

3. 開発報告

今年度はまず、本格開発に向けての課題の洗い出し等を目的として、前年度の開発成果を活用した試用検証を行った。この結果を受けて、遠隔教育モデルの設計や「3DCGVR トレーニングコンテンツ」「e ラーニングコンテンツ」「360° VR 映像コンテンツ」の本格開発を実施した。また、これらの教材をオンライン上で運用するための「e ラーニング環境」を調達した。

以下にそれぞれの活動について報告する。

3.1. 令和 3 年度開発成果の試用検証

3.1.1. 実施概要

今年度、化学実験の遠隔教育モデルを検討するにあたり、まず前年度にプロトタイプ開発した成果物について、実際に試用検証を実施することとした。

試用検証の対象としたのは、「中和滴定」を題材とする 3DCGVR トレーニングコンテンツと 360° VR 映像コンテンツである。これらのコンテンツ等を、本校（日本分析化学専門学校）の化学系科目の指導教員や化学系科目履修者に試用させ、利用に伴う運用課題、使いやすさ、内容構成の有効性・妥当性等に関するフィードバックを得ることとした。実施概要は下表の通りである。

開催日時	5/18（水） 16:00～17:30											
会場	日本分析化学専門学校											
参加者	・ 日本分析化学専門学校 2 年生 5 名 ・ 日本分析化学専門学校 教員 8 名 計 13 名											
使用機器等	・ VR 端末 ： Meta Quest 2（Oculus Quest 2） 1 台／人 ・ VR コンテンツ：① 中和滴定実験 VR トレーニングコンテンツ（3DCG） ② 中和滴定実験 VR 映像コンテンツ（360 度映像）											
講座内容	<table><tr><th>実施項目</th><th>時間</th></tr><tr><td>事業趣旨・事業概要説明</td><td>10 分</td></tr><tr><td>VR 機器操作説明・コンテンツ説明</td><td>15 分</td></tr><tr><td>中和滴定実験 VR トレーニングコンテンツ体験（ゴーグル装着）</td><td>30 分</td></tr><tr><td>中和滴定実験 VR 映像コンテンツ体験（ゴーグル装着）</td><td>20 分</td></tr></table>		実施項目	時間	事業趣旨・事業概要説明	10 分	VR 機器操作説明・コンテンツ説明	15 分	中和滴定実験 VR トレーニングコンテンツ体験（ゴーグル装着）	30 分	中和滴定実験 VR 映像コンテンツ体験（ゴーグル装着）	20 分
実施項目	時間											
事業趣旨・事業概要説明	10 分											
VR 機器操作説明・コンテンツ説明	15 分											
中和滴定実験 VR トレーニングコンテンツ体験（ゴーグル装着）	30 分											
中和滴定実験 VR 映像コンテンツ体験（ゴーグル装着）	20 分											

	VR コンテンツ体験後アンケート	15 分
	計 90 分	
評価方法	・ 学実験学習 VR コンテンツ体験後アンケート	

3.1.2. 実施結果

(1) 実施の様子



(2) 体験者アンケートの構成

試用検証に参加した学生・教員に対し、主に以下の3項目について、検証終了後、自由記述形式のアンケート調査を実施した。

- ① VR コンテンツや VR 端末を体験した感想について
- ② 体験した VR コンテンツの活用方法のアイデアや改善点について
- ③ 今後の VR コンテンツ等の開発方針へのアイデア等について

(3) 体験者アンケートへの回答結果

試用検証に参加した学生・教員から寄せられた意見について、以下に記載する。なお、自由記述を適宜要約・分割して整理していることに留意頂きたい。

① VR コンテンツや VR 端末を体験した感想について

(3DCG VR コンテンツについて)

- ・ 実験を行う流れがわかり、イメージが付きやすい。
- ・ ゲーム感覚で楽しく学ぶことができそうだと感じた。
- ・ 手を動かして実験の流れを確認できるため、予習に最適だと感じた。
- ・ 実験の理解が進み、スムーズに実験の実践ができると感じた。
- ・ 実験の実技試験の前に自分で練習できたら、安心して実技試験に取り組めると感じた。
- ・ 入学前に体験すれば、入学後により技術が身に付きやすくなると感じた。
- ・ 初めて器具を使う人には、実験というものがイメージしやすくなると思った。
- ・ とてもリアリティのあるコンテンツだと感じた。実際に滴定操作から VR に変換していることもあり、臨場感あるものになっているように感じた。
- ・ 現実世界で見たら私は変な人に見えているであろうと思ったが、ゲーム性があり「まだやりたい!」と思える程楽しかった。
- ・ バーチャルの実験室はよく作り込まれている印象で、事前学習として十分に活用できると感じ、楽しみながら学べるとも感じた。

(360 度 VR 動画について)

- ・ 実験室で器具の扱い方や注意点を映像で細かく確認でき、事前学習に最適だと感じた。
- ・ 自分が小さくなった状態で 3D 動画の中に入っているような感覚を覚えた。同じ 3D 動画を PC などで見た時よりも、見たい部分を良く確認できた。
- ・ 実験者を見上げる動画になっているため、圧迫感を感じた。
- ・ 360 度 VR 動画は近くでいる感覚になった。次に撮影する際には、カメラの置く高さも考える必要があると思った。
- ・ 実験手順自体については 360 度 VR 動画である必然性はないと思う。
- ・ 入れすぎた水酸化ナトリウムを棄てる場面で、時計皿をチリトリではいており、正しく

ないと感じた。

(VR 酔いについて)

- ・ 長時間の体験は酔いやすいと感じた。
- ・ 体験の最後の方は酔ってしまい、実験を進めるのをあきらめた。
- ・ 30 分ほどの使用で少し酔った。その後、頭がフワフワとしてしまい文字が書きづらく、授業に支障が出そうだと感じた。
- ・ 少し酔ってしまった。VR 実験の操作感をもう少し現実に近づけ、手をうごかすように直感的に操作ができればよいと感じた。対策方法も必要だと感じた。
- ・ 長く装着していると、酔う感覚にもなった。操作に慣れていなければ、元々酔いにくい人でも、酔いやすくなるかもしれないと感じた。
- ・ 今回は時間を区切って操作を行い、多少酔いはあったが、長く楽しむことができた。

(VR の操作性等について)

- ・ 操作を覚えるのに時間がかかるのではないかと感じた。
- ・ 操作等に慣れるまで手間と時間がかかりそうだと感じた。
- ・ コンテンツ体験をする前に、操作だけのシミュレーションができればスムーズにコンテンツに取り組めると感じた。
- ・ 操作が難しいのが印象的だった。
- ・ 初めての体験で、操作方法が難しかったが楽しかった。
- ・ はじめはコントローラーが使いにくいと感じたが、次第に慣れた。
- ・ ボタン (ABYX) の位置がゴーグルをつけている状況では分からないのがネックだなと感じた。
- ・ 3DCG VR コンテンツは馴染みのある器具を使用していたので、戸惑ったポイントは操作性のみだと思う。
- ・ 重要な作業であるメスアップの部分の操作性は改善したほうがよいと思った。
- ・ 現時点のコンテンツでは、実験中に左右へ動くことになる。現実で動いてしまうと怪我につながるので、動く必要は避けたほうがよいと思う。
- ・ 実験操作には慣れが必要だと感じた。ゲーム世代には理解しやすいと思う。
- ・ コントローラーの扱いに慣れるにつれ、ある程度実体験に近い経験ができた。
- ・ テレビゲームをほとんどやったことのない私にはコントローラーの操作が慣れず、悪戦苦闘した。
- ・ 操作性はもう少し簡単になると良いかと思うが、実際の器具を利用したように予習できる点は使えると思った。
- ・ コントローラーの操作に慣れるためのプログラムがあった方が、慣れていない学生のためには良いように感じた。
- ・ 器具を掴む精度が低く、器具の反応が悪い部分があったので、初めて実験を行う人は実験に集中できないおそれがある。

- ・物が机のギリギリに置かれていて、何度か器具を落としてしまった。
- ・指を5本使えと良いと感じた。
- ・実験手順を把握していたのでコントローラーの扱いに手間取っても楽しめたが、実験手順を理解していない高校生などにVRから体験させることは不向きだと感じた。
- ・コントローラーを使いこなせず、思うようにホールピペットをつかめない、ホールピペットが転がって落ちる、メスシリンダーが転倒するなどがあり、少し心折れそうだった。本校の学生だと、この時点でやる気を失くす可能性もあると思った。

(VR 端末についての感想)

- ・ゴーグルの付け方が簡易的で分かりやすかった。
- ・ゴーグルを着ける時に眼鏡がずれて、焦点が合わないことがあった。
- ・ゴーグルが重いため長時間の使用は大変だと感じた。
- ・ゴーグルの重さで首が痛くなるのではないかと感じた。
- ・メガネがあるとゴーグルを脱着しづらいと感じた。ピントも合いにくい。

(その他の感想)

- ・没入感がすごい。
- ・思った以上に美しい画像でした。
- ・とても素晴らしかった。本番がとても楽しみ。
- ・思った以上に楽しいコンテンツでした。
- ・想像以上に仮想空間ができていて驚いた。楽しかった。
- ・短時間でもかなり疲労を感じた。

② 体験した VR コンテンツの活用方法のアイデアや改善点について

(活用方法のアイデア)

- ・VR 実験は、入学前の事前学習やリモート授業、長期休暇中の実験のない時期、日々の実験の復習や予習などに活用すれば、より知識と技術が身に付くと感じた。
- ・実験の待ち時間や、手元が見えにくい実験の場合には利用できると思う。
- ・ヒヤリハット事例などの紹介などに良いと思う。
- ・360 度 VR 動画をくり返し視聴し、操作の流れが頭に入った上で VR を経験すると教育効果が上がると思う。
- ・事前にコンテンツを視聴していれば、スクーリングの際に実験の説明を省くことができ、実験の時間を多く確保できると思う。
- ・実験手順を確認する上で活用できると思った。実際には、ある程度のグループ分けをして、取り組ませるか、空き時間などを利用して、課題として授業時間外に取り組ませることもできるかと思った。

(コンテンツに関する改善点・課題・気になる点)

- ・手順を理解している人だけで行ったため、少しの間悩むだけで進みましたが、初めての

人がするにあたっては、途中まで誘導があればいいかもしれないと感じた。

- ・ 今の実験では実験ノートを見ながら実験をしているので、ホワイトボードの説明だけでは学生が進められるのかどうか分からないのが懸念点。
- ・ 初心者であれば、各手順のやり方についてのデモがあれば分かりやすいと感じた。
- ・ 初めて実験を行う人の利用を想定して、器具の名前を表示してもらいたい。器具を見せたり触らせたりしているが、なかなか覚えられない生徒も多い。
- ・ もう少し説明や器具、試料の名前があってもいいように感じた。
- ・ 薬さじを落したり試薬をこぼしたりしたが、VR なので罪悪感が低かった。操作でミスをした場合は減点などルールがあっても良いと感じた。
- ・ 温度（熱・冷）やにおいも感じる事ができればなおよい。温度を吹き出しやサーモグラフィなどで表示すれば、改善につながると思う。
- ・ ビーカーなどの透明度が高すぎてかえって見にくい。ビーカーに水を入れた際も透明度が高く、見えにくかった。もう少し着色した表現でも良いと思った。
- ・ VR ゴーグルが重いこともあり、ホワイトボードの指示を見るのがつらい。
- ・ 中和滴定については正面からの映像に加え、手元の拡大動画がピクチャーインピクチャー形式で見ることができると良いと思った。

（操作性に関する改善点・課題・気になる点）

- ・ ファミコンのようなコントローラーで扱えるコンテンツにしてほしい。ゴーグル部分は安価で用意できるが、コントローラーをそろえるとなると高価になると思う。
- ・ 最初の時点で利き手の設定が出来れば良いと思った。私自身が左利きであり、選択するレーザーのようなものが出るのが右手だった為、少し扱いにくいと感じた。
- ・ VR コントローラーを使わず、ファミコンのようなコントローラーで、十字キー＋コマンド選択式にすれば初学者にもなじみやすいと考えた。試薬をさじですくう際や、ビーカーを攪拌する際はモーションキャプチャーした 3D 動画が適していると思う。
- ・ 裏側へ行った時の対策として、初期位置に戻るような設定もほしい。
- ・ 視点の変え方について、スマホのアプリゲームのように好きなように視点を変えられるようにしたらいいかと思った。

（その他の改善点・課題・気になる点）

- ・ 全員にゴーグルを付けて体験させるとなると、それぞれが体験していることの管理が大変だと感じた。今回も 15 名程度が一斉に行ったが、それぞれに進度がことなり、フォローが難しいと思った。

③ 今後の VR コンテンツ等の開発方針へのアイデア等について

- ・ （機器分析化学実験）ガスクロや液クロなどの機器分析も操作のシミュレーションには良いと思った。注入する分量や結果はリアルではありませんが、理論を動画で学んで、VRで行うのはイメージがつきやすいと思う。

- ・ **(機器分析化学実験)**でたくさんの機器を扱うが、なかなか1人あたりのさわれる時間が短いので、VRで学びたいと思った。
- ・ **(機器分析)**などで、実際に壊して見られない装置のメンテナンスもVRの体験ができればよいと思う。
- ・ **(機器分析実験)**中和滴定等は実験器具の数も多いので、みんなが実験に参加できるが、機器分析実験は一度にできる人数が限られてくるため。
- ・ **(機器分析実験)**今回体験させていただいた中和滴定に加えて機器分析実験の内容も取組めれば、さらに知識と技術を得られるのではないかと感じた。VRで実際に機器に触れることができれば、より分析の力が身に付くと思う。
- ・ **(分析機器の授業)**実験で実機に触る前に装置の構造や測定原理を学ぶ場合、学生はイメージが湧きづらく、苦勞する。このような場面でVRは有効と考える。
- ・ **(定性分析実験)**おそらく定性分析実験を通してVRで経験できるようになると、定性分析実験の学習、ひいては技能士3級の受験対策に非常に強力なツールとなると思う。問題としては実験を進める際にルートは1つではなく、いくつものやり方があるので、どの条件をクリアすれば次のステップに進めるかの条件設定が難しいと思われる。
- ・ **(定性分析実験)**特に技能士3級の定性分析の範囲についてのコンテンツができれば、非常に有用だと思った。化学系の学科を持つ工業高校でも必要とされると思う。本校のカリキュラム通りの定性分析実験では、使用する試薬も多く、すべてを網羅することは難しい/開発期間が非常にかかると思うが、技能士3級の範囲だと7種類のイオンに限定されるので、現実的な期間で開発できるのではないかなと思う。
- ・ **(化学分析技能士の対策)**今回のシュウ酸ではなく、技能士で実際に扱う試薬、手法を使って滴定のVRがあればいいと思う。機器のメンテナンスやもしもの扱いもほぼ学ぶことは無いので、そのようなトラブルシューティング、普段はできない操作を学ぶことができればと思う。
- ・ **(技能士3級の実験練習)**をするコンテンツは必要だと思う。定量は滴定操作となり、今回のものと近いが、定性分析実験も色の変化、沈殿などの様子など、変化した様子を実際にVRで体感できることは、効果的であると考えます。
- ・ **(バイオ系実験での無菌操作)**クリーンベンチ内での操作はクリーンベンチという構造物の影響で教員による演示が見にくい。クリーンベンチ内での操作は細かな操作が多いが、その1つ1つが大切で怠るとコンタミネーションの原因になる。そのため、細かな操作を修得するためにVRは有効と考える。
- ・ **(バイオ系実験の器具操作)**細菌や遺伝子を扱う際、実験で用いるマイクロピペッターは、学生一人1つはないので、どうしても説明が分かりにくく、何度も分けて説明しなければなりません。コンテンツやスライドで説明し、VRでイメージすれば、力加減は難しいとしても、実際の触れた際には、ある程度使いこなせると思う。
- ・ **(後期の定量分析実験の中和滴定の際にするpHメーターの校正)**pHメーターの校正

は VR コンテンツで実施しやすく、初めて使う器具もあるので VR で行う意義がある。実験手順は少ないが、理解しにくい部分があるので、VR で理解を深めるのがいいと感じた。

- ・ **（クリーンベンチで行う無菌操作や分析機器）**の操作を体験したい。
- ・ **（実際に使うと危険な薬品・非常に高価な試薬の実験）**の場合に利用すると、理解が深まると思う。

3.1.3. 試用検証の結果分析

この試用検証を通して、プロトタイプ的に開発した中和滴定実験を題材とする「3DCGVVR コンテンツ」「360 度 VR 映像コンテンツ」は実験教育への活用が期待できることが明らかになった。一方で、特に「3DCGVVR コンテンツ」については大きく以下の 2 系統の課題が明らかになった。

① 機器操作・コンテンツ操作等のユーザビリティに関する課題

試用検証に参加した学生や教員は全員が VR 機器に触れた経験がなく、今回の試用検証が初体験となった。そのため、コントローラーの操作方法の理解やコンテンツ上で求められる動作等に慣れるまでに時間を要した。また、器具をつかみ方や操作方法がわからない、器具を落としてしまい進行不可になるなど、充分に実験学習を進めることができない参加者も散見された。加えて、VR 酔いを指摘する参加者も多かった。

これらへの対策として、VR 機器への慣れ、コンテンツ内での器具の操作方法のガイド、VR 空間内での操作支援(オブジェクトの操作判定の緩和等)などが課題として挙げられた。

② 学習の位置づけを踏まえたコンテンツ構成の課題

試用検証に参加した学生や教員は全員が、中和滴定実験の手順や実験器具等に関して精通していたが、初学者が利用するにあたっては、実験の手順や器具の名称が表示されるなど、実験の進行補助が必要ではないかとの意見が多数挙げられた。

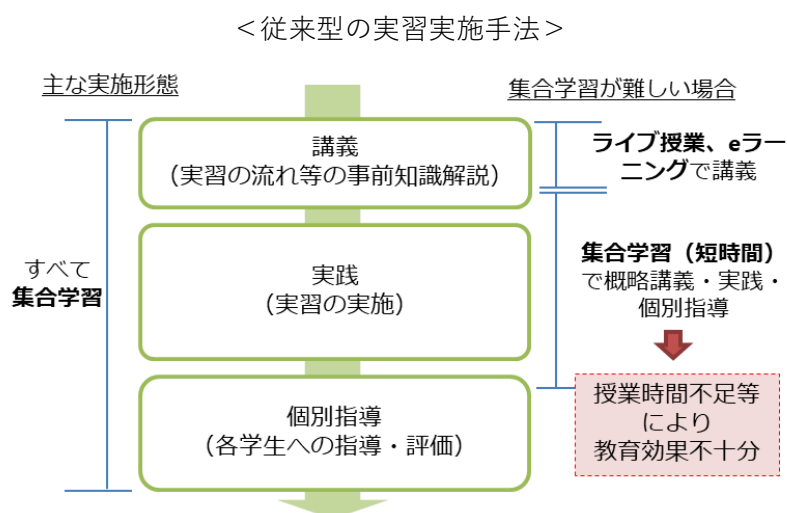
以上の課題を踏まえ、遠隔教育モデル及び各種コンテンツの検討に着手した。また「3DCGVVR コンテンツ」については、プロトタイプ版をもとに、上記の課題を踏まえて具体的にどのように改修するかについて議論を行い、開発を進めた。

3.2. 化学分野等での実験・実習における遠隔教育モデルの検討

3.2.1. 遠隔教育モデルの概要

本事業で構築する遠隔教育モデルは、化学分野等における専門学校専門課程の実験実習を学習ターゲットとする。

分野を問わず専門学校の実習科目の教育は、基本的に集合学習形態が常であり、長期に渡って繰り返し講義と実践・個別指導を行う中で、技術を習得させるのが一般的であった。昨今の社会情勢から集合学習が実施困難となり、その代替手段とされているのは、映像学習への転換、短時間・少数での集合学習、それらの組合せ等である。しかし遠隔教育段階での学習者の理解度不足、集合学習の短時間化などを要因として、必要十分な学習効果を得られるとは言えない状況にある。

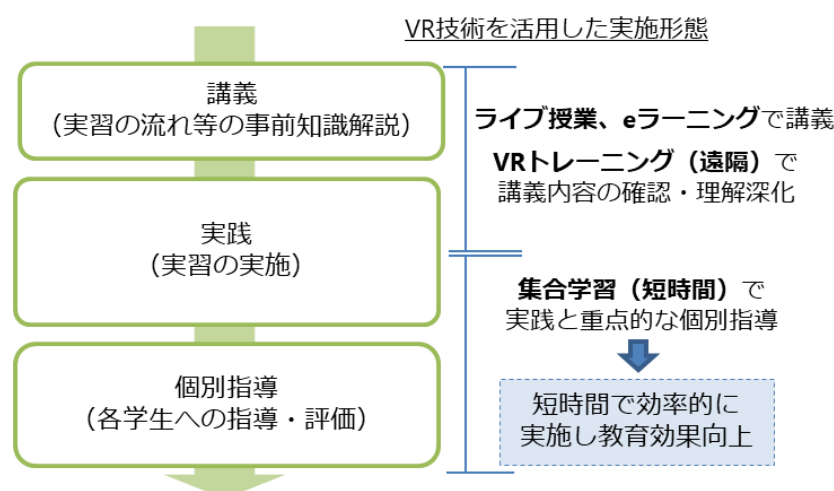


そこで本事業では、遠隔教育の充実により短時間の集合学習の効果を最大化し、従来手法よりも高い教育効果を得ることを目標として、VR 技術を活用した技能トレーニングを組み込んだブレンディング型の遠隔教育モデルを構築する。

実習科目の授業は大きく「講義」「実践」「個別指導」の3段階で進行する。本モデルではまず、「講義」をeラーニングやライブ授業で実施することを想定する。さらに、VR トレーニングを活用した遠隔教育により「実践」の一連の流れをバーチャル空間で体験させると同時に、実験器具の扱い方や作業の流れ、注目するポイントなど「講義（事前知識解説）」で取り扱う内容に関する理解を深めさせる。その上で集合学習を実施し、「実践」と重点的な「個別指導」を行う。このような形態とすることで、講師は画一的な講義や実験の流れの説明などを行う時間を短縮でき、技術力向上に必要な個別指導に時間を割くことができる。ま

た学習者は充実した事前知識を持って実習に取り組むことができる。これにより、短時間の集合学習で最大限の教育効果を期待できる。

<本事業の遠隔教育モデル>



なお、現状は専門学校の実験・実習への VR 技術等の先端技術の適用は試行段階である。化学分野も然ることながら、他分野も含めても、専門学校での実験実習への本格導入に至った事例は見受けられない。海外での教育機関等での導入事例や、国内の民間事業者の教育サービス等の類似事例は見受けられるが、前章で報告した調査結果から、国内の専門学校への本格導入の実績を持つ事例や、本事業の構想に適合する事例は見受けられなかった。本事業では、こうした事情を踏まえ、後述の各種実験コンテンツのプロトタイプ開発を実施した。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する。

3.2.2. 遠隔教育の導入範囲

本事業で構築する遠隔教育モデルは、化学分野をはじめ、バイオ・農業・医療・美容など実習科目を中核とする関連分野にも適用する想定で検討する。このモデルの具体化を行うにあたって、まず実施主体である本校が教育する化学分野にてモデル化を試みる。

導入対象とするのは、本校の専門課程平日学科の共通科目である実習科目「基礎化学実験」である。この科目で取り扱われる学習内容は、特定の実験手法を学ぶだけでなく、実験室での安全教育や器具の扱い、レポートの書き方など実験に関連する汎用的な技能の醸成を学習目的としている。他分野でも取り扱うことの多い学習項目も含まれているため、本事業で構築される遠隔教育モデルは当然のことながら、各種コンテンツをそのまま多くの専門学校が活用できるほか、化学分野のリカレント教育・高専連携教育でも活用可能である。

当該科目は通常、集合学習で実施される科目だが、取り扱う学習項目はそのままに、遠隔教育で実施する想定で再構成を行った。シラバス（案）を下表に示す。時間数は計 90 時間で構成され、そのうち 36 時間は遠隔教育で実施する。これを素案として、具体的なライブ映像・e ラーニング・VR トレーニングの時間配分やコンテンツの内容、遠隔教育と集合学習の時間配分、従来型の教育手法との教育効果の差異などについて検討・検証を行い、そこで得られた知見を本事業の遠隔教育モデルとして取りまとめる。

なお、下表に示すのは現行案であり、次年度以降の事業推進の過程で議論を進め、導入対象の時間数や科目数の拡張も視野に入れて検討していく。

＜日本分析化学専門学校 平日学科共通 実習科目「基礎化学実験」シラバス＞

学習回	形態	学習テーマ	実施手法	時間数
第 01 回	講義	安全教育、器具の取り扱い	遠隔授業（ライブ・eL・VR）	6.0 時間
第 02 回	講義	実験ガイダンス① レポートガイダンス	遠隔授業（ライブ・eL・VR）	6.0 時間
第 03 回	実習	中和滴定（化学的滴定法）	集合学習	27.0 時間
第 04 回		クロマトグラフィー		
第 05 回		アセチルサリチル酸の合成		
第 06 回	講義	レポート指導①	遠隔授業（ライブ・eL） 個別指導	6.0 時間
第 07 回	講義	確認テスト	遠隔授業（eL・VR）	6.0 時間
第 08 回	講義	実験ガイダンス②	遠隔授業（ライブ・eL・VR）	6.0 時間
第 09 回	実習	細菌学的検査	集合学習	27.0 時間
第 10 回		中和滴定（電位差滴定法）		
第 11 回		アセチルサリチル酸の合成・再結晶の効果判定		
第 12 回	講義	レポート指導②	遠隔授業（ライブ・eL） 個別指導	6.0 時間
単位数 3 単位 学習時間数 計 90.0 時間（内、遠隔 36.0 時間、集合 54.0 時間）				

3.3. 3DCGVR トレーニングコンテンツ

3.3.1. 開発概要

今年度開発した 3DCGVR トレーニングコンテンツは、本校の実験科目「基礎化学実験」のうち最初の実験である「中和滴定」を題材としている。前年度に開発したプロトタイプ版をもとに、前掲の試用検証の結果を受けて課題の洗い出しを実施し、コンテンツや機能の拡張をしてブラッシュアップする形で開発を進めた。

本コンテンツは、実験前の事前準備として、e ラーニングでの知識学習や、360° VR 映像コンテンツで実験の流れを学習した後に、更なる理解の深化を行うために使用される想定である。

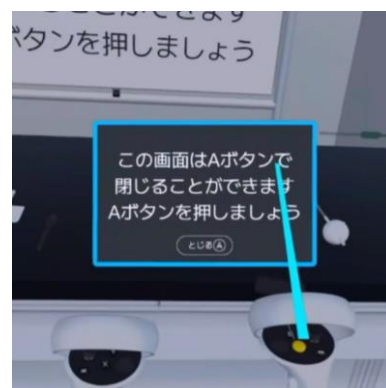
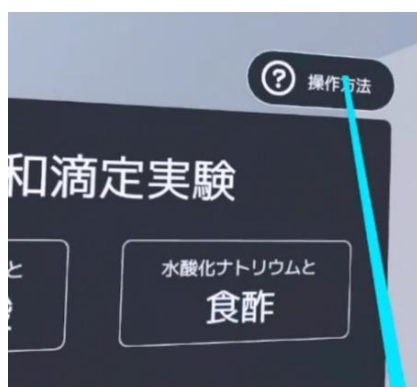
本コンテンツを利用する学習者は、HMD タイプ（ヘッドマウントディスプレイ）の VR 端末（Meta Quest 2）を装着して学習を行う。インタラクティブなコンテンツとなっていて、学習者はバーチャル空間上に用意された 3D オブジェクトの実験器具や試薬を操作して、実験を進行させる。その際、実験器具の誤操作をしたり、実験手順を誤ったり、異なる器具・試薬を使用したりすると、エラー表示が出たり、実験結果が失敗になったりするというゲーム的な要素が盛り込まれている。

3.3.2. 主な改修のポイント

前掲の「令和 3 年度開発成果の試用検証」に掲載したプロトタイプ版に対する学生・教員からのフィードバックをもとに議論を進め、改修ポイントを具体化した。今年度実施した主な改修のポイントは以下の通りである。

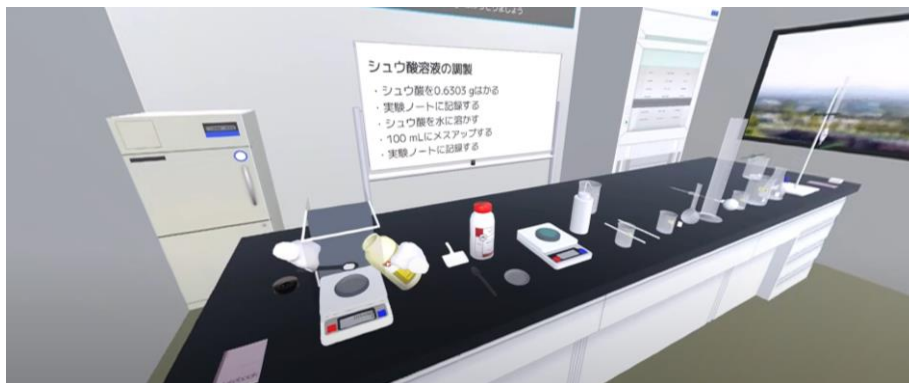
① 操作ガイドコンテンツの追加

- VR 実験室内での移動方法、メニューの使い方、実験器具や試薬等の操作方法など、学習に必要な基本的な操作を習得するためのコンテンツを追加



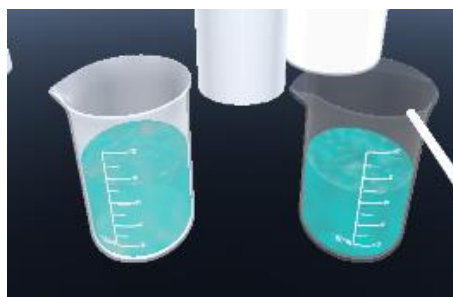
② 物理判定と器具の位置調整

- 実験器具の誤操作や落下などを防止するために、机を広くして器具を離して配置するとともに、物理判定を広げたり、器具を落下しないようにしたりして調整



③ オブジェクト（実験器具・試薬等）の改良

- 透明度が高く見づらい実験器具について透明度を下げたり、溶液の滴下時の演出を見やすくしたりなどして調整



※改修後：左、改修前：右

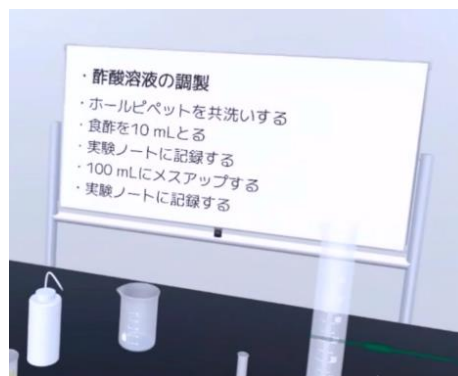
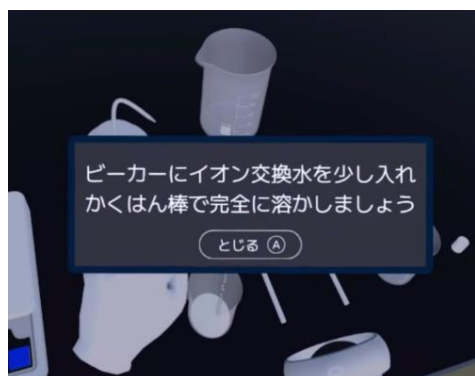
④ 実験器具や試薬の名前の表示

- 3D オブジェクトに近づくと実験器具や試薬の名称が表示されるように調整



⑤ 実験手順ガイドの強化

- 初学者向けに実験手順を進行に合わせて細かく表示。
- ガイドの表示をせず、学習者が実験手順の理解度をテストできるモードも用意。



⑥ 誤操作に対するフィードバック

- 基本的には実験操作はガイドにより一本化。
- 一部の誤った操作に対して警告の表示によりフィードバックを行う。



⑦ 温度やにおいの可視化

- 温度変化やにおいの変化を吹き出しで表示。



⑧ その他の改修ポイント

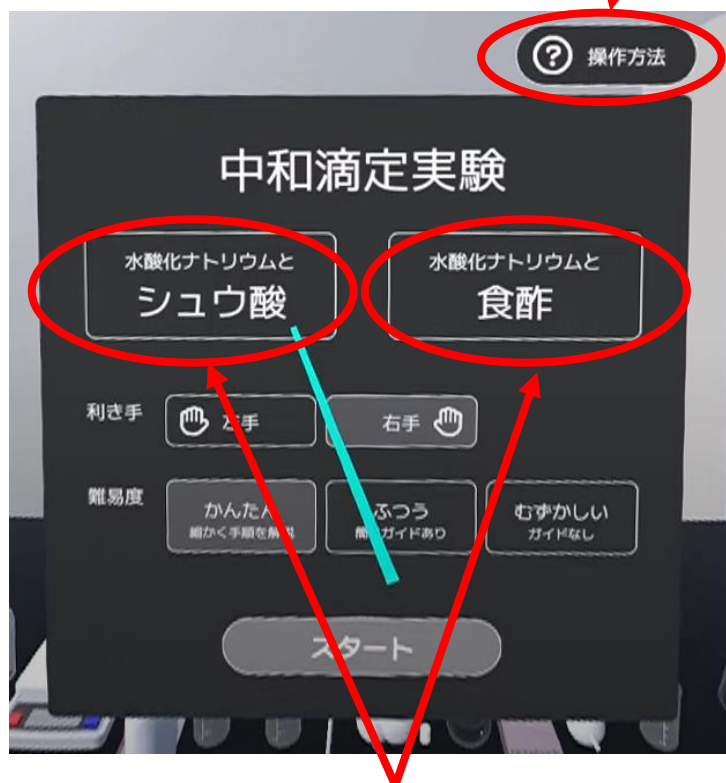
- VR 酔い対策の導入（移動時に視野を狭める）
 - メニュー等のインターフェースの改良
 - 器具や立ち位置を初期位置に戻すメニューを追加
 - ボタンが見えやすいように器具をつかんでいない際はコントローラーを表示
 - 「利き手」の選択メニューの追加
 - 次に操作する実験器具や試薬の名前を青く表示
- など

3.3.3. コンテンツ構成と学習の流れ

本コンテンツでは前年度を踏襲して、「水酸化ナトリウムとシュウ酸 2 水和物の中和滴定」と「食酢と水酸化ナトリウムの中和滴定」の 2 系統の中和滴定実験を、VR 端末 (Meta Quest2) で体験することができる。

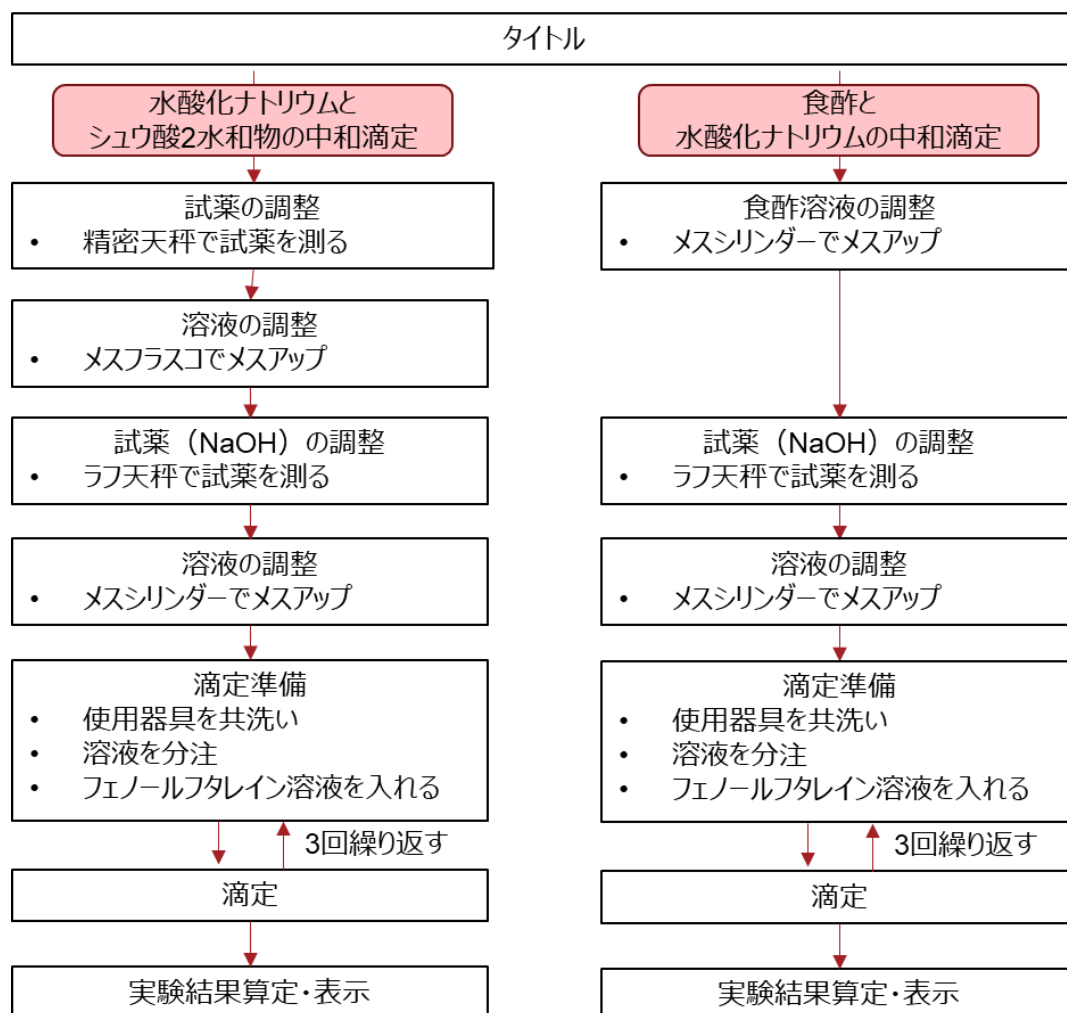
学習者は本コンテンツにアクセス後、下図に示すように、どちらの実験を実施するかをメニューから選択することができる。また前項で述べた通り、学習前に操作のチュートリアルを体験できる「操作説明」というメニューを追加した。

「操作方法」を押すとチュートリアル開始



いずれかを選択して「スタート」を押すと実験開始

上記メニュー選択後、学習者はバーチャル空間上で操作可能な 3D オブジェクトとして設置された実験器具や試薬を用いて、以下の流れで実験を進めていく。



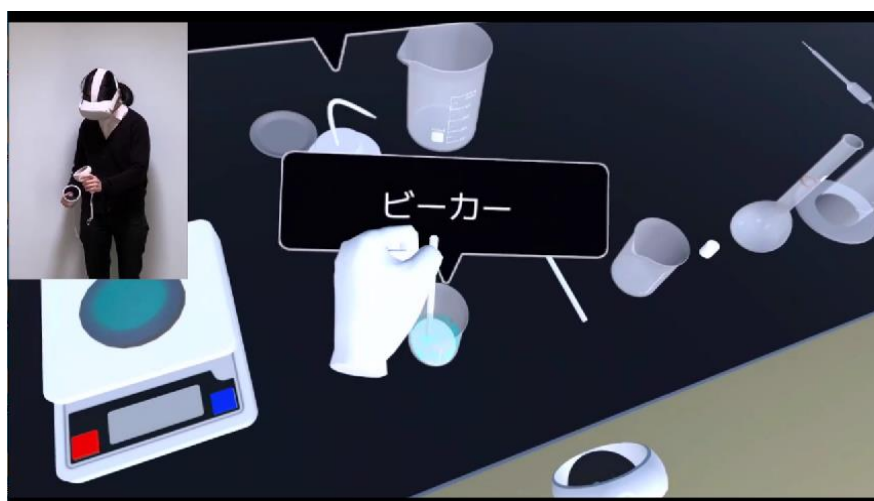
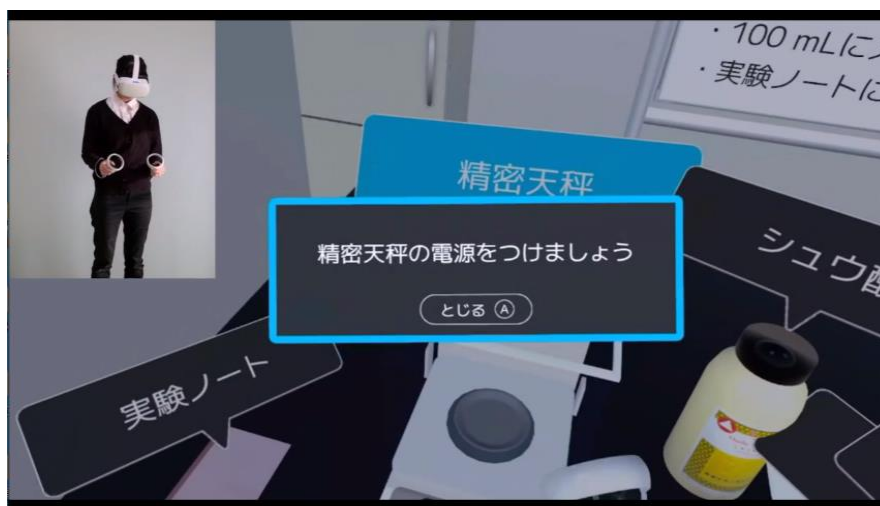
3.3.4. コンテンツイメージ

今年度開発した 3 DCGVR トレーニングコンテンツのイメージを以下に示す。

本コンテンツの学習では、基本的に画像で示すように、学習者が正しく 3D オブジェクトの実験器具等を操作することによって学習が進行する。基本的な実験の流れは、前掲のようにガイドが表示されるので、ガイドに従って学習を進めていく。

なお、本コンテンツ内での実験器具の操作は、あくまで VR 端末に付属するコントローラーで行われるものであり、実際の実験器具の操作とは異なる。例えば、ビュレットの操作は、実際には左手でコックを握り込んで少しずつ回すことで滴下量を調整するが、本コンテンツ内ではコントローラーのトリガーを押し込む強さで調整する。このような実際の操作と

VR コンテンツとの間で異なる点が随所に存在するため、実験の全体の流れを把握するためには効果を期待できる一方、特に実験器具の操作・取り扱いなどについては実際の実験実習の際にフォローする必要がある。



3.3.5. 改修版コンテンツに対する教員のフィードバック

(1) 再検証の実施概要

今年度開発した 3DCGVR コンテンツに対して、本校（日本分析化学専門学校）の化学系科目の指導教員が再度の検証を実施した。対象者はいずれもプロトタイプ版の試用検証に参加した教員である。実施概要は下表の通りである。

開催日時	12/19（月）、12/20（火） 日本分析化学専門学校 ※2日間の期間中、任意の時間で教員各自が体験を実施
会場	日本分析化学専門学校
参加者	・日本分析化学専門学校 教員 7名 ※全員が5月の第1回 教員対象 VR 実証講座に参加した教員
使用機器等	・VR 端末 : Meta Quest 2 (Oculus Quest 2) 1台/人 ・VR コンテンツ：中和滴定実験 VR トレーニングコンテンツ（改修版）
評価方法	・VR コンテンツ体験後アンケート

(2) 体験者アンケートの構成

再検証に参加した教員に対し、主に以下の4項目について、自由記述形式のアンケート調査を実施した。

- ① VR コンテンツや VR 端末を体験した感想について
- ② 前回（5月）の際の体験との比較について
- ③ 体験した VR コンテンツの活用方法のアイデアや改善点について
- ④ 今後の VR コンテンツ等の開発方針へのアイデア等について

(3) 体験者アンケートへの回答結果

再検証に参加した教員から寄せられた意見について、以下に記載する。なお、自由記述を適宜要約・分割して整理していることに留意頂きたい。

次年度以降、以下の意見も参考にしながら改めて課題を分析し、更なる発展に努める。

① VR コンテンツや VR 端末を体験した感想について

（コンテンツの内容（実験内容・器具等）について）

- ・ 注意事項などが出てくるところは分かりやすく、ホワイトボードの手順も見やすく感じた。
- ・ 実験器具にもラベルが貼られているので、使いやすいと感じた。
- ・ ゴーグルをつけた状態でも、スティックが見えており操作しやすいように感じた。
- ・ 自身が操作に慣れたということもあるかもしれないが、とても使いやすかった。

- ・ 水酸化ナトリウムを混ぜる際の「温度上昇」などの表記はより現実に近く良かった。
- ・ 次に進むための条件判定が厳しくて、なかなか先に進めない。例えば本当の実験操作では 0.6303g を計り取れなくて多少増減していてもファクターを使って実験を進めることができるが、今回のプログラムではきちんと計らなければ先に進めないようだった。
- ・ 実験では、使用済みの器具、ガラス棒やスポーテルを入れるところが無いので、困った。

(VR の操作について)

- ・ VR の使用が 2 回目でしたが、やはり 1 回目よりも操作が慣れてきた感覚があった。
- ・ 掴む動作がうまくできませんでしたが、比較的難易度は易しいものになったと思った。
- ・ スティック状で掴む動作が難しい。
- ・ 精密天秤の扉の開け閉めやホールピペットなどを掴むのは難しかった。

(VR 端末の負担感について)

- ・ ゴーグルが重く、疲れた感じがする。
- ・ 頭の装置がすごく重く、中和滴定操作までで疲労感は大きく感じた。
- ・ やはり長時間ゴーグルを装着していると酔ってしまう。
- ・ たったの 30 分弱だったが、酔ったような感じになった。
- ・ これまでよりも長い時間、使用した。操作している姿勢は、普通に立ったままの状態とは異なる。また、自身がその姿勢に慣れていないこともあり、足腰に疲労がたまりやすいと感じた。慣れるまでは、座ったまま取り組んでもっても良いのかと思った。

② 前回（5 月）の際の体験との比較について

(操作性の改善について)

- ・ 以前よりも、全体に操作はしやすいと感じた。2 回目ということもあると思うが、「慣れ」の重要性を感じた。
- ・ 実験台の移動がとても動きやすいと感じました。器具が落ちるというようなことがなくなったことも理由であると思います。その分、酔うことは減ったように感じる。
- ・ 扱いが分かりやすくなり、だいぶ実験を進めることが出来た。
- ・ 前回の修正も施されており、左利きでも使いやすくなっていた。
- ・ 操作性があがっていると感じた。
- ・ 器具や試薬類は掴みやすくなっていたと思います。試薬瓶の開け閉めなどのしやすくなっていたと思う。
- ・ メスアップや秤量などは現実に近づいたと思う。もう少し厳しい判定ができれば、メスアップの重要性や難しさが伝わると思う。

(操作補助（ガイド表示など）の改善について)

- ・ ガイドが出るため、どのボタンを操作すれば良いのかが分かって進めることが出来た。
- ・ 画面上にスティックの絵が出て、どのボタンを操作するのかなどの表示が出てくるようになっていて、操作しやすくなっていて良かった。

- ・ それぞれのオブジェクトに吹き出しが付いて、何かがよく分かるようになった。
- ・ 温度表示もわかりやすく、楽しくできた。
- ・ 難易度を「やさしい」で実施した。いろいろな表示がでてくる前提のモードではあり、選べることは良いと感じた。一方、文字サイズが大きく、器具等に重なって表示されるのが、ゴチャゴチャしたような感覚になったのも事実。
- ・ 実験操作などの表示内容をレベルによって変えることができるようになっていて良かった。

(その他の感想)

- ・ 以前よりヴァーチャルリアリティを感じられた。
- ・ 前は時間の関係上、滴定操作まで行くことはなかったが、今回は短時間で滴定のところまで進めることが出来た。

③ 体験した VR コンテンツの活用方法のアイデアや改善点について

(活用方法のアイデア)

- ・ ある程度の人数で取り組むとなると、一定のスペースが必要となる。仮に基礎化学実験で使わせるとなれば、中和滴定をするグループ全員に取り組ませたいと考えていたが、広さの制約があるならば数人の学生に取り組ませている様子を他の学生がモニター越しに見せるだけでも勉強になると感じた。
- ・ 1年生のガイダンスで、全体の流れを覚えるのにはとても良いと思う。
- ・ 基礎化学実験で補講になる学生もいるため(今年3名ほど)、補講の前に VR で復習をしてもらい、補講でより深く理解してもらうように活用できるのではないかな。
- ・ 簡単モードで行うと操作だけでなく試薬や機器の名前も覚えることが出来てよいと思う。実験操作の復習にも役立つと感じた。
- ・ 避難訓練などで、消火や地震体験
- ・ 機器分析などのメンテナンス

(コンテンツに関する改善点・課題・気になる点)

- ・ 対象学生のゴーグルの映像を外部のモニターに映し出したいと思った。今回のようなシチュエーションで指導をする上では必要だと感じた。
- ・ 途中からスタートできる機能があるとよい。(Xボタンで一個前の操作に戻る、等)
- ・ ホールピペットで溶液を量り取る時に、標線を越えてしまった場合に量を減らす操作ができないなど、操作を間違った時などに1つ前の操作に戻ることもできず、シミュレーションが止まってしまうことがあったので、改善してもらいたい。
- ・ 掴む操作が簡単になると扱いやすい。
- ・ VR の操作 (スティック操作) を練習してから、本番に臨む方がスムーズにできて、操作性に気を取られることは少なくなり、その分教育効果も上がると思った。そのため、操作に慣れるためのプログラムがあると良いと思う。

- ・ ビュレットの共洗いまで出来ない。溶液をビーカーから注ごうとしても、奥行きが分からず、全く注ぐことが出来なかった。
- ・ 途中で失敗してしまった時もどれを何で使ったか忘れてしまったので困った。使用済みのものは別の色で発色させるなど印をつけたらいいかなとは思った。
- ・ 出し過ぎた試薬の廃棄場所として、塵取りを設置されていたが、そこが廃棄場所という表示が出ていないため、分からなかったので、表示を出してほしい。
- ・ VR コントローラーでは実際の実験での操作方法（手つき）と同じことをするのは難しいので、薬品を天秤で計る操作などはゲームのようなコマンド入力方式にして、視覚的に判断が必要な標線合わせや的提示の溶液の色の変化、ビュレットの数値の読み取りなどを現実と同じような3D画像でみて判断させることで、教育効果が上がると思う。
- ・ レベルを上げた場合には、メスアップやホールピペットでのはかり取りについて、もう少し厳密な方が覚えられると思った。
- ・ VR コンテンツで行う操作方法是実際の実験通りであっても実際に行う操作方法（手つき）とは異なるので、天秤での試薬の計り取りなどは3Dで表示する必要性は低いと感じた。
- ・ 画面の端の方にアイコンなどを表示して、条件をクリアした場合にはアイコンやその色が変わるなどして頂いた方が良くと思う。（何が悪くて先に進めないのかが分からない）
- ・ ゴールに至るために1つのルートしかないのか、複数のルートがあるのかは、コンテンツ開始時のイントロダクションで示すと良いと思う。（実際の実験では複数のルートがあるはずだが、シミュレーションのため、ある程度限定されるのは仕方ないと思う。）

④ 今後のVRコンテンツ等の開発方針へのアイデア等について

- ・ **（器具や試薬の取り扱い）** 例えば、実験器具の使用方法や、試薬の取り扱い（水酸化ナトリウムに水を加えると発熱する等）の扱い方が3Dでわかればいいかなとは思う。
- ・ **（器具の取り扱い）** おそらく手順よりも器具の取り扱いについて勉強した方が実際の実験では有効活用出来るかなと感じた。
- ・ **（器具を洗うなどの基礎操作）** 難しい実験よりも、基礎固めをするような実験のパターンが他にもあればいいと感じた。VR上では、共洗いをリアルにはできなくても、手順として体感させられることが大事だと感じる。実際には限られた器具で実験を進めるため、器具を洗いながら実施している。洗うという操作も、どこかで表現できると面白いと思った。
- ・ **（技能士3級の中和滴定）** 中和滴定の流れで開発をする場合、技能士3級の中和滴定（炭酸ナトリウムの定量）を作りたい。
- ・ **（定性分析実験）** 中和滴定とは異なる実験を開発するならば、同じく技能士3級の定性分析実験を作りたい。特に手順が大事になる実験です。操作性の細かさは中和適性ほど

ではないが、予習をした上で、VR で試薬同士の反応を示すことができれば、高い学習効果が得られると思う。

- ・ **（定性分析実験）**のように色の変化など視覚での判断を多用する実験で、複雑な手先の操作を必要としない（混ぜる、ろ過する程度の操作のみ）の実験に非常に適していると感じた。
- ・ **（酸化還元滴定、キレート滴定）** 1年後期の実験である、定量分析実験の、酸化還元滴定、キレート滴定などをVR化できたらよい。
- ・ **（酸化還元滴定、キレート滴定）** 滴定の基本フォーマットができていますので、その他の滴定の種類への応用は可能だと思う。キレート滴定と酸化還元滴定は化学分析技能士1・2級の課題でもあるので、コンテンツ化の候補としては有意義だと考える。
- ・ **（機器分析実験）**の各種機器の基本的操作方法の修得もVRで可能だと考える。
- ・ **（機器分析実験）** 実験及び機器のメンテナンスやトラブルシューティング
- ・ **（SDS から応急処置の体験）**
- ・ **（大腸菌などの培養実験など）** 基本的にすべての実験の手順確認には活用できると思うが、細かい判定が難しいので、大腸菌などの培養の実験ならば量的な精密性は求められないので、利用できると思う。また、PCR など試薬の種類と混ぜ方、機器の条件を設定して行う実験の場合も、手順に確認には役立つと思う。

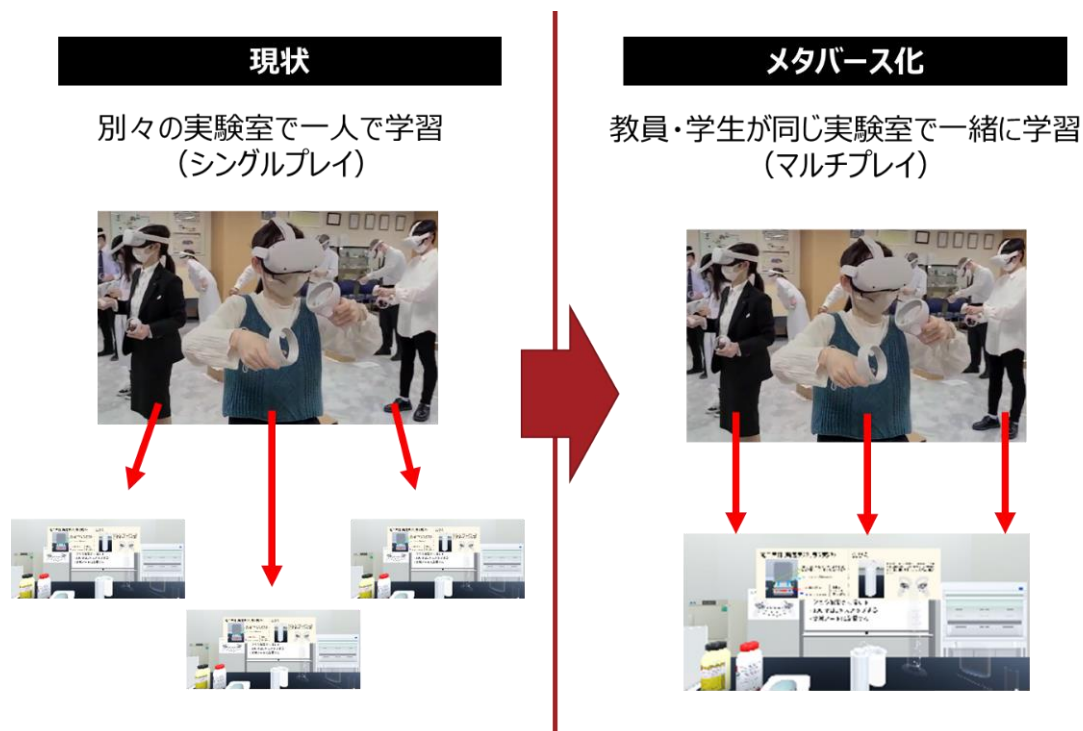
3.3.6. 3DCGVR コンテンツの拡張開発の検討

今年度の開発成果や後述の試用検証・実証講座の結果を受けて、VR コンテンツを活用した教育の質的向上や運用の安定性を担保する観点から、「(1)メタバース化」と「(2)マルチデバイス化」の2系統の拡張開発について検討を行った。以下、それぞれの要旨について記載する。

(1) メタバース化

昨年度から今年度にかけて開発を進めた中和滴定 3DCGVR コンテンツは、VR 端末を装着しスタンドアロンで運用するコンテンツであり、学生は各自の端末で学習を進める。VR 端末の特性上、学生が装着してコンテンツを利用している状態では、基本的に外部から学習の進捗状況は確認できない。このような環境においては、特に担当教員が学生の進捗状況をリアルタイムに把握し、必要に応じて助言・指導を行うなどの学習フォローが困難であることが課題である。

この課題の解決策の一つとして、コンテンツの「メタバース化」が挙げられる。1つのVR空間（実験室）に学生・教員がアバターで参加し、他の参加者の動きやコンテンツの利用状況が同期される仕組みである。このような環境を実現することができれば、教員がそれぞれの学生の実験の取組姿勢・進捗状況等を確認したり、教員・学生間や学生同士で指導・アドバイス・相談等のコミュニケーションをしたりすることが可能となる。



そこで今年度はプロトタイプとして、下図に示すように、1つの実験台が設置されたVR空間に、教員や学生が複数名参加することができるよう、拡張開発を実施した。この開発成果をもとに次年度以降、メタバース化の機能やそれを活用した教育手法について議論を深めていく。



(2) マルチデバイス化

現状の3DCGVRコンテンツは、利用者自身が実際に手を動かして3Dオブジェクトを操作しながら実験を進行させるという、インタラクティブ性の高いコンテンツとなっている。これを実現するために、本コンテンツでは利用環境をVR端末（Meta Quest2）としているが、このハードウェアの利用に伴っていくつかの課題が発生している。

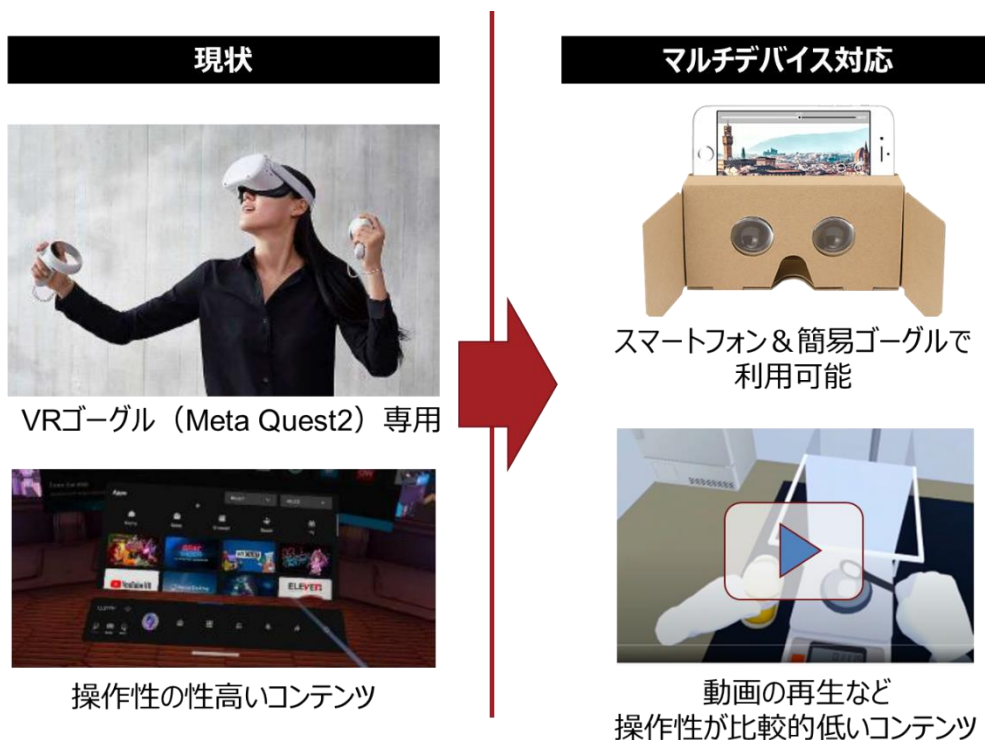
1つは、VR端末がまだ十分に広く一般に普及している段階とはいえず、学生・教員ともにハードウェアを各自が保有しておらず、利用経験もないということである。そのため、利用にあたっては少なからず時間・手間・技術等を要する機材調達・セットアップなどの作業が事前に必要である。また利用時には、学習以前にハードウェアの基本的な操作方法の説明など手厚い支援も不可欠である。したがって、現段階では運用負担が比較的大きい。

もう1つは、身体への負担である。今年度実施した試用検証や実証講座の参加者から、「利用時にVR酔いを感じた」「ゴーグルが重く長時間の利用が辛い」など、VR端末利用による身体的な負担感について多く意見が寄せられた。これは現段階のVR端末というハードウェアの技術的限界であり、一般的にVR端末に対し指摘される課題である。今後の技術進歩によって改善することが予想されるが、現時点で即時の解決は望めない。

これらの課題に対する一つの解決策の案として、VRコンテンツを他のデバイス（特にスマートフォンやパソコン）で利用する形に並行的に展開する方策（マルチデバイス化）を検討することとした。その具体案として今年度は、3DCGVRコンテンツをもとに360°映像コンテンツを製作した。

本コンテンツはVR端末と同じVR実験室において、一人称の視点で実験手順等の確認を行うことを目的としたコンテンツだが、3DCGVRコンテンツとは異なり、3Dオブジェクト

の操作などを行うことはできず、映像を視聴する学習形態である。安価で入手しやすい簡易VRゴーグルとスマートフォンを使用することで、3DCGVRコンテンツに近い臨場感を得ることができる。本コンテンツについても次年度以降、教育への活用や効果等の検証を行っていきたい。



なお、マルチデバイス化の検討により作成した今年度の成果物については、後述の「360° VR 映像コンテンツ」の項に詳細を掲載する。

3.4. e ラーニングコンテンツ（講義映像）

3.4.1. 開発概要

本事業で開発する化学分野等での実験・実習等の遠隔教育モデルでは、前述の通り、まず実験に関する知識学習を、オンラインミーティングツールを使用したライブ授業や、e ラーニングにて実施する想定である。このうち、特に e ラーニングについては、受講者は講義映像教材を視聴しながら自主学習を行う実施形態を検討する。

前年度は、前掲の実習科目「基礎化学実験」のうち、冒頭の学習テーマである「安全教育」「実験ガイダンス」「レポートガイダンス」の学習内容を解説する映像教材をプロトタイプ開発した。これらの映像コンテンツは、本校の教員が電子黒板を使用して、講義資料を解説する形で進行する内容である。

今年度はまず、この前年度の開発成果を教員が視聴し、コンテンツの課題や改善点について議論を行い、課題や改善点の洗い出しを行った上で、映像教材のブラッシュアップを行った。

3.4.2. プロトタイプコンテンツに対する教員のフィードバック

前年度開発した各コンテンツに対して、教員から寄せられた意見を以下に列挙する。

(1) 「安全教育と水の取り扱いについて」の修正や向上に対する意見

- ・ 解説役の教員の声量で聞いていると演示役に切り替わった時に小さく聞き取りにくく感じる。
- ・ マニキュアの説明も爪が見えにくいのでイラストのフォローがあると良いのでは。
- ・ 画面に動きのある映像は良いと思うが、スライドを投影するのではなく画面共有のような形で副音声で行うと視線が教員に行くこともなく集中できると思う。
- ・ スライドにアニメーションがあっても良いと思う。
- ・ 実験器具類を示す動きが早すぎて見えにくいと感じた。落ち着いて実験器具類を示すと分かりやすい。
- ・ 安全教育のところで、もっと具体的にダメな事例を実際にやって見せて、大きく×を入れるなどした方が初心者にはイメージしやすいのでは。（例えば、白衣からパーカーのフードが出ている、くるぶしが見えるような少し短めのズボンを履いているなど実際に見せる）
- ・ 実験器具を片付けるという行動が籠に入れるだけというのは、誤解を与えそう。実際に所定の場所に片付けているシーンが必要だと思う。

- ・ その他にもナレーションだけで実際の行動がないもの、SDS のように異なる書類で代用しているものもあり、動画内の行動がアイコン的な、印象を与えるだけになっているので、動画学習のツールと考えると、もっと実際の行動を見せる必要があると思う。
- ・ 水の取り扱いも実験室で実際にやって見せる動画がある方が分かりやすいと思う。
- ・ 最後の器具の洗浄部分について動画を差し込むと分かりやすいと感じた。
- ・ 安全教育、水の取り扱いについて箇条書きで説明をしているが、それぞれの項目について静止画・動画での説明があった方が伝わると思う。リンスをする、という説明も箇条書きだけでは伝わらないと思う。
- ・ 演示のシーンは動きが速いので、少しスローにした方がいいと思う。
- ・ 2分18秒の車が通過する音がもう少し小さくできると良いと思う。
- ・ とても分かりやすかったと思う。

(2) 「器具の取り扱いについて」の修正や向上に対する意見

- ・ 3分07秒の付近でこすってはいけない理由を話しているが、文字でもフォローし視覚からも入る方が理解が深まると思う。
- ・ こちらは実験室に入ってから解説役の教員の言葉が聞き取りにくい（部屋の反響の問題だと思う。）
- ・ ラフ天秤は「本校ではそう呼びます」のような補足説明がある方が良いのでは。
- ・ ホールピペットの共洗い時、安全ピペットで吸い上げて横にしてから再度吸い上げる場面について、学生の実験を見ていた時に、安全ピペット内部にまで液が吸いあがっている学生が何人も見受けられた。量り取る時のように、標線以上に吸い上げて捨てるを3回繰り返す方が確実だと思う。
- ・ ビュレットの共洗い時、最初にコックが閉まっていることを確認する作業が抜けていた。途中で声が小さくなる箇所があるところが気になった。
- ・ 実際に実験器具が出てきたところは凄く良かったが、なおさら資料映像があるのなら全体的にテロップでポイントを加工して付け加えても良いと感じた。
- ・ 天秤のところでたまに手元カメラに切り替わるころが一番いいと感じた。
- ・ 実験器具類の取扱いは細かい動きが多いので、説明部分で重要な部分はクローズアップすると分かりやすい。
- ・ 動画の8分ごろの、「液体を抜いて。」の「。」→「、」に変える方が良い。
- ・ 天秤の使い方の際にボタンの基盤の写真をもう少し早めから載せておいて上げたほうが良いと感じた。（電源を入れるところから）

(3) 「実験の流れ(実証概要について)」の修正や向上に対する意見

- ・ 実際の実験操作の様子を動画で見せた方がイメージしやすく、理解も高まると考えられる。その意味で、360度カメラの動画の活用は良いアイデアだと思う。

- ・ 360 度映像を挟み込めるとわかりやすいと思う。特にビュレットなどの準備、共洗いやビュレットの扱い方、滴定操作。メニスカスシーンは可能であれば拡大した方がいい。
- ・ ガイダンスとしてスライドとイラストを使っでの説明を行ったが、実物を見せながらの説明があっても良いかと感じた。
- ・ 中和滴定は実際の滴定の様子、メニスカスの読み方を実際の動画で見せた方が良いと思った。P P で色が変わるシーンなどが必要だと思う。
- ・ 4 分 37 秒付近のメスシリンダーで 250mL にするの表現は、一般的なメスシリンダーは出したときにその量になるため、「ラフなので問題ない」もしくは「そのようなタイプのメスシリンダーです。」と表示出来たらよいのではないかな。
- ・ 地方出身者だから思うのかもしれないが、話すスピードが早いと感じる。知っている・使ったことがある方が聞く時は心地よいスピードだと思うが、実験初心者が聞いた時に、何回も動画を見直さなくてはいけなくなり、難しいと思われるのではないかと心配になった。
- ・ ピンク色で書かれている部分の文字が見えにくいと感じた。
- ・ 動きが多いと感じました。
- ・ 丁寧でわかりやすく良いと感じています。
- ・ スライドを用いた実験操作の解説は分かりやすく、このままで良いと思います。

(4) 「360 度映像」の活用方法に対する意見

- ・ 360 度映像で器具の取り扱い、実験の流れはおおまかにまかなえると感じた。実験の流れから器具の取り扱いなども具体的に分かるので、360 度映像を e ラーニングの実験の流れに組み込んだ方がより良いものになると感じる。
- ・ 「実験の流れ(実証概要について)」での活用に賛成。
- ・ 実験の流れの中で、360 度カメラの映像を、補足や実際の様子として活用する方法が良いと思った。
- ・ 360° 全方位から見られる動画なら良いと思うのだが、中心から外側に向けての 360° 画像はあまり必要ないと思う。
- ・ e ラーニングに 360 度映像を挟み込めるとわかりやすいと思う。「10:12 器具の準備や共洗いやビュレットの扱い方」「13:14 滴定操作」の 2 つの時間帯を映像を挟み込めるといいと思う。
- ・ 1 分付近の 溶液の調整の部分は「整（誤記）→調製」。
- ・ メスシリンダーで定容の下りは「実験の流れ（実証概要について）」で記載したが、定容する器具では無いので気になる。
- ・ 6 分 17 秒 共洗いなので、「2 回から 3 回」よりは「最低 3 回又は 3 回以上」が良いと思う。
- ・ 11 分 27 秒あたりで ビュレットから空気を抜くときの受けのビーカーがきれいな水

酸化ナトリウムの入ってるビーカーに受けているのが気になる。本来は廃液用のビーカーが良いと思う。

- ・ 同時に作業が進んでいるため、片方が見られなくて巻き戻しして確認しなければならず、同時進行は別々の方が良いと思った。
- ・ それぞれが失敗だったり成功だったりの例をやってくれているが、矢印などの誘導があった方が良いかなと思う。意外と距離が近く、一人しか目で追うことが出来なくて途中で見逃しも多々あった。
- ・ 中和滴定の、滴定しているシーンはあまりよくわからなかったと感じる。
- ・ 全体的な手の動かし方や姿勢を見るのにはいいと思った。色が切り替わる瞬間の手の動きもとらえたいのであれば手元カメラの映像も差し込んだ方が良いと思った。
- ・ ビュレットに溶液を入れる部分で、ビュレットスタンド越しで溶液をビュレットに入れており、見えにくいので、ビュレットスタンドを避けて入れると見やすい。

(5) その他の意見

- ・ 話スピードが良く次々、視聴したくなるころは良いと思う。やはり失敗事例や事故事例などはこういうコンテンツで体験できると良いと思う。
- ・ 360° は裏側もしっかり見ることが出来て良いと思う。実験室に紹介されていない登場人物は映らない方が良い感じがする。もし、映る場合は威圧感の無い感じだと良いのではないか。
- ・ パソコンからの視聴のみでの対応でしたら的外れな意見になってしまうが、手持ちのスマートフォンからでは画面の中央部しか見れなかった。
- ・ 改めて確認したところ、全体的に長いと感じた。特に実験器具から実験の流れのところ。
- ・ 安全教育のところでは水の取り扱いについて学んだあと、それ以降、水に関して動画でも触れていないと思う。どこかでなんの水の種類か言った方が良いのかとも感じる。
- ・ 実証概要に 360° を差し込むことに関して、尾崎部長の説明の途中でコックのひねり方、持ち方を説明しているシーンがあるが、もし 差し込むとなると動きがついてイメージが付きやすいと思うのでいいと思う。むしろ成功例、失敗例としてあらかじめ出して おくのも一つの手だと感じる。(後ほど 360° のゴーグルで学生自身が実際に体験すると思うので)
- ・ 実験器具類を扱う際は手元の動きをクローズアップすると分かりやすい。
- ・ 何度か練習を重ねてから本番の撮影に挑んだ方がよいと感じた。
- ・ 安全教育などの動画でも学生を活用してはどうか。特に、服装の不備のところでは 実際の学生の方がリアルな感じがするのではないかと思います。
- ・ 滴定などの実験では、実際のビーカー内の色の変化を定点カメラのように見せることも必要かと思った。
- ・ どこまで学習素材として広げるかにもよるが、滴定操作や現象、原理を補足する教材動

画もあれば、もっと分かりやすくなると思った。例えば、今回の実験の流れでは、ほぼ実験で行うことだけを話しているが、前提として「中和」ということがキーワードになる実験であるため、その点を詳しく説明する動画を加えると効果的かと思う。

- ・ プロジェクタの画像はもう少しコントラストを上げないと文字が薄く読みにくく感じた。

3.4.3. コンテンツ構成

「基礎化学実験」のうち、冒頭の学習テーマである「安全教育」「実験ガイダンス」の学習内容を解説する映像教材を本格開発した。内訳は下表に示すとおりである。開発に当たっては、前年度開発したコンテンツと基本的な講義の流れに変更はないものの、前項に掲載した教員のフィードバックを受けて授業内容・方法や映像構成のブラッシュアップを行った。

No.	標題	学習項目	時間
1	安全教育と水の取り扱いについて	① 実験室入室に関する注意事項 ② 試薬・器具類に関する注意事項 ③ 水の取り扱いについて	8 分 42 秒
2	器具の取り扱いについて	① 一般器具 ② 容量計 ③ 天秤	19 分 29 秒
3	中和滴定の流れ	① 準備する中和滴定 ② 試薬の調整 ③ 中和滴定準備 ④ 中和滴定操作	25 分 25 秒
3 本合計			約 54 分

なお、「中和滴定の流れ」については、前年度開発した「360° VR 映像コンテンツ」を随所に挟み込む形で映像を構成した。

「360° VR 映像コンテンツ」は中和滴定の実験の一連の流れを学生が演示し、講師が指導する様子が収録されている。この「360° VR 映像コンテンツ」から抜粋した映像を、講義資料で講師が解説する通常の講義映像の随所に挿入することで、より実験の手順を把握しやすいコンテンツを目指した。映像の流れは以下の通りである。

	2D 動画	360° 動画	映像時間
1	中和滴定の流れ①		6:11

2		中和滴定 360° ① シュウ酸の調製	1:52
3	中和滴定の流れ③		1:54
4		中和滴定 360° ② 試薬のはかり取り	1:34
5	中和滴定の流れ④		3:36
6		中和滴定 360° ③ ビュレットへ注ぐ	0:11
7	中和滴定の流れ⑥		1:15
8		中和滴定 360° ④ ビュレットのセット	0:35
9	中和滴定の流れ⑦		2:25
1 0		中和滴定 360° ⑤ 滴定操作	0:10
1 1	中和滴定の流れ⑨		1:58
1 2		中和滴定 360° ⑥ 滴定と色の変化	0:38
1 3	中和滴定の流れ⑩		0:56
1 4		中和滴定 360° ⑦ ビュレット目盛の読み方	0:46
1 5	中和滴定の流れ⑪		1:24
映像時間	20:37	5:46	25:25

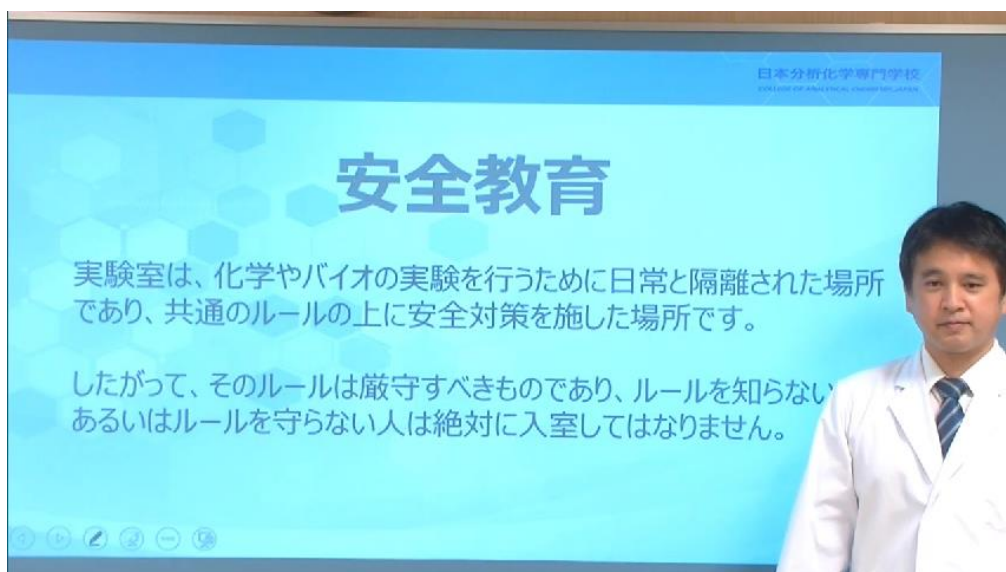
3.4.4. コンテンツイメージ

収録した講義映像教材のイメージ画像を以下に掲載する。

「安全教育と水の取り扱いについて」「器具の取り扱いについて」では、本校の教員が電子黒板を使用して、講義資料を解説する形で進行する。文字や図表・写真だけでなく、解説に合わせて実際に実験室で演示を行う様子を取り入れ、映像の随所に挿入されている。

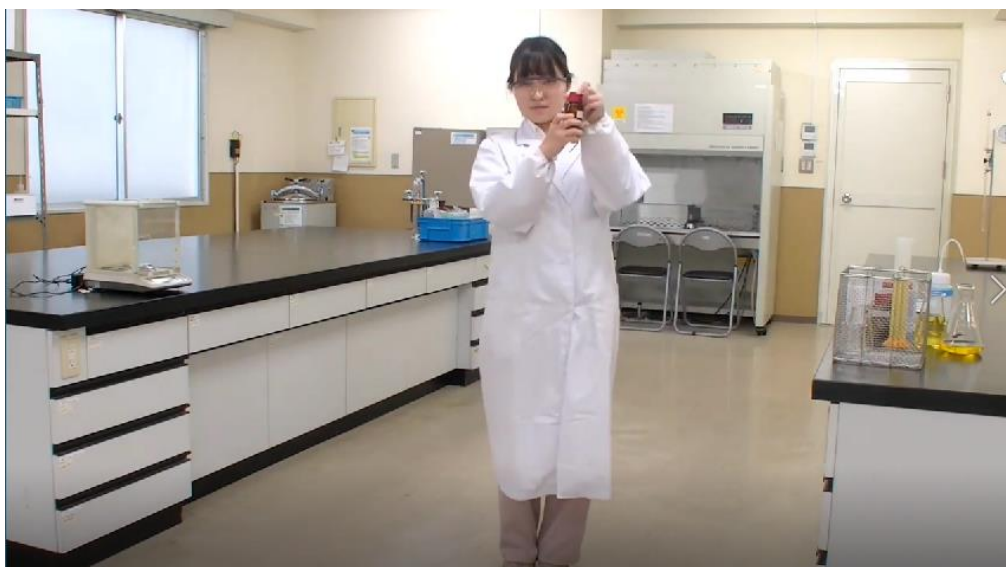
一方、「中和滴定の流れ」については、前項に掲載の通り、講義資料での解説の合間に、「360° VR 映像コンテンツ」から抜粋した実験の様子が挿入される。360° 映像の特徴として、視聴者が画面を操作することで、視聴する方向を操作したり、特定の場所をズームしたりすることができる。また、手元に近い位置から撮影が行われているため、通常の授業では見えづらい手元の細かい操作を視聴することができる。

<安全教育と水の取り扱いについて 講義部分>



解説内容に合わせて画面を切り替え

<安全教育と水の取り扱いについて 実験室での演示部分>



< 中和滴定の流れ 講義部分 >

中和滴定の流れ

日本分析化学専門学校
COLLEGE OF ANALYTICAL CHEMISTRY, JAPAN

【中和滴定による食酢中の有機酸定量】

酢

酸または塩基の性質の溶液が混ざり、互いの性質を打ち消すことを中和反応という。

この反応を利用して、いずれか未知濃度の酸または塩基溶液の濃度を求める実験操作を中和滴定とよぶ。

塩基

酸



解説内容に合わせて画面を切り替え

< 中和滴定の流れ 360° 映像部分 >

画面操作で任意の
方向に回転が可能



手元のズームなどが可能



3.5. 360° VR 映像コンテンツ

3.5.1. 開発概要

前掲通り、VR 端末（Meta Quest2）で利用する 3DCGVR コンテンツは一定以上の教育効果を期待できる一方で、ハードウェアの取り回しや VR 酔いなどに関する課題が指摘されている。これらの課題に対する一つの解決策の案として本事業では、VR コンテンツを他のデバイス（特にスマートフォンやパソコン）で利用する形に並行的に展開する方策（マルチデバイス化）を検討することとした。その具体案として今年度は、3DCGVR コンテンツをもとに、360° 映像コンテンツを製作した。

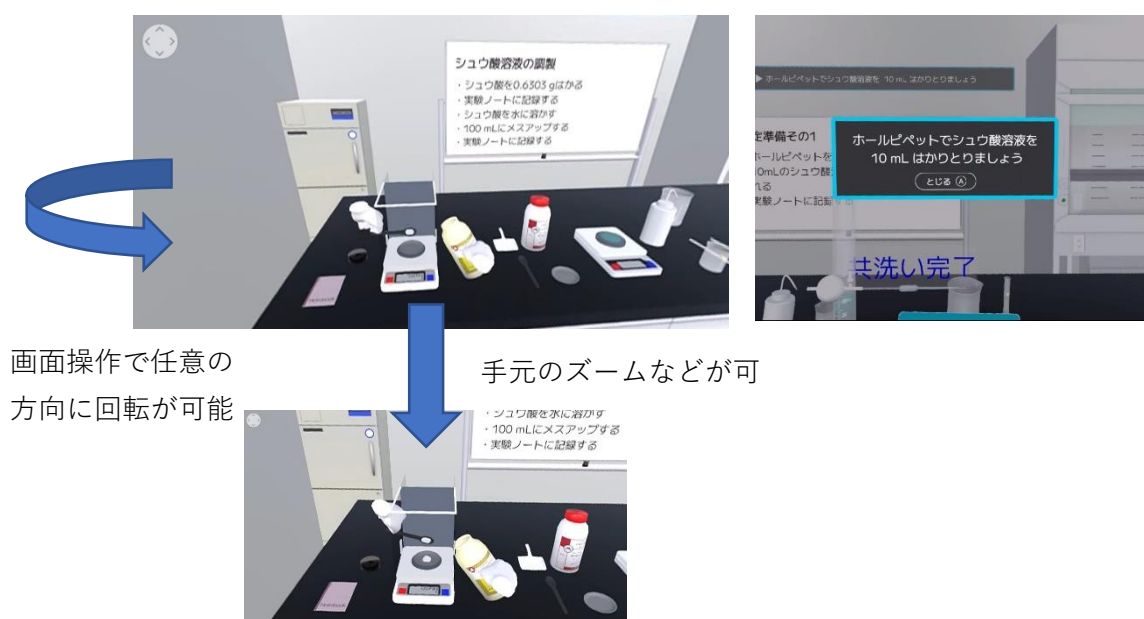
本コンテンツは主にパソコンやスマートフォンでの利用を前提として、映像形式の e ラーニング学習に近いイメージで作成した。内容構成は基本的に 3DCGVR コンテンツと同様で、中和滴定実験の一連の流れを学習することができる。

本コンテンツについても次年度以降、教育への活用や効果等の検証を行っていきたい。

3.5.2. コンテンツイメージ

本コンテンツは、VR 端末と同じ VR 実験室において、一人称の視点で実験手順等の確認を行うことを目的としたコンテンツである。3DCGVR コンテンツを基に開発しているため、実験の手順や使用する実験機器、実験進行時のガイド表示などは共通している。

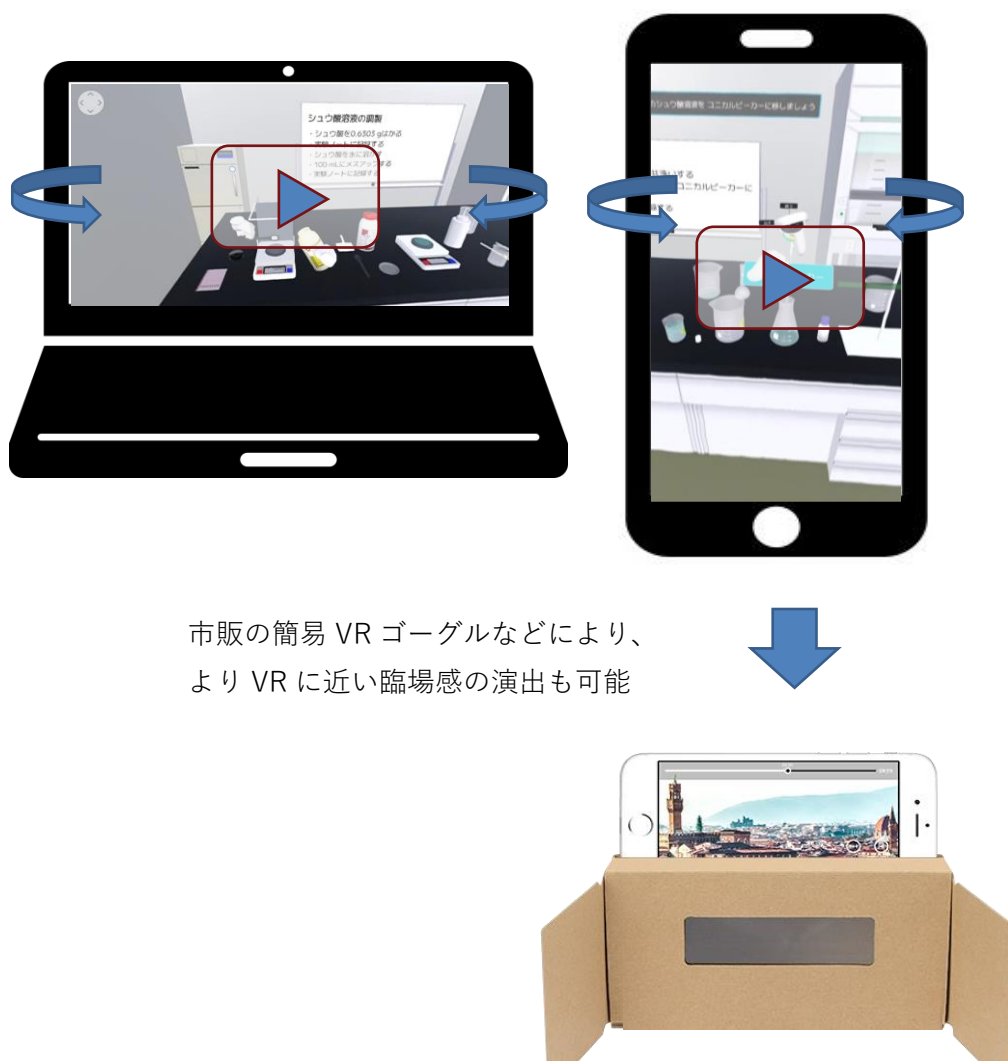
一方で、3DCGVR コンテンツとは異なり、3D オブジェクトの操作などを行うことはできず、見回す・ズームするなどは可能だが、実験操作は自動で進行する。



3.5.3. 動作環境

本コンテンツは主にパソコンやスマートフォンでの利用を前提としていて、教員や学生の各自の端末で利用することができる。また、スマートフォンと組み合わせて利用するタイプの簡易的な VR 端末を利用することで、2D の状態で視聴するよりも、より 3DCGVR コンテンツに近い臨場感を得ることもできる。

VR 端末（Meta Quest2）を利用する際に比べ、機材準備や操作慣熟などの事前準備が少なく手軽に利用できるのが利点で、VR 酔い、端末不足、操作対応困難などによって VR 端末を利用できない場合の代替手段としても活用できる。簡易ゴーグルを使用する場合も、VR 端末と比べると安価であり、高価な機材を調達する必要がないという点でも、運用はしやすい。



3.6. e ラーニング環境

3.6.1. 開発概要

今年度、前節までに報告した教育コンテンツを運用するため、e ラーニングサイトを調達した。本サイトでは、受講者はスマートフォンやパソコンを使用してサイトにアクセスし、個別に発行される ID とパスワードを入力してログインすることで、主に次の 2 系統の学習を行うことができる。

- ① 講義映像の聴講（2D 映像、360° 実写映像、360° 3DCG 映像）
- ② 評価試験（CBT）の受験

また、受講者の ID ごとの学習履歴が随時蓄積され、指導者はこれを必要に応じて閲覧することができる。

3.6.2. e ラーニングサイトイメージ

以下に e ラーニングサイトのイメージ図を示す。

ログインページ	トップメニュー				
基礎化学実験 eラーニングシステム <table><tr><td>ユーザーID</td><td> </td></tr><tr><td>パスワード</td><td> </td></tr></table> ログイン ☒ ログインを保存する。 日本分析化学専門学校 COLLEGE OF ANALYTICAL CHEMISTRY, JAPAN	ユーザーID		パスワード		基礎化学実験 eラーニングシステム 受講者：ユーザー01 実験前の学習（事前学習） 実験後の学習（事後学習） 評価試験 ログアウト
ユーザーID					
パスワード					

実験前の学習（事前学習）

メニュー

**基礎化学実験
eラーニングシステム**
受講者：ユーザー01

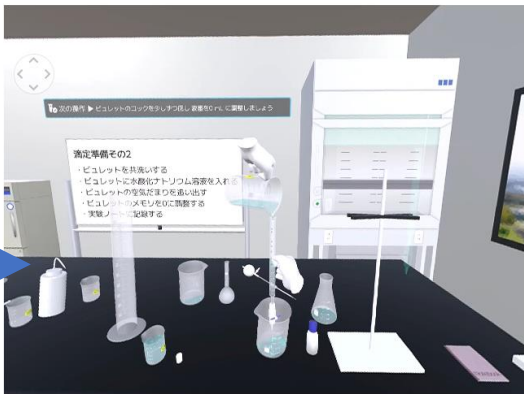
**実験前の学習
（事前学習）**

- 安全教育と水の取り扱い（約9分）
- 実験器具の取り扱い（約20分）
- 中和滴定の流れ（約25分）
- 中和滴定VRトレーニングデモ（約25分）
- シュウ酸の中和滴定実験（3DVR・360度映像）
- 酢酸の中和滴定実験（3DVR・360度映像）

360° 映像（3DCG）

**基礎化学実験
eラーニングシステム**

シュウ酸の中和滴定実験（3DVR・360度映像）



滴定手順その2

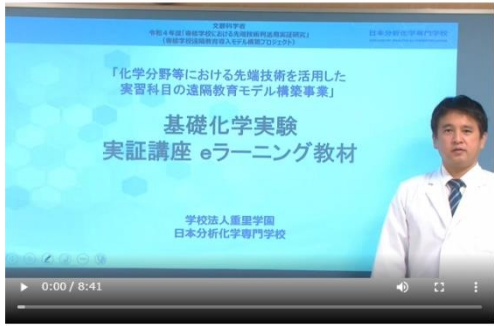
- ・ビュレットを共用する
- ・ビュレットに水酸化ナトリウム溶液を入れ
- ・ビュレットの先端を滴定液の滴を落とす
- ・ビュレットの先端を滴定液の滴を落とす
- ・実験ノートに記録する

閉じる

講義映像の聴講画面

**基礎化学実験
eラーニングシステム**

安全教育と水の取り扱い



0:00 / 8:41

閉じる

「中和滴定の流れ」では講義の途中に360度映像を挿入

360° 映像（実写）

**基礎化学実験
eラーニングシステム**

中和滴定360°① シュウ酸の調製
(残り約19分)



前の動画

次の動画

メニューに戻る

トップメニュー

**基礎化学実験
eラーニングシステム**
受講者：ユーザー01

実験前の学習（事前学習）

実験後の学習（事後学習）

評価試験

ログアウト

実験後の学習（事後学習）
講義映像

基礎化学実験
eラーニングシステム

実験後の計算について

閉じる

CBT 出題画面

**基礎化学実験
eラーニングシステム**
(1 / 24)

実験室に入室する際には、白衣を着ていれば、短パンやスカートでも構わない。

A	○
B	×
Z	わからない

選択してください。

戻る

CBT 正誤判定画面

正 解

○

答え：A
実験室には何がついているか、何がこぼれているかわからない。身体に影響を及ぼすこともあるため、問題文のような行動は厳禁。

次へ

戻る