



平成24年度（第21回）ブループラネット賞
受賞者記念講演会講演録

目次

ご挨拶	1
プログラム	2
コーディネータープロフィール	3
受賞者紹介	
ウィリアム・E・リース教授	4
記念講演「環境収容力、グローバリゼーション、そして 持続不可能な国家間のエンタングルメント（もつれ合い）」	
マティス・ワケナゲル博士.....	22
記念講演「前提の再構築：グローバルオークション時代への突入」	
受賞者紹介	
トーマス・E・ラブジョイ博士	31
記念講演「気候変動に対する大胆な解決法」	
ブループラネット賞	42
旭硝子財団の概要	46
役員・評議員	47

受賞者紹介

トーマス・E・ラブジョイ博士（米国）

Dr. Thomas E. Lovejoy

ジョージ・メイソン大学環境科学・政策専攻教授



●受賞業績

『人間の活動が生物多様性を損ね、地球環境の危機に至ることを学問的に初めて明らかにするとともに、世界の環境保全に大きな影響を与えた業績』

●略歴

- 1941 米国生まれ
- 1955-1959 ミルブルック・スクール（中等教育を行う私立寄宿学校）在学中に生物学に興味を持つ
- 1964 エール大学にて生物学学士号を取得
- 1964-1965 エール大学カーネギー・ティーチング・フェロー
- 1965 熱帯生物学者および保全生物学者としてブラジルのアマゾンにて調査を実施。その間、科学・地域環境政策のための仲介役を担う
- 1971 エール大学にて生物学博士号を取得、G・イヴリン・ハッチンソン（G. Evelyn Hutchinson）博士に師事
- 1970年代 一般の人々に向けた森林破壊に関する啓蒙活動に従事
- 1970-1980年代 世界野生生物基金に参加（プログラム・ディレクター、科学担当副総裁）
- 1973-1987 世界野生生物基金（現世界自然保護基金）にてマイケル・スーレおよびブルース・ウィルコックスとともに環境保全プログラムを主導
- 1978 B・A・ウィルコックスらとともに保全生物学に関する世界初の国際会議を開催（ラ・ホーヤ）、保全生物学の確立に多大な貢献を果たす
- 1979 森林断片の生物的動態プロジェクトを始動
- 1980 2つの文献で「生物学的多様性」という用語を紹介
世界全体の種の20%が2020年までに絶滅すると予測
世界で初めて世界の種の絶滅速度を発表（『西暦2000年の地球』）
- 1980年代 主にブラジルのアマゾンの熱帯雨林に対する世界の関心を高める
- 1982 PBSやディスカバリーチャンネル、その他多くのテレビ局で放送され、主に一般の人々に大きな影響を与えたテレビシリーズ「ネイチャー」の制作に参加
- 1987-1998 スミソニアン研究所にて環境および渉外担当次官
- 1989 世界自然保護基金に自然保護債務スワップを導入
- 1989-2009 レーガン、ブッシュ、クリントン政権において科学・環境顧問
- 1992, 1997 ロバート・L・ピーターズとの共著『Global Warming and Biological Diversity』を出版
森林断片の生物的動態プロジェクト（BDFPプロジェクト）に関する論文を発表（ビエルガードら、およびローレンス）
- 1993 米内務長官科学顧問
- 1994 スミソニアン研究所生物多様性・環境担当官顧問
- 1998 スミソニアン研究所環境保全生物学ディレクター
- 1999 OECDメガサイエンス分科委員会委員長として地球規模生物多様性情報機構（生物多様性に関する情報の世界的なデータベース）の設立を提言。GBIFは2001年3月に創設された。
- 2002-2008 ハイツ・センター所長
- 2008 ハイツ・センター生物多様性担当教授
インターナショナル・ヘラルド・トリビューンの論説ページでティム・フラナリーおよびアヒム・シュタイナーとともにCO₂大気濃度を削減する方法として地球規模での生態系の修復を提唱

- 2009 ナショナルジオグラフィック社会保全担当フェローおよび地球環境ファシリティ科学技術諮問委員会委員長
- 2010 ジョージ・メイソン大学環境科学・政策専攻教授
地球規模生物多様性概況第3版（GBO3）のレビューを共同監督、国際連合総会にて発表

●主な受賞歴等

- 1998 Order of Brazil in the Grade of Grand Cross (science)
- 2001 Tyler Prize for Environmental Achievement
- 2005 Ralph W. Schreiber Conservation Award
- 2009 Frontiers of Knowledge Award (Ecology and Conservation Biology category)

ラブジョイ博士は、土地利用が生物多様性と生態系にもたらす深刻な影響に関する創造的かつ重要な数多くの研究に大きな成果をあげた。1965年にはすでに、ブラジルのアマゾン熱帯雨林で生態系に関する調査に着手し、1967年には熱帯雨林で鳥類標識調査²を開始し、群集生態学³の観点からアマゾンに生息する渡り鳥の観測を行った。

ラブジョイ博士は、1987年にスミソニアン研究所研究員兼世界野生生物基金（現世界自然保護基金）現地調査員としてアマゾンでの実地調査を開始した。1979年にはスミソニアン研究所と国立アマゾン研究所（INPA）による共同研究の責任者に指名され、米国人研究者とブラジル人研究者たちを率いて先駆的な景観実験¹を実施した。この種の長期的な実験としては景観生態学史上最大の規模となった、森林断片の生物的動態プロジェクト（BDFFP）として知られるこの実験は、1967年に開始されたラブジョイ博士の鳥類標識調査²に裏付けられ、ラブジョイ博士率いるグループは、生態系最小危険区域⁴という独自の概念に基づいて研究を行った。そしてこの研究から、しっかりと整備された保護区域は細かく分断された同じ面積の保護区域に比べ種の存続が各段に優れていることが明らかになり、大規模な自然公園や自然保護区の設計および管理に関する有益な指針が得られた。また、このプロジェクトは600以上の学術論文と100本を優に上回る数の学位論文、数々の書籍を生み出し、長年にわたって中南米出身の生物学者たちに実地調査訓練のための重要な場を提供することになった。このプロジェクトで明らかになった生息地の消失と分断は、今では気候変動と並び、生物多様性に対する最も大きな脅威の1つであると考えられている。

1970年代には熱帯雨林の減少がもたらす影響について一般の人々に対する教育活動に傾注し、1980年には種の絶滅速度予測を発表し、種の絶滅について、世界で初めて政策レベルで警鐘を鳴らした。

ラブジョイ博士はまた、生物多様性に影響を与える「生息地の分断」と熱帯雨林破壊の加速等による炭素蓄積動態について、難解で予測不可能なその特徴を解明することに初めて成功した。博士は研究を通して環境保護の科学とその実践に関して見識を深めてきた。その優れた功績の一例として挙げられるのが、自然保護債務スワップ⁵の提唱である。これは、森林破壊や気候変動といった大きな変化が熱帯雨林に与える影響に対処し自然景観を保護するための重要な政策メカニズムであり、1989年以降、間違いなく11カ国以上で採用されている。自然保護と100万ヘクタール以上に及ぶ生物保護区域の保全を目的として、10億ドルをはるかに上回る規模の環境保護基金も創設された。自然保護債務スワップは、国際的な環境プロジェクトを支える最大の財源の1つとなっている。

ラブジョイ博士は、ブラジルにおける数々の環境保護活動への貢献が認められ、環境科学者としては初めて、ブラジル政府よりリオ・ブランコ勲章を授与された。また、1998年にはブラジル政府より大十字科学勲章が贈られた。

その他の主な経歴

ラブジョイ博士は、1941年8月22日ニューヨーク生まれ。ミルブルック・スクール（ニューヨーク・ミルブルック）在学中に14歳で生物学に興味を持つ。エール大学にて生物学学士号（1964年）および博士号（1971年）を取得。1964年から1965年まで、エール・カーネギー・ティーチング・フェロー。さらに、スミソニアン研究所自然史博

物館によるベレン・プロジェクトの研究助手およびフィラデルフィア自然科学アカデミーの計画担当官補佐を務めた。1970年代半ばから1980年代半ばにかけては、世界自然保護基金（WWF、米国）において、プログラム・ディレクター、科学担当副総裁、上級副総裁等、数々の要職を歴任。1987年に環境および渉外担当次官としてスミソニアン研究所に移った。1993年に米内務長官科学顧問、1994年にスミソニアン研究所生物多様性・環境担当官顧問に就任。1998年まで同研究所で保全生物学の責任者を務めた。レーガン、ブッシュ、クリントン政権では、科学および環境に関する諮問委員会の一員として、生態系に関する独自の分析と解釈に基づき、影響力を振るった。博士はまた、地球環境の改善に資するため、中南米およびカリブ海諸国出身の環境保護専門家の育成も行っている。生物多様性首席顧問および中南米・カリブ海諸国における環境問題に関する首席専門家として世界銀行に勤務した経験も持つ。

保全生物学会では、創設後数年間にわたって議長の1人を務めた。また、ニューヨーク植物園、地球環境ファシリティ（GEF）、国立環境研究所委員会、キュー王立植物園、世界野生生物基金、未来資源・世界資源研究所を初めとする多数の科学・保全委員会や諮問グループにも参加している。

ラブジョイ博士は、米国芸術科学アカデミー、米国科学振興協会、米国鳥学会、米国哲学協会、ロンドン・リンネ学会でフェローを務めている。

2001年にタイラー環境賞、2005年にラルフ・W・シュレイバー保全賞（Ralph W. Schreiber Conservation Award）、2009年にBBVA財団の知識フロンティア賞生態系・保全生物学部門を受賞。2009年にはナショナルジオグラフィックの保全担当フェローに指名された。

ラブジョイ博士は、2002年から2008年まで、科学・経済・環境に関する研究を行うハインツ・センター（ワシントンD.C.）の所長を務め、現在は同センターで生物多様性の教授職にある。また、2010年にはジョージ・メイソン大学（米国）環境科学・政策専攻教授に就任した。

ラブジョイ博士は、今日地球環境における深刻な問題として関心を集めている生物多様性の分野において先駆的な成果を上げてきた。なかでも注目すべきは、「地球の肺」であるアマゾンの熱帯雨林が危機に瀕しているという事実を全世界に知らしめたことである。彼は、1980年に「生物学的多様性」という言葉を生み出した。後に「生物多様性」と略されるようになったこの言葉は、世界中に広まり、環境に関わる人々の間ではすでに一般的な知識として定着している。このことだけを取ってみても、博士がいかに大きな影響力を与えて来たかが分かる。博士は、著書や講義を通じて、人口の増加、生息環境の枯渇・消失、気候変動、環境汚染、過剰な森林破壊、その他の方法による動植物の生命の過剰な搾取が世界的な種の絶滅を急速に増加させる可能性があるという事実を広く一般の人々に伝えるための活動を献身的に展開しており、また米国議会での証言や視聴者からの評判が良く長寿番組となった「ネイチャー」等のテレビシリーズ等、積極的な取り組みを行っている。

ラブジョイ博士は、多数の科学論文を発表しており、以下の書籍を共同執筆および共同編集している。

『Key Environments: Amazonia』（G. T. Pranceとの共著）、『Global Warming and Biological Diversity』（R. L. Petersとの共著）、『Ecology, Conservation and Management of Southeast Asian Rainforests』（R. Primackとの共著）、『Lessons from Amazonia』（R. O. Bierregaard Jr., C. Gascon、およびR. Mesquitaとの共著）、『Climate Change and Biodiversity』（Lee Hannahとの共著）

- 1：景観実験には、「生息地の分断」がもたらす広範な影響の分析が含まれる。これは、土地利用の変化に伴うシステムとしての熱帯雨林全体に対する影響の調査を目的とするものである。生物の本来の生息地が農地や市街地、人工林となり、景観における生息地の割合が減少することを「生息地の消失」という。生息地の面積が減少し、その結果生息地が孤立することを生息地の分断という。
- 2：鳥類標識調査では、鳥の脚に記号や数字を付した小さな足環をつけて放鳥する。その後、それらの鳥を捕獲および足環の番号で識別し、それぞれの動きや寿命について正確な情報を得る。
- 3：群集生態学は、同一地域に生息する生物の関係（種間関係）を解明する、あるいはそれらのメカニズム（コミュ

ニティ構造)を把握するためのものである。

- 4：分断された小さな孤島のような土地の場合、分断される以前の生物多様性が維持できないことから、種は減少する。新しい種の流入も減り、結果として種の絶滅が引き起こされる。
- 5：発展途上国の累積対外債務を肩代わりすることを条件に自然保護区の保全プログラムを導入することを義務付けるメカニズム。

気候変動に対する大胆な解決法

トーマス・E・ラブジョイ博士

世界の国々が今年の6月にリオに再び集まった時、地球が抱える多大な環境問題に、世界が一体となり必要な規模と緊急性を持って対応することに失敗したことは明白でした。2009年にストックホルム環境研究所のヨハン・ロックストローム (Johan Rockstrom) らが考案した地球の限界分析(the planetary boundaries analysis)ほど、そのことを雄弁に語っているものはありません。今や古典となっているこの図表は、十分なデータが揃っている環境指標の内の3つがすでに限界を大幅に超えていることを示しています。第一が窒素循環の異常で、農業やその他の人間活動によって、地球には現在、生物学的に活性な窒素が、自然に存在する量の二倍もあります。第二が気候変動ですが、その影響はこの図表では明らかに過小評価されています。その理由はこの講演中にご説明しましょう。第三の、そして他の2つよりはるかに大きなものは、生物多様性の喪失です。これは、まさにそうなるべくして起こっているのです。環境問題は当然、生態系に影響を与えるものですから、生物多様性には基本的に、あらゆる環境問題が取り込まれます。今日の講演では主に、よくも悪くも非常に緊密に関連し合っている生物多様性と気候変動についてお話いたします。

1896年、スウェーデンの科学者スヴァンテ・アウグスト・アレニウス (Svante August Arrhenius) が非常に重要な疑問を抱きました。その疑問とは、「なぜ地球の気温は、人間やその他の生命体にとって居住可能になっているのだろうか？寒すぎないのはどうしてなのか？」です。この答えは言うまでもなく、「温室効果ガスがもたらす温室効果によって地球が暖められるから」でした。驚いたことに、アレニウスはペンと紙を取り出し、産業革命前の二酸化炭素量が2倍になったら地球の平均気温はどうなるかを計算し、現代のスーパーコンピューターが出している値と非常に近い値を導き出したのです。

アレニウスが知ることができなかったのは、それまで何十万年間に気候がたどってきた詳しい経過や、特に過去1万年間、気候が目を見張るほど安定していたという事実でしょう。その1万年間には、人類の歴史のうち記録に残っているすべての時期と、記録に残っていない時期のかなりの部分、農業の始まり、人間の定住生活の始まりを含んでいます。つまるところ、人間界全体は基本的に、気候は安定しているという前提に立っているのです。

この1万年の間に、あらゆる生態系も安定した気候に適応してきました。

それが今、急速に変わってきています。産業革命前の大気中の二酸化炭素濃度は280ppmでした。現在はこれが400ppmに迫りつつあり、北極圏における最近の測定では400ppmに達したという記録もあります。結果的に放射エネルギーが蓄積されるまでにはタイムラグがありますが、それでも地球の気候システムはほぼ予想された通りの反応を示しています。地球の気温は産業革命前に比べて0.8から0.9度上昇し、世界全体の二酸化炭素排出量は、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)が直近の報告書に記した最悪のシナリオを上回ってきています。

自然界には、すでにそれらに対する反応の兆しが現れています。その一部は固相もしくは液相の水に関連しています。最も衝撃的なのは、北極海の氷が年間の海水消長の循環を経ながら、広さと厚みを失い続けていることです。つい最近も、グリーンランドの氷河から、マンハッタンの2倍の面積の氷塊が崩落したばか

りです。また、北半球のさまざまな湖で、結氷期が遅くなり、解氷期が早まってきています。世界のほぼ全域で、氷河が後退しています。米国モンタナ州のグレイシャー国立公園はもうすぐ、グレイシャー(氷河)を失い、氷河は名ばかりのものになるでしょう。熱帯では、ほとんどの氷河が後退しており、この勢いでは15年以内にすべてが消えてしまうでしょう。

その他の物理的な変化には海面上昇があります。当初は気温上昇がもたらした物理的な海水の熱膨張だけでしたが、今では陸の氷河が融解して流れ出した水が加わって、海面はさらに上昇しています。メリーランド州の東岸では、ブラックウォーター野生生物保護区が海面上昇と自然発生的な地盤沈下に同時に見舞われています。このまま行けば、そのうち海洋生物保護区になりそうです。猛烈な熱帯低気圧の発生頻度も高まっているようです。そのことを示す証拠や、異常気象の発生頻度の高まりを証明するデータは、日を追って増えています。米国西部で山火事が増えていることは間違いありません。夏の気温上昇と、雪解けの時期が早まったことが原因です。

この講演では生物の反応に焦点を当てることにします。植物種は気候変動に合わせてそれぞれ、通常の年周期を変化させています。米国ニューイングランド地方では、ライラックの開花期が早まっています。英国王立植物園のキューガーデンでは、いくつかの植物種の開花の時期が早くなっています。似たような変化が、日本でも必ずや観察されていることでしょう。さまざまな時期を変化させているのは、植物種だけではありません。動物も同じです。米国では、ミドリツバメが早い時期に渡りをはじめようになり、巣作りや産卵の時期も早まっています。2種の渡り鳥は、移動することさえやめました。

さらに重要なのは、生物種たちが生息地を変えているという現象です。米国で最もよく研究されているチョウ2種のうちの1つであるエディタヒョウモンモドキ(Edith's Checkerspot butterfly)は、気候の温暖化に合わせて生息地を明らかに北に、より標高の高い地域にシフトさせています。カリフォルニア州のヨセミテ国立公園近くにあるシエラネバダ山脈では、昔は標高2,000フィート(約610メートル)以上から積雪がありましたが、現在ではそれが3,500フィート(約1,067メートル)以上になっています。その結果、標高2,000メートル辺りで冬の積雪を給水源として生きていたポンデローサマツが姿を消しつつあります。ジョシュア・ツリー国立公園では、生息に必要な条件を満たすため、ジョシュア・ツリーが公園外の他の場所へと移っています。植樹活動を希望する人々を支援するために設立された全米樹木の日基金(The National Arbor Day Foundation)は、植樹を行う人々のために、住む地域に植樹して定着しやすい種を地域別に示した新しい植物生育条件地図を発行することが必要だと考えるようになりました。

こうした変化は海洋でも起きています。魚の分布およびプランクトンの分布状況が変化しています。北米最大の湾口であるチェサピーク湾に生息するアマモの群落は、生育上限温度の変化に非常に敏感です。その結果、アマモ群落の南限は年々、北へと移動し続けています。

変化が起きているのは北極地方、亜寒帯、温帯だけではなく、熱帯でも変化が起きています。熱帯では、高地を除いて、気温面での変化は他の地域ほど大きくないことがあり、それよりも湿気に関する変化が目立ちます。雲や霧に包まれた森として有名なコスタリカのモンテベルデ・クラウド・フォレストでは、雲がより標高の高い場所で、より頻繁に発生するようになりました。その結果、晴天の日数が増えており、雲の水滴をほとんど唯一の水分の供給源としている生態系に、極めて深刻な影響が生じる可能性が出てきています。

緊密に関連している2つの特徴が、それを引き起こすのに異なる時間調整メカニズム(主に日照時間対気温)を使用しているケースでは、デカップリング(分離)現象が起きています。たとえば、季節ごとに周りの色に合わせて毛の色を変えるカンジキウサギが、もはや雪がなくなり白くない風景の中で、白い毛皮をまとっている姿が目撃されることが増えてきています。アラスカ北岸では、ハジロウミバトが岸辺に巣をつくり、そこから海水の端まで飛んで行ってマダラを捕食しています。この巣から海水までの長さがどんどん長くなっており、巣の群落の少なくとも1つが、往復移動距離があまりにも長くなったことが原因で、存続できなくなりました。

ここまでお話してきたことはもはや、単なるひとつの例や逸話ではありません。今では統計的にもはっきりしており、科学者が調査を行っている世界のあらゆる場所で、自然にさまざまな動きが起きていることは明らかなのです。

ここまで述べてきたことは、生きものに起きているさざ波程度のものです。本当に知りたいのは、気候変動が進むと世界はどうなっていくのか、ということです。

生態がよく知られている種の場合は、その個体が今後、生息する可能性が高い気候区分を予測することが可能です。たとえば5つの主要なコンピュータモデルによると、ニューイングランド地方で非常に人気のあるサトウカエデは将来、二酸化炭素濃度が産業革命以前の2倍になる頃には、カナダにのみ生息することになるでしょう。秋のカエデの紅葉、そしてメープルシュガーやシロップを楽しみたい米国人たちは、国境を越えて旅行に出る必要が出てきます。ヨーロッパブナについても、同じような予測がなされています。

気候変動は気温に限った話ではありません。水分にも大きな影響があります。陸上生物にとって、最も重要な2つの物理的パラメーターは気温と水分です。水中生物にとっては気温とPH(酸性度)です。これらすべてが変化してきています。チャド湖では、気候変動による干ばつに、湖を囲む盆地の土地利用の変化が重なり、湖の規模が35年前のわずか5%まで縮小しています。

淡水生態系と淡水種は干ばつだけでなく、気温にも影響されます。冷たい水に住むマスの種がその一例でしょう。

高地に生息する種は、上へ上へと移動していくといつか頂上に達し、それ以上移動しようにもそうできる場所がなくなってしまうため、非常に弱い立場に置かれることになるでしょう。そうした例のひとつが、ウサギの親戚であるアメリカ・ナキウサギで、ロッキー山脈の上のほうに多くの群落をつくって生息している種です。このオーストラリア(クイーンズランド州)の熱帯雨林地方原産の脊椎動物は今後、温暖化の進行と共に絶滅に向かうと予測されています。

沿岸生物は海面上昇がもたらす変化に影響を受けますが、島の生物はより大きなダメージを受けるでしょう。海拔の低い島に生息している場合、自分たちの島が消えていくという事態に直面します。では海拔が高い島の場合は大丈夫かと言えば、決してそうではありません。自分たちがこれまで適応してきた気候がもはや過去のものとなり、必要な条件を求めて移動しようにも、移れる場所がないからです。

つまり現段階で最も弱い立場に置かれているのは、標高の高い場所と島に生息している種でしょう。当然ながら、歴史的に氷との結びつきが強い種は著しい危険にさらされます。そのような種は、ホッキョクグマ

以外にも多数あるのです。

気候変動が進むにつれて、複雑な問題が数多く出てきているため、生物多様性の保全を管理していくことが以前よりはるかに難しくなっています。

第一の問題は、人間が景観・地形(ランドスケープ)に与えた影響に関係しています。気候変動はもちろん、地球の歴史の中でこれまでもありました。北米やユーラシアでは生物多様性を大きく損なうことなく、氷河が増えたり、減ったりを繰り返してきました。過去の気候変動と今回との大きな違いは、ランドスケープが人間活動によって大きく変えられており、ほとんどの生息地が激しく分断されていることです。その結果、生物種が自分たちに必要な条件を求めて外の世界に出ていくことは、ほとんど障害物レースのコースのような厳しい地形・景観を越えていくようなものになっています。

現在の障害の程度であれば、ランドスケープ内の自然の連鎖を復元するプログラムを通じて容易に対応できます。河川沿いの水辺植物を復元することは、水質、淡水生態系、土壌浸食防止にとって重要なだけでなく、ランドスケープに強い関連性を取り戻すことにもなります。理想的には、人間が支配するランドスケープ内に自然が飛び飛びに何とか生き延びている現在の世界から、人間の向上意欲追求が自然の絡み合いの中でなされる世界へと変えていくことでしょう。

第二の問題は、生物の共同体と生態系がかたまりとして移動しないことにあります。動くのは共同体ではなく、個々の種です。それらが各々、異なる方向性と速さで動いています。ヨーロッパ最後の氷河の後退後に起きた大きな気候変動に伴い、種は個々に動き、その結果、生態系は本質的に解体し、生き残った種は再び集合して、前もって想像できなかった新奇な生態系が生まれます。ヨーロッパ最後の氷河の後退後の昆虫1種、哺乳動物2種、樹木種3種を分析した結果、そこには共通のパターンがないことが明らかになっています。

第三の問題は、コンピュータモデルはすべて直線的で段階的な変化を考えていますが、気候と生態系の双方に突然の変化が起きることは間違いありません。たとえば気候システムでは、地球上の熱移動に関わり(気候システムに影響を与える)海洋にある大きな海流が、地質学上の過去の年代には止まってしまったことがわかっています。

突然の変化はすでに生物システムの中で観察されています。北米の西部(アラスカ南部からコロラド南部にかけて)にある針葉樹林では、在来種のクワイムシのせいで、深刻な枝枯れが起きています(場所によっては最大70%の木が枝枯れしています)。冬が昔より温暖になったため、越冬するクワイムシの個体数が増えたことに加え、夏が長くなったせいで、より多くの子孫を残せるようになったからです。その結果、バランスはクワイムシに優勢な方向に大きく傾いており、森林経営と火災管理に深刻な影響が出ています。こうした森林が最終的にどのようなようになっていくのか、想像が付きません。

これと似たような突然の変化が、熱帯のサンゴ礁で観察されています。サンゴ礁の生物と藻類の間には熱帯礁の生態系の中心に位置する基本的な共生関係があります。この関係が、サンゴ礁から100メートル圏内に住む人類の12分の1に利益をもたらす大いなる多様性と生産性に満ちた目が覚めるほど鮮やかなテクニカラーの世界を支えているのです。

この共生関係は、水温がほんの短期間、いつもより高くなっただけでもダメージを受けます。水温が上がると、サンゴが内部に共生させていた藻を放出し、「白化」と呼ばれる現象が起きて生態系全体が崩壊します。そして鮮やかだったサンゴ礁がモノクロの世界に変わり、多様性、生産性、そして人間が得ていた利益が崩壊します。この現象は1983年に初めて観察され、それ以降、頻繁に起こっています。気候変動が現在たどっている経過では、熱帯のサンゴ礁の前途は暗いでしょう。

気候変動はさらに大規模な、「システム変化」と呼んでいいほどの変化ももたらしています。システム変化の始まりの一例は、アマゾンの熱帯雨林で起きました。アマゾン川は熱帯大西洋から来る水分に依存しており、その水分は、気団がアンデス山脈に向かう中で雨になりまた蒸発し循環します。つまり、アマゾン川は、流域に降る雨のおそらく半分ほどを生み出している水循環に依存しているわけです。

雨が降ると、かなりの割合一場所によっては75%もの一水分が、熱帯雨林の複雑な表面からの蒸発や樹木の蒸散を通じて、西に向かう気団に戻ります。この水分をたっぷり含んだ大気がアンデス山脈の高い壁にぶつかると、水分の大半が雨になって下に落ち、アマゾン川水系に入ります。一部は川をそれて、アマゾン川の南に降り、とりわけブラジル有数の農産物地帯をはじめ、アルゼンチンの北部までの幅広い地域に雨をもたらします。

ずっと前から、どのくらい森林破壊が進むとこの水循環の働きが低下するのか、という疑問の声があがっていました。その流れを受けて数年前に、ハドレーセンターの気候変動モデルが、気温が2.5度上昇すればアマゾン川南部と東部が乾燥状態になる、という予測を出しました。のちの解析では、2.0度の上昇で起きることが明らかになりました。より最近のハドレーセンターの解析にはデータが出ていません。不吉なことですが、もしかしたらアマゾン川は、アマゾンの枝枯れの予告編として、2005年の史上最悪の干ばつと、2010年にはそれを上回る渇水に見舞われたのではないのでしょうか。

また、森林火災や森林破壊に関する研究プロジェクトはいずれも森林が乾燥状態にあることを示しています。これを受け、世界銀行が100万ドルの予算を投じて、世界で初めて森林火災と森林破壊の複合的な影響を調べたモデル調査を実施しました。その結果、森林破壊率20%あたりの地点に、アマゾンの枝枯れに向かうティッピング・ポイントがあるらしいことが明らかになったのです。現在の森林伐採率が19%近いことを思えば、非常に気がかりな結果です。ただ、うれしいことに、天然林と生産林を組み合わせた積極的な森林再生プログラムを実施することで、ティッピング・ポイントを遠ざけることができるばかりか、荒地や森林が伐採された土地に一定の経済的収入をもたらせる可能性があります。

2005年には、さらに大規模なシステム変化が認められました。海洋の酸性化です。それまでは、海洋に二酸化炭素排出量の一部を吸収する働きがあるのは幸運なことだと考えられていましたが、その一部が炭酸に変化することは看過されていました。その結果、現在では海洋中の酸性度が、産業革命前よりも0.1PH高くなっています。PH尺度は対数で表示されるので、この値は酸性度が当時より30%以上アップしたことになります。

人類が地球の3分の2を占める海の理化学を変えるまでに至ったという事実も衝撃的ですが、海洋酸性化はそれ以上に、サンゴ、軟体動物、魚類、炭酸カルシウムの殻や骨格を形成するプランクトンなど、無数の海洋生物に計り知れない影響を与える可能性があります。これらの海洋生物は炭酸塩の平衡状態を利用していますが、この平衡は水温と酸性度に左右されます。水温が下がれば下がるほど、そして酸性度が高くなれば

ばなるほど、カルシウムの利用が難しくなります。カキの養殖場や北大西洋およびアラスカ沖の食物連鎖の根元に、その影響がすでに現れてきています。それらの場所で最も大きな影響を受けている食物連鎖中の要素は翼足類、つまり翼のような形の変則的な足を持ち、それを動かして水中を漂ったり、縦に移動したりする小さな巻貝です。

サンゴ礁は二重の危険にさらされています。まず、大気中の二酸化炭素濃度の上昇が招いた海水温の上昇が深刻なダメージをもたらしています。それが今度は海水の酸性化を促進し、必要な炭酸塩を利用できなくなっているのです。

これまで語ってきたことから、ひとつ重大な結論が見えてきます。それは国際交渉の場で上限として設定された、大気温度の上昇2度/二酸化炭素濃度450ppmという目標値は実は高すぎるということです。地球の温度が現在より2度上昇した最後の時期、解氷が進み海面は少なくとも今より4~6メートルは高かったのです。そうなれば、多くの島国が消滅するだけでなく、ローワーマンハッタンや、1992年の国連地球サミット (Earth Summit) と最近の国連持続可能な開発会議(リオ+20)が開催された会場も水没することになります。

また、この目標値は生態系にとっても明らかに高すぎます。サンゴ礁のためには、350ppm/1.5度以下に留める必要があります。つまり我々は、「安全圏」とされている350ppmを明らかに超過した、オーバーシュートの状態になりつつあります。実際のところ、気温上昇を2.0度に留めるためには、世界の二酸化炭素排出量の増加を2016年には減少に向かわせねばなりません。

では、何ができるのでしょうか？資源保護戦略の見直しなど、明らかにやるべきことがいくつかあります。たとえばランドスケープ内の自然の連鎖を修復し、必要な条件を求めて移動する生物を支援することや、その他のストレス要因を軽減し、気候変動とのマイナスの相乗効果を最小限に減らすことなどがあるでしょう。

もうひとつ明らかなのは、人間社会のエネルギー基盤を化石燃料から、さまざまな再生可能エネルギーや代替エネルギーにシフトするために徹底的に変えることで、温室効果ガスの濃度を抑えていかねばならないことです。この課題のために、熱帯雨林の破壊(おそらく現在の総排出量の15%を占めている)や、その他の生態系破壊や劣化による排出量を最小化することも重要です。

けれども、これだけでは明らかに不十分です。ですから我々は、地球の炭素循環を管理することを始めねばなりません。炭素循環を構成しているのが、化石燃料による排出と森林破壊による排出で、この二つを合わせた排出量の26%を海洋が、29%を大地が吸収し、残る45%が大気中に放出されて温室効果ガスを増やす仕組みになっています。問題の一部は、温室効果ガスが大気中に留まり、何百年、何千年にわたって輻射熱を閉じ込めてしまうことにあります。

だからこそ、大気中の二酸化炭素を取り除く方法を緊急に開発することがどうしても必要になっています。生物はこの目的に特に役立つでしょう。これまで地球の歴史の中で、いくつかの地質学的原因により大気中の二酸化炭素濃度が極度に高くなった時代が2回ありましたが、どちらもその後、主にさまざまな生物が生きるプロセス、つまり生命過程によって産業革命前の濃度まで下がっています。二酸化炭素濃度が初めて非常に高くなったのは3億年以上前で、地表に植物が登場し始めた頃です。二回目は現在の顕花植物の進化に合わせて起きました。解決をもたらしたのは、二酸化炭素を植物に必要な原料に変える光合成の力だけではありません。地球上に土壌が生まれ、無数の土壌中の生物の働きが加わって初めて可能になりました。言う

なれば生物多様性のシンフォニーのおかげです。

現状では、大気中に存在している二酸化炭素の余剰分のかなりの量が、3世紀にわたる生態系の劣化と破壊から来ています。おそらく40%がそうでしょう。地球全体で生態系の復元を行えば、50年間で大気中の二酸化炭素濃度を最大50ppm減らせる可能性があります。いや、プログラムの実施を加速すれば、もっと短時間で達成できるでしょう。50ppmという削減量は、現在の二酸化炭素濃度と、より安全、もしくは賢明だとされている濃度(350ppm)との差に当たります。

いまお話したことは、森林再生と森林経営の向上を図り、年間5億トンの炭素を削減することで達成できます。他に、草原と放牧地の復元や管理の向上を図れば、さらに5億トンの炭素を削減できるでしょう。また、農業生態系を現在の炭素を放出する形から、炭素を蓄積する形に変えることで、新たに5億トンの削減が可能になります。こうした対策は牧草地の改善や土壌の肥沃化、気候変動やその他のストレスに負けない生態系の強化にもつながるでしょう。海洋生態系にもこれに匹敵する、大きな可能性があります。いわゆる「ブルーカーボン・アジェンダ」です。

世界では、人口が現在の70億人から(最低でも)20億人増えると予測され、農業生産に対する需要は高まる一方であり、またバイオ燃料の需要もある程度増えていることを考えれば、これらすべてを達成しなければならないでしょう。賢く管理や経営を行うことで、生物多様性をこれ以上損わず、需要に応えることが可能になります。そのためにまず、(1)生物学的なシステムやプロセスは、それ以外のものより本質的にクリーンで環境にやさしいことから、こうしたシステムやプロセスの多くの用途への使用を一層推進していく必要があることと、(2)生物多様性は膨大な生きる図書館であり、そこでは生物系が抱えるさまざまな問題への、自然界にある実用的な解決策が手に入ります。実用的な見地から見れば、それらすべてに重要性があることを認識しましょう。

しかしながら、50ppm削減するだけでは不十分です。ですから、大気中から二酸化炭素を取り除くための、経済的で生物学に由来しない方法を見出すことがどうしても必要です。この目的を阻む障害はありません。重要なのは、それを行うための費用負担の軽い方法を探すことです。

国連持続可能な開発会議(リオ+20)が終わってまだ日が浅い状況で、このようなことを考えていると、リーダーシップが欠如している現状や、国際交渉でよい成果が得られていない現状では、つい前途を憂いたくなります。真に強いリーダーシップが緊急に必要ですが、その一方で、市民社会や産業界には動員できる大きな力があります。民間セクターは巨大ですから、企業が主流として参加し、グリーン経済の取り組みを採用しなければ、持続可能な開発は不可能です。そのためにはまず企業が、地球の仕組みや人間社会が発展していく上で生物が果たす圧倒的な重要性を認識し、新たな役割を果たす必要があるでしょう。

基本的に社会は、生物学的および物理学的システムを併せ持つ地球の働きを理解し、そうした働きを尊重し、発展させていく方向で地球を管理しなければならないことを認識しなければなりません。我々は生物を活用し、生きている地球を再び緑で満たし、この惑星を、人間やその他の生命体にとってより住みやすい場所にすることができるのです。