

市民による地質情報の記録手法の開発と 科学教育への応用を目指して

小 出 良 幸

要 約

地質情報は開発や安全、保全のために消されていく。消えていく地質情報を記録するために、市民参加をいざなう方法が有効である。そのためには、地質情報の簡便で安価な記録手法を開発していかなければならない。市民が記録手法を学び、情報発信も可能となるようなシステムを提案する。そのシステムが科学教育の方法論としても有効であることを示す。さらに、提案した方法は研究者にも役に立ち、市民への発信者としていざなえるものであることを示す。

キーワード：地質情報，露頭，市民参加，e-learning，メタ・データベース

I はじめに：失われていく地質情報を記録する重要性

日本各地で、都市への人口集中とそれに伴う都市周辺の開発が進められている。地方でも、道路、河川、港湾、建築などのために各種の土木工事が盛んに行われている。そのような工事現場では、新しい露頭（地質の露出面）が人工的に形成される。新しい露頭ができて、安全管理のために、作業中は関係者以外の人の目に触れることなく、完成後はコンクリートや芝などの被覆物で露頭が失われてしまう。そこにあったはずの地質情報を得ることも、研究材料になることもなく、短時間で失われていく。昔からあった河川沿いの崖、あるいは道路の露頭でも、護岸や事故防止のために、立ち入りができなくなっている。市民が接することができる自然とは、安全が確保されている護岸された人工の水辺となっている。自然のままの川原や崖などの露頭は少なくなってきた。

露頭だけでなく、自然を構成する対象のすべてが似たような状況におかれている。改変され失われていく自然の中でも、注目されることが少ない川原や砂浜、露頭などの地質学的資産へのダメージが大きい。動植物など生物学的資産に関しては、国や都道府県などの行政や公的組織などが主導して、情報の収集を行っている。その成果は、国のレッドデータブックの印刷物（環境庁自然環境局野生生物課編，1991；北海道環境生活部，2001など）や博物館のデータベース（神奈川県植物誌調査会，2001；高桑ほか編，2006など）などとしてまとめて公開され

ている。しかし、地質学的資産に関しては、十分とはいえず、一刻も早く喪失を食い止める手段を講じなくてはならない状況である。

いったん失われた自然は、二度と復元できず、大きな損失となる。そのために保護をしなければならないが、実物が失われたとしても、なんらかの情報が記録保存されていれば、最低限の自然資産となりうる。

重要な露頭や岩石、化石などは、大学や研究所、博物館などの公的機関が、記録し、実物もしくは資料を保存しているものも多数ある。しかしそれは、予算も人手もかけてでも記録保存されるべき最も重要な資料である。地質学的に典型的なものだけではなく、科学の素材としては、多くの情報も対等に記録保存しておくことが重要である。研究者が素材の取捨選択をする前に、失われることがあってはいけない。素材の重要度は、研究目的、時代や科学の進歩によっても変化していく。まずは、可能な限り記録、保存することが重要である。

本研究では、失われていく地質情報を、迅速にしかも手軽に記録する方法と、記録した情報を教育素材として利用する方法も検討していく。地質情報を手軽な方法で記録できるようになれば、研究者だけでなく、市民も記録者になれる。さらに、自分の記録した地質情報が教育コンテンツの素材となったり、自分も教育コンテンツが作成できるようになったりという、市民参加による地質情報収集システムは新しい科学教育の手法となりうる。そのような科学教育の方法論を提案することが、本論文の目的である。

本研究は、札幌学院大学の2008年度の研究促進奨励金（個人研究）（研究課題番号SGU-S08-202005-04）の援助を受けて行ったものである。

Ⅱ 市民の身近な地質情報

本研究の目標のひとつは、市民をいざない、市民が自分自身で地質情報を記録し、データベースを作成していくことである。そもそも、なぜ市民をいざなうのか、その意義を検討していく。

1 市民をいざなうのは

市民が興味を持てる地質情報の記録をするのは、著者の専門が地質学であるためだけでなく、上述のように日本の各地で開発が進み、有用な地質情報をもたらすはずであった露頭、浜辺、川原、崖などは、日々失われているからである。一度消えた露頭は、二度と復元できない。露頭は、よほど貴重なもの（たとえば、特異な産状の岩石、珍しい化石、稀な鉱物の産出など）でない限り、露頭の喪失をくい止めることはできない。研究者が、その貴重さを訴えて、世論が支持すれば、露頭の保存は可能かもしれない。しかし、研究者であっても、失われていく露頭をすべて見ているわけではない。いや、ほとんどの露頭は、研究者の目に触れることなく、失われているのである。失われていく露頭に、地質学的に重要な資料、情報があっても、記録

されることもなく消えていくのである。

地質学的素材と考古的や歴史的遺跡とは、この点において違っている。遺跡は、開発中の地下や土中からみつかれば、それが貴重なものであることは、だれでも判断できる。その結果、関係機関に連絡が届き、その遺跡（埋蔵文化財）がどのようなものであっても、調査の手順に入ることになる。遺跡が発見されれば、文化財保護法第九十六条によって「土地の所有者又は占有者が出土品の出土等により貝塚、住居跡、古墳その他遺跡と認められるものを発見したときは、（中略）その現状を変更することなく、遅滞なく、文部科学省令の定める事項を記載した書面をもつて、その旨を文化庁長官に届け出なければならない。」と定められている。つまり、遺跡発見後、直ちに届け出ることが法律によって義務付けられ、3ヶ月の期間が限定される（九十六条2）が、工事が差し止められ、調査が行われることになる。

一方、露頭はそのような保護の対象ではない。大地を掘れば、地層や岩石に達する。大地が存在するので、掘れば露頭はどこにでも生まれるのである。それをすべて調査対象にするのは、開発ができないことになる。多くの露頭は、調査されることなく消えていくのはやむをえないともいえる。

それらの露頭の中には、重要なものもあるに違いない。化石ならが発見しやすく貴重さも理解でき保存されるかもしれないが、目に見えないような微化石、稀な鉱物、特殊な岩石、特異な地層などがあつたとしても、その重要性は研究者以外には判別できないであろう。

以上のことを考えると、露頭は可能な限り、地質情報だけでも保存の努力をするしかない。それは、地質学者だけでは、到底できない作業である。失われていく露頭、あるいは地質情報は、市民や子供たちにとっても、地質学者にとっても、そして社会や日本にとっても、非常に大きな自然資産の損失となる。どんな露頭であっても、地質情報を記録しておくことができれば、ある日その情報は、重要な役割を果たすかもしれない。失われつつある露頭では、まず最低限の記録を収集することに重点をおくべきでる。

もし市民や子供たちが記録者となれば、「多くの目」によって、失われていく露頭を見つけ、記録することが可能になる。あるいは工事関係者が記録者となれば、網羅的に露頭が保存できるであろう。たとえ一人の市民であっても、失われていく露頭から地質情報を記録したとすれば、見つけた露頭の数だけ、地質情報が保存できることになる。継続した期間分の、露頭の数と地質情報が増えていく。また、参加した市民の数の分だけ増えることになる。

まずは、「多くの目」で、失われていく露頭からの地質情報を集積することが重要となる。質より量をまず求めるべきであろう。量を確保するためには、限られた研究者だけでは、不可能である。量を生むには、多くの市民が参加することが重要となる。取捨選択は、収集された記録が多数集まった後のこととなる。

2 市民をいざなうために

市民が参加するためには、何らかの動機付けが必要になる。そのテーマとして、「自然の変化」や「環境の変化」は、非常に馴染みがあり、気にしていることでもある。自然や環境の対象は、生物が中心となることが多いが、大地やその構成物である地層や岩石も、自然や環境の重要な構成要素である。当然、市民もそれは頭では知っているはずであるが、興味を持てないのが現状であろう。

過去2回実施された教育課程実施状況調査（文部科学省，2003；2005）によれば、今の子どもたちは、覚えることや計算の技能や文章の読み取りの力などはよく身に付けているが、学習が受け身で自ら調べ判断し、自分なりの考えを持ちそれを表現する力が不十分という報告がなされている。また、国際教育到達度評価学会による国際数学・理科教育調査（国際教育到達度評価学会，2007）では、日本の子どもの成績は戦後一貫してトップクラスで数学や理科が好きであるにもかかわらず、将来それらに関する職業に就きたいという者の割合が少なくなっている。これが「理科離れ」と呼ばれているものである。このような状況が継続すれば、日本の科学や技術の将来が危機的状況になっていくのは明らかである。

ところが、子供たちは身近な自然に興味を失っているわけではない。むしろ、強い関心を抱いている（小出ほか，1998）。自然環境や自然保護などの活動は以前と比べれば、非常に活発になってきている。特に身近な環境や自然の移り変わりや開発による改変などには敏感である。それが市民による保護活動などへの動機となっている（平田ほか，1995；小出ほか，1995）。

子供は、年齢を増すとともに、自然への興味が薄れていく（小出，1999）。大人になると、「きれい」や「かわいい」などと感性を刺激するような生物への興味だけが復活して、大地への興味は、再び呼び覚まされることは少ない。そのため、大地への興味をもつ大人が少なくなっているであろう（小出ほか，2007a）。

市民にとっても、河川の川原や海岸の砂や石ころは、自然として馴染みがあり、大人になっても身近に接しているものである。川原や海岸、あるいは砂や石を供給する場として露頭があることを思い出せばいいのである。思い起こすための道筋を提供すればいい。それを、e-learningなどのコンテンツとしてインターネットを通じて公開すれば、市民の大地への関心を引き起こし、露頭の位置づけに気づくであろう。

市民の認識に、身近な自然の一部として露頭が組み入れられれば、市民の露頭への興味は湧いてくるはずである。そして、露頭に興味を持てば、露頭の変化に対しても、生物と同様に敏感になるはずである。

身近な大地として露頭を見る視点があれば、市民の関心も高くなり、多くの目が大地に集まり、記録者が出てくることも期待できる。記録者が増えれば、地質情報も集積しやすくなる。そのような身近なことに敏感な市民を、少数でも育成し、動員できれば、継続的な地質情報収集の手法として有用なものが生まれるはずである。

市民参加を促すためには、何を、どのような手法によって、どう記録すれば、有用な地質情報となりうるかを、精選して分かりやすく提示しなければならない。記録は、誰でも持っている手段で、誰でもできる手法でなければならない。そして、情報の公開も、誰でも、簡便で手軽にできるものではない。さらに、市民が望むならば、市民自身が、独自のデータベースを作ることも可能となるものが望ましい。このような、要望を満たす方法論を提示する必要がある。

そのような条件は、現在整いつつある。

Ⅲ 地質情報の記録

市民をいざなうという第一の目標を達成するために、市民が露頭を記録していくのに必要な地質学的情報を整理し、その記録法の精度や簡便さを検討していく。専門家の記録手法をまとめながら、市民がおこなう時、実際のどのような手法が適切かを考えていく。

1 地質情報とは

地質情報とは、一般には地質学において、研究素材として必要となる情報を意味する。本稿では、市民による収集を目的とするので、野外で得るべき必要不可欠な情報で、特殊な目的のものではなく、市民にもその意味がわかる情報とする。

地質学に必要な基礎的情報として、露頭の位置、記録日、露頭や岩石の画像、そして露頭の記載、露頭を代表し特徴づける標本の採取をして、情報収集が終わる（表1、図1）。以下に、それらの記録手法について検討していく。

表1 露頭の記録に必要な地質情報と手法

情報	内 容	専門家による記録手法	簡便な記録手段
位置	地理的位置 緯度経度	ルートマップの作成（訓練と経験を要する） 地図（経験を要し、地図によって精度が変わる） GPS による位置決定	インターネット上の地図 携帯電話の GPS 機能の利用
時間	年月日時	フィールドノートに記録 デジタル画像に付随	デジタル画像に付随
画像	景観記録 産状記録 岩相記録	フィルムカメラ デジタルカメラ	携帯電話（解像度はよくない） デジタルカメラ
記載	地質構造の記録 （走行、傾斜、線構造）	クリノメーター（経験を要し精度はあまりよくない） ジオクリノメーター（簡便で高精度だが高価）	露頭面の向いている方向を記録しておく
	露頭の特徴の記録	フィールドノートへのメモ（経験を要する） 必要に応じてスケッチを行う（経験を要する）	特徴的と思われる部分を接写撮影する
試料	露頭を代表する標本	目的にそった標本採取（経験を要する）	特徴的と思われる部分を採取

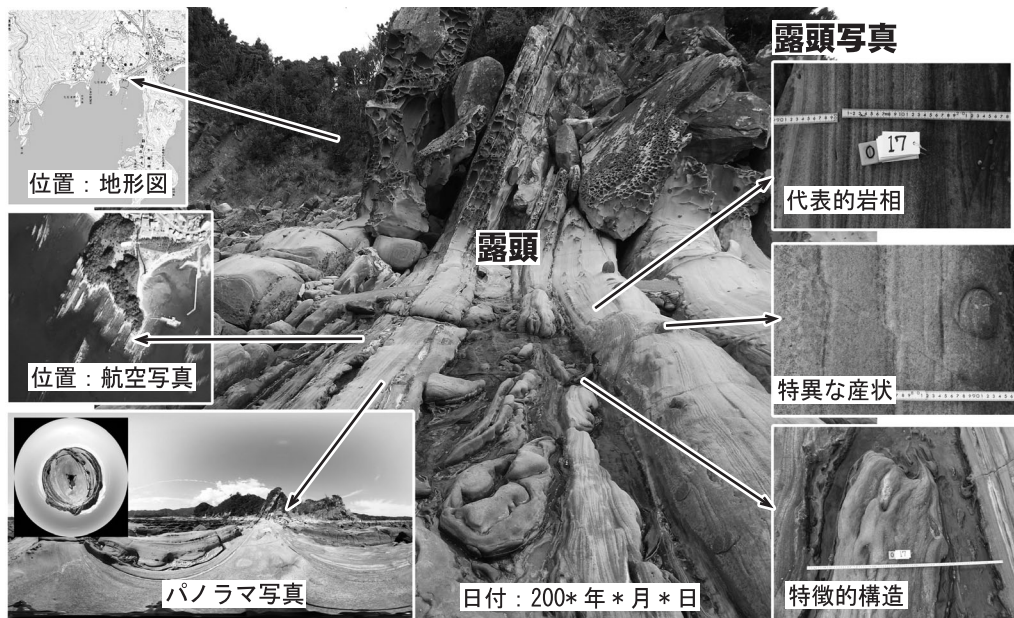


図1 露頭から収集する地質情報

ある露頭（高知県土佐清水市竜串）では、露頭の位置（地形図や航空写真）、記録日付、露頭や岩石の画像（全体、代表的岩相、特異な産状、特徴的構造、全景のパノラマ写真）、露頭の記載（文字やスケッチによる記録）、資料採取などが行われる。

位置情報とは、地形図上での位置を特定することを意味する。位置は、岩石や地層がどこに分布しているかを把握するための基礎的な情報となる。位置情報は、緯度経度、標高の値となる。そのためには、地形図を読み取り、その露頭がどこにあるかを、地形図上で決めておく必要がある。位置確認や調査のために、航空写真や衛星画像などを利用することもある。

地質学者は、地形と照らし合わせて地形図を読み、今いる位置を決定している。また、露出のよい地域や精査が必要なところでは、歩測や実測をしてルートマップや測量図を作成していくこともある。そのために訓練し経験を積むことも、地質学者の地質調査技能と位置づけられる。

ところが現在では、GPSを利用すれば、訓練や熟練することなく、だれでも高精度で位置情報を得られるようになってきている。市販のハンディタイプのGPSも安価で販売されているし、携帯電話にGPSが内蔵されているものもある。地質調査へのGPSの利用も提案されている（小出，2004a）。

記録日は、GPSデータあるいはデジタルカメラの画像に、日時の記録が自動的に付加されている。それを用いれば、人為的ミスもなく、一定の精度のものが得られる。時間は、地質学ではあまり問題にされることはないが、年月日は、標本としての情報が必要になることもある。デジタルカメラによる画像には、年月日時も記録されているので、露頭や標本を画像として撮

影すれば、自動的に日時は記録されることになる。もちろん、デジタルカメラの日時などの初期設定がされていることは前提である。

露頭状況を記録する上で、画像は重要な情報となる。地質学者の多くも、今ではデジタルカメラで撮影するようになってきている。またデジタル画像を利用した新しい方法にも取り組まれている（小出, 2005a; 小出, 2008b）。露頭の画像は、デジタルカメラ、あるいは一眼レフ・デジタルカメラを用いれば、高画質、高精細の画像として記録することが可能である。データは、JPG などの一般的な画像形式であれば、そのままコンピュータで処理することができるので、多くの地質学者はデジタルカメラを利用している。なお、露頭を構成する岩石のサイズや色を判別するために、撮影画像にはサイズスケールやカラースケールを入れたものを同時に撮影することになる。

地質調査において、大きな露頭は、全景だけでなく、接写撮影をしておく必要がある。たとえば、重要な地質関係や岩石、地層があると思われるところ、あるいは特徴がある部分、特異だと思われる部分、露頭を代表すると思われる部分などが、記録対象となる。デジタルカメラでは、ランニングコストがほとんどかからないので、大量の撮影をしても、経費の問題は生じない。後に重要になるかもしれない部分は、可能な限り撮影をしておくことになる。

地質情報において記載が、一番困難で時間を要する作業となるが、一番重要な記録となる。露頭の記載では、露頭から代表的な岩石を見分け、分類して名称を決め、地質構造を把握し計測していく。

地質構造として走行、傾斜、線構造などがある。地質構造を記録するためには、専用の道具であるクリノメーターを使用する。クリノメーターは一種のコンパスである。今では、デジタル方位計とデジタル傾斜計を内蔵したデジタル・クリノメーター（製品名「ジオクリノメーター」）もある。デジタル・クリノメーターは、デジタルですべて記録していく装置で、簡便で高精度である。ただし、通常のクリノメーターに比べて高価である。

露頭において代表的岩石を記載し、次いで特徴的あるいは特異な地質を見分けて個別記載をしていく。特徴的地質としては、地層の変形や褶曲、断層、層内褶曲（スランプと呼ばれる）、異質な岩石の混在を見分けることなどが挙げられる。それら特徴的な岩石や地層が、周囲の岩石、地層とどのような関係で接しているかを記載していく。

露頭の特徴は、文字による記載の他に必要に応じてスケッチを行うこともある。スケッチは、写真には写りにくい特徴をとらえて示すことである。さらなる重要性は、スケッチでは時間をかけて露頭を詳細に観察していくことになり、その間に露頭の必要度を判断し、その露頭が地域全体でどのように位置づけられるかを、野外で考えていく作業をも伴っている（小出, 2007b）。そのような整理を同時にしていくことでもある。

最後に、その露頭の岩石を標本として、確保しておく。その露頭の代表的な岩石や特異な岩石を採取するのだが、目的によって標本のサイズや採る場所が違ってくる。目的に応じた標本

採取が必要となる。

採取した標本には、野外では、標本自体やサンプル袋にナンバーがつけられ、研究室での整理によってラベルがつけられる。地質学的標本のラベルには、名称（正式な岩石名や鉱物名、化石の学名など）、採取地（地名や緯度経度）、採取年月日、採取者などが記入される（図2）。

ここで述べたものは、一般的な地質調査において、ひとつの露頭でなされる作業である。調査地域のすべての露頭ごとに、上記の作業が繰り返されていく。ただし、露頭が連続するようなときは、最小限の情報収集で終わることもあるし、露頭が少ない場合は、詳細な調査となることもある。



図2 標本

地質学的標本は、化学分析などの室内実験に使用するほか、重要な標本は長期保存するために、岩石を整形して箱に入れ保存される。標本には、ラベルが付けられ、名称（正式な岩石名や鉱物名、化石の学名など）、採取地（地名や緯度経度）、採取年月日、採取者などが記入される。

2 ある露頭の記載例

一つの露頭があれば、そこから多様な地質情報を読み取ることができる。図3のような例を考えてみる。

まず、この露頭を特徴付ける岩石を見極めていく。大きく3種の岩石があることがわかる。Aの砂岩泥岩の繰り返す互層（斜線で示した部分）、Bの砂岩を主とする地層（傾きの小さい

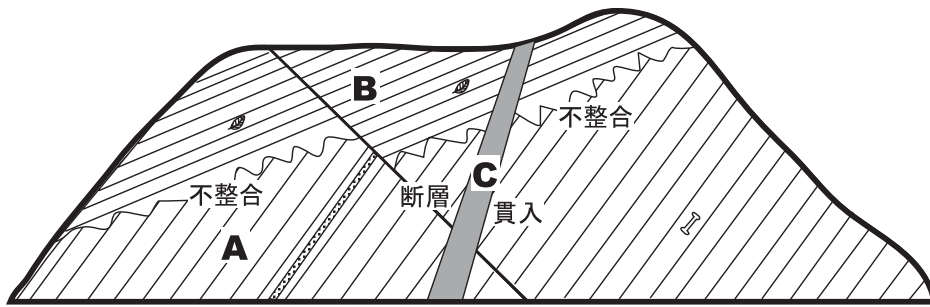


図3 露頭からの地質情報の読み取り

地質情報の読み取りの例として示した露頭。この露頭を特徴付けるA, B, Cの3種の岩石。A：砂岩泥岩の繰り返す互層（斜線で示した部分）、B：砂岩を主とする地層（傾きの小さい線で示した部分）、C：玄武岩の貫入岩（アミをかけた部分）。A（骨の形で示した）やB（葉っぱの形で示した）には化石が含まれる。3種の岩石は、不整合、断層、貫入の不連続面が境界となる。露頭の3つの岩石種と3つの不連続境界、化石などより、地質現象の時間変遷を読み取ることが可能である。

線で示した部分)、Cの玄武岩の貫入岩（アミをかけた部分）である。3種の岩石では、不連続な面が境界となっていることも読み取れる。3種の構造は、不整合、断層、貫入というものがある。これらの構造は、それぞれ別の時期に起こり、別の成因によって形成されたことがわかる。

この露頭の3つの岩石種や3つの不連続な境界の形成を記載できれば、多くの地質現象の時間変遷を読み取ることができる（小出、2006b）。

Aは、砂岩泥岩を一セットとする堆積作用の繰り返すような環境の海底で堆積したものである。Aの地層の堆積場が、造構作用によって上昇し陸化する。その結果、Aの地層は、傾斜しながら陸化する。陸化したAの地層は、侵食作用を受けるようになり、上部が削剥されていく。削剥面は後の不整合面となる。削剥後、この地域は、造構作用によって、傾斜しながら沈降し、海底になる。

海底ではBの砂岩が堆積する。Bの砂岩が堆積後、陸化する。陸化の上昇は、水平なままではなく傾斜した状態でおこった。その後断層が形成されて、AおよびBの地層がずれる。

さらにその後、Cの玄武岩のマグマが貫入する。

それぞれの地層面の構造を計測し、不整合面や断層面、貫入面の構造を、クリノメーターを用いて測定しておく。それは地層の広がりや境界面の延長を地質学的図学による手法で推定して、地質図を作成するためである。

このような地質学的履歴は、構造のごとの「切った」「切られた」の関係によって、判別することができる。もしこの地層中に化石が産すれば、その化石から堆積岩の形成時代や、堆積物が運ばれた地域（後背地）の環境を限定することが可能となる。

また、地層中に夾在される火山灰や玄武岩のような火成岩、炭化物などで放射性年代による測定ができれば、絶対年代を測定することが可能となる。このような作業が後に必要とするな

らば、それぞれに必要な素材（標本や試料）の採取が不可欠となる。

構造はクリノメーターで測定することになる。クリノメーターは主に走向と傾斜を測定することになる（図4）。



図4 クリノメーターの使用方法

走向（上）：地層面と水平面が交わる線の方法。長辺を地層面に当てクリノメーターの水準器をもとに方位を記録する。方位は北を基準に記録。

傾斜（下）：走向に直交する地層面の方向。クリノメーターの針で傾斜角を測定。面の向いている方向と角度が傾斜の値。

3次元空間におかれている面を記載する場合、一義的に定まるその面内で直交する2つの直線を決めればよい。その復元は地形図上でおこなうことにあるので、方位（北を基準に）と重力方向（上下）を基準にして記載することになっている。

走向とは、地層面（一般的には傾斜している）と水平面が交わる直線の方法である。クリノメーターでは内蔵されている水準器をもとに水平を見極め、長辺を地層面に当てて、方位を記

録する。北（N）を基準に、N30°E、N15°Wなどと記録していく。

傾斜は、クリノメーターの長辺を、走向に直交するように地層面に立てておく。クリノメーターにはコンパスの磁針軸に自由に回転する傾斜計の針もついている。この針は、クリノメーターを立てると重力の方向を示し、傾斜計となる。文字盤には、方位の他に角度を示す数値も書かれている。そして、地層面の向いている方向を加えて40°S、20°NEとして傾斜の値とする。

以上のような手順で走向と傾斜を求めていくが、地層面や地層内に他の構造があれば、同様の手順で記録していくことになる。

文章で書くと、非常に複雑な手順になっていくが、何度か練習すれば、手順自体は大変な作業ではなく、短時間で終わる。それよりも地層面がよく見えないところ、地層面が平坦でない場合、地層面が少ししか出ていなくてクリノメーターが当てられない場合など、さまざまな対処が求められることがある。また、正確に再現性よく地層面を測定するためには、ある程度の熟練を要することになる。

デジタル・クリノメーターでは、明瞭な地層面さえあれば、一度にデータをとることができるが、精度や再現性を高くするためには、やはり熟練を要することには変わらない。

3 市民の記載法

上述の地質情報の収集、つまり地質調査は、地質学者が目的意識をもって行うものであるが、市民がおこなうためには、それなりの精度を確保しながらも、作業を簡便化し、気軽にできるものとしなければならない。

このような研究者が行うような精度のよい記録は、困難であった。ところが、今では、ICT（Information and Communication Technology）の利用を前提に考えると、訓練を受けていない、経験のない市民でも、精度よく簡便に地質情報を収集していけるようになってきた。その方法を以下では検討していく。

(1) 市民とITCの現状

まず一番身近なITCの機器として、携帯電話の利用があげられる。携帯電話は、まさに万能の利器ともいえるものである。電話の通話だけでなく、デジタルカメラ（高解像度のデジタルカメラ、動画用のビデオカメラ）、インターネットへのアクセス、e-mailの送受信などは、市民がごく普通におこなっている利用法である。画像や文字情報は、インターネットを介して、自分が管理しているサイト（blogや掲示板）へ送信することもできる。もちろんそれらを閲覧することも可能となる。

さらに、GPS機能や方位磁針機能も持つ携帯電話もあり、GPSとインターネットの地理情報を組み合わせて、ナビゲーション機能をも持っている機種もあり、利用している市民も少な

くない。

また、多くの市民は、携帯電話内臓のカメラだけでなく、デジタルカメラを持ち、手軽に撮影をするようになっていく。パーソナル・コンピュータ（以下パソコンと呼ぶ）も、今や一家に一台、あるいは一人一台の時代になってきている。パソコンを用いて、ホームページやブログ、画像投稿サイトなどを通じてデジタル画像を公開している市民も多くなっている。

学校における教科の「情報」の実施や教育現場へのコンピュータの導入によって、児童・生徒も早くからデジタル機器に接し、その使用には抵抗がない。現在では大人だけでなく、多くの子供たちも、デジタル情報を操作するために必要なスキルを、すでに身につけてきている時代となっている。

露頭があり、記載する気があれば、市民でも携帯電話やデジタルカメラ、パソコンなどのITC 機器で、地質情報を記録できるはずである。普段使っている機器が、地質情報を記録する手法になることが周知されれば、市民も地質情報の記録が可能となるであろう。

(2) 記載法

露頭に関する地質情報として、位置、日付、撮影、記載、試料採取が必要となることを上述した。これを、市民がごく普通に持っている ICT 機器などを利用して簡便に行えればいいことになる。その方法を以下で見ていく。

位置は、GPS が内蔵された携帯電話、車があるならカーナビゲーション（カーナビと呼ばれる）、あるいは専用の GPS 装置（山登りでよく利用される）などを利用すれば、露頭の正確な位置情報を得ることができる。また GPS データがなくても、インターネットで無料公開されている全世界を網羅した衛星画像や航空写真、地図などのサイト（たとえば Google Earth などの地理情報システム）を用いれば、市民でも、正確に露頭の位置を決定することができるようになってきた。

露頭の画像は、携帯電話のカメラ、あるいはデジタルカメラで撮影すれば、高解像度の画像が得られる。撮影時に、サイズスケールおよびカラスケールをひとつにしたものを用意して、公開しておけば（図5）、市民はダウンロードして印刷し、持っていればいい。露頭に置いて撮影すればいい。

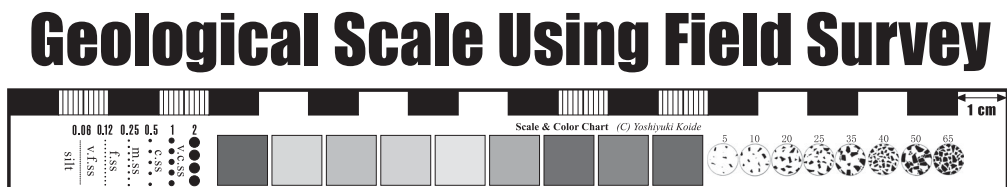


図5 スケール

撮影時に使用するサイズスケールおよびカラスケールの例

露頭の記載では、露頭の特徴を文字で記録しておく必要がある。本来なら、一番重要な作業であるが、市民が行う場合は簡略化していかなければならないであろう。

露頭の記載では、地質構造と観察による記録をしておくことが望ましいが、地質構造の測定は、市民にはなかなか難しいものである。判別や測定は、経験を要する割に、測定精度はあまりよくない。また、構造を測定するクリノメーターは、市販されてはいるが、特別なもので、市民が持つものではない。工夫すれば、分度器とコンパスで同じ情報を得ることも可能だが、すべての市民が行うことは不可能だろう。ましてデジタル・クリノメーターの購入は不可能だろう。最小限の情報として、撮影した露頭が、東西南北のどちらを向いていたのか、どれくらい傾いていたのかを記録するだけでもいいであろう。携帯電話には、コンパス機能をもっているものがあるので、方向をある程度正確に測ることもできるだろう。

観察による記録は、露頭において地質学的情報の重要度を判別し、その特徴を記述することである。露頭を構成している岩石の種類と詳細な特徴に基づいて、連続、不連続関係、履歴などが、地質学的重要度として判別されながら読み取られていく。地質学的な専門家でない市民にとって、地質学的記載は非常に困難な作業になる。記載の主たることは、代表的な岩石、変わった構造、異質な岩石や地層があることを、見分け、特徴を記述することである。記述は難しいが、そのような特徴的なところを見分けることは可能であろう。市民が、自分たちの言葉で記録していいだろう。それも難しいのなら、市民が自分で重要と思われる部分の接写撮影をすれば、最低限の情報は記録できる。

市民による記載情報は、専門家から見れば、的外れ、不必要なもの含まれるかもしれないが、量は質を生むことがあるし、どんなものでも情報があるとないとでは大きな違いとなる。基礎データとして、位置情報とその露頭の多数の画像があれば、最低限の情報を記録したことになるであろう。

標本の採取は、重要である。実物化石やきれいな鉱物など市民にも貴重だとわかるものについて、採取可能であろう。実物が、地質情報の証拠となり、研究素材となる。ただし、地質情報の照合ができるようにしなければならない。露頭ごとの区別や露頭内の場所（複数の試料を採取した場合）を識別するためにも、ラベルが必要になる。標本採取が不可能でも、野外での接写撮影で代替することは可能であろう。

上述のように、市民でも地質情報の記録は、GPS や写真撮影によって、大部分を簡便化して行うことが可能である。

(3) 市民参加の可能性と重要性

開発の進んでいる日本各地で、工事中に形成される露頭、そして安全保安のためにすぐに失われ覆われていく露頭や岩石から地質情報を記録することは、専門家だけでは不可能である。しかし、市民がその地質に興味を持ち、記録することをしていけば、非常に有効な地質情報収

集システムとなるはずである。専門家ほどの精度や記載は望めないにしても、上述のように簡便さであれば、必要最小限の地質情報の記録は市民でも可能であろう。

ITCのスキルを持った市民であれば、地質情報の記録だけでなく、データベースの構築をして公開するための下地はあるといえる。身近な大地への関心を持った市民ならば、後述の教育システムによって情報発信までが可能となるはずである。情報公開のための手法を示せば、すでに身につけているデジタル技術を用いて、それをデータベースとして公開することは可能となるであろう。

市民の参加の重要性は、地質情報の収集だけでなく、市民自身が成長し、新たな発信者へと進歩していく可能性を秘めている点である。このような一連の進歩をサポートできるシステムは、市民にとっても、利益のあるものとなる。

本稿で検討しているシステムが、一般化され有効性が実証されれば、それは重要な方法論となるであろう。この方法論は、地質情報だけでなく、広く自然情報や社会情報への応用が可能なものとなっていくであろう。そのシステムは、科学教育として位置づけられるべきものである。

Ⅳ 科学教育

本研究の第2の目標は、市民による地質情報の記録手法をベースとし、科学教育の新しい手法開発をしていくことである。以下では、その全体構想を提示していく。

1 最終目標：市民が学び、発信できるシステム

情報の収集や発信のための道具や技術は、ICTの進歩により、安価にしかも簡便に行えるようになってきた。多くの市民がすでにICTを利用している。中学生や高校生でも、いまや情報発信が可能になり行っているものもいる。

地質情報の収集や発信に関しては、市民が地質に興味を持っていなければならない。できれば岩石の見方について基礎知識があることが望ましい。そのために、地質を理解し興味を持つための手段が必要になる。これは、市民への科学教育であり、市民が身近な大地に興味を持つための試行を、著者は以前から行っており、その成果の一部は報告している（小出，2003；小出，2005b；小出・新井田，2007）。さらに、現役の教員教育への応用も提案してきた（小出ほか，2007）。現在も試行は続いているので、稿を改めて、その内容は報告する予定である。

本論では、市民が身近な大地に興味を持ち、自分で露頭を見つけ地質情報を記録し、収集し、データベースとして発信し、体系化するまでの全体像を考えていく。

地質情報の収集方法、データベースの構築方法は、市民でもできる簡便な方法で、データベースは研究者も利用できるように統一された形式で一定の精度を持ったものが望ましい。結論か

らいうと、いつでも、どこでも利用できるコンテンツを多数用意しておけばよいことになる。たとえば、地質情報の記録手法のコンテンツ、身近な石ころの見分けるためのコンテンツ、地質情報の発信法を学ぶコンテンツなどがあれば、市民が自習可能である。

そのような教育用コンテンツによる自習を経て、一定の精度とフォーマットを持つデータを、市民が各自で、自由にインターネットを通じて公開すればいい。それらの地質情報を集約する手法、一種のメタ・データベースの仕組みを用意しておけば、そのメタ・データベースは、市民の手によって増殖する分散型データベースとして、重要な意味をもってくる。そのメタ・データベースもコンテンツとして公開しておけばよい。

このような一連の教育手法によって、今まで「受信する側」でしかなかった市民が「発信する側」として活躍することになる。市民参加型のデータベースで、なおかつ市民自身が情報発信できる一連のシステムとなる。これは、地質情報の記録にとどまらず、科学教育の方法論を提示していくことにもなっていくはずである。以下では、科学教育の新しい方法論としての位置づけを考察していく。

2 全体構想：みんなの大地の記録

最終目標として構築するデータベースを「大地の記録」と呼ぶことにする。データベース「大地の記録」の構成は、「身近な地質情報」と「電腦寺子屋」という2つのタイプの違うデータベースからなっている。その他に、「みんなの大地の記録」というメタ・データベースがある（図6）。

以下では、その概要を紹介する。

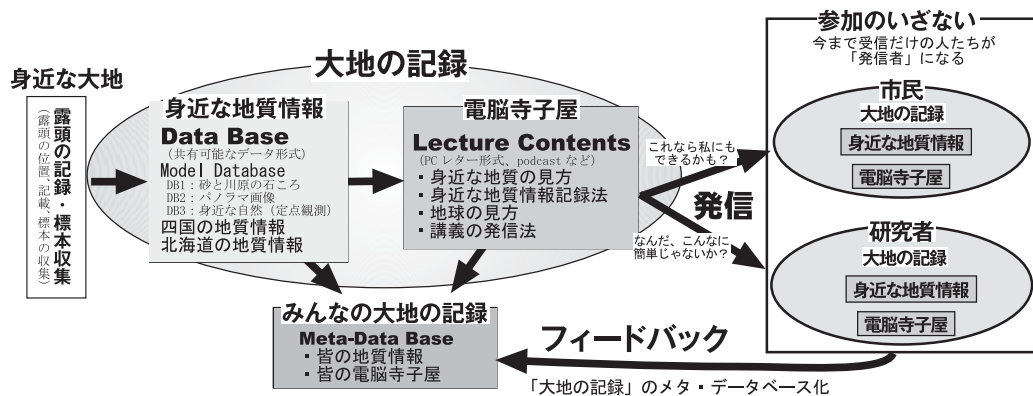


図6 全体構想

「大地の記録」は「身近な地質情報」と「電腦寺子屋」という2つのタイプの違うデータベースからなる。市民や研究者がそれぞれ作成したものが、「みんなの大地の記録」というメタ・データベースになる。

(1) だれでも記録できる：大地の記録

「大地の記録」は、2つのデータベースが常にセットになっているわけではない。どちらか一方だけでもよい。市民は、身近な大地に興味をもち、上述で示した記載のしかたで地質情報を記録していく。それが「身近な地質情報」というデータベースになっていく。

そのような「身近な地質情報」を、市民自身でもいいし、教育者や研究者などが、そのデータベースを活用して教材化したものを、インターネットを通じてだれでも使える教材、e-learning コンテンツとしていく。そのようなコンテンツを集めたものが、「電腦寺子屋」となっていく。

市民や研究者などが構築した「大地の記録」を、さらにデータベース化したものが、「みんなの大地の記録」となる。「みんなの大地の記録」はメタ・データベースでインターネットのさまざまなサイトに分散したデータベースのカatalog、あるいはポータルともいうべきものとなる。

「身近な地質情報」データベースは、市民が自分の興味を持った身近な自然を素材にして独自に構築していく。前述したように、一つの露頭に対して、位置情報と一連の画像とその画像説明としての記載文があれば、形式は問わないことにする。形式にこだわると市民が参加しづらくなるからである。

必要な地質情報さえあれば、その公開の場合は、個人のホームページやblogでもいい。あるいは画像投稿サイト（たとえばアメリカのFlickerやPicasa）でもいい。投稿サイトの画像には、Geotag機能と呼ばれる緯度経度情報を追加することができる。それを使えば、Google Earthなどで、地図上に画像を表示することもできる。つまり、地図情報と画像情報が連携できることになる。このような機能を使えば、市民でも、露頭ごとに画像を収集していけば、地質情報のデータベースを手軽につくることができる。

どのような形式であれ、市民が地理的位置を特定し露頭の写真を撮り、それをセットにしてインターネット上で公開し、その情報を個人が管理できている状態であれば、それはデータベースとなるであろう。そのような記録者や発信者としての市民が増えれば、失われていく大地の地質情報が記録されていくことになる。

著者もいくつかのタイプの違うデータベースを見本として構築している。現在、著者が公開している「身近な地質情報」としては、「川の自然史」、「石ころ自然史」、「砂の博物館」そして「火山の自然史」などがある。これは、多数のデータをまとめたもので、学術性が高いものである。しかし、基礎的な情報として、だれでも使えるものとして公開している。今後、本研究の目的に沿ったものとして、「地質パノラマ画像」や「身近な自然（定点観測）」、「四国の地質情報」、「北海道の地質情報」などを公開する予定である。

(2) だれでも教材が作れる：電腦寺子屋

地域に密着した地質情報が集まってくれば、単に「身近な地質情報」のデータベースとしての利用だけでなく、それを教材として利用することも可能となる。「身近な地質情報」を教育素材として利用した教育用コンテンツを e-learning の手法で作成していくことが、本研究の次のステップとなる。e-learning コンテンツを集めたものを「電腦寺子屋」と呼び、データベースとしていく。

E-learning システムはすでに多数存在し、教材作成や学習コンテンツは作成できる条件は整ってきた。現実には、一人で手軽に簡単にできるものは少ないが、e-learning コンテンツ作成だけに特化したシステムであれば、誰でも手軽に利用可能なものも開発されてきた（小出，2006a）。小出（2006a）は、実践的な試行により、ひとりでも、e-learning コンテンツの作成、発信、維持ができることを示した。そのような安価で簡便なシステムを導入すれば、だれでも e-learning コンテンツが作成でき、公開し、蓄積できるはずである。

E-learning コンテンツの形式は、だれでも特別な投資をすることなくパーソナルコンピュータで利用できるものであれば、その形式にはこだわらないことにする。したがって、コンテンツは、個人レベルの e-learning に特化した形式でもいいし、動画にして公開するという方法もあるであろう。ビデオで撮影した動画を、そのまま動画投稿サイト（You Tube やニコニコ動画など）に公開しても、教育目的に利用できるのであれば、教育コンテンツと考えていい。動画にも Geotag がつけることが可能である。

そのモデルケースとして、著者が公開の場で、身近な地質情報を記録から実用的なデータベースを作成し、そこから手軽に教育コンテンツが作成できる実践例を提示していく予定である。市民でも身近な大地を記録していけば、簡単にデータベースができ、自分のデータベースから教材が簡単にできることを示していく。露頭の観察手法を示した「身近な地質の見方」や地質情報の記録法を示した「身近な地質情報記録法」や「石の見分け方」、e-learning コンテンツの作成法を示した「講義の発信法」などを公開していく予定である。さらに、北海道や四国の地質情報データベースを素材として、e-learning コンテンツを作成していく予定である。このような地質情報の記録手法に関する教育コンテンツも「電腦寺子屋」としていく。

(3) メタ・データベース：みんなの大地の記録

今後、市民がそれぞれに作成した「身近な地質情報」にリンクしてネットワーク化する仕組みを提案していく予定である。最終的に、市民が構築するはずの多数の「身近な地質情報」をメタ・データベース化したものが「みんなの大地の記録」となる。また、「身近な地質情報」と同様に「電腦寺子屋」というプラットフォーム（サーバ）を作成し、市民がそれぞれに作成した「電腦寺子屋」にリンクしてネットワーク化しメタ・データベース化したものも、「みんなの大地の記録」に加える。

今までや教材作成したことがない市民が、自分の調べたものが簡単にデータベースになり、自分のデータベースが簡単に教材にでき、自分自身が発信者になれる。その仕組みも「電腦寺子屋」で紹介されていくことになる。その結果として、だれでも最も身近な大地や自然を調べ、知り、伝えたいような教育システムとなることを目指していく。この「みんなの大地の記録」のシステムが完成し普及すれば、教育や研究に利用可能な多様なデータベースやコンテンツが、知的資産として集積していくことになる。

3 だれでも発信者になれる：科学教育の新しい方法論

本論では、だれでも簡単に自分の調べたものが、貴重な地質情報となり、他の人が利用できるものになりうることを示してきた。また、市民自身が、地質情報の記録者や電腦寺子屋の講師になれる方法をも提示してきた。

もし、市民が行動を起こせば、情報発信をし、身近な大地や自然をもっと調べ、もっと知り、もっと伝えたいような教育システムとして、機能していくはずである。市民が、「身近な地質情報」や「電腦寺子屋」を作成していけば、自分の「大地の記録」ができる。その時点で、今まで「受信者」であった市民が、「発信者」となっている。

このような状況を見た別の市民が、同じプロセスをたどれるように「電腦寺子屋」の中では、方法を公開しているので、自分でも受信者→観察者→記録者→発信者という道をたどることが可能になる。市民が、受信者→観察者→記録者→発信者というプロセスを経験し、繰り返すことによって、やがては指導者へと成長していくことも可能であろう（図7）。

このような連鎖が起これば、市民への科学教育として、新しい方法論となりえるであろう。

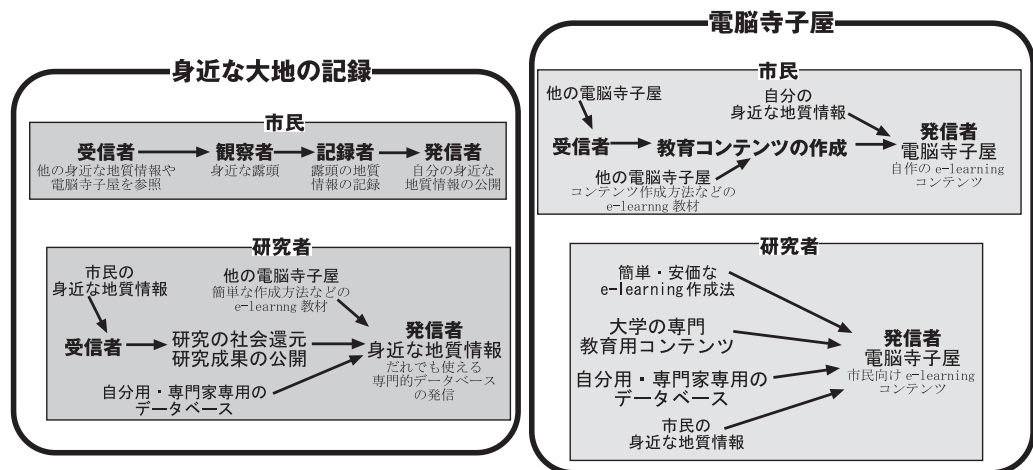


図7 だれでもが発信者

今まで「受信者」であった市民が「発信者」となる。研究者も市民向けの情報発信ができるようになる。

4 研究者のいざない：さらなる拡大へ

例を挙げるまでもなく、多数のデータベースが、インターネットで公開されている。データベースには、専門家による専門家のためだけに特化したものも多数存在する。また、研究者が個人で管理しているデータベースも多数あるはずである。それらの多くは、特定のスキルを有した研究者たちが、独自の目的で利用するためのデータベースである。

専門的データベースには、少し改良したり、あるいは適切な説明をしたりすれば、市民や子供たちでも利用できるもの、あるいは参考にできるもの、詳細な図鑑になるものなどが多数あるはずである。専門性の高いデータベースでも、誰もが利用することも頭に入れておけば、ある程度市民が利用できるものが、少ない労力でできるであろう。研究用データベースを市民も利用できるデータベースにできれば、より有用なものとなる。それらを研究者の「身近な地質情報」発信し、ネットワーク化していければ、より多くの多様性や、多くの地域や分野を網羅したメタ・データベースへとようになっていくはずである。

大学で行われている専門教育のためのコンテンツは、多様で膨大なものである。それら教育用コンテンツは、人類の知的資産と位置づけられる。現在では、「開かれた大学」として知的資産を市民へ公開する試みが各種なされている。問題は、既存の教育コンテンツを手軽に記録、編集、配信するシステムではなく、研究者なら誰でも発信できるものではないことである。

現在大学で行っている講義から手軽に e-learning コンテンツを簡単に作成できることを体験できれば、今までデジタルで教育コンテンツ作成したことがない研究者も発信者になれるはずである。もし、多くの研究者が教育コンテンツを発信すれば、大量のコンテンツが公開可能となるであろう。

著者は、メールマガジンやホームページなどを利用して、地質学の最新情報を市民に紹介するという科学教育を試行してきた（小出，2003；小出，2005b）。そこで展開してきた方法は、一人で十分運用可能な簡便なものであった。

手軽に e-learning コンテンツが作成できることを示すことによって、すでに教育用コンテンツを持っている研究者は、自分の専門分野の教育コンテンツを市民向けに簡単に公開でできることを例示できることになる。今まで煩雑で公開などできないと思っていた研究者が、簡単に安価にコンテンツ作成、公開をおこなえることが実感できるはずである。研究者の有志が実践的にコンテンツ作成をし、「電腦寺子屋」として公開すれば、知的資産の蓄積できるはずである。

研究者をいざなえば、地質情報や教育コンテンツのデータベースが増え、連携できれば「みんなの大地の記録」として充実した知的資産となるであろう。これが、著者の目指している最終目標でもある。

V まとめ：今後の展望

現在、著者は、北海道の各地を地質調査し、各地で砂と岩石の試料を収集している。それを研究用データや画像からなる地質情報をデータベース化している。著者の調査は、今後も継続するので、調査地や試料は増え、データベースは拡張し続けていくことになる。データベースは、研究用ではあるが、だれでも利用したい人は自由に利用できるようにインターネットで公開している。ところが自分自身の研究用であるため、市民や子供たちの利用を意識しておらず、実際には簡単に利用し、参考にできるようなものではない。インターネットで公開されている研究用のデータベースの多くは、同様の状態であろう。著者の作っているデータベースのように、研究目的であるがために、部外者の市民が利用しやすいものにする労力をかける余裕がないのが、現状である。

一方、市民が研究成果を利用できるように示すことも、研究者にも求められる時代となってきた。大学の開放や研究成果の公開などで、研究成果を社会や市民に還元することが重要視されるようになってきた。しかし、両者を満たすことは、ジレンマに陥ることとなる。

このジレンマを解消するには、市民が使えるデータベースでありながら、研究者にもメリットがあり活用できるものになっていけばいい。もし、そのようなものができるのであれば、研究者もデータベース公開の努力をしていくであろう。本研究は、その方法論を提案することが目的であった。

著者のデータベースも、今後市民も利用できる手法を模索しながら改良していく予定である。著者がこのような方法を、身を持って示すことができれば、他の研究者にも参考になるであろう。著者の思いが他の研究者にもあるとすれば、今後の展望は拓ける。研究者の多くは、すでに大量の素材を持っている。その素材を市民にも向けて公開すればいいのである。

文 献

- 平田大二・山下浩之・小出良幸・新井田秀一, 1995. 「地球環境学習の実態調査 ―神奈川県における環境学習の実態―」地球環境学習プログラム開発グループ『神奈川県の環境学習実態調査報告書』 2-70.
- 神奈川県植物誌調査会, 2001. 『神奈川県植物誌2001』神奈川県立生命の星・地球博物館 p1584.
- 北海道環境生活部, 2001. 『北海道の希少野生生物 北海道レッドデータブック2001』 http://rdb.hokkaido-ies.go.jp/page/search_bunrui.html:2009.07.27
- 環境庁自然環境局野生生物課編, 1991. 『日本の絶滅のおそれのある野生生物 脊椎動物編』財団法人自然環境研究センター, p.340.
- 小出良幸, 1999. 「地球科学と教育を取り巻く現状分析―博物館の新しい地学教育を目指して1―」『地学教育』 52, 4, 127-147.
- 小出良幸, 2003. 「大学からの市民への教養教育の新しい方法論」『札幌学院大学社会情報学部紀要 社会情報』 13, 1, 19-28.
- 小出良幸, 2004a. 「GPSと数値地図を用いた野外調査の効率化とデータベースの可視化」札幌学院大学情報科学研究所『情報科学』 24, 7-20.
- 小出良幸, 2004b. 「教員の自然リテラシー習得のための考え方」『札幌学院大学社会情報学部紀要 社会情報』

- 14, 1, 87-100.
- 小出良幸, 2005a. 「野外現況の記録とパノラマ画像を用いた提示手法について」 札幌学院大学情報科学研究所『情報科学』 25, 13-31.
- 小出良幸, 2005b. 「専門情報を活用した市民科学教育の方法論－衛星画像によるケーススタディー」『札幌学院大学社会情報学部紀要 社会情報』 15, 1, 1-18.
- 小出良幸, 2006a. 「ひとりでおこなう E-learning の教育コンテンツ発信：PC レターを用いた実践的ケーススタディーからの提案」『札幌学院大学社会情報学部紀要 社会情報』 16, 1, 1-15.
- 小出良幸, 2006b. 「物質, 時間, 空間の視点からみた地質学的境界」『札幌学院大学人文学会紀要』 80, 21-41.
- 小出良幸, 2007a. 「異種教育機関におけるネットワークによる科学教育の試み－大学と2つの博物館によるケーススタディー」『札幌学院大学人文学会紀要』 81, 21-39.
- 小出良幸, 2007b. 「地質学的時間変遷の解説法：地層のまろごと記載による手法開発」『札幌学院大学社会情報学部紀要 社会情報』 17, 1, 1-16.
- 小出良幸, 2008b. 「野外対象物の高解像パノラマによる記録法」『札幌学院大学社会情報学部紀要 社会情報』 17, 2, 15-36.
- 小出良幸・平田大二・山下浩之・新井田秀一, 1995. 「環境学習への取り組みと意識－神奈川県での現状分析－」地球環境学習プログラム開発グループ『神奈川県の環境学習実態調査報告書』 71-77.
- 小出良幸・平田大二・山下浩之・新井田秀一・佐藤武宏・田口公則, 1998. 「新しい地球科学の普及をめざして－だれでも使える博物館－」『地学雑誌』 107, 844-855.
- 小出良幸・新井田秀一, 2007. 「数値標高による地質情報の可視化と地質学への応用について」『札幌学院大学社会情報学部紀要 社会情報』 16, 2, 19-38.
- 小出良幸・下野洋・谷田部玲生, 2007. 「教員の自然リテラシー育成のための手法開発とその試行－地層を用いた時間・空間概念の習得－」『札幌学院大学人文学会紀要』 82, 19-44.
- 国際教育到達度評価学会, 2007. 『I E A 国際数学・理科教育動向調査の2007年調査 (TIMSS2007)』教育政策研究所教育課程研究センター基礎研究部 <http://www.nier.go.jp/timss/2007/gaiyou2007.pdf>
- 文部科学省, 2003. 『平成13年度小・中学校教育課程実施状況調査』初等中等教育局教育課程課全国学力調査・学校評価 PT 室 http://www.nier.go.jp/kaihatsu/katei_h13/top.htm:2009.07.27
- 文部科学省, 2005. 『平成15年度小・中学校教育課程実施状況調査』初等中等教育局教育課程課全国学力調査・学校評価 PT 室 http://www.nier.go.jp/kaihatsu/katei_h15/index.htm:2009.07.27
- 高桑正敏・勝山輝男・木場英久編, 2006. 『神奈川県植物誌2001』神奈川県立生命の星・地球博物館 p 442.

Development of the Record Method of Geological Information by the Citizens and
the Application to Science Education

KOIDE, Yoshiyuki

Abstract

Geological information on outcrops is disappeared for development, safety, and maintenance around the big cities. The method of inviting the citizenry participation is effective to record the disappearing geological information. It is necessary to develop a handy, easy, and cheap recording method of geological information. The author proposes the system that the citizens learn the recording method and can open geological information on the Internet. The system should be effective as the methodology of the scientific education. Furthermore, this proposal method could be useful also for the researcher, and shows that they invite as the sender of geological information for the citizens.

Keywords: Geological information, Outcrops, Citizenry participation, E-learning, Mete-database

(こいで よしゆき 本学人文学部教授 こども発達学科)