

2011年度 惑星科学フロンティアセミナー 参加報告

関根 康人¹

7月12 - 15日に北海道勇払郡むかわ町の旧・稲里小中学校にて、惑星科学フロンティアセミナーが開催されました。稲里小中学校？と疑問に思われた方もいるかもしれませんが、実は今年のフロンティアセミナーは、廃校になった小中学校の校舎を丸々お借りし、参加者はもちろん、講師も職員室や音楽室、理科室などに泊まりこんでセミナーを行うというユニークな形式で行われました。折しも執筆者の暮らす東京は、7月初旬というのにアスファルトが平気で溶け出しかねない酷暑で、私のような暑さ嫌いな人間にとっては北海道に逃げられるというだけでも気分がよく、さらに廃校の理科室に泊まると聞いたときは、さては蜘蛛の巣のかかった人骨標本と一緒に寝るやもと思ひひとりドキドキしていました。ところが、いざ行ってみると今年7月の記録的な暑さにより、北海道といえども自分が勝手に想像していたほど涼しい訳ではなく(初日は)、また廃校校舎も新しく非常にきれいで(人骨標本もベーターベンもなく、もちろん蜘蛛の巣もない)、自分の思い描いた夢はポツと消えてゆきました。しかし、むかわ町の方々は非常にハートフルで、セミナーのためにこれでもかと尽力してくださり、懇親会でもシシャモ(東京ではめったに食せない本物のシシャモである)とメロンとシイタケがほぼ無限に出てくるという至れり尽くせりな状況で、帰りには誰もが東京になんか戻りたくないと思ふやうなほどでした。

さて、とりとめのない話はこのくらいにして、セミナー内容について簡単にご紹介したいと思います。ここまできて書き忘れていることに気が付きましたが(失礼!), 今回は田近英一氏を講師としてお招きし、「地球惑星表層環境進化」というテーマで講演してい

ただきました。系外惑星や惑星形成論が議論されるとき、われわれ惑星科学者は、誰ぞやが言いだした“ハビタブルプラネット”という言葉を手軽に使っています。しかし、実際ハビタブルプラネットとは何かということについて、どれだけしっかり理解しているのでしょうか? 現在のところ唯一知られているハビタブルプラネットである地球——田近氏の講演は、この地球表層環境がどのように進化してきたのかを、様々な地球史上の具体例を挙げて解説され、知らず知らずのうちにわれわれ聴衆を田近氏の視点の高さに近いところまで引き上げて、地球とは何か、ハビタブルプラネットとは何か、ということ俯瞰して見せてくれるものでした。講演の具体的な章建は下の通りです。

1. 水惑星環境システムの安定性
2. 炭素循環と気候進化
3. 大気の進化と酸素
4. 全球凍結と生物進化
5. 物質循環と生物
6. 海洋無酸素イベント



図1：講演される田近英一氏。

1. 東京大学 大学院新領域創成科学研究科
seki@k.u-tokyo.ac.jp

7. 天体衝突イベント

8. ハビタブルプラネット

初日には1, 2, 3章に関しての講義がありました。ここで個人的に印象深かった議論は、地球史前半の地球はなぜハビタブルだったのかという問題です。「暗い太陽のパラドックス」という問題は、みなさんご存知のことと思いますが、近年の地球化学的知見あるいは惑星科学的知見を取り入れたモデルにより、この議論が再熟しているようです。例えば、ホイヘンス探査機のタイタン大気中の有機物エアロゾルの観測から、有機物エアロゾルはフラクタル構造をもつことが分かってきました。もし、このようなフラクタル構造をもつエアロゾルが貧酸素還元大気を持つ初期地球でも生成すると、紫外光を効率良く散乱・吸収することでアンモニアの存在量が増加し、かつてカール・セーガンが主張したように地表を温暖にできるそうです。この時代は、大陸地殻量も現在とは比べ物にならないくら

い少なく、ほとんど全ての地表面は海で覆われていた可能性も高く、またプレートテクトニクスもいつ開始したのか不明なため、現在のような炭素循環に伴うウォーカー・フィードバックがきちんと働いたのかははっきりしません。一方、地質記録によると、地表気温は今よりずっと高温(約60℃近く)で気候も安定していたようで、どのようなメカニズムで初期地球環境の安定性が保たれていたのかよくわかりません。このような初期地球環境に関する問題の多くは、太陽系外に存在するかもしれない地表が海で覆われている“海惑星”の気候環境を推定する際にも存在する根本的な問題です。近い将来、海惑星と思われる系外惑星が発見され、大気組成やアルベドなどの情報が得られることがあれば、初期地球に関する問題にもブレイクスルーがもたらされるかもしれません。

2日目の主たる話題は、地球と生命の共進化についてでした。地球史上の最も劇的な気候変動である全球凍結(スノーボールアース)と大気進化のリンケージや、



図2: 講演中の聴衆の様子。講演は小中学校のホールで行われた。



図4: 小中学校の入り口での集合写真。



図3: 休憩時間にも議論は続く。



図5: 懇親会(バーベキュー)の様子とむかわ町長のご挨拶。

酸素濃度と生物進化の因果関係など、好奇心をこれでもかと刺激するスリリングな話題が続きました。ここで興味深かったのは、顕生代で最も酸素濃度が低かったと考えられる三疊紀—ジュラ紀境界を生き抜くため、恐竜は効率的な気嚢システムを発展させたという仮説です。このような気嚢システムは、現在の鳥類に引き継がれ、高度 8000 m を超える上空でも飛行という激しい運動をすることが可能になったということです。過去の地球環境の変動と生物の代謝への応答を調べることで、現在みられる脊椎動物の特徴を明らかにしようとする研究はようやく幕を開けたばかりであり、田近氏の言葉を借りれば、生物科学と融合することで地球科学は新たなフィールドを開こうとしようとしているとのこと。系外地球型惑星を発見した時、そこに生命が存在するのか、存在しているとしたらどのような生命なのか——いずれ惑星科学(自然科学と言い換えた方が適切かもしれません)が直面するであろう大問題です。この問いに答えが出ることはないかもしれませんが、それを考えるためのヒントは地球にしかないということを再認識する内容でした。

講義のクライマックスでは、話題は再びハビタブルプラネットとは何か、というところに戻ってきます。これまで地球史を眺めてきた後で、ハビタブルプラネットというものについてもう一度考えてみると、実に複雑な要素が重なった結果、地球がハビタブルであったということが分かります。それと同時に、地球のようなハビタブルプラネットを単一的にとらえることが、真の理解を歪曲させてしまう危険性をはらんでいることが分ってきます。適当な量の水の存在、連続的な脱ガスとプレートテクトニクス、大陸地殻の形成成

長、大気海洋の酸化還元と鉄、光合成生物と栄養塩、炭素循環、酸素と二酸化炭素とメタン——これらの要素は現在の地球を形作る際にどれ一つ欠けることはできません。かといって、それらは互いに独立に成立している訳ではなく、相互作用をすることにより成立しており、何か根本的な要素さえ満たされれば、地球型の表層環境システムは普遍的に出現するのかもしれませんが、ではその根本的な要素とは何なのか？ 複雑な地球システムの何を考慮し、何を削れば普遍的な理解にたどり着けるのか？ 議論はさらに、水惑星の多様な形の1つとしてのスノーボールプラネットや浮遊惑星にまで広がっていきました。

最後に、長時間の講義をしてくださった田近英一氏に改めまして感謝を申し上げると共に、場を盛り上げてくださった参加者の皆様、そして企画・運営してくださった代表世話人のはしもと氏を始め運営委員の方々に感謝申し上げます。さらに、このフロンティアセミナーは、神戸大学惑星科学研究センター／G-COEプログラム「惑星科学国際教育研究拠点の構築」と日本惑星科学会の後援を受けて実施されました。ここに感謝いたします。セミナーの様子は、惑星科学研究センターのMOSIRプロジェクトにより、動画配信される予定だそうです (<https://www.cps-jp.org/~mosir/pub/>)。しかしそうはいつでも、やはり本人を目の前にして話を聞く臨場感やその場の空気感を味わうことに勝る教材はありません。駄文きわまるこの参加報告をここまで読んでくださったキトクでガマン強い皆様のうち、1人でも来年のフロンティアセミナーに行ってみようかしらんと感じていただければ幸甚——みなさまの次回以降の参加をお待ちしています。



図6：むかわ町の特産シシャモを頂きました。



図7：メロンをこんな風にして食べることは初めての人も多かったはず。