

## 間伐の有無による森林の CO<sub>2</sub> 濃度の違い：夏の白山演習林を事例として

### Difference of CO<sub>2</sub> Concentration between Managed and Unmanaged Woods: Case Study of Hakusan Forest on August 2010

岡村 聖・伊藤雅一・岩瀬真寿美・坂本 剛

OKAMURA Kiyoshi, ITO Masakazu, IWASE Masumi and SAKAMOTO Go

**Abstract:** We have tied up with Hisainorin High School to investigate the relationship between absorption of CO<sub>2</sub> and forest managements. As a first step, CO<sub>2</sub> concentration was measured in managed and unmanaged woods respectively on August 2010 which are in Shirakawa forest owned by Hisainorin High School. The CO<sub>2</sub> concentration differences between the managed and the unmanaged were greater at night than during the day.

**Keywords:** Global warming solution, Environmental education method, Scientific understanding

#### 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<sup>1)2)3)</sup>、CO<sub>2</sub> 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（例えば、岡村ら、2010）。

本年度は特に、三重県立久居農林高校の演習林を活用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、CO<sub>2</sub> 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行うことに注力した。

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 CO<sub>2</sub> 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す。

#### 2. 久居農林高校白山演習林における CO<sub>2</sub> 濃度調査

##### 2.1. 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）。共同研究校は愛知県立稲沢高校、三重県立久居農林高等学校、岐阜県立岐阜農林高校であり、生徒は演習林において、間

伐、枝打ち、植樹といった演習林保全に必要な技術も学んでいる。従来これらは林業により収入を得るために必要な技術であったが、国際競争の激化による木材価格の低下は林業の衰退をおこし、その技術が活かされる機会は減っている。そして、結果的に手入れが行われない森林の増加につながっている。一方で、森林による CO<sub>2</sub> 固定という地球温暖化防止の観点、及び林床への日照確保から生育する下草による土壌流出防止という土砂災害防止の観点から、森林保全の必要性は高まっている。従って、演習林の保全活動を経験する受講生徒が森林の大切さを深く実感し、そのことを情報公開により一般の人々に伝えていくことは SATOYAMA イニシアティブの推進という点でも重要と考える。

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（2010）は幼少期の体験の多さが大学・大学院への進学率の高さや将来の高収入に関係があるといったデータを公開した。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うる存在であると考えられる。

本研究の位置づけは「SATOYAMA イニシアティブ」に対応する体験学習プログラムの提案である。

一方、温室効果の約95%を占めるCO<sub>2</sub>について、2008年から2012年までの5年間でその平均排出量を1990年比6%削減することが京都議定書により約束されている。森林ではCO<sub>2</sub>の排出と吸収の両方が起きているが、1990年以降一貫して正味吸収源となっており、1990年比3.8%のCO<sub>2</sub>排出量を相殺すると見込まれている<sup>4)</sup>。ただし、新たな植林余地が無い日本では京都議定書で認められる森林は、「森林経営：持続可能な方法で森林の多様な機能を十分に発揮するための一連の作業（森林の整備、管理、保全などの手入れ）を行ったもの。」<sup>4)</sup>に限られるため、森林管理の重要性は極めて高い。

## 2.2. 調査概要

三重県津市白山町にある白山演習林（図1）において、コナラの森、コミコミ人工林（無間伐）、間伐人工林の定点連続測定をの2010年8月6日～9日にかけて行った。また、8/27に同演習林内各所において移動測定調査を行った。



図1 久居農林高校白山演習林



写真1 CO<sub>2</sub>濃度測定器 写真2 定点調査用プロテクター

CO<sub>2</sub>濃度測定器はC2D-W02TR（ユードム社製）を使用した（写真1）。CO<sub>2</sub>濃度、温度、湿度の各項目を10秒間隔でマイクロSDカードに保存可能である。モバイルバッテリーを使えるため、電源がない演習林のような環境でも3日程度連続測定を行うことができる。定点測定では、地上1.5m程度の高さに自作したプロテクター吊るして（写真2）、測定器を風雨や鳥から保護した。

## 2.3. 定点3地点の植生調査

演習林内のCO<sub>2</sub>濃度には、気象、地形、日照、植生環境等様々な要因が影響しているが、特に呼吸や

光合成による植生の影響が大きいと考えられる。そこで、特徴的な三つのタイプの森林を定点調査地点とし、植生調査を行った。

### 2.3.1. コナラの森

コナラはブナ科の落葉広葉樹で、里山を代表する二次林である。薪炭林として燃料を得るために利用され、人為的な管理によって維持されてきた<sup>5)</sup>。

コナラの森の樹種、樹高、胸高幹回りを調査した（表1）。ヒノキを主としたコミコミ人工林及び間伐人工林に比べて植物多様性が高い。調査地点のコナラは若く、広葉樹林なので、CO<sub>2</sub>の吸収力が高いことが予想される。

表1 コナラの森の植生調査結果

樹種	樹高(cm)	胸高幹回り(cm)
コナラ	620	26
コナラ	560	25
コナラ	510	15
ゴンズイ	510	20
コナラ	425	9
クロモジ	190	8.5
ムラサキシキブ	185	5.5
ヒサカキ	180	7
ヒサカキ	150	4
ソサカキ	144	4
クサギ	130	1.5
ソゴゴ	88	1.5



図2 林床部の植生被覆率調査結果（左：こみこみ人工林、植生被覆率7.84%、右：間伐人工林、植生被覆率10.92%）。緑は下層植生、赤は植栽樹木（ヒノキ）。

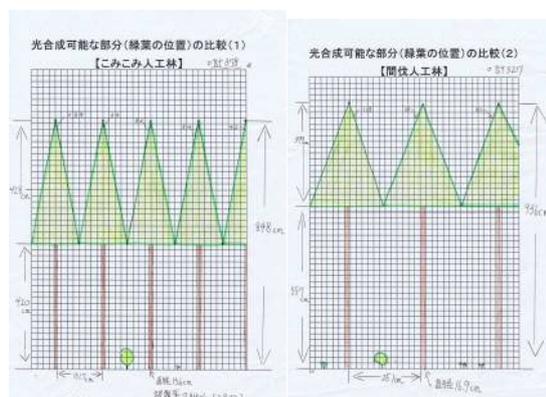


図3 人工林2地点の断面比較図（緑：緑葉、茶：幹）

### 2.3.2. コミコミ人工林と間伐人工林

演習林にはヒノキ（常緑針葉樹）が植栽されている。ヒノキは重要な林業樹種として、各地で古くから伐採・植林が繰り返され、下草刈り、間伐、枝打ちなどを行ないながら維持管理されてきた<sup>9)</sup>。

コミコミ人工林（無間伐）と間伐人工林に対して、方形枠による林床部の植生被覆調査（図2）と緑葉の断面調査（図3）を行った。針葉樹林であり広葉樹に比べれば葉面積が少ないため、CO<sub>2</sub>吸収力が低いことが予想される。また、無間伐人工林は樹間が混んで日射が遮られるため、間伐人工林よりCO<sub>2</sub>吸収力が低いことが予想される。

## 2.4. CO<sub>2</sub>濃度の測定結果

### 2.4.1. 定点3地点の24時間CO<sub>2</sub>濃度測定結果

CO<sub>2</sub>濃度の24時間測定結果を図4に示す。

全体的な傾向として、コミコミ人工林のCO<sub>2</sub>濃度が低く、特に夜間のCO<sub>2</sub>濃度差が大きい。日没前では3地点のCO<sub>2</sub>濃度の差がほとんど無い。3種類のCO<sub>2</sub>濃度測定器は連続測定を開始する前に同一環境（人のいない風通しの良い場所）における濃度合わせを行った。しかしながら、連続測定後に同一環境において濃度差を確認していない（バッテリーが無くなるまで定点測定を行った）ため、濃度の絶対値の大小を断定的に比較はできない。ただし、同一測定器における濃度差の信頼性は高いことから、コミコミ人工林は調査日の環境では、1日を通してCO<sub>2</sub>濃度差が小さいことが伺える。

コナラと間伐人工林は良く似た濃度変化を示しているが、コナラの方が夜間に高く夜間のコナラの

CO<sub>2</sub>濃度が上昇する傾向がある。

### 2.4.2. 歩きまわり調査

地上1mにデテクタを設置し5分間放置（データ記録）しながら、定点3地点を含む演習林内各地点でCO<sub>2</sub>濃度を測定した。また合わせて、風向・風速の測定測定を行った。測定するCO<sub>2</sub>濃度に呼吸の影響が入らないように、測定者は風下に回ること留意した。

同時測定ではなく、移動して測定するので気象条件に差が生じ比較が難しいこともあるが、定点3地点の測定結果からは、24時間測定結果の傾向は再現されなかった。24時間定点測定でも20分間に5～15ppmの変動があるため5分間の測定時間では十分な比較ができないといえる。歩き回り調査によって測定したCO<sub>2</sub>濃度を、単純に土地利用指標として比較することはできないことが分かった。

## 2.5. 今後の課題

CO<sub>2</sub>濃度は風向きによって変化するので、測定されたCO<sub>2</sub>濃度＝純粋な調査地点を代表するCO<sub>2</sub>濃度＋他所から運ばれたCO<sub>2</sub>濃度、として表すことができると考えられる。次年度の調査では、風向、風速を同時に測定することで、測定点に起因するCO<sub>2</sub>か運ばれたCO<sub>2</sub>かを判断したい。また、日射量の変化で光合成量も変化すると考えられるため照度を同時に測定したい。

今後の課題を以下に列挙する。

#### ① コミコミ人工林の謎

間伐が進んでいない人工林のCO<sub>2</sub>濃度が低かつ

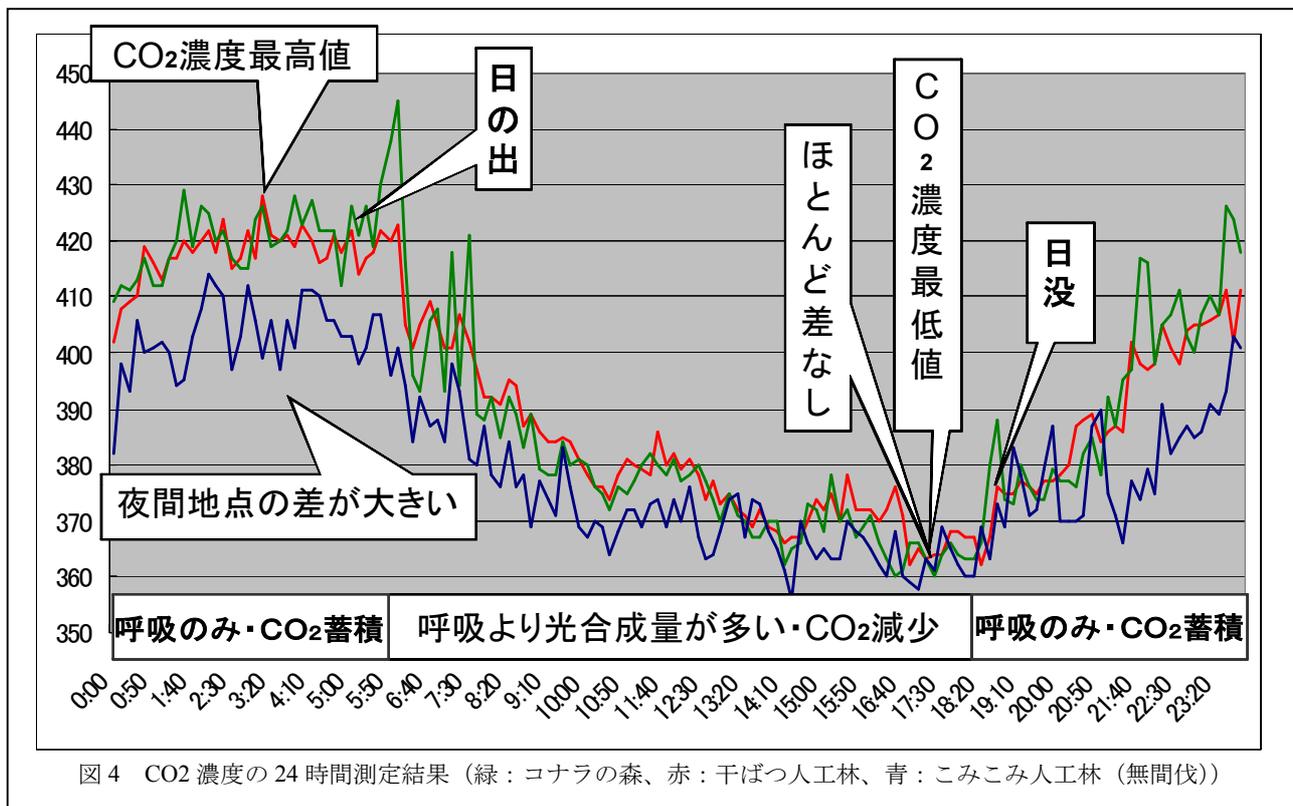


図4 CO<sub>2</sub>濃度の24時間測定結果（緑：コナラの森、赤：干ばつ人工林、青：こみこみ人工林（無間伐））

たのはなぜか？

- ② コナラの森の謎  
データの短時間アップダウンが激しいのはなぜか？生物多様性、林床部の微生物の呼吸、風通しなどが関係するのか？
- ③ 夜の森林の謎  
定点3地点の CO<sub>2</sub> 濃度の差が昼間より夜間の方が大きいのはなぜか？大切なのは夜間の呼吸による排出量なのか？

### 3. おわりに

本報では演習林の CO<sub>2</sub> 濃度測定を主とした高大連携授業プログラムに関する知見を報告した。次年度の研究授業は、今回の調査で残された課題の解決に主眼を置いて実施したい。

#### 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、CO<sub>2</sub> 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、2010）。2010 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 CO<sub>2</sub> 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) 「CO<sub>2</sub> 濃度常時測定ネットワークシステム」  
< <http://211.125.168.199/CO2/top.asp> >  
(2011/03/29 アクセス)  
CO<sub>2</sub> 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 18000 アクセスを超えている。

- 4) 「環境省 WEB サイト」  
<<http://www.env.go.jp/>>  
(2011/03/29 アクセス)
- 5) 「(財)環境情報普及センター EIC ネット」  
<<http://www.eic.or.jp/>>  
(2011/03/29 アクセス)
- 6) 『伊勢新聞 中勢甲賀版』2011 年 1 月 24 日朝刊  
「CO<sub>2</sub> 濃度、夜間に大きく差」
- 7) 『中日新聞 なごや東版』2010 年 7 月 14 日朝刊  
「二酸化炭素を測定」

#### 参考文献

岡村聖、伊藤雅一、坂本 剛 (2010) 「地球温暖化防止のための環境教育に関する研究 (6) ～CO<sub>2</sub> 濃度常時測定ネットワークシステムの運用法～」『環境経営研究所年報』第 9 号 pp.57-60

表 3 CO<sub>2</sub> 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<sup>1)</sup>

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
中学校	尾張旭市立旭中学校
	津市立美杉中学校
小学校	津市立明小学校
大学	名古屋産業大学
企業	ユー・ドム(水戸市)
	ユー・ドム(東京都新宿区)
	オーガニックランド(福岡市)
自治体	尾張旭地球温暖化対策地域協議会

表 2 CO<sub>2</sub> 濃度測定を取り入れた環境教育の実践

分類	実施場所	科目等	実施状況	時間数	備考
高校	愛知県立緑丘商業高等学校	総合学習 (3 年生)	2010/6/18～ 2011/1/14	10 時間	独立行政法人 科学技術振興機構 SPP 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 (2・3 年生)	2010/7/23～ 11/1	10 時間	独立行政法人 科学技術振興機構 SPP 事業として実施、伊勢新聞掲載 <sup>4)</sup>
	愛知県立稲沢高等学校	プロジェクト (2・3 年生)	2010/7/28～ 12/3	6 時間	独立行政法人 科学技術振興機構 SPP 事業
	岐阜県立岐阜農林高等学校	課題研究 (3 年生)	2010/11/4～ 12/9	4 時間	文部科学省 GP プロジェクトとして実施
	名古屋市立若宮商業高等学校	環境経済 (2 年生)	2010/11/18～ 12/16	6 時間	独立行政法人 科学技術振興機構 SPP 事業として実施
小学校	瀬戸市立祖母塚小学校	理科ジュニアセミナー (5・6 年生)	2010/7/13	6 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、中日新聞掲載 <sup>5)</sup>
一般	旭台第 2 公園 (尾張旭市)	環境研修 (尾張旭市旭台地区小学生対象)	2010/7/23	2 時間	文部科学省 GP プロジェクトとして実施