

都立石神井公園三宝寺池周辺のクールアイランドの観測と その環境教育教材化

Observation of the Cool Island around Sampoji-Ike pond in Metropolitan Shakuji Park and its Materialization for Environmental Education

日原高志¹⁾

Takashi HIHARA

Keywords : Cool island, Meteorological observation, Sampoji-ike pond, Environmental education, Active learning

1. はじめに

2006年7月10日、東京都環境局は今年度のヒートアイランド対策事業総額が都・区を合わせて32億円に達することを発表した。今年度の新規事業としてクールタウンモデル推進事業、ドライミスト装置の設置、屋上緑化・高反射率塗装の施工補助に取り組んでいる。本キャンパスの立地する品川区ではドライミスト装置が戸越銀座商店街に設置されたほか、豊町5・6丁目の保水性舗装「涼の道」事業、大井小中一貫校の屋上緑化事業など、都と連携したヒートアイランド対策が実施されている。

このように東京都にとってヒートアイランド対策は重要な政策課題となって久しいが、教育の局面においては教科書における平易な記述の「机上の暗記」の域を脱していない。学生に、環境問題に取り組む健全な問題意識を育成するためには、自然環境を実感的に理解させることが不可欠であると考えている。

昨年度末で廃止された東京都立工業高等専門学校一般教養科では、高専の入口である初等中等教育改革との連続性を有しながら、出口である進路に向けた学生の自己実現を支援する弾力的な教育課程を1996年度より5年間をかけて設計し、教育庁学務部高専改革の一環として2002年度より実施した。残念ながら、その後の早急な統廃合により、この教育課程は完成を見ることはなく、その効果の評価を待つこともなく、学校が廃止となったが、この校内教育改革の過程で上記の問題意識に立脚した野外調査中心の自由選択科目「自然地理Ⅱ」(3年・集中1単位)の開設を実現することができた。この科目では春季休業の活断

層調査(三浦半島南下浦断層)、夏季休業の多摩川上流の山谷風観測(青梅市沢井)、冬季休業の多摩ニュータウンの開発と自然環境の変貌の調査(八王子市・町田市)の3つの野外調査に学生を引率し、自然環境の実感的理解を目指している。学生の履修意欲は高く、実施した3年間でのべ197名もの履修があった。とりわけ夏季休業の山谷風観測は、気温、湿度、風向、風速、雲量、天候の観測を、筆者による夜間観測と合わせて24時間以上にわたって1分間隔で実施した。このファーストハンドのデータに、アメダス等のセカンドハンドのデータをあわせてレポート化させているが、自らが取得したオリジナルな気象データの解析に意欲を持つ多くの学生は「研究」とよびうるレベルでレポートを仕上げている。「3学年=18歳の夏」にこのような「研究」経験をもつことが、5年次の卒業研究への一般科目からの「ささやかなアシスト」になっていると考えている。

この科目にあわせて教室での作業中心の必修選択科目「自然地理Ⅰ」(3・4年共通選択科目・1単位)を開設し、その中で「東京の自然環境」を扱っている。この単位では、従来はヒートアイランドの知識の伝達に終始していたが、「自然地理Ⅱ」の学生の反応のよさから、観測結果の解析を行わせることでより大きな教育的効果をあげられるのではないかと考えた。

本研究は、いまだ多くの観測事例があるとはいえない都市内部の緑地周辺の相対的低温域「クールアイランド」の観測を練馬区の都立石神井公園三宝寺池周辺で実施し、その観測結果の教材化を試み、開発した教材で実践を行った結果を報告するものである。

1) 東京都立産業技術高等専門学校 ものづくり工学科

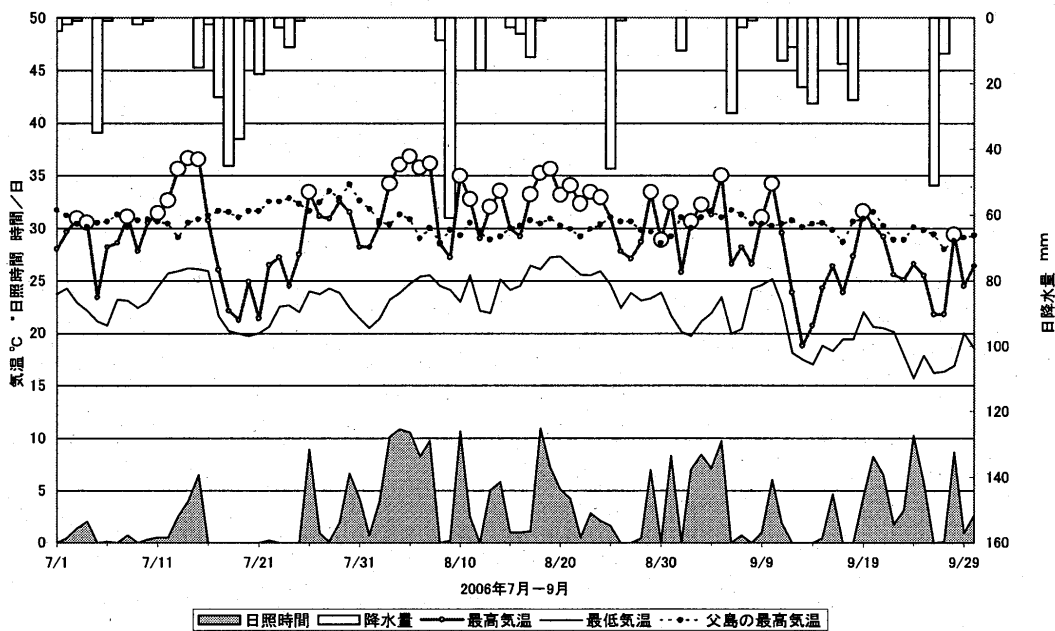


図1 2006年7月～9月の練馬の気象(○は練馬の最高気温が父島の最高気温を上回った日を示す)

2. 研究方法

(1) 研究対象地域の概観

アメダス練馬観測点は夏季の日中、都内最高気温が最多頻度で観測される地点である。図1は2006年7月から9月のアメダス練馬の気象である。図中に父島の最高気温を記してあるが、梅雨明けから秋霖入りまでの「夏」の期間、練馬は父島より高温になる日が多い(図1の○)。

図2は2006年7・8月の都内アメダスの日最高気温観測点を集計したものであるが、練馬の日中の暑さは際立っている。

大手町の気象庁において観測史上最高気温 39.5℃を記録した2004年7月20日午後1時には、練馬区石神井台で39.6℃を記録している(東京都環境局 <http://www.metro.tokyo.jp/INET/CHOUSA/2004/08/60e8g100.htm> による)。

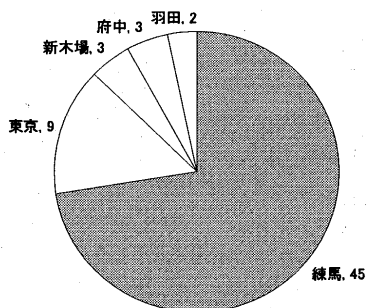


図2 2006年7・8月の東京都(島嶼を除く)のアメダス観測点の最高気温の発現日数

本研究で対象としたのは、この石神井台に位置する三宝寺池周辺地域である(図3)。三宝寺池は、都立石神井公園内に位置する武蔵野台地の湧水を水源とする面積2.4 ha、平均水深2 mの湖沼である。1935年に国の天然記念物に指定された沼沢植物群落を有しており、かつては1日50000リットル規模の湧水があったが、周辺の都市化で浸透が減ることによる浅層地下水の枯渇のため、1970年代より深層から地下水を揚水して池に放水している。善福寺池、井の頭池と同様の標高50m付近に位置する湧水群のひとつであり、南側を流れる石神井川の支流の谷頭部を構成している。三宝寺池の下流に人工的な「ひょうたん池」、「石神井公園ボート池」が連なり、その後暗渠水路を経て石神井川に合流する。このため三宝寺池周辺は、標高50m前後の武蔵野面の平面、標高40m前後の石神井川の沖積面の平面、標高43m前後の三宝寺池の沖積面の平面、三者をつなぐ斜面から成り立っている起伏に富む地形を呈している。

三宝寺池周辺の石神井公園には武蔵野の面影を残す森林が残っており、谷頭部の西側にはバードサンクチュアリの森林もある。さらに、石神井公園に隣接して、日本銀行運動場、三井住友銀行運動場、氷川神社、三宝寺、禅定院などの森林や草草があり、その外側の都市的土地利用との対比が明瞭である。

(2) 観測方法

気温観測は自転車による移動観測で実施した。移動観測のルートは石神井公園周辺の地形と土地利用をできるだけ網羅できるように検討を行い、8月22日から29日にかけて試行錯誤を繰り返し、最終的に図3に示す、●地点(筆者の自宅)をスタート・ゴールとするルートとした。このルートは、武蔵野面・沖積面を何度も上り下りしながら三宝寺池の谷を横断する方向を繰り返しスキャンしていくルートであり、対象地域内の様々な土地利用の地域を通過していく。このようなスキャンを行うことで、三宝寺池周辺から発生する冷気が、湖盆の凹地形に沿

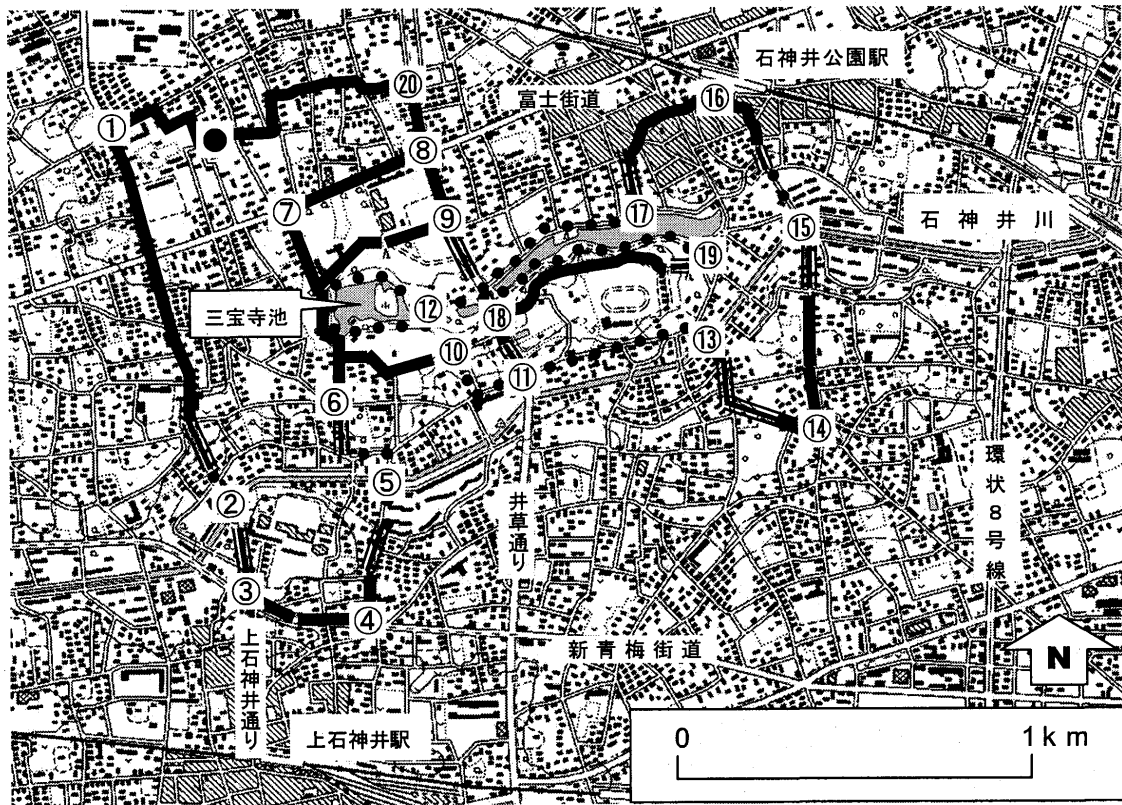


図3 対象地域の概観および観測ルート(ルートの——は武蔵野面上、≡≡≡は斜面上、●●●は沖積面上を示す)
(基図は国土地理院 1/25000 地形図「吉祥寺」)

って流下するのか、台地上にしみだすのかを検討することができると考えた。ルート上に信号のある交差点等は少なく、信号による時間待ちを最小限に抑えることができる。図3の東端を南北に走る環状8号線までルートに組み込むことも検討したが、1回の移動観測に90分以上かかってしまい、気温の時間補正の誤差が大きくなることから本調査コースからは除外した。1周約12.9 km、自転車車で53~55分である。

気温測定は自記温湿度データロガー(佐藤計量器製 SK-L200THII α)によって行った。自転車の前方に設置した自作のシェルターの中にセンサーを設置し、5秒間隔で自記測定し、データ回収後、時間補正 [1] を行い、観測期間内の平均気温からの偏差を解析に用いた。

データの位置の特定は、移動観測の開始時にストップウォッチをスタートさせ、あらかじめ決めておいたチェックポイント(図3の①~②⑩)で通過のラップタイムを測定し、データロガーから回収したデータの時間情報とPC上で比較し、地点の同定を行った。また、移動速度が一定になるように実距離からラップタイムの目標値を設定し、概ねそれにあわせて自転車をこぐようにした。この工夫によりこれまで数十回の測定を実施したが、観測にかかる所要時間の差は60分程度の移動観測で2分以内である。

本稿で解析する移動観測事例は2006年8月31日(木)の6時30分、15時、20時に実施した。その後、週3~5回の観測を継続している。

3. 観測結果

観測日のアメダス練馬の気象を図4に示す。アメダス練馬と三宝寺池は直線距離で約5 kmである。この日は高気圧に覆われ晴天だった。練馬の最高気温は32.4℃で、東京の31.1℃、父島の29.2℃を上回り都内アメダス観測点での最高値であった。本研究で実施した移動観測の最高値は15時06分に図3の③地点で観測した32.9℃であった。風は日中から夜間にかけて南西成分の微風が卓越していた。

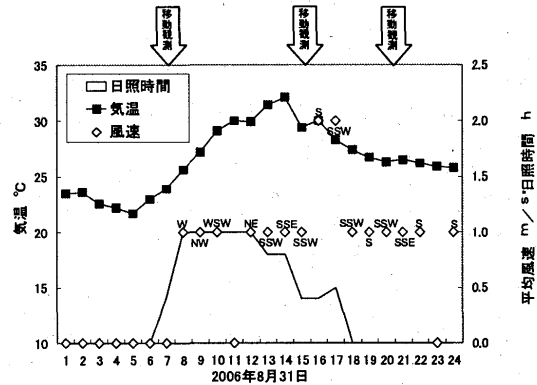


図4 2006年8月31日の練馬の気象(アメダス)

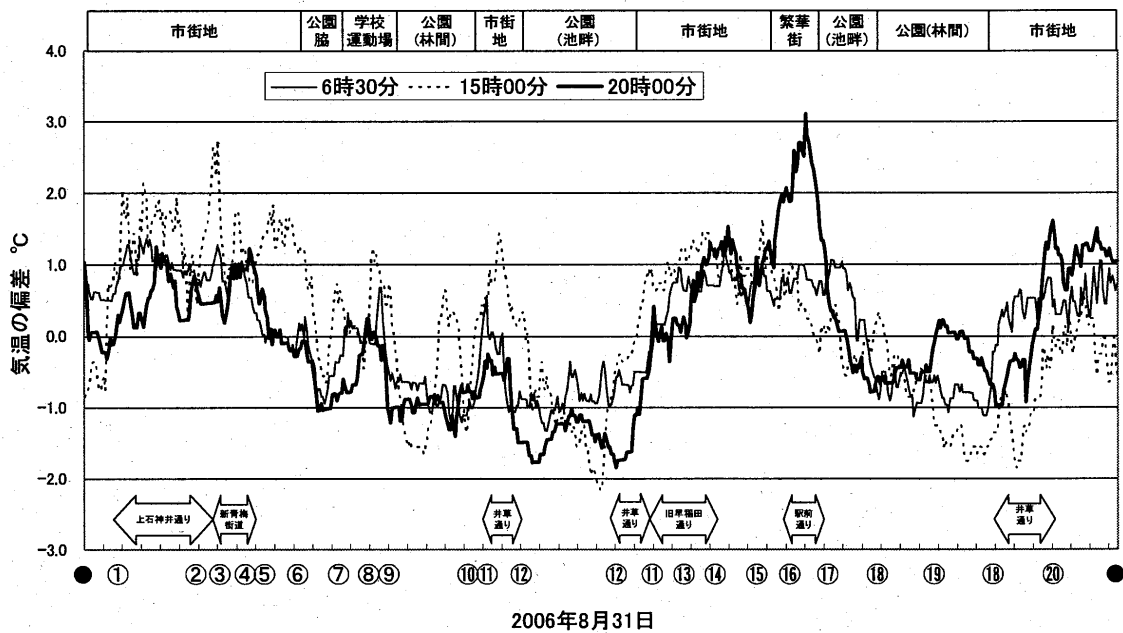


図5 観測結果(●, ①~②⑩は図3参照)

図5に気温の偏差の観測結果と土地利用を示す。いずれの観測でも市街地の高温域と石神井公園の低温域が確認できる。

6時30分の観測では、偏差の最高値は①-②間の上石神井通りの+1.38℃、最低値は⑩-⑫間の三宝寺池北畔の-1.33℃で、対象地域内の気温較差は2.71℃であった。

最高気温直後の15時の観測では、偏差の最高値は上石神井通りと新青梅街道交差点「早大学院前」(図3の③)付近の+2.74℃、最低値は⑫-⑭間の三宝寺池西畔の-2.16℃で、対象地域内の気温較差は4.90℃であった。

20時の観測では、偏差の最高値は⑯-⑰の石神井公園駅前通りの+3.10℃、最低値は⑫-⑭間の三宝寺池西畔の-1.85℃で、対象地域内の気温較差は4.95℃であった。気温較差は夜間が最も大きく、早朝が小さかった。

図6は負の偏差の空間分布を示したものである。終日にわたって三宝寺池周辺に相対的低温域が観測されている。その領域は最高気温直後の15時には若干縮小するものの、夜間には大きく拡大しており顕著なクールアイランドを形成している。

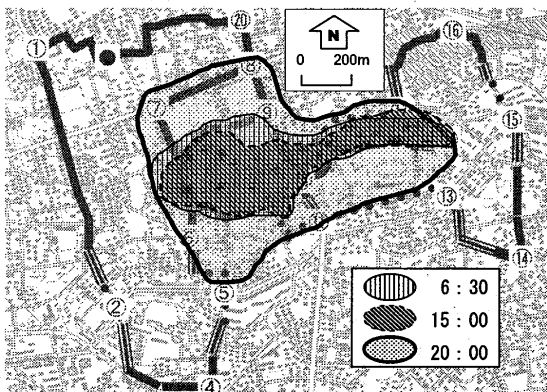


図6 気温の偏差が負の地域の変化(2006年8月31日)
(基図は国土地理院1/25000「吉祥寺」)

図7は正負に1℃以上の偏差を示す領域を示したものである。+1.0℃以上の領域は昼間は広く分布するが、夜間には駅前と大通り沿いに縮小する。駅前では昼間よりも夜間に+1.0℃以上の領域が拡大している。図5においても顕著なヒートアイランドが認められる。20時の移動観測において強く体感したが、居酒屋を中心とする駅前通りの店舗からのエアコンの排熱の影響が大きい。最高気温直後の15時の移動観測の際には、これらの店舗は営業開始前であり、気温は高かったが、エアコンの排熱の影響は体感されなかった。

一方、負の偏差の領域は夜間に三宝寺池を中心に拡大している。図7の20時の-1.0℃以下の領域は概ね三宝寺池周辺の森林地帯・谷頭の凹地形と一致しているが、図6の20時の0℃以下の領域は、北側の台地上を富士街道を越えて広がっている。これはこの時間帯に南南西の弱い風が吹いていたことと関連するの、図3の⑦-⑧-⑨に囲まれた部分に区立石神井中学校運動場、日本銀行運動場の草地などが広がっていることによるのかは、今後の観測で検討していきたい。

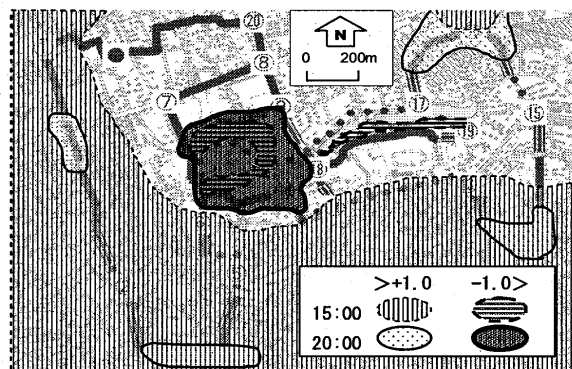


図7 気温の偏差の分布(2006年8月31日)
(基図は国土地理院1/25000「吉祥寺」)

4. 教材『ヒートアイランドとクールアイランド
ー石神井公園の事例』の開発と実践

表1 必修選択科目「自然地理Ⅰ」のシラバス

3・4年共通 前期1単位

(1) 実践の概要

本研究で得られた結果を環境教育教材化して都立高専 3・4年共通必修選択科目「自然地理Ⅰ」(前期1単位・履修者44名)において授業実践を行った。この科目のシラバスを表1に示す。自然環境とは気候・植生・土壌・地形・地質・水文などの自然環境要素の相互関係で成立していること、および、global(世界の自然環境)、regional(日本の自然環境)、local(東京の自然環境)の各スケールでその相互関係は異なることを理解させて自然環境の multi-scale な構造把握を内容知の目的としている。方法知としては毎回、自作教材による作業学習を中心として、様々な自然地理学的図表の作成・解釈を通じて専門科目の卒業研究の図版作成等に転移する技能の育成を目指している。3学年の野外調査中心の集中講義「自然地理Ⅱ」(選択科目)と連携しており、よりミクロな自然環境要素の相互関係を多摩丘陵を事例に概観する専攻科目「自然環境論」とともに都立高専の自然地理一貫教育課程の根幹を構成している [2]。

(2) 授業の展開

使用した教材は本稿の図3、図5、および等値線作業を行う図8(これは20時のもので、教材には15時のものも使用した)をA3両面印刷したプリント1枚である。

本実践の概要を表2に示す。

週	内容	
1	自然環境とは?	自然環境の multi-scale 性
2	太陽系における「地球」の	特徴
3	グローバルスケール	世界の地形
4	から見た自然環境	世界の気候
5		世界の植生・土壌
6		世界の水
7		自然環境要素の相互関係
8	リージョナルスケール	日本の地形
9	から見た自然環境	日本の気候・水
10		日本の植生・土壌
11	ローカルスケールか	東京の地形
12	ら見た自然環境	東京の気候 (1)
13		東京の気候 (2) 本時
14		東京の動植物
15		東京の自然地理学的諸問題

①導入(表2のA):前時に「東京の気候(1) 2006年夏の解析」を実践しており、各自、方眼紙に本稿の図1を作成し東京における練馬の特徴は理解している。その練馬に位置する三宝寺池周辺の気温分布の観測結果から都市気候を考える授業であることを伝える。

②展開(表2のB):対象地域の土地利用図を作成させる。まず、鉄道・大通りを、名称を確認しながら着色させ、大体の位置を押さえさせる。ついで、地形図の土地利用記号から樹林地、畑

表2 東京の気候(2)『ヒートアイランドとクールアイランドー石神井公園の事例』の展開

科目名: 自然地理Ⅰ (必修選択科目)		教材 (自作プリント・A3両面印刷1枚)	
履修学生: 3・4年生 44名		図A 1: 25000地形図「石神井公園周辺」に観測ルートを記入	
実践日時: 9月8日(金) 10:25~12:05		図B 2006年8月31日の観測結果(本稿の図5)	
実践場所: 3100教室(普通教室)		図C 2006年8月31日15時の温度の偏差の平面分布	
		図D 2006年8月31日20時の温度の偏差の平面分布(図8)	
進行	授業の展開	学生の学習活動	指導上の留意点等
導入 (10分)	A 前時の作業結果(2006年夏休みの東京の気候)から、練馬では日中に父島や都心よりも高温になることを確認する。ヒートアイランドとクールアイランドについて解説し、都市気候への対応は東京都の重点課題であることを説明する。	前時の作業図(本稿の図1)を確認する。	前時の作業結果を紛失等しないように、プリント類は毎回ファイルに綴じて回収し、本時の冒頭に返却している。前時の欠席者に前時の概要を説明する。
展開 (80分)	B 今回の解析対象地域である石神井公園三宝寺池周辺の概観を理解させる。	図A上の土地利用を塗り分ける。樹林地、畑地、公園・学校、樹木に囲まれた居住地、建物の密集地、水域、バス通り	等高線(地形)が読みにくいので武蔵野面と沖積面の概略を水域の着色に合わせて説明する。
	C 観測方法と移動観測ルートを説明する。観測の苦労話をもりこむ。	図Aに移動観測ルートを赤で引く。	石神井川を4回越える体力勝負の観測コースであることを理解させる。
	D 観測結果を説明し、特徴的なことをグラフに書き込ませる。	図B(本稿の図5)の0℃の目盛り線を引いて偏差の高いところ、低いところの土地利用を検討する。	机間巡視しながら、15時の高温域がバス通りと一致し、20時の高温域が駅前の繁華街と一致していることに気づかせる。また、三宝寺池周辺には終日クールアイランドが形成されていることを確認させる。
	E 15時と20時の気温の偏差の等値線図を作成させる。	図Cと図Dの気温の偏差の数値から等値線図を作成する。0℃、±1℃、±2℃、±1.5℃、±0.5℃の順に等値線を引く。少なくとも0℃、±1℃、±2℃を仕上げる。	「自然地理Ⅱ」で実習した天気図の等気圧線の引き方にならって書くことを指導する。「自然地理Ⅱ」未履修者のために等値線の引き方を指導する。
	F 仕上がった2枚の等値線図から高温域と低温域の分布と図Aで塗り絵した土地利用との対応関係を考察させる。	図Aの完成図と図C・図Dの等値線図を見比べて高温域と低温域の分布の特徴について地図中に気づいたことを書き込む。	15時と20時の高温域・低温域の広がり、発現位置等に注目させる。比較して差異がある図の部分に直接矢印でコメントを書き込むよう指示する。
まとめ (10分)	G 自転車でのわずかな移動で気温が5℃近く変動することを確認し、都市化による気候環境の変貌が東京の重要な課題であることを認識する。	無記名で本日の感想を書く。回収	本日作業したのは最もミクロなスケールのヒートアイランド/クールアイランドで、より大きなスケールでの現象の捉え方があることを補足する。

地、樹木に囲まれた居住地等を緑色、建物の密集地を赤色で着色させる。最後に水域を水色で着色し、沖積面の広がりを押さえさせる。夏季休業前の前々時の「東京の地形」で習得した小地形に関する知識を思い出させる。

③展開(表2のC):観測の概要を説明する。移動観測ルート概要をコースに沿った地形断面の略図を板書き説明する。台地と沖積面を何度も上り下りするハードなコースであることを理解させる。このようなコース設定の理由を考えさせる。夏季休業に「自然地理Ⅱ」で逆転層と山谷風を学んでいる学生は、低地の冷気の構造を観測したいのだろうと気づく。自作シェルターの実物を見せて観測方法を説明する。観測の苦労話(夜間観測では、シェルターを不審に思った巡回中の巡査から何度も職務質問をされ、ついには顔見知りになってしまったこと。休日は三宝寺池周辺に人が多く自転車での移動観測が困難なので、シェルターを前方に掲げて、自転車の移動速度と同じ速さでのジョギングで走って測定すること等)をして興味をもたせる。

④展開(表2のD):今回用いる事例は1週間前の観測結果であり、世界でまだ誰も解析していないデータであることを伝え、動機付けとする。0°Cに緑線を引き、正の偏差を赤、負の偏差を青で着色させ、図Aの土地利用との対応関係を検討させる。

⑤展開(表2のE):図8上に等温線を引かせる。作業のしやすさから0°C, ±1°C, ±2°C, ±1.5°C, ±0.5°Cの順に引くよう指示した。これは、作業の遅い学生もこの後の考察に欠かせない最初の3本は確実に引けるように配慮したためである。ここでは等温線を引くスキルが育成される。

⑥展開(表2のF):仕上がった等値線図と最初に作成した土地利用図の関係を検討させる。異なる分布図間の地理的情報の同定により考察を深めるスキルが育成される。学生に作業をさせながら、考察が進むように、15時の「早大学院前」付近は渋滞で排気ガスとクーラーの排熱により高温だったこと、20時の駅前通りは居酒屋のクーラーからの排熱が顕著だったことを紹介し、観測時の「体感」による知見が重要なことを指摘する。

⑦まとめ(表2のG):本時の解析は、自転車の移動速度で5秒インターバルで捉えた時空間的に最もマイクロなスケールのヒートアイランド現象であることを確認し、ヒートアイランド現象も様々なスケールで捉えうることを、ゆえに、その対策はMulti-scaleな検討を要することを指摘する。

(3) 実践結果

本実践に対する学生の感想を抜粋する。評価がからみ学生の本音を聞き出せないリスクを避けるために無記名・自由筆記とした。回収率は92%だった。

「自宅近所を自転車でまわって環境の観測ができることを知って、当たり前だが、いまさらのように東京にも自然環境があるのだなと思った。」「他の授業と違い、先生の観測の苦労がそのまま教材になっているので臨場感があった。ついついまじめに作業してしまう。」「自分の目や身体を使っていることを知ることが本当に重要になると言うことを改めて実感することができた」「今まで考えたこともなかった東京のことを深く知ることができてよかった。」「防災を含めて自分の住む地域を再考するきっかけになった」「専門科目の勉強をどのように環境につなげていこうかを考えてみようと思った」「毎回、図表作成がめんどくさいのだが、仕上げてみると立派でいろいろなこと

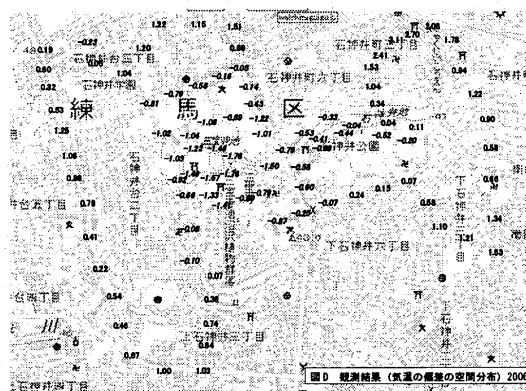


図8 等値線図実習用資料(表2の図D)

基図は国土地理院 1/25000「吉祥寺」

わかる図になるので、地道な図表作成の大切さがわかったような気がする」

以上のように方法知・内容知に関して、期待通りの成果を確認できる感想が多かった。本実践に対する否定的な意見は「他の科目のように早く終わってほしい」「毎回100分きっちりやらないでほしい」というものだが、そのような感想文でさえ授業内容に関しては興味を示すコメントが付記されていた。

5. おわりに

高等教育機関における Faculty Development の一環としての「教員の授業力向上」について、諸外国の大学の教育実践センター関係者の講演等を拝聴すると、“Teaching without learning, just talk”(学生の学習を伴わない授業は、教員のおしゃべりに過ぎない)という、現状に対する厳しい批判がなされ、active learning すなわち学生の学習活動を伴う教育の重要性が指摘されている。「自然地理Ⅰ」では毎回、本時と同様の作業学習重視の展開で、高等教育改革に求められている active learning の具体化を実現している。

三宝寺池周辺の観測は現在も継続して実施中である。地下水起源で年中水温変化が少ない三宝寺池が、気温が水温より低くなる厳冬のクールアイランド形成にどのように寄与するのかが非常に興味深い。冬季より水温の測定も実施しており、今後得られた知見は研究発表するとともに、直ちに環境教育教材化していきたいと考えている。

本研究に平成18年度東京都立産業技術高等専門学校傾斜的研究奨励費を使用した。記して感謝します。

6. 参考文献

- [1] 浜田 崇: 気温. 牛山素行編『身近な気象・気候調査の基礎』, 古今書院, pp2-27, 2000
- [2] 日原高志: 高等専門学校から見た小中高一貫カリキュラムのあり方, 日本地理学会地理教育専門委員会活動報告書『地理教育のグランドビジョンを考える』, pp20-22, 2004