

平成18年度（第50回）  
岩手県教育研究発表会発表資料

理 科

# 中・高等学校における理科の野外観察の 指導力向上に関する研究

- 教師用露頭指導セットの作製をとおして -

## 研究協力員

花巻市立南城中学校	教諭	横手 勝美
花巻市立花巻中学校	教諭	嶋 正壽
県立紫波総合高等学校	教諭	小野寺弘幸
県立大船渡農業高等学校	教諭	佐藤麻美子
県立大船渡高等学校	教諭	高橋 亮

平成19年1月9日  
岩手県立総合教育センター  
科学産業教育室  
茂 庭 隆 彦

# 目 次

研究目的	1
野外観察の指導力向上	1
1 野外観察に関する先行研究	1
2 野外観察の指導力向上の方策	2
野外観察と教材化	3
1 花巻地域の地形・地質	3
(1) 花巻地域の地形・地質に関する先行研究	4
(2) 葛丸川流域の地形・地質	4
2 野外観察	4
(1) 野外観察露頭の選定	4
(2) 野外観察実習とその分析	7
(3) 野外での模擬授業の実践とその分析と考察	8
3 教師用露頭指導セットの開発	10
研究の成果と課題	11
謝辞	11
引用文献	11

## 研究目的

理科の学力とは自然を読解する力である。自然を読解するとは、野外で、例えば地層を総合的に観察でき、推論でつなげ、より妥当な認識に深めていくことである（日置，2006）。高等学校地学の学習指導要領には従来から野外観察の必要性が第一に示されており、中学校理科の現行学習指導要領においても地層の「野外観察を行い」と初めて明文化された。

しかし、本県中学校の野外観察に関する調査結果では、地層の野外学習の実施状況は15%（平成15年調査）、教師による学校周辺の露頭（地層・岩石が直接露出しているところ）情報の提供は24%（平成16年調査）と野外観察が十分に行われていない状況にある。その要因としては、教師自身の野外観察の体験が不足しており、野外での指導に自信が持てないため野外観察の実施を躊躇するケースが多いことが挙げられる。

このような状況を改善するには、中高教師に地学的な自然を読解するという一連の体験をとおして野外観察の方法を習得させ身近な自然を教材化させることが必要である。さらに、野外観察の指導ができるようにするため、その教材を活用した野外での模擬授業を実践させ、教材や指導法について検討させる必要がある。

そこで、この研究は、野外観察を出発点に教師同士による模擬授業の実践まで行うとともに、数回の野外観察に基づいて開発した教材の検討を行い、野外観察における観察の視点、地質の解説等をまとめた教師用露頭指導セットの作製をとおして、中・高等学校における理科の野外観察の指導力向上に役立てようとするものである。

## 野外観察の指導力向上

野外観察が十分に行われていない背景には教師の指導力不足の問題がある。それは、野外学習を阻害する要因の一つとして教師を挙げている多くの先行研究の分析から明らかになった。しかし、教師の野外観察の指導力向上をどのように行ったらよいのかという方策を示した研究はほとんどない。そのような状況の中、教師教育プログラムを持つアースシステム教育に関する研究など最近取り組まれている研究を分析し、野外観察の指導力向上に関する方策について知見を述べる。

### 1 野外観察に関する先行研究

地学は地域性と歴史性に立脚した野外科学を基盤としているので、野外観察に関する先行研究は多い。それらに関する先行研究の中で地質学、理科教育について分析した。分析の結果、野外学習を阻害する要因の一つとしてほとんどの研究者が教師を挙げている点は重要である。しかし、野外観察における教師の指導力向上に関する研究は少ない。そのような状況の中、五島ほか（2005）は、理科を地球のシステムの中で学習していく総合的な科学教育であるアースシステム教育のシステム開発と教師教育プログラムを開発してきた。

野外観察に関する地質学論文の多くは地域地質の解説や野外調査法についてである。それらを理解するためにはフィールドワークの経験と地質学の知識が必要である。そのため、野外観察の指導力を必要とされる地質学専門以外の教師に、野外観察に関するそれらの論文が読まれることはほとんどない。

一方、理科教育における野外観察の論著もある。それらの大部分は野外観察適地の紹介または児童生徒を対象とした野外学習の指導実践報告であり、野外観察学習に関する教育研究は未熟である（恩藤，1991）。ましてや野外観察における教師の指導力向上の視点で研究された論文はほとんどない。

野外観察や野外学習の重要性について最初に指摘したのは、フランスの教育学者ルソー(1762)がその著「エミール」においてであるとされる(磯崎, 2004)。磯崎(2004)は野外学習の哲学的原理について、歴史的かつ比較教育的アプローチを用いて再考している。野外学習の歴史的背景、目的・目標論、方法論、学校に基礎をおくカリキュラムに関して具体的な実践例を分析し考察している。トウイス(1917)をはじめとした歴史上の何人もの研究者が野外学習を阻害(困難に)する要因として教師を指摘している。勿論、阻害要因は他にもある。オリオン(1993)は、先行研究を調査してその要因を3つに分析した。学校システムにロジスティックな限界があること(例えば、経費や安全、時間的な問題等)、適切な教授・学習材が不足していること、教師が学習環境(場)としての野外に精通していないことである。しかし、阻害要因として教師が再三にわたり指摘されているにもかかわらず、野外学習に関する教師の指導力向上の方策についての体系的な研究はほとんどなされていない。

最近になって、教師の野外観察の指導力向上を目的とした研究報告が見られるようになった。例えば、松川・林(2003)は地質分野の野外観察を実行するに際しての困難点を分析し、それを解決するための支援システムを考案した。大学・博物館・学校の間連携をボランティアでつなぎ、実習場所や指導上の専門性の不安を軽減するものである。相場(2004)は教材開発のシステムや指導法を工夫して小・中学校教師を対象にした移動教室における地学野外観察の方策と実践を紹介している。藤岡(2004)は、サイエンス・パートナーシップ・プログラム事業における教員野外研修について、研究者と教育センターとの連携(パートナーシップ)が効果的であったと報告している。

そのような状況の中、五島ほか(2005)は4年間で、物理・化学・生物・地学の学習内容を地球のシステムの中で総合的に学習していく総合的な科学教育であるアースシステム教育のシステム開発と、日本の理科教育の文脈に適した教師教育プログラムを開発してきた。アースシステム教育はアメリカで1991年に誕生した(マイヤー, 1991)。アースシステム教育は、教師自らが生徒・学校・地域の実情に応じて教材・内容・カリキュラムを開発・構成する方法を提供している。それは目標と指導方法については明示しているが教材内容については規定していない。「地域の自然(身近なアースシステム)の教材化」を中心として展開するという科学教育を奨励し、その理論的背景がシステム科学にあり、実践的で総合的な科学教育である。本物の身近な自然で理科教育(野外学習)を展開したいと考えている教師にとっては、アースシステム教育はカリキュラムや教育実践の理論的枠組みとして参考にできるものである(五島ほか, 2004)。

## 2 野外観察の指導力向上の方策

野外観察の指導力向上のためには、教師自身による身近な自然の野外観察の経験が不可欠である。なぜなら、理科の学習では本物の自然観察に基づいた学習が求められており、地域性と歴史性に立脚した地学の学習では野外科学が基盤となるからである。身近な自然の野外観察の経験とは、身近な地学的自然の観察事実を基に探究的に読解する過程をいう。そこで、身近な自然のフィールドを選定し、露頭指導資料等を提示するなどの事前指導は一切行わず本研究協力員である5名(中学校2名、高等学校3名)の教師に野外観察を実施する。野外観察の結果を基に教材化させ、野外での模擬授業の実践をとおして、教材や指導法を検討する。なお、本研究に参加できない教師のために、研究結果に基づき開発した教材を露頭指導セットとして紹介するので、拙論を参考にこれらの露頭の野外観察を中心に授業に活かせるように配慮した。

理科の学習では本物の自然体験が何よりも重要であり(例えば、下野(1987)、秦ほか(1994))

など)、直接、野外に出て行う本物の自然事物・現象の観察に基づいた学習が求められている。日置(2006)は理科の学力とは自然を読解する力であり、自然を読解するとは、野外で、例えば地層を総合的に観察でき、推論でつなげ、より妥当な認識に深めていくことと断言している。つまり、理科の学力は野外での学習をとおして高められるものである。これらの考え方は、学習指導要領にも反映され、地学領域に「野外観察を行い」というように明文化されている。

教師が参加できる博物館主催等の身近な自然の野外観察会では地質案内や事前指導の地質解説資料を用いて、1日程度で実施されることが圧倒的に多い。この方法では、野外における地質学の知識の断片は得ることはできるが、観察する視点に気が付き、観察結果から本物の自然を読解していくという探究体験を図ることは極めて難しい。このことは理科を指導できるようになるための野外観察の方法を示唆している。つまり、野外観察をとおして理科を指導するとは、自然を読解する過程「疑問を解くための観察の視点を持って観察し、観察結果から考察を経て自然事象の原理・法則に気が付く」という一連の過程を教師が経験しており、なおかつ、その過程を生徒にも体験させるような教材化を図ることと換言できる。

したがって、野外観察の指導力向上のためには地質案内や露頭指導資料を最初に教師に提示するのではなく、まず、教師自身に自然の野外観察を行わせ、疑問を持たせ探究させる必要がある。そのためには、恩藤(1991)が示した地学教育における野外観察学習の新しい方策が参考になる。具体としては、以下の4点である。事前指導は、日程等にとどめる。観察対象は予め選定しておく。観察の視点の指示は明確に示す。現地では観察課題は細かく示さない。本研究では具体的なフィールドを花巻地域から選定し、身近なフィールドワークを中心に自然を読解するという体験をとおして教師自らが生徒・学校・地域の実情に応じて教材を開発・構成する方法を提供する。実際に教師が野外で他の研究協力員に説明し、模擬授業をとおし教材や指導案を検討し授業で指導できる段階まで高める野外実習を組む。

なお、本研究の研究協力員は5人である。野外観察において1人が指導できる人数は限られる。トウイス(1917)は、一般に1人の教師が担当できるのは25人から35人としている。クラーク(1932)は理想的な人数として、1グループ6人から7人を指摘している(磯崎, 2004)。これまで教師1人が指導できる子どもの数は多くの研究者が論議しているが、研究者1人が指導できる教師の人数に関しては言及していない。研究協力員5人はクラークの研究からも妥当といえる人数である。

## 野外観察と教材化

野外観察は北上川の支流で花巻市石鳥谷町を奥羽山脈から東へ流れる葛丸川流域で実施した。葛丸川は宮沢賢治の作品「樺ノ木大学士の野宿」の舞台である。葛丸川沿いには作品に記載されている蛋白石(オパール)を産出する露頭がある。花巻地域の地形・地質について現在までの知見を概説する。

教材化は研究協力員の協力を得て2段階で行った。その段階は順に、野外観察に基づいて研究協力員が野外の模擬授業で活用する教材、その教材を参考に検討を加えて筆者が作製した教師用露頭指導セットである。

### 1 花巻地域の地形・地質

岩手県花巻市は西の奥羽山脈と東の北上山地に挟まれた北上低地帯のほぼ中央に位置する。奥羽山脈から葛丸川・瀬川・豊沢川などが東へ流下し、北上山地から稗貫川・猿ヶ石川などが西へ

流下し、すべての河川が北上川へ合流する。奥羽山脈から流下する河川は扇状地性の河岸段丘面を形成する。北から南へ流れる北上川の流路は、奥羽山脈から流下する支流に押しやられるようにして北上低地帯東側の北上山地沿いへ寄っている。

これらの形成された地質時代は、北上山地が最も古く北上低地帯が最も新しい。北上山地は古生代や中生代、奥羽山脈は新生代の第三紀、北上低地帯が新生代の第四紀の地層や岩石からなる。北上低地帯西縁の奥羽山脈山麓には活断層が発達し、地形や地層に変形を与えている。

ここでは、花巻地域の地形・地質についての研究史を述べた後、奥羽山脈山麓から流下する葛丸川流域の地形・地質について簡単に説明する。

#### (1) 花巻地域の地形・地質に関する先行研究

花巻地域の地形・地質については、イギリス海岸と命名した北上川右岸で宮沢賢治が発見したバタクルミの化石を紹介した早坂（1926）をはじめとして、早川ほか（1954）、木下・岩井（1966）、照井（2002）、岩手県花巻市教育委員会（2002）などの報告がある。北上山地には先第三系が、奥羽山脈から北上低地帯にかけては新第三紀中新世から鮮新世・更新世の地層が分布している。奥羽山脈と北上低地帯の境には活断層が分布していることは古くから知られていた（辻村（1932）、富田（1951）、Nakata（1976）、渡辺ほか（1991）、活断層研究会（1991）、照井ほか（1993）、茂庭・照井（2004）など）。

このように花巻地域には、海底火山噴出物と浅海性生物の化石、温泉、ゾウの足跡化石、河岸段丘や火山噴出、第四紀降下火山灰層、北上川や豊沢川の堆積物、活断層などの地学的自然が報告されている。

#### (2) 葛丸川流域の地形・地質

葛丸川は花巻市石鳥谷町を東へ流下している。奥羽山脈の青ノ木森（標高831m）付近を源流として北上川に注ぐ長さ17km余りの支流である。平成3年、上流に葛丸ダムが完成した。ダムから下流は葛丸溪谷と呼ばれ、一ノ滝、三ツ鞍山、冬に滝が凍りその氷柱の太さで米の作柄を占うたるし滝など美しい風景が見られる。

葛丸ダムは滝名川をせき止めた山王海ダムと北の山を隔てて2本のトンネルで連結されており、需要に応じて水のやりとりができる。葛丸ダムサイトには宮沢賢治の詩碑がある。宮沢賢治が大正7年に地質調査のために訪れ、地質図作製のため調査したルートマップが現存する地域でもある。葛丸川に最初に入った賢治は3日間の野宿をして地質調査を行った。その時にモデルとして描いた作品が「檜ノ木大学士の野宿」である。

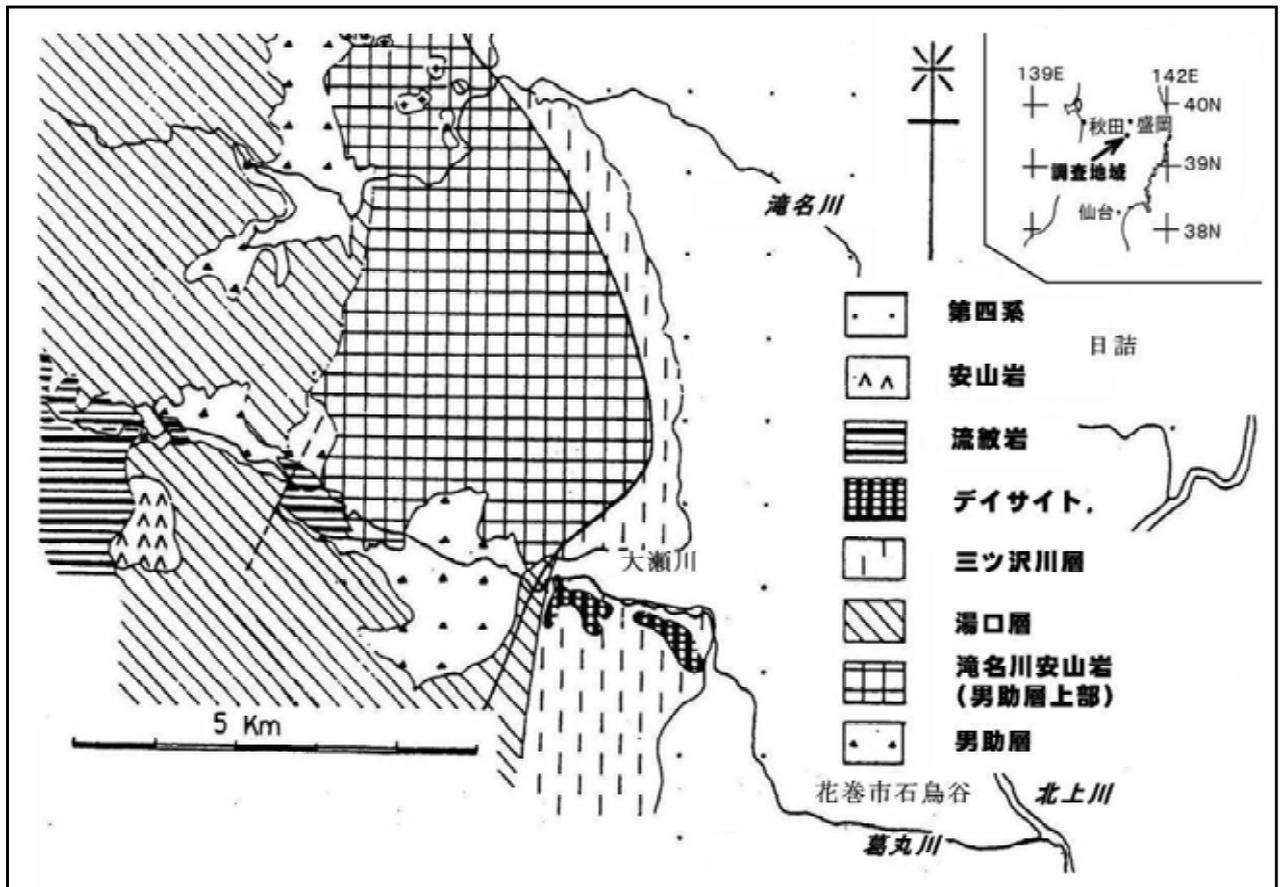
葛丸ダム湖周辺から下流の葛丸川流域の地質調査を行った。その結果を図1に示す。地質層序は下位から新第三紀中新統<sup>おすけそう</sup>男助層、滝名川安山岩、湯口層、第四紀更新統三ツ沢川層である。西側には男助層と同じ時代に噴出したと見られる流紋岩が分布する。

男助層は、緑色安山岩質火山礫凝灰岩、デイサイト質火山碎屑岩からなる。本層は塊状無層理で、層理を示す湯口層と伴って分布する。上部に滝名川安山岩を伴う。

滝名川安山岩は、産状は溶岩或いは貫入岩、岩相は輝石安山岩、輝石安山岩質火山角礫岩からなる。基質中に玉髄・蛋白石・石英・瑪瑙（メノウ）・沸石などを生じる。

湯口層は、砂質凝灰岩、火山礫凝灰岩、軽石凝灰岩、塊状の凝灰岩などの互層からなる。本層基底は礫岩質で、滝名川安山岩を取り巻くように礫岩が発達する。走向は水平に近いが石鳥谷町大瀬川の志和断層付近では急傾斜となり、変形を受けている。

三ツ沢川層は、湯口層を不整合に覆い、礫岩と凝灰岩からなり亜炭層を挟む。志和層、岩崎



【図1】 調査位置図と葛丸川流域地質図（照井2002を編集）

新田層と呼ばれる地層に対比できる。なお、本地域を含めて北上低地帯の鮮新 - 更新統の層序学的研究は著しく遅れており（大石・木下，2002）、文献等を調べても地層の分布や地層名が統一されていない。本論は、照井（2002）によったが、一部名称等を改めている。地質年代等の吟味や根拠等については割愛するが、大石・木下の議論は参考になる。

## 2 野外観察

野外観察は、週休日に研究協力員の教師5名を対象に花巻市石鳥谷町葛丸川流域にて数回実施した。講師は、本地域の地質に詳しい照井一明氏（大東高等学校副校長）にお願いした。事前に露頭を選定しその露頭にて野外観察を行った。観察から抱いた疑問点は野外にて解決の方策を探り、研究協力員同士で議論しながら観察結果から結論を導かせるという探究過程を重視した。この探究体験を生かし所属校で授業をする際の探究活動を基本にした野外学習教材と指導案を作成させ模擬授業を実施した。

### (1) 野外観察露頭の選定

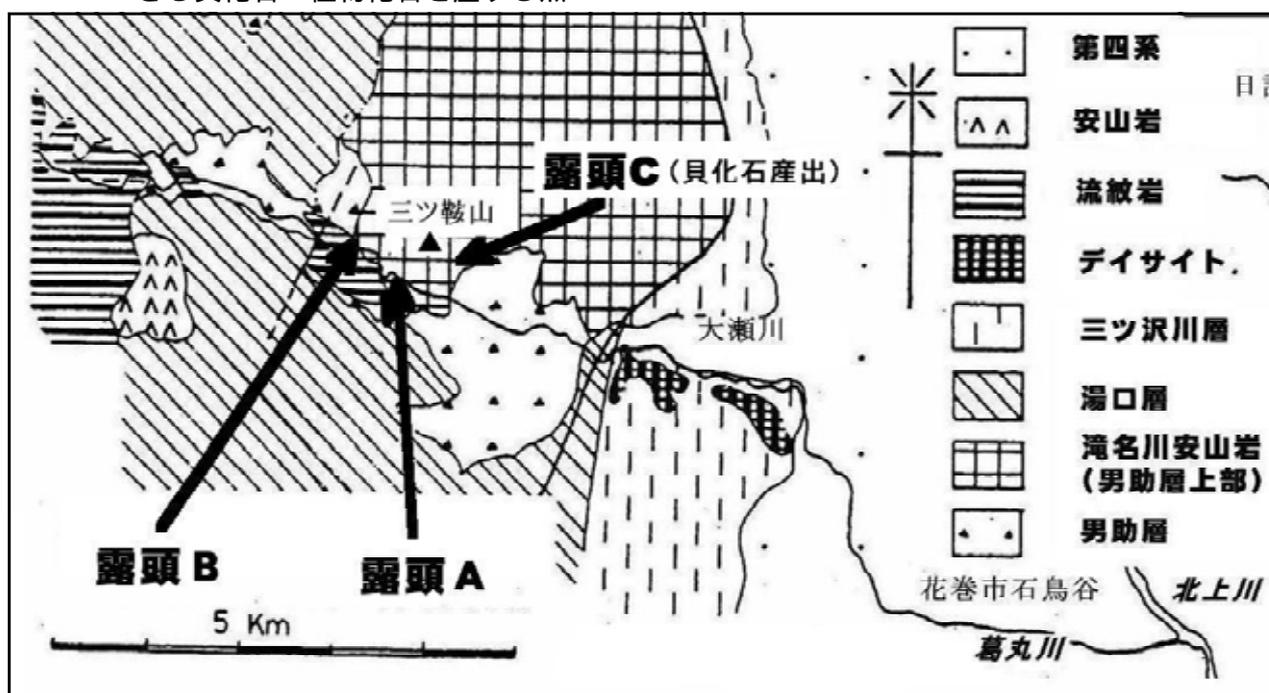
野外観察露頭の選定は、第一に教師の探究活動に適した教育的機能が備わっていること、第二に中学校や高等学校の理科科目で多面的・総合的な教材化に適していることを重視した。野外観察の成否は、野外での観察対象（露頭）の選定にかかっている。地学の学習指導では、地学的空間の認知において空間的枠組みの形成に発展する事象を選定し、学習者に提示することが教師の最大の役割であり、この種の教材研究が最重要課題である（恩藤，1991）。

教師の探究活動に適した教育的機能が備わっている露頭として、教師が観察すると多くの疑問を持つと期待できる葛丸川流域の露頭Aと露頭Bの2カ所を選定し研究協力員に提示した。予想される多くの疑問とは、岩体の岩石名、蛋白石の産状、岩体と蛋白石等の鉱物の成因、岩

体の生成場所・時代などである。露頭Aは蛋白石を産する安山岩溶岩（滝名川安山岩）の露頭（研究協力員には「蛋白石を産する岩体の露頭」と提示）、露頭Bはその安山岩溶岩の末端で上下の地層の関係が観察できる露頭（研究協力員には「露頭Aの岩体を横へ追跡した露頭」と提示）である（図2）。観察のねらいは、露頭Aでは蛋白石等の鉱物の産状を観察して安山岩溶岩と蛋白石等の鉱物の成因の考察、露頭Bでは安山岩溶岩生成当時の環境の推定である。

露頭Aと露頭Bは次の4点の理由から、疑問を解決する手掛かりとなる事象を内在している、教師の探究活動に最適の露頭である。

- ・露頭Aでは蛋白石を産する岩体の産状を観察でき、産状を比較すると成因を推定できる露頭が露頭Aのすぐ近くにある点
- ・露頭Aより高い標高の露頭Cでは蛋白石を産する岩体の上部から示準・示相化石としての貝化石が産出する点
- ・露頭Aの蛋白石を産する岩体を横へ追跡すると露頭Bでは岩相が変化する点
- ・露頭Bでは露頭Aの岩体の上下にある地層を観察でき、下の地層から当時の環境を推定できる貝化石・植物化石を産する点



【図2】 観察露頭の位置

この露頭を選定した2つ目の理由は、高等学校地学、中学校や高等学校の理科科目における多面的・総合的な教材化に適していることである。選定した露頭の花巻市葛丸川流域は、宮沢賢治の作品「樺ノ木大学士の野宿」の舞台である。葛丸川の景観は、郷土を代表する偉人のかつて見た世界であり、地質調査の対象であり、作品のモデルとなったことは前述した。この美しい景観と宮沢賢治は、地学から切り離せない事象と人物である。生徒に地域の自然を観察させた場合、生徒の興味は地層だけでなく、五感で感じるすべての事象に、或いは、その生徒が既に興味・関心を持っている文学や歴史など他教科の関連した知識に広がる。景観の美しさ、木々や花の香り、宮沢賢治作品、宮沢賢治の生き方、ダムを造った技術の発展や人間活動の影響、水の三作用と地形、地形や地層に秘められた時間、地層の空間的広がりなど多くの事象や関連した知識を挙げるができる。このような視点に気がついている教師は、身近な自然を

教材化するとき、多面的・総合的な捉えが可能となる。生徒にとって興味・関心がある話題が盛り込まれ、より科学の本質に近づく興味を持たせる教材化と展開プランを開発できる。

これらの考え方に近い、システムとして体系化された総合的科学教育がある。アースシステム教育である。アースシステム教育には惑星としての地球のシステムに関連する7つの理解目標とより具体的な下位目標によって構成されている。7つの理解目標のキーワードを挙げると、美しい地球 人間の影響 科学技術の進歩 システム 時による変化 大きい空間 興味・職業である。例えば、の美しい地球の下位目標は、次の3点から構成される。美しさと価値は文学や芸術をとおして表現される点、サブシステムを理解すると惑星地球に関する鑑賞力を高めることができる点、地球のサブシステムに対する責任ある行動をとおして鑑賞力を明確化できる点である。アースシステム教育の指導方法は、Project2061 (AAAS, 1989) や全米科学教育スタンダードの提案方法に基づいている。科学的リテラシーを身につけることを目的とした指導方法は、科学的探究の方法や科学的価値観と一貫する。答えが用意されている問題よりは、ある自然現象に関する疑問や発見で学習を始め、仮説を立てて、証拠を集め、調査を企画するような、生徒の興味や創造性を喚起することに重点を置いた指導法でなくてはならない(五島ほか, 2004)。

## (2) 野外観察実習とその分析

本研究の目的である野外観察を指導できる教師を育成するには、教師を直接野外に出させて行う、本物の自然事物・現象の観察に基づいて自然を読解する力を育成する実習が必要である。自然を読解するために、教師の野外学習において観察に基づいた探究の過程を取り入れた。つまり、疑問(課題)、観察、仮説、仮説の検証のための観察・実験、仮説の棄却または修正、新たな仮説の検証のための観察・実験、考察、結論という過程である。野外実習プログラムの一例として露頭Aでの葛丸川における蛋白石の産状の観察と成因の考察について紹介する。

檜ノ木大学士が採集を依頼された蛋白石は、葛丸川一の滝の左岸にそそり立つ三ツ鞍山の麓の部分に観察される(図2 露頭A)。葛丸川の河床にも観察される。安山岩からなる角礫岩状の溶岩である(図3)。火山碎屑岩と呼ばれ、この岩体は葛丸川から三ツ鞍山



【図3】露頭A (蛋白石を産する安山岩溶岩)



【図4】火山角礫岩と蛋白石の産状

の頂上まで200mの比高を持つ。この火山碎屑岩に伴って、蛋白石、玉随、瑪瑙、石英(水晶)、輝沸石、方沸石が生じている。

観察の際、研究協力員に どのようなところで蛋白石はできており、蛋白石を含めた鉱物はどのような配列になっているかという2つの観察の視点を与えた。十分な観察時間を保障し、お互いに議論しながら次の結論を導いた。

蛋白石は火山角礫岩の隙間にできている(図4)。

全種類の鉱物がそろって晶出しているわけではないが周辺から中心に向かって、玉随、瑪瑙、

蛋白石、水晶または輝沸石（図5）の順になっている。  
玉髄だけのものもある。  
観察結果からの考察である。

海底で噴出した安山岩溶岩が角礫岩状に割れながら海底を移動しこの火山角礫岩ができた。その後、火山角礫岩の隙間に珪酸分に富んだ熱水が入り蛋白石などを晶出したと考えられる。

晶出順には規則性が認められ、隙間（晶洞）に周辺から結晶していったであろう。つまり、観察結果である玉髄、瑪瑙、蛋白石、水晶または輝沸石の順である。

さらに、この仮説を確かめるため、については、同じ火山角礫岩でもほとんど蛋白石などが晶出していない露頭を観察して比較し、については、最初に晶出する玉髄のみのものが見られることに疑問を抱き、熱水から結晶分化する過程を矛盾無く説明できる観察データを集めた。

その結果と結論である。

蛋白石などが晶出していない露頭では、火山角礫岩の直径が2倍以上大きいこと、安山岩に含まれる斜長石の結晶が大きいことが観察された。このことから、安山岩溶岩の中心部により近い部分でありゆっくり冷えたため隙間が少なく熱水の通路を確保できなかったという結論に達した。

新たな仮説を立てた。鉱物の晶出順序が観察できたのはある程度の大きさを持った晶洞である（図6）。閉ざされた晶洞では一つの場所で鉱物が順にでき露出した一つの場所で観察できる可能性が高い。開かれた狭い空間では順にできた鉱物は次から次へと移動しながら形成されるため、露頭ではその一部しか観察できない。したがって、面状に入り込んでいる脈を観察すれば、玉髄から瑪瑙や蛋白石に変化している様子が観察できる。この考えに基づき、露頭の該当する部分を観察したところ証拠となる事実を捕まえることができ、仮説は検証された（図7）。

このように、蛋白石の観察は、本源マグマから順に結晶が分化し火成岩ができるという結晶分化作用（ポーエン、1928）に発展できる。身近な自然を対象にしているものの、蛋白石の産状を探究的に詳しく観察するとグローバルなアースシステムが捉えられる。教材化の視点を示す意味でも意義が大きい。

### (3) 野外での模擬授業の実践とその分析・考察

野外での模擬授業の実践は、探究過程を重視した花巻市葛丸川流域の野外観察を経て、5人の研究協力員の具体的な授業プランを模擬授業実践を経て示された。具体的には、宮沢賢治の作品「檜ノ木大学士の野宿」の舞台としての現地検証、葛丸川における蛋白石の産状と成



【図5】蛋白石と輝沸石



【図6】晶洞での鉱物の産状  
（周辺から玉髄，蛋白石，輝沸石）



【図7】面状の脈での鉱物の産状  
（玉髄から蛋白石への変化）

因、安山岩の溶融実験と成因、安山岩溶岩の上部火山灰から採取した化石とその意義、葛丸川流域の地質図の描き方の5つの授業プランである。これらは、葛丸川流域を対象とした野外観察を想定して作成させたもので、中学校、高等学校ともに担当学年や担当科目によっては、授業実践が難しい場合もあり、今年度授業で即活用するという目標ではなかった。作成した授業プランに基づいて野外にて教師同士での模擬授業を実施して、教材を検討するのがねらいである。従来実施されていた指導者が説明に終始し実習者がメモを取るのに追われた野外実習を改め、被指導者である教師自らが授業を組み立て模擬実践をとおして体験する必要性を第一に重視した。

その結果、以下に述べるように現在の勤務校で野外学習の授業を実践した例も表出した。教職経験2年目の若い教師である。指導案を作成し、野外にて授業実践して、その結果を検討している。この例は、本研究のねらいである野外観察の指導力向上に関するゴールの姿である。

図8の高等学校地学にて実際に授業を実践した例を紹介する。高等学校全日課程総合学科自然系列の地学にて、選択者3名を対象に4回の野外学習を実施した。テーマは「葛丸川と地球」であり、郷土自然の観察から自然をアースシステム教育の視点から捉え直し、地球の歴史と地球規模の地学的出来事を捉えさせることをねらいとした。

地学Ⅰ 野外調査実習 ～葛丸川の古環境推定を目指して～		地学Ⅰ 野外実習 授業指導案																																																																																													
<p>1. 対象生徒: 自然系列 地学Ⅰ 選択者 全3名</p> <p>2. 実習概要: 教科書の内容は、総合的な地球科学を断片的にとらえ、システムとしてとらえにくい。内容を発展させ、系統的に地球をとらえて行くために、実物を見て想像していくことが大切である。</p> <p>3. 目標: ・郷土の自然を利用することで、郷土自然を学ぶと共に、視点を地球規模に広げて想像していく。 ・古環境と今の関わりから、文字的な視点を身に付ける。 ・古環境を推定する時に、豊かな想像力で、調査地に居る時に目をつむれば、そこに古環境が浮かんでくるようになって欲しい。</p> <p>4. 手段: ① 葛丸川流域の、古環境を推定するために、アースシステムに基づいたテーマを決定する。 ② メインテーマは、「葛丸川と地球」とする。 ③ 野外実習ノートを作成し、その日ごとに視点を定め、気がついたことを記入させる。 ④ 各テーマ毎に担当者を決めて、最終日にテーマから古環境について分かることを現地でも説明してもらう。</p> <p>5. 行動時間: 1・2時間目の時 朝SHR前 着替え 8:50 出発 9:10 現地到着 9:20 調査開始 10:20 調査終了 10:40 学校着 3・4時間目の時 着替え 10:45 出発 11:00 現地到着 11:20 調査開始 12:40 調査終了 13:00 学校着(車内で昼食)</p> <p>6. 目標と内容: 11月 2日(木) 事前実習: ・橋の本木大学士を読んで、地学的な視点で執筆していることに注目させる。 ・アースシステムアイデア表から、各分野のテーマを考える。 11月 9日(木) 野外実習1日目(60分): 岩石・鉱物結晶の露頭観察2カ所 11月10日(金) 野外実習2日目(80分): 貝化石の調査 11月16日(木) 野外実習3日目(60分): 川底の岩石・鉱物結晶観察 11月17日(金) 野外実習4日目(80分): 橋の本木大学士の視点で古環境を推定 11月24日(金) 授業は自習(レポート作成)</p> <p>7. 持ち物: 野外調査の履装: ①帽子 ②防寒着(ポケットがあると便利) ③軍手 ④長ズボン ⑤長靴 ⑥スケッチ台帳(ノート) ⑦リュックサック(ハンマーや岩石を入れます) その他の持ち物: ①新聞紙(岩石を包む用) ②厚ビニール袋(岩石包む用) 資料: ①地形図 ②変項 ③野外実習ノート ④橋の本木大学士 本文(宮沢賢治)</p> <p>8. 評価方法: 野外実習ノートの内容、および最終レポートで評価を行う。</p>		<p>科目 地学Ⅰ 単位数 4 担当教員 小野寺弘幸 実習場所 葛丸川流域</p> <p>対象生徒 地学Ⅰ 選択者3名 授業時間 2時間連続(100分) 移動手段 自転車(15分)</p> <p>生徒像 授業は真面目に受け、教科書の内容はある程度理解しているが、システムとして捉えることは出来て無く、自分から発想することは難しい。野外実習で、各個人の発想力を身に付けさせたい。</p> <p>授業概要 ① 系統的に地球をとらえて行くために、野外実習を行い、古環境を想像していくことが大切である。葛丸川の自然を利用することで、郷土自然を学ぶと共に、視点を地球規模に広げて想像していく。事前学習 橋の本木大学士を読んで、地学的な視点で執筆していることに注目させる。 1日目 岩石を観察することで、どのような環境があったかを推定する。 2日目 化石を採取して測定することで、古環境を推定する。 3日目 岩石と鉱物結晶の分布から、古環境を推定する。 4日目 今まで観察してきた事から、古環境を推定し、宮沢賢治の想像力を育成する。</p> <p>1日目</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>時間(分)</th> <th>学習活動</th> <th>指導上の留意点</th> <th>評価方法</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5</td> <td>第一議題 ・調査地の概要紹介と移動。 ・岩石部とマトリックス部が明確に分かる、良好なサンプルを採取させる。</td> <td>・宮澤賢治に関連させる。 ・ハンマー・たがねの使い方・注意点を説明する。</td> <td>野外ノートの記録を別紙の評価表で評価する</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>・サンプルを採取した後、「鉱物の大きさ」に注目させスケッチを取らせる。</td> <td>・目印の鉱物まで、確認させる。 ・マトリックス部に、良好な鉱物が合った場合、採取しておく。</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>次の露頭場所へ移動</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>第二議題 ・岩石部とマトリックス部が明確に分かる、良好なサンプルを採取させる。</td> <td>・岩石が硬いので、破片が目に入らないように注意する。</td> <td></td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>・第一露頭で採取した岩石に含まれる鉱物と、第二露頭で採取した岩石の鉱物の大きさを計測する。</td> <td>・ノギスを用いて、正確に計測させる。</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>・鉱物の大きさ比較から、古環境の何が分かるかを考えさせる。</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>2日目</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>時間(分)</th> <th>学習活動</th> <th>指導上の留意点</th> <th>評価方法</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20</td> <td>・化石採取地まで移動する間、地層の変化を説明する。</td> <td>・崩壊岩層で、化石が取れる理由を話し、古環境想像を促進</td> <td>野外ノートの記録を別紙の評価表で評価する</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>・調査地で、注意事項を説明する。</td> <td>・急斜面のため、上下作業禁止 ・足場の確保の仕方。</td> <td></td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>・化石の採取を行う。</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>・採取した化石を、梱包する。</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>・採取した化石について、説明しながら下山する。</td> <td>・足下に注意する。</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>3日目</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>時間(分)</th> <th>学習活動</th> <th>指導上の留意点</th> <th>評価方法</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10</td> <td>・河川へ移動する。</td> <td>・滑りにくい場所を移動する。</td> <td>野外ノートの記録を別紙の評価表で評価する</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>・河川を歩きながら、岩石の関連に関連する鉱物に着目させる。</td> <td>・関連の向き方に注目させる。</td> <td></td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>・良好なサンプルを採取する。</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>・鉱物を、観察させスケッチを取らせる。</td> <td>・ルーペを使用し、鉱物の微細な変化を捉える。</td> <td></td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>・鉱物の向きが違う理由を、結晶分化作用に関連して考えさせる。</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>4日目</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>時間(分)</th> <th>学習活動</th> <th>指導上の留意点</th> <th>評価方法</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30</td> <td>・今まで観察してきた地点を地形図に落とし、距離・標高等、地理的感覚を確認する。</td> <td></td> <td>野外ノートの記録を別紙の評価表で評価する</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>・橋の本木大学士の、第一夜を読み、宮澤賢治が触れた葛丸川流域の地質的特徴を確認する。</td> <td></td> <td>数十年前の、古環境を想像して、描写して表現する。</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td></td> <td>・調査したのだけでは、データ不足なので、古環境推定に役立つ情報を考える。</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		時間(分)	学習活動	指導上の留意点	評価方法	5	第一議題 ・調査地の概要紹介と移動。 ・岩石部とマトリックス部が明確に分かる、良好なサンプルを採取させる。	・宮澤賢治に関連させる。 ・ハンマー・たがねの使い方・注意点を説明する。	野外ノートの記録を別紙の評価表で評価する	15	・サンプルを採取した後、「鉱物の大きさ」に注目させスケッチを取らせる。	・目印の鉱物まで、確認させる。 ・マトリックス部に、良好な鉱物が合った場合、採取しておく。		5	次の露頭場所へ移動			15	第二議題 ・岩石部とマトリックス部が明確に分かる、良好なサンプルを採取させる。	・岩石が硬いので、破片が目に入らないように注意する。		10	・第一露頭で採取した岩石に含まれる鉱物と、第二露頭で採取した岩石の鉱物の大きさを計測する。	・ノギスを用いて、正確に計測させる。		5	・鉱物の大きさ比較から、古環境の何が分かるかを考えさせる。			時間(分)	学習活動	指導上の留意点	評価方法	20	・化石採取地まで移動する間、地層の変化を説明する。	・崩壊岩層で、化石が取れる理由を話し、古環境想像を促進	野外ノートの記録を別紙の評価表で評価する	5	・調査地で、注意事項を説明する。	・急斜面のため、上下作業禁止 ・足場の確保の仕方。		30	・化石の採取を行う。			5	・採取した化石を、梱包する。			20	・採取した化石について、説明しながら下山する。	・足下に注意する。		時間(分)	学習活動	指導上の留意点	評価方法	10	・河川へ移動する。	・滑りにくい場所を移動する。	野外ノートの記録を別紙の評価表で評価する	15	・河川を歩きながら、岩石の関連に関連する鉱物に着目させる。	・関連の向き方に注目させる。		15	・良好なサンプルを採取する。			10	・鉱物を、観察させスケッチを取らせる。	・ルーペを使用し、鉱物の微細な変化を捉える。		10	・鉱物の向きが違う理由を、結晶分化作用に関連して考えさせる。			時間(分)	学習活動	指導上の留意点	評価方法	30	・今まで観察してきた地点を地形図に落とし、距離・標高等、地理的感覚を確認する。		野外ノートの記録を別紙の評価表で評価する	20	・橋の本木大学士の、第一夜を読み、宮澤賢治が触れた葛丸川流域の地質的特徴を確認する。		数十年前の、古環境を想像して、描写して表現する。	30		・調査したのだけでは、データ不足なので、古環境推定に役立つ情報を考える。	
時間(分)	学習活動	指導上の留意点	評価方法																																																																																												
5	第一議題 ・調査地の概要紹介と移動。 ・岩石部とマトリックス部が明確に分かる、良好なサンプルを採取させる。	・宮澤賢治に関連させる。 ・ハンマー・たがねの使い方・注意点を説明する。	野外ノートの記録を別紙の評価表で評価する																																																																																												
15	・サンプルを採取した後、「鉱物の大きさ」に注目させスケッチを取らせる。	・目印の鉱物まで、確認させる。 ・マトリックス部に、良好な鉱物が合った場合、採取しておく。																																																																																													
5	次の露頭場所へ移動																																																																																														
15	第二議題 ・岩石部とマトリックス部が明確に分かる、良好なサンプルを採取させる。	・岩石が硬いので、破片が目に入らないように注意する。																																																																																													
10	・第一露頭で採取した岩石に含まれる鉱物と、第二露頭で採取した岩石の鉱物の大きさを計測する。	・ノギスを用いて、正確に計測させる。																																																																																													
5	・鉱物の大きさ比較から、古環境の何が分かるかを考えさせる。																																																																																														
時間(分)	学習活動	指導上の留意点	評価方法																																																																																												
20	・化石採取地まで移動する間、地層の変化を説明する。	・崩壊岩層で、化石が取れる理由を話し、古環境想像を促進	野外ノートの記録を別紙の評価表で評価する																																																																																												
5	・調査地で、注意事項を説明する。	・急斜面のため、上下作業禁止 ・足場の確保の仕方。																																																																																													
30	・化石の採取を行う。																																																																																														
5	・採取した化石を、梱包する。																																																																																														
20	・採取した化石について、説明しながら下山する。	・足下に注意する。																																																																																													
時間(分)	学習活動	指導上の留意点	評価方法																																																																																												
10	・河川へ移動する。	・滑りにくい場所を移動する。	野外ノートの記録を別紙の評価表で評価する																																																																																												
15	・河川を歩きながら、岩石の関連に関連する鉱物に着目させる。	・関連の向き方に注目させる。																																																																																													
15	・良好なサンプルを採取する。																																																																																														
10	・鉱物を、観察させスケッチを取らせる。	・ルーペを使用し、鉱物の微細な変化を捉える。																																																																																													
10	・鉱物の向きが違う理由を、結晶分化作用に関連して考えさせる。																																																																																														
時間(分)	学習活動	指導上の留意点	評価方法																																																																																												
30	・今まで観察してきた地点を地形図に落とし、距離・標高等、地理的感覚を確認する。		野外ノートの記録を別紙の評価表で評価する																																																																																												
20	・橋の本木大学士の、第一夜を読み、宮澤賢治が触れた葛丸川流域の地質的特徴を確認する。		数十年前の、古環境を想像して、描写して表現する。																																																																																												
30		・調査したのだけでは、データ不足なので、古環境推定に役立つ情報を考える。																																																																																													

【図8】 研究協力員の授業プラン(高等学校地学)

1日目は、図2露頭Aと露頭Bの観察、2日目は貝化石産出露頭の観察、3日目は露頭Aの下の河床で鉱物の晶出順の観察、4日目は橋ノ木大学士の視点で古環境を推定させている(図9)。授業者が最も重視した点は、生徒が古環境を想像できるように情報を与えずに観察から分かる事実だけで分析させたことと断言している。そして、次のような感想を挙げている。

「野外に出て、本物の露頭や化石を見つけることが『本来の学ぶ』ということだと実感できた。生徒だけではなく自分自身が地球をシステムとして捉えるための勉強になった。」

### 3 教師用露頭指導セットの開発

教師用露頭指導セットは研究協力員の作成した教材を検討して筆者が開発した。専門以外の本研究に参加できなかった教師が野外で指導できるようにするのがねらいである。教師用露頭指導セット（茂庭・照井，2006）とは、野外観察の手引き 露頭写真 スケッチと地質解説 ワークシート（生徒用と教師用）の4つをまとめたものをいう。詳しくは茂庭（2006）を参考にしてもらいたい。



【図9】 露頭Bの写真（小槍沢橋付近）



【図10】 露頭Bの露頭スケッチと地質解説

このうち、露頭写真の例（図9）、スケッチと地質解説の例（図10）を示した。スケッチは、露頭写真と同一の露頭のもので、図10のように観察する際の視点、岩石・地層の名称や解説、観察から判明する解釈等をスケッチ上に直接記載したものである。

## 研究の成果と課題

野外観察の指導力向上に関する研究成果として次の4点が挙げられる。

中高教師に身近な地学的自然を読解するという一連の体験をとおして野外観察の方法を習得させるためには、事前に露頭の資料などを提示せず、疑問、野外観察、仮説の設定、野外観察や実験による仮説の検証、疑問の解明という科学的な方法が有効である。

この科学的方法は「地域の自然の教材化」を中心として展開するという科学教育を奨励し、その理論的背景がシステム科学にある実践的で総合的な科学教育であるアースシステム教育の教師教育プログラムに当てはまる。

宮沢賢治の「榎ノ木大学士の野宿」の舞台である花巻市葛丸川流域の野外観察における指導力向上に関する野外実習の方法、中高5人の研究協力員による具体的な授業プランを模擬授業実践を経て示すことができた。具体的には、宮沢賢治が創造した「榎ノ木大学士の野宿」の舞台としての現地検証、葛丸川における蛋白石の産状と成因、安山岩の溶融実験と成因、安山岩溶岩の上部火山灰から採取した化石とその意義、葛丸川流域の地質図の描き方である。

葛丸川をフィールドにして教師用露頭指導セットを作製できた。具体的には野外観察の手引き、露頭写真、スケッチと地質解説、ワークシート（生徒用と教師用）の4つである。

今後の課題としては、研究協力員の授業実践結果を追跡すること、小学校教師の野外観察の指導力向上に関する研究を行うことである。

【謝辞】本研究内容に関して研究協力員の方々には多くのご教示をいただいた。ここに記して謝意を表します。

## 【引用文献】

- 相場博明，2004：移動教室における地学野外観察の方策と実践．地学教育，**57**，161-173
- Bowen,N.L., 1928：The evolution of the igneous rocks．Princeton University Press,Princeton. 334.
- Clark,F.R., 1932：Field trips for large classes.*SSM*, **32**, 82-84.
- 五島政一，2001：理科を中心とした総合的な学習の展開．理科の教育，**49**，東洋館出版社，30-33
- 五島政一・下野 洋・熊野善介・Victor J.MAYER，2004：「アースシステム教育」の日本での検討と実践．地学教育，**57**，183-201．
- 五島政一ほか，2005：アースシステム教育の国際比較研究に基づいた教育システムの開発に関する実証的研究 - 平成13年度～16年度科学研究費補助金（基礎研究B（2））研究成果最終報告書 - ．国立教育政策研究所，472．
- 秦 明德編，1994：地学的自然の学習構想とその実践 - 子どもの認識と地域素材を結ぶ - ．東洋館出版，1-197．
- 早坂一郎，1926：岩手縣花巻町産化石胡桃に就いて．地学雑，**38**，55-65．
- 早川典久，1951：岩手県奥羽山山地東縁部の地体構造に関する一考察，岩石鉱物鉱床学会誌，Vol.35

- 早川典久・舟山裕士・斎藤邦三・北村 信, 1954: 岩手県北上山地西縁より脊梁山地に亘る地域の第三系の地質, 東北鉱山学誌, 10, 1-97.
- 日置光久, 2006: 感性をはぐくみ論理をつくる理科教育. 初等理科教育, 40, 52-53
- 藤岡達也, 2004: サイエンス・パートナーシップ・プログラム事業における教員野外研修について - 研究機関と研究者との新たな連携構築の観点から -, 地学教育, 57, 203-216
- 磯崎哲夫, 2004: 野外学習の歴史的・哲学的研究 - わが国の実践に向けての基礎づけ -. 地学教育, 57, 111-123.
- 岩手縣, 1944; 岩手縣地質説明書
- 岩手県花巻市教育委員会, 2002: (仮称)花巻市博物館建設敷地内より産出した足跡化石. 花巻市教育委員会博物館建設推進室調査研究報告書, 第1集. 1-95.
- 金子史朗, 1955: 盛岡断層群に就いて, 地理評, 24
- 活断層研究会編, 1991: [新編]日本の活断層. 東京大学出版会.
- 木下 尚・岩井淳一, 1966: 岩手県花巻市西部の鮮新更新両統(予報). 地球科学, 87, 13-20.
- 北村 信, 1959: 東北地方における第三紀造山運動について - 奥羽脊梁山脈を中心にして -. 東北大学理学部地質学古生物学教室研究邦文報告, 49, 1-98.
- 松川正樹・馬場勝良・林 慶一・田中義洋, 1994: 地質の野外実習教材の開発の視点. 地学教育, 47, 99-109.
- 松川正樹・林 慶一, 2003: 地質の野外観察支援システムの構築. 地学教育, 56, 61-67.
- Mayer, V. J., 1991: *Earth Systems Education, Origins and Opportunities*. The Ohio State University Research Foundation, Columbus, 68.
- 宮城一男, 1975: 宮沢賢治農民の地学者. 築地書館. 168-202.
- 茂庭隆彦, 2006: 衣川地域における地学的自然の教材化に関する研究, 岩手県立総合教育センター教育研究, 161, CD-R版.
- 茂庭隆彦・照井一明, 2004: 地殻変動を実感させる学習展開と地質教材の開発, 日本地学教育学会岡山大会講演予稿集, 52-53.
- 茂庭隆彦・照井一明, 2005: 時間・空間概念を育成する野外観察の方法と露頭教材の開発, 日本地学教育学会茨城大会講演予稿集, 102-103.
- 茂庭隆彦・照井一明, 2006: 岩手県衣川地域における地学的自然の教材化, 日本地学教育学会静岡大会講演予稿集, 105-106.
- 中川久夫・岩井淳一・大池昭二・小野寺信吾・森由紀子・木下 尚・竹内貞子・石田琢二, 1963: 北上川中流沿岸の第四系及び地形 - 北上川流域の第四紀地史(2) -. 地質雑, 69, 219-227.
- Nakata, T., 1976: Quaternary tectonic movements in central Tohoku district, northeast Japan. Sci. Rep. Tohoku Univ., 7th ser., 8.
- 恩藤知典, 1991: 地学の野外観察における空間概念の形成. 東洋館出版社. 199-200.
- 大石雅之・木下 尚, 2002: (仮称)花巻博物館建設敷地付近における下部更新統の層序. 花巻市教育委員会博物館建設推進室調査研究報告書, 第1集. 13-21.
- 大石雅之・吉田裕生・金 光男・柳沢幸夫・杉山了三, 1996: 北上低地帯西縁に分布する鮮新・更新統の地質と年代, いわゆる“本畑層”の再検討. 地質雑, 102, 330-345.
- Orion, N., 1993: A Model for the Development and Implementation of Field Trips as an Integral Part of the Science Curriculum. *SSM*, 93(6), 325-331.

- ルソー，長尾十三二他訳，1967：エミール1，明治図書，東京，344．
- 下川浩一・粟田泰夫，1983：岩手県花巻市北西方の奥羽山地東縁の活断層群について，第四紀学会講演要旨集13
- 下野 洋，1987：地学教育の改善に関する一つの提案．地学教育，**40**，69-78．
- 照井一明，1989：紫波郡地域の地質，岩手の地質教材研究会
- 照井一明，2002：郷土の自然を理科の学習に生かすための教材開発に関する研究 - 北上川流域の地質と形成史を中心に - ．岩手県立総合教育センター教育研究，**157**，159-176．
- 照井一明・佐藤利美・茂庭隆彦，1993：岩手県花巻市北西部で見いだされた活断層北湯口断層（新称）の新露頭について，地質雑 **99**，145-148．
- 富田芳郎，1951：岩手県北上平野西縁を限る上平断層崖の地形，地理評，**24**，211-212．
- 辻村太郎，1932：東北日本の断層盆地（上）．地理評，**8**，641-655．
- Twiss,G.R，1917：*Textbook in the Principle of Science Teaching*.Macmillan,New York,486.
- 渡辺満久，1991；北上低地帯における河岸段丘面の編年及び後期更新世における岩屑供給．第四紀研究，**30**，19-42．
- 渡辺満久・溝田健志・花巻活構造研究グループ，1991：北上低地帯西縁・花巻市西方の活構造，活断層研究，No.9，19-25．