総説

環境科学の今後の課題*

—持続可能な社会へ—

安井 至¹

Sustainability — The next target of environmental science —

by Itaru YASUI¹

1. Prof., Dr., Center for Collaborative Research, University Of Tokyo, Komaba, Meguro-ku, Tokyo 153

1. はじめに

環境問題は公害問題から始まった。公害問題は加害者と被害者が明確で、かつある地域に限定された問題であった。地球温暖化問題やフロンによるオゾン層破壊などが顕在化した結果、1992年の地球サミットにおいて、「持続可能な発展」が次世紀のキーワードとして採択され、地球上における人類およびそれを取り巻く生態系の維持が環境問題の一つしかも人類にとって最重要課題として認識されるようになった。すなわち、空間的な広がりが地球レベルになったため、加害者と被害者が同一化した。言いかえれば、人類が自分たちの将来を考える問題として捕らえるべき状況になった。

人類は自らの生存のために、古くから地球を資源を採取する対象として利用してきた。環境問題を人類生存問題として認識するようになった結果、資源供給問題は環境問題の重要な一部と認識されるようになった。ここでは、環境問題を資源（物質、エネルギー、環境）の有限性から考えることの重要性、さらに、持続可能型と呼べるような生産活動はどのようなものであるかを述べる。さらに持続可能型社会への誘導手法について、若干の考察を行いたい。

2. 人類生存問題としての環境問題への取り組み

地球レベルの環境問題は、上述のように人類生存問題と読みかえることが可能で、人類それ自身を含む地球上の生態系の生存が危機に瀕していると解釈すべき問題となった。しかし、よく考えると、人間活動を行っているのは「現世代」の人類であるが、被害を受けるであろう人類は、「次世代以降」の人類である可能性が高い。この事実は、「環境問題における世代間調停にかかわる問題」として認識されており、これまで人類が築いてきた文化・社会制度の枠組みの範囲内では解決が不可能な問題の一つであるように思える。このように、現在の環境問題においては、どのような環境倫理を構築するか、すなわち何を正しいものとして考えるか、によってさまざまな異なった結論が導かれることになる。

現在、文部省関係の予算で行われている唯一の大型環境研究である重点領域研究「人間地球系」（平成5～9年）では¹⁾、筆者が

総括代表の立場にあるが、「人類の生存を絶対的な目標」と仮定することによって、どのような将来へのシナリオが描きうるかの検討を行っている。生物種の一つとしての人類は、汚染されていない食糧、空気、水、さらに、体温維持のために各種の材料およびエネルギーの供給が有れば、生命を維持することは可能である。食糧などが汚染されている場合には、個体の生存が脅かされると同時に、遺伝子の損傷が次世代に伝達することによって、種の再生産がうまくできない可能が出てくる。

食糧・水・空気の供給不足と品質低下は人類の生存にとって極めて危機的状況になることを意味するが、それに対して体温の維持は、衣料と住居などのためにごく限定された資源の利用を行うことによって、それほど困難ではないと思われる。現在我々が消費している大量の資源は生活の利便性を支えるために使用されていると考えることもできる。したがって、どのような環境観と価値観を持つかによって、資源・エネルギーの利用をどの程度容認するかが影響を受けることになる。現代文明の利便性は、ある程度長期間にわたって維持すべきであるとの仮定をすることが、まず一般的に受容されやすいだろう。しかし、このような仮定は、現代の資源の利用量が将来にわたって大幅には減少しないと仮定することを意味する。その際、どのような資源をどれほど長期間にわたって利用しうるであろうか。このような問題を考える際には、惑星としての地球を理解することから始めるべきであろう。

3. 地球上におけるエネルギーバランスと再生可能資源²⁾³⁾

地球は天体の一つであるから、物質的にはほぼ閉じた系である。しかし、エネルギーに関しては決して閉じた系ではない。図1は、地球上におけるエネルギーバランスの概要を示すものであるが、太陽から地球上に降り注ぐ光エネルギーは実に膨大であって、いかに人間活動が肥大化したとはいっても、現在人類が使用しているエネルギー総量の15,000倍程度もある。もちろん、そのすべてが利用可能な訳ではない。まず、約3割に相当する部分は雲や海面によって直接反射され、全く利用不可能である。地球に吸収される量は約7割で、これらのエネルギーは熱エネルギーに変換され、地表の温度を上げることに使われる。この熱エネルギーの一部は、空気の上昇を起こしたり、あるいは、水を蒸発されたりすることによって、最終的には運動エネルギーへの変換が行われる。吸収されたが熱に変換されないものもごくわずかであるが存在する。それは植物による光合成に利用される部分であり、これが純一次生産に寄与する量であり、地球上における生命の維持などに

* 1996年2月20日受付 12月27日受理

1. 工博 東京大学教授 国際・産学共同研究センター
〔著者連絡先〕 FAX 03-3479-5042 (東大・生研)
キーワード: 人間生存

図1 地球のエネルギーバランス

使用される。運動エネルギーと光合成に利用されたエネルギーが、人類がなんとか利用可能なエネルギー形態である。単に地球を暖めるだけに使われたエネルギーは、低質なエネルギーに変換されて、最終的には排熱として宇宙空間に再放出される。この量は、誤差の範囲で全吸収エネルギーに等しい。すなわち、運動エネルギー、光合成に使用されるエネルギーは、太陽が供給している全エネルギーのごくごくわずかな部分にすぎない。しかし、その量は、運動エネルギー分が約 350 TW、光合成成分が約 100 TW であり、現在、人類が使用している全エネルギー量約 12 TW に比べれば依然として莫大であることに間違いはない。しかし光合成によって使用されているエネルギーの全部が植物体の形で蓄積されるわけではなく、いわゆるバイオマスとして使用可能なエネルギーの総量はさらに少なく、また、森林資源になる量はもっと少ない。

以上のような考察の結果、再生可能資源として利用できるものは、次のようなものになる。太陽エネルギー→運動エネルギー変換の結果として得られる水力発電、風力発電、波力発電、太陽光発電、など。光合成の結果地上に蓄積されたエネルギーとして、森林資源、漁業資源、放牧による畜産資源、他のバイオマス資源、など。そのほかに、地熱発電は地球を熱源とするもので、ほぼ無尽蔵であり、また、潮汐発電が可能になれば、これは月からのエネルギー供給を利用していることになる。

環境資源、すなわち、地球レベルの環境が人間活動によって受けた影響を自律的に復旧する能力も、同じく太陽からのエネルギー供給の結果として付与されているものである。

4. 持続可能性とライフサイクルアセスメント

「持続可能な発展 Sustainable Development」が次世紀のキーワードになったとはいっても、その実態については、実は余り明らかではない。しかし、究極的な持続可能な概念は比較的明確である。図2はそのような状況を表現したものである。地球を流れている太陽エネルギーの膨大なフローのみを利用して人間活動、すなわち、製品の製造とその使用が行われれば、これはほぼ無限に持続できることは明らかである。このスキーム内で使用できる資源は、3. に指摘した再生可能資源のみであり、これらを再生能力の範囲内で使用するという条件を満たさなければならない。

実際の人間活動が膨大になりすぎた結果として、現時点における資源の供給は、その大部分が枯渇性の資源、すなわち、化石燃料や鉱物資源の採掘に依存している。そして、製品への変換過程で環境に負荷を掛けているが、その負荷量は大気中の二酸化炭素が最近単調増加傾向を示しているように、地球が持っている自律的な能力を超えていることは明らかである。したがって、持続可

図2 究極的な持続可能。使用できる資源・エネルギーは、表1に示すもののみ。

表1 太陽エネルギーによって供給されている資源・エネルギー

◆ 森林資源	◆ 水力発電
◆ その他の植物	◆ 太陽光発電
◆ 漁業資源	◆ 風力発電
◆ 放牧	◆ 波力発電
◆ 自然農業	

など

再生量の範囲内で使用すれば。

図3 地球からの入力と出力を伴う製造活動

能な状態に近づけるためには、地球からの入力と地球への出力の両者を大幅に減少させる必要がある。また、ある製品を製造することが、どの程度の持続可能性をもっているかについては、その製品の製造によって、地球への入出力がどの程度行われているかに依存する(図3)。すなわち、この量を定量的に表現することができれば、持続可能性の指標として使用可能ではないかと考えられる。

このような考え方が、しばしばLCAと略称されるライフサイクルアセスメントを産み出したものと思われる⁴⁾。LCAが何を評価する方法論であるかについて、さまざまな議論が行われている。少なくとも、「人間活動が地球を入力、出力の両面でどの程度利用しているか。」の多次元な定量的表現であることは間違いのない事実である。しかしながら、LCAの表現が多次元的あるいは多変量であるということは、LCAを実用的な指標として使用することを考えると、なんらかの作業を追加しなくてはならないことを意味する。すなわち、異なるシステムをLCAによって評価する際には、変数を統合して一つの数値にすることが必須であるからである。このような操作を行うことをライフサイクルインパクトアセスメントと呼ぶ。一般的には、4つの評価軸が使用される。すなわち、生態系への影響、人体への影響、地球資源の消耗量、社会的公正さ・適合性、の4要素である。

第4の要素である社会的公正さ・適合性に関しては若干の説明を要するだろう。ある人間活動がその時点における社会と適合しているかどうかは、人工的な環境になってしまった現代の都市環

境に適合しているか、あるいは、都市インフラにどの程度を負荷を掛けていたかといった地域レベルでの評価がここに含まれる。特に「公正さ」とは、地方税によって賄われている廃棄物処理システムにどの程度依存しているかといった評価を含むものである。

飲料容器などを対象として行われた LCA の結果がすでにいくつか報告されているが⁵⁾、その多くの場合に、入力側すなわち資源側のデータ、特に、使用エネルギーについては詳細に記述されているものの、第 4 の要素に特に関わりが深い固形廃棄物の環境影響評価を十分に記述したといえる例はほとんどない。

5. 資源枯渇を考えるか、それともエネルギー枯渇か

ライフサイクルインパクトアセスメントの評価軸の一つである地球資源に対する負荷であるが、それを持続性を評価するという観点から、枯渇性エネルギー資源、枯渇性鉱物資源、再生可能物質資源、再生可能エネルギー資源に分類して考察すべきものである。再生可能資源については、枯渇性資源と全く異なった議論、すなわち、再生量の範囲内の使用と再生量を越した使用とでは全く別の評価をする必要がある。次世紀に向けて再生可能資源を有効活用する方法論の確立が急務ではあるが、20 世紀までの技術体系は、枯渇性資源に依存することを前提に構築されており、当分の間は、このまま行かざるを得ないとすれば、枯渇性エネルギー資源と枯渇性鉱物資源の使用をどのように解釈するか、これが問題である。

資源の枯渇に関する問題を考えると⁶⁾、近年航空機の発達によって狭くなったといわれる地球が実は依然として膨大であり、人間がその全貌を把握するには不可能に近い大きさであることに気づく。地球が包含している原油の総量についても、さまざまな説があるが実態はなかなか分からない。ここ数十年にわたって確認埋蔵量と生産量との比である R/P 値が 40 年程度有り続けたことから、今後もそのような状況が続くとの予測する人もいるが、それは楽観的にすぎる。2030 年以降には、徐々に原油採掘量が減少するとの予測が妥当なものに思える。他の鉱物資源についても、経済的な要因によって常に 30 年程度の可採年数になっているものが多い。そこで、一般に経済的な価値が上昇することによって、確認埋蔵量が順調に増加すると理解されているようであるが、次世紀に起こるであろう社会変化を考慮すると必ずしも安心はできない。危機にひんする可能性があるのは、まずリンであろうか。現在の資源は海鳥の排泄物が長期間に鉱物化したものであり、他の資源とは性格が異なる。リンは肥料として必須であるため、もしも枯渇という事態になれば次世紀における食糧問題にも悪影響を及ぼしかねない。しかし、生物濃縮を旨く活用するリサイクル形の農業が復活し、再構築されれば希望がないわけではなく、また、鉄鋼精錬時に除去されるリンの有効活用など別の方法もないわけではない。ほかの金属元素で危機に近いものとして鉛、錫、銀などがあるとされている。これらの金属が本当に枯渇の危機にあるかどうか、それはかなり不確実である。しかし、別の種類の枯渇が起きる可能性がある。すなわち有害物質であるとの認識に基づく環境対策が、本来の元素の用途を大幅に制限し、代替元素に負荷を与える場合が起こりそうである。例えば、鉛であるが環境規制によってその使用が大幅に制限されると、その代替元素が不足するという可能性である。例えば、類似した性格をもつビスマスに依存するようになると、その存在量は余り多くはないので、元素不足となることもありうるのではないだろうか。

元素が枯渇するということは、元素そのものが消滅することではなく、薄められた形に変化したにすぎず、熱力学的に表現すれば、エントロピーが増大して使用不能になっているに過ぎない。

エントロピーを再び減少させて使用可能にするためには、エネルギーを使用すればよい。したがって、エネルギーがもしも無尽蔵に使えるものであれば、資源問題は原則的に起こり得ない。エネルギーに限界があるのなら、資源にも限界が生ずる。したがって、資源が枯渇するとしたら、エネルギー資源と鉱物資源は両者が同時に枯渇することになるだろう。

しかし、本当にこのような状況を前提として未来を議論すべきであろうか。注意すべきことは 2 つある。まず、エネルギーは物質ではないために、どのような形態でもよいことである。もう一つは、地球は太陽エネルギーの膨大な流れの中に置かれているおかげで、大量のエネルギーが人類の目の前を流れていることである。そのため再生可能資源量も相当の量にのぼる。現在の人類の技術では、これらのエネルギーを有効活用できていないが、遠い将来には、これを利用可能にできると考えられる。もしもそうでなければ、まさに人類に未来はない。だからといってエネルギーを現時点で無駄に使用してよいという理由にはならないが、エネルギーを節約する余り、環境汚染が進む事態を招くよりは、エネルギーを環境処理や廃棄物処理、あるいはリサイクルに振り向けることが現時点における正しい選択のように思える。

6. 環境調和型を目指す社会

製品を環境調和型にしなければならない、という指摘がなされるようになった。しかし、どのような条件を満足させればその製品が環境調和型であるかについての合意が現状で取れている訳ではない。先に記述したように、ライフサイクルインパクトアセスメントを行う際には、4 種類の評価軸を基準とすべきことを記述した。その最後の項目、社会的公正さ・適合性をどのように理解するか、ここでもそれが環境調和型かどうかを判定する鍵となるだろう。環境に関連するどの要素がもっとも危機状況に近いかを判断すると同時に、冒頭に述べたように、環境問題は世代間の利益の調整に関わる問題であることを加味することによって、正しい環境調和性に関する結論がでるだろう。

現時点では、個人的にもまだ確信が持てない状況ではあるが、恐らく、空間的・時間的広がりやを考慮した考察が必須であろう。すなわち、地域環境汚染問題、国家レベルとしての環境問題解決のためのポリシー、地球全体の視点を持った思想、と大別して 3 つの空間的レベルに分けた視点と、現時点、10 年後、50 年後、それ以後といった時間的な広がりとの視点からなるマトリックスを考え、すべての組み合わせについて問題点を明らかにすることによって環境調和性の記述が可能であろうと考えられる。

7. 完全循環型社会の実現による持続可能への誘導 — リサイクルを例として⁷⁾

持続可能な発展のための具体的な取り組みとしてリサイクルがあるとされる。しかし、どのように持続可能へと展開を図るかに関しては、余り明確なビジョンが無い状態である。ここでは、プラスチックの場合を例として、どのようにして持続可能型へのシナリオを描き得るのかについて述べてみたい。プラスチックは、比較的新しい材料であり、社会体制が対応しきれていない状況で、多くの課題がここに凝縮しているからである。

まずもう一度、大前提から考え直そう。なぜリサイクルをするのか。それは、次のような理由による。

リサイクルをするいくつかの理由

1. 経済的に有利であるから
2. 投入したエネルギーの回収を目的として
3. 廃棄物量を減少させるため

4. その製品の社会的な認知を得るため

5. 環境教育を普及させるため

5. はいささかうがった見方だが、牛乳用紙パックのリサイクルの本当の効果はここにあるような気もする。ところで、本来のリサイクルの目的は、上記1~3の条件を満たすものはずである。昭和30年代までの日本における廃棄物回収業者がそれぞれ缶詰の空き缶1個、瓶1本にいたるまで引き取ったのは、その価値が人件費に比較して意味を持っていたからである。すなわち、経済的な理由のみによってリサイクルが行われていた。しかし現時点では輸入バージン材料から作った方が経済的に有利なことが多い。それは、原材料の価格が人件費に比べて相対的に低下した結果であり、日本の産業構造が大幅に変化しないかぎり、当分の状況が続く。

製品の製造に投入したエネルギーを回収するという立場も、上記経済的理由に含まれる。その例がアルミニウムのリサイクルであり、水酸化物であるボーキサイトからアルミニウム金属を製造するエネルギーの1/20以下のエネルギーで回収缶を再生合金にすることができるとされている。それでは、現状で、アルミ製空き缶が商品価値を持つかといえ、一つ一つ拾ってまとめるための手間賃とエネルギーを補うことができるほどの経済的価値がある訳でもない。地方自治体やボランティアによる無償の空き缶回収がリサイクルをサポートしていることは事実である。したがって、リサイクル率の向上にも当然限界があり、このままでは80%を超すことはまず不可能であろう。アルミニウムのように、材料の価値が比較的高い場合でもこの程度である。したがって、社会全体としてこのような状況を改善するためには、是非ともデポジット制を採用することが必要であろう。

廃棄物量を減少させるために行うリサイクルが、現在、日本の状況からみてかなり重要なものになっている。廃棄物処理を行う主体は地方自治体であるから、それぞれさまざまな事情がある。ゴミ処理の方法が地方自治体によって大きく異なるのは、ある程度仕方ないことである。プラスチックについていえば、東京都は不燃物あるいは焼却不適物として取り扱っている。横浜をはじめとするいくつかの自治体では、焼却可能物という取扱になっている。これは、東京都が焼却のための清掃工場を十分に持つことができない現状を反映したものであり、技術的な問題というよりは政治的な問題である。最終処分地が不足し、今後20年程度で危機的な状況になるとされているにもかかわらず、本来可燃物であるプラスチックを埋め立てに回すことは、許される状況にはない。プラスチックを埋め立てるとどうなるか。地面から1メートル程度までの表層では、微生物によって徐々に分解されるが、嫌気状態になれば、長期間プラスチックのまま残る。その結果、埋め立て地の土地の安定性は悪い。生分解性プラスチックを用いれば、埋め立ててもよいと思われる方もおられるだろう。今回詳述する余裕はないが、環境を専門にしている研究者の多くは、生分解性プラスチックが必ずしも環境調和型であると考えていない。

したがって、プラスチックは燃料化を行い、エネルギー回収をして、かつ、焼却灰は溶融減容化をすることは得策であろう。プラスチックの焼却が、石油をそのまま燃焼することと比べて大きなエネルギーロスがないのなら、その根拠をLCAを用いて示した上で、焼却・燃料化を正当化すべきであろう（現実にはPETの発熱量はかなり低いようであるが）。

しかし、リサイクル本来の姿であるマテリアルリサイクルあるいはモノマーまで分解するケミカルリサイクルをどう考えればよいのだろうか。それは原料となる廃プラスチックがどのようなものであるかに依存している。ある特定の工場内で発生するスクラッ

プを考えるか、それとも一旦消費者に渡った後の廃プラスチックを考えるかで全く評価が異なる。スクラップであれば、現状の技術でリサイクルが可能であるので、ここでは、消費者から戻ってきた廃プラスチックを考える。

リサイクルの理想は水平リサイクルである。すなわち、元の形に戻ることが理想である。アルミ製のビール缶が再びビール缶に戻るといったケースである。ところが、プラスチック系の包装材では、品質的な要求を満足させるためには、水平リサイクルはなかなか困難である。そこで廃PETの場合には、水平リサイクルを行おうとすると、どうしてもモノマーに戻さざるを得ないことになる。しかし、ケミカルリサイクルが、LCA的にそれほどの効果がないことが報告されている。水平リサイクルに対する言葉としてカスケードリサイクルという言葉があるが、その場合に問題なのは、リサイクルの流れの上下における需要と供給がバランスが取れるとは限らないことである。極めて汎用でカスケードリサイクルが可能な材料の場合にはよいが（鉄はこれに近い）、一般にはリサイクル後の用途が限定される。例えば、廃PETボトルを絨毯や衣料へとリサイクルする動きがあるものの、廃PETボトルのすべてをリサイクルすることは、両者の市場から考えて不可能であろう。

原理的に水平リサイクルが可能であるとしても、経済的な行為としてリサイクルを行うことができるかどうか、これは、全く別問題である。消費者の手を経たプラスチックをリサイクルするには、「資源としての資格」をまず満足させる必要がある。すなわち、同一品を大量に収集することがまず第一である。現状でそのようなことは可能だろうか。現在日本で流通している容器包装用プラスチックには、その種類が記述されることはまだ少数派であり、特にフィルム材料についてはほぼゼロである。専門家でも種類を見ただけでは分類することが困難な材料を、消費者が的確に分別することが可能であるとは思えない。まず、フィルム材料を含めて品質表示を義務化する必要がある。さらに業界が材質の統一に向けて努力をする必要があるだろう。すなわち、同一機能の容器を異なった材料では作るべきではない。一升瓶に変わるような大型液体容器としては、塩化ビニル系の容器が先行したが、現時点ではPETが大部分になった状況を考えれば、今後はPETに限定するといった合意ができるかどうか、これがまず問題なのである。すなわち現代のような自由競争を原則とする社会に対する一つの挑戦が、循環型社会の実現への道になるのである。材質については全く自由放任にしておいて、収集後に自動分類を行う技術や一括してケミカルリサイクルを行う方法を開発するといった発想があり、それが現在のメーカーの平均的なものであるように思える。しかし、デポジット制を導入したとしても、消費者の手に渡るプラスチックの種類を極端に制限しなければ、まず経済的に無理だろう。

結論を述べれば、プラスチックに関しては相当程度の自主規制を行ってリサイクル可能な材料であると主張するのか、あるいは、消費者の手を経た廃プラスチックは熱回収・燃料化のみを行うべき材料であると主張するか、いずれかの選択を行う覚悟が必要のように思える。ただし、後者を選択する場合でも、もう一つ条件が必要である。それは、塩素を含むプラスチックが多く含まれた廃棄物の燃焼には、現時点では焼却炉や燃料化にそれなりの工夫が必要なことである。塩化ビニル・塩化ビニリデンも、単独で専用の焼却炉や燃料化プロセスを使用すればよいが、すべての焼却炉などを、塩化ビニル・塩化ビニリデンを含むことを前提として設計することは無駄であろう。そのためには、含塩素プラスチックは、添加剤などを工夫することによって焼却の際にHCl

を放出しないように改良を施すか、あるいは、その用途の限定を行うべきである。建築材料や農業用など、ほかに代替不能な優れた性質をもつ塩化ビニルのイメージをあげるためにもそろそろ覚悟を堅める時期なのではないだろうか。少なくとも、家庭ゴミには廃プラスチック由来の塩素がない状態にすることが業界の良心であろう。もちろん、食塩、醤油などを起源とする塩素が家庭から出るゴミに大量に含まれることは事実であるが、生ゴミはコンポスト化して土に返すことが本来の循環型であることを前提として話である。

これからの日本の産業構造の改善のためには、循環型社会の実現が必須である。そのためには、単純化、過剰品質・過剰サービスの回避、棲み分けの明確化、さらに、製造者による回収、がキーワードとなるものと予測している。次世紀における企業活動を環境保全型にするためには、すべての製品は、使用後には製造者が回収をするという原則を社会的な合意として取り付ける必要がある。回収した製品が価値を持つような設計や材料の選択を行うことが製造業の目指すべき次の道である。回収し、その後の分解処理、さらに、部品などの再利用を事業化することによって、新品の製造といった面での空洞化が進行する日本社会に新たな雇用を創生することもできるだろう。あるいは、製造の海外移転に歯止めを掛けるカギになり得るかもしれない。

8. 結 論

環境にかかわる危機的状況は、資源・エネルギー問題にあるのか、それとも地域環境汚染の状況か、それとも地球温暖化なのか。あるいは、現時点では全く考えが及ばない種類の問題がまだあり、それが人類生存に対して決定的なダメージを与えるのか、誰も確実な予測はできない状態である。しかし、少なくとも、人口問題を解決することが最低限の必須事項ではあるだろう。

このような検討を今後も精力的に続けると同時に、異なった分野の専門家が、環境というキーワードを中心にして知性を集約して結論を導く必要がある。20世紀は、自然科学が過去最大の進歩を示した世紀であることは確実である。その進化の大部分は、非常に限られた研究領域を深く掘り下げた結果として得られたもの、すなわち「専門知」によるものである。言葉は悪いが、周囲との関係を見失って、いかに「井の中の蛙」となるかが、ある意味で学問的な成果を上げるための必要条件であったのだ。しかし、環境問題が人類の最大の挑戦課題になるであろう次世紀には、「専門知」の単なる積み上げだけでは重要な要素を見失う可能性が高い。地球レベルの環境問題にかかわるさまざまな要素は、余

りにも多種多様にわたり、一人の人間で理解できる量を超えているように思えるからである。環境、地球、人類、技術、社会に関する「総体知」をいかにして得るか、これが学界・産業界の知的挑戦のターゲットとなるだろう。この課題に対応するには、莫大な知識を的確に伝授することが可能な方法論を有する優れた教育マインドをもった研究者が多く出現することが望ましい。そしてそのような研究者が、お互いに議論をしながら方向性を決定していくプロセスが必須である。

資源問題は、環境問題の重要な一分野となった。しかし、そのような意識をもった研究者が不足している。資源問題に的確な回答を与えることができる環境研究者と、環境問題に的確に対応できる資源研究者の出現が必須の状況にあると思われる。

引 用 文 献

- 1) 平成5年、平成6年、平成7年、平成8年成果報告概要、重点領域研究「人間地球系」総括班、代表者安井 至
- 2) 日経サイエンス、1990年11月号
- 3) 山地憲治・藤井康正：グローバルエネルギー戦略、電力新報社、(1995)
- 4) 多数あるが例えば、エコマテリアル研究会：“LCAのすべて”，日刊工業新聞社、(1994)
- 5)
 - (1) プラスチック処理促進協会：プラスチックなど包装材料の環境影響評価、(1993)
 - (2) 日本生活協同組合連合会：容器包材の環境評価に関する中間報告、(1993)
 - (3) 化学工業会：化学工業製品におけるトータル・エコバランスの分析手法に関する調査、(1994)
 - (4) 野村総合研究所：包装廃棄物のリサイクルに関する定量的分析、(1995)
 - (5) 環境情報科学センター：総合的環境負荷低減を目指したLCAの実施に向けて、(1995)
- 6)
 - (1) 高多 明：地球資源戦略ノート、白亜書房、(1992)
 - (2) 西山 孝：資源経済学のすすめ、中公新書、(1994)
- 7)
 - (1) 安井 至：循環社会とリサイクループラスチック系材料を中心に、化学工学、60巻、5号、p. 285-288、(1996)
 - (2) 安井 至編：リサイクルのすすめ、丸善、(1995)

本解説を理解するために有用と思われる図書類をいくつか挙げる。

- ・二酸化炭素問題ウソとホント、小島紀徳著、アグネ承風社、(1994)
- ・ISO14000、長銀総研、日刊工業新聞社、(1995)
- ・地球の破産、小西誠一著、ブルーバックス、(1994)
- ・環境倫理学のすすめ、加藤尚武著、丸善ライブラリー、(1991)
- ・環境倫理、中村友太郎他著、北樹出版、(1996)
- ・現代環境論、高月 紘他著、有斐閣ブックス、(1996)
- ・地球環境と人間、アン・ナダカフカレン著、岡本悦司訳、三一書房、(1990)
- ・人間と地球環境、長谷川三雄著、産業図書、(1996)
- ・地球の危機的状況、エリック・チヴィアン他著、海老瀬潜一他訳、森北出版、(1996)
- ・知識人の生態、西部邁著、PHP新書、(1996)