

## 文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム

# 平成 29 年度 「秀でた利用成果」

1. 微細構造解析プラットフォーム：名古屋大学  
「塩ストレス下におけるイネ葉の葉緑体の三次元構造解析」  
ユーザー氏名：山根浩二<sup>a</sup>, 大井崇生<sup>b</sup>, 谷口光隆<sup>b</sup> (<sup>a</sup>近畿大学, <sup>b</sup>名古屋大学)  
実施機関担当者：中尾知代, 榎本早希子, 中野美恵子, 荒井重勇, 山本剛久（名古屋大学）
2. 微細構造解析プラットフォーム：量子科学技術研究開発機構／日本原子力研究開発機構  
「Pt、PtCo 触媒表面の酸素吸着に及ぼす水の影響」  
ユーザー氏名：崔藝濤<sup>a</sup>, 原田慈久<sup>a,b</sup>, 丹羽秀治<sup>a,b</sup>, 畠中達也<sup>c</sup>, 中村直樹<sup>d</sup>, 安藤雅樹<sup>d</sup>, 吉田利彦<sup>d</sup>, 尾嶋正治<sup>a,b</sup>  
(<sup>a</sup>東京大学物性研究所, <sup>b</sup>東京大学放射光機構, <sup>c</sup>株式会社豊田中央研究所, <sup>d</sup>トヨタ自動車株式会社)  
実施機関担当者：石井賢司（量子科学技術研究開発機構), 松村大樹（日本原子力研究開発機構）
3. 微細加工プラットフォーム：物質・材料研究機構（最優秀賞）  
「トレンチ MOS 構造を設けた Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ショットキーバリアダイオード」  
ユーザー氏名：佐々木公平（株式会社ノベルクリスタルテクノロジー／株式会社タムラ製作所）  
実施機関担当者：大里啓孝, 津谷大樹（物質・材料研究機構）
4. 微細加工プラットフォーム：東京工業大学  
「量子ホールエッジチャネルにおける電荷ダイナミクス研究」  
ユーザー氏名：橋坂昌幸<sup>a,b</sup>, 村木康二<sup>b</sup>, 藤澤利正<sup>a</sup> (<sup>a</sup>東京工業大学, <sup>b</sup>NTT 物性科学基礎研究所)  
実施機関担当者：河田眞太郎（東京工業大学）
5. 分子・物質合成プラットフォーム：千歳科学技術大学  
「海洋設備表面への付与を目的とした  
微細構造による環境負荷の少ない付着生物防止技術の開発」  
ユーザー氏名：室崎喬之<sup>a</sup>, 野方靖行<sup>b</sup> (<sup>a</sup>旭川医科大学, <sup>b</sup>電力中央研究所)  
実施機関担当者：平井悠司, 下村政嗣（千歳科学技術大学）
6. 分子・物質合成プラットフォーム：自然科学研究機構 分子科学研究所  
「EI-MS/MS によるフルオロベンジル基を有する  
合成カンナビノイドの *o*-, *m*-, *p*- 位置異性体識別」  
ユーザー氏名：村上貴哉, 岩室嘉晃, 石丸麗子, 地中啓（石川県警察本部科学捜査研究所）  
実施機関担当者：東林修平, 野田一平, 大原三佳（自然科学研究機構 分子科学研究所）





nanoplat

名古屋大学



微細構造解析プラットフォーム

KEY WORDS &gt; Chloroplast, Rice plant, 3D reconstruction, FIB-SEM

## 塩ストレス下におけるイネ葉の葉緑体の三次元構造解析 Three-dimensional ultrastructure of chloroplast under salinity stress

ユーザー 氏名：山根浩二 Koji Yamane (近畿大学 Kindai Univ.)

大井崇生 Takao Oi、谷口光隆 Mitsutaka Taniguchi (名古屋大学 Nagoya Univ.)

実施機関担当者：中尾知代 Tomoyo Nakao、榎本早希子 Sakiko Enomoto、中野美恵子 Mieko Nakano  
荒井重勇 Shigeo Arai、山本剛久 Takahisa Yamamoto (名古屋大学 Nagoya Univ.)

### 概要／Overview

■イネは塩害に弱い植物であり、葉肉細胞内の葉緑体が塩ストレスに伴って構造が崩壊し、光合成活性の低下をもたらすと考えられている。これまで葉肉細胞は複雑な突起状構造をもつ細胞のため、TEMなどの従来の観察手法では塩ストレスによる影響を明確に捉えることができなかった。本研究は高速加工観察分析装置（FIB-SEM: Hitachi, MI-4000L）を用い、塩処理と未処理のイネの葉肉細胞の連続断層SEM像を基に細胞内部の微細構造を三次元再構築し、葉緑体の構造変化を明らかにした。

■Rice is a salt-sensitive plant. It is considered that the salt-stress induces the collapses of chloroplasts in rice mesophyll cells, thereby decreasing the photosynthetic activity. Due to the complexity in shape of the protruded cells, the conventional TEM could not clearly explain the salt-induced changes of chloroplast structure. In this study, serial-sectioning observation and three-dimensional reconstruction using a FIB-SEM (Hitachi, MI-4000L) reveal the differences of chloroplast structure between in the salt-treated and in the untreated rice mesophyll cells.

### 観察結果

イネ葉肉細胞の葉緑体は細胞外空間との接触面を拡大し二酸化炭素吸収効率を促進するため、細胞壁のくびれに延び広がるように細胞壁全体を内側から覆っている（図1と図2-A）。NaCl 100mmol/Lを4日間与えたイネの細胞は図2-Bに示したように1枚の平面SEM像では、未処理に比べ細胞中央付近の断面に占める葉緑体の面積が増加したように観察されたが、両者の葉緑体の総体積を比較した結果、有意な差はなかった。塩処理した葉緑体は細胞壁に沿った延び広がりが縮まり、未処理のものと比べ真球度が高い球状になっていることが判明した（図3）。

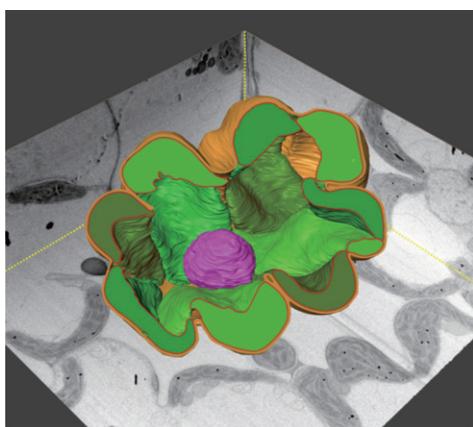


図1：イネ葉肉細胞の三次元再構築像（塩未処理の対照区）  
連続画像群176枚より作成、緑：葉緑体、紫：核、黄：細胞壁

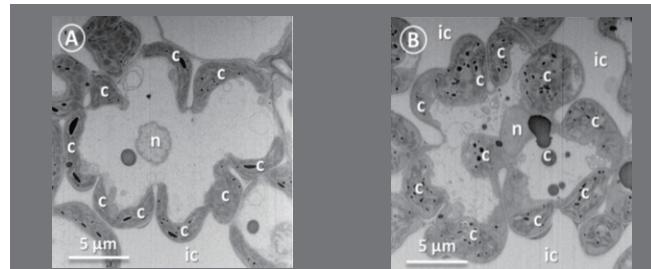


図2：イネ葉肉細胞の中央部断面像 (A:対照区, B:塩処理区) c:葉緑体, ic:細胞間隙, n:核

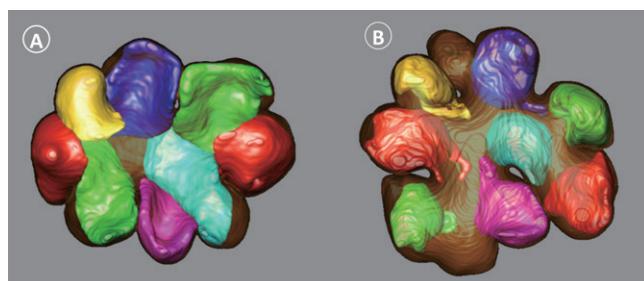


図3：葉緑体の三次元再構築像 (A:対照区, B:塩処理区)

本研究はFIB-SEMを用い、植物が塩ストレスを受けた際の葉緑体の構造変化を電子顕微鏡で立体的に示した初めての例であり、塩ストレスに伴う構造変化の詳細を明らかにした。

参考文献 : T.Oi et al, *Annals of Botany*, doi:10.1093/aob/mcx036 (2017), K. Yamane et al, *Plant, Cell & Environment*. (Accepted)

CONTACT

名古屋大学 農学研究科 大井崇生、名古屋大学 微細構造解析プラットフォーム 荒井重勇  
E-mail : nanoplat@nagoya-microscopy.jp



# 量子科学技術研究開発機構／日本原子力研究開発機構

## 微細構造解析プラットフォーム



KEY WORDS Fuel cell Pt catalyst, Operando measurement, X-ray absorption spectroscopy

### Pt、PtCo触媒表面の酸素吸着に及ぼす水の影響 Influence of water on oxygen adsorption at Pt, PtCo catalyst surface

ユーザー氏名：崔藝濤/Yi-Tao Cui, 原田慈久/Yoshihisa Harada, 丹羽秀治/Hideharu Niwa, 尾嶋正治/Masaharu Oshima (東大物性研、東大放射光機構/ISSP, SRRO, The Univ. of Tokyo), 畠中達也/Tatsuya Hatanaka (豊田中研/Toyota Central R&D Labs., Inc.), 中村直樹/Naoki Nakamura, 安藤雅樹/Masaki Ando, 吉田利彦/Toshihiko Yoshida (トヨタ自動車/Toyota Motor Corporation)

実施機関担当者：石井賢司/Kenji Ishii (量研/QST) 松村大樹/Daiju Matsumura (原子力機構/JAEA)

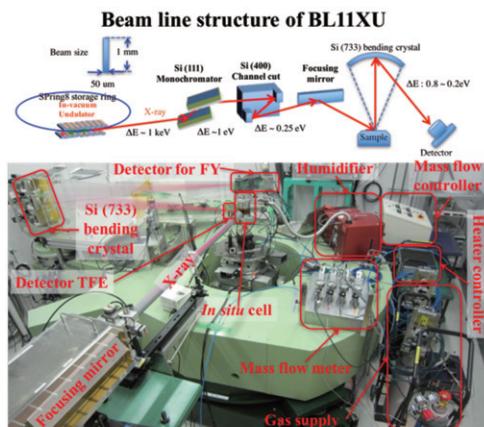
#### 概要/Overview

■ 量研のSPRING-8放射光ビームライン:BL11XU の共鳴非弾性X線散乱装置を用いて、Pt原子から放出される蛍光X線を検出する高分解能X線吸収分光測定を行った結果、水がPt、PtCo触媒の酸素吸着に及ぼす影響の違いが明らかになり、触媒開発指針を得た。

High energy resolution X-ray absorption spectroscopy using resonant inelastic X-ray scattering spectroscopy at SPring-8 QST BL11XU revealed different influence of water on oxygen adsorption between PtCo and Pt catalysts, which may contribute to synthesize high performance catalysts.

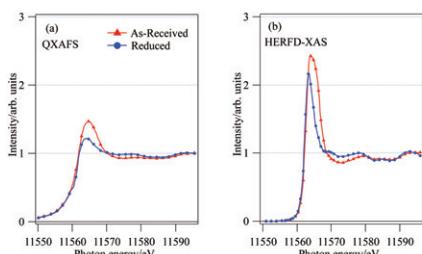
#### 量研放射光ビームラインに設置した共鳴非弾性X線散乱装置の特徴とそれを活用した研究支援成果 ナノ粒子の高分解能蛍光X線吸収スペクトル測定

##### BL11XUにおける共鳴非弾性X線散乱実験の概略



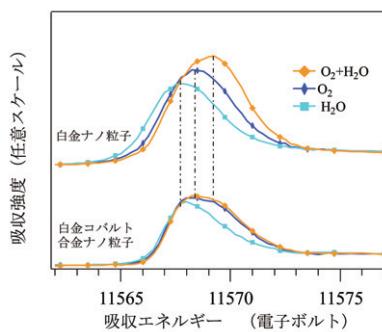
非弾性X線散乱法は、試料に入射するX線と試料から出てくるX線のエネルギーの差を調べる手法。放射光X線はSi(111)モノクロメーターで分光され、さらにSi(400)結晶で単色化されて試料を励起する。試料から出る散乱X線はSi(733)曲面結晶で分光・集光され検出される。本装置を用いて、蛍光X線を高エネルギー分解能で検出しつつ、X線吸収分光測定を行うことで、スペクトルのエネルギー幅（内殻寿命によるスペクトルの広がり）を5.2 eVから2.4 eVへと大幅に低減させることができた。

##### 高分解能蛍光X線吸収スペクトルと従来法の比較



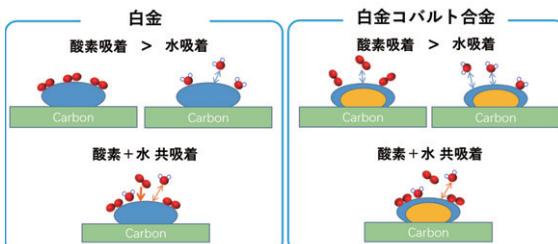
ナノ粒子触媒の初期条件および還元条件における白金L<sub>3</sub>吸収端測定結果。  
(a)通常の高速XAFS法、および、(b)本装置による高分解能蛍光X線吸収法。  
高速XAFS法より高分解能蛍光X線吸収法で測定されたスペクトルの方がより詳細な特徴が見て取れる。

##### ナノ粒子の高分解能蛍光X線吸収スペクトル



白金ナノ粒子と白金コバルト合金ナノ粒子の高分解能蛍光X線吸収スペクトル。スペクトルは還元状態の白金からの吸収量変化（酸化状態を反映）を表す。白金コバルトでは観測されないが、白金ナノ粒子では、酸素が水と共存することにより、白金の酸化がさらに促進されることが判明。

##### 触媒表面における酸素吸着と水吸着、および、共吸着の模式図



平均粒径2.5ナノメートルの白金では水が酸素の吸着を促進するが、白金よりも触媒性能に優れる平均粒径3ナノメートルの白金コバルト合金粒子では酸化促進効果が見られない。  
本研究では、燃料電池の性能低下に、水による酸化が影響することを突き止めた。酸化を抑えれば、燃料電池車の走行性能向上とコスト削減につながると期待される。

Y. Cui, Y. Harada, H. Niwa, T. Hatanaka, N. Nakamura, M. Ando, T. Yoshida, K. Ishii, D. Matsumura, H. Oji, H. Ofuchi & M. Oshima, Sci.Rep., 7, 1482 (2017).  
2017年4月6日付日刊工業新聞一面トップに掲載

#### CONTACT

原田慈久 東大物性研/東大放射光機構、石井賢司 量子科学技術研究開発機構  
E-mail : ml-qst-nanoinfo@qst.go.jp



# 物質・材料研究機構 微細加工プラットフォーム

KEY WORDS > Gallium oxide, Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Trench MOS, Schottky barrier diodes

## トレンチMOS構造を設けたGa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>ショットキーバリアダイオード Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Trench MOS-Type Schottky Barrier Diodes

ユーザー 氏名：佐々木公平 / Kohei Sasaki  
(ノベルクリスタルテクノロジー/Novel Crystal Technology, Inc.)  
(タムラ製作所/Tamura corporation)

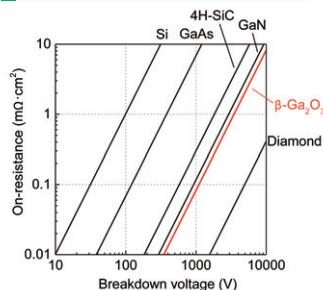
実施機関担当者：大里啓孝 / Hirotaka Osato, 津谷大樹 / Daiju Tsuya  
(物質・材料研究機構/National Institute for Materials Science)

### 概要 / Overview

- トレンチMOS構造を設けたGa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>ショットキーバリアダイオードを開発。  
Developed Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> trench MOS-type Schottky barrier diodes.
- 市販SiCショットキーバリアダイオードよりも、最大で40%という大きな損失低減に成功。  
Successfully reduced forward loss by up to 40% than commercial SiC Schottky barrier diodes.

### 酸化ガリウム(Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) パワーデバイスの魅力 Appealing point of the gallium oxide(Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) power devices

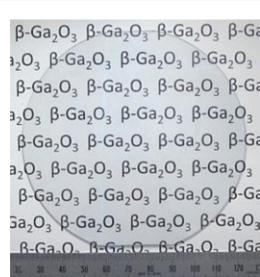
#### パワーデバイスの損失と耐圧の関係



Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を用いることで、超低消費電力のパワーデバイスを実現可能。

Ultra low loss power device can be fabricated by using Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

#### Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 4インチウェハ



融液成長法によって、高品質で大型の単結晶ウェハーを安価に製造可能。

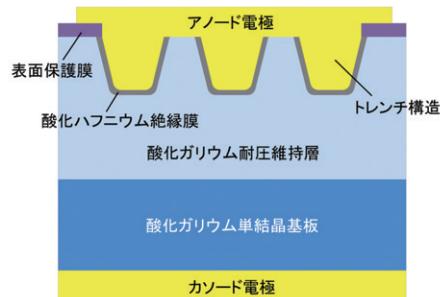
Large and high quality single-crystal Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> wafer can be grown by melt growth method.



Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>パワーデバイス = 高性能 + 安価  
夢の新材料 Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

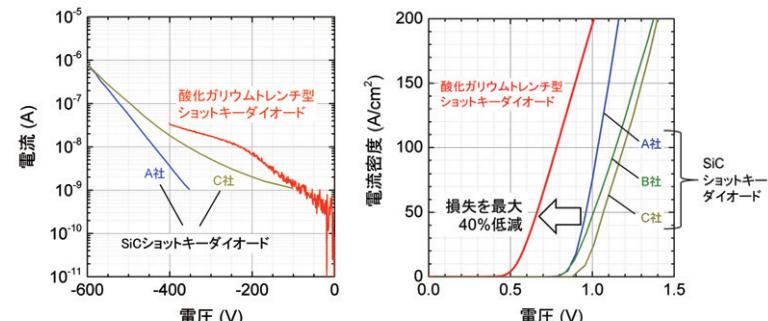
### 成果 / Results

#### デバイス構造



Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>への微細トレンチ構造の形成技術開発に成功。  
Succeeded in developing the fine trench structure fabrication technique for Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

#### Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> トレンチ型ショットキーダイオードと市販 SiC デバイスの特性比較



低い逆方向リーキ電流を維持したまま、順方向損失を最大で40%低減することに成功した。  
We succeeded in reducing forward loss by 40% compared to commercially available SiC SBDS while maintaining low reverse leakage current.

K. Sasaki, et al., IEEE Electron Device Lett., **38**, 783 (2017). K. Sasaki, et al., Appl. Phys. Express, **10**, 124201 (2017).  
特許出願3件、国際会議2件、国内会議2件。

プレスリリース「超低消費電力の酸化ガリウムショットキーバリアダイオードの開発に成功 – 従来より40%低損失のダイオードを低成本で実現可能に-」



東京工業大学



微細加工プラットフォーム

KEY WORDS &gt; Quantum Hall Tomonaga-Luttinger liquid, Spin-charge separation

## 量子ホールエッジチャネルにおける電荷ダイナミクス研究 Charge dynamics in quantum Hall edge channels

ユーザー氏名：橋坂昌幸<sup>a,b</sup>, 村木康二<sup>b</sup>, 藤澤利正<sup>a</sup> / M. Hashisaka<sup>a,b</sup>, K. Muraki<sup>b</sup>, T. Fujisawa<sup>a</sup><sup>(a)</sup>東京工業大学, <sup>b</sup>NTT物性科学基礎研究所 / <sup>a</sup>Tokyo Inst. Tech., <sup>b</sup>NTT BRL

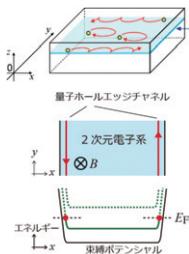
実施機関担当者：河田眞太郎 / S. Kawata (東京工業大学 / Tokyo Inst. Tech.)

### 概要 / Overview

- 量子ホール朝永-ラッティンジャー液体における電子ダイナミクスの研究。  
One-dimensional electron dynamics in a quantum Hall Tomonaga-Luttinger liquid.
- エッジチャネルにおけるスピン電荷分離現象を時間分解測定で直接観察することに成功。  
Time-domain observation of spin-charge separation in quantum Hall edge channels.

### 量子ホール朝永-ラッティンジャー液体: 1次元電子系の不思議な性質 Quantum Hall Tomonaga-Luttinger liquid: intriguing characteristics of 1D electron systems.

#### 量子ホールエッジチャネル : 代表的な1次元電子系



- ・ **量子ホール効果** (1985, 1998年ノーベル物理学賞)<sup>1</sup> :  
2次元電子系 (2DEG) への垂直磁場印加によって発現。  
ホール伝導度が  $e^2/h$  を単位とする整数値、または特定の分数値に量子化する現象。
- ・ **量子ホールエッジチャネル**<sup>2</sup> :  
量子ホール系の試料端に生じる1次元1方向性の伝導チャネル。  
試料端における電子のスキッピング運動に対応し、  
伝導方向は磁場の向きによって決まる。  
電子ダイナミクスは朝永-ラッティンジャー液体理論に従い、  
通常の電子系と異なる不思議な振る舞いを示す。

[1] K. v. Klitzing, G. Dorda, M. Pepper, PRL 45, 494 (1980); D. C. Tsui, H. L. Stormer, A. C. Gossard, PRL 48, 1559 (1982); R. B. Laughlin, PRL 50, 1395 (1983).  
[2] B. I. Halperin, PRB 25, 2185 (1982); A. M. Chang, Rev. Mod. Phys. 75, 1449 (2003) and references therein; 橋坂昌幸 他, 固体物理 49, No. 5, 359 (2014).

#### 電子の基本的性質 : 電荷とスピン



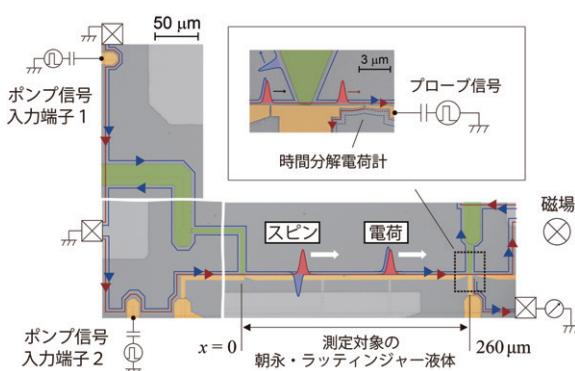
- ・電子は電荷とスピンという2つの性質を持つ。  
・2次元、3次元の電子系（フェルミ液体）と異なり、  
1次元電子系（朝永-ラッティンジャー液体）では  
電荷とスピンが独立に運動する。

#### スピン電荷分離 (1次元電子系の象徴的現象)

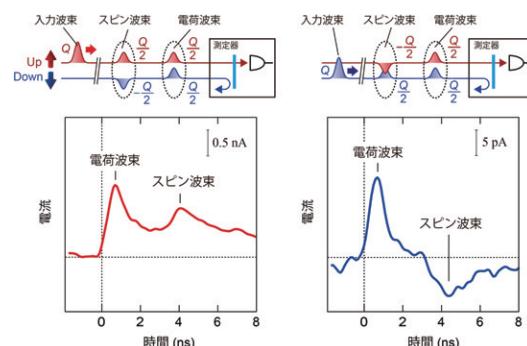
### スピン電荷分離 / Spin-charge separation

#### 量子ホール朝永-ラッティンジャー液体におけるスピン電荷分離の直接観測 : 空間に分離された電荷・スピン波束の波形測定に成功<sup>3,4</sup>

エッジチャネル上の電子ダイナミクスを独自のポンプ・プロープ法によって測定し、世界で初めて、空間的に分離された電荷波束とスピン波束の観測に成功した。得られた波形から、エッジチャネルの朝永-ラッティンジャー液体としての性質を決定することに成功した。



微細加工PF（東工大）で作製した試料の写真に色付けしたもの。  
AlGaAs/GaAs半導体ヘテロ構造基板上に、電子ビーム露光を用いて  
ゲート電極を形成した。エッジチャネル（赤矢印：アップスピン、  
青矢印：ダウンスピン）上にポンプ・プロープ信号の入力端子、及び  
スピンフィルター（緑色ゲート）を設置し、チャネル上の電子スピンを  
選択的に観測できるポンプ・プロープ測定法を実現した。



代表的な測定結果。朝永-ラッティンジャー液体にスピン偏極した電子集団を入力すると、  
電荷とスピンがそれぞれ異なる速度で伝搬し、空間的に分離される様子を観測できる。

[3] M. Hashisaka et al., Nature Physics 13, 559–562 (2017).

[4] 橋坂昌幸、藤澤利正 日本物理学会誌2017年11月号805頁「最近の研究から」。  
(デバイス写真: 表紙掲載)

本成果は日刊工業新聞、科学新聞等の国内業界紙、及びAmerican Laboratory誌等の海外の  
報道機関にて紹介された。

### CONTACT

橋坂昌幸 NTT物性科学基礎研究所 量子固体物理研究グループ  
E-mail : hashisaka.masayuki@lab.ntt.co.jp





KEY WORDS Antifouling, Barnacles, Micro-structured surfaces, Sessile organisms

## 海洋設備表面への付与を目的とした微細構造による 環境負荷の少ない付着生物防止技術の開発

**Settlement Behavior of Sessile organisms on Micro-structured surfaces**ユーザー 氏名 : <sup>1</sup>室崎喬之, <sup>2</sup>野方靖行 / <sup>1</sup>MUROSAKI Takayuki, <sup>2</sup>NOGATA Yasuyuki  
(<sup>1</sup>旭川医科大学 化学, <sup>2</sup>電力中央研究所 / <sup>1</sup>Dept. of Chem., Asahikawa Med. Univ., <sup>2</sup>CRIEPI)実施機関担当者 : <sup>3</sup>平井悠司, 下村政嗣 / <sup>3</sup>HIRAI Yuji, SHIMOMURA Masatsugu  
(<sup>3</sup>千歳科学技術大学 / <sup>3</sup>Chitose Institute of Science and Technology)**概要／Overview**

- フジツボなどに代表される付着生物は船舶や養殖網、発電施設の冷却水系統などに付着し深刻な経済的損失をもたらしており、国内におけるその除去費用は年間数千億円に上る。これまで有機スズ系防汚塗料が付着生物の付着防止に用いられてきたが、近年高い内分泌かく乱作用が認められた為使用が禁止された。その為、環境負荷の少ない新規の抗付着技術が求められている。最近、低毒性・低エネルギーな抗付着技術として表面微細構造が着目されてきている。本研究では、自己組織化プロセスを経て作製される表面微細構造とその付着生物に対する抗付着効果の関係を調べる事を目的とした。
- 本研究ではモデル海洋付着生物としてタテジマフジツボ (*Amphibalanus amphitrite*) を用いた。自己組織化ハニカム状多孔質膜とそれをベースに作られる表面微細構造上においてフジツボ付着期幼生（キプリス幼生）の付着挙動を詳しく調べた。その結果、平滑な表面や突起構造表面では付着を阻害するような影響は見られなかった。また突起構造の間隔や長さも影響しなかった。一方、ハニカム構造の場合には、他構造上に比べフジツボの付着が少なくなる傾向が見られ、ハニカム構造の孔径が増大するに従ってフジツボの付着が減少する傾向が見られた。さらにハニカム構造を延伸した構造の上では延伸する倍率が増大するに従ってフジツボの付着が増大する結果となった。このように自己組織化表面微細構造のサイズや幾何的特徴を制御する事で付着生物の付着を制御する事に成功した。また各構造上におけるフジツボ幼生の付着前行動を解析した結果、付着前に取る探索行動がその後の着生に大きく影響している事が示唆された。

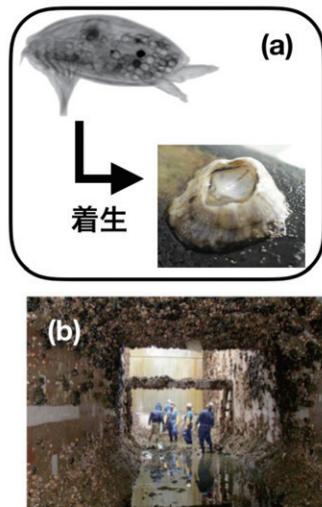


Fig.1 (a) フジツボ付着期幼生（体長：約500μm）と着生した成体（直径：約15mm） (b) 発電施設の冷却水系統に付着したフジツボ群集

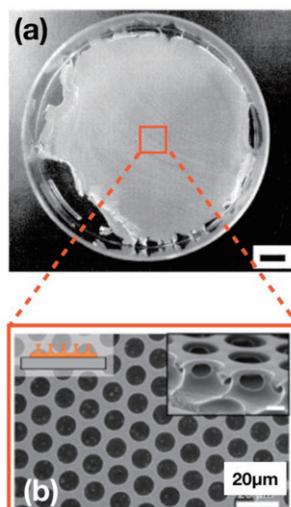


Fig.2 (a) 自己組織化ハニカム状多孔質膜の全体像 (b) 自己組織化ハニカム状多孔質膜表面と断面の電子顕微鏡像

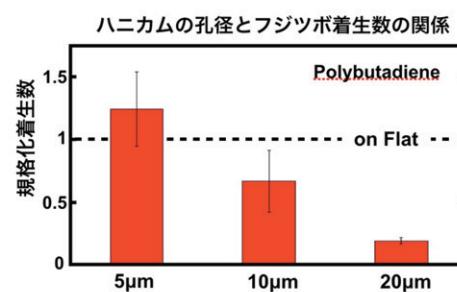


Fig.3 自己組織化ハニカム状多孔質膜の孔径とフジツボ着生数の関係（材質：ポリブタジエン, 平滑面への付着数を 1 として規格化）ハニカム構造の孔径の増大に従ってフジツボの着生は減少する傾向にある

室崎喬之, 野方靖行, 微細構造表面におけるフジツボ幼生の付着前行動, 日本マリンエンジニアリング学会誌, 52 (1), 2017.  
室崎喬之, ハイドロゲルを利用したフジツボ付着抑制技術の開発, 表面技術協会, 68 (4), 2017.



# 自然科学研究機構 分子科学研究所



## 分子・物質合成プラットフォーム

KEY WORDS Synthetic cannabinoid, Positional differentiation, EI-MS/MS

### EI-MS/MSによるフルオロベンジル基を有する合成カンナビノイドのo-, m-, p-位置異性体識別

Differentiation of o-, m-, p-positional isomers of synthetic cannabinoids containing a fluorobenzyl group by EI-MS/MS

ユーザー氏名：村上貴哉/Takaya Murakami, 岩室嘉晃/Yoshiaki Iwamuro, 石丸麗子/Reiko Ishimaru,  
地中啓/Satoshi Chinaka  
(石川県警察本部科学捜査研究所/Forensic Science Laboratory, Ishikawa Prefectural Police H.Q.)  
実施機関担当者：東林修平/Shuhei Higashibayashi, 野田一平/Ipppei Noda, 大原三佳/Mika Ohara  
(分子科学研究所/Institute for Molecule Science)

#### 概要/Overview

危険ドラッグの主たる薬物群『合成カンナビノイド』に分類され、フルオロベンジル基をN-1位に有する新規乱用薬物は、芳香環上のフッ素の置換位置によって法規制の適用の可否が異なるにも関わらず、位置異性体間でマススペクトルが酷似することから、フッ素のortho, meta, paraの置換位置を同定することが困難である。本研究では、上記のような合成カンナビノイドと同様なフラグメンテーションを生起させるo-, m-, p-モデル化合物を合成し、コリジョンエネルギーを変化させながら電子イオン化-トリプル四重極質量分析(EI-MS/MS)を行った。得られたモデル化合物の解析データを指標とし、これを実際の危険ドラッグ成分の解析データと照合することによって、フッ素の置換位置を同定できるか検討したところ、有効な結果を得たので報告する。

Mass spectrometric differentiation of positional isomers is crucial for the analysis of forensic samples. However, it is difficult to differentiate o-, m-, and p-fluorine positional isomers on the phenyl ring of synthetic cannabinoids containing a fluorobenzyl group at the N-1 position. In this study, we synthesized o-, m-, and p-model compounds of the synthetic cannabinoids, and investigated the product ion spectra as a function of collision energy using electron ionization-triple quadrupole mass spectrometry (EI-MS/MS).

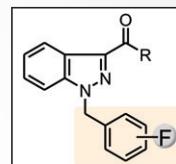


Fig. 1 Synthetic cannabinoid containing a fluorobenzyl group.

#### 成果/Results

##### ① モデル化合物の合成

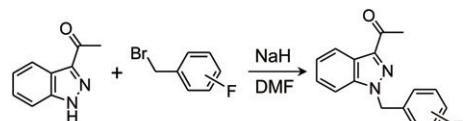


Fig. 2 Syntheses of o-, m-, and p-FUBINAE.

本合成は、協力研究(ナノプラット)を通じ  
東林修平氏、野田一平氏に依頼した

##### ② 電子イオン化-トリプル四重極質量分析

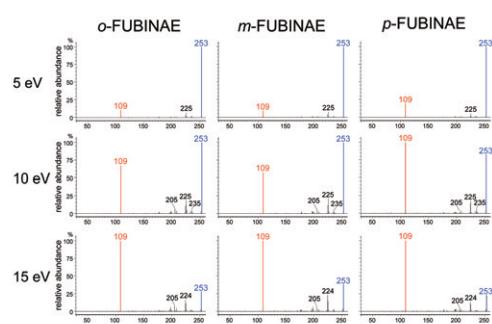
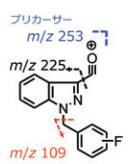
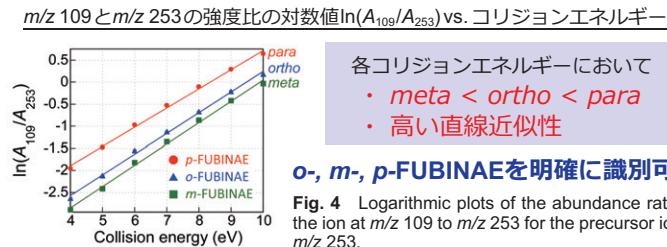


Fig. 3 Product ion spectra of o-, m-, and p-FUBINAE for the precursor ion at  $m/z$  253 at the collision energies of 5, 10, and 15 eV.



- 得られたプロダクトイオンは異性体間で同一
- $m/z$  109と $m/z$  253のシグナル強度に僅かに差がみられた

##### ③ モデル化合物の $\ln(A_{109}/A_{253})$ プロット



##### o-, m-, p-FUBINAEを明確に識別可能

Fig. 4 Logarithmic plots of the abundance ratio of the ion at  $m/z$  109 to  $m/z$  253 for the precursor ion at  $m/z$  253.

##### ④ 危険ドラッグ成分との照合

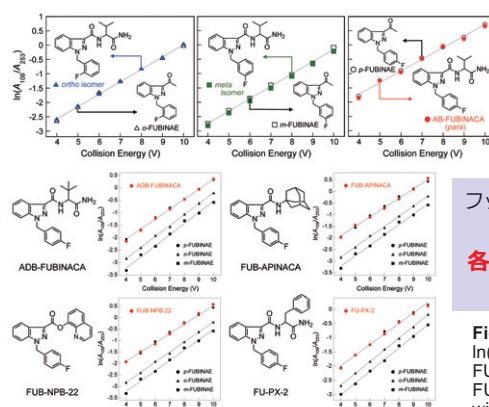


Fig. 5 Comparisons of the  $\ln(A_{109}/A_{253})$  plots of the AB-FUBINACA isomers with those of o-, m-, and p-FUBINAE.

フッ素の置換位置に応じて  
モデル化合物と  
各種危険ドラッグ成分  
のプロットは一致

Fig. 6 Comparisons of the  $\ln(A_{109}/A_{253})$  plots of ADB-FUBINACA, FUB-APINACA, FUB-NPB-22, and FU-PX-2 with a set of o-, m- and p-FUBINAE.

#### 結論/Conclusion

- プロダクトイオンのシグナル強度に着目した新たな位置異性体識別法を確立した
- モデル化合物と分析対象である危険ドラッグのプロットを照合することで、フッ素の置換位置を識別できた

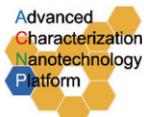
References : T. Murakami et al, J. Mass Spectrom., 51, 1016–1022 (2016)  
T. Murakami et al, Jpn. J. Forensic Sci. Tech., 22, 133–143 (2017)

#### CONTACT

自然科学研究機構分子科学研究所・機器センター  
E-mail : nanoplatt@ims.ac.jp, Phone: 0564-55-7447  
HP: http://nanoims.ims.ac.jp/ims/index.html



## 使えるナノテク 装置とエキスパートの全国ネットワーク ～1000台以上の最新機器とノウハウを提供～



### 微細構造解析 プラットフォーム

#### 主要研究設備

マルチビーム超高圧電子顕微鏡、収差補正分析電子顕微鏡、単原子分析電子顕微鏡、陽電子プローブマイクロアナライザ装置、軽元素対応型超高分解能走査透過型電子顕微鏡、反応科学走査透過電子顕微鏡、極低温高分解能透過電子顕微鏡、超高圧電子顕微鏡、SPring-8放射光源ビームライン、電子分光型高压電子顕微鏡



### 微細加工 プラットフォーム

#### 主要研究設備

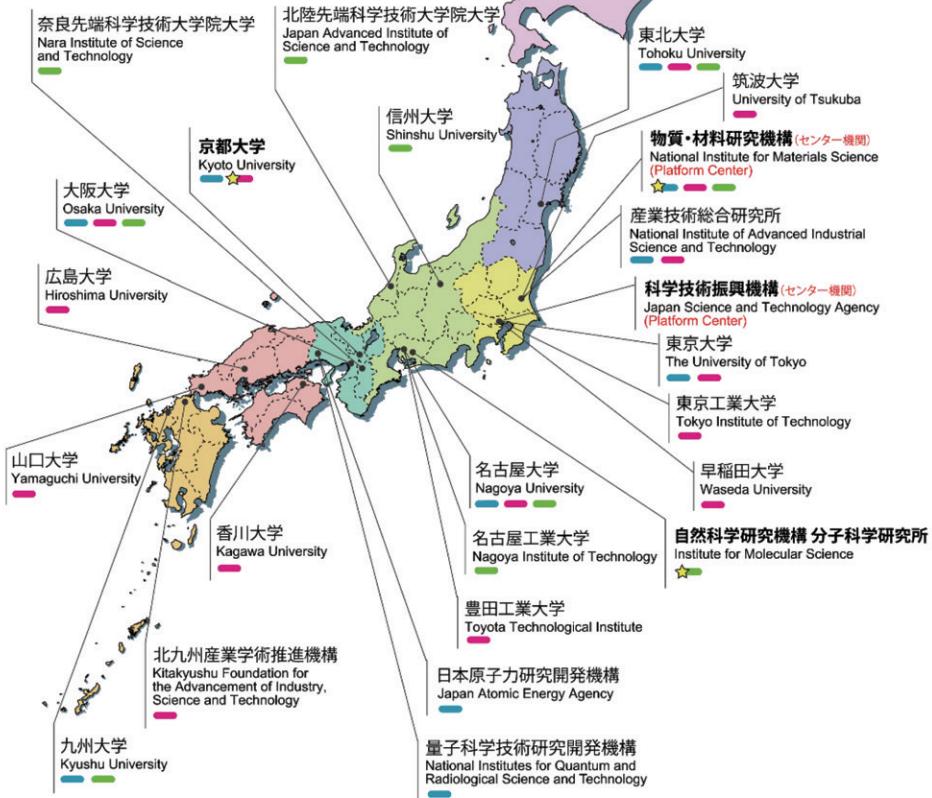
電子ビーム露光装置、ステッパー、スパッタ装置、RIE (Reactive Ion Etching) 装置、CVD 装置、収束イオンビーム装置、レーザー加工装置、膜特性計測・分析装置、形状計測装置、表面計測装置(SEM等)



### 分子・物質合成 プラットフォーム

#### 主要研究設備

核磁気共鳴装置、光分析装置、質量分析装置その他材料評価、バイオ用光学顕微鏡、バイオ評価、真空成膜装置や薄膜／ナノ調製加工、化学材料合成・素子作成、バイオ調製、透過型電子顕微鏡(TEM)、表面分析(走査電子顕微鏡(SEM)/EDX/EPMA)、電子分光(XPS/UPS/AES)、X線回折装置、走査型トンネル顕微鏡(STM)／原子間力顕微鏡(AFM)



全国の研究設備を  
一括検索！！

- ▶ キーワードから探す
- ▶ 研究分野から探す
- ▶ プラットフォームから探す
- ▶ 研究機関から探す
- ▶ エリア（地域）から探す
- ▶ 設備分類から探す

<http://nanonet.mext.go.jp/yp/>

## 共用設備利用案内イエローページ

### クイックアクセス

こんな研究・実験が  
したいのだけど？

お問い合わせや  
ご相談はこちから

ユーザ総合窓口  
<http://nanonet.mext.go.jp/>

ナノテクノロジープラットフォームセンター (運営：物質・材料研究機構、科学技術振興機構)

E-mail: NTJ\_info@nanonet.go.jp Phone: 029-859-2777

