

3. CO₂ 測定を応用した小学校での環境教育の実践

齋藤 修^{1*}・桑原 祐史²・中嶋紀夫³・道口満男⁴

¹茨城大学工学部防災セキュリティ教育研究センター(〒316-8511茨城県日立市中成沢町4-12-1)

²茨城大学広域水圏環境科学教育研究センター(〒316-8511茨城県日立市中成沢町4-12-1)

³株式会社ユードム(〒310-0803 茨城県水戸市城南1-5-11)

⁴ひたちなか市立外野小学校(〒312-0053茨城県ひたちなか市外野1-30-1)

* E-mail: o-saitou@ijsnet.ne.jp

温室効果ガスで代表的な二酸化炭素(以下 CO₂)増加に対して、日本では大企業を始めとして対応策を積極的に推進している。茨城大学工学部では自治体と連携して茨城県内の CO₂ 濃度を多点観測してネットワークを介して可視化するシステムを稼働している。本システムで観測した値を基にして気象や土地利用データ等と合わせて考察を行い、環境負荷の少ない都市形成の提案や、都市の発展に寄与する土地利用改善に利用するものである。このような研究や行政利用目的とは別に、筆者らが蓄積してきた技術ツールは環境教育に応用することもできる。2011 年の東北地方太平洋沖地震では原発事故を含む予想外の様々な災害が発生し、我々のライフスタイルは根底から考え直す必要に迫られ、環境を巡る数字を正しく扱うことの重要性が伺えた。そのための施策の一つが環境教育であり、環境問題解決についての人材を育てることにある。本論文では土木・情報工学の融合と最新技術による環境教育プログラムを提案し、そのプログラムを茨城県ひたちなか市のひたちなか市立外野小学校の理科特別支援授業に取り入れ実践した。成果と今後の課題について報告する。

Key Words : CO₂ ,Environment, Grid, Sensro , Education

1.はじめに

昨年 2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震では茨城県も震度 6 強を記録、さらに地震により引き起こされた津波のために甚大な被害を受けた。また津波による福島県の原子力発電所の事故により茨城県でも、放射能のホットスポット発生や農産物の風評被害を誘発し、大きな打撃を受けた。この震災は、改めて人類の生きる環境の厳しさを知るとともに、環境の未来について人類の行動を考え直す機会ではないだろうか。さて、地球環境を見てみると 2009 年 11 月世界気象機関(WMO)は、地球温暖化の原因とされる大気中の CO₂ の平均濃度が観測史上最高値を更新したと発表した。08 年の WMO の温室効果ガス年報によると、CO₂ の平均濃度は 385.2ppm に達し、07 年よりも 0.52%増加したという報道があった。温暖化防止は生物の未来にとって重要であり、今後これまでに以上に削減努力を続けることが求められる。削減努力の成果を確かめる 1 つの手段として地域ごとに CO₂ 濃度を測定し地域環境に適した都市形成や経済活動を行うための環境情報可視化を行う



図-1 茨城県 CO₂ グリッドシステム構成図

ことが重要である。筆者らはこれまでに、CO₂ 測定器を収納した電子百葉箱を製作し、CO₂ 濃度や温度・湿度・気圧などの計測を多点で行う「茨城県 CO₂ グリッド」(図-1 参照)を整備してきた¹⁾。現在、データを

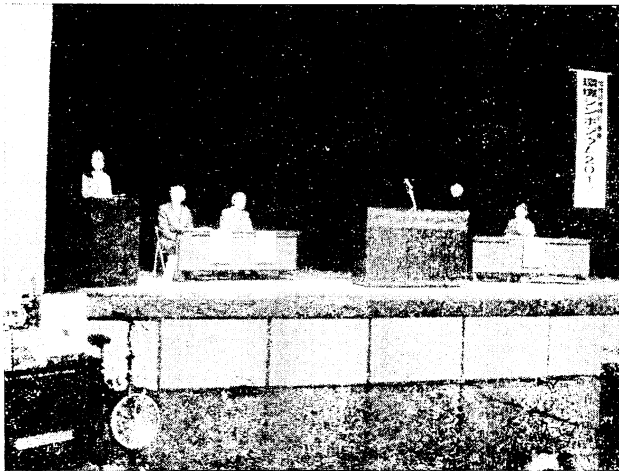


図-2 2011 年度ひたちなか市環境シンポジウム
表-1 授業タイトル(案)

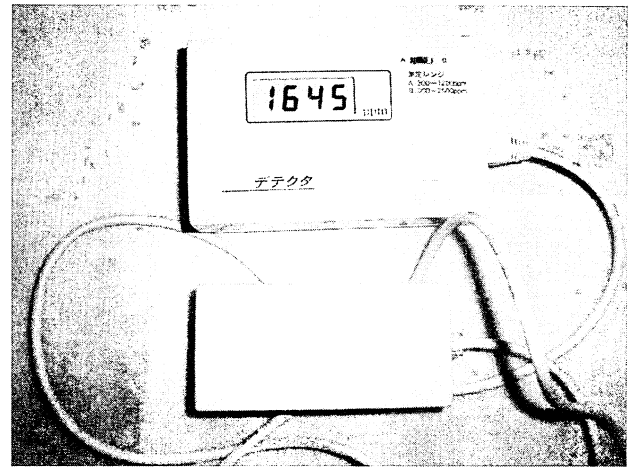


図-3 可搬型 CO₂ 測定器(株ユードム製)

No.	タイトル	使用機材
1	地球観測衛星で見える地球に、皆さんの住んでいる場所をチェックしてみよう！	GIS, GPSカメラ, 地図画像, 現地調査写真
2	土地の高さを数字と模型で表現してみよう！ 皆さんが安全に生活するためには土木が大切なのです！	GIS, レベル, 地図, ダンボール(等高線模型作成)

リアルタイムで蓄えデータベース化する準備が進んでいる。蓄積されたデータの分析を通して、地域毎に CO₂ 濃度の変動特性が異なる事が見えてきた。これらの特性の違いを検証するために土地利用図、地図、空中写真や温度、風向・風速のデータを取り入れてきたが、この一連の計測手段は研究への利用に留まらず、都市計画や環境教育への応用が期待できる^{2) 3)}。また、茨城大学では全学連携組織として地球温暖化に取り組む茨城大学地球変動適応機関(ICAS: Institute for global Change Adaptation Science)が活動中である。ICAS は適応科学に関する文理融合・学際的な新しい研究・教育センターであり、センターが進めている教育への工夫は小学校の環境教育にも十分に応用できると言える。

2. ひたちなか市における小中学校の環境教育

茨城大学工学部都市システム工学科防災・環境地盤工学科研究室では、2008 年からひたちなか市教育委員会との協力のもと、ひたちなか市内の小学校で理科支援事業を展開してきた。また、ひたちなか市では環境保全課が中心となり「ひたちなか市の環境を良くする会」が設立されている。この会の目的は、市民、事業所、民間団体と市が互いに協力しあいながら、地球温暖化の防止、ごみの減量、地域の良好な自然の保全、大気・水質の保全などを進めるため、ひたちなか市環境基本

計画(改定)で目指す環境像である「暮らしと自然が共生し、ゆとりと潤いのある自立協働都市」を築いていくことである。また、2011 年度 4 回目を迎える「環境シンポジウム」(図-2 参照)を 1 月開催している。このシンポジウムは小・中学校や団体、事業者がそれぞれの環境活動を発表する場となっている。その様な枠の中で茨城大学工学部では CO₂ 測定器(図-3 参照)を取り入れた環境に関する教育・授業を試みてきた。

3. ひたちなか市外野小学校での理科特別授業

以上の経験を踏まえて茨城大学工学部都市システム工学科景観工学研究室ではひたちなか市教育委員会ならびにひたちなか市外野小学校の協力のもとに、2010 年度、2011 年度の 2 回、ひたちなか市の事業として外野小学校で理科特別支援授業を行った。外野小学校は 1983 年開校、ひたちなか市では一番新しい小学校である。旧勝田市外野地区の人口増加に対応するために設立された。現在、少子化の影響は少なからず受けているが、全学年約 30 名 4 クラスで 2011 年 4 月 16 日現在の児童数は 826 名である。2010 年の特別授業は小学 6 年生を対象、2011 年度は小学校 4 年生以上の希望者を対象とした。今回の授業では以下の 3 点を理解することを目的とした。

- 1) 環境、特に CO₂ (大気について)
- 2) 環境情報の可視化(測定器と測定方法の理解)
- 3) 位置情報(GIS の基礎)

CO₂ 測定、測定位置計測に他に例のない実習を取り入れ、これらを学ぶ目標を達成するためのシラバスと茨城大学が準備した可搬型 CO₂ 測定器、GPS 付きデジタルカメラ (Nikon P6000) 等の教材を新たに提案した。

授業は対象者に 1 日 90 分 (2 コマ) の授業を行うこととし期間は 2 日間 (2 回) とした。今回の授業では CO₂ 一辺倒ではなく、地球や土木技術を知ってもらう授業を試みた。授業タイトルとして以下の 2 つを候補とした(表-1 参



図-4 GPS カメラ Nikon P6000



図-6 測定範囲（各班の移動履歴）

照).

授業時間が 90 分であり、模型製作は不可能と判断して No.1 のタイトルを選択した。測定班数は 8 班とし、6 年生がリーダーとなり 5 年生、4 年生をバランスよく班に配置し、1 班 6 名から 5 名の人数とし、班員それぞれが役目を持つようにした。授業の進め方はパワーポイント資料を作成し先ず以下を 20 分で説明した。

- 1) 地球と私をとりまく環境
- 2) “測る”ことの大切さ
- 3) 二酸化炭素を測ってみよう
- 4) 緯度・経度で地球上の場所がわかるんだ！
- 5) 機器の使い方：GPS カメラ・CO₂ 測定器

次に、図-5 に示す測定結果記入シートを各グループに配布して、引率の教師、ならびに茨城大学工学部の学生がサポートとして同行し校外外を自由に測定する。測定結果は CO₂ 濃度と濃度を測定した場所の GPS カメラ(図-4)の緯度・経度情報を記入し更に計測場所の撮影を行い測定結果として纏めることとした。測定時間は 50 分間とした。測定結果はグラフ化し全員で 20 分間自由に討議を行った。

校内で3か所、二酸化炭素の濃度を測ってきてね！

1番目の場所: 緯度: " " 経度: " " 濃度: ppm	3番目の場所: 緯度: " " 経度: " " 濃度: ppm
2番目の場所: 緯度: " " 経度: " " 濃度: ppm	メモ

図-5 測定結果記入シート(測定 3 ヶ所/枚)

表-2 生徒が考えた測定方法例

生徒が思いついた測定方法(代表例)	目的	測定環境
ジャングルジム(遊具)に登る	高さによる変化	外気
自動車の排気ガス	異常な状態	特定排気
公衆電話ボックスに入る	閉所での変化	閉所
校舎内の各階での比較	高さによる変化	閉所
ウサギ小屋での測定	動物による排出	特定排気
校庭(グラウンド)の中央とフェンスでの比較	場所による変化	外気

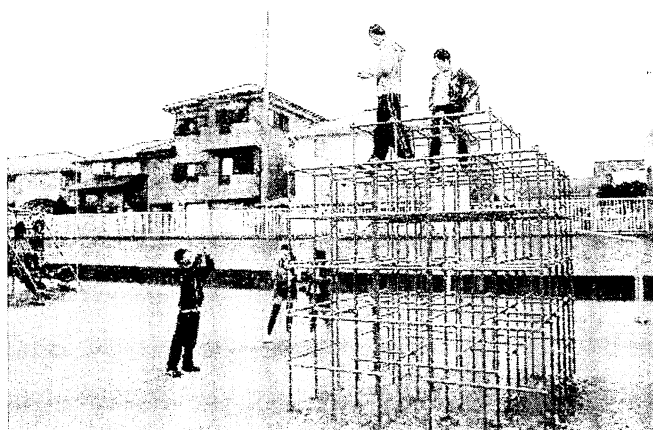


図-7 測定方法（ジャングルジムにて高さによる変化を見る）

4.授業における CO₂ 測定実習

(1) 測定場所と実施日

授業は 2010 年度 11 月 22 日、12 月 6 日、2011 年度 8 月 1 日、8 月 23 日のそれぞれ 2 日間実施した(2010 年度は震災の影響で測定したデータが消失したため、本論文では 2011 年度分を考察する。)。生徒の測定場所に制限は無く外野小学校を中心に校外外を自由に測定させた。移動範囲を図-6 に示す。

(2) 測定場所決定に関する小学生のコンセプト

生徒が実際に行った測定方法の代表例を表-2 に示す。豊かな発想で測定を行っているのが読み取れる(図-7

表-3 生徒の考察

No.	要因の抽出	測定場所	測定値(ppm)	生徒の考察
1	高さによる変化	校舎内1階	425	同じ校舎でも高さで違う。校舎の高いところが濃度が低いことが分かった。
		校舎内2階	423	
		校舎内3階	421	
		校舎内4階	421	
2	場所による変化	水田	522	水田が濃度が高い。校庭は低いところにあるが一番低い。
		公園	506	
		校庭	473	
3	換気による変化	じゅんび室(ドア開)	570	部屋を閉め切ると濃度が高くなる。
		じゅんび室(ドア閉)	805	
4	排出量による変化	公衆電話ボックス(1名)	525	人が増えると濃度が濃くなる。
		公衆電話ボックス(2名)	2500	



図-8 測定の様子(高さを考慮しセンサを上に向けている)

参照).

(3)小学生が取りまとめた考察

測定実施の開始時と終わりでは測定器の使い方や測定場所の選択など CO₂ の特性を理解した選択・測定が行われており、学習の成果が見られた(図-8 参照).

測定後は教室で班ごとに測定の取り纏めを行い、その後、測定班ごとに測定結果・気がついたことなどを発表し討議を行った(図-9 参照). 生徒に報告された考察を表-3 に示す.

討議では地球の平均 CO₂ 濃度とくらべて、学校で測定した値が高いのはなぜか? 高いところでは濃度は低いのか? 自分の家で測定したらどう違うのか? など色々な質問や提案が出された. この討議内容も学習の成果である. 生徒たちの討議での「気がついたこと」を表-4 に示す. 子供たちは「測る」ことに興味を持ち、身近な環境の値を知ることができた. 環境についてさらに興味を持ち、温暖化適応の意識を持ち続けてくれると考える.

(4)測定結果

今回の授業で得たデータは8班で132 ケースであった. 各班の測定結果の代表例として2011 年8月23 日分の各班の平均値を表-5 に示す.

平均値では各班の特異なデータ(排気ガス・閉鎖空間での変化等)は除いている. 当日は 24℃曇り東北東

表-4 生徒の気づき

気がついたこと
車の排気ガスは濃度が高い、車をなるべく使わないようにしたい
同じ場所でも時間が違うと少し濃度が違う。山の上や海の上はどんな変化があるのか?
電話ボックスに二人入ると濃度が高くなる。地球の人口が増えると大変なのかな?
風が強いと濃度が変わるのだろうか?今日はそんなに変わらなかった
朝、昼、夜で濃度は変わるのだろうか?木々の影響はあるのだろうか?

表-5 各班の測定値平均

	1班	2班	3班	4班
平均濃度 (ppm)	480.3	513.3	418.5	499.6
	5班	6班	7班	8班
	563.9	435.7	523.9	449.4
全体平均 (ppm)	485.6			



図-9 纏め・発表・討論会

に4mの風が吹いていた. GPS カメラを利用した位置測定を試みたが、使用した GPS カメラの位置誤差が大きいために実際に測定した場所と数 10mの差異が生じてしまった. 精度の高い GPS ロガー等が必要と考えるが今後の検討課題としたい.

5.結論

平成 23 年度開催された「ひたちなか市環境フォーラム」では、今回授業を行ったひたちなか市外野小学校が発表校に選ばれ、2 月 21 日にひたちなか市長隣席のもと発表を行い好評を得た. 特に身近な CO₂ 測定と地理情報技術の利用の点では他の小学校のプログラム(里川の保全による自然保護等)とは実際に CO₂ を「見える化」していることで差別化ができて有効性が確認できた. 平成 24 年度も引き続き外野小学校から環境教育について協力を求められている. 本年度課題となった GPS 精度等を改良し、より良いシラバスを整備し対応したいと考えている. 外野小学校を環境



図-10 CO₂ 寒暖計で毎日教室の濃度を確認
(5, 6 年生)

教員の皆様、そして授業を受けてくれた生徒に多大なる協力と支援を頂いた、ここに記して感謝を表します。

参考文献

- 1) 宮部紀之, 桑原祐史, 齋藤修, 安原一哉: 茨城大学工学部周辺を対象とした生活環境圏における CO₂測定システムの構築, 土木学会関東支部第35回技術研究会VII-69, 2008年3月.
- 2) 齋藤 修, 山田貴弘, 中嶋紀夫, 安原一哉, 桑原 祐史: 「茨城県 CO₂グリッド」による CO₂多点計測と茨城県における地域特性について: 地盤工学会平成 23 年度第 9 回環境地盤工学シンポジウム発表論文集, 2011.10.
- 3) 齋藤 修・桑原祐史・安原一哉・宮部紀之: 茨城県 CO₂ グリッド構想に関する検討, 社団法人土木学会土木情報利用技術論文集, Vol.17,219-224,2008.11.

モデル校に展開させるため、2011 年より CO₂ 寒暖計を 6 年生と 5 年生の全教室に取り付け、環境に関する興味を更に向上させる仕組みを作っている(図 10 参照)。2012 年には 1 年生および 2 年生の全教室に CO₂ 寒暖計を増設する予定としており、日常生活に密着した環境への取り組みを進めてゆく予定である。

謝辞：本研究を進めるにあたり、ひたちなか市役所、ひたちなか市教育委員会、ひたちなか市外野小学校の

The practice of the environmental education in the elementary school by applying the CO₂ measurement method

Osamu SAITOU^{1*}, Yuji KUWAHARA², Norio NAKAJIMA³, and Mituo DOUGUCHI⁴

¹ Ibaraki University Engineering Research Centers

² Department of Urban and Civil Engineering, Ibaraki University

³ U-DOM Co., Ltd

⁴ Sotono elementary School of Hitachinaka City

Japan has faced environmental problems including an artificial thing for several times since the prewar periods. They are the industrialization that advocates measures to enrich and strengthen our country without considering living environment of inhabitants, the concentration of the population to the city and urban development due to the postwar high economic growth policy and the use of the pesticide for mass production of food to meet the food demand to sustain them. In addition, there were alarms to the lifestyle caused by such incident as oil crunch or Nixon shock. The Japanese can overcome some of them through the diligence and technical improvements to make what our country is now. However, globalization goes underway as time goes by and the solution of global problems like environmental problems including prevention of global warming has become necessary. Now the Japanese have achieved the life of comfortable, safe and gluttony. But the chances for Japanese to confront environmental problems at the cost of present lifestyle are extremely low. The challenge that is imposed on us is to make Japan where we can leave what we have realized to our descendants with lifestyle balanced with environmental issues. One of the measures for that purpose is to provide environmental education and to cultivate a person having a gene about the environmental problem solution by nature. Our environmental education program, which was created by the integration of state-of-art technology of civil engineering and information technology, was adopted and practiced at the science special support class of the Ibaraki Hitachinaka City Sotono elementary school. We report about the achievement and future plan.