

戦略的創造研究推進事業  
－ チーム型研究（CREST）－

## 研究領域

「超空間制御に基づく高度な特性を有する  
革新的機能素材等の創製」  
“Hyper nano-space Design”

# 研究領域事後評価

研究総括：瀬戸山 亨

2021年3月1日

# 目次

---

1. 戦略目標と研究領域の概要・制度設計
2. 研究成果の概要とトピックス
3. 総合所見

# 1-1 戦略目標

## 「選択的物質貯蔵・輸送・分離・変換等を実現する物質中の微細な『空間空隙構造制御』技術による新機能材料の創製」

### ① 達成目標

空間空隙構造制御技術（物質を構成する元素間結合の隙間（「空間空隙」）の形状・寸法・次元及び配列等の構造を自在に設計・制御・活用するための共通基盤となる技術）により、そのもととなる物質が本来持ち得なかった革新的な機能を創出し、通常では解決できない環境・エネルギー、医療・健康等における諸課題を解決するグリーン・ライフ部素材の創製に向け、以下の目標の達成を目指す。

- 選択的物質貯蔵・輸送・分離・変換等を可能とする革新的な空間空隙制御材料の創製
- 空間空隙構造制御技術に係る技術体系の構築

# 1-2 超空間制御の提案の考え方

Copyされやすい  
Technology差異化の前に

Scienceとしての差異化をはかり  
それをTechnologyに落とし込む

境界領域を設計

超空間制御  
で求める「解」

募集時: Wants  
Needsの上位概念  
“あらまほしき” 物性・機能

後での気づき  
ボトルネック課題

本質的に必要な機能・物性の設計

“ダントツ” の機能・物性の素材・概念



機能・物性の複合化

# 1-3 3年間の応募課題の分類

H25応募： 総数63件

物質変換(7)、エネルギー変換(13)、吸着・分離・貯蔵(8)、構造材料(12)  
機能性材料(11)、ライフサイエンス(9)、理論・解析・Simulation・その他(3)



構造材料:革新的な機能が少ない  
機能性材料:組み合わせが多く、材料としての新奇性に欠ける提案が多い

H26応募： 総数61件

物質変換(9)、エネルギー変換+構造+機能(24)、吸着・分離・貯蔵(10)  
ライフサイエンス(12)、理論・解析・Simulation・その他(6)



エネルギー変換+構造+機能:機能の大半はエネルギー変換、構造がなじまない  
ライフサイエンス:即物的な提案が多い(企業の創薬支援的)

H27応募： 総数69件

物質変換(8)、エネルギー変換(18)、吸着・分離・貯蔵(6)、ライフサイエンス(13)  
新材料・新合成法(16)、構造材料・解析・その他(8)

新材料合成の為の新合成法+機能発現で落着  
ライフサイエンスは応募最終年度も即物的なものが多い

# 1-4 研究領域のポートフォリオ

2013年度採択課題

2014年度採択課題

2015年度採択課題

## エネルギー変換

液晶産業で起死回生を狙う

異常熱磁気効果でエネルギー革命

山本「空間局在・分子超潤滑に基づく時空間空隙設計と高機能表示材料創生」

水口「ナノ超空間を利用した熱・スピン・電界交差相関による高効率エネルギー変換材料の創製」

手嶋「超イオン伝導パスを拓く階層構造による結晶相界面デザイン」

一杉「界面超空間制御による「電圧記憶」不揮発性メモリ創製」

## 分離・貯蔵・輸送

シームレスなLIBで性能700%up

## ライフサイエンス

個体電気化学×エレクトロニクスで新原理を目指す

松方「精密分子ふるい機能の高度設計に基づく無機系高機能分離材料の創製」

加藤「ソフトナノ空間を形成する自己組織化液晶高分子を基盤とする革新的輸送材料の創製」

櫻井「単分散プラトニックミセルを利用した巡航ミサイル型DDSの基盤構築」

透過性能2桁up

必要なモノを必要なだけ選択輸送

科学史を塗り替えるミセルの新性質

## 物質変換

高田「0次反応で超高効率高分子変換を達成する空孔貫通型触媒」

## 新材料・新合成法

陰山「アニオン超空間を活かした無機化合物の創製と機能開拓」

環状空間でミラクル反応

関根「反応の不可逆化を鍵とする超空間制御触媒による不活性低級アルカンから高付加価値化学品への自在転換」

コアシェル構造のコンビナート

無機材料のパラダイムシフト

野崎「極性基含有ポリプロピレン：触媒開発と樹脂設計」

植村「テーラーメイドナノ空間設計による高機能高分子材料の創製」

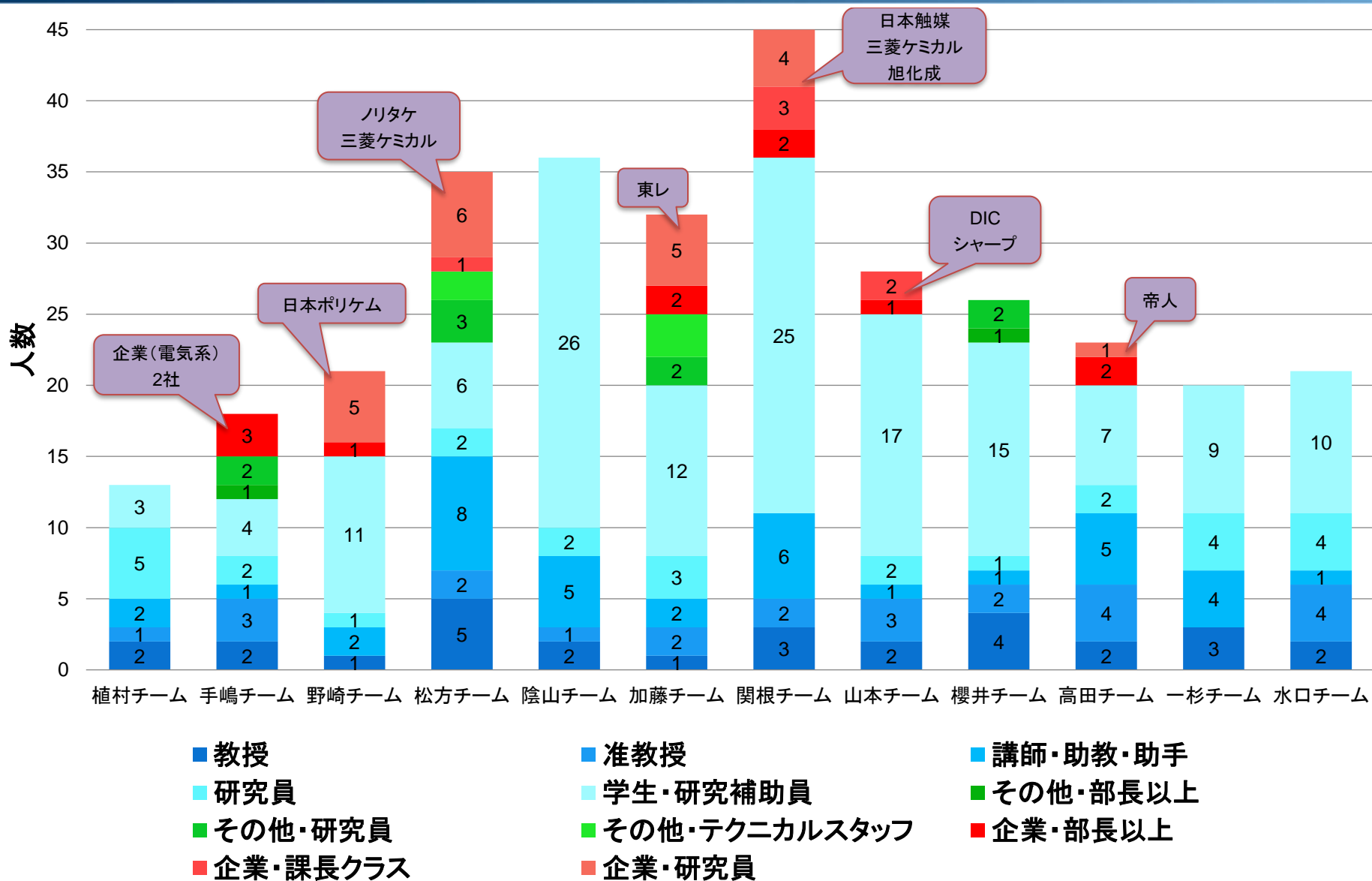
スーパープラスチックのナノ工場

鉄よりも剛くガラスよりも透明な材料を

# 1-5 研究領域の運営

- 採択した提案は、「基礎研究型」と「出口指向型」に分けて、それぞれの研究成果の最大化を目指す。(特に一期については領域のoutput保証として出口志向型に重心を置いた)
- CREST研究に要求されるのは、①従来路線ではない尖ったダントツ性、②科学的論理性、③Wants性、④事業化可能性の4点。さらに、模倣できない、他者の追従を許さないという視点も重要であり、理論に裏打ちされた基礎技術の組合せ・連携により、強く革新的な技術の創成を目指す。
- 新しい産業の創生には10年後、20年後の社会の欲する大きな課題を予見することが必要であり、本CREST領域では、産業化に必要な要件について企業と協議を進めていただきながら、CREST終了段階で「五合目」突破を目指し、新産業創生の足がかりを作る。
- 募集段階からなるべく企業と協働した体制で取り組むようお願いし、12チーム中7チームがチーム内に企業を取り込んで研究を進めた。また、産業界からのADを厚めに配置している。
- 部分的にでも切り出せる段階に至った研究成果は、次のステージ、例えば、JSTやNEDOのプロジェクトなどにPRLし、テンポ良く繋いでいくことを意識して進める(いくつかの展開有り)。
- 各チームより月報を提出いただき、こまめに最新状況を把握。必要に応じて、特許出願、関連企業の研究状況確認や連携、他プロジェクトへの切り出し申請等について、検討するようコメントする。

# 1-6 研究者の構成





# 1-7 領域アドバイザー

氏名	所属	役職	専門領域
猪俣 誠	日揮触媒化成(株)	テクニカルアドバイザー	反応工学
上田 涉	神奈川大学	教授	触媒化学、固体物質合成化学
北川 宏	京都大学	教授、理事補	固体物性化学、錯体化学、無機化学
黒田 一幸	早稲田大学	教授	無機材料化学
駒谷 隆志	三菱エンブラ(株)	代表取締役社長	触媒化学、バイオプラスチック
佐々木 高義	NIMS	フェロー	材料化学、固体化学
多辺 由佳	早稲田大学	教授	ソフトマター
千葉 雅俊	田辺三菱製薬(株)	部長	DDS／創剤／製剤、高分子化学、細胞工学
土井 正男	北京航空航天大学	教授	数理解物理・物性基礎、高分子化学、生物物理学
堂免 一成	信州大学	特別特任教授	光触媒、触媒化学、ナノ材料開発
中山 智弘	JST	CRDS企画室長	科学技術行政(ナノテク・材料分野)
原田 宏昭	日産財団	常務理事	自動車用高分子材料
平野 愛弓	東北大	主任研究者、教授	人工細胞膜、ナノ構造、神経情報伝達
<b>領域運営アドバイザー</b>			
浅見 正弘	日本知的財産協会	参与	知的財産
軽部 大	一橋大	教授	競争戦略論、技術マネジメント

## 2-1 成果の概要(+領域中間評価結果へ対応)

①「産学連携チーム研究のモデルケースとして、さらに国際特許出願を期待する。」

産学連携チームの中間評価(2013～2017年度)時点の特許出願件数は国内42件/国際4件であったが、その後の3年間では国内31件/国際15件を出願し、短期間で多くの、特に国際出願が大きく増加し、合計で92件(国内73件/国際19件)となった。特に、企業との共願では、CREST研究期間内に11件の特許登録まで行うことができた。

②「これまでの基礎的研究を重視するという姿勢に加え、それを発展延長させた従来と異なる切り口での研究成果が挙がること、超空間という領域名を代表するような俊英なる研究成果が生まれることを期待する。」

それぞれの研究課題は「超空間」と密接に関連している。植村卓史教授は多孔性金属錯体(MOF)の創り出す「超空間」を「機能発現の場」として捉え、①合成場、②集積化場、③分離場として利用する新しい化学分野を確立、従来法では分離精製が不可能であった高分子材料の末端基の違いを認識する分離技術にも成功し、高分子分離の新概念を発見した。高田十志和教授の環状触媒による高分子変換技術との融合による、革新的な触媒反応技術として期待できるもの(これは端緒をつかんだ段階だが相当なpotentialがあると思う(但し時間はかかるだろう))。一杉+手嶋コラボによる全固体電池における酸化物固体電解質の界面抵抗除去の概念は大きなimpactが生まれるかもしれない。

## 2-2 研究の成果：論文、特許、口頭発表

(招待講演数は括弧で口頭発表数の内数として記載)

	論文			特許			口頭発表		
	合計	国内	国際	合計	国内	国際	合計	国内	国際
2013年度 採択研究課題	200	11	189	67	52	15	723 (324)	481 (168)	242 (156)
2014年度 採択研究課題	293	2	291	33	27	6	910 (375)	601 (187)	309 (188)
2015年度 採択研究課題	265	12	253	9	7	2	712 (312)	484 (190)	218 (122)
研究領域合計	758	25	733	109	86	23	2345 (1011)	1576 (545)	769 (466)

- ◆ Nature系雑誌：21報、 J.Am.Chem.Soc.：23報、 Angew.Chem.Int.Ed.：19報
- ◆ 特許：後半に企業連携の出願増、国内外合計で109件、特許登録は11件  
1, 2期課題は研究終了後、13件(国内9件/国際4件)出願
- ◆ 招待講演数は、国内外で1000件以上

## 2-3 研究の成果 手嶋チーム、野崎チームの特許出願

手嶋チーム	
国内出願	19件
国際出願	11件
合計	30件
内登録特許	4件

特許6780815  
特許6624892  
特許6462343  
特許6472014

野崎チーム	
国内出願	25件
国際出願	3件
合計	28件
内登録特許	2件

特許6357074  
特許6581912

特許第6780815号(2020.10.19)

リチウム複合酸化物、リチウム二次電池用正極活物質及びリチウム二次電池

【請求項1】

スピネル構造を有するリチウム複合酸化物であって、化学組成を示す一般式が下記式(1)～3で示されることを特徴とするリチウム複合酸化物。

$LiNia-xMxMn2-aO4-bFb \cdots (1) \sim 3$

[一般式(1)～3中、 $0 < a \leq 0.6$ 、 $0 < b \leq 1$ 、 $0 < x \leq 0.01$ 、 $a-x > 0.4$ であり、MはCuである。]

【請求項2】

結晶学的に空間群P4332に属する請求項1に記載のリチウム複合酸化物。

【請求項3】

撥水性材料の被覆層を有する請求項1又は2に記載のリチウム複合酸化物。

【請求項4】

請求項1～3のいずれか1項に記載のリチウム複合酸化物を有するリチウム二次電池用正極活物質。

【請求項5】

請求項4に記載のリチウム二次電池用正極活物質を有するリチウム二次電池。

特許第6581912号(2019.9.6)

新規なカルベン前駆体化合物及びそれらによるオレフィン系重合用触媒並びにオレフィン系共重合体の製造方法

【請求項1】

下記一般式(5)～(8)で表されることを特徴とする、カルベン前駆体化合物。  
一般式(5)～(8)において、R5～R10は、ハロゲン原子又はヘテロ原子含有基又はヘテロ原子を含有していてもよい炭素数1～40の炭化水素基を表す。Zは、SR3、SO3R3、N=CR3R4、CR3=NR4、N(R3)2、P(R3)2、P(O)(OR3)2-y(R4)yを表し、Z-は、O-、SO3-を表す。(ここで、R3及びR4は、それぞれ独立に、水素原子又は炭素数1～20の炭化水素基を表し、yは0～2の整数を表す)。R1及びR2は、それぞれ独立に、水素原子又はヘテロ原子を含有してもよい炭素数1～40の炭化水素基である。A-は、カウンターアニオンを表し、任意の陰イオンを表す。E1は窒素原子、E2は炭素原子を表す。

【請求項2】

一般式(5)～(8)において、前記Zが、SO3R3、P(O)(OR3)2-y(R4)yを表し、Z-が、O-、SO3-を表すことを特徴とする、請求項1に記載のカルベン前駆体化合物。

(以下省略)

研究領域として出願109件(国内86/国際23件)、CREST期間内期間内登録特許:11件

## 2-4 成果の概要（続き）

③「本研究領域ならではの融合研究を進めていただき、新しい技術が芽生えることを期待したい。」

他の研究領域を含めたCRESTでの連携は6件と比較的少なかったが、国内外研究機関との連携は合計76件（国内43件、海外33件）行った。さらに、JST国際強化支援策を積極的に活用し、海外研究者の招へい9件、CREST研究参加者の派遣10件（合計19件）を実施、現在も活発な共同研究、研究者間の連携が進行している。

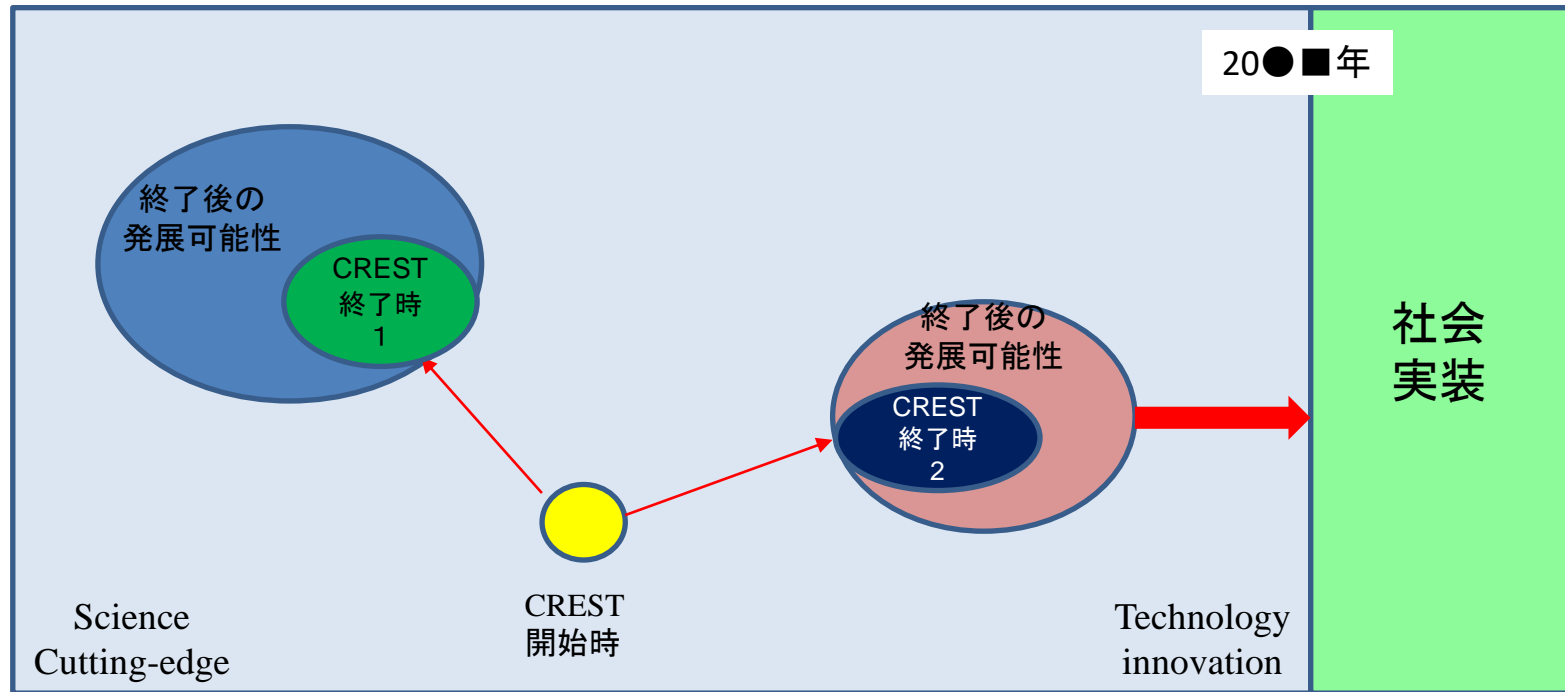
④「学術的に意義ある成果が出ていれば、中長期的な視点でその展開を指導していただきたい。」

研究課題を基礎研究型、明確な出口を意識した目的基礎研究型に分けて考え、それぞれの研究ステージに応じて、研究戦略、特許戦略を中長期的な視点で議論した。

陰山洋教授は文部科学省「新学術領域研究」（2016-2020年度）『複合アニオン化合物の創製と新機能』の領域代表、加藤隆史教授は文部科学省「新学術領域研究」（2019-2023年度）『水圏機能材料：環境に調和・応答するマテリアル構築学の創成』の領域代表として新しい研究分野の開拓に、櫻井和朗教授は2017年北九州地区先進バイオテクノロジー研究施設「IEST Lab.（イーストラボ）」の初代センター長に就任し、長期的視点での社会実装を目指している。

## 2-5 研究の立ち位置と発展・展開(研究代表者の分析)

ダントツ性・波及効果



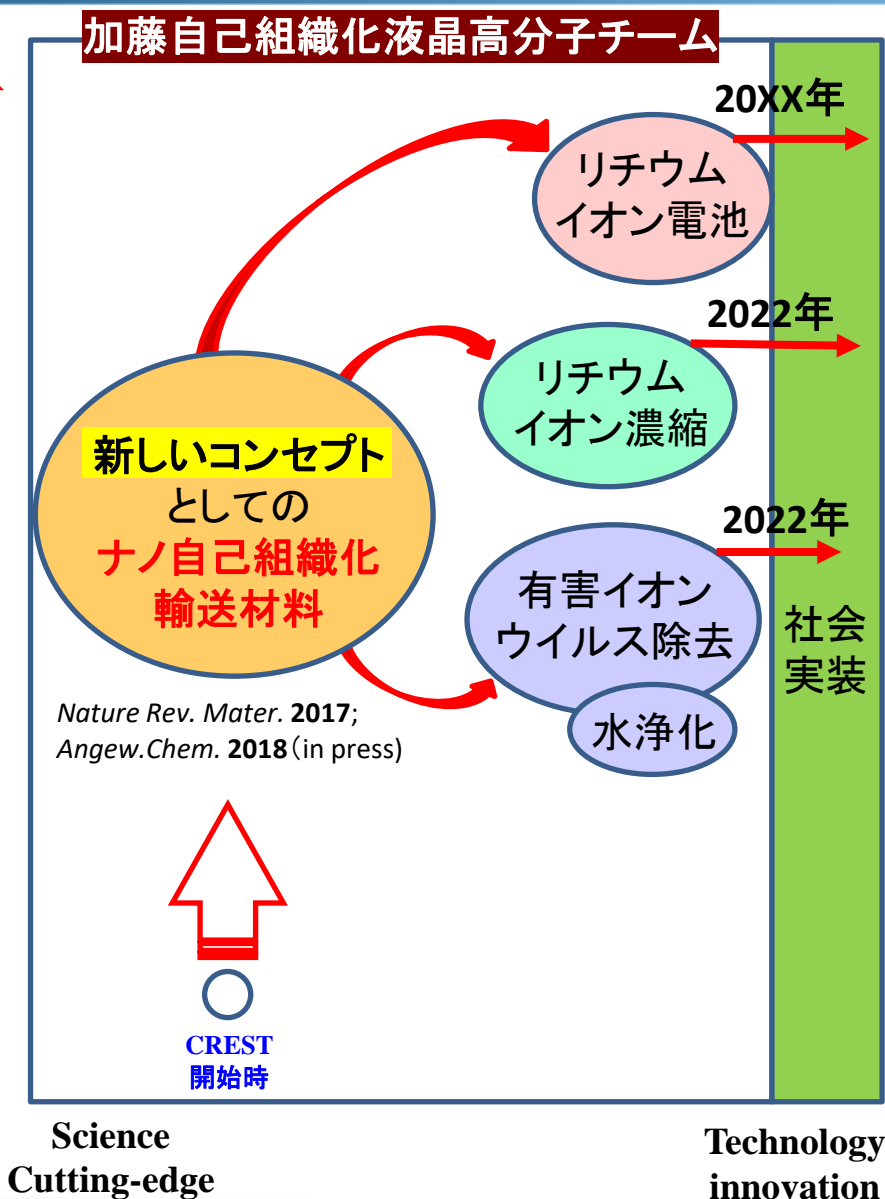
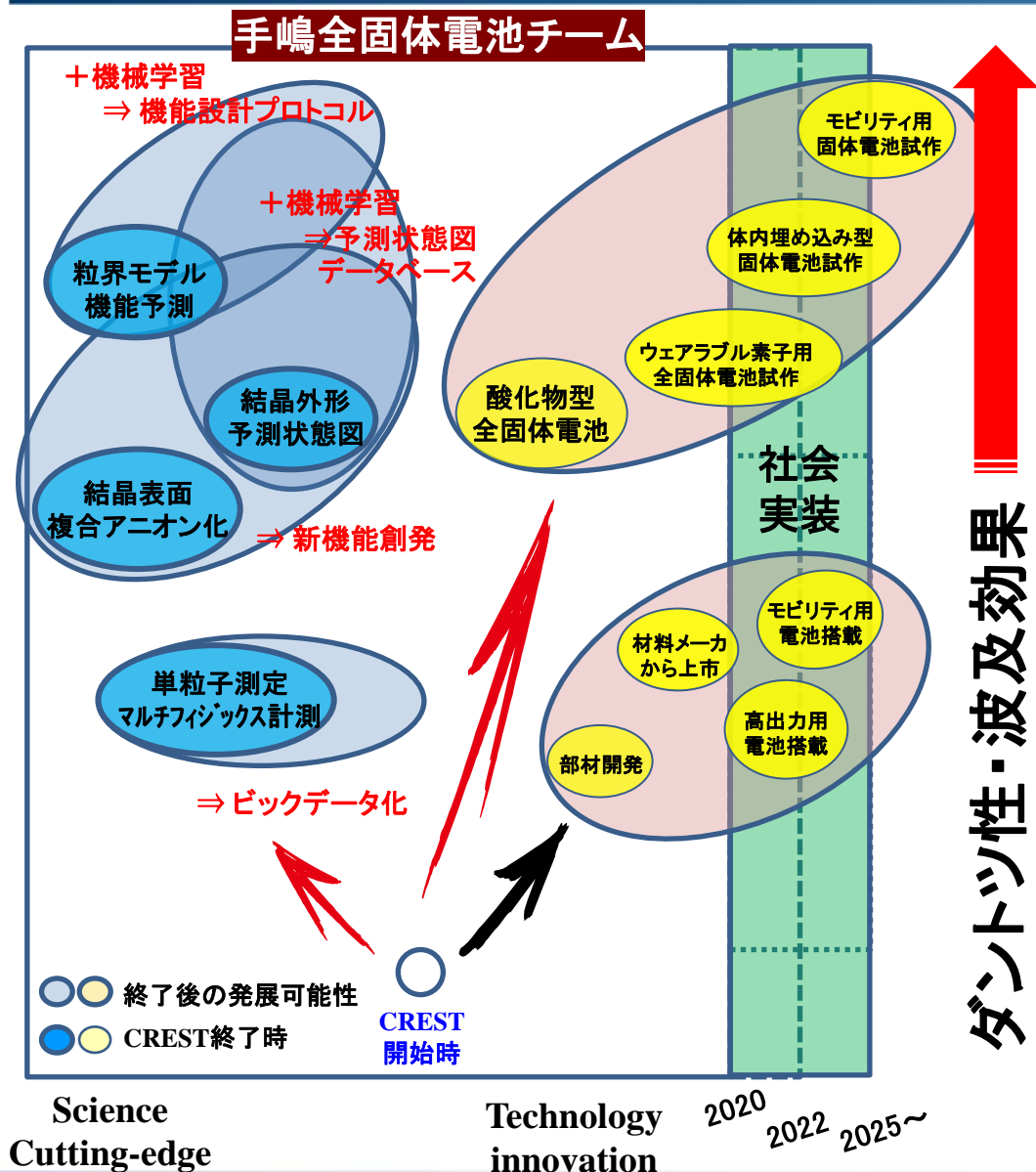
- 研究がScience指向なのか、Technology指向なのかのleaderの自己分析
- プロジェクトを通じてどのように発展・展開しようなのか？
- 終了後、新しい学術領域が増えるのか、新製品・新産業が生まれるのかのimpactの大きさを円サイズで表現。
- Science/Technology両方向に発展するimageもちろんok。
- Technology指向の場合は何時ごろから社会実装が始まるかの予想/期待年時

\* : 採択時に終了時の達成見込みをある程度予測できる課題+Scienceとしてやるべき(面白い)課題+日本の産業発展・維持の為にやって欲しい課題をバランスして採択

\* : 上記の思惑はほぼ想定通り+幾つかのsurprise有り

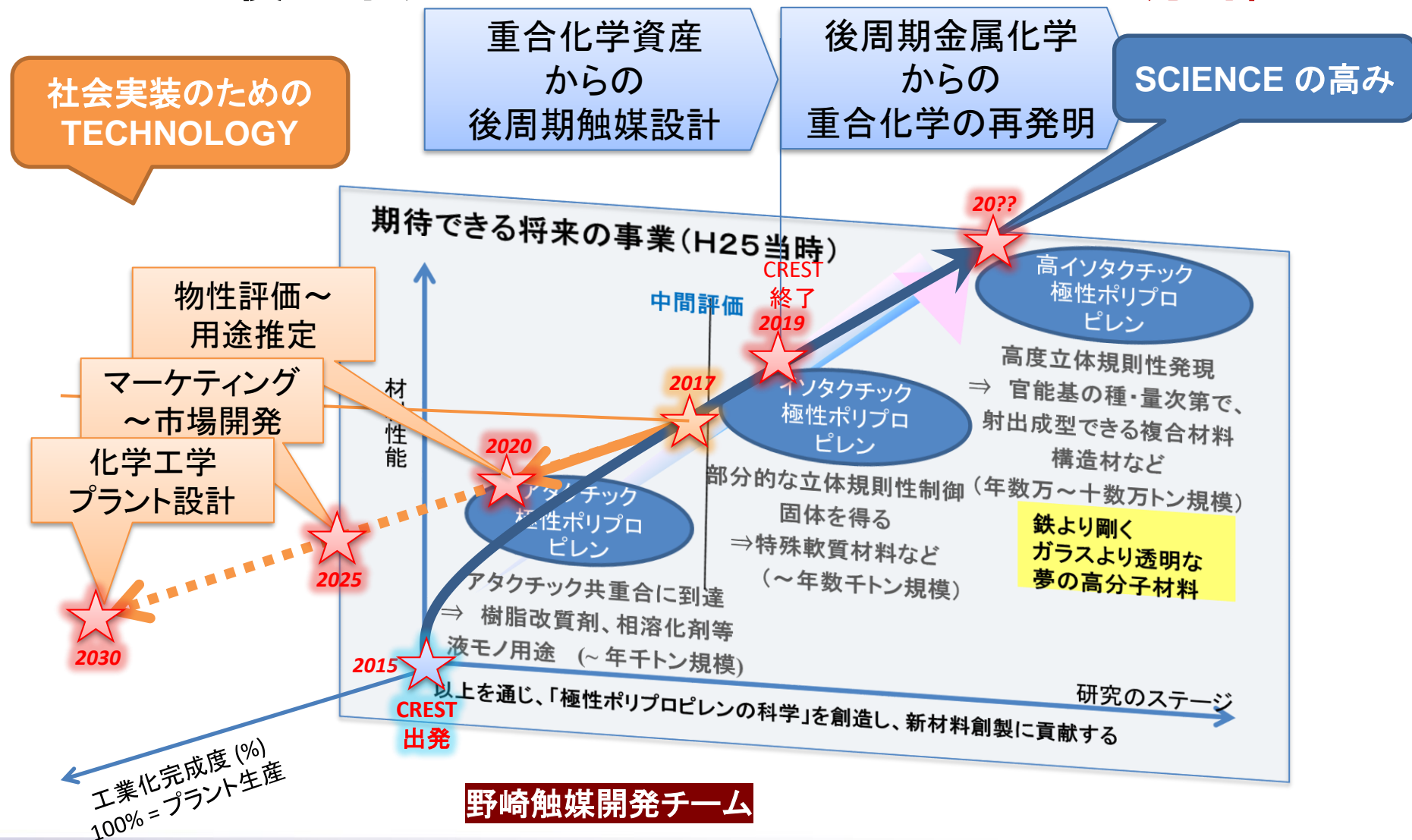


# 2-5-1 研究の発展・展開（チーム例）



# 2-5-2 研究の発展・展開（チーム例）

## CREST 後に向けて: SCIENCEとTECHNOLOGYの方向性





# 2-6-1 研究成果の纏め(1期)

## 各チームの主な目標と代表的な成果(1期: 2013年度採択課題)

研究代表者	主な目標	代表的な成果
植村 卓史	テラーメイドナノ空間設計による高機能高分子材料の創製: デザインされたナノ空間を用いることで、様々な高分子を目的に応じた構造、集積様式で得るシステムを構築	MOF構造の創り出すナノ空間の設計・活用により、 ① 混ざり合わないポリマー同士の <b>完全混合</b> を達成 ② 複数のモノマー分子の <b>周期的配置</b> (シーケンス制御)による人工的な高分子合成を 実証 ③ 異なる分子が <b>規則的交互配列</b> した導電性構造体合成に成功 ④ 末端基だけが異なる高分子化合物の <b>精密分離</b> を実証 <b>MOFを反応場とするポリマー合成で圧倒的な成果、HIF論文最多</b>
手嶋 勝弥	超イオン伝導パスを拓く階層構造による結晶相界面デザイン: フラックス法による結晶育成技術を基軸に、結晶形状・結晶面配向制御、イオン伝導経路予測、異相界面の精密接合、イオン伝導パスを可視化技術を開発	全固体Liイオン二次電池Li伝導パスの設計・製作により、 ① <b>世界最高性能の正極材</b> (4.7V、150~A・hr/kg) 開発に成功 ② 自動車、電池各社へのライセンスによる <b>垂直連携体制</b> を構築 学術成果として、 ③ <b>高電流密度</b> に対応できる結晶方位・晶相・障壁制御の明確化 ④ Li拡散経路設計、界面反応制御など多くの <b>指導原理</b> の提案 <b>全固体電池開発で30社程度と共同開発に発展(アカデミアで最大)</b>
野崎 京子	極性基含有ポリプロピレン ~ 触媒開発と樹脂設計: 触媒活性中心近傍の精密な空間制御に基づき、プロピレンと極性モノマーの共重合を可能にする触媒を開発	新規な触媒的共重合法によるプロピレンと極性モノマーの共重合で ① 世界初、実用的反応温度(50℃)で <b>立体規則性PP重合</b> を達成 ② <b>相溶性PP</b> の開発に成功、「官能基の自由度」設計指標を提案 ③ 主たる共同研究者(企業)との連携で <b>特許取得済み</b> (出願28件) <b>社会実装という意味で急峻な山の五合目に到達</b>
松方 正彦	精密分子ふるい機能の高度設計に基づく無機系高機能分離材料の創製: 分子レベルの精密分離を可能とする無機結晶性マイクロ多孔性材料を用いた膜分離技術と量子分子ふるいに着目した軽分子同位体の分離システムの開発	ゼオライト系、ゼオライト/炭素系分離膜技術において、 ① ゼオライト分離膜成果の一部をNEDO-PJへ移管、 <b>超コンパクト分離膜モジュール</b> の開発 ② 高選択・高速 <b>酸素同位体分離</b> (1000倍)を達成 ③ 高透過・選択性 <b>オレフィン/パラフィン分離膜</b> の開発 ④ <b>水素同位体吸着分離技術</b> の提案 <b>量子分子ふるいは超省エネ型産業ガス分離技術として相当な成果</b>

# 2-6-2 研究成果の纏め(2期)

## 各チームの主な目標と代表的な成果(2期:2014年度採択課題)

研究代表者	主な目標	代表的な成果
陰山 洋	アニオン超空間を活かした無機化合物の創製と機能開拓: 無機結晶内「アニオン超空間」を基軸に、アニオンが主導する革新的な化学機能(触媒など)や物理機能(強誘電など)の創発	アニオンの優れた反応性・操作性の活用により、 ① <u>ヒドリドの高活性を利用した500°C以下酸窒化物合成に成功</u> ② <u>半導体酸塩化物による高安定な可視光水分解に成功</u> ③ <u>ヒドリドの高圧縮性を利用した金属原子間相互作用のブロックを発見</u> ④ <u>基板の応力を利用した酸素空孔の配列制御技術を構築</u>
加藤 隆史	ソフトナノ空間を形成する自己組織化液晶高分子を基盤とする革新的輸送材料の創製: 「自己組織化ナノ液晶高分子」を膜材料として用いる水の浄化、微量有害物質やウイルスの選択的除去システムの開発	重合性液晶高分子の開発、それぞれの液晶相の特徴を活かした水処理膜合成技術の開発により、 ① <u>孔径(サブ~10ナノ)の揃った化学構造・分子集合構造が制御された水処理膜製造技術を構築</u> ② <u>高ウイルス除去率(99.99999%)、高透水性(10倍)を両立する分離膜性能を達成</u> <b> Covid対応Planetary Boundaries課題で今後の期待大きい</b>
関根 泰	超空間制御触媒による不活性低級アルカンの自在転換: 低温作動電場印加触媒反応と制御されたコアシェル触媒を用いて、低価格原料から高付加価値な化学品を直接作り出す触媒プロセスの確立	コアシェル型触媒、表面プロトニクスを活用する触媒反応研究において、 ① <u>低温(150°C)でのメタンの水蒸気改質に成功</u> (従来は700°C以上) ② <u>従来のFT定説、ASF即を覆すカプセル型FT合成触媒の開発と炭酸ガスと水からの液体燃料の合成に成功</u> ③ <u>新奇構造ゼオライトの発見</u> (8×8×12員環三次元構造:※ <i>YFI</i> ) ④ <u>ハーバーボッシュ法を上回る世界最高レベルのアンモニア合成プロセスを低温(200°C)で実現</u>
山本 潤	空間局在・分子超潤滑に基づく時空間空隙設計と高機能表示材料創生: ナノスケール空間への液晶物質の分割、界面のSlippery性付与により、超低電圧駆動を可能とする表示材料の開発	高分子液晶界面のスベリ現象(Slippery界面)の開発・解明により、 ① <u>強誘電性液晶にSlippery界面を適用することにより、高速応答(Nematicの2桁、&lt;100 μ sec)と低駆動電圧(1桁以上)の両立に成功</u> ② <u>液晶、ディスプレイメーカーと連携し、低消費電力Slippery-Nematic FFS液晶パネルの試作に成功、その原理を実証</u>

## 2-6-3 研究成果の纏め(3期)

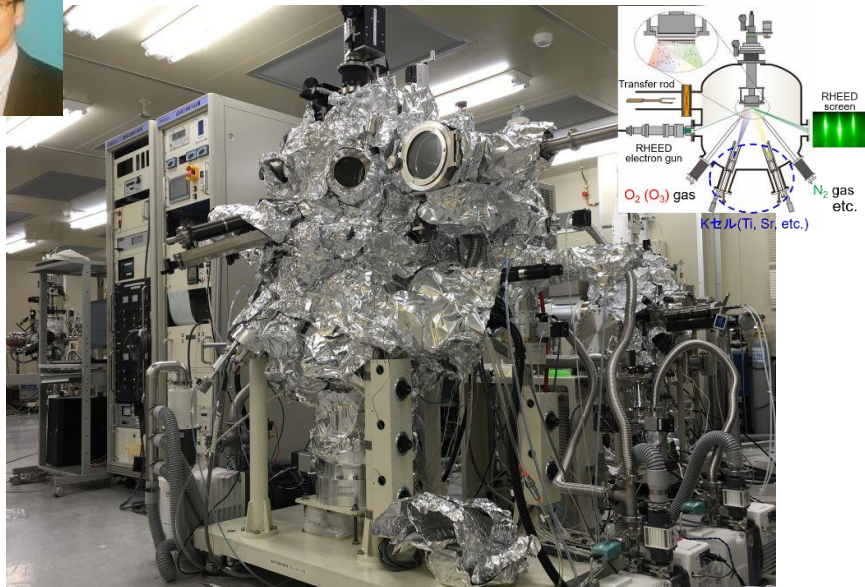
### 各チームの主な目標と代表的な成果(3期: 2015年度採択課題)

研究代表者	主な目標	代表的な成果
櫻井 和朗	単分散プラトニックミセルを利用した細胞標的型DDSの基盤構築: 会合数の制御できるプラトニックミセル(PM)の合成実証と原理解明、PMの分子設計を応用したDDS技術の構築	プラトニックミセル(PM)概念の一般化とその応用展開において、 ① 約20報の論文と総説等により、 <b>PMの概念が一般的な法則</b> であることを世界で初めて実証、学会に受け入れられた ② ミセルの可視化により <b>構造体形状と細胞応答性を明確化</b> ③ <b>シクロデキストリンによるDDSキャリアの開発に成功</b> <b>DDSキャリアへの展開で実際に機能発現を確認</b>
高田 十志和	緩やかな束縛反応場を活用する高分子の連続改変系の構築と革新的機能化: 環状型触媒を利用する内包型反応場による新規な高分子構造改変・修飾、重合技術の構築	マクロサイクル触媒が適用できる高分子反応開発において、 ① マクロサイクル触媒の合成技術、構造解析、量子化学計算を基盤として、本触媒反応の原理解明、各触媒が有効に適用可能な反応系を広く明確にし、 <b>マクロサイクル触媒反応学術領域開拓の土台を構築</b> ② <b>汎用高分子へも展開(PC,PU,BR,PES等)、企業と共願</b>
一杉 太郎	界面超空間制御による超高効率電子デバイスの創製: 固体/固体界面近傍のイオン移動制御による全固体二次電池の開発、及び、AIロボットを利用する材料探索手法の構築	① 全固体二次電池開発では、正極/固体電解質界面の抵抗増大・劣化機構を明確にし、 <b>極めて低い界面抵抗(10Ω cm)と高速充電(14mA/cm<sup>2</sup>)の両立を実現</b> ② 追加課題: AI型無機材料合成・評価ロボットでは、「合成⇒複数評価⇒機械学習(ベイズ最適化)⇒合成」サイクルを閉鎖空間で自動で行う <b>"Digital Laboratory"システムを製作、実績を蓄積中</b> <b>正極表面に生成する水酸化物除去により界面抵抗が激減</b>
水口 将輝	ナノ超空間を利用した熱・スピン・電界交差相関による高効率エネルギー変換材料の創製: 設計・制御された空間構造を活用した、熱・スピン・電界パラメータ間の交差相関現象を基軸とする高効率な熱電エネルギー変換材料の創成	異常ネルンスト効果を利用した熱電材料開発において、 ① Fe <sub>4</sub> N強磁性薄膜で <b>異常ネルンスト効果の異方性</b> を発見 ② SiGe系材料で <b>電気伝導率と熱伝導のtrade-off回避</b> を実現 ③ 熱電材料とその最適構造を多数提案し、 <b>デバイス設計自由度が大幅拡大</b>



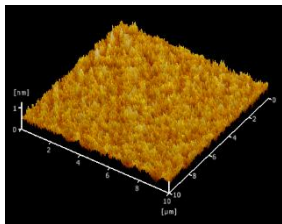
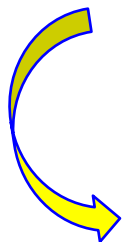
# 2-7 研究加速例： 陰山チーム、一杉チーム

## 分子線エピタキシー(MBE)による 原子一層ごとの交替積層



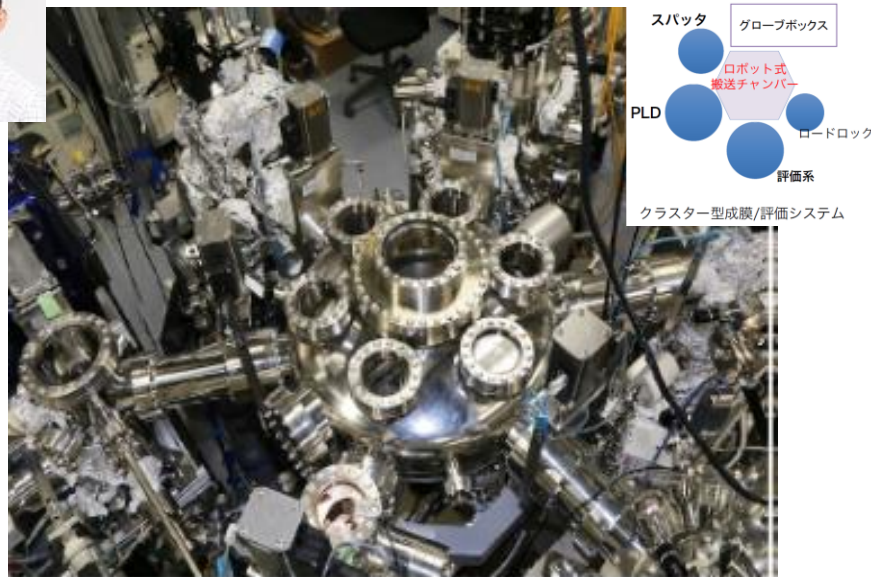
複数アニオンソースを取り扱える世界で一台の装置

- 新しい層状構造を持った「新物質」合成
- アニオン秩序の制御と物理機能の開拓



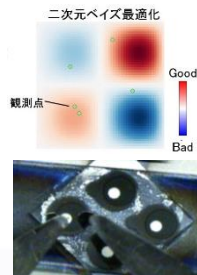
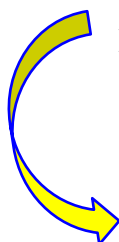
平坦性の良い  
酸化物薄膜の  
作成に成功

## ロボット技術と計測技術、成膜条件 の自動判断による全自動化



評価から成膜条件最適化まで自動化できる世界唯一の装置

- 多センサーの導入による成膜モニタリング
- データの均質化、再現性の向上



ベイズ最適化を用いて、条件  
最適化に成功

メモリー素子、  
電池素子作製に成功

## 2-8 研究の進捗状況：主な受賞

受賞者名	賞の名称	授与者名	受賞日(時期)
植村卓史	日本学術振興会賞	日本学術振興会	2016年2月
手嶋勝弥、是津信行 金子咲南	ACS OMEGA Award	アメリカ化学会	2017年8月
野崎京子	Arthur K. Doolittle Award	アメリカ化学会	2015年
伊藤慎庫(野崎T)	日本化学会進歩賞	日本化学会	2017年3月
野崎京子	Ziegler Lecturer	マックスプランク研究所	2018年10月
野崎京子	August Wilhelm von Hofmann Lecture Award	ドイツ化学会	2019年9月
野崎京子	日本化学会学会賞	日本化学会	2020年3月
陰山洋	日本化学会学術賞	日本化学会	2017年3月
加藤隆史	日本化学会賞	日本化学会	2017年3月
関根泰	日本化学会学術賞	日本化学会	2019年1月
関根泰	文部科学大臣表彰科学技術賞	文部科学省	2020年4月
小河脩平(関根T)	文部科学大臣表彰若手科学者賞	文部科学省	2020年4月
櫻井和朗	高分子学会賞(科学)	日本高分子学会	2018年5月
高田十志和	日本化学会賞	日本化学会	2017年3月

## 2-9 研究の進捗状況：産業界との連携

JST新技術説明会、JSTフェア、ナノテク展等での研究課題PR、産業界との共同研究を通して、社会実装を目標とした実用的評価、データ収集を積極的に行っている。  
各チームの主な共同研究の実績は以下の通り。

- 【植村チーム】 MOF材料、重合制御、フィラー、ポリマーアロイ、カーボン材料等 6社
- 【手嶋チーム】 LIB安全性向上、高エネルギー密度化、高出力化、正極結晶材料、固体電解質等 16社  
文科省イノベーションエコシステム形成プログラム(2017~2021)  
JST「COI-NEXT」(2020)採択:信州大学(東大、東理大、企業25社、長野県)
- 【松方チーム】 無機膜、ガス分離性能評価、脱水膜/メタノール合成用膜反応器等 6社  
NEDO「革新的分離技術の導入による省エネルギー型基幹化学品製造プロセスの研究開発」(2016~2017)  
NEDO「二酸化炭素原料化基幹化学品製造プロセス技術開発」(2017~2021)
- 【陰山チーム】 複合アニオン系、酸水素化物、触媒研究、太陽電池、光触媒等 6社
- 【関根チーム】 EIG-CONCERT-Japan「超空間制御による機能材料」(2019-2021)  
電場反応:民間企業との連携  
ガス反応:民間企業との共同研究 ※JST-MIRAIに採択(2019)
- 【櫻井チーム】 薬剤会社(CDナノ粒子系)、大学医学部(マウス実験)との共同研究  
先進バイオテクノロジー研究施設 IEST Lab.(イーストラボ) 初代センター長(2017)
- 【一杉チーム】 AIロボット:材料開発システムライセンス、ベンチャー検討、※JST-MIRAIに採択(2019)  
電池界面状態制御:民間企業数社と共同研究中

### 3 総合所見

- ◆ 環境・エネルギー領域での新領域創成、技術革新を意識してきたことは時代の要請に  
適うものであったと自己評価している。(特に2020年以降は時宜を得たものと認識)
- ◆ 社会実装に向けては、全固体二次電池、極性基含有ポリプロピレン、セラミックス分離膜用  
支持体設計、自己組織化液晶高分子等は社会実装への進展・拡大を期待したい。
- ◆ いくつかの予想外の新発見があり、新しい研究領域への発展が期待できる。新奇光  
半導体触媒、新奇の3次元Al-silicateは新材料探索の動機付けになるだろう。
- ◆ スピントロニクスDeviceモデルでのtrade-off物性打破の原理検証、量子分子ふるい効果の  
実材料での検証、原子レベルで設計した薄膜電池での全固体電池界面設計原理の解析は  
日本発信のScience & Technologyのpivotになりうると考えている。
- ◆ 積極的に企業参画を促したことによる特許出願、知財戦略は有効であることが確認でき  
た。プロジェクトにおいては、ScienceとTechnologyのバランス・役割分担について考える  
余地がかなりある。Scienceとしての先端性に加え、それをinnovative Technologyに変える  
工学要素(プロセス)を意識すべきであり、それを具現化できる機能・人材が今後より重要にな  
るだろう。
- ◆ プロジェクト内でのコラボは比較的やりやすいようだが、プロジェクト間では情報を共有で  
きにくい為、難しいという印象である。コラボの成立は極めて属人的だが、やり方を工夫  
出来る可能性はある。研究者の自助努力は限界があり、全体俯瞰は極めて難しい。  
JST等で全体俯瞰し、マッチング・コラボの可能性を探るような機能が必用だと考える。