

「災後」のジオサイエンス



岩松 暉

1. はじめに

第18期日本学術会議では2003年「人間と社会のための新しい学術体系」と題する報告書¹⁾を公表した。筆者も会員として作成に関与し、各論として「地球環境時代における地質科学—資源中心の体系から環境中心の体系へ—」²⁾を掲載した。幸い好評で、日本地質学会のNews誌にも転載された。要旨は次のとおりである。

資源とエネルギーは産業の米である。その資源(鉄)とエネルギー(石炭)を握る基幹学問として近代地質学は産業革命期に誕生した。わが国でも同様、明治の殖産興業時代から戦後復興期まで、地質学を支えるインフラは資源産業だった。やがて高度成長期、地質学を支えるインフラは土木建設産業へとシフトする。しかし、21世紀は地球環境時代、「かけがえのない地球 only one earth」という認識の下に、地球環境の保全を図りつつ、爆発する人口を養い、「持続可能な開発」を実現するために環境をデザインしていく、社会地質科学ないし環境地質学へ変貌していくであろう。もちろん、グローバルな問題だけでなく、防災や地域アメニティーの問題など、身近なふるさとの環境保全・創造にも貢献するものである。なお、資源とエネルギーの重要性は変わらない。これらの分野も引き続き、重視していく必要がある。

2. 東日本大震災の突きつけたもの

2011年3月11日、M 9.0の東北地方太平洋沖地震が発生、地震・津波・原発事故と、未曾有の大災害があった。直後、高名な津波研究の大家からメールを頂戴した。地球の年齢46億年を人間の一生にたとえると、近代機器観測データがある150年は、高々1分間に過ぎない。1分間診療で何が分かるか、それも地震波という間接的なお糸脈診察^(註)で…、といった趣旨である。実感であろう。一方、地質学の大家からもメールを頂戴した。学術会議の提言が出されたのは21世紀初頭、その時点での見解としては評価する。しかし、この大災害を受け、地質学もまた脱皮を迫られている。その方向性を示せ、とのキツイ宿題が記されていた。『東日本大震災津波詳細地図』³⁾の出版など雑事に追われていたこと、当面推移を見守る必要性を感じていたことなどから、この宿題を棚上げしていたが、震災5周年を迎え考えてみたい。

東日本大震災では、しばしば「想定外」という語が使われ流行語になった。しかし、地質学者達は津波堆積物の研究から、貞観地震津波(869)の規模を知っており、決して想定外ではなく、数百年~千年に一度の災害が、再び発生したものと受け止めた。俄然、地質学の重要性が再認識され、2013年の科学技術・学術審議会測地学分科会でも、従来のいわゆ

る地震予知計画を災害科学の一部として推進する方針に転換するとして、「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画の推進について」が建議された⁴⁾。そこでは「観測データ、史料、考古学データ、地質学データ等に基づく地震の統計学的解析や火山噴火の活動履歴の調査により、地震や火山噴火とそれによって引き起こされる災害の発生場所や規模・頻度を推定し、長期的な防災・減災対策の基礎的知見を得る」として、歴史学・考古学・地質学などとの連携を謳っている。2014年全面改定された中央防災会議の大規模地震防災・減災対策大綱でも「地方公共団体は、国の協力の下、地質等から判断される地盤の揺れやすさ、木造住宅密集市街地、土砂災害危険箇所等の情報から評価した建築物の倒壊・延焼の危険性、道路閉塞の可能性のほか、大規模盛土造成地、埋立地、ゼロメートル地帯等の情報について、個々の居住者が認識可能となる程度に詳細に示した地震防災ハザードマップの作成・公表や土地取引時の情報開示等を進める」として、はじめて地質の文言が入った⁵⁾。

(1) 地質学

このように地質が注目されるようになったことは喜ばしいが、単なる災害年表づくりや危険箇所抽出だけに満足してはならないだろう。貞観津波クラスの津波があると思っていたなどと事後解説してもらっても、ありがたくないし、この活断層は明日動くかも知れないし、1000年後かも知れない、などと言われても、どうして良いかわからない。「人間の寿命のオーダーでの時間尺度」で予知予測ができなければ、解釈・解説の学問とそしられてもやむを得ない⁶⁾。事実の記載はあらゆる学問の基礎であり、重要性は毫も揺るがないが、もう一步脱皮する必要がある。幸い年縞年代学も進歩し、数万年前までなら

正確な年代尺度を得た⁷⁾。単なる周期説（確率論）ではなく物理的な根拠に基づく定量的な予測が求められる。

(2) 活断層

活断層についても問題がある。活断層の定義にはいろいろあるが、広義に第四紀断層としても、震源断層との関係を明白にしないと、見当外れになりかねない。兵庫県南部地震（1995、M 7.2）の際、西宮市内の学校校庭で、六甲断層系と方向も変位のセンスも同じ“活断層”が出現した。トレンチを掘って見たらゴミ地盤で、基盤の第四系大阪層群は切れていなかったという⁸⁾。要するに地震で揺すられたため、ゆる詰めゴミ地盤が地すべりを起こし、その方向がたまたま六甲断層系の方向と一致しただけだったのである。第四紀堆積盆も地球規模からマクロにみたら、ゴミ地盤程度の小さな堆積盆に過ぎない。海溝型の遠地震で揺すられても、切れることもあるだろう。いわゆるノンテクトニック断層である⁹⁾。単に新しい地層がずれているか否かに一喜一憂するのではなく、もっと震源断層あるいは地震発生帯との関係を構造地質学的に厳密に論証することが必要であろう¹⁰⁾。

(3) 地震学

地震学についても、宮城県沖地震を想定して、東北地方太平洋沖地震を予知できなかったとして批判されている。しかし、応用力学からはもっと手厳しい批判もある。橋口（2014）は次のように述べている¹¹⁾。

現下の地震発生の分析は、過去の僅かな観測データの統計処理に基づくもので確率論的事象を対象とする域を出ず、決定論的事象を対象とした物理的メカニズムに裏付けられた力学モデルによる解析には至っていない。…（中略）…地震予測に関わる力学

は、固体力学、特に非可逆変形論つまり塑性論に属するが、理学部には固体力学に通暁した研究者はおらず、まして塑性論に通じた研究者は皆無に等しいので、地震予知には極めて稚拙な力学モデルが平然と用いられている。

プレートテクトニクス確立期は一次近似として弾性論で議論してきたが、マントルも対流し、プレートも塑性変形する以上、この指摘は妥当である。

(4) 火山噴火

最近、西之島や口之永良部島新岳など火山活動が注目を浴びている。2004年のスマトラ島沖地震（M 9.1）から6年経った2010年、シナブン火山（スマトラ富士）が数百年ぶりに大噴火し、現在も活発に活動中である。スマトラ島沖地震と関連していると見なされている。M 9クラスの地震があれば、広域応力場が大きく変化するのだから、火山活動に影響が出てもおかしくない。日本列島はこれからが正念場を迎えていると覚悟すべきだ。しかし、いつどの火山がどのような規模の活動をするのか確定的に予測するのは現在の火山学ではまだ難しい。カルデラ噴火のような超巨大火山活動と原発との関係についても、カルデラ噴火は日本全体で見れば約1万年に1回だから、原発を再稼働しても大丈夫といった非科学的な言説もまかり通っている。日本の火山学は世界最高峰とはいえ、まだ社会の期待に応えるレベルには達していない。

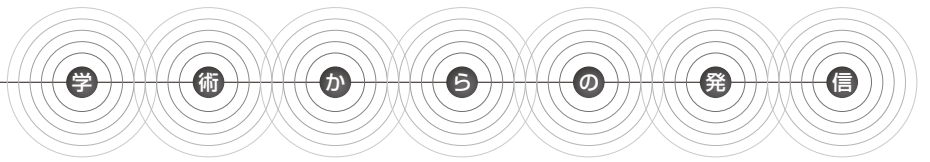
(5) 地層処分

東日本大震災では不幸にして原発事故まで誘発し、長期にわたって居住不能な地域を生み出してしまった。わが国は若い変動帯に位置し、原発推進国中、地質学的にもっとも条件の厳しいところにあるのは論を待たない。今回の事故で、高レベル放射性廃棄物の地層処分が改めてクローズアップされた。原発

賛成反対にかかわらず、既に膨大な量の廃棄物が溜まっており、不本意ではあるが、その処分方法を考え出す責務を地質学は負わされている。学界の総力を挙げて取り組むことが求められていると言えよう。

(6) レジリエンス

東日本大震災では超巨大津波防潮堤がもろくも倒壊した。低頻度大規模自然災害を実際に経験したのである。従来の防災（prevention、protection）から減災（mitigation）へパラダイムシフトし、レジリエンス（resilience）が注目されている¹²⁾。石川（2015）は、レジリエンス（回復力）を、「危機に瀕した際、地域・コミュニティ・ひとが、状況の変化を受容し、判断を行い、回復・再生・創造に至る時間軸を包含する力」と定義し、「社会的レジリエンス」「環境のレジリエンス」「文化のレジリエンス」の視点から総合的にとらえることの重要性を指摘している¹³⁾。孫子の兵法では、「彼を知り、己を知れば百戦危うからず」という。災害の場合、彼とは地震や土砂崩れなどのハザードであり、己とは自分が住んでいる地域の成り立ちである。リアス式海岸では津波波高は増幅されるし、浦安市のような埋立地では液状化する。2015年台風18号に伴う鬼怒川破堤によって常総市は広範囲に湛水した。常総市はもともと鬼怒川の氾濫原に立地し、みつかいどう水海道と呼ばれていたことを忘れていたのではなかろうか。このように災害文化の醸成に地域の地形や地質の情報は欠かせない。地学を国民教養として根づかせる努力をどの程度行ってきたか、反省する必要があるだろう。大学入試が高校教育をゆがめているとの指摘もある。少子時代、入学者確保のため、受験生におもねて、入試科目を少なくしてきた大学も、理科離れの責任の一端を負っている。総合教育会議の公式席上で女子生徒にサイン・コサインは不要と述べた県知事まで登場した。リベラルアーツの復権が



急務と言えよう。

3. 歴史区分としての「災後」

近現代の歴史区分として、「戦後」という語がよく使われる。確かに明治憲法体制と現行憲法体制とを画する大事な区切りだ。しかし、その「戦後」もここで大きな転換点に来ている。高度成長、右肩上がりの時代から、低成長・人口減少の時代がやってくる。自然は征服すべき対象と考えていた時代から、自然と折り合いを付けながら、身の丈に合った生活をしていく時代になったのではないだろうか。皆うすうす気づいていたことが、今回の東日本大震災で明確に自覚させられた。阪神・淡路大震災の時と違い、在来型経済成長による復興が期待できない現実がある。

さらには原発事故に象徴されるようなエネルギー多消費型文明に反省が迫られている。スーパー台風など地球温暖化に伴う極端気象現象も頻発するようになり、自然エネルギーに依拠する低炭素型社会の実現は待ったなしである。日本の高度成長期は、たまたま地質学的な平穏期に当たっていた。しかし、これからは「大地動乱の時代」がやってくる。太平洋ベルト地帯への一極集中が極限まで進んでいる現状の中、ささやかれている南海トラフ連動型地震が人口稠密地帯を襲ったら、国の存立まで脅かされ、難民の発生まで起こりかねない。社会の仕組みそのものの変革が迫られているのではないだろうか。

社会に大きな影響を与えた自然災害としては1775年のリスボン地震を挙げることができる。そう単純ではないが、教会のくびきを解き放ち、啓蒙主義へ大きく踏み出すきっかけになったとも言われている。神の権威が揺らいだのだ。

わが国でも1000年に一度の大災害を受け、「戦後」

が終わり、新しい「災後」の時代が到来したのではないだろうか。大きな文明の岐路に立っているように思う¹⁴⁾。

4. インテグレートしたジオサイエンス

それでは、東日本大震災が突きつけたものにどう応えるか。私は、従来の狭いディシプリンを超えたインテグレートしたジオサイエンスが求められていると考えている。ジオとは地球を指すギリシア語の接頭語である。欧米では地質学も地球物理学も大学の department of geology で教授されていることが多い。研究所や役所も同様である。アメリカにはアメリカ地質調査所 (US Geological Survey) があり、地質調査だけでなく、地震観測から地図づくりまで行っているし、インドネシアでは地質庁 (Geology Agency) が地震や火山・土砂災害など地質災害全般を統括している。しかるに、わが国では明治時代のなごりか、縦割りである。地球関係諸科学全体を指す語として地球科学 (earth science) が用いられているが、ディシプリンの集合体とのニュアンスが強い。アメリカの NSF では Geosciences Division の中の固体地球科学を主に意味するものとして使用されているという。Geoscience を地質科学と訳すと地質学と同義に見られて、敬遠する向きもあるが、最近ではジオパーク運動も盛んになり、ジオが日本語として定着しつつあるので、従来の地球科学系諸学問をインテグレートし、有機的に結びつけたものをジオサイエンスと呼びたい。

前述の地震にしても、地震は地球深部における断層運動、つまり岩石の破壊現象なのだから、単に波動を観測するだけではなく、塑性論も含む岩石力学・構造岩石学・岩石化学的な、さらには流体力学的な

見方が求められる。幸い観測船「ちきゅう」により地球深部の物質が入手できるようになり、物質科学的な研究が可能になってきた¹⁵⁾。地震発生帯における岩石物性・間隙水圧・流体の挙動・変成変質などの理論と計測が必要である。活断層も単に変動地形を調査するだけでなく、深部地質との関連も含めた構造地質学的な視点が欠かせない。火山噴火予知も地震観測だけではなく、マグマ成因論も含む火山化学・火山物理学・火山ダイナミクスの視点が不可欠である。つまり、橋口のいう決定論的研究が求められている。このように、災害に関わる地震・火山だけをとっても、地質学・地球物理学・地理学等々の諸科学の協力協働が欠かせない。まして全地球史の解明には、気象学・地球電磁気学さらには天文学や生物学などを含めた諸科学の総力結集が求められる。

なお、日本地球惑星科学連合の英訳はJapan Geoscience Unionである。このgeoscienceを単数にするか複数にするかで議論があり、ディシプリンの集合体ではなく、一つの体系を持った学問に育てたいと単数を選んだ由である。European Geosciences UnionやAsia-Oceania Geosciences Unionとは異なり、高い志が感じられる。誠に心強い。

同時に、非可逆な地質現象を取り扱っているのだから、歴史科学的視点から過去の事象を綿密に観察記載する古典的な視座も欠かせない。ダーウィンは遺伝子やDNAなど全く不明だった時代に、世界各地の動植物・化石を観察、さらには品種改良まで調べて、進化論を打ち立てた。綿密な観察と緻密な論理構成による洞察の結果、時代を先んじる結論を得たのである。古典的学問を排斥するのは誤りである。

蛇足ながら、コンピュータシミュレーションについても触れたい。シミュレーション技術は今やどの分野でも欠かせない時代になった。しかし、その現象

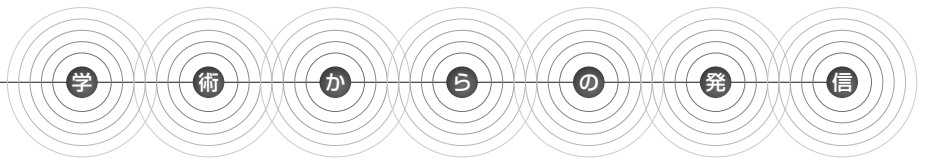
の物理過程や基礎方程式を知らないまま、ブラックボックスとして使用している例が散見される。かつて1991年、雲仙普賢岳で火砕流が発生した際、土石流のプログラムのパラメータを少し変えて、もっともらしい分布図を描いたのを見たことがある。火砕流という概念さえ知らなかった工学系の人だから致し方ないが、ガスサポートの火砕流と流体サポートの土石流では全くメカニズムが違ふし、そもそも土石流のプログラムには温度のファクターが入っていない。温度が下がれば摩擦抵抗は増す。前述の橋口(2014)は、別項で次のように述べている¹¹⁾。

諸外国産の市販ソフトを用いて、既往の構成式・物質関数や初期・境界条件等に軽微な修正を施して諸境界値問題を解析するといった研究スタイルに零落している実態が広がっている。これらは、諸外国産のコンピュータソフトの高性能化と裏腹に、コンピュータソフトを単に使うための教育が主体となり、理論的基本式を解明しつつコンピュータソフトを開発するレベルの高度な教育がなされなくなった実態に起因しており、頭脳を諸外国に奪われ隷属する状況に向かっているようにすら感じられる。

これは応用力学系の研究姿勢に対する苦言だが、残念ながらジオサイエンスにも当てはまるのではなからうか。

5. おわりに

最後に、ジオサイエンスが象牙の塔の解釈と解説の学問から人間と社会のための学術になるためには、単なるアウトリーチではなくアウトカムが重要である。社会に実装されなければならないのだ。政策決定者や市民社会が理解できる形にして提起するには、従来民間コンサルタント任せだったエンジニアリン



グも視野に置いておく必要がある。ジオサイエンスの成果が行政施策や人々の日々の営みに活かされる社会にして欲しいものだ。

.....
(注) 大昔、貴人の脈拍を測るのに、直接手を握るのは恐れ多いとして、腕に糸を巻き付け、医師が離れたところから測る習慣があったという。これを糸脈といった。

.....
文献

- 1) 日本学術会議新しい学術体系委員会, 学術の在り方常置委員会, 科学論のパラダイム転換分科会 (2003), 人間と社会のための新しい学術体系. 日本学術会議, 85pp.
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/18pdf/1828.pdf>
- 2) 岩松 暉 (2003), 地球環境時代における地質科学—資源中心の体系から環境中心の体系へ—. 同上報告書, p.31-39.
- 3) 原口 強・岩松 暉 (2011), 改訂保存版東日本大震災津波詳細地図. 古今書院, 261pp.
- 4) 科学技術・学術審議会測地学分科会 (2013), 災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画の推進について. http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu6/toushin/attach/1341567.htm
- 5) 中央防災会議 (2014), 大規模地震防災・減災対策大綱. http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/34/pdf/34_siryos3-2.pdf
- 6) 岩松 暉 (2001), 明日を切り拓く地質学—環境デザインと地質学の役割—. 明日を拓く地質学, 日本地質学会, p.9-26.
- 7) Ramsay, C. B. et. al. (2012), A complete terrestrial radiocarbon record for 11.2 to 52.8 kyr b.p. *Science*, Vol. 338 No. 6105, p. 370-374.
- 8) 横田修一郎・仲津忠良 (1996), 西宮市上ヶ原地区の例にみる兵庫県南部地震による盛土すべりと旧地形に対応した地表での地割れの変位, *地球科学*, Vol. 50, No.5, p.385-390.
- 9) 横田修一郎ほか (2015), ノンテクトニック断層—識別方法と事例—. 近未来社, 248pp.
- 10) 伊藤谷生 (2014), 地殻災害軽減の基礎を担う地質学: 震源断層解明作業への寄与. *学術の動向*, Vol.19, No.9, p.28-33.
- 11) 橋口公一 (2014), 我国の応用力学再生による工業生産力復興に向けて. *学術の動向*, Vol. 19, No.3, p.84-89.
- 12) 林 春男 (2014), 地殻災害軽減のための防災研究の枠組み. *学術の動向*, Vol.19, No.9, p.42-47.
- 13) 石川幹子 (2015), 回復する力—被災者がつくる復興のまち. *学術の動向*, Vol.20, No.7, p.79-86.
- 14) 御厨 貴・飯尾 潤 (2014), 「災後」の文明. 別冊アステイオン, 阪急コミュニケーションズ, 352pp.
- 15) 木村 学・木下正高 (2009), 付加体と巨大地震発生帯—南海地震の解明に向けて. 東京大学出版会, 281pp.

PROFILE

岩松 暉
(いわまつ あきら)
第18期日本学術会議会員、鹿児島大学名誉教授
専門：応用地質学・情報地質学