

地震による二次災害・液状化現象から身を守る 小学校6年生を対象とした防災学習の実践

Practice of the Disaster Prevention Learning for Sixth Graders
to Protect Themselves from the Liquefaction That is the Secondary Disaster of the Earthquake

川 真 田 早 苗

要旨

本研究では、南海トラフ巨大地震により液状化現象の発生が危惧される地域に住む6年生を対象として、モデル実験を活用した防災学習を実践した。その結果、児童は、液状化現象による地面の変化やその被害について理解するとともに、液状化現象が発生した際の避難経路についても検討するようになった。学習後には、家庭でも液状化現象の危険性について話し合うようになった。

キーワード：防災学習 (Disaster prevention learning) / 液状化現象 (Liquefaction) /
モデル実験 (Model experiment) / 南海トラフ巨大地震 (Nankai megathrust earthquake) /
小学校6年生 (Sixth grader)

I はじめに

液状化現象とは、よく締まっていない砂質地盤で地下水位が高い場合、地震時に液体土の噴出や地表の変形が生じる現象である¹⁾。日本において地震時液状化現象が研究され始めたのは1964年の新潟地震 (M=7.5) からであったが²⁾液状化はそれほど怖くない災害として考えられていた³⁾。実際に、液状化現象では、建物の沈下・傾斜はゆっくりと進行するため人的被害の発生事例は少ないことが報告されているが、液状化現象による被害は大都市圏の拡大・過密化に伴い今後益々高まることも指摘されている⁴⁾。例えば、東日本大震災では、液状化現象が道路の機能不全を引き起こしたため、避難行動や救助活動が妨げられ人的被害につながった事例が報告されている⁵⁾。また、沿岸域における液状化の被害面積は、地球温暖化の影響による海面上昇や異常降雨に伴い地下水位が上昇するため増大すると指摘されている⁶⁾。つまり、都市の過密化や地球温暖化の影響により、液状化現象は、物的被害のみに留まらず、人的被害

の拡大にもつながると考えられる。地震時の避難行動では、液状化現象など避難経路の状況に応じた判断が重要であるが⁷⁾、液状化現象の危険性が高い地域でも地震・津波に比べ液状化現象を取り扱った防災学習は少ない⁸⁾。

そこで、本研究では、液状化現象による被害が危惧される沿岸域の小学校6年生の児童を対象として、地震時に発生する液状化現象に適切に対応する力を育成する防災学習を実践し、その効果を検証することを目的とする。

II 研究の対象及び方法

本研究は、南海トラフ巨大地震による被害が想定されている徳島県阿南市津乃峰町A小学校の6年生児童22名を対象とした。津乃峰町は、橘湾沿いに位置している。地域には、標高1m未満の海岸平野・三角州が広がっており、住宅密集地は盛土地・埋立地からなり、揺れやすく液状化の可能性が高い⁹⁾。そのため、A小学校では、校外での地震・津波を対象とした避難訓練や防災学習を体系的に展開している。

防災学習では、取り扱う自然事象のスケールを教室内で実験可能なサイズに縮小したモデル実験

KAWAMATA, Sanac

北陸学院大学 人間総合学部 子ども教育学科
理科・理科指導法

を観察させることが、学習対象者の理解を促進する有効な方法であると指摘されている¹⁰⁾。その理由として、①現象の疑似体験ができ、その現象を直感的に理解できる、②観察・考察の対象とすることができる、③強い印象を残すことができるといった3点が報告されている¹¹⁾。小学生を対象とした防災学習では、津波の発生、火山噴火などの縮小モデル実験の有効性も報告されている^{12)、13)、14)}。そこで、本研究では、液状化現象の縮小モデル実験を活用した防災学習を実践し、その1週間後に液状化現象について説明させる自由記述による調査を行い本防災学習の効果を検証する。

Ⅲ 防災学習の概要

1. 液状化現象の縮小モデル実験の特徴と作成方法

本防災学習で開発した液状化現象の縮小モデル実験とは、児童自身が実験準備を行い、気付きに応じた実験を繰り返し実施することができる実験である。具体的には、液状化現象が生じる砂地盤を作成し、砂地盤上に配置する物も児童が気付きに応じて決定できる。

液状化現象が再現できる砂地盤は、砂の粒径が0.8mm以下、砂対水の重量比はおおよそ3.3対1の条件で発生しやすいとの報告がある¹⁵⁾。しかし、本縮小モデル実験では、液状化現象を観察できる砂と水の体積比を活用した。なぜなら、体積比であれば、計量器がなくても、児童が間接比較の考え方を働かせ自宅でも実験できるからである。

また、液状化現象の縮小モデル実験の作成には、安価で入手しやすい材料を利用した。砂の粒径は先行研究から0.4mmを使用した。開封直後の湿った砂と乾燥後の砂に投入する水の量は異なる。開封直後の水分を含んだ砂対水の体積比はおおよそ5対1で液状化現象が発生した。一方で、完全に乾燥した砂対水の体積比はおおよそ5対2で液状化現象が発生した。砂の含水量により、砂と水の体積比を変化させ砂地盤は作成できる。プラスチック容器に作成した砂地盤を入れ、これを2本の綿棒の上に置き左右に振動させ液状化現象を観察する。プラスチック容器や綿棒は100円均一店で購入できる。

2. 授業展開（授業時間60分）

本授業は2021年3月3日に実施した。授業展開は、以下の通りである。

- ① 2011年東日本大震災時に浦安で発生した液状化現象の画像資料や新聞記事等を見て、地震に伴い発生する液状化現象の被害を知った。
- ② 浦安と津乃峰町の地形の共通点を話し合うことにより、「津乃峰町にも地震時液状化が発生するだろう」という予想を立てた。
- ③ 予想を確かめるため、液状化現象の縮小モデル実験を3回繰り返し行い、観察結果を共有した。また、観察結果と関連付け地震時液状化現象の発生が想定されている津乃峰町の範囲を資料で確認した。
- ④ 学習終了時には、学習のまとめとして、本学習で学んだことをワークシートに記述した。

3. 児童の様子

① 導入時の児童の様子

導入では、2011年東日本大震災時に浦安で発生した液状化現象の画像資料を提示し、平常時との違いについて話し合った。

② 予想を立てる児童の様子

次に、浦安と小学校が立地する津乃峰町の地形図を見て、両者の地形の比較をした。児童は、浦安も津乃峰もともに海岸沿いの地域であること、埋め立て地があることが共通していると発言していた。そして、

地形の共通点から、「津乃峰町にも地震時液状化現象が発生するだろう」という予想を立てた。しかし、具体的にどのような現象が起こるのかは、写真資料だけでは把握できないため、液状化現象の縮小モデル実験により確かめた。



図1 2地点の地形の共通点
国土地理院地形図をもとに筆者作成

③ 実験の様子

本授業では、液状化現象の縮小モデル実験の準備は児童が行った。この理由は、家庭でも、児童が身近なものを使って再現できるように配慮したからである。まず、砂地盤を作成した。図1は、砂と水を体積比5対2の割合で混ぜて液状化現象が発生しやすい地盤を作成している様子である。



図1 地盤作成

次に、作成した砂地盤の上に、各班で道や車、家などの模型を配置し、実験準備をした。



図2 街の模型づくり

実験準備を整えた後、児童らは、「津乃峰町にも地震時には液状化現象が発生するだろう」という予想を確かめる実験に取りかかった。作成した街の模型を2本の綿棒の上に乗せ、一定のはやさで揺らした。どの班も3分以内に変化がみられた。全ての班でこの実験を3度試みた。



図3 更地にして確かめる児童

1回目の実験の後、図3のように、児童は、模型を取り外し、水が湧き出した地面の様子を手で確かめたり、もう一度砂をスコップで混ぜ、地面に湧いた水がどのようになるか確認したりしていた。

児童の実験方法は気付きに基づき変化していった。ある班では、1回目の実験では、児童は重いものは傾き沈み、軽いものは浮き上がる現象に気付いた。

2回目の実験では、この気付きを確かめるために必要な材料を自分たちでそろえた。重いものが沈み込むことを確かめるため、運動場から重い石をもってきて、砂地盤に配置した。また、比較対象として、軽い木切れも配置し、両者の比較をした。

図4の実験方法は、他の班でも行われた。他の班の実験でも同様の結果を得た。このことから、沿岸の砂地地盤で



図4 重い石と軽い板の実験準備

は、地震により液状化現象が生じ、重いものは沈み込み、軽いものは浮き上がることを理解した。

児童は、自分の班の実験を行いながらも、他の班の実験方法や実験結果を共有し、それをもとにさらなる予想を立てた。例えば、軽いものが土の中にあっても、土の中からうきあがるのだろうかという予想を立てた。この予想を確かめるために、児童は砂の中にストローを埋め込み、実験を試みた。すると、土の中にあつたストローは、泥



図5 重い石と軽い板の実験結果

水の上に浮き上がった。この結果から、液状化現象が発生した場合は、土の中に埋められている軽いものは浮き上がってくるということも理解した。

一方で、避難時にどのような危険があるのかについて、泥水の下地の凹凸を指摘し、車の運転はできないこと、歩く場合にも、棒などで、地面の凹凸を確かめて歩くことが必要であると話していた。

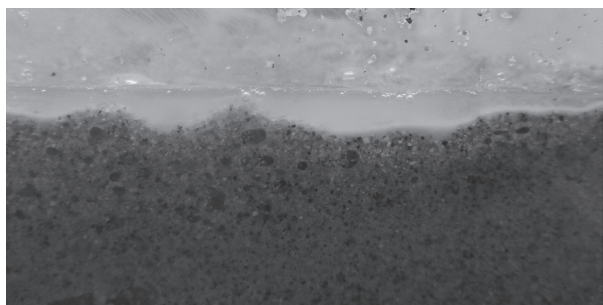


図6 泥水の下地の凹凸

3回の実験を終えた後、児童は各班で見つけたことからをまとめ、ホワイトボードにかき込み、発表した。

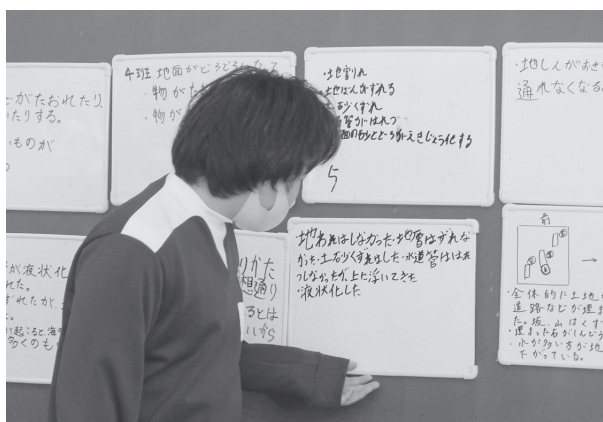


図7 発表の様子

児童の発表内容を以下に示す。

- ・砂を混ぜることによって引いていた水が、振動させると地面の下から湧き出し、これなら動かないだろうと考えておいた大きな岩も崩れていくような被害となった。
- ・建物が倒れて傾いた。
- ・地面が盛り上がってきた。
- ・土地が全体的に沈んで道路などは埋まっているように感じた。
- ・軽い建物は倒れ、重い建物は沈んだ。山はなくなり、低い土地にたくさん水がたまった。

- ・下の方から水が湧いてきて、途中まで上がってきていた。電柱は、倒れたり、傾いたりした。車や軽いものは移動した。
- ・山は少しだけ崩れた。地割れのようになった。パイプに見立てたストローが浮き上がった。
- ・水が多い方は、地面が下がってきている。
- ・地割れが起きていた。ひびが割れてきて、だんだん水がでてきた。坂道を作ったら、みんな同じ高さになってきた。
- ・深く埋め込んでも軽いストロー水道管は浮き上がってきた。
- ・高いところは崩れただけだが、その分低いところが水びたしになった。
- ・水が出てないときに指を地面に指を突っ込んだら、水が出てきた。地面の下には水がわいていた。
- ・地震時に液状化する危険性がある津乃峰町の場所と実験で水浸しになった場所がよく似ていたので驚いた。

④ 学習のまとめ

各班の発表をもとに、それぞれの考えをまとめ、ワークシートに記入した。その内容の一例を表1に示す。

表1 各班の発表の一例

- ・ものが倒れることは予想していたが、地震の時、海の近くは液状化して多くのものが倒れる。
- ・水道管のつもりで埋めたストローが浮き上がってきたことから、本当であったら、水道管がはれつすると思う。
- ・地面に指を突っ込むと、中の方はでこぼこになっていてそこを歩くと足を取られそうな感じになる。液状化現象が起こると水が湧いてなさそうなどころでも、歩こうとすると歩けなくなると思う。
- ・車や道がずるずると動いていくとは思わなかった。
- ・液状化現象が予測されている場所はやっぱり、海に近くて高さの低い場所だった。

IV 結果

本防災学習実施1週間後に、本授業の効果を検証するために「液状化現象について説明してください。」という問いに対する自由記述式の調査を行った。児童の主な記述内容を表2に示す。

表2 児童が記述した内容

記述内容	人数
①津乃峰町では海岸に近い砂地で地震時液状化現象が発生すること	22
②液状化現象では重いものは沈み軽いものは浮き上がること	22
③海岸に近い砂地で標高が低い土地では液状化現象が生じること	19
④液状化現象が発生すると地面から水と砂が吹き出すので、水が濁って上からは地面の凸凹は観察できないけれど、横から見ると地面が凸凹になっていたこと	15
⑤避難時には棒をもって探りながら避難することが必要	15
⑥地震の避難時には、液状化現象により車の通行が難しくなること	15
⑦液状化現象の実験は自分でできるので、家庭で液状化現象の実験を見せて避難の方法を家族で考えたい	13

液状化現象が発生する地質・地形に関しては次の記述内容がみられた。まず、児童全員(22名)が津乃峰町では地震により液状化現象が発生することを記述していた(①)。これは、津乃峰町は「海岸沿いの地域であること、埋め立て地があること」の学習に関連している。そのうち、19名の児童は、液状化現象は地形(標高)に関連することを記述していた(③)。これは、「地震が起こると山はなくなり、低い土地にたくさん水がたまった」という観察結果に関連している。

液状化現象により引き起こされる構造物及び地面等の変化に関しては次の記述内容が見られた。構造物の沈下、傾斜、浮上に関する内容は児童全員(22名)が記述していた(②)。これは、「重い建物は沈んだ」「電柱は、倒れたり、傾いたりした」「水道管のつもりで埋めたストローが浮き上がってきた」という観察結果に関連している。地

表面の変化に関しては、液体土の噴出、地表面の凹凸について15名の児童が記述していた(④)。これは、児童が泥水の下凹凸を観察し、実際に「地面に指を突っ込むと、中の方はでこぼこになっていた」という観察結果に関連している。

⑤⑥の記述内容は、②④の学習をもとに児童が考えた避難方法に関する内容である。⑦の記述内容からは、①③の学習を踏まえ、液状化現象による地面の変化を保護者に伝え防災に貢献したいという気持ちが推察できる。

V 考察

液状化現象の縮小モデル実験は、液状化現象に関する児童の理解を図るために有効であった。その理由として、児童が主体的にモデル実験を計画し、液状化現象について理解を深めることができたからである。また、児童が液状化現象について家庭で紹介し、地震時の避難方法及び経路等について家庭で再考する機会をつくったからである。以上のことから、液状化現象の縮小モデル実験を活用した防災学習は有効であったと推察される。

VI おわりに

本研究では、液状化現象による被害が危惧される沿岸域の小学校6年生の児童を対象として、地震時に発生する液状化現象に対して適切に対応する力を育成する防災学習を実践した。児童は自分達が問題解決の過程で見いだした新たな気づきを確認するために、主体的に液状化現象の縮小モデル実験を重ねていた。その姿は、学校だけでなく、家庭でも見られたようだ。保護者から、家庭でも、身近な材料を使い、液状化現象の実験やその危険性について家族に説明したとの報告もあった。

このことから、液状化現象の縮小モデル実験を活用した防災学習は、地震時に発生する液状化現象に対して適切に対応する力を児童に育成するだけでなく、家庭の防災意識の向上にも効果があったといえる。

ただし、これは22名の児童を対象とした限定的な結果である。今後、実践を重ね、液状化現象の縮小モデル実験の効果を検証することが課題である。

謝辞

本稿は、令和2年度科学研究費助成事業（研究活動スタート支援）課題番号20K22225「都市型の内水氾濫に対応した学習を追加した水害防災教育プログラムの開発」（代表：川真田早苗）及び平成30年度科学研究費助成事業（基盤研究B）課題番号18H01071「日本における防災、減災及び復興に関する教育の体系化と持続可能な国際社会への貢献」（代表：藤岡達也、分担者：川真田早苗）の成果である。

〈引用文献〉

- 1) 風岡修：液状化-流動化した層準と地質構造：メカニズム解明にもとづいた対策方法の検討を視野に入れた地質調査の例（特集 東日本大震災による液状化被害と地質地盤情報の活用）、GSJ地質ニュースVOL.2-12、pp.371-375、2013.
- 2) 石原研而：第2章 液状化発生の被害と様相、地盤の液状化－発生原理と予測・影響・対策－、pp.4-9、朝倉書店、2018.
- 3) 萩原幸男：第1章 地震災害、日本の自然災害 1995年～2009年、日本専門図書出版、pp.47-57、2009.
- 4) 佐藤富男・若松加寿江：過去の地震における液状化による人的被害、地震工学研究発表会 概要集VOL.27、p.129、2003.
- 5) 若松加寿江：東北地方太平洋沖地震による液状化被害の特徴、消防科学と情報Vol.110、pp.11-14、2012.
- 6) 環境省：地球温暖化「日本への影響」－最新の科学的知見 第4章、沿岸域への影響、地球環境研究総合推進費戦略的研究開発プロジェクトS－4温暖化の危険な水準及び温室効果ガス安定化レベル検討のための温暖化影響の総合的評価に関する研究、pp.48-61、2008.
- 7) 東日本大震災を受けた防災教育・防災管理等に関する有識者会議：東日本大震災を受けた防災教育・防災管理等に関する有識者会議 最終報告、https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/sports/012/toushin/_icsFiles/afldfile/2012/07/31/1324017_01.pdf.
- 8) 谷村千絵：小学校1年生から3年生を対象とした液状化体験の授業づくり－「教育実践フィールド研究」における3年目の防災教育実践から－、鳴門教育大学授業実践研－学部・大学院の授業改善をめざして－VOL15、pp.15-22、2016.
- 9) 阿南市：津波避難計画 対象地域：見能林地区、https://www.city.anan.tokushima.jp/docs/2021040900028/file_contents/minobayasi.pdf
- 10) 花井嘉夫・尾町光太・榊原保志：冬季に日本海上で発生する筋状雲の教材開発、信州大学教育学部研究論集VOL.11、pp.85-96、2017.
- 11) 浦野弘、林信太郎、災害を理解し防災を意識する教材の開発 火山に焦点をあてたモデル実験の開発とその効果、日本科学教育学会年会論文集VOL.28、pp.577-578、2004.
- 12) 笠間友博・平田大二・新井田秀一・山下浩之・石浜佐栄子：水槽実験を活用した小学生向け火山学習プログラム、地学教育VOL.64-1、pp.1-12、2011.
- 13) 山崎良雄・間々田和彦・木内誠二：地学教育における時間と空間の認識と概念形成への試み、千葉大学教育学部研究紀要VOL.60、pp.433-439、2012.
- 14) 香月興太・山口飛鳥・松崎琢也・山本裕二・村山雅史、小学生向け地震・津波発生装置の製作とその教育実践、地学教育VOL.63-4、pp.135-147、2010.
- 15) 下岡順直・山本圭香・山本順司：減災教育を意識した液状化現象実験観察の実践例、地球環境研究VOL.18、pp.89-96、2016.