

イニシアティブ GSC-21 提言書

— 化学技術の挑戦 —

2002年9月1日

グリーン・サステイナブル ケミストリー ネットワーク (GSCN)

(社) 化学工学会

(社) 高分子学会

(社) 日本化学会

(独立行政法人) 産業技術総合研究所

(社) 日本化学工業協会

(社) 新化学発展協会

(社) 化学情報協会

(財) バイオインダストリー協会

(財) 化学物質評価研究機構

(財) 化学技術戦略推進機構

持続可能な社会を実現する「化学技術の挑戦」

20 世紀の科学技術の進歩により、人類は大量生産・大量消費の文明を築いた。この急激な変革により、資源(原料資源・エネルギー資源、食糧資源)の枯渇や、地球温暖化、オゾン層破壊に代表される地球規模での環境問題、内分泌攪乱物質や難分解性化学物質による生態系への影響が懸念され、人類の将来に深刻な不安をもたらしている。生態系外から大量の化石資源を採掘し生態系内に使用後の廃棄物を排出してきたこと、そしてこの間の医療や農畜産技術の進歩によってもたらされた人口爆発と相まって、地球規模での生態系循環システムへの影響が無視できないレベルに至ったと認識されている。我々は漸くそのことに気づき取り組みを開始しているが、国家間や消費者、産業界、学界等の歩調が必ずしも同期しているわけではない。

我々化学の関係者は 2 年前にグリーン・サステイナブル ケミストリー ネットワーク (GSCN) を設立して、グリーン・サステイナブル ケミストリー(以下 GSC と略す)の重要性を訴えてきた。この活動は、OECD(経済協力開発機構)や IUPAC(国際純正応用化学連合)などでも取り上げられており、世界的に技術開発活動が活発化している。この結果、かつて日本は公害対策技術や環境対応技術の分野では優位な位置づけにあったが、諸外国による戦略的な取り組みの開始により優位性を維持するための新たな対応が求められる段階に入ったと認識される。

GSC は、枯渇性資源(原料、エネルギー)の消費を最小化し、かつ製造・加工プロセスで排出される廃棄物及び使用後に排出される廃棄物を最小化すると共に、使用時を含めた全ライフサイクルにわたって「人と環境の健康、安全」を実現する化学技術とされる。優れた技術が実用化され一般化されることによって前記目的が実現されることから、GSC では確立技術の経済性が必須要件として強く求められている。学界が有する革新的な発想・着想力と産業界が有する高度な構想・展開力が組み合わせられてはじめて成立するものである。

我々は、「持続可能な社会の実現」と「日本の産業の国際競争力強化」に向けて、化学産業を含むすべての産業にとって、GSC の実践「化学技術の挑戦」が喫緊の課題であると確信し、ここに「イニシアティブ GSC-21」の推進の必要性を提言する。

本提言は、国家戦略で重要領域と指定された 8 つの領域の内、「環境」、「製造技術」、「ナノテクノロジー・材料」、「ライフサイエンス」、「エネルギー」を包含し、21 世紀の産業技術の基盤となる重要技術である。

記

1. **グリーン・サステイナブル ケミストリー (Green Sustainable chemistry: GSC) は、人類社会の持続的発展を支える基盤技術である。**

私たちの生活は、衣食住のいずれにおいても物質と材料、食料、医薬など、化学技術無しでは成立し得ない。資源の枯渇が現実化しつつある現在、一刻も早く新しい化学技術体系への移行を図る必要がある。

そのためには、1) 枯渇性資源の利用効率の最大化 2) エネルギー資源利用効率の最大化 3) 再生可能資源の活用 4) 廃棄物や副生成物などを発生しない製造技術・加工技術の開発 5) 人体や環境に重大な悪影響を及ぼさない物質・材料・製品の開発 6) 物質・材料の高機能化、高性能化による限界特性の実現と利用技術の開発 7) 使用後の製品のリデュース・リユース・リサイクル技術の開発 (8) 環境修復技術 などの実現が重要である。

2. **グリーン・サステイナブル ケミストリー (GSC) は、社会や産業に大きな影響を与え、新時代を切りひらく基盤技術である。**

化学産業は、食品包装や衣料材料、住宅建築材料や医薬品など、清潔で健康・快適な社会生活を維持するための必須の製品を提供している。一方、金融・サービス産業を除くすべての産業分野に物質や素材、材料を供給し、それらは各産業の基幹物質として必要不可欠である場合が多い。従来の化学技術に新たに GSC を導入することは、新時代の社会生活や産業活動に質的変換をもたらすと期待される。GSC は人類の生命活動、経済活動と地球環境との調和を可能とする新しい革新的な技術基盤を提供する。

3. **グリーン・サステイナブル ケミストリー (GSC) は、国家戦略の下、産学・産産の連携による高度な基礎研究と基盤技術研究、応用技術研究の融合を必須とする。**

大学や国公立研究所が有する独創的・先駆的な基礎化学・基盤化学技術開発力と、化学産業界が有する高度な応用技術開発力の融合により、世界に冠たる基盤技術を開

発することが期待される。また、化学と物理学や地学、生物学、農学、医学、電気・電子工学、機械工学、土木工学などの学際を超えた学問領域や技術領域との融合、更には社会学や経済学などとの連携により、効果的な GSC の実践が可能となる。このような新しい基盤技術開発システムの活用により、社会への成果の還元が速やかに実現されると期待される。GSC の推進は、その構成範囲の広さ、規模と社会的な影響力の大きさから、国家戦略の下で遂行されるべきである。異分野の知恵を結集して独創的・革新的な基盤技術開発を成功させることが、日本ひいては世界の持続可能な社会の実現への貢献に結びつくと確信する。

4. 基盤技術開発の代表例

(1) 枯渇性原料資源の利用効率の最大化

化石資源(石油、石炭、天然ガス、メタンハイドレート他)の利用効率、他

(2) エネルギー資源利用効率の最大化

燃焼システム、燃料電池、エネルギー貯蔵システム、高効率太陽エネルギー (光、熱エネルギー、化学エネルギー、風力、潮汐等) 変換システム、高効率地熱エネルギー変換システム、他

(3) 再生可能資源の活用

バイオマスの資源化、食品廃棄物の資源化、農業廃棄物の資源化、水産・畜産廃棄物の再資源化、尿尿廃棄物の再資源化、他

(4) 廃棄物や副生成物などを発生しない製造技術・加工技術の開発

高活性・高選択性触媒、過酸化水素酸化反応、バイオミメティック反応、高性能・高機能分離膜、マイクロリアクター、膜リアクター、イオン性流体、超臨界流体、代替溶媒、新反応場 (マイクロ波、超音波、レーザー利用など)、他

(5) 人体や環境に無害な物質・材料・製品の開発

生分解性物質・材料、天然物と類似構造の物質・材料、添加剤、他

(6) 物質・材料の高機能化、高性能化による限界特性の実現と利用技術の開発

高分子材料の一次構造・三次構造の精密構造制御、有機/無機複合材料、自己組織化材料(自己修復材料を含む)、傾斜構造材料、界面構造制御技術、センサー、LCD/EL 素子、DDS、他

(7) 使用後の製品のリデュース・リユース・リサイクル技術の開発

プラスチックのケミカルリサイクル技術、プラスチックの表面特性(耐擦傷性、耐摩耗性、耐熱・耐光・耐候性)、超高強度材料、超耐腐食材料、有機溶剤、他

(8) 環境修復技術

バイオレメディエーション、化学レメディエーション など。

5. グリーン・サステイナブル ケミストリー (GSC) 基盤技術開発を支える重要課題

(1) リスク評価技術 GSCにより問題解決を図る場合、化学物質のリスクの評価と実現に際しての費用対効果を評価することにより、優先順位づけを行うことが重要である。克服すべき障壁を定量的に把握し、戦略的に資源配分を行って、リスク削減のための技術開発と並行して推進することが望まれる。

(2) グリーン度評価技術 従来技術からの改善度合いを定量的かつ客観的に評価することが重要である。現状レベルに BAT (Best Available Technology) を適用することによって、時代のトップ技術に対する改善度の評価が可能となる。技術開発の進捗管理にも有効であり、効果的・効率的に技術開発を成功させるための必須技術である。

(3) 情報交換基盤の整備 IT 技術を活用して、世界中の研究技術者と情報交換することによって、より効果的・効率的な技術開発が可能となる。また、消費者を含めた問題意識の共有化により、社会への開発成果の導入を促進し、改善効果を増幅するためにも、社会への適切な情報公開が重要である。

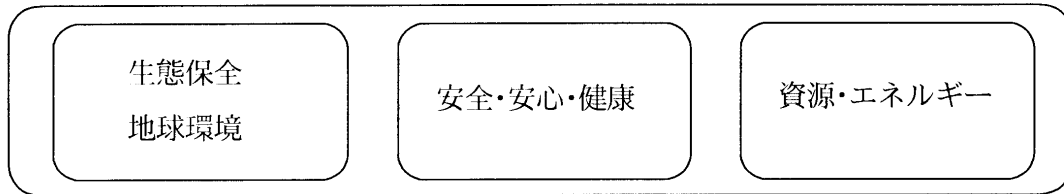
(4) 教育システム・教材の整備 GSC を効果的に機能させるためには人材の育成が急務であり、GSC 重視の考え方を化学教育に取り入れる必要がある。近年、我が国では小中高生の理科離れが顕在化し、特に化学を志す大学生が減少している。この現象は、我が国が直面している課題の克服を著しく困難なものにしている。米国では、アメリカ化学会が小学生までをも対象にした幅広い教材を準備して指導に当たっている。日本ではグリーン・サステイナブル ネットワーク (GSCN) が 2002 年に理科系の大学 1-2 年生向けの環境教育に係る教材を出版した。これを契機に、児童をも対象に加えた本格的な教材整備事業を開始するべきである。

- (5) **社会学的・経済学的視点の導入** GSC 技術開発の成果を円滑にかつ世界に先駆けて社会に導入し、成功するためのシステムの整備が重要である。それには情報公開を通じて社会による受容性を確保するための活動、導入の障害となる規制の撤廃や諸習慣の改革、開発技術を応用展開するための人材の育成や、事業の立ち上げを支援する制度など、プロジェクトを確実に社会的成果に結びつける補助的施策が重要である。また、技術関係者だけでなく、社会学や経済学、更には広く NGO・NPO や消費者の意見をも取り込んだ新しい取り組みを導入することが必要である。

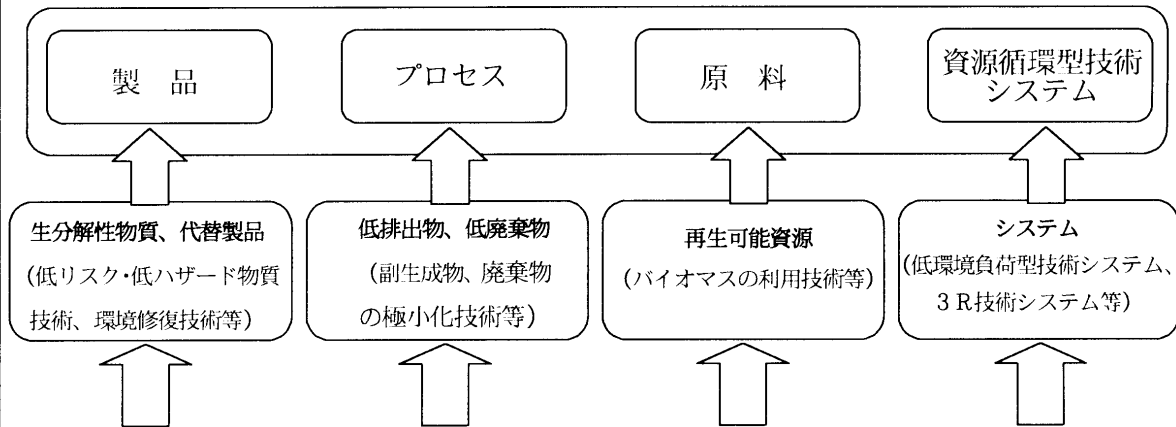
以上

GSC-21 イニシアティブ

持続可能な社会



資源・循環型 ↑ システムの構築



エネルギー

- ・太陽エネルギー（高効率太陽電池） ・炭化水素（化石エネルギーの効率的活用、高効率燃料電池）
- ・水素エネルギー（水素製造、貯蔵） ・自然エネルギー利用技術（風力、地熱、潮流） ・エネルギーの貯蔵・輸送）
- ・低品位エネルギー利用技術 ・省エネルギー技術

地球環境

- ・地球温暖化対応技術 ・オゾン層破壊化学物質制御技術 ・水資源環境保護技術
- ・放射性廃棄物対応技術 ・土壌汚染のレメディエーション技術 ・安全・安心空間創生材料

資源

- ・ゴミゼロ・資源循環技術 ・再生可能資源の活用技術 ・深海水利用技術 ・海洋牧場技術
- ・メタンハイドレートの利用技術
- ・時限分解マテリアル技術
- ・高度に制御された生分解ポリマー技術 ・CO₂資源化技術（CO₂分離膜）

ライフサイエンス

- ・バイオミメティックス技術 ・医療・生体関連マイクロマシンの開発
- ・化学修飾生体分子の設計と自己組織化技術

基盤技術

- ・高度不斉合成（100% ee） ・高効率・高選択性触媒技術
- ・代替溶媒（無溶媒反応技術 ・固相反応・超臨界・イオン流体媒体技術）
- ・分離・リサイクル技術
- ・化学物質安全評価技術 ・化学物質リスク削減技術 ・環境物質の分析技術 ・環境物質の標準化
- ・LCA技術 ・不適正処理監視技術

G S C における研究課題（1）

	環境 (安全・安心、快適、健康な生活環境の創成)
短期的に解決を要求される研究課題	(1) 地球温暖化対策 ① ガス分離膜技術、 ② CO ₂ 大幅削減技術技術、 ③ オゾン層破壊物質制御技術 (2) 水資源技術 ① 水の循環変動や水資源の状況把握と管理の為の手法の開発 ② 水質の管理技術 (3) 土壌汚染の修復(レメディエーション)技術 ① バイオ的手法 ② 化学的手法 ③ 電気物理的手法 (4) 放射性廃棄物対応技術 (5) 安全・安心空間創生材料 ① 次世代構造材料の開発 ・高信頼性、高強度・長寿命化、リサイクル性、環境保全性 ② 次世代安心安全材料・技術開発 ・生体適合材料 ・低環境負荷型製造工程プロセス技術、安全使用を保証する非破壊評価技術 ③ シックフリー建材技術
継続的に取り組むべき共通基盤技術	(1) 化学物質のリスクの総合的評価手法の開発 (2) 現象解明、影響評価、対策技術と社会への適用性についての評価 (3) 化学物質全体の排出・リスク・ハザードの削減・極小化技術とリスクの管理システムの確立 (4) 標準物質、 (5) 環境生物資源、環境モニタリング(水、空気のとータル管理技術)、 (6) 知的研究基盤の整備(環境統計・データベース、環境技術評価手法、情報システム) (7) 知的基盤利用促進対策 (8) グリーンインデックス(アトムエコノミー、Eファクター、LCA、BAT)の整備 (9) 材料、プロセス、デバイスの環境影響評価技術 (10) 化学物質の排出削減技術

G S C における研究課題 (2)

	資源・材料とプロセス (ゴミゼロ型・資源循環型技術・低環境負荷プロセス)	エネルギー資源 (多様化、変換・輸送・貯蔵の高効率化、省エネ化)
<p>短期的に解決を要求される研究課題</p>	<p>(1) 資源・材料</p> <p>1) 炭素資源</p> <p>① 化石資源の効率的活用とリサイクル技術</p> <p>② 再生可能資源の活用技術</p> <ul style="list-style-type: none"> ・セルロース、澱粉、植物性油脂の活用 ・バイオマスの環境負荷低減と活用システムの確立 ・生分解性プラスチック ・生活、産業廃棄物の再資源化技術 ・廃棄ポリマーのリサイクル技術(解重合によりモノマーに変換する化学等) ・CO₂の炭素源化技術 <p>③ 海洋資源</p> <ul style="list-style-type: none"> ・深海資源(メタンハイドレート、深層海水の利用技術、海洋牧場、マンガン団塊等鉱物資源)の活用 <p>2) 水素資源</p> <p>① 太陽光を利用する方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水の光分解(広波長活性触媒、耐光性材料) ・太陽エネルギーを電気エネルギーに変えて、電気分解(広波長活性触媒、耐光性材料) <p>② 炭化水素からの高効率・グリーンプロセス</p> <p>(2) 無機資源</p> <ul style="list-style-type: none"> 枯渇性貴金属・非鉄金属の代替技術 <p>(3) プロセス</p> <p>① CO₂ 選択的分離膜等の生物機能の工学的利用技術、</p> <p>② バイオ利用高分子及び新物質の創生技術、</p> <p>③ ソフト溶液プロセス技術</p> <ul style="list-style-type: none"> イオン性流体、水、超臨界流体等の反応媒体技術、 <p>④ 無溶剤プロセス</p> <p>⑤ マイクロリアクター技術</p> <p>⑥ エコデバイス技術</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ Pb フリー圧電素子、As フリー発光素子、 ・ 低消費電力デバイス <p>⑦ 有害物質の分解、無害化技術</p> <p>⑧ 物質の持続利用可能なサイクルシステムの確立</p> <p>⑨ 100% ee の合成を目指したバイオミメティクス技術</p> <p>⑩ リサイクル容易化材料設計技術</p> <p>⑪ 高効率・高機敏触媒</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 生体触媒 ・ 固体酸 ・ 塩基触媒、酸化 (H₂O₂, O₂) ・ 触媒固定化技術 ・ 環境受容型触媒 <p>⑫ 高分子加工・部材化技術</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 反応成形技術 ・ 高圧向制御加工技術 ・ アロイ・複合材製造技術 ・ 接着・界面・接合・塗装技術 ・ 加工助材不要加工プロセス 	<p>(1) 太陽エネルギー</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 高効率低コスト太陽電池プロセス、 ・ 広波長光利用超高効率太陽光発電、 ・ 広範囲な波長の光エネルギーを利用技術 ・ 太陽光水素製造技術(変換効率15%以上) <p>(2) 炭化水素</p> <p>① 化石エネルギー資源の無害化技術</p> <p>② 化石エネルギー資源の高効率利用技術</p> <p>③ 化石エネルギー資源の輸送、貯蔵、利用の効率化と安全のための材料関連技術</p> <p>④ 燃料電池</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 燃料電池用高効率変換触媒 (全固体高分子電解質型) (酸化物固体電解質型) <p>(3) 水素エネルギー</p> <p>(4) 1次エネルギー源多様化のための材料関連技術</p> <p>① 自然エネルギー(風力、地熱、潮流)</p> <p>② 低コスト化と高効率利用に資する技術</p> <p>(5) バイオエネルギー技術</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ バイオマスを原料とするエタノール合成技術 <p>(5) 貯蔵・輸送技術</p> <p>① 遠隔地送電用超伝導ケーブル</p> <p>② 超伝導電力貯蔵・変換用材料</p> <p>③ 水素貯蔵材料</p> <p>④ 化学エネルギー貯蔵媒体材料</p> <p>⑤ 高出力長寿命二次電池</p> <p>(6) 省エネルギー</p> <p>① 省エネルギーに資する画期的な材料関連技術</p> <p>② 次世代高効率複合発電材料の開発</p> <p>③ 高耐性基盤材料(高温、高応力、耐腐蝕、耐摩擦・摩耗等)</p> <p>④ 熱電変換材料(SiGe 系を超える性能を有する新材料の開発)</p> <p>⑤ 新規冷蔵・冷凍材料関連技術</p> <p>⑥ 超軽量高強度材料等</p>

GSCの課題と展望

