

**SEPUP モジュール**  
**「Investigating Energy from the Sun」**  
**を活用した科学的思考力・表現力の育成**

教科教育専攻 理科教育専修

田辺 健人

2014 年 02 月 13 日 提出

# 論文要旨

三重大学大学院教育学研究科

教科教育 専攻	理科教育 専修	氏名	田辺 健人
<p><b>【研究目的】</b></p> <p>近年、日本の理科教育では、科学的思考力・表現力の育成が重視されている。しかしながら、その指導・評価方法は、不十分であり、学校現場においても定着するまでには至っていないというのが現状である。本研究では、米国で開発された SEPUP モジュールの 1 つにある「Investigating Energy from the Sun」に注目し、科学的思考力・表現力育成教材としての有効性を検討した。</p> <p><b>【研究方法】</b></p> <p>研究は、3 部構成である。第 1 部は、SEPUP モジュール「Investigating Energy from the Sun」を科学的思考力・表現力の育成の観点から内容分析を行った。第 2 部は、教材の有効性を高めるために、検討および改訂を行うことを目的として、大学生を対象に SEPUP モジュールの実践①を行った。改訂は、実践の途中および終了後に行った。第 3 部は、実践①をふまえた改訂版 SEPUP モジュールによる、科学的思考力・表現力の育成の効果を検証することを目的として、大学生を対象に実践②を行った。</p> <p><b>【結果・考察】</b></p> <p>内容分析から、SEPUP モジュールは、科学的思考力・表現力として重要な、科学的知識の活用、データの分析および解釈、証拠に基づいた結論づけ、という活動を重視した教育プログラムであること、ループリックおよびフィードバック用紙の活用により、考察における理由づけのレベルに対して、客観的で一貫した評価が可能であることがわかった。実践①の進行中に行った、評価ツールおよび解説用 PPT の改訂は、受講者の考察の質および自己評価能力の向上に不可欠である、アセスメントシートに対する理解を深める上で有効であった。また、実践①の終了後に行った、ワークシートと教師用指導書の改訂および授業用 PPT の作成は、教員の授業準備に必要な時間の短縮化、授業展開の円滑化という点において、教材の有効性をさらに高めるものとなった。実践②から、受講者の半数以上は、学習目標「ANALYZING AND APPLYING DATA (データの分析と活用)」の最高到達点 (レベル 4) にまで到達することができた。また、アセスメントシート活用時以外でも、評価項目を意識した質の高い考察を行えるようになった。</p> <p><b>【まとめ】</b></p> <p>SEPUP モジュールは、日本で重視されていながらも、未だ確立されていない科学的思考力・表現力の育成に関する指導・評価方法が組み込まれた教育プログラムであり、日本においても有効であった。さらに、実践①をふまえた改訂版 SEPUP モジュールにより、教材としての有効性が一層高まった。</p>			

## 目次

1. はじめに	・・・	1
2. SEPUP の背景	・・・	2
3. SEPUP モジュール「Investigating Energy from the Sun」の内容分析	・・・	3
3.1 内容分析の概要		
3.2 結果と考察①：SEPUP		
3.3 結果と考察②：SEPUP モジュール「Investigating Energy from the Sun」		
3.4 日本語版教材の作成		
4. SEPUP モジュールの実践①と改訂	・・・	11
4.1 実践①の概要		
4.2 分析		
4.3 結果と考察		
4.4 実践①終了後のさらなる改訂		
5. 改訂版 SEPUP モジュールの実践②とその効果	・・・	19
5.1 実践②の概要		
5.2 分析		
5.3 結果と考察		
6. 研究のまとめ	・・・	22
7. 引用文献	・・・	24
8. 謝辞	・・・	26

## 1. はじめに

国立教育政策研究所（2005）によって行われた「特定の課題に関する調査（理科）」の結果では、「観察・実験の結果やデータを読み取ることはできるが、観察・実験の結果やデータを基にして考察し、結論を導き出すこと」に課題があることが明らかとなった。また、PISA2006 調査（国立教育政策研究所，2007）の結果では、日本の子どもは、「科学的な疑問を認識すること」や「科学的証拠を用いること」に比べ、「現象を科学的に説明すること」に課題があること、平成 24 年度全国学力・学習状況調査（国立教育政策研究所，2011）における理科の主な結果では、「観察・実験の結果などを整理・分析した上で、解釈・考察し、説明すること」に課題があることが、同様として明らかとなった。これらはすべて、科学的思考力・表現力の重要性を指摘するものであり、近年の日本の理科教育において、重要な課題の 1 つとなっている。

このような課題を踏まえ、平成 20 年 3 月に告示された中学校学習指導要領解説理科編（文部科学省，2008）には、「科学的な思考力・表現力の育成を図る観点から、生徒が目的意識をもって観察・実験を主体的に行うとともに、観察・実験の結果を考察し表現するなどの学習活動を一層重視する。その際、小学校で身につけた問題解決の力を更に高めるとともに、観察・実験の結果を分析し、解釈するなどの科学的探究の能力の育成に留意する。」と明記された。

中央教育審議会答申（中央教育審議会，2008）には、科学的思考力・表現力の育成について、「観察・実験の結果を整理し考察する学習活動」、「科学的な概念を使用して考えたり説明したりする学習活動」などの充実が示された。

観察・実験の結果を考察する活動に関して、松原（1997）は、「中・高等学校の教科書における考察をたずねる問いに、実験結果を使って考察する場面がほとんど入っておらず、また、考察の多くは操作上の留意点に関する事項が多い」、「生徒がレポートを作成する際、結果と考察を書く必要があることはわかっても、結果と考察をどう区別すればよいのかは具体的にわかっていない」と指摘し、定型文を用いた指導方法を報告している。また、隈元ら（2008）は、中学校の授業で使用されたワークシートの考察の記述について分析しており、「「考察」部分の記述として実験結果の表面的な変化のみを記述し、実験結果にもとづいた考察を含まないものがあった」、「実験結果から導かれる事項ではない、その単年で教師が身につけさせたい要点をまとめた記述が多く見られた」、「実験の「考察」の文章の中に「発見できてよかった」、「自信をもつことができた」といった、感想が入っている記述も見られた」と指摘し、考察を 2 段階に分けて記述させる指導方法を報告している。

平賀（2004）は、科学的表現力を「「事実と意見（考察）を分ける」、「根拠（理由）を明らかにする」、「筋道立てる」の 3 点をみたとす表現」と定義した上で、実験計画での見通しを立てた理由の内容分析を通して、「「科学的知識が示されているもの」、「科学的知識が示されておらず、新たな疑問が生じるもの」、「見通しの繰り返しにすぎないもの」という 3 つのレベルの存在」を見出し、「理由づけのレベルは、レポートの質を評価するための重要

な基準になる」と述べている。

これらの研究報告によって、観察・実験の結果を考察する活動における、指導・評価方法は、徐々に改善がなされてきた。しかしながら、木下・松浦・清水・寺本・角屋（2012）は、考察する活動に関して、中学生の学習実態を調査した結果、「生徒が仮説を設定する活動に比べて、考察を導出する活動が十分に行われていない」、「生徒自らが仮説を設定したり考察を導出したりする活動に比べて、教師がまとめた考察を見て自分の考察を記述する活動が多く行われている」と述べている。このことから、日本の理科教育では、未だ、科学的思考力・表現力の育成に関する指導・評価方法の確立が不十分であり、学校現場においても、定着するまでには至っていないというのが現状である。

米国には、全米科学教育スタンダード（National Science Education Standards）（以下、「NSES」と表記する）に準じて開発された科学的リテラシー育成のための科学教育プログラム「SEPUP (Science Education for Public Understanding Program)」(以下、「SEPUP」と表記する)がある。NSESにおいて、科学的リテラシーとは、「自然現象について記述し、説明し、かつ予測する能力」、「証拠に基づいた議論を生み出し、そして吟味し、かつそのような議論から結論を適切に導く能力」など、様々な形態の能力を含むとしている（長洲・熊野・丹沢, 2001）。

これらの能力のうち、予測する能力、証拠を吟味し、結論を適切に導く能力は、科学的思考力であり、記述し、説明する能力は、科学的表現力であると捉えることができる。すなわち、米国において、科学的思考力・表現力は、科学的リテラシーの中核をなす能力であるとみなすことができる。

本研究では、日本において科学的思考力・表現力の育成に関する指導・評価方法を確立するために、SEPUP モジュールの1つである「Investigating Energy from the Sun」に注目した。本研究は、以下の（1）～（3）の3部構成となっている。

- （1）科学的リテラシー育成を目的とした SEPUP が、日本における科学的思考力・表現力育成教材としても適当であるのかを検討することを目的とした SEPUP モジュールの内容分析
- （2）科学的思考力・表現力育成教材としての有効性を高めるために、検討および改訂を行うことを目的とした SEPUP モジュールの実践①
- （3）実践①をふまえた改訂版 SEPUP モジュールによる、科学的思考力・表現力育成の効果を検証することを目的とした実践②

## 2. SEPUP の背景

1957 年のスプートニク・ショックにより、米国では、科学技術教育が国家戦略に位置づけられ、科学技術者養成という国家政策の実現化に向けて、さまざまな科学技術教育カリキュラム開発運動が展開された（小川, 1993）。その様な中で注目されたのが、科学 (Science)－技術 (Technology)－社会 (Society) の学問領域にまたがった STS (Science, Technology

& Society) の理念である。長洲 (1995) は、STS を「科学に関連する技術的、社会的な問題やイシューズを市民として解決し、意思決定することをあらゆる学習者が学習する科学教育である」と捉えている。1982 年の全米科学教師教会 (National Science Teachers Association) による基本声明では、「1980 年代の科学教育の目的は科学、技術、社会が相互にいかに関係するかを理解し、また日常の意思決定にこの知識を使い得るような科学的リテラシーのある人を育成することである。この科学的リテラシーの有する人とは個人が論理的に考え、学習し続けることの出来る諸事実、諸概念、概念のネットワークや探究技能について本質的な知識の基礎がある人のことである。」と宣言が示された (長洲, 1993)。

これらに伴って、1987 年には、米国カリフォルニア大学バークレー校ローレンスホール・オブ・サイエンスを中心に、大学および産業界の科学者、授業を行っている現場の教員によって、「CEPUP (Chemical Education for Public Understanding Program)」(以下、「CEPUP」と表記する) が開発された。CEPUP は、化学物質と、その使用による社会的課題に焦点をあてた教育プログラムである。その後、1992 年には、教科内の相互関係を重視し、扱う領域を科学全般に広げた「SEPUP」が誕生した。SEPUP は、社会的課題の文脈において、科学に焦点をあてた多様な教育プログラムである (Barbara Nagle et al., 2003)。この教育プログラムは、米国の 6~12 学年の生徒を対象としている (Lawrence Hall of Science, 2013)。

### 3. SEPUP モジュール「Investigating Energy from the Sun」の内容分析

#### 3.1 内容分析の概要

SEPUP の目標や教材、授業展開、評価などが、科学的思考力・表現力を育成するものとして適当であるのか、検討することを目的とした。また、国内での実践に向け、SEPUP モジュール「Investigating Energy from the Sun」に注目し、その内容分析および日本語版教材を作成した。

#### 3.2 結果と考察① : SEPUP

##### 3.2.1 目標

SEPUP は、以下の 4 つの項目を目標として掲げている。①科学やテクノロジー、人間や環境との相互関係に焦点をあてた学習経験の機会を提供すること。②意思決定する際に、科学的原理、プロセス、証拠を利用できるようにすること。③全米科学教育の質の向上に寄与すること、④学校やコミュニティ内の教育リーダーとして、教師の役割を高めること。②は、科学的思考力・表現力として重要な、科学的知識の活用、データの分析および解釈と活用に関する記述と捉えることができる。このことから、SEPUP の目標は、日本における科学的思考力・表現力育成の目標としても、適当なものであるとみなすことができる。

### 3.2.2 教材

SEPUP の教材は、教師用指導書、ワークシート、実験キット、評価ツールなどが 1 組のセット（モジュール）になっている。教材のモジュール化により、教員は授業準備をする必要がなく、すぐに授業で利用可能である。以下に、各教材の構成内容の詳細を示す。

#### (a) 教師用指導書

概要、時間の見積もり、授業内容と NSES との対応関係、指導概要、教材リスト、事前準備、指導提案などが記されている。指導提案には、適当な場面での発問例や発問に対して予想される生徒の回答、留意点などが詳細に書かれている。

#### (b) ワークシート

本時の課題、序文、教材リスト、調査手順あるいは読み物、考察に関する質問が記されている。調査手順が詳細に書かれているため、生徒は自分たちで調査を完了させることができる。ワークシートは、書き込み式ではない。そのため、SEPUP では、生徒各自にノートを用意させ、そこに観察・実験の結果および考察に関する質問の回答を書かせるようにしている。考察に関する質問は、選択問題や穴埋め問題といった形式ではなく、すべて記述式であり、「理由を説明してください」、「考えの裏付けとなる証拠を示してください」といったように、学習した知識や調査から得られたデータを証拠として用いて、結論づけた理由まで説明させるものとなっている。

#### (c) 実験キット

SEPUP では、限られた時間の中で考察やディスカッションの時間を十分に確保することができるような実験キットが開発されている（図 1 に「Investigating Energy from the Sun」で使用する実験キットを示す）。例えば、実験器具はコンパクトで扱いやすい。試薬等は滴びんに小分けされている。これらにより、観察・実験にかかる準備や片づけの時間を短縮することができる。さらに、実験器具は、すべてプラスチック製あるいは紙製であるため、安全で保管も容易である。また、十分な量が用意されており、補充も容易にできるようになっている。

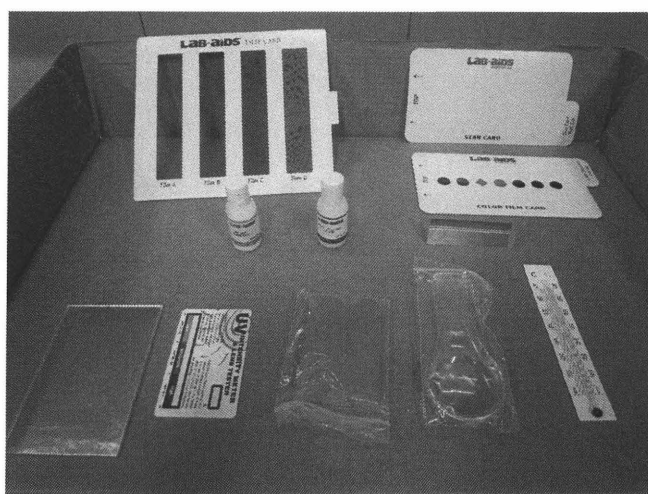


図 1 SEPUP モジュール「Investigating Energy from the Sun」で使用する実験キット

(d) 評価ツール

生徒が記述した考察の質を評価するツールとして、ルーブリック（図 2）およびフィードバック用紙（図 3）が用意されている。これらの評価ツールに関しては、「3.2.5 評価システム」で詳細を記す。また、科学的な用語や概念など、学習内容の理解度を評価するペーパーテスト（選択問題 13 問および記述問題 20 問から構成される）が用意されている。

ANALYZING AND APPLYING DATA (データ分析と活用)	
ルーブリック	
レベル 0	・ 解答が間違っている、あるいは該当していない
レベル 1 不十分	少なくとも、下記的一方を示している： ・ 証拠(evidence)を特定している ・ 証拠が何を意味しているのかを明らかにしている
レベル 2 あと一歩	・ 証拠が何を意味しているのかを明らかにしている ・ 考えの裏付けとなる証拠をいくつか用いている
レベル 3 良い	・ データの論理的な解釈の裏付けとなる証拠を用いている ・ 証拠の質や量、情報源を評価している
レベル 4 優秀	レベル 3 を達成し、さらに下記の内容を示している： ・ 証拠に関して、さらなる調査を提示している ・ 学習した科学概念とあなた自身の考えを結び付けている ・ 代案が却下された理由に関して弁解している ・ 関連した実験または調査の提案を示している ・ 考えを他人にわかりやすく伝えるために図のような視覚的手段を含めている

図 2 「ANALYZING AND APPLYING DATA」に対応したルーブリック

**ANALYZING AND APPLYING DATA (データ分析と活用)**

フィードバック

<レベル3>

下記の点を満たすことができたか	はい	もう少し	いいえ
データの論理的な解釈の裏付けとなる証拠を用いることができた			
証拠の質や量、情報源を評価することができた			
コメント			

<レベル4>

下記の点を満たすことができたか	はい	もう少し
証拠に関して、さらなる調査を提示することができた		
学習した科学概念と自身の考えを結び付けることができた		
代案が却下された理由に関して弁解することができた		
関連した実験または調査の提案を示すことができた		
考えを他人にわかりやすく伝えるために図のような視覚的手段を含めることができた		
コメント		

**図 3 「ANALYZING AND APPLYING DATA」に対応したフィードバック用紙**

### 3.2.3 モジュール

現在（2012 年 10 月更新）までに、12 種類のモジュールが開発されている（表 1）。モジュールは、日常生活や社会との結びつきが強く、それらに関連する課題に対して、生徒が主体的に関わることのできる内容になっている。各モジュールには、対象となる学年の範囲が設定されており、生徒の興味・関心、実態などを考慮して、教員はモジュールを選択することができる。

日本では、2001 年に日本 SEPUP 研究会が組織され、いくつかのモジュールに関して、実践報告されている（例えば、小森, 2004, 鈴木, 2004 など）。また、日本 SEPUP 研究会では、米国にはない、独自で開発したモジュール（「ブラックボックス」）に関しても、教材化および実践報告されている（百武, 2004）。

表 1 SEPUP モジュールの一覧と各モジュールの対象学年 (2012 年 10 月 31 日)

原文タイトル	日本語タイトル	対象 学年
Decision Making: Probability and Risk Assessment	意思決定： 確率とリスクアセスメント	7-12
Environmental Impact: Comparing Industries	環境への影響： 工業の比較	6-12
Groundwater Contamination: Trouble in Fruitvale	地下水の汚染： フルーツベイル村の問題	6-12
Hazardous Materials Investigations: The Barrel Mystery	危険性物質の探究： 樽の謎	6-12
Household Chemicals: Better by Design	家庭内の化学物質： より良いデザイン	6-12
Investigating Energy from the Sun	太陽から放たれるエネルギーの調査	6-12
Investigating Environmental Health Risks	環境衛生上の健康リスクの調査	8-12
Investigating Food Safety	食品安全性の調査	6-12
Investigating Wastewater: Solutions and Pollution	廃水の調査： 水溶液と汚染	7-12
Living with Plastics	プラスチックと生活	7-12
Thresholds and Toxicology	閾値と毒物学	7-12
Waste Disposal: Computers and the Environment	廃棄物処理： コンピューターと環境	8-12

### 3.2.4 アクティビティ

各モジュールには、「アクティビティ」という活動が 10 前後（1 つのアクティビティは、1~3 時間で構成されている）含まれている。アクティビティは、「科学概念などの学習・仮説の設定→調査（観察・実験）→グループでの考察→クラス全体でのディスカッション→各自での考察」と展開され、モジュール内で一貫性がある。SEPUP は、特に「グループでの考察」、「クラス全体でのディスカッション」、「各自での考察」の時間を十分に確保した授業構成となっている。これらはすべて、生徒用ワークシートに書かれた手順に沿って、生徒が主体的に取り組めるように設計されている。この学習活動を繰り返し行うことで、観察・実験の結果を分析、整理し、自分の考えを表現する能力を育成することができる。

### 3.2.5 評価システム

SEPUP の評価システムは、NSES に書かれた評価の役割と対応させ、以下の①～③の観点を考慮した設計となっている。①生徒の初期段階での理解力や能力を判断する。②生徒の学習進行状況を把握する。③生徒の最終到達度を決定する。

SEPUP は、科学的リテラシー育成に関する重要な 3 つの科学のプロセス・スキルズを提案している。

(1)「DESIGNING INVESTIGATION (実験方法の検討)：明確に定義された課題を調査するために、論理的で再現可能な実験方法を計画する。」

(2)「EVIDENCE AND TRADE-OFFS (証拠とトレードオフ)：科学的な根拠を特定し、その根拠を用いて、課題に対する複数の解決法のトレードオフや利点を評価する。」

(3)「ANALYZING AND APPLYING DATA (データの分析と活用)：科学的な根拠を特定および評価し、その根拠を用いて、論理的な解釈を達成する。」

これらはいずれも、科学的思考力・表現力の重要な要素とみなすことができる。

各モジュールには、3 つの科学のプロセス・スキルズのうちの 1 つが、学習目標として設定されており、この学習目標に対する到達度合いを評価するツールとして、ルーブリックおよびフィードバック用紙が用意されている。ルーブリックおよびフィードバック用紙の内容は、それぞれの科学のプロセス・スキルズによって異なる。図 2 および図 3 は、「Investigating Energy from the Sun」の学習目標である、「ANALYZING AND APPLYING DATA」に対応したものである。生徒は、調査やグループでの考察、ディスカッション終了後、あらかじめ配布されたルーブリックを活用して、到達目標であるレベル 3 を目指し、各自で考察を行う。その後、フィードバック用紙を活用して、各自の考察について振り返る。ルーブリックおよびフィードバック用紙の特徴および効果を以下に示す。

ルーブリックとは、「学習目標との関係において求められる達成事項の質的な内容を文章表現したもので、児童生徒の学習の達成状況レベルを評価するとき使用される評価基準」である(辰野・石田・北尾, 2006)。田中(2011)は、その特徴を「学習課題に対する子どもたちの認識活動の質的な転換点を規準として段階的に設定され、指導と学習にとって具体的な到達点の確認と次のステップへの指針」と述べている。また、黒上(2007)は、その効果を「子どもたちが自らの立ち位置を自覚し、より高い次元を目指そうと意欲的に学ぶ」と述べている。SEPUP のルーブリックは、レベル 0 から 4 の 5 段階で構成されている。レベルが細分化されているため、教員は目標に達していない生徒に対して、より細かな指導を行うことができる。

フィードバックとは、「効果的な行動を実現するために、自分の行動がもたらした結果をデータとして取り込み(フィードし)、次のより適切な行動のために活用するシステム」である(田中, 2010)。辰野ら(2006)は、その特徴を「目標に達したかどうかというだけでなく、目標から何がどのくらいずれているのか、どの方向にずれているのかを知らせる」と述べている。また、石井(2010)は、その効果を「見通し・目的意識をもたせ、問題解

決能力を高める」と述べている。SEPUP のフィードバック用紙は、生徒が各自でループリックのレベル 3 と 4 の評価項目について、記述できたかどうかを二項選択法等で自己評価する欄、教員が生徒のフィードバックに対して、具体的なアドバイスなどのコメントをつける欄から構成されている。これにより、生徒は、レベルの向上に関する課題をより具体的に把握することができるため、学習改善への意欲が高まる。

SEPUP のループリックおよびフィードバック用紙は、モジュール内で同じものを用いるため、評価に一貫性がある。このことから、生徒は目標を理解しやすく、教員は生徒の科学的思考力・表現力に関して、長期的な発達を捉えることができる。

### 3.3 結果と考察②：SEPUP モジュール「Investigating Energy from the Sun」

#### 3.3.1 モジュールの選定

12 種類あるモジュールのうち、「Investigating Energy from the Sun」を選定した理由は、以下の 3 つがある。(1) 日本 SEPUP 研究会などにより、国内での実践報告がされていないモジュールである。(2) モジュールの内容が、日本においても重視されている「エネルギー」、「紫外線リスク」を扱っている。エネルギーについては、平成 20 年 1 月の理科の改善の基本方針において、4 つの概念の柱の 1 つとされている。また、紫外線リスクについては、「学校生活における紫外線対策に関する具体的指針」(2011, 日本臨床皮膚科医会) などにより、学校現場での紫外線対策に関する指導の重要性が指摘されている。(3) 学習目標が、観察・実験の結果を考察する能力として重要な「ANALYZING AND APPLYING DATA (データの分析と活用)」である。

表 2 各アクティビティの学習タイトルおよび調査タイトル

アクティビティ (授業時数)	学習タイトル	調査タイトル
1 (1~2 時間)	太陽光の導入	これに焦点をあてる!!
2 (2~3 時間)	可視光の探究	色の比較
3 (2~3 時間)	透過、吸収、反射	保冷
4 (1~2 時間)	赤外線エネルギーの特性	不可視光
5 (2~3 時間)	紫外線エネルギーの選択的透過	紫外線の力
6 (2~3 時間)	増加する紫外線照射	跳ね返った光の追跡
7 (2~3 時間)	各自の UV 予防計画	太陽光が当たる場での予防策

#### 3.3.2 SEPUP モジュール「Investigating Energy from the Sun」の概要

「Investigating Energy from the Sun」は、7 つのアクティビティからなる (表 2)。こ

のモジュールでは、生徒が可視光と不可視光（主に赤外線、紫外線）の物理的性質を透過・吸収・反射の科学概念を用いて調査していき、健康におよぼす太陽光のリスクから、どのように身を守るべきかを探究していく。以下に、各アクティビティの詳細を示す。

(a) アクティビティ 1：太陽光の導入

「白内障を患った大叔母を心配している生徒」という架空の人物の読み物から、白内障が太陽光（具体的には、紫外線）の照射と関係していること、そのリスクは、全ての人種・民族や動物と関係していることを学習する。このアクティビティを通して、生徒は、太陽光に関する探究活動の必要性を理解する。

(b) アクティビティ 2：可視光の屈折

可視光の探究として、可視スペクトルの色について学習する。プリズムを用いて、どのように白色光を可視スペクトルに分けるのかを観察する。また、燐光性教材を用いて、白色光を構成する色のエネルギーの大きさの違いを調査していく。このアクティビティでは、波長や周波数、エネルギー準位といった科学概念も学習する。

(c) アクティビティ 3：透過・吸収・反射

透過・吸収・反射の探究によって、光の異なる種類や性質について学習する。異なる性質をもつ 4 枚のフィルムを用いて、光や熱の伝わり方の違いを定性的・定量的に調査する。

発展調査として、異なる性質をもつ 3 つのサングラスに関する透過率グラフの分析を行う。

(d) アクティビティ 4：赤外線エネルギーの特性

赤外線が発見されるまでの内容等が記された「ハーシェルの実験」という読み物、可視光との相違点から、赤外線エネルギーの特性と応用について探究する。このアクティビティでは、電波や X 線など、他の電磁エネルギーの特性に関しても学習する。

(e) アクティビティ 5：紫外線エネルギーの選択的透過

アクティビティ 3 の調査で用いたものと同様のフィルム、UV を検出できる UV カードを用いて、紫外線エネルギーを探究する。人間の健康におよぼす紫外線のリスク、赤外線と紫外線の相違点を考える。

発展調査として、日焼け止め化粧水と保湿化粧水を用いて、UV に対する日焼け止め化粧水の効果を検証する。

(f) アクティビティ 6：増加する紫外線照射

紫外線に関する、さらなる探究活動として、砂や雪、水から皮膚に反射する太陽光（紫外線）によって増加する健康へのリスクの調査を行う。このアクティビティでは、リスク増加や自発的リスク、非自発的リスクの概念に関しても学習する。

(g) アクティビティ 7：各自の UV 予防計画

6 人の架空の人物の読み物（読み物には、地理的位置、子どもの頃の UV 照射量、肌の色、各自や家系の症状等が情報として含まれている）から、皮膚癌および白内障へのリスクの分析・評価を行う。その後、生徒は自分自身に関する読み物を作成し、同様にしてリスク

の分析・評価を行う。それをもとに、UV 照射に対するリスク削減の方法と各自の UV 予防計画を作成する。

### 3.4 日本語版教材の作成

国内での実践に向け、日本語版教材を作成した。作成は、2012 年 1 月から開始した。作成にあたっては、原文の内容を正確に再現した実践を行う必要があるため、正確な翻訳を心がけた。一次翻訳が終了したのは、2012 年 5 月であった。その後、用語および内容が、正確に翻訳されているかを再度確認した。最終的に翻訳が終了したのは、2012 年 7 月であった。

## 4. SEPUP モジュールの実践①と改訂

### 4.1 実践①の概要

#### 4.1.1 目的

SEPUP モジュールの科学的思考力・表現力育成教材としての有効性を高めるために、検討および改訂を行うことを目的とした。

#### 4.1.2 方法

国立大学 M 大学教育学部生を対象とした。受講者は、理科教育コースの学部 3~4 年生 5 名、数学教育コースの学部 3 年生 2 名、技術教育コースの学年 3 年生 1 名の計 8 名であった。実践①は、2012 年 11 月中旬~1 月下旬の期間で、教育学部の講義にある「理科教育概論」において実施した（1 コマ 90 分）。

#### 4.1.3 内容

実践①の流れを表 3 に示す。1 コマでは、SEPUP の概要説明および事前調査（学習内容の理解度を評価するペーパーテスト）を行った。2 コマからは、8 人の受講者を 2 組に分け、4 人 1 組のグループで、アクティビティに取り組ませた。アクティビティ 1~3 では、可視光の探究活動、アクティビティ 4~6 では、不可視光の探究活動、アクティビティ 7 では、これまでの探究活動をもとに、各自で UV 予防計画を作成させた。全アクティビティ終了後、事後調査（事前調査と同様のペーパーテスト）およびモジュールを体験した感想を記述させ、実践①の全行程を終えた。すべての内容を終えるのに 9 コマを要した。

学習目標「ANALYZING AND APPLYING DATA」に関する評価は、各探究活動の区切りである、アクティビティ 3、6、7 で行った。受講者は、あらかじめ配布されたループリックを活用して、到達目標（レベル 3）を目指し、各自で考察を行った。その後、フィードバック用紙を活用して、ループリックのレベル 3 と 4 の評価項目について、記述できたかどうかを二項選択法等で自己評価させた。講義終了後、教員は、同様のループリックを評価指針として、受講者の考察の質を評価した。また、受講者がループリックに対する理解

を深められるように、評価の解説を行った。アクティビティ 3 における評価の解説をアクティビティ 4、アクティビティ 6 における評価の解説をアクティビティ 7 に行った。解説は、独自で作成したパワーポイントを用いた。作成したパワーポイントを、「解説用 PPT ver. 1（例として、レベル 3 に関するスライドを図 4 に示す）」と定義する。解説用 PPT ver. 1 は、各レベルの回答例と評価項目を照らし合わせたスライドで、評価項目に関する記述が、回答例のどこに書かれているかを解説するといった内容である。

レベル3の回答例	
他のフィルムが16℃、19℃、12℃と温度上昇しているのに対して、フィルムAは23℃と最も温度が上昇しているため、最も熱を伝えるのはフィルムAである。得られたデータはすべてのグループで同じであった。しかし、今回の調査では測定回数が1回であったため、信頼性の高いデータなのかわからない。	
レベル3 良い	下記の内容 (a, b) を、ともに示している:
	a. 証拠として定量的データを用いている→緑線
	b. データの質を吟味している (データの比較・調査方法の妥当性) →黄線

図 4 解説用 PPT ver.1 のスライド (レベル 3)

#### 4.1.4 評価と解説の改訂

ループリックとフィードバック用紙を初めて活用したアクティビティ 3 終了後、多くの受講者から、「評価項目が理解し難い」という意見があった。そのため、これらの評価ツールを改訂した。具体的には、レベル 3 の評価項目にある「データの論理的な解釈の裏付けとなる証拠を用いている」を、「証拠として定量的データを用いている」、レベル 4 の評価項目にある「代案が却下された理由に関して弁解している」を、「予想と結果が一致しなかった場合、一致しなかった理由を追求している」に改訂するなど、受講者が評価項目を読み取りやすいと感じられるような文章表現にした。その他の改訂として、ループリック、フィードバック用紙、回答用紙を、1 枚の用紙に集約したこと、教員が、受講者の自己評価能力を評価することができるように、フィードバックした結果を定量化できる“自分のレベル”の欄を設けたことがある。

以上の改訂を行った評価ツールを、「アセスメントシート (図 5)」と定義する。2 回目の評価場面であるアクティビティ 6 からは、アセスメントシートを用いた。しかし、これを活用してもなお、受講者の半数以上で評価の差異がみられた (「4.3 結果と考察」)。このことから、著者は、2 回目の評価終了時点でも、受講者の多くは、アセスメントシートに対す

る理解が不十分であると判断し、より丁寧な解説が必要であると考えた。そのため、解説用 PPT ver.1 の改訂を行った。具体的には、評価項目の全体構成と、各レベルの関係性を理解させるために、スライド①（図 6）を作成した。また、評価項目に関して、どのような記述が求められているのかを明確にさせるため、各評価項目の記述例を示したスライド②（図 7）を作成した。

以上の改訂を行ったものを、「解説用 PPT ver.2」と定義する。アクティビティ 7 では、解説用 PPT ver.2 を用いた。

アクティビティ (     )
名前 (                     )

＜アセスメントシート：データの分析と活用＞

レベル 0	・回答が間違っている、あるいは該当していない	はい	いいえ
レベル 1 不十分	・証拠と結論の結び付きが不明確である	/	/
レベル 2 あと一歩	・証拠と結論の結び付きが明確である		
レベル 3 良い	下記の内容(a, b)を、ともに示している：	/	/
	a. 証拠として定量的データを用いている b. データの質を吟味している(データの比較・調査方法の妥当性)		
レベル 4 優秀	レベル 3 を満たし、さらに下記の内容(c-g)を 1 つでも示している：	/	/
	c. より信頼性のあるデータを得るために、新たな調査方法を提案している		
	d. 学習した科学概念を活用している		
	e. 予想と結果が一致しなかった場合、一致しなかった理由を追究している		
	f. 新たな問題を見出し、問題の解決方法を提案している		
	g. 図や表を用いて、考えをわかりやすく伝えようとしている		

＜回答＞

自分のレベル：

＜事後の感想＞

図 5 アセスメントシート

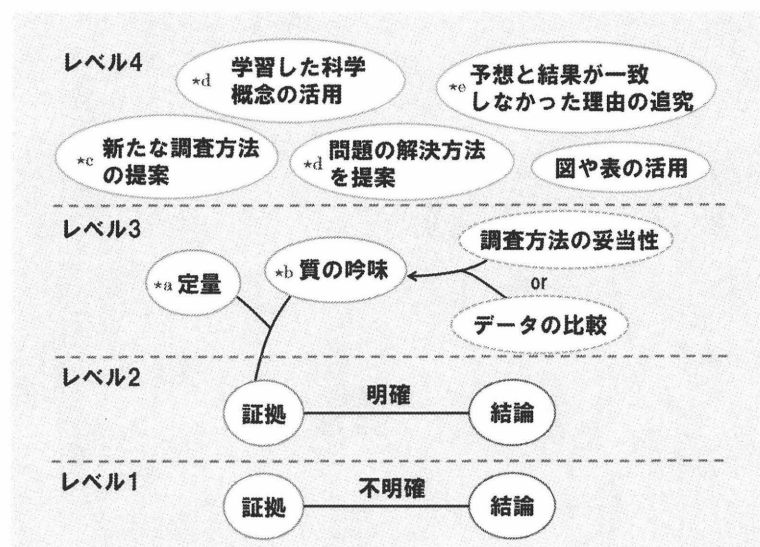


図 6 解説用 PPT ver.2 のスライド①

レベル4

- \*e 「予想とは異なり、光透過性には、明確な差があったが、温度変化には、あまり差が見られなかった。このことから、温度変化には可視光とは異なる何かが影響していると考えた。」
- \*d 「透過性と熱の伝わり方との関係性は見いだされたが、次回はスペクトルごとの透過性のわかるフィルムを用いて調査すれば、どの光の透過性と熱の伝わり方との関連があるかどうかの詳しい分析ができる。」
- \*c 「データの信頼性を高めるために、複数測定を行う必要がある。」

レベル3

- \*b 「得られたデータはすべてのグループで同じであった。しかし、今回の調査では測定回数が1回であったため、信頼性の高いデータなのかかわからない。」
- \*a 「他のフィルムが16℃、19℃、12℃と温度上昇しているのに対して、フィルムAは23℃と最も上昇しているため、最も熱を伝えるのはフィルムAである。」

レベル2

- 「フィルムAの素材は透明で、最も光を透過するため温度上昇がより速い。よって、フィルムAが最も熱を伝えと結論付けた。」

レベル1

- 「他のフィルムと比べると、かなり暖かくなっていたのでフィルムAだと結論付けた。」

図 7 解説用 PPT ver.2 のスライド②

## 4.2 分析

評価ツールと解説用 PPT の改訂による効果および、SEPUP モジュールの実践①による生徒の考察に対する意識の変化を検証するために、以下の 3 つの観点から分析した。(1) 評価ツールの改訂による、受講者の考察の質的変化を検証するために、アセスメントシートを活用した際の、受講者のレベルの変化を分析した。(2) 解説用 PPT の改訂による、受講者の自己評価能力の変化を検証するために、解説用 PPT ver.1 および解説用 PPT ver.2 を活用した際の、教員－受講者間での評価の差異を分析した。(3) 事前・事後調査の分析

結果およびモジュールを体験した感想の記述から、モジュール体験前後における、受講者の考察に対する意識の変化を分析した。

### 4.3 結果と考察

#### 4.3.1 評価ツールの改訂による効果

ループリックとフィードバック用紙を活用したアクティビティ 3 と、アセスメントシートを活用したアクティビティ 6、7 での、教員による評価結果を表 4 に示す。アセスメントシートを活用したアクティビティ 6 では、アクティビティ 3 と比較すると、3 名の受講者のレベルが向上している（レベルに変化のない 5 名のうち 3 名は、アクティビティ 3、6 ともにレベル 4 であった）。また、最終到達度を示すアクティビティ 7 では、すべての受講者のレベルが 2 以上となり、その半数以上は到達目標に達している。これらのことから、評価ツールの改訂により、受講者は考察に関して、何を、どのように書けばよいのかを明確にすることができ、考察の質が向上したといえる。

表 4 評価ツールの改訂による受講者のレベルの変化

使用した 評価ツール	ループリックと フィードバック用紙	アセスメントシート	
受講者No.	アクティビティ3	アクティビティ6	アクティビティ7
1	4	4	2
2	1	1	2
3	1	2	3
4	3	0	4
5	1	4	4
6	2	3	2
7	4	4	3
8	4	4	4

#### 4.3.2 解説用 PPT の改訂による効果

解説用 PPT ver.1 を用いて解説した後に、アセスメントシートを活用したアクティビティ 6 と、解説用 PPT ver. 2 を用いて解説した後に、アセスメントシートを活用したアクティビティ 7 における、教員－受講者間での評価の差異を表 5 に示す。アクティビティ 6 では、6 名の評価に差異がみられた。一方、アクティビティ 7 において差異がみられたものは、2 名であった。このことから、解説用 PPT の改訂により、受講者はアセスメントシートに対する理解を深めることができ、自己評価能力が向上したといえる。

表 5 解説用 PPT の改訂による教員-受講者間の評価の差異の変化

使用した 解説用PPT	解説用PPT ver.1		解説用PPT ver.2	
	アクティビティ6		アクティビティ7	
受講者No.	教員の 評価	受講者の 自己評価	教員の 評価	受講者の 自己評価
1	4	2	2	2
2	1	2	2	2
3	2	3	1	3
4	0	4	3	4
5	3	4	2	2
6	4	4	4	4
7	2	4	4	4
8	4	4	4	4

#### 4.3.3 考察に対する意識の変化

事前・事後調査には、ペーパーテスト（全 33 問）を用いた。結果として、受講者の平均正答数は、25 問から 30 問に向上した（図 8）。また、個々の問いにおける正答数の変化を分析した際、事前・事後調査での、平均正答数に変化はみられなかったものの、記述内容に変化がみられた問いがいくつかあった。例として、問 14-b（図 9）と問 20（図 10）を示す。

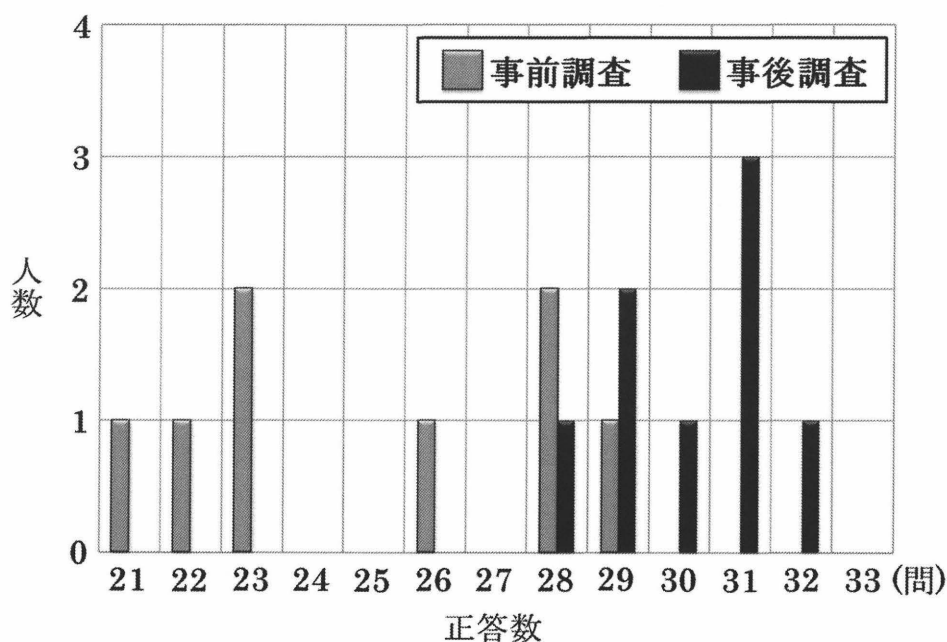


図 8 実践①の事前・事後調査の結果

問14. 2つの窓のフィルムに関する透過率グラフを見て、a～d  
について答えなさい。

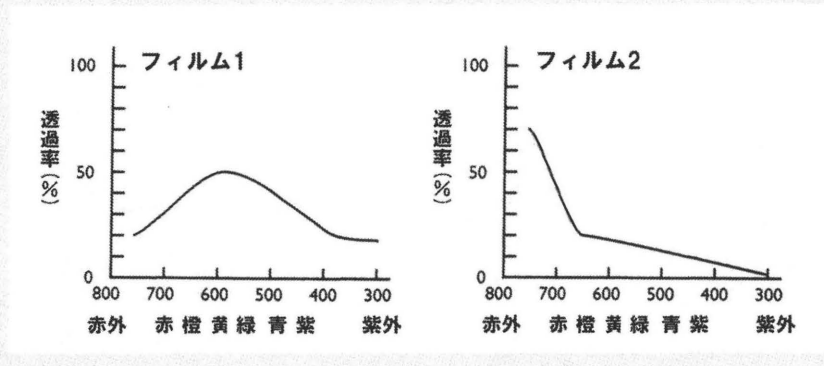


図 9 モジュール体験前後で記述内容に変化がみられた問い①

問 14・b は、図 9 の透過率グラフから、黄色の光を透過するのに、優れたフィルムはどちらなのかを結論づける、といった問いである。この問いに対する受講者 No.6 の事前調査での回答は、「フィルム 1。黄色での透過率がフィルム 2 より高いから。」と、証拠と結論の結びつきが不明確である。一方、事後調査では、「フィルム 1。フィルム 1 が黄色の光の透過率が 50%を超えているのに対して、フィルム 2 は黄色の光の透過率は 20%くらいなので、黄色の光を透過するにはフィルム 1 の方が適している。」と、証拠と結論の結びつきが明確であり、定量的データを用いた回答になっている。

問20. 以下の表は、2つのサングラスのレンズを比較したものです。  
レンズ1は、レンズ2よりも明るいですか、暗いですか？  
理由も説明してください。

レンズ	可視光のブロック率	UVのブロック率
1	60%	90%
2	40%	100%

図 10 モジュール体験前後で記述内容に変化がみられた問い②

問 20 は、図 10 の可視光および UV のブロック率を示した表から、レンズ 1 がレンズ 2 よりも明るいのか、暗いのかを結論づける、といった問いである。この問いに対する受講者 No.5 の事前調査での回答は、「レンズ 1 よりレンズ 2 の方が可視光のブロック率が高いので、レンズ 1 の方が暗い。」と、証拠と結論の結びつきが明確であるが、定量的データを活用するまでには至っていない。一方、事後調査では、「明るい暗いかは可視光の量で決

まる。レンズ 1 は可視光を 60%ブロックし、レンズ 2 は 40%ブロックするので可視光の量が少ないレンズ 1 はレンズ 2 より暗く見える。」と、証拠と結論の結びつきが明確であり、定量的データを用いた回答になっている。

これらのことから、モジュール体験前は、多くの受講者が、証拠と結論の結びつきが不明確な回答（レベル 1）であった。しかし、モジュール体験後は、証拠と結論の結びつきや、定量的データの活用を意識した回答になっており、アセスメントシートを活用していない場面においても、評価項目を意識した質の高い考察を行うことができるようになったといえる。さらに、SEPUP モジュールを体験した受講者の感想では、「自分で評価項目を参考にし、評価して、フィードバックするという流れによって、どうやったら上の評価がとれるのか、というように意欲的に取り組めた。」という意見がみられ、受講者の考察に対する意識の向上を検証することができた。

#### 4.4 実践①終了後のさらなる改訂

結果分析より、実践①の進行中に行った、評価ツールおよび解説用 PPT の改訂は、受講者の考察の質および自己評価能力の向上に不可欠である、アセスメントシートに対する理解を深める上で有効であったといえる。しかしながら、実践①を終えて、以下の課題も明らかとなった。

- ・SEPUP のワークシートは、日本で扱うものとは異なり、観察・実験の結果、考察を書きこむための欄がない。
- ・教師用指導書は、1 つのアクティビティに対して、A4 紙 5~8 枚からなる。そのため、分量が多く、授業で教員が手元資料として用いるのは適していない。
- ・受講者に対しては、ワークシートのみで授業展開していくため、口頭による補足説明の場面が多い。

これらの課題をふまえ、教材の有効性のさらなる向上を目指し、改訂を行った。具体的には、ワークシートは、観察・実験の結果と考察を書きこむことのできる欄を設け、別紙で用意されている配布資料についても、縮図化し、ワークシート中に加えた（以上の改訂を行ったものを「改訂版ワークシート」と定義する）。教師用指導書は、生徒に配布するワークシートと同様の体裁で、指導上のポイントや解説、回答例などは、朱書きで記載されたものにした（以上の改訂を行ったものを「改訂版教師用指導書」と定義する）。また、改訂版教師用指導書だけでは、補えない場面あるいは、丁寧に説明する必要がある場面（例えば、定性的データと定量的データの定義や利点・難点など）については、図などを含めた授業用パワーポイント（以下、「授業用 PPT」と表記する）を作成した。

以上、実践①の進行中および終了後に改訂を行った SEPUP モジュールを、「改訂版 SEPUP モジュール」と定義する。改訂版 SEPUP モジュールの特徴と効果を以下にまとめた。

- (1) アセスメントシート：以前の評価ツールに比べ、評価項目が読み取りやすいため、

受講者はアセスメントシートを、より深く理解することができる。ループリック、フィードバック用紙、回答用紙が、1枚に集約されているため、教員の授業準備に必要な時間を短縮することができる。フィードバックした結果を定量化できる“自分のレベル”の欄を設けたことで、教員は、受講者の自己評価能力を評価することができる。

(2) 解説用 PPT ver.2：評価項目の全体構成と、各レベルの関係性を示したスライド①を用いることで、受講者は、アセスメントシートに対する理解をより深めることができる。各評価項目の記述例を示したスライド②を用いることで、受講者は考察に関して、何を、どのように書けばよいのかを明確にすることができる。

(3) 改訂版ワークシート：観察・実験の結果、考察を書きこむことのできる欄を設けたこと、別紙で用意されている配布資料を、縮図化し、ワークシート中に加えたことで、教員は、授業準備に必要な時間を短縮することができる。

(4) 改訂版教師用指導書：生徒に配布するワークシートと同様の体裁で、指導上のポイントや解説、回答例などを、朱書きで記載されたものにしたことで、授業で教員が手元資料として用いる際の便宜性が高まる。

(5) 授業用 PPT：改訂版教師用指導書だけでは、補えない場面あるいは、丁寧に説明する必要がある場面（例えば、定性的データと定量的データの定義や利点・難点など）について、図などを含めたパワーポイントを作成したことで、口頭説明のみでは、理解させ難い場面においても、円滑に授業展開させることができる。

## 5. 改訂版 SEPUP モジュールの実践②とその効果

### 5.1 実践②の概要

#### 5.1.1 目的

実践①をふまえた改訂版 SEPUP モジュールによる、科学的思考力・表現力育成の効果を検証することを目的とした。

#### 5.1.2 方法

国立大学 S 大学教育学部生を対象とした。受講者は、理科教育コースの学部 4 年生 6 名、修士 1 年生 1 名の計 7 名であった。実践②は、2013 年 9 月中旬で、教育学部の集中講義にある「理科教育特講」において実施した（1 コマ 90 分）。

#### 5.1.3 内容

実践②の流れを表 6 に示す。実践②は、3 日間の集中講義で行った。評価および解説は、実践①と同様の場面で行った。

### 5.2 分析

以下の 3 つの観点から分析した。(1) 学習進行にともなう、受講者の考察の質的变化を

検証するために、各評価場面における、受講者のレベルの変化を分析した。(2) 学習進行にともなう、受講者の自己評価能力の変化を検証するために、各評価場面における、教員－受講者間での評価の差異を分析した。(3) 事前・事後調査の分析結果およびモジュールを体験した感想の記述から、モジュール体験前後における、受講者の考察に対する意識の変化を分析した。

**表 6 実践②の流れ**

日程	内容	備考
1 日目	SEPUP の概要説明, 事前調査, アクティビティ 1~3	評価 (アクティビティ 3)
2 日目	アクティビティ 4~6	解説 (アクティビティ 4) 評価 (アクティビティ 6)
3 日目	アクティビティ 7, 事後調査, 感想	解説・評価 (アクティビティ 7)

### 5.3 結果と考察

#### 5.3.1 考察の質的变化

各評価場面での、教員による評価結果を表 7 に示す。初期段階の能力を示すアクティビティ 3 と、最終到達度を示すアクティビティ 7 を比較すると、アクティビティ 7 では、4 名のレベルが向上している（レベルに変化のない 3 名のうち 2 名は、一貫してレベル 4 であった）。このことから、モジュールを通して、受講者の考察の質が向上し、学習目標に関するレベルが高まったといえる。

**表 7 各評価場面での教員による評価結果**

受講者No.	アクティビティ3	アクティビティ6	アクティビティ7
1	2	4	4
2	4	2	2
3	4	4	4
4	0	4	4
5	1	4	2
6	4	4	4
7	1	2	2

#### 5.3.2 自己評価能力の変化

各評価場面での、教員の評価および受講者の自己評価結果を表 8 に示す。学習進行にと

もなって、徐々に差異が少なくなっていることがわかる。このことから、アセスメントシートの活用および、解説用 PPT ver.2 を用いた解説を繰り返し行ったことで、受講者のアセスメントシートに対する理解が深まり、自己評価能力が向上したといえる。

表 8 各評価場面での教員-受講者間の評価差異

受講者 No.	アクティビティ3		アクティビティ6		アクティビティ7	
	教員の 評価	受講者の 自己評価	教員の 評価	受講者の 自己評価	教員の 評価	受講者の 自己評価
1	2	2	4	2	4	2
2	4	2	2	2	2	2
3	4	4	4	4	4	4
4	0	2	4	2	4	2
5	1	2	4	2	2	2
6	4	4	4	4	4	4
7	1	2	2	2	2	2

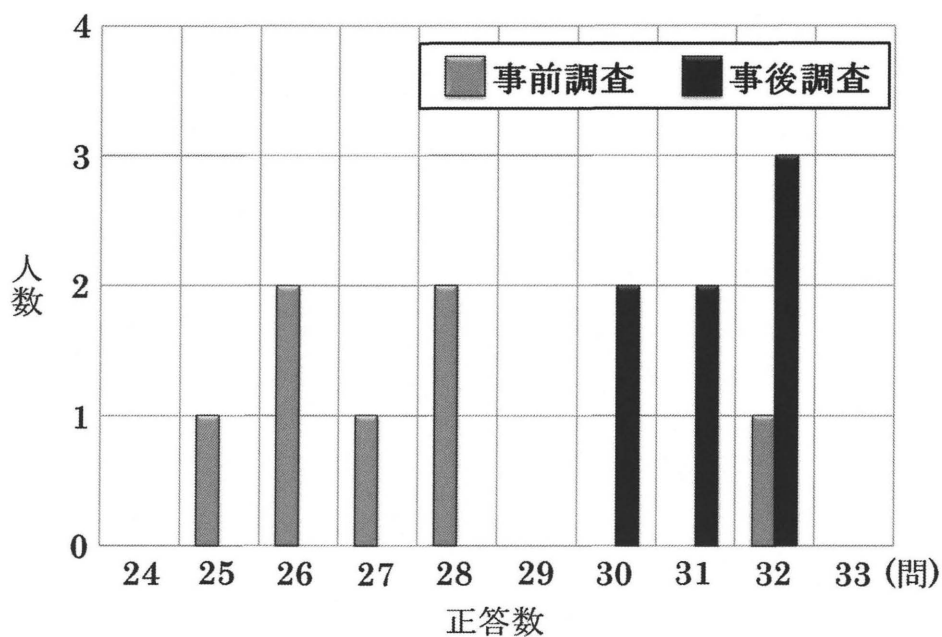


図 11 実践②の事前・事後調査の結果

### 5.3.3 考察に対する意識の変化

実践①と同様、事前・事後調査には、ペーパーテストを用いた。結果として、受講者の平均正答数は、27 問から 31 問に向上した (図 11)。また、今回の調査においても、個々の

問いにおける正答数の変化を分析した際、事前・事後調査での、平均正答数に変化はみられなかったものの、記述内容に変化がみられた問いがいくつかあった。例として、問 14-a と問 14-c を示す。

問 14-a は、図 9 の透過率グラフから、紫外線をブロックするのに、優れたフィルムを結論づける、といった問いである。この問いに対する受講者 No.3 の事前調査での回答は、「フィルム 2 の方が優れている。紫外を透過させずに、吸収しているから。」と、証拠と結論の結びつきが不明確である。一方、事後調査では、「フィルム 2。紫外線の透過率が、フィルム 1 は 20%、フィルム 2 は 0%となっているので、透過させないフィルム 2 の方がブロックにできている。」と、証拠と結論の結びつきが明確であり、定量的データを用いた回答になっている。

問 14-c は、図 9 の透過率グラフから、フィルムを通して物体を見たときに、物体が赤く見えるフィルムを結論づける、といった問いである。この問いに対する受講者 No.5 の事前調査での回答は、「フィルム 2。透過率が高いため赤く見える光をより多く透過させる。」と、証拠と結論の結びつきが不明確である。一方、事後調査では、「フィルム 2。赤く見えるということは透過率が高い方を考えればよいため、フィルム 1 は約 25%、フィルム 2 は約 50%であることを踏まえるとフィルム 2 の方が赤く見える。」と、証拠と結論の結びつきが明確であり、定量的データを用いた回答になっている。

これらのことから、今回の調査からも、モジュール体験後、多くの受講者が、アセスメントシートを活用していない場面においても、評価項目を意識した質の高い考察を行うことができるようになったということを確認することができた。さらに、改訂版 SEPUP モジュールを体験した受講者の感想では、「評価基準が書いていなかったとしても、基準にもとづいた文章が書けるようになりたいと思った。」、「練習を重ねるごとに確実にレベルが上がっていった、文章の書き方が論理立てられているのに手ごたえを感じた。」という意見がみられ、受講者の考察に対する意識の向上についても確認することができた。

## 6. 総合的考察

本研究は、日本における科学的思考力・表現力の育成に関する指導・評価方法を確立するために、SEPUP モジュールの 1 つである「Investigating Energy from the Sun」に注目し、内容分析および有効性を高めるための検討・改訂を行った。

科学的リテラシー育成を目的とした SEPUP が、日本における科学的思考力・表現力育成教材としても適当であるのかを検討することを目的とした SEPUP モジュールの内容分析では、以下の知見を得た。

・SEPUP におけるアクティビティの構成は、モジュール内で一貫性がある。さらに、調査手順が詳細に書かれた生徒用ワークシート、簡易な実験キットを用いるなど、調査は簡略化されており、考察やディスカッションは、グループ、クラス全体、各自で行う時間が十分に設けられている。考察に関する問いは、すべて記述式であり、学習した知識や調査か

ら得られたデータを証拠として用いて、論理的に記述させるものとなっている。これらのことから、SEPUP では、考察する能力を育成するための工夫が細部にわたってなされているといえる。

・モジュールには、生徒が記述した考察の質を評価するツールとして、ループリックおよびフィードバック用紙が用意されている。ループリックは、生徒が各自で考察を行う前に、あらかじめ配布しておく。各自での考察を書き終えた後、生徒はフィードバック用紙を活用して、自身が記述した考察の内容が、ループリックの評価項目を満たしているかどうかを振り返る。これらの活用により、生徒は考察する内容を理解すること、自分の現段階でのレベルや課題を明確にすることができる。教員は考察における理由づけのレベルに対して、客観的で一貫性のある評価が可能である。また、日本の 3 段階評価 (A、B、C) と比較すると、SEPUP のループリックは、レベル 0 から 4 の 5 段階に細分化されているため、目標に達していない生徒に対して、より細かな指導を行うことができる。これらのことから、SEPUP の評価ツールは、指導と評価が一体となったものであるといえる。

・学校現場における、紫外線に関する指導の重要性は、日本臨床皮膚科医会等によって指摘されているものの、日本で扱われている理科の教科書には、紫外線による生物への影響などは、ほとんど記述されていない。また、生活習慣や環境は、子どもたち一人一人が異なるため、各自に適した紫外線対策を考える必要があるが、全体的な方針しか見られない。これらの課題に対し、「Investigating Energy from the Sun」は、可視光と不可視光（主に赤外線、紫外線）の物理的性質を透過・吸収・反射の科学概念を用いて調査していき、健康におよぼす太陽光のリスクから、どのように身を守るべきかを探究し、各自に適した紫外線対策を考えることのできる長期的なモジュールである。

・「Investigating Energy from the Sun」の学習目標は、観察・実験の結果を考察する能力に重要な、「ANALYZING AND APPLYING DATA」である。この到達目標（レベル 3）は、データにもとづく思考やデータの吟味である。日本の中学校における考察の指導は、先に述べたように、「結果」、「考察」を区別する指導にとどまっており、定性的・定量的データの区別、データの質の吟味に関する指導にまでは至っていない。このモジュールでは、ループリックやフィードバック用紙の活用により、考察する内容を理解させるだけでなく、観察・実験から得られたデータにもとづいて思考・表現する能力を育成することができる。

科学的思考力・表現力育成教材としての有効性を高めるために、検討および改訂を行うことを目的とした SEPUP モジュールの実践①では、以下の知見を得た。

・実践①の進行中に行った、評価ツールおよび解説用 PPT の改訂は、受講者の考察の質および自己評価能力の向上に不可欠である、アセスメントシートに対する理解を深める上で有効であった。

・実践①の終了後に行った、ワークシートと教師用指導書の改訂および授業用 PPT の作成は、教員の授業準備に必要な時間の短縮化、授業展開の円滑化という点において、教材の有効性をさらに高めるものとなった。

実践①をふまえた改訂版 SEPUP モジュールによる、科学的思考力・表現力育成の効果を検証することを目的とした実践②では、以下の知見を得た。

・実践②の進行にともなって、受講者の半数以上は、最終到達度が、学習目標「ANALYZING AND APPLYING DATA」の到達目標であるレベル3を超え、レベル4にまで到達することができた。また、アセスメントシートを活用していない場面においても、評価項目を意識した質の高い考察を行えるようになった。

・実践②の終了時点でも、受講者の一部は、到達目標に達することができなかった。そこで、達成できなかった理由を個々の考察から分析した。その結果、目標達成できなかった者の多くは、証拠として定量的データを用いることに困難を感じていることが明らかとなった。改訂版 SEPUP モジュールにおいて、レベル3の評価項目にある「証拠として定量的データを用いている」は、「具体的な数値を示すこと」と定義している。しかし、これを達成できていない者の多くは、「変化が最も大きい」、「他と比べて高い」など、相対的な表現で記述した回答が多くみられ、具体的な数値を示していなかった。このことから、レベル3に到達できなかった者の多くは、定量的データの扱いに関する理解が不十分であったといえる。そのため、自己評価能力が向上しても、学習改善に対する意欲は向上せず、さらなるレベルの向上には至らなかったと考えられる。今後は、定性的・定量的データの扱いに関して、より理解を深めさせるための指導改善を検討していく必要がある。

## 引用文献

Barbara Nagle et al. (2003) 『Investigating Energy from the Sun』 Lab-Aids

平賀伸夫 (2004) 「科学的表現力の育成をねらいとした実験レポート作成に関する指導」『愛知教育大学研究報告書』第53輯, 115-122.

百武三郎 (2004) 「[SEPUP (シーパップ) を使った授業実践]『ブラックボックス』という教材」 Retrieved from <http://www42.tok2.com/home/sepup/gakuto0409.pdf>.

石井雅幸 (2010) 「問題解決の過程における子どもが見通し・目的意識をもつことと振り返ることの意味」日本理科教育学会編『理科の教育 694号』東洋館出版社, 9-12.

木下博義・松浦拓也・清水欽也・寺本貴啓・角屋重樹 (2012) 「理科学習における観察・実験結果の考察に関する調査研究—中学生を対象とした質問紙調査をもとに—」『日本教科教育学会誌』Vol.35, No.1, 1-9.

国立教育政策研究所 (2005) 「特定の課題に関する調査(理科)結果のポイント」 Retrieved from [http://www.nier.go.jp/kaihatsu/tokutei\\_rika/06002040000007001.pdf](http://www.nier.go.jp/kaihatsu/tokutei_rika/06002040000007001.pdf).

国立教育政策研究所 (2007) 「PISA2006 年度調査評価の枠組み—OECD 生徒の学習到達度調査」ぎょうせい

国立教育政策研究所 (2011) 「平成24年度全国学力・学習状況調査の結果について(概要)」 Retrieved from [http://www.nier.go.jp/12chousakekkahoukoku/01gaiyou/24\\_chousanokekkanitsuite.pdf](http://www.nier.go.jp/12chousakekkahoukoku/01gaiyou/24_chousanokekkanitsuite.pdf)

f.

小森栄治 (2004)「選択理科 生活の中のプラスチック—SEPUP 教材の活用」Retrieved from <http://www42.tok2.com/home/sepup/gakuto0405.pdf>.

隈元修一・小石紀博・兼重幸弘・横倉康浩・火宮功・山口悦司・中山迅 (2008)「児童・生徒の科学的記述力を育成するための学習指導法開発 (2)」『宮崎大学教育文化学部附属教育実践総合センター研究紀要』 16, 1-10.

黒上晴夫 (2007)「第 1 回 ルーブリックとは, JUST. SYSTEM : 先生のための Web サイトジャストスクール」 Retrieved from [http://www.justsystems.com/jp/school/academy/hint/rubric/ru01\\_01.html](http://www.justsystems.com/jp/school/academy/hint/rubric/ru01_01.html).

Lawrence Hall of Science (2013)「Middle School Curricula」 Retrieved from <http://www.sepuplhs.org/middle.html>.

松原静郎 (1997)『中等化学教育における個人実験を通しての科学的表現力育成に関する調査研究』平成 7・8 年度科学研究費補助金 (基盤研究 B) 研究成果報告書

科研費 (基盤研究 B) 研究成果報告書

文部科学省 (2008)『中学校学習指導要領解説理科編』大日本図書

長洲南海男 (1993)「科学教育のニューパラダイムとしての STS 教育 (I) 歴史的背景—NSTA の 1982 年と 1990 年の STS 教育に関する基本声明の比較より探る (1)—」『筑波大学教育学系論集』第 17 巻, 第 2 号, 73-90.

長洲南海男 (1995)「STS (Science/Technology/Society) における新しい指導方法—探究学習論から構成主義学習への転換—」『筑波大学教育学系論集』第 19 巻, 第 2 号, 111-130.

長洲南海男監修・熊野善介・丹沢哲郎他訳 (2003)『全米科学教育スタンダード—アメリカ科学教育の未来を展望する』梓出版社

日本臨床皮膚科医会 (2011)「学校生活における紫外線対策に関する具体的指針」 Retrieved from [http://www.jocd.org/img/top/top\\_oshirase\\_111108.pdf](http://www.jocd.org/img/top/top_oshirase_111108.pdf).

小川正賢 (1993)『序説 STS 教育』東洋館出版社

鈴木勝浩 (2004)「SEPUP「有害な廃液」のモジュールを使った授業」 Retrieved from <http://www42.tok2.com/home/sepup/gakuto0401.pdf>.

田中耕治 (2010)『よくわかる教育評価 第 2 版』ミネルヴァ書房

田中耕治 (2011)『パフォーマンス評価 思考力・判断力・表現力を育む授業づくり』ぎょうせい

辰野千壽・石田恒好・北尾倫彦監修 (2006)『教育評価事典』図書文化社

中央教育審議会 (2008)『平成 20 年版中央教育審議会答申 全文と読み解き解説』明治図書出版株式会社

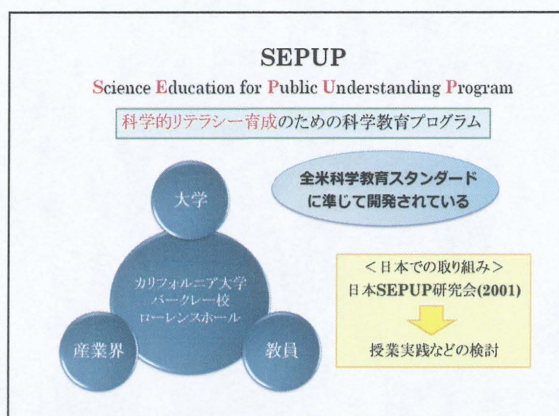
## 謝辞

本研究を進めるにあたり、様々なご指導および実践、データ収集をしていただいた、指導教官である平賀伸夫先生に厚くお礼申し上げます。また、学会発表の際に、助言等をしていただいた三重県理科・エネルギー教育研究会の皆様には感謝致します。最後に、理科教育専修の先生方、事務の上村さん、同期や後輩の学生等のお世話になった皆様には感謝致します。本当にありがとうございました。

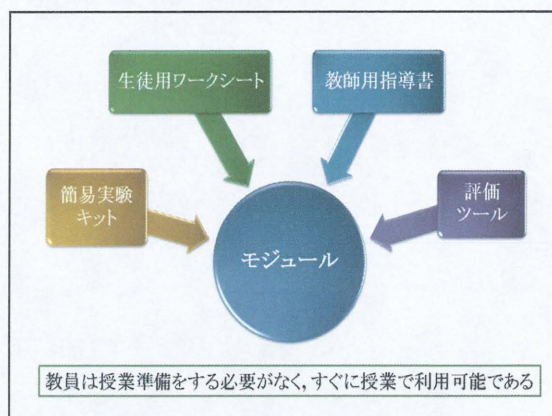
添付資料：1

# 改訂版教師用指導書

# SEPUP とは何か



1

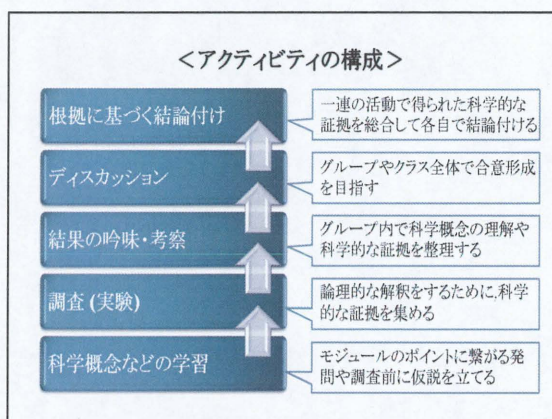


2

日常生活や社会の課題に主体的に関わっていけるようなモジュールが12種類開発されている

モジュール名(日本語)	原文
意思決定: 確率とリスクアセスメント	Decision Making: Probability and Risk Assessment
環境への影響: 工業の比較	Environmental Impact: Comparing Industries
地下水の汚染: フルーツベイル村の問題	Groundwater Contamination: Trouble in Fruitvale
危険性物質の探索: 樽の謎	Hazardous Materials Investigations: The Barrel Mystery
家庭内の化学物質: より良いデザイン	Household Chemicals: Better by Design
太陽から放たれるエネルギーの調査	Investigating Energy from the Sun
環境衛生上の健康リスクの調査	Investigating Environmental Health Risks
食品安全性の調査	Investigating Food Safety
廃水の調査: 水汚染と汚染	Investigating Wastewater: Solutions and Pollution
プラスチックと生活	Living with Plastics
閾値と毒物学	Thresholds and Toxicology
廃棄物処理: コンピューターと環境	Waste Disposal: Computers and the Environment

3



4

## 使用する SEPUP モジュール Investigating Energy from the Sun

### 【やってみよう】

事前調査問題に取り組もう

事前調査問題を配付・実施する。回収後、下の【考えよう】を行う。

### 【考えてみよう】

○太陽光って何だろう。

<予想される回答>

- ・いろいろな色の光を含んだもの。
- ・UV や IR, X 線などの目に見えない光を含んだもの。

○太陽光は、わたしたちにどのような影響を与えているのだろう。

<予想される回答>

- ・太陽光が植物の成長を手助けしている(光合成)。
- ・日焼けの原因となる。

## アクティビティ 1: 太陽光の導入

本時の課題「太陽の光は、目にどのような影響を与えるのだろうか？」



私たちは、ほとんどすべての行動で目を使います。そのため、目は大事にしなければいけません。長時間、太陽にさらすことは目を傷つける原因の1つとなります。視力の低い人は、さらに目を傷つける可能性があります。

### <手順>

1. 以下の文章を読んで、質問に答えよう。

#### 『ティア アナの目』

1 時間目の授業の途中、エミリーは友人のホセが心配そうな顔をしていることに気がついた。

授業が終わった後、エミリーは「ホセ、どうしたの？大丈夫？」と尋ねた。すると、ホセは「大丈夫だよ。実は、大好きな大叔母のティアアナが目の手術を受けるために入院しているから少し心配なんだ。」と答えた。

「手術!? 彼女の目に何かあったの？」とエミリーは驚いた表情で言った。

「何もかもが、ぼやけて見えるようになり始めたらしくて、お医者さんに行ったら、白内障になっていたことが分かったんだよ。」とホセは、エミリーに説明した。

エミリーは「白内障って何なの？」と尋ねた。

ホセは「白内障っていうのは、眼内の水晶体が曇って、視界が見づらくなることだよ。」と説明した。

「今日、曇った右目の水晶体を取り出して、人工の水晶体を入れる予定なんだ。この手術が終わって回復したら、左目にも別の手術をする必要があるらしくて、手術がすべて上手くいったら、視力は良くなると思うけど、僕はまだ手術のことが心配なんだ。」

エミリーは、もっと詳しく知りたいと思い「白内障の原因は何なの？」と尋ねた。

「ええっと…僕にもわからないんだ。数年前に、ティアが視覚に曇ったところがあるって言っていたのは知っているんだけど。でも、あの時は今まで通り見ることができていたから…。その後、曇ったところがどんどん大きくなっていった。すぐに視界全部が、灰色で霞(かすみ)がかかるようになっていったらしいんだ。そのとき、ティアは夜運転するときも見づらくなって、複視になってしまったんだよ。そして、お医者さんはティアに“何も治療しないままだと失明の原因になってしまう!!” って伝えたんだ。」とホセは言った。

「彼女は、何か薬を服用することはしていなかったの？」とホセに問いかけた。

「していなかったんだ。白内障の治療法は手術だけなんだよ。お医者さんは“手術後に、一旦は完全に見えなくなるけど、その方がずっと良いだろう。” ってティアに伝えたんだ。」とホセは言った。

エミリーの白内障の原因に関する質問にホセは悩んだ。彼は白内障の症状を知っていたにも関わらず、何が白内障を引き起こしたのか知らなかった。

昼食のときに、彼は図書館に行って少しでも白内障について調べてみようと思った。

最初に、彼は白内障がすべての人種・民族の視力に害を与えることを知った。毎年、白内障を治療するのに何十億ドルのコストがかかることや、数百万人の人々に影響を与えたりすることも知った。そして、人間以外の動物も白内障になることを知って彼は驚いた。彼は百科事典の中で、探していたことを発見した。『白内障とは、死んだ細胞が目のレンズ内に集まるときに生じるものである。死んだ細胞は目に入る光を散乱する。死んだ細胞がたくさん集まると視界がぼやけ始め、最終的に失明する可能性がある。科学者は白内障になる可能性が増加するような要因をいくつか発見している。遺伝的、特定の薬剤、喫煙、飲酒、そして、あまりにも長い間、紫外線に照射される場合がリスクの要因として含まれている。紫外線は自然光の見えない部分であり、可視光よりも大きなエネルギーをもっている。白内障は通常、後年になるまでは発生しないが 10 歳未満の子どものにはリスクがある。なぜなら、この年頃の目はダメージを受けやすいからである。サングラスは、紫外線をある程度防ぐことができる。』

次の日、ホセは昼食を食べているときにエミリーを見て「やあ、エミリー!!」と呼びかけた。

エミリーはホセに気がついた。

ホセは「今朝、ティアの様子を見てきたんだ。手術は上手くいったよ!!」と言った。

「それは良かったわ!! 彼女はどんな感じ？」とエミリーは言った。

「調子良さそうだよ。でも疲れている感じだったな。まだ少し目が痛むらしいからね。」とホセは言った。

「それは徐々に治まっていくの？」とエミリーは尋ねた。

「うん、たぶんね。」とホセは答えた。

「お医者さんが“ティアの目は、常に明るい光に対して敏感になるかもしれない。”と言っていたから、父さんがサングラスを買っていたよ。それから…、ちょっと聞いてくれる？父さんが僕にもサングラスを買ってくれたんだ!!」とホセは言った。

## <分析>

### 1. 次の1～5について、自分の考えを黒字で書き入れよう。

1. 光、白内障、目などに関するこの読み物から、あなたが最も関心をもったのはどのような情報ですか。

<回答例>

- ・サングラス
- ・紫外線
- ・外科手術
- ・白内障
- ・レンズ

2. どのような症状が白内障になる前兆だと思いますか。

<回答例>

- ・視界がぼやけたり、かすむ。

3. なぜ、ホセの父さんはホセにもサングラスを買ったのだと思いますか。

<回答例>

- ・ホセはまだ若いため、目にダメージを受けやすいから。
- ・ 巻末資料“人間の目”を用いて、網膜に光の焦点を合わせるレンズの機能と眼内のレンズの位置を確認する。

4. 若いときに、白内障について心配する必要があると思いますか。理由も答えてください。

<回答例>

- ・ 必要がある。理由は、若いころの目がダメージを受けやすいから。

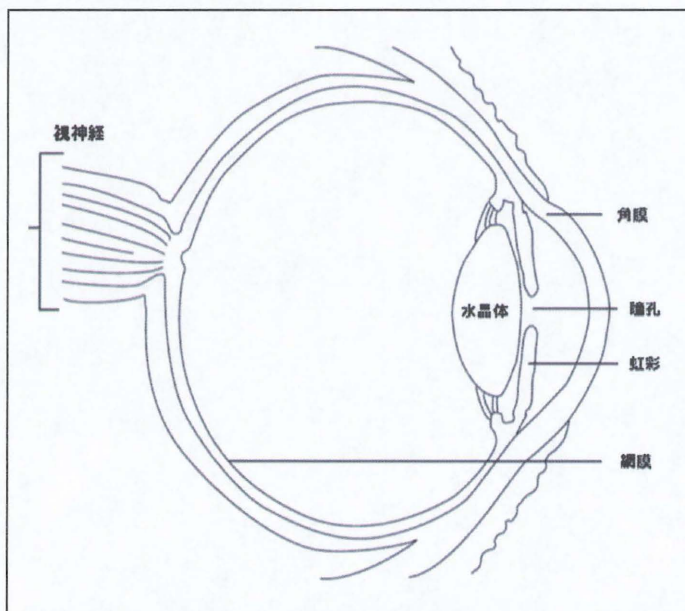
5. なぜ、太陽光の一部である紫外線が白内障の原因になるのだと思いますか。

<回答例>

- ・ 紫外線が大きなエネルギーをもっているため。

II. 上の1～5について、グループで話し合おう。その後、クラス全体で話し合おう。話し合いを通して、書き入れた自分の考えを変えたり、追加したくなったら、赤字で書き入れよう。

### 資料 1.1 人間の目のつくり



## アクティビティ 2: 可視光の探究

### 本時の課題「様々な色の光は、同じ大きさのエネルギーをもっているのだろうか」

これから君たちは、太陽光(白色光)の性質を調べていきます。この調査を通して、ダメージを受けたティアアナの目に関する理解をより深めることができるでしょう。

白色光は、プリズムを用いて、虹(「可視スペクトル」といいます)に分けることができます。

#### <材料> 生徒 4 人 1 組の各グループ用

・ 燐光ボックス	1
・ 星の形に切り取ったカード	1
・ カラーフィルムカード	1
・ 色鉛筆 (スケッチするため)	1

#### <手順>

##### パート 1: 白色光の色

1. 白色光は、プリズムにより可視スペクトルに分けることができます。これは、光のどのような性質のためですか。

<予想される回答>

色ごとに、屈折する角度が違う

2. プロジェクター(あるいは、実物)の可視スペクトルをみて、色の順番を記述してください。

<予想される回答>

「赤、橙、黄、緑、青、紫」(米国, 6 色), 「赤、橙、黄、緑、青、藍、紫」(日本, 7 色)

3. 可視スペクトルの色は、隣の色と混じり合っていますか、それとも、それらの間に明確な境界がありますか。

<予想される回答>

・ 隣の色と混じり合っている。      ・ 境目はない。

4. a), b)のように見えるのは、どの色の光ですか。

a) 最も明るい光    黄色, 赤色

b) 最も暗い光    赤色, 青色, 紫色

・ 太陽は黄色の光をより多く放出し、赤色あるいは紫色の光は少ししか放出しないというのは間違いであることを説明する(実際には、他の色よりも緑色の光をより多く放出している。人間の目は他の色よりも黄色を感じやすい)。

## パート 2 : 色とエネルギーの関係

それぞれの色の光は、同じ大きさのエネルギーをもっているのだろうか。

### 【考えてみよう】

○太陽光は白色光です。白色光は、白色の光だけでできているのでしょうか。

＜予想される回答＞

可視スペクトルがあわさって、白色にみえている。

○白色光と可視スペクトルには、どのような関係がありますか。

＜予想される回答＞

- ・可視スペクトルをあわせると白色光になる。
- ・白色光を分光すると、可視スペクトルが得られる。

○可視スペクトルのそれぞれの色の光は、同じ大きさのエネルギーをもっているのでしょうか。色ごとにエネルギーは違うのでしょうか。違うとしたら、何色の光が最も大きなエネルギーをもっているのでしょうか。これらのことを調べる方法を考え、記してください。

＜予想される回答＞

- ・可視スペクトルに分けて、それぞれの色の光を温度計にあてる。
- ・電灯にセロファンをまき、色のついた光をつくる。それぞれの色の光を温度計にあてる。

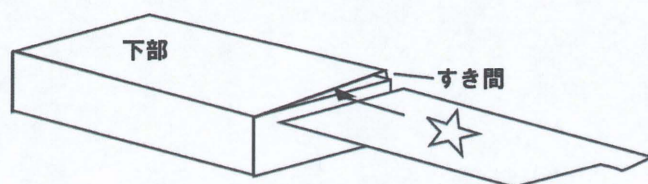
5. 燐光ボックスの上部を開き、底の部分を観察してください。観察したことをスケッチまたは記述してください。

### 燐光とは

【簡単な説明】 ある物質に光を与えると、その光の補給を停止しても、しばらく残光がみられる現象、または、その光のこと。

【もう少し詳しい説明】 物質が外部から光や熱などのエネルギーを吸収して励起され、基底状態に戻るときに、熱を伴わずに発光する現象、または、その光をルミネセンスという。ルミネセンスは、光の減衰時間が短い蛍光と長い燐光に分けられる。

6. スリットのある面が、地面(あるいはテーブル)側にくるように燐光ボックスをひっくり返してください。下図のように燐光ボックスの下部の挿入口から星の形に切り取ったカードを滑らせるように入れ、30 秒間放置してください。



7. スリットのある面が上になるように燐光ボックスをひっくり返し上部を開け、光を 20 秒間、燐光ボックスの底にあててください。

8. 燐光ボックスの上部を閉じ、星の形に切り取ったカードを取り除いてください。スリットから帯を観察および記録しましょう。グループのメンバー全員が観察するようにしてください。

#### 結果を発表する

9. 手順 6 のように、燐光ボックスをひっくり返してください。カラーフィルムカードを燐光ボックスの上に置いてください。

10. カラーフィルムカードを観察し、観察したことをスケッチまたは記述してください。最も明るい色から最も暗い色に順位付けしてください。

#### 結果を発表する

11. 星の形に切り取ったカードの代わりにカラーフィルムカードを用いて、手順 6~8 を行った場合、結果はどうなると思いますか。予想をスケッチまたは記述してください。

#### 予想を発表する

12. 星の形に切り取ったカードの代わりにカラーフィルムカードを用いて、手順 6~8 を行ってください。

13. 燐光ボックスの帯を輝かせるにはどの色がよいのか，明るさの順位付けをしてください。

結果を発表する

白(フィルムなし)→紫→青

14. 燐光ボックスの底に光を 40 秒間あてたとして，手順 12~13 と同様の手順を行った場合，結果はどのようなと思いますか。予想をスケッチまたは記述してください。

予想を発表する

15. 燐光ボックスの底に光をあてる時間を 40 秒にして，手順 12~13 と同様の手順を行い，結果を記述してください。

結果を発表する

白(フィルムなし)→紫→青

## <分析>

### 1. 次の1~7について，自分の考えを黒字で書き入れよう。

1. 虹の科学用語は何ですか。

<予想される回答>

・可視スペクトル

2. 光は，透過したり，反射したり，吸収されたりします。

①赤色の折り紙は，どうして赤色にみえるのでしょうか。

<予想される回答>

・赤色の光だけを反射するから(他の色は吸収するから)

②赤色のセロファン(カラーフィルム)は，赤色にみえるし，透かしてみても赤色です。どうしてでしょう。

<予想される回答>

・赤色以外の光を吸収するから

3. 燐光ボックスで使用するカードが星の形に切り取ってあるのは、何のためだと思えますか。

＜予想される回答＞

- ・各色と白色光の効果を比較するため。
- ・星が輝いているように見せるため。

4. 燐光ボックスの帯を輝かせている正体は、何だと思えますか。

＜予想される回答＞

- ・光やエネルギー

5. 予想(手順 11 と 14)と結果を比較してください。結果が予想と異なっていた場合、どのような点で異なっていたのかを説明してください。

- ・照射時間が 30 秒(手順 11)と 40 秒(手順 14)の予想・結果の比較

＜予想される回答＞

- ・結果は同じ。
- ・時間が長くなると、いろいろな色の光で燐光がみえると考えていたが、時間を長くしても、燐光がみえる光の色は、白色光、青色、紫色だけだった。

6. なぜ、特定の色の光だけが燐光ボックスの帯を輝かせたのだと思えますか？

＜予想される回答＞

- ・異なる色の光が異なる大きさのエネルギーをもち、青色と紫色だけが帯を輝かせるのに十分な大きさのエネルギーをもっているから。

7. なぜ、白色光は帯を明るく輝かせることができたのだと思えますか？

＜予想される回答＞

- ・白色光は、青色と紫色を含むため帯を輝かせるのに十分な大きさのエネルギーをもっているから。

**II. 上の 1～7 について、グループで話し合おう。その後、クラス全体で話し合おう。話し合いを通して、書き入れた自分の考えを変えたり、追加したくなったら、赤字で書き入れよう。**

【考えてみよう】

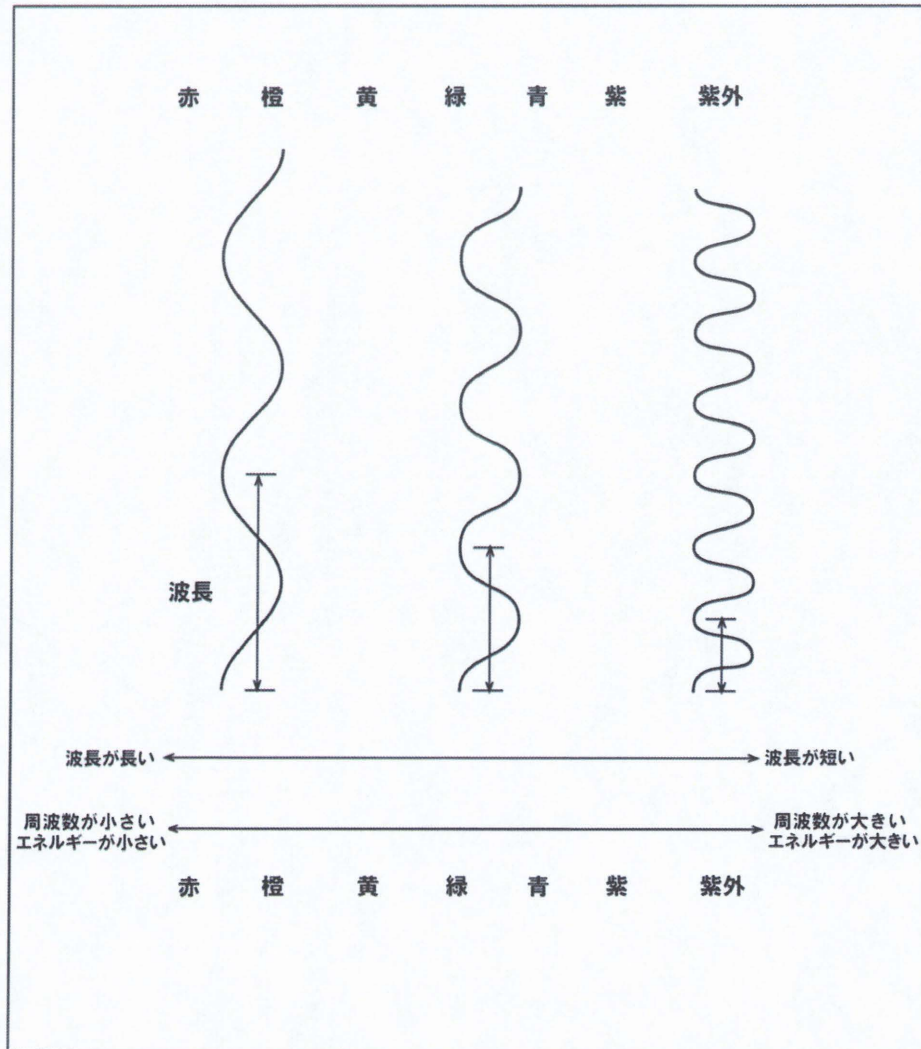
○このアクティビティは、ティアアナの目のダメージと、どのような関係があると思えますか。

＜予想される回答＞

- ・可視光と不可視光の両方が目に照射される。
- ・エネルギーの大きい光(紫色の光)が影響したと考えられる。

波長, 周波数, エネルギーの関係を理解しよう.

### 資料 2.1 波長, 光, エネルギー



波長とは・・・

波のひとつの単位の長さ. となり合う波の山と山(谷と谷)の間の距離

周波数とは・・・

1 秒間にできる波の数.

1. 周波数とエネルギーには、どのような関係がありますか。

<予想される回答>

- ・周波数が大きいと、エネルギーも大きくなる。

2. 周波数が最も大きい光は、何色ですか。

<予想される回答>

- ・紫色の光の周波数が最も大きい。  
→ 紫色の光が最も大きなエネルギーをもっている。

3. 周波数と波長には、どのような関係がありますか。

<予想される回答>

- ・周波数が大きくなるにつれて、波長が短くなる。

4. 紫外線と可視スペクトルの周波数を比べると、どのようなことがいえますか。

<予想される回答>

- ・紫外線は可視スペクトルよりも周波数が高い。

5. 紫外線と可視スペクトルの波長を比べると、どのようなことがいえますか。

<予想される回答>

- ・紫外線は可視スペクトルよりも波長が短い。

6. 紫外線と可視スペクトルのエネルギーを比べると、どのようなことがいえますか。

<予想される回答>

- ・紫外線は可視スペクトルよりもエネルギーが高い。

### アクティビティ 3: 透過, 吸収, 反射

本時の課題「多くの光があることと, 多くの熱があることは, 同じ意味なのだろうか」

調査2で, 君たちは可視スペクトルのそれぞれの色の光が, 異なる大きさのエネルギーをもっていることを発見するために, カラーフィルムカードを用いました. そして, ある一色の光だけを透過させるフィルムは, 他の色の光をブロックしているということを学びました. ブロックされた色の光は, フィルムによって反射あるいは吸収されます.

#### 【考えてみよう】

光の透過, 吸収, 反射の例をそれぞれあげてみよう.

○透過・・・

光がガラスのような透明物質にあたるとき, ガラスを通して物を見ると, 透けて見える.

○吸収・・・

光をあてたガラスが, 暖かくなる.

○反射・・・

ある角度からガラスを見ると自分の姿を映し見ることができる.

透明なガラス, 黒色の布, 鏡などを用いて, これらの現象を演示する. (任意)

このアクティビティでは, 君たちは, 太陽の光や熱を最もブロックするのは, どのようなフィルムなのかを判断するために, 異なる性質をもつフィルムを使用します. 多くの光をブロックするフィルムは, 目を保護するためのサングラスとして利用することができます. 多くの熱をブロックするフィルムは, 車や家を保冷するための窓に利用することができます.

### <材料> 生徒 4 人 1 組の各グループ用

・ 温度計	4
・ トレイ	1
・ フィルムカード	1
・ ストップウォッチあるいは秒針の付いた時計	1
・ トレイの支えになるもの（本など）	1

### <手順>

1. フィルム A～D を注意深く観察してください。フィルムの性質の違いを説明するときのために、各フィルムの特徴を詳しく書いておいてください。

2. 文章の上にフィルムを置き、フィルムを通して文を読んでください。最も光を透過する(ものが見やすい)フィルムを 4, 最も光をブロックする(ものが見えにくい)フィルムを 1 として、各フィルムを順位づけし、表 1 に記録してください。

表 1 実験結果

フィルム	光透過性の順位	温度 (°C)			温度変化の順位
		最初	最終	変化	
A					
B					
C					
D					

### <光透過率の比較>

フィルム	光透過性の順位	温度 (°C)			温度変化の順位
		最初	最終	変化	
A	4	27.5	51.0	23.5	4
B	3	27.5	48.5	21.0	3
C	2	27.0	45.0	18.0	2
D	1	27.0	42.5	15.5	1

3. 日陰にトレイを置いてください。そして、それぞれの枠の底に温度計を表向きに置いてください。

4. 1 分間放置した後、それぞれの温度計の温度を測定し、表 1 に記録してください。

5. トレイに、フィルムカードを被せてください。このとき、各フィルムがトレイの各枠をしっかりと覆うようにしてください。

6. 太陽光が、すべてのフィルムにあたるように、トレイを置いてください。このとき、温度計が陰に入らないように、本などを用いてトレイを支えてください。5 分間、トレイを放置してください。

7. 5 分後、最終の温度を測定し、温度の変化量を計算してください。そして、その結果を表 1 に記録してください。

8. 各フィルムを 1 (温度変化が最も小さい) から 4 (温度変化が最も大きい) に順位づけし、表 1 に記録してください。

## <分析>

### 1. 次の1～6について、自分の考えを黒字で書き入れよう。

1. 最も光を透過したのは、どのフィルムでしたか。なぜ、このような結果になったと思いますか。

#### <回答例>

・フィルム A が最も光を透過する。透明なフィルムであるため、ほとんどの光を吸収、反射をしないことからフィルム A が最も光を透過する。

2. 手順 1 で観察したフィルムの性質と、手順 2 で調べたフィルムの光透過性の順位を見比べてください。光をブロックするために重要なのは、どのような性質だと思いますか。理由も説明してください。

#### <回答例>

・黒に近い色をもつことや、反射率が高いということが重要な性質である。

3. 最もエネルギーを透過するフィルムはどれなのか。これを判断するのに、より役に立つ方法は「光透過性のテスト(手順 2)」、「温度変化の測定(手順 8)」のどちらだと思いますか。理由を説明してください。

・手順 2 で得られるデータは定性的データ、手順 8 で得られるデータは定量的データである。

#### PT 参照

・定性的データと定量的データの定義、利点・何点は、以下の通りである。

【定性的データ】：対象の質的な側面に注目したデータ。 例)フィルムの性質  
柔軟な表現ができるため、理解しやすい。しかし、主観的であるため、実験者の感受性の違いによってデータに違いが生じる。

【定量的データ】：対象の量的な側面に注目したデータ。 例)温度変化  
客観的なデータである。しかし、実験計画が不十分であったり、欠陥のある測定器具や実験者のミスによって不正確なデータになることがある。

4. 光透過性の順位と温度変化の順位を比較してください。順位は同じでしたか。それとも、異なりましたか。なぜ、そうなったのか、理由を説明してください。

<回答例>

①同じ：光を通すことで、より熱くなるから。

②異なる：光は可視光であるが、熱は可視光とは違う何らかが影響しているから。

5. この調査で得られた結果の中で、太陽光は不可視光を含む、という考えを裏づける証拠はありますか。あるとしたら、どの結果でしょうか。

<回答例>

・光透過性に対して、それほど温度変化に大きな差がないこと。

・黒い C と D でも温度が上がる。 ・ C と D でも温度変化に差がある。

6. 科学者はフィルムを家や車の中で利用するために、より良いものを作ろうと絶えず挑戦しています。これらのフィルムのいくつかは、日がよく照るような暑い地域で利用されるでしょう。また、他のフィルムは、寒い地域で利用されるでしょう。君たちが科学者になったとして、地域ごとの窓ガラスに貼るフィルムをデザインしてみましょう。地域ごとに求められる、フィルムの光や熱に対する特徴を記述してください。

<回答例>

・暑い地域を選んだ場合：熱はブロックするが、光を通すことのできるフィルム。

・寒い地域を選んだ場合：熱も光も通すことのできるフィルム。

**II. 上の 1~6 について、グループで話し合おう。その後、クラス全体で話し合おう。話し合いを通して、書き入れた自分の考えを変えたり、追加したくなったら、赤字で書き入れよう。**

## ルーブリック評価

次の 7 は、ルーブリックによる評価を行います。

- ・ルーブリック：具体的な評価基準。授業の際、学習者に対して、あらかじめ明確に提示しておく。
- ・フィードバック：形成的評価。学習者が自己評価し、それに対して、教員がコメントする。

7. 最も熱を伝えるのはどのフィルムですか。どのような証拠がありますか。

<回答例>

・無色透明なため、反射率が最も低いいためフィルム A の温度変化が最も大きい。  
(各レベルに関する回答例は PT に記載。)

### PT 参照

次の手順で指導する

- ① 記述後、用紙に記載されたルーブリック表を用いて、各自に、レベルの自己評価をさせる(黒色鉛筆使用)。
- ② PT を用いて、レベルの違いを説明する。
- ③ 赤色ペンに持ちかえ、各自の記述について、「定量」「質の吟味」等、レベルごとに記さなければいけない内容にアンダーラインを入れ、再度、各自にレベルの自己評価をさせる。事後の感想も書かせる(赤ペン使用)。

### <分析>

#### I. 次の 8~9 について, 自分の考えを黒字で書き入れよう.

8. 各フィルムの価格は, 以下の表に示してあります. 車の窓につけるなら, どのフィルムを選びますか. 選んだ理由を説明してください.

フィルム	A	B	C	D
価格(\$/m <sup>2</sup> )	20	60	50	40

#### <回答例>

・値段が 2 番目に安く, 保冷能力や物の見通し具合を総合的に考えるとフィルム D が最も良い.

9. 他の生徒は, あなたが質問 8 で選んだフィルムとは異なるフィルムを選択する可能性があります. それはなぜなのか, 説明してください.

#### <回答例>

・すべての人々が価格の高いフィルムを買うわけではない, あるいは買うことができない.

・気象条件は場所によって異なり, 選択した物質がすべての気候において適切ではないかもしれない.

II. 上の 8~9 について, グループで話し合おう. その後, クラス全体で話し合おう. 話し合いを通して, 書き入れた自分の考えを変えたくなったり, 追加したくなったら, 赤字で書き入れよう.

## 発展調査 3: サングラスの比較

### 本時の課題「すべてのサングラスが私たちの目を保護できるのだろうか」

太陽光は、様々な周波数の光から構成されています。いくつかの光は、私たちにとって有害です。窓に利用されているような、薄い色のフィルムがついたサングラスは、一部の周波数の光だけを透過します。そして、他の光は、吸収あるいは反射します。

サングラスを選ぶとき、好みや金銭面で選ぶのは簡単ですが、それぞれの周波数の光をどのくらいブロックできるのか、あるいは、どのくらい透過するのかは、どのように知ることができるのでしょうか。

#### ～シナリオ～

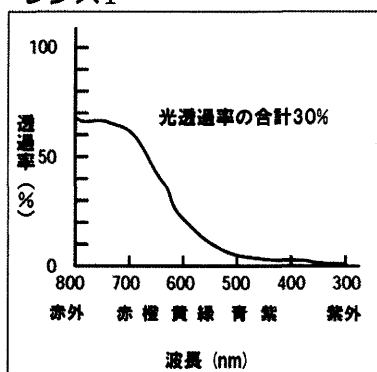
ホセが父さんからもらったプレゼントは、利点も難点もあるサングラスでした。それからホセは、他の人々が着用している、あらゆる種類のサングラスが気になり始めました。彼は、過去にサングラスだけが売られているお店に訪れたことがありました。そこには、サングラスが 100 個ほど置いてありました。お店の中で、何個かのサングラスの説明書に透過率グラフが書かれていることに、彼は気がつきました。

メガネ屋さんが「そのグラフから、サングラスがそれぞれの周波数の光をどれだけ透過するのかだけでなく、合計どれだけの量の光を透過するのか、ということも知ることができるんだよ。」と言いました。

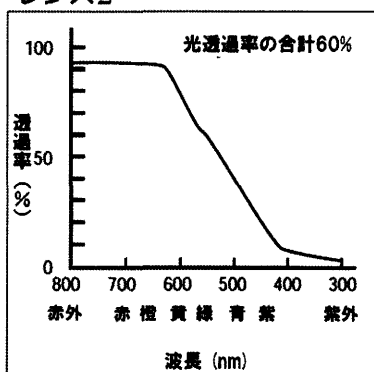
ホセは、好みのサングラスを 3 つ見つけました。しかし、それらは異なる形の透過率グラフを示していました。ホセが選択した 3 つサングラスのグラフは以下に示してあります。

#### 透過率グラフ

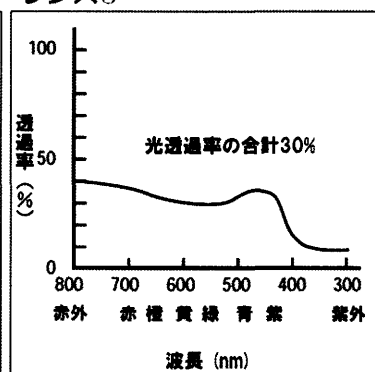
レンズ1



レンズ2



レンズ3



## <分析>

### I. 次の1～5について、自分の考えを黒字で書き入れよう。

1. どのレンズが最も光を透過しますか。理由を説明してください。

#### <回答例>

・グラフからレンズ2は合計の透過率が他のレンズと比べて最も高い60%を示している。このことからレンズ2が最も光を通す。

2. 最も紫外線から目を保護することができるのは、どのレンズですか。理由を説明してください。

#### <回答例>

・グラフからUV波長に対する透過率が0(もしくは限りなく0に近い)に低下していることから、レンズ1は最も保護能力があるといえる。

・どのレンズもUVに対する透過率が10%より低いことに注目させ、すべてのレンズがサングラスをかけていないときよりも目を保護することができることを説明する。

3. レンズ1は、レンズ2よりも明るいですか、暗いですか。理由を説明してください。

#### <回答例>

・レンズ2が60%を示しているのに対して、レンズ1はたった30%の光しか透過しないのでレンズ1の方が暗い。

4. レンズ1は、レンズ3よりも明るいですか、暗いですか。理由を説明してください。

#### <回答例>

・レンズ1と3は両方とも光透過率が30%なので同じような明るさである。

5. サングラスの各レンズに対する価格は、以下に示してあります。あなたが買うなら、どのレンズを選びますか。理由を説明してください。

① レンズ1:\$10    ② レンズ2:\$30    ③ レンズ1:\$20
---

#### <回答例>

・最も安価で、最も紫外線をブロックするため、レンズ1を買う。

II. 上の1～5について、グループで話し合おう。その後、クラス全体で話し合おう。話し合いを通して、書き入れた自分の考えを変えたり、追加したくなったり、赤字で書き入れよう。

## アクティビティ 4: 赤外線エネルギーの特性

本時の課題「太陽光を形成している光のうち、目に見えない光はどれくらいあるのだろうか？」

君たちは、すべての色の可視光を収束させたものが、白色光であるということを知っています。そして、人の目では、紫外線を見ることができないということも知っています。

調査 3 で、君たちは、フィルムやレンズを透過する際の性質は、可視光、赤外線、紫外線でそれぞれ異なることを発見しました。太陽から放たれる“見えない”光には、どのような種類があるのでしょうか。

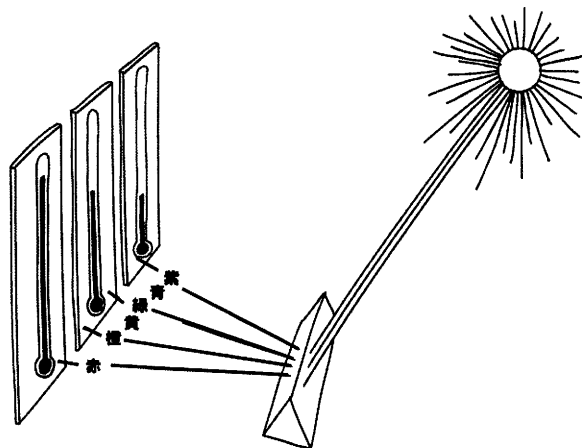
### <手順>

1. 以下の文章を読んでください。そのときに、各段落で主な考えとなる箇所には下線を引き、なじみのない言葉には $\textcircled{\text{丸}}$ をつけてください。

### 『ハーシェルの有名な実験』

1800 年代、天文学者であるフレデリック・ウィリアム・ハーシェルは、素晴らしい発見をしました。

いろいろな色の着色レンズを通して、太陽を観察しているとき、いくつかの色の光が、他の色の光よりも暖かく感じることに彼は気がつきました。この観察は、異なる色の光に関する温度測定の実験を行っていた彼にとって、とても興味深いものでした。アクティビティ 2 で、君たちが観察した方法と同様に、ハーシェルも太陽光を可視スペクトルの各色に分割するため、プリズムを使用しました。そして、下図に示されているように、可視スペクトルの中心と左端、右端に 1 個ずつ温度計を置きました。



ハーシェルは、スペクトルの赤色側の温度が、青色側の温度よりも高くなっていたことに気がつきました。彼は紫色の光が赤色の光よりも大きなエネルギーを持っているということを知っていたので、その結果に驚かされました。

さらに、彼は対照実験として、スペクトルの赤色よりも外側に温度計を置いて、実験を行いました。そして、その結果、スペクトルの赤色よりも外側に置いた温度計が、すべての温度計の中で、最も温度上昇していることを発見しました。

この結果から、彼は太陽光が、目には見えない“熱光線”を含んでいると結論づけました。

ハーシェルは“熱光線”に関して、他の実験を行いました。その結果から、“熱光線”は可視光と同様の性質(透過・吸収・反射)をもっていることが明らかになりました。

この“熱光線”は、可視スペクトルの赤色の光より周波数が小さいため、**赤外線(infra-red)**と正式に名づけられました。

この名前の接頭語についた“infra”は“below”の意味をもつため、つけられました。余談ですが、私たちの目では、赤外線を見ることができませんが、多くの蛇には見ることができます。

#### ・エネルギー、赤外線、熱

赤外線が物質を加熱する原理は、少し複雑です。赤外線は、物質を構成している分子が吸収するのに、ちょうど良い周波数をもっています。その吸収によって、分子のエネルギーが増加します。エネルギーの増加によって、分子の動きが速くなり、その結果、物質は熱くなります。そのような原理によって、赤外線が私たちの皮膚にあたると、神経は熱を感じます。私たちの神経は、紫外線によるエネルギーを感じにくいですが、紫外線エネルギーは皮膚や目にダメージを与えるので危険です。

#### ・赤外線の利用

今までに、テレビのリモコンが、どのようにはたらいているのか、疑問に思ったことはありませんか。それは、赤外線のビームを送っているのです。そのビームが、テレビのセンサーにあたることで、チャンネルや音量を変えることができます。私たちは、その他にも多くの場面で赤外線を利用しています。軍隊は科学技術によって、赤外線を活用し、暗視ゴーグルを開発しました。暗視技術は、赤外線を可視光に変化させることによって見るようにする技術です。体は、わずかに赤外線を放出しているため、この技術により、暗闇でも人間やその他の暖かい血をもつ動物を見ることができます。

暗視技術は、何種類かのビデオカメラでも利用されています。赤外線は、惑星と星の間の距離を測るためや、それらの温度を計測するために天文学者にも利用されています。

#### ・その他の不可視光

太陽から放たれる可視光や不可視光は、電磁エネルギーの一種です。章末の資料 4.3(地球の表面に届かない太陽から放出されたエネルギーの量を示している)に示されているように、電磁エネルギーのほとんどが赤外線、可視光、紫外線で形成されています。しかしながら、太陽は電波やマイクロ波、X線、ガンマ線も放っています。これらも同様に電磁スペクトルを構成しています。

地球大気的气体が、太陽から放たれるエネルギーのいくらかを反射および吸収しているため、地球に届かないエネルギーもあります。大気は、紫外線やX線、ガンマ線のような周波数が大きく、エネルギーがとても大きく危険な光線からすべての生物を守るシールドとしてはたっています。紫外線は、周波数の大きい他の電磁波よりもエネルギーは小さいですが、太陽から放たれる量が多いため、生物に多くの危害をもたらします。地球大気に、厚いオゾン層が存在していなかったとしたら、より多くの紫外線が地球表面に届き、より多くの生物に危害をもたらしていたでしょう。

#### 【考えてみよう】

○ハーシェルが、この実験で対照実験を行っていなかったとすると、実験結果はどうなっていたと思いますか。

##### <予想される回答>

- ・赤外線を見つけることができなかった。
- ・赤外の効果を確認することはできなかった。

#### <分析>

##### 1. 次の1～6について、自分の考えを黒字で書き入れよう。

1. ハーシェルが、赤外線エネルギー発見の裏づけとして用いた証拠は何ですか。

##### <回答例>

- ・赤色の光よりも、外側の温度が高いということ。

2. 下の表を例に，赤外線と可視光の類似点と相違点をいくつか挙げましょう。

表. 赤外線と可視光の比較

類似・相違	赤外線	可視光
類似	電磁エネルギー	電磁エネルギー
相違	波長が長い	波長が短い

PT 参照

3. 赤外線は，紫外線よりもエネルギーが小さいにも関わらず，紫外線よりも熱いと感じさせるのは，なぜだと思いますか。

<回答例>

- ・紫外線とは異なり，赤外線は物質を構成している分子が吸収するのに，ちょうど良い周波数をもっており，それによって皮膚中の核に刺激を与えるから。
- ・可視光や紫外線は赤外線よりも大きなエネルギーを持っているが，熱を生むために皮膚とは相互作用しないから。

4. 章末の資料 4.1, 4.3 を用いて a~c を答えてください。

PT 参照(3 枚)

- ・資料 4.1
- ・資料 4.3
- ・電磁スペクトル

a) 太陽から放たれる電磁波の中で，周波数の最も小さいものから，最も大きいものの順に記述してください。そして，人間が見ることのできないものに下線を引いてください。

<回答例>

・周波数の低い順から「電波，マイクロ波，赤外線，可視光，紫外線，X 線，ガンマ線」。また，下線を引くのは可視光以外の電磁波。

b) 最もせまい周波数の範囲である電磁波は，どれですか。

<回答例>

- ・可視光

c) 電球が熱くなる理由を説明してください。

<回答例>

・資料 4.1 の図は，電球が可視光よりも多くの赤外線を放出していることを示しており，この赤外線が電球中の分子を動かし，加熱させている。

5. 紫外線以外の光は，ティニアナがなったような白内障をもたらす原因になると思いますか。なぜそうだと思うのか，あるいは，なぜそうだとは思わないのか，理由を説明してください。

<回答例>

・X線やガンマ線は白内障と原因となる。なぜなら，大きなエネルギーをもつからである。

6. 電磁スペクトル中の不可視光を，1種類だけ可視化できるとしたら，あなたはどの電磁波を選びますか。選んだ理由を説明してください。

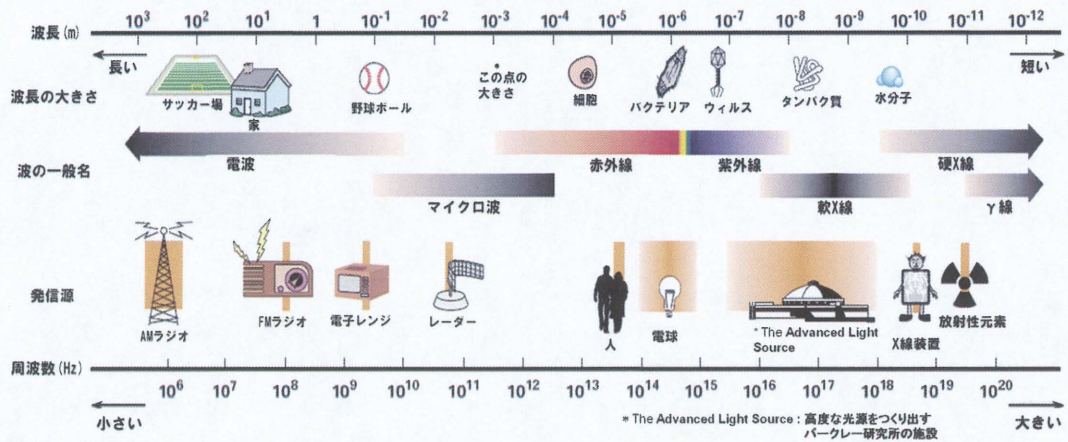
<回答例>

・暗闇の中でも蛇のように見ることでできるので赤外線。

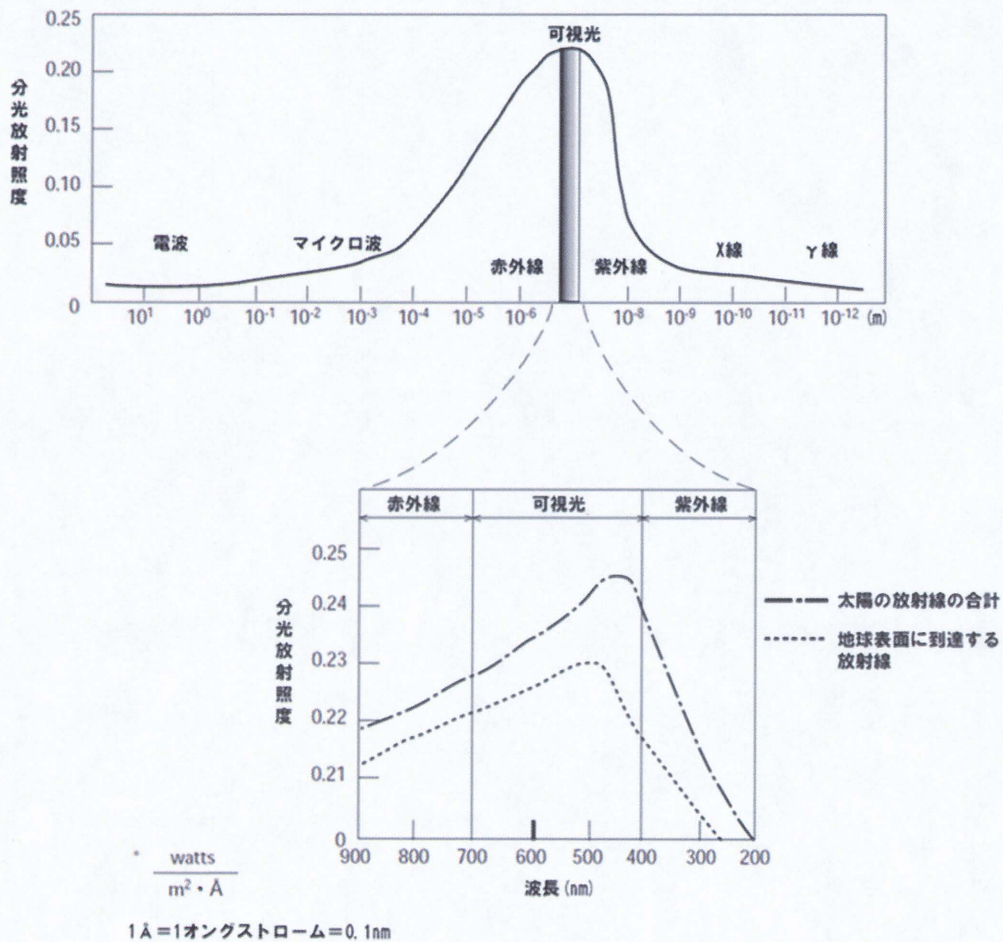
回答は様々で，独創的な意見がでると予想される。

**II. 上の 1～6 について，グループで話し合おう。その後，クラス全体で話し合おう。話し合いを通して，書き入れた自分の考えを変えたり，追加したくなったら，赤字で書き入れよう。**

## 資料 4.1 電磁スペクトル



## 資料 4.2 太陽からの電磁エネルギー



## アクティビティ 5: 紫外線エネルギーの選択的透過

本時の課題「すべての物質が、同じ量の紫外線エネルギーを透過するのだろうか？」

紫外線は、地球表面に届く電磁波の中で、最も大きなエネルギーをもっています。紫外線によって運ばれたエネルギーは、活用することができます。例えば、私たちの体は、骨の成長に必要なビタミン D を作るために、太陽光から放たれる紫外線エネルギーを利用しています。しかし、紫外線は、私たちや他の生物に害も及ぼします。細胞にダメージを与え、結果的に、癌やティニアナが苦しんだ白内障の原因となるからです。生物にとって、紫外線エネルギーの照射が長ければ長いほど、ダメージを受けるリスクは大きくなります。紫外線は、衣類、家具、カーテン、車内に用いられているような素材を、もろくさせたり、色あせの原因となったりします。君たちは、調査 3 で用いたフィルムカードを用いて、各フィルムが、どのくらい紫外線を透過するのか、調査していきます。

### <材料> 生徒 4 人 1 組の各グループ用

- ・ UV カード 1
- ・ フィルムカード 1
- ・ ストップウォッチ 1

<手順> 調査に入る前に、UV カードの取り扱い等を説明。PT 参照

1. 以下の表に、手順 2~6 のデータをすべて記録してください。

フィルム	紫外線透過 の予想順位	UV レベル		調査から得られた 紫外線透過の順位
		あなたの チーム	他のチーム	
フィルムなし	(5)	7-10		5
A	(4)	5-7		4
B	(3)	2-5		3
C	(2)	0-2		1
D	(1)	0-2		1

2. フィルムカードの各フィルムを観察してください。各フィルムがどのくらい紫外線エネルギーを透過するのかを予想して、1(最も紫外線をブロックする)から4(最も紫外線を透過する)で順位づけをしてください。

3. フィルムをせずに、20 秒間、太陽光が直接あたるように、UV カードを置いてください。表の“フィルムなし”，“あなたのチーム”の欄に UV カードのレベルを記録してください。

(注意:次の手順を行う前に数分間、日陰に UV カードを裏返しに置き、帯の状態をリセットさせてください。)

4. 4種類のフィルムのうち、どれか1種類のフィルムをUVカードの帯にかぶせ、手順3と同じ操作を行ってください。結果を表の適当な欄に記録してください。

5. 他の3種類のフィルムについても、手順4と同じ操作を行ってください。

6. 他のチームとデータを共有し、表をすべて埋めてください。

7. 各フィルムが、どの程度紫外線エネルギーを透過したのか、1(最も紫外線をブロックする)から4(最も紫外線を透過する)で順位づけをしてください。

## <分析>

### 1. 次の1～5について、自分の考えを黒字で書き入れよう。

1. 予想した順位と、得られた結果を比較すると、どうになりましたか。

#### <回答例>

予想：D(1)→C(2)→B(3)→A(4)→フィルムなし

結果：D(1), C(1)→B(3)→A(4)→フィルムなし

・フィルムCの紫外線をブロックする能力は、フィルムBやフィルムDよりもわずかに優れているが、カードから得られるデータは、精密なものでないため、各レベルの色を明確に特定することは困難である。

2. 調査3の温度変化に関する順位を振り返ってください。その結果が、紫外線透過の順位と同じである、あるいは、異なる理由を電磁スペクトルの知識を用いて、説明してください。

#### PT 参照

調査3の結果→PTにあり

<回答例>

- ・順位は違った. なぜなら, 紫外線と赤外線は波長や周波数が異なるからである.
- ・順位が同じであった. フィルムが紫外線と赤外線を同量通すから.
- ・生徒が, 各フィルムは紫外線や赤外線の異なる周波数の光が組み合わさった電磁波を透過させることを理解できるよう導く.

3. 下の表を例に, 紫外線と赤外線の類似点と相違点をいくつか挙げてください.

**表. 紫外線と赤外線の比較** PT 参照 (資料 4.1 を参考にしても良い)

類似・相違	紫外線	赤外線
類似	電磁エネルギー	電磁エネルギー

4. 太陽光には, 不可視光が含まれている. この考えを裏づける証拠には, どのようなものがありますか. この調査や他の調査をふまえて, 説明してください.

- ・生徒の回答は, 異なる種類の電磁波の選択的透過や反射, エネルギー, 異なる物質に対する影響といったような証拠を提示するかもしれない.

5. 紫外線が赤外線よりも, 健康リスクが大きい理由を説明してください.

<回答例>

- ・UV の周波数は大きく, 潜在的に有害なエネルギーをもっているため健康リスクが大きくなる.

・現段階で, リスク増加や皮膚癌に関して知っていることや, 人々は自分自身を紫外線から, どのように保護できるのか, という考えを引き出す.

(生徒の実態に応じて, より大きいエネルギー光が核中の DNA を含む細胞にダメージを与えることや, 浸透するのに十分大きなエネルギー量をもっているため, 生物にとって有害であるということ, 癌は DNA の異常によって起こるということを説明する.)

**II. 上の 1~6 について, グループで話し合おう. その後, クラス全体で話し合おう. 話し合いを通して, 書き入れた自分の考えを変えたり, 追加したくなったら, 赤字で書き入れよう.**

## 発展調査 5: 太陽の遮蔽

### 本時の課題 「日焼け止め化粧水は、どのような働きをするのかな？」

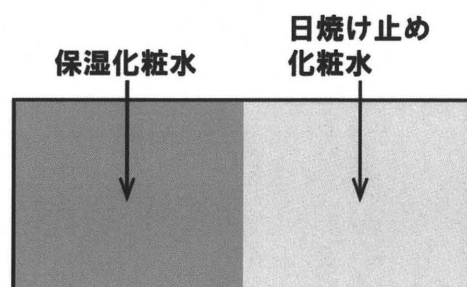
今までに、君たちは、本当に日焼け止め化粧水が、肌に届く紫外線を阻止しているのか、疑問に思ったことはありませんか？ 実際に、調べてみましょう。

#### <材料> 生徒 4 人 1 組の各グループ用

・ UV カード	1
・ プラスチックカード	1
・ 保湿化粧水 (30ml)	1
・ SPF30 の日焼け止め化粧水 (30ml)	1
・ ペーパータオル	

#### <手順>

1. プラスチックカードを、UV カードの半分ぐらいに被せてください。
2. UV カードに、太陽光を 20 秒間あててください。両側にある帯の UV レベルの観測および結果を記録してください。
3. 帯の状態をリセットさせるために、UV カードを、しばらく日陰に放置してください。
4. 下図に示してあるように、プラスチックカードの半分に保湿化粧水をうすい層になるように塗り、もう半分に日焼け止め化粧水をうすい層になるように塗ってください。



(注意：できるだけ 2 つの層が同じ厚さになるようにしてください。)

5. それぞれの化粧水を塗ったプラスチックカードを、UV カードに被せてください。

6. UV カードに、太陽光を 20 秒間あててください。両側の帯の UV レベルの観測および結果を記録してください。

7. ペーパータオルでプラスチックカードに塗った化粧水をふき取ってください。

## <分析>

### 1. 次の1～5について、自分の考えを黒字で書き入れよう。

1. この調査から得られた、保湿化粧水と日焼け止め化粧水の成分は異なることを裏づける証拠を挙げてください。

#### <回答例>

・日焼け止め化粧水は、保湿化粧水よりも UV 透過率が低いというデータから、2 つの化粧水の成分が異なることを示している。

2. 日焼け止め化粧水中の成分は、こういった点で、保湿化粧水よりも優れていると思いますか。説明してください。

#### <回答例>

・日焼け止め化粧水の成分は、保湿化粧水の成分よりも、UV を透過させないという点で優れている。

3. 実生活において、日焼け止め化粧水を使用したときの結果を予想するために、この実験のデータを利用することはできると思いますか。説明してください。

#### <回答例>

・この調査は、あくまでモデルである。そして、日焼け止め化粧水を塗った人の皮膚に届く UV エネルギーが、どのくらいの量なのか、ということを実験で測定できないため、利用できるかわからない。

実際の用途(皮膚を保護するために、日焼け止め化粧水を用いる)と、この調査の違いは、化粧水をプラスチックの表面に塗っているということである。実際は、化粧水は皮膚に塗り込む。生徒は、発汗や水泳などによる状況変化や、日焼け止め化粧水が1時間以上、太陽光に照射された後で、どのような働きをするのかをテストしていない。

4. 手順 1 と 2 を行う目的は、何ですか? 説明してください。

#### <回答例>

・対照実験

## アクティビティ 6: 紫外線照射の増加

本時の課題「反射した光は、紫外線による健康リスクを増加させるのだろうか？」

「リスク」という言葉を聞いたことはありますか。リスクは「危険」という意味です。リスクについて考えてみましょう。

### 【考えてみよう】

1. 次の各活動内容に関する、リスク増加(リスクが増加すること)を書いてください。

活動内容	リスク増加
濡れた道路で運転すること。	濡れた道路で速度を出して運転すること。
安全パッドを着用しないでスケートすること。	安全パッドを着用せず、さらに、ジャンプ等の難しい演技をすること。
車に乗ること。	シートベルトなしで車に乗ること。
接触のあるスポーツをすること。	適切な防具をせずに行うこと。

2. 野球選手(ソフトボール選手)が、怪我のリスクを削減するためにできる、あらゆる方法を挙げてください。

ヘルメットをかぶる。 準備体操をする。

PT 参照 「なぜ、野球選手は目の下に黒いものをつけるのでしょうか」と問う。  
→ほほ(目の下)からの反射をおさえるため。

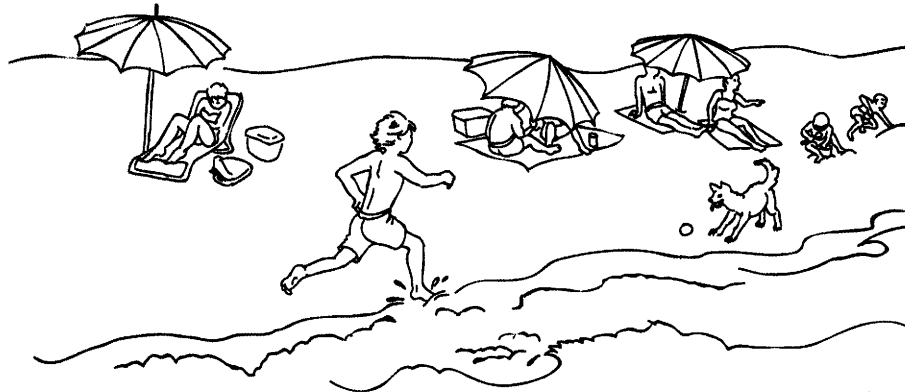
3. 光が反射して、人々に対する UV 照射量が増加するような場所を挙げてください。

海岸、氷や雪の上

ティアアナは手術以前、週末はいつもビーチで過ごしていました。その影響もあって、ホセはビーチに行くことが、何よりも大好きでした。

公園よりもビーチのほうが、日焼けしやすいということに、ホセは気づきました。

この調査で、君たちは裏庭や公園で活動するよりも、雪の上やビーチで活動するときの方が、日焼けしやすい理由を考えていきます。



### ＜材料＞ 生徒 4 人 1 組の各グループ用

・ UV カード	1
・ アルミホイル	1
・ 黒色の布	1
・ 分度器	1

### ＜手順＞

1. 太陽光があたる場所に、黒色の布を広げ、UV カードの検出帯の面が下向きになるようにして、黒色の布の上に置いてください。

2. 図 1 のように、UV カードを傾けてください。(UV カードと黒色の布のなす角が  $45^{\circ}$  になるようにする。) その後、20 秒測定し、UV レベルを記録してください。

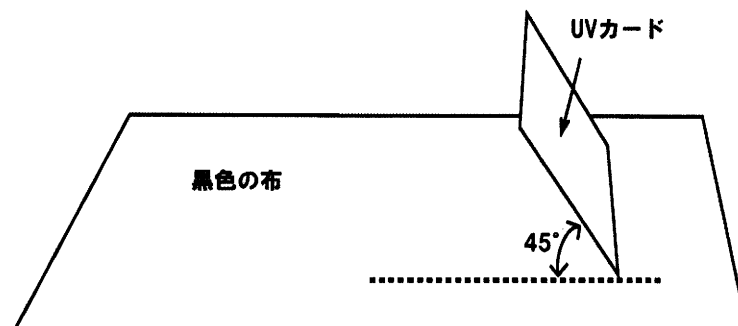


図 1. UV カードの置き方

3. UV カードを日陰に移動させてください。そして、黒色の布の上に、しわを付けたアルミホイルを置いてください。
4. 先ほどと同様の位置に、UV カードを置いてください。（検出帯の面が下向きになるようにする。）
5. 手順 2 と同様の操作を行ってください。
6. 測定した UV レベルを記録してください。

## <分析>

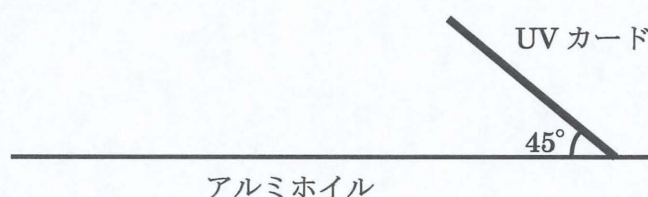
### Ⅰ. 次の1～3について、自分の考えを黒字で書き入れよう。

1. 黒色の布と、しわをつけたアルミホイルを比較して、どちらの方が、より高い UV レベルを示しましたか。なぜ、そのような結果になったのか、説明してください。

#### <回答例>

・クシャクシャにしたアルミホイルは、黒色の布よりも多くの光を反射する。なぜなら、アルミホイルを用いたときの方が、高い照射レベルを示していたから。

2. 空気中から、アルミホイルまでに進む光の進路と、その後の、UV カードまでの進む光の進路を線で描いてください。



3. この調査の中で、黒色の布は土壌で覆われたグラウンドを表しています。では、アルミホイルと UV カードは、何を表していると思いますか。

#### <回答例>

・アルミホイルは砂や雪、水の表面を表しており、UV カードは人間の皮膚や目を表している。

Ⅱ. 上の 1～3 について、グループで話し合おう。その後、クラス全体で話し合おう。話し合いを通して、書き入れた自分の考えを変えたり、追加したくなったり、

**赤字で書き入れよう。**

### **ループリック評価**

次の4は、ループリックによる評価を行います。

- ・ループリック：具体的な評価基準。授業の際、学習者に対して、あらかじめ明確に提示しておく。
- ・フィードバック：形成的評価。学習者が自己評価し、それに対して、教員がコメントする。

4. 太陽光には、可視光と似た性質であるが、全く同一ではない、不可視光が含まれています。この考えを裏づける証拠には、どのようなものがありますか。この調査や他の調査をふまえて、説明してください。

次の手順で指導する

I. ループリック用紙に、各自の回答を記述する。

このあと、PT 参照

II. この質問の回答に用いることができる証拠を振り返る。

III. 自己評価する。

- ④ 記述後、用紙に記載されたループリック表を用いて、各自に、レベルの自己評価をさせる(黒色鉛筆使用)。
- ⑤ PT を用いて、レベルの違いを説明する。
- ⑥ 赤色ペンに持ちかえ、各自の記述について、「定量」「質の吟味」等、レベルごとに記さなければいけない内容にアンダーラインを入れ、再度、各自にレベルの自己評価をさせる。事後の感想も書かせる(赤ペン使用)。

### **<分析>**

**1. 次の5～6について、自分の考えを黒字で書き入れよう。**

5. 公園で遊ぶのに比べて、ビーチや雪の上で遊ぶときに、太陽光による健康リスクが増加するのはなぜですか。説明してください。

**<回答例>**

可視光や紫外線は砂や雪、水に反射して、皮膚や目の中に届くため、ビーチや雪の上でのリスクは高まる。一方で、公園の芝生やグラウンドは、反射する光が少ないためリスクが低くなる。

6. 太陽光の反射によって、紫外線エネルギーを多く浴びるような活動は、どのようなものがありますか。例を挙げて、理由も説明してください。

**<回答例>**

- ・スノーボード。理由は、雪の上だから。

・海水浴。理由は、海や砂がある場所だから。

II. 上の 5～6 について、グループで話し合おう。その後、クラス全体で話し合おう。話し合いを通して、書き入れた自分の考えを変えなくなったり、追加しなくなったら、赤字で書き入れよう。

### 【追加資料】—リスクの分類—

PT 参照

リスクは、次の 2 つに分類できます。

○自発的リスク：リスクにあうか、あわないかを各自で選択できるリスク

○非自発的リスク：リスクにあうか、あわないかを各自で選択できないリスク

### 【考えてみよう】

1. 以下の 2 つの活動に対するリスクは、自発的リスクですか？ それとも、非自発的リスクですか。

PT 参照

・バイクに乗っていて転倒するリスク → 自発的リスク

・うしろから車に追突されるリスク → 非自発的リスク

2. 反射した UV に照射されることは、自発的リスクですか。それとも、非自発的リスクですか。理由も説明してください。

PT 参照

・理論的には、自発的リスクに分類できる(その人は他の仕事や行為を選ぶことができるから)。しかし、多くの場合、どちらかを選択することはできない。

・地理的位置や遺伝子構造も重要な要因となってくる

例) 赤道付近で暮らす人々は、より UV によるダメージを受けやすい。

肌の色が白い人は、黒い人よりも UV のダメージを受けやすい。

3. 質問 6 で考えた活動に関する、リスクの分類、プラスあるいはマイナスの影響、そして、リスク削減(リスクを回避する手助けとなる行動、あるいは、その効果のこと)を考えてください。

活動	自発的/ 非自発的	プラスの影響	マイナスの影響	リスク削減
スノーボード	自発的	健康に良い、楽しい	紫外線エネルギーが反射して、目や皮膚にあたり、ダメージをうける	屋食を室内で食べる、日焼け止めを塗る、帽子をかぶる、やらない

## アクティビティ 7: 各自の UV 予防計画

**本時の課題「リスクの要因や生活習慣に応じて、各自の UV 予防計画を作成しよう。」**

反射光による UV 照射が、リスク増加の要因であることを、ホセは、ティアアナに伝えました。ティアは、ホセの太陽光に関する知識の多さに感心しました。それは、まるで専門家のようなでした。ホセは、人の健康と太陽光の影響に関する知識も専門家のようなでした。

この調査で君たちは、リスクの要因の分析と評価をし、各自で UV 予防計画を作成していきます。



### 【考えてみよう】

1. UV 照射による健康面でのリスク増加の要因のうち、行動に関するものを、思いつくだけ挙げてください。

#### PT 参照

・活動の種類：屋外での活動は、屋内での活動よりも、高いリスクをもたらす(屋内活動が、太陽光にあたり、日焼けするような場所を含んでいない場合)。水や雪、砂のような物質を反射する光の量が、多いところでの活動に参加することは、より高いリスクをもたらす。

・日時：最も日差しの強いピークタイムは、午前 10 時から午後 3 時。

・活動時間：活動を長時間続けるほど、リスクは高くなる。

・活動頻度：活動に参加する回数が増えるほど、リスクは高くなる。

2. UV 照射による健康面でのリスク増加の要因のうち、自分のことに関するものを、思いつくだけ挙げてください。

#### PT 参照

・子どもの頃の UV 照射量：子どもの頃の皮膚や目は、最も紫外線に敏感である。科学者は太陽から受けるダメージの 80%が、20 歳前に起こると推定している。

・肌の色：生まれつき肌が黒い人は、肌が白い人よりも皮膚癌のリスクが低く、また、そばかすや、ほくろの多い人は、皮膚癌に進展する高いリスクを抱えている。(肌の色については、白内障に進展するリスクの影響はない。)

・家系：皮膚癌や白内障をもつ人が、親族の中にいる人は、健康問題に対する遺伝子的疾病素質をもっている可能性がある。

・症状の前兆：過去に経験している人や、頻繁に経験している人、痛みの激しい日焼けをする人、視力が悪化した人、皮膚の病気を患ったことのある人は、リスクがより高くなる(症状の前兆は、“家系”のリスクの要因に含まれる)。

・地理的位置：日差しの強さは、より低緯度なところ(より赤道に近いところ)、そして、より高度なところで、強くなっていく。

各自のリスクレベルは、1 と 2 で挙げた要因の総合的な見積もり(合計)によって決まります。

**<材料> 生徒 2 人 1 組の各チーム用**

- |  |   |
|--|---|
| ・生徒用シート 7.1 “リスクの要因の記録” (使っても使わなくてもよい) | 1 |
| ・生徒用シート 7.2 “紫外線リスクの評価”                | 1 |

**<手順>**

**パート 1：読み物による UV 照射の分析とリスクの評価**

1. 6 人の人物に関する、読み物を読んでください。

2. 4 人 1 組のグループを、2 人 1 組のチームに分けてください。1 つのチームは、白内障に関するリスクを分析し、もう 1 つのチームは、皮膚癌に関するリスクを分析してください。

3. それぞれの読み物を注意深く読み返してください。そして、各人物について、リスクの要因を 0 から 5 で評価してください(0：リスクがない、・・・ 5：リスクがとても高い)。評価するとき、読み物の中に、十分な情報量がないと思った場合は、点数をつけず、空白のままにしておいてください。評価した点数を、生徒用シート 7.2 “紫外線リスクの評価” に記録してください。

(注意：今の時点で、合計点の欄は空白にしておいてください。)

4. すべての読み物について、評価が完了したら、決定した 0 から 5 の評価を確認してください。

5. それぞれの人物の“子どもの頃の UV 照射量”の合計点を求めるために、“子どもの頃の UV 照射量”の点数を合計してください。

6. 生徒用シート 7.2 “皮膚癌のリスク”と“白内障のリスク”に、手順 5 で計算した合計点を書いてください。

7. もう一方のチームと、評価したものを確認してください。各チームで、評価したものを共有し、書き写してください。

8. パート 2 を始める前に、次の“分析”に回答してください。

読み物を読ませる。 [位置情報・・・PT 参照](#)

## <分析>

### I. 次の1~4について、自分の考えを黒字で書き入れよう。

1. 白内障と皮膚癌に共通するリスクの要因には、何がありますか。

#### <回答例>

- ・両方の健康問題に共通する UV 照射のリスクの要因は、症状の前兆や家系。
- ・肌の色は、皮膚癌にのみ関係し、白内障には関係ない。

2. この調査で、一生分の UV 照射量ではなく、子どもの頃の UV 照射量を考えているのは、なぜだと思いますか。説明してください。

#### <回答例>

- ・科学者が UV によるダメージの 80%は、20 歳前に起こると考えている。
- ・読み物の人物の多くは、若く、成人歴は記載されていないため、要因になりえない。

3. この調査で、君たちは、リスクを 6 段階(0~5)で評価しています。

“リスクゼロ(リスクが全くない)”のような場合があると思いますか。理由を説明してください。

#### <回答例>

- ・リスクが非常に低い場合はあるが、厳密にリスクゼロになることはない。なぜなら、リスクの要因が、遺伝や家系と関連するから。
- ・リスクゼロはありえる。例えば日中、屋外に出たことがないことや、常に日陰にいる。そして、スポーツによるアクシデントのようなリスクは、スポーツに参加することを選択しなければゼロにすることができる。

4. 君たちが分析した読み物の中で、白内障に関するリスクが、最も高かったのは、どの3人ですか？理由を説明してください。

#### <回答例>

・レオンやホセ、アレックス。なぜなら、レオンは、子どもの頃の UV 照射量の合計点が高く、また、彼と彼の姉には症候がある。ホセは、子どもの頃の UV 照射量の合計点が平均的であり、彼の叔母であるティアアナは、白内障を抱えている。アレックスは、症候や家系に関する情報がないが、子どもの頃の UV 照射量が高いため、リスクが高い。(生徒がつける順位は、さまざまで、異なる人物を選択する可能性がある。)

II. 上の1~4について、グループで話し合おう。その後、クラス全体で話し合おう。話し合いを通して、書き入れた自分の考えを変えたり、追加したくなったり、赤字で書き入れよう。

## パート 2：あなたの UV 照射に関する分析とリスクの評価

9. あなた自身についての読み物を作成してください。（科学ノートに、あなたの好きな場所や活動する場所、そして白内障や皮膚癌に対する、各自のリスクの要因について、説明したものを書いてください。）

10. 生徒用シート 7.2 の、“あなたの名前”の欄に、あなた自身の名前を加えてください。

11. あなた自身に関するリスクを評価して、合計点を計算してください。

## ルーブリック評価

次の 5 は、ルーブリックによる評価を行います。

- ・ルーブリック：具体的な評価基準。授業の際、学習者に対して、あらかじめ明確に提示しておく。
- ・フィードバック：形成的評価。学習者が自己評価し、それに対して、教員がコメントする。

5. 君たちが分析した読み物の中で、皮膚癌に関するリスクが、最も高かったのは、どの 2 人ですか？理由を説明してください。

### <回答例>

・生徒の評価は様々なので、異なる人を選択する可能性がある。しかし、おそらくほとんどの生徒が、ターニャとアレックスが最も高いリスクをもっていると判断する。

### PT 参照

- ・記述後、用紙に記載されたルーブリック表、PT の図を用いて、各自に、レベルの自己評価をさせる。事後の感想も書かせる(黒色鉛筆使用)。
- ・レベル 1~4 の具体例(PT8, 9)を提示する必要はない。あくまで、質問時の資料である。

## <分析>

### I. 次の 6 について、自分の考えを黒字で書き入れよう。

6. 屋外での活動に参加するときに、UV 照射を削減するために、できることをすべて書き出し、各自で UV 予防計画を作成してください。

- ・保護メガネを着用する
- ・保護服を着る
- ・暑い日に、複数の用途を含んでいる日焼け止め剤を念入りに塗る(特に、あらかじめ塗っておいた日焼け止めが、活動中にとれてしまうようなときなど)
- ・夏の間に、ピーク時の太陽光を避ける
- ・太陽に長い時間あたることを避ける
- ・活動を変える
- ・若いときに、太陽にあたることを減らす
- ・ビーチや雪のような、反射率の高い環境は避ける

### II. 上の 6 について、グループで話し合おう。その後、クラス全体で話し合おう。

話し合いを通して、書き入れた自分の考えを変えたり、追加したくなったら、赤字で書き入れよう。

## 『6 人の読み物からリスクの要因を考えよう!!』

### ～ホセ～

ホセは、南カリフォルニア州で暮らす 14 歳(8 年生)の肌の黒い少年です。

5 年前に、犬のフレディーが家に来て以来、ホセは、ほとんど毎日、朝と夜にフレディーと公園で過ごしていました。フレディーは、何時間もかけ回っていても、疲れていなかったのも、ホセは、あっけにとられていました。

毎週土曜日になるとホセは、ランチを持って友達と一日中ビーチへ出かけていました。ホセは、大叔母が、ちょうど白内障を摘出していたときだったので、太陽に長い時間あたることに関して、懸念しています。

### ～カーラ～

5 年前の 20 歳のとき、カーラはミズーリ州の故郷にちなんで、名づけたセントルイス・ソフトウェアという非常にやり手な会社を設立しました。彼女は、月曜日から金曜日の 8 時から 20 時まで働き続けています。彼女は、必ずしもコンピュータの扱いが上手いとは言えませんでした。

中学生まで、彼女はテニスをして週末や夏の午前中を過ごしたり、午後は、読書をして過ごしていました。

彼女は薄茶色の目で、赤い髪の毛、肌は色白で、そばかすがありました。

今までは、休日の大半を寝て過ごしていました。しかし、日曜日は、バイクに乗ったり、スケートボードをしたり、友達と一緒に過ごしたりと、できるだけ屋外で過ごすようにしています。

### ～ターニャ～

ターニャは、フロリダ州のマイアミで暮らしています。彼女は、44 年間、ずっとマイアミで暮らしてきました。

彼女は、大工や電気技術者などが家を建てるときに、それらを管理する受託業者をやっており、その前は、配管工として 20 年間働いていました。

彼女には、双子の姉がいて、その姉は、生まれつき肌の色が薄茶色でした。去年、その姉は、小さな皮膚癌のダークスポットを除去しました。

幼いころ、ターニャと姉は、放課後になるとお父さんの食料品店で働いていました。2 人は、学校や仕事の前、ほぼ毎朝と日曜日の夕方に釣りに行っていました。

今週末、ターニャは釣りや気分転換しに、のどかな場所へボートで航行する予定を立てており、これを楽しみにしています。

## ～レオン～

レオンは、裏庭にある庭園をととても大切にしています。

退職した今、彼は毎日数時間、庭園の手入れをして過ごしています。ミシシッピの湾岸上で育ってきた間、毎週末や夏には、外でバスケットボールやサッカーをして過ごしていました。彼は、アフリカ系アメリカ人で、肌は黒いです。

彼は、太陽に長時間あたっていることについて、気にしたことはありませんでした。彼は最近、視界が少し曇り始めていることに気がつきました。

シカゴにいる彼の姉もまた、視界に問題を抱えていると言っているようです。

## ～バオー～

バオーは、東南アジアで生まれました。しかし、彼女は5歳のときにマサチューセッツ州に引っ越してきました。

東南アジアに住んでいたころの、一番記憶に残っている思い出は、兄とジャングルで、かくれんぼをして遊んだことです。小学生のころ、彼女は色々なアウトドアをして過ごしたり、陸上競技もしていました。9年生で、彼女は陸上競技会に挑戦し、1マイル競争で、年上の少年に勝つこともありました。

彼女は、すぐにメガネをかける必要があると思い始めました。それが原因で、陸上のタイムが落ちないことを願っています。彼女は、走ることをとても楽しんでます。しかし、毎日放課後、2時間練習を行い、ほとんど毎週土曜日は、陸上競技会で過ごし、その中で、宿題を頑張ってやり続けることを大変だと感じています。

## ～アレックス～

アレックスの家族は、メイン州で暮らしています。アレックスは、ブロンドヘアで目が青く、とても肌の白い少年です。彼は、喘息を患っています。

彼は、年に数回日焼けをしているが、アウトドアスポーツを愛していました。そして、彼はわずか9歳ですが、優れたスイマーであり、素晴らしいスキーヤーでもあります。彼は、常にこれらのスポーツのどちらかをしています。

アレックスの家族は、最近スピードボードを買いました。そして、彼の父さんは、夏休みの間に、水上スキーのやり方をアレックスに教えてあげるということを約束しました。アレックスは、夏が終わるまでに、乗りこなすと決めました。

## 資料 7.1 リスクの要因の記録

名前	わかったこと
ホセ	
カーラ	
ターニャ	
レオン	
バオー	
アレックス	
(あなたの名前)	

## 資料 7.2 紫外線リスクの評価

### <ガイドライン>

- ・ **緯度**

最も赤道に近い:5 点, 最も赤道から遠い:1 点

- ・ **ピークタイム (午前 10 時から午後 3 時)**

1 週間に 10 時間以上:5 点, 1 週間に 2 時間未満:1 点

- ・ **オフピークタイム**

1 週間に 10 時間以上:5 点, 1 週間に 4 時間未満:1 点

- ・ **反射率**

水または雪:5 点, 砂:3 点, 土または芝生:1 点

- ・ **家系**

自身あるいは身内が症状をかかえている:1~4 点  
(症状の種類や身内の間の親密さによる)

頻繁に日焼けする:2 点 (皮膚癌に関する追加点)

- ・ **肌の色**

白色の肌:5 点, 黄色の肌:3 点, 黒色の肌:1 点

子どもの頃の UV 照射量 (20 歳まで)

名前	緯度	ピークタイム	オフピークタイム	反射率	合計点
ホセ					
カーラ					
ターニャ					
レオン					
バオー					
アレックス					
(おまかせの名前)					

皮膚癌のリスク

白内障のリスク

名前	「子どもの頃の UV 照射量」の合計点	家系	肌の色	合計点	「子どもの頃の UV 照射量」の合計点	家系	合計点
ホセ							
カーラ							
ターニャ							
レオン							
バオー							
アレックス							
(おまかせの名前)							

評価の例

<子どもの頃の UV 照射量 (20 歳まで)>

名前	緯度	ピーク タイム	オフピーク タイム	反射率	合計点
ホセ	4	3	5	3	15
カーラ	3	3	3	2	11
ターニャ	5	2	4	4	15
レオン	4	5	5	1	15
バオー	2	3	4	2	11
アレックス	1	5	5	5	16

<皮膚癌に関するリスク>

<白内障に関するリスク>

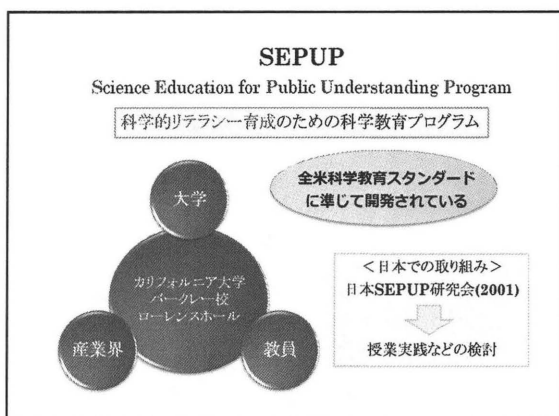
名前	「子どもの頃の UV 照射量」の合計点	家系	肌の色	合計点	「子どもの頃の UV 照射量」の合計点	家系	合計点
ホセ	15		2	17	15	3	18
カーラ	11		5	16	11		11
ターニャ	15	5	3	23	15		15
レオン	15		1	16	15	4	19
バオー	11		4	15	11	2	12

事後調査問題を配付・実施する。

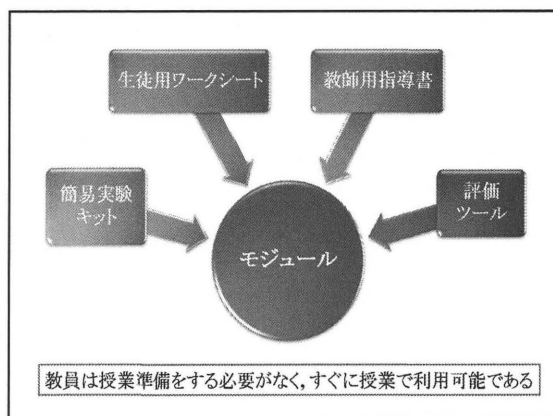
添付資料：2

改訂版ワークシート

# SEPUP とは何か



1

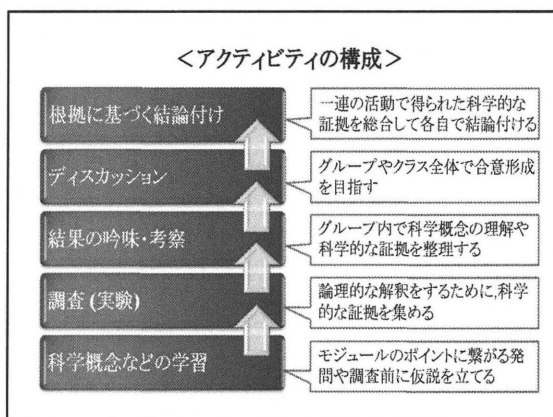


2

日常生活や社会の課題に主体的に関わっていけるようなモジュールが12種類開発されている

モジュール名(日本語)	原文
意思決定: 確率とリスクアセスメント	Decision Making: Probability and Risk Assessment
環境への影響: 工業の比較	Environmental Impact: Comparing Industries
地下水の汚染: プラスティックの困りごと	Groundwater Contamination: Trouble in Fruitvale
危険性物質の探究: 樽の謎	Hazardous Materials Investigations: The Barrel Mystery
家庭内の化学物質: より良いデザイン	Household Chemicals: Better by Design
太陽から届くエネルギーの調査	Investigating Energy from the Sun
環境健康上の健康リスクの調査	Investigating Environmental Health Risks
食品安全性の調査	Investigating Food Safety
廃水の調査: 水質汚染と汚染	Investigating Wastewater: Solutions and Pollution
プラスチックと生活	Living with Plastics
閾値と毒物学	Thresholds and Toxicology
廃棄物処理: コンピューターと環境	Waste Disposal: Computers and the Environment

3



4

## 使用する SEPUP モジュール Investigating Energy from the Sun

### 【やってみよう】

事前調査問題に取り組もう

### 【考えてみよう】

○太陽光って何だろう。

○太陽光は、わたしたちにどのような影響を与えているのだろう。

## アクティビティ 1: 太陽光の導入

本時の課題「太陽の光は、目にどのような影響を与えるのだろうか？」



私たちは、ほとんどすべての行動で目を使います。そのため、目は大事にしなければいけません。長時間、太陽にさらすことは目を傷つける原因の1つとなります。視力の低い人は、さらに目を傷つける可能性があります。

### <手順>

1. 以下の文章を読んで、質問に答えよう。

#### 『ティア アナの目』

1 時間目の授業の途中、エミリーは友人のホセが心配そうな顔をしていることに気がついた。

授業が終わった後、エミリーは「ホセ、どうしたの？ 大丈夫？」と尋ねた。すると、ホセは「大丈夫だよ。実は、大好きな大叔母のティアアナが目の手術を受けるために入院しているから少し心配なんだ。」と答えた。

「手術!? 彼女の目に何かあったの？」とエミリーは驚いた表情で言った。

「何もかもが、ぼやけて見えるようになり始めたらしくて、お医者さんに行ったら、白内障になっていたことが分かったんだよ。」とホセは、エミリーに説明した。

エミリーは「白内障って何なの？」と尋ねた。

ホセは「白内障っていうのは、眼内の水晶体が曇って、視界が見づらくなることだよ。」と説明した。

「今日、曇った右目の水晶体を取り出して、人工の水晶体を入れる予定なんだ。この手術が終わって回復したら、左目にも別の手術をする必要があるらしくて、手術がすべて上手くいったら、視力は良くなると思うけど、僕はまだ手術のことが心配なんだ。」

エミリーは、もっと詳しく知りたいと思い「白内障の原因は何なの?」と尋ねた。

「ええっと…僕にもわからないんだ。数年前に、ティアが視覚に曇ったところがあるって言っていたのは知っているんだけど。でも、あの時は今まで通り見ることができていたから…。その後、曇ったところがどんどん大きくなっていった。すぐに視界全部が、灰色で霞(かすみ)がかかるようになっていったらしいんだ。そのとき、ティアは夜運転するときも見づらくなって、複視になってしまったんだよ。そして、お医者さんはティアに“何も治療しないままだと失明の原因になってしまう!!”って伝えたんだ。」とホセは言った。

「彼女は、何か薬を服用することはしていなかったの?」とホセに問いかけた。

「していなかったんだ。白内障の治療法は手術だけなんだよ。お医者さんは“手術後に、一旦は完全に見えなくなるけど、その方がずっと良いだろう。”ってティアに伝えたんだ。」とホセは言った。

エミリーの白内障の原因に関する質問にホセは悩んだ。彼は白内障の症状を知っていたにも関わらず、何が白内障を引き起こしたのか知らなかった。

昼食のときに、彼は図書館に行っても白内障について調べてみようと思った。

最初に、彼は白内障がすべての人種・民族の視力に害を与えることを知った。毎年、白内障を治療するのに何十億ドルのコストがかかることや、数百万人の人々に影響を与えたりすることも知った。そして、人間以外の動物も白内障になることを知って彼は驚いた。彼は百科事典の中で、探していたことを発見した。『白内障とは、死んだ細胞が目のレンズ内に集まるときに生じるものである。死んだ細胞は目に入る光を散乱する。死んだ細胞がたくさん集まると視界がぼやけ始め、最終的に失明する可能性がある。科学者は白内障になる可能性が増加するような要因をいくつか発見している。遺伝的、特定の薬剤、喫煙、飲酒、そして、あまりにも長い間、紫外線に照射される場合がリスクの要因として含まれている。紫外線は自然光の见えない部分であり、可視光よりも大きなエネルギーをもっている。白内障は通常、後年になるまでは発生しないが10歳未満の子どもにはリスクがある。なぜなら、この年頃の目はダメージを受けやすいからである。サングラスは、紫外線をある程度防ぐことができる。』

次の日、ホセは昼食を食べているときにエミリーを見て「やあ、エミリー!!」と呼びかけた。

エミリーはホセに気がついた。

ホセは「今朝、ティアの様子を見てきたんだ。手術は上手くいったよ!!」と言った。

「それは良かったわ!! 彼女はどんな感じ?」とエミリーは言った。

「調子良さそうだよ。でも疲れている感じだったな。まだ少し目が痛むらしいからね。」とホセは言った。

「それは徐々に治まっていくの?」とエミリーは尋ねた。

「うん、たぶんね。」とホセは答えた。

「お医者さんが“ティアの目は、常に明るい光に対して敏感になるかもしれない。”と言っていたから、父さんがサングラスを買っていたよ。それから…、ちょっと聞いてくれる? 父さんが僕にもサングラスを買ってくれたんだ!!」とホセは言った。

## <分析>

### Ⅰ. 次の1～5について、自分の考えを黒字で書き入れよう。

1. 光、白内障、目などに関するこの読み物から、あなたが最も関心をもったのはどのような情報ですか。

2. どのような症状が白内障になる前兆だと思いますか。

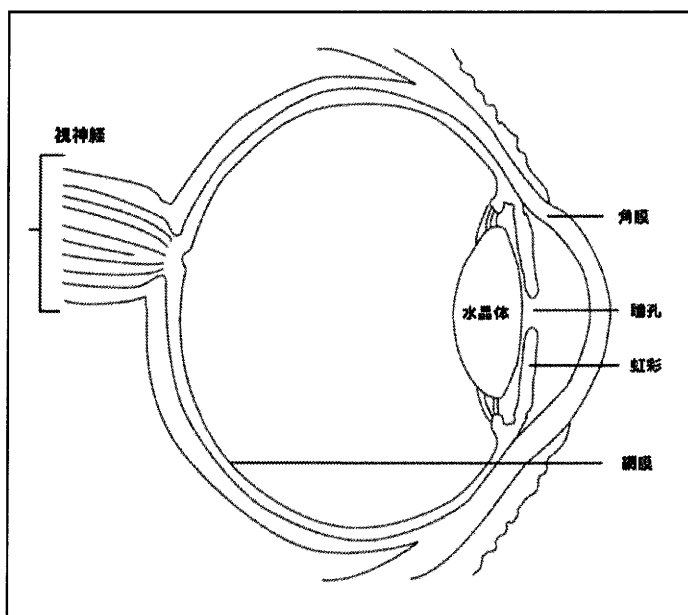
3. なぜ、ホセの父さんはホセにもサングラスを買ったのだと思いますか。

4. 若いときに、白内障について心配する必要があると思いますか、理由も答えてください。

5. なぜ、太陽光の一部である紫外線が白内障の原因になるのだと思いますか。

II. 上の1～5について、グループで話し合おう。その後、クラス全体で話し合おう。話し合いを通して、書き入れた自分の考えを変えたり、追加したくなったら、赤字で書き入れよう。

### 資料 1.1 人間の目のつくり



## アクティビティ 2: 可視光の探究

### 本時の課題「様々な色の光は、同じ大きさのエネルギーをもっているのだろうか」

これから君たちは、太陽光(白色光)の性質を調べていきます。この調査を通して、ダメージを受けたティアアナの目に関する理解をより深めることができるでしょう。

白色光は、プリズムを用いて、虹(「可視スペクトル」といいます)に分けることができます。

#### <材料> 生徒 4 人 1 組の各グループ用

・ 燐光ボックス	1
・ 星の形に切り取ったカード	1
・ カラーフィルムカード	1
・ 色鉛筆 (スケッチするため)	1

#### <手順>

##### パート 1: 白色光の色

1. 白色光は、プリズムにより可視スペクトルに分けることができます。これは、光のどのような性質のためですか。
2. プロジェクター(あるいは、実物)の可視スペクトルをみて、色の順番を記述してください。
3. 可視スペクトルの色は、隣の色と混じり合っていますか、それとも、それらの間に明確な境界がありますか。
4. a), b)のように見えるのは、どの色の光ですか。
  - a) 最も明るい光
  - b) 最も暗い光

## パート 2 : 色とエネルギーの関係

それぞれの色の光は、同じ大きさのエネルギーをもっているのだろうか。

### 【考えてみよう】

○太陽光は白色光です。白色光は、白色の光だけでできているのでしょうか。

○白色光と可視スペクトルには、どのような関係がありますか。

○可視スペクトルのそれぞれの色の光は、同じ大きさのエネルギーをもっているのでしょうか。色ごとにエネルギーは違うのでしょうか。違うとしたら、何色の光が最も大きなエネルギーをもっているのでしょうか。これらのことを調べる方法を考え、記してください。

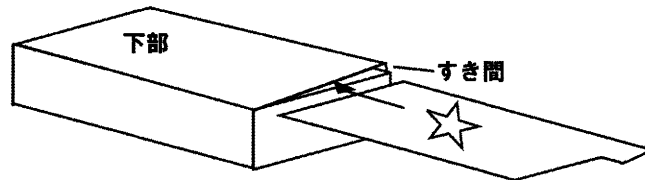
5. 燐光ボックスの上部を開き、底の部分を観察してください。観察したことをスケッチまたは記述してください。

### 燐光とは

【簡単な説明】 ある物質に光を与えると、その光の補給を停止しても、しばらく残光がみられる現象、または、その光のこと。

【もう少し詳しい説明】 物質が外部から光や熱などのエネルギーを吸収して励起され、基底状態に戻るときに、熱を伴わずに発光する現象、または、その光をルミネセンスという。ルミネセンスは、光の減衰時間が短い蛍光と長い燐光に分けられる。

6. スリットのある面が、地面(あるいはテーブル)側にくるように燐光ボックスをひっくり返してください。下図のように燐光ボックスの下部の挿入口から星の形に切り取ったカードを滑らせるように入れ、30 秒間放置してください。



7. スリットのある面が上になるように燐光ボックスをひっくり返し上部を開け、光を 20 秒間、燐光ボックスの底にあててください。

8. 燐光ボックスの上部を閉じ、星の形に切り取ったカードを取り除いてください。スリットから帯を観察および記録しましょう。グループのメンバー全員が観察するようにしてください。

9. 手順 6 のように、燐光ボックスをひっくり返してください。カラーフィルムカードを燐光ボックスの上に置いてください。

10. カラーフィルムカードを観察し、観察したことをスケッチまたは記述してください。最も明るい色から最も暗い色に順位付けしてください。

11. 星の形に切り取ったカードの代わりにカラーフィルムカードを用いて、手順 6~8 を行った場合、結果はどうなると思いますか。予想をスケッチまたは記述してください。

12. 星の形に切り取ったカードの代わりにカラーフィルムカードを用いて、手順 6~8 を行ってください。

13. 燐光ボックスの帯を輝かせるにはどの色がよいのか，明るさの順位付けをしてください。

14. 燐光ボックスの底に光を 40 秒間あてたとして，手順 12~13 と同様の手順を行った場合，結果はどうなると思いますか．予想をスケッチまたは記述してください。

15. 燐光ボックスの底に光をあてる時間を 40 秒にして，手順 12~13 と同様の手順を行い，結果を記述してください。

## **<分析>**

**Ⅰ. 次の1~7について，自分の考えを黒字で書き入れよう.**

1. 虹の科学用語は何ですか.

2. 光は，透過したり，反射したり，吸収されたりします.

①赤色の折り紙は，どうして赤色に見えるのでしょうか.

②赤色のセロファン(カラーフィルム)は，赤色に見えるし，透かしてみても赤色です．どうしてでしょう.

3. 燐光ボックスで使用するカードが星の形に切り取ってあるのは、何のためだ  
と思いますか。

4. 燐光ボックスの帯を輝かせている正体は、何だと思いますか。

5. 予想(手順 11 と 14)と結果を比較してください。結果が予想と異なっていた場  
合、どのような点で異なっていたのかを説明してください。

6. なぜ、特定の色の光だけが燐光ボックスの帯を輝かせたのだと思いますか？

7. なぜ、白色光は帯を明るく輝かせることができたのだと思いますか？

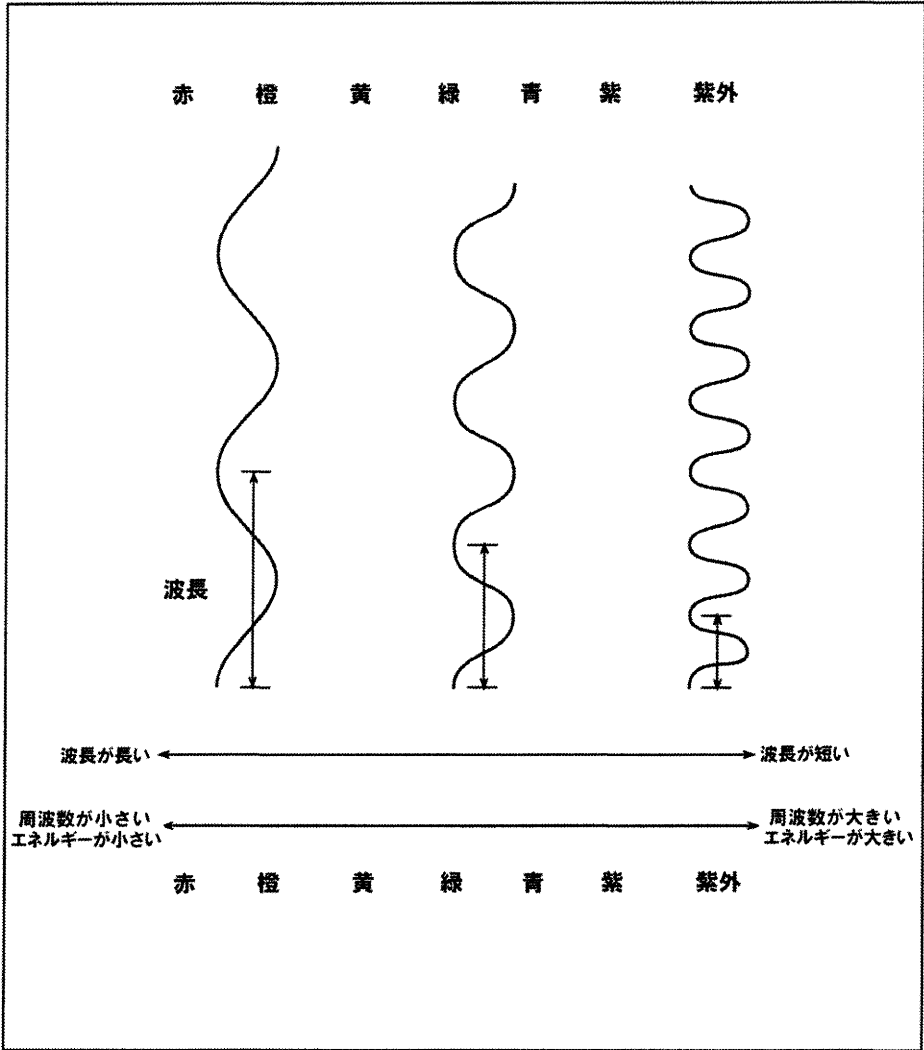
**II. 上の 1～7 について、グループで話し合おう。その後、クラス全体で話し合おう。  
話し合いを通して、書き入れた自分の考えを変えたり、追加したくなったら、  
赤字で書き入れよう。**

**【考えてみよう】**

○このアクティビティは、ティアアナの目のダメージと、どのような関係があ  
ると思いますか。

波長，周波数，エネルギーの関係を理解しよう．

資料 2.1 波長，光，エネルギー



波長とは・・・

周波数とは・・・

1. 周波数とエネルギーには、どのような関係がありますか.
2. 周波数が最も大きい光は、何色ですか.
3. 周波数と波長には、どのような関係がありますか.
4. 紫外線と可視スペクトルの周波数を比べると、どのようなことがいえますか.
5. 紫外線と可視スペクトルの波長を比べると、どのようなことがいえますか.
6. 紫外線と可視スペクトルのエネルギーを比べると、どのようなことがいえますか.

## アクティビティ 3: 透過, 吸収, 反射

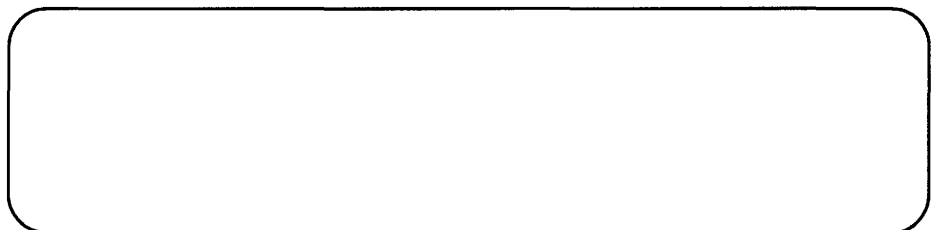
**本時の課題「多くの光があることと, 多くの熱があることは, 同じ意味なのだろうか」**

調査2で, 君たちは可視スペクトルのそれぞれの色の光が, 異なる大きさのエネルギーをもっていることを発見するために, カラーフィルムカードを用いました. そして, ある一色の光だけを透過させるフィルムは, 他の色の光をブロックしているということを学びました. ブロックされた色の光は, フィルムによって反射あるいは吸収されます.

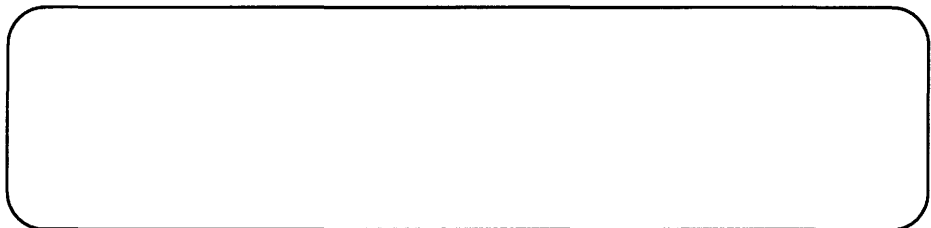
### 【考えてみよう】

光の透過, 吸収, 反射の例をそれぞれあげてみよう.

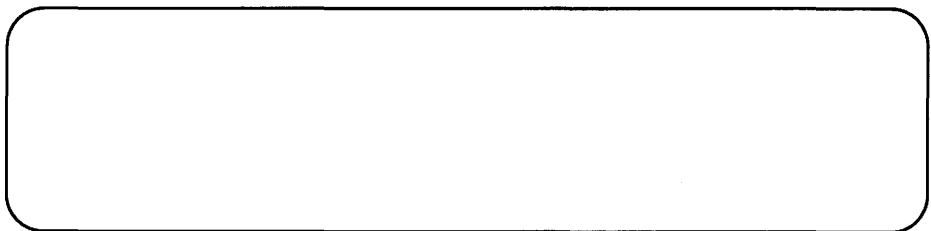
○透過・・・



○吸収・・・



○反射・・・



このアクティビティでは, 君たちは, 太陽の光や熱を最もブロックするのは, どのようなフィルムなのかを判断するために, 異なる性質をもつフィルムを使用します. 多くの光をブロックするフィルムは, 目を保護するためのサングラスとして利用することができます. 多くの熱をブロックするフィルムは, 車や家を保冷するための窓に利用することができます.

### <材料> 生徒 4 人 1 組の各グループ用

・ 温度計	4
・ トレイ	1
・ フィルムカード	1
・ ストップウォッチあるいは秒針の付いた時計	1
・ トレイの支えになるもの（本など）	1

### <手順>

1. フィルム A~D を注意深く観察してください。フィルムの性質の違いを説明するときのために、各フィルムの特徴を詳しく書いておいてください。

2. 文章の上にフィルムを置き、フィルムを通して文を読んでください。最も光を透過する(ものが見やすい)フィルムを 4, 最も光をブロックする(ものが見えにくい)フィルムを 1 として、各フィルムを順位づけし、表 1 に記録してください。

表 1 実験結果

フィルム	光透過性の順位	温度(℃)			温度変化の順位
		最初	最終	変化	
A					
B					
C					
D					

3. 日陰にトレイを置いてください。そして、それぞれの枠の底に温度計を表向きに置いてください。

4. 1 分間放置した後、それぞれの温度計の温度を測定し、表 1 に記録してください。

5. トレイに、フィルムカードを被せてください。このとき、各フィルムがトレイの各枠をしっかりと覆うようにしてください。

6. 太陽光が、すべてのフィルムにあたるように、トレイを置いてください。このとき、温度計が陰に入らないように、本などを用いてトレイを支えてください。5 分間、トレイを放置してください。

7. 5 分後、最終の温度を測定し、温度の変化量を計算してください。そして、その結果を表 1 に記録してください。

8. 各フィルムを 1 (温度変化が最も小さい) から 4 (温度変化が最も大きい) に順位づけし、表 1 に記録してください。

## **<分析>**

### **1. 次の1～6について、自分の考えを黒字で書き入れよう。**

1. 最も光を透過したのは、どのフィルムでしたか。なぜ、このような結果になったと思いますか。

2. 手順 1 で観察したフィルムの性質と、手順 2 で調べたフィルムの光透過性の順位を見比べてください。光をブロックするために重要なのは、どのような性質だと思いますか。理由も説明してください。

3. 最もエネルギーを透過するフィルムはどれなのか。これを判断するのに、より役に立つ方法は「光透過性のテスト(手順 2)」,「温度変化の測定(手順 8)」のどちらだと思いますか。理由を説明してください。

4. 光透過性の順位と温度変化の順位を比較してください。順位は同じでしたか。それとも、異なりましたか。なぜ、そうなったのか、理由を説明してください。

5. この調査で得られた結果の中で、太陽光は不可視光を含む、という考えを裏づける証拠はありますか。あるとしたら、どの結果でしょうか。

6. 科学者はフィルムを家や車の中で利用するために、より良いものを作ろうと絶えず挑戦しています。これらのフィルムのいくつかは、日がよく照るような暑い地域で利用されるでしょう。また、他のフィルムは、寒い地域で利用されるでしょう。君たちが科学者になったとして、地域ごとの窓ガラスに貼るフィルムをデザインしてみましょう。地域ごとに求められる、フィルムの光や熱に対する特徴を記述してください。

**II. 上の 1～6 について、グループで話し合おう。その後、クラス全体で話し合おう。話し合いを通して、書き入れた自分の考えを変えたり、追加したくなったら、赤字で書き入れよう。**

## ループリック評価

次の 7 は、ループリックによる評価を行います。

- ・ループリック：具体的な評価基準。授業の際、学習者に対して、あらかじめ明確に提示しておく。
- ・フィードバック：形成的評価。学習者が自己評価し、それに対して、教員がコメントする。

7. 最も熱を伝えるのはどのフィルムですか。どのような証拠がありますか。

## <分析>

I. 次の 8～9 について、自分の考えを黒字で書き入れよう。

8. 各フィルムの価格は、以下の表に示してあります。車の窓につけるなら、どのフィルムを選びますか。選んだ理由を説明してください。

フィルム	A	B	C	D
価格(\$/m <sup>2</sup> )	20	60	50	40

9. 他の生徒は、あなたが質問 8 で選んだフィルムとは異なるフィルムを選択する可能性があります。それはなぜなのか、説明してください。

II. 上の 8～9 について、グループで話し合おう。その後、クラス全体で話し合おう。話し合いを通して、書き入れた自分の考えを変えたり、追加したくなったら、赤字で書き入れよう。

## 発展調査 3: サングラスの比較

### 本時の課題「すべてのサングラスが私たちの目を保護できるのだろうか」

太陽光は、様々な周波数の光から構成されています。いくつかの光は、私たちにとって有害です。窓に利用されているような、薄い色のフィルムがついたサングラスは、一部の周波数の光だけを透過します。そして、他の光は、吸収あるいは反射します。

サングラスを選ぶとき、好みや金銭面で選ぶのは簡単ですが、それぞれの周波数の光をどのくらいブロックできるのか、あるいは、どのくらい透過するのかは、どのように知ることができるのでしょうか。

#### ～シナリオ～

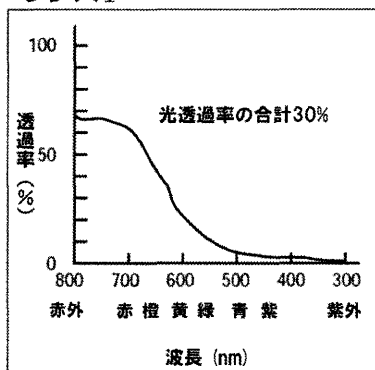
ホセが父さんからもらったプレゼントは、利点も難点もあるサングラスでした。それからホセは、他の人々が着用している、あらゆる種類のサングラスが気になり始めました。彼は、過去にサングラスだけが売られているお店に訪れたことがありました。そこには、サングラスが 100 個ほど置いてありました。お店の中で、何個かのサングラスの説明書に透過率グラフが書かれていることに、彼は気がつきました。

メガネ屋さんが「そのグラフから、サングラスがそれぞれの周波数の光をどれだけ透過するのかだけでなく、合計どれだけの量の光を透過するのか、ということも知ることができるんだよ。」と言いました。

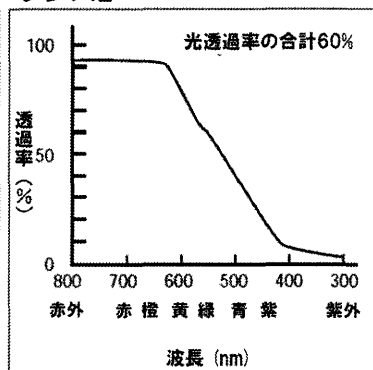
ホセは、好みのサングラスを 3 つ見つけました。しかし、それらは異なる形の透過率グラフを示していました。ホセが選択した 3 つサングラスのグラフは以下に示してあります。

#### 透過率グラフ

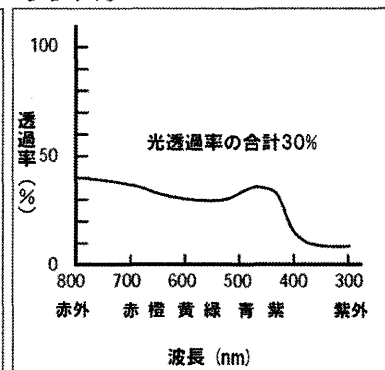
レンズ1



レンズ2



レンズ3



## ＜分析＞

### Ⅰ. 次の1～5について、自分の考えを黒字で書き入れよう。

1. どのレンズが最も光を透過しますか。理由を説明してください。
  
2. 最も紫外線から目を保護することができるのは、どのレンズですか。理由を説明してください。
  
3. レンズ 1 は、レンズ 2 よりも明るいですか、暗いですか。理由を説明してください。
  
4. レンズ 1 は、レンズ 3 よりも明るいですか、暗いですか。理由を説明してください。
  
5. サングラスの各レンズに対する価格は、以下に示してあります。あなたが買うなら、どのレンズを選びますか。理由を説明してください。

① レンズ 1 : \$10    ② レンズ 2 : \$30    ③ レンズ 1 : \$20
--

Ⅱ. 上の 1～5 について、グループで話し合おう。その後、クラス全体で話し合おう。話し合いを通して、書き入れた自分の考えを変えたり、追加したくなったら、赤字で書き入れよう。

## アクティビティ 4: 赤外線エネルギーの特性

**本時の課題「太陽光を形成している光のうち、目に見えない光はどれくらいあるのだろうか？」**

君たちは、すべての色の可視光を収束させたものが、白色光であるということを知っています。そして、人の目では、紫外線を見ることができないということも知っています。

調査 3 で、君たちは、フィルムやレンズを透過する際の性質は、可視光、赤外線、紫外線でそれぞれ異なることを発見しました。太陽から放たれる“見えない”光には、どのような種類があるのでしょうか。

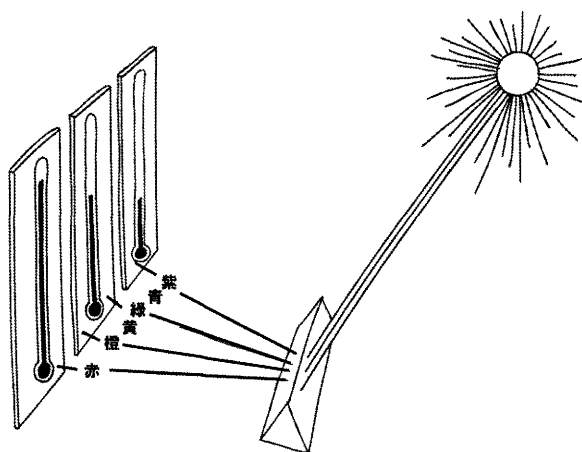
### <手順>

1. 以下の文章を読んでください。そのときに、各段落で主な考えとなる箇所には下線を引き、なじみのない言葉には $\textcircled{\text{丸}}$ をつけてください。

### 『ハーシェルの有名な実験』

1800 年代、天文学者であるフレデリック・ウィリアム・ハーシェルは、素晴らしい発見をしました。

いろいろな色の着色レンズを通して、太陽を観察しているとき、いくつかの色の光が、他の色の光よりも暖かく感じることに彼は気がつきました。この観察は、異なる色の光に関する温度測定の実験を行っていた彼にとって、とても興味深いものでした。アクティビティ 2 で、君たちが観察した方法と同様に、ハーシェルも太陽光を可視スペクトルの各色に分割するため、プリズムを使用しました。そして、下図に示されているように、可視スペクトルの中心と左端、右端に 1 個ずつ温度計を置きました。



ハーシェルは、スペクトルの赤色側の温度が、青色側の温度よりも高くなっていたことに気がつきました。彼は紫色の光が赤色の光よりも大きなエネルギーをもっているということを知っていたので、その結果に驚かされました。

さらに、彼は対照実験として、スペクトルの赤色よりも外側に温度計を置いて、実験を行いました。そして、その結果、スペクトルの赤色よりも外側に置いた温度計が、すべての温度計の中で、最も温度上昇していることを発見しました。

この結果から、彼は太陽光が、目には見えない“熱光線”を含んでいると結論づけました。

ハーシェルは“熱光線”に関して、他の実験を行いました。その結果から、“熱光線”は可視光と同様の性質(透過・吸収・反射)をもっていることが明らかになりました。

この“熱光線”は、可視スペクトルの赤色の光より周波数が小さいため、**赤外線(infra-red)**と正式に名づけられました。

この名前の接頭語についた“infra”は“below”の意味をもつため、つけられました。余談ですが、私たちの目では、赤外線を見ることができませんが、多くの蛇には見ることができます。

#### ・エネルギー、赤外線、熱

赤外線が物質を加熱する原理は、少し複雑です。赤外線は、物質を構成している分子が吸収するのに、ちょうど良い周波数をもっています。その吸収によって、分子のエネルギーが増加します。エネルギーの増加によって、分子の動きが速くなり、その結果、物質は熱くなります。そのような原理によって、赤外線が私たちの皮膚にあたると、神経は熱を感じます。私たちの神経は、紫外線によるエネルギーを感じにくいですが、紫外線エネルギーは皮膚や目にダメージを与えるので危険です。

#### ・赤外線の利用

今までに、テレビのリモコンが、どのようにはたらいているのか、疑問に思ったことはありませんか。それは、赤外線のビームを送っているのです。そのビームが、テレビのセンサーにあたることで、チャンネルや音量を変えることができます。私たちは、その他にも多くの場面で赤外線を利用しています。軍隊は科学技術によって、赤外線を活用し、暗視ゴーグルを開発しました。暗視技術は、赤外線を可視光に変化させることによって見るようにする技術です。体は、わずかに赤外線を放出しているため、この技術により、暗闇でも人間やその他の暖かい血をもつ動物を見ることができます。

暗視技術は、何種類かのビデオカメラでも利用されています。赤外線は、惑星と星の間の距離を測るためや、それらの温度を計測するために天文学者にも利用されています。

#### ・その他の不可視光

太陽から放たれる可視光や不可視光は、電磁エネルギーの一種です。章末の資料 4.3(地球の表面に届かない太陽から放出されたエネルギーの量を示している)に示されているように、電磁エネルギーのほとんどが赤外線、可視光、紫外線で形成されています。しかしながら、太陽は電波やマイクロ波、X線、ガンマ線も放っています。これらも同様に電磁スペクトルを構成しています。

地球大気中のガスが、太陽から放たれるエネルギーのいくらかを反射および吸収しているため、地球に届かないエネルギーもあります。大気は、紫外線やX線、ガンマ線のような周波数が大きく、エネルギーがとても大きく危険な光線からすべての生物を守るシールドとしてはたっています。紫外線は、周波数の大きい他の電磁波よりもエネルギーは小さいですが、太陽から放たれる量が多いため、生物に多くの危害をもたらします。地球大気に、厚いオゾン層が存在していなかったとしたら、より多くの紫外線が地球表面に届き、より多くの生物に危害をもたらしていたでしょう。

#### 【考えてみよう】

○ハーシェルが、この実験で対照実験を行っていなかったとすると、実験結果はどうなっていたと思いますか。

#### <分析>

##### 1. 次の1～6について、自分の考えを黒字で書き入れよう。

1. ハーシェルが、赤外線エネルギー発見の裏づけとして用いた証拠は何ですか。

2. 下の表を例に，赤外線と可視光の類似点と相違点をいくつか挙げましょう．

**表. 赤外線と可視光の比較**

<b>類似・相違</b>	<b>赤外線</b>	<b>可視光</b>
<b>類似</b>	<b>電磁エネルギー</b>	<b>電磁エネルギー</b>
<b>相違</b>	<b>波長が長い</b>	<b>波長が短い</b>

3. 赤外線は，紫外線よりもエネルギーが小さいにも関わらず，紫外線よりも熱いと感じさせるのは，なぜだと思いますか．

4. 章末の資料 4.1, 4.3 を用いて a~c を答えてください．

a) 太陽から放たれる電磁波の中で，周波数の最も小さいものから，最も大きいものの順に記述してください．そして，人間が見ることのできないものに下線を引いてください．

b) 最もせまい周波数の範囲である電磁波は，どれですか．

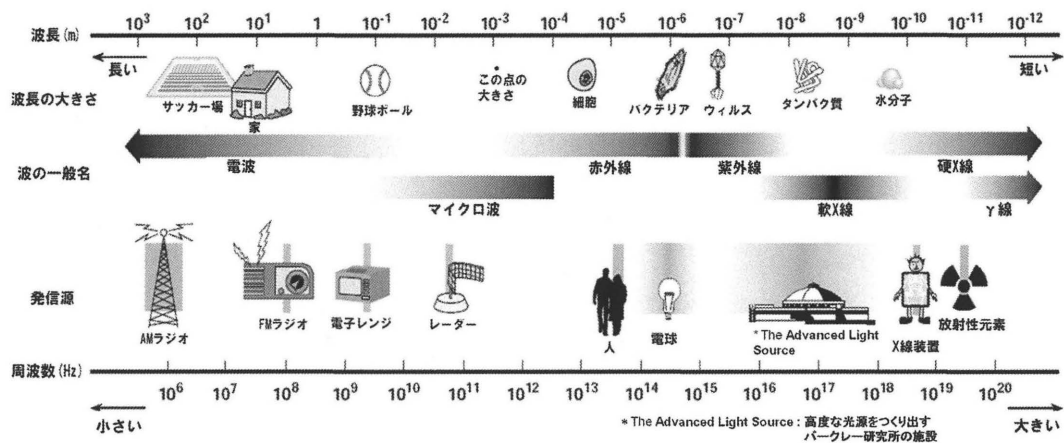
c) 電球が熱くなる理由を説明してください。

5. 紫外線以外の光は、ティニアナがなったような白内障をもたらす原因になると思いますか。なぜそうだと思うのか、あるいは、なぜそうだとは思わないのか、理由を説明してください。

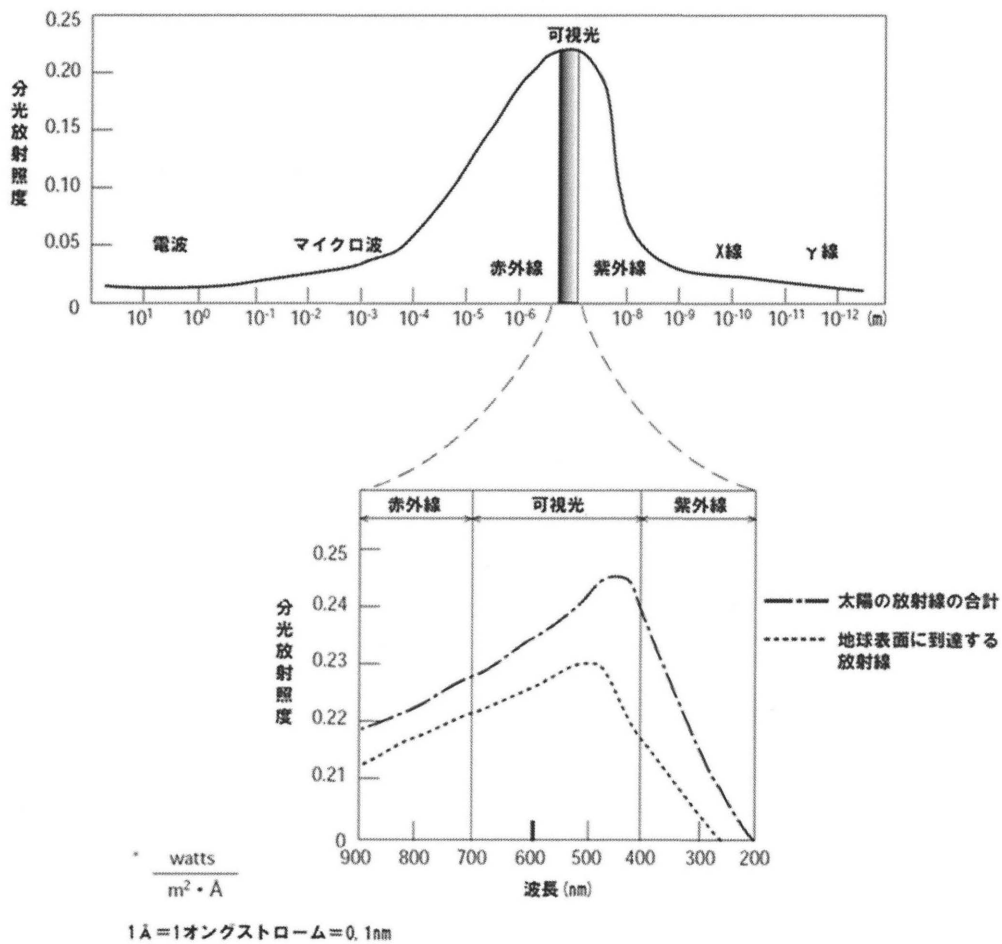
6. 電磁スペクトル中の不可視光を、1種類だけ可視化できるとしたら、あなたはどの電磁波を選びますか。選んだ理由を説明してください。

**II. 上の1～6について、グループで話し合おう。その後、クラス全体で話し合おう。話し合いを通して、書き入れた自分の考えを変えたり、追加したくなったら、赤字で書き入れよう。**

## 資料 4.1 電磁スペクトル



## 資料 4.2 太陽からの電磁エネルギー



## アクティビティ 5: 紫外線エネルギーの選択的透過

**本時の課題「すべての物質が、同じ量の紫外線エネルギーを透過するのだろうか？」**

紫外線は、地球表面に届く電磁波の中で、最も大きなエネルギーを持っています。紫外線によって運ばれたエネルギーは、活用することができます。例えば、私たちの体は、骨の成長に必要なビタミン D を作るために、太陽光から放たれる紫外線エネルギーを利用しています。しかし、紫外線は、私たちや他の生物に害も及ぼします。細胞にダメージを与え、結果的に、癌やティニアナが苦しんだ白内障の原因となるからです。生物にとって、紫外線エネルギーの照射が長ければ長いほど、ダメージを受けるリスクは大きくなります。紫外線は、衣類、家具、カーテン、車内に用いられているような素材を、もろくさせたり、色あせの原因となったりします。君たちは、調査 3 で用いたフィルムカードを用いて、各フィルムが、どのくらい紫外線を透過するのか、調査していきます。

### ＜材料＞ 生徒 4 人 1 組の各グループ用

- |            |   |
|------------|---|
| ・ UV カード   | 1 |
| ・ フィルムカード  | 1 |
| ・ ストップウォッチ | 1 |

### ＜手順＞

1. 以下の表に、手順 2~6 のデータをすべて記録してください。

フィルム	紫外線透過 の予想順位	UV レベル		調査から得られた 紫外線透過の順位
		あなたの チーム	他のチーム	
フィルムなし				
A				
B				
C				
D				

2. フィルムカードの各フィルムを観察してください。各フィルムがどのくらい紫外線エネルギーを透過するのかを予想して、1(最も紫外線をブロックする)から4(最も紫外線を透過する)で順位づけをしてください。

3. フィルムをせずに、20 秒間、太陽光が直接あたるように、UV カードを置いてください。表の“フィルムなし”，“あなたのチーム”の欄に UV カードのレベルを記録してください。

(注意:次の手順を行う前に数分間、日陰に UV カードを裏返しに置き、帯の状態をリセットさせてください。)

4. 4種類のフィルムのうち、どれか1種類のフィルムを UV カードの帯にかぶせ、手順3と同じ操作を行ってください。結果を表の適当な欄に記録してください。

5. 他の3種類のフィルムについても、手順4と同じ操作を行ってください。

6. 他のチームとデータを共有し、表をすべて埋めてください。

7. 各フィルムが、どの程度紫外線エネルギーを透過したのか、1(最も紫外線をブロックする)から4(最も紫外線を透過する)で順位づけをしてください。

## <分析>

### 1. 次の1～5について、自分の考えを黒字で書き入れよう。

1. 予想した順位と、得られた結果を比較すると、どうなりましたか。

2. 調査3の温度変化に関する順位を振り返ってください。その結果が、紫外線透過の順位と同じである、あるいは、異なる理由を電磁スペクトルの知識を用いて、説明してください。

3. 下の表を例に，紫外線と赤外線の類似点と相違点をいくつか挙げてください。

**表. 紫外線と赤外線の比較**

類似・相違	紫外線	赤外線
類似	電磁エネルギー	電磁エネルギー

4. 太陽光には，不可視光が含まれている．この考えを裏づける証拠には，どのようなものがありますか．この調査や他の調査をふまえて，説明してください．

5. 紫外線が赤外線よりも，健康リスクが大きい理由を説明してください．

**II. 上の 1～6 について，グループで話し合おう．その後，クラス全体で話し合おう．話し合いを通して，書き入れた自分の考えを変えたり，追加したくなったら，赤字で書き入れよう．**

## 発展調査 5: 太陽の遮蔽

### 本時の課題「日焼け止め化粧水は、どのような働きをするのかな？」

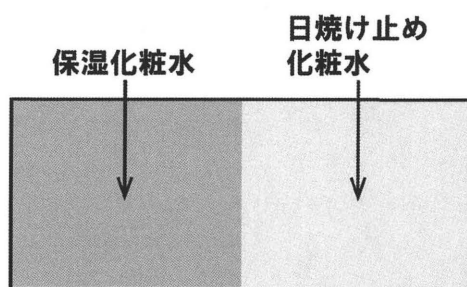
今までに、君たちは、本当に日焼け止め化粧水が、肌に届く紫外線を阻止しているのか、疑問に思ったことはありませんか？ 実際に、調べてみましょう。

#### <材料> 生徒 4 人 1 組の各グループ用

・ UV カード	1
・ プラスチックカード	1
・ 保湿化粧水 (30ml)	1
・ SPF30 の日焼け止め化粧水 (30ml)	1
・ ペーパータオル	

#### <手順>

1. プラスチックカードを、UV カードの半分ぐらいに被せてください。
2. UV カードに、太陽光を 20 秒間あててください。両側にある帯の UV レベルの観測および結果を記録してください。
3. 帯の状態をリセットさせるために、UV カードを、しばらく日陰に放置してください。
4. 下図に示してあるように、プラスチックカードの半分は保湿化粧水をうすい層になるように塗り、もう半分に日焼け止め化粧水をうすい層になるように塗ってください。



(注意：できるだけ 2 つの層が同じ厚さになるようにしてください。)

5. それぞれの化粧水を塗ったプラスチックカードを, UV カードに被せてください.
6. UV カードに, 太陽光を 20 秒間あててください. 両側の帯の UV レベルの観測および結果を記録してください.
7. ペーパータオルでプラスチックカードに塗った化粧水をふき取ってください.

### **<分析>**

#### **1. 次の1～5 について, 自分の考えを黒字で書き入れよう.**

1. この調査から得られた, 保湿化粧水と日焼け止め化粧水の成分は異なることを裏づける証拠を挙げてください.
2. 日焼け止め化粧水中の成分は, こういった点で, 保湿化粧水よりも優れていると思いますか. 説明してください.
3. 実生活において, 日焼け止め化粧水を使用したときの結果を予想するために, この実験のデータを利用することはできると思いますか. 説明してください.
4. 手順 1 と 2 を行う目的は, 何ですか? 説明してください.

# アクティビティ 6:紫外線照射の増加

## 本時の課題「反射した光は、紫外線による健康リスクを増加させるのだろうか？」

「リスク」という言葉を聞いたことはありますか。リスクは「危険」という意味です。リスクについて考えてみましょう。

### 【考えてみよう】

1. 次の各活動内容に関する、リスク増加(リスクが増加すること)を書いてください。

活動内容	リスク増加
濡れた道路で運転すること.	
安全パッドを着用しないでスケートすること.	
車に乗ること.	
接触のあるスポーツをすること.	

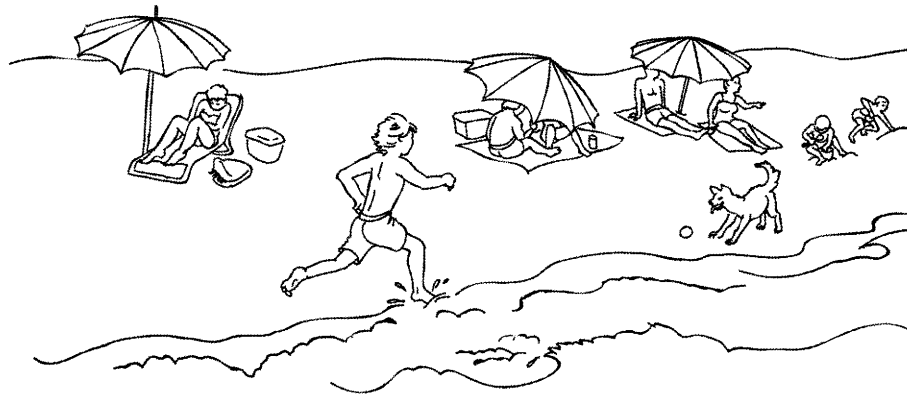
2. 野球選手(ソフトボール選手)が、怪我のリスクを削減するためにできる、あらゆる方法を挙げてください。

3. 光が反射して、人々に対する UV 照射量が増加するような場所を挙げてください。

ティアアナは手術以前、週末はいつもビーチで過ごしていました。その影響もあって、ホセはビーチに行くことが、何よりも大好きでした。

公園よりもビーチのほうが、日焼けしやすいということに、ホセは気づきました。

この調査で、君たちは裏庭や公園で活動するよりも、雪の上やビーチで活動するときの方が、日焼けしやすい理由を考えていきます。



### ＜材料＞ 生徒 4 人 1 組の各グループ用

・ UV カード	1
・ アルミホイル	1
・ 黒色の布	1
・ 分度器	1

### ＜手順＞

1. 太陽光があたる場所に、黒色の布を広げ、UV カードの検出帯の面が下向きになるようにして、黒色の布の上に置いてください。

2. 図 1 のように、UV カードを傾けてください。(UV カードと黒色の布のなす角が  $45^{\circ}$  になるようにする。) その後、20 秒測定し、UV レベルを記録してください。

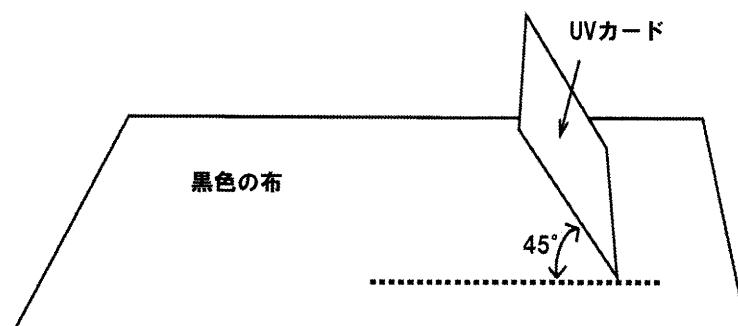


図 1. UV カードの置き方

3. UV カードを日陰に移動させてください。そして、黒色の布の上に、しわを付けたアルミホイルを置いてください。
4. 先ほどと同様の位置に、UV カードを置いてください。（検出帯の面が下向きになるようにする。）
5. 手順 2 と同様の操作を行ってください。
6. 測定した UV レベルを記録してください。

## <分析>

### I. 次の1～3 について、自分の考えを黒字で書き入れよう。

1. 黒色の布と、しわをつけたアルミホイルを比較して、どちらの方が、より高い UV レベルを示しましたか。なぜ、そのような結果になったのか、説明してください。
2. 空気中から、アルミホイルまでに進む光の進路と、その後の、UV カードまでの進む光の進路を線で描いてください。



3. この調査の中で、黒色の布は土壌で覆われたグラウンドを表しています。では、アルミホイルと UV カードは、何を表していると思いますか。

II. 上の 1～3 について、グループで話し合おう。その後、クラス全体で話し合おう。話し合いを通して、書き入れた自分の考えを変えたり、追加したくなったら、

**赤字で書き入れよう。**

### **ルーブリック評価**

次の4は、ルーブリックによる評価を行います。

- ・ルーブリック：具体的な評価基準。授業の際、学習者に対して、あらかじめ明確に提示しておく。
- ・フィードバック：形成的評価。学習者が自己評価し、それに対して、教員がコメントする。

4. 太陽光には、可視光と似た性質であるが、全く同一ではない、不可視光が含まれています。この考えを裏づける証拠には、どのようなものがありますか。この調査や他の調査をふまえて、説明してください。

### **<分析>**

#### **I. 次の5～6について、自分の考えを黒字で書き入れよう。**

5. 公園で遊ぶのに比べて、ビーチや雪の上で遊ぶときに、太陽光による健康リスクが増加するのはなぜですか。説明してください。

6. 太陽光の反射によって、紫外線エネルギーを多く浴びるような活動は、どのようなものがありますか。例を挙げて、理由も説明してください。

**II. 上の5～6について、グループで話し合おう。その後、クラス全体で話し合おう。話し合いを通して、書き入れた自分の考えを変えたり、追加したくなったら、赤字で書き入れよう。**

### 【追加資料】—リスクの分類—

リスクは、次の2つに分類できます。

○自発的リスク：リスクにあうか、あわないかを各自で選択できるリスク

○非自発的リスク：リスクにあうか、あわないかを各自で選択できないリスク

### 【考えてみよう】

1. 以下の2つの活動に対するリスクは、自発的リスクですか？それとも、非自発的リスクですか。

・バイクに乗っていて転倒するリスク → \_\_\_\_\_

・うしろから車に追突されるリスク → \_\_\_\_\_

2. 反射したUVに照射されることは、自発的リスクですか。それとも、非自発的リスクですか。理由も説明してください。

3. 質問6で考えた活動に関する、リスクの分類、プラスあるいはマイナスの影響、そして、リスク削減(リスクを回避する手助けとなる行動、あるいは、その効果のこと)を考えてください。

活動 <sup>①</sup>	自発的/ 非自発的 <sup>②</sup>	プラスの影響 <sup>③</sup>	マイナスの影響 <sup>④</sup>	リスク削減 <sup>⑤</sup>
スノーボード <sup>①</sup>	自発的 <sup>②</sup>	健康に良い、楽しい <sup>③</sup>	紫外線エネルギーが反射して、目や皮膚にあたり、ダメージをうける <sup>④</sup>	屋食を室内で食べる、日焼け止めを塗る、帽子をかぶる、やらない <sup>⑤</sup>
<sup>①</sup>	<sup>②</sup>	<sup>③</sup>	<sup>④</sup>	<sup>⑤</sup>
<sup>①</sup>	<sup>②</sup>	<sup>③</sup>	<sup>④</sup>	<sup>⑤</sup>
<sup>①</sup>	<sup>②</sup>	<sup>③</sup>	<sup>④</sup>	<sup>⑤</sup>
<sup>①</sup>	<sup>②</sup>	<sup>③</sup>	<sup>④</sup>	<sup>⑤</sup>

## アクティビティ 7: 各自の UV 予防計画

**本時の課題「リスクの要因や生活習慣に応じて、各自の UV 予防計画を作成しよう。」**

反射光による UV 照射が、リスク増加の要因であることを、ホセは、ティアアナに伝えました。ティアは、ホセの太陽光に関する知識の多さに感心しました。それは、まるで専門家のようなでした。ホセは、人の健康と太陽光の影響に関する知識も専門家のようなでした。

この調査で君たちは、リスクの要因の分析と評価をし、各自で UV 予防計画を作成していきます。



### 【考えてみよう】

1. UV 照射による健康面でのリスク増加の要因のうち、行動に関するものを、思いつくだけ挙げてください。
2. UV 照射による健康面でのリスク増加の要因のうち、自分のことに関するものを、思いつくだけ挙げてください。

各自のリスクレベルは、1 と 2 で挙げた要因の総合的な見積もり(合計)によって決まります。

**<材料> 生徒 2 人 1 組の各チーム用**

- |  |   |
|--|---|
| ・生徒用シート 7.1 “リスクの要因の記録” (使っても使わなくてもよい) | 1 |
| ・生徒用シート 7.2 “紫外線リスクの評価”                | 1 |

**<手順>**

パート 1：読み物による UV 照射の分析とリスクの評価

1. 6 人の人物に関する、読み物を読んでください。

2. 4 人 1 組のグループを、2 人 1 組のチームに分けてください。1 つのチームは、白内障に関するリスクを分析し、もう 1 つのチームは、皮膚癌に関するリスクを分析してください。

3. それぞれの読み物を注意深く読み返してください。そして、各人物について、リスクの要因を 0 から 5 で評価してください(0：リスクがない、・・・ 5：リスクがとても高い)。評価するとき、読み物の中に、十分な情報量がないと思った場合は、点数をつけず、空白のままにしておいてください。評価した点数を、生徒用シート 7.2 “紫外線リスクの評価” に記録してください。

(注意：今の時点で、合計点の欄は空白にしておいてください。)

4. すべての読み物について、評価が完了したら、決定した 0 から 5 の評価を確認してください。

5. それぞれの人物の“子どもの頃の UV 照射量”の合計点を求めるために、“子どもの頃の UV 照射量”の点数を合計してください。

6. 生徒用シート 7.2 “皮膚癌のリスク”と“白内障のリスク”に、手順 5 で計算した合計点を書いてください。

7. もう一方のチームと、評価したものを確認してください。各チームで、評価したものを共有し、書き写してください。

8. パート 2 を始める前に、次の“分析”に回答してください。

## **<分析>**

### **I. 次の1～4について、自分の考えを黒字で書き入れよう。**

1. 白内障と皮膚癌に共通するリスクの要因には、何がありますか。
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
2. この調査で、一生分の UV 照射量ではなく、子どもの頃の UV 照射量を考えているのは、なぜだと思いますか。説明してください。
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
3. この調査で、君たちは、リスクを 6 段階(0~5)で評価しています。  
“リスクゼロ(リスクが全くない)” のような場合があると思いますか。理由を説明してください。
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
4. 君たちが分析した読み物の中で、白内障に関するリスクが、最も高かったのは、どの 3 人ですか？理由を説明してください。

**II. 上の 1～4 について、グループで話し合おう。その後、クラス全体で話し合おう。話し合いを通して、書き入れた自分の考えを変えたり、追加したくなったら、赤字で書き入れよう。**

## パート 2：あなたの UV 照射に関する分析とリスクの評価

9. あなた自身についての読み物を作成してください。（科学ノートに、あなたの好きな場所や活動する場所、そして白内障や皮膚癌に対する、各自のリスクの要因について、説明したものを書いてください。）

10. 生徒用シート 7.2 の“あなたの名前”の欄に、あなた自身の名前を加えてください。

11. あなた自身に関するリスクを評価して、合計点を計算してください。

## ループリック評価

次の5は、ループリックによる評価を行います。

- ・ループリック：具体的な評価基準。授業の際、学習者に対して、あらかじめ明確に提示しておく。
- ・フィードバック：形成的評価。学習者が自己評価し、それに対して、教員がコメントする。

5. 君たちが分析した読み物の中で、皮膚癌に関するリスクが、最も高かったのは、どの2人ですか？理由を説明してください。

## <分析>

**I. 次の6について、自分の考えを黒字で書き入れよう。**

6. 屋外での活動に参加するときに、UV 照射を削減するために、できることをすべて書き出し、各自で UV 予防計画を作成してください。

**II. 上の6について、グループで話し合おう。その後、クラス全体で話し合おう。話し合いを通して、書き入れた自分の考えを変えなくなったり、追加したくなったら、赤字で書き入れよう。**

## 『6 人の読み物からリスクの要因を考えよう!!』

### ～ホセ～

ホセは、南カリフォルニア州で暮らす 14 歳(8 年生)の肌の黒い少年です。

5 年前に、犬のフレディーが家に来て以来、ホセは、ほとんど毎日、朝と夜にフレディーと公園で過ごしていました。フレディーは、何時間もかけ回っていても、疲れていなかったのも、ホセは、あっけにとられていました。

毎週土曜日になるとホセは、ランチを持って友達と一日中ビーチへ出かけていました。ホセは、大叔母が、ちょうど白内障を摘出していたときだったので、太陽に長い時間あたることに関して、懸念しています。

### ～カーラ～

5 年前の 20 歳のとき、カーラはミズーリ州の故郷にちなんで、名づけたセントルイス・ソフトウェアという非常にやり手な会社を設立しました。彼女は、月曜日から金曜日の 8 時から 20 時まで働き続けています。彼女は、必ずしもコンピュータの扱いが上手いとは言えませんでした。

中学生まで、彼女はテニスをして週末や夏の午前中を過ごしたり、午後は、読書をして過ごしていました。

彼女は薄茶色の目で、赤い髪の毛、肌は色白で、そばかすがありました。

今までは、休日の大半を寝て過ごしていました。しかし、日曜日は、バイクに乗ったり、スケートボードをしたり、友達と一緒に過ごしたりと、できるだけ屋外で過ごすようにしています。

### ～ターニャ～

ターニャは、フロリダ州のマイアミで暮らしています。彼女は、44 年間、ずっとマイアミで暮らしてきています。

彼女は、大工や電気技術者などが家を建てるときに、それらを管理する受託業者をやっており、その前は、配管工として 20 年間働いていました。

彼女には、双子の姉がいて、その姉は、生まれつき肌の色が薄茶色でした。去年、その姉は、小さな皮膚癌のダークスポットを除去しました。

幼いころ、ターニャと姉は、放課後になるとお父さんの食料品店で働いていました。2 人は、学校や仕事の前、ほぼ毎朝と日曜日の夕方に釣りに行っていました。

今週末、ターニャは釣りや気分転換しに、のどかな場所へボートで航行する予定を立てており、これを楽しみにしています。

## ～レオン～

レオンは、裏庭にある庭園をととても大切にしています。

退職した今、彼は毎日数時間、庭園の手入れをして過ごしています。ミシシッピの湾岸上で育ってきた間、毎週末や夏には、外でバスケットボールやサッカーをして過ごしていました。彼は、アフリカ系アメリカ人で、肌は黒いです。

彼は、太陽に長時間あたっていることについて、気にしたことはありませんでした。彼は最近、視界が少し曇り始めていることに気がつきました。

シカゴにいる彼の姉もまた、視界に問題を抱えていると言っているようです。

## ～バオー～

バオーは、東南アジアで生まれました。しかし、彼女は5歳のときにマサチューセッツ州に引っ越してきました。

東南アジアに住んでいたころの、一番記憶に残っている思い出は、兄とジャングルで、かくれんぼをして遊んだことです。小学生のころ、彼女は色々なアウトドアをして過ごしたり、陸上競技もしていました。9年生で、彼女は陸上競技会に挑戦し、1マイル競争で、年上の少年に勝つこともありました。

彼女は、すぐにメガネをかける必要があると思い始めました。それが原因で、陸上のタイムが落ちないことを願っています。彼女は、走ることをとても楽しんでます。しかし、毎日放課後、2時間練習を行い、ほとんど毎週土曜日は、陸上競技会で過ごし、その中で、宿題を頑張ってやり続けることを大変だと感じています。

## ～アレックス～

アレックスの家族は、メイン州で暮らしています。アレックスは、ブロンドヘアで目が青く、とても肌の白い少年です。彼は、喘息を患っています。

彼は、年に数回日焼けをしているが、アウトドアスポーツを愛していました。そして、彼はわずか9歳ですが、優れたスイマーであり、素晴らしいスキーヤーでもあります。彼は、常にこれらのスポーツのどちらかをしています。

アレックスの家族は、最近スピードボードを買いました。そして、彼の父さんは、夏休みの間に、水上スキーのやり方をアレックスに教えてあげるということを約束しました。アレックスは、夏が終わるまでに、乗りこなすと決めました。

## 資料 7.1 リスクの要因の記録

名前	わかったこと
ホセ	
カーラ	
ターニャ	
レオン	
バオー	
アレックス	
(あなたの名前)	

## 資料 7.2 紫外線リスクの評価

### <ガイドライン>

- ・ **緯度**

最も赤道に近い:5 点, 最も赤道から遠い:1 点

- ・ **ピークタイム (午前 10 時から午後 3 時)**

1 週間に 10 時間以上:5 点, 1 週間に 2 時間未満:1 点

- ・ **オフピークタイム**

1 週間に 10 時間以上:5 点, 1 週間に 4 時間未満:1 点

- ・ **反射率**

水または雪:5 点, 砂:3 点, 土または芝生:1 点

- ・ **家系**

自身あるいは身内が症状をかかえている:1~4 点  
(症状の種類や身内の間の親密さによる)

頻繁に日焼けする:2 点 (皮膚癌に関する追加点)

- ・ **肌の色**

白色の肌:5 点, 黄色の肌:3 点, 黒色の肌:1 点

### 子どもの頃の UV 照射量 (20 歳まで)

名前	緯度	ピークタイム	オフピークタイム	反射率	合計点
ホセ					
カーラ					
ターニャ					
レオン					
バオー					
アレックス					
(あなたの名前)					

### 皮膚癌のリスク

### 白内障のリスク

名前	「子どもの頃の UV 照射量」の合計点	家系	肌の色	合計点	「子どもの頃の UV 照射量」の合計点	家系	合計点
ホセ							
カーラ							
ターニャ							
レオン							
バオー							
アレックス							
(あなたの名前)							

添付資料：3

---

# アセスメントシート および回答例

名前 ( )

## ＜アセスメントシート：データの分析と活用＞

レベル 0	・ 回答が間違っている, あるいは該当していない	はい	いいえ
レベル 1 不十分	・ 証拠と結論の結び付きが不明確である		
レベル 2 あと一歩	・ 証拠と結論の結び付きが明確である		
レベル 3 良い	下記の内容(a, b)を, とともに示している: a. 証拠として定量的データを用いている b. データの質を吟味している(データの比較・調査方法の妥当性)		
レベル 4 優秀	レベル 3 を満たし, さらに下記の内容(c~g)を 1 つでも示している: c. より信頼性のあるデータを得るために, 新たな調査方法を提案している d. 学習した科学概念を活用している e. 予想と結果が一致しなかった場合, 一致しなかった理由を追究している f. 新たな問題を見出し, 問題の解決方法を提案している g. 図や表を用いて, 考えをわかりやすく伝えようとしている		

### <回答>

自分のレベル：

### ＜事後の感想＞

## 評価対象となる質問の回答例

### <調査 3>

質問 7. 最も熱を伝えるのはどのフィルムですか? どのような証拠がありますか?

#### レベル 1

フィルム A. 最も温度が上昇していたから.

#### レベル 2

太陽光をあてたとき, フィルム A が最も温度上昇していたため, 最も熱を伝えるのはフィルム A だと結論づけた. フィルム A は透明であるため, 温度上昇が他のフィルムよりも早かったと考える.

#### レベル 3

他のフィルムと異なり, 無色透明であるため, 最も熱を伝えるのはフィルム A であると結論づけた. フィルムを通して物を見たとき, 他のフィルムよりも, 物がよく見えていたので, フィルム A が最も光を透過する. そして, フィルム A は, 温度が 27.5°C から 51°C と最も変化していた. この結果は, すべてのグループでみられたため, 正しいといえる.

#### レベル 4

無色透明なフィルム A は, 光を反射あるいは吸収しない. そのため, すべての光が透過するため最も温度が上昇する. フィルム A は, 他のフィルムの温度変化 15.5°C, 18°C, 21°C と比較すると, 23.5°C と最も変化している. 得られたデータはすべてのグループで類似していた. しかし, 調査で行った測定時間が妥当であるのかわからない. そのため, より長い時間で測定すべきである. また, データの信頼性を高めるために, 複数測定を行う必要がある.

## <調査 6>

質問 4. 太陽光には、可視光と似た性質であるが、全く同一ではない、不可視光が含まれている。この考えを裏付ける証拠には、どのようなものがありますか？ この調査や他の調査をふまえて、説明してください。

### レベル 1

IR や UV は、私たちに熱を感じさせたり、傷つけたりするから。

### レベル 2

フィルム C は、フィルム D よりも多くの可視光を透過させた。しかし、UV の透過については、フィルム D とほぼ同じ結果になった。これは UV が可視光とは異なる性質をもつことを裏付けている。

### レベル 3

このアクティビティで、アルミホイルの表面に太陽光を反射させたとき、UV レベルが **high(5-7)** となった。結果は、各グループで多少のばらつきがあったものの、すべてのグループで反射光による UV レベルの上昇を確認することができた。アクティビティ 3 により、可視光についても反射の性質をもつことを確認した。このことから、不可視光である UV は可視光と類似の性質をもつといえる。アクティビティ 5 では、可視光の調査と同様のフィルムを用いて、UV の透過率を測定したが、可視光と UV の透過率の順位は異なっていた。そのため、これらは全く同一ではないと考えられる。

### レベル 4

フィルムを用いた調査は、太陽光が不可視光を含むという証拠を示している。アクティビティ 3 では、温度変化から IR を、アクティビティ 5 では、UV カードから UV を検出した。これらは、不可視光である IR や UV が、可視光と同様の性質(透過や吸収)をもつことを示したが、全く同一ではないことも明らかにした。可視光の透過性は、フィルム D より C の方が優れていた。しかし、UV の透過率は、フィルム C, D とともに **low(0-2)** であった。そして、ガラスに対して、可視光は透過するが、UV は透過しない。すべてのグループがこれを確認したため、正しいといえる。さらに、アクティビティ 4 において、UV や IR は、可視光と異なる周波数や波長をもつことを学習した。このことから、全く同一ではないことがわかる。

## <調査 7>

質問 5. 君たちが分析した読み物の中で、皮膚癌に関するリスクが、最も高かったのは、どの 2 人ですか? 理由を説明してください。

### レベル 1

レオンとターニャ。最も長い時間、太陽にあたっているから。

### レベル 2

ターニャの双子の姉は、悪性腫瘍をもっている。そして、アレックスは肌の色がとても白い。これらのことから、ターニャとアレックスは、皮膚癌のリスクが最も高いと結論づけた。

### レベル 3

皮膚癌に関するリスクの合計点は、ターニャ、アレックスともに 23 点で最も高い。このことから、リスクが最も高いのは、ターニャとアレックスと結論づけた。ホセやレオンも子どもの頃の UV 照射量が高い。しかし、ターニャの双子の姉は悪性腫瘍をもっていることから“家系”が 5 点、アレックスは肌の色が白く、簡単に日焼けすることから“肌の色”が 5 点となったため、他の人よりもリスクが高いと考えた。しかし、これらの記事にある情報量は十分でないため、判断することは難しい。

### レベル 4

皮膚癌のリスクが最も高いのは、ターニャとアレックスであると結論づけた。

ターニャはマイアミに住んでおり、多量の太陽光を浴びている上、双子の姉が悪性腫瘍をもっていることから、皮膚癌のリスクを 23 点とした。アレックスは肌が白い上、スキーや水泳をしていることから、ターニャと同様、23 点とした。バオーについても、リスクが高いと考えたが、彼女の家系や住んでいる地域の気候に関する情報が不十分であるため、判断できない。結論をより明確にするためには、各人物に関して、さらに多くの情報が必要である。また、リスクの要因に関して、重要性を検討する必要がある。なぜなら、私は反射率が緯度と同じくらい重要であるとは考えていないからである。

添付資料：4

# 事前・事後調査用紙 および解答

<選択問題>

1. \_\_\_\_\_による照射は白内障に対するリスクを増加させる。
  - a. 赤外線
  - b. 白熱灯
  - c. 紫外線
  - d. 蛍光灯
  
2. 白内障は\_\_\_\_\_ことがある。
  - a. 癌の原因になる
  - b. サングラスをかけることによって回復する
  - c. コンタクトレンズをつけることによって回復する
  - d. 盲目の原因になる
  
3. 光はよく\_\_\_\_\_として科学者から説明される。
  - a. 波
  - b. プリズム
  - c. 黄色の円
  - d. 太陽
  
4. 可視スペクトルには、何色がありますか？
  - a. 白色, 赤色, 黄色, 緑色, 青色, 藍色, 紫色
  - b. 白色, 赤色, 黄色, 緑色, 青色, 藍色, 紫外
  - c. 赤色, 橙色, 黄色, 緑色, 青色, 藍色, 紫色
  - d. 赤色, 黄色, 緑色, 青色, 藍色, 紫色, 紫外
  
5. 白色光は\_\_\_\_\_である。
  - a. 可視スペクトルの全ての色が組み合わさったもの
  - b. 可視スペクトルの全ての色が欠如したもの
  - c. 可視スペクトルの1つの周波数
  - d. 可視スペクトルの1つの波長
  
6. 一般的に、プリズムはあたった\_\_\_\_\_。
  - a. 太陽光を反射させる
  - b. 太陽光に色を加える
  - c. 太陽光を吸収する
  - d. 太陽光を屈折させる

7. 周波数は\_\_\_\_\_である。

- a. 1つの波の周期の時間
- b. 単位時間あたりの波の周期の数
- c. 波の周期の合計数
- d. 1つの波の周期の長さ

8. 白色光がフィルムを通り抜け、紫色の光だけが壁に投影されるとき、フィルムは\_\_\_\_\_。

- a. 白色光に紫色の光を足した
- b. 白色光に紫外線を足した
- c. 白色光から紫色以外のすべての色の光を吸収した
- d. 白色光から紫外線を吸収した

9. 最も光を透過するのは、どの物質ですか？

- a. 暗い色のガラス
- b. 銀色の鏡
- c. 透明なガラス
- d. 黒色の布

10. 最も光を吸収するのは、どの物質ですか？

- a. 暗い色のガラス
- b. 銀色の鏡
- c. 透明なガラス
- d. 黒色の布

11. 赤外線は\_\_\_\_\_。

- a. 人間には見えない
- b. 白内障リスクを増加させる能力をもつ
- c. 紫色の光より大きな周波数をもつ
- d. 紫色の光よりも短い波長をもつ

12. 太陽から放たれるエネルギーのほとんどは\_\_\_\_\_から構成されている。

- a. 電波, マイクロ波, X線
- b. 赤外線, 可視光, 紫外線
- c. 紫外線, 可視光, ガンマ線
- d. 宇宙線, ガンマ線, X線

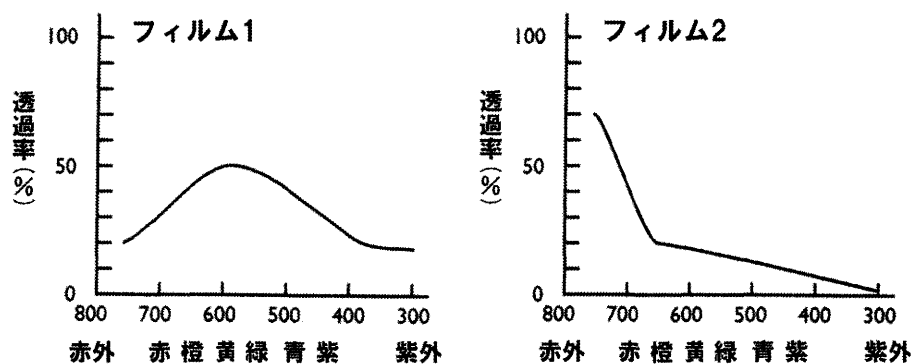
13. UV(紫外線)は、一般的に IR(赤外線)よりも有害である。なぜなら\_\_\_\_\_からである。

- a. UVは不可視でIRは可視である
- b. UVはIRよりも大きな周波数をもつ
- c. UVはIRよりも長い波長をもつ
- d. UVはIRよりも熱い

<記述問題>

14. 2つの窓のフィルムに関する透過率グラフを見て、a~dについて答えなさい。

(縦軸の100%はすべての光を透過することを示す。)



a: 紫外線をブロックするのに、最も優れているのは、どちらのフィルムですか?  
理由を説明してください。

b: 黄色の光を透過するのに、最も優れているのは、どちらのフィルムですか?  
理由を説明してください。

c: フィルムを通して物体を見たときに、物体が赤く見えるのは、どちらのフィルムですか?  
理由を説明してください。

d: あなたの家族の誰かが白内障、あるいは皮膚癌であった場合、車の窓に用いるなら、どちらのフィルムを選びますか? 理由を説明してください。

15. 可視光スペクトルと白色光には、どのような関係がありますか？

16. サングラスをかけることは、健康に関して、どのような利点をもたらすのか、またサングラスは、目をどのように保護するのかを説明してください。

17. 紫色の光は赤色の光よりも大きな周波数をもっています。2 色の光のエネルギーの大きさを比較すると、どのようなことが言えますか？

18. 光が物質にあたったとき、すべての光に共通して起こる現象が 3 つあります。それらは何ですか？ 例を用いて、それぞれの現象を説明してください。

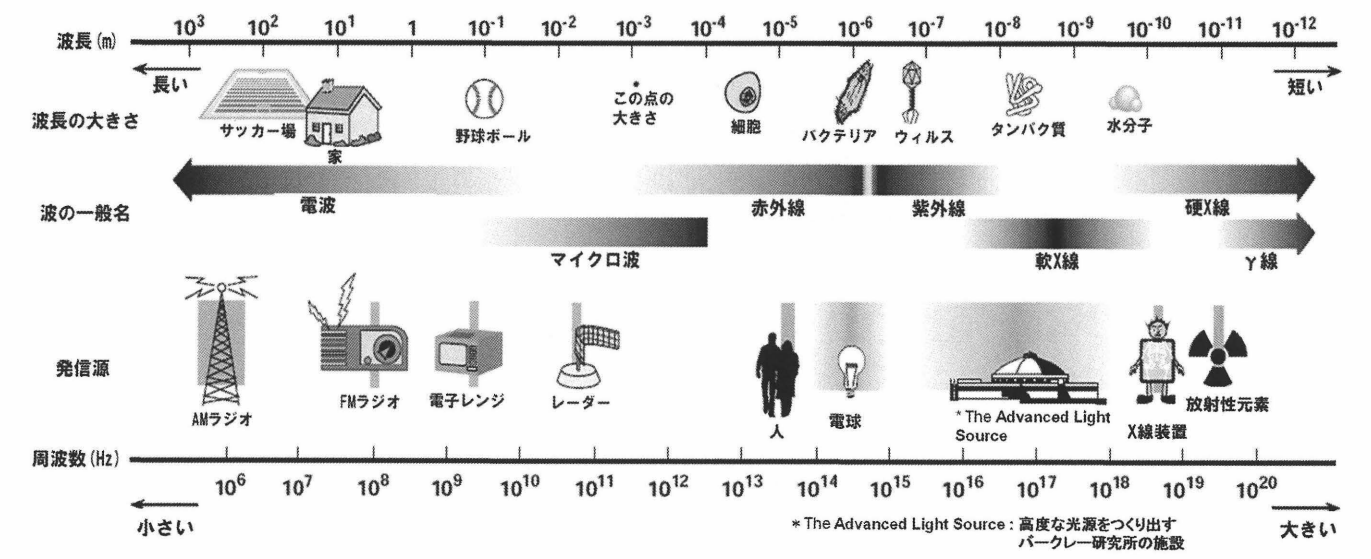
19. 黒色の Tシャツと白色の Tシャツを、太陽のあたるところに置いておきます。  
数分後、白色の Tシャツよりも黒色の Tシャツの方が、触ったときに熱く感じました。  
両方の Tシャツに太陽光があたったとき、何が起こったのか、比較して説明してください。

20. 以下の表は 2 つのサングラスのレンズを比較したものです。レンズ 1 はレンズ 2 よりも明るいですが、暗いですか？ 理由も説明してください。

レンズ	可視光のブロック率	UV のブロック率
1	60%	90%
2	40%	100%

21. 人々が赤外線を利用するものには、何がありますか？ 赤外線が利用される理由を説明してください。

22. 電磁スペクトルの図から 2 種類の電磁波を選び、それらを比較してください。そのとき、少なくとも 3 つの特徴を比較してください。

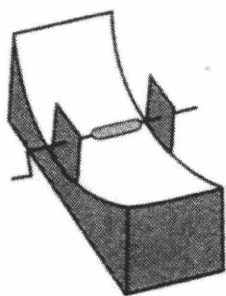


23. 光の周波数と波長の間には、どのような関係がありますか？

24. a：太陽光の照射により、健康リスクの増加を導く(健康をおびやかす可能性が高くなる)ような状況や場면을記述してください。

b：その状況や場面が、どのようにリスク増加を導くのか説明してください。

25. 女の子が以下に示した“太陽光ホットドック調理器具”を組み立てようとしています。そのときに、黒い紙、アルミホイル、透明なサランラップのいずれかを調理器具の表面に貼ろうと考えているのですが、より早く、ホットドックを調理するためには、どれを表面に貼るべきだと思いますか？理由も説明してください。



26. 太陽光のあたる中で、寝ながら本を読んでいるとき、白内障のリスクがより高いのは、ビーチと芝生のどちらですか？ 理由も説明してください。

27. あなたには、肌が色白な友達があります。彼女は時間さえあればいつでもスキーに行っています。あなたは、彼女に皮膚癌に関するリスクを削減させるために、どのようなアドバイスをしますか？

28. リスクを各自で選択できることを自発的リスク、選択できないものを非自発的リスクという。自発的リスクと非自発的リスクの例を示してください。そして、自発的あるいは非自発的のどちらか一方のみで、みられるリスクの例を示し、どちらか一方のみである理由を説明してください。

29. 表中の各要因が、白内障あるいは皮膚癌のリスクに、どのような影響をもたらすのか、以下の表に書き入れて、比較してください。

	年齢	家系	肌の色
白内障			
皮膚癌			

## <解答>

1. c
2. d
3. a
4. c
5. a
6. d
7. b
8. c
9. c
10. d
11. a
12. b
13. b
- 14.

a. フィルム 2 は、紫外線の透過率がほとんど 0%で、フィルム 1 は、約 20%の紫外線の透過率なのでフィルム 2 である。

b. フィルム 1 は、黄色の光透過率が約 50%で、フィルム 2 は、黄色の光透過率が 20%以下なので、フィルム 1 である。

c. フィルム 2 は、他の色の光より赤色や橙色の光を多く透過し、フィルム 1 は、他の色の光よりも黄色や緑色の光を多く透過するため、フィルム 2 である。

d. ほとんど全ての紫外線をブロックするため、フィルム 2 である。

15. 白色光は、可視スペクトルの全色を組み合わせでつくり出す。

16. サングラスは、眼内のレンズにダメージを与えることや、白内障の原因となる UV をブロックすることができる。

17. 紫色の光は、赤色の光よりも大きな周波数をもっているため、大きなエネルギーをもっている。

18. 光は、物質にあたるときに透過、吸収、反射の現象を起こす。物質に、あたる光がこれらのうち 1 つだけをするとは限らない。反射の例は、光が鏡にあたるときである。白色光が、黒色の紙にあたるとき、光は吸収される。それは、紙が黒く見える理由を説明している。透過の例は、可視光が通り抜けることのできる窓がある。

19. 黒色の Tシャツは、より熱く感じたため、白色の Tシャツよりもエネルギーを多く吸収したに違いない。すべての可視波長が反射した光の存在が白色であり、すべての可視波長の光の欠如が黒色である考えると説得力がある。

20.

レベル 1. レンズ 2 は、UV のブロック率が 100%なので、色がより暗い。

レベル 2. 可視光や UV をあてたときに、高い値であるため、レンズ 1の方が、色が暗いと考えられる。

レベル 3. 可視光を最も吸収するので、レンズ 1 の色が暗いと考えられる。暗さは、可視光がより少ないからである。

レベル 4. レンズ 1 は、多くの可視光をブロックし、色が暗いものは可視光を吸収する。私たちは、色の薄いレンズが、暗いレンズよりも多くの UV をブロックするということを学んだ。唯一、私た

ちが疑問に思っていることは、反射することは、可視光を吸収せずに、反射することが原因なのかどうかということである。(最後の 2 つの回答は、どちらもレベル 4 に達している。)

21. 赤外線の使用は、リモコンや加熱ランプ、衛星画像、天体画像、暗視技術などがある。赤外線は、離れた所から TV にデータを送るためのリモコンとして用いている。さらに、赤外線は、物質から放たれ、それをゴーグル内のコンピュータがとらえるというような、暗視ゴーグルにも用いられている。人工衛星は、環境変化のイメージを創り出すためにコンピュータに赤外線情報を与える。赤外“加熱ランプ”は、レストラン内で、食べ物の暖かさを保つために用いられている。

22. 生徒の回答は様々でしょう。しかし、波長、周波数、視認性、エネルギー、そして、応用ということから 2 つの波を比較するでしょう。生徒は、両方ともが電磁波であることや、物質にあたるときに透過、吸収、反射をするという類似点を挙げるでしょう。

23. 反比例の関係です。波長が増加すると、周波数は小さくなり、波長が減少すると、周波数は大きくなるといったような関係である。

24.

a. ここでは、生徒が考える可能性のある場面、状況が多くあります。1 つの例は、日中にビーチで、日光浴することである。

b. また、太陽光は日中に最も強くなる。そのため、リスクは、朝や夕方よりも大きくなる。ビーチは、反射光により、白内障や皮膚癌に進行するリスク増加がある。

25. 生徒は、アルミホイルを用いるでしょう。なぜなら、反射率が高いという性質をもつからである。透明なサランラップは、透過する。そして、黒い紙は、光を吸収するからである。パラボラアンテナのような形は、ホットドックに向けて光を集中的に反射するのに役に立つ。

26. 人々が、ビーチにいるときにリスクが増加する。なぜなら、砂や水からの反射によって、目にあたる光量が多くなるからである。暗い表面の芝生では、光を吸収し、目に反射する光量は、とても少ない。

27. その場所へ、全く行かない、あるいは最も日差しの強い時間を避けるために、早朝か午後の遅い時間にだけ行くようにする。目と顔を保護するゴーグルを着用する。日焼け止めや保護服を着ることを生徒は、彼女にアドバイスするでしょう。

28. 非自発的リスクの例は、歩道を歩き自動車にぶつかるということがある。なぜなら、一生の間に、歩道を歩くことの回避することは、事実上不可能であるからである。自発的リスクは、スポーツをしている間に怪我をするということがある。なぜなら、スポーツをするかどうかは、あなたが選択できるからである。

両方で見られるリスクは、仕事や場所に関連する。例えば、漁師は、水から反射した多くの UV を毎日のように浴びている。これについて、何人かはディスカッションするかもしれない。なぜなら、釣りは、漁師が生きていくために必要不可欠であるため、UV 照射は避けられない。そのため、非自発的である。しかしながら、他の仕事に就くことは、可能なのでリスクは自発的であるとも考えることができる。

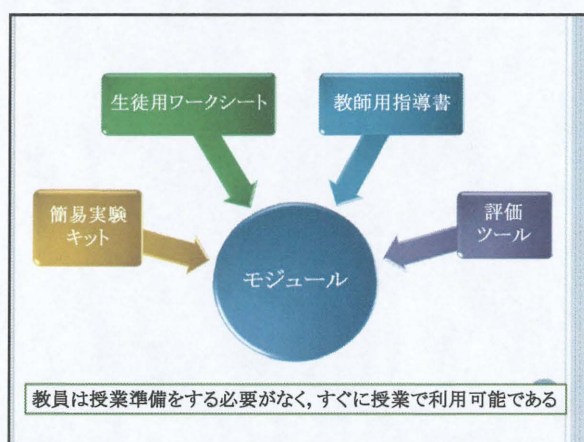
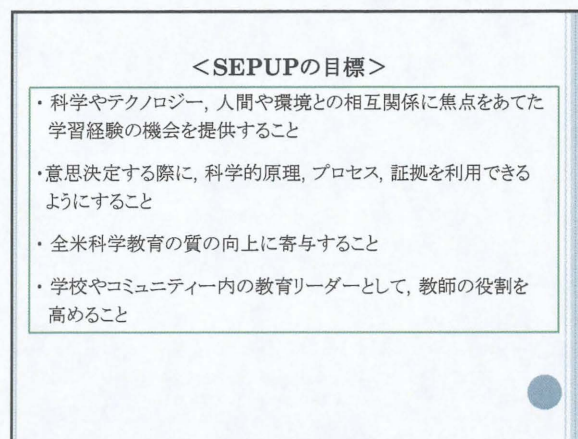
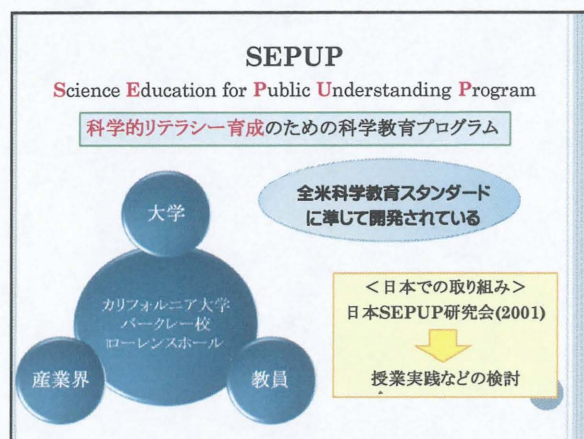
29. 以下の表に示す。

	年齢	家系	肌の色
--	----	----	-----

白内障	若い年(20 歳以下)は、後に白内障となるリスクが増加する	もし、家系で白内障を患う人がいるならば、リスクが増加する	関連性はない
皮膚癌	若い年(20 歳以下)は、後に皮膚癌となるリスクが増加する	もし、家系で皮膚癌を患う人がいるならば、リスクが増加する	皮膚癌の発達に関してリスクが高いのは、色白の肌の人々である

添付資料：5

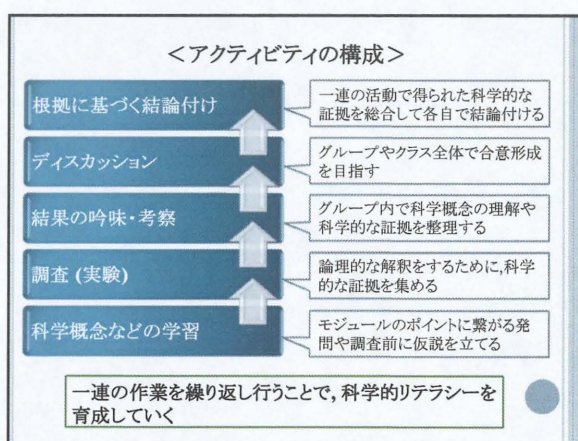
授業用 PPT



日常生活や社会の課題に主体的に関わっているようなモジュールが12種類開発されている

モジュール名(日本語)	原文
意思決定: 確率とリスクアセスメント	Decision Making: Probability and Risk Assessment
環境への影響: 工業の比較	Environmental Impact: Comparing Industries
地下水の汚染: フルーツバレル村の問題	Groundwater Contamination: Trouble in Fruitvale
危険性物質の探究: 樽の謎	Hazardous Materials Investigations: The Barrel Mystery
家庭内の化学物質: より良いデザイン	Household Chemicals: Better by Design
太陽から放たれるエネルギーの調査	Investigating Energy from the Sun
環境衛生上の健康リスクの調査	Investigating Environmental Health Risks
食品安全性の調査	Investigating Food Safety
廃水の調査: 水汚染と汚染	Investigating Wastewater: Solutions and Pollution
プラスチックと生活	Living with Plastics
閾値と毒物学	Thresholds and Toxicology
廃棄物処理: コンピューターと環境	Waste Disposal: Computers and the Environment

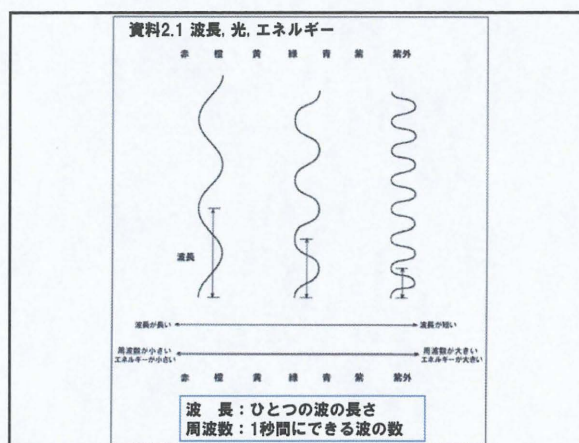
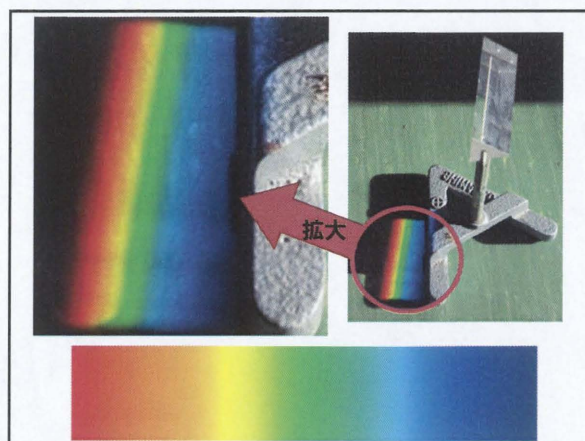
1つのモジュールには、**アクティビティ**という活動が10前後(1つの内容が1~3時間)含まれている



SEPUPモジュール  
Investigating Energy from the Sun

アクティビティ1：太陽光の導入  
(1～2時間)

アクティビティ2：可視光の探究  
(2～3時間)



アクティビティ3：透過, 吸収, 反射  
(2～3時間)

調査データ

フィルム	光透過率 の順位	温度(℃)			温度変化 の順位
		最初	最終	変化量	
A					
B					
C					
D					

## 調査データ

フィルム	光透過率 の順位	温度 (°C)			温度変化 の順位
		最初	最終	変化量	
A	4	27.5	51.0	23.5	4
B	3	27.5	48.5	21.0	3
C	2	27.0	45.0	18.0	2
D	1	27.0	42.5	15.5	1

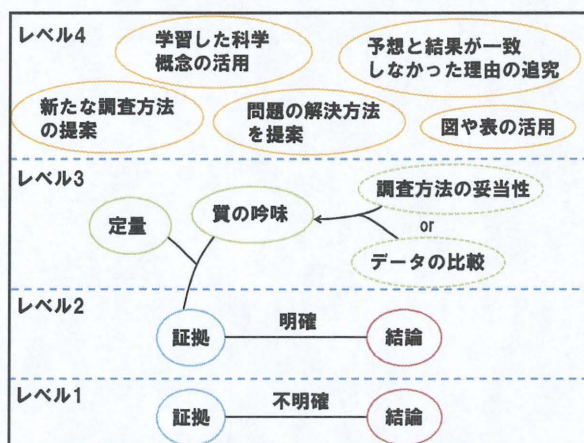
## 定性的データと定量的データの定義, 利点・難点

【定性的データ】：対象の質的な側面に注目したデータ。  
例) フィルムの性質

柔軟な表現ができるため、理解しやすい。しかし、主観的であるため、実験者の感受性の違いによってデータに違いが生じる。

【定量的データ】：対象の量的な側面に注目したデータ。  
例) 温度変化

客観的なデータである。しかし、実験計画が不十分であったり、欠陥のある測定器具や実験者のミスによって不正確なデータになることがある。



## アクティビティ3「透過, 吸収, 反射」

質問7.  
最も熱を伝えるのはどのフィルムですか? どのような証拠がありますか?

レベル1	
フィルムA. 最も温度が上昇していたから.	
<div style="text-align: center;">↓</div> 最も温度が上昇していたことから、何が言えるのか述べていない。	
レベル1 不十分	証拠と結論の結び付きが不明確である
レベル2	
太陽光をあてたとき、フィルムAが最も温度上昇していたため、最も熱を伝えるのはフィルムAだと結論づけた。フィルムAは透明であるため、温度上昇が他のフィルムよりも早かったと考える。	
レベル2 あと一歩	証拠と結論が結び付いている→緑線

レベル3	
他のフィルムと異なり、無色透明であるため、最も熱を伝えるのはフィルムAであると結論づけた。フィルムを通して物を見たとき、他のフィルムよりも、物がよく見えていたので、フィルムAが最も光を透過する。そして、フィルムAは、温度が27.5°Cから51°Cと最も変化していた。この結果は、すべてのグループでみられたため、正しいといえる。	
下記の内容 (a, b) を、ともに示している:	
レベル3 良い	a. 証拠として定量的データを用いている→緑線
	b. データの質を吟味している (データの比較・調査方法の妥当性) →黄線

## レベル4

無色透明なフィルムAは、光を反射あるいは吸収しない。そのため、すべての光が透過するため最も温度が上昇する。フィルムAは、他のフィルムの温度変化15.5℃、18℃、21℃と比較すると、23.5℃と最も変化している。得られたデータはすべてのグループで類似していた。しかし、調査で行った測定時間が妥当であるのかわからない。そのため、より長い時間で測定するべきである。また、データの信頼性を高めるために、複数測定を行う必要がある。

レベル4  
優秀

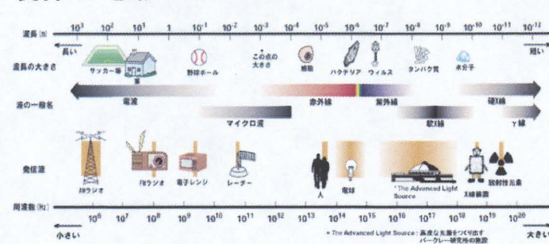
- レベル3を満たし、さらに下記の内容(c~g)を1つでも示している:
- c. より信頼性のあるデータを得るために、新たな調査方法を提案している → 緑線
  - d. 学習した科学概念を活用している
  - e. 予想と結果が一致していなかった場合、一致していなかった理由を追究している
  - f. 新たな問題を見出し、問題の解決方法を提案している
  - g. 図や表を用いて、考えをわかりやすく伝えようとしている

アクティビティ4：赤外線エネルギー  
の特性 (1~2時間)

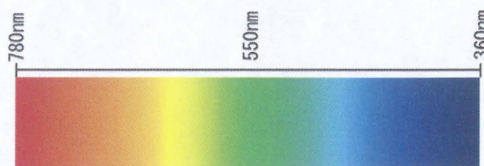
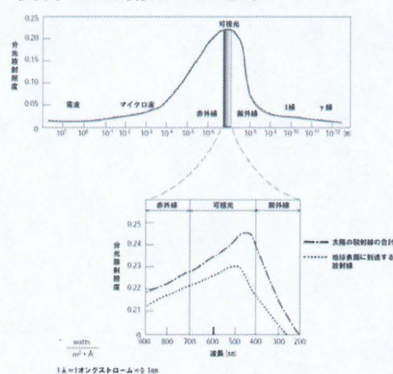
図4.2 赤外線と可視光線の比較

類似・相違	赤外線	可視光
類似	電磁エネルギー	電磁エネルギー
相違	波長が長い	波長が短い
類似	透過、吸収、反射の性質	透過、吸収、反射の性質
類似	太陽から多量に放たれる	太陽から多量に放たれる
類似	標準的な照射量であれば害はない	標準的な照射量であれば害はない
相違	周波数が小さい	周波数が大きい
相違	目に見えない	目に見える
相違	熱を感じる	熱を感じない

資料4.1 電磁スペクトル



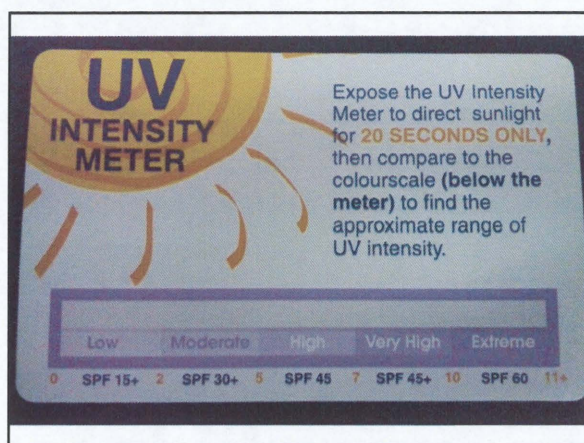
資料4.2 太陽からの電磁エネルギー



### ＜電磁スペクトル＞

- ①電磁波は、源（太陽）から離れてエネルギーを移動させる。
- ②電磁スペクトル中の異なる周波数をもつ光は、すべて、太陽から放出され、それらはすべて同じスピード（光速）で放たれる。
- ③電磁波は、何かと相互作用することやエネルギーを貯蔵するときにだけ発見することができる。例えば、可視光は目の裏の核と相互作用したとき、紫外線は皮膚中の分子と相互作用したときに発見できる。
- ④電磁スペクトルの一部分である可視光あるいはマイクロ波といった名前のついたものは、特定の範囲が決められている。それぞれの性質は、エネルギーの大きさと波長、周波数によって分類される。
- ⑤電磁スペクトルは、連続的なスペクトルであり、間に境目はない。
- ⑥スペクトルを横断する波長の範囲はとてつもなく長い、可視光の周波数の範囲は、電磁スペクトル中のごく一部である。
- ⑦太陽は、すべての周波数をまとめたものよりもIRや可視光、UVを含む狭い範囲の周波数の光を多く放出する。

### アクティビティ5：紫外線エネルギー の選択的透過 (2～3時間)



### ＜UVカードを扱うときの注意事項＞

- ① 測定する前に、検出帯が白色になっているか、確認する。  
もし、白色になっていなかったら、しばらく日陰においておく。
- ② 測定時は、正確に20秒はかりとる。
- ③ 20秒後、測定していた物は、UVカードから離しておく。
- ④ 測定結果（UVレベル）を確認するまでは、UVカードに太陽光が直接あたらないよう、日陰においておく。

### アクティビティ3の振り返り

フィルム	光透過率 の順位	温度(℃)			温度変化 の順位
		最初	最終	変化量	
A	4	27.5	51.0	23.5	4
B	3	27.5	48.5	21.0	3
C	2	27.0	45.0	18.0	2
D	1	27.0	42.5	15.5	1

### アクティビティ5の結果(例)

フィルム	紫外線透過 の予想順位	UVレベル		調査から得られた 紫外線透過の順位
		あなたの チーム	他のチーム	
フィルムなし		7-10		
A	(4)	5-7		4
B	(3)	2-5		3
C	(2)	0-2		1
D	(1)	0-2		1

### ＜紫外線と赤外線と比較＞

類似・相違	紫外線	赤外線
類似	電磁エネルギー	電磁エネルギー
相違	波長が短い、周波数が大	波長が長い、周波数が小
相違	標準的な照射線量でも人間の害となる	標準的な照射量では人間に害はないが、強度が高いと火傷を引き起こす
相違	皮膚の神経に刺激を与えないため、熱を感じない	皮膚の神経に刺激を与えるため、熱を感じる

### アクティビティ6：紫外線照射の増加 (2～3時間)



#### アクティビティ6「紫外線照射の増加」

##### 質問4.

太陽光には、可視光と似た性質であるが、全く同一ではない、不可視光が含まれている。この考えを裏付ける証拠には、どのようなものがありますか？

この調査や他の調査をふまえて、説明してください。

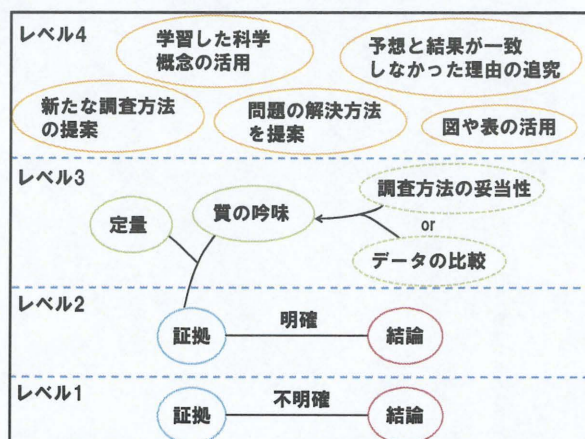
＜この質問の回答に用いることができる証拠＞

調査3：フィルムを用いた光透過性と温度変化の調査

調査4：赤外線の特性、電磁スペクトル

調査5：フィルムとUVカードを用いた紫外線レベルの調査

調査6：UVカードを用いた反射光の紫外線レベルの調査



<b>レベル1</b>	
IRやUVは、私たちに熱を感じさせたり、傷つけたりするから。	
↓	
熱を感じさせたり、傷つけたりすることから、何が言えるのか述べていない。	
レベル1 不十分	証拠と結論の結び付きが不明確である
<b>レベル2</b>	
フィルムCは、フィルムDよりも多くの可視光を透過させた。しかし、UVの透過については、フィルムDとほぼ同じ結果になった。これはUVが可視光とは異なる性質をもつことを裏付けている。	
レベル2 あと一歩	証拠と結論が結び付いている→緑線

### レベル3

このアクティビティで、アルミホイルの表面に太陽光を反射させたと  
き、UVレベルがhigh (5-7) となった。結果は、各グループで多少のばら  
つきがあったものの、すべてのグループで反射光によるUVレベルの上  
昇を確認することができた。アクティビティ3により、可視光について  
も反射の性質をもつことを確認した。このことから、不可視光であるUV  
は可視光と類似の性質をもつといえる。アクティビティ5では、可視光  
の調査と同様のフィルムを用いて、UVの透過率を測定したが、可視光と  
UVの透過率の順位は異なっていた。そのため、これらは全く同一ではな  
いと考えられる。

レベル3 良い	下記の内容 (a, b) を、ともに示している:
	a. 証拠として定量的データを用いている→ <b>緑線</b> b. データの質を吟味している (データの比較・調査方法の妥当性) → <b>黄線</b>

### レベル4

フィルムを用いた調査は、太陽光が不可視光を含むという証拠を示している。  
アクティビティ3では、温度変化からIRを、アクティビティ5では、UVカードか  
らUVを検出した。これらは、不可視光であるIRやUVが、可視光と同様の性質 (透  
過や吸収) をもつことを示したが、全く同一ではないことも明らかにした。可  
視光の透過性は、フィルムDよりCの方が優れていた。しかし、UVの透過率は、  
フィルムC、Dともにlow (0-2) であった。そして、ガラスに対して、可視光は透  
過するが、UVは透過しない。すべてのグループがこれを確認したため、正しい  
といえる。さらに、アクティビティ4において、UVやIRは、可視光と異なる周波  
数や波長をもつことを学習した。このことから、全く同一ではないことがわ  
かる。

レベル4 優秀	レベル3を満たし、さらに下記の内容 (c~g) を1つでも示している:
	c. より信頼性のあるデータを得るために、新たな調査方法を提案している
	d. 学習した科学概念を活用している→ <b>緑線</b>
	e. 予想と結果が一致していなかった場合、一致していなかった理由を 追究している
	f. 新たな問題を見出し、問題の解決方法を提案している
	g. 図や表を用いて、考えをわかりやすく伝えようとしている

### <自発的リスクと非自発的リスク>

**自発的リスク**：リスクにさらされるかどうかを  
自身で選択できるリスク

**非自発的リスク**：リスクにさらされるかどうかを  
自身で選択できないリスク

- ①, ②のリスクは、自発的あるいは非自発的？
- ① バイクに乗っていて転倒するリスク
- ② うしろから車に追突されるリスク

### 反射したUVに照射されることは、自発的？それとも 非自発的？

反射したUVに照射されるような場面の例：

- ・ スノーボードする → **自発的リスク**
- ・ 漁船で働く (漁師) → **自発的リスク？**



### アクティビティ7：各自のUV予防計画 (2~3時間)

### <リスクの要因について考えよう>

#### ① 行動に関するリスクの要因

- ・ **活動の種類** → どういった活動が、より高いリスクをもたらす  
のだろうか。
- ・ **日時** → どういった時間帯での活動が、より高いリスク  
をもたらすのだろうか。
- ・ **活動時間** → 活動時間とリスクは、どのような関係があるの  
だろうか。
- ・ **活動頻度** → 活動頻度とリスクは、どのような関係があるの  
だろうか。

## ② 各自に関するリスクの要因

- 子どもの頃のUV照射量 (20歳まで) → リスクの要因として、子どもの頃のUV照射量を考えるのは、なぜなのだろうか。
- 肌の色 → 肌の色とリスクは、どのような関係があるのだろうか。
- 家系 → 家系とリスクは、どのような関係があるのだろうか。
- 症状の前兆 → 症状の前兆とリスクは、どのような関係があるのだろうか。
- 地理的位置 → 地理的位置(緯度)とリスクは、どのような関係があるのだろうか。

## アメリカ合衆国の地図



## 読み物からUV照射の分析とリスクの評価をしてみよう

### <分析と評価の練習>

私は三重吉、三重県出身の大学生(22歳)です。私の肌の色は、どちらかというと黒い方です。  
小学生のころは、サッカークラブに所属していて、毎週、土日の午前中は、グラウンドでサッカーの練習をしていました。20歳をむかえてからは、アウトドアに興味をもちはじめ、今では、夏には登山やキャンプ、冬にはスキーと、1年中、アウトドアを楽しんでいます。しかし、太陽光に関して特に気にしたことはなく、日焼け止め対策やサングラスの着用はしていません。

## 子どもの頃のUV照射量(20歳まで)

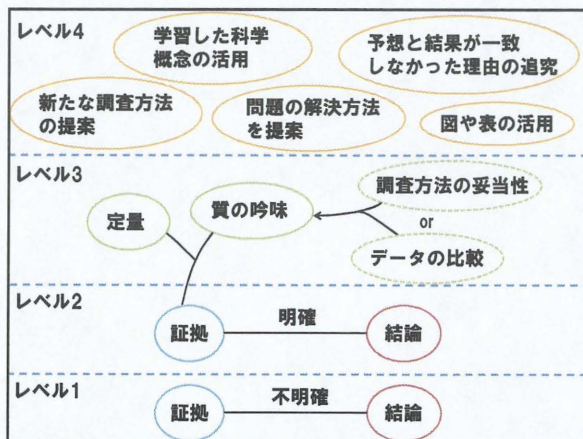
名前	緯度	ピークタイム	オフピークタイム	反射率	合計点
三重吉	3	5	5	1	14

## 皮膚癌に関するリスク

「子どもの頃のUV照射量」の合計点	家系	肌の色	合計点
14		2	16

## 白内障に関するリスク

「子どもの頃のUV照射量」の合計点	家系	合計点
14		14



## レベル1

レオンとターニャ、最も長い時間、太陽にあたっているから、

最も長い時間、太陽にあたっていることから、何が言えるのか述べていない。

レベル1 不十分 証拠と結論の結び付きが不明確である

## レベル2

ターニャの双子の姉は、悪性腫瘍をもっている。そして、アレックスは肌の色がとても白い。これらのことから、ターニャとアレックスは、皮膚癌のリスクが最も高いと結論づけた。

レベル2 あと一歩 証拠と結論が結び付いている→緑線

## レベル3

皮膚癌に関するリスクの合計点は、ターニャ、アレックスともに23点で最も高い。このことから、リスクが最も高いのは、ターニャとアレックスと結論づけた。ホセやレオンも子どもの頃のUV照射量が高い。しかし、ターニャの双子の姉は悪性腫瘍をもっていることから“家系”が5点、アレックスは肌の色が白く、簡単に日焼けすることから“肌の色”が5点となったため、他の人よりもリスクが高いと考えた。しかし、これらの記事にある情報量は十分でないため、判断することは難しい。

レベル3  
良い

下記の内容 (a, b) を、ともに示している:

a. 証拠として定量的データを用いている→緑線

b. データの質を吟味している (データの比較・調査方法の妥当性) →黄線

## レベル4

皮膚癌のリスクが最も高いのは、ターニャとアレックスであると結論づけた。ターニャはマイアミに住んでおり、多量の太陽光を浴びている上、双子の姉が悪性腫瘍をもっていることから、皮膚癌のリスクを23点とした。アレックスは肌が白い上、スキーや水泳をしていることから、ターニャと同様、23点とした。パオーについても、リスクが高いと考えたが、彼女の家系や住んでいる地域の気候に関する情報が不十分であるため、判断できない。結論をより明確にするためには、各人物に関して、さらに多くの情報が必要である。また、リスクの要因に関して、重要性を検討する必要がある。なぜなら、私は反射率が緯度と同じくらい重要であるとは考えていないからである。

レベル4  
優秀

レベル3を満たし、さらに下記の内容 (c~g) を1つでも示している:

c. より信頼性のあるデータを得るために、新たな調査方法を提案している→緑線

d. 学習した科学概念を活用している

e. 予想と結果が一致していなかった場合、一致していなかった理由を追究している

f. 新たな問題を見出し、問題の解決方法を提案している→黄線

g. 図や表を用いて、考えをわかりやすく伝えようとしている

添付資料：6

## 学習後アンケート

## <学習後アンケート>

氏名 ( )

SEPUP モジュール「Investigating Energy from the Sun」の講義を受けて、思ったことや感じたことを書いてください(例えば、アクティビティの内容、授業の展開、ルーブリックを用いた考察など)。

添付資料：6

## 学習後アンケート

## <学習後アンケート>

氏名 ( )

SEPUP モジュール「Investigating Energy from the Sun」の講義を受けて、思ったことや感じたことを書いてください(例えば、アクティビティの内容、授業の展開、ルーブリックを用いた考察など)。

添付資料：6

## 学習後アンケート

## <学習後アンケート>

氏名 ( )

SEPUP モジュール「Investigating Energy from the Sun」の講義を受けて、思ったことや感じたことを書いてください(例えば、アクティビティの内容、授業の展開、ループリックを用いた考察など)。