

理科における「調べる能力」を育成する視点

下 野 洋

岐阜女子大学

小井土 由 光

岐阜大学教育学部

A view point to nurture the scientific inquiring ability for pupils

Hiroshi Shimono

Gifu Women's University

Yoshimitsu Koido

Faculty of Education, Gifu University

要 旨

国際理科教育調査やOECD学習到達度調査の結果から、日本の理科教育についていくつかの課題が指摘され、それらを改善する上で「科学的に調べる能力と態度の育成」が重要な視点となる。それらは、2011年度から順次実施される新学習指導要領においても重視されており、課題解決のために探究する学習活動として「課題研究」が位置づけられ、その具体例をもとに理科教育における「調べる能力」の育成についての考え方を述べる。

キーワード：小・中学校，理科教育，調べる能力，科学的表現，学習指導要領

Keywords：primary school, secondary school, science education, scientific inquiring ability, course of study

はじめに

2011年度から実施されはじめた新学習指導要領では、理科の目標として、小学校では「問題解決の能力」、中学校・高等学校では「科学的に探究する能力」がそれぞれ強調され、その育成が図られようとしている。さらに、指導計画の作成と内容の取扱いにおいて、例えば中学校理科では、「観察、実験、野外観察を重視するとともに、地域の環境や学校の実態を生かし、自然の事物・現象を科学的に探究する能力の基礎と態度の育成及び基本的な概念の形成が無理なく行えるようにすること」とされ、それぞれの地域の環境や実態を生かした探究的な学習を従前より重視し、「科学的リテラシー」や「科学的表現力」を育成していくことが示されている。

ここでは、国際共同調査結果をもとに、日本の理科教育の現状とそれから見出せる重要な視点として「科学的に調べる能力や態度の育成」が導き出され、その学習活動としての「課題研究」についての意義を具体例で示す。なお、本稿は、岐阜県総合教育センターにおける理科教育講座（平成23年6月17日）で筆者の一人（下野）が講演した内容に加筆したものである。

理科教育の現状と課題

2007年に実施された国際理科教育調査（IEA：TIMSS）と2009年に実施された学習到達度調査（OECD：PISA）の2つの国際共同調査結果から、わが国の理科教育の現状を分析し、そこからみえる課題について整理する。

○国際理科教育調査 (TIMSS)

本調査は小学校4年生と中学校2年生を対象に行われ、日本の成績は世界のトップクラス(小学校で4位、中学校で3位)であり、「理科に対する学習意欲」と「理科は楽しいと思う」が小学校では国際的に高い水準にあるが、中学校では逆に低い水準であり、特に「理科は得意な教科ではない」は過去3回(1995, 1999, 2003年)とも低く、6割近くを占めている(国立教育政策研究所, 2008)。さらに、「生活に役立つ」、「自分が望む仕事に就くために大切」などの理科学習の重要性に対する認識が国際平均を下回っている。

○学習到達度調査 (PISA)

本調査は高等学校1年生を対象に行われ、2009年における調査項目は、①読解力(自らの目標を達成し、知識と可能性を発展させ、情報収集と理解・利用、解釈・推論、熟考・評価する能力)、②数学的リテラシー(数学が世界で果たす役割、個人・職業・社会生活で関心をもち市民として数学的根拠に基づく判断・携わる能力)、③科学的リテラシー(自然・人間活動による自然の変化の理解、意思決定のための科学的知識の使用と課題解決に取り組み、科学的根拠に基づく結論を導き出す能力)であった(国立教育政策研究所, 2010)。いずれの項目でも上海が1位を占めたことで話題になったが、日本はそれぞれ8位、9位、

5位であった(第1表)。

PISAの調査結果を過去3回(2000, 2003, 2006年)分に広げ、それらから導かれる日本の理科教育の課題をいくつかの項目でみている。

1. 読解力

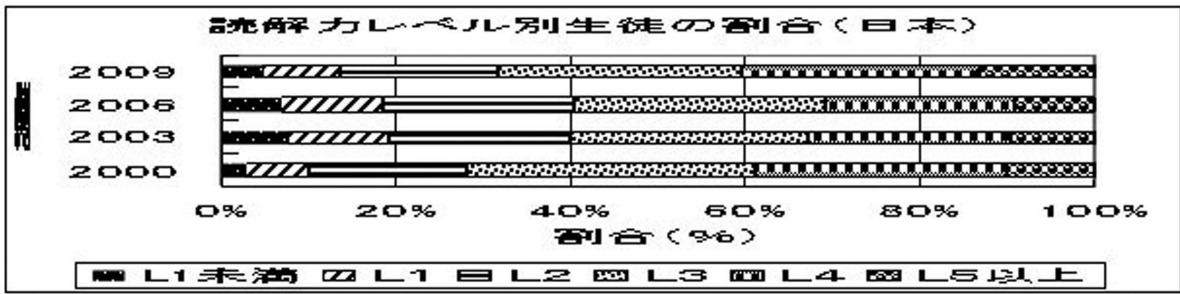
読解力に対するレベル別の割合をこれまでにも2回も1位となっているフィンランドと比較すると、日本では調査年ごとにばらつきが大きいものに対して(第1図)、フィンランドではほぼ一定になっている(第2図)。こうした状態の背景には、日本において家庭での学習時間、学習意欲、学習・生活習慣に課題があると分析されている(文部科学省, 2008c)。

2. 読解力の記述式問題

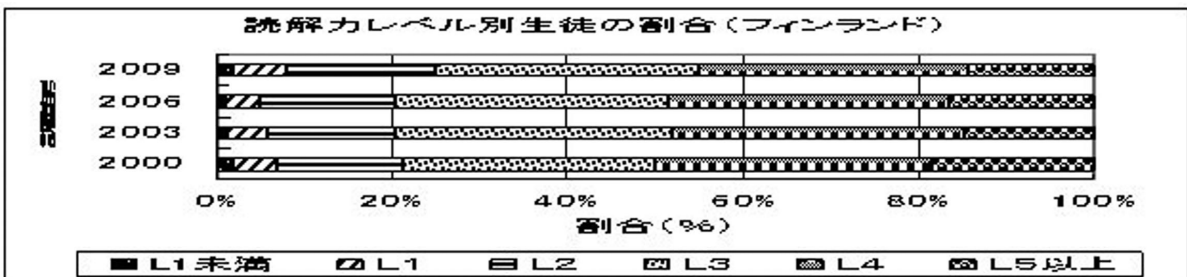
読解力の記述式問題に対する正答率の変化について、日本とOECD平均を比較して第3図に示す。横軸における表記は、例えば「0イソップ2」とは2000年に調査されたイソップ物語の設問2であることを示しており、多くの設問において日本がOECD平均より低い。同一の設問に対する無答率の変化をみると(第4図)、多くの設問で日本がOECD平均よりかなり高い。これらのことは、文章を読むことで要点を的確に理解し、答えるべきことを整理して自分の考えを記述するという一連の読解力が日本の生徒に乏しいことを示している。こうした読解力は日ごろの学習や日常生活と深く関わり、そのまま科学的リテラシーの問題にも深く関わる。

第1表 PISA調査の年度ごとの項目別の調査結果
(国立教育政策研究所, 2002, 2004, 2007, 2010による)

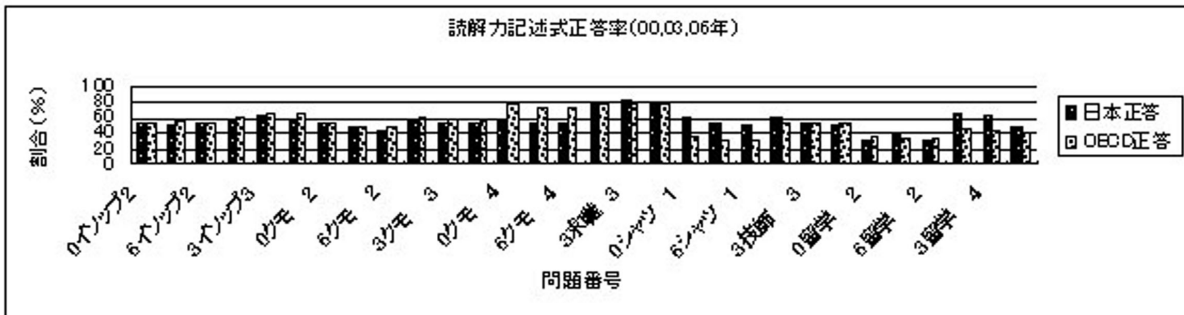
項目	2000年	2003年	2006年	2009年
読 解 力	①フィンランド 546点 ⑧日本 522 平均 500	①フィンランド 543点 ⑭日本 498 平均 494	①韓国 556点 ⑮日本 498 平均 492	①上海 556点 ⑧日本 520 平均 493
数学的リテラシー	①日本 557点 平均 500	①香港 550点 ⑥日本 534 平均 500	①台湾 549点 ⑩日本 523 平均 498	①上海 600点 ⑨日本 529 平均 496
科学的リテラシー	①韓国 552点 ②日本 550 平均 500	①フィンランド 548点 ②日本 548 平均 500	①フィンランド 563点 ⑥日本 531 平均 500	①上海 575点 ⑤日本 539 平均 501
問題解決能力	調査なし	①韓国 550点 ④日本 547 平均 500	調査なし	調査なし



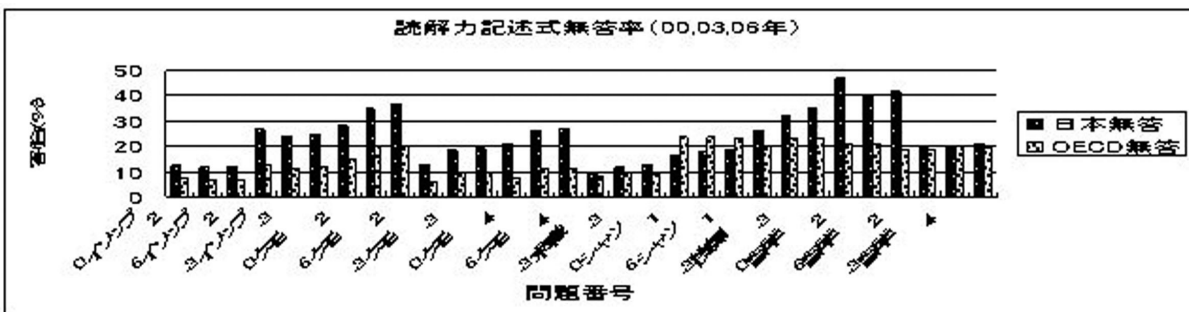
第1図 日本における読解力のレベル別割合の4年間比較
(国立教育政策研究所, 2002, 2004, 2007, 2010による)



第2図 フィンランドにおける読解力のレベル別割合の4年間比較
(国立教育政策研究所, 2002, 2004, 2007, 2010による)



第3図 読解力の記述式問題における正答率の3年間比較
(国立教育政策研究所, 2002, 2004, 2007による)



第4図 読解力の記述式問題における無答率の3年間比較
(国立教育政策研究所, 2002, 2004, 2007による)

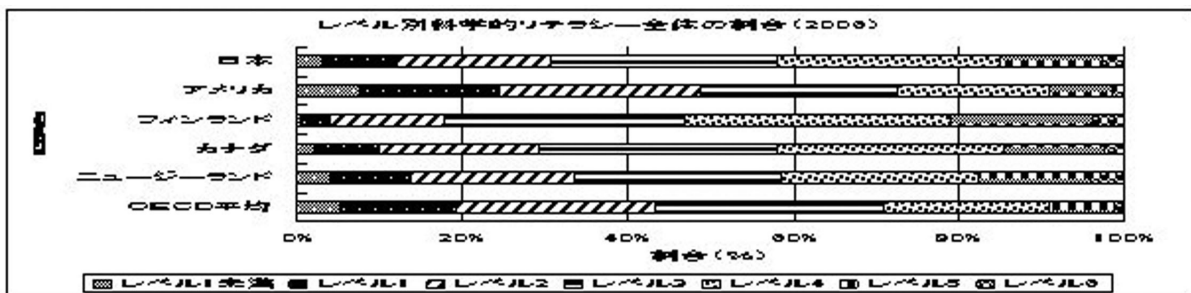
3. 科学的リテラシーのレベル別比較

科学的リテラシーにおけるレベル別の割合をみると、日本ではそれぞれのレベルに占める生徒の割合は2006年（第5図）と2009年（第6図）では大きな変化は認められず、科学的リテラシーでは読解力でみられるような年度ごとのばらつきはみられない。

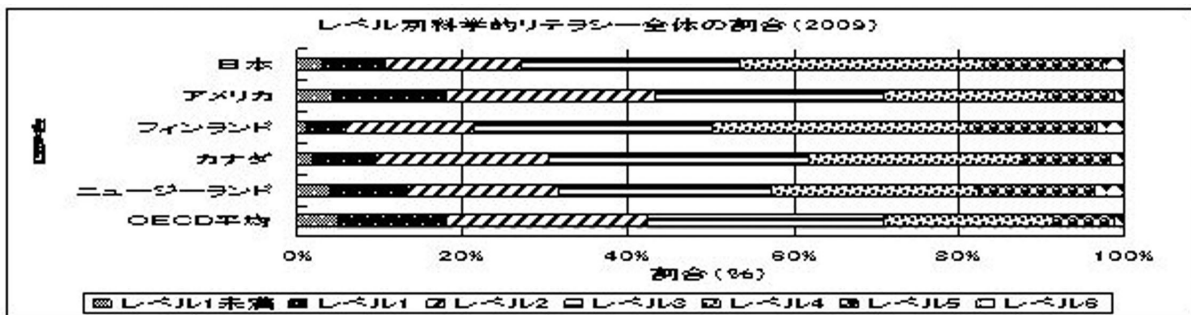
4. 科学的リテラシーの論述式問題

科学的リテラシーの論述式問題に対する正答率の国際比較を第7図に示す。日本は多くの問題で50%以上であり、OECD平均より高い。し

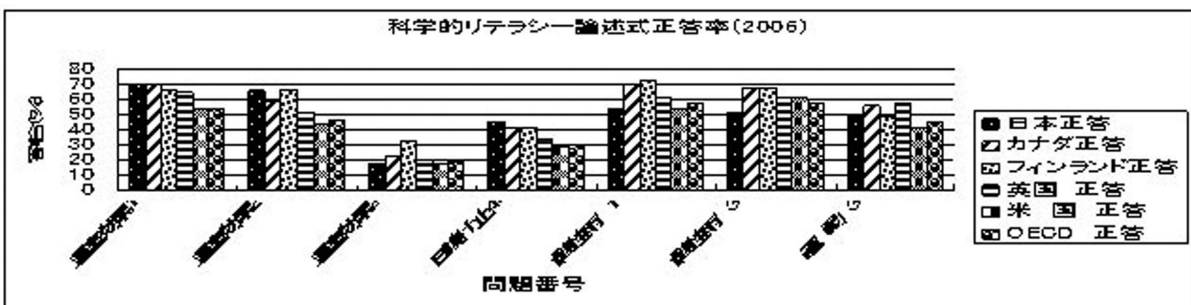
かし、同一の問題に対する無答率をみると（第8図）、ほとんどの問題で日本が他の国と比べて高くなっており、問題によっては無答率が30～40%を占めている。このような無答率の高さは、実際の設問内容からみると、文章及び示されたグラフから全体の傾向を把握できない、結論を導く特徴を指摘できないなど、問われている課題を的確に理解し、その要因を自分の持っている科学的知識を動員してどのようにあげるかを表現する力に乏しいことを意味しているといえよう。



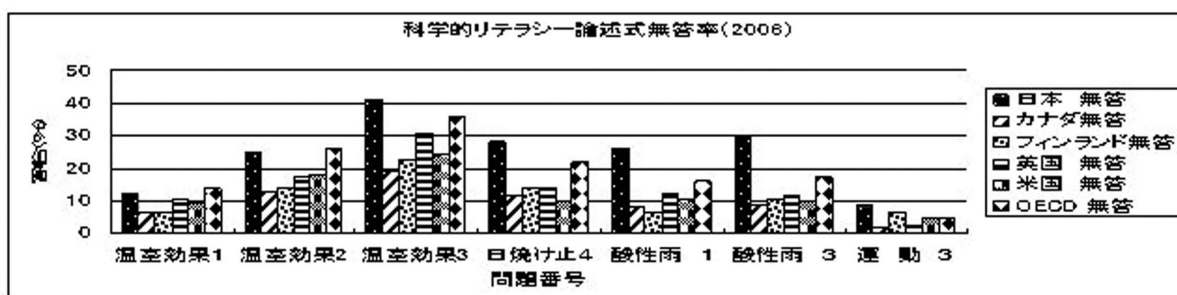
第5図 2006年における科学的リテラシーのレベル別割合を示す国際比較
(国立教育政策研究所, 2007による)



第6図 2009年における科学的リテラシーのレベル別割合を示す国際比較
(国立教育政策研究所, 2010による)



第7図 科学的リテラシーの論述式問題の正答率の国際比較
(国立教育政策研究所, 2007による)



第8図 科学的リテラシーの論述式問題の無答率の国際比較
(国立教育政策研究所, 2007による)

理科教育における課題の改善策

1. 学習指導の改善の観点

TIMSSやPISAの調査結果から、日本の生徒について、「学習意欲が低い」、「理科が生活に役立つことの意識が低い」、「読解力が不足している」、「記述、論述問題における無答率が高い」ことなどが指摘される。しかし、こうした課題を一括して解決できるような方策は見出しがたい。とはいえ、理科教育においては、自然の事物・現象に対する関心や理解を深めることが基本的に求められることであり、それらがこれらの課題を解決していく上での重要な視点となる。そのため、こうした視点は、新学習指導要領においても、小・中・高それぞれの目標として記述されており（文部科学省，2008a,b,c；第2表）、「科学的に調べる能力や態度の育成」を通じて最終的に科学的な自然観の育成につながることをめざしている。とりわけ中学校では、科学的に探究する活動を従前より重視して、その基礎として「調べる能力」を位置づけ、高等学校の

「科学的に探究する能力と態度を育てる」との接続を明確にしている。また、高等学校では、その仕上げとして新科目「理科課題研究」が設置されている。

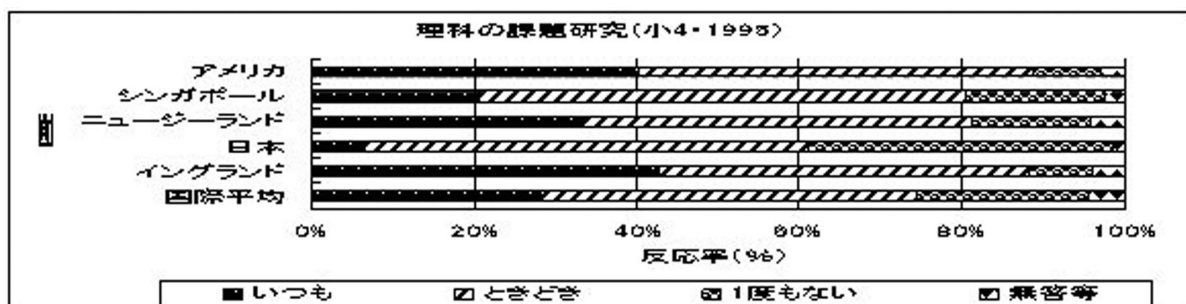
2. 探究的な学習としての「課題研究」

「調べる能力」は、観察、測定、記録、データ処理、推論、予測、仮説設定、モデル形成などの科学的な方法を用いた探究的な学習活動によって育成されるものである（北澤ほか，1993）。問題を見だし、観察・実験を計画し、それらの結果を分析したり解釈し、科学的な概念を用いて考えたり説明する具体的な学習活動が「課題研究」となる。それらの中には、生物の行動や成長の様子、天体の動きや気象現象など、規則性などを調べるために継続的な観察や季節を変えての定点観測などが必要になる場合もあり、簡単な測定器具類を利用することで効果的な結果を得ることもある。

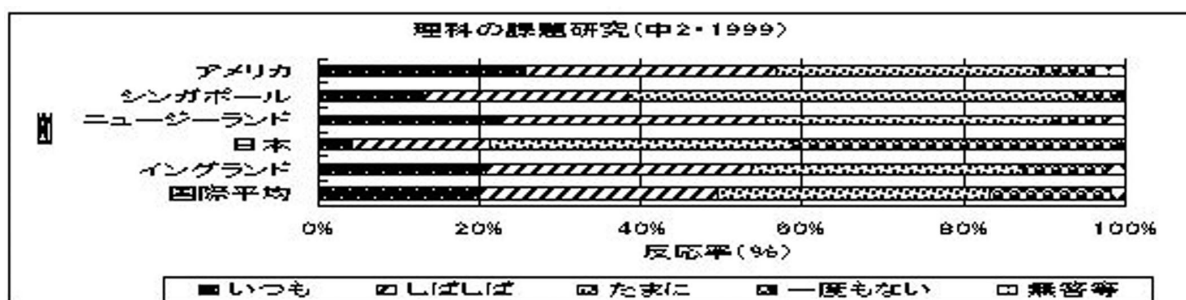
TIMSSで調査された「課題研究」の実施状況を第9図（1995年，小学校4年）と第10図（1999年，中学校2年）に示す。多くの国で小学

第2表 新学習指導要領（理科）の目標に記述されている「科学的に調べる能力や態度の育成」

小学校	自然に親しみ、見通しをもって観察、実験などを行い、 <u>問題解決の能力</u> と自然を愛する心情を育てるとともに、自然の事物・現象についての実感を伴った理解を図り、科学的な見方や考え方を養う。
中学校	自然の事物・現象に進んでかかわり、目的意識をもって観察、実験などを行い、 <u>科学的に探究する能力</u> の基礎と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な見方や考え方を養う。
高等学校	自然の事物・現象に対する関心や探究心を高め、目的意識を持って観察、実験などを行い、 <u>科学的に探究する能力</u> と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な自然観を育成する。



第9図 1995年における小学校4年理科の「課題研究」の実施状況についての国際比較 (下野, 2002)



第10図 1995年における中学校2年理科の「課題研究」の実施状況についての国際比較 (下野, 2002)

校では8割ほどが、中学校では5割ほどがそれなりに実施しているが、日本では小学校で6割、中学校では2割ほどとなっており、国際的に低い実施率である。

「課題研究」の事例

ここでは、「調べる能力」の育成として、中学校3年生が自由研究として行なった「課題研究」の具体例を取り上げる。本研究は、『丘の上は本当に涼しいか?』というテーマで約6ヶ月にわたり追究され、著者の一人(下野)の指導援助のもとで探究的な学習活動を行った事例である。

1. 研究の概要

夏の夕方、中学生が花火見物のため自宅付近の小高い丘に登ったとき、そこは平地より涼しく感じられた。そこで「丘の上は本当に涼しいのだろうか」という素朴な疑問をいただき、それを検証したいとの動機からこの「課題研究」がスタートした。その際、この課題追究を通して次のような力を身につけるように指導援助することとした。

- 地理的な空間把握と微気象に関する実体験から気温の垂直分布と地形の関係を考察できる
- そのための調査計画を企画実施する力を身につける
- 観測に使用する器具や資料の適切な選定ができ、活用できる

2. 調査

調査は、通学する中学校周辺において丘陵地と平地(谷)を含む地域で、晴れた日の最低気温と最高気温が得られそうな観測時刻を選び、自動車で移動しながら気温をデジタル温度計で測定する方法で行われた。その際、道路地図と地形図(2.5万分の1)で予め観測地点の設定を行ない、示された気温を地点ごとに読み上げ、それを小型録音機で記録し、後で再生して記録用紙に整理するという工夫がなされており、地形と気温との間にどのような関係があるかの仮説を立て観測が進められた。測定期間は1月下旬から8月上旬までの計26回である。

3. 観測結果のまとめ

①気温の水平分布

調査地域における気温分布の一例を第11図に

示す。この例では、北の丘陵地の気温が高く(+1~0℃)、平地で低い(0~-3℃)傾向がみられ、場所によって気温分布に差異があることが分かる。

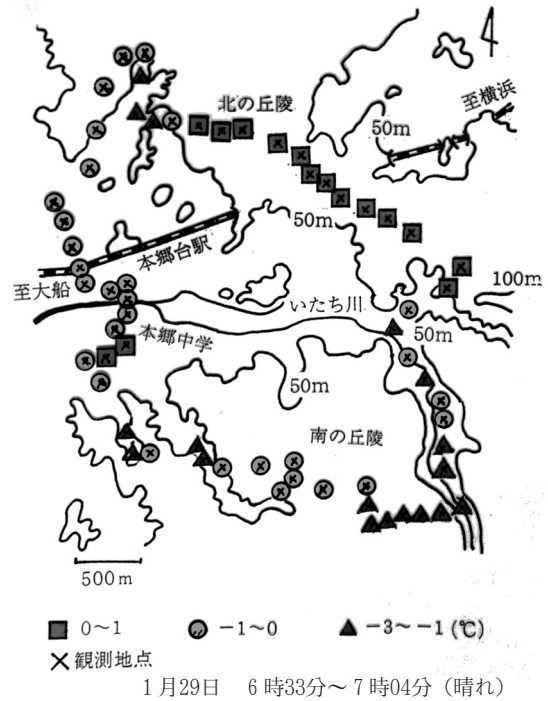
②地形断面と気温の垂直分布

地形断面と気温の垂直分布の例を第12図に示す。28日夜と29日早朝の気温は異なるが、その分布パターンは比較的似ている。しかし、それらと29日の日中の気温分布のパターンは明らかに異なる。観測した26回分の気温分布を整理すると、次の3つのパターンに分けられる。

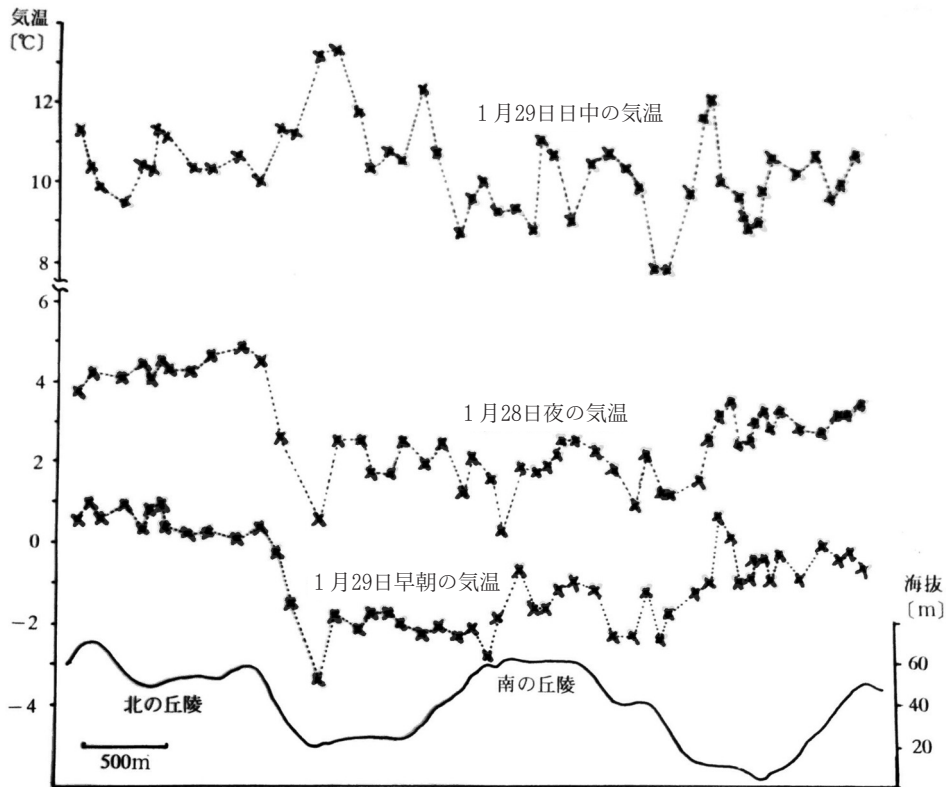
- A型：南北の丘陵の気温が谷より高い
- B型：南北の丘陵の気温が谷より低い
- C型：北の丘陵の気温が谷より高く、南の丘陵の気温が谷と同じかそれより低い

③「丘の上は本当に涼しいか」の検討

29日の日中の場合には、地形断面の凹凸に対して気温分布の凹凸は逆になっており、B型に相当し、平地部よりも「丘の上は涼しい」と言える。しかし、28日夜と29日早朝の場合には、地形断面の凹凸と気温分布の凹凸が同じ傾向に



第11図 調査地域における気温の水平分布の例 (下野, 1996)
1月29日早朝の例で、+1℃~-3℃の気温が示されている。



第12図 調査地域における地形断面と気温の垂直分布の例 (下野, 1996)
気温分布は上から1月29日の日中、1月28日夜、1月29日早朝の例。

あり、A型に相当し、「丘の上は涼しい」とは言えない。すなわち、いつも「丘の上が涼しい」とは言い切れないことになる。26回分のデータのうち、A型が8回、B型が13回、C型が5回それぞれ現れている。

4. 評価

観測者（中学生）の観測意欲が約半年間という長期間にわたって続いたのは、本人の強い意志と努力はもちろんのこと、観測者が調査地域周辺をしばしば歩いており、さまざまな体験を積んでいることも大いに関わっていると思われる。ただし、実際には、観測方法の計画、データ収集、その解析と考察に至るまでは容易に進行したわけではなく、得られたデータを地形断面と関わらせて図化することなど、科学的工夫と思われる点には苦労したようである。例えば、地形の凹凸を見やすくするために地形断面図の水平距離と高さの比をどの程度にすべきかなど、試行錯誤を重ねながらの作業となっていた。同時に、気温分布に3つのパターンがあることがわかって、その原因を明確にすることには至っていない。気温の逆転現象やヒートアイランド現象などとの関わりも課題として残されたままであり、中学生にはお話だけで終わってしまっている側面が強い。

とはいえ、温度計1つでこれほどいろいろなことが分かるとは思わなかったというのが観測者の率直な感想であり、特に住宅からの人工熱が周りの自然に大きな影響を与えている可能性に着目して、この地域にある遺跡の分布と地形や気温との関係を調べて古代人の生活環境を今後は考えてみたいという願望も出されている（下野，1996）。ちなみに、この研究は日本学生科学賞中央展で内閣総理大臣賞を受賞し、中学生にとっては生涯忘れることができない研究の達成感が味わえたようである。

おわりに

国際共同調査の結果から、日本における理科学習におけるさまざまな課題が浮き彫りにされ、その改善策の一つとして「科学的に調べる能力や態度の育成」という観点が注目され、その学

習活動として「課題研究」を具体例とともに取り上げた。しかし、この「課題研究」は授業時間内で行うものもあれば、長期にわたる継続観察を伴うようなものもある。いずれにおいてもその計画や指導には多くの時間と労力を費やすことになる。それらの実践的な研究は、個人として行うことも大切であるが、教育センターや研究会などの研修の場で具体的に積み重ねられていくことが期待される。また、探究学習の成果を生かして、科学的思考力、判断力、表現力と関わる評価問題を検討することも大切になり、さらに「科学的に調べる学習」としての具体的な課題研究の事例を示していく必要がある。

文 献

- 北澤弥吉朗・栗田一良・井出耕一郎編（1993）新訂理科教育指導用語辞典。教育出版，30-31。
- 国立教育政策研究所（2002）生きるための知識と技能。OECD生徒の学習到達度調査（PISA）2000年調査国際結果報告書，ぎょうせい，126-132。
- 国立教育政策研究所（2004）生きるための知識と技能2。OECD生徒の学習到達度調査（PISA）2003年調査国際結果報告書，ぎょうせい，180-205。
- 国立教育政策研究所（2007）生きるための知識と技能3。OECD生徒の学習到達度調査（PISA）2006年調査国際結果報告書，ぎょうせい，34-171。
- 国立教育政策研究所（2008）TIMSS2007 理科教育の国際比較。国際数学・理科教育動向調査の2007年調査報告書，49-85。
- 国立教育政策研究所（2010）生きるための知識と技能4。OECD生徒の学習到達度調査（PISA）2009年調査国際結果報告書，明石書店，150-187。
- 文部科学省（2008a）中学校学習指導要領解説理科編。
- 文部科学省（2008b）小学校学習指導要領解説理科編。
- 文部科学省（2008c）高等学校学習指導要領解説 理科編。理数編，1-6。
- 下野奈津子（1996）「丘の上は本当に涼しいか」。第39回日本学生科学賞全集，チャレンジインターナショナル編，380-383。
- 下野 洋（2002）地学教育と体験学習。『日本地学教育学会シンポジウム－地学を題材にした児童生徒の「体験活動」のあり方－』，5-12。