

2015 年度科学技術インタープリター養成プログラム修了論文

高等学校学習指導要領の新科目
「科学と人間生活」の可能性

The potential of new high school science subject
“Science and Our Daily Life”

2016 年 3 月

東京大学大学院 工学系研究科 応用化学専攻 修士課程

科学技術インタープリター養成プログラム 10 期生

龍田 誠

指導教員 定松 淳 特任講師

要旨	221
1. はじめに	222
2. 科学と人間生活とは[7]	224
2-1. 学習指導要領の改訂	224
2-2. 科学と人間生活について	225
3. 科学と人間生活の現状	229
3-1. 「科学と人間生活」の採択校について	229
3-2. 教育現場での「科学と人間生活」に対する反応	230
3-3. 「科学と人間生活」の教科書について	232
4. 今後の課題	235
謝辞	237
文献	237
インタープリター養成プログラムを受講して	238

要旨

従来の理科教育は、受験対策を中心とした授業が多いために生徒の理科に対する興味・関心を損なっていることが問題となっていた。このため、文部科学省は現行学習指導要領から身近な題材について学ぶことによって科学の有用性を実感させるとともに科学に対する興味・関心を持たせることを目的とした新科目「科学と人間生活」を新設した。

本研究では、「科学と人間生活」が教育現場でどのような効果を発揮しているかについて調査を行った。その結果、「科学と人間生活」が理科に関心がない生徒、苦手な生徒に対して理科の興味づけや導入において一定の効果があると認められたが、現場によって指導の質に大きな差があり、一部では効果的な指導が行えていないことが明らかになった。この原因について過去に教員に対して行われたアンケート調査や教科書分析から考察を行ったところ、効果的な指導を行えている例では、興味関心を高めることに重心を置いており、逆に行えていない例では、知識や概念の定着に重心を置いているという可能性が浮上した。

よって、指導の効果を上げるためには、興味関心を高めることに重心を置くとともに、より効果的な指導が行えるよう補助教材や研修を充実させることが必要であろう。

Abstract

In the science subject under the old course of study, most classes were held for preparing for examination, which caused many students losing the interest in science. In order to solve this problem, MEXT offered a new science subject “Science and Our Daily Life”.

In this study, I tried to investigate the effectiveness of “Science and Our Daily Life” in science education. As a result, “Science and Our Daily Life” had certain efficiency on some students who have no interest in science. On the other hands, some teachers could not teach this subject well. In successful cases, teachers tried to enhance student’s interest in science. On the other hands, in unsuccessful cases, teachers just teach theories.

The possibly best way to teach “Science and Our Daily Life” is to enhance student’s interest, and it is effective to prepare assistance teaching materials and conduct training for teachers to carry better class.

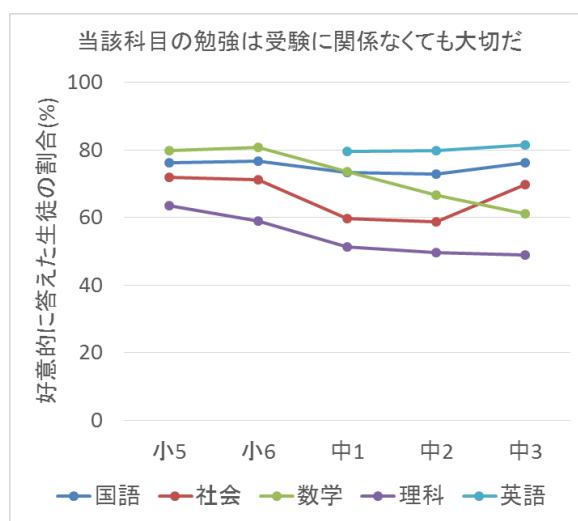
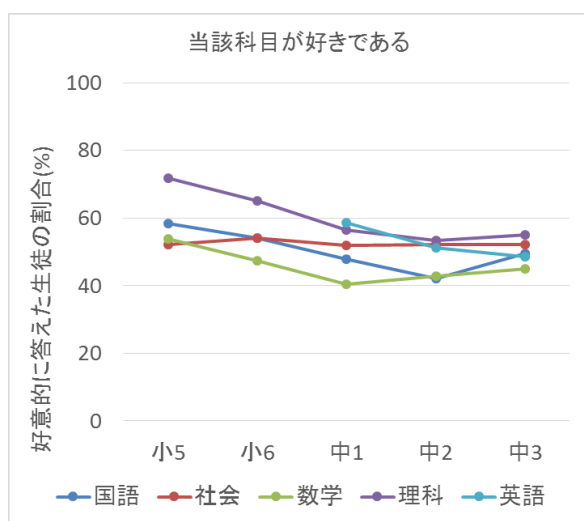
1. はじめに

理科離れが叫ばれて久しい。理科離れに明確な定義はないが、一般的には理数系科目に対する学力や興味関心の低下だと理解されている。技術立国をうたう日本では、将来の研究職・技術職に携わる人材の減少を危惧し、理科離れに危機感を抱く人が多い。

理科離れの原因には様々な要因が存在する。例えば、理科離れの原因の一つとして指摘されていることに、「科学技術のブラックボックス化」があるだろう。すなわち、より高度で複雑な科学技術を用いた製品が広く浸透した結果、人々は背後にある原理や科学技術を理解しなくともそれらの成果のみを享受できるようになった[1]。この他にも、従来よりも理系職の待遇や魅力が文系職と比べ乏しいと考えられていることや、理系に対してマイナスイメージを抱く人が多いなどといったことも挙げられるだろう[2]。

ところで、世間では若者の理科離れを指摘する声が盛んに聞かれるが、理科離れがより深刻なのは、実は若者ではなく大人の方である可能性がある。15歳の子供を対象とした学習到達度調査(PISA 調査)の結果では、日本はどの回でも科学リテラシーの順位は上位層にあり、「ゆとり教育」による学力低下が叫ばれていた時期の調査(PISA2006)においても、科学リテラシーの順位は 56 カ国中 6 位であった[3]。一方で大人に注目すると、『科学技術白書 2006』によると大人の科学技術に対する理解度は 25 カ国中 22 位と PISA 調査の結果から一変して下位に位置する[4]。すなわち、年齢を経るにつれて理科離れが悪化しているといえる結果となっている。

この原因については様々な可能性が考えられるが、主な要因の一つとして、理科に対する考え方に問題があることが挙げられるだろう。2003 年に行われた小中学校教育課程実施状況調査の結果によると、国数社理英の 5 教科について、「(各教科の) 勉強が好きか」という質問を行ったところ、理科が好きだと答えた生徒が最も多かった。だが「(各教科の) 勉強は受験に関係なくとも大切か」という質問については、逆に理科が大切だと答えた生徒は最も少ない結果となった[5]。これは、理科は生徒にとって、「面白いが役には立たない」科目と考えられていることを意味する。すなわち、生徒たちが理科を勉強する意義を見出せていないことが問題となる。



これは、これまでの理科教育に問題があることを示唆しているだろう。従来の理科教育では、内容が日常生活との結びつきが少ないために、理科の有用性を意識させることが出来ないことに加え、学年が上がるにつれ受験対策を意識した座学授業が増え、観察や実験など実物に接する形の学習が減少し、その結果生徒の理科に対する興味関心を損なっていることが問題となっていた[6]。いかにして生徒に科学と日常生活の結びつきを実感させ、理科への興味関心を高めるかが理科教育の大きな課題となっている。

これらの問題点を踏まえ、文科省が2009年に行った高等学校学習指導要領の改訂では、理科に新しい総合科目として「科学と人間生活」を新設した。これは身近な自然や科学技術と人間生活の関わりについて学ぶ科目となっており、身近な題材について観察や実験を通して学ぶことによって科学の有用性を実感させるとともに科学に対する興味・関心を持たせることを目的とした新しい試みとなっている[7]。

2012年度に新学習指導要領が施行されてから本年度で4年目となるが、「科学と人間生活」はそのねらい通りの効果を発揮したのだろうか。本研究では、文献調査やインタビュー調査を通して「科学と人間生活」の導入の現状や教育現場への影響を調べ、その課題や改良策を考察した。

2. 科学と人間生活とは[7]

2-1. 学習指導要領の改訂

前述のように、従来の理科教育では理科の意義や有用性を実感させられないことに加え、学年が上がるにつれ受験対策を意識した座学授業が増え、観察や実験など実物に接する形の学習が減少し、その結果生徒の理科に対する興味関心を損なっていることが問題となっていた。このため、文部科学省は学習指導要領の改善に際して、従来の特徴は引き続き踏襲した上で「実社会や実生活との関連」、「科学への関心を高めること」、「科学的な認識の定着」などの視点を踏まえて、理科の目標を見直してはどうか」という方向性で検討を行った。その結果、高等学校学習指導要領の改訂では、次の5か条が改善の基本方針として打ち出された。

改訂の要点

- (1) 科学的な概念の理解など基礎的・基本的な知識・技能の確実な定着を図る観点から小・中・高等学校を通じた理科の内容の構造化を図るとともに、科学的な思考力・表現力の育成を図る観点から探究的な学習活動をより一層充実する。中学校との接続に配慮し、高等学校理科の各科目の構成及び内容の改善・充実を図るとともに、科学的に探究する能力と態度の伸長を図ることができるよう改善する。
 - (2) 物理、化学、生物、地学のうち3領域以上を学び、基礎的な科学的素養を幅広く養い、科学に対する関心をもち続ける態度を育てる。併せて、生徒の能力・適性、興味・関心、進路希望等に応じて学べるよう履修の柔軟性を向上させる。基礎的な科学的素養を幅広く養うことは、今日の「知識基盤社会」において重要である。また、生徒の多様な興味・関心や進路等に応じることも大切である。
 - (3) 今日の科学や科学技術の発展はめざましく、その成果が社会の隅々にまで活用されるようになっている。このように急速な進展に伴って変化した内容については、その変化に対応できるよう学習内容を見直す。また、科学や科学技術の成果と日常生活や社会との関連にも留意し改善を図る。
-

これに従い、現行学習指導要領では具体的に次のような変更がなされている。

まず初めに、従来の「Iを付した科目」、「IIを付した科目」（物理I、IIなど）に代わり、「基礎を付した科目」（「物理基礎」「化学基礎」「生物基礎」「地学基礎」）及びそれらを基礎として発展的な内容で構成された科目「物理」「化学」「生物」「地学」が設置された。「基礎を付した科目」については、中学での学習内容からスムーズに導入できるようにより基本的な内容で構成されている他、理科に対する興味・関心を高め、理科を学ぶ意義を実感させられるよう、日常生活や社会との関連性を重視した内容にするとともに、実験や観察に関しても強化されている。

次に、理科の総合科目についても改訂が行われた。現行学習指導要領では、従来の総合科目である理科基礎、理科総合A・Bに相当する科目として、「科学と人間生活」を新設した。本科目は名前の通り、日常生活や社会とかかわりの深い自然の事物・現象や科学技術

について、できるだけ幅広い分野を学習させる形となっている。「科学の原理や法則が科学技術として日常生活や社会の中でどのように利用され、結び付いているかを具体的に示しながら、科学を学ぶ意義や有用性を実感させ、生涯にわたって科学に興味・関心をもち続けるようにする」ことが本科目設置の狙いである。この他にも、従来の「II を付した科目」に含まれていた課題研究を抜き出し、「理科課題研究」という科目を新設した。

これに伴い、科目構成及び各科目の標準単位数が以下のように改められた。ここで注目したいのが、必履修科目の組み合わせの変更である。従来の学習指導要領では必履修科目は「理科基礎」、「理科総合 A」、「理科総合 B」から少なくとも 1 科目を含む 2 科目だったが、改訂後では「科学と人間生活」を含む 2 科目、または基礎を付した科目を 3 科目となっている。従来では、例えば「物理 I」と物理・化学を扱う「理科総合 A」を選択した場合には、物理の分野が重複し、その結果学習する分野が 2 分野に限られてしまう。だが、改訂後の学習指導要領では、最低 3 つの分野を学習することになり、「科学と人間生活」を選択する場合には 4 分野全てに触れることになる。これにより、幅広い分野の学習が可能となる。

科目	標準 単位数	必履修科目	
科学と人間生活	2	「科学と人間生活」を含む 2科目又は 基礎を付した 科目を3科目	
物理基礎	2		
物理	4		
化学基礎	2		
化学	4		
生物基礎	2		
生物	4		
地学基礎	2		
地学	4		
理科課題研究	1		
理科基礎	2		2 科目 (「理科基礎」 「理科総合 A」 「理科総合 B」 を少なくとも 1科目含む)
理科総合 A	2		
理科総合 B	2		
物理 I	3		
物理 II	3		
化学 I	3		
化学 II	3		
生物 I	3		
生物 II	3		
地学 I	3		
地学 II	3		

2-2. 科学と人間生活について

次に、本稿で取り上げる「科学と人間生活」について、もう少し詳しく見てみよう。

前述の通り、本科目設置のねらいは日常生活や社会とかかわりの深い自然の事物・現象や科学技術について学ぶことによって、生徒の科学に対する興味関心を高めるとともに科学の有用性を実感させることである。

本科目設置の背景に関しては、学習指導要領解説中に次のように書かれている。

「現在、環境問題やエネルギー問題といった地球規模での課題が増すなか、人間が自然と調和しながら持続可能な社会を構築することが強く求められている。そのためには、身の回りの事象から地球規模の環境までを視野に入れて、科学的な根拠に基づいて賢明な意思決定ができる力を身に付ける必要がある。また、今日、科学技術の成果は社会の隅々にまで活用されるようになっており、国民一人一人の科学に対する興味・関心を高め基礎的な素養を養うことは極めて重要である。」 [7]

これは次のように解釈できる。すなわち、理科離れは単純に技術者・研究者人材の減少という問題にとどまるものではなく、将来環境問題などに対応し持続可能な社会を構築すること、そして最先端の科学技術をうまく社会に取り入れるためには、理系人材のみでなく国民一人一人が科学に対する興味関心と基礎的な素養を持つことが必要であるということである。従って、これは国民の「科学リテラシー」の涵養を目的として設立された科目ということができるだろう。

「科学と人間生活」の内容について詳しく見てみよう。文部科学省の学習指導要領解説によると、「科学と人間生活」の内容の構成は次のようになっている。

「科学と人間生活」の内容[7]

- 1) 科学技術の発展
- 2) 人間生活の中の科学
 - ア 光や熱の科学
 - (ア) 光の性質とその利用
 - (イ) 熱の性質とその利用
 - イ 物質の科学
 - (ア) 材料とその再利用
 - (イ) 衣料と食品
 - ウ 生命の科学
 - (ア) 生物と光
 - (イ) 微生物とその利用
 - エ 宇宙や地球の科学
 - (ア) 身近な天体と太陽系における地球
 - (イ) 身近な自然景観と自然災害
- 3) これからの科学と人間生活

内容の構成の際に配慮された点[7]

- (1) 自然や科学技術に関する身近な具体例について、生徒自らが観察、実験などを中心にして学ぶことにより、科学的なものの見方や考え方を育成するように、また科学に対する興味・関心を高めるようにしている。
 - (2) 「科学技術の発展」、「人間生活の中の科学」、「これからの科学と人間生活」の3つの大項目から構成し、日常生活や社会に影響を与えてきた自然や科学技術に対する理解を深め、理科の学習が大切であることを実感し、生涯にわたって興味・関心をもち続けることができるよう、日常生活や社会に関連の深い内容を科学的な視点から取り上げている。
 - (3) 「科学技術の発展」では、具体的な事例を取り上げながら、自然の事物・現象の中から新しい発見や理論が導き出され、それらが新しい発明や技術を生み出し、人間生活の中に受け入れられてきた過程を取り上げ、時代とともに科学技術が進歩して人間生活を豊かで便利にしてきたことや、人間生活に科学技術が不可欠であることを学ぶようになっている。
 - (4) 「人間生活の中の科学」では、日常生活や社会とかかわりの深い自然の事物・現象や科学技術について、できるだけ幅広い分野の学習を可能にするため、「光や熱の科学」、「物質の科学」、「生命の科学」、「宇宙や地球の科学」の4つの中項目を設けている。また、各項目ではそれぞれ(ア)と(イ)の小項目から、いずれかを選択して学ぶことになっている。
 - (5) 「これからの科学と人間生活」では、将来において日常生活や社会に影響を及ぼすであろう自然や科学技術に関連した問題等について、「人間生活の中の科学」で学習した内容を踏まえながら、適切な課題を設定して学習を行わせるようになっている。これによって、自然を調べる能力や態度を育成し、問題を解決する能力を身に付けさせるとともに、科学に対する興味・関心を一層高め、科学の有用性を認識させ、生涯にわたって興味・関心をもち続けることができるように配慮している。
-

科学と人間生活で扱う内容は主に3つに分類される。第一章の「科学技術の発展」では、主に科学技術の発展の歴史について学ぶ。重要な理論の発見や身近な技術の発明をたどり、それらが我々の生活をどのように変えてきたかに触れることによって「科学技術の発展が今日の人間生活の対してどのように貢献してきたかについて理解させる」ことがねらいである。

第二章の「人間生活の中の科学」では、物理・化学・生物・地学の4分野について、それぞれの分野で日常生活との関わりが深い項目を取り上げていく。物理分野からは光（電磁波、波など）と熱（エネルギーなど）、化学分野からは材料（金属、プラスチックなど）および衣料と食品（繊維、油脂、糖類、アミノ酸など）、生物分野からは生物と光（光合成や視覚など）と微生物（発酵、腐敗、微生物と医薬品など）、地学分野からは天体と地球（宇宙、太陽系、地球など）および景観と災害（自然景観や火山、地震など）が選ばれている。本章では「身近な自然の事物・現象及び日常生活や社会の中で利用されている科学技術を

取り上げ、科学と人間生活とのかかわりについて認識を深めさせる」ことがねらいとなっている。なお、この章については単位数の都合上、各分野が(ア)(イ)の2つに分かれており、そのうちのどちらかを選択して履修する形となっている。

第三章の「これからの科学と人間生活」では、第二章「人間生活の中の科学」で学習した内容を踏まえ、科学技術を社会や日常生活の中でどのように活用させてゆけばよいかについて考察していく。例としては、「環境浄化のための微生物の効果的な利用」、「地域の自然と資源開発」などが紹介されている。

「科学と人間生活」の内容に関しての最大の特徴は、社会や日常生活と関わりのある内容が羅列的に盛り込まれており、代わりに科学の基本的な概念や原理に関する説明が大きく省略されていることである。例えば物理の分野では、身近な内容である熱・エネルギーや光について、身近な例を用いながら定性的に説明がなされており、理論や数式などを用いた説明は大半が削除されている。また、物理の最も基礎的な要素である力学や電磁気学に至っては指導範囲外となっている。

ここで改めて学習指導要領を比較してみると、興味深いポイントが見えてくる。例として、「物理基礎」と「科学と人間生活」の目標について比較してみよう。

物理基礎

日常生活や社会との関連を図りながら物体の運動と様々なエネルギーへの関心を高め、目的意識をもって観察、実験などを行い、物理学的に探究する能力と態度を育てるとともに、物理学の基本的な概念や原理・法則を理解させ、科学的な見方や考え方を養う。

科学と人間生活

自然と人間生活とのかかわり及び科学技術が人間生活に果たしてきた役割について、身近な事物・現象に関する観察、実験などを通して理解させ、科学的な見方や考え方を養うとともに、科学に対する興味・関心を高める。

物理基礎の目標では「基本的な概念や原理・法則を理解させ」と記されているが、「科学と人間生活」の目標では基本的な概念や原理・法則については触れられておらず、「科学的な見方や考え方を養うとともに、科学に対する興味・関心を高める」と記されている。これはすなわち、「科学と人間生活」は科学を理解させるための科目ではなく、あくまでも興味関心を高めることを前面に押し出した科目であるということができる。

3. 科学と人間生活の現状

3-1. 「科学と人間生活」の採択校について

では、実際にどのような学校が「科学と人間生活」を採択しているのだろうか。まず初めに「科学と人間生活」の採択学校数について調査を行った。東京都教育委員会が公表している都立高等学校用教科書の採択結果[8]について集計を行った結果、下表のようになった。

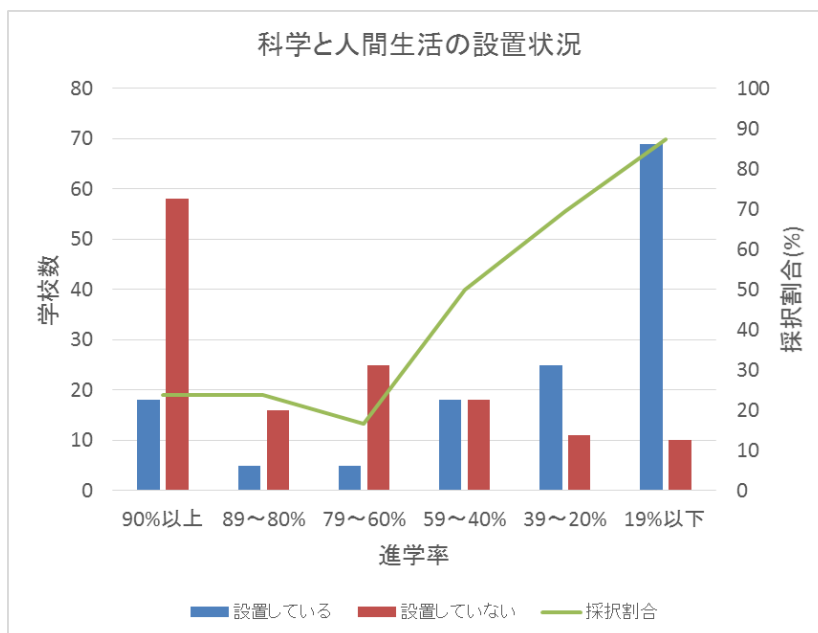
	採択校数				
	H23	H24	H25	H26	H27
科学と人間生活	－	78	88	103	105
理科基礎	37	27	19	6	0
理科総合A	171	73	30	6	0
理科総合B	134	59	27	7	0
物理基礎	－	27	178	202	213
物理I	199	196	138	15	0
化学基礎	－	109	192	232	233
化学I	226	222	161	10	0
生物基礎	－	121	195	230	228
生物I	216	208	170	12	0
地学基礎	－	21	57	83	92
地学I	76	73	57	2	0

表より「科学と人間生活」は、現行学習指導要領が施行された平成 24 年度では採択校は 78 校であったが、年度を経るにつれ採択校数が増加し、平成 27 年度には 105 校となり導入が徐々に進んでいることを示唆している。だが、旧学習指導要領で実施されていた理科総合と比較した場合、平成 23 年度は理科総合 A で 171 校、理科総合 B で 134 校の採択があったことから、理科総合と比べると「科学と人間生活」は数を大きく減らしている。

これには様々な要因が考えられるが、最大の要因は理科総合とは異なり、「科学と人間生活」が大学入試で出題されないことが挙げられる。この結果、大学進学を視野に入れている普通科高校を中心に採用が見送られたものと見られる。次に、カリキュラムによるところがある。旧学習指導要領では、理科総合 A・B のうち少なくとも 1 科目を履修させることを義務付けていた。だが、現行指導要領では物理基礎・化学基礎・生物基礎・地学基礎の 4 つから 3 つを履修すれば「科学と人間生活」は履修しなくともよい形となっている。その結果、進学校を中心に、「科学と人間生活」よりも基礎科目を選択する動きが見られる。これは、上表で、物理基礎などの採択数が従来の物理 I などよりも増加していることから読み取れるだろう。

次に、進学率と「科学と人間生活」の採択状況について、H27 年度に日本理化学協会が行った「科学と人間生活」担当教員へのアンケート調査の結果を参考に集計した[9]。その結果、進学率が低い学校ほど採択率が高くなっており、特に進学率 19%以下の学校におい

では実に 9 割の学校が採用していることが分かる。これらの高校では授業で受験対策を意識する必要が低いため、入試に結びつかない「科学と人間生活」を履修する余裕があると考えられる。また、採用している高校を見ると定時制高校や工業系・農業系などの職業高校の割合が多い。「科学と人間生活」を履修すれば、理科の必履修科目が 2 科目で済むため、浮いたコマを専門科目などに振り分けられることも理由として考えられるだろう。



3-2. 教育現場での「科学と人間生活」に対する反応

次に、「科学と人間生活」を採択している現場の反応はどのようなものであろうか。H27年度に日本理化学協会が行った「科学と人間生活」担当教員へのアンケート調査の結果[9]によれば、「科学と人間生活」の指導によって生徒に次のような良い効果が上がったとされている。

- ・ 生徒の興味関心が高まった
 - 科学を身近に感じさせることができた
 - 実験や実習を多く取り入れることができた
 - 基本的な内容で、理科の苦手な生徒でもついてくることができた
- ・ 科学について広く学ぶことができる
 - 理科の各分野を広く教えることができる
 - 理科の科目同士のつながりを感じさせることができる
 - 科学史の項目で科学発展の歴史を教えることができる
- ・ 理系でない生徒にも教えられる

文系の生徒にも身近な理科を教えることができた
農業系や工業系の生徒たちに自分の専門分野と関連づけながら理科を教えることができた

・その他

就職希望者の多い学校では、受験指導よりも生活に関わる知識の方が有益
基礎科目への接続がスムーズに進んだ

このアンケート調査の結果によれば、「科学と人間生活」のメリットは、生徒の興味関心を高めることができるとともに、生徒の層に応じて自由で効果的な指導ができることにある。これは、内容が日常生活と関連しているために理解しやすいほか、受験対策が必要ないために実験や実習に多くの時間を割くことができるためである。工業系、農業系などの職業高校では、専門分野と関連付けることで、興味を持たせながら広く科学について教えることができたという意見もあった。

一方で、消極的な意見も多く寄せられている。

・教育効果が不十分である

内容が広すぎて浅すぎる。教育効果があるか疑問。

内容が羅列的で体系的な学習ができない。

従来以上に暗記科目化していると感じた。

扱っている項目に改善の余地があると感じた。

・負担が重い

物理・化学・生物・地学の4分野に触れなければならず、準備が大変

内容が系統的でなく、教えづらい。

実験や実習の準備が大変。

最大の懸念事項は、教育効果が不十分でないかということである。科学を基礎から体系的に学ばせる他の科目とは異なり、「科学と人間生活」ではただ日常生活に関わる事柄を羅列的に紹介するつくりとなっている。このため、担当教員からは、「科学と人間生活」では理科の本質的な力が身につかないといった声がある。この他に、教科書で取りあげている項目を見直すべきだという意見もあった。また、「科学と人間生活」は教えるににくいと感じる教員が多いという声もあった。内容が羅列的であるために科学の原理や法則性に結び付けにくいという意見や、物化生地4分野を教えるために負担が重いという声もあった。

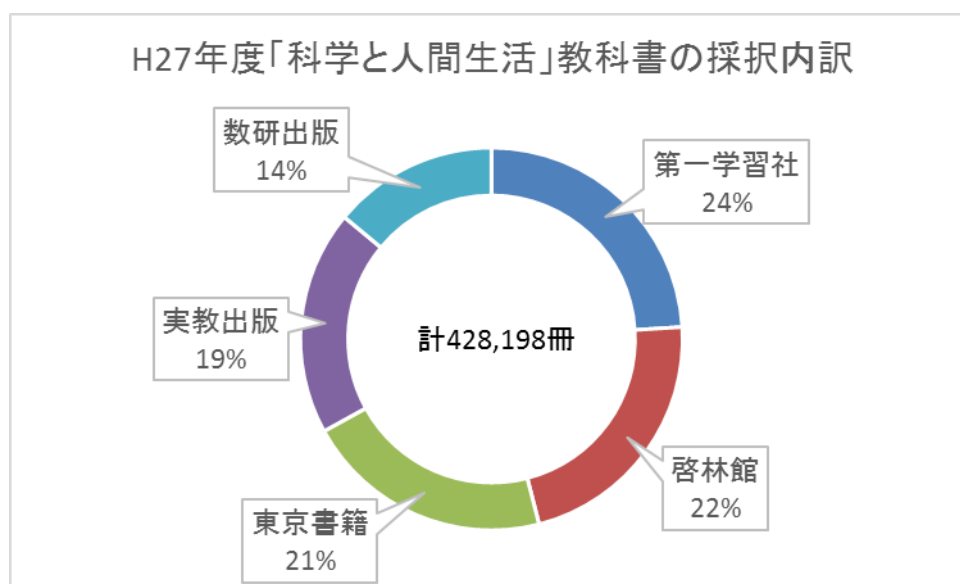
ここから見えてくることは、まず一つに「科学と人間生活」は、生徒の興味関心を高めることには一定の効果がある一方で、原理や法則といった科学の本質的理解や科学的思考の育成にはやや力不足であることが挙げられる。高度で抽象的な内容を避け生徒が親しみ

やすい内容にしたことで興味関心は高めることができるものの、同時に従来の科目と比較すると教育効果が下がっている点は否めないだろう。もう一つは、授業の質が教員に大きく依存するということがある。日常場面に関連する実験や実習を行なったり、生徒が文系や職業学校であることに配慮し授業内容を工夫することで効果的に授業を行っている教員がいる一方で、新科目の指導方式に馴染めず、従来の科目と同様に暗記や詰め込み型の授業を行なったりする教員もいるようである。

3-3. 「科学と人間生活」の教科書について

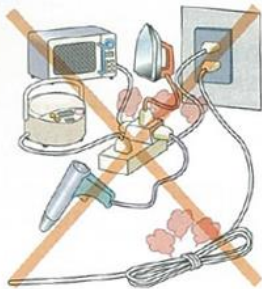
「科学と人間生活」で使われている教科書にはどのような特徴があるのだろうか。ここでは、「科学と人間生活」の教科書について分析を行なった。

現在、「科学と人間生活」の教科書を発行している会社は 5 つである。初めに、教科書会社ごとの被採択数を見ると、大きな差はなかったが、最も採用数の多い第一学習社(24%)と最も少ない数研出版(14%)で 10%の差が見られた[10]。



両者の教科書の違いからはどのようなことが見えてくるのだろうか。以下、この両者の教科書の比較を行ってみた。

なお著作権の都合上、誌面の紹介は数研出版の教科書のみとなっている。



① 図13 ジュール熱による発熱
電気製品の電源コードや電気製品をつなぐ導線も電流を流すとジュール熱がわずかに発生する。しかし、定格値をこえる電流を流したりコードを束ねたりすると、放熱が十分にできず、熱くなって危険である。

① この関係は、電熱線の場合、電流のした仕事がすべて熱に変わるので、電力量とジュール熱が等しいことを示している。

C ジュール熱

— 導体に電流を流すと熱が発生する —

テレビや掃除機などの電気製品は、使用していると本体が少し温かくなる。また、電気ストーブやアイロンは、ニクロム線に電流を流すことで熱くなる。つまり、導体に電流を流すと熱が発生する。このとき、電気エネルギーが熱エネルギーに変わっている。電力量と熱量の関係を実験で調べてみよう。

ジュールは導線(抵抗線)に電流を流し、発熱量と電圧、抵抗の関係を詳しく研究した。そして、それらは次のような関係になることを見

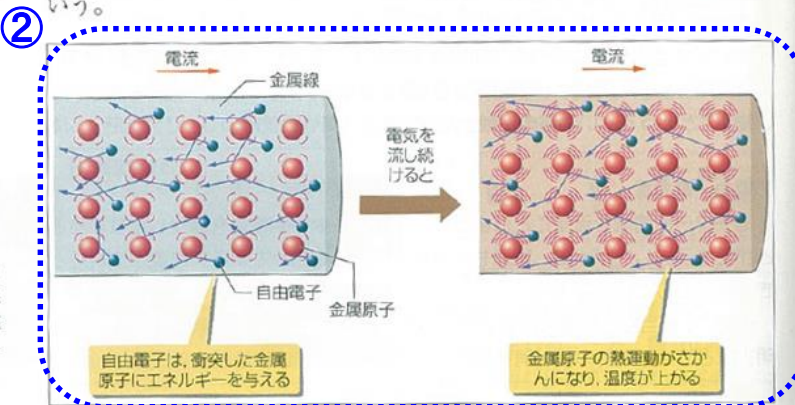
① 出した。

ジュールの法則

発熱量 $Q = IVt = I^2Rt = \frac{V^2}{R}t$

$Q(J)$: 発熱量(ジュール熱)
 $I(A)$: 電流
 $V(V)$: 電圧
 $t(s)$: 時間
 $R(\Omega)$: 抵抗

この関係を **ジュールの法則** といい、発生する熱を **ジュール熱** という。



② 図14 ジュール熱の発生

問3

電気ストーブを5.0時間使用した。ストーブには100Vの電圧が加えられ、4.0Aの電流が流れた。このとき発生したジュール熱を求めよ。

③

実験 & 観察 30 ジュールの法則を確かめよう

- ① 図Aのような実験装置を組み立て、250gの水を入れた断熱性の容器に温度計やニクロム線を入れ、水温を測定する。
- ② 電源装置のスイッチを入れ、電流が2.0Aになるように電源の電圧を手早く調節し、電圧計の目盛りを読む。
- ③ とまどきガラス棒で水をかき混ぜながら、電流を300秒間流し続けた後、再び水温を測定する。
- ④ 電流と電圧の測定値からジュール熱、水の温度の上昇から水が受け取った熱量をそれぞれ求める。これらの値を比べてみよう。違いがあればその原因について考えてみよう。

④ 図A 実験装置

⚠ 発電所で発電した電気は数十万ボルトの高電圧で送り出されている。高電圧で送電線に電流を流すのは、ジュール熱による送電損失をできるだけ少なくするためである。

例として、ここではジュール熱の項目について取り上げた。両者を比較すると、いくつかの違いが見えてくる。

まず、①（赤の点線で囲んだ部分）の数式の部分に注目されたい。数研出版の教科書では、ジュール熱の式について、オームの法則を踏まえて様々な物理量に触れ、数通りの表記を載せている。一方で第一学習社では、ジュール熱の式はシンプルに最も単純な「電圧」×「電流」×「時間」の1通りの表記のみを載せていた[12]。

次に、②（青の点線で囲んだ図の部分）を見ると、数研出版の教科書では、原子と電子で金属の模式図を描き、電流が流れる際に電子が金属原子に衝突することで発熱するというジュール熱のメカニズムを図解している。一方で第一学習社では電化製品の写真を載せており、ジュール熱が日常生活でどのように活用されているかを紹介していた[12]。

最後に、③（緑の点線で囲んだ実験の項目）を見ると、数研出版では、水中に電熱線と温度計を入れて電気を流し、水温が上昇するのを確認することでジュールの法則を確認するという実験となっている。一方で第一学習社では、「電気でパンを焼く」と題し、ステンレス板に電気を流し、その熱でパンを焼くというユニークな実験を紹介していた[12]。

これらの違いより、第一学習社と数研出版の教科書の方向性の違いが見えてくる。第一学習社では、学習指導要領に忠実に従い、内容の簡潔さや日常生活との関わりを重視し、生徒に興味を持たせることを狙いとしている。だが、数研出版では日常と関わる内容に加え多少高度な内容も含ませ、生徒に原理や法則といった科学の本質を身につけさせることを目標としている。数研出版の編集者によれば、これは生徒が科学に興味関心を持たせるだけにとどまらず、一步進んで科学の基礎的な部分まで身につけてほしいという意図によるものであり、また、授業で教員が様々な方向に内容を掘り下げられるように配慮した結果であるとのことである。

だが、採択数という点では、より科学の本質に踏み込んだ内容を盛り込んだ数研出版の教科書よりも、第一学習社をはじめとした他社の教科書の方が、採択数が多いという結果となった。この原因としては、数研出版の教科書は多くの内容を盛りこんだ結果、内容の密度が高くなり、敬遠されてしまったことが考えられる。理科が苦手な生徒及び理科に対して思い入れが薄い生徒に、無理に原理や法則を体系的に理解させようと努力することは、却って彼らを理科から遠ざけてしまうことにもなりかねない。彼らに対しては理科に対する興味関心を喚起することが重要であるから、原理や法則を理解させようとする場合も、体系的に理解させるよりも、生徒の興味関心を損なわないよう、現象的に、あるいは定性的に理解させる方が効果的なのだろう。

4. 今後の課題

以上の結果から、現在の「科学と人間生活」について、次のような課題が見えてくる。

一番の課題は、指導の質が教師によって大きく異なってしまう点である。前述のアンケート結果を見ると、指導が上手くできていると思われる教師は、「演習や実験を多く行うことができた」「(職業高校で)生徒の専門分野と関連付けながら指導ができた」などと答えており、学習指導要領のねらいに従って実験などを中心として生徒の興味関心を高めることに重心を置いて授業を行っていることが推測される。一方で、指導が上手くできていないと思われる教師では、「暗記科目化しており系統的な学習ができない」「内容が系統的でなく、教えづらい」などの意見が見られている。すなわち、後者では生徒の興味関心を高めることよりも、知識や考え方を身につけさせることに重心を置いて指導を行っているのではないかと推測される。

前述のように、「科学と人間生活」は生徒の興味関心を高めることを目的として設置された科目であり、その内容の構成は物化生地の各分野から日常生活とかかわりのある項目を羅列したものとなっており、体系的な学習が出来るようなつくりにはなっていない。

学習指導要領解説を参照すると、他の基礎科目では科目の目標の文言に「基本的な概念や原理・法則を理解させ、科学的な見方や考え方を養う。」とあるが、「科学と人間生活」では「科学的な見方や考え方を養うとともに、科学に対する興味・関心を高める。」とかかれており、「基本的な概念や原理・法則を理解させ」の文言は入っていない。すなわち、やや極端な表現をすれば、「科学と人間生活」は、生徒の興味関心が高められればよいのであって、この科目を通して科学の基本的な概念や原理・原則を理解させる必要はないという風にもとれる。従って「科学と人間生活」の指導においては、科学の原理原則よりも指導要領の狙いに忠実に実験や実習を多く取り入れ、生徒の興味関心を喚起する方向で指導することが、「科学と人間生活」を最も効果的に活用する方法なのではないだろうか。

ただし、「4分野に触れなければならず負担が重い」「実験の準備が大変」のように、「科学と人間生活」の指導を苦手としている教員が多くいることも事実である。これらの問題に対する対策としては、補助教材を充実させるとともに、授業の組み立て方に悩む教員に向けて、生徒の層に合わせた様々な授業プランを準備しておくことが効果的ではないだろうか。特に実験や実習については、「科学と人間生活」のメインである一方で、教科書や教員向けの指導書に記されている説明は十分なものではない。そのため、普段とは違う分野の実験が上手くできずに不安を覚え、実験をせずに講義形式にしてしまうケースも多々見られる。

この問題への対策としては、岩手県の教員である石塚史子氏が「高等学校理科『科学と人間生活』におけるサポート資料の作成」という内容で研究を行っており、その中で数々の題材について、実験の背後の基本知識から実験方法、考察についてまとめたサポート資料を作成している[13]。このようなサポート資料がより広く用いられるようになれば、全体的に「科学と人間生活」の指導の質が向上すると共に、教員による指導の質の差も緩和されるだろう。また、教員が独自に考案した授業案を自由に投稿し、共有できるようなサービスがあっても面白いかもしれないだろう。

もう一つの課題は、興味関心を高めた後、本質的で深い理解へとつなげることができるような教育の仕組みが整備されていないことである。この問題も一筋縄ではいかないが、他の理科基礎科目との連携を強めることで教育効果の増大が期待できるのではないか。すなわち、内容が難解である高校理科への踏み台として、また連携に乏しい各科目の橋渡しとして「科学と人間生活」を活用することによって、興味関心を持たせるだけにとどまらず、より効果的な理科教育が行なえる可能性がある。

謝辞

本研究におきましては、本プログラムの特任講師である定松淳先生に大変丁寧なご指導を賜りました。本専攻とは全く異なる分野の研究ということもあり、初めはテーマを決めるところから一苦勞でしたが、(おそらく)他のどの先生よりも頻繁にミーティングの場を設けていただき、何回も議論を重ねたことで何とか研究を形にすることができました。また、インタビュー調査を行った際にも様々な段取りや調整をしていただき、大変恐縮です。本当にありがとうございました。

また、総合文化研究科の松田良一教授、数研出版の荒木功様、臼井宏之様には、ご多忙の中インタビューに応じていただき、貴重なお話を聞かせていただきました。お話を伺っていくなかで、教育の現状や数々の課題や問題点について知ることができ、大変貴重な経験をさせていただいたと思います。ありがとうございました。

この他、プログラムの受講を通してお世話になった先生方や、プログラムの同期や先輩方にも改めてお礼を申し上げます。

本郷での本専攻と駒場での副専攻の両立は大変な部分もありましたが、2つの専攻を通して、本専攻からは研究の手法を学び、副専攻からは様々な角度から物事を見ることができ、広い視野を身につけ、学業面で大変充実した大学院生活を送ることができたと思います。

ありがとうございました。

文献

- [1]藤島弘純(2003)『日本人はなぜ「科学」ではなく理科を選んだのか』築地書館
- [2]東レ経営研究所「TBR 産業経済の論点」(2007)『「理科離れ」解消のために何が必要か』
http://www.tbr.co.jp/pdf/report/mon_d002.pdf
- [3]文部科学省(2007)『OECD 生徒の学習到達度調査～2006年調査国際結果の要約～』
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/gakuryoku-chousa/sonota/071205/001.pdf
- [4]文部科学省(2006)『平成 18 年度版 科学技術白書』
- [5]国立教育政策研究所(2005)『平成 15 年度小・中学校教育課程実施状況調査結果の概要』 http://www.nier.go.jp/kaihatsu/katei_h15/H15/03001000000007001.pdf
- [6]文部科学省『理科の現状と課題、改善の方向性(検討素案)』
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/004/siryu/06082203/007.htm
- [7]文部科学省(2009)『高等学校学習指導要領解説 理科編』
- [8]東京都教育委員会(2011~2015)『東京書籍都立高等学校及び中等教育学校(後期課程)用教科書 教科別採択結果』
- [9]日本理化学協会(2015)『平成 27 年度アンケート集計結果』
http://nirika.jp/research/rep27_nrk_r.pdf
- [10]時事通信社(2015)『内外教育』2015年1月30日号

[11]数研出版『科学と人間生活 暮らしの中のサイエンス』

[12]第一学習社『科学と人間生活』

[13]石塚史子(2014)『高等学校理科「科学と人間生活」におけるサポート資料の作成』

http://www1.iwate-ed.jp/kenkyu/siryoku/h26/h26_0407_1.pdf

インタープリター養成プログラムを受講して

改めて振り返ってみると、優しくて頼りになる先生方と、大変個性的な学生たちに囲まれた、非常に濃い1年半だったと思います。

本プログラムで最も印象に残ったことは、やはり授業のたびに白熱するディスカッションだったと思います。参加する学生が皆こぞって発言し、授業終了の時間になっても一向に終わる気配がないディスカッションは大変衝撃的で印象的に感じました。毎回異なる価値観に立ったさまざまな意見がたくさん出て、議論に参加するたびに自分の視野が少しずつ広がっていったような気がしました。また、ディスカッションと同時に、講義で様々な分野の先生のお話を聞くことが出来たことも、非常に楽しかったです。

世の中には、様々な立場の人、様々な価値観を持った人がいます。まだまだ未熟ではありますが、インタープリター養成プログラムを通して、相手の立場や価値観を理解し、異なる背景を持つ人々とコミュニケーションをする上でのスキルが培われてきたような気がします。卒業後はメーカーで研究職として働くことになりましたが、本専攻で学んだこととインプリで学んだことの両方を生かして、活躍できればと思っています。

