

5. まとめと課題

物理および応用物理関連学科の出身者達は、どのような職種に就き、どのような役割を果たしているのだろうか。その際、大学で学んだことの何がどのように役立っているのだろうか。また、社会に出て振り返ったとき、これらの出身者達は、大学での教育がどのようであればなお良かったと考えているのだろうか。大学の物理教育改善の方向の指針を得るために、物理学科・応用物理関連の学科の学部教育に焦点を当て、現状と課題について定量的なデータを収集することを目的として、全国レベルでの調査を、科学研究費の補助を得て実施した。前章で詳述したその分析結果を以下で要約して、あわせて今後に向けての課題を整理する。

回答者の構成

設置機関別回答者数は国公立が 24 大学 29 学科の 492 名、私立は 15 大学 16 学科の 285 名であった。卒業後年数別では、卒業後 15 年前後の回答者は 573 名 (73.7%)、学部卒業後 5 年の回答者は 174 名 (22.4%)、無回答は 30 名 (3.9%) であった。

回答者の性別構成比は男性 80.8%、女性 15.3%、無回答 3.9%で、わが国の理工系分野での平均的な構成比に近いが、女性の構成比が極めて低い。しかも、平成 12 年以前に大学院重点化された国公立大学についてみると女性構成比は 4.1%とさらに極端に低い。この男女構成比における大きなアンバランスの解消は、物理・応物関連分野にとっても重要な課題の一つであり、また将来に向けての人材確保のための鍵と考えられる。

物理・応用物理関連学科の出身者はどのような仕事についているか

今回の調査で数値的に明確になった重要な事実の一つが、物理・応用物理関連学科出身者の 70~80%に達する圧倒的な大部分が、産業界のキャリアを選択していることである。これは、この分野の関係者の多くが予想していることであるが、今回の調査で数値的にも明確に裏付けられた。予想を超えたことは、この 70~80%に達する産業界への進出傾向が、大学のカテゴリーや、学部卒あるいは修士修了以上という最終学歴、さらには、学科が理化学部に属する理学系であるか理工学部や工学部に属する工学系であるかなどにあまり依存せずに共通してみられることである。

上に述べた傾向は、英国や米国での調査結果とも類似しており、国際的にも共通する傾向と思われる。科学技術の進展、とりわけ学際的領域に関わる新技術の展開に際して、基盤となる科学的素養を身につけた上で工業技術の課題に取り組む物理・応用物理系の人材

が、産業界で有効に機能しており、また社会の要請に応えていることを反映するものと考えられる。

出身者達にとって有意義だった学部科目（物理関係）

これらの出身者達にとって学部時代の教育のどのような部分が有益だったと受け止められているだろうか。「学部時代に学んで有意義だったと感じている物理関係学部科目は何か（複数選択可）」という設問への回答（図4-12 (a), (b)）で特徴的なことは、「有意義だった」との回答者比率が、「卒業研究」が51.5%で最も大きく、「実験」46.6%がこれに続くことである。これらに対して、講義科目の比率は少ない。また、「ゼミ」や「演習」を挙げる回答者は目立って少ない。この傾向は多数の学科における平均的な傾向としては、大学カテゴリー、卒業後の経過年数、最終学歴、業種や職種などにあまり依存せず、物理出身者全体での共通的な傾向としてみられる。

この設問に対する回答者比率を産業界と教育・研究分野で比較すると、「卒業研究」と「実験」の比率が高い傾向は両分野で共通に見られる。しかし、70%を越える「産業界」に在籍する卒業生からの「有意義であった」との回答比率が全体的に低い。「産業界」の卒業生からの回答比率の相対的な低さは、「一般物理・物理学概論など」を除くほぼ全ての調査授業科目にわたっている。

回答者全体でも、また、とりわけ産業界の回答者について、講義科目について「有意義だった」とする回答者の比率が小さいことは、講義科目の教育が学生達の十分な理解と咀嚼を実現していないことを示唆しているものと考えられる。

「卒業研究」を「有意義であった」と挙げている回答者の比率が講義科目全般に較べて顕著に高い理由は、卒業研究が通常は少人数教育として行われ、教員さらには上級生などとの密度の高い交流の中で学生が明確な目標に向かって能動的に学習・研究する機会が与えられるためではないかと推察される。

明らかに、「卒業研究」は、日本の大学の物理教育のなかで有効性のより高い側面として評価されている。しかし、卒業研究は、本来は、講義科目を通じて形成される基本的な物理の理解が統合されて活用されるときにはじめてその有効性を十分に発揮するはずである。この結果は、講義科目も含めた学部4年間トータルでの物理教育のありかたに改善の余地が少なくないことを示していると考えられる。

「演習」や「ゼミ」を挙げている回答者の比率は顕著に低い。「演習」は、元来は講義科目に付随して学習内容のその理解と定着を促す機能を持つ。また、講義だけでは限界のある、講義者と受講生間のコミュニケーションの双方向性の補填機能も期待される。しかし、現実には、講義科目との連携が弱い、あるいは欠落している等の理由で「演習」が本来の機能を果たしてないケースが少なくないことが低い比率に反映されていることが推定される。「演習」や「ゼミ」の改善も検討課題のひとつと思われる。

卒業後15年前後と5年の結果を比較(図4-16)すると、極めて興味深いことに両者の結果は相互に驚くほど類似している。この結果は、学部卒業後5年から15年経てなお「卒業研究」、「実験」、さらには「一般物理・物理学概論」、「電磁気学」、「力学」などの基本的な物理科目が、依然として卒業生にとって意義あるものと意識されていることを示している。

ここ5~15年間に科学技術は大きく進展してきた。「産業界」でのキャリアを選択した大多数の出身者達がとり組む技術課題も卒業以来現在までの間に大きく変化してきたはずである。そのような変化・進展にもかかわらず、これらの物理学の基礎教育科目がもっとも有意義な教育であったと意識されていることは、大学の物理・応用物理教育のあり方を考える上で極めて重要な事実と考えられる。

有意義だった学部科目（物理以外）

「有意義だった学部科目 [物理以外]」(複数回答可)の調査結果(図4-21)によると、「数学」が48.3%と最も高く、それに続いて、「英語」の比率が33.6%で他の項目に比べて極めて高い。その一方で「人文科学」、「社会科学」の回答者の比率が顕著に低いことは、大学教育における教養教育ないしリベラル・アーツ教育のあり方に対する深刻な憂慮をさそう結果と言えよう。この「数学」と「英語」に突出した回答分布は、大学のカテゴリー、業界や業種、最終学歴、卒業後の年数などのファクターにほとんど依存せず極めて共通している。

「物理以外」の限定を付けての設問に対して「数学」の比率が顕著に高いことは、物理を学ぶ中で身につけた数学の知識と能力のみならず、「数学」の学習の中で身につけた論理性や抽象的な思考の能力が、物理・応用物理関連学科の出身者のキャリアの中で重要な意味を持つことを示していると考えられる。単に物理の道具としてだけでなく、「数学」の教育が物理専攻学生の教育の中で重要な役割を担っていることをうかがわせる。物理学科のカリキュラムの中での数学科目の位置づけや、数学教育と物理教育の間の連携は、物理

教育の充実にとって重要な要素と考えられる。

「英語」の比率が高いことは、科学技術の国際性の中で占める英語への依存度の高さや、産業のグローバル化が進み、世界共通語としての「英語」のスキルが業種に依らずきわめて重要なものになっていることを、改めて浮かび上がらせている。しかし、自由記述欄への記載を参照すると、大学での語学教育に必ずしも満足しなかった出身者が少なくないこともうかがわれる。人文・社会科学と並んで語学教育の充実も重要な課題と思われる。

物理を学んで役立っていること

「物理を学んで役に立っている点（複数回答可）」についての回答者率（図4-22）で極めて注目されることは、「本質的要素を抽出しモデル化出来る」49.7%、「論理的に考えプレゼンテーションできる」48.0%、「新技術の原理を理解し利用できる」46.2%等がいずれも高い。これらの項目に、「データ処理・解析を行なえる」37.7%、「プログラミング等のコンピュータ利用技術」33.7%等が続いている。

自然現象の本質を捉え、論理的に分析するのが物理学であれば、これらはまさに大学の物理教育がめざしていることと言えよう。その意味では、物理・応用物理の教育の意図はおおむね達成されており、出身者達にもそれが理解され、実社会で彼等の能力開発に寄与していることがうかがえる。大学での物理・応用物理の教育が、狭義の「即戦力」教育としてではなく、より基盤的なところでキャリアを支えていることがうかがえる。

その一方、「他業種の人々とのコミュニケーション能力」を「役立っている」とする回答者の比率は、最終学歴、大学カテゴリー、卒業からの経過年数などに依存せずに顕著に低いレベルにあり、物理系学科卒業生が世代を超えて共通に抱える弱点となっていることが推定される。

「物理を学んだことで役立っている点」を教育研究分野と産業界で比較（図4-23）すると、回答者の大多数である「産業界」に属する卒業生からの「卒業研究等で学習したことを現在の業務に使っている」とする回答比率は低く、「授業で学んだ内容が現在の業務を支える基礎になっている」も20%強であり高くない。この結果から、「産業界」で必要となる知識・能力と、大学での物理・応用物理分野の教育訓練の間にはギャップがあることがうかがわれる。しかし、物理・応用物理関連学科の教育がエンジニアリングの特定の領域に集中せずに、その科学的基盤の教育を目指す以上、この結果は当然のことと言えよう。むしろ、「本質的な要素の抽出・モデル化ができる」、「論理的に考えプレゼンテーションできる」、さらに「新技術の原理を理解し、利用できる」が50%近い高い比率になってい

ることは、物理・応用物理関連学科の教育の狙いが出身者達に肯定的に受け止められていることを反映しているものと考えられる。「産業界」で展開されている工学技術の多様性やその日進月歩の変容のスピードを考えれば、まさにここに物理・応用物理関連学科出身者の強みがあるものと思われる。自由記述欄の記載などもあわせて読むと、「卒業研究」も、多様な分野に進出している出身者達の多くにとって、その即戦力養成効果よりもよりも長期的にキャリアの基礎を支える教育効果が評価されているものと推定される。

このように、物理教育の特徴とも言える理論性や本質の抽出・モデル化などの能力の涵養は成果をあげているように見えるが、変化の兆しもうかがえる。図4-29に示した卒業後15年と同5年の二つの世代からの回答の対比は、卒業後の経験年数の違いを表しているとも考えられるが、物理教育を受け取る世代の質的な変化を示唆しているようにも見える。

高等教育・研究機関に進んだ出身者にとっては、学部時代に受けた教育が現在の業務に直接「役立っている」と評価されるものである確率が高いのは自然なことと思われる。しかし、それ以外の分野に進出する出身者の大多数にとっても、物理教育は業務に直接ではなくてもその基盤として役立ち、また、論理的思考能力やモデル化能力の訓練として有効性を発揮していることがうかがわれる。しかし、大学の側には、自らの分野の後継者を育てることこそが本来の使命であるとの意識が少なくないのが実情では無かるうか。学科が、また個々の教員が、この調査結果が示している現実を、どう受け止めてそれぞれの教育方針に反映させているのか、この調査研究の今後の展開における重要課題として取り上げたい。

今後に向けて

平成15年度から16年度にかけて実施したこの郵送によるアンケート調査には、39大学45学科の参加・協力を得ることができ、回収した回答数総数は777に達した。調査対象は、それぞれの学科を、平成11年3月（学部卒業後5年）、及び平成元年3月（同15年）をはさんで前後1年に卒業した、それぞれの学科の出身者である。物理・応用物理関連分野の出身者達から、自らが受けた学部教育について全国規模のフィードバックを集めた調査は、わが国でははじめてのものと思われる。

回答全体についての分析結果は、その15%を構成する平成15年度実施の予備調査の分析結果とよく対応しており、アンケート結果の信頼性を示唆していると考えられる。しかし、予備調査と本調査あわせてのアンケート送付総数に対する回収率は10.6%にとどまった。

このため、回答者集団が物理・応用物理関連学科出身者として必ずしも平均的な集団ではなく、このアンケートに対して、あるいは自らが物理・応用物理分野出身であることについて、平均以上に肯定的な標本集団になっている可能性も排除しきれない。また、全国の国・公・私立大学の理学部，工学部，理工学部等に属する学科の中で，その名称から物理あるいは応用物理に関わると我々が推定した学科は 127 学科あったが，この調査への参加・協力を得た大学・学科は，そのうちの 39 大学 45 学科で，学科数比では 35.4%であった。この点からも，収集・分析した情報が，我が国における物理・応用物理関連教育の全体像にどの程度迫っているかについては，慎重な検討を要すると思われる。

平成 17 年 4 月に成立した個人情報保護法に象徴されるように，日本社会が個人情報保護に極めて敏感になっている時期のアンケート調査であったことが，調査への参加を困難にした学科も少なくない。回収率が 10%台にとどまったこともこの社会状況を反映したものであることがうかがえた。

しかし，今回の調査結果は，学科出身者からのフィードバックは，個々の学科にとっても極めて重要な情報を含んでいることを示している。その学科の教育を享受した上で様々なキャリア・パスに展開している出身者達から，自らが受けた教育に関する評価を受け，また，学科の将来展開についての提言を受けることは，学科の教育研究に関する方向を決めていく上で大いに参考になるものと考えられる。今回の調査が，それぞれの学科が自らの卒業生との双方向のコミュニケーションを強化する契機として役立てば，この調査研究メンバーにとってたいへん幸いである。

そして，今後は，このような動向調査と分析が日本物理学会や応用物理学会その他の関連学協会の主体的な参加の下で，組織的・定期的実施されその結果が調査母体にフィードバックされてゆくサイクルが形成されて行くことが期待される。さらに，このような組織的な調査と分析の結果を広く社会に発信し，またそれに対して社会からからのフィードバックを受けることが，物理・応用物理学関連分野の教育や出身者の進路選択だけでなく，この学問領域への社会的な理解の増大につながるものと期待される。