

4. 開発報告

本事業では今年度、前章で報告した結果をもとに、遠隔教育モデル素案の設計と、化学実験を遠隔教育で行うための「eラーニングコンテンツ」「360° VR映像コンテンツ」「3DCGVRトレーニングコンテンツ」プロトタイプ開発等を実施した。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。

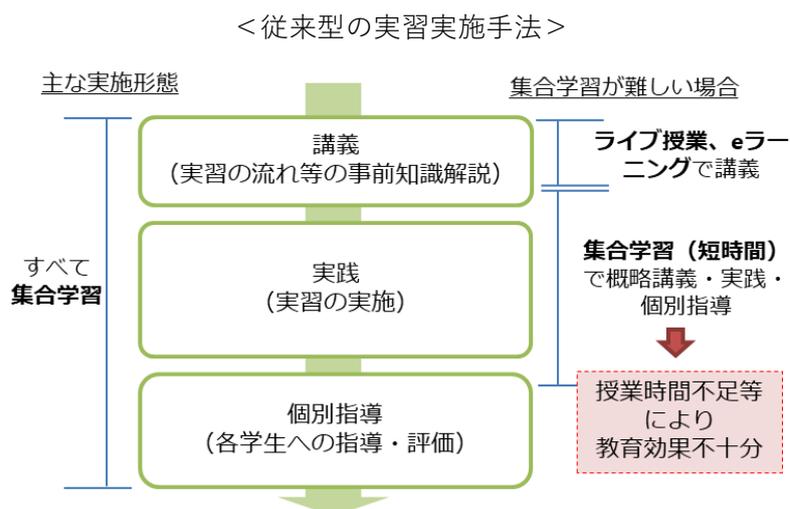
以下にそれぞれの開発物について報告する。

4.1. 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

4.1.1. 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。

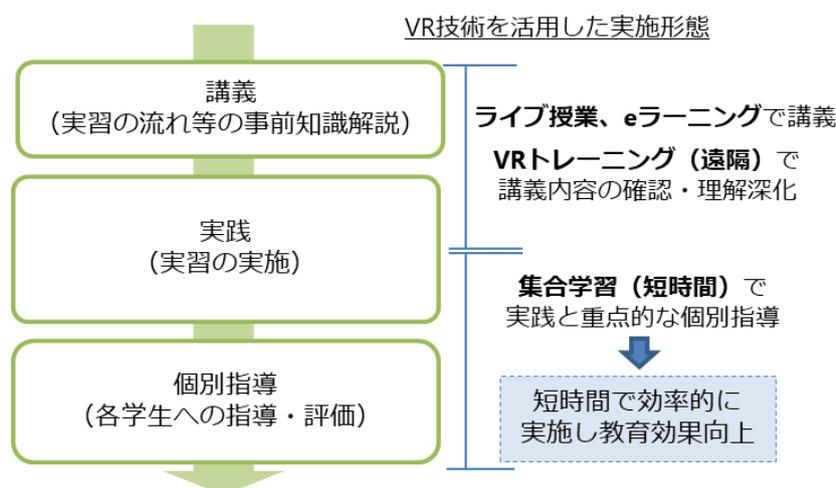


そこで本事業では、遠隔教育の充実により短時間の集合学習の効果を最大化し、従来手法

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。

4.1.2. 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）				

4.1.3. XR 機器等に関する情報収集

上記の授業内容に対し、後述の「360° VR コンテンツ」や「3DCGVR コンテンツ」を活用する方法や学習内容を検討するにあたり、その具体化のために、まず現行の比較的有力な XR 機器等を対象に、運用機器に関する情報収集を行った。情報収集の対象とした XR 機器の一覧を以下に示す。収集した情報の詳細は巻末の参考資料に示す。

このうち、特に国内での有力事例である「Oculus Quest2」と「Nreal」については端末の試用を実施した。この結果を踏まえ、今年度成果の 3DCGVR トレーニングコンテンツは、「Oculus Quest2」での利用を想定して開発を行った。

- ・ VIVE Pro2 HMD
- ・ DPVR E3-4K Gaming Combo
- ・ VALVE INDEX
- ・ HP Reverb G2 VR Headset
- ・ VIVE Cosmos Elite
- ・ Pico G2 4K
- ・ DPVR P1 Pro 4K
- ・ Vive Focus Plus
- ・ VRG-D02PBK
- ・ MED-VRG1
- ・ Xperia View (XQZ-VG01)
- ・ ダンボール製：タタミ 2 眼
- ・ Ban Stories
- ・ Glass Enterprise Edition 2
- ・ GENTLE MONSTER Eyewear II
- ・ Nreal Air
- ・ GLOW
- ・ HoloLens2
- ・ Magic Leap 1
- ・ Playstation VR
- ・ ViveFlow

4.2. eラーニングコンテンツ

4.2.1. 映像教材

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。そこで今年度は、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。内訳は下表に示すとおりである。

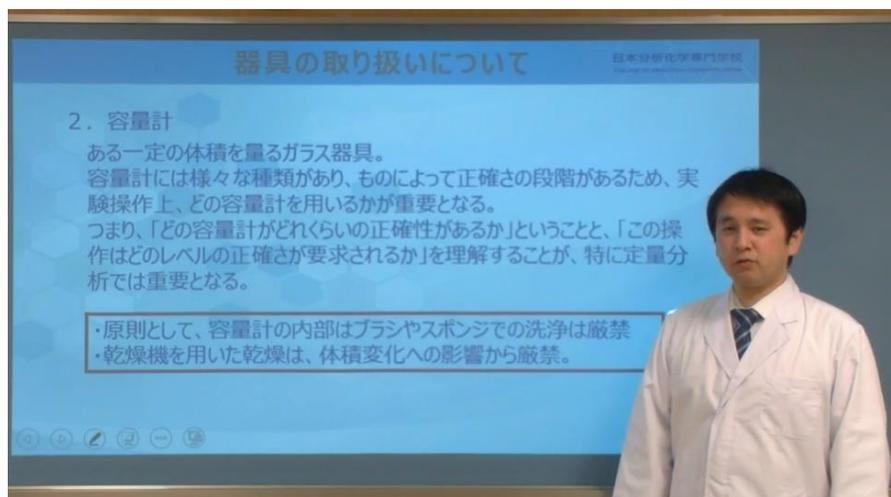
No.	標題	学習項目	時間
1	安全教育と水の取り扱いについて	① 実験室入室に関する注意事項 ② 試薬・器具類に関する注意事項 ③ 水の取り扱いについて	8分40秒
2	器具の取り扱いについて	① 一般器具 ② 容量計 ③ 天秤	17分32秒
3	実験の流れ (実証概要について)	① 準備する中和滴定 ② 試薬の調整 ③ 中和滴定準備 ④ 中和滴定操作	12分47秒
4	実験後の計算について	① 0.1N シュウ酸溶液の f を算出 ② 0.1N 水酸化ナトリウム溶液の f を算出 ③ 食酢中の有機酸を算出	8分25秒
			4本合計 約45分

4.2.2. 講義映像イメージ

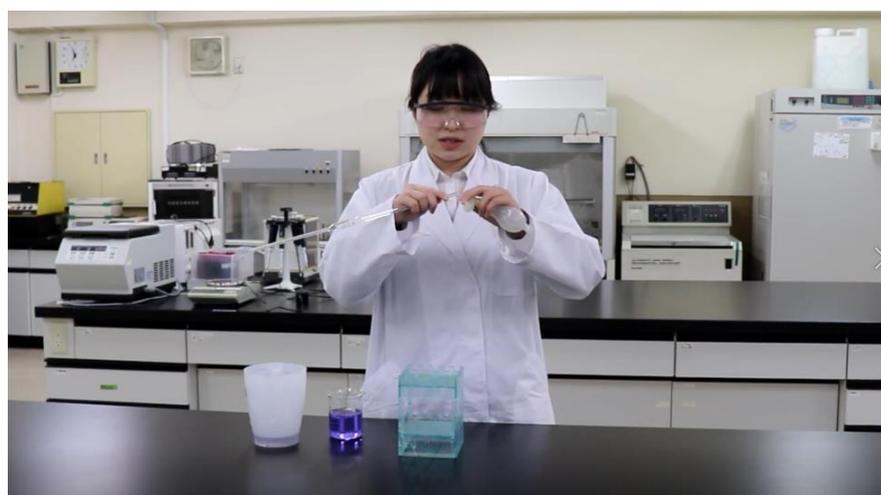
収録した講義映像教材のイメージ画像を以下に掲載する。これらの映像コンテンツは、本校の教員が電子黒板を使用して、講義資料を解説する形で進行する。

ただし、特に「安全教育とガイダンス」については、実験室での立ち居振る舞いや器具の操作方法等を解説するため、文字や図表・写真では十分な理解が得られない可能性があると考えた。そこで、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、映像の随所に挿入することとした。

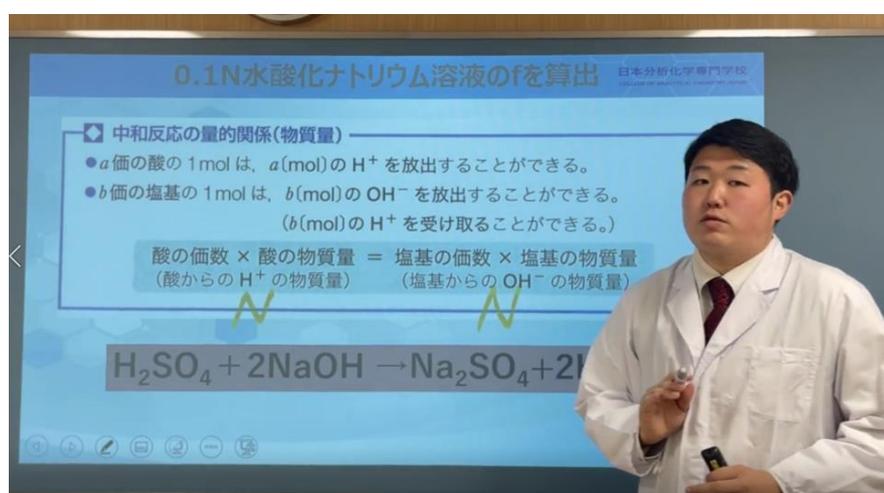
<安全教育と水の取り扱いについて 講義部分>



<安全教育と水の取り扱いについて 実験室での演示部分>



<実験後の計算について 講義部分>



4.2.3. 評価試験問題

前述の e ラーニング上での講義や、後述の 360° VR 映像コンテンツや 3DCGVR トレーニングコンテンツでの学習内容について、その理解度を測定するため、評価試験を実施する。

今年度は実験科目「基礎化学実験」のうち、「安全教育」「実験ガイダンス」「レポートガイダンス」の学習内容に相当する学習内容から、計 24 問の正誤判定問題を作成した。

これらの問題は、後述の e ラーニングプラットフォーム上において CBT (Computer Based Testing) 形式により実施することを想定している。

4.2.4. 評価試験問題サンプル

以下に今年度開発した問題のサンプルを示す。今年度開発した問題のすべてを巻末付録に掲載するので参照いただきたい。

今年度開発した評価試験問題は、すべて正誤判定形式とし、次の 4 項目で構成される。

- ① 問題文 (50 字程度)
- ② 選択肢 (3つの選択肢「○」「×」「わからない」)
- ③ 解答 (正解の選択肢 1つ)
- ④ 解説 (50 字～100 字程度)

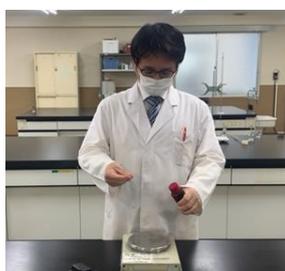
問題情報	
科目	基礎化学実験
学習項目	水の取り扱い
問題	
問題文	水は純度の高いものから低いものまで、用途に応じて使い分けることが大切である。
選択肢	A ○ B × Z わからない
解答	A ○
解説	一度機械を通して精製しているイオン交換水や蒸留水は、コストがかかる。イオン交換水はリンスの時に利用し、あとは実験の時に応じて使い分けなければならない。資源の有効利用となる。

4.3. 360° VR 映像コンテンツ

4.3.1. 開発概要

今年度開発した 360° VR 映像コンテンツは、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後に、実験の流れや注意すべきポイントを確認するために使用される想定である。

この「中和滴定」の実験は、下図に示すように、大きく「試薬の秤り取り」「共洗い・ビュレット準備等」「滴定操作」の3つの工程で構成される。この一連の流れを 20 分程度で視聴できる 360° 映像コンテンツとした。



試薬の秤り取り



共洗い・ビュレット準備等



滴定操作

4.3.2. 開発方法

本コンテンツは、日本分析化学専門学校の実験教室にて撮影を行った。撮影に使用された機材は、360 度映像撮影で一般的に使用される「GoProMax」という 360 度カメラを使用した。事前に台本を用意し、これに従って、カメラの前で、本校の学生 2 名が実験を演示し、本校の指導教員 1 名が実験の流れや注意すべきポイントを随時教授する構成とした。



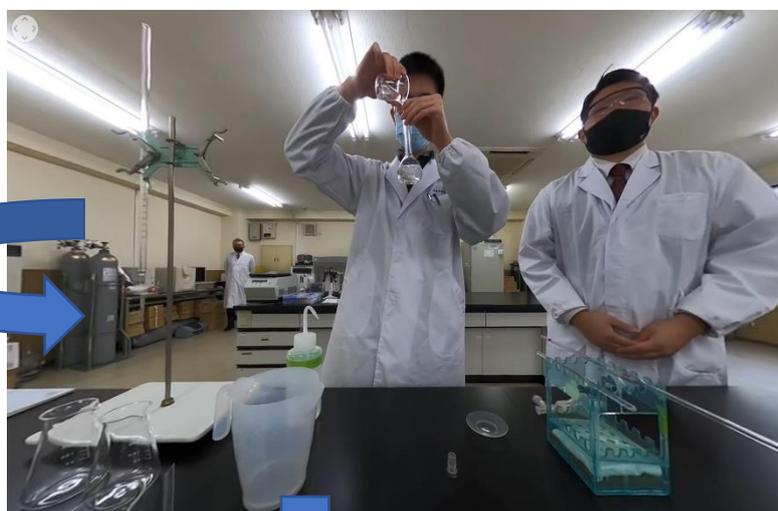
360 度カメラ

4.3.3. コンテンツイメージ

今年度開発した 360° VR 映像コンテンツのイメージを以下に示す。この映像コンテンツは視聴者によって画面操作が可能な 360° 映像を配信できる動画配信プラットフォーム「YouTube」で視聴できるよう実装し、後述の e ラーニング環境からもアクセスでき、パソコンやスマートフォン、HMD など任意の環境で利用することができる。

本コンテンツの特徴として、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、手元が近い位置にカメラを設置して撮影を行ったため、通常の授業では見えづらい手元の細かい操作を視聴しやすいコンテンツとなっている。

画面操作で任意の
方向に回転が可能



手元などのズームが可能



4.4. 3DCGVR トレーニングコンテンツ

4.4.1. 開発概要

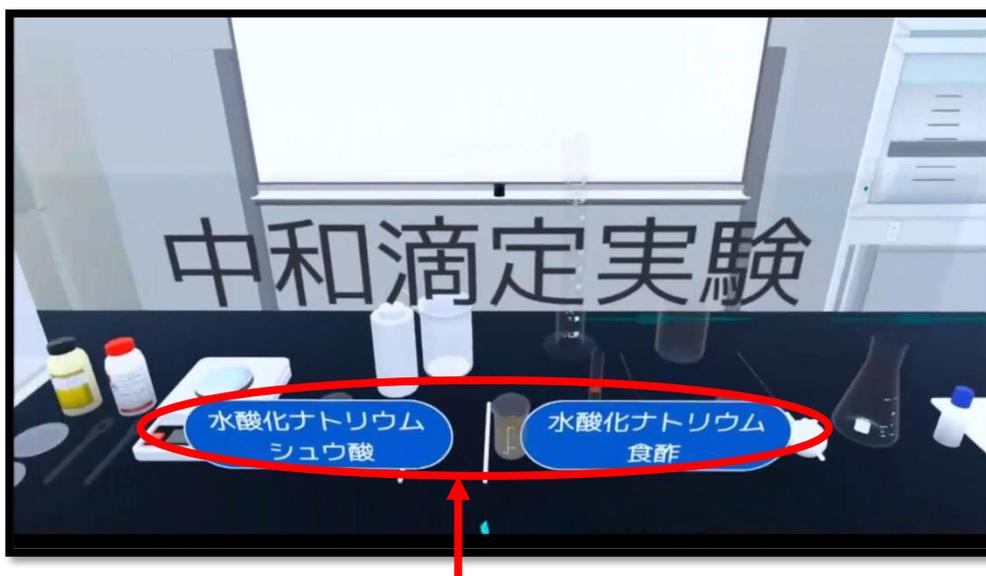
今年度開発した 3DCGVR トレーニングコンテンツは、前項で報告した 360° VR 映像コンテンツと同様、本校の実験科目「基礎化学実験」のうち最初の実験である「中和滴定」を題材とした。このコンテンツは、実験前の事前準備として、e ラーニングでの知識学習や、360° VR 映像コンテンツで実験の流れを確認した後に、更なる理解の深化を行うために使用される想定である。

本コンテンツを利用する学習者は、HMD (Oculus Quest 2) を装着して学習を行う想定である。本コンテンツはインタラクティブ性の高い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。

4.4.2. コンテンツ構成と学習の流れ

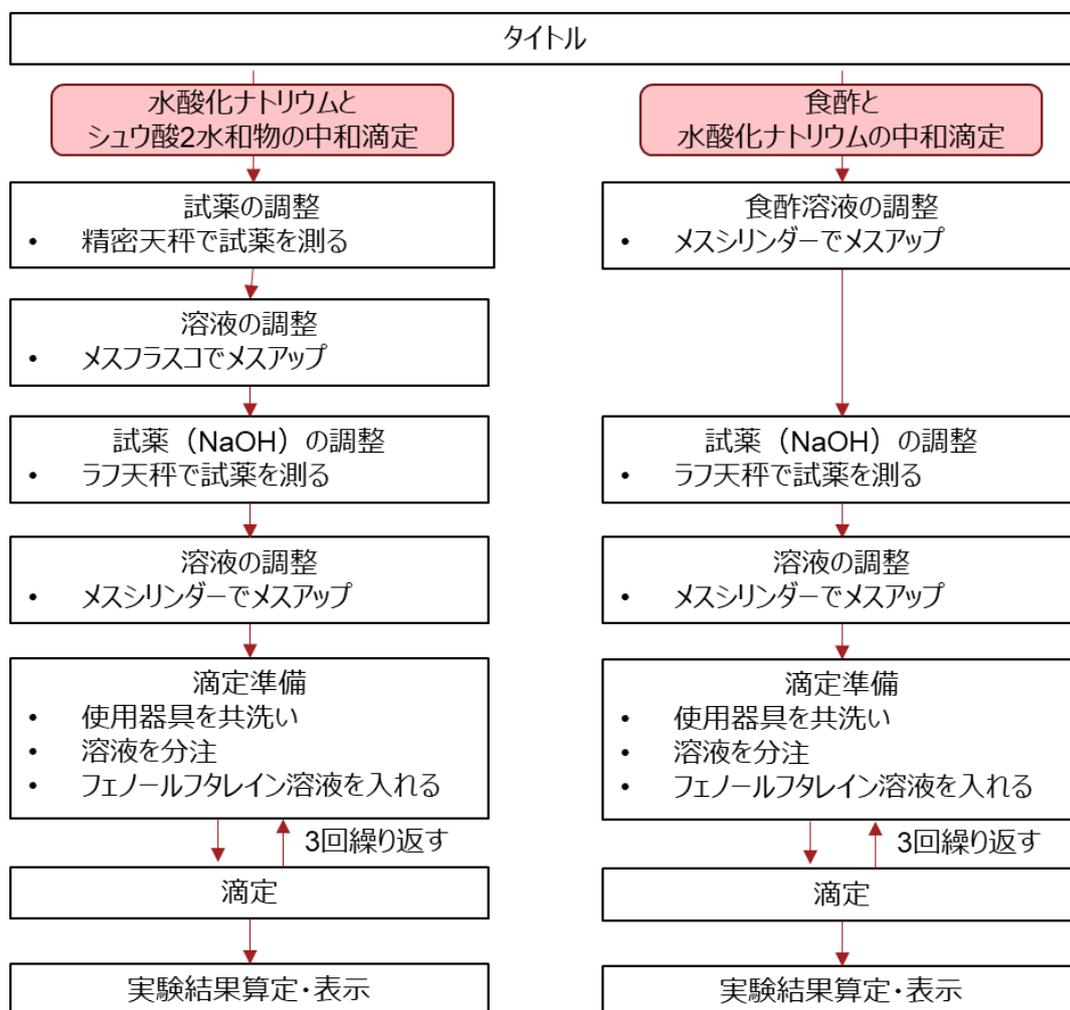
本コンテンツは「水酸化ナトリウムとシュウ酸 2 水和物の中和滴定」と「食酢と水酸化ナトリウムの中和滴定」の 2 系統の中和滴定実験を実施することができる。

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として選ぶことができる。



いずれかを選択すると実験がスタート

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。



4.4.3. コンテンツイメージ

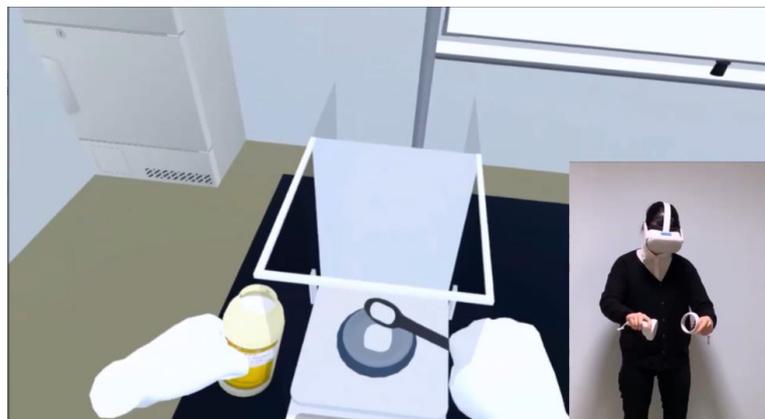
今年度開発した 3DCGVR トレーニングコンテンツのイメージを以下に示す。本コンテンツの利用者は、HMD (Oculus Quest 2) を装着して学習を行う想定である。

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、バーチャル空間内のホワイトボードに記載されているが、細部の手順や器具の操作方法・使用方法などについては学習者が判断する必要がある。

ただし、本コンテンツ内での実験器具の操作は、あくまで HMD 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異なる点は、本コンテンツ単独では十分な理解に至らない可能性があるので留意したい。

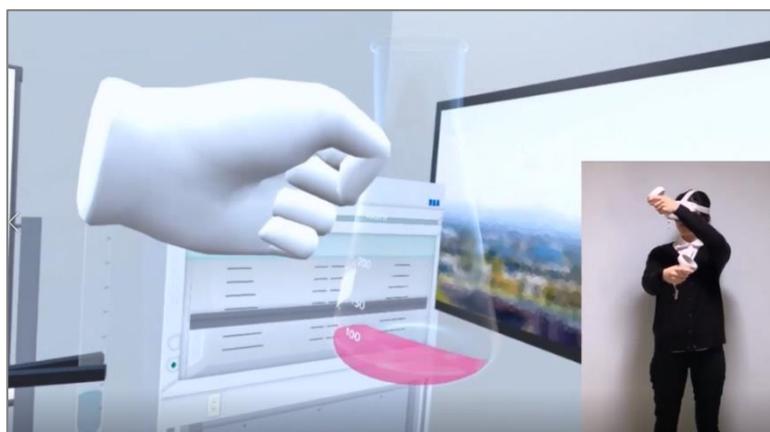
「試薬の秤り取り」



「共洗い・ビュレット準備等」



「滴定操作」



4.5. eラーニング環境

4.5.1. 開発概要

今年度、前節までに報告した教材プロトタイプを運用するため、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
- 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。

4.5.2. 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				
<p data-bbox="355 1196 686 1283">基礎化学実験 eラーニングシステム</p> <table border="1" data-bbox="272 1335 767 1512"><tr><td data-bbox="272 1335 437 1422">ユーザーID</td><td data-bbox="437 1335 767 1422"><input type="text"/></td></tr><tr><td data-bbox="272 1422 437 1512">パスワード</td><td data-bbox="437 1422 767 1512"><input type="password"/></td></tr></table> <p data-bbox="389 1559 652 1626">ログイン</p> <p data-bbox="360 1641 675 1682"><input checked="" type="checkbox"/> ログインを保存する。</p> <p data-bbox="355 1783 679 1848">日本分析化学専門学校 COLLEGE OF ANALYTICAL CHEMISTRY, JAPAN</p>	ユーザーID	<input type="text"/>	パスワード	<input type="password"/>	<p data-bbox="927 1153 1361 1283">基礎化学実験 eラーニングシステム 受講者：ユーザー01</p> <p data-bbox="847 1361 1342 1429">実験前の学習（事前学習）</p> <p data-bbox="847 1507 1342 1574">実験後の学習（事後学習）</p> <p data-bbox="847 1653 1342 1720">評価試験</p> <p data-bbox="935 1798 1254 1865">ログアウト</p>
ユーザーID	<input type="text"/>				
パスワード	<input type="password"/>				

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

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	<input type="radio"/>
B	<input checked="" type="checkbox"/>
Z	<input type="checkbox"/>

わからない

選択してください。

戻る

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
受講者：ユーザー01

安全教育とガイダンス



0:02 / 36:09

閉じる

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