

液状化実験を活用した効果的な防災教育の検討*

東北大学大学院理学研究科	手塚 寛
東北大学大学院工学研究科	Muhammad Salman Al Farisi
東北大学大学院環境科学研究科	関 亜美
東北大学大学院工学研究科	熊谷 裕太
東北大学大学院理学研究科	新谷 直己
東北大学大学院情報科学研究科	宮鍋 慶介
東北大学災害科学国際研究所	久利 美和

1. はじめに

液状化現象は、強い地震動によって地面が液体のような挙動を示す現象である。液状化現象による建物の沈下・傾斜はゆっくりと進行するため、人的被害につながりにくいのが、被害が全くないわけではない。例えば、2011年の東日本大震災において、液状化現象が道路の機能不全を引き起こし、避難行動や救助活動が妨げられたことが指摘されている¹⁾。このように、液状化現象は物的被害のみに留まらず、人的被害をもたらすものであるが、液状化現象とそれによって引き起こされる被害については、一般には十分に認知されていないように思われる。そこで、これまで我々は液状化現象のモデル実験（以下、液状化実験）を活用し、液状化現象に関する防災教育を実施してきた。

モデル実験は、スケールの大きな事象を扱う地学・防災教育においてしばしば活用されており、断層の形成や津波の発生、火山噴火、液状化現象を題材にしたものなどが開発されている（例えば、川端・福田²⁾、笠間³⁾）。火山災害を引き起こす現象についてのモデル実験を開発した浦野・林⁴⁾によれば、モデル実験には（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、といった防災教育上も有益な効能がある。一方で、単にモデル実験を実施するだけでは涵養することが難しい知識や思考力、態度もあろう。浦野・林⁴⁾の教材を含めて、モデル実験を取り入れた教材の多くがその点を考慮していることは言うまでもないが、防災教育にモデル実験を取り入れるにあたって、どのような点に留意すべきかを整理しておくことは有益だと思われる。

そこで本稿では、液状化実験に解説や講義、ワークショップを組み合わせさせた教育実践を通して抽出された、モデル実験、特に液状化実験を防災教育の一環として実施する際に考慮すべき性質とそれを踏まえた対策について述べる。

2. 液状化実験の手法

本研究で実施した防災教育では、2種類の液状化実験を採用した。1つ目は、防災科学技術

*Investigation of effective education for disaster mitigation by utilizing liquefaction experiment, Hiroshi Tetsuka, Muhammad Salman Al Farisi, Tsugumi Seki, Yuta Kumagai, Naoki Araya, Keisuke Miyanabe, and Miwa Kuri.

研究所⁵⁾によって提案されている「エッキー」を用いたものである。この実験では、ペットボトルの中に砂と水、マップピンを入れた後、一度逆さにして元に戻し、砂が沈殿するのを待つ。その後ペットボトルを指で叩くと、液状化現象によって砂に埋れていたマップピンが浮かんでくるのが確認できる。2つ目は、長谷川ほか⁶⁾の手法である。この実験では、まず水槽に敷き詰めた砂に水を十分に含ませ、その上に3Dプリンターで作製した建物模型を置き、地震前の状態を再現する。水槽を置いた机を叩いて振動を加えると、模型が砂中に沈み、水槽内は水浸しになる。これにより、地震発生後の液状化を模擬することができる。

3. 液状化実験を活用した防災教育の実施

小学生以下の子どもとその保護者が多く参加するサイエンスイベントや中学校での出張授業において、対象年齢や地域特性に応じて液状化実験を活用した防災教育を実施した（表1）。

宮城県仙台市で開催されたサイエンスイベントには2017年と2018年の2回出展しており、2017年は2種類の液状化実験を参加者に体験してもらうことに加えて、図を用いて液状化実験のメカニズムを解説した（図1）。2018年は、水槽を用いた液状化実験を体験してもらうのに加えて、タブレットを用いてメカニズムを解説したり、仙台市の液状化ハザードマップを見せて解説を加えたりした。2回のイベントともに、子どものみならず大人も実験に興味をもち、楽しんでいる様子が見られ、「なぜ起きるのか?」「どこで起きるのか?」といった疑問を口にする人も多かった。参加者との会話や参加者の反応から推察するに、液状化現象が起こりうる場所に関する情報は、事前にほとんど知られていなかった。液状化現象は埋め立て地でしか起きないと思っているか、どこで起きるか知らない人が多く、仙台市が液状化のハザードマップを公開していることも知らない人が大多数であった。

表1 実施した防災教育の一覧

形式	サイエンスイベントへの出展	出張授業
対象	小学生以下・保護者	中学生
地域	宮城県仙台市	高知県高知市
目的	1. 液状化現象とその被害について理解を深める	1. 液状化現象とその被害について理解を深める 2. 液状化被害を踏まえた上で津波からの避難行動を考える
手法	実験・解説	実験・講義・グループワーク



図1 サイエンスイベントにおける液状化実験の様子

高知県高知市内の中学校2校では、モデル実験に加えて講義やグループワークを取り入れた出張授業を開催した。実験は水槽を用いたものを用意し、生徒の代表に実施してもらった(図2)。砂を敷いた上にじょうろで水をまき、その上に砂をかぶせたケース(地下水位が高い条件を模擬)と、水をまかずに砂を敷き詰めたケース(地下水位が低い条件を模擬)の2つの条件で実験を行ってもらうことで、土地の性質によって液状化現象の起こりやすさが異なることが感覚的に理解できるようにした。講義では、液状化現象のメカニズムや起こりやすい条件、液状化現象によって引き起こされる被害などを解説した。また、高知県作成の液状化可能性予測図と、国土地理院の土地条件図、および高知平野西部の干拓の歴史を記した図を併せて紹介し、液状化現象の起こりやすさと地形発達史や人為改変に密接な関連があり、土地の履歴を知ることによって危険性を知ることができる旨を伝えた。グループワークでは、液状化可能性予測図と津波浸水の予測範囲・時間を記載している津波避難マップ(高知市作成)を参考にしつつ、津波から避難する際、「どこへ・どのような手段で・どのようなルートで・何に気をつけるか」を検討する議論を行った。なお、地震発生後に液状化現象以外で注意が必要な要因(ブロック塀や古い家屋の倒壊など)については、グループワーク前に紹介した。このことにより、特定の要因に着目するのではなく、総合的な議論がなされるようにした。議論に際しては、地域の地形や建物・道路などの環境に詳しい中学校の先生方や高知県立大学の学生にも同席していただいた。グループでの議論の後、生徒にはそれぞれのグループの意見を発表してもらった(図3)。生徒からは、「瓦礫やガラスなどに気をつける」「橋を通らないようにする」「液状化しているところを通らないようにする」といった意見が出され、それに対して我々や中学校の先生がコメントをしたり質問を行ったりすることで、より適切な避難について議論を深めていった。



図 2 中学校での出張授業における液状化実験の様子



図 3 中学校での出張授業におけるグループワーク発表の様子

4. モデル実験の効用の確認

浦野・林⁴⁾が指摘した、(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、というモデル実験の効能は、本研究における教育活動でも確認された。「観察・考察の対象とすることができる」という効果については、サイエンスイベントでの実験体験者の発言から裏付けられたし、サイエンスイベントと出張授業の両方で「強い印象を残すことができる」ことも確認された。また、「現象の疑似体験ができ、その現象を直感的に理解できる」という効果については、客観的な評価をすることができないものの、講義で液状化現象のメカニズムと起こりやすい条件の説明

をする際に液状化実験を実施したときの生徒の反応を見た限りでは、その効果が感じられた。これらの効用は、災害に関する知識の習得や探究心を高める上で有益であり、体験者に強い印象を残すことで、災害を引き起こす現象への興味関心が惹きやすいことから、防災教育の導入としても適していることが窺える。

5. 防災教育において考慮すべき液状化実験の性質と対応策

本研究における教育活動を踏まえ、防災教育に活用する際に考慮すべき液状化実験の性質として以下の3点を抽出した。すなわち、(1) 防災上必要な知識の習得に限界があること、(2) 実際の被害や状況を想像することが難しいこと、(3) 主体的・実践的な思考力や態度は涵養されにくいこと、である。

(1) 「防災上必要な知識の習得に限界があること」は、液状化実験と簡単な解説を実施したサイエンスイベントの事例から窺えるものである。当然のことながら、モデル実験をするのみでは、発生しやすい場所の理解には直接結びつかないし、どこで防災に必要な情報を入手できるのかを知ることができない。ゆえに、適切な解説や情報提供を併せて行うことが有効だと思われる。

(2) 「実際の被害や状況を想像することが難しいこと」は、液状化実験に加えて講義とグループワークを実施した出張授業の事例から窺えるものである。実験と講義の後、生徒が津波からの避難に関するグループワークの成果を発表した際、避難時に自転車を使用すると述べたグループがあった。自転車は生徒にとって身近な乗り物であるが、液状化現象が発生すると道が荒れて通行が困難になる場合があり、基本的には最優先される選択肢と言えないだろう。道がどの程度荒れうるのかについては、講義中に写真を用いて簡単に示したが、印象づけが不十分であった可能性がある。分かりやすい写真や動画を用いて実際の被害状況を示すことで、発災時の様子を想像しやすくする工夫が有効だと思われる。また、本事例は、実践的な理解度を確認する場としてもグループワークが機能することを示している。

(3) 「主体的・実践的な思考力や態度は涵養されにくいこと」は、液状化実験で確認した現象も踏まえて総合的な議論が展開されていたグループワークと比べた、相対的な評価によるものである。防災への応用を念頭におく場合、本研究で実施したグループワークのように、液状化現象以外の危険要因についても総合的に検討し、発災時の行動を実践的に議論する場が重要だと考えられる。

上記の点は、あくまで本研究で実施した液状化実験の事例から見出されたものであり、モデル実験一般に当てはまることを必ずしも保証しないが、ある程度は共通の傾向を示すと思われる。

6. おわりに

本研究における教育活動においても、モデル実験の有効性が確認された。強い印象を残せるようなモデル実験を実施することは、災害を引き起こす現象への興味関心を高めるための導入として有効なアプローチであるし、現象への直感的な理解が促進する上、「なぜ起こるのか」を考えるきっかけにもなる。

防災教育のために液状化実験を活用する場合、実験の強みを活かした上で、(1) 防災上必要な知識の習得に限界がある、(2) 実際の被害や状況を想像することが難しい、(3) 主体的・実践的な思考力や態度は涵養されにくい、といった性質を踏まえた工夫が有効である。上記の性質を念頭においた上で、対象の地域特性や年齢層に応じた解説や講義、総合的・実践的なグループワークを実施することにより、災害リスクを理解する上で重要な知識や想像力、実践的な思考力および態度の習得が促進されると考えられる。

謝辞

本研究は、文部科学省博士課程教育リーディングプログラム「グローバル安全学トップリーダー育成プログラム」による支援を受けた。サイエンスイベントでの活動にあたっては、「グローバル安全学トップリーダー育成プログラム」に所属する東北大学の長谷川翔氏にご協力いただいた。出張授業の実施にあたっては、訪問した中学校の先生方や、文部科学省博士課程教育リーディングプログラムである「災害看護グローバルリーダー養成プログラム」に所属する高知県立大学の西川愛海氏、野島真美氏、河村木綿子氏にご協力いただいた。以上の皆さまに心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 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，no. 110，2012
- 2) 川端紹義・福田修武：防災教育を意識した地震のモデル実験について，和歌山県教育研修センター研究紀要，pp. 64-75，2004.
- 3) 笠間友博：2011 年新燃岳噴火に関連した博物館教育実践報告，神奈川県立博物館研究報告，no. 42，pp. 1-6，2013.
- 4) 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.
- 5) 防災科学技術研究所：感性でとらえる地盤液状化の科学おもちゃ エッキー，2016.
http://www.bosai.go.jp/activity_general/ekky/ekky.pdf.
- 6) 長谷川翔，石澤堯史，磯崎匡，伊藤大樹，昆周作，佐々木隼相，平田萌々子，松岡祐也，山田修司：安全・安心の社会的実装に向けた学際的調査と提案—福島県いわき市沿岸地域に根付く防災・減災，東北大学グローバル安全学トップリーダー育成プログラム学生自主企画活動報告書，第3章，pp. 32-83，2017.