

私たちの世紀における科学技術の挑戦

エルンスト・ウルリッヒ・フォン・ヴァイツゼッカー
山本修一 訳

今日お話しする課題は、私たちの世紀における科学的、また技術的な挑戦です。主要な挑戦として何が考えられるでしょうか。私は取り組むべき10大問題のリストを提示します。これらはすべて学際的な研究を必要とすることを強調して、これらのタイトルを考えています。いずれも学際的なアプローチによってこそ解決される問題と認識しております。しかし、今日のアカデミーのほとんどの課題は学際的であり、これはむしろ、これらの課題を扱うことができるように「アカデミーを変える」ということであり、これこそ11番目の課題として考えるべきであることを意味しています。

取り組むべき挑戦課題

1. 持続可能な開発
2. 貧困と不公平の克服
3. 気候変動（物理学的問題だけでなく）
4. 人口問題（統計的な問題だけでなく）
5. テロリズム（政治、宗教、技術的課題として）
6. 中国とインド（すべての分野に関わる）
7. インターネット（技術的な課題だけでなく）
8. バイオテクノロジーとナノテクノロジー

およびこれらの危険性

9. 新たな感染症(医学的な課題だけでなく)

10. 公共財の保護(経済を制御する)

このうち、気候変動の問題はまさしく物理学の課題を超えています。人口問題も、人口統計を超えた問題です。テロの問題は、政治、宗教、技術的課題です。そして、中国とインド、この2つの大きな国は、現在すでに言われているように、世界的に影響を与えていくでしょう。しかし、これら両国がどのような方向でいくのか、は課題でしょう。彼らは内政的にも、どのように組織化するのか、そして、世界への影響はどのようなものがあるかを考えることが必要です。インターネット革命、バイオテクノロジー、ナノテクノロジーの問題は、これらの問題が含まれる危険性です。これらのうち、いくつかはかなり危険なものになるでしょう。また、よく知られているように、特に新しい世界的感染症におけるいくつかの問題は、バイオテクノロジーから排出されていくかもしれません。しかも、おそらく誰も知らないうちに、です。公共財の保護の問題は、

最終的には、これは政治上の課題になるでしょう。経済の暴走問題を含んでいますので、経済を制御する必要があることを意味しています。経済を制御することは、公共財を保護することも意味しています。ここ30年以上にわたって、ほとんど公共部門を犠牲にして、民間部門において大きな勝利を世界中で得てきたことを説明する必要があります。公共部門と民間部門の関係は、逆にしなければなりません。

これら10の課題は、大きな挑戦です。ここでは、これらのうち3つを選択して話をしたいと思います。これらすべてを説明しようとするれば、1日の半分を必要とするでしょうから。3つとは、持続可能な開発、気候変動、公共財の保護の問題です。そして、最初の2つは、おそらく、すぐに、「ファクター5(効率を5倍にすること)」によって工学的に解決されるでしょう。そうでなければ、「ファクター5」が必要になるでしょう。

持続可能な開発

「持続可能な開発」の言葉は1987年に発表された、

いわゆるブルントラント・レポート『Our Common Future』⁽¹⁾に由来するものです。現在、これは南北問題に関わるものになっています。ブルントラントは当時のノルウェーの首相で、彼女が「環境と開発に関する世界委員会」の議長でした。そして、副議長は、インドネシアのエミール・サリムでした。そして、両者は最終的には「持続可能な開発」に同意しました。しかし、友人エミール・サリムから聞いていますが、彼の「持続可能な開発」の理解は「開発（成長）」であり、一方、ブルントラントの理解は「持続可能（環境の保護）」を意味していたことを、私は知っています。そして、これは容易には互換性を持ち得ません。そのため、この愛すべき言葉の「持続可能な開発」を巡って、委員会内部で大規模な論争があったことも事実です。しかし、それをより立ち入ってみれば、「持続可能な開発」の解釈をめぐって、委員会内部では全く一致点がなかったことが理解されるでしょう。

ハーマン・デイリー教授は、しばらく世界銀行で働いていましたが、「余裕の世界 (empty world)」と「満杯の

世界 (full world)」の概念⁽²⁾を確立して、このことが少し明確になってきました。そして、彼は従来の経済学は冷酷であると批判しました。すなわち、これまでの私たちは「余裕の世界 (empty world)」に生活していて、そこでは、経済開発と成長が更に可能な、しかもそれは際限のないものであることを明らかにしてきました。これが、経済学の基本的教義だったのです。しかし、彼は、今や、私たちは「満杯の世界 (full world)」に住んでいると言いました。まさしく今や古い概念である成長を続けていることは、持続可能ではありません。それは永遠に利用可能ではありません。しかしながら、当然のことながら、発展途上国はハーマン・デイリーの考えに感謝しませんでした。彼らはそれを好みませんでした。そして、もし物理的な成長がもはやできないのであれば、北（先進国）自身は経済成長を縮小し、また利益を分配すべきであると主張するでしょう。しかし、今までに、どこかの国が、経済的に縮小し、利益の多くを分配したことがあるでしょうか。ないでしょう。その意味で、世界（南北）は衝突する方向に向かっているのです。結局、

「持続可能な開発」には、私たちが解決しなければならぬ大規模な闘争が横たわっていることを意味します。

現在、理論的には日本は、ある意味愛すべきである江戸時代の技術と文化に戻ることが可能であるといっています。しかし、私は、今日、日本人が本当にはそれに戻りたがっていないと信じています。いずれにしても、江戸時代の技術では1億人の人に食べさせることができないでしょう。ゆえに、これはまさに仮定としての話になります。

この南北の衝突を回避する唯一の方法が、私たちが「デカップリング（切り離し）⁽³⁾」と呼ぶものです。「デカップリング」とは、資源消費と、経済活動（富あるいはGDP）の「切り離し」のことです。これによって、今後、資源消費を追加することがまだ許される発展途上国と、資源消費の増加が許されない先進国とを区別することができます。経済活動と資源消費を絶対的に「切り離す」ことによって、使用する資源量を大規模に減少することが可能になります。そして、その「切り離し」がドイツとか日本といった国々の仕事になるでしょう。それ

を高いレベルでの生活（経済）を犠牲にしないで可能にすることです。

現在、デカップリングがどれくらい必要であるのか、を見積もってみましょう。そして、そのためには、私たちはいわゆる「エコロジカル・フットプリント（生態学的足跡）⁽⁴⁾」を見ればよいでしょう。それは、あなたが食物、避難所、移動、喜び、教育、産業、およびそれらに属さない残りのすべてを供給するのに必要とする地球の面積です。「エコロジカル・フットプリント」は、たとえば、牛の飼育に必要な餌の大豆を栽培するのに必要な土地面積を含んでいます。また、牛は牧草を食べるだけでなく、私たちにとって食料でもあります。ゆえに、私たちが生きる上で必要な土地面積は、牛が生きる上で必要な面積をも含みます。これは間接的なものです。見積もりの結果、平均的なアメリカ人が生きるために、およそ10ヘクタールを必要とすることになります。⁽⁵⁾アメリカ人1人当たりが生きる上で、1年当たりの生活のサービスには、陸の面積として10ヘクタールを必要とするということです。これは大変大きな面積

です。しかし、ドイツ人と日本人はアメリカ人ほど必要としません。ドイツ人と日本人は、およそ4ヘクタールを必要とします。世界人口70億人が利用している面積を見積もることもできます。海洋の沿岸域や湖沼などを含めて、1人当たり2ヘクタール程度を必要とすることが示されています。また、持続可能な方法でエネルギーを供給するために必要とする面積についても計算する必要があります。その結果をみると、エチオピア、バングラデシュ、フィリピンなどはまだ少し成長できるでしょうが、北の国に属するドイツや日本は「エコロジカル・フットプリント」を減少させなければなりません。

「持続可能性」を、「エコロジカル・フットプリント」とGDPよりも少し気のきいた指標である「人間開発指数」⁽⁶⁾を用いて定義することが可能になります。「人間開発指数」は、健康、教育、生活の質などを含んでいます。それはGDPのように測定可能な単なる取引高ではありません。その結果、「持続可能な開発」の領域は、1人当たり2ヘクタール以下の小さな「エコロジカル・フ

ットプリント」と0・8以上の「人間開発指数」の領域になります。縦軸に「エコロジカル・フットプリント」ととり、横軸に「人間開発指数」をとった図として表すと、ちょうど右下の角に位置する小さな領域になるでしょう。

問題は、自分の国がどこに位置づけられているかです。現在、いくつかの国が、この定義で持続可能な領域に属するでしょうか。実は、わずかに一つ、キューバのみです。「エコロジカル・フットプリント」の大きな値をもつ豊かな国は、図で表現すれば右上の方にあります。これには日本やドイツなど、すべての先進諸国が含まれています。そして、貧しい国は、「エコロジカル・フットプリント」が2ヘクタール以下で、0・7以下の低い「人間開発指数」になっています。

ここで、もし「ファクター2（効率を2倍にする）」が「人間開発指数」を2倍程度にすることができると仮定しますと、「ファクター5（効率を5倍にする）」は、現在「人間開発指数」が0・25〜0・7であるアフリカのすべての国を「持続可能な開発」領域に、引き上げることが可

能になるでしょう。同時にその領域へ豊かな国を引き下げることができるのであれば、「ファクター5（効率を5倍にする）」は、おそらくアメリカを除いて、すべての国を持統可能な領域へともたすことが期待できます。それは、私たちが、1ヘクタール、1バレルの石油、1キロワット時、あるいは1ガロンの水から、5倍の人間開発のための富を引き出す必要があることを意味するでしょう。

これが、『ファクター5 (Factor Five)⁽⁷⁾』の本の主要な話です。そして、すべてのエコノミストは「人間開発指数」がGDPより、実質的により良い幸福度の指標になることを学ぶ必要があるでしょう。しかし、どのような場合でも、それは技術と政治にとって大きな挑戦になります。

さて、私は、もはや「ファクター4」⁽⁸⁾と言わない理由に関して解説するべきであると思います。まず、私たちは少しばかり野心家です。2番目に、私は新しい共著者を得ました。そして、新しい共著者とともに古いタイトルで本を書くことはできません。3番目に、中

国語や他のアジアの言語で、「4」は「死」を思わせませう。そのため、中国人は私に、「あなたは『ファクター死』というタイトルで楽観的な本を書くことはできない」と言いました。それで、彼らは、8が縁起の良い数であるので、それを「ファクター8」と呼ぶことを提案しました。そこで、私は、このとき「ファクター8（効率を8倍にする）」が利用可能であることを立証できないと言いました。そして、「ファクター5（効率を5倍にする）」は素晴らしいと言いました。これが「ファクター5（効率を5倍にする）」になった理由です。

私は、素晴らしい新しいチームをもちました。オーストラリアのブリスベーンの若い人たちで、リーダーをチャーリー・ハーグロブが務めるチームです。彼らは本の3分の2以上である技術的側面——ここには輸送に関する大きな章を含んでいます——そのすべてを担当しました。私は、その多くの詳細なところに立ち入ることはできませんので、私は政治的な側面、それをどのようにして実現するか、さらに文化的な側面を担当しました。ここには満足について、つまり「十

分が十分であることを理解することを含んでいます。

気候変動

では、次に気候を見てみましょう。気候の問題は、「エコロジカル・フットプリント」について述べる際にも必要とされた問題でもあります。ここでも再び、挑戦の大きさがおよそ「ファクター5（効率を5倍にする）」であることを認めることになるでしょう。これは、もちろん、気温が今世紀の間に増加するという見通しに基づいています。

過去の記録を見て驚くべきことは、大気中の二酸化炭素の濃度と気温との間に相関関係があることです。さらに、海面水位の上昇を表すカーブは極めて警告的です。その変化の大きさは、200万年といった長期間では、100メートル以上になっているからです。当然これは海岸線の変化に表れます。日本の海岸線の変化も大きなものが知られています。イタリアの海岸線の変化を見ると、今から200万年前の温暖期の時代には、イタリアの海岸部の面積は現在のわずか半

分でした。そして、今から2万年前の最終氷期には、それは現在の面積のほぼ2倍程度大きかったことを示しています。これは極めて大きな違いがあることを示しています。

そして、さらに驚くべきことは、気温の変遷が非線形である可能性があるということです。1万年前〜7千8百年前に、私たちが現在カナダと呼んでいます、ラブラドル半島とハドソン湾は現在のグリーンランドと同じくらい大規模な氷床で覆われていました。そして、極めて短期間に、物理的に崩壊して、海の中に滑り落ちていきました。⁽⁹⁾その結果、世界の海面は7メートル上昇してしまいました。そして、私たちは、現在、グリーンランドで同じ災害が進んでいることを知っています。グリーンランドでは、わずか10年程度の間に、夏の氷床が融解した面積は4倍になりました。その結果、氷の物理的な不安定性のために何が起るか、を想像してみてください。そして、もしグリーンランドの水がなくなってしまうと、パングラデシユの半分は水の下に沈んでしまうことになるでしょう。一

方、すべてのアジアの大きな経済活動の中心都市は、海面程度の高度のところにあります。そのため、およそ10億の人々は、氷床の融解による海面上昇によって、浸水等の災害で影響を受けることになるでしょう。

良い解決策をもちたすために、昨年の12月に行われたコペンハーゲンでの会議⁽¹⁰⁾には、良い交渉者を連れて来るべきでしたが、結局連れて来ることはできませんでした。それは災難であり、また完全な失敗でした。そして、すべての代表が、「ファクター5（効率を5倍にする）」が利用可能であることを知っていたなら、貧しい国々は二酸化炭素を増加させないで5倍の成長をすることができ、また豊かな国々は豊かさを犠牲にしないで、かつIPCC⁽¹¹⁾が要求している、2050年までに排出する二酸化炭素量を80%削減することを実施できることを示せたでしょう。そうであれば、彼らは異なる交渉をしたでしょう。しかし、残念ながら、今までのところ、二酸化炭素濃度と排出量は、GDPの最も良い指標になってしまっています。それらの間には、強い相関関係があるからです。これでは、デカップリン

グは起こりません。したがって、デカップリングのアイデアはこれからの課題です。

そこで、「クズネッツ曲線⁽¹²⁾」と呼ぶものを作り上げることが必要になります。これは、「デカップリングする」ことも意味しますが、「クズネッツ曲線」はローカルな汚染の経験からもたらされました。たとえば、40年前、東京と関西の地域は、非常に汚かったです。100年前の日本は貧しかったけれども清潔でした。しかしその頃の日本は豊かであるが汚れている、と言われました。すなわち、その変遷は、貧しさと清潔さから、豊さと汚れへというものでした。その後、日本は大変豊かになり、汚染を制御することができるようになりました。そして最終的には豊かで清潔になりました。これは素晴らしいことです。そして、これが「クズネッツ曲線」と呼ぶものを表しています。私たちがしなければならぬことは、豊かになるとともに、炭素的にもきれいになることです。それ以上に、私たちがしなければならないことは、その汚染された丘を登らないで、トンネルを掘って直接に目的に達することを、開発途

上国を激励し、支持することによって可能にすることです。これが我々の仕事であり、実にこれは大変な仕事です。

さて、ここで、私たちが限られた量のエネルギーをもって何かすることを想像してみてください。そして科学的な質問をさせてください。10キログラムの重さの岩石の入った袋か、水の入ったバケツか、そういったものがあるとして、たとえば海面の高さからエベレストの頂上まで持ち上げることがあなたの仕事だと想像してください。あなたはどれほどのエネルギー（キロワット時）を必要とするでしょうか。私が教育を授けた学生から得る典型的な答えは、およそ500キロワット時です。それは良い解答ですが、物理学の助けを借りる（理想的な状態で物理学的に計算する）と、その解答はわずか1キロワット時の4分の1になります。これは信じられません。1キロワット時は私たちが快適な生活をおくることができる大きな電力に相当します。しかし、実際には、そうではなく、私たちは際限なくエネルギーを浪費しているのです。なぜでしょう。な

ぜならば、現在大きな電力であっても、それは安くしかも他のものを費やさないで得ることが可能だからです。

さて、今度は、『ファクター5』からいくつかの事例を引用しましょう。私の以前の共著者であるエイモリ・ロビンスは、1ガロンのガソリンで約150マイル、言い換えると100キロメートル当たり1リットルで走ることが可能な、いわゆる「ハイパーカー」を開発しました。そして、彼はそれを「革命」と呼びました。

ドイツでは、太陽熱を利用した家「パッシブハウス」と呼ばれる開発がなされてきました。私の家族と私は、そのようなもののひとつで生活しています。それは本質的にエネルギー的に中性（二酸化炭素の排出を伴わない）です。今年は非常に寒い冬でした。しかしながら、極めて少ないエネルギー消費で済みました。それには、良い断熱材と熱交換機能が備わっているからです。ヴォルフガング・フェイスト博士がこの技術の開発者ですが、現在、彼は存在するビルディングを新たに改造する運動をしています。もちろんドイツには古いビル

が多くあり、改造は新しいビルを造るよりも、もっと重要です。古いビルと新たに改造したビルを夜にサーモグラフを通して比較すると、よくわかります。古いビルでは、壁や窓から多くの熱が漏れていることを確認できます。しかし、新たに改造したビルでは、ほとんど熱は放出されません。この場合、エネルギー効率として85%改善することができました。また、新しい発光ダイオード(LED)があります。これは今、日本でも製造されています。LEDは古い白熱電球と比べて、「ファクター10(効率を10倍にする)」、すなわち効率として10倍よいものです。

アメリカ合衆国では、人口の集中した都市を減らす必要がある一方で、それらが国中に広がっているため、人々は移動することが要求されます。したがって、これに対応する輸送システムが必要になります。アメリカでは(鉄道輸送の)アムトラックがありますが、それは老朽化して、ほとんど使用に耐えません。日本には、新幹線があつて、昨日名古屋からそれを使用しましたが、これは非常に現代的であつて、非常に便利で、効

率的です。

また、アメリカでは、それぞれの州は12車線もあるような高速道路を持っていますが、通常は大変渋滞しています。この道路は、エネルギー的には極めて多くを浪費する、いわゆるポータランドセメントと呼ばれるものから、新しく工夫されたもので、ジオポリマーと呼ばれるものに移行してきています。これは、例えば、石炭を使用する火力発電所から出る灰、あるいは鉄の製錬所からできるスラグ(鉱滓)、あるいは火山灰、採掘することができるカオリン(粘土鉱物)といったものからできたものです。しかも、このセメントは、室温程度の温度で製造できます。そのため、従来のものと比べて、10分の1のエネルギー使用量でできます。

また、日本には、「3R」すなわち「減少、再利用、再生」の哲学があります。そして、これが無限に行われている採掘と対照的に、循環社会の概念の骨格になっています。以上のような例は、いくらか良い印象を与えたことでしょう。

私の共著者であるチャーリー・ハーグロブは、長

期の技術発展のサイクルをコンドラチェフ波動⁽¹³⁾として図示しています。これには長期の技術発展のサイクルとして5つの技術発展、すなわち機械化、鉄・鉄道、電子・化合物・車、テレビ・航空機・コンピュータ、バイオテクノロジー・ITが描かれており、その後には、次のサイクルが考えられています。次のサイクルは、「資源生産性」やグリーンサイクルの波動になることが期待されています。これは「ファクター5(効率を5倍にする)」によって高効率化されることを示しています。これは生産性が意味することに関する新しい理解を提供するでしょう。今までのところ、生産性は労働生産性であるにすぎなかったのですが、次のサイクルでは、本質的には「資源生産性」になるでしょう。

労働生産性がおよそ150年間で20倍増加してきました。そこで、私たちは、「資源生産性」は、100年で10倍、少なくとも30年～50年で5倍増加させることが可能であることを示してきました。もし、労働生産性の増加の歴史を調べるなら、それが常に賃金とともに上がってきたことを確認できるでしょう。賃金に関

する労使交渉では、その評価として、労働生産性の増加分を賃金の増加の最大値とみなします。それゆえ、労働生産性が昨年より3パーセント増加したなら、あなたは今年、3パーセント高い賃金を得ることができるとでしょう。しかし、実際には、それは反対の方向に向かっています。すなわち、もし賃金を上げるのであれば、企業側にとっては、それに見合った労働の増加を合理化する必要性が生じます。それが、お互いに交渉する理由になります。そして、これは、技術革新の次の段階では、徐々にエネルギー価格、または資源価格を上げることによって導かれるべきであることを意味します。そして、「資源生産性」を高めることによって得られる利益に伴って、これはなされることになるでしょう。そのため、いかなる社会的な混乱も、またいかなる資本の減少もなく、しかし強い動機をもたらすことになるでしょう。

問題は、歴史的に資源価格が200年間以上、減少してきているということです。

そのことについては、市場は私たちに何も言わない

でしょう。ゆえに、エネルギー価格を上昇させることが、政治上の私たちの仕事のコアになります。私たちはエネルギー資源と天然資源をかなり高価にしなければなりません。もし我々が、いかなる社会的な困難もなく、また資本の減少もないことを保証できるのであれば、十分に可能な大きな挑戦になるでしょう。そして、効率よく利益を伴うペースでこれを行うことが可能であれば、それはかなり安全な賭けになるでしょう。

実際のところ、私が1970年代後半から1980年代後半の間のデータから判断すると、日本はその期間、全世界で最も高いエネルギー価格を維持していたことになります。その結果はどうだったでしょう。経済的に崩壊したでしょうか。いいえ、正反對なことが起こりました。それは日本にとって、最も良い期間でした。それによってはるかに競争力を高めました。もちろん、ボーキサイトからのアルミ製錬は国外に出ましたが。しかし、それがなんでしょう。その時代において、日本は最初のコンピュータ世代を発展させました。まさにそれは、大きなサクセスストーリーでした。

デジタルカメラ、および他の同様のものもそれに含まれます。ゆえに、大きなエネルギー危機を恐れる必要はありません。

私がドイツの下院議員であったとき、私たちは燃料価格や電気代をより高価にする環境税制改革を導入しました。アメリカとカナダではまだ燃料消費は上がっていました。全く驚くべきことに、ドイツの輸送部門における燃料消費は低下しました。そう、まさに、それは「舵取り効果」をもっているのです。

公共財の保護

さて、最後に公共財の回復や経済の制御の課題にいきましょう。40年前には国家が主導し、産業は後ろから付いてきました。今日、いわゆるグローバル化のものと、金融市場が主導し、国家が何をしたらいいかを指し示すようになっていきます。これは国家、社会保障、公共財、環境、および他のこういった多くのものの解体を意味します。税金競争が、その現象の一つです。まさに、法人に対する課税を常に抑えることが、国際

競争のためなのです。何かがおかしいのです。しかし、この競争に取り組まない国は負けてしまうでしょう。そうです。その状況に追従しないと、勝つことはできません。法人に対する課税において、国際的な規定を確立しようと誰かが発言しない限りです。これが、ノーベル賞受賞者であるポール・クルーグマンが言ったことです。すなわち、「ウォール街における災難の後に、全ての人は、この不均衡は間違っていること、また我々は地球規模の規則を必要としていることを理解し始めるのだ」と。私は、彼は絶対的に正しいと思います。

そのため地球規模の規則、強い国家、そして市民社会との協力関係が、横柄な経済学、および横柄な銀行を制御するために必要な要素になります。そうして新しい状況が国家に訪れるでしょう。そして、市民社会組織は、不当な市場に対して公共財を守るために参加するようになるでしょう。

これは科学にとって何を意味するのでしょうか。私たちは、まさに愚かな数学に満たされた学問的な刊行物以上に、他の基準を必要とするようになるでしょう。

これが、「同業者に審査された学術雑誌」と皮肉的に言われたことです。理解する人がわずかしい数学の授業のようなものです。私は自分自身でこのことを経験しました。そのとき、アメリカの大学院の研究科長でした。その大学院から出版される刊行物の類、それらは一般的にはいずれも一流ではありませんでしたが、そのうちのいくつかは数学の授業程度のものでした。そうです。それが、学問的なキャリアを積むための学術雑誌や学問、あるいは研究所を作り上げているのです。彼らは、実行者（熟練者）と政治家の経験を身につける必要があるでしょう。

最後に私のメッセージをまとめます。科学技術は、この時代を、平和で、持続可能な世界に導くために、再度、大きくて、多くのものを成し遂げることができるとでしょう。私たちは科学技術とその産物を必要としています。

しかし、それだけでは十分ではありません。それに加えて、私たちは変化した経済と政治を必要とします。そして、経済は規則によって誘導されなければなりません。

せん。国家や国家の国際的な共同体、また開眼している宗教、そして、民間社会が、その規則を設定するのを助けることができるでしょう。

ご静聴、大変ありがとうございました。

訳注

(1) 環境と開発に関する世界委員会(WCED)『地球の未来を守るために』(Our Common Future: プリントラント委員会報告)、監修 大来佐武郎監修、福武書店、1987、東京

(2) 「余裕の世界(Empy world)」および「満杯の世界(Full world)」この二つの論文は Herman E. Daly, *ECONOMICS IN A FULL WORLD*, Scientific American, September 2005, Vol. 293, Issue 3, および Herman E. Daly, *From Empty-world Economics to Full-world Economics: Recognizing an Historical Turning Point in Economic Development*, <http://www.science.duq.edu/esm/unit2-1.html> の2本の論文に詳しい。「余裕の世界(empty world)」は、かつての自然と人間活動との関わりを示し、自然資本に比べて人工資本の占める割合は極めて小さかった時代のことであり、「満杯の世界(full world)」は、現在の自然と人間活動の関わりを示し、自然資本の中で人工資本がほとんどを占めてしまっている時代のことを指している。前

者の時代には、制限要因は人工資本にあり、人工資本をほぼ無限に増加させる余裕があると考えてきたのに対して、現代では制限要因はむしろ自然資本にあり、これ以上、人工資本を増加しても意味をなさないとする。

(3) ここでいうデカップリングとは、資源消費量とGDPなどの経済活動を分離することである。従来、資源消費量と経済活動はパラレルの関係にあることが知られている。両者を分離することによって、経済活動を下げることなく、資源消費量を減らすことが可能になるとの主張である。

(4) 世界自然保護基金の『生きている地球レポート』で、「生きている地球指数」と並ぶもう一つの指数として「エコロジカル・フットプリント」を提案している。「エコロジカル・フットプリント」の指標は、農作物の生産に必要な土地(耕作地フットプリント)、牧草、羊毛などの生産のために必要な土地(牧草地フットプリント)、家具、建材や紙製品などの生産のために必要な土地(森林フットプリント)、海産物を生み出す海洋、河川、湖沼等の水域(漁場フットプリント)、化石燃料燃焼などによる二酸化炭素を吸収するために必要な森林地(エネルギーフットプリント)、道路、建物、破棄物処理場など、生産可能地が阻害されている土地(ビルトアップランド)を面積として算出したものである。つまり「エコロジカル・フットプリント」は、人類による

消費拡大や、二酸化炭素の排出増加を、地球上の架空の土地の広さに置き換えて表したものである。

- (5) 2004年の、代表的な国の一人当たりのエコロジカル・フットプリント(ha/capita)は、以下のようになる。
アメリカ…9・57、オーストラリア…7・09、ドイツ…4・26、日本…3・91、ハンガリー…3・26、メキシコ…2・59、世界平均…2・18、アルジェリア…1・67、中国…1・36、フィリピン…1・11、エチオピア…0・67、バングラディシュ…0・5

- (6) 「人間開発指数」は、国連開発計画(UNDP)によって1990年以降、『人間開発報告書』において発表されてきた。この指数は、『人間総生産(GDP)より幅広い定義で、生活の豊かさを測ることを目的として開発された。人間開発に関わる3つの側面、すなわち出生時平均余命、成人の識字率および初・中・高等教育の総就学率、1人あたりの国内総生産(GDP)を基に算出した購買力平価(PPP)である。「人間開発指数」は、0から1・0の間で評価される。

- (7) Ernst Von Weizsäcker, Karlson Charlie Hargroves, Michael H. Smith, Cheryl Desha, Peter Stasinopoulos (2010) *FACTOR FIVE*, Earthscan, London

- (8) Ernst Von Weizsäcker, Amory B. Lovins, L. Hunter Lovins, (1997), *FACTOR FOUR*, Earthscan, London. 邦訳はエルンスト・U・フォン・ワイツゼッカー、エイモリー・B・

- ロビンズ、L・ハンター・ロビンズ(1998)『ファクター4』(佐々木建訳)、財団法人／省エネルギーセンター、東京

- (9) ハインリッヒ・イベントのこと。カナダのラブラドル半島のローレンタイド氷床が過去において何度も崩壊し、ハドソン湾に崩落し、大西洋に流れ出たことが知られている。

- (10) 2009年12月21日に行われた国連気候変動枠組条約第15回締結国会議(COP15)を意味する。

- (11) International Panel on Climate Change (IPCC)…気候変動に関する政府間パネルのこと。国際連合環境計画(UNEP)と世界気象機関(WMO)が1988年に設立した。地球温暖化に関して、最新の知見の評価や対策技術、政策の実現性などについて議論してきた学術機関。これまでに第4次報告書(AR4)が2007年に発行されている。

- (12) 経済学者のサイモン・クズネツツの所得配分に関する逆U字経験則のこと。横軸に1人当たり平均所得を取り、縦軸に環境汚染の程度を取ると、1人当たりの所得増加につれて初めは汚染が増大し、一定レベルに達した後、やがて低下に転ずる逆U字型の曲線を描く。この曲線は環境クズネツツ曲線と呼ばれている。意味としては、所得が向上するにつれて、環境を重視することになるため、経済活動の活発化は環境汚染を減少させることにつながるといふことである。しかしなが

ら、単純に所得水準の向上が、必ずしも環境問題の解決につながるとはかぎらない、との批判的な意見もある。

(13) コンドラチエフ波動とは、約50～60年で繰り返してきた歴史的な波動のことである。ひとつの波動の変曲点で、恐慌、戦争、革命などが起こっており、それが歴史的構造変動や人間社会の相転移になっているとされる。経済指標として利用され、物価や生産量などの長期的変動の有り様と解釈されている。

(Ernst Ulrich von Weizsäcker／国連環境計画「持続可能な

資源管理国際パネル」共同議長)

(訳・やまもと しゅういち／創価大学教授)