

## 論理的思考力を育成する探究学習の5ステップ学習指導 協働学習とICTの活用

後藤 祐子\* 黒木 高雅\* 森 菜摘\* 森山 由紀乃\* 大坪 祥子\* 保田 昌秀

### 要約

学習指導要領(平成29年告示)に、小学校および中学校の「総合的な学習(探究)の時間」の重視および「ICTを活用した学習活動」の充実が明記された。探究学習は、生徒自らが課題を設定し、解決に向けて情報を収集・整理・分析し、周囲の人と意見交換・協働しながら進めていく学習である。高等学校学習指導要領(平成30年告示)では「総合的な学習の時間」が「総合的な探究の時間」に変更され、高等学校でも令和4年度から「探究学習」が開始された。さらに、大学入試においても探究学習の成果で受験できる「探究型入試」が文部科学省入学者選抜実施要項で認められた。このように学校教育において探究学習の質的充実が求められており、教科書中心で教師が一方的に知識を教える知識伝達型の教科学習とは異なる指導方法が、探究学習には必要となっている。しかし、中学校の探究学習の指導方法の報告は、高等学校の「探究学習」の報告に比べて少ない。

探究学習の目標の一つに、生徒が課題の探究結果を、設定理由、情報の整理・分析、結論に分けて調査結果を展開して、「まとめ」を作成・発表する学習(論理的思考)がある。本稿では、中学校の「総合的な学習(探究)の時間」において、論理的思考力をどのように育成したらいいのかについて考察した。論理的思考の指導に必要な5つのステップ(1.課題の設定と設定理由、2.情報の収集、3.構成と見通し、4.情報の整理・分析、5.まとめ・表現)を提案し、各ステップの留意点や事例を示しながら学習指導案を作成した。また、各ステップにおけるクラウド型授業支援ツール“ロイロノート”の活用方法および協働学習の場面設定についても検討した。

**キーワード**：総合的な学習(探究)の時間、質的充実、個別学習と協働学習、ループリック、クラウド型授業支援ツール、共有ノート

### 1. はじめに

小学校および中学校の「総合的な学習(探究)の時間」の重視および「ICTを活用した学習活動」の充実が、最新の学習指導要領(平成29年告示)に明記された(文部科学省2017a)。また、高等学校学習指導要領(平成30年告示)では「総合的な学習の時間」が「総合的な探究の時間」に変更され(文部科学省2018)、高等学校でも令和4年度から「探究学習」が開始された。さらに、大学入試においても探究学習の成果で受験できる「探究型入試」が文部科学省入学者選抜実施要項で認められ、導入を予定している大学が増加している(内閣府2022)。このように学校教育において探究学習の質的充実が求められており、これらの探究学習には、教科書中心で教師が一方的に知識を教える知識伝達型の教科学習とは異なる指導方法が必要となっている。

中学校の探究学習については、中学校学習指導要領(平成29年告示)解説 総合的な学習の時間編(文部科学省2017b)において解説がなされている。多くの著作物では、これを要約して「探究学習

とは、生徒自らが課題を設定し、解決に向けて情報を収集・整理・分析し、周囲の人と意見交換・協働しながら進めていく学習活動を言う」としている。各中学校の工夫で探究学習が教えられているが、中学校の探究学習の指導方法についての研究は、高等学校の探究学習についての研究(林・後藤 2023, 中井 2022) に比べて少ない。

そこで、本稿では、中学校の「総合的な学習（探究）の時間」の学習指導法について検討することとした。特に、生徒が、調査した課題について、設定理由、情報の整理・分析、および結論に分けて、「まとめ」を作成・発表する論理的思考をどのように指導したらいいのかを、事例を提示しながら考察していく。また、クラウド型授業支援ツールの活用および協働学習の場面設定についても検討する。

## 2. 探究学習 5 ステップ学習指導

中学校学習指導要領（平成 29 年告示）では、中学校の探究的な学習のプロセスを「①課題の設定→②情報の収集→③整理・分析→④まとめ・表現」と明示している（文部科学省 2017b）。これに沿った中学校での探究学習の実践例については、岩崎らが報告している（岩崎・谷口ら 2022）。桑田らは、「テーマを決めよう、調べるテーマをしぼろう、情報を集めよう、情報を整理分析しよう、論理的に表現しよう、共有し振り返ろう」の 6 プロセスで学ぶ探究学習スキルワークを報告している（桑田ら 2012）。

本稿では、論理的思考力の指導を行うことを目的に、課題の設定と設定理由（STEP 1）、情報の収集（STEP 2）、構成と見通し（STEP 3）、情報の整理・分析（STEP 4）、まとめ・表現（STEP 5）の 5 ステップ学習指導案を提案する。STEP 1～5 は基本的に個人で進めるが、協働学習を取り入れることで、他の生徒の進捗状況や内容を参考にしながら自分の探究学習に生かし、学習への取組が主体的なものになるようにする。また、自分の考えを他人に伝えることで考えを再構築しながら探求学習を進める

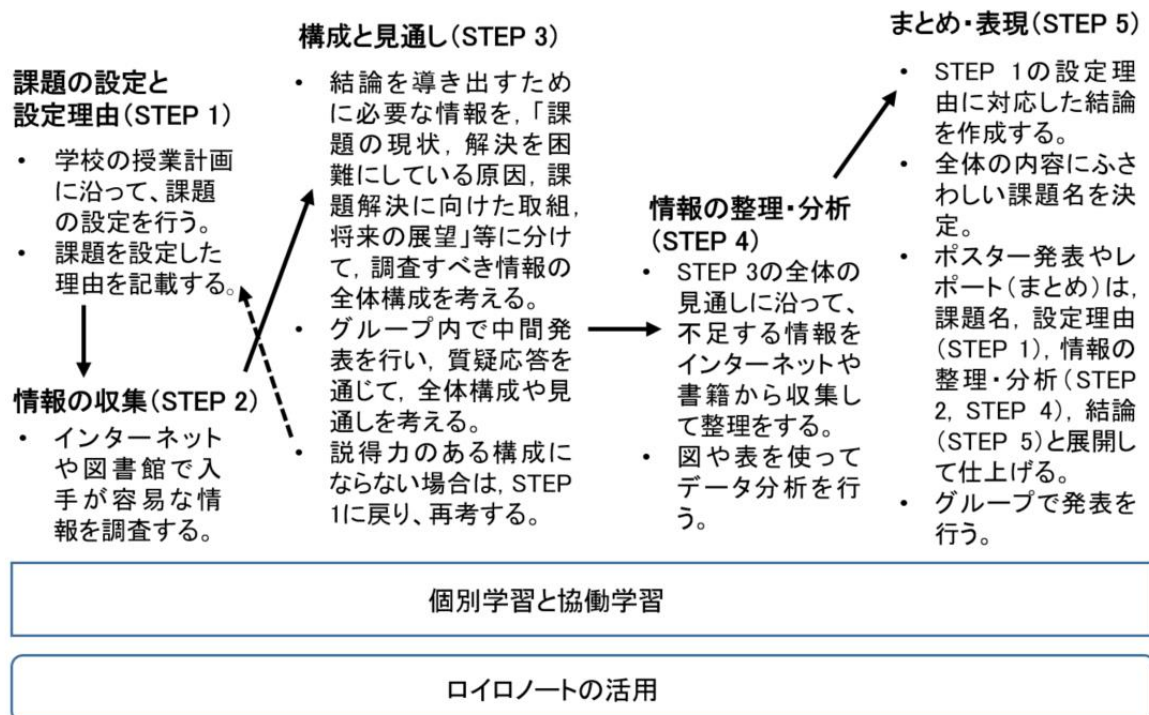


図 1 探究学習における論理的思考力の育成

手立てとする。また、その際、思考を可視化し、考えを共有する手段として、ロイロノート・スクール（株式会社 LoiLo, <https://n.loilo.tv/ja/>）を活用する。図1に示す5つのステップに従った具体的な探究学習の学習指導を考えていく。

### (1) 課題の設定と設定理由 (STEP 1)

各中学校が設定した、例えば「国際理解、情報、環境、福祉・健康、地域・学校の特色の課題、職業や自己の将来の課題、生徒の興味のある課題」などの範囲のなかで、生徒は課題を設定する。複数の生徒が同じような課題を設定する場合もあるが、調査内容よりも、「調査の仕方やまとめの書き方を学ぶこと」に主眼を置いて生徒を指導することが肝心と思われる。また、実験、アンケート調査、フィールドワークおよび体験などを伴う場合には、教師の指導が必要になる。「水素がクリーンエネルギーか」という課題を生徒が考えたという想定で課題設定の例を示す。

設定理由の記載方法としては、最初に生徒自身が調査したい課題を記載する（文章1）。文章1と関連する「新聞・図書館・インターネット等で誰でも入手できる情報」（文章2）を探す。次に、文章2と文章1をつなぐ文章3を考え、文章2→文章3→文章1とつないで、設定理由とする。脚注1に示した例では、文章1：水素が本当にクリーンエネルギーか、文章2：地球温暖化問題で水素に注目、文章3：水素の製造段階で二酸化炭素を排出するとなる。文章2→文章3→文章1とつなぐと、「地球温暖化問題と関連して、二酸化炭素を排出しないクリーンなエネルギーとして水素が注目されている（文章2）。しかし、現行技術では、水素は石油などの化石燃料から製造されており、製造段階で二酸化炭素を排出し、クリーンエネルギーとは言えない（文章3）。そこで、製造段階まで含めてクリーンな水素について考える（文章1）」となる。生徒は、この作業を通して普段から社会の事象について問題意識を持つことが重要なことを学ぶ。このような体験の積み重ねで、学年が上がるにつれて、課題の設定にうまく対応できると期待される。

### (2) 情報の収集 (STEP 2)

次に、情報の収集 (STEP 2) では、生徒自らが考えた課題に関係する調査事項の整理や選別を行う。知識量が学年によって異なるので、事項の整理・選別は生徒だけでは難しいこともあり、教員の介在が必要となる。また、STEP 2での情報収集はロイロノートの「Web」による調査や図書室などで容易に入手できる事項とする。調査結果をロイロノートの Web カードを用いて整理する。次のSTEP 3での発表に備えて、発表の仕方を考えて発表練習をする。ここでは、生徒に調査によって新しい知識が得られることに興味を持たせることが重要である。情報収集の例を脚注1に示す。

### (3) 構成と見通し (STEP 3)

探究学習として成り立つためには、設定理由 (STEP 1) から結論に至る論理的な構成になっているかが鍵になる。結論を導き出すために必要な情報を、「課題の現状、解決を困難にしている原因、課題解決に向けた取組、将来の展望」等に分けて、調査すべき情報の構成と見通しを考える。構成と見通しの例を脚注1に示す。

最初に4~5人のグループの中で、各生徒が考えた課題(STEP 1)と情報収集(STEP 2)の結果についての中間発表を行う。質疑応答を通じて修正箇所を把握する。生徒が他の生徒の課題に対して疑問を持って質問することが探究学習では重要である。また、質問に対する答えを考えることや答えられな

かったことによる気づきも調査の充実につながる。発表を通して、探求学習の見通し・情報の選択などの構成について再考し、必要に応じて、STEP 1 や 2 に戻り、再検討を行うようにする。

#### (4) 情報の整理・分析 (STEP 4)

情報の収集 (STEP 2) で収集した情報は入手容易な事項であり、さらに深い調査によって情報の整理・分析が求められる。各生徒が個別学習で課題に関係するさらに深い調査を行う。**脚注 1** に情報の整理・分析 (STEP 4) の例を示す。STEP 2 と STEP 4 の情報を一緒にして、3~4 項目程度に整理する。情報の出典も記載する。

また、STEP 4 では、調査したデータを加工してグラフ化することで、相手に分かりやすく必要性を伝えることができる。パソコンによる作成だけでなく、手書きでの作成も認め、生徒に図や表の作成作業に取り組みやすいように配慮する。図表は画像としてロイロノートに取り込む。図や表の作成には、生徒が探求学習に興味を持つ効果が期待され、探求学習では推奨される作業である。**脚注 1** に、自然エネルギー（水力、風力、太陽光）の供給量の推移を図にした例を示す。

#### (5) まとめ・表現 (STEP 5)

まとめ・表現 (STEP 5) では、最初に結論について考える。結論では STEP 1 の設定理由に掲げた問題点に対する生徒の意見を記載する。この作業は、生徒にとっては難しい作業であり、単なる感想文になることが多い。今回の探究学習での気づきが未来社会に深くかかわっていることなどについても考えを深めていけるように、生徒と対話しながら生徒自身が気付いて行けるように指導する。**脚注 1** に今回の結論の例を示す。

次に、探究学習の「まとめ」を設定理由、情報の整理・分析、結論に分けて論理的に展開して仕上げる。設定理由は STEP 1 で作成した内容になり、情報の整理・分析には STEP 2 と STEP 4 で考えたことを項目ごとに整理して記載し、結論は STEP 5 の結論になる。「まとめ」では、探究した課題に対する認識が深まると同時に、それが身近な生活につながっていることや、日常の中で活用可能であることに気付くことも大事である。

最後に、課題名を全体の内容とポスター発表のインパクトを考えて決定していく。今回の課題名を**脚注 1** に示す。最後に生徒によって発表が行われ、生徒および教師が発表内容について評価を行う。評価方法については「5.探究学習の評価の観点」で後述する。

### 3. ICT の活用

現代社会では、パソコン・タブレットやインターネットなどの ICT は、文字や図・表を書く手段やインターネットを介しての調査手段だけでなく思考手段でもある。学校教育においても、ICT を活用した学習活動が取り入れられ、ロイロノート・スクールなどのクラウド型授業支援ツールの活用が広がっている。ここでは、本学の大学院生 (**脚注 2**) が模擬生徒・教師になって模擬授業を行い、探究学習でのロイロノートの活用について検討した。

- ・ 情報の収集 (STEP 2) および情報の整理・分析 (STEP 4) では、ロイロノートの「調査機能」を活用した。ロイロノートの「Web」から「検索」に入り、「水素」などについての情報を調査した。教育委員会等でアクセスできるサイトを制限している場合が多いので、各学校では生徒に安心して自由に調査させることができる。

論理的思考力を育成する探究学習の5ステップ学習指導  
協働学習とICTの活用

- ・ 構成と見通し（STEP 3）では、最初にグループのリーダーを選任した。リーダーの司会の下に、各生徒が考えた課題と課題の設定理由(STEP 1)と情報収集(STEP 2)の内容についてロイロノートを使って口頭で発表を行った。次に、ロイロノートの新機能として最近、追加された「共有ノート」にグループの全員が発表についての意見や感想を書き込んだ。共有ノートへの書き込みは、グループ内の生徒全員が見ることができる。リーダーが共有ノートを活用しながら、活発な質疑応答を促した。模擬授業では、この場面でのシミュレーションを行った。
- ・ まとめ・表現（STEP 5）では、STEP 1～5 で作成したロイロノートのカードをつなげた「まとめ」のカードとプレゼン用カードを使って、口頭発表を行った。

#### 4. 授業計画案

表 1 には、論理的思考力を育成する探究学習の授業計画について、各 STEP の 15 回の授業時間への割り振り、学習活動の内容、ロイロノートの活用、協働学習について示す。全体を通してロイロノートを活用して探究学習を行う。

表 1 論理的思考力を育成する探究学習の授業計画（全 15 回）

| STEP   | 時数 | 学習活動                           | ロイロノートの活用                               | 協働学習   |
|--------|----|--------------------------------|---|--|
| STEP 1 | 1  | 課題の設定と設定理由                     | カードにまとめる                                | ペアで発表する                                      |
|        | 2  | 情報の収集①                         | Web カードにまとめる                            |  |
| STEP 2 | 3  | 情報の収集②                         | Web カードにまとめる<br>発表練習をする                 | ペアで発表する                                      |
|        | 4  | グループ内発表<br>(学習指導過程を表<br>2 に記載) | 1～3 のカードを使い発表する                         | ・ グループで発表し、感想を伝え合う<br>・ グループでカードを共有しアドバイスをする |
| STEP 3 | 5  | 構成と見通し①                        | アドバイスをもとに、調べるテーマを絞り、STEP 1 の情報を整理する     |  |
|        | 6  | 構成と見通し②                        | 構成と見通しをカードにまとめる                         | ペアで確認する                                      |
|        | 7  | 情報の整理・分析①                      | 図・表の作成                                  |  |
| STEP 4 | 8  | 情報の整理・分析②                      | 情報をカードにまとめる                             |  |
|        | 9  | 情報の整理・分析③                      | 情報をカードにまとめる                             |  |
| STEP 5 | 10 | まとめ①                           | 結論をカードにまとめる                             | ペアで発表する                                      |
|        | 11 | まとめ②                           | カードを共有する<br>結論のカードを仕上げる<br>課題名を決めカードを作る | グループでカードを共有しアドバイスをする                         |
|        | 12 | 表現①                            | プレゼン用カードを作る                             |  |
|        | 13 | 表現②                            | プレゼン用カードを作る                             |  |
|        | 14 | 表現③                            | カードを使って発表練習する<br>動画を撮影する                | 個人練習後、ペアで練習し、アドバイスをもらう                       |
|        | 15 | 表現④                            | カードを使って発表する                             | 発表を聞いて、生徒が評価を行う                              |

STEP 毎の指導の要点を下記に示す。

- ・ 個別学習の STEP 1 と STEP 2 では、授業の速度をできるだけ揃えるために、座席が隣の生徒でペアを作り、ロイロノートを用いて、お互いの活動状況を発表する機会を与え、自分の課題を明瞭化させるよう工夫する。

- ・ 構成と見通し（STEP 3）は探求学習の論理的思考力を育てる上で重要な STEP であると考え。そこで、探究学習の 4 回目（STEP 3）の授業の学習指導案を表 2 に示す。

表 2 探究学習の 4 回目の授業の学習指導過程

| 段階  | 学習内容及び学習活動  | 指導上の留意点  | 資料・準備                 |
|---|---|--|-----------------------|
| 【本時の目標】<br>(1)グループ発表を通して、自分の考えを伝え、他者の考えを知ることができる。<br>(2)探求学習をする上で、構成や見通しをもつことの大切さを知ることができる。 |   |  |                       |
| 導入<br>(5分)  | <b>1 課題をつかむ</b><br>① 前時までの内容を振り返る                               | ○内容を振り返り本時にスムーズにつなげられるようにする  | TV<br>タブレット<br>ロイロノート |
|   | ② 本時の活動内容を確認する  | ○活動の見通しをもたせる   |                       |
|   | 【めあて】課題設定とその理由、収集した情報についてグループで発表し、感想を伝え合おう                      |  |                       |
| 展開<br>(40分)   | ③ 学習課題を確認する<br>【学習課題】より説得力のある探求学習にするためにどうすればよいのだろうか             | ○グループ発表を通して考える視点を示す  | ロイロノート                |
|   | <b>2 課題の解決に向けて活動する</b><br>① 発表の準備を行う                            | ○前時までに作成したカードを使って発表の準備、練習を行う   |                       |
|   | ② グループで発表する   | ○聞き手を意識した発表、発言を行うように指導する<br>○聞き手には、聞く態度に留意し、発表者の探求学習がさらによくなるための質問や意見について簡潔に共有ノートにメモをとるようにさせる |                       |
|   | ③ より説得力のある探求学習にするためにどうすればよいのかをグループで話し合う                         | ○共有ノートのメモを用いてグループの発表を振り返りながら考えさせる  |                       |
|   | ④ 学級全体で考えを共有する  | ○次の活動がスムーズに行えるよう、構成のポイントを確認する  |                       |
| まとめ<br>(5分)   | <b>3 学習課題のまとめ</b><br>① 自分の発表内容を振り返り、構成のポイントをもとに、調査内容を絞り、情報を整理する | ○共有ノートを活用し、構成と見通しを考えさせる<br>○絞った調査内容に合わせて情報を整理し、校正を考えることを予告する                                 | ロイロノート                |
|   | ② 次時の予告をする  | ○探求学習の見通し・構成をカードにまとめる準備をしておくよう指示する   |                       |

- ・ 情報の整理・分析（STEP 4）は 4 回の個別学習で行わせる。STEP 2 だけでは不足している情報および STEP 3 での協働学習で不足していると感じた情報を集めさせる。また、得られた情報を図や表にまとめる学習も指導する。「利点・欠点」「長所・短所」「年代別」などで分別した表や図を作成させる。ロイロノートだけでなく、Excel や手書きなどを効果的に利用して整理させるようにする。

論理的思考力を育成する探究学習の5ステップ学習指導  
協働学習とICTの活用

- STEP5では協働学習を取り入れ、他の生徒の発表や自分の発表への質問や意見を参考にして「まとめ」を作成させる。「まとめ」を発表する際は、ロイロノートのカードの整理、発表練習などを行い、聞き手を意識した発表ができるように工夫させる。脚注1に「まとめ」をロイロノートで発表した場合の例を示す。
- 生徒・教師が表3（後述）にしたがって評価を行う。

## 5. 探究学習の評価の観点

探究学習の最後に、「まとめ・表現」について評価が行われる。表3に、学習指導要領に示されている探究学習の評価の観点を示す（島根県教育委員会2020）。評価を行いやすくするために、本稿では、観点ごとの具体的な評価の基準（ルーブリック）を考えた。観点1は、情報の収集（STEP2）や情報の整理・分析（STEP4）が関連していると思われる。観点2は、構成と見通し（STEP3）に重点が置かれると思われる。さらに、観点3に対応するためには、情報収集や調査は生徒が分担して行うことが必要と思われる。「まとめ」の多くは、ロイロノートを使った口頭発表で行われ、生徒および教師がルーブリックに基づいた評価を、4段階評価（たいへんよい、よい、よくない、まったくできていない）で実施する。

表3 探究学習の評価の観点

| 観点  | 内容（学習指導要領記載事項）   | ルーブリック（評価の基準）   |
|-----|--|---|
| 観点1 | 知識及び技能<br>学習の過程において、課題の解決に必要な知識や技能を身に付け、課題に関わる概念を形成し、探究的な学習のよさを理解している。       | <ul style="list-style-type: none"> <li>調査が十分に行えているか。</li> <li>先行研究の調査を行い、出典を明らかにしているか。</li> </ul>                           |
| 観点2 | 思考力・判断力・表現力<br>実社会や実生活の中から問いを見だし、自分で課題を立て、情報を集め、整理・分析して、まとめ・表現している。          | <ul style="list-style-type: none"> <li>まとめ（レポート）は、設定理由、情報の整理・分析、結論を含む論理的思考になっているか。</li> <li>課題の設定理由と結論が関連づいているか。</li> </ul> |
| 観点3 | 主体的に学習に取り組む態度<br>探究学習に主体的・協働的に取り組もうとしているとともに、互いのよさを生かしながら、積極的に社会に参画しようとしている。 | <ul style="list-style-type: none"> <li>生徒の考えが述べられているか。</li> <li>チーム内で意見交換が十分におこなわれているか。</li> </ul>                          |

## 6. 結論

探究学習の質的充実には、育成する能力を明確にした指導が必要である。論理的思考力は、探究学習で育成する能力の一つであり、コミュニケーション能力、プレゼンテーション力の育成、ICTの活用、協調性などと並んで重要な能力である。特に、レポートやポスター発表で実施される「まとめ・表現」を充実させるためには、論理的思考が重要である。ここでは、生徒の思考を可視化し、考えを共有する手段としてロイロノートの「共有ノート」を、まとめの発表には「複数枚を連結したカード」を活用した指導計画を提案した。与えられたテーマの中で自分の興味に沿った課題を定めることは生徒の主体性を生み出す第一歩であり、調査ツールとしてのロイロノートの活用は、必要な情報収集をよりスムーズにすることに役立っている。また中間発表やまとめの発表などの協働学習において、情報を共有したり、思考を可視化したりすることは、ロイロノートの特徴を活用することであり、それによって活動の充実に繋がる。このように必要に応じてロイロノートを活用することで、課題を立て

て、収集した情報を順序だてて考え、分かりやすく説明するといった論理的思考の育成に大いに役立っている。そのような意味において、中学校の教科のなかで、「総合的な学習（探究）の時間」が最も ICT の活用に適した教科であると言える。

本稿で提案した ICT 活用した論理的思考力育成のための 5 ステップ学習指導が、探究学習の質的充実につながることを期待したい。

脚注 1) 生徒が考える STEP 1 から STEP 5 の例

|                |   |
|----------------|---|
| STEP 1         | <p>地球温暖化問題と関連して、二酸化炭素を排出しないクリーンなエネルギーが注目されている。近い将来、クリーンエネルギーとして注目されるのが水素である。しかし、水素は軽い気体であるので、メタンガス（天然ガス）のように地中から採取することができない。現行技術では、水素は石油などの化石燃料から製造されており、製造段階で二酸化炭素を排出し、クリーンエネルギーとは言えない。「水素は燃えたら水になり二酸化炭素を排出しない」というイメージが先行している。製造段階まで含めてクリーンかどうかを考える必要がある。そこで、「水素がクリーンエネルギーか」という課題で探究学習を行った。</p>  |
| STEP 2         | <p>製造：石油を原料とする現状の水素製造では水素はクリーンエネルギーとは言えない。水力発電や太陽光発電によって二酸化炭素を排出しない方法で発電した電力で、水を電気分解して水素を製造するとクリーン水素と言える。水力発電に適した地域は、雪解けの水の多い北欧や雨量の多い東南アジアである。太陽光発電に適した地域は、低緯度に位置する諸国（サンベルト地帯）である。</p> <p>貯蔵：自動車燃料にガソリンが使われる理由として、ガソリンは液体であり貯蔵と輸送がしやすいことがある。また、タクシーなどで使われるプロパンは気体だが、加圧すると簡単に液化するので、車に積載しやすい。一方、水素はプロパン同様に気体であるが、液化が難しいので、気体を高圧で圧縮して減容化して貯蔵や輸送を行う。そのための耐圧容器が必要になる。これが水素燃料の課題である。</p> <p>熱量：水素の燃焼熱は 1 g 当たり 142 kJ（キロジュール）であり、ガソリンは 1 g 当たり 47 kJ である。同じ重さであれば、水素の燃焼熱はガソリンの約 3 倍になる。例として、ガソリン 1 L（リッター）で 12.5 km 走行できる車で 500 km 走行すると、ガソリンは 28 kg（40 L）必要だが、水素では同距離を走行するには 9.27 kg で足りる。このように水素は少ない積載量で走行できる。</p>   |
| STEP 3         | <p>設定理由を解決するためには、再生エネルギー（水力、風力、太陽光）によって発電した電力で水を電気分解する方法が、クリーンに水素を製造するベストな方法であると考えた。そのために、現状の製造方法、貯蔵方法、熱量の三つの観点で調査を行って結論を導く。</p>  |
| STEP 4<br>その 1 | <p>「製造」について追加調査した。クリーン（Clean）とよく似た表現に「グリーン Green」がある。グリーンエネルギーとは、「太陽光や風力などの再生可能エネルギー、あるいは水素エネルギーなどの利用時に二酸化炭素を排出しないエネルギー」を言う。この定義では、製造過程で二酸化炭素を排出しても良いことになる。グリーンという言葉の置き換えで、水素にクリーンエネルギーのイメージを付与しているのではないと思われる。化石燃料（石炭・天然ガス）を改質して作られた水素は「グレー水素」と呼ばれる（参考文献 1）二酸化炭素の排出を伴う。水素の製造工程で排出された二酸化炭素を回収して貯留したり利用したりする技術と組み合わせることで、排出量を削減して製造した水素は「ブルー水素」と呼ぶ。さらに、再生可能エネルギーなどを使って、二酸化炭素を排出せずに水の電気分解などで製造された水素を「グリーン水素」と呼ぶ。</p> <p>「グリーン水素」について調査を行った。グリーン水素の製造法に「水電気分解法」がある。福島県で旭化成が実証実験を行っている「アルカリ水分解装置」（参考論文 2）が紹介されている。しかし、製造コストが従来法（改質法）に比べて高く、実用化の報告が少ない。</p> <p>「貯蔵」について調査した。ホンダや日産などの自動車メーカーでは、耐圧容器内に 350 気圧または 700 気圧に圧縮した水素を使用している。市販の水素ボンベは 140 気圧なので、かなりの高圧であるが、技術的には可能なことが分かる。車での充填量は 600 km 程度走行できる量（約 11 kg）</p> |



論理的思考力を育成する探究学習の5ステップ学習指導  
協働学習とICTの活用

|                       | <p>となっている。</p> <p>参考文献1) 経済産業省エネルギー庁(2021) 次世代エネルギー「水素」、そもそもどうやってつくる? <a href="https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/suiso">https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/suiso</a></p> <p>参考論文2) 中園敦二(2021) 水電解装置“グリーン水素”の大量製造時代へ 世界で400超のプロジェクト, エコノミスト On line, <a href="https://weekly-economist.ainichi.jp/articles/0210302/">https://weekly-economist.ainichi.jp/articles/0210302/</a></p>   |    |               |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |
|-----------------------|--|----|---------------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|
| <p>STEP 4<br/>その2</p> | <p>自然エネルギー発電の推移: 資源エネルギー庁が、ホームページでエネルギーの供給量の時系列データ(参考文献3)を公表している。2000年から2021年までの再生エネルギー(水力、風力、太陽光)による発電量を、原油換算(単位<math>10^4</math>kL)で図に示す。2021年度の再生エネルギーは<math>5,115 \times 10^4</math>kLであり、原油・原子力等を含む全エネルギー供給量の11%に相当する。2000年度の4%から大幅に増加している。</p> <div data-bbox="336 600 1321 1016" data-label="Figure"> <table border="1"> <caption>再生可能エネルギー（水力、風力、太陽光）の推移 (原油換算, 単位 <math>10^4</math> kL)</caption> <thead> <tr> <th>西暦</th> <th>エネルギー量 (原油換算)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2000</td><td>2,600</td></tr> <tr><td>2001</td><td>2,500</td></tr> <tr><td>2002</td><td>2,600</td></tr> <tr><td>2003</td><td>2,900</td></tr> <tr><td>2004</td><td>2,900</td></tr> <tr><td>2005</td><td>2,700</td></tr> <tr><td>2006</td><td>3,000</td></tr> <tr><td>2007</td><td>2,800</td></tr> <tr><td>2008</td><td>2,800</td></tr> <tr><td>2009</td><td>2,800</td></tr> <tr><td>2010</td><td>3,000</td></tr> <tr><td>2011</td><td>3,000</td></tr> <tr><td>2012</td><td>2,900</td></tr> <tr><td>2013</td><td>3,200</td></tr> <tr><td>2014</td><td>3,500</td></tr> <tr><td>2015</td><td>3,800</td></tr> <tr><td>2016</td><td>3,900</td></tr> <tr><td>2017</td><td>4,300</td></tr> <tr><td>2018</td><td>4,500</td></tr> <tr><td>2019</td><td>4,700</td></tr> <tr><td>2020</td><td>4,900</td></tr> <tr><td>2021</td><td>5,100</td></tr> <tr><td>2022</td><td>5,100</td></tr> </tbody> </table> </div> <p>図 再生可能エネルギーの推移 (原油換算, 単位 <math>10^4</math> kL)</p> <p>参考文献3) 集計結果又は推計結果(総合エネルギー統計)2022, <a href="https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/totalenergy/results.html#headline1">https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/totalenergy/results.html#headline1</a></p> | 西暦 | エネルギー量 (原油換算) | 2000 | 2,600 | 2001 | 2,500 | 2002 | 2,600 | 2003 | 2,900 | 2004 | 2,900 | 2005 | 2,700 | 2006 | 3,000 | 2007 | 2,800 | 2008 | 2,800 | 2009 | 2,800 | 2010 | 3,000 | 2011 | 3,000 | 2012 | 2,900 | 2013 | 3,200 | 2014 | 3,500 | 2015 | 3,800 | 2016 | 3,900 | 2017 | 4,300 | 2018 | 4,500 | 2019 | 4,700 | 2020 | 4,900 | 2021 | 5,100 | 2022 | 5,100 |
| 西暦                    | エネルギー量 (原油換算)  |    |               |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |
| 2000                  | 2,600  |    |               |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |
| 2001                  | 2,500  |    |               |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |
| 2002                  | 2,600  |    |               |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |
| 2003                  | 2,900  |    |               |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |
| 2004                  | 2,900  |    |               |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |
| 2005                  | 2,700  |    |               |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |
| 2006                  | 3,000  |    |               |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |
| 2007                  | 2,800  |    |               |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |
| 2008                  | 2,800  |    |               |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |
| 2009                  | 2,800  |    |               |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |
| 2010                  | 3,000  |    |               |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |
| 2011                  | 3,000  |    |               |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |
| 2012                  | 2,900  |    |               |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |
| 2013                  | 3,200  |    |               |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |
| 2014                  | 3,500  |    |               |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |
| 2015                  | 3,800  |    |               |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |
| 2016                  | 3,900  |    |               |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |
| 2017                  | 4,300  |    |               |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |
| 2018                  | 4,500  |    |               |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |
| 2019                  | 4,700  |    |               |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |
| 2020                  | 4,900  |    |               |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |
| 2021                  | 5,100  |    |               |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |
| 2022                  | 5,100  |    |               |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |
| <p>STEP 5</p>         | <p>水素が真のクリーンエネルギーとなるためには、製造段階で二酸化炭素を排出しないことが不可欠である。その方法として、水力、風力や太陽光などの自然エネルギーで発電した電力を使った水の電気分解が考えられる。また、自然エネルギー発電では発電量の調整が難しいので、電力の備蓄の方法としても、水素製造が考えられる。一般的には、送電線を通じて供給される電力は、水力発電、太陽光発電、火力発電のいずれであっても区別がつかない。電力による水素製造は、火力発電の割合を低下させないと、二酸化炭素の排出抑制にはつながらない。日本の現状では、水力発電および太陽光発電の割合がそれぞれ7.8%および9.3%しかない。水力および太陽光による発電が火力発電に比べて発電コストが高いことが、発電量を少なくしている。今後しばらくは世界の政情の不安定から原油や天然ガスのコストが上がり、現状では火力発電の割合が上昇することが考えにくい。自然エネルギーによる発電量の増加に期待したい。</p>  |    |               |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |
| <p>課題名</p>            | <p>クリーンエネルギーとしての水素のほんとうの姿</p>  |    |               |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |

発表

国際 大学  
大学院1年 情報処理学特論  
探究学習 (2年生)

### 課題 クリーンエネルギーとしての水素のほんとうの姿

**設定の理由** 地球温暖化問題と関連して、二酸化炭素を排出しないクリーンなエネルギーが注目されている。近い将来、クリーンエネルギーとして注目されるのが水素である。しかし、現行技術では、水素は石油などの化石燃料から製造されており、製造段階で二酸化炭素を排出し、クリーンエネルギーとは言えない。「水素は燃えたら水になり二酸化炭素を排出しない」というイメージが先行している。製造段階まで含めてクリーンかどうかを考える必要がある。そこで、「水素がクリーンエネルギーか？」という課題で探究学習を行った。

**製造**：石油を原料とする現状の水素製造では水素はグリーンエネルギーとは言えない。水力発電や太陽光発電によって二酸化炭素を排出しない方法で発電した電力で、水を電気分解して水素を製造するとグリーン水素と言える。水力発電に適した地域は、雪解けの水の多い北米や雨量の多い東南アジアである。太陽光発電に適した地域は、低緯度に位置する諸国（サンベルト地帯）である。

**精製(2)** 化石燃料（石炭・天然ガス）を改質して作られた水素は「グレー水素」と呼ばれる（参考文献1）。二酸化炭素の排出を抑え、水素の製造工程で排出された二酸化炭素を回収して貯蓄したり再利用したりする技術と組み合わせることで、排出量を削減して製造した水素は「ブルー水素」と呼ぶ。さらに、再生可能エネルギーなどを使って、二酸化炭素を排出せずに水の電気分解などで製造された水素を「グリーン水素」と呼ぶ。「グリーン水素」について調査を行った。グリーン水素の製造法に「水素気分解法」がある。福島県で組成成分が実証実験を行っている「アルカリ水分解装置」（参考文献2）が紹介されている。しかし、製造コストが従来法（水素気）に比べて高く、実用化の報告が少ない。

**貯蔵**：自動車燃料にガソリンが使われる理由として、ガソリンは液体であり貯蔵と輸送がしやすいことがある。また、タクシーなどで使われるプロパンは気体だが、加圧すると簡単に液化するので、車に積み込むことができる。一方、水素はプロパンと同様に気体であるが、液化が難しいので、気体を高圧で圧縮して減圧化して貯蔵や輸送を行う。そのための耐圧容器が必要になる。これが水素燃料の課題である。

**貯蔵(2)** ホンダや日産などの自動車メーカーでは、耐圧容器内に350気圧または700気圧に圧縮した水素を使用している。市販の水素ボンベ（140気圧）に比べて、かなりの高圧であるが、技術的には可能なことが分かる。車での充填量は600 km程度走行できる量（約11 kg）となっている。

**自然エネルギー発電の推移**：資源エネルギー庁が、ホームページでエネルギーの供給量の時系列データ（参考資料3）を公表している。2000年から2022年までの再生エネルギー（水力、風力、太陽光）による発電量を、原油換算（単位104 kJ）で図に示す。2020年度の再生エネルギーは5,115×104 kJであり、原油・原子力等を含む全エネルギー供給量の11%に相当する。2000年度の4%から大幅に増加している。

**結論** クリーンエネルギーであるためには、製造段階でも二酸化炭素を排出しないことが不可欠である。その方法として、水力、風力や太陽光などの再生可能エネルギーで発電した電力を使った水の電気分解が考えられる。また、自然エネルギー発電では発電量の確保が難しいので、電力の輸送の方法としても、水素が考えられる。一般的には、送電線を通じて供給される電力は、水力発電、太陽光発電、火力発電のいずれであっても削減が少ない。電力による水素製造では、火力発電の割合を低下させない。二酸化炭素の排出削減にはつながらない。日本の現状では、水力発電がほぼ全再生可能エネルギーの割合を占め、約7%を占め、9%しかない。水力および風力による発電が火力発電に比べて発電コストが高いことが、発電量が少なくなっている。今後しばらくは再生可能エネルギーの不安定な供給や送電コストの上昇により、現状では火力発電の割合が上昇することが考えられる。自然エネルギーによる発電量の増加に期待したい。

**参考文献**  
参考文献1) 経済産業省エネルギー庁 (2021) 次世代エネルギー「水素」。そもそもどうやってつくる？<https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/joho/kyokyo/suiso>  
参考文献2) 中国第二(2021) 水電解装置「グリーン水素」の大量製造時代へ、世界で400機のプロジェクト、エコノミストOn line,<https://weekly-economist.asnichi.jp/articles/20210302/>  
参考文献3) 集計結果又は推計結果（総合エネルギー統計）2022, [https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total\\_energy/results.html#headline1](https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/results.html#headline1)

再生可能エネルギー（水力、風力、太陽光）の推移

資料箱  
提出  
送る

脚注2) 本研究は、宮崎国際大学大学院国際教養研究科「情報処理学特論」の受講生が、授業の一環として行った研究である。株式会社ロイロのご厚意により、教員養成課程無料アカウントの提供を受けて実施した。

\* 宮崎国際大学大学院国際教養研究科学生

### 参考文献

岩崎保之, 谷口恭子, 今井俊彦, 内藤武司 (2022) 個別テーマの探究を軸とした「総合的な学習の時間」活性化のプロセス—京丹波町立和知中学校「和知ゼミ」1年目の実践記録, 京都女子大学発達教育学部紀要, 第18号, 77-86

桑田てるみ, 野村愛子, 眞田章子 (2012) 6ステップで学ぶ中学生・高校生のための探究学習スキルワーク, チョダクレス

島根県教育委員会(2020)令和2年度版学習評価ガイド(総合的な学習の時間)  
<http://eio-shimane.jp/files/original/20200916114153467d4f58486.pdf>

林 留里, 後藤 智(2023)「探究学習」における課題とデザイン, デザイン科学研究, Vol 2, 225-241

内閣府 (2022) 探究力評価への挑戦  
[https://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/kyouikujinzai/05\\_jireisyu\\_r4.pdf](https://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/kyouikujinzai/05_jireisyu_r4.pdf)

中井咲貴子 (2022) 探究的な学習における教員の関わり方 — テキストマイニングを用いた PBL 実践者の視点からの検討, 佛教大学大学院紀要, 教育学研究科篇, 第50号, 37-51.

文部科学省 (2017a) 中学校 学習指導要領 (平成29年告示)

文部科学省 (2017b) 中学校 学習指導要領 (平成29年告示) 解説 総合的な学習の時間編, 8-17頁,

74-79 頁

文部科学省 (2022) 今, 求められる力を高める総合的な学習の時間の展開 (中学校編)

[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/sougou/20220426-mxt\\_kouhou02-2.pdf](https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/sougou/20220426-mxt_kouhou02-2.pdf)

文部科学省 (2018), 高等学校学習指導要領 (平成 30 年告示) 解説, 総合的な探究の時間 内閣府(2022) 探究力評価への挑戦。主に大学入試における事例

[https://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/kyouikujinzai/05\\_jireisyu\\_r4.pdf](https://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/kyouikujinzai/05_jireisyu_r4.pdf)

## Abstract

### **A Five-Step Learning Guide to Inquiry-Based Learning for Developing Logical Thinking Skills: Utilization of Collaborative Learning and ICT**

Yuko Goto, Takamasa Kurogi, Natsumi Mori, Yukino Moriyama, Shoko Otsubo, and Masahide Yasuda

The Courses of Study (published in 2017) stipulate the importance of “integrated (inquiry) studies” and the enrichment of “the utilization of ICT in learning activities” in primary and secondary schools. Inquiry-based learning (**IBL**) is a learning method that encourages students to formulate their own problem and to collect, organize, and analyze information to solve it by exchanging opinions and collaborating with others. In the Courses of Study for high schools (published in 2018), “time for integrated studies” was changed to “time for integrated inquiry-based studies,” and **IBL** was implemented in high schools in 2022. In addition, the Ministry of Education, Culture, Sports, Science, and Technology (MEXT) has approved “inquiry-based entrance examinations” that allow students to take University entrance examinations based on the results of their inquiry-based studies. In this way, there is a demand for qualitative enhancement of **IBL** in school education, and inquiry-learning requires a teaching method that is different from the text-book-centered, one-way knowledge transfer-based teaching. However, there are fewer reports on teaching methods for **IBL** for secondary schools than there are for high schools. One of the aims of **IBL** is to encourage students to develop the results of their research by dividing them into the purpose of the study, the organization and analysis of information, and the conclusion, and to create and present a “summary” of their study. We have examined how logical thinking skills should be cultivated in “integrated (inquiry) studies” in secondary schools. In this article, we propose five steps for teaching logical thinking: 1) formulating a problem and defining the reason for formulating it, 2) gathering information, 3) considering the composition and outlook of the study, 4) organizing and analyzing information, and 5) summarizing and presenting the study, and created a teaching guide, while showing points to keep in mind and examples of each step. We furthermore consider how to utilize the cloud-based classroom support tool “LoiLoNote” in each step and how to set up cooperative learning environments.