

米国環境地質学の発展

大岡 健三¹⁾

1. はじめに

プラグマティズム国家である米国では、企業利益に直接貢献するとか、サイエンスやネチャー誌に掲載できるレベルの新発見が期待できなければ、科学の研究に対して人材も資金も集まらない傾向が見られる。

日本同様、米国でもコンピューターや情報通信などIT産業の台頭により、伝統的地質学は相対的に衰退傾向にある。右肩上がりの経済成長期には石炭石油等の化石エネルギー開発が重視され、石油探査では海洋も含む世界各地に探査技術が伝播した。レアメタルを含む地下資源開発やダムやトンネル建設など大規模土木工事に伴って、地質学の社会的ニーズも量的に高まった。しかし最近になって、ニーズの変化に世界的な不況も加わりビジネス世界における地質学の活動範囲は停滞もしくは衰退傾向にある。

一方、アカデミックな世界では、環境地質学の講座が各国の大学で開講され、世界的な傾向として一般教養科目や公開講座として広く採用されている。環境という言葉が付くだけで人気が出ていようだ。環境地質学では地質学の研究対象をメインに扱いながら、廃棄物、人工地層、地質汚染、汚染調査浄化、有害物質による健康リスク、さらに地球環境問題なども新たな対象にしている。

2. 環境地質学の哲学

齊一論は過去の地質現象は現在の自然現象と同じく行われていたとする説であり、地質学で最も重要な説である。しかし、アーバン・ジオロジー(都市地質学)的に東京の湾岸地区や高層ビル群を見ると、人間が地質を作り上げていることが理解でき

る。災害にしても、例えば、地震による災害は、地震自体によるものだけでなく、人工的な構築物の倒壊と火災によって被害が大きく拡大している。仮に、数千年後に今の東京やNYの遺跡を見た場合、齊一論は成立するのであろうか。

環境地質学は人間社会と地質との関係を研究する学問である。その領域は、持続可能な開発といった大きなテーマから、資源問題、洪水や地震などの自然災害、立地問題、地下水管理など幅広い分野に及ぶ。また、ISO14000シリーズに代表される環境マネジメントシステム(EMS)が国内でも1万を越える事業所や行政機関、さらに大学などでも導入されており、EMSにおける土壌地質汚染、産業廃棄物の管理、産業公害、環境アセスメント(ISO14015)など環境地質学の研究対象が重要な構成要素となっている。

米国では、地質環境と人間活動にかかわる現在の問題を、地質学の知見を応用して研究しているのが環境地質学だと考えられている。例えば、Bernard W. PipkinとD.D. Trentは、環境地質学を「現在の地質学(the geology of 'now')」と言い、E.A.Kellerは「人と物理的環境との相互の影響に関するすべての領域を対象に地質情報を応用する学問」と述べている(E.A.Keller, 2000ほか)。伝統的地質学に加えて、人口問題や資源枯渇、地球環境問題、土壌地質汚染、廃棄物処分場といったテーマは多くの米国の大学において環境地質学の共通テーマとして扱われている。

さて、地球は閉鎖的環境システムにおかれていることは周知の事実である。江戸時代までは人間社会は自然環境の一部に属していた。現在のように人為的な有害化学物質が大量に蓄積するようなことは起きていなかった。しかし、現代文明は資源や自然環境を消耗させつつ、10万種を超える合成

1) AIU保険会社新種保険業務部:
〒130-8560 墨田区錦糸1-2-4

キーワード: 環境地質学, 地質学, 医療地質学, 土壌汚染, 環境サイトアセスメント, スーパーファンド法

化学物質を生成し、長年にわたり自然環境に放出し続けた。その結果、有害廃棄物を最終的に地質圏へストックさせた。それは地球が本来持つ自然の分解力や回復力をはるかに凌駕する。そこで、人間社会つまり人の活動と自然環境の相互作用により生じる地質汚染などの環境問題を解決するため、地質学的な側面からの研究分野が必要となった。さらに1978年の米国NY州ラブカナル処分場跡地の汚染事件を契機に全米で汚染サイトの問題が顕在化し環境地質学が一躍脚光を浴びようになった。その後も人間社会の健全な発展と持続可能性に資するため環境地質学が米国で発達してきている。

環境地質学の哲学的構成は次のように整理できる。

- 1) インドや中国など世界の人口増加とその環境負荷に対する地球環境
- 2) 持続性(人類が恐竜のように絶滅する可能性)
- 3) 限られたエネルギー資源、水、大気等を含む地球のクローズド・システム(閉鎖的体系)
- 4) 人間社会が地質環境に与える負荷とその影響
- 5) 地震・洪水・噴火、さらに地質汚染といった災害とその予知や対策
- 6) 環境法から物理・化学・生物学等に至る学際的アプローチ

3. 環境地質学独自の研究領域

(1) 医療地質学

医療地質 (geomedicine, medical geology, environmental health) の分野では、米国北部のヨウ素不足による甲状腺腫多発、フッ素含有の飲用水と歯の障害、さらにセレン、ラドンや重金属類の汚染分布と健康被害の関係といった環境地質学的研究がなされ、多くの研究成果が出ている。廃鉱から流出する重金属などの有害物質や工場から漏洩する揮発性有機化合物 (VOC) 汚染の挙動や汚染機構を解明するには、地質学の知見が必須である。

地域の疾病発症率は、気候や地形など他の環境要素や遺伝的特性、食生活、年齢といった複雑な要素も関係するので、疾病発症率と地質の特性や、重金属等の有害物を含有する汚染地下水の飲用状況との関係を解明することは容易ではない。しかし

第1表 大学における廃棄物関連研究項目(環境地質学)。

study items	Univ. of California SB	Northern Illinois Univ.	University of Southern California
Waste Disposal	○	○	○
solid waste	○	○	○
municipal waste	○	○	○
open dumps	○	○	
composting	○		○
sanitary landfills	○	○	○
incineration	○	○	○
ocean dumping	○	○	○
surface impoundment	○		
chemical waste	○		
Love Canal	○		○
Reducing waste		○	○
recycling	○	○	○
Liquid Waste	○	○	
secure landfills	○	○	○
Deep well disposal	○	○	○
Sewage Treatment	○	○	○
septic systems	○	○	○
municipal sewage	○	○	○
Radioactive Waste	○	○	○

こうした医療地質の分野は着実に実績をあげつつある。例えば、地下水の飲用では、欧米等の複数の研究により水の硬度と心臓病発症率の相関関係が研究されている。米国中央部の石灰岩地層由来の地下水は比較的硬水であり、その地域では特定の心臓病疾患率が低い。しかし、軟水である大西洋沿岸では疾患率が高い。

河川水の重炭酸塩と硫酸塩の濃度と卒中による死亡率の地域差は1950年代に日本から報告され米国の教科書にも掲載されている(T. Kobayashi, 1957)。北東日本には火山由来の硫酸塩が豊富に存在し河川水は比較的軟水である。一方、日本の堆積岩中を流れる通常の河川は比較的硬水であり硫酸塩濃度が低く重炭酸塩濃度が高い。硬水より軟水に心臓病や卒中の犠牲者が多いという世界的現象に対し、ストレス等の影響以外に、次のような仮説も存在する(E.A.Keller, 2002)。

- ・軟水は酸性なので水道管の微量物質を溶出させ心臓病を発症させる可能性がある。
- ・軟水の特徴がなんらかの心臓病の原因となっている可能性がある。
- ・硬水に溶けている微量物質が心臓病を予防する機能を持っている可能性がある。

なお、医療地質学者(メディカルジオロジスト)の最新のテーマは因果関係がより難解な環境ホルモンと地質学的要素の相関の研究である。

(2) 廃棄物と汚染管理

米国では飲用水の大半を地下水に頼っているが、地下水汚染の主たる原因として地下タンク(地下配管)、廃棄物処分場、汚水溜・浄化槽等からの漏洩があげられる。米国環境地質学の特徴の一つとして廃棄物や汚水処理に関する事項を研究対象に含めていることがあげられる。第1表は米国の大学レベルで扱っている廃棄物関連項目の一覧である。

(3) 環境地質マッピング

一昨年、元カリフォルニア大教授の案内で、サンフランシスコのゴールデンゲートブリッジの近くにあるマリナー地区を視察した。枕状玄武岩が露出している地区や埋立地などの詳細な説明を受けた後、激甚、非常に強い、強い、弱い、という色別された災害予想図でマリナー地区が赤の激甚地区に指定されているのを確認した。サンフランシスコでは建設規制や災害を予見した施策が実施されていたが、こうした施策には環境地質学が活かされていることも理解できた。

米国では地形図、地質図、水文図、土地利用図などをGIS (geographic information system) と組み合わせ、コンピューターの作図機能も活用したマッピングも盛んである。このマッピングには地質分野に様々な環境情報を組み合わせることができる。こうしたマッピングのお陰で土地開発などの際に、地質学者でない一般の人でも容易に理解できるコミュニケーションスキルも発達している。例えばマッピングに地震、断層、洪水、土砂崩れなどのリスクの大小と地盤の安定性、地質、地下水位、地下水流などの情報を組み込んで適正立地の検討サポートができる。こういった地質情報に市民が簡単にアクセスできる点は優れている。

(4) 環境サイトアセスメント

工場跡地の重金属や揮発性有機化合物 (VOC) 汚染など地質汚染は米国で注目されているが、不動産鑑定士や不動産業者らが土地の買主から提訴されて、土地評価ミスによる損失を賠償させられるケースが少なくない。不動産鑑定士はプロフェッショナルなので、汚染有無は注意すれば当然認識できるものであり、土地評価に加味されてしかるべきである。しかし判断がつかない場合や地質汚染の

疑いがあれば不動産売買を止めるか、汚染の詳細調査を地質エンジニアに依頼することになる。

米国には汚染浄化の緊急性を要する汚染サイトが公開され、汚染調査が完了していないスーパーファンド法指定候補地が3万サイト以上登録されている。資源保護回復法/RCRA (The Resource Conservation and Recovery Act) の対象施設でも、多数の有害廃棄物取扱い施設や地下タンクが汚染物質を漏洩している事実が確認できる。米国では連邦または州のスーパーファンド法により土地所有者(現在及び過去の所有者含む)が汚染の浄化責任を負うので、土地取引にあたり地質汚染の有無は重要な調査事項になっている。したがって環境サイトアセスメントは土地取引に不可欠といえる。

スーパーファンド法において、現在の土地所有者または土地管理者が浄化責任を免除される「善意の土地購入者の抗弁」が認められている。抗弁には、土地購入前に環境汚染の調査を行ったこと、第三者の汚染行為等に注意を払ったこと、土地に汚染があったことを認識できなかったこと、を立証する必要がある。そこで、不動産の売買に際し、買い手や売り手、不動産業者、さらに関係する金融機関が、環境汚染の調査/環境サイトアセスメントを実施することが常識化している。この調査手続きを怠ると土地の汚染に関し複雑な訴訟が関係者に提起され高額な賠償金や罰金を払わされる。裁判では原告も被告も、例え勝訴しても地質調査費用や弁護士費用などの支出を余儀なくされる。

4. 最後に

米国では1950年代まで石油会社と鉱山会社が地質学者の主たる活躍の場であったが、土木建設分野にも地質学の知見を提供するエンジニアリング・ジオロジストが出現し、現在は環境地質学者が土壤地質汚染や廃棄物管理を含む幅広い分野で活躍している。行政でも環境地質学は重要視されている。また、意外であるがAIG (American International Group, Inc.) といったリスクを扱う保険会社でも100名を超える環境地質学の専門家が働いている。

適正立地の選定、土地利用計画、廃棄物管理、環境アセスメント、汚染対策、医療地質、環境法などの分野で環境地質学的考察は不可欠であるとい

える。環境地質学は現在の地質学であるといわれるが、研究ゴールは地質環境の問題を予測し汚染や災害を未然に予防することにある。米国の環境地質学の一端を小論で報告したが日本でも同様な発展が期待されている。土壤汚染対策法のみならず不動産鑑定評価基準にも「土壤汚染の有無及びその状態」が価格形成要因として2003年1月より正式に追加適用され、国際標準規格ISO14015「用地及び組織の環境アセスメント」も日本国内でJIS規格としても導入されている。伝統的な地質学の知見を応用した環境地質学が人間社会により貢献できるものと確信できる。

文 献

Edward A. Keller, 'Introduction to environmental geology (1999)' 'Environmental geology 8th edition (2000)', Prentice Hall.
 T. Kobayashi (1957) : On the geographical relationship between the chemical nature of river water and death-rate of apoplexy.
 Edward A. Keller, 'Introduction to environmental geology second edition (2002)' Prentice Hall.

O'OKA Kenzo (2003) : Development of environmental geology in the U.S.A.

<受付：2003年7月31日>