



Title	科学技術と社会の問題を考える授業計画：エネルギー問題とサリドマイドの利用を考える
Author(s)	山内, かな子; 川本, 思心
Citation	CoSTEP研修科 年次報告書, 6(1), 1-8
Issue Date	2022-03-29
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/84607
Type	report
File Information	NeXTEPreport_2022-03-29_yamauchi.pdf



科学技術と社会の問題を考える授業計画

～エネルギー問題とサリドマイドの利用を考える～

山内 かな子 (2 年目)

2022 年 3 月 29 日
担当教員：川本 思心

概要

科学技術と社会の問題は切っても切り離せない問題になっている。生徒が一市民として、それらの問題について考えることが必要である。そこで、卒業後に、生徒が問題解決に向けた行動を決定できるように、自身の価値観は何か、他者との共通点・相違点は何かを見出し、考えを深める授業を計画した。

今年度のテーマは、「サリドマイドの利用を考える」と「エネルギー問題と化学について考えよう」、「化学と社会の関わりを考える～触媒編～」とし、高校の化学の授業で実施した。

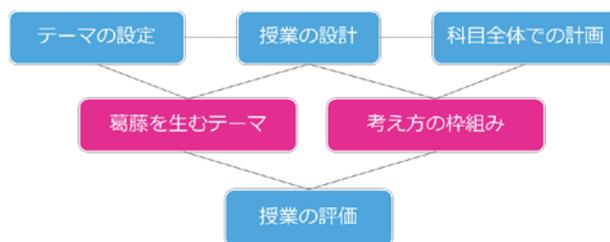


図1 研究の関係

目的と背景

科学技術と社会の問題を考える授業は、「科学、技術、社会」を扱う、STS 教育である。STS 教育は、1970 年代に大学教育の中で始まった、科学者、技術者の養育にあたって科学・技術・社会の相互作用を問題の中心にした教育活動である。組織的なものではイギリスの SISCON (Science in a Social Context) プロジェクトが知られている。その後、大学教育だけでなく中等教育に浸透し始めた。主に、アメリカやイギリスで STS 教育は普及していったが、1988 年に『科学と社会を結ぶ教育とは』(ザイマン 1988) が翻訳、発行され、日本においても STS 教育の普及が始まった。日本では環境教育の必要性の高まりや、総合的な学習の時間の導入などの背景もあり、多くの研究・実践がされた。1993 年には、文献発表数がピークを迎えた。しかし、STS 教育の制度が進まず、教育内容、目標、方法、カリキュラム等が具体化されなかったことや、「STS を通しての理科教育」と「理科教育における STS の教育」が混在し、次第に「STS を通しての理科教育」が STS 教育として語られ理科教育に包含されたことが原因となり、90 年代後半から研究・実践発表は減少している (内田・鶴岡 2014)。

STS 教育は、「現代という科学技術社会において健全なる市民としての意思決定能力、問題解決能力を身につけさせることを目的」とするが (小川 1993)、STEM 教育は「米国で科学技術による国際競争力を高めるために、理工系科目の履修を高めることを目的」にはじまった (胸組 2019)。日本における SSH (スーパーサイエンスハイスクール) ¹⁾ は、STS 教育より STEM 教育に近いだろう。

本研究では、高校の化学基礎・化学の科目全体の指導計画を検討・作成した。授業では、科学的事実と精神的側面の間で葛藤するテーマを設定した。テーマだけでなく、考え方の枠組みを知る機会になる方法で授業をし、授業の回数を重ねるごとに、手法をより高度なものにすることを目指した。個々の実践を、科目全体でまとめたい。

¹⁾ 科学技術振興機構のウェブサイトには「スーパーサイエンスハイスクール (SSH) とは高等学校等において、先進的な理数教育を実施するとともに、高大接続の在り方について大学との共同研究や、国際性を育むための取組を推進します」とある。
<https://www.jst.go.jp/cpse/ssh/> (2021 年 11 月 13 日閲覧)

実施概要

1. 昨年度の実践

昨年度、CoSTEP 研修科 16 期で「放射性同位体の利用と問題」、「化学と社会の関わりを考える～触媒編～」の 2 つの実践をした (山内・川本 2021)。生徒に決まった問いについて考えさせる活動では、問いについて考えることはできたようだった。しかし、問いの答えに向けて考える傾向が見られ、生徒自身の考えに深まりがないように感じた。そこで、生徒が自ら「問いを見つける活動」になるような授業を計画・実践した。明確なゴールがある授業ではなかったため、授業として成り立たないのではないかと不安が大きかった。しかし、実際に授業をしてみると、生徒たちが積極的に授業に参加して、多くの発言があり、科学技術と社会の問題を考える機会になったと思う。

これらの授業では科学技術と社会の問題を考える入口に立つことはできたが、それらに関わる人々の感情について、考えることはできていなかった。また、深く科学技術・社会・人々の思いの間で葛藤する授業にはなっていないかった。今年度は、生徒が葛藤する機会を多くつくり、科学技術や社会についてだけでなく、人々の思いについても考える授業を計画・実践した。

2. 今年度の実践

本年度は化学基礎を担当していないので高 2・高 3 の理系選択の生徒を対象とした化学の授業で実践をした。

(1) エネルギー問題と化学について考えよう

科目：化学 生徒：高校 2 年理系

エネルギー問題を切り口に、科学技術と社会の関わりについて知り、自身の考えを深めること、他者の意見を聞き、様々な意見の関係を整理し、自身の意見や理想との間で葛藤することを目的に授業を計画した。本授業では、エネルギー問題を解決するための議論ではなく、エネルギー問題を切り口に自身の考えを深めることに重きを置いた。そのため、「なぜそう思うのか」「何に対して疑問に思ったか」など、生徒自身の考えや感情を大切にした。

まず 1 学期で「化学反応と熱・光エネルギー」について教科書の内容を学習した後、夏期休暇で「エネルギー問題に対する化学の取り組みを 1 つ調べさせ、化学反応式を 1 つ以上入れてまとめる」レポートを作成させた。このとき、その取り組みに対する異なる意見を 3 つ調べさせた。調べる意見を 2 つにすると二項対立になる可能性があるため、意見は 3 つにした。生徒には「何を基準に問いを整理したか」を意識させるために、各意見に対する自分の考えをレポートに書けるようにワークシートもデザインした。

次に、夏期休暇後の授業 1 時間目 (表 1) で調べた内容を発表させ、「エネルギー問題を解決する社会はどんな社会ですか？化学の取り組みを入れて考えましょう。」という問いについて、グループで話し合わせた。どちらの班も「難しい」と言いながら、はじめは沈黙する時間もあったが、話すテーマが明確になっていくと話し合いが活発になっていった。生徒が沈黙する時間は不安だったが、教員が話を促すようなことはしなかった。話し合った内容を小さなホワイトボードにまとめた。

翌週に実施した 2 時間目では、ホワイトボードのまとめを発表させた (表 2)。発表後、生徒の発表について「そこに暮らす人々は幸せなのか？」という疑問を投げかけた。その問いについては、話し合わせることはせずに感想を書く時間に入った。生徒の感想には、レポート課題に関する不安やエネルギー問題に対する興味の変化、生徒自身のモヤモヤした気持ちが書かれていた。

本授業の終了後に、生徒に参考資料を配布した。参考資料は、教員がまとめたものでなくなるべくそのままの状態に配布し、今後生徒が自発的に調べるきっかけになることを期待した。

表1 「エネルギー問題と化学について考えよう」の授業内容 1時間目

時間	生徒の活動	教師の指導・留意点
5分 (5分)	本時の活動についての説明を聞く 本時のグループワークの問い 「エネルギー問題を解決する社会はどんな社会ですか？化学の取り組みを入れて考えましょう。」	目的を確認 本時のグループワークの問いを先に提示し、常に頭に入れておくように指示する。
30分 (35分)	1. レポート内容の発表する 1人2分で口頭発表 主に、「2.エネルギー問題に対する化学の取り組み、3.化学の取り組みに対する異なる立場の意見を3つ」について発表する。 黒板に化学反応式を書く。	教材：ワークシート① 1人2分(2分×9名=18分) 質疑なし 発表を聞くときは、聞くことに集中させるためメモをとらせる指示はしない。ただ、メモをしたい生徒は自由にメモをとるように指示する。
10分 (45分)	2. グループワーク 問い「エネルギー問題を解決する社会はどんな社会ですか？化学の取り組みを入れて考えましょう。」 3~4人のグループで問いについて話し合う。なぜ、理想通りにいかないのか、また実現させるには何が妨げになるのかを考えさせる。 意見をホワイトボードにまとめる。	教材：ワークシート② 3人×3グループ 発言量が少ないグループに対しては、教員が問いを投げかけたり、話し合いの整理を手伝ったりする。 ※新型コロナウイルス感染症の対策として、机を離してグループワークをする。

表2 「エネルギー問題と化学について考えよう」の授業内容 2時間目

時間	生徒の活動	教師の指導・留意点
10分 (10分)	発表内容の整理をする。	
10分 (25分)	3. グループワークの発表 1グループ1分30秒~2分程度で問いについて、ホワイトボードを提示しながら発表する。 発表を聞くときは、気になったことや疑問に思ったなどをワークシート②にメモする。	すべての班の発表が終わった後、教員から「そこに暮らす人々は幸せなのか？」という問いを生徒に投げかける。
15分 (35分)	4. 感想 ワークシート②に、本時の感想を書く。 ・授業前後で自身の考えは変化したか。 ・その他、本時の感想を書く。	
10分 (45分)	5. 授業のまとめ 書籍や資料の紹介を聞く	本や資料の紹介を配布 ・IPCC 第6期報告書 ・経済産業省 HP・日本のエネルギー政策のトレンドがわかる！「エネルギー白書2021」 ・『成長の限界』

(2) サリドマイドの利用について考える

科目：化学 生徒：高校3年理系

サリドマイドを題材に、科学技術と社会の関わりを学ぶこと、科学的事実や社会的問題を学習するだけでなく、それを取り巻く人々の思いを考えることを目的に授業を計画した。また、生徒同士の「問いかけ」を通して、生徒自身が何について疑問に思っているのかを明確にし、自身の価値観を知り、他者との共通点、相違点を知ることにも目的にした。サリドマイドは薬害の原因となった物質であり、鏡像異性体をもつ医薬品の危険性が広く知られるきっかけとなった。サリドマイドは、現在その危険性を持ったまま再び医薬品として使われている。そのような物質を題材にし、科学的事実と社会的影響、様々な立場の人々の思いに焦点をあてた授業をしたいと思った。本授業は化学の教科書の内容がすべて終わったタイミングで実施した。

授業前の質問紙調査では、生徒たちのサリドマイドに対する知識は少ないことがわかった。また、化学の教科書や資料集にはサリドマイドについての記載はなく、本校で使用している教科書の授業支援デジタルコンテンツの補充教材で扱われているだけであった。

そこで、1時間目に「サリドマイドの概要」について教員が作成した資料（B4 両面1枚）とパワーポイント、補充教材を用いて講義を行った（表1）。サリドマイドを取り巻く問題の観点は多くあり、どの情報を使って資料をつくるのか、どこまで扱うのが難しかった。そのため、生徒配布資料には注意書きを付けた。講義では、サリドマイドに関する科学的な説明と薬害事件の概要、再評価について話した。講義後、教員が参考にした資料や書籍、パワーポイント資料を自由に見ていいことにすると、生徒たちがすぐ見に来て、その場で生徒同士のディスカッションや教員への質問が始まり、授業内容への関心の高さを感じた。問い「サリドマイドが再び薬として使われることについてあなたはどう思いますか」について思ったこと、疑問を書いてくることを宿題にした。

表3 「サリドマイドの利用について考える」の授業内容 1時間目

時間	学習内容・活動	教師の指導・留意点
5分 (5分)	1. 化学の学習を振り返る (1) 約2年間の化学の学習を振り返る。 (2) 5年生のときに書いた「化学とは何か」を振り返る。	化学を学習する前後の生徒自身の変化に注目させる。
3分 (8分)	2. 質問紙調査（授業前） 本授業についての質問紙調査に回答する。	サリドマイド、薬害についての基本的な知識について調査することを目的とする。
35分 (43分)	3. サリドマイドの概要【教員の講義】 教科書と資料を使ってサリドマイドの概要について学ぶ。	科学的 content と社会的 content を分ける。 教員は自身の考えを言わないようにする。
2分 (45分)	4. 次の時間の予定 問い「サリドマイドが再び薬として使われることについてあなたはどう思いますか。」問いについて、ワークシート①に考えを書いてくる。	サリドマイドについて調べてくることは求めないが、問いについて考えさせる。 思ったことと疑問を分けて記述させるようにする。

翌日の2時間目は、問い「サリドマイドが再び薬として使われることについてあなたはどう思いますか」についてグループワークをさせた（表4）。生徒自身の価値観は何かを考えさせ、他者との共通点、相違点を知ingことを目標にして、グループワークで生徒どうしの「問いかけ」をさせた。沈黙が予想されたが、生徒たちの発言が

活発だった。沈黙した場合は、沈黙もひとつの答えとして捉え、無理やり言葉を引き出すことはしない予定だった。ただし、自分の思いが整理できず言葉にできない場合は、生徒同士の問いかけだけでなく、教員が問いかけをし、生徒の思いを整理させるようにしようと考えていた。また、単純な問いかけが続く場合は、問いに対して自分が共感したところ、違うところを伝え、自分の意見を伝えるように促す予定だったが、その必要はなく、生徒たちは自分の思いを伝え、相手の考えをしっかりと聞いていたようだった。また、家族に聞いてきた内容、自分で調べた内容を話す生徒もいた。

グループワーク後、教員も含め椅子を円形に配置し、生徒各自の疑問を発表させた。授業時間が限られているため、1人1分以内で発表だったが、生徒の話すようすから言いたいことがたくさんあることが伝わった。私の予想では、サリドマイド被害者側や薬を待っている患者側に立った問いが多いと思っていたが、レント警告後の日本でのサリドマイドの回収に至るまでの時間や薬としての使用に関わる問いが多かった。次に、『神と悪魔の薬 サリドマイド』のサリドマイド被害者ランディ氏のスピーチ²を教員が朗読した。朗読が始まると、生徒たちが静かになり教室内の空気が変わった。朗読内容については解説しなかったが、生徒のようすから何かを受け取っているようだった。最後に、2年間の化学の授業で伝えてきた、科学だけで解決できない問題、しかし科学に問う必要がある問題があることを卒業後の生徒たちの歩みに関連させて伝え、本時は終了した。

2 時間目は校内の公開授業として実施したため、参観された先生方からコメントを頂くことができた。多くの先生方が「このような授業は生徒のために必要だと思う。」とコメントされた。しかし、どこまで踏み込むのか、どのような手法でするのか、その難しさについてもコメントしていた。本授業を計画し、評価の観点を決めるとき、学習指導要領に当てはまらないことに気づいた。このように、学習指導要領の観点にはあてはまらないが、現場の実感として求められている授業を実践する意味についても考える必要があるかもしれない。

表4 「サリドマイドの利用について考える」の授業内容 2 時間目

時間	学習内容・活動	教師の指導・留意点
2分 (2分)	1.前時の復習と本時の予定 前回の資料を見直し、5年次の授業を振り返りながら、本時の予定を聞く。	5年次の「化学と社会の関わりを考える～触媒編～」を振り返らせて、本時が科学技術と社会の関わりを考えていく上で、続いている学習であることを意識させる。
3分 (5分)	2. 疑問を探す【個人の活動】 問い「サリドマイドが再び薬として使われることについてあなたはどのように思いますか。」 家で書いてきたことを見直す。追加があれば書き込む。	書いていない生徒に、教員が問いかけをし、書かせるようにする。
15分 (20分)	3. 疑問を分析する【グループワーク】 (1) 問いかけを通した問いの分析 (10分) それぞれの疑問について、お互いに問いかけをし、何について疑問に思っているのか、なぜ疑問に思っているのかを分析する。 (2) 発表の準備 (5分) ワークシート②に自分の疑問をペンで大きく	生徒同士の問いかけを通して、科学的な面、社会的な面、など、それぞれの疑問がどのような疑問か明らかにする。また、疑問を通して生徒自身が何に価値を置いているのかを明らかにする。 問いかけだけでなく、相手の考えや思いについて、共感したり、自分はこう思うなど意見を言ったりするように促す。

² ステフェン&プリンナー (2001) の243 ページ2行目から244 ページ11行目まで。

	く書き、1 分以内で発表できるように準備する。	沈黙も 1 つの答えとする。しかし、自身の考えが言葉にできない生徒については、教員が介入する。
15 分 (35 分)	4. 自分の疑問を発表する【全体】 椅子を円状に配置する。 自分の疑問とその疑問の理由を1分以内で発表する。	教員も含め椅子を円状に配置する。教員も生徒もフラットな目線になるような環境をつくる。
10 分 (45 分)	5. 最後に (1) サリドマイド被害者の声 (5 分) 教員によるサリドマイド被害者ランディ氏のスピーチの朗読を聞く。 ¹⁾ (2) 科学との関り方について (3) 感想・質問紙調査 (5 分) 机を戻して、感想を書き、質問紙調査に回答する。	(1) 生徒の受け取り方を大切にしたいため、被害者の声は朗読した後、その内容については解説しない。しかし、この朗読を聞くまでサリドマイド使用に対して肯定的な発言が多い場合が予想される。その場合は、被害者とサリドマイドを待つ患者との立場の違い、思いの違いをかみ砕いて説明する。 (2) 2 年間の化学の授業で科学が絶対的なものでないことを伝えてきた。高校卒業後、どのように科学と関わるのかを生徒に問いかける。 <input type="checkbox"/> 科学だけで解決できない問題がある。 <input type="checkbox"/> しかし、科学に問う必要がある問題がある。 <input type="checkbox"/> 卒業後、科学を専門にする生徒は科学を絶対的なものであると考えないこと。 <input type="checkbox"/> そうでない生徒は科学と無関係になるわけでないこと。

(3) 化学と社会の関わりを考える～触媒編～

科目：化学 生徒：高校2年、理系

昨年度と同様のテーマで授業をした。昨年度との変更点は、「問いの答え方を考える」活動を入れたことである。「問いの答え方を考える」とき、静かな教室内で、生徒たちが答え方を考え、書き記していく姿が印象的だった。私自身もこの形態の授業に慣れてきたため、答えを出さないことについて不安感は減り、より生徒の気持ちを考えることにエネルギーを使えたと思う。「答えを出さないのが、この授業です。」とはっきり生徒に示し、答えを出さないけれど、考えることの意味や、科学や社会の問題に自分たちも参加して良いというメッセージを送った。

表4 「化学と社会の関わりを考える～触媒編～」の授業内容

時間	生徒の活動	教師の指導・留意点
5 分 (5 分)	本時の活動についての説明を聞く	目的を再確認 科学的知識と社会的問題のバランス 生徒の提出した課題を事前にチェックする
30 分 (35 分)	1. レポート内容の発表する ・発表を聞く準備 問いの一覧表を切り取る ・発表について どのような切り口で調べたのか、調べた内容、疑問に	教材：ワークシート② 1人2分(2分×9名=18分) 問いをA3の紙に大きく書いて、見せながら発表する。 質疑なし

	<p>思ったことからどのような問いを立てたかを発表する</p> <ul style="list-style-type: none"> ・発表を聞くとき <p>発表を聞きながら、問いを「科学的な問い」「社会的な問い」の一次元で整理する</p>	<p>ワークシート①、問いを書いた A3 生徒の問いを書いたプリントを配布 (カットして配布する)</p>
10 分 (45 分)	<p>2. 問いを整理する</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「科学的な問い」「社会的な問い」の一次元の軸にもう 1 つ軸を追加する (2 分) <p>クラスで、話し合っ軸を設定する。 5 分間近くの席の人と話し合っ、案を出す。 話し合っで気になった事、決定した事をメモする。</p>	<p>メモは目的ではなく、考える過程を可視化させるのが目的であることを強調する。 グループを作らず、クラスから意見が出るように、教員が促す</p>
10 分 (10 分)	<ul style="list-style-type: none"> ・二次元の軸で問いを整理する <p>クラス全体で話し合っながら、問いを整理する。 必要であれば、黒板に書き込んだり、紙を移動させたりする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・話し合っをしながら話し合っで気になった事、決定した事、自分の考えで変化した事をメモする。 	<p>黒板に A3 の問いを貼りだす (磁石) 発言が少ない生徒がいれば、教員が発言させる。 「なぜ、そのように分類したのか」を問いかけようにする</p>
15 分 (25 分)	<p>3. 問いの答え方を考える</p> <p>自分の問いを含め一番気になる問いに対して「科学的に答えるには」「社会的に答えるには」を軸にし、自分なりに答える方法を考えて書く。 事後アンケートを書く。</p> <p>4. 感想</p>	<p>ワークシート③ 事後アンケート 何について調べるか、どのような事を考えるのか、などについて考えさせる。 授業の感想</p>

結果と考察

授業準備には多くの時間を要する。実践を重ねるごとにそれだけではない STS 教育の難しさを感じている。

(1) 授業者の在り方としての難しさ

私が計画する授業では「生徒を葛藤させる」ことを目的としている。そのためには、授業者自身の「普段何を考えているか」、「理想の社会は何か」、「人々の幸せは何だと考えるか」といった内面に關わる事柄が授業に反映されると思う。教員がもつ雰囲気には生徒は敏感である。また、授業を実践するまでに、教員自身が生徒以上にそのテーマに葛藤し、その上で授業を計画し生徒たちの前に立たなければならない。実際、私は実践のギリギリまで悩みぬいて授業を計画してきた。これは教科書の内容をわかりやすく教える以上に、精神的に負担が多いと感じた。

(2) 生徒との関係性について

生徒と教員の信頼関係が無ければ、生徒も真剣に考えることをしないだろうし、こちらも踏み込んだ問いかけは、怖くてできないと思う。学校の授業では、通常 1 年間は共に学んでいく。生徒にとっては、教員だけでなく生徒同士も学び合う仲間である。長く続く関係の中で、このような授業はどのような位置づけなのだろうか。生活の場でもある学校で、教員がどのような態度でいるのか、授業以外の態度も関わってくるだろう。また、学級づくりも重要である。化学の授業だけの取り組みでなく、生徒が安心して発言できる環境、生徒どうしの信頼関係をつくる環境をどのようにしてつくるかが鍵である。

(3) 評価や実践について

本授業を計画し、評価の観点を決めるとき、学習指導要領に当てはまらないことに気づいた。このように、学習指導要領の観点にはあてはまらないが、現場の実感として求められている授業を実践する意味についても考える必要があるかもしれない。また、科目全体での授業計画を目標としているが、この授業計画が様々な教育の場で応用できるのかはわからないし（私自身にとっては意味のあるものだけ）、マニュアル化したものはできないと思った。ただ、さまざまな手法の積み重ねとしては意味があるものだと思う。しかし、高校教育の現場でSTS教育は必要だと強く感じている。

展望

昨年度と今年度を合わせて4つのテーマの授業を計画、実践をした。「化学と社会の関わりを考える～触媒編～」については、2年連続で同じテーマで授業を実施し、内容の再検討をした。各学年で各学期に1回の頻度で授業をしたいので、次年度は高校3年生の1学期に無機化学での実践、高校2年生の1学期（テーマ未定）での実践をする予定である。テーマや手法については、科目全体のバランスを見て、考えていきたい。また、生徒の感想文の分析をして、本実践で生徒にどのような変化があったのかを評価する。

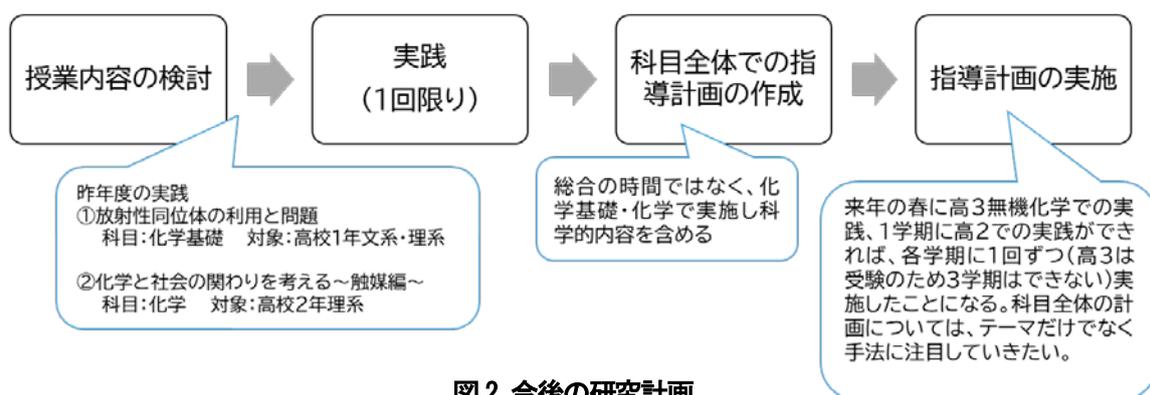


図2 今後の研究計画

参考文献

新井健一 2018 : 「これまでのSTEM教育と今後の展望」『STEM教育研究』1, 3-7. https://www.j-stem.jp/wp/wp-content/uploads/2018/12/JournalVol1_01-3-7.pdf (2021年11月13日閲覧) .

ジョン ザイマン (竹内敬人・中島秀人訳) 1988 : 『科学と社会を結ぶ教育とは』産業図書.

胸組虎胤 2019 : 「STEM教育とSTEAM教育 —歴史, 定義, 学問分野統合—」『鳴門教育大学研究紀要』34, 58-72. <https://core.ac.uk/download/pdf/236641547.pdf> (2021年11月13日閲覧)

小川正賢 1993 : 『序説 STS教育』東洋館出版社.

内田隆・鶴岡義彦 2014 : 「日本におけるSTS教育研究・実践の傾向と課題」『千葉大学教育大学研究紀要』62, 31-49.

https://opac.ll.chiba-u.jp/da/curator/900117543/13482084_62_31.pdf (2021年11月3日閲覧) .山内かな子・川本思心 2021 : 「科学技術と社会の問題を考える授業計画」『CoSTEP研修科年次報告書』5(1), 1-6. <http://hdl.handle.net/2115/81376> (2022年3月23日閲覧) .