

物理教育の危機と気象の教育*

島 貫 陸**

1. はじめに

新聞などで報じられているのでご存じの方も多いと思うが、昨年の春、物理系3学会会長の連名で「理科教育の再生を訴える」という文書が各方面に送付された。本学会にも送られてきたため、理事会でとりあげられ、学校教育との関係の深い筆者に意見が求められた。本稿はそのようないきさつで書かれたものである。

初めに、上記文書の概略を紹介しておく。「最近、初等・中等教育の段階で、学年が上がるに従って理科嫌いが増えていることが報告されている。この若者の理科離れと言われる事態、とくに物理離れは、わが国の将来にとって憂慮すべき問題である。」として、次の5項目を訴えている。

1. 大幅に減少した小・中・高校の理科の授業時間の回復を。
2. 小学校低学年における理科の復活を。
3. 実験・観察を十分に行える環境の整備を。
4. 高校までのすべての生徒に国民的素養としての物理を含む科学教育を。
5. 科学を正しく理解し、広い視野と優れた判断力をもった小・中学校教員の養成を。

このような物理系3学会の主張は、自然科学に深く関心を持つ者にとっては、全く異論のないところであろう。しかし、そのことは理科の中での共通の意見をまとめた結果ともいえるものであり、理科の中からは反対が出にくい反面、理科以外の人に対しては説得力に乏しい文書になっている。新聞などの反響も必ずしも好意的なものにはみえない。そこで本稿では、本学会の立場からもっとつっこんで検討してみたい。

小学校の中学年では理科は嫌われていないが、学年

が進むにつれて理科嫌いが増加するという。大学で文系の学生は遊んでいるが理系は遊べないという。そのように苦勞しても、卒業後少なくとも経済的な報いはない。しかし、これらは昔からの傾向である。大学の理系学部の志望者数の変化は、統計を取りにくいのが、減少して困っているようでもない。入試センター試験の理科受験者数と社会科受験者数を見ると、平成2年度のそれぞれ343千人と388千人から、平成6年度の374千人と447千人に変化している。全体の受験者数が408千人から499千人に増加したことに伴って理科も社会科も増加している。理科を社会科で割った値は0.885から0.836に低下しているが、私立大の参加が増えたこともあり、その解釈は難しい。

最近とくに目立つ傾向は物理に関する事情である。高校での物理選択者数が激減している。そのことに危機感を抱いた物理教育の関係者が理科教育の危機として取り上げたというのが事実のようである。したがって、理科教育の危機というよりは物理教育の危機といったほうが正しいように思われる。隣接する領域の協力を得て理科教育全般の問題として世間に訴えようとしたために、論旨が不明確になってかえって理解が得られなくなっているようにみえる。

しかし、危機が物理教育に関するものであるとしても、それは物理教育関係者だけの問題ではない。気象は学校教育では地学の中で教えられるが、気象学が応用物理学的色彩を強くもっていることはいうまでもない。気象以外の地球物理学の各領域も、また天体物理学も同様である。物理教育がうまくいかなければ、これらの学問分野の教育にも大きな影響が及ぶ。

学校教育では、物理の内容のうち、とくに力学が大幅に削られてきている。力学が計算を多く含み、計算の苦手な生徒が多いことと関係があるのだろうか。現代物理にとって古典力学はそれほど重要でないかもしれないが、地球物理などでは古典力学なしでは何もで

* Influence of physics education crisis on meteorology education.

** Atsushi Shimanuki, 東京学芸大.

© 1995 日本気象学会

第1表 小学校の理科の授業時数.

学 年	1	2	3	4	5	6
1968年改正	68	70	105	105	140	140
1977年改正	68	70	105	105	105	105
1989年改正	0	0	105	105	105	105

第2表 中学校の理科の授業時数.

学 年	1	2	3
1968年改正	140	140	140
1977年改正	105	105	140
1989年改正	105	105	105~140

きない。このように、学習指導要領で物理を易しくしていつているのに高校における履修者が減少していることが不思議であり、それが危機感をあおっている。

従来、面白いからというよりは将来必要になるからという理由で学習されていた傾向がみられる物理が、知らなくても生きていけるという安易な考えが広まったことによって、あまり学習されなくなってきたのだろうか。物理の学習が大切であるというのは一般の人にとって自明ではない。誰にもわかるように説明しなければならない。

高校で、気象が含まれている地学は以前からもそれほど履修状況は高くなく、しかも、一般的に言って地学教師の気象への関心が低いため、高校での気象教育の成果はもともとあまり評価できるものではなかった。このままでよいとは言わないが、最近の問題として取り上げる事柄ではない。

現実に理学部の気象関係に進んだ学生で、高校で地学を履修していない者は少なくなかった。それでも気象の専門的な学習にはほとんど支障はなかった。しかし、それらの学生が高校で物理を履修し、しかもかなりの学習成果をあげていることが当然のこととして要求されていた。高校での物理の学習が不十分となれば、気象の専門家養成にも影響が出てくるおそれがある。大学の一般教育への影響も無視できない。

小・中学校の理科では選択科目はないのでこのような問題はない。授業時数の変化による影響が主なものであろう。それは理科全般の問題である。

2. 授業時数の変遷

学校の授業時数は減少の傾向をたどっている。これは労働時間の減少と傾向を同じくするもので、時代の趨勢とみることができる。もし、一律に減少して、浮いた時間が個人の意志で全く自由に活用されるならば、それはそれで結構であろう。

学校教育の授業時数の変遷をみてみよう。学校教育の教育課程の基準は文部省の学習指導要領に示されているが、小・中学校の授業時数については、上位の規則である学校教育法施行規則に定められている。

小学校理科については第1表のような変遷がある。

規則の改正の3年後から各学年一斉に実施される。1989年の改正によって1, 2年生の授業時数がなくなっているが、これは新しく生活科が作られたことに伴うものである。生活科は社会と理科をもとにして新たに作られたものであり、1989年改正による授業時数は1年が102, 2年が105であり、その半分を理科的なものともみることが不可能ではないが、それまでの1, 2年の理科の内容とはかなり異なっていて、生物に関するもの以外は、かなり後退しているようにみえる。

上の数字を見ると、1968年改正のものとは比べ、5, 6年の各35時間の減少と、1, 2年の生活科への移行の分が変わっている。1年間を35週として扱っているので、35時間の減少は毎週1時間の減少を意味する。

中学校理科については第2表のような変遷がある。

規則の改正の4年後から各学年一斉に実施される。1968年の改正のものとは比べ、各学年とも減少がみられる。

高等学校については学校教育法施行規則には開設する科目名が挙げられているだけで、それぞれの単位数や必修・選択の区別などは学習指導要領で定めている。選択科目の履修状況は高校によってかなり異なる。用意されている科目の種類は減少していつているわけでもないで、高校の問題点は履修状況にあるといえる。

3. 学習指導要領

3.1 領域・分野・科目

この問題に対して最も大きな影響を与えているものは文部省の学習指導要領であるので、以下それについて検討していく。はじめに学習指導要領の中での理科の区分について説明する。

小学校理科は、A「生物とその環境」、B「物質とエネルギー」、C「地球と宇宙」の三つの領域に分けられている。A領域には気象に大きくかかわる事項は存在しない。

中学校の理科は第1分野（物理・化学）と第2分野（生物・地学）に分けられる。

高等学校の理科は物理、化学、生物、地学とそれら

第3表 小学校理科B「物質とエネルギー」の内容のうち気象と関係の深いもの。

学年	学習指導要領 (1968年)	学習指導要領 (1977年)	学習指導要領 (1989年)
1		(4) 動くおもちゃを工夫して作ったり動かしたりさせながら、風、ゴムなどはたらきに気付かせる。	
2	(2) 空気のあることを理解させる。 (3) 流水や風で車を回すことができることを理解させる。	(4) 空気を入れ物の中に閉じ込めたり、水の中に入れてたりさせながら、身の回りには空気があることに気付かせる。	
3	(2) 閉じ込めた空気や水に力を加えたときの様子から、空気や水の性質を理解させる。	(1) 閉じ込めた空気や水に力を加えたときの様子を調べ、空気には弾性があることを理解させる。 (2) 風車の回っている様子を調べ、風の強さによって物を動かすはたらきに違いがあることを理解させる。	(1) 閉じ込めた空気や水に力を加え、その性質を調べることができるようにする。 (2) 物に光を当てたり音を出したりして、その性質を調べることができるようにする。
4	(2) 温度による水・空気の体積や状態の変化から、水・空気の性質を理解させる。	(2) 空気及び水を熱したり冷やしたりしたときの様子を調べ、温度によってそれらの体積が変わること及び水の状態が変わることを理解させる。	(1) 金属、水及び空気を暖めたり冷やしたりして、変化の様子を調べることができるようにする。
5	(2) 酸素、二酸化炭素の性質を理解させる。 (7) 物の暖まり方を理解させる。	(2) 物が燃えるときの空気の変化を調べたり、酸素や二酸化炭素をつくってその性質を調べたりして、物が燃えるときの空気のはたらきを理解させる。	
6	(8) 日光による物の暖まり方を理解させる。	(3) 物を暖めたときの変化を調べ、物の暖まり方を理解させる。	(2) 物を燃やしたり熱したりして、物や空気とその変化を調べることができるようにする。

を総合した科目がそれぞれ一つまたは数個設けられている。

小・中・高校間の内容の移動も重要であるので、一貫して眺めることが必要である。

3.2 物理の中で気象と関係の深い箇所

気象の教育において重要な役割を果たす物理的内容が指導要領の中でどのように扱われているかを、小学校ではB「物質とエネルギー」、中学校では第1分野、高等学校では物理の科目について調べる。

(1) 小学校理科B「物質とエネルギー」

学習指導要領(1968年, 1977年, 1989年)について第3表にまとめた。1977年の第1・2学年はA, B, Cに分けていないので、全体の中から該当するものを選びだした。第3表から次のような変化が見いだされる。

i) 「風の強さによって、風車の回り方に違いがある」が、1968年では第2学年、1977年では第3学年で学習されているが、1989年では風に関する事項はどの学年にも全く見いだされない。生活科にも見いだされない。

ii) 対流による温度の上昇(物の暖まり方)が、1968年では第5学年、1977年では第6学年で扱われていた

が、1989年では第4学年で簡単に扱われるようになった。なお、学習指導要領1977年、1989年では「暖まる」は「温まる」になっているが、本稿では初めの表記に揃えた。

(2) 中学校理科第1分野

学習指導要領(1969年, 1977年, 1989年)について第4表にまとめた。表からわかる顕著な変化について説明する。

1969年では、加速度が加えた力の大きさと物体の質量とに関係することを学習している。1977年以後は、加速度という言葉が消え、1977年では、「物体に力がはたらかないときは、物体の運動の様子は変わらない」、また、1989年では、「物体に力がはたらかないとき、その物体は等速直線運動をする」という記述になっている。1969年で加速度と運動の法則がかなりの程度まで学習されていたのが、1977年以後はほとんど消滅したといえる。

物質の密度の扱いは、1969年ではかなり丁寧に行われていたが、しだいに簡略化され、1989年では簡単に触れるように特に指示されている。

第4表 中学校理科第1分野の内容のうち気象と関係の深いもの。

学習指導要領 (1969年)	学習指導要領 (1977年)	学習指導要領 (1989年)
(1)物質の特性 物質の量, 密度 (3)力とエネルギー 力, 力のつりあい, 圧力, 仕事とエネルギー, 熱とエネルギー (10)運動とエネルギー 運動の表わし方, 等加速度直線運動, 力と運動, エネルギーのすがたの移り変わり	(1)物質と反応 物質の様子 (2)力 力のはたらき, 力のつり合い, 圧力 (6)運動とエネルギー 運動, 仕事, 光・熱と仕事, エネルギー	(1)身の回りの物質とその変化 物質の状態変化 (2)身の回りの物理現象 熱と温度, 力, 圧力 (6)運動とエネルギー 力の働き, 物体の運動, 仕事とエネルギー

第5表 高等学校「物理」のうち気象と関係の深いもの。

学習指導要領 (1972年)	学習指導要領 (1979年)	学習指導要領 (1989年)
物理 I (1)運動と力 物体の運動, 運動の法則 (2)エネルギー 力学的エネルギー, 熱と仕事 物理 II (1)運動とエネルギー 固体にはたらく力, 回転運動	理科 I (1)力とエネルギー 力と運動, 落体の運動, 仕事と熱, エネルギーの変換と保存 物理 (1)力と運動 各種の運動, 運動量	物理 I A (2)物体の運動 運動の表し方, 摩擦と衝突 (3)エネルギーと生活 温度と熱, エネルギーの移り変わり, 太陽エネルギーと原子力 物理 I B (1)運動 力と運動, 運動量 (2)エネルギー 力学的エネルギー, 熱とエネルギー 物理 II (1)運動とエネルギー 円運動と万有引力

(3) 高等学校 物理

学習指導要領 (1972年, 1979年, 1989年) について第5表にまとめた。

1979年では, 中学から消えた運動の法則が理科 I (必修) に入れられた。遠心力は1972年物理 I, 1979年物理, 1989年物理 II に含まれているが, 新しい物理 II がどの程度履修されるかはまだ不明である。したがって, 高校の地学で重力の説明にも, また, ときには低気圧の説明にも用いられる遠心力は, 今回, 高校物理の授業内容としてはかなり影が薄くなった感があり, 高校および大学での気象教育においても十分注意しなければならない。

3.3 地学の中の気象

これまで物理との関係をみてきたが, 気象そのものが指導要領の中でどのように扱われているかも調べておこう。小学校では C「地球と宇宙」, 中学校では第2分野, 高等学校では地学の科目について調べる。気象

の場合には, 物理と異なり, 学年の変更よりも社会の要求による内容そのものの変更が大きいので, 学年別の対照表はあまり効果がない。主な特長について説明する。

(1) 小学校理科 C「地球と宇宙」

小学校 C 領域の気象教材は変化が大きい。一貫して設けられているものは, 日なたと日陰の温度, および気温の日変化に関するものであるが, これらも開設学年は変動がある。やや縮小されているが, むしろ以前の方がこのテーマにこだわり過ぎていた感がある。

以前はあったのに最近無くなったものとして, 天気の変化と空や地面の様子, 風の吹き方と気温の変化, 季節による気温の変化がある。

逆に最近新しく設けられたものとして, 自然界の水の変化, および観測や情報の活用と天気の変化がある。

この変化は, 大筋としては, 難解であるとして批判の多かった箇所が整理されて, 時代に即応しながらよ

り洗練されてきたものと評価できる。

(2) 中学校理科第2分野

中学校第2分野の気象教材は指導要領の文面ではかなり減少しているように見えるが、第2分野の中での気象の割合は1968年の11項目中の1から、その後の約6項目中の1にむしろ増加している。質的には大きな変化がある。1989年のものは物理的な内容はほとんどなくなり、データの処理に重点を置いた扱いになっている。従来の理論重視の扱いは、現場教師の能力を超えるものであったため、種々の弊害が指摘されていた。その意味では現実的な路線として評価できることであるが、大学での教育においては、その不足を補う考慮が必要であろう。

(3) 高等学校 地学

1972年の地学Iおよび地学II、1979年の理科Iおよび地学、1989年の地学IBの内容は大気の地球物理的な扱いが中心で、あまり変化はない。1979年では理科Iが必修のため、その範囲においてすべての生徒が気象の一部にふれている。1989年では、地学IAがあり、気象に関して次の内容を含んでいる。

地球の活動と災害…気象とその災害

地球と人間…地球の環境と人間、地球環境の変化と保全

地学IAは生活に密着した問題を扱っている科目で、災害科学および環境科学の立場をとっている。IAの中で、大気に関する事項の比率は30%に近く、かなり重視されている。IBが物理的な面を強くもっているのに対してIAでは式はあまり用いないので、物理の予備知識がほとんどない生徒に対してはこのほうが好ましいといえる。

高校の地学教育は以前からあまり重視されていない。さらにその中での気象の扱いは、一部の熱心な教師を除けばあまり評価できるものではない。これまでの高校の地学は、文系相手のものになっているといわれているのに、程度が高すぎた感がある。新指導要領では、平易にはあっても大気を積極的に扱っている地学IAに期待したい。

4. 今後どうあるべきか

理科嫌いが増えているという。しかし、もともと理科全体が好きなの人も少ないかわり、理科のすべてが嫌いな人もあまりいない。ただ、教科としていえば、思うような点数が取れない場合に理科が嫌いであるという表現になる。したがって、理科嫌いをなくす最善の

方法は成績をつけることをやめることである。入試も成績の一つであり、選抜の必要があれば避けられないが、大学を受験しない生徒の場合、成績とはその学校内のものである。小・中・高校の理科教育はまず第一に楽しいものでありたい。迷信などに惑わされない科学的な態度が身につけばそれで十分である。

しかし、各方面の専門家養成の意味では、最近の物理教育の地盤低下は見るにしのびないものがある。物理関係者が主張しても自分達の利益のための主張ととられがちであるが、周辺領域からみて物理教育がこれでよいとは思えない。約10年前に中学3年で学習していた運動の法則が、高校で物理を選択しない生徒の場合、大学に進むまで全く勉強する機会がなくなったことを、だまって見過すわけにはいかない。以前中学3年で学習したことを大学で教えなければならない。大学で全く補習を行わないと、基礎学力のないまま大学の勉強を進め、またそのまま社会に出ていくことになる。気象予報士の試験に何千人も殺到するような、社会人が新しい学問にとりかかる必要も生じる時代に、このようなことでよいのだろうか。

大学の一般教育でのエピソードを一つ紹介しておこう。気象学の初歩の講義で、気圧が上空ほど低いことなどを一通り説明した後、「空気は気圧の高い所から低い所に向かって流れる」という命題の真偽を解答させた。結果は真とするものが圧倒的多数であった。この命題が真であれば地面の近くの空気はみな上に上がっていつてしまうが、その不合理に気がつく者はごく少数である。地衡風の方向についての知識があれば、それからも真でないことはわかる。その後で、加圧した容器から空気が抜ける様子などから一見正しいように見えるこの命題がなぜ成り立たないのかを説明している。そこで、「力と加速度は比例している」という運動の法則と、ここで力とはすべての力の合力であるという知識が必要となる。力と比例すべきものは加速度であって速度ではないということがあまり理解されているとは思えない。それでも現在は運動の法則を一応は学習しているという前提で説明しているが、今後、加速度という言葉も理解していない学生に対してどのように対処したらよいのだろうか。

ここで、一つの大膽な提案をしてみたい。中学の理科から物理と化学を大幅に削減して、生物と地学を重点的に行い、そのかわり高校の理科は物理と化学を必修とする。同じ物理でもその中に傾向の異なるものがあって選択必修の形でもよいが、時間を十分とって余

裕のある教育を目指したい。このような大改革を行ってでも物理教育の衰退を阻止したいものである。

気象教育は高校よりも中学の方が適当であるという論拠は次のようなものである。高校の地学でも、高校での物理の学習を前提にすることはできない。中学での物理教育は前述のように低下傾向にある。したがって、物理的な立場での気象教育は高校でも不可能であり、現在は無理に行っているため消化不良が生じている。それよりも中学で少しでも多くの生徒に対して、災害、環境、および情報の立場での気象教育を行ったほうがよい。物理的でなければ理科としての気象とはいえないと主張する人もいるようだが、これまでの教科の枠にとらわれない自由な発想こそ大切なのではな

いだろうか。元来、気象学は総合科学である。

世の中には学習すべきもの、学習すれば心が豊かになるものはたくさんある。それらをすべて学校で教えないとすればならぬとしたら、学校は地獄になるが、大人になってからテレビや本で勉強すれば間に合うものまで無理に学校で教える必要はない。しかし物理は、学校でないと効果的な学習は困難である。学問が体系的にできていてテレビなどの断片的な学習ではあまり効果が得られないこと、十分な理解を得るためには実験が必要であるがそれは家庭では行いにくいことなどが理由にあげられる。学校教育はこのような学校でなければできないことと、早い時期に教えておくべきことを重点的に行うべきであろう。

新入会員 個人 13名
退 会 個人 33名