

中学校理科における光学教育の現状と その改善への提言

濱 中正 男

On the Present State and Improvement of Optics Education in Junior High School

Masao HAMANAKA

This paper deals with the actual status and its problem of optics education under a new course of study in 2002, and also the direction of improvement in the optics education was indicated with respect to the viewpoint of revitalizing human development. In order to improve the optics education, we propose the following contents: (1) to develop teaching materials from which junior high school students can understand the relation to science and technology, (2) to train the teachers who can raise the optical viewpoint and approach, (3) to develop a curriculum for training optics literacy and optical specialist.

Key words: optics education, science education in junior high school, teacher training, science textbooks, course of study

光学に関する科学技術がこれだけ発達しているにもかかわらず、われわれ¹⁾は次期光学界を担う人材が豊かではないと考えている。そこで、わが国で2002年度から中学校、2003年度から高等学校で実施された学習指導要領理科における光学教育の実状をよく認識して、人材教育の面から検討する必要があると考える。その一環として、中学校理科で光学関係の教育がどの程度行われているかを学習指導要領と教科書を中心に紹介・解説し、その光学教育が光学の人材育成、および光学の科学技術社会を正しく理解する人の育成に及ぼす影響を考察し、これらに対する筆者の考えと改善の方向をまとめた。

1. 中学校理科で扱う光学教育の目標と内容

平成元年改訂の中学校学習指導要領解説理科編²⁾によると、平成14年度から中学校で学習する光学に関する目標および内容は次の通りである。目標は「身近な事物・現象についての観察実験を通して、光の規則性について理解させると共に、これらの事象を日常生活と関連付けて科学的にみる見方や考え方を養う」とあり、その内容は「(ア) 光

の反射や屈折の観察、実験を行い、光が水やガラスなどの物質の境界面で反射・屈折するときの規則性を見いだすこと、(イ) 凸レンズの働きについての観察、実験を行い、物体の位置と像の位置及び像の大きさの関係を見いだすこと」となっている。その「内容の取り扱い」は「(ア) については、全反射も扱うが、屈折率は扱わないこと、(イ) については、実像と虚像を扱うが、レンズの公式は扱わないこと。また、像の位置、像の大きさの関係を実験により定性的に調べること」とされている。

学習指導要領の目標や内容が以上で述べたように定められていることは、中学校の理科教育という観点からみるとどのように考えられるかを、学習指導要領解説の改訂の経緯、改訂の主旨、改訂の要点³⁾およびそれらに対する私の解釈も加えて、次のようにまとめる。

学習内容については、身近な日常事象を紹介し、実験を行い、その考察を通して、反射・屈折・全反射・凸レンズによる実像と虚像を理解させ、さらにその身近な利用例を示している。

まず、これらの学習内容は、音や力の性質とともに「身

東京学芸大学 (〒184-8501 小金井市貫井北町 4-1-1) E-mail: hamanaka@u-gakugei.ac.jp

近な物理現象」の単元として、中学校で最初に学ぶ物理的内容であり、光・音・力について理解させることもあるが、今後中学校で学ぶ物理現象に対する生徒の興味・関心を高めることを主たるねらいと位置づけている。

次に、中学校の物理でねらう科学的な思考力の育成の第一歩として、このような学習内容、つまり習得すべき光学的知識を通して、反射のしかた・屈折のしかた・凸レンズによる実像のできかた等の光学に関する規則性を見つけさせることも試みている。

さらに、このような身近な光学事象の紹介や反射・屈折等の利用例を示すことにより、光学の学習に興味・関心をもたせることを主目的とし、できれば、この学習が生活や社会に役立っていることを気付かせる目を養うようにしている。

2. 中学校理科での光学学習と生徒の反応

2.1 教科書での光学学習の扱い

教科書は学習指導要領に沿ってつくられるものであるから、要約すると前章に記した内容になる。しかし、この内容をどのような教材や事例で表すか、どのような順序や分量で表すか等の詳細は教科書会社の考えで決まるため、各社がそれぞれの特色を出している。

一方、学習指導要領の引用紹介を主にした報告は大井³⁾のほかこれまでに多くあるが、教科書の内容を、おもに実験の扱い、図表・用語の定義法等の表記法、内容提示の流れからみた報告は少ない。そのうえ、中学生が光学をどのような教材を使ってどの程度まで学習しているかを知るには、学習指導要領の引用・紹介のみでは全く不十分である。そこで、全5社のうち生徒の活動を比較的重視していると思われる1社⁴⁾の例を以下に示す。

「光の性質」の章の最初にこもれ日、万華鏡等の写真を載せ、「1. 光の進み方を調べよう」ではレーザー光源からの煙や水の中を進む図で光の直進を説明し、太陽や電球で光源を定義している。

「2. 光の反射のようすを調べよう」では、実験1として、平面鏡に当てた光線の入射角と反射角の測定を入射角を変えて行う。この結果から入射角と反射角が等しいことを確かめ、これを反射の法則（法線や同一平面上には触れていない）と呼ぶとともに、像の定義もしている。次に、2枚の平面鏡の角度を変えたときに、写る鉛筆の像の数を調べた実験レポートの例（実験をする扱いにはなっていない）を紹介している。

「3. 光はどのように屈折するのだろうか」では、空気中から台形ガラスに光を当てると反射光と屈折光のあること

を示し、実験2として、台形ガラスに当てた光線の道筋の記録を入射角を変えて行う。この結果の作図から、空気からガラスに光が入るときには屈折角は入射角より小さく、ガラスから空気に入るときには屈折角は入射角より大きくなると結論づけている。次に、茶碗の底に置いた硬貨に水を注ぐと硬貨が見えてくる実験の解説図（実験をする扱いにはなっていない）により屈折の例を紹介している。

さらに、水中から空気中への入射光を出す実験図（実験をする扱いにはなっていない）により、全反射を定義している。また、「資料」として、全反射の応用例としての光ファイバー、およびペットボトルの穴から出る水流の全反射を紹介（実験をする扱いにはなっていない）している。

「4. 凸レンズのはたらきを調べよう」では、まず、凸レンズのはたらきを虫眼鏡と牛乳パックからカメラを作る等の図（実験をする扱いにはなっていない）を示し、続いて凸レンズに平行光線を当てた図（実験をする扱いにはなっていない）をもとに、凸レンズの表面は球形で、光を屈折させて集めるはたらきがあることを示すとともに、焦点および焦点距離を定義し、焦点に置いた紙をこがすこと、カメラの原理は凸レンズでフィルム上に像を結ぶことを文章で説明している。

次に、実験3として、光源の位置を変えたときの像のできかたを光学台を使って行う。この結果から、像は上下左右が逆で、光源を近づけるほど像は大きく、遠い位置にでき、光源が焦点内では像はできないことを文章で記述している。また、光が集まってくる像を実像、ルーペによる拡大した像を虚像と定義し、前者はカメラではフィルム上にできると文章で説明している。その上で、凸レンズによる実像と虚像の作図（実験をする扱いにはなっていない）を示し、資料としてカメラの原理とルーペの原理を作図で説明している。

2.2 生徒からみた光学学習のねらいと内容

以上に述べてきた光学学習のねらいと内容が、それを学ぶ中学生にはどのように受け止められるかを、20年以上中学校理科教師をしている何名かの指導経験をもとにまとめた結果を次に示す。

(1) 教科書での扱いからもわかるように、身近な日常事象を紹介し、実験を行い、その考察を通して、反射・屈折・全反射・凸レンズによる実像と虚像を理解させ、さらにその身近な利用例を示していて、記述されている範囲の内容については生徒にとってわかりやすい流れになっている。

(2) これらの学習は、音や力の性質とともに「身近な物理現象」であり、中学校で学ぶ「電流」「運動とエネルギー

ギー」の内容を含む物理内容全体の導入として、生徒の興味・関心を高めている。

- (3) 教科書では実際に行う実験として扱っているのは前述の3つの実験であり、そのほかは、定義や現象を説明するために実験の一部を図または写真で提示するにとどまっている。これは、生徒が光学の実験法を体得し、光の事象に直接触れて広く知るといった観点からみると、かなり不十分である。
- (4) 反射のしかた、屈折のしかた、凸レンズによる実像のできかた等の光学に関する規則性を見つけさせる等、科学的な思考力も育てようとしているが、教科書の記述では実験法の直後にこの正解にあたる内容が書かれているので、生徒にとっては学習塾ですでに学習した正解と併せて、本気で考察する気持ちになりにくい。
- (5) 身近な光学事象の紹介や反射・屈折等の利用例を示すことにより、光学が生活や社会に役立っていることも気付かせようとしているが、現代の光学の先端技術に触れること、および、光産業がいかに社会に貢献しているかを知るといった観点からすると、全く不十分である。

なお、以上の(1)～(5)の内容は学習指導要領で決められているために、教科書でもこの扱いになるが、教科書会社が独自の考えで編集すれば異なる記述になることも考えられる。

3. 人材育成からみた中学校の光学教育の問題点と対策

上述した中学校理科における光学教育の理科教育上の問題点とその対策を、2002年度発行の教科書に沿って、多くの中学校で実施されていると思われる光学の授業をもとに、以下に述べる。

3.1 現行の光学教育の問題点

第1に、光学の学習のねらいが中学校物理の学習全体の導入を主たるねらいとする位置付けになっているため、日常事象との関連づけ等を通じた光学事象の面白さは生徒に伝えられている。これ自体は好ましいことであるが、生徒はその段階にとどまるだけで、それ以上の関心や理解を深める段階へと進展しない傾向がある。この傾向が生じるおもな理由には、光学の学習が発達心理学的にみて仮説の検証等の科学的思考力が十分とはいえない段階の年齢でなされ、しかも全部で8時間程度で終わらざるを得ない実態がある。加えて、教師の指導の重点も物理の導入に置かれているために、それ以上に深めた指導をする発想が生じにく

い。また、生徒の側からみると、2年で電流を30時間程度、3年で運動とエネルギーを15時間程度で内容そのものの理解を中心とする学習を行い、入試でも重視されているのに比べて、光学の内容は軽く学習すればよいと受け止めるのは当然である。

第2に、光学の内容自体の問題がある。光学の学習に本格的に取り組む位置付けになっていないので、反射の法則を平面鏡で学ぶが、それを凹面鏡ほかに当てはめて考える場がないし、屈折の規則性(屈折の法則までは扱わない)を学ぶが、次に学ぶ凸レンズではその規則性を使って像のできかたを考えることまでは扱っておらず、また、焦点や焦点距離の用語は学ぶが、それが光学機器の原理等を理解するのに役立つことまでは扱わない。このように、扱う学習内容が少量であり、系統的でないために、光学の基礎を中学生なりに学習できる内容になっていないところに問題点がある。

つまり、光学に関する基本的な概念や法則をよく理解したうえで、光に関する事象および科学技術の成果を見たり考えたりする力の育成は、実質的に高校以上の教育にゆだねられている。

第3に、理科教師の教材観の問題がある。光の学習で凸レンズによる像等の規則性を見つけさせ、実験法を考え、結果を予測させることを通して、光学的見方や考え方を育成する授業を行うためには、教師がそのような教材観を強く持って、指導することが不可欠である。この教材観がないと、光学の授業はおもに教科書に記載されている反射の法則等を伝達し、それに何となく関係している平面鏡に写る顔等の身近な事象を紹介するにどまりやすい。しかし、中学生としての光学の基本的な概念を形成し、その立場から光学の成果を理解する力をつけるには、生徒が光学実験の結果とそれに関連する既習内容をもとに、論理と感性を駆使して考察し、彼等にとって未知な光学的な規則性を発見する等の授業が不可欠である。それにもかかわらず、現実には前者の授業が多く実施され、後者のような光学概念に直結する授業は稀とみてよい。その理由としては、先述の学習時間の短縮、中学校物理内容の導入としての位置づけ、およびねらいとしての科学的思考が形式的なためもあるが、後者の授業を行うだけの授業観をもち、それを構成し展開するだけの授業力を備えた教師が残念ながら少数であることも考えられる⁵⁾。

第4に、光学に関する科学技術がめざましく発達している今日にもかかわらず、それに正面から取り組む学習内容が盛り込まれていないという問題点がある。

第5に、光学の学習をほとんどしないで大人になる人が

大多数となる問題点がある。中等教育の光学の学習は中学校1年で行うが、次の機会は高校の物理Iであり、大学で専門として履修する以外の人は、それ以上は学ぶ場がないのが通常である。そのうえ、高校で物理を履修する生徒の率は、2002年度までの学習指導要領実施の下では15%の学校もある⁶⁾ほど低い。その結果として、国民のほとんどが、中学校での光学の学習による知識と印象をもとに光学的な事象や科学技術の成果に接することになる。このことは今日および将来の光学に関する科学技術のめざましい発展を考えたとき、憂うべき現象である。

3.2 現行の光学教育の改善の方向

さて、上述のような問題点がある以上、これに対処する方法を考えねばならないが、現行の中学校教育のもとで実現するにはかなり困難なことばかりである。それを承知したうえで、あえて理想的なことも含めた筆者の考えを簡単に記して、本論のまとめに代えたい。

第1の問題点に対しては、導入としての内容に加えて、中学生として本格的な光学の内容を、幾何光学を主に、半定量的に学習する位置づけで、最低15時間程度の学習を、2年または3年で行うようにすべきである。

第2の問題点に対しては、凹レンズ、凹凸面鏡を含む系統的な学習内容を配置して、光学の実験をより多く実施する中でその考察を十分に行い、その内容が科学技術にどのように応用されているか、その仕組みを考える扱いにすべきである。

第3の問題点に対しては、理科教育の充実方法を現行の物(施設・設備・備品)中心ではなく、上記の科学的な見方等を育成できる教師の養成中心に移すべきである。金と

時間と手間をさらにかけて、このような力量をつける研修を充実すべきである。

第4の問題点に対しては、光学の科学技術の先端の成果の中から、生徒を引きつけるような教材を開発する研究が、高等学校の光学では多少はなされている^{6,7)}が、これを補助金等で支援して中学校の光学でも優れた教材を多数開発し、それを学習指導要領と教科書に明記して、生徒が十分に理解できるようにすべきである。

第5の問題点に対しては、光の科学技術がより発達する将来に対応する国民に必要な光学リテラシーを明確にして、それを育成するとともに、専門家になるための基礎基本の能力を定めて、身につける光学の学習カリキュラムを、小学校・中学校・高等学校と一貫して学べるように開発すべきである。

文 献

- 1) 小館香椎子ほか：人材育成委員会報告書(財団法人光産業技術振興協会, 2004) pp. 1-3.
- 2) 文部省：中学校学習指導要領解説理科編(大日本図書, 1999) pp. 1-21.
- 3) 大井みさほ：“高校までの光学教育の現状”，光学，**22** (1993) 303-304.
- 4) 戸田盛和ほか：中学校理科1分野上，平成13年2月検定済，(大日本図書, 2002) pp. 1-13.
- 5) 濱中正男：“児童生徒が主体的に生きた知識を獲得する理科の学習と方策”，理科の教育，**46** (1997) 800-803.
- 6) 数越達也：“高等学校での光学教育について”，光学，**25** (1996) 203-204.
- 7) 後藤真裕：“自然の事物現象を身近に引き寄せる工夫”，理科の教育，**51** (2002) 628-632.
- 8) 清水 勲：“高等専門学校の教育現場から”，光学，**25** (1996) 204-206.

(2004年1月25日受理)