



## TOPICS

2015年ランタン大なだれ	1
福島原発炉内の反応と環境問題	3

## NEWS

日本地球惑星科学連合 2017年大会開催	6
AGU ジャーナルで 著者 ID「ORCID」をつかおう	7
第2回地球惑星科学振興西田賞受賞者紹介	7
2017年度 JpGU フェロー受賞者紹介	8

## SPECIAL

フェロー授賞記念特集	9
------------	---

## INFORMATION

16
----

## TOPICS 雪氷学

## 2015年ランタン大なだれ — 冬季の大雪によって増幅された被害 —

名古屋大学 大学院環境学研究所 藤田 耕史

2015年4月にネパールで発生した「ゴルカ地震」は、ネパールとその周辺地域に深刻な被害をもたらした。なかでもランタン村の被害はすさまじく、地震によって引き起こされた大なだれによって、ほぼすべての建物が倒壊し、死者・行方不明者350名以上の壊滅的な災害となった。地震発生半年後に実施した現地調査と気象データの解析により、前年冬季に発生した100年から500年に一度の大雪がなだれの規模を増幅させたことが明らかになった。

災害調査にとって重要な契機となった。空き時間に立ち寄ったセッション「UAVが拓く新しい世界」は、ヒマラヤでのUAV（無人航空機）による氷河観測の実施を模索し、ランタン村の災害に対して何とかしたいと考えていた筆者にとって刺激的なものであった。セッションの終わり際に「ネパール大地震へUAVコミュニティとして貢献してはどうか?」といった趣旨の質問をしたところ、防災科学技術研究所の井上

### ゴルカ地震とランタン村の壊滅

2015年4月25日に発生した、ネパール中央部を震源とするマグニチュード8.7の大地震により、ネパールとその周辺国は死者・行方不明者9,000人を超える大きな被害を被った。地震発生から数日後、アリゾナ大のJ. Kargel氏より人工衛星データを利用する氷河研究コミュニティであるGLIMS (Global Land Ice Monitoring from Space) のメーリングリストを通じ、衛星画像解析のボランティア募集の呼びかけがあった。我々の研究グループは、長年ヒマラヤの氷河研究に携わってきたこと、当時所属していたネパール人の研究員と院生の希望により、この活動への参加を決めた。災害対応で無料閲覧が可能となったWorldViewの衛星画像を地震前後で比較し、ボランティア活動で判別された全地すべりの5分の1に相当する800余りの地すべりを判別した。地すべりの判別と並行し、コミュニティ内で懸念されていた氷河湖決壊洪水 (GLOF: glacial lake outburst flood) の発生の有無についての確認も進め、GLOFは発生していないことを確かめた (Kargel *et al.*, 2016)。

解析を始めてまもなく、日本の氷河研究コ

ミュニティが1980年代より観測を継続的に実施しており、筆者自身にも所縁の深い地であるランタン村が壊滅したらしいという衝撃的なニュースがもたらされた。地震当時、現地で登山活動を行っていた大阪府立大OBの登山隊が撮影した動画やボランティアメンバーの衛星データ解析により、探検家H.W. Tilmanが「世界一美しい谷」と讃えたランタンの村が、膨大な量の氷と岩のデブリに覆われてしまったことが明らかとなった (図1)。

### JpGUでの邂逅

未曾有の災害に対して直接的な支援ができないことへのもどかしさを抱えつつ参加した2015年5月のJpGU大会が今回の



図1 (a) 地震前(2012年)と(b)地震直後(2015年)のランタン村の様子。D.F. Breashears/GlacierWorks撮影。

公氏と首都大学東京の泉岳樹氏から反応があり、そこからランタンの調査計画が実現に向け、トントン拍子に進んで行ったのである。

## 現地調査への長い道のり

ランタンで UAV 観測を行うにあたっての最大の難関は、高標高地での UAV の飛行実績がほとんどないことであった。ドローンの代名詞とも言えるマルチコプターについては、「エベレストの 6000 m 付近で登山者を数分間撮影したらしい」という噂がある程度で、測量実績は皆無であった。固定翼型については、スイス製の UAV が同じランタン谷の氷河での測量に使用されていたものの、今回協力していただく井上氏の手作り固定翼については未知数であった。マルチコプターについては、泉氏が別件で共同研究を進めていた名古屋の PRODRONE 社が、徹底的な軽量化を施し、当時開発されたばかりの強力なモーターを搭載した特注品を複数台作成し、貸与していただけることとなった。マルチコプター、固定翼のいずれも、乗鞍でテスト飛行を行い、現地観測に備えた。

多くの調査プロジェクトが UAV の許可取得に苦しめられていた中、我々の現地調査に必要な許可申請は、カウンターパートで筆者の大学院時代の同期生でもあったカトマンズ大学の R.B. Kayastha 氏を通して進めることができた。我々の調査地が山間部であった上に、当時は全住民が村外へ避難していたため、思いのほか順調に許可を取得することができた。その一方で、ネパールの新憲法に端を発したインド・ネパール国境封鎖により、ありとあらゆるものの物価が高騰し、調査予算がひどく圧迫された。そんな中、入域規制が解除されて間もない 10 月下旬に現地調査を実施することができた。マルチコプター、固定翼それぞれ一機体ずつを失うトラブルはあったものの、村を覆うデブリの撮影、地上基準点 (GCP) の GPS 測量やデブリの内部構造の観察などを実施した。初挑戦の調査項目を多く抱え、かつ予算の制約により「次回」のないワンチャンスの観測であったが、当所の目標を大幅に上回るデータを取得することができた (図 2)。マルチコプターに関しては、その後、近傍の氷河で撮影フライトも実施し、標高 6000 m での安定飛行を実証することができた。

## デブリ量の見積り

村を覆うデブリの堆積量を見積もるために、まず UAV によって撮影した数千シーンの写真を SfM (Structure from Motion) 解析にかけ、3D イメージを作成した。次に、GPS 測量による位置情報を付加することで、オルソ画像 (空間のひずみを補正した航空写真) と数値標高モデル (DEM; digital elevation model)



図 2 (a) PRODRONE 社製マルチコプター (オペレータ泉, 井上撮影) と (b) 固定翼 UAV (オペレータ井上, 藤田撮影) のフライトの様子。

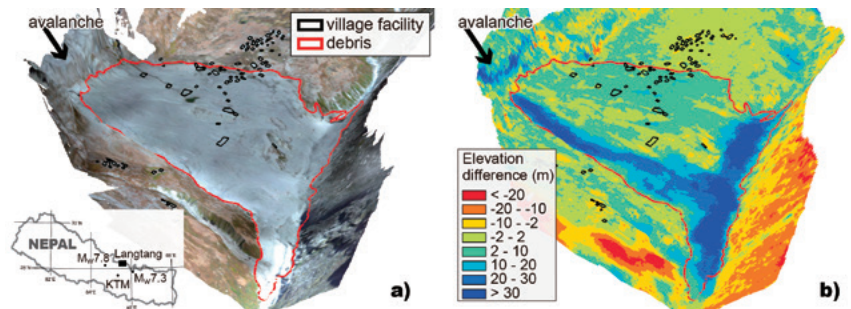


図 3 (a) ドローン測量による 2015 年 10 月のランタン村の 3D イメージ。 (b) 地震前と地震直後 (2015 年 5 月) のデジタル標高データから見積もられた堆積量分布。黒い四角は村の建物。赤い線はなだれの堆積範囲。

を作成した (図 3a)。現地観測は地震後半年経ってからの実施となり、堆積した氷の一部は融解消失していることが予想された。このため、地震直後にヘリコプターから撮影された写真を山岳写真家の D.F. Breashears 氏より譲り受け、SfM 解析をおこなった。ただし、この空撮

時には GPS 測量などはおこなわれていなかったため、10 月のオルソ画像と DEM からなだれの影響を受けていない区域で同定可能な岩を選び、位置情報を与えることにした。このようにして作成した DEM は GPS 測量データと比較することで精度検証を行い、高さ精度 0.26

～1.51 mを得た。地震前のDEMとしては衛星「だいち」(ALOS)から作成された全世界デジタル3D地図図を利用し、各DEM間の差分からデブリの堆積量を見積もった(図3b)。現地調査では、ランタン村を長年支援してきたNGO「ランタンプラン」の貞兼綾子氏の協力を得て、20名の村人に地震発生時の様子についてのインタビューをおこなった。これらの情報を統合し、再構築した地震発生当時の状況は次のようなものである。

地震発生後数分で雪氷主体の「黒いなだれ」が村を襲った。堆積直後のデブリの表面はほぼ氷で、その体積は681万 $m^3$ 、平均厚さ11.3mであった。もともと村内の道標であった岩の移動距離から、射出速度は58～106 m/sと見積もられた。この速度は、村の対岸を駆け上った泥状堆積物の到達高度から見積もられた63 m/sと整合的であった。本震から約2週間後の5月7日から10日にかけて体積84万 $m^3$ の岩なだれが発生し、氷堆積物の表面は平均1.5 mの岩屑デブリで覆われた。村人の証言によれば、5月12日の最大余震時にも岩なだれが発生したが、この体積を見積もるためのデータは得られていない。以後、10月24日までに氷の融解により表面が平均5.0 m低下し、最初のなだれの60%が残存していると見積もられた。

## 異 常積雪

村を壊滅せしめたなだれは、当初、7000 m峰であるランタンリルの氷河の崩壊によるものと考えられた。SPOT (Satellite Pour l'Observation de la Terre) 衛星を利用した先行研究にて、地震前後のDEMの差分がこの時の氷河崩壊量として見積もられていたが(Lacroix, 2017)、地震前の衛星画像が1年前

のものであり、夏季の融解や降雪、流動による氷河表面の標高変化の影響が考慮されていないなどの問題があった。一方で、村人の証言によれば、地震発生前の冬季は普段よりも積雪が多く、多くの家畜が犠牲になっていたとのことであった。そこで、ランタン流域にて氷河気象観測をしていたオランダ・ユトレヒト大学のW.W. Immerzeel氏と国際山岳開発研究センターのJ.M. Shea氏から、氷河近傍の気象データの提供を受け解析したところ、地震直前には1.3～1.5 mの積雪が氷河周辺にあったことが明らかとなった。ランタン村の上部流域の面積と積雪密度を考慮した結果、この冬季積雪は最初のなだれの77%に相当すると見積もられた。ネパールの冬季は乾季であり、これほどの冬季積雪は滅多にない。そこで、前年11月1日から地震当日までの積算降水量について確率密度関数を仮定し、再現期間を見積もったところ、当年は100年から500年に一度の多量積雪であったという、にわかには信じがたい結果が導かれた。これに前回の大地震の発生(1934年1月、マグニチュード8.0)が約80年前であることを考慮すると、今回の災害が如何に稀なものであったかがわかる。

## 復興に向けて

村人へのインタビューによれば、80年前の地震の際に現在よりも上流にあった

村がなだれに襲われた結果、今の地区に村の中心が移され、その後、昨今のトレッキングブームによって村の範囲が拡大したとのことである。氷河によって削られた谷は狭く、居住区の選択肢は少ないが、今回のような悲劇を繰り返さないためにも「どこがより安全か?」という情報を科学的根拠に基づいて提供することは我々の責務であると考え、数値計算によるハザードマップを作成し、村の復興委員会へ提供するべく準備を進めている。一方で、震災から二年を経て、村人の中で土地の所有権を巡る利害関係が顕在化するなど、必ずしも順調な復興とは言い難い状況もあるが、今後も息の長い支援を続けていきたいと考えている。

### —参考文献—

Kargel *et al.* (2016) *Science*, **351**, aac8353.

Lacroix (2016) *Earth Planets Space*, **68**, 46.

Fujita *et al.* (2017) *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, **17**, 749-764.

### ■一般向けの関連書籍

中尾正義 編 (2007) *ヒマラヤと地球温暖化*, 昭和堂.



### 著者紹介 藤田 耕史 Koji Fujita

名古屋大学 大学院環境学研究所 准教授

専門分野: 氷河学, 現地観測と数値実験によるアジアの氷河変動の把握と理解を目指している。

略歴: 京都大学理学部卒業。名古屋大学大学院理学研究科中退。博士(理学)。名古屋大学大気水圏研究所助手を経て、現職。

## TOPICS 環境化学

# 福島原発内の反応と環境問題 —最先端ナノ・ミクロスケール分析で挑む—

九州大学 大学院理学研究院 宇都宮 聡

2011年に福島第一原子力発電所から放出された放射性セシウム(Cs)の化学形態は水溶性と難溶性の二種類に分類される。難溶性のCsはCsを付着したFe-Zn酸化物のナノ粒子がSiO<sub>2</sub>のガラスに包有された直径1-2 μmの微粒子として存在し、そのCs濃度は数十wt%にもなるために、放射能の密度は～10<sup>11</sup> Bq/gと極端に高い。福島県、東京都のどちらにおいてもこのような高濃度Cs含有微粒子が検出され、特に東京では3月15日に飛来した最大のCsブルームの中のおよそ9割が難溶性微粒子であった。高分解能透過型電子顕微鏡法を用いて、これらの粒子の内部組織を顕微解析することで、原発内部で起こった反応の一部を理解することができた。

## 原 子力災害による環境汚染

2011年に福島第一原発から放出された～5.2 × 10<sup>17</sup> Bq (ベクレル = 1秒間に放射壊変する原子核の個数)の放射性物質の中で、<sup>134</sup>Cs (半減期2.065年)と<sup>137</sup>Cs (半減期30.17年)は合計～10<sup>16</sup> Bq放出されたと推定されている。これらの放射性Csは比

較的長い半減期をもっているため、現在でも高い放射能の原因となっている。とくに、6年経過した現在では、放射能比が原発災害直後の $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs} \sim 1$ から $\sim 0.14$ まで減少しており、 $^{137}\text{Cs}$ の線量への寄与が高い。

福島第一原発周辺を汚染している放射性Csの環境動態（環境における分布、挙動など）は、表層環境の多様な地形、気候、土壌特性などの条件が複雑に絡み合ったプロセスによって支配されている。一般的に、Csは土壌構成成分である粘土鉱物と特に強固な結合をつくり、土壌表層部 $\sim 5$  cm以内に残存し続ける。土壌の連続的化学抽出によっても70 $\sim$ 90%以上のCsが不溶性の粘土鉱物結合種として定量されており、表層水を介した土壌粘土鉱物微粒子の移動と海洋中での脱離・拡散が重要なプロセスになっている（Yamasaki *et al.*, 2016）。一方で、粘土鉱物中のCsの濃度はごく微量（ $< \text{ppt}$ レベル）であるため、その分析手法はオートラジオグラフィ（放射線でフィルムを感光させ、放射能の高い部分を特定する写真撮影法）やガンマ線測定が主流となっている。

## 高濃度に放射性Csを濃集した微粒子

近年、福島第一原発周辺や、南西約170 kmの大気中微粒子中にCsに富む微粒子（Cs-rich microparticle, 以下、CsMPと記す）が検出された。CsMP中のCs濃度は数wt%と非常に高く、エネルギー分散型X線分析装置付属走査電子顕微鏡（SEM-EDX）を用いて形状観察・組成分析ができる。CsMP中にはCs、Siの他に多様な核反応容器由来の重金属、核分裂核種が存在する。CsMPに含まれる $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比は2011年3月12日15:36（日本標準時）に換算して、ほぼ1であることから、福島第一原発から放出されたものであることがわかる。

これらCsMPには原発内部で形成されたときの反応過程の痕跡が内部に残されているため、粒子内部の詳細な構造、組成分布の解析は粒子の生成機構、反応場の条件解明につながる。高い放射能が残る原子炉の内部に関する情報は現在ではまだ限られており、CsMPから得られるメルトダウン時の化学条件は福島第一原発災害を理解する上での重要な情報となる。

## CsMPの内部組織からわかること

福島県大熊町の土壌から採取、単離したCsMPを集束イオンビームを用いて超薄切片化し、その断面試料を高角環状暗視野走査透過電子顕微鏡（HAADF-STEM, 重い元素が明るく見える）で観察した画像を示す（図

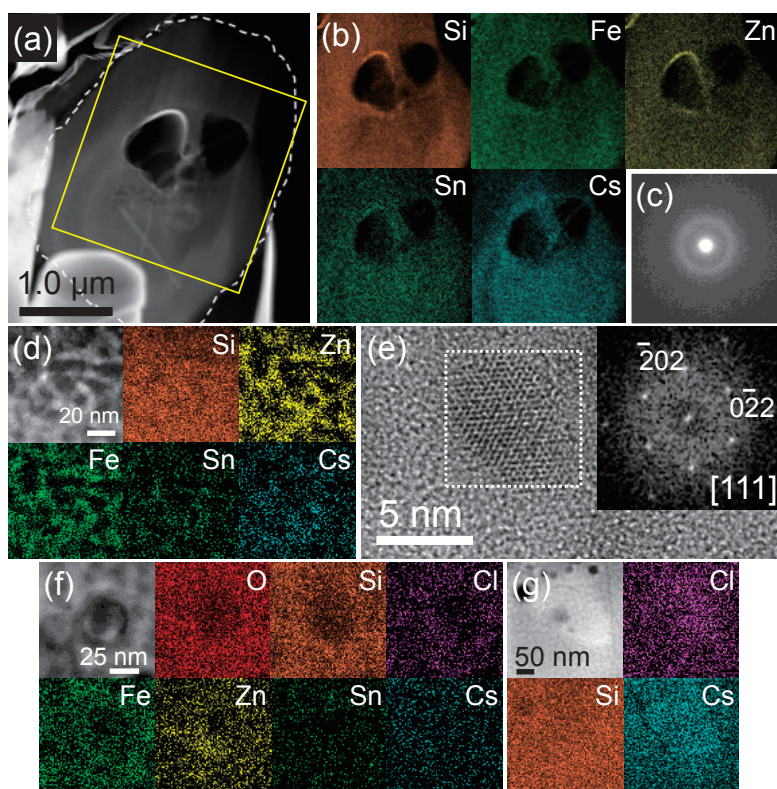


図1 (a) CsMP (白点線内側)のHAADF-STEM像。(b)図1(a)内の黄色四角内の元素マップ。(c)CsMP全体のSAEDパターン。(d)CsMPの拡大像とナノ粒子の元素マップ。(e)ナノ粒子の高分解能TEM像と白点線内の高速フーリエ変換像。(f)CsMP内部に含まれるZnCl<sub>2</sub>の元素マップ。(g)CsClの元素マップ。

1 (a))。元素マップからわかるようにCsMPは主にSi、Fe、Zn、Csで構成されている（図1 (b))。微量元素としてはK、Cl、Sn、Rb、PbおよびMnが含まれていた。内部には約500 nmの2つの大きな細孔および10 $\sim$ 200 nmの多数の小さな細孔が存在し、CsMP形成時にガス成分（H<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O、CO、CO<sub>2</sub>など）が取り込まれたことを示唆している。電子回折（SAED）パターンは非晶質の特徴を示したが（図1 (c))、拡大されたHAADF-STEM画像と元素マップより、Zn、Fe、Sn、Csの主要元素が $< 10$  nmのナノ粒子を形成し、ほぼ純粋な非晶質ガラス状のSiO<sub>2</sub>マトリックス内に存在していることがわかった（図1 (d))。さらにこのナノ粒子は高分解能TEM画像とその高速フーリエ変換像（電子線回折像と同じパターン）から、亜鉛と鉄の酸化物であるフランクリン鉄鉱（franklinite, ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, *Fd3m*, *Z*=8）と同定された（図1 (e))。また、CsMPの内部にはZnCl<sub>2</sub>およびCsClのナノサイズ包有物も同定された（図1 (f) (g))。このように福島第一原発由来のCsMPの内部組織を顕微解析することで、原発メルトダウン時に起きた反応過程が明らかになってきた（図2）。すなわち、(1)Csのような揮発性核分裂核種が、燃料のメルトダウン中に放出されてナノ粒子として存在するか、またはミストの状態で炉内に存在した。

(2) 压力容器の破損時に多くのZn-Fe-酸化物ナノ粒子が形成されるとともに、炉内に浮遊するCs相の微粒子やCs含有ミストがZn-Fe-酸化物ナノ粒子の表面に付着した。(3) 压力容器を貫通して溶融した燃料が外側の格納容器のコンクリートに接触し、 $> 2000$  Kの条件でSiOガスを生じ、Zn-Fe-酸化物ナノ粒子上にSiO<sub>2</sub>として直ちに凝縮しCsMPを形成するとともに、周囲に浮遊していた核分裂核種ナノ粒子も内包した。

このように、CsMPは1 $\mu\text{m}$ 程度の大きさしかない微粒子であるが、その詳細な顕微解析によって、原発災害の詳細な理解に役立つ反応プロセスを解き明かすことができる（Furuki *et al.*, 2017）。

## 東 京都に飛来したCsMP

2011年3月15日の10:00 $\sim$ 11:00、東京都に最も高い放射能を持つブルームが到達した。その主要放射性核種はヨウ素（ $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{I}$ ）とセシウム（ $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ）であり、それぞれピーク時の放射能は522 Bq/m<sup>3</sup>, 124 Bq/m<sup>3</sup>と報告されている。これらの核種の化学形態は水酸化物、塩化物およびヨウ化物と当初は推定されていたが、大気フィルターのオートラジオグラフィ画像を撮ると無数の黒点が見られた。これらの黒点の部分を単離し、SEM+EDXで観察すると

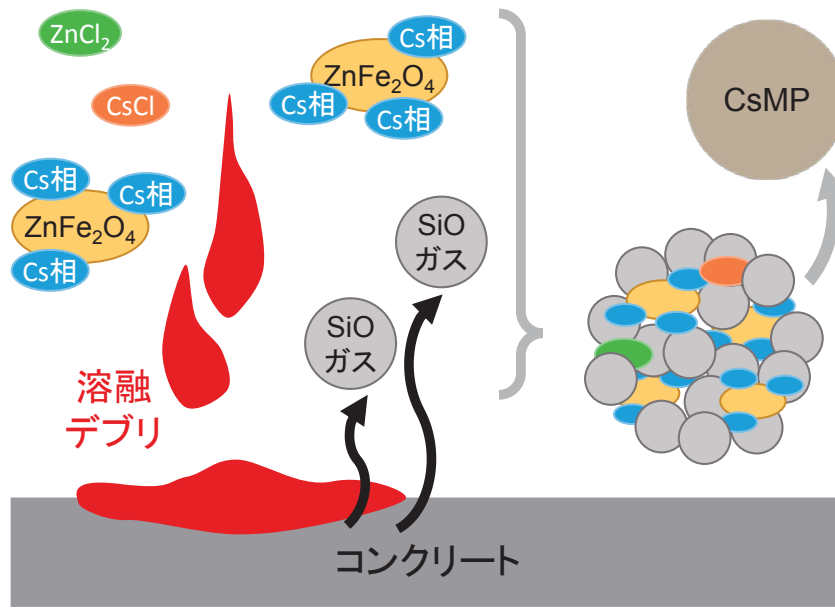


図2 融融デブリとコンクリートの接触に伴い発生するSiOガスの凝縮とZn-Fe-酸化物ナノ粒子の取り込みによるCsMPの形成プロセス。

CsMPが検出され、その放射能比や化学的特性は福島で見つかるCsMPと同じであることがわかった (Imoto *et al.*, 2017)。また、大気フィルターを超純水中で溶解すると、溶解実験前後でオートラジオグラフィ画像の黒点の位置が変わらないことから、難溶性のCsMPが溶けずに残ることがわかるとともに、易溶性のCsは総放射能の11%に過ぎず、CsMPの総Cs放射能は89%と算出された。これらの結果より、2011年3月15日の東京都に飛来したプルームには、難溶性、高放射能密度、かつPM2.5サイズの微粒子がCs放射能の約9割を占める濃度で含まれていたことが明らかになった。

## 高濃度放射性Cs含有微粒子による影響

原発災害の直後に放出されたCsMPは、周辺環境および生態系の放射線量に対して顕著に寄与している。東京の大気フィルターで検出されたような0.58~2.0μmの大きさのCsMPを人間が経口吸引したケースを考察すると、通常のPM2.5と同様に、約20~50%および<10%のCsMPが肺胞および気管支領域にそれぞれ沈着すると考えられる。CsMPが不溶性であると仮定すると、肺胞領域に沈着したCsMPはマクロファージによって完全に貪食されずにリンパ節にゆっくり移動し、その場合の生物学的半減期は数十年になると推定される。これは水溶性Csの典型的な生物学的半減期~100日間と比較して長く、体内にCsMPが長期間保持されると予想される。

CsMPの場合、単位質量あたりの放射能(放射能密度)が非常に高いため(~10<sup>11</sup> Bq/

g)、CsMP周囲のミクロな領域で局所的に強いβ線とγ線が水の放射線分解を引き起こし、マクロファージおよび呼吸器上皮細胞よりも大きい数百ミクロンのスケールでラジカル種を生成する。CsMPsの表面上の100μm厚の水の薄膜層を考えた時、β線およびγ線によるエネルギーの蓄積は(1.0~24)×10<sup>-3</sup>グレイ/h(グレイ=ジュール/kg)と計算される。水の放射線分解によってH<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>、及びH・などの様々なラジカルが生成し、この蓄積エネルギーによって、とくに・OHラジカルが毎秒4.9×10<sup>3</sup>分子生成すると見積もられる。これは細胞中DNAに酸化的損傷を引き起こすのに十分な生成量であると推定される。

これまでの被曝線量評価は、国際放射線防護委員会ICRPpub.119で確立されている実効線量係数にもとづいておこなわれているが、CsMPの影響は考慮されていない。難溶性のCsMPは水溶性Csより長い生物学的半減期を有する可能性が高いため、今後はCsMPの内部被曝に関する詳細な評価が求められる。

## CsMPの顕微解析から廃炉工程への貢献

現在おこなわれている福島第一原発1~4号機の廃炉作業において、最も困難な工程

の一つは溶け落ちた核燃料取り出し作業である。この工程のためには、溶けた核燃料とそれに原子炉構成物が混在している燃料デブリとよばれる非常に高い放射能をもつ物質の性状を把握する必要がある。これまで単離してきたCsMPの中で、すべてではないがいくつかのCsMPにウランが含まれている。今後は原子炉内に散在するウラン粒子や、環境中に放出されたウランを含むCsMPの微細組織観察から、メルトダウン時の照射燃料の反応経路を解き明かし、燃料デブリの性状把握に貢献することが期待される。

### —参考文献—

Furuki, G. *et al.* (2017) *Scientific Reports*, 7, 42731.

Imoto, J. *et al.* (2017) *Scientific Reports*, 7, 42118 Accepted.

Yamasaki, S. *et al.* (2016) *Science of the Total Environment*, 551-552, 155-162.

### ■一般向けの関連書籍

ニュートン別冊(2014)「検証 福島原発1000日ドキュメント」、ニュートンプレス。



### 著者紹介 宇都宮 聡 Satoshi Utsunomiya

九州大学 大学院理学研究院 化学部門 准教授

専門分野: 環境ナノ物質科学。原子分解電子顕微鏡を駆使した天然物質科学、天然ナノ粒子・微生物による核種移行への影響を研究している。

略歴: 東京大学大学院理学系研究科鉱物学専攻博士課程修了, ミシガン大学原子力工学科・地球科学科の博士研究員からリサーチサイエンティストを経て, 現職に就任。

# 日本地球惑星科学連合 2017 年大会開催

## 連合 2017 年大会を終えて

今年の日本地球惑星科学連合大会は、米国地球物理学連合 (AGU) との共同開催 (JpGU-AGU Joint Meeting 2017) として実施されました。会場は幕張メッセ国際会議場及び国際展示場 (第 7 ホール)、東京ベイ幕張ホール会議場を使って、会期は 5 月 20 日 (土) から 5 月 25 日 (木) の 6 日間の日程でした。今年はパブリックセッション等の一般の参加者を含めて、8,450 名 (昨年 7,240 名) という大幅な参加者増により大盛況でしたが、会期を 6 日間にしたこと、国際規格のサッカー場の大きさの展示ホール (写真 1 参照) をポスターセッション及び展示ブース等に利用したため、全体的にゆったりとした会場で大会が開催でき、参加された皆様には好評でした。サイエンスセッション参加者 6,645 名 (昨年 5,487 名) のうち、海外からは、世界 48 カ国から 1,100 名を越える参加者があり、AGU との共催としてふさわしい大会となりました。参加者中、大学院生 (1,480 名) と学部学生 (744 名) は全体の 4 分の 1 を占めたほか、土曜日と日曜日に開催した高校生ポスター発表や NASA-JAXA ハイパーウォール講演会等のアウトリーチ活動には、さらに 500 名以上の中高生が参加しました。本大会の開催には、千葉県、千葉市および千葉国際コンベンションビューローから国際大会開催の補助金をいただきました。

今年大会のセッション数は 253 件 (昨年 194 件)、発表論文数は 5,645 件 (昨年 4,515 件)

といずれも昨年度より 20% 以上の大幅な増加となりました。皆さまのご協力により、口頭発表 2,867 件、ポスター発表 2,778 件と、両者の比率がほぼ 1 対 1 を達成できたことで、会場に余裕をもって大会を開催することができました。会期中、土曜日と日曜日には高校生や一般市民向けの公開プログラムとして、地球惑星科学トップセミナーや高校生によるポスター発表など 6 つのパブリックセッションを実施し、およそ 1,200 名の一般参加者がありました。2017 年大会では AGU とのジョイントミーティングを記念して、JpGU としては初めての試みでしたが、大会 2 日目の 21 日 (日) に基調講演 (写真 2 参照) を開催しました。JpGU からは 2015 年にノーベル物理学賞を受賞された梶田隆章博士、AGU からは米国で一般市民にもっとも良く知られた地震学者である Lucy Jones 博士をお招きし、ご講演いただきました。日曜日に開催することで、高校生等のパブリックセッションの参加者も参加し、熱心に聴講されていました。サイエンスセッションでは、6 件のユニオンセッションを含む多くのセッションが行われ、6 日間にわたって、活発な講演と議論が行われました。今回の AGU との共催により、およそ 1,300 名の AGU 会員が JpGU に登録され、さらに海外から 800 名が JpGU 会員となっており、AGU との連携による国際学会としての体制も整えられました。今後 2018 年及び 2019 年は AGU とのジョイントセッションを実施し、2020 年には 2 回目の



写真 1 国際展示場の様子



写真 2 (上) Lucy Jones 博士と (下) 梶田隆章博士による基調講演の様子

ジョイントミーティングが計画されています。来年 2018 年は同じく幕張会場で、2018 年 5 月 20 日 (日) ~ 24 日 (木) の 5 日間の開催予定です。今年以上により多くの皆様の参加をお待ちしています。

(大会運営委員会 委員長 浜野洋三)

## 一般公開プログラム「高校生によるポスター発表」開催!

JpGU-AGU Joint Meeting 2017 では、パブリックセッション「高校生によるポスター発表」を大会二日目の 5 月 21 日 (日) に開催しました。2006 年の連合大会から 12 回目となります。当日は全国の 52 の高校から計 80 件の発表がありました。11:30 から国際会議場で口頭による概要説明が行われました。13:45 ~ 15:15 のコアタイムには、広報普及委員会を中心に、各セッションボードの協力も得て、プレゼンテーションと発表内容の観点から各ポスターを審査しました。その結果、最優秀賞 (札幌日本大学高等学校「宇宙において電磁誘導により重力加速度を測定する方法」) ほかの各賞が決定されました。審査結果は HP ([http://www.jpгу.org/highschool\\_session/2017/award.html](http://www.jpгу.org/highschool_session/2017/award.html)) をご覧ください。

(広報普及委員会 副委員長 原 辰彦)



当日のポスター発表の様子。

最優秀賞を受賞した牧野楓也さん (札幌日本大学高等学校)。

## AGU ジャーナルで著者 ID「ORCID」をつかおう — AGU Eos (<https://eos.org>) 掲載記事より —

ブルックス・ハンソン (米国地球科学連合・シニアバイスプレジデント)

オープンな ID (識別子) は科学の公正性、効率性、学術情報流通や情報発見、研究者支援のために大変有益なものとなりつつあります。たとえば、論文についている DOI (digital object identifier) により論文アクセスが飛躍的に容易になりました。また、新たに研究者、研究資金配分機関、標本資料などの ID についても進行中です。AGU はコミュニティでこれらの識別子を使うよう奨励、推進しており、2016 年以降のすべての論文に、著者の ID である ORCID (Open Researcher and Contributor ID) を含めることとしました (<https://orcid.org/content/requiring-orcid-publication-workflows-open-letter>)。

ORCID により研究者の検索や見える化は大きく改善されます。個人が ORCID の ID を取得するのは簡単で、アカウント情報の公開管理もできます。AGU のジャーナル編集システムでは論文査読者の ORCID もサポートしています。ORCID アカウント上では自著論文のリストとともに査読・編集作業などの学術貢献を明示できるようにな

ります。論文 DOI でジャーナル間の横断検索が容易になったように、ORCID を使えば研究者名をキーにしたさらに自由で正確な横断検索が可能になるでしょう。ORCID アカウント上では出版者データベースと連携して、正確なあなたの出版論文リストを自動生成することも可能になります。

論文 DOI のような第 1 世代の識別子は出版社によって完全に管理されていますが、ORCID のような次世代の識別子はまだ研究者、学協会の協力が必要です。AGU は多様な ID の利用と利便性向上にむけて取り組んでいます。

(Hanson, B. (2016), Eos (<https://eos.org>), 97, doi:10.1029/2016EO043183.)  
© 2016. The authors. CC-BY-NC 3.0  
(抄訳: 情報システム委員会副委員長 村山泰啓 (情報通信研究機構))

## 第 2 回地球惑星科学振興西田賞受賞者紹介

第 2 回地球惑星科学振興西田賞として以下の方が顕彰されました。おめでとうございます。



### 生駒 大洋

東京大学准教授  
専門分野: 惑星形成物理学, 系外惑星科学  
受賞理由: 巨大ガス惑星の形成過程の理論的研究と系外惑星への応用



### 高野 淑識

海洋研究開発機構主任研究員  
専門分野: 有機地球化学, 地球生命科学  
受賞理由: 生命・非生命の境界を探索する分子レベルの地球宇宙化学に関する研究



### 宮崎 雄三

北海道大学低温科学研究所助教  
専門分野: 大気化学, 地球大気環境科学  
受賞理由: 大気有機エアロゾルの起源に関する観測的研究



### 内田 直希

東北大学地震・噴火予知研究観測センター准教授  
専門分野: 地震学  
受賞理由: 小繰返し地震解析の広範な地震学への応用に関する研究



### 谷本 浩志

国立環境研究所地球大気化学研究室室長  
専門分野: 大気化学  
受賞理由: 対流圏オゾンおよび海洋性硫酸エアロゾルの生成過程の研究



### 渡邊 真吾

海洋研究開発機構シームレス環境予測研究分野分野長  
専門分野: 気象学, 地球システムモデリング  
受賞理由: 高解像度大循環モデルと地球システムモデルによる大気大循環及び大気物質変動の解明



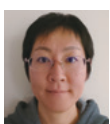
### 海老原 祐輔

京大大学生存圏研究所准教授  
専門分野: 宇宙空間物理学  
受賞理由: 地球磁気圏ダイナミクスの大規模シミュレーションによる理解



### 土屋 卓久

愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター教授  
専門分野: 鉱物物性理論  
受賞理由: 第一原理計算による地球深部ダイナミクスの研究



### 川合 美千代

東京海洋大学准教授  
専門分野: 化学海洋学  
受賞理由: 北極海における水塊の混合と物質循環に関する化学海洋学的研究



### 長澤 真樹子

久留米大学准教授  
専門分野: 惑星科学  
受賞理由: エネルギー散逸過程と軌道共鳴が多様な惑星系の形成に果たす役割の研究

## 2017年度 JpGU フェロー受賞者紹介

2017年度日本地球惑星科学連合フェローとして以下の方々が顕彰されました。おめでとうございます。



### 荒井 章司

金沢大学特任教授  
専門分野：岩石学  
受賞理由：マントル起源かんらん岩における詳細な野外調査と岩石記載によるマントル変遷プロセスの理解への顕

著な貢献



### 石橋 克彦

神戸大学名誉教授  
専門分野：地震学、歴史地震学  
受賞理由：地震学、とくに地震テクトニクス、歴史地震学分野における顕著な貢献と、地震関連災害の予測とその社会への発信による顕著な功績により

顕著な功績により



### 入船 徹男

愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター長・教授  
専門分野：高圧地球科学  
受賞理由：高圧地球科学、特に超高压実験を駆使したマントル物質とスラブ関連物質の挙動解明における顕著な業績により

顕著な業績により



### ロバート・ゲラー

東京大学名誉教授  
専門分野：地震学  
受賞理由：地震学の発展への顕著な貢献、特に地球内部3次元構造推定の地震波形インバージョン手法の開発と実用、地震発生メカニズムの理解の進展により

顕著な貢献により



### 小西 健二

金沢大学名誉教授  
専門分野：同位体古生物学およびサング礁学  
受賞理由：同位体古生物学およびサング礁学への顕著な貢献により

顕著な貢献により



### ダニー・サマーズ

ニューファンドランドメモリアル大学教授  
専門分野：理論宇宙空間物理学、プラズマダイナミクス  
受賞理由：宇宙プラズマ中の相対論的プラズマ波動粒子相互作用の理論的および数値解析、それに基づく地球放射線帯の理解の深化への顕著な貢献により

顕著な貢献により



### 島崎 邦彦

東京大学名誉教授  
専門分野：地震学  
受賞理由：プレート境界及び内陸活断層における大地震の発生時期や規模の予測に関する研究について顕著な

貢献により



### 武田 弘

東京大学名誉教授  
専門分野：固体惑星物質科学  
受賞理由：惑星科学、特にアポロ月試料と隕石試料の鉱物結晶学的な研究およびかぐや月探査による固体惑星物質進化の解明への貢献により

顕著な貢献により



### 鶴田 浩一郎

宇宙航空研究開発機構名誉教授  
専門分野：磁気圏物理学、宇宙空間物理学  
受賞理由：革新的な発想に基づくVLF帯電波伝搬および地球周辺空間電場計測法の開発とその科学成果による磁気圏物理学・宇宙空間物理学への顕著な貢献により

顕著な貢献により



### 鳥羽 良明

東北大学名誉教授  
専門分野：海洋物理学、特に大気海洋の相互作用  
受賞理由：大気-海洋間の運動量および物質交換過程の研究における先駆的かつ顕著な貢献、および衛星海上風観測技術確立への貢献による功績により

顕著な貢献により



### 中島 映至

宇宙航空研究開発機構地球観測研究センター長、宇宙科学研究所特任教授  
専門分野：大気科学・気候科学  
受賞理由：地球観測と数値モデリングを基にした放射・エアロゾル・雲過程の気候影響研究および地球惑星科学の発展・振興への顕著な貢献により

顕著な貢献により



### 廣瀬 敬

東京工業大学地球生命研究所長・教授  
東京大学大学院理学系研究科教授  
専門分野：高圧地球科学、地球深部物質学  
受賞理由：超高压高温実験の手法による地球の下部マントル及び核の物性の決定とそれに基づく地球深部の構造・ダイナミクス・進化の解明への顕著な功績により

顕著な功績により



### 松浦 充宏

東京大学名誉教授  
専門分野：固体地球物理学  
受賞理由：固体地球物理学、特に内部力源による弾性-粘弾性物体の変形理論、地球物理データの逆解析理論とその応用、地震発生の物理、及びプレート沈み込み帯の地殻ダイナミクスへの顕著な貢献により

顕著な貢献により



### ビヨルン・ミーゼン

カーネギー地球物理学研究所上席研究員  
専門分野：固体地球物理学  
受賞理由：マグマ系の実験物理化学  
受賞理由：実験岩石学、特に高温高压下におけるマグマと地球流体の構造、物性、元素分配挙動の解明への顕著な貢献とともに日本地球惑星科学連合大会およびその雑誌 PEPS の確立と発展への貢献により

顕著な貢献により



### 水越 允治

三重大学名誉教授  
専門分野：自然地理学、気候学、歴史気候学  
受賞理由：11世紀から16世紀に至る600年間にも及ぶ日単位での日本における天候記録の刊行と歴史時代の気候復元・歴史気候学に関する顕著な貢献により

顕著な貢献により

**JpGU 2018**  
セッション提案  
募集

9月1日(金)

10月12日(木)

詳細は大会 WEB をご覧ください  
[www.jpogu.org/meeting\\_2018/](http://www.jpogu.org/meeting_2018/)

**とめ株式会社とめ研究所**  
ソフトウェア研究開発受託

- ・画像処理、数値解析、データマイニング他の研究開発
- ・情報系、数学、物理学等の博士課程出身者が多く活躍
- ・地球惑星科学の研究経験を活かしたい方を積極的に採用中

URL : <http://www.tome.jp> E-mail : [info@tome.jp](mailto:info@tome.jp)





## 荒井 章司

金沢大学特任教授

専門分野 岩石学

### 解けない謎：些細なこと？ でも気になる…

だいぶ以前から気になっていまだに解けない謎がある。どうでもよい些細なことかもしれない。でも気になって仕方がない。もしかしたら本質的で重要な問題かもしれないのだ。

クロミタイトという岩石がある。クロミタイト（またはクロムスピネル）という鉱物の集合体で、クロミウム (Cr) の資源であり、また耐火材としても有名である。この岩石は基本的にはマグマから晶出したクロミタイトが集積して形成されるとされる（結晶集積岩と言う）。クロミタイトはかんらん石とともにマンテル起源のマグマからいち早く晶出し、固相濃集元素である Cr に富んでいる。このクロミタイトには明らかに成因の異なる2つのタイプがある。ひとつは層状貫入岩体と呼ばれる、地殻中のかつてのマグマ溜りが固まったものの中に薄く水平方向に連続する層として産する。そのために層状クロミタイトなどと呼ばれる。もうひとつはマンテル中に不規則（芋状または莢状）な形状で産し、ポッド状（ポディフォーム）クロミタイトと呼ばれる。両者は産する場所（安定大陸と変動帯）や産状も全く異なり、研究するコミュニティも異なっているほどである。筆者はマンテル岩石学者としてポッド状クロミタイトを研究し、その成因の解明に貢献してきた。

いままでのクロミタイトの成因の解釈を簡単にご紹介しよう。層状クロミタイトに関しては、下部地殻のマグマ溜りを満たした玄武岩質マグマと周囲の岩石の部分熔融でできた花崗岩質のマグマの混合による新マグマが、クロミタイトに過飽和となり、クロミタイトのみが晶出・集積してできたとされる (Irvine, 1977)。ポッド状クロミタイトに関しては、マンテル中でできたクロミタイト過飽和マグマからの集積岩とされる (Arai and Yurimoto, 1994)。クロミタイト過飽和マグマは、火道を上昇するマグマが壁岩のかんらん岩と反応してできたシリカに比較的富むマグマが、後続の未分化マグマと混合してできるとされる。すなわち、両者ともに2種のマグマの混合が考えられている。

さてこの2つのタイプのクロミタイトには極めて特異な共通した特徴が認められる。主要鉱物であるクロミタイト中の微小包有物の存在である (図)。この包有物は直径 100 μm 程度の球～楕円体状をして、しばしば規則的にクロミタイト粒子中に配列されている (図)。主要構成鉱物はパーガス閃石 (角閃石の一種)、アスピドライト (Na 金雲母)、輝石類である。すなわち、水やナトリウムといった液相濃集成分に富んでいる。これらの包有物は、形状・組成から、トラップされた流体 (マグマ) 起源であろうと考えられている。主要構成鉱物であるアスピドライトは極めて稀な鉱物で、マンテル岩を含めた普通の岩石には存在しない。ところが、クロミタイト中のクロミタイトの包有物中だけでは極めて普遍的に産するのである！ クロミタイトという固相濃集元素の固まりのような鉱物中に、なぜ液相濃集元素の固まりのような包有物が存在するのであろうか？ 全体的には、包有物はクロミタイトという堅牢なカプセルに守られたエキゾチックなメルトであるというイメージが伝わってくる。この包有物を加熱して均質なガラスにした実験が2つあるが、それによると個々の包有物 (すなわちトラップされたマグマ滴) ごとにかなりの化学的不均質性を示す (Spandler *et al.*, 2005; Borisova *et al.*, 2012)。一方、ホストのクロミタイトは岩石全体にわたって化学的に均質であり、その晶出には均質なマグマが関与したことがうかがえる。

さて、最初に述べた謎とはこのクロミタイト中の包有物の実体・成因のことである。このタイプの包有物 (図) は、産状からいわゆる初生的 (または初期の) 包有物と呼ばれ、ホストの鉱物の生成と同時にまたは引き続いて生成されたとされる。そうすると、この水やナトリウムに富む特異なマグマは、クロミタイトの晶出 (あるいはクロミタイトの生成) に本質的に関与したことになる。現に多くの研究者はそう考えている (たとえば, Spandler *et al.*, 2005) が、受け入れ難い。きわめて均質なクロミタイトに一連の不均質なマグマ滴が含まれることが説明できないからである。2

つのタイプのクロミタイトに共通である点も合点がいかない。現在別の可能性を考えながら初心に帰って薄片を見ている。下部地殻から上部マンテルにかけて暗躍する水やナトリウムに富むメルトが存在しているのだろうか？

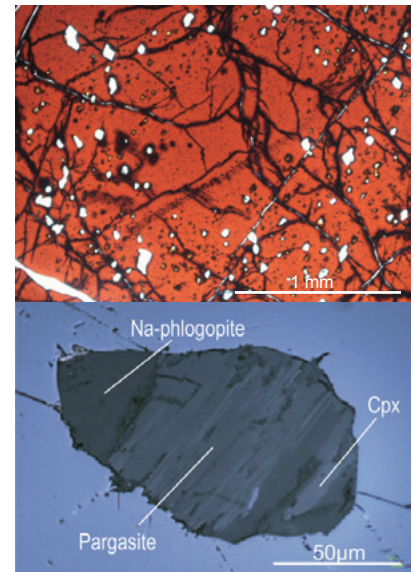


図 クロミタイトのクロミタイト (褐色) 中の微小包有物 (白色部分) の分布 (上; 偏光顕微鏡図) と個々の包有物の構成 (下; 電顕図)。



## 石橋 克彦

神戸大学名誉教授

専門分野 地震学, 歴史地震学

### 地震科学と文理融合研究と社会的発信

2017年度 JpGU (日本地球惑星科学連合) フェローに選んでいただき、光栄であると同時に恐縮している。私は、地球科学分野のどれかを極めたわけではなく、自分の考えの赴くままに「雑学」をやってきたように思うからだ。しかし、地震テクトニクス、歴史地震学、原子力災害を含む地震災害についての社会的発信という、地震科学の主流ではない部分に目を向けてくださったのは有難いことだと思っている。

1991年4月の第2回地球惑星科学関連学会合同大会の実行委員長を仰せつかったとき、学会間の連絡の仕組みが何もないのに困ってしまい、かなり苦労して9学会からなる「地球惑星科学関連学会連絡会」を創設したが(地震学会 NL, Vol.3, No.1, p.13, 1991)、それが JpGU の卵だったと思う。そのフェローというのも感慨深い。

#### 地震テクトニクスは科学ではない?

私は、主として南関東・東海地方に関して、顕著な地震活動の造構論的意味の研究(地震テクトニクス)をやってきた。地震の断層模型論とプレートテクトニクスがこの地域に適用され始めた1970年頃からで、その2大原理に、seismicity、測地学、第四紀変動学、地質学などの知見も加えた総合的な議論である。ツールとして、微小地震観測や、東日本では最初の変動地形(隆起海成面)掘削調査なども手がけた。

この研究分野は方法論が確立しているわけではなく、定性的な面も強いので、地震現象に関する精緻な数理理論と膨大な高精度観測データが充実している今日では、実証的ではないとして、そもそも「科学」なのかという疑問もあるようだ。

しかし、「どこでどんな地震がなぜ起こるのか」が地震科学の第一級の問題であることは間違いない。また、ある地震活動の地学的意味について複数の説(モデル)が出されれば、どれが正しいかはわからなくても、どれが関連事象を一番多く合理的に説明できるかは、客観的に判断できる。その意味

で地震テクトニクスは科学だといってよいだろう。さらに、モデルは未来の地震についての予測を伴うから、将来、モデルの是非が検証できる可能性もある。

1976年に提唱した「駿河湾地震説」は、社会的には地震予測が注目されたが、理学的には地震テクトニクスの作業仮説の面が重要だった。「定説」では衝突境界で先天的無地震域とされていた駿河トラフを、沈み込み境界だと指摘したわけだが、40年間地震が起きていない現在、仮説はある程度検証されたといえる。南海トラフから一連の沈み込み境界という単純な見方は誤りで、上盤の運動も重要であるらしい。

私自身は、駿河湾地震説より、南部フォッサマグナの衝突現象と関係している「小田原地震」のテクトニクス(EPS, Vol.56, p.843, 2004)のほうが興味深い仕事だと思っている。2003年の札幌のIUGG総会の萩原シンポジウム(予知のための地震・火山過程のモニタリングとモデリング)を企画された安芸敬一先生が、数理モデルとともにconceptual modelも重要だと仰って、この研究の発表を招待してくださった。

#### 古い地震の観測

日本の歴史地震研究には明治以来の先達たちの偉大な蓄積があるが、私は地震テクトニクス研究を進めるなかで、現代地震科学の目による「古い地震の観測」が改めて必要だと痛感した。従来は、玉石混淆の既刊地震史料集を無批判に用いて、fake earthquake(偽地震)を導く例も少なくなかった。

私は1984年以来、地震史料集の活用利便性向上と校訂ツールの両面から、全文データベース化を提案していたが、2003~07年度の科研費で「[古代・中世]地震・噴火史料データベース(β版)」を作成・公開することができた。これは6人の錚々たる歴史学者も加わった本格的な文理融合研究である。β版にはまだ不備があって、私がノロノロ修正しているが、未解決の面白い問題にいくつか気づき、日本史研究の真似事にまで手を

広げている。文理融合研究は国際的にも注目され、今後の JpGU 大会でも多くの分野で重要になるだろう。

#### 地震研究者と社会

理系の研究者は軽々に社会的問題に口を出すべきではなく、社会条件を与件として研究すべきだとされてきた。たとえば、首都圏は日本の中枢だから、その地震活動の研究が大事だという思考法である。しかし、首都圏の現状のままでは国家的大震災は避けがたいといったことは、地震研究者でないと切実に見えてこないのではないか。

そんな考えから、1994年刊行の岩波新書『大地動乱の時代—地震学者は警告する』において、地震研究にもとづいて東京一極集中是正を訴えた。アカデミズムでは専門領域外に口出しするのはタブーとされているようだが、本書に書いた都市型震災の諸相が5ヵ月後の阪神・淡路大震災でそっくり生じてしまったことから、地震科学から隣接領域をみて危険と感じたら積極的に問題提起すべきだと再認識した。

そういう意識で、気になりながら放置していた原子力発電所の地震安全性を点検したところ、いい加減さに驚き、黙ってはいけないう腹の底から思った。そして1997年以来「原発震災」の警鐘を鳴らし続けることになった。しかし微力虚しく、駿河湾地震や小田原地震が発生しないという幸運とは裏腹に、「福島原発震災」があっけなく起きてしまった。痛恨の極みである。なお、政治的側面が強い問題には研究者は関わらず、中立を守るべきという意見があるが、沈黙自体が政治的態度になる場合もあることに注意したい。

東日本大震災以降、社会の現状を前提とした震災軽減研究や防災学がいつそう盛んである。それは大事なことだが、最悪の西日本大震災を想像すると、より根本的対策が不可欠に思える。私は地震研究者の目で、「激動する大地と折り合う文明への転換」といった考え方も発信していきたい。



## 入船 徹男

愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター センター長・教授

専門分野 高圧地球科学

# 地方における 国際的研究拠点の創出を目指して

私は地球物理出身ですが、修士は地球科学、博士は地質学・鉱物学をそれぞれ違う大学で修了する一方で、工学部の研究室にも出入りするなど、色々な大学と分野を渡り歩いてきました。とはいえその実情は、大学院の入試に失敗し、指導教員に見放されるなど、とても出来のいい学生とはいえず、栄えあるJpGUフェローに選出されるなど、大学院学生時代は夢にも思いませんでした。

転機を迎えたのは、地球科学の世界的拠点であったオーストラリア国立大地球科学研究所(RSES)で博士研究員の職を得た頃かと思えます。世界の中での自分の特徴を見出すことができ、とくに実験技術と論文執筆の点では外国人研究者にも負けない自信ができました。新しい実験を企画し、得られた結果から重要なポイントを引き出すこと、またそれをいかに論文として取りまとめるかは、ボスのA.E. Ringwood教授から大きな影響を受けました。

3年近い海外生活の後、某旧帝大で助手の職を得たのがちょうど30年前の1987年。しかし、旧態依然とした研究と講座運営体制に馴染めず、一年もしないうちにストレスで体調を崩してしまいました。たまたまこの頃教員を公募していた愛媛大の地球科学教室は、若手の登竜門として全国的に知られており、ここに異動することができたのは大変幸運でした。地方大特有の多少の授業や雑用の多さ・お金のなさよりも、自由な研究ができることの重要性を身に染みて感じ、以来若手には自らの責任で自由に研究してもらう心がけています。

愛媛大着任当時から、RSESやカーネギー地球物理研究施設(GL)、また比較的新しいバイエルン地球科学研究所(BGI)に匹敵するような地球深部科学分野の国際的な拠点を、いずれ愛媛大につくりたいと漠然と考えていました。ドイツの地方小規模大学に設置されながら、地球深部科学分野でヨーロッパの中心拠点的な役割を果たしているBGIは、実現可能なモデルとしてとりわけ強く意識していました。その後、小松正幸愛媛大元

学長らのご尽力や、東大物性研究所の故秋本俊一先生等のアドバイスも得て、この夢に一步近づく地球深部ダイナミクス研究センター(GRC)の省令施設としての設立が、21世紀初頭の2001年4月に実現しました。

とはいえ、当初は5名の専任教員と2名の支援員の計7名と小さな所帯で、またバツクに大きな組織や強力な支援者がいるわけでもなく、ほとんどゼロからの出発でした。それでもこの間、学術創成研究や特別推進研究などの大型科研費やグローバルCOEなどの外部資金を獲得するとともに、文科省や愛媛大学の支援も得て、現在では教員・研究員・支援スタッフ約35名を擁し、学部生・大学院生を含めると常時70名ほどが在籍する組織へと成長しました。2013年には全国共同利用・共同研究拠点(先進超高压科学研究拠点・PRIUS)に認定されるとともに、新学術領域研究「核-マントル相互作用」の中核機関としての役割も担っています。これらの結果、設立以来16年を経て、国際的にも一目置かれる研究拠点になったと感じています。

GRCを運営する上で心掛けたのは、若手に自由な研究をすすめてもらうとともに、できるだけ異なる大学や研究室の出身者や、自らの意志で海外にでて頑張っている研究者を教員として採用するようにしたことです。新しい研究のためには異なるバックグラウンドを持つ人材の「異文化交流」が重要であり、後者にはそれを切り拓くポテンシャルがある人が多いからです。また、ある程度の数の教員の入れ替わりを前提とし、常に新しい分野を開拓することを心がけました。とはいえせっかく採用した教員にはそれなりの働きを期待し、少なくとも教授7年、准教授5年、助教3年の「年季」期間はGRCで頑張ってもらいたいと思っています(「7・5・3」制)。一方で特に重要な人材にはより長い期間の在籍を期待し、できる限り待遇改善・昇任の機会を与えることを心掛けました。また研究面での突出性だけでなく、それぞれの特徴に応じた役割分担により、センター全

体としてうまく機能することも目指してきました。

大学の附置研である以上、人材育成も重要な課題です。愛媛大に赴任してから、SPRING-8全体で最初の成果となったX線その場観察による高圧相転移境界の精密決定や、超高压合成技術による世界最硬ナノ多結晶ダイヤモンド(ヒメダイヤ)の開発など、幸いいくつかのエポックメイキング的な成果をあげることができました。最近も世界初となる「透明ナノセラミックス」の超高压合成に成功しましたが、これらのいずれにおいても愛媛大の学生が重要な役割を果たしてくれました。また地方にありながら、私自身これらの学生を含め、これまで20名あまりの博士課程学生と、30名を大きく超える博士研究員の育成・指導を行ってきました。幸いそのほとんどが国内外の研究教育機関で職を得、また企業等での研究・開発職に就いています。

以上のようにJpGUフェローとして私が唯一誇れることは、必ずしも条件の良い地方大においてGRCを設立し、研究・人材育成両面でそれなりの実績をあげることに、地球深部科学の発展に多少なりとも貢献できたことかと思えます。最近では国際会議においてBGIやGLと並んで、GRCの略称が当たり前のように使われることを耳にする機会も増えました。その設立から今日に至るまで、「万年センター長」としてかかわってきた者として、大変嬉しい限りです。今回フェロー称号授与の榮譽に浴する機会をいただいたのは、ひとえにGRC教員・スタッフと学生、またご支援いただいた愛媛大学及び文科省関係者や、国内外の多くの共同研究者と友人の皆様のお陰であり、心より感謝の意を表したいと思います。



## ロバート・ゲラー

東京大学名誉教授

専門分野 地震学

### 地震学者として歩んだ道

人生の約半分を日本で過ごした私にとって、連合フェローに選抜されたことは格別なものである。私は1973年に米国カリフォルニア工科大学（カルテック）地球物理学科を卒業し、1977年同大学で博士号を取得、1978年－1984年スタンフォード大学助教授を経て、1984年に東京大学理学部助教授（東大で初の任期無外国人教員）に着任した。そして1999年に教授に昇任、本年3月定年退職し、現在東京大学名誉教授である。

私と日本との関係について簡単に触れておきたい。カルテック学部4年生の時、東大地震研究所教授を辞任した金森博雄氏がカルテック教授に着任した。彼は私の正式指導教員ではなかったが、彼の背中を見ながら研究者のあるべき姿勢を学んだ。

私が研究を開始したのは学部4年生だった。初の査読つき論文掲載は修士1年生時だった。そして、担当教員名義で、いくつもの研究申請書を書き、助成金を取得した。私の教育者としての方針はこの自分の学生時代経験に基づいている。つまり、学部4年生、遅くとも修士1年では、自ら「学生ではなく、研究者だ」と考えるべきである。

学生にもう一点アドバイスしたい。重要かつ解決可能な研究課題を設定することが大変重要なことである。つまり、多くの場合、地球科学での勝負は問題を解くことではなく、問題を設定することにある。

来日以降、私は8名の博士号取得者の指導教員をつとめた。また、現在在籍中院生3名を途中まで指導した。私が日本の地球科学の発展に果たした最も大きな貢献はこの11名に与えた指導だったのではないと思う。

今まで四十数年間にわたる私の主要研究テーマは地震発生過程と地球内部構造推定である。しかし、内部構造推定研究に必要なツールが存在しなかったために自ら開発せざるを得なかった。アルゴリズムの開発から始めたのだが、これは、従来の波動方程式を解くための理論および計算アルゴリズムの応用数学的研究の多くがスカラーの波動方程式に限られていたためである。地震波伝

搬を支配する弾性体力学の運動方程式はベクトル方程式なので、私たちの研究グループはベクトル運動方程式の最適計算演算子の理論と計算アルゴリズムを開発する必要があったのである。現在このツールを使って、波形インバージョンで地球の3次元地震波速度構造を局所的に推定し、地球内部ダイナミクスに貢献している。

一方、私の震源についての研究の中では、similar earthquakes（相似地震）についての論文（Geller and Mueller, GRL, 1980）が思い出深い。米国カリフォルニア州のサンアンドレアス断層に起きた微小地震の波形を比較して、長周期成分波形はどの地震もほぼそっくりであったが、短周期成分はかなり異なることを明らかにしたものである。つまり、相似地震はまったく同じ場所で繰り返すものではないが、非常に近くで発生することを示した。この論文は現象としての相似地震の存在を初めて指摘したものである。

#### 研究者の主体性

若い時から研究者は主体性を持つ必要性があることを強く感じていた。この「主体性」は、たとえば、自分の研究テーマを能動的に選ぶだけでなく、その研究分野全体の健全な発展や社会との関係について責任を持ち、必要があれば社会に対して発言することも含まれている。

私の研究を含め観測データなしでは地震学の研究はできない。しかし、定常観測網の設置や運営の予算を獲得することは非常に難しい。そこで、「この観測のデータを地震予知に役立てたい」といった社会貢献を前面に押し出した方便を使って予算要求すると格段に通りやすくなる。ただ、この方便の使用を正当化する科学的根拠は、これまでも、そして現在も皆無である。詳細についてはGeller (GJI, 1997) を参照されたい。

にもかかわらず、1962年以来、地震学コミュニティのリーダー達はこのような方便の使用によって日本の予知計画の予算を獲得してきた。これによって国民に非現実的な期待

を誘導したことは、深刻な事態を招いている。

#### 地震予知の行く末

地震予知による予算獲得の方便は、その後、さらに2回エスカレートした。1969年には「地震予知研究計画」から「地震予知計画」に名称変更、研究から恒常的な事業に格上げされた。さらに1978年には、迫っているとされた「東海地震」の直前予知体制を組み込んだ大規模地震対策特別措置法（大震法）が施行された。これは、気象庁が総理に3日以内に東海地震発生のおそれがあると報告した場合、総理大臣は強力な法的拘束力を持つ警戒宣言を発令できるという実用的な仕組みを持つ。しかし、仮に発令がなされれば社会経済に莫大な損害を与えることから、実際にこの仕組みが使われると思う人はいないだろう。絵に描いた餅とはこのことだ。

私が東大着任時にもっとも驚いたのは、故竹内均氏および数名を除けば、ほとんどの地震学者がこの予知問題について発言を控えていることであった。主体性がないと強く感じた私は、チャンスがあれば改善の必要性を公に指摘することを決心した。以来、英文（Geller, Nature, 1991; 2011; 2017）、和文（ゲラー, 双葉社, 2011 など）で、抜本的見直しを即時にすべきであると何度も警鐘を鳴らしてきた。目下、大震法の存亡について政府内で議論されているという。単なる微調整の延命措置ではなく、廃止すべきであるとの主張は現在も変わらない。国民、政府、地震学者の良識と常識に期待したい。

#### 最後に

私のように政府の政策を真正面から批判する研究者が連合フェローとして選抜されたことは、日本地球惑星科学連合が、健全な科学コミュニティであることを意味しているのではないかと。若い研究者の皆さん、主体性を持ち、恐れることなく、正しい道を進もうではないか。



## ダニー・サマーズ

ニューファンドランドメモリアル大学教授

専門分野 理論宇宙空間物理学, プラズマダイナミクス

### Experiences of Japan (1990-2017)

Following some conferences such as the JpGU annual meeting in May, and the AGU Fall meeting in December, the organizers often provide a summary of the meeting “by numbers”. Likewise, I thought I would begin this memorial article by describing my scientific interactions with Japanese scientists and institutes in Japan “by numbers”. My first visit to Japan was in August 1990 when I attended the AGU Western Pacific Geophysics Meeting in Kanazawa, and the International Congress of Mathematicians in Kyoto. Since then, I have visited Japan at least 12 times, have given more than 50 presentations or lectures in Japan, have visited 10 institutes in Japan (including Kyoto University which I have visited 6 times), and have published more than 20 research papers involving at least 18 Japanese co-authors, both scientists and students. I have been happily involved with JpGU meetings since at least 2010 and have been convener of sessions 8 times.

My specialist area of research is space physics, and a main topic of research during my visits to Japan has been to understand the generation of so-called “killer” electrons. These are highly energetic (relativistic) electrons that are generated in the vicinity of the Earth (in fact in Earth’s outer radiation belt) and that can seriously damage, or even destroy, instruments carried by Earth-orbiting spacecraft. Despite the enormous distance from the Sun to the Earth (about 150 million kilometers), we on Earth can be adversely affected by violent events on the Sun such as solar flares or coronal mass ejections. This is because the effects of such events can be transmitted to Earth via the solar wind, the outflow of charged particles and magnetic fields from the Sun. Earth’s own self-generated magnetic field creates a huge “bubble” in the solar wind flow called the magnetosphere, and it is the subject of “magnetospheric” physics that has largely dominated my

research with Japanese co-authors. In this regard, it is a pleasure to acknowledge and thank Professor Yoshiharu Omura of the Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, with whom I have collaborated for many years. Yoshi and I have worked in particular on how “killer” electrons can be generated by electromagnetic waves known as whistler-mode chorus waves. As well, we have worked on many other aspects of “wave-particle interactions” in the Earth’s magnetosphere.

Turning to much lighter matters, I thought it would be fun to compose a Top-Ten List of My Favourite Things in Japan:

10. The Japan Times
9. C.C. Lemon (!)
8. Tatami mats
7. Sapporo draft Black Beer
6. Ume Shu
5. Riding the Shinkansen
4. Italian restaurants in Japan
3. Japanese bakeries
2. Japanese seafood
1. Kyoto

Finally, here is a Top-Ten List of My Best Experiences in Japan (unfortunately, there is no room for Kaiseki):

10. Visiting the Hiroshima Peace Park and Museum
9. Experiencing the elegance of the Yasukuni Shrine
8. Photographing a group of traditionally dressed Maiko at the Heian Shrine, Kyoto (I was lucky enough to encounter a professional photographic session, and was allowed to take pictures myself!)
7. Marveling at the great trees at the Ise Shrine.
6. Seeing flying fish off Okinawa (from the boat after viewing hump-back

- whales)
5. Watching sumo wrestling in Nagoya
4. Hearing the clip-clop of wooden “clogs”, and then encountering a geiko during a late evening in the Gion district of Kyoto
3. Visiting Himeji Castle
2. Walking Mount Fuji (though not from base to top!)
1. Experiencing Tokyo



## 島崎 邦彦

東京大学名誉教授

専門分野 地震学

### 研究の面白さに、はまってしまった人へ

パズルが得意だったり、ミステリー好きだったり、数学が面白かったり、あるいは一体、何がきっかけだったのか？ とにかく研究の面白さに、はまってしまった人、のめり込んでいる人、そんな人に、思いがけない落とし穴が待っている。

はまると、いつの間にか、あっという間に時間が過ぎる。だから時間が足りず、社会に目を向ける暇がない。なぜなら、この世に住む限り、絶え間なく雑用が湧いてくるからだ。真理を探究するという格好良いが、とにかく面白いことを追っかけたい。そのためには、退屈な単純作業もいとわない。こつこつ時間をかけるうち、新しい局面が開かれる、あるいは開かれそうな予感、不安、ひょっとしたらという期待、そして思っていたよりスツと物事が進んで行くときの快感。これは中毒なのか、止められない。

幸いにして、というべきだろう。仕事が認められ、評価されて、社会に役立つ。そんな将来を思いながら、いや、それ自体は目的ではないが、今日も仕事に取りかかる。そしてはまってしまふ。

もともと社会的なものごとには興味が薄い。政治とか権力とか、ややこしいことからは距離を置きたい。そんな人が多いのでは？ 苦手なことを避けるために、はまり込んだ人もいるだろう。

漠然とした社会に役立ちたいという意識。あるいは鮮明に、役立ちたいと思っているあなた。あなたが社会に影響を、(たとえ少しでも) 与えることができるようになった時、認められて、やっとここまで来たという感慨を覚えるかもしれない。しかし、ニュートンの作用・反作用の法則があることを忘れてはいけない。社会に影響を与えるなら、社会があなたに影響を与えることを。

良く知らない、興味が無い、これまで放っておいた、そういう社会の現実が突然、目の前に現れるだろう。成果が全ての人々に歓迎されるとは限らないからだ。この世には、自分にとって都合の良いことだけが、科学的に正しいことだと、(そのとおりに言わない

が) 公言する人が、多数いる。あなたの得た成果が、ある人々にとっては「不都合な真実」でありうることを忘れてはならない。科学的に正しかろうが、誤りだろうが、そんなことはどうでもいいと思っている人は多い。これまで接して来た話を通じる人たちは、少数だ。

日本のどこで、どの程度の大きさの地震が起る可能性が高いのか、専門家の意見をとりまとめる役を、私は長年務めてきた。1995年(阪神・淡路大震災の年)12月の発足時から2012年(東日本大震災の翌年)3月に解任されるまで、政府の地震調査委員会の長期評価部会長であった。この間少なくとも三度、おかしかったことがある。

最新の例でいえば、2011年3月9日(東北日本大震災の発生前2日)の地震調査委員会。貞観地震の調査結果に基づく長期評価改訂案の承認は、議題が多いので4月に延期して欲しいと事務局に言われて了承した。ところが、その議題が多いはずの委員会はいつもとより早く終了した。重要な議題の延期は、電力会社への内容説明(3月3日)後の修正のためと後に判明(東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会事務局による聴取結果書110別紙12; 橋本他、地震学会モノグラフ「日本の原子力発電と地球科学」p.34-44, 2015)。

最も古い例は、2002年7月10日の地震調査委員会後のことである。内閣府の防災担当から圧力が加えられ、『三陸沖から房総沖へかけての地震活動の長期評価について』の公表が月末まで遅れた。発表時の表紙には、「防災対策の検討など」には「地震の規模」の「誤差」に「十分留意」を含む段落が突然事務局により加えられた。

もう一つの例は地震調査委員会の外で起ったが、上述の『三陸沖から…長期評価について』に関連している。2004年2月9日の中央防災会議日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会(島崎、科学、2011年10月号、p.1002-1006)。また、私が司会を務める長期評価部会開催中に開かれた2005年6月22日同専門調査会。会議後、

中間発表の記者会見が行われて確定という手回しの良さ。

これらはいずれも、福島県を含む太平洋岸の津波と地震に関する「不都合な真実」を覆い隠そうとする意図によるものだと思われる。東日本大震災が発生して福島第一原発で重大事故が起こった結果、国会や政府等の事故調査委員会により明らかにされた事実に基づく推論である。

未来ある人々に知って欲しい。科学的におかしなことが大手を振っている場が存在することを。社会の役に立ちたいという naive な思いが全く通じない場があることを。こちらが研究者仲間と想定していても、上司の命に逆らえない立場もあることを。練達の行政マンにとって、世間を知らない研究者を操ることは容易だ。未来ある人は、そのような場を避ける知恵を持って欲しい。どうしようもなく、そのような場に立たされたなら、即刻、退場することだ。大見得を切って辞めてもいいし、そっと目立たなく辞めてもいい。

納得がいけないことを、論理づけて自分に納得させようとする、そんなあなたを見たくない。きっかけを失ったまま、居心地の悪い場にいることは時間の無駄だ。

未来ある人が、社会から認められたと感じる時の思いはわかる。これまでの努力が報われた。少しでも名が知られるようになった。自分の仕事に誇りが持てる。名誉でもある。〇〇委員として、この社会に少しでも貢献できる。これまでの無名の一研究者とは違ったような気がする。

しかし、社会に役立ちたいと真摯に思うなら、私は、外から watch することをお勧めする。そして科学的におかしなことがないのか、何が正しいのか、見張ること。外からでは十分わからないことも多い。しかし、焦ることはない。報告書などをじっくり吟味することが重要だ。そしておかしなことは、科学の場で、学会で、批判せよ。〇〇委員となるより、ずっと重要な社会への貢献だと思う。

科学的におかしなことは、科学の場で、学会で、批判せよ。



## 鶴田 浩一郎

宇宙航空研究開発機構名誉教授

専門分野 磁気圏物理学, 宇宙空間物理学

### オーロラとの出会い

この度、日本地球惑星科学連合フェローに選出いただき、ありがとうございます。この機会に今関心を持っておりますオーロラについて書いてみたいと思います。

私が初めてオーロラに出会ったのはカナダ中央部マニトバ州ウィニペグ郊外の空き地でした。東京大学名誉教授故小口高先生に誘われ、オーロラ多点観測をするために、ウィニペグに観測機材のセッティングに行っていました。そのセッティングの途中でオーロラが現れたのです。いったん暗くなりそれからなんとなく明るくなった空に幅広い光の帯（アーク）が東から西にかかっていた。光の帯は南（低緯度）の方へ動いて行き、しばらくして押し戻して来るように北へ戻ってきました。白い大きな光の帯が天空を横切って行く様は正に見ものという感じです。その帯は透明ですから星の光が透けて見え、光の帯のそのものが東に向かう波の流れと西に向かう波の流れをきれいに映しておりました。サブストームが発生し、オーロラは何本かの帯状のオーロラとなり、明るくて新聞が読めるほどでした。そしてこの光の帯は10分程するとずっと消えてしまって元の暗闇に戻ってしまいました。私達は呆然として消えた跡を見ていました。ウィニペグは通常オーロラの見える地域より南（低緯度側）に位置し、あまりオーロラの見えない所ですが、エネルギーの大きなオーロラだったので。オーロラは面白いものだと思います。この時の印象が強く、その後もっと頻繁にオーロラが見える場所で見たいオーロラも、何か物足りなさを感じるようになってしまいました。

この多点観測の時、私は電波の観測で協力していましたが、コーラスと呼ばれる低周波の自然電波とパルセーティングオーロラと呼ばれる脈動型オーロラの間に関係がありそうだと気づき、論文を書きました。その後、ロケット関係の仕事をする事になり、慌ただしくなってオーロラはお預けとなってしまいました。

それから約20年余りがたち、2001年に私も停年で宇宙科学研究所を退職しました。

そこで自由になった身で再度オーロラに挑戦したいと思うようになりました。ひとつは自分自身の興味がなくならなかった、つまり興味が持続しているということは、やるべきことがきつとあるのだらうということ。もうひとつはオーロラの研究というのは、ある面では進んでいないのではないかと、つまり電離層のところを飛んでいるオーロラ観測衛星の観測と、磁気圏を飛んでいる色々な衛星の観測、それから地上の観測とが、まだ関係が複雑で、明らかになっていないのではないかとということです。

地上でオーロラを観測することには、ひとつ非常に大きなメリットがあります。それは人工衛星とかロケットは飛んでいるために、場所と時間の区別がなかなかつきにくいといわれるのですが、地上観測でやりますと、1点で構造及び光がどう変わるかということを見ることができるとです。私は退職後、カルガリー大学に半年滞在し、その年及び翌年、少し北のアサバスカに行きオーロラを観測しました。その後数年は日本を離れられずオーロラの観測に行きませんでした。その間に太陽活動の状態が変わってしまい、妻にも見せようと2006年から2012年までにカナダのフォートマクマレー、ホワイトホース、イエローナイフ、ホワイトホースと一緒に参りましたが、なかなかきれいなオーロラには出会えませんでした。やっと2013年の夏の終わり頃にホワイトホースで活発なオーロラに出会い、さらに2015年3月には前年に発売された高感度カラービデオカメラに魚眼レンズをつけてオーロラの刻々の変化を全天で撮影することができました。ただ残念なことに電波の記録の方はうまく取れませんでした。

「オーロラは磁気圏を映す鏡」という言い方をされることがあります。これはオーロラの現象というのはその上に広がる磁気圏の色々な変化を反映しているからです。ですからオーロラを調べることはその上の磁気圏を調べることに相当するわけです。

ではオーロラはどういう風に見えるのか、カナダでの仮想的な夜を想定します。毎晩

出るものではありませんが、まず夕方明るい時にさあっと弱いオーロラが現れることがあります。これは持続せずほんとは一瞬、数回アークが点滅したら終わりというようなものです。それからしばらくすると遠くの空に、大抵の場合は北の空低くですが、高緯度で出ているオーロラが、光の帯として見えてきます。その後はその光の帯がゆっくりと上空に上がって来て太くなり、そしてまた下がって行きます。それを何回か繰り返している内に、オーロラは段々威勢が良くなって、そして遂にはブレイクアップと呼ばれるオーロラの爆発現象が起こるまでに成長します。ブレイクアップで明るいオーロラは終わりになります。このブレイクアップの後、実はまだオーロラは続いておまして、燃え尽きた後の残渣みたいなものが南の空で点滅を始めます。脈動型オーロラです。これが朝まで続いて一晩のオーロラは終わりとなります。

このような流れと磁気圏の構造とプラズマの運動、それから太陽風の影響、こういうものの関係がすっきりすると「オーロラは磁気圏を映す鏡である」と大威張りと言えるかもしれません。が、現在はまだまだなかなかあちらの話を立てればこちらがつぶれ、こちらを立てればあちらがつぶれ、というのを繰り返しているように私には思えます。最近カメラの性能が良くなりましたので、いままで時間軸の粗さのために潰れていた現象が表に出てくるとすると、そこにひとつの脱出口があるような気が致します。

## 貴社の新製品・最新情報を JGL に掲載しませんか？

JGL では、地球惑星科学コミュニティへ新製品や最新情報等をアピールしたいとお考えの広告主様を広く募集しております。本誌は、地球惑星科学に関連した大学や研究機関の研究者・学生に無料で配布しておりますので、そうした読者を対象とした PR に最適です。発行は年 4 回、発行部数は約 3 万部です。広告料は格安で、広告原稿の作成も編集部でご相談のりです。どうぞお気軽にお問い合わせ下さい。詳細は、以下の URL をご参照下さい。

<http://www.jpogu.org/publication/ad.html>

### 【お問い合わせ】

JGL 広告担当 宮本英昭  
(東京大学 大学院工学系研究科)  
Tel 03-5841-7027  
hm@sys.t.u-tokyo.ac.jp

### 【お申し込み】

公益社団法人日本地球惑星科学連合 事務局  
〒113-0032 東京都文京区弥生 2-4-16  
学会センタービル 4 階  
Tel 03-6914-2080  
Fax 03-6914-2088  
office@jpogu.org

### 個人会員登録のお願い

このニュースレターは、個人会員登録された方に送付します。登録されていない方は、<http://www.jpogu.org/>にてぜひ個人会員登録をお願いします。どなたでも登録できます。すでに登録されている方も、連絡先住所等の確認をお願いします。



# VOTE!

## JpGU 2017

# 次期代議員選挙が始まります。

正会員の方は

**立候補** **推薦** **投票**

をお忘れなく!

(2017年7月20日17:00までに入会手続きを終えられた方)

- ◆ 定款変更により、代議員定数が100名から150名に増員
- ◆ 日程 (予定\*) \*正式な日程は選挙公示をご確認ください。
 

選挙公示	8月 1日
立候補・推薦受付	8月10日～ 9月11日
投票受付期間	10月 2日～11月 1日
開票結果公開	11月 6日

公示・詳細は JpGU Web にて

<http://www.jpogu.org>