総 説

循環型社会への途上技術（前編）

吉 田 誠 宏*

1. はじめに

循環型社会とはどのようなものかについては、循環型社会形成推進基本法第2条で定義され、さらに同基本法では、①発生抑制、②再使用、③再生利用、④熱回収、⑤適正処分の優先順位も示されている。また、これらの技術開発については、同基本法に基づく各種の法令や制度等の拡充整備によって、広範な技術分野での取組の必要性や実践例等が示されるとともに、このような取組の総和が循環型社会での技術体系になるであろう。

ところで、現在の技術体系が循環型社会での技術体系に移行するについては、単に制度等の拡充整備に負うだけではなく、技術的な課題解決も不可欠である。

そこで、同基本法に示された優先順位のうち、物質の循環で特に重要な①～③（いわゆる3R）の技術に着目して、制度の拡充整備などの動向を踏まえながら、これらの技術開発が進展していく流れを描く（前編）ことで、技術体系が移行する過渡的な技術上の対応策（後編）を明らかにしていきたい。

2. 環境技術の種類等

技術開発は、多様な関連とそれらの円環構造（ある技術開発の出力が他の技術開発の入力になり、社会・経済・政治のダイナミクスと融合する構造）の下で展開する。

したがって、技術開発が進展する様子を検討するに当たっては、同時に多面的な検討でなければならないが、検討の入口を探るため、まず環境に係る技術の開発経緯と現在の技術の種類を以下に整理する。

2.1 技術開発の経緯

技術開発については、技術力を積み重ねて開発されるのが当然であるが、歴史的に見ると、単なる技術の積み重ねだけで開発され実用化されるのではなく、開発の発端が数多く存在して実用化に至っている。この観点で環境に係る技術の幾つかを例示すると、表1のような発端となった環境上の事情があったと考えられる。

公害国会と言われた1970年のような社会的ニーズでは、排出規制を中心としたエンドオブパイプに技術開発の重点が置かれ、処理装置等のいわゆる公害防止技術の開発が主流であったが、表1のような

表1 過去に開発・実用化された環境技術の発端事例

開発された主な環境技術	開発の発端となった環境上の事情
重油脱硫装置	スモッグ警報など劣悪な大気汚染
排ガス脱硫装置	重油脱硫では対応に限界
苛性ソーダ製造が水銀法から隔膜法	水俣病での有機水銀問題が深刻化
排ガス脱硝装置やガス燃焼への転換	NOx総量規制や各地での協定等
燃焼制御や排熱回収	石油ショックによる省エネ対策
PCBの製造禁止と回収・保管	熱媒による人体被害というカネミ油症事件
フロンでの廃止・回収・分解	オゾンホールの発見
ガソリン自動車のエンジン改良等	米国のマスキー法が成立
モータールシフトやCNG車等	自動車NOx法による総量削減計画
ガス化燃焼等の新型焼却炉	ダイオキシン問題

*大阪府公害監視センター Masahiro YOSHIDA

表2 環境技術の種類（技術群）

技 術 群	技術群に該当する技術の内容等
環境状況の把握技術	環境モニタリングや分析装置等の開発、情報技術など
環境状況の予測技術	モデル実験や予測計算手法、CMB法等での寄与把握など
環境への排出把握・抑制技術	処理効率等の測定技術、廃棄物の処理・処分技術など
環境負荷量の総合把握技術	PRTR法等による包括的な把握技術、および拡大生産者責任等を踏まえた根源的な主体やLCA等の把握技術
環境負荷量の総合抑制技術	エネルギーと資源の利用において、3Rなど環境への負荷を可能な限り軽減化する技術、低負荷化の建築技術など
環境状態の改善技術	排ガスの土壌浄化や緑化によるCO ₂ 吸収、環境影響軽減の土木技術など
環境悪化がもたらす影響の把握技術	ディーゼル排ガスと花粉症の関係やシックハウス症候群と他の環境因子、有明海での海苔の被害原因など
環境悪化によりもたらされた被害の回復技術	ミティゲーションを含めた生態系の回復、医学的な対応も含めた健康回復、二重窓や客土等による被害軽減など

製造過程や燃原料という上流部に遡る対策もあった。

これらは、技術開発で乗り切らなければ経済活動が成り立たないところに、開発投資の増加と技術市場の拡大をもたらし、このことが日本株式会社という市場競争の場で、より上流部の技術開発にまで波及させたものと考ええる。

2.2 環境技術の種類

上流部にまで遡る環境対策に係る技術については、あらゆる主体が関与する環境そのものの裾野が広いと、関係する技術の分類も種々提案されているが、本論では公害対策を含めた数多ある技術の種類について、表2のような技術群に大別する。

表2に掲げた技術群については、表の内容等にしたとおり、あくまでも環境に係る技術を分類化したに過ぎない。4.2でも述べるように、将来的には設計を含む全ての技術が環境に関わるものとして見直されることを想定する必要がある。

3. 技術開発の推進力

我が国は、戦後世界の中で、ガチャマンと言われた繊維技術や鉄は国家なりで進められた製鉄・造船技術、技能オリンピックでの連戦連勝という裾野技術力を伴った精密機械技術、さらには、マイクロチップの多用による高機能化とIC産業の二人三脚での技術高度化を経て、経済大国の一員になったと考える。しかしこの間の技術立国も、環境に関しては、1994年のOECDレポート『日本の環境政策』でも示されているとおり、公害防止技術は進んだが環境対策技術は欧米よりも遅れて、循環型社会での技術立国と胸を張れる状況にはないと考える。

極端に見れば、『重厚長大』が『軽薄短小』になり、『美感遊創』という標語で経済成長がピークになり、バブル崩壊後は東西冷戦構造も変化して環境問題がグローバル問題になっても、環境文化に対応する技術開発の標語は失せたままであり、環境技術の開発に戦略的目標が見えない状況にある。

ところで、表1に示した事例での発端は、環境面で相当に劣悪な状況にあったことから、これが社会的ニーズとしての強い市場ニーズを創り出していたと想定される。

しかしながら、現在も環境が相当に悪い開発途上国では、単に環境上の社会的ニーズがあっても改善が進みにくいと言われている。このことから、環境問題に応える技術の蓄積とそれらの相互触発が可能な経済状態など、円環構造が機能していない実状が浮かび上がる。この実状と同様に、表1の事例では、環境上の発端に加えて表3のような強い力が開発の発端を切り開いたと想定する。

表3の例示については、必ずしも適切な情勢分析ではないが、少なくとも環境上の発端だけでは技術開発がなされないことが読み取れる。

そこで、循環型社会への途上技術を検討するため、これらの技術を開発する強い力が、今後どのように生じていくかを以下で検討する。なお、循環型社会への環境上の発端については、同基本法等の制定でもって既に存在しているとする。

4. 循環型社会に向けたシナリオ

循環型社会については、同基本法第2条において、「製品等が廃棄物等となることが抑制され、ならば

表3 技術開発の発端を切り開いた強い力の事例

開発された主な対策技術	強い力の例示
重油脱硫装置	反公害運動など選挙で戦える世論がなく、低硫黄原油の輸入拡大で18%削減したが限界があるため、石連への政治圧力で45%を削減
排ガス脱硫装置	公害健康被害補償法など大気汚染被害に対して削減の経済価値があり、重油脱硫と同額の削減効果から、需給バランスが導入に加速
苛性ソーダ製造が水銀法から隔膜法	当初は他国の動向を見つつ渋っていた産業界が、水銀問題によるチッソの苦境を教訓に英断
排ガス脱硝装置やガス燃焼への転換	NOxを削減する二段燃焼等の燃焼構造改善での対応では限界があり、製品出荷の活況を受けた生産設備の新增設との兼ね合いで導入が促進
燃焼制御や排熱回収	省エネ環境意識よりも、燃料費高騰による経済的選択が技術開発と装置等の導入を加速
PCBの製造禁止と回収・保管	使用実態があまりにも普及していたため、対策による経済停滞の波及もあって保管が限界
フロンへの廃止・回収・分解	オゾン層の破壊が予測よりも早いというセンセーションと、代替品が経済界での摩擦を解消
ガソリン自動車のエンジン改良等	日本パッシングを狙う米国自動車産業界のロビー活動により法が成立したが、日本の技術勝利
モーダルシフトやCNG車等	総量削減計画は主務大臣が縦割りであり、結果としては近年の道路公害訴訟の判決で軌道修正
ガス化燃焼等の新型焼却炉	ダイオキシン対策が表面に出ているが、ゴミの全体量の処理方式としての妥当性は未確定

に製品等が循環資源となった場合においてはこれについて適正に循環的な利用が行われることが促進され、及び循環的な利用が行われない循環資源については適正な処分が確保され、もって天然資源の消費を抑制し、環境への負荷ができる限り低減される社会をいう」と示されている。

ところで、このような社会に行き着くことについて、現時点ではどのようなシナリオが準備されているのであろうか。

公式的には、同基本法第15条の「循環型社会形成推進基本計画」が国によって定められるとともに、循環型社会の実現に向けた方策を探ることを目的とした首相の私的懇談会である『環の国づくり会議』によっても、シナリオが姿を現すことになると思われる。

しかしながら、いわゆる産学官民それぞれの役割分担の下で、環境技術の開発・実用化は、それぞれの思惑を持ちながらの多様な取組として進んでいる。また、このような取組の実勢については、3.でも述べたような円環構造での経済的リスク分担（反環境パッシングを含む経営リスクの最適化方策＝経営戦略）を睨みながら、それぞれの思惑を達成する試行錯誤が続いていくと考える。

そこで、包括的・理論的なシナリオについては、同基本法等に基づく公式な場で検討されるとして、

本論では個々が試行錯誤で取り組んでいく実勢に着目し、以下の着眼点での特徴を基にしたシナリオを検討する。

4.1 消費行動の変化から見たシナリオ

環境配慮に対する我が国での消費者意識については、各種のアンケート等によって明らかのように、環境への配慮は次第に高まっているものの、認識と行動にはギャップがあるとされている。今後は、リサイクル関係の制度実施やグリーン調達、環境教育・学習の普及によって、このギャップは縮小するものと考ええる。

ところで、消費行動そのものについてであるが、石油ショックや大腸菌O157パニックのような情報混乱による異常行動については、事態の認識と行動に一致を見るゆとりがなかったとしても、これらは“個人の価値”が働いて行動が優先したようである。例えば、仏国が核軍縮の下で実施したムルロワ環礁での核実験の際でも、仏国製品の不買運動が世界的な規模で取り組まれてワインの輸出も大幅に落ち込んだが、唯一の被爆国だけは前年を上回る勢いで仏国からボジョレーヌーボーを輸入していた。ただし、ワインの輸入に関しては、ジェチレングリコールの混入騒ぎの際に輸入減が生じている。また、健康食品や抗菌器具、あるいは潤いや癒し効果のサービスなど、“個人の価値”に直結する消費行動は堅実なよ

うである。一方、個人の“周辺の価値”である環境への配慮について、この価値に見合う価格での消費行動は、グリーン購入ネットワークや買い物袋運動など組織的な取組で浸透している程度ではないかと思われる。

以上のような極端で数少ない事例だけでの推測では、妥当性を欠く状況分析であるが、少なくとも環境配慮に係る消費行動については、個人の“周辺の価値”という程度の認識から“個人の価値”に豹変した時点で、大きく舵を切ることになる。

例えば、家電の買い替えについても認識と行動のギャップがあると思われる。そのため、4月以降には購入代金に加算される廃棄処分料が消費税よりも高いなどを実感することで、単なるリサイクルの認識という個人の“周辺の価値”が、価格を伴う消費行動に直結した際には“個人の価値”に豹変してしまうであろう。そして、この価値尺度の豹変（価値観の転換）が新たな市場を急速に形成し、それに応える市場メカニズムでは、購買意欲を促すための技術開発が必然的に起きると考える。

4.2 産業構造の変化から見たシナリオ

貿易立国である我が国は、自由主義経済の下で護送船団方式も含めた強固な動脈産業構造を築いてきたが、いわゆる静脈産業に関しては、動脈産業の後始末として活躍していたにもかかわらず、その広い裾野産業は経済界への仲間入りもなく、外部不経済という必要悪のような存在でもあったと思われる。

しかしながら、静脈産業のトップクラスは着実なシェア拡大を進め、昨今ではエンドオブパイプの装置メーカーやリサイクル処理業者のみならず、素材メーカーや流通業者なども含め、2010年にはエコビジネスで40兆円の市場規模がある（平成12年版環境白書）とされる。そこでは、セメント製造や肥料製造、あるいはコピー機や使い捨てカメラ生産などの動脈産業が、リース産業やリバース・マニファクチャリングも含めた形態として、経営リスクが見通せる範囲から順次に静脈産業化していく傾向が見受けられる。

一方、リユースについては、かつての鋳掛け屋や傘修繕、洗い張りなど、日用品や耐久消費財の長寿命化を可能とする産業構造があったが、高度経済成長後の中流意識やスケールメリット等での廉売競争もあって、修理ではなく買い替え廃棄を容易にし、修理業者など労働集約型の産業構造は大幅に縮小し

ている。ただし、昨今は好景気の熱病も収まって、量販店内での修理コーナーやバーチャル市場でのリサイクルショップなど、付加サービスによる差別化やボランティアの起業化など新たな取組が進んでいると考える。

ところで、極論ではあるが、製品の長寿命化が2倍になればモデルチェンジ等で購買力を確立してきたメーカーは半分倒産することを意味する。しかしながら、消費が経済の下支えをするという右肩上がりの思考様式は現在も生きているため、3種の神器と言われた家電興隆の時代のように、燃料電池やIT関連など新規の消費財の発掘とともに、長寿命化製品の中古輸出など物的なフロー（生産におけるスケールメリット）の確保や3Rを組み入れた付加価値生産など、産業活力を維持する購買力の確保が図られよう。

このようなことから、部品の取替えが容易な製品開発等での競争もさることながら、燃原料調達等と製造プロセス等での協調による競争力が重視され、部品を含む供給産業や流通産業でも静脈化という産業構造の変化が生じよう。また、業種別での産業規制の緩和も進み、製品のライフサイクルに対する経済的リスクの軽減という経済効率、新たな上下流提携や産業融合を生むであろう。そして、表2に示した環境技術群に含まれない技術では環境配慮の視点が加わり、ビジネス特許や素材の囲い込みなどによって企業競争力を強化することになる。

4.3 情報リテラシーの変化から見たシナリオ

国や地方自治体での行政改革の圧力は当面存在し、政策立案でのパブリック・コメントなど民間人の行政参画は多様化し続けることから、そのことで生じる行政の透明性は、行政自身に情報リテラシーの変革を余儀なくさせるであろう。具体的に想定すれば、省益あって国益無しという霞ヶ関常識など、行政が内部の価値判断や自己の権益を重視する常識に基づいた情報リテラシーは、この常識のパラダイムシフトで初期混乱が増大し、萎縮する部門と増長する部門が混在する中で、増長する部門の行政遂行の思考様式（新しい常識）が一段落として姿を現すであろう。

また、環境側面においても、ISO14001に係る我が国独特の取組やPRTR法等によるデータ公表、環境教育を含めたリスク・コミュニケーションに類似する場面等の増加が進み、これらの情報過多から突

出的事例による制度改革等が取り組まれるであろう。つまり、現状の情報リテラシーでは情報量が膨大であるため、情報の質を感知し得ないまま環境負荷による損益や被害が見える形で（不景気など他の方向に目が向いていないとして）示された場合、まず初めには、一斉に（極端な消費行動等を伴って）その環境側面への対応を求める動きが生じるであろう。そして次には、その対応を立案・実施する作業が直ちに始まるが、この作業での情報リテラシーについては、情報の質を高める（対応への現実的・建設的なリスク・コミュニケーションの）必要性が、事例を積み重ねるごとに次第に認識されていくであろう。

いずれにしても、国民全般に対する情報リテラシーに関しては、環境教育やサイバースペース上での情報加工もあるが、当面はマスコミが強い影響力を有している。そのため、事件性も含めた環境情報の扱われ方が技術ニーズの変化を形作ると思われ、環境に関するマスコミの取り上げ方に注視する必要があると考える。

以上の想定からは、情報リテラシーの進展に伴い、環境上の制度等の見直しが進む一方で、アカウントビリティの常備あるいは事前の環境配慮が、行政や企業を問わず進展すると考えられることから、これを強い力とする当面の（リスク回避的な）技術の開発が取り組まれるであろう。

4.4 責任の所在の変化から見たシナリオ

護送船団方式で多額の負債も実力の内であった金融界も、その責任者を明らかにして責任を問う動きが急速に進められているが、あらゆる主体が環境への配慮に努めなければならない循環型社会でも、あらゆる主体という護送船団方式の無責任ではなく、誰が責任を負うか（痛みを伴うか）が明確になっていくと考える。

すなわち、経済効率優先の下で黙認されてきた外部不経済の責任が、情報の開示が進む中で経済発展を享受する個々にも責任分担を求められることになり、さらには、開示される情報も、密室協議や馴れ合いのようなクローニー（同族・仲間意識）による結果オーライの情報ではなく、ISO14001のEMSのように、結果に至る過程（プロセス）を重視した情報が求められることになる。

この、結果か過程かについては、非常に大きな変革（パラダイムシフト）要因を内在している。

従来は直接的な結果の責任であったのが、複雑適応系でのバケツリレー・アルゴリズムでも理解できるように、鎮火しなかった消火活動では、最後に水をかけた人だけではなく、バケツリレーの途中で水をこぼして減らした人や手渡すのが遅い人など、そのプロセスでの責任を明確にしつつプロセス改善することになる。そのため、例えば、容器包装リサイクルで地方自治体がその責任を問われることについて、地方自治体がプロセスのどの場所に居るかという確認など、実際に責任を伴うことの現実が実感されることから、家電リサイクルなどでは、それぞれの立場を表明する動きが生じるであろうし、また、フリーライダー等の不届き者への対応も顕在化するであろう。

別の観点ではあるが、何に対する責任かについても、結果と過程がある。

70年代の大気汚染訴訟の当初では、環境という媒体の汚染があって人の健康が害されても、環境という媒体を誰が汚染したかは別の問題とされたように、環境は単なる媒体である。そこには媒体を汚染する明らかな排出源と、媒体を通じて支障を及ぼされる人の健康や生活環境の2つの側面があり、その両方の因果関係を立証する必要があった。このような判例の積み重ねが、現在の責任明示に反映されていると考える。ところで、次世代の人類やイリオモテヤマネコなどを含む環境問題については、どうであろうか。誰が次世代の人類に成り代わって責任者を追及することができるのか。

現在は、環境関連の法令等による環境基準等により、媒体の一定負荷状態から排出基準等が定められているため、媒体に対する寄与と影響の因果関係は制度的に整理されている。しかし、これらの制度が全世界の人類に共通ではなく、また全ての汚染物質や生態系等に当てはまるものではない。したがって、環境問題では、媒体が汚染されていることと汚染による影響の両方を究明しつつ対策を進めることになり、言い換えれば、リスク軽減を図るにあたっては、影響という結果を用いた対策ではなく媒体を通じるという過程（プロセス）を用いた対策が必要である。

このように、責任の所在ならびに責任を問うべき程度の両方について、プロセスを重視する傾向があると考えますが、プロセスが対象であるということは、従来の開発戦略と大きく異なるものである。そのため、LCAなどの科学的知見の重要性が増すとも

に、要素技術の効率的な組み合わせが試行的に進められ、この先行が市場競争でのシェアの決定要因になるう。

5. ま と め

自由主義経済下での循環型社会を築く必要性は、持続可能な発展に向けた世界的な潮流として、国益の面からも最重要課題である。このため、現在の（環境に付加を与えている）技術体系も、循環型社会にふさわしい技術体系に変革されなければならない。

そこで、この変革の流れを検討するため、技術開発に係る従来の経験則（開発の発端を切り開く強い力）を明らかにしつつ、個々の主体が変革に取り組む実勢はどのようなものであるかをシナリオで示した。

特に、今後の展開については、技術開発の目標

（逆に言えば結果の設定）を置くことが容易ではないとして、プロセス改善を目標（改善による結果をプロセスにフィードバックして改善を重ねること）にする必要があり、その円環構造の結果として循環型社会に到達しているという考え方を導いた。

したがって、技術開発は、一気に循環型社会に適合するよう取り組まれるのではなく、経済的・社会的なリスクの相互分担の下でモデル的な実施という試行の形態が積み重ねられ、場合によっては、途上の技術としてスクラップ&ビルドもあると想定した。

今後は、この考え方を基にして、地域特性や業態特性を反映しつつ試行的な取組が容易なクラスターに着目し、3Rの技術を中心とした検討（後編）を行いたい。

行事案内

第9回世界湖沼会議における自由会議のお知らせ

汽水湖、潟湖、浅い内湾の生態系は非常にこわれやすく、干拓、埋め立て、防潮水門の建設など人工的な改変の影響を受けて、水質悪化、漁業の衰退、生物多様性の喪失を招いている。汽水環境に関して、人間社会の認識があまりにも低いために、霞ヶ浦の汚濁、八郎潟や児島湾の干拓、東京湾の埋め立て、諫早湾の締め切り、有明海の生態系の異変などがおきている。世界湖沼会議では、これまで汽水湖、潟湖、浅い内湾の問題は扱っていなかったもので、今回の世界湖沼会議では、多くの方々にこれらの水域について深く考えてもらう機会にしたいと思う。霞ヶ浦などを先例として共通性を認識し、汽水環境を賢明に利用する英知を探る。会議にあたって、国内外の代表的な汽水湖等（宍道湖・中海、児島湖、八郎潟、サロマ湖、網走湖、十三湖、浜名湖、諫早湾、東京湾、始華湖（韓国）、ラグナ湖（フィリピン）、ソンクラ湖（タイ）、アイセル湖（オランダ））などからの参加を期待している。

記

日時：平成13年11月13日（火） 19:00～21:00
場所：津市民会館内（津公民館大会議室）
名称：汽水湖、潟湖、浅い内湾の環境管理と賢明な利用を考える（略称：汽水湖ワークショップ）
詳しくは、第9回世界湖沼会議公式ホームページの自由会議の項をご覧ください。
<http://www.biwako2001.com>

主催：社団法人霞ヶ浦市民協会
〒300-0033 茨城県土浦市川口2-13-6
本件担当：沼澤 篤
TEL 0298-35-2252 FAX 0298-35-2253
e-mail:kca@og.mbn.or.jp
共催：島根大学汽水域研究センター、その他