

気象教育の効用と問題

渡辺 明*

1. はじめに

小・中・高校における理科教育の学習指導要領改訂に伴い、一般大学とは異なり、その教育者養成を目的とする教育系大学における授業内容は無修正のままではいられない。気象学を主とした地学通論**や、多少専門性をもった気象・気候学Ⅰ、Ⅱ（各2単位）においても、単に自分の興味や研究に応じて授業を構成することは、ほとんど不可能である。学生の将来を考えると、理科の教育を担当するための広範な知識がどの程度必要であるか、また、その内容を教えるためにはどの程度の知識の深さが必要なのか等を検討して気象学の授業の内容を構成しなければならない。実際、これらの作業をする上でいくつかの問題点や効用について考察した結果を述べる。

2. 学習指導要領改訂に伴う気象学分野の変化

1973年実施学習指導要領（1970年告示）以前の高校地学の気象学に関する学習指導内容の変遷は、すでに高橋（1971）がまとめている。今回の改訂では、前回、自然の総合理解を目標として設けられた基礎理科が削除され、これに代って共通必修としての理科Ⅰ（4単位）が出現した。他、理科Ⅱ（2単位）、物理、化学、生物、地学（各4単位）は選択科目として、卒業に必要な修得総単位数80単位以上という枠の中で履習することになっている。理科Ⅰにおける気象学の分野は主に（4）***の自然界の平衡の中で扱われており、その内容は、「地球の運動」、「地球の形状」、「地球の熱収支」、「生態系と物

【投稿募集】 この欄は気象学ないしその関連分野の学問上の問題や将来展望、学会活動への提案など、会員の建設的意見を自由に発表し合う場です（長さ400字×10枚以内）。

質循環」で構成されている。また、（5）***の人間と自然の中の「太陽エネルギー」では地球の熱収支を資源的にとらえ、さらに、「自然環境の保全」では大気汚染問題が触れられている程度である。したがって、直接気象にかかわる内容は地球の熱収支のみになった。この内容は中学校理科の「天気の変化」に関連させて、太陽放射のエネルギーと地球上における熱収支を中心とし、その地域差が大気や水の循環を引き起こす自然界の原動力であることが強調されている。一方、地学科目における気象学的分野は（1）****の地球の構成の中の「大気と海洋」で扱われるだけとなり、その内容は、「大気の運動」、「海水の運動」、「大気と海水の相互作用」で構成されている。大気の運動では、global scale, synoptic scale, meso scale の order に分けて大気の循環を理解すること、および地衡風、地上風の学習が組み込まれているが、これらは、気象学の原理的な部分の学習としてはかなり評価できる所もあるが、生活体験や身近な自然現象を素材として組み入れてはならず、こうした現象をどのように考え、理解するかといった、いわば、基本的な科学する態度を持つことの重要性が忘れられている。また海水の運動では、海水による熱輸送と水平・鉛直大循環、海流の原因、潮流、波浪、津波などの学習をすることになっており、四方海に囲まれている日本の特殊性を認識させようという目的はわかるが、大気と海水の相互作用での、海洋における気温や二酸化炭素等、熱、物質循環、および調節を学習することは、原理的にかなり難解な内容であり、時代の潮流に乗ってしまっている所がある。これらの内容を改訂前の基礎理科および地学Ⅰ、Ⅱと比べてみると、地学Ⅱの学習内容はほとんど削除されている。1963年の改訂で地学が2単位に縮小された時でも、気象学の内容は大部分残された。これが1973年の改訂で地学Ⅰ、Ⅱとして扱われるようになり、地学Ⅰには、大気の大循環に関するものだけが入り、他は地学Ⅱへまわされた。地学Ⅰからは大幅な削除があったが、地学全体としては、それほど削除されてはいなかった。し

* Akira Watanabe, 福島大学教育学部。

** 当大学では、地学通論ⅠA（岩石鉱物）、ⅠB（天文学）、ⅡA（地質、古生物）、ⅡB（気象・気候学：原則としては水文・海洋学を含む）

*** 理科Ⅰの内容（1）力とエネルギー（2）物質の構成と変化（3）進化（4）自然界の平衡（5）人間と自然

**** 地学の内容（1）地球の構成（2）地球の歴史（3）宇宙の構成

かし、事実上地学Ⅱを履習しているところはほとんどなく、これは実質的には地学からの気象学分野の大幅な削除であった。そして今回改訂された地学が、ほぼ地学Ⅰを母体としていることからわかるように、名実ともに大幅な削除となってしまった。「観察、実験などを通して、自然を探索する能力と態度を育てるとともに、自然の事物、現象についての基本的な科学概念の理解を深め、科学的な自然観を育てる。」といった理科教育の目標からみて、気象教育こそこの目的達成に適した科目の一つであると思う。確かに気象学は流体力学を母体としている所が多く、概念的にも難解であるが、われわれは日々気象の影響を受けて生活している。身近な教材を捨ててなぜに科学的な自然観が育てられるというのだろうか。高井(1978)は学習内容の精選を考えるとやむを得ない処置であったのではないかとしているが、学習内容の精選は教える側や受験対策のための精選であってはならないと思う。

3. 気象教育で見出された現在理科教育の問題

3.1. 気象学実験から見出された問題点

地学実験は、理科の教員免許取得のために必修の単位とされているものであるが、そのうち気象学の分野として3~4回の実験を行なっている。その内容は、

- ① 天気図解析 [地上天気図2枚(12 or 24時間毎の)、高層天気図700mb(短波)]
- ② 天気の変化 [地上天気図2枚の気圧・気温の時間変化量分布図]
- ③ 気象観測 [平面的気象要素の分布測定、時間変化の測定]
- ④ 断面図の解析
- ⑤ 断熱図の使い方
- ⑥ 雨滴の観測
- ⑦ 砂糖溶液法による凝結核の測定

等である。このうち、①②③は、中学校理科第Ⅱ分野や高校地学を指導するためには、いわば必須的な実験になるので欠かすことができない。しかし、時間に余裕があれば④~⑦の実験を行なっている。このうち①②では、気象要素の分布、気象要素の時間変化分布と天気分布、天気変化について考察せよという課題でレポートを提出させた。これに対して、天気概況の考察、たとえば、「日本海に低気圧があって北陸地方では雨になっているが明日は日本海の低気圧は太平洋へ抜けるので天気は良くなるだろう。」というような考察がほぼ80%以上

であるのには驚いた。ここには、少なくとも天気図に対する二つの認識の仕方がある。一つは、天気図=予報という認識であり日常耳にしている概況がそのまま考察になっているということである。もう一つは、低気圧=雨という認識である。実験の前にはまずプロットしてから天気分布の区別をさせ、その天気が等圧線の走行やパターンとどう関係しているか、低気圧、高気圧の風向・風速場や温度場がどのようになっているか、その周辺の天気分布はどうか、気圧の変化量と風速場の変化がどうか、天気の変化はどうか等を考察するように指示してあるのに対して、全く新聞に書いてあるような概況が考察になってしまったのである。すなわち、学生は自分が解析をしたものからあるいはデータから、何かを見出そうという試みをほとんど行なっていない。ましてや、一つ一つの天気がどうなっているからこのためにはどういう解析が望ましいかなどとは考えもつかない。すなわち、データから何かを読み取るという訓練、習慣がいかにか欠けているかという例である。もう一つ、③の実験において、パレーコートを使い、その中で気温、湿度、風向、風速を測定させ、その考察課題として「パレーコート内の気象要素の分布について」という題を出した。これに対して分布図を書いたものはわずか10%、しかも、13%のものが1から6班の班の順序を x 軸にとり、気温、湿度、風向、風速を y 軸にとり、その変化について考察をしている。面的な気象要素分布の認識をするために、わざわざ6班をパレーコート内にばらまいて観測をしたのに、こうしたグラフを書いて考察するものがあるのである。このことから、いかに自分から何かを理解する工夫や能力が乏しいかが理解できよう。また残りの大部分は、こんな狭い所では変化がないはずだから観測誤差か器差誤差だと決めつけているのである。他の学生実験では誤差論もやり、もっと複雑な実験もし、さらに考察も行なっているものが、なぜこうした実験になると、まさに理科の教育目標である科学的自然観がなくなってしまうのだろうか。これらは、学生実験の大部分はこうならなければならない、こうなるはずだ、しかもその大部分は値がいくつと理科年表等に出ているものであるため、理科年表の値と比べて自分の値はどの程度の精度かといった考察しかしていないためではないだろうか。これでは理科の教師として充分やっていけるとは思えない。まず彼らが理科の教育目標の意味を学習し実践しなければならない。そして、そのためにも気象教育の役割は大きいと思われる。

第1表 風はどうして吹くか。

| | |
|-----------|-----|
| 温度差(密度差) | 26% |
| 気圧差 | 26% |
| 温度差と気圧差 | 18% |
| 太陽エネルギー差 | 9% |
| 温度差から気圧差 | 6% |
| 気圧差とコリオリ力 | 6% |
| その他 | 2% |
| 無回答 | 7% |

第2表 雨はどうして降るか。

| | |
|------------------|-----|
| 冷却のため | 6% |
| 飽和のため | 9% |
| 水蒸気の凝縮によって | 6% |
| 冷却による水蒸気の凝縮 | 22% |
| 冷却による過飽和 | 20% |
| 凝結核による水蒸気の凝縮 | 13% |
| 過飽和と凝結核による水蒸気の凝縮 | 7% |
| 前線, 低気圧 | 5% |
| その他 | 10% |
| 無回答 | 2% |

第3表 低気圧が来ると雨が降るといのが本当か。

| | |
|--------------|-----|
| 分かりませんまたは無回答 | 26% |
| 本当だとだけ答えた者 | 6% |
| 前線を持っているから | 20% |
| 雲を持っているから | 2% |
| 上昇気流 | 12% |
| 下降気流 | 6% |
| 断熱変化による | 6% |
| 低気圧によって冷却される | 6% |
| 安定, 不安定論 | 8% |
| 経験的に | 2% |
| 降るとは限らない | 6% |

第4表

| | |
|------------|-----|
| 大気汚染(公害) | 32% |
| 異常気象(気候変動) | 21% |
| 地震 | 12% |
| 天気予報および天気図 | 17% |
| 竜巻 | 4% |
| 降水関係 | 4% |
| 局地現象 | 4% |
| その他 | 6% |

3.2. アンケートから見た問題点

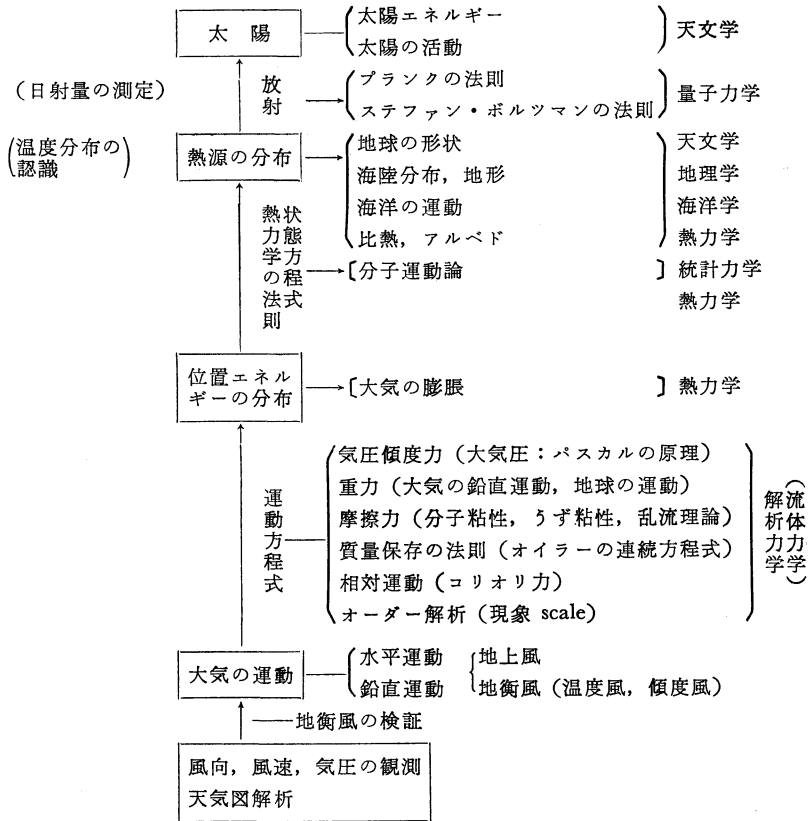
気象に関する知識も, 出身高校や個人的な選択等によって大分個人差が大きい。特に高校で地学を履習しているものは少なく, 中学理科第2分野以来学んだことがないというものが48%にも及んでいる。さらに, 高校で地学を受けた学生の内でも気象の部分をやっていない者はさらに多く65%に達している。教育系大学は一応文系に属するため, 高橋(1971)などが示しているように, 他の課程の大学と比べればこれでも多い方なのであろうが, 特に今年度からの共通1次の影響も大きく働いて地学の授業をしない高校, 学生が増加している。また, 授業のあるところでも, いわば気象学の知的教育になりつつあり, 生活に密着した気象教育にはなっていないように思われる。このような状況下のため最初の授業で次のような問題を出して, ある程度の足並を揃えた授業をするためにアンケート調査を行なった。その回答結果からいくつかを考察する。問題は,

- ① 風はどうして吹きますか。
- ② 雨はどうして降りますか。
- ③ 低気圧が来ると雨が降るといいますが本当ですか。これらの回答をいくつかに分類すると, 第1表, 第2

表, 第3表に表わしたような結果が出た。

回答そのものの外的外れなものは少ない。しかし, 一つの現象過程としての認識がいかに不足しているかが一見されよう。たとえば, 第1表に示された結果を見ても分かるように, 気圧差や温度差によって風が生じることがわかっているものが91%もいるのである。しかし, たとえば気圧差と答えた26%のものが, なぜ気圧差が生じるのか, それが温度差によるとわかれば今度はなぜ温度差が生じるのかといった現象過程の認識はなく, いわゆる知識としての理解しかなされてない。これは第2表, 第3表も同様の結果が出ている。しかも前述の通り, 現象過程の認識こそ自然科学を学ぶ意義だとすれば, 最も重要な部分が欠けているといわざるを得ない。さらに, 同じ学生に対して気象学の中で興味ある現象を調べてみると第4表のような結果が出された。

伊藤(1977)は, 幼児, 小学生における興味や疑問の傾向を調べているが, これらが直接自然現象に関する興味であるのに対して, 大学生では社会問題やマス・コミュニケーションなどに大きく興味の対象が左右されていることもわかった。こうした興味の持ち方も, 自然現象を探求しようとする科学する態度からではなく, いわば



第1図 大気運動を考えた場合の分割化の例。

知識を増やすための興味を持ち方となっていることがわかる。以上、現在の教育系大学生が持っているいくつかの問題点を提起したが、これが単なる個人的能力や学習差によってかたづけられる問題でないことは明白であろう。受験競争によって生まれて来た現在の学生層全体が同様な問題点を持ってはいないだろうか。理科の教育目標は賛成できても、その目標と授業内容、教育内容が合致しているのかどうか疑問である。

4. 気象教育の汎用

これまで指摘してきた問題は、自然現象理解の方法としての過程認識の欠如であり、もう一つは知識供給型の授業内容の問題である。最初の問題で重要なことは基礎教科との関連性であり、どこまで、どのように関連しているかをその都度指摘することによって、学生の持っている分割的な知識を関連づけさせなければならない。そのためには、従来の積み上げ方式の授業形態より分解方式の授業形態の方が有利である。たとえば、これは、一

つの気象現象から多くの基礎知識の必要性を導いた方が過程認識するのに好都合でもあるし、基礎教科の生きた活用とも考えられるということである。その1例を第1図に示した。また、次の問題は学習内容や学習形態の見直しである。学習内容が実験、観察、解析、考察といった多くの学習形態をとるものにする必要があると、そうする事によって、加藤(1971)が述べているような locality のある授業展開もできると思われる。

5. まとめ

気象教育は扱う現象そのものが、流体の概念が大きな位置を占めるため、複雑であり、機会性などもあり授業の中で具体化することはかなり難しい問題だと思われる。しかしそうした困難から逃避をしているために、現在の学生の科学的認識、手段、方法、考察に問題が起きていることも事実であろう。これらの問題を解決するためにも、気象教育の充実が望まれる。観察や実験で理

(p. 214へ続く)

こった降温が霧の発生に関与したものと考えられる。

安居島だけで出現した場合は、気温の変化はほとんどなく、湿度も100%の状態が続いている中で、風向が南分を持ったとき濃霧となっている。この風は、陸地から吹く風であるため、地形的に乱れがあり霧滴の衝突が増大して視程を悪くすると考えられる。

安居島での局地的晴濃霧は、突然的に出現し、1時間以内で消散する特徴をもつ。この場合、広島・山口・愛媛県の陸地による陸風の収束する境界が三つでき、それらの合致点で安芸灘北辺に暖気移流があるとき濃霧が発生する。

9. 衛星から見た地形効果によって生じた雲について

村山 信彦 (広島地方気象台)

今まで、日本海と日本列島南東沖の雲列、日本海のいわゆる収束雲バンド、孤立島によるカルマン渦列や山岳風下波について、衛星観測から個々に指摘ないし研究がなされてきているが、ここでこれらの雲パターンを再検討すると共に、個々の雲パターンの間の関連も考慮して、総合的に捕えることを試みた。その結果、今まで指摘されていない新しい知見を得た。

(1) 日本海のV字型雲パターンの発生は、朝鮮半島北部山岳が大きく影響し、南縁に並ぶうず状の乱れの北側にある雲筋の向きは、850~700 mb 風シアーに平行す

る。(2) 富士山または中部山岳の風下の伴流域に海上数100~1,000 km に及ぶ雲域がかなり頻発し、(1)と同様な雲筋を生ずることがある。(3) 西風するとき、黄海・東シナ海にそれぞれ遼東半島と山東半島付近の山岳効果による(1)と類似した雲パターンが生ずる。(4) 北海道の地形の影響で三陸沖太平洋上に数個の雲うずが発生することがある。(1),(2),(3),(4)とも伴流域内の雲筋に類似がみられる。さらに、メソ規模の雲パターンとして、(5) 海上の雲列の発生は、一般に、山岳風下沿岸の方が地峡・平野部沿岸の場合よりも沖合から発生(広義のフェーン効果)するが、山岳ピークが存在すると風下直後に発生する。(6) 山岳ピーク発生時の雲列は偽似正弦波形を呈することがあり、また、その北側に中間規模の伴流域の雲と相似の雲筋がみられることがある。(7) 山脈風下に生ずる一般の風下波は、山脈走向が風向に垂直でないときは山脈走向に平行する。(8) 孤立島風下に生ずる船舶波は、山岳ピークや霧にも生じ一般的なものである。(9) 孤立島の風下に生じるカルマン渦列は、レイノルズ数が小さいとき偽似正弦波形を呈する。カルマンか列は片うずだけ顕著なことがかなりみられ、また、風向シアーで湾曲して並ぶ。

以上、各種の雲パターンの継続時間は同一気象状態の継続時間に対応し(たとえばカルマンか列で最長約30時間)、空間規模として、スペクトル比は中間規模・メソ規模の雲とも約100~500である。

(文責 石丸順一郎)

(p. 206より続く)

科年表どおりの結果を得ることだけが決して学生にとって良い実験とは思えない。真に自然を探究する能力や態度を養おうとするのであれば、また科学的自然観を養おうとすれば、その原理や規則性を単に理解するだけではなく、試行錯誤しながら自らのデータを解析し、現象を理解しようとするのが重要視されなければならない時に来ていると思う。

文 献

高橋喜彦, 1971: 高等学校地学の学習指導要領の変遷, 天気, 18, 179-182.

高井浩深, 1978: 各科目の目標と内容/地学学習指導要領の展開, 理科編, 明治図書刊, 206-237.

伊藤久雄, 1977: 小中高校の気象教育の現状と問題, 天気, 24, 553-560.

文部省, 1978: 小学校指導要領.

文部省, 1978: 中学校指導要領.

文部省, 1978: 高等学校指導要領.

加藤寿芽, 1971: 現在における小中学校の気象教育に対する意見, 天気, 18, 411-412.

編集部注: 本文は、本欄規定の長さを超えています。編集委員会の判断により、特にこのまま掲載しました。