



2001年武田賞 選考理由書

環境系応用分野におけるテクノアントレプレナーシップに富む工学知の創造と活用

授賞業績

環境負荷尺度 「エコリュックサックとMIPS」の提唱

受賞者

Schmidt-Bleek, Friedrich

(「エコリュックサックとMIPS」の創出)

von Weizsaecker, Ernst U.

(「エコリュックサックとMIPS」創出基盤の確立)

アルファベット順に記載

賞金の2分の1ずつを上記の受賞者に贈る。

選考理由

環境系応用分野の2001年武田賞は、環境マネジメントの新しい尺度である「エコリュックサックとMIPS」を提唱したFriedrich Schmidt-BleekとErnst U. von Weizsaecker に贈る。

Schmidt-Bleekは、1993年にエコリュックサックとMIPS (Material Input Per unit Service)の概念を体系化して発表した。人間は自然界の恩恵を受けて物質的豊かさを築いてきたが、必要な資源を得るためにそれより先はるかに多い膨大な量の鉱石、砂、水その他もろもろの物質を動かして自然界に負荷を与え続けてきた。Schmidt-Bleekは自然界におけるこの膨大な物質の動きが環境負荷の本質であると考えた。人間が使用する製品やサービスは、それらを得るために動かされる物質をリュックサックに入れて背負っている。これが彼の独創性に富むエコリュックサックの概念であり、重量で表される。さらに製品の価値は、それが提供するサービスにあるとし、製品のエコリュックサック値と提供されるサービス量の比をMIPSと定義した。これによって、製品の与え

授賞業績

環境負荷尺度 「エコリュックサックとMIPS」の提唱

続けてきた。Schmidt-Bleekは自然界におけるこの膨大な物質の動きが環境負荷の本質であると考えた。人間が使用する製品やサービスは、それらを得るために動かされる物質をリュックサックに入れて背負っている。これが彼の独創性に富むエコリュックサックの概念であり、重量で表される。さらに製品の価値は、それが提供するサービスにあるとし、製品のエコリュックサック値と提供されるサービスの量の比をMIPSと定義した。これによって、製品の与える環境負荷が、MIPSという工学的尺度で計量可能になった。

von Weizsaeckerは1991年から2000年まで所長を務めていたプッパータル研究所に、エコリュックサックとMIPSを発案したSchmidt-Bleekを招聘した。von Weizsaeckerの働きかけを受けて、エコリュックサックとMIPSの概念は、素材中心であったものから、エネルギー効率やvon Weizsaecker自身のテーマである資源生産性との関連性、さらには毒物・有害物等との関連性が明確になり、内容的にも一層充実したものとなった。さらに von Weizsaeckerは著書、「ファクター4」でエコリュックサックおよびMIPSの概念の重要性を紹介し、世界的な普及に貢献した。プッパータル研究所は現在もSchmidt-Bleekと協力関係を持ちMIPSの計算に必要な基礎データ蓄積や普及活動を推進している。

製品のエコリュックサックの値、およびサービスの量は、製品の全生涯にわたって計算され、エコリュックサックをより小さい値に、サービスの量をより大きい値に設計することにより、製品の環境に対する負荷をより小さいものとすることができる。エコリュックサックとMIPSは重量を単位とする単純な尺度であり、産業分野における実用的価値も高い。

MIPSは簡単な原理に基づく一次近似値であるが、複雑な環境負荷を総括的に評価でき、その計算結果は再現性が高い。また、製品やサービスの環境に対する負荷を表すMIPSを経済活動における市場価格に反映させることにより、環境保全と市場経済を結びつけることが期待できる。

このように、この二つの尺度は、持続可能な社会に向けた出発点を与えることとなった。この工学的創造性に富む業績に武田賞を贈る。

業績とその創造性

1. はじめに

環境問題はエンド・オブ・ザ・パイプ(装置末端処理)技術に関する議論から始まった。多くの研究、多くの議論がなされ、人間が今のペースで地球資源を利用し続けることの危険性が指摘された。例えば、

1972年の「成長の限界」¹⁾で、D. Meadowsらは膨大な物質とエネルギーの幾何級数的な流れを抑制しなければ人間社会が破局に至ると警告した。

1987年、ブルントラント委員会は“持続可能な開発”の考え方を提唱した²⁾。

1992年、リオデジャネイロの地球サミットで“持続可能な開発の実現”原則が採択された。

1992年、「限界を超えて」³⁾でD. Meadowsらは原料やエネルギーの利用効率を速やかに、大幅に改善する必要性を説いた。

このように、人間が動かす膨大な量の物質とエネルギーの流れを減らし、地球の恩恵を将来にわたって享受できる持続可能な経済社会を目指すことが、世界共通の認識になりつつある。

2. 環境負荷の工学的尺度

Friedrich Schmidt-Bleekは、環境マネジメントに有効な工学的尺度としてエコリュックサックとMIPSを1993年に提唱した⁴⁾。Schmidt-Bleekは、人間が自然から物質的な豊かさを得るために、膨大な量の鉱石、土砂、水その他もろもろの物質を動かすことが環境負荷の本質であると考えた。そして、ある製品が環境に負荷を与える大きさを、自然界で動かした物質の重量で表す尺度として、エコリュックサックとMIPSを考案した。この尺度によって複雑な環境負荷要因を総括的に表すことができる。エコリュックサックとMIPSは再現性のある結果が得られる、有効な工学的尺度であり、工学的創造性に富んだものである。

Ernst U. von Weizsaeckerは1991年から2000年まで所長を務めていたブツパータール研究所に、エコリュックサックとMIPSを発案したSchmidt-Bleekを招聘した。von Weizsaeckerの助言により、エコリュックサックとMIPSの概念は、素材中心であったものから、エネルギー効率やvon Weizsaecker自身のテーマである資源生産性との関連性、さらには毒物・有害物等との関連性が明確になり、内容的にも一層充実したものとなった。さらにvon Weizsaeckerは「ファクター4」⁵⁾でエコリュックサックおよびMIPSの概念の重要性を紹介し、世界的な普及に貢献した。Schmidt-Bleekとブツパータール

授賞業績

環境負荷尺度 「エコリュックサックとMIPS」の提唱

研究所は、協力してMIPSの計算に必要な基礎データの蓄積や普及活動を推進している。普及活動の一例として、オーストリアのファクター4+協会と協力して実施した地域の中小企業に対する教育プロジェクト“クラーゲンフルトの革新⁶⁾”が報告されている。

3. エコリュックサックとMIPS⁴⁾

3.1. エコリュックサック

Schmidt-Bleekは人間が使う製品や、受けるサービスは、それらを作り出すために動かされ、変換される自然界の物質をリュックサックに入れて背負っていると考えるエコリュックサックと表現した(図1)⁴⁾。エコリュックサックはそのまま環境にかけた負荷の程度を表すことになる。

製品のエコリュックサックは、それを構成する素材の重量にその素材のリュックサック因子を掛けた値を全素材について加えれば得られる。リュックサック因子はある素材1kgを得るために、どれだけの重量の鉱石、土砂、水その他もろもろの物質を何kg自然界で動かしたかを表したものである。プッパータル研究所で集積しているデータによれば、鋼鉄は21、アルミニウムは85、再生アルミニウムは3.5、金は540000、ダイヤモンドは53000000、ゴムは5などである。1kgの鋼鉄は自身の重量も含めて、21kgのエコリュックサックを背負っていることになる

製品のエコリュックサックは物質集約度(Material Intensity, MI)とも呼ばれ、以下のように表される。

$$MI = (Mi \cdot Ri)$$

ここで、MIはエコリュックサック(物質集約度)、Miはその製品を構成する素材の重量(kg)、Riはリュックサック因子である。図2に自動車のエコリュックサックを求める過程を概念的に示した。

3.2. MIPS

単位サービスあるいは単位機能当たりの物質集約度を表したものがMIPS(Material Input Per unit Service)である。寿命期間中のエネルギー需要に必要な物質の流れも考慮される。MIPSは、したがって、サービスを提供できる製品について定義されるもので、製品の全生涯のさまざまな段階に分けて物質集約度を示すことができる。

すなわち、製造、使用(操業、手入れ、清掃)、修理、再使用、再生使用、集荷/保存、廃物処理や輸送に分ける。そして各工程について物質(及びエネルギー)の消費が計算される。その消費はこの製品によって遂行される(あるいは遂行された)サービスの総数と関係付けられる。

使い捨て容器や使い捨て製品については、MIPSのサービス数Sは1に等しい。使い捨て容器のMIPSはその全工程にわたる物質の総計に等しいことになる。

MIPSはある製品が与えるサービス数の増加に依存して減少し、製品の環境適合性はそれに応じて改善される。例えば日時計は最も単純な例で、使用中に物質もエネルギーも消費されないし、掃除もされない。この機器は使用期間中に物を消費しない。したがってMIPSは使用期間が

ながくなれば単調に減少する。

洗濯機の場合は事情が異なる。洗濯には水と洗剤とエネルギーが消費されるので、MIPSカーブはその分だけ日時計の場合よりはゆっくりと減少する。エネルギー又は水の消費量が機械の老朽化とともに大きくなるならば、MIPSカーブは極小に達し、それから再び上昇し始める。洗濯機で修理が必要になる場合が図3である。修理が必要になるX点でMIPSインパルスが生じ、その後再び下降をはじめ。Y点の修理はエコロジー的に「高くつく」修理である。線分Y-BのMIつまり物質集約度が線分O-AのMIより大きければ、したがって修理されて使えるようになった製品のMI値が新品時のMI値より高くなるとすれば、これはエコロジー的には無意味な修理である。

MIPSは以下のように計算される。

$$MIPS = MI / S$$

MIはエコリュックサック(物質集約度)である。

サービスは、サービス数をSとし $S=n \cdot p$ で表す。pはその製品を同時に利用する人の数である。nは消費財の場合は $n=1$ 、耐久財の場合は、 $n=$ 利用回数(あるいは利用時間とか利用面積といった利用量)を表す。例えば、

コップ1杯のオレンジジュースは $S=1$

自転車をnkm利用すれば $S=n$

鉄道をp人がnkm利用すれば $S=n \cdot p$

となる。

3.3. MIPSと資源生産性との関係⁴⁾

MIPSは資源生産性を最もよく定義できる。ある製品の資源生産性は、それから得られるサービス量の総計を、その製品のサービス発現のために使われた物質とエネルギーを含めた全生涯にわたる総物質集約度で割ったものである。言いかえると、製品の資源生産性はMIPSの逆数である。資源生産性はエコ効率とも言われる。

ある地域の物質的豊かさは、その場所で享受できるサービス単位の総計として表現できる。資源生産性が上昇し、物質消費が同じなら、物質的豊かさは上昇する。資源生産性が例えば世界的規模で4倍になると、得られるサービス量を2倍にしても、投入物質量を半分に減らせる。経済の脱物質化は後退ではなく前進である。というのは、技術的改良がなければそのような発展は不可能だからである。

3.4. MIPSの利点と課題

Schmidt-Bleekによれば、MIPSには次の利点がある⁴⁾。

- 1) 物質消費とエネルギー消費を同一の単位で計算でき、誰が計算してもほぼ同じ結果が得られる。

授賞業績

環境負荷尺度 「エコリュックサックとMIPS」の提唱

- 2) スクリーニングの段階でエコ収支の作成に使える。これによって評価に要する経費は劇的に減り、誰が計算してもほぼ同じ結果が得られる。
- 3) 持続可能な経済への貢献という観点で技術的行為のエコロジー的な重要性を点検するために役立つとともに、成功したかどうかの尺度にもなる。
- 4) 工業製品のデザインや環境にやさしい生産工程、設備、インフラストラクチャの計画立案、およびサービスのエコロジー的評価の助けになる。
- 5) 環境ロゴマークの基礎として役立つ、購買の決定と消費者への助言ともなりうる。
- 6) エコロジー的に正しいリサイクルとエコロジー的に無意味な循環とを区別するのに適している。
- 7) エコ税の決定やライセンス認定、保険料、税額の査定計算、補助金決定に応用できる。
- 8) 工業規格や他の規格類がエコロジー的に首尾一貫しているか否かを点検するのに適している。
- 9) 研究開発計画で助成すべきプロジェクトを決定するのに役立つ。
- 10) 第三世界と旧社会主義国への経済援助の技術的プロジェクトを環境への影響を考慮して査定するのに適している。
- 11) 簡潔であることから、将来国際協調に可能性を与える。このことは全世界がエコロジー的な構造改革に向かって足並みをそろえるのに重要になる。
一方で、MIPSには、次のように残された課題もある。
 - 1) 工業や農林業の活動に特有の地表利用を考慮していない。
 - 2) 環境に対する毒性を考慮していない。
 - 3) 生物多様性の問題に直接の関連は無い。しかし種の保存は、土地利用と資源利用とに強く関係している。例えば、1996年、Colbornらは「奪われし未来⁷⁾」の中で、合成化学物質がホルモン作用を攪乱するという深刻な影響を告発した。人間の健康を害する有害化学物質については、エコリュックサックとMIPSでは直接扱うことができない。当然、それについての継続した研究、対策は重要である。

4. 環境マネジメントと新しい経済モデル

今日の主要な人間活動は、市場経済によって動かされている。環境マネジメントもその例外ではなく市場経済によって動かされている、あるいは市場経済の原理によらなければ解決できない、ということは様々な人によって指摘されてきた。例えば、「ファクター10第8章⁴⁾」において「今日一般に受け入れられる唯一の論拠は経済的なものだからです。自然を破壊しないためには、経済的な論拠をしめさねばならないのです。」とBolivariana大学教授のManfred Max-Neefが述べたことが書かれている。

人間活動による経済活動は目覚ましい発展を遂げ、有限な地球環境に無視できない影響を与えており、環境マネジメント問題を引き起こしていることは多くの人によって指摘されている。この環境

授賞業績

環境負荷尺度 「エコリュックサックとMIPS」の提唱

マネジメントの課題を解決に導くためには、人々の支持が得られるような環境マネジメントを包含した新しい経済モデルの構築が必要になる。

エコリュックサックとMIPSは、環境負荷を表す工学的尺度として新しい経済モデル構築のための出発点を提供できると期待される。また、MIPSに含まれるサービスの概念は重要であり、人間の価値観を財の所有からサービスの享受へと変えていくことも新しい経済モデルの構築のための有力な考え方の一つである。さらに、新しい経済モデルの構築には、経済学、環境科学、その他必要な学問によるトランスディシプリナリな努力が必要となる。

このようにして構築される新しい経済モデルは現在の経済モデルと違った姿になるかも知れないが、今後の発展に期待したい。

5. 受賞者の略歴

Schmidt-Bleek, Friedrich

1958年 ボン大学を卒業

1960年 マインツ大学で博士号を取得

1993～1997年 プッパーターナル研究所気候・環境・エネルギー問題研究所副所長

1997年 ファクター10研究所所長 現在に至る

von Weizsaecker, Ernst U.

1965年 ハンブルグ大学を卒業

1969年 フライブルグ大学で博士号取得

1991～2000年 プッパーターナル気候・環境・エネルギー問題研究所所長

1998年～ ドイツ連邦議会議員

2000年 プッパーターナル気候・環境・エネルギー問題研究所ファウンディングプレジデント 現在に至る

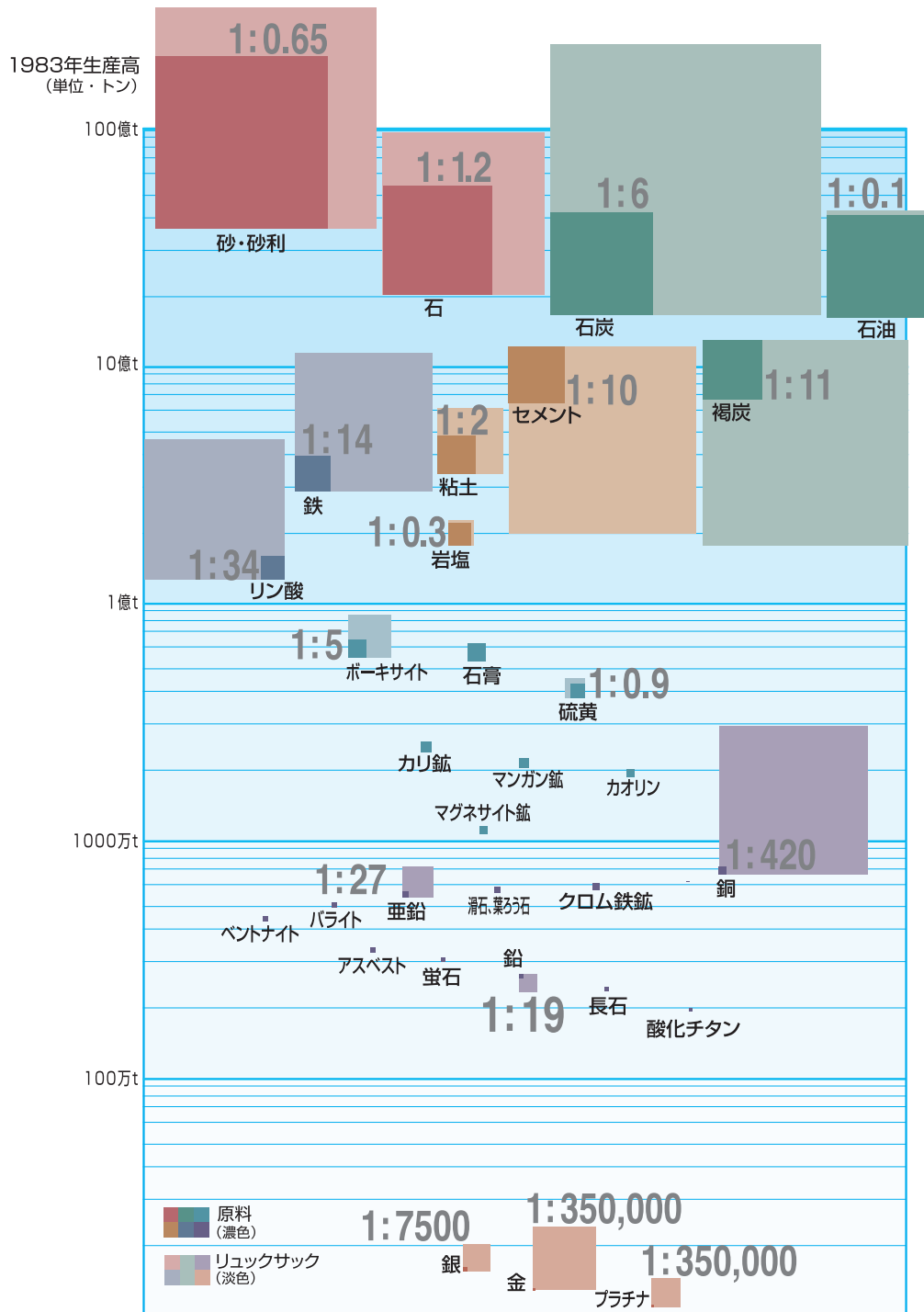
参考文献

- 1) Donella H. Meadows et al, The Limits to Growth, New York 1972(D.H.メドウズ他「成長の限界」大来佐武郎監訳、東京、ダイヤモンド社、1972年)
- 2) 環境と開発に関する世界委員会：“我ら共有の未来”報告書、1987年。
- 3) Donella H. Meadows et al, Beyond the Limits, 1992(D. H. メドウズ他「限界を超えて - 生きるための選択」茅陽一監訳、東京、ダイヤモンド社、1992年)
- 4) F. Schmidt-Bleek, Wieviel Umwelt braucht der Mensch-MIPS, das Maß für ökologisches Wirtschaften, Birkhauser, Basel, Boston, Berlin, 1993(F シュミット・ブレーク「ファクター10/MIPS - エコ効率革命を実現する -」佐々木健訳、シュプリンガー・フェアラーク東京、1997年)
- 5) Ernst Ulrich von Weizsaecker, et.al., Factor 4, Droemer 1995(エルンスト・ウルリッヒ・フォン・ワイツェッカー他「ファクター4」佐々木 健訳、省エネルギーセンター、1998 .
- 6) F. Schmidt-Bleek, et.al., Klagenfurt Innovation, Klagenfurt, 1999, ISBN390074307406, Report On An Eco-Design Training Program For 50 Small And Medium Sized Enterprises.
- 7) Theo Colborn, et.al., Our Stolen Future, 1996(シーア・コルボーン他、「奪われし未来」長尾力、堀千恵子訳、翔泳社、2001年)

授賞業績

環境負荷尺度「エコリュックサックとMIPS」の提唱

図1 1983年のさまざまな原料の世界生産高（濃色の四角）と対応するエコリュックサックの大きさ（淡色の四角）

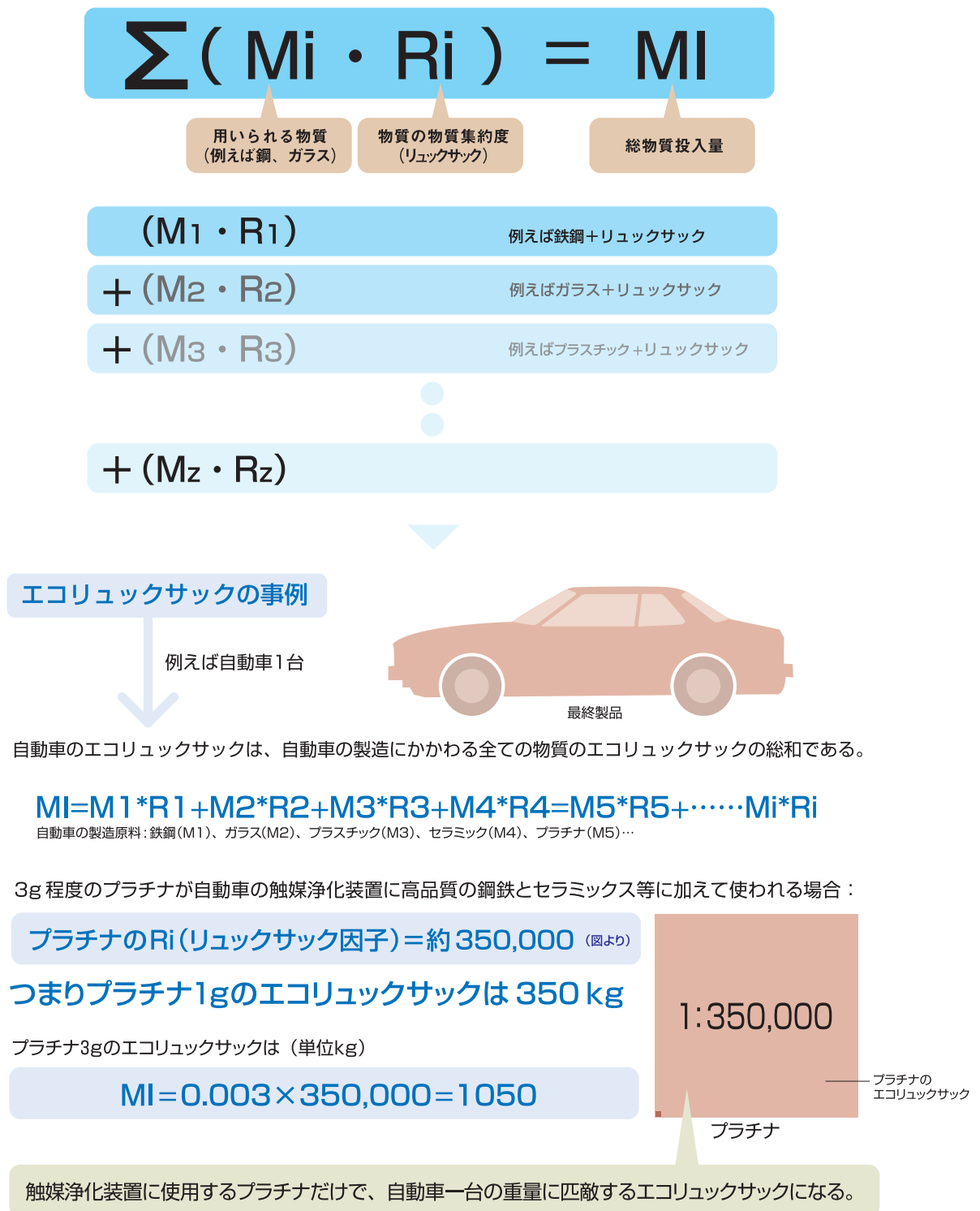


出所:Lütting/Walter/Merian/IEA Coal Research/US-DOG;Rucksacks:Schüty,Liedtke

授賞業績

環境負荷尺度 「エコリュックサックとMIPS」の提唱

図2 エコリュックサックの計算法と自動車への応用例

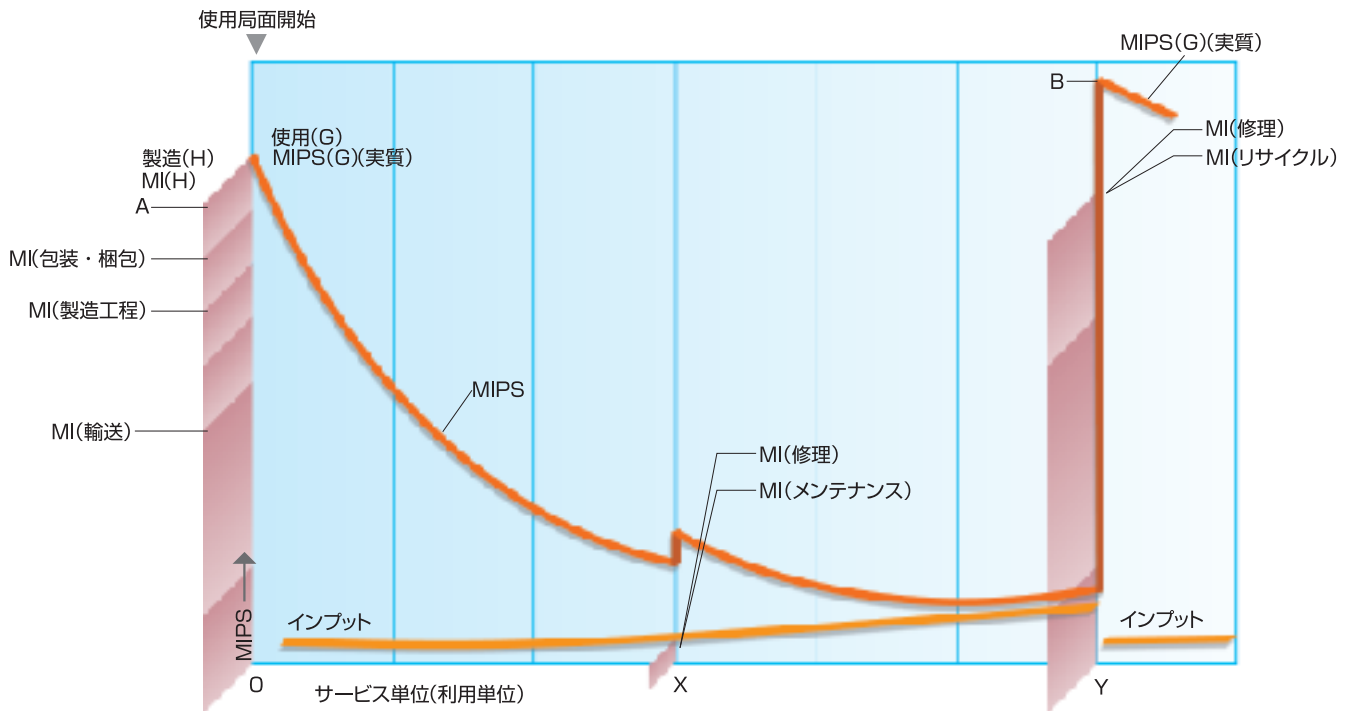


触媒浄化装置に使用するプラチナだけで、自動車一台の重量に匹敵するエコリュックサックになる。

授賞業績

環境負荷尺度「エコリユクサックとMIPS」の提唱

図3 洗濯機の場合に見るサービス単位数増加とMIPSの関係の仮説



洗濯機の場合に見るサービス単位数増加とMIPSの関係に関する仮説、ここではX点で小さな修理をしたので、MIPSカーブが変化している。Y点ではもっと重要な修理をし、多くのエネルギー、物質、そして輸送が必要になるが、この修理はエコロジー的に見て愚かな結果をもたらす。