

大学授業における地上気象観測の実践

上 野 健 一*

要 旨

地上気象観測をカリキュラムに取り入れている大学の授業の現状を解説する。筑波大学地球学類にて実践している観測内容を題材として、1980年代からの測器の変遷、リアルタイムの天候変動を教材とした授業構成、コロナ禍でのオンライン授業から得た教訓などを紹介する。

1. はじめに

異常気象や気候変動が頻繁にニュースで話題となる世の中となった。気象予報士制度の導入や、様々な分野での気象データの活用により、理系・文系問わず大気現象への関心は高まっている。ところで、気象を生業にする皆さんのうち、自前で観測を経験したことのある人は何割くらいいらっしゃるだろうか？ 野外作業に従事している方は、既に現場でデータを見たり、体感で気象変化を熟知されたりしている方も多いであろう。近代はリモートセンシングや自動測器で気象データを取得するため、人力で観測する機会は乏しくなっている。しかし、これだけ“大雨”や“高温”などの異常気象が報道される時代に、大気現象の実測経験がないまま情報(データ)の活用が進むことだけで、はたして現象が示す理学的な面白さ、それが引き起こす脅威、データの持つ物理的な意味や活用方法を次世代に伝授していけるだろうか。

名越(1999)は科学リテラシーを学校教育で習得する一環として、気象を測定することの重要性を指摘している。学校教育における気象観測の原点は百葉箱を使った気温観測であろう(山口 2006)。しかし、理科

の出前授業で中学校を訪問した経験によると、実際に百葉箱を活用している学校は非常に少ない。気象教育に熱心な先生から太陽光を使ってお湯を沸かす興味深い実験授業を紹介いただいたことがあったが、このようなお手製の教材開発(例えば、榊原・小高 2007)はわずかであろう。一方で、テレビやインターネットで配信される天気図やデータが学校で教材として利用されるようになった(坪田・高橋 2007)。さらに、高校の地学の教科書を見ると、昔(少なくとも私が学生だった1980年代)に比べて驚くほど気象の内容が解りやすく解説されている。ところが、大学受験科目に選択されにくい影響で、高校3年次までに地学を履修する(履修できる)生徒は非常に少ないという深刻な問題が生じている(吉田・高木 2020)。その結果、地学実験の一部で取り扱われるはずの気象観測を学習する機会もほとんどなくなっている。

理系大学・教養課程の実験で、顕微鏡を覗いて微生物を観察したり、フラスコの中で化学反応を起こしたり、岩石を手にとって同定した経験はあるだろう。理科教育研究の一環として気象観測を実践している教育系の学部も一部にあるようだ(磯ほか 2013)。それなら、大学で大気科学の基礎を学ぶ学生さんにも、一度くらいは正しい原理に基づいて“今の気温は何°Cで昨日からの積算降水量が何 mm であった”くらいの観測をして、社会に巣立ってほしいものである。そこで、実際に大学授業で気象観測を取り扱っている授業がどの程度あるかをアンケートにより調査してみた。方法

* 筑波大学生命環境系。

ueno.kenichi.fw@u.tsukuba.ac.jp

—2023年6月22日受領—

—2023年8月31日受理—

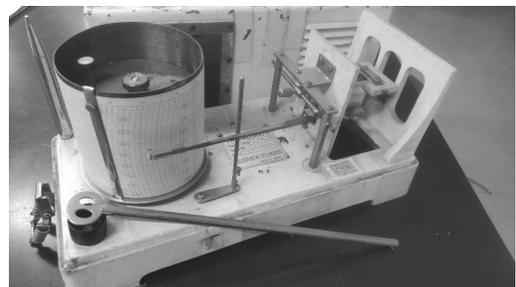
は、気象学会の主要メンバーリストである YMNET および著者が関係する山岳科学研究者に、1) 授業の一環で気象観測（測器を用いた計測）を行っている、2) 集中講義や野外実習を含むが不定期なもの（出前授業など）は除く、3) 学位取得も含めた研究目的やデータの利用（解析）も除く、という条件で授業名や大まかな内容をメールで問い合わせた。その結果、2023年6月の時点で少なくとも13大学（15の授業）で実施されていることが明らかとなった。著者としては、思いのほか多くの大学で気象観測を授業に取り入れているという印象を持った。気象観測といっても幅広く、今回は工学・農林などの分野が携わる気象観測まで調査の対象を広げていない。従って、実際の実施授業数は増える可能性もある。内容を見ると、大学の立地環境に沿って温湿度・風・放射温度などを計測する内容が多く、バルーン観測を実施している所も数件あった。一方で、研究用の大型測器は運用しているが、カリキュラム・オペレーターの都合上、授業には利用していない大学が多いことも明らかとなった。

自然地理系の授業体系を持つ大学では、古くから気温や風の分布観測が巡検や演習の一環で実施されてきた。筑波大学でも私が入学した当時は先輩の大学院研究の一環として気象観測を手伝い、同時に観測技術を伝承する場ともなっていた。当時の授業内容は現象の図化と地理学的分布論が中心で、地球物理学系の接地気象学で取り扱われてきたであろう理論的な実習とは距離がある時代であった。2005年に私は筑波キャンパスで実験・実習授業に教員として携わるようになる。それ以降、先代の地理学的教育内容を残しつつ、少しでも近代の気象観測に通じるものに内容を更新してきた。冬季は、長野県菅平高原をフィールドとして、雪氷気象観測を集中授業に組み込むカリキュラムも開始した（上野・川瀬 2020）。本解説では、約20年にわたり学部（筑波大学では学類と呼ぶ）教育で実践してきた暖候期における地上気象観測授業の取り組みと将来に向けた課題を紹介する。

2. 1980年代の授業を振り返る

私が学生時代の野外実習で行った気象観測を振り返ってみたい。計測原理は当時も今も極端な違いはないのだが、当時は記録方式がアナログで、手作業でデジタルデータに変換していた。器差（測器間の誤差）や系統的誤差を減減するために、実習の多くの時間が測器の取り扱い方法に割かれていた記憶がある。例え

ば、気温観測では自記式温度計（第1図）への紙の装着法・交換スケジュールや器差の補正法などが、“観測方法”として指導された。Bluetooth搭載の温度ログから携帯電話にデータ転送が可能となった今となっては、あの時の授業内容は何だったのか、と思う時もある。しかし、自記紙を見れば気温変動をその場で目に焼き付けることができ、ドラムが停止したり、ペンがかすれてデータが得られなかったりしたときには失敗を繰り返さないための教訓を学ぶことができた。デジタル時代にはその場で現象を確認する機会が減り、データが取れていなくても事の重大性が記憶に残りにくい。当時のアナログセンサーは感度が鈍く、時定数という概念も学習する必要があった。データユニットの能力が向上することで測定間隔や演算機能が細かくなった分、センサーの感度と計測対象となる現象の時間スケールの関係を考える機会が減った。測器の感度は、データの精度に大きく影響する。例えば、同じ3杯式風速計でもパルス式、発電式、光電式で精度は異なり、どれを使うかは観測目的および予算との相談となる。アスマン通風式乾湿計も優れ物である。これが1台あれば、気温測定が単なる温度測定とは異なり、通風や日よげが必要なことを自前で学習でき、同時に潜熱が湿球温度を規定することも数理的に解説することができる。このように、古典的な気象計測の原理に触れることは重要で、気象の面白さや不思議がその場で学べる。コンピューターのOSをフロッピーディスクから四苦八苦してインストールした経験と似ていて、測器への愛着もわく。そこで、授業の最初では古い測器を陳列し、こういった類の話を苦労話ではなく科学史の一コマとして教授している。ちなみに、大学のオープンキャンパスでもシミュレーション結果を映し出すコンピューターの横で昔の気象測器を陳列し、高校生に気象観測の歴史を紹介している。



第1図 自記温度記録計（大田計器製作所）。

一方で、当時は授業中に観測と気象のメカニズムの関係を解説する時間はあまりとられていなかったように記憶する。実験授業を測定論で終わらせず、気象の物理と関係付け、受講生自身の研究や卒業後にどう生かされるのかも考えさせることは重要である。シミュレーション結果の検証に耐えられる観測データとは何か、就職先で何らかの観測に携わるとしたらどのような測器を選択すればよいか、気候変動を長期観測データから分析するときには注意しなければならない観測バイアス（誤差）は何かなど、授業で伝授したいアイデアは沢山ある。しかし、欲張ると授業時間が足りなくなるだけではなく、受講生にも混乱を招く。筑波大学地球学類では、地球学野外調査法という授業が2年生で準備されており、ここで気象観測の体系に関する解説を行うことにしている。次章で紹介するように実験授業中に取得したデータは、3年次の演習授業でも活用している。このように、時代に即して座学と実験・演習授業が有機的に連動するカリキュラムを改良していくことが理想的である。カリキュラムの設計と役割分担を協議することは研究者にとってはなかなか容易ではないが、教育者の立場を考えると、これらを業務と考えもう少し時間を割いても良いように思う。

3. リアルタイムの現象を班単位で解析する

教授したい内容は山のようにあっても、授業時間中に受講生が理解できる分量でなければ意味がない。例えば私の担当する授業が5回分で、1回140分授業であったとする。この時間割で、何を優先し、どのような仕組みで授業を構成するかを具体的に考えてみよう。私は、1) リアルタイムの気象を教材にし、2) 受講生の一人一人がなるべく携われる（作業する）ことを基本とした。一般に実験授業とは原理が室内で再現される現象を題材とすることが多い。一方、気象は時々刻々と変化する大気の運動であり、それらを物理的な原理で計測する所が醍醐味である。研究でも、測器を設置して長期の連続データを取得すると共に、集中観測を複数行い定点観測では得られない詳細なデータを得るといった常套手段をとることが多い。授業でもこの形式を取り入れ、1) に関しては学内の圃場に測器を設置して5回分（5週間分）の連続データを教材にし、同時にマニュアルで行う集中観測をキャンパス内で実施し、得られたリアルなデータを授業中に解析する授業内容を考えた。この方式だと毎年扱うデータが異なるため教員側としては教授したい内容にあった

現象が生じるかドキドキしながら授業を開始することになる。実施時期は春学期の初回なので4-5月の天候が題材となり、極端な天候は出現しにくい、野外で危険を伴う天候に遭遇することもなく、晴天が卓越すれば野外観測を楽しむことができる。

2) に関しては受講人数が重要なポイントとなる。幸い、私が担当する実験は多くて20名なので、ティーチングアシスタント（TA）が数名いれば比較的少人数の指導が可能だ。気象測器が高価であるということが一番の問題である。残念ながら本学は気象レーダーやドップラーソーダを持っているわけでもない。そこで、私が学生時代から受け継がれてきた古典的な測器と研究室で蓄積してきた自動測器をかき集め、複数のテーマを設定してこれを班に割り振り巡回させることとした。具体的には、最初の1回は全員が参加する分布観測を実施し、残りの4回を4班に分けてテーマを回すというやり方である。同じ測器を複数準備する必要もなく、5名1班で個人が測器を手にする機会が生まれる。但し、4人と同時に将棋を指すように、毎回異なるテーマで、かつその週に取得されたデータを教材にして授業を進行させる必要がある。そこで重要視したのがテキストの整備である。目標と観測・解析手順を明確に記載し、基本的には受講生がテキストに沿って自発的に実験を行う。TAが機材の使い方を補助し、教員がその時の天候を考慮した解説を加えることでうまく授業が進む（はずである）。この方式は、授業が始動し出した数年は時間配分やテーマ内容の格差などが生じてぎくしゃくしたこともあったが、年を追うごとにスムーズに展開するようになった。一方で、“テキストの手順が分かりにくい”という授業評価を真に受けてテキストに手順を書き足す“マニュアル化”が進行した。ふと気が付くと、これでは味見をしない料理教室のようで、実験につきものの試行錯誤が失われてしまう。テキスト内容と授業中の指導の案配に関しては、今でも試行錯誤が続いている。

近年、アクティブラーニングが推奨されるようになってきている。受講生がグループディスカッションなどを通じて自主的に学び合う場を設けるやり方で、私の実験授業でもこれに似た方式をとることとした。実験結果をレポートにまとめ提出してもらい、それを評価するというのが一般的な実験授業の方法だ。私の授業では、観測結果をまとめるところまでは同じだが、授業開始後に自分の結果と考察をまず班内で共有し、不明点や疑問点を学生間で教え合ってからレポートにま

とめる段取りを取り入れている。他人のレポートを写すことは自分の力にならないが、学生同士で教え合うことは奨励すべきことだと私は考えている。『他人に教える』=『自分が理解している』からだ。しかし、実際には解析してこなかった学生がやってきた学生の中身を写すケースもあった。そこで色々試行錯誤したところ、こちらが出す課題の分量が多かったり高度すぎたりということが一番の問題であることに気が付いた。基本的に授業中に初期解析まで終わる分量に留めること、解析手法のガイドラインをテキストで示すこと、課題は必ずしも全部できなくても良いと伝えること、で受講生の大半が自前の分析を持ち寄るようになった。ちなみに、本学では1回の実験が2コマ（70分授業が午後2回連続）なので、最初の20分は前回の課題の復習、そのあとの観測は1時間程度で終わらせ、残りの時間は班単位でデータ解析に着手する授業進行をとっている。ではレポートはいつ出せばよいかというと、最終版は2週間後の授業までということになる。第5章で紹介する電子教材システムが、レポート提出のスケジュール管理や教員からのコメント伝達とポートフォリオ（電子版の授業資料カバン）作成を補助してくれるので大変役立っている。

4. 物理的原理と現象論を組み合わせたテーマ

授業方針に関する前置きが長くなったが、前章で言及したテーマに関して、私が担当している授業で扱っ

た内容を紹介したい(第1表)。時々刻々と変化する流体を観測するためには、一般には高価な機材が必要となる。本学でも以前には風洞実験室があり、授業で活用されていた。しかし、教育経費では維持できず、風洞を研究で使用する教員が退職し、現在は撤去されている。そこで、簡易的に大気の状態を把握する方法として、多地点で同時に実施する風の観測を考えた(第2図)。受講生が20名いるとすれば、20か所で風ベクトルを連続して小一時間計測し、分布の変動や収束発散・回転成分を試算すれば接地層における流れの場をある程度把握することができる。そこで、授業の最初の1コマでこの課題を実施し、得られたデータをその場で収集し、授業中に図化させ、当日の気圧配置から想定される風の場と比較してみる内容とした。使用測器には、先代から引き継いだピラム式と3杯式のデジタル風速計を混在させ、風向は目視で判定させている。精度を出すなら測器の統一が望まれるが、測定原理を学ぶには機能の異なる測器に触れさせた方が教育効果が高い。以前はキャリブレーション作業も実施していたが、データをコンピューターで図化して考察を深める時間に使うように変更した。位置はGPSを持ったTAが巡回して測地しているが、スマートフォンの地図ソフトが表示する緯度経度でも十分な分解能を持つようだ。使い方を自習した後に、個人が近くのグラウンドに散らばるため、データ集計時に様々な不都合が発覚する。計測がうまくいかなかった受講生が“観

第1表 実験課題と実施形態・内容・目的。

課題	形態	観測内容	目的
地上風系	分布観測	各自が簡易風向風速計をグラウンドに設置し、多点データを同時に取得する。	風系の把握と収束・発散・渦度の理解
地上気温勾配	移動観測	温湿度の分布を2高度のセンサーをもって移動観測し、同時に森林内外の気温差の時系列も解析する。	気温の不均一性と土地被覆の関係を把握し、顕熱加熱と移流効果を考察
放射収支	定点観測・移動観測	4成分放射計と散乱日射計で取られた時系列データを解析する。同時にアルベドの移動観測を行う。	天候に応じた放射変動の把握、直散分離と熱量計算
降水量	定点観測	異なる種類の雨量計で積算降水量と降水強度の時間変化を計測する。	雨量計の捕捉率把握と降水強度の変動要因の考察
パイバル	定点観測	測風経緯儀を用いて、境界層から対流圏下層にかけた風系の鉛直構造を計測する。	風の鉛直シアの把握と総観場に応じた境界層構造の理解
降水粒子(予備)	定点観測	光学的雨滴計を用いて粒径分布を測定する。(多量のデータ解析にはプログラミング技術が必要)	雨滴粒径分布の理解
係留気球(予備)	定点観測	係留気球を用いて、境界層内の風と気温の鉛直構造を計測する。(ヘリウムの確保が必要、観測可能な日が少ない)	接地層構造の理解

測を失敗し申し訳ありません”と頭を下げる場面もあるが、これぞとばかり“実験とはそういうものなので謝る必要など全くない”と伝えている。何が問題であったかを観測者間で共有し、それにより生じる観測データの誤差を考えさせる良い機会である。集計データをその場でベクトル分布に描くとデータの是非が一発で判断できるのだが、あいにく3年に進級したばかりの受講生はプログラミングや図描きソフトが使えず、手作業でベクトルを描いている。近年はTAが主導してプログラミング言語のPythonを導入し、地図上でデータプロット作業が時間短縮できるよう内容を改良中である。ちなみに、どのようなプログラミング言語を授業で教えるべきか・取り扱うべきか、は教員により判断が様々だ。本実験では後半の5コマで別の教員がプログラミングを教えるため、私はエクセルで処理できる解析内容にとどめている。

残りの授業は、四つのテーマを4班で回しながら取り組む形態としている。基本テーマとして“陸面の熱収支、大気鉛直構造、降水系”を想定した。そのうち、大気鉛直構造に関しては、先代から測風経緯儀を用いた境界層の風系観測（通称パイバル観測）が行われていたため、これを取り入れることとした。初期の頃の測風経緯儀はバーニアを片目で読み取るという熟練技が必要であった記憶があるが、現在は気球さえ追っていればデータは自動記録され、付属のソフトで航跡図や風速・風向の鉛直プロファイルをその場で図化してくれる。気象観測といいつつ、唯一上空の現象を測れる課題なので人気が高い。受講生にはベクトル計算で風向・風速の鉛直プロファイルを計算させ、つくば上空でも気圧配置により局地循環やエクマン層の影響を受けたと思われる風のシアーが観測できること

を過去のデータも使って解説する。館野の高層気象台で9時に取得されるゾンデデータと比較することで、対流圏全体の気流系との整合性を学習することも可能だ。気球を使ったテーマとして、カイツーンと呼ばれる大型の係留気球に測器をぶら下げて上げ下げする実習も試みたことがあった。しかし、4週間も気球を係留するわけにいかず、天候にも左右されるため中止した。バルーンを用いた観測で最も危惧していることがヘリウムの枯渇・高騰である。ドローンがこれに代わる機材となり得るかは不透明な所だが、免許の取得など課題が残る。

降水系に関しては、本来はレーダーの運用が理想的であるが、これができる大学は全国でも限られているであろう。そこで、古典的だが形式の異なるペットボトル式積算雨量計と転倒マス式雨量計のデータを1週間分比較し、捕捉率の違いや降水擾乱通過時の雨量強度を分析している。雨水が溜まった透明のペットボトルを目の前に、“先週から何ミリくらいの雨が降ったのかな”と質問してもきよんとした顔をする受講生が多いので、ものさしを当て雨量の単位の意味を再認識させている。一方で、なぜか“転倒マス式”というのは人気で、受講生はまず受水口を開けたがる。転倒する時刻を記録するイベントログを利用して降水期間中の詳細な降水強度変化を計算し、自動気象装置で把握する前線の通過などと比べると、興味深い考察ができる。ちなみに、イベントログからのデータ回収はTAが行うのではなく受講生が回収ソフトのダウンロードも含めて自前で行う機会を作っている。これによりBinary, Ascii, 可変長, csvといったデータフォーマットの重要性が認識できる。インターバルカメラも雲の動きや高さを断定することに活用できる。低価格で安定した挙動の物が市販されており、以前に雲海の観測で山岳斜面に沿って多くの気象測器を設置したが、一番活躍したのはインターバルカメラであった（小林・上野 2021）。降水系の教材として、利用を検討していきたい。

陸面熱収支は他大学の実習でも取り入れられている重要課題である。本学では接地境界層を専門とする教員が別途授業を実施しているため、私の授業では放射収支観測と移動気温観測を実施している。前者に関しては、4成分放射計と遮蔽バンド付き日射計を設置し、1週間分のデータから放射収支の天候依存性や直散分離の解析を行っている。1週間分の日射量から何杯のお風呂が沸かせるかを計算させると、熱量計算の



第2図 風系観測の一コマ(2019年4月12日撮影)。

基礎が理解できているかが確認できる。アルベドが教科書で示される地球平均値と食い違うことや、草丈・土壌水分の変化に応じたアルベドの長期変化も実測され、陸面過程が放射収支に与える影響も考察が可能となる。後者に関しては、顕熱加熱量の評価につながる内容とするために、GPSセンサーを付設した2m程度の棒の上下に気温センサーを付けてキャンパス内を周回し、気温の鉛直勾配と天候・土地被覆の関係を考察させている。測ってみると、晴天弱風時には気温分布の中で相対的に気温が高くなる地点で、地面付近の気温が2m付近より高温となる傾向が見られる。これは、定性的に顕熱加熱が高温域をもたらすことを意味している。この結果を風速が強い日のものと比べることで、顕熱の発生と移流の影響を定性的に解説している。同時に森林内でも気温を自動記録しておき、林外との気温差の日変化を分析させると、キャノピーの有無が気温分布そのものに大きな影響を与えていることも学習できる。いずれのテーマも接地境界層の専門家からみれば子供だましのような観測課題かもしれないが、限られた授業時間で低額な測器により、野外観測が初めての受講生にインセンティブを与えるためには十分な教材であると考えている。これも、ビルで占有されず森や水体が混在する豊かな自然に恵まれたキャンパスのおかげだ。一方で、第1章で紹介したアンケート結果に、放射温度計を活用した授業がいくつか見られた。移動気温観測でも熱放射画像を補助的に取得しているが、画像解析も含めて教材を改良する余地がある。

5. コロナ禍からの教訓

コロナ禍での授業実施は大学人に様々な教訓をもたらした。特に、対面式を基本とする実験授業をどのように進行させ、単位の評価を行うかは前代未聞の課題であった。そこで、この際コロナ明けにも補助教材として活用できる動画を準備する決意をした。TAに補助してもらい測器の使い方や観測方法を撮影し、YouTubeから動画配信した。同時に蓄積してきた過去のデータを解析することでオンライン授業を進行することができた。受講生がまとめたレポートを見る限り、対面式と遜色ない出来栄であった。動画を含む電子教材は実験授業で積極的に活用するべきで、そのためのノウハウを身に着ける良い機会であった。

オンラインの授業では、本学が導入しているMANABAという電子教材システムが非常に有用で

あった。授業毎にシステムに登録された履修生と、クラウドシステム上で教材を共有し、レポートの提出から質疑・採点まですべてをMANABA上で行うことができる。観測データをその場でMANABAに登録し、受講生は各自が持参したPCでデータをダウンロードし解析を開始することができる。野外の圃場にWi-Fiが完備されていれば、その場でインターネット上の天気図やアメダスデータと比較し、データ間の整合性を議論することが可能だ。コロナ禍で作成した動画も、測器の操作方法の予習やデータ解析方法の復習に閲覧できるように公開している。これにより、どんな観測をするかを授業前に予習でき、測器の解説時間を受講生間での議論の時間に振り替えることが可能となる。

コロナ禍では“無理して通勤しないで在宅勤務をしましょう”という風潮と同期して、“学生さんもオンラインで勉強しましょう”という方針が優先した。動画授業はうまくいったものの、はたして気象の面白さがこれでうまく伝わったのだろうか。この疑問は、“自前の実験や観察のないサイエンスはあり得るか”という本質を問いかけてるように思えた。今年からようやく実験授業が従来の対面式で実施できるようになった。測器を手にして楽しそうに野外観測を行い、顔を突き合わせて解析結果について熱心に議論する受講生を見ると、やはり気象を体感で学ぶことは重要であると再認識している。特に対面式でない、受講生がどれだけ理解しているかがわからず、測定する行為そのものがインセンティブにつながることを見落としてしまう。

気象学はリアルタイムの現象を高等教育の教材にできる優れた分野だと感じる。今回行った授業実施のアンケートで、“リモートセンシングも含めた様々な気象観測を運用しているが、そのデータは研究用で、授業では定常的に利用していない”という回答が複数見られた。要因として、実際の授業実施時間帯・回数・教員体制とのマッチングの問題が伺えた。これは非常にもったいないことである。個人的な見解ではあるが、大学は研究成果を出す所である一方、高等教育機関の最後の砦でもある。実習・実験授業は教材準備が大変で教員の負担と考えられがちであり、昔は技官が補助したり助手が受け持ったりする内容と考えられがちであった。しかし、電子教材や自動測器が普及する現代では、一度仕組みを作ってしまうえば実験授業もパッケージとして運用がしやすい。最先端の機材に実験授業で触れることは大学院へ進学する道しるべとな

るかもしれない。研究機材が教育にも生かされる制度設計を大学側も考えてほしいと思う。今回の解説を通じて、各大学の気象に関わる実習授業の現状に少しでも明るい日が差し込めば幸いである。

謝 辞

大学の授業に気象観測を取り入れている事例に関してアンケートに回答を寄せていただいた多くの方々に、紙面を借りてお礼を申し上げる。

参 考 文 献

- 磯 望, 黒田圭介, 梶原忠裕, 2013: 理科教育研究における気象観測実践と受講生へのアンケート調査について. 西南学院大学人間科学論文集, 8, 57-183.
- 小林勇輝, 上野健一, 2021: 地上観測および衛星データに基づく, 中部山岳域における夜間の雲海発生傾向. 天気, 68, 371-389.
- 名越利幸, 1999: 気象教育カリキュラムの開発と科学リテラシー. 科学教育研究, 23, 229-237.
- 榊原保志, 小高正寛, 2007: ペットボトル簡易気圧計の教材開発とその教材を利用した気象観測実習. 理科教育研究, 48, 35-44.
- 坪田幸政, 高橋庸哉, 2007: 初中等教育における気象教育の展開. 天気, 54, 1007-1010.
- 上野健一, 川瀬宏明, 2020: 菅平高原での冬季実習を通じたフィールド教育. 雪氷, 82, 85-99.
- 山口隆子, 2006: 日本における百葉箱の歴史と現状について. 天気, 53, 265-275.
- 吉田幸平, 高木秀雄, 2020: 高等学校理科「地学基礎」「地学」開設率の都道府県ごとの違いとその要因. 地学雑誌, 129, 337-354.

Practices of Surface Meteorological Observation in University Classes

Kenichi UENO*

* Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Tsukuba 305-8572, Japan
E-mail: ueno.kenichi.fw@u.tsukuba.ac.jp

(Received 22 June 2023; Accepted 31 August 2023)

Abstract

Present status of university classes that incorporate surface meteorological observations into their curricula are explained. Based on the observational contents practicing at the College of Geosciences, University of Tsukuba, transitions of instruments since the 1980s, composition of classes to integrate real-time weather variations as teaching materials, and lessons from the online classes during the COVID-19 pandemic are introduced.
