

中学生が実施した光害調査による環境評価活動とその教育的意義

長島康雄*・佐々木佳恵**・高田淑子**・松下真人**
・千島拓朗**・齋藤正晴**・三浦高明***

The Evaluation of Light Pollution by the Junior High School Students and the Educational Significance

Yasuo NAGASHIMA, Yoshie SASAKI, Toshiko TAKATA, Masato MATSUSHITA,
Takuro CHISHIMA, Masaharu SAITOH and Koumei MIURA

As a part of environmental educations, a course of study on the light pollution has been developed. Junior high school students surveyed the darkness of their town by counting numbers of stars observed by naked eyes at night. Relating the observed data and photos of illuminations of their town, they discussed on appropriate illuminations, and further more the conservation of energy. The light pollution is one of the effective themes to pursue the advanced environmental education.

キーワード：光害、観測フレーム、インターネット望遠鏡、総合的な学習、天文教育

1. はじめに

文部省（現文部科学省）は、環境教育の重要性を鑑みて、その施策を具現化するための教員向け資料を発行（文部省，1991，1992 ほか）し、その推進に努めてきている。しかしその資料においても本稿で取り上げる光害についての記述は見あたらない。光害という環境教育の題材としての価値が一般に知られていないのである。

筆者らは、仙台市立桜丘中学校の第2学年に所属する生徒が自分自身の生活する地域環境を光害調査活動を通して評価し、環境問題への関心を高めるという授業実践を行った。本稿では、その経過をたどりながら、総合的な学習のなかで、「光害調査を取り入れた授業」がどのような環境教育的な意義を持つのか議論したい。特にこれまで光害という題材が環境教育の中で取り上げられることがほとんどなかったことから新しい教材として提案する意義があると考え。また大学、社会教育施設、学校という立場の異なる3者が綿密な意見交換しながら作り上げた実践事例を紹介することで「連携することの意味」を考える1つの事例を

提示する意義もあるのではないかと考えている。

2. 光害調査の環境教育的な位置づけ

1) 光害とは

まず光害の枠組みを明確にしたい。環境庁（現環境省）大気保全局生活環境室（1998）によれば、光害とは良好な「照明環境」の形成が、漏れ光によって阻害されている状況またはそれによる悪影響と定義されている。筆者らは過剰な照明、ライトアップ等による眩しさが及ぼす人間を含め地上の生物に与える悪影響として用いることとする。

ここでは問題意識を共有するために、これまでに知られている光害の実例を紹介する。

a) 人への影響

道路、街路などの屋外照明光が屋内に入り込むことでいろいろな問題が生じる。そこに住む居住者の安眠が保証されないのである。病院脇の強い照明、商業地域の明るすぎるネオンなどが該当する。また星空を自然環境の1つという観点に立ってみれば星を見るという天文を楽しむことができない状態は健全な状態では

*仙台市天文台，**宮城教育大学教育学部理科教育講座，***仙台市立桜丘中学校

ない。

交通安全上の問題も無視できない。照明が適切に配置されていないと必要な照度が得られないだけでなく、歩行者や自動車の運転手に対して不快なグレア(まぶしさ)を与えてしまう。さらには一部分だけの強い照明が、周辺の暗い部分の視認性を著しく低下させることが大きな問題点として指摘されている。防犯上の問題としても重要な意味を持ち、明るすぎる照明から一步離れると急に暗くなるため危険を察知することが非常に難しくなるという。人間の眼を最大限に生かすことのできる明るさが求められるのである。

b) 動植物への影響

照明による動植物への影響に関しては現状においてはごく限られた種についてのみ研究報告がある(環境庁大気保全局大気生活環境室, 2000)。

水稻が夜間照明によって出穂遅延が生じ収量減につながるという。また光に敏感なハウレンソウへの影響も指摘されている。夜間照明に曝される場所では茎の成長が早くスタートするため商品価値を失ってしまうという。

生物の繁殖への影響としてアカウミガメの例がある。孵化後の子ガメが動く光の方向に向かって進んでいくという習性を持つため、本来であれば海に向かわねばならないところを照明の設置された方向つまり陸側に向かって進んでしまうのである。その結果海にたどり着けなくなって死んでしまう。この場合は固定された照明ばかりではなく動く光、例えば自動車のライトなどを砂浜から見せない工夫が必要になるという。

c) 天文教育への影響

地上から宇宙に向かって放たれている余剰の光は、環境への悪影響を及ぼすとともに、宇宙の姿を、生徒の手の届かないところへ追いやろうとしている。小中学校段階で取り上げられる天文という分野は物理実験や化学実験のような再現性の高い実験や観察などの現物を用いた変化を追試できない。したがって天文の学習においては夜空の観測が唯一の体験型の学習方法なのである。その意味で光害は教育上解決しなければならない課題の1つである

天文学の研究にとっても都市近郊の夜空が明るくなることは大きな研究上の妨げである。例えば宇宙論研

究の観測は、銀河やクエーサーのように遠方の微かな光しか出さない対象を扱っているからである。その天体からの光が地球に到達するのに数十億年から百億年という長い時間を必要とする。この遠くからやってくる光が人工的な空の明るさの中で失われるのである。

2) 光害調査活動の環境教育教材としての可能性

金子(1994)は環境教育のねらいは環境に対する人間の責任と役割を理解し環境保全に参加する態度および環境問題解決のための能力を育成することであると上で、環境教育の教育課程を編成する際、地域の実態に応じた課題を導入することが重要であると指摘している。地球温暖化の問題やオゾン層の破壊といったグローバルな環境問題はスケールが大きすぎるために深く扱えば扱うほど児童生徒の手から離れてしまい、突き詰めていけば悲観的な環境観の定着に陥ってしまいがちである。教育的な観点からは、環境問題への努力を重ねていくと環境改善へ貢献できるかもしれないという期待感が必要なのである。その観点から成功していると考えられる教材は、日本各地で行われている「児童生徒の生活域を流れる川」を題材にしたものである。水質調査活動から河原のゴミ拾い活動までをセットにした学習である。これは流域という単位を導入して地域教材化したものである。

金子(1994)の指摘をふまえ、光害調査学習も省エネルギー、最適なエネルギーの利用という考え方を中核にして、地域の実態に応じた教材とすることが可能である。児童生徒が生活する学区を単位として、無駄なエネルギーの削減や適度な照明とは何かを考えさせるための学習教材である。現段階では光害の実態を把握する段階にとどまっているが、今後事例研究を重ねていくことで有効な環境教育教材となりうる可能性を持っていると思われる。

筆者らは今回の実践を行うにあたって次の2点を重視した。1つは光害調査活動を通じて環境を評価する考え方を定着させることである。もう1つは最適な照明の使い方が、最も安全であり、快適であり、夜空にとっても望ましいということを実践的に理解させていくことである。

3. 光害調査の方法

1) 光害調査のための観測フレーム

光害を直接的に測定するためには、「夜空の明るさ」を測定する必要がある（環境庁大気保全局大気生活環境室, 1998）。夜空の明るさとは、地上から大気を通して星を観測するときの背景の明るさ（輝度）を指している。専用の器具を使って輝度を測るか、代替措置として見える星の数で測るのである。星が多く見れば夜空は暗い状態にあり、数が少なければ夜空が明るいために星が見えないということになる。この特徴を用いて夜空の明るさを数値化することができる。

筆者らの知る限りでは綾仁（1999）が提案するものが最も優れている。綾仁は時間の経過とともに変化する大気の影響を補正し、その上で CCD カメラを用いて夜空の明るさを測定している。しかし測定に必要な機器が高価であり、小中学校段階で子どもたちが取り扱うことは難しい。

他には環境省と財団法人日本環境協会が1975年以来実施している「全国星空継続観測」で用いられている方法がある。ポジフィルムを用いて天頂を撮影し、全国的な規模で「夜空の明るさ」を比較するのである。また「すばる（プレアデス星団）」を用いて、見える星の数で等級を判定する方法も併せて用いられている。しかしポジフィルムを用いる方法では長時間露光できる機能を持ったカメラが必要になるし、「すばる」であれば秋から冬にかけての特定の時期に行わねばならないという制約が生じる。

いずれの方法にも課題が残る。ある程度の精度が保証され、学校の実状に合わせていつでも実施できるような方法、簡単に器具を製作できるような方法、安価で入手できるような光害を測定するための方法が学校教育段階では求められているのである。それらを解決する方法の1つとして長島・渡辺（2003）は、紙パックを加工して視野角度をそろえた状態で同時観測を行う方法を提案した。視野をそろえた状態で実際に見える星の数を数えるのである。全天の星を数えることは現実的ではないため、視野角をそろえて標本調査を行うのである。紙パックの長さと言視野角度の関係は表1の通りである。

表1 紙パックの長さと言視野角度の関係

視野角度(°)	紙パックの長さ(mm)
20	195
25	154
30	126
35	105
40	90
45	77
50	66

2) 光害調査活動について

統一した視野角の中に目印となる天体を導入させ、その視野の中で確認できた天体の数で評価する方法である。東西南北の他に天頂を加えた5方向で調査を行った。図1が観測フレームの作り方を示し、図2が視野角40度の観測フレームの視野である。図3が生徒配布用の光害調査方法説明資料である。当然のことながら方位によって明るい天体が多い方位とそうでない方位がある。方位毎に換算する必要が生じる。10月15日という観測予定日のデータで作成した換算表が表2である。換算に用いた等級はAstroArts社製ステラナビゲータ Ver5の数値を用いた。

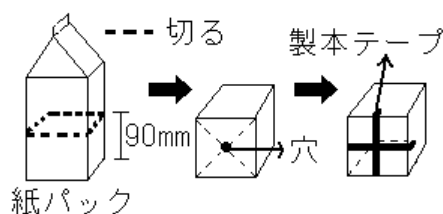


図1 光害調査観測フレームの作り方、紙パックを90mmで切り、底面の対角線の交点に穴を開ける。反対側に5mm幅の製本テープを十字に貼る。

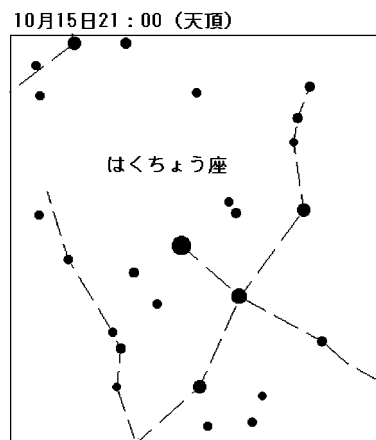


図2 観測フレームの視野範囲（視野角40°の例）

表2 視野内の天体数から換算した観察可能な天体の等級

等級 / 方角	南	北	東	西	天頂
1(<1.9)等級	1~2	1	1~4	1	1
2(2.0~2.9)等級	3~5	2	5~8	2~3	2~5
3(3.0~3.9)等級	6~13	3~8	9~15	4~12	6~14
4(4.0~4.9)等級	14~30	9~17	16~24	13~21	15~25

目標天体は、北が北極星、東がカペラ、南が火星、西がアルタイル、天頂がデネブである。これらはそれぞれの方位で最も明るい天体あるいは最も特徴的な天体を選んでいるので生徒が方位さえ確認できれば間違いなく導入できる天体である。

この天体を紙パックの視野中心に置き、紙パックの中に見えている天体の数をカウントする。その数を上述した換算表で確かめると、実際に視野の中に見えている天体が何等級まで見えているのか判定できる仕組みである。星空が光害の影響を受けていなければより暗い天体が見えるため天体の数が増え、光害の影響を受けると明るい天体だけが確認できるため天体の数が減るということを利用している。

星空環境調査IN星空勉強会

～☆星空環境マップをつくろう☆～

調査期間：10月14日～ 20時～22時

星空環境調査とは…夜空の明るさを知るための調査です。
調査をしてみなさんの住む桜丘地区の空の環境について考えてみましょう☆

★調査の手順★

- ①調査場所に行ってから10分間くらいは、暗闇に目を慣れさせるため、夜空を見上げましょう。
- ②調査する方角に体を向けます。
- ③各方角の星図を見て印のついている星を見つけます。
- ④で見つけた星が牛乳パックの視野の中心にくるようにのぞきます。
- ⑤さて、牛乳パックの中に星はいくつあるでしょうか？
数えてワークシートに記入しましょう！
- ⑥雲がどのくらいあったか、またはなかったか、ワークシートに○をつけましょう。
- ⑦②～⑤を東西南北と天頂の5ヶ所で行いましょう★
- ⑧家に帰ってから、地図上の調査した場所にシールを貼りましょう。

(地点1：赤 地点2：青 地点3：黄色)

以上の手順を3地点で繰り返して行いましょう!

図3 生徒配布用の光害調査説明資料

4. 仙台市立桜丘中学校における授業実践

1) 桜丘中学校における総合的な学習

桜丘中学校では総合的な学習を学年に対応させる形で実施してきている。第1学年が「Life (生活・人生・命)」を扱い、第2学年が「環境」というテーマを扱ってきた。第3学年で「いのち (福祉)」という大テーマの中から1人1テーマの自由学習課題を設定し、3年間のまとめとしての学習を行うことになっている(桜丘中学校, 2003)。2年間で全員が同じテーマを扱いながら「学び方」を学ぶための学習が展開され、卒業年度に個人が自由にテーマ設定してその成果をまとめる形をとっている。

今回の「光害調査による環境評価活動」は総合的な学習「環境」の一部を担う調査型の学び方を身につけるための学習である。この学習を導入するに当たって配慮した点は、夜空についても1つの環境の要素として扱うこと、必要などころに必要な照明を使うことの重要性を学習させる課題設定とした。併せて統一した観測フレームを用いることで基準をそろえて比較するという考え方を扱って、科学的な調査方法についても取り上げている。

2) 光害調査を取り入れた環境評価活動の全体計画

図4が全体の展開を示したものである。今回の授業実践は宮城教育大学惑星科学研究室と仙台市天文台、仙台市立桜丘中学校の3者が連携をして、生徒が生活する地域を対象にした調査活動を基本に据えた学習プログラムを構築することを目的としてスタートした。

前年度の2月に担当者間での打ち合わせを行い、大まかな方向性や生徒の活動についての共通理解を図った。5月の段階で12月までのスケジュールを確認して、共同研究が行われた。10月から12月にかけて「光害調査による環境評価活動」を実施することになったため、必要になる教材開発や授業プランの検討を7月から9月末までに行った。

なお桜丘中学校では「星空勉強会」という名称で一連の総合的な学習を用い、「光害の及んでいる環境」を「星空環境」と呼称している。従って生徒配布用のシートや調査結果には部分的にその名称が用いられていることを付記する。

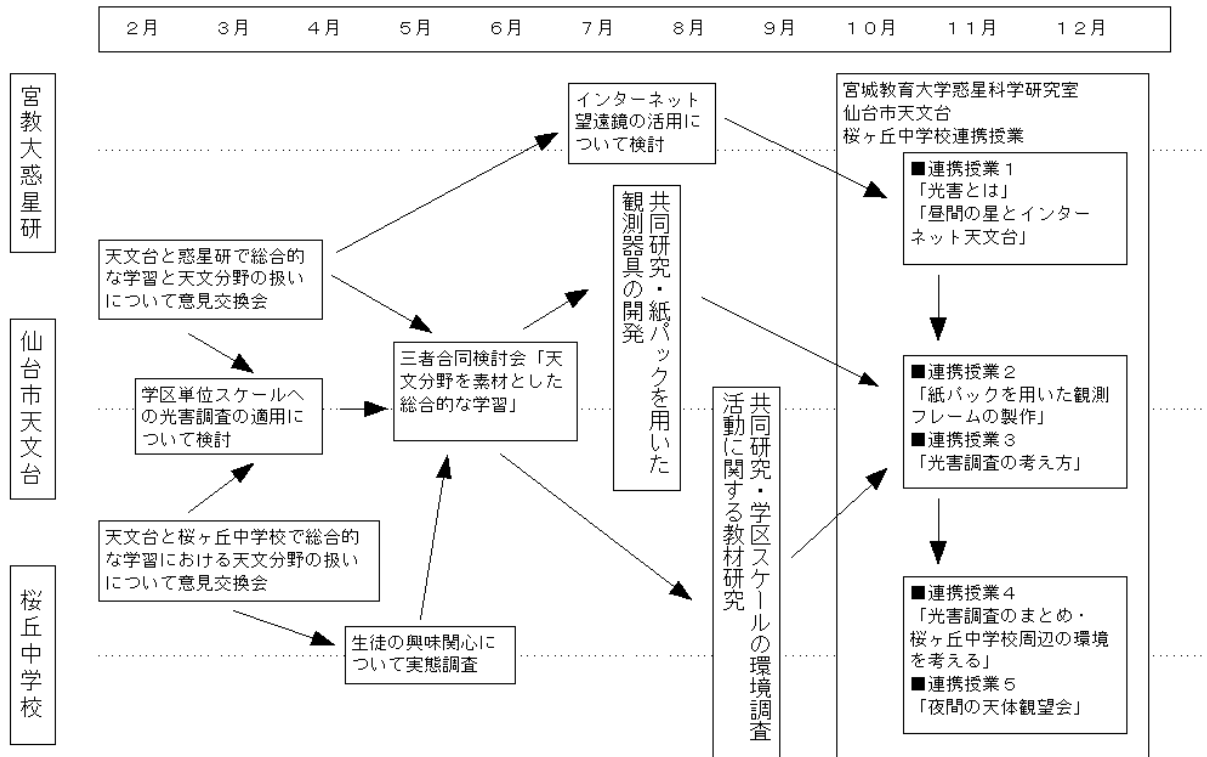


図4 光害調査を取り入れた環境評価学習の全体計画

3) 授業実践

10月から12月にかけて実施した授業プロセスは5つのステージに区分される。

a) ステージ1「光害とは何か」

ここでは体育館において第2学年全員による一斉授業形式で行った。授業内容は大きく2つに分けられる。1つは光害とは何かを理解するための学習である。人工衛星がとらえた夜の地球の写真や各種の照明器具の解説が行われた。好適な照明とは何かを考える授業である。2つめはインターネット天文台が紹介され、昼の天体を見ることの意味が説明される。昼に他の天体が見えないことの原因として、太陽が天体を見えなくしていることが取り上げられる。夜を太陽が輝く昼と同じにする必要があるのか生徒に考えさせる展開の授業が行われた。

b) ステージ2「インターネット天文台と昼間の星空」

天文学習への興味を高める意味も含めてインターネット天文台の操作体験を行った。日中は、太陽と月以外の天体を見ることはできない。その理由は太陽が明るすぎるということである。明る過ぎる太陽のため

に見えるはずの天体が全く見えない状態になる。これが夜の対極にある昼という状態である。このことに気付かせると共に次年度に学習する天文分野の導入の位置づけで、昼間の恒星をインターネット天文台の機器を用いて観望体験する予定であった。

残念ながら雨は降らなかったものの雲の多い日に当たってしまった。インターネット望遠鏡の操作体験は実現したが、実際に昼の天体を見るという目標は達成できなかった。悪天を想定して予め用意していた天体画像を紹介して代替え措置とした。

c) ステージ3「星空環境調査の方法と紙パックを用いた観測フレームの製作」

全天の星全てを正確に数え上げることは非常に難しいため、比較するための単位をそろえることの大切さを理解させる授業を行った。さらに飲料を入れてあった紙パックを再利用することで視野角を固定し観測フレームができることを説明し、実際に工作させた。その観測器具の使い方と調査の仕方について説明をした。その測定器具を生徒各自が持ち帰って桜丘中学校区における光害調査を行った。

d) ステージ4 「光害調査のまとめとその評価」

今回の実践の中心に位置づけられる授業である。最も星が見えにくい場所の予想を立てさせた上で、調査結果を提示する展開にした。生徒の考えでは学区内を通る大通りだと考える生徒が多かったが、実際に天頂

方向のデータをまとめた「星空環境マップ」(図5)を提示したところ、大半の生徒にとっては意外な結果だったようである。予め夜間に撮影しておいた写真を黒板に貼りながら、星空環境マップの結果と実際の夜の風景を確認する作業を行った。

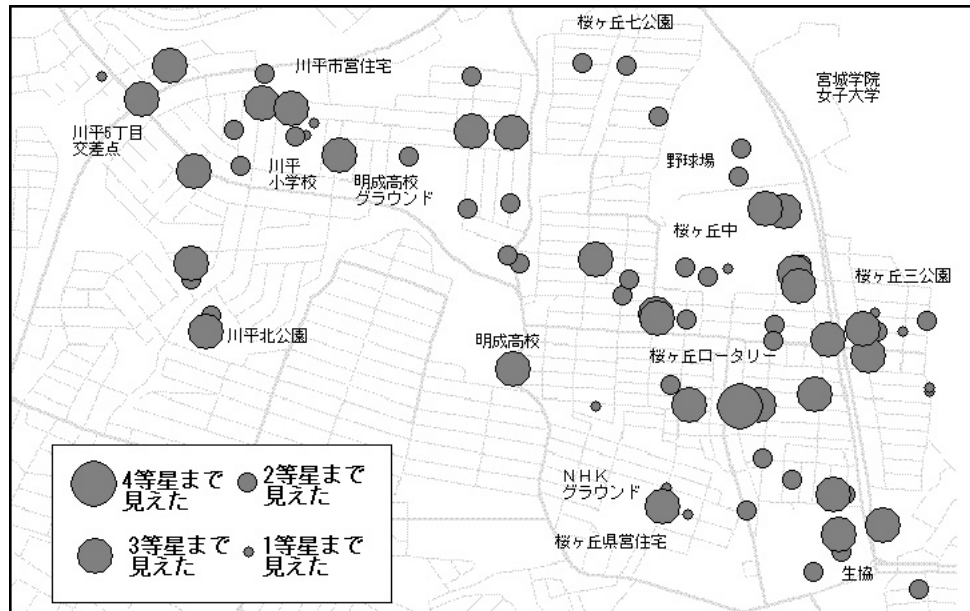


図5 桜丘地域の星空環境マップ

次に「東西南北」方向のデータをまとめたグラフ(図6)と仙台市教育センターおよび仙台市天文台が実施した子どもたちによる仙台市全域を対象にした星空環境マップ(図7)を提示した。2つの資料を比較することで仙台市中心街方向において確認できる天体の数の少ないことが読み取ることができた。

でも天候に恵まれず実際の天体を見せることはできなかった。集まった生徒向けに屈折望遠鏡と反射望遠鏡の2種類の望遠鏡について説明した。さらに桜丘中学校体育館脇の白い壁をスクリーンにして、液晶プロジェクターとコンピュータを用いて、2003年に大接近した火星の様子、その日晴れていたら見えたはずの天体を解説した。

e) ステージ5 「桜丘中学校における天体観望会」

仙台市天文台の夜間の天体観望会を実施した。ここ

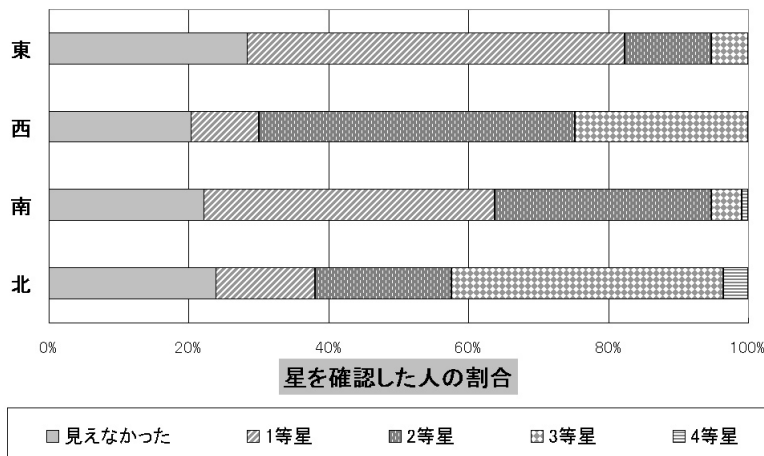


図6 方向別で分類した星空環境. 各凡例の等級まで確認した人の割合を方向別を示す

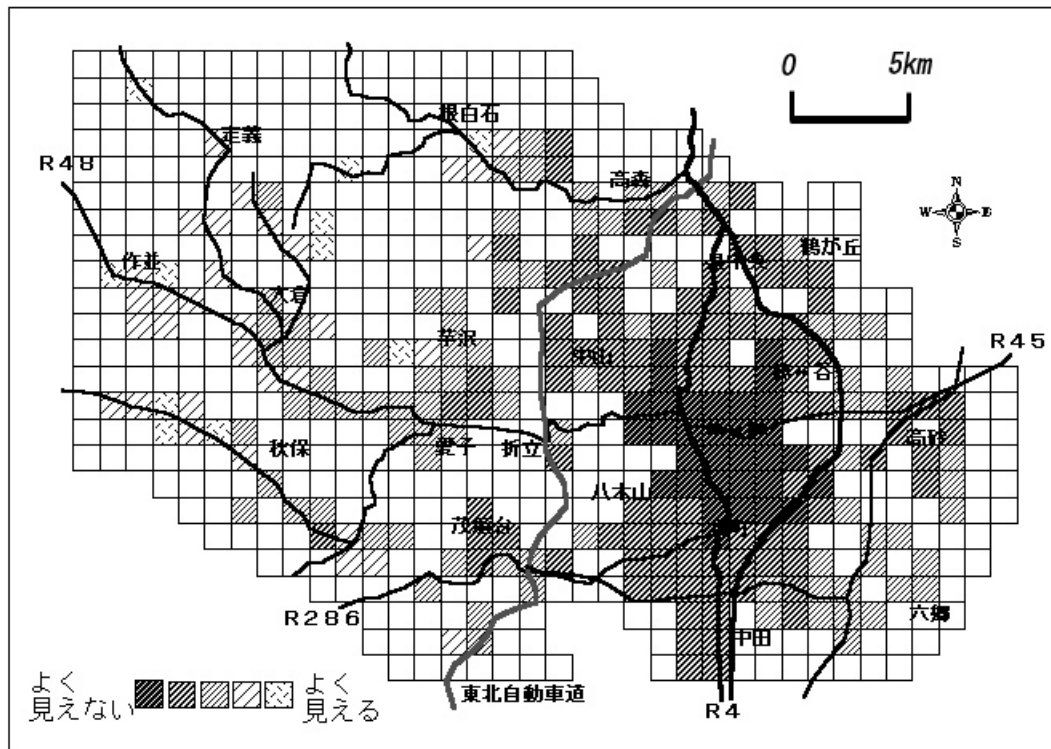


図7 仙台市全域を対象にした星空環境マップ。平成13年1～2月に仙台市の小・中学生が調査した結果を、各地域での星の見えやすさとして表す。白ぬきは未調査地域である

5. 今回の実践の評価

1) 環境教育における光害調査活動導入の意義

a) 光害という環境問題への関心を喚起するという意義

夜空の過剰な照明の増加は生態系に悪影響を及ぼすだけではなく人間生活にとっても役に立っていない。この光害という環境問題は省エネルギーの必要性や大気を保全するという立場から啓発活動が続けられてきてはいるが、現状では十分に認知されるに至っていない。その点で桜丘中学校の生徒に対しては、今回の授業実践を通して光害への関心を引き出すことができたと考えられる。防犯上の効果があり、眩しさのない、効率のよい、そして暗い夜空を作り出すことのできる適切な照明設計が必要なのである。そしてそれが結果的に、省エネルギーにも貢献し、地球上の全ての人が利益を受けることにつながるのである。その点を生徒に理解させることができたと考えられる。

b) 自らが生活する地域を教材とする意義

二酸化炭素の排出に起因する地球温暖化問題や、地球規模でのオゾン層の破壊など知識としては中学生が良く知っている環境問題ではあるが、実感を持って考

えさせることは難しい。規模が大きいため自分の生活と直結させる形の理解へたどり着かないからである。またその被害が自分の生活に直接的に目に見える形で影響を及ぼしていないからである。これらが自分の問題としてとらえることを難しくしている。

環境問題を自分の問題としてとらえることができるかどうかは重要な視点である。今回の光害調査は生徒が日頃見慣れている生活範囲を調査対象とする学習である。ふだん気がつかない周辺の様子が光害調査という眼鏡を通してみると違った価値を持って見えてきたりするのである。これが環境教育的な効果につながっていると考えられる。

c) とともに学ぶ学習が成立するという意義

今回の取り組みの最も特徴的な部分は、データの収集を生徒自らが行うことではなく、一人のデータでは意味を持たなかったデータが第2学年の生徒全員が協力することで意味を持つてくるということである。

協力し合うことで調査結果が総合的に考察するための資料として成立する点が大きな特徴である。その意味で今回の実践は学校教育の中で共同して取り組む意

義を意識させた学習活動を成立させることができる。

環境問題も1人が努力すれば解決するのではなく、みんなが協力して初めて効果的な対策を打つことができるという性質を持っている。その意味で今回のように協力して1つの調査結果を組み上げるという学習を体験させることは環境教育上意義のあることだと考えられる。

d) 天文学習への導入としての位置づけとしての意義

従前の学習指導要領では義務教育段階で3度扱うことになっていた。小学校5年生では月の満ち欠けや月の移動について学習した。小学校6年生では、視点を地球上に置いた状態でどのように星が動いてみるのかが主たる学習のねらいとなっていた。これらをまとめる形で中学校では宇宙から地球をみる視点を取り入れられ、太陽を始めとする太陽系の星々や内惑星や外惑星の動き方、地球における季節の変化などが統一的に理解できるように学習が組み立てられていた。しかし週5日制に伴う学習指導要領の改訂で天文分野が小学4年生と中学3年生の2回に減ったのである。

その意味で今回の総合的な学習での天体観測を用いた光害調査活動は、中学3年生における天体学習を実感させるための貴重な経験の場になっていると言える。調査活動を通して季節を代表する星々に星の明るさに違いがあること、星の色に違いがあることなどを感知取らせることができるのである。これが天文学習への大きな動機付けになっていると考えられる。

2) 解決すべき課題

光害を取り入れた授業の中で大きな障害になるのが天候の問題である。今回の実践の中でも望遠鏡を用いて天体の美しさの体験を企画した学習が2度あったが、残念ながらどちらも天候に恵まれず、代替え措置をとらざるを得なかった。1度目のインターネット望遠鏡の操作場面においても、2回目の生徒自らが天体望遠鏡を実際に操作しながら観望するという場面においても、天候だけはどうにもならなかった。

予め悪天候を想定して授業プランは立ててあるものの実際に見えないのでは教育的な効果が半減するのは当然の帰結である。解決策は悪天の場合に別な日程で授業が実施できるようなフレキシブルな授業計画を立

てることであるが、学校行事が立て込んでいる実態をふまえると困難な対策である。

現状では季節的に天候が安定する時期を選んで実施するしか方法はない。それでも万全ではない。有効な打開策の1つがインターネット望遠鏡の利用(高田ほか, 2002, 2003)である。悪天候の時には天気図を見ながら晴天が期待される遠く離れた地域のインターネット望遠鏡を遠隔操作するのである。そのためにはインターネット望遠鏡を日本各地に配置しなければならないが、そういった学習環境を構築できるようになれば天候に左右されることのない学習が可能になる。

6. 謝辞

本研究は以下にあげる関係各位のご協力で実現した。仙台市教育委員会と宮城教育大学連携事業の遂行にあたって仙台市教育局学校教育指導課長の菅野雅克氏、企画情報係長の内海明氏、同指導主事の青山純氏からお力添えいただいた。仙台市立桜丘中学校長の文屋俊英氏には貴重なご助言をいただいた。記して厚く御礼申しあげる。

引用文献

- 綾仁一哉, 1999. 光害を測る. 光と闇との調和をめざして. p157 - 167. 岡山県美星町
- 金子美智雄, 1994. 環境と主体的にかかわる子供を育てる教育課程の創造. 初等教育資料. 通巻 622 号. p8-13. 文部省小学校課・幼稚園課
- 環境庁大気保全局大気生活環境室編, 1998. 光害対策ガイドライン. 100pp. 環境庁
- 環境庁大気保全局大気生活環境室編, 2000. 地域照明環境計画策定マニュアル. 100pp. 環境庁大気保全局
- 文部省, 1991. 環境教育指導資料. 中学校・高等学校編. 121pp. 文部省
- 文部省, 1992. 環境教育指導資料. 小学校編. 119pp. 文部省
- 長島康雄・渡辺章, 2003. 小中学生のための天文教材 (2) 紙パックを用いた観測フレーム. 天文教育. 第15巻. 4号. p47 - 52. 天文教育普及研究会
- 仙台市立桜丘中学校編, 2003. 桜タイム (総合的な学

習の時間). 平成14年度研究のあゆみ. p105-123.

仙台市立桜丘中学校

高田淑子・中堤康友・長島康雄・松下真人・伊藤芳春,

2002. 教室で行う宇宙の実験2. インターネット望遠鏡システム構築とその教育現場での活用. 宮城教育大学紀要第36巻. p83 - 89. 宮城教育大学

高田淑子・中堤康友・池田尚人・長島康雄・伊藤芳春・

林美香・吉田和剛・松下真人・斉藤正晴, 2003. 宮城教育大学インターネット天文台の活用事例. 天文月報. 第96巻. 11号. p572 - 578. 日本天文学会