

ドイツにおける後期中等教育段階の物理教育の変遷

— 旧東ドイツ地区・ザクセン邦ギムナジウム上級段階物理と東ドイツ拡大オーベルシューレ物理との比較考察 —

田中 賢二

ドイツ・ザクセン邦のギムナジウム上級段階と東ドイツの拡大オーベルシューレとに焦点を当て、ほぼ30年を経た、いわば新旧指導要領などの比較考察から、後期中等教育段階の物理教育の変遷を明らかにした。この新物理に至り、必修でなく選択教科や分野の設定、可能な履修時間幅の拡大があり、目標も変容し、現代物理学の重視という変化もあり、生徒の興味関心・教師の自由裁量を考慮・許容してきている。結局、イデオロギーの変化や科学技術の発展に加えて、対象生徒数の増大に対応してきたといえるだろう。

Keywords : 東ドイツ, ザクセン邦, 後期中等教育段階, 物理教育, 歴史的研究

I. はじめに

ドイツ語圏における物理教育の概念・構造はどのように変わってきたのであろうか。旧東ドイツ地区における後期中等教育段階では、どうであろうか。

既に、筆者は、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¹⁾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)は、邦を復活し、西ドイツ(ドイツ連邦共和国)に編入する形で、ドイツ統合(1990)を達成したが、東ドイツの図書・雑誌記事などを手がかりにして、ベルリンの壁の開放からこの統一までのほぼ1年間における東ドイツの物理教育に関する自己反省や過渡期的変化の実態²⁾を明らかにし、東ドイツやソビエトなどの社会主義国からなる東欧コメコン7カ国における物理教育の特質³⁾を総括し、教科書を資料にして東西ドイツの物理教育の比較研究^{4, 5)}を行ってきた。また、いわゆる西ドイツ化のもと、旧東ドイツ地区と東ドイツの前期中等教育段階用新旧教科書の分析から「エネルギー」の取り扱いの変遷⁶⁾やこの旧東ドイツ地区のチューリンゲン邦・ザクセン邦に焦点を当て、学習指導要領などから8年制ギムナジウムの物理教

育の現状^{7, 8)}も明らかにした。

ドイツ語圏であるオーストリア(共和国)の前期中等教育段階における物理教育については、初等教育段階の教科「事象教授」との関連⁹⁾を、また、前期中等教育段階のハウプトシューレにおける物理カリキュラムの変化¹⁰⁾も、後期中等教育段階に属する4年制の普通教育中等学校の上級段階との比較から5年制職業教育中等学校における物理カリキュラムの現状¹¹⁾も明らかにしてきた。加えて、オーストリアとスイス(連邦)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(侯国)については、初等中等教育段階における科学教育の現状¹²⁾も、そして、スイス・ドイツ語圏ベルン邦のギムナジウムにおける物理教育の現状¹³⁾も、明らかにしてきた。

引き続き、本稿の具体的な目的は、旧東ドイツ地区・ザクセン邦のギムナジウム上級段階と東ドイツの拡大オーベルシューレとに焦点を当て、いわば憲法、学校教育法、同施行規則、学習指導要領など¹⁴⁻²¹⁾の比較考察から、ドイツにおける後期中等教育段階(通算呼称第11~12学年)の物理教育の変遷を明らかにすることである。

なお、この旧東ドイツ地区・ザクセン邦のミッテ

ルシューレの物理教育の現状を、そして、東ドイツのオーベルシューレ（第5～10学年）物理との比較考察によって前期中等教育段階（通算呼称第5～10学年）の物理教育の変遷を、加えて、旧東ドイツ地区・ザクセン邦のグルントシューレの場合と東ドイツのオーベルシューレ（第1～4学年）の場合との比較考察によって初等教育段階（通算呼称第1～4学年）の物理教育の変遷を、また、旧東ドイツ地区・ザクセン邦と東ドイツとの幼稚園に焦点を当て就学前教育段階（幼稚園）の物理教育の変遷を、4つの拙稿²²⁻²⁵⁾で明らかにしている。

この旧東ドイツ地区・ザクセン邦（邦都ドレスデン）は、いわゆる旧東ドイツ地区、新編入5邦の中で、最も人口・人口密度の大きな邦であり、面積も人口も、四国に、ほぼ相当している。以後、煩雑になるので、多くの箇所では、旧東ドイツ地区という形容は、省略し、また、学年が通算呼称であることも、断らない。

II. 枠組み

II. 1 学校制度

東ドイツ憲法、東ドイツ学校教育法：統一社会主義教育制度法、ザクセン邦憲法、ザクセン邦学校法、ザクセン邦ギムナジウム施行規則に基づき、東ドイツからザクセン邦への変化として、次のことに注目しておきたい。教育の目的における社会主義的人格の形成から離脱；教育の管轄権の国つまり中央集権から邦つまり地方分権へ；私立学校の設立許可へ；単線型からフォーク型へ；すべての子どもに共通の学校の10年制から4年制へ；10年間から9年間の義務教育へなどである。

ザクセン邦ギムナジウム上級段階施行規則からは、いわば卒業試験であり大学入学資格認定試験であるアビトゥール試験における受験教科、達成コース教科の可能性（第6条第1項、第3項）や基礎コース教科の可能性（第10条第1項第2号f, gなど）からは、物理、化学、生物の3教科の間でも、物理が最も重視されていることが分かる。この教科物理の相対的な重視は、東ドイツ拡大オーベルシューレから変化していない。

なお、ザクセン邦における後期中等（普通）教育段階の生徒数は激増しているとみなせる。東ドイツ拡大オーベルシューレ（第11～12学年）では、在学割合が同年齢の15%程度であったのに対して、今日（2010/11学年度）では、旧東ドイツ地区に属するザクセン邦のグルントシューレ卒業生の45%程度がギムナジウム第5学年に進んでおり、大きな変化である。

II. 2 週授業時間数

表1と2は、東ドイツ拡大オーベルシューレとザクセン邦ギムナジウム上級段階とにおける数学・自然科学関係の週授業時間表である。

表1 東ドイツ拡大オーベルシューレにおける数学・自然科学関係の週授業時間割表

教科	11学年	12学年
数学	5	5
物理	3	3
化学	2	3
生物	2	3

表2 ザクセン邦ギムナジウム上級段階における数学・自然科学関係の週授業時間表

分野	教科	達成コース	基礎コース
数学・自然科学・技術	選択必修 数学	5	4
	物理	5/4*	2
	化学	5/4*	2
	生物	4*	2
その他	自由選択 天文	-	2
	情報	-	2

*それぞれの程度の高い教育を行うギムナジウムにおいてのみ、準備される。

東ドイツ拡大オーベルシューレにおける選択可能性は、第2外国語、芸術か音楽のどちらかという選択（必修）といわばクラブ程度であり、ほぼ必修教科だけが準備されていたのに対して、ザクセン邦に至って必修はなく、選択必修・自由選択に別れ、ほとんどの選択必修で週授業時間数の違う2種類（達成／基礎）が準備されていることに、変わっている。

ロシア語は、必修（第1）外国語から選択可能な外国語の一つに変化した。

学術的実践学習、公民がなくなり、社会／会計／経済、新教／旧教／倫理、哲学、情報、天文が増えた。

物理・化学・生物の週授業時間数合計比較では、物理が重視されたままである（6＞5＝5→通常の最大10＝10＞8）が、化学と生物の比較では化学の重視・生物の軽視が窺える。

なお、ザクセン邦ギムナジウム施行規則、ザクセン邦ギムナジウム上級段階施行規則から分かるように、5種の分野、1. 数学・自然科学、2. 音楽、3. スポーツ、4. 言語、5. 複数文化－複数言語、で程度の高い教育を行うギムナジウムにおいてのみ、上級段階の2年間で3年間に延長される場合があり、数学・自然科学の場合では、物理が学年当たり週5から4時間になる可能性（総計では、第11

～12学年計10から第11～13学年計12に増加)を有している。

Ⅲ. 東ドイツ拡大オーベルシューレとザクセン邦ギムナジウム上級段階の物理教育

表1と2から、後期中等教育段階(第11～12学年)

における物理に絞り、その週授業時間数合計の可能性を示せば、表3となる。多様性が生じ、その幅も大きく、週授業時間数合計がゼロ(全く履修しない場合)から、以前の2倍(12/6)までに広がっている。

表3 後期中等教育段階(第11～12学年)における物理の週授業時間数合計—東ドイツ拡大オーベルシューレ物理とザクセン邦ギムナジウム上級段階物理との比較—

国・邦・学校種(教育段階)	履修枠	週授業時間数合計
東ドイツ拡大オーベルシューレ	必修	6
ザクセン邦ギムナジウム上級段階	数学・自然科学・技術分野内の選択必修	10(12), ないし4, ないし0

括弧内の12は、上級段階を第13学年までに延長した例外的な場合の数値である。

因みに、東ドイツでもザクセン邦でも初等教育段階(第1～4学年)において科学教育は独立した教科として設定されていないし、中等教育段階では、科学(理科)ではなく、生物、物理、化学という教科が設けられている。また、地学という教科もないが、天文という教科が東ドイツの前期中等教育段階の最後(第10学年)に必修教科、ザクセン邦ギムナジウム上級段階の選択教科として設けられている。

Ⅲ. 1 学習指導要領

東ドイツ拡大オーベルシューレ学習指導要領・物理とザクセン邦ギムナジウム学習指導要領・物理の冒頭部分と目次だけからも、次のようなことが判る。学習指導要領は、学校種毎に準備されており、東ドイツ拡大オーベルシューレ用とザクセン邦ギムナジ

ウム(第5～12学年)用であり、後期中等教育段階2ヶ年用と、いわば前・後期一貫中等教育段階の8ヶ学年用との違いがある。ザクセン邦ギムナジウム(第5～12学年)の物理は、第6学年から始まり、第11～12学年の2ヶ年・後期中等教育段階では、2つのコースに分かれていることが確認できる。

後期中等教育段階(第11～12学年)に絞り、いわば新旧のこの学習指導要領の実施開始年は、ほぼ30年間の隔たり(1980→2008, 1981→2009)を有している。

Ⅲ. 2 目標

表4と5とは、東ドイツ拡大オーベルシューレとザクセン邦ギムナジウム上級段階との物理の目標である。

表4 東ドイツ拡大オーベルシューレ物理の目標

第11・12学年の物理教育において、生徒は、物理の基礎的な概念、法則、理論及び方法に関する知識(Wissen)を、獲得・深める。

生徒は、物理の基本的な方法と処置を扱う能力(Fähigkeit)を更に高め、これをもって自然科学と技術の成果に対する自主的な議論への将来の要請に準備(vorbereiten)する。また、物理教育は、総合技術の陶冶・訓育への寄与(Beitrag)を行う。

生徒は、力学・熱力学・光学・電気力学(Elektrodynamik)に関する知識(Wissen)を深める。

知識(Wissen)の円熟のために、生徒は、特殊相対性理論と核物理学の若干の結果への洞察を得る。

生徒は、物理学的現象と過程を観察、記述する能力(Fähigkeit)、この現象の本質的な特徴を一般化によって把握する能力(Fähigkeit)、また、個々の事実を法則に帰着する能力(Fähigkeit)を更に高める。

生徒は、これまでに得てきた知識(Wissen)と能力(Fähigkeit)を実験の計画・実施・読みとりの際に応用し、誤差の考慮をする状態になる。

数学的知識(Wissen)と能力(Fähigkeit)を法則の定量的形式化に応用する生徒の能力(Fähigkeit)は、いっそう高める。物理学の公式を内容的に理解する状態にならねばならない。

生徒は、問題を数学的・物理学的方法で解法すること、様々な単位の利用の元に量に関する式を学習すること、式の変形の際に各段階を基礎づけること、また、図表を作り評価することの確実さを得る。

生徒は、新しい知識(Wissen)を教科書そして追加文献をつかって自主的に習得すること、報告の完成や実習実験

の実施を準備することの能力 (Fähigkeit) を、いっそう高める。生徒は、図書・図表集・参考図書、計算尺を使った学習で、能力 (Fähigkeit) を獲得する。

物理教育は、自然と社会の法則にうまく立ち入ることができる確固とした哲学的・世界像的・政治的・道徳的確信 (Überzeugung) を、促進し、育てる。

特に、推計学的過程について、ミクロな物体の波動-粒子の特性について、対生成と核反応の際の変換についての知識 (Wissen) の習得に際して、生徒は、世界の物質性と認識可能性への洞察を深める。対生成、核分裂、核融合の取り扱いに際して、物質の表現形態は変化するが生成も消滅もしないことが、生徒に認識される。

分野熱力学と光学の扱いと関連して、確率的な法則や動的な法則が実際に存在する状況を反映し、予測や説明を作るという認識 (Einsicht) が、強化される。

光の量子的特性に関する知識 (Wissen) の習得で、生徒は物質の現象形態の多様性をこれまでとは違った事例として認識する。生徒は、光は一つのモデルで広範に記述されるものではないことを、理解する。量子理論と相対性理論のいくつかの基本的な認識を学ぶことで、生徒は、物理学研究がますます深い認識を自然現象で教えること、新しく展開してきた理論が古い理論を特別な事例として含むことを認める。

生産・技術・国家防衛における物理の応用に関連して、学問は労働者階級とその他の勤労者による意識的な応用の結果において、労働生産の向上に、物質的文化的生産条件の更なる改善に、社会主義の偉業の確かな防衛に、寄与することの確信を生徒は確かにされる。

学問認識の利用に関する党としての評価では、公民教育の知識 (Wissen) との関連で、利潤という学問的な認識が反ヒューマニズムの目標から誤用されていることが、資本主義の本質に由来することの確信 (Überzeugung) が、確かにされる。

アビトゥール段階においてマイヤー、ジュール、ヘルムホルツ、フランク、ヘルツ、ハーン、アインシュタイン、クルチャトフ Kurt Schatow の人生と学問的成果に立ち入る (eingehen)。

物理教育において、課題の実現の際の活動性と着手準備に、学習の完成の際の着実さと几帳面さに、誠実で真面目でちゃんとした学習に、実験器具やその他の手段との綿密な取り扱いに、集団的な協力に、また、相互の手助けに、生徒は躱される (erziehen)。

表5 ザクセン邦ギムナジウム上級段階物理の目標

第11・12学年における学問準備的授業

基礎コース物理は、達成コースで範例的 (exemplarisch) に深められることになる基礎的・学問準備的な教育の特徴をもつ学習レベルである。

基礎コースは

- 物理の基礎的な事象、問題、構造を範例的に明らかにする
- 物理の本質的 (wesentlich) な学習方法を教え、意識し、把握させる
- 物理のまとめと、その限界を範例的な形で認識させ、また、社会における応用と発展とへの関連によって知識の熟慮 (Reflektieren) を支える。

達成コースは

- 本質的で、物理学の諸側面を明らかにする内容、理論、モデルを含む、体系的 (systematisch) な理解
- 物理学的学習手段と方法との深い (vertiefend) 習得、その自主的な応用・転移・考慮
- 物理におけるまとめ、また、技術と社会におけるその利用について討論の能力 (Diskursfähigkeit) 育成に向けられる。

東ドイツ拡大オーベルシュレ物理の目標-表4-は、分野(主要な分野力学・熱力学・光学・電気力学・特殊相対性理論・核物理学の指示)ごとの特性に応じた目標なども含め、17段落からなり、ほと

んど(13段落)で「生徒」を主語とした文を有している。

ザクセン邦ギムナジウム上級段階物理の目標-表5-は、「コース」を主語にし、コース別にそれぞれ

れ3事項からなり、「**範例的**」、「**本質的**」と「**体系的**」,
「**深い**」によって基礎と達成コース教科における目標の違いを窺わせる。3要素, 知識・能力・態度からなることは, 共通しているが, しかし, 態度に関して東ドイツで「**確信**を持たせる」であるに対してザクセン邦で「**知識の熟慮**」や「**討論の能力**」であることで異なっている。

また, 東ドイツで「生産・技術・国家防衛における物理の応用に関連して, 学問は労働者階級とその他の勤労者による意識的な応用の結果において, 労働生産の向上に, 物質的文化的生産条件の更なる改善に, 社会主義の偉業の確かな防衛に, 寄与することの確信を生徒は確かにされる。学問認識の利用に関する党としての評価では, 公民教育の**知識**との関連で, 利潤という学問的な認識が反ヒューマニズムの目標から誤用されていることが, 資本主義の本質に由来することの**確信**が, 確かにされる。」つまり, 社会主義(反資本主義)を信じ, 建設・防衛に貢献する, であるに対してザクセン邦で「社会における応用と発展」, 「技術と社会におけるその利用」であることで異なっている。物理教育が国家目標(社会主義を信じ, 建設・防衛に貢献する)の要請から離脱できた変化だといえる。

Ⅲ. 3 内容

表6は, 東ドイツ拡大オーベルシュレー物理の学習内容と標準授業時数とである。更に, 学習内容の指示例として最初を, 表7で示している。

表6 東ドイツ拡大オーベルシュレー物理の学習内容と標準授業時数

学年/章/節/タイトル			時数				
			学年	章	節		
11	1	力学 I		90	17		
		1	仕事, エネルギー 及び エネルギー保存則			7	
		2	力積, 運動量, 及び運動量保存則			4	
		3	衝突現象—保存則の応用			6	
	2	熱力学		32			
		1	運動論的—統計的考察		12		
		2	現象論的な熱力学		20		
	3	光学		30			
		1	幾何光学		9		
		2	光の波動性		7		
		3	光の量子的吸収		5		
		4	光の量子的放出		7		
		5	ミクロな物体における波と粒子の特性		2		
	4	実習			11		
12	1	力学 II		78	18		
		1	移動と回転の運動論			9	
		2	移動と回転の動力学			9	
	2	電気力学				40	
		1	静電場, 静磁場 及び 電磁場				19
	2	電気伝導現象	21				
	3	特殊相対性理論の結果				6	
	4	核エネルギー				6	
	5	実習				8	
	時数計					168	168

表7 東ドイツ拡大オーベルシュレー物理の学習内容の指示例(最初)

<p>第11学年 90時数</p> <p>第1章. 力学I 17時数</p> <p>力学Iの扱いは, 第9学年の生徒の対応する知識と能力との上に積み上げている。そこで扱われた運動論と力学の概念と法則とは強化され, その上に運動量が導入される。力学における現象の探究で過程の量と状況の量とが異なっていること, そして, 物理と工学の問題解法で力学的エネルギー保存則や運動量保存則を利用することによって, 第9学年とは異なって新しい洞察を得る。</p> <p>この分野で, 以下の引き続き分野すべて, とりわけ熱力学と光学の理解にとって, 基礎的な前提が作られる。例えば, 熱力学の分野で, 第1・2法則と関連してエネルギー的考察が深められ, 運動量の概念が運動論的—統計的考察に利用される。</p> <p>第1節では, 第9学年の考察と違って, 概念仕事・位置エネルギー・運動エネルギーが, 精密に示される。同時に, 過程の量と状態の量との違いの必要性が, 生徒に明らかにされる。</p> <p>準備のために, 第9学年の運動論と力学の基礎概念と法則や力学的エネルギー保存則が復習され, 少なくとも2物体の間での相互作用量として力が特徴づけられる。これに関して物体と物体との相互作用の記載が生じる。</p> <p>仕事とエネルギーとの関係は, 自然と技術における系の間のエネルギー変化にとって事例を扱うことで具体化される。</p>
--

力学的エネルギー保存則の知識を拠り所にし、力学系の力学的エネルギーが環境との相互作用でのみ変化できること、エネルギー保存則を使って他の法則が誘導されうることを、生徒は認識する。

第2節では、ニュートンの基本法則 $F = m \cdot a$ から出発し、力積が過程の量として、そして、運動量が状態の量として導入・特徴づけられる。ベクトルの保存量としての総運動量の直感化のために、運動量から総運動量への合成が、グラフで、示される。

第3節では、衝突現象の扱いで力学的エネルギー保存則と運動量保存則との応用が論じられる。非弾性・直線・正面衝突後の物体速度の計算式作成では、力学的エネルギー保存則が使えないが、運動量保存則は有効であることが、明らかにされる。銃弾の初速度の決定は、教科書の対応する図表を使ってなされる。

弾性・直線・正面衝突の際の物体の速度 U_1 、 U_2 の計算式作成で、二つの保存則は利用できる。式の作成の手がかりが習得される。 U_1 、 U_2 の解は求められないで、式が与えられる。

運動論的な気体理論の基礎法則の演繹を準備するために、球の壁への衝突が、弾性衝突の例として触れられる。

ロケットの発射可能性の価値に関連して、社会主義諸国の確実な防衛の必要性への生徒の確信 (Überzeugung) が、作られるべきである。

第1節. 仕事, エネルギー, エネルギー保存則 7時数

第7～9学年における基礎:

速度と加速度;位置エネルギーと運動エネルギー, 力学的エネルギー保存則;ニュートンの基本法則;重力の法則;摩擦力

運動論の基礎概念;相互作用の量としての力, 釣り合い条件, ニュートンの基本法則;力学的仕事の式;事例として持ち上げ仕事, 加速度の仕事, 摩擦の仕事;力学的エネルギーの式;位置エネルギーと運動エネルギー;力学的エネルギー保存則 $E_{kin} + E_{pot} = \text{一定}$ (第9学年の復習)

第7と9学年における基礎の復習と体系化;対応した問題の解法

身の回りの力学的体系, 環境との相互作用の定義;概念仕事とエネルギーの厳密化;エネルギー変化の把握の為の過程の量としての仕事, 体系の瞬間的な仕事可能性の把握の為の状況の量としてのエネルギー

$$\Delta (E_{kin} + E_{pot}) = W$$

仕事概念の体系化:運動方向にある角度を持って一定の力を加えた場合の仕事や運動方向と同じ方向で様々な力の場合の仕事

変化していない力の場合の仕事の計算; $F - s$ グラフの面積の算出による変化する力の場合の仕事の決定

いろんな場合の仕事の決定

位置エネルギーの概念の特徴, 重力場にあり引かれたバネにつながっている物体の位置エネルギー計算の可能性

位置エネルギーが発生する事例の説明 (例えば時計仕掛け, ハンマー, 貯水池)

エネルギー収支の作成と, 関与する量の決定の為に問題解法

力学的エネルギー保存則から法則の演繹 (例えば落下速度, 上昇高度)

東ドイツ拡大オーベルシューレ物理の学習内容は、目標において指示されていた主要な分野(力学・熱力学・光学・電気力学・特殊相対性理論・核物理学)が扱われ、その順序も指示どおりに(力学は2部に分かれ、12学年の最初にもあるが)、ほぼ線形、力学で始まり、核物理学で終わるように配置している。

内容の取り扱いの指示(物理の方法論的組織的準備に関する指示)では、生産労働と学術的実際の活動の重視、必修的な実験の指示、前期中等教育段階物理との関連重視、が特徴的である。

表8は、ザクセン邦ギムナジウム上級段階物理の学習内容と標準授業時数である。更に、学習内容の指示例として最初を、表9で示している。

表8 ザクセン邦ギムナジウム上級段階物理の学習内容と標準授業時数

ギムナジウム(第11～12学年)基礎コース	104
週授業時間数計 $4 = 2 \text{ヶ年} * \text{週} 2$	
第11学年基礎コース $(26 + 2) \text{時数} * \text{週} 2 =$	56
LB 1:エネルギーの保存	10

ドイツにおける後期中等教育段階の物理教育の変遷

LB 2:運動学と動力学の応用	14	LB 7:電場	14	
LB 3:実習コンデンサーとコイル	6	LB 8:磁場	10	
LB 4:電場と磁場内での荷電粒子	18	LB 9:場内での荷電粒子	12	
LB 5:空間の相対性	4	LB 10:電磁誘導	15	
選択内容	2時数*週2=	4	LB 11:物理の実習	13
WLB 1:基礎的な自然常数の決定		選択内容	2時数*週5=	10
WLB 2:物理・工学に関係した遠足		WLB 1:乗物の物理学		
WLB 3:コイルとコンデンサーの工学的応用		WLB 2:半導体内の電導		
第12学年基礎コース	(22+2)時数*週2=	48	WLB 3:交流回路	
LB 1:光の波としての特性	8	第12学年達成コース	(22+2)時数*週5=	120
LB 2: <u>実習光学</u>	6	LB 1:力学的振動と電磁振動		15
LB 3: <u>量子物理学の基礎</u>	10	LB 2: <u>多様な自然現象としての波</u>		15
LB 4:原子殻からの放射と原子核	20	LB 3: <u>実習光学</u>		5
選択内容	2時数*週2=	4	LB 4: <u>量子物理学の基礎</u>	15
WLB 1: <u>物理学の応用</u>		LB 5:原子物理学の基礎		18
WLB 2: <u>光学現象</u>		LB 6:原子核の特性		17
WLB 3:音響学		LB 7:熱力学		20
ギムナジウム(第11~12学年)達成コース	260	LB 8:決定論的なカオス		5
週授業時間数計10=2ヶ年*週5		選択内容	2時数*週5=	10
第11学年達成コース	(26+2)時数*週5=	140	WLB 1: <u>光学現象</u>	
LB 1:保存則とその応用	20	WLB 2: <u>物理学の応用</u>		
LB 2:直線運動の運動学	12	WLB 3:物理学における推計学		
LB 3:ニュートンの法則とその応用	6			
LB 4:モデル化とシミュレーション	8			
LB 5:曲線運動	10			
LB 6:相対性理論への洞察	10			

なお、両（基礎と達成）コースで同じ学習内容（分野名）は、下線付き斜体で示したが、時数は異なっている。

表9 ザクセン邦ギムナジウム上級段階物理の学習内容の指示例（最初）：第11学年の基礎コースと達成コース

第11学年基礎コース 第1学習分野エネルギーの保存 10時数（3大項目）	
Lernziele und Lerninhalte 目標と内容	Bemerkungen 備考
エネルギーの保存と変換可能性という特性の 理解 - エネルギー概念の歴史的発展 - エネルギー保存則 - 仕事によるエネルギー伝搬 $W = \Delta E$ - 運動方向に力が変わらない場合の仕事 $W = F \cdot s$ - 運動エネルギーと位置エネルギー ・ $E_{kin} = m \cdot v \cdot v / 2$ ・ $E_{pot} = m \cdot g \cdot h$; $E_{sp} = D \cdot s \cdot s / 2$	永久運動 閉鎖系と開放系 ライブニッツ、ジュール、マイヤー、ヘルムホルツ →化学、基礎コース、11学年、第3学習分野 力によって伝搬するエネルギーとしての力学的な仕事 関係の演繹 →→方法の認識
エネルギー減少の 理解 - 摩擦の仕事によるエネルギー減少 - 摩擦と運動 $F_R = \mu \cdot F_N$	摩擦の種類 水平面と斜面
日常・スポーツ・技術における問題へのエネルギー保存	分析処理での保存則の長所

則の 応用	投射高の計算 棒高跳び 様々な条件下における乗り物の制動距離の計算 街路交通での安全 反応時間 →→ 価値案内
第11 学年達成コース 第1 学習分野 保存則とその 応用 20時数 (8 大項目)	
目標と内容	備考
物理学全体の基礎的な分野への力学の発展の 洞察 古典力学	「予測可能性の物理」として、それでもってモデルイメージの基礎として力学の意味を特徴づける歴史的な概観 運動の最初の理論 成果と限界
運動現象へのエネルギー保存則の 応用 - 力学的エネルギーの存在形式 - 閉鎖系 - エネルギー変換	位置エネルギー, バネのエネルギー, 遷移と回転の運動エネルギー 内部エネルギー
物理量力学的な仕事の 理解 - $W = \Delta E$ - $W = F \times s \times \cos \alpha$ - グラフによる探究	定性的なエネルギーバランス 系の枠を越えて 転移 するエネルギーとしての仕事
力学的エネルギーの存在形式の定量化へ知識の 転移 式の演繹: $E_{kin} = m \times v^2 / 2$ $E_{pot} = m \times g \times h$; $E_{sp} = D \times s \times s / 2$	力学系へのエネルギー保存則の 応用 →→ 方法の認識
物理学的現象摩擦の 理解 - 摩擦によるエネルギー減少 - 摩擦の仕事 $W_R = FR \times s$ - 摩擦係数 $\mu = FR / FN$ - 空気抵抗 $FR ; Luft = c_W \times \rho \times A \times v^2 / 2$	系の内部エネルギーの増加 水平面と斜面 静止及びすべり摩擦 街路交通における安全 →→ 価値案内
力学系の仕事率概念の 理解 - エネルギー伝搬の速度として力学的効率 $P = \Delta E / \Delta t$; $P = F \times v$ - $\eta = P_{nutz} / P_{aufg}$	乗物の物理学: 最高速度 実際状況での量に関する規則
一次元問題への運動量保存則の 応用 - $p = m \times v$ - 非弾性・弾性正面衝突 - 力積 $\Delta p = F \times \Delta t$	二体問題 予測 同一作用線上での質点
エネルギー保存則と運動量保存則との複合的な 応用 による 問題解決	交通の物理学, スポーツ, 弾道線上の振子

ザクセン邦ギムナジウム物理の学習内容の指示は、表による形式で行われている。備考は提案であり、適切な教授学習方法の指示、内容的な説明、また、生徒への多様な支援可能性の事例である。→で、同一教科内や他の教科の目標と内容に、そして、→→で、教科枠を越えた上位の目標（陶冶訓育使命）に対する関連指示も含んでいる。備考の欄が選択で、目標と内容の欄が必須といえる。

ギムナジウム上級段階物理基礎コース（週授業時間数合計4）と達成コース（週授業時間数合計10）の必修学習分野は、9（=5+4）と19（=11+8）であり、同じタイトルは12学年で時数が異なっている（6, 10に対して5, 15）2組の実習光学、量子物理学の基礎しかない。また、選択学習分野を比較すれば、基礎的な自然常数の決定、物理・工学に関係した遠足、コイルとコンデンサーの工学的応用；

物理学の応用，光学現象，音響学に対して，乗物の物理学，半導体内の電導，交流回路；光学現象，物理学の応用，物理学における推計学（統計力学）である。同じタイトルは12学年の2組であるが，これらは時数だけでなく，内容の大・中項目なども異なっている。達成コースを特徴づける必修学習分野はモデル化とシミュレーション（第11学年），決定論的なカオス（第12学年）であること，両コースとも，量子物理学（第12学年：量子物理学の基礎），相対性理論（第11学年：時間と空間の相対性，相対性理論への洞察）なども学習内容とされていることが確認できる。深化・発展的学習は，達成コースで行われているといえる。

この達成コースを特徴づける必修学習分野，いわゆる非線形物理学（力学）で物理の学習を終えることを意味している。

東ドイツではすべて必修・詳細に指示しているが，ザクセン邦では選択が準備されている。選択分野を設けることになった変化は，生徒の興味関心・教師の自由裁量を考慮・許容することになったことといえる。

内容の取り扱いの指示(学習内容の拘束性)では，

数学的扱いの制限，生徒実験の決定の自由裁量，が特徴的である。

東ドイツ拡大オーベルシュレー物理の目標－表4－では，学習内容を6分野（力学・熱力学・光学・電気力学・特殊相対性理論・核物理学），東ドイツの指導要領解説では，5分野（電気学，力学，熱力学，光学，原子／核物理学）区分で捉えている。また，古典物理学と現代物理学という区分を考慮すれば，更に，それぞれ古典物理（力学・熱力学・光学・電気力学）と現代物理（特殊相対性理論・核物理学・量子物理学・非線形物理学）の各4区分，計8区分に分けられる。

図1は，3つの物理（東ドイツの拡大オーベルシュレー，旧東ドイツ地区・ザクセン邦のギムナジウム基礎コース，及び，達成コース）における2区分：古典物理（力学・熱力学・光学・電気力学）と現代物理（特殊相対性理論・核物理学・量子物理学・非線形物理学）別授業時数の割合・数値を，図示している。更に，8区分（力学・熱力学・光学・電気力学・特殊相対性理論・核物理学・量子物理学・非線形物理学）別授業時数の割合・数値を示した対比図が，図2である。

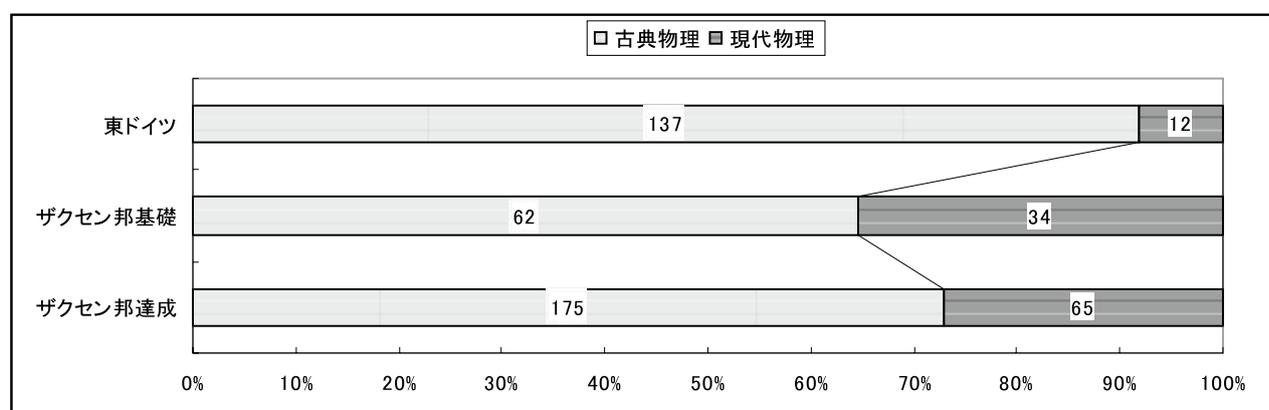


図1 東ドイツの拡大オーベルシュレー物理，旧東ドイツ地区・ザクセン邦のギムナジウム基礎コース物理，及び，達成コース物理における2区分：古典物理（力学・熱力学・光学・電気力学）と現代物理（特殊相対性理論・核物理学・量子物理学・非線形物理学）別授業時数の割合・数値の比較

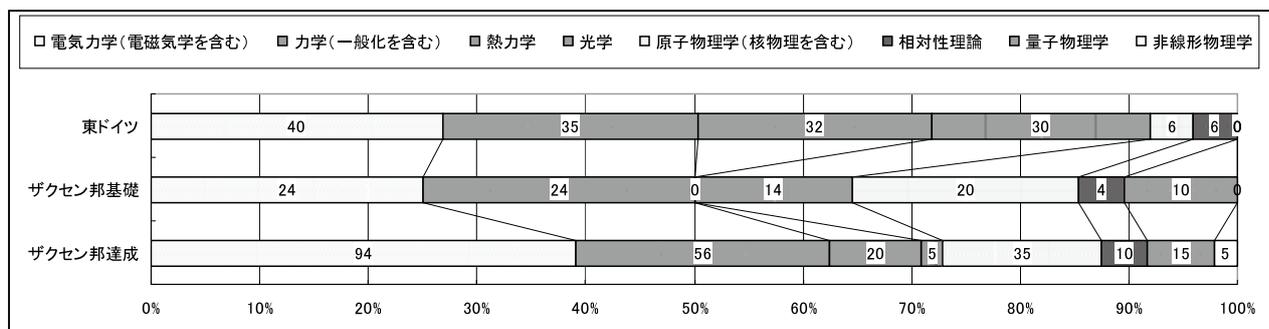


図2 東ドイツ拡大オーベルシュレー物理，ザクセン邦ギムナジウム基礎コース物理，及び，達成コース物理における8区分（古典物理：力学・熱力学・光学・電気力学／現代物理：特殊相対性理論・核物理学・量子物理学・非線形物理学）別授業時数の割合・数値の比較

東ドイツ拡大オーベルシュレ物理からザクセン邦ギムナジウム上級段階（基礎コース、及び、達成コース）物理への変化で、現代物理学の割合・数値の増大がある。ザクセン邦ギムナジウム上級段階物理に至って、光学・熱力学の軽視（割合・数値の縮小）、原子物理学の重視（割合・数値の増大）の他、新たに、量子物理学の付加と、達成コースでは更に非線型物理学の付加が分かる。

変化がなかったことは、古典物理学内の重み（割合の順位）が東ドイツとザクセン邦達成では同じ（電気力学、力学、熱力学、光学）である。但し、ザクセン邦基礎では若干異なっている（電気力学＝力学、光学、熱学＝0）。

IV. おわりに

旧東ドイツ地区・ザクセン邦のギムナジウム上級段階と東ドイツの拡大オーベルシュレとに焦点を当て、いわば憲法、学校教育法、学習指導要領などの比較考察から、ドイツにおける後期中等教育段階（通算呼称第11～12学年）の物理教育の変遷を明らかにしてきた。

旧東ドイツ地区のザクセン邦は、西ドイツつまり連邦共和国を構成する邦となり、東ドイツつまり民主共和国で掲げられていた社会主義国の建設を標榜しなくなり、その教育制度は中央集権・単線型から地方分権・フォーク型に大きく変化し、それぞれ、同年齢の一部が在学する後期中等教育段階の学校・段階は、東ドイツの拡大オーベルシュレから、旧東ドイツ地区・ザクセン邦のギムナジウムにおける上級段階（最後の2年間）に換わり、生徒数は激増しており、大きな変化である。

ともに、通算呼称で第11～12学年である後期中等教育段階の物理は、ギムナジウム上級段階のいわば卒業試験であり大学入学資格認定試験であるアビトゥール試験における受験教科（達成コース教科）や週授業時間数合計からは、化学・生物に比べて、重視されたままである。必修から選択へ、達成／基礎コース教科の設定、週授業時間数合計がゼロ（全く履修しない場合）から、以前の2倍（12/6）までに広がる履修時間幅の拡大、でわかるように大きな多様性が生じている。

旧東ドイツ地区のザクセン邦ギムナジウム上級段階物理と東ドイツ拡大オーベルシュレ物理とのいわば大綱を規定している新旧学習指導要領は、実施開始年で比べれば、ほぼ30年間の隔たりを有している。

物理の目標は3要素、知識・能力・態度からなることに変化はないが、基礎と達成コース教科とで異なり、多様性をもたらしている。社会主義（反資本

主義）を信じ、建設・防衛に貢献するなどの国家目標の要請からの離脱という変化もある。

物理の内容においては、古典物理学内の重み（割合の順位：電気力学、力学、熱力学、光学）は変化していない。しかし、量子物理学、達成コースでは非線型物理学が加わり、現代物理学の重視（割合・数値の増大）という変化がある。

内容の取り扱いの指示に関しては、生産労働と学術的実際の活動の重視、必修的な実験の指示に対して数学的扱いの制限、生徒実験の決定の自由裁量、という違いがある。また、選択分野や拘束性のない指示欄などが設けられたことは、生徒の興味関心・教師の自由裁量を考慮・許容してきたことである。

旧東ドイツ地区・ザクセン邦の後期中等教育段階における物理教育の概念・構造は、イデオロギーの変化や科学技術の発展に加えて、対象生徒数の増大に対応してきたといえるだろう。

なお、本論文は、第28回物理教育研究大会（平成23年8月9日、広島市・広島県情報プラザ）において口頭発表した内容に、基づいたものであり、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、ドイツ民主共和国の物理教育－1989・11～1990・10における変化－、物理教育、40巻4号（1992）、249－252頁。
- 3) 田中賢二、社会主義国－東欧コメコン諸国－の物理教育、物理教育、40巻3号（1992）、176－179頁。
- 4) 田中賢二・本田義信、東西ドイツの物理教育の比較研究－前期中等教育段階用教科書の分析を通して－、物理教育、42巻2号（1994）、204－207頁。
- 5) 田中賢二・本田義信、東西ドイツの物理教育の比較研究（Ⅱ）－後期中等教育段階用物理教科書の分析を通して－、物理教育、46巻6号（1998）、319－322頁。
- 6) 田中賢二、ドイツの物理教育における「エネルギー」の取り扱いの変遷－東ドイツ／旧東ドイツ地区の前期中等教育段階用物理教科書の分析から－、物理教育、47巻5号（1999）、235－241頁。

- 7) 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－, 物理教育, 49巻6号(2001), 565－575頁.
- 8) 田中賢二, ドイツ－ザクセン邦－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.
- 9) 田中賢二, オーストリアの前期中等教育段階における物理教育－初等教育段階の教科「事象教授」との関連－, 岡山大学教育学部・研究集録, 135号(2007), 51－64頁.
- 10) 田中賢二, オーストリアのハウプトシューレにおける物理カリキュラムの改訂, 岡山大学教育学部・研究集録, 137号(2008), 29－38頁.
- 11) 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, 物理教育, 58巻2号(2010), 98－105頁.
- 12) 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.
- 13) 田中賢二, スイスドイツ語圏ベルン邦－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.
- 14) Verfassung des Freistaates Sachsen vom 27. Mai 1992.
- 15) Schulgesetz für den Freistaat Sachsen(SchulG) Vom 3. Juli 1991.
- 16) Verordnung des SMK über allgemeinbildende Gymnasien im Freistaat Sachsen.
- 17) Verordnung des SMK über die gymnasiale Oberstufe und die Abiturprüfung an allgemeinbildenden Gymnasien im Freistaat Sachsen.
- 18) Lehrplan Gymnasium Physik 2004/2007/2009.
- 19) Verfassung der Deutschen Demokratischen Republik vom 6. April 1968.
- 20) Gesetz über das einheitliche *sozialistische* Bildungssystem vom 25. Februar 1965.
- 21) Ministerrat der DDR Ministerium für Volksbildung, Lehrplan Physik Abiturstufe, Volk und Wissen 1980.
- 22) 田中賢二, ドイツ－ザクセン邦－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.
- 23) 田中賢二, ドイツにおける前期中等教育段階の物理教育の変遷－旧東ドイツ地区・ザクセン邦のミッテルシューレ物理と東ドイツのオーベルシューレ(第5～10学年)物理との比較考察－, 岡山大学大学院教育学研究科・研究集録, 148号(2011), 15－29頁.
- 24) 田中賢二, ドイツにおける初等教育段階の物理教育の変遷－旧東ドイツ地区・ザクセン邦のグレントシューレの場合と東ドイツのオーベルシューレ(第1～4学年)の場合との比較考察－, 岡山大学大学院教育学研究科・研究集録, 149号(2012), 43－56頁.
- 25) 田中賢二, ドイツにおける就学前教育段階(幼稚園)の物理教育の変遷－旧東ドイツ地区・ザクセン邦の場合と東ドイツの場合との比較考察－, 岡山大学大学院教育学研究科・研究集録, 150号(2012), 79－91頁.