

「電気・エネルギー」関連事項の検討

東京都立戸山高等学校

和田義昭

1. はじめに

中国の「科学課程標準」⁽¹⁾および日本の「小学校学習指導要領理科編」⁽²⁾は 2001 年、1998 年に大きく改訂された。両国の歴史や状況があつてのことであるが、結果的に良く似た構造となっていることは、今日の教育のグローバル化を反映したものといえるであろう。しかし、構造的に似ていても改訂の方向性が大きく異なっている。王智新⁽³⁾によると「教学大綱」⁽⁴⁾から「科学課程標準」への改訂は、教師の単なる教学計画から学校、地方、国家レベルでのカリキュラムの設置と構成という中華人民共和国成立以後最大の欧米型への教育改革であった。一方「小学校学習指導要領」改訂のねらいは武村重和⁽⁵⁾、角屋重樹⁽⁶⁾ら文部省教科調査官の構成的科学認識観を大きく反映しており、知識探究重視から体験活動重視へ変わっている。中国の「科学課程標準」および日本の「小学校学習指導要領理科編」の背景には、自然の事物現象の科学的認識に対する客観主義と構成主義との違いがあるのではないかと思われる。今回の日中教科書比較を行うにあたっては、これらの背景に留意しながら行うこととした。

2. 「電気・エネルギー」全体比較

(1) 全体比較

表 A の学習項目の対比表に見られるように日中とも学習項目自体には大きな差はない。学年配当は若干違っているが豆球と乾電池の接続から電気の基本性質の学習に入ることなど共通部分が多い。教科書のページ数はエネルギーの項目が無い日本の方が 9 ページも多い。これは日中の言語表現の特性によるものか、あるいは図表量などに起因するものと思われる。

(2) 使用用語について

本教科書比較において日中の使用用語をみると日本の「エネルギー」という言葉だけがカタカナになっており際立っている。この言葉はすでに生活用語として日常生活に浸透しているが小学校理科では自然科学の専門用語として「エネルギー」は扱われていない。仕事の定義、エネルギーの定義は中学校段階で行うこととなっている。

中国では、仕事の定義は小学校段階では行わないが、エネルギーの概念は独立した章を設けて扱われている。音や熱による力の発生という方法でエネルギーの概念を導入している。

(3) 教育課程構成上の比較

「電気・エネルギー」の扱いについて、「科学課程標準」の五分野「科学探究・情感態度と価値観・生命世界・物質世界・地球と宇宙」の中では、物質世界に配置されている。さらに物質世界は3部分「物体と物質・運動と力・エネルギーの表れ方」より構成され、「電気・エネルギー」の項目はエネルギーの表れ方の一つとして位置づけられている。

「小学校学習指導要領理科編」では各学年の内容は3分野(生物と環境・物質とエネルギー・地球と宇宙)より構成され、電気・エネルギーの項目は「物質とエネルギー」で取り扱われている。

一見、よく似た構成取扱いのように思えるが、中国ではエネルギーの表れ方の一つとして電気を扱うことが明確になっており「科学探究」の方法を身近な事物現象を用いて習得するものとして位置づけられている。「理科」学習指導要領では、「物質とエネルギー」の分野に入っているが自然の事物現象の主体化(認識)に力点が置かれ、エネルギーという用語事体が教科書には見られない。(表 B 参照) 日中教科書比較(電気)の中ではエネルギーの扱い方に大きな違いがある点が最も目立つところである。

(4) 内容・展開の比較

共通の学習項目は内容的にもほぼ同じであるが、電気の導入に日本はモーターから入り、電流の向きとモーターの回転方向を関連づけることで電流には向きがあることを強調している。中国は導入部分から照明(豆球)の明るさなどエネルギーの面を強調している。また、必ず家や身の回りのものを取り上げ実用性を重んじている。4年生で交流 220V や雷が出ており、段階を踏んで学ぶことよりも実用性を優先しているところがうかがえる。中国では4年生は調査・記録・交流(話し合い)、6年生は仮説・実験・報告発表・交流というように段階を踏んで科学探究の方法を学ばせようとする方向が強く出ている。

日本では光電池、リニアモーターカー、発電など先端技術を取り入れ未来志向がうかがえる。思考を誘導しようという意図が色濃く出ている。

電流、電圧、回路、電磁誘導、電気エネルギーの項目のうち言葉として出ているのは、日本では電流と回路のみである。(表 B 参照)中国ではすべての言葉が出ているが「身近な電気」の項で述べられているだけで深く原理法則を学ばせるためではない。よく見かける言葉として記述されているだけである。日本では電気の働きを体験的に学ぶということで一貫しており、電気力、エネルギーなども“電気のはたらき”に置き換え、電気を定性的体験的に捉えることに力点が置かれている。日中ともに客観的認識(計量)、法則性の認識については小学校段階では深く扱わないことで一致している。しかし、中国では結果をまとめる表作成を行わせる頻度が高く、探究・仮説の設定に力点が置かれて編集されている。日本では体験的に事物を認識することに力点が置かれており系統的な取り扱いについて不足している。(扱わない項目が比較的多い。“エネルギー、交流、”) これらを補うため章末に演習(たしかめ)を入れている。体験的に学ぶために新技術なども積極的に取り入れている。

中国では電磁気に関する多くの項目を取り扱っているが、系統性に欠ける。旧来の知識中心から探究主体への転換期にあつて、多くの項目を扱って探究活動によって系統的に学ばせたいとの意図があるのではないかと考えられる。以上の観点から「回路」「エネルギー」の項目について、詳細に検討することとする。

3. 「回路」「エネルギー」に関する教科書記述・内容比較

(1) 「回路」

日中共に興味関心を深めるために、ものづくりとしてオモチャの製作を導入に使うことが多い。中国のものづくりは、懐中電灯、信号機、断線推理板、家の照明配線模型づくりなどがあるが、いずれも豆球と乾電池の接続の延長上にあり変化に乏しい。家の照明配線などは、生活に密着した教材として使っているが子どものオモチャというより大人の視点で考えられている。しかし、学年進行とともに段階的に電気回路を展開している。断線推理板づくりなどは探究活動を意識したものづくりとなっており、推理、仮設、討論、検証をやり易くできるようになっている。

日本のものづくりはモーターを用いた自動車が特徴的である。モーターの回転方向で電流の向きを学ばせている。また、光電池を用い、自動車やゴルフを動作させて電流の大きさを学ばせている。光電池は電卓などで身近な生活に見られるものとして教材として奨励されている。音や光など感覚刺激を重視した教材選択が行われている。(表Aものづくり参照)

日中共に回路検査器として豆電球と乾電池による回路製作を行っている。スイッチの製作にゼムクリップを使用するなど共通する部分が多いが、中国では豆球の明るさを問題にしてエネルギーの概念を強調しているが日本では電池の接続方法と明るさを中心に進められている。

中国では表作成(表による資料整理)が、導入として多用されている。表を元に交流(話し合い)し、仮説を立てるという流れで一貫している。

(2) 「エネルギー」

中国では、力学から入り音・熱・光なども力に関連させて、段階拡張的にエネルギーであることを認識させている。水の三態変化などでもエネルギー変換の概念を扱っており、自然現象がエネルギー変換の過程であることを認識させようという意図が鮮明に出ている。エネルギーが独立した項目として取り上げられている。

日本では、光電池を扱っているところで電流のはたらきについて言及しているが、電流の大きさを指しているのか電気エネルギーを指しているのか不鮮明になっている。「学習指導要領」では「エネルギーの定義」の扱いは中学校で行うこととされており、エネルギーという言葉は本文には見られない。(表B参照)しかしながら、「発展的指導」の部分で発電の方法として自然エネルギーの利用を扱っている。太陽エネルギーという用語を使用しているのみで定義概念に深入りしていない。環境教育という観点から太陽エネルギー、自然エネルギーという用語が使われているが定義のはっきりしない言葉となっている。中国語のエネルギーに対応する日本語が無くカタカナ語(エネルギー)が使われている。

4. <考察>

「課程標準(実施提起)」をみると中国では、学年配当・学習順序・標準時間・学習教材について教師の裁量(自由度)が大きい。そのため、教科書の学習順序、配当時間、項目、教材などが自由に組みかえられるので教師の力量(裁量)で様々な展開が可能である。(*地

域・学校間格差が大きいと思われる)

日本の学習指導要領では、学年配当、標準時間、学習教材などが定められており、教師の裁量は小さく地域・学校間格差は小さいと考えられる。

(1) 体験活動重視と探究活動重視

自然の事物現象に対する科学的認識の構成主義と客観主義の違いは、学習活動において体験活動重視と探究活動重視の違いとして表れている。日中で同じ“ものづくり”でも体験活動重視では、“ものづくり”を通して感覚器(脳)を刺激し主観形成をねらいとする。探究活動重視では、仮説・実験・検証の道具として“ものづくり”が行われる。電気・エネルギーの分野では日中ともに“ものづくり”を通して学ぶことが奨励されているがそのねらいには違いがあると考えられる。

(2) 環境教育に関して

環境問題は、大きく分けると2つに分けられる。一つは現生人類に健康被害をもたらす現在から比較的近い将来までの範囲で起きる事象、つまり因果関係、予測の精度が高い事柄を扱うもの。もう一つは現生人類から比較的遠い将来の人類に起きる現象で因果関係、予測の精度が比較的低い事柄を扱うものである。前者は地域環境問題(公害)、後者は地球環境問題と分けることもできる。前者は自然科学的因果関係で論じることが容易で価値判断などが個人によってそんなに問題にならないが、後者は個人の枠組みを越えて社会の在り方や社会的認識に関わるものつまり社会的合意形成が問題となるものである。これらを区別しないと個人の生き方(ライフスタイル)が社会規範(社会的合意)によって強要される事態を招く危険性がある。理科(自然科学)教育の中で環境教育を扱うときには、このことに留意する必要があると考えられる。

環境教育では、発電、省エネ、自然エネルギーなど“エネルギー”が欠かせない。しかしながら理科におけるエネルギーと社会科におけるエネルギーの使い方は異なっている。エネルギーの自然科学的定義(力学)を拡張して、熱や電気などをエネルギーの一形態として、概念を学ぶのが理科とすると、社会現象を含めて更に拡張したのが環境教育におけるエネルギーといえるのではないだろうか。

環境教育を考える上で今日「持続可能な社会の構築」をキーワードとして構成されることが趨勢となっている。地球温暖化・エネルギー問題など持続可能な社会構築のための政策の方向性が問われる、社会認識の形成が「持続可能な社会の構築」につながるということと思われる。この「持続可能な社会の構築」に自然科学(理科)教育はどのように関係するのだろうか。事物現象の自然科学的認識は、事物現象への観察・実験より引き出される、つまり「探究」によって得られる個人のものであって、社会認識とは本来切り離されて論じるべきところであろう。個人の認識によって社会認識が構成されているはいるが、個人の自然科学的認識と社会認識は当然違うこともある。自然科学的認識のあり方からは、むしろ社会認識の客観性を疑うことが個人に求められているのではないだろうか。環境教育を考える上では個人と社会の関係性が問題となるだけにこのことは重要であると考えられる。

「地球温暖化」を例にとると地球温暖化の「メカニズム」を教えることも重要であるが「地球が温暖化している」のかを探求すること、つまり「地球温暖化」を疑うことも同様に重

要である。その上で社会的認識が形成されるのであろう。自然科学的認識を基調にした「自然に親しむ・環境にやさしく」ということが求められているのではないだろうか。

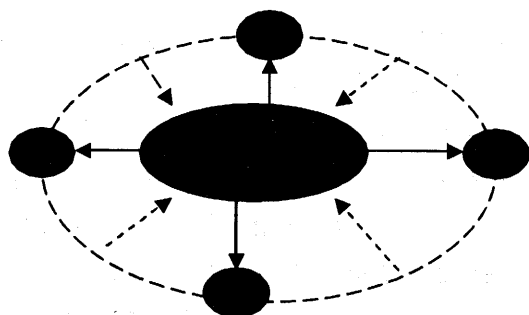
自然科学的認識ができていない社会認識は、個人への社会認識の強制につながる。自然科学的認識の薄い「地球に優しい行動」は言わば「全体主義」につながるのではないかと考えるのである。省エネ行動やごみの分別行動は「みんなで決めたことだから守らなくてはならない」となってしまうと「持続可能な社会」の構築からはおよそ正反対の方向に進んでいるように思う。だからこそ小学校段階での理科(自然科学)教育は、行動にいたる過程すなわち探究活動が重要である。自然に親しむ体験活動が教師の誘導によって教師と同じ体験を有することを意図することは避けなければならない。

環境教育にとって、小学校段階での自然科学教育の重要性はますます高まってきていると思われる。今後は環境教育の視点から日中両国における小学校科学・理科の教育課程改革を比較する必要があると考える。

(3)用語と科学認識に関して

自然科学における用語は専門用語として厳密に定義されている。客観的に存在する事物現象の属性として導き出されるものである。主観的認識と関係性の中で導き出される生活用語とは明確に区別されるものである。両者で同じ言葉が使われていても意味が異なるのではないかと考えられる。自然科学の言葉ははじめに定義があり、事物の客観的存在を前提として出発している。一方社会科学の言葉は、主観の一般化(共有化)から作られ、概念形成あるいは認識過程の中で作られる。同じ言葉でも発生起源が異なるのではないかとと思われる。前述の”エネルギー”という言葉にその違いが表れていると考える。

教科書における用語使用においても、生活言語(社会用語)と科学言語(専門用語)とを区別していくことが求められているのではないだろうか。とりわけ小学校科学・理科教科書では、分かりやすい表現や言い回しを優先し、ともすれば両用語の区別が曖昧になっていると思われる。今後は教科書においても科学言語(専門用語)と生活言語(社会用語)を区別した分かりやすい表現を工夫していくことが求められている。“エネルギー”という用語について今回検討したがすべての用語について日中教科書を比較検討することが今後の課題として残されていると考える。



自然科学の用語概念図



社会科学の用語概念図

(4)おわりに

日本においても中国においても小学校自然科学教育カリキュラムは近年の改訂によっ

て大きく変わった。日本においてはすでに次期改訂に向けての骨格が固まりつつある。「中教審教育課程部会審議経過報告書」⁽⁷⁾によると環境教育に関しては“エネルギー・環境教育”のようにエネルギーという言葉が環境と並列的に付け加わった。「各教科および総合的学習の時間で環境教育が実施されてきているが持続可能な社会の構築が求められていることから“エネルギー・環境”の観点から更なる充実が必要である」と述べられている。一方、中国においても2003年「中小環境教育教学大綱」が制定され、各教科の基礎の上に持続可能な発展のために環境教育の充実が一層求められていることを鮮明に打ち出した。時期的にも内容的にも同様な観点から方向性が示されたことは偶然の一致ではないであろう。持続可能な社会の構築とエネルギーをキーワードとして日中両国の教育課程の改変が進められ、構成的認識論に基づくカリキュラム編成が行われること自体は否定されるべくも無いが、理科(自然科学)教育と環境教育の異同については議論の余地があると思われる。本研究により、日中におけるカリキュラム改訂は、自然認識観によって大きく変わり、それに伴って教科書の教材・展開の仕方も変ることが明らかにされた。脳神経科学や認知神経科学の発達とともに感覚認知の主観主義、構成主義によって教育の相対化が進められてきた。言葉と論述力の強調もその延長線上にあると思われる。今後は本研究が明らかにした構成主義に基づく理科・科学教育課程が昨今の教育課題である「教師不信」「探究力の低下」「観察実験の軽視」を招いているのではないかという仮説の検証を行っていかねばならないと考える。

<註>

- 1) 中華人民共和国教育部制定,『科学(3-6年級)課程標準(実験稿)』,北京師範大学出版社,2001年
- 2) 文部省,『小学校学習指導要領』,東洋館出版,1998(平成10)年
- 3) 王智新,『現代中国の教育』,明石書店,2004年
- 4) 中国国家教育委員会制定,『九年制義務教育全日制教学大綱』,1988年
- 5) 武村重和,「新しい理科教育パラダイム」,『楽しい理科授業』,明治図書,1997年,7月号
- 6) 角屋重樹,『理科学習指導の革新』,東洋館出版社,1998年
- 7) 中央教育審議会初等中等教育分科会教育課程部会,審議経過報告,2006(平成18)年2月13日発表
- 8) 中華人民共和国教育部制定,『中小環境教育專題教育大綱』,2003年2月20日制定

<資料>

表A 学習項目・教材・展開比較表

	中国(教育科学出版社)			日本(東京書籍)		
学習項目	題材・教材	学年 頁数	展開(学習の流れ)	題材・教材	学年 頁数	展開(学習の流れ)
導体・絶縁体 * 導体と絶	乾電池 豆電球、ソケット、電池ボ	4年 下 pp.	(2)豆電球をつける ・豆球を発光させる。(製作/交流)	乾電池、導線、豆電球、ソケッ	3年 pp. 62-69	・豆電球の明かりをつけよう(製作) ・導体と絶縁体 (実

縁体の区別ができる。電流が流れることと流れないことを理解する。	ツクス、導線 ゼムクリップ、消しゴム	4-5	・図の電球のどれがついて、どれがつかないか？ (記述) *ショートについての注意	ト、クリップ、釘、消しゴム、アルミ箔		験/表) [回路検査装置] ・スイッチをつくる う (製作)
		4年下 pp. 10-11	(5)導体と絶縁体 ・25種類の物体が導体か絶縁体かを検査して区分しよう。(実験/表/交流) ・教室の電気設備の絶縁材料と電気を安全に使うための注意(記述)			
電気 *身の回りの電気を通じ、取り扱いの注意を学ぶ。	家の電気器具、雷、摩擦電気	4年下 pp. 1-3	(1)電気と私たちの生活 ・家の中の電気器具を調べよう。(資料収集/表作成) ・私たちの知っている電気に関する知識を話し合う。(交流) *220V 交流と感電注意 *雷への注意			
回路 *簡単な電気回路をつくり、回路図にすることができる。	乾電池 豆電球、ソケット、電池ボックス、導線	4年下 pp. 6-7	(3)もっと多くの電球をともさせる。 ・ソケットの豆電球を使う。(観察/製作/作図) ・更にたくさんの電球をともす。(交流)	モーター 豆電球、電子オルゴール	4年下 pp. 13-14	(1)-2モーターの回る向きはなにによってかわるのだろうか。 (実験) *検流計①豆電球と電子オルゴールと電流の向き
	乾電池 豆電球、ソケット、電池ボックス、導線	4年下 pp. 8-9	(4)回路が故障した。 ・どこがおかしいのだろうか？(交流) ・回路検査装置をつくる。(製作)			
実用回路 導体・絶縁体/スイッチ/ *各部品を組み合わせて回路をつ	乾電池 豆電球、ソケット、電池ボックス、導線 ゼムクリップ	4年下 pp. 12-13	(6)スイッチをつくろう ・懐中電灯を観察する(観察) ・私たちの豆電球にスイッチを作ろう(交流/製作) ・赤青黄	モーター、導線、乾電池、乾電池ボックス、目玉クリップ(スイッチ)	4年下 pp. 10-14	(1)自動車を走らせよう(製作)

くる	乾電池 豆電球、ソケット、電池ボックス、導線 ゼムクリップ、ポ ール紙	4年 下 pp. 17-1 8	・部屋の照明回路を設計する。(交流) ・部屋の照明回路を作る。 (製作)			
接続 *回路ができていない原因を推定できる。	乾電池 豆電球、ソケット、電池ボックス、導線 配電盤	4年 下 pp. 14-1 5	(7)内側はどのような接続だろう ・考えてみよう (提示) ・内側の接続は (実験/表) ・回路遊戯盤をつくろう (製作)			
電池 *直列接続と並列接続の違いを認識させる。	乾電池 豆電球、ソケット、電池ボックス、導線	4年 下 pp. 16-1 7	(8)私たちはどちらをせんたくするか。 ・2つの異なる接続方法を比較する。(記述発問)	乾電池、豆電球 モーター(模型)	4年下 pp. 14-19	(2)自動車をはやく走らせよう。(実験/交流/表作成) *電池のつなぎ方 *つなぎ方と明るさ *つなぎ方と回り方 *注意事項(ショート)
				乾電池、豆電球、モーター(プロペラ)、電子オルゴール、 <u>光電池</u>	4年下 pp. 20-25	(3)光電池のはたらきをしらべよう。(実験) ・光電池は当てる光の強さをかえると、電気のはたらきの大きさがかわるのだろうか。(実験) ・光電池を使ったおもちゃをつくろう。(製作) ・たしかめ(演習)
エネルギー *エネルギーの概念と種類を認識する。	風車、水車、車、扇風機、カエルの鳴き声器	6年 上 pp. 55-5 7 pp. 58-5	(1)いろいろなエネルギー ・そこにエネルギーがある。(記述導入) *エネルギーの定義 ・身の回りのエネルギーを探そう(観察/表) (2)エネルギー転換			

		9	<ul style="list-style-type: none"> ・電気エネルギーは私たちに何をしてくれる？(表作成) ・電気エネルギーはどのように作られる。(表作成/製作) <p>* 電気器具はエネルギー転換器具である。</p>			
電磁石 * 電磁石の働きが大きさが電流の大きさと巻き数に關係していることを知る。	磁石、導線、乾電池、釘、紙やすり	6年上 pp. 60-61	(3)電磁石 <ul style="list-style-type: none"> ・電流を流した導線を磁針に近づけよう。(実験) ・電磁石の製作(製作) ・電磁石にNS極はあるのか？(観察考察) 	電磁石、鉄の釘、検流計、銅の釘、アルミの針金、エナメル線	6年下 pp. 36-39	(1)電磁石の性質をしらべよう。 <ul style="list-style-type: none"> ・電磁石はどんな働きと性質をもっているのだろうか？(製作/実験) <p>* 電磁石の製作、検流計と方位磁石の向き</p>
	磁石、導線、乾電池、釘、紙やすり	pp. 62-63	(4)電磁石の磁力 <ul style="list-style-type: none"> ・仮説を立てよう ・実験計画を立て、実験する。 ・報告交流し、成果を共有する <p>* 我々の研究の結論</p>	電磁石、乾電池、検流計、スイッチ	6年下 pp. 40-43	(2)電磁石のはたらきを大きくしよう。 <ul style="list-style-type: none"> ・電磁石のはたらきをおおきくするにはどうしたらよいのだろうか。 <p>(実験計画/実験/表整理)</p>
					エナメル線、ゼムクリップ、乾電池	6年下 pp. 46-47
エネルギー変換 * 現象や道具をエネルギー変換の視点で見ることが出来る。	温度計、水、水蒸気、水の三態変化と熱の出入り	6年上 pp. 64-65	(5)水の変化と熱伝導 <ul style="list-style-type: none"> ・氷の融解(実験観察) ・水の気化(実験観察) ・水と水蒸気の熱の出入り(実験観察) 	モーター リニアモーターカー、掃除機、電気自動車 風力発電、太陽光発電、コンピューター	6年下 pp. 44-45 6年下 pp. 48-49	* 発展 <ul style="list-style-type: none"> ・<u>発電</u>(電気を起こす) ・電気の利用
					P49	・たしかめ(演習)

表 B 使用用語比較表

用語（中文）	使用	備考	用語（日本語）	使用	備考
电阻	×		抵抗	×	
电流	○		電流	○	
电压	○	家の電気，高圧線での記述	電圧	×	
能源	○	独立「筋」	エネルギー	×	電流の働きの記述
交流	○	V(ボルト)って何の記述	交流	×	
直流	×	干電池として記述あり	直流	×	
电路图	○		回路図	○	
串联	○	電池の接続	直列	○	電池・豆球は2個まで
并联	○	電池の接続	並列	○	電池・豆球は2個まで
导体	○		導体	○	
绝缘体	○	不導体の記述なし	絶縁体	○	不導体の記述なし