

## 平成18年度科学研究費補助金（基盤研究（S））研究状況報告書

◆ 記入に当たっては、「平成18年度科学研究費補助金（基盤研究（S））研究状況報告書記入要領」を参照してください。

ローマ字	ASAKURA KIYOTAKA					
①研究代表者氏名	朝倉 清高		②所属研究機関・部局・職	北海道大学・触媒化学研究センター・教授		
③研究課題名	和文	新規金属燐化物脱硫触媒の機能と構造解明				
	英文	Investigation on the Function and the Structure of Noble Metal Phosphides Dehydrogenation Catalysts				
④研究経費 18年度以降は内約額 金額単位：千円	平成16年度	平成17年度	平成18年度	平成19年度	平成20年度	総合計
	10,600	45,600	9,800	9,800	10,000	85,800
⑤研究組織（研究代表者及び研究分担者） *平成18年3月31日現在						
氏名	所属研究機関・部局・職	現在の専門	役割分担（研究実施計画に対する分担事項）			
朝倉 清高	北海道大学・触媒化学研究センター・教授	表面化学	研究の統括、in-situ XAFS 測定、解析			
田 旺帝	北海道大学・触媒化学研究センター・助教授	表面分光	XAFS 測定法の開発、XAFS の測定、解析、単結晶表面科学的研究			
鈴木 秀士	北海道大学・触媒化学研究センター・助手	表面科学	XAFS の測定、解析、単結晶表面科学的研究、XANAM、EXPEEM の開発			
野村 昌治	高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研究所・教授	X線分光	QXAFS 法の開発、DXAFS 法の開発			
阪東 恭子	産業技術総合研究所環境化学技術研究部門・主任研究員	触媒化学	in-situ XAFS 測定、QXAFS 法の開発			
S.Ted Oyama	Virginia Poly Tech., USA, Professor	触媒化学	サンプル調製、反応解析			
⑥当初の研究目的（交付申請書に記載した研究目的を簡潔に記入してください。）						
<p>自動車やディーゼル車の燃料中に含まれる硫黄分は、大気汚染対策等により年々規制が厳しくなっており、新規脱硫触媒の開発が盛んに行われている。海外共同研究者である S. Ted Oyama 教授は、金属燐化物触媒が脱硫反応に高い活性を示すことを見出した。この触媒は、従来から使われている Mo 硫化物触媒よりも遙かに高い活性を示し、また、深度脱硫触媒として研究が進む貴金属系触媒よりも安価な触媒として期待されている。この触媒の開発を進める上で以下の基礎的な3点が重要となると考えられた。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2元系燐化物触媒活性点の構造、2種類の金属の集合状態。</li> <li>2元系燐化物触媒の高温、高圧実反応条件下における動的構造決定とその手法開発。</li> <li>燐化物触媒の活性発現機構の解明</li> </ol> <p>そこで、高温高圧の実条件下での触媒構造解析を行い、活性構造を決定するとともに、単結晶のNi<sub>2</sub>Pを用いて、表面科学的手法を駆使して、その高活性触媒の機構解明を行うことを目的とする。高温高圧実反応条件下のXAFS測定を可能にするべく、物質構造科学研究所と協力し、in-situ XAFS構造解析システムの開発と整備をする。時々刻々変化する触媒構造を精密に決定するため、従来から開発してきたエネルギー分散型XAFS (DXAFS) に加えて、高速スキャンXAFS(QXAFS)法を開発する。相補的な関係を持つ両者を用いることで、反応中の構造を精密に決定し、機構解明を可能にすることができる。さらに、このin-situ XAFS構造解析システムを本プロジェクト以外にもひろく開放することで、脱硫触媒に限らず、さまざまな触媒反応の実条件下でのXAFS研究を進展させ、日本における精密構造にもとづいた触媒設計、開発を実現できるものと期待される。</p>						

⑦これまでの研究経過 (研究の進捗状況について、必要に応じて図表等を用いながら、具体的に記入してください。)

### 1.新規Ni<sub>2</sub>P触媒の触媒反応条件下の構造解析

これまでの研究によりゼオライト中に存在するニッケル燐化物の微粒子が高活性を示すことがわかった。そこで、当初は、NiMoP, CoMoP や NiZrP と二元化して、性能向上を企図していたが、米国の共同研究者Oyama教授より、ニッケル燐化物を高表面積のSiO<sub>2</sub>やカーボンに担持するとゼオライトをしのご性能を示すとの報告を受け、SiO<sub>2</sub>担持高性能Ni<sub>2</sub>Pの機能と構造解明を優先した。(S. T. Oyama, X. Wang, Y.-K. Lee, and W.-J. Chun, *J. Catal* **221**, 263-273, (2004); Y. Shu, and S. T. Oyama, *Chem. Commun.*, (2005).)その結果P $\bar{6}2m$ の結晶構造を有するNi<sub>2</sub>Pが6-7 nm程度のサイズを持つナノクラスターとしてSiO<sub>2</sub>表面に存在することを明らかにした。このナノクラスターは、ゼオライトに担持したものよりも若干大きいものの結晶性がよく、反応後もNi<sub>2</sub>Pバルク構造が保たれている。実反応条件下である高温高压下でモデルオイル中に含まれるジベンゾチオフェンの水素化脱硫反応を行わせながら、XAFSを測定した。その結果図1に示すような高精度なスペクトルを測定することができ、反応開始前後の差スペクトルをとり、解析したところ、図2に示すように、NiPSという新しい構造が表面に形成されていることを見いだした。

### 2.高速時間分解 XAFS の開発

時々刻々変化する触媒構造変化を追跡するための時間分解 XAFS 装置の開発を行った。分光器を高速回転させて、XAFSを測定する QXAFS 法用の新しいビームラインを本予算の大部と高エネルギー加速器研究機構からのサポートで PF-AR の NW10A に建設した。図3に示すとおり、従来の10倍以上の強度増加を達成しており、調整を進めることで、さらに1桁の強度増加が見込まれる。同時に触媒解析に適したビームラインとして整備した。これと同時により高い時間分解能をもつ DXAFS 法の開発を行い、ms の時間分解能を達成した。

### 3.単結晶表面を用いたモデル触媒の構築

単結晶サンプルによる構造の規定されたモデル表面を用いた研究を

行った。平坦な表面を持つ単結晶Ni<sub>2</sub>P(0001)を作成し、STMにより、表面に露出したPを画像化することでNi<sub>2</sub>P表面の原子レベル像を初めて取得した。Ni<sub>2</sub>Pは、Ni<sub>3</sub>P<sub>2</sub>層とNi<sub>3</sub>P層が交互に折り重なった構造をしているが、両方の表面をSTMで観測することができた。さらに、(2x2)構造という新しい表面長距離秩序構造を見だし、その構造モデルを提案した。

酸化物やカーボンに担持したNi<sub>2</sub>Pナノクラスターモデル触媒系を構築するため、Niナノクラスターを構造のよく規定されたAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(001)やTiO<sub>2</sub>(110)単結晶表面やカーボンナノチューブに担持して、その構造を偏光全反射蛍光XAFS法やNEXAFS法で調べた。Niと酸化物表面の相互作用を明らかにし、Ni微粒子の精密構造解析を行った。こうした研究から、よく規定された担持Ni<sub>2</sub>Pナノクラスターを構築できるものと期待される。

また、Ni<sub>2</sub>Pの表面のマイクロ構造や化学状態を検討するための新しい非破壊顕微分光法であるEXPEEM(エネルギー選別型X線光放出電子顕微鏡Energy Filtered X-ray Photoemission Electron Microscopy)およびXANAM(X-ray Aided Non-contact Atomic Force Microscopy : X線非接触原子力顕微鏡)を開発し、原理実証実験を展開した。これらは、X線を用いることで、物質に与える損傷を抑えて、ミクロな化学情報や構造情報を得る申請者のオリジナルな手法である。さらに赤外自由電子レーザーによる触媒の結合選択励起の可能性を示した。

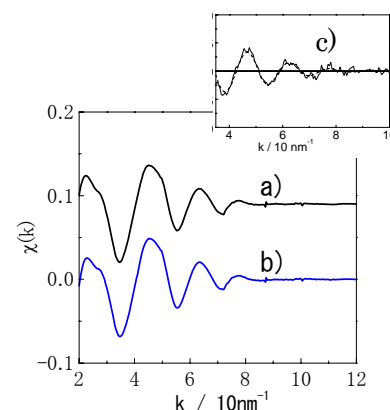


図1 反応開始前後のNi<sub>2</sub>PのXAFS (a)が開始前 (b)が開始後である。(c)はその差スペクトルである。反応条件は613 K, 3 MPaである。

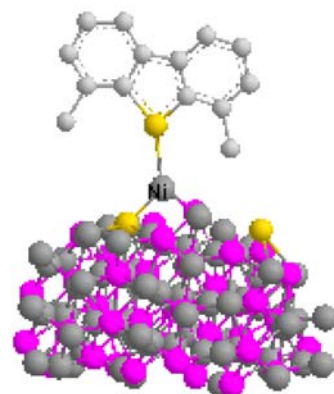


図2 活性点のモデル構造  
黄色が硫黄、紫がリン、濃い灰色がNiであり、薄い灰色がCである。

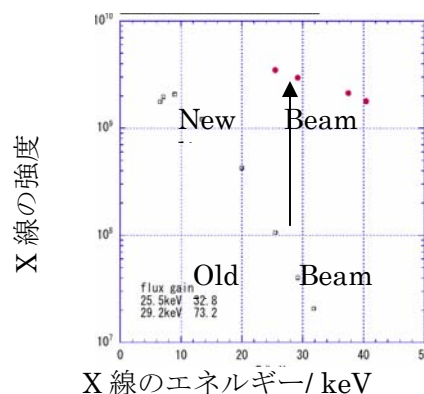


図3 NW10Aの強度—エネルギー図 赤ドットがNW10Aであり、灰色のドットが従来のビームライン

⑧特記事項 (これまでの研究において得られた、独創性・新規性を格段に発展させる結果あるいは可能性、新たな知見、学問的・学術的なインパクト等特記すべき事項があれば記入してください。)

### 1. 高温高压液体 X 線測定用窓材の開発および X 線測定セルの開発

従来はサンプルから X 線透過窓を離し、冷却することで、気相共存下の高温高压反応中の in-situ XAFS 測定が行われてきた。しかし、脱硫触媒のように液体が共存する場合には、液体による X 線吸収が強く、X 線透過窓をサンプルに密着させる必要があり、X 線透過窓は高温高压に同時に耐えることが要求される。従来は、金属ベリリウムまたはダイヤモンドが用いられていた。これらは化学的に不安定であるうえ、ベリリウムは毒性をもち、ダイヤモンドは高価であるため、実際上利用することは難しい。我々は、ダイヤモンドに次ぐ硬度をもつ立方晶窒化硼素 (c-BN) に注目した。従来は、c-BN を作ると

きに、触媒やバインダーなどの不純物が混入してきたが、住友電工が新たに開発した c-BN の場合には、超高压下で形成するため、ほとんど不純物を含まない。この c-BN に注目し、様々な工夫を行い、X 線透過窓として実用化するとともに、それを用いたセルを作製した。(図 4 を参照、特許申請 特願 2004-356564)。これにより高温高压液相反応条件の XAFS の測定に成功し、先に述べたとおり、反応中間体をとらえることができた。この結果を調製にフィードバックさせて、新しい触媒開発を進めている。また、この成果は J.Catalysis の Priority Paper (文献①) として掲載される予定である。この手法は、脱硫触媒反応に限らず、従来難しかった他の高温高压液相触媒反応中の XAFS 測定に適用できるものと期待される。

### 2. 新型触媒解析拠点としての XAFS ビームラインの建設

XAFS 法は、触媒構造解析のもっとも有力な手法である。しかしながら、強力な X 線である放射光を用いることから、SPring-8 や PF といった大型加速器を必要とし、他の多くの分野と共同利用のため、触媒に対して最適化されておらず、触媒化学固有の問題解決が困難であった。われわれは、今回 NW10A を建設して、高エネルギー加速研究機構の放射光施設である PF 内に触媒化学研究に適した環境を整えた。我々の新規脱硫触媒のみならず、環境や資源、エネルギー問題解決に必要なさまざまな触媒の XAFS による研究拠点となるように全国共同利用として公開した。

### 3. Ni<sub>2</sub>P の STM 観測

Ni<sub>2</sub>P の単結晶を作成し、その STM により観測することに成功した。これは、原子レベルでの機構解明において重要な役割を果たすものとして期待される。中でも画像化されるのが P であることを明らかにしたことは重要である。すなわち、チオフェンなどの吸着種の吸着位置を特定することができるようになったことを意味する。また、交互に異なる構造の層が重なった層状構造を持つ Ni<sub>2</sub>P においても、従来は Ni<sub>3</sub>P<sub>2</sub> が熱力学的に安定面と考えられてきたが、本研究で、Ni<sub>3</sub>P 層、Ni<sub>3</sub>P<sub>2</sub> 層、両方の画像化ができ、両方とも表面に形成されることを実証した。この結果は文献②、④で公表した。

### 4. 酸化物表面における Ni の立体構造決定

偏光全反射 XAFS 法により、Ni の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(0001) および TiO<sub>2</sub>(110) 表面上の構造を決定した。特に、Ni が表面酸素のダングリッドポンドに吸着することを初めて実験により明らかにした。従来、表面科学の分野では、Ni は、酸化物の酸素欠陥に吸着すると信じられてきたが、本研究はそうした常識を打ち破るものであり、触媒設計に正しい指針を与えることができた。

### 5. 多重散乱法による NEXAFS の解析と Ni 局所構造の決定

NEXAFS は、信号強度がつよく、通常の XAFS よりも多くの構造情報を持っているといわれていたが、解析が難しい。今回多重散乱法によりカーボンナノチューブに取り込まれた Ni の局所立体構造の決定に成功した。さらに、これを用いることで、活性点の詳細情報が得られると期待される。

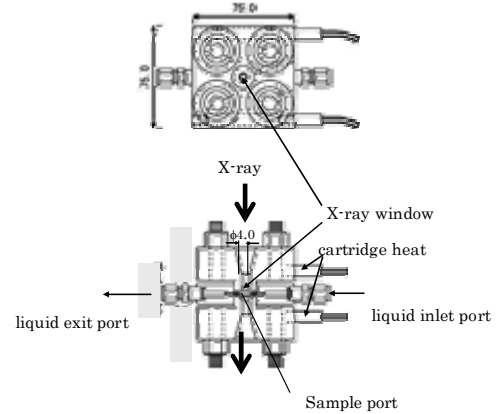


図 4 cBN を X 線窓材に用いた高温高压液体 XAFS 測定セル

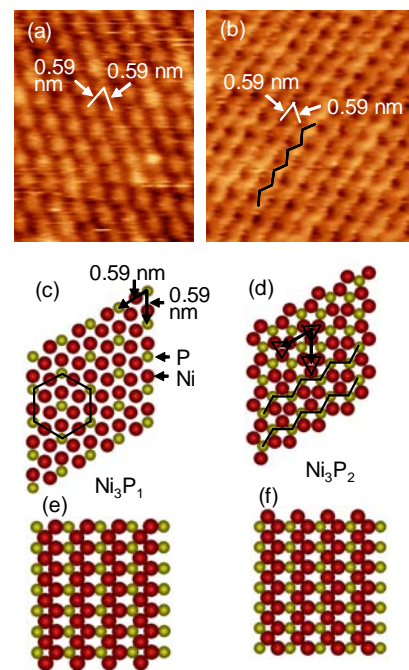


図 5 Ni<sub>2</sub>P の STM とモデル構造 (a),(b) Ni<sub>2</sub>P の 2 種類の STM 像 (c),(d) モデル構造 (平面図), (e)(f) モデル構造 (側面図) (a),(c),(e) Ni<sub>3</sub>P<sub>1</sub> 面, (b),(d),(f) は Ni<sub>3</sub>P<sub>2</sub> 面

⑨研究成果の発表状況 (この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文(掲載が確定しているものを含む。)の全著者名、論文名、学協会誌名、巻(号)、最初と最後のページ、発表年(西暦)、及び国際会議、学会等における発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。)

## 原著論文

- ① T. Kawai, K.K. Bando, Y.K. Lee, S.T. Oyama, W.J. Chun and K. Asakura, "EXAFS Measurements of a Working Catalyst at High Pressure and Temperature in the Liquid Phase: An in situ Study of a Ni<sub>2</sub>P Hydrodesulfurization Catalyst". *Priority paper of J.Catalysis* in press.
- 2.. M.G. Moula, S. Suzuki, W.J. Chun, S.T. Oyama, K. Asakura and S. Otani, "Surface Structures of Ni<sub>2</sub>P (0001) - Scanning Tunneling Microscopy (STM) and Low-energy Electron Diffraction (LEED) Characterizations". *Surf. Inter. Anal. in press*.
3. 小池祐一郎、居島薫、芦間英典、藤川敬介、鈴木秀士、野村昌治、岩澤康裕、田旺帝、朝倉清高，“偏光全反射蛍光EXAFSによる金属単原子の三次元吸着構造解析”。表面科学. in press (2006).
4. M. Ushiro, K. Uno, T. Fujikawa, Y. Sato, K. Tohji, F. Watari, W.J. Chun, Y. Koike and K. Asakura, "XAFS Analyses of Ni Species Trapped in Graphene Sheet of Carbon Nanofibers". *Phys.Rev.B*, **73**,144103-1 - 144103-11(2006).
- ⑤ M.G. Moula, S. Suzuki, W.J. Chun, S. Otani, S.T. Oyama and K. Asakura, "The First Atomic Scale Observation of a Ni<sub>2</sub>P(0001) Single Crystal Surface". *Chem.Lett.* **35**,90-91(2006).
6. K-K.Bando, T.Kawai, K. Asakura, T. Matsui, L. L. Bihan, H. Yasuda, Y. Yoshimura, S. T. Oyama, "In-situ XAFS Analysis of Pd-Pt Catalysts during Hydrotreatment of Model Oil", *Catal. Today*, **111**,199-204 (2006)
7. A. Suzuki, Y. Inada, M. Nomura," Time-Resolved XAFS Study on the Supporting Process of Rh<sub>6</sub>(CO)<sub>16</sub> Cluster on  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>", *Catal. Today*,**111**,343-348(2006)
- 8 Y. Koike, K. Ijima, W.J. Chun, H. Ashima, T. Yamamoto, K. Fujikawa, S. Suzuki, Y. Iwasawa, M. Nomura and K. Asakura, "Structure of Low Coverage Ni Atoms on the TiO<sub>2</sub>(110) Surface- Polarization Dependent Total-Reflection Fluorescence EXAFS Study ". *Chem. Phys. Lett.* **421**,27-30(2006).
9. M. Ushiro, K. Asakura, K. Ohminami, S.I. Nagamatsu and T. Fujikawa, "Structure and Bonding of Trace Ni Catalyst in Carbon Nanotube Studied by Ni K-Edge XANES". *e-J.Surf.Sci.Nanotech.* **3**,427-432(2005).
- ⑩ T. Kawai, S. Sato, W.J. Chun, K. Asakura, K.K. Bando, T. Matsui, Y. Yoshimura, T. Kubota, Y. Okamoto, Y.K. Lee and S.T. Oyama, "In situ X-ray Absorption Fine Structure Studies on the Structure of Ni<sub>2</sub>P Supported on SiO<sub>2</sub>". *Physica Scripta*. **T115**,822-824(2005).
11. K. Asakura, W.J. Chun, K. Tohji, Y. Sato and F. Watari, "XAFS Studies on the Local Structures of Ni Impurities in a CNT". *Chem Lett.* **34**,382-393(2005).
12. Y. Ohminami, S. Suzuki, N. Matsudaira, T. Nomura, W.J. Chun, K. Ijima, K. Nakamura, K. Mukasa, M. Nagase and K. Asakura, "Preparation and Characterization of a Microfabricated Oxide-on-Oxide Catalyst of  $\alpha$ -Sb<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/VSbO<sub>4</sub>". *Bull.Chem.Soc.Jpn.* **78**,435-442(2005).
13. 鈴木あかね、稲田康宏、野村昌治，時間分解XAFSの現状と将来，触媒，**47**,316-321(2005)
14. S. Suzuki, Y. Koike, K. Fujikawa, W.-J. Chun, M. Nomura and K. Asakura, "A Possibility of XANAM(X-ray Aided Non-contact Atomic Force Microscopy)". *Chem.Lett.* **33**, 636-637 (2004).
- 15 H. Niimi, T. Tsutsumi, H. Matsudaira, T. Kawasaki, S. Suzuki, W.J. Chun, M. Kato, Y. Kitajima, Y. Iwasawa and K. Asakura, "Recent Progresses in an Energy Filtered High Energy XPEEM Using a Wien Filter Type Energy Analyzer". *Appl.Surf.Sci.* **237**,641-644(2004).

⑨研究成果の発表状況(続き) (この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文(掲載が確定しているものを含む。)の全著者名、論文名、学協会誌名、巻(号)、最初と最後のページ、発表年(西暦)、及び国際会議、学会等における発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。)

16. H. Yasufuku, Y. Ohminami, T. Tsutsumi, H. Niimi, N. Matsudaira, K. Asakura, M. Kato, Y. Sakai, Y. Kitajima and Y. Iwasawa, "Observation of Element Specific Energy Filtered X-ray Photoemission Electron Microscopy(EXPEEM) Images of Au on Ta Using a Wien Filter Type Energy Analyzer". *Jpn.J.Appl.Phys.* **43**,7682-7688(2004).
17. K. Ijima, Y. Koike, W.-J. Chun, Y. Satio, Y. Tanizawa, T. Shido, Y. Iwasawa, M. Nomura and K. Asakura, "A Local Structure of Low Coverage Ni Species on the  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(0001) Surface- a Polarization Dependent XAFS Studies". *Chem,Phys.Lett.* **384**,134-138(2004).
18. S.T. Oyama, X. Wang, Y.-K. Lee and W.-J. Chun, "Active Phase of Ni<sub>2</sub>P/SiO<sub>2</sub> in Hydroprocessing Reactions". *J. Catal.* **221**,263-273(2004).
19. A. Suzuki, A. Yamaguchi, T. Chihara, Y. Inada, M. Yuasa, M. Abe, M. Nomura and Y. Iwasawa, "Time-scale and Sequence of Dynamic Structural Changes in a MgO-attached Ruthenium Cluster Catalyst Observed by in situ Time-resolved DXAFS". *J.Chem.Phys.B.* **108**,5609-5616(2004).
20. S.T. Oyama, Y.K.Lee, 朝倉清高、田旺帝、河合秀寿、葭村雄二、阪東恭子, J. H. Kim, C. Song, "輸送燃料用新規遷移金属燐化物脱硫触媒". 触媒、**46**,188-190(2004).
21. S. Sato, H. Niimi, S. Suzuki, W.-J.Chun, K. Irokawa, H. Kuroda, and K. Asakura, "Surface Reactions on MoO<sub>3</sub> Induced by Tunable Pulse IRFEL", *Chem.Lett*, **33**, 558-559(2004).

#### 著書

1. 朝倉清高, "XAFS一局所電子幾何構造解析手法", 光科学の最前線, (分担執筆), 116-117(2005).
- 2.. 朝倉清高, "EXAFS" 表面科学とその応用(表面科学会編) (分担執筆) NTS, 722-726(2004)
3. 朝倉清高, "PEEM" 表面科学とその応用(表面科学会編) (分担執筆) NTS, 683-686(2004)

#### 特許

1. 新美大伸、朝倉清高、田旺帝、嘉藤誠、工藤政都,"ウィーンフィルタ型エネルギーアナライザ及びエネルギー選別型電子顕微鏡", 特願2005-93241(2005).
2. 朝倉清高、田旺帝、岩澤康裕、小野享寿、宮本和夫、野村昌治,"その場全反射蛍光XAFS測定装置", 特許第3613784号(2005)
3. 岩澤康裕、朝倉清高、境悠二、嘉藤誠、"複合放出電子顕微鏡における放出電子加速方法". 特許第3730041号(2005).
4. 朝倉清高、河合秀寿、阪東恭子、角谷均、田旺帝,"X線吸収微細構造測定用セルおよび反応システム", 特願2004-356564(2004).
5. 岩澤康裕、朝倉清高、境悠二、嘉藤誠、"化学分析用複合放出電子顕微鏡装置". 特許第3533335号(2004).

⑨研究成果の発表状況（続き）（この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文（掲載が確定しているものを含む。）の全著者名、論文名、学協会誌名、巻（号）、最初と最後のページ、発表年（西暦）、及び国際会議、学会等における発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。）

#### 国際会議

1. M. G. Moula, S. Suzuki, W.J. Chun, S.T. Oyama, and K. Asakura, "Scanning Tunneling Microscope (STM) and Low-energy Electron Diffraction (LEED) Characterization of Ni<sub>2</sub>P (0001)", in *5th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices*. 2005: Big-Island, Hawaii, U.S.A.
2. M.G. Moula, S. Suzuki, W.J. Chun, S. Otani, T. Oyama and K. Asakura. "A Scanning Tunneling Microscope (STM) Study of Ni<sub>2</sub>P (0001)". in *STM2005*. 2005. Sapporo.
3. K. Asakura, W.J. Chun and Y. Iwasawa, "Polarization-dependent XAFS Studies on Nano-Structures on Oxides", JSPS-DST Symposium on Surfaces and Interfaces for Nanostructured Materials, Tokyo, 2005（招待）
4. W.J. Chun and Y. Koike K. Ijima K. Fujikawa Y. Iwasawa and K. Asakura, "Metal-Oxide Interface Structure Investigated by Polarization Dependent Total Reflection Fluorescence Extended X-ray Absorption Fine Structure and STM", Pacificchem 2005, Hawaii, 2005（招待）
5. K. Asakura, Y. Koike, W.J. Chun, K. Ijima, H. Ashima, Y. Iwasawa, K. Fujikawa and S. Suzuki. "What Determines the Self-Limiting Behavior of Nanocluster on the TiO<sub>2</sub>(110)? -STM and EXAFS Studies on a Ni cluster on the TiO<sub>2</sub>(110) surface". in *4th International Workshop on Oxide Surface*. 2005. Aussoir.
6. S. Suzuki, K. Fujikawa, M. Nakamura, Y. Koike, W.J. Chun and K. Asakura, "An Approach to nano-Chemical Analysis through NC-AFM Technique", in *5th WCOG*. 2005: Sapporo.
7. K. Fujikawa, S. Suzuki, Y. Koike, W.-J. Chun and K. Asakura, "STM Studies on a Ni Growth Mechanism on TiO<sub>2</sub>(110)", in *STM 2005*.: 2005, Sapporo.
8. K-K.Bando, T.Kawai, K. Asakura, T. Matsui, L. L. Bihan, H. Yasuda, Y. Yoshimura, S. T. Oyama, "In-situ XAFS Analysis of Pd-Pt Catalysts during Hydrotreatment of Model Oil". in *Japan-Korea*. 2005. Matsue.

#### 国内会議（特に重要なものを選別）

1. 河合秀寿, 阪東恭子, 田旺帝, 朝倉清高, "高純度c-BNX線透過窓—その高温高压反応XAFSへの応用", 第八回XAFS討論会, 仙台, 2005
2. 朝倉清高, 新美大伸, 川崎貴博, 宮本剛志, 鈴木秀士, 田旺帝, 嘉藤誠 工藤政都, "多極子Wien filter型EXPEEMの開発, 日本顕微鏡学会第61回学術講演会, つくば, 2005 (招待)
3. 朝倉清高, 新美大伸, 嘉藤誠 and 工藤政都. ウィーンフィルターを用いたEXPEEM収差補正の試み. 第52回応用物理学会, さいたま, 2005. (招待)
4. 朝倉清高, "in-situ XAFSによる新基金属燐化物脱硫触媒の機能と構造解明" フォトンファクトリ研究会, つくば(2004) (招待)