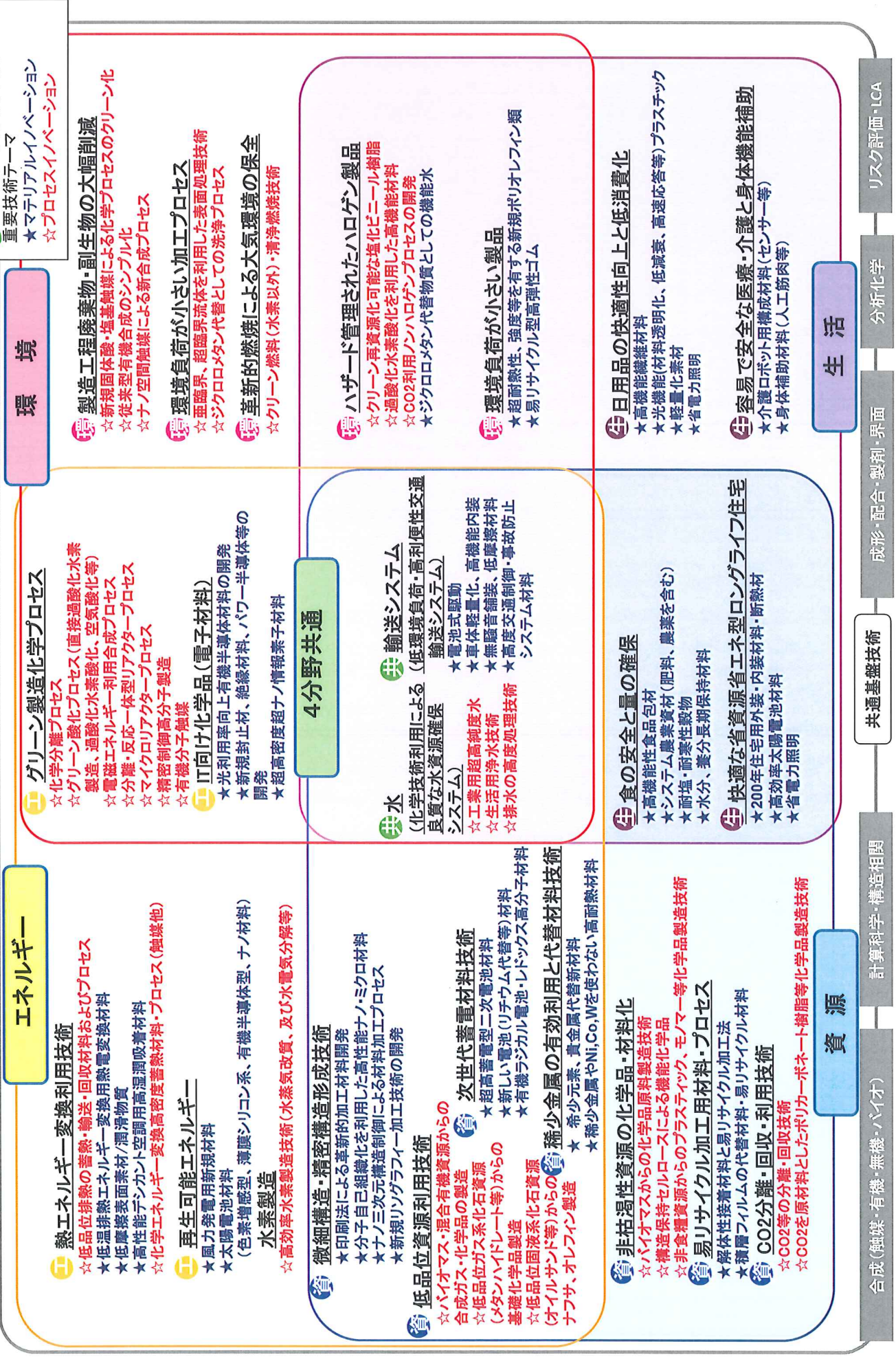


グリーン・サステイナブルケミストリー(GSC)重要技術俯瞰図

統合化による化学技術システムの最適化
(2030年を見据えて)

- 工: エネルギー重要技術項目
- 資: 資源重要技術項目
- 環: 環境重要技術項目
- 生: 生活重要技術項目
- 共: 共通重要技術項目
- 重要技術テーマ
- ★マテリアルイノベーション
- ☆プロセスイノベーション



エネルギー

- エネルギー変換利用技術**
 - ☆低品位排熱の蓄熱・輸送・回収材料およびプロセス
 - ☆低温排熱エネルギー変換用熱電変換材料
 - ☆低腐蝕表面素材/潤滑物質
 - ☆高性能電子デバイス空調用高温潤滑吸着材料
 - ☆化学エネルギー変換高密度蓄熱材料・プロセス(触媒他)
- 再生可能エネルギー**
 - ★風力発電用新規材料
 - ★太陽電池材料 (色素増感型、薄膜シリコン系、有機半導体型、ナノ材料) 水素製造
 - ☆高効率水素製造技術(水蒸気改質、及び水電気分解等)

環境

- グリーン製造化学プロセス**
 - ☆化学分離プロセス
 - ☆グリーン酸化プロセス(直接過酸化水素製造、過酸化水素酸化、空気酸化等)
 - ☆電磁エネルギー利用合成プロセス
 - ☆分離・反応一体型リアクター・プロセス
 - ☆マイクロリアクター・プロセス
 - ☆精密制御高分子製造
 - ☆有機分子触媒
- IT向け化学品(電子材料)**
 - ★光利用率向上有機半導体材料の開発
 - ★新規封止材、絶縁材料、パワー半導体等の開発
 - ★超高密度超ナノ情報素子材料

4分野共通

- 水** (化学技術利用による(低環境負荷・高利便性交通良質な水資源確保 輸送システム) システム)
 - ☆工業用超高純度水
 - ☆生活用浄水技術
 - ☆排水の高度処理技術
 - ☆電池式駆動
 - ☆車体軽量化、高機能内装
 - ☆無鹽音調装、低摩擦材料
 - ☆高度交通制御・事故防止システム材料
- ハザード管理されたハロゲン製品**
 - ☆グリーン再資源化可能な塩化ビニール樹脂
 - ☆過酸化水素酸化を利用した高機能材料
 - ☆CO2利用ノンハロゲンプロセスの開発
 - ★シクロロメタン代替物質としての機能水
- 環境負荷が小さい製品**
 - ★超耐熱性、強度等を有する新規ポリオレフィン類
 - ★易リサイクル型高弾性ゴム

資源

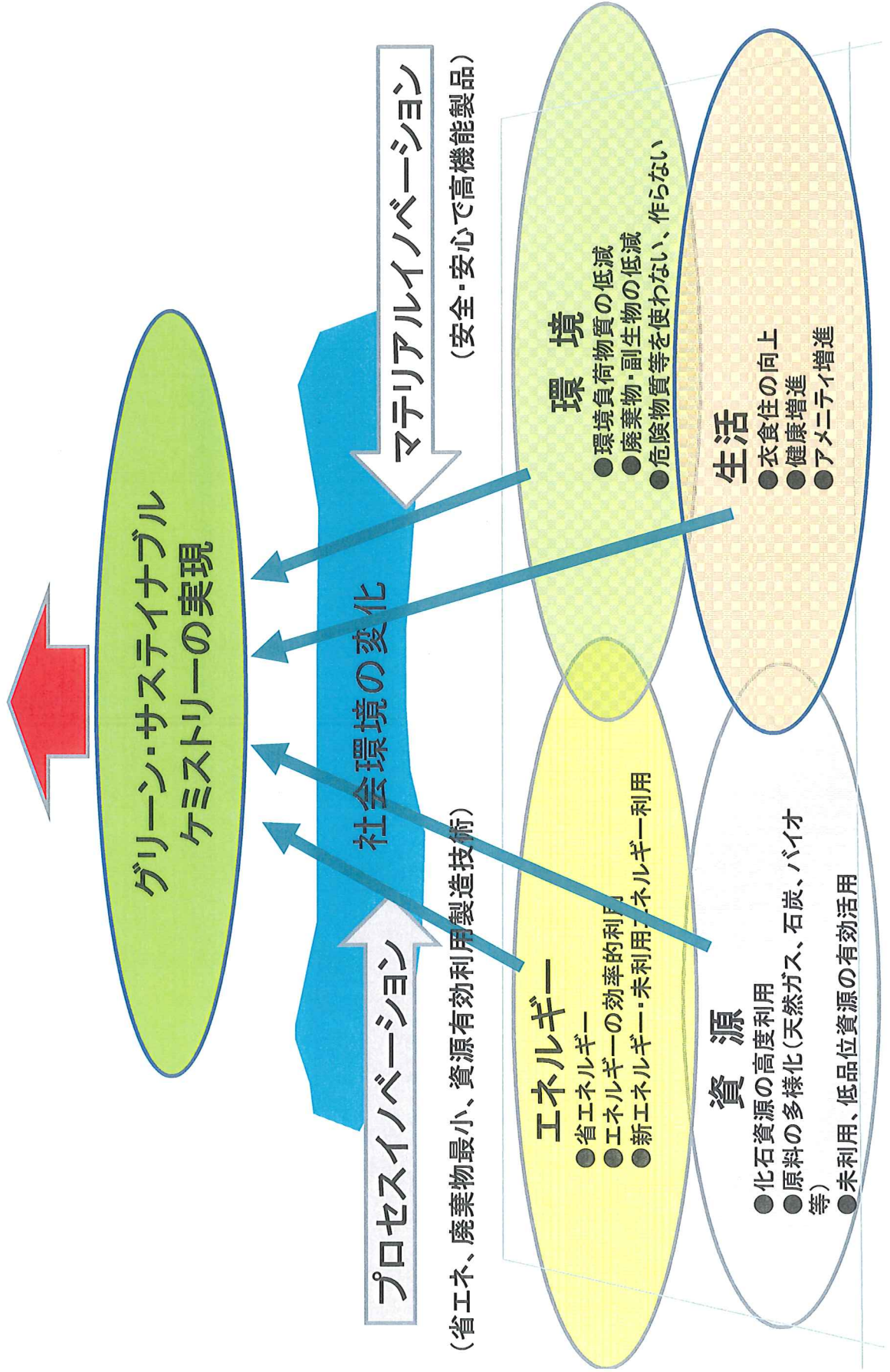
- 非枯渇性資源の化学品・材料化**
 - ☆バイオマスからの化学品原料製造技術
 - ☆構造保持セルロースによる機能化学品
 - ☆非食糧資源からのプラスチック、モノマー等化学品製造技術
- 易リサイクル加工用材料・プロセス**
 - ★解体性接着材料と易リサイクル加工法
 - ★積層フィルム等の代替材料・易リサイクル材料
- CO2分離・回収・利用技術**
 - ☆CO2等の分離・回収技術
 - ☆CO2を原材料としたポリカーボネート樹脂等化学品製造技術
- 低品位資源利用技術**
 - ☆バイオマス・混合有機資源からの合成ガス・化学品の製造
 - ☆低品位ガス系化石資源(メタンハイドレート等)からの基礎化学品製造
 - ☆低品位固液系化石資源(オイルサンド等)からのナフサ、オレフィン製造
- 稀少金属の有効利用と代替材料技術**
 - ★希少元素、貴金属代替新材料
 - ★稀少金属やNi, Co, Wを使わない、高耐熱材料

生活

- 日用品の快適性向上と低消費化**
 - ★高機能繊維材料
 - ★光機能(材料透明化、低減衰、高遠応答等)プラスチック
 - ★軽量化素材
 - ★省電力照明
- 容易で安全な医療・介護と身体機能補助**
 - ★介護ロボット用構成材料(センサー等)
 - ★身体補助材料(人工筋肉等)

GSC概念図

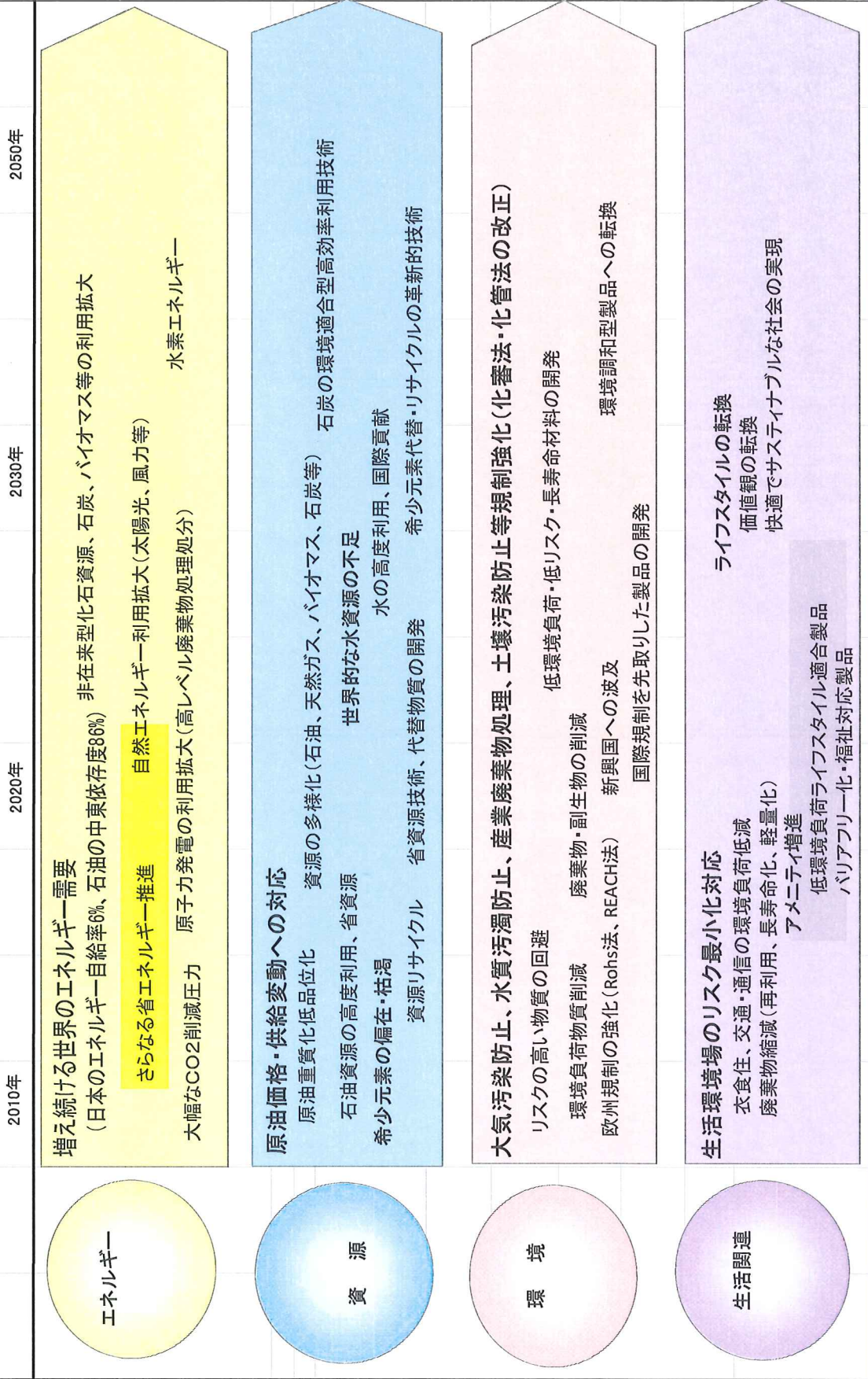
安全・安心で競争力ある持続可能社会の創生



大量生産・消費・廃棄社会

グリーン・サステイナブルケミストリー (GSC)

サステイナブル社会



GSCの実績例

1) 自動車・航空機の軽量化を進めるプラスチック

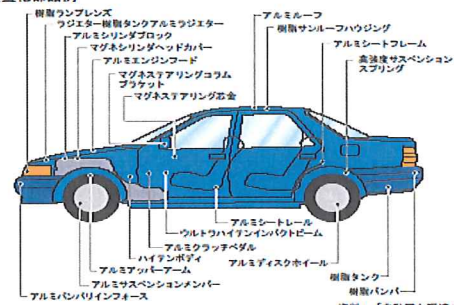
自動車の軽量化は、燃費向上の重要なポイントである。車体の約7割をしめる鉄の比重が7.8であるのに対して、プラスチックでは比重が1であることから軽量化に大きな寄与が期待できる。乗用車の場合、プラスチックが占める重量構成比は1973年で2.9%であったものが、2007年には、8~10%と向上しており、体積比ではほぼ1:1にまでなり大幅な省エネに貢献している。

航空機においても高靱性炭素繊維複合材料等が利用され始めている。

自動車に使用されるプラスチック類

- PP (ポリプロピレン)
- PE (ポリエチレン)
- ABS樹脂
- PVC (ポリ塩化ビニル)
- PA (ポリアミド、ナイロン)
- POM (ポリアセタール)
- PBT (ポリブチレンテレフタレート)
- PC (ポリカーボネート)
- PPS (ポリフェニレンサルファイド)
- CFRP (炭素繊維強化複合材料)

●自動車の軽量化部品例

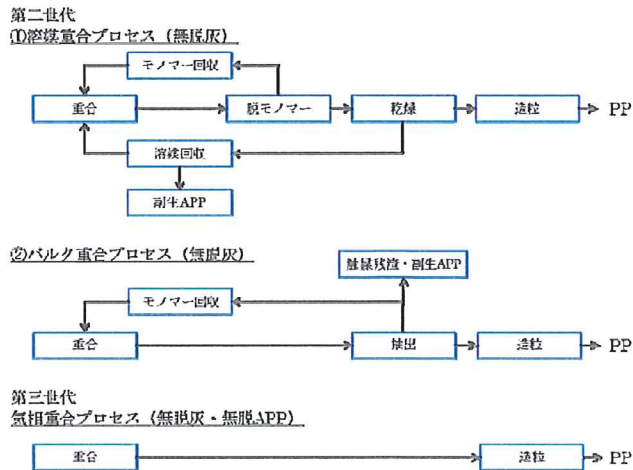
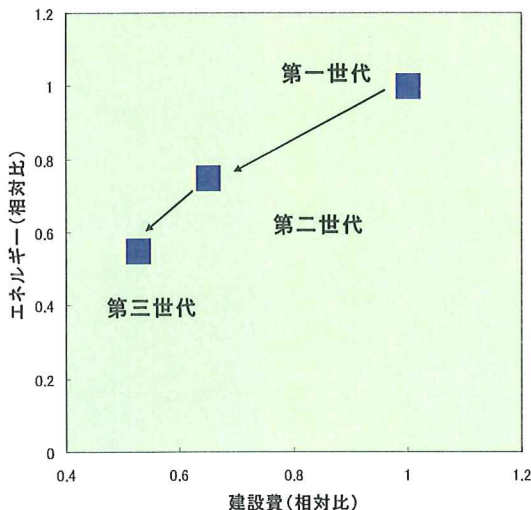


資料：「自動車と環境」トヨタ自動車

樹脂系材料は、形状の出し易さやコストダウンにも繋がることから、内外装部品はもとより、エンジンルーム内の機能部品やエレクトロニクスシステム、燃料システム、エアバッグ、シートベルト等の安全システム、更に駆動・シャシ系にも採用されている。さらに強度、剛性、耐熱性などが改良されれば、さらにその比重を増す可能性が残されている。

ポリプロピレン (PP) の製造法でも、 大幅な省エネとプロセスの簡略化を達成している

自動車の軽量化に貢献する樹脂系材料の中でも、その比重が高いポリプロピレンの製造法においても、プロセスの簡略化や新規触媒の開発により、大幅な省エネとコスト削減を達成している。



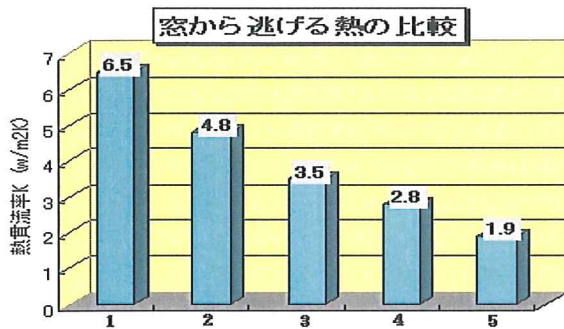
GSCの実績例

2) 冷暖房エネルギーの大幅削減を果たす高断熱建材

GSCのマテリアルイノベーション（製品による大幅省エネへの貢献）

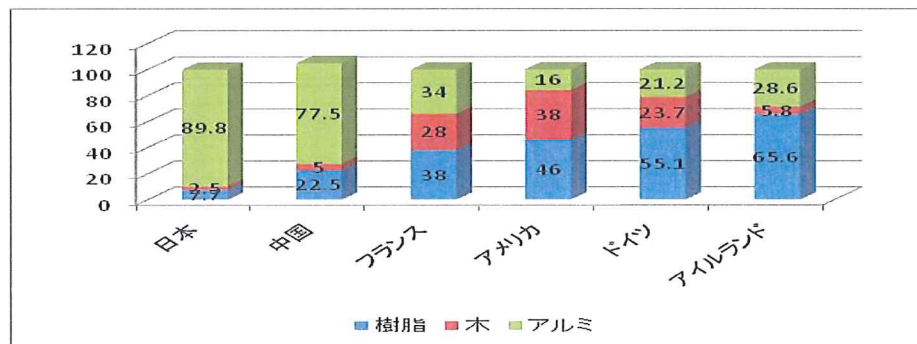
★窓枠部分に塩化ビニル樹脂（塩ビ）を使用し、間に空気層を備えた2層のガラスを用いる「複層ガラス塩ビサッシ」は、従来のアルミサッシ（単層ガラス）と比べると、**断熱性が非常に高い。**

★従来と比べ、**冷暖房費は3割～4割減少**



1. アルミサッシ1重ガラス(従来使われていたもの)
2. アルミサッシ2重ガラス(ガラスとガラスの間隔・空気層が6mm)
3. アルミ・樹脂の複合断熱サッシ2重ガラス(空気層12mm)
4. 樹脂(又は木製)サッシ2重ガラス(空気層12mm以上)
5. 樹脂(又は木製)サッシ2重ガラス(空気層12mm以上)
Solar Shield(高性能Low-Eガラス入り樹脂サッシ)

★日本は、アルミサッシが90%近くで、諸外国に較べても、樹脂サッシの比率が低い。



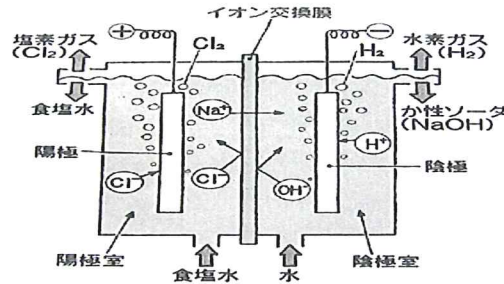
GSCの実績例

参考資料3-3

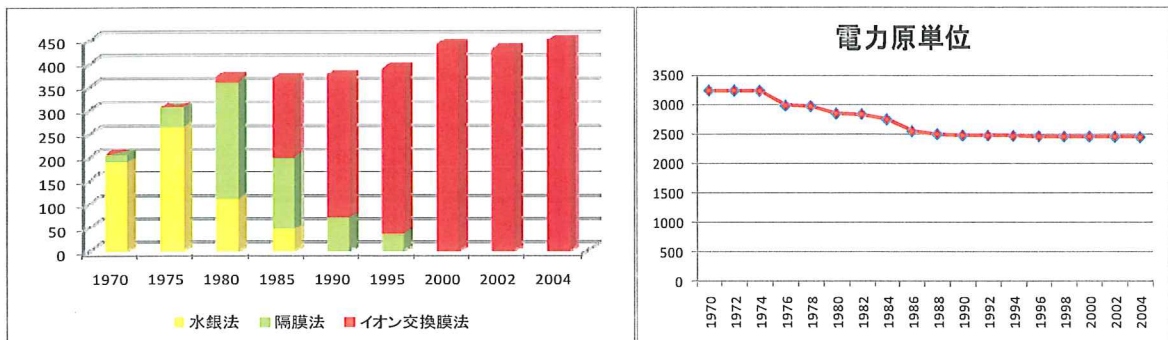
3) 省エネとリスク削減を同時に果たした食塩電解

GSCプロセスイノベーション (大幅な省エネと環境との調和プロセス)

食塩水を電気分解して、塩素と苛性ソーダを得るプロセスは、化学工業にとって重要なプロセスであるが、日本はリスクの大きな水銀を使う水銀法からリスクのないイオン交換法への転換を世界に先駆けて2000年に完了している。



さらにイオン交換法はそれまでの水銀法、隔膜法と較べて大幅な消費電力の削減を果たすことができた。水銀というリスクの高い物質を使わない方法への転換と大幅な省エネルギーにも貢献したイオン交換法は、GSCに理念にかなった製造方法の転換で、プロセスイノベーションの成果といえる。



日本の食塩電解プロセスの変遷(縦

軸:生産量千トン)

食塩電解の電力原単位の推移

出典:日本ソーダ協会

食塩電解における水銀使用廃止の動き

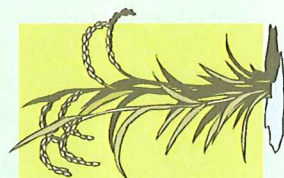
	2000	2010	2012	2020
日本	100%	100%	100%	100%
アメリカ	100%	100%	100%	100%
EU	100%	100%	100%	100%

我が国は、2000年に水銀法からイオン交換法への全面転換を果たしたが、諸外国の状況をみると、アメリカではアスベストを利用する隔膜法が依然として主流となっており、水銀法については、オバマ政権になって転換の方針が変わり、2012年までに全廃となる予定である。これに対して、ヨーロッパでは、2008年でもイオン交換法は46%、水銀法が38%、それに隔膜法が14%となっており、EU全体としては2020年までに全廃とする目標を掲げている。

GSC技術の展望

参考資料4

～GSCが拓く持続可能な社会～



Green Agriculture

- ◎安全で高活性な農薬の創生
- ◎省エネ型肥料製造プロセス等

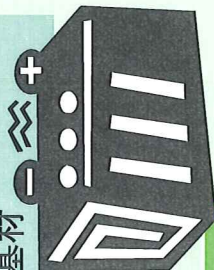


Green Sustainable Housing

- ◎高性能断熱材
- ◎窓枠、遮蔽塗料等の省エネ化学品

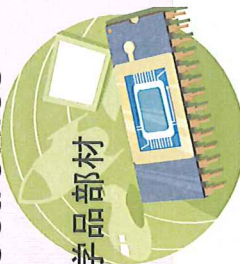
Green Electronic Storage

- ◎高性能蓄電池向け基材



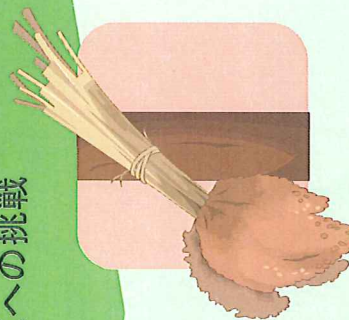
Green Information Electronics

- ◎半導体向け化学品
- ◎リングファイバー技術への化学品部材



Green Biomass

- ◎バイオマス原料の糖化技術
- ◎脱化石資源への挑戦



Green Process

- ◎Eファクターに優れた省エネ型プロセス



革新的重要技術テーマ

GSC技術として特に重要と評価された6テーマを革新的技術テーマとした。評価はGSC委員会での審議によった

革新的技術テーマ	理由	研究課題(例)
Green Agriculture (食糧資源に貢献する環境適応型肥料および農薬)	食料資源の確保のために化学製品である肥料や農薬の役割は大きい	<ul style="list-style-type: none"> 安全性が高く高活性な農薬の創生 省エネ型肥料製造プロセスの開発
Green Biomass (バイオマスからの化学品製造)	脱化石原料による化学品製造体系の構築は資源面で重要	<ul style="list-style-type: none"> バイオマス原料の糖化技術開発 バイオプロセスの開発
Green Electronic Storage (電気エネルギーの貯蔵)	電気自動車や自然エネルギーの活用のために電気貯蔵技術は重要である	<ul style="list-style-type: none"> 高性能蓄電池向け機材の開発
Green Information Electronics (半導体製造向け化学品)	大きな省エネルギー効果があるGreen ITの推進のためには高性能な半導体が必要であり、製造には化学品が重要である	<ul style="list-style-type: none"> 半導体製造むけ化学品の開発 リンダラフイー技術の要である化学品の開発
Green Process (環境負荷の小さい化学品製造プロセス)	化学製品の製造プロセスにおいて、廃棄物が少なく省エネルギーなものとするために触媒・反応の開発は常に重要である	<ul style="list-style-type: none"> Eファクターに優れた省エネ型プロセスの開発
Green Sustainable Housing (快適で長持ちする省エネ型住宅)	高性能な断熱材などを使用した省エネルギー住宅は地球温暖化防止対策への貢献が大きい	<ul style="list-style-type: none"> 高性能断熱材 窓枠、遮熱塗料等の省エネ化学品の開発

事前評価書

		作成日	平成 21 年 2 月 5 日
1. 事業名称	「グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発-石油化学品の革新的製造プロセスの開発-」		
2. 推進部署名	環境技術開発部、ナノテクノロジー・材料技術開発部		
3. 事業概要	<p>(1)概要:</p> <p>本事業では、化学品の製造プロセスにおけるシンプル化、クリーン化、省エネ化、原材料・資源の多様化・有効利用、さらに、廃棄物の減容化、容易なりサイクル等を実現し、産業競争力強化、国際規制の先取りを図って、将来にわたっても持続的に化学品を製造するために必要な新規なグリーン・サステイナブルケミカルプロセス(以下「GSC プロセス」という)の研究開発を行う。想定される研究開発課題としては、i)有害な化学物質を削減できる、又は使わない、ii)廃棄物、副生成物を削減できる、iii)資源生産性を向上できる、等による独創的で革新的な化学プロセスを通じた化学品の開発であり、これら研究開発を通じてプロセスイノベーションやマテリアルイノベーションを早期に実現することを目指すものである。これにより、わが国全体の産業競争力強化と環境負荷低減を飛躍的に促進することができ、新産業創造戦略及び世界全体をリードしたサステイナブルな産業構造への貢献が期待できる。</p> <p>(2)平成 21 年度予算額:15 億円の内数(予定)</p> <p>(3)事業期間:平成 21 年度～平成 25 年度(5 年間)</p>		
4. 評価の検討状況	<p>(1)事業の位置付け・必要性</p> <p>①事業自体の必要性</p> <p>地球温暖化問題、資源枯渇問題が現実化しつつある中、地球及び人類のサステナビリティ(持続性)をいかに確保しつつ、かつ将来も持続的に高機能な素材、部材を生産、供給できるかが喫緊の課題となっている。欧州では RoHS、REACH の導入、米国ではグリーンケミストリーの大統領表彰の創設、中国などでは自主的な排出規制の制定など、化学品製造プロセスに関わる環境対策が強化されている。実際、国内メーカーの海外進出において、有害物質の利用、廃溶剤の多さから、操業停止に追い込まれる企業が出ている。また、これまでは素材・部材の高機能化を過度に追求するあまり、プロセスの多段化によるエネルギー消費の増大、廃棄物の激増、原材料の確保に伴う製造コスト(特に後処理)の高騰が起こってきている。今後、わが国の全製造業を支えるためには、高機能な素材、部材の開発が不可欠であり、有害な化学物質を削減、使用しない、リサイクルが容易、未利用な資源を利用できる等、独創的な省エネルギー型化学プロセスによる素材、部材の開発が急がれる。本事業は、これらの問題点を抜本に解決し、日本の産業競争力の強化の源泉となる化学プロセス基盤技術の保有を後押しする革新的な技術開発である。</p> <p>②上位政策との関係から見た位置付け</p> <p>本事業は、第3期科学技術基本方針の重点推進 4 分野のうちの環境分野に位置づけられる。また、基本方針の中で、目指すべき国の姿として「国際競争力があり持続的発展ができる国」と示されており、本</p>		

事業の目的はこれと合致する。

政策的な位置付けとしては、新経済成長戦略『経済財政改革の基本方針 2008』(平成 20 年 6 月 27 日閣議決定)第 2 章 成長力の強化 1. 経済成長戦略 III 革新的技術創造戦略 ② 環境・エネルギー技術等のトップランナー構想:我が国の環境・エネルギー技術は世界のトップ水準にあるが、革新的技術により世界をリードするとともに我が国の経済を支えるため、トップ水準の堅持に資する。“また、『経済成長戦略大綱』(平成 20 年 6 月 27 日改定)第 1. 国際競争力の強化 3. 資源・エネルギー政策の戦略的展開(1)省エネルギーフロントランナー計画:「省エネルギー技術戦略」に基づく重点的な技術開発に“該当する重要な研究開発テーマである。

さらに、NEDO 技術開発機構と経済産業省が 2007 年度に策定した「グリーン・サステイナブルケミストリー(技術戦略マップ)」では、エネルギー分野における「各種資源の接触分解による芳香族、オレフィン等製造」、「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の開発」、「選択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」、環境分野における「CO₂を用いる新規ノンクロルプロセスの開発」、2002 年度に策定された「革新的部材産業創出プログラム」では、「メンブレンリアクターを利用した化学合成プロセスの省エネ・高効率化に関する調査(2006 年度)」及び「無機規則性ナノ多孔体薄膜を利用したプロセスの省エネ・高効率化に関する調査(2007 年度)」、2008 年版「化学物質総合管理プログラム(リスク削減分野)」では、CO₂固定化・有効利用分野の「CO₂有効利用技術」などが関連する。

(2) 研究開発目標の妥当性

本事業では、以下の開発課題を克服することができ、持続的に高機能な素材・部材が製造可能となる革新的な化学プロセスの研究開発を行い、目標達成を目指す。

【研究開発課題】

「資源生産性を向上できる革新的プロセス及び化学品の開発」

石油化学品、機能性化学品合成、生成物分離、副生ガス分離等に対して大幅な消費エネルギー削減が可能となるクリーンプロセスを開発するために必要な触媒、膜材料、分離材料、吸着剤、選択加熱法による革新的な技術を開発する。

③-1 「触媒を用いる革新的ナフサ分解プロセス基盤技術開発」

新規触媒によるナフサ接触分解を実用化するため、触媒の開発・評価を行い、触媒の性能向上、長寿命化を図る。ナフサ分解から得られる目的生成物に対する収率、選択性を高めると共に、プロセス内のエネルギーバランス、分離工程におけるエネルギー消費の最適化を行い、既存熱分解プロセスを代替し得る、触媒を用いたナフサ分解プロセスに関する基盤技術を確立する。

③-2 「規則性ナノ多孔体精密分離膜部材基盤技術の開発」

蒸留操作による分離・精製プロセスは、化学・石油関連産業分野の消費エネルギーの約40%を占めるエネルギー多消費型プロセスのひとつとなっている。省エネ型分離・精製プロセスのひとつに、膜分離プロセスがあり、中でも炭化水素用分離膜としては耐熱性、耐化学薬品性などの観点から無機多孔膜が有望であることから、新規ナノ構造材料を用いた革新的な分離・精製プロセスを開発する。

③-3 「副生ガス高効率分離・精製プロセス基盤技術開発」

化学プロセス、石油化学プロセス等の生産プロセスから発生する副生ガス(主としてCO₂)を、マイルドな条件で効率よく吸着、脱離することで、高濃度に濃縮された副生ガスを、①高純度、②低コスト、③低

エネルギーで精製できる革新的な材料を開発し、濃縮された副生ガスを原料として有用な化学品をクリーンに生産できるプロセスに繋げる。

【研究開発目標】

③-1 「触媒を用いる革新的ナフサ分解プロセス基盤技術開発」

(1)高性能触媒による高収率、高選択プロセスの開発

- ・エチレン、プロピレン、ブテン、BTX の収率の向上、及び低温化を図れる触媒プロセスを開発する。
上記4成分への生成物収率 66%以上(対熱分解比 10%向上)又は、
エチレン、プロピレンの収率 50%以上(対熱分解比 10%向上)とする。
- ・触媒寿命については、再生5回後の初期活性 90%以上を達成する。

(2)高性能触媒による実証規模プロセスに関する設計・開発

- ・国内外で稼働している実プラントレベルの生産量を想定し、セミベンチスケール装置により、ナフサ処理量: 1kg/日以上を達成し、実証規模プロセスの概念設計を行う。

③-2 「規則性ナノ多孔体精密分離膜部材基盤技術の開発」

(1)分離膜製造基盤技術および分離膜評価技術の開発

- ・イソプロピルアルコール脱水用: 透過度が 2×10^{-7} mol/(m² s Pa)、分離係数200以上の分離膜を工業的に製造できる技術を開発する。
- ・酢酸脱水用: 水透過度 2×10^{-7} mol/(m² s Pa)、水と酢酸の分離係数が100 以上であり、耐酸性を有する規則性ナノ多孔体化合物を見出し、製膜できる技術を確立する。

(2)分離膜用セラミック多孔質基材の開発

- ・分離膜としての長期使用による大幅な特性劣化が生じない多孔質材料を作製開発する。
- ・多チャンネル型基材で長さ1m(管状 外径30mm)当たり0.3m²の膜面積を実現する。

(3)モジュール化技術の開発

- ・多チャンネル型基材を用いたモジュールについて管状型分離膜と同等のシール性能を確認する。

(4)試作材の実環境評価技術の開発

- ・200時間連続運転によるモジュールの耐用性能評価を可能とするシステムを開発し、実用化のための技術課題を抽出する。

③-3 「副生ガス高効率分離・精製プロセス基盤技術開発」

(1)副生ガスの分離・精製材料開発

- ・副生ガスの分子サイズに合わせた吸着材料の分子設計を行ない、CO₂等の濃度が30%以下の副生ガス濃度を99.9%以上に濃縮できる高選択吸着材料を開発する。
- ・既存の吸着剤、吸収剤に比べ、吸着した吸着体からの副生ガス(CO₂等)の脱離エネルギーが小さい新規材料を開発する。

(2)副生ガスによるグリーンプロセス技術

- ・高濃度に濃縮された副生ガスから目的物を選択率80%以上で得られるプロセスを設計し、実用化が可能となるプロセスの概念設計を行う。

など製造原単位が既存プロセス/製品製造に対して同等以上であること。また、これらの技術の普及、波及により、CO₂換算で、920万トン/年削減(2030年)が期待できる。

* 革新的な技術開発に対し妥当な目標とするが、今後、妥当性を検討する。

【研究開発目標の妥当性】

化学産業は全製造産業中、鉄鋼産業に次いで第2のエネルギー多消費産業である。化学産業の消費エネルギー(年間約7,200万トン-CO₂換算)のうち、基礎化学品を製造するナフサ分解炉が約1,200万トン、蒸留塔に代表される分離・精製プロセスが約3,000万トン占めており、分解炉及び分離・精製プロセスにおける省エネルギー化は化学産業の重要な研究開発テーマとなっている。グリーン・サステナブルケミカルプロセス*(GSC)基盤技術開発では、エコイノベーションの一環として、我が国の強みとされる高度部材開発における化学プロセスのシンプル化、クリーン化、資源の多様化を図って産業競争力強化、国際規制の先取りを目指すものである。本研究開発は、GSC分野のサステナビリティ目標分野の「資源制約からの脱却」、「エネルギー制約からの脱却」等の重点課題を解決するためのプロセス、マテリアルに関するイノベーションを実現するものであり、具体的には、機能性化学品の安定供給、及びCO₂排出量の大幅削減が可能となる革新的な資源生産性の向上に資する革新的な化学プロセスの開発を行い、化学産業のCO₂排出量約900万トンの削減を図ることが期待できる。

本研究開発では、日本の産業競争力の強化の源泉となるGSCプロセス基盤技術の保有を後押しするものであり、具体的な開発課題は以下の通り。

- 重質化、低品位化する化石原料に対応し、収率を大幅改善する省エネ型接触分解炉技術の開発。
- 石油化学工業の約40%のエネルギーを消費する分離プロセスの消費エネルギー約50%削減する革新的膜分離技術の開発。
- 化学工場より大量に排出されるCO₂を高濃度回収及びCO₂を有用化学品へ変換する技術の開発。

(3) 研究開発マネジメント

① 事前評価におけるマネジメント

平成17年度に「化学産業における革新的技術戦略とロードマップ作成に関する先導調査」(次世代グリーン・サステナブルケミストリー技術開発)の中で、将来、国内の化学産業が持続的に高品位な機能性化学品を安定的に供給するためには、1)環境対応、2)規制の先取り、3)資源の枯渇、4)未利用資源、原料の多様化に対応した、安定供給、省資源・省エネルギー等が実現できる革新的な化学プロセスへの変革が求められていると提言した。また、平成19年度には「グリーン・サステナブルケミストリーの体系化に関する戦略調査(戦略ロードマップ)」において、GSCに関連する最新動向調査を行って、2030年ごろまでにNEDO技術開発機構と経済産業省が積極的に研究開発すべき技術体系を作成した(委員長:NITE理事長、東京大学名誉教授 御園生誠)。さらに、平成20年度には、GSCに関する研究開発を行うことによるGSC効果(エネルギー生産性、環境負荷、リサイクル等)、産業競争力(市場規模、他産業への波及効果等)について、半定量的な分析を行いながら、昨年度作成したロードマップのローリング作業を行っている。

本事業では早期に実用化を実現するために必要な優れた技術開発スキームを構築するため、当該関連技術に関する調査結果「革新的省エネルギー化学プロセスに関する先導調査」(平成20年度NEDO技術開発機構で実施)、及び「無機規則性ナノ多孔体薄膜を利用したプロセスの省エネ・高効率化に関する調査」(平成19年度NEDO技術開発機構で実施)を基本計画の策定及び事業の実施に反映させるものとする。

② 研究開発におけるマネジメント

GSC技術戦略ロードマップの策定プロセスを通じてNEDO技術開発機構、経済産業省が政策的に重要

と判断した革新的な化学プロセス、素材・部材に関する研究開発テーマについて、一般公募を通じて、高い技術を有する民間企業、大学、公的研究機関等に委託する方式を採用する。各研究開発テーマにテーマリーダーを設置し、研究開発の責任の所在を明確にする。なお、NEDO 技術開発機構は別途定められた技術評価に係わる指針及び技術評価実施要領に基づき、技術的及び産業技術政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について外部有識者による中間評価を平成 23 年度、事後評価を平成 25 年度に実施する。なお、評価の時期については、当該研究開発に係わる技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しすることも含めて、適宜見直すものとする。

(4) 研究開発成果

本事業は、高度な素材・部材開発における化学プロセスのクリーン化、シンプル化、原材料の多様化等を図りつつ、抜本的な資源生産性の向上が実現できる革新的石油化学品等の製造プロセスを開発することで、国際的な産業競争力の強化、国際規制の先取りを目指すものである。本年度に設定した研究開発課題は、「グリーン・サステイナブルケミストリー戦略ロードマップ」において、優先的に実施すべき研究開発テーマであり、具体的には①触媒を用いた低温接触分解プロセス、②規則性ナノ多孔体膜分離膜プロセス、③高濃度 CO₂ 精製・回収プロセスに関する研究開発テーマである。これらの研究開発テーマ以外に関しても、引き続き、技術戦略ロードマップのローリングを通じてNEDO技術開発機構、経済産業省が政策的に重要と判断した独創的なプロセスについて研究開発することで、持続的、高機能な素材・部材の製造が可能となるプロセスイノベーションやマテリアルイノベーションの実現が達成できることになる。

これらの研究開発により、開発成果を欧米を始め諸外国の取組に先んじて出すことで、我が国全体の産業競争力強化と環境負荷低減を飛躍的に促進することができ、新産業創造戦略及び世界全体をリードした産業面・環境面でのサステイナブルな仕組み作りへの貢献が期待できる。

(5) 実用化・事業化の見込み

製造業の中でエネルギー多消費である化学分野において、2020 年～30 年での実用化を目指し、地球温暖化問題や石油由来原料の高騰・低品位化への抜本的な対応を図る。具体的な、研究開発は下記の通り。なお、本研究開発では、研究開発終了後、5 年以内の実証レベルのプラントが稼動して、10 年以内に本格的な実用化、事業化が見込める技術開発を優先的に行う。

- 接触分解炉技術の開発により、重質原料収率改善及び低温化が可能となり、目的生成物に要する製造エネルギーの約20%を削減可能。本技術開発成果を全ナフサ分解プロセスに適用した場合、CO₂換算で、120万トン／年の削減。
- 炭化水素用分離膜の開発により、石油化学産業の蒸留塔10,000基のうち、5,000基に導入された場合、分離プロセスで消費されているエネルギー約3000万トン／年 のうち25%、約750万トン／年の削減。
- CO₂ のように、非石油系原料からの化学品製造技術の確立は、長期にわたり安定的な材料提供の観点から、部材産業、ユーザー産業の競争力強化、持続的発展可能なものづくり産業の確立に貢献。

接触分解による機能性化学品製造(プラスチック製品、電子材料、基礎化学品等)における直接的効果1000 億円以上、間接的効果で 5000 億円以上、高効率分離膜プロセスの導入により、基礎化学品、水処理プロセスでの利用により2000 億円以上、高純度 CO₂ 精製・回収プロセスによる機能性化学品(ポリカーボネート)、合成ガス原料、新規 CO₂ プロセス(塗装、洗浄等)での利用により、2000 億円以上の市場効果が期待されている。また、本研究開発の成果により、ファインケミカル等の製造プロセスにおける大幅な省エネルギーが期待され、研究開発終了 10 年程度で商用プラントが稼動すれば CO₂ 換算で、920 万トン／年削減効果が期待できる。

(6) その他特記事項

本事業は、欧州、米国、中国等における研究開発動向に留意し、適宜関係者間(国内外を問わず)との連携を図りつつ、効率的なプロジェクト運営に努める。

5. 総合評価

NEDO の実施する事業として適切であると判断する。

研究テーマ名「グリーン・サステナブルケミカルプロセス基盤技術開発

研究目的

背景、目的、必要性(政策的位置付け、市場ニーズ、技術ニーズ)
 ①背景:製造業の中でエネルギー多消費である化学分野の中で主要な位置を占める石油化学工業において、2020年~30年での実用化を目指し、地球温暖化問題や石油由来原料の高騰・低品位化へ対応し、抜本的な資源生産性の向上を図る。

②市場ニーズ(目的):今後も持続的に我が国の全製造業を支えるためには、これまでにない高機能な素材、部材を、未利用な資源等を利用して製造するグリーンで高効率な化学プロセスの開発が望まれている。

③技術ニーズ:高機能な素材、部材をグリーンで持続的に製造する技術ニーズとして、(1)有害な化学物質を削減、(2)廃棄物、副生成物の削減、(3)ライフサイクルにおける消費エネルギー削減(4)未利用/低品位資源の利用、(5)リサイクル容易、(6)希少資源の代替を実現する独創的な化学プロセスの技術開発が求められている。

プロジェクトの規模

○事業費と研究開発期間

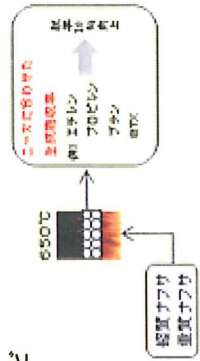
21年度事業費(予定) 15億円、研究開発期間:5年

※平成20年度は経済産業省事業として実施

その他関連図表

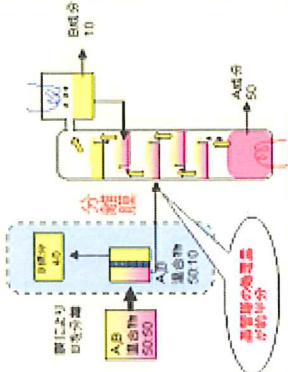
(1) 触媒を用いる革新的ナフサ分解プロセス基盤技術の開発

現行の無触媒プロセスを、触媒反応化することにより(1)プロピレン、プロピレン、BTXなど有用化学品の収率を改善、(2)反応温度の低減、さらに、(3)将来原料の多様化が可能となる新規触媒プロセスを開発。



(2) 規則性ナノ多孔体精密分離膜部材基盤技術の開発

分離・精製プロセスは、消費エネルギーの約40%を占めるエネルギー多消費型プロセス。新規な分離膜技術の導入により、蒸留塔の負荷を平均50%低減でき、大幅な省エネを実現。



(3) 副生ガス高効率分離・精製基盤技術の開発

CO₂を原料とする化学品製造技術の根幹となる高濃度CO₂を、新規な多孔性金属錯体により(1)高純度(99.9%以上)、(2)低コスト、(3)低エネルギーで分離・精製する技術を開発。



研究内容

○開発課題(目的達成のための技術課題)

持続的に高機能な素材・部材を製造するための革新的な省エネルギープロセスを実現するため、下記の(1)、(2)の課題を解決できる独創的なプロセスに関する要素技術を開発する。

- (1)消費エネルギー削減:目的物の収率向上、反応温度の低減、付加価値材料への転換率向上、分離効率向上。
- (2)未利用/低品位資源利用:CO₂等の副生ガスを高効率に分離・精製できる革新的な吸着材料・プロセスの開発。これにより、CO₂換算で、920万トンの削減(2030年)を目指す。

○キーテクノロジー、ブレークスルーのポイント、オリジナリティ

上記の開発課題を早期に実現するため、新規触媒、膜分離材料、新規吸着剤等を開発し、持続的にグリーンな製造が実現できる独創的な材料及び高効率プロセスを開発する。

- (1) 触媒を用いる革新的ナフサ分解プロセス基盤技術の開発
- (2) 規則性ナノ多孔体精密分離膜部材基盤技術の開発
- (3) 副生ガス高効率分離・精製基盤技術の開発

○目標値とその条件及び設定理由

- (1)革新的ナフサ分解プロセスでは、対熱分解比で10%以上の収率向上、(2)ナノ多孔体精密分離膜では水分除去80%以上 (3)副生ガスの分離・精製では、30%以下のCO₂等の副生ガスを99.9%以上に濃縮。なお、革新的な技術開発であるため、今後の社会状況により目標値が変更することもある。

技術戦略マップ上の位置付け

※平成21年度に公募を予定している研究開発課題に関する項目のみ

化学プロセス、素材・部材のプロセスイノベーション、マテリアルイノベーションを実現するための「グリーン・サステナブルケミストリー」(2008年版)戦略ロードマップに重要技術として掲載

「グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発基本計画（案）」に対するパブリックコメント募集の結果について

平成21年3月24日
NEDO 技術開発機構
環境技術開発部

NEDO POST3において標記基本計画（案）に対するパブリックコメントの募集を行いました結果をご報告いたします。
みなさまからのご協力を頂き、ありがとうございます。

1. パブリックコメント募集期間
平成21年2月4日～平成21年2月17日
2. パブリックコメント投稿数＜有効のもの＞
計2件
3. パブリックコメントの内容とそれに対する考え方

ご意見の概要	ご意見に対する考え方	基本計画への反映
<p>全体について</p> <p>[意見1] 回収されたCO2などは下記のような反応により、再利用することが実現性が高いのではないかと。 ①ジメチルエーテルと炭酸ガスの反応によるジメチルカーボネートの一段合成 CH3OCH3+CO2→CH3OCOCH3 ②ジメチルエーテルと酸化エチレンの反応によるエチレンジグリコールジメチルエーテルの一段合成 CH3OCH3+C2H4O→CH3OCH2CH2OCH3 ③エチレンと酸化エチレンより直接テトラヒドロフランの合成およびTHFより1,4-ブタンジオールの合成 CH2CH2+C2H4O→THF→1,4-ブタンジオール</p>	<p>[考え方と対応] 副生ガスとしてCO2、C2H4Oを想定した場合の、化学プロセスへの応用と理解しております。基本計画の中に、副生ガスを化学品に転換するためのフィージビリティスタディーに関する研究開発がありますので、新規吸着剤の開発とあわせて革新的な化学プロセスに関するご提案をお待ちしております。</p>	<p>[反映の有無と反映内容] 基本計画に十分反映しているものと考えており、特に変更することはありません。</p>

ご意見の概要	ご意見に対する考え方	基本計画への反映
<p>全体について</p> <p>[意見 2] CO2の分離回収技術が含まれているのに、CO2の利用に関する研究が対象になっていない。いくらCO2を集めて精製しても使うことができなければ価値は半減することは明白。 CO2の化学原料としての活用は難しいテーマだが、それだからこそ NEDO において長期プロジェクトとして推進するべきものだと考える。</p>	<p>[考え方と対応] ご意見有り難うございます。CO2 や極微量副生を利用するには、大容量、低コストで回収することが必須を考慮しております。これまでに CO2 を原料とした研究開発が数多く行われてきましたが、実用化された物はごく一部に限られています。今回の研究開発では、これまでにない新しい吸着材を開発することで、CO2 等の回収に係るエネルギーを大幅に削減して、これまでにない CO2 の利用を拡大しようとする物です。そのため、吸着材の開発と併せて、CO2 を原料とした化学プロセスに関するフィージビリティスタディーを行うことしております。このような観点から、新規吸着剤の開発とあわせて革新的な化学プロセスに関するご提案がございましたら、是非、ご提案いただくことをお待ちしております。</p>	<p>[反映の有無と反映内容] 基本計画に十分反映しているものと考えており、特に変更することは致しません。</p>

以上

● 特許論文等リスト

1. ①【産業財産権（特許）リスト】
特許、論文、外部発表等の件数（内訳）

区分 年度	特許出願**			論文		その他外部発表 (プレス発表等)
	国内	外国	PCT*出願	査読付き	その他	
H. 21FY	5 件	0 件	0 件	2 件	0 件	0 件
H. 22FY	10 件	0 件	1 件	2 件	1 件	8 件
H. 23FY**	2 件	0 件	0 件	3 件***	1 件	0 件

*: Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

** : H. 23FY は、2011 年 5 月 30 日現在

*** : 3 件中 1 件はアクセプト段階

1. ②【産業財産権（商標）リスト】

番号	出願者	出願番号	国内/ 外国 /PCT	出願日	状態	名 称
1	(株)クラレ/ 昭栄化学工業(株)/ 昭和電工(株)/ 東洋紡績(株)	商願 2010-405 ↓ 【登録番号】 第5380717号	国内	2010/01/06 ↓ 【登録日】 2011/01/07	公開 ↓ 登録	コーディフレックス (第 1 類: 化学品、原料プ ラスチック)
2	(株)クラレ/ 昭栄化学工業(株)/ 昭和電工(株)/ 東洋紡績(株)	商願 2010-411 ↓ 【登録番号】 第 5380718 号	国内	2010/01/06 ↓ 【登録日】 2011/01/07	出願 ↓ 登録	COORDIFLEX (第 1 類: 化学品、原料プ ラスチック)

□ 我々が開発している柔軟型 PCP に対して、特許ではないが、産業財産権の一つである商標申請を 2 件(コーディフレックスと COORDIFLEX)行い、平成 23 年 1 月 7 日付けで登録となった。(商標登録番号第 5380717 号および第 5380718 号) 今後、本プロジェクトの成果を普及する場合等に活用していく予定。



特許論文等リスト（公開版）

2. 【論文リスト】

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年
1	S. Horike(1), S. Kitagawa(1), <i>et al.</i>	(1)京都大学	Enhanced Selectivity of CO ₂ from a Ternary Gas Mixture in an Interdigitated Porous Framework	<i>Chem. Commun.</i> , 2010, 46, 4258-4260	有	2010年
2	S. Horike(1), Y. Inubushi(2), S. Kitagawa(1), <i>et al.</i>	(1)京都大学 (2)縹クラレ	Solid Solutions of Soft Porous Coordination Polymers for the Fine-Tuning of Gas Adsorption Properties	<i>Angew. Chem. Int. Ed.</i> , 2010, 49, 4820-4824	有	2010年
3	堀毛 悟史(1), 犬伏 康貴(2), 北川 進(1)	(1)京都大学 (2)縹クラレ	多孔性錯体を利用したCO ₂ の選択的分離	未来材料、7月号、2010 p.23-28	無	2010年
4	Y. Inubushi(1), S. Horike(2), S. Kitagawa(2), <i>et al.</i>	(1)縹クラレ (2)京都大学	Modification of flexible part in Cu ²⁺ interdigitated framework for CH ₄ /CO ₂ separation	<i>Chem. Commun.</i> , 2010, 46, 9229-9231	有	2010年
5	H. Kitagawa (1), <i>et al.</i>	(1)京都大学	Surface Nano-Architecture of A Metal-Organic Framework	<i>Nature Mat.</i> , 2010, 9, 565-571	有	2010年
6	H. Kitagawa (1), <i>et al.</i>	(1)京都大学	Highly-crystalline Nanofilm by Layering Porphyrin MOF Sheets	<i>J. Am. Chem. Soc.</i> , 2011, 133, 5640-5643	有	2011年
7	S. Horike (1), S. Kitagawa (1), <i>et al.</i>	(1)京都大学	Relationship between Channel and Sorption Properties in Coordination Polymers with Interdigitated Structures	<i>Chem. Eur. J.</i> , 2011, 17, 5138-5144.	有	2011年
8	樋口 雅一(1), 北川 進(1)	(1)京都大学	金属錯体が魅せる空間科学（夢を実現にする新しい空間材料～多孔性配位高分子）	化学と工業、64、2011、p.397-399	無	2011年
9	S. Horike(1), S. Kitagawa(1), <i>et al.</i>	(1)京都大学	Differences of crystal structure and dynamics between soft porous nanocrystal and bulk crystal	<i>Chem. Commun.</i> , 2011, accepted	有	—

特許論文等リスト（公開版）

3. 【外部発表リスト】

番号	発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者	所属
1	2010/09/07	MOF2010 (国際学会／ポスター)	Gas Separation Properties of Interdigitated Porous Frameworks	○犬伏康貴(1)、 堀毛悟史(2)、 北川 進(2)、	(1) ㈱クラレ (2) 京都大学
2	2010/09/15	第59回高分子討論会 (国内学会／口頭／招 待発表)	多孔性配位高分子のダイナミ クスを利用した CO ₂ ガス分離 材の開発	○堀毛悟史(1) 犬伏康貴(2)、 北川 進(1)、	(1) 京都大学 (2) ㈱クラレ
3	2010/09/28	第60回錯体化学討論会 ・第60回記念錯体化学 OSAKA国際会議 (国際学会／口頭／一 般発表)	Preparation of Solid Solutions of Porous Coordination Layer for Efficient Gas Separation	○堀毛悟史(1)、 犬伏康貴(2)、 北川 進(1)、	(1) 京都大学 (2) ㈱クラレ

4. 【新聞掲載リスト】

番号	発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者
1	2010/05/31	日本経済新聞	CO ₂ 吸収膜開発 ～5年後実用化へ アルコールなど 合成～	京都大学 九州大学
2	2010/06/11	科学新聞	多孔性配向ナノ結晶薄膜開発 ～表面構造解析に成功～	九州大学
3	2010/07/05	日本経済新聞 (電子版)	2人の「京大・北川教授」が相次ぎ 開発 ～CO ₂ 吸収材に注目～	京都大学
4	2010/08/02	THE NIKKEI WEEKLY	Seeing double: Promising advances in materials for CO ₂ ab sorption	京都大学
5	2010/11/04	日経産業新聞	CO ₂ 吸収 低コストで 新素材開発、室温で	京都大学 ㈱クラレ