

# In-situ 蛍光 XAFS を可能にする高温セルとガスセンサに用いる Pt-SnO<sub>2</sub> 薄膜触媒のその場観察

村田尚義<sup>1</sup>, 和田敬広<sup>2,3</sup>, 鈴木卓弥<sup>1</sup>, 向井慎吾<sup>3</sup>, 上原広充<sup>3</sup>,  
仁谷浩明<sup>4</sup>, 丹羽尉博<sup>4</sup>, 朝倉清高<sup>3</sup>

<sup>1</sup>富士電機株式会社 〒191-8502 東京都日野市富士町1番地

<sup>2</sup>東京医科歯科大学大学院 歯学総合研究科 〒113-8549 東京都文京区湯島1-5-45

<sup>3</sup>北海道大学 触媒科学研究所 〒001-0021 北海道札幌市北区北21条西10丁目

<sup>4</sup>高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 〒305-0801 茨城県つくば市大穂1-1

## 要旨

我々は、微小なガスセンサの構造変化を蛍光 XAFS 法を用いてその場測定可能な *In-situ* 測定セルを開発した。入射 X 線に集光した微小 X 線ビームを用い、ミリメートルサイズのサンプルとそれを加熱するための微小な加熱用ヒーター（直径25 mm）の使用を試みた。ヒーターサイズを小さくすることで、サンプルのみを効率よく加熱できるため、近傍に116 mm $\phi$ の蛍光 X 線を透過する窓が設置可能となった。そのため立体角を56°まで広げた *in-situ* 蛍光 XAFS 測定に適したセルとなった。本セルは、大気圧中で試料を873 K まで昇温することができ、物質中に含まれる原子濃度が希薄な試料または薄膜試料（ $\sim 1 \mu\text{m}$ ）における反応中のその場観察を可能にした。本稿では、まずセルの特徴について述べ、ガスセンサの選択性を向上させる Pt-SnO<sub>2</sub> 薄膜の測定事例を紹介する。

## 1. はじめに

X 線吸収微細構造 (XAFS) 解析は、X 線吸収原子の電子状態あるいは周囲の構造を取得できる解析方法として知られている。XAFS 解析は測定雰囲気を選ばないため、大気圧下での測定が可能である。XAFS 解析において、蛍光 X 線強度は吸収係数に比例することが知られている。この蛍光 X 線強度を測定することで XAFS を得る手法は蛍光 XAFS 法と呼ばれており、透過法での測定が難しい希薄サンプルや薄膜試料の測定に適している<sup>1,2)</sup>。

さて、燃料電池やガスセンサなどに使用する触媒において、反応中のメカニズムを解明し、その開発に反映したいという要望が多くある<sup>3)</sup>。そして反応過程のその場観察 (*in-situ*) として、XAFS 解析は非常に有用であり広く用いられている。燃料電池やガスセンサの多くは薄膜や吸収原子が希薄な状態なので、反応過程やその場観察には蛍光 XAFS が適する。また、上記分野に加え腐食のメカニズム解明など、様々な分野で *in-situ* 蛍光 XAFS による研究事例が報告されている。蛍光 XAFS の測定を行う際、物質からの蛍光 X 線は大きな立体角に放出されるため、大きな検出面積を有する多素子半導体検出器<sup>4)</sup>やライトル検出器<sup>5)</sup>が用いられる。一方、触媒反応の *in-situ* 測定では、反応を促進するための専用の高温反応セルが必要になるが、効率的な検出のため立体角を広く取ろうとすると、ヒーター上のサンプルと蛍光 X 線を取り出す窓の間の距離を可能な限り近づけることが望ましい。しかし、しばし

ば用いられる測定セルではサンプルを大きな加熱炉に入れるため、窓を近づけると、必然的に窓も加熱されてしまう。このため、窓材には耐熱性の高い Be やカプトンがつかわれるが、それでも距離に限界があり、立体角を広く取することは困難とされてきた。Koziej らは、ヒーターを内蔵した微小なセンサを測定対象にした反応セルを開発し、広い立体角を得ているが<sup>6,7)</sup>、サンプル形態の条件が厳しく汎用性に乏しい。また Kappen や Grunwaldt らは、熱伝導性の低い材料として石英に着目し、石英管による反応セルを蛍光 XAFS 測定に用いる方法を考案しているが<sup>8,9)</sup>、石英は X 線の散乱が大きく、XAFS スペクトルのバックグラウンドが高くなる問題がある。もし、入射 X 線のビームサイズを集光ミラーで小さくし、かつ微小なサンプルをそれと独立なヒーターを用いて加熱できるとしたら、ヒーターによるサンプル以外の部分の温度上昇を避けることができる。その結果、窓とヒーター間の距離を狭め広い立体角を確保することができる。近年、幸いにも Photon Factory (PF) や SPring-8 などの国内放射光施設では、1 mm 以下のビームサイズをもつ高輝度 X 線が利用可能である。我々は、小型ヒーターを用いることにより、窓とヒーターとの間の距離を35 mm まで狭めた高温反応セルを作製し、ヒーター温度を703 K に設定した際にも、窓の温度を373 K 以下に抑制することに成功した<sup>10)</sup>。このセルを用いることで、Si 基板上に成膜した薄膜材料、フィルムや電極材料、粉体材料などの *in-situ* 蛍光 XAFS の測定が可能となった。本稿では、我々が開発し

たセルを紹介すると共に、ガスセンサの性能を向上させる Pt-SnO<sub>2</sub> 薄膜触媒の測定事例についても述べる。

## 2. In-situ セルの構造

Fig. 1 に *in-situ* セルの構造を示す。重量を軽くして、設置調整を容易に行えるようにするため、セル材料にアルミニウムを採用した。体積は1.3 L であるが、重さが僅か2.4 kg と軽いセルとなっている。また、アルミニウムは熱伝導性が高く、ヒーターからの輻射による局所的な加熱を避けることができる。セル本体には、ガスを流通させる2つの導入口と X 線入射および蛍光 X 線を取り出す窓を配置した。窓材料には、厚みが200 μm のカプトン膜を採用しており、セル本体にエポキシ接着剤で直接貼り付けた。また、蛍光 X 線を取り出す側の窓は、立体角を大きく取るため、円直径116 mm と広くした。

セル内部には、加熱機構のあるサンプル台を設けた (Fig. 2)。加熱機構には、高純度の Pyrolytic Boron Nitride (PBN), pyrolytic graphite (PG) と導電材料で構成された Adcap vacuum technology 製 HTR1001 のヒーターを用い、外部から加熱制御できるように配線した。円形のヒーターサイズは直径25 mm であり、大気中でサンプルを873 K まで加熱できる性能となっている。今回用いたヒーターは熱容量が小さいため、温度を精密に制御することが難しい。そこでサンプリング時間が25 ms と非常に短い温

度調節器 (坂口伝熱製 SCR-SHQ) を用いた。これにより通常の K タイプの熱電対 (アルメル-クロメル) にて温度をモニターし、PID 制御を行うことにより ±2K の精度で温度コントロールを長時間行うことを可能とした。サンプルはヒーター上に2箇所の固定治具によって直接固定し、サンプル裏面に固定した熱電対でサンプル温度を測定した。以上の構成にすることで、水冷機構を用いずに窓とヒーターとの間の距離を35 mm まで縮めることができ、立体角としては56° と広く蛍光 X 線を取り出すことに成功した。

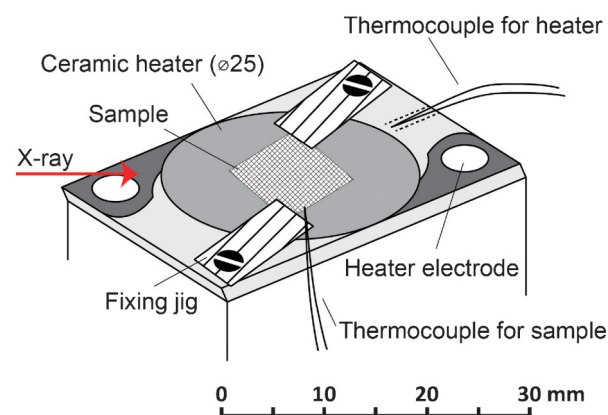


Fig. 2 (Color online) Sample holder with ceramic heater and thermocouples on the sample stand

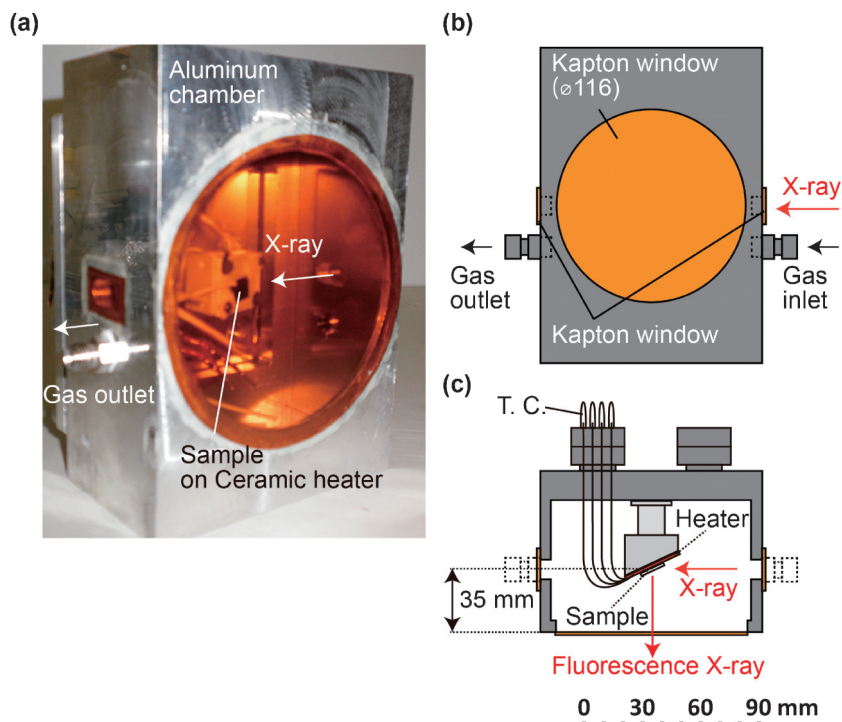


Fig. 1 (Color online) A photograph and schematic drawings of the *in-situ* cell: (a) photograph, (b) top view, and (c) side view.

### 3. 測定サンプル (Pt-SnO<sub>2</sub> 基板) および XAFS 解析

SnO<sub>2</sub> は n 型半導体として知られており、ガスに曝露されることで電気抵抗が変化する性質を持っていることから、ガスセンサ材料として古くから用いられてきた。近年、MEMS (Micro Electro Mechanical System) 技術を応用して、低消費電力でメタンガス検知できるガスセンサの開発が進められてきた<sup>11,12)</sup>。また、ガス検知する SnO<sub>2</sub> 薄膜上に Pt をドーブした SnO<sub>2</sub> (以下 Pt-SnO<sub>2</sub>) 薄膜基板を積層することで、メタン以外の水素、エタノールなどの雑ガスを選択的に酸化除去できており、メタンに対し高選択性および選択性の長期安定性を実現できている<sup>13,14)</sup>。Pt-SnO<sub>2</sub> での Pt まわりの構造に関しては Pt 酸化物や Pt 金属が微粒子状で存在するという報告がされていた。一方、ごく微量 (0.2 wt.%) の Pt を含むセンサの高エネルギー分解蛍光 EXAFS 法によると、ルチル構造の Sn の位置に Pt イオンが存在するという報告がされている<sup>7,15)</sup>。我々は、XAFS 解析から Pt-SnO<sub>2</sub> 薄膜において、Pt を高濃度添加 (0-10 at.%) しても「Pt イオンが SnO<sub>2</sub> のルチル型構造の Sn サイトに存在した特異な金属酸化物固溶型触媒」の構造を取ることを報告した<sup>16)</sup>。しかし、過去の報告例で Pt 金属のクラスターに活性があるとされており<sup>17,18)</sup>、反応中でも金属酸化物固溶型触媒構造になっているのかを確かめる必要があった。そこで我々は、今回開発したセルを用いて、Si 基板上に製膜した Pt-SnO<sub>2</sub> 薄膜のモデルサンプルによる、センサ駆動環境を模擬した *in-situ* 蛍光 XAFS 解析を実施した。

Pt-SnO<sub>2</sub> は、Si 基板上にスパッタ成膜し、約 1 cm<sup>2</sup> の薄膜基板とした。Pt-SnO<sub>2</sub> 薄膜の膜厚は～数百 nm 程度であり、Pt 添加量は 10 at.% に調整した。

Pt L<sub>3</sub>-edge XAFS は、高エネルギー加速器研究機構のフォトンファクトリーにある BL-12C ビームラインで測定した。入射 X 線は Si (111) 2 結晶モノクロメーターを使用し分光した<sup>19,20)</sup>。また、湾曲ミラーで X 線を集光し、微小なサンプルに高輝度 X 線を照射した。蛍光 X 線の検出器には、19 素子半導体検出器 (SSD) を用いた。また、XAFS 測定は、約 30 分/1 スペクトルで実施した。XAFS 解析は、REX2000 (Version 2.5, Rigaku) を用いた<sup>21-23)</sup>。 *In-situ* XAFS 測定においては、反応ガスを 200 mL/min で流通させた。反応ガスは、Dry air と 1% H<sub>2</sub> (Air バランス) を用いた。

## 4. 実験結果および考察

### 4.1 ヒーター性能

Fig. 3 に *in-situ* セルにおいて、703 K まで昇温した時のヒーター挙動について示す。前述のとおり、ヒーターの出力は、温度調節器の PID 制御で電流がコントロールされ

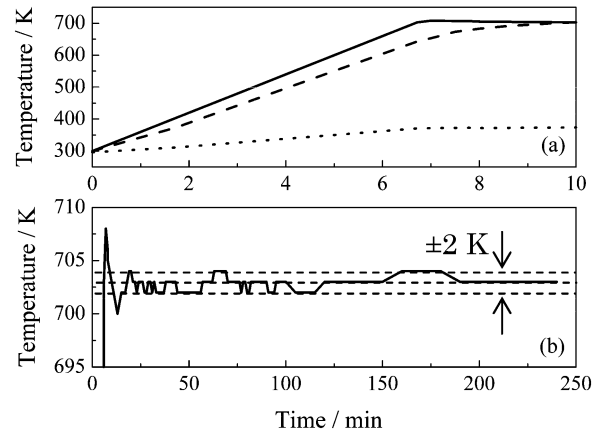


Fig. 3 The heating performance of the cell. (a) The increasing temperature process at the holder (solid line), at the sample (broken line), and at the Kapton window (dotted line). (b) Stability of the temperature for 4 hours at the sample position.

ている。ヒーター温度 (実線)、サンプル温度 (破線) いずれも線形に昇温されているのがわかる。ヒーター温度が約 7 min で 703 K に達しているに対し、サンプル温度はその 3 min 後の約 10 min で目標温度に達することができている。サンプル温度においては、目標温度に到達した際に約 5 K のオーバーシュートがあったが、その後は速やかに目標温度に戻り、長時間 ±2 K の範囲で温度が安定していることがわかる。また同時に、蛍光 X 線を取り出す窓の温度も測定した結果、サンプル温度が 703 K の時でさえ、窓の温度 (点線) は約 373 K までしか上がっておらず、ヒーターからの熱による窓の加熱が抑制できていることを確認した。一方このセルの欠点として、ヒーターの耐久性が挙げられる。実験中に少しでも大過剰の電流が流れるとヒーターが断線してしまうため、急激な温度上昇は極力避ける必要があった。本研究で用いた 60 K/min という昇温速度では、*in-situ* 測定中で約 100 時間は連続使用可能なことを確認している。もう少し昇温速度を遅くできれば、さらに寿命が延びると考えられる。

### 4.2 Pt-SnO<sub>2</sub> 薄膜の *in-situ* XAFS 測定

Fig. 4 に、703 K における Dry air 中および 1% H<sub>2</sub> 中の Pt L<sub>3</sub>-edge XANES スペクトルを示す。XANES スペクトルから H<sub>2</sub> 中で white line のピーク強度の僅かな低下が認められた。Pt L<sub>3</sub>-edge における white line の起源は 2p 軌道から 5d 軌道への遷移であり、このピーク強度の低下は Pt 5d 軌道の電子密度の増加を意味している。一方、Fig. 5(a) の EXAFS 振動から、H<sub>2</sub> 中で非常に僅かであるが、振幅の減少が認められる。H<sub>2</sub> 中の振動と Dry air 中の振動の差を計算した差スペクトルを Fig. 5(b) に示す。差スペクトルと Dry air 中における振動を比較してみると、逆位相の関係になっている。Fig. 6 に差スペクトルおよび

Dry air 中の EXAFS 振動に対するフーリエ変換の結果を示す。Fig. 6 には絶対値に加え、実部と虚部の波形も示している。Fig. 6(a) の差スペクトルのフーリエ変換にも 0.18 nm の辺りに Pt-O 配位と考えられるピークが認められた。しかし絶対値の比較だけでは、Pt-O 配位の変化が断定するのは困難である。ガス反応前のスペクトルに元々存在する Pt-O の変化であれば、ガス反応後との差スペクトルとの間で、虚部の波形が逆位相になるはずである。そこで、虚部の波形を比較したところ、やはり逆位相を示していることから、差スペクトルにおけるピークは Pt-O 配位による由来であることが明確になった。一方、0.22 nm に観測されるはずの Pt-Pt に由来するピークは認められず、 $H_2$  中における変化が、Pt-O 結合における酸素配位数の減少し、酸素欠陥が増えていると考えることができる。こうした酸素欠陥の減少が、Pt 微粒子の形成を抑制していると推測される。

すなわち、Pt-SnO<sub>2</sub> は Pt が SnO<sub>2</sub> の格子中にとどまることで、高活性を示し、かつ長期安定性に優れた触媒とな

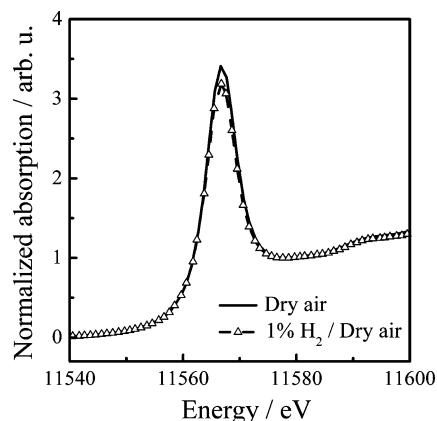


Fig. 4 Pt L<sub>3</sub>-edge XANES spectra to 703 K under a flow of dry air (solid line) and 1% H<sub>2</sub>-containing air (triangle with broken line).

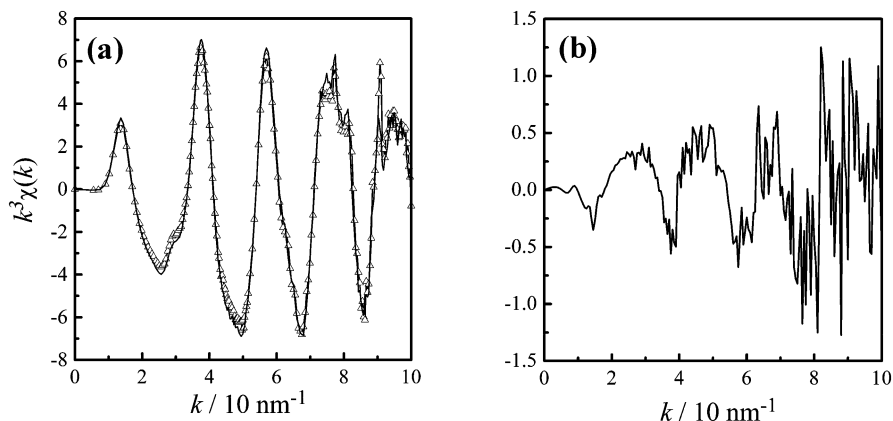


Fig. 5 (a)  $k^3$ -weighted Pt L<sub>3</sub>-edge EXAFS spectra at 703 K under a flow of dry air (solid line) and 1% H<sub>2</sub>-containing air (triangle with solid line)., and (b) their difference spectrum  $k^3\Delta\chi(k)$ .

りうると考えられる。

## 5. まとめ

我々は、ヒーターサイズを小さくすることで、ヒーター上のサンプル近くに  $\phi 116 \text{ mm}^2$  の大きな蛍光 X 線を透過する窓を設けることに成功した。これにより  $56^\circ$  の立体角を持つ *in-situ* 蛍光 XAFS 測定セルを作製することができた。このセルを使用することで、透過法では測定が困難とされる物質中に含まれる原子濃度が希薄な試料、太陽電池フィルムなどの薄膜試料、加えて燃料電池触媒の反応中解析など、様々な分野で応用できると期待している。

今回開発したセルを用いて、ガスセンサの高選択性およ

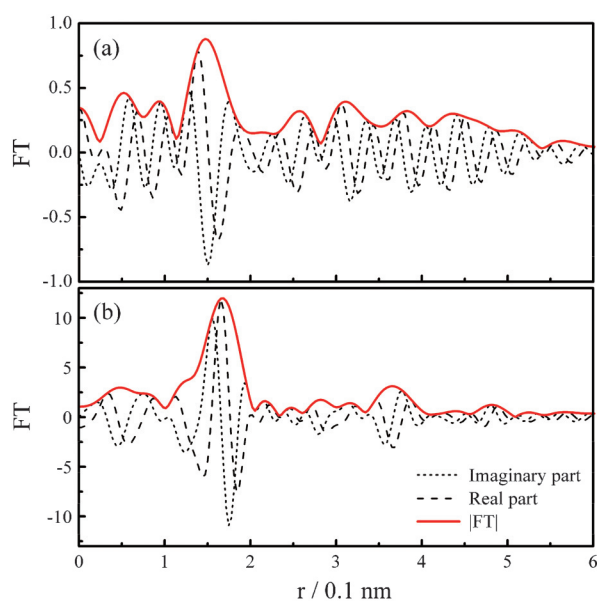


Fig. 6 (Color online) The Fourier transforms. (a) the difference spectrum  $k^3\Delta\chi(k)$ . (b) dry air at 703 K. Dotted, broken, and solid red lines indicate imaginary, real, and absolute parts, respectively.

び選択性の長期安定性を実現する Pt-SnO<sub>2</sub> 薄膜触媒のセンサ動作環境中（高温、還元ガス中）の *in-situ* 蛍光 XAFS 測定を行った結果、Pt メタルのような粒子の析出は認められず、ルチルの固溶型構造を維持し、安定していることがわかった。この金属酸化物固溶型触媒が、金属薄膜触媒あるいは金属担持触媒と比較して、高い活性や高い熱的安定性を有するため、ガスセンサの安定性向上に繋がっていると考えられる。これらの知見は、実際の開発現場にフィードバックされ、高性能化、製品の信頼性を飛躍的に向上させ、市販化できるようになった。放射光による分析が基礎から実用化まで役立った一つの研究例であると考ええる。

### 謝辞

本実験で使用した反応セルは北海道大学 触媒科学研究所 技術部に作成していただいた。PF での実験は PF PAC 課題番号 2010G592, 2012G680 のもとで行われた。また、XAFS 測定を含む本研究の一部は独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）による「次世代高信頼性ガスセンサー技術開発」プロジェクトの支援および JSPS 科研費（課題番号：24890061, 15K20426）、北海道大学触媒科学研究所共同利用・共同研究（課題番号：15A1003, 16B1004）の助成を受けて実施された。

### 参考文献

- 1) J. Jaklevic, J. A. Kirby, M. P. Klein, A. S. Robertson, G. S. Brown and P. Eisenberger: *Solid State Commun.* **23**, 679 (1977).
- 2) K. Asakura, *Catalysis* edited by J. J. Spivey and M. Gupta (RSC publishing, Cambridge, 2012), Vol. 281, p. 281.
- 3) X-ray Absorption Fine Structure for Catalysts and Surfaces, edited by Y. Iwasawa (World Scientific, Singapore, 1996).
- 4) H. Oyanagi, A. Tsukada, M. Naito, N. L. Saini, M.-O. Lampert, D. Gutknecht, P. Dressler, S. Ogawa, K. Kasai, S. Mohamed and A. Fukano: *J. Synchrotron Radiat.* **13**, 314 (2006).
- 5) F. W. Lytle, R. B. Greegor, D. R. Sandstrom, E. C. Marques, J. Wong, C. L. Spiro, G. P. Huffman and F. E. Huggins: *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect. A* **226**, 542 (1984).
- 6) D. Koziej, M. Hubner, N. Barsan, U. Weimer, M. Sikora and J.-D. Grunwaldt: *Phys. Chem. Chem. Phys.* **11**, 8620 (2009).
- 7) M. Hubner, D. Koziej, J.-D. Grunwaldt, U. Weimar and N. Barsan: *Phys. Chem. Chem. Phys.* **14**, 13249 (2012).
- 8) P. Kappen, L. Troger, G. Materlik, C. Reckleben, K. Hansen, J.-D. Grunwaldt and B. S. Clausen: *J. Synchrotron Radiat.* **9**, 246 (2002).
- 9) J.-D. Grunwaldt, P. Kappen, L. Basini and B. S. Clausen: *Catal. Lett.* **78**, 13 (2002).
- 10) N. Murata, M. Kobayashi, Y. Okada, T. Suzuki, H. Nitani, Y. Niwa, H. Abe, T. Wada, S. Mukai, H. Uehara, H. Ariga, S. Takakusagi and K. Asakura: *Rev. Sci. Instrum.* **86** 034102 (2015).
- 11) T. Suzuki, K. Kunihara, M. Kobayashi, S. Tabata, K. Higaki and H. Ohnishi: *Sens. Actuators, B* **109**, 185 (2005).
- 12) S. Tabata, K. Higaki, H. Ohnishi, T. Suzuki, K. Kunihara and M. Kobayashi: *Sens. Actuators, B* **109**, 190 (2005).
- 13) A. Nonaka, T. Nakajima, H. Ohnishi, M. Okamura, N. Murata and T. Suzuki: *Proc. the 57th Chem. Sensor Sym.* 30 Sup. B, 13 (2014).
- 14) T. Suzuki, M. Okamura, N. Murata, A. Nonaka, T. Nakajima and H. Ohnishi: *Proc. the 57th Chem. Sensor Sym.* 30 Sup. B, 16 (2014).
- 15) M. Hubner, D. Koziej, M. Bauer, N. Barsan, K. Kvashnina, M. D. Rossell, U. Weimar and J. D. Grunwaldt: *Angewandte Chemie-International Edition* **50** (12), 2841 (2011).
- 16) N. Murata, T. Suzuki, M. Kobayashi, F. Togoh and K. Asakura: *Phys. Chem. Chem. Phys.* **15**, 17938 (2013).
- 17) N. Yamazoe, Y. Kurokawa and T. Seiyama: *Sens. Actuators* **4**, 283 (1983).
- 18) A. V. Tadeev, G. Delabouglise and M. Labeau: *Mater. Sci. Eng.: B* **57**, 76 (1998).
- 19) M. Nomura: *J. Synchrotron Radiat.* **5**, 851 (1998).
- 20) M. Nomura and A. Koyama: "Design and performance of a new XAFS beamline at the photon factory; BL12C," KEK Report, Photon Factory, 95-15, 1996.
- 21) K. Asakura: "Analysis of EXAFS," in *X-ray Absorption Fine Structure for Catalysts and Surfaces*, edited by Y. Iwasawa (World Scientific, Singapore, 1996), p. 33.
- 22) T. Taguchi: *AIP Conf. Proc.* **882**, 162 (2007).
- 23) K. Asakura: *Polarization-Dependent Total Reflection Fluorescence Extended X-ray Absorption Fine Structure and its Application to Supported Catalysis*, *Catalysis Book Series* edited by J. G. Catalano (RSC publishing, 2012), p. 281.

## 著者紹介



### 村田尚義

富士電機株式会社 技術開発本部  
E-mail: murata-naoyoshi@fujielectric.com  
専門：ガスセンサ技術，放射光科学

#### 【略歴】

2008年青山学院大学理工学研究科卒業，  
2008年富士電機株式会社入社，2016年北  
海道大学工学研究科博士課程修了 博士  
(工学)



### 和田敬広

東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究  
科 先端材料評価学分野 助教

E-mail: wada.abm@tmd.ac.jp  
専門：放射光科学，歯科理工学

#### 【略歴】

2012年北海道大学工学研究科博士課程修  
了 博士(工学)，2012年東京医科歯科大  
学助教，2015年北海道大学触媒科学研  
究所共同研究フェロー(兼任)



### 鈴木卓弥

富士電機株式会社 技術開発本部  
E-mail: suzuki-takuya@fujielectric.com  
専門：セラミック工学，ガスセンサ技術

#### 【略歴】

1994年東京大学工学部卒業，1994年富士  
電機株式会社入社



### 向井慎吾

北海道大学 触媒科学研究所  
E-mail: mukai@cat.hokudai.ac.jp  
専門：装置開発

#### 【略歴】

2003年北海道大学触媒化学研究センター  
(現 触媒科学研究所) 入所



### 上原広充

北海道大学 大学力強化推進本部 リサー  
チ・アドミニストレーター (URA)

E-mail: uehara@oeic.hokudai.ac.jp  
専門：錯体化学，電気化学，表面科学，触  
媒化学

#### 【略歴】

2009年北海道大学理学院化学専攻修了  
博士(理学)，2009年科学技術振興機構  
ERATO 研究員，2010年北海道大学触媒化  
学研究センター特任助教，2011年高エ  
ネルギー加速器研究機構共同研究研究員(兼  
任)，2015年富士電機株式会社入社，2016  
年より現職



### 仁谷浩明

高エネルギー加速器研究機構 物質構造科  
学研究所 助教

総合研究大学院大学 高エネルギー加速器  
科学研究科 物質構造科学専攻 助教(兼任)

E-mail: hiroaki.nitani@kek.jp  
専門：ナノ材料構造解析，放射光ビームラ  
イン開発

#### 【略歴】

2007年大阪大学大学院工学研究科博士後  
期課程修了，2007年日本学術振興会特別  
研究員(PD)，2008年産業技術総合研  
究所特別研究員，2009年高エネルギー  
加速器研究機構物質構造科学研究所助教。博士  
(工学)



### 丹羽尉博

高エネルギー加速器研究機構 物質構造科  
学研究所 技師

E-mail: yasuhiko.niwa@kek.jp  
専門：時間分解 XAS，溶液化学

#### 【略歴】

2005年高エネルギー加速器研究機構物質  
構造科学研究所研究員，2012年同技師



### 朝倉清高

北海道大学 触媒科学研究所 教授

E-mail: askr@cat.hokudai.ac.jp  
専門：放射光科学，表面物理学，触媒化学

#### 【略歴】

1984年東京大学助手，1987年 PhD，1992  
年 FHI-MPG in Berlin に留学，1994年東  
京大学スペクトル化学助教授，1999年北  
海道大学触媒科学研究センター教授，  
2014年同センター長，2015年北海道大学  
触媒科学研究所教授・所長(改組)

## High temperature cell for *in-situ* fluorescence XAFS and characterization of Pt-SnO<sub>2</sub> thin film catalyst for gas sensor

Naoyoshi MURATA<sup>1</sup>, Takahiro WADA<sup>2,3</sup>, Takuya SUZUKI<sup>1</sup>, Shingo MUKAI<sup>3</sup>, Hiromitu UEHARA<sup>3</sup>, Hiroaki NITANI<sup>4</sup>, Yasuhiro NIWA<sup>4</sup>, Kiyotaka ASAKURA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Corporate R & D Headquarters, Fuji Electric Co., Ltd., Tokyo 191-8502, Japan

<sup>2</sup>Advanced Biomaterials Department, Graduate School of Medical and Dental Sciences, Tokyo Medical and Dental University, Tokyo 113-8549, Japan

<sup>3</sup>Institute for Catalysis, Hokkaido University, Sapporo 001-0021, Japan

<sup>4</sup>Photon Factory, Institute of Materials Structure Science (KEK), Tsukuba 305-0801, Japan

**Abstract** We have developed a reaction cell for the study of a dilute system or thin film using *in-situ* fluorescence XAFS at high temperature. This cell has a window of 116 mm<sup>φ</sup> with a large half-cone angle of 56° for the fluorescence x-ray. Since we used a small focused beam and a small size sample, which allows a local heating of the sample by using a compact heater 25 × 35 mm<sup>2</sup> in size. We confirmed that the large window is stable under heating up to 873 K. In this article, we describe the performance of the cell and the results about the Pt doped SnO<sub>2</sub> thin film for high performance gas sensor.