

## 文部科学省と国立大学附置研究所・センター 個別定例ランチミーティング

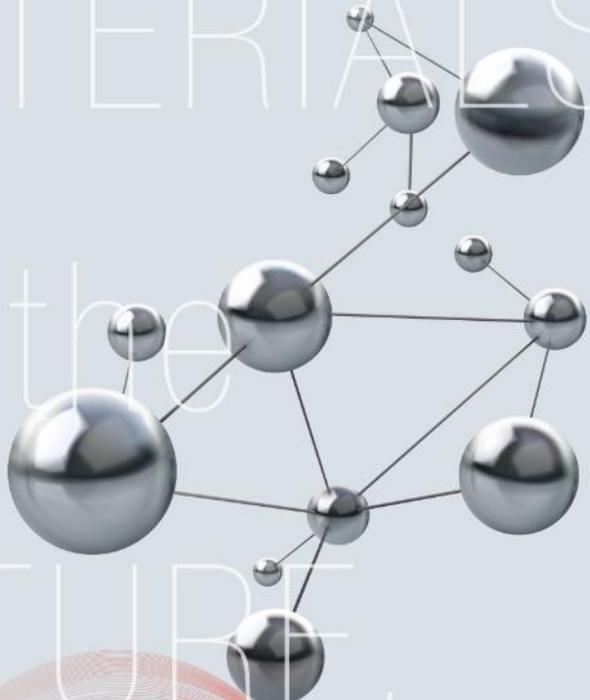
### 第78回 九州大学 先導物質化学研究所 (2024.4.19)

- 12:05 – 12:10(05分) : 研究所の概要 **横山 士吉 所長**
- 12:10 – 12:25(15分) : 若手研究者からのプレゼン (5分×3名)
- 穴田 貴久 准教授**  
「エネルギー代謝を活性化する薬剤開発と老化抑制  
-老化制御に化学でせまる-」
- 中林 康治 准教授**  
「座礁資源で炭素循環社会を創る」
- 斉藤 光 准教授**  
「電子顕微鏡でみる物質材料ダイナミクス」
- 12:25 – 12:45(20分) : 質疑応答

### 未来へ 挑みつづける 物質化学

Fundamental Organic Chemistry  
Applied Molecular Chemistry  
Integrated Materials  
Advanced Device Materials  
Soft Materials  
Evaluation of Materials Properties and Function

MATERIALS  
for the  
FUTURE.



# 1

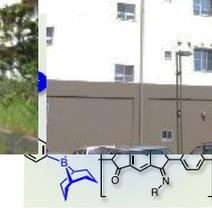
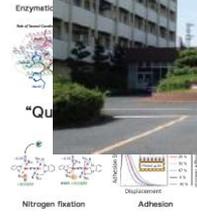
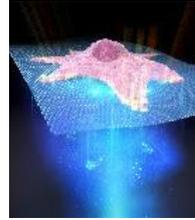
## 先導研の部門紹介

筑紫キャンパス（総理工）

伊都キャンパス(理・工)

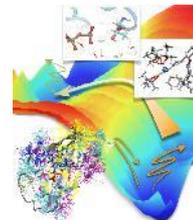
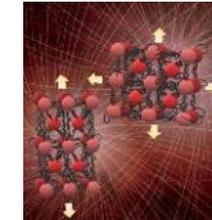
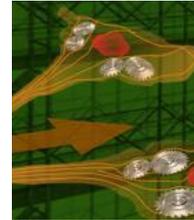
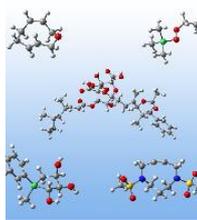
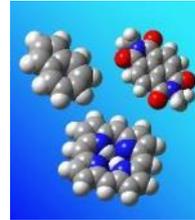
### 物質基盤化学部門

ナノ界面物性分野  
 反応・物性理論分野  
 分子物質化学分野  
 機能分子化学分野  
 生命有機化学分野



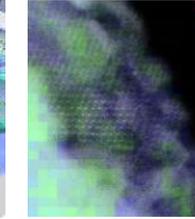
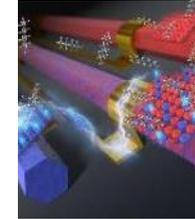
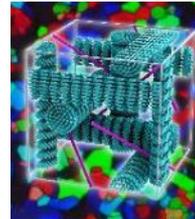
### 分子集積化学部門

多次元分子配列分野  
 集積分子機能分野  
 医用生物物理化学分野  
 複合分子システム分野  
 クラスター分子化学分野  
 無機物質化学分野



### 融合材料部門

ナノ組織化分野  
 ヘテロ融合材料分野  
 ナノ融合材料分野（クロアポ）  
 ナノ材料解析分野（クロアポ）



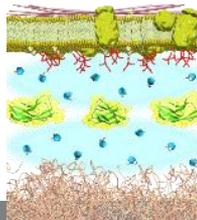
### 先端素子材料部門

ナノ構造評価分野  
 先端光機能材料分野  
 ミクロプロセス制御分野  
 炭素材料科学分野  
 エネルギー材料分野



### ソフトマテリアル部門

ソフトマテリアル学際化学分野  
 ナノバイオデバイス国際連携分野  
 メカノバイオマテリアル国際連携分野  
 ソフト界面工学国際連携分野



# 2

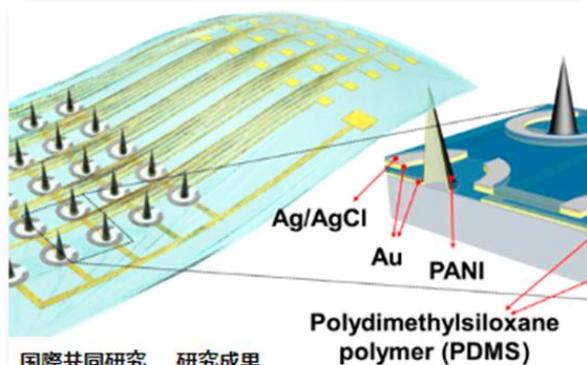
## 先導研の最近のトピックス



研究成果 | プレスリリース

2020.08.25

【プレスリリース】(先端素子材料部門 横山士吉教授他) ポリマー光変調器の高効率化



国際共同研究 | 研究成果

2021.12.03

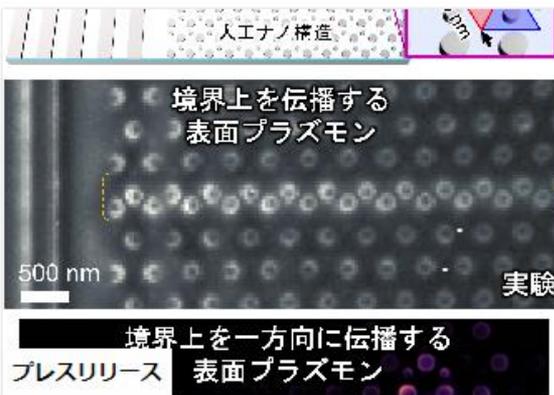
生体親和性に優れたフレキシブルマイクロニードルpHセンサの開発に成功



プレスリリース | 研究成果

2022.05.31

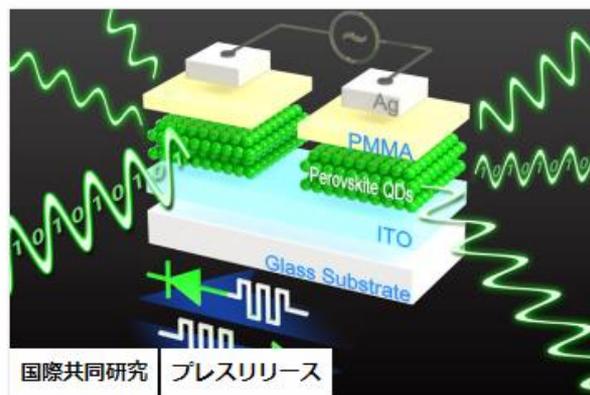
水素化反応を効率化する物質を自動化フロー反応装置で一気に探索



プレスリリース | 表面プラズモン

2021.09.10

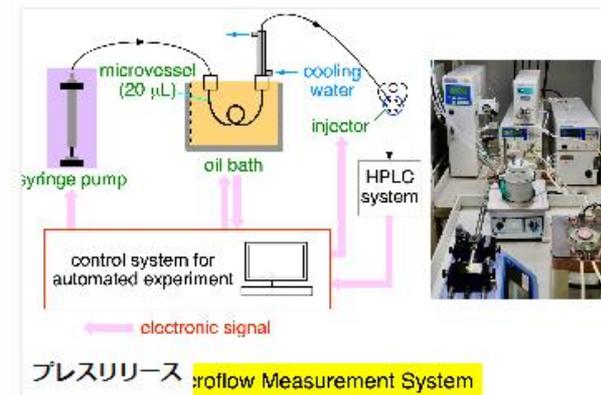
光を一方方向に進む表面波に変える人工ナノ構造の実証



国際共同研究 | プレスリリース

2021.07.26

全無機型ペロブスカイト抵抗変化メモリの開発に成功



プレスリリース | Flow Measurement System

2021.07.15

有機分子の動的立体化学挙動を自動分析するマイクロフローシステムを開発

### 3 拠点ネットワークと5研究所間アライアンスの関係性

共同研究拠点ネットワーク

相互不可分

5研究所間アライアンス

◆公募(2010~2021年度)

累積>5,500件の共同研究支援

- 物質・デバイス分野の底上げ
- 若手人材育成・分野横断研究促進



多彩な公募プログラム

◆拠点機能強化プログラム創設(2016年度~)

累積>770件の共同研究支援

- 社会問題に資するイノベーション創出
- 世界の科学をリードする人材輩出



公募プログラムの拡充

対象者 : 国公立大学・高専等全国の物質・デバイス領域の研究者(大学院生・学部生含)

基盤共同研究

施設・設備利用

展開共同研究

次世代若手共同研究

COREラボ共同研究

新 クロスオーバー共同研究

異なる分野の軸を互いに交差させ、思いもよらない発展へつなげる目標設定型プログラム。

新 機動的共同研究

自然災害や感染症蔓延等への対応プログラム。レジリエンスな社会の構築に貢献。

全プログラム: 拠点予算に一本化

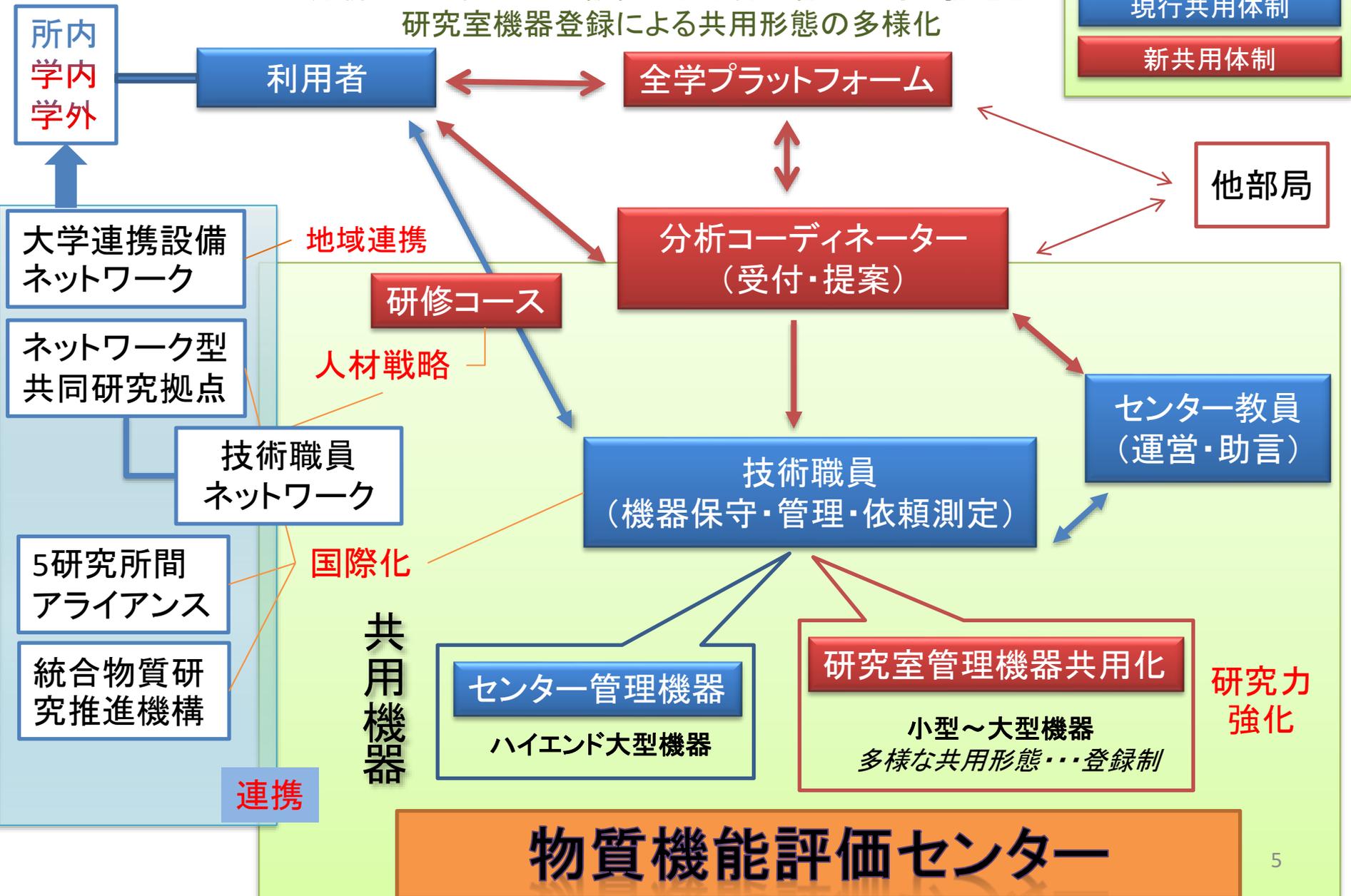
充実した研究環境の提供

アライアンス  
拠点ネットワーク事業  
展開の  
舞台を提供

# 4

# 先導物質化学研究所

分析コーディネーター設置による利用者への対応強化と  
研究室機器登録による共用形態の多様化



# 5 先導研の中核的拠点としての適格性：物質機能評価センター

専任の技術系職員が5名所属。 所内の測定指導の他、学外からの受託分析も行う。

質量分析装置：  
分子の精密な質量を求めることで分子構造を特定する。例  $^{12}\text{C}^{16}\text{O}$  と  $^{14}\text{N}_2$  を区別。



コールドスプレーイオン化  
飛行時間型質量分析計  
(Cold spray-TOFMS)

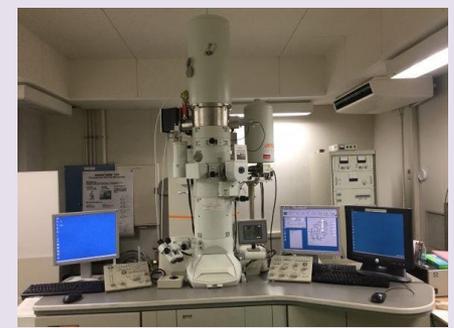
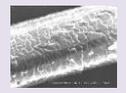


磁場型質量分析計  
(磁場MS)



マトリックス支援レーザー脱離  
イオン化飛行時間型質量分析計  
(MALDI-TOFMS)

電子顕微鏡：  
形態観察



透過型電子顕微鏡 (TEM) 1台  
走査型電子顕微鏡 (SEM) 2台

X線回折装置：  
主に結晶や粉末試料から物質の結晶構造を特定する。



単結晶X線構造解析装置  
(Single crystal XRD) 3台



粉末X線回折装置  
(powder-XRD) 2台,  
小角X線回折装置 (SAX) 1台

磁気共鳴装置：  
電子もしくは原子核特有の共鳴現象により材料や分子の構造・運動性を評価する。



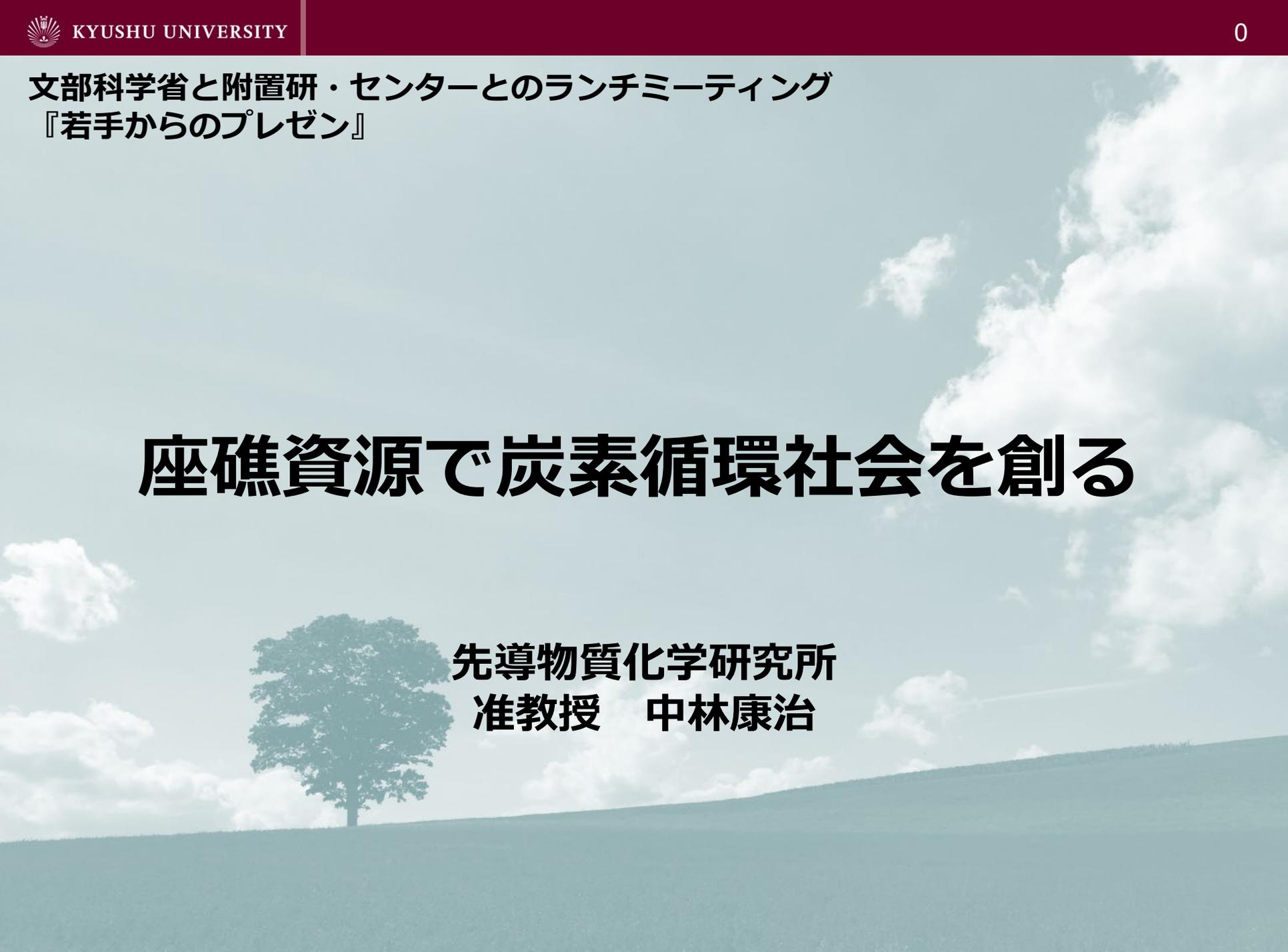
電子スピン共鳴装置 (ESR)



核磁気共鳴装置 (NMR) 7台

文部科学省と附置研・センターとのランチミーティング  
『若手からのプレゼン』

# 座礁資源で炭素循環社会を創る



先導物質化学研究所  
准教授 中林康治

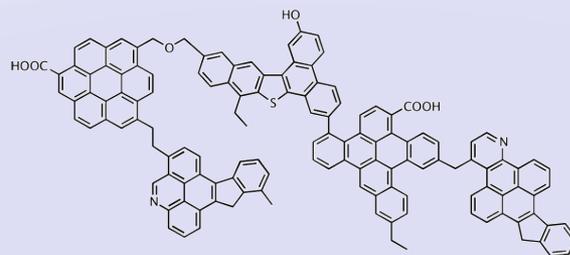
# 座礁資源とは



石炭残渣



石油残渣



二酸化炭素



マリンバイオマス



廃プラスチック



バイオマス残渣

市場環境や社会環境において、価値を見出せない、  
取り残された資源のことを指す。

## ● 座礁資源とは

- 市場・社会環境の変化により価値を損失し得る、している資源
- 複雑かつ多成分で構成されているため基本的にはボイラー燃料としての利用に限定→ **大量のCO<sub>2</sub>排出**



図. 座礁資源の現状

## ● 座礁資源を利用する意義

- 座礁資源を高度利用することができれば炭素循環社会に大きな貢献ができる  
→ **潜在的なCO<sub>2</sub>排出を抑制できる！**



**解決の糸口**

座礁資源



**炭素材料**

## 炭素材料：90%以上炭素によって構成された材料

### 電気伝導性



黒鉛電極



電極材

### 高強度材



複合材



スポーツ用材料

### 高比表面積

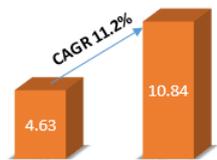


キャパシタ



吸着材

### Advanced Carbon Materials Market

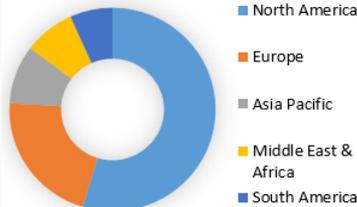


Market Size in US\$ Billion

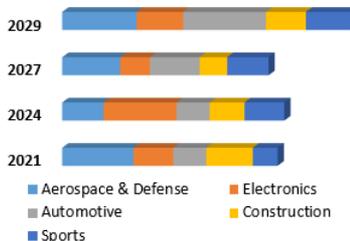
#### Key Players

- |                                  |   |
|----------------------------------|---|
| Arry International Group Limited | Mitsubishi Chemical Carbon Fiber and Composites |
| Cvd Equipment Corporation        | Toray Industries                                |
| Futurecarbon                     | Hexcel Corporation                              |
| Grupo Graphenano                 | Hyperion  |
| Graphenea                        | Cnano Technology                                |
| Grupo Antolin                    | Toho Tenax Europe GmbH                          |
| Haydale Graphene Industries Plc  | Nippon Graphite Fiber Co                        |

#### Regional Analysis in 2021 (%)



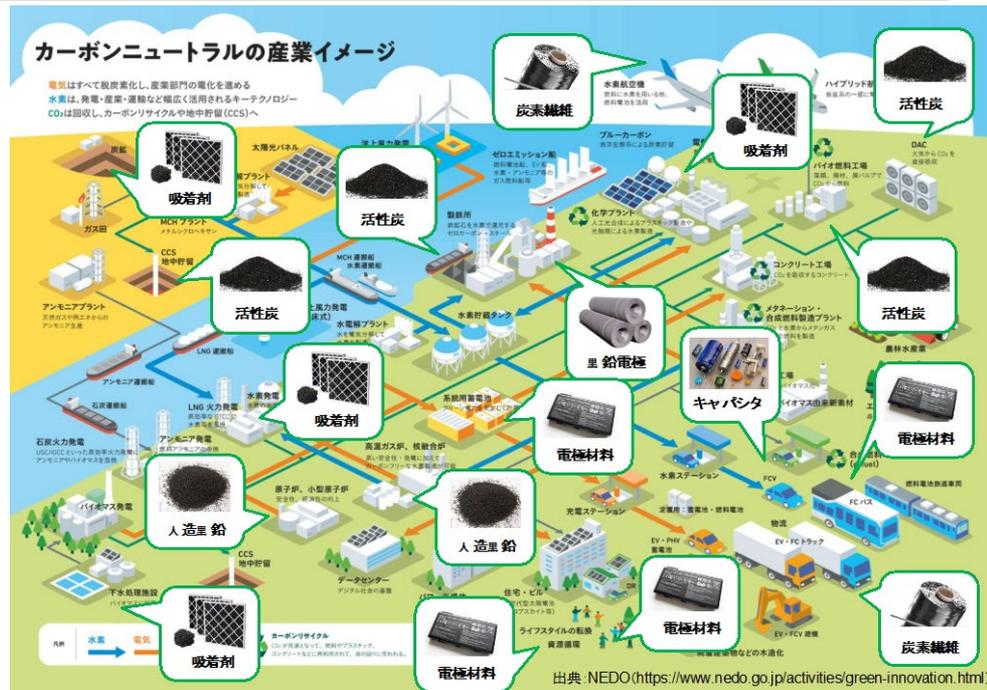
#### Application Segment Overview



出典: <https://www.maximizemarketresearch.com/market-report/global-advanced-carbon-materials-market/72232/>

### カーボンニュートラルの産業イメージ

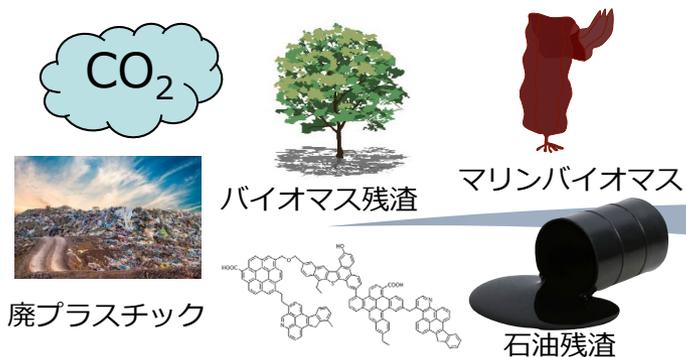
電気はすべて脱炭素化し、産業部門の電化を進める  
水素は、発電・産業・運輸など幅広く活用されるキーテクノロジー  
CO<sub>2</sub>は回収し、カーボンリサイクルや地中貯留 (CCS) へ



出典: NEDO (<https://www.nedo.go.jp/activities/green-innovation.html>)

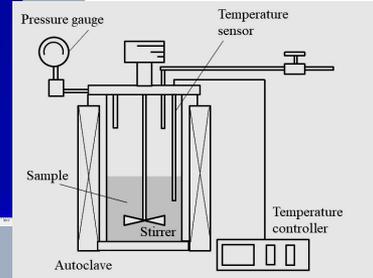
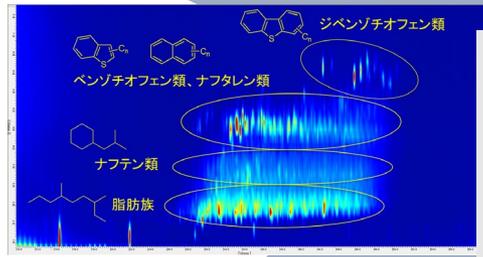
- 炭素材料の市場マーケットは、10年以内に2倍以上に成長する
- 特に、電子部品・モビリティ分野での成長が見込まれる

## 座礁資源を利用した炭素材料の開発



### 座礁資源の理解

分子レベルで理解し  
反応をコントロールする  
(分子の切断・結合)



### 高機能炭素材料の製造

**活性炭**

マリンバイオ → 活性炭

マリンバイオマスを利用した活性炭製造

**NEDO**  
新エネルギー・産業技術総合開発機構  
New Energy and Industrial Technology Development Organization

**炭素繊維**

残渣 → 炭素繊維

座礁資源を利用した炭素繊維の製造

**NEDO**  
新エネルギー・産業技術総合開発機構  
New Energy and Industrial Technology Development Organization

**カーボンナノファイバー**

CO<sub>2</sub> 二酸化炭素 → CNF

CO<sub>2</sub>を利用したCNFの合成

**科研費**  
KAKENHI

## 「ダイバーシティ・スーパーグローバル教員育成研修（SENTAN-Q）」

**STEP1**

研修生の選出

2021年後期スタート



**STEP2**

大学ガバナンス・ダイバーシティ・インクルーシブ教育



**STEP3**

英語でのアクティブラーニング型教授法教育



**STEP4**

留学生の実践的研究指導



**STEP5**

最新学問分野等のリカレント教育

**STEP6**

海外での実践教育・研究指導

2023年10月修了



### リカレント教育

メンター：平井康之教授（芸工）

研修内容：  
デザインを通じて市民/自治体を巻き込み  
社会課題を解決するには？



\*学んだ事→ダイバーシティ・インクルーシブの概念。より俯瞰的な視点を持つ。社会課題を解決するには人との対話が必要だということ。人は社会に生きるということ。

### 国際連携

KRICT韓国化学研究院（韓国）での講義



湖南大学（中国）での8コマの授業の様子



国際的な人脈  
形成に成功！

STEP6を通じて国際  
共著論文へと発展中！

九大-清華大における  
大学間交流を締結予定



清華大学（中国）での  
学生への研究・教育実践指導



インペリアルカレッジロンドン  
（英国）での講義

世界と伍して戦える教員の育成！！

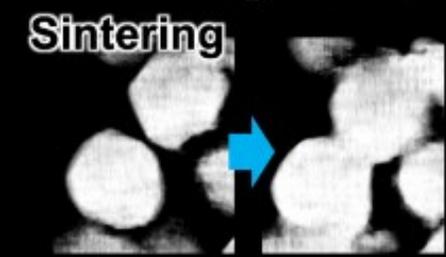
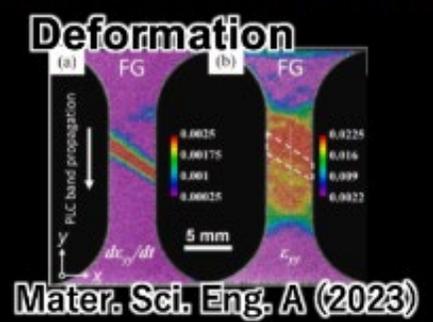
若手研究者からのプレゼン (3)

# 電子顕微鏡でみる物質材料ダイナミクス

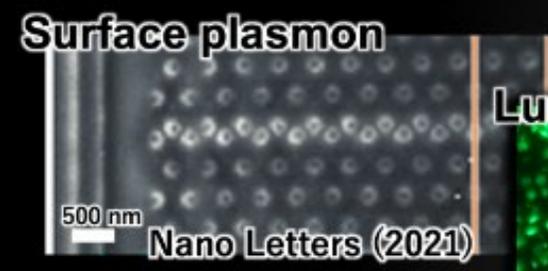
齊藤 光

先導物質化学研究所  
融合材料部門

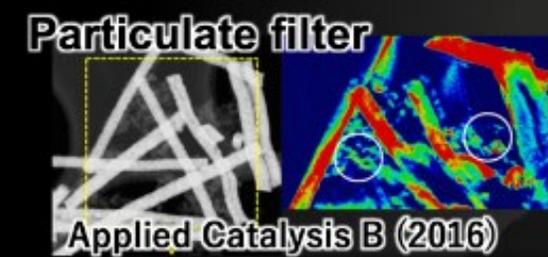
## Nano-mechanics



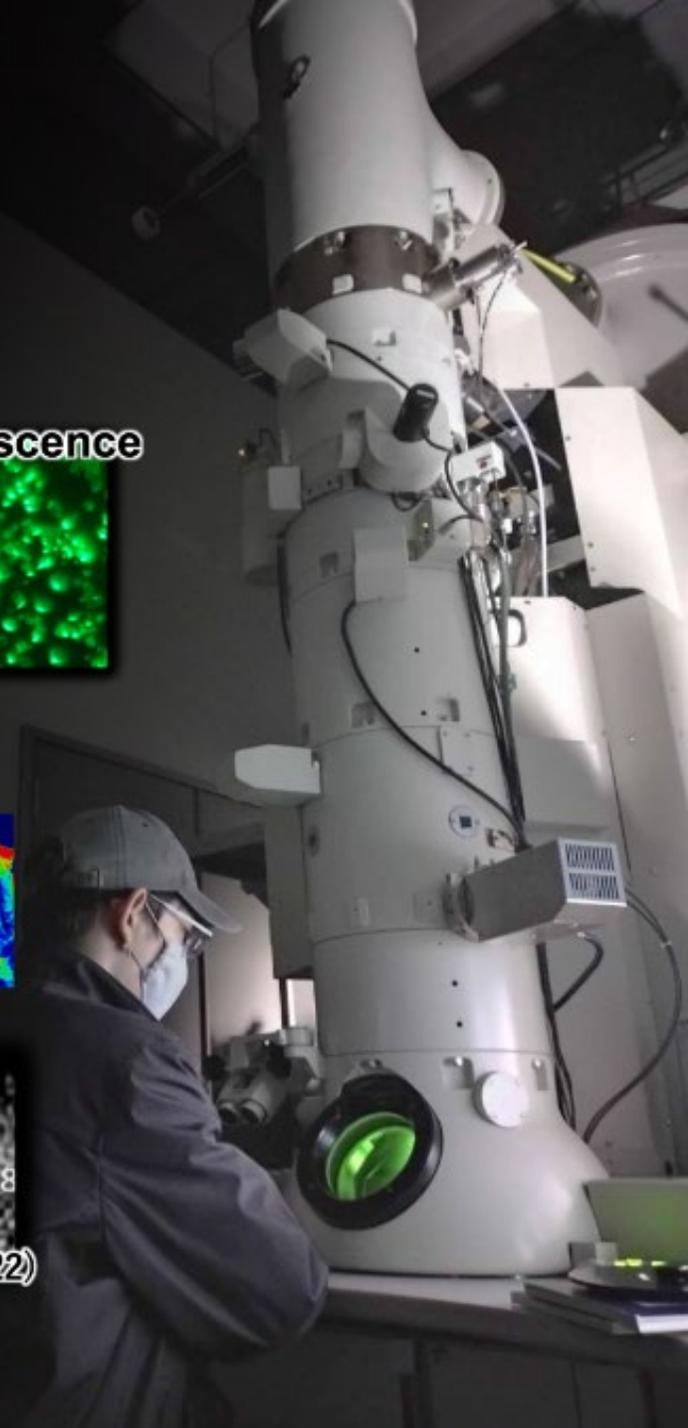
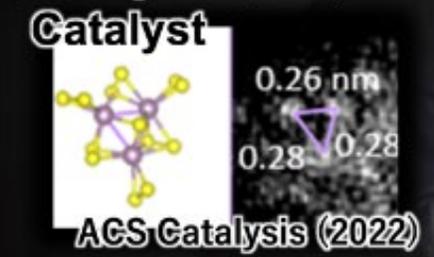
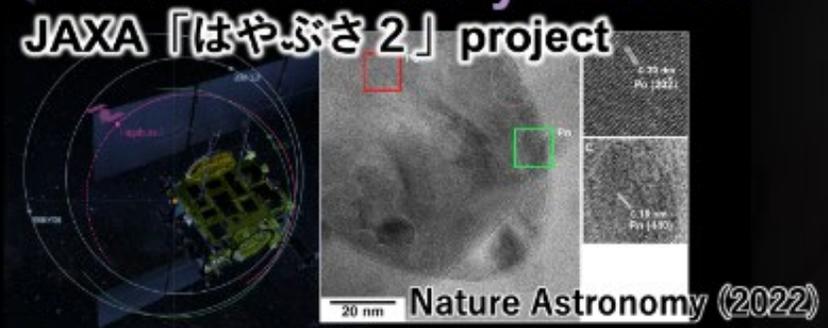
## Optoelectronics



## Environment



## Earth & Planetary Science



# 静的観察から動的観察への世界的なシフト

**排ガスフィルター**

Soot particles

Applied Catalysis B (2016)

**熱電**

Inorganic Chemistry (2021)

(c)  $\text{Cu}_{26+y}\text{V}_2\text{Ge}_6\text{S}_{32}$  ( $y = 3$ )

Log (int) / arb. units

Line 1: 4s, 1V, 3Cu, +1Ge

Line 2: 4s, 1V, 3Cu, +1Ge

Line 3: 4s, 1V, 3Cu, +1Ge

Line 4: 4s, 1V, 3Cu, +1Ge

Line 5: 4s, 1V, 3Cu, +1Ge

Interstitials

**触媒**

filtered

ACS Catalysis (2022)

0.26 nm, 0.28 nm, 0.23 nm

**センサー**

Chemical Science (2021)

CuO shell, ZnO, Zn diffusion, Zn doped CuO, (111) facets

thermal annealing

**超伝導**

Scientific Reports (2021)

NdFeAs(O,H)

MgO

10 nm

dislocation

**光工学**

Nano Letters (2021) 理論計算

境界上を伝播する表面プラズモン

境界上を一方に伝播する表面プラズモン

光源

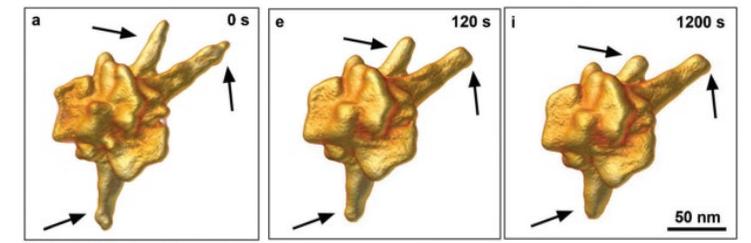
**地球惑星科学**

JAXAはやぶさ2プロジェクト  
小惑星リュウグウの分析

Nature Astronomy (2023)

Hayabusa 2

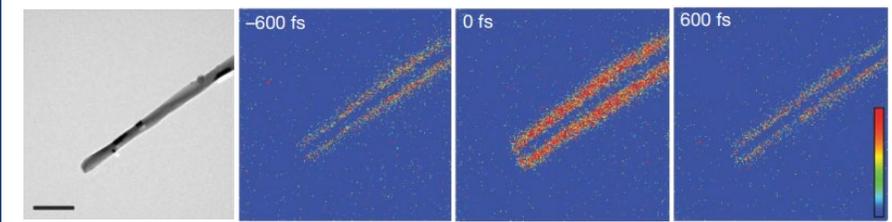
## その場観察



その場加熱電子線トモグラフィー  
H. Vanrompay et al. *Nanoscale* (2018)

## 動的観察へ

## 時間分解電子顕微鏡

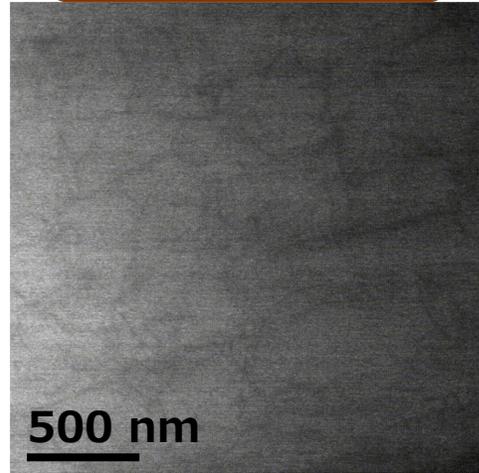


パルス電子顕微鏡による光子誘導近接場イメージング  
B. Barwick et al. *Nature* (2009)

✓ 原子レベルからミクロンオーダーまで、物質・材料の構造だけでなく、電子状態や光をも可視化する電子顕微鏡は、あらゆる分野でなくてはならない解析ツール。

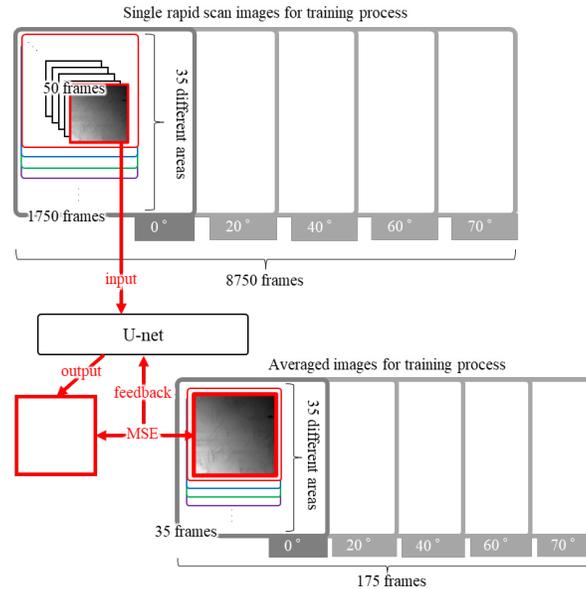
# 世界最速 5 秒STEMトモグラフィーの達成

連続傾斜像  
生データ

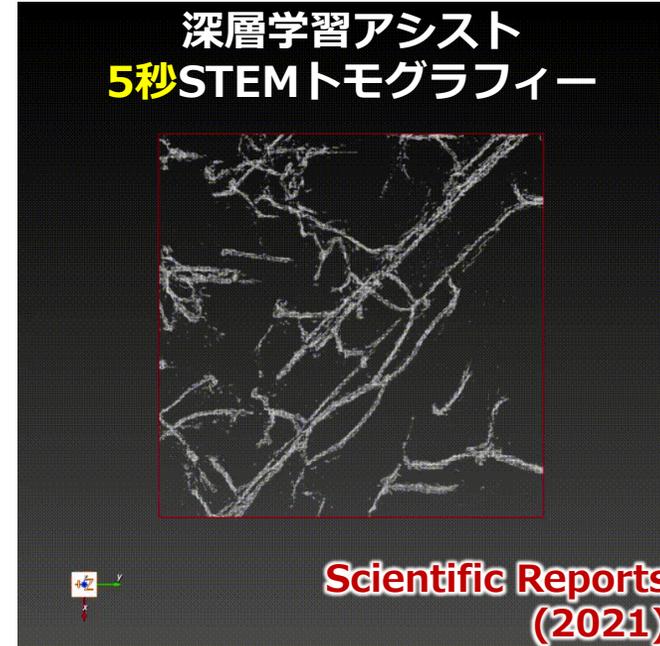


オーステナイト鋼中の転位

深層学習デノイズ



深層学習アシスト  
5秒STEMトモグラフィー



一般的なSTEMトモグラフィー  
(データ取得時間：数10分)



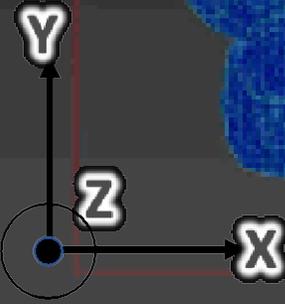
- ✓ わずか5秒のデータ取得時間であるにもかかわらず、従来取得法のデータと専門家でも見分けが困難なほどの完成度
- ✓ STEMトモグラフィーの過去最速取得時間は約6分
- ✓ 分オーダーで進行する動的現象のナノスケール3次元観察への応用に期待

# 材料焼結の4次元観察

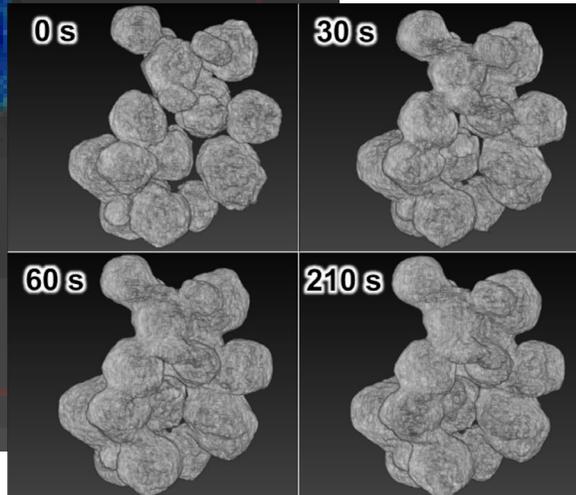
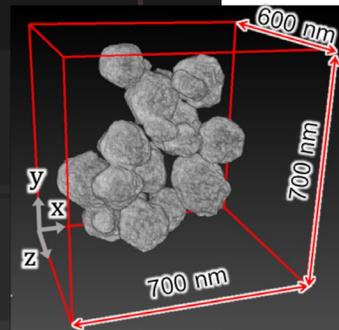
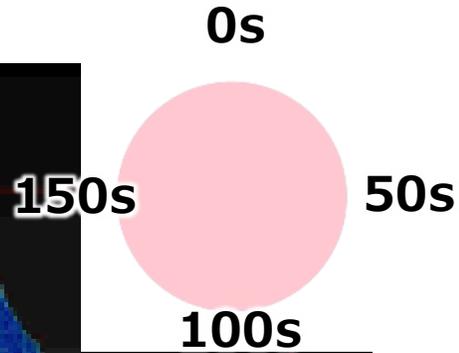
## 粉末焼結のナノスケール 4D観察に成功

350°C

100nm



Nanoscale (2023)



### 報道

日本経済新聞

#### 九大とJST、透過電子顕微鏡によるナノ粒子焼結を4次元で初計測

2023年6月2日 17:38

発表日:2023年06月02日

透過電子顕微鏡によるナノ粒子焼結を4次元で初計測  
～ものづくりのDX化促進による開発コストの削減に期待～

【ポイント】

- (1) 材料開発と安定性評価に要する材料ナノ組織の熱活性化過程の可視化
- (2) 粉末焼結過程のナノレベル4次元（3次元空間+時間）計測を初めて達成
- (3) 実計測に基づいたものづくりのDX化促進による開発コストの大幅な削減に期待

粒子を加熱すると融点よりも低い温度で粒子同士が結合する現象は焼結と呼ばれ、私たちの身の回りで陶器を始めとして幅広い製品に利用されています。最先端のものづくりの現場では、例えばナノメートルサイズまで細かくした銅粒子を電子回路基板上に塗布して焼結することで、薄型・軽量の電子回路をつくることが可能となっています。このようにナノ粒子は我々が目にするようなマイクロ～ミリメートルの粒子よりも低温で焼結し、少量でも機能を発揮することから、省資源、低コスト、低環境負荷という、これからのものづくりへの要求を満たせる材料として注目されています。ナノ材料には通常の材料には無い性能や性質が見込まれることから、こうした材料に対する解析技術を確立することは、更なる技術革新の種を見つけることにつながります。

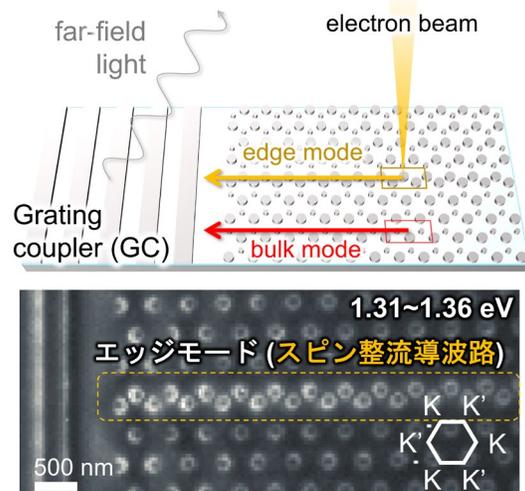
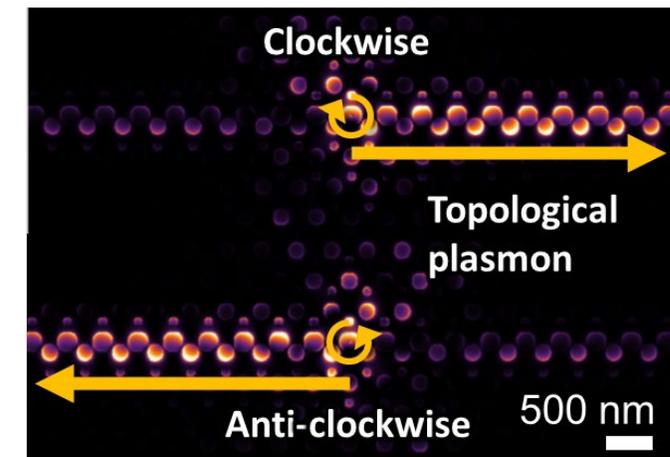
## 何故、4Dが必要か？

- ✓ 計測データがそのまま連続体モデリングのインプットとなる
- ✓ **デジタルツイン**を創生し、サイバー空間での材料開発へ

# 電子顕微鏡による光学分野の研究



## 表面プラズモンとトポロジーを利用したナノスケールでの光スピンソーティング



Nano Letters (2021)

## 半導体中の電子・正孔キャリアの拡散ダイナミクスをサブナノ秒・ナノスケールで計測

東工大、QST  
NTT物性科学基礎研究所  
City Univ. Hong Kong  
との連携成果

