

平成19年度 成果報告書

設計・製造・加工分野における  
サステナブル・マニュファクチャリングに関する  
技術戦略マップ調査 報告書

平成20年3月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

(委託先)財団法人 製造科学技術センター

## まえがき

我が国は、工業立国として「ものづくり」を中心に、世界の中でも先進的な取組を図ってきたが、近年、工業製品の製造技術を向上させてきた海外諸国との競争に直面しており、海外製品との差別化等による輸出競争力向上のため、製造技術についての統合的な整理が必要になってきている。

特に、資源の大半を海外からの輸入に依存している我が国にとって、永続的に製造業を発展させていくためには、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求められており、サステナビリティという新たな観点を考慮した循環型の生産等の製造技術についての検討が必要である。

本調査では、こうした背景を踏まえ、15～20年先(2025年ごろ)をイメージして、我が国製造業の競争力の確保に必要な技術課題のうち、ものづくり技術(設計、製造、加工等の技術)を体系化した技術戦略マップを策定し、導入シナリオを示すことにより、我が国の政策や企業戦略の策定に寄与するとともにグローバルな持続可能社会の実現に資することを目的としたもので、具体的には、以下の事項を実施した。

### ①将来の社会シナリオの検討

将来社会でどのような技術を必要としているかを予測するために、動向調査、将来予測などを参考に将来のサステナブルな社会像をシナリオで表現した。

### ②サステナブルな社会実現のために必要な要素技術の抽出と体系化(技術マップ)

将来のサステナブルな社会実現に必要な要素技術のうち、設計・製造・加工等の分野に関するものを抽出し、体系的に整理した。

### ③要素技術の実現時期の想定(ロードマップ)

②において抽出、整理された要素技術の実現時期を想定した。

### ④技術開発の道筋を示す導入シナリオの検討

これら要素技術を実現させ、社会に導入する道筋を示す導入シナリオを検討した。

### ⑤サステナブル・マニュファクチャリング技術戦略マップ策定WGの設置・運営

①～④までの調査検討のために、設計・製造・加工等の分野における有識者からなるサステナブル・マニュファクチャリング技術戦略マップ策定WGを設置・運営した。

今回の作業は、サステナブル・マニュファクチャリングの進展に資するための技術戦略マップ策定の第一歩であり、今後ローリング等を通じて内容の一層の充実を図って行けば、活用場面の更なる広がりが期待できる。

本調査の成果が、諸施策の展開に役立てば幸である。

## サステナブル・マニュファクチャリング技術戦略マップ策定WG

- 主査 梅田 靖 大阪大学大学院 工学研究科 教授
- 幹事 三島 望 (独)産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門 エコ設計生産研究グループ グループ長
- 明渡 純 (独)産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門 集積加工研究グループ グループ長
- 石田 智利 (株)日立製作所 生産技術研究所 生産システム第一研究部 主任研究員
- 上野 潔 国際連合大学 プログラムアドバイザー
- 尾崎 浩一 (独)産業技術総合研究所 デジタルものづくり研究センター  
加工基盤技術研究チーム チームリーダー
- 中野 冠 (株)豊田中央研究所 シンクタンク室 主席研究員
- 藤本 淳 東京大学 先端科学技術研究センター 特任教授
- 松野 泰也 東京大学大学院 工学系研究科 准教授
- 山際 泰也 東京造形大学 造形学部 准教授

### オブザーバー

- 中野 禅 (独)産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門 集積加工研究グループ  
主任研究員
- 渡辺 政嘉 経済産業省製造産業局素形材産業室 室長(ものづくり政策審議室長兼務)
- 福田 光紀 経済産業省産業技術環境局研究開発課技術戦略専門職
- 松本 秀茂 (独)新エネルギー・産業技術総合開発機構 企画調整部 課長代理
- 橋本 千晃 (独)新エネルギー・産業技術総合開発機構 企画調整部 主任
- 九津見 啓之 (独)新エネルギー・産業技術総合開発機構 機械システム技術開発部 主査
- 佐藤 治道 (独)新エネルギー・産業技術総合開発機構 機械システム技術開発部 主査
- 蓮池 岳司 (株)日本総研 研究事業本部 主任研究員

## 要約

本報告書は、独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構の委託を受けて、(財)製造科学技術センターが作成した、持続可能なものづくりに向けた設計・製造・加工分野の技術戦略マップについて報告する。作成した技術戦略マップは、経済産業省の技術戦略マップ 2008 に掲載された。

我が国は、工業立国として「ものづくり」を中心に、世界の中でも先進的な取組を図ってきたが、近年、競争力の確保と同時に、持続可能性の実現が求められており、資源の有効活用という新たな観点を考慮した循環型製品製造等の製造技術についての検討が必要である。こうした背景を踏まえ、15～20年先(2025年ごろ)をイメージして、我が国製造業の競争力の確保と持続可能社会実現の両立に必要な技術課題のうち、ものづくり技術(設計、製造、加工等の技術)を体系化した技術戦略マップを策定し、導入シナリオを示すことにより、我が国の政策や企業戦略の策定に寄与するとともにグローバルな持続可能社会の実現に資することを本調査の目的とした。

設計・生産・加工分野の技術戦略マップを作成するにあたり、本WGでは以下の3点を方針とした。すなわち、(i)シーズ指向ではなくビジョン主導のロードマップを作成すること、(ii)そのために、2025年持続可能ものづくりシナリオを作成し、そこから技術戦略マップを展開すること、(iii) メゾレベル、すなわち、製造業、地域社会、市民生活のレベルで、種々の先進的な要素技術(マイクロレベル)をシステム化し、結果として温暖化ガス削減、資源枯渇対応などのマクロレベルの目標を達成するシステム化技術の技術開発戦略を中心に検討することにした。

得られた技術戦略マップにおいては、持続可能ものづくりの目標を「我が国の持続可能社会実現に貢献し、産業競争力のある製造業」であると設定し、2025年における、持続可能なものづくりシナリオの状況を想定したシナリオを作成した。この中から4つの基本的な技術開発の方向性、すなわち、「ライフサイクル思考」、広い意味でのものづくりにおける、時間、資源、環境負荷、空間、コストの「最小化」、「高付加価値化」、および、競争力の源泉としての「技術の伝承」、を抽出した。さらに、これらの技術開発の方向性を実現する要素技術を9つの座標軸、すなわち、「サービス化」、「システム化」、「見える化」、「情報化・ユビキタス化」、「再利用化」、「バランス化」、「代替化」、「標準化」、「人材育成」、で分類整理した。

以上により、2025年のシナリオに基づき導入シナリオを作成し、4つの基本的な方向性を大項目、9つの技術分類を小項目として、要素技術を体系化することにより技術マップを作成し、これを時間軸方向に展開することにより技術ロードマップを作成した。この技術戦略マップ作成過程を通じて、本分野の重要技術課題として、Life Cycle 設計技術、持続可能社会評価技術、グローバル循環設計管理技術、プロダクトのモデリング技術、現物融合技術、トレーサビリティ確保のための技術、製造における製品/サービス適正化技術、製品/サービス融合化技術、試作最小化技術、高効率の多品種変量生産、動脈静脈一体型生産システム技術、製造プロセスの省エネ、省資源技術、材料高歩留まり製造プロセス、の13課題を抽出することが出来た。

以上のように本調査では、持続可能なものづくり分野のようにシーズ主導ではなくニーズ主導な分

野におけるロードマップ作成の方法論として、ビジョン主導のアプローチによる技術戦略マップの基本的なフレームワークを明確にすることができた。さらに、「ライフサイクル思考」、「最小化」、「高付加価値化」、「技術の伝承」という4つの基本的な技術開発の方向性を抽出することができ、これを技術課題に展開することができた。これを今後ローリングすることにより、より質が高く、技術課題を網羅的に収集した技術戦略マップを作成できると考えている。

## 目次

### 本編

1. 背景および目的	1
1.1 シーズ指向ではなく、ビジョン主導	2
1.2 サステナブル・マニユファクチャリングシナリオ 2025 の作成	3
1.3 メゾレベルの技術開発戦略	3
2. 技術戦略マップの導出方法と構成	4
2.1 検討の経緯と作成の基本方針	4
2.2 技術マップの基本構成	5
2.3 サステナブル・マニユファクチャリング技術マップの作成方針	13
2.4 サステナブル・マニユファクチャリング技術ロードマップの作成方針	14
3. 技術戦略マップ	15
3.1 導入シナリオ	15
3.2 ライフサイクル思考の技術戦略マップ	19
3.3 最小化の技術戦略マップ	23
3.4 高付加価値化の技術戦略マップ	28
3.5 技術の伝承の技術戦略マップ	31
3.6 重要課題の抽出	34
4. 技術戦略マップの全体像	35
4.1 背景	35
4.2 目的	35
4.3 構成	35
5. まとめと今後の展開	37
参考文献	39

### 資料

【資料A-1】ものづくり技術戦略マップ作成の経緯と報告書の作成	A-1
【資料A-2.1】設計、製造、加工分野の技術戦略マップ(技術戦略マップ 2008)	A-5
【資料A-2.2】持続可能なものづくり分野の技術戦略マップ(技術戦略マップ 2008)	A-26

## 1. 背景および目的

7月に開催される洞爺湖サミットにおいて気候変動が主要議題に取り上げられる例を持ち出すまでもなく、地球環境問題解決の重要性は広く認識されつつある。また、地球環境問題を解決し、サステナビリティを獲得するためには、従来の大量生産・大量消費・大量廃棄パラダイムから脱却し、まさに持続可能なものづくりを実現する必要があることも広く認識されつつあると言って良い。現在は、気候変動などのマクロなレベルの問題認識段階、つまり、「何が」問題かを認識する段階が一段落し、これらの問題を解決し、持続可能性を「どのように」獲得するかという実行段階に入りつつあると考えられる。

我が国の「ものづくり国家戦略ビジョン」[1]においても、環境制約、資源制約、人口制約の三つの制約が明確に述べられており、その中で、ライフサイクルを通じた収益化など製造業パラダイムからものづくりパラダイムへの転換が謳われている。まさにこれが、サステナブル・マニュファクチャリングが目指すべき最終形態である。サステナブル・マニュファクチャリングが提唱されてきた背景には、「このような環境・資源・エネルギー制約を逆手にとり、イノベーションによって、今後20年、30年後も経済成長が維持されるためのサステナブルな産業・社会を実現することが必要。そのためには、環境・資源・エネルギーの「消費」ではなく「創出」する21世紀型の産業構造・技術体系を構築することが求められる。」[1]という認識があり、この中で「サステナブル・マニュファクチャリング技術」は、「環境と調和した持続的な経済の発展と生活の質の向上を実現することを目指すものづくりのことである。その基本的な要件は、資源や原材料の調達、開発・製造とその使用、及び再利用・リサイクル・処分の一連の製品ライフサイクルプロセス全体を通して、「エネルギー利用ミニマム」、「資源の採取・投入ミニマム」、「環境負荷ミニマム」を実現することであり、これら3つの制約条件を逆手にとって、グローバルな経済的競争力の向上、社会的な安心・安全、さらに、生活の質向上に資する新しい意義や付加価値を生み出す技術分野である」[2]と定義されている。

これはまさに、1996年からインバース・マニュファクチャリングフォーラムが提唱している「インバース・マニュファクチャリング」の定義、すなわち、「地球環境問題に対する製造業の在り方の再検討を目的とした、資源・エネルギー使用量、廃棄物、および、環境負荷を製品ライフサイクル全体を通じて最少化するような循環型製品ライフサイクル・システムの実現」[3]の、持続可能性(サステナビリティ)の文脈における再解釈に他ならない。「持続可能性(サステナビリティ)」が具体的にどのような状態を指し示すのかについては科学的にコンセンサスが得られてはいないが、少なくとも、資源・エネルギーを含めた環境面、経済面、社会的公平性を含む社会面の三側面(いわゆる、トリプルボトムライン)を含むこと世界的に合意されていると見て良い。すなわち、サステナブル・マニュファクチャリングのロードマップ策定というミッションは、個別要素技術の開発指針の策定もさることながら、これら三側面を中心に長期視点から我が国のものづくりの在り方を再検討するという極めて大きな課題なのである。

以上の背景の下、本WGは、サステナブル・マニュファクチャリング技術戦略マップの一分野である、設計・製造・加工分野において技術戦略マップを作成することを目的として活動を行った(図1.1参

照)。本 WG では、設計・生産・加工分野のサステナブル・マニュファクチャリングを、「我が国の持続可能社会実現に貢献し、同時に、産業競争力のある製造業(主として組立産業)を実現すること」として、広義の設計・生産・加工分野を対象とすることとした。なお、本年度は初年度ということで、導入シナリオ、技術マップ、ロードマップの三点セットについて詳細で完璧なものを作成できるとは考えておらず、対象範囲の確定を含めて基本的なフレームワークは確定し、詳細部分は次年度以降逐次、具体化、修正更新することとした。

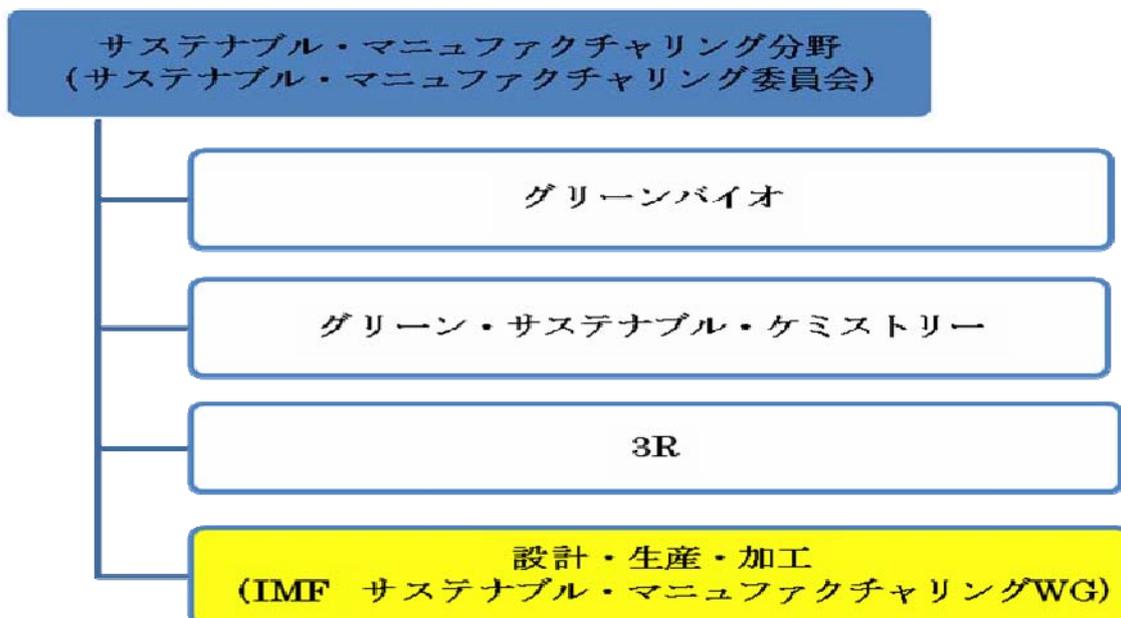


図 1.1 サステナブル・マニュファクチャリング 技術戦略マップ開発体制

設計・生産・加工分野の技術戦略マップを作成するにあたり、本 WG では以下のような方針を取ることにした。

### 1. 1 シーズ指向ではなく、ビジョン主導

半導体のロードマップに代表されるように、技術戦略マップは一般に、シーズ技術の発展、展開を描くものであり、実際、シーズ技術を中心に描く方がロードマップを描きやすい。しかし、本報告書で述べる広義の設計・生産・加工分野では、幾つかのシーズ技術の発展、展開によって「サステナブル・マニュファクチャリング」が実現できるわけではない。むしろ、「サステナブル・マニュファクチャリング」が何を意味するのか、社会、法制度、経済、国際関係との関係性の中でその具体像とニーズを明確にした上で、種々のシーズ技術を特定、体系化し、ロードマップに展開する必要がある。そこで本 WG では、まず設計・生産・加工分野に関わるサステナブル・マニュファクチャリングの将来シナリオを作成し、そこからロードマップを展開することとした。このアプローチは、一般化出来れば、シーズ指向のロードマップよりもむしろ、将来ビジョンから必要な技術、非技術的課題を明確化し、ロードマップを作成する必要性が高い 3R 分野、ロボット分野などでも活用可能になると考えられる。

## 1. 2 2025年サステナブル・マニュファクチャリングシナリオの作成

上記の考え方に基づく、サステナブル・マニュファクチャリングの将来シナリオの時間設定として、本年度は2025年を設定した。サステナブル・マニュファクチャリング技術戦略マップの時間尺度は2050年までであるが、長期シナリオは往々にして「夢の」技術を含む不確実なものになるため、ここでは、中間点として、現在から20年弱であり、ある程度確実性を持って見通せるという意味で2025年を設定した。ここでは、2025年までは、大変革（例えば、バイオエネルギーによって我が国のエネルギーが全て賄える）は起きず、現状からの連続的な変化によって到達するであろう社会を想定した。

## 1. 3 メゾレベルの技術開発戦略

1.1節にも関連するが、ものづくりの在り方自体の変革を指向するサステナブル・マニュファクチャリングにおいては、図1.2の「Meso」レベルの技術が鍵を握っている。従来のシーズ指向の発想は、気候変動への対応といったマクロレベルの課題に対して、マイクロレベルのシーズ技術（例えば、燃料電池技術）によって問題解決できると想定していたが、実はそうではなく、個々の要素技術を組合せて、社会システムの中でこれらの要素技術を展開し、問題を解決するメゾレベルの技術、別の言い方をすればシステム化技術こそが鍵を握っているのである。燃料電池の例で言えば、水素製造技術、水素を安全に輸送する技術、燃料電池のメンテナンス技術、オペレーション技術、廃棄・リサイクル技術、多数の燃料電池をグリッドに接続したときの電力安定供給技術、化石燃料中心の現状の社会システムから水素社会へのスムーズな転換などが相当する。

これらメゾ技術は、シーズ技術に比べて具体的に見えにくい、直接的な効果が見えにくいという課題がある。また、技術と非技術領域の境界が極めて不明確であり、両者を総合化して問題解決を図る必要がある。このために、本WGではシナリオを作成することにより効果を明示した上で、ロードマップに展開するアプローチを取ったのであるが、この点については、技術戦略マップであるので、「技術」課題を中心に取り上げ、極力、具体的な技術課題に展開するように努めることにする。

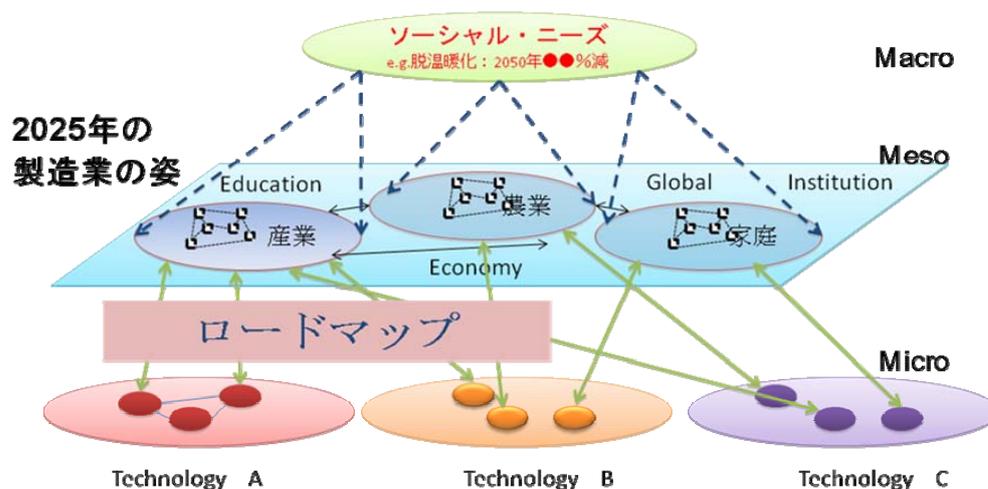


図1.2 サステナブル・マニュファクチャリングの基本構造

## 2. 技術戦略マップの導出方法と構成

### 2. 1 作成の基本方針

第1章に述べたように、WGでは次のような考え方にに基づき技術マップの作成作業を行った。

- ① シナリオ主導の技術マップとしたい。
- ② NEDO 委託のサステナブル・マニュファクチャリング委員会（図 1.1 参照）ものづくり戦略技術マップ委員会【資料A-1】には、ある程度具体的な要素技術レベルのマップを報告すべきである。
- ③ そのためにはシナリオを最初に考えつつも、要素技術とシナリオを繋ぐものとして、一般的な分類項目ではなく、中長期的な観点で、どのようなアプローチに基づき、シナリオに描かれた社会を実現するかを考え、技術課題を構造化する。

上記の考え方にに基づき、技術戦略マップの検討を進めた結果、サステナブル・マニュファクチャリング技術はいくつかの категория に大別できると考えるにいたった。その経緯は以下のとおりである。

先ず昨年度のものづくり戦略技術マップ委員会の検討結果として、サステナブル・マニュファクチャリングが、ものづくりのサステナビリティを高める技術群と、社会のサステナビリティを高める技術群とに大別できるとの考え方が提示された。これについては異論を差し挟むものではない。

前者の「ものづくりのサステナビリティを高める技術群」を詳細に検討すると、その中には、製造における環境負荷、エネルギー消費などを削減する様々な技術、つまり省エネ技術としての長い研究開発の歴史を持った技術が含まれる。これらは、環境負荷の低減、エネルギー消費の削減、資源使用量の削減のいずれかまたは複数に貢献することが明らかな技術群である。一方で、直接的に環境負荷の低減、エネルギー消費の削減、資源使用量の削減に貢献するというよりも、製品のライフサイクル戦略を最適化することで、全体系として上記の効果をj得るための技術群がある。

一方、後者の「社会のサステナビリティを高める技術群」には、一般にはマニュファクチャリングという言葉の範疇でない様々な技術が含まれると考えられる。例えば、製品においてメンテナンスなどのサービスと一体で提供したり、レンタルという形態をとったりすることは適切に行えば、サステナビリティに資する。こういった技術はこれまでのロードマップ作りではあまり深く検討されてこなかったが、製品設計という要素を含むことから、サステナブル・マニュファクチャリング（設計、製造、加工分野）で取り扱うことが不自然でない。さらに、社会そのものが長期間持続し得るかという観点では、技能の体系化、見える化、安全・安心に係る一連の技術も忘れることはできない。

検討に当たってWGでは、これまでシナリオ主導である旨を強調してきたとおり、最初に2025年を想定したサステナブル・マニュファクチャリングシナリオを策定し、その後シナリオ実現のためにマニュファクチャリングに必要な機能を抽出した。次に、抽出した機能を、「も

のづくりのサステナビリティを高める技術群」か「社会のサステナビリティを高める技術群」か、という2つの観点で大別した。また、前者では個別的吗全体戦略的かの観点、後者では社会の長期的持続という観点を別立てにし、4つの基本的な方向性（技術の目的と呼ぶ）を定めて、これを技術マップの大分類とした。さらに、これらの方向性を実現するために必要な方法論の観点から、9つの技術分類を定めて、この技術分類をマップにおける中分類とした。最後に、通常の技術マップの小分類と要素技術に相当するものをリストアップし、当てはまる大分類（技術の目的）、中分類（技術分類）に分類した。技術戦略マップの全体構成について次の2.2節、技術マップを作成するにあたっての手順、分類などの方針について2.3節に記載する。また、2.4節に技術ロードマップの作成方針を記載する。ロードマップの導入シナリオ及びロードマップ本体は、4つの技術の方向性別に第3章に記述する。

なお、本技術戦略マップは、設計・製造・加工に関するサステナブル・マニファクチャリングということもあって、3R分野の技術戦略マップと重複する部分が多い。要素技術としての、具体的なりサイクル技術、処理、分離技術などは既に3R分野において検討されているため、ここでは敢えて取り上げないこととした。これらの技術については3R分野の技術戦略マップを参照していただきたい。

## 2.2 技術マップの基本構成

### (1) 全体構成

前節に記したとおり、今回作成した技術マップは、2025年のサステナブル・マニファクチャリングシナリオの策定、技術の目的・機能を抽出して4つの方向に大別、9つの技術分類の検討、要素技術の抽出と分類という順番で行った。4つの方向、9つの技術分類についての説明は次節以降に記載するが、ここでは検討の流れを含む技術マップの全体構成を図2.1に示す。

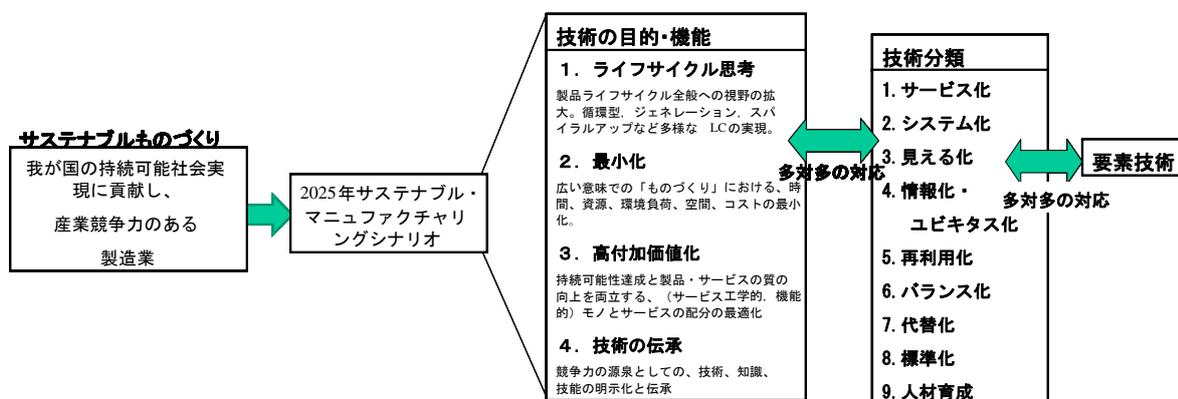


図2.1 サステナブル・マニファクチャリングロードマップの全体構成

## (2) 2025 年のサステナブル・マニュファクチャリングシナリオ

### ①シナリオの実現に重要な影響を持つと考えられるファクター

まず、シナリオを作成するにあたり、サステナブル・マニュファクチャリングに重要な影響を持つと考えられる要因を抽出し、これらを以下のように、ほぼ確からしい要因と動向が不明でシナリオの行方を左右する要因に分類した。

#### a. 2025 年まではほぼ確からしい要因：

- 日本の人口減少、高齢化の急速な進展
- 人材の質の低下
- 情報化社会の爆発的進展（非常に多くの工業製品が IT 化）
- グローバル化の進展（アジア循環経済圏へ完全に組み込まれる。資源確保）
- 地球の持続可能性を脅かす課題の増大
- 低成長経済
- 経済規模では、中国、インドに抜かれる
- 国境の壁（人、資源、資本、・・・）は徐々に下がって行く

#### b. シナリオの行方を左右する要因：

- 持続可能性達成に向けて必要なアクションと経済性のベクトルをどの程度揃えることができるか？（外部経済の内部化の進展、例：より安い製品がより環境調和性が高い）
- 消費者行動が環境調和性をどこまで加味したものとなるか？（総論賛成各論反対から生活にとけ込んだ環境調和行動へ）
- 所有から利用への拡大（サービス化）がどこまで進展するか？
- 産業構造の変化
- 省エネ技術等の先進技術の外国への輸出は競争力になるのか？（競争力につなげられるのか？）
- エネルギー資源の動向。例えば、再生可能エネルギーがどの程度一般化するか？

### ②2025 年シナリオ

#### a. 全般的な状況

地球温暖化問題に伴う化石エネルギー使用抑制の努力にも関わらず、中国、インドなどの経済発展に伴い、世界の一次エネルギー需要は 2000 年の 1.4 倍に達している。これらのエネルギー供給の一部を担うと期待される再生可能エネルギーについては、技術開発も進み、着実にその比率を高めているが、劇的に増加するまでには至らない。2050 年に向けた CO2 削減の数値目標は主要排出国を含んで合意されている。これに伴い、日本の排出量削減目標も設定される。（2000 年比 60～70%減）。2000 年比 4 倍の環境効率（生産物の価値／環境負荷）

を可能とする製品設計、生産技術がすでに実現しているが、全産業分野に普及するには至っていないため、日本における CO2 排出量の削減目標は、人口減少、産業の海外流出、製造業を中心とした各産業のリーン化、製品のリデュース・省エネ化、排出権取引、炭素税、CO2 貯蔵の組み合わせにより達成される。しかし、この頃には資源の枯渇の問題が緊急性を増しており、2050 年の低炭素社会を目指して、技術の積み上げでない新たな生活様式の確立も含めたパラダイムシフトが求められている。

#### b. 設計開発に関して

例えば、自動車、電機電子機器などでは、製品同士はネットワーク化され、故障診断、メンテナンス・修理要求の自動発信、故障時の相互機能補完などを可能とする製品が登場する。

設計段階からの部品／製品リデュースが大きく進むとともに、寿命・品質管理技術、検査技術、リサイクル技術などの要素技術が進展し、ライフサイクル設計において合理的なライフサイクル・オプションが選択され、実施されるようになる。製造、メンテナンス、修理、End of Life を含めたライフサイクル設計技術が実用化され、これを可能とする製品ライフサイクルの可視化技術が進展する。持続可能社会シミュレーションが研究、実践面で定着しており、国内的には高度なライフサイクル設計＋評価＋マネジメントシステムが確立されるが、対アジアへの普及推進、国境を越えた高度なライフサイクル設計＋評価＋マネジメントシステムの確立の点で課題を残している。

国際市場・国際競争に関して日本では 2015-2025 の間の低成長経済が続いた結果、経済規模では、中国、インドに抜かれ GDP 比で世界の 4%程度になる。中国の製造業の技術力は飛躍的に向上し、潤沢な資金を元に、最新の研究開発、生産設備を投入し、中国全土だけでなく、北米、欧州マーケットへと次々と新製品を投入する。電気電子製品のなかでも成熟したカテゴリーでは、北米での中国ブランドは不動のものとなる。日本の電気電子製品製造業においては特化した分野をもたない企業は中国との競争のもと再編の波にのまれるが、いくつかの製品に関しては、環境関連コア技術を持つ日本企業も生き残る。こうした企業は、世界的なブランドを更に強固のものとし、メイドインジャパンの強さを見せている。また、省エネ技術、CO2 削減技術、CO2 貯蔵技術、再生可能エネルギー技術では依然として日本が優位に立つ。また日本の製造業の海外進出については 2025 年頃をピークに飽和し、国内回帰の動きが強くなる。

新規開発される製品のうちハイエンド品については、部品の製造履歴、使用履歴などを可視化する技術が導入され、トレーサビリティが確保されている。ただし、旧製品、ローエンド品なども含めて全ての製品で安全・安心が確保されるにはいたっていない。

#### c. 生産

生産においては、需要に応じて柔軟に再構成可能な生産システムが開発、一部実用化が始まり、エネルギー制約、環境制約の打破に貢献し始める。また、最小（エネルギー、設備、

資源、コスト)での生産の考え方は多くの生産現場で導入が検討されている。ただしシステムとして導入済みの分野は限られる。

また、リサイクル材料の価格がバージン材料に比べて相対的に下がり、マテリアルリサイクル技術そのものも高度化されたため、バージン材料由来に遜色の無いリサイクル材料を利用した生産が増加することになる。経済的なリーン化のみならず、資源的、エネルギー的な面でもリーン化のための要素技術、システム化技術が進展し、この分野では我が国の製造業が依然として優位に立っている。また、工作機械などの生産財の生産に関しては、引き続き日本の製造業が優位を保っている。

世界における位置づけとして、素材産業については一般的な素材では中国、インドなどとの価格競争に勝てないが、高度な回収技術、特殊な物性を持つ材料製造、リサイクル材料からの高品質な素材製造などに注力した結果、現状程度の産業規模を維持する。

生産時における REACH 等の化学物質の環境リスク課題は一段落しており、ライフサイクルマネジメントの一部として粛々と運用されている。

#### d. 使用（物流・流通、生活）

輸送業者によるアSEMBルによる製造・輸送の統合化、ロジスティックとリサイクル/リユースビジネスの融合が起こる。大規模物流に関しては、風力などを併用した新型船の利用が盛んになり、空輸は限定されたものとなる。

このころになると、持続可能性達成に向けて必要なアクションと経済性のベクトルはある程度揃ってくる。製品の品質、作り方などを含めた広義の環境配慮性を最優先の購買要件とする層がすでに増えている。外部経済の内部化の進展（例えば、より環境調和性が高い製品がより低価格になる）が進んでいることにもよる。オフィスユース製品では、所有から利用への拡大が大きく進展する。

リユース、リサイクルが経済的にも有利になる社会の到来に伴い、社会インフラにおいても100年もつことは常識で、200年以上も活用し続けることができるものが競争力を持つストック型社会へと転換する。この傾向はインフラから一般の製品にも徐々に拡大しつつあり、国内の工場は、高度なカスタマーサービス（オンデマンドな製品の修理、メンテナンス）に活路を見出す。

日本の人口減少が進むとともに高齢化が急速に進展している。この点を補完するためノウハウの体系化、ソフトウェア化に支援された自動化ブームがおきるが、全ての作業が置き換えられるわけではなく、サービス業、ソフトウェア産業を中心により多くの労働力が海外から導入される。この動きは単純労働力のみでなく、企画、開発、設計などの中核人材にも及ぶ。また、労働人口減少に関連した人材やアクティブシニア産業、所得二極化によるコンシューメブル産業、個人主義台頭に関連したライフデザイン産業等が新しい産業として拡大する。

データセンターの移転、分散、調達先の分散などリスクマネジメントの一環としての地震対策が進んでおり、201X年に発生した大地震に対してもある程度の対応が可能であった。

一方、災害復興を契機として、コンパクトシティ構想パイロットPJが実行に移されることとなった。また、地震以外にも、地球温暖化に関係すると言われる大規模台風による災害、広範囲の感染症などに対するリスクマネジメントも完全とは言えないが進みつつある。街中では自動販売機にセンサをつけて、子供が通ったかなどを見守るなど、メディアの延長線上として「シティメディア」が成立している。このような技術の進展で、日本の社会生活における安全・安心は順調に進展している。それが吸引力となって、アジア富裕層、高学歴層の日本への投資、移住が増加をみせている。ただし、国内における格差の拡大傾向はあまり改善されず、こうした生活上の安全・安心を享受できない層への対策が問題として顕在化している。

#### e. 使用後

石油価格の高騰から、メーカーによるリユース、リサイクルなどのライフサイクル思考が経済のメカニズムに組み込まれ経営戦略となるとともに、より広範な循環型ビジネスモデルが成立し得るようになってきている。リサイクル原材料については地域ベースでのサードパーティによるマテリアルリサイクル、輸出、輸入、など様々な選択肢が登場し、解体された部品、回収された材料などは都市鉱山として争奪戦の対象となる。ただし、基本的には自国で利用した廃電子電気機器を戦略的に自国内でリサイクルする方針が採られるようになる。一旦は製品としての再利用を含めたグローバル循環が進んだが、発展途上国における再利用需要の減少とレアアース、レアメタルの確保戦略もあり、国外でのリユース需要については2015年頃をピークに減少に転じた。またリサイクル用途としての輸出も2020年ごろをピークに減少傾向にある。

枯渇資源、レアメタル、レアアースについては、依然として代替材料開発競争が続けられている。開発の結果、技術的には解決される素材もあるが、新素材の開発とともに、新たなレアアース、レアメタルが必要となる状況は変わらず、地球上における物質分布の偏在も変わらないため、基本的にはモグラ叩き競争となる。

#### ③2050年シナリオのためのキーワード

- 80%削減には到達しないが、CO<sub>2</sub>を数十%削減した「準低炭素社会」は実現する。
- 環境調和性に関して外部経済の内部化が進み、ものの値段はその環境負荷に比例したものとなる。
- 日本のGDPは2025年頃をピークに減少に転じる。エネルギーのオンサイト生産、食料等の自給自足化、ヒューマノイドによるサービスなどが進展し、モノやサービスなどの流通量が激減するからである。
- エネルギー資源を除く資源については、資源循環システムが機能し、生産に必要な資源を確保する目処がついた。
- 石油資源は高価となり、その使用は、エネルギー源、プラスチックの原料ともに特殊用

途に限られる。再生可能エネルギーの使用が伸び、原子力発電の規模は現状+ $\alpha$ となる一方で、エネルギー消費量は2000年比で30%削減された。

- 地方都市においては中心部の便利な地区に、適当な密度で超長寿命住宅が整備された。これにより、生活が便利で物流なども効率的に行えるコンパクトシティが完成された。
- 大都市では、農業や林業などの一次産業は、都市から少し離れた郊外に新しくできた田園都市において行われるようになった。このように中央の都市、田園都市、地方都市とは役割分担が明確に分けられることとなった。
- 自然な人口減で2050年の日本の人口は8000万人まで減少し、主要食料に関しては自給自足ができるような規模まで縮小した。
- 製造業だけでなくサービス業でもロボットが人間の労働を代替できるようになった。
- 日本の住宅の1/3は分散型のオンサイト発電を用いたゼロエネルギーハウスになり、大規模発電はバックアップ用になり、地域分散型で電力を融通するようになる。
- 電力会社は、家庭や事業所で余っている電気をかき集めて、小売をすることがメインのビジネスになる。
- 中国が技術でほぼ日本に追いつき、一部の産業では日本は追い越されてしまった。日本の産業は空洞化し市場だけになるかと思われたが、しかし、折からの鉱物資源とエネルギーの超高騰により、製造業の国際的な分業は2025年頃をピークに減少に転じミニマムに押さえられるように逆戻りした。
- これにより、日本においても自国内で消費するためのモノは基本的に自国内で作るスタイルが復活した。
- センシングと通信の組み合わせできわめて信頼性が高く、また精密な交通管制システムが実現する。
- 表面的には20世紀初頭のようなのどかな景色が部分的に復活する。
- 上記の生活環境を好むアジア富裕層などの移住が盛んになり、人口減少を一部補填することとなる。
- 富裕層を中心にヒューマノイド型ロボットが普及するとともに、ロボット向けクリニック、葬式などを含む擬似市民としての扱いがなされるようになる。

### (3) 技術の目的・機能

“何を目的とし、サステナブル・マニュファクチャリングにおけるどのような機能が実現されるべきか”をシナリオから抜書きして記述し、その結果から以下の4つの基本的な技術の方向性を抽出した。この4つの方向性はサステナブル・マニュファクチャリングの目的を示しており、要素技術をリストアップして技術マップを作成する際に大分類に相当する項目となる。これら4つの方向性は目的に重きをおいたもの、すなわち、高付加価値化、最小化、と、実現方策に重きをおいたもの、すなわち、ライフサイクル思考、技術の伝承、に分類することができ、これらの技術をバランス良く進展させることにより、設計・製造・加工分野

のサステナブル・マニュファクチャリングが実現できると考えている。

① ライフサイクル思考（製品ライフサイクル全般への視野の拡大。循環型、ジェネレーション、スパイラルアップなど多様な LC の実現）

- ・ 設計段階からの部品／製品リデュース
- ・ ライフサイクル設計における合理的なライフサイクル・オプション選択
- ・ 持続可能社会シミュレーション
- ・ 国内的に高度なライフサイクル設計＋評価＋マネジメントシステム
- ・ 化学物質などの環境リスクのライフサイクルマネジメント
- ・ リユース、リサイクルなどの LC 思考に基づく経営戦略
- ・ 自国で利用した廃電子電気機器の戦略的自国内でのリサイクル
- ・ グローバルリユースの適正化（2015）、グローバルリサイクルの適正化（2020）

② 最小化、ミニマル化（広い意味での「ものづくり」における、時間、資源、環境負荷、空間、コストの最小化）

- ・ 製品における 2000 年比 4 倍以上の環境効率（製品価値／環境負荷）
- ・ 柔軟に再構成可能な生産システム
- ・ 最小（エネルギー、設備、資源、コスト）での生産の考え方
- ・ 各産業のリーン化、製品のリデュース・省エネ化
- ・ 高度な回収技術、特殊な物性を持つ材料製造、リサイクル材料からの高品質な素材製造
- ・ 高度なカスタマーサービス（製品の修理、メンテナンス）
- ・ レアメタル、レアアースの代替材料開発

③ 高付加価値化（持続可能性達成と製品・サービスの質の向上を両立する、モノとサービスの配分の最適化）

- ・ 製品における故障診断、メンテナンス・修理要求の自動発信、故障時の相互機能補完
- ・ 日本メーカーにおける（環境技術に関連した）コア技術、強いブランド力
- ・ 部品／製品の製造履歴、使用履歴などを可視化する技術
- ・ 物流加工・組立の集中化による製造・輸送の統合化、ロジスティックとリサイクル／リユースビジネスの統合化
- ・ コンシェルジュ産業、ライフデザイン産業等の新しい産業
- ・ 移転、分散、調達先の分散などリスクマネジメントの一環としての地震対策
- ・ コンパクトシティ構想
- ・ メディアの延長線上として「シティメディア」

- ・ 循環型ビジネスモデル
- ・ オフィスユース製品における所有から利用への拡大

④ 技術の伝承（競争力の源泉としての、技術、知識、技能の明示化と伝承）

- ・ ノウハウの体系化、ソフトウェア化に支援された自動化
- ・ サービス業、ソフトウェア産業を中心としたより多くの労働力の海外からの導入
- ・ 労働人口減少に関連した人材産業、アクティブシニア産業

（４）技術分野

各要素技術を、“どのようなアプローチからサステナブル・マニュファクチャリングに貢献するか”という観点から、以下の技術分野で分類した。その上で、これら技術分野を中分類として、リストアップした要素技術に関する技術マップの作成を行った。ただし、中分類に相当する技術分類は、大分類に相当する技術の目的・機能の４つの方向性のいずれかに単純に分類されるものではないことを付記しておく。

①システム化

メゾレベルのより広い視点から、要素技術の総合化、統合化を行うことによってサステナビリティを実現しようとするもの。

②サービス化

もんで実現してきた機能をソフトウェアや IT 技術、人手を用いて実現することにより、よりきめ細かなサービスを提供すると同時に、サステナビリティを実現しようとするもの。

③見える化

ライフサイクル、製品、プロセス、材料などの技術情報を獲得、明示することで、システム化、最適化、改善の対象とすることにより、サステナビリティを実現しようとするもの。

④情報化

ライフサイクル、製品、プロセス、材料などを明示化、定量化して伝達可能な情報とすることにより、サステナブル・マニュファクチャリング実現のためのキーファクターを明らかにし、サステナビリティを実現しようとするもの。

⑤再利用化

使用済みの材料、製品などを再利用することにより、サステナビリティを実現しようとするもの。

⑥代替化

材料、プロセスをより環境配慮性の高いもので置き換えることによりサステナビリティを実現しようとするもの。

⑦バランス化

エネルギーや資源の使用などを、空間的、時間的に適切に配分することにより全体系としてのサステナビリティを実現しようとするもの。

#### ⑧標準化

主として規格を定めたり、部品などを共通化し、間接的に上記の再利用化、バランス化に寄与することでサステナビリティを実現しようとするもの。

#### ⑨人材育成

他の項目とは性質が異なるが、質の高い人材を育成したり、少子化、高齢化に起因する労働力の不足を緩和し、生活の質を維持、向上しようとするもの。

### (5) 重点化評価項目

技術マップにおいて抽出された各技術項目はいずれも不可欠であり、官民の一体的取組みまたは民間の主体的な取組みによって積極的な開発が望まれるが、いくつかの観点から重要技術として評価されるものを抽出する作業を行った。その際、本分野における重点化評価項目としてあげたものは次の6項目である。

#### ① 直接的に地球環境問題に貢献しうるかどうかの観点

エネルギー（制約の打破に寄与）

資源（制約の打破に寄与）

環境（制約の打破に寄与）

#### ② 競争力強化や生活の質の向上に貢献しうるかどうかの観点

高付加価値化（に貢献）

生活の質（の向上に貢献）

#### ③ 社会そのものの持続可能性に貢献しうるかどうかの観点

技術の伝承（に貢献）

## 2. 3 サステナブル・マニュファクチャリング技術マップの作成方針

技術マップの作成に当たって、その基本構成は固まり、前節までに作成の経緯を記述した。次の作業として、小分類となる要素技術と、可能なものについてはその先の個別技術の例を抽出する必要がある。抽出にあたっては、本技術マップに先行するものづくり戦略技術マップ委員会において「サステナブル・マニュファクチャリング」に属するものとして抽出された要素技術、産業技術総合研究所など比較的詳細に中長期計画を策定している研究機関の将来ビジョン、既存の技術ロードマップ、などから抽出し、さらに各委員が重要と考える要素技術を分類に囚われずに加えて行った。その上で、各要素技術に、4つの技術の方向性（大分類）、9つの技術分類（中分類）をラベリングした。この時点ではラベルは一つに限定しなかったため、一つの要素技術が複数の技術の方向性、技術分類に重複して出現することとなった。このことは実は本WGで主張したいことでもあり、多くの技術の方向性に共通する基

盤的技術を洗い出す意図があった。しかしながら、時間的な制約もあり、これらの多対多対応を一つの技術マップに表現することは出来なかった。この点について次年度以降の課題としたい。

抽出した要素技術を実際に技術マップとして表現するに当たっては、各要素技術に貼ったラベルのうち、技術の方向性、技術分類ともに、もっともふさわしいと考えられる一つを残し、それに基づいて再度分類をした。これにより、各要素技術は1つの技術の方向性、一つの技術分類に分類されることになる。以上に基づいてマップ素案を作成した後、要素技術の粒度を揃えるため、小分類として抽出した技術（群）、要素技術例として抽出した技術を一旦同一平面に並べた後、小分類と要素技術例にレベル分けし直した。

## 2. 4 サステナブル・マニュファクチャリング技術ロードマップの作成方針

技術マップに示した重要技術ごとに、研究開発により達成されるべき事項を時間軸に示した。サステナブル・マニュファクチャリングの設計、製造、加工分野においては、分野の性質上（例えば半導体分野のように）開発スペックを時間軸上に数値で表すことは難しい。むしろ、そのようなスペックの向上ではなく、様々なトレードオフを考慮した横断的、総合的取組みが必要という主張である。従って開発目標のマイルストーンを定量的に示すことは行わず、定性的な開発目標を時間軸上に示している。

ロードマップの作成にあたっては、事前調査、基礎開発の期間、本格開発の期間、実用化に向けての技術移転の期間、をそれぞれ図示することを試みた。当然、技術の性質、内容により、これらの立ち上がり、継続、立ち下がり部分の形状は異なり、技術によっては既に本格開発が開始されているものもあるが、本格開発の開始がかなり先になるものもあろう。また、この分野ではシーズ指向で技術の抽出を行っていないため、現在ないし近未来には重要でも、2025年には実用化が終了し、開発の重要性が無くなる技術、逆に将来的に重要だが、現段階でのプロジェクト化は時期尚早である技術などをロードマップ中に表現することを試みている。また、長期にわたり継続的に開発を続けることが必要な基盤技術もあり、これらもリストアップした。

### 3. 技術戦略マップ

本章では、作成した設計・製造・加工分野の技術戦略マップを示す。まず、3. 1で導入シナリオを示し、3. 2～3. 5で4つの基本的な方向性、すなわち、ライフサイクル思考、最小化、高付加価値化、技術の伝承、ごとに技術マップとロードマップを示す。最後に、3. 6で技術課題を評価することにより抽出した重要課題を示す。

#### 3. 1 導入シナリオ

##### (1) 設計、製造、加工分野の目標と将来実現する社会像

現在、設計、製造、加工分野においてもサステナビリティが求められていることは言うまでも無い。サステナブル・マニュファクチャリングという技術体系において特徴的なことは、現状の技術の単純かつ無批判な進展のみでは社会的な要請に対応できず、サステナビリティが達成できそうもないという点である。従って、サステナブル・マニュファクチャリング技術戦略マップ策定作業とは目標となる未来像を定めた後に、そこへ至る道筋を描く作業となる。

いまサステナブルな設計、製造、加工（サステナブルマニュファクチャリング）を考えたときに、その進展は、2015年頃を境にそれ以前の近未来とそれ以降の将来とで二つに区分できるものと考えた。

2015年までの近未来では各個別研究主体（大学、公的研究機関、企業等）による要素技術の研究開発と成果の実用化を既存の枠組みのなかで進めることでサステナブル・マニュファクチャリングの進展を図ることができよう。

その後、2025年ないし2030年を見据えたサステナブル・マニュファクチャリングの一層の発展には、要素技術の個別開発での限界が明らかになり、大規模な社会実装、システム構築、データベース活用などの必要性が高まり、要素技術の更なる技術開発に加えて、主として社会科学的な開発プロジェクト導入などが効果を発揮するものと思われる。

その結果として、2025年ないし2030年に実現する社会の全体像としてはすでに2. 2節(2)2025年サステナブル・マニュファクチャリングシナリオに示したとおりである。シナリオに描かれた社会や産業状況の実現に向けて、設計、製造、加工分野では「ライフサイクル思考」、「最小化」、「高付加価値化」、「技術の伝承」の4つの方向性を重点的に追求して行く必要があるのはこれまで述べてきたとおりであるが、この方向性を具体的な研究開発の取組みとしてどのように時間展開して行くべきかを考えなくてはならない。この時間展開を含むものが技術戦略マップであるが、各方向性に関する詳細な技術戦略マップ本体に先立って、おおまかな研究開発の取組みや、研究開発を促進するための関連施策をどのように展開して行くかを含む導入シナリオの作成を試みた。

##### (2) 研究開発の取組み

前項のとおり設計、製造、加工分野におけるサステナブル・マニュファクチャリング実現

には、以下の視点での研究開発が必要とされる。

#### ① ライフサイクル思考

製品ライフサイクル全般に視野を拡大し、様々なタイプの循環生産を実現するのに必要な要素技術と全体システムを評価／構築するのに必要な事項として、ライフサイクル設計関連の技術とプロダクトモデリングによるシミュレーションや将来社会の実現可能性評価ツールとしての持続可能社会シナリオシミュレータの開発が必要である。

#### ② 最小化

ものづくりにおいて、時間、空間、資源、コスト、環境負荷などの最小化などに関して、リサイクル材の利用体制や需要に合わせたオンデマンド生産などに関する技術開発が必要である。高付加価値化

#### ③ 高付加価値化

持続可能性達成と製品・サービスの質的向上とを両立するモノとサービスの配分の最適化として、製品価値、サービス価値の可視化とトレーサビリティの確保のための技術開発を行う。

#### ④ 技術の伝承

競争力の源泉としての技術、知識、技能などの明示化と伝承のために、技能・知識のデジタル化、形式知化を進める必要がある。

### (3) 関連施策の取組み

近未来（～2015）においては、既存の枠組みを有効に活用することでサステナブル・マニュファクチャリングの進展を支えることができる。しかし、その先 2025～30 年、さらには 2050 年のサステナブルな社会の実現に向けては、製品ライフサイクルデータベースの活用や企業や業界団体の自主行動計画の拡大、商業ベースでのグローバル循環システムの構築／運用などだけでなく、法整備、規制などの外部条件の整備による方向付けも必要となろう。それぞれのカテゴリーにおいて以下の施策、取組みが必要となる可能性が高い。

#### 〔規制・制度改革〕

##### 2015 年頃まで

- ・環境基本法、循環型社会形成基本法をはじめとする現行の法体系の下でグリーン購入法、家電リサイクル法などの政令、省令等で定める事項の見直しを図る。また排出権取引や環境税制などに関連する制度の可能性の検討をする。
- ・業界別自主行動計画を早急に策定し、法規制などが効果をあげはじめるまで、また革新的な新技術が実用化されるまでの「つなぎ」を行う必要がある。
- ・国内排出権取引は業界別自主行動計画同様、2012 年ないしその後の温室効果ガス削減の中間目標達成のために有効に活用される。

##### 2025（30）年頃まで

- ・環境関係の法規制が本格的に効果をあげはじめる。法規制と、資源枯渇などに伴い、

環境コストなどの外部経済の内部化が進展する（環境に優しい製品が経済的に有利になる。）

- ・上記に伴い、環境に配慮した消費行動が誘導されるようになる。

#### [規準／標準化]

- ・環境 JIS の策定促進アクションプログラム（H17 年 3 月改訂）を推進し、次期計画の策定、実施を行う。

#### [国際標準化]

- ・環境関連国際規格の策定を促進する。環境適合設計（ISO）、環境会計（ISO）、電気電子機器の環境配慮設計（IEC）、「生産システムにおける環境負荷評価法」（ISO/TC184/SC5）などにおいて、部品共通化／交換容易化設計、製品解体手法、リサイクルマークなどの国際標準化を進める。

#### [広報・啓発]

2015 年頃まで

- ・「家庭」からの温暖化ガス排出が増えている状況も鑑み、環境に優しい消費行動の誘導が重要な要素となる。そのために、省エネマーク、環境ラベルにおいては定量的な評価結果に基づくラベリング（所謂 Type3 のエコラベル）を普及推進する必要がある。
- ・2015 年ごろまでエコラベルなどに含まれる環境関連情報を素早く、簡単に、消費者に提供する技術の普及が望まれる。
- ・自然災害対策、情報漏えい対策などの社会の安全安心を確保する技術の本格的な実用化が進められる一方、消費者側で可能な対策が十分に周知される必要がある。

2025 年ごろまで

- ・持続可能社会評価技術を実用化し、“社会がこのまま推移すると（地球環境は）どうなるのか”という情報を広範に普及させる必要がある。
- ・製品の所有と利用とに関する環境アセスメントを可能とし、製品の様々な利用形態をオプションとして提供する必要がある。

#### [人材育成]

2015 年ごろまで

- ・2007 年問題（大量退職問題）を克服すべく、これまでに蓄積した製造に係る知識、技能のデジタル化を完了させる必要がある。
- ・2025（30）年ないしそれ以降の労働人口減少の対策として、海外とのものづくり人材の交流シナリオについて社会的な合意形成を行う必要がある。

2025（30）年頃まで

- ・（上記で合意がなされた場合）設計製造加工における中核人材の海外との相互交流を進めるとともに、体系化された知識の伝達を可能とする必要がある。
- ・また、外部からの人材も含めた環境行動の誘導、広報、普及が必要となる。

## 〔国際協力〕

2015 年ごろまで

- ・グローバルな製品循環ループの構築に向けて、中古品、破碎材料の輸出入に関する 2 国間、多国間の合意を形成する必要がある。
- ・2007 年現在問題となっている不適切な循環ループ解消のための社会システム整備が行われる必要がある。
- ・化学物質規制などを中心に、地域別に異なるルールではない国際的に共通の枠組みが導入される必要がある。
- ・IMS (Intelligent Manufacturing System) の枠組みで日本 EU 間でサステナブル・マニュファクチャリング等に関し 3 回の会議を実施し、全地域が参加する IMS/MTP (Manufacturing Technology Platform) プログラムへ発展した。今後具体的な関連プロジェクトの推進が期待される。

2025 年頃まで

- ・グローバルな環境を考えた資源の“地産地消”戦略への転換が進む可能性がある。(資源としてのリサイクル材料の確保など) これに対応した国内の社会システム(再)整備と国際合意の形成が必要となる。

以上をまとめると、図 3. 1 のように整理することができる。

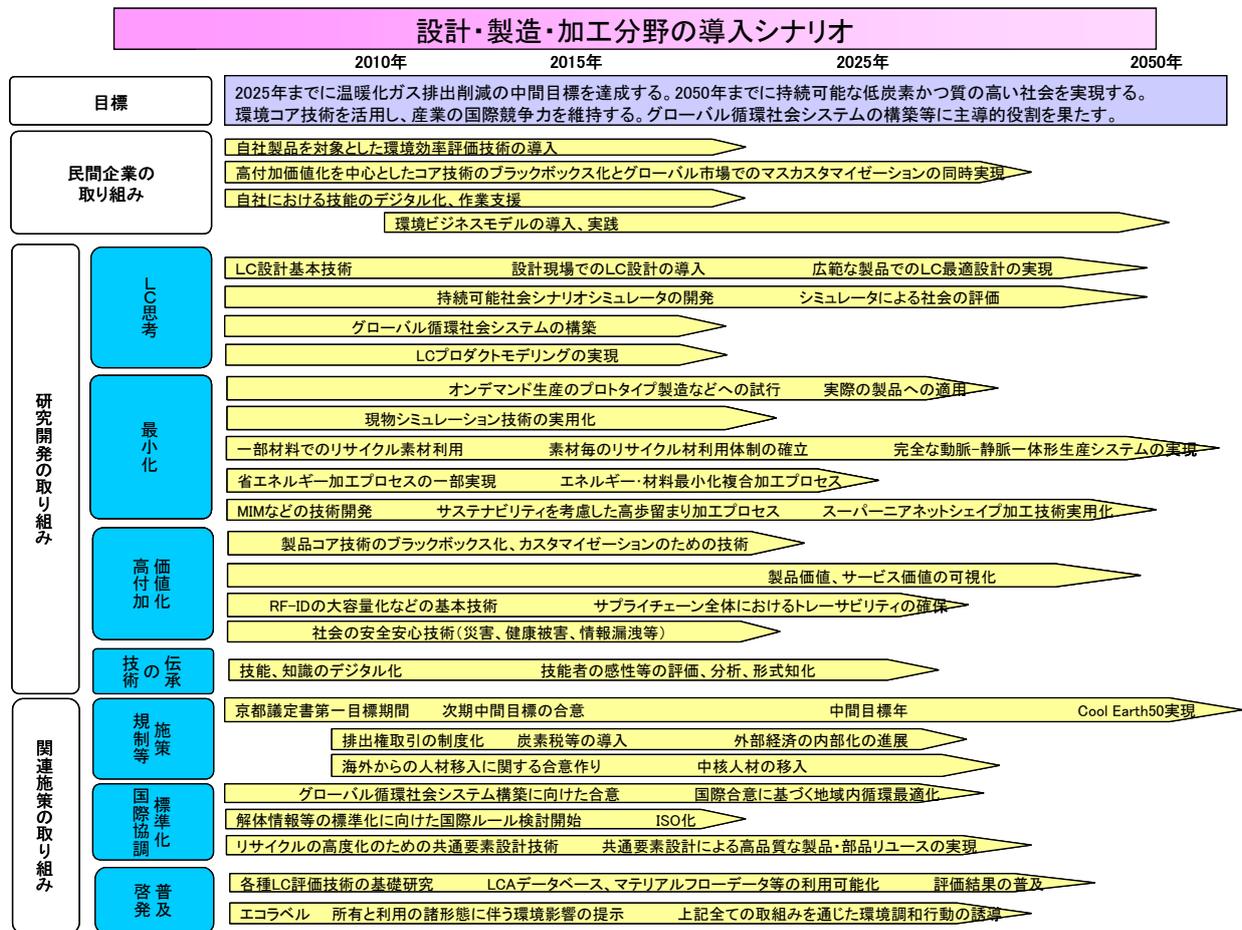


図3. 1 サステナブル・マニュファクチャリング（設計・製造・加工分野）の導入シナリオ

### 3. 2 ライフサイクル思考の技術戦略マップ

#### (1) 背景、考え方

「ライフサイクル思考」とは、「従来の狭義の設計・製造の視野から製品ライフサイクル全般に視野を拡大し、ライフサイクル全体での三つの制約の解決と最適性の獲得を目的とするものであり、単一のライフサイクルだけでなく、循環型、多世代間、スパイラルアップなど多様なライフサイクルの実現を含む」ものと定義できる。これは、第1章に述べられた「サステナブル・マニュファクチャリング」の定義の中で主要な部分を占めており、目的系（高付加価値化、最小化）と実現系（ライフサイクル思考、技術の伝承）に分けたとき、サステナブル・マニュファクチャリングの実現系の最も基本的な視点である。

「ライフサイクル思考」の基本的な課題は、製品ライフサイクル全体を対象として、設計、可視化、管理、評価が可能になることであり、これらに関連する技術を技術マップ、ロードマップとして整理した。

## (2) 技術マップ

「ライフサイクル思考」の基本的な課題である、製品ライフサイクル全体の設計、可視化、管理、評価を可能にする技術を、以下の6種類にリストアップした。

「サービス化」は、製品ライフサイクルにまつわる付加サービス、ビジネスチャンスを高める技術である。ここでは、メンテナンス技術と環境調和ビジネスを設計する技術を挙げた。

「システム化」は、ライフサイクル思考のまさに中核となる技術であり、現状でバラバラとなっている製品ライフサイクルを一つのシステムとして構築するための技術である。ここでは、ライフサイクル設計、ライフサイクル管理に関連する技術を挙げた。

「見える化」も、ライフサイクル思考の中核技術であり、製品ライフサイクルを可視化し、評価するための技術を挙げた。評価としては、ライフサイクルアセスメントや環境効率だけでなく、第1章の図1. 2のメゾレベルをモデル化、評価するための持続可能社会評価技術や、サステナブル・マニュファクチャリングならではの評価技術として、品質や寿命の評価技術を挙げた。

「再利用化」は、資源を再利用して活用する技術であるが、材料リサイクル技術や廃棄物処理技術は、3R分野のロードマップで既に取り上げられているため、ここでは重複を避けるために取り上げなかった。

「標準化」は、技術開発と同時に、広く普及させ標準的に使用されることが望ましい技術である。具体的には、ライフサイクル設計を実施する際に必要な種々の要素設計技術、リデュースと長寿命化に関連する技術を挙げた。

「情報化」は、ライフサイクル全体を情報化するための技術である。ここでは、ライフサイクル全体の製品に関連する情報を一元的にモデリングするライフサイクルプロダクトモデリングに関する技術と、ライフサイクルの各プロセス（製造、使用など）において起こりうる現象、挙動をシミュレーションにより評価、予測することにより、試作を削減し、ライフサイクル全体の最適化を目指す試作最小化技術を挙げた。

## (3) 技術ロードマップ

上記技術マップに示した各技術について、技術ロードマップを示す。時間軸への展開方法については、シナリオに沿った形で、2025年までに開発されている技術とそれ以降になる技術に大まかに分類した上で、ロードマップを作成した。なお、左三角形、右三角形がついておらず、全期間にわたって棒が伸びている技術（例えば、「LCA データベース、マテリアルフローデータ等の評価基礎データの収集、利用可能化」）は、技術開発を継続し続ける必要のある基礎的な重要技術を示している。

サステナブルマニュファクチャリング(設計、製造、加工分野)技術マップ:ライフサイクル思考

No.	大分類	中分類	小分類	要素技術(例)	抽出の評価軸*	サステナビリティ確保のため克服すべき制約項目					サブライチェーンの該当フェーズ又は全体最適化の区分			市場投入時期				
						エネルギー	資源	環境	生活の質	高付加価値化	技術の伝承	原料調達・原料製造	製品開発・製造・使用	再利用・リサイクル・処分	循環系のシステム化	2020年	2030年	2050年
1101	LC思考	サービス化	メンテナンス技術	余寿命診断 非破壊検査 診断修復技術 リスクベアト保全技術 使用履歴管理技術 メンテナンスビジネス化	RS-2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
1102			環境調和ビジネス戦略設計支援技術	環境調和ビジネス設計支援ソフトウェア技術	OT-2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
1201	システム化	システム化	LC設計技術	LC戦略設計技術	OT-2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
				ライフサイクル・シミュレーション 代替案比較分析手法	OT-2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
				易リサイクル設計技術	RS-3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
				易リユース設計技術	RS-3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1202		リデュース設計技術	構造最適設計技術 高機能材料利用技術 再生材・再生部品利用技術															
1203		LC管理技術	ライフサイクル情報管理技術 使用履歴管理技術 現物・情報融合技術															
1204		グローバル循環設計・管理技術	グローバル循環のための設計技術 トレーサビリティ確保技術	RS-3		○		○					○					
			グローバル循環に関わる社会システム整備	RS-3		○		○						○				
1301	LCの情報化	見える化	プロダクトのモデリング技術	新しい形状モデルの表現形式 形状モデルの属性の付加と抽出 形状モデルのデータ交換		○	○	○	○	○								
1302			現物融合技術	リバーエンジニアリング技術			○	○	○	○	○							
1401		持続可能社会評価技術	持続可能社会シナリオシミュレータ	OT全て		○	○	○	○	○			○	○	○	○		
1402		各種ライフサイクル評価技術	LCA ライフサイクル・シミュレーション マテリアルフロー分析 安全性評価技術	OT-2		○	○	○	○	○			○	○	○	○		
1403		環境効率評価技術	環境効率指標開発	OT-1		○	○	○	○	○			○	○	○	○		
1404		寿命管理技術	寿命予測技術 寿命診断技術 寿命設計技術	RS-3		○	○	○	○	○			○	○	○	○		
1405		品質保証技術	余寿命診断技術 劣化診断技術 非破壊検査技術 遠隔検査技術	OT-2		○	○	○	○	○			○	○	○	○		
1501	再利用化	リユースのための循環マネジメント技術	リユース部品発生予測 リユース部品在庫管理技術 リユース部品を含む生産計画技術	RS-3		○	○	○	○	○			○	○	○	○		
1502		リユースのための生産技術	部品再生・補修技術 検査技術 洗浄技術	RS-3		○	○	○	○	○			○	○	○	○		
1503		その他のリユース関連技術	詰め替えビジネス促進技術 詰め替えビジネス阻止技術 中古部品の市場整備	RS-3 RS-3 RS-3		○	○	○	○	○			○	○	○	○		
1601	標準化	共通要素設計技術	部品交換容易化設計技術 部品共通化設計技術 多世代共通化設計技術 部品長寿命化設計技術 検査容易化設計技術 洗浄容易化設計技術 易分解設計技術 モジュール化設計技術 診断容易化設計技術 メンテナンス容易化設計技術 自己診断設計技術 自己修復設計技術	OT-2		○	○	○	○	○			○	○	○	○		
1602			長寿命化技術	機能変更可能化設計技術 性能向上可能化設計技術 モジュール化設計技術 ソフトウェア更新設計 材料技術・構造技術 メンテナンス技術	RS-3		○	○	○	○	○			○	○	○	○	

\* 抽出の評価軸

- EG-1: エネルギー節約型(省エネ)の材料、生産技術
- EG-2: 大型プラント、ファクトリーからの脱却
- EG-3: 異種産業間の連携による利用最適化
- EG-4: 軽量化等利用段階のエネルギー節約型の製品開発技術
- RS-1: 希少資源の使用を減らし、ありふれた豊富な資源への代替
- RS-2: 長寿命化、材料・原料の削減等による資源利用効率の向上

- EV-1: 化石資源・燃料の効率的利用
- EV-2: 工場排出のクリーン化、有害物質排出の削減・吸収・回収
- EV-3: 自然が持つ物質生産、環境修復・再生の機能の活用
- OT-1: (異業種産業間の連携以外の)利用最適化
- OT-2: EG-1, EG-3, EG-4, RS-1, RS-2, RS-3, OT-1の同時達成
- OT-P: 生産人口の減少に対処するための生産人材・技術の高度化
- OT-S: 生活における安心・安全の確保、満足度の向上
- OT-U: ユーザー意識向上



### 3. 3 最小化の技術戦略マップ

#### (1) 背景、考え方

最小化技術ロードマップでは、資源、製造（生産）、使用、再生、廃棄という製品ライフサイクルにおいて、環境負荷やエネルギー・資源の無駄を省き、サステナビリティの確保とともに、これらの技術を製造面での効率化・高度化につなげ、国際社会での製造競争力の確保につながる技術体系を検討した。すなわち上記ライフサイクルのすべての場において、「資源消費、エネルギー消費、環境負荷が最小化することが効率的な製造となる」という捕らえ方を推し進め、より競争力確保につながる方向性を目指す。

今年度マップは未だスタート状態であり、上記検討が十分と言えないが、将来的な技術課題を展開するきっかけとなるような技術要素を抽出している。特に省資源国日本では、リサイクルは資源の一つであり、リユース・リデュース技術と併せ重要である。このようなリサイクル素材の再利用技術は希少金属等では極一部しか進んでおらず、今後多様な材料での有効利用が必要となる。そのためには、廃棄時にリサイクル・もしくはリユースへ進むための評価技術や素材の情報化、また再生のための製造プロセス技術などの開発が重要となる。また、製造時に環境負荷物質や資源を削減するための技術開発、特に大きく削減が期待できる代替技術開発、製造時に排出される素材を即再生用資源と捕らえ、再生のためにエネルギー・資源・環境負荷を最小にできる製造手法やシステムの開発が求められる。一歩進んでサプライチェーンマネジメント（SCM）やライフサイクルマネジメント（LCM）をローカル規模、グローバル規模で実現し、その主要な部分を担う製造技術の課題は大きい。グローバルユースではリサイクル・リユースのため、生産国に限らず作業者に必要な情報が手に入る仕組み等も検討が必要である。

次世代生産では、「いつ」「だれが」「どこで」「なにをつかって（原料）」「なにを（製品）」「どのように（製法）」作るか、という視点の重要性が高まる。特に時間と場所については、輸送や保管による負荷を削減するために重要となる。リユースなどによる製品寿命の長期化に対応できる部品・部材の供給技術や地産地消型製造での多様な製品種への対応製造技術としても、また、先述の素材や製造時負荷における材料の取り扱いも含め、サステナビリティに対応できる即時性がありかつ効率的な製品の開発製造システムなどの展開も重要な課題である。

#### (2) 技術マップ

最小化に関する技術を中分類として、次の4種類でリストアップする。

「標準化」では、資源の再利用の観点から情報の共有化を示している。リサイクルマークに代表されるように、製品の構成材料の表記や解体手法などを共通化・標準化することは、資源の再利用・再循環を促す。また、製品が世界規模で動くことから国際的に共通化すること、製造情報である図面などについても標記方法等の標準化が果たす役割は大きい。

「サービス化」では、最小化に関わる技術のうち特にシステム的に全体俯瞰での技術の効果という点で、サプライチェーンマネジメント（SCM）やライフサイクルマネジメント（LCM）、製造装置の自律化、また多品種少量型、長寿命型製品の必要に応じた製造、ニーズに応じた製造を実現

する製造システム開発を挙げた。

「再利用化」は、リユース・リサイクル技術を普及させる技術として展開している。

「代替化」は、負の資源・材料に対して、製造時・使用時・廃棄時において削減し、不使用とするかについての技術である。

「バランス化」は、製造設備・装置、プロセス・工程でのエネルギー消費の削減や結果として最小化を進める歩留まり向上技術である。

### (3) 技術ロードマップ

上記技術マップに示した各技術について、技術ロードマップを示す。2020年から30年ころの大きな普及を目指したいところである。

サステナブルマニュファクチャリング(設計、製造、加工分野)技術マップ:最小化

No.	大分類	中分類	小分類	要素技術 (例)	抽出の評価軸*	サステナビリティ確保のため克服すべき制約項目					サプライチェーンの該当フェーズ又は全体最適化の区分				市場投入時期		
						エネルギー	資源	環境	生活の質	高付加価値化	技術の伝承	原料調達・原料製造	製品開発製造・使用	再利用・リサイクル・処分	循環系のシステム化	2020年	2030年
4101	最小化	標準化	図面情報の共通化技術	解体手法の国際化 リサイクルマークの共通化	RS-3												
4201		サービス化	SCM・LGMを取り込んだ製造	図面付記情報の共通化 企画 計画 運営 可視化 リバーシロジスティクス サプライヤーパーク 垂直立ち上げ テリトリーの維持	RS-3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4202			製造装置の自律化技術	装置機能の検査・評価技術 分割を容易にする設計(デザイン) 製造 マニュアルレス分割(分割ガイダンスマーク)	RS-3							○					○
4203			高効率的多品種変量生産	オンデマンド生産システム 半導体ミニアフ 局所環境制御加工技術	EG-1 EV-2	○	○	○	○	○	○	○					○
4204			試作最小化技術	構想設計から使える形状モデルの方式 CAD/CAE間のデータ受け渡し簡便化技術 運成解析・最適化解析などの技術 現物シミュレーション技術 過去のノウハウ活用技術		○	○	○	○	○							
4301		再利用化	リユースのためのプロセス技術	洗浄技術 検査技術 リユースのための修理・メンテナンス・アップグレード	RS-3 RS-3 RS-3	○	○	○	○			○					○
4302			動脈静脈一体型生産システム技術	成分分析・素材分離技術	RS-3	○	○						○				
4303			動脈静脈一体型加工プロセス技術	再生マグネシウムからの素材製造 変種変量生産技術 洗浄技術 素材判別技術 再生素材品質検査 素材再生技術	RS-3	○	○	○				○					○
4304			マテリアルリサイクルの高度化技術	高度自動材料選別技術 テラオペレーション応用技術 焼却技術の高度化 再生材料の再精錬・高品質化技術 再生プラスチックの高品質化技術 廃棄物再利用技術 製造・廃棄時の有用物質(レアアース・レアメタル)回収技術の高度化	RS-3 EV-2 RS-3 RS-2 RS-3	○	○					○					○
4401		代替化	使用における有害物質削減、不使用技術	RoHS(REACH)規制対応技術 形状・構造設計 素材選択 加工選択(塗装等) 有害物質含有物の代替技術 超機能環境適合性トライボロジー技術	EV-3			○				○	○				○
4402			製造における有害物質削減、不使用技術	エコトライボロジー 製造時の有害物質回収技術の高度化 加工液等削減 製造時の廃棄物削減技術 レジスト等補助材料の削減技術	EQ-4 RS-3 EV-2 RA-2	○	○	○				○					○
4403			廃棄における有害物質削減、不使用技術	廃棄材料からの元素分離技術	RS-3		○	○									○
4501		バランス化	製造プロセスの省エネ、省資源技術	小型複合生産機械 省エネルギープロセス設計技術 セラミックス等の製造プロセス合理化技術 材料・エネルギー最小化加工技術	EG-1 EG-1 EG-1	○	○					○					○
4502			製造設備の省エネ技術	生産システムの効率的運用技術 生産機械のエネルギー使用合理化技術 コンパクト生産システム	EG-4 EG-4 EG-2	○	○	○	○			○					○
4503			材料高歩留まり製造プロセス	セル生産 フリーフォーム鍛造 MIM テクノモールドイング スーパーニードネットシェーブ加工	EV-2 RS-2	○	○	○	○			○					○

\* 抽出の評価軸

- EG-1: エネルギー節約型(省エネ)の材料、生産技術
- EG-2: 大型プラント、ファクトリーからの脱却
- EG-3: 異種産業間の連携による利用最適化
- EG-4: 軽量化等利用段階のエネルギー節約型の製品開発技術
- RS-1: 希少資源の使用を減らし、ありふれた豊富な資源への代替
- RS-2: 長寿命化、材料・原料の削減等による資源利用効率の向上

- EV-1: 化石資源・燃料の効率的利用
- EV-2: 工場排出のクリーン化、有害物質排出の削減・吸収・回収
- EV-3: 自然が持つ物質生産、環境修復・再生の機能の活用
- OT-1: (異種産業間の連携以外の)利用最適化
- OT-2: EG-1, EG-3, EG-4, RS-1, RS-2, RS-3, OT-1の同時達成
- OT-P: 生産人口の減少に対処するための生産人材・技術の高度化
- OT-S: 生活における安心・安全の確保、満足度の向上
- OT-U: ユーザー意識向上

サステナブル・マニュファクチャリング(設計、製造、加工分野)技術ロードマップ:最小化(1)

No.	大分類	中分類	小分類	事業計画、基礎開発				実用化時期	
				2007	2010	2020	2030	2050	
4101	最小化	標準化	製造工程の最適化技術	製造工程の最適化 リサイクル率の向上 資源効率の向上 廃棄物の削減	ISO提案準備 ISO標準化 ISO標準化 ISO標準化	部分的にISO化される			
4201	最小化	標準化	製造工程の最適化技術	製造工程の最適化 リサイクル率の向上 資源効率の向上 廃棄物の削減	ISO提案準備 ISO標準化 ISO標準化 ISO標準化	部分的にISO化される			
4202	最小化	標準化	製造工程の最適化技術	製造工程の最適化 リサイクル率の向上 資源効率の向上 廃棄物の削減	ISO提案準備 ISO標準化 ISO標準化 ISO標準化	部分的にISO化される			
4203	最小化	標準化	製造工程の最適化技術	製造工程の最適化 リサイクル率の向上 資源効率の向上 廃棄物の削減	ISO提案準備 ISO標準化 ISO標準化 ISO標準化	部分的にISO化される			
4204	最小化	標準化	製造工程の最適化技術	製造工程の最適化 リサイクル率の向上 資源効率の向上 廃棄物の削減	ISO提案準備 ISO標準化 ISO標準化 ISO標準化	部分的にISO化される			
4301	標準化	標準化	製造工程の最適化技術	製造工程の最適化 リサイクル率の向上 資源効率の向上 廃棄物の削減	ISO提案準備 ISO標準化 ISO標準化 ISO標準化	部分的にISO化される			
4302	標準化	標準化	製造工程の最適化技術	製造工程の最適化 リサイクル率の向上 資源効率の向上 廃棄物の削減	ISO提案準備 ISO標準化 ISO標準化 ISO標準化	部分的にISO化される			
4303	標準化	標準化	製造工程の最適化技術	製造工程の最適化 リサイクル率の向上 資源効率の向上 廃棄物の削減	ISO提案準備 ISO標準化 ISO標準化 ISO標準化	部分的にISO化される			
4304	標準化	標準化	製造工程の最適化技術	製造工程の最適化 リサイクル率の向上 資源効率の向上 廃棄物の削減	ISO提案準備 ISO標準化 ISO標準化 ISO標準化	部分的にISO化される			
4401	代替化	代替化	製造工程の最適化技術	製造工程の最適化 リサイクル率の向上 資源効率の向上 廃棄物の削減	ISO提案準備 ISO標準化 ISO標準化 ISO標準化	部分的にISO化される			
4402	代替化	代替化	製造工程の最適化技術	製造工程の最適化 リサイクル率の向上 資源効率の向上 廃棄物の削減	ISO提案準備 ISO標準化 ISO標準化 ISO標準化	部分的にISO化される			
4403	代替化	代替化	製造工程の最適化技術	製造工程の最適化 リサイクル率の向上 資源効率の向上 廃棄物の削減	ISO提案準備 ISO標準化 ISO標準化 ISO標準化	部分的にISO化される			

サステナブル・マニュファクチャリング（設計、製造、加工分野）技術ロードマップ：最小化（2）

No.	大分類	中分類	小分類	主要技術 技術（例）	事前調査、基礎開発		本相開発		実用化時期	
					2010	2020	2030	2050		
4501	最小化	バランス化	製造プロセスの省エネ、省資源技術	小型複合生産機械	一部生産現場での試行	プロセスの省エネ化 設計技術開発進む	一部産業でのプロセスの省エネ化、低環境負荷への移行が進む			
				遠く工場での製造プロセス管理 技術	エネルギー-材料最小化複合加工プロセス					
				材料エネルギー最小化加工技術	エネルギー-材料最小化複合加工プロセス					
4502			製造設備の省エネ技術	生産システムの効率的運用技術 生産機械のエネルギー使用管理化 技術	エネルギー-材料最小化複合加工プロセス 開発進む(コンバクト生産など含め)	生産システムの効率的な運用技術 開発進む(コンバクト生産など含め)	多様な生産現場への導入が進む。			
				セル生産	エネルギー-材料最小化複合加工プロセス					
4503			製造設備の省エネ技術	フリーフォーム製造	サステナビリティ各業 産した高歩留まり製造 プロセスの開発進む	スーパーストックシステム 開発進む	実用的導入が開始、多様な製造に適応			
				MIM チクソモールドディング						
				スーパーストックシステム	スーパーストックシステム 開発進む	スーパーストックシステム 開発進む	スーパーストックシステム 開発進む			
				スーパーストックシステム	スーパーストックシステム 開発進む	スーパーストックシステム 開発進む	スーパーストックシステム 開発進む			

### 3. 4 高付加価値化の技術戦略マップ

#### (1) 背景、考え方

サステナブル社会の実現を一義に目指して環境負荷削減を進めようとする、製品の高性能化、高機能化をせずに基本機能に限定した標準品を使うとか、便利な製品を使わずに我慢するとかを短絡的に目指しがちである。しかしこの方向に進むと、平均的な製品価格が下がり、市場規模が小さくなって、経済活動が縮小することになる。

経済活動規模の維持拡大はサステナブル社会実現に必須の条件であり、この実現には、環境負荷削減を進めつつも、ビジネス規模拡大することが不可欠である。

本項では、環境負荷を増大させずに、顧客にとっての魅力度を向上させる製品の企画開発、また顧客にとっての魅力度を向上させるサービス化の達成を実現するための技術を提示する。

#### (2) 技術マップ

高付加価値化に関する技術を、中分類として以下の3種類でリストアップする。

「サービス化」は、従来ハードウェア自体の価値を顧客に提供していたのに対して、顧客へサービスの価値を提供することによって、エネルギー・物質消費を増大させずに、付加価値を増大するための技術である。ビジネス構造設計支援技術は、ハードウェア製品と比較して複雑になることが多い提供者と顧客の関係、対価の流れ、情報やサービスの提供の流れなどをモデル化して扱う技術である。ユーザーズ把握技術は、真に顧客の付加価値につながるニーズを把握するための技術である。人間状態計測技術は、顧客の身体およびメンタルに適合する商品を企画するための技術である。マスカスタマイゼーション実現技術は、顧客ごとの個別仕様や顧客利用地域差への対応のための技術である。

「見える化」は、商品の本来機能ではない情報を顧客に提供することによって、顧客に利便性、安心感などの付加価値を提供するための技術である。現状商品のトレースに関する顧客の期待が大きいため、その技術により付加価値を向上できる。

「システム化」は、個別の製品や機能を組み合わせることによって生まれる付加価値を顧客に提供するための技術である。安全設計支援技術は、製品の主機能と安全対応を組合せて高付加価値化する技術である。機械と人間の協調技術は、機械と人間の関係を見直し、真に人間に対応した機械の使い方を実現する技術である。

#### (3) 技術ロードマップ

上記技術マップに示した各技術について、技術ロードマップを示す。多くの技術の開発は現状既に始まっている。

サステナブルマニュファクチャリング(設計、製造、加工分野)技術マップ:高付加価値化

No.	大分類	中分類	小分類	要素技術(例)	抽出の評価軸*	サステナビリティ確保のため克服すべき制約項目					サプライチェーンの該当フェーズ又は全体最適化の				市場投入時期				
						エネルギー	資源	環境	生活の質	高付加価値化	技術の伝承	原料調達・原料製造	製品開発・製造・使用	再利用・リサイクル・処分	循環系のシステム化	2020年	2030年	2050年	
2101	高付加価値化	サービス化	ビジネス構造設計支援技術	ビジネス構造のモデル化技術	EG-3	○	○	○		○					○	○			
				ビジネス構造可視化技術	EG-3	○	○	○		○						○	○		
				ビジネス事例データベースと検索技術	EG-3	○	○	○		○	○						○	○	
2102	高付加価値化	サービス化	ユーザーニーズ把握技術	ユーザーニーズの収集技術	OT					○		○			○	○			
				ユーザーニーズ構造分析技術	OT					○		○				○	○		
				顧客価値評価技術	OT					○		○					○	○	
2103	高付加価値化	サービス化	人間状態計測技術	人間のメンタルモデル構築技術	OT					○		○			○	○			
				物理的状態計測技術	OT-S					○		○				○	○		
				メンタルな状態計測技術	OT-S					○		○				○	○		
2104	高付加価値化	サービス化	製造における製品/サービス適正化技術	カスタマイズ容易化設計技術	OT					○		○			○	○			
				ローカライズ対応カスタム設計技術	OT					○		○				○	○		
				コア技術のブラックボックス化	OT					○		○				○	○		
2105	高付加価値化	サービス化	製品/サービス融合化技術	製品価値・サービス価値の可視化技術								○			○	○			
				製品・サービス複合モデルのシミュレーション技術								○					○	○	
				製品・サービスの統合設計方法論								○					○	○	
2106	高付加価値化	サービス化	社会の安全・安心技術	健康被害対策技術	OT-S					○		○			○	○			
				自然災害対策技術	OT-S					○		○				○	○		
				テロ等非常時対策技術	OT-S					○		○					○	○	
				不正アクセス、ウィルス対策	OT-S					○		○					○	○	
				情報漏洩対策技術	OT-S					○		○					○	○	
2201	見える化	サービス化	トレサビリティ確保のための技術(トータルトレサビリティ技術)	商品の調達品に関するトレーサ(輸出入を含む)	OT-S					○		○	△	○	○		○		
				商品の輸送、配送に関するトレーサ(輸出入を含む)	OT-S					○		○					○	○	
				商品の利用、保守状況の把握	OT-S					○		○					○	○	
				商品のリサイクル状況の顧客への提示	OT-S					○		○					○	○	
				RFIDの小型化・大容量化技術						○									
				読取/書込の高度化技術						○									
				大規模データベースの活用技術						○									
2301	システム化	サービス化	安全設計支援技術	本質安全設計	OT-S					○		○			○	○			
				失敗学	OT-S					○	○		○	△			○	○	
2302	システム化	サービス化	機械と人間の協調技術	FMEA支援技術	OT-S					○		○	△		○	○			
				人に優しいロボット技術	OT-S					○		○	△				○	○	
2303	システム化	サービス化	無停止化技術	パワーアシスト	OT-S					○		○	○		○	○			
				BC/DR(Business Continuity & Disaster Recovery)対策	OT-S					○		○					○	○	

\* 抽出の評価軸

- EG-1: エネルギー節約型(省エネ)の材料、生産技術
- EG-2: 大型プラント、ファクトリーからの脱却
- EG-3: 異種産業間の連携による利用最適化
- EG-4: 軽量化等利用段階のエネルギー節約型の製品開発技術
- RS-1: 希少資源の使用を減らし、ありふれた豊富な資源への代替
- RS-2: 長寿命化、材料・原料の削減等による資源利用効率の向上

- EV-1: 化石資源・燃料の効率利用
- EV-2: 工場排出のクリーン化、有害物質排出の削減・吸収・回収
- EV-3: 自然が持つ物質生産、環境修復・再生の機能の活用
- OT-1: 異種産業間の連携(以外の)利用最適化
- OT-2: EG-1, EG-3, EG-4, RS-1, RS-2, RS-3, OT-1の同時達成
- OT-P: 生産人口の減少に対処するための生産人材・技術の高度化
- OT-S: 生活における安心・安全の確保、満足度の向上
- OT-U: ユーザー意識向上



### 3. 5 技術の伝承の技術戦略マップ

#### (1) 背景、考え方

日本の製造業の強みは、製造現場で働く熟練技術者の高度な経験技術と組織的な新技術開発力が調和して高度なものづくりを展開してきたところにある。特に大型輸出産業の川下企業を支える多くの中小製造業において、技能者と呼ばれる熟練技術者の存在が強みの根幹であった。しかし“2007年問題”という表現に代表されるように、多くの製造業において技能者の高齢化に伴う技能の喪失が問題になっている。“2007年問題”は必要な人材を雇用延長する等の雇用形態上の融通でしのいでいるが、近い将来、それができなくなる時が来る。また、日本は世界的に見ても少子高齢化社会が急速に進展しており、今後高齢者の増加と労働生産人口の急速な減少は明らかで、社会を維持していくためには労働生産性において世界平均以上の向上が必要不可欠な状況である。

以上を鑑みると、現在の製造現場で活躍している熟練技術者の高度な経験技術を製造現場で効率的に継承していく技術の開発が、今後のわが国の産業競争力を維持していく上で不可欠である。

#### (2) 技術マップ

技術の継承のための技術マップは、熟練技術者の個人に属人的にもつ高度な経験技術を製造現場で効率的に継承していくための技術を確立するための技術マップである。そのための開発技術を「情報化」、「標準化」、「人材育成」の3つの中分類で整理した。

「情報化」は、高度な属人的技術が技能と呼ばれるように暗黙的な知識であったり知識が偏在していたりして、原理が共通な理解にいたっていない知識を、製造現場で活用できる技術として形式知化することを目指す。このため、加工現象と技能を計測・分析し、製造現象の解明を通して、作業者の持つ暗黙的な知識と形式的な知識の構造の解明に取り組む。さらにこれらの知識の集積化と体系化を進める手法を開発する。

「標準化」は、上記の「情報化」で形式化された知識体系を、現場の加工従事者の作業の高度化、企業全体としての生産技術・工程の高度化に活用するための技術開発を行う。特に加工従事者が作業実施中に遭遇する問題に的確かつ迅速に対応できるようになる技術の確立をめざす。また、必ずしもITリテラシーが高度でない中小製造業でも活用可能な技術の構築を目指す。

「人材育成」は、「情報化」で形式化された知識体系と、「標準化」で開発される活用技術を、就労者が製造現場に入る前、あるいは製造現場において、その活用法を自己の知識として効率的に身につけることを可能にするための技術開発である。また、今後の製造現場の特徴として、生産拠点が海外になる、あるいは国内生産現場で海外からの労働力依存が増えるという生産のグローバル化が進展する。そこにおいて、わが国の貴重な製造に関する貴重な知財を保護しつつ、グローバル化への効率的対応を図る手法技術の開発を目指す。

#### (3) 技術ロードマップ

上記技術マップに示した各技術について技術ロードマップを示す。

サステナブルマニュファクチャリング(設計、製造、加工分野)技術マップ:技術の伝承

No.	大分類	中分類	小分類	要素技術(例)	抽出の評価軸*	サステナビリティ確保のため克服すべき制約項目					サプライチェーンの該当フェーズ又は全体最適化の区分			市場投入時期				
						エネルギー	資源	環境	生活の質	高付加価値化	技術の伝承	原料調達・原料製造	製品開発製造・使用	再利用・リサイクル・処分	循環系のシステム化	2020年	2030年	2050年
3101	技術の伝承	情報化	技能・技術の形式知化技術	加工現象の計測・分析技術、CAE	OT-P						○	△	○		○	○		
				技能の計測・分析技術	OT-P							○	○	△		○	○	
				加工技能における暗黙知の形式知化	OT-P								○	○	○		○	○
3102	標準化	技能・知識のデジタル化技術	デジタル化支援ソフトウェア	OT-P						○		○	△		○			
加工作業支援技術			OT-P							○		○		○				
問題解決支援技術			OT-P								○		○		○			
3201	標準化	生産支援技術	作業中支援技術	OT-P						○		○		○				
生産工程の自動化			OT-P							○		○		○				
生産技術、工程のIT活用技術			OT-P								○		○	△		○		
3301	人材育成	技能の伝承関連技術	OJT伝承、技能継承マニュアル	OT-P							○		○	△		○		
			技術伝承のためのVR技術	OT-P	○	○		○				○		○	△		○	
			技術伝承のためのIT活用技術	OT-P								○		○		○		
3302		生産のグローバル化に対応する人材育成技術	高品質生産対応作業指示技術	OT-P	○	○	○				○		○		○			

\* 抽出の評価軸

- EG-1: エネルギー節約型(省エネ)の材料、生産技術
- EG-2: 大型プラント、ファクトリーからの脱却
- EG-3: 異種産業間の連携による利用最適化
- EG-4: 軽量化等利用段階のエネルギー節約型の製品開発技術
- RS-1: 希少資源の使用を減らし、ありふれた豊富な資源への代替
- RS-2: 長寿命化、材料・原料の削減等による資源利用効率の向上

- EV-1: 化石資源・燃料の効率的利用
- EV-2: 工場排出のクリーン化、有害物質排出の削減・吸収・回収
- EV-3: 自然が持つ物質生産、環境修復・再生の機能の活用
- OT-1: (異種産業間の連携以外の)利用最適化
- OT-2: EG-1, EG-3, EG-4, RS-1, RS-2, RS-3, OT-1の同時達成
- OT-P: 生産人口の減少に対処するための生産人材・技術の高度化
- OT-S: 生活における安心・安全の確保、満足度の向上
- OT-U: ユーザー意識向上

サステナブル・マニュファクチャリング(設計、製造、加工分野)技術ロードマップ:技術の伝承

No.	大分類	中分類	小分類	事業計画、基礎開発				本格開発		実用化時期	
				2007	2010	2020	2030	2050			
3101	技術の伝承	情報化	技能:技術の形式知化技術	加工現場の計画/分析技術、CAE	加工現場の主因/リアルタイム計測技術 加工現場の計画/分析技術 加工現場の計画/分析技術	加工現場の計画/分析技術、CAE 加工現場の計画/分析技術	加工現場の計画/分析技術、CAE 加工現場の計画/分析技術	製品企画から製造、利用、環境影響、廃棄、再利用率までを通じたCAE技術			
				技能:技術の形式知化技術	技能者の経験/知識の形式知化 技能者の経験/知識の形式知化	技能者の経験/知識の形式知化 技能者の経験/知識の形式知化	技能者の経験/知識の形式知化 技能者の経験/知識の形式知化	技能者の経験/知識の形式知化 技能者の経験/知識の形式知化	技能者の経験/知識の形式知化 技能者の経験/知識の形式知化	技能者の経験/知識の形式知化 技能者の経験/知識の形式知化	技能者の経験/知識の形式知化 技能者の経験/知識の形式知化
3101			技能:知識のデジタル化技術	デジタル化支援ソフトウェア							
3201		情報化	加工作業支援技術	問題解決支援技術							
3202			生産支援技術	作業中支援技術							
				生産工程の自動化							
3301	人材育成		技能の伝承関連技術	CAD伝承、技能継承マニュアル							
				技術伝承のためのVR技術							
3302			生産のグローバル化に対応する人材育成技術	生産のグローバル化に対応する人材育成技術							
				生産のグローバル化に対応する人材育成技術							

### 3. 6 重要課題の抽出

本WGで作成した技術マップにおいては、抽出した要素技術リストが前節の重点化評価項目のいずれに相当するかを○印を付けて示した。また、重点化評価の結果、特に重要と考えられる技術（小分類レベル）を技術マップ中に網掛けで示した。これに基づき、抽出した要素技術の中でも特に重要な技術の絞込みを行った。ただし、絞込みの観点は、単純に「多くの項目に○が着く」ことでは無く、各項目への貢献の度合い、技術としての発展性、波及効果、なども考慮した結果である。重点化評価の結果、抽出された重要技術（小分類レベル）は次の13項目であった。

- \* LC (Life Cycle)設計技術
- \* 持続可能社会評価技術
- \* グローバル循環設計管理技術
- \* プロダクトのモデリング技術
- \* 現物融合技術
- \* トレーサビリティ確保のための技術（トータルトレーサビリティ技術）
- \* 製造における製品／サービス適正化技術
- \* 製品／サービス融合化技術
- \* 試作最小化技術
- \* 高効率的多品種変量生産
- \* 動脈静脈一体型生産システム技術
- \* 製造プロセスの省エネ、省資源技術
- \* 材料高歩留まり製造プロセス

#### 4. 技術戦略マップの全体像

経済産業省では、2005年3月に（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）と協力して、国家的に重要な産業分野における中核技術のロードマップを俯瞰した「技術戦略マップ」を作成した。その後毎年、内容の改訂作業を行っている。2007年版では、25分野であったが、2008年版では、サステナブル・マニュファクチャリング分野など4分野が新たに加わり、全体で29分野になった。ここでは、2008年版の技術戦略マップに記述された説明にもとづき、その背景、目的、構成等について紹介しておく。[4]

##### 4. 1 背景

経済産業省では、市場ニーズに応じて科学に遡った研究開発や異分野の融合、研究開発プロジェクトに制度改革・国際標準化をビルトインするなどの施策を展開し、研究開発成果を素早く市場化に繋げる仕組みを構築していく方針を示している。これら構想を着実に実現するためには、ナショナル・イノベーション・システムを構成する各主体である政府、産業界、学界等の研究者が政府研究開発投資の判断の基盤となる戦略を共有し、関係機関が連携しながら、ひとつひとつの実績を積み重ねることが必要となる。そのような観点から技術ロードマッピングを研究開発マネジメント・ツールの方法論として積極的に取り入れている。

##### 4. 2 目的

以下の3点を実現することを主な目的としている。

###### (1) 産業技術政策の研究開発マネジメント・ツール整備

主要産業技術分野にかかる技術動向、市場動向を把握するとともに、国または民間において取り組まれるべき重要度が高いと考えられる技術（重要技術）の絞り込みを行い、経済産業省が研究開発プロジェクトを立案するための政策インフラを整備すること

###### (2) 民間企業等研究開発者に対する重要技術に関する情報提供

将来の社会を見据えた産官学の「研究開発の共有シナリオ」として、技術開発の方向性を提示し、産官学の連携、異分野・異業種の連携を促進すること

###### (3) 国民理解の増進

経済産業省が行っている研究開発投資に関し、その考え方、内容、成果等について国民に説明を行い、理解を深めること。

##### 4. 3 構成

従来、基本的な考え方と、導入シナリオ、技術マップ、ロードマップの構成であったが、2008年版から、基本的な考え方と名付けて記述していた部分を分野の説明という位置づけにして、分野のあとに、基本的な考え方という名称を付けずに、直接説明を記述する形になっている。ここには、どのような分野なのか、また、なぜその範囲を扱うのかなどを記述することになっている。

###### (1) 導入シナリオ

研究開発とともにその成果を製品、サービス等として社会、国民に提供していくために取り組むべき関連施策を含めて記載したもの

(2) 技術マップ

市場ニーズ・社会ニーズを実現するために必要な技術的課題、要素技術、求められる機能等を俯瞰するとともに、その中で重要技術を選定して記載したもの

(3) ロードマップ

研究開発への取り組みによる要素技術、求められる機能等の向上、進展を時間軸上にマイルストーンとして記載したもの

このような技術戦略マップ作成に役立てるため、当WGで検討したそれぞれの構成項目に関する資料を提出した。なお、本報告書で取り扱っている設計・製造・加工分野のサステナブル・マニュファクチャリングについては、2008年版から新たに加わった、「設計・製造・加工」【資料A-2.1】ならびに「持続可能なものづくり技術」【資料A-2.2】の内容に反映されている。2008年版には、他に グリーン・サステナブル・ケミストリー、サービス工学、コンテンツの3分野も新たに加わっている。[4]

## 5. まとめと今後の展開

以上、本 WG の成果として、設計・生産・加工分野のサステナブル・マニュファクチャリングの技術戦略マップについて述べた。検討を重ね、技術戦略マップを作成できたという意味で本 WG は所期の目的を達成することが出来た。特に、特徴として以下の点が挙げられる。

1. ビジョン主導のアプローチによる本分野の技術戦略マップの基本的なフレームワークを明確にすることができ、これを今後ローリングすることにより、より質が高く、技術課題を網羅的に収集した技術戦略マップを作成できると考える。
2. 「ライフサイクル思考」、「最小化」、「高付加価値化」、「技術の伝承」という 4 つの基本的な技術開発の方向性を抽出することができ、また、これを技術課題に展開することができた。
3. 技術戦略マップを作成することが、「持続可能社会に向けたものづくり」を繰り返し考え続けるための有効なツールであることを再確認できた。

また、今後の展開に向けた課題として、以下の点が挙げられる。これらの点は来年度からのローリングの際に検討を進めて行く必要がある。

1. フレームワークが出来たが、抽出した要素技術の網羅性、重要技術の絞り込み、ロードマップと導入シナリオの作り込み、サステナブル・マニュファクチャリングシナリオ 2025 へのフィードバックなどは、ローリングが必要である。特に、重要技術の絞り込みは、製品領域、産業セクターによって重み付けが異なるため難しさが残った。
2. 技術戦略マップ、特にロードマップの読者が、このロードマップから読み取るメッセージを明確にする必要がある。
3. サステナブル・マニュファクチャリング全体の技術戦略マップについては、各分野の統合化の方法をもう一度工夫する必要がある。プロセス横断的、目的横断的なので統合化が困難であった。併せて、既存の技術戦略マップ、例えば、3R 分野の技術戦略マップとの整合性を高める必要性が明らかになった。
4. 今回の技術戦略マップは製造者の視点から作成したので、今後は、生活者、消費者の視点を導入する必要がある。
5. シナリオ 2025 の作り込み、イラスト化が必要である。また、2050 年のシナリオを作成する必要がある。
6. 本技術戦略マップの特徴として、メゾレベルの技術課題を中心に検討を行ったが、二つの課題を再認識した。一つは、技術と非技術的課題の関連づけの重要性であり、これは、導入シナリオとロードマップの有機的な関係づけにより実現するために更なる検討が必要である。もう一つは、シナリオ主導で技術課題を抽出すると、技術課題がどうしても「〇〇ができる技術」といった形のニーズ指向の表現になってしまう点である。例えば、「ライフサイクル管理技術」は、特定の要素技術を示しているわけではなく、ライフサイクル管理に必要な技術の総称を示しており、具体的には、モニタリング技術、サプライチェーンマネジメント技術、電子マニフェスト技術などを利用したシステム化技術を指し示している。これは第 1 章で述

べたように、メゾレベルの技術課題に不可避免的に発生する課題ではあるが、今後の更なる検討が望まれる。

最後に、本報告書の作成を担当した委員ならびにご指導、ご支援、アドバイスをいただいた関係各位に紙上を借りてお礼を申し上げます。

## 参考文献

- [1] 経済産業省：ものづくり国家戦略ビジョン，<http://www.meti.go.jp/report/data/g51128aj.html>，2005
- [2] 渡邊政嘉：「技術戦略マップとサステナブル・マニュファクチャリング」，サステナブル・マニュファクチャリングシンポジウム資料集，(財)製造科学技術センター，2008
- [3] 木村文彦，梅田靖，インバースマニュファクチャリング フォーラムほか：インバース・マニュファクチャリング ハンドブック，丸善，2004
- [4] 経済産業省：技術戦略マップ2008年，[http://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu\\_kakushin/kenkyu\\_kaihatu/str2008.html](http://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu_kakushin/kenkyu_kaihatu/str2008.html)



# 【資料A-1】ものづくり技術戦略マップ作成の経緯と報

## 告書の構成

平成19年度次世代社会構造対応型製造技術の体系・統計調査報告書（平成20年3月）  
社団法人日本機械工業連合会、財団法人製造科学技術センター

### I. 平成18年度の活動

財団法人製造科学技術センターでは、平成18年度にこれから10年、20年先におけるわが国製造業の競争力を確保するために必要な技術課題を明らかにし、その導入シナリオを示すための製造技術ロードマップの策定作業に着手した。当初は事務局による会員ヒアリングを通じた製造技術の実態把握からスタートしたが、その後社団法人日本機械工業連合会の委託を得て、東京大学大学院工学系研究科の新井民夫教授を委員長とする委員会を組織して検討を行い、「次世代社会構造対応型製造技術の体系化調査報告書」としてとりまとめた。具体的な検討体制としては委員会の下に生産システムワーキンググループ（WG：竹内芳美主査）及び設計技術WG（大和裕幸主査）を設置して製造技術（設計及び生産プロセス技術を含むものづくり技術）について過去からの技術及び将来出現が予想される技術を体系化した技術マップ及びそれら技術の導入、実用化時期を予測した技術ロードマップを策定した。設計技術については、対象とする技術については機械設計を中心とするということであり問題はなかったが、生産システムについては当初から加工技術をどう取り扱うかという議論があり、平成18年度は加工技術についてはあまり詳細な分析は行わず、項目として簡単に取り上げることとした。また、生産システムWGにおける議論の中で生産プロセスや情報化といった課題に加え、環境や社会を考慮した生産システムが今後重要であるという指摘があり、持続可能な製造技術を目指すということで、サステナブル・マニュファクチャリングという概念を提示した。その結果、平成18年度の生産システムに関するロードマップは、

1. 生産プロセス技術（加工技術を含む）
2. 生産管理・情報技術
3. 環境を考慮したサステナブル・マニュファクチャリング技術
4. 社会を考慮したサステナブル・マニュファクチャリング技術

の4大項目について技術マップおよびロードマップを作成した。

平成18年度の成果については製造技術分野についてこれほど幅広く分析を行ったものは最近にないということで大きな評価を得たが、個々の技術についての分析やタイムスケールの設定等まだまだ不十分であり、また今後産業界として力を入れるべき重点技術とその導入シナリオについては時間的制約もあって、ほとんど検討されなかったため、平成19年度引き続きフォローアップを行うこととした。平成18年度の成果については、7月末に東京大学武田先端知ビル講堂において公開の報告会を行い、好評を得た。

## II. 平成19年度の活動

平成19年度は、前年度の結果を踏まえて活動を再開したが、いくつかの点につき前年度とやり方および範囲を変更した。第一はロードマップの名称を「製造技術ロードマップ」から「ものづくり技術戦略マップ」に変更したことである。経済産業省では平成18年度までに25の技術分野について「技術戦略マップ」を策定しているが、その内容は技術項目を示す「技術マップ」、その実現・実用化時期を示す「ロードマップ」および重要技術課題について実現方策を提案する「導入シナリオ」から構成されている。このマップについてもそれにあわせて策定することとした。また「ものづくり技術」という言葉が科学技術基本計画などでも「製造技術」に代わって用いられるようになっていくことから名称を「ものづくり技術戦略マップ」に変更することにした。

第2の変更点はサステナブル・マニュファクチャリングに関することである。経済産業省では平成19年度からサステナブル・マニュファクチャリングに関する技術戦略マップの策定に着手した。これは設計・製造・加工のものづくり分野に加え、グリーン・サステナブル・ケミストリー、グリーンバイオ、3Rを含む広い概念のサステナブル・マニュファクチャリング技術を対象にしたものである。平成18年度は生産システムWGで検討を行ったが、平成19年度はものづくりに関するサステナブル・マニュファクチャリング技術は直接の検討対象からははずすこととした。実際にはサステナブル・マニュファクチャリング技術マップWG（梅田靖委員長）を組織して検討を行い、12月にNEDO技術開発機構から調査研究を受託したのでそこで報告をまとめることとした。しかし、ものづくりに関する重要技術課題にはサステナブル・マニュファクチャリングに関係するテーマも多くそれらについては設計・製造・加工のものづくり分野に関するサステナブル・マニュファクチャリング技術戦略マップに取り上げられている。付録2に設計・製造・加工のものづくり分野に関するサステナブル・マニュファクチャ

リング技術戦略マップの概要を示す。

第3の変更点は、加工技術について新たにWGを組織して検討を行ったことである。加工技術はものづくりにおける大きな柱の一つであるが、昨年度は諸制約のため生産システムWGで検討を行った。その経緯もあり、加工技術サブWGと位置づけたが実質的には独立のWGである。WGの主査は東京大学生産技術研究所の帯川利之教授にお願いし、大変精力的に検討が行われ、その結果は第5章に詳述されている。

平成18年度の報告の中で取り上げられたレーザー技術については、財団法人機械システム振興協会の調査研究予算をいただくことができたのでファイバーレーザーを中心としたレーザー技術及びそれを応用した加工技術について次世代レーザー技術活用調査委員会（中井貞雄委員長）を組織して詳細な検討を行い、ロードマップ及び研究開発計画を策定した。その概要を付録3に示す。

また、この技術戦略マップで取り上げた10～20年後より先のものづくり技術等の方向について経済産業省の委託により特定非営利活動法人横断型期間科学技術研究団体連合（横幹連合）でアカデミックロードマップ（ARM）を策定することとなり、新井民夫教授がものづくり分野に関する技術を担当するWG4の委員長となって検討を行った。その結果の概要を付録4に示す。

また、日本のものづくりに関する基礎データをまとめ、日本のものづくりの強さを分析するため市場・統計整備WG（後藤康浩主査）を組織して検討を行った。その結果を付録1に示す。

このように今年度は、ものづくり技術に関するロードマップに関連した活動が重層的に実施されたが、新井委員長の指揮の下、情報交換を密に行いつつ作業を行ったので、お互いに補完され、より充実したものとなったと考えている。報告書全体の構成と委員会/WGの関係を以下に示す。

平成19年度

## 次世代社会構造対応型製造技術の体系・統計調査報告書

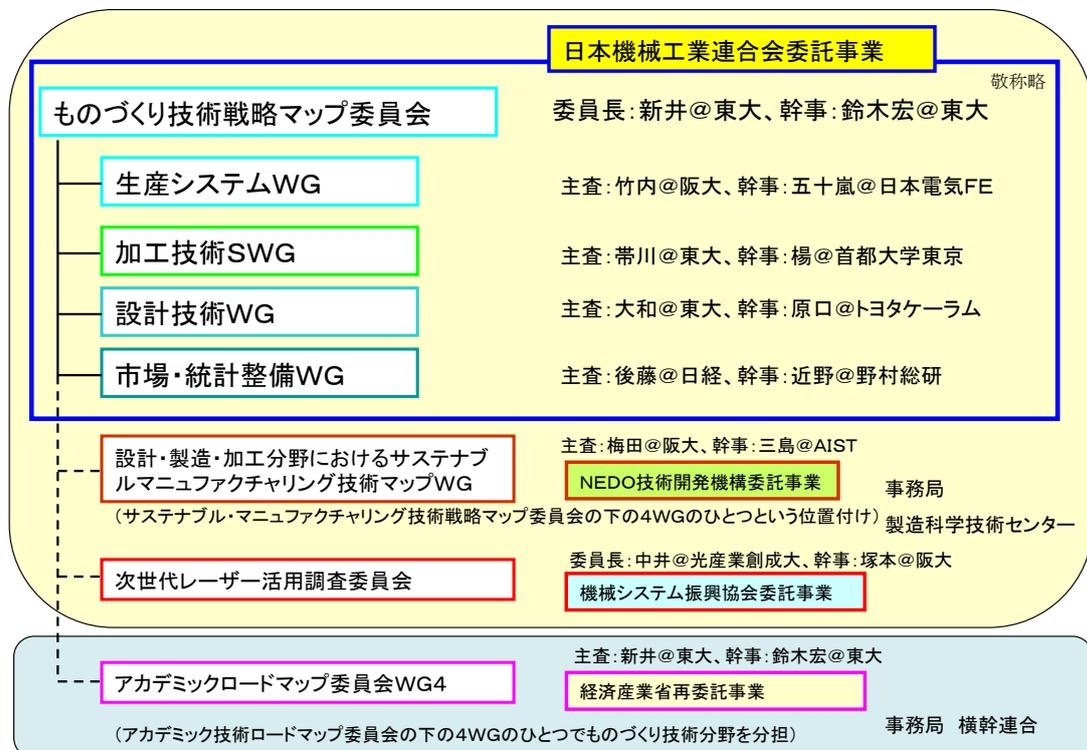
### 事業運営組織

- 第1章 はじめに
- 第2章 経緯および構成
- 第3章 生産システムWGの報告－20年後のものづくりシステム
- 第4章 設計WGの報告－次世代開発システムを目指して
- 第5章 加工技術SWGの報告－ものづくり力を支える先端加工技術
- 第6章 ものづくり技術の評価と推進
- 第7章 おわりに

### 付録

- 1. 日本の製造業の強み分析（製造技術体系化 市場・統計WG報告）
- 2. サステナブル・マニュファクチャリングWGの報告概要
- 3. 次世代レーザー技術活用調査委員会の報告概要
- 4. アカデミックロードマップ委員会WG4の報告概要

### 平成19年度 ものづくり技術戦略ロードマップ検討体制



平成19年度次世代社会構造対応型製造技術の体系・統計調査報告書（平成20年3月）  
社団法人日本機械工業連合会、財団法人製造科学技術センターより

# 【資料A-2.1】設計、製造、加工分野の技術戦略マップ

## 技術戦略マップ2008:経済産業省

### 設計、製造、加工分野

地球環境問題を解決するためには、大量生産、大量廃棄型の生産システムから脱却して、安定した循環システムを有する持続可能な社会を構築していく必要がある。また、持続可能な社会において、競争力ある製造業では、単に設計、製造だけを行うだけでなく、製品企画、設計、生産、販売から使用サポート、回収、再利用/廃棄という製品ライフサイクル全体を視野に入れ、環境との調和を計りながら経済性を追求する事業活動(サステナブル・マニュファクチャリング)が要求される。ここでは主に、設計と加工、組立てなどの製造分野に着目して、製品ライフサイクル全体を視野に入れ、サステナブル・マニュファクチャリングの重要技術を取上げる。

当該分野は、現在、日本の製造業として高い技術力のもとに国際展開している機械、電機、輸送機器、精密機械工業などの事業活動と密接に関係しており、新規の技術開発と技術の継承とを通じて将来にわたって発展していくことが望まれている。今後のこれらの産業の発展を考えると、従来からの機能・性能重視に加えて、環境重視・人間重視の技術革新・社会革新としてのイノベーション(エコイノベーション)が求められている。

技術戦略マップの策定に関しては、現在進行中の技術の発展、延長や社会活動の継続を前提にして、未来社会をイメージして技術要素を抽出してマップを作る方法と、将来の理想的なサステナブル社会像を描き出し、その中から技術要素を抜き出す方法の両方法の長所を生かして技術戦略マップの作成作業を行った。

今回の作業は、サステナブル・マニュファクチャリングの進展に資するための技術戦略マップ策定の第一歩であり、今後内容の一層の充実を図って行けば、活用場面の更なる広がりが期待できる。

## 設計、製造、加工分野の技術戦略マップ

### ．導入シナリオ

#### (1) 設計、製造、加工分野の目標と将来実現する社会像

現在、設計、製造、加工分野においてもサステナビリティが求められていることは言うまでも無い。サステナブル・マニュファクチャリングという技術体系において特徴的なことは、現状の技術の単純かつ無批判な進展のみでは社会的な要請に対応できないという点である。従って、サステナブル・マニュファクチャリング技術戦略マップ策定作業とは目標となる未来像を定めた後に、そこへ至る道筋を描く作業となる。

いまサステナブルな設計、製造、加工（サステナブル・マニュファクチャリング）を考えたときに、その進展は、2015年頃を境にそれ以前の近未来とそれ以降の将来とで二つに区分できるものと考えた。

2015年までの近未来では各個別研究主体（大学、公的研究機関、企業等）による要素技術の研究開発と成果の実用化を既存の枠組みのなかで進めることでサステナブル・マニュファクチャリングの進展を図ることができよう。

その後、2025年ないし2030年を見据えたサステナブル・マニュファクチャリングの一層の発展には、要素技術の個別開発での限界が明らかになり、大規模な実証実験、システム構築、データベース活用などの必要性が高まり、要素技術の更なる技術開発に加えて、新たな開発プロジェクト導入などが効果を発揮するものと思われる。

その結果として、2025年ないし2030年に実現する社会の全体像としては以下を想定している。【参考資料：サステナブル・マニュファクチャリング2025年シナリオ】

- ・ 地球温暖化問題に伴う化石エネルギー使用抑制の努力にも関わらず、中国、インドなどの経済発展に伴い、世界の一次エネルギー需要は2000年の1.4倍に達している。
- ・ 国際市場・国際競争に関して日本では2015～2025の間の低成長経済が続いた結果、経済規模では、中国、インドに抜かれGDP比で世界の4%程度になる。
- ・ これらのエネルギー供給の一部を担うと期待される再生可能エネルギーについては、技術開発も進み、着実にその比率を高めているが、劇的に増加するまでには至らない。
- ・ 2050年に向けた温室効果ガス削減の数値目標は主要排出国を含んで合意されている。これに伴い、日本の排出量削減目標も設定される。（2000年比60～70%減）
- ・ 2000年比4倍の環境効率（生産物の価値／環境負荷）を可能とする製品設計、生産技術がすでに実現しているが、全産業分野に普及するには至っていない。
- ・ 日本における温室効果ガス排出量の削減目標は、人口減少、産業の海外流出、製造業を中心とした各産業のリーン化、製品のリデュース・省エネ化、排出権取引、炭素税、CO<sub>2</sub>貯蔵の組み合わせにより達成される。

- ・ この頃には資源の枯渇の問題が緊急性を増しており、2050年の低炭素社会を目指して、技術の積み上げでない新たな生活様式の確立も含めたパラダイムシフトが求められている。

また、上記の実現すべき社会状況に対応して、設計、製造、加工分野で具体的にどのような産業状況が実現しているべきかのシナリオとして策定した。以下にその要点を記す。

設計開発段階に関しては、設計段階からの部品/製品リデュースが大きく進み、寿命・品質管理技術、検査技術、リサイクル技術などの要素技術が進展し、ライフサイクル設計において合理的なライフサイクル・オプションが選択され、実施されるようになる。また、持続可能社会シミュレーションが研究、実践面で定着しており、国内的には高度なライフサイクル設計+評価+マネジメントシステムが確立される。

製造段階については、需要に応じて再構成可能な真の Reconfigurable な生産システムが開発、一部実用化が始まり、最小（エネルギー、設備、資源、コスト）での生産の考え方は多くの生産現場で導入が検討されている。ただしシステムとして導入済みの分野は限られる。（MEMS、半導体ファブリケーション、薬剤製造など）資源、エネルギーでのリーン化のための要素技術、システム化技術が進展し、この分野では我が国の製造業が依然として優位に立つ。

使用（物流・流通、生活）については、物流加工・組立の集中化による製造・輸送の統合化、ロジスティックとリサイクル/リユースビジネスの融合が起こる。また、社会インフラにおいても長期間活用し続けることができるものが競争力を持つストック型社会へと転換する。また、地震、台風などの大規模な災害、広範囲の感染症などに対するリスクマネジメントが進みつつある。

使用後（end-of-pipe）について、石油価格の高騰から、メーカーによるリユース、リサイクルなどのライフサイクル思考が経済のメカニズムに組み込まれ経営戦略となる。また、リサイクル原材料については地域ベースでのリサイクルのサードパーティ、輸出、輸入、など様々な選択肢が登場し、解体された部品、回収された材料なども供給より需要が大きくなる。

以上の社会や産業状況の実現に向けて、設計、製造、加工分野では「高付加価値化（サービス工学的）」、「ライフサイクル思考（インバース・マニファクチャリング、ライフサイクル工学的）」、「最小化（ミニマルマニファクチャリング）」、「技術の伝承（技術の見える化、技能のデジタル化など）」の4つの方向性を重点的に追求して行く必要があると考えている。

## （2）研究開発の取組み

前項に記したとおり設計、製造、加工分野におけるサステナブル・マニファクチャリング実現には、以下の視点での研究開発が必要とされる。

ライフサイクル思考

製品ライフサイクル全般に視野を拡大し、様々なタイプの循環生産を実現するのに必要な要素技術と全体システムを評価／構築するのに必要な事項として、ライフサイクル設計関連の技術とプロダクトモデリングによるシミュレーションや将来社会の実現可能性評価ツールとしての持続可能社会シナリオシミュレータの開発が必要である。

#### 高付加価値化

持続可能性達成と製品・サービスの質的向上とを両立するモノとサービスの配分の最適化として、製品価値、サービス価値の可視化とトレーサビリティの確保のための技術開発を行う。

#### 最小化

ものづくりにおいて、時間、空間、資源、コスト、環境負荷などの最小化などに関して、リサイクル材の利用体制や需要に合わせたオンデマンド生産などに関する技術開発が必要である。

#### 技術の伝承

競争力の源泉としての技術、知識、技能などの明示化と伝承のために、技能・知識のデジタル化、形式知化を進める必要がある。

### (3) 関連施策の取組み

近未来(～2015)においては、既存の枠組みを有効に活用することでサステナブル・マニュファクチャリングの進展を支えることができる。しかし、その先 2025～30年、さらには2050年のサステナブルな社会の実現に向けては、製品ライフサイクルデータベースの活用や企業や業界団体の自主行動計画の拡大、商業ベースでのグローバル循環システムの構築／運用などだけでなく、法整備、規制などの外部条件の整備による方向付けも必要となろう。それぞれのカテゴリーにおいて以下の施策、取組みが必要となる可能性が高い。

#### [ 規制・制度改革 ]

##### 2015年頃まで

- ・環境基本法、循環型社会形成基本法をはじめとする現行の法体系の下でグリーン購入法、家電リサイクル法などの政令、省令等で定める事項の見直しを図る。また排出権取引や環境税制などに関連する制度の可能性の検討をする。
- ・業界別自主行動計画を早急に策定し、法規制などが効果をあげはじめるまで、また革新的な新技術が実用化されるまでの「つなぎ」を行う必要がある。
- ・国内排出権取引は業界別自主行動計画同様、2012年ないしその後の温室効果ガス削減の中間目標達成のために有効に活用される。

##### 2025(30)年頃まで

- ・環境関係の法規制が本格的に効果をあげはじめる。法規制と、資源枯渇などに伴い、環境コストなどの外部経済の内部化が進展する(環境に優しい製品が経済的に有利

になる。)

- ・上記に伴い、環境に配慮した消費行動が誘導されるようになる。

〔基準・標準化〕

- ・環境 JIS の策定促進アクションプログラム（2005 年 3 月改訂）を推進し、次期計画の策定、実施を行う。

〔国際標準化〕

- ・環境関連国際規格の策定を促進する。環境適合設計（ISO）、環境会計（ISO）、電気電子機器の環境配慮設計（IEC）、「生産システムにおける環境負荷評価法」（ISO/TC184/SC5）などにおいて、部品共通化／交換容易化設計、製品解体手法、リサイクルマークなどの国際標準化を進める。

〔広報・啓発〕

2015 年頃まで

- ・「家庭」からの温暖化ガス排出が増えている状況も鑑み、環境に優しい消費行動の誘導が重要な要素となる。そのために、省エネマーク、環境ラベルにおいては定量的な評価結果に基づくラベリング（所謂 Type3 のエコラベル）が普及推進する必要がある。
- ・2015 年ごろまでエコラベルなどに含まれる環境関連情報を素早く、簡単に、消費者に提供する技術の普及が望まれる。（開発される。）
- ・自然災害対策、情報漏えい対策などの社会の安全安心を確保する技術の本格的な実用化が進められる一方、消費者側で可能な対策が十分に周知される必要がある。

2025 年ごろまで

- ・持続可能社会評価技術を実用化し、“社会がこのまま推移すると（地球環境は）どうなるのか”という情報を広範に普及させる必要がある。
- ・製品の所有と利用とに関する環境アセスメントを可能とし、製品の様々な利用形態をオプションとして提供する必要がある。

〔人材育成〕

2015 年ごろまで

- ・2007 年問題（大量退職問題）を克服すべく、これまでに蓄積した製造に係る知識、技能のデジタル化を完了させる必要がある。
- ・2025（30）年ないしそれ以降の労働人口減少の対策として、海外とのものづくり人材の交流シナリオについて社会的な合意形成を行う必要がある。

2025（30）年頃まで

- ・（上記で合意がなされた場合）設計製造加工における中核人材の海外との相互交流を進めるとともに、体系化された知識の伝達を可能とする必要がある。
- ・また、外部からの人材も含めた環境行動の誘導、広報、普及が必要となる。

## 〔国際連携・協力〕

2015 年ごろまで

- ・グローバルな製品循環ループの構築に向けて、中古品、破碎材料の輸出入に関する 2 国間、多国間の合意を形成する必要がある。
- ・2007 年現在問題となっている不適切な循環ループ解消のための社会システム整備が行われる必要がある。
- ・化学物質規制などを中心に、地域別に異なるルールではない国際的に共通の枠組みが導入される必要がある。
- ・IMS ( Intelligent Manufacturing System ) の枠組みで日本 EU 間でサステナブル・マニュファクチャリング等に関し 3 回の会議を実施し、全地域が参加する IMS/MTP ( Manufacturing Technology Platform ) プログラムへ発展した。今後具体的な関連プロジェクトの推進が期待される。

2025 ( 30 ) 年頃まで

- ・グローバルな環境を考えた資源の“地産地消”戦略への転換が進む可能性がある。(資源としてのリサイクル材料の確保など) これに対応した国内の社会システム(再)整備と国際合意の形成が必要となる。

## **・技術マップ**

### **(1) 技術マップ**

設計、製造、加工分野の技術マップにおいては、前述の通り、あるべきサステナブル社会を実現するために重要な 4 つの方向性( LC 思考、高付加価値化、最小化、技術の伝承) を定めた。これらのベクトルを実現するために必要な方法論の観点から、9 つの技術分類を定めて、この技術分類をマップにおける中分類に代わるものとして用いることとした。最後に、通常の技術マップ的な小分類と要素技術をリストアップし、当てはまる大分類(技術の目的)、中分類(技術分類)に分類している。ここでいう 9 つの技術分類とは以下のとおりである。

#### システム化

異業種、異種の技術を横断的、統合的に考えることによってサステナビリティを実現しようとするもの。

#### サービス化

技術を実施する時期、どのような対象に対して実施するか、どのようなソフトウェア技術とともに提供するかなど、所謂サービス面を高度化することにより、サステナビリティを実現しようとするもの。

#### 見える化

製品、プロセス、材料などの技術情報を明示することにより環境配慮的な行動を誘発し、サステナビリティを実現しようとするもの。



取組みまたは民間の主体的な取組みによって積極的な開発が望まれるが、いくつかの観点から重要技術として評価されるものを抽出する作業を行った。その際、本分野における重点化評価項目としてあげたものは次の通りである。

我が国の技術的優位性、国際競争力を維持、向上させたり、生活の質を顕著に向上させることが可能かどうかの観点

- ・日本の技術競争力優位
- ・共通基盤性
- ・ブレークスルー技術
- ・市場へのインパクト
- ・基礎技術の開発が必要

直接的に地球環境問題に貢献しうるかどうかの観点

- ・エネルギー制約の打破に寄与
- ・資源制約の打破に寄与
- ・環境制約の打破に寄与

社会そのものの持続可能性に貢献しうるかどうかの観点

- ・人口制約の打破に寄与

技術マップにおいては、抽出した要素技術リストが上記の重点化評価項目のどこに相当するかを丸付けして示している。ただし、今回作成した技術マップにおいては にあげた5項目を、“高付加価値化”、“生活の質”の2項目に集約している。

以上の重点化評価の結果、特に重要と考えられる技術(小分類レベル)をマップ中に色づけして(赤で)示している。ただし、絞込みの観点は、単純に「多くの項目に が着く」ことでは無く、貢献の度合い、技術としての発展性、波及効果、なども考慮した結果である。

## ・技術ロードマップ

技術マップに示した重要技術ごとに、研究開発により達成されるべき事項を時間軸に示した。サステナブル・マニュファクチャリングの設計、製造、加工分野においては、分野の性質上(例えば半導体分野のように)開発スペックを時間軸上に数値で表すことは難しい。むしろ、そのようなスペックの向上ではなく、様々なトレードオフを考慮した横断的、総合的取り組みが必要という主張であることを理解されたい。従って開発目標のマイルストーンを定量的に示すことは行わず、定性的な開発目標を時間軸上に示している。

右の欄の開発の時間経過における矢印については、“”の部分の部分が事前調査、基礎開発の期間、“”の部分部分が本格開発の期間、“”の部分部分が実用化に向けての時期を表す。当然、技術の性質、内容により、これらの立ち上がり、継続、立ち下がり、部分の形状は異なり、技術によっては既に本格開発が開始されているものもあるが、本格開発の開始がかなり先になるものもある。

また、この分野ではシーズ指向で技術の抽出を行っていないため、現在ないし近未来には重要でも、2025（30）年には実用化が終了し、開発の重要性が無くなる技術、逆に将来的に重要だが、現段階でのプロジェクト化は時期尚早である技術などをロードマップ中に表現することを試みている。

上記の矢印図形の配置にはその意図も込められている。

# 設計・製造・加工分野の導入シナリオ

2010年

2015年

2025年

2050年

目標

2025年までに温室効果ガス排出削減の中間目標を達成する。2050年までに持続可能な低炭素かつ質の高い社会を実現する。環境コア技術を活用し、産業の国際競争力を維持する。グローバル循環社会システムの構築等に主導的役割を果たす。

民間企業の  
取り組み

自社製品を対象とした環境効率評価技術の導入  
 高付加価値化を中心としたコア技術のブラックボックス化とグローバル市場でのマスカスタマイゼーションの同時実現  
 自社における技能のデジタル化、作業支援  
 環境ビジネスモデルの導入、実践

研究開発の  
取り組み

LC思考

LC設計基本技術 設計現場でのLC設計の導入 広範な製品でのLC最適設計の実現  
 持続可能社会シナリオシミュレータの開発 シミュレータによる社会の評価  
 グローバル循環社会システムの構築  
 LCプロダクトモデリングの実現

高付加  
価値化

製品コア技術のブラックボックス化、カスタマイゼーションのための技術  
 製品価値、サービス価値の可視化  
 RF-IDの大容量化などの基本技術 サプライチェーン全体におけるトレーサビリティの確保  
 社会の安全安心技術(災害、健康被害、情報漏洩等)

最小化

オンデマンド生産のプロトタイプ製造などへの試行 実際の製品への適用  
 現物シミュレーション技術の実用化  
 一部材料でのリサイクル素材利用 素材毎のリサイクル材利用体制の確立 完全な動脈・静脈一体形生産システムの実現  
 省エネルギー加工プロセスの一部実現 エネルギー・材料最小化複合加工プロセス  
 MIMなどの技術開発 サステナビリティを考慮した高歩留まり加工プロセス スーパーニアネットシェイプ加工技術実用化

技術の  
伝承

技能、知識のデジタル化 技能者の感性等の評価、分析、形式知化

規制等  
施策

京都議定書第一目標期間 次期中間目標の合意 中間目標年 Cool Earth50実現  
 排出権取引、環境税制などの検討 外部経済の内部化の進展  
 海外とのものづくり人材交流に関するシナリオ作り 中核人材の相互交流

国際  
標準化  
協調

グローバル循環社会システム構築に向けた合意 国際合意に基づく地域内循環最適化  
 解体情報等の標準化に向けた国際ルール検討開始 標準化  
 リサイクルの高度化のための共通要素設計技術 共通要素設計による高品質な製品・部品リユースの実現

啓普  
発

各種LC評価技術の基礎研究 LCAデータベース、マテリアルフローデータ等の利用可能化 評価結果の普及  
 エコラベル 所有と利用の諸形態に伴う環境影響の提示 上記全ての取組みを通じた環境調和行動の誘導

関連  
施策の  
取り組み

設計、製造、加工分野の技術マップ(1/3)

No.	大分類	中分類	小分類	要素技術 (例)	サステナビリティ確保のため克服すべき制約項目					サプライチェーンの該当フェーズ又は全体最適化の				市場投入時期					
					エネルギー	資源	環境	生活の質	高付加価値化	技術の伝承	原料調達・原料製造	製品開発製造・使用	再利用・リサイクル・処分	循環系のシステム化	2020年	2030年	2050年		
1101	LC思考	サービス化	メンテナンス技術	余寿命診断 非破壊検査 診断修復技術 リスクベアト保全技術 使用履歴管理技術 メンテナンスビジネス化															
1102			環境調和ビジネス戦略設計支援技術	環境調和ビジネス設計支援ソフトウェア技術															
1201	システム化	システム化	LC設計技術	LC戦略設計技術 ライフサイクル・シミュレーション 代替案比較分析手法 易リサイクル設計技術 易リユース設計技術															
1202			リデュース設計技術	構造最適設計技術 高機能材料利用技術 再生材・再生部品利用技術															
1203			LC管理技術	ライフサイクル情報管理技術 使用履歴管理技術 現物・情報融合技術															
1204			グローバル循環設計・管理技術	グローバル循環のための設計技術 トレーサビリティ確保技術 グローバル循環に関わる社会システム整備															
1301	LCの情報化	LCの情報化	プロダクトのモデリング技術	新しい形状モデルの表現形式 形状モデルの属性の付加と抽出 形状モデルのデータ交換															
1302			現物融合技術	リバーシブルエンジニアリング技術															
1401	見える化	見える化	持続可能社会評価技術	持続可能社会シナリオシミュレータ															
1402			各種ライフサイクル評価技術	LCA ライフサイクル・シミュレーション マテリアルフロー分析 安全性評価技術															
1403			環境効率評価技術	環境効率指標開発															
1404			寿命管理技術	寿命予測技術 寿命診断技術 寿命設計技術															
1405			品質保証技術	余寿命診断技術 劣化診断技術 非破壊検査技術 遠隔検査技術															
1501	再利用化	再利用化	リユースのための循環マネジメント技術	リユース部品発生予測 リユース部品在庫管理技術 リユース部品を含む生産計画技術															
1502			リユースのための生産技術	部品再生・補修技術 検査技術 洗浄技術															
1503			その他のリユース関連技術	詰め替えビジネス促進技術 詰め替えビジネス阻止技術 中古部品の市場整備															
1601	標準化	標準化	共通要素設計技術	部品交換容易化設計技術 部品共通化設計技術 多世代共通化設計技術 部品長寿命化設計技術 検査容易化設計技術 洗浄容易化設計技術 易分解設計技術 モジュール化設計技術 診断容易化設計技術 メンテナンス容易化設計技術 自己診断設計技術 自己修復設計技術															
1602			長寿命化技術	機能変更可能化設計技術 性能向上可能化設計技術 モジュール化設計技術 ソフトウェア更新設計 材料技術・構造技術 メンテナンス技術															

設計、製造、加工分野の技術マップ(2/3)

No.	大分類	中分類	小分類	要素技術 (例)	サステナビリティ確保のため克服すべき制約項目					サプライチェーンの該当フェーズ又は全体最適化の			市場投入時期				
					エネルギー	資源	環境	生活の質	高付加価値化	技術の伝承	原料調達・原料製造	製品開発製造・使用	再利用・リサイクル・処分	循環系のシステム化	2020年	2030年	2050年
2101	高付加価値化	サービス化	ビジネス構造設計支援技術	ビジネス構造のモデル化技術													
2102				ビジネス構造可視化技術													
			ビジネス事例データベースと検索技術														
			ユーザニーズ把握技術	ユーザニーズの収集技術													
			ユーザニーズ構造分析技術														
			顧客価値評価技術														
2103			人間状態計測技術	人間のメンタルモデル構築技術													
2104			製造における製品 / サービス適正化技術	物理的状态計測技術													
				メンタルな状態計測技術													
2105			製品 / サービス融合化技術	カスタマイズ容易化設計技術													
				ローカライズ対応カスタム設計技													
				コア技術のブラックボックス化													
			製品の安全・安心技術	製品価値・サービス価値の可視化技術													
				製品・サービス複合モデルのシミュレーション技術													
				製品・サービスの統合設計方法論													
2106				健康被害対策技術													
				自然災害対策技術													
				テロ等非常時対策技術													
				不正アクセス、ウィルス対策													
				情報漏洩対策技術													
2201		見える化	トレーサビリティ確保のための技術(トータルトレーサビリティ技術)	商品の調達品に関するトレース(輸出入を含む)													
				商品の輸送、配送に関するトレース(輸出入を含む)													
				商品の利用、保守状況の把握													
				商品のリサイクル状況の顧客への提示													
				RFIDの小型化・大容量化技術													
				読取 / 書込の高度化技術													
				大規模データベースの活用技術													
2301		システム化	安全設計支援技術	本質安全設計													
				失敗学													
2302			機械と人間の協調技術	FMEA支援技術													
				人に優しいロボット技術													
2303			無停止化技術	パワーアシスト													
3101	技術の伝承	情報化	技能・技術の形式知化技術	BC/DR(Business Continuity & Disaster Recovery)対策													
						加工現象の計測・分析技術、CAE											
						技能の計測・分析技術											
3102				加工技術における暗黙知の形式知化													
3201		標準化	加工作業支援技術	加工技術における暗黙知の形式知化													
						デジタル化支援ソフトウェア											
					問題解決支援技術												
3202			生産支援技術	作業中支援技術													
				生産工程の自動化													
3301	人材育成	技能の伝承関連技術	技能の伝承関連技術	生産技術、工程のIT活用技術													
						OJT伝承、技能継承マニュアル											
						技術伝承のためのVR技術											
3302			生産のグローバル化に対応する人材育成技	技術伝承のためのIT活用技術													
				e-ラーニング													
				高品質生産対応作業指示技術													

設計、製造、加工分野の技術マップ(3/3)

No.	大分類	中分類	小分類	要素技術 (例)	サステナビリティ確保のため克服すべき制約項目					サプライチェーンの該当フェーズ又は全体最適化の			市場投入時期							
					エネルギー	資源	環境	生活の質	高付加価値化	技術の伝承	原料調達・原料製造	製品開発製造・使用	再利用・リサイクル・処分	循環系のシステム化	2020年	2030年	2050年			
4101	最小化	標準化	図面情報の共通化技術	解体手法の国際化 リサイクルマークの共通化 図面付記情報の共通化																
4201			サービス化	SCM・LCMを取り込んだ製造	企画 計画 運営 可視化 リバースロジスティクス サプライヤーパーク 垂直立ち上げ デリバリーの維持															
4202		製造装置の自律化技術		装置機能の検査・評価技術 分割を容易にする設計(デザイン)製造 マニュアルレス分割(分割ガイダンスマーク)																
4203		高効率的多品種変量生産		オンデマンド生産システム 半導体ミニファブ 局所環境制御加工技術																
4204		試作最小化技術		構想設計から使える形状モデルの方式 CAD/CAE間のデータ受け渡し簡便化技術 連成解析、最適化解析などの技術 現物シミュレーション技術 過去のノウハウ活用技術																
4301		再利用化	リユースのためのプロセス技術	洗浄技術 検査技術 リユースのための修理・メンテナンス・アップグレード																
4302			動脈静脈一体型生産システム技術	成分分析・素材分離技術																
4303				動脈静脈一体型加工プロセス技術	再生マグネシウムからの素材製造 変種変量逆生産技術 洗浄技術 素材判別技術 再生素材品質検査 素材再生技術															
4304			マテリアルリサイクルの高度化技術	高度自動材料選別技術 テレオペレーション応用技術 焼却技術の高度化 再生材料の再精錬・高品質化技術 再生プラスチックの高品質化技術 廃棄物再利用技術 製造・廃棄時の有用物質(レアアース・レアメタル)回収技術の高度化																
4401		代替化	使用における有害物質削減、不使用技術	RoHS (REACH)規制対応技術 形状・構造設計 素材選択 加工選択(塗装等) 有害物質含有物の代替技術 超機能環境適合性トライボロジー技術 エコトライボロジー																
4402	製造における有害物質削減、不使用技術		製造時の有害物質回収技術の高度化 加工液等削減 製造時の廃棄物削減技術 レジスト等補助材料の削減技術																	
4403	バランス化	廃棄における有害物質削減、不使用技術	廃棄材料からの元素分離技術																	
4501		製造プロセスの省エネ、省資源技術	小型複合生産機械																	
4502			製造設備の省エネ技術	省エネルギープロセス設計技術 セラミックス等の製造プロセス合理化技術 材料・エネルギー最小化加工技術																
4503		材料高歩留まり製造プロセス		生産システムの効率的運用技術 生産機械のエネルギー使用合理化技術 コンパクト生産システム セル生産 フリーフォーム鍛造 MIM チクソモールディング スーパーニアネットシェーブ加工																

設計、製造、加工分野の技術ロードマップ(1/5)

大分類	中分類	No.	小分類	要素技術 (例)	事前調査、基礎開発					本格開発					実用化時期				
					2007	2010	2020	2030	2050	2007	2010	2020	2030	2050	2007	2010	2020	2030	2050
LC思考	サービス化	1101	メンテナンス技術	余寿命診断 非破壊検査 診断修復技術 リスクベアスト保全技術 使用履歴管理技術 メンテナンスビジネス化	非破壊検査技術・故障診断技術					ほぼ全ての社会インフラ、製品で適切な故障診断が可能					メンテナンス産業の高付加価値サービス産業化の進展				
		1102	環境調和ビジネス戦略設計支援技術	環境調和ビジネス設計支援ソフトウェア技術	メンテナンスのサービス化技術					使用履歴管理技術					使用履歴が適切に管理され、メンテナンスに使用履歴情報が活用される				
	システム化	1201	LC設計技術	LC戦略設計技術 ライフサイクル・シミュレーション代替案比較分析手法 易リサイクル設計技術 易リユース設計技術	ライフサイクル設計基本技術					多くの設計現場にライフサイクル設計が導入される					多くの製品で、最適化された革新的なライフサイクルが実現				
					ライフサイクルの最適化設計技術					製品横断的なライフサイクル設計技術					脱物質化が進み、複数製品を組み合わせた循環型LCが実現				
		1202	リデュース設計技術	構造最適設計技術 高機能材料利用技術 再生材・再生部品利用技術	リデュース設計基礎技術					脱物質化設計技術					HW/SW/サービスの最適配分による製品サービスシステムの普及				
	1203	LC管理技術	ライフサイクル情報管理技術 使用履歴管理技術 現物・情報融合技術	ライフサイクル管理技術					ライフサイクル全体の把握と適切な管理の実現										
	1204	グローバル循環設計・管理技術	グローバル循環のための設計技術 トレーサビリティ確保技術 グローバル循環に関わる社会システム整備	グローバル循環設計・管理技術					持続可能なグローバル循環の実現										
	LCの情報化	1301	プロダクトのモデリング技術	新しい形状モデルの表現形式 形状モデルの属性の付加と抽出 形状モデルのデータ交換	形状モデルの属性の付加、抽出が実用化														
		1302	現物融合技術	リバースエンジニアリング技術	新しい形状モデル表現の基礎が固まる 開発システムとして適用が始まる														
	見える化	1401	持続可能社会評価技術	持続可能社会シナリオシミュレータ	持続可能社会シナリオ作成技術					我が国の持続可能社会とそのシナリオの明確化					持続可能社会への到達度を評価可能とする				
LCAデータベース、マテリアルフローデータ等の評価基礎データの収集、利用可能化					持続可能社会への到達度評価技術														
1402		各種ライフサイクル評価技術	LCA ライフサイクル・シミュレーション マテリアルフロー分析 安全性評価技術	LCAデータベース、マテリアルフローデータ等の評価基礎データの収集、利用可能化					価値の定量化を含む環境効率指標の確立、多くの製品が評価可能になる										
1403		環境効率評価技術	環境効率指標開発	環境効率指標技術					価値の定量化を含む環境効率指標の確立、多くの製品が評価可能になる										
1404		寿命管理技術	寿命予測技術 寿命診断技術 寿命設計技術	劣化・余寿命診断技術					多くの社会インフラ、製品で劣化診断、余寿命診断が可能に										
1405	品質保証技術	余寿命診断技術 劣化診断技術 非破壊検査技術 遠隔検査技術	品質保証のための基礎技術					ライフサイクルを見据えた品質保証技術					ライフサイクルを見据えた品質保証が多くの製品で実用化						
再利用化	1501	リユースのための循環マネジメント技術	リユース部品発生予測 リユース部品在庫管理技術 リユース部品を含む生産計画技術	リユースのための循環マネジメント技術					リユースのための生産技術					製品・部品リユースの普及					
	1502	リユースのための生産技術	部品再生・補修技術 検査技術 洗浄技術	リユースのための生産技術					リユースのための生産技術					製品・部品リユースの普及					
	1503	その他のリユース関連技術	詰め替えビジネス促進技術 詰め替えビジネス阻止技術	リユース支援技術					リユース支援技術					製品・部品リユースの普及					
標準化	1601	共通要素設計技術	部品交換容易化設計技術 部品共通化設計技術 多世代共通化設計技術 部品長寿命化設計技術 検査容易化設計技術 洗浄容易化設計技術 易分解設計技術 モジュール化設計技術 診断容易化設計技術 メンテナンス容易化設計技術 自己診断設計技術 自己修復設計技術	リサイクルの高度化のための要素設計技術					設計による、材料リサイクルの容易化					設計による、ライフサイクル管理の高度化					
				ライフサイクルの適切なマネジメントのための要素設計技術					リユースのための要素設計技術					設計による高品質な製品・部品リユースの実現					
1602	長寿命化技術	機能変更可能化設計技術 性能向上可能化設計技術 モジュール化設計技術 ソフトウェア更新設計 材料技術・構造技術 メンテナンス技術	物理寿命の長寿命化・制御技術					社会インフラ、製品で寿命を長期化したり、寿命を制御可能となる					使用段階で機能や性能の追加削除変更が自由に行える製品の普及						

設計、製造、加工分野の技術ロードマップ(2/5)

大分類	中分類	No.	小分類	要素技術 (例)	事前調査、基礎開発					本格開発					実用化時期									
					2007	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2007	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
高付加価値化	サービス化	2101	ビジネス構造設計支援技術	ビジネス構造のモデル化技術	複雑なビジネスの構造の表現 表現方法の標準化																			
				ビジネス構造可視化技術	各種視点でのビジネス構造モデルの可視化																			
				ビジネス事例データベースと検索技術	標準形式に基づいて蓄積 新ビジネス設計で従来事例を参考に																			
		2102	ユーザニーズ把握技術	ユーザニーズの収集技術	WEB自動検索、アンケートなどによる収集 収集精度の向上																			
				ユーザニーズ構造分析技術	相関関係による関連ニーズの構造化 プーム拡大のメカニズム分析およびシミュレーション																			
				顧客価値評価技術	商品、付帯サービスなどを含めた総合的な顧客価値の評価 顧客価値の拡大要因の評価																			
	2103	人間状態計測技術	物理的状态計測技術	商品やサービスから人が受ける影響を表すモデル 流行への反応、プーム作りなど社会環境との関係のモデル																				
			メンタルな状態計測技術	人間への物理的負荷などの状態の計測 負荷によって人体の各部に与える影響の計測																				
	2104	製造における製品 / サービス適正化技術	カスタマイズ容易化設計技術	顧客ごとに異なる仕様へ対応する商品の設計手法																				
			ローカライズ対応カスタム設計技術	顧客文化、地域特性などによって異なる仕様へ対応する商品の設計手法																				
			コア技術のブラックボックス化	商品の標準化とコア技術のブラックボックス化を両立させる設計手法																				
	2105	製品 / サービス融合化技術	製品価値・サービス価値の可視化技術																					
			製品・サービス複合モデルのシミュレーション技術																					
	2106	社会の安全・安心技術	健康被害対策技術	ユーザに対する物理的、メンタルな影響を評価し、適正な設計を行う技術																				
			自然災害対策技術	自然災害の予測、防御技術																				
テロ等非常時対策技術			リスクを考慮した生産計画の技術																					
不正アクセス、ウイルス対策			不正アクセス、ウイルスなどによる商品の異常動作を防止する技術																					
情報漏洩対策技術			情報機器などの商品に保存された情報の漏洩防止と機能の両立を図る技術																					
見える化	2201	トレーサビリティ確保のための技術 (トータルトレーサビリティ技術)	商品の調達品に関するトレース (輸出入を含む)	調達チェーン全体に渡って材料、個別部品、ユニット部品などそれぞれ独立な単位のロットの対応関係を管理し、必要に応じて検索する技術																				
			商品の輸送、配送に関するトレース (輸出入を含む)	商品の出荷、輸送、在庫、配送などをトレースする技術																				
			商品の利用、保守状況の把握	商品の利用状況を測定、把握し、再使用した部品についてもその利用履歴を把握する技術																				
			商品のリサイクル状況の顧客への提示	使用後の商品について、その分解、処理、部品再使用を行った後まで結果を検索する技術																				
			RFIDの小型化・大容量化技術																					
			読取 / 書込の高度化技術																					
			大規模データベースの活用技術																					
システム化	2301	安全設計支援技術	本質安全設計	本質安全性の判定、確保策の提示などを行う設計支援技術																				
			失敗学	製品不良を起こす設計上、製造上のメカニズムのモデル化と、そのモデルに基づく評価技術																				
			FMEA支援技術	FMEAの効率的かつ高信頼な実施の支援技術																				
	2302	機械と人間の協調技術	人に優しいロボット技術	人の物理的な特性に合致したロボットの実現技術 人のメンタルな特性に合致したロボットの実現技術																				
			パワーアシスト	人の意図に合致した動作の制御方法と駆動アクチュエータ																				
2303	無停止化技術	BC/DR (Business Continuity & Disaster Recovery) 対策	BC / DRシステムの設計支援技術 CB / DRの評価技術および改善提案技術																					



設計、製造、加工分野の技術ロードマップ(4/5)

大分類	中分類	No.	小分類	要素技術 (例)	← 事前調査、基礎開発   本格開発   → 実用化時期				
					2007	2010	2020	2030	2050
最小化	標準化	4101	図面情報の共通化技術	解体手法の国際化 リサイクルマークの共通化 図面付記情報の共通化	図面・製品情報・解体情報・再利用化情報などの標準化・表示等の国際ルル化検討開始				
	サービス化	4201	SCM・LCMを取り込んだ製造	企画 計画 運営 可視化 リバースロジスティクス サプライヤーパーク 垂直立ち上げ デリバリーの維持	資源(部品供給)・製造・消費・輸送を考慮した製造技術の検討開始				
		4202	製造装置の自律化技術	装置機能の検査・評価技術 分割を容易にする設計(デザイン)製造 マニュアルレス分割(分割ガイダンスマーク)	集中型製造と地域型製造・トータル設計手法の検討				
		4203	高効率的多品種変量生産	オンデマンド生産システム 半導体ミニアップ 局所環境制御加工技術	再資源化ロジスティクスの実現 最小環境負荷での供給システム開発				
	再利活用	4204	試作最小化技術	構想設計から使える形状モデルの方式 CAD/CAE間のデータ受け渡し簡便化技術 適成解析、最適化解析などの技術 現物シミュレーション技術 過去のノウハウ活用技術	部分的に ISO化始まる				
					ISO提案準備				
					ローカル視点での実用化開始・グローバル視点での検討進む				
	再利活用	4301	リユースのためのプロセス技術	洗浄技術 検査技術 リユースのための修理・メンテナンス・アップグレード	基礎的研究開始				
					多品種製品対応製造技術の試行				
		4302	動脈静脈一体型生産システム技術	成分分離・素材分離技術	部品供給ジャンル等への応用開始				
バーチャルシールド技術による局所環境制御									
超高温材料の局所環境加工技術の確立									
4303	動脈静脈一体型加工プロセス技術	再生マグネシウムからの素材製造 変種変量逆生産技術 洗浄技術 素材判別技術 再生素材品質検査 素材再生技術	超反応性材料の局所環境加工技術の確立						
			現物シミュレーション技術が実用化の段階へ						
代替化	4401	使用における有害物質削減、不使用技術	RoHSなど 形状・構造設計 素材選択 加工選択(塗装等) 有害物質含有物の代替技術 超機能環境適合性バイオロジー技術	新しい形状モデルの試用が始まる					
				ノウハウ活用技術の展開開始					
	4402	製造における有害物質削減、不使用技術	製造時の有害物質回収技術の高度化 加工液等削減 製造時の廃棄物削減技術 レジスト等補助材料の削減技術	リユース用部品診断技術開発開始					
				製品の余命診断技術開発開始					
				修理容易設計					
4403	廃棄における有害物質削減、不使用技術	廃棄材料からの元素分離技術	リペア技術の開発・部品供給体制(随時生産)技術開発 リユースのための共通化・情報管理検討開始						
			リユース用検査・診断・修復技術の確立 マニュアルレスで分割可能な分解支援表示等の共通化・実用化開始						



## 【参考資料】

### サステナブル・マニュファクチャリング 2025 年シナリオ

2008.1.17

### サステナブル・マニュファクチャリング技術マップ WG

#### (0) 全般的な状況

地球温暖化問題に伴う化石エネルギー使用抑制の努力にも関わらず、中国、インドなどの経済発展に伴い、世界の一次エネルギー需要は 2000 年の 1.4 倍に達している。これらのエネルギー供給の一部を担うと期待される再生可能エネルギーについては、技術開発も進み、着実にその比率を高めているが、劇的に増加するまでには至らない。2050 年に向けた削減の数値目標は主要排出国を含んで合意されている。これに伴い、日本の排出量削減目標も設定される。(2000 年比 60~70% 減)。2000 年比 4 倍の環境効率(生産物の価値 / 環境負荷)を可能とする製品設計、生産技術がすでに実現しているが、全産業分野に普及するには至っていないため、日本における CO2 排出量の削減目標は、人口減少、産業の海外流出、製造業を中心とした各産業のリーン化、製品のリデュース・省エネ化、排出権取引、炭素税、CO2 貯蔵の組み合わせにより達成される。しかし、この頃には資源の枯渇の問題が緊急性を増しており、2050 年の低炭素社会を目指して、技術の積み上げでない新たな生活様式の確立も含めたパラダイムシフトが求められている。

#### (1) 設計開発に関して

例えば家電製品、オフィス機器などでは、製品同士はネットワーク化され、故障診断、メンテナンス・修理要求の自動発信、故障時の相互機能補完などを可能とする製品が登場する。

設計段階からの部品 / 製品リデュースが大きく進むとともに、寿命・品質管理技術、検査技術、リサイクル技術などの要素技術が進展し、ライフサイクル設計において合理的なライフサイクル・オプションが選択され、実施されるようになる。製造、メンテナンス、修理、EOL を含めたトータルシステム設計技術が実用化され、これを可能とする製品ライフサイクルの可視化技術が進展する。持続可能社会シミュレーションが研究、実践面で定着しており、国内的には高度なライフサイクル設計 + 評価 + マネジメントシステムが確立されるが、対アジアへの普及推進、国際的な高度なライフサイクル設計 + 評価 + マネジメントシステムの確立の点で課題を残している。

国際市場・国際競争に関して日本では 2015-2025 の間の低成長経済が続いた結果、経済規模では、中国、インドに抜かれ GDP 比で世界の 4% 程度になる。中国メーカーの技術力は飛躍的に向上し、潤沢な資金を元に、最新の研究開発、生産設備を投入し、中国全土だけでなく、北米、

---

赤：主として高付加価値化に関連する機能

黄土：主として最小化に関連する機能

青：主としてライフサイクル思考に関連する機能

緑：主として技能の伝承に関連する機能

欧州マーケットへと次々と新製品を投入する。家電製品のなかでも成熟したカテゴリーでは、北米での中国ブランドは不動のものとなる。日本の家電メーカーでは特化した分野をもたない家電メーカーは中国との競争のもと再編の波にのまれるが、いくつかの製品に関しては、環境関連コア技術を持つ日本メーカーも生き残る。こうしたメーカーは、世界的なブランドを更に強固のものとし、メイドインジャパンの強さを見せている。また、省エネ技術、CO2削減技術、CO2貯蔵技術、再生可能エネルギー技術では依然として日本が優位に立つ。また日本メーカーの海外進出については2025年頃をピークに飽和し、国内回帰の動きが強くなる。

新規開発される製品のうちハイエンド品については、部品の製造履歴、使用履歴などを可視化する技術が導入され、トレーサビリティが確保されている。ただし、旧製品、ローエンド品なども含めて全ての製品で安全・安心が確保されるにはいたっていない。

## (2) 生産

生産においては、需要に応じて再構成可能な真の Reconfigurable な生産システムが開発、一部実用化が始まり、エネルギー制約、環境制約の打破に貢献し始める。また、最小(エネルギー、設備、資源、コスト)での生産の考え方は多くの生産現場で導入が検討されている。ただしシステムとして導入済みの分野は限られる。(MEMS、半導体ファブ리케이션、薬剤などの製造、)

また、リサイクル材料の価格がバージン材料に比べて相対的に下がり、マテリアルリサイクル技術そのものも高度化されたため、リサイクル材料からのバージン材料由来に遜色の無い生産が増加することになる。経済的なリーン化のみならず、資源的、エネルギー的な面でもリーン化のための要素技術、システム化技術が進展し、この分野では我が国の製造業が依然として優位に立っている。

世界における位置づけとして、素材産業については一般的な素材では中国、インドなどとの価格競争に勝てないが、高度な回収技術、特殊な物性を持つ材料製造、リサイクル材料からの高品質な素材製造などに注力した結果、現状程度の産業規模を維持する。

生産時における REACH 等の化学物質の環境リスク課題は一段落しており、ライフサイクルマネジメントの一部として粛々と運用されている。

## (3) 使用(物流・流通、生活)

物流加工・組立の集中化(輸送業者によるアSEMBル)による製造・輸送の統合化、ロジスティックとリサイクル/リユースビジネスの融合が起こる。大規模物流に関しては、風力などを併用した新型船の利用が盛んになり、空輸は限定されたものとなる。

このころになると、持続可能性達成に向けて必要なアクションと経済性のベクトルはある程度揃ってくる。製品の品質、作り方などを含めた広義の環境配慮性を最優先の購買要件とする層がすでに増えている。外部経済の内部化の進展(例:より安い製品がより環境調和性が高い)が進んでいることにもよる。オフィスユース製品では、所有から利用への拡大が大きく進展する。

リユース、リサイクルが経済的に有利になる社会の到来に伴い、社会インフラにおいても100年もつことは常識で、200年以上も活用し続けることができるものが競争力を持つストック型社会へと転換する。この傾向はインフラから一般の製品にも徐々に拡大しつつあり、国内の工

場は、高度なカスタマーサービス（オンデマンドな製品の修理、メンテナンス）に活路を見出す。

日本の人口減少が進むとともに高齢化が急速に進展している。この点を補完するためノウハウの体系化、ソフトウェア化に支援された自動化ブームがおきるが、全ての作業が置き換えられるわけではなく、サービス業、ソフトウェア産業を中心により多くの労働力が海外から導入される。この動きは単純労働力のみでなく、企画、開発、設計などの中核人材にも及ぶ。また、労働人口減少に関連した人材やアクティブシニア産業、所得二極化でのコンシェルジュ産業、個人主義台頭に関連したライフデザイン産業等が新しい産業として拡大する。

データセンターの移転、分散、調達先の分散などリスクマネジメントの一環としての地震対策が進んでおり、201X年に発生した大地震に対してもある程度の対応が可能であった。一方、災害復興を契機として、コンパクトシティ構想パイロットP」が実行に移されることとなった。また、地震以外にも、地球温暖化に関係すると言われる大規模台風による災害、広範囲の感染症などに対するリスクマネジメントも完全とは言えないが進みつつある。街中では自動販売機にセンサをつけて、子供が通ったかなどを見守るなど、メディアの延長線上として「シティメディア」が成立している。このような技術の進展で、日本の社会生活における安全・安心は順調に進展している。それが吸引力となって、アジア富裕層、高学歴層の日本への投資、移住が増加をみせている。ただし、国内における格差の拡大傾向はあまり改善されず、こうした生活上の安全・安心を享受できない層への対策が問題として顕在化している。

#### （４）使用後

石油価格の高騰から、メーカによるリユース、リサイクルなどの LC 思考が経済のメカニズムに組み込まれ経営戦略となるとともに、より広範な循環型ビジネスモデルが成立し得るようになってきている。リサイクル原材料については地域ベースでのリサイクルのサードパーティ、輸出、輸入、など様々な選択肢が登場し、解体された部品、回収された材料などは都市鉱山として争奪戦の対象となる。ただし、基本的には自国で利用した廃電子電気機器を戦略的に自国内でリサイクルする方針が採られるようになる。一旦は製品としての再利用を含めたグローバル循環が進んだが、発展途上国における再利用需要の減少とレアアース、レアメタルの確保戦略もあり、リユース需要については 2015 年頃をピークに減少に転じた。またリサイクル用途としての輸出も 2020 年ごろをピークに減少傾向にある。

枯渇資源、レアメタル、レアアースについては、依然として代替材料開発競争が続けられている。開発の結果、技術的には解決される素材もあるが、新素材の開発とともに、新たなレアアース、レアメタルが必要となる状況は変わらず、地球上における物質分布の偏在も変わらないため、基本的にはモグラ叩き競争となる。

---

赤：主として高付加価値化に関連する機能

黄土：主として最小化に関連する機能

青：主としてライフサイクル思考に関連する機能

緑：主として技能の伝承に関連する機能

# 【資料A-2.2】持続可能なものづくり技術分野の技術戦略マップ 技術戦略マップ2008:経済産業省

## 持続可能なものづくり技術分野

環境・資源・エネルギーは、今後の世界の経済成長の大きな制約要因となっており、機能重視から環境重視・人間重視の技術革新・社会革新としてのイノベーション（エコイノベーション）が求められている。すなわち、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も同時に確保することが必要不可欠となっている。ものづくり国家戦略ビジョン（2005年11月）【参考資料1：ものづくり国家戦略ビジョンの概要】においても、今後求められる国家像を脱資源発展国家として位置づけ、そのためには従来型の製造業から環境・資源・人口制約を乗り越えるものづくりへとパラダイムシフトを果たすことが必要である旨述べられている。

このような状況の下、これまでの既存の技術分野ごとに策定されてきた技術戦略マップとは異なり、各分野・業種を超えた横断的な観点かつ部分最適から全体最適へと視野を広げる観点から技術を俯瞰し、エネルギーや環境制約等を逆手にとる将来の持続可能な産業・社会像を念頭に置き、その実現に向けて、既存技術の枠組みを超えた分野横断型ロードマップ（持続可能なものづくり技術分野）を策定した。

具体的には、設計・製造・加工、グリーン・サステナブルケミストリー、生物機能活用技術、3Rの4分野から、持続可能なものづくり技術の視点から必要となる技術の抽出を図り、これら技術を俯瞰しうる技術開発の道筋を示す技術戦略マップを策定する検討作業を行った。

本分野は、このようにエコイノベーションの進展に資するためのものづくり技術を上記の4つの分野を対象に分野横断的な「持続可能なものづくり技術分野」としたものである。また、様々な角度から本分野の分析を行うことが可能な体系を有しており、かつ技術の効果や技術相互の関連性・類似性が分かり易い体系をとっている。今後、分野横断的な見地から、異分野協調的なエコイノベーション技術の研究開発課題の創出が期待されるところである。

## 持続可能なものづくり技術分野の技術戦略マップ

### ．導入シナリオ

#### (1) 持続可能なものづくり技術の実現する将来社会像と目標

日本の将来像を様々な予測データから俯瞰してみると、以下のような課題が課せられている。

日本における将来の人口や高齢化は不可避であり、これに伴う形で経済活動の規模も大きな伸びが望めないこと。

エネルギーに関して我が国は最貧国であることに加え、CO<sub>2</sub>排出の2050年半減という長期目標を掲げていること。

資源に関しても我が国は最貧国であることに加え、RoHS、REACHや各種リサイクル法等の規制が今後一層厳しくなること。

その一方で、日本はこれまでもものづくりにおいて非常に多くの先端的な技術や製品を開発してきており、これらのものづくり技術の基盤を活用して、将来の人類にとって必要不可欠な数多くのイノベーションの実現に資する研究開発が今後期待されている。なお、導入シナリオには、既存の将来社会像として、「イノベーション25」中間とりまとめ(2007年2月)に描かれている2025年に目指すべき将来の社会イメージと、それぞれの社会イメージを実現するために必要な技術を整理した。

このような状況の下で、克服すべき課題について社会的必要性和経済的必要性に集約・大別し、具体的に目標を示すと次のとおりと考えられる。

- 生活の質 (社会的必要性)
- 安全安心 (社会的必要性)
- 高付加価値 (社会的必要性和経済的必要性の両方)
- 国際競争力強化 (経済的必要性)
- 技術伝承 ((広い意味で) 経済的必要性)

こうした課題に対応し、社会・経済を持続的に発展させていく目標を実現させるためには、次の4つの視点が重要である。

- 持続可能な産業構造
- 持続可能な社会インフラ
- 持続可能な生活
- 持続可能な街づくり

このうち、「持続可能な産業構造」について、製造業を中心に置いてライフサイクル全般に着目するのが、「持続可能なものづくり技術」である。【参考資料2：持続可能なものづくり技術の実現する将来社会像と目標及び技術マップの位置づけ】

本分野の検討に際して、持続可能なものづくり技術とは、より具体的には、“環境と調和した持続的な経済の発展と生活の質の向上を目指すものづくり技術”である。その

基本的な要件は、資源や原材料の調達、開発・製造とその使用及び再利用・リサイクル・処分の一連の製品ライフサイクル全体を通じて、「エネルギー利用最小化」、「資源の採取・投入最小化」、「環境負荷最小化」を実現することであり、これら3つの制約条件を逆手にとって、グローバルな経済的競争力の向上、社会的な安心・安全、さらに生活の質の向上に資する新しい意義や付加価値を生み出す技術である。”と定義した。

## (2) 研究開発の取組み

持続可能なものづくり技術分野は、これまでの技術戦略マップにおいて策定されてきた分野の多くと比較して、下記の点で様相を異にしている。

既存分野の多くが、初めに“技術”や“製品”ありきで、これを現時点から将来へ発展させていくような技術戦略マップの構築思想であるのに対し、特定の分野に縛られない横断的な視点が必要な持続可能なものづくり技術分野は、まず将来社会像の予測やシナリオが先に描かれ、これに伴う“悲観的要素を除くため”あるいは“望ましい要素を実現に導くため”現時点からどのような技術開発に取り組んでいくべきか、といった視点がこれまでの既存分野の技術戦略マップ以上に必要となる。

持続可能なものづくり技術分野は、その定義や技術の整理方針においても述べたように、“ものづくり”におけるライフサイクルプロセス全般を網羅し、“ものづくり”における制約条件及び実現目標の1つ1つについて俯瞰していくものであり、分野を特定せず包括的・横断的な捉え方をしなければならない。

今回の検討に際しては、技術戦略マップの既存分野で持続可能なものづくり技術と関連の深い生物機能活用技術分野及び3R分野と、同じく関連が深い分野として新規に策定を行うグリーン・サステイナブルケミストリー分野及び設計・製造・加工分野の、併せて4分野を俯瞰することにより、研究開発課題を抽出・融合し、本分野において取り組むべき本分野の研究開発課題を設定した。

## (3) 関連施策の取組み

持続可能なものづくり技術分野は、ある“技術”や“製品”を特定の示すものではなく、予測される将来社会像に鑑みて現時点の“ものづくり”のシステムを革新していこうとするものである。その意味で、イノベーション政策として採られている様々な方策が、本分野にも適合するものと考えられる。

このことを踏まえつつ、本分野に係る関連施策・環境整備としては、本分野の検討の基盤となった次の分野での関連施策・環境整備が持続可能なものづくり技術の主要な構成要素になるものと想定される、

- グリーン・サステイナブルケミストリー分野
- 生物機能活用技術分野
- 3R分野
- 設計・製造・加工分野

したがって、これらの4分野において検討、取り組まれる関連施策・環境整備が、本分野においてもそのまま適用されるものとした。

## **. 技術マップ**

### **(1) 技術マップ**

本分野においては、上記で定義した持続可能なものづくり技術の概念について、次の考え方に基づいて技術テーマを分野横断的に可視化・整理し、技術マップ検討の際のフレームワークとした。

「持続可能」の観点から、製品(モノ)のライフサイクルプロセスに着目し、「原料調達・原料製造」/「製品開発・製造・使用」/「処理・処分」の3フェーズに区分し、1つの整理軸として設定する。その重なり部分にも技術相互の関連性や融合性等の新たな発見を促すための意味がある。

「ものづくり技術」は、「環境」「資源」「エネルギー」「人口」といった制約条件及び社会・経済の維持・向上に密接に関連しているものと考えられるため、「エネルギー制約の克服」、「資源制約の克服」、「環境制約の克服」、「将来における社会・経済の維持・向上」の4つの克服制約及び実現目標をもう1つの技術の整理軸として設定している。

4つの克服制約および実現目標項目毎に技術テーマの機能・効用を明らかにするため、持続可能性による技術分類を2分類設けることにより、合計で8分類のフレームによる技術マップ及び技術ロードマップの体系化を行っている。【参考資料3：持続可能性の特性による技術分類】さらに、製品ライフサイクルなどを含むトータルな最適性を目標とした技術テーマを明示できるように、「全体最適化」のフレームを8分類とは別に設けた。

技術マップを作成するに際し、本分野で対象とする全技術テーマ数が500を超えており、全ての技術テーマを1枚のスペースの技術マップに収めることが出来ないため、「エネルギー制約の克服」、「資源制約の克服」、「環境制約の克服」、「将来における社会・経済の維持・向上」の4つに分けて技術マップの作成を行った。しかし、このように作成した技術マップも複数枚になるため、技術テーマの関連性、類似性および特定の注目技術のポジションが分かりづらい。そこで、技術テーマを簡略表記し、4つの克服制約及び実現目標毎に1枚に収まるような技術マップの俯瞰図を作成し、さらに、それら4つの俯瞰図から骨格となる技術テーマを選択することで、技術マップの俯瞰図全体の見取り図となるような技術マップ俯瞰見取り図を作成している。

また、上記の2軸を用いて、技術テーマの相互の関連性を把握するため、多次元的なマトリクス形式でとらえることが可能になる。例えば、「エネルギー制約の克服」(横軸)と「資源制約の克服」(縦軸)を選び、項目ごとに2分類した技術項

目を用いて構成される4象限のフレームに該当する技術テーマをプロットすることで、技術テーマの持つ意味や関係性をより深く分析することができる。この考え方により作成した技術マップを技術テーマ分析用マップと名づけて、2組の分析軸を組み合わせるにより6種類の技術テーマ分析用マップを作成した。

## (2) 重要技術の考え方

本分野においては、日本の競争力、共通基盤性、他分野への波及効果、市場へのインパクト等を指標として絞り込むことが重要であると考えられる。一方、4分野においてもそれぞれ評価項目を設定し、重要技術が選定されている。

これら4分野の重要技術の絞り込みの考え方について、暗黙の前提を加味して推測をすると、本分野の絞り込みの考え方と概ね一致することから、今回の検討に当たっては、4分野それぞれで重要技術と選定された技術を、本分野においても重要技術とすることとした。

なお、4分野それぞれの重要技術の絞り込みの考え方については、それぞれの技術戦略マップを参照されたい。

### **. 技術ロードマップ**

技術ロードマップについては、俯瞰性を持たせる観点から、4分野の技術ロードマップから重要技術の骨格を成す技術テーマを引用し、本技術戦略マップで検討した2軸を用いて、分野横断的に比較できるような1つの統一的な検討の枠組みを示す形式とした。1つ1つの技術テーマのロードマップは、各分野で何年先まで見通すかが異なっているが、検討されたロードマップを統一的なフォーマットに転記する方式をとっている。

したがって、本分野における1つ1つの技術テーマは、個々の4分野における技術ロードマップの詳細は分野毎の技術戦略マップを参照する方式を前提としている。

今後、技術の分類を活かした技術マップの有効なあり方を検討していくことの出発点となる枠組み(フレーム)を用いた整理を行っている。様々な角度から分類軸を設定することにより、技術融合のための技術テーマの分析可能性が見えてきた。これらの分析方法を活用することにより、分野横断による融合的な研究開発課題の発見が容易になることが期待される。

## 持続可能なものづくり技術分野の技術戦略マップの構成

導入シナリオ	持続可能なものづくり技術分野の導入シナリオ
技術マップ	持続可能なものづくり技術分野の技術マップ俯瞰見取り図 持続可能なものづくり技術分野の技術マップ俯瞰図 ・ エネルギー制約克服技術マップ俯瞰図 ・ 資源制約克服技術マップ俯瞰図 ・ 環境負荷制約克服技術マップ俯瞰図 ・ 将来における社会・経済の維持・向上技術マップ俯瞰図 持続可能なものづくり技術分野の技術マップ 技術テーマ相互関連性分析マップ
技術ロードマップ	持続可能なものづくり技術分野の技術ロードマップ
参考資料 1	ものづくり国家戦略ビジョンの概要
参考資料 2	持続可能なものづくり技術の実現する将来社会像と目標および技術マップの位置づけ
参考資料 3	持続可能性の特性による技術分類

# 持続可能なものづくり技術分野の導入シナリオ

目標	環境・人間重視の豊かで質の高い持続可能な社会を目指した循環型ものづくりシステムの創造
将来の潮流	【エネルギー制約】省エネルギー、エネルギー効率改善、未利用エネルギー
克服すべき制約	【資源制約】枯渇資源(可採埋蔵量・年数の限界)、資源地域の偏在
	【環境制約】地球温暖化防止、大気汚染防止、水質汚濁防止、土壌汚染防止
	【人口制約】少子・高齢化の進展、熟練労働者の急激な減少、労働人口の減少、GDPの鈍化

目指すべき将来社会像  
イノベーション25戦略会議  
「イノベーション25中間とりまとめ」  
(2007年12月)より引用

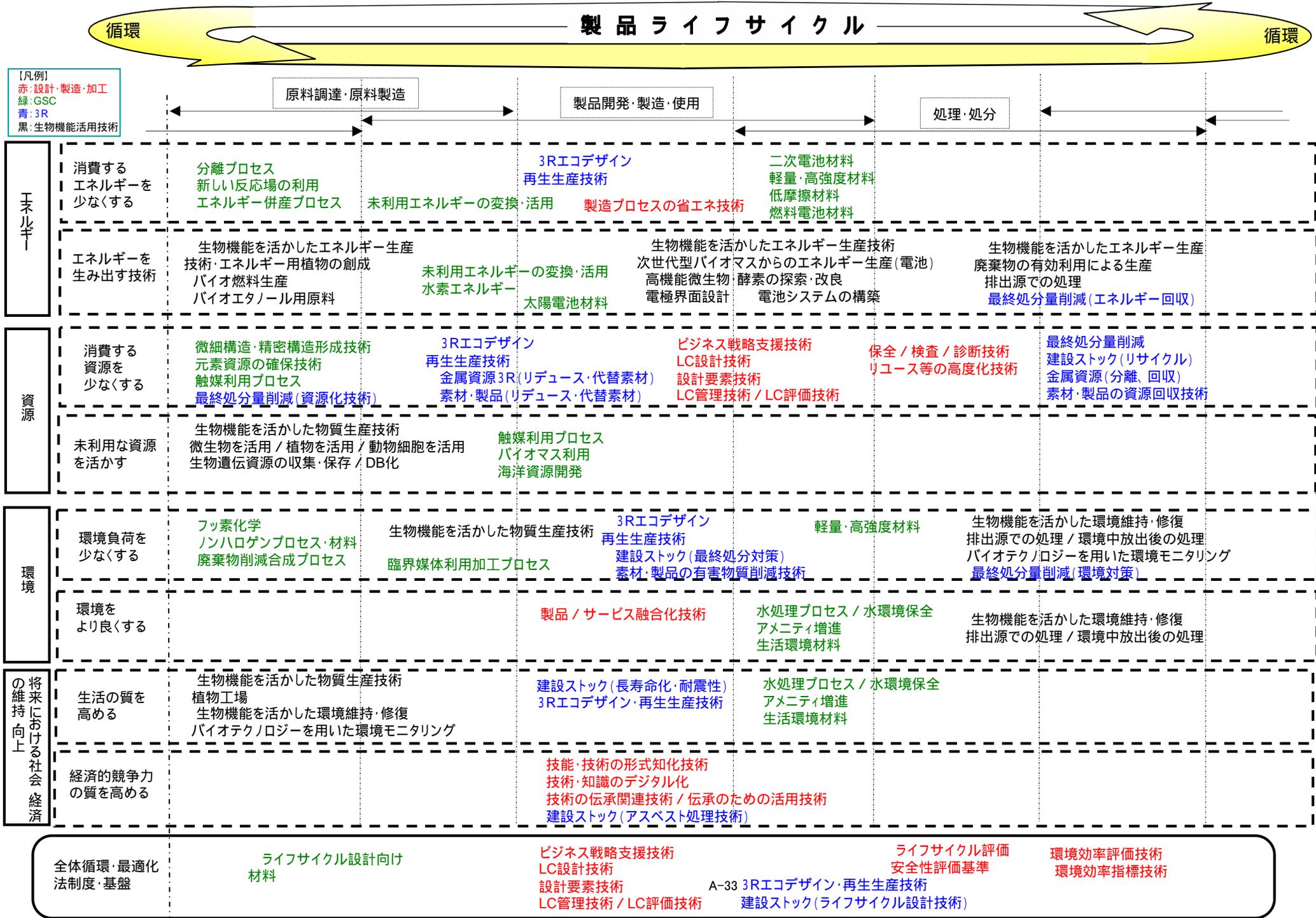
世界のモデルとなるような日本の姿 生涯健康な社会 安全・安心な社会 多様な人生を送れる社会 世界的課題解決に貢献できる社会 世界に開かれた社会	健康	家庭における健康診断システム 介護ロボット	超小型健康管理デバイス
	医療	広域医療情報システム 生体用センサス	がん治療法 コピュラによる遺伝制御 700ナノメートル病根治療 神経幹細胞移植
	環境・水・エネルギー	海水淡水化 クリーン燃料 汚染水浄化	砂漠における植生再生・緑化 燃料電池交通機関 人工光合成技術
	生活	折り畳み型ディスプレイ 多機能電子カード	遠隔鑑賞システム 身体装着型自動翻訳装置 お手伝いロボット
	産業	生産履歴履歴情報システム	知能ロボット 非アレルギー・食品製造
	地域社会	所在確認支援 自動監視システム	リアモーターカー商業運転 自動運転システム 気象予測技術

ここに記載された技術例は、イノベーション25において例示としてあげられた要素技術であり、今般抽出した要素技術との直接的な因果関係の分析を必ずしも行ってはいない。しかしながら、これら技術例を実現するためにも、今般とりまとめた本技術分野の要素技術が必要となる。

研究開発の取組	グリーンサステイナブル ケミストリー分野	プロセス開発	分離プロセス、エネルギー-併産プロセス、触媒利用プロセス、水処理プロセス、ノンフロンプロセス、臨界流体利用プロセス、廃棄物削減合成プロセス
		機能材料開発	軽量・高強度材料、低摩擦材料、電子材料、複合材料、微細構造・精密構造形成、省電力材料、二次電池材料、燃料電池用材料、太陽電池材料、フッ素化学
		用途材料開発	ライフサイクル設計向け材料、生活環境材料、アムニティ増進
		環境保全	排ガス処理、水環境の保全
		資源開発	海洋開発、元素資源の確保
		エネルギー開発	水素エネルギー
		新しい利用	新しい反応場の利用、未利用エネルギー変換・活用、バイオマス利用
	技術分野	生物機能を活用した物質生産	微生物、植物、動物細胞、バイオマス利用
		生物機能を活用したエネルギー生産	植物、バイオ燃料、廃棄物有効利用
		生物機能を活用した環境維持修復	排出源、環境放出後、モニタリング
共通基盤の整備		生物遺伝資源の収集保存、各種DBの整備	
3R分野	最終処分量削減	最終処分量削減技術開発 新たな用途開拓	発生抑制・変換技術開発 最終処分場の再生
	建設ストック	再生利用用途開発 長寿命化のメンテナンス、設計技術開発	
	金属資源3R	分離回収、高効率化、不純物混入防止(有用資源回収促進化) 代替品開発(再生品の高付加価値化)	
	3Rエコデザイン/再生生産	共通要素設計 生産・管理、ライフサイクル設計(全体最適化)	
	設計製造加工分野	ライフサイクル思考	LC設計技術 設計現場でのLC設計の導入
設計製造加工分野	高付加価値化	製品コア技術のブラックボックス化、カスタマイゼーションのための技術 RF-IDの大容量化等の基本技術	サブチェーン全体のトレーサビリティの確保 製品価値、サービス価値の可視化
	最小化	製造プロセスの省エネ、省資源技術 サステイナビリティを考慮した高歩留まり加工プロセス	高効率的多品種変量生産 スチーマリアネット仕上げ加工技術実用化
	技術の伝承	技術、知識のデジタル化	技能者の感性等の評価、分析、形式知化

関連施策 環境整備	グリーンサステイナブル ケミストリー分野	社会基盤整備	国民認知度の促進(GSC賞の充実、NPO育成) 異分野の学問・技術領域を統合した学術体系の創出	社会、産業、行政間のコミュニケーション拡大(GSCセッション、GSCフォーラムの設置) 教育プログラムの体系化(初等教育-高等教育)	
		国内施策・国内の取り組み	社会性、経済性を含めたGSC評価手法の確立 GSC基盤技術開発	異産業間のイコールパートナーシップ構築と連携 税法制度、グリーン調達等による素材の導入支援策	
		国際的取り組み(OECD)	国際標準化とそれに基づく規制強化 国際資源総合ネットワークの構築	ODA等による開発途上国への技術移転 国際シンポジウムの支援とネットワークの構築	
		国外の制度的枠組みの動き(EU)	RoHS指令 REACH規制	(中国)	
	技術分野	社会基盤整備	法的基盤整備(ガバナンスの適切な施行等) 研究開発支援人材の確保・育成	遺伝子組換え体に対する国民理解の促進 国内外におけるバイオマス原料確保	バイオマスへの原料転換を促す促進策の導入
		知的基盤整備	各種DB(遺伝子情報等)の運営 生物遺伝資源の収集、保存、提供、ゲム解析、等		
		国際標準化等の推進	生分解性ポリマー測定法、環境中免疫化学測定法、等の標準化		
		国際社会との協調	海外生物遺伝資源へのアクセス方法の確立 微生物資源の保存と利用に関する多国間協力体制の構築		
	3R分野	国内施策(法体系整備)	循環型社会形成基本計画 資源有効利用促進法	容器包装リサイクル法 家電リサイクル法	食品リサイクル法 建設リサイクル法
		国内施策(ガイドライン、人材育成)	品目別・業種別リサイクルガイドライン 人材育成、教育支援、普及啓発		
国内施策(導入普及促進策、標準化施策)		3R実用化補助 グリーン購入法	環境JISの策定 環境配慮設計の国際規格化		
国際的取組み		3Rインシアティブ			
国外の制度的枠組の動き(EU)		WEEE指令 RoHS規制	エコデザイン指令 REACH規制	(米国) 電子廃棄物リサイクル法 (中国) 中国版WEEE 中国版RoHS	
設計製造加工分野	規制・制度改革	京都議定書第一目標期間 排出権取引、環境税制等の検討	次期中間目標の合意	中間目標年 外部経済の内面化の進展	
	標準化	解体情報等の標準化に向けた国際ルール検討開始 リサイクルの高度化のための共通設計技術	32	標準化 共通要素設計による高品質な製品・部品リユースの実現	
	国際協調	海外とのものづくり人材交流に関するシナリオ グローバル循環型社会システム構築に向けた合意	中核人材の相互交流 国際合意に基づく地域内循環最適化		
	広報・啓発	各種LC評価技術の基礎研究 エコラベル	LCAデータベース、マテリアルフッロワーデータ等の利用可能性 所有と利用の諸形態に伴う環境影響の提示	評価結果の普及 止記全ての取組みを通じた環境調和行動の誘導	

# 持続可能なものづくり技術分野の技術マップ俯瞰見取り図



# エネルギー制約克服技術マップ俯瞰図

【凡例】  
 赤:設計・製造・加工  
 緑:GSC  
 青:3R  
 黒:生物機能活用技術

## 原料調達・原料製造

## 製品開発・製造・使用

## 処理・処分

消費エネルギーを少なくする技術

エネルギーを生み出す技術

省エネルギープロセス  
 ・接触法ナフサ分解による芳香族、オレフィン等製造  
 ・縮合系高分子製造技術の低環境負荷化  
 新しい反応場の利用  
 ・外場加熱エネルギー材料による高選択合成プロセスの開発  
 ・マイクロリアクターによるシンプリ化・高速化プロセスの開発  
 分離プロセス  
 ・選択的透過膜を用いた非平衡分離・省エネ化等の開発  
 ・化学分離プロセスの省エネ技術開発  
 エネルギー併産プロセス  
 ・化学品、電力、熱のトライシネーション  
 ・石炭ガス化発電と化学品との併産  
 エネルギー多様化  
 ・原子力発電廃棄物の高効率減容化、リサイクル技術の開発  
 ・省エネルギー材料  
 ・新規高伝熱材、熱損失抑制用材料開発  
 製造プロセスの省エネ技術  
 ・セラミックス等の製造プロセス合理化技術

効率多品種少量製品の即時開発・製造技術  
 ・デマンド生産システム  
 ・使用における有害物質削減、不使用技術  
 ・エコライボロジー  
 ・製造設備の省エネ技術  
 ・生産システムの効率的運用技術  
 未利用エネルギー変換・活用、水素エネルギー  
 ・未利用エネルギー変換・活用  
 ・低溫排熱エネルギー変換用熱電変換材料  
 ・触媒反応を利用した化学エネルギー変換による高密度蓄熱技術  
 省エネルギー材料  
 ・未利用エネルギー変換・活用  
 ・高性能デシカント空間用高湿潤吸着材料  
 ・高分子アクチュエータ  
 新エネルギー・分散エネルギー  
 ・低溫排熱エネルギー変換用熱電変換材料

使用履歴管理技術  
 ・使用履歴モニタリング  
 ・共通要素設計技術  
 ・部品交換容易化技術etc  
 製造プロセスの省エネ技術  
 ・小型複合生産機械  
 ・省エネルギープロセス設計技術  
 ・生産機械のエネルギー使用合理化技術  
 ・コンバクト生産システム  
 ・セル生産  
 ・材料高歩留製造プロセス  
 ・フリーフォーム製造etc  
 使用段階の省エネ技術  
 ・省エネ設計技術etc  
 無機系資材  
 ・(発生抑制技術)  
 ・高効率発電技術(IGCC等)  
 物質・エネルギー併産コ  
 ・プロダクション技術  
 ・CO2フリーな水素とカーボンの  
 ・コプロダクション技術  
 ・燃料製造とエネルギーのコプロダクション技術  
 省エネルギー材料  
 ・二次電池材料  
 ・超高容量二次電池材料  
 ・新しい電池(リチウム代替等)材料  
 ・有機ラジカル電池・レドックス高分子材料  
 ・高蓄電池用電解液  
 燃料電池用材料  
 ・電池(移動電源、固定電源用)向け高蓄エネルギー材料  
 新エネルギー(太陽電池材料)  
 ・高純度金属ケイ素の省資源省エネ製造法  
 エネルギー多様化  
 ・化学技術による海洋開発  
 生物機能を活かしたエネルギー生産技術  
 ・エネルギー用植物の創成(バイオエタノール用原料)  
 ・目的物質の増収、生産物集積制御機能  
 ・エネルギー作物創出目的にあったストレス耐性付与  
 ・光合成微生物の利用  
 ・効率的油糧生産(プロバゲーション技術)(しょう糖・でんぷん)  
 ・効率的アルコール生産微生物の探索・改良(セルロース・ヘミセルロース)  
 ・効率的糖化のための酵素スクリーニング  
 ・糖化工程の効率化  
 ・効率的アルコール生産微生物の探索と改良  
 ・糖化・発酵工程の一段階化  
 ・セルロース・ヘミセルロース系に特化した技術の開発(発酵工程)  
 ・トータル利用システムの構築(副生物の有効利用)  
 未利用エネルギー変換・活用、水素エネルギー  
 ・安価な水素製造技術(新規水蒸気改質等)

アミニエー増進  
 ・導管、遮熱断熱、電磁波遮蔽材料  
 ・省エネルギー材料  
 ・ノンフロン断熱・保温・保冷物質開発  
 ・個人用移動システム駆動装置  
 ・燃料電池(PEFC・SOFC)用新規材料の開発  
 ・新しい封止材、絶縁材向け高分子材料  
 ・超高密度超ナノ積層電子材料開発  
 ・廃土木資材利用多孔質断熱材料開発  
 寿命管理技術  
 ・寿命予測/診断技術  
 ・品質保証技術  
 ・余寿命診断/非破壊診断  
 省エネルギー材料  
 ・二次電池材料  
 ・超高容量二次電池材料  
 ・新しい電池(リチウム代替等)材料  
 ・有機ラジカル電池・レドックス高分子材料  
 ・高蓄電池用電解液  
 燃料電池用材料  
 ・電池(移動電源、固定電源用)向け高蓄エネルギー材料  
 新エネルギー(太陽電池材料)  
 ・高純度金属ケイ素の省資源省エネ製造法  
 エネルギー多様化  
 ・化学技術による海洋開発  
 生物機能を活かしたエネルギー生産技術  
 ・エネルギー用植物の創成(バイオエタノール用原料)  
 ・目的物質の増収、生産物集積制御機能  
 ・エネルギー作物創出目的にあったストレス耐性付与  
 ・光合成微生物の利用  
 ・効率的油糧生産(プロバゲーション技術)(しょう糖・でんぷん)  
 ・効率的アルコール生産微生物の探索・改良(セルロース・ヘミセルロース)  
 ・効率的糖化のための酵素スクリーニング  
 ・糖化工程の効率化  
 ・効率的アルコール生産微生物の探索と改良  
 ・糖化・発酵工程の一段階化  
 ・セルロース・ヘミセルロース系に特化した技術の開発(発酵工程)  
 ・トータル利用システムの構築(副生物の有効利用)  
 未利用エネルギー変換・活用、水素エネルギー  
 ・安価な水素製造技術(新規水蒸気改質等)

省エネルギー材料  
 ・易リサイクル型コンポジット材料開発  
 ・省エネ成形、易リサイクル型硬化性樹脂開発  
 ・樹脂開発  
 ・易リサイクル性断熱部材  
 プラスチック・サマルカバリア  
 ・エネルギー回収  
 ・セメント利用  
 プラスチック・サマルカバリア  
 ・エネルギー回収/利用技術(プラスチック全般)  
 ・高効率発電  
 生物機能を活かしたエネルギー生産技術  
 ・廃棄物の有効利用によるエネルギー生産  
 ・(メタン・液体廃棄物)  
 ・処理対象物(油脂等を含む)の適用拡大  
 ・各種の排水への適用拡大  
 ・(メタン・固形物を含む液体廃棄物)  
 ・固形物処理の効率化  
 ・低コストな可溶化工程の確立  
 ・生成したメタンの分離回収システムの確立  
 汚泥・有機物回収技術-エネルギー回収  
 ・(バイオマス/リサイクル)  
 ・メタン発酵技術  
 ・水素発酵技術  
 ・(下水汚泥/リサイクル)  
 ・ガス化発電技術  
 ・(有機性廃棄物/リサイクル)  
 ・有機性廃棄物資源の利用方法に関する検討など  
 物質・エネルギー再生の製造プロセス技術  
 ・(家庭用エネルギー転換/食品系)  
 ・家庭用エネルギー転換技術(メタン、水素など)  
 バイオマス・発電技術  
 ・高効率発電(小規模)技術、部分  
 ・燃料ガス化発電  
 ・石炭混焼発電技術  
 バイオマス・燃料化技術  
 ・高効率BDF製造技術  
 バイオマス・燃料化技術-ガス化  
 ・ガス化改質+燃料化

省エネルギー材料  
 ・易リサイクル型コンポジット材料開発  
 ・省エネ成形、易リサイクル型硬化性樹脂開発  
 ・樹脂開発  
 ・易リサイクル性断熱部材  
 プラスチック・サマルカバリア  
 ・エネルギー回収  
 ・セメント利用  
 プラスチック・サマルカバリア  
 ・エネルギー回収/利用技術(プラスチック全般)  
 ・高効率発電  
 生物機能を活かしたエネルギー生産技術  
 ・廃棄物の有効利用によるエネルギー生産  
 ・(メタン・液体廃棄物)  
 ・処理対象物(油脂等を含む)の適用拡大  
 ・各種の排水への適用拡大  
 ・(メタン・固形物を含む液体廃棄物)  
 ・固形物処理の効率化  
 ・低コストな可溶化工程の確立  
 ・生成したメタンの分離回収システムの確立  
 汚泥・有機物回収技術-エネルギー回収  
 ・(バイオマス/リサイクル)  
 ・メタン発酵技術  
 ・水素発酵技術  
 ・(下水汚泥/リサイクル)  
 ・ガス化発電技術  
 ・(有機性廃棄物/リサイクル)  
 ・有機性廃棄物資源の利用方法に関する検討など  
 物質・エネルギー再生の製造プロセス技術  
 ・(家庭用エネルギー転換/食品系)  
 ・家庭用エネルギー転換技術(メタン、水素など)  
 バイオマス・発電技術  
 ・高効率発電(小規模)技術、部分  
 ・燃料ガス化発電  
 ・石炭混焼発電技術  
 バイオマス・燃料化技術  
 ・高効率BDF製造技術  
 バイオマス・燃料化技術-ガス化  
 ・ガス化改質+燃料化

省エネルギー材料  
 ・易リサイクル型コンポジット材料開発  
 ・省エネ成形、易リサイクル型硬化性樹脂開発  
 ・樹脂開発  
 ・易リサイクル性断熱部材  
 プラスチック・サマルカバリア  
 ・エネルギー回収  
 ・セメント利用  
 プラスチック・サマルカバリア  
 ・エネルギー回収/利用技術(プラスチック全般)  
 ・高効率発電  
 生物機能を活かしたエネルギー生産技術  
 ・廃棄物の有効利用によるエネルギー生産  
 ・(メタン・液体廃棄物)  
 ・処理対象物(油脂等を含む)の適用拡大  
 ・各種の排水への適用拡大  
 ・(メタン・固形物を含む液体廃棄物)  
 ・固形物処理の効率化  
 ・低コストな可溶化工程の確立  
 ・生成したメタンの分離回収システムの確立  
 汚泥・有機物回収技術-エネルギー回収  
 ・(バイオマス/リサイクル)  
 ・メタン発酵技術  
 ・水素発酵技術  
 ・(下水汚泥/リサイクル)  
 ・ガス化発電技術  
 ・(有機性廃棄物/リサイクル)  
 ・有機性廃棄物資源の利用方法に関する検討など  
 物質・エネルギー再生の製造プロセス技術  
 ・(家庭用エネルギー転換/食品系)  
 ・家庭用エネルギー転換技術(メタン、水素など)  
 バイオマス・発電技術  
 ・高効率発電(小規模)技術、部分  
 ・燃料ガス化発電  
 ・石炭混焼発電技術  
 バイオマス・燃料化技術  
 ・高効率BDF製造技術  
 バイオマス・燃料化技術-ガス化  
 ・ガス化改質+燃料化

全体最適化

ライフサイクル設計技術-LC計画  
 (組立て加工型製品)  
 ・概略構築支援  
 ・代替案比較分析  
 ・ライフサイクルシミュレーション(輸送・回収システム設計)  
 ・3Rロスチェック設計  
 ・共通基盤技術情報流通  
 ・グリーンチェーン構築技術  
 ・ライフサイクルマネジメント  
 ・IT技術  
 ・ユビキタス情報技術  
 共通基盤技術-LC評価技術  
 (製品・素材全般)  
 ・LCA手法  
 ・LCC手法  
 ・ビジネス構築技術  
 ・ライフサイクルシミュレーション  
 循環ビジネス戦略設計支援  
 LC設計技術  
 ライフサイクルシミュレーション技術  
 LC設計技術  
 ・リデュース性設計支援技術  
 ・LC可視化技術  
 ・LCプロダクトモデリング  
 ・リデュース設計技術  
 グローバル構築関連技術  
 ・グローバル循環のための設計技術  
 ・循環型社会評価技術  
 ・循環型社会シナリオシミュレータ  
 ・リユースのための循環マネジメント技術  
 ・リユース部品発生予測/部品在庫管理  
 ・リユース部品を含む生産計画技術  
 ・リサイクル資源活用のための生産技術  
 ・変種変量生産技術  
 ・洗浄技術  
 ・素材判別技術  
 ・再生素材品質技術  
 生物機能を活かしたエネルギー生産技術  
 ・廃棄物の有効利用によるエネルギー生産  
 ・(メタン・固形物を含む液体廃棄物)  
 ・低コストな可溶化工程の確立

法制度・基盤技術

# 資源制約克服技術マップ俯瞰図(1/2)

【凡例】  
赤:設計・製造・加工  
緑:GSC  
青:3R  
黒:生物機能活用技術

## 原料調達・原料製造

## 製品開発・製造・使用

## 処理・処分

消費する資源を少なくする技術

生物機能を活かしたエネルギー生産技術  
エネルギー用植物の創成  
(バイオエタノール用原料創出)  
光合成能の高い植物体未利用(野生種)スクリーニング(単位面積あたりの植物体の増収)  
目的物質の増収生産物集積技術新機能付与  
エネルギー作物創出の目的にあったストレス耐性付与(共通遺伝子)  
(植物以外の利用可能植物)光合成微生物の利用  
効率的な油脂生産(プロバクテリオン技術)  
(シシトフ、でんぷん糖化・発酵工程)効率的  
アルコール生産微生物の探索と改良  
(セルロース・ヘミセルロース)  
木質系資源を利用可能にするリグニン分解菌等のスクリーニング  
セルロース・ヘミセルロース効率的糖化のための酵素スクリーニング  
糖化工程の効率化  
効率的アルコール生産微生物の探索と改良  
糖化・発酵工程の一段化  
セルロース・ヘミセルロース系に特化した発酵工程の技術開発  
(副産物の有効利用)トータル利用システムの構築

省資源  
・高選択的酸化するプロセスの開発(原料転換)  
有機分子触媒  
(微細構造・精密構造形成技術)  
分子自己組織化を利用した高性能ナノマイクロ材料の開発  
・ナノ三次元構造制御による材料加工プロセスの開発  
(ナノ材料)  
エレクトロニクス・マイクロマシン用ナノ実装材料開発  
・新規低誘電率ナノ材料の開発  
(光学材料)  
・光学機能用

無機系資材・リサイクル技術:新規用途開発  
・非セメント化技術  
無機系資材  
・高塩素含有物からのセメント製造技術  
新たなセメント製造技術  
プラスチック  
・高付加価値品へのアップグレード  
再生技術

生物機能を活かした物質生産技術  
・植物を活用(化学品)  
・バイオマスを活用した高効率原料生産技術

省資源  
(微細構造・精密構造形成技術)  
・ナノインプリント等を利用した新規リソグラフィ加工技術の開発  
省資源  
(微細構造・精密構造形成技術)  
・印刷(インクジェット等)による電子部品製造に適した材料開発  
(触媒の新しい利用プロセス)  
・低品位天然ガスからの合成ガスプロセスと誘導体の製造

省エネ材料(耐熱・伝熱材料)  
・スマート材料(自己修復性材料)  
物質代替  
・洗浄機能水の開発

問題物質代替  
直接法過酸化水素の製造、及び過酸化水素を酸化を利用した合成、更に、ノンハロゲン高機能材料製造技術

無機系資材  
・非セメント化技術

生物機能を活かした物質生産技術  
・植物を活用(化学品)  
・バイオマスを活用した高効率原料生産技術

省資源・代替資源(希少元素対策)  
・希少元素、貴金属代替新材料の開発

効率的な多品種少量製品の即時開発・製造技術  
・オンデマンド生産システム  
使用履歴管理技術  
・使用状態モニタリング  
・共通要素設計技術  
・部品交換容易化技術etc  
・ロジスティクスでのリ・ン化技術  
・サブライバー・パーツ  
・垂直立ち上げ  
・デリバリーの維持  
製造における有害物質削減、不使用技術  
・加工源など削減  
・材料高歩留製造プロセス  
・フリーフォーム製造etc

建設廃棄物  
排水性、改質アスファルトのリサイクル技術  
建設ストック  
資源循環型住宅の開発  
省資源:省エネ・省労気量  
革新的構造材料を用いた新構造システム  
100年を超え長寿命で高強度・高性能  
新建材

金属資源(レアメタルなど)  
製造工程での各種レアメタル使用量削減技術(代替素材技術)  
高価で希少な白金系を代替するもの開発  
透明ITOのインジウムに替わる素材の開発  
超硬工具用タングステンに替わる素材の開発  
希土類磁石ディスプレイに替わる素材の開発

プラスチック・分離・分別技術  
・易分解設計技術  
・プラスチック  
・3R化を考慮したプラスチック素材開発  
・リゲ/フェーン ルプラスチック  
リサイクル技術  
プラスチック・代替素材開発  
・生分解プラスチック技術  
(新素材)リゲ/フェーンプラスチック  
チック分離分別技術  
プラスチック・その他  
・3R対応型の塗料・インク開発  
プラスチック・ケミカル・リサイクル  
・製鉄還元剤利用技術—高炉・コークス炉原料化  
・燃料転換技術 油化技術  
・燃料転換技術 ガス化改良技術  
次世代自動車  
・軽量化、省資源設計  
・形状設計 / 加工技術による減量化  
建設廃棄物  
排水性、改質アスファルトのリサイクル技術  
建設ストック  
資源循環型住宅の開発  
省資源:省エネ・省労気量  
革新的構造材料を用いた新構造システム  
100年を超え長寿命で高強度・高性能  
新建材  
金属資源(レアメタルなど)  
製造工程での各種レアメタル使用量削減技術(代替素材技術)  
高価で希少な白金系を代替するもの開発  
透明ITOのインジウムに替わる素材の開発  
超硬工具用タングステンに替わる素材の開発  
希土類磁石ディスプレイに替わる素材の開発

水資源(水処理プロセス)  
・民生用浄水技術  
メンテナンス技術  
・保全管理技術  
・寿命管理技術  
・寿命予測技術  
・寿命設計技術  
・品質保証技術  
・寿命診断  
・非破壊検査  
リサイクル  
(複合材料処理)化学処理(溶解等)による複合材料・混紡繊維等リサイクル技術の開発  
(カスケード利用)無機系副産物・農産物のリサイクル・カスケード  
水資源—水処理プロセス  
次世代水処理技術の開発  
無機系資材—無害化技術  
・種類の回収と処分  
・無機系資材—高効率化  
・製品の耐久性検討・標準化  
・最終埋立物—減容化かつ有効利用技術  
・種類の回収と処分技術  
汚泥、有機物回収技術・有用物質  
・N、P回収技術  
・重金屬回収技術  
・脱塩・洗浄技術  
・廃棄土壌リサイクル技術  
無機系資材  
・有害成分除去技術  
・コンクリート原料化  
・重金屬回収技術  
最終処分場埋立物・減容化かつ有効利用技術  
・処分場の増生・有効利用技術  
・埋立物の分離技術  
・有害成分の除去技術  
・有害物以外の無機成分の再生利用  
建設廃棄物:既存建築物のリユース/リサイクル  
・コンクリート等の建築材、再生骨材のJIS化(低、中・高品位)、コスト削減、微粉リサイクル技術  
・石膏ボードの再生ボード技術  
・セメント原料、地盤改良材等  
・建築廃材(木材)のリサイクル技術  
金(ず)のマテリアルリサイクル  
低くずのリサイクル  
建設廃棄物の分別・減容化技術

プラスチック・ケミカル・リサイクル  
・製鉄還元剤利用技術—高炉・コークス炉原料化  
・燃料転換技術 油化技術  
・燃料転換技術 ガス化改良技術  
次世代自動車  
・軽量化、省資源設計  
・形状設計 / 加工技術による減量化  
建設廃棄物  
排水性、改質アスファルトのリサイクル技術  
建設ストック  
資源循環型住宅の開発  
省資源:省エネ・省労気量  
革新的構造材料を用いた新構造システム  
100年を超え長寿命で高強度・高性能  
新建材  
金属資源(レアメタルなど)  
製造工程での各種レアメタル使用量削減技術(代替素材技術)  
高価で希少な白金系を代替するもの開発  
透明ITOのインジウムに替わる素材の開発  
超硬工具用タングステンに替わる素材の開発  
希土類磁石ディスプレイに替わる素材の開発

汚泥、有機物回収技術・有用物質  
・N、P回収技術  
・重金屬回収技術  
・脱塩・洗浄技術  
・廃棄土壌リサイクル技術  
無機系資材  
・有害成分除去技術  
・コンクリート原料化  
・重金屬回収技術  
最終処分場埋立物・減容化かつ有効利用技術  
・処分場の増生・有効利用技術  
・埋立物の分離技術  
・有害成分の除去技術  
・有害物以外の無機成分の再生利用  
建設廃棄物:既存建築物のリユース/リサイクル  
・コンクリート等の建築材、再生骨材のJIS化(低、中・高品位)、コスト削減、微粉リサイクル技術  
・石膏ボードの再生ボード技術  
・セメント原料、地盤改良材等  
・建築廃材(木材)のリサイクル技術  
金(ず)のマテリアルリサイクル  
低くずのリサイクル  
建設廃棄物の分別・減容化技術

水資源(水処理プロセス)  
・民生用浄水技術  
メンテナンス技術  
・保全管理技術  
・寿命管理技術  
・寿命予測技術  
・寿命設計技術  
・品質保証技術  
・寿命診断  
・非破壊検査  
リサイクル  
(複合材料処理)化学処理(溶解等)による複合材料・混紡繊維等リサイクル技術の開発  
(カスケード利用)無機系副産物・農産物のリサイクル・カスケード  
水資源—水処理プロセス  
次世代水処理技術の開発  
無機系資材—無害化技術  
・種類の回収と処分  
・無機系資材—高効率化  
・製品の耐久性検討・標準化  
・最終埋立物—減容化かつ有効利用技術  
・種類の回収と処分技術  
汚泥、有機物回収技術・有用物質  
・N、P回収技術  
・重金屬回収技術  
・脱塩・洗浄技術  
・廃棄土壌リサイクル技術  
無機系資材  
・有害成分除去技術  
・コンクリート原料化  
・重金屬回収技術  
最終処分場埋立物・減容化かつ有効利用技術  
・処分場の増生・有効利用技術  
・埋立物の分離技術  
・有害成分の除去技術  
・有害物以外の無機成分の再生利用  
建設廃棄物:既存建築物のリユース/リサイクル  
・コンクリート等の建築材、再生骨材のJIS化(低、中・高品位)、コスト削減、微粉リサイクル技術  
・石膏ボードの再生ボード技術  
・セメント原料、地盤改良材等  
・建築廃材(木材)のリサイクル技術  
金(ず)のマテリアルリサイクル  
低くずのリサイクル  
建設廃棄物の分別・減容化技術

水資源(水処理プロセス)  
・民生用浄水技術  
メンテナンス技術  
・保全管理技術  
・寿命管理技術  
・寿命予測技術  
・寿命設計技術  
・品質保証技術  
・寿命診断  
・非破壊検査  
リサイクル  
(複合材料処理)化学処理(溶解等)による複合材料・混紡繊維等リサイクル技術の開発  
(カスケード利用)無機系副産物・農産物のリサイクル・カスケード  
水資源—水処理プロセス  
次世代水処理技術の開発  
無機系資材—無害化技術  
・種類の回収と処分  
・無機系資材—高効率化  
・製品の耐久性検討・標準化  
・最終埋立物—減容化かつ有効利用技術  
・種類の回収と処分技術  
汚泥、有機物回収技術・有用物質  
・N、P回収技術  
・重金屬回収技術  
・脱塩・洗浄技術  
・廃棄土壌リサイクル技術  
無機系資材  
・有害成分除去技術  
・コンクリート原料化  
・重金屬回収技術  
最終処分場埋立物・減容化かつ有効利用技術  
・処分場の増生・有効利用技術  
・埋立物の分離技術  
・有害成分の除去技術  
・有害物以外の無機成分の再生利用  
建設廃棄物:既存建築物のリユース/リサイクル  
・コンクリート等の建築材、再生骨材のJIS化(低、中・高品位)、コスト削減、微粉リサイクル技術  
・石膏ボードの再生ボード技術  
・セメント原料、地盤改良材等  
・建築廃材(木材)のリサイクル技術  
金(ず)のマテリアルリサイクル  
低くずのリサイクル  
建設廃棄物の分別・減容化技術

汚泥、有機物回収技術・有用物質  
・N、P回収技術  
・重金屬回収技術  
・脱塩・洗浄技術  
・廃棄土壌リサイクル技術  
無機系資材  
・有害成分除去技術  
・コンクリート原料化  
・重金屬回収技術  
最終処分場埋立物・減容化かつ有効利用技術  
・処分場の増生・有効利用技術  
・埋立物の分離技術  
・有害成分の除去技術  
・有害物以外の無機成分の再生利用  
建設廃棄物:既存建築物のリユース/リサイクル  
・コンクリート等の建築材、再生骨材のJIS化(低、中・高品位)、コスト削減、微粉リサイクル技術  
・石膏ボードの再生ボード技術  
・セメント原料、地盤改良材等  
・建築廃材(木材)のリサイクル技術  
金(ず)のマテリアルリサイクル  
低くずのリサイクル  
建設廃棄物の分別・減容化技術

生物機能を活かしたエネルギー生産技術:廃棄物の有効利用によるエネルギー生産(メタン)  
・液体廃棄物処理の効率化  
・処理対象物の選別拡大  
・各種排気(都市下水等)への適用拡大  
・固形物処理の効率化  
・生成したメタンの分離回収システムの確立  
生物機能を活かした環境維持・修復技術:環境汚染物質の効率的な除去(生物・遺伝子の簡易モニタリング)  
・免疫クロマト・抗体チップ、DNAチップ  
技術:ラボラトリー技術  
リサイクル  
・リユースのための生産技術  
・部品再生・補修技術  
・検査技術 / 洗浄技術  
・技術のブロッカボックス化技術  
・ロジスティクスのためのリーン技術  
・リハースロジスティクス  
・リユースのためのプロセス技術  
・洗浄技術  
・検査技術  
・修理・メンテナンス・アップグレー  
・アップグレード  
・リサイクル資源活用加工プロセス技術  
・再生マグネシウムからの素材製造  
・マテリアルリサイクルの高度化技術  
・高度自動車用回収技術  
・廃棄物再利用技術  
・製造・廃棄時の有用物質回収技術  
金資源(レアメタル等)  
(不純物管理技術)  
・スクラップ鉄と非鉄金属を低コストで分離・回収する技術  
・アルミニウムの不純物無害化技術  
・分離・回収技術  
・焼却灰中の鉛、亜鉛、カドミ等の回収技術  
・フィルム焼スラッジからの銀回収等(高回収効率等)  
・廃自動車触媒から白金回収  
・ハイブリッド車、Liyオン電池からのレアメタル回収  
・ASRなどの金品位の低いものからの金回収  
電池、永久磁石からのレアアース回収  
・PC、携帯電話からの貴金属回収及びレアメタル回収  
・パネルから透明膜ITO分離およびITOスクラップからInリサイクル  
・腐蝕媒から低コスト、回収率向上技術  
・超硬工具からのタングステン(W)、コバ  
・太陽光発電装置  
・カパーガラスの分離技術  
電池セルのリサイクル技術  
・その他、分離利用  
・分離又はリペアしてリユース  
温暖化物質代替 / リサイクル  
(フッ素化学) 産磁石、低品位磁石等からのフッ化水素酸回収・製造技術  
・廃棄物削減(エラストマー)  
・リサイクル型高弾性ゴムの開発  
・生分解性次世代ゴム、エラストマー、及びコンポジット材料の開発

リユースのための生産技術  
・部品再生・補修技術  
・検査技術 / 洗浄技術  
・技術のブロッカボックス化技術  
・ロジスティクスのためのリーン技術  
・リハースロジスティクス  
・リユースのためのプロセス技術  
・洗浄技術  
・検査技術  
・修理・メンテナンス・アップグレー  
・アップグレード  
・リサイクル資源活用加工プロセス技術  
・再生マグネシウムからの素材製造  
・マテリアルリサイクルの高度化技術  
・高度自動車用回収技術  
・廃棄物再利用技術  
・製造・廃棄時の有用物質回収技術  
金資源(レアメタル等)  
(不純物管理技術)  
・スクラップ鉄と非鉄金属を低コストで分離・回収する技術  
・アルミニウムの不純物無害化技術  
・分離・回収技術  
・焼却灰中の鉛、亜鉛、カドミ等の回収技術  
・フィルム焼スラッジからの銀回収等(高回収効率等)  
・廃自動車触媒から白金回収  
・ハイブリッド車、Liyオン電池からのレアメタル回収  
・ASRなどの金品位の低いものからの金回収  
電池、永久磁石からのレアアース回収  
・PC、携帯電話からの貴金属回収及びレアメタル回収  
・パネルから透明膜ITO分離およびITOスクラップからInリサイクル  
・腐蝕媒から低コスト、回収率向上技術  
・超硬工具からのタングステン(W)、コバ  
・太陽光発電装置  
・カパーガラスの分離技術  
電池セルのリサイクル技術  
・その他、分離利用  
・分離又はリペアしてリユース  
温暖化物質代替 / リサイクル  
(フッ素化学) 産磁石、低品位磁石等からのフッ化水素酸回収・製造技術  
・廃棄物削減(エラストマー)  
・リサイクル型高弾性ゴムの開発  
・生分解性次世代ゴム、エラストマー、及びコンポジット材料の開発

リユースのための生産技術  
・部品再生・補修技術  
・検査技術 / 洗浄技術  
・技術のブロッカボックス化技術  
・ロジスティクスのためのリーン技術  
・リハースロジスティクス  
・リユースのためのプロセス技術  
・洗浄技術  
・検査技術  
・修理・メンテナンス・アップグレー  
・アップグレード  
・リサイクル資源活用加工プロセス技術  
・再生マグネシウムからの素材製造  
・マテリアルリサイクルの高度化技術  
・高度自動車用回収技術  
・廃棄物再利用技術  
・製造・廃棄時の有用物質回収技術  
金資源(レアメタル等)  
(不純物管理技術)  
・スクラップ鉄と非鉄金属を低コストで分離・回収する技術  
・アルミニウムの不純物無害化技術  
・分離・回収技術  
・焼却灰中の鉛、亜鉛、カドミ等の回収技術  
・フィルム焼スラッジからの銀回収等(高回収効率等)  
・廃自動車触媒から白金回収  
・ハイブリッド車、Liyオン電池からのレアメタル回収  
・ASRなどの金品位の低いものからの金回収  
電池、永久磁石からのレアアース回収  
・PC、携帯電話からの貴金属回収及びレアメタル回収  
・パネルから透明膜ITO分離およびITOスクラップからInリサイクル  
・腐蝕媒から低コスト、回収率向上技術  
・超硬工具からのタングステン(W)、コバ  
・太陽光発電装置  
・カパーガラスの分離技術  
電池セルのリサイクル技術  
・その他、分離利用  
・分離又はリペアしてリユース  
温暖化物質代替 / リサイクル  
(フッ素化学) 産磁石、低品位磁石等からのフッ化水素酸回収・製造技術  
・廃棄物削減(エラストマー)  
・リサイクル型高弾性ゴムの開発  
・生分解性次世代ゴム、エラストマー、及びコンポジット材料の開発

生物機能を活かしたエネルギー生産技術:廃棄物の有効利用によるエネルギー生産(メタン)  
・固形物に対する微生物の処理、発酵方法の確立  
リサイクル  
・フッ素系機能リサイクル技術の開発  
省資源  
・CO2を原料の一部とする脂肪族、芳香族ポリカーボネート樹脂の開発  
マテリアルリサイクルの高度化技術  
・再生プラスチックの高品質化技術  
リサイクル(元素資源の確保)  
・低品位鉱物原料・廃棄物から希少元素、特定元素資源の抽出・リサイクル技術の開発及び代替材料の開発  
プラスチック・分離・分別技術  
・種類別高度分離・分別技術  
・塗装膜剥離再生技術  
プラスチック 材料リサイクル・修復再生技術  
自己修復再生技術  
プラスチック  
・プラスチックの分離・分別技術  
・再生マグネシウムからの素材製造  
・増量 & アルカリリサイクルの高度化技術  
・高度自動車用回収技術  
・廃棄物再利用技術  
・製造・廃棄時の有用物質回収技術  
金資源(レアメタル等)  
(不純物管理技術)  
・スクラップ鉄と非鉄金属を低コストで分離・回収する技術  
・アルミニウムの不純物無害化技術  
・分離・回収技術  
・焼却灰中の鉛、亜鉛、カドミ等の回収技術  
・フィルム焼スラッジからの銀回収等(高回収効率等)  
・廃自動車触媒から白金回収  
・ハイブリッド車、Liyオン電池からのレアメタル回収  
・ASRなどの金品位の低いものからの金回収  
電池、永久磁石からのレアアース回収  
・PC、携帯電話からの貴金属回収及びレアメタル回収  
・パネルから透明膜ITO分離およびITOスクラップからInリサイクル  
・腐蝕媒から低コスト、回収率向上技術  
・超硬工具からのタングステン(W)、コバ  
・太陽光発電装置  
・カパーガラスの分離技術  
電池セルのリサイクル技術  
・その他、分離利用  
・分離又はリペアしてリユース  
温暖化物質代替 / リサイクル  
(フッ素化学) 産磁石、低品位磁石等からのフッ化水素酸回収・製造技術  
・廃棄物削減(エラストマー)  
・リサイクル型高弾性ゴムの開発  
・生分解性次世代ゴム、エラストマー、及びコンポジット材料の開発

リサイクル  
・フッ素系機能リサイクル技術の開発  
省資源  
・CO2を原料の一部とする脂肪族、芳香族ポリカーボネート樹脂の開発  
マテリアルリサイクルの高度化技術  
・再生プラスチックの高品質化技術  
リサイクル(元素資源の確保)  
・低品位鉱物原料・廃棄物から希少元素、特定元素資源の抽出・リサイクル技術の開発及び代替材料の開発  
プラスチック・分離・分別技術  
・種類別高度分離・分別技術  
・塗装膜剥離再生技術  
プラスチック 材料リサイクル・修復再生技術  
自己修復再生技術  
プラスチック  
・プラスチックの分離・分別技術  
・再生マグネシウムからの素材製造  
・増量 & アルカリリサイクルの高度化技術  
・高度自動車用回収技術  
・廃棄物再利用技術  
・製造・廃棄時の有用物質回収技術  
金資源(レアメタル等)  
(不純物管理技術)  
・スクラップ鉄と非鉄金属を低コストで分離・回収する技術  
・アルミニウムの不純物無害化技術  
・分離・回収技術  
・焼却灰中の鉛、亜鉛、カドミ等の回収技術  
・フィルム焼スラッジからの銀回収等(高回収効率等)  
・廃自動車触媒から白金回収  
・ハイブリッド車、Liyオン電池からのレアメタル回収  
・ASRなどの金品位の低いものからの金回収  
電池、永久磁石からのレアアース回収  
・PC、携帯電話からの貴金属回収及びレアメタル回収  
・パネルから透明膜ITO分離およびITOスクラップからInリサイクル  
・腐蝕媒から低コスト、回収率向上技術  
・超硬工具からのタングステン(W)、コバ  
・太陽光発電装置  
・カパーガラスの分離技術  
電池セルのリサイクル技術  
・その他、分離利用  
・分離又はリペアしてリユース  
温暖化物質代替 / リサイクル  
(フッ素化学) 産磁石、低品位磁石等からのフッ化水素酸回収・製造技術  
・廃棄物削減(エラストマー)  
・リサイクル型高弾性ゴムの開発  
・生分解性次世代ゴム、エラストマー、及びコンポジット材料の開発

リサイクル  
・フッ素系機能リサイクル技術の開発  
省資源  
・CO2を原料の一部とする脂肪族、芳香族ポリカーボネート樹脂の開発  
マテリアルリサイクルの高度化技術  
・再生プラスチックの高品質化技術  
リサイクル(元素資源の確保)  
・低品位鉱物原料・廃棄物から希少元素、特定元素資源の抽出・リサイクル技術の開発及び代替材料の開発  
プラスチック・分離・分別技術  
・種類別高度分離・分別技術  
・塗装膜剥離再生技術  
プラスチック 材料リサイクル・修復再生技術  
自己修復再生技術  
プラスチック  
・プラスチックの分離・分別技術  
・再生マグネシウムからの素材製造  
・増量 & アルカリリサイクルの高度化技術  
・高度自動車用回収技術  
・廃棄物再利用技術  
・製造・廃棄時の有用物質回収技術  
金資源(レアメタル等)  
(不純物管理技術)  
・スクラップ鉄と非鉄金属を低コストで分離・回収する技術  
・アルミニウムの不純物無害化技術  
・分離・回収技術  
・焼却灰中の鉛、亜鉛、カドミ等の回収技術  
・フィルム焼スラッジからの銀回収等(高回収効率等)  
・廃自動車触媒から白金回収  
・ハイブリッド車、Liyオン電池からのレアメタル回収  
・ASRなどの金品位の低いものからの金回収  
電池、永久磁石からのレアアース回収  
・PC、携帯電話からの貴金属回収及びレアメタル回収  
・パネルから透明膜ITO分離およびITOスクラップからInリサイクル  
・腐蝕媒から低コスト、回収率向上技術  
・超硬工具からのタングステン(W)、コバ  
・太陽光発電装置  
・カパーガラスの分離技術  
電池セルのリサイクル技術  
・その他、分離利用  
・分離又はリペアしてリユース  
温暖化物質代替 / リサイクル  
(フッ素化学) 産磁石、低品位磁石等からのフッ化水素酸回収・製造技術  
・廃棄物削減(エラストマー)  
・リサイクル型高弾性ゴムの開発  
・生分解性次世代ゴム、エラストマー、及びコンポジット材料の開発

未利用な資源を活かす技術 次ページ

全体最適化 次ページ

法制度・基盤技術 次ページ

# 資源制約克服技術マップ俯瞰図(2 / 2)

【凡例】  
 赤: 設計・製造・加工  
 緑: GSC  
 青: 3R  
 黒: 生物機能活用技術

原料調達・原料製造

製品開発・製造・使用

処理・処分

消費する資源を少なくする技術

前ページ

未利用な資源を活かす技術

生物機能を活かした物質生産技術  
 微生物を活用した物質生産  
 ・次世代型遺伝子工学技術  
 ・蛋白質・触媒デザイン技術 / 酵素モデリングシミュレーション  
 (化学品)  
 ・工学技術を活用した反応制御(微水系反応)  
 ・マス・コモディティに関わる技術開発(スケールアップ検討)  
 (蛋白質)  
 ・高機能な蛋白質発現系の関連技術  
 ・ヒト型蛋白質発現技術  
 生物機能を活かした物質生産技術  
 植物を活用した物質生産  
 ・高機能遺伝子・蛋白質の探索  
 ・ヒト型物質生産技術  
 (化学品)  
 ・新規有用物質及びその合成系の探索  
 ・多重遺伝子発現技術  
 (蛋白質)  
 ・高機能蛋白質発現系の開発技術(効率の改良技術 / 有効性を高める組換え品種開発)  
 ・安全・高効率生産システム(目的の組織への蛋白質輸送技術 / 閉鎖型製剤生産施設に適した組換え植物の作出技術)  
 ・高性能宿主の創成  
 生物機能を活かした物質生産技術  
 (共通)  
 ・蛋白質の効率的な改変・評価技術  
 ・共通基盤技術の応用への展開  
 原料転換・低利用・未利用資源  
 ・低品位天然ガス、バイオガス、スタンバイリード等からオレフィン、芳香族化合物製造技術  
 ・低利用石油関連資源を利用したナフサ留分オレフィン等製造技術  
 ・バイオマスからの機能性化学原料製造技術  
 酸化還元酵素等を利用したバイオマスからの高分子モノマー、フィンゲミカルの製造技術  
 ・油等からの化学品原料・液体燃料製造技術  
 ・非貴重資源からのバイオプラスチック、及びモノマー製造技術の開発  
 未利用資源(海洋開発) / 化学技術による海洋開発

生物機能を活かした物質生産技術  
 植物を活用した物質生産  
 (共通)  
 ・生産率・生産量向上(新世代型培養技術 / 新規培地成分の開発 / 発現量の増強技術)  
 品質の高次元化関連技術(効率的な純度向上・精製法)  
 ・マス・コモディティに関わる技術開発(スケールアップ検討)  
 (蛋白質)  
 ・高機能な蛋白質発現系の関連技術(蛋白質デザイン技術 / 効率的な改変・評価技術)  
 生物機能を活かした物質生産技術  
 微生物を活用した物質生産  
 (全共通)  
 生物遺伝資源の収集と保存およびその各種データベース  
 生物機能を活かした物質生産技術  
 微生物を活用した物質生産  
 (蛋白質)  
 ・高機能蛋白質発現系の開発技術  
 再生可能資源  
 ・易リサイクル・カスケードリサイクル対応  
 バイオポリマー・材料の開発

生物機能を活かした物質生産技術  
 微生物を活用した物質生産  
 ・バイオマスの効率的利用にかかわる技術  
 (草木系バイオマスの微生物質化にかかわる技術)  
 生物機能を活かした物質生産技術  
 植物を活用した物質生産  
 (化学品←生産可能物質多様化技術)  
 ・ターゲットオリエンテッドパスウェイ構築  
 ・ターゲットオリエンテッドパスウェイ構築  
 ・代謝的代謝分析技術の開発と応用展開  
 ・調整遺伝子等の機能解析  
 (全共通)  
 ・高機能蛋白質発現系の開発技術  
 生物機能を活かした物質生産技術  
 微生物を活用した物質生産  
 (次世代型製造プロセス開発・共通)  
 ・反応工学の進展  
 ・次世代技術の総合的利用によるプロセスの迅速構築  
 (品質の高次元化関連技術)  
 ・不純物分離・除去  
 (化学品)  
 ・反応条件の拡大(特殊環境微生物・酵素の機能解析)  
 生物機能を活かした物質生産技術  
 植物を活用した物質生産  
 (蛋白質)  
 ・安全・高効率生産システム(閉鎖系植物工場システムによる物質生産系の開発 / 蛋白質高生産システムの高度効率化)  
 生物機能を活かした物質生産技術  
 微生物を活用(化学品)  
 微生物を活用した物質生産「プロセス」の開発(右高効率の化学プロセスに並び超える超効率バイオプロセス技術)  
 リサイクル(易リサイクル材料)  
 ・積層フィルム材の代替材料、及びリサイクル材料の開発

生物機能を活かした環境維持・修復技術  
 技術: 環境汚染物質の効率的な除去  
 ・有害物質(植物による重金金属吸収能の向上)  
 ・微生物製剤化技術(排出源での機能)

生物機能を活かした物質生産  
 植物を活用した物質生産  
 次世代型遺伝子工学技術(リグニン除去技術 / 遺伝子ノックアウト技術)  
 生物機能を活かした環境維持・修復技術  
 環境汚染物質の効率的な除去  
 DNA関連基礎技術(共通技術)

全体最適化

生物機能を活かしたエネルギー生産技術  
 汎用エネルギー創出  
 (全体像)  
 効率的な燃料用エネルギー製造システム開発(しよ糖・でんぷん)  
 糖化・発酵工程の一段化  
 (セルロース・ヘミセルロース・前処理工程)  
 低エネルギー・低環境負荷前処理工程開発  
 建設ストック・今後建築物・廃棄物削減・抑制・省資源・省エネルギー  
 ・工事現場での転用(IT技術利用)  
 建設ストック・今後建築物  
 手法・評価  
 ツール  
 ・LCC規格化  
 ・炭化予測等維持管理戦略  
 維持管理技術

生物機能を活かした物質生産技術  
 微生物を活用(化学品)  
 ・マス・コモディティに関わる技術開発  
 (ルート設計に基づいた化学とバイオの融合プロセス技術)  
 建設ストック・今後建築物・廃棄物削減・抑制・省資源・省エネルギー  
 ・工事現場での転用(IT技術利用)  
 建設ストック・今後建築物  
 手法・評価  
 ツール  
 ・LCC規格化  
 ・炭化予測等維持管理戦略  
 維持管理技術

ライフサイクル設計技術  
 ・戦略構築支援  
 ・代替品比較分析手法  
 ・ライフサイクルシミュレーション  
 ・輸送・回収システム設計(3Rロジスティクス設計)  
 共通基盤技術-情報流通・管理技術  
 ・グリーンチェーン構築技術  
 ・ライフサイクル・マネジメント技術  
 ・IT技術  
 ・ユビキタス情報技術  
 ライフサイクル評価技術  
 ・LCA手法  
 ・LCC手法  
 ・ビジョン構築技術  
 ・ライフサイクルシミュレーション手法  
 ・マテリアルフロー分析  
 ・長寿命化設計・省資源化設計  
 ・機能追加可能化設計  
 ・性能向上可能化設計  
 ・モジュール化設計  
 ・ソフトウェア更新設計  
 廃棄物質化設計  
 ・リユース管理技術  
 ・リユース部品発生予測  
 ・リユース管理技術  
 ・リユース部品在庫管理技術  
 ・リユース部品を含む生産計画技術

LC設計技術-メンテナンス  
 性設計支援  
 ・診断容易化技術  
 ・ライフサイクルシミュレーション  
 ・保守容易化技術  
 ・自己診断設計  
 設計技術・設計要素技術  
 部品交換容易化設計  
 部品共通化設計  
 多世代共通化設計  
 診断容易化設計  
 検査容易化設計  
 洗浄容易化設計  
 部品設計  
 ・モジュール化設計  
 診断容易化設計  
 保守容易化設計  
 自己診断設計  
 管理技術  
 ・製品使用状況管理・モニタリング  
 ・余寿命管理・利用精度管理  
 ・余寿命管理・消耗度管理  
 ・リユース管理技術  
 ・リユース部品発生予測  
 ・リユース管理技術  
 ・リユース部品在庫管理技術  
 ・リユース部品を含む生産計画技術

循環ビジネス戦略設計支援技術  
 LC設計技術  
 ・LC設計技術  
 ・ライフサイクルシミュレーション技術  
 ・リデュース性設計技術  
 ・長寿命化設計技術  
 ・リサイクル性設計技術  
 ・LC可視化技術  
 ・易リサイクル材料使用技術  
 グローバル循環関連技術  
 ・設計技術  
 ・社システム整備  
 ・トレーサビリティ管理技術  
 LC管理技術  
 リデュース設計技術  
 LCA評価技術  
 循環型社会評価技術  
 ビジネス構築のモデル化技術  
 ロジスティックスのローン化技術  
 製造における有害物質削減・不使用技術  
 LC設計技術  
 ・リユース性設計  
 リユースのための循環マネジメント  
 技術  
 ・リユース部品発生予測  
 ・トレーサビリティ確保のための技術  
 ・履歴管理技術  
 リサイクル資源活用のための生産技術

生物機能を活かした環境維持・修復技術  
 技術: 環境汚染物質の効率的な除去  
 (廃棄物利用)  
 ・低コストな可溶化工程の確立  
 管理技術-検査技術  
 ・動作確認技術  
 ・故障検査・診断技術  
 ・非破壊検査技術  
 再生・補修技術  
 ・洗浄技術  
 ・変種変異逆生産技術

リサイクル  
 複合材料(化学処理による複合材料  
 溶剤抽出等のリサイクル技術)  
 カスケード利用(無機系副産物・産業  
 廃棄物のリサイクル、及びカスケードリサイ  
 クル技術の開発)  
 水処理プロセス(水資源)  
 次世代水処理技術の開発  
 ライフサイクル・省エネルギー  
 (易リサイクル材料)積層フィルムの  
 代謝技術、及び易リサイクル材料の  
 開発  
 リサイクル  
 (ライフサイクル設計向け材料)  
 易リサイクル、易分解性粘着剤及び  
 自己剥離材料の開発  
 順逆生産技術  
 ・素材判別・素材選別技術  
 ・再生素材品質検査技術  
 ・素材再生技術

法制度・基盤技術  
 金属資源  
 ・今後需要が見込まれるレアメタルなどの  
 統計データ収集等  
 ・マテリアル勘定の規格化  
 ライフサイクル評価技術  
 ・安全性評価技術  
 循環型社会評価技術  
 ・環境効率指標の開発  
 グローバル循環関連技術  
 ・社システム整備  
 A-36

# 環境負荷制約克服技術マップ俯瞰図

【凡例】  
赤: 設計・製造・加工  
緑: GSC  
青: 3R  
黒: 生物機能活用技術

## 原料調達・原料製造

## 製品開発・製造・使用

## 処理・処分

環境負荷を少なくする技術

環境をより良くする技術

全体最適化



## 法制度・基盤

ライフサイクル評価技術  
安全性評価技術

A-37

循環型社会評価技術  
環境効率指標の開発

グローバル循環関連技術  
社会システム整備

生物機能を活かしたエネルギー生産技術  
:汎用エネルギー創出  
(全体像)  
効率的な燃料用エネルギー製造システム開発  
(セルロース・ヘミセルロース、前処理工程)  
:低エネルギー・低環境負荷前処理工程開発

生物機能を活かした物質生産技術  
:植物を活用 (蛋白質)  
:密閉型植物工場システムによる物質生産  
系の開発  
:蛋白質高生産システムの高効率化(操作)  
生物機能を活かした物質生産技術  
ライフサイクル設計技術  
(ライフサイクル戦略策定技術)  
戦略構築支援  
(ライフサイクル計画技術)  
:代替案比較分析手法  
:ライフサイクルシミュレーション  
(輸送・回収システム設計)  
:3Rロジスティクス設計

共通基盤技術  
:情報流通・管理技術  
:ライフサイクル・マネジメント  
:IT技術  
:コネクタ情報技術  
(ライフサイクル評価技術)  
:LCA手法  
:ピラミッド構築技術  
:有害物質削減設計・有害物質削減設計  
:加工選択  
:有害物質削減設計・有害物質削減設計  
(組み立て加工製品)  
:形状・構造設計  
:素材選択

建設ストック・今後建築物一手法  
評価ツール  
:実用予測等維持管理戦略  
:維持管理技術  
:建設ストック・今後建築物一手法  
評価ツール  
:LCC規格化  
:LCC規格化  
建設ストック・今後建築物 廃棄物削減  
:工事現場での転用 (IT技術利用)  
建設ストック・今後建築物 廃棄物削減  
:抑制・省資源・省エネ・省廃物  
資源循環型住宅の開発  
:リデュース技術

循環ビジネス戦略設計支援技術  
:LC設計技術  
:LC戦略設計技術  
:ライフサイクルシミュレーション技術  
:ライフサイクル性設計技術  
:ライフサイクル材料使用技術  
:LC管理技術  
:リデュース設計技術  
:リデュース設計技術  
:循環型社会評価技術  
:LCA評価技術  
:LCA評価技術  
:ビジネス価値のモデル化技術  
:ロジスティクスのリバー化技術  
:製造における有害物質削減、不  
使用技術

廃棄物削減  
:環境調和型合成プロセス-従来型  
有機合成のシンクリ化  
:LC設計技術  
:リデュース性設計技術  
:リデュースのための循環マネジメント  
による複合材料・混紡繊維等リサイ  
クル技術の開発  
:リデュース部を含む生産計画技術  
:リデュース部を含む生産計画技術  
:各種変態生産技術  
:洗浄技術  
:素材別削減  
:再生素材品質技術

生物機能を活かした環境維持・修復  
技術: 環境汚染物質の効率的な除去  
(共通技術)  
安全性に関する技術  
:リサイクル  
:複合材料(樹脂)化学処理(溶解等)  
による複合材料・混紡繊維等リサイ  
クル技術の開発  
:カスケード利用/無機系副生物  
:廃棄物のリサイクル/カスケード  
リサイクル技術の開発  
:水資源-水処理プロセス  
:次世代水処理技術の開発

生物機能を活かした環境維持・修復  
技術: 環境汚染物質の効率的な除去  
(共通技術)  
安全性に関する技術  
:リサイクル  
:複合材料(樹脂)化学処理(溶解等)  
による複合材料・混紡繊維等リサイ  
クル技術の開発  
:リデュース部を含む生産計画技術  
:リデュース部を含む生産計画技術  
:各種変態生産技術  
:洗浄技術  
:素材別削減  
:再生素材品質技術

# 将来における社会・経済の維持・向上技術マップ俯瞰図

【凡例】  
 赤: 設計・製造・加工  
 緑: GSC  
 青: 3R  
 黒: 生物機能活用技術

原料調達・原料製造

製品開発・製造・使用

処理・処分

生活の質を高める

経済的競争力を高める

全体最適化

新規有用物質及びその生合成系の探索

基本システム構築  
 (免疫クロマト・抗体チップ、DNAチップ、ラボオンチップ技術)

- ・情報漏洩対策
- ・オンデマンド生産
- ・安全設計支援技術 (安全設計)
- ・自然災害対策
- ・テロ等非常災害対策
- ・遮音・遮熱断熱・電磁気遮蔽材料
- ・安全性の高い殺虫防虫剤・防カビ剤・殺菌剤の開発
- ・個人用移動システム駆動車
- ・ハロゲン&リンフリー新規難燃材料の開発
- ・完全水性塗料の開発
- ・ノンVOC含有建材・居住環境用材料の開発
- ・ノンVOC系接着剤・インキの開発
- ・完全防臭・消臭材料の開発
- ・易分解性界面活性剤の開発

・スマート材料 (自己修復性材料)

- ・社会の安全・安心技術 (健康被害対策)
- ・人間状態計測技術
- ・メンタルな状態計測技術
- ・物理的状态計測技術

・回収・処理技術 (アスベスト (石綿) 等)

・環境汚染物質等を迅速・簡易  
 高感度に測定できるシステム

- ・ナノ技術、界面技術等を利用した未来型化粧品材料の開発
- ・高機能性食品材料
- ・無騒音道路舗装材料
- ・ノンフロン断熱・保温・保冷物質の開発
- ・廃土木資材利用多孔質断熱材料の開発
- ・易リサイクル性断熱部材
- ・細胞 (骨髄など) を対外で増殖させる際の担体材

・無停止化技術 (BC / DR対策)

・ユーザーニーズの収集技術

・人に優しいロボット技術

- ・機械と人間の協調技術 (パワーアシスト)
- ・技能・技術の形式・知化技術
- ・加工現象の計測・分析技術、CAE
- ・加工技術の暗黙知
- ・技術・知識のデジタル化
- ・デジタル化支援ソフトウェア
- ・生産支援技術
- ・作業中支援技術
- ・生産工程の自動化
- ・生産技術、工程のデータベース化
- ・技術の伝承関連技術
- ・OJT伝承、技能系マニュアル (テキスト、映像)
- ・技術伝承のためのVR技術
- ・技能の計測・分析技術

- ・技術の伝承観点技術
- ・技術伝承のための活用技術
- ・e-ランニング
- ・高品質生産対応作業指示技術
- ・問題解決支援技術、創造設計支援技術
- ・マスクカスタマイゼーション実現技術
- ・コア技術のブラックボックス化
- ・ローカライズ対応カスタム設計技術
- ・安全設計支援技術
- ・失敗学
- ・FMEA支援技術
- ・製造技術の自律化技術
- ・装置機能の検査・評価技術

・図面情報の共通化技術  
 リサイクルマークの共通化

・安全・高効率生産システム  
 密閉型植物工場システムによる物質生産系の開発  
 蛋白質高生産システムの高度効率化

- ・環境効率評価技術
- ・循環型社会シナリオシュミレータ
- ・社会の安心・安全
- ・不正アクセス、ウィルス対策

・ライフサイクル評価技術  
 ビジョン構築技術

- ・トレーサビリティ確保のための技術
- ・履歴管理技術
- ・物情一体化技術
- ・SCM、リバースロジスティクスにおける
- ・個体管理技術
- ・グローバル循環関連技術
- ・トレーサビリティ管理技術

法制度・基盤技術

凡例:	(緑)GSC	(赤)設計・製造・加工
	(白)GB	(青)3R

持続可能なものづくり技術分野の技術マップ(A:エネルギー制約の克服)

技術マップ

A1 消費するエネルギーを少なくする技術	原料調達・原料製造				製品開発・製造・使用				処理・処分														
	大項目	中項目	コード	テーマ名	大項目	中項目	コード	テーマ名	大項目	中項目	コード	テーマ名	大項目	中項目	コード	テーマ名							
	省エネルギープロセス		S001	接触法ナフタ分製による芳香族、オレフィン等製造	高効率的多品種変量製造		4203	オンデマンド生産システム	使用状態モニタリング技術 履歴管理技術 使用支援技術	SM718			省エネルギー材料		S065	リサイクル型コンポジット材料の開発	リユースのための生産技術	1502	部品発生・補修技術 洗浄技術 技術のブラックボックス化技術				
	省エネルギープロセス	製造プロセス	S002	融合系高分子製造技術の低環境負荷化	使用における有害物質削減、不使用技術		4401	エコライボロジー	共通要素設計技術	1601	部品交換容易化設計 部品共通化設計 多世代共通化設計 部品長寿命化設計 検査容易化設計 洗浄容易化設計 部分解設計 モジュール化設計	省エネルギー	生活環境材料	S110	ノンフロン断熱・保温・保冷物質の開発(再掲)	省エネルギー材料	S055	省エネ成形、リサイクル型硬化性樹脂の開発	SCM+LCMを取り込んだ製造	4201	リパロスチェックス		
	省エネルギープロセス	製造プロセス	S003	外場加熱エネルギー利用による高選択合成プロセスの開発(マイクロ波、高周波、プラズマ等)	製造設備の省エネ技術		4502	生産システムの効率的運用技術	SCM+LCMを取り込んだ製造	4201	サプライヤーパーク	省エネルギー材料	電池材料	S071	個人用移動システム駆動源	廃棄物削減	生活環境材料	S089	リサイクル型新熱部材(再掲)				
	省エネルギープロセス	製造プロセス	S004	マイクロリアクターによるシンプル化・高速化プロセスの開発					SCM+LCMを取り込んだ製造	4201	垂直立ち上げ	省エネルギー材料	燃料電池用材料	S072	燃料電池(PEFC・SOFC)用新規材料の開発	寿命管理技術	1404	寿命予測技術 寿命診断技術 寿命設計技術	プラスチック	サーマルリカバリー・エネルギー回収/利用技術	3R5005	セメント利用(プラスチック全般/リサイクル)	
	省エネルギープロセス	分離プロセス	S005	選択的透過膜を用いた非平衡分離・省エネ化と反応分離同時処理技術の開発					SCM+LCMを取り込んだ製造	4201	デリバリー・維持	省エネルギー材料	電子材料	S078	新しい対峙材、絶縁材向け高分子材料の開発	品質保証技術	1405	寿命診断 非破壊検査	プラスチック	サーマルリカバリー・エネルギー回収/利用技術	3R5006	高効率発電(プラスチック全般/リサイクル)	
	省エネルギープロセス	分離プロセス	S007	化学分離プロセスの省エネ技術開発					製造プロセスの省エネ/省支援技術	4403	小型複合生産機械	省エネルギー材料	電子材料	S079	超高密度超々/情報素子材料の開発	その他リユース関連技術	1503	詰め替えビジネス促進技術 詰め替えビジネス防止技術 中古部品の市場整備					
	省エネルギープロセス	エネルギー併産	S008	化学品、電力、熱のトライエネレーション					製造プロセスの省エネ/省支援技術	4403	省エネルギープロセス設計技術	省エネルギー	断熱材料	S113	炭土木質材利用多孔質断熱材料の開発								
	省エネルギープロセス	エネルギー併産	S009	石炭ガス化発電(IGCC)と化学品の併産					製造設備の省エネ技術	4502	生産機械のエネルギー使用合理化技術	省エネルギー材料	電池材料	S069	超高容量型二次電池材料の開発								
	エネルギー多様化	原子力	S015	原子力発電廃棄物の高効率減容化、リサイクル技術の開発					製造設備の省エネ技術	4502	コンビバト生産システム	省エネルギー材料	電池材料	S067	新しい電池(リチウム代替等)材料の開発								
	省エネルギー材料	耐熱・伝熱材料	S060	新規高伝熱材、熱損失抑制用材料の開発					製造設備の省エネ技術	4502	セル生産	省エネルギー材料	電池材料	S068	有機ラジカル電池・レドックス高分子材料の開発								
	未利用エネルギー変換・活用	未利用エネルギー変換・活用・蓄熱・輸送	S010	低品位排熱の蓄熱及び輸送システムによる有効利用					材料高歩留まり製造プロセス	4503	アリーフォーム構造MEMS/テックモールドング	省エネルギー材料	低摩擦材料	S059	低摩擦性ゴム系材料の開発								
	エネルギー多様化	未利用エネルギー変換・活用・蓄熱・輸送	S011	触媒反応を利用した化学エネルギー変換による高密度蓄熱等					材料高歩留まり製造プロセス	4503	スーパーニアネットシェーブ加工	省エネルギー材料	省電力材料	S061	半導体光源材料の開発								
		製造プロセスの省エネ/省支援技術	4403	セラミクス等の製造プロセス合理化技術					廃棄物削減	環境調和型合成プロセス	S050	高強度・軽量新規コンポジット樹脂材料の開発	省エネルギー材料		S062	新型高温超伝導材料の開発							
		省エネルギー材料	S052	超耐熱性、強度等を有する新規ポリオレフィンの開発							S052	省エネルギー材料	エネルギー変換・活用材料	S064	高性能デシカント空調用高温湿気吸着材料の開発								
		省エネルギー材料	S053	軽量・高強度材料による金属代替超軽量材料の開発							S053	有機無機ハイブリッド材料による金属代替超軽量材料の開発	省エネルギー材料	エネルギー変換・活用材料	S065	高分子アクチュエータ							
		省エネルギー材料	S054	光機能(材料透明化・低減、高速応答等)を有するプラスチック材料の開発							S054	光機能(材料透明化・低減、高速応答等)を有するプラスチック材料の開発	省エネルギー材料	電池材料	S070	電池(移動電源、固定電源用)向け高蓄電エネルギー材料の開発							
		省エネルギー材料	S056	高性能金属層・樹脂接合技術の開発							S056	高性能金属層・樹脂接合技術の開発											
		省エネルギー材料	S057	新規珪素塗装技術による防食超軽量マグネシウム合金の開発							S057	新規珪素塗装技術による防食超軽量マグネシウム合金の開発	機能性素材(9H・鉱さい等)発生抑制技術	3R1028	高効率発電技術(IGCC等)(石炭灰・ばいじん/リデュース)								
		省エネルギー材料	S058	低摩擦表面素材/潤滑剤の開発							S058	低摩擦表面素材/潤滑剤の開発	バイオマス・燃料化技術	3R5038	CO2リネオ素とカーボンのプロダクション(木質系/リサイクル)								
		新エネルギー分散エネルギー	S063	低温排熱エネルギー変換用熱電変換材料の開発							S063	低温排熱エネルギー変換用熱電変換材料の開発	バイオマス・燃料化技術	3R5038	燃料製造とエネルギー(電力・熱)のプロダクション(木質系/リサイクル)								

凡例:	(緑)GSC	(赤)設計・製造・加工
	(白)GB	(青)3R

持続可能なものづくり技術分野の技術マップ(A:エネルギー制約の克服)

技術マップ

A2 エネルギーを生み出す技術	原料調達・原料製造				製品開発・製造・使用				処理・処分								
	大項目	中項目	コード	テーマ名	大項目	中項目	コード	テーマ名	大項目	中項目	コード	テーマ名	大項目	中項目	コード	テーマ名	
A2 エネルギーを生み出す技術	エネルギー生産技術: エネルギー用植物の創成・バイオエタノール用原料創出	単位面積あたりの植物体の増収	GB2001	光合成能の高い植物体未利用(野生種)スクリーニング	新エネルギー	太陽電池材料	S073	色素増感型太陽電池材料の開発	廃棄物利用(液体廃棄物)	GB2201	液体廃棄物処理の効率化	エネルギー生産技術: 廃棄物の有効利用によるエネルギー生産・メタン	エネルギー生産技術: 廃棄物の有効利用によるエネルギー生産・メタン	GB2206	固形物に対する微生物的処理法: 固形物に対する発酵方法の確立	固形物に対する微生物的処理法: 固形物に対する発酵方法の確立	
	生産物増量植物	GB2002	目的物質(でんぷん・セルロース類)の増収	生体物集積制御(新機能付与(糖・細胞壁組成改変))	新エネルギー	新エネルギー分散エネルギー材料	S074	薄膜シリコン型太陽電池材料の開発	エネルギー生産技術: 廃棄物の有効利用によるエネルギー生産・メタン	GB2202	処理対象物(油脂等を含む)の適応拡大	エネルギー生産技術: 廃棄物の有効利用によるエネルギー生産・メタン	有機物利用	GB2208	メタン発酵の前段階の水素発生効率化: メタン発酵の前段階の水素回収方法の確立	メタン発酵の前段階の水素発生効率化: メタン発酵の前段階の水素回収方法の確立	
	植物創成共通基盤技術	GB2002	共通基盤技術(遺伝子ノックアウト・形質転写)	エネルギー用植物創出の目的・作物創出の目的・作物創出の目的・作物創出の目的	新エネルギー	新エネルギー分散エネルギー材料	S075	有機半導体型太陽電池材料の開発	廃棄物利用(液体廃棄物)	GB2203	各種排水(都市下水等)への適応拡大	自然物利用	GB2209	水を原料とした水素発生	水を原料とした水素発生		
	エネルギー生産技術: エネルギー用植物の創成・バイオエタノール用原料創出	植物以外の利用可能生物	GB2004	光合成微生物の利用	新エネルギー	新エネルギー分散エネルギー材料	S076	高出力化合物半導体型太陽電池材料の開発	廃棄物利用(固形物を含む液体廃棄物)	GB2204	固形物処理の効率化	バイオマス	発酵技術: エタノール発酵	3R5028	高効率エタノール発酵技術(木質系/リサイクル)	高効率エタノール発酵技術(木質系/リサイクル)	
	エネルギー生産技術: エネルギー用植物の創成・油糧植物の創成・油糧植物	油やし等を利した油糧生産基本システム構築	GB2005	効率的油糧生産(プロパゲーション技術)	新エネルギー分散エネルギー	半導体材料	S077	高性能有機半導体材料の開発	廃棄物利用(共通)	GB2207	生成したメタンの分離回収システムの確立	バイオマス	発酵技術: メタン発酵	3R5029	高効率メタン発酵技術(食品/畜産/汚泥系/リサイクル)	高効率メタン発酵技術(食品/畜産/汚泥系/リサイクル)	
	エネルギー生産技術: 汎用エネルギー創出(バイオ燃料生産)・しよ糖・でんぷん	糖化・発酵工程	GB2101	効率的アルコール生産微生物の探索と改良									バイオマス	発酵技術: 水素発酵	3R5030	水素発酵技術(食品/汚泥系/リサイクル)	水素発酵技術(食品/汚泥系/リサイクル)
	エネルギー生産技術: 汎用エネルギー創出(バイオ燃料生産)・セルロース・ヘミセルロース	前処理工程	GB2104	木質系資源を利用可能にするプリグニン分解酶等のスクリーニング					汚泥	有価物回収技術-エネルギー回収	3R1011	メタン発酵技術(汚泥系/バイオマス/リサイクル)	バイオマス	燃料化技術-高効率BDF製造	3R5032	高効率BDF製造技術(食品系/リサイクル)	高効率BDF製造技術(食品系/リサイクル)
	糖化工程	GB2106	セルロース・ヘミセルロースの効率的糖化のための酵素スクリーニング						汚泥	有価物回収技術-エネルギー回収	3R1012	水素発酵技術(汚泥系/バイオマス/リサイクル)	バイオマス	燃料化技術-ガス化技術	3R5033	ガス化改質・燃料化(GTL: 水素製造)技術(木質/汚泥系/リサイクル)	ガス化改質・燃料化(GTL: 水素製造)技術(木質/汚泥系/リサイクル)
	糖化工程	GB2107	糖化工程の効率化						汚泥	有価物回収技術-エネルギー回収	3R1013	ガス化発電技術(下水汚泥/リサイクル)	バイオマス	燃料化技術-ガス化技術	3R5034	高効率ガス化改質・燃料化(GTL: 水素製造)技術(木質/汚泥系/リサイクル)	高効率ガス化改質・燃料化(GTL: 水素製造)技術(木質/汚泥系/リサイクル)
	発酵工程	GB2108	効率的アルコール生産微生物の探索と改良						汚泥	有価物回収技術-エネルギー回収	3R1014	有機性廃棄物資源の利用方法に関する検討など(有機性廃棄物/リサイクル)	バイオマス	燃料化技術: 物質・エネルギー併用コプロダクション技術	3R5035	CO2フリーな水素とカーボンのコプロダクション(木質系/リサイクル)	CO2フリーな水素とカーボンのコプロダクション(木質系/リサイクル)
	発酵工程	GB2109	糖化・発酵工程の一段階化						プラスチック	ケミカルリサイクル-燃料転換技術	3R5008	油化技術(主に事業所内でのコージェネ利用/分油装置向上化技術(プラスチック全般/リサイクル))	バイオマス	燃料化技術: 物質・エネルギー併用コプロダクション技術	3R5036	燃料製造とエネルギー(電力、熱)のコプロダクション(木質系/リサイクル)	燃料製造とエネルギー(電力、熱)のコプロダクション(木質系/リサイクル)
	発酵工程	GB2110	セルロース・ヘミセルロース系に特化した技術の開発						プラスチック	ケミカルリサイクル-燃料転換技術	3R5009	ガス化改質技術(プラスチック全般/リサイクル)	バイオマス	燃料化技術: 物質・エネルギー併用コプロダクション技術	3R5037	物質・エネルギー再生の製造プロセス技術(ガス化/食品/木質系/リサイクル)	物質・エネルギー再生の製造プロセス技術(ガス化/食品/木質系/リサイクル)
	副生物の有効利用	GB2112	トータル利用システムの構築						バイオマス	発電技術: 高効率小規模発電	3R5026	高効率発電(小規模)技術: 部分燃焼ガス化発電(木質/汚泥系/リサイクル)	バイオマス	家庭用エネルギー転換技術: 家庭用4kWキ-転換	3R5038	家庭用エネルギー転換技術: メタン、水素などへの転換(食品系/リサイクル)	家庭用エネルギー転換技術: メタン、水素などへの転換(食品系/リサイクル)
	エネルギー生産技術: 廃棄物の有効利用によるエネルギー生産・水素	自然物利用	GB2210	水の分解による水素の収束・利用方法					バイオマス	発電技術: 石炭混焼発電	3R5027	石炭混焼発電技術(木質/汚泥系/リサイクル)					
	エネルギー多様化	海洋開発	S025	化学技術による海洋開発(再掲)													
	新エネルギー分散エネルギー	未利用エネルギー変換・活用・水素エネルギー	S012	安価な水素製造技術(新規水素気改質及び水電気分解等)													
	新エネルギー	太陽電池材料	S014	高純度金属ケイ素の省資源型生産製造法													

凡例:	(緑)GSC	(赤)設計・製造・加工
	(白)GB	(青)3R

持続可能なものづくり技術分野の技術マップ(A:エネルギー制約の克服)

技術マップ

	原料調達・原料製造				製品開発・製造・使用								処理・処分													
	大項目	中項目	コード	テーマ名	大項目	中項目	コード	テーマ名	大項目	中項目	コード	テーマ名	大項目	中項目	コード	テーマ名	大項目	中項目	コード	テーマ名						
全体最適化	エネルギー生産技術・汎用エネルギー創出(バイオ燃料生産)・全体像	共通技術	GB2101	効率的な燃料用エネルギー製造システムの開発					ライフサイクル設計技術	ライフサイクル戦略策定技術	3R4001	戦略的実用化(組み立て加工型製品全般/リデュース/リユース/リサイクル)					エネルギー生産技術・廃棄物の有効利用によるエネルギー生産・メタン				廃棄物利用(固形物を含む液体廃棄物)の確立	GB2205	低コストな可溶化工程			
	エネルギー生産技術・汎用エネルギー創出(バイオ燃料生産)・しじみ・でんぷん	糖化・発酵工程	GB2103	糖化・発酵工程の一段階化					現物融合技術	リバーエンジニアリング技術	1302	代替薬比較分析手法(組み立て加工型製品全般/リデュース/リユース/リサイクル)														
	エネルギー生産技術・汎用エネルギー創出(バイオ燃料生産)・セルロース・ヘミセルロース	前処理工程	GB2105	低エネルギー・低環境負荷前処理工程の開発																						
基盤制御技術																										





凡例:	(緑)GSC	(赤)設計・製造・加工
	(白)GB	(青)3R

持続可能なものづくり技術分野の技術マップ(B.資源制約の克服)

技術マップ

	原料調達・原料製造				製品開発・製造・使用								処理・処分									
	大項目	中項目	コード	テーマ名	大項目	中項目	コード	テーマ名	大項目	中項目	コード	テーマ名	大項目	中項目	コード	テーマ名						
B1 消費する資源を少なくする技術																						
B2 資源を生み出す技術	物質生産・微生物を活用した物質生産・全生産物共通	機能微生物の探索	GB1004	効率的な微生物のスクリーニング技術	物質生産・微生物を活用した物質生産	バイオマスの効率的利用にかかわる技術	GB1091	木質系バイオマスの糖化にかかわる技術	物質生産・微生物を活用した物質生産・全生産物共通	次世代型製造プロセス開発	GB1005	コンピュータを利用した高度制御システム	環境維持・修復技術・環境汚染物質の効率的な除去	有害物質	GB3009	微生物による重金属の分離・回収および可溶化技術の開発	物質生産・微生物を活用した物質生産・全生産物共通	品質の高度化関連技術	GB1009	次世代型精練手法の開発		
	物質生産・微生物を活用した物質生産・全生産物共通	次世代型遺伝子工学技術	GB1005	遺伝子削除・再構成による改良された微生物宿主の確立・高効率な遺伝子工学技術	物質生産・植物を活用した物質生産・全生産物共通	生産率・生産量向上	GB1105	新世代型培養技術	物質生産・微生物を活用した物質生産・全生産物共通	バイオマスの効率的利用にかかわる技術	GB1092	草木系バイオマスの微生物質化にかかわる技術	環境維持・修復技術・環境汚染物質の効率的な除去	有害物質	GB3010	植物による重金属吸収能の向上	物質生産・植物を活用した物質生産・全生産物共通	次世代型遺伝子工学技術	GB1005	リゾニン除去技術・次世代型遺伝子工学技術・遺伝子ノックアウト技術		
	物質生産・微生物を活用した物質生産・全生産物共通	特異性・反応性向上	GB1006	蛋白質・触媒デザイン技術	生産率・生産量向上	GB1105	新規増地成分の開発	物質生産・植物を活用した物質生産・化学品	生産可能物質多様化技術	GB1109	ターゲットオリエンテッド・パースケミカルジェネティクスの整備	GB1109	総合的な代謝分析技術の開発と応用展開	環境維持・修復技術・環境汚染物質の効率的な除去	排出源での処理	GB3015	微生物賦形化技術	環境維持・修復技術・環境汚染物質の効率的な除去	共通技術	GB3005	DNA関連基礎技術	
	物質生産・微生物を活用した物質生産・化学品	工学的技術を活用した反応制御	GB1017	微水素反応系の構築	生産率・生産量向上	GB1105	発現量の増強技術	生産可能物質多様化技術	GB1109	総合的な代謝分析技術の開発と応用展開	GB1109	総合的な代謝分析技術の開発と応用展開										
		マス・コモディティに関わる技術開発	GB1018	スケールアップ検討	物質生産・植物を活用した物質生産・全生産物共通	品質の高度化関連技術	GB1106	効率的な純度向上・精製法	生産可能物質多様化技術	GB1109	物質生産経路・機能解析	GB1109	物質生産経路・機能解析									
	物質生産・微生物を活用した物質生産・蛋白質	高機能な蛋白質発現系の開発技術	GB1020	高度な制御が可能である高機能性プロモーター	物質生産・植物を活用した物質生産・蛋白質	高機能蛋白質発現系の開発技術	GB1111	蛋白質デザイン技術	生産可能物質多様化技術	GB1109	調整遺伝子等の機能解析	GB1109	調整遺伝子等の機能解析									
		高機能な蛋白質発現系の開発技術	GB1020	蛋白質発現をさらに増強するための宿主改良	物質生産・植物を活用した物質生産・蛋白質	高機能蛋白質発現系の開発技術	GB1111	蛋白質の効率的な改変・評価技術	物質生産・植物を活用した物質生産・蛋白質	高機能蛋白質発現系の開発技術	GB1111	異なる生物由来の蛋白質を作る技術・菌株体への遺伝子導入技術										
		ヒト型蛋白質発現技術	GB1021	ヒト型糖質付加促進剤	生物機能を活用した物質生産・共通基盤	共通技術	GB1301	生物遺伝資源の収集とデータベース														
		ヒト型蛋白質発現技術	GB1021	効率的な翻訳後修飾手法開発																		
		ヒト型蛋白質発現技術	GB1021	糖質修飾制御																		
	物質生産・植物を活用した物質生産・全生産物共通	高機能遺伝子・蛋白質の探索	GB1101	有用遺伝子探索、および遺伝子の機能解析																		
		ヒト型物質生産技術	GB1104	ヒト型物質生産技術																		
		新規有用物質及びその合成系の探索	GB1107	新規有用物質及びその合成系の探索																		
		多重遺伝子発現技術	GB1108	多重遺伝子導入技術																		
	物質生産・植物を活用した物質生産・蛋白質	高機能蛋白質発現系の開発技術	GB1111	蛋白質機能の効率的改良技術																		
		高機能蛋白質発現系の開発技術	GB1111	蓄積蛋白質の有効性を高める組換え品種の開発																		
		安全・高効率生産システム	GB1112	細胞内・器官別および目的の組織への蛋白質輸送技術																		

凡例:	(緑)GSC	(赤)設計・製造・加工
	(白)GB	(青)3R

持続可能なものづくり技術分野の技術マップ(B.資源制約の克服)

技術マップ

B2 資源を生み出す技術	原料調達・原料製造				製品開発・製造・使用								処理・処分														
	大項目	中項目	コード	テーマ名	大項目	中項目	コード	テーマ名	大項目	中項目	コード	テーマ名	大項目	中項目	コード	テーマ名	大項目	中項目	コード	テーマ名							
	安全・高効率生産システム	GB1112	閉鎖型植物生産施設での栽培に際し、組織欠損植物の作出技術																								
	高機能宿主の創成	GB1113	蛋白質を高効率・高生産する組換え基盤(宿主)植物の作出技術																								
	物質生産・共通基盤	共通技術	GB1302	蛋白質の効率的改良・評価技術																							
	物質生産・共通基盤	共通技術	GB1306	共通基盤技術の応用への展開																							
	原料転換・低利用未利用資源(化石資源)		S019	低品位天然ガス、バイオガス、メタンハイドレート等からのオレフィン、芳香族化合物製造技術の開発																							
	原料転換・低利用未利用資源(化石資源)		S020	低利用石油関連資源を利用したアフラピエン、オレフィン等製造技術の開発																							
	原料転換・低利用未利用資源(再生可能資源)	バイオマス利用	S021	バイオマスからの機能性化学品原料製造技術の開発																							
	原料転換・低利用未利用資源(化石資源)		S022	酸化還元酵素等を利用したバイオマスからの高付加価値モノマー、フィニッシュミカリスの製造技術の開発																							
	原料転換・低利用未利用資源(再生可能資源)		S023	油脂等からの化学品原料・液体燃料製造技術の開発																							
	原料転換・低利用未利用資源(化石資源)		S024	非養殖資源からのバイオプラスチック、及びモノマー製造技術の開発																							
未利用資源	海洋開発	S025	化学技術による海洋開発																								
再生可能資源	バイオポリマー	S082	易リサイクル、カスケードリサイクル対応バイオポリマー材料の開発																								
全体最適化	エネルギー生産技術(汎用エネルギー創出(バイオ燃料生産)・全体像)	共通技術	GB2101	効率的な燃料エネルギー製造システムの開発	物質生産・微生物を活用した物質生産・化学品	微生物を活用した物質生産・化学品	GB1018	ルート設計に基づいた化学とバイオの融合プロセス技術	物質生産・微生物を活用した物質生産プロセスの開発	バイオマスを活用した物質生産プロセスの開発	GB1110	石油原料の化学プロセスに並び、超効率率バイオプロセス技術	マス・循環ビジネス戦略設計支援技術	1102	循環ビジネス戦略設計支援・設計ソフトウエア技術	設計技術	設計要素技術	3R4016	部品交換容易化設計(組み立て加工型製品及び部品全般/リデュース/リサイクル)	エネルギー生産技術・産業廃棄物の有効利用によるエネルギー生産・メタン	産業利用(固形物を含む液体廃棄物)	GB2205	低コストな可溶化工程の確立	水資源	水処理プロセス	S034	次世代水処理技術の開発(工業用)
	エネルギー生産技術(汎用エネルギー創出(バイオ燃料生産)・しよ糖・でんぷん)	糖化・発酵工程	GB2103	糖化・発酵工程の一段階化	物質生産・微生物を活用した物質生産・全生産物共通	生産効率	GB1007	大量生産型共通基盤の開発	物質生産・微生物を活用した物質生産・全生産物共通	次世代型製造プロセス開発	GB1008	反応工学の進展	LC設計技術	1201	LC設計技術・LC戦略設計技術	設計技術	設計要素技術	3R4016	部品共通化設計(組み立て加工型製品及び部品全般/リデュース/リサイクル)	物質生産・微生物を活用した物質生産	バイオマスの効率的利用にかかわる技術	GB1093	廃棄物の有機物を微生物の炭化可能な物質への変換する技術	ライフサイクル・易リサイクル材料	S088	積層フィルム等の代替材料の開発(再掲)	
	エネルギー生産技術(汎用エネルギー創出(バイオ燃料生産)・セルロース・ヘミセルロース)	前処理工程	GB2106	低エネルギー・低環境負荷前処理工程の開発	物質生産・微生物を活用した物質生産・全生産物共通	生産量向上	GB1007	高効率バイオリアクターの設計開発	物質生産・微生物を活用した物質生産・全生産物共通	次世代型製造プロセス開発	GB1008	次世代技術の総合的利用によるプロセスの迅速構築	LC設計技術	1201	ライフサイクル・シミュレーション技術	設計技術	設計要素技術	3R4016	多世代共通化設計(組み立て加工型製品及び部品全般/リデュース/リサイクル)	動脈静脈一体型生産技術	4302	成分分析・素材分析技術	リサイクル	ライフサイクル設計向け材料	S089	易リサイクル、易分解性粘着剤及び自己剥離材料の開発(再掲)	
	物質生産・微生物を活用した物質生産・化学品	原料確保	GB1012	原料確保設計(セルロース・ヘミセルロースの糖化技術)	物質生産・微生物を活用した物質生産・化学品	反応条件の拡大(水系・常温反応からの脱却)	GB1016	有機溶媒耐性微生物酵素の開発	物質生産・微生物を活用した物質生産・全生産物共通	品質の高度化関連技術	GB1009	不純物分離・除去	長寿命化設計技術	1602	長寿命化設計技術・機能追加可能化設計技術・性能向上可能化設計・ソフトウェア更新設計・材料技術・構造技術	設計技術	設計要素技術	3R4016	部品長寿命化設計(組み立て加工型製品及び部品全般/リデュース/リサイクル)	リデュースのための循環マネジメント技術	1501	リデュース部品発生予測・リデュース部品在庫管理技術・リデュース部品を含む生産計画技術					
		建設・ストック	3R2018	茶化等測算維持管理戦略(包括的(LCC、LCA等評価)マネジメント)手法/データ整備/リデュース/リサイクル)	物質生産・微生物を活用した物質生産・化学品	反応条件の拡大(水系・常温反応からの脱却)	GB1016	特殊環境微生物・酵素の機能解明	長寿命化設計技術	1201	リサイクル性設計技術・易リサイクル設計技術・易リサイクル設計技術	設計技術	設計要素技術	3R4016	検査容易化設計(組み立て加工型製品及び部品全般/リデュース/リサイクル)	トレーサビリティ確保のための技術(トータルトレーサビリティ)	2201	調達品に関するトレーサビリティ確保のための技術(トータルトレーサビリティ)	循環生産技術	判別・選別技術	3R4022	素材判別技術(素材全般/リデュース/リサイクル)					
		建設・ストック	3R2018	維持管理技術(造るよりの高効率及び評価技術)「造る/残す/データ収集(LCC、LCA等評価)・マネジメント手法/データ整備/リデュース/リサイクル)	物質生産・植物を活用した物質生産・蛋白質	安全・高効率生産システム	GB1112	密閉型植物工場システムによる物質生産系の実現	現物融合技術	1302	リバーエンジニアリング技術	設計技術	設計要素技術	3R4016	洗浄容易化設計(組み立て加工型製品及び部品全般/リデュース/リサイクル)	動脈静脈一体型加工プロセス技術	4303	再生マグネシウムからの原料製造・変換・逆生産技術・洗浄技術・原料判別技術・再生材料品質検査・素材再生技術・解体手法の簡便化	循環生産技術	判別・選別技術	3R4021	素材判別技術(素材全般/リデュース/リサイクル)					









凡例:	(緑)GSC	(赤)設計・製造・加工
	(白)GB	(青)3R

持続可能なものづくり技術分野の技術マップ(C:環境制約の克服)

技術マップ

	原料調達・原料製造				製品開発・製造・使用								処理・処分			
	大項目	中項目	コード	テーマ名	大項目	中項目	コード	テーマ名	大項目	中項目	コード	テーマ名	大項目	中項目	コード	テーマ名
全体最適化					共通基盤技術	情報流通・管理技術	3R4004	ライフサイクル・マネジメント技術(製品・素材等全般/リデュース/リユース/リサイクル)		SCM・LCMを取り込んだ製造	4201	企画/計画/運営/可視化		グローバル施設計・管理技術	1204	グローバル循環のための設計技術
					共通基盤技術	情報流通・管理技術	3R4005	IT技術(製品・素材等全般/リデュース/リユース/リサイクル)		製造における有害物質削減・不使用技術	4402	製造時の廃棄物削減技術		グローバル施設計・管理技術	1204	グローバル循環に関わる社会システム整備
					共通基盤技術	情報流通・管理技術	3R4005	ユビキタス情報技術(製品・素材等全般/リデュース/リユース/リサイクル)	有害物質削減設計	有害物質削減設計	3R4012	形状・構造設計(組み立て加工型製品全般/リデュース)	有害物質削減設計	有害物質削減設計	3R4012	加工選択(塗装等)組み立て加工型製品全般/リデュース)
									有害物質削減設計	有害物質削減設計	3R4012	素材選択(組み立て加工型製品全般/リデュース)	有害物質削減設計	有害物質削減設計	3R4013	有害物質含有物の代替技術(組み立て加工型製品全般/リデュース/リサイクル)
基盤制技術					共通基盤技術	ライフサイクル評価技術	3R4007	安全性評価技術(製品・素材等全般/リデュース/リユース/リサイクル)	金属資源(レアメタルなど)	その他	3R3024	今後需要が見込まれるレアメタルなどの統計データの収集等(データ収集)		環境効率評価技術	1403	環境効率指標開発
								金属資源(レアメタルなど)	その他	3R3024	リサイクル-勘定の規格化(データ収集)		グローバル施設計・管理技術	1204	グローバル循環に関わる社会システム整備	

凡例:	(緑)GSC	(赤)設計・製造・加工
	(白)GB	(青)3R

持続可能なものづくり技術分野の技術マップ(D:将来における社会・経済の維持・向上)

技術マップ

	原料調達・原料製造				製品開発・製造・使用				処理・処分									
	大項目	中項目	コード	テーマ名	大項目	中項目	コード	テーマ名	大項目	中項目	コード	テーマ名	大項目	中項目	コード	テーマ名		
D1 生活の質を高める技術	物質生産・植物を活用した物質生産・化学品	新規有用物質及びその生産成系の探索	GB1013	新規有用物質及びその生産成系の探索	省エネルギー材料	耐熱・伝熱材料	S107	スマート材料・自己修復性材料>(再掲)	社会の安全・安心技術	自然災害対策	2106	社会の安全・安心技術	建設廃棄物(建設スラック)	主にこれまでに建てられたもの	3R2014	回収・処理技術(アスベスト・石膏・リサイクル)		
	環境維持・修復技術・環境汚染物質・生物・遺伝子の簡易モニタリング	プロセス技術	GB3032	免疫クロマト・抗体チップ・DNAチップ技術・ラボオンチップ技術	高効率的多品種変量製造		4203	オンデマンド生産システム	社会の安全・安心技術	テロ等非常時対策	2106	人間状態計測技術	物理的狀態計測技術					
									社会の安全・安心技術	情報漏洩対策	2106	環境維持・修復技術・環境汚染物質・生物・遺伝子の簡易モニタリング	基本システムの構築	GB3033	環境汚染物質等を迅速・簡易・高精度に測定できるシステム			
									人間状態計測技術	メンタルな状態計測技術	2103							
									省エネルギー材料	電池材料	S071	省エネルギー材料	水環境の保全	生活環境材料	S104	易生分解性界面活性剤の開発		
									廃棄物削減	電子材料	S098	ハロゲン及びリンフリー新規難燃材料の開発	水環境の保全	生活環境材料	S105	ナノ技術・界面技術等を利用した未架橋化粧品材料の開発		
									生活環境リスク削減	生活環境材料	S099	完全水性塗料の開発	水環境の保全	生活環境材料	S106	高機能性食品包材		
									生活環境リスク削減	生活環境材料	S100	ノンVOC含有建材・居住環境用材料の開発	水環境の保全	生活環境材料	S109	無縫普通路舗装材		
									生活環境リスク削減	生活環境材料	S101	ノンVOC系接着剤・インキの開発	水環境の保全	生活環境材料	S110	ノンVOC断熱・保温・保冷物質の開発		
									生活環境リスク削減	生活環境材料	S102	安全性の高い昆虫防虫剤・防かび剤・除菌剤の開発	水環境の保全	生活環境材料	S111	断熱・保温・保冷物質の開発		
								生活環境リスク削減	生活環境材料	S103	完全防臭・消臭材料の開発	水環境の保全	生活環境材料	S112	耐リサイクル性断熱部材			
[D-1]								マスカスタマイゼーション実現技術	ユーザーニーズの収集技術	2102	機械と人間の協調技術	再生医療	S113	樹脂(骨髄)を体外で増殖させる際の担体材料				
[D-2]								機械と人間の協調技術	人に優しいロボット技術	2302	無停止化技術							
D2 国際競争力を高める技術								技能・技術の形式知化技術	加工現象の計測・分析技術・CAE	3101	技能の伝承関連技術	技能の伝承のためのIT活用技術	3301	製造装置の自律化技術	4202	装置機能の検査・評価技術		
								技能・技術の形式知化技術	加工技術における暗黙知の形式知化	3101	技能の伝承関連技術	e-ラーニング						
								技能・知識のデジタル化技術	デジタル化支援ソフトウェア	3102	生産のグローバル化対応のための人材育成技術	3302	高品質生産対応作業指示技術					
								加工支援技術	作業中支援技術・課題解決支援技術	3201	製造における製品/サービス適正化技術	2104	コア技術のブラックボックス化					
								生産支援技術	生産工程の自動化	3202	製造における製品/サービス適正化技術	2104	ローカライズ対応カスタム設計技術					
								生産支援技術	生産技術・工程のデータベース化	3202	安全設計支援技術	2301	失敗学					
								技能の伝承関連技術	OJT伝承・技能継承マニュアル(テキスト・映像)	3301	安全設計支援技術	2301	FMEA支援技術					
							技能の伝承関連技術	技術伝承のためのVR技術	3301	図面情報の共通化技術	4101	図面付記情報の共通化技術						
								技能の伝承関連技術	技能の計測・分析技術	3301								

凡例:	(緑)GSC	(赤)設計・製造・加工
	(白)GB	(青)3R

持続可能なものづくり技術分野の技術マップ(D:将来における社会・経済の維持・向上)

技術マップ

	原料調達・原料製造				製品開発・製造・使用								処理・処分									
	大項目	中項目	コード	テーマ名	大項目	中項目	コード	テーマ名	大項目	中項目	コード	テーマ名	大項目	中項目	コード	テーマ名	大項目	中項目	コード	テーマ名		
全体最適化	物質生産・植物を活用した物質生産・蛋白質	安全・高効率生産システム	GB1112	閉閉系植物工場システムによる物質生産系の開発	社会の安全・安心技術			不正アクセス、ウイルス対策	共通基盤技術	ライフサイクル評価技術	3R4009	ビジョン構築技術(社会システム全般/リデュース/リユース/リサイクル)	トレーサビリティ確保のための技術(トータルトレーサビリティ)	2201	調運品に関するトレーサビリティの確保、配送に関するトレーサビリティの確保、保守状況の表示、RFIDの小型化・大容量化技術、廃棄/搬入の高度化技術、大規模データベースの活用技術							
		安全・高効率生産システム	GB1112	蛋白質高生産システムの高度効率化(操作法)																		
基法盤制技術					環境効率評価技術		1403	環境効率指標開発	共通基盤技術	ライフサイクル評価技術	3R4007	安全性評価技術(製品・材料等全般/リデュース/リユース/リサイクル)										

# 持続可能なものづくり技術分野の技術テーマ相互関連性分析マップ(1 / 6)

## エネルギー制約克服技術(A) × 資源制約克服技術(B)

<p>B2 未利用な資源を活かす技術</p>		<p>【凡例】 赤:設計・製造・加工 緑:GSC 青:3R 黒:生物機能活用技術</p> <p>生物機能を活用したエネルギー生産技術 エネルギー用植物 植物以外の利用可能生物 電池 高機能な微生物 / 酵素の探索</p>
<p>B1 消費する資源を少なくする技術</p>	<p>循環ビジネス戦略設計 支援技術 LC設計技術 グローバル循環関連技術 LC管理技術 循環型社会評価技術 使用履歴管理技術 寿命管理技術 品質保証技術 各種LCA技術 共通要素設計技術 ビジネス構造のモデル化技術</p> <p>リデュース設計技術 リユースのための循環 マネジメント技術 リユースのための生産技術 ロジスティックスのリーン化技術 効率的な多品種変量製品の即時 開発・製造技術 オンデマンド生産システム リサイクル資源活用のための 生産技術 製造整備の省エネ技術 コンパクト生産システム セル生産 製造プロセスの省エネ / 省支援技術 小型複合生産技術 材料高歩留まり製造プロセス</p> <p>プラスチック エネルギー回収/利用技術 セメント利用</p>	<p>生物機能を活用したエネルギー生産技術 エネルギー用植物 単位あたりの植物体の増収 生産物増量植物 植物以外の利用可能生物 油やしなどを利用した油脂生産 基本システム構築 汎用エネルギー創出(バイオ燃料 生産) セルロース・ヘミセルロース 前処理工程、糖化工程、発酵工程、副 生物の有効利用 廃棄物の有効利用によるエネルギー 生産 メタン(廃棄物利用、液体廃棄物、固形 物を含む液体廃棄物) 水素(有機物利用、自然物利用) 電池 有機物、廃棄物</p> <p>プラスチック 高効率発電 ケミカルリサイクル 油化技術 ガス化改質技術 家庭用エネルギー転換 技術 バイオマス 燃料化技術-物質・エネル ギー併産 物質・エネルギー再生の 製造プロセス技術</p>
	<p>A1:消費するエネルギーを少なくする技術</p>	<p>A2:エネルギーを生み出す技術</p>

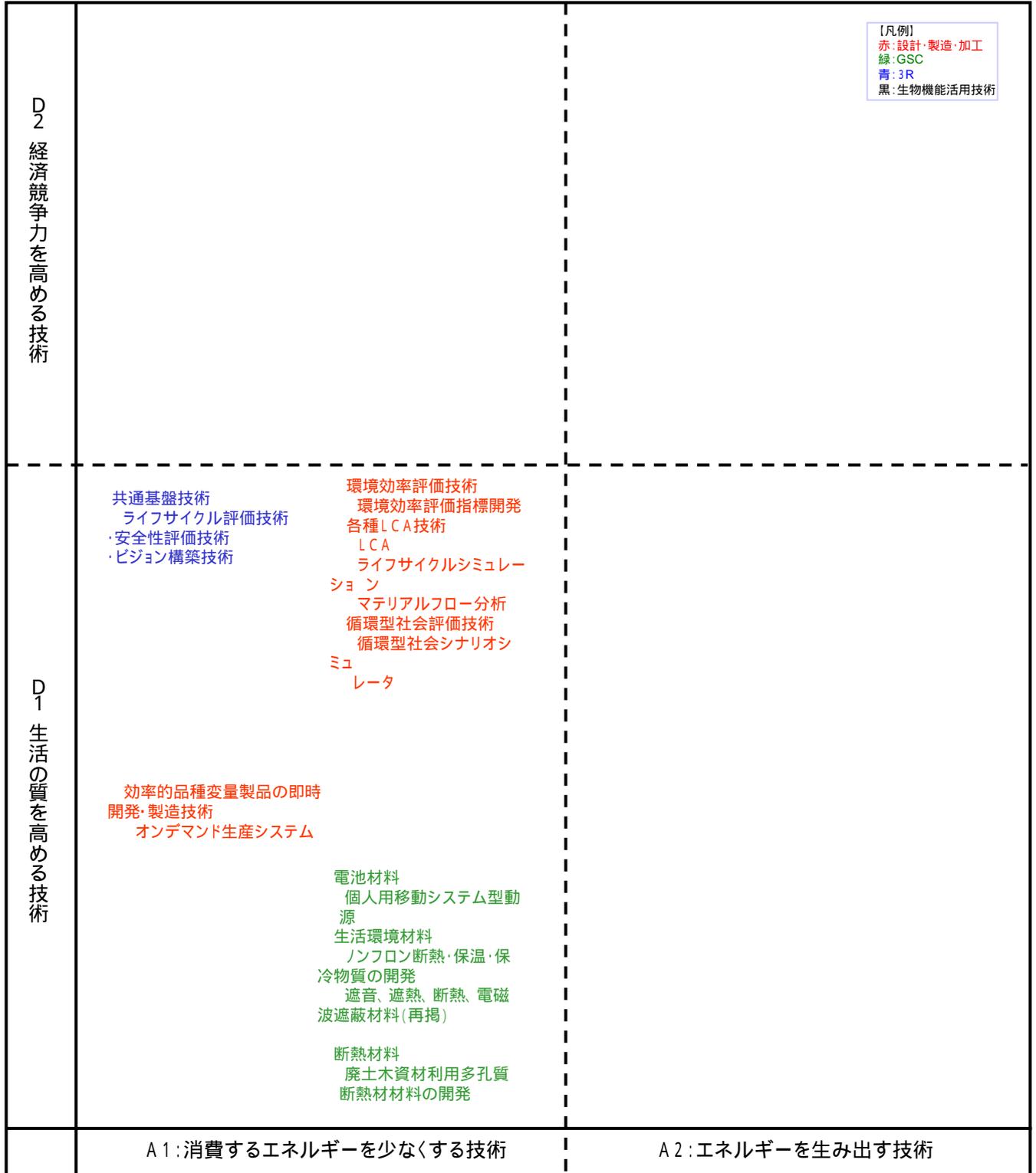
# 持続可能なものづくり技術分野の技術テーマ相互関連性分析マップ(2 / 6)

## エネルギー制約克服技術(A) × 環境制約克服技術(C)

<p>C2 環境を寄り良くする技術</p>		<p>[凡例] 赤:設計・製造・加工 緑:GSC 青:3R 黒:生物機能活用技術</p>
<p>C1 環境負荷を少なくする技術</p>	<p>循環ビジネス戦略設計支援技術 LC設計技術 グローバル循環関連技術 LC管理技術 リデュース設計技術 循環型社会評価技術 環境効率評価技術 使用履歴管理技術 寿命管理技術 品質保証技術 各種LCA技術 共通要素設計技術 ビジネス構造のモデル化技術</p> <p>ライフサイクル設計技術 戦略策定技術 ライフサイクル計画技術 輸送・回収システム設計 共通基盤技術 情報流通・管理技術 ライフサイクル評価技術</p> <p>易リサイクル型コンポジット材料の開発 省エネ成形、易リサイクル型硬化性樹脂の開発 断熱材料 廃土木資材利用多孔質断熱材料の開発 生活環境材料 易リサイクル断熱材料</p> <p>ロジスティックスのリーン化技術 効率的多品種変量製品の即時開発 製造技術 オンデマンド生産システム リサイクル資源活用のための生産技術 変種変量逆生産技術 素材判別技術 製造設備の省エネ技術 セル生産 リユースのための循環マネジメント技術 リユースのための生産技術</p>	<p>生物機能を活用したエネルギー生産技術 エネルギー用植物 ・単位あたりの植物体の増収 ・生産物増量植物 ・植物以外の利用可能生物 ・油やしなどを利用した油脂生産 基本システム構築 汎用エネルギー創出(バイオ燃料生産) ・セルロース・ヘミセルロース 前処理工程、糖化工程、発酵工程、副生物の有効利用 廃棄物の有効利用によるエネルギー生産 ・メタン(廃棄物利用、液体廃棄物、固形物を含む液体廃棄物) ・水素(有機物利用、自然物利用) 電池 ・有機物、廃棄物</p> <p>低温排熱エネルギー変換 用熱電変換材料の開発</p> <p>汚泥 有価物回収技術-エネルギー回収 無機系資材(ダスト・鉱さい等) 高効率発電技術(IGCC等) バイオマス・発電技術 効率的小規模発電 石炭混焼発電 エタノール発酵 メタン発酵 水素発酵 バイオマス・燃料化技術 高効率BDF製造 ガス化技術 物質・エネルギー 併産コプロダクション技術 ・CO2フリーな水素とカーボン 燃料製造とエネルギー 物質・エネルギー再生の製造プロセス技術 家庭用エネルギー転換 シュレッダーダスト ガス化改質技術</p>
	<p>A1:消費するエネルギーを少なくする技術</p>	<p>A2:エネルギーを生み出す技術</p>

持続可能なものづくり技術分野の技術テーマ相互関連性分析マップ(3 / 6)

エネルギー制約克服技術(A) × 将来における社会・経済の維持向上(D)



# 持続可能なものづくり技術分野の技術テーマ相互関連性分析マップ(4 / 6)

## 資源制約克服技術(B) × 環境制約克服技術(C)

<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">C2 環境負荷をより良くする技術</p>	<p>水処理プロセス 民生用浄水技術</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>[凡例] 赤:設計・製造・加工 緑:GSC 青:3R 黒:生物機能活用技術</p> </div> <p>微生物を活用した物質生産 バイオマスの効率的利用にかかる技術 ・廃棄物系の微生物による資化 可能物質への変換技術</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">C1 環境負荷を少なくする技術</p>	<p>メンテナンス技術 循環ビジネス戦略設計支援技術 LC設計技術 グローバル循環関連技術 LC管理技術 リデュース設計技術 循環型社会評価技術 環境効率評価技術 使用履歴管理技術 寿命管理技術 品質保証技術 各種 LCA 技術</p> <p>ライフサイクル設計技術 ライフサイクル戦略策定技術 ライフサイクル計画技術 輸送・回収システム設計 共通基盤技術 情報流通・管理技術 ライフサイクル評価技術</p> <p>リユースのための循環マネジメント技術 リユースのための生産技術 共通要素設計技術 ビジネス構造のモデル化技術 ロジスティックスのリーニ化技術 効率的多品種変量製品の即時開発・製造技術 リユースのためのプロセス技術 リサイクル資源活用のための生産技術 マテリアルリサイクルの高度化技術 製造における有害物質削減、不使用技術 廃棄における有害物質削減、不使用技術</p> <p>複合材料処理 化学処理による複合材料 混紡繊維等リサイクル技術 カスケード利用 無機系副生物・廃棄物のリサイクル、及びカスケードリサイクル技術 水処理プロセス 次世代水処理技術の開発(工業用) CO2の利用 CO2を原料の一部とする 脂肪酸、芳香族ポリカーボネート樹脂の開発</p> <p>無機系資材(ダスト・鉱さい等) 基盤技術-無害化技術 リサイクル技術-セメント製造技術 リサイクル技術-コンクリート原料化 リサイクル技術-有価物回収技術 最終処分場埋立物 減容化かつ有効利用技術-減容化かつ有効利用技術 ・埋立物の分離技術 ・有価物の回収技術 ・有害成分の除去・回収技術 ・有価物以外の無機成分の再生利用 建設廃棄物 路盤材・再生骨材のJIS化 建設廃材 既存マテリアル紙(ず)(現状の60%以上) 再生ボード原料、セメント原料 回収・処理技術 建設ストック 建設廃棄物削減・抑制・省資源・省エネ・省廃棄量 ・資源循環型住宅の開発 手法・評価ツール 有害物質削減設計 有害物質非使用素材技術 プラスチック 基盤技術-分離・分別技術 高炉、コークス炉原料化 バイオマス 発酵技術-堆肥化 燃料化技術-物質・エネルギー併産 プロダクション技術 その他-リグノフェノール用途開発 シュレッダーダスト 電炉利用の鉄とプラスチック複合リサイクル 代替フロン 回収・処理-冷媒回収・分離技術(燃焼、熱分解、化学処理) 回収・処理-洗浄溶剤回収利用 ナノテク素材 分離技術 回収技術 汚泥 有価物回収技術-有用物質回収</p>	<p>微生物を活用した物質生産 品質の高度化関連技術 ・次世代型製錬手法の開発 ・不純物分離・除去 植物を活用した物質生産 密閉系植物工場システムによる物質生産系の開発 環境汚染物質の効率的な除去 微生物による重金属の分離・回収および可溶化技術の開発 植物による重金属吸収能の向上</p> <p>生物機能を活用したエネルギー生産技術 エネルギー用植物 ・単位あたりの植物体の増収 ・生産物増量植物 ・植物以外の利用可能生物 ・油やしなどを利用した油脂生産 基本システム構築 汎用エネルギー創出(バイオ燃料生産) ・セルロース・ヘミセルロース 前処理工程、糖化工程、発酵工程、副生物の有効利用 廃棄物の有効利用によるエネルギー生産 ・メタン(廃棄物利用、液体廃棄物、固形物を含む液体廃棄物) ・水素(有機物利用、自然物利用) 電池 ・有機物、廃棄物</p> <p>潤滑剤 環境対応潤滑油添加剤、生分解性潤滑油の開発 洗浄剤 洗浄機能水の開発 エラストマー 易リサイクル型高弾性ゴム開発 生分解性次世代ゴム、エラストマー及びコンポジット材料</p> <p>フッ素化学 廃蛍石、低品位鉱石等からフッ化水素酸回収・製造技術 ノンハロゲンプロセス 直説法過酸化水素の製造、及び過酸化水素酸化を利用した合成、更に、ノンハロゲン高機能材料製造技術の開発 排ガス処理 クリーン燃焼技術及び新規リーニンバーン燃焼触媒の開発</p> <p>無機系資材(ダスト・鉱さい等) リサイクル技術 ・新たなセメント製造技術 リサイクル技術-新規用途開発 ・非セメント化技術</p>
	<p>B1:消費する資源を少なくする技術</p>	<p>B2:未利用な資源を活かす技術</p>

# 持続可能なものづくり技術分野の技術テーマ相互関連性分析マップ(5 / 6)

## 資源制約克服技術(B) × 将来における社会・経済の維持向上(D)

<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">D2 経済競争力を高める技術</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-left: auto; margin-right: auto;"> <p>【凡例】</p> <p>赤:設計・製造・加工</p> <p>緑:GSC</p> <p>青:3R</p> <p>黒:生物機能活用技術</p> </div>	
<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">D1 生活の質を高める技術</p>	<p style="color: red;">グローバル循環関連技術 トレーサビリティ管理技術 循環型社会評価技術 循環社会シナリオシミュレータ 環境効率評価技術 環境効率指標開発 各種LCA技術 LCA ライフサイクルシミュレーション マテリアルフロー分析 製品/サービス融合技術</p> <p style="color: red;">トレーサビリティ確保のための技術 履歴管理技術 物情一体化技術 SCM 個体管理技術 効率的な多品種変量製品の即時開発・製造技術 オンデマンド生産システム</p> <p style="color: blue;">建設廃棄物(建設ストック) 建設廃材のリユース/リサイクル ・回収・処理技術(アスベスト) 建設ストック 資源循環型住宅の開発(省エネ、省資源、省廃棄物) 共通基盤技術 ライフサイクル評価技術 ・安全性評価技術 ・ビジョン構築技術</p> <p style="color: black;">環境汚染物質・生物・遺伝子の簡易モニタリング 免疫クロマト・抗体チェック DNAチップ技術・ラボオンチップ技術</p>	<p style="color: green;">耐熱・伝熱材料 スマート材料&lt;自己修復性材料&gt;</p> <p style="color: black;">新規有用物質およびその生成系の探索 新規有用物質及びその生成系の探索 安全・高効率生産システム 密閉系植物工場システムによる物質生産系の開発</p>
	<p style="text-align: center;">B1:消費する資源を少なくする技術</p>	<p style="text-align: center;">B2:未利用な資源を活かす技術</p>

持続可能なものづくり技術分野の技術テーマ相互関連性分析マップ(6 / 6)

環境制約克服技術(C) × 将来における社会・経済の維持・向上(D)

<p>D2 経済競争力を高める技術</p>		<p>[凡例] 赤:設計・製造・加工 緑:GSC 青:3R 黒:生物機能活用技術</p>
<p>D1 生活の質を高める技術</p>	<p>効率的な多品種少量製品の即時開発・製造技術 オンデマンド生産システム</p> <p>建設廃棄物(建設ストック) 建設廃材のリユース/リサイクル ・回収・処理技術(アスベスト) 建設ストック 資源循環型住宅の開発(省エネ、省資源、省廃棄物) 共通基盤技術 ライフサイクル評価技術 ・安全性評価技術 ・ビジョン構築技術</p> <p>植物を活用した物質生産ー蛋白質 安全・高効率生産システム ・密閉系植物工場システムによる物質生産系の開発</p> <p>環境汚染物質・生物・遺伝子の簡易モニタリング 環境汚染物質等を迅速・簡易・高感度で測定できるシステム</p> <p>グローバル循環関連技術 トレーサビリティ管理技術 循環型社会評価技術 循環社会シナリオシミュレータ 環境効率評価技術 環境効率指標開発 各種LCA技術 LCA ライフサイクルシミュレーション マテリアルフロー分析 製品/サービス融合技術</p>	<p>環境汚染物質の効率的な除去 有害物質 ・難分解性物質の高分解機能菌・酵素の探索・改良</p>
	<p>C1:環境負荷を少なくする技術</p>	<p>C2:環境をより良くする技術</p>

# 持続可能なものづくり技術分野の技術ロードマップ(1/7)

分野凡例: (緑)GSC (白)GB (赤)設計・製造・加工 (青)3R

技術ロードマップ: 2010年 2020年 2030年 2050年

技術分類	技術	短期課題	中期課題	長期課題
消費するエネルギーを少なくする技術 (A1)	分離プロセス	<ul style="list-style-type: none"> <li>選択的透過膜を用いた非平衡分離・省エネ化と反応分離同時処理技術</li> <li>化学分離プロセス(蒸留、抽出、濾過等)の省エネ化</li> </ul>		
	新しい反応場の利用	<ul style="list-style-type: none"> <li>外場加熱エネルギー利用による高選択合成</li> <li>マイクロリアクターによる反応プロセスのシンプル化・高速化</li> </ul>		
	エネルギー併産プロセス	<ul style="list-style-type: none"> <li>化学品、電力、熱のトライジェネレーション</li> <li>石炭ガス化発電(IGCC)と化学品の併産</li> </ul>		
	軽量・高強度材料	<ul style="list-style-type: none"> <li>超耐熱性、強度等を有する新規ポリオレフィン</li> <li>高強度・軽量新規コンポジット樹脂材料</li> <li>有機・無機ハイブリッド材料</li> <li>軽量・高機能透明材料</li> </ul>		
	低摩擦材料	<ul style="list-style-type: none"> <li>低摩擦表面素材/潤滑剤</li> </ul>		
	省電力材料	<ul style="list-style-type: none"> <li>半導体照明材料</li> </ul>		
	燃料電池用材料	<ul style="list-style-type: none"> <li>PEFC、SOFC用新規材料</li> </ul>		
	触媒利用プロセス(化石資源)	<ul style="list-style-type: none"> <li>接触法ナフサ分解によるオレフィン、芳香族等製造</li> </ul>		
	LC設計技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>シミュレーション・代替案比較分析</li> <li>リデュース設計技術・脱物質化設計技術</li> </ul>		製品横断的なライフサイクル設計技術
	持続可能社会評価技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>持続可能社会シナリオ作成技術</li> <li>到達度評価技術</li> </ul>		
	製造プロセスの省エネ・省資源技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>小型複合生産方式</li> <li>プロセスの省エネ化設計技術</li> <li>複合化加工プロセス</li> <li>現場一部普及</li> <li>材料・エネルギー最小化加工技術</li> <li>加工プロセス複合化評価・モデリングシステム</li> <li>エネルギー使用合理化技術</li> </ul>		
	3Rエコデザイン/再生生産技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>3R共通要素設計技術</li> <li>メンテナンス及び3Rのための生産・管理技術</li> <li>ライフサイクル設計技術</li> </ul>		

# 持続可能なものづくり技術分野の技術ロードマップ(2/7)

分野凡例: (緑)GSC (白)GB (赤)設計・製造・加工 (青)3R

技術ロードマップ: 2010年 2020年 2030年 2050年

技術分類	技術	短期課題	中期課題	長期課題
エネルギーを生み出す技術 (A2)	エネルギー用植物の創成	エネルギー用植物創成共通基盤技術の開発	目的生産物増収技術の開発	実用可能エネルギー用植物の栽培技術の開発
	汎用エネルギー創出(バイオ燃料生産)	探株育種による高速発芽種の開発	効率的プロセスの開発	
		酵母・バクテリアの選別・改良	糖化プロセスの確立	
		前処理システムの開発	担子菌の育種・培養技術	7R-CO <sub>2</sub> 発酵を含む木質等の総合利用システム開発
	廃棄物の有効利用によるエネルギー生産	有用菌の発酵種への導入技術の開発	効率的なメタン、水素製造のシステム確立	
	排出源での処理	風/強体利用技術 活性炭汚濁法	微生物群のデフラグ/効率的空間配置	排出源での高効率処理システムの確立
	未利用エネルギー変換・活用	低品位排熱の蓄熱・輸送・回収システムによる有効利用	排熱エネルギー回収用熱電変換材料	デシカント空調用高性能湿度吸着材料
	二次電池材料	高性能リチウムイオン電池材料		新しい電池材料
	水素エネルギー	安価な水素製造技術(水蒸気改質、水電気分解等)		安全な水素の貯蔵・輸送供給(オンサイト発生)技術
	太陽電池材料	色素増感型太陽電池材料		薄膜シリコン系太陽電池材料
			有機半導体型太陽電池材料	
電子材料			高性能有機半導体材料	

# 持続可能なものづくり技術分野の技術ロードマップ(3/7)

分野凡例: (緑)GSC (白)GB (赤)設計・製造・加工 (青)3R

技術ロードマップ: 2010年 2020年 2030年 2050年

技術分類	技術	短期課題	中期課題	長期課題
消費する資源を少なくする技術 (B1)	微細構造・精密構造形成技術	印刷(インクジェット等)技術による電子部品製造に適した材料	ナノ・マイクロ構造体の新しい製造技術	
	元素資源の確保	希少元素、貴金属代替新材料	低品位原料/廃棄物からの特定元素高効率抽出・精製	
	触媒利用プロセス	選択的酸化プロセス	有機分子触媒	
	水処理プロセス	次世代水処理技術	民生用浄水技術	
	LC設計技術	シミュレーション・代替案比較分析	リデュース設計技術・脱物質化設計技術	製品横断的なライフサイクル設計技術
	持続可能社会評価技術	持続可能社会シナリオ作成技術	到達度評価技術	
	グローバル循環技術	グローバル循環設計・管理技術		
	製造プロセスの省エネ・省資源技術	小型複合生産方式	プロセスの省エネ化設計技術	複合化加工プロセス 現場一部普及
		材料・エネルギー最小化加工技術	加工プロセス複合化評価・モデリングシステム	
		エネルギー使用合理化技術		
	最終処分量削減	新たな用途、素材等での利用技術	有用物質の回収も含めた最終処分場の再生技術	
	建設ストック	解体廃棄物の再生利用用途拡大技術	長寿命建設物の設計・建築技術	
金属資源3R	分離回収技術	高効率化、不純物混入防止技術	代替品開発	
3Rイテザイン/再生生産技術	3R共通要素設計技術	メンテナンス及び3Rのための生産・管理技術	ライフサイクル設計技術	

# 持続可能なものづくり技術分野の技術ロードマップ(4/7)

分野凡例: (緑)GSC (白)GB (赤)設計・製造・加工 (青)3R

技術ロードマップ: 2010年 2020年 2030年 2050年

技術分類	技術	短期課題	中期課題	長期課題
未 利 用 な 資 源 を 活 か す 技 術 (B2)	微生物を活用した物質生産	国内バイオマスからの糖蜜回収とその活用 物質生産方式の確立 バイオマスからの化学品等生産技術の実用化(バイオファイバー技術)	代謝酵素特性の改変技術の開発 精密な遺伝子発現制御技術の開発 産業用汎用宿主微生物の創出	特殊条件耐性機構の解明 特殊条件耐性酵素の設計技術の開発 複合酵素反応系の構築技術の実用化
	植物を活用した物質生産	効率的な遺伝子導入技術の開発 高効率の代謝系遺伝子の導入発現技術の開発 実用作物の物質生産に特化した組織換え植物開発技術の確立	蛋白質ミミcryon技術の開発 新規機能蛋白質・最適構造有用蛋白質の生産	閉鎖型植物工場システムによる物質生産系の開発 閉鎖型植物工場による有用物質生産の汎用化への創出
	動物細胞を活用した物質生産	高効率な高発現組織換え細胞選別法の開発 高生産性宿主バクテリア系との増殖の構築		
	生物遺伝資源の収集と保存	微生物遺伝資源ライブラリの構築及びメタゲノム情報等有用情報の付加		
	各種DBの整備・管理	バイオインフォマティクス技術 データベースユーザービリティの向上		
	触媒利用プロセス(化石資源)	接触法ナフサ分解によるオレフィン、芳香族等製造 (低品位の)天然ガスからの合成ガスプロセスと誘導体の製造 低利用石油関連資源からのナフサ留分、オレフィン等の製造		
	バイオマス利用	機能性化学原料製造技術 非食糧資源からのバイオプラスチック製造		
	海洋開発	化学技術による海洋開発		
	複合材料	複層フィルムの代替・易リサイクル化		
	ライフサイクル設計向け材料	易リサイクル、易分解性粘着剤及び自己剥離材料		

# 持続可能なものづくり技術分野の技術ロードマップ(5/7)

分野凡例: (緑)GSC (白)GB (赤)設計・製造・加工 (青)3R

技術ロードマップ: 2010年 2020年 2030年 2050年

技術分類	技術	短期課題	中期課題	長期課題
環境負荷を少なくする技術 (C1)	排出源での処理	膜/担体利用技術・活性汚濁法 微生物群のデザイニ化/効率的空間配置 排出源での高効率処理システムの確立		
	植物を活用した物質生産	閉鎖型植物工場システムによる物質生産系の開発 閉鎖型植物工場による有用物質生産の汎用化へ到達		
	環境中放出後の処理	高分解微生物の遺伝子解析 植物・微生物を組合せた環境放出後の処理システムの確立 (ハイブリッドバイオレメディエーションシステム)		
	バイオテクノロジーを用いた環境モニタリング	酵素免疫測定法による有害化学物質の測定 多項目同時ハイストレープ測定装置の開発 酵素中の微量DNAの測定 ラボ・オン・チップの開発 ワンポイント・簡易・迅速高感度微生物測定装置の開発		
	軽量・高強度材料	超耐熱性、強度等を有する新規ポリオレフィン 高強度・軽量新規コンポジット樹脂材料 有機・無機ハイブリッド材料 軽量・高機能透明材料		
	フッ素化学	フッ素系機能化学品		
	触媒利用プロセス	選択的酸化プロセス		
	触媒利用プロセス	有機分子触媒		
	ノンハロゲンプロセス・材料	CO <sub>2</sub> 、CO <sub>2</sub> を用いる新規ノンハロゲンプロセス (ポリカーボネート樹脂、ウレタン、ファイバーグラス等の製法) 過酸化水素等の酸化剤を利用したノンハロゲン材料の製造		
	臨界媒体利用加工プロセス	亜臨界、超臨界CO <sub>2</sub> 利用による有機溶剤フリー加工プロセス 亜臨界、超臨界流体を利用した高度洗浄技術		
	廃棄物削減合成プロセス	新規固体酸・塩基触媒による化学プロセスのクリーン化技術 従来型有機合成のシンプル化技術		
	資源利用効率の高い電子材料	脱有機溶剤系リソグラフィパターンニング材料		
	排ガス処理	クリーン燃焼技術		
	LC設計技術	シミュレーション・代替案比較分析 リデュース設計技術・脱物質化設計技術 製品横断的なライフサイクル設計技術		
	動脈静脈一体型生産システム	成分分析、素材分離技術 材料の簡易な同定技術、分解、自動選別 材料選別技術		
持続可能社会評価技術	持続可能社会シナリオ作成技術 到達度評価技術			

# 持続可能なものづくり技術分野の技術ロードマップ(6/7)

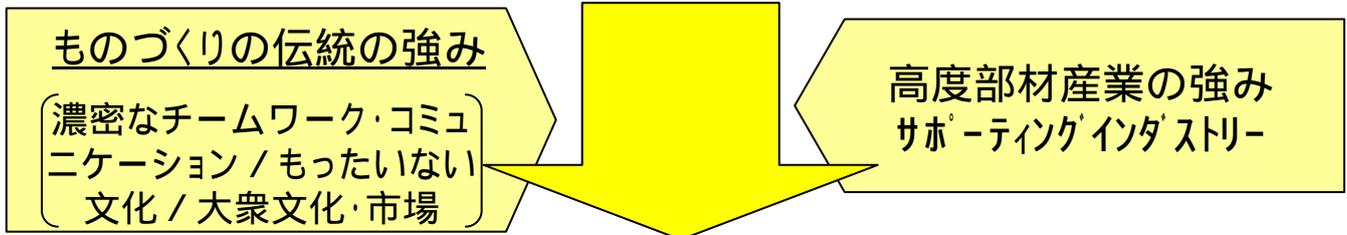
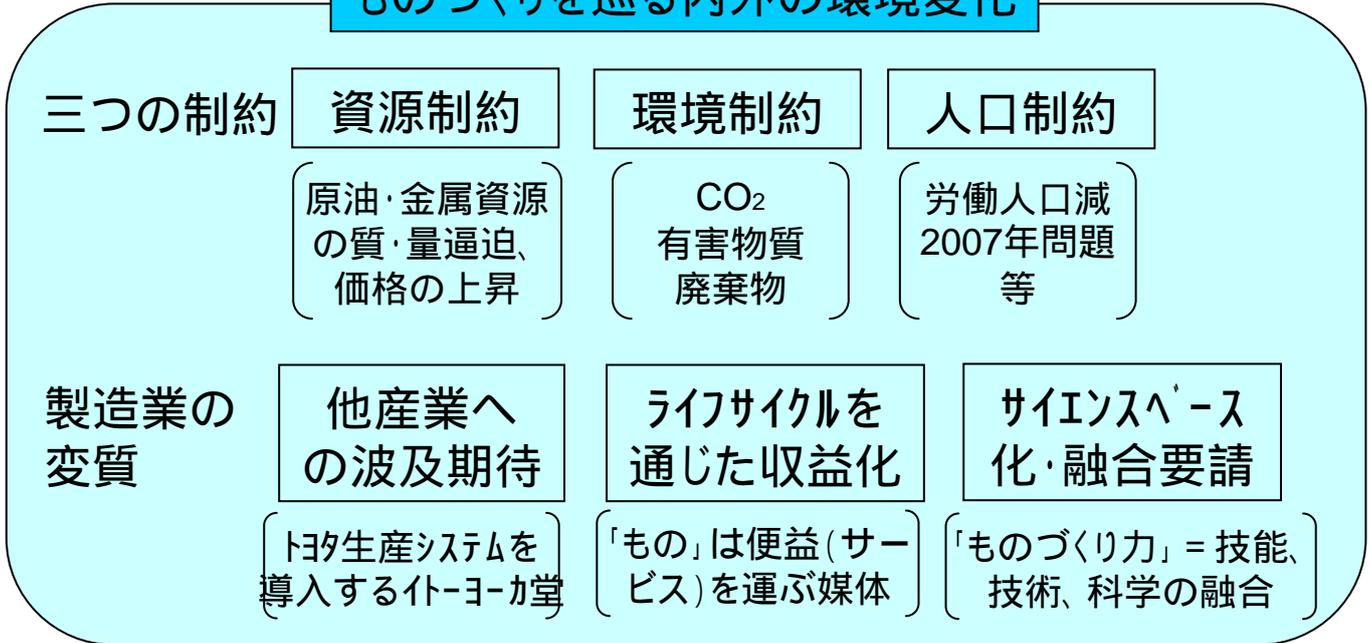
分野凡例: (緑)GSC (白)GB (赤)設計・製造・加工 (青)3R

技術ロードマップ: 2010年 2020年 2030年 2050年

技術分類	技術	短期課題	中期課題	長期課題
	最終処分量削減	発生量、最終処分量の多いものを中心とした短期的最終処分削減技術	発生抑制、変換技術など的高度化技術	有用物質の回収も含めた最終処分場の再生技術
	建設ストック	解体廃棄物の再生利用用途拡大技術	長寿命化のためのメンテナンス技術	
	3Rコデザイン/再生生産技術	3R共通要素設計技術	メンテナンス及び3Rのための生産・管理技術	ライフサイクル設計技術
環境をより良くする技術(2)	環境中放出後の処理	高分解微生物の遺伝子解析	植物・微生物を組合わせた環境放出後の処理システムの確立 (ハイブリッドバイオメディアーションシステム)	
	環境との調和技術	民間用浄水技術	環境中で分解しやすい洗剤	クリーン燃焼技術
	製品/サービス融合技術	環境効率化指標開発	製品価値・サービス価値の可視化	製品・サービスの複合モデルシミュレーション、製品・サービスの統合設計方法論
	最終処分量削減	発生量、最終処分量の多いものを中心とした短期的最終処分削減技術	発生抑制、変換技術など的高度化技術	



ものづくりを巡る内外の環境変化



目指すべき国家像 = 「脱資源発展国家」

ものづくり力を活かして資源制約、環境制約、人口制約の中で成長を果たす。それをMade in Japan製品、Japan Inside製品の競争力・ブランド力とする。

ものづくりパラダイムへの転換

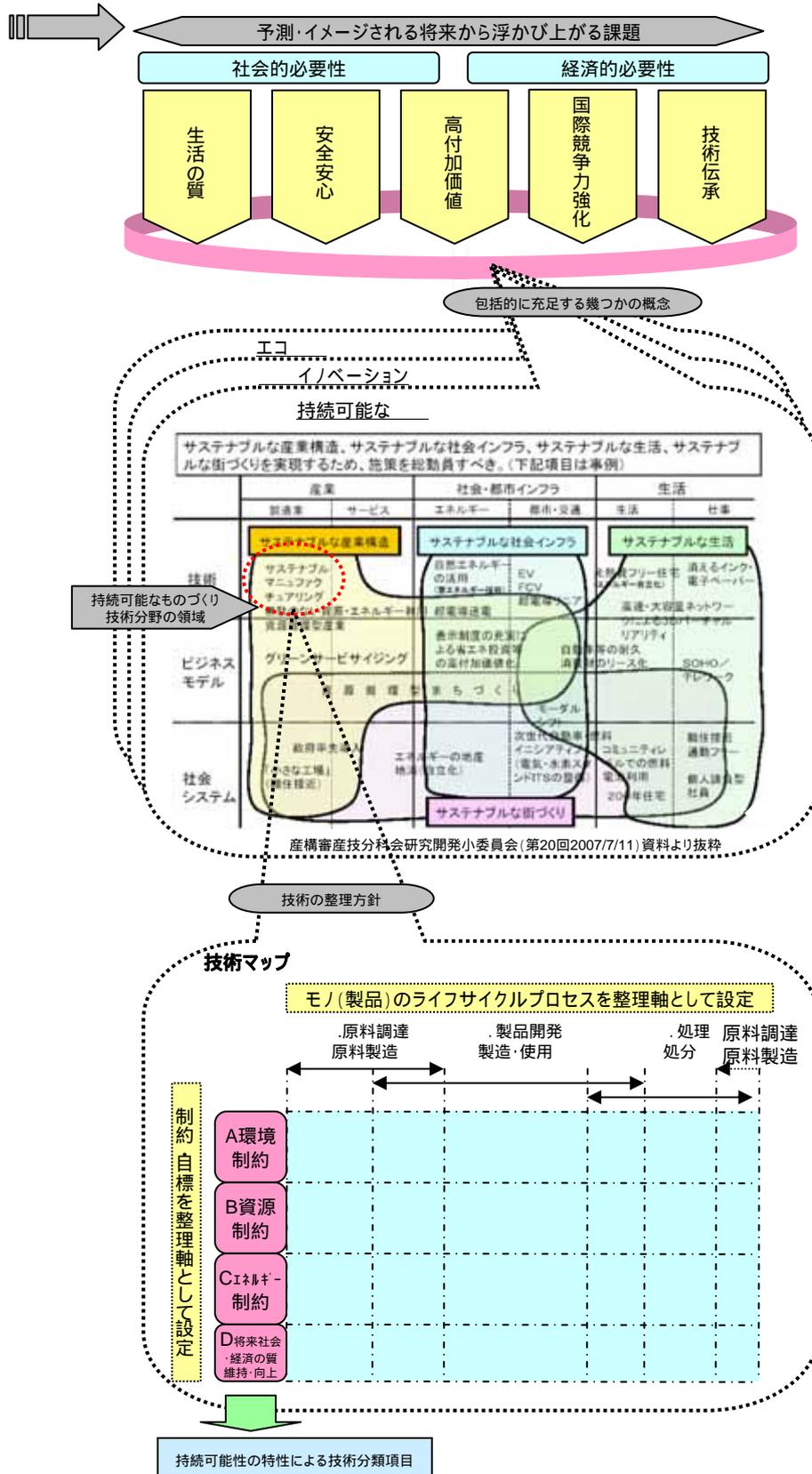
製造業パラダイム	ものづくりパラダイム
物質・労働負荷増大	物質・労働負荷低減
大量生産・大量廃棄	他品種変量・循環型
画一性(同質重視)	多様性(異質の活用)
物的資源	人的資源(知識・情報)

ものづくりパラダイムにおける新たな価値創造 = 「物質負荷・人間負荷をかけずに顧客・消費者の満足を高める」

パラダイム転換に必要な社会システムの変革

企業内部……………価値創造の場  
 企業間・組織間……………企業の境界を越えたオープンな連携・ネットワーク  
 地域・国家・世界……………アジア・ユーラシアとの最適機能分業(グローバル)、魅力ある地域間(ローカル)の競争

## 持続可能なものづくり技術の実現する将来社会像と 目標および技術マップの位置づけ



持続可能性の特性による技術分類

A エネルギー制約の克服	
A1	消費するエネルギーを少なくする技術 ・必要な資源の採取や素材、部品、製品の生産、及び製品の使用時、使用後の処理・処分におけるエネルギー消費量を削減するための技術。個々の削減技術だけでなく、全体としてエネルギー消費を最小化するための最適化の視点を含む。
	エネルギーを生み出す技術 ・必要な資源の採取や素材、部品、製品の生産、及び製品の使用に要するエネルギーを、再生可能な資源や循環資源から生み出したり代替したりする技術。
B 資源制約の克服	
B1	消費する資源を少なくする技術 ・原材料となる資源の採取量や、素材、部品、製品の生産に用いる資源の消費量を削減したり、生産・製造時および使用後の処理・処分時に枯渇性、希少性資源を回収・代替する技術。個々の削減技術だけでなく、全体として資源消費量を最小化するための最適化の視点を含む。
	未利用な資源を活かす技術 ・再生可能な生物(植物、微生物)資源や未利用資源を活用する技術や製品の生産に必要な新たな資源を作り出す技術。
C 環境制約の克服	
C1	環境負荷を少なくする技術 ・資源採取による環境負荷を抑制したり、生産活動、使用、廃棄・リサイクルの過程における大気、土壌、水などへの排出ゼロを目指す技術。個々の削減技術だけでなく、全体として環境への負荷を削減するための最適化の視点を含む。
	環境をより良くする技術 ・生物など環境の構成者が有する環境修復・再生機能を活用することによって、環境をよりよくするための技術。
D 将来における社会・経済の維持・向上	
D1	生活の質を高める技術 ・革新的な技術開発に基づいた付加価値の高い製品づくり、安心・安全で快適で利便性に富んだ製品づくり及び高度な社会資本維持保全を通じて、生活の質を高めるための技術
	経済的競争力を高める技術 ・生産人口が減少する時代に対応し、生産性の向上、熟練技術の継承、労働者の安全な労働環境づくりや福祉向上などに資する技術。