

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 26 日現在

機関番号：33935

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2014

課題番号：24501115

研究課題名(和文)二次的な自然環境におけるCO₂濃度客観評価による環境教育プログラムの開発研究課題名(英文)Development of environmental education programs based on CO₂ concentration measurement in secondary nature environment

研究代表者

岡村 聖 (Kiyoshi, Okamura)

名古屋産業大学・環境情報学部・准教授

研究者番号：80314087

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：二次的な自然環境の変化をCO₂濃度を指標として客観評価するための環境教育プログラムを、小・中・高の研究協力校と共に開発及び実践した。

第一にCO₂濃度測定による簡易的な吸収能調査のプログラムを実践したところ、樹勢回復を評価できる可能性が示唆された。第二に有菌土と無菌土が里山のCO₂濃度に与える影響の調査プログラムを実践したところ、有菌土では夏季、無菌土では冬季のCO₂濃度と同様の傾向を示したことから、土壌の影響がより大きいことが示唆された。第三にCO₂濃度測定を取り入れた体験学習の担当教員への役立ちを念頭に、高解像度の航空写真を用いたCO₂濃度マップの作成と考察を行うためのプロセスを示した。

研究成果の概要(英文)：Environmental education programs based on CO₂ concentration measurement in secondary nature environment was jointly developed and implemented with elementary, junior high and high schools.

First, CO₂ concentration chlorophyll were measured for old cherry trees which are in the Kisogawa tsutsumi. The vigor recovery of old cherry tree was suggested to have to do with the CO₂ concentration. Second, CO₂ concentration was studied near the bacterial soil and the dterilized soil using a soil in Shirakawa forest. The CO₂ concentration was influenced by the bacterial soil. The bacterial one denoted the same tendency of the diurnal cycle of the CO₂ concentration during summer. The dterilized one also fit in winter season. Third, making map of CO₂ concentration with aerial photos was revealed for teachers who take care of experience learning based on measurement of CO₂ Concentration. The discussion method for the map of CO₂ concentration was also summarized.

研究分野：大気環境工学

キーワード：CO₂ 二酸化炭素 環境教育プログラム 里山 二次的な自然環境 体験学習

1. 研究開始当初の背景

2010年10月に開催されたCBD COP10(生物多様性条約第10回締約国会議)の中で、国連大学高等研究所と環境省によって推進されている「SATOYAMA イニシアティブ」が採択された。これは、里山のような二次的自然には人の福利と生物の多様性の両方を高める可能性があることに着目し、日本を含めた世界中の様々な地域において、伝統的な方法に学びながら、また現代に合う形で、土地と自然資源の適切な利用や管理の方法を探り実践するというものである(環境省WEBサイトより)。

また、体験学習の有用性が多数報告されている(例えば、国立青少年教育振興機構等)。総合的な学習の時間は、このような体験学習にも対応した教科として大いに期待されていた。生きる力の育成を掲げた旧学習指導要領において新たに創設された教科であるが、実施については各学校の創意工夫に任されているため、成果を上げる学校がある一方、趣旨に沿わない状況、教科学力は客観評価が可能であるのに対し総合的な学習の効果は測定できないなど、いわば、理念は素晴らしいが実施は難しいという存在であった。新指導要領においても、その必要性・重要性は変わらないとされたが時間数は削減された。ゆとり教育との密接な関連性から、教科学力の向上に寄与しない総合的な学習の時間はOECD学力調査で報告された児童・生徒の「学力低下」「理科離れ」の象徴とする見方もあるが、効果的な体験学習は本来これらを好転させる存在であると考えられる。

以上、「SATOYAMA イニシアティブ」の推進、及び、人材育成に対する有用性から社会的ニーズが高い体験学習プログラムの提案、という点で社会的意義があると考え、本研究に取り組んだ。

2. 研究の目的

本研究は里山の様な二次的な自然環境の変化を、CO₂濃度を指標として客観評価するための環境教育プログラムを開発し、その実践と評価を行うことを目的とした。

通常複数年にわたる蓄積データがなければ二次的な自然環境の変化を実感することはできないが、二次的な自然環境を構成する植物と土壌は炭素循環の一環で大気を通してCO₂の吸収と放出を行うため、その測定を行うことで時々刻々と起こる環境変化の痕跡がわかる。これを利用して、環境保全のような効果が表面化するまでに多くの時間を要する取組みに対して、短期間の体験でもその変化を実感し意欲的に取り組むことができる人材を育てるためのプログラム開発を目指した。

3. 研究の方法

本研究は、A) 研究協力校の演習林等に

よるCO₂濃度測定のための授業計画の策定と実践、B) CO₂濃度データとその他の要因の比較による二次的な自然環境変化の考察とその成果発表、C) 連携授業参加者へのヒアリングによる環境教育プログラムの評価、の3つのプロセスにより研究を進めた。

また、環境教育プログラムの実践対象として、(1) 木曾川堤の桜の樹勢回復に取り組む高校生、(2) 演習林(里山)維持管理の効果进行调查する高校生、(3) 学校周辺の二次的な自然環境を調査する日本及び台湾の小・中・高校生を対象とした。

4. 研究成果

(1) CO₂濃度測定を取り入れた桜の樹勢回復評価

樹木の成長を実感するには、幹にメジャーを巻きつけて、定期的に目盛を読めばよいが、その変化はわずかであり、主にプロジェクト研究(課題研究)の授業を通して木曾川堤の桜(国指定の名勝・天然記念物)の樹勢回復に取り組む愛知県立稲沢高等学校環境デザイン科の生徒らは、毎回の授業はもちろんのこと、1年間を経てもその変化を実感するのは難しい。



写真1 不定根育成中の桜

緑色の植物は光合成により大気中のCO₂を固定して成長する。光合成速度は複雑な物理・生化学課程に基づくため、これを厳密に調べることは最新の研究分野であり、高校生の学びとするには時間的・内容的に難しく、完結性もない。そこで、大胆に物理・生化学課程を省き、CO₂濃度の簡易測定を行って、その統計的・定性的な解析を行うことで、国指定の名勝・天然記念物のような現状保存が必要な桜に対して、短期間でも樹勢回復を実感できるような指標としてCO₂濃度の値を用いることができるのではないかと考えた。

測定では対象樹木を5種類選定し、ポリ袋を被せてある程度密封した上で、5分間測定を行い簡易的な光合成による吸収能を調べた。(写真2)。研究授業において測定されたCO₂濃度測定の結果例を表1に示す。

ここでは、吸収能 = (ポリ袋を被せて5分後のCO₂濃度 - ポリ袋を被せた時点のCO₂濃度) / 葉数、とした。吸収能が0.2 (ppm/葉数)で最も低かった対象樹木2は次年度に樹勢が衰えた。前年度の調査からは、CO₂濃度測定による簡易的な吸収能調査により、樹勢を評価できる可能性が示唆された。



写真2 CO₂濃度測定

表1 CO₂濃度測定の結果例

対象樹木	ポリ袋中の葉数	CO ₂ 濃度変動 (ppm)	吸収能 (ppm/葉数)
1	90	459→425	0.37
2	150	450→420	0.20
3	150	477→429	0.32
4	55	396→364	0.58
5	53	403→380	0.43

研究協力校である愛知県立稲沢高等学校は、全国学校農業クラブ愛知県連盟プロジェクト研究発表会愛知県大会において優秀賞を受賞した。

今後は本研究をベースに非破壊の樹勢評価を取り入れた環境教育プログラムの開発研究を進めていきたい。

(2) 演習林におけるCO₂濃度客観評価

① 演習林内の特徴的な3地点のCO₂濃度の日変化

森林や下草の成長は毎回の授業でその変化が分かるほど早くは無い。演習林内の各所のCO₂濃度を測定できれば、植物の呼吸や光合成、および周辺から風によって運ばれてくるCO₂の影響を日変化として知ることができ、植物の生育状況・健康状態を知る手がかりを得ることが出来ると考えた。

そこで、演習林内の特徴的な3地点(写真3、4、5)で樹木から地上1.5mに吊るして3日程度のCO₂濃度の連続測定を行い、日変化を考慮し比較した。2012年6月～9月の演習林内3地点と久居農林高校屋上のCO₂濃度を平均した日変化を図1に示す。夜間に500ppm程度に上昇し、日中に450ppm程度に低下する周期で日変化した。また、

学校の屋上に設置された常時測定データよりも演習林内のCO₂濃度が高く、「光合成が盛んなため演習林内は学校屋上よりもCO₂濃度が低い」という予想とは違う結果となった。



写真3 間伐人工林 (管理されてるヒノキの人工林、樹間が広い)



写真4 コミコミ人工林 (管理されていないヒノキの人工林、樹間が狭い)



写真5 コナラの森 (15年前の生徒が植樹したコナラを主とした雑木林)



図1 2012年6月～9月の演習林内3地点と久居農林高校屋上のCO₂濃度を平均した日変化

2012 年夏季と冬季の CO₂ 濃度の日変化を図 2 に示す。冬季には、夜間に 500ppm 程度に上昇して日中に 450ppm 程度に低下する夏季のような日格差は見られず、また、420ppm 程度と夏季よりも CO₂ 濃度が低い傾向があった。「演習林では、緑が深い夏季は冬季よりも光合成が盛んなため CO₂ 濃度が低い」という予想とは違う結果となった。

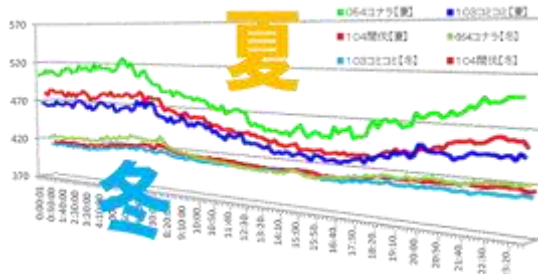


図 2 2012 年夏季と冬季の CO₂ 濃度の日変化

2012 年 6 月の CO₂ 濃度の日変化と降雨量を図 3 に示す。降雨後に CO₂ 濃度の変動が激しくなり、CO₂ 濃度の平均値が高くなることがわかった。

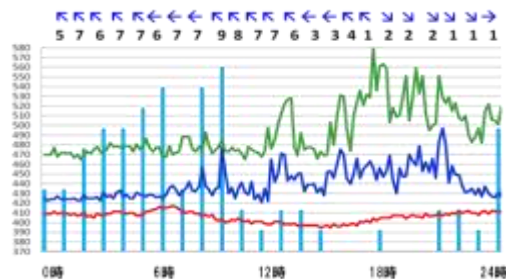


図 3 2012 年 6 月の CO₂ 濃度の日変化と降雨量

また、最寄りの津气象台が西風を観測した際、演習林の CO₂ 濃度が高くなる傾向が見られた (図 4)。

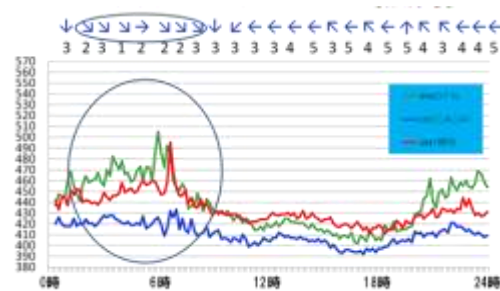


図 4 演習林の CO₂ 濃度の日変化と最寄りの津气象台の風向風速

②半密閉状態の有菌土と無菌土における CO₂ 濃度測定

2012 年度までの CO₂ 濃度測定調査により、A) 夏季は夜間に CO₂ 濃度が高く日中

に CO₂ 濃度が低くなる日変化を示すこと、B) 冬季には CO₂ 濃度の変動が少ない日変化を示すこと、C) 夏季の方が冬季よりも CO₂ 濃度が高いこと、D) 降雨後に CO₂ 濃度が高くなること、E) 演習林内の地面に近い CO₂ 濃度は学校屋上の CO₂ 濃度よりも濃度が高いこと、F) 西よりの風の場合 CO₂ 濃度が高くなること、等の傾向が示された。これらと植生調査と土壌生物調査を踏まえて、A) ~ E) の傾向には土壌生物の影響があるとの仮説を立てた。

仮説を調べるために、土壌生物点が一番高かった間伐人工林の土壌 (以下、有菌土) とこれを滅菌したもの (以下、無菌土) が CO₂ 濃度に与える影響を比較した。有菌土と無菌土を 10ℓ の鉢に入れ、支柱と透明なビニール袋を被せ半密閉状態にして、日当たりの良い室内で 48 時間の CO₂ 濃度測定を行った (写真 6)。有菌土、無菌土、室内、学校屋上の CO₂ 濃度変化を図 5 に示す。ある程度外気が流入するため室内にも CO₂ 濃度変化があること、半密閉による滞留効果により有菌土と無菌土の CO₂ 濃度は高くなる傾向にあること、を考慮した上で、次の傾向が見られた。



写真 6 有菌土と無菌土を 10ℓ の鉢に入れ、支柱と透明なビニール袋を被せ半密閉状態にして、日当たりの良い室内で 48 時間の CO₂ 濃度測定を行った

有菌土では夜間の CO₂ 濃度上昇が顕著であり、A) と同様の傾向を示した。また、夏季に比べて冬季は土壌生物が活性化していないと考えられ、無菌土が冬季の状況に近いとすれば、B) および C) と同様の傾向を示した。有菌土と無菌土に滅菌水 500ml を加えたところ有菌土の CO₂ 濃度上昇は顕著であり、D) と同様の傾向を示した。これらの結果から、演習林内の地面に近い CO₂ 濃度は土壌の影響を大きく受けていることが示唆された。

土壌の存在が CO₂ 濃度を押し上げるのであれば、E) は当然の結果となる。ただし、演習林内の樹木等による半密閉的な滞留効果で濃度が高くなっていることとの複合的な結果と考えられる。演習林の西側に広がる山地においても同様に地面に近い CO₂ 濃度は高い可能性があり、それが西寄

りの風で運ばれることが F) に寄与している可能性がある。



図 5 有菌土、無菌土、室内、学校屋上の CO₂ 濃度変化

研究協力校である三重県立久居農林高等学校は、全国学校農業クラブ三重県連盟プロジェクト研究発表会三重県大会において最優秀賞を受賞した。

今後は本研究をベースに生物多様性評価を取り入れた環境教育プログラムの開発研究を進めていきたい。

(3) 高解像度航空写真を用いた CO₂ 濃度マップの作成と考察を行うためのプロセス

CO₂ 濃度測定を取り入れた体験学習の基盤は、CO₂ 濃度マップの作成と考察であり、伊藤と岡村（2009）に詳しい。しかしながら本書が執筆された当時は、任意の調査地点の高解像度航空写真を容易に入手できる状況ではなく、これを使って CO₂ 濃度マップを作成したり考察したりするためのプロセスについては記述されていない。

そこで本研究では、CO₂ 濃度測定を取り入れた体験学習を担当する教員への実務的な役立ちを念頭に、高解像度の航空写真を用いた CO₂ 濃度マップの作成と考察を行うためのプロセスを示した（例えば、図 6、7）。

研究協力校である台湾新英小学校は、苗栗県小・中学校科学コンテストにおいて金賞を受賞した。

今後は本研究をベースに、CO₂ 濃度測定局の常時測定データから導かれる共通的傾向や地域的差異、その地点で標準的に示される CO₂ 濃度等を参照できるようにすることで、探求型学習の深化を図りたい。具体的には、CO₂ 濃度測定局で収集される常時測定データ（定点データ）、学校周辺の CO₂ 濃度調査で収集される一時測定データ（面データ）、この 2 つの実測データを活用した環境教育プログラムの開発研究を進めていきたい。

<引用文献>

- ① 伊藤 雅一、岡村 聖、みんなで作る CO₂ 濃度マップ、リバネス出版、2009、162pp

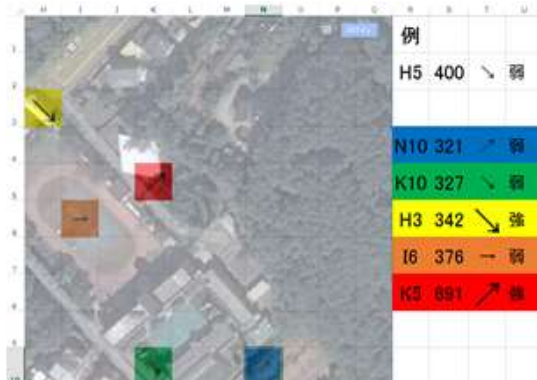


図 6 高解像度航空写真を用いた CO₂ 濃度マップの出力例

（画像©2015CNES/Astrium 地図データ©2015Google）

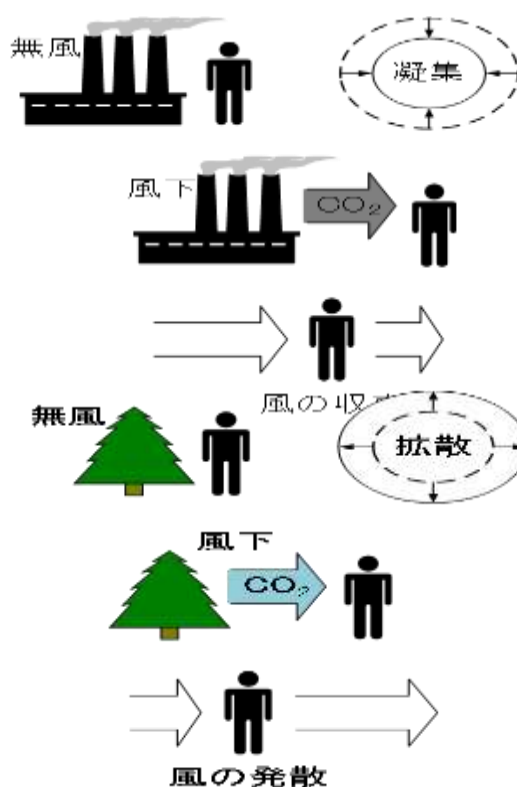


図 7 CO₂ 濃度の高低を解釈するための支援図

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 6 件）

- ① 岡村 聖、村上 健太郎、伊藤 雅一、岩瀬 真寿美、坂本 剛、桜の樹勢回復に対する CO₂ 濃度と葉緑素の関係：木曾川堤の桜を事例として、名古屋産業大学環境経営研究所年報、査読無、12 号、2013、1-4

<https://meisandai.repo.nii.ac.jp/index.php>

- ② 岡村 聖、村上 健太郎、伊藤 雅一、坂本 剛、岩瀬 真寿美、有菌土と無菌土が CO₂ 濃度に与える影響、名古屋産業大学環境経営研究所年報、査読無、13号、2014、48-53
<https://meisandai.repo.nii.ac.jp/index.php>
- ③ 高木 祥太、伊藤 雅一、岡村 聖、生活環境権における CO₂ 濃度データの環境教育への応用可能性、名古屋産業大学論集、査読無、23号、2014、1-7
<https://meisandai.repo.nii.ac.jp/index.php>
- ④ 高木 祥太、岡村 聖、伊藤 雅一、環境教育を目的とした CO₂ 濃度データ検索システム的设计、日本環境共生学会第17回(2014年度)学術大会発表論文集、査読無、2014、299-305
- ⑤ 許 容瑜、岡村 聖、伊藤 雅一、台湾における小学校の環境教育と児童の環境意識、日本環境共生学会第17回(2014年度)学術大会発表論文集、査読無、2014、339-346
- ⑥ 岡村 聖、村上 健太郎、伊藤 雅一、坂本 剛、岩瀬 真寿美、高解像度の航空写真を用いた CO₂ 濃度マップの作成プロセス、名古屋産業大学環境経営研究所年報、査読無、15号、2015、34-43
<https://meisandai.repo.nii.ac.jp/index.php>

[学会発表] (計 3件)

- ① 高木 祥太、岡村 聖、伊藤 雅一、環境教育を目的とした CO₂ 濃度データ検索システム的设计、日本環境共生学会、2014年9月28日、徳島大学工学部(徳島市)
- ② 許 容瑜、岡村 聖、伊藤 雅一、台湾における小学校の環境教育と児童の環境意識、日本環境共生学会、2014年9月27日及び28日、徳島大学工学部(徳島市)
- ③ 岡村 聖、名古屋産業大学における CO₂ 濃度測定をとおした環境教育の現状、名古屋産業大学環境情報ビジネス学会、2014年11月11日、名古屋国際会議場(名古屋市)

[図書] (計 1件)

伊藤雅一、岡村聖、許容瑜、劉典嚴、育達科技大学出版、大家一起製作 CO₂ 濃度地圖：地球暖化和我們的生活、2013、260pp

[その他]

- ① テーマは里山と ESD 実践的な環境学習を実施、三重ふるさと新聞、2014年9月25日
- ② 伊藤 雅一、岡村 聖、環境活動賞受賞「地域の CO₂ 濃度調査」に基づく環境学習の実施、日本環境共生学会、2014年9月27日、徳島大学工学部(徳島市)
- ③ 岡村 聖、伊藤 雅一、三重県教育委員会主催第14回地域が応援するキャリアアップセミナー(中学生・高校生・大学生56名)での講座及びフィールドワーク「CO₂ 濃度調査を取り入れた環境学習」、平成26年10月4日、赤塚植物園(津市)
- ④ 里山の生態系学ぶ 津の赤塚植物園でセミナー、伊勢新聞、2014年10月5日
- ⑤ CO₂ 濃度変化グラフで表示、日刊工業新聞、2014年10月9日
- ⑥ 岡村 聖、伊藤 雅一、台湾苗栗县政府主催環境教育国際フォーラム(苗栗県の小・中学校、高等学校の教員等54名)での事例発表「CO₂ 濃度調査に基づく環境教育の取組」、平成26年10月14日、苗栗県育達科技大学(台湾)
- ⑦ 岡村 聖、伊藤 雅一、台湾苗栗县政府主催環境教育国際フォーラム(苗栗県の小・中学校、高等学校の教員等65名)での実務研修「CO₂ 濃度調査を取り入れた環境学習(実践)」、平成27年3月3日、苗栗県環境教育中心(台湾)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岡村 聖 (OKAMURA, Kiyoshi)
名古屋産業大学・環境情報ビジネス学部・准教授
研究者番号：80314087

(2) 研究分担者

村上 健太郎 (MURAKAMI, Kentaro)
名古屋産業大学・環境情報ビジネス学部・准教授
研究者番号：00598386

伊藤 雅一 (ITO, Masakazu)
名古屋産業大学・環境情報ビジネス学部・教授
研究者番号：60340387