

# 学校設定科目「科学を考える」の開発



文部科学省スーパーサイエンスハイスクール指定校

兵庫県立加古川東高等学校

## ■ 「科学を考える」の概要

### 1. 科目設置の経緯

「科学を考える」は、本校のSSH推進事業において、理数科の学校設定教科「探求」内の学校設定科目として開設された。第二期までの学校設定科目「科学倫理」と「理数国語Ⅰ」「理数国語Ⅱ」とを統合したものである。

「科学倫理」は、必修科目「現代社会」を1単位分代替するものであり、科学者として必要な適性・資質として、「社会と科学技術の関わりについての深い考えや倫理観」を養うことを目標とし、「他者と合議して意見をまとめたり、分かり易く意見を伝えたりするために、論理的な思考力や説得力ある表現力を身につける」ことを目指していた。

また、「研究成果を正確にわかりやすく伝えるため、論理的思考力とそれを表現する言語能力を育成」することを目標として開設された「理数国語Ⅰ」「理数国語Ⅱ」は、こうした目標を達成するためには、まず科学的な思考と表現の土台を形成することが必須であると考え、上記の目標を実現するために野矢茂樹『新編 論理トレーニング』をテキストとして「論理的・批判的思考力を身につけるための基礎の定着、及び論理的な表現の構成とアカデミック・ライティングの基本の習得」を目指していた。

この二つの科目を統合しながら、新科目「科学を考える」を開設する上でのポイントは大きく二つある。一つは、今日の科学・技術が関わる問題に対して、より幅広く〈公共性〉という観点からアプローチする内容とすることであり、もう一つは、論理的・批判的思考をより実践的に身につける内容とするということである。

現代社会は、科学・技術と社会との関わりを切り離せず、両者の関わりが大きな社会的論争を引き起こすこともある。「科学に問うことはできるが、科学によってのみでは答えることのできない問題」、ワインバーグのいわゆる〈トランス・サイエンス問題〉と呼ばれるような科学・技術によって引き起こされる社会問題の解決とそのための意思決定においては、一般市民の科学・技術に関する意思決定は必須となる。それゆえ科学者・技術者と一般市民との間のコミュニケーション（サイエンス・コミュニケーション）の重要性はますます高まっていると言えるだろう。

この点について、従来は、科学・技術が関わる問題について専門家と一般人との間で判断が食い違うのは、一般人に知識が欠如しているからであり、知識を一方向的に与えさえすれば、齟齬は解消するという考え方が支配的であったが、今日では、逆に市民が自分の問題関心に基づく知識を専門家から引き出すとともに、専門家は市民と討議することで自らの問題設定を見直すと言う双方向的なコミュニケーションが求められている。こうしたコミュニケーションにおいては、科学者・技術者側も専門知識を公共性に結び付けるセンスも求められよう。これが新科目「科学を考える」開設のひとつ目のポイントである。

また、「理数国語Ⅰ」「理数国語Ⅱ」は、導入に際して、その科目内容が検討される以前に、「理数国語Ⅱ」を「理数国語Ⅰ」の発展的内容と位置づけた上で、2年間で2単位履修するという教育課程上の枠組みが決定していた。このため内容が高度で、かつ多岐にわた

るものになってしまっていたことも否めず、取り扱う内容を精選する必要があった。さらに、ある程度、思考のスキルの修得に特化した内容になってしまったため、この思考のスキルを具体的な状況に応用するトレーニングについては不足していた。こうした課題を解消することが第二のポイントである。

## 2. 科目の目標

「科学を考える」では、学習指導要領の「現代社会」の目標を踏まえつつ、上記の先行科目の目標を継承して、以下の目標を定めた。

- 1 人間の尊重と科学的な探究の精神に基づいて、広い視野に立って、現代の社会と人間についての理解を深めさせ、現代社会の基本的な問題について主体的に考察し公正に判断するとともに自ら人間としての在り方生き方について考察する力の基礎を養い、良識ある公民、ならびに科学者・技術者として必要な能力と態度を育てる。
- 2 相互に関連し合う社会的事象（特に科学技術の発展がもたらす事象）を、多様な角度から客観的かつ公正に判断しようとする姿勢を育成する。
- 3 精緻に秩序立てて考えるためのメタ認知力・論理的思考力・批判的思考力を育成する。
- 4 多角的にデータを収集し、立場の違いや複雑な状況を理解して、総合的に判断する力を育成する。
- 5 他者と合議して意見をまとめたり、分かり易く意見を伝えたりするために、論証の技法を学び、説得力のある表現力を身につける。

上記目標における「批判的思考」を、証拠となる事実に基づいて論理的に考え、また自らの思考の妥当性を内省しつつ考えることと定義しておいた。その上で、批判的思考力を相手の意見を傾聴し、正確に理解することで協働してより妥当な決定や問題解決をはかるための手段であり、道具的・対人的コンピテンスの核となるものと位置づけた。また、この批判的思考を用いて情報を読み解く能力を本稿では「リテラシー」と呼んでおく。この二つの能力を、科学・技術が現代社会に関わる、しかも、科学・技術だけでは解決できない「トランス・サイエンス問題」について多様な角度から考察・議論することを通じて、育成していくことを目指した。

さらに指導者側の研究課題として、学習者が他者と関わりながら、対象を深く学び、既

習の知識や経験と結びつけると同時に、キャリア形成につなげていけるような深い学びを実現するためのアクティブ・ラーニングの方法の探究と、そのような学びを実現するために、授業の各場面ごとにプロセス、成果両方のルーブリック評価の作成に取り組んでいる。このルーブリック評価は、生徒が獲得した知識・技術を具体的文脈においてどの程度使いこなしているかを評価するという狙いもある。

以下、3点の科目開発上の目的・仮説をまとめておく。

#### a 批判的思考力とリテラシーの育成

この「科学を考える」では「批判的思考」を論理的、かつ客観的で偏りのない思考であり、自分の推論のプロセスを自覚的に吟味する反省的思考（メタ認知）と捉えている。こうした思考をより具体的な判断や行動決定の場面に即して捉え、①情報を明確化し、②推論を支える根拠や証拠を吟味し、③適切な論証によって結論を導くという3段階にわけてみた。こうした能力は、資料の読解、討論、発表、論文執筆といった学問的リテラシーのみならず、市民として日常生活や職業生活を送る上で必要となる市民リテラシーを支えるものとなる。

次に、この批判的思考を、文脈を超えて活用しうる汎用的なものとして身につけさせるために、批判的思考を働かせる上で必要とされる認知心理学的知識や論理的、批判的思考の技術を明示的に教授しつつ、「トランス・サイエンス問題」について、それらの知識・技術を用いて具体的に調査し、討議し、レポートを書くといった課題に取り組ませるといった手法をとった。

また、討議を重要視したのは、質問や説明に関わる「批判的思考」の技術を磨くだけでなく、生徒が大学やそれぞれの職場で必要となる、他者の異なる考え方に耳を傾け、その考えを取り入れながら問題解決をはかるといった協働的な営みに対応する力の基礎を養うためでもある。

思考の知識や技術については、普通科目「現代文」とも連動しながら、理論と練習問題からなる課題プリントを通じて学ばせながら、討論の課題資料の読解や討論に応用させることを目指していった。そのため、テキスト資料、予習用・討論用のワークシートの課題の構成に配慮した。また、ポートフォリオを活用し、各回の討議終了時に自己評価と他者評価を組み合わせおこない、そのギャップを埋めることを次回への課題とすることで、自己の営みを反省的に捉えるメタ認知能力と、自覚的に批判的思考をおこなうための態度の育成を目指した。

#### b アクティブ・ラーニングの深化に向けての方法的探究

アクティブ・ラーニングによって、真に「認知的、倫理的、社会的能力、教養、知識、経験を含めた汎用的能力の育成を図る」（文部科学省）ために必要となるのは、(1)生徒の側の学びへの動機付け、(2)課題に対する深い知識とそれをもたらす(3)授業時間外の学習活動、

そして(4)思考や表現のための技術（批判的思考に支えられたリテラシー）であるとの仮説のもとに「科学を考える」の授業実践に取り組んだ。

(1)の生徒の側の学びへの動機付けについては、生徒のキャリア形成に結びつけて設定した課題と明確な方法論を提示するだけでなく、思考の技術や知識を身につけることに議論の内容が深まることを実際に体験しうよう教材を工夫することで、思考の技術や知識を身につけることへの動機付けを図った。(2)の課題に対する深い知識と(3)の授業時間外の学習活動については、予習用のワークシートを作成し、それに取り組ませるとともに、(1)でも触れたように、討議自体を複数の段階に分け、それに即して生徒の側が段階的に知識・情報や技術を増やしながらか討議に臨む形を取るよう授業を構成した。(4)の思考や表現のための技術については、批判的思考育成のドリル課題の知識・技術等を活用することを求めた予習課題を設定することで、その定着を目指している。

動機も知識も思考のための技術もない生徒同士では、仮に討議という手法を用いても、論理的な意見交換によって議論を十分に掘り下げることができない。「科学を考える」においてアクティブ・ラーニングを導入する狙いは、生徒が主体的に既習の知識や技術を相互に関連づけて課題を理解し、考察する学習を組織することであり、そのような学びの楽しさを実感させることで、生徒の意欲を引き出し、さらにその意欲を満たすために必要な知識や技術を与えていくことにある。

さらに、アクティブ・ラーニングという手法をより深い学びに導くために、われわれは討議において、内化と外化の往還という学習プロセスを通じた理解や思考の深化を目指し、そのための授業展開にも検討を重ねた。(具体的な授業展開については、「3. 授業の内容と構成」にまとめている。)

### c 学習活動の各局面ごとのルーブリックの開発

「科学を考える」は、アクティブ・ラーニングを本格的に導入した科目である。そこで、予習、討議、課題レポートなど生徒が学習活動の各局面において獲得した知識・技術をどのように応用しているかを可視化し、評価するために、レポートなどの成果物だけでなく学習活動のプロセスごとにルーブリックを作成して評価した。それぞれのルーブリックの評価基準は、シラバスに提示した教科の学習目標・評価基準を各局面ごとに具体化し、評価するものとし、その評価基準を生徒にもあらかじめ提示することによって、生徒自身がどの程度まで努力すればどのような評価がもらえるのかという学習の指針を明確にすることをねらいとした。

その一方で、パフォーマンス評価は信頼性・客観性の確保が課題とされ、課題を採点する者によって評価が異なることも予想される。こうした課題に対処するため、3名の担当者それぞれがルーブリックに基づく評価を行い、評価に開きが出た者について、改めて合議しながら評価を再検討するという方法をとった。(各種ルーブリックについては、「資料編」にまとめている)。

### 3. 授業の内容と構成

(1) 対象 72回生 理数科1年生(1クラス)

(2) 年間の授業計画と実施形態

#### 年間授業計画の概要

##### I オリエンテーション1(2h) ~ 科目の概要

- ・ 科学者の誕生と現代社会との関わり
- ・ 科学者・技術者に要請される倫理
- ・ トランス・サイエンスとサイエンス・コミュニケーション
- ・ クリティカル・シンキング(CT)入門
- ・ 科目の目標と内容、年間の計画、評価の方法等

##### II 特別授業「ジェネリック・スキルとリサーチ・リテラシーに関して」(2h)

(神戸大学大学院人間発達環境学研究所 人間発達専攻・林創准教授  
による講義)

- ・ ジェネリック・スキルと批判的思考力
- ・ 認知バイアスとヒューリスティクス

##### III 討議形式(4h×4)

- ・ 討議ユニット1: 遺伝子組み換え作物
- ・ 討議ユニット2: 地球温暖化への対応
- ・ 討議ユニット3: 宇宙科学・探査への公的な投資の是非
- ・ 討議ユニット4: 動物実験の是非

##### IV オリエンテーション2(2h) ~ 論文執筆の基本と論文課題の概要

- ・ 文献調査の方法と資料の整理
- ・ 論文の基本構成とルール
- ・ アカデミック・ライティングの基本
- ・ 図表・グラフの適切な使い方

##### V 論文執筆(8h)

- ・ 生徒個々に、科学・技術と社会とが関わり合う内容のテーマを設定し、論文を書く。執筆は、冬休み中に第一稿を書き、途中、論文の自己添削のガイダンスを実施したり、生徒同士の相互評価を交えたりしながら、書き上げていく。

授業は、時間割上、火曜6限に入っているが、火曜7限の「課題研究基礎」との間で授業を振り替えながら、2時間連続で実施した。また、国語科1名、地歴・公民科1名、理科1名の計3名によるチーム・ティーチング形式で行っている。

## (3) 討議の基本的な流れ

討議は、4名ずつの10班に分かれて実施した。科学・技術と社会との関わりについて、特に倫理的な観点から議論となっているテーマを取り上げ、グループ討論を行っているが、大まかな流れは次の通りである。

- 1 それぞれのテーマの概要と背景知識についての解説（討議用資料1）
- 2 討論1
- 3 推進派と慎重派（反対派）の議論の提示（討議用資料2）
- 4 討論2
- 5 思考のための知識・スキルの学習（討議用資料3等）
- 6 討論3

討論を複数の段階に分けるのは、知識を深め、思考のスキルを身につけることで議論の質が変化することを実感させるためである。また、討議ユニット1・2と討議ユニット3・4では授業の展開の細部を変えているが、いずれも思考の内化と外化の往復という観点で組み立てている。なお、討議用資料3の内容は、以下の表のようなものであった。

「討議用資料3 討議を深めるための知識」の内容

討議ユニット1 遺伝子組換え作物	討議ユニット3 宇宙科学・探査への公的投資
1 予防原則	1 科学技術政策の変遷
2 リスク・コミュニケーション	2 功利主義とマクシミン規則
3 自由主義とバタナリズム	
討議ユニット2 地球温暖化	討議ユニット4 動物実験の是非
1 通約不可能性	1 二重基準と普遍化可能性テスト
2 意思決定（期待効用最大化モデル、）	2 自然さからの議論
3 シミュレーションの信頼性	3 カント主義
4 レギュラトリー・サイエンス	4 動物としての人間
	5 パーソン論

予習段階で、キーワードを指定して各テーマについて下調べさせたのは、より深い討議を行うための基本的な知識を身につけさせるだけでなく、討議に一定の論点を意識させるためである。これは正確な知識に裏打ちされておらず、しかも焦点が定まらない討論では、いくらアクティヴ・ラーニングを導入しようが学習活動の深化は不可能であるとの考えに基づく。また個人単位での思考と討議を繰り返す形としているのは、内化と外化を繰り返しながら、より深い学びへと導くためである。

討議3・4では、予習段階で「テーマについて、賛成・反対の両方の立場でどのような立論が可能か、検討する」という課題を加えたが、これは授業の形式に馴れてきたところで、改めて問題を多角的な視点から考えるトレーニングに進もうとしたためである。

次ページに討議形式の授業の流れを示しておく。また、予習シート、ワークシートa～dは、資料編に載せておく。

## [討議1・2の授業展開]

学習活動	学習内容
予習	課題について予め知っていたことをまとめる 指定したキーワードについての下調べ
説明	資料1により、課題の背景知識と討議の争点の説明
各自の作業	予習内容と資料1をもとにテーマについての 自分の考えをワークシートaにまとめる
討議	各自がテーマについて考えたことを意見交換 ワークシートaに討議を通じての気づきをメモさせる
資料読解	対立する2つの意見をまとめた資料2を読み、 与えられた課題(ワークシートa)に取り組む
討議	ワークシートaにまとめた課題について討議 討議を通じての気づきをワークシートaにメモ
課題	2回の討議を経ての考えをワークシートbにまとめる
討議	ワークシートbに基づき、前回までの討議を振り返る 情報交換と質疑応答
説明	資料3により「議論を深めるための知識」について解説
各自の作業	資料3により、自分の意見を再検討する 検討内容はワークシートcに整理
討議	ワークシートcにまとめた課題について討議 討議を通じての気づきをワークシートcにメモ
課題	討議を踏まえて自分の考えをワークシートdにまとめる

## [討議3・4の授業展開]

学習活動	学習内容
予習	課題について予め知っていたことをまとめる 指定したキーワードについての下調べ テーマについて、賛成・反対の両方の立場でどのような 立論が可能か、検討する
説明	資料1により、課題の背景知識と討議の争点の説明
各自の作業	予習内容と資料1をもとにテーマについて、賛成・反対 それぞれの議論をワークシートaにまとめていく
資料読解	対立する2つの意見をまとめた資料2を読み、 二つの立論を再検討する(ワークシートa)
討議	賛成・反対の立場を入れ替えながら、討議。 ワークシートaに討議を通じての気づきをメモさせる
課題	討議を経ての考えをワークシートbにまとめる
討議	ワークシートbに基づき、前回までの討議を振り返る 情報交換と質疑応答
説明	資料3により「議論を深めるための知識」について解説
各自の作業	資料3により、自分の意見を再検討する 検討内容はワークシートcに整理
討議	ワークシートcにまとめた課題について討議 討議を通じての気づきをワークシートcにメモ
全体発表	各班の討議内容について情報交換
課題	討議を踏まえて自分の考えをワークシートdにまとめる



#### (4) 教材

教材は、本校で作成した以下のような内容のものを使用した。

**討議用テキスト** : 戸田山和久他『科学技術をよく考える』(名古屋大学出版会)を再構成・簡略化し、毎回、「資料1・背景説明」「資料2・二つの議論」「資料3・討議を深めるための知識」の三種類のプリントを配布した。

**批判的思考力育成用副教材** : 「Let's Think Critically 批判的思考のレッスン 0-49」。これは、野矢茂樹『論理トレーニング』『新版論理トレーニング』『論理トレーニング 101題』(以上、産業図書)、同『論理学』(東京大学出版会)、戸田山和久『論理学をつくる』(名古屋大学出版会)、鈴木美佐子『論理的思考の技術Ⅱ 三段論法と誤謬』(法学書院)、トムソン『論理のスキルアップ』『倫理のブラッシュアップ』(春秋社)他をもとに作成した。

**論文指導用副教材** : 「『科学を考える』課題レポート作成の手引き」「アカデミック・ライティング 基本ルール集」「Let's Think Critically レッスン 50 論文を書く」の3編を野矢茂樹「論理トレーニング」、吉岡友治「シカゴ・ライティングに学ぶ論理的に考え、書く技術」なども参照しながら作成した。

## 4. 評価の方法

レポート、課題提出、定期考査(前後期各1回)により評価した。

レポートは、4回の討議の予備調査ワークシート、討議後の課題レポート(指定のA4用紙1~2枚分)、及び、年度末の課題小論文(4000~5000字)からなり、それぞれのルーブリックに基づき、担当者で合議しながら採点した。具体的には担当者間で各項目ごとに2点以上の開きが出た場合、1点以内なるよう協議しながら、各担当者の得点の平均を評価の資料とした。

また、課題提出は、「Let's Think Critically 批判的思考のレッスン 0-49」の練習問題を、年間9回に分けて提出させ、その提出状況で評価した。

2回の定期考査は、批判的思考のための知識・技術に関する問題で、いずれも50分100点満点で実施している。

なお、討議についてもルーブリックを作成していたが、生徒に自己評価と班員それぞれを評価させ、特に他者からの評価と自己評価とのズレに着目させながら、次回の討議の検討課題にするよう指導していた。

評価の内訳は以下の通りである。

- 1 定期考査 200点(100点×2回)
- 2 提出物 200点(下記の403点分から換算)
  - ・ 討議1～4に関わる課題(予習・シートd) 280点(70点×4回)
  - ・ 「Let's Think Critically 批判的思考のレッスン0-49」 27点(3点×9回)
  - ・ 課題論文(1月・中間報告 2月・課題小論文) 96点(42+54点)

最後に、評価の観点・内容・評価方法を表にして掲載しておく。なお、表中の「CT」は「クリティカル・シンキング」の略称である

評価の観点	内 容	評価方法
関心・意欲・ 態度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 自己のテーマを主体的に探究し、多角的な視点から資料を収集し、考察することができる。</li> <li>・ 現代社会との関わりの中で、人間としての在り方生き方や科学者・技術者としての倫理について意欲的に思考を深めている。</li> <li>・ 積極的に討議に関わり、適切な質問や意見を組み立てることができる。</li> <li>・ CTスキルを積極的に活用して、論理的に思考することができる。</li> <li>・ 学習内容を他の事象に考察に進んで活用しようとする。</li> </ul>	論文審査 討議の観察 提出物
思考・読解	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 様々な事象について、立場の違いや複雑な状況を理解して、総合的に考察することができる。</li> <li>・ データ、資料を、CTスキルを応用して、客観的かつ公正な視点から評価することができる。</li> <li>・ 論証の構造を的確に読み取り、理解することができる。</li> </ul> <p>論理的な思考態度のもとに、事象を多角的な視点から考察できる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 自己の論証の過程を振り返り、それを批判的に検証することができる。</li> </ul>	論文審査 討議の観察 考査
表現・処理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 討議の中で、他者の意見を的確にまとめ、また、自己の意見を筋道立てて、分かりやすく説明することができる。</li> <li>・ 自己の興味・関心に基づいて、適切な問題設定を行うことができる。</li> <li>・ 事象を論理的に考察し、表現する方法を身につけている。</li> <li>・ 論証の方法を身につけ、論証の過程を適切に言語表現できる。</li> <li>・ 事象を分析し、そこから適切な問いを立てることができる。</li> <li>・ 自己の意見に必要なデータを適切な形で提示することができる。</li> </ul>	論文審査 討議の観察 考査
知識・理解	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 現代社会における科学・技術に関わる諸問題の理解に必要な知識を身につけている。</li> <li>・ 論理的な思考において必要となる基本概念や方法を理解できている。</li> <li>・ 論理的な表現において必要となる語句(論理語)の使用を理解している。</li> </ul>	論文審査 討議の観察 考査 提出物