

3. 調査報告

今年度はまず調査を実施し、化学分野における遠隔教育モデルのニーズや、VR 技術等の活用状況・活用意向などについて、現状を明らかにした。本章ではこれらの調査結果について報告を行う。

3.1. 遠隔教育モデルに対するニーズ等の実態調査（対象：化学系教育機関）

3.1.1. 調査概要

(1) 調査目的

専門学校・大学・高等学校・高等専門学校の、特に実験実習に関連した授業等に関して、新型コロナウイルス感染症による影響や対応状況・今後の対応意向などを調査し、化学分野の遠隔教育モデルに対するニーズ等の実態を明らかにすることを目的とした。

(2) 調査対象

化学関連分野の専門学校・大学、高校（普通科・工業関連学科）、高等専門学校 計 627 件を対象とした。

(3) 調査方法

次項に掲載する調査項目で構成されるアンケート調査票を作成し、上記対象の化学系教育責任者宛てに郵送配布した。

(4) 調査項目

調査項目は次の項目である。これらの各項目に対し、質問文・選択肢等を検討してアンケート調査票を作成した。使用した調査票については巻末付録に掲載するので、参照いただきたい。

1. 学校・回答者情報

- (1) 学校情報
- (2) 回答者情報

2. パンデミックによる授業等への影響と対応策について

- (1) 緊急事態宣言中の教室での講義等の実施状況
- (2) 教室の講義等の不足を補う方法

(3) 緊急事態宣言中の教室、実験室等での実験・実習の実施状況 (4) 実験・実習等の不足を補う方法 (5) パンデミック下での化学系科目の教育の質・量の維持の困難性 (6) パンデミック下での遠隔教育の活用状況 (7) 採用した遠隔教育の実施形態 (8) 採用した遠隔教育に対する満足度 (9) 遠隔教育を活用する上での課題 (10) 今後の緊急事態に備えた対応策の検討状況
3. 今後の遠隔教育の導入意向・導入方法について (1) 化学系科目での今後の遠隔教育の導入意向 (2) 今後の遠隔教育を導入する対象となる学習シーン (3) 今後の遠隔教育の導入形態 (4) 今後の遠隔教育を導入する上での課題
4. VR 技術を活用した実験・実習に対する興味関心について (1) VR 技術を活用した実験・実習教育の知識 (2) VR 技術を活用した実験・実習教育への興味 (3) 本事業の研究成果の共有への希望の有無
5. 産学連携・学校間連携の取組状況・興味関心について (1) 化学系企業との連携（産学連携）の取組みの実施状況 (2) 学校種の異なる教育機関との連携の取組みの実施状況 (3) 実施している産学連携・学校間連携の取組みの内容
6. その他 (1) 本事業への希望・意見等【自由記述】

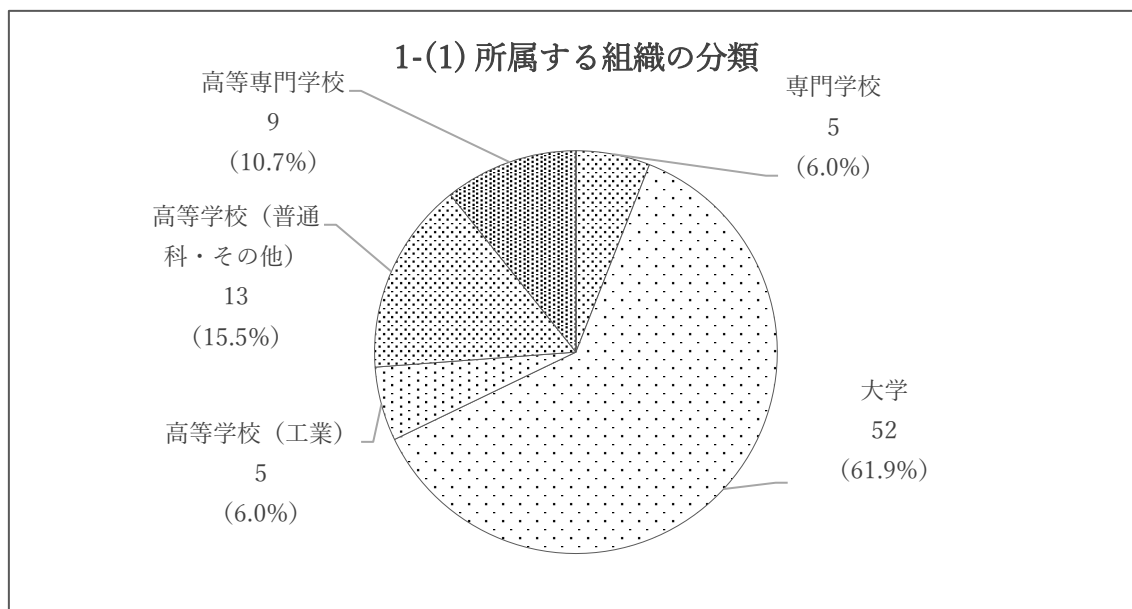
(5) 回収件数

627 件中 84 件（回収率 13.3%）

3.1.2. 調査結果

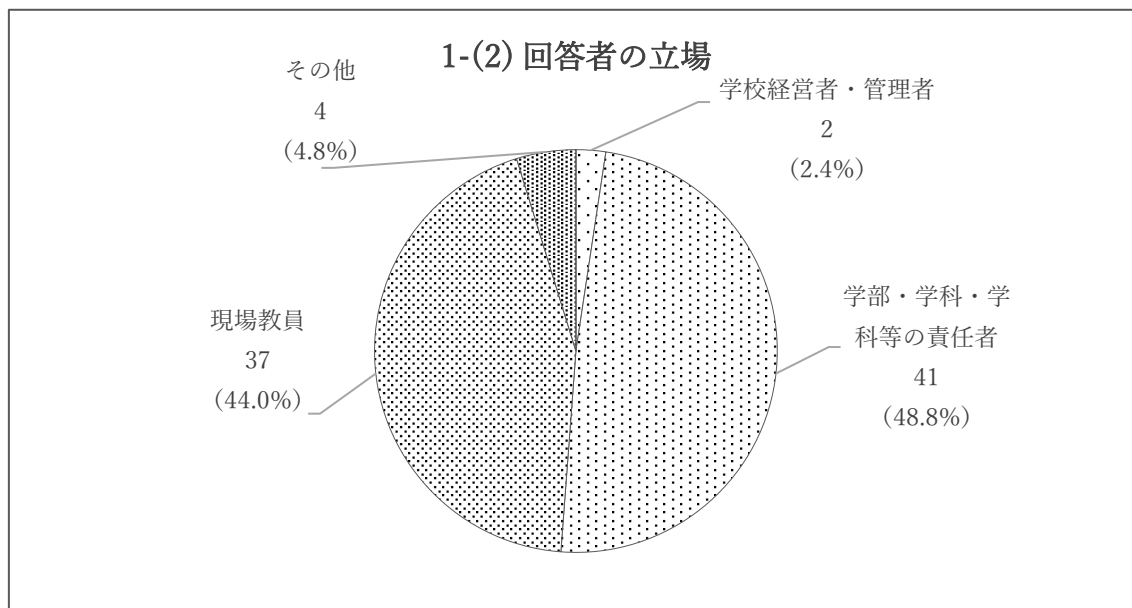
1. 回答者の属性について

1-(1) ご回答者様が所属する組織の分類として、当てはまる選択肢 1 つを選んでください。



	回答者	%
専門学校	5	6.0%
大学	52	61.9%
高等学校（工業）	5	6.0%
高等学校（普通科・その他）	13	15.5%
高等専門学校	9	10.7%
（無回答）	0	0.0%
総計	84	

1-(2) ご回答者様のお立場として、当てはまる選択肢を1つ選んでください。



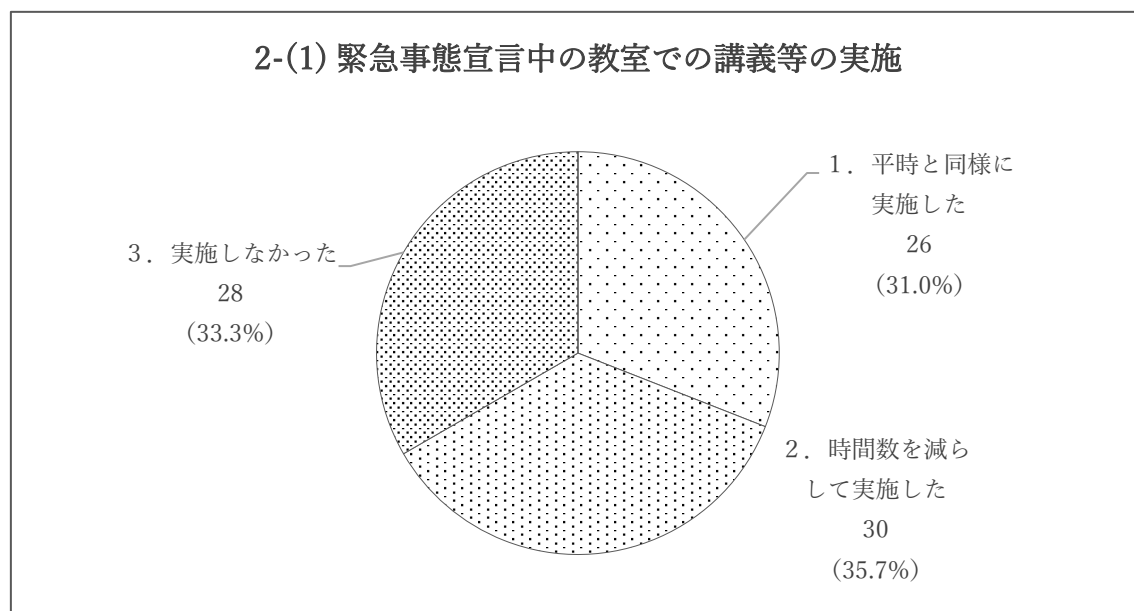
	回答者	%
学校経営者・管理者	2	2.4%
学部・学科・学科等の責任者	41	48.8%
現場教員	37	44.0%
その他	4	4.8%
(無回答)	0	0.0%
総計	84	

その他記述事項

- ・ 主任の代理で記載
- ・ 学務課教務責任者
- ・ 事務職員（学務グループ教務担当）
- ・ 事務職員
- ・ 学務学生担当事務

2.パンデミックによる人材育成・授業等への影響と対応策について

2-(1) 緊急事態宣言中、御校では教室での講義等を実施していましたか。当てはまる選択肢1つを選んでください。



	回答者	%
1. 平時と同様に実施した	26	31.0%
2. 時間数を減らして実施した	30	35.7%
3. 実施しなかった	28	33.3%
(無回答)	0	0.0%
総計	84	

2-(2) (1)で「2. 時間数を減らして実施した」「3. 実施しなかった」と回答された方にお伺いします。どのような形で教室での講義等の不足を補いましたか。具体的な方法をご記入ください。

○ライブ配信での授業

- ・ 2020年度中は、オンライン、またはオンデマンドの遠隔講義を実施した。 2021年度については、緊急事態宣言中でも原則平時と同様に実施した。
- ・ Microsoft teams を利用した遠隔授業
- ・ web 授業
- ・ Zoom によるオンライン講義
- ・ Zoom によるオンライン授業
- ・ ZOOM による遠隔授業を実施した。
- ・ Zoom を利用したオンライン授業。
- ・ オンラインで実施
- ・ オンラインによる講義
- ・ オンラインライブ講義
- ・ オンライン形式で実施した
- ・ オンライン講義
- ・ オンライン授業
- ・ オンライン授業、遠隔授業 で実施した。
- ・ オンライン授業と集中講義（対面）
- ・ オンライン授業の併用、および課題を課すことで講義を代用した。
- ・ オンライン授業を実施した。
- ・ オンライン授業を実施した。
- ・ すべてオンライン講義にて対応した。
- ・ リアルタイムの配信の遠隔授業を実施した。
- ・ リモート講義を行った。
- ・ リモート授業を併用して実施。
- ・ 遠隔授業
- ・ 遠隔授業を行った。
- ・ 遠隔授業を実施した
- ・ 原則オンラインによる授業での実施。対面でないと難しい実験・実習については実施しなかった。
- ・ 時間数は確保し、オンラインを活用
- ・ ZOOM やオンライン学習システムを使用した講義を行った。

○オンデマンド映像での授業

- ・ オンデマンド講義を実施した。
- ・ ビデオ配信
- ・ 授業の動画配信

○ライブ配信とオンデマンド映像の併用

- ・ zoom、動画配信等を用いたオンライン講義
- ・ ZOOM による遠隔講義、および YouTube を使用したオンデマンド講義を行った。
- ・ zoom や teams を使ったオンライン YouTube に説明動画→演習提出 資料配布のオンデマンド
- ・ オンデマンドの配信授業、ZOOM でのライブ配信講義
- ・ オンライン（オンデマンド・リアルタイム）での講義。
- ・ オンライン（ライブ・オンデマンド）
- ・ オンライン講義、または、オンデマンド教材を用いた学習。
- ・ オンライン授業（Zoom を用いたリアルタイム方式とオンデマンド方式を担当教員が選択）
- ・ オンライン授業（同時双方型・オンデマンド型）で対応した。
- ・ リアルタイムオンライン、もしくはオンデマンドで遠隔授業を配信し、学生には自宅、もしくは開放教室で受講させた。
- ・ リモートによるオンデマンド授業及び双方向授業

○対面とオンライン（オンデマンド）のハイブリッド

- ・ 実験・実技・演習科目は対面とオンラインのハイブリッド形式で実施、一方でいわゆる座学講義はすべてオンライン形式で実施しました。
- ・ 最初の緊急事態宣言時のみですが、通信課題と Zoom を使った遠隔授業を併用して、時間数をクリアした。初回以外の緊急事態宣言時は感染防止に努めながら、教室、実習室での通常授業で対応した。
- ・ 原則対面で実施したが、受講者が多い講義については、対面と Zoom のハイブリッドで実施した。学期始め 1～2 週目は e-Learning で実施するなどの対応をした。※令和 3 年度、本学のある長野県は緊急事態宣言対象地域にはなっていない。
- ・ 対面とオンラインのハイブリッドを中心とし、学籍番号の奇数番と偶数番で投稿週を分ける週番合制を導入して密を避けた。
- ・ 対面授業とオンデマンド配信（対面授業の録画配信）による遠隔授業を併用したハイブリッド形式で実施

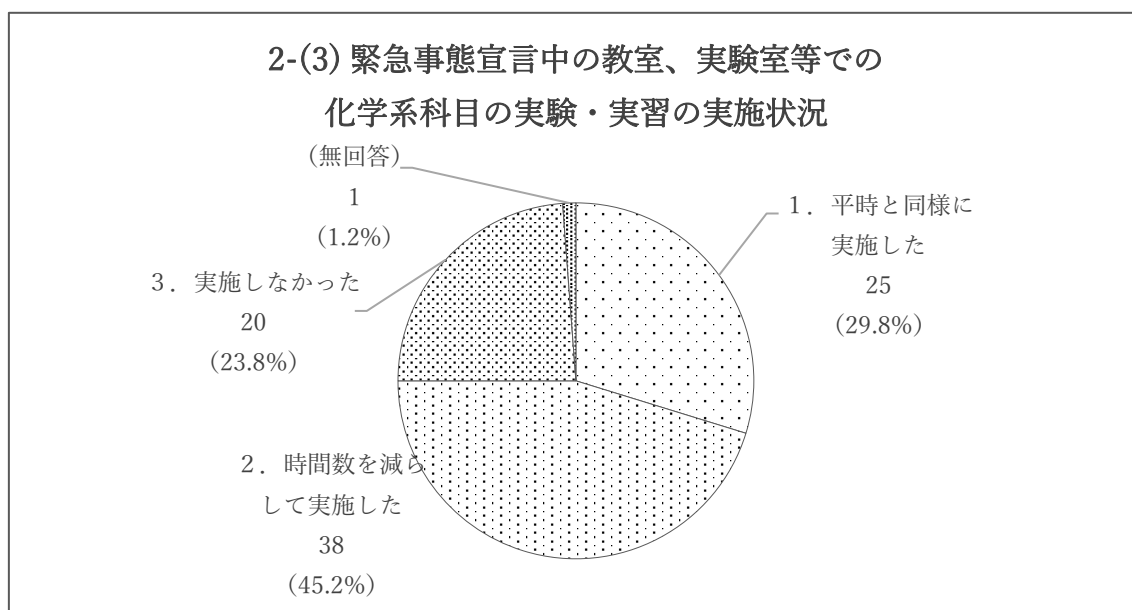
○分散登校、日時調整

- ・ 土曜日授業
- ・ 分散登校
- ・ 分散登校
- ・ 分散登校、遠隔と対面の同時対応、1日のコマ数を減らして授業期間を延長した
- ・ 課題で対応できる科目については課題で、対応できない科目については感染対策を行いつつ、時間割で空いているコマや、夏季休業期間に振替授業として実施しました。
- ・ 学生を2分割しての実習など。
- ・ 時期をずらし、8月中も講義を行いました。
- ・ 所属組織のロードマップに従い、リスクレベルに応じて指定された「教室等の最大収容人数」を超えないよう、例えば以下のような方法で対面出席者の人数を制御した。
 - ・ 履修者を2つのグループ（学籍番号の偶奇など）に分け、隔週で対面受講/非対面受講を入れ替える。（非対面参加方式：同期遠隔または非同期遠隔）
 - ・ 授業ごとに対面参加・非対面参加の希望を事前にとり、必要に応じて人数制限（※）をかける。 ※事前調査では常に、「対面参加希望者数」＜「教室等の最大収容人数」が成立していたため、実際に、希望調査後に人数制限対応をしたことはない。

○その他

- ・ 対面授業は一部なくしたが、その代り Classroom を用いた遠隔授業を用いた。 Zoom を用いた質疑応答なども併用し、講義等の不足は無かった。
- ・ 大学が用意してる「学務情報システム」の授業サポートを利用し、オンデマンド授業を開講した。 具体的には、Keynote で作成したプレゼンテーションファイルを用いて講義を mov ファイルで収録し、Office365 上にアップし、学務情報システムでアドレスを連絡した。別途、小テスト（別途、学務情報システムのレポート機能を利用した）を出題し、約1週間後を締め切りに提出を求めた。
- ・ 通信制であるため、授業日数が少なく、緊急事態宣言中はたまたま授業が無かった。
- ・ 高校生、専門学生、大学生対象の研究所見学会（現在はコロナ対応で中止しています）
 - ・ 大学での特別講義
 - ・ 新技術共同開発
- ・ 臨床検査技師の臨地実習の受け入れ
- ・ 社員が大学や高等学校に出向き、講師として講義を受け持っている。

2-(3) 緊急事態宣言中、御校では教室、実験室等での化学系科目の実験・実習を実施していましたか。当てはまる選択肢1つを選んでください。



	回答者	%
1. 平時と同様に実施した	25	29.8%
2. 時間数を減らして実施した	38	45.2%
3. 実施しなかった	20	23.8%
(無回答)	1	1.2%
総計	84	

2-(4) (3)で「2. 時間数を減らして実施した」「3. 実施しなかった」と回答された方にお伺いします。どのような形で教室や実験室等での化学系科目の実験・実習の不足を補いましたか。具体的な方法をご記入ください。

○ライブ配信での補足

- ・ Microsoft teams を利用した遠隔授業
- ・ Zoom によるオンライン講義
- ・ オンラインで実験の流れを説明して、実験をやった場合の実験データを学生に与えてレポートを作成させた。
- ・ オンライン形式で実施する以下の講座を実施した。 ●分子模型作製 ●レポート書き方講習 ●（実験結果に関する）グループディスカッション
- ・ 一部操作をオンライン画面で説明実施した。
- ・ 遠隔実験
- ・ 最初の緊急事態宣言時のみですが、通信課題と Zoom を使った遠隔授業を併用して、実習の基本部分に対応し、緊急事態宣言時に行えなかった実習を、解除後に優先的に実施して対応した。
- ・ 時間数は確保し、オンラインを活用
- ・ リモートでレポート指導などを行った。

○オンデマンドでの補足

- ・ VR 活用までには至らないが、一部ビデオ配信によって不足を補った。また、課題を多めに与えた。
- ・ You tube による実験の視聴および別日での補講
- ・ グループ分割や動画対応をした。
- ・ リモート講義やオンデマンド講義を行った。
- ・ 一部オンデマンド動画を作成し、実施できなかった内容を補完
- ・ 教科書や映像を用いる
- ・ 実験に関する内容の動画配信
- ・ 実験をビデオ配信し、データを渡してレポートを作成する形とした。また、一部の実験では、シミュレーションソフトを活用した。
- ・ 実験操作をビデオで配布したり、実験内容を説明後に測定データを渡して解析だけを行ってもらった。
- ・ 実験動画を見せて対応した。
- ・ 実験動画を視聴した。
- ・ 実際担当をしていませんが、修士学生のティーチングアシスタントによって、模擬実験を動画収録し配信した。

- ・ 動画の視聴

○ライブ配信とオンデマンド映像の併用

- ・ zoom や teams を使ったオンライン YouTube に説明動画→演習提出 資料配布のオンデマンド
- ・ オンデマンドの配信授業、ZOOM でのライブ配信講義
- ・ オンラインによる講義、動画の視聴などを実施した
- ・ オンラインによる実験動画、スライド動画の視聴
- ・ なお、実験室内での実習者数を半数にするため、実験室で実験を実施していない学生には、リアルタイム配信や実際の実験動画などで実験を理解させる授業展開を行った。
- ・ 遠隔授業を行った（動画などの利用）。

・ ○対面とオンライン（オンデマンド）のハイブリッド

- ・ 実験の説明やレポート指導等は、オンラインで実施し、手を動かす実験作業は、3密対策を行った上で、実験室で実施した。
- ・ 実験や実習科目は緊急事態宣言が解除されるまで開始時期を延期した。オンラインによる動画解説を併用して対応した。
- ・ 実験室に入室する人数制限を行ったうえで、ローテーション方式でもって実験科目を実施しました。それに加えて、オンラインでの授業も並行して進めるハイブリッド形式で行いました。
- ・ 動画視聴、オンデマンド、一部ライブ配信
- ・ 動画視聴や実験やレポートについてのグループワークを行い、対面実験の不足を補った。
- ・ 密を避けるために、班ごとに遠隔授業日と面接授業日を振り分けた。遠隔授業ではオンデマンド教材を視聴、遠隔授業日に実験操作を習得し、面接授業日に実際の実験を行わせた。
- ・ 実験・実習科目については1回目の緊急事態宣言時のみオンライン授業に切り替えた。TAが演示実験を行い、その様子を撮影した。その画像データと得られる測定結果（データ）を受講生に配布し、それを元にレポートを作成させた。随時、理解の程度をオンラインによる面談でチェックした。2回目以降の緊急事態宣言では、密にならないように小グループ（時間と部屋で区分け）に分けて対面で実施した。

○分散登校、日時調整

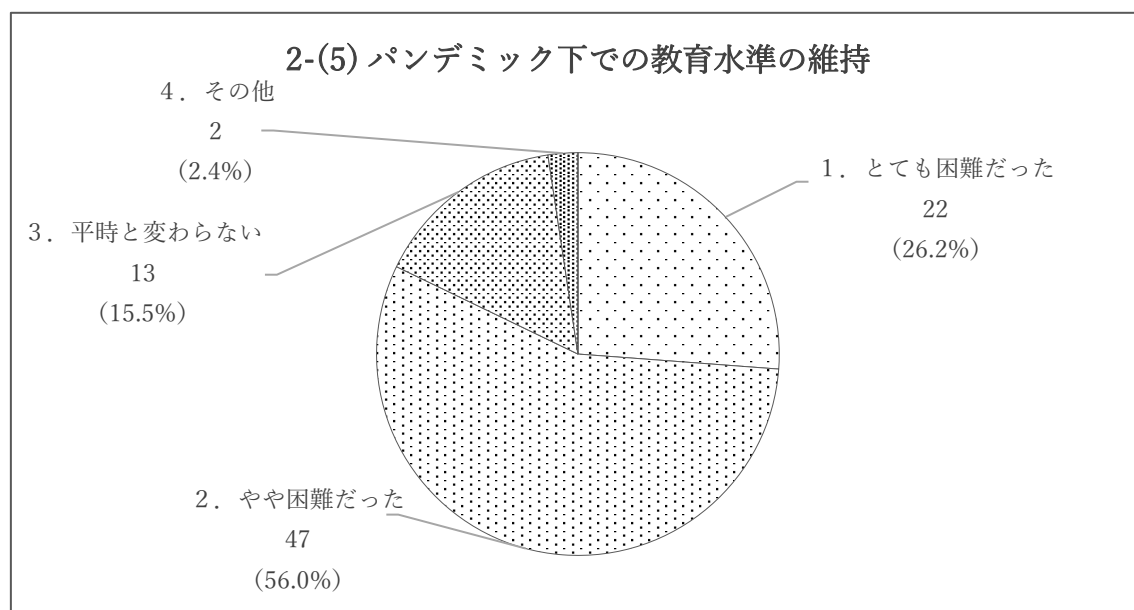
- ・ 夏季休業期間に振替授業として実施しました。
- ・ 緊急事態解除後、補講として対面授業を実施。
- ・ 実験・実習については、前期開講のものは後期へ開講時期をずらし、予定講義回数を減らすことなく実施した。なお、その際、後期開講の座学講義を前期へ前倒すことで、後期にまとまって実習を行うことが出来るカリキュラムへ変更した。

- ・ 実施内容を必要最小限の内容とするとともに、人数を制限して密を作らないようにして実施した。
- ・ 少人数グループであるので、感染対策を十分に行い、時期をずらして実施した。
- ・ 人数・日数を減らし、十分に感染対策を取って実施した。
- ・ 人数を半分にし、同等レベルで実施した。
- ・ 通常の実習期間を後ろ倒しして、対面で夏季休業期間中に実施した。
- ・ 同時に実施する人数を通常の半分として実施した。そのために、各学生の実施時間は通常の半分から三分の二程度となった。不足した時間は、総実施時間を増やすこと（夜8時ごろまで実施）、および実施内容の説明等を事前にオンデマンドで自習してもらうなどにより対応した。
- ・ 内容により課題を課すことで実習とした項目と時期をずらして対面実習を実施した項目に分類した。
- ・ 不足の補いはしていない。また、1講座を2分割して人数を減らして実施した。
- ・ 分散登校、1日のコマ数を減らして授業期間を延長した
- ・ 密にならないよう学生を2～3の組み分けをし、隔週、もしくは土日を利用して実施した。

○その他

- ・ 一部のテーマや操作について動画を作成してこれを視聴させる方式とする、一部のテーマの内容を簡略化するなどにより対面実施時間を短縮するとともに、教員・TAの延べ対応時間を増やし、グループ分けした履修者に対して、グループごとに時間をずらして同じ内容の実験授業を提供することで、1タームあたりの対面参加人数を制御した。
- ・ 1実験テーマ程度の時間数減でしたので、大きな問題はありませんでした。
- ・ 2020年度前期は実験科目もオンライン視聴型の講義とし、レポートによる成績評価をした。2020年度後期は対面式の実験を行ったが、実験グループの人数を減らしたり、実験内容を減らすなどの対応を行った。
- ・ できていない
- ・ ほとんど減らさずに対面での実験を再開できた。
- ・ 教室で実験動画を見せて、それで結末、考察を書かせる。
- ・ 緊急事態宣言関係無く、当校では化学実験は実施していないため。
- ・ 実験に代えて、在宅でできる課題を課した。

2-(5) パンデミック下において、化学系科目の教育の質・量を従来と同様の水準に維持することは困難を伴いましたか。当てはまる選択肢1つを選んでください。

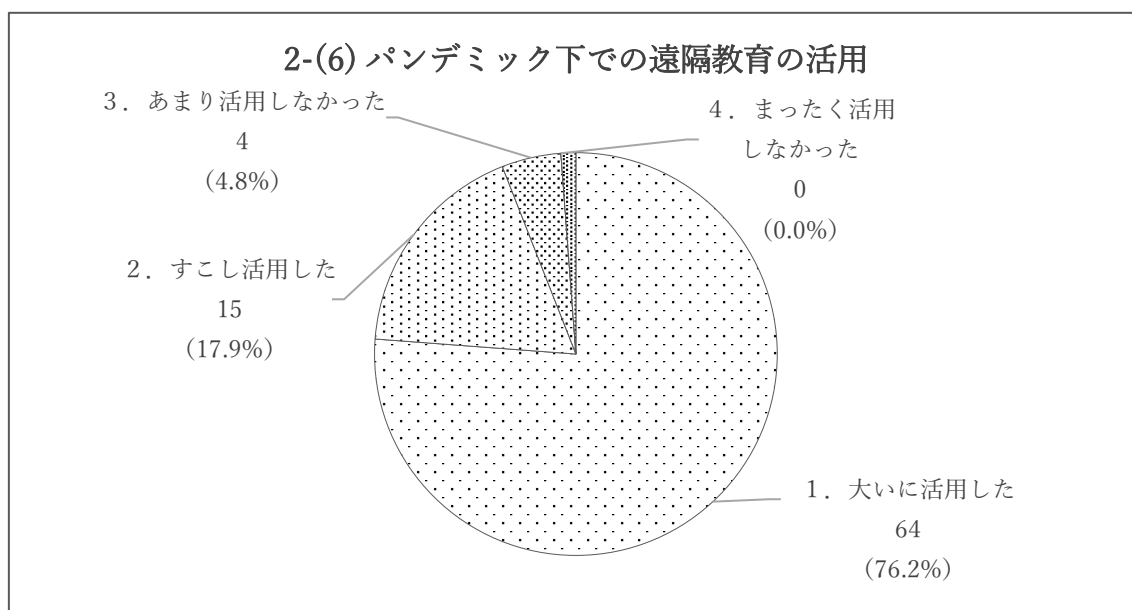


	回答者	%
1. とても困難だった	22	26.2%
2. やや困難だった	47	56.0%
3. 平時と変わらない	13	15.5%
4. その他	2	2.4%
(無回答)	0	0.0%
総計	84	

その他記述事項

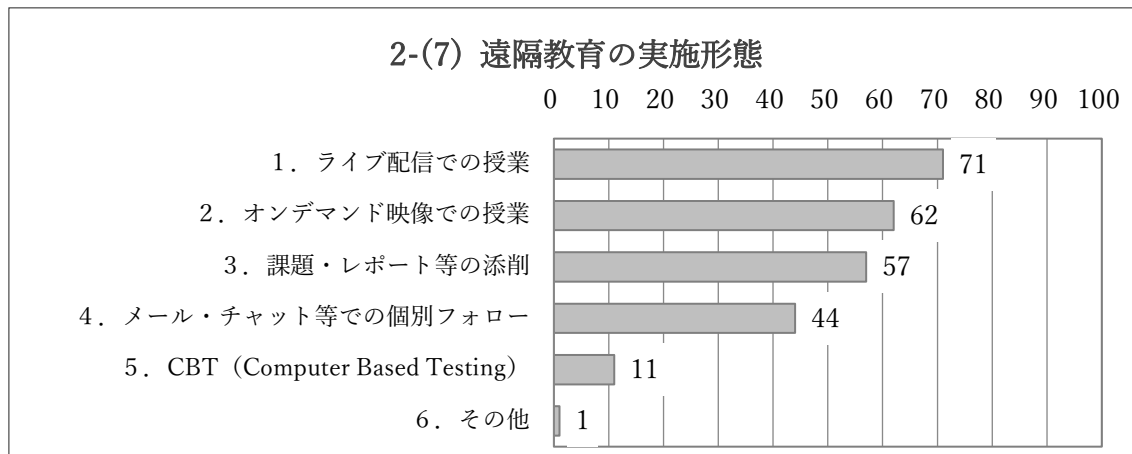
- ・ 実験科目の制限 実験科目はオンライン的な手法で置き換えられない
- ・ 遠隔授業は学生の顔が見えないので、それを量る尺度として課題を取り入れたため、学生に課す課題が膨大な量になったが、学力は伸びた。
- ・ 探求的な活動における時間や活動方法に制限がかかり、発表もオンラインが増え困難さを感じた。
- ・ 時間はかかったが、遠隔授業に見合った教材を新たに開発したことで、教育の質・量は高まった。
- ・ 講義は困難を感じなかったが、実習は遠隔でできることは限られるので、困難を感じた。

2-(6) パンデミック下で学校教育を維持するための対応の一環として、遠隔教育を活用しましたか。当てはまる選択肢1つを選んでください。



	回答者	%
1. 大いに活用した	64	76.2%
2. すこし活用した	15	17.9%
3. あまり活用しなかった	4	4.8%
4. まったく活用しなかった	0	0.0%
(無回答)	1	1.2%
総計	84	

2-(7) (6)で「1. 大いに活用した」「2. すこし活用した」と回答された方にお伺いします。どのような形態の遠隔教育を実施しましたか。当てはまる選択肢をすべて選んでください。



(複数回答)

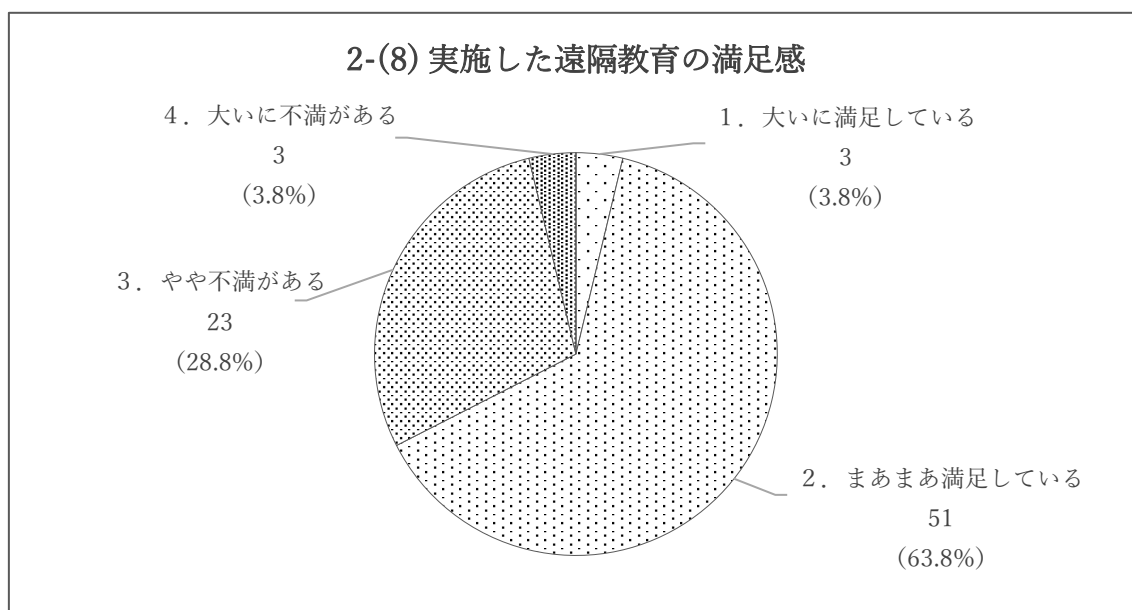
回答	
1. ライブ配信での授業	71
2. オンデマンド映像での授業	62
3. 課題・レポート等の添削	57
4. メール・チャット等での個別フォロー	44
5. CBT (Computer Based Testing)	11
6. その他	1
総計	246

※回答対象者：2-(6)=1 または 2

その他記述事項

- ・ Classroom を用いた個別指導の他、ZOOM を用いた質疑応答。Zoom を用いた口頭試問など。
- ・ Zoom を使って、遠隔授業を実施しました。

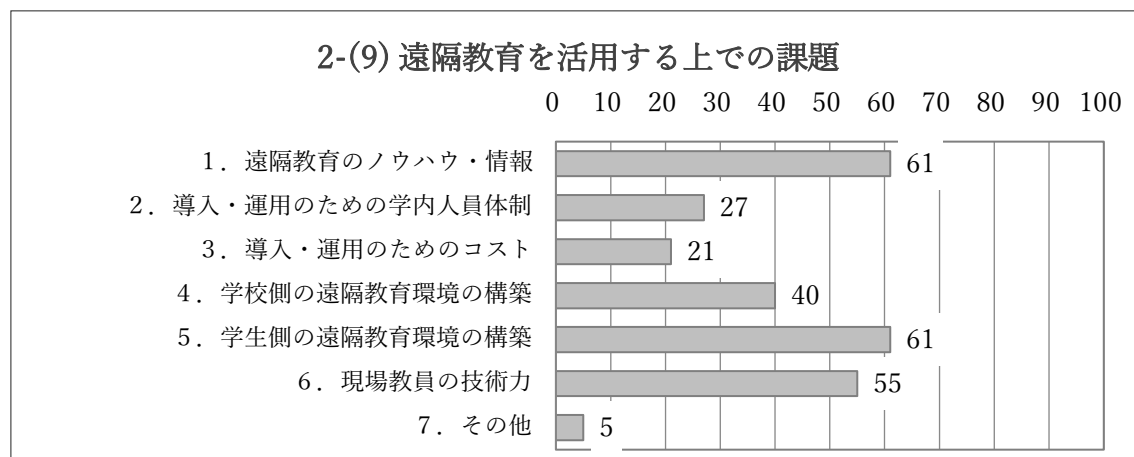
2-(8) (6)で「1. 大いに活用した」「2. すこし活用した」と回答された方にお伺いします。実施した遠隔教育に満足していますか。当てはまる選択肢1つを選んでください。



	回答者	%
1. 大いに満足している	3	3.8%
2. まあまあ満足している	51	63.8%
3. やや不満がある	23	28.8%
4. 大いに不満がある	3	3.8%
(無回答)	0	0.0%
総計	80	

※回答対象者：2-(6)=1 または 2

2-(9) (6)で「1. 大いに活用した」「2. すこし活用した」と回答された方にお伺いします。遠隔教育を行う上で、どのようなことが課題になりましたか。当てはまる選択肢をすべて選んでください。



(複数回答)

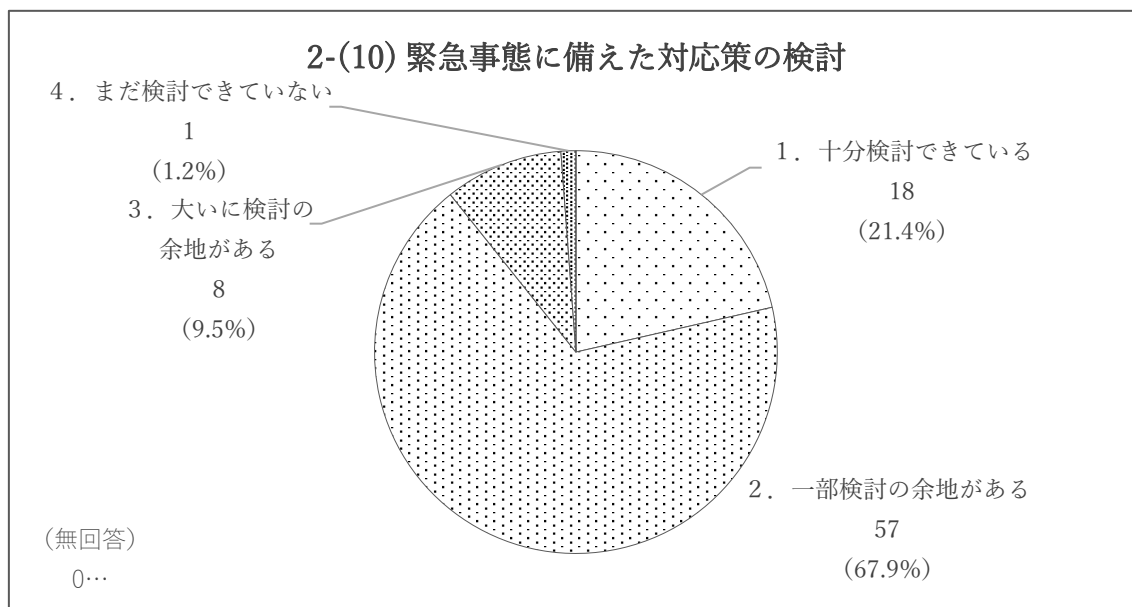
回答	
1. 遠隔教育のノウハウ・情報	61
2. 導入・運用のための学内人員体制	27
3. 導入・運用のためのコスト	21
4. 学校側の遠隔教育環境の構築	40
5. 学生側の遠隔教育環境の構築	61
6. 現場教員の技術力	55
7. その他	5
総計	270

※回答対象者：2-(6)=1 または 2

その他記述事項

- ・ 教員の負担が大きい
- ・ オンライン環境が十分ではない学生がいた。「ギガ不足」でライブ講義の受講が難しい家庭もあった。
- ・ コンテンツ作成にあたる現場教員の負荷増大
- ・ 実験実習の配信授業は不可能と感じています。学生への教育効果が極めて低くなります。
- ・ 教育の質を落とさないこと
- ・ 特に問題はなかった。

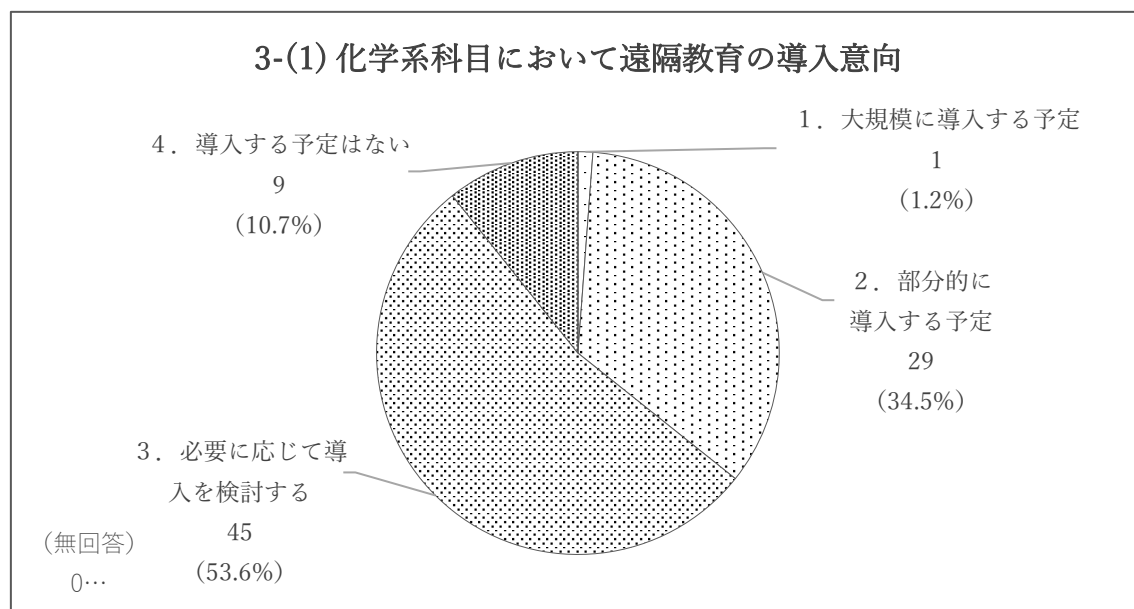
2-(10) 今後、新型コロナウイルス感染症の再流行などの緊急事態に備えて、御校では学校教育の水準を維持するための対応策を検討されていますか。当てはまる選択肢 1 つを選んでください。



	回答者	%
1. 十分検討できている	18	21.4%
2. 一部検討の余地がある	57	67.9%
3. 大いに検討の余地がある	8	9.5%
4. まだ検討できていない	1	1.2%
(無回答)	0	0.0%
総計	84	

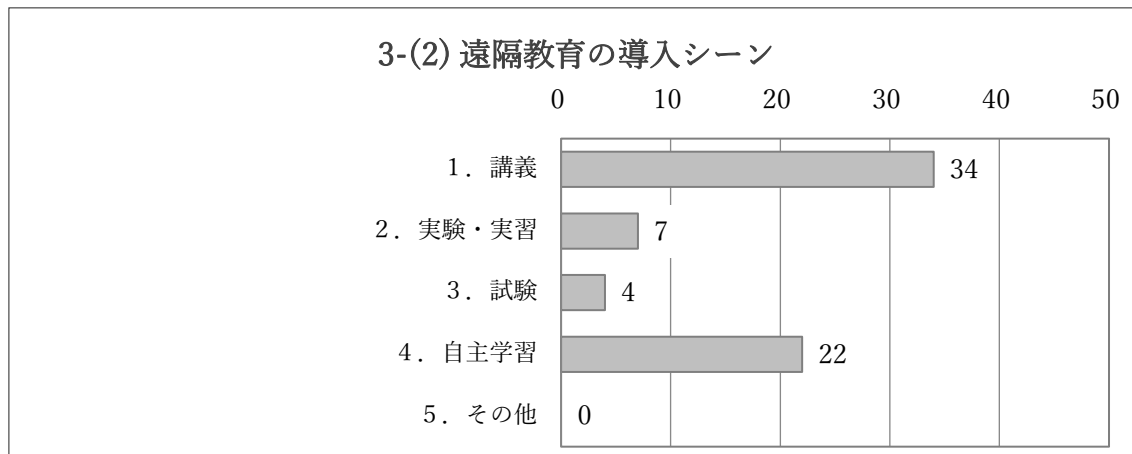
3.今後の遠隔教育の導入意向・導入方法について

3-(1) 今後、化学系科目で遠隔教育を導入する意向はありますか。当てはまる選択肢1つを選んでください。



	回答者	%
1. 大規模に導入する予定	1	1.2%
2. 部分的に導入する予定	29	34.5%
3. 必要に応じて導入を検討する	45	53.6%
4. 導入する予定はない	9	10.7%
(無回答)	0	0.0%
総計	84	

3-(2) (1)で「1. 大規模に導入する予定」「2. 部分的に導入する予定」と回答された方にお伺いします。どのようなシーンで遠隔教育を導入する予定ですか。当てはまる選択肢をすべて選んでください。



(複数回答)

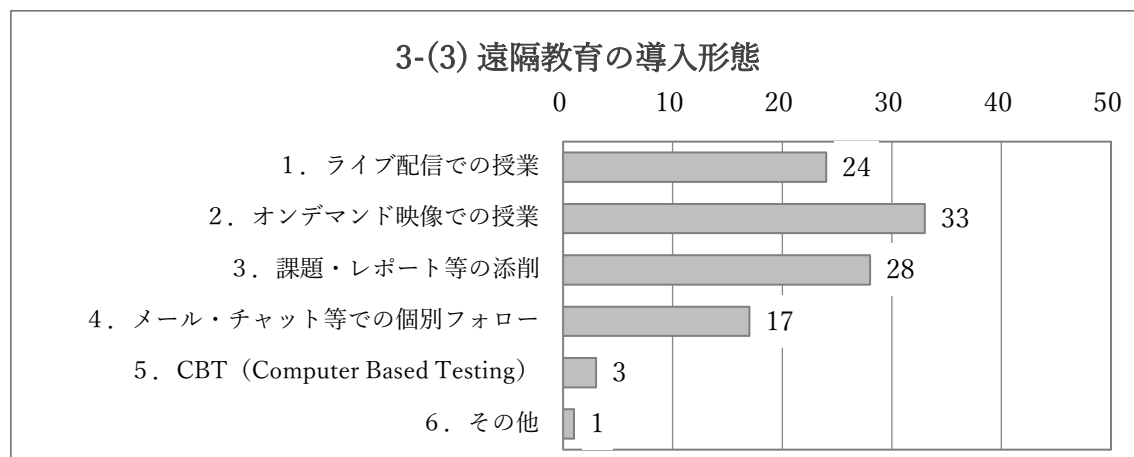
回答	
1. 講義	34
2. 実験・実習	7
3. 試験	4
4. 自主学習	22
5. その他	0
総計	67

※回答対象者：3-(1)=1 または 2

その他記述事項

・すでに導入済み

3-(3) (1)で「1. 大規模に導入する予定」「2. 部分的に導入する予定」と回答された方にお伺いします。どのような形態の遠隔教育を導入する予定ですか。当てはまる選択肢をすべて選んでください。



(複数回答)

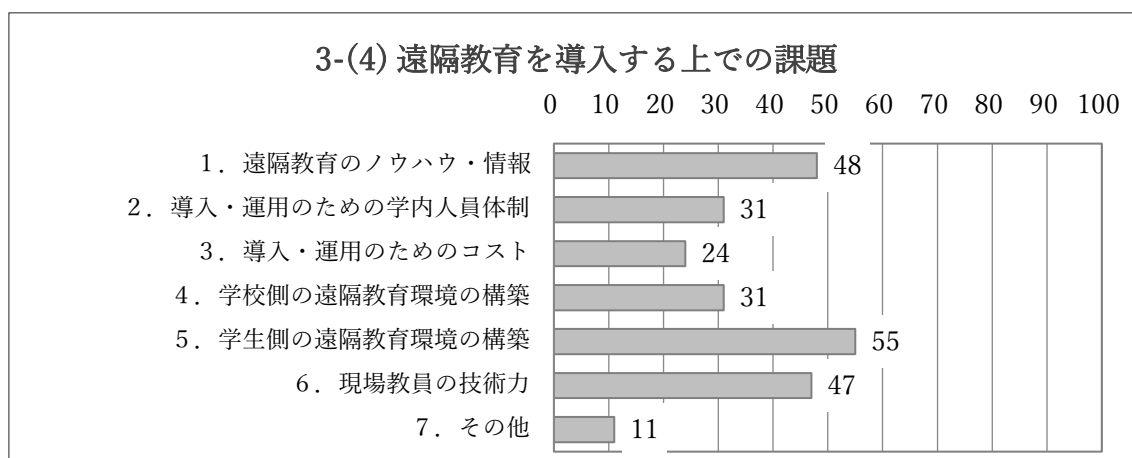
回答	
1. ライブ配信での授業	24
2. オンデマンド映像での授業	33
3. 課題・レポート等の添削	28
4. メール・チャット等での個別フォロー	17
5. CBT (Computer Based Testing)	3
6. その他	1
総計	106

※回答対象者：3-(1)=1 または 2

その他記述事項

- ・ 補助資料の提示（繰り返し学修用オンデマンド映像を含む）
- ・ 現在、大部分の講義は教室で実施しているが、ライブ配信もしてオンラインでの受講者にも対応している。

3-(4) 今後、化学系科目に遠隔教育を導入する上では、どのようなことが課題になりますか。当てはまる選択肢をすべて選んでください。



(複数回答)

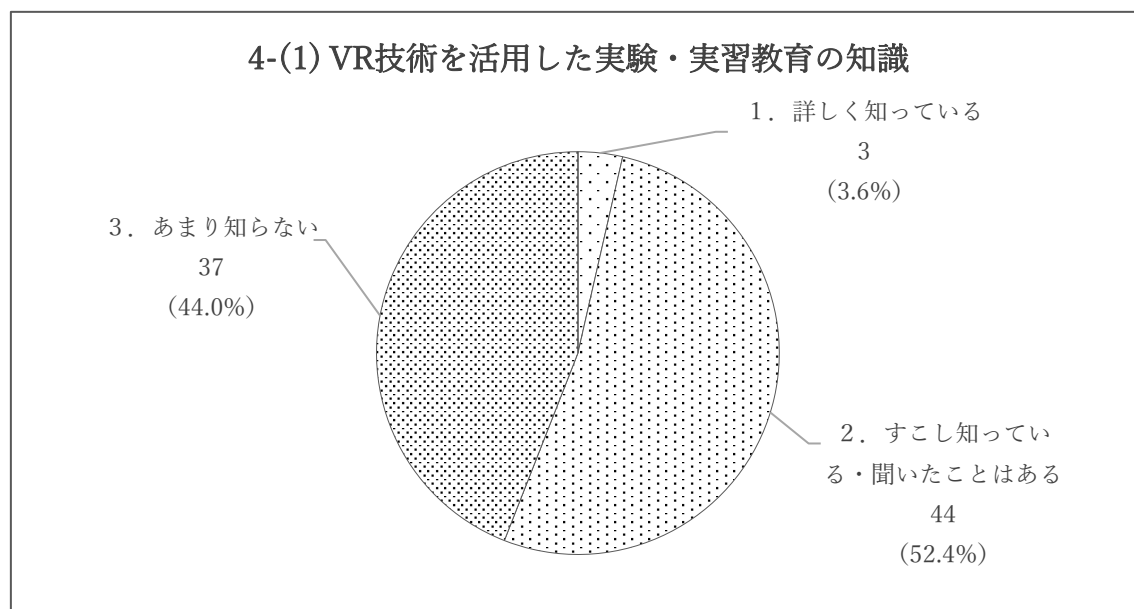
回答	
1. 遠隔教育のノウハウ・情報	48
2. 導入・運用のための学内人員体制	31
3. 導入・運用のためのコスト	24
4. 学校側の遠隔教育環境の構築	31
5. 学生側の遠隔教育環境の構築	55
6. 現場教員の技術力	47
7. その他	11
総計	247

その他記述事項

- ・大学の学位授与のためには遠隔教育の授業時間上限が決められているので、遠隔教育を積極的に導入するというよりも、これからもやってくるかもしれないパンデミックに備えて、如何に対面授業時間を確保するか、ということが気になる。
- ・探求的な学びをどのように実施するか
- ・コンテンツ不足
- ・試験(テスト)による公平・公正な学力評価の実施方法。とくにオンライン試験を伴う場合
- ・コンテンツ作成にあたる現場教員の負荷増大
- ・実験実習の配信授業は不可能と感じています。学生への教育効果が極めて低くなります。
- ・学生の参加状況(参加態度、本気度)の確認が十分にできていない
- ・実験は遠隔では行えない。
- ・より効果的な内容(コンテンツ)の吟味
- ・特に実験科目における教育の質の確保
- ・100%遠隔では必要な実験スキルを身に付けさせることができない。

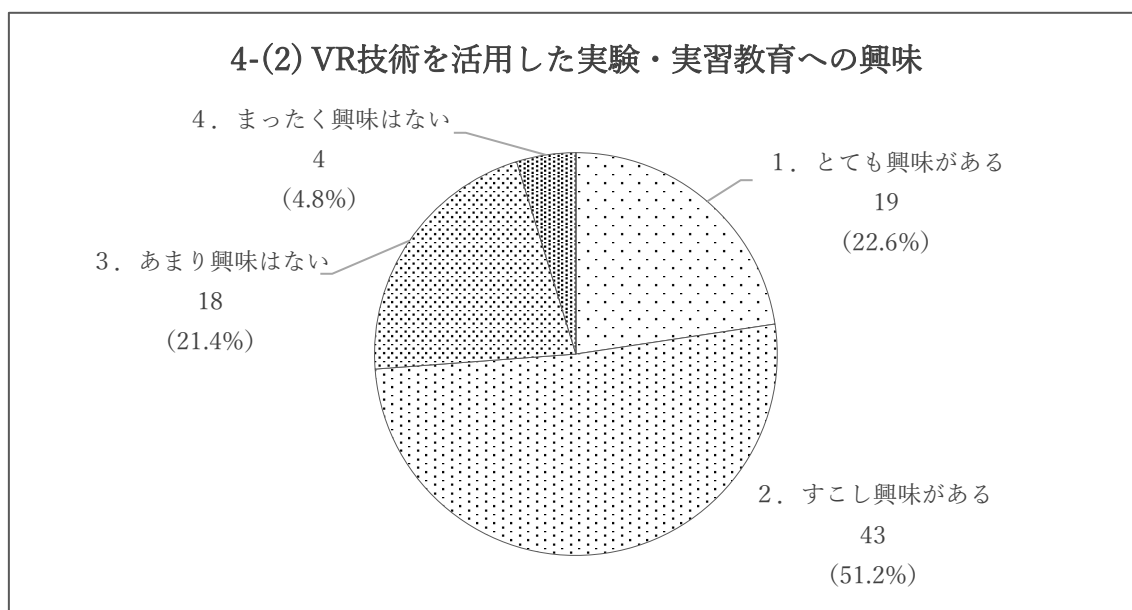
4.VR 技術を活用した実験・実習に対する興味関心について

4-(1) 現在、海外の教育機関を中心に、化学分野等での実験・実習を VR 空間等で学習するシステムが活用され始めています。こうした VR 技術を活用した実験・実習教育についてご存じでしたか。当てはまる選択肢 1 つを選んでください。



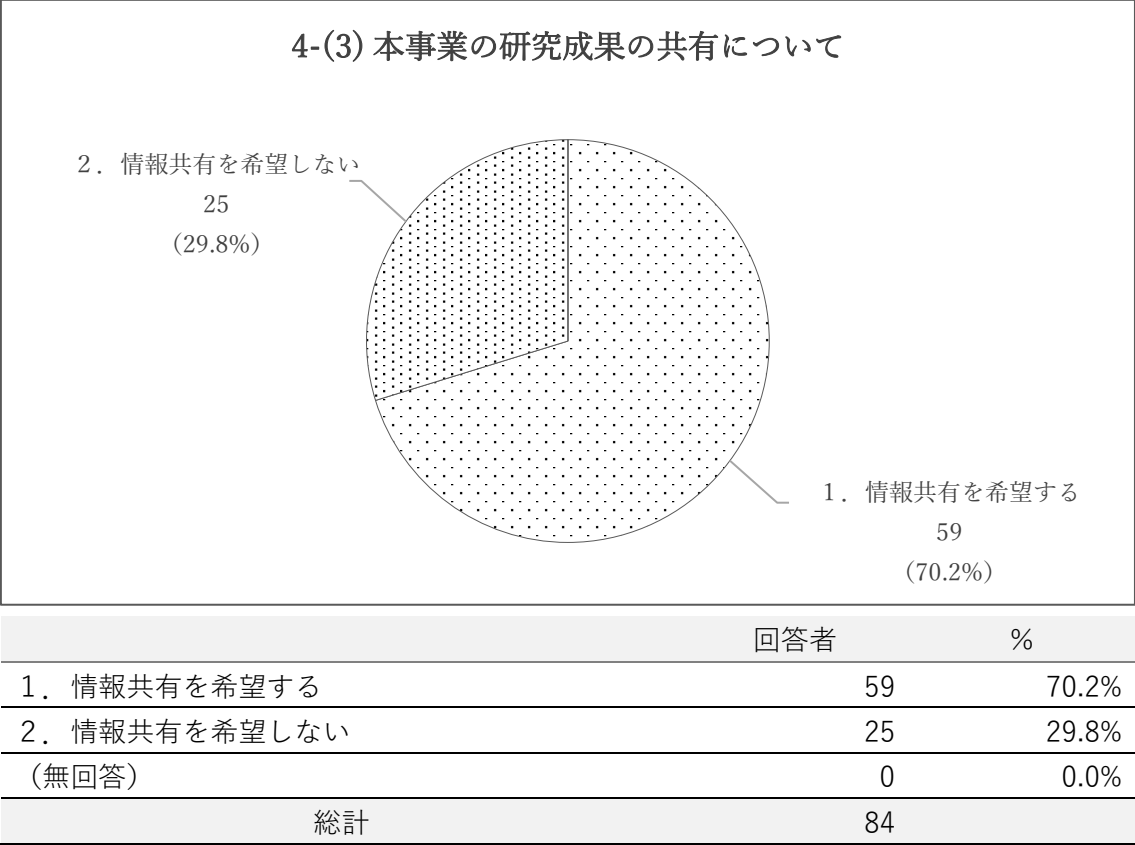
	回答者	%
1. 詳しく知っている	3	3.6%
2. すこし知っている・聞いたことはある	44	52.4%
3. あまり知らない	37	44.0%
(無回答)	0	0.0%
総計	84	

4-(2) 化学分野等での VR 技術を活用した実験・実習教育に興味がありますか。当てはまる選択肢 1 つを選んでください。



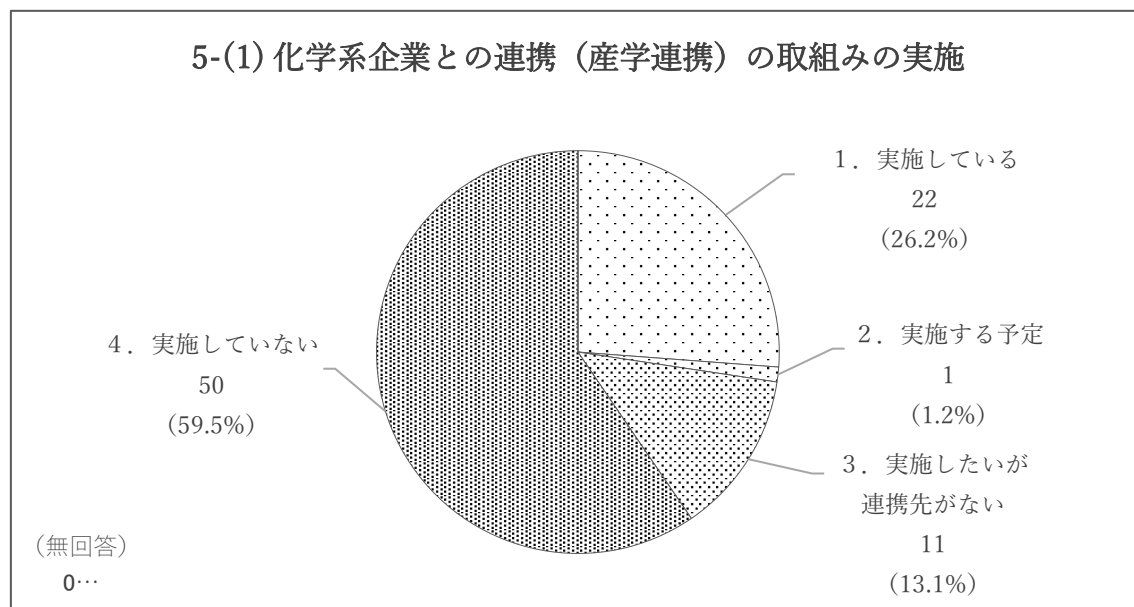
	回答者	%
1. とても興味がある	19	22.6%
2. 少し興味がある	43	51.2%
3. あまり興味はない	18	21.4%
4. まったく興味はない	4	4.8%
(無回答)	0	0.0%
総計	84	

4-(3) 本事業では、VR 技術の活用等を含めた化学分野での実験・実習の遠隔教育モデルの構築に取り組みます。本事業の研究成果の共有をご希望されますか。当てはまる選択肢 1 つを選んでください。



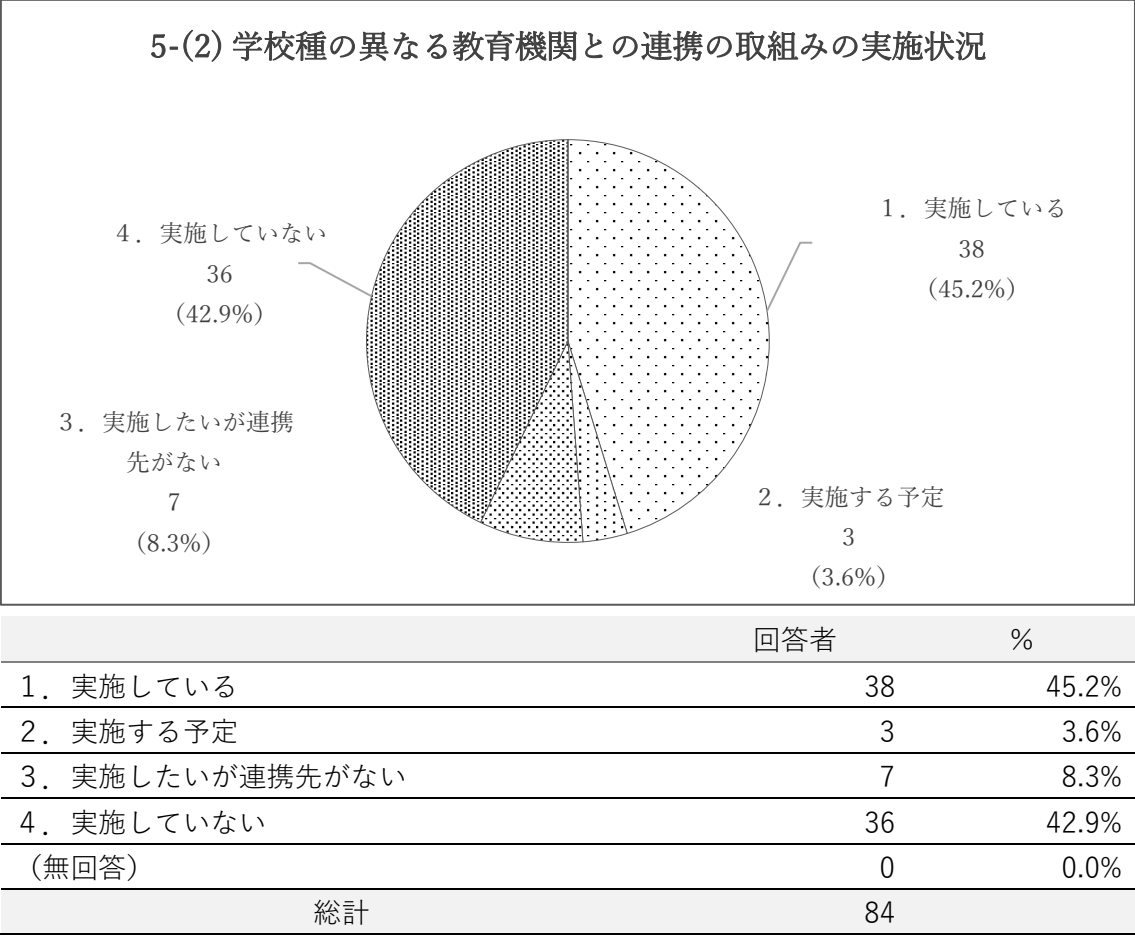
5.産学連携・学校間連携の取組状況・興味関心について

5-(1) 現在、化学教育等において、化学系企業等との連携（産学連携）の取組みを実施していますか。当てはまる選択肢1つを選んでください。



	回答者	%
1. 実施している	22	26.2%
2. 実施する予定	1	1.2%
3. 実施したいが連携先がない	11	13.1%
4. 実施していない	50	59.5%
(無回答)	0	0.0%
総計	84	

5-(2) 現在、化学教育等において、学校種の異なる教育機関との連携（学校間連携：高大連携・高専連携等）の取組みを実施していますか。当てはまる選択肢 1 つを選んでください。



5-(3) 実施している産学連携・学校間連携の取組みについて、具体的な内容をご記入ください。

- ・ 企業からの受託研究 高校、中学からの体験実験受け入れ 出張講義
- ・ 企業とはインターンシップ、高校とはオープンキャンパスや出前授業などで交流を図っている。
- ・ 高専間交流を実施している
- ・ 附属高校との連携。SSH 等の理科教育支援。企業等との共同研究。など
- ・ 産学連携は、研究において多数実施。学生の学外研究も実施している。 学校間に関しては、グループ高校との連携だけでなく、工業系高校を中心として大学が提携を結んでおり、授業単位プログラムなども実施している。
- ・ 講義の相互乗り入れ
- ・ 課題研究における企業、大阪工業大学との連携 甲南大学の工大連携スクーリング
- ・ 大学の外部講座(看護系)
- ・ 附属高校の化学教員との情報共有と意見交換。附属高校生の弊学における体験学習。他大学の研究室との共同研究における学生教育。
- ・ 共同研究
- ・ 出前講義、出前実習
- ・ 高専学会での高専間での情報共有 地域の小学校での出前授業、教員とのオンライン面談・質疑応答
- ・ JSCOOP(企業・地域の課題を学生が解決する)
- ・ 付属高校との連携。
- ・ ①「Web 高校生のための夏の学校」を開講。 化学の講義として「くすりの形について」、実習として「くすりの形を作ってみよう」 (本学から事前に送付・進呈した分子模型を組みながら受講) の計 2 コマを動画として 収録・配信。 ②都内公立高校の科学技術教育の一環とした特別講義開講の求めに応じて、 本学専任教員を派遣して特別講義を実施し、高校生の化学等教育に協力。
- ・ 地域連携等, 高校 SSH への参画
- ・ 医学・工学・薬学の大学間連携によるプロジェクト研究や、科目単位の相互認定を行っている。また、高校の探求型科目に対し、大学教員が支援する高大連携事業を実施している。
- ・ 非常勤講師に企業の会長、社長や役員、あるいは研究開発や技術部門の社員・元社員を招いて集中講義や特別講義を実施している。 一部の研究室においては、共同研究を通じた企業の研究開発に直結する卒論や修論研究を実施している。 大学教員が地元の高校に出張し、高校で行われている自由研究の論評を行ったり、大学紹介などに取り組んでいる。
- ・ 付属校や指定校、連携校などにおける模擬授業の実施、高校生を受け入れた大学での探究関連授業の実施(実験等を含む)。

- ・高専連携を進めて行く方向で検討調整中
- ・附属高校と高大連携講座を行っており、高校生に対して大学の教員が講義や実習を行う機会がある。
- ・高大連携による取り組み
- ・付属高校や一部高校との高大連携
- ・高大連携授業の開講
- ・CBT の実施(問題作成等も含む)
- ・企業の役職員が客員教授（非常勤講師）として、修士の授業を担当している（1科目）。
- ・Zoom をもちいて企業の研究者に対して、植物成分の精製・分析の原理や技術の指導、学会発表に要旨作成、口頭発表などの 指導を依頼に応じて、大学の Zoom や企業側の Meet を用いて時折行っています。また、最近では、新たな植物成分分析の研究 テーマについて企業や大学の数名の研究者と Zoom で検討会を予定しています。
- ・回答者は直接参加していないので詳細はわかりませんが、理系科目についての高大連携は行っています。 講義や実習形式の講座のほかに、研究室での研究体験なども行っています。
- ・高大連携事業における公開授業の実施
- ・高校と専門学校の連携（高専連携）を実施している。高校生を対象とした各学科に関連した基本的な実習体験を行っています。
- ・産学連携 数か所の業種が異なる企業と連携している。研究テーマの掘り起こし・共同研究、当方からの事業化提案などについて定期的に協議している。 ・高大連携 出前授業、出前実験などを通して、大学における高度な研究内容の紹介を行っている。
- ・企業との共同研究は実施しているが、化学教育に関しては連携体制は他機関と整えていない。
- ・大学の教員による出張講義 高校生に来学してもらって実験
- ・連携大学院講座を開設 企業人に非常勤講師を依頼 高大連携講義の開催
- ・特別講義等において、しばしば企業の化学関連研究者を招聘し、講義をお願いしている。
- ・高校の探求学習の受け入れ。 教員志望の学生のインターンシップ。
- ・高等教育コンソーシアム久留米による、単位互換や公開講座などの実施
- ・企業の方による集中講義
- ・附属高校や県内高校との高大連携事業に取り組んでいる。

6.自由記述

本事業の取組みへのご意見・ご感想などございましたら、自由にご記入ください。

- ・ VR 技術を活用した化学分野での実験・実習の遠隔教育モデルに興味があり、どれほどの実感が得れるか関心があります。
- ・ 遠隔授業では、安全教育や化学系に必要な手作業の教育を高い水準で行うことが難しいと感じています。それを VR で補えるとよいと思いました。
- ・ 化学教育における VR の利用について大変関心を持ちました。
- ・ 化学実験の教育面としての VR 技術に期待しています。ただし、大学での化学実験は、卒業研究や先端研究の基礎となるものであり、どうしても実地での実験体験が必要ですので、それらを考慮した新しい実験教育技術の開発を期待しています。
- ・ 本学では、化学は実験、手を動かすことが必須と考えている。オンライン授業の弊害は手を動かすことができない点である。この問題点を VR 技術で解決できるか否かの見通しを教えていただきたい。
- ・ 緊急事態宣言下、実習科目実施の判断は非常に難しく、もし感染が起こった場合の対応、責任などあらゆる面からの検討が必要になってきます。各校により事情が異なりますが、ある程度の指標となるものがあればと思っています。また本件に記載されていますように、VR を用いた手法は大変興味深く思っています。
- ・ 18 歳人口の減少及び大学全入時代の中で、弊社も学生数確保に厳しい現状です。新しい技術については、人材、環境、コスト、そして学生側の状況他、いろいろと課題はあると思いますが、何ができるか、できそうなのかを模索していければと思っています。
- ・ 当学科は実験実習を重視しており、カリキュラムにおける実験科目の割合も高い。自らの手を動かし、道具の使い方、材料の軟らかさ硬さ、温度、臭い、熱さ冷たさ、試行錯誤などの感覚を養うことを重視している。そのため、VR 技術において視聴覚だけの疑似体験では技術習得は難しいと考えている。VR にはハードとソフトの課題がある。ハード面では、せめてデータグローブのような手にも触覚を与えるようなツールを受講者全員に提供しないと感覚が養われない。VR では事故や怪我をしない点がメリットではあるが、VR のシナリオの中に失敗例を数多く用意しておき、失敗しながら学ぶ仕組み作りが必要である。これがソフトに問われる課題である。
- ・ 実習はやはり対面で行う必要があると考えている。自分自身の視覚、聴覚、触覚などから得られる経験が重要である。ただ VR 技術の利用による代替については今後検討する価値が高いと考えており、また個人的な興味もある。5G などの展開で通信速度の問題は解決できたとして、問題は ①種々の化学実験操作、物品のハンドリングなどが VR でどこまでリアルに再現できるのか？ ②また各種操作のどの部分を再現すると、教育効果が高いものとなるのか？ ①はハード的な問題が、②はソフト的な問題が中心となると思うが、実際には、
・ 学生が学ぶべき種々の実習操作に必要となる基本的な「動き」が何な

のか？ ・それをどのようにセンシングし、そして操作に対するフィードバックをどのように行うのか？ ・それを実現するハードをどのように構成するのか？構成できるのか？など順次考えて行くことが必要であると思う。

- ・ 化学実験実習を VR で行うことには、疑問を感じています。講義の一部として化学実験の VR を利用するというのであれば理解できます。
- ・ 今後、大学での座学講義のほとんどがオンライン（ライブ・オンデマンド）になるのではないかと予想しています。
- ・ 上記回答は、回答者の知りうる範囲内のものであり、本学の全ての取り組みを反映していないことをご理解ください。
- ・ 当校は通信制のため、実験等が積極的に実施できていない状況です。今回のアンケートに合っていない回答になっているかもしれませんが、よろしくお願いします。

3.1.3. 調査まとめ

本アンケート調査では、化学関連分野の専門学校・大学、高校（普通科・工業関連学科）、高等専門学校に対し、特に実験実習に関連した授業等に関して、新型コロナウイルス感染症による影響や対応状況・今後の対応意向などを質問した。回答数は84件で、うち約6割が化学分野に関連する学科を設置した大学で、約2割が高等学校となっている。

まず新型コロナウイルス感染症による緊急事態宣言下での「教室での講義等」と「実験室等での実験・実習」との実施状況を質問した。その結果、いずれも「平時と同様に実施した」という回答は3割程度に留まり、「時間数を減らして実施した」「実施しなかった」という回答が7割を占めた。化学分野の教育機関でも、他分野と同様、集合学習という従来の教育形態の運用が困難であったことが伺える。さらに、こうした状況下において、化学系科目の教育の質・量を従来と同様の水準に維持する困難性について質問したところ、「とても困難だった」が26.2%、「やや困難だった」56.0%となっており、新型コロナウイルス感染症の影響は、化学分野教育においても非常に大きいと言える。

上記のような状況下で、学校教育を維持するための対応として、化学分野教育への遠隔教育の導入が大いに促進されている。遠隔教育の導入状況を質問したところ、「大いに活用した」が76.2%、「すこし活用した」が17.9%であり、実に9割以上が遠隔教育の導入を行ったと回答した。遠隔教育の導入形態として特に多く挙げられたのは、「zoom」や「Microsoft Teams」などのオンラインミーティングツールを使用したライブ配信での授業や、「YouTube」などの動画配信サイトを活用したオンデマンド映像での授業であった。

一方、実施した遠隔教育に対する満足度について質問したところ、「大いに満足している」と回答したのは3.8%に留まり、「まあまあ満足している」が63.8%、「やや不満がある」が28.8%であった。また、遠隔教育を活用する上での課題についても質問したところ、「遠隔教育のノウハウ・情報」が多く挙げられた。

今後の遠隔教育の活用意向については、「必要に応じて導入を検討する」が53.6%、「部分的に導入する予定」が34.5%となっており、化学分野での遠隔教育導入の可能性が少なからずあることが伺える。導入対象の学習シーンとしては、「講義」や「自主学習」が比較的多く、「実験・実習」は少数に留まった。これについては遠隔において十分に実験・実習に関する教育を行える手法が確立されていないためであると考えられる。

VR技術を活用した実験・実習教育に関して質問したところ、「少し知っている・聞いたことはある」との回答が52.4%であり、「あまり知らない」が44.0%であった。また、VR技術を活用した実験・実習教育への興味については、「とても興味がある」「すこし興味がある」が約7割を占めている。これらの回答から、国内の化学分野の教育現場では、あまりVR技術を活用した実験・実習教育の認知が進んでいないことが伺える。本事業の成果を積極的に発信することで、化学分野でのVR技術を活用した遠隔での実験・実習の効果的な教育手法を提案していきたい。

3.2. 遠隔教育モデルに対するニーズ等の実態調査（対象：化学系企業）

3.2.1. 調査概要

(6) 調査目的

化学系企業における人材育成を目的とした研修等について、新型コロナウイルス感染症による影響や対応状況・今後の対応意向などを調査し、化学分野の遠隔教育モデルに対するニーズ等の実態を明らかにすることを目的とする。

(7) 調査対象

化学系企業 141 件を対象とした。

(8) 調査方法

次項に掲載する調査項目で構成されるアンケート調査票を作成し、上記対象の人事部門等の責任者宛てに郵送配布した。

(9) 調査項目

調査項目は次の項目である。これらの各項目に対し、質問文・選択肢等を検討してアンケート調査票を作成した。使用した調査票については巻末付録に掲載するので、参照いただきたい。

1. 企業・回答者情報

- (1) 企業情報
- (2) 回答者情報

2. パンデミックによる人材育成への影響と対応策について

- (1) 化学技術に関わる教育訓練の従来の実施方針
- (2) 化学技術に関わる教育訓練の現在の実施方針
- (3) 現在実施している講座の実施方法
- (4) 現在実施している講座の実施形態
- (5) パンデミック下での化学技術教育訓練の実施効果
- (6) パンデミック下での遠隔教育の活用状況
- (7) 採用した遠隔教育の実施形態
- (8) 採用した遠隔教育に対する満足度
- (9) 遠隔教育を活用する上での課題

3. 今後の遠隔教育の導入意向・導入方法について (1) 化学技術の教育訓練において遠隔教育の導入意向 (2) 今後の遠隔教育の導入形態 (3) 今後の遠隔教育を導入する上での課題 4. VR 技術を活用した実験・実習に対する興味関心について (1) VR 技術を活用した実験・実習教育の知識 (2) VR 技術を活用した実験・実習教育への興味 (3) 本事業の研究成果の共有への希望の有無 5. 産学連携の取組状況・興味関心について (1) 教育機関との連携（産学連携）の取組みの実施状況 (2) 実施している産学連携の取組みの内容 6. その他 (1) 本事業への希望・意見等【自由記述】

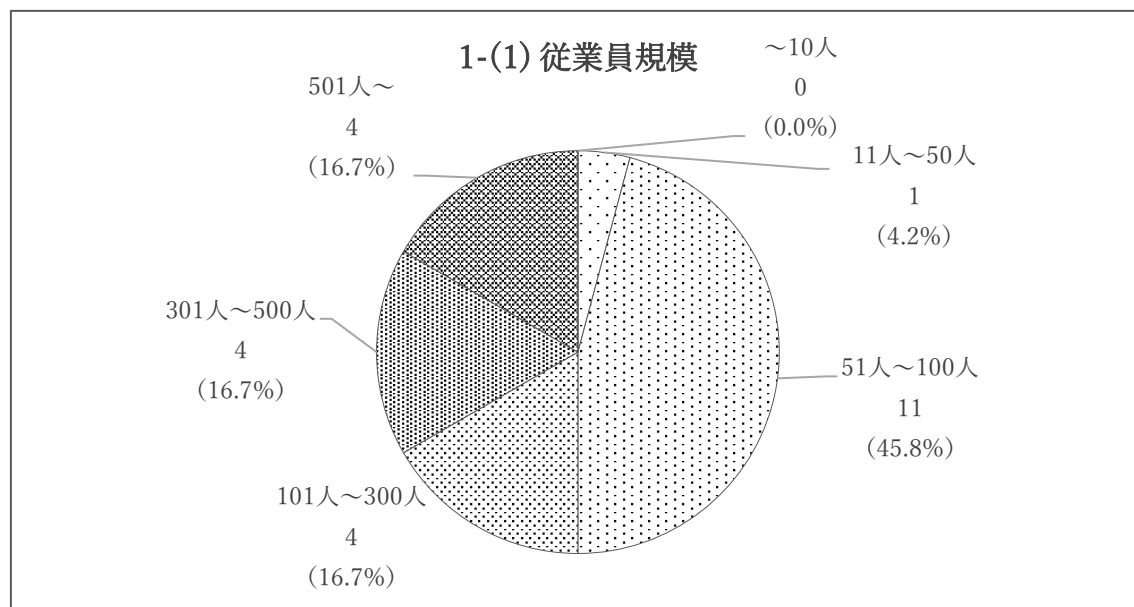
(10) 回収件数

141 件中 24 件（回収率 17.0%）

3.2.2. 調査結果

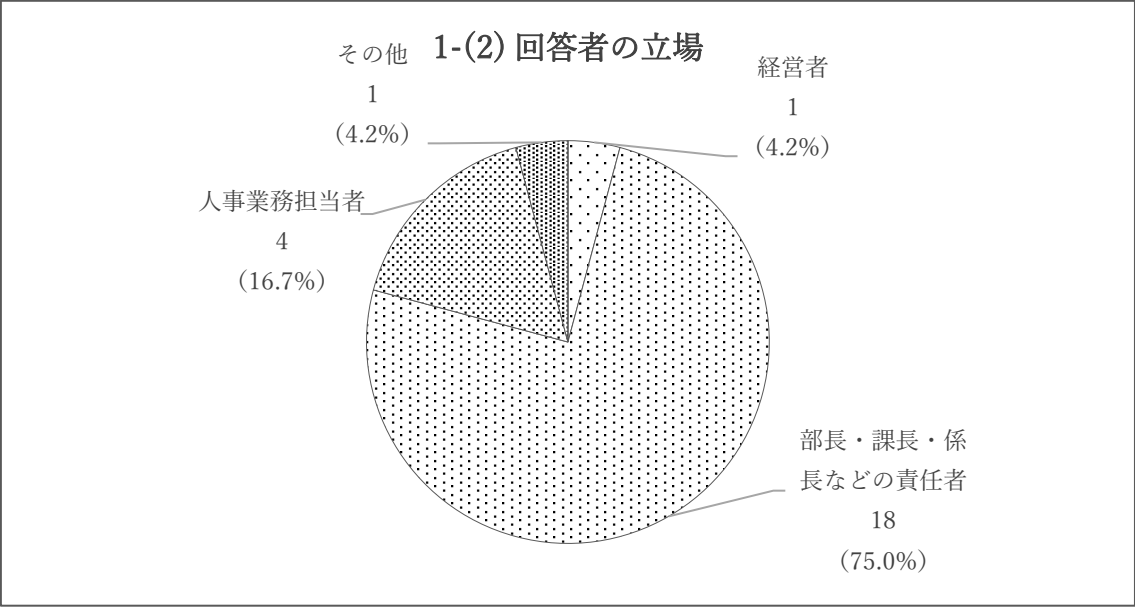
1. 回答者の属性について

1-(1) 御社の従業員規模について、該当する選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
~10 人	0	0.0%
11 人~50 人	1	4.2%
51 人~100 人	11	45.8%
101 人~300 人	4	16.7%
301 人~500 人	4	16.7%
501 人~	4	16.7%
(無回答)	0	0.0%
総計	24	

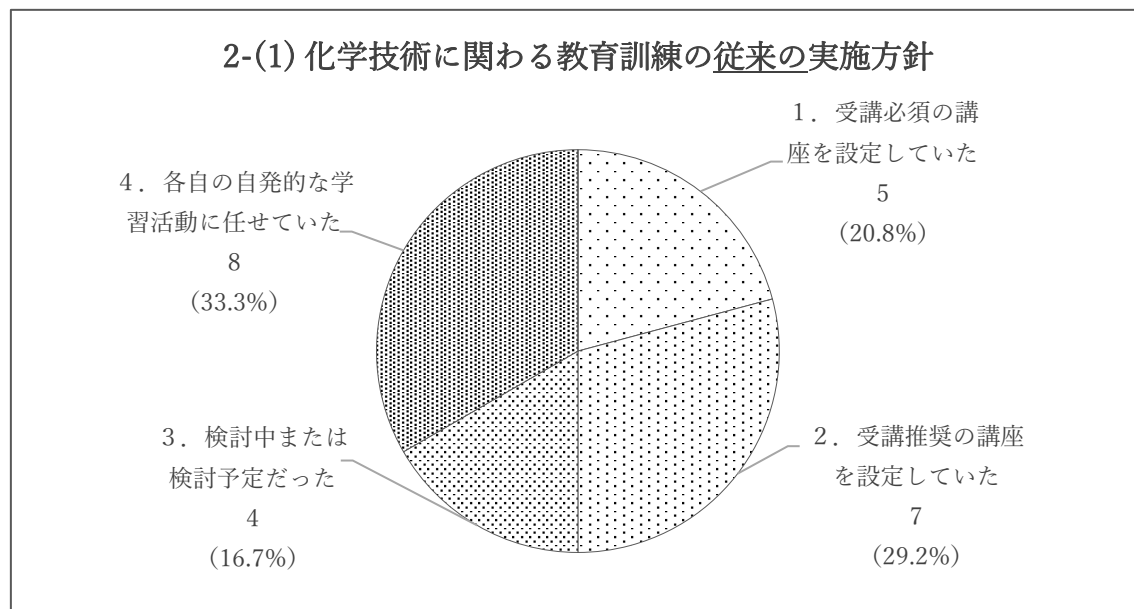
1-(2) ご回答者様のお立場として、当てはまる選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
経営者	1	4.2%
部長・課長・係長などの責任者	18	75.0%
人事業務担当者	4	16.7%
その他	1	4.2%
(無回答)	0	0.0%
総計	24	

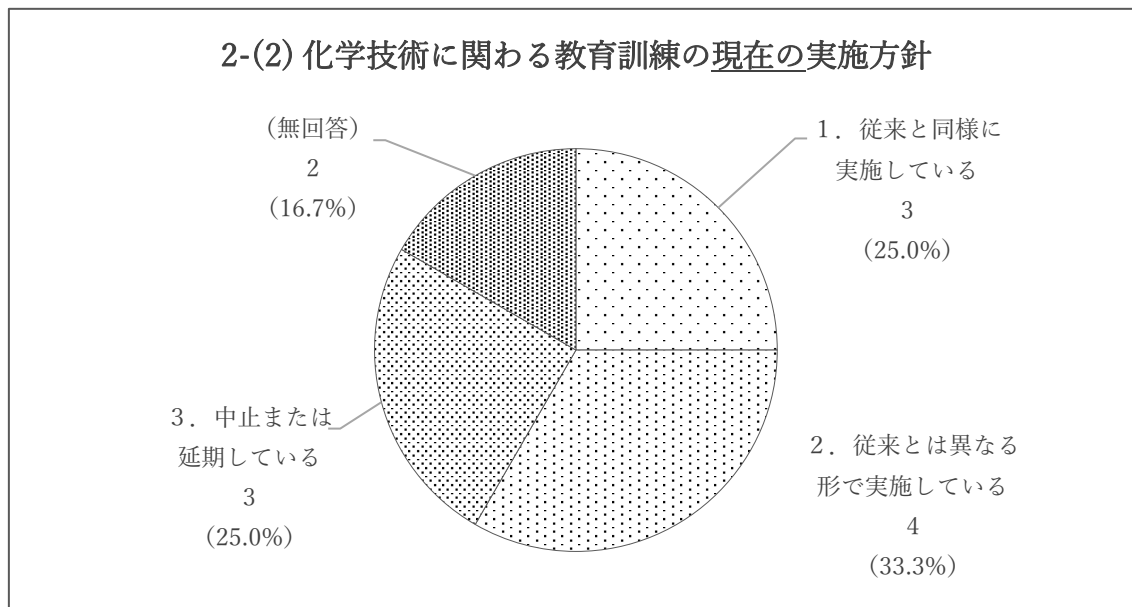
2.パンデミックによる人材育成への影響と対応策について

2- (1) 化学技術系職種社員を対象とする化学技術に関わる教育訓練について、御社の従来（パンデミック前）からの実施方針として、当てはまる選択肢1つを選んでください。



	回答者	%
1. 受講必須の講座を設定していた	5	20.8%
2. 受講推奨の講座を設定していた	7	29.2%
3. 検討中または検討予定だった	4	16.7%
4. 各自の自発的な学習活動に任せていた	8	33.3%
(無回答)	0	0.0%
総計	24	

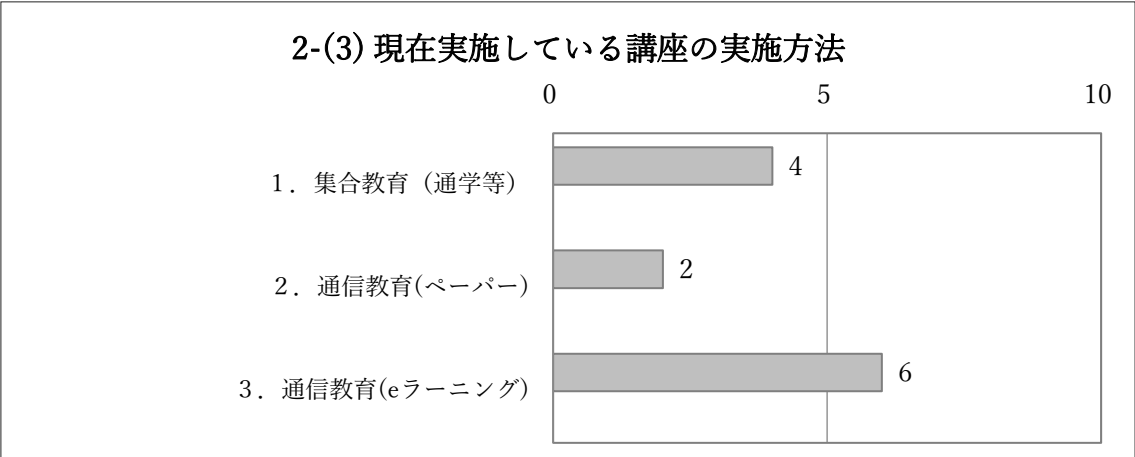
2-(2) (1)で「受講必須の講座を設定していた」「受講推奨の講座を設定していた」と回答された方にお伺いします。化学技術系職種社員を対象とする化学技術に関わる教育訓練について、御社の現在の実施方針として、当てはまる選択肢1つを選んでください。



	回答者	%
1. 従来と同様に実施している	3	25.0%
2. 従来とは異なる形で実施している	4	33.3%
3. 中止または延期している	3	25.0%
(無回答)	2	16.7%
総計	12	

※回答対象者：2-(1)=1 または 2

2-(3) (2)で「1. 従来と同様に実施している」「2. 従来とは異なる形で実施している」と回答された方にお伺いします。御社で現在実施されている講座は、どのような方法で実施されていますか。当てはまる選択肢をすべて選んでください。

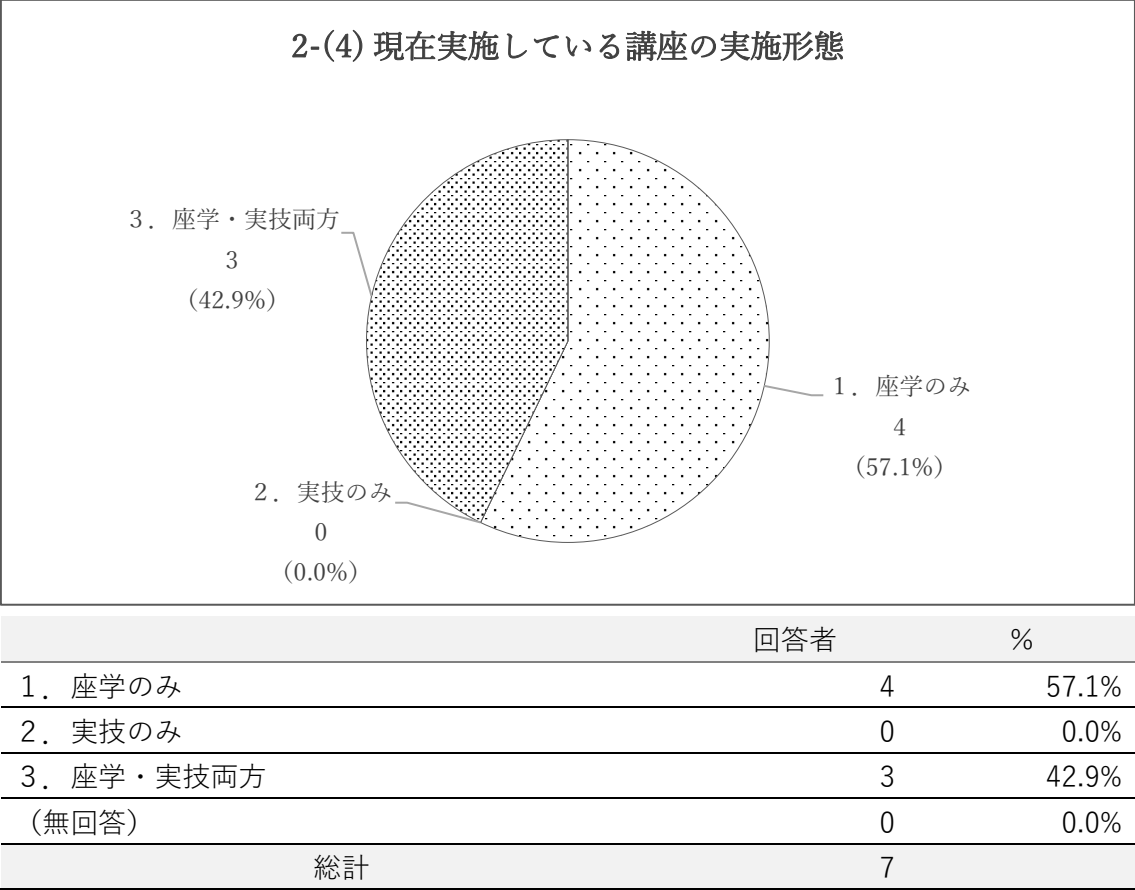


(複数回答)

回答	
1. 集合教育（通学等）	4
2. 通信教育(ペーパー)	2
3. 通信教育(e ラーニング)	6
総計	12

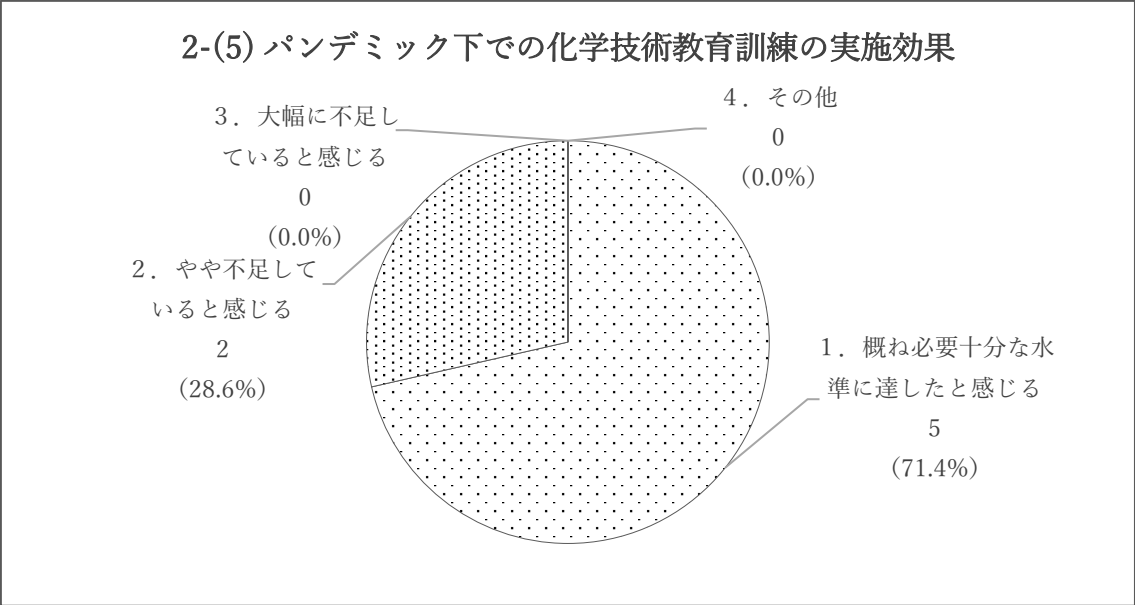
※回答対象者：2-(2)=1 または 2

2-(4) (2)で「1. 従来と同様に実施している」「2. 従来とは異なる形で実施している」と回答された方にお伺いします。御社で現在実施されている講座は、どのような実施形態ですか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



※回答対象者：2-(2)=1 または 2

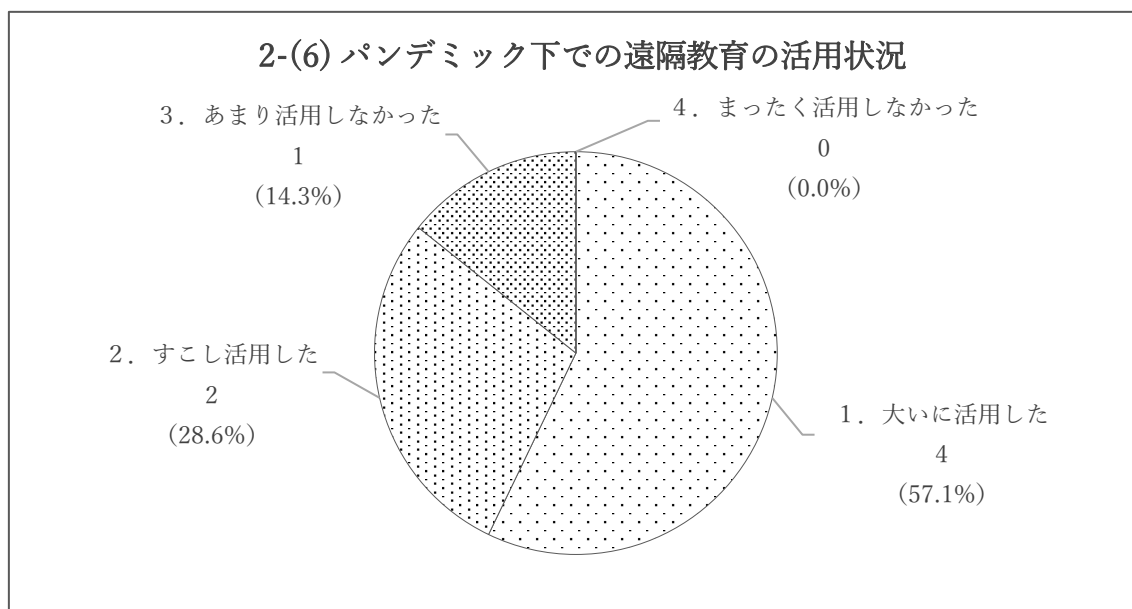
2-(5) (2)で「1. 従来と同様に実施している」「2. 従来とは異なる形で実施している」と回答された方にお伺いします。パンデミック下で化学技術系職種社員を対象とする化学技術の教育訓練を実施した際、必要十分な効果を得ることができましたか。当てはまる選択肢1つを選んでください。



	回答者	%
1. 概ね必要十分な水準に達したと感じる	5	71.4%
2. やや不足していると感じる	2	28.6%
3. 大幅に不足していると感じる	0	0.0%
4. その他	0	0.0%
(無回答)	0	0.0%
総計	7	

※回答対象者：2-(2)=1 または 2

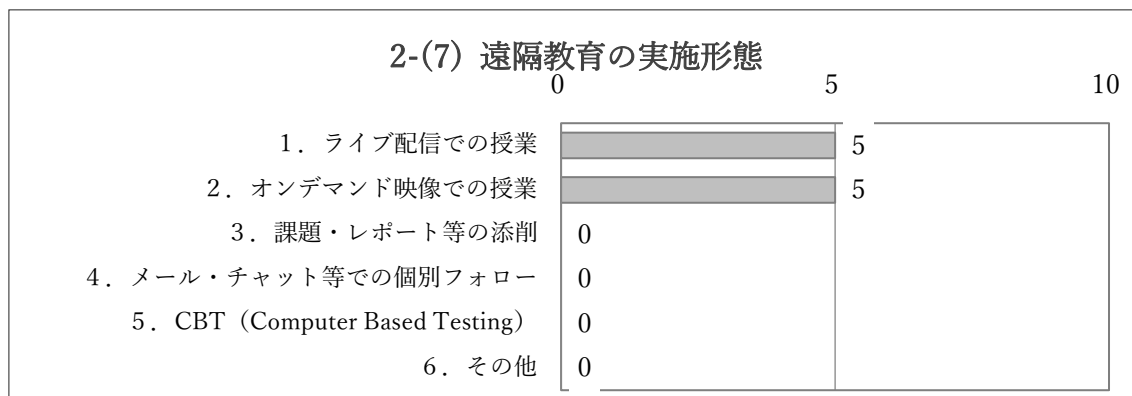
2-(6) (2)で「1. 従来と同様に実施している」「2. 従来とは異なる形で実施している」と回答された方にお伺いします。パンデミック下での化学技術系職種社員を対象とする化学技術の教育訓練を実施する方法のひとつとして、遠隔教育を活用しましたか。当てはまる選択肢1つを選んでください。



	回答者	%
1. 大いに活用した	4	57.1%
2. すこし活用した	2	28.6%
3. あまり活用しなかった	1	14.3%
4. まったく活用しなかった	0	0.0%
(無回答)	0	0.0%
総計	7	

※回答対象者：2-(1)=1 または 2

2-(7) (6)で「1. 大いに活用した」「2. すこし活用した」と回答された方にお伺いします。どのような形態の遠隔教育を実施しましたか。当てはまる選択肢をすべて選んでください。

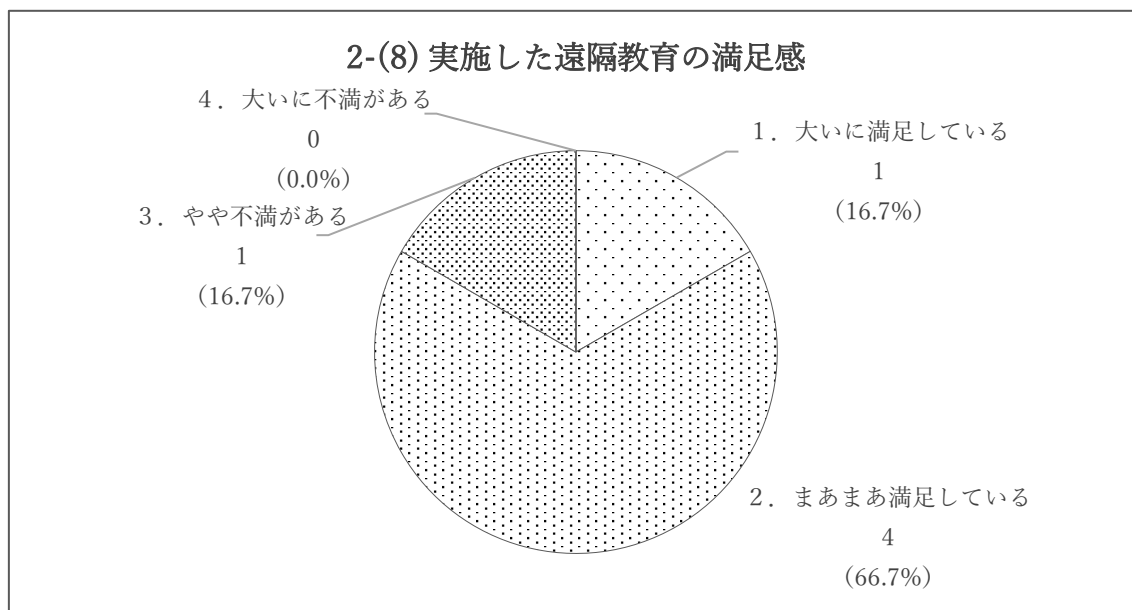


(複数回答)

回答	
1. ライブ配信での授業	5
2. オンデマンド映像での授業	5
3. 課題・レポート等の添削	0
4. メール・チャット等での個別フォロー	0
5. CBT (Computer Based Testing)	0
6. その他	0
総計	10

※回答対象者：2-(6)=1 または 2

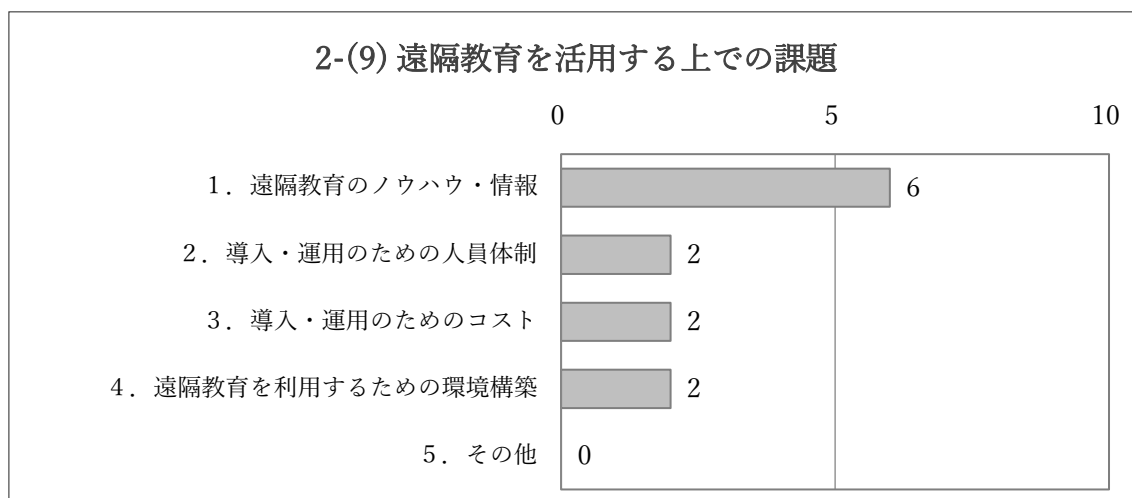
2-(8) (6)で「1. 大いに活用した」「2. すこし活用した」と回答された方にお伺いします。実施した遠隔教育に満足していますか。当てはまる選択肢1つを選んでください。



	回答者	%
1. 大いに満足している	1	16.7%
2. まあまあ満足している	4	66.7%
3. やや不満がある	1	16.7%
4. 大いに不満がある	0	0.0%
(無回答)	0	0.0%
総計	6	

※回答対象者：2-(6)=1 または 2

2-(9) (6)で「1. 大いに活用した」「2. すこし活用した」と回答された方にお伺いします。遠隔教育を活用する上での課題として、当てはまる選択肢をすべて選んでください。



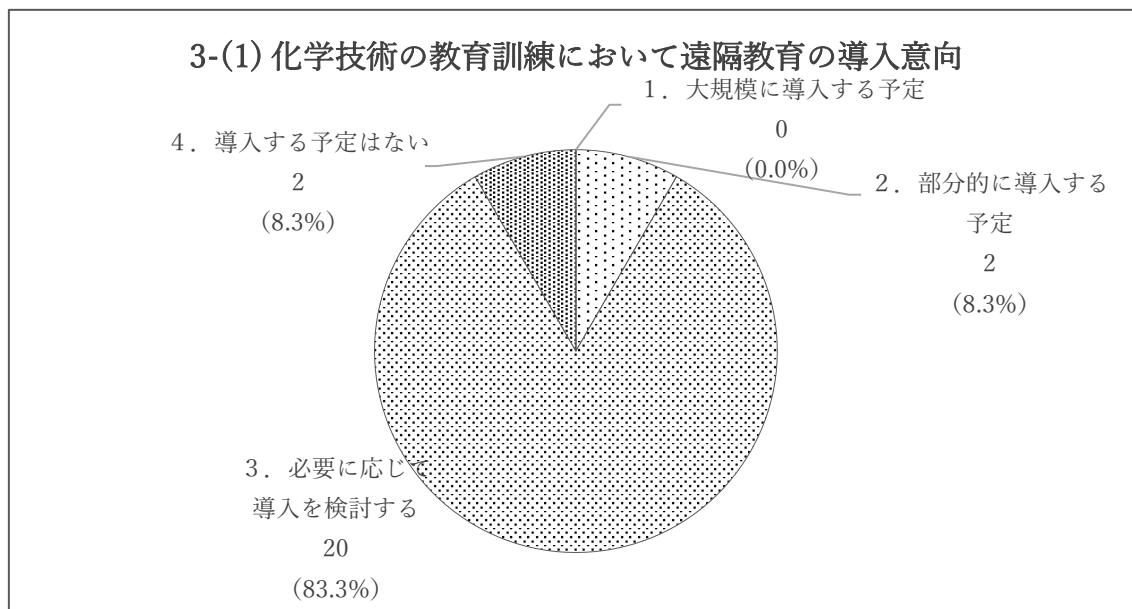
(複数回答)

回答	
1. 遠隔教育のノウハウ・情報	6
2. 導入・運用のための人員体制	2
3. 導入・運用のためのコスト	2
4. 遠隔教育を利用するための環境構築	2
5. その他	0
総計	12

※回答対象者：2-(6)=1 または 2

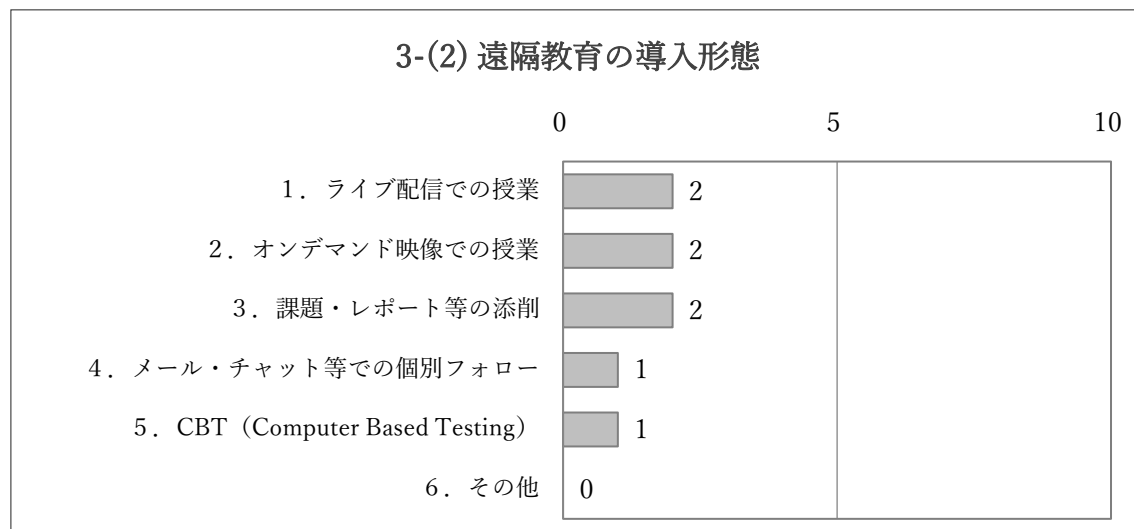
3.今後の遠隔教育の導入意向・導入方法について

3-(1) 今後、化学技術系職種社員を対象とする化学技術の教育訓練において、遠隔教育を導入する意向はありますか。当てはまる選択肢1つを選んでください。



	回答者	%
1. 大規模に導入する予定	0	0.0%
2. 部分的に導入する予定	2	8.3%
3. 必要に応じて導入を検討する	20	83.3%
4. 導入する予定はない	2	8.3%
(無回答)	0	0.0%
総計	24	

3-(2) (1)で「1. 大規模に導入する予定」「2. 部分的に導入する予定」と回答された方にお伺いします。どのような形態の遠隔教育を導入する予定ですか。当てはまる選択肢をすべて選んでください。

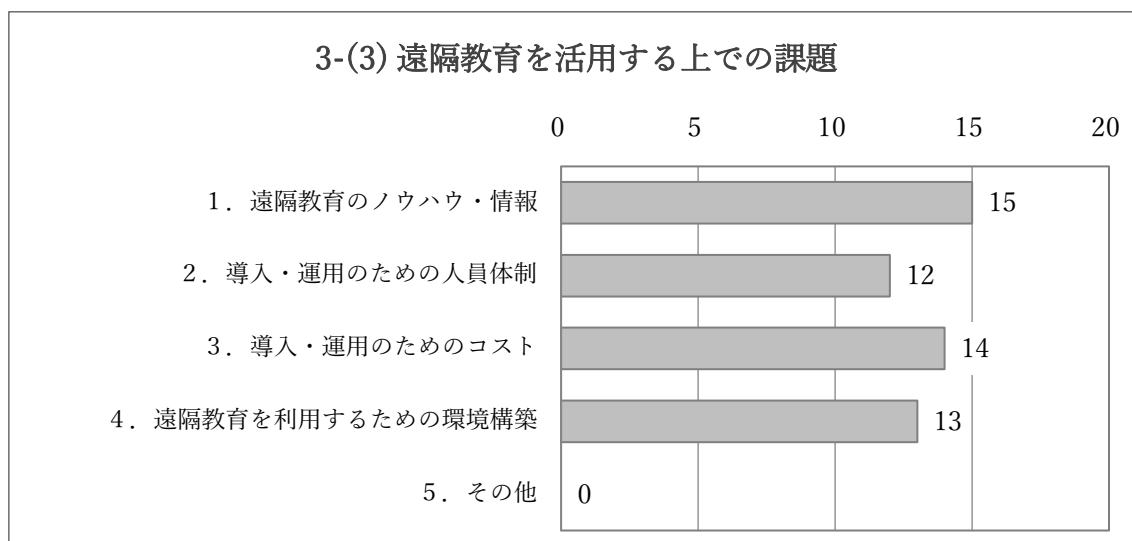


(複数回答)

回答	
1. ライブ配信での授業	2
2. オンデマンド映像での授業	2
3. 課題・レポート等の添削	2
4. メール・チャット等での個別フォロー	1
5. CBT (Computer Based Testing)	1
6. その他	0
総計	8

※回答対象者：3-(1)=1 または 2

3-(3) 今後、化学技術系職種社員を対象とする化学技術の教育訓練において、遠隔教育を活用する上での課題として、当てはまる選択肢をすべて選んでください。

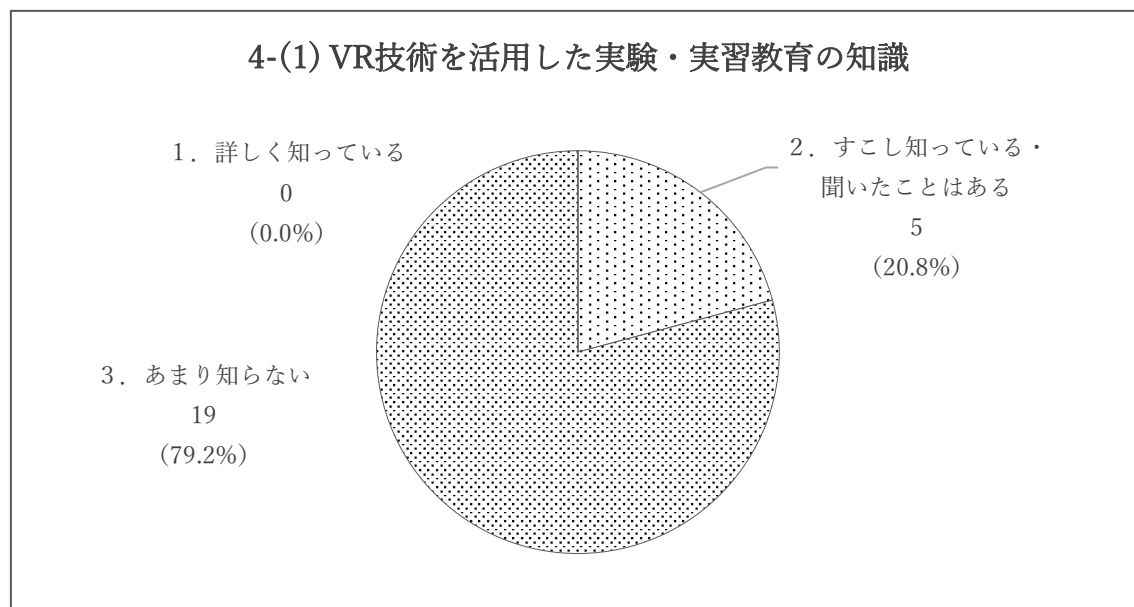


(複数回答)

回答	
1. 遠隔教育のノウハウ・情報	15
2. 導入・運用のための人員体制	12
3. 導入・運用のためのコスト	14
4. 遠隔教育を利用するための環境構築	13
5. その他	0
総計	54

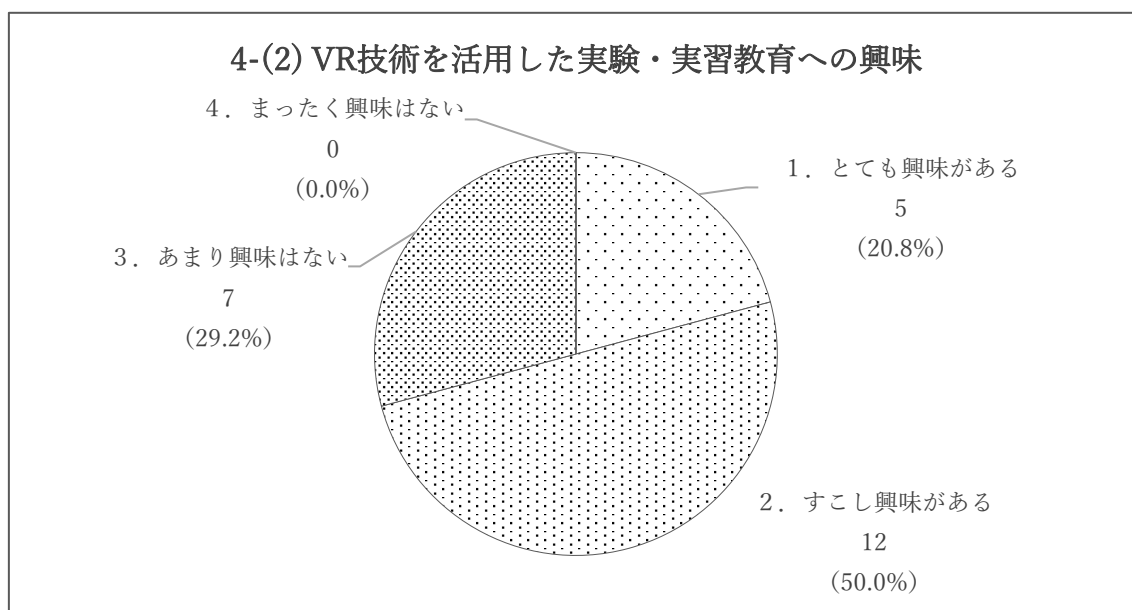
4.VR 技術を活用した実験・実習に対する興味関心について

4-(1) 現在、海外の教育機関を中心に、化学分野等での実験・実習を VR 空間等で学習するシステムが活用され始めています。こうした VR 技術を活用した実験・実習教育についてご存じでしたか。当てはまる選択肢 1 つを選んでください。



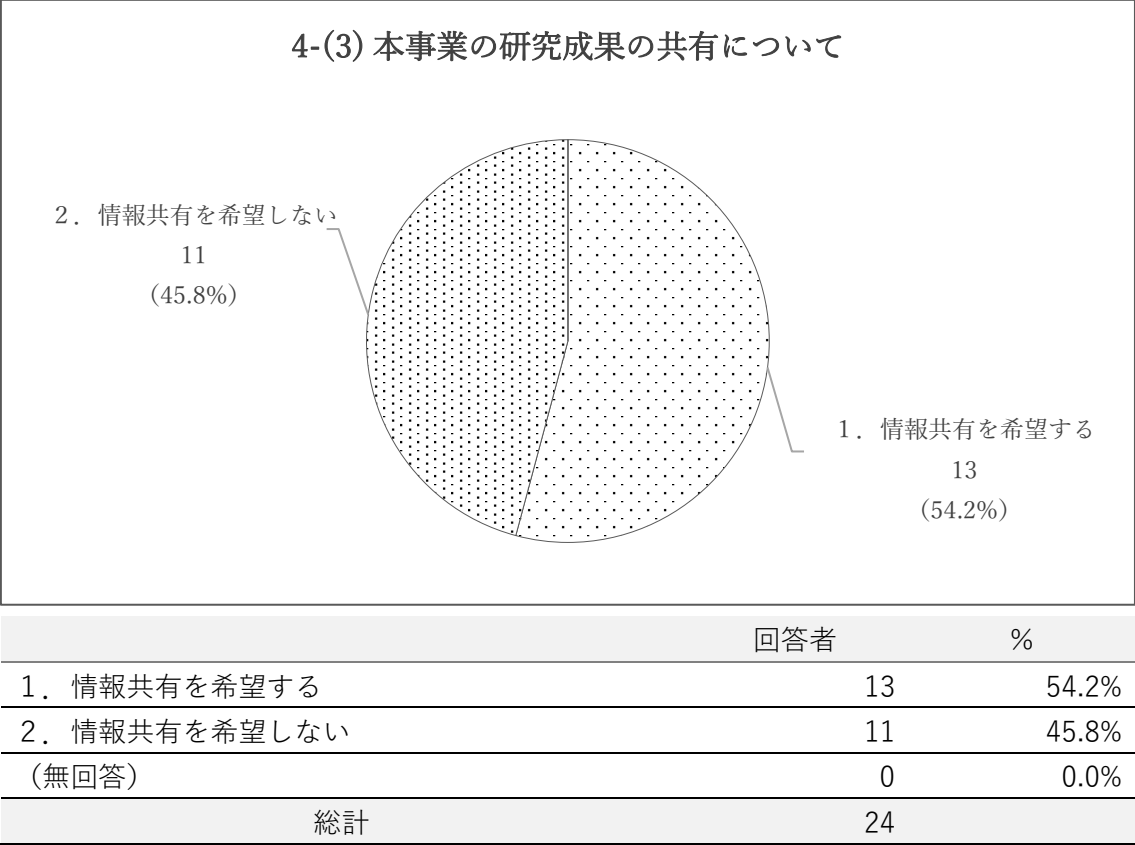
	回答者	%
1. 詳しく知っている	0	0.0%
2. すこし知っている・聞いたことはある	5	20.8%
3. あまり知らない	19	79.2%
(無回答)	0	0.0%
総計	24	

4-(2) 化学分野等での VR 技術を活用した実験・実習教育に興味がありますか。当てはまる選択肢 1 つを選んでください。



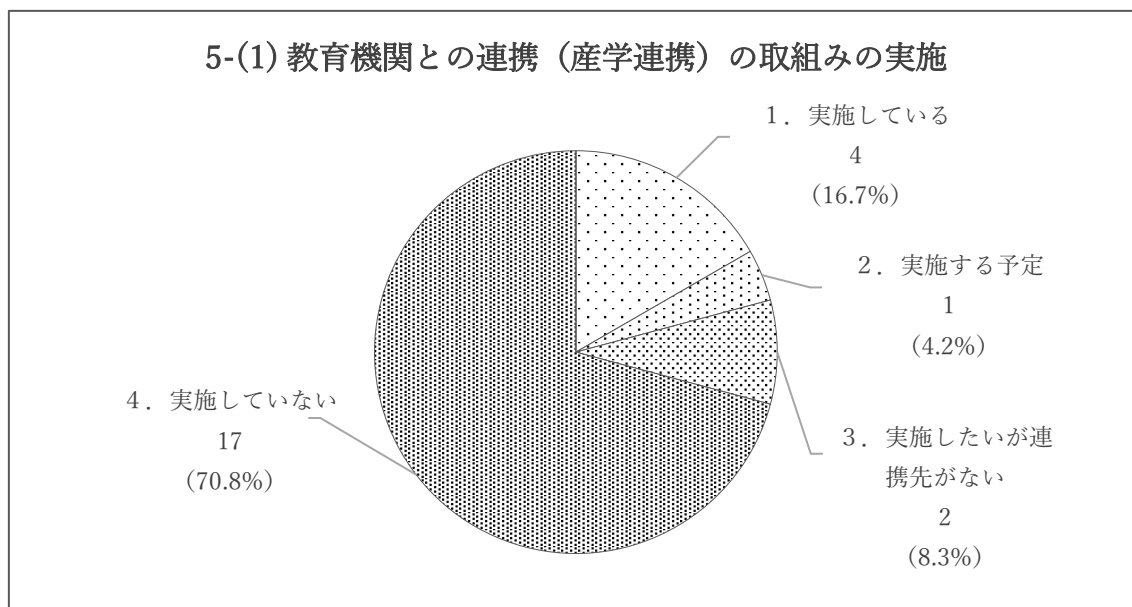
	回答者	%
1. とても興味がある	5	20.8%
2. すこし興味がある	12	50.0%
3. あまり興味はない	7	29.2%
4. まったく興味はない	0	0.0%
(無回答)	0	0.0%
総計	24	

4-(3) 本事業では、VR 技術の活用等を含めた化学分野での実験・実習の遠隔教育モデルの構築に取り組みます。本事業の研究成果の共有をご希望されますか。当てはまる選択肢 1 つを選んでください。



5.産学連携・学校間連携の取組状況・興味関心について

5-(1) 現在、社員向けの教育訓練や学校教育への協力など、化学分野の大学・専門学校・高等学校等の教育機関との連携（産学連携）の取組みを実施していますか。当てはまる選択肢1つを選んでください。



	回答者	%
1. 実施している	4	16.7%
2. 実施する予定	1	4.2%
3. 実施したいが連携先がない	2	8.3%
4. 実施していない	17	70.8%
(無回答)	0	0.0%
総計	24	

5-(2) 実施している教育機関との連携の取組みについて具体的な内容をご記入ください。

- ・ 微量成分の分析の委託： ・ 大学へ委託しています 検査方法の開発及び微量成分の含量測定をお願いしています。
- ・ 高校生、専門学生、大学生対象の研究所見学会（現在はコロナ対応で中止しています） ・ 大学での特別講義 ・ 新技術共同開発
- ・ 臨床検査技師の臨地実習の受け入れ
- ・ 社員が大学や高等学校に出向き、講師として講義を受け持っている。

6.自由記述

本事業の取組みへのご意見・ご感想などございましたら、自由にご記入ください。

- ・ 品質管理の一部の業務として化学系の検査があります。 当社はサプリメントの開発から製造まで手掛けておりますが、その業務に関連する法規関連（食品衛生関連、薬事関連、労働安全）、食品分析に関わる検査方法の基本的な理解を深めるために自前で教える事ができません。 原理原則を理解して、後任を育成するためのツール作成が当社の課題となっています。 いつでも学べるコンテンツがあると非常に助かります。
- ・ 当社の分析業務は重要な役割を担っており、人材育成の研修に大変関心を持っております。
- ・ 少子高齢化の昨今では人員不足に悩まされている企業が多いと思います。一方で、労働者の労働環境改善も叫ばれる中、担当業務をこなすだけで精一杯で定時刻を迎え帰社し、10年前のように時間と人を使って教育（講習会）をすることが難しくなっています。 各自スマートフォンを所有しているような時代の流れから、オンデマンドやe-ラーニングのような通信教育は今後増々一般的な教育ツールになると思います。
- ・ 企業の専門性ごと、教育訓練テーマがありましたら、参考にさせていただきたいと考えております。

3.2.3. 調査まとめ

本アンケート調査では、化学系企業での人材育成を目的とした研修等について、新型コロナウイルス感染症による影響や対応状況・今後の対応意向などを質問した。化学系企業141件に調査票を郵送配布したところ、24件の回答を得ることができた。

回答企業のうち、化学技術系職種社員を対象とする化学技術に関わる教育訓練を従来（パンデミック前）から実施していたのは、半数の12件であった。現在の実施状況について、そのうち4件が「従来とは異なる形で実施している」と回答し、3件が「中止また延期している」と回答した。新型コロナウイルス感染症によるパンデミックは企業での研修等にも影響を与えていることが伺える。

また、現状でも継続して研修等を運用している企業7件のうち、6件が遠隔教育を活用している。実施形態は教育機関への調査結果と同様、「ライブ配信での授業」や「オンデマンド映像での授業」である。遠隔教育への満足感としては概ね満足しているとの回答だが、課題としては「遠隔教育のノウハウ・情報」が挙げられた。今後の遠隔教育の活用については、20件の企業が「必要に応じて導入を検討する」としており、リカレント教育への遠隔教育の導入・普及の可能性も十分期待できる回答が得られた。

VR技術を活用した実験・実習教育に関して質問したところ、「少し知っている・聞いたことはある」との回答が5件に留まり、「あまり知らない」が19件であった。教育機関に対しても同様の質問を行ったが、企業のほうがより顕著にVR技術を活用した実験・実習教育についての情報を得ていないことが判った。一方で、VR技術を活用した実験・実習教育への興味については、17件が「とても興味がある」「すこし興味がある」と回答していて、VR技術を活用した教育への一定以上の期待感を有していると考えられる。本事業ではまずは化学分野の教育機関を対象に、VR技術を活用した遠隔教育を検討するが、その成果をもって積極的に化学系企業等にも情報発信を来ない、研修やリカレント教育の質的向上に貢献していきたい。

3.3. VR 技術を活用した実習等事例調査

3.3.1. 調査概要

(1) 調査目的

本事業で VR 技術を活用した遠隔教育モデルを検討するにあたり、化学分野における VR 技術等を活用した既存のサービス・コンテンツ等の事例を調査した。これにより、実効性・実現性の高い化学分野での VR トレーニングの検討、および遠隔教育モデル構築のための基礎資料の収集を目的とした。

(2) 調査対象

本調査では、特に化学関連分野等での教育を目的とする VR 技術等を活用したサービス・コンテンツの調査を実施した。本校の先行調査により、国内での化学分野等での VR 技術活用事例は乏しいことが明らかであったため、特に海外の事例を中心に調査することとした。

(3) 調査事例一覧

以下に本調査で収集した事例の一覧を掲載する。

なお、特に「事例 01 Labster」については、日本国内での導入事例はないものの、世界的に教育機関での導入が進んでいる事例であるため、運営企業へのヒアリングや試用検証等を実施し、詳細レポートを取りまとめた。これについては巻末付録の参考資料に掲載する。

事例 01 Labster (※ 詳細レポートを「付録 参考資料」に掲載)

事例 02 PraxiLabs

事例 03 ClassVR

事例 04 zSpace

事例 05 Lifelike

事例 06 Ryerson Augmented Learning Experience (RALE)

事例 07 National Geographic VR | Oculus

事例 08 QuimicAR - ChemistryAR - Apps on Google Play

事例 09 Arloon Chemistry - Apps on Google Play

事例 10 4D Chemistry Augmented Reality Chemistry Lab

事例 11 Happy Atoms Magnetic Molecular Modeling Set and Introductory Set

事例 12 AR Chemistry: Augmented Reality Education ARKit

事例 13 RAppChemistry: AR

事例 14 The Body VR: Journey Inside a Cell

事例 15 Anatomyyou VR | 3D Immersive Human Anatomy App

(4) 各事例の対応科目

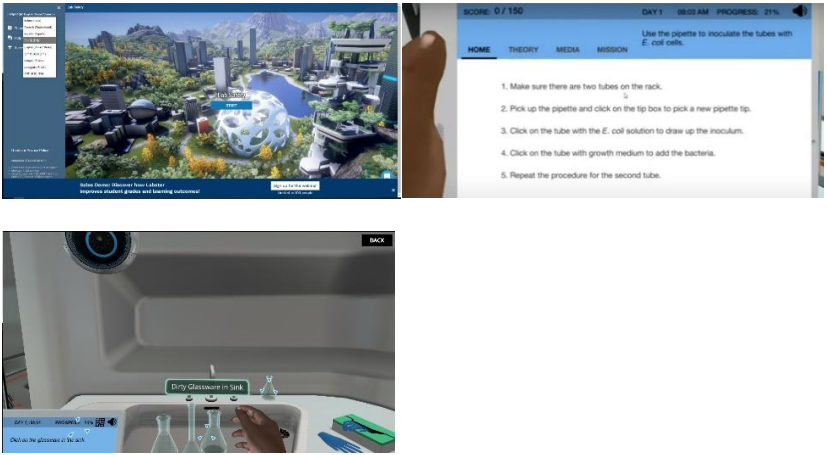
本調査で取り上げた事例の対応科目は以下の通りである。

	対象学校段階				対象分野 理系																							
サービス名称	小	中	高	大	一般化学	化学入門	食品科学と栄養	有機化学	有機化学	高校生物学	高校化学	高校物理	科学一般	一般生物学	生物学入門	遺伝学	解剖学・生理学	動物生理学	生物医学/人体	生化学	バイオテクノロジー	分子生物学	細胞生物学	動物学	生態学	分類学	進化と多様性	微生物学
Labstar			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●		●		●		●	●
Parix Labs					●									●														
ClassVR		●	●	●	●									●					●									
zSpace																●	●			●			●	●	●	●	●	
Lifelique		●	●		●									●														
Ryerson Augmented Learning Experience (RALE)				●									●															
National Geographic VR Oculus													●										●					
QuimicAR - ChemistryAR - Apps on Google Play		●	●			●																						
Arloon Chemistry			●	●		●																						
4D Chemistry Augmented Reality Chemistry Lab	●	●				●																						
Happy Atoms Magnetic Molecular Modeling Set and Introductory Set	●	●	●			●																						
AR Chemistry: Augmented Reality Education ARKit			●			●																						
RAppChemistry: AR		●	●		●																							
The Body VR: Journey Inside a Cell																							●					
Anatomyou VR 3D Immersive Human Anatomy App																	●											

次項に収集した各事例の詳細情報を記載する。

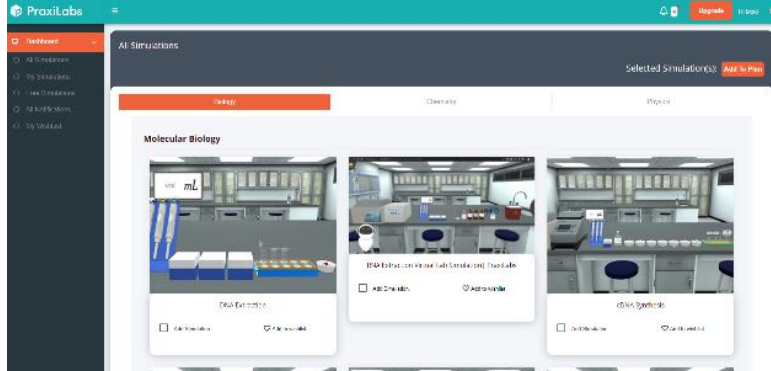
3.3.2. 調査結果

事例01 Labster

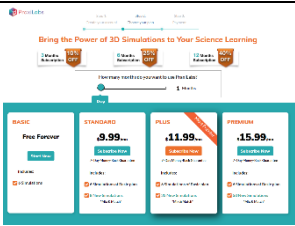
名称	Labster
提供会社	Labster, ApS デンマーク
対応言語	英語
概要	2000 以上の教育機関、3 百万人の生徒・学生が使用する Labster のバーチャルラボのシミュレーションでは、学生はオンラインで実験を行い、物理的な科学実験室に足を踏み入れることなく、抽象的な概念や複雑な理論を探究することができる。ラボスターのシミュレーションは、科学を分子レベルで可視化し、学生にオープンアクセスを提供する。学生は、科学的知識を応用し、高度な実験装置を使って、DNA や遺伝子の配列、化学反応、がん治療への対応など、現実世界の課題を解決することができる。ゲーム化された 3D 学習仮想環境は、実験室、森、あるいは想像上の太陽系外惑星アスタコス IV の砂漠の平原などで、魅力的なストーリーテリングやスコアリングシステムと組み合わされている。
イメージサンプル	
対象者	高等学校・大学
学習領域	化学・生物・物理・地学
学習メニュー	一般生物学、生物学入門、遺伝学、解剖学・生理学、動物生理学、生物医学/人体、生化学、バイオテクノロジー、分子生物学、細胞生物学、生態学、進化と多様性、微生物学、一般化学、化学入門、食品科学と栄養、有機化学、有機化学、地球科学/宇宙、物理学、工学、安全学、高校生物学、高校化学、高校物理
利用環境	パソコン (Windows・Mac)・インターネット・ブラウザ iPad/Phone はまだサポートされていない。Labster シミュレーション

	ョンは、スマートフォンやタブレットなどのモバイルデバイス上ではまだ実行できないが、将来的にこれを追加する作業を進めている。Android には最近対応、2022 年半ばには Apple 製品にも対応する可能性あり。
料金等	すべてのシミュレーションにアクセスできる契約では学生一人あたり 99 ドル、教育機関単位で契約すると、一人あたり 4 - 20 ドルの契約となる。他、高等学校および職業訓練については、別枠が設けられているが、具体的な価格は示されていない。
導入実績等	全世界で 2000 以上の教育機関が導入
参考 URL	Labster ホームページ https://www.labster.com/ Labster シミュレーション体験 https://www.labster.com/try

事例02 PraxiLabs

名称	PraxiLabs
提供会社	PraxiLabs・エジプト？
対応言語	英語
概要	PraxiLabs は、科学教育における実験の重要性を理解しているプログラマーと教育専門家からなる献身的なチームによって構築され、継続的に開発・改良されている。教育機関や学校がバーチャルラボを利用しやすく、使いやすく、そして手頃な価格で提供する目的で製品が開発された。PraxiLabs は、没入型のバーチャルラボ体験を提供するだけでなく、学生がより多くの理解と知識を得られるような充実したコンテンツを追加している。PraxiLabs チームは、提供するだけでなく、それらの組織がその能力を最大限に活かす学校や大学、その他教育機関にこの素晴らしいソリューションを用できるようにパートナーとして協力している。
イメージサンプル	

	Labster と異なり、音声指示がないため、初めてでは次に何をしたらよいか分からない→結果的に指示を待つ時間になる。
対象者	「誰でも」としているが、ユーザーとして示されている例は、大学が多いようだ。
学習領域	生物・化学・物理 化学としては、無機化学（31 種類）、有機化学（5 種類）、分析化学（12 種類）のシミュレーションがある
学習メニュー	生物 生化学：免疫学・細胞分裂・プロテオミクス・薬理学・毒物学・バイオエネルギー 分子生物学：遺伝学・微生物学 化学 無機化学：硫酸ラジカルの検定・炭酸塩ラジカルの検定・重炭酸塩ラジカルの検定・硫化ラジカルの検定・チオスルファートラジカルの検定・塩化ラジカルの検定・臭化物ラジカルの検定・ヨウ化ラジカルの検定・リン酸ラジカルの検定・メルキュラスラジカルの検定・銀ラジカルの検定・鉛ラジカルの検定・カドミウムラジカルの検定・水銀ラジカルの検定・クプリカルラジカルの検定・クロミックラジカルの検定・鉄ラジカルの検定・アルミニウムラジカルの検定・亜鉛ラジカルの検定・ニッケルラジカルの検定・マンガンスラジカルの検定・ラジカルバリウムの検定・カルシウムラジカルの検定・マグネシウムラジカルの検定・ラジカルアンモニウムの検定・ラジカルナトリウムの検定・ラジカルカリウムの検定 有機化学：カーボンキシカルグループの試験・ヒドロキシル基の試

	験・フェノール群の試験・アミドグループの試験・アルデヒディックおよびケトン群の試験 分析化学：滴定による硫酸濃度の測定・ウォーダー滴定法による水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムの分析混合物・市販酢滴定における酢酸溶液の濃度の測定・ホウ砂における水結晶化粒子数の測定・滴定によるソーダ中のクエン酸濃度の測定・ファジアン法による硝酸銀濃度の測定・モア法による硝酸銀濃度の測定・水サンプル中の塩化物濃度の測定（ヴォルハード法）・複素滴定による水硬度の測定・過マンガン酸カリウムの標準化・Iodi メートル滴定を用いたチオ硫酸ナトリウムの標準化・硫酸塩の重量測定分析 物理 熱力学：力学：波：磁気：電気：現代物理学
利用環境	パソコン（Windows・Mac）・インターネット・ブラウザ スマートフォン・タブレットも対応
料金等	Basic：シミュレーション 6 つまでは無料 Standard：6 + 8 = 14 シミュレーションが \$ 9.99/月 Plus：6 + 20 = 26 シミュレーションが \$ 11.99/月 Premium：6 + 50 = 56 シミュレーションが \$15.99/月 どれも、一人あたりの値段 なお、どのプランも 6 ヶ月契約で 25%、1 年契約で 40% 割引 
導入実績等	スペイン IE 大学、イギリス Aston 大学、エジプト Cairo 大学、イエメン Hajjah 大学など
参考 URL	ホームページ：https://praxilabs.com/ デモ動画：https://youtu.be/Cu0Yn4qLVwQ

事例03 ClassVR

名称	ClassVR for Education ClassVR for Industry
提供会社	Avantis Systems Ltd.
概要	ClassVR は、教室から役員室まで、教育やトレーニングのために仮想現実や拡張現実の力を利用した多目的プラットフォームである。学校向けの ClassVR for Education と同時に、産業界向けの ClassVR for Industry も展開している。 ClassVR は 2014 年に構想され、2017 年 1 月にロンドンで開催され

	た Bett Show で発売された。ClassVR は現在、海外のパートナーや VR 販売店を通じて、英国、中東、オーストラリア、中国、米国で販売されている。 独自の VR ヘッドセットがあり、ヘッドセット以外にディスプレイやインターネットへの接続手段も必要としないスタンドアロン形式を採用している。 また、カリキュラムに沿ったコンテンツを作成するとともに、授業案、ガイド、ワークシートなども提供されている。 日本以外では幅広い国に導入され、代理店がある模様。
イメージサンプル	500 を超える資料から授業に必要なものを検索 リストを作成し、保存し、共有する 自分で VR コンテンツを追加することもできる

	教師が準備したリストを、生徒の HMD に送ることができる
対象者	幼稚園～大学
学習領域	科学・社会・国語・英語・技術・音楽・体育・芸術
学習メニュー	VR 芸術・生物学・化学・市民教育・デザイン、テクノロジー、産業芸術・劇、映画、パフォーマンスアート・文学・歴史学・数学・音楽・体育・物理学・宗教学・地理学 AR 科学・歴史学・デザイン & テクノロジー・英語
利用環境	パソコン・独自のスタンドアロンゴーグル
料金等	ヘッドセット 4 つ ヘッドセット 8 つ 単位での販売
導入実績等	Diamond Junior School, Nairobi, Kenya Stanberry R-II, Stanberry, MO, Gentry County, USA University of Glasgow, Glasgow UK ほか多数
参考 URL	ホームページ：https://www.classvr.com/ デモ動画：https://youtu.be/L6_7-eeYrzM VR 動画：https://youtu.be/hQIJcNNEsgI

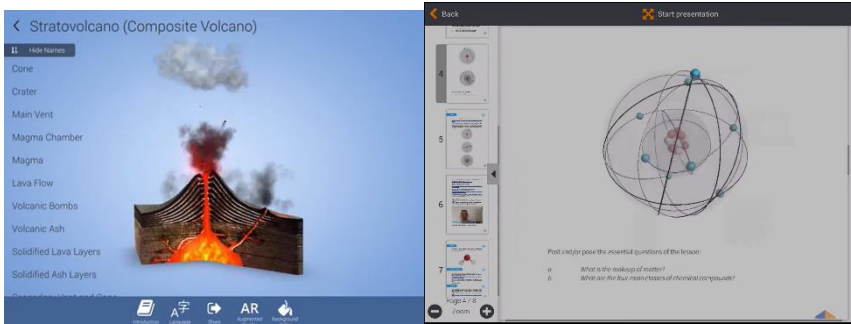
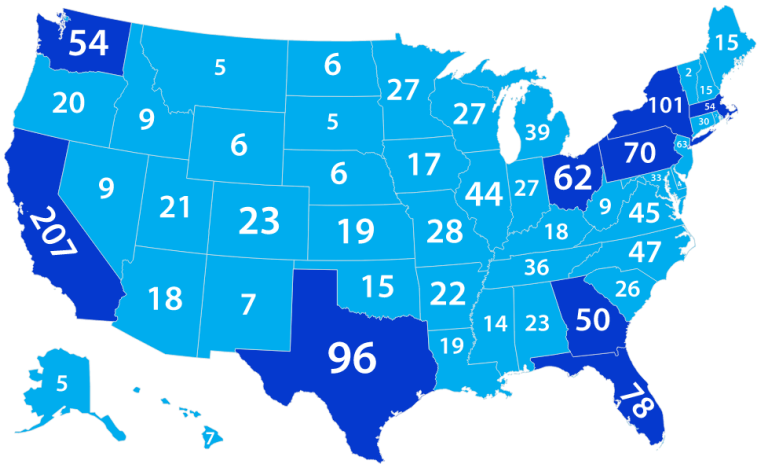
事例04 zSpace

名称	zSpace
提供会社	zSpace, Inc.
概要	zSpace アプリケーションは、幅広い学習目的の指導をサポートし、zSpace の魅力をさまざまなキャリアや業界にもたらしめます。zSpace Studio での遺伝学の学習から、Human Anatomy Atlas での人体システムの検証、WaveNG での溶接の練習まで、zSpace にはすべての人が楽しめるものがあります。
対象者	K-12、大学、産業界
学習メニュー	K-12 zSpace スタジオ、ニュートンズパーク、フランクリンの研究室 キュリーの元素、ユークリッドの図形、VIVED サイエンス ヒューマン・アナトミー・アトラス、レオポリーメーカー

	Geogebra Classic、体験学習、Labster 体験 VIVED ケミストリー、アクティビティビルダー BlocksCAD3D、MEL ケミストリー CTE（33 の業界資格を得られる） 健康科学、高度な製造業と熟練した貿易、農業科学、輸送 大学 解剖学 & 生理学 看護学 動物科学 自動車 溶接 自然・物理科学 法医学 獣医学 獣医学技術 コンピュータサイエンス
利用環境	・ノート PC ・AIO（All-in-one の略） ・AIO PRO もあり、より重いアプリケーション、開発向け - それぞれ、アプリケーションを入れた物を販売している ・Glasses ・スタイラス
料金等	非公開
導入実績等	日本国内では神奈川大学、近畿大学
参考 URL	ホームページ https://zspace.com/

事例05 Lifelike

名称	Lifelike - Digital Science Curriculum & 3D Education Apps
提供会社	Lifelike Inc.
概要	カリキュラムに適合するインタラクティブな 3D モデル、そのうち 1500 以上のものが AR、VR での表示が可能。

イメージサンプル	 3D イメージ画像が主
対象者	K-12 学年 教師（研修）
学習領域	生命科学、人類・動物・植物生物学 古生物学、地球・宇宙科学、地質学、天文学 物理学、化学、数学、幾何学、 社会科学：文化、歴史
利用環境	PC、HoloLens、HTC View headset
料金等	\$ 8.25/月・人～（年間契約の場合）、詳細は非公開
導入実績等	米国内導入学区数 
参考 URL	ホームページ https://www.lifelique.com/

事例06 Ryerson Augmented Learning Experience (RALE)

名称	Ryerson Augmented Learning Experience (RALE)
提供会社	Ryerson University, NexTech AR Solutions
概要	2020 年秋、ライアソン大学は、NexTech AR Solutions の InfernoAR テクノロジーを搭載した、遠隔学習ソリューション、「Ryerson Augmented Learning Experience (RALE)」の提供を開始。5,000 人以上の学生が秋学期と冬学期に、AR を利用した、化学、物理、生物

	の授業を受けることができる。 RALE は、バーチャルラボ実験と評価を備えたオールインワンソリューションである。さらに、ライブ授業やオンデマンドビデオチュートリアルをサポートしている。 拡張現実ラボの体験は、インタラクティブで完全にスクリプト化されている。演習は、学習目標に向けたガイドが付いた魅力的なレッスンである。学生は、実験を行う前に事前評価とビデオチュートリアルを受けなければならない。実験が終わったら、好きなモバイルデバイスを使って、PC の画面から QR コードをスキャンすると、AR を使った授業にアクセスできるようになる。
イメージサンプル	  
対象者	大学生
学習領域	生物学 化学

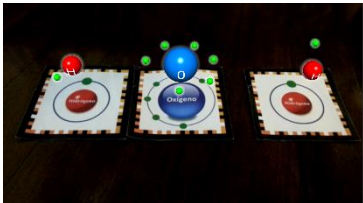
	物理
利用環境	PC、スマートフォン、タブレット
導入実績等	ライオン大学
参考 URL	https://arpost.co/2020/08/27/ryerson-university-science-augmented-reality/ https://a-r-tech.net/blog/ryerson-university.html

事例07 National Geographic VR | Oculus

名称	National Geographic VR Oculus
提供会社	National Geographic
概要	ナショナルジオグラフィック VR アプリで別の世界を体験できる。エルキャピタンをフリークライミングし、サメと一緒にダイビングしたり、宇宙の限界を訪れたり、美しく絶滅の危機に瀕している種との出会いを体験したりできる。ナショナルジオグラフィックの VR アプリには、文化、動物、科学、旅行など、これまでにない世界観をカバーする新しいコンテンツがある。
イメージサンプル	 
対象者	一般
学習領域	科学一般・動物学・自然科学
利用環境	Oculus go
料金等	無料
導入実績等	Oculus Store
参考 URL	https://www.oculus.com/experiences/gear-vr/2252817104759749/
備考	ナショナルジオグラフィックは下記の VR コンテンツを提供。 National Geographic Explore VR（南極、マチュピチュを探索）

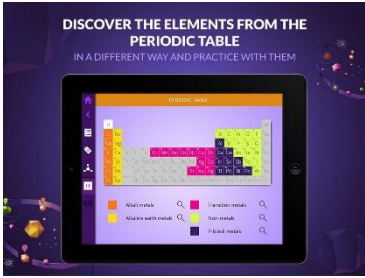
事例08 QuimicAR - ChemistryAR - Apps on Google Play

名称	QuimicAR - ChemistryAR - Apps on Google Play
提供会社	CreativiTIC
概要	QuimicAR のベータ版

	実証ベータテストアプリケーション QuimicAR。簡単に直感的な方法で拡張現実を教育に取り込む革命的应用。(2014 年提供開始) アプリを Google Play からインストール 専用ページの PDF をダウンロードし、5 種類のカードを作成 アプリを起動したスマートフォンのカメラを、カードに向けることで分子の結合などを理解することができる。
イメージサンプル	  
対象者	一般(8 歳以上)
学習領域	科学
利用環境	スマートフォン (PC 用も別アプリで提供)
料金等	無料
導入実績等	Google Play
参考 URL	https://play.google.com/store/apps/details?id=com.CreativiTIC.AugmentedClass
備考	GooglePlaySotre 最終更新日：2014/3/1 その後更新がない模様。 サンプルカードは現在もダウンロードできるが 5 つのみ

事例09 Arloon Chemistry - Apps on Google Play

名称	(9) Arloon Chemistry - Apps on Google Play
提供会社	Arloon
概要	無機化学式の書き方を生徒に教える画期的な方法を提供する。 学生は拡張現実感を使って分子を 3D で観察し、自分のデスクトップに移動することができる。主題を視覚的に表現することで、化学式の書き方と IUPAC の命名法を簡単に学ぶことができる。

イメージサンプル	  
対象者	学生(13 歳以上)
学習領域	化学
学習メニュー	カリキュラムの内容と演習 - 二元および三元化合物の形成の背後にある理論を学ぶ - チュートリアル of の助けを借りて式を書くの基本を学ぶ - 3,000 以上の化合物のための公式を書きなさい - 革新的で魅力的な表現の助けを借りて周期表を理解する - 分子や塩を作るために自由に実験 - 何千もの化合物を作成するための多種多様なエクササイズとアクティビティでの練習
利用環境	スマートフォン、タブレット
料金等	390 円
導入実績等	Google Play
参考 URL	https://play.google.com/store/apps/details?id=com.Arloon.Chemistry.AR
備考	GooglePlay store 最終更新日:2017/12/30

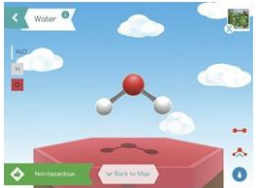
事例10 4D Chemistry Augmented Reality Chemistry Lab

名称	4D Chemistry Augmented Reality Chemistry Lab
提供会社	SpiceBox Books
概要	マクスウェル教授の 4D 化学拡張現実科学実験室。 無料アプリをダウンロードしてゴーグルを装着することで、マクスウェル教授があなたの本の上で生き返る。このインタラクティブなレッスンプランでは、密度、酸化、磁力、pH レベル、表面張力、二酸化炭素 (CO₂) などのコアとなる科学的価値を教え、教授がプロジ

	エクトについて説明します。 10種の化学プロジェクトについて、ARを利用するための詳細な30ページのイラスト本が付属している。 LESSONプランとして、健康を促進するための基礎科学、教育機関の授業ベースの製品であり、科学、プロジェクトの確立、および基礎科学の基本的な理解の中核です。 メガネとゴーグルのセットを使用して、ハンズフリーで没入型体験ができるように本は設計されています。 このキットには、すべての材料のセットと、試験管、ビーカー、拡大鏡の経験が含まれており、プロジェクトをすぐに使用できる。
イメージサンプル	  
対象者	6歳以上、小学生中学生
学習領域	化学入門
利用環境	Google APP, iphone APP
料金等	\$29.99
備考	2018/3/15 発売 ハンズフリーAR ゴーグル、試験管ラック、5本の試験管、測定スプーン、食品着色、pH 試験紙、pH スケール、試験管ホルダー、試験管キャップ、スポイト、ミニビーカー、発泡スチロール、ひも、ビーカー、漏斗、虫眼鏡、磁石、ピンセット

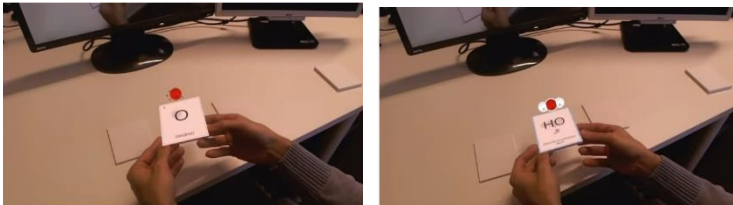
事例11 Happy Atoms Magnetic Molecular Modeling Set and Introductory Set

名称	Happy Atoms Magnetic Molecular Modeling Set and Introductory Set
提供会社	Thames & Kosmos
概要	6つの異なる元素を表す17の原子モデルのセットを使用して、独自

	の分子モデルを組み立てることができる。原子は磁石と簡単に接続できる。自由電子を表すゴム状のアームの端にある金属の先端が、原子の最も外側の電子殻にある電子の空のスポットを表す原子球の磁気結合サイトにスナップする。 Happy Atoms Introductory Set を使用すると、何百もの異なる分子をスナップすることができる。原子にはすでに正しい数の自由電子と空の結合サイトがあるため、実際には存在しない分子を構築することは困難である。Happy Atoms は、宇宙の構成要素のように機能する。 デジタルコンポーネントは、この分子モデリングシステムを次のレベルに引き上げる。Happy Atoms アプリと、iOS を実行しているタブレットまたはスマートフォンのカメラを使用して、作成した分子をスキャンできる。 次に、アプリは最先端の画像認識技術を使用して分子を識別する。分子が発見された後、アプリはその組成、使用法、特性、危険性、式、構造など、分子に関する情報を表示する。このアプリは、このセットで構築できる何百もの分子を認識できる。また構築できる 49 の分子についての詳細な情報を提示する。 ユーザーはアプリで進捗を確認することができ、構築して探索した分子のセットを収集できる。 多くの人が化学を複雑で理解しにくいと考えている。新しいテクノロジーにより、化学を教えるためのこの革新的なアプローチを採用できるようになり、これまで以上に具体的で本能的なものである。
イメージサンプル	  
対象者	10 歳以上 小学生・中学生・高校生
学習領域	化学入門・磁気物理分子
学習メニュー	デジタルおよび物理分子モデリングセット 17 個の原子を 500 個以上の分子に結合 無料アプリを使用して構造を特定し、最も一般的な 49 個の分子に関

	する詳細情報を学習しますオンラインで利用できる無料のサンプル レッスンプラン
利用環境	“iOS8 以降または Android4.4 以降の OS、1GB RAM、dual-core processor、カメラ有“の要件を満たすタブレットまたはスマートフ ォン
料金等	\$ 64.62 ?
参考 URL	https://www.ssw.com/item/happy-atoms-magnetic-molecular-modeling-introductory-set-and-ios-app-LR4184/ https://store.thamesandkosmos.com/products/happy-atoms-introductory-set-17-atoms
備考	CompleteSet(原子数 50 個)、Educator’sBundle(原子数 50x5)も発売 されている

事例12 AR Chemistry: Augmented Reality Education ARKit

名称	AR Chemistry
概要	Apple 提供の ARKit を利用した学習システム例 コーディングを知っている場合は、ARKit を使用して独自の拡張現 実アプリをいつでも開発できます。 このビデオ は、開発者が Apple の画像認識および追跡フレームワークを使用して AR ケミストリー フラッシュカードを作成した方法を示しています。
イメージサンプル	
対象者	高校生
学習領域	一般科学
参考 URL	https://blog.adafruit.com/2018/07/20/ar-chemistry-augmented-reality-education-arkit-arjs-arcore-apple/
備考	動画は 2017 年に公開された模様。 現在確認が取れるのは、YouTube の動画のみ。 https://www.youtube.com/watch?v=Qi3h18wJJil

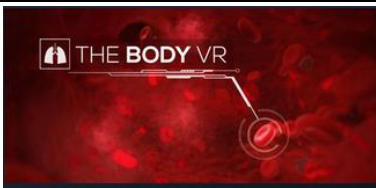
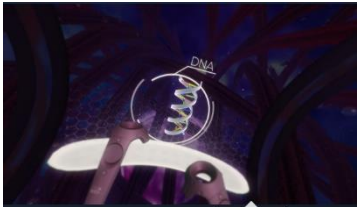
事例13 RAppChemistry: AR

名称	RappChemistry : AR
提供会社	RappChemistry

概要	RApp Chemistry は、3D のすべての化学元素の原子構造について、よりシンプルで教訓的で楽しい方法で学ぶことができる拡張現実のアプリケーション。 アプリケーションを起動後、原子構造を表示する要素のマーカーのみに焦点を当てることで 3D の原子構造が浮かぶ。 複数のマーカーを並べて焦点を当てることで化合物の原子構造も把握できる。
イメージサンプル	
対象者	12~16 歳
学習領域	一般科学
学習メニュー	化学元素
利用環境	Android4.1 以降端末
料金等	無料
導入実績等	Google play 10,000+ インストール
参考 URL	https://www.tics4teach.com/rappchemistry 無料マーカーのダウンロード： https://drive.google.com/open?id=12OnF7rYSqtP3RuIKSy_zCLZajAnM191c
備考	前述 AR Chemistry の類似アプリ。スペイン語のみ提供 最終更新日 2020/04/02

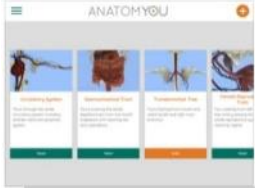
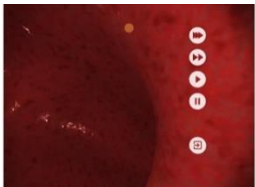
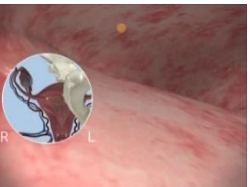
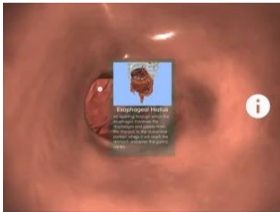
事例14 The Body VR: Journey Inside a Cell

名称	The Body VR: Journey Inside a Cell
提供会社	The Body VR LLC
概要	ユーザーを人体の中に連れて行く教育用なバーチャルリアリティ体験ができる。血流を移動し、血球がどのように機能して酸素を体全体に拡散するかを理解できる。私たちの体の中にある数十億の生きている細胞の 1 つに入り、細胞小器官がどのように協力して致命的なウイルスと戦うかを学ぶことができる。

イメージサンプル	  
対象者	一般
学習領域	細胞生物学
利用環境	HTC Vive または Valve Index ヘッドセット
料金等	無料
参考 URL	https://store.steampowered.com/app/451980/The_Body_VR_Journey_Inside_a_Cell/ https://moshebenzacharia.com/index.php/portfolio/the-body-vr-journey-inside-a-cell/
備考	リリース日：2016/10/14

事例15 Anatomyou VR | 3D Immersive Human Anatomy App

名称	Anatomyou VR 3D Immersive Human Anatomy App
提供会社	Healthware Canarias S.L., StereoInMotion
概要	専門家によって検証された 3D モデルで、人体の内部の仮想現実 を没入型 AR でナビゲートすることにより、人体の解剖学を学ぶ。Anatomyou VR は、人体解剖学を没入型方法でユーザーに提示する教育用モバイルアプリケーション。バーチャルリアリティを利用して、ユーザーは解剖学の一部になり、循環器、呼吸器、消化器、泌尿器、涙腺、女性の生殖器といった解剖学的構造に沿ってナビゲートすることが可能。このアプリでは、上記のシステムのほぼすべてのナビゲーションルートの一部無料で利用できます。追加購入可能なコンテンツは、アプリケーションのアプリ内ストアセクションで提供される。 RenderArea と共同でモデリングしたフォトリアルな解剖学的構造は、臨床専門家によって検証され、ラスパルマスデグランカナリア大学の医療技術講座によって証明されています。

	バーチャルリアリティとフルスクリーンの 2 つの異なるモードで使用可能。 バーチャルリアリティモードでは、モバイルデバイス（スマートフォン）をバーチャルリアリティガジェットに挿入することで、没入感のある体験を楽しむことができる。ユーザーは、ナビゲーションコントロールと解剖学的情報要素を照準することで操作することができる。 フルスクリーンモードではバーチャルリアリティガジェットを必要とせずに学習することができる。
イメージサンプル	    
対象者	12 歳以上
学習領域	解剖学・生理学
学習メニュー	侵襲手術で 사용되는いくつかの管腔内ダクトを無料でナビゲートできる。 アプリケーションストアで下記の項目を追加可能。 ✓ 内視鏡および結腸内視鏡検査で使用する女性の生殖管 ✓ 胃内視鏡検査および結腸内視鏡検査で使用する消化器系 ✓ 管腔内技術で使用する耳鼻咽喉科システム ✓ 気管支鏡検査で使用する呼吸器系 ✓ 内視鏡検査に使用される泌尿器系 ✓ 循環器系：血管内処置のための動脈、静脈およびリンパ管
利用環境	スマートフォン・タブレット、VR ゴーグル
料金等	アプリ自体は無料、科目を追加したい場合はアプリ内課金
導入実績等	
参考 URL	https://anatomyyou.com/en/ https://www.youtube.com/watch?v=3c3V-kMBnVs
備考	2021 年に III TecnoEduAwards という教育関連の賞を受賞 現在の利用を確認した。

3.3.1. 調査まとめ

本事業で VR 技術を活用した遠隔教育モデルを検討するにあたり、本調査によって、化学分野における VR 技術等を活用した既存のサービス・コンテンツ等の事例を調査した。日本国内では現在、VR 技術等の活用が模索されている最中であり、それほど VR コンテンツ・サービスの事例は多くない。特に化学分野においてはほぼ事例が存在せず、本調査での調査対象は海外の事例を中心とした。ただ海外でも、化学周辺分野である医療分野や生物分野での導入事例や研究事例等は比較的多く見られたものの、化学分野そのものを対象とした VR サービス・コンテンツ等は少なかった。したがって、化学分野の教育への VR 技術活用は、世界的にみてもまだ研究途上にある状況と推察する。

今回発見できた事例のうち、本事業で想定するバーチャル空間上での実験教育を実現しているのは、「事例 01 Labster」、「事例 02 PraxiLabs」、「事例 06 Ryerson Augmented Learning Experience (RALE)」などである。中でも導入実績が多いのは、事例 01 Labster」で、全世界の教育機関 2,000 件以上で導入されている。同事例の利用方法としては、パソコン等の端末で WEB 上のプラットフォームにアクセスし、メニューを選択すると、学習を行うバーチャル空間に入室できる。入室後は、基本的にはテキストで表示される指示に従い、マウスクリック等によってオブジェクトを定められた順番でクリックしたり、誘導テキスト内に表示される CBT 形式の問題に答えたりしながら、実験の流れや要点を学習する。他の事例も類似した構成となっているようである。「Labster」の詳細レポートについては巻末の参考資料に掲載するので参照頂きたい。なお、いずれの事例も調査時点では、日本語に対応しておらず、日本の教育機関への展開はしていない。

また、他の VR 技術等を活用したサービスやコンテンツの事例として導入数が比較的多いのは、「事例 03 ClassVR」「事例 05 Lifelike」である。これらは、様々な 3D オブジェクトのリソースを VR 技術や AR 技術を利用可能な端末で閲覧できるというサービスである。その他、スマートフォンやタブレットで利用できる 3D オブジェクトを AR 技術で表示できるようなアプリケーション等の事例を複数発見することができた。

以上のことから、現在海外で導入が進んでいる VR 技術を活用した実験・実習教育は、パソコンのデスクトップ上やウェブブラウザ上で動作するものが主流で、HMD（ヘッド・マウント・ディスプレイ）を使用するものではないことが判った。またその学習内容も、コンテンツ内での学習で完結性を持たせているようには見受けられず、教室や実験室等のリアルでの実験や講義等の学習とのハイブリッドで運用されているように見受けられる。

この状況を踏まえて、本事業では VR 技術を活用したコンテンツを新たに開発する方向で検討を進める。ただし、今後も海外事例や民間事業者の類似事例の情報収集は継続的に実施し、高い適用可能性が期待できる事例については、積極的に本事業の成果へと取り込むことも検討していきたい。

3.4. 化学機器関係企業に対する VR 活用状況等のアンケート調査

3.4.1. 調査概要

(1) 調査目的

VR 技術等を活用した化学分野の遠隔教育モデルを検討するため、化学分野の企業や教育機関等での VR 技術の活用状況・活用事例の調査を実施した。その一環として、化学機器関係企業の VR 技術に対する認識や活用意向・活用状況に関するアンケート調査を実施した。

(2) 調査対象

化学機器関係企業 173 件を対象とした。

(3) 調査方法

次項に掲載する調査項目で構成されるアンケート調査票を作成し、化学機器関係企業の営業戦略やマーケティングを担う部門の責任者に郵送配布した。

(4) 調査項目

調査項目は次の項目である。これらの各項目に対し、質問文・選択肢等を検討してアンケート調査票を作成した。使用した調査票については巻末付録に掲載するので、参照いただきたい。

1. 回答者の属性と技術研修の実施状況について
 - (1) 企業情報
 - (2) 回答者情報
 - (3) 化学機器の操作等の技術研修の実施状況
 - (4) 技術研修を実施する上での課題
 - (5) 技術研修を実施しない理由
2. VR 技術を活用した技術研修等への興味関心について
 - (1) VR 技術を活用した技術トレーニングへの認識
 - (2) VR トレーニングコンテンツへの興味
 - (3) VR トレーニングコンテンツの導入検討の意向
 - (4) 活用検討中の VR トレーニングコンテンツの内容
 - (5) VR トレーニングコンテンツを活用する上での課題
 - (6) 本事業の研究成果に対する興味

3. 産学連携の取組状況・興味関心について

 - (1) 教育機関との連携（産学連携）の取組みの実施状況
 - (2) 実施している産学連携の取組みの内容

4. その他

 - (1) 本事業への希望・意見等

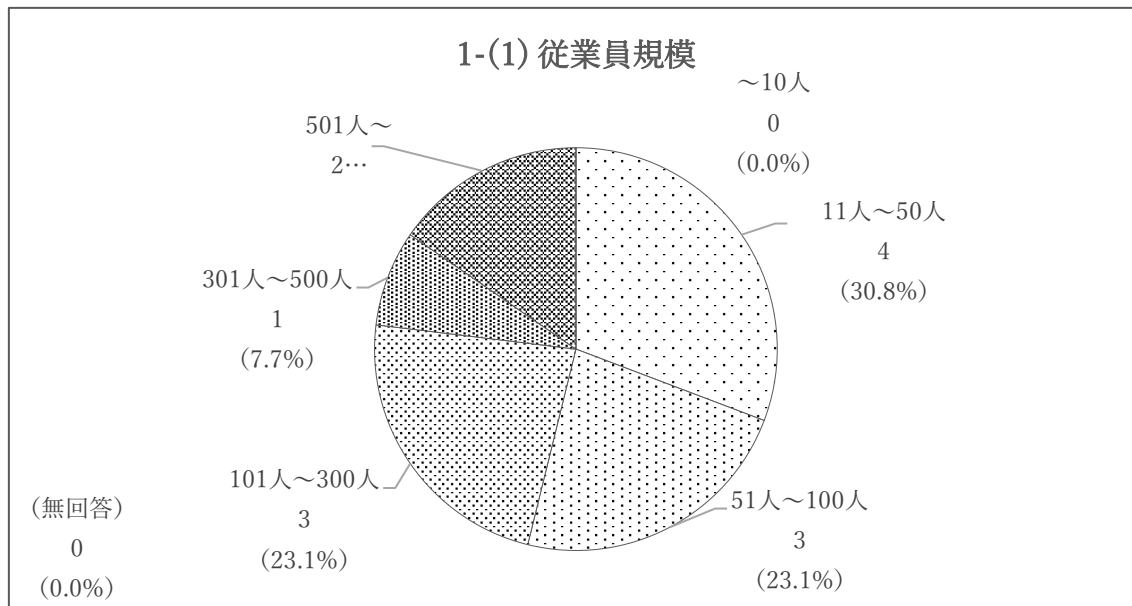
(5) 回収件数

173 件中 13 件（回収率 7.5%）

3.4.2. 調査結果

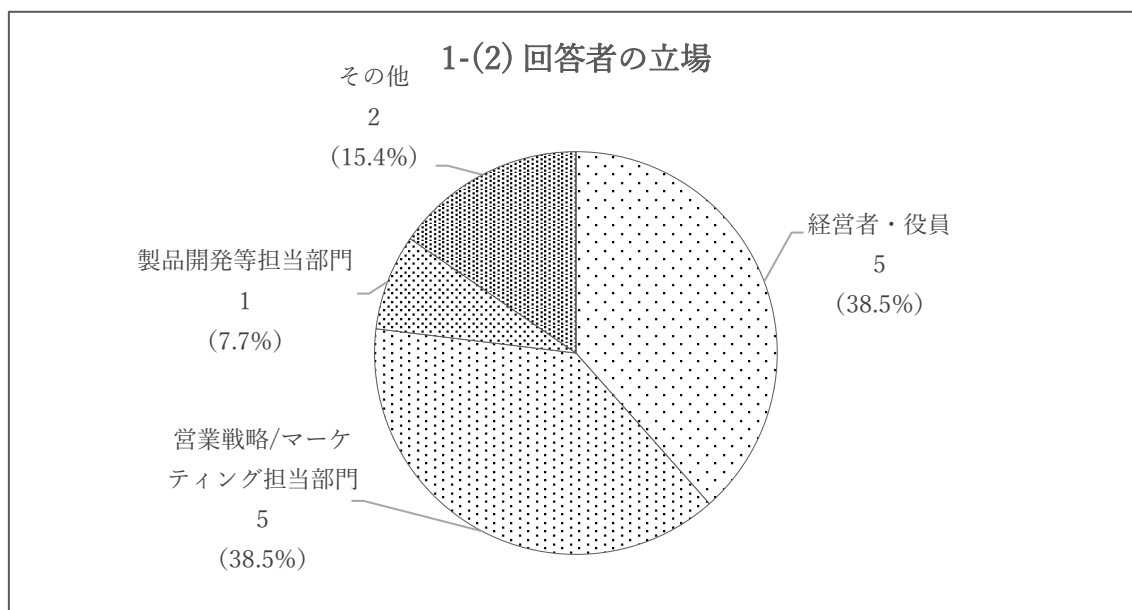
1.ご回答者の属性と技術研修の実施状況について

1-(1) 御社の従業員規模について、該当する選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
～10 人	0	0.0%
11 人～50 人	4	30.8%
51 人～100 人	3	23.1%
101 人～300 人	3	23.1%
301 人～500 人	1	7.7%
501 人～	2	15.4%
(無回答)	0	0.0%
総計	13	

1-(2) ご回答者様のお立場として、当てはまる選択肢を1つ選んでください。

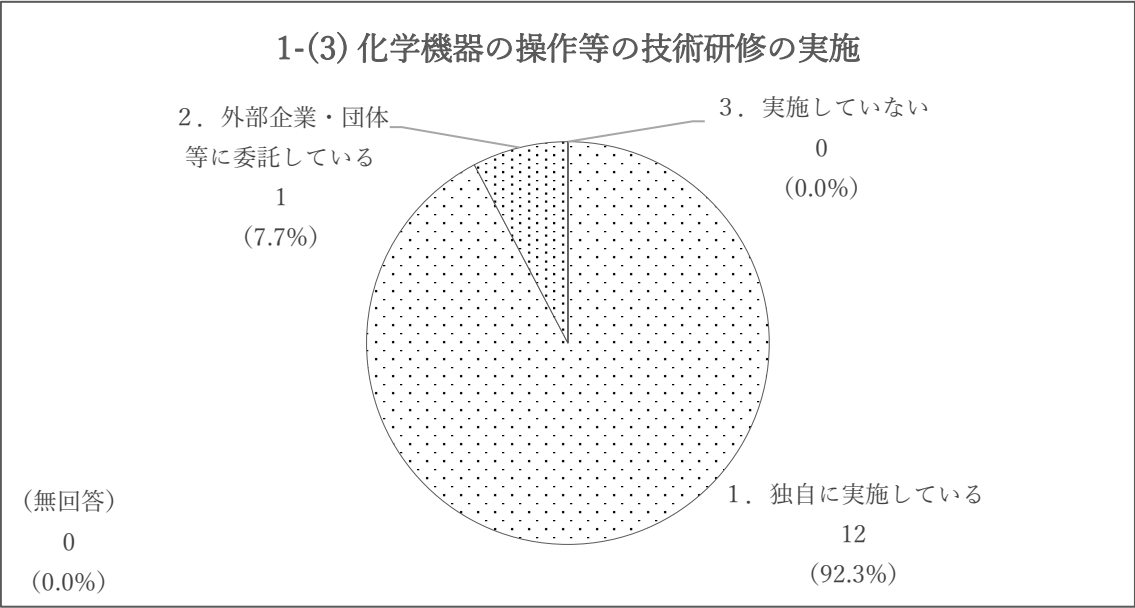


	回答者	%
経営者・役員	5	38.5%
営業戦略/マーケティング担当部門	5	38.5%
製品開発等担当部門	1	7.7%
その他	2	15.4%
(無回答)	0	0.0%
総計	13	

その他記述事項

- ・ 学術営業支援
- ・ 商品企画

1-(3) 御社では従業員や顧客を対象に、化学機器の操作等の技術研修を実施しておられますか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
1. 独自に実施している	12	92.3%
2. 外部企業・団体等に委託している	1	7.7%
3. 実施していない	0	0.0%
(無回答)	0	0.0%
総計	13	

1-(4) (3)で「1. 独自に実施している」「2. 外部企業・団体等に委託している」とご回答された方にお伺いします。御社が技術研修を実施する上で、課題となっていることがあればご記入ください。

- ・ 場所の問題。
- ・ 研修を受ける人材の不足。
- ・ 全国のサービス員に対して、お客様に対して共通した技術提供を行うために年一回のトレーニングを実施しています。また、海外技術者に対しては Web 会議システムを利用したトレーニングを実施しています。
- ・ 遠方からの依頼はお断りする場合があります。製品 PR を兼ねて無償で行うことが多く、予算が少ない。
- ・ 自動化学分析装置製造販売であるので業務＝操作・研修である
- ・ 基本技術、基本操作以外の応用的内容やノウハウ等の伝承・継承が不十分。
- ・ 受講者のレベルが様々 社内でも正社員以外の派遣社員やアルバイトにも教育が必要
- ・ 業界内の基準が、独自教育と相違していないかの確認が難しい。法的規制、基準だけを見ても、業界内の推奨ルールがわからない。

1-(5) (3)で「3. 実施していない」とご回答された方にお伺いします。御社が技術研修を実施しない理由として、当てはまる選択肢をすべて選んでください。

1-(5) 技術研修を実施しない理由		0	5	10
1. 技術研修の必要性やニーズがない	0			
2. 実施時間の確保・調整が難しい	0			
3. 講座の企画・運営に関わる人的リソースがない	0			
4. 実施コストが重い	0			
5. その他	0			

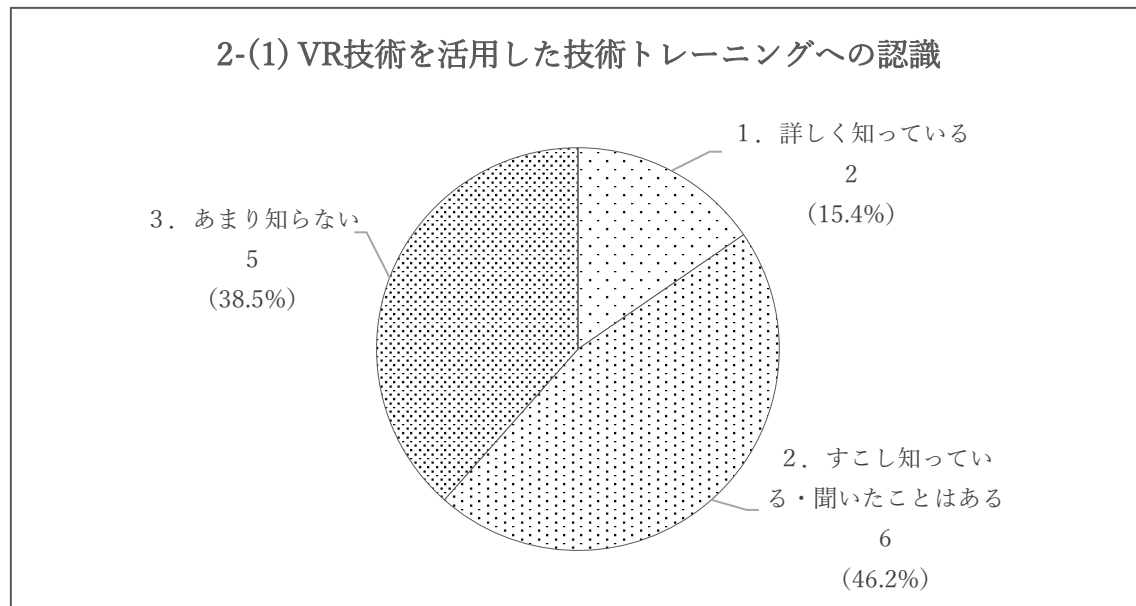
(複数回答)

	回答
1. 技術研修の必要性やニーズがない	0
2. 実施時間の確保・調整が難しい	0
3. 講座の企画・運営に関わる人的リソースがない	0
4. 実施コストが重い	0
5. その他	0
総計	0

※回答対象者：1-(3)=3

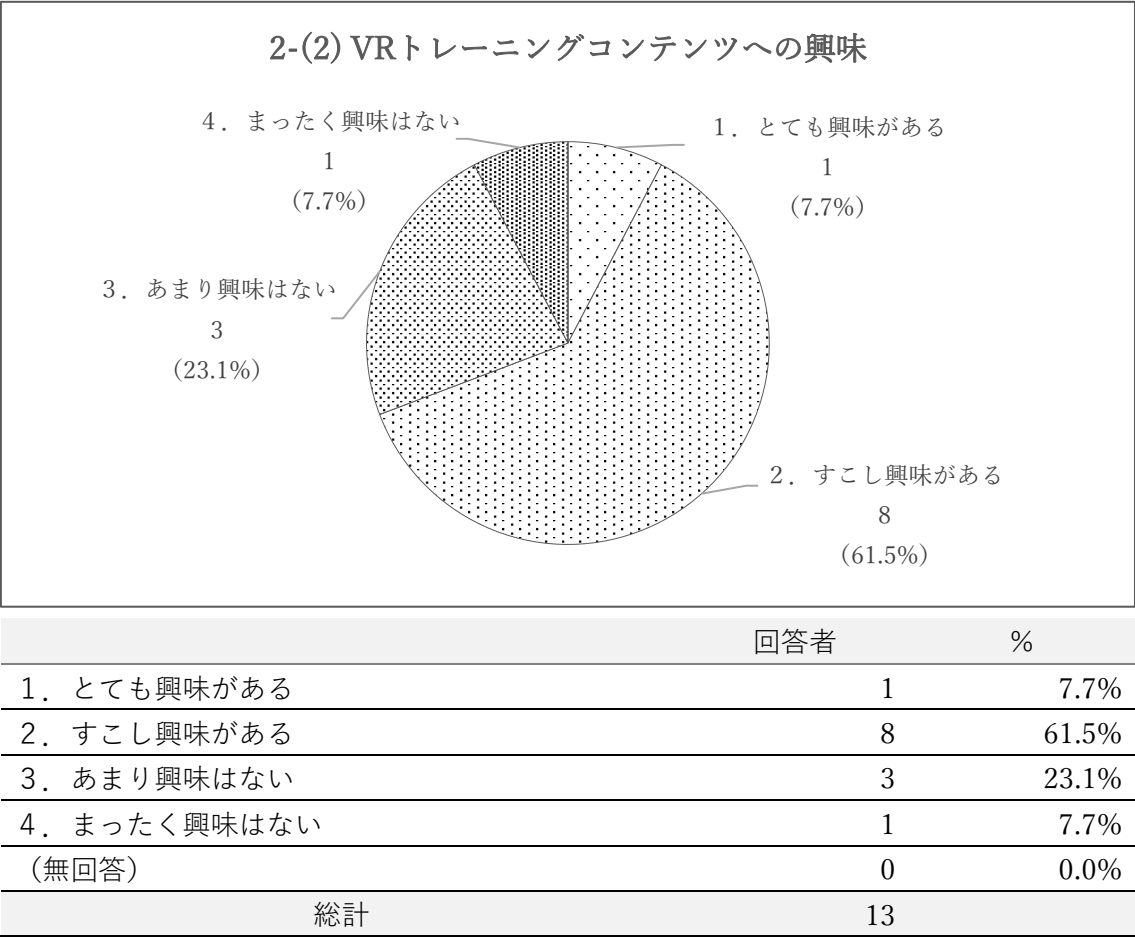
2.VR 技術を活用した技術研修等への興味関心について

2- (1) 現在、様々な分野の機器操作等の技術研修において、VR 技術を活用したトレーニングコンテンツが活用され始めています。こうした VR 技術を活用した技術トレーニングについてご存じでしたか。当てはまる選択肢 1 つを選んでください。

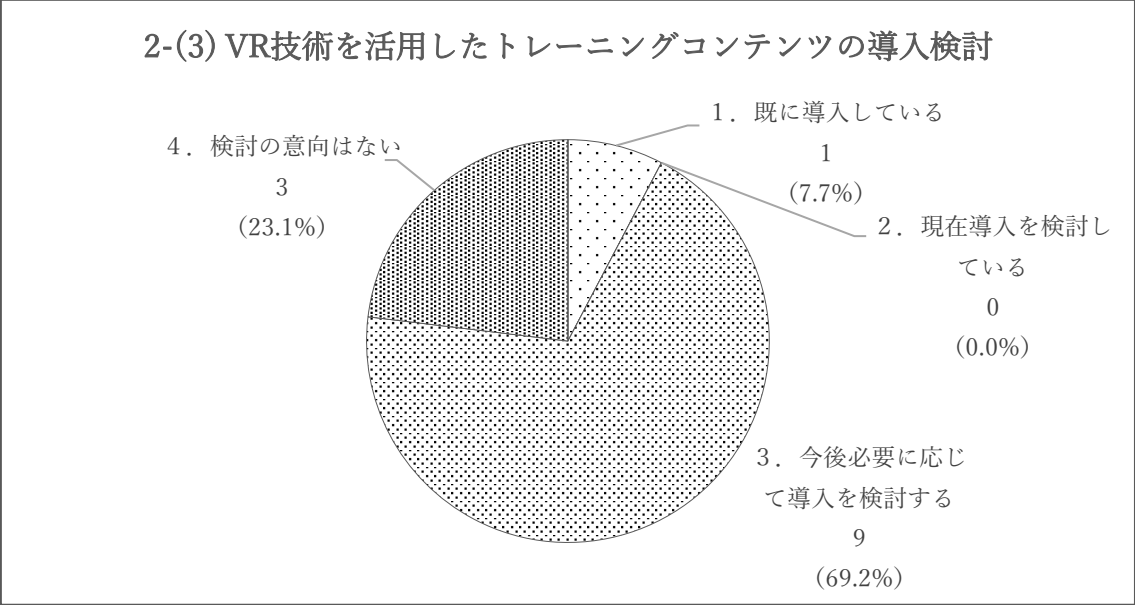


	回答者	%
1. 詳しく知っている	2	15.4%
2. すこし知っている・聞いたことはある	6	46.2%
3. あまり知らない	5	38.5%
(無回答)	0	0.0%
総計	13	

2-(2) 御社では、機器操作等の技術研修に活用できる VR トレーニングコンテンツに興味を持っておられますか。当てはまる選択肢 1 つを選んでください。



2-(3) 今後、御社で化学機器の操作等の技術研修などを実施する際に、VR 技術を活用したトレーニングコンテンツの導入を検討するご意向はありますか。当てはまる選択肢 1 つを選んでください。



	回答者	%
1. 既に導入している	1	7.7%
2. 現在導入を検討している	0	0.0%
3. 今後必要に応じて導入を検討する	9	69.2%
4. 検討の意向はない	3	23.1%
(無回答)	0	0.0%
総計	13	

2-(4) (3)で「1. 既に導入している」「2. 現在導入を検討している」をご回答の方にお伺いします。御社でご活用を検討されている VR トレーニングコンテンツの具体的な内容を、可能な範囲でご記入ください

・ Hololens を活用したトレーニング、デモの運用準備を進めている

2-(5) (3)で「1. 既に導入している」「2. 現在導入を検討している」をご回答の方にお伺いします。御社でVRトレーニングコンテンツを活用する上での課題として、当てはまる選択肢をすべて選んでください。

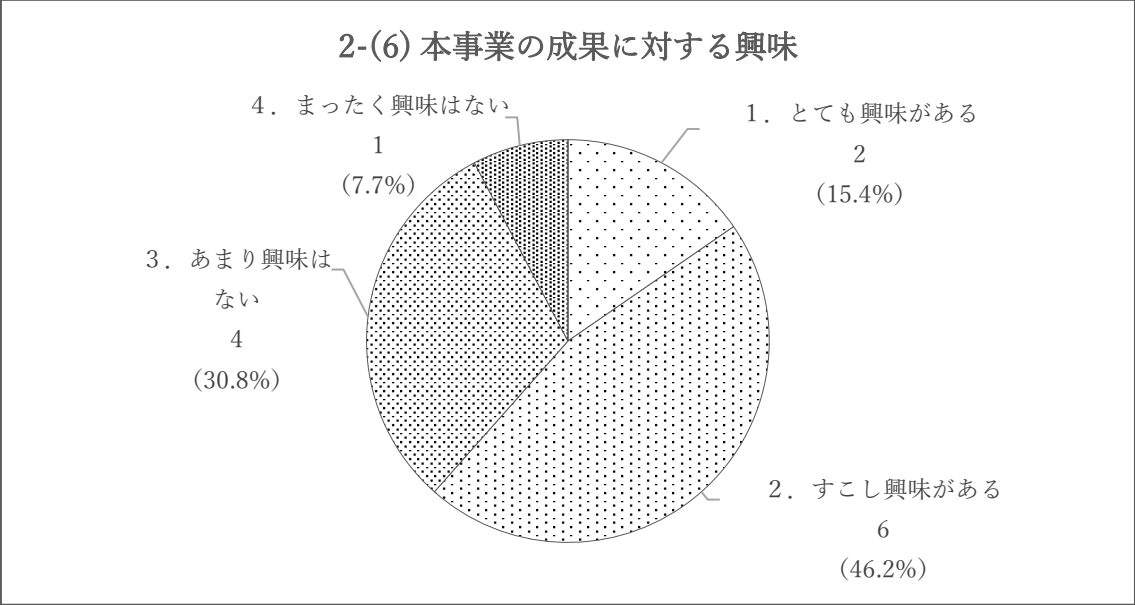
2-(5) VRトレーニングコンテンツを活用する上での課題	
	0 5 10
1. VRトレーニングコンテンツの情報	0
2. 導入・運用のための人員体制	1
3. 導入・運用のためのコスト	0
4. 利用するための環境構築	0
5. その他	0

(複数回答)

回答	
1. VR トレーニングコンテンツの情報	0
2. 導入・運用のための人員体制	1
3. 導入・運用のためのコスト	0
4. 利用するための環境構築	0
5. その他	0
総計	1

※回答対象者：2-(3)=1 または 2

2-(6) 本事業では、VR 技術の活用等を含めた化学分野での実験・実習の遠隔教育モデルの構築に取り組みます。本事業の成果に興味はございますか。当てはまる選択肢 1 つを選んでください。

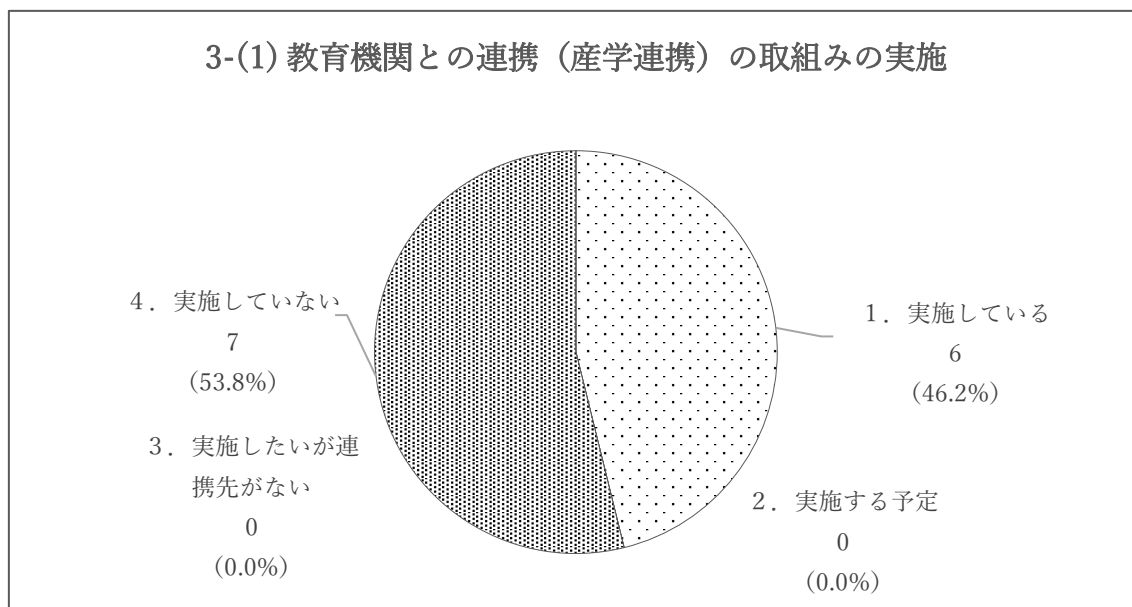


	回答者	%
1. とても興味がある	2	15.4%
2. すこし興味がある	6	46.2%
3. あまり興味はない	4	30.8%
4. まったく興味はない	1	7.7%
(無回答)	0	0.0%
総計	13	

※回答対象者：2-(2)=1 または 2

3.産学連携・学校間連携の取組状況・興味関心について

3-(1) 現在、技術研修の実施や学校教育への協力など、化学分野の大学・専門学校・高等学校等の教育機関との連携（産学連携）の取組みを実施していますか。当てはまる選択肢1つを選んでください。



	回答者	%
1. 実施している	6	46.2%
2. 実施する予定	0	0.0%
3. 実施したいが連携先がない	0	0.0%
4. 実施していない	7	53.8%
(無回答)	0	0.0%
総計	13	

3-(2) 実施している教育機関との連携の取組について、具体的な内容をご記入ください。

- ・ 大学と共同研究など。
- ・ 教材開発
- ・ 大きな取り組みとしては、研究機関や大学との産学連携センターの設置と参画。 個別の取り組みとしては、産学間の共同研究や共同開発など多数。
- ・ お客様のなかには大学等の学術機関もあり、製品導入やメンテナンスの際には実質的に協業となります。
- ・ インターンシップの受け入れ 共同研究の実施
- ・ 化学というか工業製品についてだが、自社製作した部品の評価を大学に依頼している。

4.自由記述

本事業の取組みへのご意見・ご感想などございましたら、自由にご記入ください。

- ・ 国内外を含めて、移動せずに技術教育ができる事は非常にメリットがあると考えます。Web 会議では得られないところもあると思います。
- ・ 社員、代理店、自社製品ユーザーのトレーニングに動画やビデオ会議ソフトを使用していますが、VR で行うメリットやそのイメージがわかりません。メリットとコスト（金銭的・時間的）が見えればよいと思います。

3.4.3. 調査まとめ

前節では、海外の事例を中心に、化学分野での VR 技術の活用事例・サービス等に関する調査を実施した。今年度、その一環として、特に VR 機器の活用可能性の高い化学機器の開発・販売等を行う企業に対し、VR 技術に対する認識や活用意向・活用状況に関するアンケート調査を実施した。その結果、13 件の回答を得ることができた。

いずれの回答企業も、化学機器の操作等に関する技術研修を実施している。VR 技術を活用した技術トレーニングについては、「詳しく知っている」「少し知っている・聞いたことはある」が計 8 件であった。また、VR トレーニングコンテンツへの興味についても、「とても興味がある」「すこし興味がある」が計 9 件であった。先に報告した化学系企業へのアンケート調査の結果と比べると、化学機器関係企業のほうが、VR 技術を活用した技術トレーニングに対して認知が進んでいると推察される。

また、VR 技術を活用したトレーニングコンテンツ等の導入意向については、「今後必要に応じて導入を検討する」が 9 件と最多であったが、「既に導入している」という回答も 1 件あった。今後、VR 技術を活用した化学分野のコンテンツを検討していくにあたり、こうした企業とも積極的に連携を検討していきたい。

3.5. 技術教育手法事例調査

3.5.1. 調査概要

(1) 調査目的

専門学校や大学等における新型コロナウイルス感染症への対応などを目的に導入された実験・実習等の技術教育の特徴的な取組み事例を調査し、本事業で遠隔教育モデルを検討するための基礎資料の収集を目的とした。

(2) 調査対象

本調査では、新型コロナウイルス感染症によるパンデミック後、特に化学分野における専門学校や大学等が実施している実験・実習等の技術教育の特徴的な事例を調査対象とした。

(3) 事例一覧

以下に収集した事例の一覧を掲載する。

(1) ライブ配信

- 事例 01 実験をイメージしてほしい！基礎化学実験を遠隔で実施
- 事例 02 阿仁中学校へ科学実験をライブ配信
- 事例 03 オンラインでの物理学実験の取り組み
- 事例 04 オンライン環境での実験・実習指導
- 事例 05 オンラインによる化学実験の実践

(2) ビデオコンテンツ等のオンデマンド配信

- 事例 06 双方向性を取り入れたオンデマンド型授業の実践
- 事例 07 自然科学実験のオンライン実施～コロナ禍の工夫と苦労～
- 事例 08 コロナ禍における理科実験動画の配信と遠隔授業の実施
- 事例 09 学生実験におけるオンデマンド授業対応への取り組み
- 事例 10 中部大学の遠隔授業
- 事例 11 高等学校化学のオンライン授業の試み オンデマンド教材の開発配信
- 事例 12 遠隔で行う物理学実験

(3) VR・AR

- 事例 13 理科実験をリモート化する「熱くないガスバーナー」の仕組み
- 事例 14 市進「親子で学ぶ AR 理科実験」自宅で参加可
- 事例 15 タブレットを用いた授業の展開－ARを用いた教材の制作と活用
- 事例 16 「VR 学習」で激変するリモート教育の最前線
- 事例 17 島根県立矢上高等学校で VR 先端科学体験セミナーを開催！

(4) 実験キットの送付

事例 18 コロナ禍でも自宅で実験、京都産大が遠隔授業のキット送付

事例 19 自然科学系技術部「おうちで理科実験」キット郵送を開催しました

事例 20 いつでもどこでも理科実験—お茶の水女子大学でパッケージ開発

(5) 対面実験

事例 21 コロナ禍での化学実験の実施とその効果

事例 22 コロナ禍の取り組み—安全・安心に取り組める実験・実習の実現のために

事例 23 理科実験の時短に「カセットこんろ」を 休校による授業数の短縮を受けて

事例 24 3密回避の実験授業。コロナ禍でも豊かな学び環境を整える

事例 25 特別記事 コロナ禍における理学部・理学系研究科の教育

(6) ハイブリッド授業

事例 26 「教育実習」に向けた理科模擬授業をオンラインで実施する

事例 27 新型コロナウイルス感染症への効果的な感染症対策を講じている大学の事例

事例 28 コロナ禍の生物実験（理工学部生物学科）

事例 29 コロナ禍でハイブリッド授業 理科実験「水溶液の性質」

事例 30 ハイブリッド式オンライン科学実験キャラバンを実施しました

(7) その他

事例 31 理工学研究科技術部が宇宿小学校で出前授業「おでかけ実験隊」を実施

事例 32 新型コロナウイルス感染防止のための研究室（実験室）利用ガイドライン

事例 33 昭和女子大学 1年生「化学実験」の様子をご紹介します！

事例 34 玉川大学 感染拡大防止策を講じ、農学部で対面での実験・実習が再開

事例 35 広島大学 1年生化学実験レポート「再開！やっぱり対面だ！」

事例 36 日本大学 基礎科学実験1 シラバス

事例 37 日本大学中学校【中学3年生】感染防止に配慮した理科の実験授業

事例 38 石巻専修大学【生物科学科】2年次「化学実験」を対面形式で行いました

次項に収集した各事例の詳細情報を記載する。

3.5.2. 調査結果

(1) ライブ配信

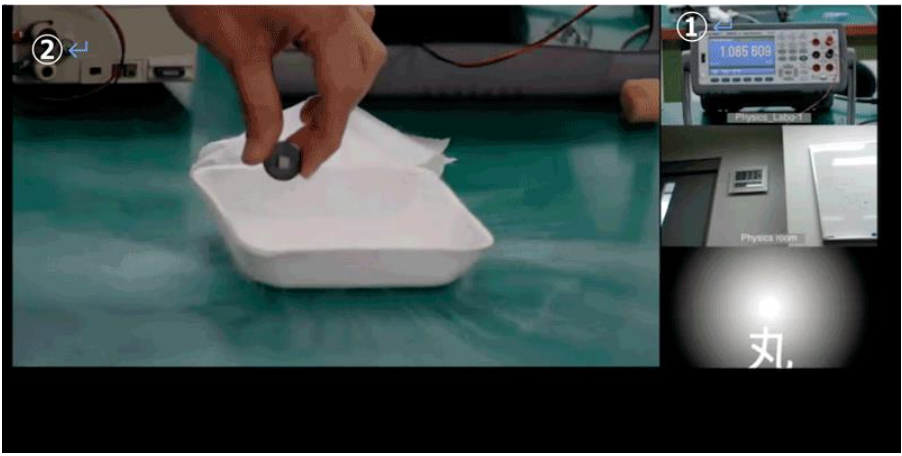
事例01 実験をイメージしてほしい！基礎化学実験を遠隔で実施

実施主体	日本分析化学専門学校
主体種別	専修学校
取組分類	ライブ配信
対象者	1 年生
情報公開年月	2020 年 4 月
学習領域	1 年生 基礎化学実験
イメージ画像	■遠隔授業の様子  ■スライド資料 
概要	実験を行う前に実験ガイダンスを実施し、目的や方法、使用する試薬、実験操作上のポイントや注意すべきポイントを解説 授業ではただ話すだけでなく、カメラを通して実験器具を学生に見せてどのような操作を行うのかを解説 実験内容がイメージしやすいように、スライド資料を画面に表示しながら授業を進行
参考 URL	(記事) 実験をイメージしてほしい！（遠隔授業実施中） - 日本分析化学専門学校 せんせのブログ https://www.bunseki.ac.jp/teacher_blog/2020/04/post-9387.html

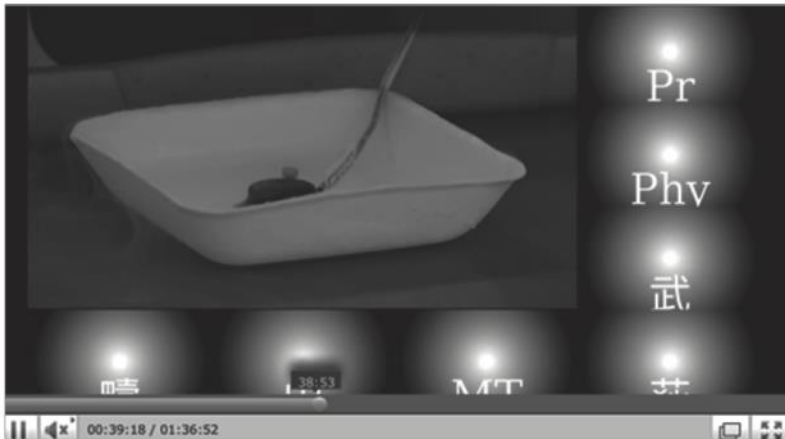
事例02 阿仁中学校へ科学実験をライブ配信

実施主体	秋田工業高等専門学校
主体種別	高等専門学校
取組分類	ライブ配信
対象者	阿仁中学校生徒
情報公開年月	2021 年 12 月
学習領域	化学実験
イメージ画像	■科学実験を配信している様子  ■オンライン講義を受けている様子 
概要	メトロノームをシンクロさせる実験をライブ配信形式で実施 ライブ配信には「Microsoft Teams」を使用 実験前にはライブ配信で実験内容について講義を実施
参考 URL	(記事)秋田高専から阿仁中学校へ科学実験を配信しました - 秋田工業高等専門学校 https://www.akita-nct.ac.jp/20211202/

事例03 オンラインでの物理学実験の取り組み

実施主体	名古屋大学
主体種別	大学
取組分類	ライブ配信
対象者	物理学実験受講者
情報公開年月	2020 年 6 月
学習領域	物理学実験
イメージ画像	■ ライブ配信の様子 
概要	3-4 人のグループごとに、実験室内の計測器につながったパソコンに「Team-Viewer」を用いてリモートログインし、低周波発振器やオシロスコープを操作して授業を実施 物性実験では、教員とティーチングアシスタントが実際に実験を行い、実験全体の様子と実験機器の計測画面の 2 画面をライブ配信 ライブ配信には遠隔講義システム「Vidyo」を活用 実験の予習用に全学教育物理学実験のビデオ動画を配信 低周波等の計測にオシロスコープのスマートフォン用アプリの使用を検討
参考 URL	・（記事）オンラインでの物理学実験の取り組み - 名古屋大学 https://office.ilas.nagoya-u.ac.jp/オンラインでの物理学実験の取り組み/ ・ 予習用の全学教育物理学実験のビデオ動画 http://elearn.ilas.nagoya-u.ac.jp/lms/pex/

事例04 オンライン環境での実験・実習指導

実施主体	名古屋大学高等教育研究センター
主体種別	大学
取組分類	ライブ配信
対象者	理系学部（理学部、工学部、農学部、情報学部、医学部）1・2年生
情報公開年月	2021年
学習領域	教養教育院全学教育科目 物理実験
イメージ画像	■ライブ配信の様子  出所：名古屋大学教養教育院提供 図5 物性実験の動画中継の様子
	■予習用動画教材  出所：名古屋大学教養教育院提供 図1 予習用動画教材の一例（磁場中の電子の運動の動画より）
概要	遠隔授業が始まる前あら物理学実験では予習用の動画教材を使用 Zoom等の遠隔会議システムを用いて双方向型で実施

	オンライン環境下で実験室と同等の実験を行うため、回路と遠隔操作可能なソフトをインストールしたノートパソコンを計測器に接続し、学生が自宅からノートパソコンを遠隔操作できる環境を用意 各パソコンには 2-3 名の学生が接続し相談をしながら実験を実施 授業時間中は「Team Viewer」と同時に「Zoom」を常に立ち上げておき、不明点があれば教員等に質問しながら実験を実施 教員等は教室内の遠隔操作されているノートパソコンの画面を確認して、各学生にアドバイスを伝える 学生の自宅に偏光フィルムと 4 分の 1 波長フィルムを送付し、スマートフォンやパソコンで無料利用できるアプリやソフトを使用して光量を計測させている
参考 URL	・(論文) オンライン環境における実験・実習指導 -物理学実験での取り組み- 名古屋高等教育研究 第 21 号 https://www.cshe.nagoya-u.ac.jp/publications/journal/no21/04.pdf

事例05 オンラインによる化学実験の実践

実施主体	仙台高等専門学校
主体種別	高等専門学校
取組分類	オンライン授業
対象者	高等専門学校 4 年生
情報公開年月	2020 年 7 月
学習領域	化学特別講義
概要	分析化学で必要となる知識と技術を理解させること、物理化学で必要となる化学反応の速度に対する知識と測定技術を習得させることを目標に、オンラインでの特別講義を実施した。 仙台高専では、2006 年から「Blackboard」を学習管理システム (LMS) として導入し、教材の配布やレポートの受け取り等に用いており、オンデマンド型教育の下地は早くから整っていた。 2018 年には全国の国立高専に Microsoft Teams が導入され、双方向型オンライン授業が可能になっていた。本事例ではこれらの環境を利用した。 授業にあたり、教材などの資料の配布は「Blackboard」を使用し、授業は「Microsoft Teams」を使用して実施した。 実験装置は、身近にある照明器具やスマートフォンなどを用いて組んでもらった。暗幕など必要な道具類は 100 円ショップなどで購入してもらった。溶液試料などについても家庭にある身近なものを利用してもらった。

	た。 実験結果は学生スマートフォンに「phyphox」というアプリを導入してもらって計測し、その結果を PC 等に転送して LMS を通じて提出してもらった。 学生からは初めての遠隔実験授業ということもあり、家で実験することによって驚いたという声が寄せられた。家庭で簡単に実験できるよう配慮して授業計画を練ったが、コロナウイルスの影響により資材の入手が困難になったり、高価格帯のものが必要になったりして、学生に金銭的な負担を強いてしまった部分もあった。
参考 URL	すぐにできる！ 双方向オンライン授業 - 株式会社 化学同人 https://www.kagakudojin.co.jp/book/b510544.html

(2) ビデオコンテンツ等のオンデマンド配信

事例06 双方向性を取り入れたオンデマンド型授業の実践

実施主体	福岡教育大学
主体種別	大学
取組分類	オンデマンド型授業
対象者	初等教育教員養成課程 2 年生
情報公開年月	2020 年 7 月
学習領域	初等教育教員養成課程 2 年生対象「小専理科」
概要	初等教育教員養成課程 2 年生対象「小専理科」という授業でオンデマンド型授業を採用。 授業では、Google が提供するクラウド型教育プラットフォーム「G Suite for Education」を使用。G Suite の Classroom 内に受講学生を登録した“クラス”を作り、この中で授業資料（説明動画）を提示し、出席確認、課題・レポートの受け取り、掲示板内でのフィードバックを実施した。 オンデマンド型授業の導入にあたり、まず、授業を「説明の理解」「質問」「実験・作業」の 3 つのパーツに分けた。 授業冒頭の説明と実験後のレポート作成等の説明は、教員からの一方向でもできるので、説明動画に置き換えることにし、PowerPoint に教員の解説音声を入れて動画を作成した。 学生からの質問対応については、Google Classroom 内の掲示板を使用することにし、双方向性を担保した。 授業内容は最も悩む点。必要に応じて改変が必要。「ものの溶け方」に関する実験の授業では、自宅で実験を行ってもらうようにし、溶かすものや道具は自分なりに工夫してもらうことにした。自宅で実施することが

	難しい実験の授業は削除し、差し替えた。より専門性の高い実験では、説明動画やシミュレーション実験に置き換えることになる。 学生にアンケートを行った結果、圧倒的に対面授業が良いという結果だった。理由としては直接対話することの価値を感じていることが多いこと、慣れていないといったことが挙げられる。一方で、対面授業と比べて「質問しやすい」「集中して学ぶことができた」などの肯定的な意見もあった。
参考 URL	すぐにできる！ 双方向オンライン授業 - 株式会社 化学同人 https://www.kagakudojin.co.jp/book/b510544.html

事例07 自然科学実験のオンライン実施～コロナ禍の工夫と苦労～

実施主体	北海道大学
主体種別	大学
取組分類	ビデオコンテンツ等のオンデマンド配信
対象者	1 年生
情報公開年月	2021 年 4 月
学習領域	大学 1 年生 自然科学実験
イメージ画像	■動画教材 実験1:過マンガン酸カリウム溶液の標定 ■ 実験操作 5) 調製した溶液が入った三角フラスコを 60～80℃のウォーターバスに入れ、溶液を加温する(5分程度)。 6) ビュレットに5 mmol L⁻¹過マンガン酸カリウム溶液を入れ、初期値を記録する。 7) ウォーターバスから三角フラスコを取り出し、ここに5 mmol L⁻¹過マンガン酸カリウムをビュレットから2,3滴、滴下する。滴定開始直後は反応が遅いので、過マンガン酸カリウムの色が消えるまで、そのまま数分待つ。 
概要	映像教材では、実験中に溶液をこぼす等の失敗をあえて行うことがで、教員ではなく学生が実験を行っているように演出 結果がわかるまでに時間を要する実験の映像教材を作成する際には、変化中のカット編集を行わず、結果がわかるまでにどの程度の時間が必要なのかが体感できるように工夫 映像教材の視聴が可能な時間を授業日の前後 1 週間に設定することで、学生の負担を軽減 実験の映像教材の視聴後にレポートを提出するルールを制定 実験の理解度の確認をするため、映像教材の視聴後に Google フォームで小テストを実施 質問をメール・Zoom・Zoom チャットの 3 窓口で対応

	対面で質問を受け付けるも、利用者は大学付近に住んでいる数名の生徒のみだと判明 生徒が本来実験で学ぶべきことを学べているのか不安に感じる
参考 URL	・(記事) #148 自然科学実験のオンライン実施～コロナ禍の工夫と苦労～ - いいね! Hokudai https://costep.open-ed.hokudai.ac.jp/like_hokudai/article/19452 ・(動画) 色が変わる実験の例「過マンガン酸カリウム溶液の標定」 - Like Hokudai https://www.youtube.com/watch?v=v0RqH8X-Q_o

事例08 コロナ禍における理科実験動画の配信と遠隔授業の実施

実施主体	福井県教育総合研究所
主体種別	行政機関
取組分類	ビデオコンテンツ等のオンデマンド配信
対象者	小・中学校の児童生徒
情報公開年月	2020 年
学習領域	理科実験
イメージ画像	■映像教材  図 11 「心臓の構造を理解しよう」の配信
概要	小中学校の児童生徒向けに、短時間で実験の過程を体験できる理科映像教材を 33 本制作し YouTube に掲載 映像教材は「導入→実験（観察）→まとめ」の順番で構成 複数の実験結果を同時に比較したり、さまざまな角度から撮影を行ったりする等の実験の目的にあわせた工夫を凝らしている 遠隔授業で動画教材を利用する際には、複数の画面を用意して実験の手順や方法が正確に伝わるように工夫を行っている 2020 年度では、学校現場に導入できない高価な機器や設備を用いた実験や、教科書に掲載されていない専門性の高い映像教材を提供

	実験で得られる感覚的な結果（色・におい・音）が伝わりにくく、臨場感が感じられにくいことを課題としている 他サイトに類似した実験動画が掲載されているという意見があり、類似する実験動画との差別化を課題としている
参考 URL	・（報告書）コロナ禍における理科実験動画の配信と遠隔授業の実施 - 福井県教育総合研究所 紀要 第 126 号 http://www.fukui-c.ed.jp/~fec/kenkyukiyo/kk126/09.pdf ・（動画）小学校 3 年生向け理科実験動画「物のおもさしらべ」 https://youtu.be/TI3xRuLPczs

事例09 学生実験におけるオンデマンド授業対応への取り組み

実施主体	島根大学大学教育センター
主体種別	大学
取組分類	ビデオコンテンツ等のオンデマンド配信
対象者	実験を行う学生
情報公開年月	
学習領域	物理学実験 I
イメージ画像	■映像教材  ■実験シミュレーション 
概要	実験過程を体感させるために実験室で実験をライブ収録しており、動画は使用者目線で収録している

	冗長になりがちな測定中の動画には、効果音や BGM を加えて視聴に飽きがきにくい工夫を取り入れている 装置の扱い方やデータの読み取り方を学習させるため、実際に実験をする際の目線で装置の扱いを疑似体験してもらい、データは自身で読み取ってもらえるような工夫を凝らす 学生が「自分でやった」感覚を持てるように、ダイオード回路の実験をシミュレータを使い検証を実施
参考 URL	・(記事) 学生実験におけるオンデマンド授業対応への取り組みについて - 島根大学大学教育センター https://cerd2.shimane-u.ac.jp/project03/

事例10 中部大学の遠隔授業

実施主体	中部大学
主体種別	大学
取組分類	ビデオコンテンツ等のオンデマンド配信
対象者	応用生物化学科 2・4 年
情報公開年月	2020 年 5 月
学習領域	有機化学実験
イメージ画像	■映像教材  ■Google Classroom での双方向による研究指導の様子 

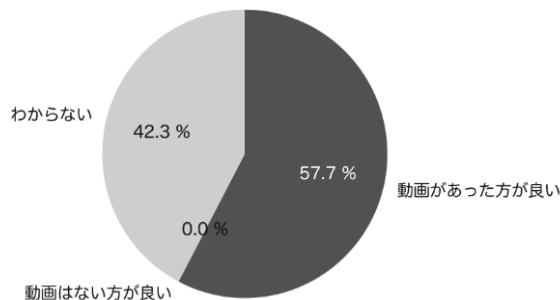
概要	遠隔授業の実施が始まる前から研究室の大学院生・卒研生の学修意欲に応えるために Zoom を用いてゼミを行っていた Blackboard Learn を利用して授業に関する資料の PDF を行ったり、内容説明と実験の様子を動画でオンデマンド配信したりしている 4 年生と大学院生の 21 人を対象に「Google Classroom」を利用した研究指導を実施
参考 URL	・(記事) 中部大学の遠隔授業(堤内要先生) - 中部大学 Web マガジン https://www3.chubu.ac.jp/monthly/news/26122/

事例11 高等学校化学のオンライン授業の試み オンデマンド教材の開発配信

実施主体	広島大学
主体種別	大学
取組分類	ビデオコンテンツ等のオンデマンド配信
対象者	広島大学附属高等学校
情報公開年月	2020 年 9 月
学習領域	化学・化学基礎
イメージ画像	■映像教材  図 2. 実験の全容と拡大の同時表示
概要	家庭学習の一助として化学のオンライン授業を提供するため、YouTube チャンネルを開設 PowerPoint で文章や図、アニメーションを用いてスライドを作成 スライドに沿って担当教員が説明を行い、スライドショーの記録機能を利用して録画し、MP4 形式で保存 必要に応じて再生速度の変更、複数アングル映像の合成、キャプション追加による強調などの編集を行っている 注目してもらいたい実験結果・反応を鮮明に収録するため、ミラーレスカメラの録画機能を活用

	カメラを2台用意し、一方には実験装置の全容がわかるように広角～標準域のレンズを装着して、もう一方には注目してもらいたい部分を強調するために、ズームレンズを装着して撮影を行っている Google Classroom のアンケート機能を用いて、オンライン授業に対する生徒の反応の確認・集計を行っている
参考 URL	・(論文) 広島大学附属中・高等学校中等教育研究紀要 第 67 号 https://www.hiroshima-u.ac.jp/system/files/163858/bulletin2020-9.pdf

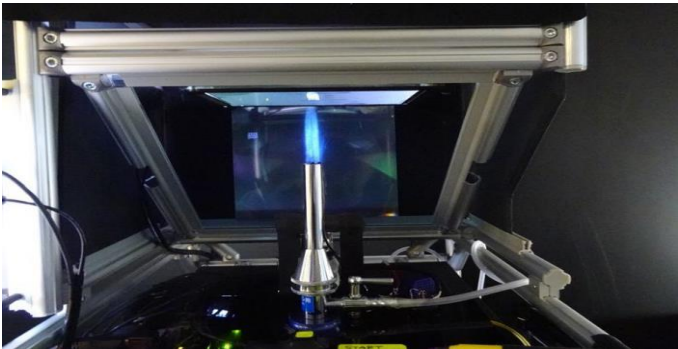
事例12 遠隔で行う物理学実験

実施主体	琉球大学教職センター
主体種別	大学
取組分類	ビデオコンテンツ等のオンデマンド配信
対象者	理学部物理系
情報公開年月	2021 年 3 月
学習領域	専門実験科目
イメージ画像	■ 動画を使用した実験についてのアンケート結果  図 6: 動画を使用した実験についてのアンケート
概要	映像教材を用いて物理実験を実施 通信環境や居住環境の違いによって公平平等に教育を受講できない問題を解決するために、物理系では Wi-Fi 接続が可能な教室を使用できる環境を整えた オンデマンド方式の遠隔授業は受講学生の反応をリアルタイムで悪人できない問題を解決するために、週 5 日全 15 回分の開講時間に、大学院生のティーチングアシストを配置し、オンラインで質問ができる環境を整えた オンラインでの質問数は 1 件のみであり、オンラインでの質問は数回が高いのではないかと分析 すべての実験を遠隔で行ったほうが良いと答えた学生は約 2 割で、対面

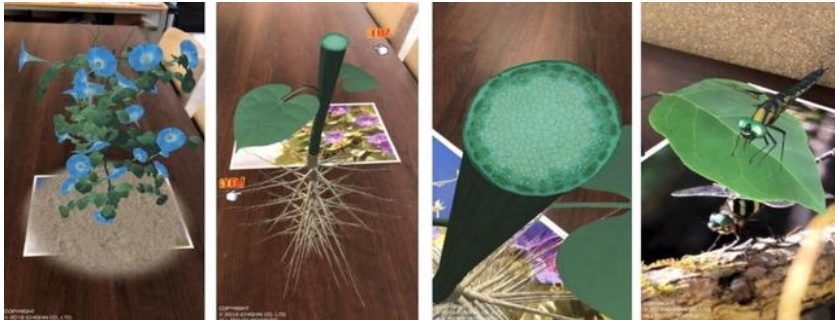
	実験を希望すると答えた学生は約 7 割との結果を得られた 「動画はない方が良い」と回答した学生はおらず、動画を使用した実験に肯定的な学生が約 58%となった 研究発表会はオンラインがメインの開催だったが、多くの学生が参加し例年に比べても遜色のないものとなった
参考 URL	・(論文) 遠隔で行う物理学実験 - 琉球大学教職センター紀要 第 3 号 http://ir.lib.u-ryukyu.ac.jp/bitstream/20.500.12000/48021/1/No3p141.pdf

(3) AR・VR

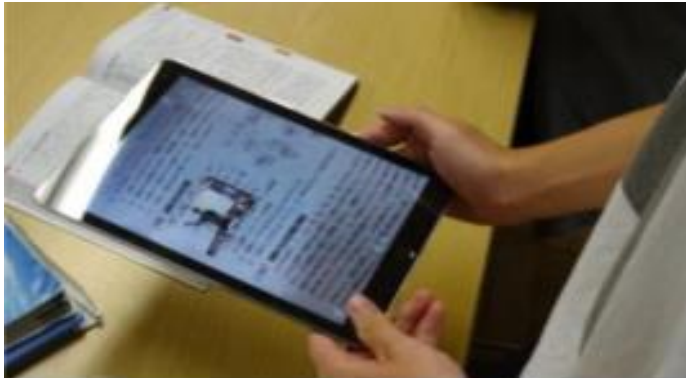
事例13 理科実験をリモート化する「熱くないガスバーナー」の仕組み

実施主体	立命館大学
主体種別	大学
取組分類	AR・VR
情報公開年月	2021 年 12 月
学習領域	病院内教室での理科実験等
イメージ画像	■熱くないガスバーナー 
概要	病院内教室での理科の実験を想定 立体投影ディスプレイ技術でバーナーの炎を表現 ガスや空気の流量を調整すると炎の高さや色に変化・ 炎の大きさを調整しながら空気量を増やすことで、完全燃焼にする過程を体験できる トーチを使った点火や炎色反応を再現
参考 URL	・(記事) 理科実験をリモート化する「熱くないガスバーナー」の仕組み - ニュースイッチ https://newsswitch.jp/p/30094

事例14 市進「親子で学ぶ AR 理科実験」自宅で参加可

実施主体	市進教育グループ
主体種別	企業
取組分類	AR・VR
対象者	首都圏に通塾する小学1年生から3年生
情報公開年月	2020年6月
学習領域	理科実験
イメージ画像	■親子で学ぶ AR 理科実験 Think SDGs を利用している様子 
概要	双方向専用アプリと先端の AR 技術を駆使し、動画・クイズ・CG を活用して子どもたちの知的好奇心を刺激 実験後にはレポートを作成し表現力を養成
参考 URL	・（記事）市進「親子で学ぶ AR 理科実験」自宅で参加可 - ReseMom https://resemom.jp/article/2020/06/15/56745.html

事例15 タブレットを用いた授業の展開－ AR を用いた教材の制作と活用

実施主体	大阪府立三島高等学校
主体種別	高等学校
取組分類	AR・VR
対象者	高校生
学習領域	化学実験の観察結果の考察場面
イメージ画像	■AR アプリ（Aurasma）を操作している様子 

概要	タブレットのカメラを通して問題集を写すと、問題の解説動画が再生される 目的の動画再生にメニュー操作が必要ない仕組み 教材動画をクラウド上に保存するため、教室の外でも（自宅でも）見ることができる 授業や講習では先生に聞きなおしをしにくい、動画であれば何度でも振り返られるという感想を得ている AR の操作がアイスブレイキング的效果を示し、班討論がスムーズに進む場面が見られている
参考 URL	・（論文）タブレットを用いた授業の展開－ 拡張現実（AR）を用いた教材の制作と活用 － https://www.nakatani-foundation.jp/wp-content/uploads/50e3677b0c39bb2db7f79bb39d98e28f.pdf

事例16 「VR 学習」で激変するリモート教育の最前線

実施主体	N 高等学校・S 高等学校
主体種別	高等学校
取組分類	AR・VR
対象者	普通科プレミアムコース生徒
情報公開年月	2020 年 12 月
学習領域	理科実験
イメージ画像	■VR 機器を使用している様子  ■VR 教室で理科の実験を行っている様子

	
概要	理科の「炎色反応」の実験では、VR 空間に置かれた CG のガスバーナーに各種試薬をつけた棒を近づけることで、各金属元素がどのような色で反応するかを確認できる PC と VR のどちらでも授業を受けられる仕組みとして、映像教材の再生位置が同期されている N 高等学校・S 高等学校にある 6,600 種の講義のうち、2,000 種が VR に対応している
参考 URL	・(記事)「VR 学習」で激変するリモート教育の最前線…体験レポート【角川ドワンゴ学園「N 高・S 高」】 - BUSINESS INSIDER https://www.businessinsider.jp/post-226035

事例17 島根県立矢上高等学校で VR 先端科学体験セミナーを開催！

実施主体	広島大学
主体種別	大学
取組分類	AR・VR
対象者	島根県立矢上高等学校 普通科 2 年生
情報公開年月	2021 年 11 月
学習領域	セミナー「科学を支える放射光の世界」
イメージ画像	■VR 機器で演示実験を見ている様子 

	
概要	VR 機器を用いて研修施設の見学と演示実験を確認
参考 URL	・(記事)【普通科 2 年】VR 先端科学体験セミナーを開催！(広島大学放射光施設、放射光化学研究センターによる講義) - 矢高 News https://www.yakami.ed.jp/news/news-futsuuka/2297

(4) 実験キットの送付

事例18 コロナ禍でも自宅で実験、京都産大が遠隔授業のキット送付

実施主体	京都産業大学
主体種別	大学
取組分類	実験キットの配付
対象者	生命科学部
情報公開年月	2020 年 7 月
学習領域	生命科学部の実験
イメージ画像	■学習者の自宅に配付された実験キット 
概要	実験に必要な材料や標本をチューブやポリ袋、遠沈管に入れて小分けし、テキストなどとともに送付している 実習による学習効果を自宅でも得られるようになるための施策として実

	験キットを配付
参考 URL	・(記事) コロナ禍でも自宅で実験、京都産大が遠隔授業のキット送付 - ニュースイッチ https://newswitch.jp/p/23207

事例19 自然科学系技術部「おうちで理科実験」キット郵送を開催しました

実施主体	三重大学
主体種別	大学
取組分類	実験キットの配付
対象者	三重県内全域の小学校児童（100 名）
情報公開年月	2021 年 12 月
学習領域	理科実験「尿素結晶を作って観察しよう」
イメージ画像	■学習者の自宅に配付された実験キット  ■理科実験キット作成時の様子 
概要	三重大学の自然科学系技術部が地域貢献活動として、県内全域の小学校児童 100 名に「おうちで理科実験」キットを各家庭に郵送 身近な材料で安全性にも配慮したキットに 実験への応募は三重県内ほぼ全域に渡った 実験への理解を深めてもらうため、子どもの「なんで？ ふしぎ！」などの疑問に答える解説資料を送付

参考 URL	・(記事) 自然科学系技術部「おうちで理科実験」キット郵送を開催しました - 三重大学トピックス https://www.mie-u.ac.jp/topics/kohoblog/2021/12/post-2297.html
--------	--

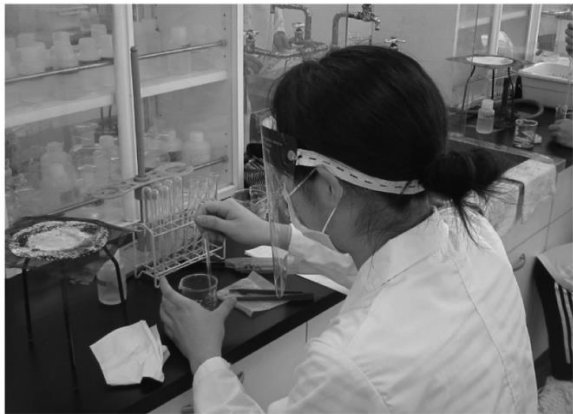
事例20 いつでもどこでも理科実験—お茶の水女子大学でパッケージ開発

実施主体	お茶の水女子大学サイエンス & エデュケーションセンター
主体種別	大学
取組分類	実験キットの配布
対象者	小学 6 年生
情報公開年月	2021 年 3 月
学習領域	小学 6 年生 減災実験
イメージ画像	■開発された理科実験パッケージ  ■3D プリンターで作成した地形の模型 
概要	いつでもどんな場所でも実験できるコンパクトな「減災どこでも理科実験パッケージ」を開発

	小学校 3 年から中学校 3 年までの学習指導要領の単元に対応する実験教材を開発し、各学年の実験をまとめた「減災どこでも理科実験パッケージ」を開発するプロジェクトを立ち上げている 専用のレンズプレートタブレット端末に装着することで顕微鏡に近い距離で観察が可能 国土地理院が公表している立体地図をもとに、3D プリンターで出力した近隣地形の模型を作成し、ハザードマップと重ね合わせて避難経路や想定される危険について学ぶことが可能 プラスチック粘土と紙粘土を用いて 3D プリンターで作成した地形の模型を複製
参考 URL	・(記事) いつでもどこでも理科実験—お茶の水女子大学でパッケージ開発 - Science Portal https://scienceportal.jst.go.jp/gateway/sciencewindow/20210325_w01/

(5) 対面実験

事例21 コロナ禍での化学実験の実施とその効果

実施主体	国立大学法人 東京医科歯科大学
主体種別	大学
取組分類	対面実験
対象者	医学科・歯学科（計 150 名程度）
情報公開年月	2021 年 3 月
学習領域	金属イオンの系統分析実験
イメージ画像	■実験の様子  フェイスシールドをつけて実験に取り組む学生の様子
概要	通常の実験では学習者を 3 クラスに分けて実施しており、本実験では学習者の安全な距離を確保するため 6 クラスに分けて実施

	間隔をあけるため実験台に配置する学生を4名から2名に減員 実験台の間に試薬棚があり向かい合う学生の間に仕切りを設置 学習度のチェックを面接形式からWebClassへの提出に変更 円滑に実験に取り組めるよう実験方法の動画コンテンツを配信 2022年度は対面とオンラインのハイブリッドで実施する予定 受講できない実験は実験の様子を収めたビデオを視聴して学習 オンライン授業が長期化する可能性を考慮しバーチャル実験の活用を視野に入れている
参考 URL	・(論文) コロナ禍での化学実験の実施とその効果 - 東京医科歯科大学 教養部研究 紀要 第51号 https://www.jstage.jst.go.jp/article/kyoyobukiyo/2021/51/2021_71/_pdf/-char/en

事例22 コロナ禍の取り組み－安全・安心に取り組める実験・実習の実現のために

実施主体	神奈川大学
主体種別	大学
取組分類	対面実験
対象者	工学部 物質生命化学科1年生
情報公開年月	2020年11月
学習領域	1年次後期 物質生命化学実験基礎
イメージ画像	■実験の様子 
概要	教室内の換気を考慮しドラフト以外に各実験台に排気口が設置されている教室で実験を実施 3密回避を踏まえ履修学生は分散して入構

	ティーチングアシスタントによる当日の実験支援ができないため、担当教員が複数名で指導にあたっている 実験指導は板書やプリント配付で行っていたが、現在はガイダンス用のiPadを使用している 対面する学生との感染防止のためフィルムを配置している
参考 URL	・(記事) 工学部 物質生命化学科 コロナ禍の取り組み－安全・安心に取り組める実験・実習の実現のために - 神奈川大学お知らせ https://www.kanagawa-u.ac.jp/news/details_20882.html

事例23 理科実験の時短に「カセットこんろ」を～休校による授業数の短縮を受けて～

実施主体	株式会社ヤガミ
主体種別	企業
取組分類	対面実験
情報公開年月	2020 年 7 月
学習領域	実験
イメージ画像	■理科実験用ガスコンロ 
概要	実験に使う加熱器具の中でも、手軽に使えて時短が可能なカセットこんろの「理科実験用ガスコンロ」が注目されている 物質の状態変化の実験でもすぐに水が沸騰する火力があるため、実験時間を短縮可能 理科実験用ガスコンロは、家庭用より一回り小型で実験に使いやすいように四脚の網台がついている ボンベが熱くなったら自動で火を消す機能や、正しくセットしないと火をつけるつまみを回せないなど高い安全性を備えている
参考 URL	・(記事) 理科実験の時短に「カセットこんろ」を～休校による授業数の短縮を受けて～ - 日本教育新聞

	https://www.kyoiku-press.com/post-218667/ ・（商品ページ）理科実験用コンロ - 株式会社ヤガミ https://www.yagami-inc.co.jp/view/science/pickup/42400
--	--

事例24 3 密回避の実験授業。コロナ禍でも豊かな学び環境を整える

実施主体	桐蔭横浜大学
主体種別	大学
取組分類	対面実験
対象者	医用工学部
情報公開年月	2020 年 10 月
学習領域	臨床検査学 臨床化学に関する実習授業
イメージ画像	■実験の様子 
概要	情報共有や意見交換を行うため、フェイスシールド・マスク・手袋を着用して横並び着席している状態で実験に取り組んでいる 学習者の感染対策に対する意識の向上を目的として、入室時の検温を防護具着用の上、学習者が当番制で行っている 実習に伴う登校回数を少なくするため、1 日に行う実習の数を 2 コマから 4 コマに時間割を編成し直している 実習室専用のタブレットタイプの PC を導入し、手袋をしたままでも写真撮影による結果の記録やデータの解析をできるようにしている 撮影した写真はクラウドにアップロードし ICT 化を進めている タブレットを用いてディスカッションを積極的に行う学習者が見受けられた
参考 URL	・（記事）3 密回避の実験授業。コロナ禍でも豊かな学び環境を整える Vol.5 徳岡由一先生・蓮沼裕也先生・清水智美先生（医用工学部） http://toin.ac.jp/univ/onlineclass/vol-5-tokuokayoshikazu/

事例25 特別記事 コロナ禍における理学部・理学系研究科の教育

実施主体	東京大学
主体種別	大学
取組分類	ビデオコンテンツ等のオンデマンド配信
対象者	理学系研究科・理学部 化学科／化学専攻
情報公開年月	2021 年
学習領域	化学実験
イメージ画像	■ アクリル板で仕切られた測定室 
概要	化学実験において座学ではカバーできない単元が数多くあるため、対面による実習に加えて、学習の手助けとなるビデオ教材を活用 3 密を避けるために実験室内の学生数を全体の 2/3 とし、残りの 1/3 は実験動画の視聴や別室でのディスカッション、レポート作成を行う 学生にコロナ感染者が出た際のバックアップ対応に、学生実験の動画を単元毎に作成 一部の講義室にハイブリッド講義のためのシステムを新たに導入し、積極的に活用する予定
参考 URL	・(記事) 特別記事 コロナ禍における理学部・理学系研究科の教育 - 東京大学大学院 理学系研究科・理学部 - 理学部ニュース https://www.s.u-tokyo.ac.jp/ja/story/newsletter/page/7556/

(6) ハイブリッド授業

事例26 「教育実習」に向けた理科模擬授業をオンラインで実施する

実施主体	東洋大学
主体種別	大学
取組分類	ハイブリッド授業（対面×ライブ配信）

対象者	理系専門学科で教職履修をしている学生
情報公開年月	2020 年 7 月
学習領域	中学校、高等学校での教育実習の事前指導
概要	大学での教職科目「教育実習」の授業の中で、特に中学校・高等学校理科の教育実習を行う上では、大学内で事前指導が必要となる。ここでは、学生同士の模擬授業などの対面型・体験型の授業が必要不可欠。 そこで、遠隔での zoom ミーティング、学内授業支援システム (manaba) を活用して事前指導を行った 全体での授業は zoom ミーティングを使用。Gmail を通じて全員に連絡。連絡がうまく取れない場合を想定して、履修学生の LINE アカウントも把握。これにより教室と同じ内容の授業を行った。 通常の授業は説明終了後に受け付けていたが、オンラインでの全体授業の場合は質問が発生した段階で、チャットで質問を行うことができ、共有しやすいというメリットがあった。 グループワークでは、学習者が普段資料などを閲覧するスペース (manaba) に、1 班につき 3 人～4 人程度のスレッドを立ち上げ、履歴を残すことを行った。 ブレイクアウトルームを使用して、模擬授業の実施も行った。 上記の結果、教室で行う授業計画と同等・同質の実践が実現可能となり、到達目標に対する評価においても一定の成果が認められた
参考 URL	すぐにできる！ 双方向オンライン授業 - 株式会社 化学同人 https://www.kagakudojin.co.jp/book/b510544.html

事例27 新型コロナウイルス感染症への効果的な感染症対策を講じている大学等の事例

実施主体	山梨大学
主体種別	大学
取組分類	ハイブリッド授業（対面×ライブ配信）
対象者	生命工学科
情報公開年月	2020 年 9 月
学習領域	生物工学実験
イメージ画像	■対面実験の様子

	2020年度生物工学実験Ⅰ 実施予定:実践の6月 3グループに分かれて、日替わりで実験を実施:密集回避 (実験中の移動はあるが基本的座席は対面配置を避ける 感染予防・拡大防止対策:マスク、消毒用アルコール、ハンドソープ)  ■ ライブ配信の様子 2020年度生物工学実験Ⅰ:予想の5月 計9回のオンエア、毎回の課題はmoodleで解答 (締め切りを過ぎると提出できません) 
概要	実験室での実験を想定したオンライン授業と、学生を少人数グループに分け実験室で実験を行う対面授業を組み合わせている 限られた実験時間での実験となるため、実験過程の一部を事前に教員が準備し、省略された実験過程は授業内で説明
参考 URL	・(記事) 大山拓次准教授の授業事例が文部科学省「新型コロナウイルス感染症への効果的な感染症対策を講じている大学等の事例」で紹介されました - 山梨大学 生命環境学部 大学院生命環境学専トピックス https://www.les.yamanashi.ac.jp/news/485/

事例28 コロナ禍の生物実験（理工学部生物学科）

実施主体	学校法人甲南大学
主体種別	大学
取組分類	ハイブリッド授業（対面×ライブ配信）
対象者	理工学部生物学科
情報公開年月	2020 年 9 月
学習領域	生物実験
イメージ画像	■登校できない学習者にカメラを通して実験の様子を見せている様子

	
概要	座学での講義では基本的に動画配信と課題提出で授業を実施 実験に必要な知識や手法について事前に動画配信による学習を実施 2020 年 6 月から生き物の観察分析を行うために対面での実験に移行 感染症対策として学習者を 2 つの実験室に分割し必要に応じてパーティションを配置 これまでグループで共有していた実験器具を、可能な限り学習者が個々で利用するために他の研究室から器具を一時的に供出した 登校できない学習者に対しては Zoom 等で解剖の様子や顕微鏡像等をリアルタイム配信を行った
参考 URL	・（記事）コロナ禍の生物実験（理工学部生物学科） - 甲南大学ニュース https://www.konan-u.ac.jp/news/archives/29198

事例29 コロナ禍でハイブリッド授業 理科実験「水溶液の性質」

実施主体	聖徳大学
主体種別	大学
取組分類	ハイブリッド授業（対面×ライブ配信）
対象者	聖徳大学短期大学 小学校教員養成コース
情報公開年月	2021 年 3 月
学習領域	初等教科研究・理科
イメージ画像	■実験の様子

	
概要	大学に登校できない学習者にはオンラインで授業を中継 アンケート機能を持つ Microsoft Forms を活用して意見を視覚化 講師が iPad を持って学習班を見回り、オンラインで参加している学習者に実験の様子を解説
参考 URL	・(記事) コロナ禍でハイブリット授業 理科実験①「水溶液の性質」 - 聖徳大学短期大学部ブログ https://faculty.seitoku.ac.jp/child-studies/2021/03/11/rika1/

事例30 ハイブリッド式オンライン科学実験キャラバンを実施しました

実施主体	福井工業大学
主体種別	大学
取組分類	ハイブリッド授業（対面×ライブ配信）
対象者	社中央第一こども園
情報公開年月	2021 年 9 月
学習領域	化学実験
イメージ画像	■ライブ配信授業の様子 

	■実験の様子 
概要	Microsoft teams を活用し遠隔で授業を実施 講師の遠隔授業にあわせて、こども園の先生がアシスタント役となりショー形式で空気砲と液体窒素の演示実験を実施 園児はモノ作り形式で蛍光スライムや紫外線ビーズの体験を実施
参考 URL	・(記事) ハイブリッド式オンライン科学実験キャラバンを実施しました - 福井工業大学レポート https://www.fukui-ut.ac.jp/news/education/report_k/entry-7569.html

(7) その他

事例31 理工学研究技術部が宇宿小学校で出前授業「おでかけ実験隊」を実施

実施主体	鹿児島大学
主体種別	大学
取組分類	出前授業
対象者	小学 5・6 年生
情報公開年月	2020 年 11 月
学習領域	科学実験「液体窒素でおもしろ実験」
イメージ画像	■出前授業で実験をしている様子

	
概要	鹿児島大学院理工学研究技術部が、平成 23 年度から始めた地域連携活動の 101 回目として、鹿児島市立宇宿小学校で出前授業「おでかけ実験隊」開催 子どもたちに科学実験やものづくりを体験してもらうことで、その面白さや達成感を味わい、少しでも科学やものづくりへの興味が促されることを目的としている 実験ではプロジェクターで資料を映し説明を加えた 実験の最後には子どもたちから様々な質問が飛び出した
参考 URL	・(記事) 理工学研究技術部が宇宿小学校で出前授業「おでかけ実験隊」を実施 - 鹿児島大学工学部お知らせ https://www.eng.kagoshima-u.ac.jp/2020/11/24/odekake20201113/

事例32 新型コロナウイルス感染防止のための研究室（実験室）利用ガイドライン

実施主体	東京都市大学総合研究所
主体種別	大学
取組分類	実験ガイドライン
対象者	研究室・実験室の利用者
情報公開年月	2020 年 5 月
学習領域	
イメージ画像	なし
概要	研究室に入退室した日時をメールや Slackなどで連絡・記録 複数の窓を開けて定期的に換気する（1-2 時間ごとに 5～10 分程度） 研究室での作業の必要性を確認し自宅でも可能な作業は自宅で行う Zoom や Teams などの Web 会議ツールを活用して遠隔コミュニケーションの活性化を促進

	研究分野やテーマによっては遠隔コミュニケーションにより研究活動が活発になった報告がある 実験の延期などで研究を思うように進められない学生が、進捗に不安をいだかないよう講師は状況に応じて達成目標を学生と相談する 実験室ではマスクと消毒用アルコールを完備し、ビニールカーテンで席や実験装置ごとに仕切りをしている 実験装置ごとに利用ログノート用意 実験室内に多数の学習者が集中することを防ぐため、指導教員が学習者のスケジュールを調整し管理 実験スケジュールはなるべくオンラインで全員に共有 実験データの教員とのディスカッションはオンラインで行う 遠隔操作による実験装置のモニタリングやデータ保存システムの構築を検討中
参考 URL	・(資料) 新型コロナウイルス感染防止のための研究室(実験室)利用ガイドライン - 東京都市大学総合研究所 https://www.arl.tcu.ac.jp/cms/data/img/img2005261425510.pdf

事例33 昭和女子大学 1年生「化学実験」の様子をご紹介します！

実施主体	昭和女子大学
主体種別	大学
取組分類	対面実験
対象者	管理栄養学科 1年生
情報公開年月	2021年2月
学習領域	化学実験
イメージ画像	■実験の様子 
概要	密を避けるために通常の半分の人数で実施

	実験室では、入退室時のアルコール消毒や飛沫防止パーティションの設置、十分な換気を取るなどの対策を講じている
参考 URL	・(記事) 感染拡大防止策を講じ、農学部で対面での実験・実習が再開されました - 玉川大学レポート https://www.tamagawa.jp/education/report/detail_18310.html

事例35 広島大学 1年生 化学実験レポート「再開！やっぱり対面だ！」（環境科学コース）

実施主体	広島大学
主体種別	大学
取組分類	対面実験
対象者	生命環境学科 1 年生
情報公開年月	2021 年 7 月
学習領域	化学実験と測定の基礎実験
イメージ画像	■実験の様子 
概要	対面実験を中止している間はビデオコンテンツで事前学習を実施 対面実験の感想として「行動することで印象に残り覚えやすかった」や「映像だけの知識が自分で行うことで確実なものとなった」などの意見が得られた 授業開始時には検温、手指消毒、フェイスシールド着用、定員の半分で実施などの対策を講じた
参考 URL	・(記事)【生命環境学科】1 年生 化学実験レポート-1「再開！やっぱり対面だ！」（環境科学コース） - 県立広島大学お知らせ https://www.pu-hiroshima.ac.jp/site/bioresourcesciencesf/210716.html

事例36 日本大学 基礎科学実験 1 シラバス

実施主体	日本大学
主体種別	大学
取組分類	オンデマンド授業
対象者	文理学部 生命科学科（物理生命システム科学科）
情報公開年月	2021 年
学習領域	基礎化学実験
イメージ画像	なし
概要	オンデマンド授業では Blackboard を連絡で使用 オンデマンド授業と課題研究では、配布資料を基にして家庭でも学習ができる項目の課題を作成しレポートなどを提出 入校制限内での対面授業においては、必要最小限の重要な実験項目に焦点を絞り、実験後にレポートを作成 オンデマンド授業と課題研究で提出されたレポートに対しては、対面授業内などにおいて解説やコメントを伝えている 実験に参加できない場合は事前に承諾を得て、代替の課題を提出させている
参考 URL	・（シラバス）文理学部シラバス（文理学部 生命科学科（物理生命システム科学科）基礎科学実験 1 - 日本大学文理学部シラバス https://syllabus.chs.nihon-u.ac.jp/op/syllabus72615.html

事例37 日本大学中学校【中学 3 年生】感染防止に配慮した理科の実験授業

実施主体	日本大学中学校
主体種別	中学校
取組分類	対面実験
対象者	中学 3 年生
情報公開年月	2020 年 9 月
学習領域	実験
イメージ画像	■電子黒板を使って講義している様子

	 ■実験の様子 
概要	理科の授業で ICT 機器やフェイスシールドを用いて感染防止に配慮しながら実験を実施 電子黒板で先生が実験の方法を説明 フェイスシールドをつけて 2 人組で実践 実験終了後には教員が実験器具の消毒を行う
参考 URL	・(記事)【中学 3 年生】感染防止に配慮した理科の実験授業 - 日本大学中学校オフィシャルブログ https://www.nichidai-sj.ed.jp/blog/junior/news/7115/

事例38 石巻専修大学【生物科学科】2 年次「化学実験」を対面形式で行いました

実施主体	石巻専修大学
主体種別	大学
取組分類	対面実験
対象者	理工学部生物科学科 2 年生
情報公開年月	2020 年 7 月
学習領域	酵母の発酵過程、アルギン酸カプセルの調製

イメージ画像	■酵母の発酵過程実験の様子 
概要	2019 年度までは学習者を 2 班にわけて実験を実施していたが、2020 年度は密を避けるために学習者 64 名を 16 名ずつの 4 班にわけて、2 班ずつ隔週で実施している 実験台には飛沫感染防止のためにビニールの間仕切りを設置 実験で使用する薬品や器具は教員があらかじめ準備し、学生同士の会話や接触の機会を減らしている 使用済み器具による感染を防ぐために使い捨ての器具を使用 実験後の器具の回収、廃棄、実験台のアルコール消毒などは講師とチューデントアシスタントが行っている
参考 URL	・(記事)【生物科学科】2 年次「化学実験」を対面形式で行いました- 石巻専修大学ニュース https://www.senshu-u.ac.jp/ishinomaki/news/nid00011291.html

3.5.3. 調査まとめ

化学分野の実験・実習等の遠隔教育モデルを検討するために、本調査では、専門学校や大学等における新型コロナウイルス感染症への対応などを目的に導入された化学分野等での実験・実習等の技術教育の特徴的な取組み事例を調査した。収集した事例の主な実施手法としては、大きく「ライブ配信」「ビデオコンテンツ等のオンデマンド配信」「VR・AR」「実験キットの送付」「対面実験」「ハイブリッド授業」の6つである。

調査の過程で特に多く見られたのは「対面実験」や「ハイブリッド授業」である。これらの事例では基本的に、新型コロナウイルス感染症に対応するため、フェイスシールドの装着や3密の回避、換気の徹底など、感染症対策を実施した上で、実験室等での実験を実施している。他の調査結果にも表れていたように、遠隔で自宅等での実験・実習の指導は困難と判断した教育機関が多かったためと考えられる。一方、自宅でも実験等を行うことができるよう、「実験キットの送付」の事例で取り上げたように、実験に必要な器具や試薬をパッケージ化して学生に配布した事例もあった。

次に比較的多く見られたのは「ライブ配信」と「ビデオコンテンツ等のオンデマンド配信」であった。「ライブ配信」については、オンラインミーティングツールを活用するという点で共通性が見られたが、内容については各校での工夫が見られた。最も多かったのは、実験の様子や流れをライブ配信する方法だが、学校の実験室の化学機器に遠隔アクセスして実験を行っている事例や、各学生に市販されている道具や身近な物を使用した簡易的な実験装置を用意させ、それらを使用して遠隔で指導するといった事例も見られた。

「ビデオコンテンツ等のオンデマンド配信」については、各校で資料や映像を作成して、YouTubeやGoogle Classroomなどの既存のプラットフォームを使用して学生向けに配信している事例が見受けられた。

また、「VR・AR」に関する事例では、スマートフォンやタブレットなどを活用して3Dオブジェクトを表示した事例や、HMD（ヘッド・マウント・ディスプレイ）を用いて実験の様子を視聴させた事例などを発見できた。今年度調査した範囲では、いずれも本格的に化学分野の教育に導入された事例ではないようだが、必要に応じてより詳細な情報の収集を検討したい。

これらの調査結果を踏まえて、化学分野の実験・実習等の遠隔教育モデルの検討を進めていく。