

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 5 月 23 日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00924

研究課題名(和文) 地域の大气・熱環境を題材とした理科学習活用型・探究型学習プログラムの開発

研究課題名(英文) Development of the science knowledge utilization type and inquiry type learning program on the regional atmospheric and thermal environment

研究代表者

飯野 直子 (IINO, Naoko)

熊本大学・教育学部・准教授

研究者番号：80284909

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：理科学習活用型・探究型学習プログラムの開発のために、九州地域を対象として、火山噴煙・ガスや越境大気汚染、大気環境、ヒートアイランド現象に関する基礎研究を行った。その成果を教育用の素材・教材としてデータベース構築し、インターネットを介して提供できるようにした。理科学習活用型の授業実践や簡易測定器を用いて環境放射線や大気中二酸化炭素濃度を児童生徒が実測する体験的な活動を含む探究型学習プログラム開発を行った。簡易測定器の学校現場への貸出しを行い、教諭による授業実践も行われた。

研究成果の概要(英文)：In order to develop the learning-program of the knowledge-use type and the inquiry type, the studies on the volcano, the trans-boundary air pollution, the atmospheric environment, and the heat island phenomenon were performed for the Kyushu region. The results were utilized as teaching materials, and we have been providing them through the internet for educational use. The class practice the science knowledge-use type was performed. The inquiry type learning-programs including the activity that student measures the environmental radiation or carbon dioxide concentration with the simple device were developed. The class practice by a school teacher that utilized the lending simple devices was carried out in the junior high school.

研究分野：科学教育

キーワード：科学教育 活用型学習 探究学習 大気環境 熱環境 環境データ アーカイブ

1. 研究開始当初の背景

平成 20 年に告示された学習指導要領理科では、実感を伴った理解、自然を探究する能力や態度の育成、科学的な知識や概念を活用したり実生活や実社会と関連付けたりしながら科学的な見方や考え方を育成すること、自然に対する総合的なものの見方を育てることが重視されている。小中学校の理科については、平成 21 年度から学習指導要領の先行実施が行われ、小学校は平成 23 年度、中学校は平成 24 年度から全面実施された。こういった背景のもと、平成 24 年度の全国学力・学習状況調査は、従来の国語、算数・数学に理科が追加されて実施された。その結果、小学校中学校ともに、理科については、「観察・実験の結果などを整理・分析した上で、解釈・考察し、説明すること」などに課題があることが明らかとなった。また、平成 20 年告示の学習指導要領では、各教科における環境教育の充実が図られている。環境教育の一層の推進の観点から、小学校理科では地域の特性を生かし、その保全を考えた学習などの充実が図られている。中学校理科では、内容(7)の「科学技術と人間」と「自然と人間」の中の選択履修の内容が必修修となるとともに、第 1 分野と第 2 分野に共通の最終項目「自然環境の保全と科学技術の利用」が新設され、それまでの学習を活かし総合的に扱うことになった。以上のことより、研究開始当初において、今後ますます問題解決や科学的な検証方法を理解し、探究する能力の育成が重視されると考えられた。そのため、子どもたちに身近な事象や地域素材を題材とした、活用型・探究型の学習プログラムが必要であると考えた。

2. 研究の目的

そこで本研究では、児童・生徒にとって身近な地域の気象・熱環境を題材として、理科の学習で習得した知識や概念を活用しながら総合的に考察・分析し解釈して自分の考えを持って表現する理科学習活用型学習プログラムを開発することを目的とする。関連する理科の単元における学習内容を活用して考えさせる理解深化型の教材開発に主眼をおくが、日常生活とのかかわりという点から、単元の導入で利用できる資料や素材のデータベース作成も行う。さらに、既習事項や概念などをもとに地域の環境を実測したりしながら課題解決していく探究型学習プログラムの開発も目指す。また、理科を教える教員の資質向上を図るために、学校現場で教諭や児童生徒が地域の気象・熱環境を長期にわたって実際に測定・調査をしたり、教諭オリジナルの教材開発をしたりできるように、必要な機材一式の貸し出しシステムの構築も目指す。

3. 研究の方法

紙面の都合上、本報告書では大気中二酸化

炭素を対象とした研究について述べる。(株)ティアンドデイ社製の TR-76Ui を用いて大気中二酸化炭素濃度の測定を行った。二酸化炭素センサは非分散型赤外線吸収法 (NDIR) 方式である。オートキャリブレーション機能をはたらかせることによってバックグラウンド較正 (390 ppm) が行われる。製品仕様として、オートキャリブレーション機能をはたらかせた場合の精度は ± 50 ppm + 読み値の $\pm 5\%$ である。教育現場におけるこの簡易測定器の有用性については本研究の前段階の研究において確認済みである。

(1) 日変化

上述した大気中二酸化炭素簡易測定器を熊本市中央区の熊本大学構内の百葉箱 (地点 KU) と熊本市東区内の住宅団地建物 5 階の屋外 (地点 HG) に設置し、10 分毎に測定値を記録した。地点 HG の測定用には直射日光と降水対策用にハウジング (パゴダ) を自作して用いた。地点 KU、地点 HG とともに 2012 年 9 月から連続測定を開始し、本報告書作成時 (2018 年) においても継続中である。

取得した 10 分毎の連続データから月平均値や 1 時間値を計算し、時系列グラフを作成して季節変化や日変化について調べた。本研究では特に日変化のパターンに注目し、気象情報などを用いて詳しく検討して教材化した。

(2) 市街地における移動連続測定

春と秋の晴れの日の昼頃に熊本市の市街地 (熊本城から中心市街地を通過して白川にかかる大甲橋まで) において、大気中二酸化炭素簡易測定器と GPS ロガー、インターバル撮影用およびスチルカメラを携帯して徒歩で大気中二酸化炭素濃度の測定を行い、場所や周辺環境と二酸化炭素濃度値との関係について検討して教材化した。

4. 研究成果

(1) 日変化のパターン分類と教材化

大気中二酸化炭素濃度の経時変化を概観するために、月別時系列グラフを作成した。例として、地点 KU における 2015 年 7 月の経時変化を図 1 に示す。

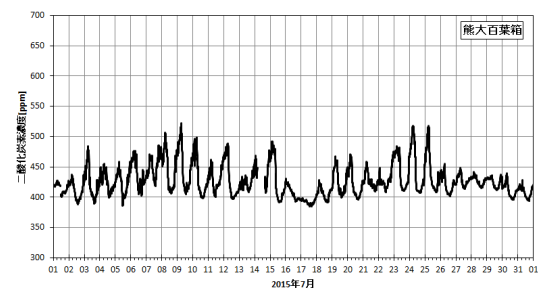


図 1 2015 年 7 月の大気中二酸化炭素濃度

図 1 より、大気中二酸化炭素濃度は、概ね規則的に日変化していることがわかる。日変化の基本パターンは、朝に高濃度のピークを迎えて日中に低下し、夕方から夜間にかけて

濃度が上昇するものであると考えられる。通年で時系列グラフを検討した結果、日変化には典型的な3つのパターンがみられることがわかった。[タイプ1]、[タイプ2]、[タイプ3]とした(図2)。

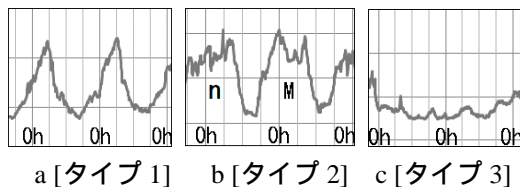


図2 日変化パターン

図2aに示す[タイプ1]の日変化が先に述べた基本パターンの例である。夕方から朝のピークまでの大気中二酸化炭素濃度の上昇が著しく、高濃度を維持する時間は短く、最大値を記録後は短時間で濃度が低下している。そのため、グラフではピークが鋭い山型となり、ピークが明瞭である。この日変化は、植物の光合成・呼吸活動がよく反映されたものであると考えられる。[タイプ2]の日変化も[タイプ1]と同様な基本パターンを示している。[タイプ1]と異なるのは、夜間から朝のピークまでの間、高濃度が継続している点である(図2bのn)。また、夜間に高濃度レベルを維持しながらも一旦濃度が低下し、朝方に濃度が再上昇した結果、夜間と朝方の両方にピークがみられ、グラフがM字の二山型(図2b中のM)になるタイプもみられた。このタイプは、[タイプ1]の要因に加えて人間活動や大気安定度が関係していると推察される。つまり、大気が安定しているために鉛直方向の混合や拡散がしづらく、地表面付近の安定層内に大気汚染物質がとどまることよって光化学オキシダントやPM2.5などが高濃度になるようなパターンではないかと考えられる。[タイプ3]の日変化は基本パターンとは異なる。このタイプでは基本パターンにみられる夕方以降の濃度上昇がみられず、低濃度を維持している。多少の濃度変動は見られるが、変動幅が小さく、顕著なピークがみられないことが特徴である。風によって拡散されて高濃度になりにくいパターンと考えられる。

小中学校であれば典型的な[タイプ1]と強風時(台風や寒冷前線通過時などわかりやすい事例)の[タイプ3]を扱ったり、高等学校では大気汚染を関連付けて[タイプ2]まで扱ったりと、児童生徒の発達段階や目的に応じてどのタイプを取り扱うかによって、小中高등학교いずれの教材としても利用可能である。

次に日変化の時間特性を捉えるために、大気中二酸化炭素濃度のピーク時刻を調べた。1時間ごと(ここでは、例えば、3:00~3:50を3時台というように定義した)の区切りで最高濃度を記録した数を集計し、2014年11月から2015年10月まで月別にまとめた結

果を表1に示す。各月で最高濃度を記録した数が最も多い時刻のセルに灰色で網掛けしている。表1より、5月と6月は5時台、11月~2月は8時台にピークを迎えることが多いことがわかる。日の出との関係性を調べるために、阿蘇火山博物館に設置しているネットワークカメラで2010年に撮影した画像のなかから各月の20日前後で天気の良い日を選んで30分毎に並べた図から3~10時の時間帯を切出して右に90度回転させて図3を作成した。

表1 月別の二酸化炭素濃度ピーク時刻

	14/11	14/12	15/01	15/02	15/03	15/04	15/05	15/06	15/07	15/08	15/09	15/10
3:00			1		1	1	1	3				1
4:00	1		3		1	3	2	2			1	2
5:00	2			1	5	4	14	12	7	5	7	4
6:00	3	1		1	5	6	9	5	8	15	11	10
7:00	7	4	3		8	5	3	3	4	4	8	6
8:00	13	14	9	5	5	2	1	2	2	3	1	4
9:00		6	8	4	1	1						1
10:00			1	3	1							1

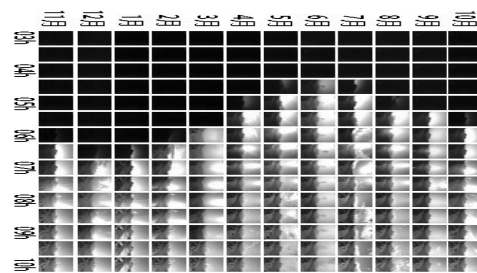


図3 季節による日の出時刻の違い

表1の網掛けセルの形状と図3にみられる画面が明るくなる時刻の推移はおおよそ一致している。このことから大気中二酸化炭素濃度の朝のピーク時刻は、日の出時刻に関係していることがわかる。[タイプ1]の日変化パターンについて学習する際に、日の出後の光合成によって二酸化炭素濃度が低下すると考える根拠として、これらの表や画像が利用可能である。

日射と大気中二酸化炭素濃度との関係を示す事例として、ほぼ二日間快晴であった2015年10月16日から17日の地点KUにおける大気中二酸化炭素濃度および熊本地方気象台における気温と全天日射量の時間変化を図4に示す。大気中二酸化炭素濃度と日射量や気温との関係や日の出直前に最高濃度となっていることがわかりやすい。小学校第4学年の一日の気温の変化と関連づけた教材としても利用可能であろう。

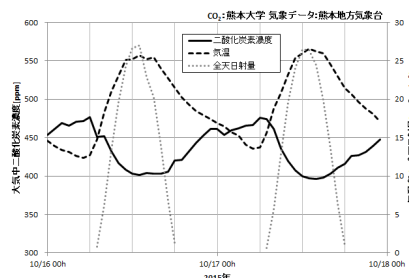


図4 大気中二酸化炭素濃度と全天日射、気温との関係(快晴日)

(2) 市街地における移動連続測定と教材化
 春(4月)の熊本市街地における大気中二酸化炭素濃度の徒歩による移動連続測定結果を図5に示す。フリーソフトの3D地図ナビゲータ「カシミール3D」を用いて移動測定の経路上の大気中二酸化炭素濃度(442ppmから524ppm)をレインボーカラーで色分けして表している。観測経路を、A領域(熊本城敷地)、B領域(遊歩道)、C領域(熊本市中心市街地)、D領域(大甲橋)と領域別に分けて概観する。A領域の熊本城敷地内では、大型バスの駐車場近くで緑色レベルに濃度が上昇した以外は概ね低い濃度で経過した。B領域の熊本城堀(坪井川)沿いの遊歩道は、車道から離れているが、測定日は屋台が連なっており、人通りも多かったためA領域よりも高めの濃度であった。中心市街地C領域においては、複数のバスが信号で停車していた交差点付近で赤色レベルの特に高い濃度を示した。その後、中心市街地を通過する間は、道路をバスや乗用車が通過していったが、複数のバスが信号停止中の交差点付近ほどの濃度になることはなかった。その後、白川にかかる大甲橋を移動中は車の通過がなく、風通しもよかったため、大気中二酸化炭素濃度は青色レベルにまで低下した。

学校教育における測定上の注意点を検討した。今回の徒歩による移動連続測定結果について、移動中に撮影した動画や写真と照らし合わせて二酸化炭素濃度の時間変化を確認した。測定器の仕様書によると、二酸化炭素センサの90%応答時間は約1分であるが、児童生徒のデータ処理の簡便性も考慮すると、特に時間遅れの補正を行う必要はないと判断した。したがって、児童生徒による実測が難しい学校においては、今回の測定結果(二酸化炭素濃度マップ、時系列グラフ、測定環境を撮影した写真や動画)を教材として利用可能である。ただし、学校近辺で児童生徒が測定を行う場合は、移動連続測定の途中で、ポイントとなる測定点(例えば、緑地やグラウンド、交通量の多い道路脇など)では1分以上停止して測定した結果を記録する方が考察しやすくなると思われる。なお、秋(10月)にも春と同じ経路で測定を行ったが、熊本城敷地内は低濃度を保ち、市街地に出ると平均濃度が上昇し、濃度の変動が多くなるという場所による大気中二酸化炭素濃度レベルや変動の特徴は同様であった。

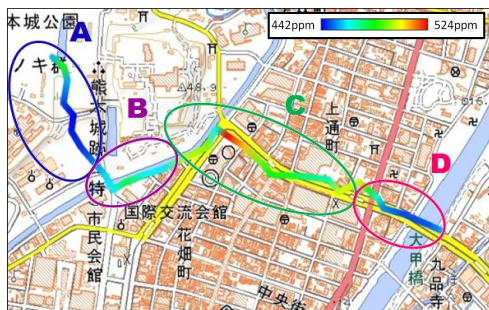


図5 市街地移動計測結果

(3) 学習プログラム

学習プログラムの開発にあたって、まず大気中二酸化炭素濃度の変化を考察する際に視点となりうる小学校理科の学習内容を抽出した。図6では、単元の枠をエネルギー領域は赤色、粒子領域は橙色、生命領域は緑色、地球領域は水色で表した。二酸化炭素そのものは、小学校第6学年の粒子領域「燃焼の仕組み」において初めて取り扱われる。ここでは大気中に二酸化炭素が含まれていることや、燃焼により発生することを学ぶ。これらのことは大気中二酸化炭素濃度に与える人間活動の影響を考えるうえでの基礎知識となる。他の各単元との関連についての詳細は割愛するが、小学校第6学年「生物と環境」では、それまでの学習を踏まえて、地球上の空気の循環や地球温暖化などの環境問題などについて考えさせる内容となっている。植物の呼吸もここで取り上げられる。学習指導要領(2008)では、この単元は生命領域に位置付けられているが、粒子や地球の概念も含むと考え、ここでは環境に関する内容として紫で表した。この最終単元において、身近な大気中二酸化炭素濃度を題材として、小学校理科の既習事項を活用して考えたり、実際に簡易測定器を使って学校周辺で測定を行って探究したりする学習プログラムを表2に示す。



図6 大気中二酸化炭素濃度に関連する小学校理科学習

表2 身近な大気中二酸化炭素を題材とした学習プログラム(小学校)

時間	ねらい	内容
第1時(活用)	<ul style="list-style-type: none"> ・地球温暖化について理解する。 ・身近な大気中二酸化炭素濃度に関心をもつ。 	<ul style="list-style-type: none"> (1)地球温暖化について知る。 (2)気象庁綾里観測所における二酸化炭素濃度データから作成した月平均値の経年変化のグラフから季節変化を見出し、その要因について既習事項を活用して考える。 (3)身のまわりの大気中二酸化炭素濃度はどのような変化をしているか予想する。 (4)(3)で考えたことを意見交換する。

表2 つづき

		(5)次時以降に使用する二酸化炭素濃度の簡易測定器を実際に操作する。
第2時 (活用)	・身近な大気中二酸化炭素濃度の基本的な日変化について理解する。	(1)前時の振り返りをする。 (2)校内の百葉箱で連続測定したデータから作成した1ヶ月分の時系列グラフから気付いたことを発表する。 (3)日変化の基本パターン(図2a)の変化要因について、既習事項を活用したり、表1、図3、図4の資料を根拠にしたりして考察し、考えを交流してまとめる。 (4)タイプ3(図2c)や人間活動による影響について意見交換する。
第3 4時 (探究)	・大気中二酸化炭素濃度に影響を与える要因を確かめるためにはどのような測定を行えばよいか計画をたてて実測し、結果をもとに考察する。 ・グローバルスケールとローカルスケールの二つの異なる温暖化という考え方を知り、自分たちができることを考える。	(1)前時の振り返りをする。 (2)大気中二酸化炭素濃度に影響を与える要因について確認し、校内や学校周辺のどこで測定を行えばよいか、どのような結果が予想されるかも含めてグループで計画を立てる。 (3)グループごとに実測して、クラスで結果を共有して考察し、まとめる。 (4)教師よりヒートアイランド現象について紹介し、グローバルとローカルな視点の温暖化を意識させて、温暖化対策として自分たちにどのようなことができるかを考える。

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7件)

田中均・島田秀昭・飯野直子・友田崇人・大久保やよい・三宅 安, 地域と連携した理科授業実践(第10報), 熊本大学教育実践研究 35, 111-118, 2018, 査読無。

飯野直子・今村唯・金柿主税, 桜島島内の火山ガス濃度解析と教材化, 熊本大学教育学部紀要 66, 305-313, 2017, 査読無。

飯野直子・友田崇人, 中学校における越境大気汚染の授業実践, 日本科学教育学会研究会研究報告 32(2), 45-48, 2017, 査読無。

島田秀昭・飯野直子・三宅安・田中健太・寺田昂世・田中均, 地域と連携した理科授業実践(第9報), 熊本大学教育実践研究 34, 53-60, 2017, 査読無。

飯野直子・大隈美央・金柿主税, 簡易測定器による大気中二酸化炭素濃度測定, 熊本大学教育学部紀要 65, 237-241, 2016, 査読無。

飯野直子・島田秀昭・三宅安, 地域と連携した理科授業実践(第8報), 熊本大学教育実践研究 33, 145-149, 2016, 査読無。

飯野直子・金柿主税, 簡易測定器による環境放射線測定 九州の線線量率レベルマップ, 熊本大学教育学部紀要 64, 343-348, 2015, 査読無。

[学会発表](計7件)

飯野直子・友田崇人, 中学校における越境大気汚染の授業実践, 平成29年度第2回日本科学教育学会研究会, 2017.11.18, 熊本大学(熊本市)。

田中均・島田秀昭・飯野直子・友田崇人・大久保やよい・三宅 安, 熊本大学教育学部が取り組む地域連携事業(その10)熊本県天草市の中学校における理科授業実践, 日本理科教育学会第67回全国大会, 2017.8.5-6, 福岡教育大学(宗像市)。

飯野直子・金柿主税, 地上観測映像と衛星画像にみる阿蘇噴煙の移流, 第17回大気環境学会九州支部研究発表会, 2017.1.27, 九州大学病院キャンパス(福岡市)。

島田秀昭・飯野直子・田中均・三宅 安, 熊本大学教育学部が取り組む地域連携事業(その9)熊本県天草市の中学校における理科授業実践, 日本理科教育学会第66回全国大会, 2016.8.6-7, 信州大学(長野市)。

飯野直子・伊勢貴志, 微小粒子状物質の教材化の検討, 日本地学教育学会第69回全国大会福岡大会, 2015.8.21-24, 福岡教育大学(宗像市)。

金柿主税・飯野直子, 阿蘇中岳噴煙の映像・衛星画像データベース, 日本地学教育学会第69回全国大会福岡大会, 2015.8.21-24, 福岡教育大学(宗像市)。

飯野直子・島田秀昭・田中均・三宅 安, 熊本大学教育学部が取り組む地域連携事業(その8)熊本県天草市の中学校における理科授業実践, 日本理科教育学会第65回全国大会, 2015.8.1-2, 京都教育大学(京都市)

[その他]ホームページ等

・熊本大学教育学部理科教育研究室
Environmental Science and Education
<http://es.educ.kumamoto-u.ac.jp/>
のページから素材や教材, 関連情報などを提供するためのページにリンクしている。

6. 研究組織

(1)研究代表者

飯野直子(IINO NAOKO)

熊本大学・教育学部・准教授

研究者番号: 80284909