

新しい地球システム観は農学に学べ

Asahiko TAIRA **平 朝彦** 独立行政法人海洋研究開発機構 理事長



地球温暖化の原因

大気 CO₂ 濃度の直接測定は、1950 年代後半にハワイ島マウナロア山の観測所で始まった。当初、濃度は 320 ppm だったが、現在では 400 ppm を超した。それ以前の記録は、保存された大気サンプルを測定する他に方法はない。画期的にも、南極やグリーンランドの氷床コアに閉じ込められた気泡を用いて、過去の大気 CO₂ 濃度が復元されてきた。この結果、18 世紀に 280 ppm だったものが、19 世紀には 300 ppm に、1970 年代から濃度は急速に上昇、400 ppm を超すまでになった。この間に全地球平均気温も、特に 1970 年代から 0.5 °C の上昇となった。IPCC（気候変動に関する政府間パネル）では、「人為起源の温室効果ガスによって地球温暖化が起っている」ことはほぼ確実であると提言した。このようにして、歴史上初めて、地球で起っていることに関する科学的根拠が、国の政策、個人の生き方に大きな影響を及ぼす時代が訪れたのである。

しかし、私にとっては、この歴史的転換期において、私たちの地球に対する理解は本当に十分か、という危惧をぬぐい去ることができない。地球温暖化は確かに起っている。そして、それが人為起源の温室効果ガスによることはほぼ間違いないであろう。しかし、これからの地球がどうなるのか、ということに関しては、まだまだ分かっていないことがあまりに沢山存在する。

地下生命圏とメタンハイドレート

近年、深海掘削によって、海底下の地層中深くに微生物が生息していること分かってきた。地球深部探査船「ちきゅう」(図 1) は下北八戸沖掘削における海底下 2,400 m に存在する約 3000 万年前の地層からの“生きた微生物”の回収に成功した。世界最深記録である。これらの微生物がどのようなもので、かつ、どのような生活史や生理活性を示すのか、まだ、ほとんど分かっていないが、その生産物の一つがメタンであること



図 1 地球深部探査船「ちきゅう」。海洋研究開発機構が所有し、国際深海科学掘削計画 (IODP) で活躍している¹⁾。

が確実である。

海底下の地層の調査が進むにつれ、生物起源のメタンと水分子が結合した氷状物質、メタンハイドレートが世界の海底に広く分布していることが発見されてきた。その炭素量は、おそらく化石燃料埋蔵量の数倍あると推定されている。莫大な量の炭素が海底下に存在する。「ちきゅう」は、石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (JOGMEC) の事業として、2013 年に渥美半島沖南海トラフにおいて、掘削孔から海水をくみ上げ、減圧法によってメタンハイドレートを溶かし、ガスとして回収することに成功した。だが、メタンハイドレートは、そもそもどのような速度で生成されているのか、深層海水の昇温に伴ってどのくらいのメタンが海中に放出されるのかなど、その生成、溶解、安定性などの挙動については謎が多い。メタンハイドレートと地球環境の関連については、研究の緒についたばかりである。

「ちきゅう」の下北八戸沖掘削の目的の一つは、石炭層を含む地層への CO₂ 注入とそれに伴う化学反応、さらに地下微生物の活性を高めメタンの生成を促すことの可能性を探ることであった。石炭層に超臨界状態の CO₂ を入れ、有機酸と水素を発生させ、それを周囲の地層に生息するメタン生成菌に食べさせメタンにして取り出すことができないだろうか。すなわち、CO₂ 地

層貯留から燃料を作り出す、という発想である。今、「ちきゅう」で採取した試料（コア）を使った現場再現実験が行われており、どのような結果が出るのか、楽しみである。

変貌する地球システム観

1970年代にプレートテクトニクスによって、地球科学のパラダイムのシフトが起った。1990年代から地球環境変動が大きな課題となり、スーパーコンピュータの出現により気候変動科学が体系化されていった。地球全体を一つのシステムとして捉える地球システム科学が台頭してきた。21世紀になり、深海掘削によって地下微生物圏が発見され、地球内部における巨大な生物起源炭素貯蔵庫の存在が明らかになり、地球システム科学の再構築が必要となってきた。

これまで、我々は地下で起ることのほとんどは、高い温度と圧力条件下で起る鉱物と流体の化学反応によるものである、と考えていた。その世界に生物の作用が入ってきたのである。まさに、地下数 km までの空間は、物理学、化学、生物学、地学で扱ってきた現象が絡み合った、また、時間スケールも人間社会の時間から数千万年におよぶ長大な規模であることも次第に分かってきた。地震活動と地下微生物活動は密接にリンクしているらしいと考える。また、海底から湧出したメタンは化学合成生物群集を繁栄させ、これを基礎とするさらに高次の生態系が存在する。このように、地下空間を入れた現象の理解なしには、地球環境変動の予測そして人間社会の未来を正しく描くことは困難である。我々はまだこの星の本当の姿を理解してはいない。しかし、このような地球システム観を発想し、発展させ、かつ未来の予測や対応策を考える素養を持った人材は圧倒的に不足している。そもそもそのような学問が存在していなかったからである。

農学がすべての原点

実は、そのような学問が存在していなかったというのは間違いで、旧来の理学の分野を超えて、広い視点

から構築されている学問領域が存在する。それは農学である。私はポストドクターの頃に農学部の先生と一緒にカドミウム汚染の調査をしたことがあり、その時に水田の下がどうなっているのか、ということを教えてもらった。その時の経験が、海底の堆積物表層で何が起きているのか、という研究の基本となった。海底の表層と水田の表層では、同様な生物・化学作用が起きている、私の専門の地質学と農学がこんなにも近いのか、ということに驚嘆した。農学には、理学と工学の壁も少ない。そしてもちろん、地球と人間という視点が原点にある。すなわち、すべての学問が包括されている。いまさらに地球システムに関する新しい分野を作る、などというのはおこがましいと思えるほどである。もちろん、農学には産業に役立つ、という大きな使命があり、理学系の地球科学とは、相当に対象が異なる。しかし、これからのグローバルの課題の解決には、農学的な視点と手法が大切であることは間違いない。ちなみに、私の所属する組織の優秀な研究者は、農学部出身者が多い。地下生物圏の研究者たちは、生物学の専門用語と地質学の専門用語を何のわだかまりも無く使いこなす。

科学に基礎を置き、人間社会の未来を構築してゆくために、地球システムの全体像を見直し、地下での地球生命活動や物質循環を組み入れた研究の必要性が益々高まっている。すなわち、地球システムと人間という視点に立った新しい学問大系を作ってゆく必要がある。そのモデルは農学にあり、農学と他の学問の密接な連携によって、私たちは未来を切り開いて行くべきである。

1) 平朝彦ほか、「地球の内部で何が起っているのか?」, 光文社新書, 2005.

ここに載せた論説は、日本化学会の論説委員会が依頼した執筆者によるもので、文責は基本的には執筆者にあります。日本化学会では、この内容が当会にとって重要な意見として掲載するものです。ご意見、ご感想を下記へお寄せ下さい。
論説委員会 E-mail: ronsetsu@chemistry.or.jp