

中学生による幹線道路周辺の気象観測と理科教育研究からみた 指導実践上の課題について

法政大学キャリアデザイン学部非常勤講師 狩野 真規

1. はじめに

文部科学省の現行の中学学習指導要領における理科では、第2分野の内容の中で気象観測の実施を求めている。具体的には「校庭などで気象観測を行い、観測方法や記録の仕方を身に付けるとともに、その観測記録などに基づいて、気温、湿度、気圧、風向などの変化と天気との関係を見いだすこと。」としている。しかしながら、実態としては教室にて2本の棒状温度計を組み合わせた乾湿計で、気温と相対湿度の読み取りを行う程度でとどめることが一般的であり、教室外での気象観測を実施した上で、その実測値を用いて天気との関係を見出すことまでは行われていないことが多い。

また、文部科学省による現行の学習指導要領に対する中学理科の解説編において、気象観測に関連する内容として、自記録式の計測器を利用することで長期間の観測結果の活用をすることも促しているが、実態としてはその利用はほとんどなされていないといっていよう。ちなみに、自記録式の計測については、今世紀に入るとPCでデータの回収をする小型のデータロガーなるものの低価格化が実現したという実態を踏まえれば、学校教育の現場では比較的その導入が容易となってきつつあるが、未だそれを導入している学校は多くはない。長期間のデータの比較・検討という内容について教材化を試みるならば、こういった測器の導入も検討されるべきであろう。

さて、上述のような状況が一般的である中で、実際の教育現場で気象観測に関する実践的な取り組みをしている先例が幾つか存在している。例えば、榊原(1988)では、中学校内の気温の計測を実施し、その結果を基にした分布図を示している。これについて注目すべき点は、紙製の通風乾湿計を製作することで、通常の棒状温度計よりも正確な値を取得しようとした点である。

また、大鹿(1992)では、大宮市(現さいたま市)内において、夏休み期間中のクラブ活動を通じて生徒に森を含む市街地の気温分布について実測させることで、その分布を明らかにしている。特に注目されるのは、水銀温度計に簡易的な放射除けを備えて計測している点であり、生徒にとっての扱いやすさを考慮しながら市街地周辺での気温分布に与える森の影響を見出

した点であろう。

一般に、私学はともかくとして、公立の中学校では、予算の規模の問題もあり、研究目的で使用される器具の使用は望めないのが普通である。そのような状況の中で榊原(1988)や大鹿(1992)のように安価に仕上げる事が出来る観測器具を使った観測の報告をしている点は、現場で教育実践にあたる教員には有用なものであると考える。

さらに、上に挙げた二つの先例は観測機材を持って移動しながら複数の観測点を観測するスタイルで観測を実施しているが、榊原・山下(1993)では学校周辺だけではなく、学区を対象地域としたやや広い範囲での気温の多地点同時観測を実施している。加えて、指導者が行った移動観測の結果と比較し、生徒による結果が概ね妥当であることを示している。

ところで、中学校の理科における気象観測の実施状況については先に述べた通りであるが、そのような実態となっている理由としては機材の確保の問題や、カリキュラムや学校行事に縛られることでの時間数の制約などがあることが考えられる。そこで、通常の教科ではなく、比較的自由度の高い総合学習の時間や部活動を通じての気象観測の実施を試みた。

まず、総合学習については、環境問題に特化したテーマを掲げた講座を通年で担当していたので、その時間内で実施した。具体的には学校から800mほど離れた幹線道路までの気温を測ることで、身近な環境の気温と相対湿度の分布について把握することを目指した。

次に部活動における観測であるが、これは授業時間外である夜間のデータの取得を目指したので、地学部の校内合宿の際に実施することにした。夜間のデータが取得できれば、総合学習で取得した日中のデータと比較することで、気温や湿度の分布の時間変化を検討することが可能となる。ちなみに、地学部の合宿の一環で行った気象観測であるが、そもそもの合宿の目的は校舎屋上での天体観測であった。しかし、中学1・2年生が主となる部活では集中して長時間の観測が出来ないという実態があったので、夕方と明け方の気温や湿度の分布の把握という地学領域の課題を提示することで、合宿の内容の充実化を図ったのである。

このような中学校における気象観測の指導実践を行うにあたり、以下の点に着目することとした。

- ①気温の測定にはどのような測器を利用するか。
- ②学校周辺の環境はどうなっているのか。
- ③生徒自らが観測し、その結果から満足感を得られるか。

①については気象学・気候学の研究で利用する本格的な機材を用意することで、生徒に緊張感をもたらすようにした。具体的には、一本8万円弱のアスマン通風乾湿計を複数台用意し、多地点同時観測を可能とすることで、お互いきちんとしたデータを取らなければいけないことを意識させるようにした。もちろん、中学生なので、測定中に機材の破損というリスクは発生するので、榊原(1988)のように棒状温度計を利用することも考えたが、通風装置の製作にかかる時間を節約したかったことに加え、中学生にある程度高額な測器を触る機会を設けることで、レベルの高いことをやっている満足感を与え、前向きな取り組みを促そうと考えたわけである。この点はある程度以上の学力が担保されている中高一貫の進学校では有効であると思われる。もちろん、教員が生徒を信頼していることを伝える意味も持ち、そこから取り組み姿勢を引き出すという演出を狙うことにした。

また、②については、生徒に対して観測の目的を明確にするために必要であると考えた。元々、環境問題に特化した授業内容ではあったが、学校周辺の実態の把握はそれまで行っていなかった。そこで学校の周囲

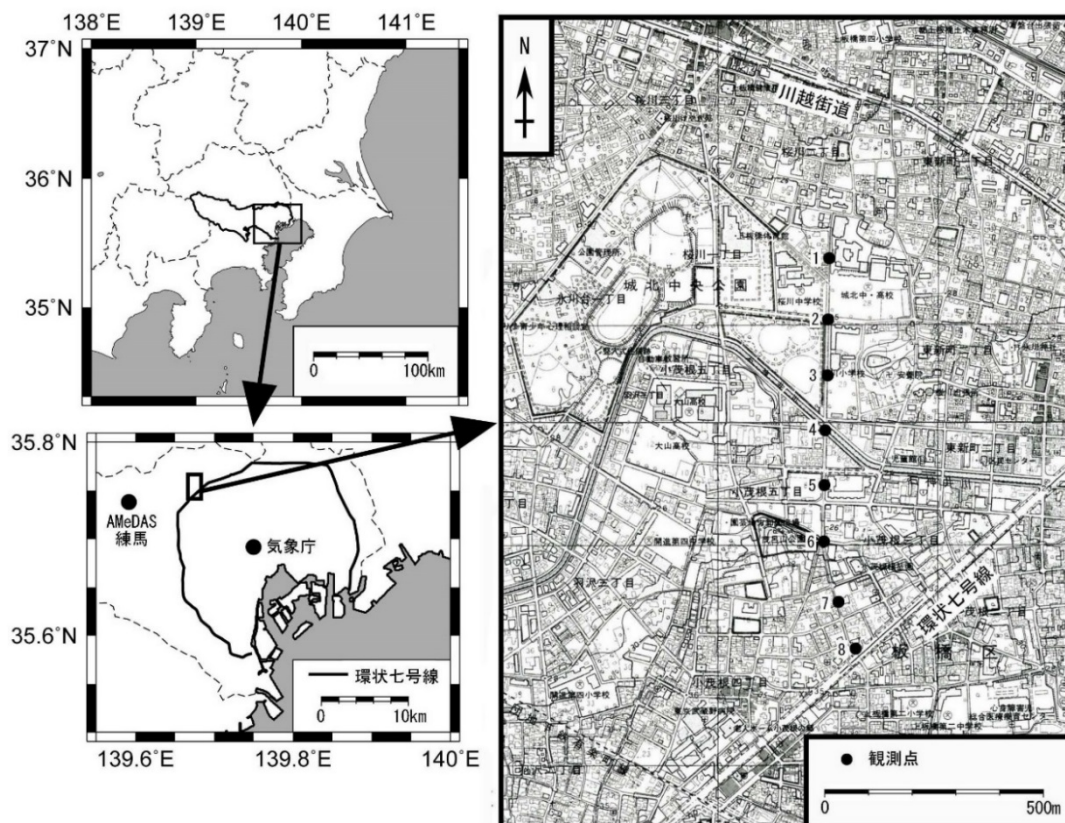
における環境の違いが気温に対して、どのような影響を与えるのかを把握することで、身近な地域の環境に興味に繋げてもらいたいと考えた。特に環境系のテーマを扱う総合学習では、いろいろなスケールの問題に対する意識も向上させることができると考えた。

また、③については熱的環境が大きく変わる地域を対象地域に選ぶことで、ある程度わかりやすい結果が見られると考えた。対象地域の具体的な状況については後述するが、交通量が多い場所や公園緑地に面している場所を混在させることで、地域差が明瞭につかめる観測を体験するという成功体験が、満足感や達成感を得ることにつながるはずと考えたのである。

そこで本研究では、学校近傍に存在する幹線道路とその周辺の気温及び湿度の分布とその影響範囲を明らかにするとともに、中学生による気象観測を実施するにあたって指導実践から得られた注意点を明らかにすることを旨とした。

2. 対象地域概要

第1図¹⁾に対象地域を示す。観測の対象としたのは東京都板橋区にある私立城北中学校・高等学校から環状七号線(都道318号線)までの南北方向におよそ800mまでの範囲とした。



第1図 対象地域概観

環状七号線（以下環七と表記）は、国土交通省実施の平成17年度道路交通センサスによれば、平日24時間あたり6万台以上の交通量があると報告されている。交通量が多ければ、自動車からの排熱も多く、気温も高くなるはずであるのに対し、環七から北側の住宅街に入ることによって、その熱的影響は薄れ、気温は低くなるはずと考え、対象地域として選定した。

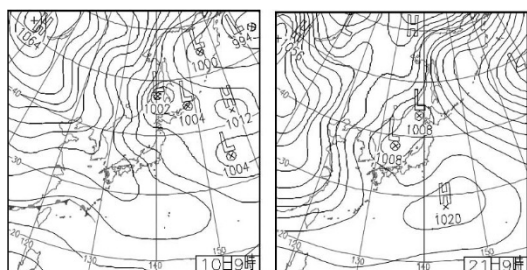
対象地域において、最も標高の高い地点は環七に面した測点8である（標高35mほど）。ここから北に向かって測点4までは住宅街となっている。地形的に測点8からは北向きに測点6まで傾斜している。測点5から2まではほぼ平坦である（標高26m程度）。測点2から4までは緑被率の高い公園に面している。さらに、測点4は石神井川の橋となっており、微地形的に見れば、道路上は若干標高の高い場所となっている。測点2から1にかけては学校校舎と住宅に挟まれ、やや標高が上がっている（標高29mほど）。

3. 観測実施日における天気概況

観測は中学三年生対象の総合学習の授業の際に行った2005年12月10日の日中と、地学部の合宿を実施した同年12月20日から21日にかけての夕方と明け方の三つの時間帯で実施した。

12月10日の天候であるが、第2図にみられるように日本周辺は弱い冬型の気圧配置で、太平洋側では晴天となっていた。気象庁のある東京・大手町でもこの日の日中は晴天であった。また、観測を実施していた11時台と12時台はAMeDAS練馬では風速1m/sの南南西ないしは南の風が吹いていた。

次に、12月20日から21日については第2図の天気図を見ると20日から冬型が弱まり、翌21日には日本付近は弱い気圧の谷に入った。そのため、20日夕方は晴天であったが、21日明け方は曇りとなった。また、AMeDAS練馬では20日17時台、18時台及び21日5時台、6時台いずれも無風となっていた。



第2図 観測実施時の天気図（気象庁HPより）
左：2005年12月10日9時、右：同年12月21日9時

4. 観測について

観測測器については先述の通り、アスマン通風乾湿計を利用した。これは日中・夜間共通して同じ型の測器を利用した。

12月10日の総合学習では、3限に19名、4限に24名が観測を実施した。まず、校門脇で観測機材の使い方を説明してから学校を出て、測点1から8までの順で各測点へ順番に生徒を誘導し、それぞれの地点にて1分間隔で観測をするように指示した。最も遠方の測点8で5～6分の間、1分間隔で観測を実施させたのち、また元の来た道に戻りながら撤収させ、最終的には45分の授業内で観測を終了させるようにした。この場合、測点1における観測時間が最も長くなることになったが、移動距離が短いこととの引き換えであることを説明することで、不公平感が生まれない配慮をした。当然、測点8についてはその逆で、観測時間が短くとも往復で2km弱の移動となるわけである。このため、全測点での同時観測が実施された時間は5分ないしは6分となった。

12月20日から21日に実施した地学部による観測は計10名で実施した。このときは上述の測点1～8について、1つのグループに2地点ずつ担当することとし、4つのグループが担当した。具体的には、測点1と2を担当したグループは測点1を計測後、速やかに測点2に移動し、測点1の計測から5分後に測点2の気温を測定するという移動観測で観測を行うこととした。そのため、12月10日のような1分ごとのデータではなく、数分間の中で取得したデータとなった。³⁾このような移動観測を採用したことも緊張感を持続させる工夫の一つであった。何より、早朝の時間帯では睡魔が襲ってくることを予想し、その対策としたわけである。

なお、風を測る観測機材とその扱い方の指導時間の確保ができなかったため、風の観測を実施しなかった。その実施が出来れば、風による気温分布への影響の有無などを検証でき、結果の考察が容易になる。また、それぞれの気象要素の関連性に対して関心が広がるとともに、小気候学的研究としての意義づけが深まるのであろう。一方で、指導する教員が注意したいのは、過度に目的設定を高度化することで要求水準が上がり、生徒に負担感が芽生えることがあり、生徒の知的好奇心の育成に対して障害になる可能性がある事である。観測の実施後のデータの整理を通じて、自らが疑問を感じることを引き出せるような問いかけを工夫することが重要ではないかと考えている。

それから、今回の実践を通じて失敗例がいくつか見られた。具体的に挙げると、指定された時間で観測をしていなかった点があったり、アスマン通風乾湿計の

湿球のガーゼが乾いたまま観測を継続していたりするような単純なミスが起きたという点が課題として浮かび上がった。これは自らが目的を設定したわけではなく、教員の指示のもとに観測をする際には必ず付きまとう問題であり、そのミス防止にどれだけ腐心しても起こってしまうという割り切りも必要と考える。これは大学生の実習でも全く同じである。観測時刻のミスはデータを記載する野帳に初めから時刻を印刷することでミスは防止できよう。

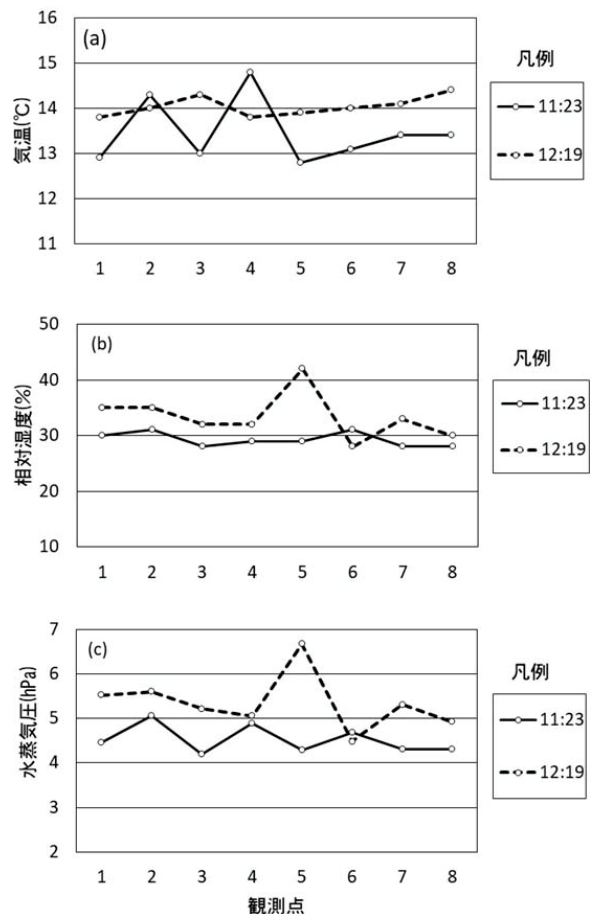
ミスについてはそれが起きて、初めて教員として防止策は何かがわかるものである。結果の把握は必要であるが、研究目的ではなく、あくまでも気象観測を経験する実習の場を設けることに注力するくらいのスタンスのほうが、余裕のある生徒対応に繋がり、事故の防止にも繋がることを実感した次第である。

5. 観測結果

まず、日中の事例に注目してみる。12月10日の日中のデータにおいて、全測点のデータが揃った5~6分間の中から最も観測誤差が少ないと思われる時間のものを選び、第3図にその結果を示した。これについては榊原・山下(1993)のように全ての時間帯の平均値を出す方法もあるが、観測誤差を内包する値を極力使わない方が良く、平均値の採用は見送ることとした。

第3図(a)に注目すると、環七に面した測点8が必ずしも最高気温の地点とはなっていない。むしろ石神井川上に位置する測点4において最高気温が出現していた時間もあった。しかしながら、測点4ないしは5から8にかけては、測点8の環七に面した地点から300ないしは400mほど離れた地点との間に最大で0.6℃の差が生じており、環七から離れるにつれて気温の低下が認められる。このときのAMeDAS練馬の風は11時台から12時台にかけて南から南南西で1m/sの風であったことを考えると、対象地域との距離は大分離れているものの、この南寄りの風が環七からある程度の熱輸送を起こしたのではないかと考える。これについては、浜田・三上(1994)や岡ほか(2008)において、都心では東京湾からの海風が卓越する際に大規模緑地から風下側に低温な地域の広がり確認されている。それらと同じような働きが対象地域でも起きていたのではないかと考える。

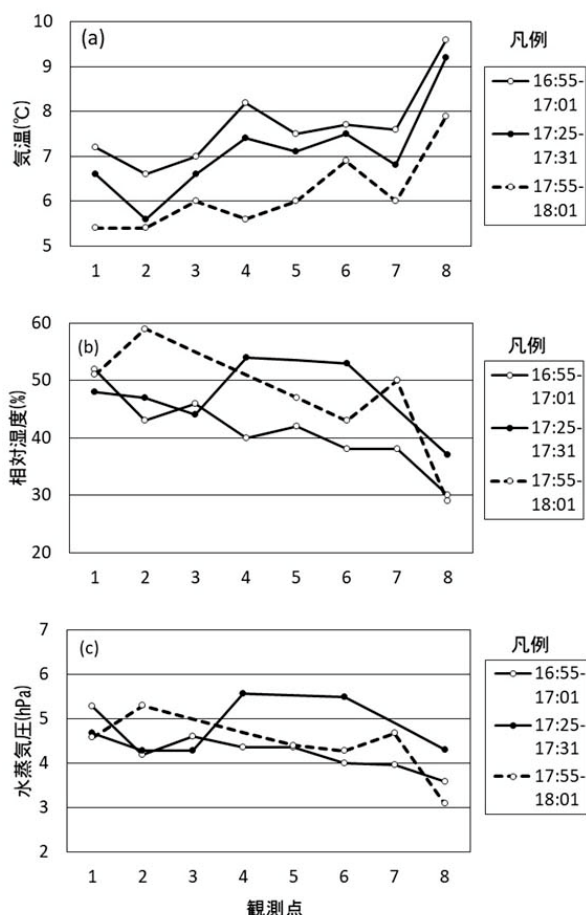
次に、気温と同様に相対湿度を求めた。その結果としての第3図(b)を見ると、一部に40%を超える値を示した測点があるものの、11時台及び12時台ともに総じて30%程度の値を示していた。気象庁のある都心の大手町でも11時が31%、12時は30%の値で



第3図 対象地域における気温 (a)・相対湿度 (b)・絶対湿度 (c) の分布 (2005年12月10日)

あったことから、対象地域における相対湿度の値は大手町と著しい違いはない。あえて言えば、対象地域の中ではわずかな違いはあるものの、日中に限っては交通量の違いは相対湿度に大きな影響を与えているようには見えない。ただし、相対湿度は大気中の水蒸気量が同じでも、気温によってその値は変化する。対象地域内において、気温差があれば、当然その値には見かけ上の違いが生まれる可能性がある。そこで大気中の水蒸気量についてはその絶対量について検討が必要と思われるので、観測データから絶対湿度としての水蒸気圧を求めることにした。⁴⁾

第3図(c)に注目すると、大手町では11時に4.4hPaだったのに対し、対象地域における11時台のデータでは4.3~5.0hPaとなっていた。また、12時に4.6hPaだった大手町に対し、対象地域の12時台のデータは4.5~6.6hPaとやや幅があった。観測点の中にはその値が著しく高い地点も見受けられるが、11時台ではほぼ同じような値であるように見受けられる。それに対して、12時台の観測点6~8にかけての値が北側に位置する測点1~3の値よりもやや低めであることは興味深い。その要因としては、測点2~4では緑被率の高



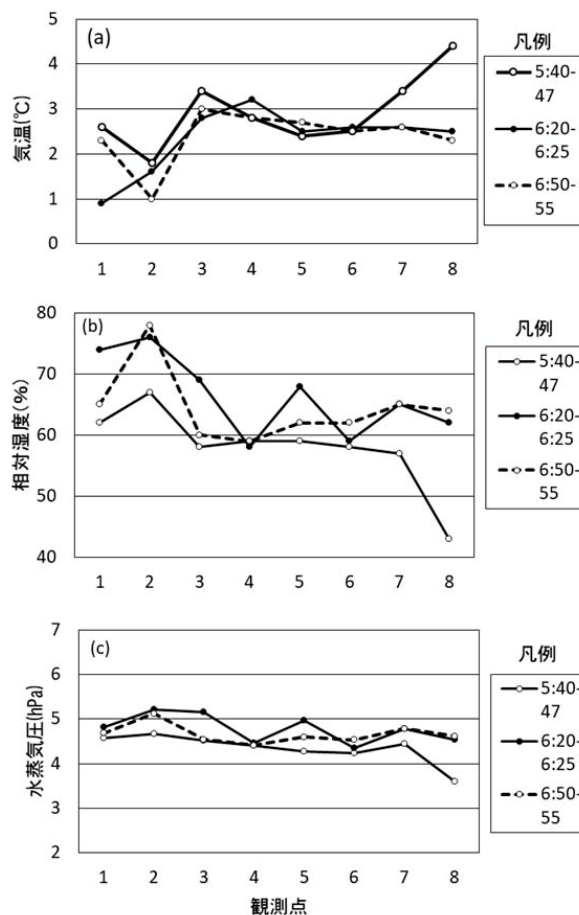
第4図 対象地域における気温 (a)・相対湿度 (b)・絶対湿度 (c) の分布 (2005年12月20日)

い公園に面しており、植物の蒸散の効果が表れているのではないかと考える。ここまでを整理すると、水蒸気圧については対象地域南側の地域はその値が低めであり、北側では高めとなっていたと読み取れる。

次に、12月20日の夕方の観測結果を第4図に示す。

第4図 (a) において、測点8の環七に面した地点の気温は他の地点と比べて最大で3.6℃ほど高い状態を示したが、北に100m離れた測点7との気温差は2℃程度となっており、さらにもう一つ北側の測点6の方が測点7よりも高温となっていることを考慮すれば、無風の際には環七の影響は100mほどと読み取れる。一方、低温の測点に注目すると、測点2が恒常的に最も低温となっていた。この低温については前述した公園の影響が表れていたと考えられる。

また、相対湿度について第4図 (b) をみると、12月20日の夕方は湿球の欠測が相次ぎ、全地点の値を用いた形でのグラフの作成は観測初めの時間帯のみしか得られなかった、対象地域の南に向かうほどその値が低くなる傾向が見られ、夕方の時間帯では環七に面した測点8の値が最も低い状態を呈していた。その値は気



第5図 対象地域における気温 (a)・相対湿度 (b)・絶対湿度 (c) の分布 (2005年12月21日)

象庁のある大手町では17時に29%、18時に31%であったのに対して、29%~54%と都心よりも高めの値を取る地点が多かった。

そして、水蒸気圧について第4図 (c) に注目すると、大手町が17時に3.2hPa、18時は3.5hPaであったのに対して、観測時間を通じて3.1~5.5hPaと都心よりも高めとなっている測点が多かったものの、南に向かうほどその値が低くなっている傾向が見られた。

一方、曇天となっていた12月21日の明け方について、第5図を示す。

第5図 (a) に注目すると、観測を始めてすぐの時間帯では南北方向の断面上には最大2.6℃の気温差が生じており、環七の熱的影響が明瞭に認められたが、その状態は長く維持されることがなく、隣りの測点7との差が皆無になる状況のほうが多くなっていた。これは前述のように東京近辺が雲に覆われていて、風もない状況故に気温差が生じるような気象条件に無かったためと考えられるが、それでも最大で2.6℃の差が出ていたことは興味深い。

次に相対湿度を示した第5図 (b) に注目してみる。

相対湿度は43~78%とかなり幅をとり、環七に面した測点8以外の地点は60%程度以上であり、大手町の6時の値である48%よりも高めの値を示すこととなった。この点は前日夕方の結果と傾向が似ている。

加えて、水蒸気圧を示した第5図(c)をみると、その値は3.6~5.2hPaの範囲を示していた。気温差が大きいときの測点8の値は大手町における6時の値の4.0hPaよりも低かったこともあるが、総じて大手町よりも高い値をとっている地点が多かった。都心よりも対象地域の湿度・水蒸気圧がともに高かったことが伺える。このような値の違いは上述と同じく、測点2~4に面したところに位置する緑被率の高い公園の存在による影響と考えられる。また、全体的な傾向としては、12月20日の夕方よりも明瞭ではないものの、対象地域南側と比べて北側の水蒸気圧がやや高めの傾向を見せていた。

ここまでを通じて、全ての時間に共通して弱風下の晴天という同一条件で行っていなかった問題が存在する。そういった条件の下で実施することが理想ではあるが、観測の実施日時を事前に設定している関係でその問題が残ってしまった。今後、同一地域で継続的な観測を実施することで、同一条件の事例を多数確保すれば解決できる問題である。

6. 観測終了後のデータ整理について

ここまでの結果については教員が図化したグラフを基に示してきた。実際の授業では生徒にもグラフを描かせたので、そこで気付いた点について述べてみる。

総合学習では各グループのデータを提出させた後に、日を改めてグラフ化させてみた。ここでPCを利用することも有効ではあるが、PC教室の確保が叶わなかったこともあり、方眼を入れたプリントで図化させてみた。その結果については先に示したものと内容が重複するのでここでは省略するが、グラフ軸の目盛りの取り方や凡例の提示など、グラフの描き方の基本を確認する場としては有効なものであった。

今回は短時間で結果の図化を目指したので、断面を取る形での折れ線グラフで結果を示すことが最善と考え、観測地点の配置を考えた。しかしながら、付近の公園緑地や学校北側に位置する川越街道の存在を考えれば、平面的な気温の水平分布の把握をしても意義のある結果が期待できるはずであった。ただ、この点に注目した観測を行えば、結果の提示の際に等値線での図化が必要になり、中学生にとって、この表現方法には困難が伴うことが予想される。つまり、比例配分法による図化は天気図の等圧線を描く際に必ず必要となるものであるが、経験上、授業1コマ程度の作業時間

では描ききれず、宿題にすることで提出率が確実に下がる問題点をはらんでいる。少なくとも、週1時間のみの設定であった総合学習の時間において、結果の把握を最優先としたので、結果の図化に時間のかかる平面分布を把握する観測とせず、速やかに図化出来て結果を確認できる断面を取る形での観測を実施した。そういった意味で、榊原(1988)や大鹿(1992)のような平面分布を描くことが次の指導目標となろう。将来的には地理情報システム(GIS)ソフト⁵⁾を使った図表現の指導について、その可能性を探ってみたいとも考えている。

ところで、自分たちが観測したデータをまとめることで初めてその結果が明らかになるという体験は、その場で結果が見える通常の実験室での実験とは違っている点で、生徒には新鮮であったようである。榊原・山下(1993)でも触れられていたが、多くの人が協力することで結果が得られる経験は、協調性や責任感の育成に有益であったことは間違いなかったようである。

また、地学部の活動の際も教員の用意したプリント上に図化させ、その結果を確認させてみた。その上で、次年度の文化祭にてPCを利用したグラフ化をさせ、ポスター発表まで行わせるようにした。

実施後の生徒の感想としては、日中の結果については環七の影響が小さく、明瞭に見られる形の結果ではなかったが、夕方に地学部が取得したデータを合わせて示すことで、食い入るようにその結果を見る生徒が数多くいたことが印象的であった。このような時間変化に注目する視点に気が付いた生徒が多かったことも付け加えておきたい。このような結果に対して、何がこのような結果の違いに繋がっているかを確認することで、このテーマの話題を締めくくりにした。

7. おわりに

以上のことから見出されたことを以下に挙げる。

(1) 幹線道路周辺における気象観測の結果

- ① 幹線道路と周辺市街地との気温差は、日中の南風が吹送している際には最大で0.6℃となっていて、その影響範囲は最大で400mほどであった。
- ② 夕方の晴天無風時にはその差は最大で3.6℃に達していたが、影響範囲は100mほどであった。
- ③ 曇天無風の早朝にはその差が最大2.6℃となっており、影響範囲は夕方と同じく100mほどとなっていた。
- ④ 幹線道路周辺は、対象地域北側の公園緑地周辺と比べて、水蒸気圧の値が低めになっていた。

(2) 中学生を対象とした指導実践から見えてきた課題

文部科学省 (2008) : 学習指導要領解説理科編, 138p.

- ① 気温・相対湿度以外の気象要素の把握
- ② 観測のミスの防止
- ③ 同一気象条件下での観測の実施
- ④ 等値線を使った図表現

謝辞

観測に参加した城北中学校の生徒諸君には御礼申し上げます。また、実習を行う際に多くの助言と実習機材の貸し出しに御協力頂いた敬愛大学国際学部教授の中村圭三教授にはこの場をお借りして深謝いたします。

注記

- 1) 左側の地図中における都県境のデータは ESRI データ株式会社提供しているデータを利用した。また、右側の地図は国土地理院発行の 1 万分の 1 地形図「高島平」と「練馬」の一部を加工して利用した。
- 2) 観測を実施した 12 月は冬時間の期間であったため、授業時間は 45 分となっていた。
- 3) 数分間という短い時間の中でデータを取得したことから、時刻補正は行わなかった。
- 4) 中学生に対して絶対湿度の考え方を要求するのはハードルが高いと考え、その算出までは授業を通じては行わなかった。
- 5) 例えば ArcView のようなソフトが存在する。

参考文献

- 大鹿清司 (1992) : 市街地が隣接する森が与える都市の気温分布への影響 -科学部の生徒と研究をして-, 天気, 39, 707-710.
- 岡暁子, 三上岳彦, 泉岳樹, 清水昭吾, 成田健一 (2008) : 皇居のクールアイランド効果について その 3 -皇居周辺への影響範囲とにじみ出し-, 2008 年度日本気象学会春季大会予稿集, p.297.
- 榊原保志 (1988) : 紙製電動式乾湿計の製作と校内の気温分布の観測 -理科教材化への試み-, 天気, 35, 93-104.
- 榊原保志・山下脩二 (1993) : 長野県小布施町におけるヒートアイランドとその指導事例, 地学教育, 46, 111-117.
- 浜田崇・三上岳彦 (1994) : 都市内緑地のクールアイランド現象, -明治神宮・代々木公園を事例として-, 地理学評論, 67, 518-529.
- 国土交通省 平成 17 年度道路交通センサス
http://www.mlit.go.jp/road/census/h17/03/01_13_4_0318.html, 2017 年 7 月 12 日閲覧.
- 文部科学省 (2008) : 学習指導要領 第 2 章第 4 節 理科, 44-60.