

プロジェクト名	環境変動による影響の評価と環境教育実践		
プロジェクト期間	平成 23 年度		
申請代表者 (所属講座等)	三谷尚(理科教育講座)	共同研究者 (所属講座等)	平尾健二(技術教育講座)、 山崎聖司(理科教育講座)、 小杉健太郎(理科教育講座)、 松崎昌之(理科教育講座)、 秋永正廣(理科教育講座)
<p>I. 研究面（教育器機開発含む）</p> <p>(1) 二酸化炭素分子、オゾン分子の挙動と影響についての研究</p> <p>(1-a) 二酸化炭素分子が地球温暖化を起こす機構を主として分子レベルで解明し、その理解のために分子振動を動画で見せるなどの視覚的な環境教育教材開発を行った。分子レベルでの解明については、多数回討論を重ね、二酸化炭素の分子振動の励起と減衰についての知識を得た。教材開発については具体的には、量子化学計算ソフト"Gaussian" を用いた二酸化炭素の分子振動の演示、および、Visual Basic を用いた同上の分子振動の励起の演示を行った。</p> <p>量子化学計算ソフト"Gaussian" では、比較的簡単な分子構造の入力によって、最適（最安定）の構造の計算、および準安定な構造の計算から分かる振動数計算が行われる。これらにより、可視化を行うことができた。Visual Basic を用いた同上の分子振動の励起の演示は、力学的なパラメーターは"Gaussian"に比べれば、全く簡素なばねの相互作用を用いている。一方で、プログラムは完全な手作りである。これにより、固有振動状態と赤外線による強制振動印可状態の違い、分子配置方向と赤外線の偏光方向の方向関係を任意に設定できた。これにより、実際の分子振動のふるまいに近い状況を示すことができるようになった。</p> <p>(1-b) オゾンの破壊が上空で起こり、その原因はフロンガス等、塩素を脱離する分子にある。オゾンは正常な過程でも「破壊」が起こっているが、それは復元可能な破壊であり、塩素による不可逆な破壊とは異なる。この2者の機構について、詳しくまとめ、主に冊子にて記述している。また、これらは、早速、大学教育において教育実践が可能であり、かつ、2つの中学にてわかりやすく提示した。（詳しくはII、教育実践の項） 今後、Gaussian による計算を用いながら、卒論等で、取り扱う予定である。</p> <p>(1-c) 光合成は植物が二酸化炭素を吸収（固定）して光エネルギーを用いて有機物（炭水化物）を合成する作用である。本研究では、光合成の作用を安価にリアルタイムで測定・提示できる研究教育機器の開発を行った。光合成が行われていることを測定するため、一般的には①CO<sub>2</sub>の吸収速度の測定、② O<sub>2</sub>の放出速度の測定、ならびに③ 光エネルギーの利用効率の測定が専門分野で行われている。本研究では、その中で比較的安価に光合成作用を捉えるために、①CO<sub>2</sub>の吸収の測定をベースとして、さらに③光エネルギーの利用効率の測定を組み合わせた測定方法を確立した。本経費によって、光エネルギー利用効率を測るクロロフィル蛍光測定装置を購入、これによって、光エネルギーの利用効率を測定することができ、既存の CO<sub>2</sub> の吸収の測定装置によって、光合成メカニズムをリアルタイムでの視覚的に示すことが出来る教材を開発した。</p> <p>具体的には、以下に示すような装置を考案した。測定対象となる植物（写真ではイネ）を2つ用意し、それを水槽に入れた上で支柱をセットし、その上からビニル袋をかぶせて密閉した（写真1）。この密閉容器には予め容器内の CO<sub>2</sub> を測定することのできる CO<sub>2</sub> モニターがセットしてあり、リ</p>			

リアルタイムで CO<sub>2</sub> 濃度の変化を測定できるようにした (写真2). 2つの容器のうち, もう一方はそのまま太陽光下に放置し (容器 A), もう一方には黒いビニル袋を被せ, 太陽光を遮断し, 暗呼吸反応のみを行わせた (容器 B) (写真3). 本模擬実験では, 開始の CO<sub>2</sub> 濃度は 417ppm であり (写真4) 5, 10 分後の各 CO<sub>2</sub> 濃度は, 容器 A で 204ppm (写真5), 容器 B で 465ppm (写真6) となった. すなわち, 容器 A では変化量 ( $\Delta \text{CO}_2$ ) = 204 - 417 = -213ppm, 容器 B では  $\Delta \text{CO}_2 = 465 - 417 = +48\text{ppm}$  であった.

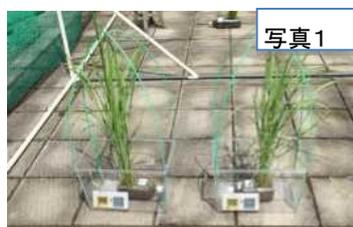


写真1



写真2



写真3



写真4



写真5



写真6

葉面積の大きさは両植物ともほぼ 600cm<sup>2</sup> であったことから, それぞれの CO<sub>2</sub> 変化速度を葉面積あたりのモル濃度の変化速度で表すと,

$$P (\mu \text{ mol/m}^2/\text{s}) = \Delta \text{CO}_2 / 1000000 \times V / 22.4 / M / 60 \times 1000000 \times 10000 / 600$$

V: ビニル袋の中の空気の量 (L) 今回: 20L

M: 経過した時間 (分) 今回: 10 分間

22.4: (CO<sub>2</sub> (気体) 1モルの体積 理想条件として)

60: (時間単位の変換 min (分) → s (秒))

容器 A:  $P = -5.28 \mu \text{ mol/m}^2/\text{s}$  CO<sub>2</sub> 吸収 みかけの光合成速度

容器 B:  $P = +1.19 \mu \text{ mol/m}^2/\text{s}$  CO<sub>2</sub> 放出 暗呼吸速度

"ここで, 容器 A, B が同一の植物と仮定すれば,

真の光合成速度 =  $-(5.28 + 1.19) = -6.47 \mu \text{ mol/m}^2/\text{s}$  となる.

なお, 今回の測定時の太陽光の光強度 (光合成有効放射) は  $1500 \mu \text{ mol/m}^2/\text{s}$  であった.

さらに, 本研究では購入したクロロフィル蛍光消光測定装置 (JUNIOR-PAM, WALZ 社) を用いて, 光合成測定と同時に光化学系 II の量子収率 (太陽エネルギーの利用効率を測定したところ, 太陽光が照射されている容器 A において, 約 0.15 程度であり, 総電子伝達速度は  $90 \mu \text{ mol/m}^2/\text{s}$  程度であることが確認された. (イネ葉で一般的に用いられる定数, PSII における光分割を 0.5, 葉の光吸収率を 0.8 と仮定) "

"すなわち, 光エネルギーの変換利用効率と CO<sub>2</sub> 吸収速度をリアルタイムで同時測定する教材としても活用可能であり, 光エネルギーの変換利用効率の裏付けをもとに, CO<sub>2</sub> の変化のみに注目しても安価な教材といえよう.

本教材は屋外にて好天下でのデモンストレーションが最適であるが, 対象となる植物によっては, 室内の人工照明の元でも利用可能である. 実際の試行には, 一般市民を対象としたワークショップの中で実施し, 好評を得た. (2011 年 8 月 20 日 (土) 天神パークビル屋上でのイネづくりイベント)

ト「たのしいイネ 第3回 ワークショップ：イネの成長と環境との関わり」：写真7～9）”



写真 7



写真 8



写真 9

## (2) 紫外線 (UV-B) 照射が植物に及ぼす影響の調査

オゾン層破壊に伴う UV-B の増加が地球上の生命に及ぼす影響を把握するための第一歩として、UV-B 照射が植物に及ぼす影響の調査ならびに調査結果に基づく環境教育教材の開発を行った。植物材料には、紫外線に対する感受性が高い植物の一つであるキュウリを用いた。

子葉が 2.5 cm 展開したキュウリ個体に対して UV-B 照射を 24 時間連続で 14 日間行った結果、子葉表面の白色化・光沢化、子葉の葉面積の拡大抑制、第一葉（本葉）の展開抑制などを生じることが明らかとなった（生育障害）。一方で、光学顕微鏡や蛍光顕微鏡を用いた解析により、子葉表面に存在するトライコーム（表皮細胞から生じた毛のような器官）周辺の表皮細胞特異的に、肥大、トルイジンブルー-O による染色領域の拡大、核 DNA 量の増加などを生じることが明らかとなった（防御応答）。また、UV-B 照射は、キュウリ子葉において、リグニン合成経路上で働く酵素の活性や、遺伝子の発現を誘導することが明らかとなった（防御応答）。成分分析により、トルイジンブルー-O により染色された箇所では、リグニンやアントシアニンなどの紫外線吸収物質が蓄積する可能性が考えられる（防御応答）。以上のことから、UV-B 照射を行った植物では、生育障害とともに、防御応答が認められることが示された。今後は、UV-B 照射に対する植物の防御応答の機構を明らかにし、この機構の活性化を通じて、植物全般に UV-B 耐性の付与を検討することが望まれる。以上の研究成果をとりまとめ、教育現場で活用するための環境教育教材の作成も合わせて行った。

## II. 教育実践的側面

当プロジェクトは、研究面のみならず、教育実践面に力点を置いた。特に、二酸化炭素の増加による地球温暖化について、それ自体、大きく報道され、政治的な話題になっているにも関わらず、なぜそれが起こるかは語られることが皆無である。フロンガスとオゾンホールと紫外線の問題もこれに準じる。もちろん、植物における二酸化炭素の吸収の現場や、紫外線と生命とのかかわりも、教育的に提示することが求められる。

これらを目的として、本プロジェクトでは、主に2つの中学校での、出前講義を行った。特に、福岡市那珂中では、「環境学習」の時間に合わせる事ができた。

福岡市博多区那珂中学校 出張授業： 1年生、総合科目、「環境学習」の実施日（11月29日）

1. エネルギー問題と資源      ビデオ鑑賞「九州エネルギーロード」
2. 水と私たちの生活              他講師      (福岡市 道路下水道局)
3. 生活の中のリサイクル          他講師      (福岡市 環境局)
4. 地球温暖化と私たちの生活      講師＝三谷尚 (福教大 理科教育講座)
5. ゴミ問題について              他講師      (福岡市環境局)
6. 地球の生態系                  講師＝平尾健二 (福教大 技術育講座)「地球の生態系と植物の関わり」

ここでの中学生の取り組みと態度は、非常にまじめであり、事前のパンフレットが作られ、また、講師への質問事項が事前に列挙され、質問の時間まで設けられていた。終了後、1週間ほどして、感想も送られてきた。充実した、環境教育の時間を有することができた。

本学付属、小倉中学校 出張授業 (2回) : 12月 (二酸化炭素による地球温暖化、フロンガスによるオゾン破壊 ; 三谷、小杉)、および3月 (植物が CO<sub>2</sub> 吸収する意味について ; 平尾) に、出前授業を行った。

本学、授業実践「環境と物理学」(1) (対象 : 初等理科1年生 ; 担当、秋永) : 風船に詰めた二酸化炭素ガス等で、ガスの存在を実感させた。二酸化炭素ガスは、他の分子ガス (扱ったのは天然の空気) に比べ、非常に重いことを実感させた。

本学、授業実践「環境と物理学」(2) (対象 : 中等理科、環境1年生 ; 担当、三谷) : 二酸化炭素の分子振動、および、赤外線による同分子振動の励起に関して、また、宇宙という外界に対する地球環境の観点で、地球温暖化がどのように起こるかについて、講義を行った。

#### <外部における授業での留意点、反省点>

二酸化炭素による地球温暖化の授業は、約6年前にも、小倉付属中学校において、実施したことがある。この時、赤外線による二酸化炭素の分子振動の励起に関連して、「赤外線は二酸化炭素の分子振動の振幅を増大させるが、可視光線は増大させることができない。なぜなら、振動の強制の点で、可視光線は、二酸化炭素の固有振動数よりも早すぎる。」この点について、小倉中の生徒は著しい反応と理解を示していた。ただし、現在の中学生には難しすぎた感があり、ゆとり教育の現状を考えて、授業をしなければならないことを、反省させられた。

那珂中における授業の現場において、この生徒たちの真面目さは素晴らしかったが、行った授業の盛りだくさんな内容と、中学1年生であることを考慮しなかったこともあり、大半の概念は理解させることができなかつたかもしれない。この点、次回から、授業において、十分に絞った話をすべきであろう。一方、生徒からの感想が郵送されたが、そこには、「二酸化炭素による自然的な地球温暖化がなければ、地球は相当に温度が低くなり、生物の進化もなかった、という話に感激した」と複数の手紙があった。肝心のいくつかのポイントは、中1生でも熱心であれば、抑えていることに安心した。

"論文発表

平尾健二・山川隆憲・大山晋介・土肥ますみ

イネの簡易栽培教材「ペットボトル稲」の開発

－ 2. 栽培対象に関する諸検討－

日本産業技術教育学会九州支部論文集、第 19 巻 107-111 2012 年 2 月

"学会発表

平尾健二 他 4 名

各大学で作成した新しい生物育成教材の紹介（展示発表）

日本産業技術教育学会第 54 回全国大会（宇都宮大学）

2011 年 8 月 27 日-28 日

平尾健二

平成 24 年度からの中学校技術科における農業関連学習「生物育成」の必修化

日本作物学会第 232 回講演会（山口大学）

2011 年 9 月 1 日-2 日"

"松尾啓司・平尾健二・藤本祥・鎌田英一郎

スプラウトを用いたリハビリ栽培とその教材化に関して

日本産業技術教育学会第 24 回九州支部大会（那覇市）

2011 年 10 月 1 日"

"

平尾健二・藤本祥・松尾啓司

生物育成に関する新しい教材の開発 第 3 報 イネの穂数増加に関連するバイオテクノロジー教材の提案

日本産業技術教育学会第 24 回九州支部大会（那覇市）

2011 年 10 月 1 日"