

Advances made in the past 10 years

Inverse Manufacturing

インバース・マニュファクチャリング



発行
インバース・マニュファクチャリングフォーラム
財団法人 製造科学技術センター

〒105-0001 東京都港区虎ノ門3-11-15 SVAX TTビル 3階
TEL.03-5472-2561 FAX.03-5472-2567
Email: imf@mstc.or.jp
<http://www.mstc.or.jp/inverse/main.htm>

2006.12.15印刷
Copy Right : IMフォーラム



表紙イメージ: 複数のラインで整然と構成された螺旋のイメージは、製品が素材に回帰していくイメージと、未来をしっかりと見据えた思想を背景に、革新的で緻密な技術により、循環型社会が形成されていくさまを表現しています。

インバース・マニュファクチャリングフォーラム
Inverse Manufacturing Forum

会長ごあいさつ

21世紀、インバース・マニュファクチャリングが資源循環のコアに



インバース・マニュファクチャリングフォーラム

会長 吉川 弘之

(独立行政法人 産業技術総合研究所 理事長)

インバース・マニュファクチャリングフォーラムは、地球温暖化や産業廃棄物問題への社会的関心の高まりを背景に、1996年12月、それまでの大量生産・大量廃棄型の生産システムから脱却し、「インバース(Inverse・循環)」という新たな概念を生産に組み込む社会システムの構築を目指して発足しました。今年、10周年の節目としてその活動要旨を「あゆみ」にまとめました。フォーラム創設以来、多大なご協力を賜りました会員各位並びに関係者の皆様へのご報告を兼ねまして一言ご挨拶申し上げます。

産業革命以来、人類は技術力によって地球資源を有効に活用し、社会生活を飛躍的に発展させてきました。しかしながら、文明の発展は人類に豊かな暮らしをもたらす一方で、地球資源の消費速度を加速的に速め、今日では地球が持つ自然な復元力を超えるところまで来ています。地球の温暖化や砂漠化はその表れと言えます。

当フォーラムでは、インバース・マニュファクチャリング(循環生産)概念の体系化、循環・再生技術に関する調査研究、サービス志向型製品としての家庭用情報端末の試作、環境配慮設計(DfE)の実態調査および環境負荷の最小化に向けたライフサイクル設計の研究、製品環境情報システムの構築などのプロジェクトを進めてきました。こうした活動が、自動車、家電、容器包装など各種リサイクル法への取組みを支援する形となり、政府が平成12年度(2000年度)を「循環型社会元年」と位置付けし、循環型社会形成推進基本法を制定する一助になったものと自負しております。他方、フォーラム本来の「公開討論の場」として循環生産の社会的意義など「明日に向けたメッセージ」が環境や製造に携わる一部の人々に対しては発信されたものの、広く社会を構成する一般の人々にまで伝わらなかったという点で、インバース・マニュファクチャリングの普及啓発へのアピールが不足していたと反省しております。

最新の統計によると世界人口は65億人を超え、2050年には91億人に達すると推定されています。この人口増加に加え、超人口大国である中国やインドなどの生活水準の向上を考えると、資源消費を抑制し地球が持つ資源生産力を活性化させるために「地球と上手に共生する時代」が来ていると言えます。フォーラム発足以前は、地球温暖化や廃棄物の再生処理など環境対応への視点で捉えられていたインバース・マニュファクチャリングですが、現在では、単位当りの材料が果たす役割機能を高める技術や使用済み原料を効率良く再利用する技術の開発など製品ライフサイクル全体を考えての資源有効活用という観点から持続的発展可能な産業社会を目指す方向へと変化してきております。

当フォーラムといたしましては、次の10年をPhase2と位置付け、インバース・マニュファクチャリングのより広範かつ効率的な実施に向け、精緻なシミュレーションや再資源化に関わる現状を踏まえたシナリオづくりなどを推進してまいります。その結果として、インバース・マニュファクチャリング技術の開発が活発化し、それを競争力の根源とする製造業のあらたな発展を期待しております。

来賓ごあいさつ

インバース・マニュファクチャリングフォーラム創立10周年を祝して



経済産業省 製造産業局

局長 細野 哲弘

この度、インバース・マニュファクチャリング・フォーラムが創立10周年を迎えられましたことを、心からお喜び申し上げます。

貴フォーラムは、平成8年12月の設立以来、産学官の連携の下、今後目指すべき持続可能社会における製造業のあり方を追求するため、循環型生産システムである「インバース・マニュファクチャリング(IM)」という概念を提唱され、環境負荷を低減するモノ作りシステムや技術に関する調査研究、普及活動等を積極的に推進してこられました。実際、「製品リサイクル情報システム」の構築やIMシンポジウムの開催など、インバース・マニュファクチャリングの確立を目指した様々な取組みは、日本国内のみならず、国際的にも高い評価を受けておられます。こうした貴フォーラムの活動に対し、心から敬意を表する次第であります。

我が国は、人口減少と少子高齢化、グローバル化の進展による世界的規模での競争の激化に加え、エネルギーや環境制約の高まりといった構造変化に直面しており、これらの諸課題を乗り越え、持続的な成長を実現していくことが強く求められております。

このような状況の下、経済産業省といたしましても、今年7月にとりまとめられた「経済成長戦略大綱」の施策を一層充実・強化し、イノベーションを通じた競争力のある産業群の創出とともに、資源・エネルギーや環境の面における制約下において、エネルギー・環境政策を着実に実行することにより、引き続き、持続的な発展の実現に向けて全力で取り組んでまいります。

貴フォーラムにおかれましても、資源エネルギーの有効利用につながる循環型社会の形成に必要な循環型生産システムの構築について、過去10年に亘る実績と経験を活かし、引き続き、製造業が持続的な発展を実現していくための調査研究とその成果の普及展開にご尽力いただけますようお願い申し上げます。

最後になりますが、我が国製造業の環境と調和した健全な発展に貢献してこられた貴フォーラムと関係者各位のご尽力に深く敬意を表するとともに、今後の一層の御発展を祈念いたしまして、私のお祝いの言葉とさせていただきます。

来賓ごあいさつ

インバース・マニファクチャリングフォーラム創立10周年に寄せて



財団法人 製造科学技術センター

理事長 庄山 悦彦

インバース・マニファクチャリングフォーラムが創立10周年を迎えられた時にあたり、当初から事務局を担当して参りました財団法人製造科学技術センターを代表いたしまして心よりのお祝いを申し上げます。

フォーラム設立の平成8年当時は、まだ当財団は国際ロボット・エフ・エー技術センターという名称でしたが、吉川先生の提唱された循環型生産システムを表すインバース・マニファクチャリングの趣旨に共鳴し、財団で進めていた製造技術の高度化、標準化、国際協力などの活動とリンクすることによりインバース・マニファクチャリングの実現可能性が高まるということで事務局をお引き受けしたわけです。以来、インバース・マニファクチャリングフォーラムは、持続可能社会における新しい製造業のコンセプトの提案を初め、様々な成果をあげられました。関係各位のご努力にあらためて敬意を表します。

財団法人製造科学技術センターは、昭和60年6月にロボット・FA技術に関する基盤技術の研究開発、国際共同研究の推進などを図ることにより、ロボット・FA技術の発展および国際的なロボット・FA技術のフロンティアの拡大に貢献し、我が国および国際経済社会の発展に寄与することを目的に財団法人国際ロボット・エフ・エー技術センターとして設立されました。その後我が国における製造活動を取り巻く状況は大きく変化し、地球環境対応等の新たな課題への取り組みが必要不可欠になり、そうした課題を製造技術の高度化によって解決していくために、幅広く調査研究開発等を推進すべく、平成9年5月に組織の名称を「財団法人製造科学技術センター」と変更致しました。前年にインバース・マニファクチャリングフォーラムの事務局をお引き受けしたのもこの改称の一つの要因ということになります。

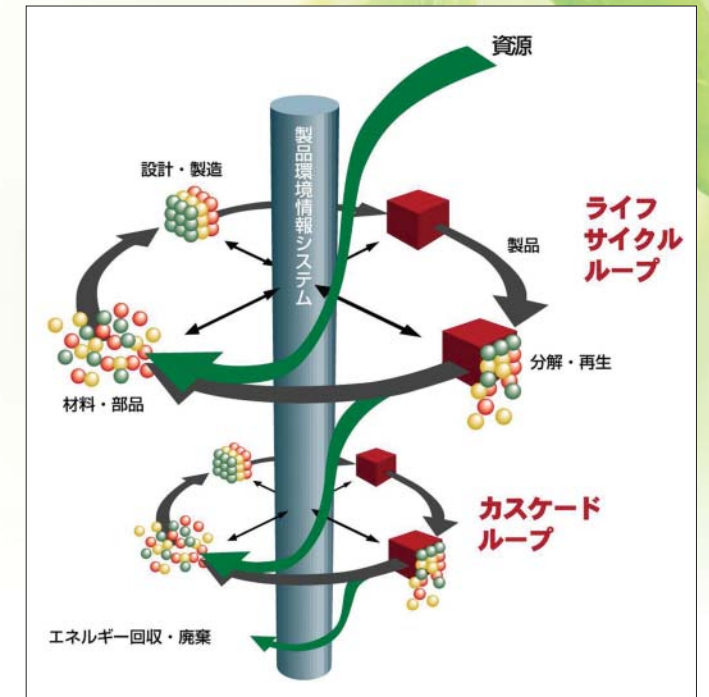
この20年間、日本の経済の骨格を支えているのは製造業であることに変わりはありませんが、その置かれている立場は大きく変わりつつあります。製造業は、バブル経済崩壊を乗り越え、半導体を初めとする材料デバイスや、コンピュータやインターネットなどの通信、情報分野における技術のめざましい進歩を取り入れるとともに、製造プロセスやシステムそのものを改革、改善することにより大きく発展して来きました。しかし最近では、少子高齢化などによる人口や就業構造の変化、中国、韓国を初めとするアジア各国の工業化の進展による競争の激化、地球温暖化等環境問題の深刻化、エネルギーや金属資源の価格高騰や枯渇問題等様々な課題に直面しています。当財団と致しましては、これら課題解決につながる製造科学の高度化、標準化、国際協力の一層の進展を図るための努力を今後ともインバース・マニファクチャリングフォーラムと協力して続けていく所存であります。

次の世代に美しい地球と国土を引き継ぐために製造業として環境負荷をできるだけ低減することは大きな社会ニーズとなっています。インバース・マニファクチャリングフォーラムが、持続可能社会における製造業の繁栄の実現を目指して、今後一層発展されることをお祈り致します。

設立の趣旨

21世紀に向けて、活発な生産活動を持続しながら、環境悪化を引き起こすことなく資源の有効利用を図り、かつ、経済性を保持するためには、環境共生型の経済社会の構築が不可欠となっております。

このため、自然環境に放出することにより浄化を期待するという、従来の生産活動、すなわち「設計→生産→使用→廃棄」といった順工程に注目した生産システムから、「回収→分解・選別→再利用→生産」といった逆工程も重視した循環の製品ライフサイクルを前提とした新たなモノ作りへの転換が望まれております。そのため、従来、廃棄されていた使用済み製品を回収し、製品、コンポーネント、部品、材料の形で効果的にリサイクルする製造技術体系、すなわち「インバース・マニファクチャリングシステム」の確立を目指す必要があります。



設立総会の状況

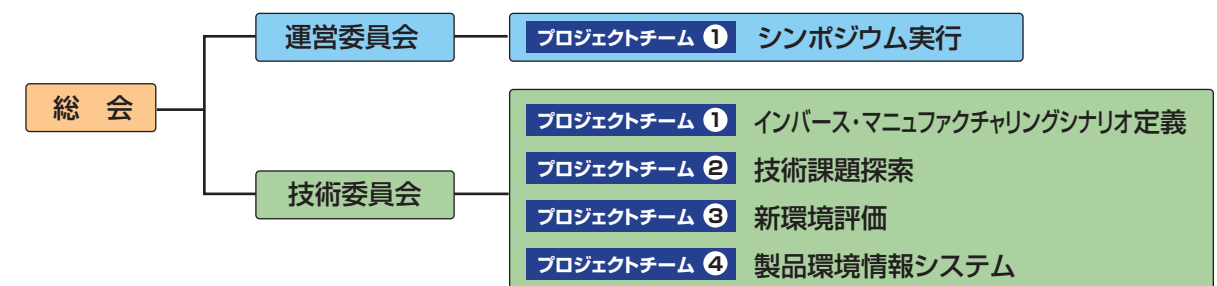
平成8年(1996年)12月9日(月)設立総会がキャピトル東急ホテルにて開催されました。(出席者234名)
総会は主催団体である財団法人国際ロボット・エフ・エー技術センター林秀行専務理事の開会の辞に始まり、発起人を代表して当時東京大学総長でありました吉川弘之先生の挨拶があり、規約・事業活動が審議・承認、更にシンボルマークの紹介が行われ、会長に吉川弘之先生が選出されました。

次いで吉川弘之先生による記念講演「循環型社会の実現」が行われ、吉川先生手書きのユニークな資料でインバース・マニファクチャリングによる循環型社会への期待についての名講演がありました。

夕方からは、懇親パーティーが行われ、財団法人国際ロボット・エフ・エー技術センター青井舒一理事長による主催団体の挨拶、通商産業省機械情報産業局中川勝弘課長の来賓挨拶に引き続き石川島播磨重工業(株)武井俊文社長の音頭で乾杯が行われ、インバース・マニファクチャリング・フォーラムの門出が祝されました。(組織名称等は当時のもの)

設立時の活動

(1) 技術調査研究、(2) 環境共生型社会システムの調査研究 (3) 交流事業、(4) 啓蒙・普及事業という事業計画に従って技術委員会および運営委員会のもとに5つのプロジェクトチームがスタートしました。



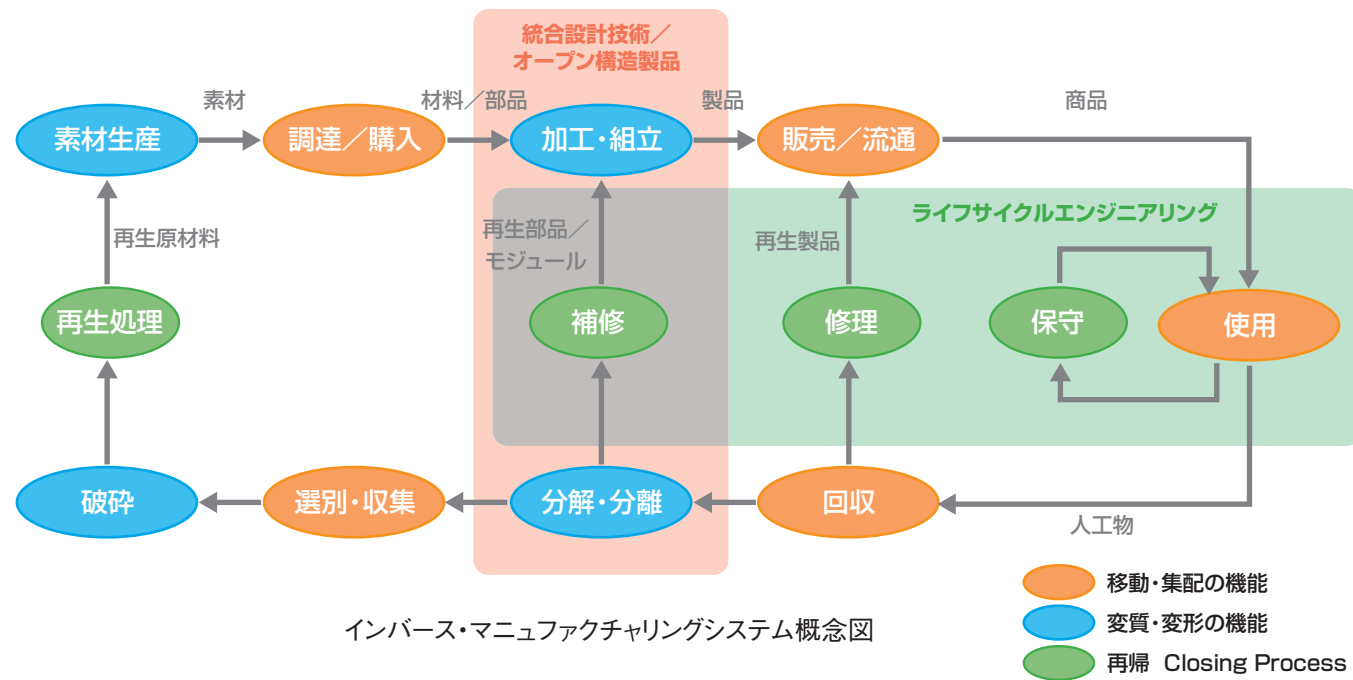
設立時の背景

当時は大量生産・大量消費のツケが回ってきて、廃棄物処分場の不足が顕著でした。このために、1991年4月に再生資源利用促進法（現：資源有効利用促進法）が公布され、廃棄物の再資源化を目指すとともに廃棄物の減量化が叫ばれていました。しかし、サーマルリサイクルでエネルギーとして利用することは可能であったが、廃棄物を原材料に戻して、再度使用するというのはコスト的にも、エネルギー消費からも難しいことでした。

1995年頃より従来の生産工程の逆の「廃棄物→製品原料」を社会の仕組みとして行うという提案ができました。当時の通商産業省でインバース・マニュファクチャリングとして、技術

開発の予算化計画が始まり、高度分解・選別・破碎・粉碎、情報システムデータベースの構築等の検討が行われました。

1995年11月にインバース・マニュファクチャリング研究会がスタートしました。この中で再利用の状況が議論の中心となり、家電製品・自動車・電子機器（OA機器）等が対象となりました。この頃よりリユース（再利用）の重要性が認識され ①中古品としての流通（当時はコンピュータ等の中古品市場は皆無）②部品レベルでの再利用が検討されました。インバース・マニュファクチャリングシステムの概念図も提案されました。

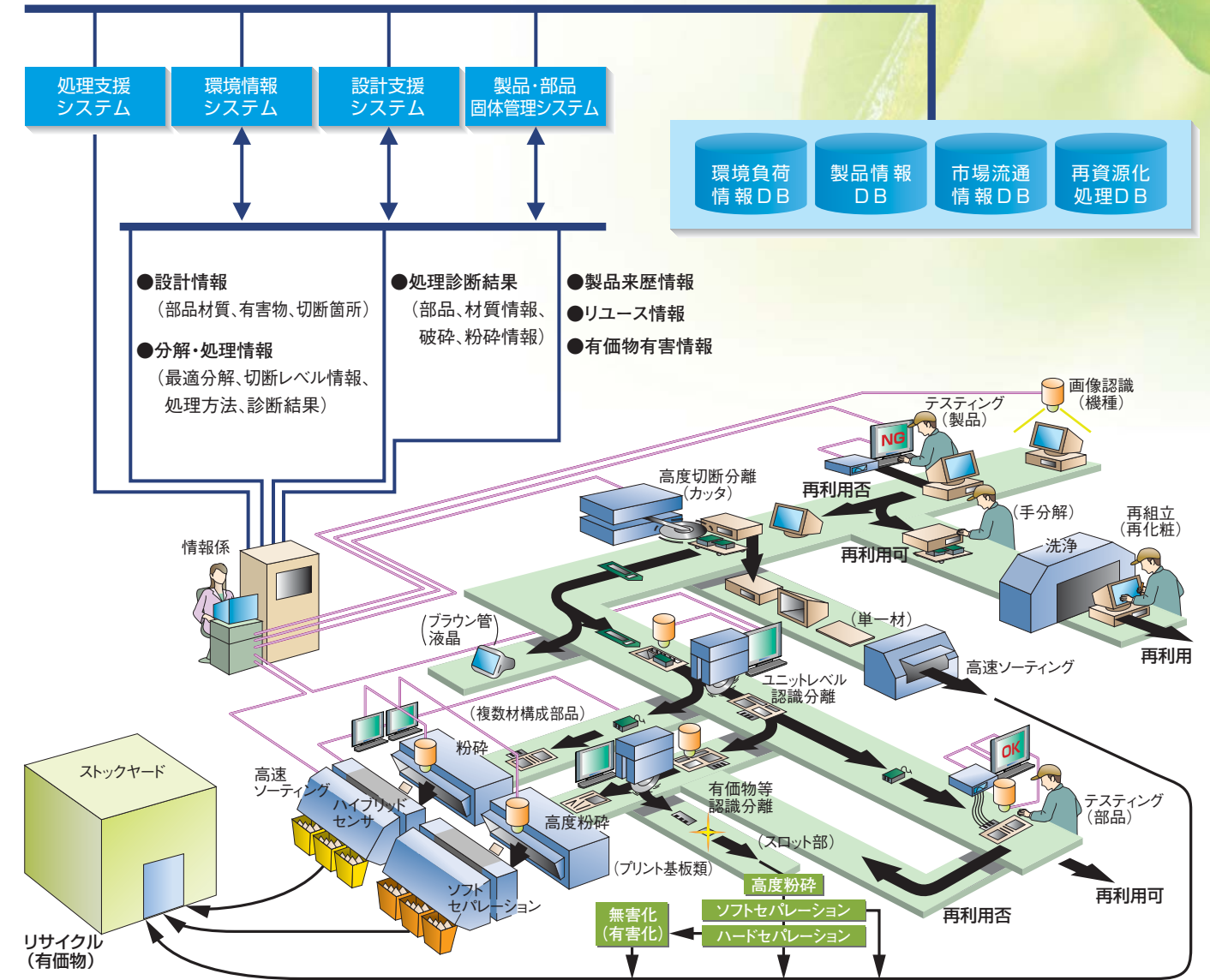


インバース・マニュファクチャリングシステム概念図

当時は電子製品の寿命は短く、まだ使用可能なのに廃棄物処分場に捨てられるものが多く、なんとか部品レベルでの寿命まで使用できないかとの検討が行われました。部品を取り出すためには、何本もネジを外さないと解体できず、時間がかかりコスト的に合わなかったり、家電製品はネジがさび付いて外れませんでした。こういう中から「易解体技術」が注目を集めてきました。

研究会にワーキンググループが設置されて技術開発課題が合宿にて検討され ①環境情報システムの開発、②新設計・生産技術の開発 ③リサイクル性を判定するセンシングおよびテスト技術の開発 ④分離・分解技術の開発、⑤補完的なカスケードリサイクル技術の開発という大項目のもとに16のテーマが作成されました。これをもとにインバース・マニュファクチャリング技術開発（案）が提案され、インバース・マニュファクチャリングフォーラムが1996年12月に設立総会を迎えました。

設立時におけるインバース・マニュファクチャリングシステム構想図（情報機器）



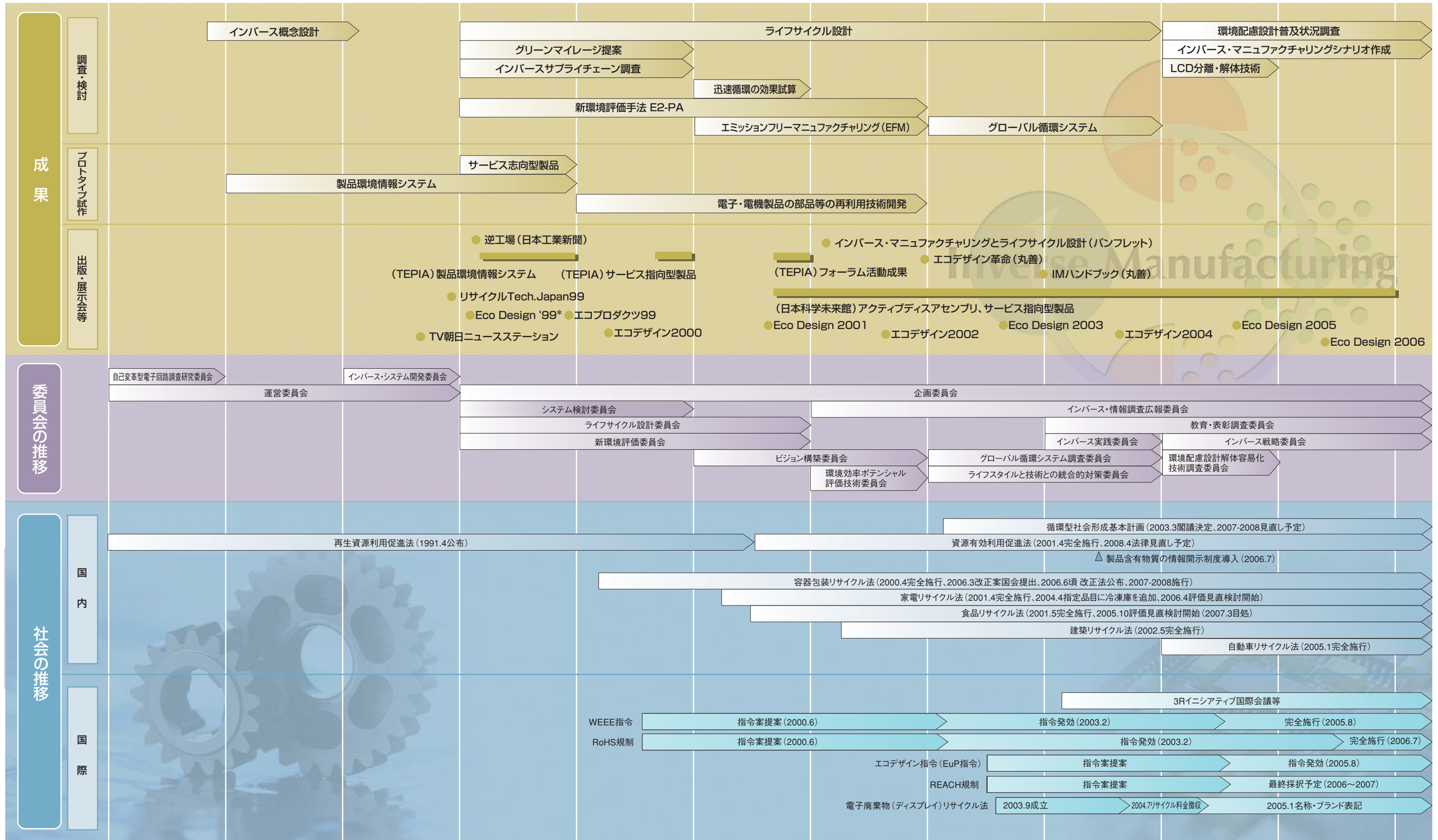
インバース・マニュファクチャリングシステム構想図

システムは、

- (1) 分解・処理情報、設計情報をデータベースより入手
 - (2) 解体・分解
 - (3) 再利用可能品のテスト（性能検査）
 - (4) 再利用可能品の洗浄
- より構成されています。

あゆみ

1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006年度



* 正式名称は、1st International Symposium on Environmentally conscious Design and Inverse Manufacturing

成果

製品環境情報システム

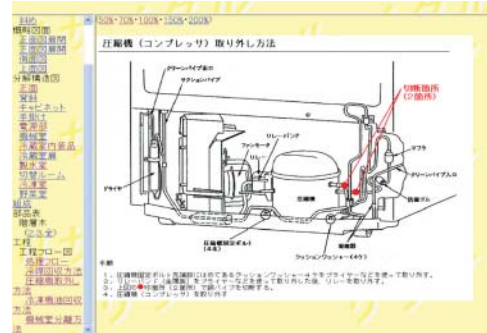
(財)機械システム振興協会、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)からの委託を受け、製品のライフサイクル各プロセスでどのような情報が必要で、それら情報を、どのようなシステムによって、どのように運営管理をすれば、製造者、利用者、廃棄処理業者などにとって、必要とする情報が、必要とするときに得られるかを検討し、システムのプロトタイプを作成、インバース・マニファクチャリング製品環境情報システムとしてインターネット上で公開した。(http://www.mstc.or.jp/m-1db/ 1998年9月公開)

全体のシステムは、生産支援指向システムと処理支援指向システムおよび両システムに共通な、情報検索などに用いられるクライアントツールと、両方のシステムからアクセスされる製品情報データベース、分解再生データベースから成り立っている。生産者支援指向システムは、生産者が環境に配慮して、再使用、再利用しやすい製品を、設計開発するために必要な情報を集めてくるのを支援するシステムで具体的には、設計時に使用する部品などの、製造や処理のプロセスでの環境負荷情報やリサイクルや廃棄のデータを提供するものである。処理支援指向システムは、開発設計した製品に関する情報をまとめて提供するシステムで、主な利用者として、処理業者や消費者を考えている。

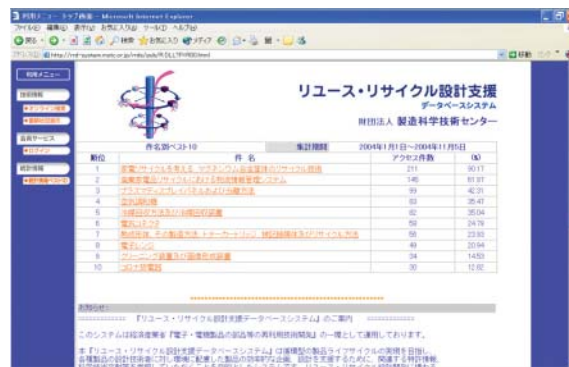
製品情報データベースには、テレビ、エアコン、冷蔵庫、パソコン、洗濯機の各製品ごとに製品仕様、部品表と階層ツリー、分解構造図、分解工程フローなどの情報がリレーショナルデータベースを用いて表現されており、分解再生データベースにはパソコンの処理プロセスに関するデータが格納されている。本プロトタイプシステムの開発、公開を通じて、製品環境情報システムの有効性とその実現の技術的可能性が示された。

環境調和型製品の設計の際には、このような情報の他に、対象とする製品に取り入れられたり、他社の特許との抵触を避けるために他社の特許や先進技術を調査、参照する必要がある。特許情報は、インターネット上で公開されている特許庁の電子図書館を利用することが多いと思われるが、(財)製造科学技術センターでは、H14、15年度に経済産業省からの委託を受け、「電子電機製品の部品等の再利用技術」につき、過去の特許、実用新案、技術文献を集めて、それぞれに多観点タームを付けて情報をヒット率の向上や検索しやすさを狙ったデータベースを構築した。

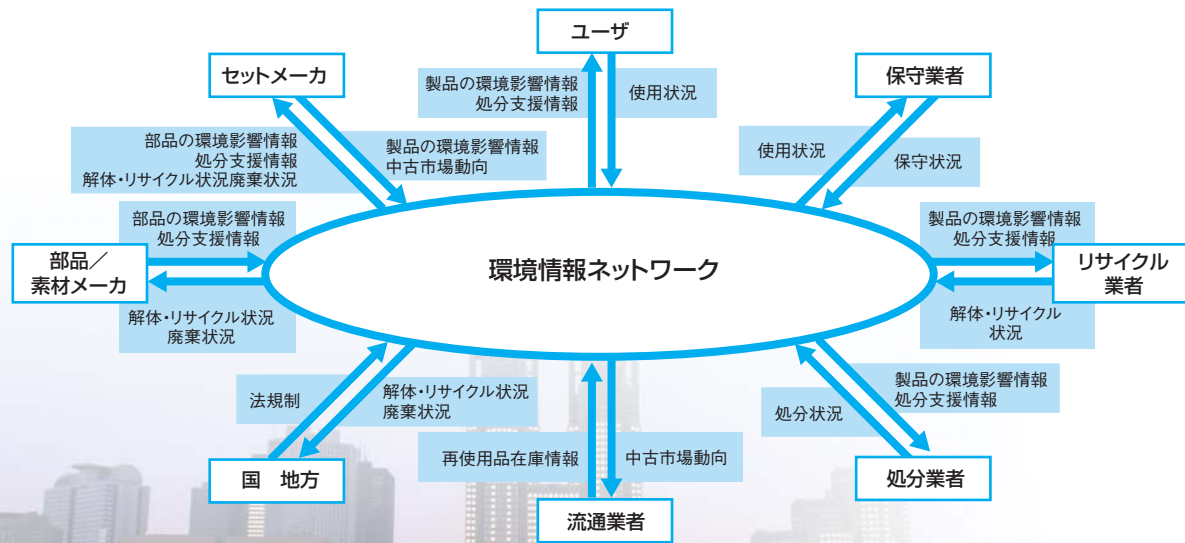
このデータベースは、一般閲覧者が新たに文献等の有用な情報を見つけたとき、それをデータベースに登録申請することができ、情報の拡充ができるようになっている。現在、本システムはインターネット上で公開されている。(http://www.mstc.or.jp/millennium/rrds.html) このデータベースには、特許・実用新案だけでなく、技術誌からも採録されており、リユース、リサイクルの事例集としての活用も考えられる。



解体情報の例(冷蔵庫からコンプレッサの取り外し)



リユース・リサイクル設計支援 特許文献データベース



インバース製品:サービス志向型製品コンセプトの提案

当フォーラムでは、リサイクル・リユースを生産工程に組み入れた循環型ビジネスに適応した製品として、「サービス志向型製品 (Service-Oriented Product)」を提案した。このビジネス形態では、ハードウェアのレンタル・リースを基本とする。企業は、提供するサービス内容をユーザーに明示する。ユーザーは、自分にとって必要なサービスを選択し、企業からそのサービスを実現するためのハードウェア(機能モジュールの組み合わせ)を借り受ける。ある期間使用した後、ハードウェアは企業に返却され、モジュール単位で検査された後、再び組み合わせられて、別のユーザーへ提供される。

このようなビジネスにより、企業は変化するユーザーニーズに対応したサービスをタイムリーに提供することが可能となり、ユーザーは好みのサービスを常に享受できるようになる。

家庭用情報機器を対象に、ワーキングモデルの試作を行なった。家庭における3種類のサービス・コースに適用した製品を提供できるように、独立した機能部品(モジュール)の組み合わせで構成されている(下図)。各モジュールは、異なるサービスコースへ流用できるように、共通化されている。



現在は、当該製品を日本科学未来館 (http://www.miraikan.jst.go.jp/) で展示公開を行っている。

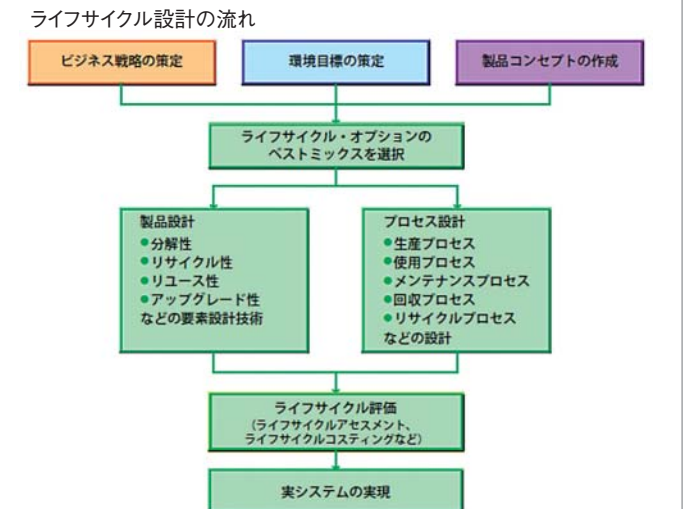
インバース・マニファクチャリングとライフサイクル設計(パンフレット)

インバース・マニファクチャリングの特徴である製品のライフサイクル全体を通じて環境負荷を削減するという考え方を啓発するために、フォーラムでの検討結果を「インバース・マニファクチャリングとライフサイクル設計—循環型社会構築のために—」という小冊子を発行した。(平成14年4月)

記述された主な内容は、(1)ライフサイクル設計の上流段階におけるライフサイクル・オプションの選択方法、および、(2)リユースの可能性と課題の二点を中心として、インバース・マニファクチャリング全体の説明

とライフサイクル設計の基本的な考え方などである。

読者対象を、大学生や、企業の新入社員と設定してわかりやすい記述を心がけた。本冊子は、インバース・マニファクチャリングフォーラムで実施したシンポジウムや講演会等で配付され、インバース・マニファクチャリング思想の普及展開に大きく貢献した。



成果

新環境評価手法E2-PA (Eco-Efficiency Potential Assessment Method)

環境定量評価手法E2-PA(Eco-Efficiency Potential Assessment Method)は、インバース・マニュファクチャリング・フォーラムの新環境評価委員会(委員長:永田勝也早稲田大学教授1999~2002年)において開発された環境定量評価手法である。

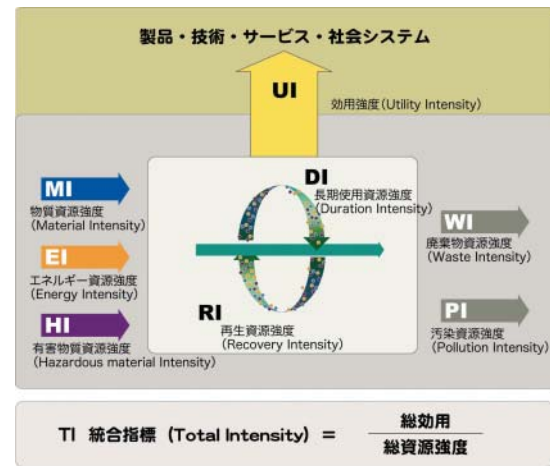
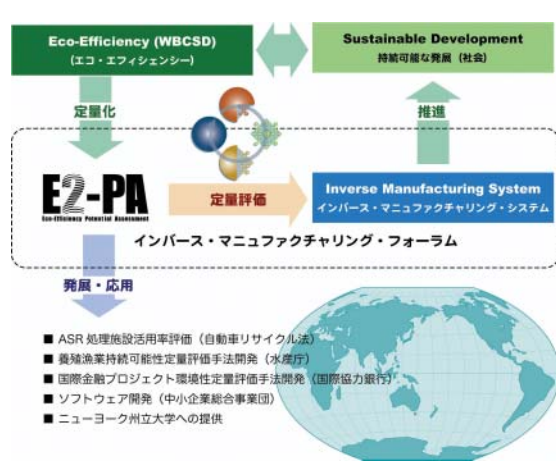
当時、環境という環境汚染影響といった概念が主流で、その定量化という観点ではLCA(Life Cycle Assessment)が主流であった。

こうした状況下で、1) 持続可能性という観点から製品やサービス・社会システムを評価し、2) 評価作業の簡便性と合理性というコンセプトから、当時は先進的でありながら欧米を中心として普及している持続可能性のための理念であるEco Efficiency の定量化を目指す、E2-PAが新環境評価手法として開発されるに至った。

E2-PAは、製品やサービス・社会システムの効用と環境負荷の比率から

環境性を評価するものである。さらに、それらの効用を得るに必要な、資源消費、エネルギー消費、有害物質消費ばかりだけでなく、長寿命化効果やリサイクル効果を共通の物質強度(統一の物質指数)として各々を定量評価するとともに、統合的な定量評価も容易に可能ならしめている。また、これらの定量値をポテンシャルとして評価することで、将来的な外部不経済部分のリスクの定量評価も可能とし、Eco Efficiencyの理念に基づく社会的なインセンティブにしていくことを求めているとともに、分析者における従来の静脈流通部分のデータ補足作業の大きな負担を軽減している。

E2-PAの成果としては、その後公的助成措置(中小企業総合事業団)によりソフトウェアとしての開発がなされ、発展、応用が進められた。



グローバル循環システム

我が国で発生する使用済み製品(家電、PC、自動車等の耐久消費財や各種産業機械等)は相当数が海外に輸出され、リユース、リサイクルされている現状を踏まえ、国際的な3Rの効率的な推進に向けた循環モデル案の構築を目的として、日本周辺のアジア地域(中国、シンガポール、マレーシア、タイ)のPC及び実装機のリサイクルの現状について調査し、環境の側面から最適モデルを検討した。

グローバル循環システムモデルの環境性評価

日本国内で発生する使用済みパソコンを再資源化する上での環境負荷量比較のケーススタディとして1) 日本国内で再資源化する場合と2) 中国国内で再資源化する場合について、E2-PA (Eco-Efficiency Potential Assessment) 手法を用いて検討した。

再資源化に係る輸送(収集・運搬)、再資源化処理、最終処分による環境負荷量を統合すれば、日本よりも中国で再資源化を図る方が環境負荷は小さいという結果が得られた。



グローバル循環システム構築に向けた課題

相互理解の促進	<ul style="list-style-type: none"> ● 関係国間のメリット・デメリットの明確化 ● 不公平感の解消 ● 環境汚染リスク対策
循環情報の透明化	<ul style="list-style-type: none"> ● アウトローの排除化 ● グローバル循環向けの使用済み製品情報の公開化
技術支援	● 日本の廃棄物処理/リサイクルに関する技術及び装置等の提供

グローバル循環システムモデルにおけるコスト試算

仕様	コスト(円/台) ※2		
	内部	外部	合計
ケース1 ● 日本国内での使用済み製品の中国輸出 ● 中国国内でのリサイクル/廃棄物処理	6.35	0.55	6.90
ケース2 ※1 ● 日本国内での使用済み製品の中国輸出 ● 中国国内でのリサイクル/廃棄物処理 ● 有害物質の中国から日本へ返還(日本国内処理)	5.83	0.14	6.00
ケース3 ※2 ● 日本国内でのリサイクル/廃棄物処理	11.21	1.81	13.0

※1 ケース2及びケース3でのリサイクル/廃棄物処理は特区等特定の場所を設定して集中的に処理するものとする。
※2 内部:内部経済部分のコスト、外部:外部不経済部分のコスト、計:内部経済部分及び外部不経済部分のコストの合計

電子・電機製品の部品等の再利用技術開発(解体容易な締結システムの開発)

リサイクル工場の解体作業時間短縮、人件費の削減を図ることを目的として液晶テレビ等の締結部分を形状記憶材料で製作し、締結部を加熱することにより容易に液晶パネルを取り出せるシステムを検討し、その実証実験を行った。

この開発は循環型社会の要請に応えるため解体容易な締結方法と部品の提案で形状記憶材料を利用して製品の解体効率を飛躍的に向上させ、製品のリサイクルコストの低減に貢献することを目指している。

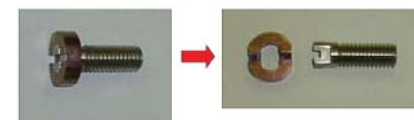
開発した締結部品は
①形状記憶ポリマーねじ……回復歪が大きく、写真のように、加熱によりねじ山がなくなる。形状記憶ポリマーはポリウレタン樹脂を使用。強度は一般的に金属の1/10程度であるが、回復歪量大きい。



素材	強度 (MPa)	変形温度 (°C)	回復歪 (%)
ポリウレタン	20~50	30~120	≒100

②形状記憶合金ねじ……Ti-Ni系の合金が形状記憶特性において優れている。ねじは加熱するとねじ径が小さくなり外れるものと加熱すると、形状記憶リングが拡大しSUS304ねじとの締結が外れるものを試作した。

試作ねじ3 (第3世代ねじ)



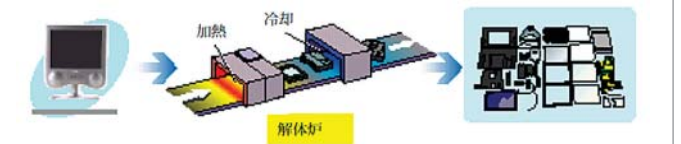
加熱すると、形状記憶リングが拡大しSUS304ねじとの締結が外れる。

素材	利点	欠点
試作ねじ	①ねじ全て抜取り可能 ②締結が外れると、パネルでねじが飛び出す	①スリット構造 -低強度(通常ねじ比1/10) ②タッピンねじ加工不可
試作ねじ	①通常ねじ締結強度保持 ②タッピン加工可能	①形状記憶リング部がぐらつく ②タッピンねじ加工不可

易解体性家電製品のモデルとして筐体モデルを試作しエコプロダクツ2001に出品した。



液晶テレビは下図のように廃棄され、リサイクル工場において加熱、冷却ラインに投入することにより部品単位にまで解体が可能となる。

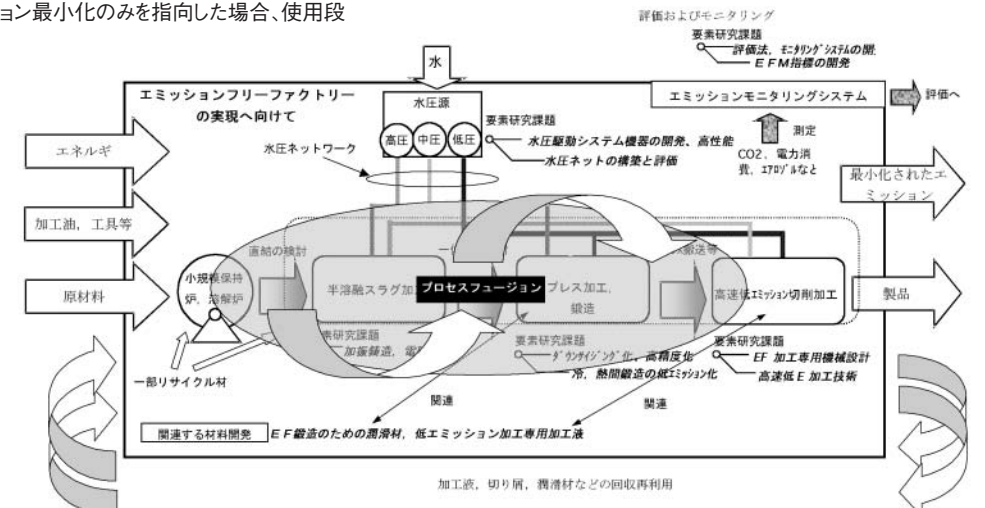


エミッションフリーマニュファクチャリング (EFM)

加工組立製品におけるSustainable Developmentを実現するため、製造プロセスの面から省エネルギー、省資源、省エミッションなどReduce、Recyclingを追求する。とくにプロセスチェーンのベストミックスとして一貫したトータルシステムのReduceの実現が重要であるが製品の個別加工工程の省エネルギー化、エミッション最小化のみを指向した場合、使用段階も含めた製品ライフサイクル全体では環境負荷が増大する場合がある。この逆で、製造プロセスにおいて環境負荷が増加しても、ライフサイクル全体で減少させる研究開発例は自動車へのマグネシウム合金の応用など少なくない。本プロジェクトでは、素材から製品として完成するまでの工業製品の総合的製造プロセスを対象に、製品の使用段階を含めた環境負荷

を評価しつつ、一連のトータル加工プロセスで、投入エネルギー、資源、及び排出物を極小化させる技術の確立、及びプロトタイプセルの構築をめざした調査提言を行った。

以下に、システム構成イメージを記載する。

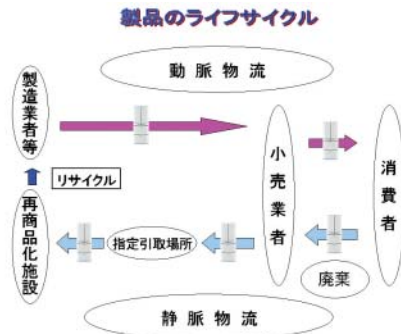


エミッションの定義:製造過程から排出される製品以外のもの全てを言う。特にここでは、処理に必要な廃油や工場内でのエアロゾルを念頭に置いている。プロジェクトの目指すもの:将来的にエミッションフリー加工を実現すること。途中段階では適正に処理する条件で、最小限のエミッションを排出することは許容されるだろう。また同時に温暖化ガス排出削減に関わる社会的要請も鑑み、原油換算での省エネを達成することも目標とする。定量的目標:どのエミッションを主要なターゲットとするかは確定していないが、最終製品の加工精度、生産性を現行と同程度以上確保した上で、総エミッションを概ね1/2以下とする。対象とする製品:クランクシャフト、シリンダブロック-likeな形状材料:鋳鉄、アルミ合金またはその複合材

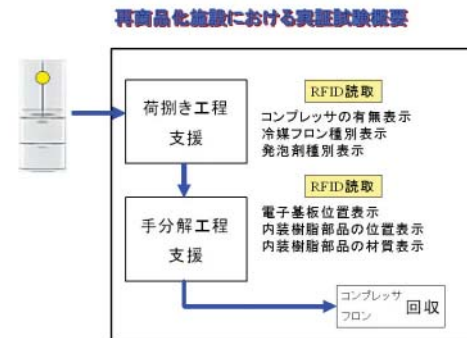
成果

電子・電機製品の部品等の再利用技術開発(耐環境性、金属貼付可能RFID及びその読取書込機の開発)

製品のライフサイクルは、家電製品のような商品は製造業者がディーラー若しくは小売業者に製品を販売し、消費者はそれを購入するいわゆる動脈物流にのって購買活動を行っている。また、消費者は耐用年数を越えたものや必要なくなったものを廃棄する際、冷蔵庫等の家電製品については、消費者が小売業者に処理費用を支払い再商品化施設へ廃棄物を輸送して廃棄物を各製品の素材毎に選別しリサイクルされる静脈物流にのせられる。



②再商品化施設における実証試験
冷蔵庫が再商品化施設に入るとまず、冷却ガスの回収を行うがその行程におけるガスの種類を判別するのにRFID情報を用い以下のデータが得られた。



	現行作業時間	実証試験作業時間
小売業者	5分36秒	約6秒
指定引取場所		約4秒

その後、手分解工程で樹脂の回収を行うが、現在は樹脂は分別回収せずサーマルリサイクルを行っている。それを樹脂を分別回収する提案を行い、分別の実証試験を行った結果以下のデータが得られた。

素材	RFID無し			RFID有り		
	第1回目	第2回目	合計	第1回目	第2回目	合計
総重量	4,448	4,314	8,762	4,415	4,312	8,727
PS重量	0	225	225	245	243	488
PP重量	0	93	93	102	102	204
電気コード重量	6	6	13	6	7	13
パッキン重量	70	69	139	71	67	138
電子基板重量	0	34	34	34	34	68
素材不明重量	45	130	175	88	85	173
ゴミ重量	5	4	9	3	5	8
樹脂部品リサイクル率 (PS+PP)/総重量	-			7.9%		

これら得られたデータは以後の製品のトレーサビリティに役立つこととなり、現在は(財)家電製品協会が主体となり経済産業省の委託事業として実用化に向け研究開発が行われている。

*RFID: Radio Frequency Identification
微小な無線チップにより人やモノを識別・管理する仕組み

耐環境性、金属貼付可能RFID及びその読取書込機の開発では、RFIDの次の特性を生かしたシステムの構築をめざした。

- a. 環境の影響が小さい
- b. データの書換えができる
- c. 情報量が多い
- d. 遠隔読取可能

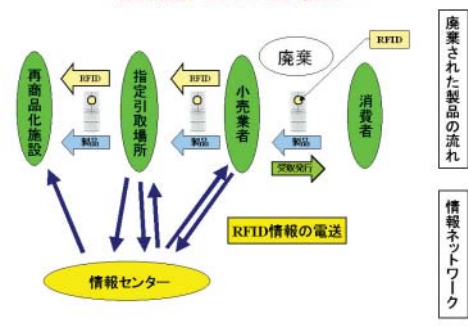
しかし、RFIDは電波を使用しているため、金属の影響を受けやすいため金属貼付可能にするための機器の開発が必要であった。最初の2年間はRFタグを含めた機器の開発に費やした。その後①静脈物流におけるトレーサビリティに役立つ情報の検討と②再商品化施設における部品を各素材に、分別の際に製品が設計段階で使用する部品の素材情報をRFIDに書き込んでおきガスの種類や樹脂部品の素材情報を作業者に提供し分別処理の効率化に役立つための実証試験を行った。

①静脈物流における電子情報化実証試験

静脈物流の電子情報化による作業効率化については、RFIDが貼付された場合の作業効率は現在のマニュアルによる作業と比較して1台あたり5分30秒の作業短縮ができた。



静脈物流における電子情報化



	現行作業時間	実証試験作業時間
小売業者	5分36秒	約6秒
指定引取場所		約4秒

会員名簿

(2006年12月)

企業会員(25社)

- | | |
|---------------|------------------|
| 石川島播磨重工業株式会社 | 株式会社 日立製作所 |
| 株式会社 イーエムエスアイ | ファナック株式会社 |
| 株式会社 荏原製作所 | 富士フイルム株式会社 |
| 川崎重工業株式会社 | 富士ゼロックス株式会社 |
| 株式会社 小松製作所 | 富士電機リテイルシステム株式会社 |
| JFEスチール株式会社 | 本田技研工業株式会社 |
| シャープ株式会社 | 松下電器産業株式会社 |
| 新日本製鐵株式会社 | 三菱電機株式会社 |
| 株式会社 東芝 | 三菱マテリアル株式会社 |
| トヨタ自動車株式会社 | 株式会社 明電舎 |
| 日産自動車株式会社 | 横河電機株式会社 |
| 日本板硝子株式会社 | 株式会社 リコー |
| 日本電気株式会社 | |

学術会員(大学31名)

- 架谷 昌信(愛知工業大学大学院 機械工学研究科)
- 梅田 靖(大阪大学大学院 工学研究科)
- 西條 辰義(大阪大学 社会経済研究所)
- 石瀬 正士(大阪大学大学院 工学研究科)
- 広瀬 浩一(大阪大学大学院 工学研究科)
- 石原 慶一(京都大学大学院 エネルギー科学研究科)
- 岡村 宏(芝浦工業大学 システム工学部 機械制御システム学科)
- 剣持 潔(信州大学 繊維学部 機能機械学科)
- 富山 哲男(デルフト工科大学)
- 稲葉 敦(東京大学 人工物工学研究センター)
- 木村 文彦(東京大学大学院 工学系研究科)
- 須賀 唯知(東京大学大学院 工学系研究科)
- 鈴木 宏正(東京大学 先端科学技術研究センター)
- 高橋 淳(東京大学大学院 工学系研究科)
- 中西 友子(東京大学大学院 農学生命科学研究科)
- 中村 一彦(東京大学大学院 工学系研究科)
- 馬場 靖憲(東京大学 先端科学技術研究センター)
- 藤本 淳(東京大学 先端科学技術研究センター)
- 強 朝暉(東京大学 先端科学技術研究センター)
- 前田 正史(東京大学 生産技術研究所)
- 山本 和夫(東京大学 環境安全研究センター)
- 山際 康之(東京造形大学 造形学部)
- 近藤 康雄(鳥取大学大学院 工学研究科)
- 岩田 彰(名古屋工業大学 工学部 電気情報工学科)
- 大熊 繁(名古屋大学大学院 工学研究科)
- 島田 俊夫(名古屋大学 工学研究科)
- 鈴木 達也(名古屋大学 工学研究科)
- 花崎 紘一(福井工業大学 工学部 建設工学科)
- 阿井 大典(早稲田大学 国際情報通信研究科)
- 大和田秀二(早稲田大学 理工学部 資源工学科)
- 永田 勝也(早稲田大学 理工学部 機械工学科)

学術会員(研究所11名)

- 吉川 弘之(独立行政法人 産業技術総合研究所 理事長)
- 大見 孝吉(独立行政法人 産業技術総合研究所 国際部門)
- 服部 光郎(独立行政法人 産業技術総合研究所 デジタルものづくり研究センター)
- 増井慶次郎(独立行政法人 産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門)
- 近藤 伸亮(独立行政法人 産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門)
- 野村 昇(独立行政法人 産業技術総合研究所 ライフサイクルアセスメント研究センター)
- 遠藤 茂寿(独立行政法人 産業技術総合研究所 環境調和技术研究部門)
- 大矢 仁史(独立行政法人 産業技術総合研究所 環境調和技术研究部門)
- 鈴木 孝和(独立行政法人 産業技術総合研究所 計算科学研究部門)
- 永井 英幹(独立行政法人 産業技術総合研究所 計測フロンティア研究部門)
- 藤野 純一(独立行政法人 国立環境研究所 地球環境研究センター)

個人会員(1名)

- 赤井 富一(赤井事務所)

団体会員(17団体)

- 財団法人 エンジニアリング振興協会
- 財団法人 家電製品協会
- 財団法人 金属系材料研究開発センター
- 財団法人 地域振興研究所
- 財団法人 名古屋産業科学研究所
- 財団法人 名古屋市産業振興公社
- 社団法人 産業環境管理協会
- 社団法人 電線総合技術センター
- 社団法人 日本産業機械工業会
- 社団法人 日本自動認識システム協会
- 社団法人 日本縫製機械工業会
- 社団法人 日本半導体製造装置協会
- 社団法人 ビジネス機械・情報システム産業協会
- 特定非営利活動法人 エコデザイン推進機構
- 特定非営利活動法人 水産衛生管理システム協会
- 日本MH協会
- 日本自動販売機工業会

自治体会員(3自治体)

- 青森県商工観光労働部
- 名古屋市市民経済局
- 三鷹市生活環境部

編集後記

1996年12月14日 東京溜池のキャピタル東急ホテルにてインバース・マニュファクチャリングフォーラムの設立総会を開催し、通商産業省(現:経済産業省)のご指導の下、産学のそうそうたるメンバーが設立発起人として名を連ね、環境という言葉が一般でない時代に、製造業者が自らの製品の循環(環境)を目指すことを確認しあった記念すべき日となった。そして、各種リサイクル法をはじめ、環境を考えることが当たり前となってきている。当たり前であるが故に、本音と建前が2極化しやすい時期とも言える。環境で本当に大事なものは理想よりも着実な一歩一歩で、インバース・マニュファクチャリングが目指すべき方向もこれからが重要な時期になるのではないだろうか。事務局も身の引き締まる思いである(T.M.)

組織は、一般的に、設立されて10年も経つと、設立時の熱気も冷め、当時を知る人も少なくなり、活動もトーンダウンしてくる。ここでもう一度、設立時の思い起こし、新たな活動を加速する絶好のチャンスとするために、過去のデータを整理して、10周年のあゆみを発行した。日本のプロ野球選手の中には、最近、ポストティング制度を使って移籍する選手もいるが、従来では、9年、10年経った選手がフリーエージェント宣言をして移籍するのが普通だった。インバース・マニュファクチャリングも10年選手ではあるが自己の実現には、まだ先の遠い道のりがあるかもしれない。先人の苦勞を糧として、インバース・マニュファクチャリングのコンセプト実現に向かって進んでいきたい。(S.T)