

「先端研究開発を考えるオンライン探究学習」2025年9・10月実施計画

1. 目的

- 先端的な研究開発の動向に対して高校生の関心を高めるとともに、研究開発をめぐる公共的課題、とくに ELSI(倫理的・法的・社会的問題)をめぐる多様な考えを持つ人々と出会い、対話する姿勢を育成する。
- SIP の教育現場へのアウトリーチを促進させる。また、SIPの研究課題間の連携を実現する。
- 2025年9月と10月には「海洋資源」との連携を、2026年1月と3月には「スマート防災」との連携を図り、計4回のシリーズ授業を通して、ELSI の探究力を養う。

2. 実施内容

- 3つの高等学校と、先端的な研究開発を進める拠点(JAMSTEC)をオンラインで結んで、遠隔合同授業を行う。
- 遠隔授業の全体進行は、大学の担当者(T1)が行う。各教室での指導は、各学級の教科担任等(T2)が行う。高校生自らファシリテートするのは差し支えない。
- 参加校には、大学よりサポートスタッフ(T3)を派遣し、環境設営、授業運営支援、教師・生徒のICTの活用支援等を行う。
- 授業では、タブレットを使って、生徒個人が意見表明する機会を設ける。加えて、生成AIを活用した遠隔授業支援システムを活用して、学級間の意見交流を促進する。

3. 授業の日時および参加予定校

- 2025年9月16日(火)15:30~16:30、10月14日(火)15:30~16:30
- 高等学校1・2年生 計3校(60名)
 - ・広島県立広島国泰寺高校24名(普通科1年12名【文:9名、理:3名】、理数コース1年2名、普通科2年3名【文:2名、理:1名】、理数コース2年7名)、※2年は9月のみ
 - ・長崎県立佐世保南高校21名(文理探究科1年17名、普通科2年2名【理系】、文理探究科2年2名【文:1名、理:1名】)
 - ・熊本県立済々黌高校15名(2年文系3名、2年理系10名、1年2名)

4. 単元名および目標

- 単元名 「深海をなぜ調査?どんな意義・価値があるの? -海に眠る資源:レアアースをめぐる論点・争点-
- オンライン学習の単元目標

【知識・技能】	海洋資源(レアアース)の開発について、具体的な取り組みとその困難さや意義について理解できる。
【思考・判断・表現】	研究開発を進める上で直面する諸課題について、意見の対立の原因・背景を多面的・多角的に考察できる。
【主体的に学習に取り組む態度】	最先端の研究開発の倫理的・法的・社会的な課題(ELSI)をめぐる論点について、他者の意見を傾聴したり、自らの意見を主張したり、他者の意見に反論しながら、調停案を構成し、対話に参加しようとしている。

- 本時の目標
 - ・1/2時: 深海調査の困難さやレアアースの価値を批評できる。深海調査の意義や調査継続の課題を多面的・多角的に考察できる。【思考・判断・表現】
 - ・2/2時: 深海調査の推進案・抑制案について、根拠をもって提案しようとしている。探究活動を通して、新たな探究課題を見出そうとしている。【主体的に学習に取り組む態度】

・赤色:個人端末の活用場面・黄色:個別学級の活動場面・緑色:学級間の交流場面・青色:中継・動画
 ・★:AI学習支援アプリを活用した意思表示や遠隔教室の声の収録・分析場面

5. 授業展開(9月16日)

T1(草原)の動き	予想される生徒の反応(例)	T2(教師・ファシリテーター)の動き	ホスト,中継先,T3(補助者)の動き
<p><導入:深海とは> 1. 深海〇×クイズ(10) (1) 深海とは,水深1,000mより深い海のことをいう。 (2) 有人潜水調査船で潜っている時間は,通常3日間である。 (3) EEZ 内の5,000m以上の海水体積の大きさで世界1は,日本である。 (4) レアアースとは,“地球にほとんど無い超珍しい元素”という意味である。</p> <p>2. 答え合わせに協力してくれた専門家に質問(5) (1) あなたが所属する海洋研究開発機構(JAMSTEC)ってどんなところ? (2) 現在取り組んでいる国家プロジェクト「海洋SIP」ってなんですか?</p> <p>3. 深海調査のイメージ(5) (1) アンケート1:6000mの海に潜るのと,6000mの山に登るのでは,どっちが難しいと思う?★ (2) なぜそう思うの? ・登る派の見方は? 潜る派の見方は? ・専門家の見方は?</p>	<p>・水深200m以上を深海というんだね。光が届かない(光合成ができない)世界が海洋の95%占めるんだね。 ・生理的な理由で8時間なんだね。調査は実質3時間しかできないのか。 ・日本の近くには海溝があるので,深い海がたくさん広がっているんだね ・量はそれほどレアではないのか。分離・精製=取り出しが難しいみたい。</p> <p>・海洋,大陸棚,深海を研究。全国6箇所に事業所。船も所有しているんだ! ・レアアースの生産技術や環境評価,海洋ロボの開発などをしている。</p> <p><登る派と潜る派> ・6000m登るのも,気圧が厳しそう ・6000m潜るのは,水圧が厳しいよ <解説を聞いて> ・「深海6000」の内径2m真球と3つの窓の大きさは,環境の厳しさを物語るね。タイタニックの調査船は無謀?! ・想像以上の難しさやリスクがありそう!</p>	<p>・生徒端末は授業ポータルを表示させる ・ディスプレイの音声を調整する</p> <p>・カメラに向かって,〇×の紙をはっきりあげさせる。 ・T1の問い→生徒の〇×表示→各校代表生徒による理由を発表→JAMSTECによる答え合わせと解説,を4回繰り返す。</p> <p>・JAMSTECの解説に注目させる。 ・質問があれば,1-2個程度受け付ける(時間次第)。</p> <p>・教室内の二択の選択者数をカウントし,アプリに入力する。 ・理由を発表したい生徒がいたらカメラの前で待機しアピールさせる ・JAMSTECの見解に注目させる。</p>	<p>・挨拶→電源・音声・カメラテストを実施 ・OP動画の再生(開始12分前)</p> <p>・生徒一人ひとりに〇×カードを配布 ・ギャラリービューにする ・指名された学級をスポットライト ・音声/映像状態のチェック ・【中継1】JAMSTECをスポットライト(於:展示室,補助照明が必要) 【解説パネル1】を示しながら解説 ・音声/映像状態のチェック</p> <p>・【中継2】JAMSTECをスポットライト(於:港) 【解説パネル2】を示しながら解説 ・音声/映像状態のチェック</p> <p>・AI“TSUNAGU”システム”起動① →学校間の意見の傾向性を共有 ・指名された学級をスポットライト</p> <p>・【中継3】JAMSTECをスポットライト(於:潜水艇入口,補助照明が必要) ・音声/映像状態のチェック</p>
<p>【学習課題】 危険な深海に潜って調査することに,一体どんな意義・価値があるのか? あなたは深海調査を行うことに納得?</p>			
<p><展開:深海調査の意義・意義とは> 4. 仮説をつくる!(5) 深海調査の価値・意義について,あなたはどのように考えますか?★</p>	<p>・深海についてはまだまだわかってないことが多いからでは? ・海底の資源が掘り出すためでは?</p>	<p>・各校の生徒2-3名に発表させる。 ・AIの分析結果(各校の仮説の評価)の妥当性を批評させる。</p>	<p>・AI“TSUNAGU”システム”起動② →少数意見だけど重要な視点を共有 ・指名された学級をスポットライト</p>

5. JAMSTEC の立場から仮説を検証(5)

- (1) 深海調査の価値・意義について、教えてください。
- (2) 深海調査では、いつも有人の潜水艇で人が潜って調査しているのですか？
- (3) 無人の探査機ってどんなもの？有人の探査機とはどのように仕事を住み分けているのですか？

6. JAMSTEC が深海調査で研究している「レアアース」の意義・価値(5)

- (1) そもそも「レアアース」ってどんなもの？レアアースのイメージを単語で入力だ！★
- (2) レアアースってどんな形をしているの？どんなものに使われているの？
- (3) 地上でも採掘できるのに、なぜわざわざ深海から採掘するのかな？

7. 一般市民や他機関が考える深海調査の意義・価値。もっと様々な立場から仮説を検証(22)

- (1) 学校対抗で記事を分類しよう。★
 - ・どれが推進派？ どれが抑制派？
 - ・それぞれの意見の根拠は？

(2) 結果を見てみよう。

- ・各学校に簡単に説明してもらおう！
- ・AIに各校の発表を批評してもらおう！

<終結：私自身の考え>

8. アンケート2: あなた自身は深海調査に推進派？抑制派？投票だ★(3)
→次回までに、学校間で同じ立場の生徒でチームを結成し、私たちも「意見書」を作ろう！

- ・地球を理解する科学的意義に加えて、資源を拓く産業的意義、技術を発展させる工学的意義、国際協力や未来世代に貢献する社会的意義があるのか！
- ・いつも人が潜るわけではない。無人探査機もよく使われているんだ。
- ・無人探査機は下部から音波を発信。海底の起伏や海底の地層がおおよそ分かるので、資源のありかも推測できるんだ！
- ・無人探査機であたりをつけて、必要に応じて有人探査機で調査するんだね。

- ・「珍しい」「電気自動車」「磁石」「ゲーム機」「高価」「中国」など。
- ・泥の中にあるのか。石の塊ではない？
- ・高性能の磁石やバッテリーの原料。ネオジウムなど17種類があるんだね。
- ・地上の鉱物より放射性物質が少ないらしい。だから扱い易いらしい。

<推進派>

- ①読売社説…もたざる国(=日本)の資源の安定調達(資源安保)は大切
 - ④日経記事…海外覇権(=中国)に対抗。
- <中間派>
- ⑥日経記事…コストが高い、技術の未継承、機材の老朽化が心配。
 - ③恒川氏…商業化までにはコストと時間が。予算と人材の確保がカギか。
 - ⑤田中貴金属…騒音、振動、汚染のリスクを警告。仏政府は反対。BMW, Volvo, サムソン等の企業は深海資源利用に反対。

<抑制派>

- ②グリーンピース…生物多様性に悪影響。

- ・推進派: 資源を外国に頼るべきでない。
- ・抑制派: 壊れた生態系は取り戻せない。
- ・推進派: 環境への影響は小さい。

- ・JAMSTEC の解説に注目させる。
- ・質問があれば、1-2個程度受け付ける(時間次第)。

- ・AI の分析結果(単語イメージ)を眺めて、感想を発表させる。
- ・回答できる生徒に発表させる
→JAMSTEC の解説に注目させる。

- ・回答できる生徒に発表させる
→JAMSTEC の解説に注目させる。

- ・①各校3-4名で分担して【資料1】の記事6点を読む→②各班は、ア: どのような人・団体が、イ: どのような主張をしているか、ウ: その理由は何かを発表する→③Google スライドに各記事のアイウを書き込む。また各記事の主張の相対的な位置づけをベクトル上(推進派から抑制派まで)に配置する。

- ・各校の代表生徒が成果を発表する。
- ・AI の評価結果を見る。

- ・教室内の四択の選択者数をカウントし、アプリに入力する。
- ・次回10月14日までの活動内容を指示する。チーム分けは、おって連絡する。

- ・【中継4】JAMSTEC をスポットライト(於:AUV 整備室のナカ)【解説パネル4】を示しながら解説
- ・音声/映像状態のチェック

- ・AI“TSUNAGU”システム起動③
→ワードクラウドを共有
- ・レアアースの現物を見せる
- ・【中継5】JAMSTEC をスポットライト【解説パネル5】を示しながら解説
- ・指名された学級をスポットライト
- ・【中継5】JAMSTEC をスポットライト(於:AUV 整備室のソト)

- ・Google スライドのリンクをチャットで送る
- ・スライド操作を支援(原則生徒が自分たちで作成する)
- ・AI“TSUNAGU”起動④
→各校の発表内容の評価(強みと課題)を共有

- ・指名された学級をスポットライト

- ・AI“TSUNAGU”起動⑤
→意見の分布を共有する
- ・最後はギャラリーレビューでお別れ挨拶

・赤色:個人端末の活用場面 ・黄色:個別学級の活動場面 ・緑色:学級間の交流場面 ・青色:中継・動画
 ・★:AI学習支援アプリを活用した意思表示や遠隔教室の声の収録・分析場面

6. 授業展開(10月14日)

<導入>

1. 前時の復習(5)

前回学んだことは何だろう?
 印象的だったこと,考えさせられたことを発表しよう。

- ・日本は深海大国だ。
- ・レアアースは,資源確保をめぐる国内の技術的な論点であると同時に,国際的な安全保障の論点でもある。
- ・先端的な研究・開発が新しい技術を磨いても,いざそれを社会で実装しようとすると,社会の側にまだルールや制度,合意ができていないので,様々な対立や葛藤=倫理的・法的・社会的な課題(ELSI)が生じるね。
- ・だから素人の私たちも,この問題向き合っていきたいね。

- ・生徒端末は授業ポータルを表示させる
- ・ディスプレイの音声を調整する

- ・挨拶→電源・音声・カメラテストを実施
- ・OP動画の再生(開始12分前)

- ・指名された学級をスポットライト
- ・音声/映像状態のチェック
- ・発表のキーワードをパワポ等に随時入力し,共有していく

【継続する学習課題】 危険な深海に潜って調査することに,一体どんな意義・価値があるのか? あなたは深海調査を行うことに納得?

<展開>

2. 意見を発表する,対話する(25)

(1)約1か月かけて,深海調査の推進派と抑制派,それぞれの立場から深海調査のあるべき姿を探究してきました。その結果をまとめた「意見書」を1班3分以内で発表しよう(15)。★
 ・結論は(同じ?変わった?)
 ・結論の理由は

(2)アンケート1:発表を聞きながら,意見や質問を随時書き込もう。

<推進派>

- ・特定の国にレアアース市場を独占させてはいけない。日本も希少資源を確保し輸出する側になるべきだから【資源の安全保障】。
- ・研究開発は長期的な視点を持つべき。一度止めてしまうと,これまでの努力が無駄になってしまう。コストをかけて若手を育て,技術や知見を継承するべきだから【研究の持続可能性】
- ・海洋資源の使用反対を訴える国や企業は,自分たちの利益を考えて戦略的に主張しているだけではないか【多角的視点の必要性】

<抑制派>

- ・まだまだ海洋生物への影響が明らかになっていない。もっと長期的に影響を見極めるべきだから【種の多様性の保全】
- ・コストが未知数である。予算はもっと国民の生活改善のために使うべき。仮に使うにしても,その意義を分かりやすく国民・市民に

- ・①各チームで作成済みの意見書(スライド1-2枚程度で準備)を発表→②(生徒と大学院生による)質疑応答,を繰り返す。

※チームとは:学校横断のチーム,原則として前回授業の8で「推進すべき」「どちらか」というと推進すべき「どちらか」と抑制すべき「抑制すべき」の選択に応じてチームを結成する。事前に1回程度,オンラインで意見交換と発表準備の場を設ける。

- ・生徒の端末操作を支援する

- ・AI“TSUNAGU”システム起動①
- 各校の発表内容の評価(強みと課題)を共有

- ・指名された学級をスポットライト
- ・音声/映像状態のチェック

- ・質問や意見は,スプレッドシートで常時閲覧できるようにしておく(生徒の端末とURLを共有する)

- (3) 専門家の意見や反論を聞こう。(3)
- (4) AIの意見や反論を聞こう。(3)
- (5) あらためて生徒の感想を聞こう。(4)

3. 提案する(25)

- (1) 専門家やAIの意見を踏まえ、海洋研究開発機構に対して「海洋、とくにレアアースの資源開発を進める上での提案書」をまとめよう。(17)
- (2) 各班の「提案書」を読み合おう。「いいね!」「反対!」等の意見をコメント機能を使って班単位で書き込みしよう。(5)

- (3) 専門家の講評を聞こう。(3)

<終結>

4. 新たな問い, 新たな探究テーマ(5)

- (1) 2回の授業を通して、もっと深堀したくなった問い(探究テーマ)について意見交換し、発表しよう。★
※できれば ELSI 問題に注目して。

- (2) ELSI の探究の視点から AI が選んだ「優れた問いベスト3」とは?

説明するべきだから【コストの説明責任】。
・EEZ だけでなく、公海についても、海洋資源の開発に関する多国間のルールづくりを進めるべきだから【国際連携・国際合意】

- ・専門家の間では、国際的な議論が進んでいるね。
- ・しかし市民(高校生, 消費者, 納税者)感覚では、納得できないところもあるね。

- ・社会に対する研究成果の分かりやすい公開や発信は大切だ。もっと市民との対話の場を設けてほしい。
- ・若い研究者や技術者の育成の継続性は大事だ。そのための予算や仕組みを作してほしい。
- ・大国間の資源の取り合いだけでなく、連携も考えてほしい。もっと途上国や島嶼国の主張や利益も考慮し、資源開発の日本モデルを提案してほしい。日本が議論をリードしてほしい。

- ・海底からレアアースを採取することと、星から資源を採取することでは、どちらに可能性があるだろうか?
- ・公海の海底に眠るレアアースは、誰のものだろうか?どこの国や企業がどのように開発し、利益はどのように配分すべきか?
- ・海洋資源の技術者を、どのように育てるか。留学生をもっと増やすべきか、減らすべきか。
- ・私たちも、科学技術の実装における「公正」「効率」さを見極めたいね。

- ・JAMSTEC やAIアプリの応答に注目させる
- ・発言したい生徒に、どんどん発表させる。

- ・各班がブレイクアウトルームに入って、提案=留意事項をめぐって意見交換させる。各班には院生が付いて助言を与えたりファシリテートしたりする→提案書をGoogleスライド1枚にまとめさせる。
- ・疑問・質問があれば、ブレイクアウトルームに JAMSTEC の専門家を呼んで相談してよい。
- ・スライド作成が終わったら、他班のスライドを閲覧して、コメント機能で書き込みをさせる。
- ・JAMSTEC のコメントに注目させる

- ・各校で意見交換したのち、各校順番に発表する。
- ・継続的・反復的な探究の必要性に気づかせる声掛けをしたい。
- ・今回の授業で海洋資源に関心を持った生徒は、JAMSTEC 等の研究機関への訪問し、勉強するチャンスもあることを紹介する。
- ・AI の応答に注目させる。

- ・【中継1】JAMSTEC をスポットライト
- ・音声/映像状態のチェック
- ・指名された学級をスポットライト
- ・音声/映像状態のチェック

- ・ブレイクアウトルームを設定する。
- ・班単位(別教室)でブレイクアウトルームに入る。
- ・JAMSTECの専門家を招請されたブレイクアウトルームに誘導する。

- ・時間が来たら、TIの指示でブレイクアウトルームを閉じてメインルームに戻す。

- ・【中継2】JAMSTEC をスポットライト
- ・音声/映像状態のチェック

- ・指名された学級をスポットライト
- ・音声/映像状態のチェック
- ・AI「TSUNAGU」システム起動②
→各校の話し合いで提起された問いの中から、とくに優れた問いを共有

- ・最後はギャラリービューでお別れ挨拶

7. 資料及び動画

- マル・バツカード(表裏, A4 横, カラー)…各学校に生徒数分をスタッフが持参します。
- 【資料1】記事資料(pdfで6点, 縦, カラー)…各学校の判断で, 資料は事前に生徒に読ませておくことは差し支えありません。
 - ① 読売新聞, 2022年8月20日, 東京朝刊「社説 近海の海底資源 事業化へ開発を加速できるか」<https://www.yomiuri.co.jp/editorial/20220819-OYTIT50260/>
 - ② Greenpeace, 「深海採掘を止めるために署名しよう」 <https://act.greenpeace.org/page/132283/petition/1?locale=ja-JP>
 - ③ 朝日新聞, 2013年3月27日, 「(声) 海洋資源開発. 大胆かつ慎重に」
 - ④ 日経速報アーカイブ, 2025年6月29日22時00分「南鳥島に眠るレアアース, 世界3位の量 中国輸出規制の資源も豊富-レアアースと覇権-」
 - ⑤ 田中貴金属, 2024年4月5日「深海採掘: 関心が高まっている理由と, そのリスク」<https://tanaka-preciousmetals.com/jp/elements/news-cred-20240405/>
 - ⑥ 日本経済新聞, 2025年3月18日, 朝刊「有人深海探査 途絶の危機 調査船老朽化も後継未定 資源探査や研究に影」<https://www.nikkei.com/article/DGKKZ087398900X10C25A3TJK000/>
- 【解説パネル1】 深海の定義, 深さ別の海水体積の国別比較, 世界の海溝
- 【解説パネル2】 JAMSTECの組織図, もっている船・潜水艇, 海洋SIPの概要
- 【解説パネル4】 AUVによる調査, しんりゅう6000の活動, 深海地層の分析結果
- 【解説パネル5】 レアアースの用途, 元素例, レアアース泥

8. AI“TSUNAGU”アプリのプロンプト

<9月16日>

- ① 6000m登ると, 6000m潜るのでは, どちらが難しい?
→「登る派」と「潜る派」で数字を入力。学校別にグラフ表示。
- ② 高校生が深海調査の価値・意義について考えています。参加している3つの学校の意見を要約してください。
→少数意見だけど, きらりと光る独創的な仮説を, 各校1つまたは2つずつ箇条書きで示してください(当該校名を括弧書きにすること)。
- ③ 高校生がレアアースのイメージを単語で書き出しています。
→ワードクラウドの表示から導かれる「レアアース」の特色を命題化してください。
- ④ 高校生が6つの記事を読んで, 記事に表現された深海調査の意義・価値を分析しています。とくに推進派と抑制派の各視点から, 記事の立場を分類しています。
→3つの学校の発表の良さや課題を, 端的に評価してください。とくにあなたが最も説得力があったと考える発表とその理由を教えてください(当該校名を括弧書きにすること)。
- ⑤ 深海調査を進めることについて, あなたは自身はどう考える?
→「推進派」「どちらかという推進派」「どちらかという抑制派」「抑制派」,

<10月14日>

- ① 高校生が●つの班に分かれて, 深海調査の意義・価値について発表しています。今回は, 推進派と抑制派, いずれかの立場から立論をしています。
→各班の発表の良さや課題を, 端的に評価してください。とくにあなたが最も感銘した発表とその理由を教えてください(当該校名を括弧書きにすること)。
- ② 高校生が, この授業が終わって以降も継続的に探究したいテーマ(問い)について話しています。各校で話題になっているテーマを箇条書きにしてください。
→3つの学校が話題にしているテーマ・問いの中から, ELSIの視点から優れたテーマ・問いベスト3とその理由を教えてください(当該校名を括弧書きにすること)。

9. 事前参考資料

- 有人潜水調査船「しんかい6500」 https://youtu.be/hIIJvgHvGGQ?si=nxIKQ_BiDmIOdAI
海洋研究開発機構(JAMSTEC)の作成動画。有人潜水調査船「しんかい6500」の紹介動画。5分21秒
- 新聞記事「[サイエンスReport] 中国、南鳥島周辺の海底調査強化」<https://www.yomiuri.co.jp/science/20241129-OYT8T50091/>
読売新聞【令和6年】2024年11月30日(土)東京朝刊,科学24頁。
- 【SIP第3期】海洋安全保障プラットフォームの構築 PDインタビュー https://youtu.be/3_FzsfQKf0Q?si=v78aMJhmMqV5hdPd
「海洋SIP」の取組について深く知りたい生徒向け(内容がかなり難しいです)。17分31秒

10. 生徒用評価ルーブリック(3観点×3段階)

—とくに【学びに向かう姿勢】に関して—

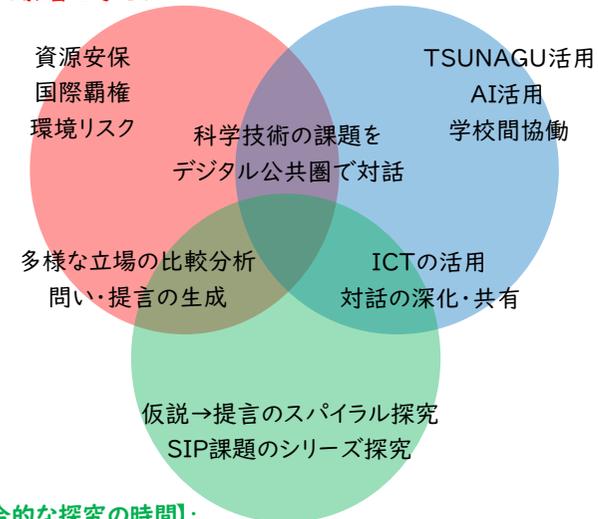
- 根拠をもって考えられたか
 - ★★★:記事やデータを参考に,自分の意見をつくることができた。
 - ★★☆:一部は根拠を示したが,あいまいなところもあった。
 - ★☆☆:根拠がなく,思いつきで答えてしまった。
- 対話で学びを広げられたか
 - ★★★:他校生徒や専門家を含む,様々な他者の意見をよく聞き,自分の考えを深めることができた。
 - ★★☆:意見は聞いたが,自分の考えに十分に生かせなかった。
 - ★☆☆:相手の意見に耳を傾けず,自分の意見だけを話した。
- 新しい問題意識や問いをつくれたか
 - ★★★:対話を通して,「もっと調べたい」「新しい問い」を生み出した。
 - ★★☆:少しは問題意識が高まったが,深まりは足りなかった
 - ★☆☆:新しい問題意識が高まることはなかった。

【ELSI(倫理・法・社会)】:

科学技術が社会に与える影響を考える

【DCC(デジタル・シティズンシップ・シティ)】:

ICT・AIを活用して公共的対話を行う



【総合的な探究の時間】:

社会課題を多面的・多角的に考え,主体的・対話的に社会に参画する