

初等・中等教育における光害教材の導入に関する環境教育的検討

長島康雄*・千島拓朗**・高田淑子**

Utilization of Teaching Aids of Light Pollution as Environmental Education in each School Stage

Yasuo NAGASHIMA, Takuro CHISHIMA and Toshiko TAKATA

Abstracts : We investigated how teaching aids of the light pollution can be incorporated into the curriculum of school education, such as science educations and general learning. In order to popularize them, it is important to propose teaching materials corresponding to appropriate development stages. Thus, we examined various teaching aids of light pollutions proposed so far, and then, classified them into each school stage of the environmental education in the view point of roles of elementary and secondary educations.

キーワード : 光害教材、環境教育、発達段階、初等教育、中等教育

1. はじめに

筆者らは、これまでに環境教育の観点に立ったいくつかの光害教材を提案してきた(長島・渡邊, 2003; 長島ほか, 2005 など)。本稿では光害教材をさらに発展させていくために、これまで報告されてきた光害教材を整理し、学校教育のカリキュラムとの整合性を検討しながら環境教育カリキュラムにおける光害教材の位置づけを明確にするための議論を試みたい。扱う範囲としては初等教育後期の小学校段階、中等教育としての中学校、高等学校の各段階を想定している。まず光害教材を位置づけるための児童生徒の発達について検討を行い、環境教育で求められる育てるべき能力と発達段階との整合性を押さえるための議論を行う(永野, 2001)。その上で環境教育カリキュラムの視点から光害教材の位置づけを試みる。

本稿の意義は光害教材の環境教育的な効果を最大限に引き出すための条件について児童生徒の発達の視点から議論を行う点である。光害教材を取り上げるにあたって、必要な予備知識を持たないまま取り上げても大きな効果は得られない。そこで本稿では生活科や理科との整合性を視野に入れながら、児童生徒の発達段

階をふまえて、各学校段階で、どのような光害教材が適切なのかを検討した。

2. 環境教育カリキュラムのための各学校段階に関する検討

1) 発達段階とカリキュラム開発

筆者らはカリキュラムを次のような内容を持ったものと考えている。学校教育の目的・目標を達成するために、文化的諸領域や人間の経験活動から選択した教育内容を、児童・生徒の心身の発達に応じて、授業時数との関連において、各学校が組織・配列した教育内容の全体計画を意味するものとして用いることにする。従って環境教育カリキュラムの構築に関しても子どもの発達と切り離して考えることはできない。

人間の発達過程をとらえる際に、量的な変化だけではなく、質的な変容が順に生じる点を示し、加齢に伴う各段階の時期的特徴を提示した理論学説が、発達段階説である(滝沢, 1977, 1992)。発達段階説では、年齢に伴って変化する標準的な発達の程度が示される。J. ピアジェの「感覚運動期、前操作期、具体的操作期、形式的操作期」という論理的操作に関する認

*仙台市立加茂中学校, **宮城教育大学教育学部理科教育講座

知発達の段階説理論やS. フロイトの精神発達段階の理論などが代表的な発達心理学の理論である。

学校教育に特に大きな影響を与えてきたのは、ピアジェの理論やE. H. エリクソンの理論である。いずれも発達の道筋はあらかじめ決まっていて、その順序に従って児童生徒の特徴が発現すると考える立場である。発達理論の一番の貢献は、発達の予定表、つまりいつどのようなことが発達理論的に可能になるのかといったことを示した点である。これによって発達の順序性を重視してそれに応じて教育内容を配列し、教育目標を学年別に編成してプログラム化すべきであるというカリキュラム開発が実現したのである。現行の学習指導要領もカリキュラム開発の面では、原則的に上述した考え方を基本にした立場で編成されている。

2) 初等教育段階の特性

初等教育とは、法律で定められた学校教育が連続していくことを前提にして、中等教育の前の段階に位置づけられるところの初期の教育のことである。日本における初等教育の実施は小学校がその任にあたる。制度的には初等教育に幼稚園教育と小学校教育の両方が含まれるが、一般的には無償で義務制である小学校の教育課程の編成を中心に上げられる。本稿でもこれに従い小学校段階を取り扱う。

a. 小学校段階前期

J. ピアジェの発達理論（滝沢, 1977）では「具体的操作期」と呼ばれ、具体的な事物や事象を用いて、論理的な思考が可能になる時期とされる。「同一性」「相補性」「可逆性」といった理由をあげて、知覚に惑わされないで判断することができるようになる。

この時期は遊びを中心とする環境観の育成が重要な役割を担う。児童の生活域にある校庭や空き地、川などを探検するところから環境についての理解を深め、抽象的な概念ではなく、実物に触れるところから自然環境をとらえていく段階である。天文教育との関わりでいえば、太陽や月の存在を認識することが柱になる。

b. 小学校段階後期

J. ピアジェの発達理論では「具体的操作期」から「形式的操作期」に移り変わる時期に相当する。抽象的な記号や概念を用いての論理的な思考も可能になりはじめるとされている。

またことばの発達についても大きな変化が見られる。中島ほか（1999）は、ことばの獲得に着目して発達段階を分析しているが、この時期に習得した語彙数の増加に伴って自然現象の本質に迫る観察ができるようになることを指摘している。具体から抽象への橋渡しや因果関係に関する推論も可能になってくる（村井編, 1977）。

また家族を中心にした世界観から同世代の集団による社会的な関わりが人格形成上大きな意味を持ってくる年代でもあるため、協同学習などの集団で取り組む学習の効果が大きいとされる。

3) 中等教育段階の特性

中等教育の前期が中学校段階に相当し、後期が高等学校段階に相当する。これは中学校までは義務教育であるのに、高校は非義務教育であることが制度的にも関係している。

中等教育段階は思春期に該当し、第二次性徴が始まる時期を起点とする生理的観点から説明される。思春期は、大人の身体へと成熟していく過程であるという点、人間的な思考と行動を特徴づける大脳の前頭葉前野の完成に向かう段階であるという点、具体的思考から抽象的な思考へと知的に高まっていくという点、身体的変化が起点となり、「自我の目覚め」を介して精神的な変化が進行する過程であるという点などにおいて、人間の発達における極めて重要かつ急激な節目とされる。そのため、この変化は胎児が新生児として誕生するときの大きな変化になぞらえて「第二の誕生」と呼ばれることもある。

上記のような思春期に該当する中等教育段階を安彦（1997）のカリキュラム論に基づき、前期の中学校段階と後期の高等学校段階に分けて整理する。

前期：個性を探り、自立への基礎をつくる

後期：個性を伸ばし、自立を準備する

前期は子ども自身が、個性の面で、まだ何に自分が向いているのかわからないので、探りを入れる、あるいは探っている時期であり、かつ、自立のために基礎となる普通教育としての家庭科や技術科を学ぶ時期に相当する。

これに対して後期は、探った経験をもとにして、自分の好きな分野、適している分野を絞り込み、その分

野の専門的能力を伸ばす段階である。ただし、まだ一つに絞り切る必要はなく、方向だけでも明確にすることである。また、自立への準備とは、単なる普通教育ではなく職業教育をも行うということに表れていて、これは学校の種別で普通科以外の工業科や商業科といった専門高校が存在していることから、より直接的な自立への準備教育が行われることを意味している。

前期と後期とを明確に区分することによって、それぞれの独自性が浮きぼりにされ、それぞれが果たすべき役割も明確になる。

a. 中学校段階

中学校に入学するという事は、義務教育最終段階に突入することであり、小学生時代とは異なった学校生活の始まりを意味している。小学校では原則的に一人の教員が朝から放課後までを見守ってくれている環境にあるが、中学校では各教科で担当する教員が異なるようになる。

理科で扱う学習内容も大きく様変わりする。小学校時代は、直接観察できる目の前にある自然が対象であったが、中学校では原子レベルのミクロの世界から宇宙レベルのマクロな世界までが対象になる。

環境認識の観点からも、原子分子による物質観、運動とエネルギーの概念、生命を認識するための遺伝の概念が学習内容として登場する。

このことが学習指導要領の理科編に次のように記載されている。

「自然に対する関心を高め、目的意識をもって観察、実験などを行い、科学的に調べる能力と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な見方や考え方を養う。」

身体的にも著しい成長を遂げるとともに精神的な自立へと向かう課題も背負っている。そのため社会の一員としての自覚を促す内容を扱う単元も含まれる。「自然と人間」「科学技術と人間」といった単元が中学3年生の最後で取り扱われることも、人間社会と理科との関わりを考えさせるための教材である。

b. 高等学校段階

学習指導要領の理科編では、次のように目標が設定されている。「自然に対する関心や探究心を高め、観

察、実験などを行い、科学的に探究する能力と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な自然観を育成する。」

中学校段階が、科学的な見方や考え方を育成することを目標にしていたのに対し、高等学校段階では科学的な自然観を育成することが求められる。

また自然科学大系をふまえた分野として、物理、化学、生物、地学といった4分野が登場する。高等学校段階の役割を自立した社会人になるための準備期間であると位置づけることで、学習指導要領も指摘するように中学校段階で獲得した環境認識のための様々な概念を駆使して、あるいは拡張して、実際に科学的に検証していく能力が求められる。例をあげれば天体の動きを説明するための原理が、地球上で物体の動きを記載する原理と共通することや、その記載には高等学校で履修する微積分などの数学の知識が用いられる。これも高等学校段階で初めて実現する学びである。

つまり定量的に扱う視点や、検証可能な実験や観察、現象を記載する数学的な知識や自然現象を説明するためのモデルを導入することが必要になってくる段階ということである。

3. 環境教育的な視点からみた光害教材

光害教材は大きく分けて2つの種類に区分できる。光害の現状を理解させる教材や光害が及ぼす被害についての内容を学ぶ教材のタイプと、光害の測定を実際に行うことを通して環境科学的な考え方を学ばせる教材のタイプの2つである。この区分は明瞭に分けられるものではなく、両者が融合される形によって授業で用いられているのが実情であるが、ここでは光害教材の位置づけを議論するために便宜的に区別して取り扱う。

以下、これまでにどのような光害教材が提案されてきたか、その大枠をとらえたい。初等教育段階から中等教育段階へという順に並べた。

1) 光害の現状を理解させる教材や光害の被害について扱う教材

長島ほか(2005)は、イラスト画の比較を通して光害の現状および夜空のあるべき姿を考える教材を提案し、その環境教育的な意義を議論した。2枚のイラスト

ト画を環境教育的な目的意識をもって比較しながら、その違いを探る過程で光害の問題点とその解決の意義を学ばせるワークシート型教材である。

また光害の実態に気づかせる教材として筆者らが仙台市立寺岡小学校や桜丘中学校、加茂中学校などで用いた「夜の地表の人工衛星写真」を用いる方法も有効である。それは、人工衛星が撮影した夜の地球の姿を紙芝居式に紹介していきながら大量の光エネルギーが宇宙に放出されていることに気づかせる学習である。

既にイタリアの Padova 大学の P. Cinzano 氏らが中心になって世界中の夜の地表の姿を撮影して公開している。この資料を用いることで誰もが実施することができるようになっている。筆者らが試みた範囲では、提示順序としてアフリカ上空、中央アジア上空、ヨーロッパ上空、東アジア上空の順で提示するのがよい。この順序で提示したところ児童生徒が無理なく夜の地球の姿に気づくことができた。Fig.1 および 2 がその人工衛星写真を示したものである。

光害の現状を理解させる教材として最も包括的な資料を提供しているのが、International Dark Sky Association (<http://www.darksky.org/>) である。IDA と略称され、光害の普及啓蒙を進めている非営利団体である。世界各地に支部を持っており、横浜のわかばだい天文同好会が IDA 日本支部として活動を行っている。

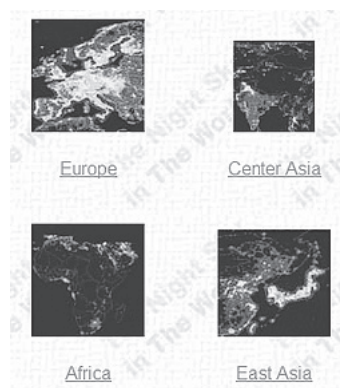


Fig. 1 人工衛星がとらえた夜の地表
(copyright Royal Astronomical Society)



Fig.2 人工衛星がとらえた日本を含む東アジア上空
([http:// www.lightpollution.it/dmsp/](http://www.lightpollution.it/dmsp/) より, copyright Royal Astronomical Society)

IDA は光害の現状を学ぶため資料として 194 個の information sheets を作成している (2007 年 1 月末現在)。学校教育でそのまま扱えないものもあるが、環境教育的な視点で教員が加工すれば大半が優れた教材になりうる。上述した、わかばだい天文同好会のホームページ (<http://www2a.biglobe.ne.jp/~wakaba/wakaba-j.htm>) では、そのうちのいくつかの資料が日本語訳されている。

2) 光害の測定を実際に行うことを通して環境科学的な考え方を学ばせる教材

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, 2000)。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方法と、代替え措置として実際に確認できる星の数で測る方法の 2 つがある。輝度を測る方法では、星の存在していない部分が暗いほど優れた夜空ということになり、見える星の数を測る方法では、星が多く見れば夜空は暗い状態にあり、数が少なれば夜空が明るいために星が見えないことを意味する。

これらの結果から、夜空の明るさを数値化すること

ができるため、夜空の良し悪しを判定することができるようになる。

綾仁 (1999) 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する方法を紹介している。天体写真撮影に用いられる CCD カメラも普及に伴い、高等学校でも教材として購入することが可能になっている。

Gote (2001) は発光ダイオードを用いた夜空の明るさを測定する画期的な機器を発案した。これを発展させる形で、伊藤・高田 (2004) は簡易夜空メーターを自作した。これは「夜空の暗さ」を発光ダイオードの明るさと直接比較することで、精度の良い「夜空の暗さ」が数値データとして取り出すことを可能にした器具である。現在も改良が進められており (伊藤ほか, 2005)、今後の展開が期待される。

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も有用である (渡部, 1999)。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。

同様の方法で 2006 年からスタートした GLOBE at Night (<http://www.globe.gov/GN/index.html>) も注目すべき取り組みである (Fig.3)。

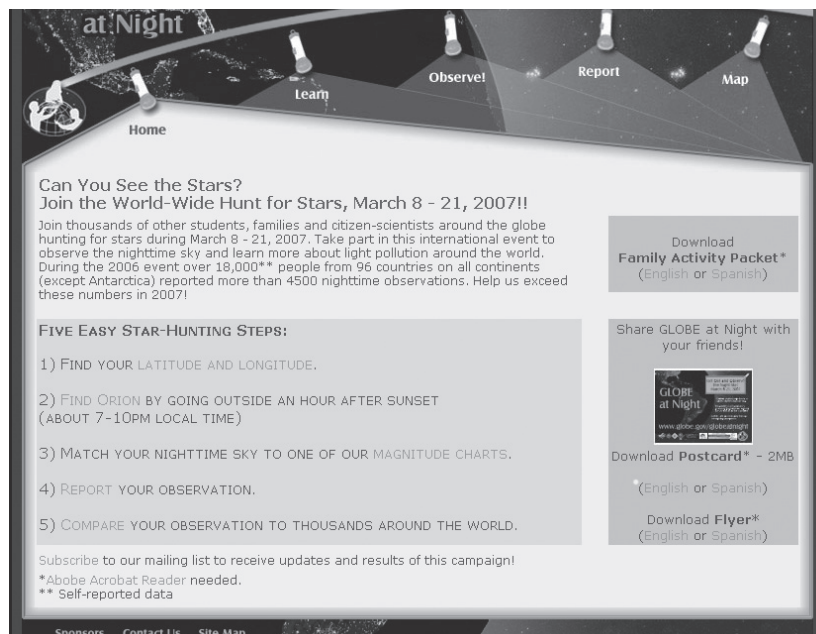


Fig.3 2006 年からスタートした GLOBE at Night (<http://www.globe.gov/GaN/index.html> より)

GLOBE (Global Learning and Observations to Benefit the Environment) とは、日本では「環境のための地球学習観測プログラム」と訳され、全世界の児童・生徒、教師及び科学者が相互に協力しながら、全世界の環境に関する意識の啓発、地球に関する科学的理解を進めるための環境観測や情報交換を行う国際的な環境教育の取り組みである。1994年のアースデイ（4月22日）、アメリカのゴア副大統領によって提唱され、米国商務省海洋大気庁（NOAA）や米国航空宇宙局（NASA）が中心となってアメリカに事務局がつくられた。大気環境などから同時観測活動が始まり、2006年には光害のプログラムがスタートしている。この活動は等級を変えたオリオン座が描かれた星図を教材にして、児童生徒が自宅周辺で観察し、その見え方から光害を判定するというものである。

小学校や中学校での活用を想定して、光害測定を平易な道具で解決するために長島・渡邊（2003）は牛乳パックを加工（Fig.4,5）して、視野を統一させて比較する方法を提案した。

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、視野角をそろえることで標本調査を行い、光害を評価する。

紙パックを用いるのは、日本国内で規格が統一されているという点である。切り取る長さのみ児童生徒に指示をすれば、ほぼ同じ視野を確保することができる。これによって特定の星座を視野に入れることができれば、その数を数えることで何等級まで見えているのかどうかを判定できることになる。

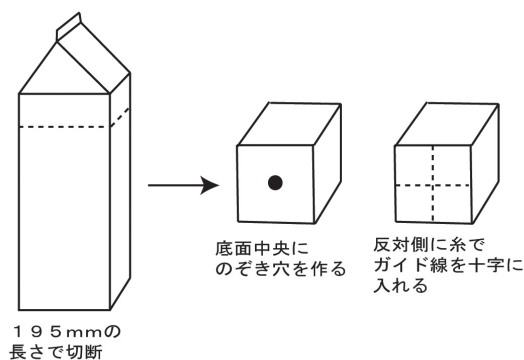


Fig.4 牛乳パックを加工した観測器具

4. 学校段階に対応した光害教材の位置づけ

これまで議論を重ねてきた初等教育や中等教育の果たすべき役割と環境認識の特性を組み入れながら、梅原・志摩（1984）の見解を参考にしながら、光害教材の位置づけを示したものが、Table.1である。

表中に用いられている感性と理性について補足したい。感性は、目や耳等をはじめとして人間が本来持っている感覚的認識能力を指す。また理性とは人間が持つ固有の思考力や獲得した知識を駆使して認識する力を指し、規則に従って分析し論証して位置づけながら認識する能力を含んでいる。

小学校前期は具体的な事物や事象を用いた環境認識や思考が重要な役割を果たす。つまり直接的に見えるもの聞こえてくるもの、実体として感じ取ることのできる対象が教材として適している。そこで光害教材としては長島ほか（2005）の示したワークシートで光害の枠組みを押さえた上で、街の照明灯調査を行うのが良い。照明灯の形状の特徴を確認した後、照明灯の分布や位置を調べる学習活動が効果的である。

小学校後期は、具体的な操作期から形式的操作期への移行期に該当し、抽象的な思考の萌芽が見られる時期である。そこで直接的に手に取ることはできないが、子どもにとって存在することを確認できる夜空の天体、星を教材の中に取り入れる。まず街灯の直下では星が見えにくいことやキャンプ地など人里離れた場所では星がよく見えることなどを実感させる。

次いで、理科で学習した星座を用いた光害教材を使うのがよい。Fig.6は仙台市内の児童生徒が中心となって取り組んだ光害調査シート（仙台市天文台、2001、

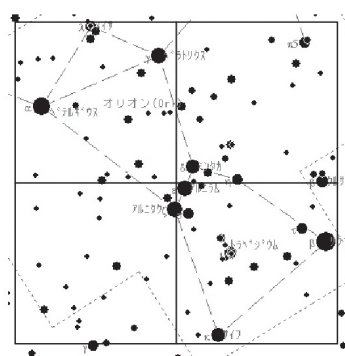


Fig.5 視野の中のオリオン座

2002)の一部である。星座が視認等級の違いで見え方が異なる様子を示している。夜空の条件が良いほど星座を形作る個々の星の数が増えることに気づかせることが大切である。3段階程度の星図の比較を通して夜空を評価することが可能である。

中学校段階はピアジェのいう形式的操作がほぼ完成に近づく時期に当たり理性に基づいて推論することが可能になる。中学校の理科、天文分野では、天動説から地動説に大きく転換される。小学校では常に視点が地球上にあり、どのように動いて見えるかが学習の対象になっていた。しかし中学校段階になって観察の視点が宇宙に移動し、太陽系をはるかに望む地点から太陽や他の惑星として地球の動きを考えるようになるのである。まさに形式的操作を駆使した学習となっている。

る。

学習指導要領が指摘するように、中学校では科学的に調べる能力と態度を育てる必要があることから、客観的なデータを取ることの重要性も扱わなければならない。中学校に入って数学科において確率や統計を学ぶことから、標本調査の概念も導入できるような光害の観測が望ましいと言える。そこで既に取り上げた長島・渡邊(2003)による紙パックを用いた光害調査が適していると言えるであろう。紙パックを加工したフレームを用いて見える天体の数から何等星まで視認できているかを判定するのである。

高等学校段階では、自立した社会人へのステップという意味で科学的な自然観を育成することが求められる。より客観的なデータを用いて環境を認識していく



Fig.6 仙台市天文台で実施した光害調査シート (2001, 2002)。冬の大三角を用いて、左より2等星、4等星、6等星まで見える場合を示し、市街地、住宅地、山間地に対応する。The Sky.Ver.5で作成。

Table.1 各学校段階をふまえた光害教材の環境教育的な位置づけ

| 学校段階 | 環境観の形成 | 環境教育上の特性 | 主な天文教育の内容 | 光害教材の導入 |
|--------|----------------|---|--|--|
| 小学教育前期 | 感性による環境観の基礎の形成 | ●遊びを通した環境認識 | ●太陽・月・星の存在 | ●光害とは何かを知る活動(長島ほか, 2005) |
| 小学教育後期 | 科学的環境観の基礎の形成 | ●目や耳といった感覚器官を活用した環境理解 | ●夜空の星の観察 ●明るい星や暗い星の観察 ●月の形と動き | ●夜間照明分布調査活動(仙台市天文台, 2003) ●星座観察による光害調査(仙台市天文台, 2003およびGlobe at night, 2006, 2007) |
| 中学教育 | 理性による環境認識能力の形成 | ●予想を立てて取り組む実験や観察で学ぶ環境観 | ●太陽や月の見かけの動き ●時間の経過と月や星座の位置の観察 ●天体望遠鏡を操作しながら行う天体観測 | ●観測フレームを用いた光害の評価(長島・渡邊 2003ならびに長島ほか 2003) |
| 高校教育 | 科学的環境観の形成 | ●モデルを用いた実験や観察による環境観の形成ならびに定量的にとらえる環境観の育成 ●物理学や化学の法則との整合性の理解。 | ●太陽系の形成史 ●宇宙の構造 ●宇宙の歴史 | ●夜空メーターを用いた光害調査の実施(伊藤・高田, 2005) ●ポジフィルムを用いた天頂写真による評価(渡部, 1999) ●CCDカメラを用いた夜空の明るさ測定(綾仁, 1999) |

能力を育てなければならない。つまり誰が行っても同じ精度で、結果を導き出すことのできるような教材が必要になるのである。この段階では紙バックの観測フレームの精度では不十分であり、綾仁の紹介した方法や伊藤らによる「夜空メーター」を使った方法が適切である。

5. 環境教育の視点による光害教材の展開

これまでの議論ならびに筆者らが取り組んできた授業実践をふまえて、環境教育の視点から光害教材の成果と課題を整理し、授業実践の展開について検討した。

まず筆者らが立脚する環境教育の枠組みを確認する。環境教育は多様な受け取られ方があり、未だに統一した見解を得るに至っていないように思われるが、文部省(1991)から関連する部分を抜き出してみると、次のような枠組みができあがる。環境教育は、環境問題に関心をもち、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。

その観点に従って、これまで提案されてきた光害教材をどのような順序で扱うべきかまとめたものがFig.7である。光害教材の環境教育上の役割を「環境のために生活を改善することを学ぶ」と位置づける形で、光害教材の展開について検討した。その学習目標に向かう道筋は1つではなく、いろいろなアプローチを想定することができる。

まず光害そのものの認知度が低いことをふまえて、光害そのものの実態を知らせる形の導入が第1段階である。人工衛星写真から入る場合もあるであろうし、動植物への悪影響から入る場合もある。理科教育との関わりから天文観測などへの悪影響から光害に入る場合もあるであろう。

第2段階は、光害の影響を調査活動を通して理解する道筋と、長島ほか(2005)が提案したイラスト画などを用いて光害の実情を理解する学習に向かう道筋が考えられる。

前者の場合であれば自らが生活する学区の街灯形状調査や街灯分布を調査する活動が考えられる。その上で星図を使って夜空への光害の実態調査へつなげていくことになる。

後者の場合は光害の実態を学習した後に調査活動を行う展開となるので中等教育段階が望ましいと思われる。実際の調査も紙バックフレームを用いた光害判定や夜空メーター、あるいはCCDカメラを用いた光害測定が可能である。

第3段階が、学習した成果を自分たちの生活に還元していくことを学ぶ段階となる。光害教材の最大の弱点が、この段階である。例えば環境教育教材としてよく用いられる「地域の川」を素材とした環境教育教材であれば、自分たちの生活に学んだ成果を生かしていく活動が設定しやすい。川を汚染することのないように、富栄養化を引き起こさないような洗剤を選んで使うようにする生活へ切り替えていく、実際に地域の川へ行って清掃活動を行って意識を高める活動をおこなう、といった学習展開が容易に実現できる。

しかしながら光害教材は、既に設置された街灯を取り外すという形の展開は現実的ではないし、昨今の夜間の凶悪犯罪の増加といった治安の悪化から、夜間の安全のために街灯を増やすべきだという主張の方が支配的である。

この課題に対して筆者らは、人間の目の能力を最大限に引き出す明るさの街灯を増やしていくための啓蒙活動を展開していくという方向で打開してきた。言い換えれば、目的に応じて光の強さに強弱をつけていくようにする生活を心がけていくという方向である。自然界では夜間の月以上に明るい状態は存在しないことを念頭に置いて、必要な光だけを用いる生活を心がけていくということである。それが省エネルギーにもつながっていくことを学習するのである。

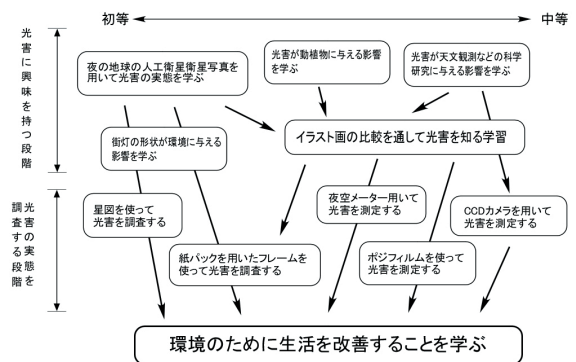


Fig.7 光害教材の環境教育上の役割

謝 辞

本稿をまとめるにあたって花巻市立花巻中学校教諭の佐々木佳恵先生、仙台市立加茂中学校教諭猿渡七美先生、星空観察ネットワークの三澤宇希子氏には共同研究者として議論に加わっていただき示唆に富むアイデアを提供していただいた。また教育経営の観点から仙台市立加茂中学校の熊谷繁校長先生、山田信和教頭先生から多くのご助言をいただいた。以上の方々に厚く御礼申し上げます。

Fig.1 および 2 は Royal Astronomical Society が著作権を有し、Blackwell Science 社の許可を得て Monthly Notices of the RAS から抜粋した。P. Cinzano 氏、F. Falchi 氏 (University of Padova)、C.D.Elvidge 氏 (NOAA National Geophysical Data Center Boulder) に使用の許可をいただいた。Fig.3 は、K. K. A. Meymaris 氏 (GLOBE at Night Project Coordinator)、および T. J. Kennedy 氏、(Deputy Director, GLOBE Program, University Corporation for Atmospheric Research) に使用の許可をいただいた。ここに感謝する。

引用文献

安彦忠彦, 1997. 中学校カリキュラムの独自性と構成原理. 386pp. 明治図書. 東京
 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
 伊藤芳春・千島拓朗・三澤宇希子・高田淑子, 2005. 夜空メーターの製作と星空環境の測定その2. 環境教育研究紀要. 第2巻. p71 - 78.
 伊藤芳春・高田淑子, 2004. 夜空メーターの製作と星空環境の測定. 環境教育研究紀要. 第7巻. p93 - 97.

Gote.Flodqvist, 2001. A Simple Dark-Sky Meter. Sky & Telescope. p138-140. Vol. 101. No2. U. S. A
 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 (現・文部科学省)
 村井潤一編, 1977. 発達の理論. 232pp. ミネルバエ書房. 京都
 永野重史, 2001. 発達とはなにか. 244pp. 東京大学出版会. 東京.
 長島康雄・渡邊章, 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
 長島康雄・佐々木佳恵・千島拓朗・高田淑子, 2005. 光害を環境教育的に扱う教材「環境に優しい夜空」の開発. 環境教育研究紀要. 第8巻. p61 - 70.
 中島誠・岡本夏木・村井潤一, 1999. ことばと認知の発達. 202pp. 東京大学出版会. 東京
 仙台市天文台, 2001. 天文学習指導書. 94pp. 仙台市教育委員会. 仙台
 仙台市天文台, 2002. 天文台学習のしおり. 18pp. 仙台市教育委員会. 仙台
 滝沢武久, 1977. 子どもの思考と認識. 238pp. 童心社. 東京
 滝沢武久, 1992. ピアジェ理論の展開. 228pp. 国土社. 東京
 梅原利夫・志摩陽伍編, 1984. 自然認識の発達と人格の形成. 202pp. 新生出版. 東京.
 渡部義弥, 1999. 家でもできる星空調査. 誰にでもきる環境調査マニュアル. p122-131. 東京書籍. 東京

