

21世紀の地学教育にむけて

(3) 地学教育の社会学

梶 座 圭太郎

(2003年10月20日受理)

Philosophy to Change Earth Science Education for the 21st Century
(3) Sociology of Earth Science Education

KUNUGIZA Keitaro

E-mail : kunugiza@edu.toyama-u.ac.jp

キーワード : 学習指導要領、科学史、理科教育、地質学、科学リテラシー

Key words : national curriculum standards, history of science, science education, geology,
science literacy

1. はじめに

人類は自然の一部であるが、一方人類は地球に地球のシステムが持つ自然の回復力を越えた変化を強いている。地球と共生するという考えがあるが、現実的には地球環境と経済のバランスを考えることであったり、災害に強い社会をつくるなどであったりする。学校教育は、次世代の社会を担っていく人を育てるシステムであり、上記の問題などに、一人一人が自分の意志を持って社会的にかかわれるようにすることが重要な目的であろう。そのためには、意志決定や行動に必要な実際的に使える科学的な知識や能力(科学リテラシー)が必要となる。地学教育を広い意味でとらえれば、地球に関する科学リテラシーを育てる教育だと考えられる。

しかし、学習指導要領に従う狭い意味での現在の地学教育は、科学リテラシーを想定したものではない。学習指導要領は、1958年(昭和33年)の

改正から法的拘束力を持つとされ(山崎、1986)、系統的で到達しうる学習内容が提示されてきた。

しかし内容は今日まであまり変化しておらず、科学リテラシーに必要とされるものとのギャップがひどくなっている。また学習指導要領は最低基準とされながらも、教科書検定などを通じて上限として機能してきた。実際、最低基準を示唆する文言と上限を規定する文言の比は、おおよそ2:1であるという。従って、学習指導要領は、地学教育を硬直化させこそすれ、複合的な問題に柔軟に対応できる環境を提供していない。

学習指導要領は、系統的な学習を前提とするので、子供たちの学習・学力観についてもそのようなものを想定している。「新しい学力観」では、興味・関心に重きを置き、知識・理解は結果として身につくとして、教えるのではなく支援することとされる。しかし、例えば小学校3、4年生に太陽や月を予備知識なしに観察させれば、アリストテレスの天動説からコペルニクスの地動説にな

るのに約1800年かかったことを考えれば、天動説に到達するのがやっとならう。にもかかわらず、そのような単元構成になっているのは、子供らの観察とはそのようなものだという学習観から来ているらしい。小学校では子供らしいことが重要なのだろうか。中学校3年でコペルニクス時代の地動説を習っても、現在の膨張宇宙論などを結局わからなかったり興味を持ってないままで終わったら、学校教育は無責任だということにならないだろうか。

この論考の目的は、学習指導要領を越えた地学教育、あるいはその成果を取り入れた新しい学習指導要領の構築を目指して、現在の地学教育に関わる様々な圧力の構造を解明することにある。その根本である学習指導要領は、時代を反映して大きく変化しており、絶対的なものではない。純粹な科学としての地球惑星科学の視点ではなく、教育に直接的・間接的にかかわる様々な人々の利害や思惑がぶつかり合って紆余曲折を経てきたという社会的な要因が大きい。今日のスタイルの学習指導要領になって50年近く経ち、教育界全体が学習指導要領を前提とした価値観や秩序から成り立っているように見える。実は学習指導要領を、一番否定したくないのは教員かもしれない。

そこで以下では、(2) 政治にほんろうされる学習指導要領、(3) 検定がもたらす硬直化した教科書、(4) 科学者・教員の組織の論理や利害、(5) 地学教育の学習観・指導法の問題点の順に考察する。さらに(6) 双方向型の情報社会における科学リテラシー、という視点から地学教育の将来性を論じる。科学(理科)教育は、長らく国家とその体制に乗った科学者・教員によって上意下達式に行われてきた。しかし、情報公開法が出来、インターネットが発達することで双方向型の情報社会になり、市民の権利や行政への参画の意識が高まるとともに、科学リテラシーの必要性が理解されてきた。従って、地学教育も上意下達式から、市民の科学リテラシーを意識した双方向型のものへ変化させていく必要がある。

この論考は、自らのことをさしておいて、地学教育関係者についての不満や批判を述べただけのものかもしれない。認識についても反論もあるだろ

う。それでもなお、地学教育を取り巻く社会的な要因を無視したり、肯定的に捉える限り、地学教育の閉塞感は消えず将来が見えてこないことを強調したい。相馬・桐座、桐座・相馬(1993)は、今回の論考と同様のテーマで考察したが、この10年間で教育を取り巻く状況は変化しており、2004年の学習指導要領の改訂を期に再考察することにした。

2. 政治にほんろうされる学習指導要領

国家はなんらかの意図を持って教育を行う。日本は、明治5年の学制以来、中央集権的な教育体制を保持しているが、その中でも科学技術振興により軍事・経済力を高める方向と、国家意識を高めるための修身・道徳教育を強める方向が交互に現れている。すなわち学習指導要領そのものが社会的な存在である。

2-1 国家の誕生と地学教育

産業革命とフランス革命の前には今日的な国家は存在しない。従って、科学は個人のものであった。しかし国家成立後は、経済圏の膨張と軍事的要請によって科学が国家の支援をうけるようになった。職業としての科学者の誕生と、科学教育のはじまりである。廣川(1973)はこれを科学の体制化と呼んだ。

地学分野の高等教育は、近代国家成立とともに始まった。軍隊を近代化するための一環として、資源の確保をめざして鉱山学校などが作られた。フランスでは、啓蒙思想のため宗教の影響が少なく科学が盛んだったので、フランス革命の前の1783年に鉱山学校が作られていた。フランス革命後、他国からの反革命干渉による戦争のため、1794年には軍事目的に競争入試とカリキュラムを導入した現在でもトップエリート校であるエコールポリテクニク(砲工学校)が作られ、そこで自然科学と数学を学び鉱山学校などの専門分野に進学するようになった。

この頃の地球科学は、現在の学習指導要領で重要な位置を占める地層累重の法則が確立していった頃である。地層累重の法則は、18世紀末にドイツのフライベルグ鉱山学校のヴェルナーが提案した。ヴェルナーは、玄武岩も水から堆積したとい

う水成論者であったが、火成論者も根拠があったわけではない（都城、1996）。地層累重の法則は、フランスのキュビエなどの化石の研究で層序学として進展していった。

日本の地学の高等教育は、1870年に設置の工部省に、1873年に、後にアインシュタインも学んだスイスのチューリッヒ工科大学にならって6年制の工学寮が作られ、土木、機械、電信、造家、化学及び溶鑄、鉱山の6学科が設置されたことにはじまる（1885年に工学寮は東大に吸収された）。1877年に江戸幕府以来の開成学校を母体として法、文、理、医学部からなる東京大学が誕生して、理学部に化学、数学・物理および星、生物、工学、そして地質学及び採鉱学科が設置された。教科書を使った高等教育は欧米よりも50年ほど遅れただけで、教科書があったために効率よく欧米に追いついた（廣川、1973）。学校の他に、政府機関として1882年地質調査所、1891年の濃尾地震を契機に1892年（明治25）に震災予防調査会がつくられた。後者は、1923年の関東大震災を契機に1925年（大正14年）東大地震研究所となる。このように地学教育は、鉱山学、地質学、災害科学からはじまった。

以後、戦前は、鉱山と石油産業が地質学を支えていた。それらをささえる基礎として岩石学や層序学が大学で教えられた。一方、戦後の高度成長期から日本列島改造の時代は、鉱山学がすたれ、土木地質学が発展していった。

2-2 依らしむべし、知らしむべからず

戦前は、地質学を含めた科学技術振興が計られたが、初等中等教育は必ずしもそれと歩調を合わせたわけではない。科学は、その合理性ゆえに権力者に嫌われる運命にある。1871年（明治5年）に学制がひかれ、洋学者たちの啓蒙思想を反映して、物理、化学、生理が誕生した。しかし、1879年に天皇の侍講が仁義・忠孝の教育を政府に提案して状況は一変する。時の総理大臣伊藤博文は、「教育儀」を著したが、大衆を教育により思想的に抑圧することを考えていた。それらを受けて、1886年（明治20年）に出来た学校令で、物理、化学、生理は理科として統合され授業時間は半減した。代わりに修身が登場した。そして1890年、教

育勅語が誕生した。戦後の一時期を除いて、学校教育のどこかに、「依らしむべし、知らしむべからず」という体質があるのは、この時以来である。

このような考えは大学にもおよんだ。1889年に帝国大学令ができた。大学は国家のためのものとされ国が直轄する国立が基本となった。ドイツを訪れた伊藤博文が、私立にすると反国家主義的になり国民思想を動揺させると学んできたからである。2003年の国立大学法人法も、戦後続いてきた大学の国家権力からの独立を奪おうとする意図が見え隠れする。

2-3 手引きとしての学習指導要領

戦前には、学習指導要領にあたるものとして教育要目があり、教育勅語が目標とされた（永井、1993）。文部省訓令として「何々すべし」という命令調のものであった。

戦前への反省から、戦後教育は理想を追求する形で始まった。1947年（昭和22年）、その改訂版である1951年（昭和26年）の学習指導要領は、一般論（試案）であり教員のための手引きとされた。教員が指導計画や指導法を発展させることを希望したものであった（永井、1993）。

そのような学習指導要領の性格は、学習指導要領の執筆者の組織に現れている。現在は、教育課程審議会（30人ほど）で方針決定され（中間報告）、それを文科省が学習指導要領策定委員会の原案としてまとめていく。さらに現在は指導要領から独立した指導書があり、その作成には、教員が協力者として入るというピラミッド型である。一方、1951年（昭和26年）の学習指導要領の執筆者11人中の9人は小学校の教諭であり、残り2人は文部官僚である。すなわち平たい組織で書かれている。

2-4 学習指導要領に対する政治の介入

1958年（昭和33年）の改正では、道徳が誕生するとともに学習指導要領は文部省告示として官報に登載され、法的拘束力を持つとされた（山崎、1986）。1951年（昭和26年）改訂のもの比べて、子供の発達段階をモデル化して、学年ごとに教育の内容と到達目標を具体的に定めるという系統主義に特徴がある。このスタイルは、以後現在まで続いている。

学習指導要領が、教育内容を系統的に規定し、

かつ法的拘束力を持つというように変化したのは、1950年の朝鮮戦争をきっかけとする東西冷戦構造が原因である。戦争を支援するために、戦前型の政治権力が復活し、「教え子を再び戦場に送るな」というスローガンとともに共産党色を強めていった日教組と対立するようになった。1956年に地方教育行政法が成立し、教育委員が公選制から自治体の長の任命制になり、教育は国家の統制の下に入った。教科書法は廃案になったが、文部省の施行規則の改正などにより実質的に教科書の検定は強まった。1963年の教科書の無償措置法とともに広域採択制が導入され、教科書の画一化、教科書会社の寡占化が進み、実質国定教科書に近づいた（山崎、1986）。

2-5 高度成長期と理科の詰め込み

1958年（昭和33年）の改正では、中学校指導書が誕生した。そこには、科学技術教育を振興することが基本方針の1つであると明記されている。1960年の池田内閣の所得倍増計画を受けて、1961年の文部省予算には、理科教育施設整備費や大学関係でも原子力などの講座や研究部門の創設費が大幅に増えた。工業高等専門学校が出来たのもこの時である。1966年には高校の多様化と理数系学科の設置が計られ、工業科が大幅に増え理数科が創設された。昭和43年の改正では「現代化」がうたわれ、小学校に集合や関数が入るなど詰めこみ教育が行われるようになった（永井、1993）。1977年（昭和52年）の改正まで、中学校3年生までの理科の授業時間は戦後最高の1048時間になる。ちなみに内容の3割削減が問題になった1998年度のもものでは640時間である。

ただし地学分野の内容に大きな変化はない。地球科学そのものが戦前と変わらず、大きな変化は、1968年のプレートテクトニクスの確立まで待たなければならなかった。また宇宙天文分野でも、膨張宇宙論やビッグバンモデルが確定したのは、やはり1960年代である。

むしろ問題なのは、1958年（昭和33年）の改正の頃の単元が、今日まで学年は移行しても残っていることである。1968年のプレートテクトニクス以降の改正でも、嘴本（2000）のまとめによれば、地球科学の進展を反映した単元が登場した形跡は

ない。後に論じるように、プレートテクトニクスが登場しなかったのは、政治家・官僚の意向ではなく、科学者集団の政治思想が理由であった。

2-6 戦後教育の精算と理科離れ

憲法と教育基本法の改正論者である中曽根康弘を首相とする内閣が誕生し、1982年に臨時教育審議会が作られた。今日の大学から小学校までの教育改革のルーツは大方ここにある。社会科教科書批判や道徳教育の必要性が説かれる一方、人材育成の観点から教育の自由化が議論された。そのような流れの中で「新しい学力観」の1989年（平成元年）の改正が行われ、小学校1、2年生から理科が消えて生活科が登場し、国旗や君が代を社会科や特別活動で指導するものとなった（永井、1993）。

「新しい学力観」では、知識理解は結果として身につく力とされ、興味・関心や意欲・態度を重視するようになった。実験や観察が強調され、教員は教えるのではなく支援する存在となった。知識理解をとりわけ必要とする理科の苦境がはじまった。

2-7 辻褄あわせの平成10年改正の

学習指導要領

1998年（平成10年）の改正のキャッチフレーズは「ゆとり教育」、「生きる力」である。「総合的な学習の時間」の登場で、戦後すぐの昭和22年の学習指導要領が目指していたものと似た雰囲気があり、ある方面からは歓迎された。しかし、理科離れが深刻になっていたので、内容が3割削減されたことで「学力低下論」を引き起こした。後に論じるように、難しい所をただ削除したため、論理が繋がらないという問題が発生した。例えば、小中学校の地層の学習から、褶曲や断層、造山運動などが高校に移されたが、日本の多くの露頭の地層が傾いている事実とは合わず、観察学習を困難にしている。また中学校からイオンが消えた。

なぜこのような学習指導要領になったのだろう。平成10年の学習指導要領の場合は、平成元年の内容から3割分削除したものを、辻褄が合うように再配列したものにすぎない。学習指導要領の策定委員会では、前回の学習指導要領に赤線で3割分を消してあるものが配布され、「残った単元の組み替えをやってください」からはじまったという

報告がある。その3割は、様々な調査で得点率が低い所が選ばれている。その際、文科省から「高校1年は中学校4年と考えてほしい」との発言もあったという。指導書の作成では、協力者を含めた30人くらいの委員が、個々の単語や概念を入れる入れないで議論が白熱したという。しかし、しょせん専門家なら途中が飛んでいてもストーリーは読みとれるが、知識や概念に乏しい子供たちにとっては細切れの単元の寄せ集めである。

いずれにせよ、内容が減ったために暗記が容易になった。例えば中学校1年では、火成岩は安山岩と花崗岩に限定され、珪酸濃度を横軸にとった火成岩の分類表はなくなった。確かにこの分類表は、教員に教える力ないこともあり、高校入試に出るから暗記するだけのものにすでになっていた。教員養成系の学生たちが、お国自慢のように暗記のための語呂合わせを披露しあっていたことがある。だからと言って、安山岩と花崗岩に限定すれば、まさしく覚えるだけになる。

考え方を学ばせることを重視するなら、条件として、マグマが冷えるとエネルギー的に安定な鉱物になる、そのマグマと鉱物の化学組成は違う、重い鉱物は重力のため沈降してその場から無くなる、ことを与えれば、残ったマグマ組成がその分だけ変化することは考えられるだろう。従って玄武岩から流紋岩へは連続的に変化し、分類は人為的に区切ったものだということがわかる。せめて、考え方を学ぶ、分類の意図を納得できるようにするのに、この教材が適しているかどうかを議論すべきだろう。これらのことなしには、学習指導要領に残った「マグマの粘性によって火山の形や噴火様式が異なること」はそれこそ覚えるだけになる。

2-8 産学官連携の科学技術振興の時代へ

1998年（平成10年）の改正の学習指導要領に対しては、後継者教育に危機感を高めていた日本物理学会・日本化学会や、リーダーや高度技術者不足に悩む産業界から批判が相次ぎ、ついに2000年10月に大島文部大臣は、「学習指導要領は最低基準であり上限は撤廃する」との見解を新聞に発表し文部省HPにも掲載された。さらには2002年の正月明けに遠山文部科学大臣が、「確かな学力」

「学びのすすめ」を軸とする2002アピールを発表し、最低基準であることを明文化した。2004年には上限規定を取り去る学習指導要領の改訂が行われる。大学も、2004年4月には国立大学法人となり、産官学の連携による科学技術の振興が最重要課題となる。

3. 検定がもたらす硬直化した教科書

検定教科書は学習指導要領を具現化したものであり、文部科学行政の現場への浸透に大きな役割を果たしている。ゆえに教育問題が教科書裁判や偏向教科書問題として現れる。検定のきびしさゆえに、教科書会社は不合格を恐れてあたりさわりのない教科書をつくるという悪循環に陥る。

3-1 官僚化した教科書検定

教科書検定の硬直性が一番現れたのが、平成10年度の高校生物Iである。この時は、「進化」という言葉が使用された教科書は軒並み不合格になった。その中に、学習指導要領策定委員である東大教授が監修した教科書も含まれていた。その東大教授は、「生物学では、生物は進化することが前提である。従って、進化の機構や分子生物学のことは高校生物IIに回したが、生物Iで進化の概念を根底するのは当然であるので、あえて生物Iの学習指導要領に書かなかった」というコメントをした。

この出来事は、教科書検定が、いかに杓子定規に行われているかを表している。そうなった理由の1つは、密室の検定が長らく批判されてきた上、情報公開の時代になり、検定意見は言葉でなく一覧表として渡されるようになったことにある。批判を恐れて、検定意見から調査官の私的な見解が消えた。そのため検定は文言の一致レベルの形式的なものにならざるを得ず、それだけ学習指導要領や指導書の文言の重みが増した。

検定が行政の手法に似ている例を示そう。筆者が書いた高校理科総合Bの教科書の火山活動の単元で、玄武岩に対しては不要という検定意見がつき、安山岩と花崗岩にはなかった。玄武岩がダメな理由で思いつくことは、中学校の新学習指導要領では火山岩と深成岩は代表的なもの一つづつ扱うことにとどめるに変わったことである。そこで

「高校であっても中学校の学習指導要領に従うのか、その場合、日本政府公認の岩石とは安山岩と花崗岩なのか」と聞いた。答えは、「そうです。高校1年は中学校4年生と考えてください」であった。高校の教科書が中学校の学習指導要領に従ったり、代表的な岩石を国家が選定していたとは知らなかった。日本の行政では、条文の少ない基本法を実質的に運用するために様々な通達で縛っていく手法が用いられる。通達は国会審議も不要で行政官が自由に書けるのでしばしば法に違反することもある。今回の検定は、まさにこの通達を口頭で伝えたようなものであった。ただし玄武岩と流紋岩はカッコ書きにすることで検定は合格した。実はその程度であるが、これが多くなると不合格になる。

権威に関する話題がもう1つある。件の教科書から検定後誤りが見つかった。検定意見に対する修正と共に誤りを直せるかと問い合わせた所、修正は、明らかな誤植を除いて、検定意見がついた所に限るという返答であった。ある人の説明によれば、そのような修正を受け入れると、調査官が誤りを見逃したことになり、検定制度の権威にかかわるとして検定審査会で問題になるという。

3-2 教科書会社がブレーキをかける

平成14年からの中学校の教科書で、誤った概念を与える書き方が目につく。例えば、マグマは地中深くで融けているものだ、という記述がある。これだと地球内部はどこでも常に融けていることになる。しかし、地球内部条件での岩石の安定関係の実験や、地震波で地球内部構造を精密に解析するマントルトモグラフィが発達して、マグマが常時存在する場はどこにもないことがわかってきた。もう一つの例は地震の分布である。各社の教科書にある日本列島の地震の分布図は、ここ20年くらいのデータによるものなので、大地震が心配されている南海、東南海、東海地震の震源域が空白になっている。文面によっては地震がない地域だと誤解する可能性がある。空白だからこそ、次に大地震が想定されることが伝わっていない。

これらの誤りの原因として3つのケースが考えられる。1) 教科書にかかわる人々に専門家としての能力が足りない、2) 検定に合格するための

教科書会社の前例主義、3) 論理をつくすことは子供たちには難しいという誤った学習観、である。

教科書の誤りがプレートテクトニクスやマグマ関連に多いのは、プレートテクトニクスを否定した時代や、それ以前の物理化学を否定した時代(都城、1992)に関係する。後に論じるように、現在40才以上の方は、政治的な理由でこれらの分野をきちっと学んでいない可能性がある。地震学の進歩や社会の関心の高まりは、ここ20年ほど特に阪神大震災以降急速である。いずれにせよ、教科書にかかわる人々は、教わっていないという言い訳はできない。

教科書会社が検定不合格を恐れて、自主規制をしたのだとしたら、モラルの低下だと言わざるを得ない。不合格のリスクを下げるには、内容や文面まで前回の検定で合格している教科書のものをまねするのが確実である。教科書検定で苦勞してきた教科者会社が、身を持って集めてきたノウハウであり「生きる力」なのである。しかし、一転して教科書会社が学習指導要領や教科書検定を権威づけることで、教科書執筆者に編集方針を正当化して押しつけるのであれば、教科書会社が民営である必要はなくなる。

わざと、子供たちにわかりやすく書く、観察や実験を重視するという配慮から、簡略化した可能性はある。しかし、もしそうだとすれば、後に論じるように、専門家の持つ子供たちの学習観がおかしいとして批判されなくてはならない。

3-3 教科の縦割り主義と伝統的な教材

理科でプレートテクトニクスが否定されていた時代に、小学校5年の光村図書の国語の教科書で、説明文の単元として1912年のウェーゲナーの大陸移動説が扱われていた。筆者が知る限り、昭和50年頃にはすでにあり、平成13年度まで使われていた。大学生に対してプレートテクトニクスをどこで知ったかという調査をしたところ、この教材であるという答えが多かった。

問題は、科学として誤っており、国語を勉強するほど誤った概念が刷り込まれてしまうことにある。一般に、人は最初に獲得した概念を変えるのが難しい。その後、プレートテクトニクスを勉強しても、刷り込まれている大陸移動説として再構

築するので、概念の修正ができない。ちなみに、誤りの第1点は、プレート＝マグマが冷えたものだとしていることである。中央海嶺のマグマは固化すると地殻になるが、プレートとは地球表面が宇宙空間に熱を奪われ冷たく固くなったものなので、冷却が進むにつれて7kmほどの海洋地殻の厚みを越えて約100kmぐらい（マントルを含む）になる。第2の誤りは、マントル対流でプレートが動くとしていることである。実際は、冷たく重くなったプレートが自ら沈むのが理由である。

理科として誤っている教材が、約30年間も使われた原因はどこにあるだろう。国語の教科書なので理科の検定は及ばない。さらに説明文の勉強だから内容は自由だ、とも言えるだろう。筆者も含めた理科の専門家は誰も教科書会社に意見しなかったのだろうか。それとも教科書会社や国語の執筆者が領域侵犯だとして無視したのだろうか。

もう1つ考えられる原因は、教科書検定が伝統的な教材を作ってきたことである。教科書会社は、教材を変えて検定が不合格になるというリスクを考える。一方、教科書調査官にしても、前任者が合格させたものを否定する理由はないので、そのような教材に意見をつけることはない。また、教科書会社にとっては、教材を変えると採択が減るリスクも高まる。中高年、特に家庭を持つ女性教員は教材研究の時間が取れない現実があり、新教材が多いと敬遠されたり、校長級が管理の都合から好まない傾向があるためである。

4. 科学者・教員の組織の論理や利害

学習指導要領の理科の内容は、科学者や教員の科学観や学習観だけでなく、彼らの組織の利害にも影響されてきた。地球惑星科学が政治に利用されるとは考えにくいので、地学教育の閉塞感は学習指導要領のせいだけではなく、それらに関与してきた我々自身の問題を反映している。

4-1 プレートテクトニクス反対運動

長年、文部省はプレートテクトニクスを認めなかった。1989年（平成元年）の中学校指導書でも、「大規模な大地の変動には、プレートの動きによって説明できるものがあるが、プレートテクトニクスには深入りしない」という記述がある。プレ-

トテクトニクスは、1967年から1969年にかけての国際学会のシンポジウムの討議を経て欧米では定着した。しかし日本地質学会で受け入れられるようになったのは1980年代であり、「空白の10年」と呼ばれる（藤田、1992）。

この問題は、政治の都合ではなく専門家のイデオロギー闘争と関係する。当時の日本には、地学団体研究会（地団研）の科学者や教員が多く、地団研がプレートテクトニクスを否定しており、その影響を受けた人が学習指導要領や教科書関係者に多かったためである。

地団研は、1947年に日本地質学会の民主化と地学の団体研究を目指して結成され、民主主義科学者協会の自然科学部門の部会の一つとして加わった。民主主義科学者協会は、戦後の民主主義の高揚によって様々な分野の研究者が結集して1946年に作られた組織で、戦前の封建的・軍国主義的・官憲的な科学からの解放をめざしていた（廣瀬、1960）。しかし、1950年の朝鮮戦争をきっかけに政治化（共産党化）がすすみ、職業的科学者が離れていくと共に、地団研も独立していった。

共産党科学技術部長を擁していた地団研は、政治的立場から学問においても親ソ連派になっていた（都城、1992）。当時のソ連は、スターリン主義が科学にも影響していた時代で、地層累重の法則を基本とした上下方向の運動からなる地向斜造山論を主張していた。欧米で発展したプレートテクトニクスは敵国思想であった。ただソ連は大陸であり沈み込み帯は極東にしかなく、科学者も感覚的にプレートテクトニクスの理解が難しかったのだろう。地団研は、啓蒙活動や出版を盛んにを行い、小中高教員を組織化していたので（廣瀬、1960）、プレートテクトニクス批判が教育界まで浸透した。

1973年に地団研幹部14名の連名による「日本の地質構造からみたプレート・テクトニクスをめぐる諸問題」と題する論文が発表され、プレートテクトニクス批判を展開した。彼らは、日本地質学会や大学においても要職にあったので、学会活動や講義を通じて学生にも浸透した。高校生には知る由もないが、入学した大学が地団研の強い所かどうかで学生のテクトニクス観が異なっていた

時代であった。

いずれにせよ、日教組を否定していた文部省が、同じ共産党系の地団研のプレートテクトニクス批判を結果として受け入れていたという皮肉な現象が起きていた。学習指導要領の内容の革新に抵抗していたのは、科学者自身だったのである。

4-2 なぜ生命と地球の共進化が入ったのか

プレートテクトニクスとは逆に、最新の成果がただちに学習指導要領に反映されることもある。高校の理科総合Bでは、ある大学人の意見で「地球と生命の共進化」という概念が取り入れられた。概念が出来てからわずか数年である。

素早く採用された理由は、1996年から3年間実施された科学研究費の重点領域研究「全地球史解読計画」の成果であったためかもしれない。あるいは理科総合Bという新設教科であり、前例となる学習指導要領が無かったためだろうか。

もう一つ考えられるのがある教授の存在である。そもそも「全地球史解読計画」は個人的な資金で1991年から行われていた「地球史プロジェクト」をベースにしている。そのプロジェクトのリーダーだった研究者と同じ研究室に所属していた教授は、文部省に影響のある人物であった。その人が、実質的には「地球史プロジェクト」の成果を文部省に売り込んだのである。

このことは、専門家が、積極的に教育の内容にかかわれば、学習指導要領の質も高まることを意味する。片手間に委員を引き受け、出身母体の利益を計るだけという専門家は不要である。

4-3 保守的な科学者や教科書関係者

日本列島は、過去4億年以上作り続けられてきた付加体からなり、現在でも四国沖の海溝で日本列島の成長が続いている（例えば、磯崎・丸山、1991）。付加体とは、海洋プレートの堆積物と陸から供給された砕削物が、プレートの沈み込み帯である海溝で大陸プレートの下側に次々と貼り付いてできる地層群のことを言う。全体として地層群の下部の方が新しい。また海洋プレートの堆積物は、下部が中央海嶺での玄武岩、その上にプランクトン（放散虫）の堆積物（チャート）、さらに陸に近づくと風で運ばれてきた粘土（泥岩）が増えるという海洋プレート層序を特徴とする。こ

のような考えは、1980年代に大阪市立大学の大学院生であった松田哲夫と磯崎行雄によって提唱された。もし、小中学校の地層の成り立ちの勉強が、日本列島などの島弧の成立や大陸の成長を理解するための基本とするなら、付加体地質学は時間的・空間的に重要である。

付加体地質学が地学教育に登場しない理由はたぶん2つあり、1つは学派の争いである。海洋プレート層序を提唱した松田と磯崎は当時大学院生で、一方、指導教官を含めた日本地質学会の重鎮たちは、玄武岩から泥岩・砂岩まで同じ所で堆積したものが、プレート運動で離合集散するというアメリカ生まれのテレーン説（地向斜造山モデルの改良版）を広めており、アカデミックハラスメントが起きていた。対立は指導教官に忠誠を示す大学院生とも生じていた。それから20年以上たち、殆どの関係者が大学の研究者となったが、いまだに確執が続いている。

もう1つの理由は教科書関係者の保守性にある。平成15年度からの高校の理科総合Bの教科書のうち、採択の多かった5社の教科書では、3社が付加体の概念すら扱っておらず、2社は概念は述べるが付加体という言葉はない。筆者が執筆した教科書では、付加体という言葉と図を用いて付加作用を説明した。教科書検定では何も検定意見はなかった。このことは、付加体が登場しないのは検定のせいではなく、少なくとも3社の執筆者や編集者は、付加体に関する検定にチャレンジしてみようとはしなかったことを示している。

このように教科書が良くなるのは、学習指導要領や教科書検定のせいだけとは言えない。科学者や教科書関係者が、検定不合格をさけたいと思うあまり保守的になっているのは確かだ。1958年から1978年まで教科書調査官されていた有田忠雄氏は、プレートテクトニクス推進派で、むしろ執筆者が書かないと嘆かれていたようだ（堀越、1992）。ただし、そのようなコメントは、教科書関係者に伝わらないと公平ではない。

4-4 官僚化した教育界の階層構造

平成10年の学習指導要領の改正以後の学力低下論に対して、歴代大臣は学習指導要領は最低基準であると発言してきた。しかし、現実の学校の研

究授業などでは、今でも学習指導要領からの逸脱が問題にされることがある。

荻谷(2003)は、学習指導要領は最低基準という考えが教育現場に浸透しないのは、県教委の対応がネックになっているのではないかと指摘した。実際、N県では、県の大学進学率向上のプランと整合することから、学習指導要領、教科書どおりの授業をする教員の評価は5段階の3としてチャレンジを奨励している。一方、T県では、(学習指導要領のとおり)基礎基本を教えていくという方針が続いている。その原因として荻谷は、歴代の大臣が学習指導要領は最低基準だと新聞や文部省のHPで表明しても、通達などの公式文書が来ない限り軽々しく対応してはいけないと考える県があるのではないかとしている。国が地方の教育を永年にわたり管理してきたことのついでである。

地方自治体にとっては、文書あるいは予算というのが重要らしい。ある県の中堅幹部は、自治体というのは、いくら理念が述べられていても、予算がついていないものはやらない、予算がついていれば必ず実施する、と判断するものだとして述べていた。従って、最近の学校で、文科省ではなく経済産業省主導の予算のついているキャリア教育や原子力・エネルギー教育支援事業交付金による総合的な学習が行われていることはうなづける。

現在の教育界には、科学技術振興策と愛国心教育がペアになって押し寄せており、戦前の教育体制を髣髴させるものがある。教員の世界には、管理が浸透しており自由な空気はない。「学力低下論争」などで右往左往する文科省に対して、地方の教育委員会から一本筋を通さないと現場が混乱するという意見が出ているが、裏返せば文部科学省の方針を、そのまま上意下達式に学校現場に持ち込んできた教育委員会の姿勢を反映しているにすぎない。

4-5 組織繁栄のための地学教育か

近年、地学教育についてのシンポジウムや学会による調査が増えている。いずれの学会も会員相互のための利益や会の発展を目的としているので、地学教育の振興や後継者養成に議論が行きがちなのはやむを得ない。

実際、地学関連学会の会員数減と高齢化は進ん

でいる。日本地学教育学会は、主として小中高の教員からなる学会である。しかし教員養成系大学での地学教育の減少のため、小学校教員の会員は少なく、40%近い高校の教員の多くは40才以上である。高齢者化は、大学の研究者を主体とする学会でも同様である。日本岩石鉱物鉱床学会は、会員数は約800人であるが、その半数近くは65才以上のいわゆる名誉教授クラスである。

しかし、地学教育は誰のためのものだろうという疑問がわく。基本的に、地学教育は学習指導要領を否定しないので、内容は地球惑星科学の歴史的な基礎基本を扱う。従って、地学教育とは専門家養成の教育なのである。社会貢献にしても、教員やコンサルタントなどを養成して間接的に貢献する図式にならざるを得ない。後に論じるような市民の科学リテラシーを高めるための双方向型の教育への意識に乏しい。

5. 地学教育の学習観・指導法の問題点

「新しい学力観」以降、遊びや実験・観察が理科の単元の冒頭に取り入れられたり、一人一人の目当てをもった追求として、知識・理解としては行き詰まるような活動でも否定されなくなった。小学校では、知識・理解はそもそも不要だという意見もあるだろう。しかし、高校まで入れて12年間の学校教育で、いつじっくりと考え方を学んだりするのだろうか。高校、大学受験で刹那的に知識を詰め込んでいる中学・高校に期待するのは現実的ではなく、小学校こそ本質的な知識・理解を追求してもよいと考える。

5-1 納得すること、夢を描けること

科学で重要なことの1つは納得することだろう。1951年(昭和26年)改訂の学習指導要領の理科の目標には、納得することの重要性が述べられていた。この章の議論の位置づけを多少ともわかりやすくするために、小学校6年の地層の単元の授業の様子を想定してみよう。

子供たちは生き生きとピーカーなどで地層を作る実験をする。あるいは校庭に穴を掘るかもしれない。次に、様々な活動や気づきを報告して黒板はいっぱいになる。単元とは無関係なことも入るはずである。もし露頭観察できるチャンスがあれば

ば、いろんな植物が生えていたり虫がいることや、風化模様あるいは小さな崩落の痕に注目が行くだろう。いずれにせよ教え込むのはよくないと考える教員は、話し合いをさせる。最後は、子供たちは友達の活動の様子をほめ合って、自然の力はすばらしいで終わる。一方、教えたいタイプの教員は、多様な報告にいちいち対応できないので、指導案というフィルターで、使いやすいところをピックアップして誘導する。

このような授業には、人間が本来持つ知りたい・学びたいという意欲に答えているか、かつ12年間の学校教育の6年目として責任を果しているか、という検証が必要である。6年では地層は水平に溜まることを教えられるが、実際に露頭に行けば、傾いたり、褶曲したり、断層があったりするが普通である。その時、褶曲などは高校の範囲（理科総合B）だという理由で考えさせないのか。高校で、理科総合Bや地学Iを履修しなければ、そのままである。あるいは「大きな力がかかったのだね」と説明するのだろうか。品田（2003）によれば、そのような説明をすると、子供は、大きな力（それも何かよくわからないが）で押した後の隙間はどうなるのかと聞いたという。すなわち子供は直接観察できないことも含めて考えようとしている。納得できない場合、違った仮説をたてようとする存在である。子供は理科離れしているが、実際は科学離れはしていないという見解がある（森、2000）。森は、生物分野の単元を例に、納得すれば科学をおもしろいと思うようになることを示したが、地学教育でも同じである。2004年の改訂で、どこまで発展として認められるのか。

子供たちが納得できない原因の1つは、教員が地球科学の全体像を持っていないためと考えられる。例えば、地層の単元ならば、付加体地質学によって地層から大陸成長のプロセスや46億年の地球の歴史を読みとれるようになったことに気づいているかである。教員がそのような全体像を持っていれば、子供たちも地道に露頭を観察することが大きなテーマの証拠を見いだすことにつながるという価値を共有することが出来る。

教科書の教材を使い回していないことも問題である。褶曲と断層は、高校の単元になったが、

小学校でも中学校でも、地層とともに地震のことを学ぶ。中学校1年ではプレートの動きで地震が発生することも教わる。そこで地震が断層のすべり現象であることから、褶曲や断層の形成にプレートの運動が関係することを理解させる。他にも第一分野の教材には地学に使えるものが多い。实际的に学習指導要領は最低基準であることになれば、このあたりが教員が補っていく部分だろう。

5-2 観察の理論依存性

「新しい学力観」の時代になり、単元の導入において、観察・実験から入ることが多くなった。しかし何も知識のない人は、対象から何を観察したらいいかということもわからない。客観的に観察や実験を続けていけば、やがて本質に近づけるだろうか。

例えば、予備知識なしに子供たちに星や星座を観察させたら、現在の宇宙観に到達するだろうか。コペルニクスやガリレオの地動説以降も、人類は20世紀初頭に太陽系のある天の川銀河のはるか遠く（230万光年）にアンドロメダ銀河があることに気づき膨張宇宙論に発展させてきた。そのような今日の宇宙観に到達するまでアリストテレスの天動説から約2300年要していることを考えると、客観的観察だけで到達することはまずない。もしかしたら、アリストテレスの天動説に到達することすらない。かつて、太陽の南中高度の計測や星座の観察をしたのは、航海術として重要であったからである。大海原で方向を見失うと命を失うことになり、国ならば海戦に負けるのである。小学校3、4年の太陽、月、星の単元はいまだに観察重視のために天動説であり、中学校3年の天文分野は太陽系と星座で、コペルニクスの地動説の時代でとどまっている。

科学史の研究や数々の論争が明らかにしてきたことは、先入観をすてて自然を正確に観察したり、実験したりすることによって科学は進歩するという常識的科学観は誤りだということである（都城、1998）。仮説や期待のない観察や実験はありえない。観察の理論依存性は、熱力学で有名なデュエムが1914年にすでに指摘していることである。同じ地層を観察していても、プレートテクトニクスの証拠だという研究者と否定する証拠だという人

がでてくる。それぞれの仮説にしたがった観察を行っているので、実はまったく違う観察や理解をしている（都城、1998）。

20世紀は科学の時代とも言われるが、見えないものを想像して観察できるようにしたことで進展した。X線回折による原子核の発見や赤外線天文学しかりである。地震の分野では、川崎ほか（1993）は、周期が数十分から数時間の地震（サイレントアースクエイク：ゆっくり地震）を発見した。長周期の地震では、従来の振り子式の地震計だと本体ごとゆっくり動くので針は振れない。川崎たちは、プレートの運動量と地震によるエネルギーの解放量が釣り合わないことに疑問を持ち、地球全体の振動解析や加速度センサーによる観測などでゆっくり地震の存在をつかんだ。東海地震の予測において、アスペリティ（将来の震源になる固着部分）周辺でゆっくり地震が起きると本震が近いという最近のモデルに貢献している。

以上のように、理科では予備知識や体系がある程度教えてから観察や実験に入るのが合理的である。授業では、人類が築き上げてきた質のよい着眼点などを丁寧に教える。スケールの異なる時空間や力の存在を常に意識させる支援が必要だろう。例えば、地層の観察では、ピーカーで作った地層と実際の地層のスケールの違いが結びつかなかったりするからである（品田、2003）。

教えてから実験・観察という主張に、他の教科や理科の他の単元では、観察・実験（調査）から導入してもうまくいくとの反論があるかもしれない。うまくいくケースには、2つの可能性がある。1つは、学習指導要領の内容だけに絞れば、内容が少ないうえにテストによる評価が高い場合である。もう1つは、先行体験が効いている場合である。社会科などでは、日常生活やメディアから、ある程度先行体験や概念が出来ており、単元の導入時であっても、実際はある程度理解してからの観察・調査になっているのだろう。一方、理科については、現在の子供たちは自然や科学技術に無意識に接しており、学習に影響する先行体験とはなっていない。だからといって、12年間しかない義務教育や高校教育の6年目で、経験不足をおぎなうために無邪気な観察・実験を繰り返す必要性

はない。

5-3 発達段階に応じた教育とは何か

教育現場では、「発達段階に応じた」教育や支援という言葉がよく聞かれる。日常的には学習指導要領の系統化された単元をこなしていくという程度の意味で使われることが多い。あるいは小学校3年生は違いに気づき、4年生では因果関係がわかる、などという学年進行の発達モデルの段階を指すのかもしれない。中学校の教員が、小学校の総合的な学習の時間は遊びであり、中学校では発達段階に応じて国際、福祉や情報を段階的に学ばせると発言する場合の意味は何だろう。これらの考えや発言に見られる「発達段階に応じた」には、学ぶとは簡単なものから複雑・高度なものへ積み上げていくという一方向性のものであるという考えが共通してあるように思える。仮説をたて検証する、議論するというのは高度な段階らしい。

しかし、子供であれ大人であれ、人は何かをする時は、仮説をもうけ、行動して確かめ、次に生かすということをしている。1951年（昭和26年）改訂の学習指導要領にも、「7才児なりの知識の体系があり、このようなサイクルを回して15才児の知識の体系となり、それは歳とともにより客観的な検証に耐えるものになっていくのである」と書かれている（文部省、1952）。鈴木（2000）は、幼少の頃から学ぶことができるという最近の研究結果から、一方向的なピアジェの学力形成モデルが成り立たないと論じている。発達・学習課程はもっと能動的なものであるという。企業教育では、Plan-Do-CheckのPDCサイクルを回せと積極的に訓練している。なぜ学校現場では、子供なりのPDCサイクルの効用を積極的に評価しないのか。ある研究会で中学校の先生が小学校3年生の総合的な学習の時間の授業を見る機会があり、「小学生3年生でも中学生と同じように議論するのですね」と語っていたが、「発達段階に応じた」ととらわれていることに気づいてくれたのかなと思った。

このように考えると、6年の地層の単元であっても、いつ、どこから、なぜ、どのようにして、そしてこの先どうなるのか、などの地球の表層運動について一通り見通しを持たしてから観察させ

てもよいと思う。水槽で地層を作るなら、地学としてだけではなく、重力による沈降と水の粘性抵抗を解析しているのだという多様な視点があってもよい。「子供たちには難しい」と反論があるかもしれない。しかし一般に教員が「子供たちには難しい」と言う時、本当のところは、1) 教員が「発達段階に応じた」論にはまっている、2) かつての優等生としての経験から正解に到達するのは難しいと考えている、あるいは3) 自分もよくわからない、のどれかを言っているように聞こえる。

5-4 わかりやすくが理解を妨げる

教員、博物館関係者、メディア関係者がよく使う言葉に「わかりやすく」というのがある。しかし現実には、ごまかしたり、論理を省略することとしか思えないことが多い。高校の教科書にかかわった時、筆者の原稿に、高校教員の執筆者はわかりやすく書かないと生徒はついて来ませんと言った。最終的に高校教員と編集者で調整した検定用白表紙本には、中央海嶺から出たマグマは冷やされてプレートになったと書かれていた。筆者には、この文章から何がわかるのかわからなかった。

筆者は3つの博物館の展示や企画展にもかかわったが、博物館ではわかりやすくとは、難しい学名のラベルと小学生や団体観光客でもわかる漫画パネルの組み合わせのことらしい。その1つの博物館に、中学校教員免許のための地学の受講生を毎年連れて行くが、もっと知りたかったのに説明が簡単すぎるというレポートがいつも提出される。また国立科学博物館が、NHKの教育テレビの番組で黒雲母とした鉱物は明らかに別のものだったので抗議したら、ディレクターの返事は、わかりやすくするために中学校教科書に出ている鉱物にした、であった。同時期、総合テレビでは「地球大紀行」が放映されており、そこでは必要な専門用語は使っていた。

このような「わかりやすく」論の問題点は、教育を理想や平均で捉えて、興味の差、能力の差をふまえて対応しないという所にある。教育の世界には、統計処理になじむ理想的な学力や子供たち、平均的な年寄り像などがある。近年の学力不足論争でも、発端は小中学校の計算問題の正解率からみた平均的な学力を議論していた。しかし先に述

べた博物館を訪れた大学生は、全ての展示を詳しく知りたかったわけではない。自分が興味を持ったものだけ納得したかったのである。すなわち、年齢や学歴によって好奇心や理解力が異なるのではなく、同じ個人の中でも凸凹がある。平均像は現実を反映しない。

平均でとらえることの問題は、1998年(平成10年)の学習指導要領の「ゆとり教育」にもある。難しい所を3割削減すれば、テストの最低点上がるはずでクラス平均も上がる。教室から落ちこぼれがいなくなり、全ての児童生徒が参画意識をもって授業に望むという考えである。しかし実際は、論理が繋がらない程度まで内容を削減すれば、かろうじてわかっていた層がわからなくなり、わかっていた層には退屈で、もともと興味を持たなかった層はやはりわからないままなので、平均点は下がるのである。

従って博物館は2種類の説明パネルを用意するのが理想だろう。1つは、例えばこれは何々時代の魚の骨である。もう1つは納得したい人向けの、**紀の**属の化石で、生息環境は***。***の証拠となっている云々である。2つが困難であれば、後者だけでもよい。多くの人は、化石が魚の一種だということさえ見てわかれば、生きていた環境をぼやっと想像するだけでけっこう満足するのである。

西林(1994)は、教育心理学的な観点から、教科書は説明を丁寧に行うべきで、結果として厚い方がよいと主張している。簡略化して物語性がとぎれると、使える知識にならないのである。地学分野のように、日常経験から省略部分を補うのが困難な分野は、省略、簡略化やすり替えは結局理解を妨げると考えられる。

6. 双方向型の情報社会における科学リテラシー

6-1 市民の政治参画と科学リテラシー

これまでは、科学は常に専門家のものであり、行政やメディアを通じて、市民社会に一方的に伝えられてきた。科学は国家によって体制化されることで進歩してきた。

このような上意下達構造は、現在でも原発な

ど国策については続いている。2001年に約12億円の原子力・エネルギー教育支援事業交付金が予算計上された。各県最低1000万円程度予算がつく。予算があれば実施するという行政の立場からすれば、そのような教育がおこなわれるはずである。

しかし、1960年代の高度成長期の公害訴訟と反原発運動などの市民運動の高まりを契機として、市民の科学への参画がわずかづつであるがはじまった。1980年代になり、薬害、遺伝子組み替え、臓器移植、クローンなどが身近な社会問題となり、行政責任の追究と情報公開を求める動きが高まった。このような時代になって、上意下達式の情報操作がうまくいかないことも起きる。

2001年に、三重県海山（みやま）町の住民投票で原発誘致が否定された。そもそも商工会が中心になった誘致請願には有権者の64%の署名が添えられていた。そこで、町議会では請願の採否をとばして、住民投票に走った。請願の採否を議論すると反対運動が大きくなると考えたためである。ところが住民投票の直前に、伊勢湾を隔てた静岡県御前崎の浜岡原発で、緊急炉心冷却システム（ECCS）の作動試験中に、高圧蒸気を通す配管が破断する事故が起きた。原子炉の空だきを防止する重要なシステムの事故である。空だきになれば、原子炉は爆発して燃料棒のウランやプルトニウムが死の灰として飛び散る。海山町は、それまで住民に原発の利点と危険性について何も説明していなかった。そのために、不安にかられて一気に拒絶に走ったものと考えられる。

21世紀はリスク社会とも呼ばれる。市民は、被害者だけではなく加害者にもなりうる。原発は、都会の住民が利益を享受し、原発立地地域の住民がリスクを負う。二酸化炭素による温暖化も、北の先進国と南の開発途上国の利害が一致しない。このような社会では、市民一人一人が責任ある行動をとろうとするならば、実際的に使える科学的な知識やコミュニケーション能力を含めたいわゆる科学リテラシーが求められる。

どのような場合でも、情報が開示され、市民が参画できるという双方向性が重要である。その場合、専門家は、権力を持たず、情報が十分に開示されていない状況にある市民サイドにつくのが妥

当であろう。しかし、そのことは必ずしも推進側に不利益とは限らない。北国新聞の井上（私信、2003）によれば、北陸電力の高圧電線による電磁波障害についての金沢市の住民が起こした民事訴訟でも、専門家が調査をつくり住民参加の勉強会を重ねることで和解に至ったという。参画し、納得するというプロセスが重要である。

6-2 東海地震防災大綱が求めるもの

市民参画型の社会に対して、例えば地震ならばどのような地学教育がありうるだろうか。この問題のヒントは、政府の政策転換にあるように思う。2003年6月に政府は「東海地震対策大綱」を発表し、地震予知を前提とした防災から予知に頼らない防災に180度方針を転換した。その内容に、地震に関する知識の普及がある。行政の能力や予算に限界があるので、市民の協力を得て、安全な街づくりをしようというのである。そのような市民の育成において、学校教育の役割は大きいはずである。

しかし現状は、小中学校で地震で災害が発生することは教えるが、なぜ災害になるのか、なぜ大きくなるのかの仕組みを考えさせない。その仕組みがわかれば災害は減らせることを納得させるものになっていない。中学1年の初期微動継続時間を用いた震源からの距離の計算は、高校の情報の授業の演習題として最適な教材かもしれないが、実社会では気象庁がやる。どうせやるなら、津波はどのくらいの速さで何分後に来るのか、揺れは何分続くのか、揺れが続くと建物はどうなるかを考えさせるような授業にした方がよい。

そもそも、大人でも東海地震がなぜ予測されるかをわかっている人は少ない。大学の講義で、後に述べる原発震災の話をしたところ、東海地震が予測されていることを初めて知ったという学生が半数ぐらいた。従って、政府が予知に頼らない防災計画を提案しても、ほとんどの人は、予測は確実であるが予知はできないと言う論理についていけないだろう。これなどは、リスクコミュニケーション問題として、教育分野でも検討していく必要がある。

現実的に災害を減らすには、住居を耐震化することの必要性を理解させることが重要だろう。

1995年の阪神大震災の教訓として、地盤と建物が共振して倒壊すること、耐震化の効果が大きいことを学んだ。そこで、理科の第一分野の教材である波の共振や力学と結びつけて建物の筋交いの勉強をする。社会科でハザードマップの読図を丁寧にやる。家庭科の住居と結びつけてもよい。いずれにせよ、伝統的教材を伝統的なアプローチで教える地学教育の時代は終わったように思う。

6-3 原発震災をどう扱うか

市民への地学教育として最も急がれるのは、原発震災のことだろう。石橋(1997)は、静岡県御前崎にある浜岡原発は、東海地震の震源域の直上にあり、東海地震が起きれば破滅的な事故が起きると警告した。浜岡原発は海岸沿いの軟弱な第三紀層に建てられており、かつ古い1号機、2号機は耐震基準のレベルの低い1971年までの建築基準法に準じて設計されたものなので、東海地震が起きれば、建物倒壊や配管の損傷、あるいは津波のために原発が破壊される可能性が高い。2003年に札幌で行われた国際測地学・地球物理学連合学会の総会でも、前地震予知連絡会会長の茂木清夫・東大名誉教授が原発震災についての講演を行い、世界の地震学者の注目を集めた。原発震災がおきれば、それを想定していない東海地震の被害総額30兆円、1万人強の死者という予測をはるかに越える被害となり、将来にわたって静岡県は立ち入り禁止区域になる。

静岡県知事は、大震災特例法による東海地震についての対策と原発推進を同時に進めていることになる。知事以下、県民が無知なのか、国家に従順なのか。情報の提供が不足しているとか考えられない。

地学教育はこの問題にどうかかわるのか。例えば、中学校の地震教育で、先に述べたように地盤と建物の共振による倒壊、それを防ぐ手だてを考える。総合的な学習の時間で、東海地震が日本経済に与える影響を考えるとともに、老朽原発の耐震性と事故の影響について調べる。結論を教えるのではなく、自分で考えて事故をシュミレートすることが出来るようにする、そのために必要な知識は、(1) 法律：建築基準法は地震災害のたびに強化されるが、古い法規で作られたものはそのま

までよいこと、(2) 機械工学：原発は火力発電所と同じ高圧水蒸気からなるシステムであり、配管の破断による沸騰で空だきになったり異常振動がおきて装置が破損する可能性があること、(3) 火山学：火山の噴火はマグマ中の水蒸気が減圧で沸騰するか、地下水がマグマと接するか(マグマ水蒸気爆発)、暖められるか(水蒸気爆発)して沸騰することが原因である、ということだろう。

それらの知識を活用すれば、以下のようなシナリオを描くのはそれほど困難ではない。原子力発電は、核分裂で発熱するウランの燃料棒を常時大量の水で冷やしながらか熱交換して約300℃、100気圧以上の水蒸気を作り、火力発電所と同様にタービンを回して電気を得る。従って、地震で配管の一部が破断すると、急激な沸騰による震動で燃料棒が破損する可能性があり、約4000℃になっている燃料棒内部が露出し、そこに空だき防止のための緊急冷却水がかかると、マグマ水蒸気爆発と同じ爆発を起こす。あるいは放射能で脆くなっている原子炉そのものが、緊急冷却水による熱衝撃に耐えられず破壊される。原発震災を確実に回避する方法はただ1つ、原発を停止することに気づけばよい。

7. まとめにかえて

7-1 学習指導要領からの解放を

これまで検討してきたように、学習指導要領は絶対的なものではなく、時代を反映して扱いや内容が変わってきている。学習指導要領への様々な圧力は、圧力団体や個人からすれば、よかれと思った善意の行為かもしれない。ただし、それらが全部集まると、誰も全体が見渡せず、集団の無責任状態におちいていた。

その意味で、科学者や特に教員が真摯な研究や実践を積み重ねて提言することを、学習指導要領を逸脱したと否定するのではなく、むしろ学習指導要領をよくするものとして評価すべきだろう。もちろん学習指導要領の範囲で工夫するという努力は、これまでもなされているし、これからも一定の義務はある。2004年度に、世間の批判を浴びて施行後わずか2年で上限規定をなくす方向で学習指導要領が部分改訂されるが、これをきっかけ

に、従来のしがらみを越えて、本当に重要な地学教育を考えていく必要がある。

以上に加えて、地学教育は、情報の双方向化の時代、市民参画の時代に対応した科学リテラシーを高めることを正面にとらえるべきでないか。そのような地学教育の内容は、従来の理科の範囲を超えるだろう。現実的に学校教育のどこの枠で出来るかを考えると、小中高校ならば総合的な学習の時間、高校なら同世代人口の約3割、30万人の高校生が受講する理科総合Bの時間が重要になっていく。

7-2 教育基本法改正の動きを前にして

教育基本法の10条は、「教育は、不当な支配に服することなく、国民全体に対し 直接に責任を負って行われるべきものである。教育行政は、この自覚のもとに、教育の目的を遂行するに必要な諸条件の整備確立を目標として行われなければならない」ことを述べている。今回検証してきた様々な事象のいくつかは、すでに教育基本法に触れているように思える。「自分の国を国家から守る」という言葉があるが、国を愛することと国家に忠誠をつくすことは別である。

文献

- 藤田和夫 (1992) プレートテクトニクスと日本の地質学界—その10年の空白 月刊地球号外5, 17-22.
- 嘴本格 (2000) 神戸では大地震がない迷信はなぜ広がったか 科学を学ぶ市民の権利と理科教育 科学, Vol.70, 787-792.
- 廣重徹 (1960) 戦後日本の科学運動 中央公論社, pp266.
- 廣重徹 (1973) 科学の社会史 岩波現代文庫学術94 (2003), 岩波書店, pp549
- 堀越叡 (1992) プレートテクトニクスについての個人的経験 月刊地球号外5, 35-38.
- 荻谷剛彦 (2003) なぜ教育論争は不毛なのか 中公新書クラレ88, 中央公論新社, pp294.
- 川崎一郎・島村英紀・浅田敏 (1993) サイレンアースクェイク 地球内部からのメッセージ 東京大学出版会, pp254.
- 梶座圭太郎・相馬恒雄 (1992), 21世紀の地学教育に向けて: (2) 教員養成大学の戦略. 富山大学教育学部紀要A, 41, 25-35
- 磯崎行雄・丸山茂徳 (1991) 日本におけるプレート造山論の歴史と日本列島の新しい地帯構造区分, 地学雑誌, 100, 697-761.
- 石橋克彦 (1997) 原発震災—破滅を避けるために 科学, Vol.67, 720-724.
- 都城秋穂 (1992) プレートテクトニクスの成立した頃のことと, 日本におけるプレート反対運動 月刊地球号外5, 12-16.
- 都城秋穂 (1998) 科学革命とは何か 岩波書店, pp331.
- 森一夫 (2000) 理科はなぜ離れられてしまったか 科学, Vol.70, 856-860.
- 文部省 (1952) 小学校学習指導要領理科編.
- 文部省 (1989) 中学校指導書理科編.
- 永井憲一 (1993) 教育法学 エイデル研究所, pp309.
- 西林克彦 (1994) 間違いだらけの学習論 新曜社 pp190.
- 品田やよい (2003) 地域露頭の教材化再考—小学校6年生の実践を通して— 日本地学教育学会第57回全国大会講演予稿集, 116-117.
- 相馬恒雄・梶座圭太郎 (1992), 21世紀の地学教育に向けて: (1) あたらしい地学教育の基礎とは何か. 富山大学教育学部紀要A, 41, 15-24
- 鈴木宏昭 (2000) 発達段階に応じた教育再考 認知科学から現代科学教育への示唆 科学, Vol. 70, 890-897.
- 山崎政人 (1986) 自民党と教育政策—教育委員任命制から臨教審まで— 岩波新書黄335, 岩波書店, pp191.