

理科探究学習における生成 AI 活用の実態分析 — 肱川あらしの発生条件の探究における対話ログの考察 —

○真木大輔^{*1}, 向平和^{*2}, 大西義浩^{*2}

MAKI Daisuke^{*1}, MUKO Heiwa^{*2}, OHNISHI Yoshihiro^{*2}

^{*1}愛媛大学教育学部附属中学校, ^{*2}愛媛大学教育学部

^{*1}The Junior high school of Ehime University Faculty of Education, ^{*2}Ehime University Faculty of Education

【要約】本研究は、中学校理科「肱川あらしの発生条件」の探究学習において、生徒と AI 学習パートナーの対話ログを定量的および質的に分析し、生成 AI 活用の実態を明らかにすることを目的とした。愛媛県 A 中学校 2 年生 1 クラス (32 名) を対象に、掲示板形式の AI システムを用いた授業実践を行った。分析の結果、全 92 件の質問のうち「理由の説明」が 65% を占め、生徒が現象の根本原理やメカニズムの理解に強い関心を示していることが明らかになった。また、実験重視グループと理論重視グループの対話ログの質的分析から、生徒は実践と理論を往復しながら探究を深めていることが示唆された。今後の課題として、AI 活用を前提とした授業デザインの充実と、パフォーマンス課題のような実験やデータ解析など多様な学習活動での活用が求められる。

【キーワード】 中学校, 理科, 生成 AI, 対話ログ

1. はじめに

1.1 研究の背景

文部科学省は、教育での生成 AI (以下、AI) 活用の普及を背景に、2023 年 7 月に初等中等教育段階における暫定的な AI 利活用ガイドラインを策定し、全国の生成 AI パイロット校の先進事例を取りまとめた。さらに、2024 年 12 月に改訂版 (Ver.2.0) を公表し、AI を「有用な道具」と位置づけ、校務の効率化や各教科での具体的な活用方策を提示している。特に、児童生徒が AI を学習活動で利用する際には、「発達段階や情報活用能力の育成状況に配慮し、リスクや懸念に対する対策を講じた上で活用を検討すべき。その際、学習指導要領に定める資質・能力の育成に寄与し、教育活動の目的達成に資するかを吟味する必要がある」と述べている。

資質・能力の育成に向けた AI の利活用は重視されているが、実際の教育現場における生徒の AI 活用の実態については、依然として十分な知見が蓄積されていない。

1.2 先行研究

先行研究として、真木 (2025) は中学校理科教育における AI 活用モデルを構築し、「AI 授業案作成」「AI リフレクション」「AI 学習パートナー」の三つのシステムを開発・実践している。中でも「AI 学習パートナー」は、生徒の探究活動を個別に支援するため、以下

の三段階の支援を特徴としている。

1. 関連する科学概念を提示し、質問に対応する基礎知識や原理を分かりやすく説明する。
2. 「なぜ」や「どのように」といった問いを生成し、生徒の思考を促すことで、考察を深化させる。
3. 探究活動を提案し、実験や観察に関するアイデアを提供する。

このように段階的な支援を行うことで、生徒の科学的思考を深める工夫がある。「AI 学習パートナー」を用いた実践では、64 名の生徒を対象とした検証において、86.9% の生徒が学習成果の向上に役立ったと評価している。また、「学習内容の理解が深まった」「新しい知識や視点を得た」「即時フィードバックによる効率性」といった肯定的な評価がある一方で、「AI の回答が正しいとは限らない」「自分で考える力が育たない」といった課題も指摘されている。

1.3 本研究の位置づけと研究の目的

本研究は、真木 (2025) の「AI 学習パートナー」のシステムを改良した実践に基づき、AI 活用の実態を明らかにすることを目的としている。改良点として、生徒と AI の一対一の対話形式を掲示板形式に変更し、対話内容を学級全体で共有可能とすることで、個別支援ツールからグループ間の協働学習を促進するパートナーとしての AI 活用を目指した。

具体的には、以下の 2 点を明らかにする。第一に、

対話ログの質問テーマ分類による定量的分析から、生徒が探究過程のどの局面で、どのような目的で AI を活用しているのかを分析する。第二に、対話内容の質的分析から、生徒の探究活動における思考の特徴を考察する。これらの分析を通して、理科探究学習における AI 活用の実態を解明する。

2. 研究の方法

2.1 授業の実際

2.1.1 主題・ねらい

肱川あらしの発生条件を探究しよう (全3 時間)

①肱川あらしの発生条件を探究し、霧や風の基本原理を関連づけて理解する。

②生徒が AI を協働パートナーとして活用しながら、自律的に学習を進めることができる。

2.1.2 学習の展開

本実践は以下の流れで行った。

①導入

肱川あらしの動画視聴を通して現象を直感的に理解させ、探究への動機づけを行う。

②AI 教えてくんと対話

AI が小学生の視点で「肱川あらし」に関する基礎的な質問を投げかけ、生徒は質問に答えながら既習内容を復習し、知識を整理する。

③グループ振り返り

グループで AI との対話内容を共有し、「霧の発生」「放射冷却」「風の仕組み」などの観点から「肱川あらしの発生条件」を整理する。

④探究活動

ミッション1：実験探究 (図1)

- 水槽を使用した気温差による霧や冷気の流れの再現・観察
- 青カード (水の動き)、赤カード (水の動きの原因) を用いた整理

ミッション2：データ探究 (図2)

- 気象データや地形図を用いた分析
- 放射冷却や霧、風との関係の考察
- 緑カード (実際のデータ) を用いた整理

⑤探究成果の報告

- グループ報告：教員への説明と質疑応答
- 個人報告：AI への説明と質疑応答



図1 ミッション1：実験探究の説明スライド



図2 ミッション2：データ探究の説明スライド

2.1.3 AI の活用

探究活動において、生徒が AI を効果的に活用できるよう、授業のグランドルールを授業前に生徒に提示した (図3)。特に、自分の考えを大切にすることや、他者から学ぶ姿勢の重要性を強調し、AI を含む様々な情報を活用しながら主体的に学習を進められる環境を提示した。本実践では、ミッション1とミッション2において、生徒は必要に応じて AI 学習パートナーを自由に活用しながら探究活動を進めた。

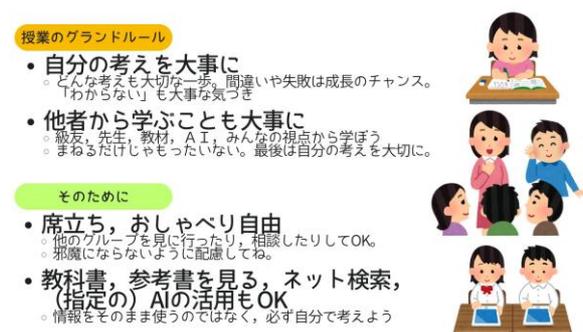


図3 授業のグランドルール

2.2 対象と期間

本研究の対象は、愛媛県 A 中学校第2 学年に所属する1 クラス、計32 名 (男子16 名、女子16 名) とした。実践期間は2025 年2 月6 日、7 日、12 日の3 時間の授業形式で実施した。

対象生徒は、社会科での AI ディベート、英語科での AI 英会話や AI 添削など、複数回、AI を利用した経験

を有していたが、その利用は授業内に限定されており、日常的な使用には至っていない。理科における AI 使用は本研究が 2 回目となり、今回は真木(2025)の生徒と AI が一対一で対話するチャットボットを用いて、根のない植物に関する探究活動を実施している。

2.3 システムの改良

2.3.1 AI 学習パートナーの概要

AI 学習パートナーは、生徒の探究活動中に生じる気づきや疑問に対して、生徒と AI が一対一の対話できる Web チャットボットである。システムの実装には、Google Apps Script (GAS) を使用し、ChatGPT API (ChatGPT4o-mini) との連携により、生徒と AI の対話を実現している。また、プロンプトや会話ログといったデータは Google スプレッドシート上で記録・管理される。図 4 は生徒用インターフェース画面、図 5 はプロンプトである。

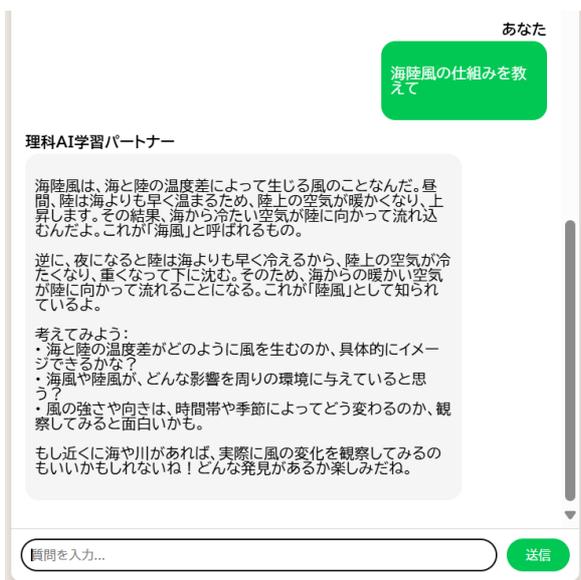


図 4 AI 学習パートナー生徒画面

中学生の理科学習サポートプロンプト

役割・目標

中学生の理科学習を支援する先輩として：

- 考えるきっかけを提供する
- 探究心を刺激するヒントを与える
- 科学的思考を促進する

視点・対象

- 日本の中学生向け
- 学年に応じた思考促進
- 親しみやすい言葉遣い

制約条件

- 回答は 400 字以内
- 直接的な答えは避ける
- 安全性に配慮
- オープンエンドな質問を含める
- 暴力的、差別的、性的な発言は「その問いには答えることができません。」とだけメッセージを返す

処理手順

1. 質問の本質を理解
2. 関連する現象や概念を想起
3. 思考を促すヒントを準備
4. 探究を促す質問を作成
5. 自主的な調査を奨励

出力例

光合成について質問された場合：

...

光合成って不思議だね。植物が太陽の光を使って何かを作り出しているんだ。

考えてみよう：

- ・ 晴れの日と曇りの日で、植物の様子に違いはあるかな？
- ・ 葉っぱの色が緑なのはなぜだろう？
- ・ 植物が出している気体って何だろう？

家にある植物で実験してみるのも面白いかも。例えば、一部の葉に日光が当たらないようにしてみるとか。

光合成が地球の環境にどんな影響を与えているか、考えたことある？どんなつながりがあると思う？

図 5 AI 学習パートナープロンプト

2.3.2 改良版 AI 学習パートナー（掲示板）

真木 (2025) の AI 学習パートナーでは、AI との対話ログは記録されるものの、リアルタイムでの確認が困難であり、また対話が生徒と AI の一対一で完結してしまうため、教員の指導やグループ活動での活用が制限されていた。そこで本研究では、以下の改良を行った。

① 対話形式の変更

従来の Web チャットボット形式を掲示板形式に変更し、対話内容のリアルタイム共有を実現した。これにより、個々の対話がグループ全体、さらには学級全

体での共有が可能となった。

② 質問受付方法の変更

生徒からの質問を Google フォームで入力する方式に変更し、氏名、質問の目的、質問内容を効率的にデータベース化した。これにより、質問の整理と管理が容易になり、分析に資するデータ収集が可能となった。

③ 対話内容の共有機能

生徒の質問およびAIの回答を Google スプレッドシート (図 6) 上で共有し、班や單元ごとにフィルター機能を実装することで、情報の整理とスムーズな共有を可能にした。

これらの改良により、生徒は自分の班の AI との質問・回答履歴を参照しながら探究活動を進めることが可能となった。また、他の班員の質問や気づきも共有され、協働的な学びを促進する環境を整備した。

2.4 対話ログの分析

2.4.1 分析対象

生徒と AI 学習パートナーとの対話ログを分析対象とした。分析対象となる対話ログは、掲示板形式のスプレッドシートに記録された以下のデータである。

- ①質問の日時
- ②質問者の情報 (学級, 班, 氏名)
- ③質問テーマ

④質問内容

⑤AI からの回答内容

⑥他者 (教員, クラスメート) からのコメント

2.4.2 分析方法

対話ログの分析は、以下の 2 つの観点から行った。

①質問テーマの分析

フォームで収集された各質問テーマ (「用語の意味について」「理由の説明」「考えの確認」など) の出現頻度を集計し、全体的な分布や各テーマの偏りを把握した。また、授業の進行に伴い、各グループにおける質問テーマがどのように変化したかを時系列的に分析し、時間経過とともにテーマの変化の傾向を検討した。

②対話内容の質的分析

グループの対話ログから質問を抽出し、内容の分類とその件数、また、生徒と AI とのやり取りの流れや対話の展開を分析した。

3. 結果

3.1 質問テーマの分析

質問テーマの出現頻度を表 1 に、班別テーマ推移比較を、図 7 に示す。

No.	質問はこちらから	AI回答	私はこう思う1
3	02/06 (木) 13:57 名前: [redacted] 質問テーマ: 考えの確認(私の理解や説明が合っているか確認したい) 質問等: 脳川あらしの水の動きやその要因に関わることで、大洲盆地で空気が飽和水蒸気量を超えるまで冷やされ、眼に見えるようになった水の粒が高気圧の空気によって長浜橋まで降りてくるんだよね?	脳川あらしについての理解がとても深いね！脳川あらしは、特定の条件が揃ったときに起きる現象で、大洲盆地の特有の空気の動きと関係しているんだ。 あなたが触れた「空気が飽和水蒸気量を超える」というポイントがとても重要だよ。空気が冷やされると、水蒸気が凝結して小さな水滴になる。このプロセスによって霧や雲ができるんだ。高気圧の影響で空気が移動すると、その空気が降りてくることで、霧が特定の場所まで進むことができるんだね。 考えてみよう: ・長浜橋までの水の粒がどのように動くのか、具体的にイメージできるかな？どうして高気圧の空気が水の粒を引き寄せることができるのか、考えてみて。 ・大洲盆地についてもっと調べて、その地形や気候が脳川あらしにどのように影響を与えているか考えられるかな？ ・他の地域での類似の現象についても考えてみて、どう違うと思う？ このような自然現象を理解することは、科学の面白さを感じる素晴らしい機会だよ。自分なりの調査をして、脳川あらしについての知識をさらに深めてみてね！どんな新しい発見があるか楽しみだね。	
4	02/06 (木) 13:59 名前: [redacted] 質問テーマ: 理由の説明(なぜそうなるのか、原理やメカニズムを知りたい) 質問等: なんで霧ができたならその霧が消えずに風によって川までたり着くことができる？	霧ができた後、それが川までたり着く理由は、風の働きや周囲の環境の影響が重要なんだ。霧は、小さな水滴の集合体で、通常、湿度が高い状況で発生するよ。この霧が移動する過程にはいくつかの要素が関わっているんだ。 まず、風は霧を押し進める役割を果たしているよ。強い風が吹いていると、霧の水滴が流されやすくなるんだ。また、周囲の温度や湿度の変化も霧が消えるかどうかに影響を与える。たとえば、高温の空気に触れると霧は evaporate(蒸発)して消えやすくなるけど、再び冷えて湿度が保たれる場所に入ると、霧が残ります。 考えてみよう: ・霧が川までたり着く理由を、風の働きや周囲の環境の影響から考えてみる。	

図 6 改良版 AI 学習パートナー (掲示板)

表 1 質問テーマの出現頻度

		合計	1班	2班	3班	4班	5班	6班	7班	8班
Theme1	用語の意味について（教科書用語や難しい言葉を教えて）	14	3	5	3	-	-	1	1	1
Theme2	理由の説明（なぜそうなのか、原理やメカニズムを知りたい）	60	13	6	6	7	9	4	8	7
Theme3	考えの確認（私の理解や説明が合っているか確認したい）	8	2	3	-	-	1	1	1	-
Theme4	別の考え方（違う視点や別の方法を知りたい）	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Theme5	実験・観察の方法について（手順や安全上の注意点を知りたい）	6	-	-	-	3	-	1	1	1
Theme6	学習記録の方法（レポートやノートの効果的な書き方を知りたい）	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Theme7	生活との関連（日常生活でどのように活用されているか知りたい）	3	-	-	-	-	2	-	1	-
Theme8	他教科との関連（数学や社会などの教科とどう繋がっているか）	1	-	-	-	-	-	-	1	-
Theme9	発展的な学習（もっと詳しい内容や最新の研究について知りたい）	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Theme10	その他（上記に当てはまらない質問や相談、雑談等）	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	合計	92	18	14	9	10	12	7	13	9

※縦軸がTheme番号, 横軸が時系列を表す

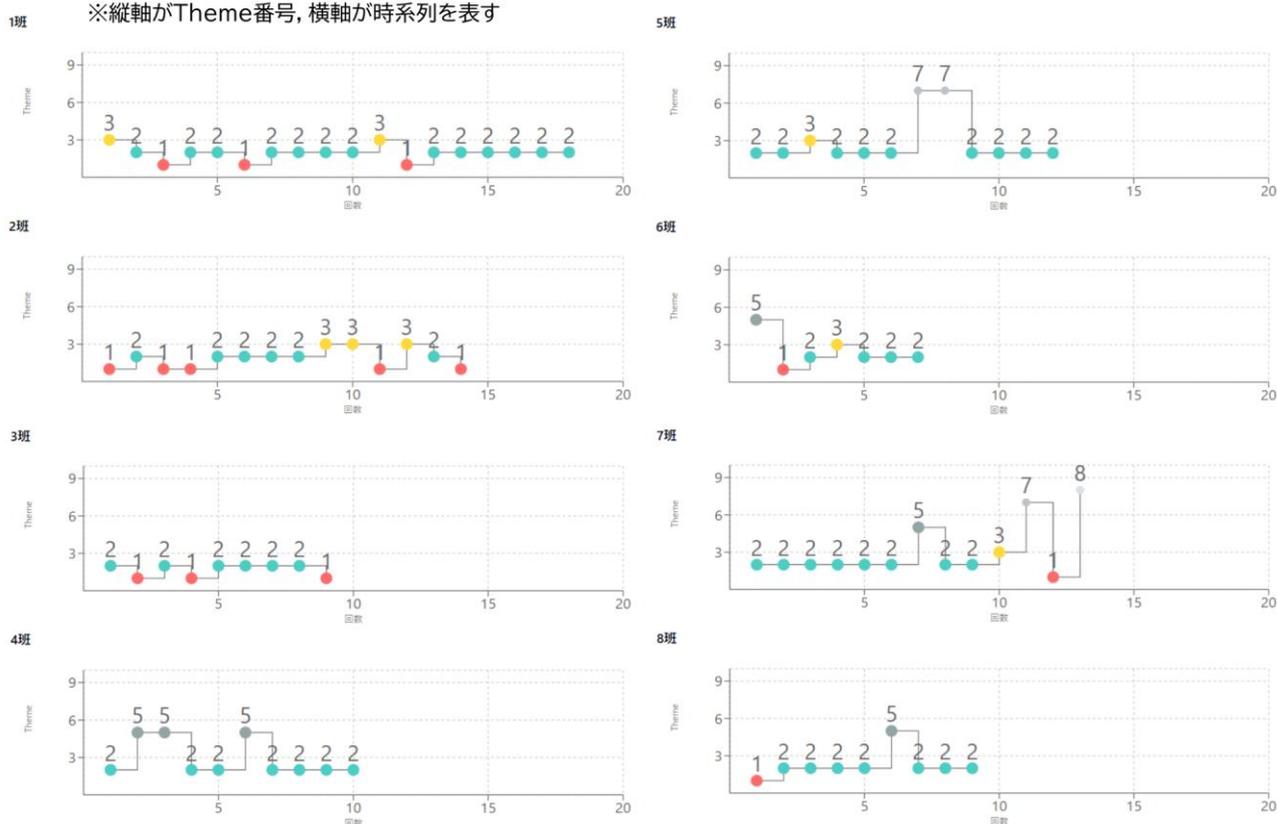


図 7 班別テーマ推移比較

3.2 対話内容の質的分析

対話内容の質的分析として、すべてのグループのAIの質問を時系列で抽出した。それが図8～図15である。AIからの回答入りのデータは図16で示す。

1. 肱川あらしの水の動きやその要因に関わることとして、大洲盆地で空気が飽和水蒸気量を超えるまで冷やされ、眼に見えるようになった水の粒が高気圧の空気によって長浜橋まで降りてくるんだよね？
2. なんで霧ができたならその霧が消えずに風によって川までたどり着くことができる？
3. 霧とは
4. 山から空気が流れてくる原理とは
5. 朝の陸地と海はどっちの方が冷たい？
6. 陸風？や海風？昼風？夜風。の用語について教えて
7. 朝は陸風？海風？
8. 肱川あらしのメカニズムを教えてください
9. 冬の朝6時の陸地と海は、どっちの方が冷たい？
10. 冬の朝6時ごろは海風？陸風？
11. 朝は海の方が陸より暖かいよね？
12. 放射冷却とは
13. 肱川あらしは朝だけ？
14. 屋に起こる肱川あらしは海側からくる？陸側からくる？
15. 肱川あらしの発生条件と何月？
16. 屋に肱川あらしが起きない(海から陸に)理由を超絶わかりやすく教えて！！頑固な人にもわかりやすくように
17. 肱川あらしが発生する詳しい時間帯を教えてください
18. 海と陸ではどっちの方が気圧が低い？高い？

図8 AIへの質問ログ(1班)

1. 霧って何？
2. どうやったら霧は生成されるの？
3. 海風と陸風
4. 海風と陸風教えてください！
5. なぜ晴れの日あと霧が出来るの？
6. なぜ晴れの日になると霧が出来る条件が達成されるの？
7. 海と陸の大気の流れって、朝と昼では違うんですか？海風と陸風と一緒に説明してほしいです”
8. どのような場合に大量の水蒸気は発生するのか？
9. 肱川あらしは、水分を多く含んだ空気が地表付近で冷やされてできるのであっていませんか？
10. 肱川あらしは前日との気温差が大きい日(前日よりも気温が下がった)日にできるのであっていませんか？
11. 蒸気圧って何？
12. 肱川あらしについてです。
肱川あらしは、前日と当日の気温差によって発生します。
前日の晴れで陸や海が温められて水分が蒸発し、上空に水蒸気が発生します。それが、当日、急激に寒くなり、海より陸の方が温度が変わりやすいから、陸の方が先に冷たくなります。その結果、陸で気温と飽和水蒸気量が下がって、湿度が高くなり、露天になって、陸で水蒸気水滴(霧)になります。また海の方が暖かいから海で上昇気流が起こって、低気圧になります。逆に陸は高気圧になります。その結果、霧が高気圧から低気圧に流れて、肱川あらしになります
あっていませんか？また質問があれば教えてください”
13. 肱川あらしは地表付近で水分を多く含んだ空気が冷やされてできるけど、その冷やされる水分を多く浮くんだ空気はどこから来るんですか？
14. 放射冷却って何？

図9 AIへの質問ログ(2班)

1. 霧のでき方
2. 霧とは何か
3. 晴れた次の日の朝に霧ができるのはなぜ
4. 霧と雲の違い
5. 風はどうして吹くのか
6. 霧をつくるにはどうしたらいいか
7. 肱川あらしが起きる理由
8. どこで霧はできるのか
9. 放射冷却とは

図10 AIへの質問ログ(3班)

1. 霧はどのようにしてできるのか。
2. どんなことをすれば霧ができるのか
3. 霧を再現する方法
4. たいていの川は海に近づくにつれて広がるのになぜ肱川は川が海に近づくにつれて、幅が狭くなっているのか。
5. なぜ霧はできるのか
6. 霧を再現できるのか
7. 霧を上昇させるにはどうすればいいのか
8. 水蒸気はどこからうまれるのか。
9. 肱川の霧はどうやって作られているのか
10. 大州の水蒸気はどこでできるか

図11 AIへの質問ログ(4班)

1. 霧はどうやって発生する。
2. 雲と霧の発生条件は同じ？
3. 霧の量と湿度は関係がありますか
4. なぜ霧が発生するのか
5. 霧ができるのと空気中の物体は関係がありますか？
6. 霧と海陸風の関係って？
7. 海に霧って発生する？
8. 肱川あらしは大洲城にあたりにも現れる？
9. 肱川あらしが観測できる場所をできるだけ教えてください
10. 肱川あらしが発生する場所は？
11. 肱川あらしは山の上の方で発生し、山を下って大洲市まで流れ込み、肱川を流れる？
12. 肱川あらしが発生する条件は？

図12 AIへの質問ログ(5班)

1. 肱川あらしを、線香の煙に見たててモデルを作りたい。その時の手順についてヒントが欲しい。
2. 霧とは何か
3. 霧の発生しやすい条件って何？
4. 霧と雲は一緒ですか
5. 霧の出来やすい条件って何？
6. 霧の出来やすい条件って何？
7. 風が起きメカニズムを教えてください

図13 AIへの質問ログ(6班)

1. 霧はどう発生するのですか？
2. なぜ霧ができる
3. そもそも霧はどうやってできる
4. なぜ霧ができるのか教えてください。
5. なぜ水は蒸発するのか？
6. 水上に肱川あらしのような気体が発生するメカニズムを教えてください
7. 肱川あらしのでき方
8. 霧にあつたかとか冷たいとかあるのか
9. なぜ霧ができるのか。
10. 肱川あらしは川の支流のほうにある盆地でできた。霧が暖かい水と冷たい地面の後期の流れによって、上流から下流に降りてくることによって起こる現象だと思うんだけどどうですか？
11. 肱川あらしがもたらす人々の影響
12. 霧って一体何なの？
13. 例年の肱川あらしの発生時期を箱ひげ図で表して

図14 AIへの質問ログ(7班)

1. 雪と霧の違い
2. 霧の流れは何に影響されるのか、実験の方法やヒント
3. なぜそうなるのか根拠
4. どうして風は霧を動かすことができるのか、霧は動かさないではないか
5. 霧は空気が暖かい方に流れていくのか？
6. マッチ、線香、氷、お湯、水槽、付箋やカード、スタンドを使って肱川あらしを作る方法
7. 霧のでき方を詳しく教えて
8. 盆地の一日の温度変化を教えて
9. 盆地から海に向かって風は吹くのか

図 15 AI への質問ログ(8 班)



図 16 AI 回答入り対話ログ

4. 考察

4.1 質問テーマの分析

質問テーマの分析結果は、表 1、図 7 のとおりである。

4.1.1 質問テーマの出現頻度の分析

表 1 の結果によれば、全 92 件の質問のうち、最も多かったのは「理由の説明(なぜそうなるのか、原理やメカニズムを知りたい)」で、全体の 60 件を占めていることが明らかとなった。これは、生徒が探究活動において、単なる知識の確認だけでなく、現象の根底にある原理やメカニズムの理解を求めていることを示している。

また、「用語の意味について(教科書用語や難しい言葉を教えて)」や「考えの確認(私の理解や説明が合っているか確認したい)」に関する質問も一定の割合で見られ、基礎知識の整理と確認が学習の重要な側面として位置づけられていることが分かる。

グループ別の分析からは、以下の特徴が明らかとなった。まず、すべてのグループで「理由の説明」の割合が多く、現象のメカニズムや原理を深く理解しようとする活用が共通して存在している。しかし、その現れ方には班ごとの特徴が見られた。2 班や 3 班では、「用語の意味について」と「理由の説明」がバランスよく出現しているのに対し、4 班では「実験・観察の方法について(手順や安全上の注意点を知りたい)」が 3 件と、実践的な探究方法に関する質問が特徴的である。また、5 班、7 班、8 班では「理由の説明」を中心としながらも、他のテーマを含む多様な質問パターンを示している。

各班のテーマの組み合わせは、個々の学習状況や協働学習の仕組みに起因する部分があると

考えられ、これらの傾向は、AI を活用した探究学習における生徒の多様なアプローチを示すものと言える。

4.1.2 質問テーマの出現頻度の分析

図 7 の各班の推移を概観すると、「理由の説明」が複数回継続して登場する一方で、後半になると「実験・観察の方法について」や「生活との関連」が散発的に追加される班も存在する。

多くの班で後半になっても「理由の説明」が繰り返し質問されていることは、肱川あらしの発生条件やメカニズムについて、生徒がさらに深い理解を求めている可能性を示唆する。前半で基礎的な疑問や用語の整理が一通り完了した後、より原理的・根源的な説明に焦点が移っていると考えられる。

4 班の時系列データを見ると、「実験・観察の方法について」が一度登場した後、再び「理由の説明」へと戻り、その後に再び「実験・観察の方法について」が見られるといった往復的な動きが確認できる。これは、実験・観察の方法を模索し、その過程で生じた新たな疑問を解消するために、もう一度原理的思考や理由の説明へと戻り、理論面での確認や補足を得た上で再び実践に臨むという段階的・循環的な学習が行われていると推測される。

7 班の時系列推移を見ると、初期段階では「理由の説明」が連続して登場しており、肱川あらしや霧の発生に関する原理的な理解を深めようとする姿勢がうかがえる。後半では「生活との関連」「他教科との関連」など、学習の視点を広げるテーマが散発的に登場する。これらは、肱川あらしのような現象が他の文脈や生活の場面でのように捉えられるかを意識し始めたことを示唆し、探究活動の最終段階において学習内容を多角的に結びつける動きが見られると考えられる。

4.2 対話内容の質的分析

4.2.1 質問内容の質的分析

全 92 件の質問を 8 つのカテゴリーに分類した結果、最も多くの質問が「霧関連」(36 件)および「肱川あらし関連」(24 件)に集中していることが明らかとなった。また、「風関連」(14 件)や「実験・再現方法」(5 件)など、それに関係する要因に関する疑問も一定数見受けられる(表 2)。

これらのカテゴリー別質問は、授業で設定した 2 つのミッションと密接に関連している。ミッション 1(図 1)では、水槽実験を通じて実際に霧や肱川あらしの再現に取り組む中で、霧の発生条件や風の役割、さらには実験手法そのものに関する疑問が生まれた。ミッション 2 では、気象データや地形図を用いて肱川あらしの発生条件を分析する活動が展開され、肱川あらしのメカニズムやそ

れに影響する温度差，放射冷却，さらには地形的要因（肱川あらし関連，陸海・盆地の温度差，放射冷却，大洲・肱川の地形）に関する疑問が提示された。

このように，実験的再現（ミッション1）とデータ分析（ミッション2）という2つの活動が，それぞれ実践的側面と理論分析的側面からの理解を促進した。これは，生徒が知識の受動的な習得に留まらず，実践と理論の両面から現象を探究する多角的な学習プロセスを形成していることを示唆している。

表2 カテゴリー別質問内容

カテゴリー	件数
1. 霧関連 「霧とは何か」「なぜ霧ができるか」「霧の流れや量，湿度との関係」「雲や雪との違い」など，霧全般に焦点を当てた質問。	36
2. 肱川あらし関連 肱川あらしのメカニズム・発生条件・時期・場所・観測・影響など，直接「肱川あらし」に言及している質問。	24
3. 風関連 海陸風や山風，気圧差による風の発生原理，霧を動かす風の仕組みなど，「風」に焦点を置く質問。	14
4. 水蒸気・蒸気圧 水蒸気や蒸気圧の定義・発生条件，「水蒸気はどこから来るか」「なぜ水は蒸発するか」など。	5
5. 実験・再現方法 霧や肱川あらしを模型や実験で再現する手順・ヒント，実験の根拠などを問う質問。	5
6. 陸海・盆地の温度差 「朝や冬の陸地と海のどちらが冷たいか」「盆地の一日の温度変化」など，主に陸海・盆地の温度差に着目した質問。	4
7. 放射冷却 「放射冷却とは何か」「放射冷却の仕組み」など，放射冷却そのものを尋ねる質問。	3
8. 大洲・肱川の地形 肱川の川幅が海に近づくほど狭まる理由など，地形そのものに関する質問。	1

4.2.2 質問内容の質的分析

各グループの中でも，特徴的な2班を抽出して，実験重視の4班と理論重視の1班の対話ログを比較分析した。なお，4班のAIとの対話ログは図17に，詳細は図16のログにて示す。

4班は，霧の生成や実験的再現に関する質問が中心である。「霧はどのようにしてできるのか」「霧を再現する方法」「霧を上昇させるにはどうすればいいのか」などの質問に対し，AIは霧の原理説明と具体的な実験手順を提示している。生徒は「どうすれば実際に霧をつくれるのか」「条件を変えるとどのような違いが出るのか」といった探究的な視点でAIを活用している。

これに対し，AIは霧の原理的な説明（空気中の水蒸気が冷やされて水滴になる過程）に加え，具体的な実験手順（温かい水と冷たい面の温度差を利用する方法）を提示している。こうしたやり取りからは，生徒が単なる知識の確認にとどまらず，「どうすれば実際に霧をつくれるのか」「条件を変えるとどのような違いが出るのか」といった探究的な視点でAIの回答を活用している様子がわかる。

また，「水蒸気はどこから生まれるのか」「肱川の霧はどうやって作られているのか」といった質問では，水循環の基礎的な仕組みについての理解を深めている。4班の特徴は，実験による現象の再現と理論的理解を往復しながら探究を進めている点にある。

1班は，「霧ができれば消えずに川まで届くのはなぜか」「山から空気が流れてくる原理とは」「朝の陸地と海はどちらが冷たいか」「冬の朝6時ごろは海風か陸風か」など，気温・気圧・風向きなどの気象条件が複合的に作用する仕組みに注目した質問が多く見られる。AIの回答は，霧の生成メカニズム（空気中の水蒸気が冷やされ水滴になるプロセス）や，陸地と海の温度差に伴う海風・陸風の原理，さらには肱川あらしに特有の地形・気圧配置を含めた要因を分かりやすく提示している。

特に，「なぜ霧が川まで到達するか」や「朝と昼で風向きが変わる理由」など，現象の空間的・時間的な見方に関する質問が多く，これに対し，AIの説明によって，夜間から朝方にかけて陸地が冷え込む一方で海水は温度を保ちやすいこと，冷たい空気が山から谷へ流れ落ちる地形的条件，高気圧や低気圧の配置などが霧や肱川あらしの移動を支えていることが回答された。さらに，放射冷却や気圧差の影響を踏まえながら，時間帯ごとの風向き（陸風・海風）の変化に着目するやり取りも見受けられ，現象の発生時刻や季節との関連を具体的に検討している。

両班の対話ログから，AIを活用することで，生徒が「実験・観察を通じた具体的な理解」と「気象・地形要因を総合的に捉える理論的理解」とを往復しながら学習を深めている様子がうかがえる。実践的探究と理論的考察の往復により，肱川あらしの仕組みをより多角的に理解していると考えられる。

Q1_霧はどのようにしてできるのか。
 A1_霧がどのようにできるか、考えると面白い現象がたくさん隠れていますね。霧は、水蒸気が空気中で冷やされて小さな水滴になることで発生します。つまり、湿った空気が冷やされて、露点に達すると水滴ができるんです。
 考えてみましょう：
 ・いつ、どんな条件下で霧が発生しやすいのか、思い浮かびますか？
 ・霧が発生すると、どんな影響がありますか？視界の変化はどうなるのでしょうか？
 ・寒い時期と暖かい時期では、霧の様子は異なるのかな？

身の回りで霧が発生しているときに、どんな場面があるか観察してみるのも楽しいかもしれません。たとえば、朝の冷え込んだ日に霧が出るのは、どうしてでしょうか？

霧が空気中の水分とどのように関係しているか、そして環境への影響を考えると、もっと深く理解できるかもしれませんね！

↓

Q2_どんなことをすれば霧ができるのか
 A2_霧ができる条件を考えるのは面白いですね！霧は、水蒸気が冷やされて小さな水滴になることでできます。そのためには、いくつかの要素が大事です。たとえば、空気中の湿度が高いこと、そして温度が下がることが必要です。

考えてみよう：
 ・夜間に地面が冷えると、周りの空気も冷やされ、霧ができやすくなるのはどうしてでしょうか？
 ・駅の近くや川のそばで霧をよく見ることがありますが、どんな環境が霧を助けているのか、考えたことはありますか？
 ・霧ができる場所や時間帯は異なると思いますが、どういう状況で霧が最も見られやすいでしょうか？

自分で実験を考えるのも楽しいよ！たとえば、湿ったタオルを冷たい窓に当ててみて、しばらくすると水滴ができるか試してみるとか。霧ができたときに、周りの風景がどう変わるのかも観察してみてください。霧がどんな影響を与えているのか、知識が深まるかもしれませんね！

↓

Q3_霧を再現する方法
 A3_霧を再現する実験を考えるのは素晴らしいアイデアです！実際には、霧は水蒸気が冷やされてできる小さな水滴の集まりなので、これを利用して簡単に再現できます。以下のヒントを参考にしてみてください。

まず、用意するもの：
 温かい水
 冷たい氷または冷水
 透明な容器（ボウルや瓶など）

考え方：
 温かい水を容器の中に入れます。このとき、水蒸気が発生することが重要です。
 次に、冷たくした氷や冷水を容器の上に置いてみてください。冷たい面が温かい水蒸気に触れることで、水蒸気が冷やされ、水滴が生まれるはずですが、容器の中に霧のような状態ができたなら、光を当ててみると、霧の様子がはっきり見えるかもしれません。

注意点：
 安全のため、熱い水を扱う際は十分注意してね。火傷しないように。
 実験中は周りをきれいにしておくと、霧の動きが見やすくなるよ。

この実験を通じて、霧がどのようにできるのかを感じることができるといいですね。どんな環境でも霧ができるか、他の条件を変えて試してみるのも楽しいかもしれません！

↓

Q4_たいていの川は海に近づくにつれて広くなるのになぜ肱川は川が海に近づくにつれて、幅が狭くなっているのか。
 A4_肱川のように、川が海に近づくにつれて幅が狭くなる現象は興味深いですね！多くの川が海に向かって広がるのは、土砂が流れ込んでいくためですが、肱川が逆に狭くなる理由を考えると、いくつかの要因が考えられます。

まず、地勢の影響があります。肱川の流れや周辺の地形は、河床や岸の状況によって変わることがあるからです。この場合、川が流れ込むときに、周囲の地形によって水の流れが変わり、狭く見えることがあります。

次に、河口海岸の特徴も大事です。波や潮の動きが、川の水の流れに影響を与えることがあります。このような環境下で、肱川がどのように変化しているのか考えてみるといいかもしれません。

では、どうしてこのような特異な現象が起こると思いますか？他の川と比較して、肱川の形成に関わる要因は何だと考えますか？

実際に肱川に足を運んで観察したり、周辺の資料を調べてみると、さらなる理解が深まるかもしれませんね。自然環境と地域の特性にどんなつながりがあるか、考えてみると面白い発見があるかもしれません！

↓
 略

図 17 AI 対話ログ (4 班)

5. おわりに

本研究では、AI を活用した中学校理科探究授業における生徒と AI の対話ログを対象に、以下の2つの観点から分析を行った。

5.1 質問テーマの分析

フォームで収集された質問テーマ(例:「用語の意味について」「理由の説明」「考えの確認」など)について、出現頻度を定量的に集計し、生徒の AI 活用の傾向を明らかにした。その結果、全 92 件中、最も多く記録されたのは「理由の説明(なぜそうなるのか、原理やメカニズムを知りたい)」であり、全体の 65% を占めたことから、生徒は単に知識を確認するだけでなく、現象の根底にある原理やメカニズムの解明に強い関心を示していることが分かった。

また、授業の進行に伴い、各グループでの質問テーマの傾向を時系列的に検討した結果、初期段階では基礎的な疑問(例:用語の意味や初歩的な確認)が多かった一方、探究活動が進むにつれて、より高度な原理の説明や実験・再現方法に関する質問が見られるようになった。

5.2 対話内容の質的分析

各グループの対話ログから質問内容を抽出・分類し、生徒と AI とのやり取りの流れおよび対話の展開を分析した。その結果、特徴的な2つのグループの活動パターンが明らかとなった。

実験を重視した4班では、水槽実験を通じた霧の生成過程や実験手順に関する具体的な疑問が頻出し、AI はその原理説明と具体的手法を提示することで、生徒が実践的な理解を深める過程を補完していた。一方、理論的な探究を重視した1班では、気温・気圧・風向きといった気象条件や地形の影響について、複合的に現象を理解しようとする質問が多く見られ、AI はそれらの多面的要因を体系的に説明していた。

両グループの対話は、生徒が実験的検証と理論的考察を往復する形で、現象の本質に迫る探究学習を行っていることを示している。

5.3 今後の課題・展望

本研究は、生成 AI を活用した探究学習が、生徒の実践活動と理論的考察を往復させる効果を有することを示した。しかし、その成果を最大限に引き出すためには、以下のような今後の課題がある。

AI 活用を前提とした授業デザインの充実が不可欠である。AI は単なる情報提供ツールではなく、生徒が主体的に探究できる環境を構築するためのパートナーとして機能する。したがって、実験やデータ解析などパフォーマンス課題のような多様な学習活動を有する授業デザインが求められる。

また、本研究は対象クラス数や実践期間に限定されているため、今後は中長期的な検証が必要である。これらの検証を重ねることで、AI を効果的に活用するための指導法や生徒の生成 AI 活用の実態について、より実践的な知見が得られると期待される。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 21K01683 の助成を受けたものである。また、実践、資料作成等において、愛媛大学教育学部附属中学校の先生方にご協力いただいた。ここに記して深謝する。

参考文献

- 真木大輔・大西義浩・山本浅幸(2025). 中学校理科教育における生成 AI 活用モデルの構築—教員の指導支援および生徒の学習活用による実践的検証—, 愛媛大学教職大学院実践研究報告書, Vol18.
- 文部科学省(2023). 初等中等教育段階における生成 AI の利用に関する暫定的なガイドライン http://www.mext.go.jp/content/20230710-mxt_shuukyo02-000030823_003.pdf (アクセス日 2025/2/17)
- 文部科学省(2024). 初等中等教育段階における生成 AI の利活用に関するガイドライン (Ver. 2.0) http://www.mext.go.jp/content/20241226-mxt_shuukyo02-000030823_001.pdf (アクセス日 2025/2/17)
- OpenAI. (2025). ChatGPT (February17version) [Large language model]. <https://chat.openai.com> (アクセス日 2025/2/17)