

# 日本とスイス—ドイツ語圏—の後期中等教育段階における物理教育

## — 物理基礎教科書の比較考察 —

田中 賢二 ・ 田中 啓太\*

スイス—ドイツ語圏—のギムナジウムと日本の高等学校とにおける物理基礎に焦点を当て、後期中等教育段階における物理教育の比較考察を行った。スイスの物理基礎は、重点物理・補充物理とは種類が異なるとともに、それらの基礎、日本の物理基礎は、物理履修前の基礎である。両国の物理基礎教科書の目次からは、力、熱、電気の順は同じであるが、入門・原子・エレクトロニクス・エネルギーの設定の有無で異なっていること、索引からは、スイスでは1/4、日本では1/3程度が重複（共通）していること、スイスのみの索引では：その他>電気>力>熱>原子・核>光>音、日本のみの索引では：その他>力>電気>熱>音>光>原子・核と若干異なるが、電気・力・熱全体では、同じように重視されていること、を明らかにした。

Keywords：日本，スイス—ドイツ語圏，後期中等教育段階，物理教育，教科書比較

### I. はじめに (Vorwort)

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。

ドイツ、オーストリアでは、既に、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、教科「物理」を設定し物理教育が行われている。しかし、ドイツ語圏（中央）スイスは日本と同じように、前期中等教育段階では科学（理科）の内の一分野、後期中等教育段階では、独立した教科（分野）に位置づけられている。また、後期中等教育段階において、物理基礎という教科ないし科目がともに存在する。

物理教育の基礎的教科・科目には、日本とスイスでどのような違いなどがあるのであろうか。

既に、筆者の一人は、ドイツについては第二次世界大戦以前において世界をリードしてきた物理学の伝統を背景にもつ（西）ドイツにおける物理教育の現代化<sup>1)</sup>など一連の研究を行ってきた。ほぼ40年を経て、東ドイツ（ドイツ民主共和国Deutsche Demokratische Republik）は、邦（Land）を復活し、西ドイツ（ドイ

ツ連邦共和国Bundesrepublik Deutschland）に編入する形で、ドイツ統合（1990）に至った。いわゆる西ドイツ化のもと、この旧東ドイツ地区のチューリンゲン邦に、更に、チューリンゲン邦の東隣に位置しているザクセン邦に焦点を当て、8年制ギムナジウムの物理教育の現状<sup>2,3)</sup>を、明らかにした。

オーストリアの後期中等教育段階における物理教育については、8年制普通教育中等学校の上級段階（通算呼称で第9～12学年）との比較などを通じて、5年制職業教育中等学校（通算呼称で第9～13学年）における物理教育の現状<sup>4)</sup>を、更に、8年制普通教育中等学校における物理教育の変遷<sup>5)</sup>も、明らかにした。

スイスについては、ドイツ語圏ベルン邦（Kanton）に焦点を当て、ギムナジウム（通算呼称で第9～12学年）における物理教育の現状<sup>6)</sup>を、明らかにした。

加えて、オーストリアとスイスとに挟まれたドイツ語を公用語とするミニ国家・リヒテンシュタインについては、初等・中等教育段階における科学教育の現状<sup>7)</sup>も、明らかにしてきた。

岡山大学大学院教育学研究科自然教育学系理科教育講座 700-8530 岡山市北区津島中3-1-1

\*津市立久居西中学校 514-1253 三重県津市久居一色町940

Differences in the Physics Education in Upper Secondary Level between Japan and Swiss German Zone -A Comparative Study between the Recent Textbooks in Basic Stage-  
Kenji TANAKA, and Keita TANAKA\*

Department of Science Education, Division of Natural Science Education, Graduate School of Education, Okayama University, 3-1-1 Tsushima-naka, Kita-ku, Okayama city 700-8530

\*Hisainishi Junior High School, 940 Hisai-itusiki-cho, Tu city 514-1253

物理教育の比較については、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、現行教科書などを手がかりにし、協力して、考察<sup>8)</sup>を行ってきた。

引き続き、本稿の具体的な目的は、スイスドイツ語圏のギムナジウム（通算呼称で第9～12学年）における物理基礎と日本の高等学校における物理基礎に焦点を当て、学習指導要領、教科書<sup>9～15)</sup>などを手がかりにし、後期中等教育段階における物理教育の比較考察を行うことである。

なお、スイスドイツ語圏の前期中等教育段階における物理教育については、前稿<sup>16)</sup>で、科学（理科）教科書の生物や化学分野との比較から、現状分析を、協力して、行ってきた。

前もって、表1で、スイスと日本の概要を、対比的に示しておく。

表1 スイスと日本（概要）

	スイス連邦（誓約者同盟）Schweizerische Eidgenossenschaft（ドイツ語）、Confédération Suisse（フランス語）、Confederazione Svizzera（イタリア語）、Confederaziun Svizra（ロマンシュ語）、Confoederatio Helvetica（ラテン語）	日本
言語	ドイツ語、フランス語、イタリア語、ロマンシュ（レトロマニシュ）語	日本語
宗教	キリスト教	神道、仏教等
通貨	スイス・フラン	円
首都	ベルンBern	東京
面積	41,290平方km	377,835平方km
人口	約750万人	約13000万人
政体	連邦共和制／直接民主制（議会統治制）	象徴天皇制
地方自治体	26 Kantonen	1道1都2府43県

## II. 枠組み（Rahmen）

スイス連邦憲法によれば、スイスが26の邦からなる連邦国家であること（1条）、ドイツ語を含み4つの国語があること（4条）、学校制度は邦の権限であること（62条）を、確認できる。

26邦は協定（学校調整に関する邦間協定 Konkordat über die Schulkoordination）を結び、学校制度の調整を行っており、義務教育年限を9年、大学入学資格であるマトゥーラ試験まで12ないし13年などを定めている。

ドイツ語圏の邦として、ベルン邦を代表させていく。なお、スイスのベルン（フランス語読みでベルヌ）邦（面積で東京区部、人口で仙台に相当）は、

26邦からなるスイス連邦の首都かつ邦都ベルン市（面積で足立区、人口で台東区に相当）を有し、人口・面積で第2の邦であり、フランス語圏地区が一部あるものの、ドイツ語圏の邦とみなされている。

### II. 1. 学校制度（Schulwesen）

日本の学校制度は633制、単線型、9年間の義務教育といわれている。ベルン邦の学校制度は、633制、前期中等教育段階から分岐するフォーク型である。義務教育9年間にわたり通学するベルン邦の学校は国民学校 Volksschule と称されるが、初等教育段階6年間の学校を初等学校 Primarschule と称することもあり、前期中等教育段階の3年間は、実科学校 Realschule（コース）と中等学校 Sekundarschule（コース）などに分かれている（ともに5割程度が在学）。

後期中等教育段階に属す学校、ギムナジウム（同年齢の2割程度が在学）は、法的には Maturitätsschule マトゥリテート・シューレ（Matura マトゥーラ、Maturität マトゥリテート：大学入学資格を授与できる学校）と呼ばれている。マトゥーラ取得までは4年間であるが、最初の1年間は中等学校（コース）の中で行うことで、いわば最終試験でもあるマトゥリテート試験までを計12年間に定めている。

学習指導要領は、学校協定（Schulkonkordat：学校調整に関する邦間協定 Konkordat über die Schulkoordination）に基づいて各邦への勧告として作られた規定や学習指導要領の大綱（Rahmenlehrplan）に従うことを、明示している。

一方、日本の後期中等教育段階に属する学校、高等学校は「中学校における教育の基礎の上に、心身の発達及び進路に応じて、高度な普通教育及び専門教育を施すことを目的とする」（学校教育法50条）とされ、また、教育課程の基準は「文部科学大臣が別に公示する高等学校学習指導要領によるものとする」（学校教育法施行規則84条）とされている。

ベルン邦・ギムナジウム（マトゥリテート・シューレ）のいわば学校教育法施行規則－Maturitätsschulverordnung（MaSV）マトゥリテート・シューレ規則においては、ギムナジウムの最終試験であり大学入学資格取得試験であるマトゥリテート試験に関する詳細、いわば卒業論文、平常点、試験の点数などが定められている。

授業結果である最終学年の平常点として対象になるのは、12教科（ドイツ語、フランス語、第3言語、数学、生物、化学、物理、経済・法律入門を含む地理と歴史、造形ないし音楽、重点教科、補充教科）、マトゥリテート受験教科として筆記か実技ないし付

加的に口述試験対象になるのは、5教科（ドイツ語、フランス語、数学、重点教科、第3言語か補充教科）である。教科物理、自然科学の諸教科が他の教科に比べて、重視されているものでない。

一方、日本の場合は、「大学に入学することのできる者は、高等学校若しくは中等教育学校を卒業した者若しくは通常の課程による12年の学校教育を修了した者（通常の課程以外の課程によりこれに相当する学校教育を修了した者を含む。）又は文部科学大臣の定めるところにより、これと同等以上の学

力があると認められた者とする」（学校教育法90条）とされている。

## II. 2. 学習指導要領・週授業時間数（Lehrplan・Lektionentafeln）

このベルン邦・ギムナジウム・現行（新）学習指導要領は2006年度から3年間の年次進行で完全実施に移され、旧学習指導要領は1996年であった。

一方、日本の高等学校学習指導要領は、平成21年（2009）3月告示、平成25年度から年次進行で

表2 ベルン邦・ギムナジウムの週授業時間表

Schuljahr 学年	9 学年	10 学年	11 学年	12 学年	
Stufenbezeichnung 学年名称	Quarta 4級	Tertia 3級	Sekunda 2級	Prima 1級	Total 計
Teil A: Fachbereiche nach MAR A区分：マトゥーラ相互承認規則に従う教科分野 小計 119					
Deutsch (Erstsprache) ドイツ語（第1言語）	4	4	3	4	15
Französisch (Zweitsprache) フランス語（第2言語）	4	3	2.5	3	12.5
Englisch od. Italienisch od. Latein (Drittssprache) 英語かイタリア語かラテン語（第3言語）	3.5	3	3	3	12.5
Zeitanteil Sprachen am MAR-Bildungsgang 言語の時間配分 33.6% (40/119)					
Mathematik 数学	5	3	3	4	15
Biologie 生物	1.5	2.5	2		6
Chemie 化学	1.5	2.5	2		6
<b>Physik 物理</b>	<b>1.5</b>	<b>2</b>	<b>2.5</b>		<b>6</b>
Zeitanteil Mathematik und Naturwissenschaften 数学・自然科学の時間配分 27.7% (33/119)					
Geografie 地理	2	2	2		6
Geschichte 歴史	2	2	2	2	8
Einführung in Wirtschaft und Recht 経済・法律入門		2			2
Zeitanteil Geistes- und Sozialwissenschaften 人文・社会科学の時間配分 13.5% (16/119)					
Bildnerisches Gestalten 造形	2				2
Musik 音楽	2				2
Bildnerisches Gestalten oder Musik 造形か音楽		2	2	2	6
Zeitanteil Kunst 芸術の時間配分 8.4% (10/119)					
Schwerpunktfach 重点教科		4	5	5	14
Ergänzungsfach 補充教科			2	3	5
Maturaarbei マトゥーラ論文				1	1
Zeitanteil Wahlbereich 選択分野の時間配分 16.8% (20/119)					
Teil B: Weiterer Unterricht B区分：その他 <sup>の</sup> 授業 小計 19					
Sport スポーツ	3	3	3	3	12
Religion/Lebenskunde 宗教／生活科	1				1
Schullektionen 学校裁量		1	2	3	6
Informations- und Kommunikationstechnologien 情報コミュニケーション技術	*	*			
必修授業時間数合計（A区分＋B区分）(119+19)	33	36	36	33	138

### Legende 注

(\*)：9・10学年において学校は独自の計画に従い情報コミュニケーション技術 ICT の必修的な入門を提供する。

学校裁量の最高6時数から学校は少なくとも4の必修的な授業を定めて、指示を行う。追加注：このうち第12学年の3は、最低でも2を重点教科に配当する。

### Wahlbereich 選択分野

ギムナジウムの第2学年（10学年）開始時に、生徒は選択分野から1つの重点教科を選ぶ。

以下の教科が教科群から選ぶ。つまり、ラテン語、ギリシャ語、英語、イタリア語、スペイン語、ロシア語、物理と数学応用、生物と化学、経済と法律、哲学／教育学／心理、造形、音楽。

ギムナジウムの第11学年開始時に、最後の2年間に対して、重点教科に加えて生徒は1つの補充教科を選ぶ。

以下の教科が教科群から選ぶ。つまり、物理、化学、生物、数学応用、歴史、地理、哲学、宗教、経済と法律、教育学／心理、造形、音楽。

また、ギムナジウムの教育課程の選択分野には、論文がある。ギムナジウム教育の修了時に、全ての生徒は、より大きな自主的筆記論文が筆記的に解説された論文を作成し、口頭で演示することになる。学校が、手続きと発表会とを定める。

の実施であるが、理科については平成24年度入学生から年次進行で、2012年4月から、実施されている。旧学習指導要領は平成11(1999)年3月告示であった。

ベルン邦・ギムナジウムの週授業時間表は、表2である。なお、時数は前期後期の平均として示されている学年毎の週授業時間であるので、0.5刻みとなる。

スイスのギムナジウムでは教科理科はなく、教科群として、いわば理数があり、物理は教科の一つである。一方、日本の高等学校教科理科には、10科目：科学と人間生活、物理基礎、化学基礎、生物基礎、地学基礎(各2単位)、物理、化学、生物、地学(各4単位)、理科課題研究(1単位)があり、必修履修科目数は、科学と人間生活、物理基礎、化学基礎、生物基礎、地学基礎のうち「科学と人間生活」を含む2科目、又は、物理基礎、化学基礎、生物基礎、地学基礎のうちから3科目となっている。物理、化学、生物、地学(各4単位)はそれぞれの「基礎を付した科目」を履修した後に履修させることになっているので、例えば物理基礎と物理の関係は、かつての物理AとBでなく、物理IとIIの関係、種類の違いでなく文字通り積み上げの関係といえる。

### Ⅲ. 物理基礎

ギムナジウムにおける教科物理には、基礎教科・重点教科・補充教科の3つが準備されている。それぞれの開設学年、授業時間数などをまとめ、表3に示した。

ギムナジウムにおける物理教育は、3タイプであり、第10学年と第11学年で分岐する。つまり、第9学年では、基礎教科として全員が共通して学ぶ(週1.5時間)。第10学年進級時に、そのまま、基礎教科として学ぶか、あるいは、重点教科に替えて、数学応用と関連させ、後3年間、最終第12学年まで学ぶか( $1.5+14/2+a=計8.5+a$ )を決める。次に第11学年進級時に、そのまま、基礎教科として学んできたが、後1年間、第11学年を最後にして、第

12学年では学ばない( $1.5+2+2.5=計6$ )か、補充教科に替えて、後2年間、最終第12学年まで学ぶ( $1.5+2+2+3=計8.5$ )かを決める。つまり、4年間のギムナジウムにおける物理教育は、最低でも基礎教科として3年間にわたり週授業時間数の合計で6時間、学ばれることになる。

マトゥリテート試験との関係で言えば、基礎教科物理は、第12学年で授業がないので平常点としても関係しない。重点教科物理は、受験教科である。補充教科物理は選択によっては受験教科になる。

なお、重点教科物理は、「物理と数学応用」の物理分野を指し、総合部分は物理分野と数学応用分野の両方に含まれるとみなされている。

基礎教科物理、つまり物理基礎は、大学入学資格・マトゥーラ取得(マトゥリテート試験)には関係しない。

いわば、物理基礎、重点物理、補充物理の関係は、種類の違い、物理A、物理B、物理Cである。しかし、物理基礎の第9や10学年の部分は、重点物理や補充物理に対して物理IAに、第11学年では物理IIAに相当する。そして、物理Bである重点物理は物理IBとII B、物理Cである補充物理は物理II Cと解釈できる。

一方、日本の大学入試センター試験における理科の出題方法(平成24年7月24日独立行政法人大学入試センター・プレス発表)に従えば、「A「物理基礎」、「化学基礎」、「生物基礎」及び「地学基礎」の4科目から2科目を選択解答させる。B「物理」、「化学」、「生物」及び「地学」の4科目から1科目を選択解答させる。C「物理基礎」、「化学基礎」、「生物基礎」及び「地学基礎」の4科目から2科目並びに「物理」、「化学」、「生物」及び「地学」の4科目から1科目を選択解答させる。D「物理」、「化学」、「生物」及び「地学」の4科目から2科目を選択解答させる。」場合が考えられている。物理基礎を含め、理科の「基礎を付した科目」は、選択によっては大学入試センター試験受験科目になる。

学年、単元、時数などに注目して、ベルン邦・ギ

表3 ベルン邦・ギムナジウムにおける物理の3タイプ・教科

Schuljahr 学年	9 学年	10 学年	11 学年	12 学年	
Stufenbezeichnung 学年名称	Quarta 4 級	Tertia 3 級	Sekunda 2 級	Prima 1 級	Total 合計
1 Grundlagenfach <b>基礎教科</b> Physik 物理	<b>1.5</b>	<b>2</b>	<b>2.5</b>	<b>0</b>	<b>6</b>
2 Schwerpunktfach 重点教科 Physik und Anwendungen der Mathematik 物理と数学応用	0	4	5	5 + a	14 + a
重点教科の一部 Teilfach eines Schwerpunktfachs 7 Jahreslektionen Physik 物理 7	(1.5)	7 (= 14/2) + a * *			計 8.5 + a
3 Ergänzungsfach 補充教科 Physik 物理	(1.5)	(2)	2	3	5 計 8.5

\* 第12学年では、マトゥリテート試験への準備の為に、少なくとも計2時間を加えられる。(学校裁量)

\*\* 重点教科「物理と数学応用」の1つの分野(Teilfach)であり、もう1つの分野「数学応用」との連携必修である。

表4 ベルン邦・ギムナジウムにおける物理3教科の内容の概要（学年，単元，時数など）

基礎教科 (第9～11学年) (計6)	重点教科の分野（物理と数学応用，物理分野） (第10～12学年) (計7 + a = 14/2 + a)	補充教科（第11～12学年） (計5)
第9学年 (15) Hydro- und Aerostatik 流体静力学と空気静力学 Optik 光学	第10学年 Mechanik: 力学 Warmelehre: 熱学	
第10学年 (2) 物理学史 (古典)・単位系 Mechanik 力学 Warmelehre 熱学	第11, 12学年 物理学の理論と分析法 Elektrizitätslehre: 電気学 Wellenlehre: 波動 Moderne Physik: 現代物理 Integrativer Teil PAM: 総合	第11, 12学年 Mechanik 力学 Elektrizitätslehre 電気学 Wellenlehre 波動 Moderne Physik 現代物理 物理学の方法と学際
第11学年 (25) 物理学史 (近代) Elektrizitätslehre 電気学 Wellenlehre 波動 Moderne Physik 現代物理		

ムナジウムにおける物理3教科の内容をまとめれば、表4のような概要となる。

●おおよその順序は、（静力学→幾何光学→）力学→（熱学→）電気学→波動→現代物理である。

●3教科の違いは、以下のような点にある。

（1）その他の分野

基礎：第10学年の始めに、物理学史（古典）・単位系、第11学年の始めに、物理学史（近代）。

重点：第11学年の始めに、物理学の理論と分析法。

補充：第12学年の終わりに、物理学の方法と学際。

（2）最後の学習

基礎：先端－現代物理の1つ以上、核物理学か量子物理学か相対性理論。

重点：総合－いわば物理数学。

補充：学際－適当なテーマの1つ以上の扱い、例えば、天文学、物理学と哲学、エネルギー問題、音響学と音楽、色の理論、光学の応用、放射性、物理学の歴史、微分方程式、エレクトロニクス、空気力学、生物物理学。

（3）現代物理の範囲と程度

基礎：第11学年－核物理学か量子物理学か相対性理論から1つ以上。

重点：第12学年－核物理学か量子物理学か相対性理論か素粒子物理学から2つ以上。

補充：第12学年－核物理学か量子物理学か相対性理論から1つ以上（発展・補充）。

以上のように、日本とスイスとの後期中等教育段階において、ともに、物理教育の基礎的教科（科目）のあることが、確認できた。

次に、どのような違いなどがあるかを、より具体的に、教科書比較から行っていきたい。

ちなみに日本の場合、教科書の学習内容は学習指導要領において指示されている学習内容とほぼは対

応している。一方、スイス連邦・ギムナジウム・学習指導要領（大綱）における教科物理には、大綱という性格上、具体的な内容は指示されていないし、ベルン邦・ギムナジウム・学習指導要領における教科物理の内容は、内容項目の括弧内に事例的な事項を示しているだけである。このように、学習指導要領の拘束性に違いがあるので、指導要領を手がかりに学習内容の比較考察などをこれ以上進めることは、相応しくないと考えた。

#### IV. 教科書比較

##### IV. 1. 検討資料

スイスの物理基礎教科書として、スイスのマトゥリテート・シューレ（ギムナジウム）における基礎教科物理の学習内容を扱っていると銘打っている教科書、インプルゼー・スイス連邦マトリテートシューレ・物理基礎－（Impulse – Grundlagen der Physik für Schweizer Maturitätsschulen）を比較検討資料として選ぶ。一方、日本の物理基礎教科書としては、5社（東書、実教、啓林館、数研、第一）各2種（A5判、B5判）、計10点が発行されている日本・高等学校・物理基礎教科書から、1点を選んだ。この比較検討資料の概要（書誌事項など）をまとめたのが、表5である。

なお、日本を基準にしてスイスの教科書分量は、表意文字が使われているかどうか、フォントの大小、図表数などの違いを無視し、単純に、総面積（頁数と面積との積）で見積もれば、ほぼ2.3倍となる。一方、授業時間数の比では、1授業時間（45分か50分か）、年間授業日数（週5日・35週か）などの違いを無視すれば、3倍（ $= 6/2$ ）である。そこで、スイスの教科書は、日本との比較では、応分の厚さではなく、むしろ、薄いと言えなくもない。

表5 比較検討資料—スイス・ドイツ語圏・ギムナジウム・物理基礎教科書と日本・高等学校・物理基礎教科書—

	スイス・ドイツ語圏・ギムナジウム・物理基礎教科書	日本・高等学校・物理基礎教科書
学年(通算呼称)	9～11	10(高1)か11(高2)
週授業時間数	6 (=1.5+2+2.5)	2
教科書名	Impulse – Grundlagen der Physik für Schweizer Maturitätsschulen インプルゼースイス連邦マトリテートシューレ・物理基礎ー	物理基礎
出版社/地	Klett und Balmer Verlag / Zug*	数研出版/東京
発行年	2009	2012(平成24年1月)
頁数	353	264(教科書目録では276)
サイズ	200(横)×265(縦)	148(横)×208(縦):A5
編著者	Peter Jankovics, Elisabeth Germann, Werner Vogel, Christoph Zürcher, 他(ドイツ版**オリジナル29名)	國友正和, 他10名
価格	Fr. 49.00 (4998円←102円/ Fr***)	730円

\*スイスのツークに拠点をもつクレット・バルマー出版社は、ドイツのシュトゥットガルトにある1844年創設の最大手の総合的な教科書出版社、クレット社とスイスのツークにあるバルマー書店とが1967年に設立した出版社であり、クレットグループの1社である。

\*\*このクレット・バルマー出版社のスイス用は、クレット出版社のドイツ(複数邦、バーデン=ヴュルテンベルク邦、ヘッセン邦、バイエルン邦)用の様々な学年段階用分冊など、インプルゼー物理シリーズである計9点の教科書をたたき台にし、スイス用に編集作成されている。

\*\*\*1スイス・フラン=102円(2013年2月現在)

表6 Impulse – Grundlagen der Physik für Schweizer Maturitätsschulenインプルゼースイス連邦マトリテートシューレ・物理基礎ーの目次(編・章・節)

編(単元)	章	節	翻訳	頁
			目次	3
			教科書構成の手引き	7
0	1		物理学入門	8
		1	実験・観察しよう	9
		2	物理量の測定	11
1			視覚・聴覚・知覚	
		1	光を見る	13
		2	音を聴く	39
		3	ものを識る	51
2			力学	
		1	直線運動	63
		2	力学	77
		3	平面内の運動	105
		4	仕事、エネルギー及び保存則	115
		5	古典力学の限界	133
		6	液体と気体	137
3			熱	
		1	物質の熱的振る舞い	151
		2	エネルギーとしての熱	161
		3	エネルギー利用と損失	183
4			電気と磁気	
		1	電流	199
		2	電場	229
		3	磁場	241
		4	誘導	257
5			原子と核	
		1	原子と核	267
		2	核物理学	273
6			振動, 波, 量子	
		1	振動	289
		2	波	301
		3	波として, 粒子としての光	317
7			エレクトロニクスの基本	
		1	導体と半導体	329
0	1		付録	
		1	事項索引と人名索引	350
		2	図表出所典拠	353

#### IV. 2. 内容の順序・範囲

##### IV. 2. 1. 目次

学習内容の概要を知ることができる両教科書の編・章などの構成である表6, 7から、教科書目次から、順序・範囲などを、読みとっていく。

スイスの(6単元用353頁)物理基礎教科書は、計8編(単元)計23章計149節で、序に当たる部分と付録は、編数に数えられておらず、付録部分の章・節を数えれば計24章・151節である。一方、日本の(2単元用264頁)物理基礎教科書は、計5編・計10章・計30節・計122小節である。

何で始まり、何で終わるかなど、大雑把な順序はどのように異なるであろうか。スイスは、入門→力→熱→電気→原子→エレクトロニクス、一方、日本は、力→熱→波→電気→エネルギーであり、力、熱、電気に限れば、同じである。

大雑把には入門・原子・エレクトロニクス・エネルギーの設定の有無があるが、内容範囲の違いはどのようなところにあるであろうか? 例えば、スイスにおける古典力学の限界(第2編第5章, 4頁)、原子と核(第5編, 22頁)、量子(第6編第3章波として、粒子としての光, 12頁)、は、日本では扱われているのであろうか、一方、日本における最終編: 物理学と社会(第5編・計2章・計5節・計14小節・計16頁-第1章エネルギーとその利用, 第1節エネルギーの移り変わり: Aいろいろなエネルギー, Bエネルギーの変換と保存, 第2節エネルギー資源と発電: Aエネルギー資源, B化石燃料, C原子力, D太陽光, Eその他のエネルギー資源, 第2章物理学が拓く世界, 第1節摩擦をコントロールする: A摩擦力と自動車, B摩擦のコントロール, 第2節エネルギーを有効利用する: Aエネルギーの散逸, B

表7 数研出版社，物理基礎，平成23年3月検定済，平成24年1月発行，（104・数研・物基307）の目次（編・章）

編・章	頁始	最終頁	分量（頁）		割合%	
目次など	1	4	4		1.5	
第1編 運動とエネルギー	5	5	1	106	0.4	40.2
第1章 運動の表し方	6	37	32		12.1	
第2章 運動の法則	38	73	36		13.6	
第3章 仕事と力学的エネルギー	74	97	24		9.1	
科学の研究の進め方	98	102	5		1.9	
探究活動	103	110	8	22	3.0	3.3
第2編 熱	111	111	1	46	0.4	
第1章 熱とエネルギー	112	130	19		7.2	
探究活動	131	132	2		0.8	
第3編 波	133	133	1	31	0.4	17.4
第1章 波の性質	134	159	26		9.8	
第2章 音	160	174	15		5.7	
探究活動	175	178	4		1.5	
第4編 電気	179	179	1	31	0.4	11.7
第1章 物質と電気抵抗	180	195	16		6.1	
第2章 交流と電磁波	196	204	9		3.4	
電気の測定器の使い方	205	207	3		1.1	
探究活動	208	209	2	16	0.8	6.1
第5編 物理学と社会	210	210	0	16	0.0	
第1章 エネルギーとその利用	210	219	10		3.8	
第2章 物理学が拓く世界	220	225	6		2.3	
資料編 本文補足，本文資料など	226	264	39		14.8	
計			264		100.0	

ヒートポンプ，C電球形蛍光灯・LED電球，第3節見えないものを見る：A超音波検査，BX線検査－）に相当する内容は，スイスで扱われているのであろうか。内容の概要（目次）でははっきりしない。

そこで，更に，具体的に，学習内容の全体像，要素などを知ることができる索引に，注目していきたい。

#### IV. 2.2. 索引

教科書索引の重複数，実数，割合などを分析した結果の概要は，表8となる。

索引密度（頁当たりの索引数）はスイスの方が大きい（ $1.78 > 1.64$ ）が，判の違いを考慮する（A判/B判=1.22）と逆転する（ $1.46 < 1.64$ ）。そこで，スイスの教科書索引は，日本との比較では，多いが，密度では，応分に小さくなく，むしろ，小さいと言える。重複（共通）している索引の割合は，スイス

表8 教科書索引に関する分析結果（重複数，実数，割合など）の概要

	索引数	頁数	索引数/頁数	
スイス	629	353	1.78	
日本	432	264	1.64	
延べ	1061	割合%		
実数計	899	100.0	100.0	100.0
重複（共通）	162	18.0	25.8	37.5
スイスのみ	467	52.0	74.2	-
日本のみ	270	30.0	-	62.5

では1/4，日本では1/3程度である。

表9は，人名索引や数学的基礎などを含むかどうかなどの属性を判断し，その索引数をまとめて示した。

人名索引はスイスでは含まれ日本では登録されていない。法則・原理・規則・モデルはスイスが多く，単位・数学的基礎は日本で多く挙げられている。

表9 教科書索引の属性

区分/属性	人名	単位	法則	数学的基礎	原理	規則	モデル	式	効果	小計	他	総計
実数計	72	47	41	18	11	4	4	3	1	201	698	899
スイスのみ	72	7	18	4	7	4	4	0	0	116	351	467
日本のみ	0	26	12	12	2	0	0	2	0	54	216	270
重複（共通）	0	14	11	2	2	0	0	1	1	31	131	162

例えば、スイスのみの法則・原理・モデルに属する索引には、「プランクの法則，シュテファン=ボルツマンの法則，ヴィーンの変位則」・「質量とエネルギーの等価性，相対性の原理，古典力学の相対性の原理」・「ボーアの原子モデル，素粒子物理学の基本モデル」などがあり，スイスでは量子力学・相対性理論・核物理学が，日本とは違って，扱われていることがわかる。

日本のみの単位・数学的基礎に属する索引には，「重量キログラム，カロリー，ジュール毎グラム毎ケルビン，組立単位」・「弧度法，三角関数，正弦曲線，累乗」などがあり，日常生活と問題解法への配慮を読み取れる。

次に，スイスの科学（理科）教科書における物理分野の索引分析で用いた学習7分野（原子・核，音，光，力，電気，熱，その他）を再び採用<sup>16)</sup>し，両教科書における特徴（偏りなど）を探っていくたい。

3つのグループ，スイスのみに挙げられている索引，日本のみに挙げられている索引，重複（共通）して挙げられている索引別に，学習分野別割合（索引数）を，比較できるように，3つの帯グラフで示したのが図1である。

スイスのみの索引では，その他>電気>力>熱>原子・核>光>音，日本のみの索引では，その他>力>電気>熱>音>光>原子・核，重複（共通）索引では，力>その他>電気>原子・核>熱>光>音である。

●電気・力・熱全体で，それぞれ50%を越える（スイス：54.4，日本：57.0，重複：54.9）。

●電気・力の順序は若干異なる（スイス：電気22.5>力18.2，日本：力28.5>電気16.7>，重複：力23.5>電気17.3）。

●原子・核の重みが異なる。（スイス：9.2%，日本：1.5%，重複：16.0%）

●6分野に属さないその他は非常に多く，日本のみの索引におけるその他78には，波（一般）に関する索引が多い42。スイスのみの索引におけるその他122には，波（一般）に関する索引17，量子・相対性理論に関する索引21などである。6分野以外に，波（一般），量子・相対性理論という分野の設定を必要とすることを教えている。

#### IV. 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。

##### IV. 3. 1. 内容

興味ある内容項目として，表10のように，原子力発電についての言及に注目したい。

数値・固有名詞を挙げるかどうかなど，スイスの方が具体性があるといえる。

##### IV. 3. 2. 実験

スイスの物理基礎教科書では，いわば，宿題，家

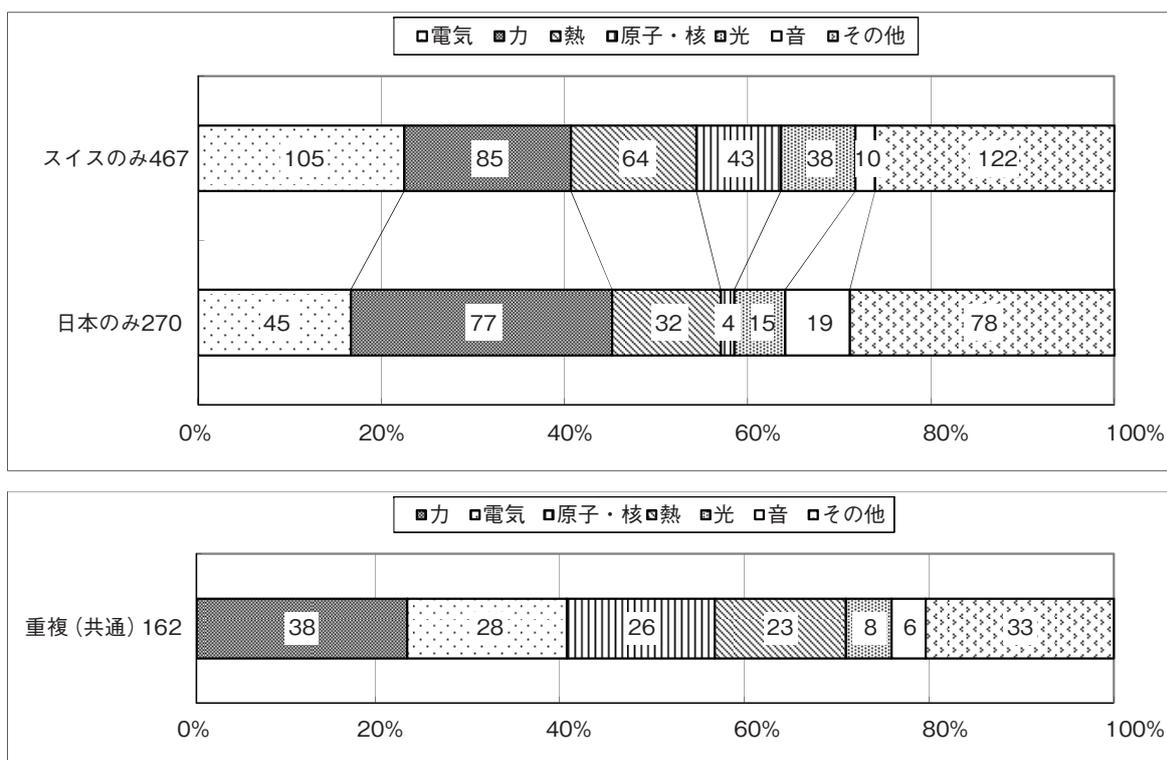


図1 教科書索引の3（スイスのみ，日本のみ，重複）グループ別における学習分野別割合（索引数）の比較

庭での調べ学習，総合学習の一形態として，宿題実験 Heimversuche が，計 42，準備されている。一方，日本の物理基礎教科書では，「身近な材料を使って比較的簡単にできる実験を中心に，本文で扱った」とする実験が，計 17，準備されている。

これらから，興味ある実験項目として，表 11 のように，電力量に関する言及に注目したい。

電力をどのような視点（社会，コスト；個人，エネルギー）から問題にしているかで，異なっていることが判る。

表 10 内容例

<p>スイス 273, 279 頁</p> <p>人間の決定 Der Mensch entscheidet 273 頁                  自然・人為的に引き起こされた核変換の利用は，人間に利益と害をもたらしている。例えば，放射性で印が付けられた抗体によるガン細胞の発見，重病の発見と治療の際，あるいは，膨大な破壊力をもった核兵器。1945 年 8 月 6 日，ヒロシマに投下された原爆・リトルボーイは，数秒間で，7 万人を死に至らしめた。</p> <p>原子力発電からのエネルギー Energie aus Kernkraftwerken 273 頁                  原子力発電所において，核エネルギーは電流に変わる。この方法で作られた電流の割合は，スイスでは，約 40% である。しかし，放射性廃棄物の数千年を必要とする安全な最終保管について，なお，未解決である。</p> <p>原子力発電 Kernkraftwerk 279 頁                  原子力発電所は，ウラン 235 の核分裂の連鎖反応をエネルギー生産に，利用している。分裂による生成物，中性子，電子，<math>\gamma</math>線の制御と吸収に通じて生成したエネルギーは，近くの物質の内部のエネルギーに変換される。循環系を通じて，この内部のエネルギーは冷媒材に吸収されたり，蒸気生成のために使われる。原子力発電所の 1MW の電力量には，1 日当たり，約 3.5g のウラン 235 の核が，分裂することになる。原子炉内では，連鎖反応がいつでも遅くされたり，終了されるようになっている。燃料棒は，分裂性ウラン 235 と分裂しないウラン 238 の混合物で作られる。減速材は，ウラン-235 を分裂させうる，核分裂で生じた中性子を減速させ，水と黒鉛からなる。燃料棒の周りの中性子反射体は，反応範囲から中性子の漏れを防ぐ。</p>
<p>日本 215 頁</p> <p>原子力発電 215 頁                  原子力発電では，原子炉でウランやプルトニウムを核分裂させ，そのとき生じる熱によって水蒸気を発生させ，火力発電と同様にタービンを回して発電している（図 5 原子炉（沸騰水型）のしくみ）。</p> <p>核分裂は，反応を起こす核燃料の量が少なければ持続しないが，一定の量に達すると連続して反応するようになる。この状態を臨界といい，連続的に起こる核反応を連鎖反応という。</p> <p>原子炉では，ウランの核分裂で生じた中性子を，減速材（水や黒鉛など）によって減速させて反応しやすくすることにより，連鎖反応を起こしている。また，中性子を吸収する制御棒を用いて，核分裂の連鎖反応が爆発的に起こらないように制御している。</p> <p>原子力発電は，地球温暖化の原因といわれている二酸化炭素排出の問題はないが，放射生廃棄物の処理問題などの課題がある。</p>

なお，スイス・日本の両場合において，上記のように太字によって，索引に採用されていることが，示されている。

表 11 実験例

<p>スイス 227 頁</p> <p>227 頁 第 4 編電気と磁気 第 1 章電流                  2. 1 キロワット時はどの程度の値段？ Wie viel kostet 1kWh ?                  発電所の最近の決算（発電量と経費）を説明しよう。                  税金を含め 1 キロワット時の電気エネルギーはどの程度の値段であろうか？                  発電所から消費地（家庭など）まではどの程度の距離があるのであろうか，見積もり，計算上，エネルギー変換の比較を行おう。</p>
<p>日本 212 頁</p> <p>実験 16 手回し発電機 212 頁                  手回し発電機に豆電球や発光ダイオード（LED）を接続し，ハンドルを回し，光るようすを確認してみよう。</p> <p>Question 手回し発電機を次の a～c のようにし，同程度の速さでハンドルを回す。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a 端子の間に抵抗を接続する</li> <li>b 端子どうしを直接つないで短絡（ショート）させる</li> <li>c そのままにする（端子の間には何も接続しない）</li> </ul> <p>このうち，ハンドルの手ごたえが最も重く感じるのはどれだろうか？                  ア.a イ.b ウ.c エ.どれも同じ                  （写真，略）</p> <p>実験 17 電球の消費電力 223 頁                  電球形の照明器具を何種類か用意して，電球に加わる電圧と流れる電流をはかり，消費電力やかかる費用について求めてみよう。</p>

## V. おわりに (Schluss)

スイス・ドイツ語圏一のギムナジウム (通算呼称で第9～12学年) における物理基礎と日本の高等学校 (通算呼称で第10～12学年) における物理基礎に焦点を当て、学習指導要領、教科書などを手がかりにし、後期中等教育段階における物理教育の比較考察を行い、概念や構造の違いを、見いだした。

スイスの物理基礎 (9～11学年・3年間・6単位) は、重点物理 (7 +  $\alpha$  単位)・補充物理 (5単位) とは種類が異なるとともに、それらの基礎である。一方、日本の物理基礎 (10ないし11学年・1年間・2単位) は、物理 (4単位) 履修前の基礎である。

学習指導要領における内容指示の拘束性には違いがあるので、より具体的に、両国の物理基礎教科書を選び、それらを比較考察した。教科書の目次からは、大雑把な順序・範囲がわかる。スイスが、入門→力→熱→電気→原子→エレクトロニクス、一方、日本が、力→熱→波→電気→エネルギーである。★力、熱、電気の順は同じであるが、入門・原子・エレクトロニクス・エネルギーの設定の有無で異なっている。

更に、具体的に、全体像、要素などを知ることができる索引からは、以下のようなことがわかった。

●重複 (共通) している索引の割合でみれば、スイスでは1/4、日本では1/3程度である。

●人名索引はスイスでは含まれ日本では登録されていない。法則・原理・規則・モデル (パラドックス) に属する索引はスイスが多く、単位・数学的基礎に属する索引は日本で多く挙げられている。それらからは、スイスでは量子力学・相対性理論・核物理学が、日本とは違って、扱われていることがわかる。日本のみの単位・数学的基礎に属する索引から、日常生活と問題解法への配慮を読み取れる。

●分野別の索引数割合の大小は、以下である。

重複 (共通) 索引：力>その他>電気>原子・核>熱>光>音

スイスのみの索引：その他>電気>力>熱>原子・核>光>音、

日本のみの索引：その他>力>電気>熱>音>光>原子・核、

★電気・力・熱全体で、それぞれ50%を越える (スイス：54.4, 日本：57.0, 重複：54.9)。

●電気・力の順序は若干異なる (スイス：電気22.5>力18.2, 日本：力28.5>電気16.7>, 重複：力23.5>電気17.3)。

●原子・核の重みが異なる。(スイス：9.2%, 日本：1.5%, 重複：16.0%)

●6分野に属さないその他は非常に多く、日本のみ

の索引におけるその他78には、波 (一般) に関する索引が多く42、スイスのみの索引におけるその他122には、波 (一般) に関する索引17、量子・相対性理論に関する索引21があり、波 (一般)、量子・相対性理論という分野の考慮を必要とすることを教えている。

なお、本論文は、第63回理科教育学会全国大会 (平成25年8月11日、札幌市・北海道大学) において、田中啓太・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) 田中賢二, ドイツにおける物理教育の現代化に関する研究, 風間書房, 1996年2月, 430頁.
- 2) 田中賢二, 中等教育学校における物理教育—ドイツ・チューリンゲン邦の8年制ギムナジウムの場合—, 日本物理教育学会・物理教育, 49巻6号 (2001), 565-575頁.
- 3) 田中賢二, ドイツ—ザクセン邦一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.
- 4) 田中賢二, オーストリアの職業教育中等学校の物理カリキュラム, 日本物理教育学会・物理教育, 58巻2号 (2010), 98-105頁.
- 5) 田中賢二, オーストリアの8年制普通教育中等学校における物理カリキュラムの改訂, 岡山大学大学院教育学研究科・研究集録, 153号 (2013), 115-126頁.
- 6) 田中賢二, スイス・ドイツ語圏ベルン邦一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, 144号 (2010), 93-104頁.
- 7) 田中賢二, リヒテンシュタインにおける初等中等教育段階の科学教育, 岡山大学教育学部研究集録・133号 (2006), 91-102頁.
- 8) 田中賢二・松井正宏, 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—, 岡山大学教師教育開発センター紀要, 第3巻 (2013), 70-79頁.
- 9) Gesetz über die Maturitätsschulen (MaSG) des Kantons Bern, 1995.
- 10) Maturitätsschulverordnung (MaSV) des Kantons Bern, 1997.
- 11) Schweizerische Konferenz der kantonalen

- Erziehungsdirektoren (EDK), Rahmenlehrplan für die Maturitätsschulen vom 9. Juni 1994.
- 12) Schweizerische Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren (EDK), Reglement über die Anerkennung von gymnasialen Maturitätsausweisen (Maturitäts-Anerkennungsreglement MAR), 1995.
- 13) Erziehungsdirektion des Kantons Bern, LEHRPLAN für den GYMNASIALEN BILDUNGSGANG vom 9. bis 12. Schuljahr im deutschsprachigen Teil des Kantons Bern, 2005.
- 14) 数研出版社, 物理基礎, 平成23年3月検定済, 平成24年1月発行, (104・数研・物基307) ISBN978-4-410-81102-9.
- 15) Impulse Grundlagen der Physik fuer Schweizer Maturitaetsschulen, Klett und Balmer, 2009. ISBN978-3-264-83935-7.
- 16) 田中賢二・田中啓太, スイス・ドイツ語圏－の前期中等教育段階における物理教育－現行教科書の分析, 岡山大学大学院教育学研究科・研究集録, 153号 (2013), 125-136頁.

