地学分野における
ミスコンセプション形成のメカニズム

―学生の天体・気象分野の苦手意識はどうして生じるのか―

滋　野　哲　秀

▶キーワード

ミスコンセプション
天体・気象分野
系統性
効果的指導法

▼要　旨

学生の理解度調査から、天体や気象分野の系統的な理解はかなり深刻な状況であり、断片的な名称を知識として覚えているだけで自然現象のメカニズムを説明できる認識はなかなか育まれていないことがわかってきた。また、理科教育を志す学生に天体・気象分野の模擬授業をさせてみると、どのように教えていいかわからず困惑する学生がほとんどである。筆者が授業中に受講生を対象に行った予備的調査や、その結果を受けて実施した中学校及び高等学校生徒対象の調査において、義務教育段階に起因する天体・気象分野におけるミスコンセプションの形成が明らかになってきた。

本稿では、そうした状況をもとに筆者が2018年から行ってきた「天体・気象分野のミスコンセプション形成過程の検証と効果的な指導法の研究」により、教科書の分析をもとに開発した指導法とそれに基づいて研究協力者と実践した事例をもとに学生や生徒の変容を考察したものである。

Ⅰ　はじめに

大学の授業において、地学の授業を選択履修した理由を受講者に尋ねると、「宇宙に興味があるから」「星を見るのが好きだから」といった回答が多い。ところが授業を行うと天体や気象の系統的な理解はかなり深刻な状況であり、断片的な名称を知識として覚えているだけで自然現象のメカニズムを説明できる認識はなかなか育まれていないことがわかってきた。また、理科教育を志す学生に天体・気象分野の模擬授業をさせてみると、どのように教えていいかわからず困惑する学生がほとんどである。筆者が授業中に受講生を対象に行った予備的調査（滋野 2017）や、その結果を受けて、中学校及び高等学校の教員に研究協力を依頼して行った調査では、義務教育段階に起因する天体・気象分野におけるミスコンセプションの形成が明らかになってきた（滋野 2019）。

天体分野では、月や惑星など天体の運動や見え方、恒星の日周・年周運動といった模式図から運動を理解するという分野が特に理解度が低く、授業アンケートで学生は「中学校の学習でよく理解できなかった」「この分野から全く理解できなくなった」「理科の苦手分野である」と答えている。

また、気象に関しては、テレビの天気予報番組で、気象予報士が天気図を用いて、「南から湿った空気が入るので気温が上がり蒸し暑くなるでしょう」などの解説を行っている。ところが、天気図を提示して、風がどういう方向に吹いているのかを記入させたところ、正しく記入できた学生はほとんど0に近いという厳しい結果となった（滋野 2019）。「寒冷前線や温暖前線の記号や名称、寒冷前線が通過すると気温が低下し通過時には積乱雲が発生する。温暖前線が通過すると、しとしととした雨が降り気温が上昇する。日本の天気は西から東へと変化する。上空には偏西風という風が吹いている」といったことなどはよく覚えている。ただ、こうした知識が断片的に記憶されているだけで、これらを総合して天気の変化がとらえられるという理解には至っていない。

本稿では、こうした状況をもとに筆者が2018年から行ってきた「天体・気象分野のミスコンセプション形成過程の検証と効果的な指導法の研究」により、教科書の分析をもとに開発した指導法とそれに基づいて研究協力者と実践した事例をもとに学生や生徒の変容を考察したものである。

Ⅱ　天体分野におけるミスコンセプションの事例と効果的な指導法

この分野でのミスコンセプションの代表的な事例は、まず、太陽系の惑星間の距離があげられる。「『地球から太陽まで』と『地球から木星まで』とではどちらが遠いですか」という問いに対して52.7％の高校生が太陽のほうが遠いと答えた（地球から太陽までの平均距離を１天文単位とすれば太陽から木星までは５天文単位なので地球からは木星の方が４倍も遠い）。これは、教科書の図において惑星の距離を考えずに見開きの状態で人工衛星の写真を掲載しているため、空間の天体配置がイメージできていないために生じてしまったミスコンセプションといえる。太陽系の惑星についての正しい空間認識を養うために、太陽からの惑星の距離を正しく

反映した惑星の位置をロープに記入していくことで、スケールモデルを作成した。そうすると地球の直径を１mmとした場合、木星までの距離は約40mとなり、閑散とした空間に惑星が存在するという太陽系のイメージが理解できるようになった。

図１は、惑星の運動とその見え方に関して、「学生が中学校の授業でわからなくなった」とよく答える単元である。教科書では図１のような模式図を使って金星の見え方を説明している。

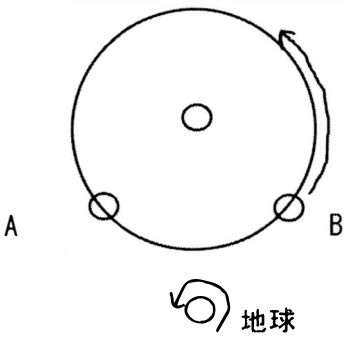

図１　金星と地球の位置関係

図１は、地球の公転軌道の北極側から見た図であり、金星の公転方向と地球の自転方向は矢印のとおりである。図１を用いてA、Bの金星の見え方について正しく説明できた学生は、「図の地球の右側が夜明け、左側が夕方なので、Aの位置にある金星は夕方西の空、Bの位置にある金星は明け方東の空に見える」と答えた。研究協力者の中学校教員（以降「A教諭」という）も「そうした教え方をしている」と述べていた。ところが、大学の授業で学生に尋ねてみると、この説明では理解できていない学生が多く、別の指導法を考案した。本来、こうした模式図は、自然の有り様を模式化したものであるが、なかなか空間認識が難しく、実際の空に見える天体はイメージできておらず、模式図だけでの説明と理解に終わってしまう。筆者が考えたのは、図１から「実際の空に太陽と金星の位置をイメージする」というものである（図２）。「Aの場合、太陽の左側（東側）に金星がある。ということは昼の空を考えれば太陽の光で明るいため、金星は肉眼では見えていないが太陽の左側にあるということになり、日没の頃を考えると太陽が金星より早く西の地平線に沈み、日没後の西の空には金星が見えている」というイメージが

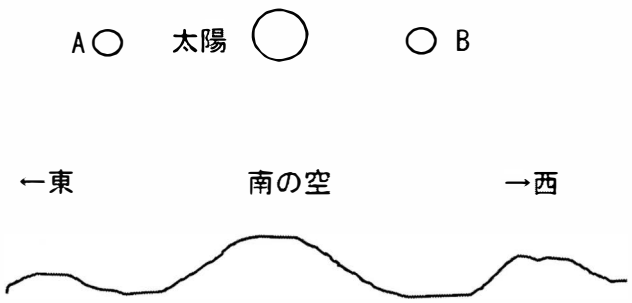

図２　図１から推定される正午ごろの太陽と金星の位置を考えた図

理解できる。この方法で、A教員に授業を行ってもらったところ、「いつも結構長い時間をかけて説明していたが、この方法により、中学生は、ほとんど金星の見え方が理解できるようになった」という報告を受けた。筆者も大学の授業でこの方法を用いて説明したところ、学生から「中学校の頃、この図がわからず理科が嫌いになった。でも、太陽を中心に実際の空をイメージすると、すんなり理解できた」「理解できていれば理科が嫌にならず理系をめざしたかもしれない」というようなコメントが寄せられた。

高等学校の地学の教科書には、Aの位置の金星を東方最大離角、Bの位置に見える金星を西方最大離角と記載している。つまり太陽よりも東にあるのか、西にあるのかということから生まれた天文用語である。実際の空を見上げた際に太陽の東側にあれば太陽が先に西の空に沈んでもまだ、西の地平線上に金星が輝いており、Bの場合は太陽より西にあるため、太陽より早く沈み、明け方は日の出より早く東の空から出てくるという天空上での動きがすぐに理解できる。かつてケプラーが、「ケプラーの法則」を発見するに至る過程は、ティコ・ブラーエが残した惑星の最大離角等の膨大な観測データから導き出したものであり、実際の空に見える惑星をもとに考えるという原点に戻った指導であるといえる。この考え方は、内惑星だけでなく、外惑星の見え方を考え、「年周運動」や「月の満ち欠けと見え方」を考える際も理解を深める重要な視点であり、この単元だけでなく天文分野全体の系統的な理解につながっていくことになる。

また、月の見え方も年齢にかかわらず理解度が低い内容である。教科書を調べると、小学校でも中学校でもほぼ同じ図が出てきて、三日月から上弦、満月までの月の形と空の位置が示されている。

これについて、筆者が以下のようなアンケートを実施した。

Q１：ある日、月が19時ごろに昇ってきました。翌日、月が昇ってくるのは次のうちどれが正しいでしょうか。一つ選んでください。（正解は○印）

（　）翌日は19時より早い時間に月が昇ってくる
（　）翌日もほぼ同じ時間に月が昇ってくる
（○）翌日は19時よりも30分以上遅く月が昇ってくる

正答率は、高校生16.1％、大学生19.3％であった。
（アンケート回答総数　高校生647人、大学生114人）

この結果から、筆者は、若い年齢層だけの問題なのかを調べるために70歳台以上の30人に同様のアンケートを依頼した。そうすると100％の人が正解であった。国立天文台暦計算室によれば「古くから月は満ち欠けに応じてさまざまな呼ばれ方をしていました。万葉集・源氏物語など、日本でもさまざまな和歌や文学に登場しています。月の出を待ちわびる習慣で、最初は立って待ちますが、翌日は座って、翌々日は寝て、更に翌日は夜も更けるころまで待ちます。立待月、居待月、寝待月・臥待月、更待月と記載されています」。おそらく平安時代の人々に、このアンケートを行えば、ほぼ全員が正解したのではないかと推定される。中学校の国語科教員にこのデータを伝えたところ、「月の名前をその都度教えなくてはならないのか」と嘆いていた。

ところで、この状態を少しでも正しい科学的認識に変容させるには、小中学校における月の

満ち欠けの指導をどのように行えばいいのだろうか。筆者は、当然のことながら実際の空に見える月の観察を丁寧に行うことが最も重要だと考える。その上で、「教員が教えて図で説明する」から「図をもとに教員がアンケートのような問いを与え、児童・生徒が教科書の図をもとに考える」という方法に転換すれば、児童・生徒が教科書の図からアンケートの問いの正解にたどり着くはずだと考えている。どの教科書にも掲載されている月の満ち欠けの図は、日没時に見える月の位置と形が記載されていて、西の空に三日月、南の空に上弦の月、東の空に満月が描かれている。同じ時間に月の位置がどんどん東に移っていくことさえ気が付けばアンケートの問いにはすぐにたどり着ける。その上で、教室にモデルを再現することが重要である。

中野（2017）は、C. R. ロジャーズ（1961）の言葉を引用し、C. R. ロジャーズが「人間行動に影響を及ぼす授業のアプローチ」という会議において「学生中心の授業」について語り「教えることはしない方がいい」などラディカルな言説で「大騒ぎ」ともいえる強い反応を参加者に引き起こしたことを紹介している。筆者も中野の考えに賛同し、教え込むから子ども主体の学びに変えていくことが重要な授業改善の方法であると考えており、A 教諭と協議を行っている。単元の実施時期が来れば、授業を協働で行い子どもたちの理解度を調査する予定である。

その他、天体分野では、研究協力者による高校生のアンケート調査の事例を、いくつか挙げておきたい（以下、アンケート回答総数はＱ１と同じ）。

Ｑ２：次の惑星のうち地上で望遠鏡を使っても真夜中には見ることができない惑星はどれですか。一つ選んでください。（正解は○印）

（○）金星　（　）火星　（　）木星　（　）土星　（　）天王星

正答率は、高校生53.6%、大学生33.3%

Ｑ３：京都で右の写真のような月がほぼ真南の空に見えていました。この月が見えたのは一日のうち、いつ頃でしょうか。一つ選んでください。（正解は○印）



（　）お昼の12時頃（○）日没の頃　（　）真夜中頃　（　）日の出前

正答率は、高校生38.3%、大学生33.6%

Ｑ４：流星とはどのようなものですか。以下のうち正しいと思うものを一つ選んでください。（正解は○印）

（○）地球の大気の上層で発光している現象である

（　）星座をつくっている星が動いて見える現象である

（　）明るいものは尾を引いて見え、彗星と呼ばれる

正答率は、高校生31.2%、大学生38.6%

Ｑ２では金星が内惑星であることは明らかなのに大学生の半数以上が誤答であり、高校生は、中学校での学習内容を高校入試のため覚えていて正答率が高いと考えられる。

Ｑ３は夕方南の空に輝く上弦の月をいかに見ていないのかがわかる事例である。

Ｑ４では、星座を作っている恒星が移動していると考える回答が、高校生で11.9%、大学生

で11.4％いた。これは、大学の別の授業における調査でもほぼ同じ割合であり、流星群に「ペルセウス座流星群」といった星座名が付いていることによって発生するミスコンセプションではないかと考えられる。

また、流星と彗星の混同についての回答は、高校生56.4％、大学生48.2％と多く、このことについて高等学校教員の研究協力者Ｂ教員は、「流れ星と彗星の勘違いが多いのは（授業で）教えていてもありますね」と述べている。さらに、筆者が英訳を依頼した翻訳会社の外国人にも流星の訳をCometとされたことがあった。彗星の放出した塵が流星群のもとになるということはあまり理解されていないようである。

その他の調査項目では、代表的な冬の星座と夏の星座をミックスして回答を求めたが、正解は10～23％ほどで、小学校の教科書に出てくる代表的な冬・夏の星座もあまり知識として定着していないことが明らかになった。おそらく実際に空を見ていないことが原因だと思われる。

Ⅲ　気象分野におけるミスコンセプション

1　天気図から風を読む

毎日、テレビや新聞などで報道される天気予報には必ず天気図が使われており、天気予報番組で、お天気キャスターを務める気象予報士は、気象庁から提供される実況天気図や予想天気図、時には、高層天気図などを使いながら今後の天気や気温などを解説している。天気図には、天気に関する多くの情報が詰まっており、天気図から風がどのように吹くのか、つまり「天気図から風を読む」ことができれば天気予報が自分のものになるはずである。天気図は中学校の理科の授業で学ぶ。したがって、ほとんどの人は天気図を知っているはずである。ところが筆者が担当する様々な授業で「天気図からどのような風が吹くのかを予想して、吹く風を天気図に矢印で書いてもらう」と、ほとんどの人が正しく風向を記入することはできなかった。理科教育法を受講する学生の回答の中で最も多い回答は図３のようなものである（滋野 2019）。筆者は、毎年この授業を実施しているが、2017～2019年までの３年間で正解は０である。

なぜ、図３のようになるのか。中学校の教科書を調べると「風は気圧の高いところから低い

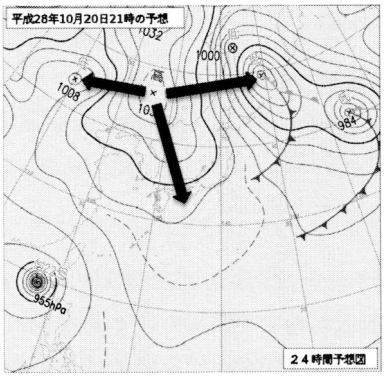

図３　学生の誤った回答事例

ところに向かって吹く」と記述してあり、図３から何となくそれは理解できているように見える。しかし、現実に吹く風は図３のようにはなっていない。気圧の差による力（気圧傾度力）に地球の自転による転向力（コリオリの力）という「みかけ上の力」がはたらくためである。さらに地上から１km付近までは、地表との摩擦力も加わる。

では、実際の風はどのように吹いているのか。

筆者は、授業で学生に次の二つのことを伝えている。「①（北半球では）風は気圧の高いところを右に見ながら等圧線と平行に吹いていく」「②等圧線の間隔が狭いところほど風が強い」。つまり、「等圧線は風向を表している」「等圧線に沿って風が吹いている」と考えて風向を天気図に記入すると、風向は図４のようになる（実際は地表との摩擦力のため等圧線に対して海上では20°、陸上では30°気圧の低い方に吹くが、流れ込む空気がどのような性質の空気なのかを読むことが最も大切であり、このように風を考えるとわかりやすいと伝えている）。

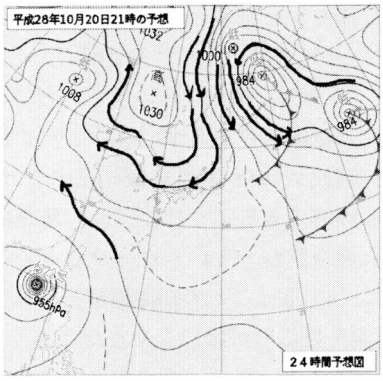

図４　現実に近い風向

このように「天気図から風を読む」ことで何がわかるのか。日本は、大陸と海洋に挟まれていて、北から風が吹き込めば冷たくて乾いた空気が流れ込み、南から風が吹けば、海洋上の暖かくて湿った空気が入ることになる。つまり「天気図から風を読む」ことができれば、寒くなるのか、暖かくなるのか、爽やかな天気になるのか、蒸し暑い天気になるのかなどがわかる。

図４の天気図を見ると北海道・東北地方の太平洋上に寒冷前線が描かれている。「風を読む」ことができれば、北から吹いてくる冷たい風の先端部分が寒冷前線であることがよくわかる。前線とは性質の違う空気の境目であり、性質の異なる風がぶつかり合っている場所だということもすぐに理解できる。

図５は、2020年３月10～12日の天気図であるが、等圧線に注目しながら風を読むとどうなるか（日本付近の風を一部だけ記入）。10日、日本付近には南から暖かく湿った風が流れ込んでいるが、11日は風が北風に変わり等圧線の間隔が狭くなっている。強い北風が吹き込み気温は下がっていく、特に北日本は強風や大雪に注意が必要である。12日、等圧線の間隔が広がり、風は弱く穏やかな天気になると予想できる。実際に東京では10日、どんどん気温が上昇し真夜中の24時に最高気温18℃を観測した。11日の午後からは風が北風になり気温が低下し、12日は冷たく乾いた空気に包まれた。

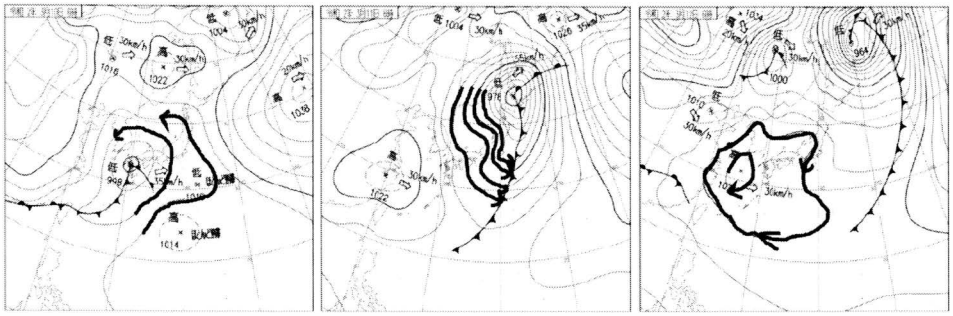

図５　2020年３月10～12日の天気図

現在、予想天気図はWeb上で10日先まで見ることができ、2012年に、気象庁は民間気象事業者による一般向けの日々の天気予報を「10日先」までできるよう解禁した。ただし、気象庁としては10日先まで技術的には可能だが、精度が保てないとして７日間の予報を行っている（週間天気予報）。私たちはこうした天気予報とともに天気図も入手することができ、それをもとに「風を読む」ことが可能である。こうした情報を読み解くことで災害が起こりそうな状況をマスコミの報道を待つことなく事前に把握することができるようになった。

こうした、「天気図から風を読む」という授業を繰り返すことで天気図が理解でき、学生は、前線や気団といった専門用語も理解できるようになった。研究協力校のＡ教員は、筆者との共同研究で開発した「天気図から風を読む」というキーワードで気象分野の授業を貫いて指導すると、「それまで、バラバラになって単元ごとの知識理解で行っていた授業が系統的な授業に変わった」「子どもたちが天気予報を見るのが面白くなったと言うようになった」とコメントしている。筆者もTT（ティーム・ティーチング）でかかわった３つのクラスでの「天気図から風を読む学び」でほとんどの中学生が３日後の天気予想ができるようになった。また、研究協力校のＢ教員は、高等学校の地学基礎の授業で、気象分野の冒頭に、「天気図から風向を記入させる」という課題をさせるが、筆者が指摘した高気圧と低気圧を結ぶという図３を書く生徒が多く、その他は全くその段階にも到達できておらず、天気図の理解ができていないと指摘する。そこで、「天気図から風を読む」という流れで系統的に学習を進めるとすんなりとこの単元が理解できると報告してくれた。

２　教科書の記述から発生するミスコンセプション

なぜほとんどの学生は、天気図が読めないのか。これは、中学校の教科書の記載に関係があると筆者は分析する。東京書籍（2012）では、第１章気象の観測、第２章前線とまわりの天気の変化、第３章大気の動きと日本の天気、第４章雲のでき方と水蒸気、となっている。また、啓林館（2011）では、第１章空気中の水の変化、第２章大気の動きと天気の変化、第３章大気の動きと日本の四季、という構成になっている。どちらも天気図は豊富に掲載されているが風の吹き方は、「気圧の高い方から気圧の低い方へ吹く」とだけ記載され、実際に吹く風を予測するところが曖昧で、これを忠実に教えても「天気図から風を読む」ということは難しいことがわかる。

A教員が共同研究を行うまで授業で使用していたワークシートをすべて提供してくれた。教科書の内容は全く漏らさずにワークシートが作成されていたが、A教諭は、「教科書の知識を教えることに集中して、系統的に教材をとらえることができていなかった」と述べている。また、気象分野では、天体分野同様に理科の授業で新たに生起する「School-Made Misconception」があると考えられる。その中で、Barke et al（2009）は、教科書の図や資料などから生起するものもあることを明らかにしている。たとえば、積乱雲という雲について、教科書には、「寒冷前線付近で、積乱雲が発達し強い雨が降り、強い風が吹く」と紹介されており、温暖前線付近では発生しないように思われる。ほかのところに、積乱雲が発生する記述はない。実際には、積乱雲はいたるところで発生し「大気の状態が不安定」となれば積乱雲が発生しやすい状態になり、大雨や雷・竜巻・降雹など大きな災害につながる場合も多い。

この「大気の状態が不安定」となる場合は、①「上空に寒気が流入する」②「下層に暖かい空気が流入する」場合である。③「下層に海洋上の湿った空気が流れ込む」と、④「水蒸気を含む空気は乾いた空気より軽い」ため、より空気の上昇が起こりやすくなる。このような空気の上昇が起こりやすくなった状態を「大気の状態が不安定」であるという。

ところで、学生や一般の人に「乾いた空気と湿った空気はどっちが重いですか？」と質問すると、ほとんどの人が「湿った空気のほうが重い」と答える。これは素朴概念の一つであり、素朴概念から発生するミスコンセプションである。高校で化学を学習すれば分子量で考えると空気の主成分であるN_2、O_2よりも水蒸気（H_2O）が軽いことはすぐに理解できる。しかし、素朴に考えると「湿った空気」という言葉が「乾いた空気より重い」という誤った認識となる。これを利用すると、湿った空気が下層に流入すれば、大気の上昇が起こりやすくなり「大気の状態が不安定になる」という科学的理解につながることにもなる。

3 「大気の状態が不安定」になったときの天気図

こうした系統的な「天気図から風を読む」ということができるようになると大きな災害が起こりやすい「大気の状態が不安定」という状態を予測することができるようになる。図6は、2017年7月5～6日にかけて発生した九州北部豪雨の予想天気図である。

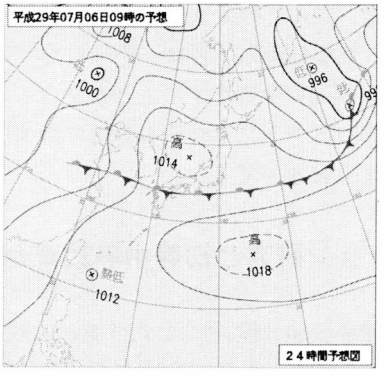

図6　九州北部豪雨の予想天気図

この天気図を見ると　①九州の下層には南西から暖かく湿った風が吹き込むと予想できる。さらに、②停滞前線の北側には日本海に中心を持つ高気圧があり、この高気圧周辺の空気は大陸起源の乾いた空気である。南西からの暖湿流と日本海付近の乾いた冷たい空気がぶつかり合う境界が停滞前線で、停滞前線付近では南西方向から九州付近の下層に流れ込む暖かく湿った空気と北にある乾いた空気、この二つの空気がぶつかり合ってどんどん激しい対流が発生し積乱雲群が形成されると予想できる。さらに③台湾の南東には熱帯低気圧があり、これは湿った空気を送り込むポンプのような役割をする。①②③がそろう場合は、梅雨入り以降の日本の出水期によく発生する大雨の典型的な事例といえる。こうした日本に大きな災害をもたらす出水期において「大気の状態が不安定」になるような気圧配置は、「天気図から風を読む」ことで事前に予想することができる。また、天気図から「風を読む」ことで気温の変化が予想できる。

4　気温の大きな変化が予想できる

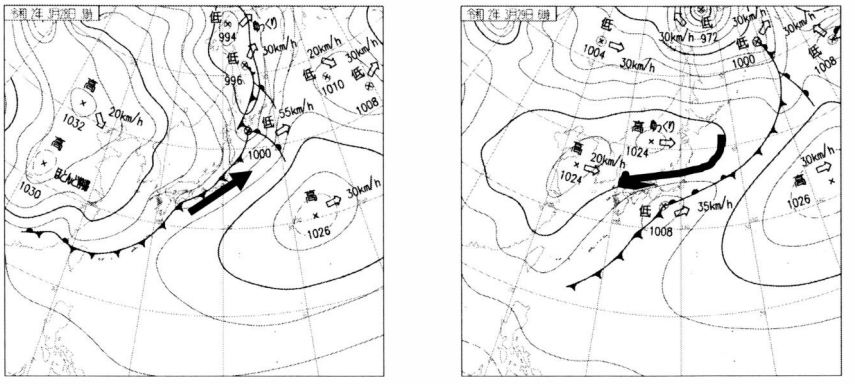

図７　2020年３月28～29日の天気図

図７は、2020年３月28日と29日の天気図である。28日午前３時の天気図では関東には南西の風が吹いている。ところが29日の天気図では北東の風になっていることがわかる。29日は関東で季節はずれの雪となり満開の桜に積雪した。東京の気温は、３月28日13時７分に最高気温24.6℃を観測し、29日12時22分には、この日の最低気温0.7℃を観測した。実に24時間の間に、気温が23.9℃変化したことになる。気象分野の学習は、そうした「天気図から風を読む」という全体を貫くキーワードをもとに系統的に学習をすることができる。系統的に全体の理解が深まれば苦手意識はなくなり、学生のコメントには「テレビ等での天気予報の解説が面白くなってきた」という記載が寄せられるようになってきた。

Ⅳ　ミスコンセプション研究と初等中等教育から高等教育への接続

中学校及び高等学校の学習指導要領（理科）には、「実験・観察を行い」と謳われている。ところが、筆者が行った学生からの調査（滋野 2016）では、地学分野の実験観察は化学分野の50％台に比べて大きく落ち込んでおり、20％台あるいは、学校によっては全く何もしていないと

いうところもあり、教科書の図やビデオなどで授業展開していることが多いことがわかっている。また、理科教員の多くは、大学時代に地学以外の専攻であり、高校でも地学は履修していない。理科教育法を受講する学生に、高校時代に地学履修の有無を調査しているが、地学を履修した学生はほとんどいない。教職課程で地学を履修するのは、地学概論と地学実験のみである。したがってほとんど中学校の第２分野で学習した経験しかない理科教員が中学生に理科を教えることになる。こうした悪循環を改善していくためには、理科教員の地学分野の苦手意識も改善していく必要があり、大学でのミスコンセプションをベースに、教材開発を行って、理科教員とネットワークを構築するという地道な取り組みを行っていく必要がある。

また、筆者が行っているネットワークの構築は、大学の教職課程で送り出した教員や教育委員会を通じて募集し、賛同して協力してくれているＡ教員をはじめとする地域の教員たちである。また、京都府内の高等学校教員で組織されている京都地学教育研究会の会員も高校生のミスコンセプション調査をはじめ授業改善に向けた共同研究に携わってくれている。

大学生のミスコンセプションをもとに系統的な授業を構築する指導法の研究開発は、今次の学習指導要領で文部科学省が提起しているカリキュラムマネジメントそのものである。時間はかかるが初等中等教育の改善とともに大学でのミスコンセプション解消に向けた教養教育や教職課程の授業改革が行われる必要がある。

さらに、本研究を進めるうちに、研究協力先の社会教育団体から親子対象の科学教室や星空観察会の依頼を受けるようになり、2019年も夏休みと初冬の２回、夏の星座と秋冬の星座を小学校のグラウンドで観察した。祖父母から子どもたちまでの３世代が参加し、賑やかな観察会となった。夏の観察会では、春の星座が西の空に出ていること、惑星の見つけ方や代表的な星座をはじめ肉眼で観察できる星雲や星団、など多くの知見を共有できた。主催者と会場の小学校教員は、「天文館のドームで観察する星空よりも広いグラウンドで星空を眺めた経験が、子どもたちにとって、かけがえのない経験になるのではないか」「冬の星座観察なのに西の空にはまだ夏の星座が見られた」「宇宙ステーションきぼうが明るく観察できた」といった感想が寄せられた。

こうした取り組みは、シチズンサイエンス[(1)]へとつながり、高校生・大学生の調査で課題となっている天体に関するミスコンセプションの解消につながると期待される。また、気象に関する取り組みに関しても、荒木（2018）が実施したようなシチズンサイエンスを実施することにより防災や自然に関する市民の理解が深まり、大きなミスコンセプションの解消につながっていくものと期待される。

今後は、本研究で構築した気象台、日本気象予報士会、研究協力校の教職員や生徒、さらには保護者の協力も得て京都府内のシチズンサイエンスを実施することをめざしてより一層研究を深化させていきたいと考えている。

本研究に際して、京都地学教育研究会の先生方、及び宮津市立中学校の先生方にはアンケート調査をはじめミスコンセプションの検証と効果的な指導法の研究開発に関する授業研究等多大なご協力をいただき、多くの知見を提供していただいた。厚くお礼申し上げます。

また、本研究はJSPS科研費基盤研究（C）（一般）平成30～平成32年度 JP 18K02596の助成を受けたものである。

注

(1)　市民から雪結晶画像や天気などの気象状況の情報を募集し、降雪粒子の時空間変動・降雪雲の物理特性を明らかにしたりする研究手法のこと。このような市民参加型の研究手法をシチズンサイエンス（Citizen Science）と呼び、これにより、気象台だけでは観測できない降雪現象や様々な気象現象の実態解明が進み、高精度に雨雪判別や降雪予報をする手法の確立や、将来的に降雪現象の予測精度向上につながると期待されている。

引用文献

荒木健太郎（2018）「シチズンサイエンスによる超高密度雪結晶観測「#関東雪結晶 プロジェクト」」日本雪氷学会誌雪氷80巻２号　pp.115-129

Barke. H.D. Hzari. A. & Yitbarek. S（2009）Misconception in Chemistry Addressing Perceptions in Chemical Education. Springer. p.294

C.R.ロジャーズ「ロジャーズが語る自己実現の道」 ロジャーズ主要著作集・３　2005　岩崎学術出版社　原題『On Becoming a Person: A Therapist's View of Psychotherapy. 1961』

啓林館（2011）『未来へ広がるサイエンス２』pp.59-102

中野民生（2017）『学び合う場のつくり方』岩波書店　PP.V

国立天文台　https://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/wiki/B7EEA4CECBFEA4C1B7E7A4B12FA4A4A4EDA4A4A4EDA4CAB7EEA4BFA4C1.html　2020.5.19　取得

滋野哲秀（2016）「防災を意識した理科教育の在り方」龍谷教職ジャーナル第３号　pp.46-54

滋野哲秀（2019）「気象分野におけるミスコンセプションを生起させない再現実験教材」京都地学第36号　pp.2-6

東京書籍（2012）『新しい科学』２年　pp.190-239