

## 【授業研究6】 高等学校地学「二酸化炭素と温室効果」

### (1) 取り上げた内容の解説

「二酸化炭素と温室効果」の関係は、地球の温暖化現象として社会問題になっている。この問題について教科書では、気象分野の「太陽放射」と「地球放射」の一部として取り扱われているが、この分野の授業は講義主体になりがちで、適切な観察・実験も教科書には取り上げられていない。

一方、生徒は、地球の温暖化現象と二酸化炭素が密接な関係にあることをニュース番組などでよく知っており、この問題に関しての関心は比較的高い。しかし、どのようなメカニズムで温室効果が起こるかは知らないし、紫外線・赤外線などの電磁波に関する知識もほとんど無い。そこで、生徒が、新聞、本、テレビなどの情報メディアで関心を示している環境的分野において、身の回りの事物を用いた観察・実験を行えば、さらに興味・関心が高まると考えた。

### (2) 興味・関心が高まる指導の手だて

温室効果に対する興味・関心を高めるため、手だてとして次の三つを考えた。

- ・導入部分の話を工夫し、温室効果の仕組みを調べる見通しを図らせるとともに、身近な太陽光線を使って赤外線の存在を明らかにする。
- ・温室効果の仕組みを簡単に調べることができるモデル実験装置を工夫し、活用する。
- ・実験の過程で自分の考えをもつ場を設定し、実験データの考察を行い、成就感を持たせる。

#### ① 導入部分の指導について

温室効果は、水蒸気や二酸化炭素が赤外線を吸収することによって起こる現象である。したがってこの現象を理解するには、まず、赤外線の性質を理解する必要がある。

赤外線は目に見えないので、これを正確に理解している生徒は意外と少ない。赤外線がどのようにして発見されたか、また、どのようにすれば、目に見えない赤外線の存在を明らかにできるかを知ることは、この授業を進めていく上で重要なことである。

赤外線の存在を最初に見いだしたハーシェル(天王星の発見者)は、プリズムと温度計を使って、波長ごとの加熱率を測定した。そして、紫色光線から赤色光線に波長が進むにつれて加熱率は増加し、赤色光線の外の見えない部分ではさらに加熱率が増加することに気付いた。このことにより、太陽光線には、目に見えない、温度を上げる性質を持った光線が含まれることが分かった。生徒実験は、紫色光線、赤色光線、赤外線の部分の加熱率を図18のような方法で測定し、データを取りながら行った。(加熱率とは、30秒間に、端を黒く塗った棒温度計の温度が上昇した量を示す。)

このような方法で、生徒は赤外線が発見され

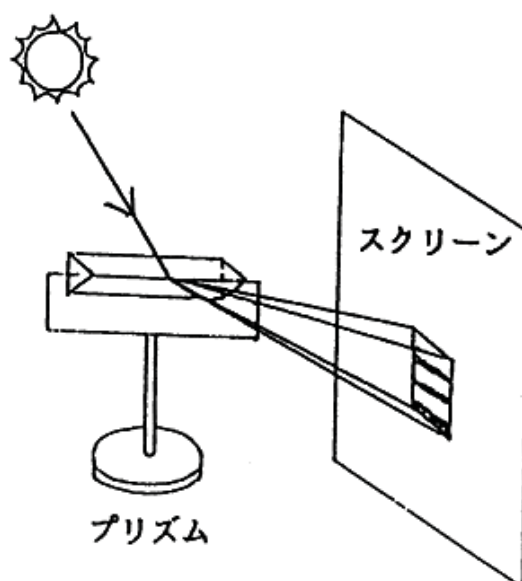


図18 赤外線の加熱率の測定

たいきさつや、赤外線の性質（目に見えない・温度を上昇させるなど）を理解する。

② 実験装置の工夫改善

OHPと、ガスバックにつめた窒素・酸素・二酸化炭素の気体を用意する。OHPの上に端を黒くぬった温度計をかざすと、温度が急速に上昇する。これは、温度計の黒く塗った部分が、OHPから発せられた可視光線と赤外線を吸収したために起こると考えられる。図19はその実験装置を示したものである。

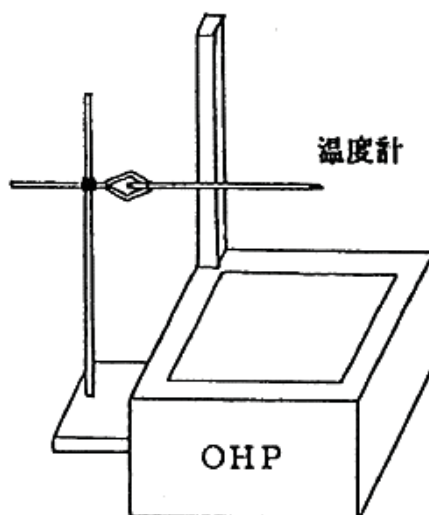


図19 OHPを利用したモデル実験装置

この場合の加熱率と、棒温度計とOHPの間に各種の気体を置いた場合の加熱率を比較することによって、どの気体が赤外線を吸収しているか調べる。

実験上の留意点として、OHPにはレンズが入っているため、測定する位置によって加熱率が変化するので、棒温度計で測定する位置を一定にする。棒温度計は、1本ごとに測定値にばらつきが出るので、比較する場合に、同じ棒温度計を使用する。また、棒温度計を濡らしてしまうと、気化熱によって測定値に誤差が出るので、温度を下げる場合には、絶対に水で冷やしてはいけない。

③ 自分の考えを持つ場の設定と実験データの考察

1班5～6人のグループに分け、一つの実験が終了するごとに自分の意見を互いに交換できる時間を設ける。この時、各グループ間を回り温室効果への見通しをはからせることが重要である。照度や実験データの数値から、可視光線が水やガスバックによって遮蔽されていないことを考えたり、また水の方が光のエネルギーを吸収しやすいのはなぜかを考える。さらに二酸化炭素のガスバックの時、温度差が一番少ないのはなぜかなど、データを読み取り考察する。

(3) 授業の実践

① 単元名 地球の熱収支

② 指導計画

太陽放射	.....	1時間
太陽放射による地面と大気の加熱	.....	2時間
地面の冷却, 地球の熱収支	.....	2時間
大気の温室効果	.....	1時間 (本時)

③ 本時の指導

ア 目標

温室効果に大気中のどんな気体が影響を与えているか実験を通して調べ、温室効果の仕組みが理解できる。

イ 準備

OHP, 水槽, ガスバッグ (10ℓ), プリズム, スクリーン, 温度計 (各班一本ずつ)  
実験用気体 (N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>), 純水

ウ 展 開

学習過程	学 習 活 動	指 導 上 の 留 意 点
導入	○ 赤外線を最初に見いだしたハーシェルについて話を聞く。	・興味・関心を高めるために重要な部分なので十分に時間をかける必要がある。
予備実験	○ 赤外線の存在を確認する。 ・プリズムを用いて太陽光線を波長ごとに分ける。 ・分光した光に手をかざして、どこが暖かいか確かめる。 ・波長ごとの温度差を測定する。	・自分の考えをもつ場の設定をする。 ・太陽放射には、目に見える光と見えない光が含まれていることを確認させる。
実験 1	○ 温度計を用いてOHPの光について調べる。 ・OHPのガラス面上になにも置かない状態で温度差を測定する。	・測定時間は30秒とする。  ・温度計による誤差を防ぐため使用する温度計は、各班1本ずつとする。
実験 2	○ 水と温度計でOHPの光のエネルギーが水に吸収されること調べる。 ・ガラス面上に水の入った水槽を置いて温度差を測定する。	・測定する位置はガスバッグに気体を入れた状態の高さとして、あらかじめ実験台に温度計を固定する。
実験 3	○ 赤外線がどの気体で吸収されるかを調べる。 ・ガラス面上に各種のガスバッグを置いて温度差を測定する。	・ガスバッグそのものは赤外線を吸収しないことを説明しておく。
データ処理と分析	○ 各班の実験結果を発表しその分析をする。	・実験結果を理解しやすいよう表にまとめさせる。
まとめ	○ 赤外線は水や二酸化炭素によって吸収されることを知る。 ・地球放射は大気中の水蒸気や二酸化炭素によってどのような影響を受けるか考える。 ・大気中の二酸化炭素濃度の増大は地球環境にどのような影響を与えるか考える。	・実験データを考察させ成就感を持たせる。 ・自分の考えをもつ場の設定をする。



④ 授業の分析と考察

ア 授業実践の結果

授業で行った、ある班の実験データと、考察した内容をまとめると次のようになる。

表9 予備実験 プリズムで分光した太陽光線による温度差

種類	測定前の室温	測定値(30秒後)	温度差(測定値-室温)
紫色光線	22.0℃	26.0℃	4.0℃
赤色光線	22.0℃	26.0℃	4.0℃
赤外線	22.0℃	28.0℃	6.0℃

この予備実験から、目に見えない赤外線の部分で温度が上がることを確認するとともに、太陽光線をプリズムで分光し場合でも、それぞれの光にエネルギーがあることを観察した。

表10 実験1 OHPのガラス面上に何も置かない状態で30秒後の温度差

測定前の室温	測定値(30秒後)	温度差(測定値-室温)
22.0℃	27.0℃	5.0℃

実験1から、OHPの光もエネルギーを持っていることを観察し、太陽光線と同じように取り扱えることを確認した。

表11 実験2 ガラス面上に水の入った水槽を置いた状態で30秒後の温度差

測定前の室温	測定値(30秒後)	温度差(測定値-室温)
22.0℃	22.5℃	0.5℃

実験2では、水の入った水槽を置いた場合、温度が上がらないことから、水の中に光のエネルギーが吸収されていることを考察した。

表12 実験3 ガラス面上に3種のガスバックを置いた状態で30秒後の温度差

種類	測定前の室温	測定値(30秒後)	温度差(測定値-室温)
N <sub>2</sub>	22.0℃	26.0℃	4.0℃
O <sub>2</sub>	22.0℃	25.5℃	3.5℃
CO <sub>2</sub>	22.0℃	24.5℃	2.0℃

実験3から、CO<sub>2</sub>の場合、予備実験で確認した赤外線を吸収するため、ガスバックの上面で温度が上がらないことを観察し、これが温室効果と関係していることを考察した。

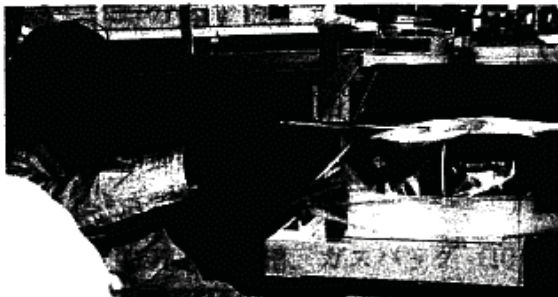


図20 ガスバックを置いて温度差を測定する

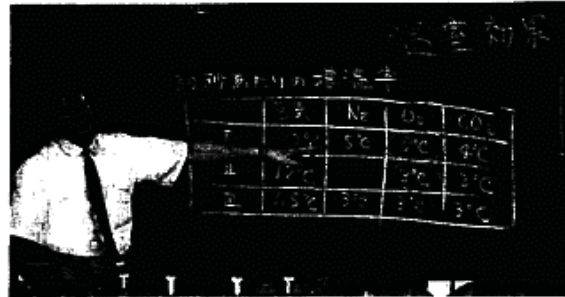


図21 実験データを表にまとめる

#### イ 導入部分の話と予備実験について

導入部分の話と予備実験で、赤外線の色質を学んだ生徒は、温度計の示す温度と、赤外線の吸収という関係をよく結び付けることができた。「温度変化と赤外線の吸収を関連付けることができたか」というアンケートに対して、その意味が分からなかったと答えている生徒は5%（調査人数 305人）であった。このことから、導入部分の話と予備実験は、生徒が問題を把握し見通しを立てることに効果があったと思われる。

#### ウ 実験装置の工夫について

「なぜ、実験主体の授業が好きか」というアンケートに対して、実際に見た方がよく分かれると答えている生徒が70%おり、実験を行うことの大切さを示している。

「実験方法は理解できたか」というアンケートに対して、96%が理解できたと答えており、身近な素材を使い、簡単な実験装置を工夫し、赤外線の色質を理解させたことは、有意義であったと思われる。

#### エ 自分の考えをもつ場の設定と成就感について

それぞれの実験の場で、生徒に実験データを理解しやすいよう表に示したり、お互いに意見を交換できる時間を設け、実験データの処理をさせると、実験の意味と目標がよく理解でき成就感を持たせることができたようである。

#### オ 興味・関心の高まりについて

新聞、本、テレビなどの情報メディアから知識を得ている分野は、事物・対象に気付き注意を向けることが容易である。アンケートの結果、87%の生徒が環境問題に興味があると答えている。また、調べてみたい現象として、酸性雨や二酸化炭素の濃度を挙げている。このことから、環境的事象を取り上げ、観察・実験を行い、データの分析を試みたことにより、大いに興味・関心が高まったと考えられる。

### (4) ま と め

興味・関心が高まる授業の在り方の一つとして、生徒が主体的に参加できる実験を考えた。身近な実験材料を見つけ、簡単な実験を繰り返すことによって、既習事項を確認する。この積み重ねによって生徒は、現象の法則性に気付いたり、目標への見通しを立てたりする。また、実験の過程を大切に、自分の考えを持つ場を設定する。さらに実験データを簡単な表にまとめ結論を導きやすくし、問題を解決していく方法を支援すると、これが興味・関心を高めることにつながってくる。

今回の授業研究では、導入の部分にプリズムを使って赤外線の色質を調べる実験を行ったことによって、その後の授業の展開が容易になった。また、ガスバッグを使った実験により、生徒は温室効果を身近に体験することができた。さらに、大気中の二酸化炭素の量の測定をしたり、地学の授業で学習したことをもとにして、大気中の二酸化炭素が増加し、気温が上昇すると、どのようなことが起こるか予想させ、討論したりする方向で発展させることができる。

#### 参考文献

Craig F.Bohren.(1987):Clouds in a Glass of Beer:Simple Experiments in Atmospheric Physics ,244 (住 明正 訳.丸善)

嶋村克・山内豊太郎(1991):「雨のち曇り、ときどき晴れ」のサイエンス, 235