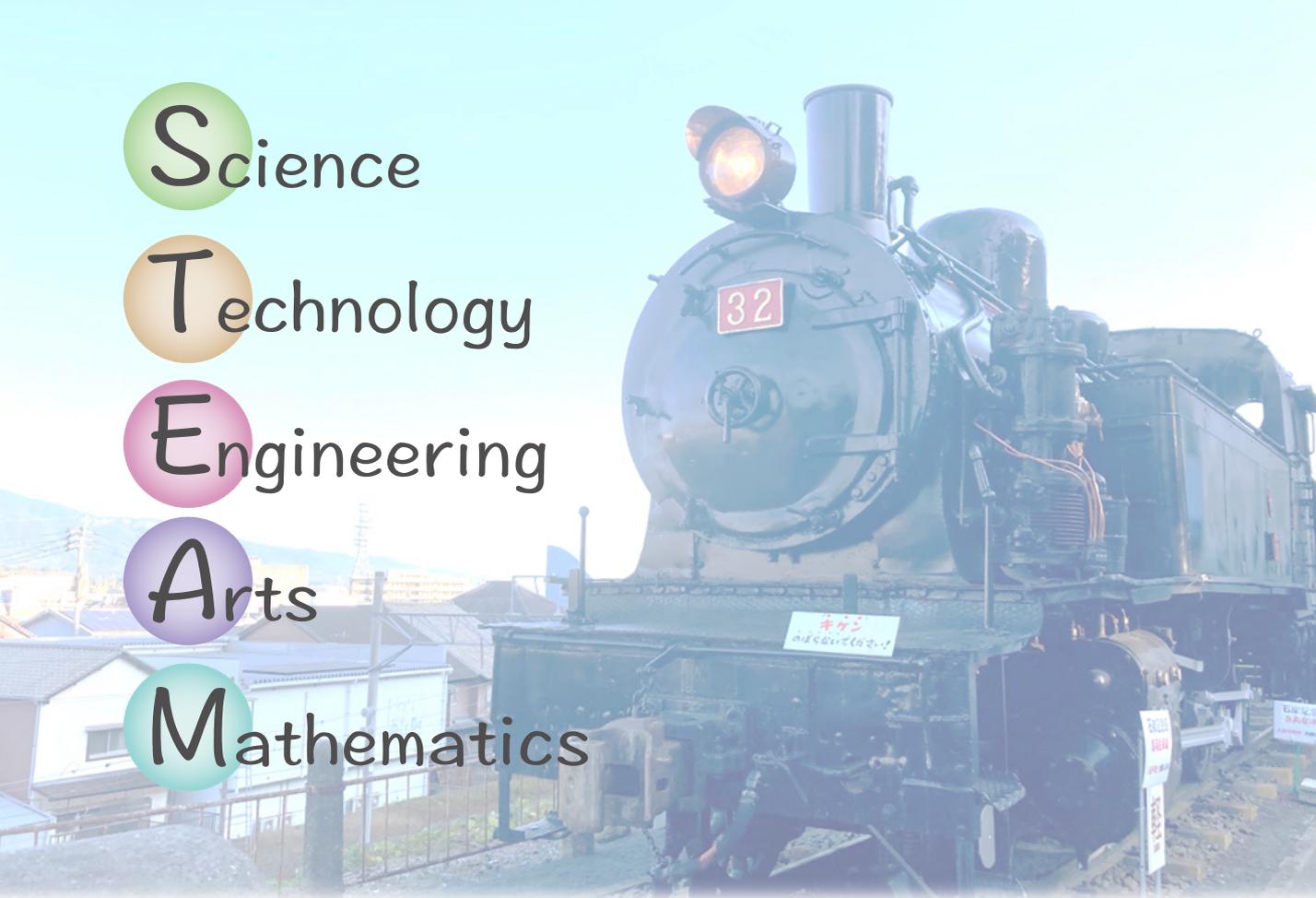


Science
Technology
Engineering
Arts
Mathematics



日本近代化牽引の地で
環境・エネルギーの歴史と未来を探究する

STEAM探究

第2版

福岡県立鞍手高等学校特色化推進課 編



目次

第1章	STEAM 探究	3
1.1	STEAM 教育と鞍高 STEAM.....	3
1.2	社会が求める力と「鞍高 STEAM」で育成を目指す力	4
1.3	探究的な学習と課題研究	6
1.4	課題研究ルーブリック	7
第2章	探究基礎	10
2.1	社会の課題と学問分野	10
2.2	探究ワークショップ①（資料をもとに考察）	12
2.3	探究ワークショップ②（資料をもとに課題設定）	16
2.4	TEA 考察講座（ペーパーブリッジの製作）	20
第3章	データの集計と分析	21
3.1	データ.....	21
3.2	1つの変量からなるデータの集計	22
3.3	2つの変量からなるデータの集計	25
3.4	推定と検定	26
3.5	データ収集	27
第4章	課題設定	29
4.1	問い.....	29
4.2	問いの調整・発展.....	30
4.3	先行研究調査	33
4.4	研究企画書の作成.....	35
第5章	情報収集と分析	37
5.1	研究倫理	37
5.2	研究の方法	38
5.3	研究活動の記録.....	43
第6章	まとめ・発表	45
6.1	研究内容の整理.....	45
6.2	論文発表	50
6.3	スライド発表	56
6.4	ポスター発表.....	57

第1章

STEAM 探究

1.1 STEAM 教育と鞍高 STEAM

1.1.1 STEAM 教育

ここでいう STEAM とは、Science(科学), Technology(技術), Engineering(工学), Arts(芸術・人文社会科学), Mathematics(数学)の頭文字をつなげたものである。これらの分野を統合的に学ぶことで、AI の発展などによって大きく変わろうとしているこれからの社会に順応した人材を育成することを目指す教育を **STEAM 教育** という。

科学

ここでは、自然界の様々な現象について考える「自然科学」を指す。高校では「理科」の分野である。大きく分けて、「物理」、「化学」、「生物」、「地学」の4分野がある。

技術と工学

技術と工学は、どちらも科学の応用という共通点があり、両者が混同して用いられることもしばしばある。ここでは、「技術」は科学を実用の目的のために応用する方法やツール、「工学」はそのような方法やツールを活かす方法と考える。高校の教科「情報」では、情報技術や情報工学に関することを学ぶ。

芸術・人文科学・社会科学

Arts は狭い意味では「芸術」であるが、ここでは、人文科学（人間とそれが生み出す文化について考える学問）や社会科学（人間の集合体である社会について考える学問）を指す。高校では、「国語」、「地理・歴史」、「公民」、「芸術」、「外国語」、「家庭科」、「保健体育」、「情報」など多くの教科において人間や社会について考える側面がある。

数学

もちろん、高校では「数学」の分野である。数学、統計学、応用数学などをまとめて数理科学(mathematical science)と呼ぶことも多い。理数科に「数理科学 I・II」、普通科に「数理活用」という本校独自の科目が設定されている。

1.1.2 鞍高 STEAM

筑豊地区は、かつて石炭の産地として栄えたという歴史がある一方、炭鉱が栄えた時代には著しく悪化した自然環境を改善してきたという歴史もある。鞍手高校では、このような地域の特性を活かして、環境・エネルギーを中心テーマとして探究的な学習を行うことで、様々な分野の知識や技能を横断的に活用する機会となり、STEAM教育を実現することができるという仮説のもとで各教科の授業や探究活動などの取組を行なう。この取組を「**鞍高 STEAM**」と名付けた。学校設定教科「STEAM 探究」を中心に、全ての教科・科目の授業や学校行事など、多くの活動において「鞍高 STEAM」を意識した取組を実施する。

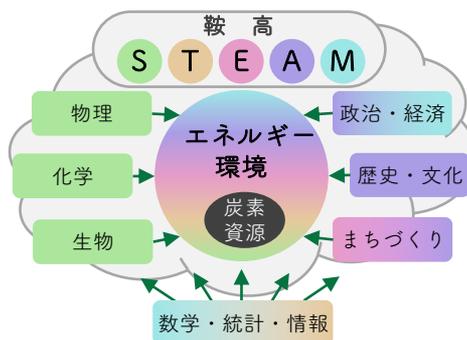


図 1-1 鞍高 STEAM の概念図

1.2 社会が求める力と「鞍高 STEAM」で育成を目指す力

1.2.1 社会が求める力

グローバル化や情報化が急速に進み、将来を予測することが非常に困難な時代である今、学生時代に身につけた知識や技能が 10 年後には使えなくなっているということは珍しいことではない。このような時代にあって、学生はどのような力を身につけるべきなのか。知識や技能を身につけているだけでなく、身につけた知識や技能をどう活用し、どのように社会と関わっていくかが、ますます大切になっている。大学もそのような力を身につけた生徒を求めているということは言うまでもない。

OECD（経済協力開発機構）

2019 年に「OECD ラーニング・コンパス（学びの羅針盤）2030」 [1]を提示し、知識 (Knowledge)・技能 (Skills)・態度及び価値 (Attitudes and Values) を中核的な基盤とし、「変革を起こすコンピテンシー (Transformative Competencies)」として「新たな価値を創造する力」、「責任ある行動をとる力」、「対立やジレンマに対処する力」の 3 つを挙げている。

文部科学省

文部科学省は、学校教育において育成すべき資質・能力を「知識・技能」「思考力・判断力・表現力等」「学びに向かう力、人間性等」の三つの柱として整理している。

¹ 余談だが、STEAM という英単語には「蒸気」という意味がある。「鞍高 STEAM」という名称は、石炭を燃料に走る蒸気機関車なども意識したネーミングである。

1.2.2 鞍手高校 SSH で育成を目指す力

鞍手高校ではこれらをもとに、育成を目指す資質・能力として「5つの力と姿勢」を設定している(図1-2)。「幅広い知識」と「基礎的な技能」を身につけ、それらを活用し、社会を変革していくための力や姿勢として「創造的思考力」「批判的思考力」「自主と協働の姿勢」を身につけることを目標としている。これら3つの力と姿勢については、さらに細かく10個の評価項目を設定している。

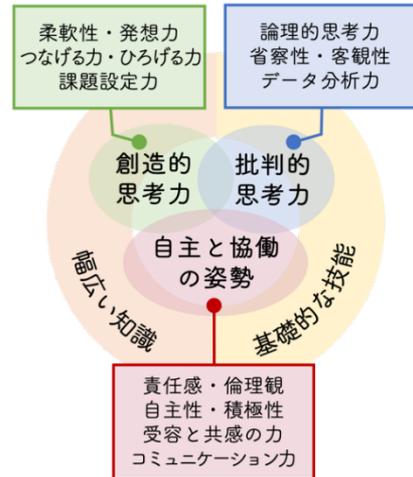


図1-2 5つの力と姿勢

創造的思考力

① 柔軟性・発想力

既存の概念にとらわれない柔軟な発想をする。

② つなげる力・ひろげる力

学んだことを複数組み合わせたり発展させたりして、新しい考えを生み出す。

③ 課題設定力

与えられた問題の本質を抽出し、解決すべき課題を設定することができる。

批判的思考力

④ 論理的思考力

主観にとらわれず、物事を客観的に判断したり、自分自身の考えを省みたりすることができる。

⑤ 省察性・客観性

直感的に理解しにくいことを論理的に理解したり、自分の考えを論理的に表現したりすることができる。

⑥ データ分析力

得られた情報を整理・分析し、本質的な情報を取り出すことができる。

自主と協働の姿勢

⑦ 責任感・倫理観

ルールやモラルに従って行動し、自らの果たすべき役割を果たす。

⑧ 自主性・積極性

困難なことや忍耐を要することにも自主的・積極的に取り組むことができる。

⑨ 受容と共感の力

相手の意見や気持ちを（自分の価値観等で評価せずに）そのまま受け止めることができる。

⑩ コミュニケーション力

自分の意見や考えを口頭（または文章・図・作品・体の動き等）で表現し、相手に明確に伝えることができる。

1.3 探究的な学習と課題研究

1.3.1 探究的な学習

探究的な学習とは、次のような問題解決的な活動が発展的に繰り返されていく一連の学習活動であるとされている [2]。

- 1【課題の設定】 体験活動などを通して、課題を設定し課題意識をもつ。
- 2【情報の収集】 必要な情報を取り出したり収集したりする。
- 3【整理・分析】 収集した情報を、整理したり分析したりして思考する。
- 4【まとめ・表現】 気づきや発見、自分の考えなどをまとめ、判断し、表現する。

探究的な学習では、従来の授業のように、与えられた問題を解くのではなく、自分自身で課題を設定するという点が特に重要である。

1.3.2 課題研究

課題研究とは、自分たちで課題を設定し、その課題の解決に向けて取り組み、その成果をまとめ、発表するまでの一連の取組である。

自由研究との違い

自由研究のテーマは、自分の興味・関心のみで決定してよい。課題研究においては、自分自身の興味・関心も重要ではあるが、それに加え「ある程度の数の人が興味・関心を持てる課題」であることや「未解決の課題であること」が求められる。

調べ学習との違い

調べ学習とは、与えられたテーマについて調べ、答えをまとめる学習活動である。誰かがすでに解決した課題であることも多く、調べて見つけた答えをまとめるだけということが多い。これに対し、課題研究では、自ら実験や調査を行い、まだ誰も見つけていない答えを探す活動である。文献調査であっても、ある文献に載っている答えをそのまままとめるのではなく、複数の文献を比較したり、解釈したりするなどして、新しい答えを探すといったことが求められる。

1.4 課題研究ルーブリック

課題研究の評価には、以下のルーブリックを用いる。

ア. 課題設定

		5	4	3	2	1
① 先行研究調査	つなげる力・ひろげる力	【創造】 複数の先行研究を十分に調査し、整理した上で、 <u>課題設定に生かされている。</u>	【適用】 複数の先行研究を十分に調査し、 <u>整理している。</u>	【再現】 先行研究の調査は十分にされている。	【模倣】 先行研究の調査はされているが、十分ではない。	【困難】 先行研究の調査が行われていない。
② 研究の目的と新規性	課題設定力	【創造】 研究の具体的な目的と新規性がともに述べられており、 <u>目的の社会問題や学術的価値が高く、新規性の根拠が十分である。</u>	【適用】 研究の具体的な目的と新規性がともに述べられており、 <u>新規性の根拠が十分である。</u>	【再現】 研究の具体的な目的と新規性がともに述べられている。	【模倣】 研究の目的について述べられているが、新規性について述べられていない。	【困難】 研究の目的が述べられていない。

イ. 研究内容（計画段階）

		5	4	3	2	1
① 仮説	論理的思考力	【創造】 仮説を立てて、その根拠を、 <u>先行研究の内容等を踏まえ、論理的に述べている。</u>	【適用】 仮説を立て、その根拠を <u>論理的に述べている。</u>	【再現】 仮説を立て、その根拠を述べている。	【模倣】 仮説を立てているが、根拠がない。	【困難】 仮説を立てることができていない。
② 研究方法	柔軟性・発想力	【創造】 実験や調査の内容と収集するデータ、およびその分析方法が述べられており、仮説を検証するための方法として適している、 <u>その内容が高度または独創的である。</u>	【適用】 実験や調査の内容と収集するデータ、およびその分析方法が述べられており、 <u>仮説を検証するための方法として適している。</u>	【再現】 実験や調査の内容と収集するデータ、およびその分析方法が述べられている。	【模倣】 研究方法が述べられているが、実験や調査の内容、収集するデータ、その分析方法のいずれかが欠けている。	【困難】 研究方法について述べられていない。

ウ. 研究内容（実施段階）

		5	4	3	2	1
①情報収集（いずれか選択）	自主性・積極性	【主体】 結論を導くために必要なデータを <u>多面的・多角的な視点で正しく</u> 収集しており、量、質ともに十分である。	【自発】 結論を導くために必要なデータを収集しており、 <u>その量、質ともに十分である。</u>	【再現】 結論を導くために必要なデータを収集している。	【依存】 結論を導くために必要なデータを収集しようとしているが、十分でない。	【困難】 データを収集できていない。あるいは、データはあるが結論を導くために必要なものばかりである。
	自主性・積極性	【主体】 考察し、結論を導くために必要な知識を、 <u>幅広く習得しており、かつ、その内容も高度である。</u>	【自発】 考察し、結論を導くために必要な知識を、 <u>幅広く習得しているか、内容が高度である。</u>	【再現】 考察し、結論を導くために必要な知識を習得できている。	【依存】 考察し、結論を導くために必要な知識を習得しようとしたが十分でない。	【困難】 考察し、結論を導くために必要な知識をほとんど習得できていない。
②整理・分析（いずれか選択）	データ分析力	【創造】 データを整理し、 <u>推定や検定などの統計的手法²を駆使して高度な分析</u> ができている。	【適用】 データを整理し、 <u>散布度を考慮した統計的な手法³で分析</u> ができている。	【再現】 データを整理して度数や平均値の比較などの簡易的な分析ができている。	【模倣】 データを整理しているが、分析できていない。	【困難】 データが整理できていない。
	つなげる力・ひろげる力	【創造】 前提となる知識・技能の活用法を理解して適切に活用しており、 <u>活用の方法・場面が独創的、かつ、非常に効果的である。</u>	【適用】 前提となる知識・技能の活用法を理解して適切に活用しており、 <u>活用の方法・場面が独創的であるか、非常に効果的である。</u>	【再現】 前提となる知識・技能の活用法を理解し、適切に活用している。	【模倣】 前提となる知識・技能の活用法を理解しているが、適切に活用できていない。	【困難】 前提となる知識・技能の活用法をまったく理解できていない。
③考察・結論	論理的思考力	【創造】 得られた結果を、先行研究や既存の理論などに関連づけて考察し、 <u>正しい推論で結論に至っており、十分な内容</u> である。	【適用】 得られた結果を、先行研究や既存の理論などに関連づけて考察し、 <u>正しい推論で結論に至っており、概ね良い内容</u> である。	【再現】 得られた結果を先行研究や既存の理論などに関連づけて考察しようとしている。	【模倣】 得られた結果から考察しているが、推論に大きな不備があるか、根拠に乏しい。	【困難】 得られた結果から考察できていない、あるいは根拠がまったくない。

² 推定（信頼区間の導出）や仮説検定（ t 検定、 χ^2 検定、分散分析など）、回帰分析などを用いた分析。

³ 分散、標準偏差、相関係数、四分位範囲、四分位偏差を考慮した分析。

エ. 発表

		5	4	3	2	1
①話し方	コミュニケーション力	【創造】 聴衆の興味や疑問を <u>引き出すことができる</u> ている。	【適用】 聴衆の興味や疑問を <u>引き出すような話し方</u> をしようとしている。	【再現】 聴衆の方を見て話している。	【模倣】 聞き取れはするが、原稿やモニターを見て話している。	【困難】 よく聞き取れない。
②資料	コミュニケーション力	【創造】 図・表の配置や文字の大きさ等に注意を向けてスライドやポスターを作成しており、 <u>とても見やすい</u> 。	【適用】 図・表の配置や文字の大きさ等に <u>注意を向けて</u> スライドやポスターを作成している。	【再現】 図や表を必要に応じて、スライドやポスターを作成している。	【模倣】 スライドやポスターを作成している。	【困難】 スライドやポスターが作成できていない。
③質疑応答	受容と共感の力	【主体】 相手が質問しやすい状況を作りつつ、質問の意図を理解した上で対応をしている。	【自発】 質問の意図を <u>理解した上で</u> 対応をしている。	【再現】 質問の意図を理解しようと努めながら対応している。	【依存】 質問に対応しているが、質問の意図を理解していない。	【困難】 質問に対応できていない。

オ. 研究姿勢

		5	4	3	2	1
①研究ノート	自主性・積極性	【主体】 指示されたことをきちんと記入しており、見やすく丁寧に整理されており、かつ、 <u>内容も非常に詳しい</u> 。	【自発】 指示されたことをきちんと記入しており、 <u>見やすく丁寧に整理されているか、内容が非常に詳しい</u> 。	【再現】 指示されたことはきちんと記入している。	【依存】 指示されたことは記入しようとしているが、不足している。	【困難】 記入がほとんどない。
②自己調整	省察性・客観性	【主体】 助言等がなくても、自分の考えを客観的に評価して <u>改めること</u> で、 <u>よりよい研究を進めることができる</u> 。	【自発】 助言等がなくても、自分の考えを客観的に評価し、改めようとした。	【再現】 他者の助言を聞いて、自分の考えを改めようとした。	【依存】 他者の助言を聞き、自分の考えを改めようとするが、十分ではない。	【困難】 他者の助言を全く聞き入れない。
③研究姿勢	責任感・倫理観	【主体】 研究倫理や調査のマナーなどを考慮した上で、 <u>困難な調査・実験などにも自ら進んで取り組んでいる</u> 。	【自発】 研究倫理や調査のマナーなどを考慮した上で、 <u>必要な調査・実験などに自ら進んで取り組んでいる</u> 。	【再現】 指示された調査・実験などには取り組んでおり、研究倫理や調査のマナーなども指示されたことは守る。	【依存】 指示された調査・実験などにも十分に組み組んでいないか、研究倫理や調査のマナーなどを守れない。	【困難】 調査・実験などにほとんど取り組んでいない。

第2章 探究基礎

2.1 社会の課題と学問分野

2.1.1 SDGs



図 2-1 SDGs17 のゴール

2015 年 9 月の国連サミットで「持続可能な開発のための 2030 アジェンダ」が採択された [3]。ここで掲げられた目標が 17 のゴール・169 のターゲットからなる「持続可能な開発目標(Sustainable Development Goals)」である。

2.1.2 地域の課題

筑豊地区は、かつて炭鉱で栄えたということを聞いたことがある人も多いだろう。では、筑豊の炭鉱について、あるいは石炭についてどれだけ知っているだろうか？

- 筑豊の炭鉱はなぜ閉山してしまったのか？
- かつての筑豊の出炭量はどれくらいだったのか？
- なぜ筑豊地区には炭鉱がたくさんあったのか？

といったことを調べてみると、新たな問題が見つかり、そこから課題を設定できるかもしれない。そして、この地域にはその調査を行うための資料が多くある。つまり情報収集がしやすく、高校生が行う課題研究のテーマとしては取り組みやすいものになるだろう。

2.1.3 学問分野

学問には様々な分野がある。右図に示したものが全てではないし、新たな分野が生まれることもある。これまでは、大きく「自然科学」「人文科学」「社会科学」の3つに分類されることが多かったが、学問の分野も多様化しており、このような分類も難しくなっている。幅広い学問分野について調べることで、意外な分野に興味が生まれることもあるだろう。Wikipediaの「学問の一覧」ページ (<https://ja.wikipedia.org/wiki/学問の一覧>) も参考にしよう。

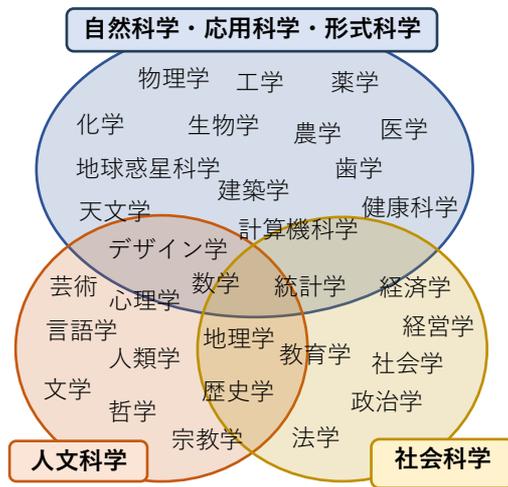


図 2-2 学問の分野

Action 2-1 学問分野について考える

自分の興味・関心と学問分野との関連を調べてみよう。「夢ナビ」のサイト (<https://yumenaui.info>) で「関心ワードで検索」などを活用して「興味・関心のある事柄」に関連のある「学問分野」を検索しよう。1つの事柄について、4つ以上の学問分野（自然科学・社会科学・人文科学のうち少なくとも2つの領域にまたがるように）との関連を調べる。特に、興味のある事柄がない人は「石炭」や「水害」など、地域に係の深そうなワードで検索してみよう。



↑夢ナビ

↑夢ナビに関連

興味・関心ワード	洪水
学問分野	関連のある研究
土木・環境工学 環境学	被災地の人々の生活を一刻も早く日常に戻すための「復旧工学」
情報学 土木・環境工学	「宇宙の目」で水害から人の命や財産を守る
農学・農芸化学 生物学	稲作農家を救え！洪水に強い稲を作る遺伝子発見
史学・地理学, 文化・教養学, 環境学	ドナウ川の洪水に人々はどのように接してきた？ ハンガリーの環境史

図 2-3 学問分野検索の例

2.2 探究ワークショップ①（資料をもとに考察）

Action 2-2 女性の理工系研究者について資料から考察する

後の資料を見ながら、以下の問いに答えよ。

- 問1.** 資料1～資料3について、それぞれの資料中の文章の空欄（①）～（⑥）に適する国名を、（ア）～（ウ）には適する整数を記入せよ。ただし、（イ）と（ウ）は隣接する2つの整数とする。
- 問2.** 資料2～資料3をもとに、日本の科学分野および工学分野の第3期教育⁴の卒業生に占める女性の割合は、調査対象の他の国と比べてどのような特徴があるか。100字以内で述べよ。
- 問3.** 資料4をもとに、過去5回のPISAにおける日本の数学の平均得点について、男子と女子を比較すると、どのような傾向が見られるか。OECD加盟国の平均についても触れながら、100字以内で述べよ。
- 問4.** 日本の理工系大学の卒業生に占める女性の割合が他の調査対象国と比較して低い理由について、資料6～資料8をもとに考えられることを、250字以内で述べよ。
⇒ 解答後は、相互評価を行い、再度、記述を行ってみよう。
- 問5.** 日本における理工系大学への女性の進学者を増やすためにどのような取組が有効であるか。問4で述べたことを踏まえ、必要であれば資料1～資料8を参考にしながら、あなたの考えを400字以内で述べよ。

資料 1

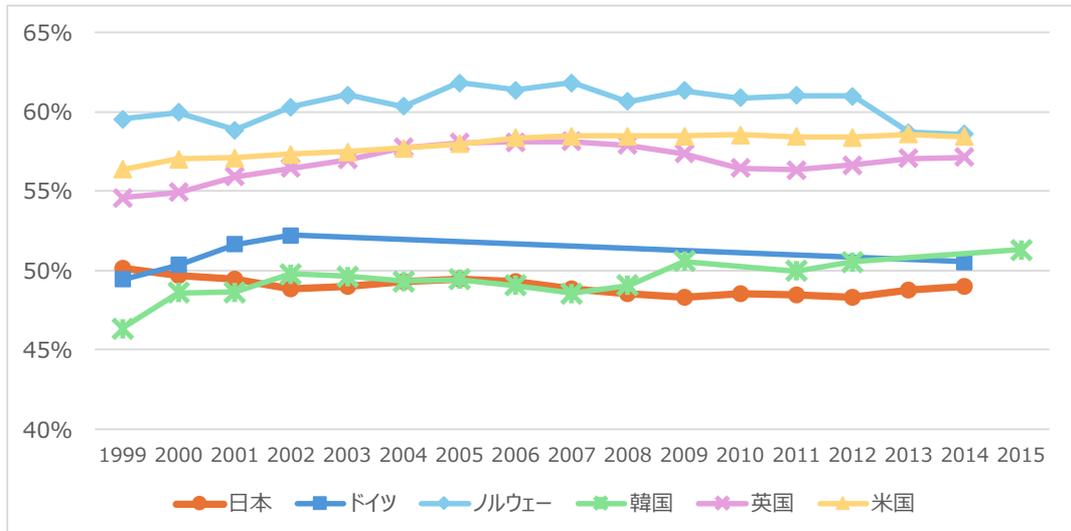


図 2-4 第3期教育の卒業生（全分野）に占める女性割合

いずれの国も、第3期教育の卒業生に占める女性割合は50～60%程度である。日本は、(①), (②), 英国よりも約10%低く、(③), (④)とほぼ同じである。

⁴ 第3期教育は、大学・大学院に加え、短期大学、高等専門学校の4～5年目、専修学校の専門課程も含む。

資料 2

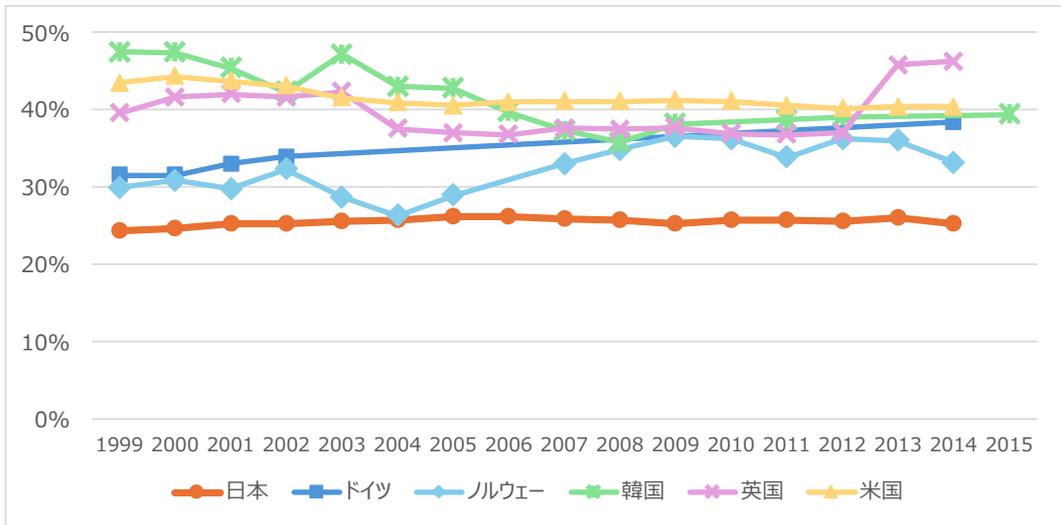


図 2-5 第3期教育の卒業生に占める女性割合（専攻分野：科学）

- ・ 日本は科学分野の卒業生の約（ア）分の1が女性であり，他の調査対象国と比較すると低い。
 - ・ （⑤），ノルウェーは女性割合が増加してきている。
 - ・ 米国と（⑥）は2000年代当初から見ると女性割合が減少傾向である。
- ※ 英国は2013年，2014年のデータが高いが，定義変更に起因している可能性がある。

資料 3

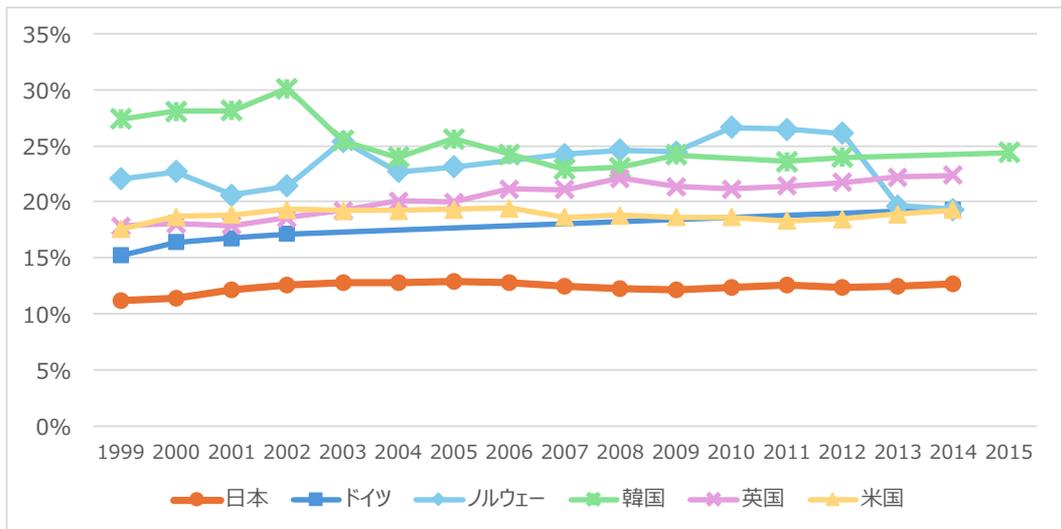


図 2-6 第3期教育の卒業生に占める女性割合（専攻分野：工学・製造・建設）

2001年以降，日本は工学等分野の卒業生の約（イ）～（ウ）%が女性であり，他の調査対象国と比較すると低い。

資料 4

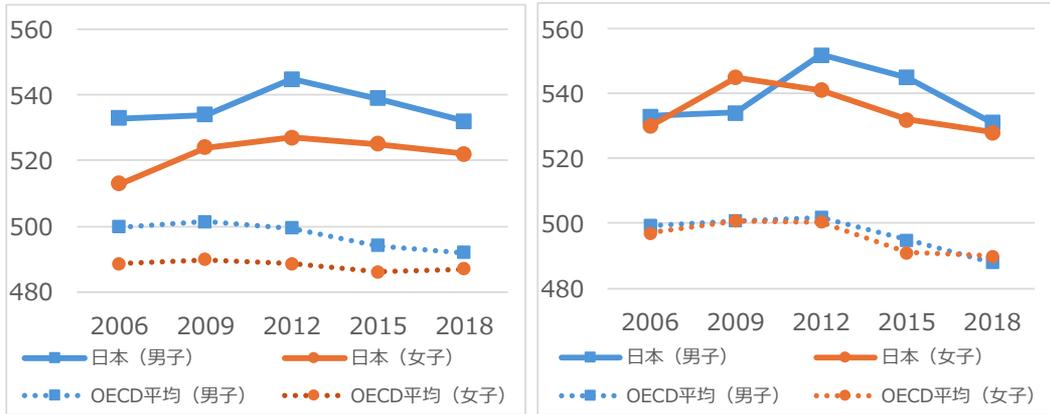


図 2-7 PISA⁵の男女別平均得点 (左：数学, 右：科学)

資料 5

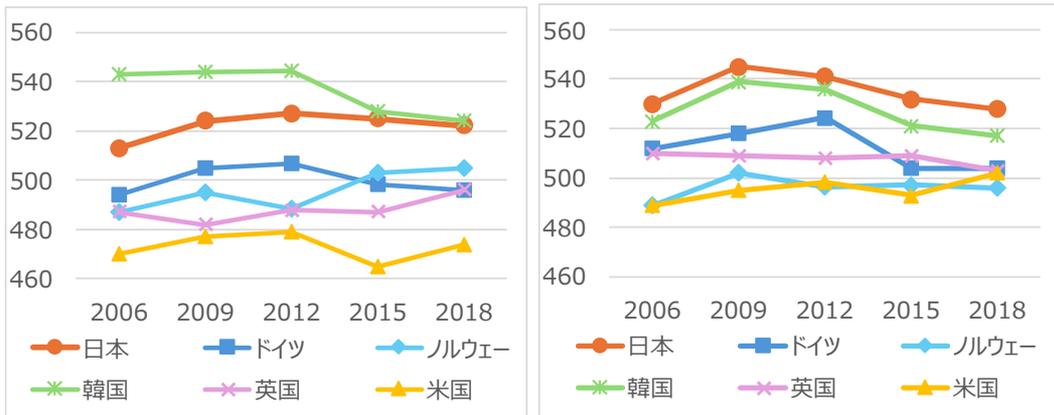


図 2-8 PISA の女子の平均得点 (左：数学, 右：科学)

資料 6

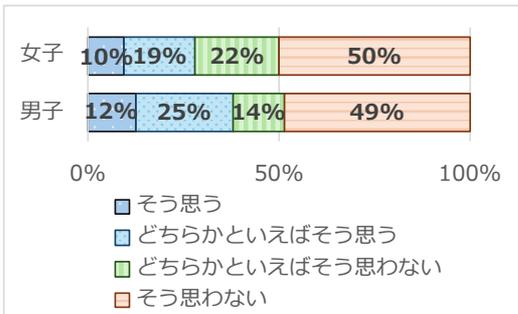


図 2-9 保護者は理系に進学することを望んでいると思うか (男子 850 名, 女子 848 名)

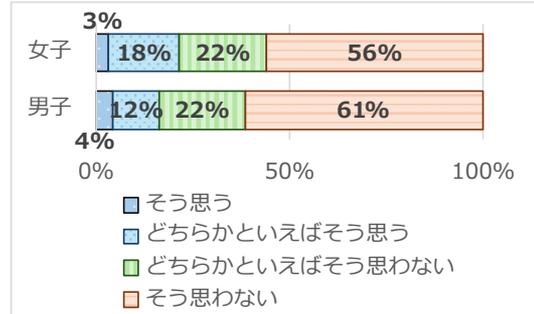


図 2-10 保護者は文系に進学することを望んでいると思うか (男子 849 名, 女子 849 名)

⁵ PISA とは、OECD (経済協力開発機構) において実施されている生徒の学習到達度調査。読解力、数学的リテラシー、科学的リテラシーの 3 分野と、生徒質問紙、学校質問紙による調査を実施している。調査段階で 15 歳 3 か月以上 16 歳 2 か月以下の学校に通う生徒 (日本では高等学校 1 年生) が対象である。

資料7

表 2-1 数学・理科教員における女性の割合（中学校）

	数学	理科
日本	22.6%	28.6%
フランス	50.0%	63.2%
韓国	70.0%	69.1%
英国	55.2%	61.3%
米国	69.5%	62.2%

資料9

理工系分野における女性の参画が重要である理由は大きく分けて二つある。第一は、性別に関係なく多様な才能やアイデアを持つ人々が活躍することで、イノベーションや創造性が発揮され、新しいアイデアが生まれる可能性が高まることである。異なる視点や経験を持つ人々が集まり、協力して問題解決に取り組むことで、より効果的な解決策を導くことに繋がり、科学技術へのさらなる革新的な成果が期待できる。

第二は、理工系分野で活躍する女性が増えることは、将来の女子生徒にとってのロールモデルが増えることでもあり、次の世代での女性の参画につながる。身近にそのような女性がいることで、自分自身のキャリアパスについて、一定の視座を得られるきっかけとなる。

しかしながら、現実には女性の理工系分野への進路選択には障壁がまだ存在している。性別による無意識の思い込み（アンコンシャス・バイアス）やキャリアと家庭の両立の大変さなど、さまざまな要因が女性の進路選択を制限している。

- ・ 資料1～資料3の文章は「理工系分野における女性活躍の推進を目的とした関係国の社会制度・人材育成等に関する比較・分析調査報告書」（内閣府男女共同参画局）[4]より一部改変して引用、グラフは UNESCO Institute for Statistics [5]のデータに基づいて作成した。
- ・ 資料4、資料5は OECD Mathematics performance (PISA) [6]、および OECD Science performance (PISA) [7]のデータに基づいて作成した。
- ・ 資料7は OECD 「TALIS2018 Database」 [8]のデータに基づいて作成した。
- ・ 資料6、資料8は平成29年度内閣府委託調査「女子生徒等の理工系進路選択支援に向けた生徒等の意識に関する調査研究」 [9]におけるデータに基づき作成した。
- ・ 資料9は内閣府男女共同参画局 令和5年度 [10]より引用した。

資料8

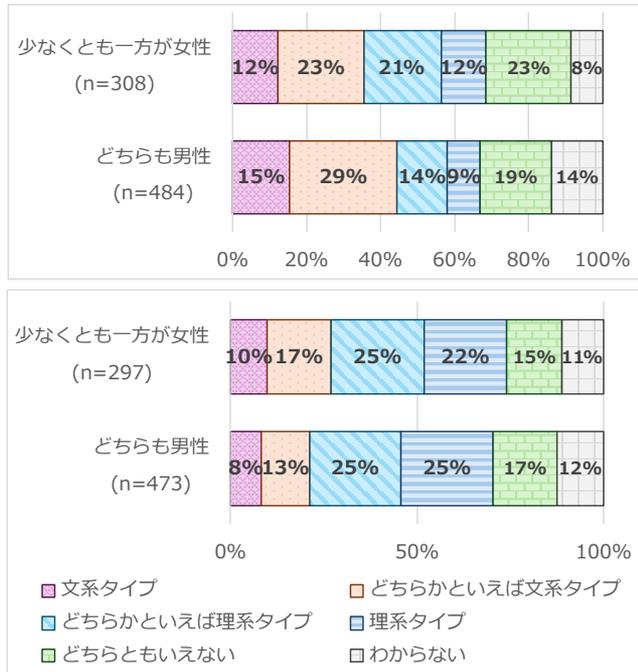


図 2-11 数学・理科の教員の性別による中学2年生の進路意向（上：女子，下：男子）

2.3 探究ワークショップ②（資料をもとに課題設定）

Action 2-3 石炭火力発電について資料から考察する

以下の資料を読み、後の問いに答えよ。

- 問1.** 資料1中の(ア), (イ)に適する数値を、小数第2位を四捨五入して小数第1位まで答えよ。
- 問2.** 2020年度の石炭火力発電と天然ガス火力発電において、同じ電力量を発電する際に排出されるCO₂の量を考えると、石炭火力発電は天然ガス火力発電の何倍のCO₂を排出していることになるか。資料2と資料3をもとに、小数第2位を四捨五入して小数第1位まで答えよ。
- 問3.** 資料4～資料5をもとに、日本における太陽光発電、バイオマス燃料による火力発電（専焼）の普及を進めていく上で、それぞれの良い点と問題点を200字以内で述べよ。
- 問4.** 2000年以降、原油やLNGと比較して一般炭（主に発電用に用いられる石炭）の輸入価格の推移にはどのような特徴があるか。資料6をもとに、50字以内で述べよ。
- 問5.** 石炭火力（日本平均）とIGFCのCO₂排出量が資料9の値であると仮定する。2020年度時点の石炭火力発電が全てIGFCに置き換わったとすると、石炭火力発電によるCO₂排出量は何百万tになるか。資料2, 資料9をもとに、小数第1位を四捨五入して整数値で答えよ。
- 問6.** 資料9にあるように、日本は石炭火力発電において世界トップレベルの環境適合技術を有している。日本は石炭火力発電の技術開発を今後も続けていくべきと思うか。肯定、否定どちらの立場に立つかを明確にし、その理由を資料1～資料10から必要なものを用いて400字以内で述べよ。なお、肯定の場合は、CO₂排出削減のための方法について、否定の場合は、代替エネルギーを安定的に供給する方法について触れること。
- ⇒ 解答後は相互評価を行い、再度、記述を行ってみよう。

資料1

2020年度の我が国の温室効果ガス総排出量は、11億5,000万トンCO₂でした（2020年度温室効果ガス排出量（確報値）。新型コロナウイルス感染症拡大に起因する製造業の生産量の減少や、旅客及び貨物輸送量の減少等に伴うエネルギー消費量の減少等から、前年度（12億1,200万トンCO₂）と比べて（ア）%減少、エネルギー消費量の減少（省エネ等）や、電力の低炭素化（再エネ拡大、原発再稼働）に伴う電力由来のCO₂排出量の減少等から、2013年度の総排出量（14億900万トンCO₂）と比べて（イ）%減少しました。

資料2

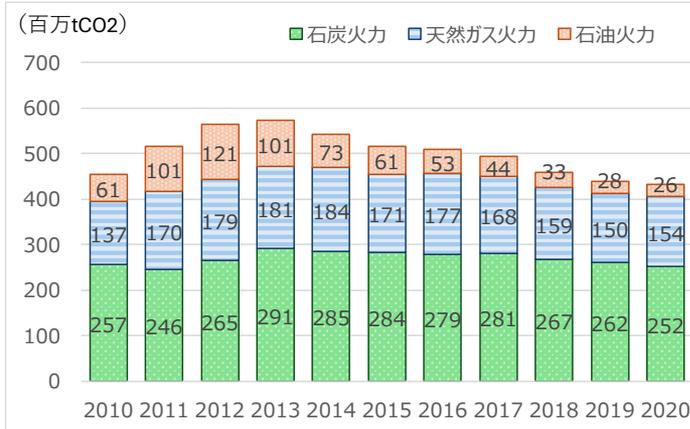


図 2-12 日本における発電に伴う燃料種別の CO₂ 排出量

資料3

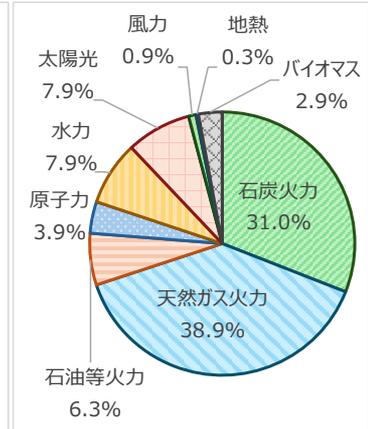


図 2-13 2020 年度の日本の電源構成比(発電量)

資料4

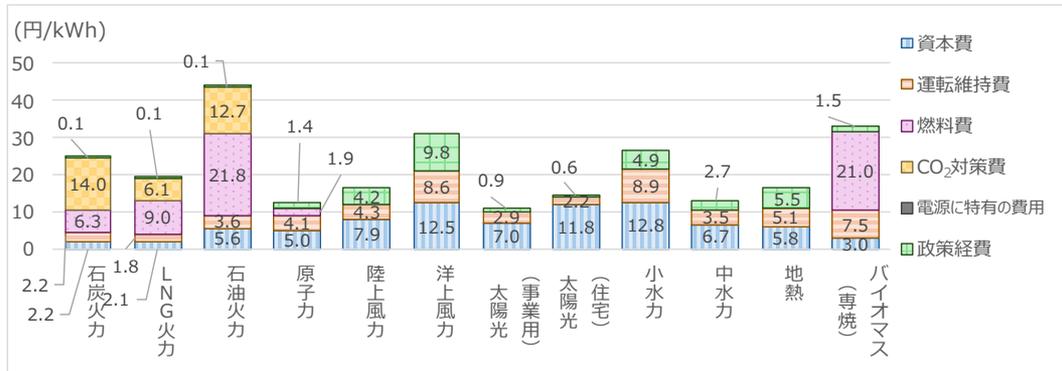


図 2-14 2023 年の日本における電源別発電コスト試算結果の構成

資料5

電気は需要と供給のバランスがくずれると、停電につながってしまいます。天候によって発電量が左右される太陽光や風力など再エネ由来の電気の場合、需給バランスをコントロールするためには、安定的に発電できる「電源」(発電する方法)を別に持っておいて、再エネ由来の電気の出力を補い、バランスを調整する必要があります。

(中略)

火力発電は、これまで、電力の供給源として大きな役割を担ってきました。同時に、火力発電には、出力をコントロールすることで供給力を調整できる能力があり、需給バランスの調整に重要な役割を果たしています。再エネの導入が進めば進むほど、その変動をカバーして需給バランスを調整するための調整力がますます必要となります。将来は、技術革新による、蓄電池の調整力としての活用も期待されますが、現状においては、火力発電は、電力を安定的に供給するための重要な電源のひとつであるといえるでしょう。

資料 6

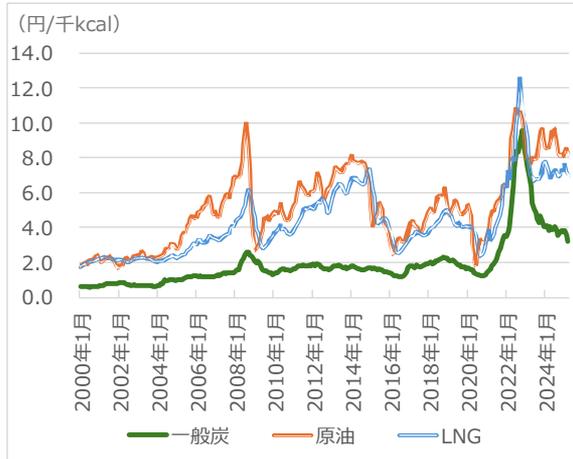


図 2-15 鉱物性燃料の熱量(1000kcal)当たりの輸入価格の推移

資料 7

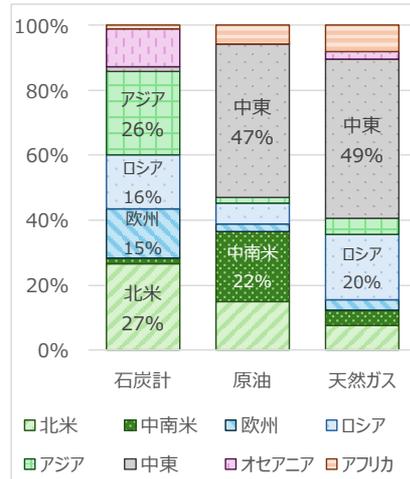


図 2-16 世界の埋蔵量

資料 8

石炭火力発電には、いくつかの発電方式があります。石炭火力発電で主に利用されているのは蒸気タービンのみで発電する方式で、この蒸気の温度や圧力を上げることで、発電効率が上がります。一般的には、「亜臨界圧 (SUB-C)」→「超臨界圧 (SC)」→「超々臨界圧 (USC)」と効率が高くなっていき、現在の日本では「超々臨界圧 (USC)」が石炭火力の主流となっています。その発電効率は世界トップレベルです。

また、石炭をガス化して燃焼させる「石炭ガス化複合発電」は、ガスタービン発電と、そこからの排熱で発生させた蒸気を利用する蒸気タービン発電の2つを組み合わせたもので、より高効率の発電ができます。

この IGCC に、さらに燃料電池を組み合わせたトリプル複合発電方式も開発中で、「石炭ガス化燃料電池複合発電」と呼ばれています。現在は広島県の大崎上島で、2022 年の実証実験開始に向けて準備が進んでいます。

資料 9



図 2-17 火力発電の CO₂ 排出量の比較(1kWh あたり)

資料 10

石油や石炭など「化石燃料」と呼ばれる燃料をエネルギーとして使う火力発電では、このCO₂が多く排出されてしまいます。とはいえ、天候に左右されず、すぐに発電できる火力発電は、エネルギーの安定的な供給をおこなうため必要な電源（電気をつくる方法）です。そこで、火力発電のCO₂排出量をおさえる（低炭素化）ため、さまざまな取組がなされています。「CCS」「CCUS」はその取組のひとつです。

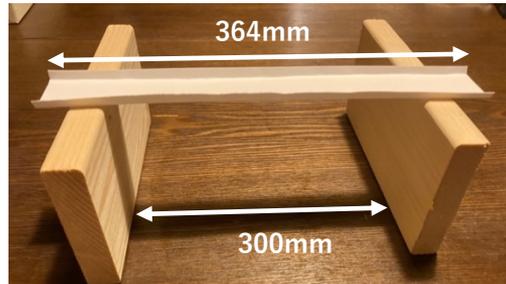
「CCS」とは、「Carbon dioxide Capture and Storage」の略で、日本語では「二酸化炭素回収・貯留」技術と呼ばれます。発電所や化学工場などから排出されたCO₂を、ほかの気体から分離して集め、地中深くに貯留・圧入するというものです。

いっぽう「CCUS」は、「Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage」の略で、分離・貯留したCO₂を利用しようというものです。たとえば米国では、CO₂を古い油田に注入することで、油田に残った原油を圧力で押し出しつつ、CO₂を地中に貯留するというCCUSがおこなわれており、全体ではCO₂削減が実現できるほか、石油の増産にもつながるとして、ビジネスになっています。

- ・ 資料1は、「令和4年度版 環境・循環型社会・生物多様性白書」（環境省）[11]より引用
- ・ 資料2、資料3は「総合エネルギー統計」（資源エネルギー庁）[12]に基づき作成
- ・ 資料4は、「2024年度 発電コストレビューシート」（資源エネルギー庁）[13]に基づき作成
- ・ 資料5は、「再生可能エネルギー拡大に欠かせないのは「火力発電」!？」（資源エネルギー庁）[14]より引用
- ・ 資料6は、「財務省貿易統計」（財務省税関局）[15]のデータに基づき作成。
- ・ 資料7は、「世界の統計2022」（総務省統計局）[16]をもとに作成
- ・ 資料8は、「非効率石炭火力発電をどうする？フェードアウトへ向けた取り組み」（資源エネルギー庁）[17]より引用
- ・ 資料9は、「国によって異なる石炭火力発電の利活用」（資源エネルギー庁）[18]をもとに作成
- ・ 資料10は、「エネルギーの基礎用語～CO₂を集めて埋めて役立つ「CCUS」」（資源エネルギー庁）[19]より引用

2.4 TEA 考察講座（ペーパーブリッジの製作）

STEAM の中で、特に高校の授業において触れる機会の少ない Technology, Engineering, Arts について体験的に学んでみよう。次の「紙で橋を作る」という簡単な課題であっても、工学の理論やさまざまな技術を用いることでより良いものを作ることができるかもしれない。



Action 2-4 ペーパーブリッジを製作する

紙で橋を作ってみよう。ルールは次の通り。

- ・ コピー用紙（厚さ約 0.09mm）を使用する。
- ・ B4 サイズの長辺の長さ（364mm）を橋の長さとする。
- ・ 支柱の間隔は 300mm とする。
- ・ 支柱と支柱の間に、新たな支柱とみなせるものを設置してはならない。
- ・ 橋の幅は 30mm 以上 100mm 以内とする。
- ・ 切る・折るのみで制作する。

評価項目

- ・ 強度（橋の中央におもりを乗せる。たわみが 5mm 以内に収まる範囲でより重いおもりを乗せることができれば高評価）
- ・ デザイン（「橋」として優れたデザインであれば高評価）
- ・ コスト（使用した紙の量が少ないほど高評価）

第3章 データの集計と分析

3.1 データ

データの整理や分析を行う際には、データの種類に応じた方法を用いなければならない。集めた（集めようとしている）データがどの種類のデータなのかきちんと把握しておこう。

3.1.1 量的データと質的データ

「血液型」のように分類や種類を区別するためだけのデータを**質的データ**という。これに対し、「身長」のように数量として測定できるデータを**量的データ**という。

3.1.2 データの尺度水準

名義尺度

例えば血液型は、A 型を「1」、B 型を「2」のように数値化することもあるが、この数値について「大きいほど〇〇」のような意味を持たないとき、この値の大小は意味を持たないといえる。このように、値の大小が意味を持たない尺度を**名義尺度**(nominal scale)という。

順序尺度

例えば、「当てはまらない」、「あまり当てはまらない」、「やや当てはまる」、「当てはまる」の4件法のアンケート調査の回答などは「当てはまらない」から「当てはまる」までを順に1, 2, 3, 4と数値化すると、「この値が大きいほどその項目に当てはまる」という意味を持つ。ただし、「1と2の差」と「2と3の差」が等しいかどうかは明確ではなく、差について分析することは適切ではない。このように、値の大小には意味があるが、その差には意味があるとはいえない尺度を**順序尺度**(ordinal scale)という。

間隔尺度

例えば、西暦というデータは値の大小にも、値の差にも意味がある。しかし、値の比について考えることはない。このような尺度を**間隔尺度**(interval scale)という。

比例尺度

体重というデータは、その大小、差ともに意味を持つ。さらに、「80kg の人は 40kg の人 2 名分の体重である」のように値の比を考えることもある。このような尺度を**比例尺度**(ratio scale)という。

3.2 1つの変量からなるデータの集計

3.2.1 質的データの集計

例えば、100人の生徒について表 3-1 のような血液型のデータを収集したとする。このような質的データは、まず、表 3-2 のような度数分布表にまとめる。表計算ソフトで度数分布表を作る際は、COUNTIFS関数を用いるとよい。COUNTIFS関数は指定したセル範囲から条件を満たすデータの個数を返す関数であり、

```
=COUNTIFS(範囲,条件)
```

のように用いる。例えば、表 3-1 の血液型のデータが B2 セルから B101 セルに入力され、D2セルに"A型"と入力されているとき

```
=COUNTIFS(B$2:B$101,D2)
```

と入力すると、そのセルに A 型の人数が表示される。

視覚的に表すためにはグラフを用いるが、グラフにも様々な種類があり、それぞれに向き、不向きがある。

図 3-1 の**棒グラフ**は、棒の高さによって大小が表されるため、複数の項目の数量の大小を比較する際に用いる。

図 3-2 の**円グラフ**は、全体の中での構成比を表す際に用いる。

図 3-3 の**帯グラフ**は、円グラフと同様に構成比を表す際に用いるが、特に、複数の調査における構成比を比較する際に便利である。

表 3-1 血液型データ

生徒番号	血液型
1	A型
2	A型
3	B型
4	A型
5	O型
6	O型
7	AB型
⋮	⋮
100	B型

表 3-2 度数分布表

血液型	人数(人)
A型	42
B型	19
O型	31
AB型	8
合計	100



図 3-1 棒グラフの例



図 3-2 円グラフの例

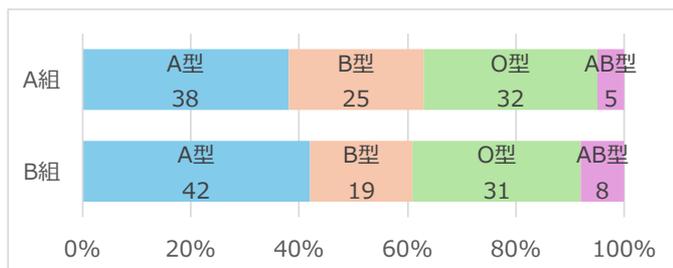


図 3-3 帯グラフの例

Action 3-1 グラフの作成

"3-01_質的データ.csv"の血液型データについて、表計算ソフトで度数分布表を作成し、さらに棒グラフや円グラフを作成してみよう。本章で使用するデータは右のQRコード、または下記ページからダウンロードできる。

<https://kurate.fku.ed.jp/unique-learnig/ssh/products/>



3.2.2 量的データの集計

量的データの場合は、変数の値を一定の幅で区切って**度数分布表**を作成する。表3-3は500名の生徒に実施したテストの点数のデータから作成した度数分布表である。度数分布表を視覚化したものが**ヒストグラム**である。

図3-4、図3-5、図3-6は、同じデータをそれぞれ10個、20個、5個の階級に分けた時のヒストグラムである。階級の数は、多すぎても少なすぎてもデータの分布の様子がわかりにくくなる。データの個数を n とするとき、目安となる階級の数 k を計算する次の**スタージェスの公式**が知られている。

$$k \approx 1 + \log_2 n$$

例えば、500人のテストの成績であれば、

$$k \approx 1 + \log_2 500 \approx 10$$

であるから、階級の数はいく程度が良いと分かる。

表3-3 量的データの度数分布表の例

階級 (点)	度数 (人)
0以上 10未満	4
10 20	14
20 30	32
30 40	49
40 50	73
50 60	116
60 70	83
70 80	79
80 90	41
90 100	9
合計	500

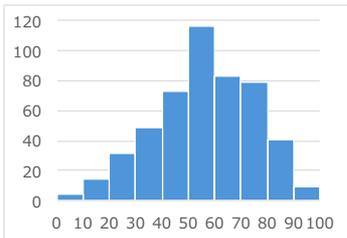


図3-4 ヒストグラムの例(1)

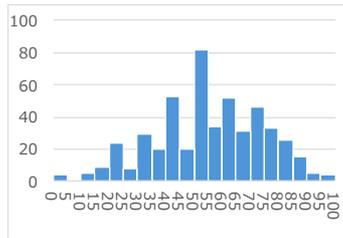


図3-5 ヒストグラムの例(2)

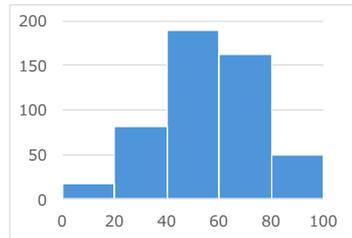


図3-6 ヒストグラムの例(3)

表計算ソフトを用いた度数分布表の作成

表計算ソフトのCOUNTIFS関数では不等号を用いた条件指定や、複数の条件の指定もできる。これを用いて、指定した階級の度数を求めることができる。

図3-7のように、B2セルからB501セルに生徒の点数を入力し、D2セルからD12セルに階級の区切りとなる値を入力しておく。そして、E2セルに

```
=COUNTIFS(B$2:B$501, ">="&D2, B$2:B$501, "<"&D3)
```

と入力すると、D2セルの値以上、D3セルの値未満のデータの個数が表示される。この関数を、E3セルからE11セルにコピーし、E12セルには

```
=COUNTIFS(B$2:B$501, ">="&D12)
```

入力すると図3-7のように度数が表示される。

		f_x	=COUNTIFS(,"<"&D3)		
	A	B	C	D	E
1	生徒番号	点数			度数
2	1	14		0	4
3	2	87		10	14
4	3	35		20	32
5	4	32		30	49
6	5	81		40	73
7	6	94		50	116
8	7	51		60	83
9	8	48		70	79
10	9	36		80	41
11	10	74		90	9
12	11	42		100	0
501	500	76			

図3-7 表計算ソフトによる度数分布表の作成

Action 3-2 度数分布表とヒストグラムの作成

"3-02_量的データ.csv"の点数のデータについて、表計算ソフトで図 3-7 のように度数分布表を作成し、ヒストグラムを作成してみよう。

3.2.3 記述統計量

平均値や中央値のようにデータの特徴を要約した数値を**記述統計量**という。記述統計量には最頻値、中央値、平均値などの**代表値**と、四分位範囲、分散、標準偏差などの**散布度**などがある。データの種類によって使用可能な統計量が異なるため注意が必要である（表

表 3-4 データの種類と使用可能な統計量

	尺度	意味を持つもの				使用可能な統計量					例
		分類	大小	差	比	代表値			散布度		
						最頻値	中央値	平均値	四分位範囲	分散・標準偏差	
質的データ	名義尺度	○				○					血液型、性別など
	順序尺度	○	○			○	○		○		順位、5段階評価など
量的データ	間隔尺度	○	○	○		○	○	○	○	○	日付、温度など
	比例尺度	○	○	○	○	○	○	○	○	○	身長、体重など

3-4)。

表計算ソフトには、記述統計量を求める関数が用意されている（表 3-5）。例えば、図 3-7 のように、B2 セルから B501 セルに入力された点数の平均値を求めたい場合は、適当なセルに

=AVERAGE(B2:B501)

と入力すると、そのセルに点数の平均値が表示される。他の統計量についても同様である。四分位範囲を直接求める関数は用意されていないが、四分位数を求める関数 QUARTILE を用いて、次のように第三四分位数から第一四分位数の差を計算すればよい。

=QUARTILE(B2:B501,3)-QUARTILE(B2:B501,1)

表 3-5 記述統計量を求める関数

記述統計量		関数
代表値	最頻値	MODE
	中央値	MEDIAN
	平均値	AVERAGE
散布度	分散	VARP
	標準偏差	STDEVP

Action 3-3 記述統計量の計算

"3-02_量的データ.csv"の点数のデータについて最頻値、中央値、平均値、分散、標準偏差、四分位範囲をそれぞれ求めよう。

3.3 2つの変量からなるデータの集計

3.3.1 2つの質的データ

先ほどと同じ 100 人の生徒について数学が得意であるかどうかを、「得意」「苦手」「どちらでもない」の 3 件法で回答してもらったデータを収集したとする。こ

のとき、100 人の生徒について、「血液型」と「数学が得意かどうか」という 2 つの変量のデータがある。このように 2 つの変量からなるデータを集計するには、表 3-6 のような分割表（クロス集計表）を用いる。

表 3-6 分割表の例

	A 型	B 型	O 型	AB 型	計
得意	19	8	11	3	41
苦手	17	7	10	3	37
どちらでもない	6	4	10	2	22
計	42	19	31	8	100

Action 3-4 分割表の作成

"3-03_2つの質的データ.csv"について、表計算ソフトで分割表を作ろう。

3.3.2 2つの量的データ

例えば、表 3-7 のように、500 人の生徒の数学と英語のテストの点数のデータが得られたとする。2 つのテストの点数の間の相関関係について分析したいときには、図 3-8 のような散布図を用いるとよい。散布図は、表 3-7 のようなデータを表計算ソフトに入力し、グラフの作成機能を用いると簡単に作成することができる。

また、**相関係数**を求めることにより、相関の強さを数値で表すことができる。相関係数は、表計算ソフトの CORREL 関数を用いて求めることもできる。例えば、B2 セルから B501 セルに数学の点数、C2 セルから C501 セルに英語の点数が入力されているとき、数学の点数と英語の点数の相関係数を求めるには、次のように入力すればよい。

```
=CORREL(B2:B501,C2:C501)
```

表 3-7 数学と英語のテストの点数データ

生徒番号	数学	英語
1	14	98
2	87	65
3	35	42
⋮	⋮	
500	76	72

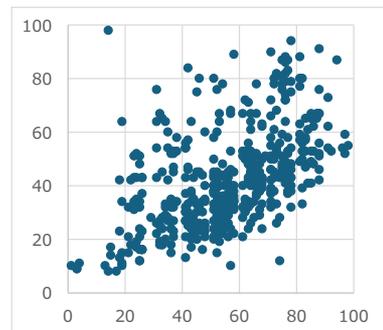


図 3-8 散布図の例

Action 3-5 相関係数の計算

"3-04_2つの量的データ.csv"の数学の点数と英語の点数のデータについて、表計算ソフトで散布図を作ろう。また、相関係数を求めよう。

3.4 推定と検定

3.4.1 基本的な推定と検定

「数理科学テキスト」 [20]では、一部(標本)のデータから全体(母集団)の性質について統計的に推測する方法を学ぶ。テキストに掲載している統計的な推測には次のようなものがある。より詳細に知りたければ、[21] [22]などを参考にするとよい。

一部の平均から全体の平均値を推定したい → 区間推定

例) 本校 2 年生から無作為に選んだ生徒にテスト A を実施して得られた点数のデータから、本校 2 年生の学年全体の平均点を推定したい。

2つのデータの平均値に差があることを示したい → t 検定

例) 被験者に対して、薬品 A を投与し、投与前の体温と投与後の体温を計測し、投与前と投与後の体温の平均値に差があることを示したい。

質的データの度数分布が理論値に等しくないことを示したい → χ^2 検定 (適合度の検定)

例) あるアイドルのファンクラブ会員から無作為に抽出した人の誕生日を調べたデータから、誕生日の分布が一様でない(誕生日に偏りがある)ことを示したい。

2つの質的データが独立でないことを示したい → χ^2 検定 (独立性の検定)

例) 生徒に「今日朝食を食べたかどうか」と「今日の授業中に 1 回でも眠くなったかどうか」を調査したデータから、「朝食を食べたかどうか」と「授業中眠くなるかどうか」の間には関係がある(独立でない)かどうかを調べる。

3.4.2 ノンパラメトリック検定

t 検定は、母集団が正規分布に従うことを前提としている。母集団の分布が不明データについて行う検定を**ノンパラメトリック検定**という。特に、データが順序尺度である場合は、ノンパラメトリック検定を行う。

本章で使用するデータを掲載している Web ページには、表計算ソフトを用いてノンパラメトリック検定を行うことのできる"ウィルコクソンの符号付順位検定.xlsx", "ウィルコクソンの順位和検定.xlsx"がダウンロードできる。使用方法などは、添付しているマニュアルを参照のこと。

対応する2つのデータの差を比較したい → ウィルコクソンの符号付順位検定

例) 参加者にある取組を行う。その取組の効果を示すために、全く思わない、思わない、あまり思わない、少し思う、思う、よく思うの 6 件法によるアンケート調査を、取組の前後に参加者全員に対して行い、その回答が変化したことを示したい。

対応しない2つのデータの差を比較したい → ウィルコクソンの順位和検定⁶

例) 参加者を2つのグループに分け、それぞれ異なる取組を行なう。実施後に、全く思わない、思わない、あまり思わない、少し思う、思う、よく思うの6件法によるアンケート調査を行い、2つのグループ間で差があることを示したい。

3.4.3 分散分析

t 検定は2つのグループの間で平均値に差があるといえるかどうかを調べる。3つ以上のグループを比較したい場合は、**分散分析**を用いる。

本章で使用するデータを掲載している Web ページには、表計算ソフトを用いて分散分析を行うことのできる"一元配置分散分析.xlsx", "二元配置分散分析.xlsx"がダウンロードできる。使用方法などは、添付しているマニュアルを参照のこと。

3つのデータの平均値に差があることを示したい → 一元配置分散分析

例) 被験者を3つのグループに分け、それぞれ異なる方法で練習を行い、練習方法の違いにより結果に差が生じることを示したい。

2つの要因を変化させながら実験を行い、データの平均値に差があることを示したい**→ 二元配置分散分析**

例) 表 3-8 のように、水槽内の水草の成長を、「肥料を与えるかどうか」「二酸化炭素を添加するかどうか」で4つのグループに分けて、グループ間でその平均値に差があることを示したい。

表 3-8 二元配置分散分析を行う例

	二酸化炭素	添加あり	添加なし
肥料			
与える		Group1	Group2
与えない		Group3	Group4

3.5 データ収集**3.5.1 標本調査**

推測統計学の考え方をを用いると、標本の特性から母集団の特性がわかるが、標本は母集団から**無作為抽出**したものでなければならない。無作為抽出とは、母集団から各個体を等しい確率で抽出した標本のことである。例えば、本校生徒から20名を選んで調査する場合、全校生徒から20名をくじ引きなどの方法でランダムに選んで、その20名に対して調査を行う必要がある。例えば、本校生徒についての特性を調査したい場合、アンケートに答えてくれた人だけを調査対象にすることは、無作為抽出とはいえず、適切ではない。

層化抽出法・クラスター抽出法

無作為抽出による標本調査には手間のかかることが多い。そこで、母集団の性質を反映

⁶ ウィルコクソンの順位和検定はマン・ホイットニーのU検定という検定と実質的には同じものである。

しつ手間を軽減する方法がいくつかある。母集団をいくつかのグループ（層）に分けておき、母集団における各グループの構成比率に従って必要な数の標本を抽出する**層化抽出法**、母集団をいくつかの小集団（クラスター）に分け、できたクラスターの中から必要数のクラスターを無作為に抽出し、そのクラスター内で全数調査を行う**クラスター抽出法**などがある。

層化抽出法の例

全校生徒 720 人から 120 人を抽出するとする。男女比が 2:1 であることがわかっているとき、男子から 80 人、女子から 40 人を抽出して調査する。

クラスター抽出法の例

県内の高校生を母集団とする調査を行う際、県内すべての高校から 10 校を無作為に選び、その 10 校に対して全数調査を行う。

3.5.2 対照実験

A の効果を確かめるために、被験者を 2 つのグループに分け、一方は A を行うグループ（実験群）、他方は A を行わないグループ（対照群）として行う実験を**対照実験**という。対照実験では、2 つのグループの間で A の有無以外の条件が同じになるようにする。また、2 つのグループに分ける際は無作為に行う必要がある。

（例）薬の有効性を確かめるために、その薬を服用させるグループ（実験群）と、有効成分を含まない偽薬を服用させるグループ（対照群）の結果を比較する。その際、飲む薬以外の条件で結果に影響を与えそうな要因（年齢、男女、生活習慣等）が同じになるようにする。

3.5.3 オープンデータの利用

現代においては全世界で様々な調査が実施されており、そのデータが（個人等が特定されない形で）研究等のために自由に使える**オープンデータ**としてインターネット上などで公開されている場合がある。有効に活用しよう。参考になりそうなサイトを掲載しておく。出典を明記しなければならないといった条件があるため、利用規約などをよく読んで利用すること。

- ・ e-stat 政府統計の総合窓口 (<https://www.e-stat.go.jp>)
 - 日本の統計が閲覧できる政府統計ポータルサイト。
- ・ UN data (<https://data.un.org>)
 - 国連の専門機関等が作成した統計を検索・ダウンロードできるデータベース。ユネスコの統計局が作成したデータなどが含まれる。
- ・ World Bank Open Data (<https://data.worldbank.org>)
 - 世界銀行が無料公開している統計データベース。

Action 3-6 オープンデータを利用してみよう

上記のサイト等を活用し、自分の興味のあるデータを収集して、分析してみよう。

第4章 課題設定

4.1 問い

普段から、授業・講演会などで感じた疑問を「問い」の形で記録しておく、課題研究をはじめ、様々な活動に取り組む際に役立つ。「問い」は「疑問文」の形にすること。真偽を問う場合以外は、5W1H(Why, What, Who, When, Where, How)を意識して「問い」を立てること。

原因 (Why)	筑豊地区の中学生の学力が低下しているのは なぜか ? 筑豊地区に炭鉱が多かったのは なぜか ?
事・物 (What)	放置竹林の不要な竹を地域活性に生かす方法は 何か ?
時 (When)	過去に洪水で直方市に大きな被害が出たのは いつか ?
場所 (Where)	直方市内で洪水の被害が起きやすい場所は どこか ? 大雨の際、直方市内で被害が大きかったのは どこか ?
方法・程度 (How) (How much, How many)	筑豊地区の害獣の被害は どのように 広がっているか? どれくらい の雨が降った時に避難すべきなのか? 鞍手高校の教員の労働環境改善のために、教員を 何人 増員すればよいか?
比較	遠賀川の右岸と左岸で洪水が起きやすいのは どちらか ?
真偽	石炭火力発電が天然ガス火力発電よりも環境に悪いのか? 石炭を人工的に作ることはできないか?

Action 4-1 問いを立てる

授業、講演会などの受講後に、その内容に関連する「問い」を3つ立てよ。

チェックリスト

- 疑問文になっている。
- 具体的な問いである。

4.2 問いの調整・発展

これまでに立てた「問い」の中から、

- ・ 自分自身が興味関心を持つことができる。
- ・ 社会の問題や学術の問題として取り組む意義がある。

の 2 つをできるだけ満たしているものを探そう。「問い」を選んだら、その問いの答えを、文献やインターネット上の情報等を活用して調べてみよう。立てた「問い」の中には、文献検索などですぐに解決できるものもあれば、すぐに答えが見つからないものもあるだろう。ここでは、解決が困難な問いを「大きな問い」、解決が容易な問いを「小さな問い」と呼ぶことにする。課題研究など、これから自分が取り組む内容にあわせて、次の観点で問いの大きさが適切なものになるようにしていこう。

- ・ 指定された期間内で解決できるかどうか（長くても短くてもダメ）。
- ・ 解決のためにどのようなことに取り組めばよいかを考えることができるか。
- ・ 解決のために必要な道具や施設を準備できるかどうか。

4.2.1 大きすぎる問い

抽象的で研究対象が絞れない

SDGs 達成のためにできることは何か。
化学で何ができるか。

どちらも漠然としていて、解決のためにどう取り組めばよいのか見当がつかない。このような問いは、対象を絞り込むとよい。例えば、次のような問いに発展させることが考えられる。

高校生がエネルギーについて探究するために、筑豊の炭鉱の歴史を教材にすることはできないか？
余っている「竹」をプラスチックのような素材に加工することは可能か？

専門性が高い、危険な実験などが必要といった理由で解決困難

お茶の成分によって新型コロナウイルスの増殖を抑えることは可能か。

ウイルスを扱うのは危険であり高校生の研究としては現実的ではない。他にも、人体実験や動物実験などは研究倫理上の問題が発生するため注意が必要である（詳しくは p.37 「研究倫理」を参照のこと）。これらの問いは、安全に、あるいは比較的簡単に実施できる内容で代替することを考えよう。例えば、次のような問いが考えられる。

お茶の成分によってカビを防止することは可能か。

4.2.2 小さすぎる問い

調べるとすぐに答えがわかってしまう

- ・ 石油を用いずにプラスチックを作ることは可能か？
- ・ 今流行りの映画は何か？

これらの問いは、調べるとすぐに答えがわかってしまう。このような問いについては、調べて得られた答えから新たな問いを考えてみよう。例えば、

- ・ 竹を使ってバイオプラスチックを作ることができるとわかった。その強度を上げるためにはどうすればよいか？
- ・ ○○という映画が好きな人ほど、○○という傾向があることが分かった。なぜか？

これらの問いの答えも調べれば見つかるだろう。さらに、強度を上げる別の工夫を考えると、さらに問いを発展させることが可能である。また、得られたデータを複数組み合わせることで新たな発見が得られるかもしれない。そうすると、そのような結果が得られたことについて「なぜか」と新たな問いが生まれるだろう。

4.2.3 具体的な問い

問いを立てる際には 5W1H を意識する。その中でどうしても多くなるのが原因を問う why を用いた問いではないだろうか。そのような問いから、他の what, when, where などを用いる問いを考えると、問いがより深くなることもある。また、その新しい問いについて考えることが、元の問いの解決につながることもある。

筑豊地区に炭鉱が多かったのはなぜか？

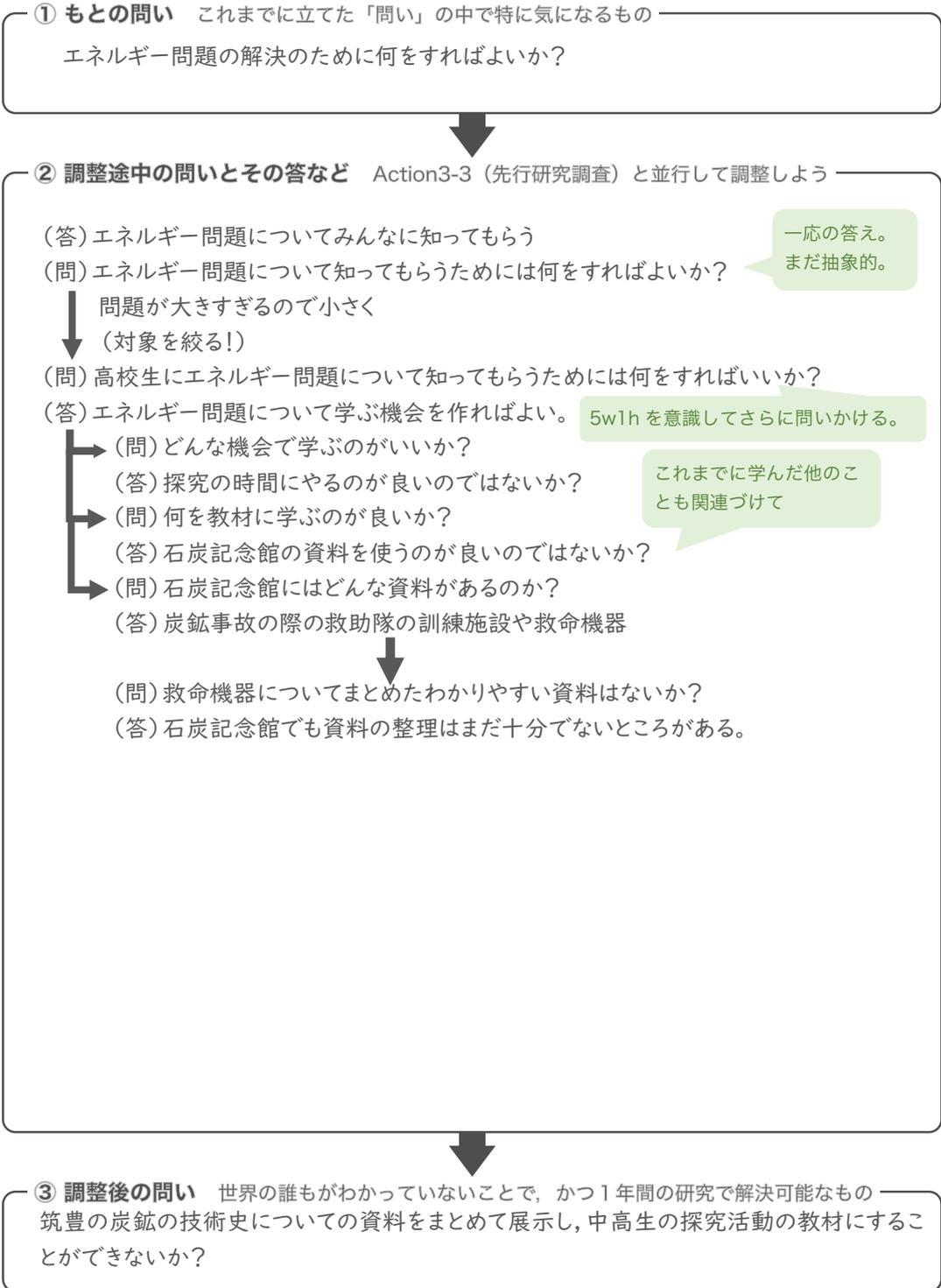
- 筑豊地区で、初めて炭鉱ができたのはいつか？
- 筑豊地区の中で、特に炭鉱が集中しているのはどこか？
- 筑豊地区ではどのくらいの量の石炭が採掘されたのか？

Action 4-2 問いを調整する

これまでに立てた「問い」の中から「自身が興味のある」と「研究する意義がある」を満たすものを選び、その問いの大きさを調整して適切な大きさの問いを作れ。次の Action 4-3 と並行して取り組むと良い。

チェックリスト

- 疑問文になっている。
- 興味がある。
- 研究する意義がある。
- 適切な大きさである。



一応の答え。
 まだ抽象的。

5w1hを意識してさらに問いかける。

これまでに学んだ他のこ
 とも関連づけて

図 4-1 「問いの調整」の例

4.3 先行研究調査

4.3.1 学術論文の検索

適切なサイズの問いを立てることができたら、過去に同様の研究を行っている例がないかどうかを調べよう。もしあれば、自分が立てた問いを解決するためにどのようなことに取り組みばよいかイメージすることができるだろう。また、自分が立てた問いが他の人によってすでに解決していたということもあるかもしれない。研究には**新規性**が必要であるから、そのような問いについて研究しても意味がない。しかし、まだ課題が残っていれば、その課題を解決することが自身の研究課題となることもある。

なお、特に科学に関する研究では、官公庁等の信頼できる機関が発行したデータ等を用いる場合を除き、新聞記事や一般の Web ページを引用することは適切ではない。必ず、**学術論文**や**専門的な書籍**の内容を元に研究を進めること。まずは、Google Scholar を活用して、自身が立てた問いに関連する学術論文を検索してみよう。



Google Scholar

<https://scholar.google.co.jp>

Google が運営する検索サイト。学術論文が検索できる。

4.3.2 参考文献リストの作成

研究の成果を発表する際には、参考にした文献を一覧にして示さなければならない (p. 53 参照)。その時になって困らないように、図 4-2 のように「参考文献リスト」に記録しておくこと。

また、調査した文献は、印刷したり PDF 化したりして必ず保管しておくこと (特に、インターネット上の情報は、更新や削除されることがあるため要注意)。

Action 4-3 先行研究を調査する

自身が立てた「問い」に関連する先行研究を調べ、次頁の例を参考に、その文献のリストを作成せよ。

チェックリスト

- 必要な項目を指定された書式で全て記入している。
- 学術論文 (高校生の論文は不可) を少なくとも 1 つは含んでいる。
- 参考文献として不適切な情報 (一般の Web ページや SNS の情報等) を含んでいない。

論文の場合（オンラインで閲覧したものも含む）

1	秋山壽一郎, 重枝未玲, 野村心平	2013 年
	数値シミュレーションに基づく短時間豪雨に対する遠賀川流域の洪水と飯塚市街地の浸水特性の検討	
	土木学会論文集b1(水工学)	69巻 4号 p. I_1579-I_1584
	https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscejhe/69/4/69_264/_article/-char/ja/	
	遠賀川流域飯塚市街地を対象に、「都市域浸水・減災対策検討シミュレータ」による遠賀川流域の洪水、氾濫状況、被害状況の予測を行い、その結果に基づき、短時間豪雨に対する遠賀川流域の洪水特性および飯塚市街地での浸水特性について検討している。	

書籍の場合（電子書籍含む）

2	東京大学教養学部統計学教室	1991 年
	統計学入門	
	東京大学出版会	328p.
	統計学の基礎から、確率分布、そして推定や仮説検定から回帰分析まで、統計に関する内容が一通り網羅されている。大学生以上向けの教科書。不偏分散の概念について調べるために参照した。	

新聞記事の場合（オンライン版も含む）

3	西日本新聞	2021 年
	政府推進データセンター受け皿 直方・鞍手地区に整備へ	
	筑豊版	2021年9月17日 朝刊
	福岡県の服部知事が、次世代デジタルサーバーの集積拠点を直方・鞍手地区に造成する方針を明らかにした。国が推進するデータセンターの誘致を実現したい考え。研究の背景の根拠になる？	

その他の Web ページの場合

4	資源エネルギー庁	2023 年
	知っておきたいエネルギーの基礎用語～大気中からCO2を除去する「CDR(二酸化炭素除去)」	
	資源エネルギー庁Webサイト	
	https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyoo/cdr.html	
CDR(二酸化炭素除去)についての解説。「自然プロセスを人為的に加速させる方法」と「工業的プロセス」がある。研究の背景に関連。		2022 年 11 月 9 日

図 4-2 参考文献リストの例

4.4 研究企画書の作成

4.4.1 研究企画書の目的

これまでに取り組んだことを踏まえて、課題研究を本格的に始めるための**研究企画書**を作成しよう。企画書を作成することは、今後の課題研究をスムーズに進めるために役立つのはもちろん、自身の考えを整理し、まとめることは**課題設定力**を身につけることにもつながる。会社で新商品などを企画するときには、社内での合意を得るために、企画書の作成やプレゼンを行う。「やりたい」という気持ちだけで自分のやりたいことができるほど世の中は甘くない。

4.4.2 研究企画立案のためのワークシート

問題、先行研究・事例

気になっている社会や学術の問題を挙げる。関連する Action 4-3 の先行研究調査の内容を踏まえ、「現在わかっていること、何がわかっていないのか」を明確に記述すること。

リサーチクエスチョン

Action 4-2 で作成した適切なサイズの問いをもとに、研究で解決したい「問い」を挙げる。

仮説

研究の結果をどのように予想しているのか、この研究の結果によってどのようなことがもたらされるのかを記述する。

研究の対象と方法

研究の方法には、実験、文献調査、アンケート調査、インタビュー調査などがある。実験や調査によって得られたデータをどのように処理するのも考えよう。

Action 4-4 これまでに調べたことを整理する

研究企画書を書く前に、「研究企画立案のためのワークシート」を用いて、これまでに調べたことを整理しよう。

評価基準

課題研究ルーブリック ア①②, イ①②

チェックリスト

- 先行研究・事例を十分に記入している。
- リサーチクエスチョンの答は、現時点では世界中の誰もが知らない。
- 研究方法にデータ収集の方法やその分析方法が記入している。

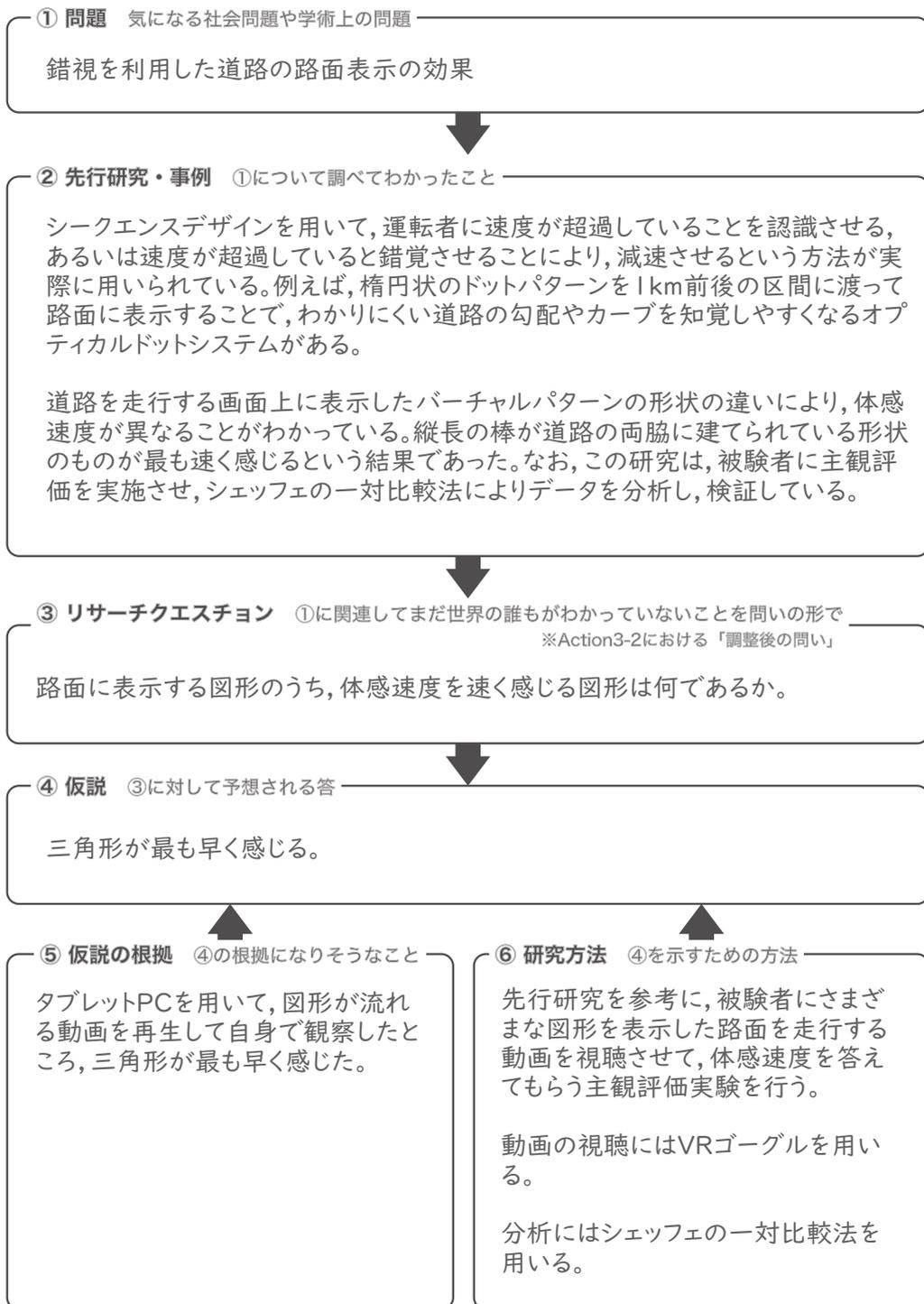


図 4-3 研究企画書の例