的浅い地盤
2. 地下水位低下により、圧密沈下を生じる軟弱な粘性土が下部に厚く堆積していない地盤

3. 透水性が高い地盤

これらの地盤条件を満たしていれば"比較的安価で"有効な液状化対策といえる。

②⑥「新築住宅における液状化対策」には、地盤改良などの対策(締固め工法, 格子状改良工法)と、住宅への被害を低減させる構造的対策(杭基礎, 表層地盤改良, 杭状地盤補強(柱状改良, 小口径杭など))の大きく2つがある。

②⑦ これらはもともと沈下対策として採用されていたが、周辺地盤が液状化しても建物の被害が少なくなることが分かり、より詳細な検討が進められている。

(8) 感想

私はもともと、「液状化現象」という存在自体を知らなかった。私の近くで液状化がおきたことがなかったことが理由の1つとして挙げられるだろう。

私は、この研究の中で、液状化は、水を多く含む地盤では少ないけれど、おこってしまうことを知った。つまり、川や海などの水が近くにある地域の地盤も水を多く含んでいる可能性があり、液状化がおこるかもしれないということだ。辛い、私の住んでいる地域の近くに、川や海などの、水が多くある場所はない。しかし、長崎県は、海に囲まれており、港や川が多くある。私が「液状化現象」というものを知らないまま、暮らしていたら、液状化の被害に巻き込まれる可能性もあったのだ。

これは、私個人に当てはまるものではない。私の友達や親族など、身近な人々の中にも、「液状化現象」というものを知っている人は、少ないかも

しれない。だからこそ、この研究を通し、学んだことを共有したり、液状化について理解を深めたりしていきたいと思う。

そして何より、このような「水害」がおこらないことを願う。

(9) 参考文献

○ <最新> 我が家のための液状化対策 ～震災による「液状化危険地域」に住むあなたへ。液状化の正体、対策、保険の使い方、行政からの助成の受け方まで～

著者：岡 三三生 出版社：マーブルロン

○ そこで液状化が起きる理由～被害の実態と土地条件から探る～

著者：若松 加寿江 出版社：東京大学出版会

○ 液状化はこわくない～メカニズムと対策 Q & A～

著者：渡辺 具能 出版社：山海堂

○ Q & A で知る住まいの液状化対策

著者：時松 考次, 安達 俊夫, 二木 幹夫 出版社：創樹社

○ 長崎県ホームページ

○ 長崎市ホームページ

終わり