

# GREEN

ナノ材料科学環境拠点

Global Research Center for Environment and  
Energy based on Nanomaterials Science





拠点長  
魚崎 浩平

# 地球環境問題を解決する材料技術の ブレークスルーを目指して

効率的なエネルギーの変換、貯蔵、輸送システムの実現に向けての研究開発競争が世界中で激化しています。これらの実現のためには新しい材料やそれを活かしたデバイスの開発が不可欠ですが、経験的な開発手法に頼ってはい世界をリードすることはできません。

GREENではNIMS内は勿論、大学や企業から集結した理論、シミュレーション、先端計測など基盤的な分野と太陽エネルギー利用、二次電池、燃料電池などの応用分野で世界をリードする研究者が連携し、基礎・基盤的理解に基づくデバイス開発という新しいスタイルで研究を進めるとともに、開かれた研究拠点として、オープンラボなどを通して外部の研究者に最先端の施設・設備、さらに内部研究者の知識・ノウハウなどを提供し、大学や企業における研究開発の加速に寄与したいと考えています。

## 文部科学省：統合型材料開発

平成21年10月、グリーンイノベーションを目指したナノテクノロジー材料開発を推進するための文部科学省委託事業（旧：ナノテクノロジーを活用した環境技術開発）を行う研究拠点として、物質・材料研究機構（NIMS）が中核となって発足したナノ材料科学環境拠点（GREEN）は、平成28年度より、「統合型材料開発」という新しい取り組みを開始しました。

ここでは、地球環境問題の抜本的な解決による持続可能な社会の実現を目指し、環境技術における未来社会のニーズと材料シーズの適切なマッチングを図るため、社会システム全体を俯瞰した技術統合と理論・計測・材料創製を融合した材料研究との協働を核とした基礎基盤的な研究開発を産学連携により推進しています。

## GREENの三分野融合研究（計算・計測・材料）

	拠点長 魚崎 浩平	
副拠点長 宮野 健次郎	拠点マネージャー 西村 睦	運営総括室長 久保 佳実

### 太陽光利用分野

コーディネーター  
宮野 健次郎

- 太陽光発電  
光電変換原理解明  
高効率化と新材料開発

特別推進チーム  
ペロブスカイト太陽電池

### 計算分野

コーディネーター 大野 隆央  
電子・原子ダイナミクス解析、電子移動、イオン拡散

研究グループ  
グリーン計算科学、界面電子移動理論  
電池新材料探索、電極触媒理論

太陽光から出発する  
エネルギーフローの共通課題解決  
計算と実験の連携・融合  
界面現象の理解と制御

### 電池分野

コーディネーター  
高田 和典

- 二次電池  
高容量化  
安全性確保（全固体化）
- 燃料電池  
固体電解質、電極の高効率化  
長寿命化

特別推進チーム  
全固体電池  
リチウム空気電池

### 技術統合化ユニット

ユニット長  
古山 通久

- 全体を俯瞰した技術統合  
材料研究とシステム解析の融合

### 計測分野

コーディネーター 三石 和貴  
表面・界面のその場解析、動作環境、固液界面

研究グループ  
ナノ表面計測、環境制御顕微鏡観察  
材料界面動的観察、ナノ界面レーザー計測  
ナノ結晶解析、固液界面解析

研究グループ  
ナノ構造制御電極触媒  
固体酸化物形燃料電池材料設計  
高分子電解質形燃料電池  
界面制御電池材料創製  
金属負極  
革新高分子電解質設計  
電極触媒精密設計

### 参画機関

北海道大学 八木 一三  
名古屋大学 入山 恭寿  
トヨタ自動車

# “Under One Roof” 産官学が連携する研究拠点の形成

## 重点化テーマをオールジャパンの編成体制で推進

### オープンラボ（公募研究）

国内の研究機関に所属する研究者を対象に、GREENが取り組んでいる研究課題の解決に結びつく研究計画を公募しています。オープンラボ研究者はNIMSの最先端設備を利用した研究と幅広い分野の研究者との交流が可能のため、高い水準の研究成果が期待できます。

提案書提出

審査

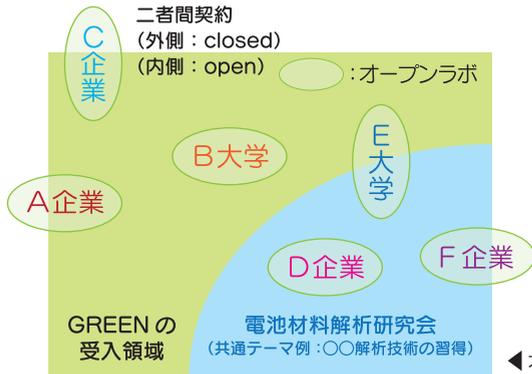
招聘手続き

研究

報告書

随時募集中

オープンラボ申込先：ナノ材料科学環境拠点 運営総括室 E-Mail: [GREEN@nims.go.jp](mailto:GREEN@nims.go.jp)



### 短期RA

オープンラボ研究者が所属する大学、高等専門学校等に在籍する学生が、オープンラボを積極的に利用していただける制度です。オープンラボ研究者の下、NIMSの設備を使った最先端の研究ができます。このほか、企業の若手の研究者や技術者を対象にGREENとの間で合意されたプログラムに基づいて技術研修を行うなど、柔軟な対応が可能です。

◀オープンラボの多様な参加形態とネットワーク

### GREEN シンポジウム

GREENの成果や課題に関わる最新情報の発信や意見交換の場として定期的を開催しています。東京開催のシンポジウム（年1回開催）では、産業界を中心に毎回200名以上の方に参加していただいております。

### NBCI-NIMS 合同連携セミナー

ナノテクノロジービジネス推進協議会（NBCI）とNIMSは、お互いの理解を深め連携のイメージを具体化するため、平成24年10月よりGREENが中心となって連携セミナーを共催しています。

### 蓄電池基盤プラットフォーム



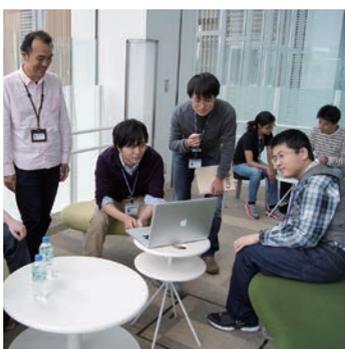
我が国における次世代蓄電池の研究開発の加速を目的に、平成24年度補正予算で設備導入され、平成26年度から供用開始しました。NIMSが中核機関となり産業技術総合研究所（関西）、早稲田大学とともに、「戦略的創造研究推進事業 先端的低炭素化技術開発（ALCA）」における「特別重点技術領域 次世代蓄電池（次世代蓄電池研究加速プロジェクト（SPRING）」）と連携し、同プロジェクトで実施される次世代蓄電池の研究開発を優先的に支援しています。オールジャパンでの次世代蓄電池に関する研究開発推進のため、本プロジェクトに所属していない大学・研究機関・民間企業・その他機関に対する支援もあわせて行なっています。詳しくは <http://www.nims.go.jp/brp/nims/>

### 電池材料解析研究会

次世代蓄電池に関するGREEN成果を企業へ普及するとともに幅広い連携の機会を提供するため、ワークショップや、実習を交えた技術研修（機器講座など）を継続的に開催しています。



スーパードライルーム



### 次代をになう若手を育成

新しい分野を切り開いていく意欲と能力のある若手人材の育成に注力しています。若手研究者がGREENリーダーとして責任を持って研究を進めており、平成24年竣工の新研究棟（NanoGREEN棟）の各フロアでは、さまざまなバックグラウンドを持った研究者たちが交わり、視野を広げて異分野の研究を融合させています。

企業研究者は、NIMSの連携大学院での学位取得が可能です。またポスドク研究者や博士課程院生は、NIMSでの経験を活かして企業への就職に必要な実力を身につけることができます。

### GREEN 拠点賞

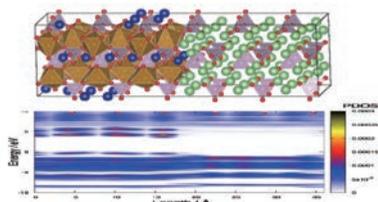
グリーンイノベーションへの挑戦や発展に貢献しうる優秀な研究活動を展開した若手研究者を対象に、その先進性をたたえ研究意欲をさらに高めることを目的に平成23年度よりGREEN拠点賞を設けています。

# GREEN 先端計算科学部門

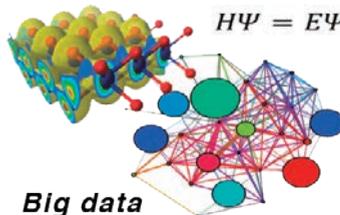


計算分野コーディネーター  
大野 隆央

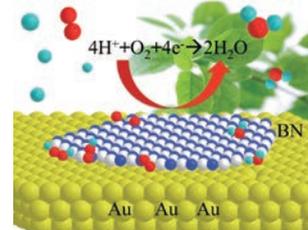
高度な計算科学手法を用いて、エネルギー変換機能の基礎原理であるナノ表面・界面における電子・原子ダイナミクスの解明と、得られた知見に基づく新規な材料及び機能の設計指針の構築を目指しています。



全固体二次電池の電極/電解質  
界面の構造と状態密度



ビッグデータを活用した  
効率的な新物質・材料探索計算



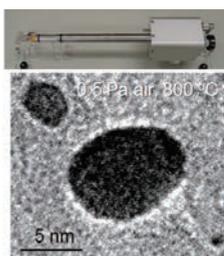
理論計算に基づく  
電極触媒反応の提案

# GREEN 先端計測部門

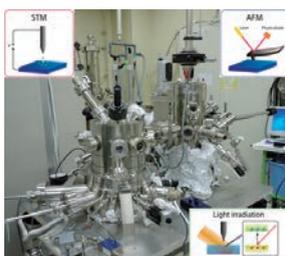


計測分野コーディネーター  
三石 和貴

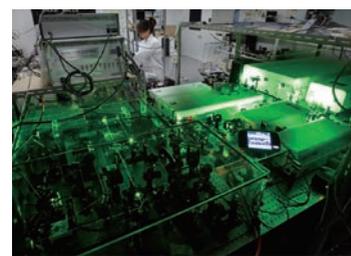
多様な環境場を制御しながら、表界面におけるin-situナノ計測技術を開発し、環境・エネルギー材料の機能発現のキーとなる表界面現象の基本メカニズムの解明に寄与することを目指しています。



環境制御型TEM試料ホルダーおよび  
ガス雰囲気制御下での白金微粒子のTEM像



太陽電池その場観察用  
超高真空低温STM/AFM装置



フェムト秒レーザーシステム

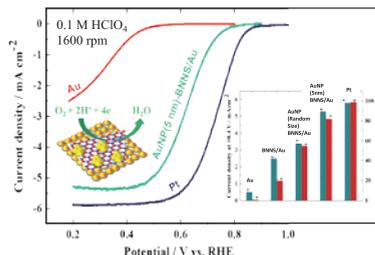
# ナノ構造制御電極触媒グループ



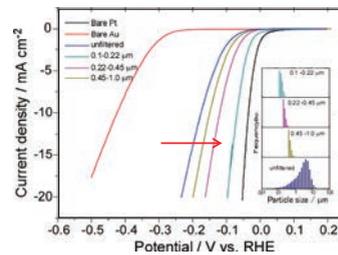
魚崎 浩平

魚崎 浩平  
岡本 章玄  
富田 健太郎  
Liu Yang

電極触媒のボトムアップ創製法の  
確立と電極触媒反応機構の解明



金ナノ微粒子/BNナノシート修飾金電極の  
酸素還元反応特性



BNナノシート修飾金電極の水素発生反応特性  
挿入図: ナノシートのサイズ分布

# 全固体電池特別推進チーム



チームリーダー  
高田 和典

リチウムイオン電池は高エネルギー密度の電池として携帯機器を中心に使用されてきましたが、車載用途をはじめとする今後の展開ではこれまで以上の高い性能が求められています。この推進チームでは、合成・計測・計算の協力体制の下、液体電解質による制約を取り払うことで高性能蓄電池の実現を目指しています。

## 材料

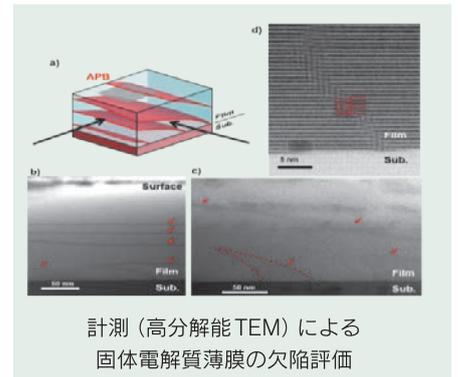
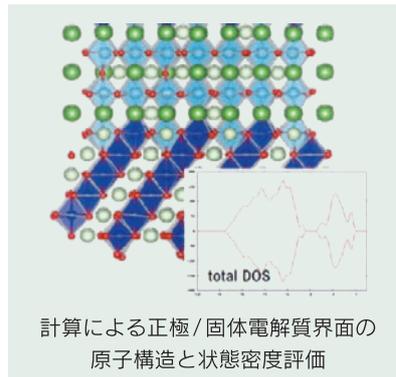
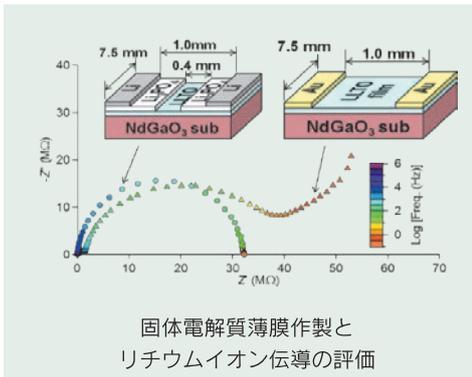
高田 和典・大西 剛  
太田 鳴海・三好 正悟  
川嶋 一裕・松木 悠介

## 計算

大野 隆央  
田中 喜典

## 計測

三石 和貴



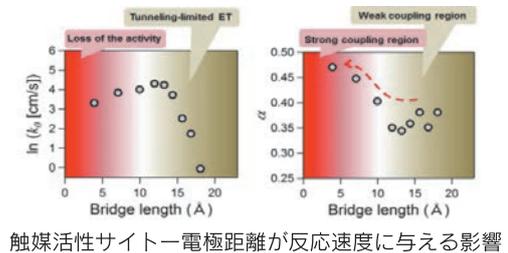
## 電極触媒精密設計グループ



池田 勝佳  
(名古屋工業大学 教授)

原子・分子レベルの界面構造制御  
に基づく電極触媒モデルの研究

池田 勝佳



## 固体酸化物形燃料電池材料設計グループ

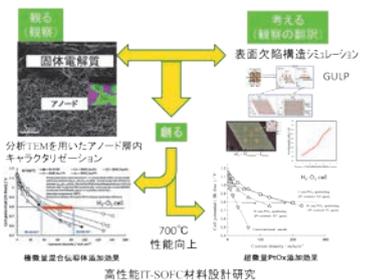


森 利之

粒内・粒界における高速イオン拡散経路や高活性電極/電解質界面を設計するために、微細構造観察、欠陥構造シミュレーション及び合成プロセスの改良を融合した研究を推進しています。  
こうした取り組みが、いまだない、革新的高性能燃料電池材料の開発に私たちを導くものと確信しています。

森 利之

観る (観察)、考  
える (シミュレ  
ーション)、創る、  
を融合した高性  
能中温作動  
SOFC 材料の設  
計



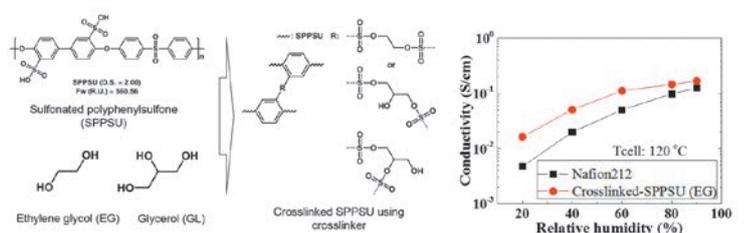
## 高分子電解質形燃料電池グループ



金 濟徳  
松下 哲士

高伝導体炭化水素系ポリマー合成  
及びハイブリッド化による高耐久  
性電解質膜開発

金 濟徳



# リチウム空気電池特別推進チーム



チームリーダー  
久保 佳実

低炭素化に向けて電気自動車や自然エネルギーの普及を促進するためには、二次電池の抜本的な小型化と低価格化が必要です。リチウム空気二次電池は最高の理論エネルギー密度を有する究極の二次電池であり、蓄電容量の劇的な向上と大幅なコストダウンが期待できます。

本チームでは、リチウム空気二次電池の材料、電極反応などの基礎研究からセル設計、試作までの一貫した研究開発を行い、実用電池としての基盤技術の確立を目指します。

## 材料

久保 佳実・伊藤 仁彦・野村 晃敬  
坂牛 健・松田 翔一・Xing Xin  
Dutta Arghya

## 計算

濱田 幾太郎  
(大阪大学 准教授)

## 計測

坂田 修身・橋本 綾子  
Song Chulho

リチウム空気電池の原理図と10セルスタック  
正極活性物質が「酸素」であるため、理論エネルギー密度は桁違いに大きい。それを10層重ねたスタック型電池により真の大容量化を目指しています。

電解液の第一原理計算  
エーテル系電解液が、放電時の酸素還元反応によって発生する活性酸素に対して安定であることを示しています。

正極のX線吸収端近傍構造(XANES)分析  
放電生成物が初期の段階からLi<sub>2</sub>O<sub>2</sub>構造であることを示しています。

## 界面制御電池材料創製グループ

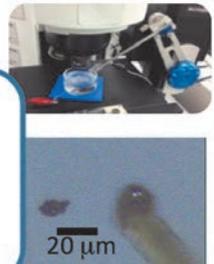
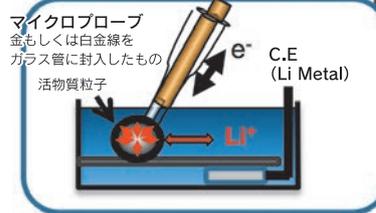


金村 聖志 (首都大学東京 教授)  
Li Chunyan

単粒子測定装置の拡張と次世代蓄電池材料の反応解析

金村 聖志

電池活物質1粒子を捕捉して  
充放電時の構造変化を実時間追跡



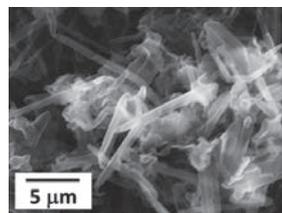
## 金属負極グループ



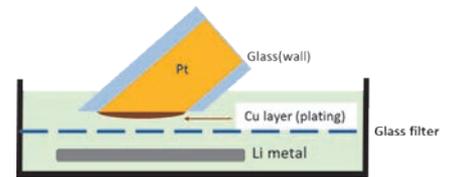
西川 慶

リチウムに代表される金属負極を  
有する二次電池の基礎研究

西川 慶



金属リチウムデンドライトの  
SEM写真



充放電に伴う金属リチウム形状変化観察  
のための模式図

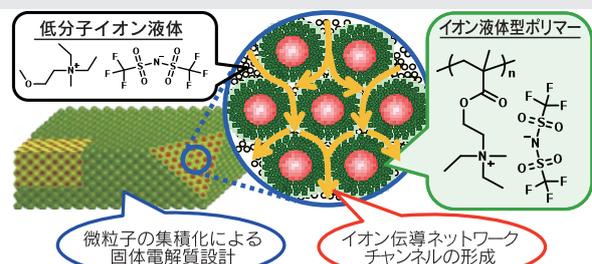
## 革新高分子電解質設計グループ



佐藤 貴哉 (鶴岡工業高等専門学校 教授)  
辻井 敬亘 (京都大学 教授)  
森永 隆志 (鶴岡工業高等専門学校 准教授)  
Zhang Chaofu

機能性イオン液体を基材とした高  
安全性マルチユース電解質の開発

佐藤 貴哉



イオン液体型ポリマー複合微粒子を用いた固体電解質

# ペロブスカイト太陽電池特別推進チーム



チームリーダー  
宮野 健次郎

ペロブスカイト構造をもつヨウ化鉛のイオン性結晶を発電層とする太陽電池が、簡易な作製法にもかかわらず比較的高い変換効率を示すことから最近注目を浴びています。

イオン性結晶の化学的問題を明確に意識しながら、GREENの持つ物理的手法を駆使してこの新しいタイプの太陽電池の固有の性質を明らかにし、応用への指針を示すことを目指します。

## 材料

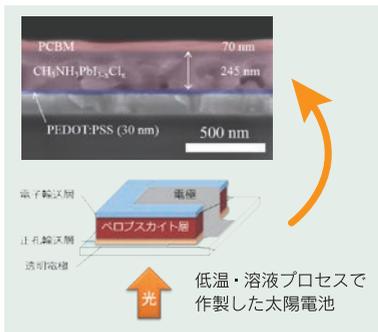
柳田 真利・白井 康裕  
Khadka B. Dhruva  
(ICYS)

## 計算

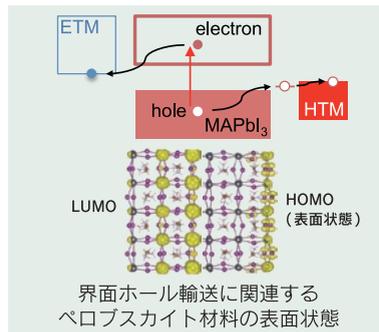
館山 佳尚

## 計測

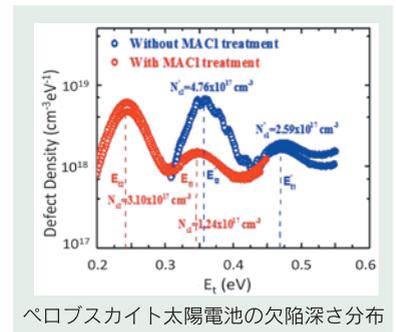
宮野 健次郎・野口 秀典  
Ryan James William  
Chen Xiaoqing



低温・溶液プロセスで作製した太陽電池



界面ホール輸送に関連するペロブスカイト材料の表面状態



ペロブスカイト太陽電池の欠陥深さ分布

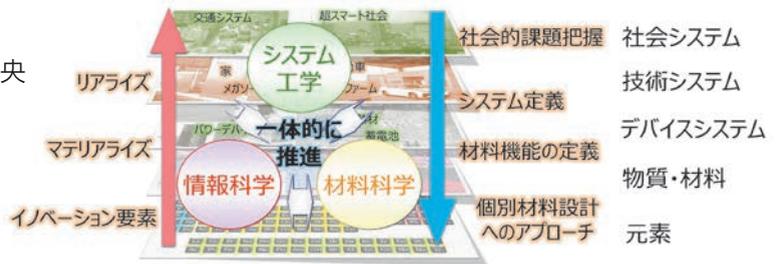
## 技術統合化ユニット



古山 通久

古山 通久 (ユニット長)  
菊池 康紀・井上 元・大野 隆央  
大西 剛・Vink Karina  
Javed Baber・安久 絵理子

材料・技術・社会をつなぐ  
統合的アプローチ



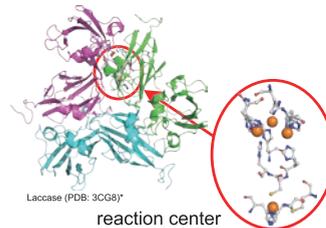
## 北海道大学



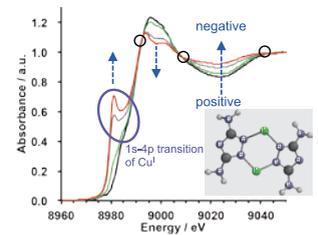
八木 一三

八木 一三  
(地球環境科学研究院 教授)  
加藤 優 (助教)

生体分子に学ぶ燃料電池用  
非白金系電極触媒の開発



天然の酸素還元触媒であるラッカーゼの構造とその反応中心



ラッカーゼを模した複核銅錯体の構造とその *in situ* 電気化学 XANES 応答

## 名古屋大学



入山 恭寿

入山 恭寿 (大学院工学研究科 教授)  
本山 宗主 (大学院工学研究科 講師)  
山本 貴之 (大学院工学研究科 助教)  
丹司 敬義 (名誉教授 未来社会創造機構 モビリティ領域 研究員)  
石田 高史 (未来材料システム研究所 助教)

全固体 LIB の電極 / 固体電解質界面で生じる空間電荷層、及び SOFC の界面構造や電位・電界のその場観察技術の開発を行っています。

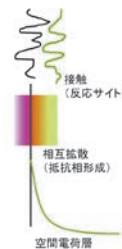


図 界面抵抗に影響を与える因子

Space charge layer }  $V'_{Li}$  structural relaxation

## トヨタ自動車

リチウム二次電池の界面におけるイオン移動の解析



NanoGREEN/WPI-MANA 棟 (平成 24 年竣工)

## ナノ材料科学環境拠点は TIA の拠点活用プロジェクト として登録されています。

NIMS 共有設備の利用を含め、充実した研究環境が整っています。太陽光発電パネルやLED照明器具、光触媒ガラス散水システム等を設置して地球環境に配慮し、自然エネルギーの有効活用を目指し環境配慮型ラボラトリーになっています。

### ナノ材料科学環境拠点の沿革

- 2009 (H21) ・発足 (10月)
  - ・6分野でスタート
- 2010 (H22) ・第1回シンポジウム (2月)
- 2011 (H23) ・第2回シンポジウム (東京) (3月)
  - ・4分野に再編
  - ・TIA ナノグリーンの中核的プロジェクトとなる
- 2012 (H24) ・第3回シンポジウム (2月)
  - ・新研究棟移転 (5月)
  - ・第4回シンポジウム (6月)
  - ・第5回シンポジウム (東京) (12月)
- 2013 (H25) ・新拠点長、新副拠点長を研究者から選任 (2月)
  - ・特別推進チーム (全固体電池、リチウム空気電池) 発足 (4月)
  - ・第6回シンポジウム (6月)
  - ・第7回シンポジウム (東京) (12月)
- 2014 (H26) ・ICYS-GREEN スタート (1月)
  - ・第1回東北大&GREEN合同シンポジウム (第8回シンポジウム) (6月)
  - ・第1回電池材料解析ワークショップ (9月)
  - ・ペロブスカイト太陽電池特別推進チーム発足 (10月)
  - ・GREEN エンジニア研修スタート (12月)
- 2015 (H27) ・第9回シンポジウム (東京) (1月)
  - ・第10回シンポジウム (6月)
  - ・第2回東北大&GREEN合同シンポジウム (第11回シンポジウム) (10月)
  - ・第2回電池材料解析ワークショップ (11月)
- 2016 (H28) ・第12回シンポジウム (東京) (1月)
  - ・エネルギー・環境材料研究拠点発足 (4月)
  - ・第13回シンポジウム (6月)
  - ・第3回電池材料解析ワークショップ (11月)
- 2017 (H29) ・第14回シンポジウム (東京) (2月)
  - ・第15回シンポジウム (6月)
  - ・第4回電池材料解析ワークショップ (11月)
  - ・第3回東北大&GREEN合同シンポジウム (第16回シンポジウム) (12月)
- 2018 (H30) ・第17回シンポジウム (東京) (1月)

#### ロゴマークについて▶

GREENのロゴマークは、肉眼では見ることのできないナノの世界、ナノ界面、ナノ表面の現象を計算科学、計測科学を駆使することによって「見る」(観測する、分かる)ことを表しています。



## ナノ材料科学環境拠点(GREEN)

Global Research Center for Environment and Energy based on Nanomaterials Science (GREEN)

〒305-0044 茨城県つくば市並木 1-1  
 TEL: 029-860-4953 FAX: 029-860-4981  
 E-mail: GREEN@nims.go.jp  
 HP: <http://www.nims.go.jp/GREEN/>



GREEN URL▶



国立研究開発法人 物質・材料研究機構 (NIMS)