

スマートエネルギー技術 研究センター

TOYOTA TECHNOLOGICAL INSTITUTE
RESEARCH CENTER FOR SMART ENERGY TECHNOLOGIES



学校法人 トヨタ学園

豊田工業大学

TOYOTA TECHNOLOGICAL INSTITUTE



学長
保立 和夫

次世代スマートエネルギー技術を目指した学際・融合研究の展開

本学では、機械システム、電子情報、そして物質工学分野を専門とする研究室が研究・教育を展開し、各分野でのフロンティア開拓と学術基盤の深化を進めています。これら活動に並行させ、本学では研究分野間の学際・融合領域における新たな工学の創成も目指していて、3つの研究センターを設置しています。

2012年に開設したスマートエネルギー技術研究センターでは、持続可能な社会の実現に資する新たなエネルギー技術の創成を目指した研究を展開しています。太陽光発電などの再生可能エネルギーの創出技術、エネルギーの効率的な変換や損失の少ない貯蔵技術、そして、エネルギーの利用効率を高める制御技術などの研究開発です。産業界との連携や国際的な連携を推進して当該技術の進展に寄与するとともに、次代を担う人材の育成にも努めています。皆さまのご支援とご鞭撻をお願い申し上げます。

脱炭素社会の実現をめざして

温室効果ガス排出量を削減し、さらには化石燃料枯渇問題を解決した持続可能な脱炭素社会を実現するには、現在の多くの課題を解決するとともにイノベーションを通じた地球環境にやさしい新たなエネルギーシステムを構築することが必須です。

本センターでは、これまで培ってきた高効率・低コストな次世代太陽電池、高効率な熱電変換材料、高効率に水素を生成する光触媒、高効率なGaNパワーデバイスなどの研究開発を核に、本学教員の知恵を結集し、エネルギー生成、エネルギー制御、エネルギーの変換・貯蔵に関する研究を統合的に進めます。

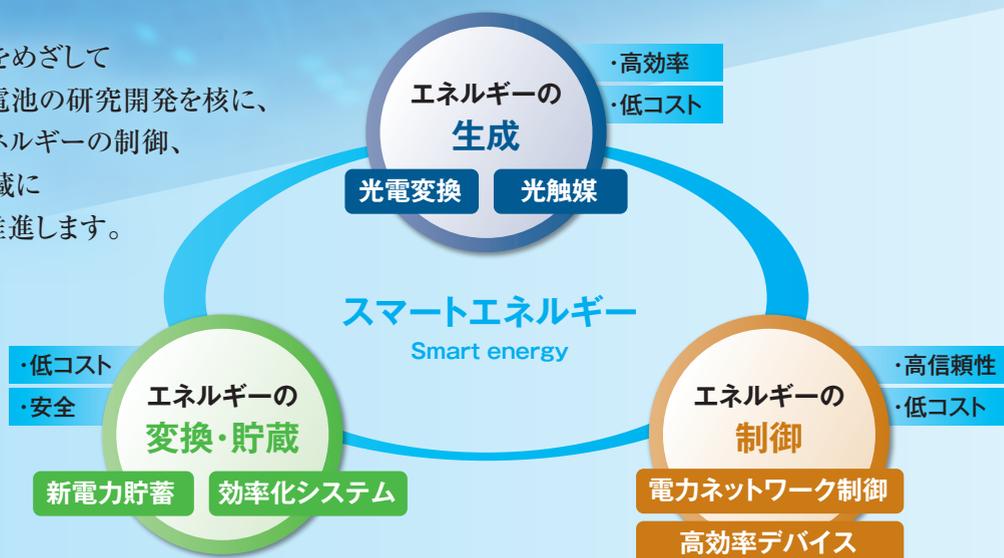
関連する産学官とも連携しながら幅広い領域に渡る研究開発を精力的に進め、地域再生を含むスマートな脱炭素社会の早急な実現、当該分野において国際的に活躍できる次の世代を担う人材の育成に努める所存です。



センター長
大下 祥雄

スマートエネルギー技術研究センター 概要

クリーンエネルギーで
人類文明の維持発展をめざして
高効率・低コスト太陽電池の研究開発を核に、
エネルギーの生成、エネルギーの制御、
エネルギーの変換・貯蔵に
関する統合的研究を推進します。



半導体研究室

教授:大下祥雄 / 助教:小島信晃

超薄型結晶シリコン太陽電池・材料の研究開発

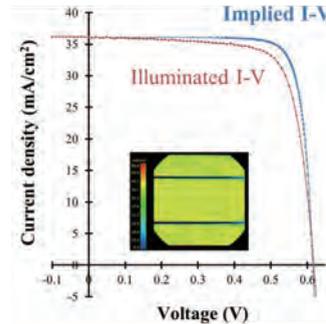
研究テーマ

- 超薄型結晶シリコン太陽電池
- 低品位シリコン原料からの高品質結晶成長
- 多結晶シリコンの欠陥・不純物評価解析

主な研究内容・成果

超薄型結晶シリコン太陽電池の研究開発

薄型基板の使用時の割れを抑制する改良を加えた製造ライン(180~230 μ m)プロセスによる100 μ m厚さの太陽電池の実現。



FF	0.744	-Rs
pFF	0.806	-Rsh
FF ₀	0.830	-Rsh
η	16.5 %	-Rs
p- η	17.9 %	-Rsh
η_0	18.4 %	-Rsh

高効率集光型太陽電池・材料の研究開発

研究テーマ

- シリコン基板上III-V族化合物太陽電池
- 低コストIII-V族化合物薄膜太陽電池
- 高効率多接合太陽電池用新材料
- 多接合太陽電池・材料の欠陥解析

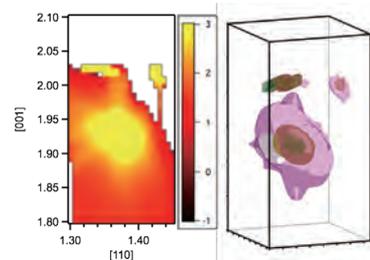
主な研究内容・成果

- ① シリコン基板上III-V族化合物太陽電池
- ② 低コストIII-V族化合物薄膜太陽電池

III-Vエピタキシャル層の高速リフトオフ技術



MBE-XRD装置(Spring-8)を用いたその場X線回折測定による歪緩和過程の解明



量子界面物性研究室

教授:神谷 格 / 准教授:山方 啓

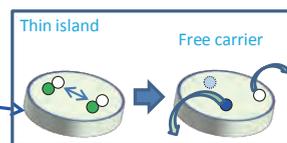
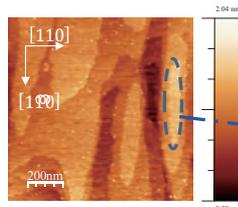
次世代太陽電池・材料の研究開発

研究テーマ

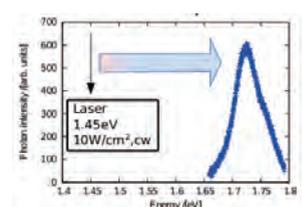
- 量子構造応用太陽電池
- 歪格子系太陽電池材料・構造
- 太陽電池電極の局所解析

主な研究内容・成果

量子井戸島構造による赤外→可視光アップコンバージョン
次世代中間バンド型太陽電池の新提案
新規結晶成長法の開拓



Quantum Well Island as Novel Structure



1.45eV photons (855nm) upconverted to 1.72eV (721nm)

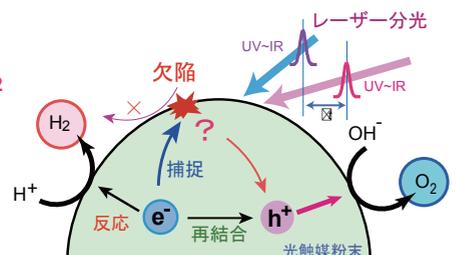
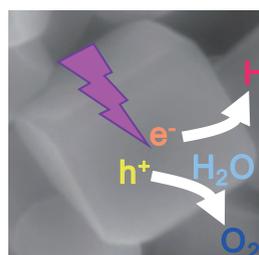
太陽光を用いた水分解光触媒の開発

研究テーマ

- 可視光応答型光触媒の開発
- 光励起キャリアーの時間分解分光計測
- 電気化学系を利用した光化学反応制御

主な研究内容・成果

- ① 電子トラップ準位が決める光触媒活性の違い
- ② 欠陥導入による光触媒活性の向上
- ③ 異種接合界面における電子正孔の挙動



欠陥を導入すると光触媒活性が向上することを発見した。また、アナターゼ型とルチル型酸化チタンの活性の違いは結晶の“柔らかさ”に起因することを解明した。

エネルギー材料研究室

教授：竹内恒博／准教授：松波雅治

エネルギーの変換・貯蔵

環境調和型高性能熱電材料・熱整流材料の開発

研究テーマ

- 熱電物性の支配因子の解明
- 高性能熱電材料設計指針の構築
- 高性能環境調和型熱電材料の開発
- 新規熱整流素子(熱ダイオード)、熱流スイッチング素子の開発

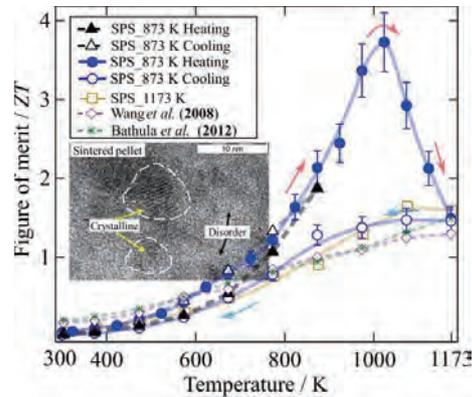
主な研究内容・成果

①高性能熱電材料の開発

ZT=3.7を示すSi-Ge系バルク熱電材料を開発した。

②ZT=470を示す新機構の発見

自己キャリア濃度調整効果により金属伝導を示すCu₂Seにおいて巨大ゼーベック効果が発現することを発見した。



世界最高性能(ZT = 3.7)を示すSi-Ge系バルク熱電材料。

表面科学研究室

教授：吉村雅満／准教授：原 正則

エネルギーの変換・貯蔵

高効率電池開発に向けた電極触媒素材の微視的研究

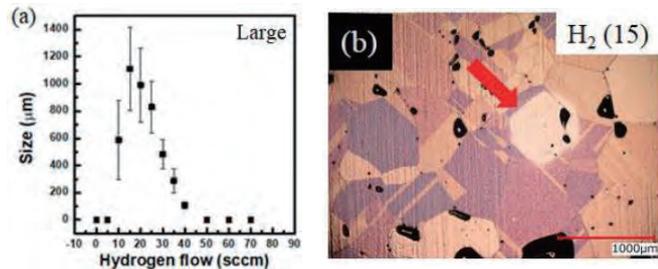
研究テーマ

- ナノカーボンの合成と制御
- 表面局所構造(欠陥、ドメイン境界)のナノレベル評価
- ナノスケールの化学・電極反応のその場観察

主な研究内容・成果

高品質グラフェン合成と新規合成法の提案

大気圧熱化学気相成長(CVD)装置を用いた合成条件の精密な制御により、グラフェンのドメインサイズ制御に成功。Cu基板上へのTa板マスクを用いた簡便な大面積グラフェン合成法を提案。



グラフェンのCVD合成時におけるH₂ガス導入量を調整(0~70sccm)することにより、グラフェンの核生成速度と結晶成長速度およびグラフェンエッジのエッチング速度のバランスを制御(図(a))し、ミリサイズの単結晶合成に成功(図(b))。

電磁システム研究室

教授：藤崎敬介

エネルギーの変換・貯蔵

半導体・磁性材料の融合による電力貯蔵・変換技術

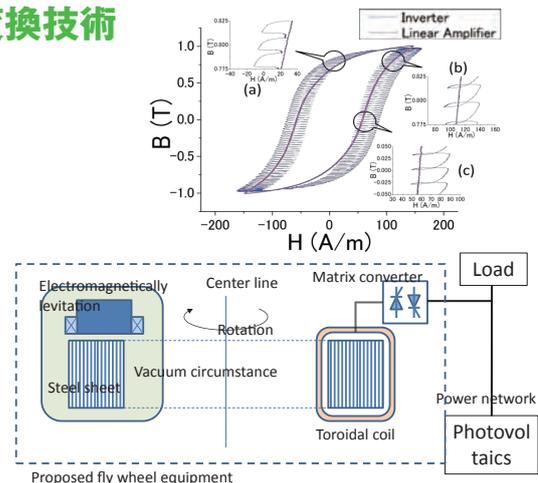
研究テーマ

- 高効率電気機器のための実使用時における鉄損現象の解明
- 損失低減、高力率電力貯蔵装置の研究
- パワーエレクトロニクス機器の太陽光素子への影響評価
- 電力ネットワーク・EVと太陽光発電との相互作用

主な研究内容・成果

低損失・高力率電力貯蔵装置の研究

- インバータによる損失増現象の解明と対策
- 電力用半導体と鉄損との相互作用の解明
- 同上の原理による電力フライホイール装置の研究
- 太陽光に適した貯蔵システムの研究



熱エネルギー工学研究室

教授：武野計二

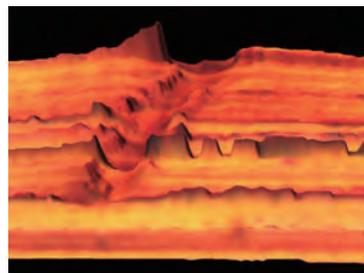
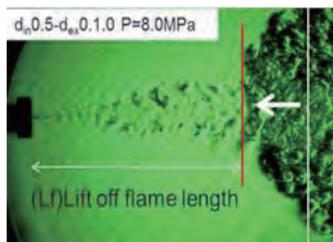
エネルギー高効率利用のための燃焼技術・熱設計技術

研究テーマ

- エネルギー機器における伝熱 (接触熱抵抗ほか)
- 高圧気体の燃焼機構、保炎条件、および安全工学の研究
- 固体、粗悪液体燃料の燃焼・ガス化機構、高粘度液体の噴霧
- 再生可能エネルギー (バイオマス等) の高度エネルギー変換

主な研究内容・成果

高圧水素噴出時の膨張形態と着火・保炎機構の関係把握
噴出ノズルのスロートの勾配を変化させて、衝撃波構造を変化させた (不足膨張, 適正膨張, 過膨張)。着火させると、保炎に必要な水素圧力、流量、噴出ノズル径や浮き上がり火炎距離が、衝撃波構造に大きく依存していることを見出した。



接触熱抵抗計測における研削面の
直接接触時の塑性変形
(コンフォーカル顕微鏡における観察)

10MPa 高圧水素の噴出火炎における
着火・保炎状況観察 (シュリーレン写真法)

機能セラミックス研究室

講師：荒川修一

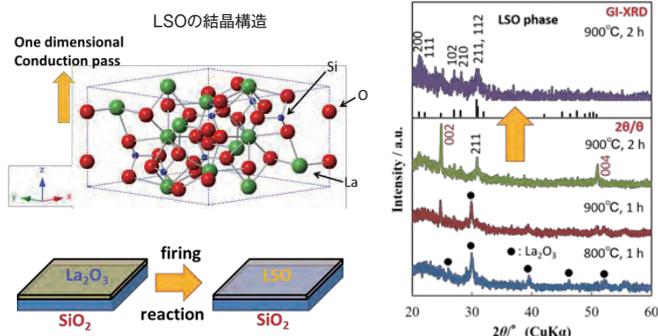
電池の高性能化に向けたイオン伝導性セラミックスの研究

研究テーマ

- 配向制御によるイオン伝導性向上 ~ 伝導異方性の利用
- 高速イオン伝導性を示す新規な母構造の探索
- 中温域作動型燃料電池用イオン伝導体の研究
- 固体内イオン伝導機構の解明

主な研究内容・成果

RTGG法によるアパタイト型ランタンシリケートの配向制御
新しい概念を導入した発展型の反応性テンプレート粒成長法 (RTGG法) により、c軸配向アパタイト型ランタンシリケートセラミックスの実現を目指している。LSOは中温域作動型SOFC用の電解質の候補材料であり、c軸方向に高い酸化物イオン伝導性を示す。



Reactive substrateとして石英ガラス基板を使用した基礎的研究を始め、基板上にc軸自己配向LSO薄膜が形成することを見出した。

触媒有機化学研究室

教授：本山幸弘

エネルギー貯蔵燃料の再生に向けた金属クラスター触媒の開発研究

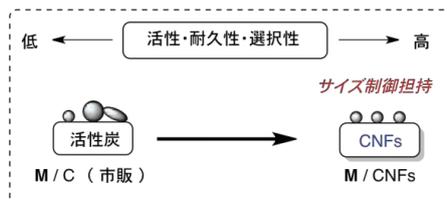
研究テーマ

- 担持型金属ナノクラスターの創製と触媒機能
- サブナノサイズの金属クラスターの創製と触媒機能

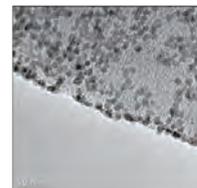
主な研究内容・成果

担持型金属ナノクラスターの創製と触媒機能

表面構造制御された炭素ナノ繊維 (CNF) に対し有機金属錯体の穏和な分解反応を適用することで、ナノサイズの金属クラスター (Ru, Rh, Ir, Pd, Pt) の精密担持に成功。これらは芳香環やニトロ基、アルケン等の多重結合の水素化反応において、市販の活性炭担持触媒と比較して高い活性や繰返し耐久性を示す。また、窒素官能基を導入した含窒素CNFや活性炭を担体として用いることで、金属/窒素比により触媒活性の制御と化学選択性の飛躍的向上を実現。



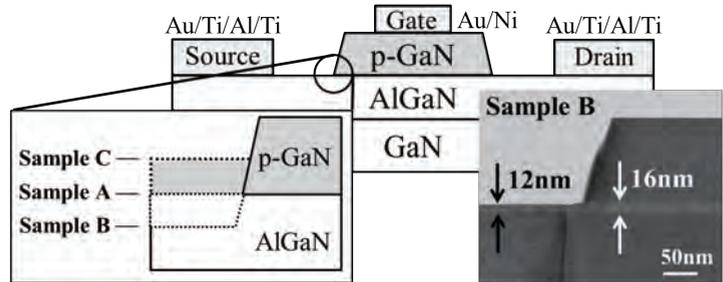
プレートレット型炭素ナノ繊維 (CNF-P) に担持した Ruナノクラスターの TEM画像 (右図)



省エネルギー社会に向けた高効率で動作する
低コスト高機能半導体デバイスの研究

研究テーマ

- 化合物半導体ヘテロ接合デバイス
 - ①p型GaNゲートを用いたノーマリオフ動作 AlGaN/GaN高電子移動度トランジスタ
 - ②MgドープGaNへのレーザー照射によるアクセプタの活性化
 - ③p型GaN上に形成したAu/Ni電極の低接触抵抗化
 - ④1対の電子チャンネルと正孔チャンネルを有する AlGaAs/GaAs/AlGaAsヘテロ構造ダイオード
- 新機能化合物半導体センサ
- 超低消費電力半導体デバイスとシステム

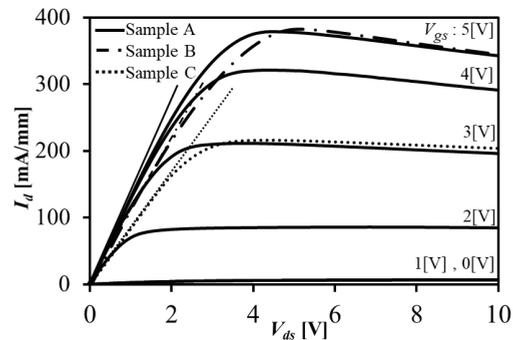


主な研究内容・成果

p型GaNゲートを用いたノーマリオフ動作
AlGaN/GaN高電子移動度トランジスタ

電力制御用途に好適なノーマリオフ動作のAlGaN/GaN高電子移動度トランジスタをSi基板に実現

- AlGaNとGaNのエッチング速度比1:50の選択ドライエッチング技術の開発適用により、p型GaNゲートをAlGaN上に形成
- p型GaNゲートをAlGaN上に形成した様々な構造の素子を検討し、Sample Aにおいて、しきい値電圧:+1.2Vとドレイン電流:380mA/mmを獲得



制御システム研究室

Beowulf型クラスタ計算機による電力ネットワークの制御系設計

研究テーマ

- マルチエージェント制御理論による電力
- ネットワークの自律分散制御
- 電力ネットワーク・シミュレータの開発
- エネルギー管理システムの構築

主な研究内容・成果

マルチエージェント制御理論によるリアルタイムプライシング

マルチエージェント制御理論の合意制御に基づいて、動的に社会幸福度 (Social Welfare) を最大化する自律分散型のリアルタイムプライシングの導出や、低次元部分空間による複数発電機の協調制御手法を提案している。



□ 動的な社会幸福度最大化問題

$$\max_P \left(\sum_{t=1}^N \left[\sum_{j=1}^m U_j(P_{j,D}(t)) - \sum_{i=1}^n C_i(P_{i,G}(t)) \right] \right)$$

$$\text{s.t. } \sum_{i=1}^n P_{i,G}(t) + \sum_{l=1}^q P_{l,R}(t) = \sum_{j=1}^m P_{j,D}(t) + P_L(t), \quad \text{電力バランス制約}$$

$$P_{i,G}^{\min} \leq P_{i,G}(t) \leq P_{i,G}^{\max}, \quad i = 1, \dots, n, \quad \text{容量制約}$$

$$\Delta P_{i,G}^{\min} \leq P_{i,G}(t) - P_{i,G}(t-1) \leq \Delta P_{i,G}^{\max}, \quad \text{容量変動速度制約}$$

$$\forall t = 2, \dots, N, \quad \text{需要限界・目標}$$

$$P_{j,D}^{\min} \leq P_{j,D}(t) \leq P_{j,D}^{\max}(t), \quad j = 1, \dots, m, \quad \text{需要制約}$$

発電燃料コスト

$$C_i(P_{i,G}(t)) = a_i P_{i,G}^2(t) + b_i P_{i,G}(t) + c_i,$$

消費者満足度関数

$$U_j(P_{j,D}(t)) = \begin{cases} \beta_j P_{j,D}(t) - \alpha_j P_{j,D}^2(t) & : P_{j,D}(t) \leq \frac{\beta_j}{2\alpha_j} \\ \frac{\beta_j^2}{4\alpha_j} & : P_{j,D}(t) \geq \frac{\beta_j}{2\alpha_j} \end{cases}$$

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)

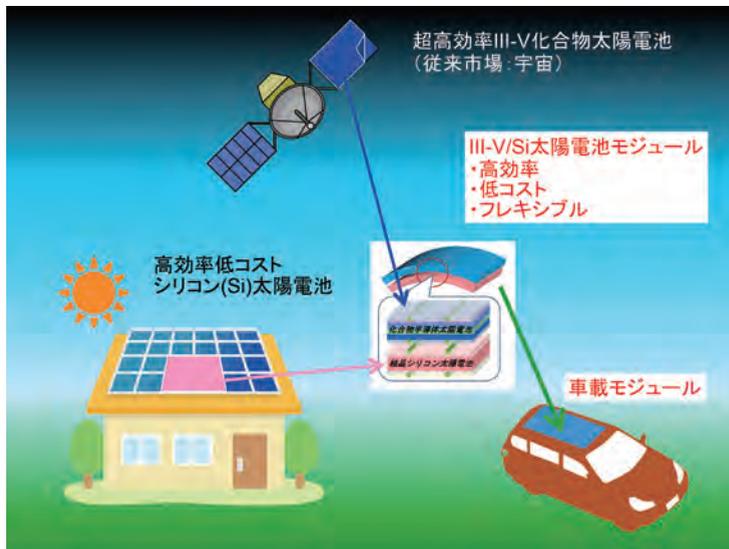
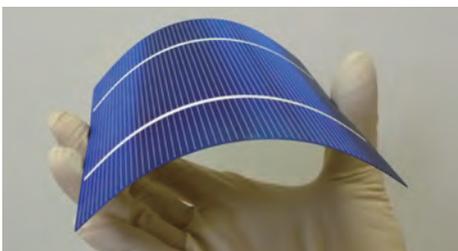
移動体用太陽電池およびモジュールに関する研究開発

研究テーマ

- ボトムセルとしての結晶シリコン太陽電池の高効率化
- 局面に対応した極薄結晶シリコン太陽電池技術の開発
- 次世代モジュール用新規材料および異種界面評価技術の開発
- 動体用モジュールの発電量評価および構造最適化設計

研究室紹介  YouTube

https://www.youtube.com/watch?v=WEvzjMPRucY&feature=emb_logo



高効率な化合物半導体太陽電池と低コストな結晶シリコン太陽電池を組み合わせることにより、車など移動体への搭載に必要な35%以上の高い高効率と200円/Wの低コストの実現を目指します。

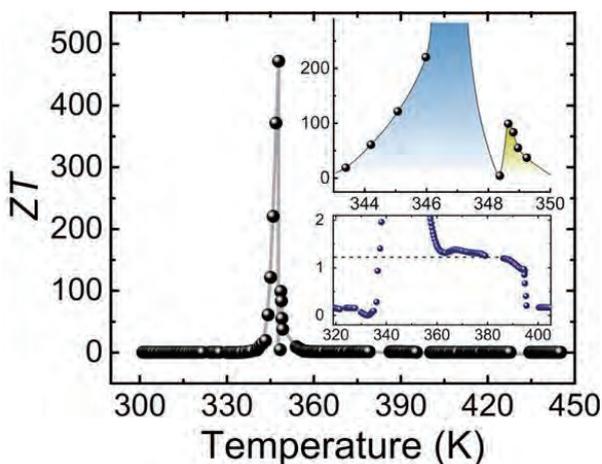
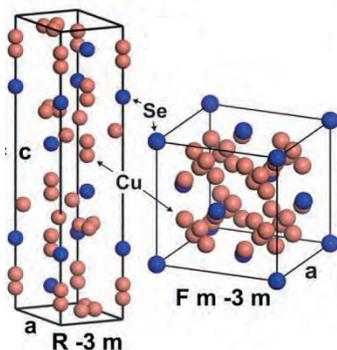
戦略的創造研究推進事業 (CREST)

異常電子熱伝導度と異常格子熱伝導度の制御

研究テーマ

- 非調和振動を示す縮退半導体を利用した革新的熱スイッチング素子の開発
- 化学ポテンシャル近傍における電子構造の建設的調整による超高性能熱電発電素子の開発

本研究では、非調和振動などに起因する異常格子熱伝導度や、微細電子構造などに起因する異常電子熱伝導度の制御指針を確立し、熱スイッチ素子に代表される革新的な熱利用デバイスの開発を目指しています。



金属伝導を示すCu₂Seにおいて巨大ゼーベック効果が発現し、巨大ま無次元性能指数 ZT = 470 が得られた。

研究室紹介  YouTube

https://www.youtube.com/watch?v=3pcptlIXjr8&feature=emb_logo



研究組織

豊田工業大学 スマートエネルギー技術 研究センター

次代を担う太陽エネルギーを中心に
統合的研究の推進による新産業の創製、
新たな社会基盤の構築、
低炭素社会実現への貢献、
人類文明の維持発展への貢献

【構成研究室】

- | | |
|------------|-------------|
| 半導体研究室 | 熱エネルギー工学研究室 |
| 量子界面物性研究室 | 機能セラミックス研究室 |
| エネルギー材料研究室 | 触媒有機化学研究室 |
| 表面科学研究室 | 電子デバイス研究室 |
| 電磁システム研究室 | 制御システム研究室 |

革新型太陽電池に
関する研究委託

国立研究開発法人
NEDO・JST

研究助成

研究助成団体

国際共同研究

海外機関
政府・企業・大学

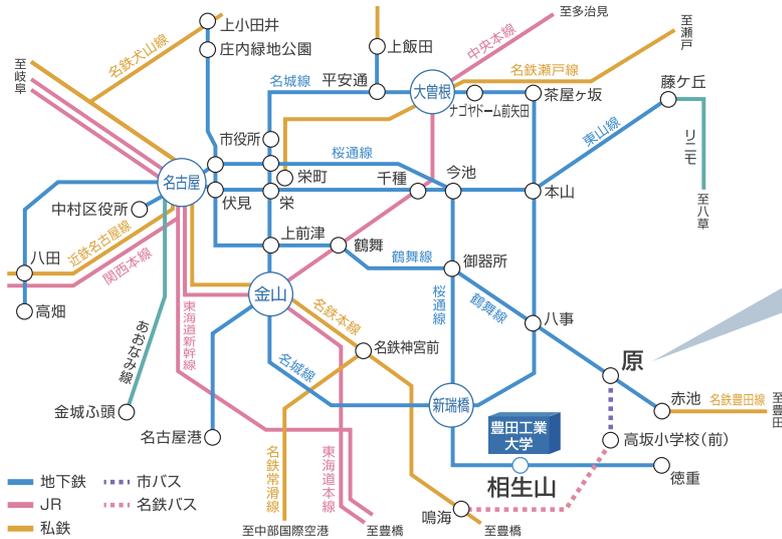
産学連携
受託研究・共同研究・寄附

国内企業

連携

豊田工業大学
スマートビークル研究センター
スマート光・物質研究センター

交通機関図



キャンパス周辺図



※南門は、徒歩および自転車のみ通行可能です。

主要駅からのアクセス

主要駅	利用交通機関・経路	総所要時間
名古屋・金山駅方面から	地下鉄桜通線「相生山駅」下車、1番出口から徒歩15分	(名古屋駅から) 約50分
豊田・赤池方面から	地下鉄鶴舞線「原駅」下車、2番出口から 市バス幹線原1系統(相生山住宅・島田一ツ山行き)「高坂小学校」下車、徒歩10分	(原駅から) 約20分
名鉄鳴海駅から	名鉄バス(平針運転免許試験場行き)「高坂小学校前」下車、徒歩10分	約30分
中部国際空港から	名鉄空港線(名古屋方面行き)「名鉄名古屋駅」下車 →地下鉄桜通線「相生山駅」下車、1番出口から徒歩15分	約90分

■お車で越しの場合 名古屋第二環状自動車道「鳴海IC」を降りて東海道を相生山方面に進み、「ほら貝東」を右折



学校法人 トヨタ学園
豊田工業大学
TOYOTA TECHNOLOGICAL INSTITUTE

〒468-8511 名古屋市天白区久方二丁目12-1 Tel:052-802-1111 Fax:052-809-1721
2-12-1 Hisakata, Tempaku-ku, Nagoya 468-8511, Japan Tel:+81-52-802-1111 Fax:+81-52-809-1721
<https://www.toyota-ti.ac.jp/>