

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 16 日現在

機関番号：15301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24654105

研究課題名(和文) 溶液ならびに電気化学プロセスによる高温炭素系超伝導体の作製

研究課題名(英文) Syntheses of new carbon-based superconductors using solution-process and electrochemical process

研究代表者

久保園 芳博 (Yoshihiro, Kubozono)

岡山大学・自然科学研究科・教授

研究者番号：80221935

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円、(間接経費) 870,000円

研究成果の概要(和文)：有機芳香族分子、グラファイト、フラレンを始めとする炭素系物質への金属インターカレーションを、各種溶媒を使った低温プロセスと、イオン液体を使う電気化学反応により行い、新規な超伝導体を作製した。有機芳香族分子の中では、フェナセン、グラファイトへの金属挿入に成功し、超伝導転移温度で、11.5 Kを実現した。さらに、関連して、FeSeのような二次元層状物質への金属挿入によって超伝導転移を実現することができ、高圧下で46 Kの超伝導転移を実現した。また、電気二重層を使ったキャリア注入を有機芳香族分子、とくにフェナセン系分子に対して実行し、極めて効率的にキャリアを注入することができた。

研究成果の概要(英文)：An intercalation of metal atoms into various types of carbon materials was examined using a solution process and an electrochemical process. The Li doped picene shows the superconductivity with a superconducting transition temperature ( $T_c$ ) as high as 11 K, while the K doped [6]phenacene also shows the  $T_c$  of 6 K. Furthermore, the metal-intercalation into graphite was also investigated, which provides the superconducting materials. The highest  $T_c$  is now 11.5 K in  $CaC_6$ , which is the same as that prepared using high-temperature synthesis method with Li/Ca alloy. We tried to make superconducting materials through the intercalation of metal atoms into two-dimensional FeSe crystals, and diverse superconducting materials were successfully produced; the  $T_c$  of 46 K is achieved under high pressure. The high-density carrier accumulation into phenacene thin film and crystal was also achieved using electric-double-layer capacitor.

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物性ⅠⅠ

キーワード：超伝導 溶液プロセス 電気化学 有機芳香族 グラファイト 鉄セレン系物質 電界効果キャリア注入

### 1. 研究開始当初の背景

2010年以降、有機芳香族分子、グラファイト、グラフェンならびにフラーレンを始めとする炭素系物質の超伝導研究に大きな注目が集まっていた。これは、(1)有機芳香族分子結晶に金属原子を挿入することによって、新規な超伝導体が作製できることが、我々のグループから報告されたこと(Nature 464, 76-79 (2010))、(2)2006年以降グラファイトへの金属挿入法が改良されて、Ca原子を挿入することができるようになり、それに伴って比較的高い超伝導転移が実現できるようになったこと、(3)グラフェンの研究が盛んになり、グラフェンそのものへの高濃度キャリア注入で超伝導を実現することに興味もたれたこと、(4)C<sub>60</sub>へのCs原子の挿入が成功しこれに伴って40 Kの高い超伝導転移温度が実現できたこと、などによる。一方、研究開始当時には、きちんと認識されていなかったが、鉄セレン系を始めとする二次元層状物質の中にアンモニアを使う溶液プロセスで金属原子を挿入すると、非常に高い超伝導転移温度が実現できることが明らかになってきた。本研究課題では、研究開始当初の背景と、研究の途中で認識された新たな重要性をもとに、研究の方向性を決定して、研究を遂行した。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、有機芳香族分子、グラファイト、グラフェンならびにフラーレンを始めとする炭素系物質の超伝導体を、溶液プロセスや電気化学的手法などの方法を駆使して作製することにある。また、上記の炭素系物質群に加えて、鉄セレン系などの二次元層状物質についてもアンモニアを使う溶液プロセスが有効であることがわかったので、これを使って多様な超伝導体を開発することを目標とした。とくに、従来の高温アニリング法によって作製することができなかった超伝導体を、溶液プロセスと電気化学手法を使って効率的に作製し、高温超伝導体を実現することが研究の主目的である。具体的な研究目標を以下に箇条書きで記載する。

- (1) 有機芳香族分子、とりわけピセンを始めとするフェナセン系列の分子結晶中に金属原子を効率的に挿入するために、液体アンモニアを使った溶液プロセスを実施する。これにより新規な超伝導体の作製を目指す。高い超伝導体積分率試料の作製を目指すとともに、従来の高温アニリング法では二種類の超伝導相ができるものについては、どちらか一方を選択的・効率的に作製する手法を開拓する。
- (2) 目的の金属とLiを混合した合金を形成して、融点を下げることによって、金属原子をグラファイトに効率的に

挿入することを実施した。これは液体合金とグラファイトの接触を通じた溶液反応である。本研究課題では、従来の単一金属ドーピングではなく二元金属ドーピングを行って高温超伝導体の作製を目指す。

- (3) グラファイトへの金属挿入を、液体アンモニア法を使って行う。これによって作製された超伝導体と、合金法で得られた超伝導体の特性の違いを明らかにする。
- (4) グラフェンについて、液体アンモニア法で金属原子の挿入を試みる。
- (5) イオン液体を使った電気化学反応で、C<sub>60</sub>やピセンへの金属原子挿入を試みて、高い超伝導体積分率の超伝導体を作製する。
- (6) イオン液体を使った電気二重層(EDL)キャパシタを使った電界効果キャリア注入を行う。金属原子の挿入なしにキャリアのみを試料に注入して物性の変化、とくに超伝導転移の発現を目指す。これには、とくに、ワイドギャップの半導体である有機芳香族分子を対象とする。
- (7) FeSeやFeSe<sub>1-z</sub>Te<sub>z</sub>、MoS<sub>2</sub>やMoSe<sub>2</sub>などの二次元層状物質への液体アンモニアを使った溶液プロセスでの金属原子挿入を進めて、多様な超伝導体を実現する。また、これらの高圧下での特性を詳細に調べる。

### 3. 研究の方法

本研究課題においては、高温アニール法のような従来広く用いられてきた以外の方法、とくにアンモニアやモノメチルアミンなどの溶媒を使った溶液プロセスによる金属原子挿入法の確立を図ることを研究の主題とした。具体的には、当初、研究対象を有機芳香族分子、グラファイト、グラフェンならびにフラーレンと炭素系に限定していたが、鉄セレンを始めとする二次元結晶へと広げることにより、溶液プロセス法の最適条件を詰める研究を進行させた。二次元結晶への溶液プロセスによる金属原子挿入の研究を詳細に行うことによって、炭素系超伝導体開発において効率的に金属原子挿入を行う方法の確立へと還元することを目指した。

また、この研究課題では、イオン液体を使った電気化学的な金属原子挿入と、電界効果キャリア注入に関しても研究を行った。その結果、C<sub>60</sub>系においては電気化学的方法で超伝導転移を実現することに成功した。電界効果キャリア注入は、主として有機芳香族分子(とくにフェナセン系分子)と、FeSe<sub>1-z</sub>Te<sub>z</sub>を対象として進めた。フェナセン系では、超伝導の確認には至らなかったが、高濃度キャリア注入に成功した。その研究の成果として、低電圧駆動する電界効果トランジスタを実現することに成功した。また、FeSe<sub>1-z</sub>Te<sub>z</sub>に

ついてはイオン液体を EDL キャパシタとする電界効果トランジスタの動作を世界で初めて確認することに成功した。低温での電気特性を調べると、この物質は極薄結晶においても超伝導転移を示すが、超伝導転移温度が電界印加によって変化することが見いだされた。これは当初電界効果キャリア注入による「超伝導転移温度制御」と考えたが、実際には電気化学的な反応が生じていることがわかった。

研究の進め方としては、研究室に設置したアンモニア用の専用真空ラインを利用し、液体アンモニアを使って対象物質に金属原子挿入を行った。また、得られた物質の磁化特性、電気特性を研究室で調べた。また、X線回折を放射光施設で、高圧での物性研究を岡山大と大阪大の研究グループと共同で進めた。電界効果によるキャリア注入と電気化学による金属原子挿入は、研究室に設置した装置と岡山大内の他研究グループの有する装置で行った。

#### 4. 研究成果

本研究課題では、有機芳香族分子、グラファイト、グラフェンならびにフラレンを始めとする炭素系物質と、鉄セレンなどの二次元層状物質を対象として研究を遂行した。従来の高温アニリング法に替わる新しい金属インターカレーション法である「溶液プロセス」「電気化学反応」「電界効果キャリア注入」を駆使して、新しい超伝導体を作製することを目指した。この研究目的が達成されると、多様な新規超伝導体を実現できるとともに、従来型の高温アニール法では実現できなかった新規の超伝導体を創出することができる。以下に、研究目的に記載した事項(1)から(7)をもとに研究成果を述べる。

##### (1) 有機芳香族分子への液体アンモニア法による金属原子挿入と超伝導体の作製

ピセン、[6]フェナセン、[7]フェナセンなどのフェナセン系列分子の固体結晶(多結晶)と、アルカリ金属を、あらかじめ決めたモル比でガラス管に入れて、アンモニアガスを導入して、これを -50 以下の低温で液体化した。実際には、アンモニアガスを導入する際に液体窒素温度に冷却するため、アンモニアは氷となるが、-50 に昇温するとアンモニアは液体となる。アンモニア液体にはアルカリ金属が溶解し、金属から出た電子がアンモニア中で溶媒和電子となって青色を生ずる。次に溶媒和電子がフェナセン分子側に移ることによってフェナセンラジカル陰イオンが形成されるのでフェナセンも溶解する(色は緑色)。溶解した金属イオンとフェナセン陰イオンは対形成するので、アンモニア液体を除去した後は、金属原子を含んだ形でフェナセンの再結晶化がなされることになる。

図1に Li を挿入したピセン超伝導体の磁化率を示す。磁化率は、11 K 以下で負に低下

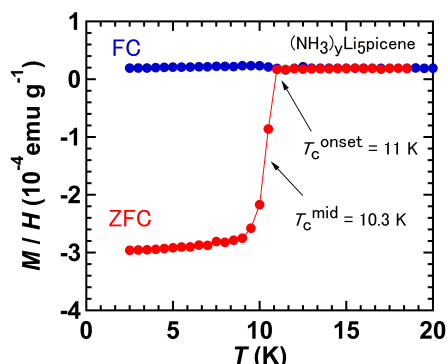


図1.  $(\text{NH}_3)_y\text{Li}_5\text{picene}$  の磁化率の温度依存

性であり、明らかに超伝導体が形成されていることがわかる。これから、 $T_c^{\text{onset}}$  を 11 K とし、 $T_c^{\text{mid}}$  (磁化率の落ち始めと最低値の中間の値を取る温度)は 10.3 K と決定できた。このように、この物質は超伝導体である。仕込みのモル比をもとに化学式を記載すると「 $\text{Li}_5\text{picene}$ 」である。Li のドーピングでピセンの超伝導体形成されたのは初めてである。

次に[6]フェナセンに K 原子を挿入したときの磁化率の温度依存性を図2に示す。仕込み値は、「 $\text{K}_{3.4}[6]\text{phenanthrene}$ 」であり、-50 で液体アンモニアに K 金属を溶解させ、[6]フェナセンと反応させたのちに、アンモニアを除去している。この実験では、室温での真空排気によってアンモニアを除去している。磁化率の温度依存性から、 $T_c^{\text{onset}} = 7 \text{ K}$ 、 $T_c^{\text{mid}} = 6.3 \text{ K}$  であることがわかる。この試料も超伝導体である。また、同様に液体アンモニアに K 金属と[6]フェナセンを溶解させることによって、 $\text{K}_{3.0}[6]\text{phenanthrene}$  を作製した。この際、200 で真空排気してアンモニアを除去した。この試料の磁化率の温度依存性から、 $T_c^{\text{onset}} = 5 \text{ K}$ 、 $T_c^{\text{mid}} = 4.5 \text{ K}$  となることがわかった。すなわち、高温でのアンモニアの完全な除去は超伝導転移温度を下げる事が示唆された。このように、液体アンモニア法を使って新規なフェナセン系列の超伝導体を作製することができたが、現段階で電気抵抗測定などは成功していない。今後、質の良い試

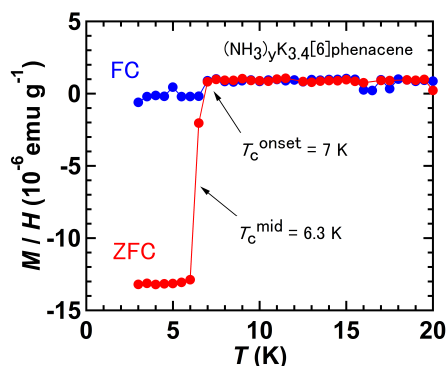


図2.  $(\text{NH}_3)_y\text{K}_{3.4}[6]\text{phenacene}$  の磁化率の温度依存性

料を作製して、電気抵抗、比熱、X線回折などの実験を進めて、超伝導の特性を明らかにする予定である。

### (2) グラファイトへの金属挿入による超伝導体作製

グラファイトに Ca 原子を挿入するために、Li と Ca の合金を作り、これを高温で融解させ、その中に HOPG を浸すという方法が使える。この方法を使って、Ca と K の二元系金属のグラファイトへの挿入を試みた。したがって、高温で Ca / K / Li の三元系合金を融解させ、それに HOPG を浸すことになる。得られた結果は、 $\text{CaC}_6$  と  $\text{KC}_8$  の間に  $\text{Ca}_x\text{K}_{1-x}\text{C}_y$  の組成の超伝導体が合成できることを示した。なお、その構造は  $\text{KC}_8$  の構造と同じ斜方晶系である。また、 $\text{Ca}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{C}_y$  において 3 GPa までの圧力印加による  $T_c$  の上昇と、その後の急激な低下を確認した。これは、二元系金属原子挿入グラファイト超伝導体の最初の研究である。

### (3) 液体アンモニア法での金属原子のグラファイトへの挿入

(2) に述べた合金を使ったグラファイトへの金属原子挿入ではなく、液体アンモニア法による金属原子のグラファイトへの挿入を試みた。この際、単純に Ca 金属のみを液体アンモニアに溶解させる方法では、 $\text{CaC}_6$  超伝導体を作製できず、Ca / Li の二元合金を作製して、アンモニアに溶解させた場合に  $\text{CaC}_6$  が作製できることがわかった。これは、Li がグラファイト中に入ることによってグラファイト層間距離を広げて Ca が入り易くする効果が起きていることを示唆するものである。この結果は、(2) の合金を使う方法と全く同じ機構が液体アンモニアを使う場合も生じていることを示すものとして興味深い。

### (4) 液体アンモニア法を使うグラフェンへの金属挿入

液体を使うグラフェンへの金属挿入については、テトラヒドロフランを使った合成法を試みたが、超伝導体を得ることができなかった。今後、液体アンモニアへの金属とグラフェンの溶解による超伝導体合成研究を進めたいと考えている。

### (5) イオン液体を使う金属原子の電気化学挿入

岡山大学の他研究グループと共同で、有機フェナセン系物質と  $\text{C}_{60}$  への金属原子挿入実験を行った。イオン液体である  $\text{bmim}[\text{PF}_6]$  ゲルとそのポリマーシートをキャパシタとして使ったピセン薄膜電界効果トランジスタを作製し、キャリア蓄積過程を ESR で追跡したところ、イオン液体では電気化学的な反応が生ずることがわかった。そこで、電解質溶液 ( $\text{KClO}_4$  / polyethylene glycol) 中に、 $\text{C}_{60}$  を取り

付けた電極を置き (このさい、 $\text{C}_{60}$  の伝導性をあげるためにカーボンブラックと高分子バインダーを混ぜた) 一方に K 金属電極を置いて、電源から  $\text{C}_{60}$  側に負の、K 電極側に正の電圧を印加すると、 $\text{C}_{60}$  に電子は供給されて  $\text{C}_{60}^-$  となり、一方 K は  $\text{K}^+$  イオンとなること、それが  $\text{C}_{60}^-$  と対形成をすることがわかった (すなわち  $\text{C}_{60}$  内に K が挿入される)。これによって超伝導体が形成されることを磁化率から確認した。現在、ピセンに対してこの方法を適用中である。

### (6) イオン液体を EDL キャパシタとする電界効果キャリア注入

イオン液体である  $\text{bmim}[\text{PF}_6]$  のポリマーシートないしゲルをキャパシタとするフェナセン薄膜ならびに単結晶の電界効果トランジスタを作製した。その結果、多様なフェナセン系列分子で低電圧駆動の電界効果トランジスタが作製できた。その中でも、[8]フェナセン薄膜を活性層とするトランジスタの移動度は、 $16.5 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$  まで上昇しており、有機薄膜 EDL 電界効果トランジスタの最高値を記録している。これは、効率的なキャリア注入がなされることを示している。また、FeSe については世界で初めて電界効果キャリア注入を成功させた。また、超伝導転移温度が電界印加によって変化することがわかったが、これは電気化学反応によるものである。

### (7) 低温アンモニア法を使った二次元層状物質への金属原子挿入と超伝導

(1) に記載したように、FeSe などの二次元層状物質と金属原子をガラス管に入れて、液体アンモニア中で反応させて、金属原子を FeSe 層間に挿入した。このとき、(1) と異なり FeSe は液体アンモニアには溶けない。すなわち、金属原子の挿入は、液体アンモニアに溶解した  $\text{K}^+$  が FeSe にしみこむ形で進んでいると考えられる。この方法で我々は多様な超伝導体を作製した。図 3 に  $(\text{NH}_3)_y\text{Cs}_{0.4}\text{FeSe}$  の磁化率の温度依存性を示す。図からわかるように、 $T_c = 31.2 \text{ K}$  である。こ

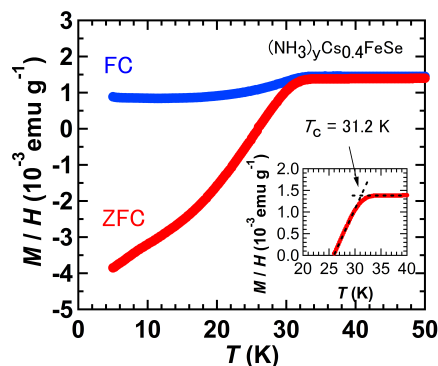


図 3.  $(\text{NH}_3)_y\text{Cs}_{0.4}\text{FeSe}$  の磁化率の温度依存性

の  $T_c$  は図に示すように、磁化率が下がり始めた部分をフィットした線と、常伝導状態の磁化率の線の交差点から決めている。この  $T_c$  は、高温アンモニア法で作製したものより、3.8 K も高い。我々の研究では、FeSe 層間距離の拡大が超伝導転移温度の上昇を導いている。この物質の圧力効果を調べていくと、圧力の印加とともに  $T_c$  が単調に減少した後に、16 GPa 付近で急激な  $T_c$  の上昇が見られることが明らかになった。高压での最高の  $T_c$  は 46 K である。

我々は、さらに  $\text{FeSe}_{0.5}\text{Te}_{0.5}$  に対して液体アンモニア法を使って金属原子を挿入して超伝導体を作製した。超伝導転移温度は、同じ金属原子を挿入した FeSe より低かった。このように、世界で初めて、 $\text{FeSe}_{0.5}\text{Te}_{0.5}$  に低温アンモニア法で金属原子を挿入することに成功した。

本研究課題では、液体アンモニア法、電気化学的方法、電界効果キャリアドーピング法を駆使して、炭素系物質から二次元層状物質まで多様な物質群に対して、金属原子挿入ないしキャリア注入を試みた。その結果、いくつかの新規な超伝導体を作製することに成功した。また、上記の手法を適切にそれぞれの物質に適用する実験的な条件も明らかにした。これらの成果をもとに、さらに新規な超伝導体の作製、とくに高温超伝導体の作製を進めたいと考えている。

#### 5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 11 件)

T. Kambe, X. He, Y. Takahashi, Y. Yamanari, K. Teranishi, H. Mitamura, S. Shibusaki, K. Tomita, R. Eguchi, H. Goto, Y. Takabayashi, T. Kato, A. Fujiwara, T. Kariyado, H. Aoki, Y. Kubozono, Synthesis and physical properties of metal-doped picene solids, *Phys. Rev. B*, 86, 214507 (2012) DOI: 10.1103/PhysRevB.86.214507, 査読有.

K. Teranishi, X. He, Y. Sakai, M. Izumi, H. Goto, R. Eguchi, Y. Takabayashi, T. Kambe, Y. Kubozono, Observation of zero resistivity in K-doped picene, *Phys. Rev. B*, 87, 060505(R) (2013) DOI: 10.1103/PhysRevB.87.060505, 査読有.

H. Goto, E. Uesugi, R. Eguchi, A. Fujiwara, Y. Kubozono, Edge-dependent transport properties in graphene, *Nano Lett.*, 13,

1126-1130 (2013) DOI: 10.1021/nl3044844, 査読有.

R. Eguchi, M. Senda, E. Uesugi, H. Goto, T. Kambe, T. Noji, Y. Koike, A. Fujiwara, Y. Kubozono, Electric-double-layer transistors with thin crystals of  $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x$  ( $x = 0.9$  and  $1.0$ ), *Appl. Phys. Lett.* 102, 103506 (2013) DOI: 10.1063/1.4795626, 査読有.

E. Uesugi, H. Goto, R. Eguchi, A. Fujiwara, Y. Kubozono, Electric double-layer capacitance between an ionic liquid and few-layer graphene, *Scientific Reports*, 3, 1595 (2013) DOI: 10.1038/srep01595, 査読有.

X. He, R. Eguchi, H. Goto, E. Uesugi, S. Hamao, Y. Takabayashi, Y. Kubozono, Fabrication of single crystal field-effect transistors with phenacene-type molecules and their excellent transistor characteristics, *Organic Electronics*, 14, 1673-1682 (2013) DOI: 10.1016/j.orgel.2013.03.035, 査読有.

H. Goto, E. Uesugi, R. Eguchi, Y. Kubozono, Parity effects in few-layer graphene, *Nano Lett.*, 13, 5153-5158 (2013) DOI: 10.1021/nl402404z, 査読有.

L. Zheng, M. Izumi, Y. Sakai, R. Eguchi, H. Goto, Y. Takabayashi, T. Kambe, T. Onji, S. Araki, T. C. Kobayashi, J. Kim, A. Fujiwara, Y. Kubozono, Superconductivity in  $(\text{NH}_3)_y\text{Cs}_{0.4}\text{FeSe}$ , *Phys. Rev. B*, 88, 094521 (2013) DOI: 10.1103/PhysRevB.88.094521, 査読有.

R. Eguchi, X. He, S. Hamao, H. Goto, H. Okamoto, S. Gohda, K. Sato, Y. Kubozono, Fabrication of high performance/highly functional field-effect transistor devices based on [6]phenacene thin films, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 15, 20611-206167 (2013) DOI: 10.1039/c3cp53598c, 査読有.

X. He, S. Hamao, R. Eguchi, H. Goto, Y. Yoshida, G. Saito, Y. Kubozono, Systematic control of hole-injection barrier height with electron acceptors in [7]phenacene single-crystal field-effect transistors, *J. Phys. Chem. C*, 118, 5284-5293 (2014) DOI: 10.1021/jp4107469, 査読有.

Y. Sakai, L. Zheng, M. Izumi, K. Teranishi, R. Eguchi, H. Goto, T. Onji, S. Araki, T. C. Kobayashi, Y. Kubozono, Superconducting phases in  $(\text{NH}_3)_y\text{M}_x\text{FeSe}_{1-z}\text{Te}$  ( $M = \text{Li}, \text{Na}$ ,

and Ca), Phys. Rev. B, 89, 144509 (2014) DOI: 10.1103/PhysRevB.89.144509, 査読有.

〔学会発表〕(計 10 件)

Y. Kubozono, Interface Control of Phenacene Field-effect Transistors and Excellent FET Characteristics, Workshop on Surfaces, Interfaces and Functionalization Processes in Organic Compounds and Applications - SINFO2012, Parma, Italy, 22 June 2012.

Y. Kubozono, Superconductivity and electronics of new carbon materials Mulyifunctional Hybrids and Organics, Napoli, Italy, 22 October 2012 (invited).

Y. Kubozono, Superconductivity and transistor characteristics of carbon based materials, The 6th International Workshop on Advanced Materials Science and Nanotechnology, Ha long City, Vietnam, 1 November 2012 (invited).

Y. Kubozono, Phenacene field-effect transistors: High performance and application toward gas sensor, EXPO Analyti2013, Suzhou China, 23 March 2013 (invited).

久保園芳博, 芳香族超伝導の実験の状況, 日本物理学会シンポジウム「関連電子系の超伝導—実験と理論の連携が生み出す俯瞰」, 2013年3月27日-30日 広島大、東広島市 (依頼講演).

Y. Kubozono, Organic hydrocarbon superconductors GORDON RESEARCH CONFERENCE (Superconductivity), Les Diablerets, Switzerland, 12 - 17 May 2013 (invited).

Y. Kubozono, New Carbon Superconductors: Synthese and Physical Properties, International Conference on 'Quantum in Complex Materilas', Ischia, Italy, 27 May - 1 June 2013 (invited).

Y. Kubozono, Superconductivity in metal doped hydrocarbons: characterization, structure, transport properties and mechanism of superconductivity, ISCOM 2013, Montreal, Canada, 18 July 2013 (invited).

Y. Kubozono, Superconductivity in metal-intercalated FeSeTe, graphite and hydrocarbons, ICTP LEMSUPER Conference on

Mechanisms and Developments in Light-Element Based and Other Novel Superconductors, Trieste, Italy, 24 September 2013 (invited).

久保園芳博, 有機多環縮合炭化水素のエレクトロニクス応用と超伝導 第7回分子科学会討論会, 京都, 2013年9月24日 (招待講演).

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕  
出願状況 (計 0 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況 (計 0 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

〔その他〕  
<http://interfa.rlss.okayama-u.ac.jp/>

6. 研究組織  
(1) 研究代表者  
久保園芳博 (KUBOZONO YOSHIHIRO)  
岡山大学大学院自然科学研究科・教授  
(80221935)