

# グリーン・サステイナブル ケミストリー（GSC）分野

（持続的社會のための環境共生化学）

我が国の素材・部材製造産業は、国際的に高い技術力と競争力を有し、経済社会の発展を支えているが、地球温暖化問題、資源枯渇問題が現実化しつつある中で様々な課題を抱えてもいる。製造に際しては、有害な添加物(ハロゲン、重金属等)の利用、過度の高機能化追求に伴うプロセスの多段化等によるエネルギー消費の増大、中間工程における大量の廃棄物排出、リサイクルに不向きな製品の大量廃棄(廃棄処分場の不足等)などが問題となっている。一方、生産に必要な多くの原材料等は限られた産出国からの輸入に頼らざるを得ない状況にあり、将来にわたって安定に製造できるかどうか危惧されている。さらに、欧州での RoHS 指令、REACH 規制の導入や中国などでの自主的な化学物質排出規制の制定など、化学品等の製造に係わる環境対策が世界的に強化されている。

このような背景の下、我が国の全産業の基幹となる化学品等を持続的(サステイナブル)に生産、供給していくためには、これまでの大量消費・廃棄型生産プロセスから脱却して、持続的な生産が可能なプロセスによる供給体制の構築が急がれる。そこで本ロードマップは、これら資源、エネルギー、環境の制約問題を克服し、高機能な素材、部材の持続的製造を可能とする技術を実現するために必要な要素技術を抽出し、これらの制約条件や競争力や基盤性といった観点から重要技術を選定するとともに、今後の技術の発展を描いた。

## グリーン・サステイナブルケミストリー分野の技術戦略マップ

### ．導入シナリオ

#### (1) GSC 分野の目標と将来実現する社会像

化学産業の歴史は、社会のニーズに応じて有用な製品を製造してきた歴史であり、資源の不足や枯渇と戦ってきた歴史であり、環境問題に直面しつつそれを解決してきた歴史であった。

今後、化学産業と GSC は、将来の社会の発展と生活の質の向上や資源・エネルギー・環境制約からの脱却に向けて、大きな役割が期待される。

今後の社会変化の様々な可能性を鑑み、それに国家として対応できるよう、GSC を国家の将来の化学分野における戦略的テーマに据え、その競争力を担保するための目標と将来社会像について示す。

#### < 将来の生活の質の向上と GSC の目標 >

将来の生活の質向上について、短期・中期・長期に分けると次のようになる。

短期的にはまず、我々の生活環境のリスクのさらなる低減が望まれる。具体的には、衣食住におけるリスクの低減(例:いわゆるシックハウス症候群への懸念がある中で、室内大気をよりきれいにしていくこと)、交通や通信などのもたらず環境負荷の低減、廃棄物削減(製品の再利用・長寿命化・軽量化等)等が挙げられる。

このような短期的なリスク低減から中期的には転じて、アメニティを積極的に向上する方向に進んでいくことが望まれる。特に、今後、少子高齢化が進むことから、個人の行動を支援し、充実した暮らしができるようにしていくことが望まれる(バリアフリー化、福祉対応製品等)。

さらに、長期的には、アメニティの向上と言っても快適性や利便性の一方的な追求だけでは過去の大量生産・大量消費・大量廃棄と同じでサステナビリティを実現できないので、我々の方も、ライフサイクルや価値観の転換を求められることとなる。

以上を鑑みると、GSC の方でも、社会ニーズに応じて快適性や利便性を実現していく際に、資源・エネルギーの浪費や環境負荷の増大を招かないような技術開発が必要。

#### < 将来の資源・エネルギー制約と GSC の目標 >

現 OECD 諸国のエネルギー需要は、将来、人口の多いアジア・アフリカ地域に追い抜いていかれると予想される。これら諸国の旺盛な需要の伸びに対する投機等も含めて、ここ 2~3 年原油価格は異常なほどに高騰しており、今後調整はありうるものの、高止まりの傾向は続くと考えられる。

このような高騰により、今後日本は、これまでどおり高品質の原油を購入できなくなり、重質で硫黄や重金属等の多い低品位の原油を扱っていかなければならないと予想される。

また原料としては、炭化水素以外の元素も重要であり、高機能部材を支えているも

のもある。しかしそれらの中には、将来の枯渇が危ぶまれるものや、産出国が偏在しているものがある。これら資源の供給が政変等で止められる事態ともなれば、高機能部材を収益源とする日本の化学産業の競争力は言うまでもなく、日本経済自体に打撃を与える恐れがある。希少資源の供給断絶事例は、実際に過去に起きている。

以上を鑑みると、日本としては、GSCとして資源安全保障の確保のための資源・エネルギーの効率的利用技術、リサイクル技術、代替技術が必須であろう。短期的にはリサイクル技術や、重質化・低品位化する原油をクリーンかつ効率的に利用していく技術が必要であろう。しかしリサイクルにも限界があり、中期的には代替技術に移行していくこととなろう。また遠い将来には石油資源のピークが訪れることから、代替というより原料の革新的な変換技術が必要。

#### < 将来の環境制約と GSC の目標 >

2030 年のヨハネスブルグ宣言の目標実現に向け、引き続き、大気汚染防止、水質汚濁防止、産業廃棄物処理、土壌汚染防止を進めていくことが求められる。

一方で、欧州の RoHS や REACH に代表される化学物質規制の動きは、中国等で類似の規制の導入を呼ぶこととなった。今後、世界に広がって「標準的」な規制になっていくのか、注視が必要である。

日本としては、GSCとしてこれらの規制に先取りして対応しうる技術開発をしていくが必要。

#### < 将来の化学産業 >

BRICs 台頭の中で国際競争は激化し、今日のファインは明日のバルクという状況となってくる。

日本には、ファインを中心とする高機能部材の集積とその中での摺り合わせにより、強い競争力を有する分野がある。しかし今後も常に、革新的なプロセス、マテリアルを開発していく必要がある。また大規模の欧米企業と伍していくには、より広い産業を化学産業としてとらえ、産業間連携を拡大していく必要がある（これは省エネ・省資源や摺り合わせ強化にも資すると考えられる）。

いまや日本の化学企業の海外移転は不可避の流れであるが、国内はファインの新しい技術・製品の発明のセンターとなっていく必要がある。一方で、バルクは、そこからファインが作られていく基礎原料であり、全てを海外移転していくと、生産国の事情で供給がとまった場合、日本の化学工業は打撃を受けることとなる。このような事態を防ぐため、バルクも一定以上の生産を残し、その生産性を向上させていく必要がある。

#### < GSC の短期・中期・長期の目標 >

以上を鑑み、生活の質向上と資源・エネルギー・環境制約からの脱却に向けて、GSCの短期・中期・長期の目標を置いた。

すなわち短期的には、グリーンの方向性（廃棄物を減らす、今ある資源・エネルギー

ーを効率的に利用) 中期的にはサステイナブルの方向性(有害物質、希少元素の代替) 長期的にはグリーン・サステイナブルの方向性(快適でサステイナブルな生活を実現する新しい材料の開発、原料の革新的転換)とした。

なお、これらの目標を達成するのに、プロセス(How to make)及びマテリアル(What to make)の両面でイノベーションが必要となる(後述)。特にマテリアルは、その機能によって社会の発展や生活の質向上に直接的に貢献するものであるが、グリーン・サステナビリティの観点からは、マテリアルを製造するときだけでなく、ユーザが使われるときの効果が重要となる。すなわち、マテリアルの場合、ライフサイクルでみたときの環境への優しさが重要となる。

## (2) 研究開発の取組み

研究開発の推進については、開発目標を戦略的に設定するとともに、効率的な研究開発体制の構築が重要である。サステイナブル分野においては、今後持続的発展が可能となるプロセス及び製品のイノベーションに資する革新的な技術開発を行うことが必要である。

## (3) 関連施策の取組み

グリーン・サステイナブルケミストリー分野の目標や将来像を実現するためには、研究開発と並行して、GSC 概念の普及を図るためには、技術を定量的に評価できる基準の開発、産学官連携による推進する制度、体制の充実が必要である。

[基準・標準化]

- ・GSC の普及を図るためには、感覚に訴える言葉を発するだけでなく、定量的に技術の評価できるようにする必要がある。環境負荷、有害性・安全性、経済性・社会性という評価尺度が異なるものを、評価の目的により正しく評価する必要がある。経済産業省では、GSC の効果を正しく把握するために、グリーン・サステイナブルケミストリー ネットワーク(GSCN)を通じて新しい GSC 評価手法(例えば i-Messe)の開発と標準化を推進している。

[産学官連携]

- ・「グリーン・サステイナブルケミストリー ネットワーク(GSCN)」は、2000年3月に日本におけるグリーン・サステイナブルケミストリーの活動を効果的かつ強力に推進するために、化学系の学協会、独法研究機関など25団体によって設立された。ここでは、研究開発推進上の諸課題と提言、GSC 賞の贈呈、ワークショップ・シンポジウム開催、教材作成、教育支援、国際交流などを展開している。経済産業省は GSCN にオブザーバーとして参加し、GSC 賞における経済産業大臣賞の設置やシンポジウムの支援等を行っている。これら活動を通して、GSCN を産学官連携のコアのひとつとして、GSC の概念だけでなく、GSC 技術の産業界へ普及を図る。

## (4) 海外での取組み

1992年のリオ宣言を契機として持続可能な発展(Sustainable Development)のた

めの取り組みが各国で開始される中、日米欧が中心となって活発に活動されている。

米国では、1995年にEPAによりGreen Chemistry (GC)が提案され、GC12カ条が打ち出されている。また、GCの大統領賞が創設されている。

欧州でも、米国とほぼ時を同じくして、産業界を中心としてSustainable Chemistryが推進されている。1994年には、CEFIC(欧州化学工業連盟)によりSUSTECHが設立している。2004年には、CEFICやEuropaBio(欧州バイオ産業協会)等により、技術開発のプラットフォームとしてSusChem(The European Technology Platform for Sustainable Chemistry)が設立され、2007年以降のEUの科学技術5ヵ年計画(FP7)の重点技術分野を策定することとなった。SusChemでは、「製品のライフサイクルはどんどん短くなっており、スペシャリティも急速にコモディティになってしまう」との意識や、このままでは日米アジアに押されてしまうことへの危機感のもと、マテリアルテクノロジー、反応、プロセス設計、バイオ工業テクノロジー、革新のフレームワークと経済的成果)の4分野について、目指す方向性(ビジョン)が示されている。また、「Strategic Research Agenda 2005」により、具体的に技術開発すべき項目が列挙されている。

また1998年にはOECDでSustainable Chemistry(SC)活動が開始され、日米欧が中心となって、研究開発のガイダンス作成や教育支援等が行われてきている。欧州委員会では、規制面においてサステイナブルな生産と消費のための実行計画を検討中、現時点ではいくつかの規制ツールやより、ソフトなボランティアプログラムを考えている。また、環境技術実行計画のもと国家レベルの環境技術のためのロードマップを現在までに22カ国が策定している。

## (5) 民間での取り組み

国内の化学系団体23団体、2独立行政法人でグリーン・サステイナブルケミストリーネットワーク(GSCN)を設立し、国内シンポジウムの開催やGSC賞の授与活動を通して、人と環境の健康・安全を目指した持続可能な社会の実現に貢献する取り組みの推進を行っている。

## ・技術マップ

### (1) 技術マップ

わが国の素材・部材産業が、全産業の基幹となる化学品等を持続的(サステイナブル)に生産、供給していくためには、これまでのエネルギー多量消費・多量廃棄型生産プロセスから脱却し、且つ、地球温暖化問題、資源枯渇問題等を解決した持続的な生産が可能なプロセスによる供給体制の構築、および、持続可能な社会に対応したマテリアルの開発が急がれるが、その為には、プロセス及びマテリアルの両面でイノベーションが必須であることから、2050年までの中長期における両分野のイノベーション対象テーマを抽出して収録した。【参考資料：技術戦略マップ俯瞰図】

本技術マップでは、プロセス及びマテリアルイノベーションを以下の4分野で実現することを目標にした。

エネルギー制約からの脱却

資源制約からの脱却

環境との調和

生活の質の向上

また、4分野のそれぞれに以下のサブ分野を設定した。

エネルギー制約からの脱却

省エネルギープロセス・材料、未利用エネルギー変換・活用、新エネルギー・分散

エネルギープロセス・材料、ライフサイクル省エネ

資源制約からの脱却

省資源、化石資源の高度利用、再生可能資源の利用、無機元素資源対策、水資源の高度利用、長寿命化・リサイクル

環境との調和

対象物質代替、対象物質の処理・浄化、廃棄物削減

生活の質の向上

生活環境リスク削減、水環境保全、アメニティ増進、ヘルスケア

## (2) 重要技術の考え方

技術マップにおいて抽出された各技術テーマはいずれも重要であり、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、重点化を考慮し以下の観点から特に評価されるものを重要技術と位置づけた。

グリーン・サステナブルケミストリー（GSC）としての評価

GSC 評価としては以下の指標を採用した。

- ・所要資源と生産性
- ・エネルギー効率
- ・環境負荷・安全性
- ・リサイクル・廃棄とその問題点

産業競争力・新産業創生力的評価

わが国の産業競争力、新産業創生力を高めて国際競争力を強化して行くこと自体、サステナブルな社会の実現には不可欠であることから、以下の観点により評価した。

- ・付加価値率
- ・コスト削減（使用産業への貢献度）
- ・機能向上
- ・他分野への波及効果

## ・技術ロードマップ

技術マップに示した GSC 的評価、および産業競争力・新産業創生力的評価により、重要技術として選定されたテーマを技術ロードマップに記載した。

当該テーマが中期（2020年）、長期（2030年）、超長期（2050年）のいずれの時間軸を前提にしたものであるかを考慮し、記述にできる限り反映させた。また、基礎研

究から事業化・市場導入の間に必然的に経由する数段階の状況を、現時点で可能な範囲でイメージとして示せるよう心がけた。

更に、ロードマップには、内容の理解に資する目的で、GSC の背景、出口イメージ、および個々の技術の簡単な解説を付随させた。

# グリーン・サステイナブルケミストリー分野の導入シナリオ

2008年

2015年

2030年

目標

市場

高機能化 高付加価値化

(ニーズ産業との摺り合わせ、化学産業の範囲拡大、標準化)

資源利用の効率化

(未利用・低品位資源の活用、リサイクル、資源代替を含めた効率化)

戦略策定

総合科学技術会議 分野別推進戦略(ものづくり分野)

基準・標準化

GSC評価手法(指標)の開発  
と標準化 i-Messeの改良等

産学官連携

GSCの普及と促進(グリーン・サステイナブルケミストリー ネットワーク(GSCN))

研究開発推進: 研究開発推進上の諸課題と提言、GSC賞の贈呈など  
研究開発支援: 情報の交換、ワークショップ、シンポジウム開催  
教育: 教材作成、教育支援、  
国際交流

関連施策

研究開発

グリーン・サステイナブルケミカル  
プロセス創造的基盤技術開発  
< 08 - 15 >

環境との調和

- ・環境負荷物質を削減する化学プロセス開発
- ・廃棄物・副生成物を削減する化学プロセス開発
- ・危険物等を使用しないプロセス開発

資源制約からの脱却

- ・未利用・低品位資源の有効活用するプロセス開発
- ・リサイクルを容易にする材料開発
- ・希少資源代替を含めた資源の効率的利用するプロセス開発

エネルギー制約からの脱却

- ・エネルギーの効率的利用により、温暖化を防止する  
プロセス・部材開発

生活の質の向上

- ・衣食住の質の向上・健康維持・アメニティ増進する  
材料開発

革新的な原料変換技術の開発  
よりグリーンな先端高機能製品の開発

豊かでサステイナブルな社会の実現

産業競争力確保 新産業創生 安全で安心の社会



















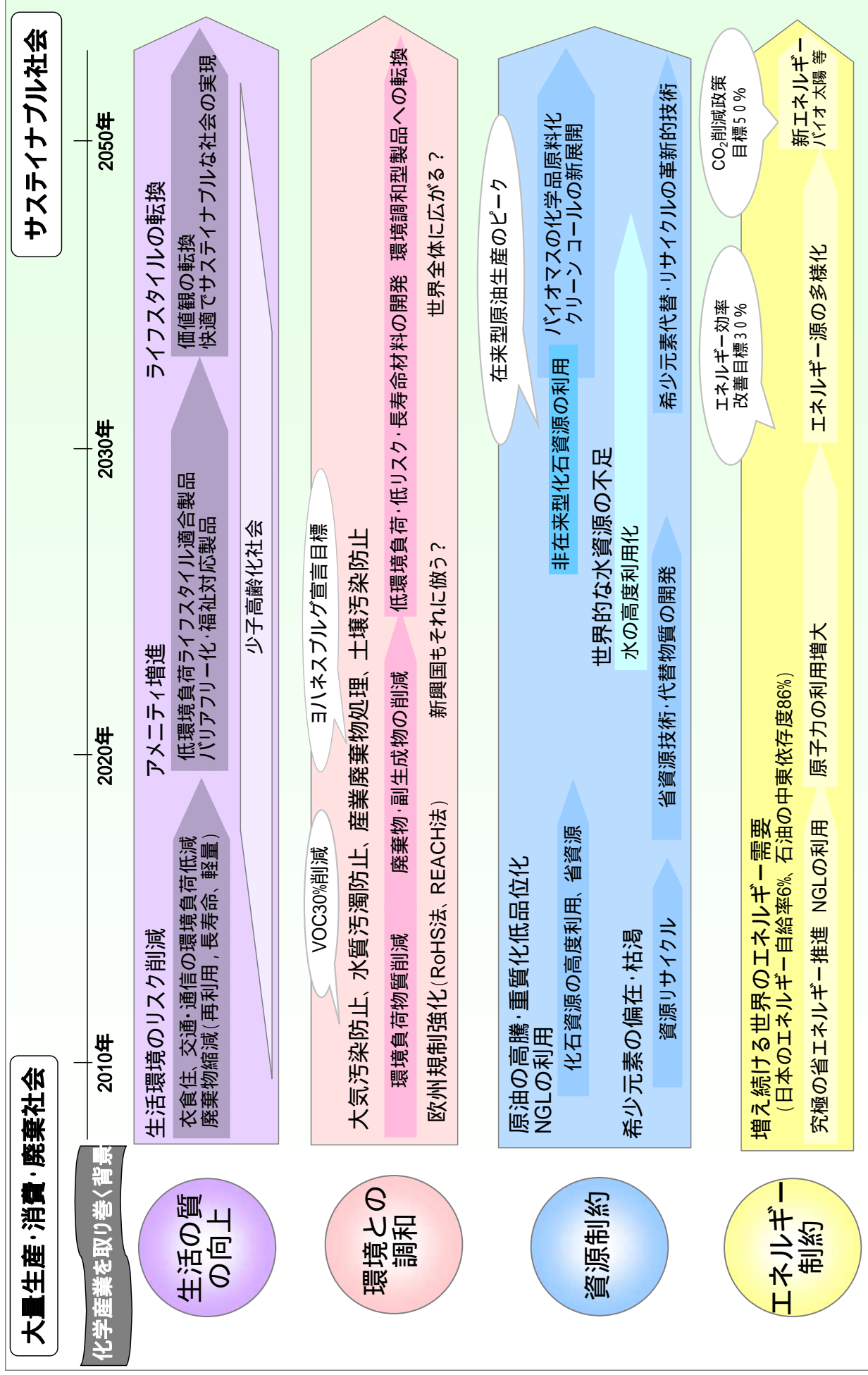
グリーン・サステイナブルケミストリー分野の技術マップ(10/11)

技術カテゴリー	サステイナビリティ	大項目	中項目	NO	テーマ名	テーマ内容等	期待される市場規模 (億円/年)	関連市場分野	GSC評価				産業競争力、新産業創生力評価				温室効果ガス削減効果	
									内容と評点(川下産業含め)				内容と評点					
									所要資源と生産性	エネルギー効率	環境負荷・安全性	リサイクル、廃棄とその他の課題	市場規模	付加価値率	コスト削減・生産への貢献度	機能向上		他分野への波及効果
マテリアルイノベーション	サステイナビリティ	生活環境リスク削減	生活環境材料	S102	安全性の高い殺虫防虫剤・防かび剤・除菌剤の開発	光触媒、ナノ触媒型抗菌剤(Ag/TiO2)等	500	民生・食品加工・衛生関連産業・管理関連産業	エネルギー効率	環境負荷・安全性	リサイクル、廃棄とその他の課題	市場規模	付加価値率	コスト削減・生産への貢献度	機能向上	他分野への波及効果		
						S103	完全防臭・消臭材料の開発	ナノ触媒型消臭剤(ZnO/TiO2)、ナノ多孔型消臭剤(ナノゼオライト)等	500	生活関連関連産業・材料・製品関連産業	環境負荷・安全性	リサイクル、廃棄とその他の課題	市場規模	付加価値率	コスト削減・生産への貢献度	機能向上		他分野への波及効果
						S104	易生分解性界面活性剤の開発	石鹸、洗淨剤等(天然物を含む)	500	民生、石鹸・洗剤・化粧品関連産業	環境負荷・安全性	リサイクル、廃棄とその他の課題	市場規模	付加価値率	コスト削減・生産への貢献度	機能向上		他分野への波及効果
						S105	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	アンチエージング機能、安全性等	100	化粧品・アンチエイジング関連産業	環境負荷・安全性	リサイクル、廃棄とその他の課題	市場規模	付加価値率	コスト削減・生産への貢献度	機能向上		他分野への波及効果
						S106	高機能性食品包材	保冷・酸化防止・脱水・保湿、遮光、異物を検知する材料	500	食品加工・包装・流通、輸送関連産業	環境負荷・安全性	リサイクル、廃棄とその他の課題	市場規模	付加価値率	コスト削減・生産への貢献度	機能向上		他分野への波及効果
						S107	スマート材料<自己修復性材料>	有機・無機ハイブリッド、複合プラスチック	500	自動車・建材・構造物、日用品	環境負荷・安全性	リサイクル、廃棄とその他の課題	市場規模	付加価値率	コスト削減・生産への貢献度	機能向上		他分野への波及効果
						S108	遮音、遮熱、断熱、電磁波遮蔽材料	新規ガラス、新規樹脂材、断熱塗料等	1000	民生、第三次産業・建材・構造材	環境負荷・安全性	リサイクル、廃棄とその他の課題	市場規模	付加価値率	コスト削減・生産への貢献度	機能向上		他分野への波及効果
						S109	無塵管道舗装材		100	道路、都市交通・駅周辺街路敷設・管理関連産業	環境負荷・安全性	リサイクル、廃棄とその他の課題	市場規模	付加価値率	コスト削減・生産への貢献度	機能向上		他分野への波及効果
						S110	ノンフロン断熱・保温・保冷物質の開発	住宅部材、保存剤等	500	建材、食品保管・輸送関連産業	環境負荷・安全性	リサイクル、廃棄とその他の課題	市場規模	付加価値率	コスト削減・生産への貢献度	機能向上		他分野への波及効果
						S111	廃土木資材利用多孔質断熱材料の開発	ヒートアイランド対策等	100	道路・都市発熱街区建設・管理関連産業	環境負荷・安全性	リサイクル、廃棄とその他の課題	市場規模	付加価値率	コスト削減・生産への貢献度	機能向上		他分野への波及効果
						S112	易リサイクル性断熱部材	易解体&リサイクル性	500	建材、食品保管・輸送関連産業	環境負荷・安全性	リサイクル、廃棄とその他の課題	市場規模	付加価値率	コスト削減・生産への貢献度	機能向上		他分野への波及効果
						S113	再生医療担体材料	治療部位に合わせた2次元/3次元の成形性・体内への親和同化性・目的細胞の培養速度促進機能	100	医療・医用材料関連産業	環境負荷・安全性	リサイクル、廃棄とその他の課題	市場規模	付加価値率	コスト削減・生産への貢献度	機能向上		他分野への波及効果

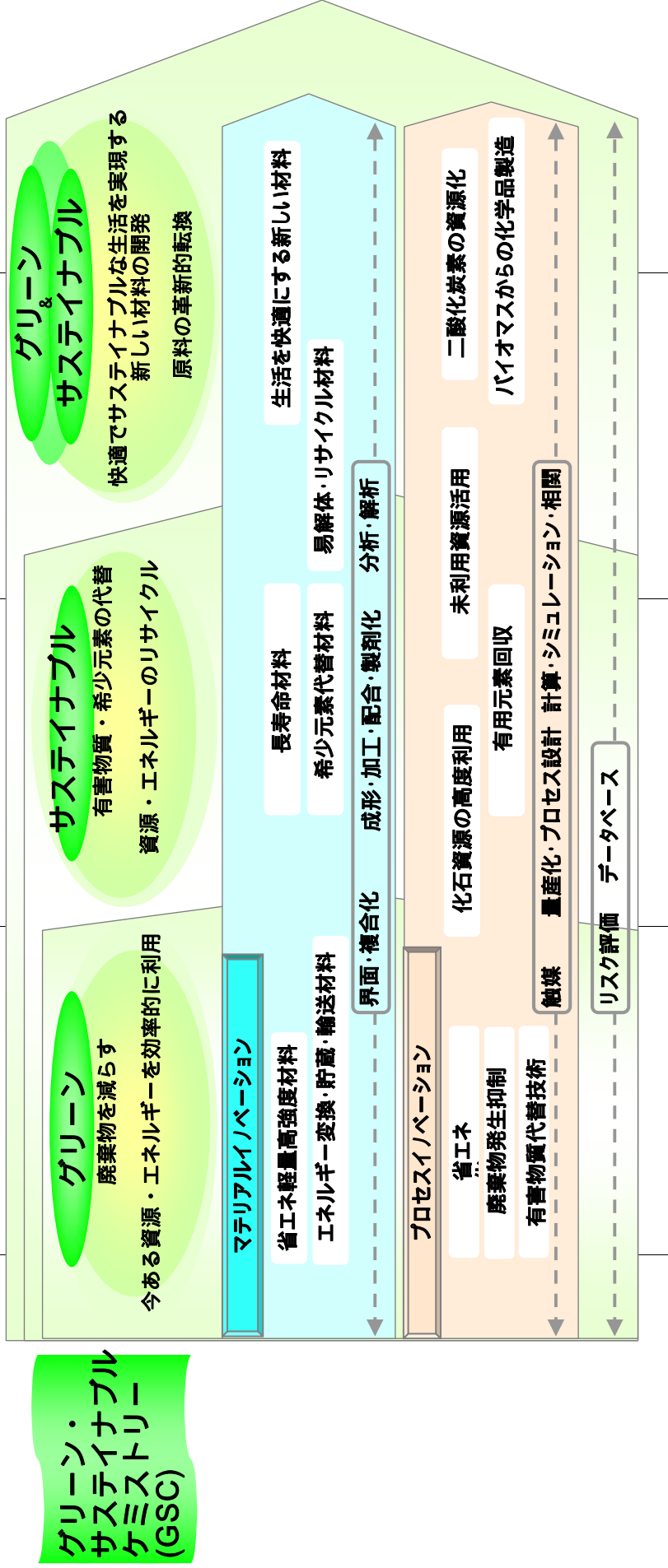
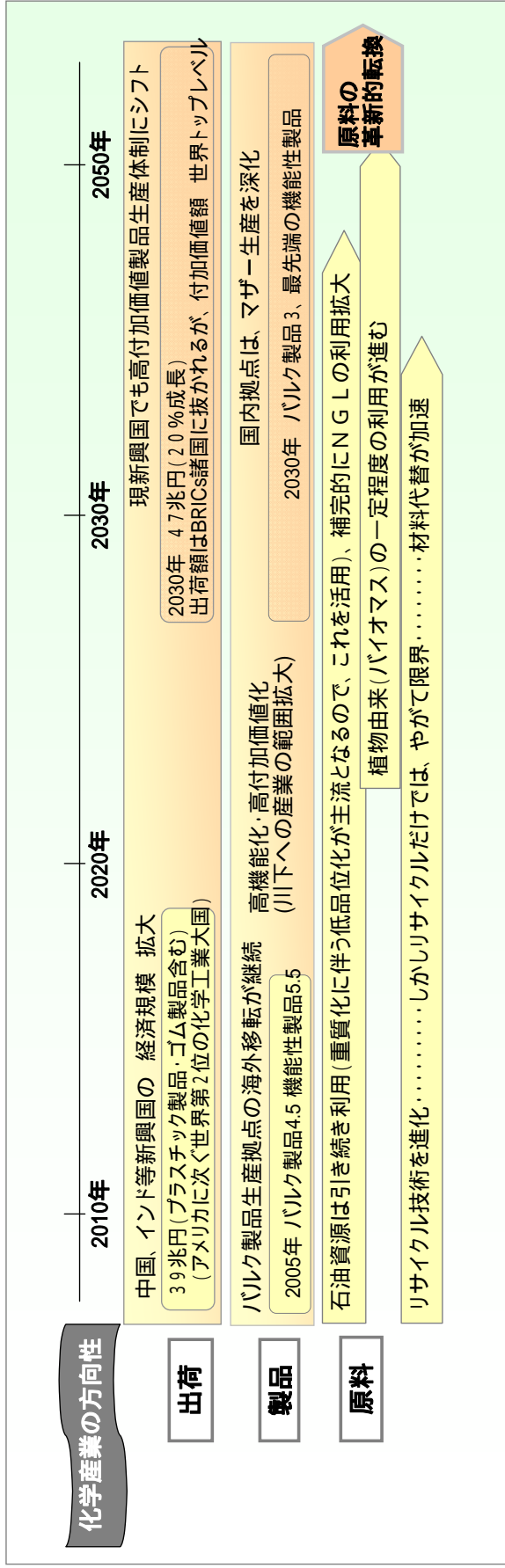
グリーン・サステイナブルケミストリー分野の技術マップ(11/11)

技術カテゴリー	サステイナビリティ	大項目	中項目	NO	テーマ名	テーマ内容等	期待される市場規模 (億円/年)	関連市場分野	GSC評価				産業競争力、新産業創生力評価				温室効果ガス削減効果
									内容と評点 (川下産業含め)				内容と評点				
									所要資源と生産性	エネルギー効率	環境負荷、安全性	リサイクル、廃棄とその他の課題	市場規模	付加価値率	コスト削減、使用済み製品の買戻し	機能向上	

<b>基盤技術</b>	触媒・有機合成・無機合成・バイオ合成 (例えば、ナノ触媒調整技術)
	分析・物性測定
	表面・界面化学
	成形・加工・配合・製剤 (例えば、複合材料の成型・加工技術)
	反応設計・分離・精製・輸送
	計算機化学・構造相関・シミュレーション
	スケールアップ・エンジニアリング
	官能評価
	リスク評価・LCA

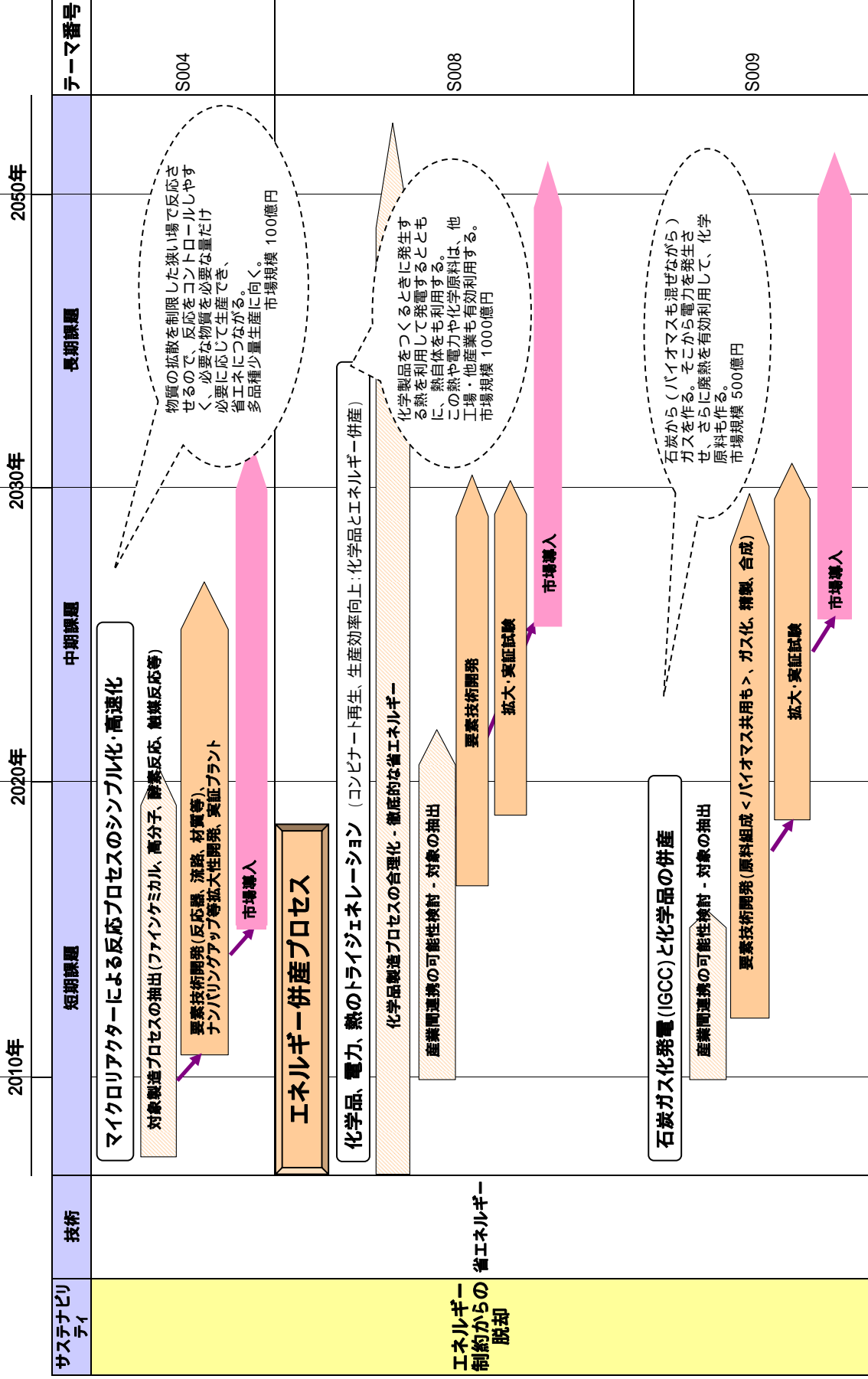


# グリーン・サステイナブルケミストリー分野の技術ロードマップ(2/19)

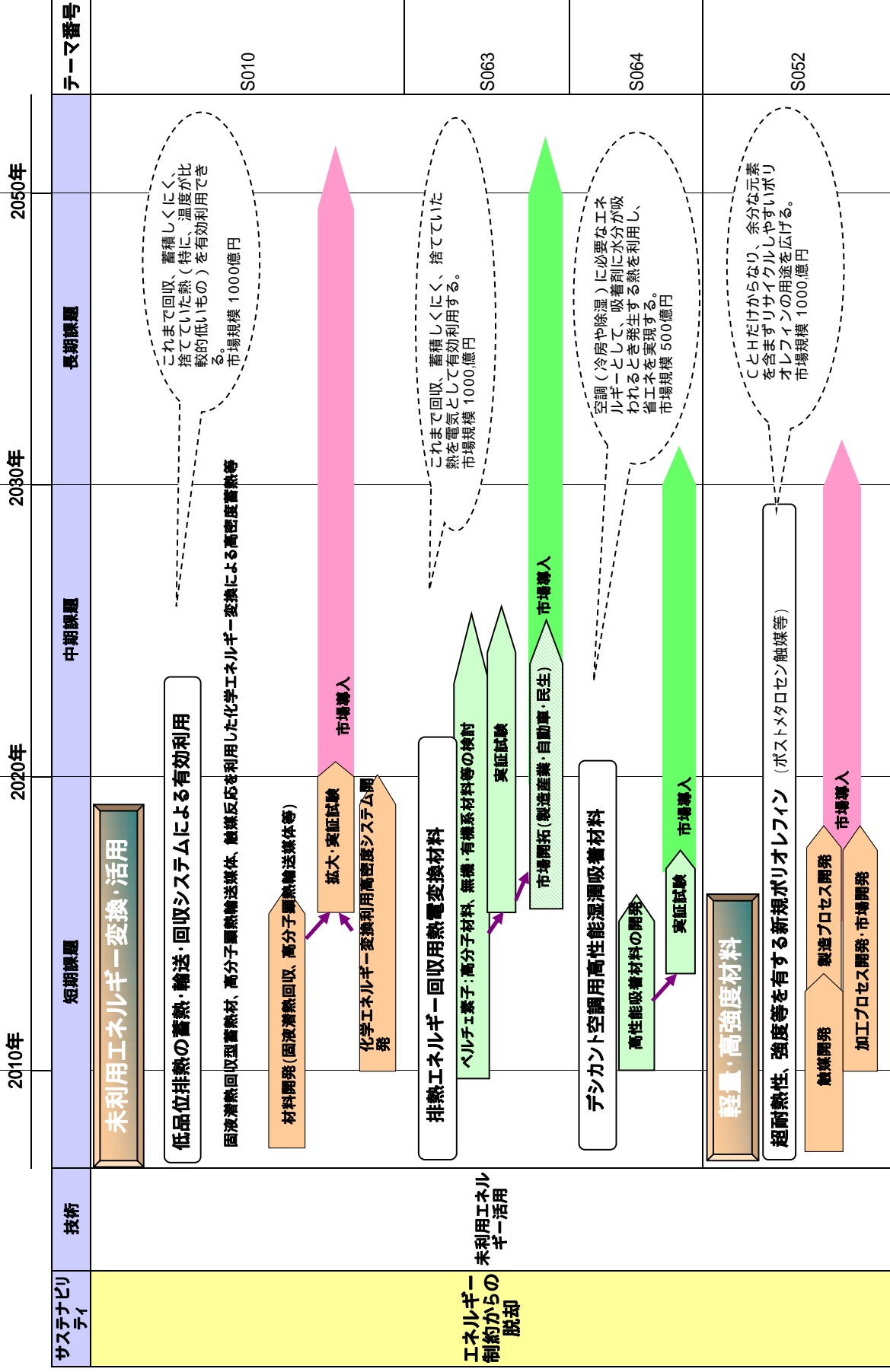




グリーン・サステイナブルケミストリー分野の技術ロードマップ(4/19)

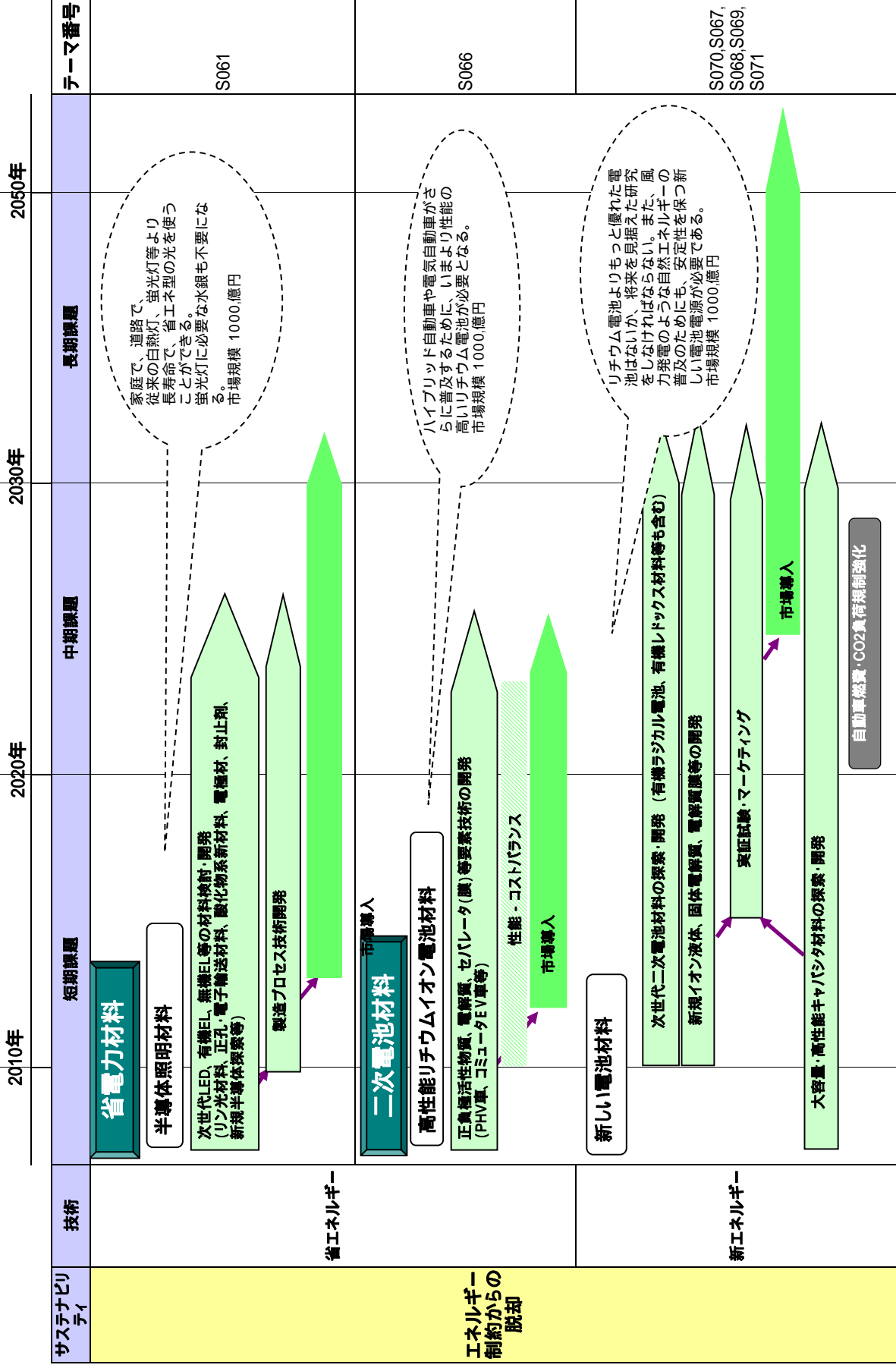


# グリーン・サステイナブルケミストリー分野の技術ロードマップ(5/19)

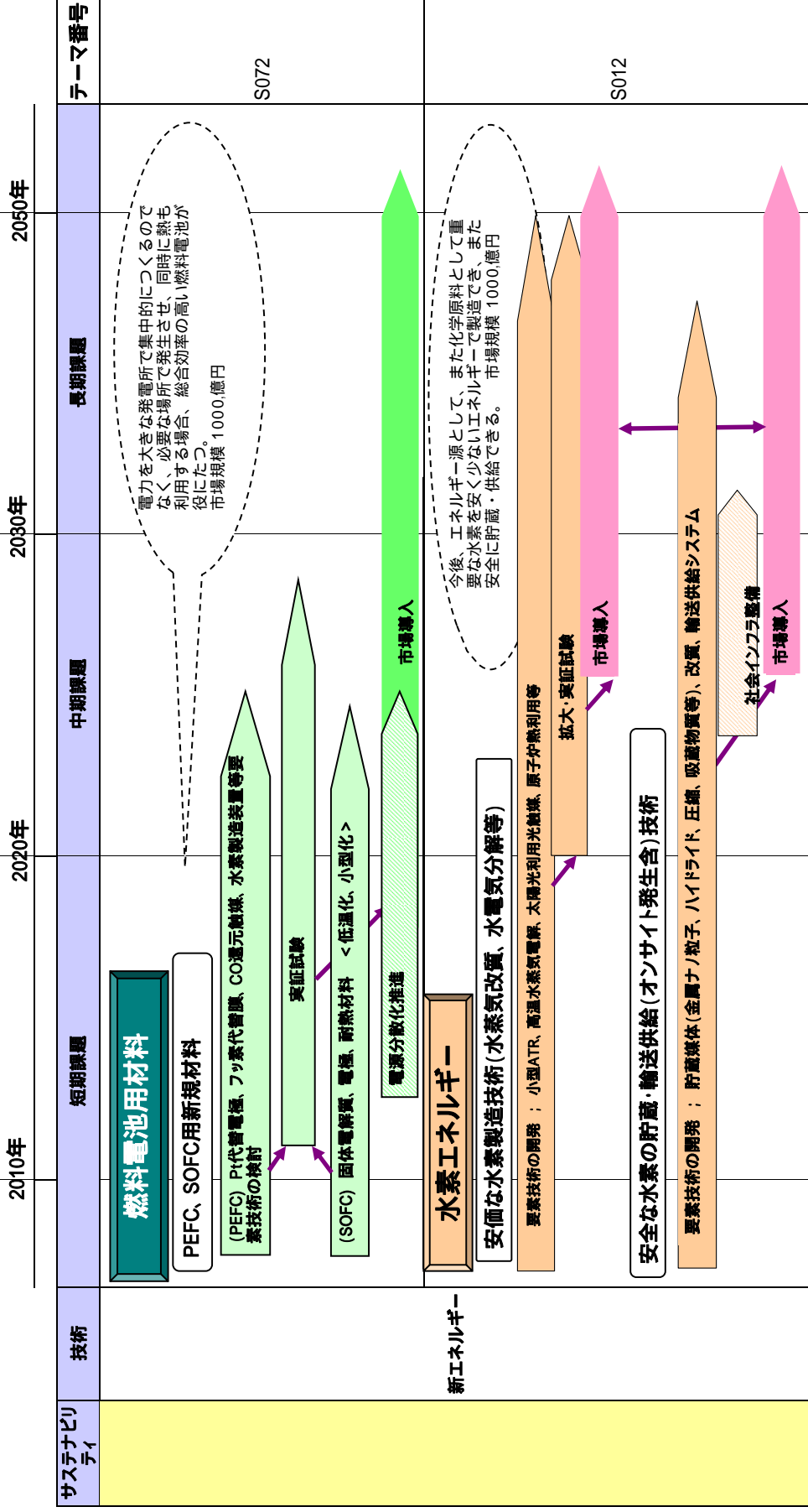




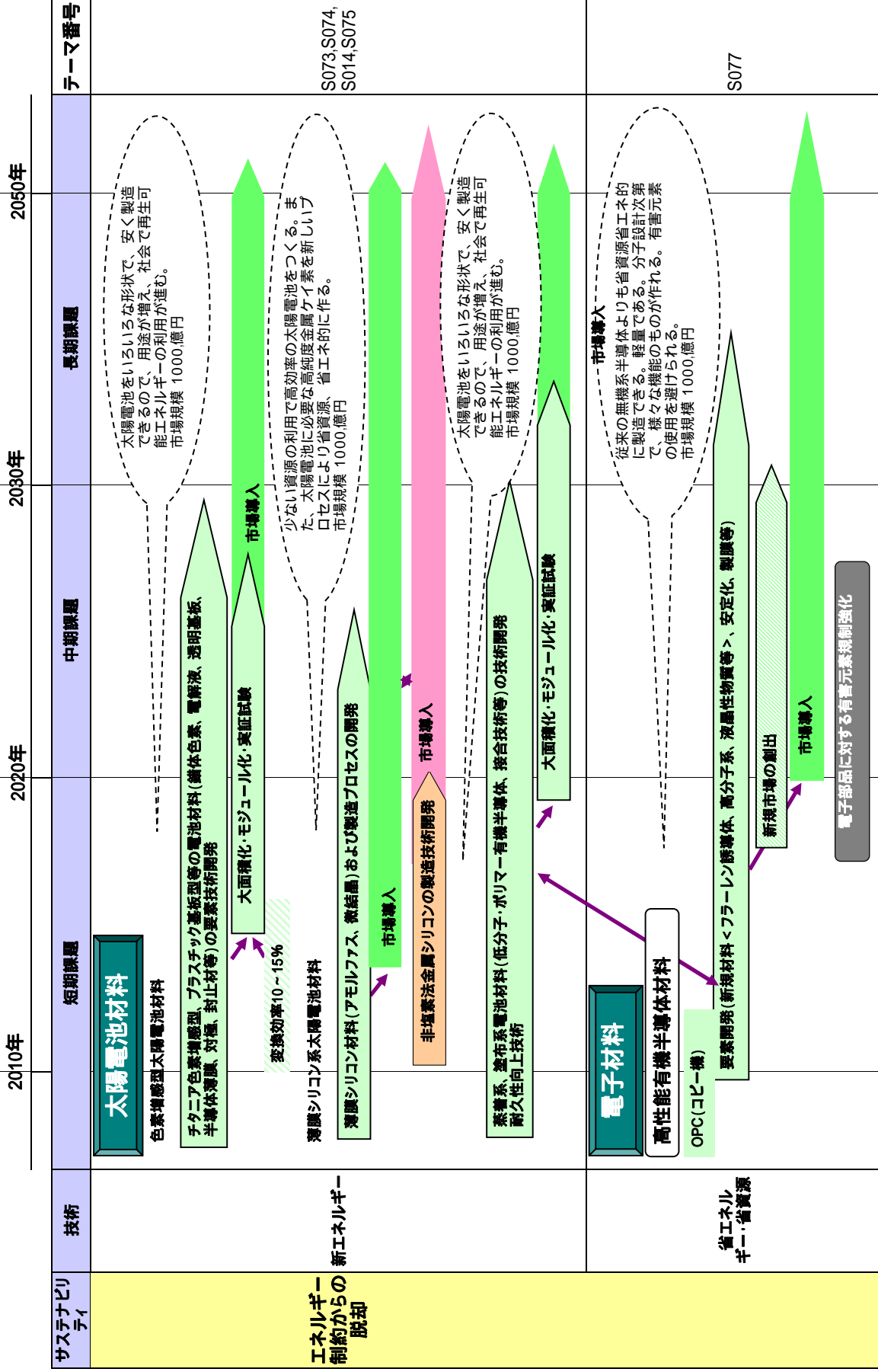
# グリーン・サステイナブルケミストリー分野の技術ロードマップ(7/19)



# グリーン・サステイナブルケミストリー分野の技術ロードマップ(8/19)



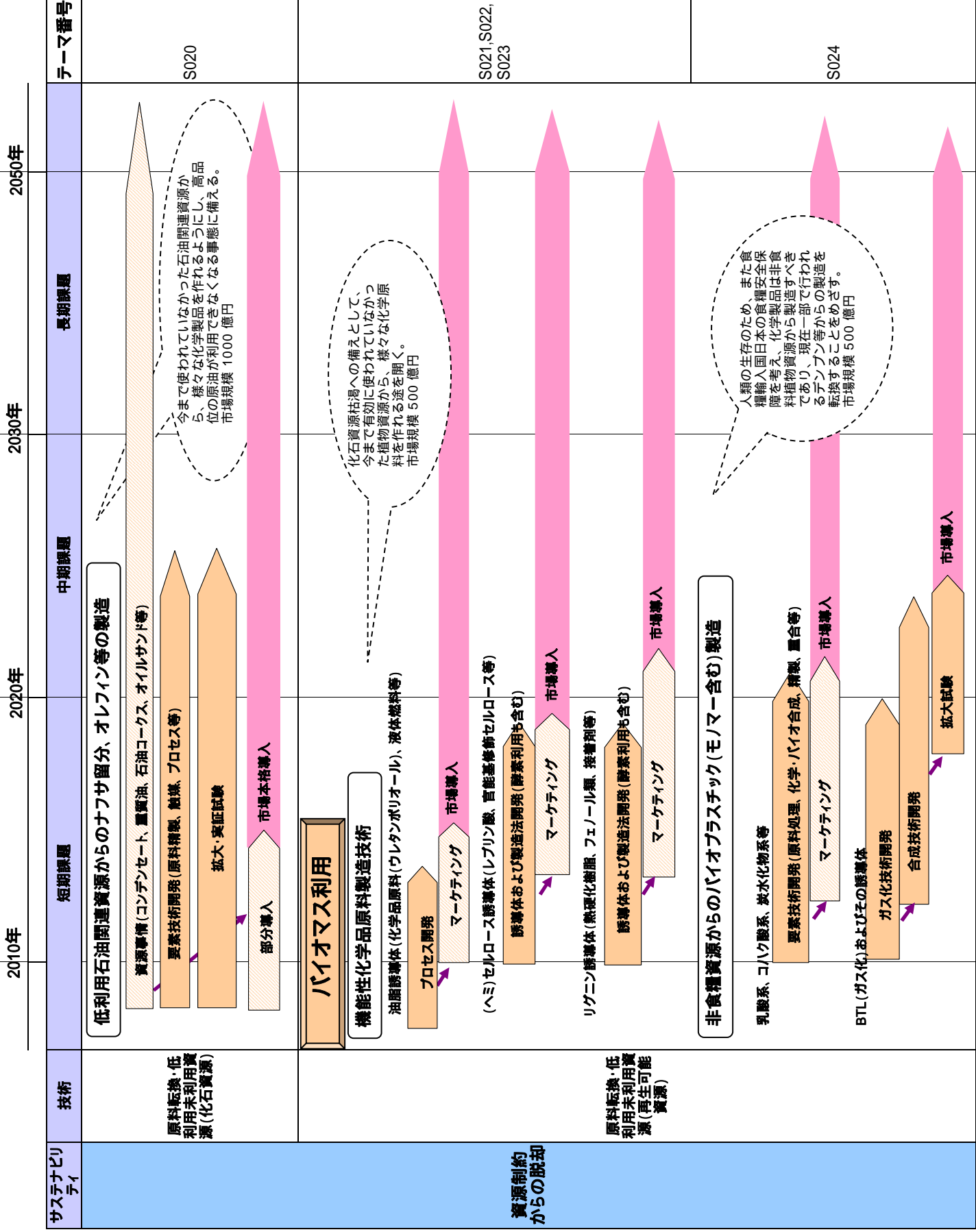
# グリーン・サステイナブルケミストリー分野の技術ロードマップ(9/19)



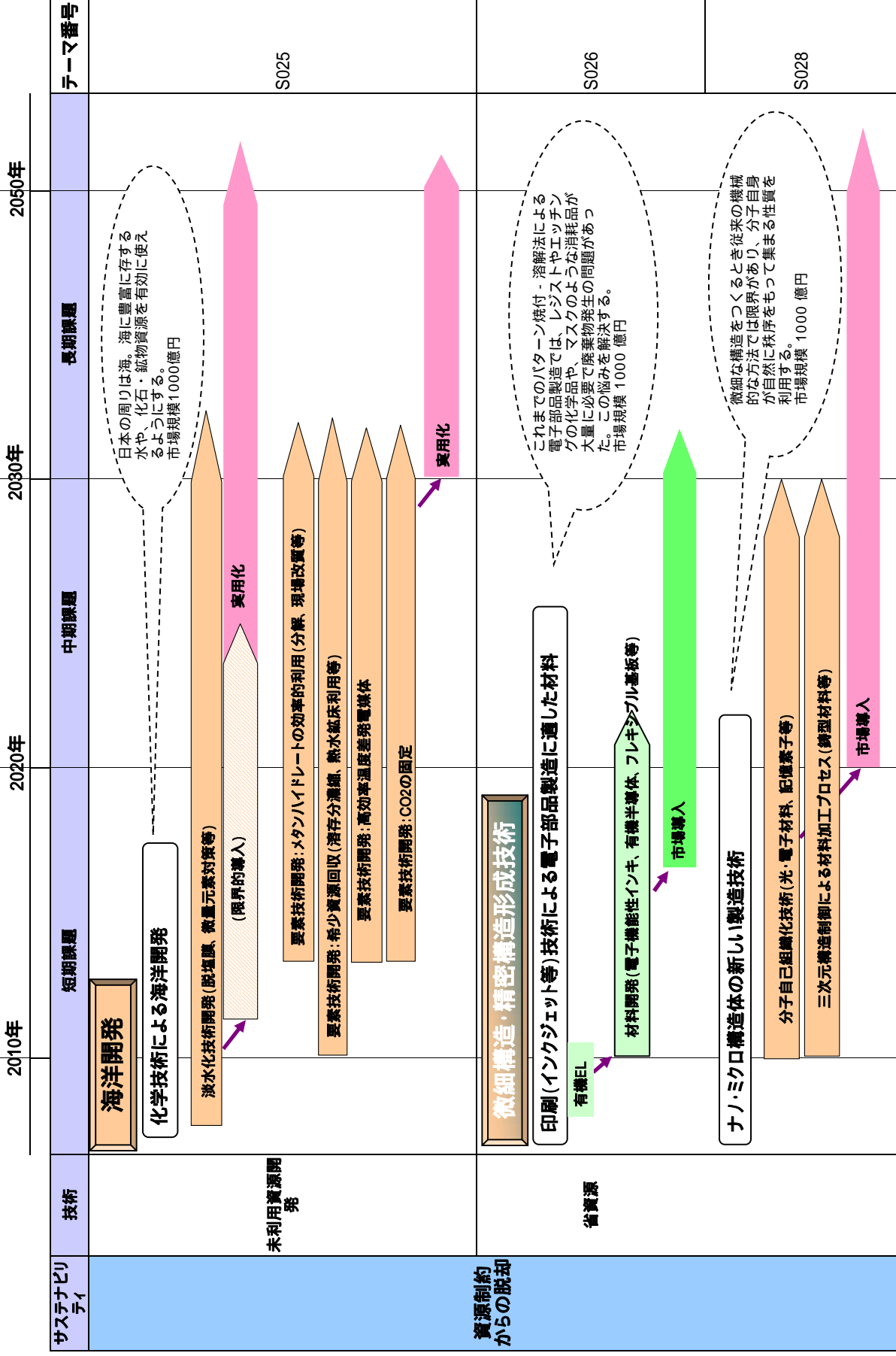
# グリーン・サステイナブルケミストリー分野の技術ロードマップ(10/19)

2010年	2020年	2030年	2050年		
サステナビリティ	技術	短期課題	中期課題	長期課題	テーマ番号
エネルギー制約/資源制約からの脱却	温暖化物質代替/リサイクル	<b>フッ素化学</b> <b>フッ素系機能化学品に関する課題</b> 代替材料開発(冷媒、発泡剤、噴射剤、絶縁材、洗浄剤、半導体資材、Mg精錬資材等) マーケティング 市場導入 回収品・低品位鉱石からのHF製造技術開発 市場導入 フッ素樹脂リサイクル; 要素開発(技術・システム整備)	実用化 代替フロン規制強化	フッ素系化学品を代替することで、地球温暖化等を防ぐ。またフッ素資源の枯渇に備える。市場規模 500億円	S080,S036,S037
		<b>触媒利用プロセス(化石資源)</b> <b>接触法ナフサ分解によるオレフィン、芳香族等製造</b> 触媒開発 要素技術開発(熱収支、原料品質、触媒再生、エンジニアリング等) 拡大・実証試験 市場導入	市場導入	ナフサ分解は、石油化学製品を作り出す最初の重要なプロセス。これまでは熱分解方式のためエネルギーを要し、また欲しい物質だけをつくるのが難しかったが、触媒反応にすることで、省エネと収率向上を図る。 市場規模 1000 億円	S001
資源制約からの脱却	原料転換・低利用未利用資源(化石資源)	<b>(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</b> 化学品原料向けFT-GTL(低濃度、オレフィンリッチ) 触媒開発 プロセス開発・実証試験 市場導入 DMEを経由するプロセス(オレフィン、芳香族、化学品) 触媒・プロセス開発 誘導体検討 市場導入 合成ガスからの化学品直接合成(エタノール等) 触媒開発 プロセス開発・実証試験 市場導入	天然ガス(特にCO2を多く含む使用にくいガス)から様々な化学製品を作れるようにし、原油の枯渇に備える。 市場規模 1000 億円	S018S019	

# グリーン・サステイナブルケミストリー分野の技術ロードマップ(11/19)



# グリーン・サステイナブルケミストリー分野の技術ロードマップ(12/19)



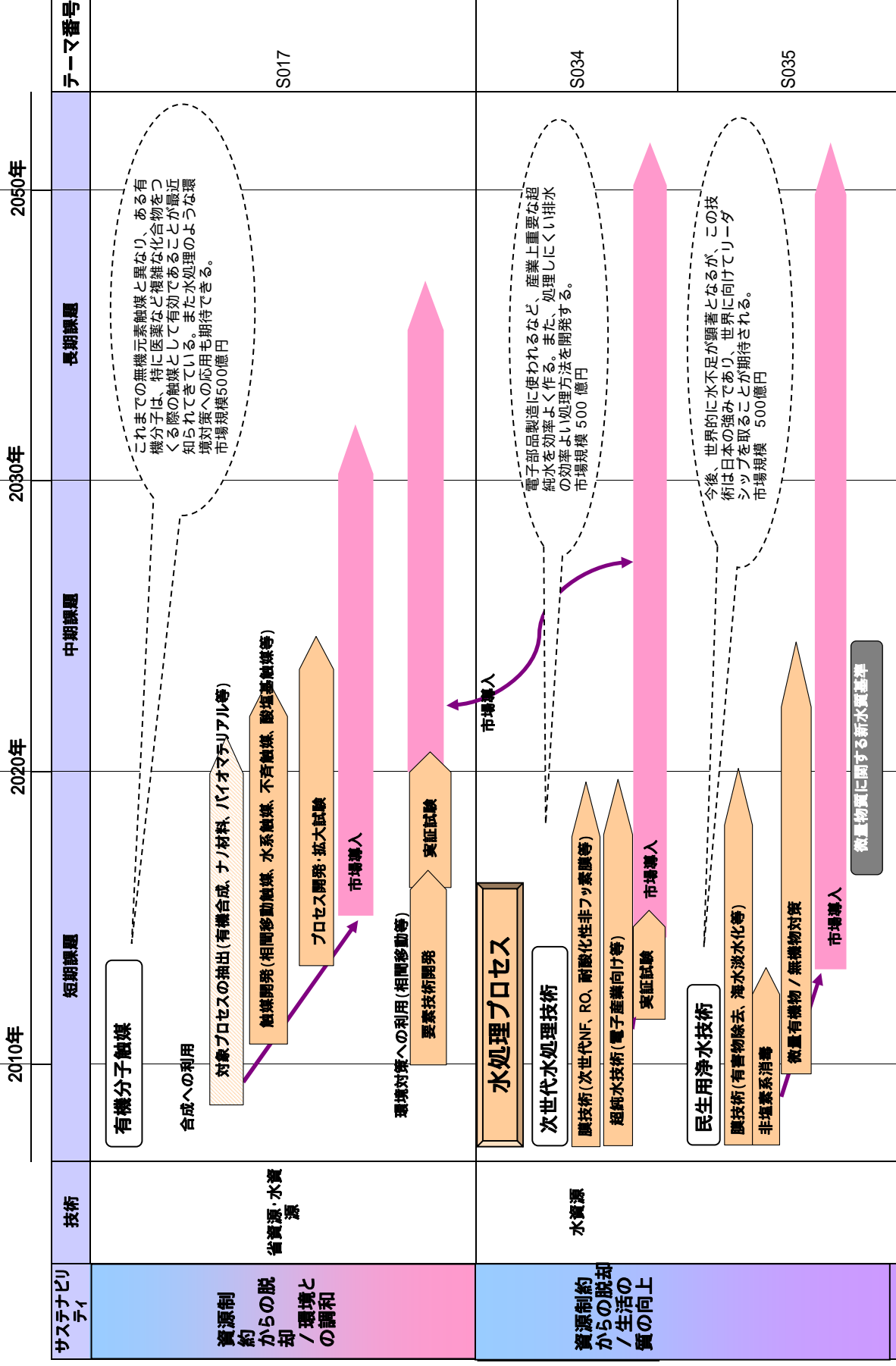
# グリーン・サステイナブルケミストリー分野の技術ロードマップ(13/19)

2010年	2020年	2030年	2050年		
サステナビリティ	技術	短期課題	中期課題	長期課題	テーマ番号
資源制約からの脱却	省資源・代替資源(無機)	<p><b>元素資源の確保</b></p> <p>希少元素、貴金属代替新材料</p> <p>代替材料の開発 触媒(Pd, Pt, Rh, V, Co, Mo, Re) 水素透過膜(Pd) 水素吸蔵(La) 電池(Li) 耐熱材料(Pt, Re) W(工具) 電極(Pt) センサー(Pt) など</p> <p>代替材料の開発 蛍光体/LED(Ga, RE, Sc) EL素子(Se, Sr) 半導体(Ga) 伝導体(Y, V, Sr, Bi) 透明電極(In) フォトリソグラス材料(Nb, Ta) 磁性材料(Ru, Nd, Sm, Dy, Co, Rb) 絶縁体(Hf) 圧電体(Nb, Li, Zr) 熱電材料(Te, Bi, Se) など</p> <p>市場開拓 市場導入</p> <p>他テーマとの関連性が高い</p>	<p>国家的に重要な希少資源が生産国のエゴで供給が途絶えても、代替材料を確保しておくことにより、産業の不全、社会の不全に陥らないようにする。またこれにより、日本としての交渉力を強める。</p> <p>市場規模 1000 億円</p>	S087	
		<p><b>低品位原料 / 廃棄物からの特定元素高効率抽出・精製</b></p> <p>抽出・精製等リサイクル要素技術の開発 (Pt, Au, Cu, B, F, In, RE等)</p> <p>実証試験 市場導入</p>	<p>従来使用されなかった低品位の原料や廃棄物を利用して不測の事態への備えとする。</p> <p>市場規模 1000 億円</p>	S030	
		<p><b>複合材料</b></p> <p>積層フィルムの代替・易リサイクル化</p> <p>複合材料の相溶化等による易リサイクル化</p> <p>樹脂の分子設計による単純組成材料の開発</p> <p>マーケティング 市場導入</p>	<p>現在包装用等に多く使われる樹脂フィルムは、性能面から多数の材料を組み合わせており、リサイクルしにくくなっている。この問題点を解決したい。</p> <p>市場規模 500 億円</p>	S088	

# グリーン・サステイナブルケミストリー分野の技術ロードマップ(14/19)

		2010年	2020年	2030年	2050年
		短期課題	中期課題	長期課題	テーマ番号
サステナビリティ 資源制約からの脱却	リサイクル	<b>ライフサイクル設計向け材料</b> 易リサイクル、易分解性粘接着剤及び自己剥離材料 要素技術開発(非エポキシ系樹脂材料、配合、分解制御手法等) マーケティング(建築、自動車等) 市場導入 DfE設計標準の強化	これまで人手に頼っていた物体の解体を効率化し、リサイクルしやすくする。 市場規模 500 億円	S089	
	資源制約からの脱却 / 環境との調和	<b>触媒利用プロセス</b> 選択的酸化プロセス 直接酸素酸化技術(直接法フェニール、直接法エポキシド、パラフィン酸化、Cat2Al7Oxide等の活性酸素包接化合物利用等) 触媒開発 省資源・原料転換・廃棄物削減	触媒開発 プロセス開発・拡大試験 市場導入	化学工業の基本である酸化反応は、これまでプロセスが複雑で、また副産物を多く出していた。これを減らす。 市場規模 500 億円	S016,S039
		過酸化水素の直接製造法 直接法過酸化水素;触媒開発 直接法;プロセス開発(安全性を含むエンジニアリング等) 直接法;海外技術評価	市場導入	水素と酸素から直接製造した過酸化水素を多面的に利用する。 過酸化水素はすぐれた酸化剤であり、選択的に酸化でき、副産物が少なく(しかも水)。 市場規模 1000 億円	S039
		過酸化水素、オゾン等の利用による選択的酸化 対象プロセスの抽出(エポキシド等基礎化学品、フラインケミカル、漂白、環境浄化等) プロセス開発・拡大試験 市場導入	市場導入		

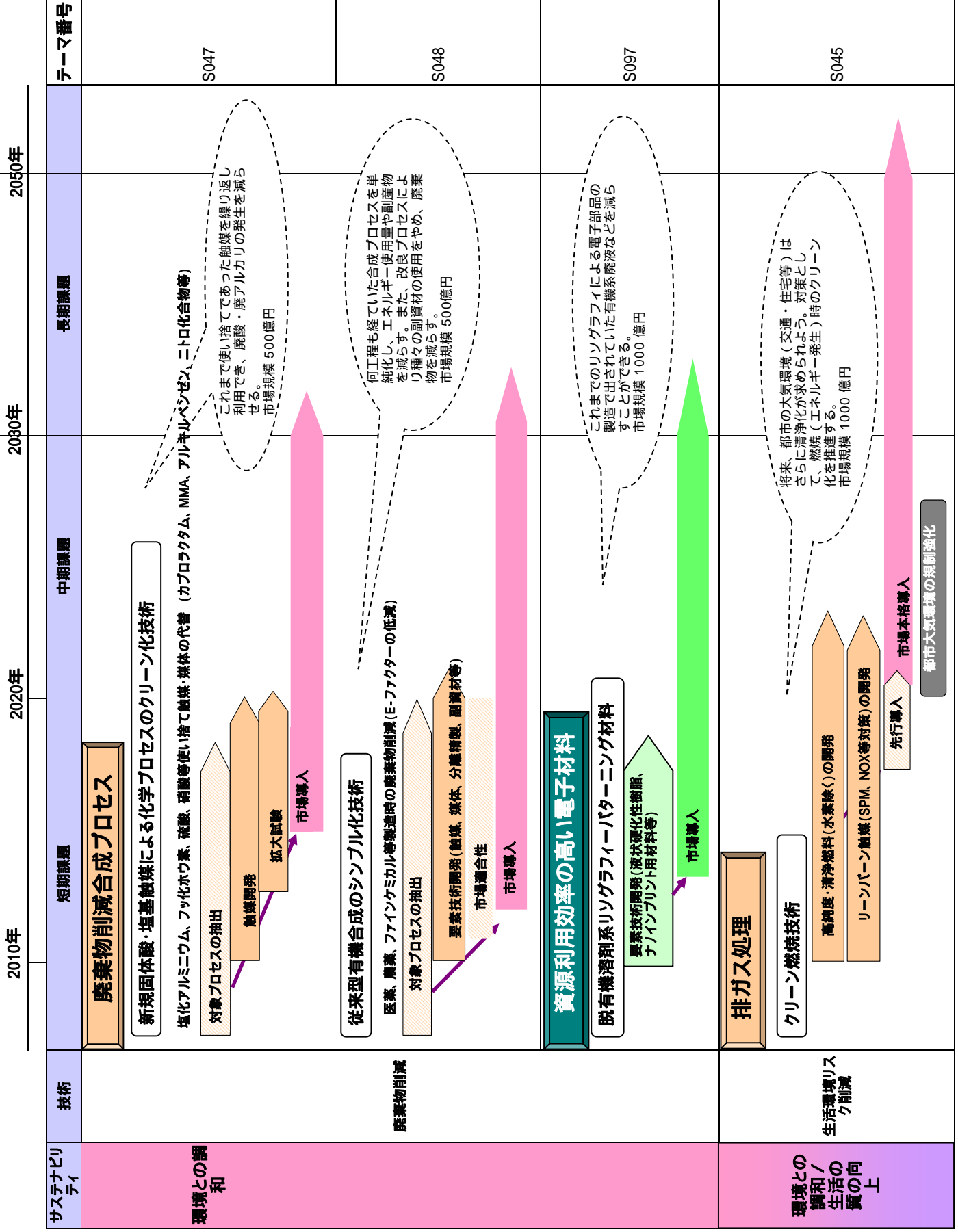
# グリーン・サステイナブルケミストリー分野の技術ロードマップ(15/19)



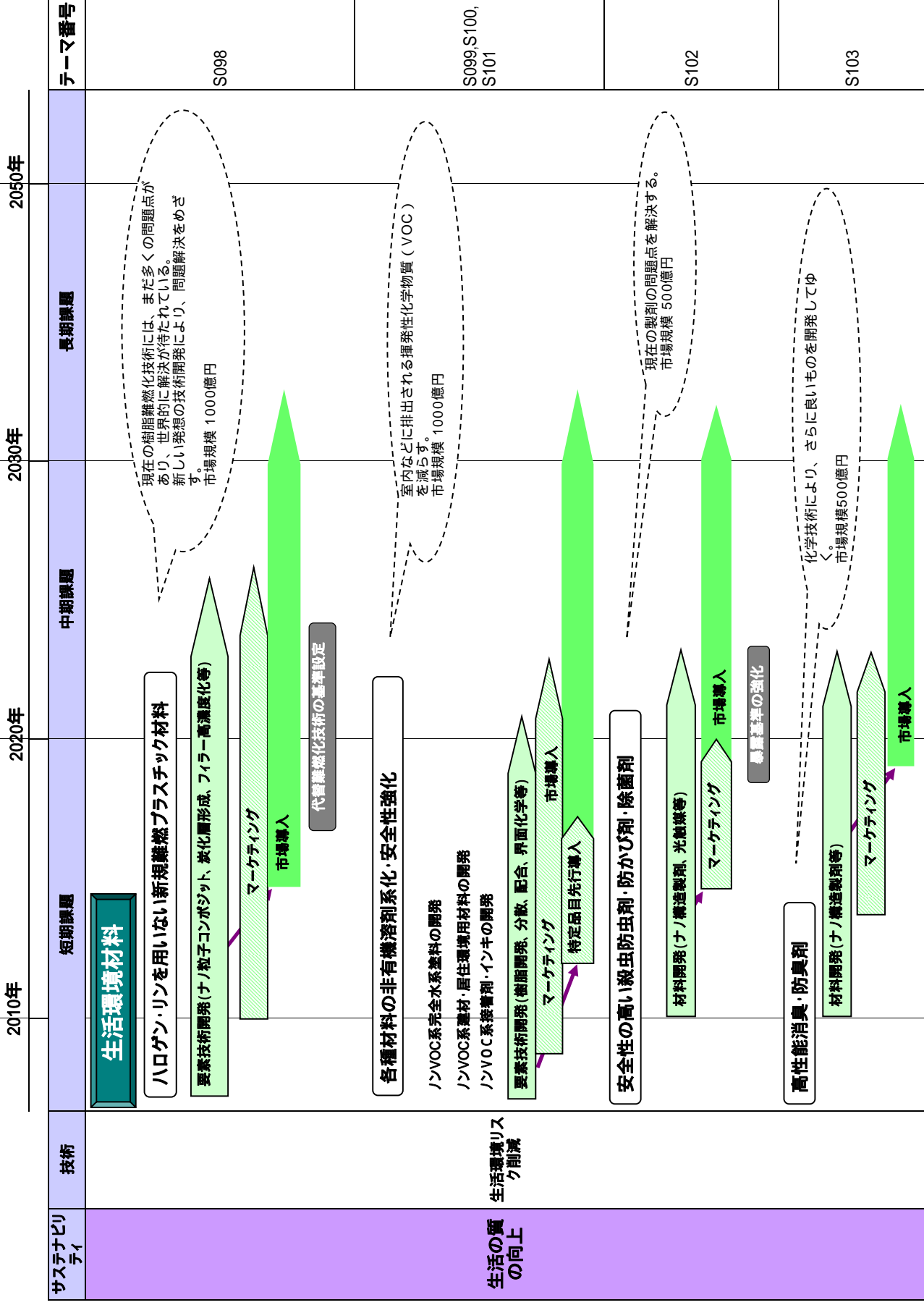
# グリーン・サステイナブルケミストリー分野の技術ロードマップ(16/19)

2010年	2020年	2030年	2050年		
サステナビリティ	技術	短期課題	中期課題	長期課題	テーマ番号
環境との調和	物質代替	<p><b>ノンハロゲンプロセス・材料</b></p> <p>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、ファイナケミカル等の製造）</p> <p>触媒開発</p> <p>プロセス開発・拡大試験</p> <p>市場導入</p>	<p>有害性のあるホスゲンの使用を中止することも含め、塩素化合物の環境排出量を下げる。</p> <p>市場規模 1000 億円</p>	S038	
		<p>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</p> <p>ノンハロ材料：対象の抽出</p> <p>ノンハロ材料：製造技術開発</p> <p>ノンハロ材料：マーケティング(不純物とコスト)</p> <p>市場導入</p>	<p>これまで塩素等の酸化剤を利用していた高分子材料等を、副生物を出さない過酸化水素を用いてつくり、性能向上とともに環境負荷を下げる。</p> <p>市場規模 500 億円</p>	S039	
		<p><b>臨界媒体利用加工プロセス</b></p> <p>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</p> <p>対象プロセスの抽出</p> <p>プロセス検討・技術の展開(塗装、表面処理、重合、発泡、複合化、洗浄、めっき等)</p> <p>市場導入</p>	<p>これまで各種の材料加工に必須だった有機溶剤の使用をやめてCO<sub>2</sub>に代替する。</p> <p>市場規模 500億円</p>	S040	
		<p>亜臨界、超臨界流体を利用した高度洗浄技術</p> <p>対象プロセスの抽出</p> <p>要素技術開発(媒体、臨界条件用装置、添加剤等)</p> <p>市場導入</p>	<p>種々の加工作業に不可欠な洗浄工程で、これまで用いられてきた有機溶剤を代替する。</p> <p>市場規模 500億円</p>	S041	

# グリーン・サステイナブルケミストリー分野の技術ロードマップ(17/19)



# グリーン・サステイナブルケミストリー分野の技術ロードマップ(18/19)



# グリーン・サステイナブルケミストリー分野の技術ロードマップ(19/19)

2010年	2020年	2030年	2050年	テーマ番号
<p><b>サステナビリティ</b></p>	<p><b>技術</b></p>	<p><b>短期課題</b></p>	<p><b>中期課題</b></p>	<p><b>長期課題</b></p>
<p>水環境の保全</p>	<p>環境中で分解しやすい洗剤</p> <p>材料開発(バイオサーファクタント、天然物誘導体、易分解合成剤)</p> <p>マーケティング</p> <p>特定品目先行導入</p> <p>市場本格導入</p> <p>既存品に対する規制強化 分解性基準設定</p>	<p>川や湖や海を汚さずに、洗濯物をきれいに。</p> <p>市場規模 500億円</p>	<p>S104</p>	
<p>生活の質の向上</p>	<p>アムニティ増進</p>	<p><b>アンチエイジング機能等をふまえた未来型化粧品素材</b></p> <p>未来生活イメージ構想</p> <p>材料開発</p> <p>マーケティング</p> <p>市場導入</p>	<p>将来のより充実したくらしのために、人の自然な生理機能に逆らうことなく、老いを防ぎ、いつまでも美しく。</p> <p>市場規模100億円</p>	<p>S105</p>
		<p><b>高機能性食品包材</b></p> <p>保冷・酸化防止・脱水・保通・遮光・密封・異常検知等の機能を備えた包材を用いることによる食品廃棄物削減</p> <p>材料開発</p> <p>マーケティング</p> <p>市場導入</p>	<p>高機能自給率の低い我が国として、品質保持と廃棄削減は重要。</p> <p>市場規模500億円</p>	<p>S106</p>
		<p><b>個人行動支援 - 次世代自動車・ロボット・介護装置向け材料(スマート材料、センサ、アクチュエータ等)</b></p> <p>要素技術開発(個別技術および生体適合性、安全性)</p> <p>社会適合性の研究</p> <p>マーケティング</p> <p>市場導入</p>	<p>高齢化社会の進展に伴い、個人の行動支援の必要度はますます高まる。行きたいところに行く。強い力が要るときに、助けてくれる。人の感知する力、判断する力を補って、安全性を確実にする。</p> <p>市場規模500億円</p>	<p>S179,S107,S065</p>
		<p><b>遮音、遮熱、断熱、電磁波遮蔽材料</b></p> <p>材料開発(新規ガラス、新規建材、複合材料等)</p> <p>材料開発(騒音低減道路舗装材)</p> <p>マーケティング</p> <p>市場導入</p> <p>断熱基準・騒音遮断基準の強化</p>	<p>騒音規制は今後強化される。また、遮熱断熱は強力な省エネ対策である。</p> <p>市場規模 1000億円</p>	<p>S108,S109</p>

技術戦略マップ俯瞰図

エネルギー制約からの脱却(省エネルギー・新エネルギー・CO2削減)

省エネルギー (既存プロセスの省エネ化・新しい省エネプロセス・材料)

省エネ型分離プロセス (膜・細孔利用)

排熱利用・熱電変換

化学品、電力、熱の一体生産

電気/化学エネルギー変換

マイクロ波の利用

マイクロリアクター

接触法ナフサ分解によるオレフィン製造

選択的酸化プロセス (過酸化水素/酸素の利用)

低品位天然ガス・重質油資源の利用

非食糧バイオマスの利用  
機能性化学品・燃料・プラスチック

ケイ素化学

水素エネルギー

太陽電池材料

有機半導体

新エネルギー分散エネルギー

化学技術

自動車・運輸・機械産業

エネルギー産業

電機・電子・情報産業

リサイクル設計向け材料 (複合材料のシンプレックス設計材料)

有機分子触媒  
海洋開発 (造水・資源回収)

資源制約からの脱却(省資源・未利用資源・水資源・リサイクル)

プロセスイノベーション

生活の質の向上(生活環境リスク削減・アメニティ向上)

個人行動支援 - 介護ロボット、次世代自動車用素材

食品包材 (品質保持・異常検知等)

人体・哺乳動物に影響のない薬剤 (殺虫防虫剤・農薬・抗菌消臭剤等)

化学技術

民生・業務分野

サステイナブル社会の実現

建築・土木・社会インフラ産業

難燃性プラスチック

新しい樹脂添加剤

脱溶剤リソングラフイー材料

リサイクル容易なゴム・エラストマー

有機合成のシンプレックス

固体酸塩基触媒

非ハロゲン法による化学品製造

環境との調和(物質代替・廃棄物削減)

合成(触媒・有機・無機・バイオ)

計算化学・構造関連

プロセスイノベーション

基礎技術

成形・配合・製剤・界面

リスク評価・LCA