



**日本国際賞 2009
受賞記念講演会**

**Commemorative Lectures
JAPAN PRIZE 2009**

プログラム 4月21日(火) 有楽町朝日ホール

13:00	開会 主催者挨拶
13:10	デニス・メドウズ博士 「制約の中に生きることを学ぶ」
14:10	デビット・クール博士 「わが生涯の一断面：放射断層撮影法の50年」
15:00	閉会

2009年(第25回) 日本国際賞受賞者



デニス・メドウズ博士（米国）

ニューハンプシャー大学名誉教授

インタラクティブラーニング研究所代表

1942年生れ

授賞業績： 『成長の限界』報告を基盤とする
持続可能な社会形成への貢献

制約の中に生きること学ぶ

1970年6月から1972年までの2年近く、私は主任研究員および担当責任者として17名のチームを率い、「ワールド3」と名づけたコンピュータ・シミュレーションモデルを作りました。このシミュレーションが作られたのは、地球の人口および物質経済の物理的成長の長期的な原因と結果についての理解を助けるためでした。私たちの研究結果は、3冊の本として報告されました。その最初のものである『成長の限界』は、3冊の中で最も広く読まれ、論議された本です。30カ国語以上に翻訳され、「20世紀の環境に関する最も重要な書物10冊」に選ばれました。そして、2009年日本国際賞の正式な受賞理由にも挙げられています。

『成長の限界』での私たちの結論は、爆発的な数の論文や書物、会議や研究を呼び起こしました。怒りに満ちた批判から熱烈な支持まで、様々な反響が寄せられました。当時の私は、批判者の大半は私たちの書いたことを実際には読んでいないことに気づきました。彼らは、私たちの分析を読む前から私たちが間違っていることを「知って」おり、私たちの報

告書を見て自分の意見を正当化する根拠をいくつか見つけたら、それ以上読むことはしませんでした。

残念ながら、私たちが支持してくれる人たちの大半も、報告書を注意深く読んではいませんでした。彼らは私たちが正しいと「知って」おり、そして報告書を見て、私たちの研究の前からやっていたものも含め、自分が支持してきた政策を主張するために使えるような材料を見つけたら終わり、だったのです。世界には、私たちの研究を丁寧に検討した読者もいました。そうした人たちは、実際に人生を変えたほどの新しい気づきを得ました。世界観が変わり、仕事の中心に何を据えるかまで変わった人たちもいました。しかし、1970年代当時、このような読者はごく少数しかいないことがわかりました。残念ながら、刊行後37年という時間がたっても、そうした読者はあまり増えていません。今日ですら、私たちの研究はほとんどの専門家に大きく誤解され、誤って伝えられているのです。

今回の日本国際賞が契機となって、私たちの研究について、新しく、より精緻な分析が

行われることを期待しています。というのも、私たちが出した結論は、残念ながら、現在の出来事によって立証されつつあるからです。世界経済に台頭してきた問題を解決するための、現在のなりふり構わぬお金のかかる対策は、うまく機能していません。そうした策は効果がないか、そもそも今日の社会の問題を引き起こした制度や考え方を存続させることによって事態を悪化させているか、そのどちらかです。問題がはるかに深刻化するのを避けるためには、根本的に異なる政策、つまり、有限の世界における物理的成長のダイナミクスに関するより深い理解に基づいた政策が必要なのです。その理解を提供したのが、私たちの最初の研究でした。

今日この場で、社会政策について詳しく説明することは不可能ですし、適切でもありません。しかし、37年前に私たちが最初の報告書で実際に何を述べたのかを、簡単にまとめてお話ししましょう。私たちの研究には、技術的な意味合いと文化的な意味合いの両方があることがおわかりになるでしょう。また、成長の議論に対する私たちの真の科学的貢献となった主要な考えについて、改めてお話ししたいと思います。なぜならば、現在の持続可能な開発に関する議論に今なお欠けている点だからです。それから、私自身がどのような道徳面や知的な面で発展してきたのかをたどりましょう。私がどのようにして、この研究を成し遂げるための視点や価値観、科学的ツールを身につけてきたか、という話です。

私が仕事に関して発展してきましたのは米国であり、日本の科学や政治は、米国のものとは大きく異なることは存じています。それに、私が育ったのは40年も前で、今とはかなり違う時代です。ですから、私の気づきや洞察には、皆さんにはかかわりのないものも多いでしょう。

しかし、私の仕事に影響を与えた鍵となる事象や主要な原則のいくつかは、今日の日本においても同じく意味があるように思えます。ここにお集まりの一般の方々や若手研究者の方々に特にかかわりがあると思えるそういった考え方を取り上げてお話ししましょう。

40年近く経った今振り返ると、私たちは報告書のタイトルをつけ間違えたのだらうと思います。私たちは「物理的な成長には限界がある」ことを指摘したとして知られています。しかし、それは私たちの本質的な論点ではありませんでした。私たちが私たちにしかできない貢献ができたのは、むしろ、「有限の世界で、広くとられている成長重視の政策はどのように社会をゆるがす大きな問題状況につながるか」を語った点でした。私たちが語ったのは「限界」についてだったのです。すなわち、手に入る再生不可能資源の量の限界、食糧を育て、人口を許容し、モノを生産する地球の能力の限界についてです。実際、報告書では、こうした限界を反映するデータのまとめに1章を割いています。しかし私たちは、「限界がある」ことを証明したわけではありませんでした。

もし「技術的な工夫をすればどんな障害も克服できる」と信じているなら、「市場はつねに機能するので、どんなモノが不足していったとしても、その代替品を安価に提供できる」という幻想を抱いているなら、あるいは「いよいよという時になったら、何か超自然的な力が働いて、自らの愚行が引き起こしたネガティブな結末から人類を救ってくれるだろう」と期待しているなら、成長に実際の限界があるとは信じないでしょうし、私たちの研究によって物の見方が一変したということもなかったでしょう。私のチームメンバーにとっては、「限界」とは最終的な結論ではなく、最初に置いた前提でした。私たちは、「地球がいかに豊かで大きなものであろうと、物理的に有限の地球の上で、

物理的な成長を無限に続けることは不可能である」という理解から始めたのです。

もしこの理解を共有してくださるなら、私たちの分析は新しい重要な気づきをいくつか提供するものだったと思います。そうした洞察は、40年近く経った今になっても、後続のどの報告書にも示されていないものです。私たちはデータ分析やモデルに基づくシミュレーションを通して、次のことを示しました。

- 1) 人口の伸びや経済成長を規定している現在の政策は、本質的に幾何級数的なものです。したがって、そうした政策は、世界の人口やエネルギー消費、物質フローをあっという間にそれぞれの限界まで増加させます（限界値がどれほど大きくても、です）。1972年に私たちの予測は、成長がこの21世紀中に止まるであろうことを示していました。今でもそれは不可避であると、私には思えます。
- 2) 限界自体が劣化することがあります。もし地球に対する需要がその環境収容力以上に高まると、環境収容力が低下するでしょう。
- 3) 地球上の人口や経済成長を左右する社会的、政治的、生物学的、地質学的、技術的な要因などの要因からなる構造のいたるところで、非常に大きな時間的遅れがあります。
- 4) 幾何級数的な成長や限界が劣化すること、適応しようとするシステムに時間的遅れが存在することが意味するのは、「成長は、遠い未来において徐々に平和的に終わるのではない」ということです。成長は、行き過ぎと崩壊を通して、間もなく突然終わります。最初の頃は、社会がめざしている目標をしっかりと支持するような状況となるでしょう。それこそ、今日の大多数の政策立案者が暗に想定している結果としての

状況です。しかし、指導者たちが、計画策定の時間軸を大きく広げ、自らの目標や倫理、規範を根本的に見直さない限り、成長のスピードが緩やかに穏やかに低下していく、という状況は起こりません。

1970年代、海は非常に広大なものに見えていました。人間の活動が海洋を危地に陥れるかもしれないことを理解していた人はほとんどいませんでした。今では私たちは、人間の活動——乱獲や温暖化、汚染、酸性化によって、海洋が瀕死の危機にさらされていることを知っています。つい最近まで、個々の人間の活動が世界経済にダメージを与えるなどあり得ないと思えていました。今では、次々と起こる世界の金融市場の崩壊や生産の急減によって、あらゆる国が脅かされています。

しかし、このような海洋や金融市場から得られた教訓は、「有限の地球上にある人類の選択」についての政治家の理解にはいまだに反映されていません。実際のところ、現在の経済問題を解決するための最も一般的な政策は、必死になって、物質経済の成長をかつてのような幾何級数的な成長路線へ戻そうとするものなのです。こうした政策はうまくいかないことを私は知っています。私たちの研究結果は、現代の市場への信頼や今のような技術の進歩への信奉の根底にある主要な前提と、真っ向から相反しています。今日はそうした相違点についても概要をお話します。

2009年(第25回) 日本国際賞受賞者



デビット・クール博士 (米国)

ミシガン大学医学部

放射線医学教授

1929 年生まれ

授賞業績： 核医学における
断層イメージングに対する貢献

わが生涯の一断面：放射断層撮影法の 50 年

私は核医学における断層イメージングの発展に貢献する機会に恵まれました。現在、放射性同位元素を使った横断断層イメージングの技術は、内科的および外科的治療に不可欠であり、臨床研究においてもその重要性が増しています。断層イメージングのこの 50 年の発展は、医学、化学、工学の幸運な融合の結果と言えるでしょう。

私は、ペンシルバニア州の山脈を流れるサスケハナ川を見下ろす、フィラデルフィアからおよそ 100 マイル北にあるバーウィックと言う小さな町で育ちました。父は、アメリカン・カー・ファウンドリー社で技術者として働いていました。6 年生の時、科学への興味が芽生え、化学実験セットを持っていた級友たちと科学クラブを作りました。定期的に「セミナー」を開き、一緒に実験をしました。放射性ヨウ素を甲状腺がんの治療に役立たせることができると言うニュースを聞いて感動したのを覚えています。高校生時には、化学実験室で放射性ウラニル化合物を合成し、検電器の組立てに成功しました。ガイガーカウンターの組立てには失敗しましたが、やがて放射性トレーサー研究の

分野で医師兼科学者としての道を歩もうと決心しました。この目的のため、テンプル大学で物理学を専攻し、1951 年にはペンシルバニア大学医学部に入学しました。

UCLA のベネディクト・カッセンが 1951 年に世界初の直線走査の放射性核種スキャナを発表しました。その数ヵ月後、私はペンシルバニア大学病院の地下にある放射線部門で、同じようなスキャナを使った放射性トレーサーイメージング研究を行う夏季特別研究員になることができました。私たちが使った直線走査スキャナは、放射能検出器を動かすモーターが 2 個あり、検出器が患者の体を横断して、放射性ヨウ素の分布を記録して、甲状腺がんの治療に役立てるというものでした。当時、打点器を使って紙のうえに放射能を点として記録するのが標準的な記録方法でした。私は、放射能が示す異常を X 線写真上にグレーの濃淡で示し、より異常を検知しやすくする写真記録装置を提案し、これを組み立てました。この装置により、シャウカステン上にトレーサーイメージと X 線像を並べて見るできるようになりました。市販のスキャナにも、私たちの装置が

新たな標準としてすぐに取り入れられました。それは、核医学が放射線医学に一步近づいた瞬間でした。

医学部を卒業後、ペンシルバニア大学病院でインターンを終えた後、バージニア州にある病床数 1400 のポーツマス海軍病院の放射性同位元素研究室のリーダーとして、2年間働きました。1958年、ペンシルバニア大学病院に戻り、放射線部門で研修医を務めました。研究時間はさらに制限されましたが、新しいアイデアが絶えることはありませんでした。

X線断層撮影によりX線像の空間的イメージングがすでに可能になっていたように、新しい放射断層撮影法によって放射性核種の空間的イメージングができるかもしれないというのが、私が当初、抱いていた考えでした。新しい放射断層撮影法により、身体の横断面での放射能の像を正確に捉えることが可能かもしれない。脳などの体内の小さな部位の生理学や生化学の研究に用いられている定量オートラジオグラフィのような情報を、生きた人間を対象に得ることができるかもしれないと考えました。ヒトを対象に非観血的なスキャンを実現できれば、それまでのメスを使った動物実験から大きな前進になります。1959年8月21日、私たちは、フライス盤を並進・回転スキャナとして使い、アナログ撮影装置でデータの逆投影を行い、プラスチックのボトルに ^{131}I ヨウ化物を入れ、水槽に深く沈め、それを患者に見立てた初の横断面の放射断層撮影を行いました。それから数年間、私たちは、マークII、マークIII、マークIVの断層撮影装置を設計し、組立てました。マークIIスキャナは、検出器の反対に ^{241}Am の透過スキャン用線源を設置し、横断面の透過イメージングを可能にしました。これにより、体内の放射能分布を周囲の組織と一致させることが可能になり、X線CTの先駆けになりました。これらの初期の単光子

放射断層撮影 (SPECT) 装置は、並進・回転スキャナでした。これらのスキャナでは、コンピューター化により、逆投影による計測データの再構成がより正確になり、今日の陽電子放射断層撮影 (PET) スキャナの先駆けになりました。

1972年には、研究の転機ともいえる重要な成果を得ることができました。すなわち、ヒト脳局所の生理機能、特に呼吸による局所脳血流量の反応を、3次元で定量的に測定することに初めて成功しました。このための標識物質として、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 赤血球を用い、SPECTスキャナマークIIIによる放射断層を撮影して、ほぼ正確な逐次再構成を行いました。この成功は、脳生理学、神経化学、行動科学において、やがてPETが重要な研究手法になることを予感させるものでした。

この成果から間もなく、私たちはベセスダの国立精神衛生研究所のルイス・ソコロフとブルックヘイヴン国立研究所化学部のアルフレッド・ウォルフとの共同研究を開始しました。その目的は、実験動物の脳のブドウ糖代謝を ^{14}C 2-デオキシグルコースを使って測定する新しいソコロフ式オートラジオグラフィ法を、放射断層撮影によって、ヒトに応用することでした。放射性トレーサーとして選定されたのが、半減期が2時間の陽電子放射体である ^{18}F フルオロデオキシグルコース (FDG) でした。1976年8月、ニューヨークのロングアイランドにあるブルックヘイヴン国立研究所でFDGを合成し、それをすばやくフィラデルフィアのペンシルバニア大学病院に空輸しました。そこで、SPECTスキャナマークIVを使って、ヒト脳のブドウ糖代謝のイメージングとその定量測定に初めて成功しました。その後、FDGとPETの組み合わせが、がんの診断と治療に大きな役割を果たすことになりました。

ペンシルバニア大学での私の活動は、この

成果で一区切りとすることになりました。その頃、ペンシルバニア大学にはサイクロトロンがありませんでしたが、セントルイス、ボストン等の研究所ではすでに効率のよいPET スキャナを開発しており、商業的な販売への道が開かれようとしていました。オンサイトのサイクロトロンから得られた陽電子放射体で標識された標的特異的な化合物のトレーサーを、PET スキャナと組み合わせて使えば、医学研究を進める上できわめて有利であると考えられていました。1976年9月、私はUCLAの核医学プログラムの担当責任者という任務を引き受けることにしました。UCLAの研究所は、稼働中のサイクロトロンと整った化学設備を有していました。私たちのグループは、脳のブドウ糖代謝の測定をFDGとSPECT スキャナの組み合わせから、FDGとPET スキャナの組み合わせに広げ、その後の数年間で、変性脳疾患と虚血性心疾患の研究における効果的な手法として確立させることに貢献しました。1986年7月、今度はミシガン大学の核医学プログラムを率いることになりました。そこでは、優れたサイクロトロンと化学・物理学などの設備が整備され、新たな研究チームを立ち上げる機会がありました。それ以来、変性脳疾患における神経伝達物質の異常のより詳細な分析を行うために、放射断層撮影に適した新規放射性リガンドの同定、作成等、実証に力を入れました。

私は放射断層撮影の研究で長く充実したキャリアを送ることができました。また、放射断層撮影に興味を持つ多くの有能な人々と共に働き、非常に楽しい時間を共有しました。若い科学者の皆さん、放射断層撮影の分野は、これから50年、私の時代よりもさらに一層エキサイティングになることでしょう。この分野での研究を強くお勧めしたいと思います。

「日本国際賞」(JAPAN PRIZE) とは

～科学技術分野における世界的に権威ある国際賞～

「日本国際賞」(JAPAN PRIZE) とは、「国際社会への恩返しの意味で日本にノーベル賞並みの世界的な賞を作ってはどうか」との政府の構想に、松下幸之助氏が寄付をもって応え、実現した国際賞です。

この賞は、全世界の科学技術者を対象とし、独創的で飛躍的な成果を挙げ、科学と技術の進歩に大きく寄与し、もって人類の平和と繁栄に著しく貢献したと認められた人に与えられるものです。

毎年、科学技術の動向を勘案して決められた2つの分野で受賞者が選定されます。受賞者には、賞状、賞牌及び賞金5,000万円(1分野に対し)が贈られます。

授賞式は、天皇皇后両陛下ご臨席のもと各界を代表する方々のご出席を得、盛大に举行されます。

この顕彰事業を行っているのが財団法人 国際科学技術財団です。

国際科学技術財団とは

1982年に設立された財団法人 国際科学技術財団は、日本国際賞による顕彰事業のほかに、一般の方々を対象とした「やさしい科学技術セミナー」の開催や若手科学者の育成のための研究助成など科学と技術の更なる発展に貢献するための活動を行っています。



やさしい科学技術セミナー

私たちの生活に関わりのある、様々な分野の科学や技術について、その分野の専門家にやさしく解説していただきます。講演ばかりでなく実験室の見学なども行われ、学生から一般の方を対象に年10回各地で開催しています。



研究助成

日本国際賞の授賞対象と同じ分野で研究する35歳未満の若手科学者を対象に、独創的で発展性のある研究に対し、助成を行っています。将来を嘱望される若手科学者の研究活動を支援・奨励することにより、科学と技術の更なる進歩とともに、それによって人類の平和と繁栄がもたらされることを期待します。



ストックホルム国際青年科学セミナー

ノーベル財団の協力でスウェーデン青年科学者連盟が毎年ノーベル賞週間にストックホルムにおいて開催する「ストックホルム国際青年科学セミナー(SIYSS)」に1987年以降、毎年2名の学生を派遣し、世界各国から派遣された若手科学者との国際交流の機会を提供しています。

財団法人 国際科学技術財団

〒107-0052 東京都港区赤坂2-17-22 赤坂ツインタワー東館13階
Tel : 03-5545-0551 Fax : 03-5545-0554
info@japanprize.jp www.japanprize.jp

禁無断転載