

特集 2

科学リテラシーを養うための理科教育のあり方



小倉 康 Ogura Yasushi
埼玉大学教育学部教授・教職大学院専攻長

専門は初等中等理科教育。国立教育政策研究所で1995年から国際比較調査や全国調査研究を担当後、2011年より埼玉大学



理科実験での硫化水素の発生に伴う事故から

毎年、5～6月に様々な地域の中学校で、生徒が硫化水素の発生する理科実験で体調不良を訴えて病院に搬送されたというニュースを目にします。いずれも軽症とのことですが、硫化水素は、強い毒性を持つ気体です。火山周辺の温泉地でいわゆる腐卵臭を感じることも多いように、低い濃度では健康上の問題は起こりませんが、一定の濃度を超えて硫化水素が充満している場所に人が立ち入ると、死亡する危険性があります。作業等で火山ガス発生地、下水道管、タンク内などに入る際は、硫化水素が溜まっている可能性がある^{さまざま}ので、ガス検知器などで安全性を確認してから立ち入ることが必要です。

中学校の理科実験で、少量の硫化水素を試験管で発生させ、生徒に手であおいで臭いを嗅がせるのは、化学反応を確かめるという目的のほかに、腐卵臭を感じたら、危険な硫化水素が存在することを生徒に認識させることで、安全に生きるための科学的知識を習得させるねらいがあります。それにより、発生する気体の臭いの嗅ぎ方や室内の十分な換気、できるだけ少量の吸入にとどめること、短時間で化学反応を止めること、マスクを着けたままでは臭いを感じにくいことなど、身を守る智慧が獲得されます。

硫化水素を発生させる実験が、生徒が生きるうえで大切な事柄を学べる機会であることを認

識させたうえで、すべての生徒が慎重な態度で実験に取り組む必要がありますが、指示に従わない生徒がいるなどの懸念がある場合には、複数の教員で指導するなどの対応が必要です。残念ながら、生徒が病院に搬送される事故が繰り返されていることで、硫化水素を発生させる実験が教科書からなくなると、生徒が硫化水素から身を守るための学びも失われることになります。

この事案に象徴されるように、理科学習には、人が生きるうえで習得しておくべき科学的な知識や技能、判断力、態度などが多く含まれています。にもかかわらず、「試験で合格するため」といった目先の目標だけが強調されると、試験が終われば必要性のない学習として軽視される教科に陥ってしまいます。本特集「科学リテラシーを知る」は、学校での理科がどうあるべきかに関する重要なテーマです。

理科と科学リテラシー

OECD(経済開発協力機構)によるPISA「生徒の学習到達度調査」では、科学リテラシーを「思慮深い市民として、科学的な考えを持ち、科学に関連する諸問題に関与する能力」と定義しています^{*1}。つまり、すべての人々が社会生活を営むうえで科学が関連する諸問題に適切に関わっていくために有しておくことが期待される科学的知識や能力、態度などを総称します。

一方、学校で学ぶ理科は、生徒が「生きる力」を身に付けるための教科の1つとして、自然の事

*1 国立教育政策研究所『生きるための知識と技能8 OECD生徒の学習到達度調査(PISA)－2022年調査国際結果報告書』(明石書店、2024)

特集2 科学リテラシーを養うための理科教育のあり方

物・現象を科学的に探究するための資質・能力を習得することをめざしています。しかし、「理科学力」として評価される内容が、自然科学の基礎的な知識とスキルに偏る傾向があるため、すべての生徒が生きるうえで重要な学習であるとは認識されていない傾向があります。2011年の調査結果(図)*2では、理科を学ぶことが生きていくうえで重要だととらえている中学3年生の割合は、5教科中で最低でした。

理科を学ぶ意義や有用性が生徒に実感されていないという課題に対して、2017年に学習指導要領が改正され、理科の教育内容が見直されました。その結果、2023年に実施されたIEA国際数学・理科教育動向調査(TIMSS)*3では、「理科を勉強すると、日常生活に役立つ」かの質問に肯定的に回答した中学2年生の割合は、2011年の57%(国際平均83%)に対して72%(国際平均81%)と15ポイント改善しました。また、文部科学省が実施する全国学力学習状況調査*4においても、「理科の勉強は大切ですか」の質問に肯定的に回答した中学3年生の割合は、2012年度の69%に対して、2022年度には78%と9ポイント改善しています。

さらに、2022年のPISA調査*1では、日本の高校1年生(6～7月に実施)の得点は、OECD加盟37カ

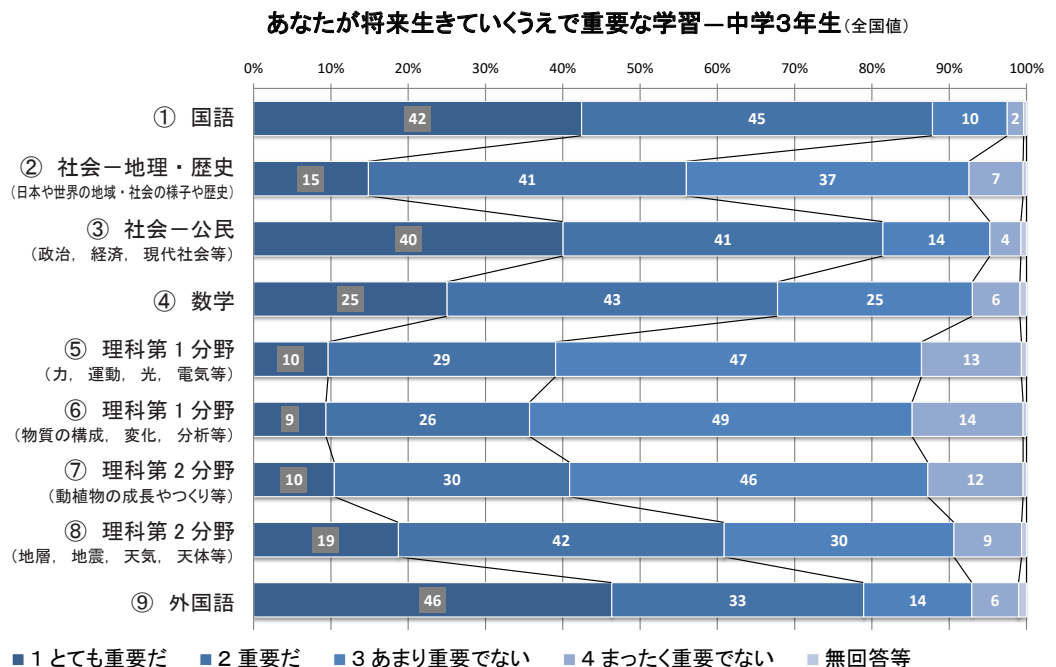
国中1位と高い水準を示しました。このことから、日本の子どもたちは、小中学校での理科学習を通じて、相対的に高い水準で科学リテラシーの基礎を身に付けている状態であるといえる状況です。

しかし、同時に課題もみられており、先述のTIMSS調査では、「理科を使うことが含まれる職業につきたい」かの質問に肯定的に回答した中学2年生の割合は、27%(国際平均58%)と低い水準であり、様々な職業において理科で学ぶ科学的な知識や技能、判断力、態度などを活かせることが実感できるように指導されていないことが推察されます。

理科をなぜ学ぶのか

日本では、子どもたちは小学校第3学年から中学校第3学年まで、理科で「生活にかかわる自然現象について、観察及び実験を通じて、科学的

図 将来生きていくうえで重要な学習に対する中学3年生の回答



理科が重要と捉える中学3年生の割合は5教科中で最低(2011年度)

*2 小倉康『理系文系進路選択に関わる意識調査—全国値集計結果報告—』科学研究費補助金(基盤研究(B))研究成果報告書(2012年3月)
<https://sucra.repo.nii.ac.jp/record/11105/files/KK213005.pdf>

*3 文部科学省・国立教育政策研究所『IEA国際数学・理科教育動向調査 TIMSS2023の結果(概要)』(2024年12月)
<https://www.nier.go.jp/timss/2023/gaiyou.pdf>

*4 文部科学省・国立教育政策研究所(2022)『令和4年度全国学力・学習状況調査 質問紙調査報告書』(2022年8月)
<https://www.nier.go.jp/22chousakekkahoukoku/report/data/22qn.pdf>

に理解し、処理する基礎的な能力を養うこと」(学校教育法21条7項)を学習する機会がありますが、理科をなぜ学ぶのかについてそれ以上の明確な説明は見当たりません。

すべての人がなぜ理科を学ぶ必要があるのかについて、国際的には様々な議論がされてきました。中でも、1989年に米国科学振興協会(AAAS)が著した報告書『Science for All Americans』*5は、アメリカをはじめ、その後の様々な国の教育改革に影響を与えました。人が科学リテラシーを身に付ける必要性について、同報告書が指摘している諸点を抜粋して紹介します。

- 子どもたちが自ら考え、人生を直視することができ、かつ共感に溢れた市民同士となるために必要な理解と思考の習慣を育む助けとなる。
- 開放的で慎重深く、かつ活気に満ちた社会を建設し、それを守っていくという思慮深い活動に、子どもたちが他の市民たちとともに参加できるようにするための備えとなる。
- 科学は自然に対する知的な敬意を育み、それが技術の利用に際して決断材料となる。この敬意がなければ、自然を無謀に破壊してしまう危険性がある。
- 科学的な思考の習慣を身に付けることで、どの職業においても、証拠や量的な考察、論理的主張、不確実性に関係することの多い問題に分別をもって当たることができるようになる。批判的かつ自由な考え方ができなければ、市民は独断家やパテント師や複雑な問題に単純な解を与える人物の餌食に容易になってしまう。
- システムの本質、フィードバックや制御の重要性、費用(コスト)・利益(ベネフィット)・危険性(リスク)の関係、副作用の不可避性といった事柄に関係する技術的な原則を理解することで、新たな技術の利用と、それが環境や文化に与える意味を評価するための健全な基盤を手に入れることができる。こうした原則を理解していなければ、人々は身近な自己の利益を考えること以外何もしようとはしなくなる。

以上の各指摘は、世界のどの国においても、子どもたちが理科を学ぶことを通じて、すべての国民が科学リテラシーを身に付ける必要性を合理的に説明するものとなっています。

これまで、子どもたちに科学リテラシーを身に付けさせるための理科教育改革が、様々な国で進められてきました。イギリスでは、義務教育最後2年間の理科教科書『21世紀科学』*6が2006年に出版されました。全員が履修する内容は、「君の遺伝子と君」「健康を維持する」「地球上の生命」「大気の質」「素材の選択」「食事に関すること」「放射線と生命」「放射性物質」などの章で構成され、人が生きていくうえで経験する可能性の高い諸問題を科学的な視点から幅広く取り上げています。扱われる事象の例を挙げると、遺伝子治療、抗生物質と副作用、AIDSとHIVウイルス、接種とその意思決定、生物多様性と持続可能性、大気汚染の原因、大気の質と健康への影響、汚染除去のテクノロジー、天然素材と合成素材、ポリマー、生物分解素材、害虫の抑制と殺虫剤、農場で用いられる化学物質と環境、有機農業と環境、防腐剤と食品添加物、食物アレルギー、糖尿病の仕組みと対処、食品と消費者、食品の危険性、災害予防と防災、太陽光の健康への利点と危険性、太陽光から生命が受け取るエネルギー、オゾンとオゾンホール、電磁波の生活利用、健康被害のリスク判断、エックス線の安全性と危険性、温室効果ガス削減への行動、自然放射線と人工的な放射線、放射能の健康への影響、放射線医療、放射線によるイメージング、甲状腺癌治療、放射線被曝量、チェルノブイリ原発事故、最終処分場、エネルギーに関するディベートなどです。こうした事象について、義務教育段階でそれらの意味や対処の方法などを把握しておくことは、生徒が社会生活を営むうえでの準備になることが容易に推測できます。

日本では、理科の内容は、物理、化学、生物、地学の基礎を発達段階に即して体系的に履修でき

*5 American Association for the Advancement of Science (1989) SCIENCE FOR ALL AMERICANS.
<https://www.project2061.org/publications/sfaa/online/intro.htm>

*6 University of York Science Education Group (2006) Twenty First Century Science-GCSE Science, OCR and Oxford University Press.

るようにまとめられていますが、領域横断的なテーマについては、教科書中のコラムで紹介される程度で、必修の内容とはなっていません。結果として「遺伝子診断」「遺伝子組換え」「新薬の開発」「絶滅危惧種」「大気汚染物質」「生物分解素材」「食物アレルギー」「災害予測と防災」「電磁波の放射と吸収と生命への危険性」「核廃棄物」といった新聞やニュースで取り上げられるような話題について義務教育修了段階の生徒が理解できるようにはなっていません。

このように、理科で扱う内容を海外と比較してみると、日本の理科で学ぶ内容は、科学リテラシーを十分反映しているとはいえず、さらなる改善が期待されます。

科学リテラシーを伸ばす理科教育

日本で科学リテラシーを伸ばす理科教育を発展させるうえでも、海外で開発された理科カリキュラムは参考になります。

アメリカで開発された高校教科書『社会の中の化学』(CHEMCOM)^{*7}では、リバーウッド市のスネーク川で魚が大量死したため水の供給が非常事態に陥ったという新聞記事から始まり、化学物質の調査方法や水の浄化処理などを探究的に学習する過程で様々な化学的知識を学ぶことで、問題の原因の特定や汚染水の浄化法を生徒に意思決定させ、最終的に生徒による模擬的な市議会特別会議を開催し、電力会社の役員、農業協同組合の代表、鉱業会社の代表、科学者、技術コンサルタント、商工会議所メンバー、郡衛生委員会委員、リバーウッド納税者協会メンバーという8つの立場のいずれかを担当して会議を進行するという展開が設定されています。この経験を通じて、生徒に化学的知識の大切さとともに、科学者が現実社会の問題を解決するためにどのような役割を担っているかを理解させ、生徒に責任ある市民として社会にどのように貢献してほしいかが伝わる工夫がされています。

この例のように、実社会で誰もが遭遇する可能性のある諸課題に適切に対処する過程を取り入れた学習機会は、生徒の科学リテラシーを基礎の段階から、実社会で応用できる段階に高めると考えられます。

日本の中学校理科での展開を構想した例を紹介します。「Aさんは、草津温泉に家族旅行に出かけました。脇を流れる湯川という河川が白く濁っていることを不思議に思い、少し上流に歩くと、工場があり、白い液体を透明な水の川に投入していました。Aさんは、この工場が川を汚染しているのではないかと思いました」という問題状況を設定します。探究的に授業を展開することで、川(湯川)の透明な水のpHが約2と強い酸性であること、そのままではコンクリート建造物がすぐにボロボロになり飲料水や農業用水に利用できず魚も生きられないこと、工場では石灰岩を粉砕して川の水と混ぜて白いミルク状にして川に投入することで酸性の水を中和していること、中和による生成物を下流の品木ダムで沈殿させて除去していること、中和され再び透明になった水を下流の吾妻川^{あがつま}に流すことで、発電や農業、工業、生活に水を利用でき、魚も棲むことができるようになったこと、この取り組みは1964年に世界で初めての酸性河川中和事業として始まったこと^{*8}、などを基本的な化学実験で確かめながら知ることができ、実社会での化学の有用性が実感されます。加えて、社会のために化学を活かして働く人々の存在も生徒に認識されると期待されます。

以上、科学リテラシーを育む理科教育について論じてきましたが、子どもたちが学校教育を通じて、理科がよく分かる、理科が好きで興味がある、理科は役立つ、理科では生きるうえで大切なことが学べる、自分が将来働く職業に理科が関係している、と実感できることが、理科のあるべき姿と考えています。

^{*7} American Chemical Society (2002), Chemistry in the Community CHEMCOM (Fourth Edition), W.H. Freeman and Company, New York.

^{*8} 国土交通省関東地方整備局品木ダム水質管理所ウェブサイト「中和事業とは」
https://www.ktr.mlit.go.jp/sinaki/sinaki_index003.html