

機関番号：12612

研究種目：基盤研究（S）

研究期間：2006～2011

課題番号：18106013

研究課題名（和文） 高効率選択酸化及び燃料電池酸化触媒の開発とリアルタイム構造情報に関する研究

研究課題名（英文） Study on developments of highly efficient selective oxidation and fuel cell oxidation catalysts and real-time structure information

研究代表者

岩澤 康裕（IWASAWA YASUHIRO）

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授

研究者番号：40018015

研究成果の概要（和文）：時間分解 X 線吸収微細構造（XAFS）法を用いて、触媒反応中の活性構造自身の構造速度論/ダイナミクス論の新たな研究分野を開拓し、環境・エネルギー及びグリーンケミストリーに関連した選択触媒反応の動的解析を行った。その結果、ベンゼンからの直接フェノール合成触媒を発見及び燃料電池用 PROX 新規触媒を開発し、それらの活性構造を提案した。また、燃料電池カソード白金系触媒の構造・電子状態のヒステリシス挙動や新たな素反応過程を見いだした。

研究成果の概要（英文）：We have developed a time-resolved x-ray absorption fine structure (XAFS) technique for dynamic catalysis research. This sophisticated technique allows us to investigate the structure kinetics/dynamics of catalysts under the working conditions. New catalysts for the direct phenol synthesis from benzene and the preferential CO oxidation under excess H<sub>2</sub> were developed and their active structures were revealed. The real-time kinetics of a fuel cell Pt/C cathode catalyst in the voltage operation process was at first elucidated.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	31,100,000	9,330,000	40,430,000
2007 年度	18,600,000	5,580,000	24,180,000
2008 年度	15,300,000	4,590,000	19,890,000
2009 年度	10,600,000	3,180,000	13,780,000
2010 年度	9,700,000	2,910,000	12,610,000
総計	85,300,000	25,590,000	110,890,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：プロセス工学・触媒・資源化学プロセス

キーワード：燃料電池触媒、選択酸化反応、ベンゼン酸化、PROX 反応、触媒設計、ナノ粒子、クラスター、時間分解解析、XAFS、触媒活性構造、反応機構

### 1. 研究開始当初の背景

持続可能な人類社会を構築し支えるために、余計な副産物を作らず必要な物だけを高効率合成する選択触媒や目的の物質のみを高効率で変換する反応物選択触媒、或いは高効率でエネルギー変換を可能とする燃料電池触媒の開拓には、望む反応のみを効率的か

つ選択的に進める均質な活性表面構造の創出と制御が必要である。しかし、多くの触媒反応機構は未だにブラックボックスの中にあり、真の活性構造は不明なことも多く触媒開発は手探りで網羅的に探索する Mittasch (1951 年) 以来の水準を脱しきれていない。

不均一系触媒の開発と触媒機能解析におけ

る諸問題を解決するためには、触媒活性構造の効率的合目的構築法の開発及び触媒反応中の活性構造のリアルタイム解析法の確立が必要である。しかし、高効率選択触媒の設計指針と調製法は未だ確立されておらず、また一方で不均一系触媒の活性構造・組成、電子状態の *in situ* キャラクタリゼーション法が乏しいという現実、新しい触媒反応プロセスの合目的開発の障害となっている。

X線吸収微細構造 (XAFS) は反応ガス雰囲気中の触媒反応条件下で目的金属サイトの局所構造と電子状態を直接的に決定できる強力な手法であるが、通常の XAFS では測定に数分～数十分を要し触媒反応を追跡することは不可能である。本申請者は、触媒反応中の活性構造やその変化をミリ秒での時間分解能で直接観察することが出来る時間分解エネルギー分散型 XAFS (DXAFS) 測定に成功した (*Angew. Chem. Int. Ed.*, 42, 4795-4799 (2003))。更に、反応中の表面の元素分布や仕事関数の変化をリアルタイムで観測可能な X 線光電子顕微鏡 (XPEEM) を開発した (*J. Microscopy*, 200, 240-250 (2000))。

触媒表面で起こる触媒反応の機構と制御については、現在に至るまで Langmuir 以来の気相分子の速度論的アプローチに基づく推定に止まり、従って、触媒反応を支配制御する原理を明らかにしたり触媒開発に直結する構造情報を提供するに至っていない。時間分解 DXAFS は、これまでの気相分子の速度論的アプローチによる間接的な推定でなく、触媒自身の構造の速度論を可能にする新たな手法になると期待される。

## 2. 研究の目的

本研究は、本申請者らが発展、確立させてきた時々刻々の元素識別の構造情報を提供することが出来る時間分解 DXAFS を有効に利用して、また必要により XPEEM も使い、構造・電子状態変化と触媒機能との応答・相関を解析することによって得られる動的構造情報を触媒調製にフィードバックし、併せて新規調製法を開拓することにより、分子状酸素によるベンゼンからフェノールへの直接酸化、燃料電池用  $H_2$  存在下での CO 選択酸化、及び燃料電池酸素極酸素反応の触媒の開発とそれら触媒作用のメカニズム解明を推進したものである。本研究による合目的新規触媒調製法の開発と触媒機能の原理究明を通して、今後の選択酸化触媒や燃料電池触媒を先導する斬新な触媒プロセスを開発することを最終の目的としている。

## 3. 研究の方法

### (1) ベンゼンからの直接フェノール合成用の新触媒開発

$Re_{10}$  クラスタ/ZSM-5 触媒を用いて、ベン

ゼン、 $O_2$  及び  $HN_3$  分圧、W/F、反応温度、Re 担持量など反応パラメーターを系統的に変えて活性、選択性への影響を把握する。また、活性クラスター構造の安定化を図るため、ZSM-5 の Al 比を変え、或いはゼオライトの種類を変え、触媒性能に及ぼす影響を調べる。更に、ゼオライト担体の酸強度、酸量、及び細孔構造が触媒特性に与える影響を調べる。一方、定常反応条件下での構造安定制御因子を探るため、ミリ秒時間分解 DXAFS により活性構造形成過程、フェノール合成触媒反応過程、及び酸素による構造破クラスタ壊過程の構造ダイナミクスを捉える。触媒開発に直結する構造速度論及び反応制御機構を明らかにして、触媒設計指針と構造制御因子に関する知見を得る。並行して DFT 計算を行って、新規触媒設計のための情報を得る。それらを  $Re-M/ZSM-5$  (M: 第 2 成分金属) 触媒開発にフィードバックする。

### (2) 燃料電池用 PROX 新触媒開発

過剰  $H_2$  下で CO のみを選択的に酸化除去する PROX (選択酸化) 反応に高い活性を持つ  $CeO_2$  担持銅クラスター触媒を見いだしたが、銅の存在状態及び  $CeO_2$  の存在状態と役割を明らかにするために EXAFS、XANES、MALDI、XPS、ESR、TEM、 $N_2O$  滴定、及び DFT 計算で調べる。これらの解析により、燃料電池低温動作域での高活性 PROX 触媒設計指針を得る。

### (3) 燃料電池用電極触媒の開発と *in situ* XAFS を用いたメカニズム解明

時間分解 DXAFS や *in situ* XAFS を用いて燃料電池発電過程での Pt 活性種のリアルタイム構造変化 (100 ミリ秒の時間分解) の観察を行って、Pt ナノ粒子表面の反応機構、構造・酸化状態ダイナミクス、触媒劣化過程を明らかにする。さらに、Pt/C 触媒よりも電池性能が優れている Pt-Co/C 触媒、Pt-Au/C 触媒についても Pt  $L_{III}$  端、Co K 端、或いは Au  $L_{III}$  端の時間分解 XAFS や *in situ* XAFS 測定を行い Co や Au の役割を明らかにし、次世代燃料電池触媒の開発指針を得る。

### (4) 当初の研究計画に無かった課題の展開

研究成果の基礎の上にさらなる重要課題にチャレンジした。ゼオライト細孔内での活性種固定化法を固体表面のシングルサイト活性構造設計へと発展できるか検討し、アルケンエポキシ化など他の選択酸化プロセスを実現する。また、XAFS 法では観察が困難な吸着種のダイナミクスを捉えるために、マイクロ XPS を用いて燃料電池 Pt モデル表面での  $O(a) + H_2$  反応の時間分解観察にチャレンジする。固体内酸素拡散観察にもチャレンジする。一方、時間分解に加えて触媒の空間分解情報が得られる新しい空間分解 XAFS 法を確立させる。

## 4. 研究成果

### (1) ベンゼンからの直接フェノール合成用の新触媒開発

フェノールは毎年約9メガトン製造されている主要化学品であり、現在、その製造は3段階プロセスを含むクメン法により行われている。エネルギー効率、安全性、副生成物、環境負荷等の問題が内在しているクメン法に替わり、ベンゼンを安価な空気で酸化し1段階で直接フェノールを製造する触媒の開発が望まれていた。本研究で、新型Re クラスタ/ HZSM-5触媒を発見した (*Angew. Chem. Int. Ed.* **45**, 448-452 (2006). 朝日新聞, 日経産業新聞他掲載)。開発した触媒は、NH<sub>3</sub>共存下の定常反応条件で4.8%フェノール収率を示す。本触媒は、気相流通反応において5%転化率、50%選択性を同時に達成した初めての固体触媒である。しかし、NH<sub>3</sub>が無いと失活してしまう。その原因を明らかにするため時間分解XAFSを用いてベンゼン+O<sub>2</sub>反応のダイナミック過程を50 ミリ秒毎に観察し、失活過程のリアルタイム構造情報を得ることに成功した (*J. Phys. Chem. C* **111**, 10095-10104 (2007); *Phys. Chem. Chem. Phys.* **12**, 5701-5706 (2010))。一方で、触媒反応過程の触媒の状態分析を *in situ* 固体NMR、XPS、XANESを用いて行った。これらの結果、NH<sub>3</sub>処理によりRe<sub>10</sub>クラスタが形成され、O<sub>2</sub>によるベンゼンからのフェノール合成が進むが、同時にO<sub>2</sub>により酸化分解を受けRe モノマーに転換されること、前者はHZSM-5 ゼオライト粒子の比較的表層近くに存在し、後者はゼオライト粒子内部に存在して、触媒反応中、Re クラスタとRe モノマーは構造変換と細孔内移動を伴ってダイナミックに変化していることが分かった (図1)。XPEEMのこの系への適用は困難であった。

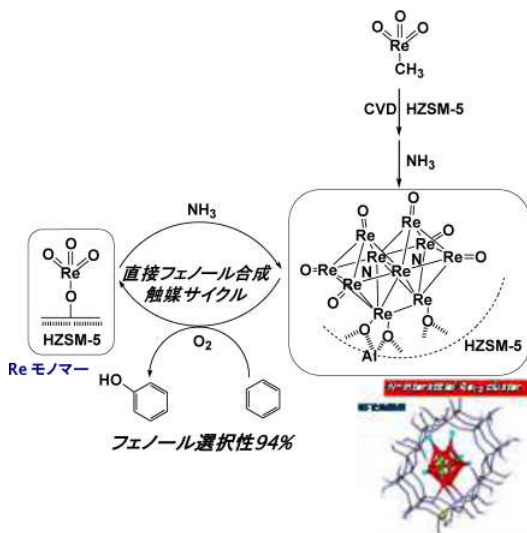


図1 Re/HZSM-5 触媒作用のメカニズム。

また、ベンゼンと酸素からのフェノール合

成の触媒反応機構をDFT 計算により明らかにし、分子状酸素の活性化機構を理論的に解明した。さらに、触媒探索を進め、Re-Pt/ZSM-5新触媒を発見し、NH<sub>3</sub>共存下の定常反応で24%収率を実現した (特願2008-098460; 特願2009-55354)。

### (2) 燃料電池用PROX新触媒開発

燃料電池アノード触媒を被毒するH<sub>2</sub>中の微量CO を選択酸化して除去するPROX触媒としてPt, Au, Rh, Ru, PtSn, PtFe など貴金属系触媒が提案されているが、高価な貴金属を含まない触媒の開発が要望されている。これまで固体高分子形燃料電池の作動温度領域である120°C 以下で高活性・高選択性を示す非貴金属触媒は報告されていない。我々は100°C以下の低温で高活性・高選択性を示す初めての非貴金属系触媒Cu/CeO<sub>2</sub>の開発に成功した (*Chem. Commun.*, 4689-4691 (2007))。本触媒では3核~7核Cu(1+)の小さな酸化銅クラスタが形成され(XAFS, MALDI, XPS及びDFT 計算)、これが水素共存下でのCO 選択酸化反応に優れた触媒特性を示すことを見出した。CO 転化率96%で、CO 選択性は99.8%を超え、実際のリアル燃料電池系での反応条件 (水とCO<sub>2</sub>共存下) でも優れたPROX活性を示した。

### (3) 燃料電池用電極触媒の開発と *in situ* XAFSを用いたメカニズム解明

#### (3)-(1) 燃料電池触媒反応過程の時間分解

##### XAFS 解析

水素と酸素を原料として水のみを排出し高エネルギー効率のクリーンな燃料電池システムは、自動車をはじめとする様々な分野への実用化が切望されている。しかし、カソード起電力の改善や白金溶出による触媒劣化等の諸問題を解決することが、燃料電池自動車の実用化・普及には必要不可欠になっている。そのためには、実際の燃料電池作動時における電極触媒(Pt/C)表面の電気化学的反応、触媒種の構造変化過程、及び燃料電池触媒表面の反応機構を解明する必要がある。触媒ナノ粒子、カーボン担体、反応ガス、水、高分子などが複雑に混在する燃料電池雰囲気では、これら課題に対してTEM/SEM、電子分光、振動分光、超高速レーザー分光などが使えず、放射光XAFS法が唯一の強力な手法である (図2)。本研究では、新型time-gating クイックXAFS (QXAFS)を開発し、或いは世界最速と最高精度を持つDXAFSを用い、燃料電池作動条件下におけるカソードPtナノ微粒子触媒の酸化還元挙動を世界で初めて捉えることに成功した。電気化学的反応とPt触媒表面の結合形成、Pt触媒の帯電過程の反応速度に著しい差があること、それらは8つの素過程から成り立っていることを見出し、全ての速度定数を初めて決定した (図2) (*Angew. Chem. Int. Ed.* **46**, 4310-4315 (2007). 日経産業新聞他掲載)。

本研究は、燃料電池触媒の分子レベル素反

応情報を初めて示したものである

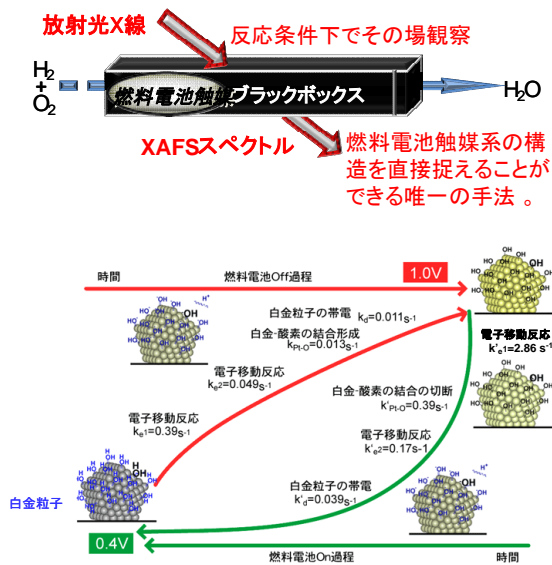


図2 XAFSによる燃料電池ブラックボックス観察の可能性と時間分解XAFSにより初めて捕えられた燃料電池触媒表面のダイナミック過程.

(3)-(2) Pt系合金燃料電池触媒のin-situ構造解析

燃料電池Pt/C触媒のXAFS研究を進展させ、Pt-Au/Cカソード合金触媒の電位操作過程のPt及びAuの構造変化を計測した(投稿準備中)。Auの添加によって、電位変化に伴うPtの酸化還元挙動の変化が異なること、また、PtAuコアシェルナノ粒子では電解質膜の種類に依存してPt酸化状態とPt-O結合数の変化が一致しない新しい現象を発見した。また、Pt<sub>3</sub>Co/C触媒のPt及びCo酸化状態変化の時間分解測定に成功した。さらに、Pt<sub>3</sub>Sn/Cモデル系の相分離酸化を見だし、PtとSnの動的挙動をリアルタイム測定して元素ごとのアレニウスパラメータを求めることに成功し、合金ナノ粒子の構造速度論を実証した(Phys. Chem. Chem. Phys. in press)。

(4) 当初の研究計画に無かった課題の展開

(4)-(1) 選択酸化活性な新規固定化触媒開発

当初の計画には無かったが、ベンゼンの選択酸化と並行してアルケンエポキシ化反応を検討し、活性な新規固定化Ru触媒を開発した(Angew. Chem. Int. Ed. 47, 9252-9255 (2008); J. Am. Chem. Soc. 132, 713-724 (2010))。本触媒はシングルサイト触媒として世界最高レベルの高い活性を示した。

(4)-(2) 燃料電池Pt表面モデル反応の時間分解マイクロXPS研究

当初の計画には無かったが、XAFSと相補的な情報を得るため、Pt(111)単結晶表面上での

H<sub>2</sub>とO<sub>2</sub>との反応をマイクロXPSによってリアルタイム観察することに成功した(Phys. Rev. Lett. 100, 106101 1-4 (2008))。本手法により、プロトン拡散が媒体する新たな酸素還元機構を見いだした。

(4)-(3) メタンリフォーミング用新規触媒の開発

Pt担持Ce<sub>2</sub>Zr<sub>2</sub>O<sub>x</sub> (x=7-8) 酸化物固溶体触媒の酸素吸蔵・放出過程を2ミリ秒の最速時間分解DXAFSにより追跡し、酸素拡散ダイナミクスを解明した(Angew. Chem. Int. Ed. 46, 9253-9256 (2007))。そして、優れた酸素吸蔵・放出能を持つCe<sub>2</sub>Zr<sub>2</sub>O<sub>x</sub> (x=7-8)にNiナノ粒子を担持することにより、メタンのスチームリフォーミング反応に優れた触媒を開発した。また、酸素組成に対して相転移的活性変化を示す新現象を発見した(投稿準備中)(図3)。

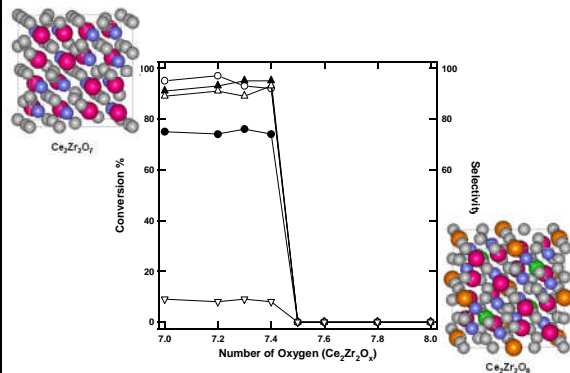


図3 Ni/Ce<sub>2</sub>Zr<sub>2</sub>O<sub>x</sub> (x=7-8)によるメタンリフォーミング活性の酸素組成依存性.

(4)-(4) in-situ空間分解XAFS法の開発

高輝度放射光X線マイクロビームを用いた空間分解XAFS法を開発し、触媒粒子一粒のXAFS計測に世界で初めて成功した(Phys. Chem. Chem. Phys. in press)。今後新たな研究領域が開けるものと期待される。

以上、当初の計画に従い目標の成果を得ることができた。本研究ではさらに、新たなフェノール合成用Re-Pt/ZSM-5触媒の開発、新規シングルサイト選択酸化触媒の開発、Pt-M/C合金カソード触媒のin situ XAFS解析法確立などの基盤研究へと発展できた。この中で、時間空間分解XAFSに関する基礎研究成果は、燃料電池車実用普及を目指すためのNEDO燃料電池技術開発XAFSプロジェクト(2010-2014年度)へと展開されている。

5. 主な発表論文等

【雑誌論文】(計78件)(査読有)

- (1) “μ-XAFS of A Single Particle of A Practical NiOx/Ce<sub>2</sub>Zr<sub>2</sub>O<sub>y</sub> Catalyst”, M. Tada, N. Ishiguro, T. Uruga, H. Tanida, Y. Terada, S.

- Nagamatsu, Y. Iwasawa, and S. Ohkoshi, *Phys. Chem. Chem. Phys.* in press.
- (2) "In-situ Time-resolved DXAFS for Structural Kinetics of an Active Re-Cluster Catalyst for Direct Phenol Synthesis from Benzene and O<sub>2</sub>", M. Tada, Y. Uemura, R. Bal, Y. Inada, M. Nomura, and Y. Iwasawa, *Phys. Chem. Chem. Phys.* 12, 5701–5706 (2010).
  - (3) "Alternative Selective Oxidation Pathways for Aldehyde Oxidation and Alkene Epoxidation on a SiO<sub>2</sub>-Supported Ru-Monomer Complex Catalyst", M. Tada, S. Muratsugu, M. Kinoshita, T. Sasaki, and Y. Iwasawa, *J. Am. Chem. Soc.* 132, 713–724 (2010).
  - (4) "Layered Materials with Coexisting Acidic and Basic Sites for Catalytic One-Pot Reaction Sequences", K. Motokura, M. Tada and Y. Iwasawa, *J. Am. Chem. Soc.* 131, 7944–7945 (2009)
  - (5) "Photoinduced Reversible Structural Transformation and Selective Oxidation Catalysis of Unsaturated Ruthenium Complexes Supported on SiO<sub>2</sub>", M. Tada, Y. Akatsuka, Y. Yang, T. Sasaki, M. Kinoshita, K. Motokura, and Y. Iwasawa, *Angew. Chem. Int. Ed.* 47, 9252–9255 (2008).
  - (6) "Cooperative Catalysis of Primary and Tertiary Amines Immobilized on Oxide Surfaces for One-Pot C-C Bond forming Reactions", K. Motokura, M. Tada, and Y. Iwasawa, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 47, 9230–9235 (2008).
  - (7) "Proton Transfer in a Two-Dimensional Hydrogen-Bonding Network : Water and Hydroxyl on a Pt(111) Surface", M. Nagasaka, H. Kondoh, K. Amemiya, T. Ohta, and Y. Iwasawa, *Phys. Rev. Lett.* 100, 106101 1-4 (2008).
  - (8) "Origin and Dynamics of Oxygen Storage/Release in a Pt/Ordered CeO<sub>2</sub>-ZrO<sub>2</sub> Catalyst Studied by Time-Resolved XAFS Analysis", T. Yamamoto, A. Suzuki, Y. Nagai, T. Tanabe, F. Dong, Y. Inada, M. Nomura, M. Tada, and Y. Iwasawa, *Angew. Chem. Int. Ed.* 46, 9253–9256 (2007).
  - (9) "Heterogeneous Organic Base-Catalyzed Reactions Enhanced by Acid Supports", K. Motokura, M. Tada, and Y. Iwasawa, *J. Am. Chem. Soc.* 129, 9540–9541 (2007).
  - (10) "In Situ Time-Resolved Dynamic Surface Events on the Pt/C Cathode in a Fuel Cell under Operando Conditions", M. Tada, S. Murata, T. Asaoka, K. Hiroshima, K. Okumura, H. Tanida, T. Uruga, H. Nakanishi, S. Matsumoto, Y. Inada, M. Nomura, and Y. Iwasawa, *Angew. Chem. Int.*

*Ed.* 46, 4310–4315 (2007).

- (11) "Selective Formation of A Coordinatively Unsaturated Metal Complex at a Surface: A SiO<sub>2</sub>-Immobilized, Three-Coordinate Ruthenium Catalyst for Alkene Epoxidation", M. Tada, R. Coquet, J. Yoshida, M. Kinoshita, Y. Iwasawa, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 46, 7220–7223 (2007).
  - (12) "Advanced Chemical Design with Supported Metal Complexes for Selective Catalysis", M. Tada and Y. Iwasawa, *Chem. Commun.*, 2833–2844 (2006).
  - (13) "Direct Phenol Synthesis by Selective Oxidation of Benzene with Molecular Oxygen on an Interstitial-N/Re Cluster/Zeolite Catalyst", R. Bal, M. Tada, T. Sasaki, and Y. Iwasawa, *Angew. Chem. Int. Ed.* 45, 448–452 (2006).
- 他

【総説・解説】 (計18件)

- (1) “フェノール直接合成触媒の開発 CO<sub>2</sub> 排出量削減に取り組む化学関連製品・技術”, 唯 美津木, 岩澤康裕, *化学経済*, 1月号, 85–89(2010)
- (2) “無機酸化物表面の有機官能基化による高効率有機合成触媒の創出”, 本倉健, 岩澤康裕, *表面*, 46, 1–29 (2008).
- (3) “In-situ時間分解XAFS法によるPt/C燃料電池触媒の起電過程の解明”, 唯 美津木, 村田成亮, 朝岡賢彦, 廣島一崇, 奥村 和, 谷田肇, 宇留賀朋哉, 稲田康宏, 野村昌治, 中西治通, 松本信一, 岩澤康裕, *触媒*, 49, 93–95 (2007)
- (4) “時間分解X線呼吸微細構造 (XAFS) の現状と触媒反応過程の解析”, 唯 美津木, 岩澤康裕, *Electrochemistry* 74, 412–416 (2006) .
- (5) “偏光全反射蛍光XAFSによる金属—担体相互作用の研究”, 朝倉清高, 岩澤康裕, *Spring-8の高輝度放射光を利用した先端触媒開発*, 135–146 (2006)

他

【学会発表】 (計 165 件)

【国際会議招待講演】 (計47件)

- (1) Y. Iwasawa, “Advanced spatio-temporal XAFS for catalyst surfaces and nanoparticles”, 7<sup>th</sup> Synchrotron Radiation for Materials Science (SRMS7 Conference), July 11–14, 2010, Oxford,.
- (2) Y. Iwasawa “Real Time XAFS for Structural Kinetics/Dynamics of 2D and Nanoparticle Catalysts Themselves”, 14<sup>th</sup> International Conference on X-ray Absorption Fine Structure, July 26–31, 2009, Camerino, Italy.

- (3) M. Tada, “Novel Molecularly-Organized Materials for O<sub>2</sub> Activation in Catalysis”, 2008 Gordon Research Conference on Catalysis, June 22-27, 2008, New London, USA.
- (4) Y. Iwasawa, “Design and In-situ Characterization of Selective Catalysts for Green Processes”, Symposium on Green Chemistry for Fuel”, 232nd Am. Chem. Soc. National Meeting, Sept. 10-15, 2006, San Francisco.  
他

[国内学会招待講演] (計35件)

- (1) 岩澤康裕, “放射光 X A F S 計測技術の高度化と次世代燃料電池触媒の研究開発”, 日本放射光学会シンポジウム「最先端放射光計測技術による新規電池材料の研究開発」, 2011年1月9日 つくば国際会議場,
- (2) M. Tada, “Direct Phenol Synthesis from Benzene and O<sub>2</sub> on Novel Re Catalysts with Tremendous Performances”, 第89回日本化学会アジア国際シンポジウム「固体触媒を用いる超高効率物質変換」, 2009年3月27-30日, 千葉.
- (3) 唯 美津木, “選択触媒機能創出を目指した表面を媒体とする高活性金属錯体の構築と反応機構解明” (日本化学会進歩賞受賞講演), 第88回日本化学会春季年会, 2008年3月26-30日, 東京.  
他

[一般発表] (計83件)

- (1) M.Tada, J.Soga, S.Marwadkar, Y.Iwasawa “Tremendous Performance and Active Phase of Ni/Ce<sub>2</sub>Zr<sub>2</sub>O<sub>x</sub> Catalysts for CH<sub>4</sub> Steam Reforming”, 238th ACS National Meeting, Aug. 15-21, 2009, Washington DC.
- (2) M. Tada and Y. Iwasawa, “Chiral Self-Dimerization of V Schiff-base Catalysts for Highly Enantioselective Oxidative Coupling of 2-Naphthol”, 232nd ACS National Meeting, Sep.16-18.2006, San Francisco.  
他

[図書] (計12件)

- (1) M.Tada, Y. Iwasawa, Wiley-VCH, Modern Heterogeneous Oxidation Catalysis: Design, Reactions and Characterization, “Active Ensemble Structures for Selective Oxidation Catalyses at Surface 2009, pp43-76
- (2) M.Tada, Y. Iwasawa, Wiley-VCH, Modern Surface Organometallic Chemistry Vol.2, “Advanced Design of Catalyst Surfaces with Metal Complexes for Selective Catalysis”

2009, pp375-415  
他

[産業財産権] 出願状況 (計2件)

- (1) 特許公開 2010-207688  
出願年月日: 2009年3月9日
- (2) 特許公開 2010-207688  
出願年月日: 2009年3月9日

[その他]

- (1) Web による発信:  
<http://www.chem.s.u-tokyo.ac.jp/~yiwswlab/INDEX.htm>  
<http://www.iwasawalab.pc.uec.ac.jp/>  
<http://www.icfc.uec.ac.jp/>
- (2) 新聞掲載 計16誌  
2007年3月20日 日経産業新聞  
2007年3月30日 科学新聞  
2007年3月20日 日刊工業新聞  
2007年12月17日 朝日新聞  
2007年11月8日 日経産業新聞  
2010年9月7日 朝日新聞  
他
- (3) 受賞 (計8件)  
唯 美津木 文科大臣若手科学省 2010年  
「高選択触媒機能の分子レベル表面設計とその場構造解析の研究」  
唯 美津木 日本化学会進歩賞 2008年  
「選択触媒機能創出を目指した表面を媒体とする高活性金属錯体の構築と反応機構の解明」  
他

6. 研究組織

- (1) 研究代表者  
岩澤 康裕 (IWASAWA YASUHIRO)  
電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授; 研究者番号: 40018015
- (2) 研究分担者  
佐々木 岳彦 (SASAKI TAKEHIKO)  
東京大学・大学院新領域創成科学研究科・准教授; 研究者番号: 90942099  
唯 美津木 (TADA MIZUKI)  
分子科学研究所・物質分子科学研究領域・准教授; 研究者番号: 70396810  
近藤 寛 (KONDO HIROSHI)  
東京大学・大学院理学系研究科・准教授  
研究者番号: 80382800  
牟 新東 (MU SHINDON)  
東京大学・大学院理学系研究科・特任助教  
研究者番号: 20422363  
本倉 健 (MOTOKURA KEN)  
東京大学・大学院理学系研究科・助教  
研究者番号: 90444067  
守川春雲 (MORIKAWA HARUMO)  
東京大学・大学院理学系研究科・助教  
研究者番号: 20401169