



平成9年度(第6回)ブループラネット賞  
受賞者記念講演会

---

財団法人 旭硝子財団

**THE ASAHI GLASS FOUNDATION**

## 目次

---

### 受賞者紹介

ジェームス・E・ラブロック博士 .....	1
-----------------------	---

### 記念講演

「地球環境への旅 超高感度分析器(ECD)がもたらしたもの」.....	2
-------------------------------------	---

### 受賞者紹介

コンサーベーション・インターナショナル .....	10
---------------------------	----

### 記念講演

ラッセル・A・ミッターマイヤー博士 「地球生物多様性の保護 挑戦と優先順位作戦」.....	11
--	----

ブループラネット賞 .....	24
-----------------	----

旭硝子財団の概要 .....	26
----------------	----

役員・評議員 .....	27
--------------	----

### <制作スタッフ>

運営担当 (株)インターグループ  
プロデュース (株)アイ・アール ジャパン

# 受賞者紹介

## ジェームス・E・ラブロック博士(イギリス)

英国オックスフォード大学グリーン・カレッジ名誉客員教授  
1919年7月26日生まれ



受賞業績『超高感度分析器を開発して、環境に影響する微量ガスを世界に先駆けて観測し、さらに「ガイア仮説」の提唱により人々の地球環境への関心を高めた功績』

### 略歴

- 1919 7月26日、英国で生まれる
- 1941 マンチェスター大学(化学専攻)卒業
- 1948 ロンドン公衆衛生・熱帯医学大学で医学博士号取得
- 1959 ロンドン大学で生物物理学博士号取得
- 1941 - 61 英国国立医学研究所に在籍
- 1954 - 55 米国ハーバード大学医学部で客員研究者
- 1958 - 59 米国イェール大学医学部で客員研究者
- 1961 - 64 米国ヒューストン大学ベイラー医学カレッジで化学教授
- 1964 - 74 米国ヒューストン大学化学部で客員教授
- 1964 - 89 英国レディング大学サイバネティクス学部で客員教授
- 1993 - 英国オックスフォード大学グリーン・カレッジの名誉客員教授

### 主な受賞歴

- 1955 CIBA財団賞(老化に関する研究)
- 1974 英国王立協会会員に選ばれる
- 1975 M・S・ツウェット賞(クロマトグラフィー)
- 1980 米国化学会賞(クロマトグラフィー)
- 1986 プリマス海洋研究所賞銀賞
- 1988 世界気象機関Norbert Gerbier賞
- 1990 王立オランダ・アカデミーのアムステルダム環境賞
- 1990 大英帝国3等勲章
- 1996 ボルボ環境賞

博士は、1956年に大気中をはじめとして地球上に存在する微量物質を高感度で分析できる電子捕獲型(ECD)ガスクロマトグラフィーの開発に成功しました。これは線によってイオン化された窒素キャリアーガスを利用する方法で、それまでの熱伝導度検出タイプの分析器に比べて100万倍以上に感度を上げ、とくに有機ハロゲン化合物や窒素酸化物を1兆分の1(PPT)レベルまで検出できるようにしました。

この分析装置を用いて、1970年にはフロンがアイルランド上空にPPTレベルで存在することを世界に先駆けて明らかにしました。そしてフロンが大西洋の南極近傍から英国近海まで、その上空及び海中に広く分布して特に先進国近辺で高濃度であることを観測し、1973年に発表しました。この事実が根拠となり、その後フロンによる成層圏オゾン破壊説が提唱されたのです。さらにフロン以外にもヨウ化メチルや四塩化炭素の分布を調べ、また、含硫黄有機物のジメチルサルファイドが海洋において藻類から生成され酸化されてエアロゾルとなり、これが核となって雲を生成し、地球気候を調節する機能があることを指摘しました。

この分析装置が開発されたので、地球環境に影響を与える微量成分に関する分析が急速に進展しました。なかでも殺虫剤の残留物やPCBが地球上に広く分布していることや、有機水銀化合物などの存在が定量的にわかるようになり、その後の環境対策の推進に大いに貢献しました。

博士は1960年代にNASAに招かれ、火星の生物探査計画に参画しました。その過程で、生物が存在する地球の大気は、他の惑星と違って反応性の高い酸素を長期にわたってほぼ一定の割合で多量に含むなど、特異な状況を続けていることに強い関心を抱きました。そして、自身の医学や化学をはじめとする広い見識から、「生命または生物圏が地球気候と大気組成を、生きていく上で最適な状態に調整・維持している」と論じた「ガイア仮説」を米国の女性生物学者リン・マーギュリス博士と提唱し、生物学者などからの多くの反論を引き起こしました。

この説は細分化された学問領域から部分的に地球を捉えるのではなく、総合的なシステムとして理解しようとするもので、世界中の人々に生物圏を中心に地球環境を総合的に考える新しい考え方を提供し、反論がある一方で強い共感も呼び起こしました。その後、地球環境の調節を行っているのは生物圏だけではなく地球システム全体であり、地質学的な変動と生命の生存活動が組み合わさって地球環境をつくりあげているというように展開されています。

博士により提唱されたこの仮説は、地球環境全体を総合的に考える新しい視点を提供するとともに、世界中の人々に地球環境に対する関心を強く抱かせました。

## 「地球環境への旅 超高感度分析器（ECD）がもたらしたもの」

ジェームス・E・ラブロック博士  
英国オックスフォード大学名誉客員教授

本日は、超高感度分析器（ECD: Electron Capture Detector = 電子捕獲型検出器）の発明についてお話ししたいと思います。この単純な装置が、その後の環境保護運動の誕生につながり、そして、地球は自律的なシステムであるといういわゆるガイア説が生まれるもとになったのです。

### ECDの開発

ECDは、今からちょうど41年前の1956年10月に開発されました。当時の科学者は自分の使う装置を自分で製作する、あるいは少なくとも自分で設計するのが普通でした。大抵の研究所には、金属加工具や旋盤、フライス盤といった設備を備えた作業室があり、科学者がそうした工具を扱うことができるのは当たり前とされていました。電子機器でさえ、無線装置や音響装置用の熱電子真空管を使って手作りであつたものです。私たちは自分で装置を作りましたから、その能力も限界もよく分かっていました。今日の科学者は市販の装置を使いこなせればいいので、自分の使っているクロマトグラフィーやスペクトロメーターなどといった装置のきれいな外箱の内部でどんなことが進行しているかを理解する必要はありません。しかし、装置を自分で作ることの最大のメリットは、新しい工夫を凝らした発明がときとして市販品よりはるかに先をいく製品を生み出すことがあることです。

1956年当時、私は生きた細胞を凍らせるとなぜ細胞にダメージが生じるのか、その原因を探っていました。私たちはすでにハムスターほどの小動物を凍らせて、また蘇生させることに成功しており、次にうさぎほどの大きさならどうかを調べていました。その結果、冷凍による損傷の大半は細胞膜に起こることが分かりました。細胞膜は脂質とタンパク質の複合体できており、寒さに対する感度は、一つには脂質の脂肪酸組成に依存するように思われました。

その定量化のために、私は脂肪酸を正確に分析する必要があったのです。たまたまガスクロマトグラフィーを発明したアーチャー・マーティン博士とトニー・ジェームズ博士の2人が、私と同じ研究所で一つ上のフロアにおりました。私は彼らの装置が最初に測定分析したのが脂肪酸であったことを知っていたから、私の細胞膜についても分析してくれないだろうか、彼らに頼んでみたのです。彼らは喜んでやろうとしましたが、私が分析試料としてほんの数マイクログラムを差し出すと、マーティン博士はこう言ったのです。「残念だがお役に立てない。私たちの場合、必要な量はマイクログラム単位でなく、ミリグラム単位だ。もっと大量のサンプルを持ってきてくれないか」。そしてしばらく考えたのち、「ほかに方法がある。あなたが自分で、私たちのガス密度測定器よりもっと感度の高い検出器を開発すればいい」と言いました。

私のいた英国国立医学研究所では、実験をしないうちは決して研究論文 とくに教科書は読まない、というのが伝統でした。私たちの仕事は、研究論文を読むのではなく、書くことだ、と先輩研究員からよく警告されたものです。この警告は、大変私の役に立ちました。もし私が、実験をする前に気体中のイオン化現象の文献を読んでいたら、圧倒されてどうしてよいか途方に暮れていたでしょう。しかし、私はまず実験をしたのです。幸運にも現在とは異なり、善意ながらも結果として仕事の邪魔をする厚生官僚にわずらわされることもありませんでした。危険な化学品や放射性物質を扱う科学者は自分で責任を持つべきであると考えられていたからです。もちろん若干のリスクはありましたが、もし今日のような窮屈な規制の下にあったなら、まだ開発間もないECDのような将来の実用化が不確実なプロジェクトを、私があくまでも追究することなどできなかつたに違いありません。

私はまず初めに、アルゴン検出器を開発しました。これは、励起したアルゴン原子を用いて有機化合物の蒸気をイオン化する装置です。これは私の目的であった脂肪酸の分析に十分な感度を持つ装置でした。次にもっとよい水素炎イオン化検出器にとって代わられるまで、これは私や世界中の多くの生化学者たちが、脂肪酸や脂質などの微量物質の分析を行うのに大いに役立ちました。アルゴン検出器を開発する過程で、私



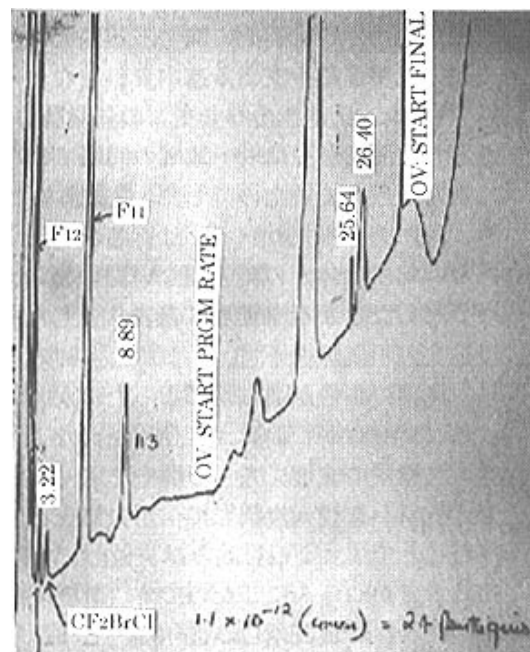
がたまたまECDを発見したのは、まさに僥倖でした。ECDはアルゴン検出器と同じように単純なダイオード・イオン・チャンバーです。しかし、ECDではキャリアガスに窒素を用い、チャンバーの極性化に必要な電力は、アルゴン検出器のようにキロボルト単位でなく、わずか数ボルトで済んだのです。

私はECDの不思議な動きに魅了されました。でも、その科学的仕組みを十分究明するのは、私の調べていた冷凍問題よりはるかに難しかったのです。私が多少なりとも研究時間をそれに振り向けることができたのは、研究所の上司たちのおかげです。熱エネルギー電子の物理学は、医学研究カウンシルを運営している医学者たちが私に期待している研究とはほとんど別物です。私は上司のサー・チャールズ・ハリントン博士に頼んでみました。「私はECDの仕組みの解明に時間を割いても構わないでしょうか。それが果たして実用になるかどうかは分かりません。しかし、私にとってぜひやってみたい研究なのです」。ハリントン卿はこう答えました。「君が自分で判断すれば結構。ここは純然たる科学研究機関なのだから、君のやっていることが優れた科学研究であるかぎり、すぐには医療に使えなくても一向に構いませんよ」

私はECDの不思議で変則的な動きにすっかり好奇心をかきたてられていたので、少しでも暇ができると、その研究に熱中しました。1958年に、私はエール大学のサンドフォード・R・リップスキー博士に招かれ、1年間をそこで過ごしました。エール大学では検出器の研究に全力を注ぐことができましたので、1959年の終わりには、現在のECDとほとんど変わらない実用可能な装置になっていました。ECDは、ほとんどの有機化合物 全ての有機化合物の99.9%以上 とは反応しません。わずかに反応する物質は、生物学的にも医学的にも興味を起させるもので、例えばクレブス循環で生じる酸類、ステロイドホルモン、甲状腺ホルモン、補酵素といった酸化代謝における重要な化合物などです。また、代謝過程で生じるニトロフェノールやハロフェノールなどの有毒物質も検出し、そして化学的発癌物質に特異的に鋭敏でした。ECDが環境の調査研究に非常に有用なのは、こうした選択的検知能力を持っているからです。ECDは当時から現在に至るまで、最も検知能力が高く、持ち運びが簡単で、安価な分析装置となっています。その検知能力たるや素晴らしいもので、もしもイングランドのどこかでほんの2、3リットルのパーフロロカーบอนを気化させて、その1週間ほど後に日本で約3立方メートルの大気をとって調べると、簡単にそれを検出でき、そして2年以内には世界中どこでも検出できることでしょう。パーフロロカーボンガスは一方では全く反応性がなく無毒なので、これに対する超高感度の検知能力は、気団の大陸間移動を追跡したり、海洋における物質移動実験を行う方法として活用されています。

ECDの動きを定性的に理解するのは簡単でした。しかし、それを定量的、理論的に解明できたのは、私がヒューストン大学でウェイン・E・ウェントワース博士ならびにE・チェン博士と一緒に研究してからでした。私たちは、電子が分子に付加するのは可逆的なこともあるが、不可逆な場合には分子の解離が起きることを発見しました。この研究を行っていた1960年代は、コンピューターがあるにはあったのですが、まだ誰でも利用できるというわけではなく、したがって検出器の方程式の数値解を得ることは私たちの手に余ることでした。1970年までに簡単なコンピューターが利用可能となり、私は検出器の方程式を解いて、その作動理論を解明することができたのでした。この解析が糸口となって、定電流法を発明するに至りました。定電流法は、現在でも市販されている装置のほとんどすべてに用いられています。分かりやすく言いますと、この検出器は、小さな反応容器の中に試薬である化学物質の気体の自由電子からなる希薄な懸濁液を入れたものと考えればいいでしょう。自由電子は単純な化学物質であり、物理学的にもそうであるように、化学的にも素粒子であるということを思い出してください。

私が電子捕獲による検出のメカニズムを解明しようと懸命になっている一方で、真面目な科学者たちはこの検出器を実際に食品中の残留農薬の分析に使おうとしていました。米国食品医薬品局(FDA)のJ・O・



1pptのフロンガス（ハロン BCF）の検出を示すクロマトグラフィー

ワッツ博士とA・K・クライン博士、イギリスのシェル・リサーチ・リミテッドのE・S・グッドウィン博士らが共同で残留農薬に関する基礎データを作成しました。ハロゲン系農薬の分布に関する基礎的情報は、やがて環境運動を支える基本資料となったのです。DDTやディルドリンといった農薬が地球環境全体に及んでいること、南極のペンギンの体脂肪にも、フィンランドの母親の母乳にも存在することが明らかになったとき、汚染がもはや一地域の問題ではないことが認識されたのでした。私たち人類は、地球規模で環境に影響を与えていたのです。農薬汚染とその猛禽類への有害な影響がデータとなって明らかにされたとき、レーチェル・カーソンは有名な著作『沈黙の春』を書きました。この本は、農家が家畜や作物以外のあらゆる生命体との絶え間ない闘いの中で、もしこうした化学物質を使い続けるとしたら、究極的にどんなことになるかを全世界に警告しました。それは必然的に政治にも影響を与えました。世界の多くの地域で彼女の不気味な予言、すなわち生物の死に絶えた沈黙の春が事実となったのです。彼女が予言したように、農薬の毒性が明らかになったばかりでなく、実際に生息環境が破壊されたためにです。

私は、ECDがこのように使用されたことを初めて聞いたとき、大変うれしく思いました。カーソンは自然の生態系の破壊に大きな関心を寄せましたが、私も本当に同様でした。化学メーカーの中には、愚かにもカーソンを個人攻撃して信用失墜を目論んだりしたところもありましたが、これは全く恥ずべき、馬鹿げたことです。この目論みは失敗し、実際、かえってカーソンを揺籃期にあった無垢な環境運動の最初の殉教者でかつ聖人にしたのです。環境運動によって、人類は自然と共存する賢明な道をたどるかと思われました。しかしご存じのように、そうなりません。悲しいかな、環境行動計画は政治特有のスローペースで進まざるを得ませんでした。

## 独立した科学者として

### 地球の大気組成の特異性からガイア仮説がひらめく

1961年4月、私は米航空宇宙局(NASA)の宇宙飛行オペレーション部長、エーブ・シルバースタイン博士から手紙をもらいました。NASAの月探査計画に参加しないかというお誘いでした。1961年といえますと、宇宙飛行計画が始まってまだほんの2、3年のことです。多くの科学者が宇宙飛行など空想の話で、時間と金の無駄だと考えていました。しかし、私はもともとサイエンス・フィクションを読んで育った人間でしたから、NASAの招待は夢が現実になった感じでした。これによって私は、英国医学研究所の給料のよい安泰な椅子を捨てて、不安定だが独立したいわばフリーの仕事に飛び込むことになったのです。

やがて、月探査は当たり前話題になり、関心は火星における生命体の存在を探るための無人探査機の開発計画へと移っていきました。1960年代初期には火星について分かっていることは多くなかったのです。天体望遠鏡では火星の表面はほとんど見えませんでしたし、定期的に暗い影が波のように火星を横切るのには植物が成長しているためと想像されていました。米国ジェット推進研究所(JPL)の私の同僚は、火星表面で生命体あるいは生命に似た化学物質を探る計測装置を設計するのに一所懸命で、この地球上の研究室でおなじみの方法をなんとか自動化して使ってみようとしていました。火星の土をとってきて有機体が育つかどうかを培養してみる実験とか、火星上で日光により酸素を生産し、夜には炭酸ガスを生産する代謝物体を探る実験も考えられました。私自身について言うと、火星における生命体を探査するこうした個々の還元主義者がとる細かい方法には疑問を感じていました。生命体の存在の検出はいろいろな理由でできないだろう、例えば生命体といってもバクテリアではないかもしれないし、探査機が着陸するのは不毛の土地かもしれない、あるいは火星の生化学は地球とは全く違うかもしれない。私はもっと全体的な探査をやるべきだと提案しました。例えば、上陸地点の周辺を調査するのではなく、火星全体を上空から調べるのです。私が提案した調査とは、火星の大気の化学組成を分析することです。もし火星に生命の兆候がなかったら、大気は物理学と化学で決まる性質のものであり、化学的に平衡を保った状態に近いと考えられます。しかし、もし生命が存在するなら、地表の有機体は大気を生存のための原料源として、かつ生命維持の廃棄物の捨て場所として利用していると考えられます。そのように大気を利用したとすれば、大気の化学組成も変わってくるでしょう。単なる化学的平衡状態とは違った、生命の存在を示すしるしが表れているに違いありません。

私の研究にダイアン・ヒッチコック博士が加わり、私たちは一緒に赤外線天文学によって火星の大気データを調べました。このデータを、生命がいると分かっている唯一の惑星、つまり地球の大気からの発生源と消滅点についてのデータと比較しました。その結果、二つの大気について驚くべき相違があるのが分



かりました。火星の大気は化学的にほぼ平衡状態にあり、その組成は圧倒的に二酸化炭素が多いのです。一方、地球の大気は化学的に完全な非平衡状態にあり、二酸化炭素はほんの微量気体にすぎません。豊富な酸素とメタンその他の反応ガスとが共存している状態は、生命体のいない惑星ではあり得ないことです。豊富な窒素と水の存在も地球化学では説明しにくいのです。このような特異性は、火星や金星の大気には存在しません。地球の大気にだけ存在するということは、地表に生きた有機体がいることを示しています。残念ながら火星には生命がおそらくいないと私たちは結論したのです。

宇宙から初めて眺めた地球の、白と青がまだらとなった姿は、私たちに驚きと歓喜の念を呼び起こしました。私たちは初めて、地球がどんなに美しいかを知り、今度は偉大な宗教で人生の道標となるアイコンのように見なし始めました。それと同じように私にとっては、JPLで集めた大気の化学的鳥瞰図は、まさに地球の姿を科学の言葉であらわしてくれるものでした。分析の結果、地球の大気は、ちょうど酸素と可燃性ガスの混合である内燃機関の吸気管内と同じような、気体の混合であることが判明しました。火星や金星の二酸化炭素を主とした排気ガスのような大気とは全く違います。大気の化学組成は、各気体の滞留時間よりもずっと長期にわたって安定しているという私の従来知識をはるかに超えていました。1965年のある日の午後、カリフォルニアのJPLでこれらの事実について考えていたとき、こうした定常性には積極的に働く制御システムが必要なはずだという考えが、突然ひらめいたのです。

そのころの私は地球上の有機体は地球の一部であるということ以外、制御システムがどういうものか全く知りませんでした。私は天文物理学者から、恒星は年月を経るにつれて熱発生量が増えること、わが太陽も誕生以来、光量が25%増えているということを知りました。つまり長期的にみると、気候もまたもしかしたら積極的に制御されているのであろうと理解したのです。地球全体もそこに住む生命体も制御システムを持っているという考えが、初めて私の中でゆるぎない信念となりました。1960年代の終わりごろでしたか、近所に住む小説家のウィリアム・ゴールディングとこの考えについて話し合ったことがあります。彼はこのように強大な存在である地球の唯一適切な呼び名は「ガイア」だと言いました。私は1972年に雑誌『Atmospheric Environment』にガイア仮説を発表しました。「生物圏は、常に自己を自分の選択した最適条件に置くように、環境と自主的に相互に作用し合っている」というのが私の説でした。この提唱は地球と火星の大気化学の研究に基づいたものですが、やがて私は生物学者のリン・マーギュリス博士と友達として協力し合うようになり、それは今日まで続いています。彼女は有機体、とくに微生物に関して広範な知識と深い理解を持ち、私の物理化学の骨格に肉づけしてくれました。

今にして思えば、初期のころのガイア仮説は誤解を招くものであったかもしれません。さらに悪いことに、この理論の熱狂的信者たちが、地球を“生きた有機体”として語り始めたのです。私たちが実際に言ったのは“地球は生きた有機体のように行動をする”でしたのに。こうした誤解は、生物学者たちからの厳しい批判を呼び起こしました。それらの批判は、25年たった今でも消えていません。しかし、これらの批判のおかげで、ガイア仮説は磨かれ進化しました。現在、私たちはガイアを、地球の生きた有機体と、それを取り巻く物質的環境とからできたシステムだと考えています。両者は固く不可分に結合された二つのパーツです。ガイア理論では、地球の気候と化学組成の自己抑制をシステムが創発する特性、つまり予想できない進化を指すものと見なしています。

私の友人であり研究仲間であるアンドルー・ワトソン博士は、ガイア理論を従来進化理論から区別することについて簡潔に表現しています。彼が言うには、それは有機体とその物理的環境との間の結合の緊密度にあります。今日、生命が環境に甚大な影響を与えるという考えはほぼ誰もが認めるところで、ガイア理論が出る以前の見解とは相当に変わって地球化学者の間でも一般的になってきています。他方、生命が環境の影響を受け、環境に適応することも同様に明らかです。これは20世紀に広く認められており、いわば以前から知られている知恵です。したがって、生命と環境は結合した相互作用システムであり、そこでは一方の変化は他方に影響し、それによってまたもとの一方も影響を受けます。そこで真の問題は、次のようになります。この結合関係がどの程度重要か、またどの程度緊密か。私たちが信じているように、その結合度はシステム全体に新しい特性を与えるようなものなのか。例えば、生きた有機体のように安定状態や行動を次々と進化させるものなのか。私はこの結合は非常に強いので、地球を一つの全体システムと考えないかぎり、また二つのパーツをバラバラに捉えるのを止めないかぎり、地球の歴史を正しく理解することはできないと考えています。ガイア理論は地球科学の中で検証することが可能であり、正常に発展しつつあります。やがて、事実に基づいて諾否がはっきりするときがくるでしょう。

ガイアから導き出される洞察の一つに、惑星の生命体は少数となつては生きられないということがあり

ます。少数の生命体では惑星は自動調節ができなくなります。ですから、例えば農地を開発するために地球の自然の生態系を破壊するようなとき、このことを忘れてはなりません。惑星が単に陸地だけの存在だったなら、その惑星は地球物理学的、地球化学的に進化し、現在の火星や金星のような状態に向かって進んでいきます。

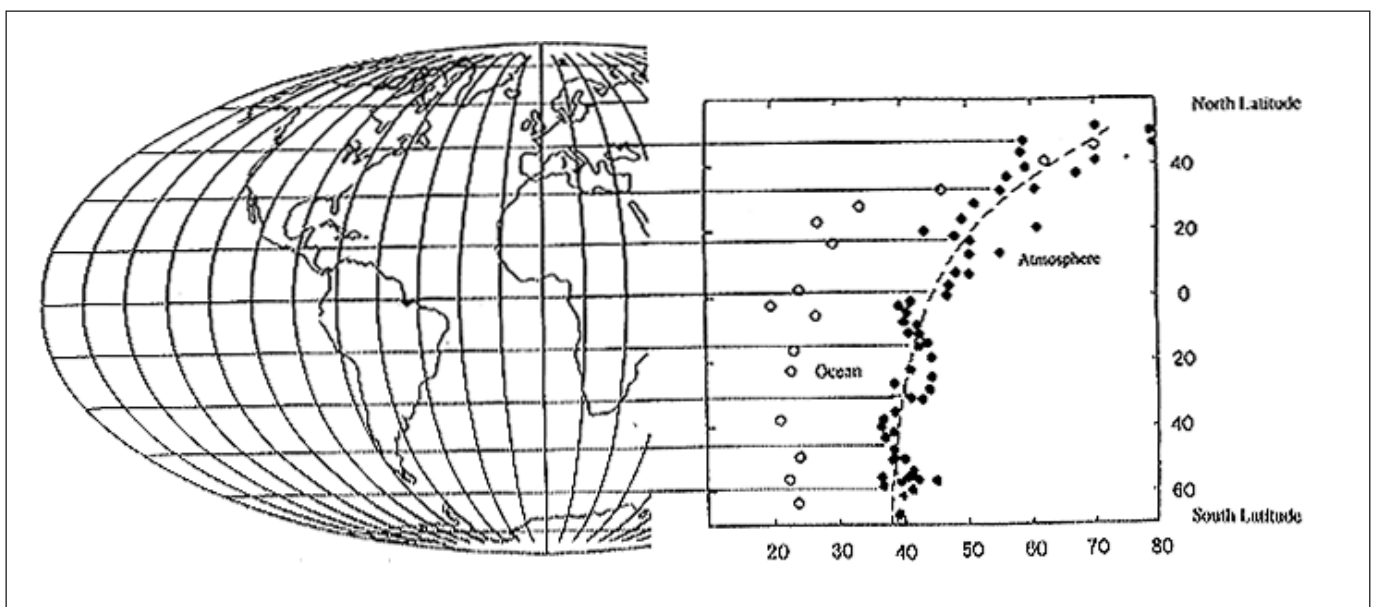
### フロン、イオウ化合物等の分布状況の観測と洞察

ガイアについて考えを深めるうちに、私は自然界の研究へと入って行きました。陸上にはもともとほんの少量しか存在しないが海には大量にある元素、例えばイオウやヨードなどが、どのようにして海から陸地に移動し土地を肥沃にするのか、私は不思議でなりませんでした。

調査のチャンスは1968年にやってきました。その年、私たちはアイルランド西端のバントリー湾に面した別荘を1軒買いました。そのコテージは砂岩の小さな山ハングリーヒルの斜面に建っており、前面は広々とした大西洋に臨んでいました。私は浜辺を散歩しながら、いろいろな種類の海藻を拾いました。集めた海藻をびんに入れ、帰ってから簡単なガスクロマトグラフィーで海藻が放出している揮発性物質を調べてみました。アドリゴルで過ごした夏休みに、私は偶然、大気に関するもう一つの発見をしたのです。風が東から、つまりヨーロッパ大陸の方から吹く日には、大気は霞んで、視界は50キロメートルからわずか1キロメートル足らずに落ちてしまいます。私たちが目にしたのは、ヨーロッパ大陸からアイルランド西部まで延々1,000キロメートル以上もそのまま移動してきた公害に汚染された気団だったのでしょか。

そのもやが果たして自然現象か、あるいは人工のものかをどうやったら見極めることができるか、私には分かっていました。エアゾールに使われるあのフロンの濃度を測ればいいのです。フロン(CFC)は、大気中に数ある化学物質の中で、人間の産業活動によってのみ発生することがはっきりしている点で、ユニークな存在です。他の化学物質は自然界にもあるし、人間の活動が作り出す場合もあります。ですから、もしそのもやが大気汚染のスモッグだったら、それは工業地帯から流れてきたのであり、そのフロン濃度は大西洋の汚染されていない大気より高いに違いないと考えました。夏休みに入って最初の数日間、大気は明るく透き通っていましたが、びっくりしたことにわずかではありますが測定可能な量(50ppt)のフロン11が検出されました。数日後、風向きが変わり、ヨーロッパ大陸から吹くようになると、辺りにはもやがかかり、スモッグの発生地に関する私の考えが正しいことが確認できました。もやがかかった大気のプロン11の濃度は150pptで、澄んだ大気の3倍もありました。人間が作り出したものであることは、明らかでした。のちの調査で分かったのですが、それはオゾンをたくさん含んだ光化学スモッグで、南フランスやイタリアでバカンスに出かける何百万台という自動車の排気ガスが、約1,600キロメートルも風に乗って運ばれてきたのでした。

このほんのちょっとした研究は、もしかするとこのまま終わってしまっていたかもしれませんが、しかし、私の関心がとても高かったことに加えて、私に仕事を命じる雇い主がいなかったために、私はきれいに見



大西洋の上空大気にも海中にも多量に計測されたフロン11  
*Nature*, Vol. 241, January 19, 1973



える大西洋の大気が50pptのフロン濃度を示したことにこだわり続けました。フロンを含んだ大気は、アメリカから大西洋を越えて移動してきたことはないのだろうか、あるいはもっと重要なことに、フロンは取り除かれる方法がなくて、地球の大気の中にどんどん蓄積されたのだろうか。解答を得るには、南半球まで船で往復して、世界各地のフロン濃度を測定するよりほかにありません。私には、ほかにもその航海をしたい理由がありました。イオウとヨードについて元素循環における物質移動速度を説明できるような量のそれぞれの化合物が海から放出されているのかどうか、それを確認したかったのです。この実験航海に対して資金援助を得ようとしたのですが、ダメでした。しかし、独立の研究につきものの資金不足も私の熱意を冷ますには至らず、結局、妻は生活費から資金を捻出することに同意してくれました。

私がこの調査で用いた計測装置は非常に簡単なもので、私はたった数日でそれを作ったほどです。この装置は、6か月にわたる航海中、一度も故障せずに働いてくれました。この装置を含めてかかった研究費の合計は、日本円にしてわずか4万円でした。しかし、航海中に得た発見は、『ネイチャー』誌に3回にわたって報告するほど、豊富なものでした。

この研究旅行で、クロロフロロカーボン(いわゆるフロン)、四塩化炭素とトリクロロエタンは世界中に存在することが明らかになりました。また、予想もしなかったヨウ化メチル、ジメチルサルファイド、二硫化炭素なども発見できました。今日、硫化物の排出が環境に与える影響は、フロンと同様に重大だと見られています。

シェリー・ローランド博士とマリオ・モリナ博士の2人は、私のデータを使って『ネイチャー』誌に歴史的な論文を発表し、フロンが成層圏のオゾンを破壊する可能性について懸念を持っていると述べました。当初、私はむしろ懐疑的でした。私は科学の優秀性を疑ってはいませんでした。事実、1974年に私は成層圏の大気のサンプルをとって、成層圏がフロンの溜り場になっているというローランド/モリナの仮説を検証することができました。私が疑問に思ったのは、1970年代半ばに大気中のフロン11とフロン12の濃度がそれぞれ50ppt、80pptであることが地球環境にとって果たして重大な脅威だろうかという点でした。新しい仮説が簡単に受け入れられないのは、科学の常です。私はガイア仮説で根強い反対を経験していましたから、よく分かっていました。私の懐疑主義は、ある程度ここからきていたのです。そのときは、必要なのは禁止ではなく、監視(モニター)だと思えたのです。今にして思えば、フロン排出の早期禁止に反対したのは間違っていたと思います。世界各国が問題を理解してフロンに関するモントリオール議定書の合意に至るまでには、長い時間がかかることを私は見落としていました。

時が経ち、フロンを地球規模で包括的に監視する必要が増大し、1977年、ロナルド・G・プリン博士らがフロン濃度を世界規模で正確に監視することによって、大気中でのフロンの滞留時間を計算するのに必要なデータを得ることができると提唱しました。翌1978年、アドリゴルの私の別荘が、後にGAGEグローバル・モニタリング・ネットワークを構成する監視ステーションの第1号となったのです。この最初の監視ステーションが成功したことによって、その後、バルバドス、オレゴン、サモア、タスマニア、そしてわがアドリゴルの五つのステーションからなるネットワークが設立されることになりました。この大気監視ネットワークは、現在に至るまできわめてうまくいっています。そこで得た結果から、フロンの推定大気滞留時間が算出されました。

フロンの監視に当たっては、正確に測定することが肝要でしたが、私たちの検出器でほんの数pptの濃度の気体を測る目盛りを刻むのは、言うは易く行うは難しです。私は二重の解決策を施しました。まず最初に、検出器内でフロンと反応した電子の数を理論的に計算しました。これは絶対的な分析値で、修正の必要はありませんでした。私は、この方法による誤差は20%を超えないと確信していました。この誤差は、のちに5%にまで下げることができました。私がついた2番目の解決策とは、自宅と研究室とを大西洋に臨む遠方の田舎に引っ越すことでした。私はそこの納屋を改造し、50立方メートルの大きさを持ち、指数関数的に希釈できるチャンバーを作りました。このチャンバーによって、グローバル・モニタリング活動の初期に使われた標準値が正確なものとなりました。

1974年に、ピーター・S・リス博士とP・G・スレーター博士がシャックルトン号のデータを使って、海洋から大気に蒸発し、また海洋に戻るジメチルサルファイドやハロゲン化炭素の流束を算出しました。1970年代後半になると、ドイツのアンディ・アンドレア博士が世界各地の大気と海水に多量に存在するジメチルサルファイドを正確に測定することを目的とした一連の調査を行いました。今日、私たちが持っているジメチルサルファイドの分布状態に関する知識の大半は、この詳細な研究のおかげとってよいで

しょう。

1986年、私はアメリカ・シアトルのワシントン州立大学に招かれて1か月滞在したときに、大気中に浮かぶ雲の凝縮核 (CCN) の重要性に興味を持っているロバート・チャールソン博士とときどき一緒に過ごしました。雲の凝縮核は大部分が、とくに海洋上空では、硫酸とそのアンモニウム塩との細かい粒となっています。私は、なぜそれに興味を持つのか、彼に尋ねてみました。驚いたことに、彼はこう答えたのです。もし凝縮核がなかったら、雲もできないはずだと。もちろん純水の小さな粒は大きな粒より高い平衡蒸気圧を常に持っていることは知っていましたが、雲の粒には自然の選択作用が働いて、比較的大きな粒は雨となって大気から急速に落ちていくという明白な事実と結びつけて考えたことはありませんでした。言い換えますと、今ではよく知られていることですが、核がなければ雲も発生できないということです。最初、私は大気中には核として働くのに十分な量の海塩とその他の水溶性粒子が存在するのではないかと行って、彼に反論しようとした。チャールソン博士は、それに対してこう説明したのです。「地表の大部分、つまり海洋に関して、海塩の粒子の数は大気中の多量の雲の凝縮核を説明するには少なすぎる。硫酸や硫酸アンモニウムの粒子はたくさんあったが、これらの発生源が産業活動や火山活動とは考えられない。では、どこから発生したのか。そうした粒子は、大洋を超えて遠方へ移動することはできない。ということはその地域で発生する以外にない。」科学を研究していると、真理が突如として見えてくる幸せな瞬間があります。このときがそうでした。“ジメチルサルファイドの大気酸化”がその答えに違いありません。私たちは、大気中のジメチルサルファイドに詳しいアンドレア博士と、これらの考えについて話し合いました。私たちの結論は、1987年の『ネイチャー』誌に論文として発表されたのです。

私はガイアへの関心からやがて気候制御メカニズムの研究へと進み、1983年にはマイケル・ホイットフィールド博士やワトソン博士と一緒に、生物学的に加速された岩石風化によって二酸化炭素が大気から吸い出されるというメカニズムが一つの可能性として考えられると提唱しました。また、海中の藻類と雲と気候との間に一定の関係があるという可能性も常に考えていました。最初のうちは、その可能性があるように見えませんでした。現在では藻類と雲と気候の間に一定の関係があるということについての強力な証拠があがっています。1995年にリー・R・クンプ博士と私は、海水の温度が12℃以下の比較的寒い地域では、この関係は明らかに存在することを実証しました。ただ、曇天と気候との関係は非常に複雑で、解明には時間がかかるでしょう。ジメチルサルファイドをめぐる激しい論争や世界中の研究が示した関心は、世界を違った観点から見る手段としてガイアに十分価値があることを教えているように思えます。それが事実であるか否かは、このことに比べれば重要ではありません。

科学は今日でもなお、career (出世の手段としての職業) でなく、vocation (天性の職業) だということがお分かりいただけたのではないのでしょうか。ちょうど芸術家や小説家と同じように、自分の家でもできる部分があるのです。田園の小道を通り、海岸を歩きながら環境科学の研究をすることで、私は自然界と密接なつながりを保つことができたのです。

本日、私は皆様にECDがどのように環境運動の発展に影響を与えたか、どのようにしてこの簡単な検出器のおかげで私が新しい情報を求めて文字通り世界各地を旅したかをお話ししようと思いました。同じような旅は心の中にもあり、とくにNASAの宇宙計画で提供された機会により、ガイアの世界を外から見ることができました。ティム・レントン博士とステファン・ハーディング博士という2人の有能な後継者を得る幸運にも恵まれました。ブループラネット賞をいただいたことによって、こうして皆様に直接お目にかかれたことも、私にとって大変楽しい貴重な経験でした。