

# 気体検知管による二酸化炭素の放出・吸収の測定テスト — 炭素循環を理解する教材化にむけて —

川村寿郎\*・紺野 昇\*\*・菅原 敏\*

## Simplified Test for CO<sub>2</sub> Release and Absorption Using the Gas Detecting Tube and the Teaching Material to Understand the Carbon Cycles

Toshio KAWAMURA, Noboru KONNO and Satoshi SUGAWARA

**要旨：**炭素循環における大気への二酸化炭素の放出と吸収を理解する教材の開発をめざし、気体検知管を使って、さまざまなものを対象にして二酸化炭素濃度の変化を測定するテストを行った。測定対象を段階的に組み合わせることによって、炭素循環を体験的に理解できる学習プログラムが作成できそうである。

**キーワード：**炭素循環、二酸化炭素、気体検知管、地球環境、環境学習教材

### 1. はじめに

環境学習の中で、身の回りの物質がさまざまに様態を変えながら循環していることを最初に理解する意義は大きい。水はその代表であり、「水の循環」はこれまでの環境学習の中でもひんぱんに取り上げられてきた。しかし、現在の地球環境問題の中で、水と並んで重要な循環物質である炭素（または二酸化炭素）については、まだ対象とされることが少ない。これは、水と異なり、二酸化炭素は気体であるため目に見えず、発生や吸収などの移動が実感できないことによる。

二酸化炭素が大気中の温室効果ガスであり、それが近年急速に増加して、地球温暖化のもとになっていることがよく知られるようになった。しかし、大気中の二酸化炭素の濃度（0.37%）を正しく知っている者は少なく、大学生（本学学生）でさえそれを数%と答える者が多い。また、大気中の二酸化炭素の発生源が、すべて人為的なものとみる者も少なくない。これらは過剰なほどの情報知識の結果かも知れないが、そもそも地球環境での炭素循環という基本的な見方が備わっていない現れとみることもできよう。大気への二酸化炭素の発生や吸収を実感する機会があれば、こうした状況は少なからず改善されるに違いない。

これまで二酸化炭素を検知する方法として、石灰水がふつうに用いられてきた。石灰水は安価ではあるものの、事前にまとまった量と容器を準備しなければならない。また、微量の濃度ではほとんど検知できず、濃度の定量的な変化もわからない。そこで、最近では、携帯性があるところでも使用でき、微量の濃度でも検知できるという利点をもつ気体検知管がかなり普及してきた。これは理科の授業でよく取り扱われているほか、環境学習でも、文部省（1995）の環境教育指導資料をはじめとして、気体検知管を使った事例がいくつか見受けられる。

本研究では、地球規模での炭素循環を念頭におき、大気への二酸化炭素の放出と吸収を実感する体験として、気体検知管を使った測定を行うために、さまざまなものを対象にして放出や吸収の際の二酸化炭素濃度の変化について試験的に測定テストを行った。対象学年は小学校高学年とし、屋外でも実施可能な簡便的な測定を想定した。テストの結果を考慮に入れた学習プログラムの作成はまだ不十分であるが、炭素循環に関連づけた測定の内容について、これまでの検討結果を報告する。

\*宮城教育大学理科教育講座，\*\*宮城教育大学教育学部理科教育専攻

## 2. 二酸化炭素の放出と吸収の基本的概念

### 1) 炭素循環

地球の中で、地圏、気圏、水圏、生物圏および人間圏を通じて移動する物質の中で、酸素に次いでその移動量が大きいものが炭素である。炭素がさまざまな時空スケールで各圏を回することを総じて「炭素循環」と言う。

炭素循環は、時間スケールとして、数億年～数百万年のオーダーと数年～数百年のオーダーで異なった循環系をなしている（平, 2001）。前者は地質年代スケールのものであり、それは地球の歴史そのものと言える。後者は、産業革命以後の地球環境の変動であり、人間圏の関与が大きい。

地質年代スケールの炭素循環では、固体地圏の役割が大きい。地球誕生時の炭素が、プルーム活動、プレートテクトニクス、火山活動、風化／浸食／堆積作用、生物活動によって循環しながら地圏の中に固定されてゆき、地圏が現在最大の炭素リザーバー（貯蔵量）をもっている。現在も続く地球内部からの脱ガスによる炭素の放出を除けば、20～30億年前以降には、気圏や水圏と接する地圏表層部では、風化／浸食／堆積作用と生物活動が重要である。前者は地圏の主たる構成物である珪素と炭素の酸化物の移動／集積であり、循環の基盤をなす。後者は、化石生物による炭素の固定であり、地球史では、特に約25億年前以降の海洋での光合成生物による炭酸塩生産と約4億年前以降の陸上での森林樹木による炭化水素固定と酸素の大気への放出が主要である。それらは、現在、地圏中の石灰岩および石炭・原油（およびメタンハイドレート）として固定されており、これらの化石資源を人間圏が消費して、本来の循環系を乱している。

### 2) 二酸化炭素の放出と吸収

前述の地質年代スケールの炭素循環における地圏の役割と異なり、数百年～数千年のオーダーでの炭素循環では、海洋（特に中・深層）と陸上の土壌のリザーバーとしての役割が大きく、数年～数百年では、大気への二酸化炭素のフラックス（流量）が重要となり、これが現在の地球環境問題に大きく関わる。

地圏表層の大気、海洋、森林、および地表の土壌では、図1に示すような炭素循環が行われている。しかし、そのフラックスやリザーバーの見積もりは、まだすべ

て明らかになっているわけではない。産業革命以後の人間活動で大気中に放出されたはずの二酸化炭素は、大気中に徐々に残留しているのは確かであるが、現在の大気中には、量的にみておよそ半分しか蓄積されておらず、残りの行方は“ミッシングシンク”とも言われている（中澤ほか, 1999）。

大気への二酸化炭素のフラックスとして、大気と海洋の間では、海面への吸収（溶解）が放出を上回っており、マイナスとなる。海洋中では表層水の生物活動を介した中・深層水との収支で、ほぼバランスがとれており、陸上からのフラックスも入れた余剰分は海底（実際には生物死骸）として堆積固定される。一方、大気と陸上との間では、森林において、光合成による吸収が呼吸と分解による放出を上回る点ではマイナスである。森林に吸収された二酸化炭素は有機炭素として土壌中に蓄積固定される。しかし、人間活動による化石資源の燃焼や消費および森林の破壊などによって放出される量が年間71億tあり、海面と森林の吸収によるマイナス量を大きく上回る。植林による吸収量を減じても、年間およそ32億tの炭素量が大气中に蓄積されてゆく。

大気中に微量に含まれる気体の中で、地球から放射される赤外線を吸収する性質の気体を温室効果ガスと言い、水蒸気、二酸化炭素、メタンなどがある。中でも二酸化炭素は、大気全体から見ると微量であるが、この200年で急速に増加している。この増加により地球全体の気温が上昇して、これまでの気候・海洋・生物など地表全般の環境が変化しつつあり、それは大気への二酸化炭素のフラックスをさらに高めてゆくと懸念されている。

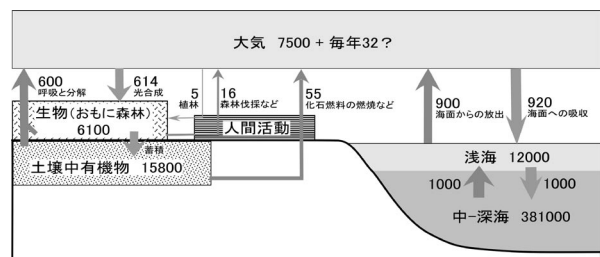


図1. 炭素循環と1年間の炭素収支量のモデル. 国立科学博物館ホームページをもとに簡略化. 数値は億t. 河川の運搬, 海洋生物との収支, 海洋中での堆積固定, およびメタンハイドレートは含めていない.

### 3. 気体検知管について

現在、教材として市販されている簡易気体検知管には北川式とガステック社製とがあり、両者とも、二酸化炭素、酸素、窒素、酸化硫黄、アンモニア、硫化水素など 300 数種の気体濃度を検知できる。今回は測定範囲の幅が広いことから、ガステック社製の二酸化炭素検知管の 2L (測定範囲 : 0.13 ~ 3%) と 2H (測定範囲 : 1 ~ 20%) および酸素検知管の 31B (測定範囲 : 3 ~ 24%) を用いて測定した。なお、二酸化炭素検知管は、学校現場でも近年よく用いられるようになり、平成 10 年の学習指導要領改訂後の教科書にも掲載されている。小学校では、6 学年理科の「生物とその環境」の単元で、人 (または動物) の呼吸を調べる際に使用されることが多い。

検知管は、図 2-1 に示すように、ガス採集ポンプにセットして吸引する。ただし、二酸化炭素 2L 検知管では、0.25% 以下では目盛りが読み取りにくい (図 2-2) ため、児童が使用するには 0.1% 毎 (ほぼ 1mm) の補助目盛をつけておくような工夫が必要である。可能であれば、約 0.20% 以下の濃度測定では、別途 2EL (測定範囲 : 0.03 ~ 1%) を使用することが望ましい。

### 4. 測定テスト

#### 1) 岩石の溶解による二酸化炭素の放出

【ねらい】自然の現象の中では、風化・浸食の過程で岩石が雨 (弱酸性) で溶解する際に、多量の二酸化炭素が発生する。地球の炭素循環の基本として、生物活動とは無関係に、ふつうに二酸化炭素が大気に放出中されているとともに、地球上の二酸化炭素が固体とし



図 2. ガス検知管 (ガステック式). 1 : ガス吸引ポンプに取り付けたところ. 2 : 二酸化炭素検知管 (2L).

て石灰岩に固定されていることも理解する。

【実験方法】①キャップ付きのペットボトル (炭酸飲料用 500ml) の中に、砕いた石灰岩 (約 300g) を入れて (図 3)、それに希塩酸 (2% HCl) 50ml 程度をかけて浸してから、すぐにキャップを閉める。

②3 分間放置した後、検知管 (2L) をキャップの穴 (あらかじめ開けておく) から入れて測定する。

【実験結果】上記の分量で測定した結果、二酸化炭素濃度は 2.5% であった。石灰岩や塩酸の分量を替えて測定してみたが、上記の分量がほぼ適当量であった。石灰岩をより細かく砕き、塩酸を加えてよく振るなどの操作をしてみたところ、濃度は急に上昇した。

#### 2) コンクリートブロックの溶解による二酸化炭素の放出

【ねらい】コンクリートなどの人工物として、二酸化炭素を含む物質を人間活動の中で利用していることを理解する。また、岩石やコンクリートを溶かすほどの強い酸性雨が現在降っていることを例示する。

【実験方法】①集気用のポリ袋 (容量約 50l) の中で、ビニール皿の上に置いたコンクリートブロック (39 × 19 × 19cm) に希塩酸 (2% HCl) 200ml 程度をかけてから、ポリ袋を密閉する (図 3)。

②30 分以上放置した後、ポリ袋の端に穴を開けて、検知管 (2L) を挿入して測定する。

【実験結果】30 分後には 2.1%、1 時間後には 2.5% に達し、それ以後はほとんど上昇しなかった (図 4)。有為な測定値を得るには、集気袋からできる限り排気してから密閉する必要がある、希塩酸濃度をやや高く

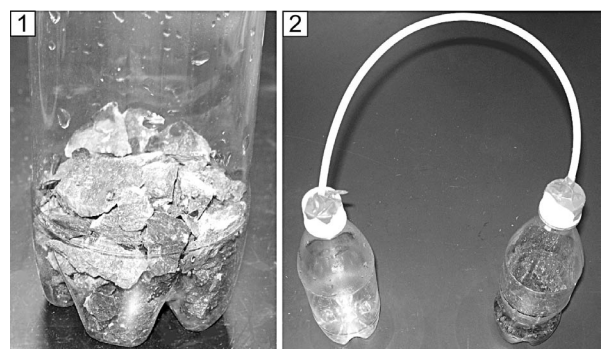


図 3. 石灰岩の溶解による二酸化炭素の放出と水への吸収  
1 : ペットボトル内での希塩酸による石灰岩の溶解  
2 : 石灰岩の溶解によって放出される二酸化炭素の集気と水への吸収.



図4. コンクリートブロックの溶解によって放出される二酸化炭素を集気しているようす。

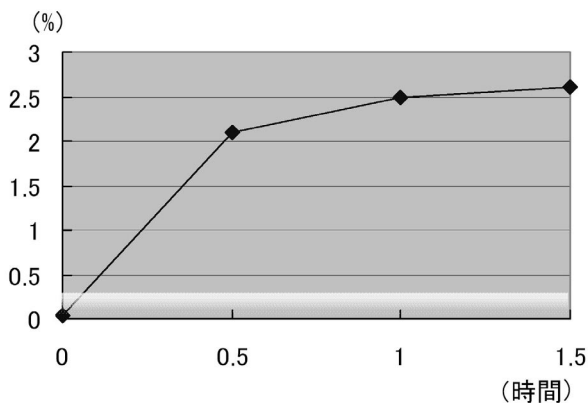


図5 希塩酸をかけたコンクリートブロックの溶解による二酸化炭素濃度の変化。

(5%程度) すれば、より速く濃度が上昇する。

### 3) 水への二酸化炭素の吸収

【ねらい】 二酸化炭素は水に溶けて吸収されることを基本的に理解する。その上で、地球の炭素循環の中で、大気中の二酸化炭素は、基本的には、地球表層の7割を占める海洋に吸収されてゆくことを例示する。

【実験方法】 ①水 300ml を入れたペットボトル (炭酸飲料用 500ml) のキャップに穴を開けて、ビニールチューブ (内径 6mm、長さ 30cm) を取り付けてから、1) で使用した石灰岩碎片の入ったペットボトルキャップにつなぐ (図3)。

②石灰岩の入った方のペットボトルに、希塩酸 (2% HCl) 50ml 程度を入れてからすぐにキャップを閉める。

③3分以上放置してから、水の入った方のペットボトルのキャップの穴に検知管を挿入して測定した後、ビニールテープで塞ぐ。

④水の入った方のペットボトルを軽く振った後、再びキャップの穴に検知管 (2L) を挿入して測定する。

【実験結果】 二酸化炭素濃度は、上記の③では 2.0%、④では約 0.7% であり、水 100ml を入れた場合には、1.3% であった。しかし、これは検知測定するガスの吸引を考慮すれば、必ずしも減少量がすべて水に溶解して吸収された量とは言えない。そのため、有為な減少を示すとすれば、より大きな容量のペットボトルで行う必要がある。

### 4) 土壌呼吸による二酸化炭素の放出

【ねらい】 地球上の炭素循環において、土壌中に蓄積される炭素量は膨大である。土壌中には多種多様な微生物類 (バクテリア、菌類) や動植物類が生活しており、それらが分解や呼吸を行っている。森林土壌では、これに樹木の根からの呼吸も加わる。ここでは、こうした「土壌呼吸」によって大気中に二酸化炭素が放出されていることを理解する。

【実験方法】 ①森林土壌のうち、土壌層位の上部 (A<sub>0</sub> 層～A 層) にあたる部分 (おもに腐葉土の部分) または畑土壌の表層部約 1kg を集気用のポリ袋 (容量約 50l) の中に入れて密閉する (図5)。

②4時間以上放置した後、ポリ袋の端に穴を開けて、検知管 (2L / 2H) を挿入して測定する。

【実験結果】 森林土壌と畑の土壌を同じ条件で測定した結果、二酸化炭素濃度は森林土壌の方がより高く上昇する。気温の低い晩秋期に1時間毎に測定したところ、二酸化炭素濃度は、3時間後までは大きな差はないが、その後は森林土壌の方が次第に高くなり、6時間後には畑土壌の2倍以上となった (図6)。また、同じ時期に、落葉混じりの森林土壌を測定したところ、5時間後には 1.2% で、1日後には 4.0% となった。そのため、この実験では、気温の高い時期に、半日程度放置した方がより有為の濃度変化を測定することができる。

### 5) ヒトの呼吸による二酸化炭素の放出

【ねらい】 動物は呼吸によって二酸化炭素を放出しており、われわれ人間も例外ではない。成人 1 人による呼気中の二酸化炭素濃度は、安静時で 1.32%、極軽作業時で 1.32～2.42%、軽作業時で 2.42～3.52%、中等作業時で 3.52～5.72%、重作業時で 5.72



図6. 腐葉土の呼吸によって放出される二酸化炭素を集気しているようす。

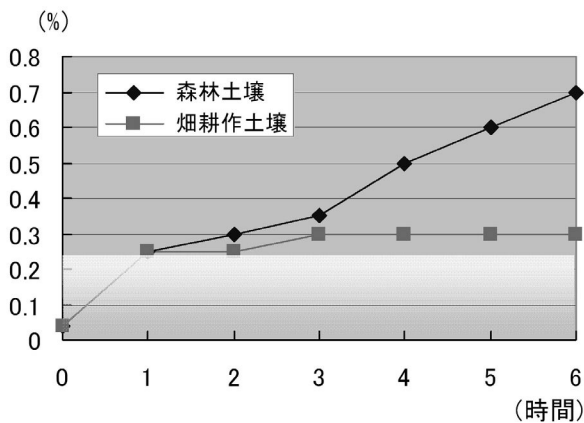


図7. 土壤の呼吸による二酸化炭素濃度の変化。

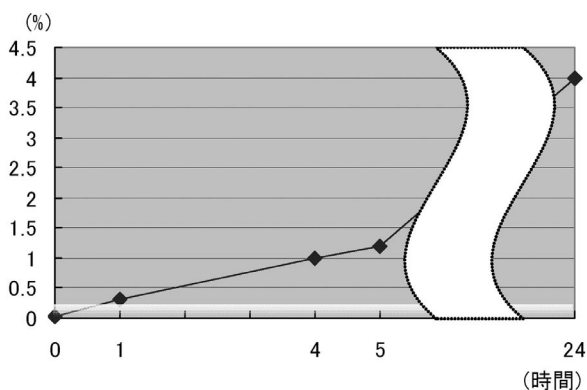


図8. 落葉混じりの森林土壤の呼吸による二酸化炭素濃度の変化。

～9.02%とされる（空気調和・衛生工学会規格ホームページによる）。ここでは、動物の呼吸による二酸化炭素の放出として、最も身近な例として、ヒトの呼吸の二酸化炭素濃度を調べる。

【実験方法】①集気用のポリ袋（容量約50程度）に呼吸を数回送り込んでふくらませて密閉する。

②ポリ袋の端に穴を開けて、検知管（2L）を挿入して

測定する。

【実験結果】上記の実験のポリ袋では、平均3.5%程度であった。より大きなポリ袋（容量約500）では2.5%程度であり、呼吸の回数も多く必要とするので、容量100以下の適当な大きさが望ましい。集気袋からできる限り排気してから密閉することも必要である。この実験は小学校理科6学年でも取り上げられており、気体検知管の使い方の最初の練習を兼ねるとともに、できれば運動前後での呼吸の濃度の違いを調べてもよい。

### 6) 植物の呼吸による二酸化炭素の放出

【ねらい】動物と同様に、植物も呼吸によって二酸化炭素を放出している。ここでは、樹木の呼吸を例として二酸化炭素の放出について理解する。

【実験方法】①日没後、樹木の葉・枝を集気用のポリ袋（容量約500）で覆い、排気してから、枝にひもでくくり付けて密閉する。

②夜明け前まで放置した後、ポリ袋の端に穴を開けて、検知管を挿入して測定する。

【実験結果】一般に植物では、茎や幹の部分よりも花序や葉の部分での呼吸が大きく、しかも成長期のものほど呼吸量が大いといわれる（小林，1982）。今回、葉の面積の比較的大きいツバキを用いて、12月の夜間に2時間毎に測定したところ、12時間後には検知管の測定下限（0.13%）をわずかに上回る濃度（約0.15%）が検出され、通常の大気中の濃度（0.037%）より高くなることがわかった。また、同様な方法で同じ時期にマツ（針葉樹）で測定を行ったところ、2時間毎に徐々に濃度が高くなることが確認された。しかし、これは検知管の測定誤差内にあり、十分正確な結果とは言えない。この実験では、代謝活動の活発な気温の高い春期～夏期に成長期の植物を用いることが望ましいが、その時期は光合成をしない夜間が短時間であり、放出される二酸化炭素濃度を野外で測定することは困難と言える。そこで暗室または暗箱を用いて完全に遮光し、1～2日後に測定すれば有意な測定量になるとみられる。

### 7) 樹木の光合成による二酸化炭素の吸収と酸素の放出

【ねらい】大気中の二酸化炭素は、陸上ではもっぱら

森林で吸収されており、森林の林間では、日中には基本的に二酸化炭素に欠乏した状態にある。ここでは、樹木が光合成を行うことによって、二酸化炭素を吸収することを基本的に理解する。

【実験方法】①日中に樹木の葉の多い部分を集気用のポリ袋（容量約 500）で覆い、排気してから、枝にひもでくり付けて密閉する。

②ポリ袋の端に穴を開けて、呼吸を吹き込んで、袋を膨らませる。

③ 30 分以上放置した後、ポリ袋の端に穴を開けて、検知管を挿入して測定する。

【実験結果】夏期の晴天の日にかエデを対象として測定したところ、二酸化炭素濃度は最初 2.0% から 2 時間後からは 0.25% 以下に減少した（図 10-1）。同じ時期にカキとマツを対象として、同様な方法（最初の二酸化炭素濃度は 2～3%）で 4 時間後に測定したところ、両者とも検知できない量（0.13% 以下）に減少した。一方、同じ時期にかエデを対象にして、同様な方法で酸素濃度を測定したところ、最初 16% から 6 時間後には 21% に上昇した（図 10-2）。なお、測定の際に、葉からの蒸散によるポリ袋内の水蒸気や水滴への二酸化炭素の吸収、水蒸気の検知管への影響、ポリ袋からの二酸化炭素の発生については、夜間に同様の条件で測定した結果との比較から、ほぼ無視できるものと判断される。

### 8) 燃料の燃焼による二酸化炭素の発生

【ねらい】森林の光合成によって吸収された二酸化炭



図 9 樹木の光合成による二酸化炭素の吸収を調べているようす。

素は、おもに有機炭素として蓄積される。これらの炭化水素や炭素が燃焼することにより、大気中に再び二酸化炭素として放出されている一方で、人間は燃焼による種々のエネルギーを得ている。ここでは、固定された炭素が燃焼によって再び二酸化炭素となって大気中に放出されることを確認する。

【実験方法】①七輪の中で木炭（200～300g）の火をおこし、その上に煙突と金属製の漏斗を重ねてから（図 11-1）、ペットボトル（500ml）または集気用のポリ袋（容量約 100）に注入して密閉する。

②キャップまたはポリ袋の端に穴を開けて、検知管（2H）を挿入して測定する。

【実験結果】ペットボトルに 3 分間集気して測定した結果、二酸化炭素濃度は 5～6% であった。この実験は、二酸化炭素が空中にあまり拡散せずに高濃度で測定できることと発生する熱を下げるための工夫をしたものである。これとは別に、持ち運びが容易なハンディコンロを使ってポリ袋（容量約 500）へ 1 分以上集気し

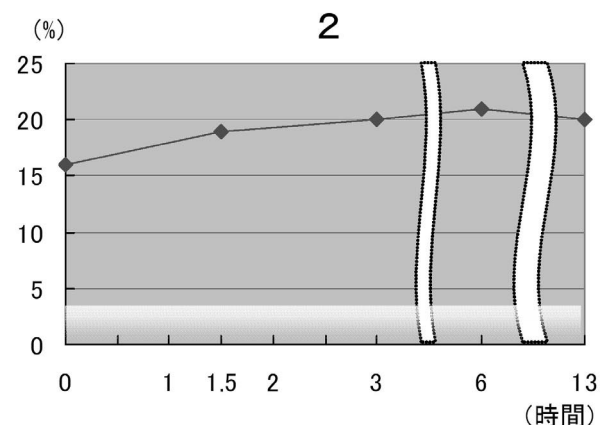
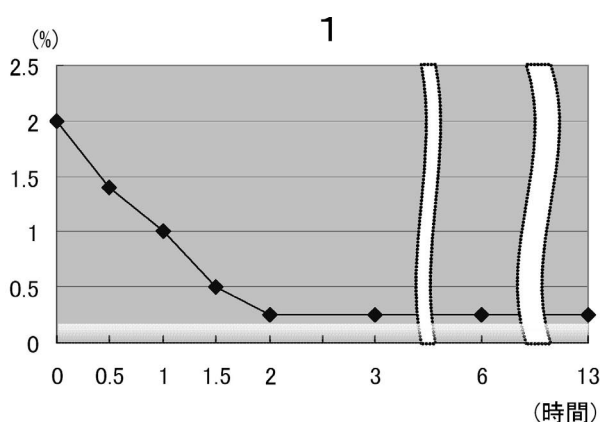


図 10. 樹木の光合成による二酸化炭素濃度と酸素濃度の変化. 1 : 二酸化炭素濃度の変化. 2 : 酸素濃度の変化.

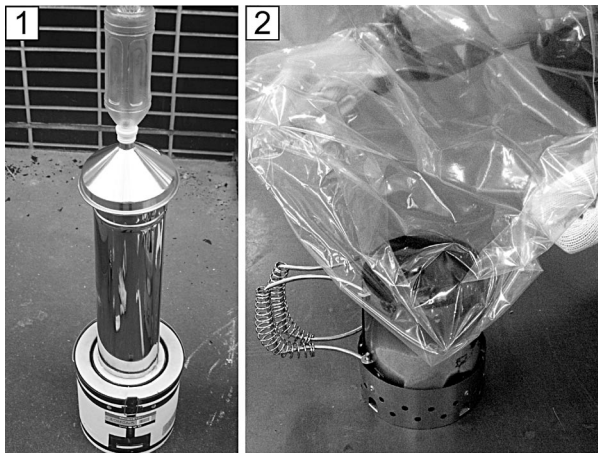


図 11. 炭の燃焼によって放出される二酸化炭素を集気しているようす。1：七輪での炭の燃焼で放出される二酸化炭素の集気。下から、七輪、ステンレス製煙突、同漏斗を重ねてペットボトルに二酸化炭素を集気する。2：ハンディコンロでの炭の燃焼で放出される二酸化炭素のポリ袋への集気。

て測定したところ、二酸化炭素濃度は1～2%であり、七輪の木炭や石油ストーブでも同様な濃度が測定された。そのため、より簡便な測定とするには、低濃度用検知管(2EL)を使い、耐熱性の集気袋から検知するか七輪の上の暖気を直接測定しても構わない。ただし、いずれにしても必ず軍手など着用し、火傷や換気などに十分注意する必要があることは言うまでもない。

#### 9) 自動車排気ガスの二酸化炭素の発生

【ねらい】人間の活動は炭化水素などの燃焼による種々のエネルギーによって現在支えられているが、それによって大気中に大量の二酸化炭素が放出されている。ここでは、産業革命以後の動力燃料の大量消費によって大気中の二酸化炭素濃度が増加し、温暖化をはじめとするさまざまな地球規模の環境変化をもたらしていることを理解するための導入とする。

【実験方法】①自動車の排気口に集気用のポリ袋(容量約500)を開いて排気ガスを約30秒間集めた後、袋をふさいで密閉する。

②ポリ袋の端に穴を開けて、検知管(2H)を挿入して測定する。

【実験結果】2000ccクラスのガソリンエンジン乗用車で30秒間集気した結果、二酸化炭素濃度は約3.5%であった。集気する時間が1分間では約4.5%、2分間では6.0%であった。この実験では、集気する際に



図 12. 自動車排気ガスの二酸化炭素を集気しているようす

排気ガスを直接吸うことになり、危険である。そのため、集気を短時間(30秒以内)で行い、マスクや軍手を着用するなどの安全面の配慮が欠かせない。

#### 5. 学習のすすめ方

現在起こっている地球環境問題の中で、人間活動による大気中の二酸化炭素濃度の上昇に起因する地球温暖化が最大の問題であることはよく知られており、そうした情報がメディアや授業での説明などから多くの児童にとっても既知となりつつある。しかし、知識としては備わっていても、それを体験的に実感するためには、上記のような測定を通じて例示することが効果的といえる。上記の測定実験は、いくつか組み合わせて行うべきものが含まれており、それらを段階的に行うことが学習の進め方として必要であろう。

大気を中心とした地球規模での二酸化炭素の放出/吸収の中で、最初は、石灰岩の溶解による放出と水への吸収を同時に並行して行い、陸上岩石の風化と海洋への吸収を例示すべきであろう。これによって地球規模での炭素循環における海洋の役割や、二酸化炭素貯蔵庫としての石灰岩の役割などについて暗示して理解できる。その上でコンクリートブロックの溶解を行い、石灰岩を原料とする人工物の風化によって人為的に二酸化炭素が放出されていることを理解する。

次に生物の呼吸による二酸化炭素の放出について、動物、樹木、土壌の各々を対象にして測定する一方で、樹木の光合成による二酸化炭素の吸収と酸素の放出の測定を平行して行う。これはもちろん森林における二酸化炭素の吸収と放出を例示するものであり、地球上

の炭素循環の中での森林の果たす役割とともに、土壌の呼吸が大きなウェイトを占めることを理解する。

最後に、人為的な二酸化炭素の放出として、木炭の燃焼や自動車排気ガスによる二酸化炭素の排出を測定する。その際に、木炭の燃焼によって放出された二酸化炭素をそのまま用いて、樹木の光合成による吸収を行えば、炭素の出入が直接わかり、かつ森林の二酸化炭素吸収の大きさも実感できる。

以上の測定の中で、放出または吸収の大きさがかなり実感できる。例えば、呼吸による放出は3%未満の濃度変化で、測定にも長時間を要するのに対して、木炭の燃焼は数分程度で5~6%となり、自動車排気ではそれがさらに短い。すなわち、人為的な排出の方が自然状態での放出よりも、短時間で多量に大気中に二酸化炭素を放出していることがわかる。一方、吸収の方は、水への溶解と光合成によるが、これは数時間で数%程度の減少であり、燃焼や自動車排気よりは変化の割合は低い。ここから、大気中の二酸化炭素の吸収は、放出に較べると、あまり効率的でないことが実感される。

大気を基準とした二酸化炭素の増加と減少については、図1の炭素循環の模式図をもとにして、児童にも簡単に計算させることができる。放出と吸収で移動する炭素量を仮にすべて二酸化炭素量に換算(×3.67)して、放出と吸収の差(117億t)を求める。そしてこの差の量が毎年大気中に蓄積されてゆくことと、二酸化炭素が地球からの放射熱を妨げる温室効果を果たしていることを解説して、地球の気温が上昇を続けていることを理解させる。その上で、こうした温暖化を食い止めるために、測定で実感した人為的な二酸化炭素の排出量を減らすこととそのための方策へと発展させる。

## 6. おわりに

二酸化炭素の検知管は、0.1%程度の微量から20%程度までの範囲の濃度を簡単に測定することができる。数多く測定するとその購入費用がかかるものの、石灰水に較べると、測定対象や測定範囲が広く、はるかに多くの用途がある。

今回行った測定テストの中で、樹木の光合成や土壌

呼吸などは野外でも簡単に実施できる。また、木炭の燃焼や水への吸収は、身近な生活の中でも導入できる。そのため、例えば、森林の中に立地する少年自然の家などでは、野外活動としての測定が十分可能であるとともに、野外炊事などで行う燃焼の中に測定を取り入れることも可能であろう。

今回の測定に関連した環境学習を「総合的な学習の時間」のテーマとするならば、他の教科と合わせながら、授業時間も比較的柔軟に設定して、いくつもの対象を測定することが望まれる。地球規模での炭素循環としての二酸化炭素の放出/吸収の全体像が理解されることによってはじめて、森林の吸収や人為的な排出の役割がクローズアップされることになるだろう。また、測定と合わせて、二酸化炭素の収支や量の計算、集気装置づくりなどの算数や工作の教科要素も取り入れることもできるであろう。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり、理科教育講座の平吹喜彦教授には、森林や樹木の炭素移動について種々ご教示いただいた。記してお礼申し上げます。なお、本研究は(財)日産科学振興財団の平成15年度理科教育助成を受けて行った。研究の一部に日本学術振興会科学研究費補助金(課題番号16611001)を使用した。

## 引用文献

- 小林萬壽男, 1982. 植物生理学入門—教師のための平易な解説—. 268pp. 共立出版.
- 文部省, 1995. 空気を調べる—空気中の酸素・二酸化炭素などの濃度測定—. 環境教育指導資料(事例編): 69-73.
- 平 朝彦, 2001. 地質学1 地球のダイナミクス. 296pp. 岩波書店.
- 鳥海光弘・田近英一・吉田茂生・住 明正・和田英太郎・大河内直彦・松井孝典, 1996. 岩波講座地球科学2 地球システム科学, 220pp. 岩波書店.
- 中澤高清・原 宏・住 明正・森田恒幸・米本昌平, 1999. 岩波講座地球環境学3 大気環境の変化. 326pp. 岩波書店.