

令和元年6月20日現在

機関番号：30108

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01028

研究課題名(和文) 光音響効果に基づく温室効果ガスの可視・可聴化した教材および教育プログラムの開発

研究課題名(英文) Development of an education program visualizing and auralizing greenhouse gases based on photoacoustic effects

研究代表者

福原 朗子 (Fukuhara, Akiko)

北海道科学大学・工学部・講師

研究者番号：30316244

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：高校生でも使いやすいような教材として、金子(2010)が開発した光音響効果の実験装置を改良した。結果として、温室効果ガスのセルをタンデムに配置することで、新たに赤外線放射の放射収支を学べるようになった。この装置を使う教育プログラムを、高校での5回の実践により開発した。プログラムには理科4科目の基礎知識を取り入れた。これまで教員が1台で演示をしていたが、本支援で作成した5台を用いて、学生が各自の理解速度で実験出来るようになった。フーリエ変換赤外分光光度計を用い、周波数スペクトルによる赤外吸収の原理の理解を追加した。また、大学や高校の教員がこの教育プログラムを採用するように、補助教材一式を準備した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地球温暖化問題は人類が取り組まなければならない重要な課題であり、その解決策の一つとして、温暖化のしくみについて正しい理解を促す教育が必要と考えた。これまで温室効果について少人数グループで行う実験教材はほとんど存在しなかったため、4人×6グループ程度で実施できる90分間の授業プログラムを開発した。高校理科4科目の教科書から温室効果に関する項目を取り入れた。札幌市内の高校全56校の理科教員にアンケート調査を行った結果、38校から興味がある、21校から出前授業を行って欲しいとの回答を得て、ニーズを確認した。今後多くの人にこの教材を使う機会を提供し、環境への興味や関心を高められると考えている。

研究成果の概要(英文)：We improved the photo-acoustic experimental system developed by Kaneko (2010) to be a simple instrument that can easily be handled by high school students. As a result, students can learn the energy budget of infrared radiation when two cells with greenhouse gases are arranged tandem. We have also developed an education program using this system through having five lectures in senior high schools. This program was based on the basic knowledge of four science subjects. We had only demonstrated experiments using a system before, so new five systems were made by this support. Now students can conduct series of experiments according to their understanding paces. Using Fourier Transform Infrared Spectroscopy, understanding the principle of infrared absorption with frequency spectrum was added in our new program. We also prepared the set of supplemental education materials for teachers in universities and senior high schools to adopt this program.

研究分野：科学教育

キーワード：温室効果 光音響効果 赤外線 実験装置 科学教育

## 1. 研究開始当初の背景

地球温暖化問題は人類が取り組まなければならない重要な課題であり、その一つの解決策として、温暖化について正しい理解を促す教育が必要と考えた。特に気体の温室効果のしくみを丁寧に学ぶことができる教材を開発したい。4人程度の少人数グループで行う実験をメインとし、理科4科目の基礎的内容を含む教材を作成し、高等学校の授業2時間程度（90～100分）で完結する授業プログラムの開発を目指す。

気体の温室効果について学ぶ実験教材はこれまでにいくつか開発され、そのほとんどが、教員による演示実験である。グループもしくは個人で行うものは、測定にある程度の時間がかかるので、通常の授業45～50分以内に終わらないデメリットがあり、学校であまり普及していないように思われる。ペットボトルやポリスチレン、ガラスの水槽などの容器を二つ以上用意して温室効果を持つ気体と持たない気体をそれぞれ充填し、赤外線照射して温度変化を比較する実験では、各容器の素材が可視光で無色透明に見えていても、赤外線に対して透明でないものが含まれる可能性が非常に高く、また、それぞれの容器が等しい環境条件を保つ難しさがある。

そこで本研究では気体の温室効果による微小な「温度変化」を長時間で測る方法ではなく、光音響効果を用いて密閉容器の微小な「圧力変化」を計る方法を用いて教材とその授業プログラムを開発する。装置はすでに金子らによって開発されているが、これまで教員が一台の装置を使用して演示実験を行うか、2台で少人数を対象に授業を行ってきた。そこで、実験装置の最適化を行い、その後複数台新たに製作し、4人程度のグループでクラス単位で行う授業プログラムを構築する。

## 2. 研究の目的

光音響効果を用いて気体の温室効果を可視化・可聴化する実験教材の改善と教育プログラムの構築をすること。また、その教材を普及させること。

## 3. 研究の方法

既存の実験装置を基に、①装置本体の改良②実験条件の精査③教育現場での使用と改善をする。具体的には①試料セルの光路長を短くし感度を上げる。②使用する温室効果気体の適正な濃度範囲を調べ、生徒が実験しやすい条件を設定する。また、実験方法を数種類準備し、それに用いる最適な材料を選ぶ。③実際に複数の高校と大学のクラスで授業を行い、シンプルで理解しやすい実験とは何かを探る。教材として取り入れる項目は理科4科目の教科書から選び、現役の理科教員の意見を参考に提示資料、動画、生徒配布用プリント等の教材一式を作る。合わせて札幌市内の全56校の高校理科教員にアンケート調査を行い、ニーズを把握し、教材のブラッシュアップを図る。

## 4. 研究成果

### 4-1 装置使用の最適化（①）

ガスセルの光路長を既存の10cmから3cmに短くし、少量の気体試料で実験が可能になった。光源部を取り換えられるような配置にして、赤外線に加え、携帯電話の光やLEDライト、ペット飼育用のランプなどが使用可能になった。スピーカーを複数台セットし、音響信号を音で確認できるようにした。（図1）

### 4-2 実験条件の最適化（②-1）

従来、標準ガス缶から直接ガスセルに気体を注入し音響信号を測定していた。気体の種類によって温室効果の有無を定性実験として行っていたが、各濃度の実験から、二酸化炭素とメタンについては0～20%の範囲で定量実験が可能になった。また、赤外の吸収を確認するため、可視光で無色透明の素材を5種類程度サンプルセットとして準備していたが、教育実践によって、身近な素材である透明の定規やコンビニエンスストアの白いビニル袋、ノートなどが手軽に実験に使えて生徒の興味関心が高いことがわかった。そこで生徒が使いやすい素材や不思議に感じる素材を加えられるように条件を変更した。

### 4-3 赤外収支の実験が新たに追加（②-2）

ガスセル2台を使用して、それぞれに温室効果ガスを充てんして実験する方法を用いることで、今までできなかった、赤外収支について学習できるようになった。赤外線の入射・吸収・消散・透過を数値化することで、説明が容易になった。

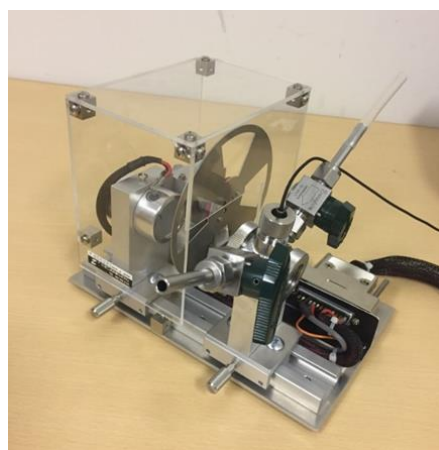


図1 改良された実験装置

#### 4-4 教員向けの教材一式の作成 (③-1)

クラス単位で授業を行う際に必要な提示資料(図2)、実験操作の動画(図3)やプリントを作成した。小学校から高等学校までの生活と理科のすべての学習指導要領を調べ、温室効果にかかわる項目を全て選び出し、特に高校理科4科目の基本的な知識を基に教材に取り入れた。また、高校と大学で5回の授業実践を行い、生徒の反応を見て適宜教材を最適化した。これにより、高校教員が初めて授業をする際にもスムーズに行える準備を整えた。

#### 4-5 ニーズ調査 (③-2)

札幌市内の高校全56校の理科教員にアンケート調査を行った結果、38校から興味がある、21校から出前授業を行って欲しいとの回答を得て、ニーズを確認した。

これらを基に成果を発表した。2018年7月日本気象学会にて、2019年日本化学会にて口頭発表を行った。論文は現在執筆中である。なお、研究期間終了後、2019年7月には北海道主催の科学イベント・サイエンスパークのステージショーに出演し装置の実験映像を用いて研究を紹介するほか、2019年度ひらめき☆ときめきサイエンスに採択され、この教材を利用した小学校高学年向けの実験講座を2019年10月に開催予定である。また、2019年11月に日本化学会北海道支部化学教育協議会にて大学の部の提言として、この教材の紹介と研究発表を行う予定である。

### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 件)

〔学会発表〕(計 2件)

①福原朗子、温室効果を学ぶ実験教材の開発-光音響効果を用いて-、日本気象学会北海道支部平成30年度第1回支部研究発表会、2018年

②福原朗子、金子文俊、光音響効果による温室効果気体の性質を理解する教材とそれを用いた高校での実践、日本化学会第99春季年会、2019年

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年：  
国内外の別：

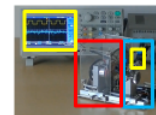
○取得状況(計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：

### 装置の原理と概要

光音響効果とは

光の強度が時間とともに変化すると、一定体積内の圧力が時間とともに変化し、音波が発生する現象(1880年、グラハムベル)



実験装置 3部構成

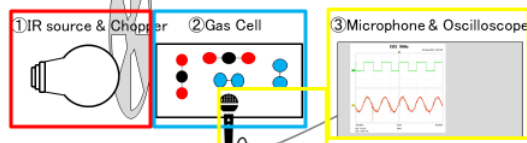


図2 提示資料例



図3 実験装置の操作説明動画

番号：  
取得年：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名：金子 文俊

ローマ字氏名：(KANEKO, Fumitoshi)

所属研究機関名：大阪大学

部局名：理学研究科

職名：准教授

研究者番号（8桁）：70214468

### (2) 研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。