

認定特定非営利活動法人 防災・減災サポートセンター

ぼうさい・げんさい News Letter

被災者ゼロを目指して

2023.8.10発行 サイエンスデイ2023特集号

防災・減災サポートセンターの目的

この法人は、不特定多数の市民・団体に対して、科学技術分野で助言・提案を行い、社会教育、地域づくり、地域安全、災害救援の支援、科学技術の振興の寄与に関する事業を行い、もって公益の増進と自然災害の防災・減災に寄与することを目的としています。

活動報告

2023 6/24 (土)

第3回運営会議および防災実験試行会
(みやぎNPOプラザ)

第4回運営会議
(東北大学川内北キャンパス講
義棟C-403)

学都仙台宮城サイエンスデイ 2023 (第17回)

日時：2023年7月16日 (金) 9時～16時

会場：東北大学川内北キャンパス

講座テーマ：

**確かめよう！地震のゆれで起きること
(地震波、液状化、共振の各実験)**

主催：特定非営利活動法人 natural science
サイエンスデイオブザイヤー仙台市長賞内定



2023年度講座担当者の勇姿

サイエンスデイの概要

『こどもから大人まで科学の“プロセス”を五感で体験できる日』をうたい知的好奇心がもたらす心豊かな社会の創造にむけてを目標に2007年の第1回から数え17回目の開催になります。2023年は150団体113のプログラムで8,800人の参加でした。

参加団体は中学校～大学、一般企業、NPOなど多岐にわたり、手弁当です。学会、大学、マスコミ、文部科学省、宮城県、仙台市などの自治体、企業などの後援があります。

参加団体は賞 (AWARD)を創設し、その団体の基準でAWARDを授与します。今年は63賞でした。また、サイエンスデイオブザイヤーという文部科学大臣賞、宮城県知事賞、仙台市長賞などの賞もあります。

当NPOは、「役に立つ地学賞」を創設し、毎年授賞しています。授賞の基準は「地学にかかわる現象をわかりやすく解説し、人の生活にどのように関係しているかを興味深く解説している出展者に差し上げます」というものです。本年は東北学院大学工学部水工学研究室、プログラム名；洪水に負けない町を作ってみよう！へ授賞しました。副賞には記念品と講演権を差し上げ、後日、技術サロンで話題提供をしていただいています。我々自身は、賞を目的とせず、参加者ファーストを心掛けていますが、2016年にテーマ「自然の姿から備えを学ぶ～地震波をつくってみようほか～」の出展で、Sugars賞（東北大学サイエンスカフェ学生ボランティアS-cafe Sugars）を受賞したことがあります。

当法人は、今年サイエンスデイオブザイヤーの仙台市長賞の内定をいただきました。

サイエンスデイの出展の経緯

サイエンスデイは年に1回開催され、今年で17回目になります。はじめて参加したのはNPO法人の設立年の2009年で第4回でした。東北大学の片平キャンパスのさくらホールを会場にして開催した時です。したがって、東日本大震災以前から地震防災をはじめとした自然災害に関する実験や解説を主として、体験ブースや講座型の出展で参加しておりました。NPOの前身である公益社団法人日本技術士会東北本部応用理学部会の地震防災ワーキンググループ、岩手大学地域連携推進センター（当時、横山隆三特任教授）と共同で出展しました。地震防災WGで作成した仙台市の地盤図や、前年の2008年に発生した岩手・宮城内陸地震の地震前後の衛星画像や、液状化実験などで自然災害の防災・減災の啓蒙活動の一環として参加しました。



2009年7月5日の第4回サイエンスデイの様子

サイエンスデイ2023の出展

タイトル；確かめよう！地震のゆれで起きること

地震のゆれがもとで、さまざまな災害が発生します。三つの実験でいろいろな現象がおきることを確認しました。①地震波の実験；地震は突然起きて大きくゆれます。地震の実験でP波とS波を目で見ることができました。②液状化実験；砂地盤で水が多いところでは地震のゆれで液状化がおきて、地表が水浸しになります。実験で液状化を起こしてみました。③共振の実験；高い建物は遠くでおきた地震でも大きなゆれかたをすることがあります。低い建物と高い建物はどのようなゆれが影響するのでしょうか。いろいろな実験をしながらその理由を考えてみます。夏休みの自由研究のヒントになるかも！

出展の概要

出展は講座型で、講義棟の教室を一つ丸ごと使用して説明と実験を交互に行うスタイルで行いました。

参加者は「小学生～大人」とし、午前と午後各1回ずつ親子20名を募集しました。この結果、各回10～16名の参加者でした。

参加者の感想などはアンケート結果にまとめました。

各実験の概要

普段学校ではなかなかできない直接機械器具に触ることができる機会としてもらいたいで、できるだけ参加した小学生に実験に参加してもらいました。地震波の実験、液状化の実験、共振の実験の3種類を体験してもらいました。NPO側では各実験の担当者が説明と実験を担当し、手作りで実験装置を作りました。

1. 地震波実験（約35分）

1) 目的

地震の揺れは感じることはできますが、その正体を見ることはなかなかありません。ゆれる波はP波とS波という波に分かれます。これは、地震で発生した波の観測の結果わかったことで、この波を利用して緊急地震速報や地下の地盤調査などが行われています。この波は地盤の液状化を引き起こしたり、建物を揺らして被害を出します。特に最近では高層ビルに影響を及ぼす長周期地震動が注目されています。さらに斜面災害に結び付いてがけ崩れや地すべりのきっかけになります。

簡単な装置で、地震波の発生とP波、S波を目で見て確認できる実験をしました。また地震波の到達時間を計って、速さを計算してもらいました。震源はプレート境界を想定した装置を作り、参加者が操作して、地震を発生させてもらいました。

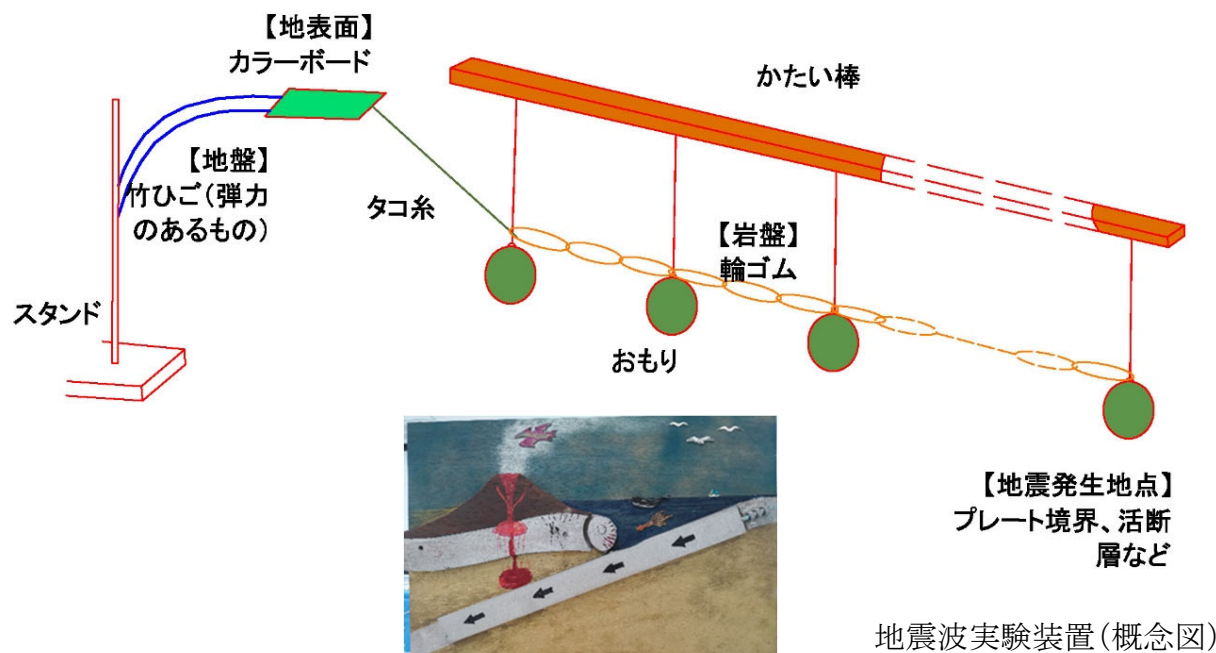
2) 用意したもの

①地震波実験装置

鋼棒、釣りのオモリ、輪ゴム、実験スタンド、タコ糸、クリップ、竹ひご、カラーボードなど

②地震発生源（震源モデル）

板、スプリング、フックなど



地震発生源(プレート境界)

3) 実験

- ①実験装置と地震発生源(震源モデル)をつなぎ、オモリの振れを止める。
- ②地震発生源の震源つまみを回して地震を発生させる。
- ③震源で発生し、輪ゴムでつながったオモリの揺れを観測する(最初に進行方向の揺れ(P波)、次に進行方向と直交する揺れ(S波)が観察される)。
- ④震源と反対にあるオモリ、輪ゴムとつながった竹ひごとカラーボードの動きを観察する。P波が到達すると小さくたて揺れし、S波が到達すると大きく横揺れすることを観察する。
- ⑤震源でゆれの発生は地震発生源で大きな音がするので、この時をゼロにしてP波(カラーボードの小さなたて揺れ)とS波が到達した時間を計測する。

4) 実験の様子



地震波実験での観察の様子

5) 実験を終えて

P波、S波を実験してもらうという試みはある程度成功したと感じています。しかし、保護者の中に地震波はなぜP波とS波に分かれるのかについて説明がなかったという意見をアンケートに書いた方がおられました。これはたぶん小学生でも同じ疑問を持ったと思われますが、観察した結果P波とS波の存在がわかったのだという説明が不足していたのだと反省しています。「科学的なことはすべて理由があり、説明できるのだ!」ということではないということへの説明をもう少ししなければならないと感じました。また、地震波の速さを、時間を計測して計算してもらいましたが、現象より時間の計測に注意が集中する傾向がみられ、本来の動きをじっくり観察することができなかったような気がします。

P・S波の動きは感じてもらえましたが、速さや緊急地震速報については小学校低学年には少し難しかったと思われました。



地震発生源での操作

6) 今後について

対象が小学校低学年とあって、説明用のスライドの作成には漢字などの面で気を使いましたが、計測や計算もあり、全体として低学年よりは高学年向きと思われました。実験でやっている現象はわかったように見えますが、ほかの液状化や固有周期の実験の基礎だということが理解されないで終わっただけでした。対象年齢を少し上げ、他の実験との関連を強調して、すべてつながっているのだということを説明したいと思いました。

2. 液状化実験 (約30分)

1) 目的

強い地震の揺れで建物が揺れて、倒壊したりがけ崩れが起きますが、地面がこれまで見たことのないような現象が発生して驚きます。砂地盤が液状化を起こして、様々なことが起きてインフラをはじめとして大きな被害になります。いったい、足元の砂層でどのようなことが起きているのでしょうか。実際の液状化による被害状況を見てもらって、そのメカニズムを推し量るために簡単な方法で砂層の変化を見てもらうことにしました。

「ゆるく堆積した地下水が飽和している砂質地盤に地震動が加わり、間隙水圧が上昇して

あまり固まっていない砂で、地下水がある所が
地震で揺らされると
砂の中の地下水が押されるように上に出てくる

砂の粒子間のかみ合わせがはずれ、地盤が液状になり支持力を失うこと。」

砂は砂粒が集まっていて、
その間に水があって組みあっている
ゆすられると砂と水のつながりが切れる

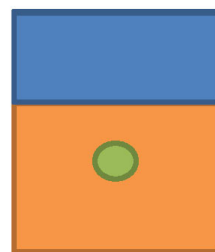
砂は下にかたまり、地下水は上に移動するように分離する。そして地表に吹き出す。
地盤が沈下したり、これまでしっかりとっていた砂でなくなる

2) 用意したもの

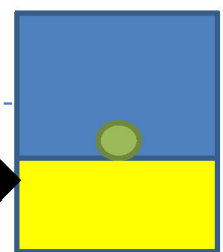
- ①水槽に砂と水を入れ、その上に家や塔の模型、地中に空ビンを埋めたものを設置。
- ②ペットボトルに砂に数個の玉ピンを入れて水を満杯にする。
- ③1500mlのペットボトルに1/3程度の砂を入れ、水で満たす。他に、起振用のバチ、輪ゴム、電柱様の細竹

3) 実験

- ①水槽に振動を与えることで、表面にどんな変化があるかを観察します。最初の被害写真で見たようなものを再現して確認します。全体に水がしみてきて、家屋や塔が倒れ、あらかじめ埋めておいた空ビンが地中から顔を出します。
- ②ペットボトルにしっかりと栓をして、逆さにして玉ピンを砂の中に入れます。ゆっくりしてはうまくいかないのはなぜかを考えます。玉ピンが見えなくなったところで、ペットボトルに手か指で振動を与えてみます。玉ピンはどうなるのかを観察します。(玉ピンが沈むのは重いから、浮くのは軽いからその理由を考えましょう。)

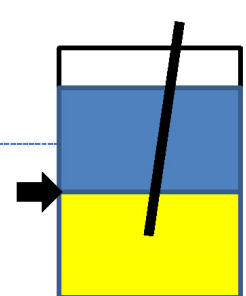
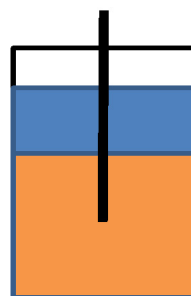


砂 + 水 ≥ 玉ピン



玉ピン < 砂 → 沈む
水 < 玉ピン → 浮く

- ③少し重いですが、ペットボトルを逆さにして戻します。砂の上面に輪ゴムを巻きます。そして、竹棒をペットボトルの口から砂層に入れて輪ゴムから竹棒と口のところに合わせます。振動を加えると、砂層はどうなった、竹棒はどんな動きをしたのかを観察します。(液状化で重い電柱が傾いたりする理由を想定しましょう)



4) 実験のようす



液状化実験装置（水槽の砂と水）



液状化実験中（水槽）



液状化実験中（ペットボトル）

5) 実験を終えて

液状化とはどんな現象なのかについて、これまでも水槽の砂に振動を与えて、表面にどんな変化が現れるのかを実験としてやってきました。確かに砂遊びとしては、面白かったかもしれませんが、なぜ、どのようなことが液状化として地震時に起きるのかというメカニズム的なものには届いていなかったような気がしていました。

そこで、今回は砂地盤の地震時の挙動を、様々な方法で考えてもらえるようにと思い、固体だと信じていたものが、液体のようになってしまい、その結果どんな影響を受けるのかを頭に入れて提示しました。液状化は特異なもので、ゆれがあるだけで無気力になるという恐ろしいことが起こることを実感してほしいと思って、できるだけ自分でその現象を再現させるようにしてみました。描いたシナリオは、実際の液状化の被害状況を見せ、同じようなことを水槽で再現する→一人一人がペットボトルで玉ピンの挙動を観察して、どうしてこうなるのかを考える→大きいペットボトルで砂が振動を受けるとどんな変化があるのかを観察する→砂が増減したわけでない、水が増減したわけでもない、砂粒も水も変わっていないことに気づいてもらう。そしてねらいは、何か砂粒自体の挙動にありそうだとこのころに気づいてもらうということを目指しました。

実際の状況は、概ね液状化現象とはどんなものかについては理解してもらったような気はしますが、実験というよりも作業が主役で、メカニズムへの関心にまでは難しかったように思われました。その原因は、大きく次の点にあるように思われます。

1. 実験はある意味、想定を立てて実証していくものであるということが失念していた。
2. 子供たちが疑問に感じることを引き出す仕掛けがなかった。
3. 液状化の現象だけに重きを置いて、メカニズムへの誘導に欠けていた。

以上のことを考えると、まずは、液状化の現象からさまざまな意見が出るようなキャッチボールをしながら実験で確認していくスタイルが良いのかもしれない。

6) 今後について

今回実験したペットボトルの砂中の玉ピンの挙動だけでのやりとりを展開して、土粒子の構造と地震動との反応にたどり着くというシナリオを作成することが良いのかもしれません。そのために、以下に応えられるようなものを準備する必要があります。見せるものから考えさせるものへシフトし、比較実験を柱に考えたいと思います。

テーマも、液状化実験というよりも振動による砂地盤の変化（砂層の変態）ということで、

- ① 玉ピンは水に浮かないのに、振動を与えると砂の中から出てくるのはなぜ？
玉ピンはどうして、砂の中に潜れるのか？ 砂の量を変えたらどうなるか？
- ② 砂が変化したのか、水が変化したのか？
- ③ どんな砂でも起きるのか？ 起きやすい砂とは？
- ④ 液状化で砂の厚さは変化したか？ なぜ変化したのか？
- ⑤ 液状化はどんなところでも起きるのか？ 海でも起きるか？
- ⑥ 電信柱が傾くのはなぜ？
- ⑦ 砂と水は平常時どんな構造か？ 地震時どんな構造になるのか？
- ⑧ 液状化を防ぐにはどうする？ 液状化の条件は？
- ⑨ 液状化は重いものは沈むのはなぜか？
などを、コミュニケーションをしながら
納得感を得てほしいと考えています。

3.共振実験（約20分）

1) 目的

地震が起きると、地面や建物がグラグラと揺れます。揺れ方（地震動）は、地盤や建物の高さなどで変わります。揺れが1往復するのにかかる時間を周期といいます。建物には揺れやすい周期（固有周期）があり、地震による周期と建物の周期が一致すると揺れが大きくなります。これが共振です。

建物の高さや、揺れの大きさの違いを簡単な装置で再現できるようにしました。実際に地面を揺らしてみても、揺らし方による建物の揺れの違いを観察することを目的としました。



2) 実験装置

キャスター付きの板、プラスチック段ボールなど

3) 実験

- ①キャスター付の板（地盤）を揺らし、地震動を発生させる。
- ②揺らし方を変えて、長周期地震動、短周期地震動を再現する。
- ③板（地盤）上に高さの異なる建築物（プラスチック製段ボール）を置き、地震動による建物の揺れ方を観察する。

4) 共振実験の説明と実験の様子



共振実験の説明の様子



共振実験の様子

地面を動かして、建物揺れ方を観察しよう！

建物の高さで揺れ方が違うかな

地面の硬さの違いでも揺れ方はかわるかな

地面の揺らし方

**大きくゆっくり動かす
（長周期地震動）**



**小さく小刻みに動かす（カタカタ）
（短周期地震動）**



共振実験装置

5) 実験を終えて

建物に見立てたプラスチック段ボールは、高さの違いによる揺れ方を再現できたと思います。

水を入れた小瓶を置くことにより、水面の動き方で揺れの違いがより分かりやすくなりました。

キャスターを用いたことにより安定して、地震動を発生（板を動かす）ことができました。

長周期地震動と短周期地震動の再現は、地震動を発生する（板を動かす）実験者の感覚によることになりますが、実験に参加した子供たちは上手に周期を再現していたと思います。

プラスチック段ボールは安価で加工も容易なので、高さの違う建物を複数作成することができました。

6) 今後について

共振や周期は、小学校低学年では少し難しい内容であったと思いますが、ブランコなどの動画を使用して身近な現象から理解できるようにしました。

紙製の実験装置“紙ぶるる”を参加者に配布し、作成してもらいました。次回は紙ぶるるに加えて、プラスチック製段ボールのビルも参加者が作成することも良いと思います。高さの違いに加え、免振装置の有無なども再現できると、なお効果的であると思います。

アンケート結果

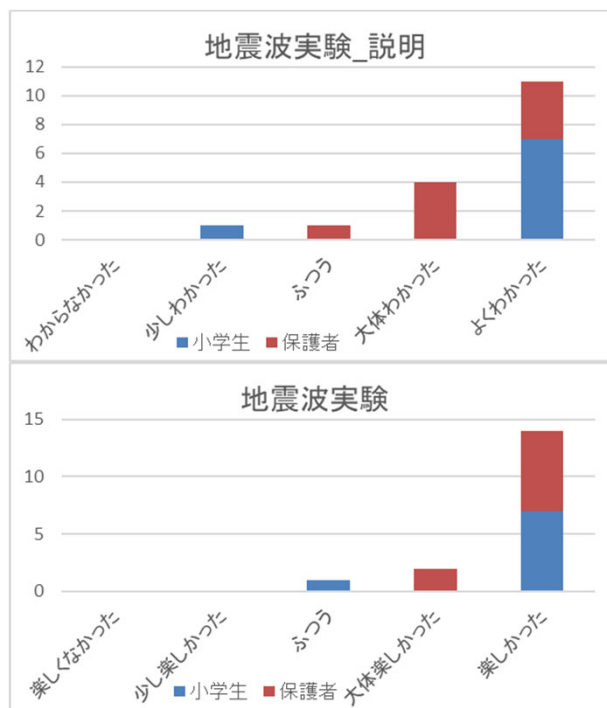
講座の参加者にアンケートを回答してもらいました。設問は、年代、性別、各実験への説明、実験の評価（わからない；1～よくわかった；5、楽しくなかった；1～楽しかった；5）の評価とその理由です。最後に講座の感想を書いていただきました。

参加者の年代は小学生が8名、保護者が9名で、ほぼ同数でした。

性別では女性が10名、男性が6名、記載なし1名でした。
親子で来てくれ方がほとんどでした。

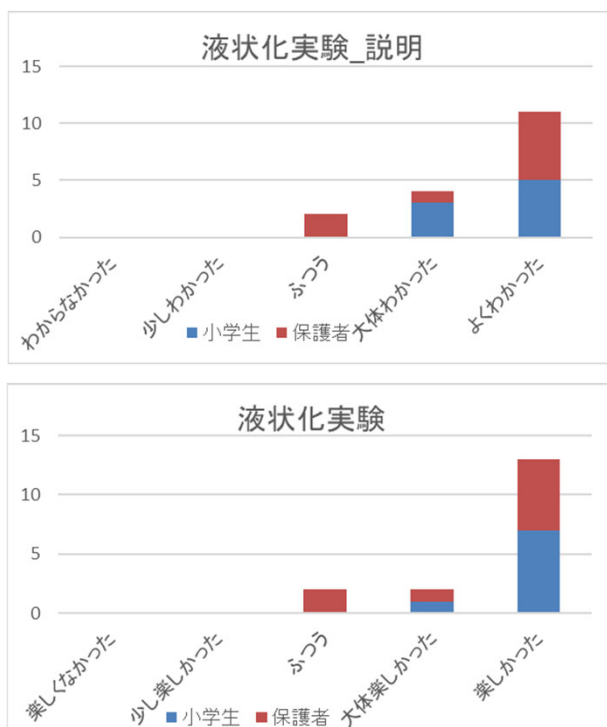
①地震波の実験

図中の縦軸は人数です。（以下同じ）



地震波の実験では、小学生、保護者とも評価5（楽しかった）が圧倒的に多く、小学生で3（ふつう）が1名、保護者で4（大体楽しかった）が2名でした。参加した人はおおむね満足していただいたようです。

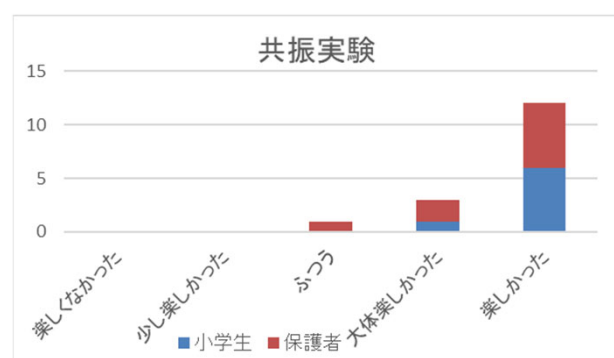
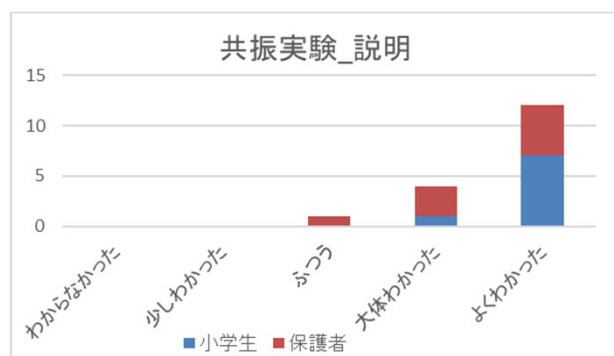
②液状化の実験



液状化の説明は小学生の評価が4と5、保護者は3～5でした。全体として評価4,5が15名でほぼ満足していただいたようです。

液状化実験は評価5が13名と多く、4と合わせると15名で、楽しかった人が多かったようでした。

③共振の実験



共振の説明は小学生で評価5が7名と圧倒的に多く、評価4の1名を加え、ほぼ理解できたようです。保護者は評価3が1名、評価4が3名、5が5名でした。全体として高評価と感じられました。

共振の実験は、小学生では説明と同じ傾向で、6名が評価5で、評価4は1名した。保護者は評価3が1名、評価4が2名、評価5が6名でした。全体としておおむね楽しめたようです。

ペーパークラフト紙ブルルは、好評でおみやげにもらって家で作りたいという感想がありました。

以上のように、各実験ともに評価4～5が多くを占め、説明と実験は満足していただけたように思われます。

今後の課題

コロナ明けの4年ぶりの通常開催で、いろいろ課題が見つかりました。防災と関連付けて講座を開催するには、参加年齢の引き上げや対話式の講座が効果的かもしれないという大事なことを学びました（K）

会員募集

特定非営利活動法人防災・減災サポートセンターでは、一緒に活動していただける会員を募集しております。また、いろいろな制約で一緒に活動できない方の賛助会員としての参加も大歓迎です。

年会費；正会員、賛助会員いずれも 3,000円 （入会金なし）

お申込み方法

入会申込書に必要事項を記入して、事務局にメールまたは郵送などでお送りください。

（入会申込書は、下記のURLの「入会ご案内とご寄付のお願い」の「入会ご案内」の様式、内容でお願い致します）

2023年6月現在 正会員20名、賛助会員23名
法人賛助会員 2社



発行；認定特定非営利活動法人 防災・減災サポートセンター
住所；宮城県富谷市ひより台2-11-3
電話；022-358-9151
URL；<https://bousai-support.or.jp/>
メール；info@bousai-support.or.jp

