

現代アメリカにおける普通教育としての技術教育教科書の研究（その2）
——『設計・技術・工学の探求』のエネルギー変換技術に関する内容を中心に——

横尾恒隆¹、富澤健太²、上里正男³

A Study on Textbook of General Technology Education in the United States (2): Focusing on the contents relating to Energy Conversion Technology in *Exploring Design, Technology, & Engineering*.

Tsunetaka Yokoo¹, Kenta Tomisawa², Masao Uesato³

¹横浜国立大学教育人間科学部、²横浜市立本牧小学校、³山梨大学大学院教育学研究科

¹Yokohama National University, School of Education and Human Sciences, ²Honmoku Elementary School, ³Yamanashi University, Graduate School of Education

はじめに

今日普通教育としての技術教育の必要性は、「これがなければ、普通教育が不完全になるような普通教育の本質的な構成要素になるべきである」というユネスコ「技術・職業教育に関する改正勧告」¹⁾（1974年）などの形で国際的にも確認されている。また現在では実際にも、多くの国々で、普通教育としての技術教育が初等教育から開始され中等教育（学年の点では第11学年が平均的）まで、教科指導として行われている²⁾。これに対し日本の場合、普通教育としての技術教育は、①事実上中学校の技術科でしか行われておらず、しかも②技術科は、「技術・家庭科」として、目的や性格が本来異なる家庭科と括られているという問題点が指摘されており、世界的な動向に遅れてきたといっ
てよいであろう。また授業時間数は諸外国と比べても非常に少なく、しかも学習指導要領改定のたびに減少してきた³⁾。

しかし最近では、日本においても普通教育としての技術教育の水準向上の動きも見られる。2008年版学習指導要領では、「理数教育重視」の一方で中学校技術科の授業時数は据え置かれてしまった等の問題点が指摘されている⁴⁾ものの、この教科の内容は「材料と加工に関する技術」、「エネルギー変換に関する技術」、「生物育成に関する技術」、「情報に関する技術」から構成されることになった⁵⁾。これは1998年版学習指導要領⁶⁾で、この教科が「技術とものづくり」、「情報とコンピュータ」の2つの分野から構成され、すべての生徒が学習すべき内容が、①木材加工を中心とする材料加工、②コンピュータ（とりわけアプリケーション・ソフト）やインターネットの活用などに限られることになっていたことと比べ、大きな変化であるといえることができる。

2008年版学習指導要領における中学校技術科の内容構成には、ひとつには、日本国内における議論が影響を与えた⁷⁾ことは否定できない。しかし同学習指導要領におけるこの教科の内容構成は、普通教育としての技術教育をめぐる世界各国の動向を反映したものである。1980年代以降世界各国では、普通教育としての技術教育の内容構成が、「製図」、「加工」、「機械」、「電気」といった伝統的なものから、①「生産」ないし「製造」、②「エネルギー／動力」、③「建設／建築」、④「情報と

通信」などの内容から構成されるものへと変化してきた⁸⁾。上記の 2008 年版学習指導要領における中学校技術科の内容構成は、1980 年代以降の技術教育の内容構成の国際的な動向を反映したものと見ることができる。

しかし現在、世界各国では、普通教育としての技術教育の内容の変化は、一層進行している。その例をアメリカ合衆国（以下アメリカ）に見ることができる。同国の場合、普通教育としての技術教育に関する教科を「技術科」から「工学」（engineering）あるいは「技術・工学」（technology and engineering）への変更が議論されている⁹⁾。

こうした動きに影響を与える議論やプロジェクトとして、①技術教育関係の専門職団体のひとつである国際技術教育協会（International Technology Education Association、略称 ITEA、なお現在同協会は、国際技術・工学教育者協会、International Technology and Engineering Educators Association（略称 ITEEA）に改称されている）が 2000 年に出版した『技術リテラシーのためのスタンダード』¹⁰⁾（*Standards for Technological Literacy*、以下『スタンダード』）、②工学予備教育（pre-engineering education）に関するプロジェクトのひとつである Project Lead the Way（以下 PLTW）を挙げることができる¹¹⁾。

両者は、①普通教育としての技術教育の内容を一層高度化させ、②技能習得よりも科学的概念の形成を重視する「技術科」の特徴を一層推し進める方向性をもつなどの点で、共通点もある。しかし『スタンダード』が、従来の工業技術に関する内容に加えて、農業技術やそれと関連するバイオテクノロジー、さらには医療技術などの内容を加えることを提起しているのに対して、PLTW は、製造技術中心の技術教育を推進するという違いがある¹²⁾。

これらの報告書やプロジェクトのうち PLTW については、その教育課程の枠組みや全体的な特徴、さらには同プロジェクトの下で編修された教科書の内容上の特徴について明らかにされている¹³⁾。

一方『スタンダード』については日本国内でも関心が高く、その発表の 2 年後の 2002 年には、同『スタンダード』の翻訳が出された¹⁴⁾。しかしその後同『スタンダード』が実際のアメリカの技術教育に対して与えた影響はほとんど解明されていないように思われる。

こうした研究動向に鑑み本稿では、上記の『スタンダード』と同様、普通教育としての技術教育の内容に、医療技術、バイオテクノロジーなどの内容を積極的に位置づけようとしている教科書『設計・技術・工学の探求』¹⁵⁾（*Exploring Design, Technology, & Engineering*, 2012）の内容を、エネルギー変換技術に関する内容を中心に分析し、その特徴を『スタンダード』や PLTW の一環として編修された教科書との比較という点から解明することを意図する。

1. アメリカにおける普通教育としての技術教育の歴史的展開

最初にアメリカにおける普通教育としての技術教育の歴史的展開についてみることにする。1880 年代以降アメリカでは、手工教育運動（manual training movement）展開などの影響下で、手工科（manual training）、工芸科（manual arts）等の形で、普通教育としての技術教育の教科導入が始まった¹⁶⁾。さらに 20 世紀になると普通教育としての技術教育の名称としては、「産業科」（industrial arts）が一般的なものとなった¹⁷⁾。この「産業科」は、「設計・製図」、「木材加工」、「金属加工」などの内容から構成され、実習室の作業を通じた道具・機械の使用技能や材料、工程の理解などが重視されていた¹⁸⁾。

しかし 1980 年代になるとアメリカにおける普通教育としての技術教育の教科は、「産業科」から、

「技術科」(technology)への切り替えが進んだ。後者は、「コミュニケーション技術」、「製造技術」、「エネルギー／動力／輸送技術」、「建築技術」などの内容から構成され、「産業科」のときよりも、科学的な概念の形成等を重視している点に特徴があった¹⁹⁾。

さらに2000年代になると「技術科」の内容をいっそう高度化させる動きが出現した。その一例として、先述の『スタンダード』を挙げることができる。この『スタンダード』は、幼稚園から12学年まで技術教育を施すことなどを勧告すると同時に、「技術科」の内容構成を刷新し、この教科の内容を、①技術の本質、②技術と社会、③設計、④技術社会で必要な能力、⑤設計された世界(医療技術、農業及び関連するバイオテクノロジー、エネルギーと動力技術、情報通信技術、輸送技術、製造技術、建設技術)で構成することを提言した²⁰⁾。

この『スタンダード』は、製作実習よりも設計を重視しており、工場労働者の職務内容よりも技師(エンジニア)のそれを基盤としたものとなっている。これは、現代のハイテク社会の到来による技術の高度化を、それまでの技術教育よりも意識したものであるといえよう。それと同時にこの『スタンダード』は、医療技術やバイオテクノロジーに関する内容を、普通教育としての技術教育に位置づけることを提起している点でも注目される。

以下では、「スタンダード」出版後のアメリカにおける技術教育に関する議論、プロジェクト、さらにはそれらを受けて編集された教科書の内容やその特徴について述べることにする。

2. 現在のアメリカにおける普通教育としての技術教育の教育内容編成の動向

(1) 普通教育としての技術教育の内容編成をめぐる2つの潮流

先述のように『スタンダード』発表以降、普通教育としての技術教育の教科を「技術科」から「工学」、「技術・工学」へと変更することが議論されている。

こうした議論には、①技術教育へのイメージアップ、②現在アメリカで、学力向上が議論になっている数学や科学の教育との関係を強化するといった側面のほか、③技術が益々高度化し、それを担う人材が多く必要とされるにもかかわらず、実際には技術に関心を持つ成人や子どもが少なく、将来技術者が不足する可能性が高くなっていることへの危機感もあると指摘されている²¹⁾。

しかし、「技術科」の「工学」、「技術・工学」への変更をめぐる議論においては、先述のように2つの潮流が存在する。ひとつは、上記の『スタンダード』の路線を踏襲し、普通教育としての技術教育の内容に、医療技術、バイオテクノロジーなどの内容を積極的に位置づけようとするものである。そのような方針の下で編集されたと考えられる教科書の例として、本稿で主たる対象とする『設計・技術・工学の探求』を挙げることができる。

本書の内容は、①技術の範囲、②資源と技術(道具と技術、材料と技術、エネルギーと技術、情報と技術)、③技術の創造(発明と革新、設計の過程、問題の識別、解決策の創造、洗練、モデル化、解決策の試験、伝達)、④技術の文脈(農業と関連する技術、建設技術、エネルギー変換技術、情報・コミュニケーション技術、製造技術、医療技術、輸送技術)、⑤技術と社会(技術の影響、技術と未来)から構成されている²²⁾。

同書の内容構成には、①「技術の範囲」など技術の本質に関する部分、②「技術の創造」における設計に関する部分を重視している点で、『スタンダード』のものと類似していることが指摘される。

また同書は、最近のSTEM(Science, Technology, Engineering, Mathematics)教育をめぐる議論の活発化を反映して、この種の教育との関係を意識し、分野ごとに、数学や理科での学習事項を関連し

て取り組むべき活動（例えば数学との関連では、家庭で使用する主要な製品のエネルギー消費量のグラフを作成するなどのそれ）を列挙している。

このほかこの教科書では、各章の章末に生徒が取り組むべき「活動」の内容を掲載している。その内容をみると、製作品の製作や機器のメンテナンスをする「実習」としての性格を持つものというよりも、実験や発表に関するものに重点が置かれている。その例としては「輸送」の分野における活動をあげることができる。そこでは、発泡スチロールで異なる型の船底をもつ模型の船を製作して、その効率を比較することになっている。

（3）製造技術に関する内容に重点を置いたプログラムに基づいた教科書の例

「技術科」を「工学」、「技術・工学」に変更する議論のもうひとつの潮流は、製造技術に関する内容に重点を置いたもので、PLTWは、そのような潮流に位置づく。同プロジェクトは、もともとは4年制大学工学系学部への進学希望者を対象としたハイ・スクール（高校に相当する。9～12学年）・レベルの工学予備教育（pre-engineering education）として始まった²³⁾。しかしやがてこのPLTWについては、中学校に相当するミドル・スクール（6～8学年）・レベルのプログラムも開発された。同プログラムの下でミドル・スクール用の教科書として編集されたのが、『工学への門戸』²⁴⁾（*Gateway to Engineering*, 2010）である。同書は、「工学入門」、「工学的なアイデアの伝達」、「工学設計のモデル化」、「工学におけるエネルギーの利用」、「電気と電子」、「生産システム」といった項目から構成されている。同書の構成は、設計→エネルギー→電気・電子→生産システムという流れで構成されているが、最終的には、生産システムに収斂するような形で構成されている。こうして『工学の門戸』においては、製造技術を重視した内容構成になっている。

また同書の「生産システム」においては、ロボット工学、オートメーション（CAD、CAM、FMSなど）等、いわゆるハイテク技術に関する内容をかなり含んでいることもその特徴として挙げることができる。

3. 『設計・技術・工学の探求』の内容上の特徴——エネルギー変換技術に関する部分を中心に

（1）エネルギー変換技術に関する分野の扱いの歴史的变化

以下では、内容構成の点で『スタンダード』の影響を受けていると考えられる『設計・技術・工学の探求』の内容上の特徴を、エネルギー変換技術に関する部分を中心に解明することを意図する。

しかしその前に、アメリカの技術教育におけるこの分野の取り扱いの変遷について述べる。1980年代までの「産業科」の特徴を示している『一般産業教育』（*General Industrial Education*, 1988）では、製図、木材加工、金属加工において実習室での作業を通じた技能習得などを重視していたけれども、その傾向はエネルギー変換技術に関する内容にもみられる。同書の場合、「エネルギー」、「エネルギー変換」といった項目はなく、エネルギー変換技術に関する内容は、「電気」や「輸送」の分野に含まれていた。これらの分野において重視されていたのは、電気回路の仕組みやガソリン・エンジンのそれなどに関する知識に加えて、電気工作やエンジンのメンテナンス等の実習に関する内容であった。しかしながら同書の場合、エネルギーの性質に関する部分については、エネルギーの種類やエネルギー源について若干触れているのに過ぎない²⁵⁾。

つぎに1980年代以降の「技術科」の特徴を反映した『技術：今日と未来』（*Technology: Today and Tomorrow*, 1988）の場合、「輸送」の分野で、自動車、航空機、鉄道車両といった現代の輸送機関の

特徴について説明しているほか、電車におけるモータの利用、無人搬送車におけるコンピュータ制御の利用、電池の研究の成果としての電気自動車の開発など、輸送機関の発達に技術の発展が貢献していることに言及している。しかし同書の場合も、「産業科」時代の教科書としての特徴を持つ『一般産業教育』ほどではないにせよ、ガソリン・エンジン等に関しては、点火システムや、始動系統、注油システム等についても詳細に記述されており、「産業科」時代の教科書の内容の名残もみられる²⁶⁾。

それに引き続いて2000年以降の教科書等についてみることにする。まず教科書ではないけれども、ITEAの『スタンダード』では、エネルギー変換技術は、「エネルギーと動力技術」で扱われ、より一層、科学的概念の獲得を重視したものへと変化している。この分野について『スタンダード』は、中学校に相当するミドル・スクールの段階では、エネルギーや仕事率の定義に加えて、①動力システムは、他の技術的システムを動かし推進力を提供するために使われる、②自分たちの周囲で使われるエネルギーの多くが、効率的に使われていないことを認識させる必要があると提起している²⁷⁾。

最後に最近出版された教科書のひとつである先述の『工学への門戸』を取り上げる。同書では、エネルギー変換技術に関する内容は、まず第4部「工学におけるエネルギーの利用」で扱われている。この第4部では、最初にエネルギーの定義について述べた上で、①さまざまな発電方法（風力、太陽光、地熱、原子力など）、②単純機械（ネジ、テコ、輪軸）や歯車機構等の伝達機構について教授することになっている。この部分で同書は、仕事や仕事率に関して、 $W=F \times d$ （仕事(Work) = 力(Force) × 距離(Distance)) や、 $P=W/t$ （仕事率(Power) = 仕事(Work) / 時間(Time)) などについて数式を用いて説明し、流体力については、ボイル・シャルルの法則やパスカルの法則などにも触れるなど、『スタンダード』と比べても、エネルギー変換技術について高度な内容を取り上げている²⁸⁾。

つぎに第5部「電気・電子」は、「電気の理論」、「電気回路」、「電子工学」の3つの章に分かれ、原子の構造なども踏まえて、電気や電子工学について学習するようになっている。これらの内容のうち電子工学については、トランジスタやダイオード、さらには、2進数の計算や論理回路など現代の電子工学技術に関する内容も含まれている²⁹⁾。

以上のように『工学への門戸』は、数式等も用いながら、エネルギーの定義や流体力などに関するエネルギー変換に関する各種の法則について説明しており、その内容は、かなり高度なものとなっている。その一因は、同書がPLTWという、4年制大学工学系学部への進学準備教育を意図した工学予備教育の教科書のミドル・スクール版として編集されたことが影響していると考えられる。

これに対し本稿が主たる分析対象とする『設計・技術・工学の探求』は、エネルギー変換の仕組みなどの科学的理解を重視する点で、『工学への門戸』の内容と類似している点もある。しかし『設計・技術・工学の探求』は数式をほとんど用いず、エネルギーの性質、主要なエネルギー資源の特徴や用途、主要なエネルギー変換装置の仕組みなどの基本的な説明を重視している。

以下ではそのような特徴を持つ同書におけるエネルギー変換技術に関する内容を分析し、その特徴を解明することを意図する。

(2) 『設計・技術・工学の探求』におけるエネルギー変換技術に関する内容（その1）

――「エネルギーと技術」（第6章）

『設計・技術・工学の探求』³⁰⁾では、エネルギー変換技術に関する内容は、①第2部「資源と技術」に含まれている「エネルギーと技術」（第6章）、②第4部「技術の文脈」に含まれる「エネルギー変換技術」（第21章）で取り上げられている。まず前者の内容から検討する。この章では、エ

エネルギーの定義、性質、資源など、エネルギーについての基本的な事項について説明している。

1) 「エネルギーと仕事」、「エネルギーと動力」(139~142 頁)

ここでは、まずエネルギーを、「仕事」(Work) をするための能力であると規定している。つぎに、エネルギーと人間の生活との関係について触れ、前者が人間の要求、欲求を満たすために必要不可欠である一方、現代社会でのエネルギー使用量の増大(古代と比べて約100倍)と人口増加の観点から、省エネルギーを進める必要性を提起している。

さらにこの部分では、机の上にある鉛筆の例を挙げて、運動エネルギーと位置エネルギーについて説明している。そこでは鉛筆が机の上に置かれている際には、位置エネルギーをもつものに対し、床に落ちる時には、そのエネルギーが運動エネルギーに転化すると説明している。

2) 「エネルギーの性質」、「エネルギーの形態」(142~143 頁)

これらの節のうち「エネルギーの性質」では、エネルギーの定義と基本的な性質について説明している。まずエネルギーの定義として、物の移動、照明、荷重の引き上げ、加熱に利用されるものだと規定している。それと同時に実際にエネルギーが使用される際には、その形態が変化させられることにも言及している。その事例として懐中電灯と人体を挙げ、前者については、電池に蓄えられた化学エネルギーが光エネルギーに変換されると説明している。

同時に本書は、エネルギー保存の法則とエネルギーの形態を変化させる際に生じる損失についても説明している。後者の例としては電球を挙げ、それが電気エネルギーを光エネルギーに変換する際には、熱エネルギーとなってしまふ部分があると述べている。

つぎに「エネルギーの形態」では、光エネルギー、熱エネルギー、力学的エネルギー、化学エネルギー、電気エネルギー、原子力エネルギーを挙げ、各々の特徴や用途について説明している。

3) 「エネルギー資源の種類」、「一般的なエネルギー供給」(143~153 頁)

「エネルギー資源の種類」では、エネルギー資源利用の歴史の変遷について記述し、かつては天然のエネルギー資源に依存していたため、(例えば渇水期には水車を利用することができず、また無風の際には大型帆船を動かすことができなかつたというように)エネルギー利用の方法には限界があり、そのため人々は簡単に制御し利用できるエネルギー資源を求めるようになったと論じている。

それに続いて「第一次エネルギー資源」と「第二次エネルギー資源」の区別について述べている。これらのうち前者は、木材、石炭、石油、天然ガス、ウラン、風力、水力、そして太陽光など天然資源の形態を取るものである。一方後者は、電気、ガソリン、プロパンガスなど、「第一次エネルギー資源」を人間が利用するのに適した形態に変化させたものだと説明している。

つぎに「一般的なエネルギー供給」では、最も使われているエネルギー源として、化石燃料、水力、原子力を取り上げている。まず化石燃料については、泥炭、石炭、石油、天然ガスを挙げ、それぞれの特徴や用途等について述べている。

それに続いて水力については、最初にそれが利用されるようになった歴史的経緯に触れ、かつて木製の水車が製粉などのために使用されていたと指摘している。またその際には、流水による運動エネルギーが、水車を動かす力学的エネルギーに変換されていたと説明している。それと同時に水力タービンを利用した水力発電の仕組みについて解説している。

最後に原子力に言及し、それに利用される核反応として、核分裂と核融合の2つを挙げている。これらのうち前者については、原子核の分裂反応により、膨大な量の熱、光を放出することを意味しており、それが原子力発電にも利用されていることに触れている。一方後者については、水素原子の結合により、膨大な量のエネルギーが発生するもので、その事例として、太陽の例を挙げ、そこでは水素とヘリウムの核融合によってエネルギーが放出されていると説明している。

なお本書では、代替エネルギーにも触れている。それについては、今日化石燃料への依存を減少させるために、代替エネルギー源が注目されていると述べると同時に、この種のエネルギー資源として、太陽光、風力、海洋、地熱、そしてバイオマス・エネルギーを挙げ、それぞれの特徴や用途について説明している。

以上のように第6章「エネルギーと技術」では、エネルギーの定義、各種のエネルギー資源の種類と特徴など、エネルギー変換技術というよりは、エネルギーそれ自体に関する基本的な事項が取り扱われている。一方エネルギー変換に使用される各種の装置や機器等については、第21章「エネルギー変換技術」で触れられている。以下ではこの章の内容を検討する。

(3) 『設計・技術・工学の探求』におけるエネルギー変換技術に関する内容(その2)

――「エネルギー変換技術」(第21章)の内容と特徴

1) 「変換と変換器」(476～490頁)

ここではまずエネルギー変換の定義に触れ、それが、あるエネルギー形態を他のそれへと変換させるという意味だと述べている。具体的な事例としては、自転車、自動車、路面電車を挙げ、そのうち自転車については、乗っている人間の身体中の化学エネルギーが、自転車のペダルを踏む力学的エネルギーに変換されると説明している。

さらにこの節では、力学的変換器、熱変換器、化学変換器、太陽光変換器、流体変換器という5つの変換器について説明している。その説明は、以下のようなものである。

① 力学的変換器(478～479頁)

ここでは、力学的変換器の例として発電機を挙げている。発電機については、磁石の極の間の空間を電導体が回転することによって、力学的エネルギーが電気エネルギーに変換されると解説している。それと同時に発電機には、ファラデー(M. Faraday)が発見した電磁誘導が応用されていることにも言及している。

② 熱変換器(479～484頁)

まず熱変換器としては、発電に利用されるタービンを挙げている。これについては、タービンの歴史に加え、タービンの種類として風力タービン、水力タービン、蒸気タービンを挙げている。つぎに内燃機関と外燃機関について説明している。前者については、代表的な例として4サイクル・エンジンを取り上げ、その仕組みについて説明している。また4サイクル・エンジンの行程が吸気、圧縮、動力、排気の4つで構成されていることにも言及している。

それと同時に、これら内燃機関を利用したジェット・エンジン、ガスタービン、ロケット・エンジンの仕組みや特徴についても述べている。

a) ジェット・エンジン (481 頁)

ジェット・エンジンについては、それが空気を圧縮（通常の 30 倍）しながら取り込み、その高圧の空気が燃焼され、その結果生み出された熱風によって、タービンを回すと説明している。

b) ロケット・エンジン (481~483 頁)

そこではまず、ロケット・エンジンと他のエンジンとの違いに触れ、後者が（ピストン等の）「回転」により、動力を得ているのに対し、ロケット・エンジンは、風船などにも見られるような、気体の噴射によって生じる反作用によって反対方向に動き出す「反動推進力」で動力を得ると述べている。同時にロケット・エンジンの燃料についての説明もあり、それについては、固体燃料と液体燃料の 2 つが紹介されている。

c) 外燃機関 (483~484 頁)

外燃機関については、事例として蒸気機関を取り上げている。それは、燃料としての石炭や木材の燃焼により生じた蒸気がシリンダー室に送られ、ピストンを動かし、そのピストンはクランク軸を回転させ、冷却された蒸気が機関から排気される。またそれが利用された例として本書は、蒸気機関車等を挙げている。

③ 化学変換器 (484~485 頁)

まず、化学変換器の定義についての説明があり、それが分子の構造の中に存在するエネルギー形態を別のエネルギー形態へ変換させることだと述べている。またその例として電池や燃料電池を挙げ、その各々の仕組みについて説明している。

④ 太陽光変換器 (485~488 頁)

太陽光変換器について本書は、太陽光電池と太陽熱利用設備を挙げ、それぞれの仕組みや用途について説明している。

a) 太陽光電池 (486 頁)

まず太陽光電池の用途として、緊急道路標識、電話ボックス、人工衛星、港や湖に浮かぶブイを挙げている。それに続いて、太陽光電池が半導体（とりわけシリコン）を材料として作られていることにも言及している。

b) 太陽熱利用設備 (486~488 頁)

太陽熱利用設備については、①太陽熱を利用するのに特別な措置を使用せず、間取りなどの工夫によって、室内換気や蓄熱を行うパッシブ・ソーラーシステム、②太陽熱で暖められた空気を給湯や暖房の装置に利用するアクティブ・ソーラーシステムを挙げ、それぞれの内容について述べている。

それと同時に本書では、後者が発電にも利用されていることにも触れている。またその方法として、集光型太陽熱発電技術を挙げ、それが、①鏡のような反射板を用いて、集熱するものであり、②その熱で水を蒸発させて蒸気を発生させ、タービンを回転させることによって発電するものだと説明して

いる。

c) 流体変換器 (488~490 頁)

まず流体変換器が、流体（液体、気体）から得たエネルギーによって他のエネルギー形態へ変換させることだと書かれている。その例として、風力タービンと水力タービンが紹介され、前者が、風の力学的エネルギーを電気エネルギーに変換するのに対し、後者は、流水によるエネルギーを利用していと述べている。

2) 「エネルギーと動力伝達」 (490~492 頁)

ここでは主なエネルギー伝達的手段として、①機械的伝達手段、②流体的伝達手段、③電氣的伝達手段の3つを紹介している。

① 機械的伝達手段 (490~491 頁)

機械的伝達手段とは、物理的な事物を利用して、エネルギーや動力を伝達する手段だと説明し、その例として軸・シャフト、ベルト・プーリー、歯車を挙げている。また歯車については、他の歯車とのかみ合わせにより、機械的動力を伝達するものであり、その例として自転車のスプロケットを挙げている。これについては、人間が自転車のペダルを踏む動力を、チェーンを用いて自転車の後輪へと伝達するものだと説明している。

② 流体的伝達手段 (491 頁)

ここでは、自動車のブレーキ・システムを例として取り上げている。ここでは、まずブレーキ・ペダルを踏む脚の力が、ペダルに繋がれているピストンを押す。そしてそのピストンが流体（油圧で使用されるオイルや空気）を押し出し、その圧力によって各ホイールのブレーキ・ラインへと伝達されていくと述べている。

③ 電氣的伝達手段 (491~492 頁)

はじめに電氣の定義に触れ、電氣が導体を通る電子の動きであると述べている。つぎに電線を取り上げ、それがアルミニウムや銅を材料としており、発電所で作られた電氣を伝達するために使用されていると記している。また変圧器にも触れ、それには昇圧変圧器と降圧変圧器の2種類があると説明している。

3) 「エネルギーと動力システムの品質管理」、「エネルギーの利用と保存」 (492~493 頁)

① エネルギーと動力システムの品質管理 (492 頁)

ここでは、電氣と電力システムの品質管理の事例について説明している。ここでは、①定期的に点検することにより、電力システムが正常な状態を保持していること、また②システム自体に異常がある場合、そのシステムは警告信号を発し、それによって人間が自分で調整を行ったり、システム自体が自動的に調整を行ったりすることにも触れている。

② エネルギーの利用と保存 (492~493 頁)

まずここでは、会社や工場などの職場環境（例えば機械、照明、コンピュータ）の例を挙げ、今日電力が必要不可欠になっていると述べている。

また発電に使用する天然資源にも触れ、人間が使用する電力の増加により、それらの資源が枯渇する可能性についても述べている。それと同時に、これらの問題への対処方法について書かれている。第1は、効率のよいエネルギー利用である。その例として、自動車のエンジンについて燃費のよいエンジンの開発が進められていることを挙げている。

第2は、材料のリサイクルである。その例としてアルミニウムの事例を挙げ、アルミニウム製品のリサイクルによって、ボーキサイト鉱石からアルミニウムを生成することよりも、非常に多くの量のエネルギーを節約できると説明している。第3に本書は、部屋を出る際にラジオや照明の電気を消すことを挙げている。

最後に、今日自分たちの生活がエネルギー資源やエネルギー変換技術の恩恵を受けていることにも触れている。それと同時に、天然資源を未来に向けて保存していくことに対する責任が各個人にあり、個人が、家庭や学校でできる省エネルギー対策について考える必要性を提起している。

（４）『設計・技術・工学の探求』におけるエネルギー変換技術に関する内容（その３）

――「活動」の内容と特徴

これまで本稿では、『設計・技術・工学の探求』について、エネルギーの定義や各種のエネルギー資源の特徴、さらには各種のエネルギー変換装置の仕組みなど、エネルギー変換技術に関する科学的側面に関する説明の部分を中心にみてきた。しかし同書では、少ないページ数であっても、生徒自身による実習、実験などの「活動」も含まれている。エネルギー変換技術に関する「活動」は、本書の第6章「エネルギーと技術」、第21章「エネルギー変換技術」で設定されている。以下では、それらの内容について述べる。

1) 「資源としてのエネルギー」(156～162頁)

まず第6章（「エネルギーと技術」）の「活動」のひとつとして取り上げられている「資源としてのエネルギー」に関するそれを取り上げる。この「活動」では、ワイヤー、磁石などを使用し、簡易なモータを製作することになっている。

2) 「資源としてのエネルギーと装置」(163頁)

次に同じく第6章のもう1つの「活動」である「資源としてのエネルギーと装置」について検討する。この「活動」は、物体の重さよりも少ない力でその物体を引き上げる装置を工夫し、製作するものがある。ここでは、荷重として積み木を使用し、この積み木を床から18インチ（約45.7cm…筆者注）の高さまで引き上げようとするものである。

3) 「エネルギー変換技術」(495～496頁)

第21章「エネルギー変換技術」の「活動」（その題名も「エネルギー変換技術」となっている）では、光エネルギーから熱エネルギーへの変換に関する実験を行うことになっている。この実験では、まず様々な色（黒、赤、緑、黄色、茶色、白）をつけたジュース缶をランプ・スタンドで加熱する。そしてランプによる加熱をやめ、その後経過した一定時間内におけるその缶内の温度の変化を記録す

る。こうしてこの「活動」では、それぞれの色毎に、ジュース缶とランプ・スタンド間の距離等の条件によって、温度の上昇の程度がどれほど異なっているかを確かめようとするものである。

4) Web ページのデザインと制作 (497~499 頁)

これも、第 21 章の「活動」の一環であり、太陽光発電などエネルギー問題やエネルギー利用に関する Web ページの内容構成を考え、実際に制作するというものである。

以上 4 つの「活動」を通してみると、その内容は、製作品を製作するという意味での実習というよりも、技術の科学に関する理論を検証するという意味での実験などの性格が強くなっている。この点は、照明機器、ラジオ等の電気機器やロボットの製作を重視している日本の中学校技術科教科書³¹⁾はもとより、電気工作やガソリン・エンジンのメンテナンスを重視した「産業科」時代の教科書におけるものとは性格が大きく異なっていると考えられる。

また「技術科」時代の教科書のひとつである『技術：今日と未来』の場合、小型ロケットの打ち上げや紙飛行機の作成と飛行など実験的な色彩の強い活動も含まれている一方、木製の飛行機やグライダーの製作など、製作物の製作という実習としての側面を持つものも残っており³²⁾、その意味では、「産業科」時代の教科書の面影を残している。それに対しこれまでみてきた『設計・技術・工学の探求』の場合、エネルギー変換技術に関する「活動」では、製作物の製作のような実習としての性格はほとんどなく、実験等の内容がいっそう重視されているといえることができる。

5) 『設計・技術・工学の探求』におけるエネルギー変換技術に関する内容の特徴——他の教科書との違いを中心に

最後に『設計・技術・工学の探求』におけるエネルギー変換技術に関する内容の特徴を、他の教科書と比較を通して明らかにする。先述のように「産業科」時代の教科書については、電気回路の仕組みやガソリン・エンジンの仕組みなど、技術の科学に関する知識に加え、主たる内容は、電気工作やガソリン・エンジンのメンテナンスなどのような、実習室での作業に関する説明が重視されていた。

一方「技術科」時代の典型的な教科書である『技術：今日と未来』でも、ガソリン・エンジンの仕組み等については、点火システム、始動系統、注油システムなど、細部にわたって詳しく述べており、「産業科」時代の教科書に見られた特徴をかなり残している³¹⁾。

これに対し『設計・技術・工学』の場合、取り上げるエンジンの種類として、ジェット・エンジン、ロケット・エンジンなどを含める一方、それぞれの装置の仕組みについて、細部まで説明するのではなく、例えばジェット・エンジンは、圧縮して高圧になった空気を燃焼させるのに対して、ロケット・エンジンは反動推進力を利用することなど、それぞれの装置の基本的な作動原理の説明を中心に行っている。

つぎに『設計・技術・工学の探求』とほぼ同時に出された『工学への門戸』の内容との比較検討を行なう。後者も前者と同様、エネルギーの性質、エネルギー変換の仕組みなどエネルギー変換技術に関する科学的理解を重視している。しかし『工学への門戸』は、流体力について、ボイル・シャルルの法則やパスカルの原理については、数式を用いて説明しており、また電気に関しても、電池の中の電子の流れや、原子の構造（とりわけ各種の元素の原子における電子の配置など）にも詳しく触れるなど、『設計・技術・工学の探求』よりも高度な内容を取り上げている。これに対し『設計・技術・

工学の探求』では、上記のような高度な内容に関する説明を避けながら、エネルギー資源の種類や各々の特徴、各種のエネルギー変換装置の基本的な仕組みやなどについて理解させることを重視している点に特徴があるといえることができる。

まとめ

今日アメリカでは、普通教育としての技術教育の教科を「技術科」から「工学」、「技術・工学」へと変更することが議論されている。本稿では、こうした議論が実際に与える影響を解明することを意図して、『スタンダード』の影響が強く見られる教科書『設計・技術・工学の探求』の内容を、エネルギー変換技術に関する内容を中心に分析し、他の教科書等との比較・検討を通して、その特徴を解明することを意図した。

エネルギー変換技術について同書では、第6章「エネルギーと技術」と第13章「エネルギー変換技術」で取り上げている。これらのうち前者では、各種のエネルギー資源の種類や性格、各種のエネルギー形態について説明し、一方後者では、各種のエネルギー変換装置が取り上げられ、各々の基本的な仕組みや特徴を理解させることを重視している。

こうした特徴は、①電気工作やガソリン・エンジンのメンテナンスを重視していた「産業科」時代の教科書、②現代社会で利用されている輸送機関を取り上げながらも、ガソリン・エンジンの仕組み等については詳しく説明している点で「産業科」時代の影響を残していた「技術科」時代のそれと比べて、著しい特徴を示していたといえることができる。

一方『設計・技術・工学』は、『工学への門戸』のように、エネルギー変換に関する法則や原理に関する数式を用いて説明したり、原子の構造に関して詳しい説明をしたりすることはせず、エネルギーの基本的な概念や各種のエネルギー変換装置に関する原理的な説明のみを取り上げていたことに大きな特徴があるといえることができる。

(注)

- 1) UNESCO, Revised Recommendation concerning Technical and Vocational Education adopted by the General Conference of UNESCO at 18th session, Paris, 19 November 1974. なおこの改正勧告については、2001年に「最新版」(Updated Version)が公表されているけれども、当該箇所についてはその精神が引き継がれ、「技術および労働の世界への手ほどきは、普通教育の本質的な構成要素となるべきである」と述べられている(UNESCO, Revised Recommendation concerning Technical and Vocational Education, 2 November, 2001)。なおこの「最新版」の本文は、下記のサイトでみることができる。

(http://portal.unesco.org/en/ev.php-URL_ID=13145&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html)。

- 2) 田中喜美「現代における普通教育としての技術教育の同時代像」、『国民教育におけるテクノロジーリテラシー育成の教育課程開発に関する総合比較研究』同上報告書、7頁。
- 3) 河野義顕、大谷良光、田中喜美編著『改訂版 技術科の授業を創る』学文社、2011年、306頁。
- 4) 同上書、18～19頁。

- 5) 文部科学省『中学校学習指導要領 平成 20 年 3 月告示』東山書房、2008 年、98～100 頁。
- 6) 『中学校学習指導要領（平成 10 年 12 月）』大蔵省印刷局、1998 年。
- 7) 技術教育研究会『すべての子ども・青年に技術教育を』、1995 年、日本産業技術教育学会『21 世紀の技術教育』、1999 年。
- 8) 田中喜美「現代における普通教育としての技術教育の同時代像」、前掲論文。
- 9) R. D. Custer, T. L. Erekson, "Conceptual Foundations: Engineering and Technology Education", *Engineering Technology Education*, 57th Yearbook, Council on Technology Teacher Education, Glencoe, Woodland Hills, CA,(2008), pp.1-12.
- 10) *Standards for Technological Literacy*, International Technology Education Association, Reston, VA, (2000); 宮川秀俊、桜井宏、都築千絵編訳『国際競争力を高めるアメリカの教育戦略』教育開発研究所（2002 年）。
- 11) PLTW については、G. E. Rogers, "The Effectiveness of Project Lead the Way Curricula in Developing Pre-engineering Competencies as Perceived by Indiana Teachers", *Journal of Technology Education*, vol.18, no. 1, (Fall, 2006), pp.66-78; 横尾恒隆、西 美江「アメリカ中等教育・職業教育のカリキュラム開発」、『中等教育・職業教育における新カリキュラム開発の動向に関する国際比較研究』（科学研究費補助金研究成果報告書（研究代表者、堀内達夫）、2011 年、115～119 頁、秋田悠里「アメリカ合衆国の普通教育としての技術教育の教育課程開発における工学準備教育に関する研究」、『技術教育研究』第 73 号、2014 年 3 月、26～31 頁。
- 12) 田中喜美「アメリカ」、日本産業教育学会『産業教育・職業教育学ハンドブック』、大学教育出版、2013 年、225～226 頁。
- 13) PLTW に関する研究としては、注 11) に列挙した文献のほか、菅原恵彦、横尾恒隆、上里正男「現代アメリカにおける普通教育としての技術教育教科書の研究——『工学への門戸』の材料加工・製造分野の部分を中心に——」、『横浜国立大学教育人間科学部紀要 I（教育科学）』、no.17、2015 年 2 月を挙げるができる。
- 14) 宮川秀俊、桜井宏、都築千絵編訳、前掲書。
- 15) R. T. Wright, R. A. Brown, *Exploring Design, Technology, & Engineering*, The Goodheart-Wilcox, Inc., Trinity Park, IL, 2012.
- 16) C. A. Bennett, *History of Manual and Industrial Education 1870 to 1917*, Chas. A. Bennett Co., Inc., (Peoria, Ill., 1937), pp.310-463; 田中喜美『技術教育の形成と展開』多賀出版（1993 年）。
- 17) 同上書、283～388 頁。M. D. Snyder, "The Transition from Industrial Arts to Technology Education in the United States: A Historical Perspective", Unpublished Doctoral Dissertation, (1992), pp.60-111.
- 18)、19) 田中喜美、岩崎薫「米国の中学校用教科書にみる技術教育の本質」『日本産業教育学会研究紀要』第 23 号（1993 年 8 月）、71～82 頁。
- 20) *Standards for Technological Literacy*, *op.cit.*
- 21) R. D. Custer, T. L. Erekson, "Conceptual Foundations: Engineering and Technology Education", *op.cit.*
- 22) *Exploring Design, Technology, & Engineering*, *op.cit.*

- 23) Rogers, *op.cit.*; 横尾恒隆、西 美江、前掲論文、121～130 頁。
- 24) G. Rogers, M. Wright, B. Yates, *Gateway to Engineering*, Delmar, Cengage Learning, Clifton Park, NY, (2010).
- 25) Los Angeles Unified School District, *General Industrial Education*, Glencoe Publishing Company, CA, (1988).
- 26) J. F. Fales, V. F. Kuetsmeyer, S. A. Brusic, *Technology: Today and Tomorrow*, Glencoe, Peoria, IL, (1988), pp.216-311.
- 27) *Standards for Technological Literacy, op.cit.*
- 28) *Gateway to Engineering, op.cit.*, pp.180-249.
- 29) *Ibid.*, pp.250-299.
- 30) *Exploring Design, Technology, & Engineering, op.cit.* 以下同書の当該部分については、本文中に頁数を（ ）内で示す。
- 31) 現在の中学校技術科用検定教科書における「エネルギー変換に関する技術」の部分の記述については、安東茂樹他『技術・家庭 [技術分野]』開隆堂、2016 年、92～135 頁、田口浩継他『新しい技術・家庭 技術分野』東京書籍、2016 年、94～147 頁などを参照されたい。
- 32) *Technology: Today and Tomorrow, op.cit.*, pp.294-311.