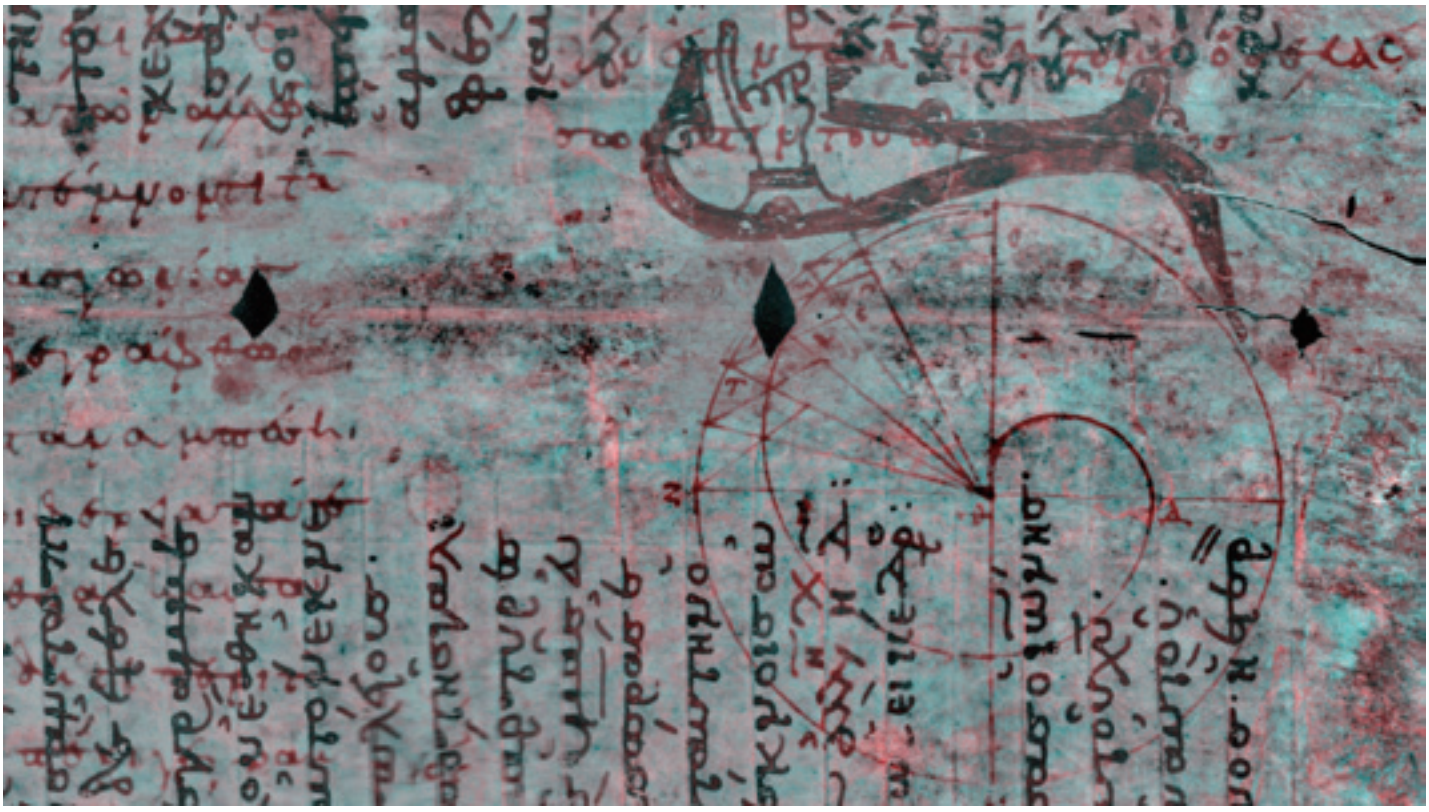


アルキメデス・パリンプセストは、ビザンチン帝国時代に作成された、古代ギリシアの数学者、シラクサのアルキメデスの著書の写本。アルキメデスにこの著書があったことは、この写本が発見されるまで知られていなかった。アルキメデス・パリンプセストには、13世紀に祈祷書が上書きされていたが、その下に存在することが明らかになり、10年前、最新のイメージング技術により、数学的な内容を記したその文章と図形が復元された。

1. しるし

それは、生命の起源を探る科学者としては、日常的に使うテクニックに過ぎないが、それでもやはり、感心せずにはいられない。

地球に初めて現れた、微生物のような形態の生命は、化石になって残ったりしないはずだ――骨や、証拠になる有機物が残ることはないだろう。しかし、同位体の存在比が示す証拠なら、はかない微生物の痕跡でも、保存されている可能性がある。ある岩石に含まれる炭素12の量が、異常に低かったとしよう。それは、かつてそこに生物が存在していたかもしれないという証拠だ。なぜなら生物は、炭素の同位体のなかでも特に炭素12を好むので、生物がいたなら、炭素13ばかりが残されるからである。

地球化学者は、これと同様の測定と推論を使って、残されたものを分析することにより、大昔の大気の化学組成を突き止めることができる。たとえば、ある試料の硫黄同位体の存在比が異常だったとすると、そこから科学者は、大昔のある時期、その試料があった場所の大気には、酸素がほとんど存在しなかった――つまり、その後酸素量が増えた――と推測できるのだ。

現在の地球の、動植物の生態、化学組成、地質などは直接測定して解析できるが、生命の起源や、初期の地球に関する科学を推し進めるのは、独創性が求められる、紆余曲折の道のりだ。

また、スタート地点となるのも、大昔の相互作用が残した、かすかな同位体だけではない。現在のある事実に注目し、それがもたらされるためには過去に何が起こったはずかを解明するのが、テーマになる場合も多い。有名な例をひとつ。RNAは現在至るところに存在するが、RNAの主軸の形成に必要な長鎖分子は、水中では分解してしまう。だが、生命の出現に関与したRNA以外のほとんどすべてのものに水が必要だったことからすると、最初のRNA分子がい

Andre´-P. Drapeau P.

ストロマトライトは、シアノバクテリアの群集が堆積物となって何層も重なった、ドーム状の鉱物構造物。35億年以上前のものも現存し、地球に生命が存在した、最古の明白な証拠となっている。

かにして形成されたかは大きな謎だ。

このような回り道思考は、ある社会組織の現在と、将来の可能性を理解するにも役立つのだろうか？　たとえば、東京工業大学のキャンパスにできた、地球生命研究所（Earth-Life Science Institute, 略してELSI［エルシイ］）のようなユニークな社会組織の理解に？

その、目に見える特徴の多く――熟慮の末設計された新しい建物。一連の、公開・非公開のセミナー、ワークショップ、プレゼンテーション。日本人と、世界中からの外国人が他に類を見ない形で混ざり合う、さまざまな科学分野から集まった研究者集団――は、極めてはっきりしている。

ELSIに科学者が存在し、科学が行われてきた時間は、まだ驚くほど短い。この短期間で挙げられた成果は、特筆に値する。しかし、なるべくしてそうなったわけでは決してない。生命の誕生の物語の、多くの場面と同じく、まったく違う結果になっていた可能性もあるのだ。

それなら、なぜ、どのようにして、ELSIにはそんなことが達成できたのだろう？　それを知るために、これまでにELSIに関して、なされた決断と回避された決断、そして、これまでELSIに参画してきた人々、その科学、その価値観がELSIの歴史に刻み込んだ痕跡――かすかなものであることも多い――に注目してみよう。つまり、ELSIに対して、社会的、科学史的な、同位体年代測定法を使うわけだ。

もしかすると、敢えて明るみに出してやれば、それらの痕跡は、ELSIの過去、現在、予測される未来のみならず、ELSIの強みや弱点について、今私たちの目に見えるもの、耳に聞こえるもの以上のことを教えてくれるかもしれない。おまけに、今後設立される類似の社会組織に、洞察と教訓を提供できるかもしれないのだ。

起源にまつわる物語は常に、行動と、それに対する行動からなる、複雑な系に包まれている。だからこそ、起源の物語はどれも面白いのだ。

ELSI所長　廣瀬敬

2. ELSIという考え方

ELSIが生まれた大本をたどれば、つまるところ、日本の科学は、一部の領域では力強いようだが、全体としては後れをとっているという、政府の公式な見解に行きつく。当時、「危機」という言葉が頻繁にささやかれていた。

必要な措置が取られたのは、日本経済が長引く膠着状態にあった2007年のことだ。世界標準からすれば、依然として豊かな国だったものの、日本のリーダーたちが見るところ、日本は、本質的レベルで業績不振である一方、せっかく達成されている科学の進歩が、十分注目されていない状況だった。

そこから脱却するために政府が立てたひとつの方策は、将来世界第一級の研究機関となることを目指す、従来にない新しい運営法による研究機構を数ヶ所設立し、潤沢な資金を提供することだった。こうして世界トップレベル研究拠点プログラム（WPI）が始まったのである。

このイニシアチブの中心人物のひとり、日本学術振興会の黒木登志夫氏が私に語ったように、WPIの10年間にわたる多額の補助金の獲得を目指して競い合うグループは、高く、かつ前例のない、次のようなハードルを越えねばならない。

- 海外の優秀な科学者を相当な人数引き付け、留まってもらえるような計画を提示する。
- 日本の多くの研究機関に比べ、より自由で、イノベーションに対して開かれた機関になるような方針を立てる。
- 日本の科学と教育において行われてきた、伝統的な方法の一部を改革するためのモデルとなる。

「当時、日本の科学には変化が不可欠でした。それは今も同じですが」と、長年にわたりWPIのプログラムディレクターを務めた黒木登志夫氏は語る。「イノベーションを阻止するのではなく、奨励するような新しい方法が必要ですし、才能ある日本の若手科学者にとって、日本で研究を続けることが、もっと望ましくならねばなりません」。

研究機関の選定は５年にわたり、その結果、極めて多様性に富む９ヶ所が選ばれた。ごく実際的な目的――材料科

ELSI副所長　井田茂

学、ナノテクノロジー、睡眠研究、グリーン・エネルギー――を掲げる機関もあるが、２つの機関は、基礎科学に徹する。まず2007年、東京大学に、宇宙の起源と進化を研究するための機関が設立され、次いで2012年、東京工業大学にELSIが出現したのである。

高名な高圧地球科学者、廣瀬敬のリーダーシップのもと、ELSIは、地球において生命はいかにして始まり、いかに進化したかという、非常に大きな問題に取り組み始めた。

その努力は、極めて重要ないくつかの点で、ユニークである。ひとつには、ELSIでは、生命がいかに始まったかについてのみならず、地球はいかにして生命が出現できるような場所になったかという、地球科学的な問題にも注目する。また、同じような目的で似たような研究を行う科学者たちが、世界各地を拠点としつつ、ゆるやかに提携しあうというよくある形ではなく、生命の起源を巡る多くの困難な疑問に取り組むことを目的とする、独立したひとつの研究機関の形を取る。

NASAの宇宙生物学プログラムのディレクター、Mary Voytekは、起源を巡る問題がいかに研究されているか、誰よりもよく知っている。彼女はこう結論する。「ELSIのようなところは、世界中探しても他にはありません」。相当な人数の科学者をひとつの建物に集め、これらの問題について、個別に、また協力して取り組ませる、他に類を見ない研究機関なのだ。

雰囲気も運営も国際化しようと、科学者も事務方も含め、発足時のメンバーのほとんどが日本人だったにもかかわらず、ミーティングや研究室の打ち合わせは英語で行われることになった。

これは、どんな状況でも困難な取り組みだが、ELSIの誕生は、日本の科学者や教育者たちに言わせれば、依然として序列構造が残る、大学のキャンパスというところで起こった。日本の大学の科学者たちは、自分の研究分野に忠実になりがちで、科学へのアプローチは――ごく一般的に言って――いまだに極めて日本的なままだ。

ELSI副所長の井田茂が言うように、日本の科学の大きな強みは、昔から、個々の人間を集めて、ひとつのテーマに集中的に取り組むことができる、結束したチームが作れることにあった。海外からやってきたメンバーの多くが、自分のテーマをできるかぎり広い視野から見ようとするのに対し、日本の科学者の多くは、逆に、自分が専門の特定の領域を深く掘り下げる傾向がある。伝統的な日本のアプローチは、大きな強みである一方、往々にして、そこから保守主義的科学が生まれてくると、井田は語った。

ELSIでは、これら２つの特徴が随所に現れており、その緊張関係がもたらす独創的な成果が多々見られる。

Mary Voytekは、NASAの宇宙生物学プログラム長で、ELSIを頻繁に訪問している。ELSIのEONプログラムのグローバル科学コーディネーターとして、ELSIにやってきた新米科学者たちを導くのみならず、科学と組織運営という両面で専門知識を提供している。また、NASAの科学者たちとELSIとの橋渡し役でもある。

変化の始まり。歌川広重による19世紀の浮世絵の傑作、『燕の子とろ子とろ』。ツバメたちが一種の鬼ごっこに興じている。

3. 豊かな基盤

なぜ東京に？　それに、なぜ生命の起源なのか？　いったいどうして日本政府は、このようなテーマを研究する機関を、トップ研究機関のひとつに選んだのだろう？

日本には、高圧地球科学と、生物登場以前の初期地球の進化が重視されてきたという歴史的背景がある――環太平洋火山帯に位置するのだから当然である――が、生命の起源が大いに注目されたことはなく、東工大の場合なおさらだ。

しかし、生物学を専門とする東工大名誉教授で、かつてELSI事務部門長を務めた星元紀は、生命の起源を探る科学が、日本で反響を呼ぶと考えられる十分な理由がいくつか存在するという。

ところが、ELSIの起源について説明する星教授の話は、まったく予期していなかったところから始まる。遠い昔、エドワード・シルヴェスター・モースという人間が、日本にやってきた物語だ。モースは、ハーバード大学で、革新者として名高い教授、ルイ・アガシーの学生だった。

冒険心旺盛な若きモースは、マシュー・ペリー提督の黒船来航に促された明治維新で日本が開国して間もなく、東京にやってきた。この時期、アメリカが演じた役割については、貿易ができるよう日本を開国させたこと、さらにそこから、近代化せねば他国に支配されかねないと日本の指導者たちに認識させたことが強調されがちだ。

しかし、物質主義や商業主義とは別の関心から、モースを始め、多くの欧米人が日本に渡来し、まったく異なる貢献を行った。軟体動物が専門の動物学者だったモースは、日本に動物学を紹介し、

E.S.モースは、1871年、科学研究のために海洋生物（腕足類）を収集する目的で、自費で初来日を果たした。彼の研究は広範に及び、進化などのテーマで講義を行った。日本初の動物学教授となった。

富士山麓を散歩するELSI科学運営委員長Eric Smithと元ELSI事務部門長の星元紀

日本初の臨海研究施設を設立した。また、日本の大学の教授として、たびたびダーウィンの進化論を教えた。

彼は日本とその文化に惚れ込み、日本の陶器の収集に夢中になった。あまりの熱意に、当時の有力者、大隈重信公爵は、所有する陶器をすべてモースに贈った。これらの高価な陶器は、現在ボストン美術館の「モース・コレクション」の一部となっている。その後モースは、アメリカ科学振興協会の会長となった。

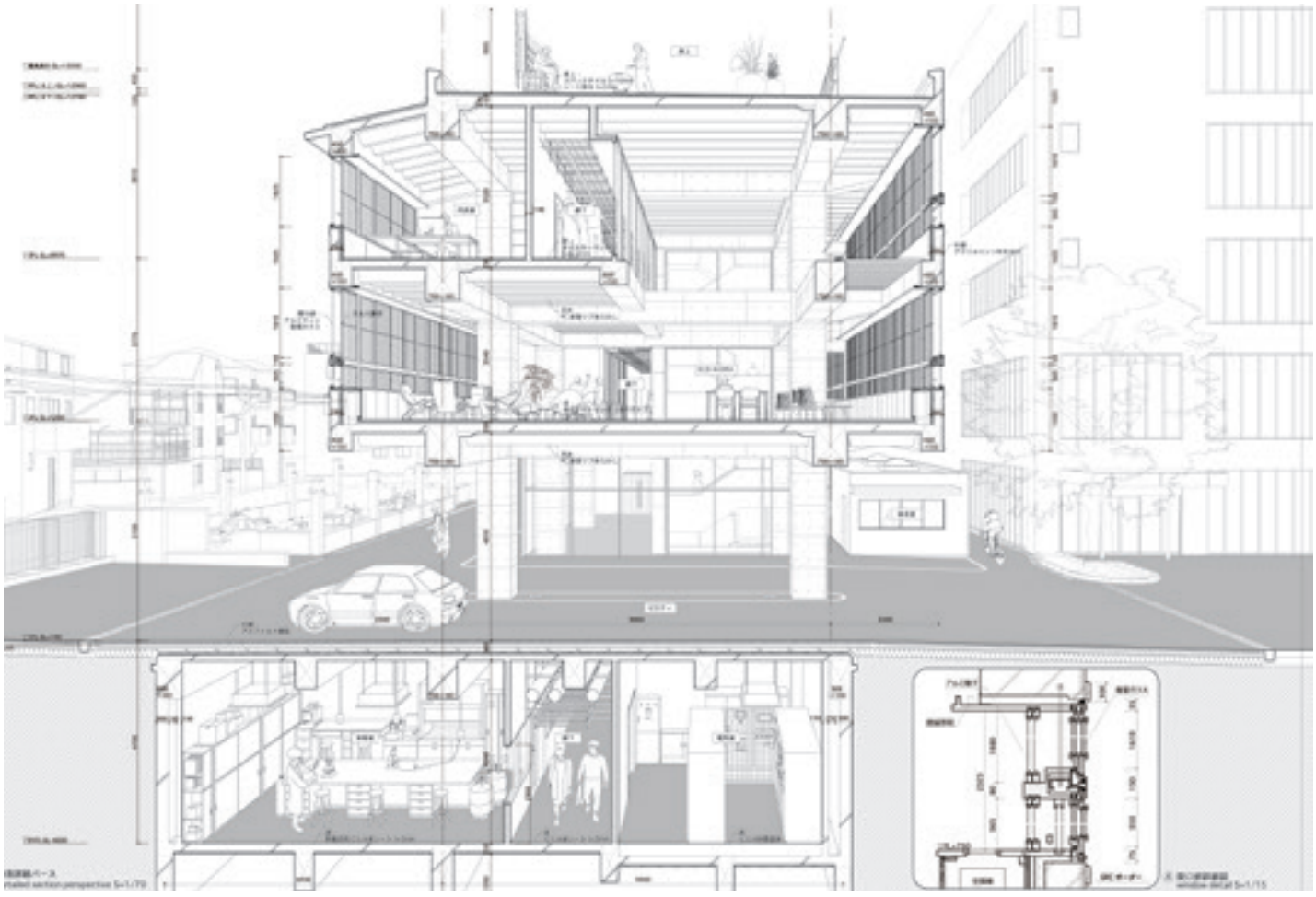
星が説明するように、モースをはじめ、欧米の科学者たちは日本で大いに歓迎され、生物進化や地球の変化に関する彼らの教えに、日本の人々は熱心に耳を傾けた。

それは何ら不思議ではなかった。日本の文化に浸透していた仏教の中心に、万物の本質は変化だという思想があるからだ。

遠い昔に仏陀が発したこの象徴的なメッセージは、仏教の中核をなしている。変化は避けられないということを仏の教えとして受け入れていた日本人にとっては、世界は進化によって説明できるということに、何ら違和感はなく、進化論に対して反論が出たことはほとんど（おそらくまったく）なかったと、星は言う。実際、この仏教の中心教義を科学の言葉で詳しく説明したものが、進化論だと言ってもいいかもしれない。

したがって、ELSIがWPIプログラムに採択された理由のひとつは、ELSIが扱うテーマが、社会全体が興味を抱き、誰もがその研究を歓迎できるものだったことにあったのだろう。ELSIの研究は社会と市民に好まれるに違いないと、採択審査会の場でくどくど説明しなくても、ELSIを強力に支える背景の一部となっていたことは間違いないだろう。

生命の起源という普遍性のあるテーマは、世界的にも重要になると期待できる研究機関の設立を目指す、WPIの構想にも適合する。WPIは、しばしば、他国ではまだそれほど取り組まれていない分野の研究機関を作ってきた。地球の起源や生命の起源に取り組むプログラムは世界中の多数の大学で実施されているが、この２つのテーマだけを専門とする大規模な研究機関は、ELSI以外に存在しない。



©Jumpei Suzuki

ELSI新棟は塚本由晴のチームによって設計された。塚本は東京工業大学環境・社会理工学院建築学系の教授である。彼の設計思想は「建築のふるまい」を重視すること、つまり建物が人々とふれあい影響し合い、環境に溶け込んでゆく変化を大切に考えることである。

4. 創始者たち

ELSIを構想し、補助金を獲得した提案書をまとめた人々は、高圧地球科学が専門の廣瀬敬、長年尊敬を集める惑星形成の専門家、井田茂、地球生物化学者の上野雄一郎、経験豊富な地質学者、丸山茂徳、さらにのちに加わった、牧野淳一郎である。牧野はその後、理研に移ったあと、現在は神戸大学の教授である。宇宙関連の高性能コンピューティングの傑出した先駆者であると同時に、ほかのメンバーらと同様、自由な発想を持つ研究者だ。

もうひとり最初にいた人物が、プリンストン高等研究所の宇宙物理学者Piet Hutである。Hutは、高密度恒星系のコンピュータ・シミュレーションが専門で、極めて広範囲の学際的研究を行っている。

Hutは長年日本で過ごし、日本語も流暢で、ELSI推進に加わったのは主に牧野の働きによる。というのも、Hutはある意味、牧野のかつての師だからだ。牧野とHutの結びつきは、この最先端の科学の世界において、重要な人間関係がいかに形成されるかが垣間見られる好例だ。

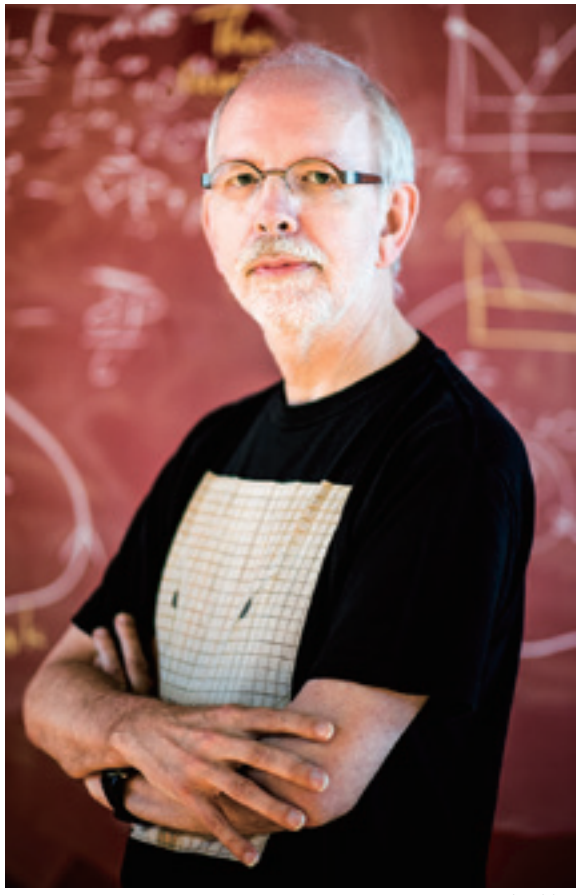
最年少でプリンストンの高等研究所（IAS）の教授に就任したHutは、33歳だった1986年、自分が主催するIASの会議に、東京の高名な宇宙物理学者である杉本大一郎を招待した。ところが直前になって、杉本教授が急用で来られなくなってしまい、彼の学生を代理として送っていいかとHutに電話をかけてきた。Hutがその学生について尋ねると、修士課程を始めたばかりの23歳の青年で、英語はあまり達者ではなく、聴衆を前に話した経験も皆無だという。あまり期待できそうになかった。

さて、その国際会議で、立ち上がって話始めた牧野は、日本語訛りの英語で訥々と語り、やはり緊張していた。彼の話を理解した者はほとんどなかった。しかしHutと、少なくともうひとり、その分野の専門家が、若い牧野は恒星系

力学のシミュレーションにおける重要問題のひとつを、つい先ごろ解決したばかりなのだと気づいた。歳月を経た今も、Hutはこの日のことを嬉しそうに語る。

こうしてHutと、早熟な学生、牧野との、20年以上にわたる協力関係が始まった。そういうわけで、2012年、東工大にELSIを提案するに当たり、創設メンバーとして、もうひとり魅力的な人物を海外から加えるとすれば誰かを考える際、それはPiet Hutしかないと、牧野は何ら迷うことなく決めたのだった。

「彼は有名な科学者で、多くの分野に広い人脈を持っています」と牧野。「彼は最初、物理学と天文学に取り組みましたが、その後、もっと哲学的なテーマや、数学へと移っていきました。彼は、他の誰にも不可能なものを、私たちにもたらしてくれたのです。」



Piet Hut

WPIへの提案として、当時の段階で準備されていたのは、地球科学・惑星科学というハードサイエンス分野で東工大が既に持っていた強み――豊富な人員と、深い専門知識――を活かしたものだった。惑星形成、地球化学、そしてとりわけ、地球の奥深くにあるマントルやコアを研究する高圧地球化学。これらが東工大が輝かしい実績をおさめてきたハードサイエンス分野だった。

しかし、数年前に東工大が出した２つの提案と同じく、この提案も、もうひとつの重要な側面、生命科学分野に関しては、やや貧弱だった。Hutには、この弱点が特に気がかりだった。

人々を結びつけ、新しい科学テーマに取り組むチームをまとめあげる名人のHutは、まったく面識がなかったにもかかわらず、ELSIの提案に新たに加えるにうってつけと思ったある人物に、声をかけた。ハーバード大学のノーベル賞受賞科学者、Jack Szostakである。Szostakが受賞したのは、ノーベル生理学・医学賞だったが、その直後に彼は生命起源の研究に転向し、たちまち、こちらの分野でもスターとなった。

Hutは、自分がIASに在籍していることが、Szostakがすぐに折り返し連絡してきた理由だろうと言う。２人は面会し、ハーバードの初期地球科学の専門家、Andrew Knoll（Hutの古生物学に関する学際的な研究について多少知っていた）と夕食を共にした。そしてSzostakは、ELSIのチームと、その提案に加わることになったのである。日本では、ノーベル賞受賞者がまるで神のように扱われることが多く、Szostakが加わったことが、ELSIが他に抜きんでてWPIに選定された、ひとつの要因だと言っても過言ではないだろう。

しかし、たとえSzostakが参加してくれたとしても、東工大の三島良直前学長の強力な支援がなければ、そこまで至らなかったはずだ。本書のための取材時、学長としての正式な初仕事が、WPIのプログラム委員会において、ELSIを強く推す決意表明をすることだったと私に語る三島は、明らかに誇らしげだった。

牧野淳一郎

WPIに応募するに当たって各大学学長が、WPIプログラムの支援者なのは当然のことだ。しかし、三島前学長にとっては、それ以上の意味があった。WPIが最優先目標に掲げた改革――国際化、イノベーション、そして、日本の大学の科学が捨てられない、時代遅れの慣習からの脱却――は、三島前学長が東工大の学長として当時新たに取り組もうと強く決意した目標に、ちょうど含まれていたのだ。

三島前学長は、かつて大学院生時代にカリフォルニア大学バークレー校で数年間過ごした経験があり、彼の学長就任後の初仕事がELSIの推薦だったことは、幸先が良かったし、また、適任だったわけだ。

「(WPI)プログラム委員会での説明は、私が学長として行った、文字通り最初の仕事でした」と、三島前学長は述べた。「それは本当に嬉しい仕事でした。なにしろ、私はELSIを全面的に支持していましたから。」

2012年10月に、ELSIはWPIプログラムに採択された。

採択され補助金を獲得するのは困難だが、仕事としては明確で直接的だ。実際に研究機関を設立すること――科学者を集め、文化を作り、コミュニティーを構築すること――は、まったく違う仕事である。

ELSIは、東工大キャンパスの奥まったところにある建物の1階から始まった。実験室もなく、小さなランチルームのほかにはミーティング室もなく、また、彼らの構想を実施するための明確な道もなかった。

副所長のJohn Hernlund――地球深部モデルの専門家で、以前廣瀬と共同研究をしたことがあり、夫人のChristine Houserと共に、ELSIに初の海外メンバーとして迎えられた――は、何台もの汎用大型コンピュータと同じ部屋に割り当てられた、窮屈なオフィスを覚えている。少しでも仕事をするには、大きな耳栓をして、騒音を遮断するほかなかった。おまけに、来訪者や同僚に腰かけてもらうために、地球惑星科学科のロビーから椅子を数脚持ち込まねばならなかったことも、忘れられないエピソードだ。

主任研究員のほとんどが(生命科学者ではなく)地球科学者で、そのほとんどが日本人だった。若手の研究員にしても、これは同じだった。

起源の物語は概して、カオス的な状況に始まり、次に秩序がうまれ、必要な構造が作られ、やがて、好ましい複雑性が展開する。不安定な状況から、驚くようなかたちで優位性が出現する――現在ELSIのコンピュータ・シミュレーションの専門家たちがちょうど取り組んでいるテーマさながらに。2010年代始めの日本は政治的変化の激しい時代だったが、研究所の建物新築の予算は無事認められた。

2015年8月に、魅力的な新しい研究棟が完成した。ELSIのリーダーたちの要望で、彼らの新しい建物の中心には、2階分を使い、アゴラと呼ばれる広々としたスペースが置かれている。古代ギリシアの学びと討論の場のELSI版だ。アゴラの壁には、所々に赤い黒板があり、その前で科学者たちが日常的に集まり、チョークの粉が舞う。心地よい椅子が取り囲む。

畳の部屋がひとつ、そして大小のミーティング・ルームが随所にある。また、アゴラのある新研究棟(ELSI-1)の地下と、それまで使ってきた建物(ELSI-2)に、たくさんの実験室があり、科学者たちが自分のテーマに取り組んでいる。

中心に据えられたアゴラは、西洋の伝統と雰囲気を象徴しているようだが、これを最初に発案したのは、惑星形成論の専門家で、ELSIを最初に提案した科学者のひとりだった、井田茂だ。理論家の井田は、理論家たちが集まってアイデアを討論し合う場所がほしかったのだという。2階下で実験家たちが使っているのと同じような場所である。

井田は、ケンブリッジ大学とカリフォルニア大学サンタバーバラ校で、同様のスペースを見てきたので、ELSIの科学者とスタッフが共に集う、中心的なスペースが自然に思い浮かんだ。分をわきまえている井田がここでは自慢気に言うとおり、アゴラがその目的を果たしているのは間違いない。

ELSIは2012年の末にWPIに採択されたが、遠方のオフィスから科学者たちがやってきて、彼らのために特別に建てられた、すっきりとしたラインの構成が印象的なエレガントな建物に落ち着いたのは、ようやく2015年の後半になってからのことだった。この新しい建物には、科学者たちに

井田副所長によると、ELSIの建物は、神楽坂のような路地が入り組む街や、和洋折衷の昭和モダンをイメージしたデザインになっている。

提供できる実験室が多数備わっていたこともあり、生命の起源にまつわる謎を探る、生物・化学側の専門家たちが集まり始めた。

当初からのELSIメンバーの多くが、ELSIがまっとうに立ち行けるところまで持って行くのに費やされた時間を今も惜しむ。WPI承認の10年間という期限に日一日と近づいていくのが常に意識されていることを思えば、それは驚くに当たらない。

しかし、その困難な船出から５年が経った今、WPIが見込んだ世界トップクラスの研究機関への道をELSIが歩み続けていることは間違いない。ELSIには、日本や世界各地からやってきた、広範な分野の研究者が集まっている――60名のフルタイムの研究員のほか、公的・私的に結びついた数百人のさまざまな研究者が集い、多くの先駆的研究や、関心を引く研究を行っている。

地球がいかにして生命を維持できる状態になり、いかにして生命が誕生したかを巡る疑問に対して、答えがすぐに見つかるとは誰も思っていない。だが、ELSIでは今、大勢の科学者たちが、これらの難問に集中的に取り組んでいる。

だが、少し話を急ぎすぎたようだ。

東京工業大学提供

三島前学長とELSI

東京工業大学の三島良直前学長は、一見したところ、地球と生命の起源を探る国際研究機関を最優先事項にするとは考えにくい。

彼は元々、最も応用が進んだ科学分野と呼ぶべき、材料科学の出身だ。学長就任前、最後に発表した論文は、『Electron Diffraction Study on the Crystal Structure of a Ternary Inter Metallic Compound Co_3AlC_x（電子回折法による三元系合金Co_3AlC_xの結晶構造に関する研究）』というタイトルである。ELSIでの研究は、今後何らかの形で実用化される可能性がないわけではないが、それはELSIの目指すところではない。

東京工業大学前学長の三島良直は、その６年の任期中ずっと、ELSIの強力なサポーターであった。

一方で三島前学長は、学際的科学においてはかなりの経験を積んでいる。東工大の学長に就任する前は、学内に設置された、従来とは異なる２つの組織の長を兼任していたし、大学院総合理工学研究科の長も務めた。

加えて彼は、カリフォルニア大学バークレー校で博士号を取得しており、新しいスタイルの教育を、青年期から体験していたのである。

「日本の科学の水準は極めて高く、とりわけ、材料科学、物理学、数学などの分野では傑出しています」と、三島前学長は先ごろ語った。

「100年前から、日本の教育制度は相当質が高く、研究者が自分の専門分野に没頭できる環境を提供してきました。常に、物事をより深く追究することが目指されてきたのです。狭くていいから深く、というわけです。」

「ところが、異分野の融合や、学際的研究となると、日本の科学者はあまり成果を上げていません。彼らはできるだけ自分の専門から出ないようにと懸命になる。たとえば、地球科学、化学、そして生物学を融合して、宇宙生物学を作ろうという提案に、日本人はなかなか馴染めません。」

「しかし、それは国際的レベルの科学にとって、非常に重要な方向性です――より学際的になることが求められています。これは、21世紀において不可欠な科学基盤と呼ぶべきものです。」

三島前学長が、WPIの補助金が終了する2022年以降も東工大がELSIの支援を続ける素地づくりに努力するのも、この思想ゆえだ。

三島前学長と大いに協力してきたELSI副所長John Hernlundは、ELSIの存続と成長に三島前学長の存在は不可欠だったと語った。

「三島前学長は、設立直後の困難な時期、私たちを導いてくれました。彼には皆敬服しましたね。打開策の見えない事態に何度も見舞われましたが、その都度彼は私たちを救ってくれたのです。」

これまでに多くのミーティングを三島前学長と行ってきた、ELSIの所長、廣瀬敬も、三島前学長は常に力強い味方だったと認める。

「三島さんは、バークレー（カリフォルニア大学）で大学院生だった当時、非常にいい経験をされており、東工大をバークレーのようにしようと努力を続けておられます」と廣瀬は言う。「東工大はグローバル化せねばならない、さもなければ、世界における東工大の存在感は、次第に希薄化せざるを得ない、というのが彼の信念です。」

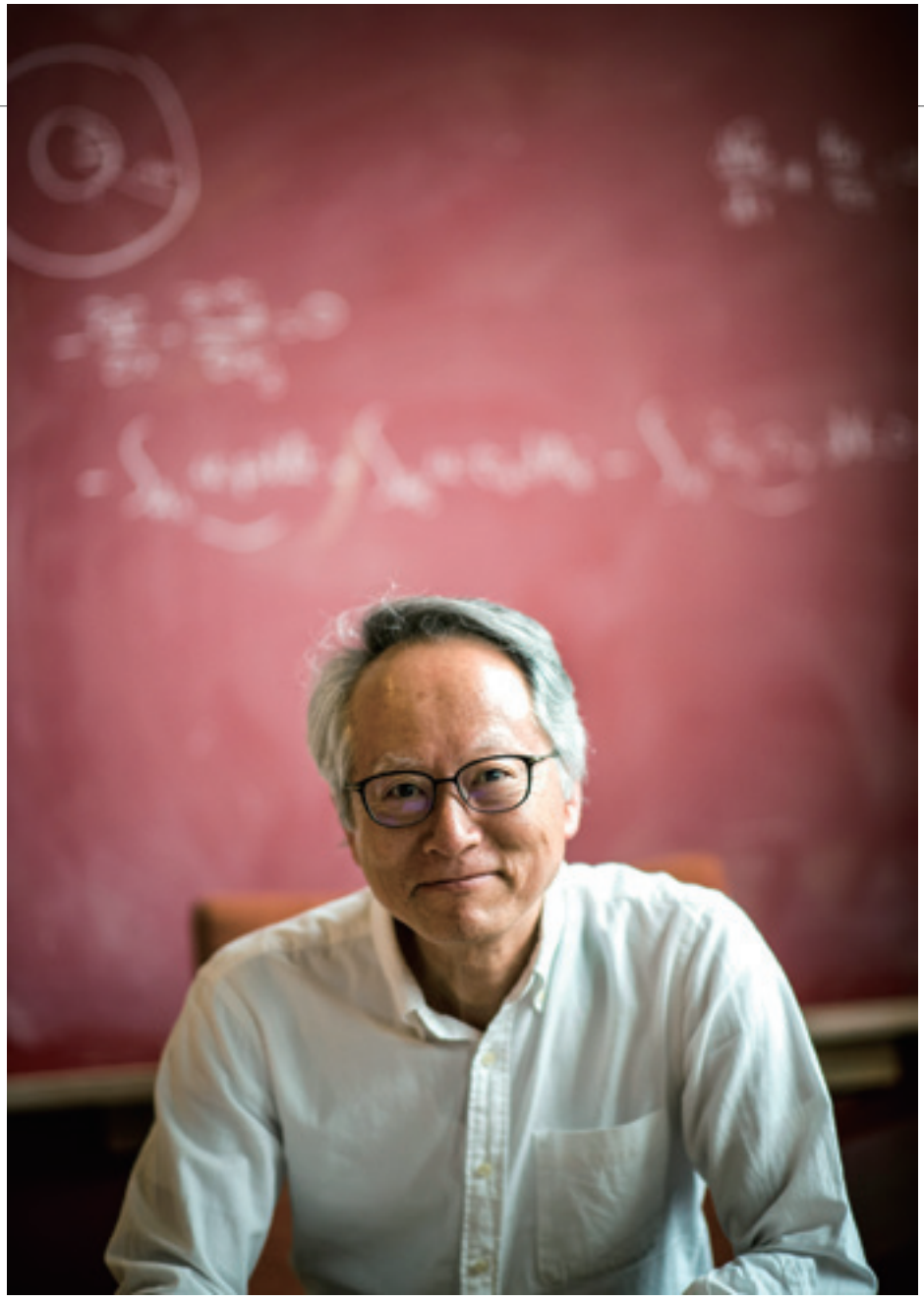
日本全体の人口が減少し、文部科学省からの法人運営費も減りつつある現状で、教員ポストは重要であり、その人事裁量権は各部局長が握っているのが普通だ。しかし三島前学長は、固い決意で、人事裁量権の学長への移譲を実現し、ELSIを含む学内の重点拠点に対する人事の積極的なサポートをした。

WPIプログラムの重要な項目のひとつが、トップ研究機関の事務・支援体制を、日本の他の研究機関や大学で標準となっているものに比べ、階層的・お役所的ではなくしていくことだ。それに関連して、WPIでは、ホスト機関である大学に、多様な事務・支援体制を経験してもらい、その結果、より機敏で国際的な体制へと移行してもらうという目標を掲げている。そのため、ELSIの事務・支援スタッフには、ELSIが採用したメンバーと、東工大からのメンバーの両方が存在しており、数年の周期でローテーションすることになっている。

これらの方針を日々実施しているのが、上段左から、坂井玲香、松本胤明、櫻井隆、Malvicino 理恵、そして、下段左から、石渡佐知子、西村謙一、遠藤貴恵子（ローテーションで角野葉子〔左図〕と交代し、東工大本部事務に戻った）だ。

坂井玲香は現在、ELSIの「ライフサポートアシスタント」で、海外出身の科学者たちと協力して、大小の問題を解決し、ELSIのメンバーたちに住居、金融機関、医療機関を紹介する、独創性が要求される仕事を担っている。さらに、日本での人付き合いや、日々接する日本文化への対処のこつを助言するほか、初心者に日本語を教えている。彼女の（そしてELSIの）目標は、海外からの科学者たちに、できるだけ早く日本になじんでもらい、スムーズに研究を始めてもらえるようにすることだ。

納田明達は、計算機・ネットワークのマネージャで、ELSIの情報技術インフラを日々ひとりで管理している。彼を知る人々は、その技術スキルのみならず、料理の腕前も尊敬している。



吉田尚弘　地球環境化学

吉田尚弘は、ELSIが誕生する前からELSIに関わり、WPIへの提案の作成に尽力した。同位体を置換した分子を使った地球環境解析（アイソトポログ解析）を専門とする、東工大の地球環境化学者である。彼は、他のELSI創始者たちが、「初期の地球の環境と生命の起源について、生物学者たちと共同研究を始めてはどうかと、熱心に勧めてくれたのです」と言う。

精力的に、協力体制を作って事を進める吉田は、これまでにELSIの多くの科学者と共同研究を行っている。また、地球生物化学の中川麻悠子、分析化学のAlexis Gilbert をはじめ、教え子だった研究者を何名かELSIに招いている。ELSIを、日本地球化学会、欧州地球化学連合、国際地球化学会などの他の組織とつなぐ彼を、多くの人が、ELSIの外交官的存在と見なす。彼はまた、日本学術振興会からの大規模な科学研究費（５年継続）の管理も行っている。

多国籍の研究者集団：ELSI生命の起源ネットワーク（EON）によりストラスブール大学から来てELSIに長期滞在しているJoseph Moranが、地表近くの生命地球化学における金属の役割についての最近の研究展開を説明している。

5. 研究所には科学者が必要だ

ELSI発足直後の月日は、John Hernlundの場合と同様、玄田英典にも強い印象を与えた。それは当然である。

玄田は、惑星形成専門の研究者として初期にELSIに採用され、最初の２週間は、廣瀬所長と同じオフィスを使っていた。Hernlundと同じく、そのオフィスも電子計算機室の中にあり、寒いうえに、騒音が途切れることがなかった。廣瀬は、別のオフィスが見つかって出て行ったが、玄田はしばらくそこに留まった。

玄田が名高い東京大学からELSIに来たのは、井田の強い勧めがあったからだ。ELSIの研究重視の方針に引かれたのはもちろんだが、重い教育デューティーがないことも魅力だったと、玄田は認める。

だが、これほど寒くやかましい部屋は、研究にとって理想とは程遠い。

おまけに、発足したばかりのELSIチームには、まともなミーティング・ルームがなく、最低限の実験室と、どう見ても狭いオフィス区画しかなかった。

ELSIの発足直後から、科学者コミュニティーをゼロから築き上げる重要なプロセスが、一気に加速された。

科学者のヘッドハンティングで提示する、相手が魅力に感じてくれそうなものにはいろいろあるが、おそらく最も魅力的なのは、既に重要な実績を上げた科学者がその組織に存在していることだろう。ELSIには、スタート時点から、そのような科学者が何人もいた。

たとえば廣瀬は、傑出した高圧科学者で、地球深部、とりわけコア研究の分野で重要な貢献を行っている。廣瀬の研究室では、学生や同僚との協力のもと、地球深部のマントルやコアの条件をシミュレートし、地球深部に存在することが知られている鉱物や岩石が、圧力、温度、科学組成の違いにより、どのように振る舞うかの究明に取り組んでいる。

マントル最下層、コアのすぐ外側にある、地震学によってのみ知られる摩訶不思議な層を作っている物質を発見し

ELSI副所長 John Hernlund

たことにより、廣瀬はこの分野で不朽の功績をあげた。彼がポストペロブスカイトと呼ぶその物質は、$MgSiO_3$の、それまで知られていなかった相だ。特別に設計されたダイヤモンドアンビルセルを使って行われたその発見によって、コアや低部マントルの測定に現れる、他の異常を説明する道が拓かれたのだ。

そんなわけで、廣瀬に声をかけられた科学者は――とりわけ、若手科学者は――、大きく心が傾くに違いない。アメリカでNASAに勤務した経験があり、宇宙航空研究開発機構（JAXA）でもいくつもの大きなミッションに関わってきた臼井寛裕がELSIにやってきたのも、廣瀬の働きかけの成果だ。当時は、科学に影響力がある海洋研究開発機構（JAMSTEC）をはじめ、日本のさまざまな組織が、人員の採用や指名を通してNASAとの関係を築こうとしていたので、廣瀬は、ELSI-JAXA間の結びつきの確立を急務と考えたのだ。

もうひとり、科学者たちを引き付けたのが、長年東工大で教授を務め、尊敬を集めている、惑星形成の専門家、井田だ。彼は５年にわたって、WPIに先行する、別の補助金プログラムのリーダーをしていた。グローバルCOE（Global Centers Of Excellence）プログラムと呼ばれるそのプログラムは、学際研究を奨励してはいたが、国際的な舞台で活躍できるように日本の理系の学生を育成する目的で作られており、彼らと世界各国の科学者を直に協力させるものではなかった。

井田によれば、彼が指導したGCOEのグループは、地球での生物進化がテーマだったが、惑星形成、地球科学、地質学、そして究極的には惑星進化を非常に重視していた。５年間の政府支援が終わったとき、井田、廣瀬、そして東工大の地質学者丸山茂徳は、その学際的、国際的なアプローチをぜひ続けたいと思った。こうして、地球と、地球上の生命の起源を一緒に研究するという、他にはあまりない取り組みを、ELSIとして提案することになったわけだ。

だが、彼らはすぐに、必然的な障害に直面する。

「初期地球、原始大気、地球深部の研究者は大勢東工大にいましたので、初期地球の形成を、生命の起源の問題の中心に据えることを明確にしました」と井田。「しかし、WPIに採択されて、周りを見回すと、実は、生命の起源を研究している人は誰もいなかったのです。おまけに、そういう研究者にどうやって接触すればいいのか、全然わかりませんでした。それは私たちの分野ではありませんでしたから。」

結局、生物・化学分野の海外の研究者を採用する仕事は、次の３名が担当することになった。まずHut。彼は生命の起源の専門家ではなかったが、すぐに知識を身につけた。そして、生物出現以前の地球を専門とする研究者で、生命の起源に取り組む科学者たちと結びつきがあるJim Cleaves。さらに、長年にわたり廣瀬と、研究のみならず、個人的にも友情を培ってきた、地球物理モデリングの専門家、Hernlund。実のところ廣瀬は、Hernlundと、彼の夫人で固

体地球物理学者（深部地球地震学）のChristine Houserの二人を東工大に招聘しようと、ELSIの誕生前から画策していた。

そして、海外の科学者、特に、チャンスと冒険を熱望する若手科学者の採用は、Hernlundが担当することになった。

Hernlundは、かれこれ３年も地球を旅しており、宇宙生物学会議の集まりや、米国地球物理学連合の年会などの国際会議で、有望な候補者に話をしている。2017年にアリゾナ州メサで開催された宇宙生物学会議の会合では、彼がELSIの代表を務めた。

特に発足直後は、海外の科学者の採用は容易ではなかった。ELSIはほとんど知られていなかったし、また、日本では生命の起源についての研究が始まってまだ間もなかった。その上、WPIの補助金が終了したあとのELSIの未来も依然として見通しがつかなかった。

廣瀬とは頻繁に共同研究しているHernlundには、ELSIの未来の不透明性が一番気がかりだった。できたばかりでまだ軌道にも乗っていない研究機関に、荷物をまとめて地球の裏側から来てくださいと頼んだ相手に対して、Hernlundは責任を感じずにおれなかったのだ。彼はELSIの副所長として、ELSIを東工大の永続的な組織としてもらえるよう、長年にわたり、懸命に努力を続けている。今ではELSIの存続もかなり確実になったが、彼が採用活動を開始した当時は、そうではなかったのである。

「ELSIが短期的なプロジェクトでしかなかったなら、ELSIの成功のためには不可欠な犠牲を、わざわざ払って下さいなどと、頼んだりできないと痛感していました」とHernlund。「たった数年で終了してしまうものに、それほど大きな努力を、誰が払えますか？　三島前学長にこの状況を説明すると、前学長は完全に理解してくださり、ELSIがWPI終了後も存続するよう全力を尽くしてくださいました。」

注目を集めるため、Hernlundらは、研究科学者20名のポストの広告を出すことにした。求人広告は功を奏し、ユニークな科学者たちが、ELSIが何を目指しているかを知った。

たとえば、パリ地球物理学研究所で博士号を取得する直前だったMatthieu Laneuvilleは、インターネットの求人リストで、ELSIが研究科学者を求めているのを見つけた。彼はそれまで、物理学と地球物理学を学んでいた。

「とてもユニークな研究機関だと思ったので、John（Hernlund）と井田さんに連絡し、私のような経歴の者に関心を持ってもらえるかどうか尋ねました。それまで会ったこともありませんでしたが、二人は私に応募するようにと勧めてくれました。それで応募したのです。」

「自分にとって、研究者としても、また、人間個人としても、本当にワクワクするようなポスドク研究の機会は、ほかに聞いたことがありませんでした。ELSIのポストに興味を持ったのは、研究の面で何かがうまくいかなくなったとしても、人間として素晴らしい冒険になるに違いないとわかったからです。」

彼は面接を受けるために空路東京を訪れ、１週間のあいだ、にぎやかな東京の街と、びっくりするほど親切な人々に親しんでいった。彼は、Hernlund家で暖かいもてなしを受け、ELSIと東京に少し馴染んだ。

「2014年の４月に日本に移ったとき、私は26歳で、２週間後に27歳になりました。コーヒーブレイクのときに、ケーキを持ってきてくれたんです。とても嬉しかったですよ」

「科学については、私は月を専門としていて、地球そのものについての専門家ではなかったので、初めのうちは、どの問題がどの分野に属するのか、従来からの専門家のように直感的にはわかりませんでした。」

「本音を言えば、このような経験はどんどんしたいですね。というのも、何事も当然視してはいけないとわかりますから。……つまり、どんな文化にも固有のルールがありますが、外国で暮らせば、そういう文化固有のルールを意識的に捉えることができます。私は元々日本とは何ら特別

Julien Foriel と Matthieu Laneuville

な結びつきはありませんでした。しかし、西洋とはまったく違う文化を継承している国でしばらく暮らしたいと、本気で思ったのです。」

Laneuvilleは、東京での２年の契約が終了したあと、この先少なくとも２年間、特任助教としてELSIに留まる。彼は、自分の専門の、惑星と月の形成と進化の分野でも、また、彼が今長期的目標に据えているという、「生物と地球の力学を、同じひとつの系の２つの側面ととらえたうえで、生物が地球に及ぼした影響を、地球の力学的進化の図式のなかに組み込む」研究でも、大いに成果をあげている。

現在ELSIには、70名を超える科学者と実験技術者がいるが、その半分弱が外国籍だ。

かつて初期のELSIの「オフィス」で寒さに震えていた玄田英典は、ELSIに留まり、研究者、モデル作成者として実力を発揮している。彼の専門分野は巨大天体の衝突と、それが惑星形成で演じた役割だが、ここしばらくは、いかにして地球に水が存在するようになったのかという、盛んに議論されているテーマに集中的に取り組んでいる。彼は、先ごろ2017年ゴールドシュミット地球化学ジャーナル賞を受賞し、パリで、『地球の海の起源：水の総量、歴史、そして供給に関するアセスメント』という、その論文について講演を行った。

これまでのところ、ELSIは彼にぴったりだ――自分が選んだテーマを深く追究させてくれるし、論文をたくさん書かせてくれるのだから。「ELSIがある限り、私は喜んでELSIにいますよ」と玄田は言う。

彼は若手科学者の指導も再開しているが、教員というよりむしろ、ポスドクへの助言者、相談相手である。

彼が指導するポスドク研究員のひとりが、日本学術振興会のフェローシップで、惑星ごとに大気がまったく違うのはなぜかを彼の元で研究するためにELSIにやってきた、濱野景子だ。彼女は、玄田が得意とする、惑星への巨大天体衝突がその後まで及ぼす影響のシミュレーションなどの手法を習得した。これによって彼女は、衝突の結果生ずるマグマオーシャンに関する論文を書き、『Nature』誌に発表した。また、衝突後形成される新たな大気についても、現在最重要テーマとして取り組んでいる。

彼女の研究は、生命の起源そのものではなく、地球の起源に関連するものだが、生命が出現できる状態に地球が至った過程の究明につながるテーマだ。生命が存在し得る地球以外の惑星を探す取り組みで、惑星とその大気の形成に関する同様の問題がもちあがることを考えれば、彼女の研究はその最先端であり、本質的に学際的である。

それはまた、非常に厳しくもある。しかし彼女は、彼女が意欲的に取り組む困難な科学テーマを、さまざまな方法で追究させてくれる、「ELSIの自由な雰囲気」を重視している。

ELSIでは、ベテランの井田が、実力はあるのに満足していなかった玄田を引き付け、その数年後に玄田が、濱野のような才能のある若手科学者たちを引き付けるという、また別の好循環によって、複雑化を進める自己持続的バイタリティーが進化しているわけである。

玄田英典（左）と兵頭龍樹（右）

Marine Lasbleis 惑星科学

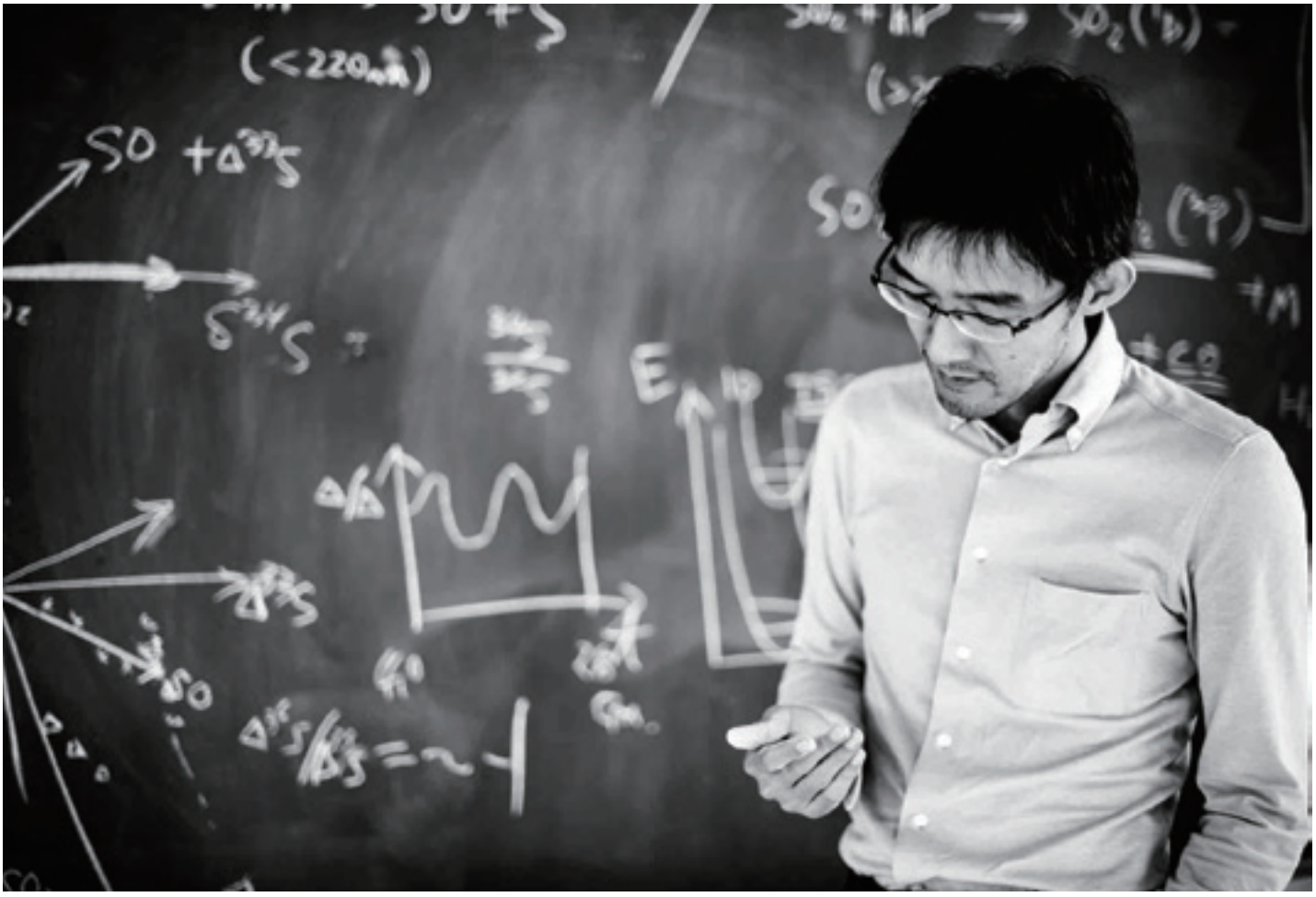
ELSIのフランス人研究者のひとりLasbleisは、地球深部、高圧科学が専門で、地球の下部マントルとコアの、形成と振る舞いの究明に取り組んでいる。現在、廣瀬所長、Hernlund副所長と共同で、「Growth of the inner core by snowfall（液体鉄の凝結による内核の成長）」という論文を執筆している。

彼女は2014年にリヨン地質学研究所で博士号を取り、その後２年間日本学術振興会のフェローとして、ELSIの廣瀬と共に研究を行った。彼女は現在、融解物や固体が地球深部の動力学に及ぼす影響を、特に地球の内核形成や原始マグマオーシャンの進化への影響に注目して研究している。

Albert Fahrenbach 有機化学

Fahrenbachは有機化学者で、2013年にノースウェスタン大学で博士号を取得した。その後、ハーバード大学にある、ノーベル賞受賞者Jack Szostakの、生命の起源に取り組む研究室のポストに応募した。SzostakはELSIの主任研究員で、定期的にELSIに滞在しており、自分が指導するポストドク研究員たちにも、ELSIで過ごし、研究するよう勧めている。Fahrenbachは、それはいい機会だと関心を抱き、2013年にELSIにやってきた。

この４年間、FahrenbachはELSIに時折滞在しており、最近ELSIの准主任研究員になった。彼の研究は、生物が登場する前に起こっていた、酵素による複製に関するもので、彼は特に、放射線分解――放射線によって物質が分解する現象――が、生命登場前夜、生命の化学的構成要素が形成される過程で担っていた役割に、関心を抱いている。



上野雄一郎

6. ELSIには標的とリーダーが必要だ

研究所として軌道に乗ると、今度は、ELSIでは具体的にどのように科学研究を進めるべきなのかが大きな問題となった。個々の科学者は、重要な研究を行い、成果を論文として発表していたが、それらのテーマは、ともするとほかの同僚たちの研究とは無関係になりがちだった。ELSIには、これから取り組んでいく科学のマスタープランが必要だった。

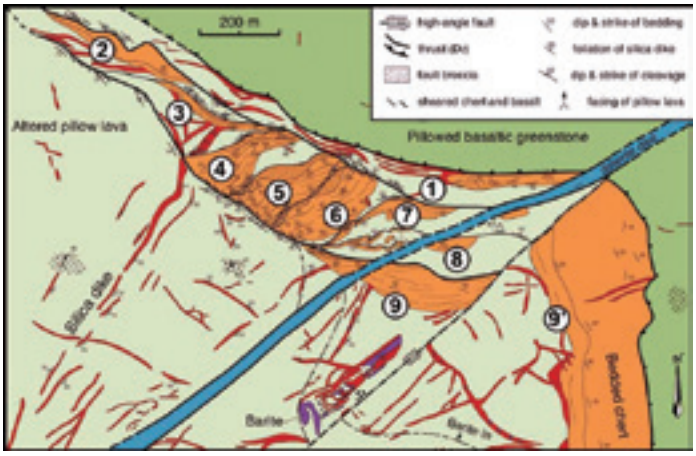
ELSIが中心に据える問題は、基本的には、「地球はいかにして地球化学から生命化学へと移行したか」である。しかし、それはあまりに漠然とした問いで、多数の分野にまたがっている。この広大な活動範囲のなかで、どうすればELSIはユニークな存在になれるのか？　これが大きな問題だった。

助言をもらいながらの一連のミーティングと、度重なる議論――そこには、深く掘り下げるのか、広い範囲をカバーするのかという、避けられない問題があった――を経て、いくつかの中核エリアが特定された。惑星形成および地球深部物理、「ぐちゃぐちゃ」の化学（メッシー・ケミストリー）という新分野、原始地球のマグマオーシャンおよびその大気への影響、分子レベルでの進化、そして、非生命的代謝と人工生命がそれらの中核エリアだ。別々だが関連のある分野で研究する科学者たちもいて、彼らはそれを続ければいいわけだった。

進捗の違いはあれ、これらの中核エリアのすべてが前進している。だが、それぞれのエリアがたどった道筋を振り返っても、ELSIの成果をお役所的な目線で見るだけになってしまいそうだ。それよりも、ELSIがやろうとしていることを多くの点で反映している、ひとりの科学者に注目したほうがいいだろう。

その科学者とは、上野雄一郎である。彼は地質学者から地球化学者へ、そしてさらに地球生物化学者へと進化を遂げてきた。彼は、自分がどんどん広い領域に取り組むようになれたのも、ELSIが促してくれたからだし、ある意味ELSIがそれを可能にしてくれたのだと言う。

上野は地質学者としての教育を受け、非常に多くの地質学上の重要地点――その多くは、太古の地球が残るところ――へ、現地調査に訪れている。キャリアの初期に行った、



上野雄一郎が作成した、オーストラリア西部のピルバラクラトンの、北端領域の地質図。この地域では、上野が35億年前の流体含有物と特定した試料（下図）も含め、世界最古の岩がいくつか発見されている。

オーストラリア北西部のピルバラ地域での調査で、大きな成功を収めた。そこは、地球に残る最古の微生物の痕跡がいくつか発見されている場所である。

上野は、東工大を中心としたチームの一員として、7年にわたり、毎年一回、ピルバラ地域で数ヶ月過ごした。最寄りの町からは100キロ以上離れていた。やがて上野たちは、熱水噴出孔の証拠となる化石を岩のなかに発見し、多くの試料を採取した。

彼の画期的な発見をもたらした試料のひとつが、岩のなかで見つかった気体包有物（ガスの入った泡）で、その内部にはメタンガスがあることがわかった。そして上野は、最先端の技術を使って、そのメタンが生物――メタンを消費し、メタンを生成する微生物――に由来することを突き止めた。ガスの泡は、35億年前のものと特定され、2006年、この発見は『Nature』誌上で大きな反響を産んだ。

彼は母校の東工大に教員として採用されたが、地質学の研究をつづけ、さらに、地球化学の領域にもどんどん踏み込んでいった。彼は、岩石に含まれる硫黄に主に注目し、その同位体を分析して、残された痕跡を明らかにすることにより、その岩石が形成された当時の大気組成の究明に成功した。

前途有望な研究者で教員だった上野は、WPIへの提案書の作成に協力を求められ、できあがった提案書は、ついに採択された。こうして彼は、2012年以来、ELSIの「推進力」であり続けている。

その間彼は、海外からやってきたELSIメンバーらと10件もの共同研究を行い、アゴラでの打ち解けたディスカッションや、公式のワークショップに頻繁に参加し、生命の起源の研究にますます深く踏み込みつつある。

「ELSIで議論して、もっと重要で根本的な問題に取り組めるように、自分の視野を広げる道を、ぜひ見つけたいと思うようになりました」と彼は言う。

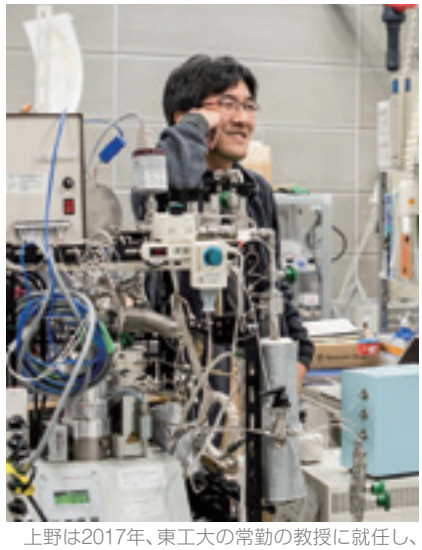
「私は仲間たちと共に、初期の地球は、現在の地球とはまるで別の惑星だったと認識するようになりました。生物が生息可能な、あるいは生息しているさまざまな種類の惑星の一種だと。このような認識――地球は生物が生息する惑星の一例に過ぎないという――は、ELSIで過ごすなかで私に芽生えたのです。おかげで、自分の研究について、まったく違う考え方ができるようになりました。」

現在、上野は、初期地球における地表と大気の相互作用に注目している。今なお実験室での実験に（そして教える仕事に）多くの時間を割く一方で、彼はさらに、理論の領域にも足を踏み入れはじめた。

初期地球には大量の一酸化炭素（CO）が含まれていたという仮説を彼が打ち立てたことに、これが最も明白に表れている。多くの生物を窒息させることで最もよく知られているこの気体が、生命が出現する前の大気に存在していたことは、これまであまり研究されていなかった。だが上野は今、これこそが、生命を可能にした大気を理解する鍵だと考えている。

一酸化炭素は、有機化合物の合成に極めて有用な分子で、初期の微生物は、一酸化炭素を取り込むことで存続していったのだろうという考え方を、上野がより明確に把握したのは、ELSIで他の研究者たちとディスカッションしていた最中のことだった。この新しい認識に到達した彼は、一酸化炭素のロジックをもっと追跡したいと考えた。ひとつには、大気にCOが豊富なことで、彼が以前の研究で気づいた、硫黄同位体の存在比の異常を説明できる可能性があるからだ。

最近彼は、世界各地で頻繁に、初期地球の大気における一酸化炭素存在の可能性、そして、ひょっとすると火星大気の同様の可能性について、講演をしている。NASAの科学者たちも、上野の仮説を受けて、火星探査ローバー、キュリオシティが収集したデータを再検討し、太古の火星大気に一酸化炭素が含まれていた痕跡と見なせる、同位体の特徴が残っていないか調べている。



上野は2017年、東工大の常勤の教授に就任し、ELSIでも主任研究員となった。

上野の研究が、画期的な成果につながりそうな、こんな方向転換を遂げたのも、ELSIでの時間と交流のおかげなのだろうか？　上野は、「もちろんそうです」と答える。

写真で見るELSIメンバーたち

ダビンチ、アインシュタイン、あるいはハッブルが、科学の問題を解決するために、たったひとりで研究に没頭している姿は、市民が思い描く科学者のイメージとして今も健在だ。だが、科学の現実は、もうかなり前から変化している。ELSIや、その他の多くの研究機関の目標は、さまざまな分野の科学者たちを積極的に集め、彼らの間にどんな議論が起こり、どんな意外なものが飛び出すか試すことだ。

とはいえ、科学者が学際的分野でも活躍できる実力を付けるには、まず自分の専門分野を深く掘り下げなければならない。たとえば、電気化学が専門の中村龍平は、ELSIに主任研究員として加わり、やはり主任研究者で微生物生態学者のShawn McGlynnと共に研究を行うことになった。共有するテーマでより効率よく前進するためには、互いに相手が持っている知識が不可欠だ。

ELSIのコラボレーションには、正式なもの――系外惑星のよりよい分類法を模索するCYCLOP（Cycles and Life on Planets）グループなど――がいくつかある。そのほか、さまざまな分野の科学者たちがプロジェクトや論文作成のために協力し合ったり、あるいはまだ混沌とにコラボレーションもある。

ここに、ELSIの科学者の一部と、研究者を支えるスタッフの一部を写真で紹介する。

1. 亀谷将史
微生物代謝学

2. Alexis Gilbert
分析化学

1.

2.

3. Ramon Brasser
惑星科学

4. 小南淳子
惑星形成

3.

4.

5. 佐藤友彦
地質学

6. 中村龍平
電気化学

5.

6.

1.

2.

1. Julien Foriel
同位体地球化学

2. 斎藤貴之
銀河形成

3. 黒川宏之
惑星科学

4. Christine Houser
固体地球物理学

5. Joe Kirschvink
地球生命論

3.

4.

5.

10.

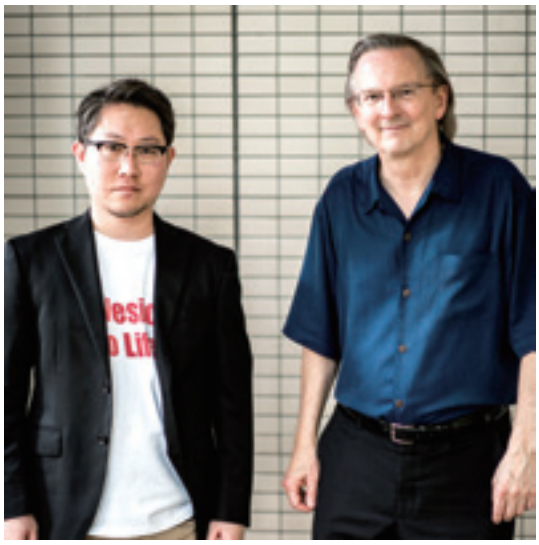
11.

6. 車 俞澈（くるま ゆうてつ） 合成生物学
/ Jack Szostak 生物物理学、生化学

7. 秋山京子
EONプロジェクトマネージャー

8. 古水千尋
特任専門員（URA）

9. 斎藤ちヤヒ
特任専門員（URA）


6.

7.

8.

9.

10. 本郷やよい
分析化学

11. Olaf Witkowski
人工生命、複雑系科学

12. George Helffrich
固体地球物理学

12.

7. ELSIの文化

午後３時。ELSI秘書チームのひとりがベルを鳴らしながら、廊下を回っている。誰もが知っているとおり、お茶の時間だ。

ELSIの創設者たちは最初から、若手とベテランの科学者が、毎日リラックスした雰囲気で集まることのできる環境を作ろうと取り組んだ。入れ替わりも珍しくない、異なるけれど関連のあるさまざまな分野の科学者たちを集めれば、独創的なひらめきが飛び交って、科学のコラボレーションが生まれるに違いない、というわけだ。

アゴラの突きあたりの板張りの床に、長いカウンターがあって、たくさんの椅子が円形に並んでいる。昼下がりになると、そこはしばしば科学者たちの会話と笑い声に満たされる。（同様のものがELSI-2にもある。）

同じ分野、あるいは関連する分野の科学者たちのコラボレーションは、珍しいことではない。むしろ、それが普通だ。

だが、非常に多様な分野の科学者たちのコラボレーションは、あまり行われない。なぜなら、研究の対象も、研究方法もあまりに遠すぎる、あるいは、そのように見えるからだ。

しかし、アゴラの喫茶カウンターでの会話は、ときにはELSIの敷地のあちこちや、その周辺の大岡山の町のなかまで続いて、いつのまにか科学者たちを結びつける。特に、若手科学者たちは、会話のなかで突然、同僚に予期せぬ共通点を発見することが多い。

たとえば、研究員のJennifer Hoyal Cuthillは、コンピュータ・シミュレーションと、「機械学習」と総称されるものの、才能と情熱にあふれる専門家、Nicholas Guttenbergとおしゃべりを始めたところ、その会話のなかで、ある種の機械学習が、Hoyal Cuthillの古生物学のデータにメリットをもたらす可能性があるという、意外な結論に達した。

「コラボレーションは、ただ偶然に起こるのではありません」と彼女は言う。「こういう議論の重要性を強調し、奨励する真剣な努力が行われています。大部分のメンバーが、その努力に大きな恩恵を受けていると思います。」

ELSIは、立ち上がりの過程で、未知の領域へと、決定的なステップをいくつも進めた一方で、ELSIの文化とスタイ

ルには、一種血統めいたものがある。まったく当然ながら、それは、ELSIのリーダーたちの経験から来ている。

学際的研究の強調、ばらばらの個人には不可能なことを達成できるコミュニティーの形成の重視、アイデアと笑いを交換するための毎日のティータイム――これは、プリンストン高等研究所のモデル、とりわけ、Hutのモデルだ。

Hanako Ricciardi はELSIの国際連携コーディネーターだ。いくつもの文化のなかで自然体でいられる彼女は、ELSI内部で、そして、ELSIと外部とのあいだで、結びつきを促す役割を担っている。その上、問題特定、問題解決の達人でもある。

科学者たちが研究だけを行う――しかも、応用研究ではなく、主に基礎研究を行う――独立した研究所というアイデアは、100年以上前、ワシントンD.C.のカーネギー研究所、ならびに、カリフォルニアのパサデナで具現化された。ELSIの中心人物の多くが、日本人も海外メンバーも、ワシントンのカーネギー研究所で過ごした経験を持っている。

また、井田も廣瀬も、WPIに先行する政府プログラム、グローバルCOEプログラムの一環としての東工大での活動を積極的にリードしてきた経験があり、その際に奨励された学際的・国際的な可能性から大いに学ぶところがあったと感じている。

これらの、研究機関文化と呼べそうなもののすべてが、強みと落とし穴の両方をもたらし、東工大のDNAに消すことのできないしるしとして刻み込まれた。

さらに、ELSIに満ちている、助け合い尊重し合う雰囲気を生み出した、最大の要因のひとつである、間違いなく日本的な流儀が存在している。それは、既にELSIの建物から始まっているのだ。

派手なところはまったくないが、あちこちに精妙な趣がある。窓を覆う障子や、オフィスやほとんどのミーティング・ルームの天井に配置された垂木は、伝統的な日本家屋の内装を反映している。誰かが一言触れなければ、気づく人はほとんどいないだろう。これらのしつらえは、ELSIが日本生まれであることを体現しているのである。

だが、日本と外国を結ぶコラボレーションや友情が多数ELSIで生まれたのは確かだが、その一方で、日本の研究と外国の研究を融合する実験が始まってからの５年間が、完全に成功だった、あるいは完全に成功であり得ると考えるのは、外国人メンバーの大半が親日家で、日本人メンバーの大半が友好的であるとはいえ、純朴に過ぎよう。

障害はたくさんあるし、外国人どうし、日本人どうしで固まってしまいがちで、科学以外の面では特にそうだ。この習慣がなかなかなくならないのは、反感のせいではなく、むしろ、文化の違い、個人的な心地よさ、文化のなかにどれだけ深く浸かっているかの違い、そして、言葉の違いのせいなのだ。

Hanako Nakano Ricciardiは、ELSIの国際連携コーディネーターだ。ELSIでの日常生活を国際化するためのさまざまな方策を幅広く実施する一方、起こり得る問題に常に気を配るのが彼女の仕事である。コーディネーターとしては、戸惑い、場合によっては苛立っている外国人メンバーに、日本のやり方を説明し、戸惑い、場合によっては苛立っている日本人メンバーに、国際的な（主には欧米の）やり方を説明することが多い。

台湾で日本人の両親の元に生まれ、アメリカでも教育を受けた彼女は、この３つのうち、どの文化のなかでも窮屈に感じることはない。そのうえ、彼女の夫はアメリカ人で、息子共々、一家で国際港湾都市横浜で暮らしているほか、彼女の両親は今も生活の一部を台湾で過ごしている。したがって、多文化世界での生活は、彼女にとってはまったく自然なことなのだ。

彼女が見るところ、ELSIでは、個々のメンバーの多くが、自力でちゃんとしようと頑張っているけれど、やはりコミュニケーションにおいて、絶えず問題が生じている。そして、その多くは、文化的な問題で、表面化しにくいという。

「だいたい日本人は、物事を明確に説明することを嫌います。そのせいで、日本人でない人にとっては、余計に難しい状況になってしまうのです」とRicciardi。「でも、均質的

な島国文化のなかでは、多くのことが直感的にわかります。みんなが成長の過程で、ある特定の考えを身につけるので、言葉で説明しなくてもコミュニケーションできるようになるわけです。」

「たとえばアメリカでは、その多文化性ゆえに、言葉によってコミュニケーションせざるを得ません。誰もが明確にならないといけません。ところがここでは、誰かが片方の眉をほんの少し上げたり、空気をちょっと吸い込んだり、ある独特のやり方で『ふーん』と声を出したりするだけで、ほかの日本人たちは、それがある特定の意味だとわかります。場合によっては。同じことが状況に応じて、さまざまな意味になります。」

「でも、外国人には、いくら眉を上げ、いくら空気を吸っても、その意味は、説明しない限りわかりません。あなたが何かをしたくないとはわからないですし、その背後にある理由など到底わかりません。文化を意識する訓練を双方がしなければなりませんが、私たちは学びつつあります。」

彼女は、これまでの経験から、日本の文化は西洋文化よりも細部にこだわる傾向があり、それがまた誤解につながりがちだと言う。さらに、日本人は、他者と自己の社会のなかでの位置づけを正確に見極め、社会的調和を保つために自分の行動を調整することを非常に重視しているのも確かだという。

「日本人の科学者やアドミニストレータは、ミーティングにやってくるときには、何か特定の目的のために準備してきます。ところが、そのミーティングが、明確な結論に至らずに終わると、彼らはイライラしてしまうのです。「なんで私がここにいるんだ？自分は何をやればいいんだ？　いったいどんな成果が出せるんだ？」と、途方に暮れます。日本人は、何か指示を与えられれば落ち着くようです。」

「一方、外国人メンバーたちは、『ねえ、これがどうなるか見てみようよ』というわけです。というのも、それが彼らが教えられたやり方で、彼らの流儀ですから。予期せぬ可能性を探すのです。」

彼女は、コミュニケーションの失敗から、いくつかの影響が生じてきたと言う。ELSIのスケジュールには、ミーティングがびっしり詰まっている。メンバー全員、それより小さなグループ、そして、ELSIの科学者と客員科学者のためのさまざまなミーティングだ。とくに、全体的で学際的なミーティングでは、圧倒的に外国人の出席者のほうが多くなるという。日本人科学者が欠席しがちだからである。

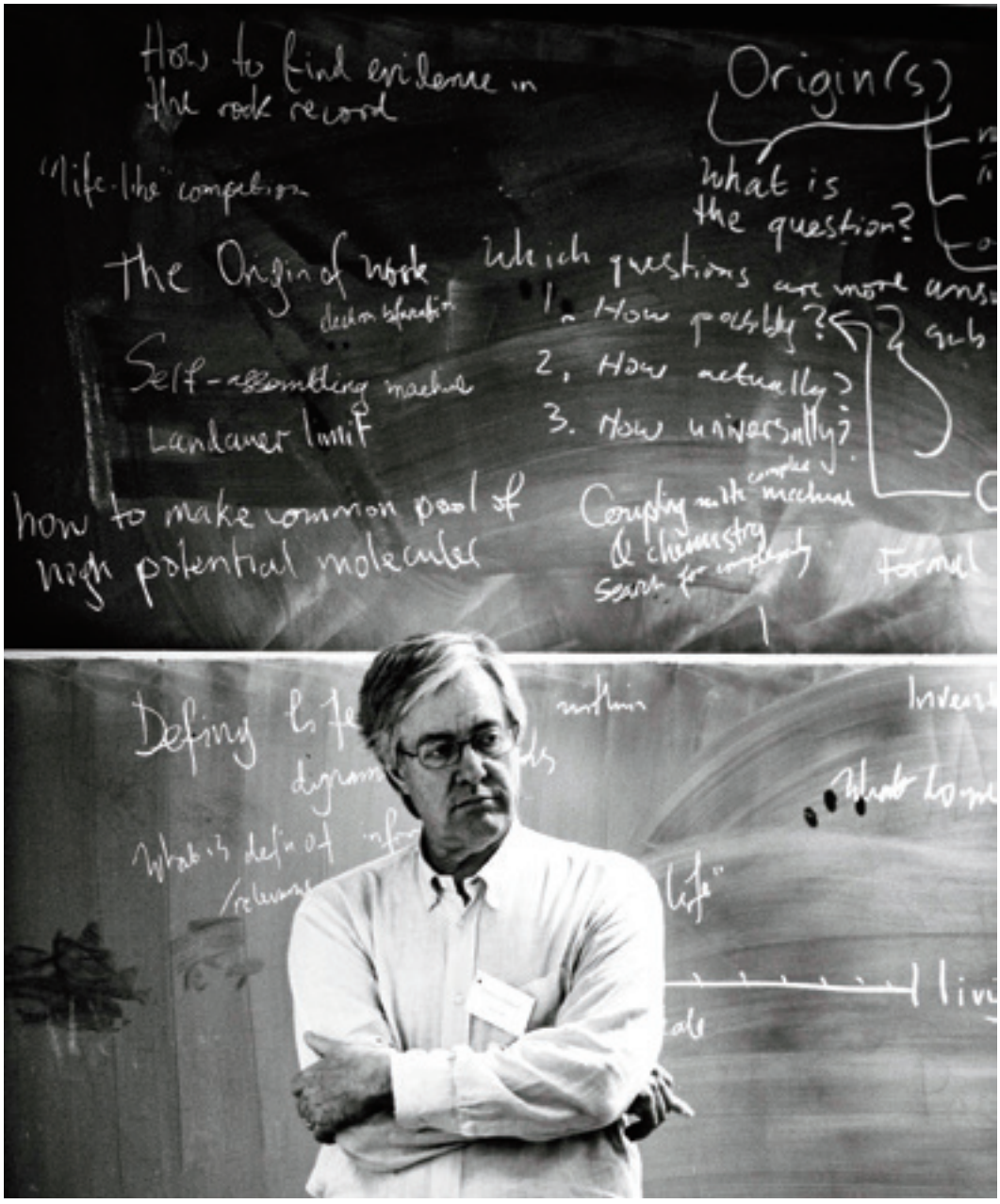
「その理由は、言葉の問題かもしれませんし、もっと生産的な別の仕事があるのかもしれません」と、Ricciardiは、日本人科学者らについて分析する。「でも、これはELSIにとっては深刻な問題なのです。日本人たちのもたらすものは、とても価値がありますから。」

しかし、異文化をまとめあげるのは困難だとしても、彼女は、自分はいつでも協力できる体勢にあるし、明らかに前進しているし、関係者全員にとって、この努力に価値があることは間違いないと言う。その上、これはWPIミッションの正式な一環でもあるのだ。

「私たちは、改革や国際化は、トップダウンのものと考えがちですよね、つまり、実行して成功させなければならない命令のようなものだと。」

「もちろん、最初はそのようなかたちで推進されます。でも、私の考えでは、国際化と改革が成功し、本当に成果が出て、本当にそれらが根付いていくために必要なのは、一歩一歩信頼を築き上げることと、コミュニケーションです……私が考える国際化の成功とは、日本が、日本以外の外国のお手本に変貌することではなく、海外の例からインスピレーションを受けて、日本の強みを認識し、それを利用して、弱みを改善していく努力をすることです。」

ELSIには畳の部屋がふたつあり、日本文化に囲まれて仕事をしたい科学者たちが、その雰囲気に浸ることのできる、日本趣味のしつらえになっている。



生命の起源を探る研究の道筋を描こうとするEON初のワークショップで、最終討論を指導する、Protolife社のNorman Packard。彼は、EON長期訪問者プログラムのもとでELSIにやってきた国際共同研究者のひとり。

8. 大きな研究助成金がもたらすユニークな新プログラム

ELSIの歴史のある時点で、このプログラムには、もっと多くの科学者が必要なことがあきらかになった。新しいアイデアをもたらし、キャンパス自体を一層活気づかせ、進行中の科学を、より広い範囲へと拡張するために、さらに多くの科学者が必要だった。

そして、拡張したいのなら、WPIプログラムがELSIやほかの選定研究機関に課した重要目標のひとつを達成しなければならなかった――できる限りの国際化を目指すという目標だ。

これらの必要性と、さまざまな希望が集まって、「ELSI生命の起源に挑むネットワーク（EON：ELSI Origins Network）」が生まれた。ELSIで進行中の多数のユニークなイニシアチブのなかでも、EONは、最も先駆的なもののひとつである。

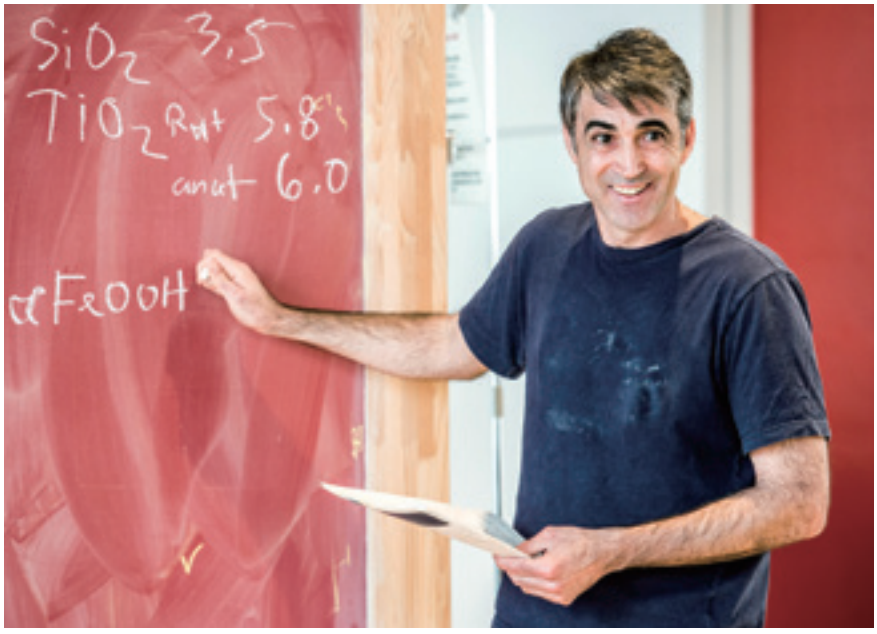
EONは、科学者としてスタートしたばかりのポスドク研究員10名を、世界各地から集めたプログラムだ。彼らは、２年の任期中、一年のうち６ヶ月を日本で過ごし、残り６ヶ月を本拠地の研究機関で過ごすことになっている。

その見返りに、ポスドクのポストとしては珍しく、彼らは教員としての仕事を免除される。生命の起源を対象とする広範な分野のなかで、あるいは、それに関連する彼ら自身の研究分野のなかで、自分が重要だと思うテーマに大胆に取り組むことができるわけだ。そして、そこそこの給与と研究予算が与えられる。

彼らの本来の研究分野はさまざまで、多くの者が既に何か別のプロジェクトに取り組んでいるため、彼らの元々のテーマでの研究も並行して続ける自由を大いに与えられている。

「私たちの分野で、EONのようなものはほかにありません。おそらく、科学全体でも、そうでしょう」と、EONのディレクターで、2015年にEONの立ち上げに参画した数名のELSI科学者のひとり、Jim Cleavesは言う。

「EONが、独立独歩で、自発的に行動でき、異なる文化のなかで暮らすことを恐れない人々を引き付けているのは間違いありません。これは、非常にやりかいがあると同時に困難なプログラムですが、これまでのところ、どの側面においても、好ましい成果が出ています。」



Jim Cleaves：EONのディレクターで、このプログラムの創設者のひとり。

発足時の10名のEON研究員の中には、ポスドクを終了して、常勤の職を得た人もある。新メンバーも数名加わった。

彼らの全員が、「ELSI」という種を形作るうえで不可欠な構成要素となっている。

EONの創始者たちによると、EONの背景にある考え方は、単により多くの科学者にELSIに来てもらおうというだけではなく、最も広い意味で生命の起源に関連するテーマに取り組んでいる、世界中の科学者たちの結びつきを作り、関係をより強化し、さらにコラボレーションを生み出そうというものだ。

この分野は、とりわけ1950年代前半に、ユーリー・ミラーの実験で、単純な化合物を放電にさらせば、生命体の構成要素である化学物質が合成できることが示されて以降、世界中で大いに関心が持たれたが、近年は、あまり注目を浴びていなかった。だが、生命の起源に関する疑問をテーマとする研究で前進を遂げる科学者は、常にわずかながら存在してきた。何しろ、これらの疑問はどれも、最大の難問に数えられるもので、特にNASAは、生命の起源に関する研究に予算を当てている。とはいえ、ホットな分野とは言えない。

「自分が、生命の起源に関する問題に取り組んでいると自覚している科学者はごく少数です」とPiet Hut。「しかし実際に、生命の起源に関連するテーマに取り組んでいる科学者の数は、はるかに多いのです。これらのつながり（一見そうとは思えないテーマと生命の起源にまつわる疑問とのつながり）をはっきり見えるようにし、科学者たちが連携できるようにすることも、私たちの仕事のひとつなのです。」

EON研究員のひとり、藤島皓介。各種メディアのプログラムに多数出演し、宇宙生物学について語っている彼は、ELSIで過ごした時間は、「私の宇宙生物学者としてのキャリアで最も素晴らしく、最も充実した時期でした」と言う。

EONプログラムの誕生へとつながったいくつもの結びつきを作ったのは、プリンストン高等研究所の学際研究のトップであり、かつELSIの創設者・提案者のひとりでもあるHutだ。

彼は、このように語る。他の科学者たちと共に、大型ハドロン衝突型加速器（LHC）を擁する欧州原子核研究機構（CERN）に集まって、この施設の絶大な計算能力についてジョン・テンプルトン財団（以下テンプルトン財団）の代表たちが話すのを聞いたときのこと。生命の起源の研究やその他の基礎研究を長年支援してきたこの財団の代表たちは、集まった科学者に、テンプルトン財団の支援基準を満たすような研究プロジェクトを提案できる人はいないかと尋ねた。

この呼びかけに果敢に応えたのは、Hutだけだったという。彼がこのとき提案したものが、やがてEONとなったのである。

「彼ら（CERNでLHCを使って研究した物理学者たち）は、物質の起源

進化微生物学者で、極限性微生物ハンターのDonato Giovannelli。ラトガース地球海洋大気科学研究所を拠点としていた。

――（物質に質量を与えた起源とされる）ヒッグス粒子――を発見しましたが、私たちは生命の起源について研究しているわけです。だから、テンプルトン財団の趣旨にぴったりだと思ったのです。そしてこれは、私たちにとっては実にありがたい機会でした。」

こうして得られた33ヶ月にわたる560万ドルの研究助成金は、EONの研究員の支援のみならず、短期訪問プログラムで、各分野の専門家たちを大勢招聘し、ELSIのワークショップに参加してもらうのにも使われている。ここでもやはり、科学者たちを結びつけ、コラボレーションを促し、そして何が生み出されるかを見ることが目的だ。

「EONの研究員たちから、既に数多くの論文が発表されていますし、さらに多数の論文が目下執筆されています」とCleaves。「しかし、それと同じくらい重要なのが、これらの科学者たちが、世界中の仲間たちに、ELSIについて、そして、コラボレーションを重視する私たちのやり方について、どんな話を伝えてくれているかです。ここでの経験を経て、彼ら全員が、ELSIの真の支持者になっているのだと言えるでしょう。」

関連する事務も決してたやすいものではなかった。EONのプロジェクトマネージャー、秋山京子の説明によれば、大変な仕事のひとつが、給与の支給額を、6ヶ月ごとに更新される対米ドル為替レートに連動させて変更する作業で、これをきちんとやらないと、為替の変動が大きくなった場合、研究員たちは一定額の月給を当てにできなくなる。さらに、EONの研究員が海外の自分の本拠地の研究機関に戻っているあいだは、EONのスタッフが、彼らが東京にいる間に使ったポスドク研究費を申告せねばならなかった。単純にはいかない仕事が尽きなかった。

「EONプログラムの活動は、その国際的なネットワーク構築によって、東工大の事務・管理の慣習の多くに難問を突き付けました」と秋山。そして、世界トップレベル研究拠点プログラムの一員としての、ELSIの正式な任務のひとつが、まさにこのような、事務・管理体制の改革だった。

EONプログラムがいかにユニークで大胆かを理解するには、EONの研究員に何人か会ってみるのが一番だ。

EONの研究員は、バーチャル化学を作ろうとしているコンピュータ科学者から、最古の極限性微生物を研究する進化微生物学者、認知と意識の本質を探ろうとする哲学者、さらに、前生物化学や初期生物学の研究者まで、多岐にわたる。

南デンマークからやってきたJacob Andersenは、ELSIのEONに在籍した期間に、新しい種類のバーチャル化学を生み出す研究を大いに前進させた。

ELSIが中核に据える重要項目に沿って、EONグループは、多様な専門分野、国籍、経歴のメンバーからなる集団となっている。6ヶ月を日本で、残りの6ヶ月を海外の提携大学で過ごさねばならない彼らは、必然的に柔軟性のある人々である。

その代表として、藤島皓介を紹介しよう。宇宙生物学を学んだ彼は、ELSIに滞在した期間、惑星科学と地球化学に関連した、「試験管の外の実験」に取り組む一方、JAXAおよび海洋研究開発機構（JAMSTEC）の研究者らと共に、将来実現する可能性がある、土星の興味深い衛星、エンケラドゥスへのサンプ

ル回収ミッションのための基礎研究を行うコラボレーションの立ち上げに携わった。

彼はまた、NASAのエイムズ研究センターで６ヶ月過ごし、タンパク質とRNAの相互作用を探る実験を始めた。生命の起源を巡るひとつの重要問題である。彼は、タンパク質とRNAは共存し、共に進化したという仮説を立てており、それを確かめる実験を始めたわけだ。この仮説の有効性が明らかになれば、その結果、タンパク質とRNAという、今では切っても切れない関係にある、２つの重要な生体高分子が、かつてそれぞれ単独で存在した可能性が説明でき、両者のうちどちらが先に存在できたかという、いわば「ニワトリと卵」の問題の解決につながるかもしれない。

Donato Giovannelliは、極限性微生物――かつては生物が生息不可能と考えられていた極限環境に生息する微生物――を専門とする微生物学者だ。EON在籍中、彼はコスタリカとアイスランドの火山湖を訪れ、湖底の熱水噴出孔の周辺で、珍しい極限性微生物の試料を収集するために湖に潜った。EONプログラムに参加できた自分は実に幸運だと、彼は言う。

「たいていのポスドクプログラムでは、自分が配属された研究室に行って、そこで既に行われている研究に加わるだけです。それがEONでは、『あなたの最高のアイデアを教えてください』と言われて、次には、『それを研究する予算を用意しましたよ』ですからね。メンバーは完全に自由なのです。」

「このような環境に適した人には、素晴らしいところですよ。大きな自由がありますが、それには、この機会をちゃんと有効に活用していますよと示す、大きな責任が伴います。」

Jakob Andersenは、アルゴリズム化学情報学という新しい分野の専門家で、化学系が持つ形式的な「文法」を見出して、コンピュータの言葉で記述できるようにすることを目指している。そうすれば、化学反応を解析する機械的な作業の多くが、可能な範囲で、コンピュータで素早く行えるようになる。「この方法が確立すれば、質量分析や、同位体ごとに結果の違いを特定する作業から、退屈で間違いが生じやすい機械的な部分をなくすことができます。ルールをきちんと把握していれば、正しい結果を予測できますからね。」

「もちろん、化学は広大な分野で、一筋縄ではいきませんし、これらのルールを特定するのも困難です。それに、たとえばシアン化物の化学は、ほかの種類の化合物とは違うはずです。」

Andersenの手法には、化学反応をよりよく、より速く解析する可能性があるため、ELSIの化学者や地球化学者と、さまざまなコラボレーションが起こり得た。しかし、彼が気づいたとおり、実際の物質を相手にする（ウェットな）化学者と、コンピュータ化学者とのコラボレーションが成り立つには――別種の科学者どうしが互いに相手の言うことが本当にわかるようになるには――かなりの時間がかかる。そして、残念ながら、彼の取り組みのほとんどがまだ初期段階だった。

「私はEONには実にありがたかったと思いますよ。だって、私はコンピュータ１台あればよく、高価な実験装置など一切必要ないんですから」と彼は言う。「しかし、その一方で、私の研究に関しては、私たちは一緒に取り組む時間がもっと必要だったのでしょう。」

だが、このようなコラボレーションのいくつかは、実はAndersenがELSIを去ったあとも継続しており、今なお前途有望なのである。さらに、Andersenは、2017年10月に

毎週定例のEON科学対話の場にいるStuart Bartlett、Jacob Andersen、Piet Hut。

EONの生物学者で、まもなくカリフォルニア大学サンディエゴの教授に就任する予定のKatherine Petrie。

ELSIで行われたコンピュータ化学をテーマとするEONのワークショップで、主催者側のひとりとして尽力した。20数名の参加者全員がこの分野の最高の研究者で、EONは、彼ら全員を初めて一堂に集めることに成功したわけだ。

この分野はまだ初期段階だが、EONのディレクターで、前生物化学のベテラン、Cleavesは、20年以内に、現在のウェット化学の多くが、コンピュータによって行われるようになると考えている。「これが化学の未来であり、その創始者の多くが、ここのメンバーで占められるでしょう。」

このようなワークショップは、EONプログラムの重要な一環で、常時開催されている。この２年間、ワークショップや年次シンポジウムに、Cleavesの推定で総計約500名の科学者が出席しており、その多くが各分野の最高の科学者だ。

研究機関やプログラムの成功度を、公式・非公式に評価するもうひとつの指標が、所属していた研究者たちが、競争の激しい各分野で、ポストに就けたかどうかである。これまでのところ、EON参加者の半数以上が、就任先が決まっているか、既にどこかに就任しているかのいずれかだとCleavesは言う。

たとえば、生物学者のKatherine Petrieは、地球の生物圏の出現とその初期段階において、寄生生物が進化の推進力として果たした役割に関心を抱いている。彼女のEONでの研究は実り多く、カリフォルニア大学サンディエゴ校で、常勤ポストにつながる教員の職に就けたのも、このときの研究のおかげだと、彼女は考えている。

「（EONは）自分の科学研究の成果を示す場でもありますが、自分は、２つの土地での結構複雑な生活を切り盛りでき、研究予算を管理でき、より大きなグループの一員として働けるのだと示す場でもありました。これらのことが、私がポストに就くのを助けてくれたかどうかと言えば、私は、そうだと思わずにはおれません」

EONの研究助成金は、2018年前半に終了する予定で、万一更新されないとなると、ELSIには大打撃だ。更新の申請はCleavesが担当することとなったが、彼は（2017年）10月後半、ELSIはテンプルトン財団の研究助成金の対象に残らなかったとの知らせを受けた。

「私たちのプログラムに何か問題があるということではなく、財団の研究助成金を、ELSIが要望するレベルより低く抑えることに決めたからだ、と説明されました。残念には違いありませんが、プログラムマネージャーは、来年はより大きな研究助成金が再開するはずだと言っていました。私たちも再度応募するようにと言ってくれました。」

複雑化の一途をたどるすべての生命体と同じく、ELSIも、存続し繁栄する新しい道を見出さねばならない。進化し、適応しなければならないのだ。研究機関たるもの、それ以外に存続の道はない。

EON Science chatの様子

2017年秋、式根島で試料を収集する、ELSIの科学者、望月智弘（右手前）とShawn McGlynn

9. 初期の地球の秘密に満ちた日本の島々

データ収集――室内での実験、安定同位体分析、モデリング、あるいは観察など、どんな手段を使うのであれ――は、科学者の仕事の中心にある。ここでは、それがELSIでどのように行われているかを紹介しよう。

太平洋に浮かぶ伊豆諸島の一つの小島の、小さな入り江に沿って、24億年前、14億年前、そして現在という、３つの時代の地球の状況を示す場所が、隣り合って存在している。

最初の場所は、鉄さびの赤色をした、湯気の立つ小さな水路だ。その水は酸素がほとんど含まれておらず、71度以上の熱湯の状態で、水底から泡を立てて湧き上がってくる。これは、おおまかに言って、約24億年前、酸素の量が増えつつあった頃の地球の状態だ。生物は、せいぜい極くわずかな微生物が存在しただけだった。

そのすぐ隣に、別の古代環境がある。シアノバクテリアという微生物が繁殖した、緑と赤に色づいた水の領域である。シアノバクテリアは、地球の大気と海に大量の酸素をもたらした単細胞生物だ。地元の人々は、ここを昔から天然の温泉として使っているが、水底の岩は、緑色のシアノバクテリアがびっしり付いていて、つるつる滑るので、気をつけて歩かねばならない。

そのまた隣は、太平洋の海水で、ひんやり冷たいが、海底からは、温水が入り江に向かって噴き上げてくる。

これら３つの場所がすべて、３メートル四方ほどの範囲内にある。

熱水がこのような状態で観察できる場所は、他にはなく、先ごろ、２人のELSI科学者がここで調査を行った。微生物学者のShawn McGlynnと、地球ウイルス学者で古代ウイルスの専門家の望月智弘である。

彼らは、鉄さびの赤色の水から、高温ガスと微生物の試料を収集したほか、温度、塩分濃度、その他の測定を行った。緑色の水からは、マット状に密生したシアノバクテリアを収集したほか、目で見つけられる他の微生物も採取した。

目的は、次のような、具体的な疑問に答えることだ。湧き上がる泡は生物学的プロセスの結果なのか、それとも地球化学的プロセスの結果なのか？　ガスの同位体比は何を示しているのか？　特に高温の部分には、どんな微生物やウ

イルスが生息しているのか？　そして、シアノバクテリアは鉄と共存できるのか？

これらの疑問はすべて、長い年月を経て地球上の条件がどのように変化していったか、そして、これらの条件が、生命がいかに誕生したかを巡る根本的な謎の解明に、どう役立つかの究明を目指す、より広範な科学活動のなかで、結びついている。

「25億年前や15億年前に微生物はどんな状況だったか、まだよくわかっていません」と、McGlynn。「しかし、ここは、実際に訪れ、それを突き止めようと試せる場所です。時間をさかのぼることができる、素晴らしい場所なんです。」

とりわけ、自然環境のなかでこれだけの鉄が水に溶けている場所は、現在ここ以外にわずかしかない。だが、岩石に残った記録から、過去の地球には、海中にこれと同じくらい大量の鉄が溶けていた時期があったことがわかっている。

望月はこう説明する。「大昔に存在したいくつかの条件のもとで、化学的に、そして生物学的に、どんなことが起こり得たかを明らかにしようとしています。」

「この、酸素と鉄が熱水のなかで混ざり合って、赤くなっている、他にはめったにない場所で、今何かが起こっていることが発見できたなら、それは、数十億年前にも起こっていた可能性があるのです。」

地鉈（じなた）温泉と呼ばれるこの地域は、東京湾から連なる伊豆諸島のひとつ、式根島にある。式根島は、東京から160キロメートル以上離れているが、東京都の一部だ。

伊豆諸島はすべて火山性で、海底で起こっている、フィリピン海プレートと太平洋プレートの動きによって生まれた。プレートどうしの境界は現在も動いており、温泉や火山が多く、地形は凹凸が激しい。地鉈という名前は、この温泉が、大地を鉈で割ったような大きな崖の切通しを歩いた突き当りにあることに由来する。

数十年前、温泉と海底熱水噴出孔が、相当な量の生命体――微生物や、それより大きな生物――を維持でき、栄養を与えるのみならず、噴出孔から発生する電気や、化学反応に伴う電子の移動によって、エネルギーも供給していることが知られて以来、生命の起源を考える際に、温泉と海底熱水噴出孔が重視されるようになっている。

そんなわけで、当然のことながら、ELSIの科学者たちは頻繁に各地の熱水噴出孔を訪れ、試料を収集している。McGlynnは、この夏（2017年）、EON研究員のDonato GiovanelliやELSIの主任研究員で電気化学者の中村龍平ら

Shawn McGlynn

望月智弘

と共に、アイスランドの熱水噴出孔に調査旅行を行った。

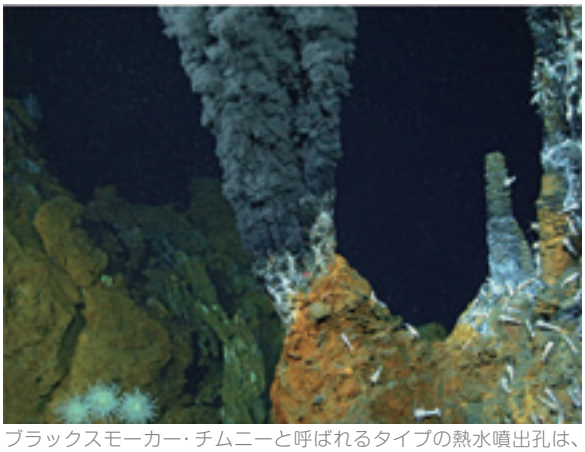
McGlynnは、元素や化合物のあいだの電子の流れに注目している。このような電子の流れが、すべての生命体の基本構造をなしているという考え方が、今日共通認識となっているからだ。これほど狭い所に、それらしき電子の流れが無数に起こっている式根島は、至高の実験室と呼べるだろう。

望月にとっては、ここは面白い場所には違いないが、宝の山ではないことがはっきりした。というのも、彼は、極高温で生息するウイルスが専門なのだが、地鉈温泉の鉄が豊富な水路で湧き出している温泉ですら、約73度しかないからだ。彼が培養しているウイルスは、90度近くという、沸点寸前の高温で生息している。

これらの高温を好む、好熱性ウイルスの研究における彼の目標は、これらのウイルスに導かれながら、地球で生命が誕生しつつあった最初期の状況と推定されるものを、現代にいながら確認していくことだ。

一部の科学者は、生命は高温のRNAワールドで始まったと考えている（原始生命体では、RNAが今のDNAとタンパク質の役割を担っていたとする仮説）ことから、望月は、現在もそのような条件で生息しているウイルスを調べることで、何がわかるか確かめたいと考えている。彼のこれまでの発見のなかには、高温RNAワールド仮説に疑問を投げかけるものもある。なぜなら、始生代に生息していた原始的な生命体のRNA上に存在するウイルスは、彼も他の研究者らもまだ発見していないからだ。ロジックは複雑だが、これまでの結果は、望月にとって不可解であると同時に魅力的だ。

そのようなわけで彼は、好熱性ウイルスを収集し、答えと予期せぬ新事実を求めて、温泉と熱水噴出孔で試料採取することに常に意欲を持っている。



ブラックスモーカー・チムニーと呼ばれるタイプの熱水噴出孔は、177℃もの高温の水と化学物質を、地球の奥深くから噴出している。このような極限的環境に多くの生命体が生息することから、生命はこのような熱水噴出孔の周辺で誕生したという説を提唱する科学者もいる。

現地調査では、研究者が独創性を発揮する必要に迫られることが多い。地鉈はまさにそんな場所だ。McGlynnが初めて、泡立ちながら湧き出ている水の試料をその源で収集しようとしたときのこと。手足が火のように熱く感じ、彼はすぐに退却せねばならなかった。保護ブーツと保護手袋を身に着けていたにもかかわらず、辛い目に遭ってしまったのだ。

そこで彼は望月と共に、手を熱に近づけなくても、泡立つ温水を試料瓶に集められるようなじょうごを、大型のペットボトルで作った。しかし、足のほうは、うまい対策がなく、熱さに耐えるほかなかった。

温泉源の近くには、赤い水流の底に、微細なエッチングのような模様が見られた。McGlynnによれば、これらのうっすらとしたライン状の模様は、水底を進む微生物が、移動しながら、酸化鉄を沈殿させていった痕跡だという。つまり、このエレガントな模様は、生物そのものではないが、それを作ったのは確かに生物だというわけだ。

地鉈温泉の高温の水流の底に見られるフィラメント状の模様は、微生物がそこを通った際に残した酸化鉄が線状に堆積したもの（Marc Kaufman撮影）

「そのあたりに触れると、模様はいっぺんにフッと消えてしまいます」とMcGlynn。「ただの酸化鉄ですからね。そのすぐ隣の水は、もっと鉄が少なく、酸素が多いので、そこには（緑色の）シアノバクテリアのブルーム〔訳注：バクテリアなどが水中で大量発生したもの〕がたくさんあります。ブルームに触れても、消えたりしません。それは生物ですから、手にくっつくんです。」

McGlynnは、「フッと消えるもの」も少し収集した。この珍しいエッチング模様を作る微生物を捕えたいからだ。新発見の微生物の可能性もある。

微生物学者である彼は、微生物を特定し分類することにも当然関心を抱いている。彼は当初、鉄分が豊富なこの水路にいる微生物は、嫌気性だと考えていた。しかし、大気から熱水噴出孔付近まで入り込む酸素が微量でも存在するなら、ほとんどの微生物は好気性のはずだと、彼は気づいた。

望月智弘

Shawn McGlynn

だが、McGlynnをほんとうに駆り立てるのは、やはり電子の流れだ。夜、夢のなかにも出てくると、彼は私に語った。

彼の研究目標のひとつが、今非常に重視されている、地球のコアからの電子の流れ（電流）を巡る、未解決の諸問題の解決に貢献することだ。そのエネルギーは、マントルを通過して地表に至り、そこでしばしば生物圏（すべての生物）と接触し、その後大気に入り、宇宙へと拡散するか、何らかの元素や化合物と結びつく。

彼は、このプロセスを巨大なひとつの電池の働きになぞらえる。鉄でできた地球のコアが陽極で、大気中の酸素が陰極だ。今日電子がたどる道筋を化学的に理解すれば、初期地球の条件についても、多くのことが明らかになるだろう。

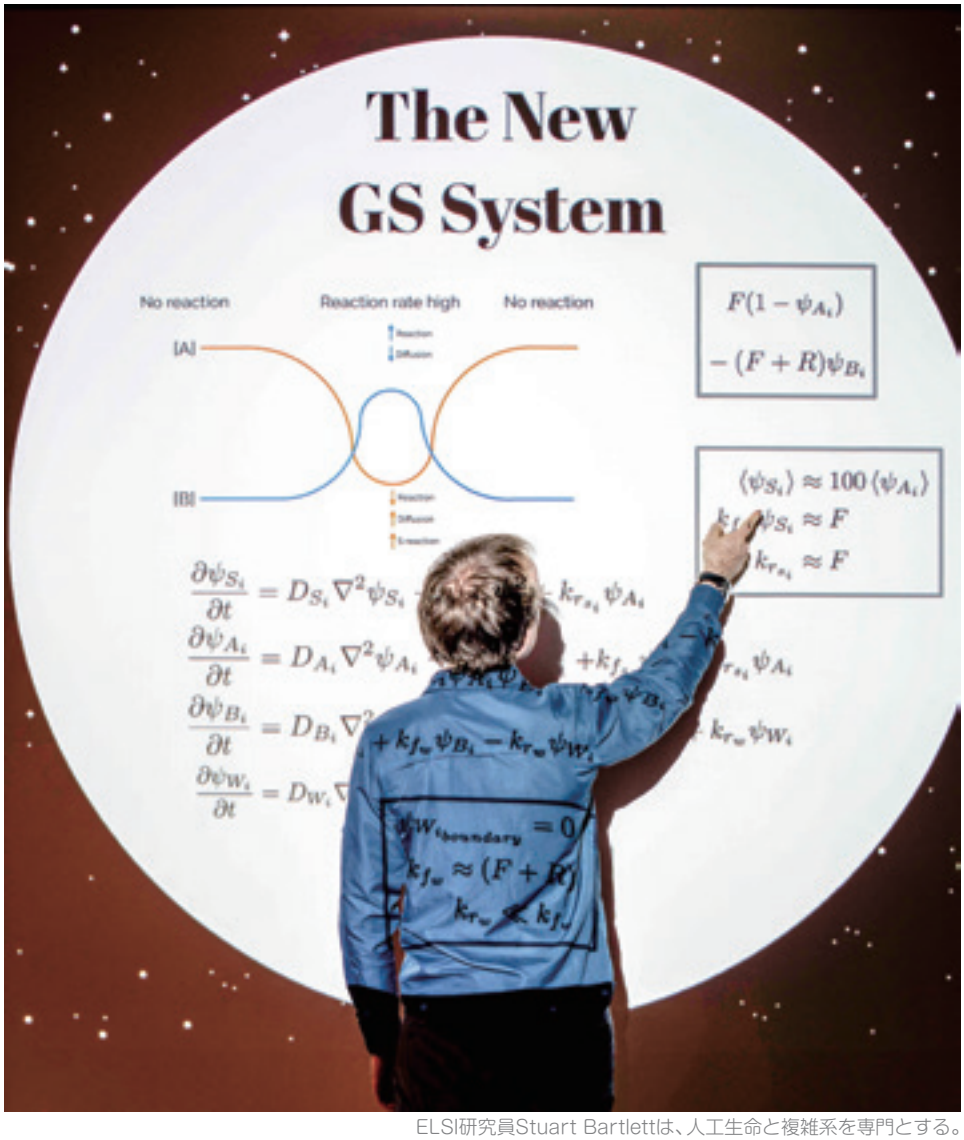
彼らが式根島で行ったような現地調査は運任せで、採取した試料から成果が得られるかどうかは、研究室に帰るまでわからないのが常だ。ところが、McGlynnと望月は、即座に、驚くべき発見をした。ただ、その発見には、微生物も電流もウイルスも、まったく関係なかったのだが。

ある日の午前中、別の温泉に行った際に、２人はどこかの団体に出くわした。彼らは、伊豆諸島の島々からやってきた職員たちで、全員がスーツにネクタイをしていた。経済発展の機会がどの程度ありそうか評価するために、島を順に巡っており、その日は式根島に来たとのことだった。

職員たちは、科学者たちが何をやっているかを知って興味を抱き、試料収集によさそうなほかの場所をいくつか教えてくれた。そのひとつは、自衛隊が占有する島で、普通部外者は立ち入り禁止だ。しかし、その島には、100度になることも珍しくない超高温水が地表のすぐ下に出る場所があることが知られていた。

職員たちは２人に名刺を渡し、その島に試料採取に行きたければ、連絡するようにと言った。式根島の職員は、早くも大いに期待を寄せていた。

「もしもうちの島で生命の起源を見つけてもらえたなら、すごいことになりますよ。」



ELSI研究員Stuart Bartlettは、人工生命と複雑系を専門とする。

10. 不可欠な理論家たち

室内実験、測定、試料採取、そしてモデル作成など、あらゆる種類の基礎科学が、今後の糧となるものを常にELSIに提供している。一方、アゴラは、午後のお茶の時間に留まらない、ある重要な目的のために作られた。それは、理論家が、実験科学者やモデル作成者と顔を合わせる場所として設計され、開所以来ずっと、その目的をよく果たしている。

ELSIのような研究機関で、最も理解されていないが影響力は強い科学者の代表が、理論科学者だ。

ELSIの理論家には、Hut、Nicholas Guttenberg（意識の起源などを探って日本の企業とも共同研究中）、惑星科学者・井田、そして、地球物理モデリングが専門のHernlundらがいる。

だが、アゴラで特に頻繁に、ほかの科学者らと活発に議論を交わすのは、物理学と複雑系科学の出身のEric Smithと、Nathaniel Virgoの２人だ。彼らが何をどんな理由で研究しているか、正確に説明するのは難しいだろうが、彼らが優れた研究を行い、広く尊敬されているのはすぐにわかる。

Virgoはイギリス出身だが、ELSIに来る前は、東京大学の池上高志研究室で２年過ごした。２人は、いくつか関心を共有し、また、科学をどういうふうにやりたいかという好みも近かった。とりわけ、pH傾斜に沿って泳ぐ油滴など、自ら運動する物質系には２人とも特に興味を持っていた。

VirgoはEONのエグゼクティブディレクターも務めており、その立場から、ELSIのあちこちを回って研究しているEONメンバーを、月曜の午後、サイエンス・チャットに召集する。彼はこれを、個々のメンバーに自分の研究の理論面に利用してもらうほか、テーブルに集っている異なる分野の研究者らの結びつきを促すことにも役立てたいと考えている。

「科学では、仮説を立て、それを検証し、そしてまた別の仮説を立てる、というのが理想のサイクルです。しかし、本当にいい仮説を思いつくのは、実に難しい。ELSIでは、生命の起源を知りたいと皆が思っています。ですが、意味をなすような科学的な問いかけさえ、どうすればできるのかわからないのです。ここで理論が役立つ可能性が出てきます。」

Virgoは、コンピュータ科学、理論生態学、そして人工生命が専門だ。これら３つの分野すべてが、特定の生命体や場所の、特定の機能や成り立ちを深く追究するのではなく、物事を成り立たせているパターンやルールを突き止めることを目標としている。そして、生命の起源を巡る科学的な問題に、これと同じ抽象的なアプローチを使えば、同僚たちや自分自身が前進する有効な方法を探り出せるのではないかと、彼は期待している。

ELSI副所長 井田 茂

彼自身の研究は、現在、地球科学から生命科学へとつなぐ道の模索に焦点を当てている。ELSIでは、化学者であり宇宙生物学者でもあるIrena Mamajamovと共に、「『ぐちゃぐちゃ』の化学・イニシアチブ」に取り組んでいる。これは、初期地球にあったことが既に知られている、複雑性というものを、たとえばRNAやタンパク質が最初はいかに形成されたかを理解するのを阻む邪魔者と見るのではなく、むしろ、理解へと導いてくれるものとして利用しようという動きだ。

彼の役割のひとつが、これらの「ぐちゃぐちゃ」のシナリオのなかで進行している可能性がある膨大な数の化学反応を追跡し、理解するためのコンピュータ手法を構築することだ。この取り組みの目標は、化学プロセスの結果生じる特定の分子ではなく、パターンとプロセスを特定することである。これらのパターンやプロセスのなかでは、「微視的構造がまったく違うさまざまな系のなかでさえも、広義の分類では同じと認められる振る舞いが、繰り返し起こっている可能性があるのです。」反応生成物が、その反応自体の触媒になるような、いわゆる「自触媒」が、特に注目されている。というのも、自触媒が存在すれば、系は実際に成長できるからだ。

Virgoと実験化学者のCleavesは、Virgoが特に興味を抱く種類の化学反応を調べる実験を目下実施中だ。この実験については、まだ具体的な話はできないそうだが、数ヶ月、もしくは数年かかる、ゆっくりした化学反応が研究対象で、何ら制御を受けない「ぐちゃぐちゃ」の、予期せぬ変化が起こるのではないかと期待される。

生命の起源に関するVirgo自身の仮説は、「ぐちゃぐちゃ」の化学に始まり、それが「それほどぐちゃぐちゃではない」化学となり、次に「ぐちゃぐちゃ」の生命現象となり、それがついには「それほどぐちゃぐちゃではない」生命になるというものだ。彼の考えの多くには、根底に、進化的変化――彼が見るところそれは、化合物と鉱物の世界に始まる「パターン」である――は、つまるところ、どのプロセスが、そして、のちにはどの生命体が、最も巧みに進化するかだ、という認識がある。進化可能性の進化と呼ばれるものだ。

「私の研究が抽象的である理由は（そして、理論的研究のほとんどがそうだと思うのですが）、いわゆる「普遍的な」現象を捉えることを目指しているからです。これらの現象を抽象的なレベルで理解できれば、それらが起こるためには何が必要かがわかりますから、現実の世界のどこを見れば、それらの現象が見つかるかがわかるわけです」と彼は言う。

彼の理論家仲間のEric Smithは、複雑系科学が専門で、このアプローチの世界的中心地、サンタフェ研究所からやってきた。Smithが正式な教育を受けたのは物理学と数学だが、彼はほかの分野に関しても貪欲に学んでいる。

ELSI研究者の多くが、彼らが自分自身の研究について広い視野から考えられるようになったのも、ELSI科学運営委員会の委員長でもあるSmithのおかげだと、自発的に感謝の言葉を口にする（上野雄一郎もそのひとりだ）。

広い視野から考えることは、Smithにはごく自然なことで、それは彼のELSIでの研究のみならず、彼が行った影響力のある多くの講演にもはっきり見て取れる。それらの講演のテーマのひとつが、地球における生命の出現の必然性である。太陽系の物理的・化学的性質からすると、初期の地球のような特徴を備えた惑星の上で、生命をもたらす動き

が生じることは、驚くべきことでもなければ、ランダムなことでもなく、予測可能だったと彼は主張する。

その、複雑かつエレガントな議論は、ELSIの電気化学者で主任研究員の、中村龍平との会話のなかで生まれた。中村は、Smithの講演（インターネットで視聴可能）を聞いて、自分自身の科学を見る目が変わったと言う。

このような交流が、理論家が意識的、あるいは直感的に目指すもののひとつだと、Smithは語る。

Nathaniel Virgo と Nicholas Guttenberg

Eric Smith

「頭のいい人をびっくりさせて、向かうはずもなかった方向へと突き動かすことは、歴史的に見ても、非常に重要な仕事が成し遂げられるひとつのパターンです」と、彼は進んで説明する。そのようなわけでSmithは、アゴラや会議やワークショップで、ある研究者が（ときには彼自身が）抱えている具体的な問題を、より広い視野から捉えられないかと考えながら、話したり、聞いたり、見たりしている。

Smithは、生命の起源を研究する理論家として、ほかにも２つの点で極めてユニークである。

ひとつ目は、生命はいかに出現したかという謎の有効な解決法を探る取り組みにどんどん参画してくる多くの科学分野は、理論家がこれに取り組むために必要な経験的知識をまだ提供していないと、Smithが考えていることだ。これは何も、彼の不満というわけではない。問題は極めて難しいのだと、Smith は言う。

その実情を踏まえ、彼は、この取り組みに参画する多くの分野を専門的に理解しようと努力し、そして、今ELSIに欠けているのはどの分野で、その空きスペースを埋めるに最適な人物は誰かを、ELSIの意思決定者たちに提案することを、理論家としての自分の仕事のひとつだと考えている。彼の意見は重視されており、それに従った措置が取られることも多い。

また、彼は複雑系理論の専門家として、直感的に、学際的アプローチこそ最も有効だと見る。彼は問題を次のように説明する。

自分の専門分野のなかにいる科学者は、「フェンスで囲われた庭にいるイヌのようなもので、科学の問題を、それがまるでウサギか何かのように、捕まえようと追っています。ウサギがフェンスをくぐって外に出たなら、イヌは結局フェンスのところで止まってしまいます。そのためのフェンスですからね。」

だが、彼が言うには、複雑系科学では、「たとえどんなに遠くとも、ウサギを捕らえるために、自分の庭から隣の庭へと踏み込むことを目指さなければなりません。」そして、ELSIでもその傾向がますます強まっているという。

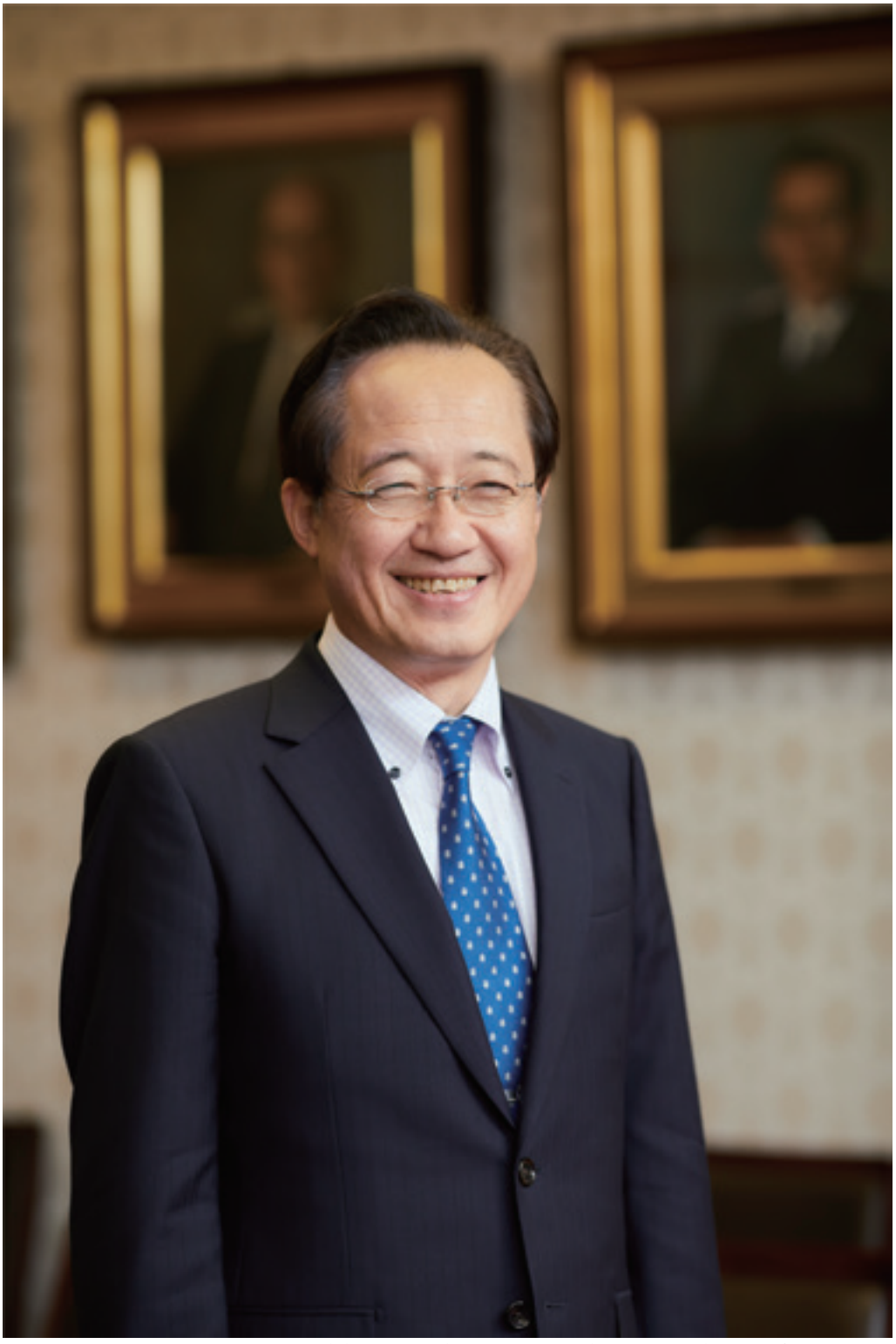
Smithは、生命の起源に関する自分自身の数学的・物理的研究も行っている。しかしELSIでは、ELSI創設者たち、ほかの大勢の研究者たち、そして管理スタッフが共有するゴールを目指して、一種のコミュニティーを構築するという、もうひとつの理論家としての仕事も行っているのだ。

そのゴールとは、ELSIを、科学の戦力、文化、自由に満ちた場に、そしてまた、ひとりの優秀な科学者ではなく、大勢の優秀な科学者の成果として――必然的にそうならざるを得ない――重要な何かを達成する駆動力のある場にすることである。

藤井友香　惑星物理学者

東京大学で物理学を学んだELSIプロジェクト准教授の藤井友香は、ニューヨーク市にあるNASAのゴダート宇宙科学研究所で２年過ごしたあと、再びELSIに戻ってきた。NASAの研究所では、地球や太陽系外惑星の三次元モデリングに取り組み、赤色矮星の惑星周辺のハビタブルゾーン（生命居住可能領域）の大気の性質について論文を執筆し、先ごろそれが出版された。

太陽系外惑星が地球と生命の起源にどんな意味を持つかと尋ねたところ、彼女はこう答えた。「太陽系外惑星の研究のおかげで、地球と地球の生命の起源を、以前より大きな視野で捉えられるようになってきたのだと思います。より大きなスケールで惑星系を見ることによって、地球の形成と進化に関する洞察を得たいというのが私たちの考えです。地球のような惑星には、だいたいどれくらいの水があるものなのか？　その水はどこから来たのか？　原始大気はどんな組成だったのか？　初期の惑星進化、長期的な惑星進化に関する私たちの理論は正しいのか？　太陽系外惑星を研究することで、これらの疑問を解く手掛かりが得られるのです。」



東京工業大学学長　益一或（2018年4月1日就任）　東京工業大学広報・社会連携本部提供

11. 変化の兆し

地球と生命の起源に的を絞った研究所を紹介するには、その研究所の起源を詳しく述べるのが、その設立の精神に沿うと思われた。

軌道に乗りつつある新しい研究所が示していた、初期のさまざまな特徴は、今では、地球と生命の起源に関する、研究と研究者のハブとして、成熟を深めるELSIの姿に現れている。ELSIは今や、生命を持つ有機的な存在である。

続いて、ELSIの科学者の世界の今日――誰もが面白いことや潜在的に重要なことに日々取り組んでいる状況――を描くために、彼らの研究の概要をご理解いただけそうな、ストーリーをいくつかご紹介した。ELSIで今まさに何が起こっているか、現在進行中の研究は、組織の起源とは別にお話すべきだと考えたからだ。

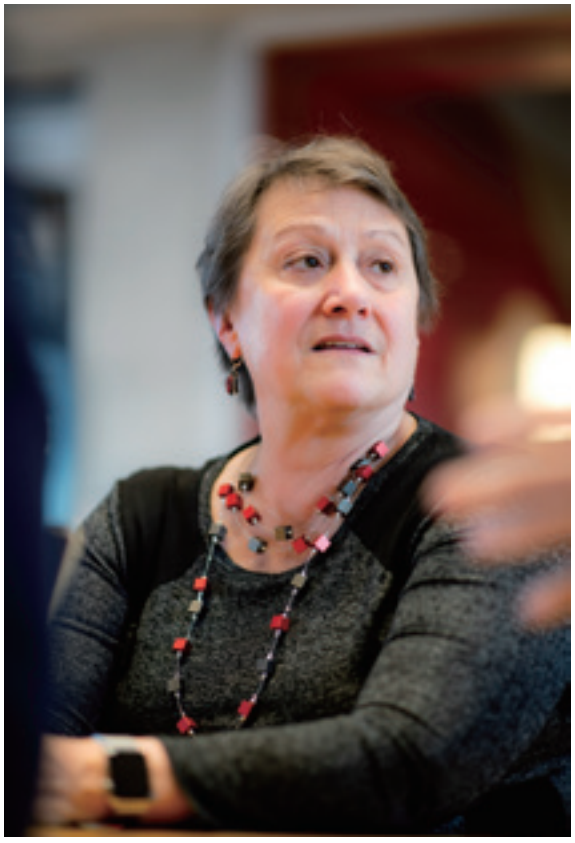
だが、その前途に待ち受けているものにも触れておかねば、ELSIの全容をご紹介したことにならないだろう。

WPIの補助金は、2022年３月で終了してしまう。補助金の５年の延長を認められたのは、これまでに１ヶ所、東京大学カブリ数物連携宇宙研究機構（IPMU）のみだ。ほかのすべてのWPI研究機関のなかで、ELSIは唯一、IPMUと同じく純粋基礎科学に取り組んでおり、最もIPMUに近いと思われる。だが、IPMUは、WPIの目標のひとつ、外部――カブリ財団――からの研究助成金を獲得した、数少ない研究機関のひとつでもある。

2018年、ELSIに、WPI支援期間の後半に入るに先立つ一種の再評価という形で、変化の兆しが現れた。井田副所長は、研究機関には改革が必要であり、退屈で保守的な組織にならないためには、定期的な再編が必要だと確信している。そしてこの年のうちに、ELSIの改革が行われた。

それは、Mary Voytekの着任という形で起こった。Voytekは、NASAの宇宙生物学プログラムのリーダーとして強い意思で改革を進めてきた人物で、また、長年にわたり、ELSIのグローバル・アドバイザーとして、ELSIの活動を支持し、協力してきた。Voytekを幹部として招く計画はしばらく前からあったのだが、極めて異例な措置であるため、各方面の承認が出そろうのに時間がかかっていた。最終的にVoytekは、廣瀬所長のもとでELSIのエグゼクティ

廣瀬敬所長とMary Voytec



Mary Voytec

ブディレクターを、そして、三島前学長の後任者、益一哉学長の特別補佐を務めることになった。

廣瀬によれば、Voytekは組織管理者、科学者、プログラムの改革者としてELSIを先導し、また、ELSIの国際的な注目度を高めるうえでも力になってくれるはずである。

「Mary Voytekを、この重要な役割を担ってもらう方として招聘できたこと自体が、ELSIの世界的存在感と競争力が向上している証拠です」と廣瀬は語り、Voytekの招聘を、ELSIの10年間にわたるWPI期間の後半に向けての「戦略的補強」だとする。

「Voytekは、この10年に積み重ねてきたNASAの宇宙生物学プログラムのディレクターとしての経験により、ELSIの目標と構想の実現を支援するための知識とスキルを備えています。」

10年以上NASAで上級管理者としての経験を積んできたVoytekが、大規模な科学者チームを作り上げ維持する方法を熟知していることは実証済みだ。彼女は、自らが責任者を務めるプログラム（その多くは設立にも関与している）の支援を求めて常に働きかけ、それを勝ち取ってきた。

その結果NASAは、多くのミッションで、地球外生命体の研究を優先順位の高い研究目標として据えることが多くなってきた。また、地球上での、そして、それ以外の場所での、生命の起源についての研究も、ますますNASAで重視されてきている。ここ数年、Voytekは、生命体の特徴、生命体の痕跡と認めるに必要な条件、そして、それらを測定する手段について、議論、討論、そして更なる研究を刺激する出発点となる、「生命体検出のための梯子（Ladder to Life Detection）」（地球以外の天体で生命体を検出するための指標）の構築を主導している。

Voytekの革新性を示すもうひとつの良い例が、NASAの学際的イニシアチブ、Nexus for Exoplanet System Science（NExSS）の2015年設立をもたらした、Voytekの尽力である。NExSSは、アメリカの13の研究機関から実に多様なチ

ームが集まって、宇宙生物学と太陽系外惑星研究に関連するプロジェクトに協力して取り組むものだ。NExSSは、バイオシグニチャーと呼ばれる、生命の存在を示す特徴――太陽系外惑星の大気や地表で探すべき、生命体の副産物かもしれないもの――の研究分野で特に注目されている。

米国科学アカデミーは先ごろ、Voytekが構想し、その発展を促してきたNExSSイニシアチブに、他の多くのNASAの科学者たちも参加させて拡張するほか、財政的支援もするよう提言した。

このように、Voytekは、生命はいかに始まったかを、そして、はるか彼方の太陽系外惑星にはどのような特徴があり、はたしてそれらに生物居住可能性があるかを探求する、多くの分野が複雑に絡み合った研究の強力な原動力としてELSIにやってきたのだ。

Voytekは、非常勤でNASAでも勤務し続けるが、日本を愛する彼女は、1年のうち約8か月東京に滞在し、ELSIで働くことになっている。彼女は、「世界でも類を見ない」ELSIの運営に参加することを大いに楽しみにしているという。また、「ELSIの非常に才能豊かなさまざまな人々と共に働けることは光栄だ」と感じているという。

では、Voytekが科学研究の面でELSIにもたらしてくれるものは何かといえば、それは複雑な科学を研究し理解するための「システムズ・アプローチ」(対象をシステムと捉え、個別の要素のみならず、それらの関係にも着目して課題に取り組む手法) だ。現在行われている科学のなかで最も学際的な分野のひとつである海洋学での経歴を持つ彼女には、システムズ・アプローチはごく自然なことなのである。

Voytekは、地球における生命体研究と、これから始まるであろう太陽系外惑星における生命体研究とを、ほとんど違いのないものにしたいと考えている。

Voytekが太陽系外惑星について次のように説明したとおりだ。「天文学者は惑星を見るだけではだめなのです。その惑星が廻っている中心の星 (彼らの太陽) といかに相互作用するかも見なければなりません。特に居住可能性については、その惑星上での大気のプロセス、光化学、そして惑星形成プロセスを理解しなければなりません。学際的な、一種のシステムズ・アプローチを使わないかぎり、これらを理解することは不可能です。」

これはまさに、ELSIが設立以来作り上げようとしているものそのものだ。

ELSIのホスト大学、東京工業大学は、WPI補助金の５年間の延長が終了したあとも、ELSIを存続させる構えだが、この移行で、ELSIは成長するのだろうか？　それとも先細りになるのだろうか？　また、これに関連した疑問だが、ELSIは、その創始者たちが思い描いた、国際的レベルの地球と生命の起源に関する研究所として開花するほどに拡張し、外部の支援を十分得られるのだろうか？

それはわからないが、ELSIの起源は強固であったし、また、ELSIが、比類のない環境のなかで進化し、多くの点で成功を収めている、能動的な高度複雑系に成長したことは間違いない。

毎週金曜日に開催される生命の起源に関する研究会議に参加するMary Voytek（中央）

起源の研究ハブとしてのELSI

2013年３月、ELSIが生命居住可能な地球の起源と、それに続く生命の起源をテーマに第１回の国際会議（第１回地球生命研究所国際シンポジウム）を開催したのは、設立後わずか５ヶ月のことだった。発足したばかりの事務局にとっては大変な仕事だったが、同時に非常に重要でもあった。なぜなら、これらのテーマについて議論するために世界中の科学者を集めることは、ELSIの最大の使命のひとつだからだ。

ELSIの６回目の国際シンポジウム（第６回地球生命研究所国際シンポジウム）が2018年１月に開かれた。この、地球と生命の起源に取り組む著名な内外の科学者を集わせる伝統は、今後も継続し、拡張していくことだろう。このシンポジウムの最大の魅力は、これらの科学者たちから、さまざまな最先端の研究について話を聞くのみならず、アイデアや発見を巡り、ELSIのメンバーや、関連分野の他の科学者たちと議論できる３日間を提供していることだろう。

このシンポジウムに先んじて、ELSI Origins Network（EON）の年会も行われ、ここでも世界中の科学者が集まった。EONはこのほか、地球生命の起源に関するさまざまなテーマのワークショップも開いており、こちらもやはり、世界最高の頭脳が集まっている。

ELSIとEONで、これまでに900名以上の公式な訪問者を受け入れている。これらの会合の参加者としてキャンパスに来てもらうことで、ELSIと東京の科学者たちに、彼らと知り合うのみならず、より大きな意義として、彼らの話から学ぶ機会を作っているのである。

1.

2.

1. Norman Packard

複雑系科学の専門家。自ら製作した装置を、東大の人工生命の専門家池上高志教授（中央）と、ELSIメンバーのStuat Bartlett（左奥）とOlaf Witkowski（右）に説明しているところ。

2. 廣瀬 敬

学生に助言中。

3. ELSIの化学者たち

アゴラでよく見かける、皆でデータを見ているシーン。

3.

1.

1. Jack Szostak / David Deamer

2017年5月にELSIで開催された、
「Reconstructing the Phenomenon of Life
(生命という現象の再構築)」をテーマとする
EONの国際ワークショップに、カリフォルニア大学
サンタクルーズ校の生物学者
David Deamer(左)と共に参加する、ノーベル賞
受賞者でELSIの主任研究員のJack Szostak(右)。

2. 池上英子

ニューヨーク市のニュースクール大学の社会学部
学部長。自然界に存在する生命体の起源のなかに、
文化のなかにある自律的な実在の類似物を探し、
それに関する洞察を得ようというテーマの、
「Cells to Society (細胞から社会へ)」
ワークショップで基調講演者のひとりを務めた。

4.

3. Jennifer Hoyal Cuthill / Simon Conway Morris

純古生物学者でEON研究員の
Jennifer Hoyal Cuthillと(右)、
彼女のケンブリッジ大学での指導者で、
名高い古生物学者のSimon Conway Morris(左)

4. Steven Benner / Kuhan Chandru / Sudha Rajamani

EONが初めて開催したワークショップ、
「ELSI Origins Network (EON) Strategy
for Origins of Life Research」で、
ELSI研究員Kuhan Chandru (左)、インド科学
教育研究大学の化学者兼宇宙生物学者
Sudha Rajamani (右)と、議論する
応用分子進化機構のSteven Benner (中央)。

6.

7.

5. Betul Kacar

宇宙生物学者で分子進化学の専門家である
Betul Kacarは、EONグローバルサイエンス
コーディネーター。ELSIに最初に訪れ、その後も
最も頻繁に訪問している科学者のひとり。

6. Andy Knoll

ハーバード大学の生物学および
地球惑星科学の教授。
始生代 (太古代) 地質学者でもあり、
ハーバード大学の生命の起源イニシアチブの
共同創始者のひとり。

2.

3.

5.

7. Antonio Lazcano

メキシコ国立自治大学の進化生物学者。ELSIの、起源を巡る研究の歴史と哲学についてのワークショップでプレゼンしているところ。International Society for the Study of the Origin of Life (ISSOL) の会長も務めた。

8. 亀谷将史

微生物代謝学の専門家で、かつてのELSI研究員。現在は東京大学助教でELSIの連携研究員。毎年恒例の視察に訪れた、WPIのELSI担当ワーキンググループのメンバーたちに自分のポスターのプレゼンをしているところ。（右から2人目）

8.

1. 渡邉志緒
2. 秋元真希
3. 細道初夏
4. 田中晴美
5. 佐藤麻子
6. 松浦恵子
7. 玉井文子
8. 白倉美奈子
9. 奥山文女

ELSIのセクレタリーたちと日本のチームワークという心得

所長秘書・佐藤麻子が統括する秘書室の業務が円滑に進まなければ、ELSIは立ち行かないが、それはチームワークなしには不可能だ。「それぞれの秘書がすべてのことをこなします」と佐藤は説明するが、その意味する仕事の範囲は、なかなか圧倒される。ELSIの秘書たちは、毎日のように、研究者らの出張の手配を行うほか、新しい装置や設備の購入をサポートし、複雑な日常を少しでもシンプルにし、研究所の安定を保っている。

「みんな目標は同じです。研究者たちをサポートし、研究者たちが、研究以外のことでわずらわされないようにすることです。」と佐藤。「ELSIの秘書は全員、それが自分でわかっていなければならないのです。教えられることではありません。」

ELSIにはフルタイムの秘書が９名いる。ELSI内で互いに接しやすい、和やかな雰囲気を作り出し、それを維持するという、大きな役割を果たしていることは、キャンパス内の誰もが認める。

ELSIでは、アイデアどうしが絶えずぶつかり合うし、ときには人間どうしがぶつかり合うこともある。だが、それはとげとげしいところが自然に丸くなるように管理された環境の中でのことだ。

３階で佐藤と共に働くこのチームは、この和やかな雰囲気と、その環境の中でもたらされる研究者らの高い生産性は、自分たちのおかげだと主張できるはずだが、典型的な日本の勤勉なチームである彼女らが、そんな主張をすることはあり得ないだろう。

Lucy Kwok
イラストレータ・
ELSIランゲージエディター