HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	科学技術と社会の問題を考える授業計画 ： フリッツ・ハーバーへの手紙
Author(s)	山内, かな子; 川本, 思心
Citation	CoSTEP研修科 年次報告書, 7(2), 1-6
Issue Date	2023-04-17
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/88995
Type	report
File Information	NeXTEPreport_2023-4-17_Yamauchi.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

科学技術と社会の問題を考える授業計画
～フリッツ・ハーバーへの手紙～

山内 かな子（3 年目）

2023 年 4 月 17 日
担当教員：川本 思心

概要と目的

科学技術と社会の問題は切っても切り離せない。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。本授業は科学的知識と関連付けてテーマについて考えさせるため、化学基礎・化学の授業で実践した。

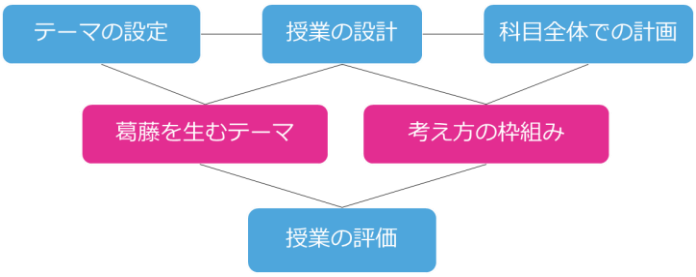

図 1 研究の関係

2020 年度および 2021 年度の実践を踏まえ（山内・川本 2021； 山内・川本 2022）、今年度は「フリッツ・ハーバーへの手紙」をテーマに新たな授業を計画した。本報告書では、特にこの授業について報告する。

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（新井 2018； ザイマン 1988； 胸組 2019； 小川 1993）。STS 教育は、1970 年代に大学教育の中で始まり、アメリカやイギリスで普及した。日本においても 1990 年代に多くの研究・実践がされたが、現在は研究・実践発表が減少している（内田・鶴岡 2014）。

本研究では、科学技術コミュニケーションについて、次の 3 点を目指した。①科学、とくに化学が関わる諸問題について、生徒と共に考え、②「伝える」だけでなく、生徒の心に寄り添いながら「考える」、③生徒自身がもっている価値観や視点に気づかせ、科学と社会が関わる問題について考えること、意見を述べることについて、自信を持たせること。

そのため、科学技術の良い面についてだけでなく、本研究の授業は科学技術の負の面を扱った。また、話し合いなどの活動を通して「自分たちも科学技術と社会の問題について意見を言っていいのだ」と思えるような授業を計画した。

実施概要

1. 全体の計画

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な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（山内・川本 2022）。令和 4 年度は、表 1 に示すように令和 2 年度入学生が化学指導計画 B（A 改訂版）、化学基礎指導計画 a をすべて実施することができた。

表1 令和2年度から令和4年度までの実施内容と計画

	平成30年度 入学生 (卒業生)	平成31年度 入学生 (卒業生) ★化学指導計画A	令和2年度 入学生 (現高3※令和4年度) ★化学指導計画B(A改)、 化学基礎a	令和3年度 入学生 (現高2※令和4年度) ★化学指導計画C(B改)
令和2年度 (1年目) 16期	【化学】高3理系 授業内容の検討・実践 科目全体での指導計画の作成	【化学】高2理系 授業内容の検討・実践 科目全体での指導計画の作成 3学期「化学と社会の関わりを考える～触媒編～」	【化学基礎】高1 授業内容の検討・実践 科目全体での指導計画の作成 2学期「放射性同位体の利用と問題」	中学3年生
令和3年度 (2年目) 17期		【化学】高3理系 授業内容の検討・実践 2学期「サリドマイドの利用について考える」	【化学】高2理系 指導計画Aの実施 2学期「エネルギー問題と化学について考えよう」 3学期「化学と社会の関わりを考える～触媒編～」	~~【化学基礎】高1~~ ~~指導計画の実施a~~
令和4年度 (3年目) 18期			【化学】高3理系 指導計画Aの実施 2学期「フリッツ・ハーバーへの手紙」 「サリドマイドの利用について考える」	【化学】高2理系 指導計画Bの実施 2学期「エネルギー問題と化学について考えよう」 3学期「化学と社会の関わりを考える～触媒編～」

※矢印は同じクラスの進級を示す

2. 昨年度までの実践

一昨年度と昨年度で、「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～」（山内・川本 2021）、「エネルギー問題と化学について考えよう」「サリドマイドの利用について考える」（山内・川本 2022）をテーマに四つの授業を計画し、実践した。

昨年度実践した「エネルギー問題と化学について考えよう」では、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。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、「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、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。

「サリドマイドの利用について考える」では、サリドマイドを題材に、科学技術と社会の関わりを学び、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、相違点を知ることも目的とした。

五つの実践を通し、STS 教育の難しさや課題を感じた。今年度のテーマ「フリッツ・ハーバーへの手紙」はそれらの課題を解決するための実践ではなく、今までのテーマになかった「科学者」を切り口に科学技術と社会の問題を考えるために設定した[1]。

[1] ハーバーやハーバー・ボッシュ法については宮田（2019）、新化学技術推進協会（2014a; 2014b）、田丸・大山（2012）を参照した。

3. 今年度実践した新しい授業「フリッツ・ハーバーへの手紙」について

科目：化学　生徒：高校 3 年理系

⑴ フリッツ・ハーバーについて

フリッツ・ハーバーの歩みを通して、科学技術と社会の関わりを考えること、科学者を一人の人間として捉え、科学技術と社会、時代について考え、科学技術の危険性を考えることを目的とした。それだけでなく、科学の普遍的な役割についても目を向けられるように促した。また、手紙を書く活動を通して、自身が何を考えているのか、何を問題だと思うのかという自分自身の価値観を知り、グループ活動を通して、他者との共通点・相違点を知ることも目的とした。

フリッツ・ハーバーが開発したハーバー・ボッシュ法は、化学平衡と無機物質のアンモニアの製法で学習する。化学平衡の単元では、ハーバー・ボッシュ法のアンモニア生成率の向上や反応速度向上のために、高圧・高温条件で反応させ、触媒を用いることを学び、無機物質では窒素元素を利用するためにアンモニア合成が重要であることを学ぶ。どちらも、教科書に詳しく記載されており、生徒にとってハーバー・ボッシュ法はよく知られたものである。しかし、開発者であるフリッツ・ハーバー自身については教科書で深く触れていない。ハーバー・ボッシュ法とオストワルト法で火薬の大量製造が可能になったことが巻末に記載されている教科書はあるが（辰巳他 2018）、ハーバーが第一次世界大戦で毒ガスを製造に関わったこと、第二次世界大戦で彼の研究所が開発したチクロン B がユダヤ人の虐殺に使用されたことは書かれていない。本授業では、フリッツ・ハーバー自身に目を向け、科学者と社会との関わりを考えさせることとした。

⑵ 手紙を書く活動について

じっくりと考えるために手紙を書く活動を選択した。自身が何を考えているのか、何を問題だと思うのかという自分自身の価値観を知ることを目的とした。また、ハーバーの心情や立場についてもよく考えさせるために、ハーバーに宛てた手紙を作成させることにした。その上で、グループ活動を通して、他者との共通点・相違点を知ることも目的とした。

授業は 2 時間で計画した。始めに授業の大まかな流れを説明し、1 時間目にフリッツ・ハーバーについての教員による講義をした（表 2）。教科書に記載があるハーバー・ボッシュ法等の振り返りだけでなく、フリッツ・ハーバーの歩みを講義した。生徒には紙で資料を配布した。講義を受けるとき、2 時間目に作成する手紙を「どの時期のハーバーに書くのか」を意識して受けるように伝えた。講義後は、生徒同士でハーバーについて話し合わせ、その後個人の活動でどの時期のハーバーに手紙を書くのかを決定させて 1 時間目は終了した。

2 時間目は 1 時間目と別日に実施した（表 3）。まず 1 時間目の振り返りを簡単にして、すぐに手紙の作成をした。どの生徒も集中して手紙を作成していた。手紙の作成では、未来からの予言の手紙にならないように、例えば「戦争は○○年に終わります」などの内容を書かないように伝え、文学的に素晴らしいものを求めているわけではないと始めに注意した。「手紙を書く活動」を通して、フリッツ・ハーバーのした事やその心情や周囲の人間について考えて手紙を書くようにさせた。手紙の作成後、グループに分かれ手紙を読み合った。この時、声に出して読むか・まわして各自で読むかの好きな方を選択させた。どのグループも手紙をまわして各自で読む方を選択した。手紙はハーバーの気持ちになって読むように意識させた。グループで手紙の読み合いが終わったら、各グループで手紙についてディスカッションをし、発表した。ディスカッションでは、感想、疑問に思ったところ、共感したところなどについて話すように指示した。授業の最期に、教員が作成したハーバーの手紙を読み、生徒に聞かせた。手紙はハーバーに対する教員の素直な気持ちと科学者と社会の関わりだけでなく、科学者個人の責任と集団の責任を書いた。特に、ハーバーを取り巻く問題が過去のものではなく、現在も続く問題であることを意識させた。

表 2 「フリッツ・ハーバーへの手紙」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
10 分 (10 分)	1. 本時の説明【ワークシート①】 (1) 高校２年時の「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～」の授業を振り返る。 (2) 本授業の目的・目標と流れを確認する。 (3) 質問紙調査　【質問紙調査①】 ハーバー・ボッシュ法についての知識 科学者について 科学者と社会の関わりについて 科学について (4) ハーバー・ボッシュ法について復習する。	科学技術と社会の問題を考える授業であることを意識させる。
20 分 (30 分)	2. フリッツ・ハーバーについての講義【ワークシート①、資料】 手紙を書くため、どの時期のハーバーに手紙を書くかを考えながら講義を聞く。	配布資料とスライド資料を使用する。ハーバーの研究活動の分岐点について意識させる。
10 分 (40 分)	3. ハーバーについて話し合う。【ワークシート①、グループ】 グループで講義の感想を話す。 ・講義を通した素直な感想 ・どの時期が気になったか　など	思ったことを素直に話し合うことで、自分が感じたことを言語化させ明確にさせる。 話し合いながら、手紙の設定をしてもよい。
5 分 (45 分)	4. 手紙の設定をする【ワークシート①】 (1) どの時期のハーバーに手紙を書くか (2) (1) の理由	時間が余れば、手紙の作成を始める。

表 3 「フリッツ・ハーバーへの手紙」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	
18 分 (20 分)	2. ハーバーに手紙を書く。【手紙】	特に書き手の立場は設定しないが、未来が分かっている預言者の立場で書かないように指導する。
10 分 (30 分)	3. 手紙をグループで読み合う。　4 人×2 グループ【ワークシート②】	前回のグループとメンバーは変わってもよい。 グループのメンバー全員の手紙を読み終わるまでは静かにすること。質問は後でする。 手紙が早く読み終わったら、4 のディスカッションを始める。
5 分 (35 分)	4. 手紙の内容についてディスカッションする。【ワークシート②】 ・ハーバーの立場になって、手紙を読む 　感想、疑問に思ったところ、共感したところ　など	「〇〇だから、それは難しかったのではないか」などハーバーを正当化する意見などが出れば、生徒自身の理想と現実との間で葛藤する機会になる。 「〇〇だから」の原因を考えさせる。
4 分 (39 分)	5. 各グループで話した内容を 2 分以内で発表する。【ワークシート②、2 分×2 グループ】	
6 分 (45 分)	6. まとめ ・教員自身が作成したハーバーへの手紙を聞く。	【教員の手紙の内容】 科学者について、科学者と社会の関わりについて 科学者の責任、集団の責任について ハーバーに対する教員の素直な気持ち 本時の感想と質問紙調査は次の時間のはじめ 10 分で記入する。

それぞれの生徒が集中して手紙を書いており、予定の時間を延長して手紙の作成をした。2 回のディスカッションはどちらも活発な活動で、タイマーが鳴るまで話していた。また、手紙の内容については、休み時間に違うグループ同士で見せたり、話したりするようすが見られ、生徒個人で考え、他者と対話する時間になったのではないかと思われた。授業前後の質問紙調査、感想文については今後分析し報告したい。

実践を通した所感

昨年度では次の（1）～（3）を課題に挙げた。

⑴ 授業者の在り方としての難しさ
⑵ 生徒との関係性について
⑶ 評価や実践について

今年度の研究・実践でこれらの課題は解決していないが、新たな発見があった。

（1）については、昨年度は授業者の内面が授業内容に反映されるため、普段の授業者の在り方が重要であると考察した。この 3 年間で、実践した授業は科学の負の面について考えさせた。科学の負の面を向き合わせることは、生徒の科学への不信感などを高めるかもしれない。これは、本研究の目的ではない。これを防ぐために、日常の授業において授業者自身が科学を好きであることや、科学の楽しさを伝えることが重要であると考えた。そのような教員の姿勢が生徒に科学の多様な面を提示し、考えるきっかけを与えることができたのではないかと考察する。そういった効果のためにも、授業者の在り方は重要だと考えられる。

⑵については、上記にあるような生徒と教員との関係性、生徒と生徒との関係性について考える必要があるだろう。生徒と生徒との関係性については、本研究の授業内だけでなく、授業以外での関係性が授業内での活動に影響したと思われる。3 年間継続して本研究の授業を受けた生徒の感想文などの分析を通して明らかにしていきたい。

⑶については、学習した知識をベースに問題（問い）について考え、レポート等にまとめて発表することは新しい学習指導要領における評価の観点にあてはまるだろう。しかし、科学（化学）の負の面を扱う事や「理科の見方・考え方」だけではない様々な視点で考えることは、学習指導要領が示す科学像から逸脱する部分もある。この「逸脱」について授業者自身の言葉で語ることで、研究で生徒と考えたい事、どんな科学技術コミュニケーションをしたいのかが明確になるだろう。

3 年間での研究・実践を通して、STS 教育の実践の難しさを感じたが、これからの社会を生きる生徒にとって必要な教育であるという思いは一層強くなった。本研究の実践は、生徒との関係性によって柔軟に変える必要があるので、安易なマニュアル化はできないが、科目全体での大きな流れを作成したことで、授業者自身がストーリー性をもって授業することができた。この点においては、科目全体での計画は意味のあるものであった。CoSTEP 研修科での研究は今年度で終わるが、この 3 年間の取り組みをベースに、今後も研究・実践を重ねていきたい。

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.

宮田親平 2019：『愛国心を裏切られた天才　ノーベル賞　科学者ハーバーの栄光と悲劇』朝日新聞出版

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.

新化学技術推進協会 GSCN 普及・啓発グループ 教材ワーキンググループ 2014a：「人類の生存を支えるアンモニア合成①」.https://jaci.or.jp/gscn/img/page_04/GCS_007-web_v2.pdf（2023 年 4 月 3 日閲覧）

新化学技術推進協会 GSCN 普及・啓発グループ 教材ワーキンググループ 2014b：「人類の生存を支えるアンモニア合成②」.https://jaci.or.jp/gscn/img/page_04/GCS_008-web_v2.pdf（2023 年 4 月 3 日閲覧）

田丸謙二・大山秀子 2012：「認定化学遺産 第 012 号　田丸節郎資料（写真及び書簡類）Fritz Haber との交流と学術振興」『化学と工業』Vol.65-7 July 2012.https://www.chemistry.or.jp/know/doc/isan012_article.pdf（2023 年 4 月 3 日閲覧）

辰巳敬 他 2018：『改訂版 化学』数研出版

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）

山内かな子・川本思心 2022：「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」『CoSTEP研修科年次報告書』6(1), 1-8.http://hdl.handle.net/2115/84607（2022年2月28日閲覧）