

【原 著】

日本とドイツの前期中等教育段階における物理教育
－現行教科書の比較考察－

田中 賢二 松井 正宏

Difference in the Physics Education in Lower Secondary Level between Japan and Germany
- A Comparative Study between the Recent Textbooks -

Kenji TANAKA , Masahiro MATSUI

2013

岡山大学教師教育開発センター紀要 第3号 別冊

Reprinted from Bulletin of Center for Teacher Education
and Development, Okayama University, Vol.3, March 2013

原 著

日本とドイツの前期中等教育段階における物理教育

— 現行教科書の比較考察 —

田中 賢二^{※1} 松井 正宏^{※2}

要旨：ドイツ・ザクセン邦のギムナジウム中級段階の教科物理と日本の中学校の教科理科における物理分野に焦点を当て、教科書などを手がかりにし、比較を行い、期間・広がり・詳しさにおいて、違いを見いだした。ドイツでは第6学年から5年間にわたり通年で、日本では第7学年から3年間各学年限られた期間だけ学習されている。週授業時間数の合計はドイツの方が多い。ドイツでは、電磁気学・波動・力学・熱力学・天文学・原子物理学の分野があるが、日本では、電磁気学・力学・波動しかない。ドイツでは、内容に繰り返しと連続性があり、日本ではほとんどない。索引の密度を比較すると、ドイツは日本より大きい。実験に関しては、日本では代表的な実験を授業の中で実施するよう位置付けられているのに対し、ドイツでは多様な実験から自主的に選び実施することができるようになっていることで違っている。

キーワード：日本, ドイツ, 前期中等教育段階, 物理教育, 教科書比較

※1 田中 賢二 (岡山大学)

※2 松井 正宏 (武田中学校・高等学校)

I. はじめに

ドイツ語圏における物理教育の概念・構造は、日本とどのように違うのであろうか。義務教育段階の最後、前期中等教育段階において、日本の中学校「理科」における物理教育と異なり、ドイツでは、既に、教科「物理」を設定し物理教育が行われている。どのような違いなどがあるのであろうか。

既に、筆者らの一人は、ドイツ（連邦共和国）のザクセン邦におけるミッテルシューレ（通算呼称、第5～10学年）に焦点を当て、教科書を手がかりにして、教科生物の特徴を、日本の中学校の教科理科における生物分野との比較を通じて、明らかにした¹⁾。

引き続き、本稿の具体的な目的は、ドイツ・ザクセン邦のギムナジウム中級段階の教科物理と日本の中学校の教科理科における物理分野に焦点を当て、現行教科書²⁻¹³⁾などを手がかりにし、前期中等教育段階における物理教育の比較を行うことである。

なお、筆者らの一人は、既に、ドイツの物理教科書の概要を紹介してきた¹⁴⁾し、物理教科書の分析を通して、東西ドイツの物理教育の比較研究¹⁵⁻¹⁶⁾も行っている。また、ドイツ・ザクセン邦の初等科学教育、ミッテルシューレにおける物理教育、ギムナジウムにおける物理教育の現状¹⁷⁻¹⁹⁾なども、明らかにして

いる。

II. 枠組み

II. 1. 教育制度

ドイツ連邦共和国においては教育の管轄権が邦にあることを、ドイツ憲法である基本法（第7条）やザクセン邦の憲法（第103条）によって確認できる。

ドイツの教育が地方分権（16邦が教育管轄権を持つ）であるのに対して、日本は中央集権であると言える。

ザクセン邦の学校教育法、ザクセン邦の基礎学校教育法施行規則から、4・6・2制の学校制度、そして、基礎学校（4年制）の卒業後の進路決定は入学試験でなく推薦書によって決まってしまうことなどを、確認できる。なお、基礎学校卒業後、45%がギムナジウム（8年制）に、55%弱がミッテルシューレ（6年制）に進んでいる（2009/10年度）。

ドイツの教育が4・6・2制フォーク型であるのに対して、日本は6・3・3制単線型であると言える。

今回注目している義務教育段階の最後、前期中等教育段階は、日本では中学校3年間、通算呼称で第7～9学年であるのに対して、ドイツでは、6年間の第5～10学年である。

II. 2. 週授業時間数

義務教育段階、初等と前期中等教育段階における理科などの週授業時間に注目し、日本の場合を示せば、表1である。一方、ドイツ・ザクセン邦初等教

育段階の基礎学校には、理科のような教科はないので、前期中等教育段階、ギムナジウム中級段階（第5～10学年）とミッテルシューレにおける物理などの週授業時間数を示せば、表2となる。

表1 日本の小学校・中学校理科などの週授業時間数

学年	小1	小2	小3	小4	小5	小6	小計	中1(7)	中2(8)	中3(9)	小計	計
算数・数学	4	5	5	5	5	5	29	4	3	4	11	40
理科	—	—	2.6*	3	3	3	11.6	3	4	4	11	22.6
生活	3	3	*年間90時間/35週=2.6									6

表2 ドイツ・ザクセン邦前期中等教育段階、ギムナジウム中級段階とミッテルシューレにおける物理などの週授業時間数

学年	5	6	7	8	9	10	計
Mathematik 数学	5	4/5	4	4	4	4	25(*45)/26(*46)
Biologie 生物	2	2	2	1	2/1	2	11/10
Physik 物理	-	2	2	2	2	2	10
Chemie 化学	-	-	1/-	2	2	2	7/6
							28/26

*基礎学校（第1から4学年）の数学の週授業時間数20を含む

斜線後の数値は、ザクセン邦ミッテルシューレの場合において、ギムナジウムと異なる場合の数値である。

初等教育段階の基礎学校には、理科のような教科はなく、いわば生活科に対応する事象教授（Sachunterricht）があり、第1～4学年の週授業時間数は順に2・3・2・3、計10である。

ドイツでは理科また地学という教科や分野が設定されておらず、理科や物理の授業時間数の比較は、単純に行えるものではない。

初等教育段階に限れば、6年間の日本では理科が計11.6時間であるのに対して、4年間のドイツでは理科がない。前期中等教育段階においては、3年間の日本では理科が計11時間であるのに対して、6年間のドイツでは理科でなく生物、物理、化学合わせて計28ないし26時間である。

日本の中学生のほとんどが後期中等教育段階の高等学校に進んでいる。そこで、ミッテルシューレではなく、後期中等教育段階へつながるギムナジウムの中級段階（第5～10学年）とを比較する。なお、物理は、生物、化学とは違って、週授業時間数の合計から言えば、ミッテルシューレもギムナジウムの中級段階も同じ計10で相違はない。

表3 比較検討資料

— ドイツ・ザクセン邦・ギムナジウム中級段階・物理教科書と日本・中学校・理科教科書 —

学年	ドイツ					日本		
	6	7	8	9	10	7(中1)	8(中2)	9(中3)
教科書名	Level Physik 6	Level Physik 7	Level Physik 8	Level Physik 9	Level Physik 10	新しい科学 1年	新しい科学 2年	新しい科学 3年
出版社	Duden Paetec Schulbuchverlag					東京書籍		
発行年	2004	2004	2005	2006	2007	2012		
編集	5分冊					3分冊		
頁数	152	136	152	160	168	240	248	272
サイズ	170(横) * 245(縦)					190(横) * 260(縦)		
編著者	L. Meyer, G. Schmidt 及び 他2					岡村定矩, 藤嶋昭 他48名 他4		

日本・中学校・理科教科書の発行年は3学年とも同じであるが、ドイツ・ザクセン邦・ギムナジウム中級段階・物理教科書の発行年は最初に発行された年から4年間かけて5学年分発行され、学年毎の学習

指導要領の実施に対応している。

学習指導要領と教科書との対応を、学習内容の指示、第1段階目で示せば表4となる。

表4 学習指導要領と教科書との対応

ドイツ・ザクセン邦・ギムナジウム中級段階	
学習指導要領	教科書
第6学年	
	0 物理とは何か
LB 1 光とその現象	1 光学
LB 2 物体の特性と運動	2 力学
LB 3 物体の温度と状態	3 熱理論
LB 4 電気回路	4 電気理論
選択内容	選択分野
WLB 1 視覚と写真	
WLB 2 断熱	断熱
WLB 3 色	色
第7学年	
LB 1 力	1 様々な力
LB 2 電気回路における電流と電圧	2 電気回路における電流と電圧
LB 3 エネルギー変換器	3 エネルギー変換器
選択内容	4 選択分野
WLB 1 昔と今の力の変換器	昔と今の力の変換器
WLB 2 電気スイッチ	電気スイッチ
WLB 3 飛行	飛行
第8学年	
LB 1 液体と気体の力学	1 液体と気体の力学
LB 2 熱エネルギー	2 熱エネルギー
LB 3 電気素子の特性	3 電気素子の特性
LB 4 自主的な実験	4 自主的な実験
選択内容	5 選択分野
WLB 1 気球旅行	気球旅行
WLB 2 冷蔵庫と熱ポンプ	冷蔵庫と熱ポンプ
WLB 3 非電気量の電氣的測定	非電気量の電氣的測定
第9学年	
LB 1 エレクトロニクスの基礎	1 エレクトロニクスの基礎
LB 2 エネルギー供給	2 エネルギー供給
LB 3 運動法則	3 運動法則
LB 4 物理の実習	4 物理実習
選択内容	W 選択分野 教科関連的なテーマ
WLB 1 自然放射性	自然放射性
WLB 2 風と太陽のエネルギー	風と太陽のエネルギー
WLB 3 曲線軌道の運動	曲線軌道の運動
	教科関連的なテーマ:エネルギーと環境
第10学年	
LB 1 力学的振動と波	1 力学的振動と波
LB 2 宇宙, 地球, 人間	2 宇宙, 地球, 人間
LB 3 光線と波としての光	3 光線と波としての光
LB 4 ヘルツ波	4 ヘルツ波
LB 5 物理の実習	5 物理実習
選択内容	W 選択分野 教科関連的なテーマ
WLB 1 望遠鏡	望遠鏡
WLB 2 電子メディアによるコミュニケーション	電子メディアによるコミュニケーション
WLB 3 テレビ工学	テレビ工学
	教科関連的なテーマ:世界はカラー
	Z 目標に達したか?

日本・中学校・理科				教科書	
学習指導要領				教科書	
学年	分野			単元	
第1学年	第2分野	1	植物の生活と種類	1	植物の世界
	第1分野	2	身の回りの物質	2	身のまわりの物質
	第1分野	1	身近な物理現象	3	身のまわりの現象
	第2分野	2	大地の成り立ちと変化	4	大地の変化
第2学年	第1分野	4	化学変化と原子・分子	1	化学変化と原子・分子
	第2分野	3	動物の生活と生物の変遷	2	動物の生活と生物の変遷
	第1分野	3	電流とその利用	3	電気の世界
	第2分野	4	気象とその変化	4	天気とその変化
第3学年	第1分野	6	化学変化とイオン	1	化学変化とイオン
	第2分野	5	生命の連続性	2	生命の連続性
	第1分野	5	運動とエネルギー	3	運動とエネルギー
	第2分野	6	地球と宇宙	4	地球と宇宙
	第1分野	7	科学技術と人間	5	科学技術と人間
	第2分野	7	自然と人間	6	自然と人間

学習指導要領と教科書との対応は両教科書で同じ程度であり、ドイツ、日本ともに指導要領に準拠して教科書が作成されていることが確認できる。

日本の中学校理科における物理分野は、3単元：身近な物理現象（身のまわりの現象）、電流とその利用（電気の世界）、運動とエネルギーでしかない。第7学年から3年間通年ではなく各学年限られた期間だけ学習されている。この物理分野の単元数の割合と理科の週授業時間数合計（表1参照）とから、物理分野の週授業時間数は2強（ $11 * 3/14 = 2.13$ ）でしかないことになる。

表5 物理学の分野—ドイツの第6学年用・物理教科書12・13頁—

<p>物理学の分野Die Teilgebiete der Physik 物理学は伝統的に様々な分野に分けられる。この区分は、歴史的になされ、物理学の広範な分野を巧く概観できるようにする。</p> <p>原子物理学と核物理学において、原子の構造、その変換、放射線の発生と利用、その防御が学ばれる。原子力発電におけるエネルギーの獲得や太陽内部での核融合の過程も、問題となる。</p> <p>力学の一分野として考察されてもきた音響学では、音の発生と伝搬や、健康に悪い騒音とその防御が話題になる。</p> <p>光学では、光の伝搬・反射・屈折や鏡とレンズによる作像が学ばれる。ルーペ・顕微鏡・望遠鏡のような光学機器の構造と作用様式も対象である。</p> <p>力学は、物体の運動、様々な力とその作用、テコ・コロ・斜面のような力の大きさを変えるもの、圧力、浮く・漂う・飛ぶ、を扱う。</p> <p>電荷を持った物体、電流とその作用、電気エネルギーの獲得、雷のような自然現象、これなしでは現代の電気工学的な機器を動かすことができないような発電機・変圧器・様々な素子などのような技術的応用が、電気理論の話題の中心にある。</p> <p>熱理論ないし熱力学は、温度、熱の伝搬、融解・凝固・凝結が関係する問題を含んでいる。内燃機関の構造と作用様式も、熱理論の一部である。</p>
--

内容の順序・範囲などを目次と索引とから見ていくことにする。

III. 2. ①. 目次

学習内容の概要を知ることができる第1段階目、表4から、教科書ではいわば目次から、順序・範囲などを、読みとっていく。

ドイツでは、いわば天文学が物理の中に位置づけられていることを確認できる。学習指導要領におけ

なお、日本の最後の2単元は物理・化学・生物・地学分野ではなく、その他、総合とみなしている。

III. 2. 内容の順序・範囲

ドイツ・ザクセン邦・ギムナジウム中級段階・物理教科書の冒頭章では、表5のように、物理学が6分野：原子物理学と核物理学、音響学、光学、力学、電気理論、熱理論ないし熱力学からなると、記述されている。その他を加えて、7分野別に、両教科書における特徴（偏りなど）を見ていきたい。

教科物理の目標「様々な生活分野に関係する物理・天文学的事象の分析、物理学的思考・研究方法の応用、物理学の問題と課題に取り組む際の方略の育成、専門用語や専門的表現形態の活用、自らの世界像の形成」でも、また、学習指導要領、教科書における（表4参照）第10学年の第2学習分野（単元）宇宙、地球、人間でも、明らかである。

ドイツでは、「物理とは何か」と物理に関するオリエンテーションから始まっている。

ドイツでは分野的には「光」から始まっており、日本では「身のまわりの現象」の単元のはじめは「光の世界」であり、ともに光から始まっていることになる。

必修領域の最後は、ドイツでは「ヘルツ波」つまり電磁気学であり、日本では「運動とエネルギー」つまり力学であり、最後の内容は違っている。

表6 ドイツの分野内における学習項目

	第6学年	第7学年	第8学年	第9学年	第10学年
力学	2力学	1様々な力	1流体と気体の力学	3運動法則	1力学的振動と波
電磁気学	4電気理論	2電気回路における電流と電圧	3電気素子の特性	1エレクトロニクスの基礎	4ヘルツ波

表7 日本の分野内における学習項目

	第7学年	第8学年	第9学年
力学	身のまわりの現象（いろいろな力の世界）	—	運動とエネルギー
電磁気学	—	電流の世界	—
波動	身のまわりの現象（光の世界）（音の世界）	—	—

ドイツでは、力学的分野が静力学から動力学へと内容が深化しているように連続性が見られるが、日本では力学的分野でわずかに見られるだけである。

III. 2. ②. 索引

更に、学習内容の全体像、要素などを知ることができる索引に注目する。

ドイツでは、光や音に限定されない波の概念が多く扱われているので「波動」という分野を、III. 2. ①で述べたように天文学が物理の分野に含まれてい

ドイツでは、選択分野が各学年に設定されているが、日本ではない。ドイツでは、10学年に「物理実習」という項目で補足的な実験もある。

ドイツでは、いくつかの分野について内容に連続性が見え、日本では、力学分野に連続性が見えるが他の分野においては連続性が見えない。それをまとめれば表6、表7である。

るので「天文学」という分野を設定した。「図の解釈」や「誤差の考慮」といった思考・探究に関する索引も見られるため「思考・探究」という区分を設定した。さらに「空気汚染物質」や「バイオマス」「受容器官」などのような学際的な内容やトピックスなどがあるため「その他」という区分も設定した。

図1は、ザクセン邦ギムナジウム中級段階「物理」と日本の中学校「理科」の物理分野における学習分野別割合（索引数）の比較である。

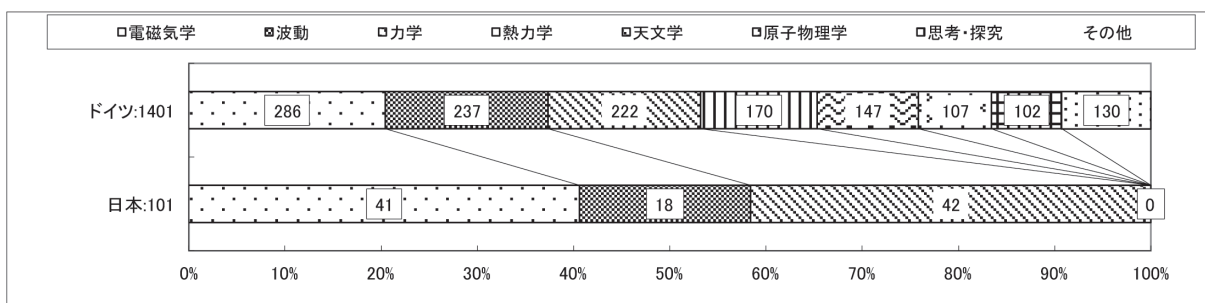


図1 ザクセン邦ギムナジウム中級段階「物理」と日本の中学校「理科」の物理分野における学習分野別割合（索引数）の比較

日本では、電磁気学と力学が同じ程度で波動が少ない。他の分野については扱われていない。一方ドイツでは、電磁気学・波動・力学・熱力学・天文学・原子物理学の順に索引の数が減少している。また、思考・探究に関する索引も少なくない。

日本で扱われている3分野（電磁気、波動、力）が、ドイツにおいても上位3分野である。これらのみを取り上げ、両国の学習分野別割合（索引数）の比較を示せば、図2となる。

日本とドイツを比較すると、波動に関する内容がドイツの方が割合として大きく、力学に関する内容がドイツの方が小さい。

ここで、相対数でなく、索引の絶対数や頁数の違い、そして、頁当たりの索引数をまとめ、表8に示しておく。

日本の中学校理科における単元数の割合から、物理分野の週授業時間数は2強 ($11 * 3/14=2.13$) で

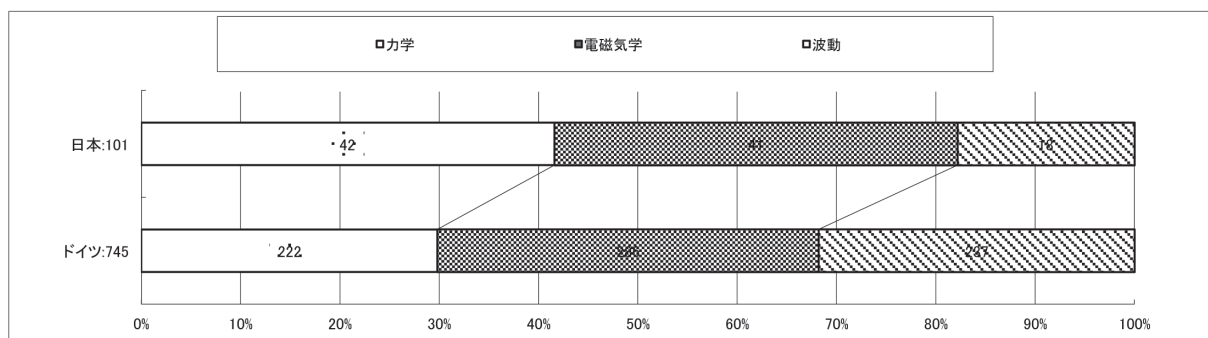


図2 日本で扱われている3分野の学習分野別割合(索引数)の比較

表8 ドイツと日本の教科書の頁数・索引数・頁当たりの索引数

学年	ドイツ						日本			
	6	7	8	9	10	計/平均	7(中1)	8(中2)	9(中3)	計/平均
理科頁数	-	-	-	-	-	-	240	248	272	760
理科索引数計	-	-	-	-	-	-	144	164	153	461
理科索引/理科頁	-	-	-	-	-	-	0.60	0.66	0.56	0.60
頁数(物理)	152	136	152	160	168	768	56	66	52	174
索引数(物理)	236	222	265	321	362	1406	34	41	26	101
索引/頁	1.5	1.6	1.7	2.0	2.1	1.8	0.60	0.62	0.50	0.58

しかなないと判断できたが、頁数の割合からも同じである(11 * 174/760=2.06)。一方、ドイツでは10であるので、物理の週授業時間数はドイツの方が5倍弱(4.76=10/2.1)の多さになる。

教科書のサイズはほぼ同じ(表3参照)なので、週授業時間当たりの教科書頁数を求めれば、大きく変わらない(ドイツ:76.8(768/10)≒日本:82.86(174/2.1), ドイツ/日本:0.927(76.8/82.86))。つまり、授業に対する教科書の役割(分量)は変わらないと言える。

しかし、ドイツの教科書索引の密度(1頁当たり

の頻度)は日本の3倍程度であり、更に、頁数は4.4倍(768/174)であるので、索引総数では14倍程度(1401/101)に広がる。学習内容が広く、緻密であることがうかがわれる。

ドイツでは、「モデル」「粒子モデル」「光線モデル」「場のモデルとしての力線」「電子伝導モデル」「原子モデル」「思考モデル」「理念モデル」「光波モデル」という9個の索引が存在するが、日本には「モデル」に関する索引は見られない。

表9は、索引で明示している法則の一覧である。

表9 索引で明示している法則

ドイツ			学年	
No	法則名	原語	ドイツ	日本
1	反射の法則	Reflexionsgesetz	6, 10	7
2	屈折の法則	Brechungsgesetz	6, 10	-
3	フックの法則	hookesches Gesetz	7, 10	7
4	テコの法則	Hebelgesetz	7	-
5	クーロンの法則	coulombsches Gesetz	7	-
6	アルキメデスの法則	archimedisches Gesetz	8	-
7	熱力学第一法則	Erster Hauptsatz der Wärmelehre	8	-
8	オームの法則	ohmsches Gesetz	8	8
9	抵抗の法則	Widerstandsgesetz	8	-
10	レンツの法則	lenzsches Gesetz	9	-
11	変圧の法則(電圧)	Gesetz für die Spannungsübersetzung	9	-
12	変圧の法則(電流)	Gesetz für die Stromstärkeübersetzung	9	-
13	崩壊の法則	Zerfallsgesetz	9	-
14	s-t法則	Weg-Zeit-Gesetz	9	-
15	v-t法則	Geschwindigkeits-Zeit-Gesetz	9	-
16	慣性の法則	Trägheitsgesetz	9	7
17	作用・反作用の法則	Wechselwirkungsgesetz	9, 10	7
18	ケプラーの法則	keplersche Gesetze	10	-
19	力学の基本法則(第二法則)	Grundgesetz der Mechanik	10	-
20	万有引力の法則	Gravitationsgesetz	10	-

ドイツでは、「法則」を含む20の索引があるのに対して、日本ではその中の5しかない。「s-t法則」などのように日本では法則として呼んでいない内容も法則として取り扱われているのがわかる。

Ⅲ. 3. 事例

目次、索引ではなく、具体的な事例でもってドイツと日本の興味ある対比を見ていきたい。

Ⅲ. 3. ①. 内容

表10 加速度と力の大きさに関する内容

ドイツ・9学年86頁&107頁 ・・・・ 加速度は、物体の速度が如何に変化しているかを示している。 記号：a 単位：メートル毎秒毎秒 (m/s ²) 記号 a は英語の加速度 acceleration からきている。 ・・・・ 物体の加速度は以下の式によって計算できる。 $a = \Delta v / \Delta t$ Δv 速度の変化 Δt 時間間隔 ある時間間隔で加速度が一定でない場合には、平均の加速度に言及することになる。 ・・・・ その関係は、有名なイギリスの自然科学者アイザック・ニュートンによってまとめられ、そして、ニュートンの基本法則として後世に呼ばれることになった。 ・・・・ 物体に作用する力Fは、物体の質量mと生じる加速度aの積である。 $F=ma$
日本・9学年100頁&102頁 ・・・・ 力の大きさによって、運動のようすは変化すると考えられる。 ・・・・ 一定の力のはたらく物体の速さは、一定の割合で変化するといえる。逆に、一定の割合で変化している物体には、一定の大きさの力がはたらいていると考えることができる。 ・・・・

ドイツでは、加速度を数学的に定義し、後にニュートンの運動方程式の数式へとつなげている。それに対して、日本では、加速度の定義はなく、力が一定ならば速度の変化の割合が一定であるにとどまっている。

表11 オームの法則に関する内容

ドイツ・8学年96&111頁 ・・・・ 電流の大きさと電圧との関係はドイツの研究者ゲオルク・ジモン・オーム (1789-1854) によって発見され、オームの法則と呼ばれる。 温度が一定であるという条件の下、金属導体に対して、 I (電流の大きさ) $\propto U$ (電圧) が成立する。 ・・・・ この条件はいつも満たされるというものではない。 ・・・・
--

日本・8学年154頁 【実験の結果から】 電熱線を通る電流の大きさは、電熱線の両端に加わる電圧の大きさに比例することがわかる。この関係をオームの法則という。 ・・・・ オーム (ドイツ, 1789年~1854年) オームの法則を発見した。名前が、抵抗の単位として用いられている。
--

オームについては両国とも言及している。しかし、オームの法則の温度の依存性に関して、ドイツでは言及しているが、日本では触れていない。

原子力発電に関する内容は、ドイツでは9学年で扱われている。日本では、9学年の「科学技術と人間」の単元で物理の内容ではなくその他の内容として扱われているが、表12では対比的に示しておく。

表12 原子力発電に関する内容

ドイツ・9学年37&73頁 原子力発電は熱を使った発電の一種である。他の熱発電と同様に、長所も短所もある。 ・・・・ 長所は次のようなところである。 ●石炭・石油のような化石燃料を燃やさなくてはならないものではない ●石炭・石油の火力発電に比べて有害物質の排出量が少ない ●非常に少ない核燃料物質でもって非常に大きな電気エネルギーを得ることができる。世界には、今日、440基ほどの原子力発電があり、エネルギー需要の17%程度をカバーしている。 危険性は、人的ミスや技術的な故障でもって放射性物質が漏れ出すことである。 どのような安全措置を講じようと、事故を完全に排除することはできない。人口密集地区では破局的な結果をもたらすことになる。更に、今日までに、原子力発電所から生じる放射性廃棄物の長期的な安全最終保管の問題が、未解決のままである。・・・
日本・9学年205頁 しくみ ・核分裂反応によって発生する熱で水蒸気をつくり、タービンを回して発電する。 長所 ・少量の燃料でばく大なエネルギーを得ることができる。 ・温室効果ガスを出さない。 短所 ・放射線が人体や作物などに大量にあたると危険なので、常に厳しく監視する必要がある。 ・使用済み核燃料・廃炉の安全な処理が難しい。

長所に関しては両国で大きな差異は認められない。短所に関して、ドイツでは事故が起こる可能性についても言及されている。

3つの事例とも、両国で同じ学年である。しかし、深さと範囲において違いが見られる。

III. 3. ②. 実験

表 13 実験の位置づけ

ドイツ・全学年：表表紙の裏面
[実験] この頁は、自主的な実験、自分の考えの探究、考察を奨励しています。
日本・7 学年③& 1 頁
理科の学習では、自然の事物や現象についての知識を学ぶとともに、科学的に探究していく方法を身につけていきます。この方法には、ここに示したようないくつかの過程があります。 1 疑問をもつ ・・・ 2 課題設定、情報収集 ・・・ 3 仮説、観察・実験の計画 仮説を考え、観察・実験の計画を立てる。 課題に対して、これまでの知識や情報をもとに、自分なりの予測をもつ。それをもとに、観察・実験の具体的な計画を立てる。 4 観察・実験、結果 観察・実験を行い結果（データ）を得る。 観察・実験の方法は、何度も失敗を重ねたり、くふうしたりして決まることが多い。条件をいろいろと変えたり、くり返し測定したりして、信頼できる結果を得るようにする。 5 考察、レポート、発表、討論 ・・・

ドイツでは、実験を自主的な活動として奨励しているのに対し、日本では観察・実験を行い、結果をもとに考え、答えを見つけて行くことが理科の学習とされており、授業の中で実験を取り扱うことが前提とされている。

表 14 オームの法則の実験

ドイツ・8 学年108頁
実験 1 抵抗に少しの電流を流すためには、電圧をどのように変化させねばならないか、調べよう。 手順： a) 回路を組み立てよう（図） b) 電圧計が 1 V を指すように、電源の電圧を変化させる。電流の強さに注目しよう。 c) 電流計が 5 mA を指すように、電源の電圧を変化させる。電圧の大きさに注目しよう。 結果評価： 結果を報告しよう。 実験 2 抵抗と電流の強さが逆比例することを、確認しよう。 準備： a) 3 つの物理量、電圧、電流の強さ、抵抗の間どのような関係があるのだろうか。それぞれ、どのような条件がなければならないのだろうか。 b) $I \sim 1/R$ を確認しよう。 手順： a) 図のような回路を組み立てよう（図） b) 同一の抵抗を何個か直列につなごう。 c) その都度、指し示す電圧が同じようになるよう電源の電圧を変化させよう。

a) 以下の表に測定値を記入していこう。

R (k Ω)	1	2	...
I (mA)

結果評価：
a) $I-R$ 図を完成しよう。
b) 図を解釈しよう。
c) 結果を報告しよう。
d) 結果にどのような誤差が影響を与えているか考えよう。
実験 3
6 V 豆電球の抵抗を、発熱していない状態と温度が上昇後の状態とで、実験的に確定しよう。
結果評価：
測定結果を考察しよう。
実験 4
実験的に、 $U \sim R$ を確かめよう。
手順：
a) 回路を組み立てよう（図）
b) 可変抵抗を使うか、いくつかの抵抗を直列に接続しよう。
c) その都度、指し示す電流の強さが同じになるように電源の電圧を変化させよう。
結果評価：
a) 測定値から図を作ろう。
b) 図を解釈しよう。
c) 電圧と抵抗が正比例することを、数値的に示そう。
実験 5
被覆導線の巻き線で両端が接近している。導線の長さをどのように知ることができるだろうか。アイデアを実験的に試してみよう。予想を説明しよう。

日本・8 学年153頁
実験 3 電圧を変化させたときの電流の大きさ ステップ 1 回路をつくる ① 右図のように、電熱線の両端に加わる電圧と、流れる電流を同時に調べるのできる回路をつくる。 ステップ 2 電圧を加えて電流を調べる ② 電圧計の目盛りが 2.0V になるように、電源装置で回路に電圧を加え、そのときの電流の大きさを読み取り、表に記録する。 ③ 電熱線に加える電圧を、4.0V、6.0V、8.0V、10.0V に変えて、それぞれの電流の大きさを調べる。 ④ 別の電熱線（や抵抗器）にかえて、同じ操作を行う。 ステップ 3 グラフをかく ⑤ 電圧と電流との関係をグラフに表す。

日本では電流と電圧が比例することからオームの法則の式を導いているのに対し、ドイツでは電流と電圧だけでなく、電流と抵抗、電圧と抵抗の関係を実験で求め、オームの法則を確認させようとしている。

表 15 自由落下運動の実験

ドイツ・9 学年96頁
実験 1 落下運動で法則を指し示す落下ヒモ（落下実験用に考えられた、ある間隔毎にナットをヒモによってつないだもの）を使おう。 等時間間隔で結びつけられたナットが床にぶつかることを、この落下ヒモで示そう。（図） 準備： 落下距離と落下時間の関係を言葉で、そして比例関係的に言及する。 手順：

a) 3 mの長さのヒモに6個のナットを結びつけ落下ヒモを作る。(図)最初のナットからの各ナットまでの距離を下の表のようにする。

No	1	2	3	4	5	6
s(m)	0	0.12	0.48	1.08	1.92	3.00

b) No 1のナットが床に触れるように落下ヒモを引き上げる。先生に助けってもらったり、階段の吹き抜けで行おう。
c) 落下ヒモを放し、観察しよう。なお、衝突音が聞きとれる床を使おう。
d) 何度も繰り返そう。

結果評価：

a) 観察結果を記録しよう。
b) ナットが同じ時間間隔で床をたたく音を聞ける理由を、説明しよう。

実験2

落下ヒモのナットを等間隔につなぎ、同じようにして落下させたら、どのようなになるか予想しよう。実際にやってみよう。

手順：

a) 図のように落下ヒモを作ろう。
b) No 1のナットが床に触れるように落下ヒモを引き上げよう。
c) 落下ヒモを放し、観察しよう。
d) 比較のため、この2種の落下ヒモを同時に落としてみよう。繰り返そう。

結果評価：

行った予測が実験によって確かめられたかどうか判断しよう。同時落下の比較から、どのような結果を導き出せるだろうか。

日本・9学年101頁&103頁

ステップ1 台車にはたらく力を調べる

①斜面上に台車をのせ、台車にはたらく斜面方向の力の大きさを、ばねばかりで調べる。
②台車の位置を変えて、斜面方向の力の大きさを調べる。

ステップ2 記録タイマーを準備する

③記録タイマーを、クランプなどで斜面に固定する。
④記録タイマーに記録テープを通し、台車に記録テープをとりつける。

ステップ3 台車の運動を調べる

⑤記録タイマーのスイッチを入れ、台車が斜面を下るようすを記録する。
⑥斜面の傾きを変えて、①～⑤と同じ操作を行う。

・・・

やってみよう

図5のようにして自由落下運動の速さの変化を調べてみよう

日本、ドイツともに自由落下に関する実験の記述が存在する。ドイツでは、落下距離が時間の2乗に比例することを確認させている。一方日本では、物体にはたらく力を一定にすれば加速度が一定になるという結果を確認させる取り扱いとなっている。

実験に関しては、日本では授業の中で取り扱う代表的な実験と手順を念頭においているのに対し、ドイツでは可能で多様な実験から選ぶことができることで違っている。

IV. おわりに

ドイツ・ザクセン邦のギムナジウム中級段階の教

科物理と日本の中学校の教科理科における物理分野に焦点を当て、現行教科書などを手がかりにし、前期中等教育段階における物理教育の比較を行ってきた。

期間（何時から何時まで）・広がり・詳しさにおいて、以下のような違いを見いだした。

期間（何時から何時まで）：

前期中等教育段階の物理教育は、ドイツでは第6学年から5年間にわたり通年で学習されている。一方日本では第7学年から3年間各学年限られた期間だけ学習されている。週授業時間数の合計はドイツの方が5倍弱（ $4.76=10/2.1$ ）の多さである。

広がり：

ドイツでは、電磁気学・波動・力学・熱力学・天文学・原子物理学という6分野があるが、日本では、電磁気学・力学・波動という主要3分野しかない。「モデル」を含む索引に注目すればドイツでは9あるが、日本にはない。また、「法則」を含む索引はドイツでは20あるのに対して、日本では5しかない。

ドイツでは、いくつかの分野について内容に繰り返して連続性があり、日本では力学分野にのみ連続性がある。

広がりや程度が違って来る要因は、天文学を含むかどうか、学際的トピックを含むかどうか、選択分野があるかどうかなどがある。

詳しさ：

索引の密度（1頁当たりの頻度）を比較すると、ドイツは日本の3倍程度である。

オームの法則に関しては、ドイツでは温度の依存性にまで言及しているが、日本では触れていない。また、その実験に関しては、日本では抵抗を一定にしたときの電流と電圧の関係しか扱われていないが、ドイツでは、加えて、電圧を一定にした場合、電流を一定にした場合なども扱われている。

そして、実験全般に関しては、日本では代表的な実験を授業の中で実施するよう位置付けられているのに対し、ドイツでは多様な実験から生徒が自主的に選び実施することができるようになっていることで違っている。

なお、本論文は、第29回物理教育研究大会（平成24年8月11日（土）、札幌市・北海道大学）において、松井正宏・田中賢二が、口頭発表した内容を、再編・加筆したものであり、加えて、本研究の一部は、平成23～25年度 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金（基盤研究（C））課題番号23501068「ド

イツ語圏における物理教育の概念・構造に関する研究」(研究代表者: 田中賢二)によって、支援を受けている。

文献

- 1) 小銭彩香・田中賢二, ドイツーザクセン邦ーのミッテルシューレにおける生物教育の比較分析ー日本の中学校における理科教科書との比較に基づいて, 岡山大学教師教育開発センター紀要, 第2巻(2012), 186-195頁.
- 2) 新しい科学1年, 平成23(2011)年2月検定済, 東京書籍.
- 3) 新しい科学2年, 平成23(2011)年2月検定済, 東京書籍.
- 4) 新しい科学3年, 平成23(2011)年2月検定済, 東京書籍.
- 5) Level Physik Lehrbuch für die Klasse 6 Gymnasium Sachsen, DUDEN PAETEC Schulbuchverlag, 2004.
- 6) Level Physik Lehrbuch für die Klasse 7 Gymnasium Sachsen, DUDEN PAETEC Schulbuchverlag, 2004.
- 7) Level Physik Lehrbuch für die Klasse 8 Gymnasium Sachsen, DUDEN PAETEC Schulbuchverlag, 2005.
- 8) Level Physik Lehrbuch für die Klasse 9 Gymnasium Sachsen, DUDEN PAETEC Schulbuchverlag, 2006.
- 9) Level Physik Lehrbuch für die Klasse

10 Gymnasium Sachsen, DUDEN PAETEC Schulbuchverlag, 2007.

10) Verfassung des Freistaates Sachsen vom 27. Mai 1992 (SachsGVBl. S. 243).

11) Schulgesetz für den Freistaat Sachsen (SchulG) Vom 3. Juli 1991 (SGVBl. Nr. 15 S. 213; SABL. Nr. 1).

12) Verordnung des SMK über Grundschulen im Freistaat Sachsen (Schulordnung Grundschulen – SOGS).

13) Lehrplan Gymnasium Physik 2004/2007/2009.

14) 田中賢二, ドイツの理科(物理)教科書, 理科教室, 589 (2004年1月号) 26-33頁.

15) 田中賢二・本田義信, 東西ドイツの物理教育の比較研究ー前期中等教育段階用物理教科書の分析を通してー, 物理教育, 42巻2号(1994) 204-207頁.

16) 田中賢二・本田義信, 東西ドイツの物理教育の比較研究(Ⅱ)ー後期中等教育段階用物理教科書の分析を通してー, 物理教育, 46巻6号(1998) 319-322頁.

17) 田中賢二, ドイツーザクセン邦ーにおける初等科学教育, 岡山大学大学院教育学研究科・研究集録, 145号(2010), 59-68頁.

18) 田中賢二, ドイツーザクセン邦ーのミッテルシューレにおける物理教育, 岡山大学大学院教育学研究科・研究集録, 146号(2011), 29-40頁.

19) 田中賢二, ドイツーザクセン邦ーのギムナジウムにおける物理教育, 岡山大学大学院教育学研究科・研究集録, 147号(2011), 81-94頁.

Difference in the Physics Education in Lower Secondary Level between Japan and Germany
- A Comparative Study between the Recent Textbooks -

Kenji TANAKA * , Masahiro MATSUI * *

Okayama University * , Takeda High School and Takeda Junior High School * *

Keywords: Japan, Germany, Lower Secondary Level, Physics Education, Textbook analysis
