



平成19年度（第16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

ジョセフ・L・サックス 教授	1
----------------------	---

記念講演

「環境法の残された課題」.....	3
-------------------	---

受賞者紹介

エイモリ・B・ロビンズ 博士	11
----------------------	----

記念講演

「ビジネス主導で採算もとれる 気候変動・エネルギー問題の解決策」.....	13
--	----

ブループラネット賞	31
-----------------	----

旭硝子財団の概要	34
----------------	----

役員・評議員	35
--------------	----

別冊

エイモリ・B・ロビンズ 博士 講演スライド集

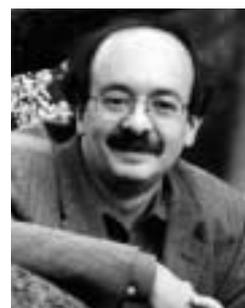
「ビジネス主導で採算もとれる気候変動・エネルギー問題の解決策」

受賞者紹介

エイモリ・B・ロビンス 博士 (米国)

Dr. Amory B. Lovins

ロッキー・マウンテン研究所理事長兼 Chief Scientist



受賞業績

『「ソフト・エネルギー・パス」の概念の提唱や「ハイパーカー」の発明により、エネルギー利用の効率化を追求し、地球環境保護に向けた世界のエネルギー戦略牽引に大きく貢献した実績』

略歴

1947 米国ワシントンDC生まれ
1964-1967 ハーバード大学在学
1967-1969 オックスフォード大学モーダリンカレッジ
1969-1971 オックスフォード大学マートンカレッジ Junior Research Fellow
修士号取得
1982 Rocky Mountain Institute を共同設立、現在 Chairman & Chief Scientist
1999 Hypercar, Inc. (現 Fiberforge, Inc.) 設立 会長
1968- 米国を始め、世界各国の政府、産業界でコンサルタントを務める

主な受賞歴等

1982 Mitchell Prize
1983 Right Livelihood Award
1989 Delphi Prize
1993 Nissan Prize, ISATA
1997 Heinz Award for the Environment
1998 Lindbergh Award
1999 World Technology Award
2000 Time Heroes for the Planet Award
2001 Shingo Prize
2005 Jean Meyer Award
2006 Benjamin Franklin Medal, Royal Society of Arts (London)
2007 Honorary Member, American Institute of Architects

博士は1947年にワシントンDCに生まれ、高校時代は物理、音楽、古典、数学等で才能を発揮し、ハーバード大学を経て、オックスフォード大学モーダリンカレッジに移り、実験物理学を学びました。1969年からオックスフォード大学マートンカレッジの Junior Research Fellow となり、1971年に修士号を取得しました。

英国滞在中、北ウェールズにあるスノードン国立公園に魅せられ、危機に曝されているウェールズの荒野についての本を執筆するとともに Friends of the Earth の英国代表を務め、自然と環境に関心を持つようになりました。さらに、気候との関連からエネルギー問題に入り込み、1974年には、エネルギーに関する最初の著書「世界エネルギー戦略」を出版しました。

1973年のエネルギー危機を境に、博士の考えに耳を傾ける人が増えていきました。1976年に論文「エネルギー戦略：まだ取られていない道」を発表し、この中で、博士はエネルギー問題を「エネルギー供給をどう増やすか」という従来の観点に対して、「どのようにして、個々のタスクに丁度良い量、種類、規模のエネルギーを最も安く供給するか」という観点から論じ、“Soft energy path” という概念を提唱しました。この概念は、エネルギーの効率的利用、そして太陽、風力、バイオ燃料、地熱等に基づく「ソフトエネルギー技術」“Soft energy technologies” の利用を主とする新たな体系を指すもので、既存の化石燃料や原子力を利用する巨大な集中方式の発電設備の体系を指す“Hard energy path” の対極をなすものです。博士はこの概念に基づく体系が、エネルギー、環境、資源、開発、安全保障等が複雑に絡み合ったパズルを解く「鍵(マスター・キー)」となることを見通しました。博士はまた、ソフト・エネルギー・パスは実現可能であり、採算性があり、環境に優しく、世界の公平な発展に寄与し、ハード・パスの多大なコストとリスクを回避するものであることを示唆しました。

このソフト・エネルギー・パスの概念は、発表された当時、大きな反響を呼び、これに反対する人も多くありましたが、現在では、世界全体でソフトエネルギー技術活用の努力がなされてきており、博士の先駆性が立証される形となっています。

その後、博士は本の執筆、産業へのコンサルティングを続け、世界15カ国でエネルギー分野の政策立案ロビイストとして活動しました。1979年にL・ハンター・シェルドンと結婚、1982年にはハンターと共同でRocky Mountain Instituteを設立し、資源の効率的利用そして再生利用について立案・研究を推進しました。彼らの住まいであり、かつRocky Mountain Instituteの最初の本部として建設した建物は、太陽熱を徹底的に利用するため、高性能の断熱材、ガラスを活用し、熱の取り入れと散逸防止に留意したもので、個々の部品で個別に性能を発揮させるのではなく、建物全体をシステムとして最適化することで、今でも世界で最もエネルギー効率の高い建物の一つとなっています。

Rocky Mountain Instituteではエネルギー効率の向上は常に研究の主要な対象で、あらゆる用途を詳細に調べ、特にエネルギーを大幅に節約できる対象に焦点を当ててきました。博士は1991年に、既存技術（超軽量・超空力的構造とハイブリッド駆動）を、アイデアに富んだ簡素な車両デザインに組み込むことによりハイパーカーを発明しました。ハイパーカーはそれまでの車に比べ、3倍の燃費向上を達成し、価格も手頃でかつ性能・安全性に優れています。

1997年には前妻のハンター・ロピンス、ワイツゼッカーと「ファクター4」を著し、そして1999年にはハンター・ロピンス、ポール・ホーケンと「自然資本の経済」を発表しました。また、2004年に発表した“Winning the Oil Endgame”で、アメリカにおける今後の石油需要の大幅な削減を可能にするロードマップを示しました。

博士は、卓越した先見性をもって、1970年代以来一貫して、エネルギー分野その他において、先駆的な概念を提唱し適用してきました。非効率的なエネルギーの利用が多くの経済問題、安全保障問題、そして大部分の環境問題を引き起こしているとして、その解決に向け有力かつ革新的な技術、事業、政策を設計しました。また同時に、高いエネルギー効率を達成し、エネルギー供給を持続可能なものとするすることで、より安全で健全な環境を保ち、気候が安定化し、実りある未来へと導く社会をどうやって達成するかを示しました。

ビジネス主導で採算もとれる気候変動・エネルギー問題の解決策

エイモリ・B・ロビンズ 博士

[slide 1] 今日ここで、イギリスの批評家レイモンド・ウィリアムが述べた「真に先鋭的であるということは、絶望を確信させることではなく、希望を可能にすることである」という精神に基づき、世界の三大問題 気候変動・石油依存・核兵器拡散 に対しいくつかの一体化され採算もとれる解決策を提示する榮譽に浴したことを、感謝いたします。

[slide 2] 私が1976年に「*Foreign Affairs*」誌に論文を発表するまで、エネルギー問題は概して、どこからさらにエネルギーを確保するかという問題として捉えられていました 出所や値段は問わず、ますます枯渇のおそれがある資源を用いて年々大型化する設備で生産される、極めて高コストで高品質な（電気）という形態で得ようとしているのです。これに対し、私はエネルギー問題を「最終需要」入浴・冷たいビール・快適性・移動の可能性・調理・アルミニウム精錬など、エネルギーを必要とするタスクの観点から定義しなおしました。個々のタスクを最も安価に実現するには、どれだけのエネルギーが、どんな質・規模そして供給源から必要かを問いかけたのです。この疑問を投げかけることで、全てのエネルギーの節減・供給手段の間に その手段が節減・供給のいずれであるか、どんな技術を使用するか、規模や所在地、所有者に関係なく 正当な価格で公正な競争が生じればどうなるかが判明します。もちろん、この仮説は今日における各国の実際のエネルギー政策とはかけ離れたものですが、今でも妥当な目標といえます。

[slide 3] 最終需要と最低コストを問うことで、たとえば今後50年間のアメリカの将来的なエネルギー問題に対し、異なる答えが見えてきました。1975年時点では、政府や産業界によるアメリカのエネルギー消費予測は全て、この赤線のように右肩上がりでした。私はこれに反論し、エネルギーとお金の代わりに技術と知恵を使い、既存のエネルギーからより多くの仕事を絞り出すことが出来れば、この赤線のカーブを平坦化し、最終的には青い点線のように消費量を減らすことができると提案しました。競争を抑圧する政府の多分に敵対的な政策により、「ソフトテクノロジー」 タスクに見合った規模・質の多様で再生可能なエネルギー源 の離陸が25年遅れ、またアメリカの技術革新が生み出した芽生えたばかりの太陽光産業が、日本や欧州に輸出されさえしたにもかかわらず、この曲線と2000年におけるアメリカの実際のエネルギー消費量との相違は4%以内でした。しかし今日の私たちは、特に石油・電力の節減においては、1976年に私がソフトパスとして描いた青い線をはるかに凌ぐことができます。

[slide 4] もちろん、アメリカと日本のエネルギーシステムには数多くの大きな違いがあります。特にはっきりしているのは価格・気候・土地利用です。しかし私には、主要な点では相違点より共通点の方が重要に思われます。アメリカのエネルギー強度（GDP1ドル当たりのエネルギー消費量）は、主として広い家と移動距離の大きさ、大量・大型の電化製品のせいで日本の2～3倍です。一部の用途 とりわけ特定の業種 においては、日本の産業界は世界最高の技術効率で知られます。しかしエネルギー効率の改善は、アメリカでは日本でよりずっと速く進んでおり、日本のいくつかの分野、特に建物では遅れをとっているようです。日本はアメリカ以上に石油依存に危機感を抱いていますが、アメリカも急速に追い上げています。むしろ石油資源を持たない日本に対し、アメリカは石油資源に恵まれていましたが、産出量は1970年をピークに半減し、現在は全供給量の5分の2にとどまり、残りは安価な輸入に頼っているのです。両国はともに、極めて大量かつ多様な再生可能エネルギーのポテンシャルを持っており、国民1人当たりで見ると日本は主要先進国中最大です。しかしどちらの国でも、このポテンシャルは十分に利用されておらず、理解も不足していま

す。アメリカの国家エネルギー政策は脆弱で断片的です（多くの州がこれに優る政策を立てています）。一方、日本のエネルギー政策は強固で一貫性はあるものの透明性に欠け、アメリカと同様、時に国家の利益より部分の利益が優先されています。どちらの国にも改革の力強い推進力　アメリカの場合、主に小企業と個人投資家、日本は大企業と「系列」　があります。アメリカの最大の強みは、極めて多彩で混沌とした起業家精神、日本の強みは社会的一体性と長年培われた叡智です。エネルギー問題をめぐるアメリカの主な弱点は、国の政策が全く機能していないことですが、この問題を（主に民間部門を通じて）回避する手段は数多く存在します。日本の弱点は、日本はエネルギーが不足しており、これ以上効率性を高めることなどできないという、根拠のない思い込みにあります。

[slide 5] 最近のマッキンゼー調査によると、世界のエネルギー効率は、通常両立して達成できる水準を超えて大幅にかつ採算がとれるかたちで向上できるという公式的認識が高まっています。エネルギー節減に要する費用は、節減された分のエネルギーの費用より安く上がるため、他の全ての温暖化ガス排出削減対策の高額な費用をほぼ賄うことができます。そのため2030年に総排出量の46%削減を達成するための費用は、CO₂換算1トン当りわずか約2ユーロ（325円）ですむでしょう。しかもこれは、非常に控え目な見通しだと思います。なぜならこの試算では、エネルギー効率改善の規模を少な目に評価し、エネルギー効率改善にかかる費用を過大に評価しているからです。これについては、後で簡単に触れます。

[slide 6] 日本では、環境省の支援を受けて国立環境研究所が素晴らしい研究を行っています。多様な分野の約60名の専門家が、2050年の日本の姿について、考えられる2つのシナリオ　ひとつは忙しく都市志向の社会で、もうひとつは伝統に根ざすゆったりした地域重視の社会　を描き出しました。どちらのシナリオも、国家政策の基本的前提に合致しており、どちらも富の増大と技術の進展をもたらすとともに、（スタイルこそ違うものの）非常に高い生活水準・生活の質を保っています。しかも注目すべきことに、どちらのシナリオでも、日本のCO₂排出量は1990年に比べ70%削減されるのです。[slide 7] これは、土地の高度利用及び社会の組織化、1人当り粗鋼・セメント生産量の欧米並み水準への削減（現在の生産量は、過剰なインフラ投資のため欧米の2倍）、低炭素エネルギーへの転換、最終需要部門における技術効率改善といった手段の併用により達成されます。2050年におけるこれら改善対策の総コストは、年間およそ1兆円（2050年GDPの約0.1%）と推計されます。これ自体、既に十分印象深く有望な結果です。しかし私は、元々エネルギー効率が非常に高い日本において、最終需要部門の効率を24～41%という想定値以上に改善し（それも想定以上に低いコストで）、実現可能性・採算性を保ちつつ、温暖化ガスをさらに大幅に削減できないか検討したいと思っています。日本でそれができるなら、現在効率性が低い他国はさらに大幅な節減が可能です。

[slide 8] 「採算性のとれる」気候変動防止というと、奇妙に聞こえるかもしれませんが。政治的な議論では、気候変動防止にはコストがかかり、全員が富を手放しライフスタイルを変え、負担を背負い犠牲を払わねばならないということばかり語られるからです。しかし気候変動防止は、実際にはハッブル宇宙望遠鏡のようなものなのです。どういうことか？　どちらも記号を読み違えて　プラス記号とマイナス記号の混同　混乱が生じたのです。実際、気候変動防止は費用がかかるものでなく、採算がとれるものです。というのも、燃料費を節約するコストは、新たに燃料を購入するより安くつくからです。実務家はみなこのことを理解しています。分かっていないのは、一部の政治家・ジャーナリスト（従って多くの市民）だけです。しかし彼らがひとたび理解すれば（特にアメリカで）、気候変動防止に対する政治的抵抗は、氷河が溶ける以上のスピードで消え失せるでしょう。

[slide 9] 多くの企業はこれを理解しているため、気候変動に対する懸念はともかく、単純に収益を上げるた

めエネルギー効率改善に努めています。たとえば、

- b 世界最大規模の半導体メーカー2社は、工場改善を通じ年間6%のCO₂排出削減を達成し、2~3年で投資を回収しています。
- b デュポン社は、生産1ドル当りエネルギー消費量の年6%削減、再生可能な燃料・原料への切り替え、2010年までに温暖化ガス排出量を1990年比で65%削減という野心的な目標を設定しました。2006年までに、同社は排出量を1990年比で80%削減し、燃料使用を効率の向上に置き換えることにより30億ドルの収益を上げました。
- b ダウ社は15年でエネルギー使用量を42%削減し、さらに大きな収益を上げています。
- b BP社は炭素ガス削減目標を8年早く達成し、20億ドルの純利益を上げました。
- b GE社は、株主価値向上のため、7年でエネルギー効率30%増を約束しています。
- b カーペット・繊維メーカーのインターフェイス社は、10年間に温暖化ガスを60%削減（年平均9%以上）し、3.3億ドルの収益を達成しました。同社は2020年を目処に、廃棄物ゼロ、化石燃料投入ゼロを目指しており、既に業界で最も石油依存度が低いコスト構造と大きな収益を手に入れています。
- b テキサス・インスツルメンツ社は、中国ではなくテキサス州で新たな半導体チップ工場を稼働させています。というのも私のチームの協力により、資本コストを2億3000万ドル（30%）削減し、かつエネルギーを5分の1、水を3分の1節減できたからです。次の計画では、さらに2つのエネルギー節減法を用いて、50%以上の節減が達成されるはずで

ですから、政治家が気候変動防止にかかる「コスト」を嘆く傍らで、賢明な企業はライバルに先んじて利益を手にとろうと争っているのです。

[slide 10] とはいえ、気候問題全体の原因は1%にあります。その意味を説明しましょう。茅陽一教授によると、石油燃焼による世界の炭素排出量は、人口×1人当りGDP×GDP1単位当り1次エネルギー消費率×エネルギー供給1単位当り炭素排出量によって決まります。理論経済学者は通常、各変数に対し一定の変化率を想定します。その結果は、炭素排出量が年率1%増加し 2100年にはゆがに排出量が3倍になる というものです。自分に都合の良いエネルギー供給形態を支持する人々はたいいてい、緑で示したエネルギー1単位当りの排出削減量（小さい方の数字）を話題にします。しかし赤字で示したエネルギー強度 GDP1ドル当りエネルギー消費量 は通常、（それが年1%減に過ぎないとしても）4倍のスピードで変化すると考えられます。この緩やかなペースを年2%減と倍にできれば、人口と経済成長の影響を相殺し、世界の炭素排出量を安定させることができるでしょう。エネルギー強度をさらに低下させ年3%減に達すれば、炭素排出量を削減して地球の気候をかなり急速に安定化させ、不可逆的な変化の進行を止められます。それならエネルギーの効率的利用・エネルギー集約度が低い生産体制の構築・行動の変化などを通じて、世界のエネルギー生産性を年2~3%上げることも可能ではないでしょうか？

[slide 11] いくつかの大国は、意識せず既にこれを実践しています。アメリカは通常、GDP1ドル当りエネルギー消費量を毎年約3%節減しています。2006年には年4%を達成し、GDPは3.3%上昇したにもかかわらず総エネルギー消費は0.8%低下しました。カリフォルニア州では、アメリカ全体を1%上回る速度（年約4%）でエネルギー節減が進んでいます。中国は20年にわたり年5%以上を達成後、5年で年8%近く節減しました（その後2001~06年に節減が鈍化しましたが、現在は元に戻っています）。エネルギー効率は中国の国家発展戦略上の最優先課題であり、効率改善がなければ発展は不可能です。私が先ほど挙げた企業を含め、思慮深い企業は、採算性を確保しつつ日常的にエネルギー強度を低下させ、あるいは絶対的なエネルギー消

費量や炭素排出量の年6～9%削減さえ実行しています。それなので、世界で年3%の削減達成がそれほど難しいわけがありません。それに、エネルギーを節減している企業がみな利益を上げているのですから、なぜ高くつくなどと言えるでしょう？

日本は1970～80年代初期に目覚ましいエネルギー節減を達成しましたが、その後ペースが鈍化し、1977～2004年のGDP1円当たりエネルギー節減率は、年平均わずか0.7%にとどまります。政府の新国家エネルギー戦略では、このペースの倍増を提唱し、国立環境研究所のシナリオではそれを若干上回るペースを想定していますが、それでもたとえばアメリカには遠く及びません。とはいえ、[slide 12]「収縮と収束」という公平なビジョン 全ての国に平等に1人当たり排出量を割り当て、万人（特に途上国の人々）がさらに豊かになる に従えば、今後100年で炭素排出量の約90%削減を目指すことができるでしょう。より豊かで公平、涼しく安全な世界を目指すこの壮大なビジョンは、実際に実現可能性・採算性があるものでしょうか？ そして日本は、その先頭に立つことができるでしょうか？

[slide 13] それは無理だと考える人もいます。読売新聞に「日本のエネルギー効率はすでに世界最高水準にあるため、これ以上の改善は難しい」という記事が掲載されましたが、これは多数の意見を代弁するものです。う～ん、しかしトヨタはそんな発想で車作りをしているのでしょうか？ 日本はこんな思考形式で工業大国になったのでしょうか？ 絶え間ない改善は、モノ作りだけでなくエネルギーにも当てはまるものではないでしょうか？ 日本は「改善」にかけては今も世界一のはずでは？ 私は日本の世界文化への独自の貢献同様、科学や技術における才を賞賛しています。だからこそ、日本なら世界の飛躍を率いることができると信じています。飛躍といえば、日本には芭蕉の次の俳句にあるように、飛ぶのが得意な蛙もいるではありませんか。

古池や
蛙飛びこむ
水の音

日本の蛙が世界に先駆けてどうやって飛躍するかを知るため、石油と電力（ともに世界のCO₂排出量の5分の2を占める）に目を向けましょう。

[slide 14] まず現状を見てみましょう。トヨタ・日産・ホンダ・リコー・麒麟ビールなど、日本の一流企業の多くは既に気候変動防止に大きく貢献しています。しかしそうした先駆的企業を除くと、様々な課題が浮上しつつあります。

[slide 15] 1人当たり電力消費量は、気候変動の進行を示す最も重要な指標です。というのも、従来型の発電所は1単位の電力の生産・供給におよそ3～4単位の燃料を必要とし、世界的にその燃料の大部分は、最も炭素集約度が高い石炭だからです。1965年以降、日本を示すオレンジの線は、紫の線（テキサス州）や緑の線（アメリカ全体）と同じく急激に上昇していることに注意して下さい。これには、近年までの順調な工業成長、いくつかの主要業界で1990年以降、低下していたエネルギー強度が増加に転じたこと、1人当たり家庭電力消費の45%増加など、多くの原因があります。家庭電力消費の増加は、電化製品の数・規模の増大、照明の大幅な増加（ひとつには長い通勤時間が原因で、日本の家庭の照明時間は世界のどこより長くなっています）によるものです。一方、住宅の断熱性は多少改善しましたが、かつては15℃前後だった室温が急激に上昇し、炬燵は大型のヒーターに取って代われ、伝統的な建築・行動様式・慣習に代わって、熱効率

が低い建物の温度を下げるためエアコンが導入され続けています。

これに比べ赤線で示したカリフォルニア州では（ニューヨーク州も同様）、全部門の平均電力消費量が現在、日本の1人当たり平均消費量をわずかに下回っています。過去30年間に日本人の1人当たり平均電力消費量が倍増したのに対し、カリフォルニア州では実質所得が79%増加したにもかかわらず、平均電力消費量は横ばいとどまっています。この劇的な効率改善の一因は、建物・電化製品に対し早期から厳しい効率性基準が適用されたことにあります。もうひとつの要因は、（日本やアメリカのほぼ全ての州で今もやられているように）利用者にもっとエネルギーを売るのでなく、利用者の使用量を減らせば電力会社が報奨金を受けられる仕組みにあります。電力の効率的利用により、カリフォルニア州は650億ワットの発電所を建設する必要がなくなりました。この発電所を建設すれば、送電網を含め1000億ドル以上の投資費用がかかったでしょう。日本の人口はカリフォルニア州の3.4倍ですから、日本の人々が電力消費量を30年で倍増させるのではなく、横ばいで維持していたなら、日本の電力を世界で最も高い水準に引き上げる一因となっている何十兆円もの設備投資は不要になっていたでしょう。

[slide 16] しかし素晴らしい日本製の軽自動車は言うに及ばず、他国に先駆けて開発された燃費2倍のハイブリッドカーなどが、日本を燃料効率において世界のリーダーにおしあげているのではないのでしょうか？ところが、そうでもないのです。同じ検証法で、様々な国の自家用車（自動車・バン・SUV・ピックアップトラック）を比較すると、驚いたことに1990年代後半には、平均的な日本製軽量車の燃費はアメリカの軽量車と同じくらい効率が悪く、ここ2年間でわずかにアメリカを上回っている程度です。

これら明白な事実や技術論文、それに数十年に及ぶ私自身による日本のエネルギー消費状況の観察から、エネルギー効率の改善を進めることで、採算が上がる潜在力があるという点で、両国には驚くほどの類似点があると示唆されます。私のチームが行った極めて詳細な研究と実際の経験は、アメリカにその潜在力が存在することを示すものです。[slide 17] そこでは、今日における最高の効率改善技術をすべて採用すれば、石油消費量の半分以上をその6分の1のコストで、ガス消費量の半分をその8分の1のコストで、電気消費量の4分の3をその8分の1のコストで節減できるでしょう。これら革新的な効率改善策の実施に必要な追加投資は、節減対象となるエネルギーの現時点での直接販売価格（日本よりはるかに低価格）のわずか6分の1に過ぎません。このシフトにより、エネルギー自体も安価になり、長期安定的に低価格を維持し、大幅にCO₂を削減し、安全保障を向上させ、知識を深め賢明な選択を行い、より優れた技術を開発・展開するための時間を稼ぐこともできるでしょう。日本とアメリカでは細かい点で多くの相違がありますが、パーセント単位でのエネルギー消費削減に関し、私は日本の潜在力にアメリカと根本的な違いはないと考えています。東京大学総長で優れた技術者であられる小宮山宏先生も、日本のエネルギー消費の約3分の2は利益を確保しつつ節減できることに同意しています。

[slide 18] 建物（特に日本の建物は断熱性が低い）の改善例を示すため、標高2200メートルのコロラド州ロッキー山脈にある私の自宅・屋内農場・Rocky Mountain Institute本部をご紹介します。ロッキー山中では気温が-44℃まで下がり、真冬には39日間まったく太陽が見えないことがあり、一年中霜が降る可能性があります。しかし吹雪を抜けて建物中央のアトリウムに一步足を踏み入ると、そこはジャングルです。このジャングルで、これまでに28回バナナを収穫し、今も新しいバナナの木が1日2センチ伸び続けています。しかもそこには暖房はありません。高性能の断熱材を用いた建物の暖房は、特殊ガラス（普通のガラス12～19枚分の断熱性を持つが、厚さは通常のガラス2枚分、費用は3枚分未満）から取り込んだ太陽熱で99%をまかない、加えて人間・照明・電化製品から発生する熱を活用しています。こうした熱節約技術に

より、総建設費を1100ドル削減できました。これらの技術導入にかかった資本コストが、暖房設置費を下回ったからです。次に私は、浮いたお金の6000ドルに乗せして再投資し、正味約1900円/m²で湯沸しエネルギーの99%、水使用量の半分、家庭電力の90%を節約しました。太陽発電でまかなっている家庭電力を市販価格に換算すれば、面積372m²に対し月々わずか600円程度になるでしょう。これら効率改善を全て合わせても、1983年当時のテクノロジーでも10ヶ月間で追加コストを返済できました。今日なら、これ以上のことが可能です。

最高気温46°Cの暑いカリフォルニアにあるこの黒い屋根（断熱効率を考えると馬鹿げた色合いですが、法律で義務付けられているのです）の家は、一見ありふれた建売住宅に見えますが、エネルギー消費量が通常の10分の1で済むよう設計されています。エアコンなしでも至って快適で、しかも量産すれば、冷暖房設備が不要なため建設費は普通の家より約1800ドル、長期的な維持費は約1600ドル安くなるでしょう。またこちらのモダンな家は、高温多湿なバンコクにあります。建築を専門とするスーントーン・ブーンヤティカーン教授が平均的な費用で建てたこの家は、エアコンに消費するエネルギーが通常の10分の1ですが非常に快適です。

地球上の異なる気候帯に位置するこれら3軒の家は、総合的デザイン 一度の支出で複数の便益を享受する によって、小規模な省エネにかかる費用を下回るコストでエネルギーを大きく節約できることを示すものです。

[slide 19] これは、「収益逡減」の法則を信奉する理論経済学者には奇妙な理屈に聞こえるでしょう。この法則に従えば、エネルギーを節約するほど1単位節減するのにかかる費用が上昇し、最終的にはコストが上がりに過ぎて中止せざるを得なくなります。確かに、断熱材にはこの原理が働きます。たいいていのエンジニアのように、もし長期的な暖房費の節約で賄える範囲内で断熱材を購入するとすると、薄い断熱材と高額な燃料を消費する大規模な暖房設備を備えた家が出来ます。しかし総費用 建設費プラス維持費 を最小限に抑えるよう留意すれば、この曲線に新たな部位があることを発見するでしょう。[slide 20] 断熱材を極限まで増やせば、全ての暖房設備 燃烧炉・パイプ・ポンプ・空気路・送風機・配線・制御装置・燃料供給装置 をなくすことができるのです！ こうすれば、投資費用は当初の想定を下回ります まさに私が自分の家で、小規模な節減策を講じる場合や何も対策をとらない場合以下の建設費で、暖房エネルギーの99%を節約できたのと同じように。[slide 21] そして大きな回り道をする代わりに、「コストの壁を打ち破って」直ちに設計上の目的 「無駄なし」 を達成できるのです（詳しい手法については、www.rmi.org/stanfordに掲載された最新のエネルギー効率改善策に関するスタンフォード大学での私の5回の講演を参照して下さい）。これは私たちがコロラド州でしかできない、魔法でも何でもありません。中欧・北欧にも、暖房設備なし・追加建設費ゼロで十分快適な「パッシブハウス」が既に1万軒以上建てられています。

[slide 22] 驚くべきことに、新築だけでなく改築（古い建物の改修）の場合も、ファサードや機械設備の補修などのみ必要な他の修復工事と上手く調整を行えば、コスト障壁を突き破ることができます。たとえば私たちは1994年、夏は暑く冬は寒いシカゴにある、19,000m²のカーテンウォール建築のオフィスビル改築の設計を行いました。20年を経て窓端のパテが剥がれていたため、カーテンウォール全体のガラスを入れ替える必要がありました。しかし私たちは、前と同じ熱を吸収する暗色のガラスを入れる代わりに、熱は通さずほぼ100%の光を取り入れられる高性能ガラスを採用しました。このガラスは、従来の約6倍の可視光線を取り入れ、不要な熱の取り込みを10分の1に抑え、従来の3～4倍の熱流入・騒音防止効果を発揮す

ることができます。普通のガラスより少し値段は張るものの、眩しさのないグレアレスな光の建物全体への供給に加え、非常に効率的で十分に管理された照明・事務機器の活用により、ピーク時の冷房負荷を77%削減できるでしょう。さらに、冷房設備を規模4分の1、効率性ほぼ4倍のものに交換しましたが、これは従来の大型設備を改修する（老朽化対策・フロンガス廃棄）より200,000ドル安くあがったと思われます。このコスト節減によって、高性能ガラスと照明・採光関係の工事費用をまかなうことができ、築20年の建物に対する通常の改築工事（節減効果ゼロ）と比べ、マイナス5ヶ月の返済期間（すなわち通常を下回る資本コスト）で75%のエネルギー節減を実現できます。

[slide 23] 建物だけでなく、自動車・工場などでもコスト障壁を打破することができます。たとえば工場内を循環する熱媒の配管を見ると、ヨーロッパの著名なエンジニアリング会社が設計した設備には、70.8kWのポンプ能力が必要でした。しかしあるオランダ人技師は、私たちの手法を活用して、これを92%減の5.3kWにまで引き下げました。設計思想に2点の変更を加え、細く長い曲がったパイプではなく、太く短い真っ直ぐなパイプを使うことによって、従来を下回る建設費で性能面でより優れた配管を実現したのです。これは、別に最新のロケット科学ではありません。単にビクトリア朝時代の調和がとれたデザインを再発見しただけなのです。

[slide 24] ポンプの例を出したのは、発電所は世界のCO₂の40%を排出しており、電力の5分の3はモーター駆動に消費され、ポンプと送風機（両者の仕組みは似ています）がモーターを使う2大利用用途だからです。従来型の火力発電所に10単位の石炭を投入すれば、エネルギー転換・送電過程とモーター・ポンプ系統の稼働のため9単位が失われます。物の移動エネルギーとしてパイプから出てくるのは、残る1単位のみです。しかし、こうした累積的なエネルギー損失を累積的なエネルギー節減に転じれば、パイプ系統のエネルギー損失を1単位減らすことで、10単位の石炭を節約し、気候変動を抑制し、発電所のコストを削減することができます。またモーターを約2.5単位小型化できます（従ってより安価になる）。上流の全コンポーネントが小型化・簡素化され低価格になります。だからこそ、必ず最下流からエネルギー節減に着手すべきなのです。

[slide 25] たとえば、パイプを通して液体を上押し上げる大型ポンプには通常、近くに補助ポンプがあるか、同じ場所にスベアポンプが付いています。こうしたパイプは、液体が必ず2本の90度ベンド（摩擦抵抗）と2つのバルブを通して流れるよう設計・製作されているのです。新たな設計思想に従えば、ベンドもバルブもなく（あるいはバルブ1つで）液体を流すことができます。[slide 26] 私の同僚であるエンジニアのピーター・ラムゼイが、このパイプを使ってポンプ回路を改修したところ、一風変わったパイプ設計によってポンピングのエネルギーを75%節減し、ポンプの数が15基減りました。これで15基分の電力・メンテナンスが不要になります。

[slide 27] 私のチームは近年、抜本的なエネルギー効率改善を目指し、資産価値300億ドル以上の設備の再設計を行いました。たとえばモーター系統では、35種類の改善策により電力の約半分を節減しています（ポンプ・パイプなど、モーター駆動系における既存の概してより安価な節減効果は算入せず）。しかし、実際に支出が必要な節減対策は7種類のみで、残る28種類は副次的に派生したものであるため、コストは1年以内に回収できます。半導体製造工場で冷却水と清浄空気の供給に必要なエネルギーを50%節減した際も、同じように短期間でコストを回収しています。改良の対象が石油精製所・石油プラントホームであれ、海軍艦艇、巨大な液化天然ガス（LNG）プラント、大規模なプラチナ鉱山であれ、また設計するのがFT（フィッシュアトロプシュ）合成施設であれ、データセンター・半導体製造工場・スーパーマーケット・2つの化学工場、果ては豪華なヨットであれ、私たちは概して、改修の場合2～3年のコスト回収期間で30～

60%のエネルギーを節減しています。新設の場合、節減率は一般に40~90%とさらに大きく、資本コストはほぼ必ず低下します。私たちは経済界の29部門 挑戦した全部門 で、「コスト障壁を打破」してきました。もちろん、そもそもの設計が優れていなければ、こうしたことは不可能だったでしょう。私は、当初の設計に問題があった設備を改修するのにうんざりしてきています。問題の根を絶つには、エンジニアリング慣行と教育法を根本的に改める必要があります。私は来年の夏、一流の実務家と協力して「ファクター10エンジニアリング」の事例集を執筆し、エンジニアの精神構造を不可逆的に組み立てなおす画期的な事例を詳しく提示するつもりです。私たちの目的は、穏健な方法で劣悪なエンジニアリングを追放することです。私たちと意見を同じくする方は、www.10xE.orgを通じて説得力ある事例研究を公開して下さいようお願いします。

[slide 28] 次に、燃焼することによって世界のCO₂の42%を排出している石油に目を向けましょう。それ以外にも、石油には多くの問題があります（たとえば、サウジアラビアの石油の3分の2は、ひとつの精製工場生産されているが、この工場は既にテロ攻撃を受けており、同工場のターミナル2基のうち大きい方は2度も攻撃されている）。2004年、私のチームは「石油のエンドゲームに勝つ」（“Winning the Oil Endgame”, www.oilendgame.com）という本を刊行しました。これは米国国防長官事務局の後援を受けて私たちが独自に行った研究です。この書籍は、経済界・軍部の指導者向けに書かれたもので、堅調な経済を維持しつつ、全面的に営利目的の民間主導によって、2040年代を目処に、アメリカを完全に石油から脱却させることを目指します。

[slide 29] 1バレル削減するのに平均12ドル（2000年ドル価値）のコストをかけることで石油の利用効率 1975年以降、既に2倍に達している をさらに倍増させれば、アメリカの石油消費量（赤い実線）と輸入量（赤い点線）は、右肩上がりで増大することなく、緑の線のように減少するでしょう。さらに、残り半分の石油を1バレル当り平均18ドルのコストで、天然ガスやセルロース系エタノールなどの最新バイオ燃料に切り替えれば、青線のように石油消費・輸入量をさらに大幅に減らすことができます。従って、アメリカの石油消費をゼロにするのにかかる平均コストは、1バレル当りわずか15ドル（あるいは現在の世界価格の約5分の1）に過ぎません。環境・安全保障など石油利用に伴う隠れたコストがゼロになることを考えれば、これは控え目な推定値です。

さらに早いスピードで石油を節減することも可能です。なぜならアメリカは、石油に注目が集まった一時期、実際にそれを達成しているからです。1977~85年の8年間にアメリカのGDPは27%伸びましたが、石油の消費量は17%、輸入量は50%減少し、ペルシャ湾からの石油輸入は87%低下しました（この状況が続けば、同湾からの輸入は翌年ゼロになっていたでしょう）。日本を含め世界中が石油消費を大幅に節減したためOPECの輸出量は48%減少し、その後10年間、石油産出国カルテルは価格決定力を失いました。産油国に都合のよい供給量制限を上回るペースで買い手が消費を減らしたため、買い手側 特にサウジアラビア並みの「ネガバレル（節油量）」産生国となったアメリカ は供給国を凌ぐ市場支配力を手に入れたのです。そんなことが実際にあったのです。今なら、現在のはるかに優れた技術を活用して、当時以上の手腕で同じ状況を再現できるはずですよ。

もしアメリカが、石油依存脱却に向け2025年までに1800億ドルの投資のうち半分は自動車・トラック・航空機産業の刷新に、残る半分は最先端のバイオ燃料産業の育成に当てる を行うとしたらどうでしょう？ その結果、原油の世界価格が1バレル当りたった26ドル（2000年ドル価値）になるとしたら？ 石油消費を大幅に節減すれば、本当にそうなるかもしれません！ しかも原油価格がここまで下がっても、

1800億ドルの投資によって年700億ドルというかなりの純収益が得られます。さらに無償の副次的効果として、CO₂排出量が26%減少します。アメリカでは自動車業界を中心に100万件の新規雇用(うち4分の3は地方)が生まれ、さらに100万件の雇用喪失を防ぐことができるでしょう。自動車業界は、効率性の高い車を輸入し続け石油利用の削減を図るか、それとも効率性の高い車を自ら生産し、車も石油も輸入しないか、選択をせまられることとなります。

私たちが自動車・トラック・航空機・燃料・軍事部門の競争戦略を分析した結果、極めて強力なビジネス論理が存在するため、公共政策はその論理を歪めることなくただ支援すればよいことが分かりました。政府が市場で不自然な行動を強要しなくても 新たなエネルギー税・助成金・命令・国内法を導入することなく、利益を動機として石油脱却への移行を実現できるでしょう。とはいえ、一貫性ある政策的枠組を策定すれば、その移行が早まると思われます。そこで私たちは実際に、従来より効果的・魅力的な新たな政策を提案しました。

[slide 30] 技術的に鍵を握るのは、アメリカの石油消費の70%を占める運輸部門です。軽量、低抵抗で先端的な推進装置を備えたトラック・車・飛行機を開発すれば、安全性向上と快適性・性能の維持を実現しつつエネルギー効率を3倍に高め、アメリカの低い燃料価格を基準にしても、購買者が負担する追加コストを各々1、2、4~5年で相殺することができるでしょう。多くの場合、性能も向上すると考えられます。たとえば、炭素繊維樹脂製ボディを採用したオペルのディーゼル式ハイブリッドカー「エコ・スピードスター」は、最高時速250km・燃費40km/L(両方同時には無理ですが!)を達成しているのです。驚くべきことに、超軽量の炭素繊維素材を使って燃料効率を倍増させても、車の生産コストは上がりません。生産工程の簡素化と従来より2~3倍小型のパワートレイン(駆動力系)採用によって、素材の高コストが相殺されるからです。

[slide 31] 一般的な車の仕組みを考えると、効率化の可能性が見えてきます。普通の車は、毎日重量の100倍にのぼる原油を消費します(原油からガソリンへのエネルギー転換効率が非常に低い)。しかし、そのエネルギーはどこへ行くのでしょうか? 8分の7はタイヤまで到達せず、まずエンジン・アイドリング・動力伝達装置・付属部品で失われます。タイヤに達した残る8分の1のうち、半分はタイヤや路面に熱として放出されたり、車周辺の空気をあたためたりします。残りのたった6%の石油エネルギーが車を加速し、これも停止時にブレーキをかけると熱になってしまいます。しかも、加速される質量に占める乗員の割合はわずか20分の1 残りは車自体の重さ であるため、ドライバーを運ぶのに消費されるエネルギーは、6%分のエネルギーのわずか5%(総エネルギーの0.3%)なのです! 120年も熱心に技術設計に取り組んできたにしては、あまり満足できる結果ではありません。

しかし良いニュースもあります。車を動かすのに必要なエネルギーの4分の3が車体の重量に由来するものなら、タイヤで消費するエネルギーを1単位減らすことで、その7倍のエネルギーを節減できるのです。従って、車の大幅な軽量化によって大きな効果が得られます。

[slide 32] 従来は軽量化というと、価格は高いしかし非常に軽いアルミニウムのような軽金属を指しました。私も、燃費27km/L(3.56L/100km、64mpg)のアルミボディの日本製ハイブリッドカーに乗っています。これに対抗して、超軽量スチールも登場しつつあります。最も軽量で頑健性に優れるのは、炭素繊維で補強した複合素材です。この写真にあるメルセデスのスーパーカー「SLCマクラーレン」(50万ドル、ハンドメイド生産)も、そうした「先進複合素材」で作られています。この車とフォルクスワーゲン「ゴルフ」の衝突実

験を行ったところ、ゴルフは全損でしたが、マクラーレンはサイドパネルが外れたのみでした（しかもこのパネルはすぐ元通りに取り付け、後で傷を補修する予定）。「マクラーレン」には、フロント両端のフードの下に「クラッシュコーン」と呼ばれる1対の円錐状の衝撃吸収機構（炭素繊維製・3.5kg）が装備されていて、時速105kmで壁に衝突しても衝撃エネルギーを完全に吸収できます。というのも、この素材は適切な形状で使えば、鉄と比べ1kg当り6～12倍もの衝撃エネルギーを、鉄以上に柔らかく吸収できるからです。軽量ながら頑健性に優れたこうした素材を使えば、重量（重い車は不利で非効率的）を増やさず大きな車（つまり安全で快適な車）を作ることができ、結果的に石油・お金の節約と同時に乗る人の命を守ることができます。

[slide 33] もちろん、先進複合素材の課題はコストです。これらの素材は、軍事・航空宇宙部門で使われていますが、自動車メーカーのニーズと比べると使用量は少なくコストは約1000倍です。しかし私は、ロッキードマーティン・スカンクワークスのある若きエンジニアに出会って、この溝を埋められるのではないかと勇気づけられました。彼は、金属素材でなく炭素繊維に適した設計を採用することで、重量が従来からの3分の2、価格も3分の1となる95%炭素繊維製の戦闘機を開発したのです。従来とあまりにも違っていたため軍はこの戦闘機に興味を示さませんでしたので、その後私は彼を採用して同じ設計で車を開発してもらいました。私たちは2000年に、欧州の一流自動車エンジニアリング企業2社と協力して、実際にこの車を開発しています（www.rmi.org/images/PDFs/Transportation/T04-01_HypercarH2AutoTrans.pdf）。

その一方、私が率いる小さな会社を通じて、先進複合素材を使ったコスト競争力のある車の生産手法の商業化が、急速に進められています。たとえば、これは超軽量ヘルメットの試作品です。チタンより頑丈でハンマーの衝撃にも耐えられますが、1分未満で製造可能です。同じ素材で車を作れば、重量は現在のスチール製の車の半分になり、消費燃料は半減し、安全性が向上するでしょう。しかも生産コストは現在と同じです。アメリカがこの方法で車を生産できれば、デトロイトに無尽蔵の油田を発見したようなものです。

[slide 34] これは私たちが2000年に設計した車で、先ほど述べた手法で生産できると考えられます。理想を追求したミッドサイズSUV（乗員5人、最大積載容量2 m³）で、44%の勾配を0.5トンの荷物を載せ運ぶことができ、7.2秒で時速100kmまで加速します。しかも「プリウス」と同様のガソリン式ハイブリッドエンジンの採用により、燃費効率は3.6倍の28km/L（3.51 L/100 km、67 mpg）に向上します。小売価格は普通の車より2511ドル（2000年ドル価値）高くなりますが、燃料節約効果により日本なら1年、アメリカなら2年で追加コストを回収できるでしょう。さらに水素燃料電池を使えば、燃費は6.2倍の48.5 km/L（2.06 L/100 km、114 mpg）に達し、スチール製の重い車体を採用した場合より10～20年早く市場での競争力を獲得できるでしょう。というのも、必要エネルギー量が従来の3分の1であるため水素タンクが小型で設置しやすく、燃料電池についても、小型なためコスト的に早く採用されると考えられるからです。何より興味深いことに、こうした車のプレス用金型費用はスチール製に比べ最大99%低く、自動車生産で最も難しく高コストな2行程である板金・塗装は不要となります。その結果、生産に必要な資本は、現在の最もスリム化が進んだ工場と比べても、5分の3程度ですみます。

[slide 35] こうした形勢を一転させられる技術を見ると、私はこう考えてしまいます。日本の自動車メーカーがハイブリッド電気自動車を大胆に導入し、100万台以上も販売してハイブリッド技術で大きく他国に差をつけたように（GMはトヨタより18ヶ月早くハイブリッド車を開発したが、その後頓挫している）、アメリカの自動車メーカーも、抜本的なエネルギー効率改善を競争戦略に活用できるのではないかと。航空業界におけるこうしたアメリカ版の飛躍が、今、自動車業界の注目を集めています。1997年当時、ボーイング

社は現在のデトロイトのように危機的状態にありました。トヨタ式生産方式の導入や、ボーイング民間航空機部門での痛みを伴うその他の改革によりコスト抑制は実現したものの、「777」以降、有望な技術革新はほとんど見られませんでした。2003年にはエアバス社が販売額でボーイングを抜き、慎重なアナリストの間ではボーイングの存続を危ぶむ声も聞かれ始めました。しかし2004年、ボーイングは「787ドリームライナー」で反撃に出ます。「787」は従来機と同じ価格で燃費を20%向上、機体重量比で50%に炭素繊維複合素材を採用しています（「777」では9%）。乗客・運航者に多くのメリットをもたらす一方、組立時間は11日から3日に短縮されました。「787」は現在、2014年まで完売済で、その受注ペースは航空機として史上最速となっています。ボーイングは、エアバスが窮地を脱する前に、同社が生産する全商用機にこうした技術革新を導入しようとしています。そんなボーイングの目覚ましい成功の前に、アメリカの自動車メーカーは当然こう考えるわけです。相撲の世界チャンピオンと同じ土俵で勝負するには、どうすればよいか？ 少しでも強く敏捷になるため地道にトレーニングを重ねるより、ひそかに試合を「合気道」に変えてしまう方が得策ではないか、と。

[slide 36] 私のチームは「組織への鍼治療」(institutional acupuncture)とでもいうべき手法で、アメリカの完全な石油脱却に取り組んでおり、道のりの3分の2程度まで来ています。ビジネス論理の流れが停滞している場所を探り当て、そこに鍼を刺して流れを促すわけです。私たちの働きかけが必要な6部門のうち3部門では、既に転換点を越えています。やるべきことは多々ありますが、今後の取組は容易でしょう。航空機部門では、ボーイングの飛躍的な効率改善が勝利を収めました。これにより疑いなく、同社の優位を確固たるものとするため、さらに燃費効率に優れた飛行機の開発が急速に進められるでしょう。大型トラック部門では、私たちの分析によると、ウォルマート(世界最大の小売業者)がサプライヤーに対しトラックの燃費を2倍向上させるよう求めています。この「需要牽引力」によって、燃費2倍のトラックが市販され誰もが買えるようになれば、アメリカの石油消費量を6%節減できます(次段階として燃費3倍のトラックが登場すれば、最終的に8%削減)。国防総省は、将来的に石油をめぐって他国と戦う必要がないように、政府の中心となってアメリカの石油脱却を推進する組織へと急速に変貌しつつあります。軍部指導者は、ペルシャ湾での「ネガミッション」(軍事作戦の不要化)という発想に非常に好意的です。燃料・金融部門でも満足のいく進歩が見られ、2006年の1年間だけでも、「クリーンエネルギー」供給施設に対し710億ドルの新規民間投資が行われました。

当然、最も変化が困難で時間を要するのは自動車部門ですが、ここでも急激に進歩のペースが早まっています。2004年、私たちは研究に基づき、アメリカの自動車メーカーは、超軽量素材・先端的推進装置・統合的デザインのブレークスルーに基づいたボーイングの競争戦略に追随すべきだと提案しました。2年後、フォードは、その改革を率いたボーイング民間航空機部門の社長を新CEOに招きました。彼は現在、デトロイトで変革を目指しています。全米自動車労働組合やディーラーも、業界を救うこうした技術革新を熱望しています。世界の自動車業界に押し寄せている(経済学者ジョセフ・シュンペーターの言葉を借りれば)「創造的破壊」の津波。それにインド・中国などとの競合激化。は、現在、1920年代以降で最大規模に達しています。この波は、自動車メーカーの経営陣の刷新、あるいは彼らの意識の刷新(どちらが先でも構いませんが)をもたらすでしょう。今では、フォードとクライスラーのCEOとともに、他業界出身の経営再建のエキスパートです。実際、私のチームも現在、自動車業界を対象とした2件の変革プロジェクトを手がけており(1件は自動車メーカーレベル、もう1件は一次サプライヤーレベル)、どちらも今春、想定を上回る成果を出しました。

[slide 37] 1990年代以降の、ハイブリッド電気自動車の商用化に向けた日本の自動車メーカーの並外れた成

果は、最初の一步に過ぎません。「プリウス」のような優れたハイブリッドカーは、上手く運転すれば燃費を2倍ほど 最終的にディーゼルエンジン（十分なクリーン化が可能であれば）や、それより最大60%効率が高い「デジタルエンジン」（2007年1月にコロラド州の小企業スターマン・インダストリーが初めて試験を実施）を搭載すればそれ以上 向上できます。今日のハイブリッドカーの超軽量化とともに、空気力学面の改良とタイヤ改善を行えば、極めて機能的なデザインの採用により、追加コストなしで燃費をさらに2倍向上させることができます。こうした「ハイパーカー」の燃料の85%に、持続可能な形で栽培されたセルロース系エタノールかブタノールを用い、ガソリンは15%のみにとどめれば、1リットル当り走行距離がさらに4倍に増え、車の石油消費量を現在の16分の1に削減できます。

しかし、石油のエンドゲームをめぐる分析にとどまらず、さらに先を目指すことができます。たとえばトヨタは、2007年11月にプラグインハイブリッドカーの路上テストを実施予定で、早ければ2008年モデルとして同車を販売する準備を進めていると噂されます。こうした車が登場すれば、再び燃費が少なくとも2倍向上し、二酸化炭素排出量が減少し、新たな発電所が不要になるでしょう。その上、プラグインハイブリッドカーを駐車時にインテリジェントに電力網に接続できれば、私が1990年代初めに発案したように、「車から電力網へ」の電力供給の可能性が出てきます。電力不足が生じた時点・場所で、車に貯蔵された電力を電力会社に販売するのです。これを根拠に、電力会社に高価な電池開発への出資を促すこともできるでしょう。将来的には、燃料電池を搭載したハイパーカーが動く発電所となり、暑い日の午後などに市街地の電力施設に電気を売って、車が止まっている時間（最大96%が駐車時間）を活用してかなりの利益（最初の200万人については、ほぼ車の総コスト分の収益）を上げられるかもしれません。アメリカの車が全てハイパーカーになれば、全電力会社が現在保有する発電力の6~12倍を供給できるため、火力発電所や原子力発電所は瞬間に不要になるでしょう。そのためハイパーカー技術を用いて石油・電力の問題に対処することで、最終的には採算性を保ちつつCO₂排出量を大幅に削減できると考えられます。たとえ燃料電池がなくても、バイオ燃料を使用する超軽量プラグインハイブリッドカーができれば、それだけで1km当りの石油消費を97%削減できます。また水素自動車（それに電池を動力とする純粋な電気自動車）は、バイオ燃料市場と張り合えるだけでなく、残る3%の削減にも近づけるでしょう。実用的で手ごろな価格の水素燃料電池がハイパーカーに搭載されれば、燃費が向上するとともに、1km当りCO₂排出量が2~6倍減少し、CO₂貯留や再生可能水素が実現すれば炭素排出量はゼロになるでしょう。

[slide 38] 車の寿命は約14年（ただし日本は例外で、政府の規制によりもっと早く廃車になる）で、ニューモデルの開発・生産には何年もかかるため、自動車業界では大きな変革は極めてゆっくりと進行します。しかしアメリカの自動車メーカーは、1920年代に木製からスチール製ボディへの切り替えをわずか6年で行いましたし、第二次大戦開戦時には、たった半年で全ての自動車工場が軍需品工場に転換されました。第二次石油ショック時、アメリカは石油エネルギー強度を年5%以上（2.5年でペルシャ湾からの輸入量に匹敵するペース）低下させています。節減に最も寄与したのは、新規国産車の年間5%近い燃費向上でした。しかも96%は設計改善による向上で、車の小型化による向上はわずか4%だったのです。

近年では、車より100倍複雑で高度な制御が求められる航空機部門で、ボーイングが画期的な商品を開発し、わずか2~4年で業界ランキング逆転を果たしています。GM社の小チームは、3年で革新的な電気自動車「EV1」の実用化に成功しました。従って、効率性の高い新商品が非効率的な従来品よりシンプルであれば、大きな組織でも迅速に動けるのです。もちろん、新技術の普及は通常S曲線を描くため、商品の採用率が10%から90%に達するには一般に12~15年かかりますが、私たちが「石油エンドゲームに勝つ」で提案しているような画期的な競争戦略・公共政策をとれば、それより3年早く10%の「離陸地点」にたどり着き、

さらに早いペースで普及させることができます。

[slide 39] 石油業界では、採取可能な世界の資源基盤をコストが右肩上がりに上昇する供給曲線とみなしています。既に1兆バレルの石油が消費されました。国際エネルギー機関によれば、2030年までに世界でさらに同量が消費される見込みです。これに関し中東OPEC諸国は、1バレル約5～14ドルという自由市場価格を大幅に上回る価格で提供できると公式に発表しています。それ以降、石油や既存の石油代替燃料については、採取地の遠隔化、入手困難化、高額化、劣悪化が急激に進みます。[slide 40] しかし、私たちが著書「石油エンドゲームに勝つ」で述べた節減策や代替燃料を用いれば、アメリカの数値を基に概算すると、控えめに見ても供給曲線が全体的に3兆バレル右にずれ、おそらく何十兆ドルもコストを節約できます。[slide 41] タールサンド、オイルシェール、石炭液化油などの資源は高価なだけでなく、従来の石油よりはるかに炭素集約度が高いため、これらを使用しないことによっても、1兆トン以上の炭素排出を抑制できます。

最後にCO₂ 排出問題の5分の2を占める電気について、また日本はこれら全ての変革の先頭に立つたぐいまれな可能性があることについて、少しお話しします。

[slide 42] 電気の場合も少なくとも石油と同様、効率改善の目標が急激なスピードで変化しています。アメリカが「ネガワット（節電）」の可能性を探り始めた1984～89年の5年間で、節電に役立つ資源が倍増し、価格は3分の1になりました。以降、大量生産（主にアジア）・技術革新・競争・IT革命の波及効果のおかげで、節電手段の一層の増大と低価格化が進んでいます。たとえば冷蔵庫 暖房や給湯に電気を使わないアメリカの大半の家庭で、最も電力を消費する製品 を例にとりましょう。第一次石油ショックまで、冷蔵庫の消費電力は急増しました。これはひとつには、冷蔵庫が次第に大型化したからです。しかしドアからキッチンに運び込める大きさでなければならないということで、1980年前後には大型化に歯止めがかかりました。その一方、まずカリフォルニア州、次いで連邦政府の効率基準が4倍厳しくなり、年5%のエネルギー節減を実現するとともに、冷蔵庫の価格も64%下がりました。日本では近年、（検査手順は異なるものの）さらに早いペースで効率改善が進んでいます。しかし、私が1985年から使っているオーダーメイドの冷蔵庫や、最新型の2000年オランダ製冷蔵庫を見れば分かるように、まだ改善の余地があります。

[slide 43] 1980年代末、私のチームでは、10年間にどれくらいのコストでどの程度の電力を節約できるか総合的に評価しました（おそらくこれは、今日に至るまで最も詳細な分析です）。コストと実績を評価したデータから、最大1,000種類の効率改善技術を新設・既設の建物や工場に完全に適用すれば、現在の貨幣価値で1kWh当たり約1セントの平均コストで、1986年当時のアメリカの電力消費量を最大75%節減できることが示されました。北米電力事業者のシンクタンクである米国電力研究所（EPRI）は、節減可能量をこれより若干少なく見積もっていますが、2000年までに40～60%節減、それでも石炭火力発電所もしくは原子力発電所を稼働し電力を供給するのにかかるコストを下回ります（2つの研究結果の相違は本質的なものではなく、主に方法論の違いによる）。私たちの調査結果は、欧州で行われた他の研究とも一致しました。EPRIも認めているように、効率改善技術は、私たちが技術を存分に活用しつくす前にコスト・性能の両面で急速に向上を続けるため、より安価なコストでますます多くの電力を節電（「ネガワット」）できるようになります。言うなれば、技術革新の木が私たちの頭上に多くの果実を降らせる一方、足元では「手の届く所にある果実」がグシャグシャに潰れ長靴の上から入り込んで来そうな状態にあるのです！

[slide 44] 電力供給の分野でも、これほど目立たないものの同様の変革が起こっています。低炭素や無炭素

の分散型発電機が、一極集中型の火力発電所にとって替わりつつあるのです。このグラフは、「The Economist」誌が「マイクロパワー」と呼ぶ分散型電源の世界的な発電量・設備容量を示します。中央の縦線を境にグラフの左半分は実データ、右半分は業界予測値です。マイクロパワーは次の2種類に分けられます。

- b オレンジ色の帯は、発電と同時に排熱を有効活用する熱併給発電（「コジェネレーション」）です。この方法は、非常に効率性が高く約3分の2はガス燃焼なので、従来の発電所・発電ボイラー・発電炉と比べ炭素排出量が半分以上に削減されます。
- b その他の色の帯は、大規模水力発電ダム（10MW超）を除く再生可能な電力供給源です。

驚くべきことに、マイクロパワーは現在、世界の電力の6分の1 原子力発電をわずかに上回る数字、世界の新規電力需要の3分の1を供給しています。2005年には、先進国13か国の全電力消費量の6分の1～2分の1以上がマイクロパワーで供給されました。このグラフには「ネガワット」は示していませんが、節電量も同様に大きいと思われるため、総合すると、現在の世界の新規電力供給の大半はマイクロパワーとネガワットでまかなわれています。マイクロパワーは大量生産により迅速に建設・設置され、市場に分散する無数の経済主体がこれを購入するため、大規模施設とは異なり携帯電話並みに急速に普及することが可能です。たとえば2005年（完全なデータが入手できる最新年）には、マイクロパワーによる世界の新規発電量・発電容量は、原子力発電による新規発電量・発電容量のそれぞれ4倍、11倍に達しました（ともに更新設備分を除く）。その上、従来型の発電設備に比べ助成金が少なく、より大きな障害に直面しているにもかかわらず、マイクロパワーは、民間リスク資本から1000億ドル以上 分散型再生可能エネルギーだけで560億ドル の投資を獲得しました。他方、原子力発電所へのこの種の投資は皆無です（原子力発電所の建設は、政府が策定した電力制度の一環としてのみ実施されている）。

マイクロパワーが市場で集中型の火力発電所に勝利を収めた理由を、最も簡単に説明すれば、火力発電所と比した場合のコスト・経済的リスクの低さが、投資家に魅力的だったのでしょう。[slide 45] この仮説を検証するため、アメリカの実証データを用いて、小売市場における新規電力1kWhの生産・供給（あるいは節減）にかかるコストを検討してみます。送電コストが発生する遠隔発電と、その場で供給できるオンサイト発電の双方について検討しました。実際のコストにはばらつきがあると思われそうですが、私は一極集中型の発電所に有利な方式で分析を行いました。集中型の発電所については、標準的なマサチューセッツ工科大学（MIT）の2003年の研究データを用いました。このコストには集中型発電所に当時交付された全ての助成金が含まれますが、大規模発電所の停止時に備えた予備供給力は含まれません。

MITの研究によると、原子力発電での新規電力1kWh生産には7.0セント（2004年ドル価値）のコストが必要です。これに、アメリカの民間電力会社の10年前の平均送電コスト（意図的に低く設定）を加えると、電力供給コストはほぼ10セントになるでしょう。MITによれば、新たに多額の助成金が支給されれば（かつ万事順調に運べば）このコストを約3セント削減できる可能性があるといえます。しかし2007年の業界コンセンサスグループによると、前述の研究以降、基準コストが最大3セント上昇しているとのこと。他方、MITの研究では、石炭火力発電の電力供給コストは、原子力発電が達成しうる最低コストより若干低いものの、ここでも近年やはりコスト増が見られることが分かりました。とはいえ、多額の炭素税（100ドル/トン）が導入されれば、石炭火力発電は標準的な原子力発電とほぼ同コストになると考えられ、複合サイクルガス燃焼火力発電の場合も同じことが言えます。

そのため政策決定者たちは、自分が望む発電方式を市場に選ばせようと税金や助成金を絶えず調整しているのです。一方、市場自体は方式を問わず全ての一極集中型発電所から離れつつあります。たとえば風力発電のコストは、過去8年間のアメリカの発電コストの中央値をわずかに上回るとしましょう。これに当然ながら送電コストも加え、さらに風の有無にかかわらず十分な供給が行えるよう、「ウィンドファーム」風力発電をきちんと評価するための実コストを上回る金額を加えます。たとえ発電税控除 石炭火力・原子力発電所への助成金より少額 がなくても、風力発電のコストは石炭火力・原子力発電のコストを下回るでしょう。風力タービンのコストが低下傾向にあるため、火力・原子力発電は相対的にコスト高になりつつあります。実際、現在の風力発電(場)(ウィンドファーム)の最低コストは、5年後の業界予測値を既に下回っているのです。

全般的にさらに低コストなのは、コージェネレーションです(通常の産業用コージェネレーション、電気・熱・建物の冷房の3種を併給する「トリジェネレーション」、もしくは、産業廃熱を回収利用するコージェネレーション)。そして全体を通じ最もコストが低いのは、最終需要における効率改善です。産業用・商業用の設備改修の場合、一般にコストは1セント/kWh以下、改築住宅の場合(あるいはあまり腕が良くなければ)2~3セント/kWh、新規設備の導入がうまくいけば(あるいは多くの設備改修でも)、コストはゼロ未満になります。

以上の電力生産・節減手法を全て比較すると、投資家が集中型発電所に対しかつて見せた関心を失いつつある理由が分かります。集中型発電所は、単純にコストがかかりすぎるのです。他方、低コストの選択肢は、気候変動防止に対してもより有効な解決策を提示してくれます。たとえばMITのデータに基づく、原子力発電ではわずか10セントで1kWhの新規電力を供給できます。1kWh発電するのに、石炭火力発電の代わりに原子力発電を使えば、気候変動防止に役立つわけです。しかし同じ金額を分散型再生可能エネルギー、コージェネレーション、効率改善などに投資すれば、石炭火力発電の2~10倍の電力をより短時間で手に入れられるでしょう。気候変動が問題であれば、私たちは1円当たり・年当たり最大のソリューションを得られるよう、無計画にではなく思慮深い投資を行う必要があります。高コストで生産に時間を要するエネルギーを利用すれば、私たちが必要とする気候変動対策の効果が弱まり、問題の解決が遅れるだけでしょう。

[slide 46] もちろん、石油を探して掘削したが「空井戸」だったなど、どんなエネルギー投資にも失敗のリスクがつきまといます。では私たちは、実際の市場行動から何を学べるでしょうか? 有望な例のひとつが、1982~85年のカリフォルニア州に見られます。当時のカリフォルニアでは、全ての電力生産・節減手段の間はかなり平等な競争が見られました。同州の電力会社はその4年間に、公正入札により、節電や分散型の新規電力供給(主に再生可能エネルギー)などの形でピーク需要量の143%にのぼるエネルギーを確保したのです! あと1年これが続けば、供給過剰により全ての火力・原子力発電所の閉鎖を余儀なくされた(今思えば、それほど悪い考えではなかったかも)ため、入札は中止せざるを得ませんでした。従って自由競争を行えば、選択肢が少なくて困るどころか、おそらく魅力的な選択肢が有り余るほど出てくるでしょう。当時よりはるかに優れ費用効果も高い今日の技術をもってすれば、なおさらです。

こうした代替手段は、規模の面でも非常に大きなものです。たとえば、アメリカの潜在的な節電量は原子力発電による発電量の2~3あるいは4倍ですが、必要なコストは石炭火力・原子力発電所1基の運転費(建設費はかからないとしても)を下回ります。産業用コージェネレーションは、採算性を確保しつつアメリカの電力の5分の1を供給でき、民生用が加わればそれ以上になります。海岸・沿岸洋上の風力発電には、アメリカ・中国では総電力消費量の2倍以上、イギリスでは6倍、全世界では(ハブ高度80mでの最新データ

によると) 風量の多い地域のみで約35倍の潜在供給力があります。その他の再生可能エネルギーはさらに供給量が多大です。一般的な誤解に反し、風力発電や太陽光発電には事実上不可能なほど広大な土地や、電力貯蔵装置への多額の投資は必要ありません。今後計画され、電力網に統合される、多様で分散されているものの、供給が変動する太陽光・風力発電は、必要な電力貯蔵設備や予備電源については、実際には大型火力発電所の停止に備え電力会社が用意している既存の設備より少なくすむでしょう。

[slide 47] 同時に、あらゆる再生可能資源の低価格化が着実に進行しており、さらに多くの資源分野では、私がこの米国政府予測値に赤字で加筆したように、従来と一線を画する「飛躍的な」技術進歩の可能性が高まっています。その上、207種類の(主に金融経済・電気工学分野からの)「分散したことによる利益」を適正に評価すれば、分散型資源の経済的利点は一般にさらに約10倍増大します(www.smallisprofitable.org)

[slide 48] 現在、一見すると高コストに思える再生可能エネルギーでさえ、効率的利用を上手く取り入れれば、多くの場合費用効率が高まります。たとえば、カリフォルニア州のある刑務所は、屋根に1.2haの太陽電池を設置しました。しかもそれに先立ち、屋根を白く塗り(白色は太陽熱を反射する)、建物の照明・送風機・空調を効率化して電力需要を減らしたため、太陽電池の発電量が最も多い暑い日の午後などは、余剰電力を一番いい価格で電力会社に売れるまでになりました。プロジェクト費用900万ドルのうち、500万ドルは州の助成金で賄われましたが、助成金がなくても事業は大きな採算性を上げられたでしょう。というのも、25年間で1500万ドルの収益が得られたからです。太陽電池より安価な分散型発電機の場合、そして、家屋の規模によっては、同じ論理がさらに強く成り立ちます。私の家の電力(平均消費電力約120ワット)は、面積3㎡の太陽電池で完全に賄われています。この太陽電池のコスト(バッテリー・電力変換器も併せて設置)は、節約した電力の価値をゼロとしても、30m離れた電線への接続費用をわずかに下回ります。今日の最新技術を使えば、我が家の消費電力をわずか40ワット程度に抑えることができ、これは1㎡の太陽電池でまかなえます。その場合、太陽電池のコストは、接続線が家のすぐ横まで延びていて、無料で電気を供給してくれたとしても、それに接続する費用を下回るでしょう。つまり、家屋の効率改善を進めれば、電力網への接続距離の損益分岐点を、限りなくゼロに近づけることができ、その結果、太陽光発電を使う方が電力網に接続するより安くなるのです。

[slide 49] このように、エネルギーの効率的利用・マイクロパワー・石油の代替すべてによって、これまで石油・電力でまかなわれサービスとして受けていたやり方が劇的に変化しつつあります。こうした根本的な市場シフトは、気候変動防止・安全保障の両面で好ましいことです。この市場シフトは、採算性を確保しつつ、他の方法よりはるかに迅速かつ効率的に地球の気候変動を防止します。また、賢明な選択によって巨額のエネルギー投資を不要にし、その資金を他の開発ニーズに充てることもできます。たとえばムンバイに小型蛍光灯工場、バンコクに高性能ガラスコーティング工場を建てるとすると、効率性の低い照明・空調で同じ明るさ・快適性を得るため発電所の電力供給を増やす場合と比べ、必要な資本はほぼ1000分の1ですみ、10倍早く費用を回収できます。現在、世界の開発資本の約4分の1を消費している電力部門への資本投下を最大10,000分の1まで削減することで、世界の発展にマクロ経済的に大きな影響を与えられます。

またこれらの技術革新を通じ、エネルギーを紛争・腐敗・独裁の源泉ではなく、平和・透明性・民主主義を促す強力な手段に変えることができます。技術革新により、今の脆弱なエネルギーシステムの回復力を高めれば、現在は設計上避けられない(また悪意ある犯行によって容易に引き起こされる)大規模停電が、設計上起こりえないこととなります。また国際市場の裁定に真摯に耳を傾けることで、イランや北朝鮮などへの核拡散の最大の原因をなくすことができます。私が1980年夏に「*Foreign Affairs*」誌で述べたように、民

生用原子力のせいで、平和利用の名目を装って、手製爆弾製造キットのための材料・機器・知識・技術が広く出回っています。今日の大規模な原子力産業がなければ、こうした材料の入手はより難しく人目につき、政治的コストが高いものになるでしょう。目的が電力でなく、核兵器開発にあることが明白だからです。偽装をなくしても核拡散の完全な阻止は無理でしょうが、核兵器開発は一層困難になり、他国が察知しやすくなるでしょう。諜報機関も「干し草の山から針を見つける」苦労がなくなるからです。

日米両国のリーダーシップが、国際安全保障のため今まさに必要不可欠となっています。豊富な富や燃料資源、高い技術力にもかかわらず、アメリカが原子力の必要性を主張するなら、そうした強みを持たない全ての国が同じ結論を出すでしょう。逆に、太陽光発電やある種のエネルギー効率化で既に世界をリードしている日本が、燃料資源がなくとも、さらなる効率改善と再生可能エネルギー活用で自国の先進的な産業経済を動かせることを示せば、他国もそうせざるを得ないでしょう。実際、途上国に対し、両国が自ら採用しようとしている本質的に非暴力的な技術へのアクセスを広く提供すれば、日本とアメリカは核拡散防止条約第4条の本来の目的「開発のための安価なエネルギーへのアクセス」に立ち戻ることもできるかもしれません。唯一の被爆国・核兵器使用国という宿命で結ばれた両国が、今度は自らの意思で、核拡散を進めようとするものたちの摘発・制裁に協力することができるのです。これにより、核兵器が再び使われる危険が大幅に減るとともに、公正な世界の発展と気候変動防止にも役立つでしょう。

つまり、お金を節約するエネルギー利用の仕方により、気候変動・石油戦争・核による大量殺戮いずれかによる人類滅亡の道を選ばずにすむのです。これら3つの選択肢は全て、無益で非経済的なものです。

[slide 50] エネルギー分野における日本の成果と今後の可能性について、私がどう見ているかを簡単にまとめてお話ししましょう。日本の産業界のエネルギー効率性は、世界トップから平均レベルまで様々ですが、最も効率性が高い部門・企業でさえ、さらに大幅な改善の余地があります。1970年以降、日本の家庭・運輸部門のエネルギー消費量は倍以上に増大しました（トラックは2倍、乗用車は6倍以上の増加）。道を走っている車やトラックはみな、平均燃費という点で最も高性能な輸出モデルをはるかに下回っています。従って、迅速かつ安価に効率性を少なくとも2倍向上できるはずですが、最も大きな機会の可能性を秘めているのが、非常に効率性の低い建物が大量に残っている分野です。これについては大規模な改修を行い、効率性に優れた高機能な設備・設計の完全導入にさらに積極的に取り組む必要があります。日本は「トップランナー方式」をはじめ、いくつかの優れた政策手段を世界に先駆けて開発していますが、今後は包括的な障壁の打破を通じ、価格ではなく、価格対応力を重視するとよいでしょう。最も重要な改革として、電力・ガス供給会社に対しエネルギー販売量ではなく、請求金の削減額に応じて助成金を交付するとよいでしょう。燃料資源には明らかに乏しいものの、潜在的な再生可能エネルギーは驚くほど豊富な国において、日本がエネルギー分野で主導権を握る格好のチャンスを阻む最大の障害は、効率改善と再生可能エネルギーがもたらす大きな可能性がただ単に認識されていない点にあります。両者は、現在のエネルギーシステムより安全かつ安価に、日本全土に十分な量を超えるエネルギーを供給できる可能性を秘めているのです。

[slide 51] それなのに、一体何を待つ必要があるでしょう？ 私たちこそが、待ち望まれていた存在なのです。そして日本は、世界が待ち望んでいたリーダーなのです。

私の話があまりに出来過ぎているとお考えなら、カナダの批評家マーシャル・マクルーハンの次の言葉を思い出して下さい。「守らねばならないのは、取るに足らない秘密のみだ。偉大な発見は、大衆が容易に信じようとしないうことによって守られる」

次は、みなさんが動く番なのです。

ご清聴ありがとうございました。

ブループラネット賞

ブループラネット賞は、地球環境問題の解決に向けて、科学技術の面で著しい貢献をした個人または組織の業績を称え、感謝を表わすとともに、多くの人々がこの人類共通の課題に立ち向かう意欲と意識を高めることを目的として、平成4年に発足した地球環境国際賞です。

毎年原則として2件を選定し、受賞者にはそれぞれ賞状、トロフィーおよび副賞賞金5,000万円を贈呈します。

対象分野

- ・地球温暖化、酸性雨、オゾン層破壊、森林減少、砂漠化、土壌劣化、海洋および淡水資源、生態系・生物多様性の保全・再生などの地球環境問題全般。
- ・エネルギー、人口、食料、水資源、環境政策など、地球環境の保全・再生と密接に関係し、持続可能な社会の実現に役立つ複合的な領域。

候補者の資格

- ・国籍、性別、信条などは問いません。
- ・個人（グループ）組織のいずれも対象となります。グループの場合は、1グループを1名と見なします。

選考のしくみ

- ・毎年8月から10月にかけて国内外のノミネーターに候補者の推薦を依頼し、推薦を受付けます。
- ・その後、約半年かけて選考委員による数次の審議により受賞候補を選出します。そして、当財団の理事で構成する顕彰委員会に諮った後、理事会・評議員会が受賞者を正式決定します。

歴代受賞者

- ・平成4年度（第1回）受賞者
真鍋淑郎博士（米国）米国海洋大気庁上級管理職
受賞業績 “ 数値気候モデルによる気候変動予測の先駆的研究で、温室効果ガスの役割を定量的に解明 ”
国際環境開発研究所（IED）（英国）
受賞業績 “ 農業、エネルギー、都市計画等、広い領域における持続可能な開発の実績に向けた科学的調査研究と実証でのバイオニアワーク ”
- ・平成5年度（第2回）受賞者
チャールズ・D・キーリング博士（米国）カリフォルニア大学スクリップス海洋研究所教授
受賞業績 “ 長年にわたる大気中の二酸化炭素濃度の精密測定により、地球温暖化の根拠となるデータを集積・解明 ”
国際自然保護連合（IUCN）（本部・スイス）
受賞業績 “ 自然資産や生物の多様性の保全の研究とその応用を通じて果たしてきた国際的貢献 ”
- ・平成6年度（第3回）受賞者
オイゲン・サイボルト博士（ドイツ）キール大学名誉教授
受賞業績 “ 海洋地質学を核としたヘドロの沈積予測、大気・海洋間の二酸化炭素の交換、地域の乾燥化予測等地球環境問題への先駆的取組み ”
レスター・R・ブラウン氏（米国）ワールドウォッチ研究所所長
受賞業績 “ 地球環境問題を科学的に解析し、環境革命の必要性、自然エネルギーへの転換、食糧危機等を国際的に提言 ”
- ・平成7年度（第4回）受賞者
バート・ボリン博士（スウェーデン）ストックホルム大学名誉教授 / IPCC 議長
受賞業績 “ 海洋、大気、生物圏にまたがる炭素循環に関する先駆的研究および地球温暖化の解決に向けた政策形成に対する貢献 ”
モーリス・F・ストロング氏（カナダ）アース・カウンシル議長
受賞業績 “ 地球環境問題解決に向け実地調査と研究に基づいた持続可能な開発の指針の確立、地球規模での環境政策に対する先駆的貢献 ”

- ・平成8年度（第5回）受賞者

ウォーレス・S・ブロッカー博士（米国）コロンビア大学ラモント・ドハティ地球研究所教授
受賞業績 “ 地球規模の海洋大循環流の発見や海洋中の二酸化炭素の挙動解析等を通して、地球気候変動の原因解明に貢献 ”

M. S. スワミナサン研究財団（インド）
受賞業績 “ 持続可能な方法による土壌の回復や品種の改良を研究してその成果を農村で実証し、「持続可能な農業と農村開発」への道を開いた業績 ”
- ・平成9年度（第6回）受賞者

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グリーン・カレッジ名誉客員教授
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 ”

コンサベーション・インターナショナル（本部：米国）
受賞業績 “ 地球の生物多様性を維持するため、環境を保護しながら地域住民の生活向上を図る研究とその実証を効果的に推進した業績 ”
- ・平成10年度（第7回）受賞者

ミファイル・I・ブディコ博士（ロシア）国立水文学研究所 気候変化研究部長
受賞業績 “ 地球気候を定量的に解析する物理気候学を確立して、二酸化炭素濃度の上昇による地球温暖化を世界に先駆けて警告 ”

デイビッド・R・ブラウワー氏（米国）地球島研究所理事長
受賞業績 “ 環境保全の問題点を科学的に解析して、市民と連帯して多数の米国国立公園の設立に尽力、国際環境NPO活動の基盤を構築 ”
- ・平成11年度（第8回）受賞者

ポール・R・エーリック博士（米国）スタンフォード大学保全生物学研究センター所長
受賞業績 “ 「保全生物学」や「共進化」を発展させると共に、人口爆発に警鐘を鳴らして地球環境保全を広く提言 ”

曲格平（チュ・グェピン）教授（中国）全人代・環境資源保護委員会委員長
受賞業績 “ 科学的な調査に基づいて環境保全の法体系を中国に確立して、広大な国土の保全に貢献 ”
- ・平成12年度（第9回）受賞者

ティオ・コルボーン博士（米国）世界自然保護基金（WWF）科学顧問
受賞業績 “ 「環境ホルモン」が人類や生物に及ぼす脅威を系統的な調査により明らかにし、その危険性を警告 ”

カールヘンリック・ロベール博士（スウェーデン）「ナチュラル・ステップ」理事長
受賞業績 “ 持続可能な社会が備えるべき条件とそれを実現するための考え方の枠組みを科学的に導き、企業等の環境意識を改革 ”
- ・平成13年度（第10回）受賞者

ロバート・メイ卿（オーストラリア）英国王立協会会長
受賞業績 “ 生物個体数の推移を予測する数理生物学を発展させて、生態系保全対策のための基盤を提供 ”

ノーマン・マイアーズ博士（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
受賞業績 “ 生物種の大量絶滅を先駆的に警告するなど、新たな環境課題を常に提起して環境保全を重視する社会の規範を提示 ”
- ・平成14年度（第11回）受賞者

ハロルド・A・ムーニー博士（米国）スタンフォード大学生物学部教授
受賞業績 “ 植物生理生態学を開拓して、植物生態系が環境から受ける影響を定量的に把握し、その保全に尽力 ”

J・ガスターヴ・スペース教授（米国）エール大学森林・環境学部長
受賞業績 “ 地球環境問題を世界に先駆けて科学的に究明して、問題解決を国際的に重要な政治課題にまで高めた業績 ”
- ・平成15年度（第12回）受賞者

ジーン・E・ライケズ博士（米国）生態系研究所理事長兼所長
F・ハーバート・ボーマン博士（米国）エール大学名誉教授
受賞業績 “ 小流域全体の水や化学成分を長期間測定して、生態系を総合的に解析する世界のモデルとなる新手法を確立した功績 ”

ヴォー・クイー博士（ベトナム）ベトナム国家大学ハノイ校・自然資源管理・環境研究センター教授
受賞業績 “ 戦争により破壊された森林を調査して、その修復および保全に尽力し、環境保護法の制定や生物種の保護にも貢献した功績 ”

・平成16年度（第13回）受賞者

スーザン・ソロモン博士（米国）米国海洋大気庁高層大気研究所上級研究員

受賞業績 “ 南極のオゾンホール生成機構を世界で初めて明らかにし、オゾン層の保護に大きく貢献した業績 ”

グロ・ハルレム・ブルントラント博士（ノルウェー）「環境と開発に関する世界委員会」委員長

元ノルウェー首相 / WHO名誉事務局長

受賞業績 “ 環境保全と経済成長の両立を目指す画期的な概念「持続可能な開発」を提唱し世界へ広めた業績 ”

・平成17年度（第14回）受賞者

ニコラス・シャックルトン教授（英国）ケンブリッジ大学地球科学科名誉教授 ゴッドウィン第四紀研究所前所長

受賞業績 “ 氷河期 - 間氷期の気候変動の周期、二酸化炭素の関わりとそれを引き起こす地球軌道の変化を明らかにし、古気候学に貢献、将来の気候変動予測に大きく寄与した業績 ”

ゴードン・ヒサシ・サトウ博士（米国）W. オルトン・ジョーンズ細胞科学センター名誉所長

A & G 製薬取締役会長 / マンザナール・プロジェクト代表

受賞業績 “ エリトリアで斬新なマングローブ植林技術を開発し、最貧地域における持続可能な地域社会の構築の可能性を示し、先駆的な貢献をした業績 ”

・平成18年度（第15回）受賞者

宮脇 昭博士（日本）国際生態学センター研究所長 横浜国立大学名誉教授

受賞業績 “ 「潜在自然植生」の概念に基づく森林回復・再生の理論を提唱・実践し、防災・環境保全林、熱帯雨林の再生に成功して、地球の緑を回復する手法の確立に貢献した業績 ”

エミル・サリム博士（インドネシア）インドネシア大学経済学部・大学院教授 元インドネシア人口・環境大臣

受賞業績 “ 持続可能な開発の概念の創設に関わり、長年国連関連会議で全地球的環境政策の推進に主導的な役割を果たし、ヨハネスブルグサミットの成功に向け大きく貢献した業績 ”

（受賞者の所属・役職は受賞当時のものです）

旭硝子財団の概要

目的

次の世代を拓く科学技術に関する研究助成、人類がグローバルに解決を求められている科学技術の課題への貢献に対する顕彰などを通じて、人類が真の豊かさを享受できる新たな社会および文明の創造に寄与すること。

事業の内容

1. 研究助成事業

- (1) 自然科学系研究助成
- (2) 人文・社会科学系研究助成
- (3) 海外研究助成

2. 顕彰事業

- (1) 地球環境国際賞「ブループラネット賞」
- (2) その他の環境関連活動
 - ・ブループラネット賞受賞者記念講演会の開催
 - ・環境アンケート調査の実施 「地球環境問題と人類の存続に関するアンケート調査」と題して、世界で環境問題にたずさわる政府や民間の有識者を対象に毎年1回実施し、結果を公表。

3. 関連活動

- (1) 出版活動（定期出版物の発行）
 - ・年次報告書
 - ・af News（財団活動全般を国内および海外に伝えるニューズレター。年2回発行）
 - ・助成研究成果報告
 - ・ブループラネット賞受賞者記念講演会資料
 - ・地球環境問題と人類の存続に関するアンケート調査結果報告書
 - ・助成研究発表会講演要旨集
 - ・ブループラネット賞パンフレット
- (2) インターネット・ホームページ
 - ・事業活動の内容、ニュース、発表会・講演会、出版物等の紹介。
 - ・ホームページアドレス：<http://www.af-info.or.jp>

財団のあゆみ

- 昭和8年（1933）旭硝子株式会社が創立25周年を記念し、50万円を拠出、旭化学工業奨励会を創設。
- 昭和9年（1934）商工省より財団法人の許可を受領、基金を100万円に増額。大学の応用化学分野に対する研究助成を開始。
- 昭和36年（1961）名称を（財）旭硝子工業技術奨励会に変更。
- 昭和57年（1982）海外研究助成を開始。タイ・チュラロンコン大学への助成開始。
- 昭和63年（1988）インドネシア・バンドン工科大学への助成開始。
- 平成2年（1990）名称を（財）旭硝子財団に変更、寄附行為を全面的に改訂/「総合研究助成」を開始。
- 平成3年（1991）「自然科学系研究助成」の対象領域を拡大。
- 平成4年（1992）第1回ブループラネット賞表彰式典（以降毎年開催）/「人文・社会科学系研究助成」を開始。
チュラロンコン大学が研究助成成果発表会を開催（以降毎年開催）。
「地球環境と人類の存続に関するアンケート調査」を実施（以降毎年実施）。
「af News」を創刊。
- 平成5年（1993）第1回国内研究助成成果発表会（以降毎年開催）/バンドン工科大学が研究助成成果発表会を開催。
米国オクラホマ大学に冠講座を創設。
- 平成6年（1994）「財団60年の歩み」を刊行。
- 平成9年（1997）ブループラネット賞5周年記念“A Better Future for the Planet Earth”を出版。
- 平成12年（2000）8年間の「環境アンケート」調査結果を要約した小冊子を刊行。
- 平成13年（2001）「ブループラネット賞パンフレット」を発行。
- 平成14年（2002）ブループラネット賞10周年を記念して、
3月、「青い地球の未来へ向けて ブループラネット賞10年のあゆみ」を刊行。
5月、記念講演会「青い地球の未来へ向けて」を開催。
8月、“A Better Future for the Planet Earth Vol. ”を出版。

基本財産および事業規模

- 平成18年度末資産総額 499億円
- 平成19年度事業予算 7.12億円

役員・評議員（平成19年8月1日現在）

役員

理事長 瀬谷 博道
旭硝子(株)相談役・前取締役会議長・元社長

専務理事 内田 啓一（常勤）
元旭硝子(株)知的財産部長

（以下、五十音順）

理事 石津 進也
旭硝子(株)取締役 取締役会議長・前社長

伊藤 良一
東京大学名誉教授

遠藤 剛
近畿大学分子工学研究所所長、東京工業大学名誉教授

尾島 俊雄
早稲田大学理工学術院教授

川口 幹夫
元日本放送協会会長

児玉 幸治
日本情報処理開発協会会長、元通商産業事務次官

近藤 次郎
東京大学名誉教授、元日本学術会議会長

田中 健蔵
福岡歯科学園理事長、九州大学名誉教授・元学長

豊田 章一郎
トヨタ自動車(株)取締役名誉会長、
日本経済団体連合会名誉会長

西島 安則
京都大学名誉教授・元総長

野依 良治
理化学研究所理事長

森島 昭夫
地球環境戦略研究機関特別研究顧問、
名古屋大学名誉教授

諸橋 晋六
三菱商事(株)特別顧問・元会長・元社長

吉川 弘之
産業技術総合研究所理事長、元日本学術会議会長

監事 伊夫伎 一雄
(株)三菱東京UFJ銀行特別顧問、
(株)三菱銀行元会長・元頭取

坂元 昌司
元旭硝子(株)監査役

評議員

今井 通子
(株)ル・ペルソー代表取締役（登山家）
東京女子医科大学附属病院非常勤講師

大崎 仁
人間文化研究機構理事、元文化庁長官

門松 正宏
旭硝子(株)代表取締役 社長執行役員

神谷 和男
全国下請企業振興協会顧問・元会長、元旭硝子(株)副社長

草場 良八
元最高裁判所長官

塩野谷 祐一
一橋大学名誉教授・元学長

清水 司
東京家政大学理事長、早稲田大学名誉教授・元総長

鈴木 継美
東京大学名誉教授、元国立環境研究所所長

高橋 潤二郎
アカデミーヒルズ顧問、慶應義塾大学名誉教授

天満 美智子
津田塾会津田英語会会長、津田塾大学名誉教授・元学長

遠山 明
旭硝子(株)取締役兼上席執行役員 CTO

中村 桂子
JT生命誌研究館館長、大阪大学連携大学院教授

榎原 稔
三菱商事(株)相談役・前会長・元社長

松永 信雄
日本国際問題研究所副会長、元駐米大使

宮田 義二
松下政経塾相談役・元塾長、
全日本金属産業労働組合協議会顧問

向山 光昭
東京大学名誉教授、東京工業大学名誉教授

* 常勤の記載のない役員・評議員は非常勤

MEMO



財団法人 旭硝子財団

〒102-0081 東京都千代田区四番町5-3 サイエンスプラザ2F

THE ASAHI GLASS FOUNDATION

2nd Floor, Science Plaza, 5-3, Yonbancho
Chiyoda-ku, Tokyo 102-0081, Japan

Phone 03-5275-0620 Fax 03-5275-0871

E-Mail post@af-info.or.jp

URL <http://www.af-info.or.jp>

本プログラムは再生紙を使用しています。

Printed on recycled paper.