

# 酸性雨の測定をとり入れた中学校選択理科における環境教育の実践

浅野竜也\*・川上紳一\*\*・都築慎一\*\*・上田康信\*\*・丹羽直正\*\*\*

\*岐阜大学教育学部・附属中学校  
\*\*岐阜大学教育学部・理科教育講座（地学）  
\*\*\*岐阜大学教育学部・附属小学校

## Environmental study in terms of acid rain falls in the elective science class of the junior high school

Tatsuya Asano\*, Shin-ichi Kawakami\*\*, Shin-ichi Tsuzuki\*\*, Yasunobu Ueda\*\*, Naomasa Niwa\*\*\*

\**Fuzoku Junior High School attached to the Faculty of Education, Gifu University*

\*\**Faculty of Education, Gifu University*

\*\*\**Fuzoku Elementary School attached to the Faculty of Education, Gifu University*

### 要旨

酸性雨の測定を取り入れた中学校における環境教育の実践を行った。酸性雨の採集は堀場製作所レイ  
ンゴーランドIIを用い、測定にはパックテストを用いている。測定器具は、生徒一人ずつ自宅に持ち帰  
らせ、得られたデータは授業で交流すると同時に岐阜大学教育学部理科教育講座（地学）の酸性雨のホー  
ムページに掲載した。岐阜大学教育学部理科教育講座（地学）では、2003年6月から継続的に酸性雨の  
測定を行い、天気図、降水量の時間変化、AMeDAS観測点の風向風速データなどを掲載し、小中学校  
の授業を支援するweb教材を作成している。児童・生徒一人ひとりが自宅で測定することは動機づけと  
して有効であり、測定データをホームページ上に掲載することも学習意欲が高まることが示された。  
GISシステムを利用して得られたデータを総合的に検討できるようなシステムづくりが今後の課題であ  
る。

キーワード：環境教育、酸性雨、選択理科、中学校

key words: environmental education, acid rain, elective science class, junior high school

## 1 はじめに

環境教育では、学習領域すべての中で、体験を通して「豊かな感性」を養うと同時に、学年に応じた「問題解決能力」を身に付けていくことが基本になる。そして、「環境に関わる知識」をあわせることで、自己の生活を振り返り、保全に向けての活動の必要性に気づき、行動できるようになることが望まれる。さらに、求められる実践力については「自然を残すためにゴミをひろう」といった初歩的なものから「自分が何かすることで、自然を保全していけるんだ」という積極的に自然に関わろうとする態度にまで高めるような指導が期待されている。

一方、選択の学習では、問題意識をもった生徒がその問題を具体的な課題として捉え、実験方法を自ら考えていく中で結果をだし、その結果をもとに考察し、結論を導き出していくといった姿勢が期待されている。そのため、選択教科を選ぶに当たった説明会では、大まかな学習内容を伝え、そこに問題意識を持った生徒が集まり、その中で生徒一人ひとりが追究ができるような配慮が必要となる。

このような考えのもと、本研究では、選択理科学習で、酸性雨をひとつの教材として学習する中で環境についての理解を深め実践力を養っていきたいと考えた。なお、酸性雨は、個人で測定することも容易であるため、身近で起きて

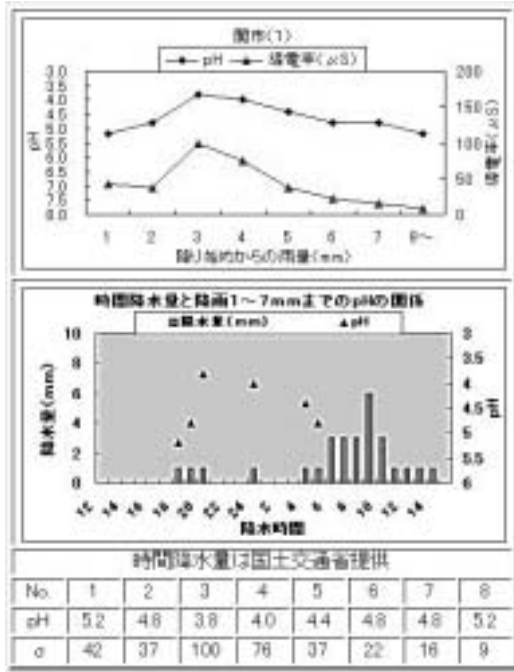


図1. 雨水のpH値と降水量の時間変化の表示画面。



図2. 雨水のpH値を示した地図画面。

いる現象を科学的に測定、調査し、考察していく中で、測定値の信頼性や酸性雨の原因の調査、地形や地理的条件、気象との関わりなど多面的な考察が行え、そして、改善に向けて総合的な判断ができる教材になりうると考えた。

酸性雨の測定を取り入れた環境教育については、広島大学の附属中学校（翠，東雲，三原，福山の4地区）のそれぞれで生徒が共通の項目について観測を行い、データを広島大学情報ネットワークシステム（HINET）を利用して交換するという先駆的な実践例がある（平賀，2004）。この実践は、その後も継続され、100校プロジェクトの酸性雨調査へと発展している。このような先駆的取り組みは、酸性雨の測定が広域的に連携して有意義な結果が得られることを示唆している。本研究でも、岐阜大学教育学部理科教育講座（地学）のホームページサーバーに酸性雨の測定データや意見交流を行うホームページを作成し、岐阜県内の多数の児童、生徒がデータを持ちよって実態とその原因を明らかにしていこうというねらいがあるが、児童・生徒一人ひとりが測定器具を自宅に持ち帰り、自宅で測定を行っている点に特色がある。また、将来的には、岐阜県ふるさと地理情報センターと連携

し、GISを活用した環境教育の実践へと発展させていくことを究極の目標としている。

## 2. 教材開発

岐阜大学教育学部理科教育講座（地学）では、2003年6月に小中高等学校の連携による岐阜県内の酸性雨の実態調査を行い、得られたデータをインターネットのホームページに持ちよって交流するためのサイトを立ち上げた。採集には堀場製作所のレインゴーランドII、測定にはパケットテスト（共立理化学研究所）あるいは堀場製作所pHメータと導電率計を用いている。測定点には、岐阜市周辺における定点観測点と、児童・生徒が自宅に持ち帰って行う臨時観測点からなる。得られたデータはそれぞれの地点ごとに降水のpH値、降水量の時間変化を表示した。図1に地点別データ表示画面の一部を示す。また、同一降雨について多数の地点でデータがある場合には、酸性雨の分布を地図上に示し、地上風系、天気図なども参照できるようにした。図2に酸性雨の分布を表示した画面の一部を示す。降水量の時間変化は、国土交通省「川の防災情報」のホームページからデータを得ている。また、

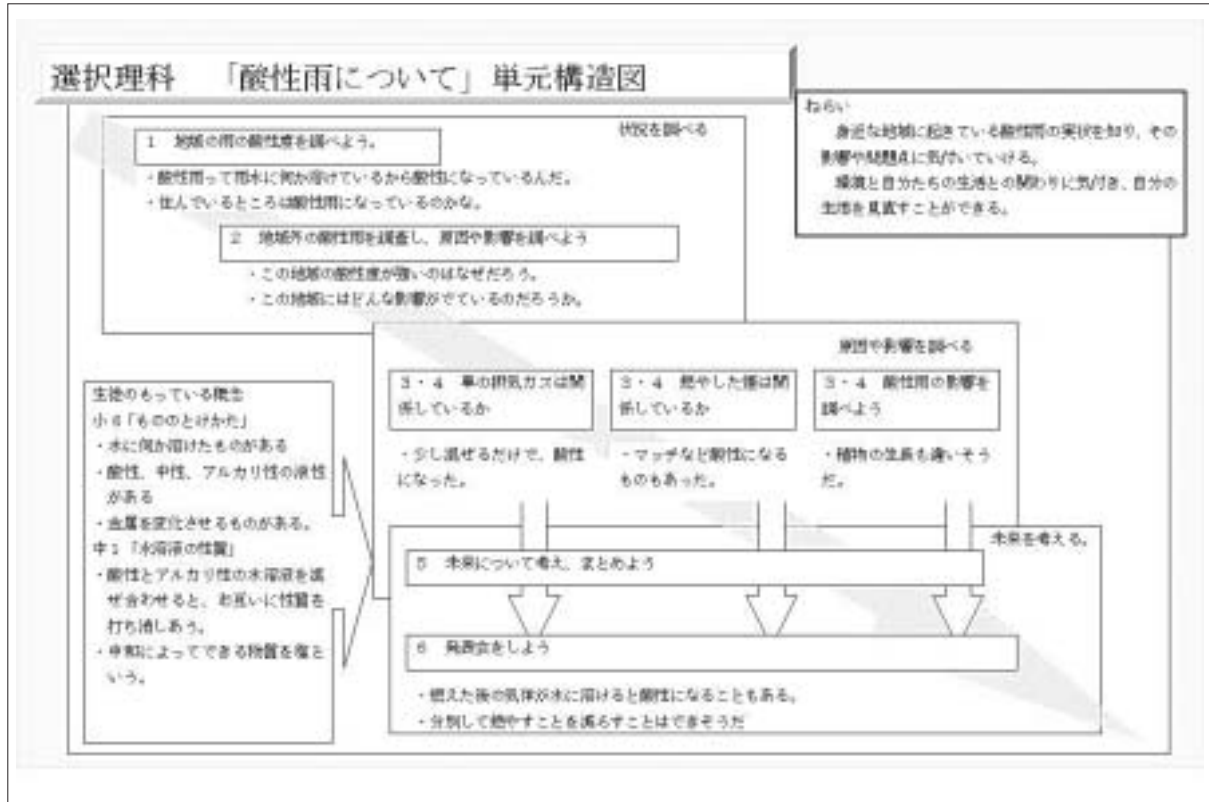


図3. 中学校2年月曜選択理科授業の単元構成図.

天気図は「気象人」から、地上風系についてはAMeDASの観測点データを岐阜地方気象台から提供していただいている。

### 3. 中学校選択理科授業の実践

#### (1) 生徒の実態調査

中学2年選択理科には17名の生徒が集まり、3市1町にまたがって住んでいる。ほとんどの生徒が、説明会で学習内容を聞いて集まってきたため酸性雨について関心は高い。しかし、アンケートの結果から、13人の生徒は、酸性雨についての言葉を知っていても、その原因や酸性雨が自分たちの町に降っていることは知らなかった。一方、残りの4人の生徒は、すでに酸性雨について調べた経験があり、原因となる気体や発生源などを知っていた。しかし、酸性雨がどのようにして発生するのか、どのような影響を与えているのかといったことには答えられず、知識先行で実感を伴ったものではないことがわかった。

#### (2) 酸性雨調査を柱とした単元指導計画の作成

生徒の実態から、まず初めに個人で酸性雨を調査して見ること、そして得られたデータを処理することから行うようにした。その後測定と同時進行で、個人課題を設定し追究を行う流れを仕組んだ。図3に2年月曜選択理科授業の単元構成図を示す。個人追究では、実験方法に関わる支援や新しい視点を与える助言を中心に、生徒の主体性を大切にしながら学習できるように進めていった。また、追究のまとめの段階では調査内容だけでなく、他者への伝達も意識させ、情報機器や環境の要因を扱ったシミュレーションゲームの作成なども行えるよう場の設定を行った。

#### (3) 酸性雨の測定

酸性雨の測定には、堀場製作所のレインゴーランドIIとパックテストを用いて行った。測定器具は生徒全員分用意し、レインゴーランドは授業時間に組み立て、各自自宅に持ち帰り、自宅の庭に設置し、採集した。採集した雨はパック

表 1. 生徒が測定したデータ

測定日	データ								測定者	測定場所	コメント
	1	2	3	4	5	6	7	8			
11月24日	5.8	5.4	5.4	5.2	5.2				岡本みなみ	岐阜市大福町	意外に酸性が弱い。他地域より、環境はよい方なのだろう。
11月30日	4.3		4.2		4.1		4.0	4.0	山本侑資	岐阜市入舟町	なぜ時間がたつと酸性が強くなるのだろうか。
11月30日	4.2	4.4	4.2	4.2	4.0				松本一輝	岐阜市	雨が途中でやんだ。もっと降ったら酸性になるのかな。
12月6日	5.8	5.4	5.4	5.2	5.2				岡本みなみ	岐阜市大福町	時間がたつと酸性になるのはなぜだろう。
12月6日	5.2	5.2	5.2				5.2	5.2	上田桃子	岐南町	酸性が強くなかった。
12月6日	5.0		5.0		5.2	5.0	5.0		山本浩規	岐阜市中西郷	近くにガソリンスタンドや製鉄所がある影響かな。
12月11日	5.4		5.2	5.2	5.2			5.2	柳原理紗	岐阜市細畑	夜8時30分に測った。
12月11日	5.4		5.2		5.2		5.4	5.4	山本侑資	岐阜市入舟町	
12月25日	4.0		4.0		4.0		4.0	4.0	山本侑資	岐阜市入舟町	雪を溶かしたらみな同じになった。
12月28日	3.8	4.0	4.0		4.3		4.0		青木良太	瑞穂市	バラバラな数字が出るのはなぜか。
12月29日	6.0			4.8				5.0	柳原理紗	岐阜市細畑	変化が激しい。
12月29日	5.0			4.8				5.0	柳原理紗	岐阜市細畑	夜測った。

テストでpHを測定した。測定結果はカードに記録させた。レインゴーランドには降雨1mmごとに8個のカップで雨水を採集するもので、生徒は8個の採取雨水のうち、適宜選んでpHを測定している。表1に生徒の測定結果の一部を示す。

第2時の授業では得られた結果について交流を行った。実際に測定を行ってみると、地域によって酸性の度合いが違うこと、同一の降雨でもたった1カップ違うだけで酸性度が違うことに驚きを感じている生徒が多くいた。さらに、生徒の得た結果の多くに、観測時間の経過に従い、酸性が強くなっているデータがあり、疑問を感じて生徒どうして意見交換をしたり、インターネットで関連情報を検索したりする生徒たちの姿がみられた。

#### (4) 酸性雨の原因を考察する授業

第3時の授業では、酸性雨の原因を考えるた

め、生徒たちがさまざまな実験に取り組んだ。生徒たちは、酸性雨の原因となる気体が化石燃料やゴミなどの燃焼で発生することを知識として知っており、ここではさまざまな物質を燃焼させて、発生した気体が溶け込んだ水が酸性を示すか調べていった。

生徒Aは酸性雨についての知識を多く持って



図4. 実験を行う生徒A.

いる生徒である。前時で、酸性雨の原因となる気体は、ものが燃えたときに発生していることに気付いたため、本時は、何を燃やしたとき酸性の気体が発生するのか確かめる実験を行った(図4)。調べた本からマッチを燃やしたとき酸性の気体が発生することを知った生徒Aは、マッチを燃やしたときに発生したけむりをぬれたろ紙に触れさせ、BTB溶液で確かめていたが、予想したような酸性はほとんど示さなかった。そこで、たくさんのマッチを一度につけて確かめるなどの方法を工夫していたが、気体がろ紙に十分触れていなかったため、掃除機を使うとけむりが吸い寄せられることを助言した。生徒Aは掃除機のつつの先にぬれたろ紙をつけ(当日は掃除機のつつの1/3にろ紙がくるように貼り付けていたが、後日家で実験を行う際は紙が破けないようミカンのネットを先に張ってから行いうまくいったようである)強制的に吸わせるなかで、たくさんのマッチを燃やすと確かに酸性になるが、マッチの火薬の部分を燃やしたときにでるけむりだけでも酸性になることを見つけた。さらに、けむりの色の違いに着目させ、火薬と木では発生する気体が違うのかどうかという別の視点を与えると、紫色のけむりが一番の酸性の原因で、何が燃えても同じように酸性になるのではないことを導き出していった。この生徒は次の時間の課題を、他のものでも酸性の気体が発生するのかと設定していたため、硫黄の含まれていないマッチも提示し、SO<sub>x</sub>という言葉と関連づけて考えられるように指導していった。



図5. 実験を行う生徒B.

生徒Bは酸性雨についての知識をあまり持っていない生徒である。この生徒の本時の課題は、ゴムを燃やしたら酸性雨になるのか、であった。ゴムを設定したわけは、燃やしたときの気体が臭く、体に悪そうだからと考えてのことである。安全面に配慮して、からの60cm水槽内でゴムを燃やすように指示をした。実験を行うと、黒いすが大量に発生して上に置いたろ紙にべったりとくっついた(図5)。そして、BTB溶液を滴下するとわずかに酸性を示したことから、ゴムと酸性雨の原因を関係付け、「くさいにおいにはやっぱりわけがあったんだ」と感想を書いていた。さらに、感想には、「近くの工場から出るけむりは白く、すぐに消えてしまうので今日の実験のけむりとは違っている。工場から出るけむりでも同じようになるのか」といった疑問を書いていた。そこで次時では、工場から出るけむりについて、情報機器を活用して調べてみるように助言した。

#### 4. 考察

##### (1) 酸性雨の実態調査における課題

酸性雨は地球環境問題としての認識が高く、これまでに多くの実態調査や一般向けの解説書が発行されている。日本でも酸性雨による森林や彫刻などの美術品の被害が象徴的に紹介されている。今回、測定を行ったように、日本の雨水についても強い酸性を示す事例が知られているが、酸性物質の発生源との対応については明確でないことが多い。とりわけ、雨水の酸性値は、ひと雨ごとに異なっており、気象要因と関連させて原因を探求していく姿勢が必要である。また、児童・生徒の測定したデータの信頼性についての検討も不可欠であるが、現段階では評価する有効な方法がないことも大きな課題である。

岐阜大学教育学部理科教育講座(地学)では、酸性雨の測定データだけでなく、天気図、地上風系、降水量の時間変動なども合わせた資料を集め、その解析を進めている。こうした解析を進めるには、できるだけ多くの観測地点で測定方法を統一して実施していくことが必要であり、



図6. 岐阜大学附属小学校6年生が測定した2003年12月8日の酸性雨データの地理的分布

今後多くの協力者を得て酸性雨の実態調査とホームページの運用を進めていきたい。また、さまざまな要因と比較検討するには、GISシステム上でデータの表示を行う方がよい。今後、岐阜県ふるさと地理情報センターとの緊密な連携も不可欠である。

(2) 環境教育・理科教育への活用の仕方について

酸性雨の測定を取り入れた環境教育、理科教育の実践には2つの切り口がある。一つは酸性雨の測定を動機づけとして、水溶液の性質や水溶液の酸性、アルカリ性の学習へと発展させていくものである。こうした切り口の授業実践は、岐阜大学附属小学校6年生の授業でも実践しているが、児童・生徒の動機づけとしては小学6年生の段階から有効であることが示唆されてい

る。

一方、酸性雨の地理的分布と気象との関係についても興味深い課題である。小山・古明地(1985)は、1975年から1981年にかけて東京都内で降った雨と気圧配置や季節による違いとの関係を調べている。佐藤(1991)は仙台において1988年7月12月にかけて、降水のpH値と風系などの気象特性の関係を調べている。また、成瀬(1994)は、降水のpHは風成塵の多い春には高い値になることを示している。このように酸性雨と気象特性の関係は複雑であり、降水のpH値を決める物質の供給源の違い、気圧配置の多様性などを考えると、今回のような短い期間の観測で明確な結論を導くことは困難であろう。

一方、酸性雨の地理的分布については、石橋・久保(1998)が広島県における酸性雨の分布を調べ、都市部の方が酸性が強いこと、山間部で

は交通量と相関が認められることを指摘している。地理的分布については、岐阜大学附属小学校6年生が実施した3つの事例がある。図6は、2003年12月8日の測定結果である。地理的分布については、比較的狭い地域を対象としても観測点によってばらつきが存在する可能性がある。

## 5. おわりに

この研究は岐阜大学附属小中学校に多くの測定器を導入して実施し、酸性雨の測定を取り入れた環境教育の実践が有効かを検証しようという意図で実施された。測定は2003年6月から実施しているが、授業実践にあたっては、生徒の目的意識を大切にしていきたいと考え、選択理科の学習で行うこととした。そのため授業の実施は後期の11月下旬から1月下旬になった。短期間の授業実践であるが、これまでの結果から次のような効果があることが示唆された。

酸性雨の測定を個人で行うことは好評で、早くネット上に情報を載せたいと願っている生徒は多い。このことから個人での測定は、生徒の学習意欲を促し、測定の継続化がはかれていくものと考えられる。また、酸性雨の原因を調べていく中で、岐阜県内の酸性雨の状況を示したサイトを自らさがし、地域性についても疑問を確かめていく生徒の姿が見られた。今後の学習で自然環境や社会環境と関係付けて考えていくきっかけになりうる可能性がある。なお、測定装置の確保には教材費が必要であるが、意欲のある小中学校には装置を提供してより一層の連携していきたいと考えている。

## 謝辞

本研究の実施には、特定領域研究008「新世紀型理数科系教育の展開研究」、生物・地学分野におけるデジタル教材開発と初等中等教育現場における教育実践研究（研究代表者川上紳一）課題番号15020227の研究費の一部を使用した。また、岐阜大学教育学部と附属学校の連携推進委員会からも支援を受けている。さらに、岐阜県内の酸性雨の測定や測定データのホームページ化については、NPO法人「地球の未来」関係者、

岐阜県ふるさと地図情報センター、平成15年度揖斐川町体験的環境学習推進事業とも緊密に連携している。ここに記して感謝いたします。

## 文献

- 平賀博之 (2004) 酸性雨調査プロジェクトと環境教育, <http://elm.fukuyama.hiroshima-u.ac.jp/eilnet/acid/houkoku/fukuyam2.html>
- 石橋昇・久保友希(1998) 広島県における酸性雨の分布, 広島大学学校教育学部紀要, 第II部, 20, 37-44.
- 小山功・古明地哲人(1985)降水の低pH化とその気象条件, 東京都公害研究所年報1985, 90-93.
- 成瀬敏郎 (1993) 酸性雨と風成塵, 兵庫教育大学研究紀要, 16, 85-93.
- 佐藤力夫 (1991) 仙台における酸性雨の気象特性, 東北技術だより, 8, 306-317.
- Web教材:

<http://chigaku.ed.gifu-u.ac.jp/chigakuhp/>

浅野竜也・川上紳一・都築慎一・上田康信・丹羽直正