

令和 5 年 6 月 8 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K03205

研究課題名（和文）防火のための火災事故の解析と教育プログラム開発に関する研究

研究課題名（英文）Study on analysis of fire accidents and development of educational programs for fire prevention

研究代表者

富田 賢吾 (Tomita, Kengo)

名古屋大学・環境安全衛生推進本部・教授

研究者番号：70422459

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,300,000円

研究成果の概要（和文）：昨今の火災事故の多発を受け、防火教育を見直し、効果的な教育教材、教育手法を開発することを目的とし、名古屋大学で発生した火災事故の収集と原因の精査、および30程度の国立大学等における火災の発生状況や、火災避難訓練の実施状況・内容等を調査し、これらの調査結果を基に、教材を作成した。

教材には、実際に発生した火災事故の事例や、実火災や燃焼、煙の発生状況等の動画教材を組み込んだ。作成した教材を使用し、学内およびその他複数の機関において防火講習を実施し、本教材、講習が効果的であること、特に実際に発生した火災事例に基づいた教育や組み込んでいる動画教材の有用性等について確認することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

火災事故が多数起きている状況の中で、防火教育の実践は必須であったが、効果的な教育手法、教育内容が定まっていない状況だった。市中での事故も合わせた膨大な数の火災事故の原因と再発防止策を系統立てて整理することに加えて、実現場で実際に起きた被害を現場にあるモノと人、設備等を加味することで、科学的な知見に基づき、対策を立案することで、必要な教育内容を抽出し、教材を作成した。実事例を多数使用すること、および事例を模したビデオ教材等を作成し、教材に組み込んだことで、効果的な教育効果があったものと考えられ、実際に多数の大学等研究機関における教育を実践できたことは社会的な意義も大きいものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：In response to the frequent occurrence of fire accidents in recent years, we reviewed fire prevention education and developed effective educational materials and educational methods. We collected information on fire accidents that occurred at Nagoya University and investigated their causes. In addition, we investigated the status of fire outbreaks at about 30 national universities, and the implementation status and content of fire evacuation drills. Based on these survey results, teaching materials were created.

The teaching materials include case studies of actual fire accidents and videos of actual fires, combustion, smoke generation, and so on. Using the created teaching materials, fire prevention training was conducted within the university and at several other institutions. We were able to confirm the effectiveness of this teaching material and lectures, especially the usefulness of education based on actual fire cases and video teaching materials incorporated.

研究分野：科学教育

キーワード：防火 安全教育 火災事故

1. 研究開始当初の背景

大学等の研究現場でも火災事故が頻発しており、その対策、教育による意識向上は急務とされている。実際、平成 29 年度においても新聞報道レベルの火災が大学で 7 件起きており、幸い死亡事故には至っていないものの重傷事故にまで至っている。名古屋大学でも小火火災を含めた火災事故は平成 26 年度から平成 29 年度の間で 35 件発生している。多くは引火性や禁水性の化学物質によるものであるが、電気機器や高温機器による火災も発生している。

地震対策を含めた自衛消防隊などは大学でも組織されており、学内で講習を含めた教育が行われているが、地震防災等に特化した教育が多く、「防火」の教育はどのような教育を行うべきか分からないという状況でもあり、消火器訓練や避難訓練を実施する程度に留まっている状況だった。火災事故が発生した場合の 1 分 1 秒を争う危機管理に必要な装備や、初期行動などまで教育している例はほとんどなく、実際、火災の延焼防止や煙の拡散防止のために備えられている設備やその仕組みなども学内構成員の多くは知らない状況だった(防火扉の機能や感知器等との連動状況など学内の構成員 200 名程度にアンケート実施済み)。

一般市中においても火災事故が多数起きている状況であり、一步間違えば死に至るものであることを考えれば、効果的な防火教育は必須である。実際、市中での事故も合わせれば、膨大な数の火災事故が起こっているが、それらの被害や原因を実際の研究現場などの狭い範囲に落とし込み、系統立てて整理した例はほとんどなく、結果的に実験室内の防火対策は残念ながら過去の災害の教訓を活かせていない例が非常に多い。

被害状況の抽出についても、単にその被害を統計的にまとめることも重要であるが、実現場で実際に起きた被害を現場にあるモノと人、設備等を加味することで、対策を立案することは科学的な知見に基づき検討する必要がある。研究分野も化学系、生物系、物理系と多岐に渡る状況を考え、まとめた上で効果的な教育手法、教育教材を開発する必要がある。

2. 研究の目的

防火教育を見直し、より効果的な教育教材、教育手法を開発することを目的とする。複数の大学等研究機関の火災事故の件数と原因、および防火のための教育の実施状況と内容について調査し、それを踏まえ、模擬火災実験の実施とビデオ教材化、そしてこれらの実験を生かした可視化教材を作成し、効果の高いモデル教材を作成する。

作成した教材を使用した教育を学内外において実践し、防火教育の効果や、ビデオ教材等の効果について、受講者へのアンケート等によって評価する。

3. 研究の方法

(1) 大学、研究所における火災事故の現状調査

名古屋大学における小火程度の事故を含めた火災事故の調査を行い、事故件数やその原因を整理する。火災の発生源の傾向や、失火に至った経緯、実験操作等を詳細に検討することで、原因を精査し、そこから防火教育として実施すべき内容を抽出する。

また、同様に複数の大学、研究所においても同様に実際に実施されている防火教育の内容および火災避難訓練等の実施状況と訓練内容を確認、整理する。

(2) 模擬火災実験の実施とビデオ教材の作成

(1)で調査した火災の事故原因となった事例を元にして、模擬的に火災実験を実施する。部屋の内部での火災や煙の発生状況の確認、および化学物質由来の火災の発生状況の確認、室内での複数の種類の消火器を用いた消火などを実践する。

これらの実験をビデオ撮影することで可視化教材として編集し、教材に加えることで効果の高いモデル教材を作成する。(3)の教育の実践に伴い、教育に必要な事項はブラッシュアップし、教材は更新を継続し、完成させるものとする。

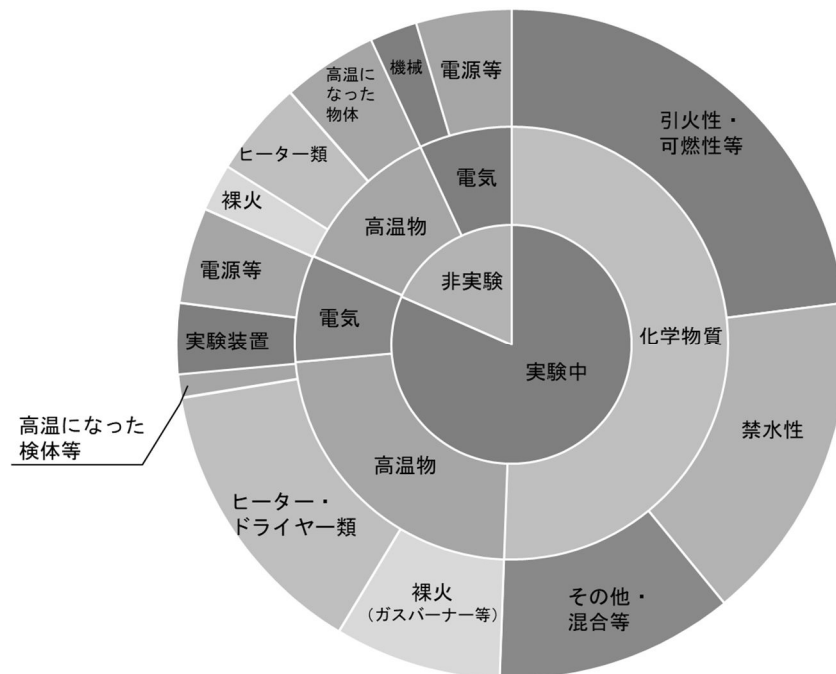
(3) 教育の実践と教育効果の評価

(2)において作成した教材を活用した講習会、講義を名古屋大学内および他大学や研究所等でも実践する。最終的に教育の受講者を対象としたアンケート調査や事故状況の推移等を確認することで教育の効果を評価する。

4. 研究成果

(1) 大学、研究所における火災事故の現状調査

名古屋大学において、2005年度から2022年度の18年間で発生した小火火災も合わせた火災事故を収集・調査し、その原因を詳細に分析した。計87件の火災事故が発生しており、下図に主たる起因物および操作方法を分類したグラフを示す。87件中、71件は実験中に発生した火災であり(82%)、特に化学物質(引火性有機溶剤、禁水性物質等)が原因となる事故が44件と最も多かった。その他、高温物(ヒーター、電気炉等)によるもの、電気(電源・コンセント等)によるものが原因となる火災も発生しており、実験で使用する物質や機械等での火災が多いことは大学のような研究機関の特徴であると考えられる。一方で執務中等の実験時ではない(非実験)での火災事故も16件発生しており、大別すると高温物(料理やヒーター等によるもの)と電気(機械やコンセント等によるもの)によって発生しており、実験時に限らず、火災事故自体は発生していることが分かった。



図：名古屋大学で発生した火災事故（小火も含む）の起因物分類
(2004 から 2022 年度)(全 87 件)

同様に、30程度の国立大学および研究所、高等専門学校における近年の火災の発生状況のヒヤリング調査を行った。特に火災に至った原因、起因物について確認を行ったところ、名古屋大学で発生した火災と同様の傾向であり、一部、レーザー等の高エネルギー発生装置によって発生した火災等の情報を得た。これらの状況を踏まえ、火災の発生状況、原因については以下の通りにまとめた。

(a) 化学物質からの出火

- ・ 引火性有機溶剤への着火：ほとんどの有機溶剤は引火性であり、火元や高温源から遠ざけること。大量に保管しないことも重要である。
- ・ 禁水性物質と水等の反応による出火：水、有機溶剤と爆発的に反応することを知った上で使用すること。廃棄のための不活性化処理中にも出火事故が多発している。その処理の仕方が本当に適切かを確認すること。
- ・ 廃棄時に混合で出火：複数の薬品を混ぜてしまったことによる混触反応で出火する事例も多い。廃棄方法は明確なルールがあるため、遵守すること。
- ・ 地震時にも出火：落下した化学物質が混合し、発火する例も多い。落下防止、薬品庫の転倒防止措置も必ず実施すること。

(b) 高温源・高エネルギーからの出火

- ・ 高温源はそのものが高い火災のリスクとなる。
- ・ 高温源、裸火からの延焼：高温になる機器や火元の回りの可燃物は厳禁である。
- ・ 投げ込みヒーターからの出火多発：空焚きによる火災も多い。使用後に机上に放置するな

どで着火した例も多数。温度センサー・ヒューズ等の設置をして、制御することが望ましい。

- ・ 乾燥機などの高温になる装置からの出火：可燃物や有機溶剤を入れることで高温になってしまい出荷する例が多発している。
- ・ レーザー等の高エネルギー発生源からの出火も多発している。

(c) 電気からの出火

- ・ コンセント、電源タップ等から火災：汚れ、ホコリが付着したコンセント等からの出火は一般事務室等でも多発している。定期的な清掃と点検が必要であること。水のかかるところ、床への直置きも避けるべき。
- ・ 古い電気機器のコード部分の劣化による断線、出火：断線等が起こる場合、コードや電源部が熱くなるため、定期的に点検を行うことが重要。
- ・ たこ足配線に注意：1つのコンセント、電源タップの電気容量は通常 1500W であること。

これらの事項を具体的な事故現場の写真等と合わせて、教材に組み込むこととした。

火災発生の場合、原因となる起因物の取り扱いが重要であるが、事故の情報を精査すると、火災後の行動によっても火災の拡大、被害の拡大が起こっていることが分かった。火災によって発生した煙に巻かれてしまったことによる被害の拡大、あるいは消火可能な火の大きさであったが、適切な消火が行えずに火災拡大に至ったことや、あるいは消火方法も大量の水をまいたことによる水損の拡大等も発生していた。火災が起きた際の避難行動や煙による被害等を一般の市中における事故の事例も合わせて精査すると、耐火構造の建物の仕組みや、防火扉の効果、火災報知器の仕組み、効果的な消火方法など、火災時の対応、拡大の防止対応として必要な事項を抽出した。

こういった火災時の対応も含め、名古屋大学および30程度の国立大学および研究所、高等専門学校における防火教育の実施状況とその教育内容を確認したところ、火災避難訓練はほぼ全ての機関で実施しており、避難連絡や、消火器の使い方の訓練等を行っている例は多くあったが、座学としての教育の実施例は少なく、一部、危険物の取扱や、消火器や報知器の仕組みなどの消防設備について、講習を行っている例が数件あった程度だった。実際の避難時に考えておくべきことや、効果的な消火方法、煙による被害の軽減の方法など、教育として不足している点が多くあった。これはほぼ全ての大学研究機関において同様だった。

(2) 模擬火災実験の実施とビデオ教材の作成

(1)で解析した事故の内容を踏まえ、主に化学物質による火災として、有機溶剤の燃焼実験および禁水性物質と水・有機溶剤の反応等を実施した。また、市中における二酸化炭素消火設備による消火で二酸化炭素中毒が発生したことなどを受け、適切な消火方法を検証するための室内での消火器の使用等の検証を実施した。

二酸化炭素消火器は小さな火や電気火災等には効果的であり、学内でも多数の研究室に設置されている。しかしながら、特に室内で使用する際には二酸化炭素中毒の危険性に留意しなければならない。実際に、室内で二酸化炭素消火器を使用した場合の二酸化炭素濃度とその時間変化を二酸化炭素モニターを用いて測定したところ、床から50cmの高さにおける濃度は消火器の噴射開始から約20秒後に10,000 ppmを超えた。窓を開放し、換気を行っていた場合、40秒程度の間10,000 ppmを越えていたが、その後、一気に減少した。一方で、窓を閉じていた場合は、200秒以上の間10,000 ppmを越えており、その後の濃度減少も緩やかだった。10,000 ppmを越えた濃度について、指数近似曲線を用いて最大濃度を推定したところ、窓を開けていた場合は約20,000 ppm、窓を閉じていた場合は約40,000 ppmとなった。床から150 cmの高さにおける濃度は、窓の開閉状態に関わらず、最大4,000 ppm程度であった。一般に二酸化炭素濃度が30,000 ppmを超えると頭痛やめまい、100,000 ppmを超えると意識喪失を引き起こすとされており、床付近の二酸化炭素濃度は比較的高く、中毒の危険はあるが、即時に意識を喪失する程ではないと推定された。二酸化炭素消火器を直接顔に吹き付けるなどの行為は避けなければならないが、極端に狭い空間ではなく、窓の開放等で換気ができる状況であれば、安全に使用できるということを検証により確認した。本検証の結果は「環境と安全」誌(13号、No.3、p57-62(2022))に投稿し、掲載されている。

同実験における二酸化炭素消火器の噴射映像と、過去に実施した火災実験も合わせ、最終的に以下の動画を作成、編集し、教材に使用した。

(火災の原因となる化学物質に関する実証動画)

- ・ 学内で多用している有機溶剤4種類(メタノール、エタノール、アセトン、ヘキサン)を実際に燃焼させた動画
- ・ 禁水性物質である水素化リチウムアルミニウムおよび金属ナトリウムと水の反応・着火動

画

(火災発生後の対応のための動画)

- ・ 室内で可燃ごみの入ったゴミ箱を実際に着火し、煙の発生状況、室内および廊下への流動状況を撮影した動画
- ・ 火災感知器の吹鳴の状況動画
- ・ 粉末消火器、二酸化炭素消火器、屋内消火栓による水消火を室内で実際に行った動画
- ・ 消火器によって油火災を消火し、油が跳ね上がる動画

また、既存の資料としてインターネット等による動画および実際の事故現場の動画等として以下の動画も活用した。

- ・ 実火災映像 (you tube より)、ニュース映像各種
- ・ 乾燥器からの出火を放水消火によって消火する現場映像

(3) 教育の実践と教育効果の評価

(1) に示した実際に起きた火災事故の事例および一般の市中における火災事故の事例と、(2) で示した動画教材を合わせ、教育教材を完成させた。

教材内容は、「火災の原因から考える防火対策」という章において、大学で起こる火災事故とその原因・対策について、そして、市中で起こった火災事故の内容と被害拡大の原因を説明する章とした。また、「火災が起きてしまった場合に知っておきたいこと」という章を設け、建物の特性 (耐火構造、中廊下式等) に基づく避難や、煙の怖さとコントロールの方法、感知器・火災報知機の仕組み、延焼の危険性、火の消し方と正しい消火方法の選択、避難誘導のために考えるべきこと、という内容を組み込んだ。

具体的な章の構成は以下の通りである。

「火災の原因から考える防火対策」

- ・ 市中で起こる火災事故事例紹介
- ・ 一般家庭で起こる火災の原因
- ・ 大学等研究機関で起こる火災事故の原因
- ・ 化学物質による具体的な火災事故とその防火対策
- ・ 高温物・高エネルギーによる具体的な火災事故とその防火対策
- ・ 電気系による具体的な火災事故とその防火対策

「火災が起きてしまった場合に知っておきたいこと」

- ・ 建物の特性を知っておく：大学の建物は耐火構造、延焼は部屋のみで抑えられる。ほとんどが中廊下式建物なので煙に巻かれやすい。
- ・ 煙のコントロールが生死を分ける：火災による死亡のほとんどが煙による一酸化炭素中毒。煙をコントロールできる防火扉等の設備が我々の回りにたくさんある。
- ・ 感知器、火災報知機の仕組みを知っておく：単なる放送設備ではない。危険を知らせる大事なシステムである。
- ・ 延焼の危険性を考える：可燃物に今一度目を向けたい。整理整頓は大事な防火対策。
- ・ 火の消し方を体感しておく：消火の方法は様々である。適した消火方法は？
- ・ 「Total 損害」の考え方：火災による焼損だけでなく、消火による損害もある。消火方法の選択は重要。
- ・ もちろん避難誘導：避難対象者は？逃げるルートは？階段は大事な避難経路

それぞれの章には、実際に発生した火災事故の事例を多数組み込み、それらの火災の原因のみでなく、火災後の対処の必要性についても詳細に説明する教材とした。また、教材には (2) で作成した実火災の現場映像や、有機溶剤等化学物質の燃焼・反応の映像、可燃物の燃焼状況と煙の発生状況・煙の流動状況、室内における消火器による消火映像等を動画教材として作成し、教材に組み込んだ。

作成した防火教育の教材を使用し、学内における自衛消防隊等の講習および学生対象の講義等で実際に教育を行った。特に、自衛消防隊向けの講習では学内組織と共同で、地震防災に関する講習と連動させることで、一連の災害対応に関する知識を醸成するための講習を実施した。

また、学外の大学、高校、研究所等において (2020 年度から 2022 年度の 3 年間で、7 大学、2 高校、2 研究所、1 学会)、同様の講習を実施した。受講者の感想からも防火教育としての本教材、講習が効果的であること、および特に実際に発生した火災事例に基づいた教育や教材に組み込んでいるビデオ教材の有用性等について確認することができた。また、市中でも大阪のビル放火火災や、新潟での製薬工場の火災等、大規模な火災が発生しており、これらの火災で死者が出てしまった原因などを本教材の内容を元に考察することも非常に効果的であることが確認できた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 富田賢吾, 原田敬章, 三品太志, 林瑠美子	4. 巻 13
2. 論文標題 室内で二酸化炭素消火器を使用した場合の室内二酸化炭素濃度の測定	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 環境と安全	6. 最初と最後の頁 57-62
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11162/dai kankyo.22N0501	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 富田賢吾	4. 巻 11
2. 論文標題 実験室の事故事例を踏まえた防火対策	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ぶんせき	6. 最初と最後の頁 427-428
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Shizuaki Murata, Takaaki Harada, Rumiko Hayashi, Taiji Mishina, Kengo Tomita	4. 巻 13
2. 論文標題 Eleven risk elements rationalizing laboratory accidents at universities.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Environment and Safety	6. 最初と最後の頁 37-45
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11162/dai kankyo.E21RP0901	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計19件（うち招待講演 11件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Takaaki Harada, Rumiko Hayashi, Kengo Tomita
2. 発表標題 Deep learning models learnt from past laboratory incidents towards risk assessment
3. 学会等名 9th Asia Conference on Safety and Education in Laboratory (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 富田賢吾
2. 発表標題 火災に備える ～事故事例から学ぶ火災時の対応～
3. 学会等名 高槻中学校・高槻高等学校 SSセミナー（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 富田賢吾
2. 発表標題 事故から学ぶ大学の安全 ～研究や実験中の事故に関する安全確保～
3. 学会等名 2022年度九州大学安全の日講演会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 富田賢吾
2. 発表標題 火災に備える ～事故事例から学ぶ火災時の対応～
3. 学会等名 中部大学 防災講演会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 富田賢吾
2. 発表標題 火災に備える ～事故から学ぶ防火対策～
3. 学会等名 愛媛大学 令和4年度安全衛生講演会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 富田賢吾
2. 発表標題 火災に備える ～事故から学ぶ防火対策～
3. 学会等名 大阪大学 令和4年度安全衛生講演会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 富田賢吾
2. 発表標題 火災に備える ～事故から学ぶ防火対策～
3. 学会等名 名古屋市工業研究所 2022年度職員安全研修（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 富田賢吾
2. 発表標題 事故から学ぶ 大学の安全 ～研究や実験中の事故に関する安全確保～
3. 学会等名 豊橋技術科学大学 2022年度安全衛生に関する講習会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 富田賢吾
2. 発表標題 研究現場における化学物質のリスク管理 ～法改正に対するREHSEの対応～ 法改正の概要と要点
3. 学会等名 NPO法人研究実験施設・環境安全教育研究会第十三期総会・研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 富田賢吾
2. 発表標題 研究開発現場における化学物質取扱いに係るリスク評価
3. 学会等名 安全工学シンポジウム2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村田静昭、富田賢吾、林瑠美子、原田敬章、三品太志
2. 発表標題 事故報告に含まれるリスク要素の解析
3. 学会等名 第40回大学等環境安全協議会総会・研修発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 富田賢吾
2. 発表標題 化学物質管理に関する大学間連携の動き
3. 学会等名 第38回大学等環境安全協議会技術分科会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 原田敬章、林瑠美子、富田賢吾
2. 発表標題 実験事故データをもとにした深層学習モデルによる実験作業のリスクの予測
3. 学会等名 NPO法人研究実験施設・環境安全教育研究会第12回環境安全研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 富田賢吾
2. 発表標題 Fire Response - Learn From Past Accidents
3. 学会等名 沖縄科学技術大学院大学 2021 Safety Enhancement Month Event (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 富田賢吾
2. 発表標題 実験室における「火災」を考える
3. 学会等名 豊橋技術科学大学 リスクアセスメント講習会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 富田賢吾
2. 発表標題 火災に備える
3. 学会等名 高槻中学校・高槻高等学校 SSセミナー (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 富田賢吾、原田敬章、三品太志、林瑠美子
2. 発表標題 室内で二酸化炭素消火器を使用したときの二酸化炭素濃度の測定
3. 学会等名 研究実験施設・環境安全教育研究会第11回研究成果発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shizuaki Murata, Kengo Tomita, Rumiko Hayashi, Takaaki Harada, Taiji Mishina
2. 発表標題 Analysis of risk factors in chemical accidents on campus.
3. 学会等名 7th Asia Conference on Safety and Education in Laboratory (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 富田賢吾
2. 発表標題 地震を考える ~過去の地震被害から考える耐震対策、考えておくべきこと~
3. 学会等名 名古屋市工業研究所職員安全研修(招待講演)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関