

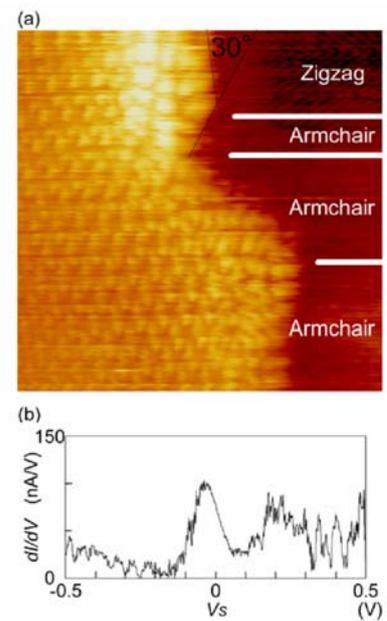
平成17年度科学研究費補助金（基盤研究（S））研究状況報告書

ふりがな（ローマ字）		ENOKI TOSHIAKI					
①研究代表者氏名		榎 敏明		②所属研究機関・部局・職 東京工業大学・大学院理工学研究科・教授			
③研究課題名	和文	炭素ナノ π 電子系の局所構造と特異な電子・磁気特性					
	英文	Local structures of carbon π -electron nanosystems and their unconventional electronic and magnetic properties					
④研究経費		平成15年度	平成16年度	平成17年度	平成18年度	平成19年度	総合計
17年度以降は内約額 金額単位：千円		31,200	21,200	13,500	10,500	10,500	86,900
⑤研究組織（研究代表者及び研究分担者）							
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）				
榎 敏明	東京工業大学・大学院理工学研究科・教授	物性化学	ナノグラファイトネットワークの電子輸送・磁性の外圧制御、緩和現象、走査トンネル顕微鏡を用いた局所構造解明 走査トンネル顕微鏡および非接触原子間力顕微鏡を用いたナノグラフェンのエッジ状態の解明 ナノグラファイトネットワークへの気体吸着実験と磁性の外圧制御 sp^2/sp^3 混合ナノ炭素系の磁性、電子輸送、誘電特性解析、ナノグラファイトの微細加工 ナノグラファイトの磁性の理論				
福井 賢一	東京工業大学・大学院理工学研究科・助教授	表面物理化学					
宮崎 章	東京工業大学・大学院理工学研究科・助手	物理化学					
高井 和之	東京工業大学・大学院理工学研究科・助手	物理化学					
針谷 喜久雄	産業技術総合研究所・ナノテクノロジー研究部門・主任研究員	固体物理					
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>ナノサイズπ電子系には、フラーレン、炭素ナノチューブ、ナノグラフェン等が存在する。フラーレン、ナノチューブでは閉じたπ電子系をもつものに対し、ナノグラフェン（単層ナノグラファイト）は端の存在する開いた2次元ナノサイズπ電子系であり、前者と本質的に異なる電子状態をもつことが理論的に予言されている。しかしながら、その実験的な解明は殆どなされていない。任意形状のナノグラフェンの周囲はジグザグ端（トランスポリアセチレン型）とアームチェア端（シスポリアセチレン型）の組み合わせにより記述され、電子状態はそのトポロジーを大きく反映する。理論的な予測によれば、ジグザグ端ではフェルミ準位付近に非結合π電子状態（エッジ状態）が発生し、その存在により、バルクなグラフェンと全く異なる物性を示し、π電子による強磁性の発現も示唆されている。申請者らは、電子伝導-磁性の相関と局所構造を視点として、ナノグラファイト及びその関連物質の電子構造を明らかにするため、ナノグラファイトの3次元ネットワーク構造を有する活性炭素繊維、ナノダイヤモンドやダイヤモンド薄膜より得られるナノグラフェン、Ptを触媒として作成したナノグラフェンを用いて、高磁場極低温走査トンネル顕微鏡、非接触原子間力顕微鏡、伝導度、磁化率、ESR、NMRを手段として、以下の実験を行う。①基板上に作製した1枚のナノグラフェンの局所電子状態の解明、②エッジ状態に起因するナノスコピック磁性の外圧による制御、③ナノグラファイトネットワークにおける非平衡電子状態の電場による制御、④ナノグラフェンの端の化学修飾によるエッジ状態の起源の解明、⑤sp^2/sp^3混合炭素に対する熱処理および電子線照射を用いたナノπ電子系の作製および構造・伝導現象の解明。</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ナノグラフェンの端の水素終端と端の局所電子構造解析

既に開発している手法を用いてナノグラフェン、グラファイト端の作製をおこない、超高真空条件下での水素化によって水素終端されたジグザグ端、アームチェア端、ジグザグ端とアームチェア端の混合端の作製を試みた。このようなグラフェンの水素終端構造（一水素化された端；藤田端）を用いて、ジグザグ端で期待される非結合 π 電子状態（エッジ状態）の実験的な観測を試みた。この結果、室温でのトンネル顕微鏡による格子像から、明確に定義されたジグザグ端、アームチェア端の実験的な観測に成功した。実験的に観測されたジグザグ端のエッジ状態の局所状態密度は端に存在する炭素原子からグラフェン内部に向かって急速に減衰し(図a)、走査トンネルスペクトルから、フェルミ準位付近に局在したエッジ状態の状態密度がシャープなピークとして観測された(図b)。さらに、この実験結果を、tight-binding法を用いて解析し、ジグザグ端、アームチェア端、アームチェア端で挟まれた有限長さのジグザグ端（2個、4個のジグザグ端原子からなるジグザグ端）について、エッジ状態の詳細な挙動を明らかにすることができた。また、より強い条件下での水素暴露により得られる2水素化端（Klein端）の作製も試みた結果、Klein端のエッジ状態では、局所状態密度の空間分布が藤田端とは異なるパターンをとることが明らかとなった。



極低温下でのトンネル顕微鏡観察についても、現在、水素化された終端構造を有するナノグラフェンを用いて実験を行っており、熱ドリフトを抑制し原子分解能でのより詳細な電子状態解析を行うとともに、11 Tまでの強磁場下でのエッジ状態の挙動を解明することを試みている。また、原子間力顕微鏡と共鳴ラマン測定を併用して、基板上のナノグラフェンリボン1つ1つを観測することに成功した。さらに、非接触原子間力顕微鏡を用いた解析については、端の幾何学構造と電子状態の相関の解析の準備を行っている。

②ナノスコピック磁性の外圧制御

活性炭素繊維のナノグラファイトネットワークの隙間に物理吸着状態されたゲスト分子によるエッジ状態スピンの**磁気スイッチ効果**の実験については、MeOH、EtOH、 CH_3COCH_3 、 C_6H_6 、 CHCl_3 、 CCl_4 、 Br_2 をゲスト分子として用いて、磁化率、ESRの実験を行った。この結果、これ等全てのゲスト分子について、磁気スイッチ効果が発現することが明らかとなった。有機分子ゲストについては、磁気スイッチ現象の起こる閾値圧力は分子中のOH基の組成比が減少するにしたがって、グラフェン面の疎水的性質を反映して次第に低圧側にシフトすることが見出された。 Br_2 については、液体-固体転移における密度の不連続変化に伴うゲスト分子からの圧力変化で磁気スイッチ効果が発現することが明らかとなった。

③ナノグラファイトネットワークの磁性と緩和現象

活性炭素繊維を用いて、極低温での磁化率の挙動から、ナノグラファイトドメイン間の電荷不均一性によると思われる磁気緩和現象の解明をおこなった。200°Cでの真空熱処理により得られた試料については、磁気緩和現象が発現し、この試料においては、**磁気冷却効果**が見出された。この磁気冷却効果は酸素雰囲気との接触で消滅することが明らかとなった。15 Tまでの磁気抵抗では400%の巨大磁気抵抗が観測された。この関連で、ミュオンを用いた極低温での磁性の解明の準備をしている。

④ sp^2/sp^3 混合炭素を用いたエッジ状態の発生

レーザーアブレーションにより3次元的な乱雑構造をもつ sp^2/sp^3 混合炭素に対して加熱処理を行い、積層方向に関する配向性を持ったナノグラファイト構造の作製に成功した。このとき電子構造はフェルミエネルギー付近に非常に大きな状態密度をもつものから、グラファイト π バンドとエッジ状態が支配的なものへと連続的に変化することが磁化率、ESR、伝導度の測定に解明された。また、リソグラフィにより作製した微細電極上に sp^2/sp^3 混合炭素を製膜し、**電子線描画により局所的なグラファイト化**を試みた。現在、伝導度、顕微ラマン分光をグラファイト化のプローブとして照射条件の最適化を行っている。さらに、フラーレンや多環芳香族分子の薄膜に対する照射によるナノ構造作製の準備を行っている。

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。)

前半2年間の研究においては、「これまでの研究経過」で述べたように、主として4つの課題について研究を行った。第一の課題として、走査トンネル顕微鏡、原子間力顕微鏡をもちいて、ナノグラファイトの特異な磁性の起源であるエッジ状態を実験的に直接観測する試みに関しては、2つの大きな前進があった。第一は水素化されたグラフェンの端を作製し、ジグザグ端に特異的に発現することが理論的に予言されているエッジ状態を実験的に観測することに成功したことであり、この成果については論文掲載が決まっている(論文20)。我々は実験的に種々の局所構造に応じたエッジ状態を観測するとともに、理論計算を行うことにより、実験的に観測されたエッジ状態を見事に再現することに成功した。また、グラフェン端の炭素を1水素化、2水素化等の化学修飾をするとエッジ状態の電子状態が変化するという理論的な予言に関しても、予備的な実験からその特徴について解明しつつある。もう一つの前進は、共鳴ラマン測定と原子間力顕微鏡を併用してナノグラフェンリボン1つ、1つを選択的に観測することに成功したことである。ここでは、ラマン散乱の励起光の分極方向とナノグラフェンリボンの長さ方向の相関に依存する大きな共鳴効果により、構造選択的にナノグラフェンが検出される。このような1つ、1つのナノグラフェンリボンを観測した例はなく、初めての実験として大きな反響を呼んでいる(論文14)。

ナノグラフェンのエッジ状態については、特有の磁場効果の発現が理論的に期待され、現在、極低温走査トンネル顕微鏡を用いた磁場印加下での原子分解能での実験を準備しており、エッジ状態の磁氣的・電子的挙動の解明を進めている。また、この中では、グラフェン表面にナノサイズの穴(**グラフェンナノピット**)を作製し、磁場中でのサイクロトロン半径とピットサイズとの相関効果を含めて、ナノグラフェンとの比較をしながら、電子構造の解明を進めることを準備している。さらに、**端の化学的構造とエッジ状態の電子構造との相関**を検討するため、1水素化、2水素化された端を有するナノグラフェン、グラフェンナノピットの**非接触原子間力顕微鏡・トンネル顕微鏡同時観測**の準備を進めている。これ等の研究の展開により得られるエッジ状態の電子・磁気構造と端の化学的構造の相関の体系的な理解により、ナノグラファイト、ナノグラフェンに基づく今後の新たな分子エレクトロニクス、スピントロニクスへの発展の基礎をつくることのできるものと期待される。

現在、フラーレン、炭素ナノチューブは、ナノテクノロジー/ナノサイエンスの基本物質として大きな注目を受け、種々の展開がなされている。これ等、2つのナノ炭素系物質の発見は大澤映二先生、飯島澄男先生ら日本人研究者により発見されている。ナノグラファイト、ナノグラフェンの研究も我々の研究が一つの出発点を作っており、日本から発信された独創的な研究として評価されている。ナノグラフェンは、将来、電子線リソグラフィ、端の化学修飾による加工性が、炭素ナノチューブに比較して格段に優れ、多様な電子・磁気機能を有するナノテクノロジー基本物質として、急速に世界的に興味が高まっている。このことを反映して、本研究代表者は、この2年間に8件の国際会議の招待講演(予定を含む)を行い、J. Material Chemistryのhighlight articleの執筆依頼を受けるとともに、Carbon-based magnetism (ed. by Palacio & Makarova, Elsevier)の中にナノグラファイトの磁性の解説を依頼されている。また、「ナノグラファイトの電子状態・磁性の解明」の研究成果により、2004年度炭素材料学会学術賞を受賞している。

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。)

[論文、著書]

1. H. Sato, N. Kawatsu, T. Enoki, M. Endo, R. Kobori, S. Maruyama, and K. Kaneko: Drastic Effect of Water-Adsorption on the Magnetism of Nanomagnets, *Solid State Commun.* 125(11-12) 641- 645 (2003).
2. T. Enoki, M. Suzuki, and M. Endo: *Graphite Intercalation Compounds and Applications*, Oxford University Press, 440 pages New York, 2003.
3. T. Enoki, Carbon Alloy, B. L. V. Prasad, Y. Shibayama, K. Takai, and H. Sato, *Magnetism of nanographite, Carbon Alloy – Novel Concept to Develop Science and Technology*, Elsevier, Sci., 385-394 (2003).
4. M. Inakuma, A. Taninaka, H. Kato, H. Shinohara, and T. Enoki: Magnetic Anisotropy of Cerium Endhedral Metallofullerene, *J. Phys. Chem.* B107, 6965- 6973 (2003).
5. ○ K. Takai, M. Oga, H. Sato, T. Enoki, Y. Ohki, A. Taomoto, K. Suenaga, and S. Iijima: Structural and Electronic Properties of Non-graphitic Disordered Carbon System and its Heat-Treatment Effects, *Phys. Rev.* B67, 214202-1- 11 (2003).
6. A. Yamashiro, Y. Shimoi, K. Harigaya, K. Wakabayashi, Spin- and charge-polarized states in nanographene ribbons with zigzag edges, *Phys. Rev.* B68(19), 193410-1-4 (2003).
7. 榎 敏明, ナノグラファイトの物性, カーボンナノチューブの基礎と応用, 齊藤理一郎, 篠原久典著, 培風館, 202-292, 2004.
8. T. Enoki, Intercalation and Guest-Host Interaction in Nano-Graphite, *J. Phys. Chem. Solids* 65, 103-108 (2004).
9. T. Enoki, Diamond-to-graphite conversion in nanodiamond and electronic properties of nanodiamond-derived carbon system, *Phys. Solid State* 46(4), 635-640 (2004).
10. Y. Kobayashi, K. Takai, K. Fukui, T. Enoki, K. Harigaya, Y. Kaburagi, and Y. Hishiyama: STM Observation of Electronic Wave Interference Effect in Finite-Sized Graphite with Distortion-Network Structures, *Phys. Rev.* B69, 035418-1-7 (2004).
11. Y. Kobayashi, K. Takai, K. Fukui, T. Enoki, K. Harigaya, Y. Kaburagi, and Y. Hishiyama: STM observation of the Quantum Interference Effect in Finite-Sized Graphite, *J. Phys. Chem. Solids* 65, 199-203 (2004).
12. K. Harigaya, A. Yamashiro, Y. Shiomi, K. Wakabayashi, Y. Kobayashi, N. Kawatsu, K. Takai, H. Sato, J. Ravier, T. Enoki, and M. Endo: Theoretical Study on Novel Electronic Properties in Nanographite Materials, *J. Phys. Chem. Solids* 65, 123-126 (2004).
13. K. Takai, M. Oga, T. Enoki, A. Taomoto: Effect of Heat-Treatment on Magnetic Properties of Non-Graphitic Disordered Carbon, *Diamond and Related Materials* 13, 1469-1473 (2004).
14. ○ L. G. Cançado, M. A. Pimenta, B. R. A. Neves, G. Medeiros-Ribeiro, T. Enoki, Y. Kobayashi, K. Takai, K. Fukui, M. S. Dresselhaus, R. Saito, and A. Jorio: Anisotropy of the Raman Spectra of Nanographite Ribbons, *Phys. Rev. Lett.* 93, 047403 (2004).
15. E. P. Sajitha, V. Prasad, S. V. Subramanyam, S. Eto, K. Takai, and T. Enoki: Synthesis and characteristics of iron nanophase embedded in carbon matrix along with catalytic graphitization of amorphous carbon, *Carbon* 42(14), 2815-2820 (2004).
16. L. Kumari, S. V. Subramanyam, S. Eto, and T. Enoki: Metal-Insulator transition in iodinated amorphous conducting carbon films, *Carbon* 42(11), 2133-2137 (2004).
17. A. I. Shames, A. M. Panich, W. Kempinski, M. V. Baidakova, V. Yu. Osipov, T. Enoki, and A. Ya. Vul': Magnetic Resonance Study of Nanodiamonds. In: *Synthesis, Properties and Applications of Ultrananocrystalline Diamond*, Ed. By D. M. Gruen, O. A. Shenderova, A. Ya. Vul', NATO Science Series, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht /Boston /London, pp.271-282, 2005.
18. 榎敏明, ナノグラファイトの特異な電子的・磁氣的性質, *応用物理* 74, 192-195 (2005).
19. T. Enoki and K. Takai, Unconventional magnetic properties of nanographite, *Carbon-based magnetism*, ed. by F. Palacio and T. Makarova, Elsevier, 2005, in press.
20. ○ Y. Kobayashi, K. Fukui, T. Enoki, K. Kusakabe, and Y. Kaburagi, Observation of zigzag and armchair edges of graphite using scanning tunneling microscopy and spectroscopy, *Phys. Rev.* B71(15), 2005, in press.

[国際会議発表]

1. T. Enoki, "Intercalation and Doping in Nano-graphite", 12th International Symposium on Intercalation Compounds, Poznan, Poland, June 1-5, 2003,招待講演 (plenary lecture).
2. Y. Kobayashi, K. Takai, K. Fukui, T. Enoki, K. Harigaya, Y. Kaburagi, and Y. Hishiyama, "STM observation of the Quantum Interference Effect in Finite-Sized Graphite", 12th International Symposium on Intercalation Compounds, Poznan, Poland, June 1-5, 2003.
3. K. Harigaya, A. Yamashiro, Y. Shiomi, K. Wakabayashi, Y. Kobayashi, N. Kawatsu, K. Takai, H. Sato, J. Ravier, T. Enoki, and M. Endo, "Theoretical Study on Novel Electronic Properties in Nanographite Materials", 12th International Symposium on Intercalation Compounds, Poznan, Poland, June 1-5, 2003.
4. K. Takai, M. Oga, T. Enoki, and A. Taomoto, "Effect of Heat-Treatment on Magnetic Properties of Non-Graphitic Disordered Carbon", 14th Europe Conference on Diamond, Diamond-like materials, Carbon nanotubes, Nitrides and Silicon carbide, Salzburg, Austria, September 7-12, 2003.
5. T. Enoki, "Diamond to graphite conversion in nanodiamond and electronic properties of nanodiamond-derived carbon system", International Symposium on Detonation Nanodiamonds: Technology, Properties and Applications, St. Petersburg, Russia, July 7-9, 2003, 招待講演.
6. T. Enoki, "Water adsorption in Nanographite and Magnetic Switching Effect", International symposium on the Physicochemistry of Water and Dynamics of Materials and the Earth, Tokyo, November 20, 2003, 招待講演.
7. K. Harigaya, A. Yamashiro, Y. Shimoi, K. Wakabayashi, "Magnetic and Charge Orders in Zigzag Nanographene Ribbons", International Conference on Quantum Transport in Synthetic Metals and Quantum Functional Semiconductors, Seoul, Korea, November 21.
8. T. Enoki, "Molecular devices architecture based on nanographite", 2nd Indo-Japan Meeting on Molecular and Supramolecular Materials, March 18,19, 2004, Bangalore, India, 招待講演.
9. T. Enoki, "Electronic/Electrochemical Properties and Applications", Carbon 2004, Providence, Rhode Island, USA, July 11-16, 2004.
10. K. Takai, M. Oga, S. Aoki, T. Enoki, A. Taomoto, and Y. Ohki, "Unconventional Electronic and Magnetic Properties of sp^2/sp^3 Mixed Disordered Carbon", Carbon 4, Providence, Rhode Island, USA, July 11-16, 2004.
11. M. V. Baidakova, K. Takai, T. Enoki, A. Ya. Vul', "Comparison of different methods for characterization of nanodiamonds", NATO ARW Workshop "Synthesis, Properties and Applications of Ultrananocrystalline Diamond", St.-Petersburg, Russia, June 7-10, 2004, 招待講演.
12. A.I. Shames, A.M. Panich, W. Kempinski, M.V. Baidakova, V.Yu. Osipov, T. Enoki and A.Ya. Vul', "Magnetic Resonance Study of Nanodiamonds", NATO ARW Workshop "Synthesis, Properties and Applications of Ultrananocrystalline Diamond, St.-Petersburg, Russia, June 7-10, 2004. 招待講演.
13. T. Enoki, "Structure of nanodiamond and its conversion to nanographite", International Symposium on Nanocarbon 2004, Basic Science and Applications, Nagano, Japan, Nov. 15-18, 2004, 招待講演.
14. T. Enoki, "Unconventional electronic and magnetic properties of nanographite", Workshop on Novel Electronic Materials, University of Kentucky, Lexington, Kentucky, USA, April 25-April 27, 2005,招待講演.
15. K. Fukui and M. Sakai, "Formation of one-dimensional C_{60} rows on $TiO_2(110)-1 \times 2$ and their polymerization studied by STM", 4th International Workshop on Oxide Surfaces, Aussois, France, January 4-8, 2005.
16. V. Yu. Osipov, K. Takai, K. Takahara, T. Enoki, M. Endo, T. Hayashi, Y. Hishiyama, Y. Kaburagi, A.Ya. Vul' "Orbital diamagnetism in onion-like nanographite", First International Symposium on Nanometer-scale Quantum Physics (nanoPhys'05), Tokyo Institute of Technology, Japan, January 26-28, 2005.
17. M.V. Baidakova, T. Enoki, K. Takai, V.Yu. Osipov, O.O. Drozdova, K. Yakushi, A.Ya. Vul', "Electronic and optical properties of hydrothermal treated nanodiamond", First International Symposium on Nanometer-scale Quantum Physics (nanoPhys'05), Tokyo Institute of Technology, Japan, January 26-28, 2005.
18. V. Yu. Osipov, M.V. Baidakova, K. Takai, T. Enoki, A. Ya. Vul', "Strong antiferromagnetic coupling between spins on the hydrogen-terminated nanodiamond", 10th International Conference on New Diamond Science and Technology (ICNDST-10), AIST, Tsukuba, Japan, May 11-14, 2005, 予定.
19. T. Enoki, H. Kumagai, S. Eto, and K. Takai, "Anomalous magnetism of activated carbon fibers adsorbing potassium and bromine", 13th International Symposium on Intercalation Compounds, Clermon, France, June 6-9, 2005, 予定.
20. Y. Kobayashi, K. Kusakabe, K. Fukui, and T. Enoki, "STM/STS observation of peculiar electronic state at graphite edges", 16th International Conference on Electronic Properties of Two-Dimensional Systems (EP2DS-16), Albuquerque, USA, July 10-15, 2005, 予定.
21. V. Yu. Osipov, M.V. Baidakova, K. Takai, T. Enoki, A.I. Shames, A.Ya. Vul', "Magnetic defects in pristine and hydrogen-terminated nanodiamonds", NATO ARW Workshop "Defects in high-k dielectrics", St. Petersburg, Russia, June 11-14, 2005, 招待講演.
22. V. Yu. Osipov, M. V. Baidakova, K. Takai, T. Enoki, A. Ya. Vul', "Magnetic properties of hydrogen-terminated surface layer of diamond nanoparticle", International Workshop on Fullerenes and Atomic clusters (IWFAC2005) St-Petersburg, Russia, June 27 - July 1, 2005.
23. T. Enoki, "Electronic and magnetic properties of nanographite", International Workshop on Fullerenes and Atomic Clusters (IWFAC'2005), St. Petersburg, Russia, June 27 - July 1, 2005, 招待講演, 予定.
24. T. Enoki, Magnetic and Electronic Properties of Nanographite and its Intercalation Systems", Congress SFC Eurochem 2005 (Société Française de Chimie) (SFC), Nancy, France, August 28-September 1, 2005, 招待講演, 予定.
25. M.V. Baidakova, V.Yu. Osipov, K. Takai, T. Enoki, A. Yonemoto, H. Touhara, A.Ya. Vul', "Magnetic properties of hydrogenated and fluorinated surface layer of diamond nanoparticle", The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem2005), Honolulu, Hawaii, USA, December 15-20, 2005, 予定.

[国内学会]

1. 山城敦、針谷喜久雄、下井幸弘、若林克法、『メビウス形状ナノグラファイトリボンにおける磁性と電荷分極—スピンと電荷の競合、幾何構造の効果—』、第 25 回フラーレン・ナノチューブ記念シンポジウム、淡路島、2003 年 7 月。
2. 高原克典、高井和之、榎敏明、『酸素吸着により誘起されるナノグラファイト集合体の特異な磁気抵抗効果』、日本物理学会秋季大会、岐阜、2003 年 9 月。
3. 稲熊正康、加藤治人、篠原久典、榎敏明、『Rb ドープセリウム金属内フラーレンのスピングラス的挙動』、分子構造総合討論会 2003、京都、2003 年 9 月。
4. 坂井基祥、稲熊正康、福井賢一、『TiO₂(110)表面の局所構造に応じたC₆₀分子吸着挙動のSTM観察』、第 23 回表面科学講演大会、東京、2003 年 11 月。
5. 稲熊正康、加藤治人、篠原久典、榎敏明、『長時間緩和を持つRb ドープCe@C₈₂の磁性の解明とその構造』、第 26 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、分子科学研究所、2004 年 1 月。
6. 小林陽介、高井和之、福井賢一、榎敏明、鍋木裕、菱山幸宥、『グラファイトのエッジ状態のSTM-STs測定』、日本物理学会第 59 回年次大会、九州大学、2004 年 3 月。
7. 江藤宗一郎、高井和之、榎敏明、『ナノグラファイトネットワークへのカリウムドープ及びその電子物性』、日本物理学会第 59 回年次大会、九州大学、2004 年 3 月。
8. 坂井基祥、稲熊正康、福井賢一、『TiO₂(110)表面の局所構造に応じたC₆₀分子吸着挙動のSTM観察』、第 65 回応用物理学学術講演会、東京、2004 年 3 月。
9. 高原克典、高井和之、榎敏明、『π電子スピンと吸着酸素スピンの相互作用によるナノグラファイト集合体の特異な磁気抵抗』、分子構造総合討論会 2004、広島、2004 年 9 月。
10. M. V. Baidakova, V. Yu. Ossipov, K. Takai, T. Enoki, M. Tokita, J. Watanabe, and A. Ya. Vul', 『Effect of Hydrothermal Treatment on the Structure and Electronic Properties of Nanodiamond』、分子構造総合討論会 2004、広島、2004 年 9 月。
11. 榎本健悟、山口尚秀、寺嶋太一、鴻池貴子、西村光詣佳、宇治進也、榎敏明、鈴木正継、鈴木伊津子、『インコヒーレントな層間結合をもつグラファイト層間化合物における低温伝導特性』、日本物理学会秋季大会、青森大学、2004 年 9 月。
12. V. Yu. Ossipov, K. Takai, K. Takahara, T. Enoki, M. Endo, T. Hayashi, Y. Hishiyama, Y. Kaburagi, A. Ya. Vul', 『Orbital diamagnetism in onion-like nanographite studied on the application of Kotosonov's Equation』、日本物理学会秋季大会、青森大学、2004 年 9 月。
13. 坂井基祥、福井賢一、『TiO₂(110)-1x2 表面の 1 次元吸着場を利用したC₆₀の配列化とポリマー化』、第 23 回表面科学講演大会、東京、2004 年 11 月。
14. 榎敏明、『ナノダイヤモンドの表面化学装飾とナノグラファイト化』、炭素材料学会年会、高知、2004 年 12 月。
15. 小林陽介、福井賢一、榎敏明、『STM/STSによるジグザグ・アームチェア端におけるエッジ状態の考察』、日本物理学会第 60 回年次大会、東京理科大、2005 年 3 月。
16. M. Baidakova, V. Yu. Osipov, K. Takai, T. Enoki, D. Tsugawa, A. K. Iio, O. Drozdova, K. Yakushi, A. Ya. Vul', 『Structure and Electronic Properties of Hydrothermal treated Nanodiamond』、日本物理学会第 60 回年次大会、東京理科大、2005 年 3 月。
17. V. Yu. Osipov, M. Baidakova, K. Takai, T. Enoki, 『Magnetic properties of chemically modified and graphitized surface layer of diamond nanographite』、日本物理学会第 60 回年次大会、東京理科大、2005 年 3 月。
18. 青木さと子、高井和之、榎敏明、篠原久典、『非グラファイトアモルファスカーボンへの磁性元素導入効果』日本化学会第 85 回春季年会、神奈川大、2005 年 3 月。
19. 小林陽介、福井賢一、榎敏明、『STM/STSによるジグザグ・アームチェア端におけるエッジ状態の観察』、日本化学会第 85 回春季年会、神奈川大、2005 年 3 月。