

# CREST

「原子・分子の自在配列・配向技術と  
分子システム機能」

研究総括

君塚 信夫

九州大学 大学院工学研究院



科学技術振興機構

# 目次

---

- ◆ 自己紹介
- ◆ 領域概要
- ◆ 募集・選考の方針
- ◆ 領域運営の方針
- ◆ 領域アドバイザー
- ◆ 2021,2022年度採択課題一覧
- ◆ おわりに

# 自己紹介



〔氏名〕 君塚信夫  
〔所属〕 九州大学 大学院工学研究院 応用化学部門 主幹教授

## 〔専門分野〕

分子組織化学、高分子化学、界面化学、ナノ材料化学  
光化学

## 〔略歴〕

- 2000 九州大学大学院工学研究院 教授
- 2007 九州大学グローバルCOE“未来分子システム科学”拠点リーダー  
~2012 JST CREST「ナノ界面技術の基盤構築」 研究代表者  
(研究統括 新海征治教授)
- 2009 九州大学主幹教授
- 2010 九州大学分子システム科学センター(CMS) センター長

# 背景 1

物質の性質・機能 ～ 原子・分子の配向・配列・組織構造に依存

原子・分子の配列・集積・組織構造を  
精密に自在制御して新しい物質 および  
新しい物性・機能を創成すること

👉 化学・物理学におけるグランドチャレンジ

👉 “新しい物質科学” の開拓

人類の持続的繁栄に関わる様々な課題の解決



## 自在配列と機能

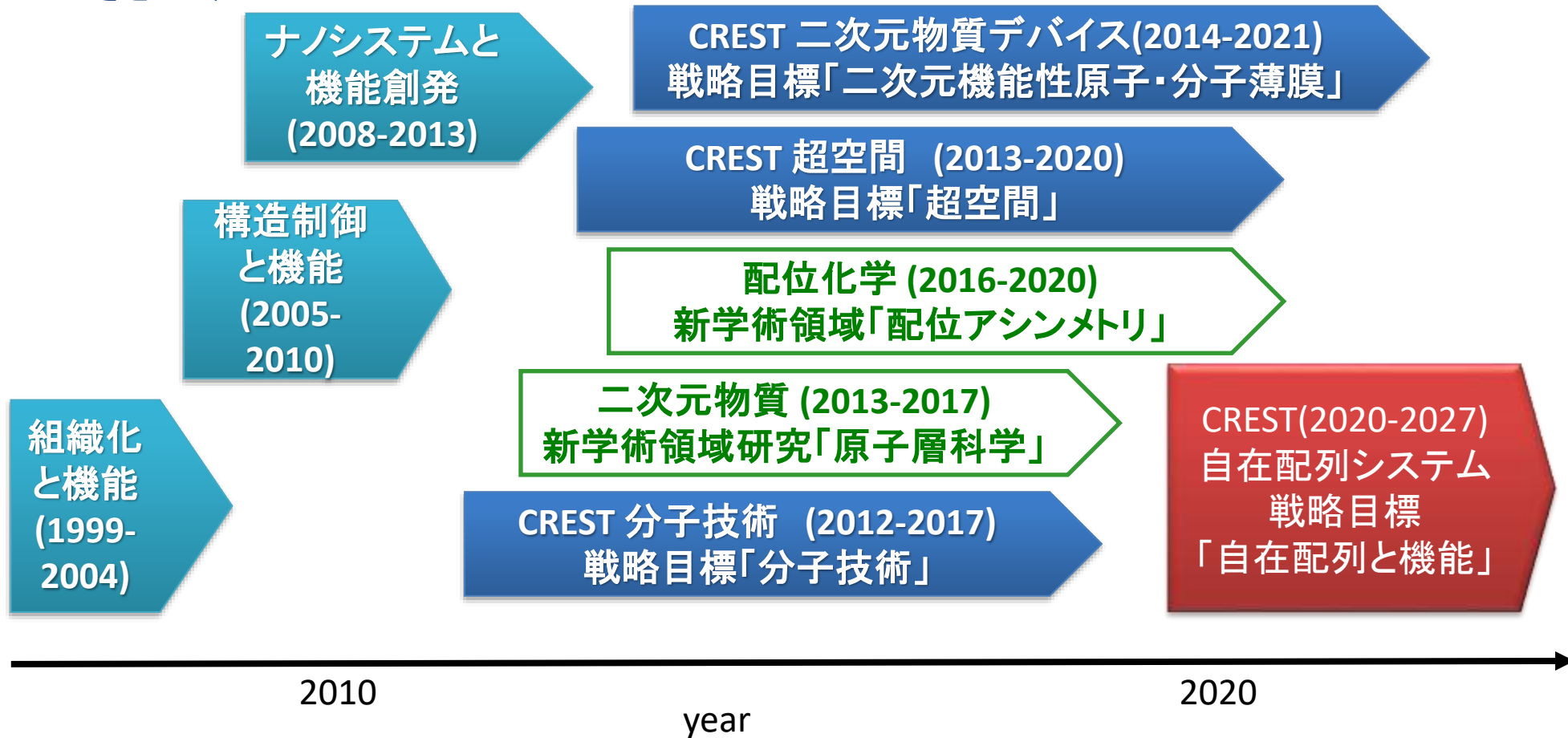
戦略目標

- (1) 原子・分子を一次元～三次元に自在配列する技術
  - (2) 配列構造の原子レベル解析・電子状態の計測技術
  - (3) ナノスケール配列により生み出される物性・機能を活かした材料の創製
- 機能材料設計の新しい指針

ナノスケール配列制御に由来する特性を機能材料として活用する方法論の体系化

# 背景 2

JST さきがけ



# 領域概要 —原子・分子の自在配列・配向技術と分子システム機能—

## (1) 配列/配向制御

原子, 分子の (1~3次元)  
配列や配向を (共有結合  
あるいは非共有結合的に)  
有機化学的な精密さ  
をもって自在制御する技術

## (2) 組織化制御

ナノ~メゾ~マクロ  
スコピック次元における  
配向・配列組織化  
およびその階層構造を  
分子レベルで制御した  
ナノ組織構造の  
自在構築技術

## (3) 構造解析・計測・理論

・配列 (組織) 構造の電子状態  
やエネルギーランドスケープ  
を原子・分子レベルの精度で  
解析・計測する技術  
・自在配列システムの物性を  
予測するための理論・計算科学  
的手法

相関を説明

## (4) 自在配列に基づくシステム機能

原子・分子の配列・配向構造 (情報) を精密に  
自在制御することによって はじめて生み出される  
化学的・物理的な物性・機能

これまでにない新機能材料の創出

募集・選考の方針(1)

### 1. 物質・材料科学分野を広く包括

研究対象・分野は限定せず、化学、  
物理学、生物学、電子工学、材料  
工学などを広く対象とします。

### 2. 自在配列制御と機能の相関

# 目的：原子・分子の自在配列技術の開発とシステム機能の創成

目的とする技術

(4) 原子・分子の定序配列/配向制御システム特有の機能

エネルギーランドスケープ  
& 機能のデザイン



・不連続な階層構造を  
機能的に連結する方法論

機能

ナノスケール配列・配向の精密制御に基づく物性

物性

(3) 精密構造解析  
計測・理論



・配列構造の原子/分子レベル解析技術  
・電子状態の計測技術  
・理論, 計算化学的手法  
・データ科学との融合

(2) 組織化制御 1. Top down 2. bottom up (自己組織化) 3. ?

構造

(1) 配列/配向制御

1D

2D

3D

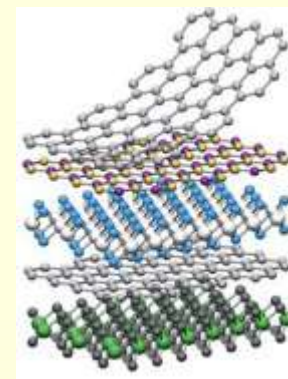
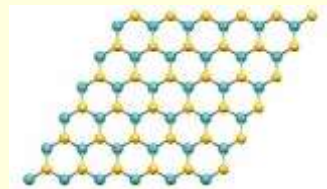
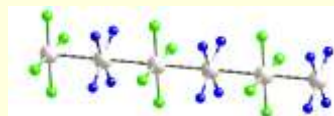
組成

分子集積・組織化技術の革新

物質

配列  
配向  
構造

分子  
原子



有機化学的な精密さをもって制御

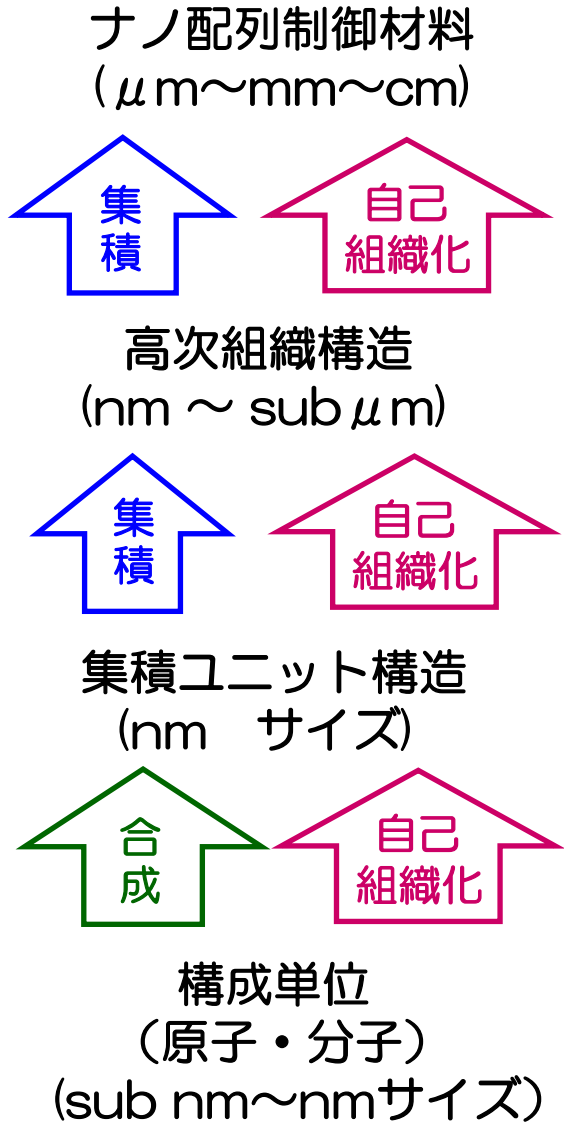
↑ JUVENS ↓

↑ #GENVS ↓



# 原子・分子の自在配列・配向技術 と 階層構造・システム機能

階層構造・スケール



## 科学的価値 (学術的意義)

・ ナノ配列制御に基づく  
**分子システム機能**

- ③ 分子システム機能の  
デザイン (ことづくり) 手法
- ② エネルギーランドスケープ  
の自在制御 (時間軸も含む)
- ① 分子からナノ～マイクロ～  
マクロ構造の間における  
不連続な階層構造を  
機能的に連結する方法論

- ・ 3次元ナノ配列構造  
の構築・制御手法
- ・ 2次元ナノ配列構造  
の構築・制御手法
- ・ シーケンス制御型  
分子/高分子の合成手法

## 社会的価値 (例)

情報・通信分野

高速通信ネットワーク  
(省エネルギー型)

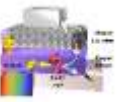
- ・ 量子コンピューター  
量子情報/通信
- ・ 光集積回路
- ・ 高速光スイッチ
- ・ 光増幅&変換 技術 etc.



エネルギー・環境分野

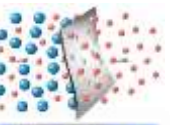
・ 太陽光の有効活用

- Up conversion技術
- Singlet fission技術
- Vis・NIR光の利用技術



Molecular Solar Fuel

- ・  $\text{CO}_2$ の効率的分離
- ・ 水の膜浄化技術
- ・ 創エネルギー技術  
(熱電変換技術 etc.)



医療・ナノバイオ分野

- ・ 近赤外光バイオイメージング
- ・ DDS
- ・ セラノスティクス etc.



多くの分野に波及効果が期待

## 募集・選考の方針(2)

1. 研究課題ならびに手法の**学術的意義**と**創造性**が**明確な先駆的研究**であること。
2. ものづくりや測定技術の開発のみを目的とするものでなく、得られた**原子・分子の配列・配向構造、組織化（階層）構造**とそれらが示す**物性・原子/分子システム機能**との**相関**を解明しようとする計画が、具体的に読み取れる提案であること。
3. 構想を実現するために、**学際的な研究チーム**が適切に組み立てられており、**十分な連携**が見込まれること。
4. **インパクトのある目標**が設定されており、目標が達成された場合に**科学技術イノベーション**や**社会的価値の創造**に寄与しうること。

※ 専門の異なる研究者にも研究内容の独創性、学術的価値や実現性、社会的波及効果が理解できるように記述して下さい。

## 研究期間

- ◆ 2022年度から5年半以内。

## 研究費

- ◆ 1課題あたり総額3億円（直接経費）を上限。

# “知” と “新しい物質科学” の創発

---

分子システム科学という新しい学術領域 を創る

## 「原子・分子システム科学」ネットワークラボ

チーム間の相互連携（共同研究）ネットワーク

 本領域ならではの融合領域を開拓する

# CREST「自在配列システム」領域アドバイザー

浅見 正弘	日本知的財産協会	参与
幾原 雄一	東京大学 大学院工学系研究科	教授
片山 佳樹	九州大学 大学院工学研究院	教授
北川 宏	京都大学 大学院理学研究科	教授
関根 千津	(株)住化技術情報センター	代表取締役社長
山田 容子	奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科	教授
吉澤 一成	九州大学 先導物質化学研究所	教授

# JST CREST [自在配列システム] 採択課題

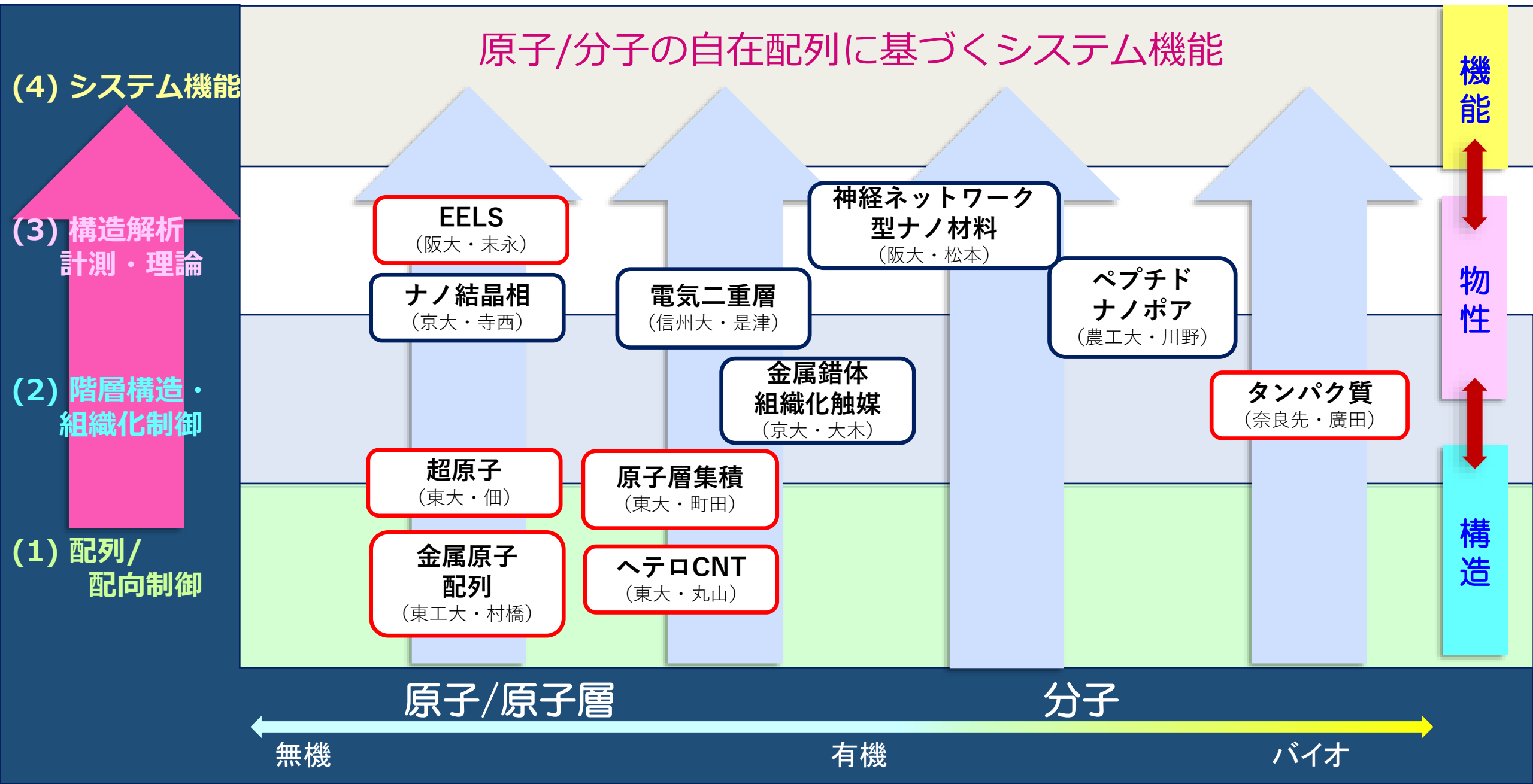
2021年度

氏名	所属	研究課題名
大木 靖弘	京都大学 化学研究所	金属配列による電子伝達ネットワーク形成と触媒機能開拓
川野 竜司	東京農工大学 大学院工学研究院	自在配列設計ペプチドによるナノポアシステムの構築
是津 信行	信州大学 学術研究院工学系	固液電気化学相界面の多階層構造制御
寺西 利治	京都大学 化学研究所	原子層・結晶相自在配列による未踏ナノ物質群の創出
松本 卓也	大阪大学 大学院理学研究科	神経ネットワーク型分子・ナノ材料システム

2020年度

氏名	所属	研究課題名
末永 和知	大阪大学 産業科学研究所	ナノ空隙を利用した原子・分子の配列制御と物性測定法開発
佃 達哉	東京大学 大学院理学系研究科	超原子を基盤とする階層性ナノ物質科学の創成
廣田 俊	奈良先端科学技術大学院大学	3D ドメインスワッピングを利用したタンパク質の自在配列と機能化
町田 友樹	東京大学 生産技術研究所	原子層のファンデルワールス自在配列とツイスト角度制御による物性の創発
丸山 茂夫	東京大学 大学院工学系研究科	単層 CNTに基づく一次元ヘテロナノ構造の制御合成と物性・機能設計
村橋 哲郎	東京工業大学 物質理工学院	金属原子配列構造の超精密制御に基づく分子ナノメタリクスの創成

# CREST[自在配列システム] 課題ポートフォリオ (2020・2021)



本領域においては、戦略的創造戦略研究の原点に立ち返り、人類が直面する重要な課題を克服するための

「究極の原子/分子システム機能は何か」という  
独創的な「学術的問い」に発し、研究課題ならびに手法の  
学術的意義と創造性が明確であり、国際的に高く評価される  
卓越した基礎研究であって今後の科学技術イノベーション  
に大きく寄与する成果が期待される挑戦的な提案を募集します。



# 物質・材料科学における大きな命題・使命

科学は環境・医療問題を含めて世界的広がりや  
人類の存亡にかかわる様々な問題に直面している



未来の世代が豊かな社会を築くための礎を築く