

# 環境教育を視野に入れた科学部の活動—UV-Bの高度比較—

桐山信一（奈良県立高田高等学校）

太陽紫外線は我々にとって身近な存在になった。UV-Bの最短波長は280 nmであるが、この領域はDNAによく吸収される。オゾン層の減少が続けば、日焼けを過度に気にし、皮膚がんの恐怖に怯えなければならなくなるだろう。本校科学部では、UV-B強度の高度比較を行った。このような同時測定は、ほとんど行われておらず、公表された実例も数少ない。その意味では、環境物理学的に貴重なデータとなると考えられる。同時測定の結果、標高960mの大和葛城山では高田高校よりかなり大きなUV-B強度が得られた。

キーワード：環境教育、太陽紫外線、UV-B

## 1 はじめに

理科における環境教育の教材・実践例は、生物・化学・地学に多く物理では比較的少ない。物理における環境教育の1つの側面として、電磁波、放射線に関する学習や太陽紫外線の観察のように自然環境・生活環境への関わりの考察という意味での環境理解に直接結びつき易いものがあり、これを現象把握から行う環境教育とよぶ。このような学びは、環境を扱うような総合的な学習の時間でも可能である。もう1つの側面として、物理法則（熱学第1則、第2則）の理解をもとに環境問題の本質である熱や物質の廃棄の意味を考察しようとする物理独自の実践があり、これを法則理解から進める環境教育とよんで区別している<sup>1)</sup>。本稿では、現象把握から行う環境教育の実践例として、本校科学部の活動のひとつである太陽紫外線の測定を題材にした内容を報告したい。

## 2 紫外線全量の高度比較

1998年、活動が停滞していた物理部、化学部、生物部が1つになり「科学部」が誕生した。当時赴任2年目の筆者が顧問となったので、活動は環境教育の一環として行われることになり、水質調査や大気調査、水スターリング熱機関の製作と観察などが行われてきた。

「山で日焼けするのは太陽の紫外線が強いからではないか？」という生徒の素朴な疑問から、本校と大和葛城山（標高960m）で紫外線の同時測定をしようということになったのは2000年度のことである。文献では、400m上昇につき4%の増加<sup>2)</sup>、あるいは1000m上昇につき10～20%の増加<sup>3)</sup>が報告されている。実際、松本市（600m）の紫外線量は、緯度の低い地点よりも大きいというデータもある<sup>4)</sup>。同年の8月23・24両日は雲量0の風のない快晴となり、急遽山頂と御所市新庄町の同時測定が行われた。その結果、両者のUV全量に大きな差が出るのが分かった（図1）。これにより、葛城山頂での紫外線が高田高校での値を、文献値以上に上まわることがわかり、山での日焼けが実感を

伴って理解された。その理由として、部員達は山頂からの大和盆地のかすんだ景色を見て（写真1）、  
(a) 大気の汚れによる  
(b) 水蒸気（本当は水滴）による  
(c) 空気の分子によって紫外線の透過が妨げられるから  
と仮説を立てた。

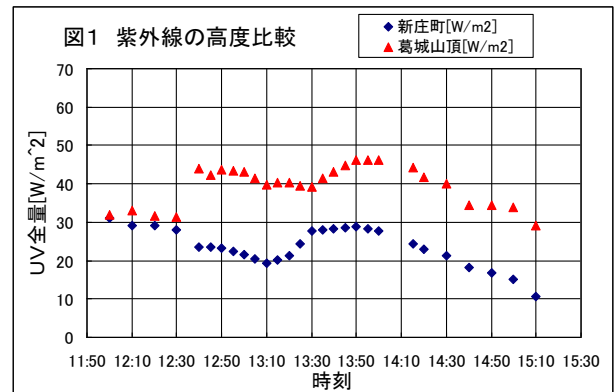


写真1 葛城ロープウェイから見た大和盆地

このとき同時測定に用いたのは、半導体紫外線センサーG5842であり、評価の難しい散乱紫外線の影響を避け、直射紫外線だけの比較を行った。太陽放射スペクトルを295nmから直線的に立ち上がる直線で近似し、センサーの分光感度データを取り寄せて数値計算を行った結果、G5842の出力をV [mV]、太陽紫外線強度をI (全量) [W/m²]とすると、Iは次式で得られることが分かり<sup>5)</sup>、この式

で図1の直射紫外線量を求めた。

$$I \approx 0.04 \times V \quad \dots\dots(1)$$

(1)式は、太陽紫外線で成立し、他の光源では強度Iは、いつも出力Vに比例するとは限らない。

その後、(a)説の検証に向かって、空気のきれいな檀原森林公園と自動車が頻繁に通る八木駅周辺の同時測定を行ったが、有意な差は検出できなかった。(b)(c)説の検証はまだ行われていない。

### 3 UV-Bの高度比較

2002年度に、高価なUV-B専用測定器 (SHIMAZU 12万円 写真2) が1台入り、科学部の活動や総合的な学習の時間「探究(環境コース)」のグループ別学習でもUV-Bの測定ができるようになった。



写真2 UV-B測定器 (SHIMAZU) と科学部員製作の直射光の導入アダプター



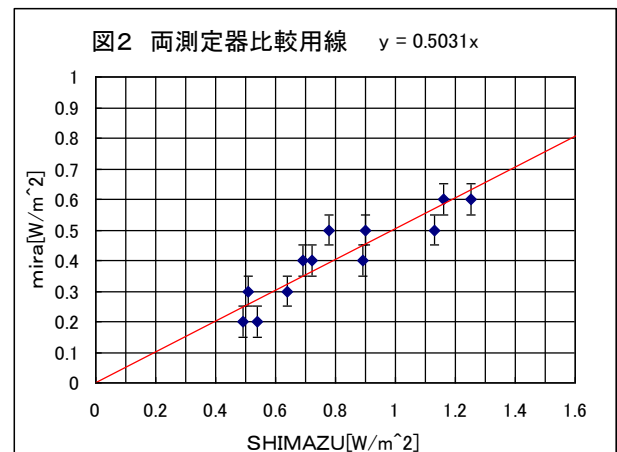
写真3 UV-B測定器 (UV-mira) と科学部員製作の直射光の導入器

さらに、上記環境コースの1学期の授業(オゾン層破壊の問題に関する内容)では、「紫外線チェッカーUV-mira」(株式会社タニタ 写真3)を使用して、UV-Bの測定を生徒実験として行っている<sup>6)</sup>。どちらも、センサー面にほぼ垂直に長いポルトを立て、その影がなくなる向きがほぼ太陽の

向きになる。直射光測定のため、SHIMAZUには円筒のアダプターを、miraは測定しやすいようにセンサー部を外部に取り出し、穴のあいた黒のフィルムケースで直射光を導入している。UV-miraは1台5千円と格安であり、操作も簡単で最大値が計れるという利点がある。しかし、7台の器差を調べたところ、UV-Aでは10%程度で授業における利用に問題はなかったが、UV-Bでは表示が1桁ということもあり、最大50%の器差が生じた。これは価格的に仕方がないことであろう。生徒に教えているデータの有効数字だが、例えば、 $0.2\text{W}/\text{m}^2$ が、 $0.15\sim 0.24$ であるということを知らされた。2004年度に入り、念願のUV-Bの高度比較を行うことになった。測定器はSHIMAZUとmiraである。miraには大きな器差があるので、個々の値は信用できない。そこで、SHIMAZUの値を正しいと考え(これも十分に科学的とはいえない)、SHIMAZUとmiraを用いて同時測定を行い、両値の相関をとってmiraの値を較正することにした。図2は、両測定器で直射紫外線を同時測定して得られたものである。図2から、両者のUV-B強度I (SHIMAZU)とI (mira)の関係が次のように決まった。

$$I(\text{SHIMAZU}) \approx 2 \times I(\text{mira}) \quad \dots\dots(2)$$

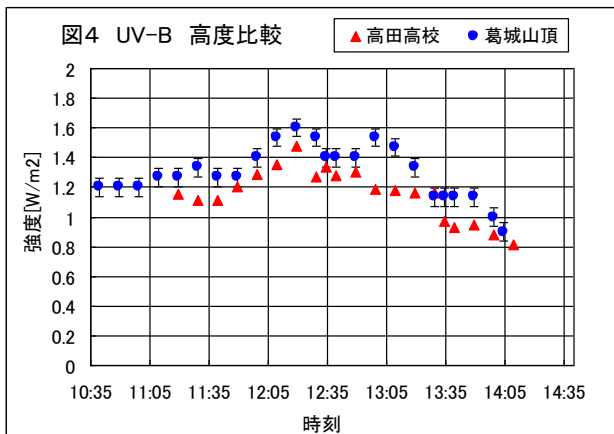
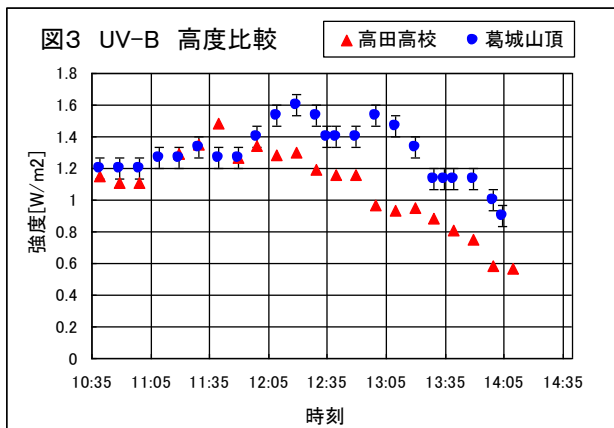
miraの値の2倍が、SHIMAZUの値に相当することになり、誤差も2倍で $\pm 0.1\text{W}/\text{m}^2$ となる。



2004年7月23日に行われた測定結果を図3に示す。高田高校の測定にSHIMAZUを、葛城山頂での測定にmiraを使用した。Miraの値の誤差棒は、 $\pm 0.1$ 程度とすべきだが、3点の移動平均を取っているため、 $1/\sqrt{3}$ を乗じた。図3では、12時以降は、明らかに葛城山頂の値が高田高校の値を上まわっていて、図1と同様の結果が得られた。しかし、山頂に到着したのは11時であった。したがって、11時10分からの測定値が山頂の値となることを考えると、11時台の測定値に有意な差が生じていないことに疑問が残る。

データを時系列でよく見ると、高田高校では11

時40分頃に、葛城山頂では12時20分頃にピークがきている。40分のずれがある。なぜ同じ時刻にピークがこないのであろうか。このようなことは図1のときもあった。そこで次のように考えてみた。



当日は、快晴であったが肉眼では見えないような薄い雲が上空にあり、葛城山頂から高田高校上空へ移動しているのではなかろうか。そうすれば、ピークがずれるのが説明できる。試みに、図3の高田高校のデータを40分右へずらしてみた(図4)。すると、両データのピークがかさなる。図4をみると、11時以降は、葛城山頂の値が高田高校の値を上まわり納得できる結果となる。ただし、両者の差は縮まるが、高田高校から葛城山まで約6500mとすると、雲は秒速2~3メートルとゆっくり移動したことになる。図1も同様に説明できる。図1では、ずれは約20分である。このときも雲があり、同様の速さで移動していたとすれば、新庄町から葛城山までの距離は高田高校から葛城山までの約半分であることと符合する。このような考えは、現段階では一つの仮説でしかない。こういうことを、事象の積み重ね以外の方法で検証するにはどうすればよいのであろうか。今後の課題である。現在、部員は14人であるが、高度比較の活動を行った生徒は下記の通りである。

《葛城山頂での測定》

細川慎太郎、平山 光、佐々木達也(2年)

《高田高校での測定》

西岡幸子、川本乃理子、村井由樹(2年)

吉良阿沙美(2年)、柴田奈々恵(1年)

《データ処理》

西田将也、福井 章(2年)、松村泰介(1年)

9月の文化祭の展示物作成にあたり、

- ・どんな装置でどのようなやり方でUV-Bを同時測定しデータを作成したのか。

- ・測定した直射UV-Bの時間変化について両者を比較してどう考えているのか。

を示すよう指示し、展示活動に取り組ませた。

#### 4 月光に紫外線はあるか？

月光に紫外線はあるだろうか。月光は太陽光が月面で反射したものであることは小学生でも知っている。しかし、紫外線はとなるといろいろ考えてしまう。海亀は卵からかえると海に向かうといわれる。この向海行動には、月光よりも海面からの紫外線が関係しているといわれている<sup>7)</sup>。海面から紫外線が出ているというのが本当なのだろうか。月光には紫外線はないのだろうか。科学部で、「月光の紫外線を検出しよう。」ということになった。アルミニウムは、紫外線の分光反射率がステンレスや銀よりも大きい。アルミテープで、凹面鏡のかたちをした集光器を製作した。理論上は、1万倍の集光率がある。しかし、太陽光に向けて焦点付近にC.A熱電対を設置すると120℃くらいにしかならなかったのは、焦点は広がっているからであろうか。2004年の最後の満月である12月27日の夜、集光器を校舎の屋上に設置して満月を待った。この測定により月光の紫外線を検出した、と書きたいところだが実際は検出できなかった。生徒たちはその理由を2つ考えた。

- ・月光にはもともと紫外線はない。
- ・月光には紫外線があるが集光が悪かった。



写真4 集光器を調整しているところ

ある生徒は、探究の環境コースで行った紫外線

の確認実験（塩化銀の黒化実験 写真5）<sup>8)</sup>を行うと検出できるのではないかといった。塩化銀は鋭敏で、雨天時のごく弱い紫外線でも検出できる。食塩水に硝酸銀を過剰に加え、白色沈殿を2つ作る。一方の白色沈殿に、ブラックライトの紫外線を当てると直ちに黒化する（写真5 結果1）。放置したもう一方を窓際にもって行き、ガラス窓を開ける。あっという間に黒化するので生徒が驚く（同、結果2）。

2005年1月26日が満月となるはずだが、はたして月光の紫外線は検出できるのであろうか。



## 5 おわりに

今年、国際物理年が開幕したというのに、物理を学ぶことと生きることの分断が進行し、学校知識がはびこり、子どもの物理離れが加速しつつある。物理の「学び」が減び、学習者の探究的な態度が失われようとしている。その対策として、過密な教育課程の現状においても実施可能な新しい物理学習が求められている。このような物理学習は、社会から孤立した「学校知識」を、学習者の経験とつながった意味のある”学び”につくり換えること、即ち物理学習を再構成することによって成立すると考えられる。そのために、学習者の生活や経験の延長上にあり、また関心も高い環境問題やエネルギー問題など、全人類が直面している課題を見据えながら、物理的な考え方、問題解決能力を身につけさせるような物理学習の指導を提案する。このような指導の在り方を「環境教育的教材化」とよび、全地球的に求められている持続可能性に向けた教育内容の再構成を目指すものである。環境教育的教材化に基づく物理学習は、学習者の現実や経験（の延長としての人間環境）とつながった意味のある学習となり得ると考えられる。ただし、ここでいう「教材化」とは、ハード面としての実験装置や参考書などの教材開発と、ソフト面である指導法研究を含む教育的営みを示

す全体概念である。本稿の「1 はじめに」では、環境教育的教材化に基づく物理学習の2つの方向性を示した。「4 月光に紫外線はあるか？」の後半で紹介した塩化銀の黒化実験（写真5）は、総合学習「探究」の環境コースで実施されている環境教育クロスカリキュラム「大気と環境の問題」の内容のひとつである。環境教育クロスカリキュラムは、環境教育的教材化に基づく物理学習の第3の方向性となる。

科学部の活動も、このような物理学習の一環としてとらえ、活動を通して自然環境への関心・興味を育むことができ、環境理解を深めることができる、という教育的仮説をもつてのぞんでいる。事後は、自己評価などを実施し、

①活動前後の生徒自身の変容の確認

②活動内容の評価（≒教師への評価）

を行わせている。特に、②から学ぶことは大きい。

今、日本の物理教育現場においては、教材作り（参考書や教具作り）が盛んで指導法の研究が弱い。その教材が公立学校現場のカリキュラム上に乗るのか、あるいは授業や科学部のような活動でどう使えばどのような有効性があるのかといった基礎的な教育研究が少ない。結果、それらは教育課程に乗らないことが多く、教育現場に根付かず蓄積性が薄いように見える。参考書作りよりも指導書づくりが大事ではないだろうか。また、教具作りから授業研究まで全体を見通した教育研究・教材作りが求められるのではないだろうか。

## 【参考文献】

- 1) 桐山信一：物理教育、**48**(2000)、pp214-219
- 2) 環境庁地球環境部 監修：「オゾン層破壊」、中央法規、1995、p5
- 3) 掛本道子：中央大学父母連絡会発行「草のみどり」、1992、p12(第61号)
- 4) 日本化粧品工業連合会技術委員会：UVA防止効果測定法参考資料、平成7年11月
- 5) 桐山信一：物理教育、**45**(1997)、pp205-208
- 6) 桐山信一 監修：「探究科の実践と分析—総合的な学習に向けての発信—」、奈良県立高田高等学校、2001、第3章
- 7) 産経新聞朝刊、2004. 4. 26
- 8) 桐山信一：物理教育、**49**(2001)、pp171-174

本稿は、平成16年度科学研究費補助金奨励研究（課題番号：16914001、テーマ：学校教育の物理領域における環境教育的教材化および教育実践に関する研究）として実施された研究の一部を掲載したものである。