

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 6 日現在

機関番号：14403

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350249

研究課題名(和文) 中等理科教員養成における科学技術リテラシーの指導についての教授理論と方法

研究課題名(英文) The theory and methods for teaching scientific literacy in the secondary science teacher training

研究代表者

石川 聡子 (Ishikawa, Satoko)

大阪教育大学・教育学部・教授

研究者番号：30314438

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,600,000円

研究成果の概要(和文)：欧米の科学教育研究ではSSI (socio-scientific issues) の研究が近年盛んになりつつある反面日本ではあまり進展していない。中学校理科には「科学技術と人間」というSSIの要素を含む単元があるが、高校入試の時期に重なるなどで積極的な指導が行われていないと推察されるが、そもそもその実態はほとんど明らかにされていない。

そこで、国内の中学校理科教諭に質問紙調査をおこない(回答者725名、回答率19.6%)、当該単元「科学技術と人間」の指導の実態を明らかにするとともに、単元「科学技術と人間」の指導の枠組み、科学的根拠に基づく意思決定の目標やルーブリック評価などを提示した。

研究成果の概要(英文)：In Europe and America, SSI (socio-scientific issues) is becoming popular in the field of science education research in recent years. On the other hand, it is not making progress so much in Japan. In the subject of science in junior high school, there is a unit “Scientific technology and Human” that includes element of SSI, but due to overlapping with high school entrance examination period, etc., positive guidance is not presumably given, but in the first place its reality has not been clarified.

So, I have done paper questionnaire survey to junior high school science teachers in Japan (725 respondents, 19.6% response ratio) and clarified reality of guidance related to the unit in question “Scientific technology and Human” and at the same time exhibited framework of guidance on the unit and target in decision making and rubric evaluation.

研究分野：科学教育

キーワード：科学技術と人間 SSI 科学的な根拠に基づく 科学観

1. 研究開始当初の背景

欧米の科学教育研究では SSI (socio-scientific issues) の研究が近年盛んになりつつある。生徒の科学リテラシー (SL: scientific literacy) を高め、科学や科学技術の社会的、倫理的などの側面を議論あるいは意思決定させる教育活動や指導方法の研究成果が蓄積されている。教材やプログラムの開発だけではなくルーブリックを用いた評価の体系化もめざされており、21 世紀型学力や STEM 教育、アクティブ・ラーニングなどと強い関連づけのもとで、現代社会における科学技術が関わる諸問題への理解や関わり方に科学的根拠や科学の方法などを適用させて意思決定できる市民の育成がめざされている。

そうした状況の反面、日本においては SSI 研究はあまり進展していない。中学校理科には「科学技術と人間」という SSI の要素を含んだ単元があるが、中学校 3 学年 3 学期に配当されていることもあって、積極的な指導が行われていないと推察されるが、そもそもその実態すらほとんど明らかになっていない。

そこで、「科学技術と人間」の指導の実態を明らかにし、SSI 研究の成果を参考にして、「科学技術と人間」の指導を改善する方策を検討した。

2. 研究の目的

本研究の目的は、1) 当該単元「科学技術と人間」の指導の実態を明らかにする、2) SSI の研究成果を参考にし、単元「科学技術と人間」の指導に資する理論を提示することである。

3. 研究の方法

目的 1) を達成するために、中学校理科教諭に質問紙調査をおこなった。2014 年 11 月から 12 月にかけて全国の政令指定都市 13 市の 927 市立中学校全校に 3,708 部の調査票を送付し、725 部の調査票を回収した (回収率は 19.6%)。調査票の構成は回答者の基本属性、当該単元の指導経験や研修受講経験などの定量的データのほか、指導や評価上の留意点や指導困難な点についての自由記述であり、自由記述の内容は KH Coder を用いてテキストマイニング分析をおこなった。

目的 2) を達成するために、SSI 研究者へのヒアリングや学会参加、論文や図書などを通して SSI の近年の研究動向について情報収集をおこなった。得られた情報から指導方法や評価方法、学習内容などについて分析をおこない、単元「科学技術と人間」に活用可能なものを抽出し、「科学技術と人間」の指導の理論や方法を提示した。

4. 研究成果

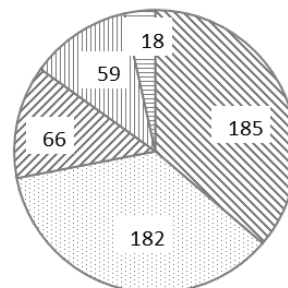
1) 中学校理科単元「科学技術と人間」の指導の実態調査の結果

当該単元の指導時間について、回答者の半

数近くが当該単元の指導にける時間は 5 時間未満であり、平均は 4.95 時間であった。この数字は各市が採択している教科書を発行する教科書会社が示す配当時間の 6 割程度に留まっており、指導にける時間は十分とは言えない。8 割近くの教員が学習指導案を作成したことがまったくないかあるいはほとんどなかったが、そうした状況の中でも回答者の属する自治体によって多少の傾向のちがいが見られ、教師個人の意思だけではなく教育委員会の教員研修や校内の授業研究などのあり方にも関連があると考えられた。そもそも当該単元の指導方法は科学技術の歴史の理解や長所短所の評価をおこなうなど、観察や実験活動による自然の事物現象についての科学的な思考をさせる他の単元のそれとは異質な側面を持つため、いわば当該単元の特徴を表す部分についての指導方法を習得しておくことが求められる。

ところが、回答者の 7 割は大学生時代の講義や教職に就いた後の教員研修などで当該単元の指導方法について学んだ経験がなく、それらの経験があるのは各 1 割、校内研修では約 1% ととても低く、言うなれば教員が独自のやり方で指導しているのが実態で、大学での講義や教員研修などの充実が今後の課題と考えられる。

当該単元の指導の留意点を自由記述してもらい得られた回答結果をクラスター分析したところ、図 1 の 5 つのクラスターが得られた。クラスター「科学技術の進歩」は学習内容に科学技術の進歩や最新の科学技術を取り扱うこと、「生活との関連」は、学修内容を生徒の生活や身近な事例に関連させること、「教科書の内容」は教科書の内容を扱うこと、「最新の情報」は科学技術の最新の情報を教えることと学習内容であり、何を教えるかに関心が集中している。その一方で少数意見として、「指導のポイント」にはエネルギーや原発などについて「片寄らないよう」「客観的な立場で」指導するという教師の立ち位置についての回答があった。学習指導要領解説には、「科学的な根拠に基づいて意思決定させる」機会を意識的に設けるようにと強調されているにも関わらず、「科学的な根拠」や「意思決定」とい



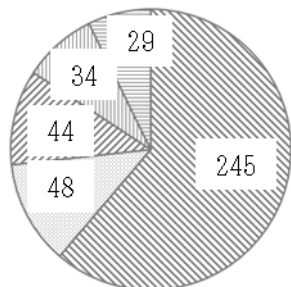
■①科学技術の進歩 ■②生活との関連 ■③教科書の内容
■④最新の情報 ■⑤指導のポイント

図 1 指導上の留意点の 5 つのクラスター

う文言は回答文に表れることはなく、ごく一部に生徒に考えさせる指導をおこなっているという回答があったのみで、総じてこの単元の最大の特徴ともいえる「科学的な根拠に基づいて意思決定させる」ことに関する回答はほとんど確認することができなかった。

また、生徒同士の話し合いや議論、調べ学習などいわゆるアクティブ・ラーニングを取り入れた学習方法や形態に関する指導方法についての言及も見られなかった。

評価における留意点について同様にクラスター分析をおこなった結果、図2にある5つのクラスターが得られた。「評価方法：レポート」はレポートを評価の対象にすること、「評価内容：科学技術」は、科学技術の進歩や人間生活との関連についての理解や考えを評価するというものである。「評価観点：興味・関心」と「評価観点・方法：思考・表現」はそれぞれ評価の観点に関するもので、生徒が自分の考えや意見を表現できていることを評価の観点にしているという回答がごく少数であるが確認できた。「他単元と同様」は、当該単元の評価についてとくに留意している点はなく他の単元と同様に評価活動をおこなっているというものである。学習指導要領解説が強調している「科学的な根拠に基づいた意思決定」に関する評価の留意点を確認することはできなかった。



- ①評価方法：レポート
- ②評価内容：科学技術
- ③評価観点：興味・関心
- ④他単元と同様
- ⑤評価観点・方法：思考・表現

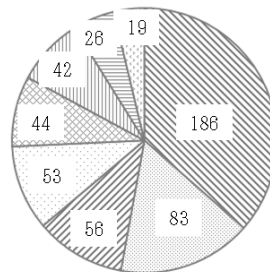
図2 評価における留意点

図1の指導上の留意点、図2の評価の留意点から、「科学的な根拠に基づいた意思決定をさせる」という当該単元の特徴に対応した指導の実態を確認することはできなかったのは残念な結果であった。学習指導要領解説での「科学的な根拠に基づいた意思決定をさせることを意識的におこなうべき」という強調点は学校での実際の指導ではそのように受け止められていないのが実態と言えよう。

「科学的な根拠に基づいた意思決定」の学習活動がほとんど取り入れられていないのは、その指導に何らかの難しさがあるからと考えられる。そこで、当該単元の指導が他の単元と比べて難しい点を分析し、同様に自由記述から8つのクラスターを得た(図3)。

もっとも該当回答数が多かったクラスター

「内容の難しさ」は、当該単元の内容が教師自身の知識不足から来る指導の難しさ、科学技術の社会的、経済的などの側面の扱いにくさなどであった。次にクラスター「時間の確保」は学年末の配当のため十分に時間をかけることが難しい、「入試との関連」は高校入試の時期に重なり教師も生徒も当該単元の学習のモチベーションが低いし、入試にこの単元の内容が出題されない(実際には出題されているが)、「科学技術の進歩」では教師自身が科学技術の進歩について行けておらず、そのための勉強に時間が取れない、「内容の広さ」は扱う範囲が広く、内容が社会的な側面を含み総合的なものなのでどのように扱えばよいか不安がある、「情報の更新」は知り得た情報がすぐに古いものになり更新せねばならない、「指導の難しさ」は多様な考え方やとらえ方をどう扱っていいかがむずかしい、「観察・実験の扱い」は観察や実験などによって生徒に示すことができないこと等の理由から当該単元の指導の難しさを指摘する回答が多かった。



- ①内容の難しさ
- ②時間の確保
- ③入試との関連
- ④科学技術の進歩
- ⑤内容の広さ
- ⑥情報の更新
- ⑦指導の難しさ
- ⑧観察・実験の扱い

図3 指導が難しい点

以上のことから、科学的に正しい科学知識や科学概念を習得させる他の単元とは異なり、科学技術のあり方についての多様な見方や考え方や科学技術を取り巻く社会との関わりについての指導上の取り扱いに難しさや不安を抱いていること、自分の科学技術に関する知識不足から指導の困難さを感じ、その結果指導への不安感を抱いたり自信が持てない教師が多くいることが確認できた。

単元「科学技術と人間」の指導が十分に行われていない現状の背景には、高校入試時期と重なることや入試問題に出題されない内容(実際には環境問題など出題されており、その頻度も少なくないのだがそのような思い込みがある)という当該単元自体に直接由来する課題とは別の理由があることが明らかになったが、多くの教員が当該単元の指導に必ずしも積極的でないのはこれらの理由からだけではない。その大きな理由に、教師自らが指導方法を確立できておらず、さらにそれを習得、熟達あるいは高度化させるための大学での講義や教員研修の実施体制が貧弱であることがある。これには大学や教育委

員会が当該単元の指導に十分な力を注いでいないことが考えられる。つまり、個々の理科教員の指導力不足という個人的な理由として解釈するのではなく、日本の理科教育界が直面している構造的な課題ととらえる必要性がある。すなわち後述する科学リテラシー-Vision の育成をめぐる理科教育のあり方である。

このような問題を解決するためには、理科教育の研究者や教育者が当該単元の指導や学習の意義を再構成することが必要であるが、根本的な課題として、21世紀の日本の科学教育が将来の市民に Vision の科学リテラシーを備えさせ、社会における科学技術のあり方について判断や評価をおこなえる力やスキルを習得させる理論の枠組みを、欧米やアジアにおける SSI 研究の蓄積を参考にしながら構築することが求められる。このことは本研究の直接の目的ではないため本報告書ではこのことについての考察はおこなわないが、今後引き続き研究を深めて問題提起をおこなっていく。

2) 単元「科学技術と人間」の指導方法

当該単元は中学校理科における他の単元とは異質なものであると前述した。このことは科学リテラシー (SL: scientific literacy) のタイプのちがいで説明できる。日本の理科教育ではあまり検討されていないが、欧米の科学教育研究においては Vision と Vision の科学リテラシーが歴史的に議論されてきた (Roberts, 2014)。前述はスプートニクショックに端を発したカリキュラム改革運動の流れを汲むものであり、後者には米国の science for all のスローガンが該当する。簡潔に言うと Vision の SL は環境、資源、健康といった socio-scientific な問題についての個人的、社会的な見方に科学をどう適用させるかを学ぶものである。

21世紀の科学教育では Vision と Vision のバランスを取ることの重要性が指摘されているとともに、Zeidler (2014) が述べるように、現在の科学教育の潮流が、現代社会が関わる科学技術に関わる諸課題や社会のありようという文脈を重視した学習にシフトしてきていることにまちがいない。日本の理科教育においても生活・社会との関連というキーワードでもってこのことが指摘される。しかしながら、このキーワードが示す概念や具体が海外の科学教育や SSI のそれと比較し、矮小化していないかをさらに丹念に検討する必要がある。

単元「科学技術と人間」と Vision の SL が対応するという基本的な考え方に基づいて、Sadler (2011) が提示した SSI を理科指導に導入する枠組みを参考に当該単元の指導の土台となる枠組みを示す (表 1)。2-1 の推論や議論は dialogue、argumentation、reasoningなどを指す。授業づくりや学習経験、教師と生徒の人間関係など学級経営に関

する事項の他に、単元「科学技術と人間」を指導する理科教員の力量以上に知識観やアイデンティティ形成に関する項目もある。

前述の調査結果の回答において比較的多く見られたことだが、教師は自らを何でも知っているべき存在と自認していることがあり、しかしながら実態がそれに伴っていないことから、生徒に尋ねられて答えられないかもしれないと不安に感じ、科学技術の進歩について行けていないので指導方法がわからないと悩む傾向が見られた。しかしながら、そういう考え自体が現実的ではなく、最先端の科学技術のあり方や科学技術と社会の関わりという課題に直面する時、教師は生徒と同様に探究者であることを認めるべきである。教師はまず教師のあるべき像を変えることが求められている。これは教師のアイデンティティを問い直すもので、当該単元の指導理論の根底部分とも言えるとても重要な事項である。教室の中での教師と生徒との人間関係や教師の役割が転換しなければ、その上に成り立つ指導のあり方を変えることはできず、これは大学の教職プログラムが引き受けるべき課題と考える。

表 1 「科学技術と人間」の指導の枠組み

1	どのように授業を組み立てるか
1-1	課題としてとらえるべき問題の概要を伝える
1-2	問題を提示する
1-3	議論、推論、意思決定のきっかけを作る
1-4	自分の経験をふりかえったり、学んだことを活用するなどしてまとめる
1-5	ICTを用いて教室内での活動と実際の社会で起きていることをつなげる
2	生徒にどのような学習経験をさせるか
2-1	推論、議論、意思決定する、自分の立ち位置を決める
2-2	問題に関係する科学的な考え方や理論に向き合う
2-3	問題に関連する科学データを収集し分析する
2-4	問題の社会的側面や倫理的側面を話し合う
2-5	問題に関連する科学の本質を考察する
3	どのような教室の雰囲気にするか
3-1	生徒が参加することを強く期待する
3-2	互いに協力する、関わり合う
3-3	生徒と教師が互いを尊ぶ関係をつくる
3-4	生徒も教師も心が安らげる教室にする
4	教師は役割や立場をどう作るか
4-1	問題に詳しくなるために関係のある科学の内容を知り、社会面を考察する
4-2	教室で権威的な立場に立つのではなく、自分の知識には限界があることを受け入れてふる
4-3	すべてを知り得ている人間などいないこと、だからこそ新たな知識を追求する必要性を生徒にわからせる
4-4	オープンエンドな問題や不確実さを教室で扱うことをいとわない
4-5	教師にも答えがわからない問いを扱うことや想定外の反応が教室でおきることがあるを受け入れる

ところで、学習指導要領解説は「科学的な根拠に基づいた意思決定」を強調しているものの、その指導方法などについての具体は示していない。その一方で SSI 研究では、生徒に推論や議論などを通して SSI 問題を判断や

意思決定させる際に、生徒が何を根拠にするかに研究上の強い関心を持っている。VisionのSLを育てる場合の一般的な科学的課題で用いる証拠や根拠とちがって、SSIが扱う証拠や根拠は本質的に科学的な不確かさ(uncertainty)を含むことが多いからである。多くの学生はSSI問題のなかに見られる科学データを理解することが難しく、データと予想や意見との区別がしにくいこと、さらに自分の判断に用いる根拠と科学的根拠を別物として扱う傾向にあることが知られている。このように科学的根拠をうまく用いることが困難であるため、SSIについて十分に議論することができない。そこで、いくつものソースから複数の科学的な根拠をピックアップさせてそれらを比較し、その信頼性や質などを評価する活動に取り組みせることが重要である。

また、意思決定をおこなわせる際に「科学的根拠に基づく」よう指導するために、次の4点を目標に設定するとよい。

1. 意思決定するために、科学的根拠として実験などの実証的なデータで正確なもの(単なる意見ではなく)を活用することができる。
2. 用いる科学的根拠の情報源は信頼性があることを評価することができる(広告など検証方法が明確でないものや誰がその情報源がわからないものを排除する)。
3. 用いる科学的根拠のデータの質を評価することができる(他の研究結果と比べたり、そのデータが導き出された方法などをチェックする)。
4. データの解釈に科学の内容を活用することができる。

Zeidler&Kahn(2014)を参考に、意思決定をおこなうために「科学的な根拠に基づく」ことを指導し、その結果を評価するためのルーブリックの例を作成した(表2)。

このようにしてSSI問題について意思決定をおこなうために用いる科学的根拠を精査すると、生徒も教師も科学知識の不確かさに必ずといっていいほど直面するだろう。これこそがSSI教育の深淵にある本質である。

意思決定や議論などの経験を通して生徒は科学の本質(NoS:Nature of Science)や科学観に触れる。ところが現行の学習指導要領解説に書かれてある科学の性質は実証性、再現性、客観性(ただしこれらに「など」書きが添えられている)であるため、この科学観に基づく単元「科学技術と人間」では不確かさを内包する科学知識を扱うことは原理的に困難である。逆説的に言えば、科学的根拠の質の見極めや評価する能力やスキルを育てることは難しい。SSIと当該単元の指導の決定的なちがいは、このような背景にある科学観のちがいにありえるだろう。この点についても今後引き続きこの問題については検討を重ねていく。

表2 意思決定するための科学的根拠を用いることを評価するルーブリック

	C	B	A
科学的根拠に基づく	根拠に基づかないで意思決定をしている、もしくは不正確な根拠に基づいて意思決定をしている	科学的根拠に基づいて意思決定しているが、その根拠は不十分あるいは乏しい	科学的な根拠に基づいて意思決定しており、その根拠は十分で正確である
根拠としてのデータの情報源の評価	科学的根拠にするデータの情報源が信頼できるものとそうでないものに区別(評価)できていない	科学的根拠にするデータの信頼性を評価する努力が見られる	科学的根拠にするデータの信頼性を評価し、評価の過程を明確に表現している
データの質の評価	科学的根拠にするデータの質を評価していない	他の研究結果を探して比較したりデータの導き出し方を検討するなど、科学的根拠にするデータの質を評価する努力が見られる	科学的根拠にするデータの質を評価し、評価の過程を明確に表現している
科学知識や概念の理解	科学知識や概念を最低限理解している	科学知識や概念をある程度理解している	科学知識や概念を十分に理解し、意思決定に一貫性を持って用いている

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

石川聡子、藤本拓弥、日本とシンガポールの中学校理科教科書における理科と日常生活・社会との関連の記述比較、大阪教育大学紀要、教科教育、査読なし、Vol.64、No.1、2015、23-31

〔学会発表〕(計2件)

(1) 石川聡子、SSI (Socio-Scientific Issues)の研究動向、日本理科教育学会近畿支部大会(大阪大会)、2014

(2) 石川聡子、中学校理科の単元「科学技術と人間」の指導と評価の実態、日本理科教育学会第65回全国大会、2015

〔図書〕(計2件)

(1) 石川聡子 他、大学教育出版、理科教育法-理論をふまえた理科の授業実践-、2015

(2) 石川聡子 他、あいり出版、理科授業の理論と実践、印刷中

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石川 聡子 (ISHIKAWA SATOKO)

大阪教育大学教育学部教授

研究者番号：30314438