

有菌土と無菌土が CO₂ 濃度に与える影響

Effects of the bacterial soil and the dterilized soil for the CO₂ Concentration

岡村 聖・村上健太郎・伊藤雅一・坂本 剛・岩瀬真寿美

OKAMURA Kiyoshi, MURAKAMI Kentaro ITO Masakazu, SAKAMOTO Go and IWASE Masumi

Abstract: We have tied up with Hisainorin High School since 2010 to investigate the interaction between CO₂ concentration and forest managements. In this paper, CO₂ concentration was studied near the bacterial soil and the dterilized soil using a soil in Shirakawa forest owned by Hisainorin High School. The CO₂ concentration was influenced by the bacterial soil and wasn't dependent on the dterilized soil. The bacterial one denoted the same tendency of the diurnal cycle of the CO₂ concentration during summer in Shirakawa forest. The dterilized one also fit in winter season.

Keywords: CO₂ concentration, bacterial soil, dterilized soil

1. はじめに

筆者らは 2003 年度から愛知県、三重県、岐阜県の小・中学校、高等学校等と連携し¹⁾²⁾³⁾、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念頭に、CO₂ 濃度測定を中心とした体験学習プログラムの開発・改訂及び実践を行っている。

研究連携校の一つである三重県立久居農林高校とは、演習林の維持管理と CO₂ 濃度調査をテーマとした連携授業の実践を通して、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(仮説の設定と検定) するための環境教育プログラムの開発を 2010 年度より行っている(岡村, 2011)。

本報では、久居農林高校が日本農業クラブ東海大会⁴⁾や環境教育国際フォーラム⁵⁾で発表した内容に基づき、有菌土と無菌土が CO₂ 濃度に与える影響について報告する。

2. 久居農林高校白山演習林における CO₂ 濃度調査 (2010 年度~2012 年度)

2.1. 概要

2010 年度より、教科の基礎と応用、そして実践という一連のプロセスを含む高大連携のモデルとして、白山演習林における CO₂ 濃度調査は始まった。

CO₂ 濃度測定器を使って、演習林周辺の CO₂ 濃度を実際に測定し、その結果を分析することなどを通じて、森林保全の大切さを実感するとともに、科学的思考を高めていくことができるような機会を目指している。そのためには感覚的な解釈ではなく、科学的解釈に基づき実感を持って知識を身につけ、それを常識化することが重要である。しかし、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られる。

特定地点の森林生態系の炭素吸収・固定量を正確に測定するためには、森林内にタワーを設置し、0.1 秒毎程度に濃度変動を測定することによって大気と森林間の正味の CO₂ フラックス (CO₂ 交換量) を算出する必要があり、高校生が学ぶには大掛かり過ぎる。そこで、高校内に常時 CO₂ 濃度測定器を設置し演習林内との比較対象となる基礎データの収集を行うと共に、測定間隔が 10 秒程度の CO₂ 濃度の表示および保存機能付きの小型測定器 (C2D-W02TR、ユーコム社製) を使って、演習林内の各所に設置しデータ収集を行うことで、教育的な意味で許容できるデータの分析・解釈を行うこととした。

2.2. 演習林内の歩き回り CO₂ 濃度測定

三重県津市白山町にある白山演習林において、2010 年 8 月に移動測定調査が行われた (図 1)。

生徒らは「緑豊かな演習林内は光合成が盛んで他の場所より CO₂ 濃度が低くなる」ことを予想して測定を行った。しかしながら、測定地点で 5 分間測定器を放置しても CO₂ 濃度の変動が激しく気象条件も刻々と変化するため、A 地点は B 地点よりも C (ppm) 濃度が高い低いといった単純な測定地点毎の比較はできないことがわかった。

2.3. 定点 3 地点の CO₂ 濃度の日変化

演習林内の特徴的な 3 地点 (写真 1、2、3) で樹木から地上 1.5m に吊るして 3 日程度の連続測定を行い、日変化を考慮し比較した。

有菌土と無菌土が CO₂ 濃度に与える影響

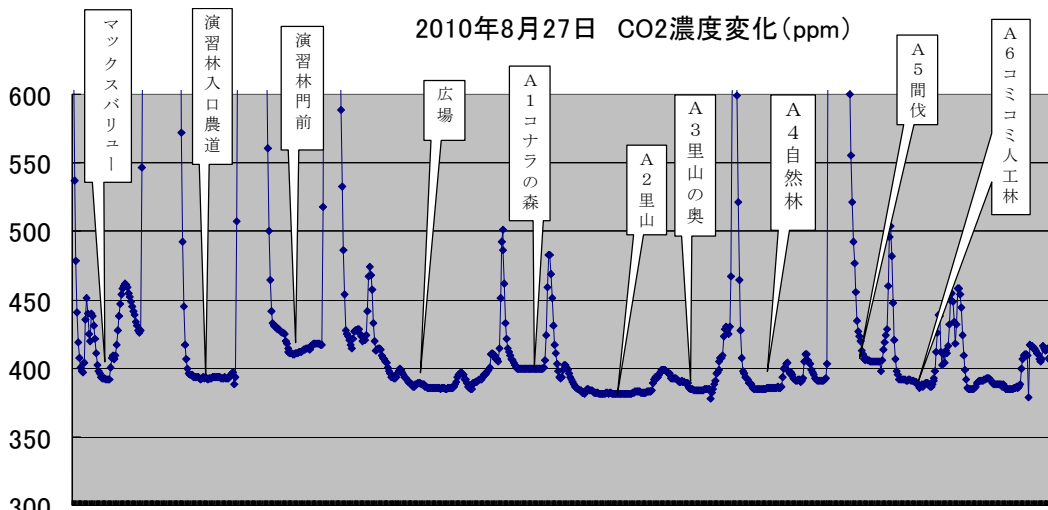


図1 2010年8月の演習林内の移動 CO₂濃度測定結果

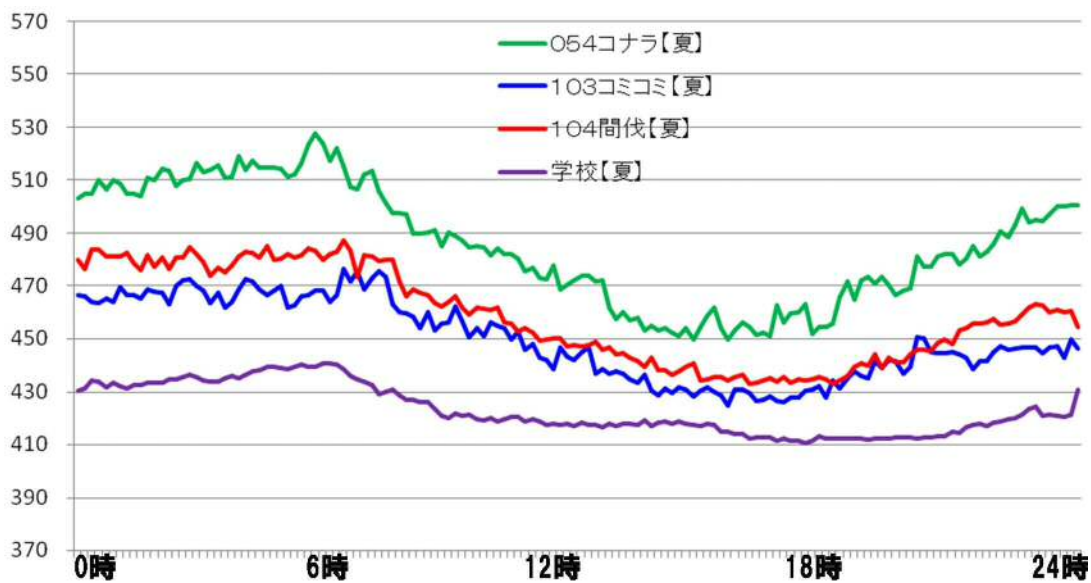


図2 2012年6月～9月の演習林内3地点と久居農林高校屋上の CO₂濃度を平均した日変化

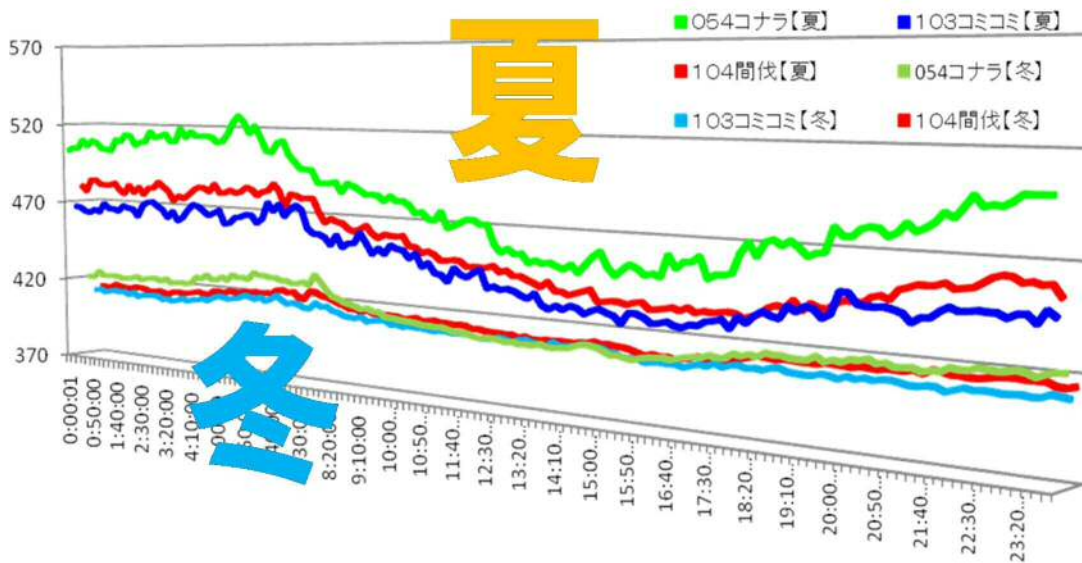


図3 2012年夏季と冬季の CO₂濃度の日変化

有菌土と無菌土が CO₂ 濃度に与える影響

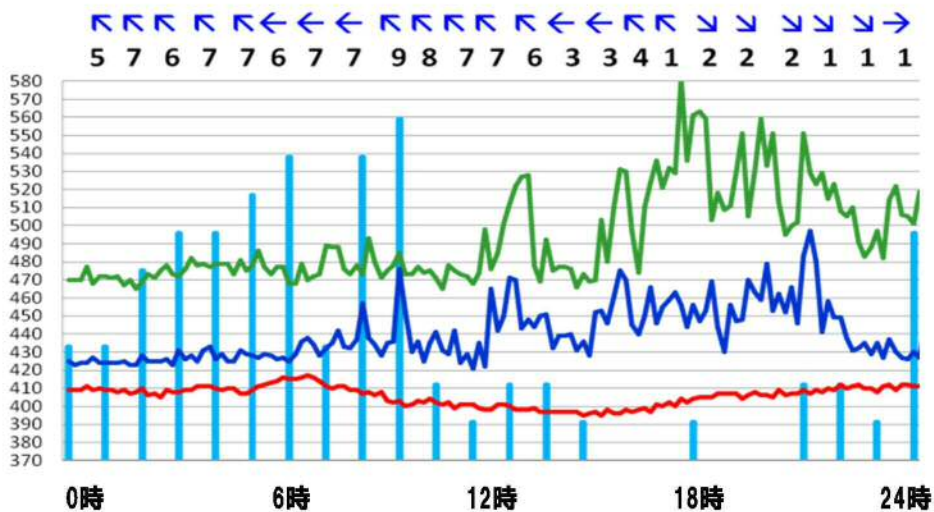


図4 2012年6月のCO₂濃度の日変化と降雨量

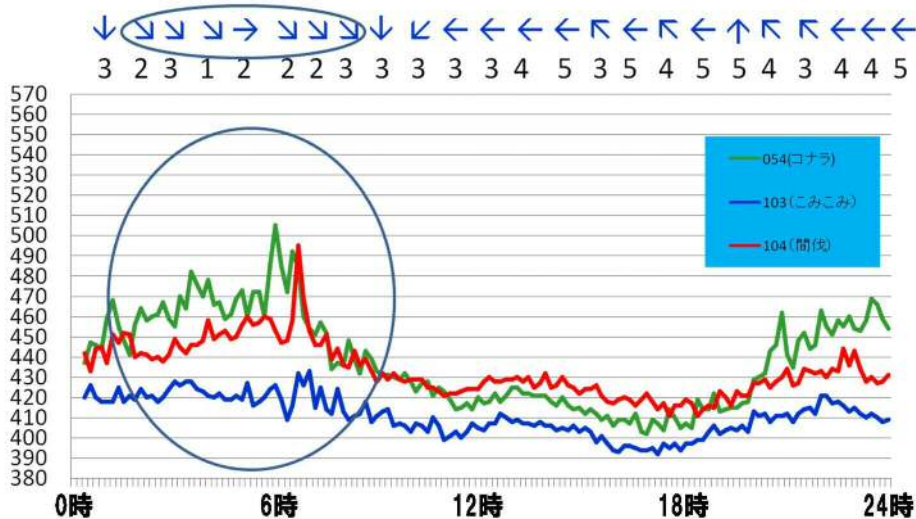


図5 演習林のCO₂濃度の日変化と最寄りの津気象台の風向風速

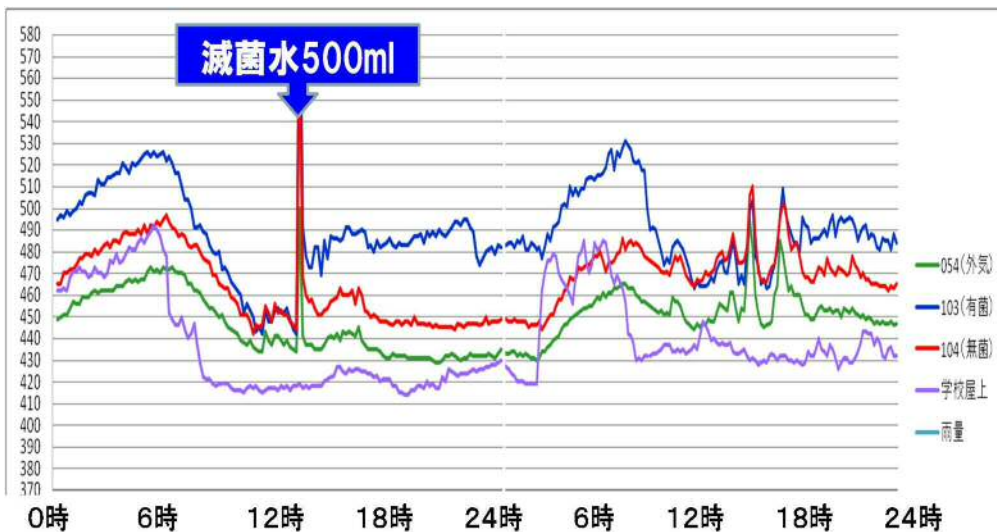


図6 有菌土、無菌土、室内、学校屋上のCO₂濃度変化



写真1 間伐人工林 (管理されてるヒノキの人工林、樹間が広い)

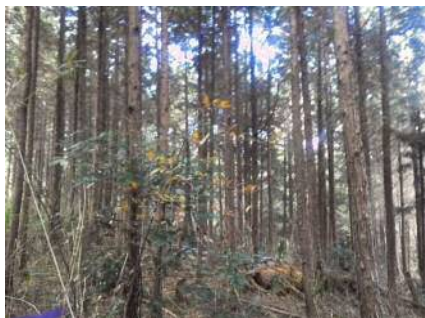


写真2 コミコミ人工林 (管理されていないヒノキの人工林、樹間が狭い)



写真3 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)



写真4 有菌土と無菌土を100の鉢に入れ、支柱と透明なビニール袋を被せ半密閉状態⁹⁾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

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2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。

2012年夏季と冬季のCO₂濃度の日変化を図3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。

2012年6月のCO₂濃度の日変化と降雨量を図4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。

また、最寄りの津気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5)。

3. 有菌土と無菌土がCO₂濃度に与える影響

3.1. 植生調査と土壌生物調査

演習林内の定点測定3地点における植生と土壌生物の調査を表1の通り行った。

表1 植生調査と土壌生物調査の結果

	間伐人工林 (写真1)	コミコミ人工林 (写真2)	コナラの森 (写真3)
植物数	43	57	71
林床の被植率	15.9%	10.4%	13.7%
土壌生物点 ⁶⁾	29	19	14

植物数はコナラの森が71、コミコミ人工林が57、間伐人工林が43であった。コナラの森は雑木林であるため植生数が最も多かった。また、間伐人工林は管理されているため、管理されていないコミコミ人工林よりも雑草や雑木が除去されていることから、植物数が少なかった。

林床の被植率は、間伐人工林が15.9%、コナラの森が13.7%、コミコミ人工林が10.4%、であった。また、土壌生物点は、間伐人工林が29、コミコミ人工林が19、コナラの森は14であった。

間伐人工林が林床の被植率及び土壌生物数の両方で数値が大きかったのは、他の測定地点よりも間伐により林床への日射が多く、下草の成長や土壌生物の息に好都合だったためと考えられる。コナラの森とコミコミ人工林を比較すると、林床の被植率はコナラの森が、土壌生物点ではコミコミ人工林が、それぞれ数値が大きかった。コナラの森は元々雑木林で植生数が多く、林床を覆うような植物が林床の被植率を引き上げたと考えられる。一方、コミコミ人工林は直近では間伐されていないが、ヒノキを植樹する際に他の植物が取り除かれており、林床への日射はコナラの森よりも多いため、土壌生物点の差に影響したものと考えられる。

林床の被植率と土壌生物点が共に数値の高いこと

から、間伐人工林では下草の根が繁茂していると考えられ、間伐には残した人工林の成長を促進するばかりでなく、土壌流出防止という防災上の効果が期待できることが演習林調査からも示唆された。

3.2. 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、①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、②冬季には CO₂ 濃度の変動が少ない日変化を示すこと、③夏季の方が冬季よりも CO₂ 濃度が高いこと、④降雨後に CO₂ 濃度が高くなること、⑤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、⑥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、①～⑤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、土壌生物点が最も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⁷⁾（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 100 の鉢に入れ、支柱と透明なビニール袋を被せ半密閉状態⁸⁾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 4）。有菌土、無菌土、室内、学校屋上の CO₂ 濃度変化を図 6 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。

有菌土では夜間の CO₂ 濃度上昇が顕著であり、①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、②および③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、④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、⑤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⑥に寄与している可能性がある。

4. おわりに

地上に近い演習林内の CO₂ 濃度調査を行ったところ、「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」「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」という一般的に想像される結果とは逆の結果になった。し

かしながら、これらは演習林が CO₂ の吸収源ではないことを示しているわけではなく、複雑な演習林内の CO₂ 濃度の一部の傾向を示していると考えられる。更には、森林内では地上に近い CO₂ 濃度は高い方が生物多様性の面ではむしろ好ましい可能性もある。今後は樹間部の CO₂ 濃度変化の調査を行うことで複雑な演習林内の CO₂ 濃度への理解を深めていきたい。

謝辞：本研究は名古屋産業大学環境経営研究所の研究助成および科学研究費補助金基盤研究（C）「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」（代表：岡村 聖，研究課題番号 24501115）の一環として行ったものである。また、三重県立久居農林高等学校の教職員・生徒の皆様にご多大なご協力とご支援をいただいた。記して謝意を表す。

補注

- 1) 筆者らは、2003 年度より、大学と小・中学校、高等学校との連携による研究授業の実践を通じて、CO₂ 濃度測定を取り入れた参加体験型の環境教育プログラムの開発研究に取り組んでいる（例えば、岡村ら，2011）。2013 年度は、共同研究校・機関の協力を得て、表 2 の通り研究授業を行った。
- 2) 2005 年度より研究連携校等をステーションとした CO₂ 濃度の常時測定ネットワークシステムを構築してきた。本年度はステーションの再配置を行い、表 3 の通り実施した。
- 3) 「CO₂ 濃度常時測定ネットワークシステム」
<<http://CO2.nagoya-su.ac.jp/CO2/top.asp>>
(2014/03/29 アクセス)
CO₂ 濃度のリアルタイム変化、日変化、月変化、年変化を WEB 公開中である。公開からの閲覧数は 23000 アクセスを超えている。
- 4) 「日本農業クラブ連盟」
<<http://www.natffj.org/>>
(2014/03/29 アクセス)
- 5) 「環境教育国際フォーラム」
<<http://www.ydu.edu.tw/news/>>
(2014/03/29 アクセス)
- 6) 目視及びツルグレン法により土壌生物を確認し、土壌動物の検索円盤図（日本自然保護協会，1994）により点数化した
- 7) 土壌をプレートの上に 3cm 程度の厚みで広げ、アルミホイルを被せ密閉し、乾燥滅菌器で 160°C90 分間加熱した。
- 8) 室内の空気による希釈を避けて土壌による CO₂ 濃度の影響を抽出するために密閉状態で実験を行ったところ、60°C まで温度上昇し CO₂ 濃度測定器が壊れた。このため、上部に直径 20cm の通気孔を作り、土壌による CO₂ 濃度の影響を抽出可能な程度の半密閉とした。

参考文献

岡村 聖、伊藤雅一、岩瀬真寿美、坂本剛 (2011) 「43. 間伐の有無による森林のCO₂濃度の違い：夏の白山演習林を事例として」『環境経営研究所年報』第10号 pp.42-45
 日本自然保護協会 (1994) 『指標生物—自然をみるものさし』 平凡社 364pp.

表3 CO₂濃度常時測定ネットワークシステムに参加している学校、企業等¹⁾

分類	設置場所
高校	三重県立久居農林高校
	愛知県立稲沢高校
	岐阜県立岐阜農林高校
	私立菊華高校
大学	名古屋産業大学
	台湾育達科技大學
企業	ユー・ドム(水戸市)
	ユー・ドム(東京都新宿区)

表2 CO₂濃度測定を取り入れた環境教育の実践

分類	実施対象	科目等	実施時期	時間数	備考
大学	台湾育達科技大學	交換留学生授業 (6名)	2013/7/3~ 7/18	4時間	
		特別講義 (55名)	2014/3/19	2時間	日台環境教育センター事業として実施
高校	私立菊華高等学校	考える環境 (3年生・9名)	2013/5/24	2時間	
	名古屋市立若宮商業高等学校	環境経済 (2年生・37名)	2013/6/13 ~12/12	4時間	名古屋市環境局と連携して実施
	岐阜県立加茂農林高等学校	農業と環境 (1年生・38名)	2013/7/16 ~2014/2/4	10時間	
	岐阜県立岐阜農林高等学校	課題研究 (3年生・8名)	2013/7/25 ~10/10	4時間	文部科学省スーパーサイエンスハイスクール事業として実施
	三重県立久居農林高等学校	プロジェクト研究 (3年生・8名)	2013/10/11	2時間	
	愛知県立緑丘商業高等学校	総合学習 (3年生・13名)	2013/11/15 ~11/22	4時間	独立行政法人 科学技術振興機構 SPP 事業として実施
	台湾君毅高校	特別授業 (1年生・30名)	2014/3/18	4時間	日台環境教育センター事業として実施
小学校	瀬戸市立下品野小学校	理科ジュニアセミナー (6年生・78名)	2014/1/22 ~1/24	4時間	コンソーシアムせと教育事業部会小中学校支援事業として実施
	台湾新英小学校	特別授業 (5年生・20名)	2014/3/18	2時間	日台環境教育センター事業として実施
	台湾大国小学校	特別授業 (5年生・21名)	2014/3/19	2時間	日台環境教育センター事業として実施
一般	24時間テレビスカイワードあさひ会場来場者	CO ₂ 濃度測定実験	2014/8/24	6時間	24時間テレビブース企画として実施
	尾張旭市公開講座参加者	あさひエコ大学 (20名)	2014/9/14	2時間	尾張旭市公開講座として実施