

車—大気—森をめぐる二酸化炭素の循環を知る体験学習の教育支援

研究代表者：川村 寿郎（宮城教育大学 理科教育講座）

研究分担者：平吹 喜彦（ 同上 ）

菅原 敏（ 同上 ）

研究の趣旨

現在学校教育の中で推進されている環境学習では、取り扱う対象内容が多分野にわたっており、それらを総合的に学習することが標榜されている。こうした中、環境をとらえる基本的な視座として、地球規模の時空間で起こっている物質循環の中でヒトが生活し社会を維持していることをまず知ることが肝要と言える。循環する物質の代表は水であり、それに関連した題材は、身近な物質として捉えられやすいこともあって、これまでの環境学習でも最も取り上げられることが多かった。しかし、もう一つの重要な循環物質である炭素あるいは二酸化炭素については、炭化水素の燃焼による大気放出が地球温暖化をもたらす原因であるという概念が定着しているわりには、実際にモノや現象として捉えられ、環境学習に活かされていることが少ないのが実態である。

本研究では、二酸化炭素（炭素）の移動や循環を実感する体験的な学習プログラムや教材の開発を目的とした。今回は特に陸上での炭素循環に限定し、ヒトが排出した二酸化炭素が大気からの移動の過程で、森林に一部吸収されて固定されることに焦点を当てた学習プログラムを検討した。これは海洋を含めた地球規模の炭素循環が小学生の学習段階からみて理解が難しいことによる。学習プログラムの作成は、森林の中に立地し、実物を観察し実感するような体験学習を遂行するのに最適な場所である野外活動施設（少年自然の家）で実施することを念頭に置いて行った。合わせて、当該施設と連携して小学生の野外活動支援をしながら、作成した学習プログラムについて、活動での位置づけや効果を確認し、一部実践を行いつつ教示法や教材の検証とそれに基づく改良を行った。

研究活動状況

助成申請の採択（平成15年10月）された後、以下の活動を行った。

【平成15年10月～平成16年3月】国立花山少年自然の家周辺での活動適地の事前調査。

【平成16年4～5月】花山少年自然の家および仙台市立泉ヶ岳少年自然の家との協議および小学校の野外活動状況の調査。

【平成16年5～7月・同9月】両自然の家において、小学校（4校）の野外活動支援と学習プログラムの一部実施。炭素循環を学ぶ学習プログラムの検討。

【平成16年6～9月】学習プログラム（内容・教具・指導法など）の再検討。

研究内容

二酸化炭素の知識をもつ小学校高学年程度を対象に、陸上における炭素循環について理解し、その上で環境意識を高めるような一連の学習プログラムの作成をめざした。その主な内容は、以下のとおりである。各内容では、現実に行っている地球規模での炭素循環との比較・例示を含めながら、科学的な観察や測定の実験を積極的に組み入れた。

【大気中の二酸化炭素濃度の変化】大気・呼気・排気ガスなどの酸素・二酸化炭素濃度の比較測定。温室効果のモデル実験。

【大気から植物への二酸化炭素の吸収と光合成】樹木枝葉部での酸素・二酸化炭素濃度の日中変化の比較測定。

【森林生態系の二酸化炭素収支と炭素の固定】落葉や腐葉土の酸素・二酸化炭素濃度の測定。森林土壌の観察と落葉や乾燥土壌の燃焼。

【木炭（固形炭素）の燃焼によるエネルギー利用と大気への放出】木炭の燃焼による運動エネルギーの抽出。燃焼ガスの二酸化炭素濃度の測定。

これらの実験では、酸素・二酸化炭素の濃度測定にガス検知管を使用する。これは使い捨てという環境負荷的な面はあるものの、小学生でも取り扱いが容易であり、かつガス濃度の変化を視覚的に捉えられる利点がある。植物種（樹種）・土壌・気象・時間などについて種々の条件でガス濃度の変化をチェックした後、炭素循環の中で特に重要な植物の光合成と二酸化炭素の吸収について導入するための教材を吟味した。①広葉樹の枝葉に大型ビニール袋を取り付けて、②人の呼気で二酸化炭素濃度を高めてから密封し、③日中の2時間程度の時間差をおき、④袋に開けた小さな孔に差し込んだ検知管で濃度を比較する、という簡便な方法でも十分に二酸化炭素の吸収と酸素の放出が確認された。また、木炭燃焼による運動エネルギー抽出では、燃焼によって得られるエネルギーを車などの動力源に例えることができる簡便な教具の開発をめざし、現在、安全に演示できる水蒸気風車の制作を進めている。

研究成果と課題

今回作成した学習プログラムのうち、樹木の二酸化炭素の吸収と酸素の放出について、国立花山少年自然の家において、小学生（5年生数名）とそれを支援する大学学部生に実際に観測させたところ、ばらつきはあるものの、ほぼ意図する結果が得られた。

作成した学習プログラムは、研究標題のように、車－大気－森－（土）をめぐる炭素の循環を理解して、環境負荷を与えないための意識高揚を一つのねらいとしている。その際、大気中の二酸化炭素増加についてどのように体験的に理解させるかについては、一方的な解説・演示はできても、児童自身の活動に導入すべき教材や方法論については未完の状況にある。また、このプログラムは、一連の実験などを通じてはじめて炭素循環を理解できるが、すべて実施するには相当の時間を要し、自然の家などの施設利用時間内での実施は難しい。そのため、施設での部分的な実施からさらに継続した授業時間の確保が望ましく、例えば「総合的な学習」や「理科」の授業内容に組み入れて発展させることが必要である。

今後の展開

全国の各少年自然の家では、炭素循環を知るためのガス濃度の測定などは、活動内容として未だに整備されていない。一方で水質のバックテストなどはかなり普及していることから、器具などを整備すれば、ガス濃度テストもそれと同等の活動種目に位置づけことが十分可能である。それによって、各自然の家で従前より行われてきた森林に関する体験学習と強く関連づけながら、炭素循環や森林の役割などの自然と環境の学習が相乗的に理解されるに違いない。

今回の学習プログラムは陸上での炭素循環に限定して作成したが、地球規模での炭素循環では、大気から海洋への二酸化炭素の移動と海洋生物による炭酸塩固定が本流と言える。陸上での地域的な循環と合わせて、大気－海洋における二酸化炭素の循環を知る体験的な学習プログラムについても現在別に作成しており、今後、学齢や実施場所などに応じた学習プログラムの整備と改善を全体的に図ってゆきたいと考えている。