

# 日産科学振興財団

## 理科／環境教育助成 成果報告書

回次：第 **1** 回 助成期間：平成 **19** 年11月1日～平成 **20** 年10月31日（期間 **1** 年間）

テーマ： バイオマスを用いた地球温暖化問題の教育プログラム

氏名： 林 叔克

所属： NPO法人 natural science

登録番号： 07200

### 1. 課題の主旨

地球温暖化問題は科学的な見地から、二酸化炭素の排出量と地球の平均気温の上昇との因果関係が論じられてきた(IPCC)。二酸化炭素の排出が諸悪の根源であるとされ、各国において排出量規制の数値目標だけが地球温暖化対策であるかのように議論されているのが現状であると思われる。

しかし、他の温室効果ガス、植物の光合成、海洋生物による二酸化炭素の固定など、地球環境における複雑な気象現象を考察すると、現在、前提となっている地球温暖化と二酸化炭素との因果関係は必ずしも自明のものでない。一方、環境問題として、地球温暖化がクローズアップされているが、日常的な実感からは遠いものになっている。

本教育プログラムでは「生き物が環境をつくっている」ということを認識することで、地球環境に対する問題意識をはぐくむことを目的とする。フィールドワークにおける環境測定と実験室レベルでの実験系を構築し、生物の働きが環境に与える影響を明らかにする。本年度は、地域の自然において持続的な環境測定を行い、生物が環境に与える影響の因果関係を考察した。さらに定量的な考察には、実験条件を整えることが必要であるので、閉鎖空間における空気中の成分を測定できる実験室レベルでの実験系を構築した。

科学が社会に提供できる価値として、研究成果だけではなく、科学のプロセスである仮説・検証の試行錯誤によって培われる「科学的思考力」の育成がある。生物と環境の関係性を明らかにする環境研究の分野において、研究教育プログラムを中高校生対象に開発する。さらに四季折々のイベントとして、研究成果の本質的な要素いかした「環境を測定するエコツアー」の実施を親子対象に実施する。

本研究教育プログラムの構成は、大きく以下の3つである。

1. 生物がどのような機能をもっているのか、その原理を明らかにする
2. 身近な自然の中で環境パラメータの測定を行い、測定結果を「生物のはたらきの原理」から考察する
3. 地球環境でおこっている環境問題について議論する

以上のように、環境問題に対し「そもそも、生物がつくる環境とはなにか」という問いかけから出発し、フィールドワークにおける測定と結果の考察を行った上で、地球環境という概念を実感できるものにする。

### 2. 準備

いきものは環境に依存して生きてると同時に、環境そのものを自らつくっている。本教育プログラムでは、ヒトがどのような人間活動を行い、地球の環境を変えていっているのか、そのメカニズムにせまる。以下の3つのステップで実施する。

1. 生物がどのようなはたらきをしているのか、その原理を明らかにする。
2. 人間活動によって、環境がどのようにかわるのかを測定する。次にフィールドワークを行い、環境パラメータを測定する。
3. 最後に地球環境でおこっている環境問題について、科学者の視点からはなす。

### 3. 指導方法

百万都市仙台において「街の中の緑のはたらき」を研究テーマに「1. 人間活動 2. 植物の呼吸 3. 植物の光合成」が大気中の二酸化炭素の濃度に与える影響を調べるフィールドワークを行った。大気中の二酸化炭素濃度の一日の経時変化を調べた結果、以下の測定結果が得られた。

1. 街の中において、ラッシュ時など人と車の量が多いときに二酸化炭素の濃度が上昇した
  2. 公園の森林の中において、太陽光が差し込み、気温が高い午前中に二酸化炭素の濃度が減少した
  3. 公園の森林の中において、17時以降に二酸化炭素の濃度が上昇した
- 1の結果は、化石燃料の燃焼と人間の呼吸によって二酸化炭素が排出したためと考えられる。光合成は、大気中の二酸化炭素濃度が高く、気温が30度前後のときに活発になることから、2の結果は、夜間の植物の呼吸により大気

中の二酸化炭素濃度が上昇し、午前中の太陽光の照射によって気温が上昇する際に、植物の光合成がもっとも活発になった結果だと考えられる。3の結果により、また太陽光が残る時間帯において、光合成量よりも呼吸の方がさかんになることが観測された。

地球環境における二酸化炭素の平均濃度は380ppmであるが、街と森林で、二酸化炭素濃度の1日の経時変化を測定したところ、20%程度の濃度変化がみられた。身近な環境において、植物のはたらきと人間活動の両方によって、大気の組成が変動する様子がとらえられた。街と公園という空間スケールにおいて「生き物が環境をつくる」ことを認識できる研究結果である。

#### 4. 実践内容

研究で得られた結果と考察をもとに、今年の春に宮城県の公園で、親子を対象に「環境を測定するエコツアー」を実施した。フィールドワークとして森林と街における二酸化炭素濃度の測定を行い、「植物の光合成と呼吸」という観点から考察した。次にガスバーナや自動車の排気ガス中の二酸化炭素濃度を測定し、人間活動が大気に与える影響を調べた。身近な自然と人間環境における環境測定を行い、考察した上で「では、地球環境で何がおこっているのか」を議論した。このように親子を対象に人間の活動が環境に影響を与えることを実感する教育プログラムを開発・実施した。

化石燃料の燃焼、人間の呼吸、それぞれの実験条件のもと、人間活動がどのように環境中の二酸化炭素の濃度を変えるのか、測定しましょう。大気中の気体の濃度はppmという単位ではかります。

身近な環境の測定を始めるにあたって、まずガス検知管の原理の説明と使い方を説明しました。ガス検知管はガラス製のガス検知管内に空気を注入し、内側にある成分の色素変化によりそのガス濃度を検知するものです。今回の実験では二酸化炭素の濃度を測定しました。検知管の中の紫色の色素が、空気中の二酸化炭素とふれあうことで、黄色にかわります。細長いガス検知管の中で、どの部分まで黄色に変色したかで、空気中の二酸化炭素の濃度を測定します。

人間活動による二酸化炭素の排出量を測定する前に、測定値の基準となる空気中の二酸化炭素の濃度を調べます。今回は森林公園の池の縁でリファレンスの測定を行いました。380ppmという結果がえられ、今後の測定において、この値の何倍の二酸化炭素の濃度が測定されるかで、測定結果の考察をおこないます。

次にみんなで、ガス検知管に息をはきかけて、二酸化炭素の濃度をはかりました。3000ppmという結果がえられ、周りの空気中の濃度の約8倍もの濃度の二酸化炭素が測定されました。

化石燃料である天然ガスを使う燃焼させると、どれほどの二酸化炭素がでるのか、実験しました。1000ppmという結果が得られ、リファレンスの約2.6倍もの濃度の二酸化炭素が測定されました。家庭で使うガスと同じぐらいの熱量を発生させるので、身近に使う燃料がどれぐらい二酸化炭素を発生させるのかわかります。

街の中での緑のはたらきをフィールドワークで調べます。

実験手順

1. 公園と周辺の街のフィールドマップをつくる
2. 各地点において、温度、湿度、風向き、二酸化炭素の濃度を測定する
3. フィールドマップに各測定データを書き込む

化石燃料の燃焼による二酸化炭素の排出を測定している様子

エコツアーのまとめとして、植物の幹や葉を示しながら、森の植物が光合成によって、空気中の二酸化炭素を固定した結果、幹や葉ができていくことを話した。これは植物が太陽のエネルギーを炭素の形で固定したということであり、逆に植物を燃やせば、エネルギーが取り出せるが、同時に二酸化炭素も排出される。

また、化石燃料の燃焼による二酸化炭素排出の考察として、化石燃料は大昔の植物が微生物によって分解されたことによって、生成されたことを話し、ヒトが化石燃料を使うということは、大昔に植物が固定した太陽のエネルギーを現在の地球で解放することになると結んだ。地球環境問題を大きな視点からとらえると、大昔の太陽エネルギーを現在の地球で解放することが、エネルギーバランスの収支として問題だということである。

#### 5. 成果・効果

人間活動による環境の二酸化炭素の測定においては、人間の吐く息で、周りの環境の10倍近い濃度まで二酸化炭素の濃度が上昇した。このように人間の呼吸という身近な現象においても、周りの環境をかえるという結果が得られた。

またフィールドワークにおいては、街の中での二酸化炭素の濃度が高かったこれは、排気ガスなどの人間活動によって二酸化炭素の排出によるものを思われる。森の中における二酸化炭素の濃度は低かったが、植物が光合成により二酸化炭素を吸収したのか、それとも単に人間活動が森の中ではないという理由で、濃度が低いのかの区別はつけられない。光合成は光が多いほうが活発に行われ、二酸化炭素がより多く吸収されることが知られている。今回の測定時における天気はくもりだったので、日光の照射量がすくなく、光合成は不活発であったと考えられる。しかし、植物をはじめ生物は、日周リズムによって活動しているので、時間による二酸化炭素の濃度の変化を測定しなければならない。

今後の予定として、観測地点を増やし、街の中での緑のはたらきを二酸化炭素、温度や湿度などの環境パラメータを測定することで明らかにする。さらに定点観測、つまりある場所での測定を時間経過にしたがって行い、「日光がより多く照射す昼間に二酸化炭素の濃度が下がっているのか」を測定し、公園の規模の植物量でどの程度の二酸化炭素の吸収力があるのかを考察する予定である。

## 6. 所感

「地球環境とは、なにか」という視点から、地域の特色ある自然環境を研究することにより、「生き物がつくる環境」を明らかにした。研究する過程で行われる「科学のプロセス」を親子をはじめとする市民と共有することで、環境教育プログラムとしての価値が生まれたと考えている。地球環境という実感することが難しいものが、自分の体から二酸化炭素が出ていること、身近に使っている火からも出ていることを実際に測定することで、人間活動が大気の組成を変えていることを実感できる教育プログラムになった。また地域の人口的な環境、自然環境の中でも二酸化炭素の測定を行うことで、より広い空間スケールでの環境への意識が高まったと考えている。「地球を守ろう！」「エコ生活」などの言葉だけが先行している現状の中で、「地球環境って、なんだろう？」という出発点から始まる意識と環境の実感が大事であると思う。

## 7. 今後の課題や発展性について

以上のように、地域における環境を持続的に研究し、得られた測定結果から本質的な要素を抽出し、「環境測定エコツアー」を実施した。さらに研究の過程で行われる「科学のプロセス」を中高生と共有することで、「科学的思考力」育成の場として、環境教育プログラムの価値が生まれると考え、今後は持続的な研究を中高生と実施する研究教育プログラムの開発もおこなう。宮城県には、四季折々の自然が豊かにあり、また人間活動の規模としても100万人の人口があるので、環境問題の本質的な問題点を捉えることができる。地域の自然環境にもとづき、「1. 自然の原理の理解 2. 地域の自然環境における環境測定と考察 3. 地球環境の議論」の3点を柱とした教育プログラムの開発・実施を行う。

地球環境には、大きく「1. 大気 2. 河川・干潟・海 3. 大地」という3つの要素があるが、それぞれの要素において、持続的な研究を中高生と行う教育プログラムを開発する。小学生対象には、体験型自然の教室で、研究成果の本質的な要素を抜き出した「環境測定エコツアー」を実施する予定である。

1の大気に関しては、「街における緑のはたらき」というテーマで、二酸化炭素濃度の測定という切り口から、自然と人間活動が大気に与える影響を明らかにする研究・教育プログラムを作成した。

2の河川・干潟・海という水環境においては、「干潟をつくる生き物たち」というテーマで、現在、研究教育プログラムを開発している。干潟は、満潮の際に冠水しても水深が浅いため、太陽光が底まで届き、底土は干出する度に空気中の酸素の供給を受けることから酸化的に保たれる。さらに、栄養素が河川から供給されるので、干潟では、水中にプランクトンが増殖し、動植物の破片・死骸・排泄物を餌とする底生動物が豊富に存在する。渡り鳥が干潟に多く集まるのは、底生動物を餌としているからである。このように干潟は生態系が凝集する場所である。マクロにみれば、干潟は無機物が流れ込み、生態系の中で有機物が生産されるシステムである。しかし、この生産性の高さは、多様な生物が関係しあうことにより成り立っている。このように生物多様性に注目し、本研究教育プログラムでは、干潟の生物の生活を明らかにする研究を実施する。特に干潟の生物の代表である底生動物に着目し、その生物が

つくる生息空間の原理を明らかにする。多様な生物の生活史を明らかにすることができれば、その総和として、干潟がどのような役割を担っているのか、議論できるはずである。

以上、「地球環境とは、なにか」という視点から、地域の特色ある自然環境を研究することにより、「生き物がつくる環境」を明らかにしたい。

## 8. 発表論文、投稿記事、メディアなどの掲載記事

3月 エコツアーの実施がTBS 東北のニュースに取り上げられる

7月 natural science シンポジウムにて、口頭発表 論文として出版予定

11月 エコ de スマイルコンテストにて、口頭発表

### 【教材制作方法】

- ・実施内容が教材開発の場合、ここから1～2ページ使って、教材の制作方法を記載願います
- ・実施内容が教材開発でない場合、このページ以降を削除願います

大気の循環という地球スケールで起こっている現象を実感するために、小さなスケールで大気の循環を可視化できる実験系をつくり、環境科学教室を開催した。

太陽からのエネルギーを受けて地球では大気の循環が起こっています。その大気の循環を水そうの中で体感しよう！ さらに人間活動の影響についても考えよう。

EVENT: 「そもそも、地球ってなんだろう？」自然現象へ問いかけることから好奇心が芽生えます。

HANS ON: 手を動かし、生きている地球の大気の循環を小さな世界で実現します。光のエネルギーを加えることで大気の循環をつくります。さらに人間活動による影響についても実験します。

OBSERVATION: 空気の流れを可視化し、大気の循環を観察します。

DISCUSSION : 大気の循環の原因を探ります。「どうして大気の循環がおこったの？」と現象を考察していきます。

UNDERSTAND : 地球の大気の循環を手で実感します。気象の現象の一つ一つを体系的に理解します。



## 実験の背景

地球は太陽から光のエネルギーを受けています。少し時間がたってから、地球は受け取ったエネルギーを宇宙にかえします。太陽の光は地表をあたため、暖められた空気は上昇し、空に上がっていきます。上空は寒いので空気は冷やされ、下に移動します。このように太陽のエネルギーをもとに大気が大きく循環しているのが、生きている地球の姿です。

## 水槽の中に地球環境を作る

科学者の発言：

「では、地球のつくりかたです」

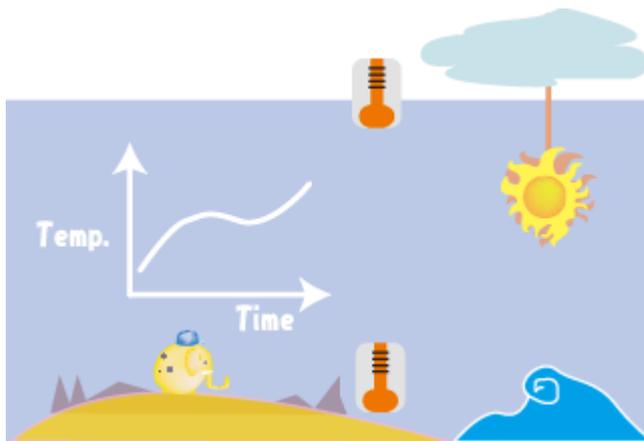
「このコップで、砂を2杯すくいます。すいそうの中で陸になります」

「このコップで、水を2杯すくいます。すいそうの中で海になります」

## 水槽の中の環境を測定する

循環が起こる原因を探りましょう！

1. 温度計を水そうの上と下に設置します
2. 太陽をあてはじめてからの時間で、温度がどのように変化するか調べます
3. 上と下の温度計のメモリをグラフにします



## 実験の考察

子どもたちの考察

「太陽のエネルギーをあてる前は大気は下に行った」

「太陽のエネルギーをあてる後は大気は上に行った」

「大気はぐるぐる回った」

「雲が出来たとき、ほんとうのくもが出来たようなきがして、びっくりした」

「土は太陽の光をすってあたたかくなることでした」

科学者の考察

太陽の光は地表をあたため、暖められた空気は上昇し、空に上がっていきます。上空は寒いので空気は冷やされ、下に移動します。このように太陽のエネルギーをもとに大気が大きく循環しています。