

【産業競争力懇談会 2007年度推進テーマ報告】

サステナブル生産技術基盤

【日本経済の持続的成長】
高度リサイクルが拓く新資源産業戦略と
その実現のための革新的技術基盤

2008年3月18日

産業競争力懇談会（COCN）

I. 提言の骨子：循環型ものづくり

21 世紀のわが国の産業界は、少子高齢化による労働人口減少・資源の海外依存・価値観の多様化(多品種少量生産)による生産コストの増加・地球温暖化・資源の高騰、などの課題を抱えている。本提言は、高度な自動化生産技術、資源の高品位国内循環、柔軟な製造・リサイクル技術、省コスト・省エネ・省資源技術、を開発することにより、わが国の「弱みを強みに変えるための新産業基盤技術の構築」を目指すものである。

具体的には、図 S1 に示されている四つのサステナビリティ、すなわち、資源・環境・産業・社会基盤とその効果を定量的に把握する評価方法からなる五つの提案を行う。

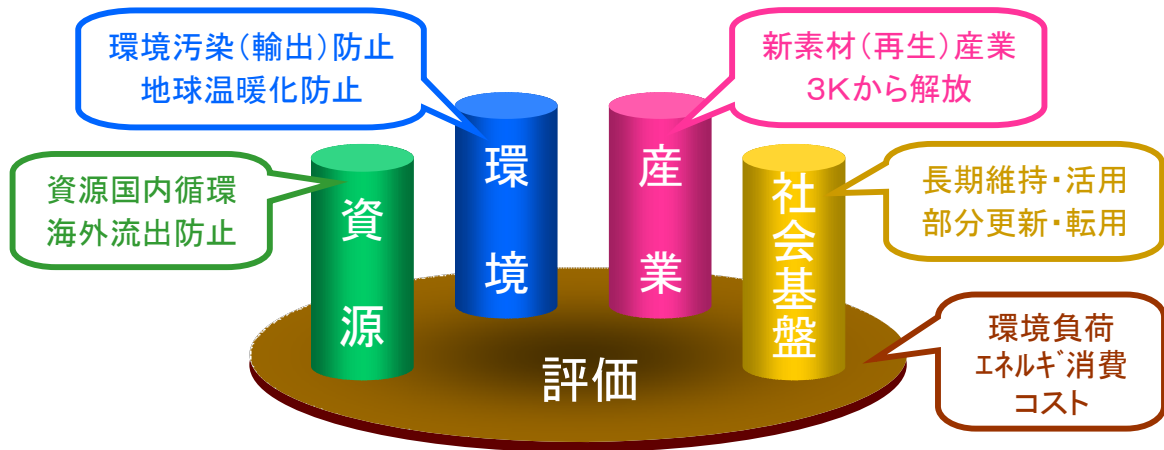


図 S1 四つのサステナビリティと評価

まず、資源のサステナビリティとは、資源の国内循環を考慮した「ものづくり」を強化し、資源の再利用を徹底するとともに、廃棄物や中古品として資源が海外に流出することを防止することである。

環境のサステナビリティとは、資源循環の中で副産物などが、国内で、あるいは輸出されて不適切に処理されることによる環境汚染、過剰なエネルギー消費による地球温暖化などを防止することである。

産業のサステナビリティとは「キツイ・キタナイ・キケン」の 3K 産業」といわれるリサイクル産業を高度なロボット技術などを開発することにより 3K から解放し、新たな素材産業として日本経済の活性化に役立てることである。

社会基盤のサステナビリティとは、交通や構造物などの社会基盤のサステナビリティの実現を目指すもので、何度も作り直すのではなく基本部分を長期に維持するとともに、適切に手を加えることによりその価値を持続・再生できる利用形態の改革を狙うものである。

このようなサステナブルな産業構造を構築するには、環境負荷・エネルギー消費量・コストなどを定量的に評価するための基本手法も必要になる。ある素材のリサイクルを行うために、その素材を新しく作るよりも多くのエネルギーや別の原料が必要となったり、より多くのCO₂や汚染物質を生成したりするのであれば、リサイクル本来の目的が十分に果たされているとは言えない。経済・環境・技術的可能性などの多角的観点から最適な方法を判断するためにも、評価技術は重要な役割を果たすものと考えられる。

II. サステナビリティ実現の方策

このような四つのサステナビリティを実現するためには、大きく分けて二つの方策が必要である。一つ目は社会的・政治的取り組みである。資源の再利用技術が進んでも、再生材料を使用した製品は、新しい材料を使用した製品と比較して機能面や意匠面で見劣りすることが否めない。それを納得して受け入れる社会のコンセンサスが必要である。

また、わが国の生産物が広く海外で使われていることを考えると、国内での資源循環のみでなく、海外での資源再利用についても責任を果たす必要がある。但し、安易な技術移転はわが国の国益を損ねる可能性があり、基本技術の知財権を押さえるとともに国際標準化を推進し、国際的なリーダーシップを発揮することが必要である。

二つ目は革新的基盤技術の確立である。提言書では図 S2に示したような七つの基盤技術「設計・生産・回収・解体・再生・管理・評価」の開発を提案している。

最上流の設計技術については、これまでの設計の対象は性能・コスト・品質・意匠であり、製品の解体性とか素材再利用性はあまり配慮されていなかった。例えば、異種のプラスチック同士を溶着・接着したり、シールを貼ったり、塗装しただけでも、再生が困難になったり再生材の品質が劣化するなどの影響が出ることがある。そのため、機能面や意匠面で性能劣化が無く、しかも資源再生を容易にする設計ノウハウを蓄積し、設計ガイドラインを構築することにより、そのような設計を支援する技術が必要になる。

生産技術に関しては、これまでもコスト低減・省エネ・省資源を主たる目的として多くの開発が続けられてきた。今後も更なる技術強化が必要である。

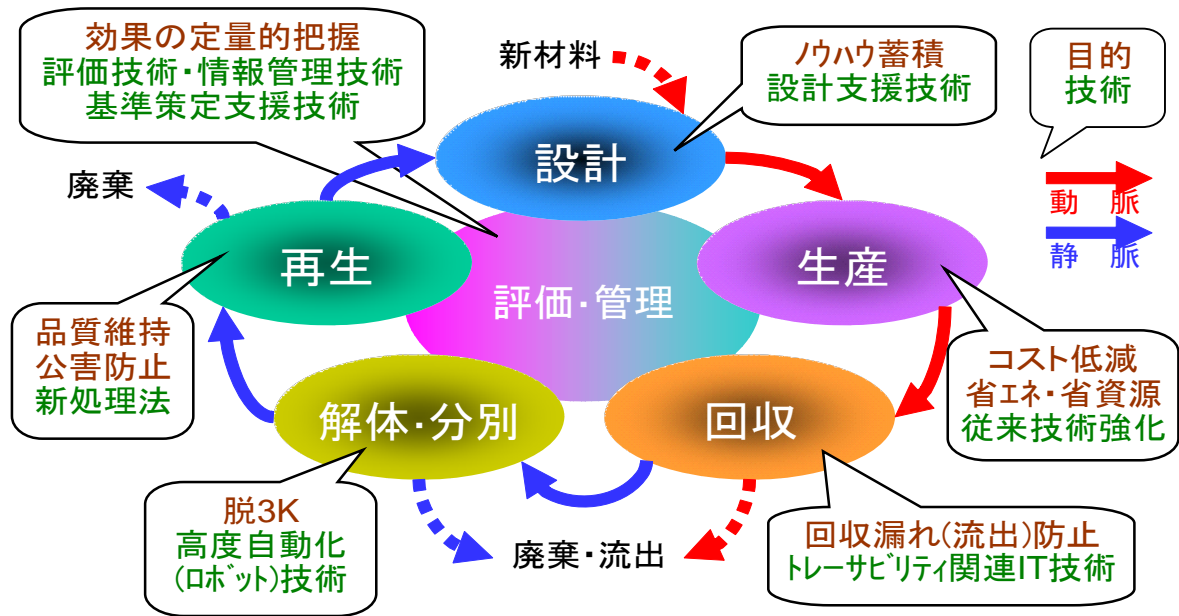


図 S2 七つの基盤技術

次に回収においては、流通の追跡、つまり製品の行き先が把握できないという大きな問題がある。例えばエアコンなどは据え付け時にメーカーが確実に回収する体制を取っているが、解体工場に来たときには金属資源の価値が高い室外機が途中で抜き取られて無くなっている例も見られる。この問題を解決するには、例えば、RFID などの ICT (情報通信) 技術を使ったトレーサビリティ技術の開発・適用が考えられる。

解体・分別は静脈系の中心的役割を果たす部分であるが、非定常性が高く人手に頼っているのが現状である。また 3K 職場と呼ばれ環境改善も強く望まれている。持続可能な社会を実現するには、解体・分別ロボットなどを開発し、この部分を自動化することが不可欠である。100 年前に典型的な労働集約 3K 産業であった製鉄や製紙産業などが、現在では極めて洗練された自動化技術により性能・品質・コストの三位一体の生産を可能としている。解体・分別に関しては、これに類した技術革新が必要である。

最後に再生であるが、回収された材料から、公害を発生させることなく、高品質な材料を低コストで再生するための処理技術の開発が必要である。新品の素材産業との共通技術もあるため、垣根を越えた技術の流用による再生処理技術の革新が期待される。

評価・管理に関しては、サステナビリティの環境的・経済的効果の定量的把握をおこなうための評価技術、製品情報・素材情報の長期管理技術、政府の補助や規制などに関する基準作成支援技術などが必要である。

Ⅲ. 課題解決に向けた具体的な提言例

ここまで述べてきた議論に加えて、情報通信機器・電機機器・建築・自動車・製紙・製鉄の六つの WG を作って、それぞれの分野における現状と課題の分析、課題解決に向けた提言について検討を行ってきた。表 S1 にそこでの課題と提言の具体例(一部抜粋)を示す。

表 S1 課題と提言の具体例

	課題	提言
情報通信	E-Waste 問題, 素材流出	規制緩和, レアメタル等の再資源化技術
	サステナブル素材の利用	国/メカの連携による利用拡大
電機	プリント基板・液晶・モータ磁石の海外流出	レアメタル回収技術
	再生材活用技術(評価・設計)が未熟	異業種間カスケードリサイクルのニーズ調査
建築	建築物の長期利用	長寿命建築物の形成・管理技術
	廃棄場所の逼迫	コンクリート再生・再利用技術の高度化
自動車	リサイクル技術・設計の高度化と推進	高度リサイクル技術の開発
	生産ラインの資源生産性の向上	再生可能資源・材料の技術開発戦略
製紙	森林のサステナブル経営	樹木品種改良・林業近代化・海外展開
	古紙の有効活用	古紙のカスケード利用
製鉄	再生材の品質維持・循環	素材の評価技術・利用戦略

情報通信分野においては、情報処理通信機器が海外に流出し、輸出された製品が発展途上国等で適切な管理や取扱いが行われずに、不法投棄等により環境汚染を引き起こされている事例が報告されている。これらの課題については、国内/海外含めた法規制等の部分的な強化と緩和や、メカの関与を拡大する等の政策により、海外流出を防ぐと共に、国内での資源確保を促進することが期待できる。

電機機器分野においては、プリント基板や小型モータなどの電子廃棄物に金銀などの貴金属に加えて、貴重なレアメタルが多く含まれている。しかし解体に手数がかかるため、その多くがアジアを中心に不正輸出され、不適切な廃棄処理により環境汚染を招いているとの指摘もある。ロボット等をつかった高度な解体分別技術を開発し、再生技術ともあわせて、レアメタルを低コストで回収することができれば、資源面・環境面で電機産業を支える強い基盤技術となることが期待される。また比較的リサイクルが進んでいるプラスチックなどの素材においても、ボトムグレードへの自社リサイクルが中心であり、他社あるいは他業界とのカスケード利用については、必要とされる素材の品質を正確に設計する技術、

再生材の品質を適切に評価する技術、他業界や素材事業者との情報共有の不足などにより、検討が進んでいないのが実情である。

建築分野においては、一度作った建築物の内装や間仕切りなどを改装しながら、骨組み部分を長く利用することがサステナビリティの観点から望まれている。このためには、設計当初から改装を容易とする基本構造を考えるとともに、耐久性(寿命)を正確に評価し、低コストで改装を行うための超長期耐用に対応した建築物の形成技術と管理技術の開発が必要と考えられる。

また、取り壊した建築物から出るコンクリートの処理に関して、廃棄場所が逼迫するなどの問題が予測されている。このため、これをさらに低コスト・高品質に再生・再利用する技術の高度化が望まれている。

自動車分野においては、使用済自動車のリサイクル実効率と生産ラインの資源生産性をより向上させるため、サーマルリサイクルからマテリアル・水平リサイクル等への新たなリサイクル技術開発、ならびにリサイクルしやすい構造とするための設計が必要である。また、自動車の設計～廃棄まで少なくとも十数年の時間があり、リサイクルを考える上で将来の環境、資源、社会状況を予測した資源開発や新素材の開発を長期戦略的に取り組む必要がある。

製紙分野においては、森林のサステナブルな経営を行うための樹木の品種改良と、これに伴う国内林業の近代化、海外での林業育成が求められている。また他の素材と複合化された紙製容器においてより紙を多く配合した製品が拡大すれば紙のマテリアルリサイクルが推進される。

製鉄分野では、表面処理や添加元素を含む鉄鋼材料について、複数回の再生・再利用処理を含めたトータルな素材の利用戦略が求められている。例えば、亜鉛めっきを施したガードレールは一度の利用で亜鉛の回収が困難となるが、クロムめっきを施すと、1回あたりのコスト面では不利ではあるが、繰り返しの回収・再生が可能となるため、長期的に見ればサステナビリティは高くなることが期待される。このような長期的な観点での素材の選択・利用法(コスト・総エネルギー・環境影響度)を評価するための方法についても検討が必要である。

目次

はじめに	1
1. 基本的な考え方	3
2. 国策の状況と関連する動き	7
3. 情報通信機器分野	9
3.1 現状の取り組み	9
3.2 課題の分析	10
3.3 問題解決のための提言	11
4. 電機機器分野	13
4.1 現状の取り組み	13
4.2 課題の分析	14
4.3 問題解決のための提言	15
5. 建築建設分野	18
5.1 現状の取り組み	18
5.2 課題の分析	20
5.3 問題解決のための提言	22
5.4 ロードマップ	24
5.5 経済的/社会的効果	24
5.6 奨励策具体策	24
6. 自動車分野	25
6.1 現状の取り組み	25
6.2 課題の分析	28
6.3 問題解決のための提言	29
7. 製紙分野	30
7.1 現状の取り組み	30
7.2 課題の分析	31
7.3 問題解決のための提言	33
8. 製鉄分野	34

8.1 現状の取り組み	34
8.2 課題の分析	35
8.3 問題解決のための提言	36
9. 今後の活動	39

はじめに

ものづくりを原動力として発展してきた日本経済は大きな転換期を迎えつつある。

国内においては、少子高齢化が進む中で、大量生産によるコスト低減と経済の拡大成長を前提に構成されてきた社会基盤が見直しを迫られ、ライフプランやキャリア育成についての不透明感や閉塞感が高まる一方で、高いレベルでの環境や社会性への配慮、嗜好の多様化に対応した多品種少量生産など、これまでとは異なった価値を生み出す成長モデルへの移行が求められている。

海外に目を向けると、中国を筆頭とする発展途上国の経済成長による旺盛な消費意欲の拡大に加え、近年の地政学的・地球環境的リスクの増大と投機的マネーの流入にともなう資源高騰は、わが国の経済に多大な影響を及ぼしてきている。

このような社会動向に対応し、日本が国際社会で再度、確固たる競争力と地位を築くためには、限られた労働力で付加価値の高いものを環境リスクや資源リスクに配慮して生産する新次元の「ものづくり技術」の確立と体系化が必要である。

本提案ではこのような新しいものづくりに関連する技術を、労働力・資源・地球環境、ひいては日本の国際競争力の持続可能性(サステナビリティ)を実現するための差別化技術の体系として「サステナブル生産技術基盤」と名づけた。この実現のためには、新しい技術開発のみならず、基礎教育・労働者教育や社会制度、ひいては人々のライフスタイル・価値観の改革が必要であり、わが国としても国を挙げて取り組むべき横断的な最重要課題のひとつであると考える。

2008年3月26日

産業競争力懇談会

会長 野間口 有

プロジェクト推進メンバー

全体ワーキング	リーダー	三菱電機 株式会社
情報通信ワーキング	リーダー	日本電気 株式会社
電機機器ワーキング	リーダー	三菱電機 株式会社
	メンバー	株式会社 東芝
	メンバー	松下電器産業 株式会社
建築建設ワーキング	リーダー	清水建設 株式会社
	メンバー	鹿島建設技術研究所
自動車ワーキング	リーダー	トヨタ自動車 株式会社
製紙ワーキング	リーダー	王子製紙 株式会社
製鉄ワーキング	リーダー	新日本製鐵 株式会社

1. 基本的な考え方

サステナブルな生産を行うための基盤技術は、環境汚染や地球温暖化に配慮しながら資源の 3R (Reduce:有効利用・Reuse:再利用・Recycle:再循環)を行うことに重点をおいた資源循環型生産のための工学技術である。これまでの工学技術が主として天然資源から工業製品を生産する、いわば産業の「動脈系」を主対象としてきたのに対し、サステナブル生産技術基盤では、消費された製品から再生産に必要とされる資源を再生するための「静脈系」も含めて、この両者をトータルに視野に入れるものとする。

基本的な工学技術に大差はないように見られるが、実際に静脈系に役立つ工学技術を開発するには、コストやニーズ・機能要因などの様々な点において、動脈系で培われた技術とは異なる多くの技術開発が必要とされることが予測される。

また、これまでは動脈系の産業と比して一段低い地位に位置づけられてきたといわざるを得ない静脈系の産業を、3K (キツイ・キタナイ・キケン) から解放し、製鉄や製紙などと並ぶ国際競争力のある新たな資源産業として近代化することにより、これまで日本が成長を続けてきた動脈系の分野で急激に成長を続けるアジア各国に対抗し、持続意的な国際競争力を維持するための戦略的技術基盤と捉えることが必要である。

サステナブルな生産基盤を生産物の循環プロセスという観点から見た場合、図 1.1 に示したような、設計・生産・回収・解体・再生・評価・管理 の七つの技術に分けることが出来る。これらは必ずしも工学技術にのみ依存するものではなく、政治施策や教育・啓蒙などの社会科学関連技術の適用についても検討が必要である。

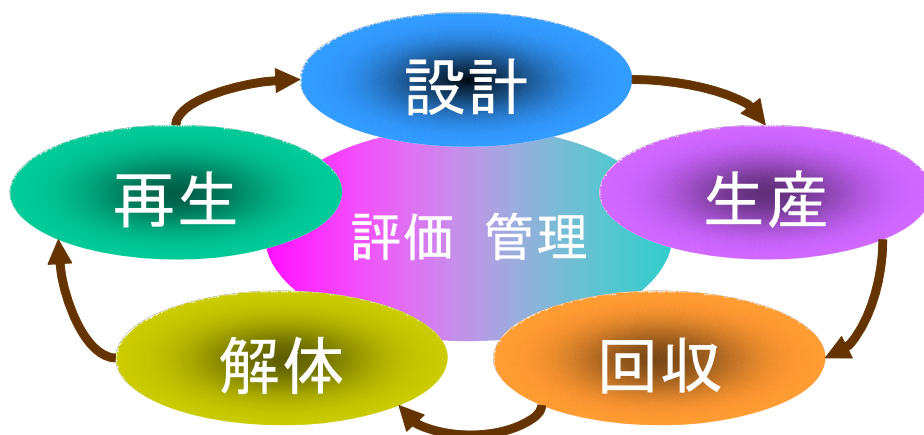


図 1.1 七つのサステナブル技術基盤

(1) 設計技術

製品機能の維持・向上を図りつつも、希少資源の代替・削減・コスト低減が可能なように生産物を構成するための動脈系技術である。一方で、環境やエネルギー効率化などに配慮しつつ、製品に用いられた資源の回収・再生が容易であるように生産物を構成するための静脈系技術の側面についても配慮する必要がある。製品が動脈と静脈を循環する中で、資源やエネルギー・環境保全などの様々な観点から、製品のライフサイクル全体に亘る長期の価値判断を行ううえで、設計技術は中心的な役割を担う必要がある。

(2) 生産技術

少ない労働力で効率的に低コストかつ多品種の製品をオンデマンドに生産するための動脈系の基幹技術である。これについては従来からも多くの研究開発がなされてきているが、環境エネルギー的側面、特に、生産過程での副産物や不良品・剰余品・代替品などの3Rという観点からは、静脈系との関係を深化させる必要がある。

(3) 回収技術

再生可能な資源を含む廃棄生産物を効率的に回収するための静脈系の上流工程に関するものであり、物流や商流などの経済メカニズムや政策に依存する部分も多い。

一方で、これらを合理化・効率化するために、資源やコストの追跡管理などにICT技術を中心とした技術革新の余地が残されている。また、国際的な資源流通の観点(有用資源の流出防止および有害物質管理等の環境汚染拡大防止など)から、適切な流通管理と確実な回収技術の確立が求められる。

(4) 解体技術

廃棄物を安全・適切に解体・分別し、再生原料とするための静脈系の基幹技術であるが、もっとも近代化が遅れている部分と言わざるを得ない。また、家電製品のように廃棄物を原状のまま回収・搬送して処理場に集約して処理することができるものと、建築材などのように現地で解体した後に搬出・回収することが必要なものとは、解体作業の必要要件や適用技術が大きく異なる。いずれの場合も、現在のところ人手による3K作業に依存している部分が多い。

これは、原材料や生産物の種別と状態の管理・生産計画などがかなりの程度に設定可能な動脈系の生産工程に対して、解体対象が多数の生産事業者による過去の生産物を

含む多岐にわたること、対象物が汚れや利用時の変形・破損・欠落・改修などの影響を強く受けていること、処理対象の数量予測が困難なこと、解体物の構造が生産者の都合で適時変更される続けることなど、作業の定型化が困難なことに依存している。これらの変動要素に柔軟に対応できる解体・分別作業の自動化技術はサステナブルな生産技術のコア技術のひとつと考えられる。

(5) 再生技術

解体・分別された再生原料から再利用可能な素材を効率的に再生するための静脈系の最下流技術であるとともに、動脈系の素材産業との関係も強い。現在のところ、静脈系の資源再生事業者と動脈系の素材事業者は、必要とされる処理技術が一部異なることから住み分けしている場合が多いが、今後は、より効率的な資源活用とコスト低減・品質向上のため、これらの垣根を越えた再生処理技術の革新が望まれる。また、このような再生原料の革新的活用技術について検討するなかで、これまでは原料とならなかった天然資源の有効活用についても活路が見出されることも期待される。

(6) 管理技術

上記の設計から再生のすべての過程で必要とされる製品情報などの各種情報を長期間にわたって保持・管理・提供するための共通基盤技術である。設計時の素材情報や生産時の変更情報は解体工程や再生工程で必要とされるばかりでなく、解体時の作業効率や再生時の品質に関する情報はサステナブルな製品を設計するための基本情報として極めて有用である。また、各種の品質・環境問題が起こった際の基本データなどとして様々な活用が期待できる。

しかし、このような情報管理を産業分野の異なる個別の事業者で行うことは、費用面・体制面で極めて困難と言わざるを得ず、大規模で持続的なデータベースの構築・維持・管理のための技術開発と体制づくりに向け、国策レベルでの対応が望まれる。一方で、これらの情報の中には各事業者の企業機密に関連する部分も多いため、その活用と機密保護の両立を可能とする仕組みづくりについて、情報処理技術および社会ルール作りの両面で関係者の合意が得られるよう十分な検討が必要である。

(7) 評価技術

管理技術と並んで、資源の再生状況・問題点を定量的に分析・評価するために必要と

される共通基盤技術である。ある素材の再生を行うために、その素材を新しく作るよりも多くのエネルギーや別原料が必要となる、あるいは、より多くの CO₂ や汚染物質を生成するなどの問題を生じては、再生本来の目的である資源保護や環境保護の趣旨に合致しているとは言いがたい。資源再生の可否を、経済・環境・技術的可能性などの大局的・多角的観点から判断するために、評価技術は中心的な役割を果たす。

また、消費者や各事業者が製品を上記のような観点から定量的に比較検討し、購入や研究開発の判断材料として活用するとともに、各種の補助や規制などの国策へ反映させるためにも、管理技術と同様に関係者の合意が得られる基準作りが急務である。こういった資源のマネジメント基準を国内で早期に策定するとともに、国際標準として規格化することにより、環境問題における日本の国際的地位向上や産業的イニシアティブの強化、ひいては、サステナブル生産技術の輸出にも繋がることが期待される。

2. 国策の状況と関連する動き

これまで述べてきたような問題はすでに関連省庁でも検討がすすめられてきており、経済産業省の環境部会・廃棄物・リサイクル小委員会では平成 13 年ごろから、基本政策、パソコン 3R、国際資源循環、電気・電子機器リサイクル、自動車リサイクル、3R システム高度化など WG に分かれて法制上・国際関係上・経済界への影響など課題抽出を進めてきた。ここでの検討結果は同省の技術戦略マップなどに反映されており、2007 年度版の同マップのなかでは、情報通信分野、ライフサイエンス分野、環境・エネルギー分野、ナノテクノロジー・材料分野、ものづくり分野の 5 大カテゴリに分類されている 25 分野の重点分野のひとつとして、環境・エネルギー分野カテゴリにて 3R 分野が取り上げられている。また、2008 年度以降の技術マップ策定に向けて「サステナブル・マニュファクチュアリング分野に関する調査」が公募され、その公募資料においては;

これまで技術戦略マップは、既存の技術分野ごとに策定されてきたが、各分野・業種を超えた横断的な観点からは、あまり検討されてきていない。他方、今後の世界とわが国の産業を考えた場合、機能重視から環境重視・人間重視の技術改新・社会革新としてのイノベーション(エコ・イノベーション)が求められる中、環境保全と経済成長が両立する 21 世紀型の持続発展可能な産業・社会への転換を図るためには、エネルギーや地球環境と人間社会の持続性を確保しつつ成長を同時に確保するサステナビリティの確保が必要不可欠になっている。とりわけ、我が国においては、エネルギー制約の観点から、エネルギーを消費する 20 世紀型の産業構造・技術体系から省エネルギー等の技術を念頭とした消費から創出する 21 世紀型の産業構造・技術体系への展開が期待されているところである。

本調査では、省エネルギー技術等を俯瞰し、これらエネルギーや環境制約等を逆手にとる将来のサステナブルな産業・社会像を描くとともに、その実現に向け、既存技術の枠組みを超えた分野横断的型ロードマップ(サステナブル・マニュファクチュアリング分野)について検討を図り、当該分野の技術戦略マップを策定するものである。

と述べられている。平成 20 年度末の報告に向け調査が行われ、25 分野に適時追加される予定と述べられているが、このような国策の動きとも連携して、様々な個別事情を持つ産業分野において具体的な技術課題の検討をすすめるとともに、関連省庁の協力・支援を

得ながらと研究開発を進める必要があると考えられる。

これまでに述べてきた考え方にに基づき、以下の章では、情報通信機器分野・電気機器分野・建築建設分野・自動車分野・製紙分野・製鉄分野に分かれて、それぞれの分野における現状と課題、解決の方向性などについてまとめた。個々の産業固有の特性もあるため、必ずしも個別課題は一致していないが、国際的競争を勝ち抜くためには、環境や資源の問題を逆手にとって、日本の産業力の強化に努めることの重要性については各産業とも認識が一致している。

3. 情報通信機器分野

3.1 現状の取り組み

情報通信機器業界においては、2001年4月に資源有効利用促進法の改正により、事業系パソコンについてメーカーによる回収・リサイクル義務が法制化された。(家庭系パソコンも2003年10月に法制化)

2006年度の実績では、パソコンメーカー全体で約100万台(約1万トン)のパソコンが回収され、資源再利用率は74%を達成している。

一方、情報通信機器業界は、法的に義務化されたものに限らず、機器全般(コンピュータ機器・プリンタ・周辺機器など)を対象に、従来(メーカーによっては30年以上前)から回収・リサイクルの取り組みを行っており、年間約5万トンを回収しリサイクルを行っている。

回収された情報通信機器は、基本的に手作業による解体・選別作業を行い、部品としてリユースされるか、金属類(鉄・非鉄金属)・プラスチック類・ガラス類に選別され、材料としてのリサイクルが実施される。再資源化フローの一例を 図 3.1 に示す。

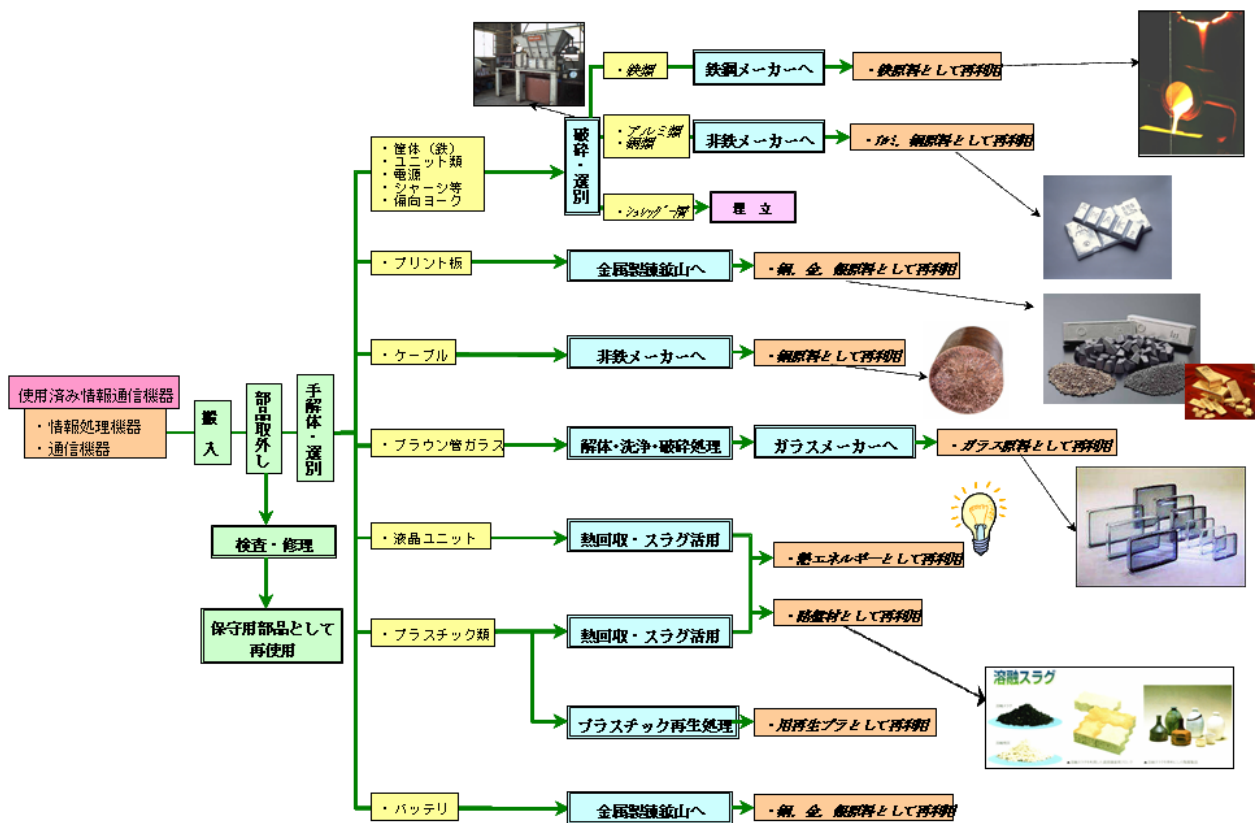


図 3.1 情報処理／通信の再資源化フロー例

3. 2 課題の分析

現状、情報通信機器の回収・リサイクルに関しては、従来から実施されていた経緯もあり、回収やリサイクルの方法・手法はほぼ確立されている状況である。しかしながら、機器や部品・材料によっては、課題を解決する必要がある領域も出てきており、現状の課題分析を以下に記載する。

(1) 機器類の回収スキーム

各メーカーは、国内における独自の回収ルートをそれぞれ構築し、機器の回収を行っている。社団法人電子情報技術産業協会 (JEITA) の集計によると、メーカー 34 社による情報処理機器の回収量は、約 4.2 万トン (2005 年度) であった。しかしながら、同じく JEITA が推定した情報処理機器の発生量予測から換算すると、メーカーによる回収率は 30%弱と少ない比率となっている。それ以外は、国内の廃棄物処理業者で直接処理されたり、中古品として販売されたりするもの等さまざま場合があるが、海外へ輸出されるものも少なくない。昨今、これら輸出された電気機器の一部が、アジア圏の国で不法投棄などによる環境汚染、いわゆる E-Waste 問題を引き起こしている事例も報告されている。

(2) リサイクル技術

各メーカーにより回収された情報通信機器は、手作業による解体・選別作業や機械的な選別工程、もしくは金属精錬工程や熔融工程等により、鉄・非鉄金属・プラスチック・ガラス等の材料として高い比率でリサイクルされている。また、保守用部品や中古パソコンとしてリユースを行っているメーカーもある。

情報通信機器には、微量ながらさまざまな部分で各種レアメタルが使用されており、情報通信機器の機能を発揮するための不可欠な材料となっている。現在レアメタルの枯渇や価格の高騰が問題視されており、安定的なレアメタルの確保が懸念されている。独立行政法人物質・材料研究機構の試算によると、レアメタルの国内蓄積量は、リチウム:15 万トン、コバルト:13 万トン等であり、現時点では比較的多く国内で蓄積されているが、一方これらが資源として評価されず安く海外に流出しており、資源を再利用する研究開発が重要と同機構はみている。しかしながら各メーカーが国内で行うリサイクル時には、コスト面や効率面で適切な抽出技術が課題となり、レアメタルとしてのリサイクルは一部を除き行われていないのが現状である。

(3) サステナブル素材

枯渇資源である石油系樹脂の代替プラスチックとして、生産可能なバイオプラスチックが食品業界などで多く使われ始めている。情報通信機器の一部メーカーも製品への適用に向け、開発・製品化を進めている。バイオプラスチックは、包装材などに活用することは比較的容易であるが、電気機器の様な耐久消費材への適用は、材料技術や製造技術等の部分や材料コスト面での課題が多く、各メーカー開発に苦慮している。また、食糧問題や遺伝子組み換え問題等のネガティブイメージも一部では言われており、これらを解決・明確化し、消費者のイメージを改善していく必要もある。

3.3 問題解決のための提言

(1) 機器類の回収スキーム

E-Waste 問題の一つの解決方法として、メーカーによる機器の回収率の増加が挙げられる。メーカーの回収ルートは、基本的には管理・コントロールされたルートで回収することができ、不明なルートに流出してしまう恐れは極めて少ない。また、拡大生産者責任の考え方の一つでもある、自らが製造し販売した機器を自らリサイクルを行うことで、適切且つ効率的な資源循環が実施できる。これらは、既存のリサイクル関連法令の拡大・整備と共に、廃棄物処理法の大幅な規制緩和等、政策的な対応が必要である。

一方、グローバルな視点での資源循環を促進するために、適切なルートについてはバーゼル条約を緩和する等や、不法な海外流出については、水際による流出防止の為の規制強化が必要である。これらは、日本政府が主導となり関係諸国との調整を図っていただく事を大いに期待する。

(2) リサイクル技術

情報通信機器に不可欠なレアメタルについては、国内でのリサイクル拡大と在庫確保が必要である。その為には、機器製造メーカーと材料メーカーが連携し、レアメタルが含まれている部材の効率的な回収スキームの構築や、効率的なリサイクル(抽出)技術の構築が必要となる。既にリサイクル技術については、液晶パネルからのインジウム等さまざまな研究が進められており、リサイクル技術の確立や回収スキーム構築・国内在庫確保の面で、国策としての国による支援政策を期待する。

(3) サステナブル素材

バイオプラスチックについては、現状トウモロコシから作られるPLA(ポリ乳酸)を原料としたものが主流である。各メーカーはこのPLAを元に、製品特性に応じた材料を開発しており、世界的にもトップレベルの技術が開発されている。今後はPLA以外のバイオマス素材による高性能なバイオプラスチックの開発が注目される。バイオプラスチックはCO₂削減効果と共に持続可能な素材である面が最大の効果であり、この部分の国民・消費者に対する周知・イメージアップを、国とメーカーが連携して推進する必要がある。

4. 電機機器分野

4.1 現状の取り組み

電機・電子機器業界においては、2001年4月施行の家電リサイクル法および資源有効利用促進法に対応するため、すでに様々な対策が実施されてきている。たとえば、エアコン・テレビ・冷蔵庫・洗濯機を回収対象とする家電リサイクル法(正式名称:特定家庭用機器再商品化法)においては、同法の実施前後で回収された対象4品種は16万トンから23万トンに増加し、これによりフロン回収も152万台から517万台に増加した。また、施行前は600億円かかっていた処理費用(うち7割近くが自治体にて産業廃棄物として埋め立て処理するのに必要な費用)が450億円(9割以上が民間でのリサイクル処理費用)に減少した。またこれにより2,300人の雇用が創出された(経済産業省産業構造審議会資料 他による)。

この過程で民間に回収された機器については、処理委託費用により分解・選別処理が行われ、再商品化可能な素材原料とされる。同法により再商品化の基準率(回収品に対する自主再利用部分および有価売却部分の重量比)が、エアコン60%、テレビ55%、冷蔵庫50%、洗濯機50%と定められたが、現在では70~80%が再商品化され、最終的に廃棄物として埋め立てられるものは10%を切るレベルにまで至っている。図4.1に回収された素材のマテリアルフローを示す。

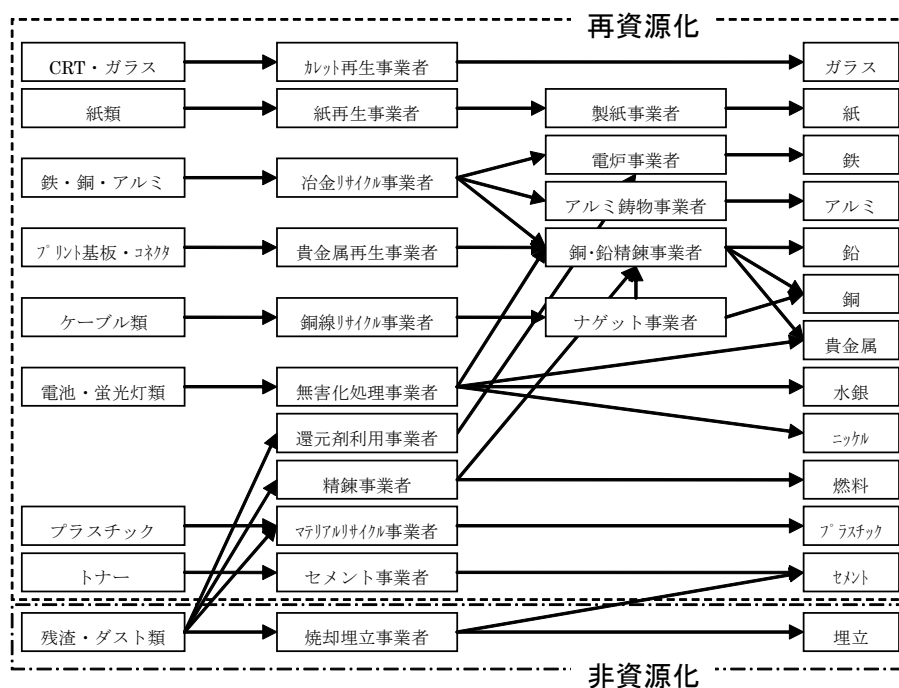


図 4.1 マテリアルフロー

上記のように、回収物の素材原料化に対して委託料が支払われる一方で、回収事業者の利益は委託料には含まれず、これら事業者の利益は自らが再資源化した素材原料の売却益として得られる仕組みとなっている。資源化の品質が低いと売却できず、逆に処理費用を支払って廃棄あるいは再処理を委託することになる。

4.2 課題の分析

前節で述べたように、リサイクル事業のポイントは処理委託費用という定められた予算の中で、いかに高品質な素材原料を回収するかにかかっている。以下、プラスチック、プリント基板、その他金属類について現状の課題分析を行う。

(1) 廃プラスチック

家電製品では各種のプラスチックが利用されており、家電リサイクル法にのっとりリサイクルの努力が進められている。プラスチックのリサイクル方法はサーマルリサイクル(燃料としてエネルギーの形で利用)、ケミカルリサイクル(油化等により石化原料として利用)、マテリアルリサイクル(プラスチックのままプラスチックとして再利用)に分けられる。再利用の方法としてはマテリアルリサイクル・ケミカルリサイクルが望ましい。

現在のマテリアルリサイクル技術ではプラスチックの種類ごとの分離が必要である。家電製品では利用されているプラスチックの種類はある程度明確になっているため、かなりの割合で個別のプラスチックが回収できており、マテリアルリサイクルも有効に機能しつつある。しかし、不純物が再生材の品質に影響を与える場合があるため、不純物が混ざらない分別法の高度化や、不純物の混入に強い再生処理・成型処理の高度化が望まれる。

(2) プリント基板

現在の家電の多くは電子制御のためのプリント基板を装備しているが、その上の電子部品には多くの希少金属が含まれている。希少金属が多く含まれるICチップが高密度に実装されている携帯電話の基板は、新機種購入時の中古品引き取りシステムが確立されていることもあり、有効にリサイクルが行われつつある。一方、コンデンサや抵抗器・小型トランスなどの単純な電気回路が中心の家電基板は、高価値なIC部分のみを切り出すなどの分別処理が必要となるが、人手の作業に頼る部分が多いため、中古品などの形をとって途上国に不正輸出されるケースも多い。この結果、途上国側では高価で取引される貴金属資源を除いた廃棄物が不法に投棄され、有害物質が環境問題を引き起こしてい

るケースも発生している。一方で日本国内では多くの希少金属が枯渇懸念から高騰し、半導体メーカーを中心に安定的な資源の確保が課題となっている。

(3) その他金属類

外面の金属パネルや内部のシャーシ類、モータやトランスなどの金属部品は、製品の軽量化とコストダウンのためにプラスチック製に変更される傾向が強いが、資源再生の観点では非常に優秀である。特に冷蔵庫や洗濯機、エアコン室外機などの鋼板、エアコンの放熱器などは高値で取引されている。

一方で、モータの永久磁石に含まれるネオジウムなどに代表されるレアメタルは回収・解体・再生のプロセス確立が上記に比べて遅れており、中長期的には、省エネモータの生産などにコスト面・調達面で支障をきたす可能性が指摘されている。

モータ(や変圧器など)は、耐久性のある構造となっていること、強い磁気を帯びている部品があることなどから、分解は手作業による工数・労力がかかるものとなり、希少資源も含めて有用な素材を含んでいるにも関わらず、作業コストの面から多くは途上国に中古品・素材品として輸出されている。その輸出量は 2006 年には鉄・銅・アルミを合わせて 650 万トン、輸出金額にして 2,500 億円に達しており、資源の確保と有害物質輸出管理の観点から適切な管理が望まれる。

4.3 問題解決のための提言

以下では、前節で述べたような課題を解決するための主要な検討項目についての述べると共に、1章で述べた七つの基盤技術の観点から整理する。

(1) 廃プラスチック

廃プラスチックのリサイクル高度化のためには、ある程度の不純物の混入は避けられない廃プラスチックから、強度などの性能面に加えて意匠面からも高品質なプラスチックを再生する素材処理技術の開発を促進することに加えて、設計・回収などのすべてのステージで、廃プラスチックの品質を損なわない様々な工夫も求められる。

表面への異種材料による塗装・印刷、パッキングやフィルタなど異種材料の糊づけ・圧着・溶着、利用者によるシール類の貼り付け・汚損なども廃プラスチックの品質劣化(コスト向上)の原因となるため、意匠を損ねないでこれら进行を避けるような設計上の工夫のみならず、環境品質の観点から消費者の理解を得る様々な取り組みが必要である。

(2) プリント基板

プリント基板からの希少金属・希少資源を回収するためには、部品から有用資源を回収する材料処理技術そのものに加えて、コネクタ類や取り付け金具・小型トランス・コンデンサ・IC 類など、処理方法が異なる様々な部品を分離・分別する技術、これを容易にする設計技術、部品ごとの有用資源および有害資源の含有データベース維持・活用技術、有害物質の適正処理を含む残渣処理など、総合的な処理フローの整備と関連技術の開発が必要である。

(3) その他金属類

鉄・銅・アルミなどの再資源化は比較的確立された技術であり、国内外でもすでに流通を含めた環境が整備されつつある。一方で、その多くはコストなどの点から国外へ輸出・処理・再輸入される傾向が強まってきており、産業の空洞化や資源の安定的確保(地政学的リスク低減)の観点から総合的施策が必要であると考えられる。

一方で、高性能磁石で用いられるネオジウムや液晶パネルなどで用いられるインジウムに代表されるレアメタルの再資源化技術は立ち遅れており、回収・解体・再生の各フェーズでの体制確立・技術革新が求められている。

上記のような課題の解決のために強化が必要とされる技術、および整備する必要があると考えられる施策などについて、1章で述べた七つの基盤技術の観点からまとめると以下のようなようになる。

(1) 設計

廃プラスチック純度維持のための設計ガイドライン(消費者の理解が必要)
解体・分別時間の短縮が可能な構造設計と解体法が見て判る意匠設計
原材料や有害添加物等の素材情報・解体支援情報の部品への記載および DB 化
プリント基板部品の分離・再生を想定した基板分割・回路(部品)分離設計技術

(2) 生産

生産段階での設計見直し情報の DB 化(更新・共有)

(3) 回収

有害物質の流出や保管上の安全性に関する情報共有

(4) 解体

プラスチック種別、および添加物の高速判定技術（光学特性を利用した素材判別等）
家電品・プリント基板などの低コスト分解・分類（自動化/ロボット等）技術
作業者の労働環境を改善するための各種関連技術

(5) 再生

プラスチック高品位再生技術
高性能永久磁石の再利用・レアメタル再生処理技術

(6) 管理

上記各種情報の長期 DB 維持・データ提供（アクセス管理）環境の整備

(7) 評価

各社対応状況の定量的把握のための基準策定・国際標準化

(8) その他・施策など

再生材料の国際的流通把握と希少資源や有害物を中心とした輸出管理

5. 建築建設分野

5.1 現状の取り組み

建設リサイクル法の成立を受けて、建設リサイクルに取り組んだ結果、建設廃棄物の最終処分量は大幅に削減されている。しかしながら、建設活動が環境に与える影響は大きく、持続可能な建設活動(サステナブル・コンストラクション)を目指した環境負荷低減への取り組みは産業全体をみても重要な課題である。持続可能な建設活動に関する取り組みとしては、建設のライフサイクルにおける環境負荷を低減するために、他産業の廃棄物を含めた資源の有効利用と生産物である建築・構造物を長く使い続ける長寿命化の二つを主とした取り組みが行われている。

わが国の GNP の約 10%を占める建設業は、産業界の中でも資源を大量に消費する産業である。建設資材は、総資源投入量の 48%を占めており、建設業はわが国における全産業廃棄物(4 億トン)の約 20%の廃棄物を排出している。1990 年における建設廃棄物の排出量は約 6,000 万トンであり、その中の約 3,500 万トンが最終処分場に置いて処理されている。2005 年になって総排出量は 7,700 万トンに増加しているものの最終処分量は約 600 万トンに減少している。2005 年度における廃棄物量の内訳を見ると、コンクリート塊が約 40%、アスファルトコンクリート塊が約 30%であり、この二つで全体の 70%を占めている。

このうち、コンクリートについては、現状では解体コンクリート塊の多くが道路用路盤材として使用されているが、今後のコンクリート塊の発生量予測からするとその分野での再利用はまもなく限界に達するとされている。一方、環境省の 2004 年度の調査によれば、最終処分場の残存容量と残余年数は全国で 18,483 m³(7.2 年)、首都圏においては 1,777 m³(3.4 年)とされている。1970 年以降に大量に建設された建物が徐々に解体時期を迎えつつあることを考えれば、このコンクリートの再生・リサイクルは現状で解決すべき大きな課題である。

これに対して建設業では、設計段階において、既存建物の再利用の検討など既存ストックを活かした設計を検討するとともに、建築的・設備的な省資源・省エネルギーを配慮して、部材・製品等の再利用のしやすい建築構法や自然エネルギーの利用技術等の開発が行われている。また、工事段階においては、環境負荷の低減につながる材料や工法を評価し活用することが求められ、再生砕石などのリサイクル材や熱帯材合板の代替型枠の活用とともにリサイクル可能材料の調達・利用が推進されている。特にコンクリートについて

は資源循環を確立するための技術開発が行われ、実工事への適用が推進されている。

(1) 環境低減型構工法・ゼロエミッション型建築生産システムの活用

もともと工業化・複合化構法などの合理化構工法や部品化ユニット化生産システムは、建設廃棄物の削減や仮設材の削減等による環境負荷低減に寄与する生産システムであり、これらを活用することは資源の有効活用につながる。

また、施設解体時の混合廃棄物量を削減するための分別解体も普及してきており、解体材をリサイクルするためのネットワークの形成や RFID 等を活用した静脈物流システムの構築が進められている。

(2) ゼロエミッション型施工システムの展開

建設活動においては、建物・施設の企画、設計・施工から竣工後の運用・改修・解体に至るライフサイクルで、ゼロエミッション(排出量ゼロ)への取組みが行われている。特に、建設廃棄物の削減と資源循環リサイクルの構築には、Reduce(減量化)、Reuse(再使用)、Recycle(再資源化)の三つの R を軸として取り組んでいる。また、ゼロエミッション施工では、3R技術の開発と活用を中心としリサイクルネットワークの構築が進み、建設副産物データ管理システム等を利用した実績管理が行われている。

(3) コンクリート資源循環システムの開発

コンクリート資源循環システムは、解体コンクリートを高品質の再生骨材(砂利と砂)と微粉末(セメント成分)とにほぼ完全に分離し、高品質の再生骨材は構造用コンクリート骨材として、微粉末はセメント原料として建物の建設に再利用するもので、解体・分離・再生・再利用という個々の要素技術を、ひとつのシステムとして構築するものである。再生骨材の品質は、天然骨材に限りなく近く、JIS のレディーミクストコンクリート用骨材としての規格を満足するほか、微粉末は地盤改良材や汚泥処理剤として再利用することも可能である。しかしながら、このような高品質再生骨材の製造価格は、現段階で市場流通品の約 3 倍となっており、その製造方法の改善が必要である。

(4) 廃棄物に含まれる有害物質の適正処理技術の確立

ゼロエミッション施工は、施設解体においても取り組まれている。解体工事においては、アスベストなどその施設が建設された時点では適法であったが、その後に人間の健康管

理や環境汚染対策の観点から規制されている材料が直接あるいは建材に含まれて使用されている場合があり、十分な事前調査と適性処理が重要となっている。

(5) 地下・外装の保存・再利用技術の進化

一方、建物の解体量そのものを減らすことも重要な課題である。建物地下については解体そのものに多大な手間と時間を要することが多く、できるだけ地下部分や杭を再利用して新規建物を計画することも常に検討すべきであろう。また、既存の風格・品格に優れた建物については、その建物そのものや外装をできるだけ保存・再利用を促進し景観を保全すべきである。

(6) 建物の用途変更・機能向上技術の展開

建物解体の理由のひとつである経年による建物資産価値の低下がある。これに対しては、コンバージョン(用途変更改修)という手法が研究されている。コンバージョンとは、例えばオフィスビルを住宅に変えるなどの用途変更により、機能向上を図りつつ利用価値の高い空間資源として再生する手法であり、新しい循環型産業分野の確立を目指す都市開発手法として注目されている。

(7) 200年住宅等の超長期耐用建築普及への取組み

わが国独自の時代状況から言われるもう一つのキーワードがある。それはストック型社会である。ストック型社会では、これまでの造っては破壊するというスクラップ アンド ビルトではなく、長期間の耐用性を有する建築や都市などの社会基盤の蓄積を重視した経済活動が行われる。具体的には、スクラップ アンド ビルトをむやみに繰り返さないことで地球環境への負荷を抑制すること、現存する建築や都市などのストックを有効利用することで、全く新しいものを求めた平面的な開発を抑制することをも意味する。そのために建築や都市という社会基盤を半永久的に残して使い続けることが必要となる。現在、特にそれらを持続して使いつづけるための具体的な技術や手法の開発及び社会的な制度・仕組みの整備に力が注がれている。

5.2 課題の分析

建築建設分野における取組みをさらに促進するための技術課題を、設計技術・生産技術・回収技術・解体技術・再生技術・管理技術・評価技術の各観点から取り上げ、その分

析結果を以下に示す。

(1) 設計:200年住宅等の超長期耐用建築の形成・管理技術の確立及び普及促進

建築においては、仕様設計から性能設計へと移行しつつあるが、その耐用年限は100年程度までを想定しており、100年を超える超長期耐用を見渡した目標性能水準の設定及び性能保証型設計及び施工に関わる技術が検討されている。特に地震国である我が国においては、耐久性に関わる性能水準とともに耐震性に関わる性能水準が重要であり、現行の住宅性能表示制度で設定されている性能評価基準についても見直しが必要な部分がある。また、このような高性能建築については、コストが10～20%アップすることが経験的に予想されており、多世代間にわたって使い続けられる超長期住宅・建築に関する形成・管理技術の開発が重要となっている。

(2) 生産:既存ストック等の利用における環境負荷の少ない生産技術・システムの確立

我が国では、建物価値よりも土地価値が主体となって不動産取引が行われるため、建築についてはスクラップ アンド ビルドが繰り返されてきた。その結果、欧米諸国に比べて不動産資産に占める建物の比率が極めて低いという状況を招いている。一方、生産物である建物は、初期投資の経済性をもとに計画されるため、構造体の性能、室内空間及び外装の質が低く、スクラップ アンド ビルドが繰り返される要因のひとつとなっている。高度な経済成長が見込めない社会においては、既存建物を活用しながら良質なストックへと転換するための生産技術および生産システムが重要となっている。

(3) 回収:産業間レベルでの静脈物流システムの構築

建物には、コンクリート、鉄をはじめとして様々な材料が使われているため、解体時にこれらを資源ごとに分別するために分別解体をおこなうとともに、耐用年数の異なる部材・部品等を交換しやすいようにしたスケルトン・インフィル分離方式(SI方式)による設計が展開されつつある。それに伴いインフィルの易分離解体技術(例えば、木材とプラスチックとボード類とかを簡単に分離して解体できる工法)の開発が急務となっている。

しかしながら、回収された部材・部品を再生し再利用するためには、個別企業内の流通システムでは限界があり、産業レベルでの流通を促進する必要がある。

(4) 解体:解体材に含まれる有害物質の検知、除去及び適正処理技術

建物は数十年にわたって使用されるため、建設時には法規に適合していながらも現行法においては不適合となっているアスベスト等の有害物質の除去及び無害化処理技術は重要である。また、これらの材料使用状況については、記録が残されていない場合も多く、これらの有害物質の含有を除去前に検知する技術や解体時における大気中の含有量を測定する技術も重要である。

(5) 再生:都市に蓄積されたコンクリート資源の循環システムの構築

我が国の都市部には既に十分な量のコンクリートが蓄積されており、いわば都市鉱山が存在するといえる。コンクリートの循環利用を促進することが、都市部における環境負荷の低減につながると考えられ、これまでも様々な技術開発が行われてきた。しかしながら、これらの技術開発は幾つかの大規模建設工事に適用されたものの、高品質な再生骨材を製造するための装置費用及び運転費用が高くその改善が求められている。これらの技術については、セカンドステージの技術開発が必要であり、その推進の仕組みも重要と考える。

(6) 管理:施設管理情報・修繕情報・更新情報などの各種情報を長期間にわたって 保持・管理・提供する 情報インフラ

建物を長期耐用化するためには、その建設段階から使用時の修繕・更新等に至るまでその履歴情報を残しておくことが重要とされており、そのために必要なデータ項目の確定、利用者が使いやすいデータベースの設計及び品質・性能等の履歴情報の収集・蓄積に関わる仕組みの確立が必要である。

(7) 評価:長寿命化推進における建設基幹資源(コンクリート・鉄)のLCA評価技術

都市には、コンクリート資源は十分に蓄積されている。一方、鉄についてはその蓄積はコンクリートに比べて十分とはいえない。建物の長寿命化を推進する際には、資源の蓄積形態を裏付けるLCA評価手法の開発は、超長期にわたる建設資源の蓄積戦略を決定する上で不可欠である。

5.3 問題解決のための提言

以上に述べた課題については、すでに多くの技術開発が行われているが、個別の技術課題として取り組まれていることが多く、サステナブル生産技術という観点から関係府省

の協力を得てこれらを連携させ、大きな経済効果を生むようにまとめ上げる必要がある。

まずは個別に進められている技術課題のうちからその核となるものを抽出し、それらを連携させた府省連携型の技術課題として位置づけ協力して推進することが望まれる。

以下に、核となる技術開発プロジェクトを提案する。また、アジア圏との連携については、十分な建設資源を保有していないためサステナブル・コンストラクションを推進しているシンガポールとは連携した取組みを進められる可能性が高い。

- (1) 革新的構造材料を利用した高耐震性能を有する超長期耐用建築システム
府省連携プロジェクト(内閣府、経済産業省、国土交通省、総務省、文部科学省)
- (2) 多世代超長期耐用建築の形成・管理技術の開発
- (3) 既存ストックを再生・活用するための性能設計型生産システム
- (4) RFID 等を利用したリユース部材の流通システム
- (5) 省エネルギー型コンクリート資源循環システム及び再生骨材を活用した建築構工法
- (6) インフィルの易分離解体技術
- (7) 解体材に含まれる有害物質の検知・除去及び適正処理技術
- (8) 住宅履歴情報システムを他用途にも適用できるよう拡張した施設履歴情報システム
- (9) 長寿命化推進における建設基幹資源(コンクリート・鉄)の LCA 評価技術

ヨーロッパにおいては、中古住宅の流通が盛んであり、また団地の再生が進められており、既存ストックの機能再生技術や形成管理技術が進んでいる。しかしながら、それらは我が国のような地震国における厳しい技術的要件を満たすものではなく、我が国独自のさらに進んだ技術開発が可能である。

また、資源循環までを含めた建設生産システムの構築においては、基盤的な建設技術と先端技術の融合により技術開発を進めている我が国の方が優位にあると考える。

5.4 ロードマップ

既に取り組まれているものもあり、5年以内の成果活用を目指す。

表 5.1 ロードマップ

	H19	H20	H21	H22	H23
革新的構造材料を利用した新構造システム建築物の開発 推進方法:府省連携技術開発プロジェクト(内閣府、経済産業省、国土交通省、総務省、文部科学省)	要素技術開発		普及展開		
	性能検証評価法開発		普及展開		
		実証実験	モデル事業		
多世代利用超長期耐用住宅及び宅地の形成管理技術の開発等 推進方法:総合技術開発プロジェクト(国土交通省)	調査企画				
	RFID利用流通技術		性能・品質情報確認技術		
	住宅履歴情報システム		施設履歴情報システム		
	超長期対応LCA評価手法				
	普及促進事業				
サステナブルマニファクチャリング(サステナブル・コンストラクション)システムの開発等 推進方法:府省連携技術開発プロジェクト(内閣府、経済産業省、国土交通省、総務省、文部科学省)	企画	調査			
			省エネ型コンクリート資源循環		
			再生骨材利用建築構工法		
			インフィルの易分離解体技術		
			有害物検知・除去・処理		
	アジア圏との情報交換・テーマ設定				

5.5 経済的/社会的効果

現在の建設投資は約50兆円/年であり、新築・改修ともにその5%程度を適用目標とする。また、関連する保険・金融システムや流通システムに関わる経済波及効果をその2倍程度と想定し、全体として5兆円の経済活性化効果をねらう。

5.6 奨励策具体案

現在、200年住宅については、先導的モデル事業の創設、税制優遇措置の設定などの奨励策がとられており、住宅分野についてはこのような補助制度等を活用する。一般建築分野についても、先導的モデル事業による主導が望まれる。

6. 自動車分野

6.1 現状の取り組み

自動車産業をとりまく、資源とエネルギーサイクルシステムは大きく分けて、「自動車リサイクル」と「生産面での環境対応強化」の観点でサステナブルな対応が進められている。

循環型社会に向けて、生産工程の社内循環と社外排出物リサイクルによる投入資源の製品化率を最大限にする「資源生産性」の評価を念頭に置き、資源有効利用の推進、車両リサイクル設計等に取り組んでいる。

(1) 自動車リサイクル

自動車メーカーで作られた自動車はユーザに使われ、平均 13 年弱で使用済自動車となる。まず、解体業者によりエンジン・トランスミッション・タイヤ・バッテリー・触媒コンバータ・フロンガスなどが回収・リサイクルされる。残されたボディはシュレッダ業者により、シュレッディングされ、鉄・非鉄金属がマテリアルとしてリサイクルされた後、残りのシュレッダダスト(ASR:使用済み自動車の破碎処理後に出る金属以外の廃棄物)は自動車リサイクル法に基づいて自動車メーカーが引き取り、リサイクルまたは適正に処理されている。

(a) 自動車リサイクル法

2005 年1月から、使用済自動車のリサイクル・適正処理を目的とした「使用済自動車の再資源化等に関する法律」(「自動車リサイクル法」)が施行され、使用済み自動車から発生するフロン類・エアバッグ類・シュレッダダスト(ASR)の特定 3 品目の着実な引き取り、リサイクル・適正処理を自動車メーカー等に義務付けている。

(社)日本自動車工業会(以下、自工会)を中心に同法の成立・施行準備や制度を運営するための関係法人体制の整備や、コンピュータシステムの構築等に取り組み、05 年本格施行後 3 年を経過したが、特段のトラブル等もなく安定的に稼働している。

現在、使用済車の引き取り台数は約 370 万台(2007 年 1-12 月)発生しているが、各自動車メーカーの ASR 再資源化率は 06 年度約 60%(車両換算でリサイクル実効率約 90%)と、2010 年規制値(50%)をクリアするなど、再資源化に対する積極的な取り組みが行われている。

①フロン類の回収・破壊

自工会は(社)日本自動車部品工業会と協力して、2005 年1月から自動車リサイクル法

に基づいて、2007年265万台のフロン類の回収、全国8箇所の施設で破壊を実施している。全メーカーとも自動車再資源化協力機構と協力して、運搬の効率化や破壊施設の追加などを適宜行うことにより効率的で確実な処理ができるシステムを構築している。

②エアバック類の処理

1999年から自工会としてエアバック類適正処理の実証実験事業に取り組み、2005年1月から自動車リサイクル法に引き継がれた。一括作動処理システムの開発や仕様統一による効率的な処理の促進を展開して、全国25箇所の指定取引場所、5箇所の再資源化処理施設で、2007年94万台、約185万個のエアバック類が適正処理・再資源化されている。

③ASRの再資源化

全国のシュレッダ業者から発生するASRはリサイクル・焼却・埋め立ての3種類の処理方法がある。現在、様々なサーマルリサイクル技術が導入された再資源化施設が全国で約30施設が稼働している。車両用防音材や銅、ガラス等の回収・再資源化等のマテリアルリサイクルへの取り組み、樹脂・ゴム類を分別し、灯油の代替燃料に利用している。

一方、銅部品などを徹底的に選別することにより、使用済自動車をシュレッダすることなく電炉などの原料として全部利用する方法についても解体技術の開発・普及をはかることにより積極的に推進している。

(b) 解体・リサイクル性の向上

解体・リサイクル性の向上を目指し、リサイクル設計の研究や解体を容易にするツールの開発を進めている。例えば、解体性向上ポイントや樹脂部分の易解体性設計を推進して、再生可能な部材等の解体、分解性等の向上が図られている。

また、鉄のリサイクル品質を確保する為、不純物となる銅部品(ワイヤハーネス・モータ等)を徹底的に取り外す取り組みも行われている。

また、解体業者への的確な情報発信として、マニュアル・実技指導による取り外し性向上等の講習会等をきめ細かく実施している。

(c) 再生可能資源の使用拡大

再生可能資源として、植物資源を原料としたプラスチックをドアトリム・パッケージトレイトリム等に、使用済みバンパからのリサイクル材をバンパ・エンジンアンダーカバー等に、ア

ルミホイールをアルミ部品に、PET ボトル繊維(ポリエステル)をパネル遮音材に、オレフィンポリマーをドアガラスランやモールなどに採用している。

(2) サステナブル・プラントと資源循環

自然を活用し、自然と調和する工場づくりをめざし、自然エネルギーやバイオマス等の再生可能エネルギーの活用によるCO₂削減、地域貢献・生態系保護、革新技術の導入とカイゼンによる飛躍的な環境パフォーマンスを踏まえた工場づくり、工場運営に取り組んでいる。そして、循環型社会に向けた資源有効利用を一層促進するために、従来の埋め立て・焼却廃棄物に加え、売却及び逆有償の低減を含む社外排出物の低減目標をあげて取り組んでいる。

(a) 生産段階におけるCO₂等エミッションの低減

生産工場において省エネに取り組み、冷却機器の稼働時間や運転状況の改善、廃熱回収によりCO₂排出量削減に大きな成果をあげている。そして、使用エネルギーを電力・都市ガス・A重油等で最適に使い分けるとともに、廃棄物発電・太陽光発電等の導入を積極的に行っている。

また、革新技術の導入により、生産システムを更にシンプル・スリム化し生産効率のみならず、エネルギー効率も飛躍的に向上させるための取り組みを行っている。

このように、生産段階におけるCO₂排出量は、2010年度目標20%減(基準年1990年比)を2006年度でほぼ達成している。

(b) 生産段階での廃棄物低減

生産工程で発生する埋め立て廃棄物ゼロや社外排出物ゼロを目指して、売却リサイクルを含む社外排出物量の歩留まり向上・不良ロス低減・機械加工のネットシェーブ化・塗装工程での塗料使用量削減等を実施して、社外排出物量を大幅に削減している。

鋳物集塵ダストの分級機により金属屑・鋳物廃砂は再資源化率約100%を達成している。これは、鉄鉱石約285万トン(国内使用量2.6%)、石炭約160万トン、石灰石約45万トン、ボーキサイト約87万トンの節約となる。

埋め立て廃棄物としていた難処理廃棄物をリサイクルで自動車ガラス・断熱材に、金属との複合廃プラくずは路盤材に、ガラス・陶磁器屑はセメント原料にリサイクルしている。そして、自工会2010年度最終処分量目標11,000t/年(基準年1990年比97%以上の削

減)を2005年度に達成した。

(c) 梱包・包装資材使用量の低減

生産・補給部品物流において、梱包のリターナブル化・スリム化等により、ダンボールからプラスチック・スチールリターナブル容器へ使用を拡大するとともに荷姿・材料変更・梱包仕様のスリム化を実施し、資材の使用量を約半減している。

6.2 課題の分析

以上の現状を踏まえて、自動車産業における持続可能な自動車リサイクル、生産ラインの資源生産性をより推進する上での課題を描出する。

(1) 自動車リサイクル

資源の有効活用を考える上で、使用済自動車のリサイクル実効率をいかに上げていくか大きな課題である。解体・リサイクルのしやすさの観点からの検討が必要とされる。

(a) シュレッダダスト リサイクル技術の高度化

自動車の解体、シュレッダダスト分別処理の各段階を通じて 81～83%がリサイクルされているが、残り 17～19%がシュレッダダストとなっている。現在は、殆どがサーマルリサイクルされ、ASR リサイクル率 2015 年目標値の 70%以上を達成できる見込みである。車両全体としては、約 95%以上がリサイクルされている。

今後は、資源循環の観点からリサイクルの高度化(マテリアルリサイクル・水平リサイクル)が求められており、新たなリサイクル技術の開発が必要とされる。

(b) リサイクル設計推進と展開

リサイクルしやすい構造とするため、ラジエータグリル・バンパ・内装トリム類等に加えて、更に多くの部品を取り外ししやすくする設計とする。特にハーネスの回収率向上・樹脂部品等を識別しやすくするマーキングが必要とされる。

また、リサイクルしやすくする材料の開発が必要とされる。特に、シュレッダダストとして埋め立てられている樹脂材料のリサイクルをより促進するために、単一素材での部品設計・リサイクルしやすい熱可塑樹脂への変更を推進する必要がある。

(c) 解体方法・ツールの開発と普及

既存車両の実効率アップに加えて、EV・ハイブリッド車等新技術を搭載した車両の部品リサイクルの技術開発とその回収ネットワークの構築が急がれる。

(d) 中古部品・リビルト部品の利用拡大

生産・販売・整備等自動車の各ライフサイクルにおける中古部品・リビルト部品の利用拡大に向けたユーザの理解活動、ならびにバンパ・ステアリング・トランスミッション等使用済み部品が的確に回収される仕組みが必要とされる。

(2) 生産ラインの資源生産性向上と需給バランス

生産工程における投入資源とその製品化の過程で発生する廃材等を工程内・社内で再利用するとともに社外排出物をリサイクルするなど、資源としての生産性をあげるためには、自動車製造ならびにリサイクル製品全体の需給バランスを計画的に改善していく必要がある。

6.3 問題解決のための提言

(1) シュレッダダストの高度リサイクル技術の開発

シュレッダダストを鉄・銅・ガラス・アルミ・発泡ウレタン樹脂・ゴム等に高精度に分別する技術とそのサイクルプラントの開発を行う。

(2) 再生可能資源・材料の長期戦略に基づく技術開発

自動車は設計・生産・使用・廃棄まで少なくとも十数年の時間があり、リサイクルを考える上で将来の環境・資源・社会状況を予測した資源開拓や新素材開発に取り組む。

(3) リサイクル製品に対する利用者への情報提供と価値観の変革

中古・リビルト部品に対する製品情報を販売店・ユーザ等の関係者に適切・タイムリに情報提供すると共に、リサイクル市場の実態を的確に把握する自動車リサイクルの安定的な仕組みを構築する。

7. 製紙分野

7.1 現状の取り組み

製紙産業をとりまく、資源とエネルギーのリサイクルシステムには大きく三つのループがある。一つは再生可能資源としての木材を生産・再生する「森林のリサイクル」であり、これを機能させるためには森林のサステナブルな利用と管理が必要である。二つ目は、「紙のリサイクル」(古紙)であり、エネルギーや資源の節減、ごみの減量などの観点から可能なかぎりこれを推進する必要がある。三つ目は「エネルギーの有効活用」である。

(1) 森林のリサイクル

2006年のわが国の紙・板紙の生産量は31,108千トンであったのに対して、国内消費量は31,541千トン(日本製紙連合会調べ)であり、紙パルプ産業は内需型産業として位置づけられている。製紙原料の約60%はリサイクルされた古紙であり、残り40%が木材である。製紙用木材のうち7割は輸入材である。

近年、中国など新興工業国の紙生産量が急増しているため、製紙用木材(チップ)の供給不足が世界規模で顕在化しつつあり、この先、新興国が現在の世界平均並みの紙の消費を行うと、深刻な資源不足を招くと予測されている。わが国の製紙産業は、製紙原料確保のため、主として海外での植林を推進していて、現在61万haに達しているが、2012年までにこれを70万haに拡大する計画(日本製紙連合会目標)である。植林地では、伐採と成長を繰り返すこと(リサイクル)でサステナブルな森林経営を行っている。

(2) 紙のリサイクル

わが国の2006年度の古紙の回収/利用率は、72.4%/60.6%と世界でも高水準にある。国内の古紙回収率は年々上昇してきているのに対し、古紙利用率はここ4年60%台で推移してきた。しかし、2007年以降、メーカーの古紙処理設備の増設による古紙利用増が進むことにより、製紙連合会の目標である2010年の古紙利用率62%は達成される見込みである。

(3) エネルギーの有効活用

製紙産業はエネルギー多消費型の産業であるが、原料木材の非繊維部分(バイオマス)を燃料として使用することで化石エネルギーの使用量を減らす技術(黒液回収ボイラ)が普及している。わが国の製紙工場では高温高压型の黒液回収ボイラが普及していて、エネ

ルギ効率の点でも最高水準にある。

また近年、ごみ系固形燃料(紙への再生が困難な古紙と廃プラスチックなどを混合、成型した燃料)や廃タイヤなど廃棄物由来の燃料や、建築廃材などバイオマス系の燃料をボイラで燃料として使う技術が導入されて、化石エネルギーの使用比率は下がってきているが、さらなる温暖化防止への取り組みが求められている。

7.2 課題の分析

以上の現状を踏まえて、製紙産業における持続可能な生産技術を推進する上での課題を抽出した。

(1) 森林のリサイクル

(a) 環境耐性の高い品種の開発

持続可能に管理された植林木は、再生可能資源としての木材を生産するほかに、二酸化炭素の吸収固定化手段としての役割を持つ。今後植林面積を拡大するためには植林に適さない荒廃地でも成長する耐環境性の高い品種の開発が求められる。

(b) 森林の管理技術

森林の気象条件や樹木の生長度合い、病虫害発生などをリアルタイムで把握できれば、ネガティブなインパクトを最小限に抑えて、生産性を最大にすることが可能になる。大規模な森林の状態を集中的に測定、管理するためのIT技術の開発などを振興する必要がある。

(c) 森林の持続可能な経営

森林の持続可能な経営においては、未利用バイオマスの利用や、高付加価値製品化など、木材の総合的な利用に向けた体制の整備が重要である。現在、国内の森林は、安価な輸入材による採算性低下や林業従事者の不足などのために、適正な管理をされていないものが多い。国内森林の持続可能な経営のためには、林業機械などのハード・技術面もさることながら、地域経済の健全化などの林業のソフト面での活性化が不可欠であり、国や自治体の一層の施策強化が求められている。

また、海外の植林地においても、未利用のバイオマスをエネルギー回収やバイオ燃料の生産などに活用するなどの森林バイオマスの総合的な利用を図ることが望ましい。

(2) 紙のリサイクル

(a) 古紙のカスケード利用の促進

紙は木材パルプから製造され、古紙として再利用されてゆくが、古紙繊維は利用回数を重ねる度に劣化してゆく。エネルギーと資源を有効利用するためには、繊維の劣化の程度に応じた古紙の利用(カスケード利用)を進める必要がある。具体的には、高品質が求められる製品にはフレッシュパルプと高品質古紙を、品質要求が低い製品には低品質古紙を配合してゆくような無理のない利用が求められる。利用を重ねて製紙用に適さなくなった古紙はサーマルリサイクルなどでエネルギーを回収する。

(b) マテリアルリサイクルが容易な紙製容器包装の設計

現在、紙製容器包装は紙成分が重量で 50%以上含まれていれば、他の素材との複合物であっても紙製の容器とみなされるが、複合化によって素材別のリサイクルが難しくなっている場合が多い。古紙のマテリアルリサイクル率をさらに向上させるためには、現在より紙を多く含んだ紙製容器包装の利用促進が望ましい。

(c) 製紙工程で発生する廃棄物の高度利用

製紙工程では、スラッジや、ボイラの焼却灰などの廃棄物が大量に発生する。これらの廃棄物は加工されて、土壌改良剤やセメント原料として利用されているが、ごみやバイオマスの燃料としての利用が今後さらに普及していった場合、受け入れ先が不足する可能性がある。これらの製紙工程で発生する廃棄物をより高度に利用する方法や新規な利用方法の開発が早期に求められている。

(3) サステナビリティの評価

サステナブルな紙製品の生産をおこなうために、現在は原料が適正に生産、調達されたものであることを保証する制度が整備されつつあるが、わが国の強みである「環境負荷の小さいものづくり」をさらに推進するためには、原料生産から製造工程、使用過程、リサイクルまで製紙に関わる領域全体にわたって環境負荷と経済性の最適化を推進してゆく必要がある。そのためには総合的なサステナビリティを評価するシステムを構築し、国際的に日本製品の優秀性をアピールしてゆく必要がある。

7.3 問題解決のための提言

(1) 環境耐性の高い樹木の開発

- 地球規模での植林拡大に対する日本のイニシアティブ獲得
- 植林地に適した品種の育種と生産性向上のための技術開発支援
- 組み換え樹木の研究に対する戦略的な体制の構築
- 組み替え樹木の研究の必要性に対する国民の合意形成に向けた幅広い議論の早期展開

(2) 森林の管理技術

- 森林のリアルタイムモニタリング技術の開発支援
- 森林の二酸化炭素固定量の測定技術開発支援

(3) 森林のサステナブル経営

- バイオマスの総合利用に立脚した国内林業の活性化への官民合同での取組の促進
- 森林バイオリファイナリ技術開発支援
- 国内森林の経済的、非経済的価値の国民への浸透

(4) 古紙の有効利用

- 古紙のカスケード利用を促進する技術開発面での支援
- 古紙のカスケード利用を促進する制度・社会インフラ面での支援

(5) マテリアルリサイクルが容易な紙製容器包装の設計

- 紙製容器包装における紙の配合率の向上とマテリアルリサイクルに関する制度・社会インフラ面での支援

(6) 製紙工程で発生する廃棄物の高度利用

- 製紙工程廃棄物の高度利用技術開発支援
- 製紙工程廃棄物からの有用物質回収技術開発支援

(7) サステナビリティ評価

- リサイクルを含めた紙製造に係わる総合的なサステナビリティ評価システムの確立

8. 製鉄分野

8.1 現状の取り組み

地球環境保全の観点から、LCA、エコマテリアル等、鉄鋼やレアメタル等の資源の環境側面を評価する様々なアプローチが過去行われてきた。しかし、これらは資源を主に環境規制の側面から診断した評価に留まり、資源効率や将来の資源制約等を反映したものとは言い難く、循環型社会システム構築に直接結びつくものではなかった。

すなわち、従来はその材料あるいは製品の製造過程あるいはリサイクル過程を環境負荷の観点から評価を行うことにLCA等の提唱された方法が用いられ、多数の評価が行われてきているが、これらの評価はその製造あるいはリサイクルプロセスにおける環境負荷の評価のみであった。それらの素材、製品が一定期間社会の中で社会資本として存在し、その後寿命を迎えてリサイクルあるいは廃棄に至る過程における環境負荷をも評価し、総合的な評価結果から素材・製品を選択する、という循環型社会システムに必要な基本情報を提供するには不足していたと言える。

例として建築素材の選択(アルミニウム・鉄・PVC等)一つをとっても、これらを総合的に評価する指標・基軸は無く、将来の資源制約も見据えた最適な選択が為されているとは言えない。素材間を超えたリサイクルにおいても同様であり、例えば廃プラスチックの最適なリサイクル手法が、資源性や社会システムを考慮された中で評価されていない事が課題となっている。すなわち、元の素材に戻るという視点からのみの評価に基づき、マテリアルリサイクルが推奨され、その結果、リサイクル品の品質確保・省エネルギーの推進・最終処分量の削減等の視点からは必ずしも適切ではないと思われる事例も存在してきた。

特に近年はBRICS諸国(ブラジル・ロシア・中国・インド)の急激な経済成長によって世界的に資源供給不足の傾向が顕著になっている。そのような中で殆どの資源を海外に依存する我国にとって、環境側面のみならず資源効率・資源制約等を考慮した今後の資源の合理的な使い方や社会システムを提案、実施することは、世界における資源セキュリティーの推進、安定な社会システムの構築につながり、我が国の資源確保・経済社会の発展の観点からも大変重要である。

既に欧米では産学官による「Social Value of Materials (SOVAMAT)」というネットワークで欧米中心に議論が開始されているが、地球環境・資源枯渇・循環型社会構築・環境リスク低減等を考慮した今後の素材資源利用のあり方、すなわち資源利用のグランドデザ

インを示し、世界の経済成長と人口増加を支えるための提言を行うことができる地球規模の「資源環境を考慮した素材戦略モデル」の開発が今正に必要となっているのである。

8.2 課題の分析

現在、世界の構造用材料としては、鉄鋼製品をはじめとして、アルミや Cu などの非鉄金属、プラスチックなどの高分子材料・コンクリート・木材・ガラスなどあらゆる素材が適用されている。これらの素材は、目的により加工され単体あるいは複合材料として、あるときは複数元素による構造体として、また添加物などによる機能向上が図られた中で適用されている。エレクトロニクス分野や自動車分野等で使用される機能材料も同様であり、レアメタルと総称される金属類が高度に複合化された状態で使用され、資源枯渇の可能性点から早急な代替材料の検討が望まれていることは承知の通りである。

従来素材の選択は、LCA、エコマテリアル等、各種素材の環境側面を評価する様々なアプローチが試みられているが、実際にはその価格や求められる機能などから一義的に決められていると言える。また、現状の素材に対する環境面での規制動向は、必ずしも全体最適化や使用条件を考慮した技術的根拠に基づくものになっておらず、こうした法規制にもより、本来素材のあるべき選択肢が制約され、誤った使用を強いられているケースも見受けられるのが現状である。

これらは、現状の評価が素材を地球温暖化抑制やリサイクル率の向上など限られた側面からなされているに過ぎず、今後の長期的・継続的な面での様々な環境側面、資源効率、資源制約、さらには、循環型社会システム構築などの評価項目に基づく評価が実施されてきていないためである。言い換えれば、これらの素材を統一的に評価できる指標が存在してないためでもある。今後の素材需要の急激な拡大、求められる機能のさらなる向上や環境や安全面でのニーズの厳格化に伴い、資源採掘時・製造時・使用時・廃棄時の全てにおける総合的な評価軸に基づいた素材選択が重要となると考えられる。

素材の共通評価軸については、得られる製品の機能を一定とした範囲で、一次資源、リサイクルを含む二次資源等の資源性評価、環境負荷レベル(廃棄物量・地球温暖化・環境リスク等)による評価、及びこれらを考慮した経済性評価による総合的な基軸である必要がある。これらには、(1)現在の社会システムの傾向が継続することによる課題と、(2)現状の課題を解決するために求められる手段の課題が考えられる。

(1)には地球規模の課題となっていて、この課題が解決されないと素材産業はもちろんのこと、世界の経済と環境の両立した持続可能な社会の形成に大きな影響を与えるものとして、「地球温暖化の進展」、「資源の枯渇」、「環境リスクの増大」(資源採掘に伴う環境リスク、操業・閉鎖に伴う環境リスク、製品使用に伴う環境リスク、リサイクルに伴う環境リスク)がある。

(2)には(1)のリスクから回避するための対応手段が持つ課題であり、「素材製造及び機能に関する革新技術」、「素材間代替」、「リサイクル」、「環境に係る制度」がある。

我国においては、LCA 手法以外にもエネルギーモデルや統合評価モデルと呼ばれる評価モデルがあり、後者の例として「DNE21」、「GRAPE」、「MARIA」、「AIM」、「アジア／世界エネルギーアウトLOOK 2006」などが知られているが、それぞれに特徴がある一方、素材戦略モデルとしての活用については必ずしも満足できるものではないと考えられる。素材戦略モデルでは、持続可能な社会を形成するための評価軸として「経済の評価軸」と「環境の評価軸」が、さらに、素材産業のあり方を示すための評価軸として、「資源の枯渇とリサイクルの評価軸」が考慮される必要がある。

8.3 問題解決のための提言

地球環境問題の制約の下、世界の経済成長と人口増加を支える素材利用および循環のグランドデザインを示すためのモデルを開発し(素材戦略モデル)、それを活用したシミュレーションを行うことにより中長期的な戦略的素材開発や政策制度への提案への展開を図る。

以上のような背景から、素材戦略モデルは、前提条件となる「シナリオ群」とそれを解析する「数学モデル」から構成されることが必要である。

「シナリオ群」には、

- ①最終製品の需要シナリオ
- ②エネルギー需給シナリオ
- ③製造ポテンシャルシナリオ
- ④素材間の代替シナリオ
- ⑤製造技術の導入シナリオ
- ⑥リサイクル技術の導入シナリオ

⑦制度シナリオ

⑧その他(産業構造、国際経済体制、資源価格、気候変動等)のシナリオ

などが考えられる。これらのシナリオ作成のための各種の基礎データも必要となる。

「数学モデル」は、

①資源量

②素材の物質フロー

(一次製品・二次製品、最終製品の利用、廃棄物、スクラップ、廃棄物の最終処分量)

③輸出入

などのデータを基礎とし、基礎素材(鉄・ベースメタル・レアメタル等)のマテリアルフロー全体での総コストや総 CO₂ 排出量を目的関数とする最適化型モデルを中核とし、この最適化型モデルにデータを提供するデータベース、及び、最適化型モデルの計算結果を加工出力するアウトプットの三つの部分から構成する。計算対象期間は 50~100 年までの長期・超長期を示すことが必要であるが、10~20 年の短・中期の計算もできることが必要であろう。計算間隔も前者は 10 年単位、後者は数年単位で行うことができる必要がある。これら基本条件を設定するためのデータも必要となる。

これらの結果のアウトプットは、最適化型モデルの計算結果を図表等に加工してわかりやすく表示する必要がある。コスト・CO₂ 排出量・資源の枯渇・リサイクル性などの項目の表示も必要となろう。

具体的には上記のリサイクル・エネルギー需給・素材間代替などのシナリオをそれぞれ検討し、それらのシナリオから得られたデータベースの下に数学モデルを作成する。まずは諸データ、統計が整っている鉄鋼材料を中心として開発に着手し、鉄鋼以外の非鉄レアメタル・高分子材料・セラミックス等へ順次展開を図ることとしたい。これが長期的には国際連携による 3R 施策を含む素材戦略の確立に資するものと考えられる。

参考文献:

- [1] 新エネルギー・産業技術総合開発機構「資源と環境を考慮した素材戦略モデル開発に関する調査」報告書(平成 19 年 3 月、委託先:株式会社エス・アール・シー)
- [2] 「非鉄金属資源の安定供給確保に向けた戦略」報告書 平成 18 年 6 月 資源戦略研究会

- [3] 「素材の特徴と代替性の考え方に関するワークショップ」 平成 19 年 2 月 東北大学多元物質科学研究所
- [4] 「将来開発される素材関連技術(リサイクル技術を含む)に関するワークショップ」
平成 19 年 2 月 東北大学多元物質科学研究所

9. 今後の活動予定

これまで述べてきたような問題意識と取り組みに基づく今後の活動予定について表 9.1 に纏めた。課題 2～5 は各WG分野の問題意識を主として反映したものであり、関連省庁の支援を得ながら、各業界が主体的に関連業界と連携を取りながら進める予定である。

一方、課題1で目指す異業種間の素材カスケード利用(とこれによる再生材の利用拡大＝資源の有効利用)の実現のためには、複数の業界が協力し、再生材の品質評価、再生材を有効利用できる製品設計、効率的な再生手法、原料供給フロー構築にむけて検討をすすめる必要がある。今後、COCNの場を活用することにより異業種間および国策との連携を深めると共に、課題 2～5 の活動に反映させてゆくことが求められる。図 9.1 にカスケード利用と単純な完全リサイクルの考え方の比較を示す。

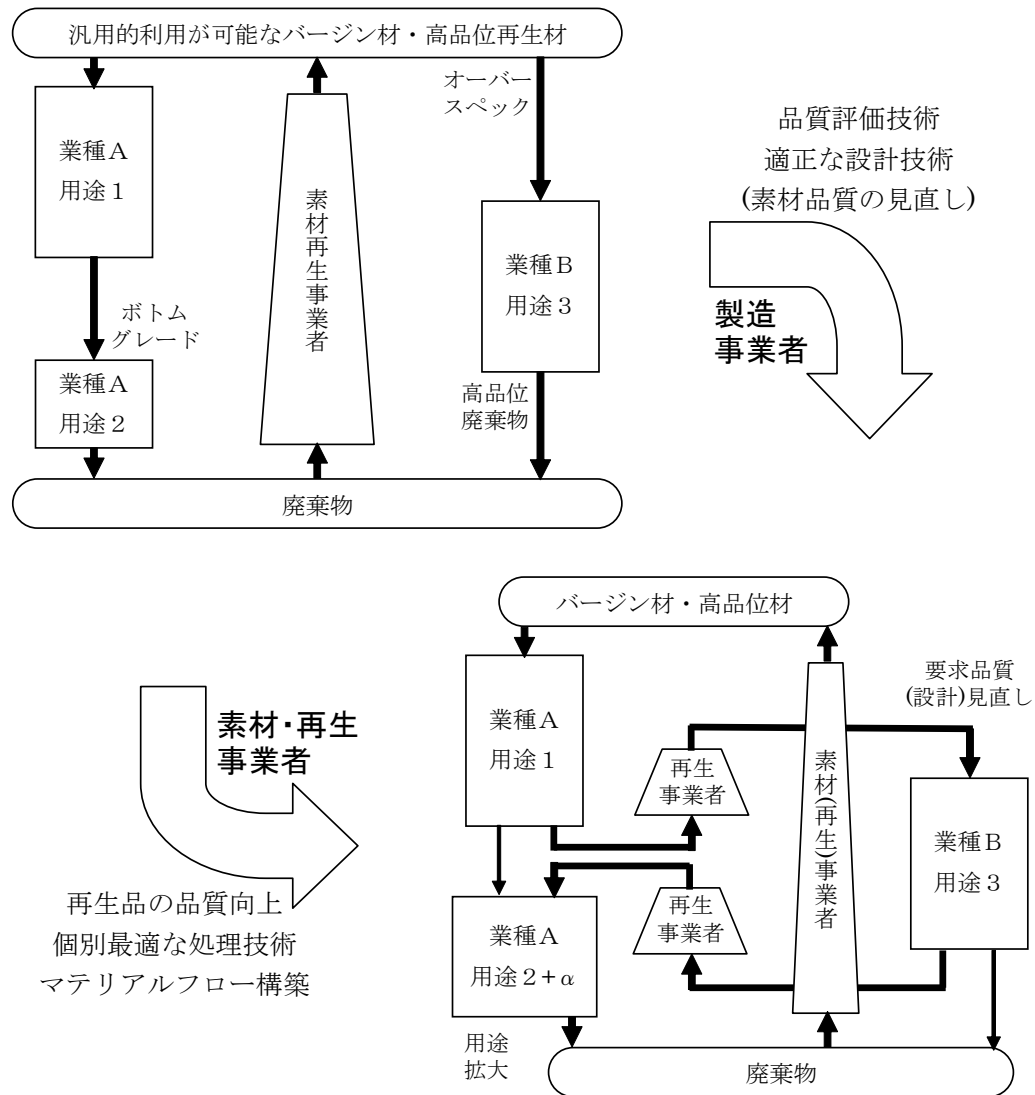


図 9.1 完全リサイクルと異業種間カスケード利用

課題 2～4 で個別の素材の再生を考える際には、処理対象となる廃棄物の質や量・再生材に求められる質と量を明確化する必要があるが、カスケード利用の観点からは、廃棄物の排出者と再生材の利用者は必ずしも一致する必要はないため、多種多様な製造業の素材ニーズを整理し、素材利用の(カスケードな)流れの中でトータルな再生コスト(再生エネルギー・再生に必要とされる追加資源の量・再利用ができない最終廃棄物の量など)を最小化するとともに、それに必要とされる必要最小限かつ個別最適な再生技術の開発に注力することが重要である。

このためには、多くの素材を利用する製造業が主体となって、必要とされる素材の質や量を明確化する必要があるが、この際には、これまでのように十分に高品質な素材から同一の部品・製品を大量に最適設計する技術に加えて、再生素材の性能を機能面から正確に評価する技術、および、これに基づき求められる機能を発揮する部品・製品を素材に応じて適応的に設計する技術の体系化・高度化が必要とされる。

同時に素材・再生事業者は、これまでのように、汎用的な利用を想定した十分に高品質な規格品を低コストで大量に生産する技術に加えて、上記のような製造事業者からの要請に応じて個別の素材を生産する低資源消費型の再生技術の開発と、排出者と協力した再生資源のマテリアルフロー構築が必要となる。

その際には、課題 5 で提案されている素材の再生に必要な資源負荷とその循環に関する素材事業者の知見が必須となる。

このように、複数の製造事業者・素材事業者が素材のカスケード利用に関して、具体的な連携モデルの検討を進めることにより、産業界全体の資源利用効率を高めることができれば、コスト面でも日本の産業競争力が強化されるとともに、省資源・省エネルギーの観点から国際的なリーダーシップを発揮できるものと期待される。

また、ここで検討した連携モデルの国際展開とこれによる国際貢献については、知財の確保と活用法を含めて、具体的な検討の中で明確化をすすめて行くことが必要であるが、同モデルが広範な産業の総合力により発揮されることから、産業の裾野が広い日本の競争力の維持と、技術の海外展開あるいは標準化は両立できるものと考えている。

表 9.1 今後の活動予定

課題ID: WG	提案概要	現状の技術レベル	提案による到達レベル	提案先	提案時期	予算規模	経済効果	リーダー・メンバ	今後の活動予定
課題1: 電機 情報通信 自動車 製紙 製鉄	異業種間でのカスケードリサイクルに向けた素材ニーズに関する調査 再生材の品質評価手法および最適設計手法に関する研究 上記ニーズを満たす素材を得るための再生技術とマテリアルフローの構築	業界内(企業内)での再利用が中心再生(ダウングレード)材に対する異業界でのニーズ情報の共有が不十分 求められる機能を実現するために必要とされる素材品質の評価手法・判断基準が未熟なため、バージン材あるいはそれ相当のオーバースペックな再生素材の利用に拘りがち	機能実現のために必要十分な品質の素材を、業界を超えてカスケード(ダウングレード)利用することにより、より少ない再生エネルギー・再生コストで資源を有効利用できる。 素材産業へのニーズ情報をフィードバックすることにより、適正レベルな再生技術の開発を促進する。 製造産業と素材産業が協力し必要な素材のマテリアルフローを構築する	経済産業省	2009年度 提案予定	～数億円	数百億円	三菱電機 (情報通信・自動車・製鉄・非鉄金属などの各業界との共同調査から開始する予定)	2008年度に素材ニーズ調査に向けたWGを立ち上げ
課題2: 電機 情報通信	資源分別回収後の混合ダストから有用金属を回収する	電線など比較的成分が明確な混合物からの分離回収	多様な不純物がある場合での安定かつ安全な分離回収。廃熱・分解生成ガスの再利用。(他産業の廃棄物や一般ごみへの適用可能性を探る)	経済産業省 環境省	2009年 中旬	数千万円～ 数億円	数百億円 下記注* 有用金属の蓄積量	松下電器 (メンバーは技術の適用範囲を見極めた上で募集)	2008年度:技術の適用可能性について技術的に検討 2008年度末:国プロ提案書策定予定
課題3: 建築	超寿命型超耐震建築システムの技術開発	耐震安全性:きわめて稀に(数百年に1回程度)発生する地震(震度6から7)の1.25倍の力に対して倒壊しない程度 耐用性:目標供用年限90年 再利用性:躯体部材リユース率0%	耐震安全性:きわめて稀に(数百年に1回程度)発生する地震(震度6から7)の力1.5倍の力に対して倒壊せず、必要な補修によって使用を継続できる 耐用性:目標供用年限200年 再利用性:躯体リユース率50%(これに伴うLCCO2削減20%)	国土交通省	2008年 2月	1.2億 (単年度)	1兆円(これまでの技術開発成果を含めて)	(社)新都市ハウジング協会 清水建設 鹿島建設 竹中工務店 大成建設 大林組 他 計22社	2008年2月に国土交通省の住宅・建築先導技術開発助成事業に応募。応募が採択されれば、コンソーシアムを設立し、技術開発を推進する。
課題4: 製紙	環境耐性の高い樹木の開発 古紙の有効利用	荒廃地で成長する植林樹がない環境面から見て古紙利用を最適化できていない	荒廃地でも成長する植林樹が得られる環境面から見て古紙利用が最適化される	経済産業省 農林水産省	未定	樹木10億円 古紙5億円 (5年間)	樹木 100億円 古紙 100億円	王子製紙 メンバ 未定	未定
課題5: 製鉄	『素材戦略モデルの開発研究』各素材のマテリアルフローの作成、エネルギー・資源・CO2等の観点からのシミュレーションモデルの作成、を行い、これらを用いた素材使用および製品製造の長期シナリオの検討、提言を行う。	製品を素材からの製造する、あるいはリサイクルするために必要なエネルギー、CO2排出量、環境負荷といったLCAを中心とする観点からの評価	その素材、製品が製造され、社会に一定期間適用され、リサイクルされるまでの一連のサイクルに必要なエネルギー、CO2排出量、環境負荷を評価し、循環型社会、低炭素社会にとって最も適切な素材の選択を提言する	経済産業省 製鉄企画室	2008年 1月	協議中	各素材によって異なるが、CO2問題については削減に寄与できるレベルになるものと考えている	新日本製鐵、 産総研、東大、 東北大	既に提案開始済。H21年度着手をめざし、具体的な進め方、予算等について原課との協議を開始している。
注*	日経産業新聞 08年1月15日 物質・材料研究機構の予想記事によると、リチウム 世界消費量の7.4年分、コバルト 2.3年分、インジウム 世界埋蔵量の61%相当分などが、製品(あるいは廃棄物)として日本国内に蓄積しており、日本は世界でも有数の鉱山と考えることが出来る。								

産業競争力懇談会（COCN）

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 〒100-8280

日本生命丸の内ビル（株式会社日立製作所内）

Tel : 03-4564-2382 Fax : 03-4564-2159

E-mail : cocn.office.aj@hitachi.com

事務局長 中塚隆雄