

# 超スマート社会の実現および経済・社会的課題への 対応に向けて重要となるナノテクノロジー・材料基盤技術

内閣府

政策統括官(科学技術・イノベーション担当)付

共通基盤技術グループ(ナノテクノロジー・材料担当)

前回のナノテク・材料技術動向報告の要点

超スマート社会での情報の流れから必要となる

ナノテク・材料についての構成員、CRDS<sup>\*1</sup> / TSC<sup>\*2</sup>意見まとめ

政策・技術動向

・光・量子領域（文部科学省）

・ナノバイオデバイス（CRDS）

全体議論と取りまとめ

\*1：国立研究開発法人 科学技術振興機構 研究開発戦略センター（CRDS）

\*2：国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 技術戦略センター（TSC）

## 豊かな持続性社会

地球規模の課題解決

国際的な産業競争力

生活の質の向上

システム化 量産化 高機能 コスト 信頼性 環境負荷 安全 省エネ リサイクル

### エネルギー

太陽電池  
人工光合成  
バイオマス  
燃料電池  
熱電変換  
二次電池・キャパシタ  
エネルギーキャリアス

パワーデバイス  
エネルギーハーベスト  
**環境**  
環境浄化膜  
排ガス浄化触媒  
環境モニター (デバイス)

### 健康・医療

生体適合性材料  
再生医療材料  
人工組織・人工臓器  
診断・治療デバイス  
DDS (薬物送達システム)  
分子イメージング

### 社会インフラ (水・電力・交通・通信)

超電導線材  
超軽量・高強度材料  
断熱材料・耐熱材料  
水処理膜  
モータ・高保磁力磁石  
センサネットワーク

### 情報通信・エレクトロニクス

極限CMOS  
記録媒体  
光インターコネクト  
スマートインターフェース  
(センサ、ロボット、ウェアラブル)  
固体照明・ディスプレイ  
量子コンピュータ・通信

### 新興・融合領域

スピントロニクス プラズモニクス シリコンフォトニクス トポロジカル絶縁体 有機エレクトロトニクス  
フォトリソ結晶 メタマテリアル 量子ドット MEMS マイクロ・ナノフルイディクス 分子ロボティクス  
ナノ粒子・クラスター ナノチューブ/CNT ナノワイヤ・ファイバ グラフェン/ナノシート/二次元薄膜 多孔性配位高分子 (PCP) / 金属有機構造体 (MOF) 超分子

### 基盤領域

高温超伝導材料 強相関電子材料 金属ガラス 複合材料 イオン液体 機能性ゲル  
金属材料 磁性材料 半導体材料 酸化物材料 分子・有機材料 生物材料

### 設計・制御

分子技術 元素戦略 ナノ界面・ナノ空間制御 マイクロ・ナノトライボロジー ナノ熱制御 バイオ・人工物界面 バイオミメティクス マテリアルズ・インフォマティクス

### 製造・加工・合成

フォトリソグラフィ ナノインプリント ビーム加工 インクジェット  
自己組織化 結晶成長 薄膜、コーティング 付加製造 (積層造形)

### 計測・解析・評価

電子顕微鏡 走査型プローブ顕微鏡 X線・放射光計測 中性子線計測

### 理論・計算

第一原理計算 分子動力学法 分子軌道法  
モンテカルロ法 フェーズ・フィールド法 有限要素法

## ナノサイエンス

物質科学、光科学、生命科学、情報科学、数理学

共通支援策  
【システム化  
促進策】

教育  
人材育成  
研究インフラ  
異分野融合  
国際連携  
知的財産  
標準化  
EHS・ELSI  
産学連携  
府省連携

社会実装

デバイス・部材

物質・材料

共通基盤

科学

# ナノテク・材料分野の研究開発 8のグランドチャレンジ



豊かな持続性社会

地球規模の課題解決

国際的な産業競争力

生活の質の向上

システム化 量産化 高機能 コスト 信頼性 環境負荷 安全 省エネ リサイクル

## エネルギー

太陽電池  
人工光合成  
バイオマス  
燃料電池  
熱電変換

パワーデバイス  
エネルギーハーベスト

**環境**  
環境浄化膜  
排ガス浄化触媒

## 健康・医療

生体適合性材料  
再生医療材料  
人工組織・人工臓器  
診断・治療デバイス

## 社会インフラ (水・電力・交通・通信)

超電導線材  
超軽量・高強度材料  
断熱材料・耐熱材料  
水処理膜

## 情報通信・エレクトロニクス

極限CMOS  
記録媒体  
光インターコネクト  
スマートインターフェース  
(センサ、ロボット、ウェアラブル)

### 分離技術

“ガス分離、化学プロセス、水素社会”、“浄化”、“医薬分離”

### Bio-Nano、Chem-Bio

“半導体、μ流路”  
“生体物質・DNA・細胞・神経、再生医療”

### インフラ材料科学

“劣化機構解明・予測診断・長寿命化”

### Internet of Things

“センサー、NW、エネルギーハーベスト、Wearable”

ナノ粒子・クラスター ナノチューブ/CNT ナノワイヤ・ファイバ グラフェン/ナノシート/二次元薄膜 多孔性配位高分子 (PCP) / 金属有機構造体 (MOF) 超分子

## 基盤領域

高温超伝導材料 強相関電子材料 金属ガラス 複合材料 イオン液体 機能性ゲル

全金属材料 磁性材料 半導体材料 酸化物材料 分子・有機材料 生物材料

### Nano-Manufacturing

“Bio Inspired 設計製造、Smart Robotics”

### 量子系の統合設計・制御

“電子、光子、スピン、フォノン統合”

### オペランド計測

“実環境・超解像・時空間分解”

### データ駆動型材料設計

フォトリソグラフィ 自己組織化  
ナノインプリント 結晶成長  
ビーム加工 薄膜、コーティング  
インクジェット 付加製造 (積層造形)

電子顕微鏡  
走査型プローブ顕微鏡  
X線・放射光計測  
中性子線計測

第一原理計算  
分子動力学法  
分子軌道法  
モンテカルロ法  
フェーズ・フィールド法  
有限要素法

## ナノサイエンス

物質科学、光科学、生命科学、情報科学、数理科学

教育  
人材育成  
研究インフラ  
異分野融合  
国際連携  
知的財産  
標準化

社会実装

デバイス・部材

物質・材料

共通基盤

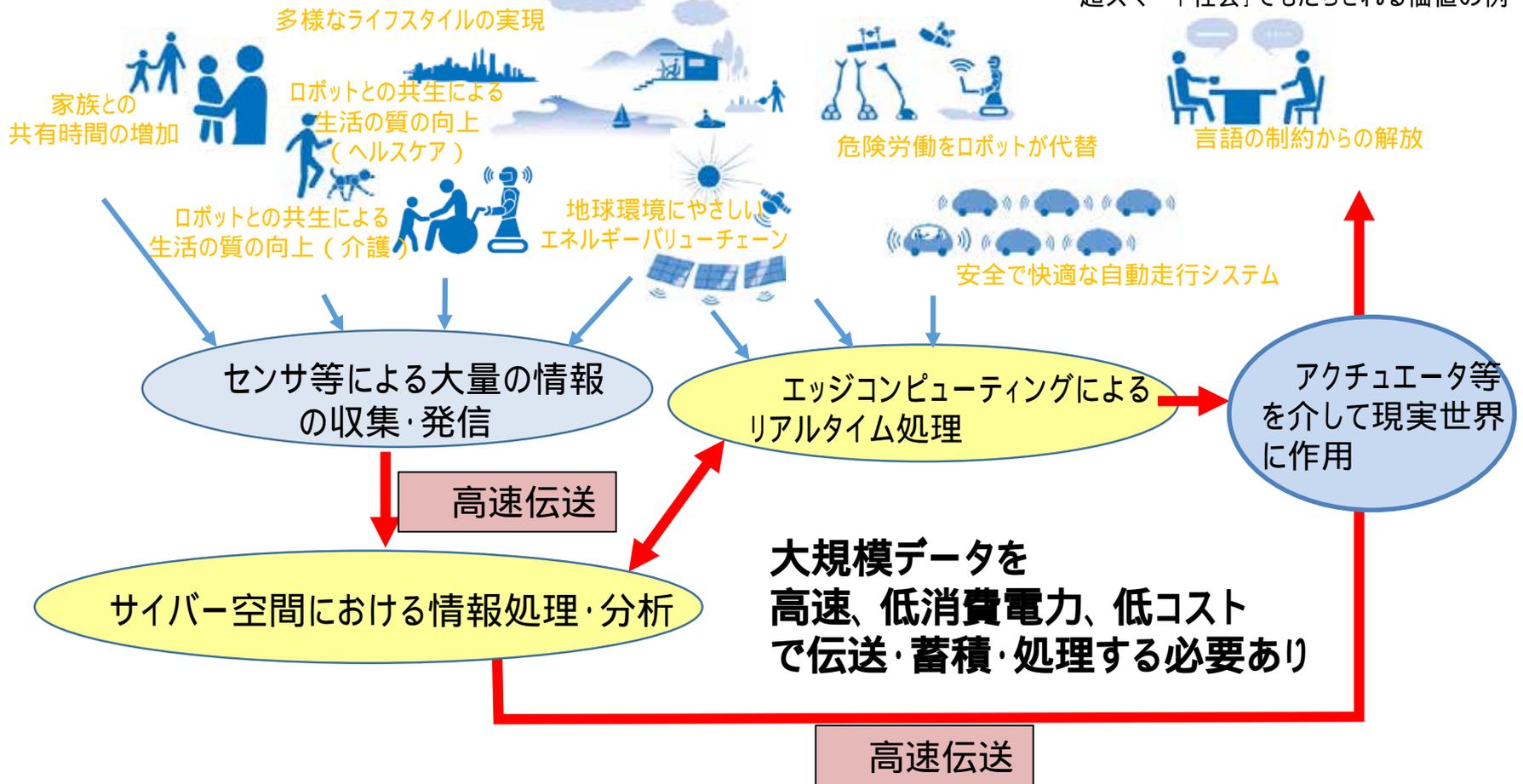
科学

- ・パワー半導体（SiC表面ナノ制御）
- ・低消費電力LSI（自己組織化）
- ・超高密度記録材料（磁性材料、ナノ積層）
- ・タンデム型有機薄膜太陽電池（ナノ界面制御）
- ・超高感度バイオチップ・バイオセンサ

# 超スマート社会の情報の流れと必要となる技術領域

超スマート社会：サイバー空間とフィジカル空間(現実社会)が高度に融合

「超スマート社会」でもたらされる価値の例



## 資料1 別紙 参照 ( 構成員、CRDS<sup>\*1</sup>、TSC<sup>\*2</sup>意見 )

\*1 : 国立研究開発法人 科学技術振興機構 研究開発戦略センター (CRDS)

\*2 : 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 技術戦略センター (TSC)

## 超スマート社会の実現に重要な技術領域 (1) 個別技術群

経済・社会の多様な  
ニーズ・課題への対応

## (3) 社会実装

センサ等からの大量の情報の収集・発信

- ・**センサー電源**のための太陽電池、燃料電池、MEMS、熱電素子
- ・**超低消費電力ナノエレクトロニクス**
- ・各種**バイオセンサ**
- ・異種機能 3次元集積チップ

アクチュエータ等を介して現実世界に作用

- ・MEMS
- ・バイオインスパイアード設計
- ・アクチュエーター・センサ融合デバイス
- ・環境適応アクチュエータ
- ・**生体適合界面形成デバイス**
- ・マイクロリアクター
- ・マイクロ3D

- 高速伝送
- ・フォトニクス
  - ・超小型光伝送・受光素子
  - ・高効率無線デバイス

情報蓄積・処理

- ・**超低消費電力ナノエレクトロニクス**
- ・**量子コンピューター基盤材料**
- ・異種機能 3次元集積チップ

- 高速伝送
- ・フォトニクス
  - ・超小型光伝送・受光素子
  - ・高効率無線デバイス

共通技術

- ・3Dナノ加工技術
- ・**精密加工・先端計測技術**
- ・情報素子の物体への埋込技術
- ・AI
- ・電源・電力制御

- エネルギー/環境
- ・熱の制御、フォノンの原理解明（中長期）
  - ・人工光合成
  - ・高温超電導
  - ・触媒
- 社会インフラ
- ・材料、接合・接着、
  - ・腐食モデル、シミュレーション技術
- 健康・医療
- ・生体臓器チップ
  - ・バイオマテリアル、再生医療材料
- ナノDDS
- 人材育成・教育システム
- その他：自己組織など

+

- 既存の施策
- ・構造材料
  - ・元素戦略・機能性材料
  - ・パワーエレクトロニクス
  - ・触媒、バイオマス
  - ・マテリアルズインテグレーション

## (2) 基礎・共通基盤領域

光・量子 ナノバイオテクノロジー 先端計測 加工・製造技術 マテリアルズインテグレーション  
熱制御・フォノンエンジニアリング (先端大型施設含む)

・ナノテク・材料技術をイノベーションにつなげる仕組み

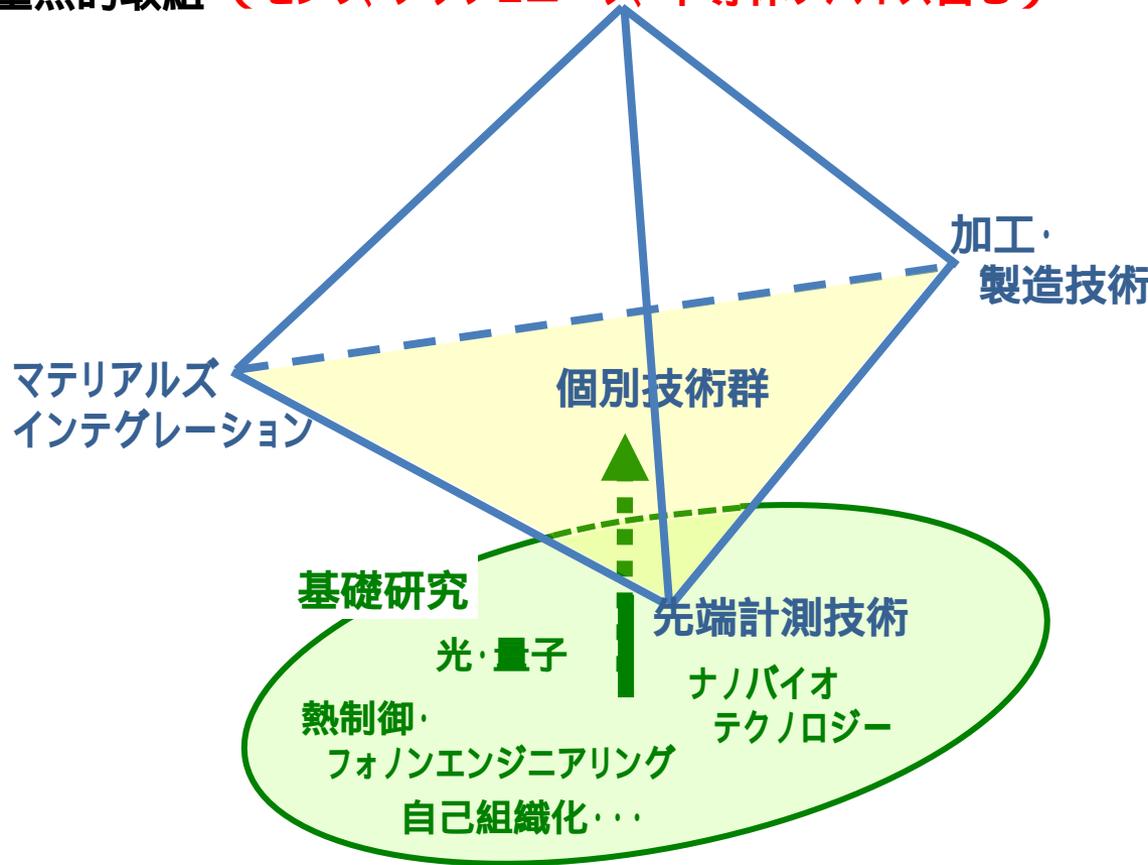
・ELSI/EHS\*、ナノ安全評価法とデータ蓄積・認証、ガイドライン策定の仕組

・エネルギー技術をベースに長期的な視野での破壊的新技術開発

\*ELSI：Ethical, Legal and Societal Issues（倫理・法・社会関連課題）

EHS：Environmental, Health and Safety（環境・健康・安全面）

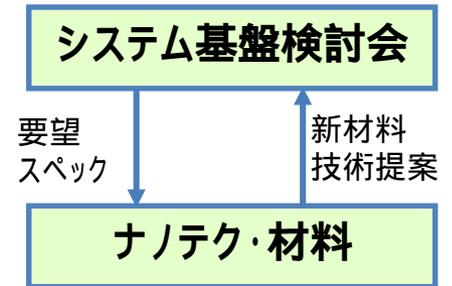
1) 主な重点的取組 **超小型・超低消費電力デバイス**  
 （センサ、アクチュエータ、半導体デバイス含む）



3) 他のシステムとの連携

- ・エネルギー
- ・インフラ
- ・ものづくり
- ・地域包括ケア
- ・スマートフード
- ・
- ・

4) システム基盤技術とナノテク・材料技術との連携の場の構築



- 2) 社会実装
- ・ナノテク・材料技術をイノベーションにつなげる仕組み
  - ・ELSI/EHS\*、ナノ安全評価法とデータ蓄積
  - ・エネルギー技術をベースに長期的な視野での破壊的新技術開発
  - ・認証、ガイドライン策定の仕組み

↑  
関係府省から施策提案

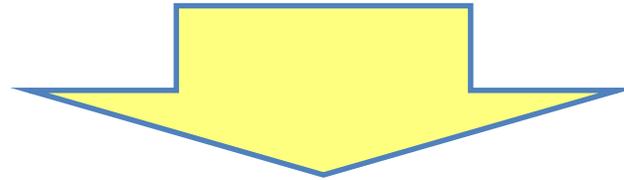
\*ELSI : Ethical, Legal and Societal Issues (倫理・法・社会関連課題)  
 EHS : Environmental, Health and Safety (環境・健康・安全面)

1. 光・量子技術

: 文部科学省 科学技術・学術政策局

2. ナノバイオデバイス(技術戦略と施策概要)

: CRDS



個々の技術

共通基盤

社会実装の各取組について議論

第2章 未来の産業創造と社会変革に向けた新たな価値創出の取組

(3) 「超スマート社会」における競争力向上と基盤技術の強化  
基盤技術の戦略的強化

- ・新たな価値創出のコアとなる強みを有する基盤技術
- ・コミュニケーション、福祉・作業支援、ものづくり等様々な分野での活用が期待できる「ロボット技術」
- ・人やあらゆる「もの」から情報を収集する「センサ技術」
- ・サイバー空間における情報処理・分析の結果を現実世界に作用させるための機構・駆動・制御に関する「アクチュエータ技術」
- ・センサ技術やアクチュエータ技術に変革をもたらす「バイオテクノロジー」
- ・拡張現実や感性工学、脳科学等を活用した「ヒューマンインターフェース技術」
- ・革新的な構造材料や新機能材料など、様々なコンポーネントの高度化によりシステムの差別化につながる「素材・ナノテクノロジー」
- ・革新的な計測技術、情報・エネルギー伝達技術、加工技術など、様々なコンポーネントの高度化によりシステムの差別化につながる「光・量子技術」

## 第3章 経済・社会的課題への対応

### (1) 持続的な成長と地域社会の自律的な発展

エネルギー、資源、食料の安定的な確保

#### ) エネルギーの安定的な確保とエネルギー利用の効率化

産業、民生(家庭、業務)及び運輸(車両、船舶、航空機)の各部門において、より一層の省エネルギー技術等の研究開発及び普及を図る。また、再生可能エネルギーの高効率化・低コスト化技術や導入拡大に資する系統運用技術の高度化、水素や蓄エネルギー等によるエネルギー利用の安定化技術などの研究開発及び普及を推進する。

#### ) 資源の安定的な確保と循環的な利用

省資源化技術や代替素材技術、環境負荷の低い原料精製技術、資源の回収・分離・再生技術の研究開発を推進する。さらに、バイオマスや廃棄物等からの燃料や化学品等の製造・利用技術及び廃棄物処理技術の研究開発等にも取り組む。

#### ) 食料の安定的な確保

超高齢化・人口減少社会等に対応する持続可能な社会の実現

) 世界最先端の医療技術の実現による健康長寿社会の形成

) 持続可能な都市及び地域のための社会基盤の実現

) 効率的・効果的なインフラの長寿命化への対策

#### ものづくり・コトづくりの競争力向上

計算科学・データ科学を駆使した革新的な機能性材料、構造材料等の創製を進めるとともに、その開発期間の大幅な短縮を実現する

### (2) 国及び国民の安全・安心の確保と豊かで質の高い生活の実現

自然災害への対応

食品安全、生活環境、労働衛生等の確保

サイバーセキュリティの確保

国家安全保障上の諸課題への対応

### (3) 地球規模課題への対応と世界の発展への貢献

地球規模の気候変動への対応

生物多様性への対応

### (4) 国家戦略上重要なフロンティアの開拓