

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 主幹教授)



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
- ◆ 2020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

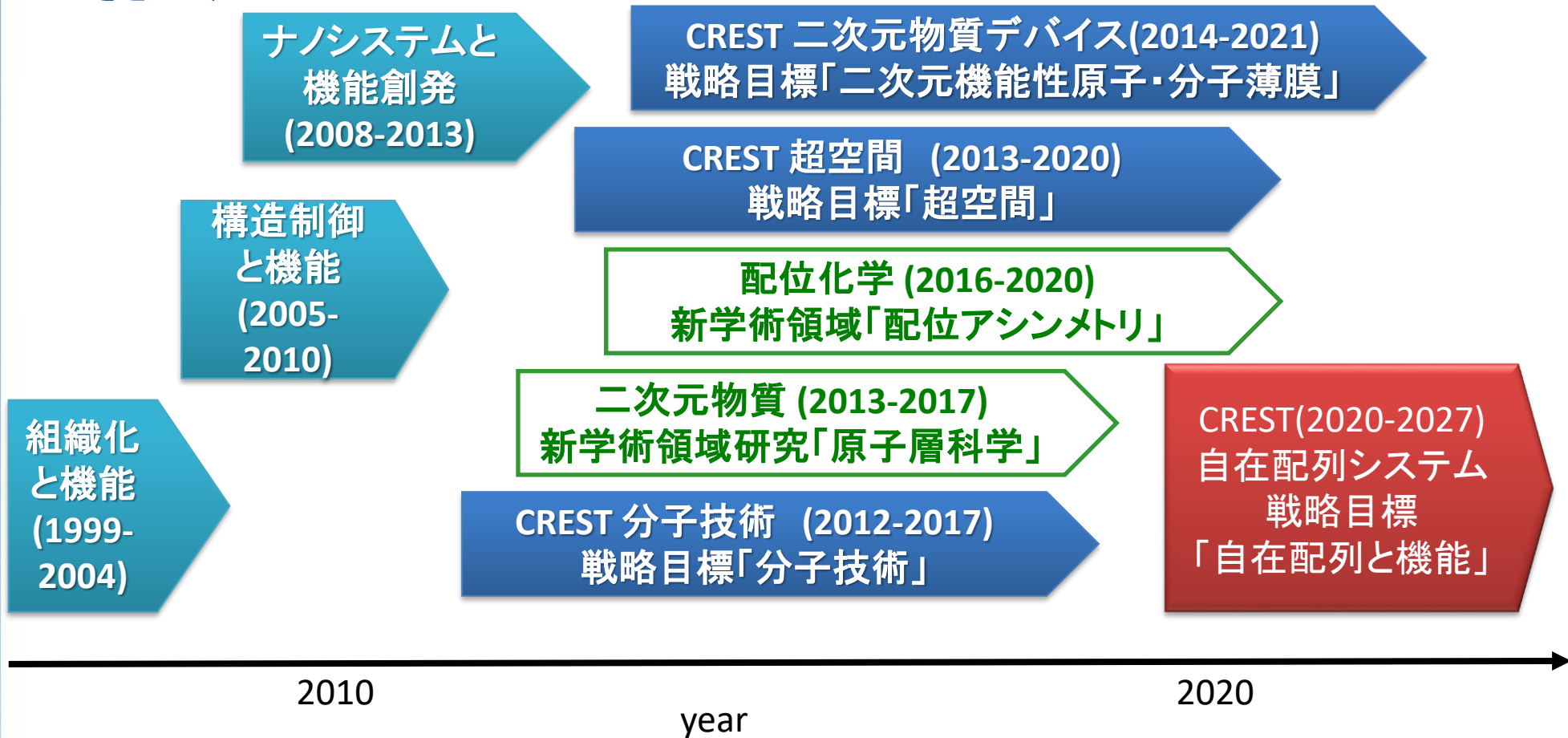
達成目標

- 原子や分子を思い通りの位置や順序で精密に配列させる技術
- ナノスケール配列制御に由来する材料物性・機能
 - ⇒ 配列制御に基づく機能材料設計の新しい指針

https://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/2020/mext_00485.html

背景 2

JST さきがけ



(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

(4) 原子・分子の定序配列/配向制御システム特有の機能

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

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

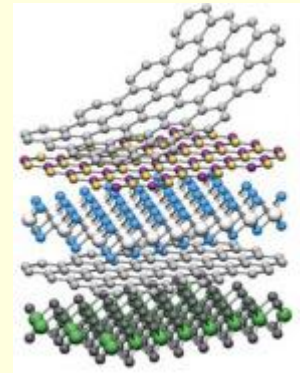
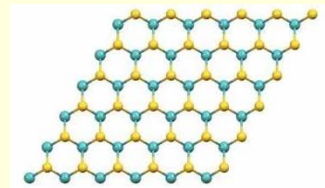
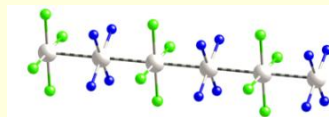
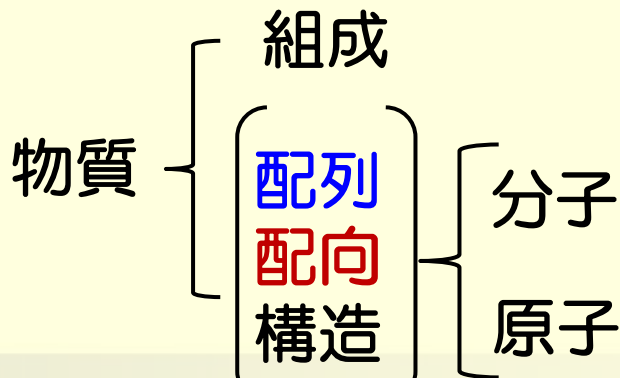
分子集積・組織化技術の革新

(1) 配列/配向制御

1D

2D

3D



有機化学的な精密さをもって制御

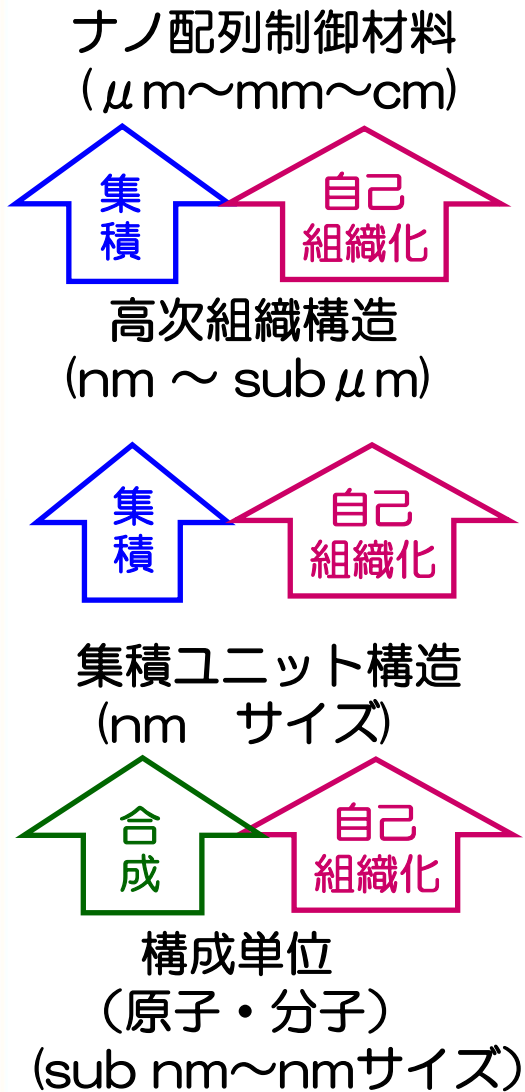
↑↑↑↑↑

↓↓↓↓↓

目的とする技術

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)

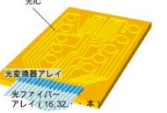
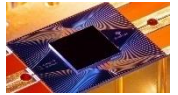
- ナノ配列制御に基づく分子システム機能
- ③ 分子システム機能のデザイン(ことづくり)手法
 - ② エネルギーランドスケープの自在制御(時間軸も含む)
 - ① 分子からナノ~マイクロ~マクロ構造の間における不連続な階層構造を機能的に連結する方法論
- 3次元ナノ配列構造の構築・制御手法
 - 2次元ナノ配列構造の構築・制御手法
 - シーケンス制御型分子/高分子の合成手法

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
- 量子暗号/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

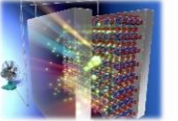
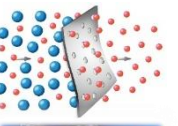
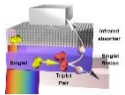
• 太陽光の有効活用

Up conversion技術
Singlet fission技術

Vis・NIR光の利用技術

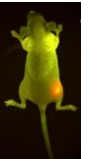
Molecular Solar Fuel

- 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。

※ 異分野の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

- ◆ 2021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。

研究運営方針

「原子・分子システム科学」ネットワークラボとして運営

領域全体として**研究成果の体型化・新しい学術領域の形成**を目指す

研究領域内における異なるチーム間の研究者、領域アドバイザーとの情報交換や相互連携（共同研究）等、ダイナミックなネットワークを形成

- ・研究開始当初：各研究課題へのサイトビジット（on line面談の予定）
- ・領域内研究進捗報告会（年1、2回）を開催
- ・中間評価（研究開始後約3年経過時）、事後評価
- ・成果発信のためワークショップ、公開シンポジウムを開催予定

“知”と“新しい物質科学”の創発

本領域における研究が、分子システム科学の最先端を切り拓くとともに、様々な研究分野の発展に資することを期待します。

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 |

2020年度採択課題一覧

| 採択時期 | 氏名 | 所属 | 研究課題名 |
|------|-------|----------------------------|------------------------------------|
| 一期生 | 末永和知 | 産業技術総合研究所 材料・化学領域* | 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 | 東京大学理学系研究科 化学専攻 | 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 先端科学技術研究科 | 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 機械工学専攻 | 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 応用化学系 | 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 |

* 採択時の所属機関（2021年1月より大阪大学）

(4) システム機能

原子/分子の自在配列に基づく
システム機能

機能

(3) 構造解析
計測・理論

EELS

(阪大・末永)

物性

(2) 階層構造・
組織化制御

超原子

(東大・佃)

原子層
集積

(東大・町田)

タンパク質

(奈良先・廣田)

構造

(1) 配列/
配向制御

金属原子
配列

(東工大・村橋)

ヘテロCNT

(東大・丸山)

原子/原子層

分子

無機

有機

バイオ

おわりに

総括からのメッセージ

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