

鎌倉淡青会8月公開講演会要旨

鳥海光弘(海洋研究開発機構、上席研究員、東大名誉教授)

最新の宇宙・地球像と地震火山活動

宇宙像は、COBE、ハッブル宇宙望遠鏡やスバル望遠鏡、アルマ観測システム、惑星探査衛星、月探査衛星、はやぶさ1、2、太陽観測衛星、X線天文衛星などにより、大きく変化してきた。

最近の注目される話題は、太陽系に近い宇宙ですら膨大な数の惑星が発見されつつあること、中心星(太陽)の性質も化学成分も、惑星の性質や運動も随分と違いがあること。特に生命発生や惑星の大気を決めている H、C、N、O の量比が大きく変化していることがわかってきている。

それでも地球に似た惑星は多数あることがわかってきた。つまり、生命発生やその後の生命進化が期待される惑星が多数あるということです。

銀河系のでき方も次第にわかってきた。驚くことは銀河系の初期においてはいくつかの銀河が接近・衝突して、その痕跡が銀河系の周りを巡っている球状星団に見られる。銀河系の中の星の動きと濃密なガス雲の動きはずれていること、それらの出来事によって、銀河系のガスや固体の化学成分が不均質となっていることなどが見えてきている。

太陽系のでき方は、ゆっくりとした過程ではなく、1億年以内で次々と惑星が早やかにできていったこと、太陽に近い距離では岩石の多い成分、遠い距離では水素やヘリウム、窒素などガスの多い成分の惑星が作られた。O や N、C などの同位体(質量の違い)に差が見られる。

46億年の地球史では、初期には地球の深さ1000km までマグマに覆われていた。その後表面からゆっくりと冷却していき、地殻、海洋、そして炭酸ガスや窒素、そして水蒸気の大気がつくられていった。大気の炭酸ガスと窒素、水蒸気の量比がうまく具合だと、地球のように温暖になるが、具合悪いと金星や火星のようになる。

地球の生命の痕跡は最近の研究では、39億年前に遡る。多分40億年–41億年前に生命発生があったのだろう。その最初の生命体は共通祖先と言われ、その後の地球生命全ての祖と考えられる。それは、膜で囲まれた中に遺伝物質や様々な生体物質が詰まっているものなのか、それとも遺伝物質、たんぱく質、糖質、脂質、アミノ酸、水、などなどが不定形の岩石の中の隙間に集合し、エネルギーの供給を受けることで、複雑な反応をしたものであったのか、大変ホットな話題を提供している。

生命科学でも、ゲノム編集による合成生物学やサイクリックな変動によるゲノム適応を通じて、宇宙環境での生命体変化がホットな話題である。

地球内部の大規模な変動はプレート運動に大きく支配されている。プレート運動は過去40億年以上に渡って続いている。その結果、大陸の合体と分裂が起り、地球表層の環境変動が著しく変化する。また、マントル内部における不均質さが消失するのではなく、逆に偏在していくことが発見された。地球は東半球と西半球のマントルに別れている。内核についても同様の不均質が見られる。

プレート運動は海嶺の湧き出しも重要であるが、日本海溝や伊豆マリアナ海溝などで沈み込む太平洋プレートの挙動が大きな問題となってきた。それは日本列島からアジア大陸の下の600km 深さあたりで、沈み込むプレートが折れ曲り、漂ってしまうことが発見されたからです。伊豆マリアナ海溝から沈み込んでいる太平洋プレートは660 kmを超えて、そのまま下部マントルへと折れ曲がりながら、ずり落ちていることが見られる。前者のような漂っているプレートの動きは、前には進めず、プレート運動を続けるのに海溝が移動してしまうことがおこっているらしい。この運動によって、例えば日本列島では、日本海の拡大やたくさんの割れ目によって日本列島などが広がるのが想像される。つまり、漂っているときと、漂っていないで、するするとプレートが沈み込んでいる時期とは、日本列島で起こる事態が大きく違うといえよう。

では、日本列島周辺での地震活動を見て行こう。特にここでは日本海溝沿いで起こる巨大境界型大地震と南海トラフ沿いで起こるそれを見て行こう。まず、3.11東北沖地震でみると、改めてその巨大なプレート境界での短時間滑りがわかります。その滑りと、海溝への大きな滑りによって巨大津波が発生したのです。従来は、境界地震は海溝軸に達するような滑りはなく、やや深いところ、例えば15km ぐらいの深さで止まっ

ていると考えられていた。3.11では海溝軸で最大滑り量70m を記録したので、それが原因で巨大な津波が発生と考えられるようになった。

では過去ではどうであったか。こうした30m を越すような津波の到来は記録にもあり、また、津波堆積物にも残されているので、それをたどると、3千年前から、実に3回もの巨大津波が見出された。

同じように南海トラフ沿いの巨大地震も過去の津波記録や、震度分布などを記録で調査し直すと、実に過去4千年の間に8回もの巨大津波の痕跡が発見された。こうして300–400年に一回の割合で M9級の巨大地震が起こるのではないかと推定されるようになった。

そして現在危惧されているのはこの後2019–2050あたりでこの超巨大地震が発生するかもしれないということです。もしくは2100年過ぎかもしれませんが。残念ながら台風予測のように、精度の高い確率予測は現在はまだできていませんが。

次に火山噴火について見ていきましょう。

火山噴火には大きく分けて、爆発的な噴火と静かに溶岩流が噴出する噴火がある。前者の代表はプリニー式噴火で、山体が吹き飛ばされてカルデラを作るようなウルトラプリニー式噴火もあります。静かにマグマが噴出するのはハワイ式噴火で、現在キラウエア火山がそのような噴火を起こしています。一般的にはマグマの粘性が低いとマグマがだらだらと流れ出る静かな噴火となりますが、粘性が大きいと爆発的な噴火となります。大体が玄武岩マグマでは前者で、後者は安山岩やデイサイトあるいは流紋岩マグマの場合に当てはまります。

ここ10万年の間には、日本を含め、世界各地に巨大な噴火が、しばしばカタストロフィックな噴火と呼ばれますが、時々起こっています。その内、インドネシア、スマトラ島のトバカルデラの巨大噴火は200km の巨大カルデラを作りました。その火山灰は成層圏を覆い尽くし、気候変動を起こしたはずで、その影響で、7万年前後の人類史に巨大な変化をもたらした。日本では鬼界カルデラが有名です。その大噴火は、7千年ごろに九州から四国に破壊的な被害をもたらし、その前後で土器の様式が変化するなど、当時の縄文人に壊滅的な被害を与えた。

巨大噴火が危険なのは、大量の微小な火山灰が成層圏に撒き散らされ、それが数年間から数十年間に渡って、太陽光を遮り、深刻な気候変動をもたらすからです。1995年のピナツボ火山の噴火では平均0.5度気温が下がったと言われている。

火山噴火は地下100km以下のマントルで融解したマグマが上昇し、地殻内で巨大なマグマだまりを作り、次第に固まっていく中で、水蒸気や炭酸ガス、2酸化イオウガスなどのガスがマグマの中で発泡し、その結果泡だらけのマグマは非常に軽くなり、熱いまま火口やカルデラの割れ目などから勢い良く吹き出すことで起こる。その規模が大きいというのは、地下のマグマだまりで、あわだらけのマグマの量が巨大になるからである。そして、噴火した泡だらけのマグマは高温なので、周囲の空気を取り込みつつどんどん膨張し、ますますその浮力で上昇することになる。ちょうど灰神楽と同じである。

こうしたマグマだまりの巨大さは、花崗岩の塊を見るとよくわかる。世界的には巨大なバソリスと呼ばれる岩体がロッキー山脈やアルプス、中国東海岸沿い、日本でも各地に見られる。大きいもので、100–200km、丹沢山地では20km ぐらい、甲府盆地では30km ぐらいの大きな岩体である。いずれもかつて地下3–5km ぐらいのところで巨大なマグマだまりであった。

現在、そのような巨大なマグマだまりの活動はアメリカのイエローストーン国立公園にある。その大きさは150km を超える。

地質学的には非常に巨大なマグマだまりの痕跡はあちこちにある。例えば、オントンジャワ海台や現在火山噴火を起こしているハワイ島も巨大なマグマがマントル上部にある。しかし、最大のマグマは海嶺である。地球を取り巻くように、太平洋海嶺、大西洋中央海嶺、インド洋海嶺などは地下数キロから100km ほどの深さにかかって、マントルが融解して玄武岩マグマを蓄えているのである。(了)