

戦略的創造研究推進事業 CREST  
研究領域「新しい物理現象や動作原理に基づくナ  
ノデバイス・システムの創製」  
研究課題「ナノクラスターの配列・配向制御による  
新しいデバイスと量子状態の創出」

## 研究終了報告書

研究期間 平成 13年 12月～平成 18年 11月

研究代表者：岩佐義宏  
(東北大学金属材料研究所、教授)



## 1 研究実施の概要

**研究の構想** 有機分子、フラーレン、カーボンナノチューブなどの、ナノクラスター材料を用いたエレクトロニクスは、ナノスケールデバイスを目指す分子エレクトロニクスと、フレキシブルなデバイスを目指すプラスチックエレクトロニクスの2つの方向性がある。これらはともに、ITRS(The International Technology Roadmap for Semiconductors)の Emerging Research Materials において、新しい価値を創造する可能性のある次世代技術として取り上げられているように、期待の大きい分野である。これらの次世代エレクトロニクスを実現するためには、中心となるナノクラスター材料とその複合系としてのデバイスの構築、さらには材料の電子物性とデバイス物理を解明することが必須のアプローチとなる。特に、対象となるナノクラスターの配列や配向を制御した複合構造の構築が重要な鍵である。本研究の目的は、有機分子、フラーレン、ナノチューブなど、ナノクラスターの配列・配向制御技術を利用して、これらのナノスケール材料による複合系を形成するとともに電子デバイス、とくに電界効果トランジスタに適用し、デバイス・材料物理の基盤を構築することである。

上記の目的を達成するため、以下の2つの研究項目を実施した。

### 【1】有機トランジスタのデバイス・材料物理の基盤構築

分担：岩佐、谷垣、久保園、藤原

有機トランジスタは、90年代終盤に易動度がアモルファスシリコンを超え応用の可能性が開けた。しかしながら、詳細な置換型ドーピングによってデバイス特性が制御されるSi-MOSFETとは対照的に、有機FETにおいては特性を制御する手法が明らかにされていない。その理由のひとつは、有機エレクトロニクス分野が、これまで化学と電子工学分野に牽引されてきたことにある。そこで、当該分野に物理的視点の導入し、有機FETにおけるデバイス物理の基盤を構築することが、本項目の目的である。そのため、有機半導体/電極金属界面、有機半導体/絶縁体界面における電子輸送の物理的基礎を明らかにすることを、本項の第1目的とした。

一方、有機トランジスタにおける電流密度は、高易動度の単結晶を用いると  $1\text{kA}/\text{cm}^2$  というかなり高いレベルに達する。このような高密度電流が流れる有機トランジスタにおけるナノスケールでの分子の振る舞いを明確にすることは、有機トランジスタの将来の発展に重要な指針を与える。そこで、フラーレン最密充填表面を対象に、STM探針からの電流注入が引き起こす現象を明らかにし、高電流密度注入下での分子の振る舞いを明らかにする。

### 【2】分子内包カーボンナノチューブ材料の基盤構築

分担：真庭、岩佐

カーボンナノチューブの内部空間が空洞で、機能発現に利用できる可能性があることは、フラーレンを内包したピーポッドなどでよく知られているとおりである。本研究では、有機分子、水分子、メタンなどの気体分子など、対象をフラーレン以外の分子に大幅に拡張して内包化を行うことによって、新規複合物質を開発するとともに、ナノチューブトランジスタの特性制御法に適用する。

**研究成果** それぞれの項目について、以下の成果をあげた。

### 【1】有機トランジスタのデバイス・材料物理の基盤構築

本項の具体的目標として、電極から有機半導体へのキャリア注入、FETの伝導チャネルにおけるキャリアの蓄積と伝導機構を解明することを掲げた。それは、これらが有機FETにおける基礎的物理過程であるからである。この達成のための有機半導体材料として、ルブレネン、テトラセン、フラーレンなどを用いた。本項目における達成事項を以下に列挙する。

#### ① フラーレン C60 を用いた n 型有機半導体における最高易動度の実現

半導体デバイス回路には p 型 n 型が必要となるが、本研究開始当時、p 型半導体の易動度は  $1\text{cm}^2/\text{Vs}$  を超えていたが、n 型半導体の易動度はそれより一桁低い状態にとどまっていた

た。そこでフラーレン C60 のMBE成長とその場測定により、その易動度が  $0.6\text{cm}^2/\text{Vs}$  となり、n型半導体もp型に劣らないポテンシャルを有することを明らかにした。平行して、金属内包フラーレン、高次フラーレンなどさまざまな分子性半導体のFETを実現するとともに、その薄膜結晶性評価法を確立した。

#### ②有機FETにおけるキャリア注入・蓄積機構の解明

有機FETにおけるキャリア符合の決定機構を明らかにした。その決定要因は以下のとおりである。

電極金属と有機半導体の仕事関数の整合

電極/半導体界面におけるトラップ準位を介したキャリア注入、

高分子材料ゲート絶縁膜による電子とトラップの低減

微量な水及び酸素分子によるトラップの除去

以上の理解をもとに、発光性材料であるテトラセンの両極性化に成功し、その上で、テトラセントランジスタの発光観測に成功した。両極性デバイスの場合、電場によって誘起されたPN接合とも呼ぶべき領域がチャンネル内に形成されるため、ソース・ドレイン間バイアスによって、発光位置の制御が可能であることを示した。

#### ③有機FETの微調整技術の開発

有機半導体とSiO<sub>2</sub>絶縁体界面に挿入されるSAMs(自己組織化単分子膜)は、有機トランジスタの動作を安定化させたり、易動度を向上させる働きがあることが知られていたが、本研究で初めて極性を有するSAMsを用いることによって、重要なデバイスパラメータのひとつである閾値を制御することが可能であることが明らかになった。本研究は、易動度の向上と特性の安定化に終始していた当該分野を、デバイスパラメータの制御という概念を持ち込むとともに、現在では、極性基あるいは永久双極子の導入は、閾値の制御の有用な方法として確立されている。

また、従来N型半導体として知られていたC60において、SAMs修飾によってホール伝導を観測し、両極性動作を実現した。これは、SAMsが上記の閾値シフトにあわせ、FETの極性反転までおこす能力を有することを示した結果で、電極・半導体材料は変えず、界面制御だけでキャリア符号まで変化できることを示した重要な意義がある。さらに、SAMsによるトランジスタの特性向上には、電極の被覆率の最適化が不可欠であることを見出した。

#### ④有機FETにおけるホール測定と伝導機構の解明

有機トランジスタにおけるホール効果の測定に初めて成功し、有機半導体におけるキャリア輸送は、分子間のホッピングよりも、バンド的な拡散伝導に近いことを、初めて証明した。これは、100年の歴史をもつ有機半導体の歴史の中で、初めての成功である。

ホール効果は、トランジスタチャンネルの電子状態のプローブ法の一つと位置づけると、そのほかのプローブとして、光ポンプNMR、光吸収スペクトル、ESRなどを計画し、その中で、光吸収、ESRなどで成功を収めた。特にESRは外部との共同研究によって世界で始めて、電界効果によって注入されたキャリアのESR観測に成功し、その解析の結果、上記ホール効果から得られた知見と定性的に一致することが明らかになった。

#### ⑤有機半導体への大電流注入効果

C60フラーレン最密充填表面上にSTM探針からパルス的な電圧印加による電流注入の効果を明らかにした。有機トランジスタチャンネル内の最高の電流密度は  $1\text{kA}/\text{cm}^2$  程度であるが、これを一桁上回る電流密度  $10\text{kA}/\text{cm}^2$  の電流をSTM探針からフラーレンに注入すると、電流の拡散に伴って、フラーレンのポリマーリングが形成されることを発見した。現在の有機トランジスタの動作原理は、基本的に無機半導体デバイスの原理に支配されているが、高電流密度領域には、有機材料系特有の現象が存在することを示していることを示す結果である。

さらに、STM探針からの注入電流密度を  $100\text{kA}/\text{cm}^2$  程度に上昇させると、分子1個の蒸発と移動が起こることを発見した。この現象を応用すると、フラーレン1分子を1ビットとする描画(パターニング)が可能であることを示した。高密度電流下でのナノスケールでの分子の化学反応、蒸発などの振る舞いは、分子を用いたプラスチックデバイスの高度化に

新しいベクトルを与えること期待される。

#### ⑥有機FETにおける高密度キャリア蓄積

有機半導体を、トランジスタ構造における電界効果ドーピングのみによって金属化することは、有機半導体の物理学とデバイス科学を飛躍的に進歩させる重要なマイルストーンとなる。そのため、そのための指標はトランジスタチャネルのシート伝導度であり、金属化には  $160\mu\text{S}$  程度が求められるが、現在の  $\text{SiO}_2$  ゲートでは  $3\mu\text{S}$  が達成されている。本研究では、蓄積電荷量を増大させることによって金属化にアプローチすることを目指し、高k材料 ( $\text{BaTiO}_3$ ) と電気2重層ゲートという2つの方法を検討した。ともに、大きなキャリア数の実現に成功したが、特に、電気2重層ゲート法をポリチオフェン薄膜、カーボンナノチューブ1本、ルブレ単結晶など、3種類の材料に適用した。ルブレ単結晶では  $\text{SiO}_2$  ゲートに対し1桁近く多いキャリア密度 ( $5 \times 10^{13}\text{cm}^{-2}$ ) を達成することに成功し、この手法が高密度電荷蓄積に有効であることを実証し、 $\text{SiO}_2$  ゲートの値を上回るシート伝導度を実現した。

### 【2】分子内包カーボンナノチューブ材料の基盤構築

本項では、カーボンナノチューブと分子系の複合系に注目する。カーボンナノチューブの内部空間が空洞で、機能発現に利用できる可能性があることは、フラーレンを内包したピーポッドなどでよく知られているとおりである。本研究では、有機分子、水分子、メタンなどの気体分子など、対象を大幅に拡張して内包化を行うことによって、ナノチューブトランジスタの特性制御法に適用する。

#### ①アイスナノチューブの発見

典型的な単層カーボンナノチューブの内径は約 1nm であり、これは多くの小さな分子を挿入するには十分の大きさである。本研究では、水分子がチューブ内に大量に内包される性質をもつことを見出した。しかも、温度低下によって水分子が、カーボンナノチューブの内側に張り付くようにチューブ状に結晶化する現象を発見した。このチューブは、アイスチューブと命名された。さらに、カーボンナノチューブの直径を系統的に変化させると、内部のアイスチューブの直径が異なる4種類のアイスチューブが得られることを明らかにした。x線構造解析から、これらのアイスチューブは細い方から水分子の5員環、6員環、7員環、8員環から形成されているモデルを提案した。これらのアイスチューブの融点は、直径が細くなるほど上昇し、5員環アイスチューブの融点は 300K となった。これは、世界初の室温常圧氷の発見である。以上の振る舞いは、10nm レベルの直径のメソポア中の水の振る舞いとは全く異なっており、ナノ空間での分子の振る舞いという新しい学問領域の創造につながる非常に稀有な成果となった。

#### ②有機分子内包ナノチューブの開発とFETへの応用

カーボンナノチューブトランジスタの特性制御のため、ドーピング技術の確立が強く求められている。そこで、本研究では気相法によって多様な分子をカーボンナノチューブに導入する計画を立て、これに成功した。有機分子を直接 TEM 観察することは困難であったため、本研究では x 線回折によって分子のチューブ内への内包を確認した。さらに、内包される分子の電子親和力やイオン化エネルギーを変化させると、ナノチューブと分子の間に電荷移動が起こり、チューブに電子も正孔も導入できることが明らかになった。キャリア密度は内包分子の量を制御することによって調整可能である。この性質を単層カーボンナノチューブ1束の電界効果トランジスタデバイスに応用し、その閾値を制御することに成功した。

**まとめ** 以上のとおり、本研究は「ナノクラスターの配列・配向制御」という非常に広いコンセプトを、平面上とナノ空間に適用するという構想のもとに行われ、有機FETにおいては界面制御、カーボンナノチューブにおきては分子内包という、それぞれ顕著な成果をあげ、当該分野におけるデバイス・材料物理の基盤構築に貢献した。本チームは、当該領域の世界的発展に重要な貢献をすることで、国内外にその存在感を示すことができた。

## 2 研究構想及び実施体制

### (1) 研究構想

プラスチックエレクトロニクス、特に有機FETの性能が向上し、実用化の可能性が見えてきたのは前世紀末のことである。それまで、材料開発を担当する化学分野と実デバイス実現を目指す電子工学分野によって、本分野は牽引されてきた。しかしながら、さらなるデバイス性能向上のためには、固体物理的な側面の理解が不可欠であることが認識され始め、この時期を捉えて、本研究はスタートした。そこで、本チームは、ナノスケールの制御された構造をもとにデバイス特性の議論し、当該分野に寄与しようと考えた。そのために、メンバーを、結晶性材料の物性に詳しい、固体物理、ナノ物性、化学の専門家から構成した。目的は、分子、フラーレンなどのナノクラスターを配列配向制御させて集積化することによって新材料・デバイスを作製し、物理的基盤を構築することとした。この目的に合致する研究領域として、大きく分けて以下の2つを設定した。(1)では界面での(2)ではナノ空間での、ナノクラスターの配向・配列制御をもとに、デバイス・材料を構成するものである。

#### (1) 有機FET (岩佐、谷垣、藤原、久保園)

フラーレン、有機系の結晶性薄膜の作製

これを用いたデバイス・材料物理基盤形成、

金属内包フラーレン薄膜を用いた単分子操作によるメモリの実証

これらの基礎となるクラスター固体の物性研究

#### (2) 分子内包カーボンナノチューブ (真庭、岩佐)

フラーレン以外の分子を内包したカーボンナノチューブの合成と物性

分子内包ナノチューブのFETへの適用

を掲げた。研究開始時には、(1)の中にFET超伝導による $T_c$ の上昇という目標も含まれていたが、その背景にあった報告がすべて捏造であることが明らかになったため、超伝導に関する研究はとりやめた。

中間評価が行われた2004年までに、基幹技術として、高易動度薄膜トランジスタ作製技術、単結晶トランジスタ作製技術、SAMsによる界面制御技術、STMを用いた単分子操作技術、分子内包カーボンナノチューブ複合体の合成など、順次導入、開発に成功した。その過程で、有機FETの研究を『デバイス・材料物理の基盤構築』に集約して行くとともに、そこでのキーテクノロジーのひとつが界面制御にあるとみなし、これに大きな力を注いだ。その基盤を基礎にして、具体的なテーマも、n型材料の高易動度化にとどまらず、SAMsによる界面ドーピング、ゲート絶縁体材料の効果、両極性トランジスタ、両極性発光トランジスタの実現などと次々と発展し、有機FETのデバイス物理の理解を格段に深めることができた。さらに、新しいテーマとして、高k材料や電気2重層ゲートを用いたトランジスタの高キャリア蓄積への応用などを開始した。これは、現時点では未完成に終わったが非常に大きな可能性を示唆する成果を得ることに成功した。金属内包フラーレンメモリについては、フラーレンC60を用いて特筆すべき成果が得られたので、メモリという方向性を転換し、有機トランジスタ中で発現しうる物理現象の一つとして位置づけることとした。

一方で、分子内包カーボンナノチューブでは、ナノチューブ内部のナノ空間に分子を配列させることによる機能物質の合成とデバイス応用を目指し、とくに研究開始当時フラーレンに限られていた内包分子を気体分子、有機分子に拡大する研究を展開した。早期から著しい成果が得られたため、後半、その機能性開拓を目指した。具体的には、アイスチューブはガス吸蔵機構の研究へ、有機分子内包ナノチューブ系は、FETへの応用へと展開した。

各グループの分担は以下のとおりである。

岩佐グループ： ナノクラスターの配列・配向制御によるデバイス・材料物性

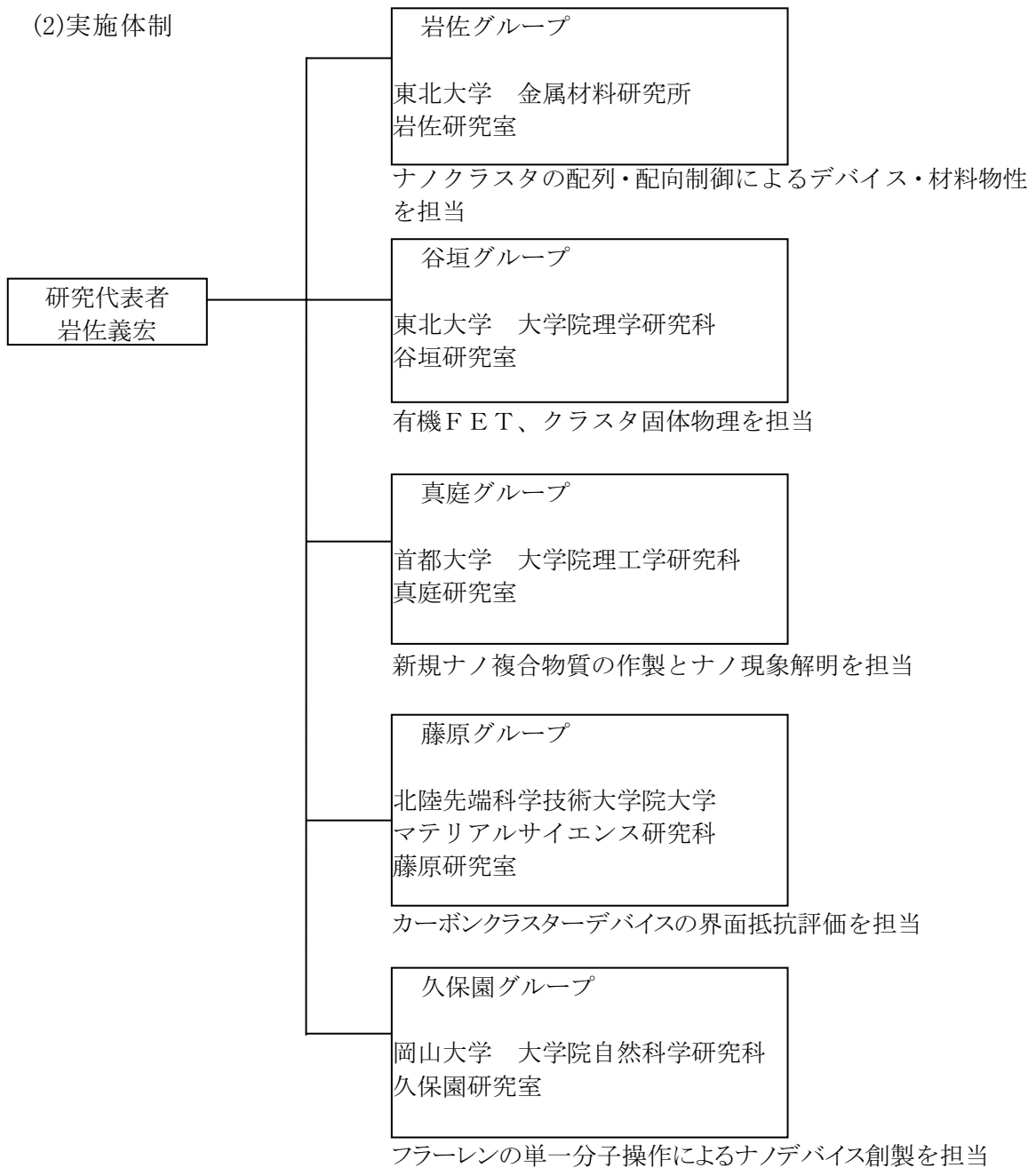
谷垣グループ： 有機FET・クラスター固体物理

真庭グループ： 新規ナノ複合物質の作製とナノ現象解明

藤原グループ： カーボンクラスターデバイスの界面抵抗評価

久保園グループ： フラーレンの単一分子操作によるナノデバイス創製

(2)実施体制



### 3 研究実施内容及び成果

#### 3.1 ナノクラスタの配列・配向制御によるデバイス・材料物性 (東北大学 岩佐グループ)

##### (1)研究実施内容及び成果

岩佐チームは、本研究全体を統括するとともに、有機FETから分子内包カーボンナノチューブにいたるほぼすべての研究テーマに関与した。研究項目を下記に掲げる。

[研究項目]

##### 有機FET

- 研究項目1： n型有機半導体における最高易動度の実現
- 研究項目2： 有機単結晶FETにおける両極性伝導の実現とキャリア注入機構の解明
- 研究項目3： 両極性単結晶発光トランジスタの実現
- 研究項目4： 極性SAMsを用いた閾値電圧制御法の発見
- 研究項目5： 有機FETにおけるチャンネルキャリアの観察
- 研究項目6： 電気2重層トランジスタの有機材料への適用

##### カーボンナノチューブ

- 研究項目7： カーボンナノチューブを用いたフレキシブル透明トランジスタの開発
- 研究項目8： カーボンナノチューブにおける電界誘起非金属-金属転移の実現
- 研究項目9： 有機分子を内包したカーボンナノチューブの開発

以上の項目の中で、本プロジェクトの中心を形成するものは、以下のとおりである。

有機FET 項目2、3、4、5、6                      カーボンナノチューブ 9

[概要]

- 研究項目1： n型有機半導体としてフラーレンに注目し、その易動度  $0.6\text{cm}^2/\text{Vs}$  を達成した。この値は、2003年当時のn型有機半導体の最高値であった。現在の最高値は今年報告された  $5\text{cm}^2/\text{Vs}$  である。
- 研究項目2： ルブレンを代表とする有機単結晶トランジスタに対し、両極性動作を実現し、さまざまな界面の制御がキャリア注入に本質的な役割を担っていることを明らかにした。有機FETのデバイス物理の基礎課程を明らかにした重要な成果である。
- 研究項目3： エアフリーのデバイス作製過程を導入し、発光性単結晶材料のテトラセン両極性化に成功し、初めて有機単結晶を用いた両極性発光トランジスタを実現した。界面制御の有効性を示す象徴的な実験となった。
- 研究項目4： ゲート絶縁体界面に極性をもたせるだけで界面ドーピングが起こり、トランジスタの出力特性の閾値が制御できることを発見した。現在ではこの知見は多くの研究者の基礎知識として浸透している。
- 研究項目5： 有機FETのチャンネルを流れるキャリアの様子をホール効果、ESR、光吸収などでプローブし、その性質を明らかにした。中でもホール効果の測定成功は、100年におよぶ有機半導体研究の歴史の中で初めての事件であった。
- 研究項目6： FETチャンネルに高いキャリア密度を実現するために、電気2重層ゲート法を導入し、ポリチオフェン、カーボンナノチューブ、ルブレ単結晶とさまざまな有機半導体に適用した。この技術を用いると、比較的簡単に  $6 \times 10^{13}\text{cm}^{-2}$  程度のキャリア密度が実現できることが明らかになり、今後、有機材料に限らず様々な材料への応用が期待される。
- 研究項目7： カーボンナノチューブ薄膜を用いて、透明フレキシブルトランジスタのデモンストレーションを行った。ナノチューブFETの出口として大きな可能性



を秘めており、これに関するNEDOプロジェクトにつなげることができた。

研究項目 8 : 多層カーボンナノチューブにおいて、ゲート電圧による電界効果ドーピングによって、非金属的な振る舞いから金属的な振る舞いに移行する現象を発見した。ナノ材料の電子状態をゲート電圧によって変化させた最初のデータである。

研究項目 9 : カーボンナノチューブの内側の空間にさまざまな有機分子を意図的に導入することに成功した。その伝導、光物性を調べることにより、分子とナノチューブの間には電荷移動相互作用が起こることが明らかになり、その性質を使ってナノチューブFETの特性を制御することに成功した。本研究開始当時はフラーレンの内包のみが知られていたが、現在では多種多様な分子がチューブ内に取り込めることが明らかになり、さまざまな応用に発展中である。

[研究内容の詳細]

研究項目 1 : n型有機半導体における最高易動度の実現

半導体デバイス回路にp型半導体n型半導体ともに必要となることは、有機材料も無機半導体と変わらない。有機材料の場合は、ドーピングによる制御ができないため、p型、n型半導体として別の材料で検討されてきた。空気中で安定なp型材料は、ペンタセンで1997年に $1\text{cm}^2/\text{Vs}$ を超える値が報告されていたが、空気中での安定性の悪いn型は本研究開始の2001年でも、 $0.1\text{cm}^2/\text{Vs}$ と一桁以上低い値にとどまっていた。バンド計算によると、正孔、電子の易動度が桁で違うことは考えにくい。そのため、n型材料の易動度が低い原因はデバイス作製評価プロセスにあると考え、MBEによる薄膜成長と伝導特性のその場観測を行うことによって、n型材料のポテンシャルを確認することを目指した。材料としては、フラーレン $\text{C}_{60}$ を選んだ。その結果、易動度が従来値の約8倍、 $0.6\text{cm}^2/\text{Vs}$ と得られた(図1.1)。この値は、同時期に報告されたPTCDAと呼ばれるn型有機半導体の易動度と並んで、n型有機半導体の最高値となった(2003年時点)。この研究が刺激になり、n型半導体の発展は続き、現在では、 $\text{C}_{60}$ で $5\text{cm}^2/\text{Vs}$ という極めて高い易動度も報告されるようになった。

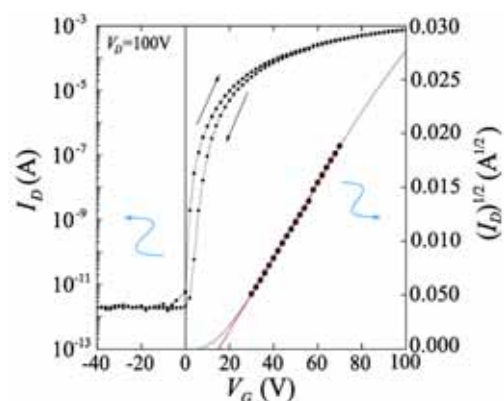


図 1.1 C60 薄膜FETの伝達特性。 $\mu \sim 0.6\text{cm}^2/\text{Vs}$ というn型有機半導体として最高の易動度が観測された。

研究項目 2 : 有機単結晶FETにおける両極性伝導の実現とキャリア注入機構の解明

有機半導体研究の歴史は、100年になろうとしているが、最近の有機エレクトロニクス、特にFETの観点から見た場合の、デバイス動作機構、キャリアの伝導・トラップ機構などの基礎物性的理解は、非常に未熟な段階にあると言える。たとえば、有機半導体におけるキャリア符号あるいはFETの動作モードは、ドーピングによって決定されるのではなく経験的に決められている。本項目では、ルブレンと呼ばれる有機半導体の単結晶を用いてFETを作製し、電極材料、ゲート絶縁体材料をさまざまに変化させることによって、両極性FET動作を実現した。その結果、意図的ドーピングなしに真性半導体として使用される有機半導体のキャリアのその決定要因は以下のとおりである。

- ①電極金属と有機半導体の仕事関数の整合
- ②電極/半導体界面におけるトラップ準位を介したキャリア注入、

③ゲート絶縁体／半導体界面のキャリアトラップ

① 従来金電極を用いてp型動作をすることで知られていたルブレ単結晶FETは、MgからCaへと仕事関数の小さな金属へと電極金属の種類を変化させると、順次両極性からn型に変化してゆくことを明らかにした。この現象から、有機半導体はフェルミ準位のピンニングが小さく、ショットキー極限に近い材料であることがわかる。すなわち、有機材料はSiやGaAsとは異なり、本質的にダングリングボンドが存在しないため、イオン結晶やカーボンナノチューブに近い材料であることが明確にされた。

② さらに、本研究では、本来ホール注入に都合のよい金や銀という非常に大きな仕事関数を有する電極からも、ルブレ半導体に電子が注入されるという新しい現象を発見した。図1.2に示すように、SiO<sub>2</sub>ゲート絶縁膜では従来どおりp型動作しか現れないが、PMMA高分子をコートすると、真空下でのみで電子電流が現れ、両極性伝導を示すようになる。本結果は、仕事関数のマッチングが取れていない場合でもキャリアの注入は可能であることを示している。注入されたキャリアが伝導に寄与できるかどうかは、ゲート絶縁膜の状態に依存することが明らかになった。すなわち、ゲート絶縁膜の選択が、キャリアの伝導に本質的に重要なのである。本研究ではPMMAがもっとも電子伝導の特性を上げる上で有効な材料であることを見出した。しかも、図1.2で明らかなおと、電子伝導は真空下でのみ発現していることから、界面や結晶中に残留する酸素や水分子が電子のトラップ中心として重要な役割を果たすことも明らかである。

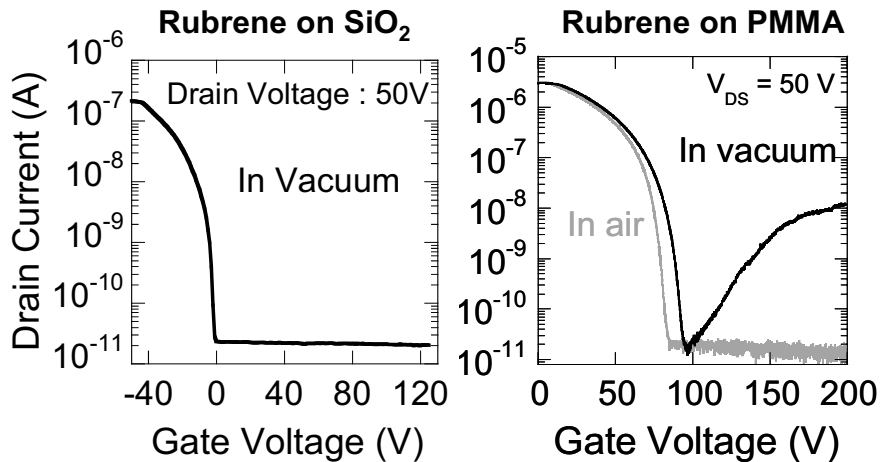


図 1.2 さまざまな条件下での、ルブレ単結晶FETの伝達特性。

③ ルブレ／金の場合の電子注入に対しては、仕事関数の不整合が大きく、ショットキー障壁は2eV以上になると考えられる。このような場合の注入は、ショットキー障壁の小さいホール注入の場合と大きく異なることが期待される。この違いは、単結晶デバイスの出力特性をみると明らかになる。

図1.3のように、pチャネルモードでは線形的な特性が、nチャネルモードでは極めて非線形性の強い特性が得られることがわかる。このような電子と正孔の非対称性は、図2のエネルギー図から予想される自然な結論であるが、この特性は従来、薄膜デバイスでは見られず、電子と正孔の注入特性は対称的であった。欠陥の少ない単結晶デバイスとの対比から、ショットキー障壁の大きな電子注入には、欠陥準位が重要な役割を果たしていることが推察される。実際、デバイス作製プロセスの改良により、ほとんど欠陥のない金電極／半導体界面を作製した場合、電子注入はまったく起こらなくなる。この結果も、大きなショットキー障壁を越えたキャリア注入には、欠陥準位を介したトンネル過程が重要であることが示唆される。

両極性伝導は、フェルミレベルピンニングが弱く、且つドーピングなしで用いる有機FETの特徴である。しかしながら、その注入機構が物理的に議論されることはなかった。上

記のような注入過程の解明には、本研究で採用した単結晶FETと電極界面の制御が本質的に重要な役割を果たした。

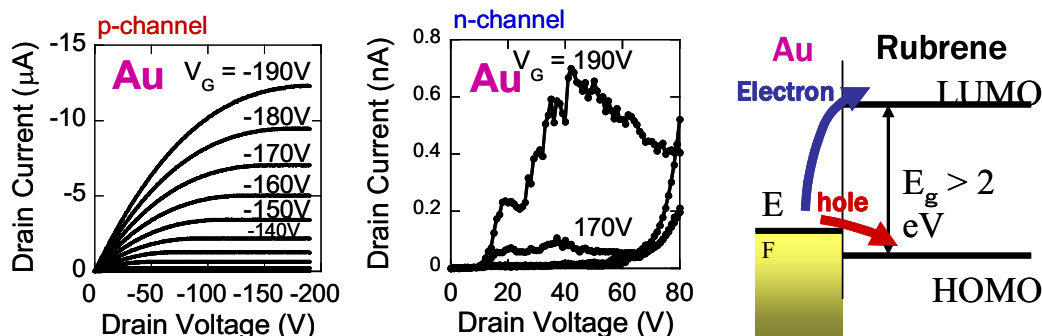


図 1.3 金電極／ルブレネ／PMMAを用いた有機FETのpチャンネルとnチャンネルモードの出力特性と、エネルギーダイアグラムの模式図。仕事関数が整合していないチャンネルモードは、注入はされるが非線形性の大きい出力特性となっている。

### 研究項目3. 両極性単結晶発光トランジスタ動作の実現:

我々は研究項目2において両極性動作を実現した。これは、有機トランジスタにおいて有機・絶縁体界面および有機・電極金属界面が、キャリア蓄積・キャリア注入に本質的な役割を担っている事を明らかにした結果である。これら界面の役割を正しく理解し、さらに積極的に制御する事によって、両極性動作を引き出すのに成功した。本項目においては、このような手法を更に発展させ、両極性動作を用いて電子・正孔を同時に有機単結晶内に蓄積・注入し、単結晶内でのキャリア再結合および発光現象の発現を試みた。両極性伝導だけではなく、フェルミ準位のピン止め効果が弱く、直接ギャップを有する材料でのみ実現可能であり、有機材料に特徴的な現象だとも言える。

両極性トランジスタは、文字通り両キャリアの蓄積・注入・伝導が可能なデバイスであり、通常はどちらか一方のキャリアを伝導させる。この両極性トランジスタのソース・ドレイン電極に異なる符号の電圧を印加すると、電子および正孔を同時に蓄積・注入・伝導させる事が可能となり、化学的なドーピングを行うことなく材料内にPN接合を実現できる(図1.4)。この時、半導体部分に発光効率の高い材料を用いる事に成功すれば、発光トランジスタを実現できる。そこで、テトラセン分子に注目して研究を行った。テトラセン分子は、高い発光効率とキャリア易動度を併せ持つ材料である。また、光伝導の実験からも両極性伝導が確認されている材料である。しかしながら、これまでに単結晶および薄膜トランジスタにおいてテトラセン両極性トランジスタは報告されておらず、実験当初は多くの困難を要した。結果的には、テトラセン結晶が大気に対して高い反応性を持っており、大気中で急速に高密度な電子トラップが形成させる事を見出した。その上で、単結晶作成からデバイス評価までを嫌気下で行うことによって結晶表面でのトラップ形成を抑え、同時にトラップフリーなPMMA絶縁膜を用いた。さらに高キャリア注入を実現するため、高仕事関数の金電極と

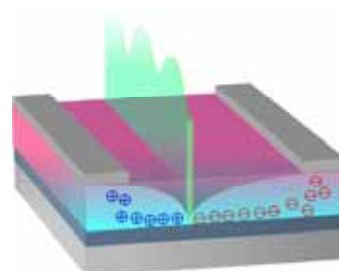


図 1.4 発光トランジスタの概念

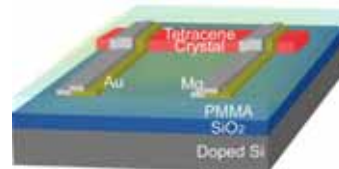


図 1.5 テトラセンFETの模式図

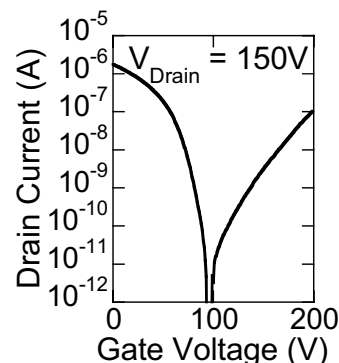


図1.6 テトラセンFET伝達特性

低仕事関数のマグネシウム電極を非対称に形成し、高特性テトラセン単結晶両極性トランジスタの作製に成功した(図 1.5、1.6)。また、ソース・ドレイン電圧に逆符号の電圧を印加し、世界で初めて単結晶トランジスタからの発光を観測した(図 1.7)。両極性発光トランジスタは、電極から注入されるキャリアのバランスが電圧条件により可変である。そのため、PN 接合の電極からの距離、つまりは発光点を任意の場所に設定出来る。このような単結晶発光トランジスタは、単結晶特有の高易動度が高いキャリア密度を実現し、同時に発光点の任意性によりエキシトンの電極近辺での失活を押える事が出来るため、将来のレーザートランジスタ実現の観点からも非常に興味深いデバイスである。

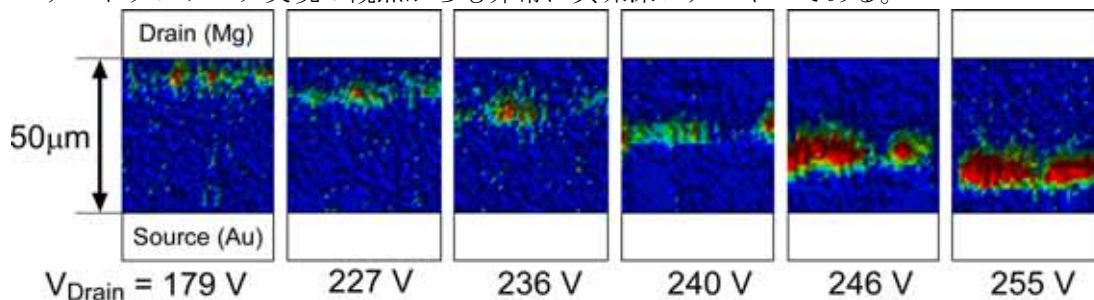


図 1.7 テトラセン単結晶トランジスタからの発光観察

#### 研究項目 4 : 極性SAMsを用いた閾値電圧制御法の発見

有機FETにおけるキャリア符号の決定という根本問題が項目3、4で明らかになったので、次にはデバイス特性の制御技術を導入する必要がある。Si-MOSFETでは、精密な置換型ドーピングがこの役割を果たすが、有機デバイスでは単純なドーピングは必ずしもよい結果をもたらさない。われわれは、SAMs(自己組織化単分子膜)を用いた界面ドーピングという概念を導入し、FETの重要なパラメータである閾値 $V_{th}$ の制御にこれを応用した。有機半導体とSiO<sub>2</sub>絶縁体界面に挿入されるSAMs(図1.8)は、有機トランジスタの動作を安定化させたり、易動度を向上させる働きがあることが知られていたが、本研究で初めて極性を有するSAMsを用いることによって、閾値を制御することが可能であることが明らかになった。

図1.9は、p型FET特性を示すペンタセンの伝達特性である。極性の異なるSAMsを用いることによって、特性がシフトしていることがわかる。これは、極性をもったSAMsが一樣電界を伝導チャンネルに及ぼすため、ゲート電圧を外部から印加しなくてもゲート電圧がかかってキャリアがドーピングされて(あるいは脱ドーピングされて)いるのと等価な状態になり、伝達特性のシフトが起こるのである。特筆すべき点は、ドーピングが界面のみに集中して起こるため、オンオフ比が劣化することがない点で、この点がバルクドーピングにはない大きな利点である。本研究は、易動度の向上と特性の安定化に

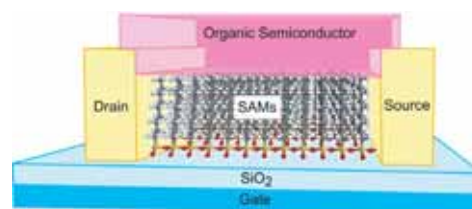


図 1.8 有機半導体とSiO<sub>2</sub>ゲート絶縁膜にSAMsを挿入したトランジスタの模式図。極性を有するSAMsを用いた界面ドーピングによって閾値制御を実現した。

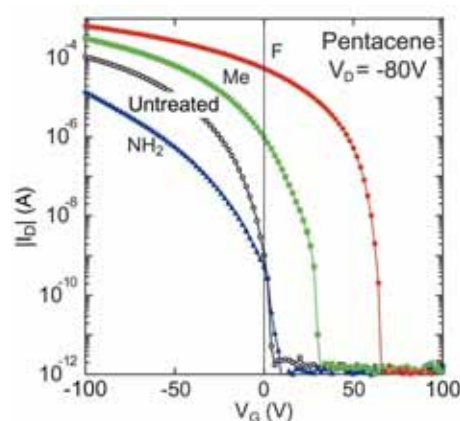


図 1.9 極性を有する有機アルキルシランSAMを用いたペンタセン薄膜トランジスタの伝達特性。SAMの極性の変化によって特性がシフトすることがわかる。



終始していた当該分野を、デバイスパラメータの制御という概念を持ち込むとともに、現在では、極性基あるいは永久双極子の導入は、閾値の制御の有用な方法として確立されている。

SAMsによる界面修飾の更なる可能性を示唆する結果として、 $C_{60}$ -FETの両極性動作を見出した。従来典型的なN型半導体として知られていた $C_{60}$ において、フッ化アルキルシランSAMs修飾によってホール電流が流れ、両極性動作が発現することが明らかになった(図1.10)。界面双極子による伝達特性に加えて、金電極における付着したSAMsが電極の仕事関数を変化させた結果、ホール伝導が可能になったことを示唆している。

極性SAMsによる有機FETの効果は、単結晶FETにおいても確認された。本研究は、界面双極子がFET特性を制御する手法に使用できることをしめした世界初の成果である。

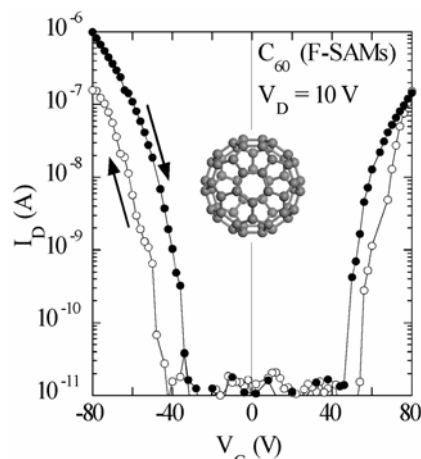


図 1.10 フッ化アルキルシランSAMsで修飾された $C_{60}$ 薄膜FETの伝達特性

#### 研究項目5：有機FETにおけるチャネルキャリアの観察

有機FETの動作機構の解明には、典型的なデバイス特性だけではなく、他の方法によって伝導チャネルの振る舞いをプローブする必要がある。本研究では、

- ① ホール効果、② 電子スピン共鳴、③ 光吸収

の3通りの方法を試み、これに成功した。特に①②から得られる重要な知見は、有機トランジスタにおける伝導は、局在性の強い分子間のホッピングではなく、遍歴性の強い拡散型のバンド伝導であるということである。1970年代から盛んになった有機伝導体、有機超伝導体のように伝導性の高い有機物質においては、バンド伝導が早い段階で確かめられている。一方で、キャリアがほとんどいない有機半導体の場合、キャリアが強い電子格子相互作用の影響を受け分子上に強く局在したスモールポーラロンとなるのか、それとも波動関数の広がったバンド伝導なのかは自明ではない。とくに、デバイス志向の強い有機FETの研究はほとんど多結晶薄膜に対して行われていたため、本質的な伝導と外因的な伝導を区別することができない状態にあった。

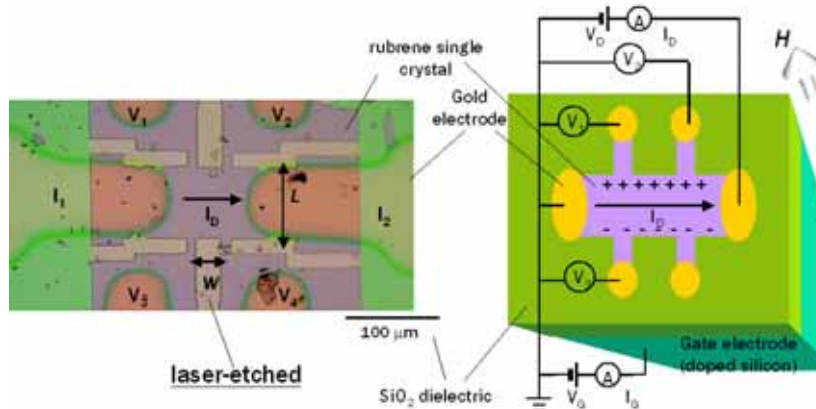


図 1.11  
左：ルブレン単結晶のホールバーデバイス。レーザーエッチングによって作製。  
右：ホール効果測定配置図

- ① ホール効果：本研究で用いたホールバーに加工されたルブレン単結晶デバイスの写真を図1.11に示す。このデバイスによって、定量性の高いデータを得ることができた。図1.12にホール係数から求めたキャリア数(赤丸)のゲート電圧依存性を示す。黒い破線はFETのキャパシタンスも出るから予想されるキャリア数のゲート電圧依存性であるが、

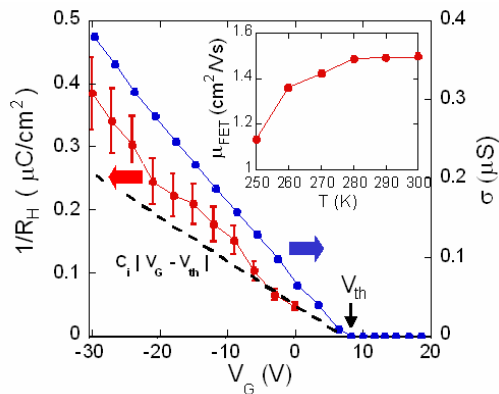


図 1.12 ホール効果から求めたキャリア数と、キャパシタンスも出るから予想されるキャリア数（黒い破線）のゲート電圧依存性。青い点はチャネル伝導度。

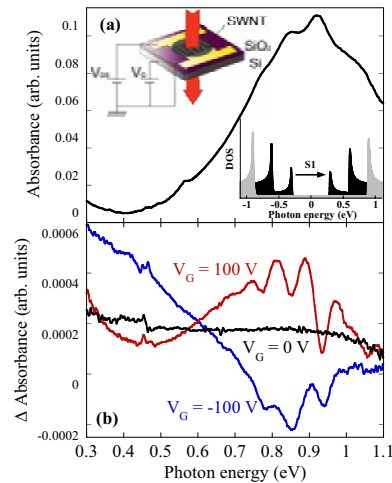


図 1.13 カーボンナノチューブ薄膜の、(a)トランジスタの吸収スペクトルと、ゲート誘起吸収スペクトル。

重要な結論は、ホール効果によるキャリア数の直接測定値と、キャパシタンスによる予想値がほぼ一致することである。このような定量的な一致は、キャリアがバンド的に伝導しホール電圧に寄与しない場合には起こりえない。ホール効果の測定に初めて成功し、有機半導体におけるキャリア輸送は、分子間のホッピングよりも、バンド的な拡散伝導に近いことを、初めて証明した。

このホール効果の測定は、前世紀初頭から開始された100年にも及ぶ有機半導体の歴史の中で、初めての成功である。

② ESR： ゲート電圧によって誘起されるキャリアは  $S = 1/2$  のスピンを有している。このスピンをESR測定で検出する実験に、ペンタセン薄膜FETを用いて、世界で始めて成功した。ESR信号の線幅やg値からキャリアの広がりを見積もるとペンタセン10分子程度に広がっていることがわかった。この傾向は、上記ホール効果からの知見と定性的に一致しており、分子に強く局在したキャリアモデルはこの時点で明確に否定されたことになる。

③ 光吸収： ゲート電圧によってキャリアが導入されると、赤外領域にキャリアのドローデ応答が現れることが期待される。本研究では、カーボンナノチューブ薄膜トランジスタを用いてその観測に成功した。図 1.13(b)のスペクトルではゲートによりホールをドーブ、及び脱ドーブした際の赤外吸収の変化が観測されるとともに、バンド間遷移領域でのシフトも観測されている。

以上のように、本研究で初めて成功、あるいは導入されたデバイス特性以外のチャネルキャリアのプロブは、今後のデバイス物理の研究に不可欠なツールになると期待される。

#### 研究項目 6： 電気二重層トランジスタの有機材料への適用

有機FETは、デバイスへの応用だけではなく、有機物質の電気物性の研究手段としても注目されている。その理由は、キャパシタ構造による電界効果ドーピングにより、有機物質のキャリア量を、連続的・可逆的・非破壊・in

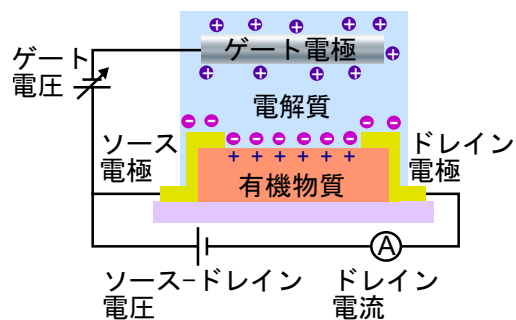


図 1.14 電気二重層ゲートFETの模式図

*situ*に制御し、その伝導特性を測定できるからである。しかし、FETで誘起されるキャリア量は、ゲート絶縁層の誘電率と絶縁破壊電場によって制限されており、よく用いられているSiO<sub>2</sub>絶縁膜では1 nm<sup>2</sup>あたりのキャリア数は0.1~0.2個程度しかない。これは、有機物質の金属-絶縁体転移などの電子相転移の研究を行うためには不十分である。この限界を超えるために、これまで高誘電率材料をゲート絶縁層に用いる研究が行われてきたが、絶縁破壊電場の大きい高品質な絶縁膜を作成するのは容易ではない。

本研究では、誘起キャリア数の増大という課題に対して電気化学によるアプローチをとった。これは、大量の電荷を小電圧で蓄積できる電気二重層キャパシタの原理をFETに応用したものであり、図1.14のような素子構造を持つ。ゲート電圧は従来のFETと異なり、電解質を通して印加され、有機物質表面の電荷と電解質のイオンが電気二重層キャパシタを形成することによりキャリアが誘起される。この手法の特長は、約1 nmの非常に薄いギャップを持ち、絶縁耐圧の高い(~30 MV/mm)キャパシタが自動的に形成される点である。これにより、最大でSiO<sub>2</sub>ゲートの10倍の1 nm<sup>2</sup>あたり1.7個のキャリア蓄積が期待される。この手法を①ルブレ単結晶、②1本のカーボンナノチューブ、③ポリ(3-ヘキシルチオフェン)に適用した。

#### ① ルブレ単結晶

わずか1 Vのゲート電圧でSiO<sub>2</sub>ゲートの最大値(3 μS)を超える4 μSのシート導電率が得られた(図1.15)。また、キャパシタンス測定の結果から、SiO<sub>2</sub>ゲートを大きく超える最大で1分子当たり0.3個のキャリアの蓄積が達成されたと見積もられた。これにより、電気二重層ゲートFETが高濃度キャリアドーピングと、それによる金属-絶縁体転移を目指す手法として有効であることが示された。

#### ② 1本の単層カーボンナノチューブ(SWNT)

SWNT FETでは、電極との界面近傍にできるショットキー障壁が抵抗を支配していることが知られている。この障壁はゲート絶縁層が薄いほど大きく変調されるため、ナノメートルスケールの絶縁層を持つ電気二重層FETでは、厚さ200 nmのSiO<sub>2</sub>ゲートに比べて非常に大きな導電率の変化が得られた(図1.16)。障壁の抵抗が十分小さくなった結果、SWNTの1次元性に由来する、伝導度がゲート電圧により階段状に増加する現象(マルチサブバンド伝導)が現れた。

#### ③ ポリ(3-ヘキシルチオフェン)薄膜

有機溶媒系電解質を用いてゲート電圧を印加すると、電気二重層による電荷蓄積ではなく、イオンが薄膜内に侵入する電気化学ドーピングが生じた。同一薄膜のSiO<sub>2</sub>ゲートFET特性と比較すると、低濃度ドーピング領域では易動度が2ケタ低い、高濃度領域では同等の易動度を示した(図1.17)。この実験は、ドーパントイオンのクーロンポテンシャルがキャリアの伝導に与える影響を明らかにした。この結果は、ドーパされた導電性高分子の伝導特性の研究に新しい光を当て、すぐに理論研究によるフォローがなされた(V. I. Arkhipov *et al.*, *Phys. Rev. B* 72, 235202 (2005), 図1.18)。それによると、

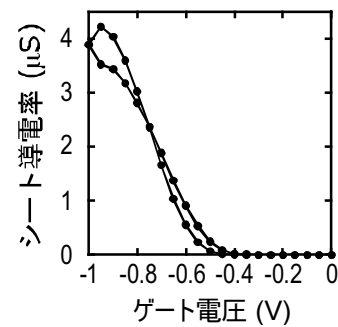


図 1.15 ルブレ電気二重層ゲートFETの伝達特性

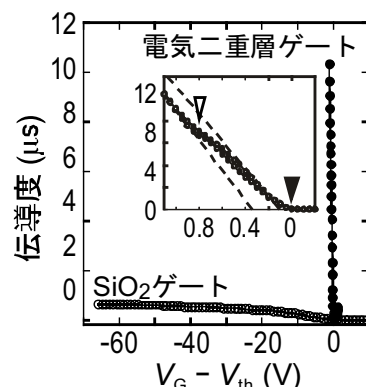


図 1.16 同一のSWNT FETを用いた電気二重層ゲートとSiO<sub>2</sub>ゲートの比較。V<sub>G</sub>:ゲート電圧, V<sub>th</sub>: 閾値電圧. インセット: 電気二重層ゲートの拡大図. ▼・▽は、第1・2サブバンドの伝導が始まった電位を示す。

ドーパントのクーロンポテンシャルを考慮するだけで、電解質ゲートと SiO<sub>2</sub> ゲートの両方の特性が同じ式でフィッティングでき、未解明であった易動度のドーパ量依存性の原因の解明に大きな一歩となった。

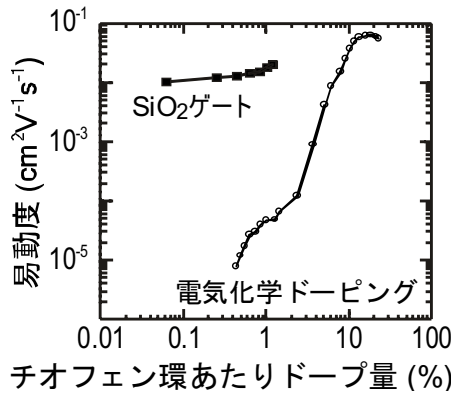


図 1.17 ポリ(3-ヘキシルチオフェン)中のキャリアの易動度のドーパ量依存性.

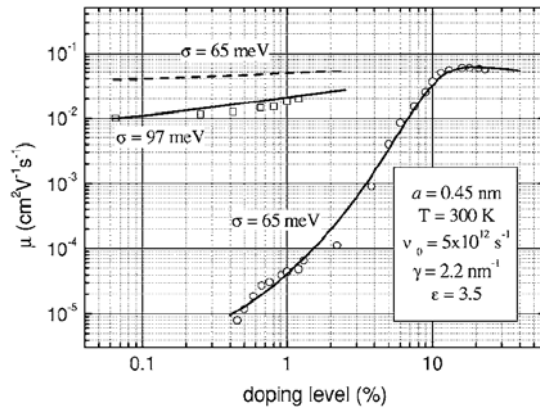


図 1.18 ドーパントのクーロンポテンシャルを考慮に入れた式によるフィッティング.

研究項目7. カーボンナノチューブを用いたフレキシブル透明トランジスタの開発:

カーボンナノチューブは、非常に高いキャリア易導度と電気輸送特性を併せ持つため次世代のエレクトロニクス材料、特にナノエレクトロニクス材料として注目されている。その一方で、ナノエレクトロニクスを実現するには多くの困難が解決されていないのが現状である。そこで、カーボンナノチューブを有機薄膜トランジスタ同様にマクロスケールのエレクトロニクス材料として用いる試みが、近年活発になっている。特に、ナノチューブは共有結合で形成された強固な骨格構造を有しているため、単にトランジスタ特性だけでなく高いフレキシビリティも期待出来る。加えて、金属ナノチューブのナノ構造と高い電気輸送特性に注目して、極薄膜を用いた透明電極応用も注目されている。本研究項目では、ナノチューブの高キャリア易動度・フレキシビリティ・さらに高電気輸送特性に注目し、フレキシブル透明トランジスタの作製を試みた。

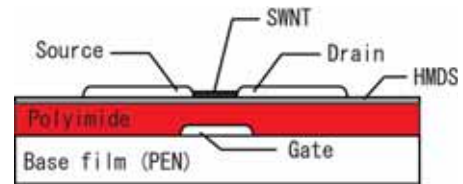


図 1.19 トランジスタの模式図



図 1.20 トランジスタの写真

具体的なデバイス構造を図 1.19 に示す。基板には、プラスチック基板 (PEN: polyethylenenaphthalate) を用い、ゲート絶縁体にもポリマー絶縁体 (Polyimide) を用いている。電極は透明酸化物金属 (IWO: (In,W)<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (W:1%)) を用いている。図 1.20 を見て頂ければわかるように高い透明性を有しており、光透過スペクトルを測定した結果、可視域での透過率は平均して 80%程度と十分な透明度であった。加えて、湾曲実験を行った結果 (図 1.21) 極率半径が 7.5mm まで湾曲させてもトランジスタ特性が全く変化しない極めて高いフレキシビリティを示した。このように、フレキシブル透明ナノチューブトランジスタは、高いデバイス特性・透明度・フレキシビリティ

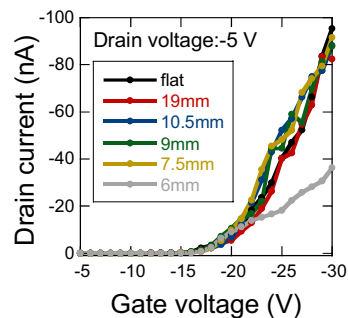


図 1.21 湾曲時の伝達特性 (数値は極率半径)



一を有していることが明らかとなり、応用を目指した今後の研究が期待される。本研究項目は、平成 18 年度 NEDO 産業技術研究助成事業へと発展し更なる研究が行われている。

#### 研究項目 8： カーボンナノチューブにおける電界誘起非金属—金属転移の実現

F E T デバイスを物理的に研究する上で、興味深いターゲットのひとつはゲート電圧印加による電子状態の変化である。この目的のために、項目 6 で、電気 2 重層ゲート法を導入した。とは言え、F E T により蓄積される電荷量は決して多いものではないので、大きなギャップを有する半導体や絶縁体に電子相転移を期待することは現状ではまだできない。しかし、エネルギーギャップがもともと小さい、あるいはほとんどないような物質を選べば電子状態の変化をゲート電圧だけで誘起できる可能性がある。本項目では、多層カーボンナノチューブに注目して、そのゲート効果を調べた。

多層カーボンナノチューブは本来金属的な伝導が期待されるが、現実には、伝導度  $G$  が温度のべき乗 ( $G \propto T^\alpha$ ;  $\alpha \sim 0.6$ ) で減少する非金属的な温度変化を示すことが知られている。この原因について、クーロン相互作用によるキャリヤ局在 (朝永-Luttinger 液体) または乱れによる局在の 2 つのモデルが提唱されているが、最終的な結論は出ていない。われわれは、この多層ナノチューブにゲートを印加してキャリヤ数を増加させると、アルファの値が減少しほとんど零になり、温度依存性のない金属的な伝導に移り変わることを発見した (図 1.22)。この現象は、カーボンナノチューブにおいて局在一非局在転移を、ゲート電圧で誘起できたことを示している。

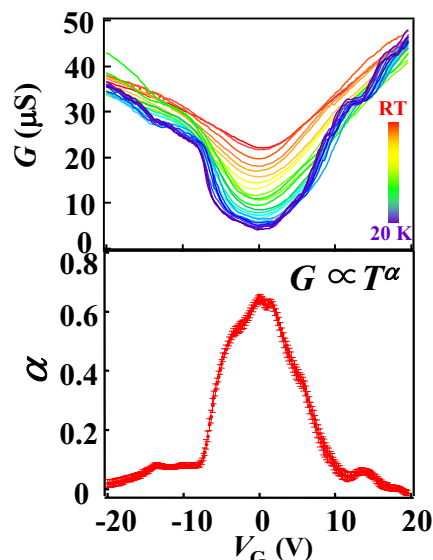


図 1.22 (a) 各温度での伝導度 ( $G$ ) と  $V_G$  の関係、(b) 温度依存性より見積もった  $\alpha$  の  $V_G$  依存性

#### 研究項目 9. 有機分子を内包したカーボンナノチューブの開発:

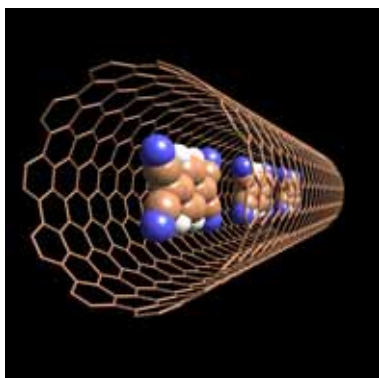


図 1.23 有機分子を内包したナノチューブの模式図

単層カーボンナノチューブ (SWNT) は、グラファイトの一層に相当するグラフェンシートを筒状に丸めた材料である。そのため、それ自身がナノ材料であると同時に、極めて均一なナノスケール空間を内部に持った稀有な材料である。この内部空間は、SWNT 発見直後から注目されており様々な試みが現在までに行われている。その最たる例は、フラーレンを内包したピーポッドである。ピーポッドの華々しい成功の後、その大量合成方法が確立されると同様の手法を用いて多くのナノスケール材料の内包が報告されるようになった。これらナノスケール材料を内包した SWNT は非常に興味深い新奇物質群であるが、SWNT の物性を大幅に変調するには至っていなかった。そこで我々は、SWNT との相互作用が期待できるアクセプターやドナーとして知られる分子をナノチューブへ内包させ、その電子状態の変化

を探ることにした (図 1.23)。さらに、このような電子状態の変調方法をトランジスタ特性の制御方法にまで展開している。また、本研究項目も平成 18 年度 NEDO 産業技術研究助成事業へと発展し更なる研究が行われている。

### ① 合成と物性

まず、アクセプターもしくはドナーとして知られる様々な有機分子の内包を試みた。合成方法は、既に確立されていたピーポッドの合成方法を参考にし、SWNT と有機分子を高真空下でガラス管に封入し、その後 有機分子の昇華温度でアニールする方法を用いた。この方法により、ガラス管内で昇華した有機分子は、欠陥等より SWNT 内に進入し自然と内包ナノチューブが合成される。有機分子の内包は、X線解析実験を通して確認した。通常、SWNT は束構造を形成しており、そのため二次元三角格子を反映したX線解説パターンが観測される (図 1.24)。特に、図 1.24 において強度が最も強い  $Q \sim 0.4 \text{ \AA}^{-1}$  に位置するピークは、指数(10)に相当するピークであり、このピークはチューブ内外の環境の変化に極めて敏感である事が知られている。詳細な説明は割愛するが、チューブ内に物質が内包されると(10)ピークの強度が急激に減少し、チューブ間の空間に物質が吸蔵されると逆に強度が増加する事が明確に示されている。図 1.24 に、アクセプター ( $\text{C}_{12}\text{H}_4\text{N}_4$ 、TCNQ) とドナー ( $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{Se}_4$ 、TMTSF) を反応させた SWNT のX線回折パターンを示した。図 1.24 から明瞭にわかるように有機分子を反応させた場合も(10)ピークの強度が減少している事より、チューブ内に有機分子が内包されていることを示している。また、内包された事を前提に行った強度計算(実線)とも非常に良く一致しており、分子が内包されている事を示している。その上で、内包分子と SWNT の相互作用を光吸収実験から調べた。SWNT には、一次元 van Hove 特異点による状態密度の発散があり、その状態間の光学遷移に伴う励起子吸収により、近赤外から可視域に特徴的な吸収構造が確認される。図 1.25 に典型的なナノチューブ薄膜の光吸収スペクトルを示した。本試料においては  $0.6\text{eV}$ 、 $1.2\text{eV}$ 、 $1.8\text{eV}$  の三本の吸収ピークが見える。最初の2本が半導体的チューブの光学遷移に、3本目が金属的チューブの光学遷移に対応する。有機分子を内包すると  $0.6\text{eV}$  の半導体的チューブに起因する吸収ピークの強度が減少しドルーデ吸収が増加しているが、それ以外は大きな変化が見られない。このような吸収スペクトルの変化は、キャリアドーピングによるフェルミ準位近傍の状態密度の変化でよく説明できる。吸収スペクトルの形状がほとんど変化していないため、TCNQ とナノチューブ間には強い相互作用は働いておらず、リジットバンド的にキャリア数だけが変化していることがわかる。同様の傾向はドナー分子でも確認され、分子を選択する事によって電子・ホールを自由にドーピング出来る事が明らかとなった。

### ② FET特性制御への応用

ここまでの結果でわかるように、有機分子とナノチューブの化合物は、安定相が存在する通常の結晶と異なり内包もしくは吸着している有機分子の数によってキャリア数が決定される。そのため、化学的なドーピングには珍しく連続的なキャリア数制御が容易に行える。特に、液相での反応方法は極めて制御性が良い事が、光吸収の実験から明らかになった。具体的には、有機溶剤 (例えば二硫化炭素) に有機分子を溶解させ、この有機分子溶液をナノチューブに滴下乾燥させるという、極めてシンプルな方法である。そこで、本手法を用いたトランジスタ特性の制御を試みた。

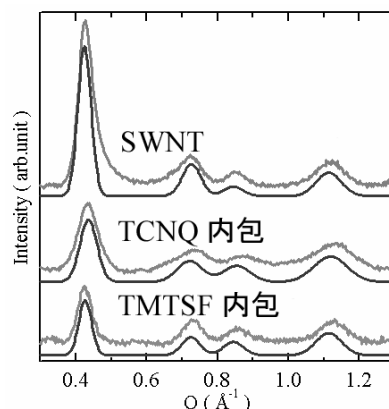


図 1.24 SWNT および分子内包 SWNT の X 線回折パターン 実線は理論計算の結果

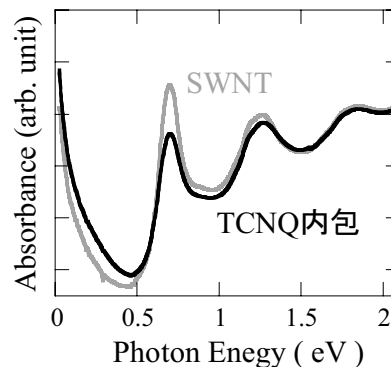


図 1.25 SWNT および分子内包 SWNT の光吸収スペクトル

一束のナノチューブバンドルによって作製したトランジスタに対して、上述のドーピング方法を適応した。図 1.26 の挿入図にトランジスタの走査型電子顕微鏡写真を示す。トランジスタは、ゲート電極の電圧 ( $V_G$ ) によってソース・ドレイン電極間の電流量 ( $I_D$ ) を変化させる素子であるが、所望の特性を持たせるには  $I_D$  電流が増加する  $V_G$  電圧 (しきい値電圧) をいかに制御するかが重要である。通常、しきい値電圧の制御にはドーピングを用いるの一般的であるため、ナノチューブトランジスタでも低濃度でのキャリア数制御可能なドーピング方法が望まれていた。図 1.26 に、液相ドーピングによるナノチューブトランジスタ特性の変化を示した。ホールドーピングとともにしきい値電圧が連続的に変化しているのがわかる。また、しきい値電圧の変化からドーピングされたキャリア密度の見積が可能であり、光吸収の結果と非常によく一致する。この実験によって有機分子によるドーピング方法の電子デバイスへの有用性を示され、今後はより応用的な発展が期待される。その為、平成 18 年度 NEDO 産業技術研究助成事業へと発展し更なる研究が行われている。

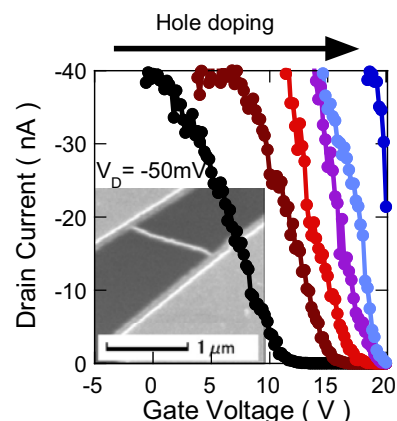


図 1.26 SWNT-FET の電子顕微鏡像

## (2)研究成果の今後期待される効果

岩佐グループは、本プロジェクトのリーダーとして、有機FETを中心に、内包ナノチューブとそのFETなどテーマのほぼ全般に係った研究を行った。われわれは、本研究全般を通し、物理、材料の基盤構築に力を注いだ。デバイスにおける基礎物理的研究には、実用化への貢献とデバイスを用いた新しい学理の探求という2つの方向性が考えられる。

まず、実用化を意識した方向性について述べる。本チームでの実用化とは、現時点での有機デバイスの商品化に直接貢献することを意味するわけではなく、有機FETの基礎的問題に横たわる界面問題を理解することによって、FETに限らない次世代の機能性デバイス提案の基盤たることを意味する。本研究で明らかにしてきた界面制御の問題は、今後とも有機デバイス全体にとって重要な問題になり続けることは疑いがなく、本グループの集積した知見は、有機FETはもちろん他のデバイスにも応用可能であると期待される。そのため、2006年度新規に立ち上がったJST-CREST堀池領域で採用された塚越プロジェクトに、分担者として参画させていただくことになった。本研究の知見をベースに有機デバイスの高度化を目指した研究を展開する予定である。

一方、カーボンナノチューブにおいて蓄積してきた内包技術と、薄膜FET作製技術をベースに、印刷技術を用いたナノチューブ薄膜FET作製を目指した NEDO 産業技術研究助成事業を 2006 年度から竹延助手を中心にスタートさせた。ナノチューブは有機材料にない安定性を持っているため、プラスチックエレクトロニクス用材料として、有機とは一味違ったアプローチを取って進めるべきと判断したためである。ナノチューブと有機材料のデバイス学理は、非常に類似する部分が多く、お互いの相互作用によってより進化をとげ、将来のプラスチックエレクトロニクスへの貢献ができるに違いないと期待している。

一方、新しい学理の探求の側面について述べる。SiやGaAsのデバイスの基礎研究から量子ホール効果などの物理の新領域が開けたのは周知のとおりであるが、有機デバイス研究においても、従来の半導体とは異なる物性物理のお宝が潜んでいる可能性がある。というよりも、デバイスの進化が進むと、それまで隠れていた材料のポテンシャルがあらわになってそこから新しい学問領域が開けることは十分に期待できる。それだけではなく、より広くデバイス材料を眺めた場合、有機材料とのマッチングのよさそうな材料は非常に多い。そこで、これまで蓄積した有機材料の界面制御を他の材料(特に酸化物半導体)に応用することを目指した川崎CREST(2006年度発足 新海領域)に分担者として参画することになった。そこでは、SAMs技術や電気 2 重層ゲート法を有機材料のみならず、酸化物半導体を中心とした多様な半導体に応用して、新物性発現、新しい学

問領域の構築を目指す。

以上のように、本研究をベースに次期プロジェクトに展開し、応用、基礎ともに、近い将来大きな成果として結実させたいと念じている。それを、日本発の技術として世界に発信することが本グループの目指す社会貢献である。

### 3.2 有機FET・クラスタ固体物理(東北大学 谷垣グループ)

#### (1)研究実施内容及び成果

岩佐チームにおける本グループの目標は、有機 FET における基礎技術の確立とその理解を深める事、およびナノクラスタ固体を使用したデバイスへの展開を模索することである。この観点から、下記の研究項目を遂行した。

#### [研究項目]

- 研究項目 1. FET 基板上での有機薄膜の構造解析技術とその解析法
- 研究項目 2. 高誘電率絶縁体薄膜を利用したキャリア蓄積の限界追及
- 研究項目 3. SAMs 膜を電極界面に使用した場合のキャリア注入の詳細
- 研究項目 4. シリコンナノクラスタ固体物性の探究

#### [概要] :

研究項目 1 : 本有機薄膜構造解析技術では、放射光施設(Spring-8)を利用した極低角入射 X 線回折法を用いた薄膜構造測定技術を開発するとともに、2次元エバルト法(2D-EWALD法)を用いたその解析法を確立した。この技術により、FET基板(シリコンなど)上に成膜した薄膜の構造・基板との整合性・結晶粒径の大きさを精密に議論できるようになり、Spring-8における産業技術として大きく発展した。

研究項目 2 : 有機 FET においてキャリアを制御する基本として、キャリアの注入と蓄積は最も重要な項目の一つである。特に有機 FET におけるキャリアの蓄積は、ソースとゲート電極が絶縁体薄膜形をはさんで形成するコンデンサの原理に基づいている。本研究ではキャリア蓄積の限界を追及するために、高誘電体を用いた本原理の確認とその限界の追求を目的に研究を行った。この研究により、本プロジェクトの一つの目標である FET を使用する電子相転移の可能性に向けた前進をはかることができた。

研究項目 3 : キャリヤ注入の最も重要な位置付けにある電極と半導体有機物の間に SAMs を導入して、キャリアの注入における詳細を研究し、その詳細な理解を進めた。

研究項目 4 : 同位体工学をナノクラスタ固体に適用した、 $^{28}\text{Si}$  と  $^{30}\text{Si}$  で色分けされた新しいナノシリコンクラスタ物質の合成に成功した。

#### [研究内容の詳細]

#### 研究項目 1. FET 基板上での有機薄膜の構造解析技術とその解析法

薄膜の構造が有機薄膜 FET の動作特性にどのような影響を与えているかは FET の動作特性向上という観点において重要となる。薄膜構造に関しては原子間力顕微鏡(AFM)や走査トンネル顕微鏡(STM)などを用いた詳細な研究が報告されている。しかしこれらの手法は薄膜の一部分のみの状態を観測することにおいては問題ないが、薄膜の全体の状態を観測することは難しい。そこで当研究室では薄膜に対して低角から入射した X 線を用いて薄膜構造を解析した。

#### [薄膜 X 線構造解析の有用性の検討]

図 2.1 には Debye-Scherrer 法によってイメージングプレート(IP)に撮影された  $\text{C}_{60}$  薄膜の回折像とその回折像を一次元化した図を示す。図の右上の写真が撮影した回折像で、上の写真が X 線低角入射、下の写真が X 線高角入射のものである。高角入射の X 線回折像を見ると  $\text{SiO}_2$  基板の Laue 斑点を確認することができる。一方、低角入射の X 線回折像では、Debye-Scherrer 環が観測される。これらの回折像を一次元化すると X 線回折スペクトルに変

換することができる。図に示されているスペクトルはこのようにして測定された低角入射の場合と高角入射の場合の実験データである。低角入射X線スペクトルと高角入射X線スペクトルを総合的に解釈することにより、成膜されたC<sub>60</sub>薄膜の品質とSiO<sub>2</sub>基板との格子整合性を評価することができる。

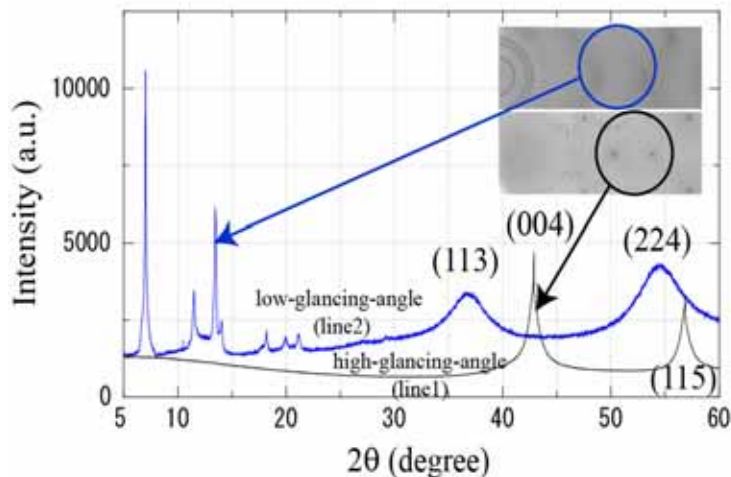


図 2.1 低角X線散乱法で測定したC<sub>60</sub>薄膜とSiO<sub>2</sub>基板の回折像

測定結果を精密に解釈するために、2次元エバルト法による解釈を確立した。図2.2はX線散乱の様子を2次元逆格子空間で表したものである。図の縦軸は(hk1)における位置、横軸はhkを表している。さらに $\theta_i$ はX線の入射角度、 $2\theta_B$ はX線散乱角度である。X線の入射角度が $\theta_{i2}$ のとき、中心が $O_2$ 、半径 $1/\lambda$ のEwald球の表面が逆格子点に接触する。このときBragg反射が起こることにより、強いX線スペクトルピークが観測される。さらに入射角度を高角にすると $\theta_{i1}$ のときに、中心が $O_1$ 、半径 $\lambda/2\pi$ のEwald球の表面が別の逆格子点に接触する。このときも先ほどと同様に強いX線スペクトルピークが観測される。低角X線入射では、入射角度を $\theta_{i3}=2$ 度で固定するため、Ewald球の中心 $O_3$ が移動することはない。実際の実験条件であるX線入射角度が2度程度の場合では、熱および薄膜の次元性による影響のために逆格子点がぼける。このぼけた逆格子点と中心 $O_3$ 、半径 $1/\lambda$ のEwald球が重なることによりX線スペクトルに鋭いピークではなくぼやけたピークが観測されることになる。

#### [種々の半導体基板上に蒸着したC<sub>60</sub>薄膜のX線構造解析]

Si, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>基板上で基板温度を変えてC<sub>60</sub>を成長させたときの(111), (220), (311)ピーク強度の変化を調べた。その結果条件を選択すると、(111)ピーク強度が著しく増加するという結果が得られた。このことは、C<sub>60</sub>薄膜中の結晶粒の<111>軸方向が基板に対して垂直に配向するというを示唆するものである。

X線スペクトルのピークにおける半値幅から結晶粒の大きさを評価することができる。従って、薄膜X線の実験データのピークにおける半値幅と粉末X線シミュレーションによるデータのピークにおける半値幅を比較することにより、結晶粒の大きさを見積もることが可能となる。このような評価の結果、通常のSiO<sub>2</sub>基板上で成膜したC<sub>60</sub>薄膜の結晶粒の大きさは約500 Å程度と見積もることができた。



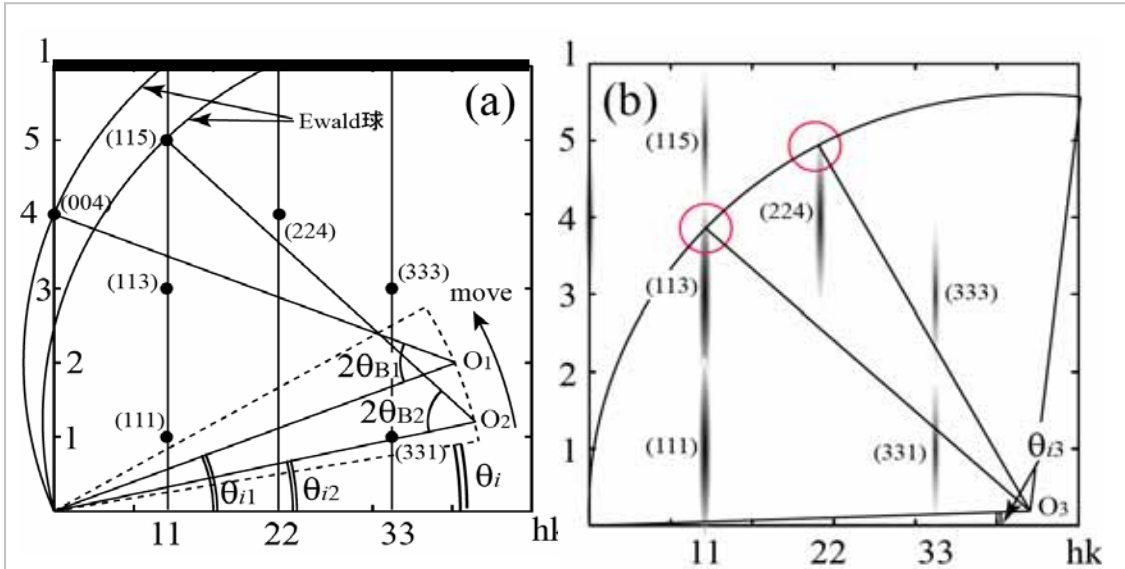


図 2.2 低角 X 線散乱スペクトルを解析する 2 次元エバルト面解析手法。

本研究で開発した、低角 X 線測定手法により、(i) 結晶の品質、(ii) FET 基板との格子整合性、(iii) 薄膜結晶粒の大きさ を直接 FET 基板上で精密に評価する技術が開拓された。この手法は、現在 Spring-8 において産業開拓新利用技術の重要な手法として広く利用されている。

#### 研究項目 2：高誘電率絶縁体薄膜を利用したキャリア蓄積の限界追及

シリコンなどの無機半導体を用いたトランジスタでは、通常少数のキャリアを制御して素子を駆動させる。通常そのためのキャリアは、電極の下にあらかじめ注入製作された反転キャリア層をゲート電極で制御して逆極性の半導体薄膜の中に引き込みソース・ドレイン電流として半導体薄膜中を流す。これに対して一般的な有機半導体を用いたトランジスタ素子は、基本的には真性半導体である有機薄膜にゲート電極によりキャリアをソース電極から注入して、そのキャリアをソース電極とドレイン電極の間の電位差により移動させる。従って、特に有機トランジスタでは、電極からのキャリア注入と注入されたキャリアのゲート電極近傍での蓄積は、トランジスタの特性を考える上で重要となる。このような状況のもとで、有機トランジスタ構造では、ゲート電圧の引加により注入・蓄積されたキャリアにより興味深い絶縁体-金属 (I-M) 電子相転移が発現する可能性が指摘されている。このような目的のために必要とするキャリア濃度は、シリコン半導体では達成不可能なほど濃度領域が格段に異なるので、いかに多くのキャリアを有機半導体薄膜に導入できるかということが、研究において重要な鍵を握る。

FET 素子構造において、キャリアを制御する基本は平板コンデンサの原理にもとづくことは、一般に良く知られていることであり、シリコンなどの無機 FET ならびに有機 FET に共通した事実である。しかし、有機 FET の場合のキャリア蓄積限界を真に追求した研究は、従来なかった。そこで本研究では、2 種類の高誘電絶縁膜を用いてキャリア蓄積限界を探究した。その結果として、現在得られる最も高い誘電率を示す誘電体の一つである BaTiO<sub>3</sub> をエピタキシャル成長させた高品質の絶縁体薄膜を適用して、有機トランジスタにおけるキャリア蓄積の極限として、これまで知られている中で最高の 0.1h<sup>+</sup>/有機分子程度のキャリア蓄積を確認した。

トランジスタにおけるキャリアの蓄積は、平板コンデンサのキャリア蓄積原理に基づくので、蓄積されるキャリア数  $N$  は  $N (=Q/q) = (\epsilon S/dq) V_G$  で記述される。ここで、 $q$  は

電子  $e^-$  あるいはホール  $h^+$  の電荷量、 $V_G$  はゲート電圧、 $\epsilon$  はゲート絶縁膜の誘電率、 $S$ 、 $d$  は絶縁膜の表面積と膜厚を表す。この事は、トランジスタ構造において絶縁膜近傍に蓄積することのできる最大のキャリア密度限界は、絶縁膜の誘電率と絶縁破壊電圧の積に比例することを意味する。従って、最大濃度のキャリアを蓄積する鍵を握る物理変数は、絶縁膜の有する誘電率と絶縁破壊電圧の積である。絶縁破壊は絶縁膜に蓄積されるエネルギーで決定され、全ての物質において同じであろう事が推察される。従って臨界エネルギー  $E_0 = (\epsilon S / 2d) V_G^2$  となる  $V_G$  が絶縁破壊を生じるゲート電圧となると考えられる。この推察が正しいとするならば、トランジスタ構造で蓄積できる最大のキャリア数は、誘電率  $\epsilon$  の  $1/2$  乗でスケールされることになる。実際に無機半導体ではこのような関係が実験的に観測されていて、図 2.3 に示すように蓄積できるキャリア電荷の総量  $Q_{\max}$  は  $20 \times \epsilon^{1/2}$  程度にスケールされるという経験則が認められている。

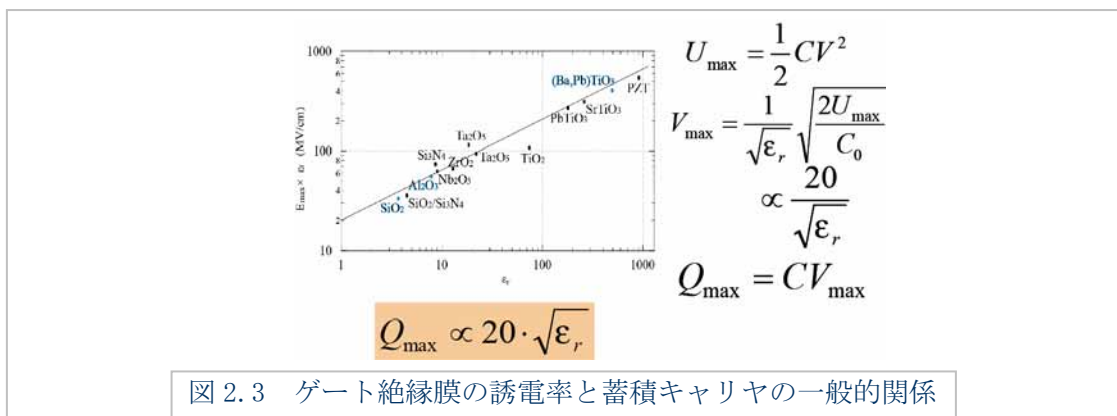


図 2.3 ゲート絶縁膜の誘電率と蓄積キャリアの一般的関係

本研究では、高い誘電率を示す物質の極限として  $BaTiO_3$  を対象として、レーザーアブレーション法で高品質のゲート絶縁膜を Nb をドープした  $SrTiO_3$  金属薄膜層の上にエピタキシャル成長させた単結晶 BTO/Nb-STO 構造のゲート絶縁膜を成膜することにより作製して、この関係を有機トランジスタにおいて確認するとともに、有機トランジスタにおけるキャリア蓄積の限界を調べる事を主眼とした。

研究を行う上で最大の注意を払ったことは、期待される関係を検証する上でよく研究されている  $SiO_2$  絶縁膜と比較検討するために、単結晶半導体であるルブレンをを用いたことである。すなわち、有機トランジスタの性能は、基板上に成膜された有機半導体薄膜の構造に大きく依存することが知られているので、正確に比較するために、単結晶薄膜を用いて構造の依存性を考慮する必要のない実験条件で研究を行った。

BTO/Nb-STO および  $SiO_2/B-Si$  ルブレ単結晶トランジスタの  $I_{SD}-V_G$  特性を図 2.4 に示す。シリコンの誘電率が 4 程度であるのに対して今回の BTO 薄膜の誘電率は 150 であった。膜厚などの要因を換算した場合に、実験結果から得られる閾値電圧は、 $SiO_2$  と BTO でよくスケールされている。また実測した絶縁破壊電圧は  $140V/200nm$  ( $SiO_2$ ) であるのに対して、 $2.6V/200nm$  ( $BaTiO_3$ ) であった。この値は、完全と言えないまでも、BTO が理想的な絶縁破壊電圧に近い特性を有することを示している。これらの値から蓄積されたキャリアの数を評価すると  $SiO_2$  ではルブレ半導体 1 分子に対して 0.04 個のホールが蓄積され、 $BaTiO_3$  では 0.1 個程度のホールが蓄積されるという結果が得られた。この値は、これまで有機 FET で観測されたキャリア蓄積量の観点からは、最大の値である。

更に本研究では、 $SiO_2$  と  $BaTiO_3$  の間に位置する誘電率を有する  $Ta_2O_5$  高誘電体絶縁膜を用いて、キャリア蓄積の関係を調べた。その結果を、図 2.5 に示す。キャリアの蓄積指標である誘電率と絶縁破壊電圧の積は、誘電率の  $1/2$  乗の関係に従っている。しかし、高誘電体物質の中では、最も大きい誘電率を示す物質の一つである  $BaTiO_3$  の位置は、期待される位置から考えると、まだ改善の余地があると思われる。

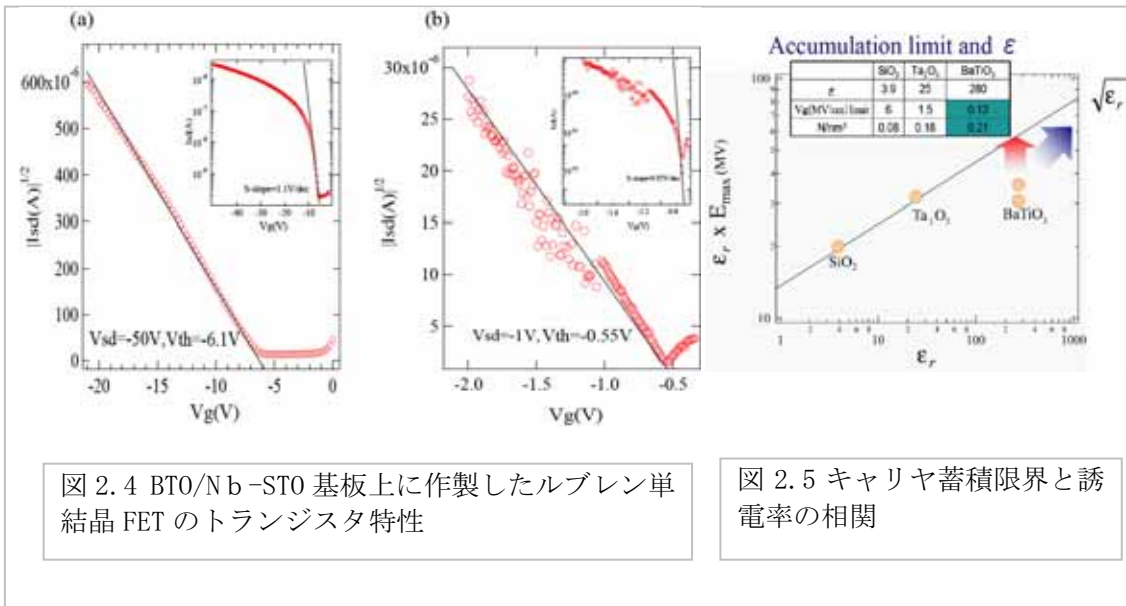


図 2.4 BTO/Nb-STO 基板上に作製したルブレ単結晶 FET のトランジスタ特性

図 2.5 キャリヤ蓄積限界と誘電率の相関

以上の結果は、更に薄膜の品質を向上させて理想的限界の臨界絶縁破壊電圧を有する  $BaTiO_3$  などの高誘電絶縁膜を用いると、有機半導体 1 分子に対して、0.2-3 個程度の電子あるいは  $h^+$  を蓄積できる可能性を示す。従って、当初の目標である FET 素子構造を用いた電子相転移の実現へ向けた発展が、今後期待される状況となったと考えている。

### 研究項目 3: SAMs 膜を電極界面に使用した場合のキャリヤ注入制御

有機 FET において、キャリヤ蓄積と同様に重要な因子の一つは、キャリヤ注入である。キャリヤ注入の制御は、金属電極と半導体界面の界面状態に強く依存している。本研究では、図 2.6 のように、通常絶縁体界面の修飾に使用される SAMs 修飾を電極界面に施した場合の影響を詳細に検討して、電極界面制御によるキャリヤ注入の改善の可能性を探索した。

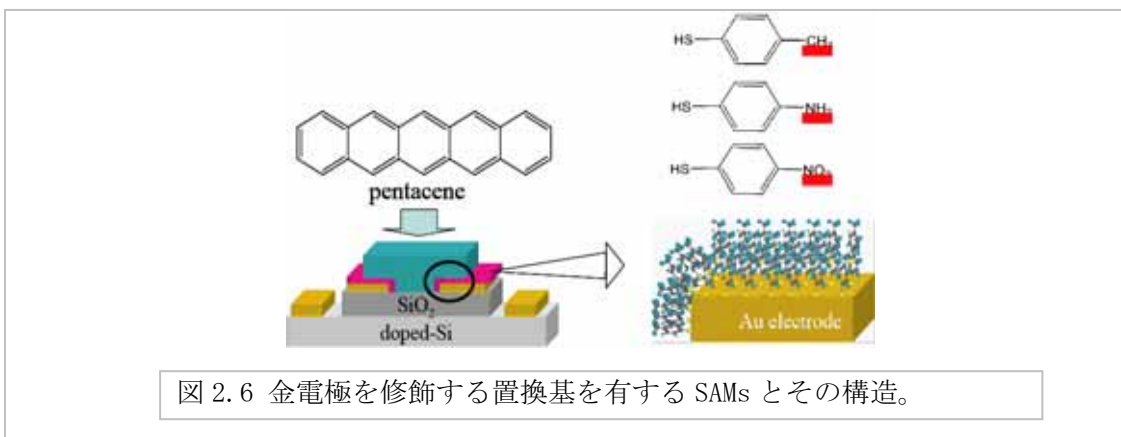


図 2.6 金電極を修飾する置換基を有する SAMs とその構造。

SAMs による電極修飾は、これまで Jackson グループによる報告があるが、その効果は、明確にされていなかった。実験を進めた結果、図 2.7 に示すように SAMs による金電極の表面修飾の状況により、その性能は大きく異なることがわかった。表面修飾状況を把握する一つの指針となる SAMs 膜の金電極被服率は、接触角測定法により正確に評価することが可能である。この被服率とキャリヤ注入効率を比較した結果、 $SiO_2$  ゲート



絶縁膜上に形成する際のように、緻密な SAMs 膜を金電極上に形成すると、SAMs 膜はキャリア注入をブロックする障壁のように働き、キャリア注入効率が低下するという不都合な効果となるが、適度の被服率である場合は逆にキャリア注入効率を向上させる効果があることが認められた。

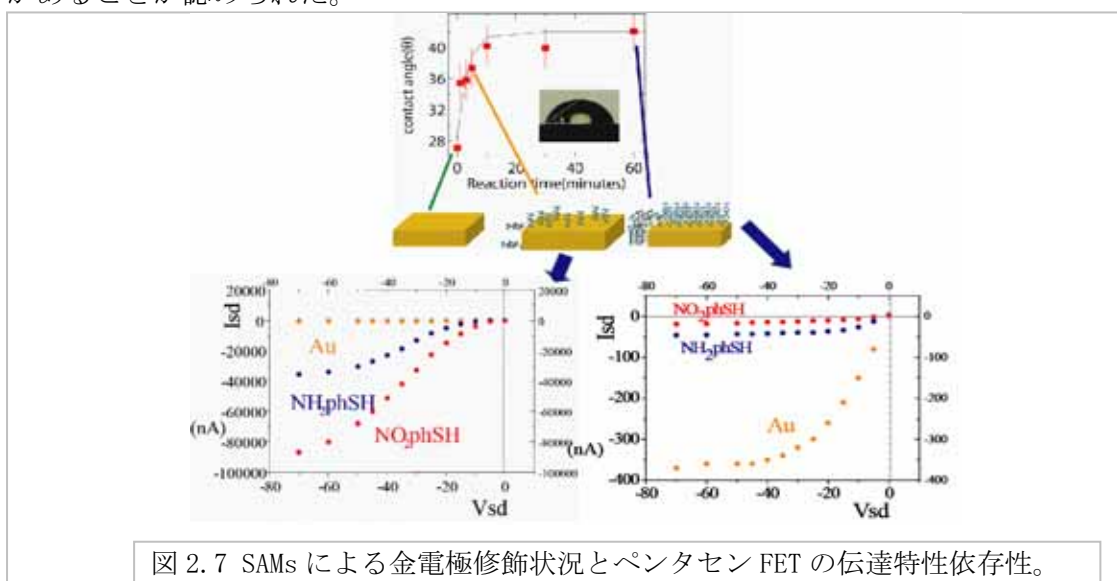


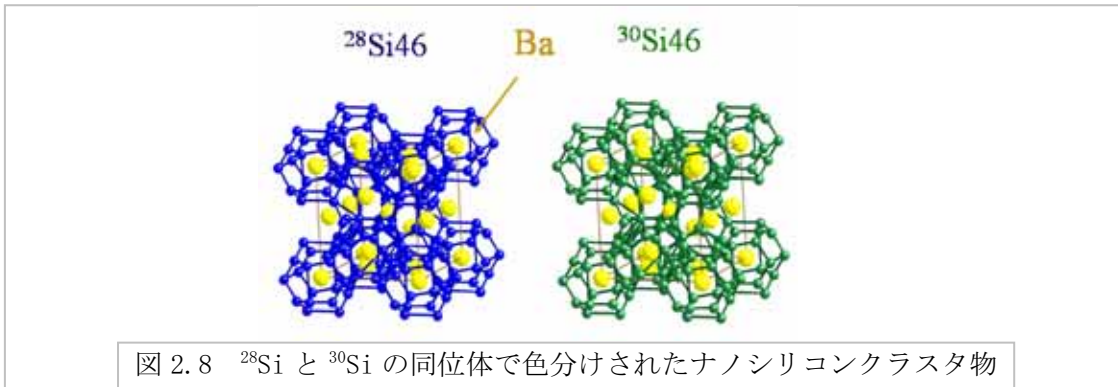
図 2.7 SAMs による金電極修飾状況とペンタセン FET の伝達特性依存性。

SAMs の電極表面修飾によるキャリア注入効率の向上の要因を、(1)電極の仕事関数の変化、(2)表面修飾による半導体薄膜のモルフォロジーの変化、(3)置換基の表面電荷移動による表面電荷層の形成 の 3 種類の影響の観点から考察した。その結果、最後の SAMs 置換基から有機半導体であるペンタセンへの電荷移動による表面電荷層形成の要因が一番大きい可能性が示唆された。無機金属電極と無機半導体薄膜の接合の場合は、バンド状態間の接合であるのに対して、SAMs と有機半導体の場合には、局所的な電荷のやり取りが比較的重要な影響を与えることが示唆された。

#### 研究項目 4: シリコンナノクラスタ固体物性の探究

元素は核を構成する原子核を構成する中性および陽子とその核の周りを量子力学的な確率に従って電子雲として取り囲む電子から構成されている。原子の多くの性質は、この核の回りの電子の個数により決まる。従って、元素には中性子の個数が異なる同位体元素と称される幾つかの元素が存在する。元素の質量は主に核を構成する中性子の質量 ( $m_n$ ) と陽子の質量 ( $m_p$ ) により決定されるので、同じ元素でも質量が異なる同位体元素が存在することになる。有機物質の重要な構成元素である炭素元素の場合には、主に質量数が 12 ( $^{12}\text{C}$ ) と 13 ( $^{13}\text{C}$ ) の同位体が存在して、自然界には、 $^{12}\text{C}$  の炭素が 98.9% 存在する。また、半導体として重要な珪素元素の場合には、質量数が  $^{28}\text{Si}$ 、 $^{29}\text{Si}$ 、 $^{30}\text{Si}$  の同位体が良く知られていて、天然の珪素元素は  $^{28}\text{Si}$  を 92.2% 含んでいる。

フォノンを制御する場合に、同位体は非常に重要な操作技術となる。他の物性量を変化させずにフォノンを変化させることを可能とする純粋な同位体から作られる 2 種類の物質を合成する技術は、同位体工学の一部としても重要であり、今後重要なテクノロジーと位置づけられる。これまでは、 $^{13}\text{C}$  などの同位体元素に比較して、 $^{30}\text{Si}$  同位体元素は非常に入手し難く、その組成を制御した合成は極めて困難であった。本研究では、 $^{28}\text{Si}$  および  $^{30}\text{Si}$  の同位体で色分けされた図 2.8 のような 2 種類のシリコンナノクラスタ物質を合成することに成功した。このようなシリコンナノ物質の合成は、初めてであり、今後様々な分野への展開が期待される。



## (2)研究成果の今後期待される効果

本プロジェクト期間中に得られた研究の中で、低角 X 線散乱法と 2 次元エバルト解析法を組み合わせた測定手法は、現在すでに Spring-8 の産業利用技術として展開されて実際に活用され始めている。特に今回のプロジェクト期間中に精力的に研究を進めた高誘電体を用いたキャリア蓄積の追求と SAMs による電極界面修飾によるキャリア注入の制御は、今後有機トランジスタ構造を適用した金属転移ならびに超伝導転移への可能性を示唆するものである。また、本プロジェクト期間中に発展させた同位体を制御したナノクラスタ創製技術は、今後ナノ物質を発展させていく一つの指針となるものと考えられる。本研究結果が有する科学技術および社会への波及効果は大きい。

## 3. 3. 新規ナノ複合物質の作製とナノ現象解明(首都大学東京 真庭グループ)

### (1)研究実施内容及び成果

岩佐プロジェクトにおける本チームの目標は、カーボンナノチューブ (CNT) の局所ポテンシャルを利用して各種分子の閉じ込めとその配列・配向制御を行い、新規物質相を創出すること、およびこれらの物質相において新規現象を探索して新しい原理に基づく可能なデバイス提案を行なうことである。この観点から、以下の項目について研究した。

#### [研究項目]

- 研究項目 1. カーボンナノチューブの X 線回折実験法の確立
- 研究項目 2. 炭層カーボンナノチューブ (SWCNT) への水の吸蔵と相転移
- 研究項目 3. 水を吸蔵した SWCNT のガス吸着特性

#### [概要]

研究項目 1. CNT と CNT-ゲスト系の構造を調べる、放射光を用いた粉末 X 線回折実験法を確立した。この技術により、CNT の構造とゲスト分子の吸着サイト、分布、量を高精度で議論できるようになった。

研究項目 2. 研究項目 1 で確立された方法を用いて、水が疎水性の SWCNT 空洞内部に吸蔵されうること、また気体-液体-固体様の相転移挙動を示すことを明らかにした。固体相は水のリングクラスターが SWCNT のチューブ軸に沿って配列したアイスナノチューブ (ice-NT) であることを示した。さらに ice-NT の融点が“異常”な SWCNT 空洞直径依存性を示すことを見出した。これらの結果から、サブナノメートルスケールでの現象はバルク領域からの単純な推測を許さず、バルクから原子スケール領域の現象へのクロスオーバーの存在を明らかにした。

研究項目 3. 研究項目 2 の成果を受けて、水を吸蔵した SWCNT のガス中での振る舞いを電気抵抗、NMR、X 線回折法により研究した。SWCNT 空洞内部の水が雰囲気ガス分子と交換する filling-emptying 転移を発見した。

以上の結果から、SWCNTを、ナノジェット、ガスセンサー、分子選択的ナノバルブとして応用する可能性が示唆された。

[研究内容の詳細]

研究項目1: カーボンナノチューブの X 線回折実験法の確立

単層カーボンナノチューブ (SWCNT) は炭素原子からなる網目構造のグラフェンを丸めて繋いだチューブである。多数の SWCNT が集まって“結晶(バンドル)”を作る。例として図 3.1 に7本の SWCNT からなるバンドルを示した。図のバンドルは同一種類の SWCNT から作られているが、実際は直径や螺旋構造が違う多種類の SWCNT が混在している。図から明らかのように SWCNT バンドルは極めてポーラスな物質であり、そのため CNT 研究の初期から、これらの隙間へゲスト原子・分子を挿入して CNT の性質を制御すること、これらの隙間へ物質を貯蔵すること、などが期待されていた。

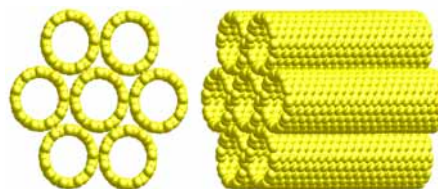


図 3.1 指数 (10, 10) の 7 本の SWCNT からなる SWCNT バンドルの模式図。SWCNT の直径はおおよそ 1.35nm。

本プロジェクトでは、まずこのような SWCNT-ゲスト系の構造を調べる粉末 X 線回折 (XRD) 法を発展させることを行った。通常 CNT 試料の結晶性は (世界最高純度の試料を用いても) 従来の XRD 試料と比較して極めて劣っている。本グループはこのような CNT 試料の XRD からでも、(1) 試料全体にわたる構造パラメータや (2) SWCNT バンドルへのゲスト分子の吸着サイトと量、などを精度よく決定できることを明らかにした。また、(3) 多層カーボンナノチューブ (MWCNT) の構造について理想的な同心入れ子構造モデルからのズレや (4) SWCNT の熱膨張率の世界初の精密測定などに成功した。

SWCNT の粉末 XRD 測定とその解析は 1996 年米国 Smalley らにより最初に報告されたが、その後の詳細な研究や SWCNT-ゲスト系への応用は遅れ、本 CREST プロジェクトのスタート時点では電子顕微鏡や操作プローブ顕微鏡による研究が依然として主流であった。このような状況において、本グループは XRD 法を用いた CNT の詳細な構造研究を展開した。また高精度データを取得するために世界に先駆けて放射光を用いた実験を行い、電子顕微鏡などによる従来の方法では不可能であった研究を行った。特に、電子顕微鏡下では観測困難である“揮発性”物質などについて XRD 実験を種々の条件下において行なった。本プロジェクトでは、SWCNT 内部の微小空間での水やガスの相挙動についていくつかの重要な結果を得ることに成功した(後述)。

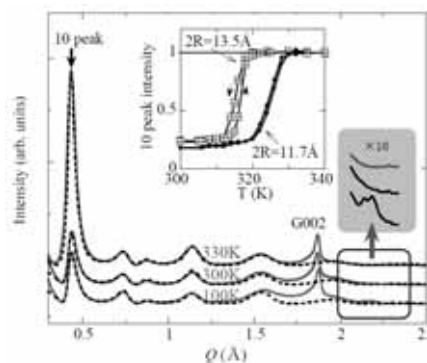


図 3.2 水を吸着した SWCNT の XRD パターン。～320K 以上では水が脱着 (液体-気体転移) して 10 ピーク強度が大きくなる (挿入図)。低温では水が規則的に配列して、 $Q \sim 2.2 \text{ \AA}^{-1}$  にアイスナノチューブのブラッグピークが現れる。

研究項目2: SWCNT への水の吸蔵と相転移: アイスナノチューブとナノジェット

生体内には SWCNT の空洞径と同程度のチャネルや微細構造が多数存在して、生体機能発現に重要な役割を担っている。したがって、SWCNT 空洞内部の水の振る舞いは、基礎物理科学的な観点のみではなく、生体機能発現機構を理解するうえからも大変興味深く重要である。しかし、SWCNT は疎水性のグラフェンシートからできているので、水がその内部に吸着可能であるかは自明ではない。

本グループは 1999 年空気中で加熱 (350-450°C) 処理することにより SWCNT の先端部分、或い



は側壁に穴が開き、SWCNT 内部に何らかの物質が吸着されうることを報告していた。そこで本プロジェクトにおいては、まず最初に系統的ガス中 XRD 実験を行い、その主要な吸着種が水であることを明らかにした。ついで、この SWCNT 内部に吸着された水がどのような相挙動を示すかを調べるために温度依存性の測定を行った。その結果、室温以上においては液体-気体様の相転移挙動が、また低温では水分子が規則的に配列する液体-固体様の相転移挙動が観察された(図 3.2)。微細な1次元空洞内では系の1次元的な性質のために明確な相転移を示さないことが理論的に考えられていたが、この予想に反して観察された液体-気体様相挙動は SWCNT を 1nm 径のインクジェットのノズルとして使用できることを原理的に明らかにした(特許出願)。

さらに直径依存性が調べられ、SWCNT 内部の水の融点は SWCNT 直径に対して連続的に変化すること(すなわち離散的な値をとること)、また、SWCNT 直径が小さくなるほど融点が上昇し、平均直径 1.17nm の SWCNT 試料では室温で氷ができるという“異常”な振る舞いを示すことを発見した。詳細な XRD パターンの解析から、低温固体相が Koga & Tanaka らにより高圧力下において理論的に予想されていたアイスナノチューブ(ice-NT、図 3.3)であることを結論した。ice-NT は  $n$  個( $n$  は整数)の水のリングクラスターが1次元的に重なった構造をしており、その融点を図 3.4 に空洞径依存性として示した。

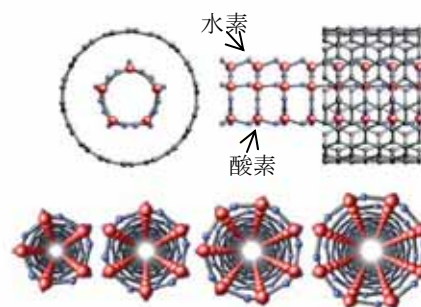


図 3.3 (上) (9,9)SWCNT 内部に形成された 5 員環 ice-NT の構造模式図。(下) チューブ軸方向からみた 5、6、7、8 員環 ice-NT の構造模式図。

以上の結果を発表した後の展開として、最近国内グループによって SWCNT-水の第一原理電子状態計算や、古典的ではあるが本グループの実験条件に近い分子動力学(MD)計算が行われ、上述した実験結果を再現する結果が得られつつある。また海外では米国を中心としたグループが水を吸蔵した SWCNT の赤外吸収スペクトルを測定し、ice-NT 構造と矛盾しない結果を報告している。さらに、水分子またはプロトンのダイナミクスに関して本グループ内において水の水素(および重水素)核の NMR 実験が行われ、ice-NT 転移に伴って水素の運動が凍結することが明らかになった。これは、ice-NT 構造では水素原子の配列に関して縮退した(あるいは近似的に縮退した)複数構造が考えられるが、このような構造間のプロトン移動に関連した重要な知見であり、プロトン伝導体や誘電体としての CNT-水系の理解の第一歩を与えるものとして重要である。

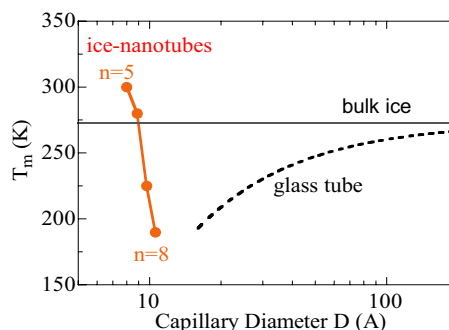


図 3.4 SWCNT の内部空洞直径とそこに閉じ込められている氷の融点。右：パルク領域。左：アイスナノチューブの融点。

### 研究項目3: SWCNT-水のガス吸蔵:ナノバルブと電気抵抗異常

SWCNT 内部に水のチューブ(アイスナノチューブ:ice-NT)が形成されることを述べたが、ice-NT 内部の1次元空洞内にもガス吸蔵が可能性であると考えられる。実際、Tanaka らは SWCNT 内部に閉じ込められている水とガスが新規ガスハイドレートを形成することを理論的に示した。

そこで、本研究グループでは水を吸蔵した SWCNT のガス中の振る舞いを実験的に研究した。図 3.5 に水を吸蔵した SWCNT (平均直径 1.35nm) フィルムの電気抵抗の温度依存性の例を示す。図からわかるように、ガス中ではガスの種類と圧力に依存して電気抵抗の温度依存性に異常が現

れた。すなわち、ガスがないとき(図中 vac)の電気抵抗は温度が下がるにしたがって緩やかに変化しているが、例えばメタン1気圧の雰囲気下では約240Kにおいて異常な電気抵抗の増大現象が現れる。この異常の原因を明らかにするために、NMRとX線回折実験を行い詳細に調べた結果、ある温度(転移温度  $T_c$ )において水とガスの交換(filling-emptying 転移)が起こることが明らかになった。 $T_c$ のガスとガス圧依存性を図3.6に示した。 $T_c$ はガスの種類に敏感であり、強いガス選択的現象であることが分かる。

以上の結果は当初の予想に反しているが、最近本グループによって両端が解放されたSWCNTについての計算機実験が行われ、定性的に上記実験

結果を再現した。この現象は、SWCNT-水複合系を分子選択的ナノバルブとしてや電気抵抗変化を利用したガス・センサーなどへの応用の可能性を示唆している(特許出願)。

以上のガス中の異常な振る舞いは、本プロジェクトによって初めて明らかにされたものであり関連する研究は行われていない。(水の吸着によるSWCNT フィルムの電気抵抗変化は、本グループおよび米国のグループにより2001年に発表された。)

**【まとめ】** カーボンナノチューブの粉末回折実験法を確立して、単層カーボンナノチューブへの水やガスの吸着現象、その相転移挙動を詳細に明らかにした。本プロジェクトにより、(1)疎水壁からなるSWCNTへ水が吸着されうること、(2)その水が気体-液体-固体様の相転移挙動を示すこと、(3)低温相が理論的に予測されていたアイスナノチューブであること、(4)その融点がバルクの氷と異なる空洞径依存性を示すこと、(5)ガス雰囲気下では、雰囲気ガス分子と水が交換するfilling-emptying 転移を示すこと、などのナノ空間領域に特有の新規現象を見出した。

## (2)研究成果の今後期待される効果

本研究で明らかにされた最も重要な点は、ナノ・サブナノ領域の現象はバルク領域からの単純な予想を超えており、興味深い数々の現象が生じうる、という点である。今後、バルクから原子スケール現象へのクロスオーバー領域をカバーする、空洞径や空洞とゲストとの相互作用などを系統的に制御した研究が基礎科学的な観点から極めて重要であると思われる。また、応用の観点からは、本プロジェクトで発見された新規現象に限っても、ガスセンサー、分子選択的ナノバルブ、ナノジェットなどの応用研究への展開の可能性がある。或いは、CNTは生体内で生じているマイクロ過程を研究するモデル物質としての利用が考えられる。

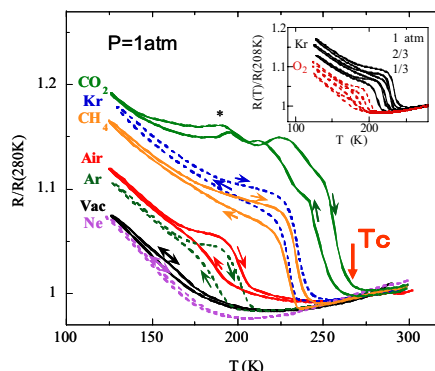


図 3.5 ガス中(1気圧)における水を吸蔵したSWCNT フィルムの電気抵抗の温度変化。280Kで規格化している。図中  $T_c$  は二酸化炭素についてfilling-emptying 転移温度の定義を示している。挿入図: クリプトンと酸素についての圧力(1, 2/3, 1/3気圧)による変化。

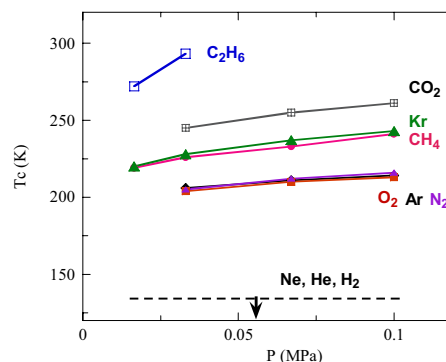


図 3.6 filling-emptying 転移温度  $T_c$  のガスの種類とガス圧依存性。

### 3.4 カーボンクラスターデバイスの界面抵抗評価(北陸先端大 藤原グループ)

#### (1)研究実施内容及び成果

ナノプローブグループでは、フラーレンやカーボンナノチューブ関連物質の電界効果トランジスタ(FET)における界面抵抗評価、その界面抵抗のデバイス特性に及ぼす効果とその改善を目的として下記の研究項目を遂行した。

#### [研究項目]

- 研究項目1. サイズの異なる C<sub>60</sub>FET デバイス特性からの界面抵抗の評価
- 研究項目2. 接触抵抗が支配的となる短チャンネル C<sub>60</sub> FET の作製と評価
- 研究項目3. C<sub>60</sub>-Pd ポリマーを活性層に利用した FET の界面抵抗の低減
- 研究項目4. 低仕事関数電極を用いた C<sub>60</sub>FET の界面抵抗の低減
- 研究項目5. カーボンナノチューブ薄膜トランジスタのデバイス動作特性の評価

#### [概要]

プロジェクト推進において有機 FET の動作原理の理解は重要な役割を果たすが、本研究グループでは、化学修飾などを用いない通常の方法で作製した FET での電極-チャンネル界面の精密な理解とその改善の部分に集中して研究を遂行した。有機 FET の電流経路における最も大きな界面抵抗は、電極-チャンネル界面の接触抵抗である。有機 FET の場合、この電極-チャンネル界面の大きな接触抵抗がデバイス電流を低下させる。このため、デバイス特性から評価される電界効果易動度は、チャンネルとなる有機物質の本質的な易動度より小さな値を示す。この界面抵抗の精密に評価・制御し、FET 特性を向上させることは非常に重要となる。各項目の概要は以下の通りである。

**研究項目1:**実際にデバイス利用される FET 構造において、電極-チャンネル界面の接触抵抗を評価するために、チャンネルサイズの異なる C<sub>60</sub>FET を作製しそのデバイス特性から界面抵抗を評価した。この結果、接触抵抗が FET 特性に寄与するのはキャリアの符号によらず、共通の現象であり、有機デバイスの本質的な問題である事を示した。

**研究項目2:**C<sub>60</sub>FET で接触抵抗が支配的となる短チャンネル FET を電子線リソグラフィ法を用いて作製し特性を調べた。その結果、古典的な FET 構造における電極-チャンネル間の電荷注入障壁が、微小領域においてトンネル接合として作用するという体系的な理解を示し、有機デバイスの新しい展開を提案した。

**研究項目3:**C<sub>60</sub>FET の大きな接触抵抗を低下させ、デバイス特性の向上を目的として、親金属性が期待される C<sub>60</sub>-Pd ポリマーをチャンネルとした電界効果トランジスタ(FET)を作製した。出力特性は線形的な IV 特性を示し、接触抵抗の低減を示唆する結果が示された。この結果により、新しい材料開発の指針を示した。

**研究項目4:**電子注入に適し、空气中で安定である ITO を電極に用いた C<sub>60</sub>FET を作製した。これまで高い性能を示してきた金電極の C<sub>60</sub>FET より高い易動度をもつことが示され、ITO が p 型有機デバイスにも、n 型有機デバイスにも適用できるというポテンシャルを示した。この結果は、透明有機エレクトロニクスにおける電極材料開発に大きく貢献した。

**研究項目5:**比較的作製が簡単で、電流容量が大きい CNT-TFT は、透明、フレキシブルなデバイスも作製されるが、その複雑な電流経路やデバイス動作原理は明らかではなかった。このナノスケールの電流経路を伝導性 AFM で観察し、CNT-TFT では、電極-ナノチューブ、ナノチューブ間の接触抵抗がゲート電圧により変化し、デバイス動作をしていることを明らかにした。

また、ナノプローブグループは、プロジェクト初期段階の有機 FET、特に、n 型有機 FET の黎明期において、そのデバイス作製技術の確立と、性能向上を目的として、岩佐グループと共同で、デバイス作製装置を開発し、その場作製、その場観察が行えるシステム構築を行った。プロジェクト後半においては、多様な試料、材料やデバイス構造の FET 作製と評価を強力に推進した久保園グループと共同で新規な FET の評価を行った。特に、デバイスの微細構造の原子間力顕微鏡や走

査型電子顕微鏡での評価、電極材料の仕事関数の評価などをナノプローブグループで担った。これらの共同研究の部分に関しては、それぞれのグループの成果部分で示す。

[研究内容の詳細]

#### 研究項目1. サイズの異なる $C_{60}$ FET デバイス特性からの界面抵抗の評価:

$C_{60}$ FET のチャンネル部分の本質的なチャンネル抵抗と寄生する電極-チャンネル間の接触抵抗をデバイス特性から独立に得るために、チャンネルサイズの異なる  $C_{60}$ FET を作製した。チャンネル長  $L$  とチャンネル幅  $W$  の比  $L/W=0.05$  として、 $L$  が  $5\mu\text{m}$  から  $20\mu\text{m}$  の FET を作製し特性を調べた(図 4.1)。

デバイス特性から得られたチャンネル抵抗と接触抵抗は、デバイスのオン状態においても同じオーダーの値を示し、ゲート電圧依存性は接触抵抗の方が大きいことがわかった(図 4.2)。すなわち、 $C_{60}$ FET において、接触抵抗は易動度低下の要因になっているだけでなく、伝達特性にも影響し、デバイス特性に大きく影響していることが明らかになった。有機 FET において接触抵抗が大きな寄与をすることは p 型 FET において既に報告されていたが、試料依存性を小さくすることで、大気中で不安定で系統的な結果が得られにくい n 型 FET においても同様の現象が起こる事を明らかにした。また、この成果により、接触抵抗が FET 特性に寄与するのはキャリアの符号によらず、共通の現象であり、有機デバイスの本質的な問題である事を示した。

#### 研究項目2. 接触抵抗が支配的となる短チャンネル $C_{60}$ FET の作製と評価:

$C_{60}$ FET で接触抵抗が支配的となる短チャンネル FET を作製し特性を調べた。短チャンネル電極は、電子線リソグラフィ法の条件を最適化し最小で  $3\text{nm}$  チャンネル長の FET を作製した(図 4.3)。

短チャンネル  $C_{60}$ FET は全て非線形の電流電圧特性を示し、電極-チャンネル間のキャリア注入障壁の存在を示した。この結果は、FET の微小化には接触抵抗の低減が必要不可欠である事を示す一方で、キャリア注入障壁をトンネル接合に用いた単電子トランジスタへの新しい展開を期待させる結果となった。分子を用いた単電子トランジスタの研究は、既に報告がある。しかし、これらは単なるデモンストレーションにとどまり、その動作原理、起こっている物理現象についてまでは言及されていない。今回の研究成果は、有機 FET のデバイス構造を理解した上で、デバイス構造を FET 構造と本質的には変えずに、デバイスサイズのみを微小化し単電子トランジスタへのクロスオーバーを目指したものである。古典的な FET 構造における電極-チャンネル間の電荷注入障壁が、微小領域においてトンネル接合として作用するという体系的な理解は、新しい視点からの提案であり、有機デバイスの新しい展開を提案した。

#### 研究項目3. $C_{60}$ -Pd ポリマーを活性層に利用した FET の界面抵抗の低減:

$C_{60}$ FET の大きな接触抵抗を低下させ、デバイス特性の向上を目的として、親金属性が期待される  $C_{60}$ -Pd ポリマー(図 4.4)をチャンネルとした電界効果トランジスタ(FET)を作製し、有機トランジスタの特性低下の要因となっている接触抵抗の低減を行った。

$C_{60}$ FET の出力特性(図 4.5 上)は、これまでと同様に、低印加電圧(4V付近)でIV特性が下に凸の非線形的伝導特性を示している。これは、電極-チャンネル界面にショットキー障壁が起源として理解できる。一方、 $C_{60}$ -Pd ポリマーFET の出力特性(図 4.5 下)では、このような非線形性は見られず、直線的なIV特性であった。このため、 $C_{60}$ -Pd ポリマーをチャンネルに、Pt を電極に用いた FET では、Pd と Pt の電気的結合により、電極-チャンネル界面の接触抵抗が低減されたと理解できた。有機 FET の性能向上に向けては、界面の化学修飾やバッファー層の挿入などの試みが行われ成功してきたが、チャンネル材料自体に界面抵抗の低下を担う材料開発とその応用は、これまでに例の無い試みであり、今後の展開が期待できる萌芽的研究である。新しい材料開発の指針を示した。

#### 研究項目4. 低仕事関数電極を用いた $C_{60}$ FET の界面抵抗の低減:

無機金属と有機半導体との接合は、無機金属と無機半導体との接触異なり、モット-ショットキー

関係に近い電子状態を持つことが岩佐グループの結果から明らかになった。有機 FET の応用に向けては、透明、フレキシブルでかつ n 型、p 型双方に適用できる電極の開発が必要となる。ITO は有機 EL の透明陽極として利用されている材料であるが、仕事関数は金よりも小さく、n 型有機 FET の電極材料としての利用も期待できる。このため、ITO と Au、Pt を電極とした  $C_{60}$ FET を作製し、そのデバイス特性を評価した。

ITO 電極の  $C_{60}$ FET と同条件で作製した Au 電極、Pt 電極の  $C_{60}$ FET の出力特性(図 4.6)から求めた電界効果易動度は、それぞれ、 $1.6 \times 10^{-1}$ 、 $9.6 \times 10^{-2}$ 、 $1.4 \times 10^{-1} \text{cm}^2/\text{Vs}$  であり、ITO 電極の有効性が示された。また、もっとも易動度が低いと予測された Pt 電極の FET の易動度が Au 電極のそれよりも高いことは、電極- $C_{60}$  界面での電荷移動や軌道の混成などによる付加的な効果によるものと理解された。本プロジェクトの研究成果により、無機金属と有機半導体界面は、モットーショットキー関係で理解でき、Eu など、仕事関数の小さい電極材料を用いることによりでんか注入効率の上昇、移動度の向上が実現された。一方で、仕事関数の小さい金属は反応性も高く空气中で不安定である。ITO は、仕事関数が小さいものの、高ドープ半導体であるため反応性も低く安定な電極材料であるといえる。また、有機 EL 材料の陽極としても用いられていることから、有機電子デバイスへの電子、ホール両方の注入電極としての高い性能を証明した新しい示唆的な結果を示した。

#### 研究項目 5. カーボンナノチューブ薄膜トランジスタのデバイス動作特性の評価:

比較的作製が簡単で、電流容量が大きい CNT-TFT は、透明、フレキシブルなデバイスも作製され、今後のプラスチックデバイスとしての応用が期待される。しかし、電流経路に存在する CNT 間の接触抵抗はチューブ内の抵抗よりも非常に大きいことが知られており、デバイス特性へのこの接触抵抗の寄与は明らかになっていなかった。この CNT-TFT をナノプローブグループが有している伝導性 AFM の技術を FET デバイス評価に応用し、評価した(図 4.7)。

CNT-TFT 動作時のナノチューブ上の局所電流は、負のゲート電圧印加により増加し p 型の特性を示した(図 4.8、4.9)。 $V_G = -20\text{V}$  は電極に直接接触しているナノチューブ(A)とナノチューブを介して電極に接触しているナノチューブ(B)で電流は観測されるが、 $V_G = 0\text{V}$  では、A のみに僅かに電流が観測され、B ではほとんど観測されなくなった。更に  $V_G = 20\text{V}$  では両方のナノチューブで電流は観測されない。更にナノチューブ内の電流値はほぼ一定であることから、電極-ナノチューブ、ナノチューブ間の接触抵抗がゲート電圧により変化し、デバイス動作をしていることを明らかにした。伝導性 AFM によるナノ伝導体の評価は、ナノ領域の輸送特性を理解する有用な手法であるが、ナノプローブグループを含む世界で限られたグループでのみ新しい物性の観測に成功している。本プロジェクトで、初めてナノクラスター集合体のデバイス評価に成功した。この結果は、微小領域での分子間伝導など、今後、さらに微小化するデバイス特性の評価に威力を発揮する技術出ると期待される。



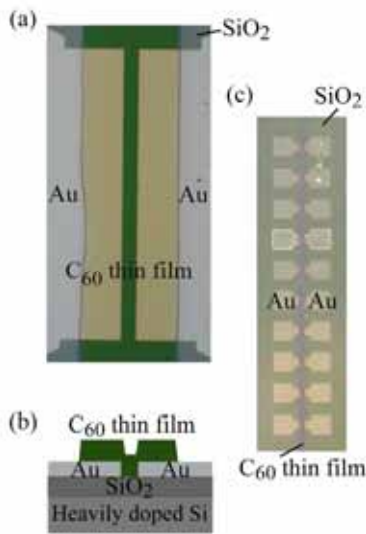


図 4.1 C<sub>60</sub>FET の (a) チャンネル部分の写真と (b) 断面図. 酸素や水分の吸着による試料依存性の効果を最小限に抑えるため異なるサイズの FET は一つの基板に同じプロセスで作製した (c).

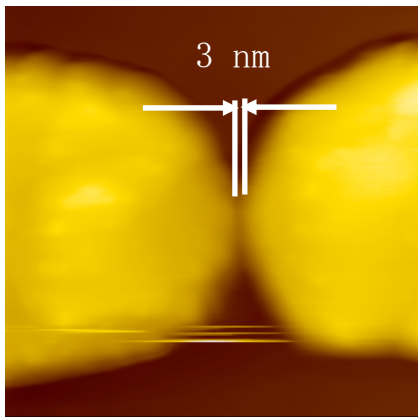


図 4.3 作製した 3nm チャンネル長電極.

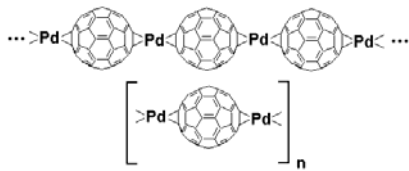


図 4.4 C<sub>60</sub>-Pd ポリマー.

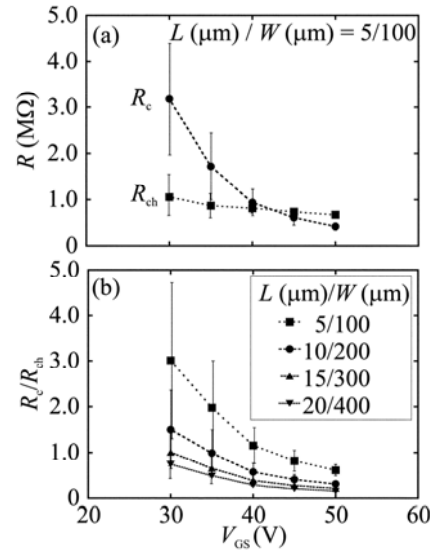


図 4.2 (a)  $L=5\mu\text{m}$  の C<sub>60</sub>FET のチャンネル抵抗と接触抵抗のゲート電圧依存性. (b) 全ての FET の接触抵抗とチャンネル抵抗の比のゲート電圧依存性.

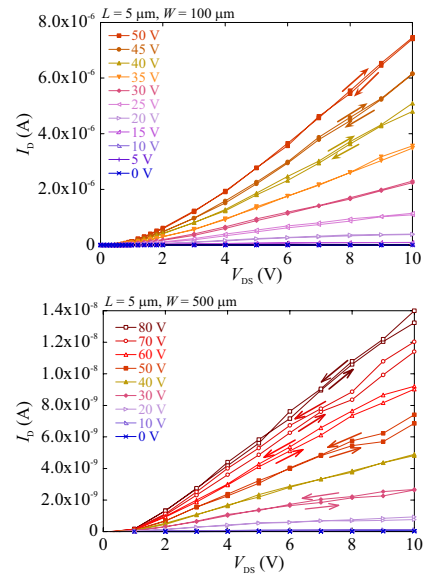


図 4.5 C<sub>60</sub>FET (上) と C<sub>60</sub>-Pd ポリマー FET (下) の出力特性.

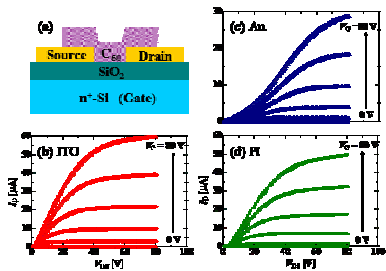


図 4.6 (a)C<sub>60</sub> FET の構造、(b)ITO 電極、(c)Au 電極、(d)Pt 電極の C<sub>60</sub> FET の出力特性.

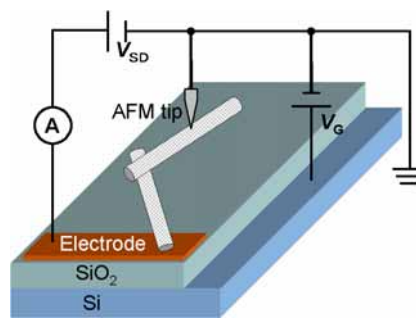


図 4.7 伝導性 AFM による CNT-TFT の評価.

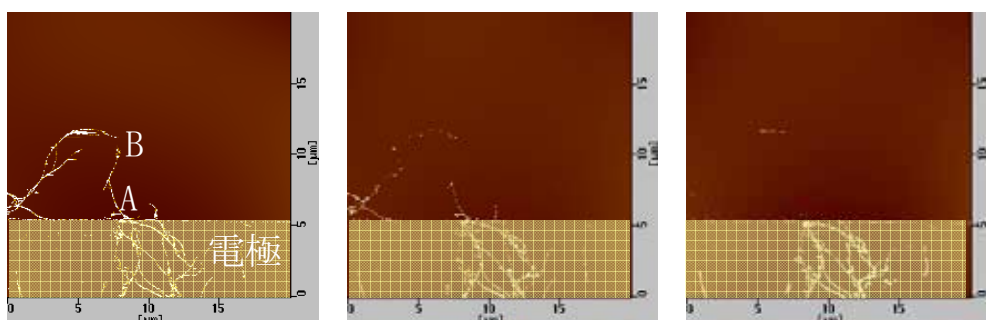


図 4.8  $V_G = -20, 0, \text{ and } 20 \text{ V}$  における CNT-TFT の局所伝導.

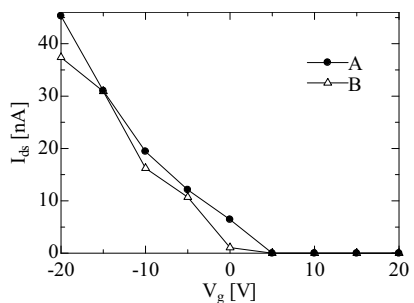


図 4.9 ナノチューブ A および B の電流値のゲート電圧依存性.

## (2)研究成果の今後期待される効果

有機エレクトロニクスの産業利用の展開のためには、p型デバイスとn型デバイスの双方が同程度の性能向上が必要となる。本プロジェクトにより、基本的なデバイスである FET において、 $C_{60}$  が n 型 FET として非常に高い易動度を示すことが見出され、デバイスの  $C_{60}$ FET の研究が急速に加速した。この n 型 FET の精密なデバイス評価と性能向上への取り組みは、今後の有機エレクトロニクスの応用研究に明確な指針を示すものとなり、将来的な波及効果は非常に大きいものである。また、透明フレキシブルデバイスとしての応用が期待できる CNT-TFT におけるデバイス動作もナノプローブ法である伝導性 AFM を用いて理解したことも、これからの CNT-TFT の開発に重要な情報を与えた。

これらの金属電極と有機半導体の界面における電子状態や電流注入における基礎的理解は、今後のデバイスの多機能化の展開においても非常に重要な情報を提供することが期待される。現在、無機電子デバイスにおいては、電子のスピン自由度を用いた新しいコンセプトに基づいたデバイス創製が盛んに行われている。スピン自由度の輸送に関しては、軽元素であり、かつ核スピンを持たない炭素が非常に適した材料であるといえる。すなわち、材料科学的な視点からは、スピントロニクスデバイスにおいては、有機電子デバイスは非常に高いポテンシャルを有している。スピントロニクスデバイスにおける大きな問題は電極から半導体へのスピン注入、半導体から電極へのスピン抽出である。無機デバイスにおいては徐々にその技術の蓄積がなされつつあるが、電極界面がバーディーン関係である無機デバイスの知見は、モット-ショットキー関係の有機デバイスへは全く適用できない。このため、本研究成果で蓄積された電極-有機半導体界面の輸送特性の理解が非常に重要になる。結論として、本プロジェクトにおける電極-有機半導体界面の輸送特性の基礎的理解が非常に重要な基盤になり、今後の有機エレクトロニクスの発展に寄与すると期待している。

## 3.5 フラーレンの単一分子操作によるナノデバイス創製 (岡山大学 久保園グループ)

### (1)研究実施内容及び成果

本サブグループは、岩佐プロジェクト全体の課題である“有機 FET の高度化とその学理探求”に関して、フルーレンを対象として研究を担いプロジェクトの遂行に貢献した。実際には、下記の研究項目を遂行した。

#### [研究項目]

研究項目 1. フルーレンのナノスケール精密集積技術の確立とナノスケール反応の解明

研究項目 2. フルーレンならびにフルーレン誘導体を用いた多機能電界効果デバイスの開発

研究項目 3. フルーレン固体の構造解析と新奇な物性探索

研究項目 4. 溶液プロセスに基づくカーボンナノチューブの機能的分離

[概要] フルーレンをベースにして、薄膜・ナノメートルスケールにおいて動作する新しい高性能な機能性デバイスを作製するとともに、作製のためのプロセス技術を確立することを目的として研究を行った。本研究を通じて、フルーレンの薄膜・ナノスケールでの多彩な反応と基礎的な性質の解明を進めることができ、ナノデバイスならびに実用的薄膜デバイスへの道筋をつけることができた。これによって、フルーレン分子ならびにその固体の基礎化学と物性物理学が主要な研究テーマであった“フルーレン研究分野”に、電子デバイスとしての応用と、その学理の探求を目指す研究分野が新しく構築され、フルーレン研究の発展が電子デバイスへの応用を抜きにしてはありえない状況へと変わった。

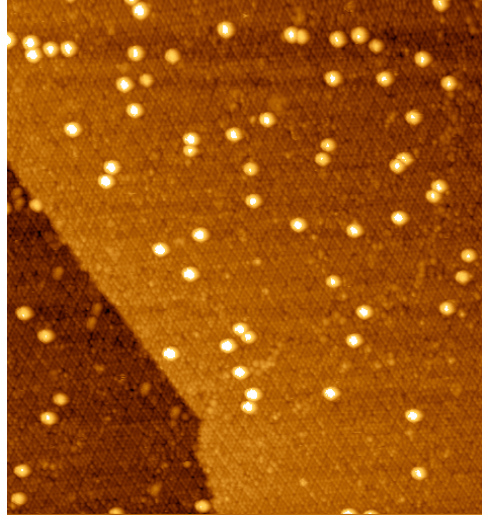
#### [研究内容の詳細]

研究項目 1. フルーレンのナノスケール精密集積技術の確立とナノスケール反応の解明

走査トンネル顕微鏡 (STM) を使って、フルーレン分子ならびにフルーレン分子の集合体を利用する新しいタイプのナノデバイス作製のための基礎技術の確立を目指す研究を行った。

とりわけフラーレン分子の“サイズが 1 nm 程度と大きいこと”，“球状であること”，および“配向・配列制御が容易であること”を最大限利用するナノデバイスの実現に向けての諸課題の解決と，それに付随して得られる物理現象を解明することを目的とした。

第一にフラーレンの秩序構造を半導体清浄表面に形成する場合の過程を詳細に調べた。研究では金属内包フラーレンとして Dy, Ce ならびに Pr を内包した  $C_{82}$  分子 ( $M@C_{82}$ , M: Dy, Ce および Pr) を対象として， $C_{82}$  のケージ対称性の違いからくる異性体についても完全分離した純度の高い試料(二種類の異性体  $C_{2v}\text{-}M@C_{82}$  と  $C_s\text{-}M@C_{82}$  を得た)を用意し，集積過程に関する STM 研究を行った。図 5.1 は， $Ce@C_{82}$  を  $Si(111)\text{-}(7\times 7)$  半導体清浄表面上に蒸着した STM 像である。このとき， $Si(111)\text{-}(7\times 7)$  清浄表面に明るいスポットとして見えているのが



$$V_s = -2.00 \text{ V}, I_t = 0.20 \text{ nA}, 90 \times 90 \text{ nm}^2$$

図 5.1

$C_{2v}\text{-}Ce@C_{82}$  分子である。清浄表面上での吸着位置を検討すると，三個の Si アドアトムの囲む A サイト，コーナーホール上 (B サイト)，4 個の Si アドアトムの囲む C サイトの三つの位置に吸着すること，A サイトを 70~80%，B サイトを 10%，C サイトを 20% の割合で吸着していることを見いだした。高分解能 STM 像ではスポットに内部構造が観測されている。しかしながら， $C_{2v}\text{-}Ce@C_{82}$  分子は常温では少なくとも  $C_2$  軸を  $[111]$  方向に向けて三回回反対称 (3) を満足するような高速なラチェット回転運動をしているので，内部構造が観測される可能性は低い。STM による高さプロファイルの測定から，吸着は物理吸着ではなく化学的な吸着であり，分子が清浄表面上に強く結合していることが見いだされた。すなわち，Si 表面との強い結合が常温での分子のラチェット回転運動を凍結させて内部構造の観測を可能にさせたことになる。1 ML 程度の蒸着においては  $Ce@C_{82}$  は半導体表面全体を被っていく，さらに蒸着すると分子が集合して島を形成する。これは，第一層では層状成長，第二層以降は島状の成長を行う Stranski-Krastanov 成長過程である。3 ML 程度蒸着したときに，これを 200 °C で加熱した場合に，図 5.2 に示す最密構造が形成される。最密構造の大きさは，サブミクロン程度まで広げることが可能である。一方，500 °C で加熱すると，第一層を除いて，第二層より上の層は全て蒸発してしまうことがわかった。すなわち，第二層より上を支配している分子間は弱いので，半導体表面に強く結合している第一層以外が蒸発する。この結果は，実験を行ったすべての  $M@C_{82}$  に共通の現象であり，金属を含まない  $C_{82}$  分子についても同様な成長プロセスが観測された。最密構造を形成した場合には，分子は常温においても自由な回転運動を行っている。このように，フラーレンの集積過程に関して詳細な研究を行い，Physical Reviews 誌に 2 報 (S. Fujiki, Y. Kubozono, T. Hosokawa, T. Kanbara, A. Fujiwara, Y. Nonogaki and T. Urisu, *Phys. Rev.* **B 69**, 045415-1 - 045415-5 (2004); S. Fujiki, Y. Kubozono, Y. Rikiishi and T. Urisu, *Phys. Rev.* **B 70**, 235421-1 - 235421-7 (2004)) と，Chem. Phys. Letters 誌に 1 報 (T. Hosokawa, S. Fujiki, E. Kuwahara, Y. Kubozono, H. Kitagawa, A. Fujiwara, T. Takenobu and Y. Iwasa, *Chem. Phys. Lett.* **395**, 78 - 81 (2004)) の論文を報告するとともに，国際会議の招待講演 (203rd ECS Symposium (Session: Solid-State Physics), Paris, France, April 27 - May 2, 2003) で講演した。また，国内の研究会等において

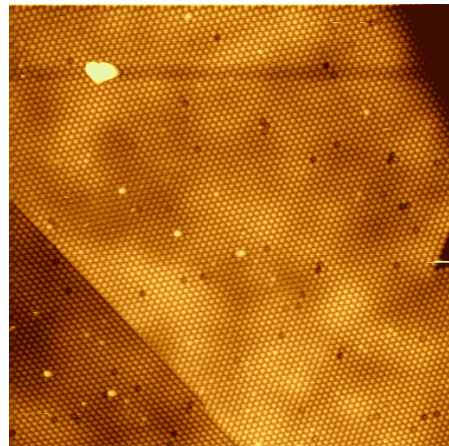


図 5.2

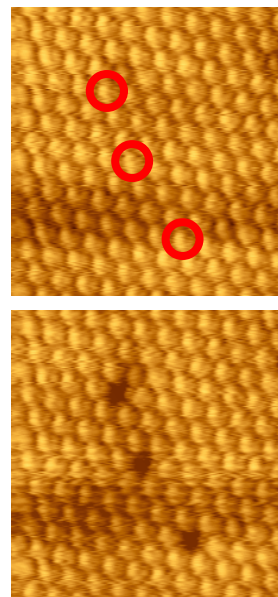


招待講演として報告した。フラーレンの集積過程に関する研究は、国内外において部分的に行われてきたが [1,2], 体系的に種々のフラーレンの集積過程を調べる研究はなく、今回の研究によって、集積の詳細な機構の解明に光が当てられた。

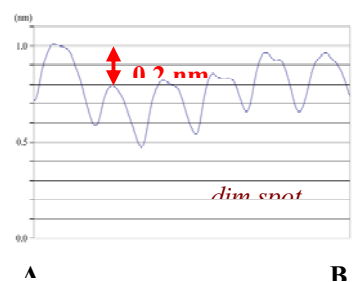
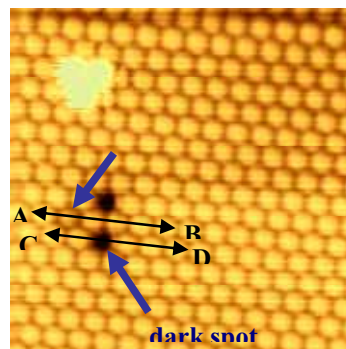
第二に  $C_{60}$  最密構造上で、電界印加によってナノスケールで生じる現象を解明し、形成されるナノ構造体を利用してデバイスを作るための基礎研究を行った。得られた成果は、(A) STM 探針を使って単一分子スケールで  $C_{60}$  分子を電界蒸発させるとともに、得られた空隙を自在に移動させる技術を確認したことと、(B)  $C_{60}$  最密充填構造に STM 探針からの電子・ホール注入によってポリマーリングが形成されることを見だし、リング形成機構に関するモデルを提唱したことである。集積過程の調査から得られた知見をもとに、サブミクロンスケールで形成した  $C_{60}$  最密構造上に、単一分子スケールで試料電圧  $V_s$  を印加して分子を蒸発させたときの STM 像を図 5.3 に示す。このときの探針と表面間の距離は、 $V_s = 2.0$  V でトンネル電流  $I_t = 1.5$  nA を観測する位置であり、通常 STM を観測する距離よりかなり接近している（通常の STM 観測では  $V_s = 2.0$  V,  $I_t = 0.2$  nA）。このとき、印加時間を変えることにより、STM 探針から分子に与えるキャリア数を制御して、分子の蒸発数を制御することに成功した。分子の蒸発後に形成される空隙の大きさは印加時間に依存して大きくなっている。形成された空隙は、常温では極めて不安定であり、数十分程度で空隙により形成したパターンは破壊されてしまう。具体的には、空隙を埋めるように最密表面の変化が生じている。とくに、空隙を隣り合って形成した場合には、数分後には空隙は初期の形状とは大きく変化した。空隙の形成は  $V_s$  の極性に寄らず可能であるが、 $V_s$  を正に印加して電子を注入する場合には、表面上に STM 探針から原子ないし分子が落ちる傾向があり、正孔注入の場合には落ちることはなかった。

図 5.4 は、実際に空隙を形成した場合の高さプロファイルである。A から B のラインでは、明るいスポットと少し暗いスポット（中央部分の 3 個 dim spot と記載）が観測される。このときの高さプロファイルでは、中央部分の 3 個のところ、0.2 nm 程度落ち込んでいるのが解る。これは後に記載するように、分子がポリマーとなっているところである。一方、C から D においては、明るい部分と非常に暗いスポットを見いだすことができる。この暗い部分（dark spot と記載）が、これまで電界印加で分子を蒸発させたのと同じ条件で得られたスポットである。このとき得られた高さプロファイルでは、0.9 nm 以上の孔が形成されているのがわかる、このことは、分子が確実に蒸発していることを示している。

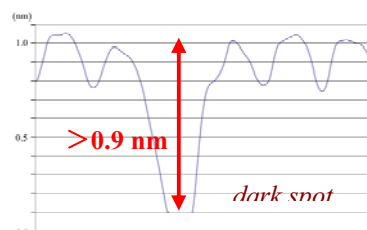
空隙を開けた位置の隣の分子上で、STM 探針を  $V_s = 2.0$  V,  $I_t = 1.2$  nA の高さに固定し電界を印加すると、分子が空隙を埋めるように移動して空隙が移動することを見いだした（図 5.5）。一方、 $V_s = 2.0$  V,  $I_t = 1.2$  nA の高さに固定したとき、最密表面に電界を印加すると分子の蒸発が観測される確率は、 $V_s = 2.0$  V,  $I_t = 1.5$  nA の位置より低い。すなわち、蒸発の時よりマイルドな条件で電界印加すると、



10×10 nm<sup>2</sup>  
図 5.3



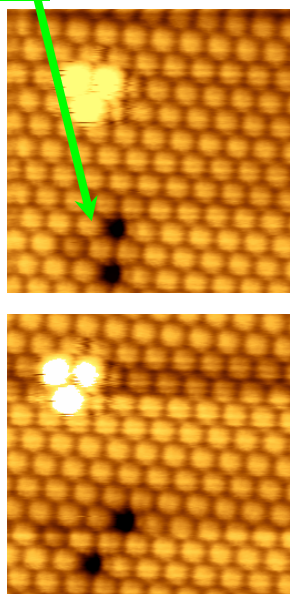
A B



C D

図 5.4

電界印加



10×10 nm<sup>2</sup>  
図 5.5

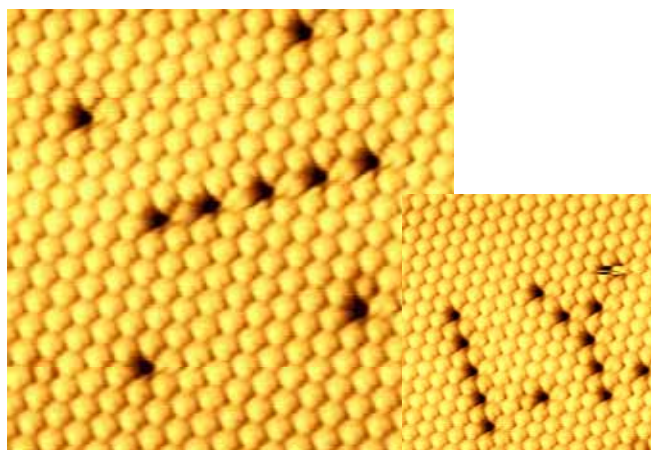


図 5.6

隣に空隙があると分子は蒸発より移動する傾向があることを見いだした．空隙の移動は自在に行うことが可能であり，図 5.6 に示す空隙パターンから，新たな空隙の形成と移動を組み合わせ文字を書きこむこともできる．このように，ナノスケールでの空隙をもとにしたパターンの作成，その変更などが容易である．空隙形成に関する研究成果は，*Chemical Physics Letters* 誌

(S. Fujiki, K. Masunari, R. Nouchi, H. Sugiyama, Y. Kubozono and Akihiko Fujiwara, *Chem. Phys. Lett.* **420**, 82 – 85 (2006)) に掲載されるとともに，2005 年 9 月 14 日付の日経ナノビジネスにトピックスとして取り上げられた．なお，この研究については，国内での招待講演の他に，国際会議での招待講演を行った (207th ECS Fullerene Symposium (Solid-State Physics), Quebec, Canada, May 16 - May 20, 2005)．分子空隙の研究は，従来，Si 表面や MoS<sub>2</sub> 表面での原子蒸発として STM の研究が報告されてきた [3,4]．また，青野らによって自己組織化単分子膜(SAMs)上に defect を形成するなどの研究があるが [5]，今回の C<sub>60</sub> を使った分子蒸発の成功は，C<sub>60</sub> 空隙サイズが 1 nm と STM で観測しやすく，1 nm サイズの量子ドット形成のための鋳型として利用されることが期待されること (分子スケールリソグラフィと定義可能)，自在に空隙が移動可能であることなどから，従来のものに比べて著しく応用性が広いと言える．

一方，C<sub>60</sub> 最密充填表面への電界印加によって，空隙ではなくポリマーリングを形成することが可能なことを示した．まず，STM 探針と試料表面との距離を通常 STM 像を観察する  $V_s = 2.0$  V,  $I_t = 0.2$  nA の位置に固定した後に， $V_s$  を図 5.7 中に示す方形波パルスを印加した．またポリマーリングの形成は，印加する電圧の極性に依存せず，正の  $V_s$  でも，負の  $V_s$  でも生じるが，リングの内外径は電圧の大きさが同じ場合には，正の  $V_s$  をかけた場合に大きくなるのがわかった．これは，後述するように，正孔と C<sub>60</sub> の分子間あるいは分子内振動とのカップリングが大きいことによるものと考えられる．図 5.7 には C<sub>60</sub> の最密充填表面に STM 探針から， $V_s = +3.3$  V を印加したときに得られたポリマーリングの STM 像を示す．ここで，電界を印加した位置は×印で表しており，印加位置から離れた場所に少し暗くなった部分がリング状に見られるが，これがポリマーリングである．高分解能 STM 像で見ると，暗くなった部分は明るいスポットとは異なり，内部に模様を観測されている．これは，半導体清浄表面に集積したとき，第一層で半導体表面との強い結合によって分子の回転運動が凍結したように，結晶中の C<sub>60</sub> 分子の回転運動が抑制されているからである．一方，明るいスポットで内部に模様を観測されないのは，分子が STM の観測時間に比べて高速で回転しているからと考えられる．一方，暗くなった部分では，二ないし三種類の模様が見いだされる．これは，STM で観測される局所電子密度の空間的広がり異なるためである．STM において，高さ方向のプロファイルを測定すると，暗くなっている部分では，



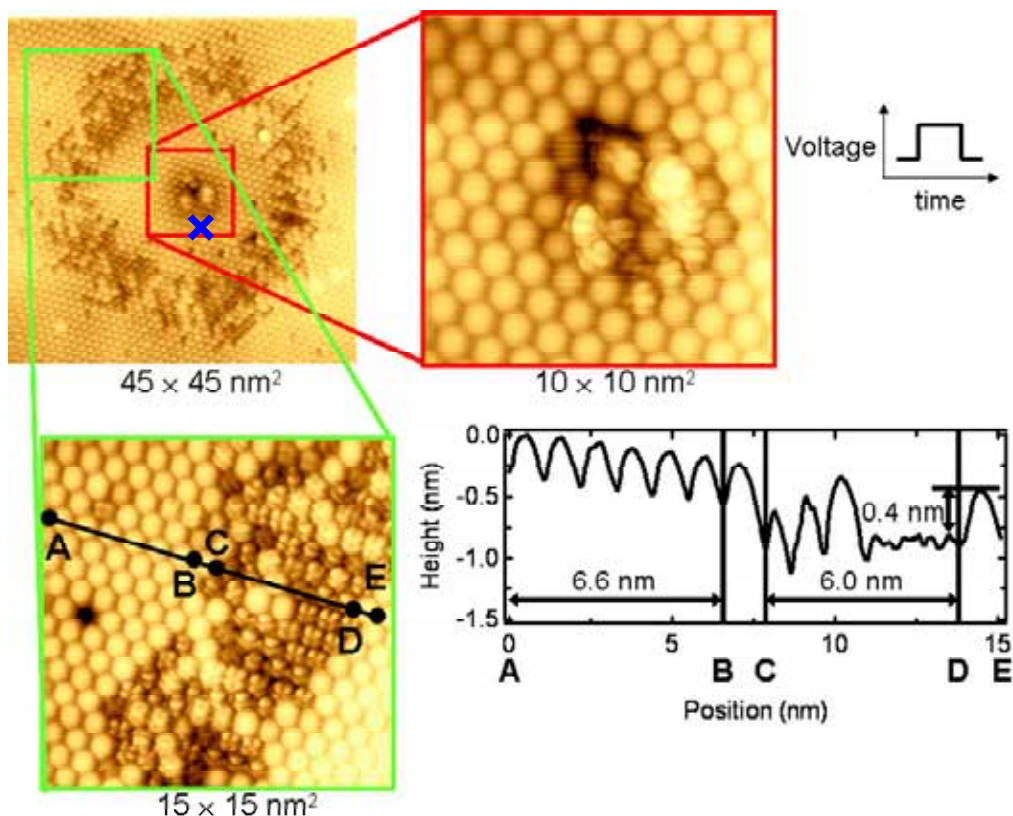


図 5.7

明るいものに比べて、STM 像の面外方向での有意なへこみが観測された。また、面内方向においても、暗いスポットの配列しているところでは、明るいスポットが配列している部分より幾分縮んでいる。これらの結果は、 $C_{60}$  分子の面外ならびに面内方向でのポリマー化が生じていることを示している。面内においても、電界印加点からリングにむけての動径方向での暗いスポット配列の圧縮は観測されているが、リングの周回方向での圧縮ははっきりとは観測されなかった。したがって、ポリマーは二次元的であることが示唆される。図 5.8 にはポリマーの構造として示唆される [2+2] シクロアディクションによる 2 本鎖ポリマーの構造を示す。ポリマー構造の決定については、いくつかの考えられるポリマー構造に対して電子密度分布を理論的に求めて、STM 像と詳細に比較することが必要であり、現段階では構造を論じることはできない。また、二から三種類の内部構造が観測されたことについては、同一構造のポリマーの配向の違いか、異なるポリマーの可能性があり、今後理論計算との対比により決定する必要がある。さて、リングの形成過程を STM 探針から印加する電界パルスを変化させながら調べていくと、印加する  $V_s$  の絶対値を大きくすることで、リングの内外径は大きくなることがわかった。これは、正の  $V_s$  を印加したときでも負の  $V_s$  を印加したときにも見られる現象である。また、リングが形成されても、次に電界パルスを印加すると、リング内部にポリマー化した部分が現れること

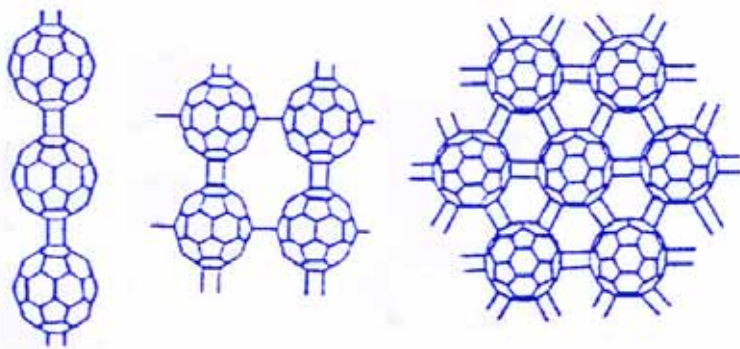


図 5.8

がある。しかしながら、長時間（多くの回数）電界パルスを印加していくと、最終的にはポリマーリングとしてある一定の構造になって、変化が見られなくなる。これは、初期に電界を印加してポリマーリングを観測している状態が完全な定常状態ではなく、長時間の電界印加を経て定常状態として、最終的なポリマーリングが形成されたことを示唆している。さらに、形成されたポリマーリングは、100 °C以上に表面を加熱した後は消滅してしまうことも見いだされた。

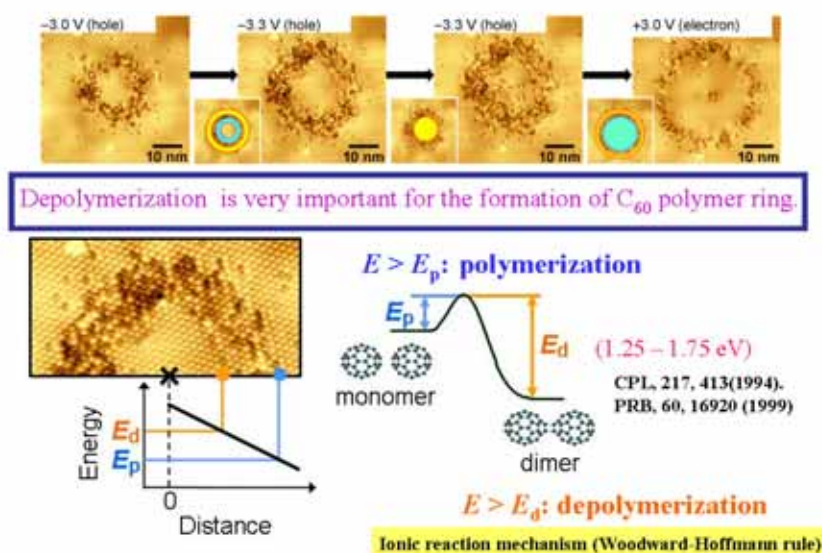


図 5.9

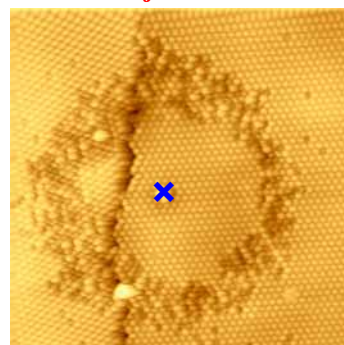
ポリマーリングの形成機構として、我々は簡単なモデルを提案した。STM 探針 - 試料間に電圧を印加することによって注入される正孔や電子が最密充填構造の  $C_{60}$  分子の形成するバンドを伝搬していくとする。ここで印加する電圧に応じて伝搬する伝導バンドは異なる可能性があるが、電子においては三重縮退した LUMO もしくは LUMO+1 軌道が形成するバンドを経由し、正孔の場合は五重縮退した HOMO ないし九重縮退した HOMO-1 の作るバンドを経由していると考えられる。キャリアは伝導過程で、 $C_{60}$  分子の分子間ないし分子内振動とカップリングしてエネルギーを消費するので、図 5.9 に示すように急速にエネルギーを失うはずである。このとき、 $C_{60}$  分子のモノマーとポリマー（ダイマー）のエネルギー状態を考えると、図 5.9 に示すポテンシャルカーブを描くことが可能である。すなわち、モノマーのポリマー化に必要なエネルギー  $E_p$  は、ポリマー（ダイマー）がモノマー化するのに必要なエネルギー  $E_d$  より小さい。ここで、 $E_p$  より大きなエネルギーを有するキャリアは、ポリマー化を引き起こすことができる。一方、 $E_d$  より大きなエネルギーを有するキャリアは脱ポリマー化を引き起こすことができる。また、 $E_d > E_p$  なので、 $E_d$  より大きなエネルギーを有するキャリアは、同時にポリマー化も引き起こすことができる。図 5.9 に示すように、リングの内径に対応するところが、キャリアの有するエネルギーが  $E_d$  の位置に対応し、外径が  $E_p$  のエネルギーの位置に対応すると考えれば、リングが形成されている部分ではポリマー化だけが生じており、内径より内側では脱ポリマー化とポリマー化の両方が起こっていると考えられる。しかしながら、内径内部では最終的にポリマーはほとんど観測されず、モノマーだけが観測されている。これは、ポリマー化の確率が脱ポリマー化の生ずる確率に比べて極めて低いためで考えられる。すなわち、モノマーは常温で自由回転しているので、キャリアは、[2+2]シクロアディクション（図 5.8）を引き起こすのに最適な配置を取っている間に、その分子上にトラップされる必要がある。最適な配置とは、 $C_{60}$  分子の六員環の共有ボンドが隣り合う配置である。一方、脱ポリマー化については、そのような最適配置を考慮する必要はない。したがって、六員環の共有ボンドが隣り合う配置を取る確率が低いことが、 $E_d$  より高いエネルギーを有するキャリアの領域で、ポリマー化がほと



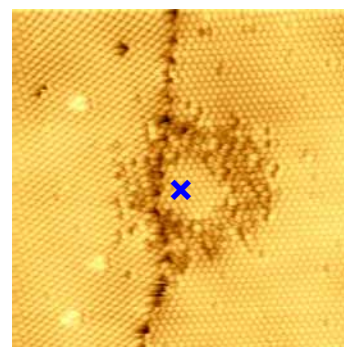
んど見いだされない原因と言える。また、前述したように、定常状態においては、その確率の差を反映して、例外なくリング内でのポリマー化は見られなくなる。

ここで、ポリマーリングの形成が、キャリアの三次元的な伝搬の結果であることを直接に示した例を示す。図 5.10 は、二つの成長方向の異なる  $C_{60}$  最密充填構造グレインが接触している境界付近に、STM 探針から電界を印加したときのポリマーリングの STM 像である。正の  $V_s$  を印加して電子を注入したときも、負の  $V_s$  を印加して正孔を注入したときも、リングがそのまま境界を越えて広がることはない。これは最密表面の裂け目がキャリアの伝搬に対する障害となって、急速にエネルギーが消費されることによりリングが広がらないものと解釈できる。一方、最密表面最上層に粗く分子を除去した部分を形成した場合には、ほとんどリングの形に影響を与えることはなかった。これは、伝搬が表面だけで起こるのではなく、積層している数層にわたる  $C_{60}$  層を伝搬していることを示唆する結果である。電子と正孔によるリング外径ならびに内径の違いについては、縮退度の大きな HOMO や HOMO-1 を伝導する正孔においては、正孔—格子相互作用が大きいために、エネルギーが急速に低下してしまうこと、すなわち有効質量が大きいので動ける距離が小さくなることに関連している。このことは、有効質量の比と関係するゾンマーフェルトパラメータの比が、 $\gamma_{\text{exp}} / \gamma_0 = 1 + \lambda \approx 1 + N(\epsilon)V$  によって、状態密度  $N(\epsilon)$  と関係していることから理解される。ここで  $\lambda$  は質量増大因子とも呼ばれる。本研究で提案したモデルについては、今後検討すべき課題は多いが、ポリマーリングの形成が、STM 探針からの電流(キャリア注入)によるナノスケールでの化学反応の誘起であるとすると、図 5.11 に示すように、 $10^4 \text{ A/cm}^2$  以上の大電流領域では、ナノスケールでは化学反応が誘起されることを示唆しており、 $10^8 \text{ A/cm}^2$  程度の大電流が流れる単分子デバイスにおいては、化学反応の問題は避けて通れない課題であることを示している。ポリマーリングに関する研究成果は、Physical Review Letters 誌 (R. Nouchi, K. Masunari, T. Ohta, Y. Kubozono, and Y. Iwasa, *Phys. Rev. Lett.* 97, 196101-1 - 196101-4 (2006)) と国内学会等において招待講演として報告した。なお、従来ポリマー形成に関する報告は東大の中村らによって報告されているが [6], 協奏的なポリマーリング形成に関する報告は、本研究が初めてのものであり、 $C_{60}$  のナノスケール化学反応に関する新しい展開を切り開いたものと考えている。

Electron injection at +3.0 V



Hole injection at -3.0 V



x: Injection point;  $50 \times 50 \text{ nm}^2$

図 5.10

ここで  $\lambda$  は質量増大因子とも呼ばれる。本研究で提案したモデルについては、今後検討すべき課題は多いが、ポリマーリングの形成が、STM 探針からの電流(キャリア注入)によるナノスケールでの化学反応の誘起であるとすると、図 5.11 に示すように、 $10^4 \text{ A/cm}^2$  以上の大電流領域では、ナノスケールでは化学反応が誘起されることを示唆しており、 $10^8 \text{ A/cm}^2$  程度の大電流が流れる単分子デバイスにおいては、化学反応の問題は避けて通れない課題であることを示している。ポリマーリングに関する研究成果は、Physical Review Letters 誌 (R. Nouchi, K. Masunari, T. Ohta, Y. Kubozono, and Y. Iwasa, *Phys. Rev. Lett.* 97, 196101-1 - 196101-4 (2006)) と国内学会等において招待講演として報告した。なお、従来ポリマー形成に関する報告は東大の中村らによって報告されているが [6], 協奏的なポリマーリング形成に関する報告は、本研究が初めてのものであり、 $C_{60}$  のナノスケール化学反応に関する新しい展開を切り開いたものと考えている。

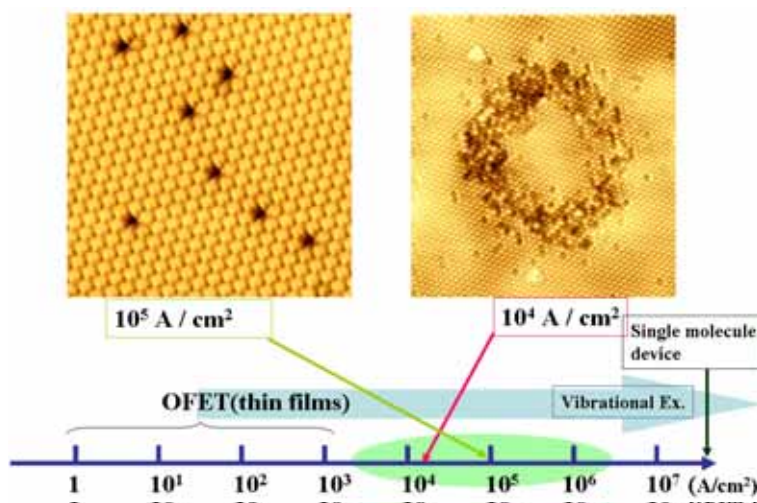


図 5.11

参考文献

- [1] R. Klingele et al., *J. Chem. Phys.* **115**, 7215 (2001).
- [2] A. Taninaka et al., *Nano lett.* **3**, 337 (2003).
- [3] S. Hosoki, S. Hosaka, T. Hasegawa, *Appl.Surf. Sci.* **60/61**, 643 (1992).
- [4] I. W. Lyo, P. Avouris, *Science*, **253**, 173 (1991).
- [5] Y. Okawa and M. Aono, *Nature* **409**, 683 (2001).
- [6] Y. Nakamura et al., *Surf. Sci.* **528**, 151 (2003).

研究項目2. フラーレンならびにフラーレン誘導体を用いた多機能電界効果デバイスの開発

フラーレン薄膜を活性層とする電界効果トランジスタ

(FET) の開発研究を行い、多様なフラーレン FET を作製するとともに、その物理的特性を究明した。第一に、従来報告されていた  $C_{60}$  と  $C_{70}$  薄膜を用いた FET デバイスに加えて、高次フラーレンとして、 $C_{76}$ ,  $C_{78}$ ,  $C_{82}$ ,  $C_{84}$  および  $C_{88}$  薄膜を活性層とする FET デバイスと、金属内包フラーレンとして、 $Dy@C_{82}$ ,  $Pr@C_{82}$  ならびに  $Ce@C_{82}$  を活性層とする FET デバイスを作製し、 $n$ -チャンネル FET 特性の観測

に成功した。電界効果移動度は、 $10^{-5} - 10^{-2} \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$  の範囲にあり、 $C_{60}$  が最近達成した  $4.9 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$  に比べて低い [1]。この理由は、主要には薄膜の結晶性が低いことにある。結晶性の低い薄膜しか作製できていないのは、現段階で高純度の試料が極めて少量しか得られないからである。しかしながら、上記のように、多くのフラーレンの FET 特性を評価できたのは、当グループが多様なフラーレンの作製に関するノウハウを、長年にわたって蓄積してきたからである。研究開始当時は、金属内包フラーレンの電子構造そのものが明らかではなく、半導体なのか金属なのかについての結論も出ていなかったが、本研究を通じてこれらのフラーレンの電子的特性 (バンドギャップ、電界効果移動度、電気抵抗率の温度依存性、移動度の温度依存性、モビリティギャップ) が明らかになった。これらの成果は、フラーレンの基礎的性質の解明に貢献しただけではなく、将来的に

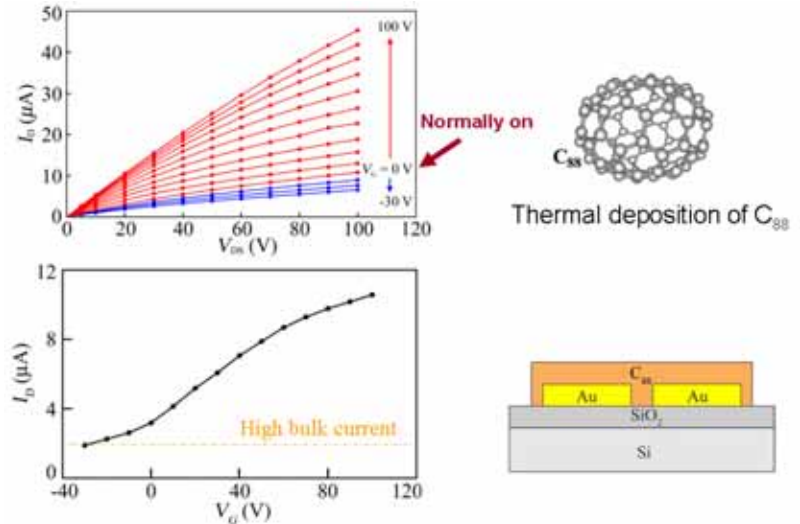
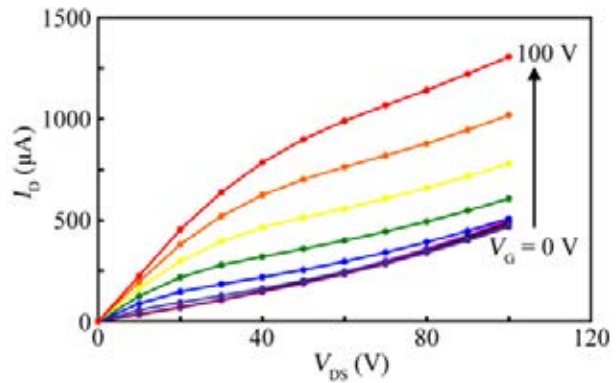


図 5.12



**Eu/C<sub>60</sub>/SiO<sub>2</sub>/Si FET**

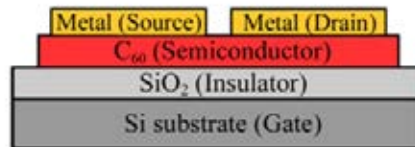


図 5.13

フラーレンが電界効果デバイスに応用できることを示し、そのための課題を明らかにした点で重要である。また、薄膜での電子構造に関する研究に加えて、STS を使って単分子スケールで金属内包フラーレンの HOMO-LUMO ギャップを明らかにした。さらに、3 で述べるように金属内包フラーレン固体を使って結晶構造と相転移に関する研究を進めた。また、代表的な特性として図 5.12 に C<sub>88</sub>FET の出力特性を示す。

本研究では、C<sub>60</sub> とペンタセンという *n* チャネルと *p* チャネルの代表的な物質を用いたヘテロ接合型両極性デバイスを作製し、良好な両極性特性を得るためのデバイス構造を明らかにするとともに、上記の物質を組み合わせた CMOS 反転論理ゲート回路のデモンストレーションを行った。これは、フラーレン薄膜 FET を論理ゲート回路に用いることによって、応用を念頭に置いたデバイス設計上の問題を明らかにするためのものである。また、C<sub>60</sub> への効率的なキャリア注入のために、電極と C<sub>60</sub> 伝導バンドのエネルギーレベルのマッチングを目指して、C<sub>60</sub> の伝導バンドよりも高い位置にフェルミ面を有するユウロピウム電極を用いたデバイスを作製し、通常の条件下（大気に曝露、バッファレイヤーなどを使わない）において得られる世界最高の電界効果移動度（ $\sim 0.5 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ）を得た（図 5.13）。さらに、電極表面を自己組織化膜によって覆うことによって、意図的にキャリア注入障壁を形成し、これを熱電子放出モデルで評価するなど、キャリア注入の本質の解明に向けた研究を行った。この研究は、界面制御が有機 FET の主要な課題になっている中で、解析のアプローチを提出したものとしても意味がある。

研究開始当初より課題であった C<sub>60</sub> への高濃度キャリア注入に向けて高い誘電率を有する Ba<sub>x</sub>St<sub>1-x</sub>TiO<sub>3</sub>(BST)を絶縁膜とする FET デバイスを作製した。これは、フラーレン FET における初めての高誘電性ゲート絶縁膜利用であって、高い誘電率のために通常の有機 FET に比べて著しく低い電圧で動作することが見いだされた。また、この絶縁膜をカーボンナノチューブ FET に対しても応用し、低電圧駆動、ヒステリシスの低減を実現した。さらに、ポリイミドなどの高分子絶縁膜を使ったフレキシブル C<sub>60</sub>FET の開発、フラーレン dendrimer を用いた溶液プロセスでの FET デバイスなどの開発を行なった（図 5.14）。さらに、溶液プロセスと高分子絶縁膜を組み合わせたフレキシブルデバイスを開発した。溶液プロセスでのフラーレン dendrimer-FET の移動度は  $10^{-3} \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$  でオンオフ比が  $10^4$  程度であるが、フラーレン dendrimer の構造的な秩序性を上げるために、従来溶液プロセスで用いられてきたスピコートではなく、Langmuir-Blodgett (LB) 膜を使った FET デバイスの研究を進めており、すでにスピコート膜よりも良好な特性を得ている。これまでの研究成果は以下の論文において報告した。

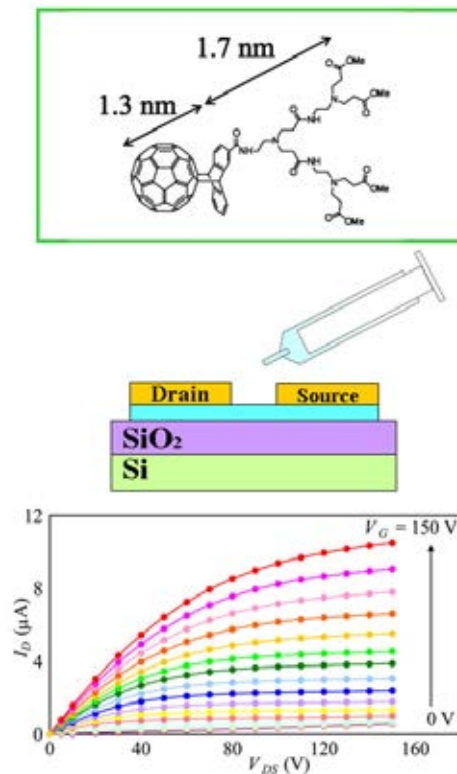


図 5.14

Applied Physics Letters 誌に 9 報. K. Shibata, Y. Kubozono, T. Kanbara, T. Hosokawa, A. Fujiwara, Y. Ito and H. Shinohara, *Appl. Phys. Lett.* **84**, 2572 – 2574 (2004); E. Kuwahara, Y. Kubozono, T. Hosokawa, T. Nagano, K. Masunari and A. Fujiwara, *Appl. Phys. Lett.* **85**, 4765 – 4767 (2004); T. Nagano, H. Sugiyama, E. Kuwahara, R. Watanabe, H. Kusai, Y. Kashino, Y.

Kubozono, *Appl. Phys. Lett.* **87**, 023501-1 – 023501-3 (2005); Y. Kubozono, T. Nagano, Y. Haruyama, E. Kuwahara, T. Takayanagi and K. Ochi, *Appl. Phys. Lett.* **87**, 143506-1 – 143506-3 (2005); T. Ohta, T. Nagano, K. Ochi, Y. Kubozono, and A. Fujiwara, *Appl. Phys. Lett.* **88**, 103506-1 – 103506-3 (2006). H. Kusai, T. Nagano, K. Imai, Y. Kubozono, Y. Sakoh, T. Takaguchi, A. Fujiwara, N. Akima, Y. Iwasa, S. Hino, *Appl. Phys. Lett.* **88**, 173509-1 – 173509-3 (2006); T. Ohta, T. Nagano, K. Ochi, Y. Kubozono, E. Shikoh, and A. Fujiwara, *Appl. Phys. Lett.* **89**, 053508-1 – 053508-3 (2006); K. Ochi, T. Nagano, T. Ohta, R. Nouchi, Y. Kubozono, Y. Matsuoka, E. Shikoh, A. Fujiwara, *Appl. Phys. Lett.* **89**, 083511-1 – 083511-3 (2006); Ohishi, K. Ochi, Y. Kubozono, H. Kataura, M. Shiraishi, *Appl. Phys. Lett.* in press.

Chem. Phys. Lett.誌に 3 報. T. Kanbara, K. Shibata, S. Fujiki, Y. Kubozono, S. Kashino, T. Urisu, M. Sakai, A. Fujiwara, R. Kumashiro and K. Tanigaki, *Chem. Phys. Lett.* **379**, 223 – 229 (2003); T. Nagano, E. Kuwahara, T. Takayanagi, Y. Kubozono and A. Fujiwara, *Chem. Phys. Lett.* **409**, 187 – 191 (2005); E. Kuwahara, H. Kusai, T. Nagano, T. Takayanagi, Y. Kubozono, *Chem. Phys. Lett.* **413**, 379 – 383 (2005) .

Physical Reviews 誌に 1 報. Y. Kubozono, Y. Rikiishi, K. Shibata, T. Hosokawa, S. Fujiki and H. Kitagawa, *Phys. Rev.* **B 69**, 165412-1 – 165412-7 (2004) .

その他の雑誌に 1 報. T. Nagano, H. Kusai, K. Ochi, T. Ohta, K. Imai, Y. Kubozono and A. Fujiwara, *phys. stat. solidi*, (b) **243**, 3021 – 3024 (2006) .

また、研究成果は、国内の学会等での招待講演として報告した。これらの研究を通じて、フラーレンを使った電界効果デバイスの研究が飛躍的に進展したと同時に、フラーレンを使って有機 FET の基礎的側面を明らかにするとともに、低電圧駆動や高効率キャリア注入などを達成することによって、応用への展開におけるいくつかの課題を解決した。なお、フラーレンを使った FET は、従来 C<sub>60</sub> と C<sub>70</sub> ならびにその誘導体に限定されており、本研究において行われた体系的なフラーレン薄膜 FET 研究は、世界的に例がなく本研究が唯一のものである。

#### 参考文献

[1] K. Itaka et al., *Adv. Mater.* **18**, 1713 (2006).

#### 研究項目 3. フラーレン固体の構造解析と新奇な物性探索

これまで研究がなされてこなかった高次フラーレン、金属内包フラーレンならびに金属ドープされた高次フラーレン結晶を作製し、構造を広い温度・圧力領域において調べ、温度-圧力に対する相の決定と、これらの相の示す電氣的・磁氣的性質を解明した。この研究はフラーレンの未開拓の分野に構造・物性の観点からメスを入れたと評価できる。金属内包フラーレン M@C<sub>82</sub> の異性体分離した二種類の試料 (C<sub>2v</sub> と C<sub>s</sub> 対称) について、放射光粉末 X 線回折を使った Rietveld 解析を行って分子構造を決定した。図 5.15 に示す C<sub>2v</sub> 対称の M@C<sub>82</sub> (M: Dy, Ce, Pr) では、C<sub>2v</sub>-C<sub>82</sub> ケージの C<sub>2</sub> 軸上に金属原子が存在している (C<sub>2</sub> 軸上にいるので M@C<sub>82</sub> の対称性は低下しない)。なお、C<sub>2v</sub>-M@C<sub>82</sub> は C<sub>s</sub>-M@C<sub>82</sub> に比べて実際に得られる量が多くメジャー異性体と呼ばれている。さらに、これらの結晶構造を決定するとともに、広い温度領域での構造変化を詳細に調べた。M@C<sub>82</sub> については、分子の対称性が C<sub>2v</sub>, C<sub>s</sub> 問わずに Pa3̄ の結晶構造を有しており、常温では格子定数  $a = 15.8 \text{ \AA}$  程度の値を示す。図 5.16 に C<sub>2v</sub>-Ce@C<sub>82</sub> の  $a$  の温度依存性を示す。明白に 170 K 付近に構造相転移を確認できる。M@C<sub>82</sub> の電気抵抗率を薄膜で調べ、すべてが 0.2 ~ 1 eV 程度の小さなギャップを有する半導体であることを見いだした。また、構造についての研究は、M@C<sub>82</sub> だけではなく、C<sub>82</sub> などの高次フラーレンと、金属原子をインターカレートした高次フラーレンについても行き、結晶構造を決定し、電子構造を明らかにした。



これらの研究は、以下の雑誌において報告するとともに、国内の学会等で招待講演として報告した。

Phys. Rev. B に 5 報. Y. Takabayashi, Y. Kubozono, T. Kanbara, S. Fujiki, K. Shibata, Y. Haruyama, T. Hosokawa, Y. Rikiishi, and S. Kashino, *Phys. Rev. B* **65**, 073405-1 - 073405-4 (2002); S. Fujiki, Y. Kubozono, M. Kobayashi, T. Kambe, Y. Rikiishi, S. Kashino, K. Ishii, H. Suematsu and A. Fujiwara, *Phys. Rev. B* **65**, 235425-1 - 235425-7 (2002); Y. Kubozono, Y. Takabayashi, K. Shibata, T. Kanbara, S. Fujiki, S. Kashino, A. Fujiwara and S. Emura, *Phys. Rev. B* **67**, 115410-1 - 115410-8 (2003); K. Shibata, Y. Rikiishi, T. Hosokawa, Y. Haruyama, Y. Kubozono, S. Kashino, T. Uruga, A. Fujiwara, H. Kitagawa, T. Takano and Y. Iwasa, *Phys. Rev. B* **68**, 094104-1 - 094104-7 (2003); Y. Rikiishi, Y. Kashino, H. Kusai, Y. Takabayashi, E. Kuwahara, Y. Kubozono, T. Kambe, T. Takenobu, Y. Iwasa, N. Mizorogi, S. Nagase and S. Okada, *Phys. Rev. B* **71**, 224118-1 - 224118-6 (2005).

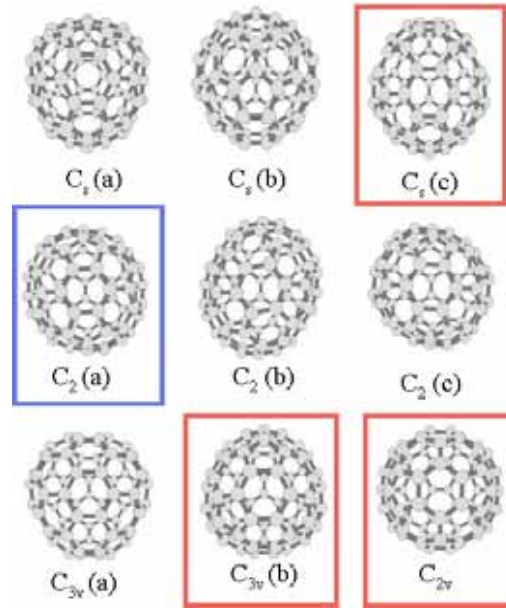


図 5.15

Chemistry of Materials 誌に 1 報. B. Claridge, Y. Kubozono, M. J. Rosseinsky, *Chem. Mater.* **15**, 1830-1839 (2003)

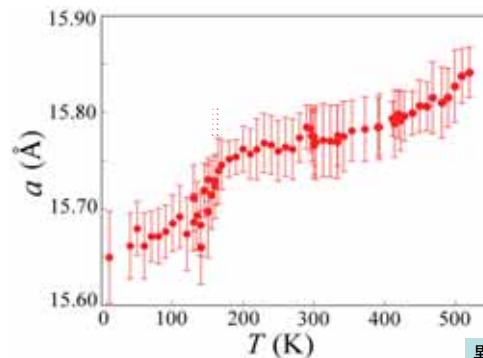
J. Phys. Chem. B 誌に 1 報. Y. Rikiishi, Y. Kubozono, T. Hosokawa, K. Shibata, Y. Haruyama, Y. Takabayashi, A. Fujiwara and S. Kobayashi, S. Mori and Y. Iwasa, *J. Phys. Chem. B*, **108**, 7580 - 7585 (2004).

Chem. Phys. Lett. 誌に 1 報. Y. Takabayashi, Y. Haruyama, Y. Rikiishi, T. Hosokawa, K. Shibata and Y. Kubozono, *Chem. Phys. Lett.* **388**, 23-26 (2004).

高次フラーレン、金属内包フラーレンならびにその関連物質の構造研究は、国内外において数グループで行なわれているが、物性に関連して構造研究を行っているのは、主として英国の K. Prassides 教授 (Univ. Durham) と M. Rosseinsky 教授 (Univ. Liverpool) の二グループである。本研究は、これらのグループと一定の協力関係を保ちながら、独自に研究を進めている。一方、対象としているフラーレンの多様性から言えば、本研究グループのアクティ

結晶相変化について (Ce@C<sub>82</sub>異性体 I, II)

Ce@C<sub>82</sub>異性体 I a の温度依存性



170 Kに二次の相転移がある！！

異性体 II a の温度依存性 (105-300 K)  
相転移なし。

図 5.16

ビティがずばぬけている。なお、本研究グループで研究を行っていた博士研究員の1名（高林康裕）は、現在 K.Prassides 教授の下で博士研究員として研究を進めている。

#### 研究項目 4. 溶液プロセスに基づくカーボンナノチューブの機能的分離

金属・半導体カーボンナノチューブの選択的な分離と、半導体チューブの径がバンドギャップに依存することを基礎にして、チューブ径に応じた分離を行うことを目指した研究を展開した。実際に行った研究は、液体流れを利用したカーボンナノチューブの電界トラップ法による分離である。カーボンナノチューブを溶解した溶液の送液方法として、(A) マイクロ流路内で物理的なポンプを用いる方法と、(B) 細管内で電圧印加時に生じる電気浸透流による方法を有望な方法として検討した。電圧印加時には電気泳動分離の手法も活用できるので、無関係な不純物イオンの除去ならびにイオン性部位を有する機能性カーボンナノチューブの選択的な分離も可能であることから、主として電気浸透流による分離法に関する基礎検討を行った。電気浸透流による送液方法において、内壁への陽イオン性高分子電解質の単分子層吸着による電気浸透流の逆転ならびに吸着層とカーボンナノチューブとの間にはたらく相互作用の活用を目的として、高分子電解質としてキトサンを用いる基礎研究を進めた。溶融シリカ製キャピラリー内壁の電気浸透流は、0.025 mg/ml 以下のキトサン濃度でその吸着により電気浸透流が逆転した。キトサンを電気浸透流改質剤に用いる利点は、この吸着が吸着平衡に基づくダイナミックコーティングではなく、永続的に吸着されるヒステリシスが観測され、これを活用できる点にある。さらに、カーボンナノチューブの溶液内分散、とくに水溶液系での取扱いを目的として、界面活性剤ミセルを用いる分離モデルに関する研究を進めた。界面活性剤ミセルを用いる分離法は、目的物質と界面活性剤分子との間で働く分子間相互作用と、水相-界面活性剤ミセル相間での物質の分配現象に基づいており、サイズや疎水性の差異によるカーボンナノチューブの選択的な分離技術につながるが見いだされた。電場下での分離では、電荷を有していないものに対してはイオン性界面活性剤を、電荷を有しているものに対しては非イオン性界面活性剤を使い分けることが可能であることがわかった。現在この研究については論文投稿準備中である。カーボンナノチューブ表面への界面活性剤分子の吸着現象を新しいカーボンナノチューブの分離法として展開する研究を進めている。

#### (2)研究成果の今後期待される効果

本研究を通じて、フラーレンをベースにした薄膜・ナノメータスケールでの電界効果デバイス開発ならびに、それに関連した基礎物性研究を行った。その結果、フラーレンのナノスケールでの多彩な反応と基礎的な性質の解明を進めることができ、ナノデバイスへの道筋をつけることができた。薄膜レベルでも実用デバイスを視野に入れながら、デバイスの物理的側面を一つ一つ着実に解明してきた。本研究グループの薄膜・ナノメータスケールでの研究と、さらには固体での構造物性研究は、フラーレン研究分野に新しい方向性を指し示すことになった。具体的には、従来フラーレンならびにフラーレン関連物質自身の基礎化学と物性物理学が主要な研究テーマであったフラーレンの研究分野に、ナノメータスケールでのデバイス研究と、薄膜デバイスの研究を持ち込むことによって、電子デバイスとしての応用性をターゲットにした研究分野が構築された。研究開始後5年間で、フラーレンの物性物理学研究は、基本的に電子デバイスをターゲットとしたものになっており、フラーレン研究の発展も電子デバイスへの応用を抜きにしてはありえない状況に変わりつつある。このような変化を促した点においても、本研究の果たした役割は大きい。

現在、我々の研究は、フラーレンを実際にナノスケールでのデバイスとして利用する研究へと進もうとしている。具体的には、フラーレン1個1個をデバイスとして作りこむこと（単分子エレクトロニクス）、フラーレンをナノスケールのリソグラフィーに利用すること（超微細加工技術）、ナノスケールでの化学反応を利用した新たなナノ構造体を有効に利用したデバイスを開発すること（ナノスケールデバイス）などを、具体的な研究テーマとして進んでいる。とくに、本研究プロジェクトにおいて遂行したフラーレン分子クラ



スター、最密表面、空隙、ポリマーやポリマーリングなどのナノ構造体を作製する研究は、上述したデバイスの開発ならびにデバイス作製プロセスへの応用において意味を持つだけでなく、ナノメートルスケールで生じる物理や化学（たとえば、キャリアの伝播や散乱過程、キャリアのトラップと化学反応の誘起など）に本格的に手をつけることを可能にした点で重要である。この研究は、フラーレンナノデバイス開発と、ナノデバイス開発のためのプロセス技術として科学技術に波及効果をもち、その学理探求の土台を与えることに貢献した。また、多様な薄膜デバイスの開発とそれに関連したデバイス物理の研究は、薄膜レベルでの実用デバイスの材料としてフラーレンを土台に乗せることに貢献しており、近い将来フラーレンデバイスが実際に社会で使用されるようになるという状況を生み出すことに少なからぬ貢献をしたといえる。

#### 4 研究参加者

##### ① 岩佐グループ(ナノクラスタの配列・配向制御によるデバイス・材料物性の研究)

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
岩佐義宏	東北大学 金属材料研究所	教授	有機、カーボンナノチューブトランジスタの特性制御	平成13年12月～ 平成18年11月
田口康二郎	東北大学 金属材料研究所	助教授	ナノ構造を利用した新物質の開発と物性研究	平成14年4月～ 平成18年11月
竹延大志	東北大学 金属材料研究所	助手	有機、カーボンナノチューブトランジスタの特性制御	平成13年12月～ 平成18年11月
小林慎一郎	東北大学 金属材料研究所	CREST 研究員 助手	有機薄膜トランジスタの作製と特性制御	平成14年7月～ 平成15年2月 平成15年3月～ 平成17年6月
下谷秀和	東北大学 金属材料研究所	CREST 研究員 助手	電気二重層トランジスタ	平成15年4月～ 平成17年6月 平成17年6月～ 平成18年11月
星 有沙	東北大学 金属材料研究所	CREST 研究補助員	チーム事務員	平成13年12月～ 平成18年11月

##### ② 谷垣グループ(有機FET、クラスタ固体物理の研究)

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
谷垣勝己	東北大学大学院理学研究科物理学専攻	教授	FET 物性およびクラスタ合成	平成13年11月～ 平成18年9月
熊代亮太郎	東北大学大学院理学研究科物理学専攻	助手	X線構造解析およびFET 素子作製	平成13年11月～ 平成18年9月

##### ③ 真庭グループ(新規ナノ複合物質の作製とナノ現象解明の研究)

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
真庭豊	東京都立大学 首都大学東京	助教授 助教授	ナノ構造物性とNMR	平成13年11月～ 平成17年3月 平成17年4月～ 平成18年3月
松田和之	東京都立大学 首都大学東京	助手 助手	ナノ構造物性とNMR	平成13年11月～ 平成17年3月 平成17年4月～ 平成18年3月
吉良弘	東京都立大学	研究生	ナノ構造物性とNMR	平成13年11月～ 平成16年6月
神島謙二	東京都立大学	CREST 研究	ナノ構造物性とNMR	平成14年9月～

		員		平成15年3月
--	--	---	--	---------

④ 藤原グループ（カーボンクラスターデバイスの界面抵抗評価の研究）

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
藤原明比古	北陸先端科学技術大学院大学マテリアルサイエンス研究科	助教授	カーボンクラスターデバイスの作製、デバイス動作測定	平成13年12月～平成18年11月
堀秀信	北陸先端科学技術大学院大学マテリアルサイエンス研究科	教授	電子物性精密測定	平成13年12月～平成18年11月
仕幸英治	北陸先端科学技術大学院大学マテリアルサイエンス研究科	助手	光学的試料評価、デバイス電極作製	平成16年4月～平成18年11月

⑤ 久保園グループ（フラーレンの単一分子操作によるナノデバイス創製）

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
久保園芳博	岡山大学大学院自然科学研究科	助教授	フラーレンの単一分子操作によるナノデバイス創製研究	平成13年11月～平成18年11月
高柳俊夫	岡山大学大学院自然科学研究科	助手	フラーレンの単一分子操作によるナノデバイス創製研究	平成16年4月～平成18年11月
野内亮	岡山大学理学部	CREST 研究員	フラーレンの単一分子操作によるナノデバイス創製研究	平成17年4月～平成18年11月
高林康裕	岡山大学大学院自然科学研究科	岡山大学博士研究員	フラーレンの単一分子操作によるナノデバイス創製研究	平成13年11月～平成17年1月
藤木聡	岡山大学大学院自然科学研究科	岡山大学博士研究員	フラーレンの単一分子操作によるナノデバイス創製研究	平成13年11月～平成17年3月
力石好恵	岡山大学理学部	研究補助員	フラーレンの単一分子操作によるナノデバイス創製研究	平成16年4月～平成16年9月
今井久美子	岡山大学理学部	研究補助員	フラーレンの単一分子操作によるナノデバイス創製研究	平成17年4月～平成18年3月
筒井倫子	岡山大学理学部	研究補助員	フラーレンの単一分子操作によるナノデバイス創製研究	平成18年5月～平成18年6月

E. 5 招聘した研究者等

氏名(所属、役職)	招聘の目的	滞在先	滞在期間
Thomas. T.M. Palstra教授	招待講演（金研ワークショップ）	東北大学 金属材料研究所	5日間

## F. 6 成果発表等

(1)原著論文発表 (国内誌 0件、国際誌 195件)

### <2006年>

1. Water-filled single-wall carbon nanotubes as molecular nanovalves, Y. Maniwa, K. Matsuda, H. Kyakuno, S. Ogasawara, T. Hibi, H. Kadowaki, S. Suzuki and Y. Achiba, H. Kataura, *Nature Materials* (accepted for publication)
2. Ambipolar organic field-effect transistors based on rubrene single crystals, T. Takahashi, T. Takenobu, J. Takeya, Y. Iwasa, *Applied Physics Letters* 88(3), 033505 (2006).
3. Band structure modulation by carrier doping in random-network carbon nanotube transistors, Nakamura S, Ohishi M, Shiraiishi M, Takenobu T, Iwasa Y, *Applied Physics Letters* 89(1), 013112 (2006).
4. B-11 NMR study of pure and lightly carbon-doped MgB<sub>2</sub> superconductors, M. Karayanni, G. Papavassiliou, M. Pissas, M. Fardis, K. Papagelis, K. Prassides, T. Takenobu, Y. Iwasa, *Journal of Superconductivity* 18(4), 521-528 (2005).
5. Charge transport of copper phthalocyanine single-crystal field-effect transistors stable above 100 °C, K. Yamada, J. Takeya, K. Shigeto, K. Tsukagoshi, Y. Aoyagi, Y. Iwasa, *Applied Physics Letters*, 88(12) 122110 (2006).
6. Comment on "Large optical nonlinearity of semiconducting single-walled carbon nanotubes under resonant excitations" - Okamoto *et al.* reply, Okamoto H, Matsumoto S, Maeda A, Kishida H, Iwasa Y, Takenobu T, *Physical Review Letters* 96(1), 019706 (2006).
7. Contact resistance modulation in carbon nanotube devices investigated by four-probe experiments, T. Kanbara, T. Takenobu, T. Takahashi, Y. Iwasa, K. Tsukagoshi, Y. Aoyagi, H. Kataura, *Applied Physics Letters* 88(5), 053118 (2006).
8. Double-wall carbon nanotubes under pressure: Probing the response of individual tubes and their intratube correlation, J. Arvanitidis, D. Christofilos, K. Papagelis, T. Takenobu, Y. Iwasa, H. Kataura, S. Ves, G.A. Kourouklis, *Physical Review B* 72(19), 193411 (2005).
9. Duality in an electron-doped ZrNCl superconductor as revealed by specific heat measurement, Taguchi Y., Kitora A., Hisakabe M., Iwasa Y., *Physica B-Condensed Matter* 383(1), 67-70 (2006).
10. Effect of metal electrodes on rubrene single-crystal transistors T. Takenobu, T. Takahashi, J. Takeya, Y. Iwasa, *Appl. Phys. Lett.*, in press.
11. Effects of growth conditions on structure of organosilane monolayers on SiO<sub>2</sub> substrates, N. Yoshimoto, M. Maruyama, T. Nishikawa, Y. Iwasa, T. Shimoda, S. Ogawa, *Molecular Crystals and Liquid Crystals* 445, 49-55 (2006).
12. Electrolyte-gated charge accumulation in organic single crystals, H. Shimotani, H. Asanuma, J. Takeya, Y. Iwasa, *Appl. Phys. Lett.* 89(20), 203501 (2006)
13. Variation of output properties of perylene field-effect transistors by work function of source/drain electrodes. T. Ohta, T. Nagano, K. Ochi, Y. Kubozono, E. Shikoh, and A. Fujiwara, *Appl. Phys. Lett.* 89, 053508 (2006).
14. Output properties of C60 field-effect transistor device with Eu source/drain electrodes, K. Ochi, T. Nagano, T. Ohta, R. Nouchi, Y. Kubozono, Y. Matsuoka, E. Shikoh, A. Fujiwara, *Appl. Phys. Lett.* 89, 083511 (2006).
15. Ring of C60 polymers formed by electron or hole injection from a scanning tunneling microscope tip, R. Nouchi, K. Masunari, T. Ohta, Y. Kubozono, and Y. Iwasa, *Phys. Rev. Lett.* 97, 196101 (2006).

16. Improvements of device characteristics in random-network single-walled carbon nanotube transistors by using high-k gate insulators, M. Ohishi, K. Ochi, Y. Kubozono, H. Kataura, M. Shiraishi, *Appl. Phys. Lett.* 89, 203505 (2006).
17. Fabrication of field-effect transistor devices with fullerene related materials, T. Nagano, H. Kusai, K. Ochi, T. Ohta, K. Imai, Y. Kubozono and A. Fujiwara, *phys. stat. solidi*, (b) 243, 3021-3024 (2006).
18. Electronic transport through electron-doped metal phthalocyanine materials, M.F. Craciun, S. Rogge, M.J.L. den Boer, S. Margadonna, K. Prassides, Y. Iwasa, A.F. Morpurgo, *Advanced Materials* 18(3) (2006).
19. Fabrication of field-effect transistor devices with fullerodendron by solution process, Kusai H, Nagano T, Imai K, Kubozono Y, Sako Y, Takaguchi Y, Fujiwara A, Akima N, Iwasa Y, Hino S, *Applied Physics Letters* 88(17), 173509 (2006).
20. Ferroelectric polarization flop in a frustrated magnet  $\text{MnWO}_4$  induced by a magnetic field, Taniguchi K., Abe N., Takenobu T., Iwasa Y., Arima T., *Physical Review Letters* 97(9), 097203 (2006).
21. Ferromagnetic ordering in a new nickel polyborate  $\text{NiB}_{12}\text{O}_{14}(\text{OH})_{10}$ , J. Ju, J. Sasaki, T. Yang, S. Kasamatsu, E. Negishi, G. Li, J. Lin, H. Nojiri, T. Rachi, K. Tanigaki, N. Toyota, *Dalton Trans.* 1597-1601 (2006).
22. Field-effect transistors with thin films of perylene on  $\text{SiO}_2$  and polyimide gate insulators, T. Ohta, T. Nagano, K. Ochi, Y. Kubozono, A. Fujiwara, *Appl. Phys. Lett.* 88, 103506 (2006).
23. Gate capacitance in electrochemical transistor of single-walled carbon nanotube, H. Shimotani, T. Kanbara, Y. Iwasa, K. Tsukagoshi, Y. Aoyagi, H. Kataura, *Applied Physics Letters* 88(7), 073104 (2006).
24. Gigantic optical stark effect and ultrafast relaxation of excitons in single-walled carbon nanotubes, Maeda A, Matsumoto S, Kishida H, Takenobu T, Iwasa Y, Shimoda H, Zhou O, Shiraishi M, Okamoto H, *Journal of the Physical Society of Japan* 75(4), 043709 (2006).
25. High-performance transparent flexible transistors using carbon nanotube films, T. Takenobu, T. Takahashi, T. Kanbara, K. Tsukagoshi, Y. Aoyagi, Y. Iwasa, *Applied Physics Letters* 88(3), 033511 (2006).
26. Ion-Association Extraction of Nitrobenzoate Ions with Tetrabutylammonium Ion into Nonionic Surfactant Micelles as Studied by Capillary Zone Electrophoresis, T. Takayanagi, S. Motomizu, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, in press.
27. Taguchi Y, Kitora A, Iwasa Y, Increase in  $T_c$  upon reduction of doping in  $\text{Li}_x\text{ZrNCl}$  superconductors, *Physical Review Letters* 97(10), 107001 (2006).
28. Intrinsic transport and contact resistance effect in  $\text{C}_{60}$  field-effect transistors, Y. Matsuoka K. Uno, N. Takahashi, A. Maeda, N. Inami, E. Shikoh, Y. Yamamoto, H. Hori, A. Fujiwara, *Appl. Phys. Lett.* 89, 173510 (2006).
29. Light-harvesting function of  $\beta$ -carotene inside carbon nanotubes, K. Yanagi, K. Iakoubovskii, S. Kazaoui, N. Minami, Y. Maniwa, Y. Miyata, H. Kataura, *Phys. Rev. B* 74, 155420 (2006).
30. Magnetic correlation in  $\text{BETS}_2(\text{Cl}_2\text{TCNQ})$ , Takano Y., Hiraki K., Takahashi T., Kondo R., Kagoshima S., Hasegawa T., Mochida T., Iwasa Y., *Journal of Low Temperature Physics* 142(3-4) (2006).
31. Missing superconductivity in  $\text{BaAlSi}$  with the  $\text{AlB}_2$  type structure, S. Yamanaka, T. Otsuki, T. Ide, H. Fukuoka, R. Kumashiro, T. Rachi, K. Tanigaki, F. Guo, K. Kobayashi, *Physica C*, (2006).
32. Nanoscale patterning by manipulation of single  $\text{C}_{60}$  molecules with a scanning tunneling microscope, S. Fujiki, K. Masunari, R. Nouchi, H. Sugiyama, Y. Kubozono, Akihiko Fujiwara, *Chem. Phys. Lett.* 420, 82-85 (2006).

33. Optical Observation of Carrier Accumulation in Single-Walled Carbon Nanotube Transistors, T. Takenobu, Y. Murayama, M. Shiraishi, Y. Iwasa, *Jpn. J. Appl. Phys.* 45, L1190 (2006).
34. Organic single crystal transistors: Interface modification with SAMs and double gate structure, Iwasa Y, Asanuma H, Shimotani H, Takenobu T, Nishikawa T, Takeya J, *Molecular Crystals and Liquid Crystals* 455, 277-285 (2006).
35. Optical stark effect of exciton in semiconducting single-walled carbon nanotubes, Matsumoto S, Matsui H, Maeda A, Takenobu T, Iwasa Y, Miyata Y, Kataura H, Maniwa Y, Okamoto H, *Japanese Journal of Applied Physics Part 2-Letters & Express Letters* 45(20-23), L513-L515 (2006).
36. Phase sequence in  $\text{Re}_x\text{C}_{60}$  fullerides (Re=Sm and Yb), M. Akada, T. Hirai, J. Takeuchi, T. Yamamoto, R. Kumashiro, K. Tanigaki, *Phys. Rev. B* 73, 94507 (2006).
37. Polymer ring formation by electron/hole injection from an STM tip into a  $\text{C}_{60}$  close-packed layer, R. Nouchi, K. Masunari, T. Ohta, Y. Kubozono, Y. Iwasa, *phys. stat. solidi, (b)* 243, 3017- 3020.
38. Possible Low-Temperature Strongly Correlated Electron Behavior from Multipole Fluctuations in  $\text{PrMg}_3$  with Cubic Non-Kramers  $\Gamma$  Doublet Ground State, H. Tanida, H. S. Suzuki, S. Takagi, H. Onodera, K. Tanigaki, *Phys. Soc. Jpn.*, 75, 03705-03708 (2006).
39. Raman study of metallic carbon nanotubes at elevated pressure, Christofilos D, Arvanitidis J., Tzampazis C., Papagelis K., Takenobu T., Iwasa Y., Kataura H., Lioutas C., Ves S., Kourouklis G. A., *Diamond and Related Materials* 15(4-8), 1075-1079 (2006).
40. Rubrene single crystal field-effect transistor with epitaxial  $\text{BaTiO}_3$  high- $k$  gate insulator, N. Hiroshiba, R. Kumashiro, K. Tanigaki, T. Takenobu, Y. Iwasa, K. Kotani, I. Kawayama, M. Tonouchi, *App. Phys. Letters* 89, 152110 (2006).
41. Selective oxidation of semiconducting single-wall carbon nanotubes by hydrogen peroxide, H. Miyata, Y. Maniwa, H. Kataura, *J. Phys. Chem. B*, 110(2006) 25-29.
42. Spatial extent of wave functions of gate-induced hole carriers in pentacene field-effect devices as investigated by electron spin resonance, K. Marumoto, S. Kuroda, T. Takenobu, Y. Iwasa, *Phys. Rev. Lett.* , in press.
43. Specific heat capacity and magnetic susceptibility of superconducting  $\text{Ba}_{24}\text{Si}_{100}$ , T. Rachi , K. Tanigaki, R. Kumashiro, K. Kobayash , H. Yoshino, K. Murata, H. Fukuoka, S. Yamanaka, H. Shimotani, T. Takenobu, Y. Iwasa , T. Sasaki, N. Kobayashi, Y. Miyazaki, K. Saito, *J. Physics and Chemistry of Solids* 67, 1334-1337 (2006).
44. Spin Injection into Organic Light-Emitting Devices with Ferromagnetic Cathode and Effects on Their Luminescence Properties, E. Shikoh, A. Fujiwara, Y. Ando, T. Miyazaki, *Jpn. J. Appl. Phys.* 45, 6897-6901 (2006).
45.  $\text{Sp}^3$ -network superconductors made from IVth-group elements, T. Rachi, R. Kumashiro, K. Tanigaki, H. Fukuoka, S. Yamanaka, *Sci. Tech. Ad. Mater.*, Special Issue (2006).
46. Strong anisotropy in the far-infrared absorption spectra of stretch-aligned single-walled carbon nanotubes, Akima N, Iwasa Y, Brown S, Barbour AM, Cao JB, Musfeldt JL, Matsui H, Toyota N, Shiraishi M, Shimoda H, Zhou O, *Advanced Materials* 18(9), 1166 (2006).
47. Superconducting phase sequence in  $\text{R}_x\text{C}_{60}$  fullerides (R=Sm and Yb), M. Akada, T. Hirai, J. Takeuchi, T. Yamamoto, K. Tanigaki, *Phys. Rev. B*, 73, 094509 (2006).
48. Superconductivity Appearing from  $\text{C}_{60}$  Doped with Rare-earth Metals, M. Akada, T. Hirai, J. Takeuchi, T. Yamamoto, R. Kumashiro and K. Tanigaki, *J. Sci and Tech. Advanced Mater.*, in press.
49. Superconductivity of doped  $\text{Ar}@\text{C}_{60}$ , Takeda A, Yokoyama Y, Ito S, Miyazaki T, Shimotani H, Yakigaya K, Kakiuchi T, Sawa H, Takagi H, Kitazawa K, Dragoie N, *Chemical Communications* (8), 912-914 (2006).



50. Superconductivity of InN, Inushima T, Kato N, Takenobu T, Motokawa M, *Physica Status Solidi A-Applications and Materials Science* 203(1), 80-84 (2006).
51. Synthesis, structure, and magnetic properties of Li-doped manganese-phthalocyanine,  $\text{Li}_x[\text{MnPc}]$  ( $0 \leq x \leq 4$ ), Y. Taguchi, T. Miyake, S. Margadonna, K. Kato, K. Prassides, Y. Iwasa, *Journal of the American Chemical Society* 128 (10), 3313-3323 (2006).
52. Thermo-chromism in sodium-loaded zeolite FAU(1.25), Y. Maniwa, S. Masubuchi, T. Minamisawa, H. Kira, T. Kodaira, S. Kazama, *Chem. Phys. Lett.* 424, 97-100 (2006).
53. Variation of the charge dynamics in bandwidth- and filling-controlled metal-insulator transitions of pyrochlore-type molybdates, Kezsmarki I, Hanasaki N, Watanabe K, Iguchi S, Taguchi Y, Miyasaka S, Tokura Y, *Physical Review B* 73(12), 125122 (2006).
54. Water dynamics inside single-wall carbon nanotubes: NMR observations, K. Matsuda, T. Hibi, H. Kadowaki, H. Kataura, Y. Maniwa, *Phys. Rev. B* 74, 073415 (2006).

### <2005 年>

55. Ambipolar operation of fullerene field-effect transistors by semiconductor/metal interface modification, T. Nishikawa, S. Kobayashi, T. Nakanowatari, T. Mitani, T. Shimoda, Y. Kubozono, G. Yamamoto, H. Ishii, M. Niwano, Y. Iwasa, *Journal of Applied Physics* 97(10), 104509 (2005).
56. Anomalously large electron-phonon coupling constant in layered nitride superconductors as revealed by high-pressure experiments, M. Hisakabe, Y. Taguchi, Y. Ohishi, S. Yamanaka, Y. Iwasa, *Physica C-Superconductivity and its Applications* 426, 482-486 (2005).
57. Characterization of SWNT-Thin-Film Transistors, M. Shiraishi, T. Fukao, S. Nakamura, T. Takenobu, Y. Iwasa, H. Kataura, *AIP Conference Proceedings Electronic Properties of Novel Nanostructures* 786, 554-557 (2005).
58. Control of carrier density by a solution method in carbon-nanotube devices, T. Takenobu, T. Kanbara, N. Akima, T. Takahashi, M. Shiraishi, K. Tsukagoshi, H. Kataura, Y. Aoyagi, Y. Iwasa, *Advanced Materials* 17(20), 2430 (2005).
59. Control of injected carriers in tetracyano-*p*-quinodimethane encapsulated carbon nanotube transistors, M. Shiraishi, S. Nakamura, T. Fukao, T. Takenobu, H. Kataura, Y. Iwasa, *Applied Physics Letters* 87(9), 093107 (2005).
60. Direct comparison of field-effect and electrochemical doping in regioregular poly(3-hexylthiophene), H. Shimotani, G. Diguët, Y. Iwasa, *Applied Physics Letters* 86(2), 022104 (2005).
61. Electronic and Structural Properties of Organic Molecules inside Carbon Nanotube, R. V. Belosludov, H. Mizuseki, T. Takenobu, Y. Iwasa, Y. Kawazoe, *Solid State Devices and Materials Solid State Devices and Materials* 2005, 1002-1003 (2005).
62. Fabrication and characterization of field-effect transistor device with  $C_{2v}$  isomer of  $\text{Pr}@C_{82}$ , T. Nagano, E. Kuwahara, T. Takayanagi, Y. Kubozono, A. Fujiwara, *Chem. Phys. Lett.* 409, 187-191 (2005).
63. Fabrication of a logic gate circuit based on ambipolar field-effect transistors with thin films of  $C_{60}$  and pentacene, E. Kuwahara, H. Kusai, T. Nagano, T. Takayanagi, Y. Kubozono, *Chem. Phys. Lett.* 413, 379-383 (2005).
64. Fabrication of  $C_{60}$  field-effect transistors with polyimide and  $\text{Ba}_{0.4}\text{Sr}_{0.6}\text{Ti}_{0.96}\text{O}_3$  gate insulators, Y. Kubozono, T. Nagano, Y. Haruyama, E. Kuwahara, T. Takayanagi, K. Ochi, *Appl. Phys. Lett.* 87, 143506 (2005).
65. Fabrication of field-effect transistor device with higher fullerene  $C_{88}$ , T. Nagano, H. Sugiyama, E. Kuwahara, R. Watanabe, H. Kusai, Y. Kashino, Y. Kubozono, *Appl. Phys. Lett.* 87, 023501 (2005).

66. Formation of pentagonal to octagonal ice-nanotubes: Ordered water inside carbon nanotubes, Y. Maniwa, H. Kataura, M. Abe, U. Akiko, S. Suzuki, Y. Achiba, H. Kira, K. Matsuda, H. Kadowaki, Y. Okabe, *Chem. Phys. Lett.* 401, 534-538 (2005).
67. Hall effect of quasi-hole gas in organic single-crystal transistors, J. Takeya, K. Tsukagoshi, Y. Aoyagi, T. Takenobu, Y. Iwasa, *Japanese Journal of Applied Physics Part 2-Letters & Express Letters* 44(46-49), L1393-L1396 (2005).
68. High energy-resolution electron energy-loss spectroscopy study of the electronic structure of C<sub>60</sub> polymer crystals, M. Terauchi, S. Nishimura, Y. Iwasa, *Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena* 143(2-3), 167-172 (2005).
69. Influence of diffusion of Fe atoms into the emissive layer of an organic light-emitting device on the luminescence properties, E. Shikoh, Y. Ando, T. Miyazaki, *Journal of Applied Physics* 97, 10D501 (2005).
70. Large optical nonlinearity of semiconducting single-walled carbon nanotubes under resonant excitations, A. Maeda, S. Matsumoto, H. Kishida, T. Takenobu, Y. Iwasa, M. Shiraishi, M. Ata, H. Okamoto, *Physical Review Letters* 94(4), 047404 (2005).
71. Metallic phase in metal-intercalated higher fullerene Rb<sub>8.8(7)</sub>C<sub>84</sub>, Y. Rikiishi, Y. Kashino, H. Kusai, Y. Takabayashi, E. Kuwahara, Y. Kubozono, T. Kambe, T. Takenobu, Y. Iwasa, N. Mizorogi, S. Nagase, S. Okada, *Phys. Rev. B* 71, 224118-1 – 224118-6 (2005).
72. Metal-organic thin-film transistor (MOTFT) based on bis(*o*-diiminobenzosemiquinonate) nickel(II) complex, S. Noro, H.C. Chang, T. Takenobu, Y. Murayama, T. Kanbara, T. Aoyama, T. Sassa, T. Wada, D. Tanaka, S. Kitagawa, Y. Iwasa, T. Akutagawa, T. Nakamura, *Journal of the American Chemical Society* 127(28), 10012-10013 (2005).
73. Ordered water inside carbon nanotubes: Formation of pentagonal to octagonal ice-nanotubes, Y. Maniwa, H. Kataura, M. Abe, A. Udaka, S. Suzuki, Y. Achiba, H. Kira, K. Matsuda, H. Kadowaki, Y. Okabe, *Chem. Phys. Lett.* 401, 534-538 (2005).
74. Photofragmentation of C<sub>60</sub> in the extreme ultraviolet statistical analysis on the appearance energies of C<sub>60-2n</sub><sup>z+</sup> (n > 1, z = 1-3), J. Kou, T. Mori, Y. Kubozono, K. Mitsuke, *Phys. Chem. Chem. Phys.* 7, 119 – 123 (2005).
75. Preparation and electronic states of Na<sub>16</sub>Ba<sub>8</sub>Si<sub>136</sub> clathrate, T. Rachi, K. Tanigaki, R. Kumashiro, J. Winter, H. Kuzmany, *Chem. Phys. Lett.*, 409, 48-51 (2005).
76. Pressure screening in the interior of primary shells in double-wall carbon nanotubes, J. Arvanitidis, D. Christofilos, K. Papagelis, K. S. Andrikopoulos, T. Takenobu, Y. Iwasa, H. Kataura, S. Ves, G. A. Kourouklis, *Phys. Rev. B* 71, 125404 (2005).
77. Pseudo Jahn-Teller effect observed in Eu@C<sub>60</sub>, S. Emura, K. Shirai, Y. Kubozono, *Phys. Scripta*. T115, 507-509 (2005).
78. Rietveld analysis and maximum entropy method of powder diffraction for bundles of single-walled carbon nanotubes, H. Kadowaki, A. Nishiyama, K. Matsuda, Y. Maniwa, S. Suzuki, Y. Achiba, H. Kataura, *J. Phys. Soc. Jpn.* 74(11), 2290-2295 (2005).
79. Soft x-ray spectroscopy of Ba<sub>24</sub>Ge<sub>100</sub>: Electronic phase transition and Ba-atom rattling, T. Rachi, M. Kitajima, K. Kobayashi, F.Z. Guo, T. Nakano, Y. Ikemoto, K. Kobayashi, K. Tanigaki, *J. Chem. Phys.*, 123, 18359225 (2005).
80. Solution-processed fabrication of single-walled carbon nanotube field effect transistors, M. Shiraishi, T. Takenobu, Y. Iwasa, T. Iwai, H. Kataura, M. Ata, *Fullerenes Nanotubes and Carbon Nanostructures* 13, 485-489 (2005).
81. Specific heat measurement of the layered nitride superconductor Li<sub>x</sub>ZrNCl, Y. Taguchi, M. Hisakabe, Y. Iwasa, *Physical Review Letters* 94(21), 217002 (2005).
82. Spectroscopic characterization of single-walled carbon nanotubes carrier-doped by

encapsulation of TCNQ, M. Shiraishi, S. Swaraj, T. Takenobu, Y. Iwasa, M. Ata, W. E. S. Unger, *Phys. Rev. B* 71, 125419 (2005).

83. Superconducting phase made from C<sub>60</sub> doped with La, M. Akada, T. Hirai, J. Takeuchi, N. Hiroshiba, R. Kumashiro, T. Yamamoto, K. Tanigaki, *Phys. Rev. B*, 72, 132505 (2005).
84. Superconductivity and physical properties of Ba<sub>24</sub>Si<sub>100</sub> determined from electric transport, specific-heat capacity, and magnetic susceptibility measurements, T. Rachi, H. Yoshino, R. Kumashiro, M. Kitajima, K. Kobayashi, K. Yokogawa, K. Murata, N. Kimura, H. Aoki, H. Fukuoka, S. Yamanaka, H. Shimotani, T. Takenobu, Y. Iwasa, T. Sasaki, N. Kobayashi, Y. Miyazaki, K. Saito, F.Z. Guo, K. Kobayashi, K. Osaka, K. Kato, M. Takata, K. Tanigaki, *Phys. Rev. B*, 72, 144504 (2005).
85. Suppression of Bias- and Temperature-Dependent Conductance by Gate-Voltage in Multi-Walled Carbon Nanotube, T. Kanbara, K. Tsukagoshi, Y. Aoyagi, Y. Iwasa, *AIP Conference Proceedings Electronic Properties of Novel Nanostructures* 786, 499-503 (2005).
86. Suppression of the unconventional metallic behavior by gate voltage in MWNT device, T. Kanbara, Y. Iwasa, K. Tsukagoshi, Y. Aoyagi, *Physica E-Low-Dimensional Systems & Nanostructures* 29(3-4), 698-701 (2005).
87. Transport properties of C<sub>60</sub> thin film FETs with a channel of several-hundred nanometers, Y. Matsuoka, N. Inami, E. Shikoh, A. Fujiwara, *Sci. Technol. Adv. Mater.* 6, 427-430 (2005).
88. Upper critical field in the electron-doped layered superconductor ZrNCl<sub>0.7</sub>: Magnetoresistance studies, H. Tou, Y.J. Tanaka, M. Sera, Y. Taguchi, T. Sasaki, Y. Iwasa, L. Zhu, S. Yamanaka, *Physical Review B* 72(2), 020501 (2005).

#### <2004 年>

89. A screening of phage displayed peptides for the recognition of fullerene (C<sub>60</sub>), Y. Morita, T. Ohsugi, Y. Iwasa, E. Tamiya, *Journal of Molecular Catalysis B-Enzymatic* 28(4-6), 185-190 (2004).
90. Azafullerene (C<sub>59</sub>N)<sub>2</sub> thin-film field effect transistors, R. Kumashiro, K. Tanigaki, H. Ohashi, N. Tagmatarchis, H. Kato, H. Shinohara, T. Akasaka, K. Kato, S. Aoyagi, S. Kimura, M. Takata, *Appl. Phys. Lett.* 84, 2154-2156 (2004).
91. C<sub>60</sub> Field Effect Transistor with electrodes modified by La@C<sub>82</sub>, N. Hiroshiba, K. Tanigaki, R. Kumashiro, H. Ohashi, H. Takatsugu, T. Akasaka, *Chem. Phys. Lett.*, 400(1-3), 235-238 (2004).
92. Control of carrier density by self-assembled monolayers in organic field-effect transistors, S. Kobayashi, T. Nishikawa, T. Takenobu, S. Mori, T. Shimoda, T. Mitani, H. Shimotani, N. Yoshimoto, S. Ogawa, Y. Iwasa, *Nature Materials* 4, 337-341 (2004)
93. Double photoionization of C<sub>60</sub> and C<sub>70</sub> in the valence region, J. Kou, T. Mori, S. V. K. Kumar, Y. Haruyama, Y. Kubozono, K. Mitsuke, *J. Chem. Phys.* 120(13), 6005-6009 (2004).
94. Effects of polarized organosilane self-assembled monolayers on organic single-crystal field-effect transistors, J. Takeya, T. Nishikawa, T. Takenobu, S. Kobayashi, Y. Iwasa, T. Mitani, C. Goldmann, C. Krellner, B. Batlogg, *Applied Physics Letters* 85(21), 5078-5080 (2004).
95. Electronic correlation in the infrared optical properties of the quasi-two-dimensional kappa-type BEDT-TTF dimer system, T. Sasaki, I. Ito, N. Yoneyama, N. Kobayashi, N. Hanasaki, H. Tajima, T. Ito, Y. Iwasa, *Physical Review B* 69(6), 064508 (2004).
96. Electronic properties for the C<sub>2v</sub> and C<sub>s</sub> isomers of Pr@C<sub>82</sub> studied by Raman, resistivity, and scanning tunneling microscopy/spectroscopy, T. Hosokawa, S. Fujiki, E. Kuwahara, Y. Kubozono, H. Kitagawa, A. Fujiwara, T. Takenobu, Y. Iwasa, *Chem. Phys. Lett.* 395(1-3), 78-81 (2004).
97. Fabrication and Characteristics of C<sub>84</sub> Fullerene Field-Effect Transistor, K. Shibata, Y. Kubozono, T. Kanbara, T. Hosokawa, A. Fujiwara, Y. Ito, H. Shinohara, *Appl. Phys. Lett.*

- 84(14), 2572-2574, (2004).
98. Fabrication of ambipolar FET device with heterostructure of C<sub>60</sub> and pentacene, E. Kuwahara, Y. Kubozono, T. Hosokawa, T. Nagano, K. Masunari, A. Fujiwara, *Appl. Phys. Lett.* 85(20), 4765-4767 (2004).
  99. Gate-induced crossover from unconventional metals to Fermi liquids in multiwalled carbon nanotubes, T. Kanbara, T. Iwasa, K. Tsukagoshi, Y. Aoyagi, Y. Iwasa, *Applied Physics Letters* 85(26), 6404-6406 (2004).
  100. High energy-resolution electron energy-loss spectroscopy study of the electronic structures of Li- and Mg-doped  $\alpha$ -rhombohedral boron, M. Terauchi, A. Oguri, K. Kimura, A. Fujiwara, *J. Electron Microsc.* 53(6), 589-592 (2004).
  101. High-pressure study of layered nitride superconductors, Y. Taguchi, M. Hisakabe, Y. Ohishi, S. Yamanaka, Y. Iwasa, *Physical Review B* 70(10), 104506 (2004).
  102. Infrared optical conductivity and the electronic phase diagram in the organic superconductor  $\kappa$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>X, I. Ito, T. Sasaki, N. Yoneyama, N. Kobayashi, N. Hanasaki, H. Tajima, T. Ito, Y. Iwasa, *Journal de Physique IV* 114, 321-322 (2004).
  103. Li- and Mg-doping into Icosahedral Boron Crystals,  $\alpha$ - and  $\beta$ - Rhombohedral Boron, Targeting High-Temperature Superconductivity: Structure and Electronic States, K. Soga, A. Oguri, S. Araake, M. Terauchi, A. Fujiwara, K. Kimura, *J. Solid State Chem.* 177, 498-506 (2004).
  104. Linear, Redox-Active Pt<sub>6</sub> and Pt<sub>2</sub>Pd<sub>2</sub>Pt<sub>2</sub> Clusters, E. Goto, R. A. Begum, S. Zhan, T. Tanase, K. Tanigaki, K. Sakai, *Angewandte Chemie, Communication International edition* 43(38), 5029-5032 (2004).
  105. Low-angle X-ray diffraction study on the relationship between crystallinity and properties of C<sub>60</sub> FET, H. Ohashi, K. Tanigaki, R. Kumashiro, S. Sugihara, S. Hiroshiba, S. Kimura, K. Kato, M. Takata, *Appl. Phys. Lett.* 84, 520-522 (2004).
  106. Magnetism and transport characteristics of (Ga,Mn)N in steady high fields, T. Miura, Y. Yamamoto, S. Itaya, K. Suga, K. Kindo, T. Takenobu, Y. Iwasa, H. Hori, *Physica B-Condensed Matter* 346, 402-407 (2004).
  107. Photoconductivity of Single-Wall Carbon Nanotube Films, A. Fujiwara, Y. Matsuoka, Y. Matsuoka, H. Suematsu, N. Ogawa, K. Miyano, H. Kataura, Y. Maniwa, S. Suzuki, Y. Achiba, *Carbon* 42(5-6), 919-922, (2004).
  108. Preferred Location of the Dy Ion in the Minor Isomer of Dy@C<sub>82</sub> determined by Dy L<sub>III</sub>-edge EXAFS, Y. Takabayashi, Y. Haruyama, Y. Rikiishi, T. Hosokawa, K. Shibata, Y. Kubozono, *Chem. Phys. Lett.* 388(1-3), 23-26 (2004).
  109. Quantum Chemical Study on the Configurations of Encapsulated Metal Ions and the Molecular Vibration Modes in Endohedral Dimetallofullerene La<sub>2</sub>@C<sub>80</sub>, H. Shimotani, T. Ito, Y. Iwasa, A. Taninaka, H. Shinohara, E. Nishibori, M. Takata, M. Sakata, *J. Am. Chem. Soc.* 126(1), 364-369 (2004).
  110. Raman spectroscopic study of carbon substitution in MgB<sub>2</sub>, J. Arvanitidis, K. Papagelis, K. Prassides, G.A. Kourouklis, S. Ves, T. Takenobu, Y. Iwasa, *Journal of Physics and Chemistry of Solids* 65(1), 73-77 (2004).
  111. Scanning tunneling microscopy of Dy@C<sub>82</sub> and Dy@C<sub>60</sub> adsorbed on Si(111)-(7×7) surfaces, S. Fujiki, Y. Kubozono, T. Hosokawa, T. Kanbara, A. Fujiwara, Y. Nonogaki, T. Urisu, *Phys. Rev. B* 69, 045415 (2004).
  112. Scanning tunneling microscopy / spectroscopy studies of two isomers of Ce@C<sub>82</sub> on Si(111)-(7×7) surface, S. Fujiki, Y. Kubozono, Y. Rikiishi, T. Urisu, *Phys. Rev. B* 70, 235421 (2004).
  113. Single-walled carbon nanotube aggregates for solution-processed field effect transistors, M.

- Shiraishi, T. Takenobu, T. Iwai, Y. Iwasa, H. Kataura, M. Ata, *Chemical Physics Letters* 394(1-3), 110-113 (2004).
114. Structural analysis of intercalation compounds of pentacene, T. Ito, T. Mitani, T. Takenobu, Y. Iwasa, *Journal of Physics and Chemistry of Solids* 65(2-3), 609-613 (2004).
115. Structural and electronic characterizations of two isomers of Ce@C<sub>82</sub>, Y. Rikiishi, Y. Kubozono, T. Hosokawa, K. Shibata, Y. Haruyama, Y. Takabayashi, A. Fujiwara, S. Kobayashi, S. Mori, Y. Iwasa, *J. Phys. Chem.* B108(23), 7580-7585 (2004).
116. Structural and electronic properties of selected fulleride salts, S. Margadonna, Y. Iwasa, T. Takenobu, K. Prassides, *Fullerene-Based Materials: Structures and Properties Structure and Bonding* 109, 127-164 (2004).
117. Structure and transport properties of isomer-separated C<sub>82</sub>, Y. Kubozono, Y. Rikiishi, K. Shibata, T. Hosokawa, S. Fujiki, H. Kitagawa, *Phys. Rev. B* 69, 165412 (2004).
- <2003 年>
118. A Complex Fulleride Superstructure-Decoupling Cation Vacancy and Anion Orientational Ordering in Ca<sub>3+x</sub>C<sub>60</sub> with maximum Entropy Data Analysis, J. B. Claridge, Y. Kubozono, M. J. Rosseinsky, *Chem. Mater.* 15(9), 1830-1839 (2003).
119. Antiferromagnetic ordering in the expanded (NH<sub>3</sub>)Rb<sub>3</sub>C<sub>60</sub> fulleride, Arvanitidis J, Papagelis K, Takenobu T, Margiolaki I, Brigatti K, Prassides K, Iwasa Y, Lappas A, *Physica B-Condensed Matter* 326(1-4), 572-576 (2003).
120. A one-dimensional Ising model for C<sub>70</sub> molecular ordering in C<sub>70</sub>-peapods, Y. Maniwa, H. Kataura, K. Matsuda, Y. Okabe, *New J. Phys.* 5, 127.1-5 (2003).
121. Bond switching from two- to three-dimensional polymers of C<sub>60</sub> at high pressure, Chi DH, Iwasa Y, Takano T, Watanuki T, Ohishi Y, Yamanaka S, *Physical Review B* 68(15), 153402-153405 (2003).
122. C<sub>70</sub> Molecular Stumbling Inside Single-Walled Carbon Nanotubes, Y. Maniwa, H. Kataura, M. Abe, A. Fujiwara, R. Fujiwara, H. Kira, H. Tou, S. Suzuki, Y. Achiba, E. Nishibori, M. Takata, M. Sakata, H. Suematsu, *J. Phys. Soc. Jpn.* 72, 45-48 (2003).
123. Conductivity and Field Effect Transistor of La<sub>2</sub>@C<sub>80</sub> Metallofullerene, S. Kobayashi, S. Mori, S. Iida, H. Ando, T. Takenobu, Y. Taguchi, A. Fujiwara, A. Taninaka, H. Shinohara, Y. Iwasa, *J. Am. Chem. Soc.* 125, 8116-8117 (2003)
124. Crystal Structure and Electronic Transport of Dy@C<sub>82</sub>, Y. Kubozono, Y. Takabayashi, K. Shibata, T. Kanbara, S. Fujiki, S. Kashino, A. Fujiwara, S. Emura, *Phys. Rev. B* 67, 115410 (2003).
125. Y. Maniwa, H. Kataura, M. Abe, A. Fujiwara, R. Fujiwara, H. Kira, H. Tou, S. Suzuki, Y. Achiba, E. Nishibori, M. Takata, M. Sakata, H. Suematsu, C<sub>70</sub> molecular stumbling inside single-walled carbon nanotubes, *J. Phys. Soc. Jpn.* 72, pp45-48 (2003).
126. C<sub>60</sub> thin-film transistors with high field-effect mobility, fabricated by molecular beam deposition, S. Kobayashi, T. Takenobu, S. Mori, A. Fujiwara, Y. Iwasa, *Science and Technology of Advanced Materials* 4(4), 371-375 (2003).
127. Development of a photoionization spectrometer for accurate ion yield measurements from gaseous fullerenes, T. Mori, J. Kou, M. Ono, Y. Haruyama, Y. Kubozono, K. Mitsuke, *Rev. Sci. Instrum.* 74(8), 3769-3773 (2003).
128. Dielectric and magnetic properties of metallofullerene La@C<sub>82</sub> solids, Y. Iwasa, C. J. Nuttall, *Synthetic Metals* 135-136, 773-774 (2003).
129. Dipole Dynamics in the Endohedral Metallofullerene La@C<sub>82</sub>, C.J. Nuttall, K. Yamazaki, T. Mitani, Y. Iwasa, *Advanced Materials* 14, 293 (2002).



130. Extraordinarily high reduction states of fullerenes produced by intercalation with divalent metals, T. Ito, T. Takenobu, Y. Iwasa, T. Mitani, *Synthetic Metals* 135-136, 789-790 (2003).
131. Fabrication and characterization of C<sub>60</sub> thin-film transistors with high field-effect mobility, S. Kobayashi, T. Takenobu, S. Mori, A. Fujiwara, Y. Iwasa, *Applied Physics Letters* 82(25), 4581-4583 (2003).
132. Hydrogen storage in C<sub>70</sub> encapsulated single-walled carbon nanotube, T. Takenobu, M. Shiraishi, A. Yamada, M. Ata, H. Kataura, Y. Iwasa, *Synthetic Metals* 135-136, 787-788 (2003).
133. Low-angle X-ray diffraction study on the relationship between crystallinity and properties of C<sub>60</sub> FET, H. Ohashi, K. Tanigaki, R. Kumashiro, S. Sugihara, S. Hiroshiba, S. Kimura, K. Kato, M. Takata, *Appl. Phys. Lett.* 84, 520-522 (2004).
134. Magnetic field induced sign reversal of the anomalous Hall effect in a pyrochlore ferromagnet Nd<sub>2</sub>Mo<sub>2</sub>O<sub>7</sub>: Evidence for a spin chirality mechanism, Y. Taguchi, T. Sasaki, S. Awaji, Y. Iwasa, T. Tayama, T. Sakakibara, S. Iguchi, T. Ito, Y. Tokura, *Physical Review Letters* 90(25), 257202-257205 (2003).
135. Mechanism of superconductivity in the polyhedral-network compound Ba<sub>8</sub>Si<sub>46</sub>, K. Tanigaki, T. Shimizu, K. M. Itoh, J. Teraoka, Y. Moritomo, S. Yamanaka, *Nature Materials* 2, 653-655 (2003).
136. Metal-insulator transition in C<sub>60</sub> fullerides, Y. Iwasa, T. Takenobu, H. Kitano, A. Maeda, *Physica C* 388-389, 615-616 (2003).
137. Metallic Phase in Potassium Fulleride K<sub>x</sub>C<sub>70</sub>: Electrical Resistivity and Magnetic Susceptibility of K<sub>4</sub>C<sub>70</sub>, T. Hara, M. Kobayashi, Y. Akahama, H. Kawamura, M. Kosaka, K. Tanigaki, *Phys. Rev. B* 68, 045401 (2003).
138. Microwave conductivity of superconducting and insulating fullerides, H. Kitano, R. Matsuo, K. Miwa, A. Maeda, T. Takenobu, Y. Iwasa, *Journal of Low Temperature Physics* 131(5-6), 1251-1258 (2003).
139. Molecular- and Atomic-Like Photoionization of C<sub>60</sub> in the Extreme Ultraviolet, J. Kou, T. Mori, M. Ono, Y. Haruyama, Y. Kubozono, K. Mitsuke, *Chem. Phys. Lett.* 374, 1-6 (2003).
140. Mott–Hubbard states, and molecular orbital order in intercalated fullerides, Y. Iwasa, T. Takenobu, *Superconductivity, Journal of Physics: Condensed Matter* 15 R495–R519 (2003).
141.  $\mu$ SR studies of superconducting MgB<sub>1.96</sub>C<sub>0.04</sub>, Papagelis K, Arvanitidis J, Margiolaki I, Brigatti K, Prassides K, Schenck A, Lappas A, Amato A, Iwasa Y, Takenobu T, *Physica B-Condensed Matter* 326(1-4), 346-349 (2003).
142.  $\mu$ SR study of carbon-doped MgB<sub>2</sub> superconductors, Papagelis K, Arvanitidis J, Prassides K, Schenck A, Takenobu T, Iwasa Y, *Europhysics Letters* 61(2), 254-260 (2003).
143. N-channel field effect transistors with fullerene thin films and their application to logic gate circuit, T. Kanbara, K. Shibata, S. Fujiki, Y. Kubozono, S. Kashino, T. Urisu, M. Sakai, A. Fujiwara, R. Kumashiro, K. Tanigaki, *Chem. Phys. Lett.* 379, 223-229 (2003).
144. One-dimensional System in Carbon Nanotubes, H. Kataura, Y. Maniwa, T. Kodama, K. Kikuchi, S. Suzuki, Y. Achiba, K. Sugiura, S. Okubo, K. Tsukagoshi, *AIP Conf. Proc.* 685, 349-352 (2003).
145. Photoinduced electron transfer and enhanced fluorescence of C<sub>60</sub> pearl-necklace polymers, L. X. Xiao, H. Shimotani, N. Dragoe, A. Sugita, K. Saigo, Y. Iwasa, T. Kobayashi, K. Kitazawa, *Chemical Physics Letters*, 368(5-6), 738-744 (2003).
146. Physical Properties of Metallofullerenes in Solid, Thin film and Nanometer Scale, Y. Kubozono, S. Fujiki, K. Shibata, Y. Takabayashi, T. Kanbara, T. Hosokawa, Y. Rikiishi, Y. Haruyama, Kashino, A. Fujiwara, T. Urisu, *Electrochemical Society Proceedings* 2003-15, 518-528 (2003).

147. Pressure-induced structural phase transition in fullerides doped with rare-earth metals, D.H. Chi, Y. Iwasa, K. Uehara, T. Takenobu, T. Ito, T. Mitani, E. Nishibori, M. Takata, M. Sakata, Y. Ohishi, K. Kato, Y. Kubozono, *Physical Review B* 67(9), 094101 (2003).
148. Pressure-induced transformation and phonon modes of the two-dimensional rhombohedral polymer of C<sub>60</sub>: A Raman spectroscopic study, K. P. Meletov, G. A. Kourouklis, J. Arvanitidis, K. Prassides, Y. Iwasa, *Physical Review B* 68(9), 094103-094106 (2003).
149. Recent Progress in Hydrogen Adsorption in Single-Walled Carbon Nanotube Systems, M. Shiraishi, T. Takenobu, H. Kataura, M. Ata, *AIP Conference Proceedings* 685, 573-576 (2003).
150. Stable and controlled amphoteric doping by encapsulation of organic molecules inside carbon nanotubes, T. Takenobu, T. Takano, M. Shiraishi, Y. Murakami, M. Ata, H. Kataura, Y. Achiba, Y. Iwasa, *Nature Materials* 2, 683-688 (2003).
151. STM and STS Study of Endohedral Metallofullerenes Adsorbed on Si(111)-(7\*7) Surfaces, S. Fujiki, Y. Kubozono, T. Hosokawa, T. Kanbara, A. Fujiwara, Y. Nonogaki, T. Urisu, *Electrochemical Society Proceedings* 2003-15, 552-559 (2003).
152. Structural and electronic properties of Ce@C<sub>82</sub>, K. Shibata, Y. Rikiishi, T. Hosokawa, Y. Haruyama, Y. Kubozono, S. Kashino, T. Uruga, A. Fujiwara, H. Kitagawa, T. Takano, Y. Iwasa, *Physical Review B* 68 (9), 094104 (2003).
153. Structural transformation from single-wall carbon nanotube bundles to double-wall carbon nanotube bundles, M. Abe, H. Kataura, H. Kira, S. Suzuki, Y. Achiba, K. Kato, M. Takata, A. Fujiwara, Y. Maniwa, *Phys. Rev. B* 68, 041405(R) (2003).
154. Structure and Physical Properties of Organic Semiconductors Based on Field Effect Transistor, Katsumi Tanigaki, Ryotaro Kumashiro, Hirota Ohashi, Kenichi Kato, Shinobu Aoyagi, Shigeru Kimura, Masaki Takata, *Proc. in Electrochem. Soc. Paris, France* (2003).
155. Superconducting characteristics in electron-doped layered hafnium nitride: <sup>15</sup>N isotope effect studies, Hideki Tou, Yutaka Maniwa, Shoji Yamanaka, *Phys. Rev. B* 67, 100509(R) (2003).
156. Superconductivity, Mott–Hubbard states, and molecular orbital order in intercalated fullerides, Y. Iwasa, T. Takenobu, *Journal of Physics: Condensed Matter* 15, R495–R519 (2003).
157. Synthesis of organics/SWNT compounds, T. Takenobu, T. Takano, Y. Iwasa, M. Shiraishi, M. Ata, *AIP Conference Proceedings* 685, 77-81 (2003).
158. Synthesis, structure, and magnetic properties of the fullerene-based ferromagnets, Eu<sub>3</sub>C<sub>70</sub> and Eu<sub>9</sub>C<sub>70</sub>, T. Takenobu, Dam H. Chi, S. Margadonna, K. Prassides, Y. Kubozono, A.N. Fitch, K. Kato, Y. Iwasa, *Journal of the American Chemical Society* 125(7), 1897-1904 (2003).
159. Temperature Dependence of Photoconductivity at 0.7eV in Single-wall Carbon Nanotube Films, Y. Matsuoka, A. Fujiwara, N. Ogawa, K. Miyano, H. Kataura, Y. Maniwa, S. Suzuki, Y. Achiba, *Sci. Technol. Adv. Mater.* 4, 47-50 (2003).
160. Temperature Dependence of Photoconductivity of Single-Wall Carbon Nanotubes, A. Fujiwara, Y. Matsuoka, N. Ogawa, K. Miyano, H. Kataura, Y. Maniwa, S. Suzuki, Y. Achiba, *AIP Conference Proceedings* 685, 156-159 (2003).
161. The effect of anisotropic intermolecular interactions on the pressure response of polymeric fullerenes, Arvanitidis J, Assimopoulos S, Papagelis K, Ves S, Prassides K, Iwasa Y, Kourouklis GA, *Physica Status Solidi B-Basic Research* 235(2), 369-373 (2003).

#### <2002 年>

162. Bridging fullerenes with metals, Chi DH, Iwasa Y, Chen XH, Takenobu T, Ito T, Mitani T, Nishibori E, Takata M, Sakata M, Kubozono Y, *Chemical Physics Letters* 359(3-4), 177-183 (2002).
163. Carbon miscibility in the boron layers of the MgB<sub>2</sub> superconductor, Maurin I, Margadonna S,

- Prassides K, Takenobu T, Iwasa Y, Fitch AN, *Chemistry of Materials* 14(9), 3894-3897 (2002).
164. Characteristic Raman spectra of multiwalled carbon nanotubes, X. Zhao, Y. Ando, L.-C. Qin, H. Katura, Y. Maniwa, R. Saito, *Physica B* 323, 265-266 (2002).
165. Closed-packed  $C_{70}^{3-}$  phases-synthesis, structure and electronic properties, M. S. Denning, I. D Watts., S. M. Moussa, P. Durand, M. J. Rosseinsky, K. Tanigaki, *J. Am. Chem. Soc.* 124, 5570-5580 (2002).
166. Complex-plane impedance study on a hydrogen-doped copper coordination polymer: N,N'-bis-(2-hydroxy-ethyl)-dithiooxamidato-copper(II), Y. Nagao, R. Ikeda, S. Kanda, Y. Kubozono, H. Kitagawa, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* 379, 89-94 (2002).
167. Crystal structure and phase transition in tert-butylammonium tetrafluoroborate studied by single crystal X-ray diffraction, H. Ishida, T. Nakai, N. Kumagae, Y. Kubozono, S. Kashino, *J. Mol. Structure* 606, 273-280 (2002).
168. DC-magnetization and  $^1H$ -NMR studies of layered superconductor  $Li_{0.48}(THF)_{0.3}HfNCl$ , H. Tou, Y. Maniwa, T. Koiwasaki, S. Yamanaka, *Physica B* 312-323, 155-156 (2002).
169. Dipole Dynamics in the Endohedral Metallofullerene  $La@C_{82}$ , C.J. Nuttall, K. Yamazaki, T. Mitani, Y. Iwasa, *Advanced Materials* 14, 293 (2002).
170. Evidence for insulating behavior in the electric conduction of  $(NH_3)K_3C_{60}$  systems, Kitano H, Matsuo R, Miwa K, Maeda A, Takenobu T, Iwasa Y, Mitani T, *Physical Review Letters* 88(9), 096401 (2002).
171. Ferromagnetism and Giant Magnetoresistance in Europium  $C_{60}$  compounds, K. Ishii, A. Fujiwara, H. Suematsu, Y. Kubozono, *Electrochemical Society Proceedings* 2002-12, 357-364 (2002).
172. Ferromagnetism and giant magnetoresistance in the rare earth fullerides  $Eu_{6-x}Sr_xC_{60}$ , K. Ishii, A. Fujiwara, H. Suematsu, Y. Kubozono, *Phys. Rev. B* 65, 134431 (2002).
173. Fullerene Peapods and Double-Wall Nanotubes: Structure and Optical Properties, H. Kataura, M. Abe, A. Fujiwara, T. Kodama, K. Kikuchi, Y. Misaki, S. Suzuki, Y. Achiba, Y. Maniwa, *AIP Conference Proceedings* 633, 103-107 (2002).
174. Intercalation processes of single-walled carbon nanotube ropes, Iwasa Y, Fudo H, Yatsu Y, Mitani T, Kataura H, Achiba Y, *New Diamond and Frontier Carbon Technology* 12(5), 325-330 (2002).
175. Local current density detection of individual single-wall carbon nanotubes in a bundle, A. Fujiwara, R. Iijima, K. Ishii, H. Suematsu, H. Kataura, Y. Maniwa, S. Suzuki, Y. Achiba: *Appl. Phys. Lett.* 80, 1993-1995 (2002).
176. Local electronic transport through a junction of SWNT bundles, A. Fujiwara, R. Iijima, H. Suematsu, H. Kataura, Y. Maniwa, S. Suzuki, Y. Achiba, *Physica B* 323, 227-229 (2002).
177. Magnetic interaction in K-adsorbing zeolite LTA, H. Kira, H. Tou, Y. Maniwa, Y. Murakami, *Physica B* 312-323, 789-790 (2002).
178. Metal-insulator transition of donor-acceptor-type organic charge-transfer complex  $(BETS)_2(Br_2TCNQ)$ : Site-selective NMR experiments, K. Hiraki, S. Fujita, T. Takahashi, R. Kondo, S. Kagoshima, T. Hasegawa, T. Mochida, Y. Iwasa, *Physical Review B* 66, 035104 (2002).
179. Multiple splitting of G-band modes from individual multiwalled carbon nanotubes, Xinluo Zhao, Yoshinori Ando, Lu-Chang Qin, Hiromichi Kataura, Yutaka Maniwa, Riichiro Saito, *Appl. Phys. Lett.* 81, 2550-2552 (2002).
180. Novel structures of  $C_{60}$  and  $C_{70}$ -encapsulating carbon nanotubes, Y. Maniwa, H. Kataura, A. Fujiwara, *Spring-8 Research Frontiers*, 34-35 (2000/2001).

181. Observation of the vortex lattice phase transition in the specific heat in  $\text{La}_{1.86}\text{Sr}_{0.14}\text{Cu}_4$  single crystal, H. Iwasaki, T. Chigira, T. Naito, S. Moriyama, Y. Iwasa, T. Nishizaki, N. Kobayashi, *Physica C* 366(2), 129-134 (2002).
182. Optical Properties of Fullerene- and Non-fullerene-peapods, H. Kataura, Y. Maniwa, M. Abe, A. Fujiwara, T. Kodama, K. Kikuchi, H. Imahori, Y. Misaki, S. Suzuki, Y. Achiba, *Appl. Phys. A* 74, 349-354 (2002).
183. Phase separation in carbon-doped  $\text{MgB}_2$  studied by means of alternating current susceptibility measurements, Papagelis K, Arvanitidis J, Margadonna S, Iwasa Y, Takenobu T, Pissass M, Prassides K, *Journal of Physics-Condensed Matter* 14(31), 7363-7369 (2002).
184. Phase separation in carbon-doped  $\text{MgB}_2$  superconductors, I. Maurin, S. Margadonna, K. Prassides, T. Takenobu, T. Ito, D.H. Chi, Y. Iwasa, A.N. Fitch, *Physica B* 318(4), 392-397 (2002).
185. Phase Transition in Confined Water inside Carbon Nanotubes, Yutaka Maniwa, Hiromichi Kataura, Masatoshi Abe, Shinzo Suzuki, Yohji Achiba, Hiroshi Kira, Kazuyuki Matsuda, *J. Phys. Soc. Jpn.* 71, 2863-2866 (2002).
186. Photoconductivity and Local Transport Properties of Single-Wall Carbon Nanotubes, A. Fujiwara, Y. Matsuoaka, R. Iijima, H. Suematsu, N. Ogawa, K. Miyano, H. Kataura, Y. Maniwa, S. Suzuki, Y. Achiba, *AIP Conference Proceedings* 633, 247-250 (2002).
187. Possible competition of superconductivity and ferromagnetism in  $\text{Ce}_x\text{C}_{60}$  compounds, Y. Maruyama, S. Motohashi, N. Sakai, K. Watanabe, K. Suzuki, H. Ogata, Y. Kubozono, *Solid State Commun.* 123(5), 229-233 (2002).
188. Pressure and temperature dependences of the structural properties of  $\text{Dy}@C_{82}$  isomer I, Y. Takabayashi, Y. Kubozono, T. Kanbara, S. Fujiki, K. Shibata, Y. Haruyama T. Hosokawa, Y. Rikiishi, S. Kashino, *Phys. Rev. B* 65, 73405 (2002).
189. Radial breathing modes of multiwalled carbon nanotubes, X. Zhao, Y. Ando, L. Qin, H. Kataura, Y. Maniwa, R. Saito, *Chem. Phys. Lett.* 361, 169-174 (2002).
190. Structural stability of the rhombohedral 2D polymeric phase of  $\text{C}_{60}$  studied by in-situ Raman scattering at pressures up to 30 GPa, Meletov KP, Arvanitidis J, Kourouklis GA, Prassides K, Iwasa Y, *Chemical Physics Letters* 357(3-4), 307-313 (2002).
191. Structure and physical properties of  $\text{Cs}_{3+\alpha}\text{C}_{60}$  ( $\alpha = 0.0 - 1.0$ ) under ambient and high pressures, S. Fujiki, Y. Kubozono, M. Kobayashi, T. Kambe, Y. Rikiishi, S. Kashino, K. Ishii, H. Suematsu, A. Fujiwara, *Phys. Rev. B* 65, 235425 (2002).
192. Thermoelectric power of single walled carbon nanotubes containing alcohol molecules, S. Masubuchi, K. Ooiwa, H. Kataura, Y. Maniwa, S. Suzuki, Y. Achiba, S. Kazama, *Physica B* 323, 267-268 (2002).
193. Phase Transition in Confined Water inside Carbon Nanotubes, Y. Maniwa, H. Kataura, M. Abe, S. Suzuki, Y. Achiba, H. Kira, K. Matsuda, *J. Phys. Soc. Jpn.* 71, 2863-2866 (2002).
194. Radial breathing modes of multiwalled carbon nanotubes, X. Zhao, Y. Ando, L. Qin, H. Kataura, Y. Maniwa, R. Saito, *Chem. Phys. Lett.* 361, 169-174 (2002).
195. Tunneling spectroscopy on carbon nanotubes using STM, M. Osawa, K. Nomura, H. Kataura, Y. Maniwa, S. Suzuki, Y. Achiba, K. Ichimura, *Physica B* 323, 230-232 (2002).

(2)その他の著作物（総説、書籍などを記載してください。）

<2006年>

1. Self-Assembled Monolayers Modification on Electrodes of Organic Thin-Film Transistors, N. Hiroshiba, R. Kumashiro, H. Ishii, M. Yamashita, S. Takaishi, K. Tukagoshi, M. Okinaka, K. Tanigaki, *Multifunctional Conducting Molecular Materials*, The Royal Society of Chemistry, in press.

2. Superconducting Phase Made from C<sub>60</sub> Doped with Lanthanum, M. Akada, T. Hirai, J. Takeuchi, N. Hiroshiba, R. Kumashiro, T. Yamamoto, K. Tanigaki, In *Multifunctional Conducting Molecular Materials*, eds. G. Saito et al., Royal Society of Chemistry, Cambridge, U.K., in press
3. Electric Transport and Modulated Density of States in Rotational Order and Disorder in Na<sub>2</sub>CsC<sub>60</sub>, M. Akada, T. Yamamoto, R. Kumashiro, A. Hojyo, H. Matsui, N. Toyota, J. P.Lu, K. Tanigaki, *Multifunctional Conducting Molecular Materials*, eds. G. Saito et al., Royal Society of Chemistry, Cambridge, U.K., in press
4. フラーレン材料の電界効果トランジスタへの応用と展望, 岩佐義宏, 久保園芳博, 未来材料, 第6巻, 24-30 (2006).
5. 熊代良太郎, 谷垣勝己「カーボンナノチューブの表面化学修飾による電子物性制御:電界効果型トランジスタ」, ニューダイヤモンド, 第80号 Vol.22 No.1 (2006).
6. 若手研究者のための機器分析ラボガイド, 高柳俊夫(分担執筆), 講談社サイエンティフィック (2006).
7. 竹延大志, 岩佐義宏「有機分子を内包したナノチューブ」, 『環状・筒状超分子新素材の応用技術』高田十志和編集, 株式会社シーエムシー出版, 216-229 (2006).
8. 竹延大志, 岩佐義宏「有機分子を内包したナノチューブ」, 固体物理 41, 53 (2006).

#### <2005年>

9. 岩佐義宏, 「有機単結晶トランジスタと界面ドーピング」, 『有機トランジスタ材料の評価と応用』工藤一浩監修, 株式会社シーエムシー出版, 34-43 (2005).
10. 岩佐義宏, 「フラーレン・ナノチューブネットワーク材料」, 『ナノマテリアル工学大系 第2巻ナノ金属』井上明久監修, フジテクノシステム, 849-854 (2005).
11. 片浦弘道、真庭豊、「世界で初めて室温のアイスナノチューブを発見」、AIST Today 2005年3月号 (AIST Today 5 (2005) pp18-21)
12. 谷垣勝己, 「IV族クラスタの科学」, 現代科学 412, 52-57 (2005).
13. 谷垣勝己(分筆), 「C<sub>60</sub>伝導体・超伝導体の物理」, 物理学大辞典, 朝倉書店 (2005).
14. 真庭豊、片浦弘道, 「単層カーボンナノチューブに閉じ込められた水の構造」, 日本物理学会誌 60, 736-740 (2005).
15. 真庭豊、片浦弘道, 「ナノサイズインクジェットにつながる室温アイスナノチューブ」 OHM, 2005年3月号 pp10-11

#### <2004年>

16. 岩佐義宏, 「急展開をみせる単層のカーボンナノチューブの化学」, 化学 59(4), 68-69 (2004).
17. Y. Iwasa, "Absorbing Discoveries on the Nanoscale", LOOK JAPAN 49(576), 24, March (2004)
18. 化学便覧 基礎編 改訂5版, 高柳俊夫, 本水昌二(分担執筆), 丸善(2004).
19. 基礎分析化学実験, 高柳俊夫(分担執筆), 東京化学同人(2004).
20. Analysis of Ion-Association Reaction in Aqueous Solution and Its Utilization by Capillary Zone Electrophoresis, T. Takayanagi, Anal. Sci., 20, 255-265 (2004).
21. Preferred location of the metal ions in the minor isomers of M@C<sub>82</sub>, Y. Kubozono, Y. Takabayashi, Highlights in Photon Factory Activity Report, No 22, 27 - 28 (2004)
22. 谷垣勝己, 「ホトニッククリスタルにおける光学バンドとプラズモン」, 化学 59, 64-65 (2004).



23. 谷垣勝己, 「カーボンナノチューブ: クラスレート化合物の構造と物性」, 斎藤、篠原監修、培風館 (2004).
24. 谷垣勝己, 「電気物性、磁気物性」, 第5版, 実験化学講座7, 日本化学会編, 丸善 (2004).
25. 谷垣勝己, 「シリコン同位体で色分けされたナノクラスタによる新デバイス創製の可能性---超伝導から量子コンピュータまで」, *Spring-8* 利用者情報, 9, pp.36-41 (2004).
26. 谷垣勝己, 「シリコン同位体で色分けされたナノクラスタ超伝導体」, 研究成果トピックス, *Spring-8*, 12, pp.2-4 (2004).
27. 谷垣勝己, 「高輝度放射光による炭素系薄膜の構造解析」, *マテリアルインテグレーション*, 17巻, 1-9 (2004).
28. 谷垣勝己, 「IV族多面体結晶の構造と物性」, 日本結晶学会, 46, 127-135 (2004).
29. A. Fujiwara, "Photoconductivity of carbon nanotubes" in *Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology*, Ed. by H. S. Nalwa, American Scientific Publishers, New York, Vol. 8, pp. 569-574 (2004).

#### <2003年>

30. 岩佐義宏, 「カーボンナノチューブの基礎と応用」 斎藤理一郎、篠原久典共編、第12章 カーボンナノチューブのドーピングと物性、培風館, 170-180 (2003).
31. 岩佐義宏、真庭豊, 「カーボンナノチューブのインターカレーション」, *パリティ* 18 No8, 25-29 (2003).
32. 吉良弘, 真庭豊: 実用  $\mu$ SR 講座「ミュオンはどこにいる? - サイト問題あれこれ」(III) 磁気秩序相での磁性イオンからの双極子磁場の評価から, *めそん* No.18, 9-12 (2003).
33. T. Takenobu, T. Takano, Y. Iwasa, "Encapsulation of molecules in single-walled carbon nanotube -a novel nanodevice material-", *SPRING-8 Research Frontiers*, 37-38 (2003).
34. 谷垣勝己(第3章分筆), 「室温超伝導は出現するのか」, *超伝導の夢: 超伝導研究の最前線とその未来*, アドスリー (株), 156-172 (2003).
35. 真庭豊, 「カーボンナノチューブの基礎と応用」, 斎藤理一郎、篠原久典共編、第18章 X線回折およびNMR実験法、培風館, 238-257 (2003).
36. 真庭豊、片浦弘道、藤原明比古, 「放射光を用いたカーボンナノチューブの構造研究」, *放射光*, vol. 16, No. 5, 24-33 (2003).

#### <2002年>

37. 岩佐義宏、下田英雄、石井賢司、竹延大志、Dam Hieu Chi, 「フラーレン固体における分子回転と物性の相関」, *固体物理* 37, 595 (2002).
38. Y. Iwasa, "Fullerene superconductors", In *Handbook of Superconducting Materials Vol. 1 Superconductivity, Materials, and Processing*, Edited by D. A. Cardwell, D. S. Ginley, Institute of Physics Publishing (London), pp. 1977. (2002).
39. 上町裕史、岩佐義宏、三谷洋興, 「高容量電池」, *ケミカルエンジニアリング* 47, 269 (2002).
40. 久保園芳博, 「フラーレンをベースにした高機能複合材料の設計」, 特集 フラーレン科学の新展開, *化学工業*, 53(8), 13-17 (2002).
41. Y. Kubozono, "Encapsulation of atom into C<sub>60</sub> cage", edited by T. Akasaka, S. Nagase, *Endofullerenes: A new family of carbon clusters* (Kluwer academic publishes b. v.) (2002).
42. 谷垣勝己, 「カーボンナノチューブ: 基礎と工業化の最前線」, NTS 出版, pp.143-182 (2002).

43. 谷垣勝己(翻訳), 「ここまで来たナノテク: ナノロボットの幻想」, 日経サイエンス特集号 (2002).
44. 堀秀信、山田省二、三谷忠興、藤原明比古、富取正彦、片山信一, 「北陸先端科学技術大学院大学における先端的ナノテクノロジー(最終回)ナノフィジックス」, 工業材料 50 No. 6, 60-64 (2002).

#### <2001年>

45. 谷垣勝己, 村田恵三, 「有機・分子系超伝導材料の進展」, 応用物理 70(12) (2001).
46. 谷垣勝己, 「Si および Ge 正 12 面体クラスター固体における伝導と磁性」, 日本物理学会誌, 第 56 巻, 第 8 号 (2001).
47. Y. Maniwa, H. Kataura, A. Fujiwara, “Novel Structures of C<sub>60</sub> and C<sub>70</sub>- Encapsulating Carbon Nanotubes”, SPring-8 Research Frontiers 2000/2001, 34-35.

### (3)学会発表(国際学会発表及び主要な国内学会発表)

①招待講演 (国内会議 74 件、国際会議 52 件)

#### 【国内会議】

#### <2006年>

1. 「有機トランジスタにおけるデバイス・材料物理」, 岩佐義宏, 学術創成研究「有機デバイス関連界面の解明と制御」2006 公開シンポジウム, 名古屋大学大学院理学研究科, 名古屋 (2006年10月5-6日).
2. 「高配向単層カーボンナノチューブ薄膜の作製とキャリアの動的応答」, 岩佐義宏, 日本物理学会 2006 年秋季大会, 千葉大学西千葉キャンパス, 千葉 (2006年9月23-26日).
3. 「伝導性 AFM によるカーボンナノチューブ回路の評価」, 藤原明比古, 京都大学化学系 21 世紀 COE 研究集会, 京都大学 (2006年09月5日).
4. フラーレンの単一分子操作によるナノパターンニング, 久保園芳博, 第 31 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム特別講演, 三重県立総合文化センター (2006年7月12-14日).
5. 「有機電界効果トランジスタと界面制御」, 岩佐義宏, 物性研究所短期研究会「有機物質のナノ電子物性」, 東京大学物性研究所, 柏 (2006年4月24-26日).
6. 「フラーレン系電界効果デバイスの動作特性と動作制御」, 久保園芳博, 日本物理学会年会・領域 7 シンポジウム, 愛媛大学 (2006年3月29日).
7. 「フラーレンの単一分子操作による新規なナノ材料開発」, 久保園芳博, 日本化学会第 86 春季年会アドバンスト・テクノロジー・プログラム, 日本大学理工学部船橋キャンパス (2006年3月27-28日).
8. 「有機電界効果トランジスタと界面制御」, 岩佐義宏, 日本化学会第 86 春季年会アドバンスト・テクノロジー・プログラム, 日本大学理工学部船橋キャンパス (2006年3月27日).
9. 「はじめに」, 岩佐義宏, 日本物理学会年会・領域 7 シンポジウム, 愛媛大学 (2006年3月27-30日).
10. 「フラーレンならびにその関連物質を使った電界効果デバイスの動作特性と動作制御」, 久保園芳博, 平成 17 年度名古屋大学「有機・分子エレクトロニクス」の拠点形成」第三回研究会, 名古屋大学大学院理学研究科 (2006年3月7日).
11. 「STM によるフラーレン分子操作」, 久保園芳博, 第 11 回 材料科学研究科セミナー,

北陸先端科学技術大学院大学 (2006 年 3 月 6 日).

12. 「電極表面修飾による半導体薄膜の物性制御」, 熊代良太郎, 廣芝伸哉, 谷垣勝己, 日本化学会第 86 春季年会 Advanced Technology Program 「未来材料」 (2006 年 3 月)
13. “Fabrication of Electronic Devices with Carbon Cluster Materials on Thin-film and Nanometer Scale”, 久保園芳博, 学内 COE 高度デジタル EMC 協調統合設計-材料・デバイス・システムを統合した EMC 設計基盤形成-第 8 回シンポジウム「ナノ材料からの新規デバイス設計の展望」, 岡山大学 (2006 年 2 月 23 日).
14. 「フラーレン系物質を使った薄膜電界効果デバイスの作製と単一分子操作によるナノデバイス作製への道」, 久保園芳博, 東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究会「プラズマナノ理工学基盤研究」, 東北大学大学院工学研究科 (2006 年 2 月 23-24 日).

#### <2005 年>

15. 「有機単結晶トランジスタ」, 竹延大志, 東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究会「有機半導体デバイスの基礎と応用」 (2005 年 12 月 12 日).
16. 「 $\text{La}_2@\text{C}_{80}$ における La イオンの運動」, 下谷秀和, 分子研研究会「金属内包フラーレン研究の新展開 — 基礎と応用」, 分子科学研究所 (2005 年 11 月).
17. 「 $\text{C}_{60}$ および  $\text{H}_2@\text{C}_{60}$ を利用したフォノンと電子物性に関する研究」, 谷垣勝己, 分子研研究会「金属内包フラーレン研究の新展開 — 基礎と応用」, 分子科学研究所, (2005 年 11 月).
18. 「フラーレン FET の輸送特性: サイズ・温度依存性から」, 藤原明比古, 分子研研究会「金属内包フラーレン研究の新展開 — 基礎と応用」, 分子科学研究所 (2005 年 11 月 7 日).
19. 「フラーレンを使った電界効果デバイスの可能性」, 久保園芳博, 分子研研究会・金属内包フラーレンの新展開—基礎と応用, 自然科学研究機構-分子科学研究所 (2005 年 11 月 7-8 日).
20. 「フラーレンのナノマニピュレーション」, 野内亮, 久保園芳博, 分子研研究会・金属内包フラーレンの新展開—基礎と応用, 自然科学研究機構-分子科学研究所, (2005 年 11 月 7-8 日).
21. 「分子性固体としてのフラーレン」, 岩佐義宏, 分子研研究会「金属内包フラーレン研究の進展会-基礎と応用」分子化学研究所 (2005 年 11 月 7-8 日).
22. 「カーボンナノチューブの内部空間に形成される室温氷」, 真庭豊 (首都大学東京), 第 66 回応用物理学会学術講演会, 徳島大学 (2005 年 9 月 10 日).
23. 「ナノ多面体クラスター: ラットリング・電子物性・応用」, 谷垣勝己, 第 66 回応用物理学会学術講演会, 徳島大学 (2005 年 9 月).
24. 「配列ナノ空間を利用した機能発現とその応用: 材料ユビキタス元素戦略へのアプローチ: 将来に向けた総括」, 谷垣勝己, 第 66 回応用物理学会学術講演会 (2005 年 9 月).
25. 「ナノチューブ内の水の構造と相転移」, 真庭豊, 第 29 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 京都大学百周年時計台記念館 (2005 年 7 月 25 日).
26. 「Si/Ge クラスレートの構造と超伝導」, 谷垣勝己, ISSP ワークショップ: ラットリングと超伝導, 東京大学物性研究所, 東京 (2005 年 5 月 9-10 日).
27. 西川尚男, 岩佐義宏, 自己組織化単分子膜による有機 FET の特性制御, 2005 年春季第 52 回応用物理学関係連合講演会, 埼玉大学 (2005 年 3 月 30 日).

28. 真庭豊, 「XRD, NMR から見たカーボンナノチューブ試料の実際」 (シンポジウム講演) 日本物理学会第 60 回年次大会, 東京理科大学野田キャンパス (2005 年 3 月 24-27 日).
29. 岩佐義宏、分子性物質と層状物質：新しい方向性は？、丸山有成先生退職記念講演会、東京、(2005 年 3 月 5 日).
30. 谷垣勝己, 「C,Si,Ge ナノ材料の物性と応用」, 日本化学会第 85 春季年会, 横浜 (2005 年 3 月).
31. 岩佐義宏、ナノカーボンの構造電子制御、科研費特定領域「配位空間の化学」第 1 回公開シンポジウム、東京 (2005 年 2 月 4 日).
32. 藤原明比古、デバイス構造に組み込んだ炭素クラスターの輸送特性、千葉大学量子伝導セミナー、千葉大学 (2005 年 1 月 29 日).

### <2004 年>

33. 谷垣勝己、Si および Ge ナノ多面体クラスターの電子状態、九州大学ナノ先端フォーラム、(2004 年 12 月 17 日、九州大学)
34. 谷垣勝己“クラスタ固体 (C, Si, Ge) の電気伝導と量子効果”第 25 回表面科学セミナー「量子形状効果とナノ構造」, 日本表面科学会, 東京理科大学森戸記念館, 東京 (2004 年 10 月 8 日).
35. 谷垣勝己“新素材と産業の発展 -ナノ領域を制御する：その手法・物質・応用-”第 5 回技術フォーラム, 奈良県工業技術センター, 奈良産業活性化プラザ, 奈良 (2004 年 9 月 28 日).
36. 岩佐義宏、有機半導体/絶縁物界面における電界効果と電荷注入、日本物理学会 2004 年秋季大会、青森大学 (2004 年 9 月 12 日).
37. 岩佐義宏、界面修飾による有機トランジスタのキャリア制御、第 65 回応用物理学会、東北学院大学 (2004 年 9 月 1 日).
38. 竹延大志, “Chemical and physical carrier doping in single-walled carbon nanotube”, 第 27 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 東京大学武田ホール (2004 年 7 月 29 日).
39. 岩佐義宏、カーボンナノチューブ薄膜トランジスタとドーピング、文科省基盤研究 (C) 調査研究 研究会 大阪 (2004 年 7 月 13 日).
40. 岩佐義宏、分子とナノカーボンの複合による人工構造の構築と機能、理化学研究所 ナノサイエンス研究会 和光 (2004 年 7 月 6 日).
41. 岩佐義宏、分子とナノカーボンの複合化による機能物性、九州大学ナノ物質合成・解析支援講習研究会, 福岡 (2004 年 6 月 22 日).
42. 岩佐義宏、分子とナノカーボンの複合化による機能物性、Spring-8 ナノテクノロジー総合支援プロジェクト成果報告会 東京 (2004 年 6 月 21 日).
43. シリコン清浄表面上での金属内包フラーレン積層構造の STM/STS 観察, 久保園芳博, 第 51 回 応用物理学関係連合講演会, 東京工科大学 (2004 年 3 月 30 日).
44. 金属内包フラーレン及び高次フラーレンの薄膜・ナノスケール物性, 久保園芳博, 筑波大学先端学際領域研究(TARA)センター公開セミナー, 筑波大学 TARA センター (2004 年 3 月 18 日).
45. 岩佐義宏、カーボンナノ構造とドーピング、電気学会電子材料技術委員会 カーボンナノ材料応用技術調査専門委員会 東京 (2004 年 3 月 8 日).

46. 岩佐義宏、SAMsを用いた薄膜トランジスタの特性制御、日本表面科学界東北支部講演会 仙台、(2004年3月5日).
47. 「C<sub>60</sub>, C<sub>59</sub>N, M@C<sub>82</sub>, C<sub>60</sub> 誘導体の基礎物性と薄膜デバイスへの応用」谷垣勝己, 熊代良太郎, 大橋弘孝, 廣芝伸哉, 日本化学会第84春季年会, 西宮 (2004年3月)
48. 岩佐義宏、カーボンエレクトロニクス of 材料科学、国際高等研究所 有機・分子エレクトロニクス研究会 京都 (2004年2月28日).
49. 谷垣勝己、「ナノ材料の新展開を語ろう：カーボンナノテクノロジー」、ナノ高分子ワークショップ、高分子学会、湯沢グランドホテル新潟 (2004年1月8-9日).

#### <2003年>

50. STMによる金属内包フラーレンの電子密度マッピング, 久保園芳博, 金属材料研究所研究会 ナノカーボン材料の物性とエレクトロニクス, 東北大学金属材料研究所 (2003年11月13-14日).
51. 「カーボンナノチューブの光伝導」, 藤原明比古, 東北大学金属材料研究所研究会”ナノカーボンエレクトロニクス”, 東北大学 (2003年11月).
52. カーボンナノチューブ集合体の構造と機能化, 岩佐義宏, 平成15年度金属材料研究所研究会「東北大学放射光計画の新展開」 仙台 (2003年10月29日).
53. コメント：炭素・軽元素材料, 岩佐義宏, 「物質材料研究の未来戦略」ワークショップ 軽井沢 (2003年10月18日).
54. ナノチューブ空洞内の液体の構造と相転移, 真庭豊, 日本物理学会 2003年秋の分科会, 岡山大学 (2003年9月20-23日).
55. クラスタ空隙に創成された物質の新規状態, 藤原明比古, 日本物理学会 2003年秋季大会、シンポジウム, 岡山大 (2003年9月).
56. 藤原明比古: “カーボンナノチューブは何者? ~何が新奇か~”, 岡山大学、自然科学研究科セミナー岡山大学 (2003年6月).
57. 松田和之: URu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>におけるNMR (シンポジウム講演), 日本物理学会 第58回年次大会, 東北大学 (2003年3月28-31日).
58. 放射光による炭素クラスター物質の構造物性研究, 久保園芳博, 兵庫県大型放射光施設産学官研究会 第三回無機系材料分科会講演会, 兵庫県立工業技術センター (2003年3月24日).
59. 「フラーレンをつないで新しい構造体を作る」, 岩佐義宏, 平成14年度分子科学研究所(後期)研究会「分子を構成要素とする新しい電子機能物質」岡崎 (2003年3月3-5日).
60. 谷垣勝己“炭素系物質におけるドーピング手法と物性”炭素系高機能材料技術シンポジウム: 21世紀を担う炭素系材料, 財団法人ファインセラミックセンター, 科学技術館サイエンスホール, 東京 (2003年2月20-21日).
61. 谷垣勝己, “カーボンナノテクノロジーとクラスタ科学が開く新しい技術“, 近畿化学協会、大阪科学技術センター、大阪 (2003年2月7日).
62. 藤原明比古: “フラーレン・ナノチューブなどナノメーター人工物質の探索と物性”、文部科学省ナノテクノロジー総合支援プロジェクト、第1回ナノテクノロジー総合シンポジウム, 東京ファッションタウン, (2003年2月).

#### <2002年>



63. 竹延大志、高野琢、岩佐義宏、有機分子によるカーボンナノチューブのキャリアドーピング、東京大学物性研究所短期研究会『分子性導体の物質探索と新機能開拓』、東京大学物性研究所 (2002年11月26日).
64. 「フラーレンの配向と物性制御」、岩佐義宏、平成14年度金属材料研究所研究会「ナノスケールのクラスターと構造体：理論、実験、シミュレーション」仙台 (2002年11月18-19日).
65. 「金属を内包したフラーレンの誘電性と磁気特性」、岩佐義宏、平成14年度金属材料研究所研究会「新しい機構による巨大誘電性の探索」、仙台 (2002年10月10-11日).
66. 真庭豊：チューブ内フラーレン結晶の1次元揺らぎ、日本物理学会 第2002年秋季大会、中部大学 (2002年9月6-9日).
67. 「フラーレン・ナノ物質の新規機能の開発」、岩佐義宏、第1回ナノサイエンス・サマード場、飯綱高原 (2002年8月18-20日).
68. 藤原明比古：“カーボンナノチューブのエレクトロニクス”、第1回ナノサイエンス・サマード場、長野 (2002年8月).
69. 「新しいエキゾチック超伝導2：フラーレン」、岩佐義宏、2002年度科学セミナー（主催 日本物理学会）「ボース・アインシュタイン凝縮から高温超伝導へー超流動、超伝導の新しい世界ー」、東京 (2002年7月29-30日).
70. 谷垣勝己“超伝導の夢”パネリスト、未踏科学技術協会、東京大学学士会館、東京 (2002年6月22日).
71. 「炭素・有機物質による新しい材料科学の世界」、岩佐義宏、金属材料研究所第103回講演会、東北大学金属材料研究所 (2002年5月24日).
72. 久保園芳博、フラーレンをベースにした新奇な物性の探索、第747回分子科学研究所コロキウム (2002年5月8日).
73. 「モット・ヤーンテラー系としてのフラーレン」、岩佐義宏、東北大学多元研ミニワークショップ「有機伝導体の物性と構造」、仙台 (2002年3月13日).
74. 谷垣勝己“クラスターネットワーク結晶の物理的物性と物質デザイン”、第22回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、岡崎コンファレンスセンター、岡崎 (2002年1月).

## 【国際会議】

### <2006年>

1. “Organic single crystal transistors and their applications”, 岩佐義宏, Mini-symposium on Current Issues in Materials Chemistry, University of Durham, ダーラム, イギリス (2006年7月14日).
2. “Electrodynamic Response of Carbon Nanotube”, 岩佐義宏, The 3rd Japan-Korea Symposium on Carbon Nanotube, Gyeongju TEMP Hotel, 慶州, 韓国 (2006年10月14-17日).
3. “Organic Single Crystal Transistors and Interface Control”, 岩佐義宏, 2006 International Conference on Solid State Devices and Materials, パシフィコ横浜, 横浜 (2006年9月12-15日).
4. “Modulation of Superconductivity and Ferromagnetism through Alkali Metal Intercalation”, 岩佐義宏, Japan-UK Joint Symposium on Chemistry of Coordination Space, University College London, ロンドン (2006年7月11-13日).
5. “Basic Understanding of Organic Field Effect Transistors and Their Opportunities”, 岩佐義宏, 2006 Asia-Pacific Workshop on Fundamental and Application of Advanced Semiconductor Devices, 東北大学電気通信研究所, 仙台 (2006年7月3日).

6. Phonons and Physical Properties Appearing in  $H_2@C_{60}$ , K. Tanigaki, M. Akada, Y. Murata, K. Komatsu, The International Symposium on Anomalous Quantum Materials 2006 and The 5-th Asia-Pacific Workshop (June, 2006).
7. "Carrier dynamics in carbon nanotubes: infrared spectroscopy", 岩佐義宏, Hong Kong-Japan Workshop on Carbon Related Nanostructures, Hong Kong University, 香港 (2006年4月11-13日).
8. Y. Iwasa, "Polarity change by interface modification in organic single crystal transistors", ICAM Workshop on Electric Phenomena in Single-Crystal Organic Semiconductors", Baltimore, MD, USA, (March 17-18, 2006).
9. "Electronic Properties of  $C_{60}$  and Carbon Nanotubes with Chemical and Physical Doping" K. Tanigaki, Japan-India Meeting on Molecular and Supramolecular Materials, Center for National University Finance and Management, Minato-ku, Tokyo (2006, February 16-18).

### <2005年>

10. Doping characteristics of single-walled carbon nanotube as investigated by x-ray diffraction and infrared spectroscopy, T. Takenobu, T. Takano, Y. Murayama, T. Kanbara, N. Akima, T. Takahashi, Y. Iwasa, The 2005 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2005), Honolulu, Hawaii, USA (December 17, 2005).
11. Y. Iwasa, "Optical response of carbon nanotube thin films", 2<sup>nd</sup> Korea-Japan Symposium on Carbon Nanotube, Matsushima, Japan (November 27-30, 2005).
12. Y. Iwasa, "Optical probe of carbon nanotube thin films", The 2005 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2005), Honolulu, Hawaii, USA (December 15-20, 2005).
13. Y. Taguchi, A. Kitora, M. Hisakabe, Y. Iwasa, Carrier control and superconducting properties of electron-doped ZrNCl, The 3rd Hiroshima workshop, Hiroshima university (Higashi-Hiroshima city) (November 18, 2005).
14. Transport properties of fullerene nanodevices, A. Fujiwara, NATO Advanced Research Workshop on Electron Correlation in New Materials and Nanosystems, Yalta, Ukraine (Sep. 19, 2005).
15. Y. Iwasa, "Optical response of carbon nanotube thin films and their transistors" NSF-MEXT Jont International Workshop for Carbon nanotube and its Application, Stanford University, California, USA (Sep. 12-13, 2005).
16. Y. Iwasa, "Organic single crystal FETs and their interface control" 54<sup>th</sup> Fujihara Seminar, Organic Semiconductors and Conductors, Tomakomai, Japan, (Aug 31 - Sep 4, 2005)
17. Y. Iwasa, T. Takenobu, "Nanocarbon materials under high pressure" International Conference on High Pressure Science and Technology, Stadthalle of the Congress Centre Karlsruhe, Germany (June 27- July 1, 2005).
18. Y. Iwasa, "Interface control and field effect properties of molecule based semiconductors" 2005 CERC/ERATO-SSS, International Workshop, The Westin Maui Resort and Spa Hotel, Hawaii USA (June 7-11, 2005).
19. "Intercalation compounds of C, Si and Ge cluster network solids", K. Tanigaki, 13th International Symposium on Intercalation Compounds, Clermont-Ferrand, France, (June, 2005).
20. Manipulation of fullerene molecules by scanning tunneling microscope, 207th ECS Fullerene Symposium (Solid-State Physics), Y. Kubozono, Quebec, Canada, (May 16- 20, 2005).
21. H. Shimotani, "Motion of La ions in  $C_{80}$  fullerene cage:  $La_2@C_{80}$ " 207<sup>th</sup> Electrochemical Society Meeting, Quebec-City, Canada (May 15-20, 2005).
22. Y. Iwasa, "Structural and superconducting properties of layered nitride halides" 2<sup>nd</sup> US-Japan Workshop on Synchrotron Radiation & Nanoscience Hnmphrey's Half Moon Inn & Suites, San Diego, USA (April 4-6, 2005)
23. Y. Iwasa, "Opportunities in carbon nanotube thin films", Japan-India Meeting on Molecular and Supramolecular materials, Tokyo, Japan (February 16-18, 2005).

24. Y. Iwasa, International Workshop on Multifunctional Molecular Materials, Kyoto, A new aspect of carrier doping in molecule based materials (January 20, 2005).

#### <2004 年>

25. Y. Iwasa, Tuning Charge Carrier Properties in Carbon Nanostructures by interaction with organic molecules, Japan-Singapore Symposium on Nanoscience and Nanotechnology, Singapore (Nov 2, 2004).
26. Y. Iwasa, Transport and Optical Properties of Doped Carbon Nanotubes, 1<sup>st</sup>. Japan-Korea Symposium on Carbon Nanotubes Jeju, Korea (Oct 14, 2004).
27. Y. Taguchi, Spin chirality as a source of anomalous Hall effect, Gordon Research Conference on Magnetic Nanostructures, Montana, USA, (August 26, 2004).
28. Y. Iwasa, Control of transistor properties of fullerene thin films using self-assembled monolayers, 205<sup>th</sup> Electrochemical Society Meeting, San Antonio, USA (May 11, 2004).
29. Y. Maniwa, Structure and Molecular Dynamics of Fullerene Molecules Inside SWNTs, 205<sup>th</sup> Meeting of the Electrochemical Society, San Antonio, USA (May 9-14, 2004).
30. Y. Iwasa, Workshop for Japan-US Research Collaboration for Synchrotron Radiation Nanomaterials Science, Tokyo, Molecule-Nanocarbon Composites (March 13, 2004).
31. Y. Maniwa, Phase transition of confined water inside SWNTs, XVIII<sup>th</sup> International Winter School on Electronic Properties of Novel Materials (IWEPNM2004), Kirchberg, Austria (March 6-13, 2004).
32. Y. Iwasa, "Tuning Charge Carriers in Organic Field Effect Transistors", IFCAM Workshop on Nanoscience/Nanotechnology, Sendai (Mar. 4, 2004).

#### <2003 年>

33. A. Fujiwara: "Photoconductivity of carbon nanotubes", Bogolyubov Institute for Theoretical Physics Seminar, Kiev, Ukraine (Nov. 11, 2003).
34. Y. Iwasa, Functionalization of Nanocarbon Materials by Integration with Organic Molecules, 1<sup>st</sup> Tohoku-Gottingen Forum on Advanced Materials, Goettingen, Germany (Oct. 23, 2003).
35. Y. Iwasa, "Carrier Doping of Single Walled Carbon Nanotubes: from Outside and Inside", 8<sup>th</sup> International Conference on Advanced Materials, Yokohama (October 9, 2003).
36. Y. Iwasa, Fabrication of organic thin film transistors and effects of self-assembled monolayers., 3<sup>rd</sup> Workshop of Creative Basic Research Project "Elucidation and Control of Interfaces Related to Electronic Devices" : International Discussion Meeting on Organic Electronic Devices and Organic Interfaces, Sendai, (August 1, 2003).
37. Katsumi Tanigaki "Electronic states of clathrate compounds viewed from physical parameters" 2<sup>nd</sup> French-Japanese Seminar on Clathrate Compounds of Silicon and Related Elements, Lyon, France (July. 15, 2003)
38. Y. Iwasa, Doping Properties and Field Effect on Carbon Cluster Solids., Workshop on Electronic Properties of Organic Semiconductors Leiden, the Netherlands (July 8, 2003).
39. A. Fujiwara: "Photoconductive properties of single-wall carbon nanotubes", 20<sup>th</sup> European Materials Research Society Spring Meeting, Strasbourg, France (June 2003)
40. Structural properties of rare earth metal doped fullerides in the electron density level., Dam Hieu Chi, Y. Iwasa, The 203<sup>th</sup> Electrochemical Society Meeting, Paris, France (May 2003).
41. Dam Hieu Chi, Y. Iwasa, Structural properties of rare earth metal doped fullerides in the electron density level, The 203<sup>th</sup> Electrochemical Society Meeting, Paris, France (May 2003).
42. Y. Kubozono, S. Fujiki, K. Shibata, Y. Takabayashi, T. Kanbara, T. Hosokawa, Y. Rikiishi, Y. Haruyama, Kashino, A. Fujiwara, T. Urisu: "Physical Properties of Metallofullerenes in Solid,

Thin film and Nanometer Scale”, 203rd Meeting of The Electrochemical Society, Paris, France (April 27-May 2, 2003).

43. T. Takenobu, T. Takano, Y. Iwasa, M. Shiraishi, M. Ata, Carrier Doping with Organic Molecules in SWNT, XVIIth International Winterschool Euroconference on Electronic Properties of Novel Materials, Austria (March 10, 2003).
44. A. Fujiwara: “Control and evaluation of transport properties of carbon nanotubes: For the fabrication of nano-scale devices”, 2nd International Symposium on Organic-Inorganic Advanced Hybrid Materials and Devices, Ishikawa, Japan (February 2003).

#### <2002 年>

45. Y. Iwasa, “Fullerenes: Plasticity and Magnetic Properties”, IMR/Dr. Rohrer’s JSPS Award Workshop Sendai, (November 11, 2002).
46. Y. Iwasa, Current status of superconductivity and metal-insulator transition in C<sub>60</sub>, The 2<sup>nd</sup> Hiroshima Workshop – Transport and Thermal Properties of Advanced Materials –Higashi-Hiroshima, Japan (August 16-19, 2002).
47. Y. Iwasa, T. Takenobu, Metal-Insulator Transition in C<sub>60</sub> Fullerenes, The 23<sup>rd</sup> International Conference on Low Temperature Physics, Hiroshima, Japan (August 2002).
48. Y. Iwasa, “C<sub>60</sub> as a Mott-Hahn-Teller”, The 1<sup>st</sup> International Symposium on Advanced Materials Sendai (June 3, 2002).
49. Y. Iwasa, Solid State Properties of Metallofullerenes, The 200th Electrochemical Society Meeting, Philadelphia, USA (May 13-16, 2002).
50. H. Uemachi, Y. Iwasa, T. Mitani, New Redox-Active Compounds with High Capacity: Sulfur Containing Heterocyclic Copolymers for Lithium Secondary Batteries, Materials Research Society 2002 Spring Meeting, San Francisco, USA (April 4, 2002).
51. H. Kataura, Y. Maniwa, A. Fujiwara, Y. Misaki, S. Suzuki, Y. Achiba: “Fullerene-peapods and double-wall nanotubes: Structures and optical properties”, XVIth International Winterschool on Electronic Properties of Novel Materials, Kircchberg, Austria (March 2002)
52. Y. Iwasa, T. Takenobu, C. J. Nuttall, Possible Functionality of Molecular Materials with Rotational Degree of Freedom, International Workshop on Control of Conduction Mechanism in Organic Conductors (ConCOM2002) Hayama, Japan (January 28, 2002).

②口頭発表 (国内会議 293 件、国際会議 39 件)

#### 【国内会議】

#### <2006 年>

1. フラーレンのナノメータスケール化学反応の STM 観察 (STM studies on nano-scale chemical reactions of fullerene molecules), 久保園芳博, 理化学研究所 第 31 回ナノサイエンス & ナノテクノロジーセミナー, 理化学研究所 (2006 年 11 月 10 日).
2. 「ナノクラスターの配列・配向制御による新しいデバイスと量子状態の創出」, 岩佐義宏, 平成 13 年度採択課題終了シンポジウム, 主婦会館プラザエフ, 東京 (2006 年 11 月 9 日).
3. 「電解質をゲートに用いた有機電界効果トランジスタ」, 下谷秀和, ボトムアップ若手の会 第 1 回研究会, 理化学研究所, 和光市 (2006 年 11 月 9 日).
4. 「Operating Mechanisms and Transport Characteristics of Electrolyte-Gate Organic FETs」, 下谷秀和, KINKEN Workshop on Organic Field Effect Transistor, 東北大学金属材料研究所, 仙台 (2006 年 10 月 20-21 日).
5. 「ナノクラスターの配列・配向制御による新しいデバイスと量子状態の創出」, 岩佐義

- 宏, JST 領域横断ワークショップ, 飯綱高原ホテルアルカディア, 長野 (2006 年 10 月 10-12 日)
6. 「高誘電体絶縁膜を用いた単結晶有機 FET における界面制御と物性」, 廣芝伸哉, 熊代良太郎, 竹延大志, 岩佐義宏, 川山巖, 斗内政吉, 谷垣勝己, 日本物理学会 2006 年秋季大会 (2006 年 9 月 26 日).
  7. 水を吸蔵した SWNT へのガス吸着: NMR による研究, 谷津祥明, 日比寿栄, 松田和之, 鷹子貴之, 客野遥, 門脇広明, 真庭豊, 片浦弘道, 日本物理学会 2006 年秋季大会, 千葉県・千葉大学 (2006 年 9 月 25 日).
  8. 直径 2nm-SWNT のガス吸着と構造, 鷹子貴之, 宮田耕充, 谷津祥明, 客野遥, 松田和之, 門脇広明, 真庭豊, 片浦弘道, 斎藤毅, 大嶋哲, 湯村守雄, 飯島澄男, 日本物理学会 2006 年秋季大会, 千葉県・千葉大学 (2006 年 9 月 25 日).
  9. 化学ドーピングされた単層カーボンナノチューブの光物性, 宮田耕充, 柳和宏, 岡崎俊也, 真庭豊, 片浦弘道, 日本物理学会 2006 年秋季大会, 千葉県・千葉大学 (2006 年 9 月 25 日).
  10. 「磁気コンプトン散乱による  $\text{YTiO}_3$  の整列軌道の観測」, 辻成希, 伊藤正久, 鈴木宏輔, 木谷健佑, 田中慧, 桜井浩, 安達弘通, 河田洋, 中尾裕則, 村上洋一, 田口康二郎, 十倉好紀, 千葉大学西千葉キャンパス, 千葉 (2006 年 9 月 25 日).
  11. 「パイロクロア型モリブデン酸化物における圧力下相図の全体像」, 井口敏, 竹下直, 寺倉千恵子, 花咲徳亮, 絹原政樹, 田口康二郎, 高木英典, 十倉好紀, 千葉大学西千葉キャンパス, 千葉 (2006 年 9 月 25 日).
  12. 「STM 探針からのキャリア注入による  $\text{C}_{60}$  ポリマーリングの形成 II」, 野内亮, 太田洋平, 久保園芳博, 日本物理学会 2006 年秋季大会, 千葉大学 (2006 年 9 月 25 日).
  13. 「フラーレン電界効果デバイスの動作特性制御と集積回路設計」, 長野高之, 久保園芳博, 藤原明比古, 日本物理学会 2006 年秋季大会, 千葉大学 (2006 年 9 月 24 日).
  14. 複合体化ナノチューブ様物質の可能性(吸着・結合・内包, テンプレート); はじめに, 真庭豊, 日本物理学会 2006 年秋季大会, 千葉県・千葉大学 (2006 年 9 月 23 日).
  15. 「カーボンナノチューブ間抵抗の電界による変調」, 佐藤亮太, 兒玉賢洋, 仕幸英治, 片浦弘道, 藤原明比古, 日本物理学会 2006 年秋季大会, 千葉大学 (2006 年 9 月 23 日).
  16. 「マルチフェロイック物質  $\text{MnWO}_4$  における磁場誘起分極フロップ」, 谷口耕治, 阿部伸行, 竹延大志, 岩佐義宏, 有馬孝尚, 日本物理学会 2006 年秋季大会, 千葉大学 (2006 年 9 月 23 日).
  17. 「層状窒化物超伝導体  $\text{Li}_x\text{ZrNC}$  1 における同位体効果」, 川端智也, 日本物理学会 2006 年秋季大会, 千葉大学西千葉キャンパス, 千葉 (2006 年 9 月 23-26 日).
  18. 「両極性有機単結晶トランジスタの発光特性」, 高橋哲生, 日本物理学会 2006 年秋季大会, 千葉大学西千葉キャンパス, 千葉 (2006 年 9 月 23-26 日).
  19. 「金属-有機単結晶の界面物性とキャリア注入」, 松岡亨卓, 日本物理学会 2006 年秋季大会, 千葉大学西千葉キャンパス, 千葉 (2006 年 9 月 23-26 日).
  20. 表面有機修飾した SWNTs の FET 特性, 熊代良太郎, 廣芝伸哉, 大橋弘孝, 赤阪健, 前田優, 鈴木信三, 阿知波洋次, 畠山力三, 谷垣勝己, 日本物理学会 2006 年秋季大会 (2006 年 9 月 23-26 日).
  21. フラーレンナノウィスカーやフラーレンナノチューブへの化学ドーピング, 熊代良太郎, 日本物理学会 2006 年秋季大会 (2006 年 9 月 23-26 日)

22. (Ba,Sr)<sub>8</sub>Ga<sub>16</sub>Ge<sub>30</sub> の物性：磁性、電気伝導、熱電能, 西野琢也, 廣芝伸哉, 良知健, 熊代良太郎, M.V. Avilla, 高島敏朗, 谷垣勝己, 日本物理学会 2006 年秋季大会 (2006 年 9 月 23-26 日).
23. 軟 X 線光電子分光を用いた M<sub>8</sub>Ga<sub>16</sub>Ge<sub>30</sub> (M=Sr,Ba) および Ba<sub>8</sub>Ga<sub>16</sub>Si<sub>30</sub> の電子状態, 成田清嗣, 良知健, 熊代良太郎, 郭方准, 小林啓介, M.V. Avilla, 高島敏朗, 谷垣勝己, 日本物理学会 2006 年秋季大会 (2006 年 9 月 23-26 日).
24. Ge クラスレートにおける内包原子の運動と物性との相関, 良知健, 熊代良太郎, 大坂恵一, 加藤健一, 高田昌樹, 大石泰生, 谷垣勝己, 日本物理学会 2006 年秋季大会 (2006 年 9 月 23-26 日).
25. 放射光を用いた H<sub>2</sub>@C<sub>60</sub> の精密構造解析, 赤田美佐保, 垣内徹, 村田靖次郎, 小松紘一, 谷垣勝己, 若林裕助, 澤博, 日本物理学会 2006 年秋季大会 (2006 年 9 月 23-26 日).
26. TmAg<sub>2</sub>In の重い電子的振舞と立方晶 Γ<sub>8</sub> 基底 SmAg<sub>2</sub>In の低温物性, 谷田博司, 松村武, 高木滋, 鈴木博之, 村上洋一, 小野寺秀也, 谷垣勝己, 日本物理学会 2006 年秋季大会 (2006 年 9 月 23-26 日).
27. 「有機単結晶を用いた両極性発光トランジスタ」, 高橋哲生, 第 67 回応用物理学会学術講演会, 立命館大学びわこくさつキャンパス, 滋賀 (2006 年 9 月 1 日).
28. 「電界質ゲートを用いた低ゲート電圧有機 FET」, 下谷秀和, 浅沼春彦, 竹谷純一, 岩佐義宏, 第 67 回応用物理学会学術講演会, 立命館大学びわこくさつキャンパス, 滋賀 (2006 年 9 月 1 日).
29. 「金属性単層カーボンナノチューブの選択的除去」, 深尾朋寛, 竹延大志, 片浦弘道, 白石誠司, 立命館大学びわこくさつキャンパス, 滋賀 (2006 年 8 月 30 日).
30. 「伝導測定による金属・有機単結晶界面の評価」, 松岡亨卓, 第 67 回応用物理学会学術講演会, 立命館大学びわこくさつキャンパス, 滋賀 (2006 年 8 月 30 日).
31. 高誘電体を用いた単結晶ルブレントランジスタ, 廣芝伸哉, 熊代良太郎, 竹延大志, 岩佐義宏, 川山巖, 斗内政吉, 谷垣勝己, 第 67 回応用物理学会学術講演会 (2006 年 8 月 29 日).
32. SAMs で電極修飾した有機電界効果トランジスタ, 谷垣勝己, 廣芝伸哉, 熊代良太郎, 石井久夫, 第 67 回応用物理学会学術講演会 (2006 年 8 月 29-9 月 1 日).
33. 表面化学修飾したカーボンナノチューブの FET 特性, 谷垣勝己, 熊代良太郎, 大橋弘孝, 赤坂健, 前田優, 鈴木信三, 阿知波洋次, 畠山力三, 第 67 回応用物理学会学術講演会 (2006 年 8 月 29-9 月 1 日).
34. STM 探針からのキャリア注入による C<sub>60</sub> ポリマーリング の形成, H18 科研費基盤研究企画調査「励起ナノプロセスの基盤形成」研究会, 琵琶湖コンファレンスセンター (2006 年 8 月 27-28 日).
35. フラーレンナノウィスカー・フラーレンナノチューブの伝導特性と構造, 熊代良太郎, 谷垣勝己, 大橋弘孝, 宮澤薫一, 電気学会 E 準部門「ユビキタス社会のためのナノマテリアル・プロセス技術調査専門委員会」, F NW研究会合同研究会 (2006 年 8 月)
36. 「カーボンナノチューブ間における接触抵抗の電界効果」, 佐藤亮太, 兒玉賢洋, 仕幸英治, 片浦弘道, 藤原明比古, 第 31 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 三重 (2006 年 7 月 12 日).
37. CsC<sub>60</sub> 薄膜の in situ 輸送特性, 廣芝伸哉, 石動彰信, 鴫田義史, 熊代良太郎, 谷垣勝己, 第 31 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム (2006 年 7 月).



38. C<sub>60</sub> 超伝導体における電子状態とフォノン, 赤田美佐保, 成田清嗣, 熊代良太郎, 村田靖次郎, 小松紘一, 垣内徹, 澤博, 谷垣勝己, 第 31 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム (2006 年 7 月)
39. SWNTs-FET 特性への化学修飾の影響, 熊代良太郎, 大橋弘孝, 廣芝伸哉, 赤坂健, 前田優, 鈴木信三, 阿知波洋次, 谷垣勝己, 第 31 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム (2006 年 7 月)
40. 「Anomalous increase in  $T_c$  upon reducing carrier density in  $Li_xZrNCl$  superconductors」, 田口康二郎, MPI-ERATO-BUTSUKO Workshop on Spin-Charge-Orbital Correlated Phenomena, 東京大学工学部, 東京都文京区本郷 (2006 年 6 月 21-23 日).
41. C<sub>60</sub> 分子の表面反応: 単一分子マニピュレーションとポリマーリングの形成, 野内亮, 豊田工業大学クラスター研究室セミナー, 株式会社コンボン研究所東東京研究所 (2006 年 6 月 21 日).
42. はじめに, 岩佐義宏, 東北大金研, 日本物理学会 第 61 回年次大会, 愛媛大学・松山大学 (2006 年 3 月 29 日).
43. フラーレン系電界効果デバイスの動作特性と動作制御, 久保園芳博, 日本物理学会年会・領域 7 シンポジウム, 愛媛大学 (2006 年 3 月 29 日).
44. 高配向単層カーボンナノチューブの遠赤外物性, 秋間新真, 岩佐義宏, 松井広志, 豊田直樹, 白石誠志, S. Brown, A.M. Babour, J. Cao, J.L. Musfeldt, 下田英雄, O. Zhou, 日本物理学会 第 61 回年次大会, 愛媛大学・松山大学 (2006 年 3 月 28 日).
45. perylene 薄膜 FET デバイスの動作特性制御, 大田敏雄, 長野高之, 越智謙次, 久保園芳博, 日本物理学会第 61 回年次大会, 愛媛大学・松山大学 (2006 年 3 月 28 日).
46. ルブレン単結晶の電気化学トランジスタによるキャリア数制御, 下谷秀和, 浅沼春彦, 岩佐義宏, 日本物理学会第 61 回年次大会, 愛媛大学・松山大学 (2006 年 3 月 28 日).
47. ルブレン単結晶トランジスタの極性制御, 竹延大志, 高橋哲生, 竹谷純一, 岩佐義宏, 日本物理学会 第 61 回年次大会, 愛媛大学・松山大学 (2006 年 3 月 28 日).
48. ホール効果でみる有機単結晶への電界効果キャリア注入, 竹谷純一, 黒田寿文, 加藤潤, 池畑誠一郎, 山田公一, 塚越一仁, 青柳克信, 竹延大志, 岩佐義宏, 日本物理学会第 61 回年次大会, 愛媛大学・松山大学 (2006 年 3 月 28 日).
49. フラーレン誘導体を用いた電界効果トランジスタデバイスの特性と制御, 長野高之, 草井悠, 越智謙次, 久保園芳博, 藤原明比古, 日本物理学会第 61 回年次大会, 愛媛大学・松山大学 (2006 年 3 月 28 日).
50. SAMs による有機 TFT の界面修飾と両極性トランジスタ, 西川尚男, 中野渡智行, 岩佐義宏, 小林慎一郎, 小川智, 下田達也, 日本物理学会 第 61 回年次大会, 愛媛大学・松山大学 (2006 年 3 月 28 日).
51. STM 探針からのキャリア注入による C<sub>60</sub> ポリマーリングの形成, 野内亮, 増成宏介, 大田敏雄, 久保園芳博, 日本物理学会第 61 回年次大会, 愛媛大学・松山大学 (2006 年 3 月 28 日).
52. 単結晶 BaTiO<sub>3</sub> 高誘電体ゲート絶縁膜を用いた有機 FET の物性, 廣芝伸哉, 熊代良太郎, 竹延大志, 岩佐義宏, 川山巖, 斗内政吉, 谷垣勝己, 日本物理学会第 61 回年次大会, 愛媛大学・松山大学 (2006 年 3 月 28 日).
53. 銅フタロシアニン単結晶の電界効果とキャリア輸送特性, 山田公一, 竹谷純一, 重藤訓志, 塚越一仁, 青柳克信, 岩佐義宏, 日本物理学会第 61 回年次大会, 愛媛大学・松山

大学 (2006 年 3 月 28 日).

54. 層状超伝導体  $\text{Li}_x\text{ZrNCl}$  のラマン散乱、喜寅淳, 田口康二郎, 岩佐義宏、東北大金研、日本物理学会 第 61 回年次大会, 愛媛大学・松山大学 (2006 年 3 月 27 日).
55. ポリマー中に分散した単層カーボンナノチューブの非線形光学応答、松本真二, 松井弘之, 前田充史, 岡本博, 竹延大志, 岩佐義宏, 宮田耕充, 片浦弘道, 真庭豊, 日本物理学会 第 61 回年次大会, 愛媛大学・松山大学 (2006 年 3 月 27 日).
56. “ $\text{CsC}_{60}$  薄膜の電気伝導の温度依存性”, 石動彰信, 廣芝伸哉, 熊代良太郎, 谷垣勝己, 日本物理学会第 61 回年次大会 (2006 年 3 月 27-30 日)
57. “高純度  $\text{H}_2@C_{60}$  の構造と物性”, 赤田美佐保, 熊代良太郎, 村田靖次郎, 小松統一, 垣内徹, 澤博, 谷垣勝己, 日本物理学会第 61 回年次大会 (2006 年 3 月 27-30 日)
58. “物理パラメータからみた  $\text{Ba}_{24}\text{IV}_{100}$  (IV=Si および Ge) の物性”, 良知健, 宮田直樹, 熊代良太郎, 福岡宏, 山中昭司, 谷垣勝己, 日本物理学会第 61 回年次大会 (2006 年 3 月 27-30 日).
59. “表面シリル化したカーボンナノチューブの FET 特性”, 熊代良太郎, 大橋弘孝, 赤坂健, 前田優, 泉田健, 畠山力三, 谷垣勝己, 日本物理学会第 61 回年次大会 (2006 年 3 月 27-30 日).
60. 単層カーボンナノチューブに吸着された水の NMR による研究、日比寿栄, 松田和之, 真庭豊, 門脇広明, 片浦弘道, 鈴木信三, 阿知波洋次, 日本物理学会第 61 回年次大会 愛媛大学・松山大学 (2006 年 3 月 27-30 日).
61. カーボンナノチューブに吸着された水分子の運動状態、久保寺利光, 門脇広明, M.A. Adams, 真庭豊, 松田和之, 鈴木信三, 阿知波洋次, 片浦弘道, 日本物理学会第 61 回年次大会 愛媛大学・松山大学 (2006 年 3 月 27-30 日).
62. 単層カーボンナノチューブバンドルに吸着された分子の構造、坪根徳明, 日比寿栄, 鷹子貴之, 谷津祥明, 西森努, 松田和之, 片浦弘道, 鈴木信三, 阿知波洋次, 真庭豊, 日本物理学会 第 61 回年次大会 愛媛大学・松山大学(2006 年 3 月 27-30 日).
63. ナノチューブ内に束縛された水分子の構造、真庭豊、首都大東京、日本物理学会 第 61 回年次大会 愛媛大学・松山大学 (2006 年 3 月 27-30 日).
64. 「立方晶  $\Gamma_3$  基底  $\text{PrAg}_2\text{In} \cdot \text{PrMg}_3$  の低温物性」, 谷田博司, 高木滋, 鈴木博之, 小野寺秀也, 谷垣勝己, 日本物理学会第 61 回年次大会 (2006 年 3 月 27-30 日).
65. 「イントロダクトリー」, 谷垣勝己, 日本化学会第 86 春季年会 Advanced Technology Program 「未来材料」(2006 年 3 月 27-28 日)
66. 「電極表面修飾による半導体薄膜の物性制御」, 熊代良太郎, 廣芝伸哉, 谷垣勝己, 日本化学会第 86 春季年会 Advanced Technology Program 「未来材料」(2006 年 3 月 27-28 日).
67. 「炭素系およびボロン系多孔性物質の機能探索研究」, 豊田直樹, 佐々木淳, 笠松伸也, 石川桃子, ハサヌディン, 良知健, 谷垣勝己, 野尻浩之, リャンリョウ, 寺崎治, T. Yang, G. Li, J. Lin, 日本化学会第 86 春季年会 Advanced Technology Program 「未来材料」(2006 年 3 月 27-28 日).
68. ルブレ単結晶トランジスタの極性制御、高橋哲生, 竹延大志, 竹谷純一, 岩佐義宏, 第 53 回応用物理学会, 武蔵工業大学 (2006 年 3 月 27 日).
69. ポリマー絶縁膜と有機単結晶の貼りあわせによる電界効果トランジスタのホール効果、黒田寿文, 加藤潤, 竹谷純一, 山田公一, 重藤訓司, 塚越一仁, 池畑誠一郎, 青柳克信, 岩佐義宏, 第 53 回応用物理学会, 武蔵工業大学 (2006 年 3 月 26 日).

70. 有機分子を用いたナノチューブ FET の特性制御、竹延大志, 菅原孝宜, 岩佐義宏, 塚越一仁, 青柳克信, 第 53 回応用物理学会, 武蔵工業大学 (2006 年 3 月 25 日).
71. 有機分子ドーピングされた単層カーボンナノチューブ FET の動作特性～作製プロセスごとでの特性評価～、白石誠司, 中村修一, 竹延大志, 岩佐義宏, 片浦弘道, 第 53 回応用物理学会, 武蔵工業大学 (2006 年 3 月 25 日).
72. ナノチューブ FET の四端子伝導度測定、菅原孝宜, 竹延大志, 岩佐義宏, 柳沢佳一, 塚越一仁, 青柳克信, 第 53 回応用物理学会, 武蔵工業大学 (2006 年 3 月 24 日).
73. 有機分子ドーピングされた分散型単層カーボンナノチューブ FET の特性評価、白石誠司, 中村修一, 大石恵, 竹延大志, 岩佐義宏, 片浦弘道, 第 53 回応用物理学会, 武蔵工業大学 (2006 年 3 月 22 日).
74. 銅フタロシアニン単結晶電界効果トランジスタの高温安定性, 山田公一, 竹谷純一, 重藤訓司, 塚越一仁, 青柳克信, 岩佐義宏, 第 53 回応用物理学会, 武蔵工業大学 (2006 年 3 月 22 日).
75. STM によるフラーレン分子操作, 久保園芳博, 第 11 回 材料科学研究科セミナー, 北陸先端科学技術大学院大学, 2006 年 3 月 6 日.
76. フラーレン系物質を使った薄膜電界効果デバイスの作製と単一分子操作によるナノデバイス作製への道, 久保園芳博, 東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究会「プラズマナノ理工学基盤研究」, 東北大学大学院工学研究科 (2006 年 2 月 23-24 日).
77. Fabrication of Electronic Devices with Carbon Cluster Materials on Thin-film and Nanometer Scale, 久保園芳博, 学内 COE 高度デジタル EMC 協調統合設計-材料・デバイス・システムを統合した EMC 設計基盤形成-第 8 回シンポジウム「ナノ材料からの新規デバイス設計の展望」, 岡山大学 (2006 年 2 月 23 日).
78. 液相法によるカーボンナノチューブ透明フレキシブルトランジスタ, 高橋哲生, 竹延大志, 菅原孝宜, 塚越一仁, 青柳克信, 岩佐義宏, 第 30 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 名城大学 (2006 年 1 月 9 日).
79. 走査トンネル顕微鏡探針からの電子/正孔注入による C<sub>60</sub> のポリマー化, 野内亮, 増成宏介, 大田敏雄, 久保園芳博, フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 名城大学 (2006 年 1 月 8 日).
80. 「シリル基修飾したカーボンナノチューブの FET 特性」, 熊代良太郎, 大橋弘孝, 赤坂健, 前田優, 泉田健, 畠山力三, 谷垣勝己, 第 30 回記念フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム (2006 年 1 月)
81. 「自己組織化単分子膜による有機 FET 電極表面修飾」, 廣芝伸哉, 石井久夫, 熊代良太郎, 谷垣勝己, 第 30 回記念フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム (2006 年 1 月)
82. "Structure and Properties of pure H<sub>2</sub>@C<sub>60</sub>", Misaho Akada, Katsumi Tanigaki, Yasujiro Murata, Koichi Komatsu, Toru Kakiuchi, Hiroshi Sawa, 第 30 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム (2006 年 1 月).

#### <2005 年>

83. 岩佐義宏 「分子性物質における界面制御と伝導機構の解明」 文科省科研費特定領域「ナノリンク分子」キックオフミーティング, 仙台 (2005 年 12 月 11-12 日).
84. “化学ドーピングしたフラーレンナノワイヤスカーおよびフラーレンナノチューブの伝導特性”, 熊代良太郎, 谷垣勝己, 藤城太樹, 大橋弘孝, 湊淳一, 宮澤薫一, 電気学会 E 準部門「ユビキタス社会のためのナノマテリアル・プロセス技術調査専門委員会」, FN

W研究会合同研究会 (2005 年 12 月).

85. 田口康二郎、三宅利明、喜寅淳、岩佐義宏、アルカリ金属インターカレーションによるキャリアドーピングと物性制御、第 110 回東北大学金属材料研究所講演会 (2005 年秋季)、東北大学金属材料研究所 (2005 年 11 月 14 日).
86. 「フラーレンのナノマニピュレーション」, 野内亮, 分子研研究会・金属内包フラーレン研究の新展開-基礎と応用, 自然科学研究機構-分子科学研究所 (2005 年 11 月 7-8 日).
87. 「環境負荷低減を指向する水系分析化学: キャピラリー電気泳動法の活用」, 高柳俊夫, 2005 年日本化学会西日本大会, 山口大学 (2005 年 10 月 22 日).
88. 岩佐義宏, 「有機単結晶トランジスタと界面制御」文科省科研費学術創成研究「新しい研究ネットワークによる電子相関係の研究」成果報告会, 熱海 (2005 年 10 月 18-19 日).
89. 田口康二郎、三宅利明、岩佐義宏、アルカリ金属をドーブしたマンガンフタロシアニンにおける構造と磁性の対応、日本物理学会 2005 年秋季大会、同志社大学 (京都府京田辺市) (2005 年 9 月 22 日).
90. 「溶液プロセスによるフラーレン系電界効果デバイスの作製と FET 特性」, 久保園芳博, 草井悠, 高口豊, 酒向祐輝, 今井久美子, 長野高之, 藤原明比古, 日本物理学会 2005 年秋季大会, 同志社大学京田辺キャンパス (2005 年 9 月 21 日).
91. スピン注入有機 EL 素子からの発光に対する発光層膜厚依存性, 仕幸英治、藤原明比古、安藤康夫、宮崎照宣, 第 29 回日本応用磁気学会学術講演会, 信州大学工学部 (2005 年 9 月 21 日).
92. 下谷秀和、菅原孝宜、塚越一仁、青柳克信、片浦弘道、岩佐義宏、単層カーボンナノチューブの電気化学トランジスタ、日本物理学会 2005 年秋季大会、同志社大学 (京都府京田辺市) (2005 年 9 月 21 日).
93. 鷹野芳樹、開康一、高橋利宏、近藤隆裕、鹿児島誠一、長谷川達生、持田智行、内藤俊雄、岩佐義宏、(BETS)<sub>2</sub>(Cl<sub>2</sub>TCNQ)の圧力下 <sup>77</sup>Se NMR、日本物理学会 2005 年秋季大会、同志社大学 (京都府京田辺市) (2005 年 9 月 21 日).
94. 竹延大志、高橋哲生、岩佐義宏、竹谷純一、両極性単結晶トランジスタ、日本物理学会 2005 年秋季大会、同志社大学 (京都府京田辺市) (2005 年 9 月 21 日).
95. フラーレンを用いた機能性電界効果トランジスターの作製とキャラクター化、長野高之、越智謙次、大田敏雄、杉山博行、今井久美子、久保園芳博、藤原明比古, 日本物理学会 2005 年秋季大会, 同志社大学京田辺キャンパス (2005 年 9 月 21 日).
96. 中村修一、竹延大志、岩佐義宏、片浦弘道、白石誠司、極性制御された単層カーボンナノチューブ FET の作製と物性評価、日本物理学会 2005 年秋季大会、同志社大学 (京都府京田辺市) (2005 年 9 月 21 日).
97. C<sub>60</sub> 薄膜電界効果トランジスタにおけるサイズ・温度依存性, 松岡亨卓, 仕幸英治, 藤原明比古, 日本物理学会 2005 年秋季大会, 同志社大学京田辺キャンパス (2005 年 9 月 21 日).
98. 丸本一弘、鶴飼聡多、伊東裕、黒田新一、竹延大志、岩佐義宏、ペンタセン薄膜電界効果トランジスターにおける電界注入キャリアーの ESR 観測、日本物理学会 2005 年秋季大会、同志社大学 (京都府京田辺市) (2005 年 9 月 21 日).
99. 喜寅淳、田口康二郎、岩佐義宏、Li ドープ ZrNCl 系における低ドーブ試料の合成と超伝導、日本物理学会 2005 年秋季大会、同志社大学、京都府京田辺市 (2005 年 9 月 19 日).
100. 佐藤庸平、寺内正己、竹延大志、岩佐義宏、TEM-EELS による有機分子内包単層カー

ボンナノチューブの電子構造の研究□、日本物理学会 2005 年秋季大会、同志社大学（京都府京田辺市）（2005 年 9 月 19 日）。

101. 藤秀樹、田中雄紀、世良正文、山中昭司、喜寅淳、田口康二郎、岩佐義宏、層状超伝導体  $ZrNCI$  における交流磁化測定による超伝導状態の研究、日本物理学会 2005 年秋季大会、同志社大学（京都府京田辺市）（2005 年 9 月 19 日）。
102. “ $H_2@C_{60}$  を用いた  $C_{60}$  超伝導体におけるフォノンに関する研究”，赤田美佐保，谷垣勝己，村田理尚，村田靖次郎，小松紘一，日本物理学会 2005 年秋季大会（2005 年 9 月 19-22 日）。
103. “化学修飾 SWCNTs の FET 特性”，熊代良太郎，大橋弘孝，谷垣勝己，赤阪健，前田優，畠山力三，泉田健，山下正廣，高石慎也，日本物理学会 2005 年秋季大会（2005 年 9 月 19-22 日）。
104. ポリマー中に分散した単層カーボンナノチューブの吸収飽和の時間応答，榊原陽一，宮田耕充，松崎瞬，徳本圓，石田興太郎，真庭豊，片浦弘道，日本物理学会 2005 年秋季大会，同志社大学（2005 年 9 月 19-22 日）。
105. “ $Ba_2IV_{100}$  (IV=Si and Ge) クラスレート化合物のフォノンの異常”，谷垣勝己，良知健，熊代良太郎，宮崎裕司，斎藤一弥，日本物理学会 2005 年秋季大会（2005 年 9 月 19-22 日）。
106. “有機 FET 構造における金-チオール自己組織化単分子膜の物性へ与える影響”，廣芝伸哉，熊代良太郎，谷垣勝己，石井久夫，山下正廣，高石慎也，日本物理学会 2005 年秋季大会（2005 年 9 月 19-22 日）。
107. “化学ドーピングした中空フラーレンナノチューブの伝導特性”，藤城太樹，熊代良太郎，谷垣勝己，湊淳一，宮澤薫一，赤阪健，日本物理学会 2005 年秋季大会（2005 年 9 月 19-22 日）。
108. 単層カーボンナノチューブに吸着した水の NMR，松田和之，日比寿栄，谷津祥明，真庭豊，鈴木信三，阿知波洋次，片浦弘道，日本物理学会 2005 年秋季大会，同志社大学（2005 年 9 月 19-22 日）。
109. “ $Ba_8III_{16}Ge_{30}$  (III=Al, Ga, In) クラスレート化合物の電子物性”，宮田直樹，熊代良太郎，谷垣勝己，小野泰弘，梶谷剛，江口晴樹，郭方准，日本物理学会 2005 年秋季大会（2005 年 9 月 19-22 日）。
110. “K を吸蔵させたゼオライト LTA 薄膜の物性”，渡辺麻子，熊代良太郎，谷垣勝己，手老省三，秋山公男，和田昇，日本物理学会 2005 年秋季大会（2005 年 9 月 19-22 日）。
111. “光電子分光からみた  $Ba_{24}IV_{100}$  (IV=Si,Ge) の電子状態”，良知健，小林賢介，郭方准，福岡宏，山中昭司，谷垣勝己，日本物理学会 2005 年秋季大会（2005 年 9 月 19-22 日）。
112. 小林慎一郎、西川尚男、下田達也、小川智、田口康二郎、岩佐義宏、SAMs による界面修飾有機 MIS ダイオードおよび TFT 評価、2005 年秋季第 66 回応用物理学会学術講演会、徳島大学、(2005 年 9 月 10 日)。
113. 中野渡智行、西川尚男、小川智、吉本則之、下田達也、岩佐義宏、SAMs による有機 TFT の界面修飾における表面活性基の効果、2005 年秋季第 66 回応用物理学会学術講演会、徳島大学、(2005 年 9 月 10 日)。
114. 西川尚男、中野渡智行、小林慎一郎、小川智、吉本則之、岩佐義宏、下田達也、SAMs による有機 TFT の界面修飾とペンタセン TFT の両極性伝導、2005 年秋季第 66 回応用物理学会学術講演会、徳島大学、(2005 年 9 月 10 日)。
115. 竹谷純一、塚越一仁、青柳克信、竹延大志、岩佐義宏、有機単結晶電界効果トランジスターのホール効果、2005 年秋季第 66 回応用物理学会学術講演会、徳島大学（2005 年 9

月 10 日).

116. 竹延大志, 高橋哲生, 竹谷純一, 岩佐義宏, ルブレ単結晶を用いた ambipolar 電界効果トランジスタ, 2005 年秋季第 66 回応用物理学会学術講演会, 徳島大学 (2005 年 9 月 10 日).
117. 野呂真一郎, 張浩徹, 竹延大志, 芥川智行, 中村貴義, 北川進, 岩佐義宏, ジイミノベンゾセミキノネート配位子を用いた Metal-Organic TFT(MOTFT)の開発, 2005 年秋季第 66 回応用物理学会学術講演会, 徳島大学, (2005 年 9 月 10 日).
118. スピン注入有機 EL 素子からの発光に対する発光層膜厚依存性, 仕幸英治, 藤原明比古, 安藤康夫, 宮崎照宣, 第 66 回応用物理学会学術講演会, 徳島大学 (2005 年 9 月 10 日).
119. 下谷秀和, ディゲ・ジルダス, 岩佐義宏, Poly(3-hexylthiophene)を用いた FET と電気化学トランジスタの直接比較, 2005 年秋季第 66 回応用物理学会学術講演会, 徳島大学, (2005 年 9 月 9 日).
120. 塚越一仁, 関口正啓, 青柳克信, 菅原孝宜, 岩佐義宏, 単層カーボンナノチューブフィルムトランジスタのヒステリシス特性, 2005 年秋季第 66 回応用物理学会学術講演会, 徳島大学, (2005 年 9 月 9 日).
121. 高橋哲生, 竹延大志, 菅原孝宜, 岩佐義宏, 塚越一仁, 青柳克信, カーボンナノチューブ薄膜を用いた透明フレキシブルトランジスタ, 2005 年秋季第 66 回応用物理学会学術講演会, 徳島大学, (2005 年 9 月 9 日).
122. 竹延大志, 菅原孝宜, 岩佐義宏, 塚越一仁, 青柳克信, 有機分子を用いたナノチューブ FET のキャリア密度制御, 2005 年秋季第 66 回応用物理学会学術講演会, 徳島大学, (2005 年 9 月 9 日).
123. "有機ケイ素化合物で化学修飾した SWNT の FET 動作特性", 大橋弘孝, 熊代良太郎, 赤田美佐保, 谷垣勝己, 赤坂健, 前田優, 畠山力三, 泉田健, 山下正廣, 高石慎也, 第 66 回応用物理学会学術講演会, (2005 年 9 月 9-10 日).
124. 下谷秀和, 菅原孝宜, 塚越一仁, 青柳克信, 片浦弘道, 岩佐義宏, "Quantum Capacitance in SWNT Electrochemical Transistor", 第 6 回表面エレクトロニクス研究会, 東京大学柏キャンパス・メディアホール (千葉県柏市), (2005 年 7 月 28-29 日).
125. 白石誠司, 中村修一, 竹延大志, 岩佐義宏, 片浦弘道, 「TCNQ を内包した単層カーボンナノチューブ FET におけるキャリア注入制御」, 第 29 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 京都大学, (2005 年 7 月 27 日).
126. 下谷秀和, 菅原孝宜, 塚越一仁, 青柳克信, 片浦弘道, 岩佐義宏, 単層カーボンナノチューブ電気化学トランジスタにおける量子キャパシタンス, 第 29 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 京都大学, (2005 年 7 月 27 日).
127. "Survey of Phonons in C<sub>60</sub> Superconductors Using H<sub>2</sub>@C<sub>60</sub>", Misaho Akada, Katsumi Tanigaki, Koichi Komatsu, 第 29 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 京都大学 (2005 年 7 月 25-27 日).
128. "Properties of Chemically Modified Carbon Nanotubes", Ryotaro Kumashiro, Hirotaka Ohashi, Masahiro Yamashita, Takeshi Akasaka, Yutaka Maeda, Shinya Takaishi, Shigeo Maruyama, Takeshi Izumida, Rikizo Hatakeyama, Katsumi Tanigaki, 第 29 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 京都大学 (2005 年 7 月 25-27 日).
129. フラーレン関連化合物を用いた電界効果トランジスターデバイスの作製・評価, 長野高之, 桑原英治, 大田敏雄, 越智謙次, 草井悠, 杉山博行, 藤原明比古, 久保園芳博, 第 29 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 京都大学 (2005 年 7 月 26 日).



130. 溶液プロセスによるフラーレン系電界効果デバイスの作製と FET 特性, 久保園芳博, 草井悠, 高口豊, 酒向祐輝, 今井久美子, 長野高之, 藤原明比古, 第 29 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 京都大学 (2005 年 7 月 25 日).
131. 岩佐義宏「Specific heat study of a novel superconductor  $\text{Li}_x\text{ZrNCl}$ 」文科省科研費特定領域「異常量子物質」キックオフミーティング, 東京 (2005 年 7 月 15-17 日).
132. 岩佐義宏、「ナノカーボンや有機物質の複合化と電子機能創出」第 109 回東北大学金属材料研究所講演会 (2005 年春季)、東北大学金属材料研究所 (2005 年 5 月 26 日).
133. 小林慎一郎, 西川尚男, 下田達也, 吉本則之, 小川智之, 岩佐義宏、有機 MIS ダイオードにおける静電容量特性と TFT デバイス評価、2005 年春季第 52 回応用物理学関係連合講演会、埼玉大学 (2005 年 3 月 29 日).
134. 岩佐義宏, M.F.Craciun, 三宅利明, 田口康二郎, A.F.Morpurgo, K.Prassides, S.Margadonna、銅フタロシアニンへのアルカリ金属ドーピング、日本物理学会 第 60 回年次大会、東京理科大学野田キャンパス (2005 年 3 月 27 日).
135. 三宅利明, 田口康二郎, 岩佐義宏、Mn フタロシアニンにおいて Li ドーピングによって誘起されたスピン状態の変化、日本物理学会 第 60 回年次大会、東京理科大学野田キャンパス (2005 年 3 月 27 日).
136. 日下部道規, 田口康二郎, 岩佐義宏、層状超伝導体  $\text{Li}_x\text{ZrNCl}$  の電子比熱、日本物理学会 第 60 回年次大会、東京理科大学野田キャンパス (2005 年 3 月 27 日).
137. 松本真二, 前田充史, 岸田英夫, 岡本博, 竹延大志, 岩佐義宏, 白石誠司, 阿多誠文、単層カーボンナノチューブにおける光シュタルク効果、日本物理学会 第 60 回年次大会、東京理科大学野田キャンパス (2005 年 3 月 27 日).
138. 秋間新真, 竹延大志, J. L. Musfeld, H. Shimoda, O. Zhou, 岩佐義宏、カーボンナノチューブの遠赤外分光、日本物理学会 第 60 回年次大会、東京理科大学野田キャンパス (2005 年 3 月 27 日).
139. 竹延大志, 村山祐司, 岩佐義宏, 岸田英夫, 岡本博, カーボンナノチューブの Stark 効果、日本物理学会第 60 回年次大会、東京理科大学野田キャンパス (2005 年 3 月 27 日).
140. 菅原孝宜, 高橋哲生, 竹延大志, 岩佐義宏, 塚越一仁, 青柳克信, 片浦弘道、カーボンナノチューブ FET の 4 端子伝導度測定、日本物理学会 第 60 回年次大会、東京理科大学野田キャンパス (2005 年 3 月 27 日).
141. 竹谷純一, 塚越一仁, 竹延大志, 青柳克信, 岩佐義宏、ルブレン単結晶電界効果トランジスタの精密な輸送特性測定、日本物理学会 第 60 回年次大会、東京理科大学野田キャンパス (2005 年 3 月 26 日).
142. 小林慎一郎, 西川尚男, 吉本則之, 小川智, 下田達也, 田口康二郎, 岩佐義宏、金属-絶縁体-有機半導体ダイオードの静電容量測定と有機 TFT の特性評価、日本物理学会 第 60 回年次大会、東京理科大学野田キャンパス (2005 年 3 月 25 日).
143. 佐藤庸平, 寺内正己, 岩佐義宏、TEM-EELS による有機分子内包単層カーボンナノチューブの電子構造の研究、日本物理学会 第 60 回年次大会、東京理科大学野田キャンパス (2005 年 3 月 24 日).
144. 熊代良太郎, 谷垣勝己, 藤城太樹, 高云燕, 村田靖次郎, 小松紘一, 赤坂健, 宮澤薫一, ヨウ素ドーピングした  $\text{C}_{60}$  dimer $\sim\text{C}_{60}$  nanowhisker の伝導特性、日本物理学会第 60 回年次大会、野田 (2005 年 3 月 24-27 日).
145. 廣芝伸哉, 熊代良太郎, 谷垣勝己、金端子の化学修飾が有機トランジスタの物性に与

- える影響、日本物理学会第 60 回年次大会, 野田 (2005 年 3 月 24-27 日).
146. 松岡亨卓, 井波暢人, 仕幸英治, 藤原明比古,  $C_{60}$  短チャンネルトランジスタの輸送特性, 日本物理学会第 60 回年次大会, 東京理科大学野田キャンパス (2005 年 3 月 26 日).
  147. 松田和之, 日比寿栄, 真庭豊, 鈴木信三, 阿知波洋次, 片浦弘道, 単層カーボンナノチューブバンドルに吸着した水の NMR, 日本物理学会 第 60 回年次大会, 東京理科大学野田キャンパス (2005 年 3 月 24-27 日).
  148. 増渕伸一, 澤田健吾, 大岩潔, 風間重雄, 真庭豊, 松田和之, 吉良弘, 清水文比古, Na を吸蔵した FAU の ESR, 日本物理学会 第 60 回年次大会, 東京理科大学野田キャンパス (2005 年 3 月 24-27 日).
  149. 宮田耕充, 片浦弘道, 榊原陽一, 松崎瞬, 徳本圓, 真庭豊, HiPco ナノチューブの直径制御と可飽和吸収, 日本物理学会 第 60 回年次大会, 東京理科大学野田キャンパス (2005 年 3 月 24-27 日).
  150. 宮田直樹, 熊代良太郎, 谷垣勝己, 小野泰弘, 梶谷剛, ゲルマニウムクラスレートの電子状態と熱電能, 日本物理学会第 60 回年次大会, 野田 (2005 年 3 月 24-27 日).
  151. 良知健, 谷垣勝己, 小林賢介, 吉野治一, 村田恵三, 福岡宏, 山中昭司, 下谷秀和, 竹延大志, 佐々木孝彦, 小林典男, 宮崎 裕司, 齋藤一弥,  $Ba_{24}Si_{100}$  の物性に与えるラットリングの影響, 日本物理学会第 60 回年次大会, 野田 (2005 年 3 月 24-27 日).
  152. 山本貴生, 谷垣勝己, 北條淳征, 松井広志, 豊田直樹, アルカリ  $C_{60}$  伝導体における分子運動の電子状態に対する影響, 日本物理学会第 60 回年次大会, 野田 (2005 年 3 月 24-27 日).
  153. 「種々のゲート絶縁膜上に形成したフラーレン FET デバイスの特性」, 長野高之, 桑原英治, 久保園芳博, 日本物理学会 第 60 回年次大会, 東京理科大学野田キャンパス (2005 年 3 月 24-27 日).
  154. 「 $M_xC_{84}$  ならびに  $M@C_{82}$  の構造と電子的特性」, 草井悠, 渡辺理恵, 柏野陽子, 高林康裕, 久保園芳博, 日本物理学会 第 60 回年次大会, 東京理科大学野田キャンパス (2005 年 3 月 24-27 日).
  155. 「STM による  $C_{60}$  最密充填構造への電子・ホール注入効果」, 増成宏介, 藤木聡, 杉山博行, 久保園芳博, 日本物理学会 第 60 回年次大会, 東京理科大学野田キャンパス (2005 年 3 月 24-27 日).
  156. 岩佐義宏, Nanomaterials for electronic and optical devices, 第 7 4 回金研講習会・材料科学若手冬の学校, 仙台 (2005 年 3 月 4 日).
  157. 大橋弘孝, 熊代良太郎, 廣芝伸哉, 谷垣勝己, 有機 FET における電極近傍に成膜した中間層の効果, 第 65 回応用物理学会学術講演会, さいたま (2005 年 3 月).
  158. 岩佐義宏, 有機分子やナノ炭素の複合化と電子デバイス機能性, 東北大金研・阪大産研研究交流会 (2005 年 1 月 27 日).
  159. 赤田美佐保, 山本貴生, 谷垣勝己, La- $C_{60}$  化合物の構造と物性, 第 28 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 名古屋 (2005 年 1 月 8 日).
  160. Y. Iwasa, T. Nishikawa, S. Kobayashi, T. Nakanowatari, T. Mitani, T. Shimoda, H. Ishii, M. Niwano, Y. Kubozono, Ambipolar operation of fullerene transistors, 第 28 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 名城大学 (2005 年 1 月 8 日).
  161. T. Kanbara, Y. Iwasa, K. Tsukagoshi, Y. Aoyagi, H. Kataura, Four terminal experiments on SWNT-FETs and effects of Schottky barriers, 第 28 回フラーレン・ナノチューブ総合シン

ポジウム、名城大学 (2005 年 1 月 7 日).

<2004 年>

162. 日下部道規、田口康二郎、岩佐義宏、層状窒化物超伝導体  $\text{Li}_x\text{ZrNCI}$  の電子比熱、第 108 回東北大学金属材料研究所講演会、東北大金研 (2004 年 11 月 26 日).
163. 菅原孝宜、岩佐義宏、八木巖、渡辺栄一郎、岩佐達也、塚越一仁、青柳克信、カーボンナノチューブにおけるゲート電圧による朝永・ラッティンジャー液体的振る舞いの消失、第 108 回東北大学金属材料研究所講演会、東北大金研 (2004 年 11 月 26 日).
164. 村上祐司、竹延大志、岩佐義宏、カーボンナノチューブへの電場の影響、第 108 回東北大学金属材料研究所講演会、東北大金研 (2004 年 11 月 26 日).
165. Hidekazu Shimotane, Gildas Diguët, Yoshihiro Iwasa、Direct comparison between field-effect and electrochemical transistors of regioregular poly (3-hexylthiophene)、第 108 回東北大学金属材料研究所講演会、東北大金研 (2004 年 11 月 26 日).
166. 「キャピラリー電気泳動法による水溶液内平衡反応解析と高機能分離分析」、高柳俊夫、第 15 回クロマトグラフィー科学会議、東京 (2004 年 11 月 11 日).
167. 菅原孝宜、岩佐義宏、八木巖、渡辺英一郎、岩佐達也、塚越一仁、青柳克信、MWNT におけるキャリア注入による朝永・ラッティンジャー液体的振る舞いの消失、日本物理学会 2004 年秋季大会、青森大学 (2004 年 9 月 14 日).
168. 竹延大志、村山祐司、岩佐義宏、白石誠司、電界効果トランジスタの光物性、日本物理学会 2004 年秋季大会、青森大学 (2004 年 9 月 13 日).
169. 松田和之、坪根徳明、宇高彰子、真庭豊、藤原明比古、片浦弘道、鈴木信三、阿知波洋次、酸素を吸着した SWNT バンドルの磁性と構造、日本物理学会 2004 年秋季大会、青森大学 (2004 年 9 月 12 日).
170. 小笠原俊介、坪根徳明、日比寿栄、宇高彰子、吉良弘、松田和之、片浦弘道、鈴木信三、阿知波洋次、真庭豊、水を吸蔵した SWNT の電気特性 II、日本物理学会 2004 年秋季大会、青森大学 (2004 年 9 月 12-15 日).
171. 赤田美佐保、山本貴生、谷垣勝己、La-C<sub>60</sub> 物質の構造と超伝導の関係、日本物理学会 2004 年秋季大会、青森 (2004 年 9 月 12-15 日).
172. 熊代良太郎、谷垣勝己、藤城大樹、宮澤薫一、ドーピングした C<sub>60</sub> ナノウイスキーの伝導特性、日本物理学会 2004 年秋季大会、青森 (2004 年 9 月 12-15 日).
173. 廣芝伸哉、谷垣勝己、熊代良太郎、赤坂健、木村滋、加藤健一、高田昌樹、C<sub>60</sub> FET に於ける界面修飾の及ぼす影響とその評価、日本物理学会 2004 年秋季大会、青森 (2004 年 9 月 12-15 日).
174. 良知健、小林賢介、宮崎裕司、福岡宏、山中昭司、斎藤一弥、谷垣勝己、Ba<sub>24</sub>Si<sub>100</sub> 超伝導体の比熱、日本物理学会 2004 年秋季大会、青森 (2004 年 9 月 12-15 日).
175. 藤木聡、久保園芳博、増成宏介、金属内包フラーレンならびに高次フラーレンの STM/STS 観察、日本物理学会 2004 年秋季大会、青森 (2004 年 9 月 12-15 日).
176. 桑原英治、久保園芳博、長野高之、両極性ならびに高キャリア注入フラーレン FET の特性、日本物理学会 2004 年秋季大会、青森 (2004 年 9 月 12-15 日).
177. 竹延大志、村山祐司、岩佐義宏、白石誠司、ナノチューブ薄膜における電界効果ドーピングキャリアのその場観察、第 65 回応用物理学会、東北学院大学 (2004 年 9 月 2 日).
178. 中野渡智行、小林慎一郎、西川尚男、下田達也、石井久夫、山本学志、岩佐義宏、SAMs

修飾した TFT の特性と金電極の仕事関数の相関、第 65 回応用物理学会、東北学院大学 (2004 年 9 月 2 日).

179. 大橋弘孝, 廣芝伸哉, 熊代良太郎, 谷垣勝己, 赤坂健, 加藤健一, 木村滋, 高田昌樹, C<sub>60</sub>FET における電極表面修飾の効果, 第 65 回応用物理学会学術講演会, 仙台 (2004 年 9 月).
180. 小林慎一郎, 森聡, 西川尚男, 下谷秀和, 竹延大志, 三谷忠興, 下田達也, 岩佐義宏, 自己集合化単分子膜による有機薄膜電界効果トランジスタのキャリア数制御, 第 107 回 東北大学 金属材料研究所 講演会、東北大金研 (2004 年 5 月 13 日).
181. 菅原孝宜, 下谷秀和, 岩佐義宏, 八木巖, 渡辺栄一郎, 岩佐達也, 塚越一仁, ジアミンによるカーボンナノチューブの連結とその電気特性, 第 107 回 東北大学 金属材料研究所 講演会、東北大金研 (2004 年 5 月 13 日).
182. 村山祐司, 竹延大志, 岩佐義宏, 白石誠司, 阿多誠文, カーボンナノチューブ薄膜トランジスタの作製と光物性, 第 107 回 東北大学 金属材料研究所 講演会、東北大金研 (2004 年 5 月 13 日).
183. 桑原英治, 春山祐介, 久保園芳博, 強誘電性および高分子絶縁膜を用いた C<sub>60</sub> および C<sub>70</sub>FET の作製とその特性, 日本物理学会 第 59 回年次大会 九州大学, 福岡市 (2004 年 3 月 27-30 日).
184. 柴田佳奈, 久保園芳博, 藤木聡, 細川知子, 力石好恵, 高次フラレン FET の動作特性, 日本物理学会 第 59 回年次大会 九州大学, 福岡市 (2004 年 3 月 27-30 日).
185. 高林康裕, 力石好恵, 久保園芳博, 柴田佳奈, 細川知子, 桑原英治, Eu@C<sub>82</sub> および C<sub>82</sub> の電子特性および結晶構造, 日本物理学会 第 59 回年次大会 九州大学, 福岡市 (2004 年 3 月 27-30 日).
186. 藤木聡, 久保園芳博, 細川知子, 力石好恵, 宇理須恒雄, STM/STS を用いた金属内包フラレンの構造と電子状態の観察, 日本物理学会 第 59 回年次大会 九州大学, 福岡市 (2004 年 3 月 27-30 日).
187. 熊代良太郎, 谷垣勝己, 大橋弘孝, 李林, 中西務, 村田恵三, 藤原明比古, C<sub>60</sub> ウィスカーの伝導特性, 日本物理学会第 59 回年次大会, 九州大学箱崎地区 (2004 年 3 月).
188. 坪根徳明, 松田和之, 宇高彰子, 真庭豊, 藤原明比古, 片浦弘道, 鈴木信三, 阿智波洋次, 酸素を吸着した SWNT バンドルの磁性と構造, 日本物理学会第 59 回年次大会, 九州大学箱崎地区 (2004 年 3 月).
189. 高野琢, 竹延大志, 岩佐義宏, 白石誠司, 阿多誠文, 有機分子/SWNT 化合物の電気輸送特性, 第 26 回フラレン・ナノチューブ総合シンポジウム、岡崎コンファレンスセンター (2004 年 1 月 9 日).
190. 下谷秀和, 伊藤崇芳, 谷中淳, 篠原久典, 久保園芳博, 高田昌樹, 岩佐義宏, La@C80 の分子構造とラマン散乱, 第 26 回フラレン・ナノチューブ総合シンポジウム、岡崎コンファレンスセンター (2004 年 1 月 9 日).
191. 森聡, 小林慎一郎, 竹延大志, 岩佐義宏, 西川尚男, 下田達也, 三谷忠興, 自己集合化単分子膜によるフラレン電界効果トランジスタのキャリア制御, 第 26 回フラレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 岡崎コンファレンスセンター (2004 年 1 月 8 日).
192. 白石誠司・岩井俊憲・竹延大志・岩佐義宏・片浦弘道・阿多誠文, Solution processed fabrication of SWNT-FETs, 第 26 回フラレン・ナノチューブ総合シンポジウム、岡崎コンファレンスセンター (2004 年 1 月 8 日).

193. 熊代良太郎、谷垣勝己、大橋弘孝、李林、中西務、村田恵三、藤原明比古、 $C_{60}$  ウィスカの伝導特性, 第 26 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 岡崎 (2004 年 1 月 8 日).

#### <2003 年>

194. 日下部道規、田口康二郎、大石泰生、山中昭司、岩佐義宏, 層状窒化物超伝導体の圧力効果, 金属材料研究所第 106 回講演会、東北大金研 (2003 年 11 月 27 日).
195. 竹延大志, 高野琢, 岩佐義宏, 白石誠司, 阿多誠文, 有機分子を用いた SWNT の低濃度キャリア数制御, 日本物理学会 2003 年秋季大会、岡山大学 (2003 年 9 月 21 日).
196. 高野琢, 竹延大志, 岩佐義宏, 白石誠司, 阿多誠文, 有機分子/SWNT 化合物の電気輸送特性, 日本物理学会 2003 年秋季大会、岡山大学 (2003 年 9 月 21 日).
197. 伊藤崇芳、竹延大志、岩佐義宏、三谷忠興, ヨウ素をドーブしたペンタセンの構造解析, 日本物理学会 2003 年秋季大会、岡山大学(2003 年 9 月 21 日).
198. 田口 康二郎、日下部 道規、岩佐 義宏、山中 昭二, 層状窒化物超伝導体における  $T_c$  の圧力効果, 日本物理学会 2003 年秋季大会 岡山大学(2003 年 9 月 21 日).
199. 力石好恵, 柴田佳奈, 細川知子, 高林康裕, 久保園芳博,  $Ce@C_{82}$  異性体 II の構造, 日本物理学会 2003 年秋季大会, 岡山大学, 岡山市 (2003 年 9 月 20-23 日).
200. 高林康裕, 春山祐介, 久保園芳博,  $Eu@C_{82}$  の構造と電子的特性, 日本物理学会 2003 年秋季大会, 岡山大学, 岡山市 (2003 年 9 月 20-23 日).
201. 吉良弘、藤秀樹、真庭豊, アルカリ金属を吸蔵した zeolite LTA の NMR, 日本物理学会 2003 年秋の分科会, 岡山大学 (2003 年 9 月 20-23 日).
202. 宇高彰子、小笠原俊介、阿部真利、吉良弘、松田和之、片浦弘道、鈴木信三、阿知波洋次、真庭豊, 酸素を吸蔵したカーボンナノチューブの X 線回折, 日本物理学会 2003 年秋の分科会, 岡山大学 (2003 年 9 月 20-23 日).
203. 松田和之, 真庭豊, 片浦弘道, 鈴木信三, 阿知波洋次, 単層カーボンナノチューブに吸蔵された水の NMR, 日本物理学会 2003 年秋の分科会, 岡山大学 (2003 年 9 月 20-23 日).
204. 松岡亨卓、藤原明比古、小川直毅、宮野健次郎、片浦弘道、真庭豊、鈴木信三、阿知波洋次, 単層カーボンナノチューブ薄膜の光伝導による輸送特性評価, 日本物理学会 2003 年秋季大会, 岡山大 (2003 年 9 月).
205. 細川知子、藤木聡、力石好恵、春山祐介、久保園芳博、藤原明比古、宇理須恒夫, 金属内包フラーレンの薄膜およびナノスケール物性, 日本物理学会 2003 年秋季大会, 岡山大 (2003 年 9 月).
206. 吉川晋矢, 小林賢介, 谷垣勝己, 池本夕佳, 中野岳仁, 小林啓介, 鎌倉望, 郭方准,  $AE_8Ga_{16}Ge_{30}$  (AE=アルカリ土類金属) クラスレート物質の電子状態, 日本物理学会 2003 年秋季大会, 岡山 (2003 年 9 月).
207. 山本貴生, 谷垣勝己, 平井俊成,  $C_{60}$  伝導体における回転運動の電気伝導に対する影響, 日本物理学会 2003 年秋季大会, 岡山 (2003 年 9 月).
208. 小林賢介, 北島正樹, 郭方准, 福岡宏, 吉野治一, 村田恵三, 山中昭司, 谷垣勝己, シリコンクラスレート化合物  $Ba_{24}Si_{100}$  の軟 X 線光電子分光, 日本物理学会 2003 年秋季大会, 岡山 (2003 年 9 月).
209. 平井俊成, 赤田美佐保, 谷垣勝己, 希土類元素をドーブした  $C_{60}$  超伝導相, 日本物理学会 2003 年秋季大会, 岡山 (2003 年 9 月).

210. 熊代良太郎, 大橋弘孝, 杉原周二, 廣芝伸哉, 谷垣勝己, Nikos Tagmatarchis, 加藤治人, 篠原久典, 赤坂健, 加藤健一, 青柳忍, 木村滋, 高田昌樹, フラーレン薄膜 FET における薄膜構造と物性, 日本物理学会 2003 年秋季大会, 岡山 (2003 年 9 月).
211. 柴田佳奈, 久保園芳博, 細川知子, 藤木聡, 藤原明比古, 種々のフラーレン薄膜 FET の基本特性とその応用, 日本物理学会平成 15 年秋季大会, 岡山大 (2003 年 9 月).
212. 竹延大志, 高野琢, 岩佐義宏, 白石誠司, 阿多誠文, 有機分子を用いた SWNT への精密キャリアドーピング, 2003 年 (平成 15 年) 秋季 第 64 回応用物理学会学術連合講演会, 福岡大学(2003 年 8 月 31 日).
213. 小林慎一郎, 森聡, 竹延大志, 岩佐義宏, 藤原明比古, 西川尚男, 下田達也, 三谷忠興, 有機単分子膜を用いたフラーレン TFT 特性の制御, 2003 年秋季 第 64 回応用物理学会学術連合講演会, 福岡大学 (2003 年 8 月 30 日).
214. 大橋弘孝, 熊代良太郎, 加藤健一, 青柳忍, 木村滋, 高田昌樹, 川山巖, 斗内政吉, 谷垣勝己, フラーレン FET の動作特性とその評価, 第 64 回応用物理学会学術講演会, 福岡 (2003 年 8 月).
215. 片浦弘道, 真庭豊, 児玉健, 菊地耕一, 鈴木信三, 阿知波洋次, ナノチューブのラマン散乱, 孤立, 束, そして分子内包, 第 25 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 淡路夢舞台国際会議場 (2003 年 7 月 25 日).
216. T. Takenobu, T. Takano, Y. Murayama, Y. Iwasa, M. Shiraishi, M. Ata, TCNQ/SWNT 化合物の電子状態, 第 25 回フラーレン・ナノチューブ記念シンポジウム, 淡路夢舞台国際会議場 (2003 年 7 月 25 日).
217. 小林慎一郎, 竹延大志, 森聡, 藤原明比古, 岩佐義宏, フラーレン薄膜電界効果トランジスターの作製とその特性, 第 25 回フラーレン・ナノチューブ記念シンポジウム, 淡路夢舞台国際会議場 (2003 年 7 月 24 日).
218. T. Takano, T. Takenobu, Y. Iwasa, M. Shiraishi, M. Ata, 有機分子を内包した SWNT の構造解析, 第 25 回フラーレン・ナノチューブ記念シンポジウム, 淡路夢舞台国際会議場 (2003 年 7 月 24 日).
219. 真庭豊, 井上壮太郎, 片浦弘道, 阿部真利, 松田和之, 吉良弘, 児玉健, 阿知波洋次, 藤原明比古, SWNT 内フラーレン C<sub>70</sub> 分子のダイナミクス, 第 25 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 淡路夢舞台国際会議場 (2003 年 7 月 23 日).
220. 熊代良太郎, 大橋弘孝, 杉原周二, 廣芝伸哉, 谷垣勝己, N. Tagmatarchis, 加藤治人, 篠原久典, 赤坂健, 加藤健一, 青柳忍, 木村滋, 高田昌樹, フラーレン薄膜 FET における薄膜構造と物性, 第 25 回フラーレン・ナノチューブ記念シンポジウム, 淡路 (2003 年 7 月 24 日).
221. 力石好恵, 久保園芳博, Ce@C<sub>82</sub> 異性体 I および II の結晶構造, 第 25 回フラーレン・ナノチューブシンポジウム, 淡路夢舞台国際会議場 (2003 年 7 月 25 日).
222. 松岡亨卓, 藤原明比古, 小川直毅, 宮野健次郎, 片浦弘道, 真庭豊, 鈴木信三, 阿知波洋次, 「光伝導から見た半導体カーボンナノチューブの伝導特性」, 第 25 回フラーレン・ナノチューブシンポジウム, 淡路夢舞台国際会議場 (2003 年 7 月 23 日).
223. 森聡, 飯田聡, 小林慎一郎, 竹延大志, 岩佐義宏, 金属内包フラーレンを用いた薄膜電界効果トランジスターの作製とそのデバイス評価, 金属材料研究所第 105 回講演会, 東北大学(2003 年 5 月 29 日).
224. 高野琢, 竹延大志, 岩佐義宏, 有機分子を内包した単層カーボンナノチューブ, 金属材料研究所第 105 回講演会, 東北大学 (2003 年 5 月 29 日).



225. 岩佐義宏, ナノカーボンの物性と機能, 21 世紀 COE プログラムキックオフミーティング, 仙台 (2003 年 4 月 18 日).
226. 田口康二郎, 佐々木孝彦, 淡路智, 竹延大志, 岩佐義宏, 田山考, 榊原俊郎, 十倉好紀,  $\text{Nd}_2\text{Mo}_2\text{O}_7$  の低温・強磁場でのホール効果と磁化, 日本物理学会第 58 回年次大会, 東北大学 (2003 年 3 月 31 日).
227. 藤秀樹, 越川達郎, 世良正文, 田口康二郎, 岩佐義宏, 佐々木孝彦, 山中昭司, 層状超伝導体  $\text{ZrNCl}_{1-x}$  の輸送・磁気特性, 日本物理学会第 58 回年次大会, 東北大学(2003 年 3 月 31 日).
228. 伊藤功, 佐々木孝彦, 米山直樹, 伊藤崇芳, 岩佐義宏, 小林典男, 花咲徳亮, 田島裕之,  $\kappa$  型 BEDT-TTF 系有機超伝導体の赤外反射スペクトルと電子系相図, 日本物理学会第 58 回年次大会(2003 年 3 月 30 日).
229. Dan Hieu Chi, 岩佐義宏、竹延大志、伊藤崇芳、西堀英治、高田昌樹、坂田誠, Bonding nature and phase transition in  $\text{RE}_3\text{C}_{70}$ , 日本物理学会第 58 回年次大会、東北大学(2003 年 3 月 29 日).
230. 高野琢、竹延大志、岩佐義宏、白石誠司、阿多誠文, 有機分子による SWNT への電荷ドーピング, 日本物理学会第 58 回年次大会、東北大学 (2003 年 3 月 29 日).
231. 伊藤崇芳、竹延大志、岩佐義宏, ヨウ素ドーピングペンタセンの二つの相の構造と伝導度, 日本物理学会第 58 回年次大会, 東北大学 (2003 年 3 月 29 日).
232. 森聡、小林慎一郎、竹延大志、岩佐義宏、藤原明比古, 超高真空中におけるフラーレン薄膜の作成と電界効果特性, 日本物理学会第 58 回年次大会、東北大学 (2003 年 3 月 28 日).
233. 熊代良太郎、大橋弘孝、谷垣勝己、Nikos Tagmatarchis、加藤治人、篠原久典、赤坂健, 電界効果トランジスタ構造によるフラーレンおよび関連物質の特性, 日本物理学会第 58 回年次大会, 東北大学 (2003 年 3 月 28-31 日).
234. 谷垣勝己、大橋弘孝、熊代良太郎、加藤健一、青柳忍、木村滋、高田昌樹、種々の FET 基板上におけるフラーレンおよび関連物質の構造, 日本物理学会第 58 回年次大会, 東北大学 (2003 年 3 月 28-31 日).
235. 小林賢介、北島正樹、谷垣勝己、中野岳仁、池本夕佳、小林啓介、 $\text{Ba}_{24}\text{Ge}_{100}$  第 3 種クラスレート物質の電子状態, 日本物理学会第 58 回年次大会, 東北大学 (2003 年 3 月 28-31 日).
236. 阿部真利, 片浦弘道, 鈴木信三, 阿知波洋次, 吉良弘, 宇高彰子, 神島謙二, 松田和之, 真庭豊, SWNT内に形成されるアイスナノチューブの構造, 日本物理学会第58回年次大会, 東北大学 (2003 年 3 月 28-31 日).
237. 宇高彰子, 阿部真利, 吉良弘, 神島謙二, 松田和之, 真庭豊, 片浦弘道, 鈴木信三, 阿知波洋次, KをドーピングしたカーボンナノチューブのX線回折, 日本物理学会第58回年次大会、東北大学 (2003 年 3 月 28-31 日).
238. 片浦弘道, 阿部真利, 真庭豊, 大窪清吾, 鈴木信三, 阿知波洋次, 分子内包ナノチューブのラマン散乱, 日本物理学会第 58 回年次大会、東北大学 (2003 年 3 月 28-31 日).
239. 松岡亨卓, 藤原明比古, 小川直毅, 宮野健次郎, 片浦弘道, 真庭豊, 鈴木信三, 阿知波洋次, 単層カーボンナノチューブの光伝導温度依存性, 日本物理学会第 58 回年次大会、東北大学 (2003 年 3 月 28-31 日).
240. 松田和之, 坂本浩一, 真庭豊, 清遠純一, 福岡宏, 山中昭司, シリコンクラスレート化

- 化合物  $\text{Ba}_8\text{Si}_{46-x}\text{Ge}_x$  の NMR, 日本物理学会第 58 回年次大会、東北大学 (2003 年 3 月 28-31 日).
241. 神島謙二, 吉良弘, 真庭豊, 遷移金属をドーピングしたゼオライトの磁性, 日本物理学会第 58 回年次大会、東北大学 (2003 年 3 月 28-31 日).
  242. 吉良弘, 阿部真利, 森川雅則, 松田和之, 真庭豊, 藤秀樹, 門野良典, 髭元亘, 村上洋一,  $\mu$  SR によるアルカリ金属を吸蔵した zeolite LTA の磁性研究 II, 日本物理学会第 58 回年次大会、東北大学 (2003 年 3 月 28-31 日).
  243. 菅原孝宜, 久保園芳博, 藤原明比古, ペンタセナーフラーレン薄膜 FET, 日本物理学会第 58 回年次大会、東北大学 (2003 年 3 月 28-31 日).
  244. 柴田佳奈, 細川知子, 菅原孝宜, 久保園芳博, 藤原明比古, 高次フラーレンおよび金属内包フラーレン薄膜 FET の基本特性, 日本物理学会 第 58 回年次大会, 東北大学 (2003 年 3 月 28-31 日).
  245. 細川知子, 春山祐介, 柴田佳奈, 力石好恵, 久保園芳博, 藤原明比古, 金属内包フラーレンの電子的特性, 日本物理学会 第 58 回年次大会、東北大学 (2003 年 3 月 28-31 日).
  246. 力石好恵, 高林康裕, 久保園芳博,  $\text{Ce}@C_{82}$  異性体の構造, 日本物理学会 第 58 回年次大会、東北大学 (2003 年 3 月 28-31 日).
  247. 藤木聡, 久保園芳博, 細川知子, 菅原孝宜, 藤原明比古, 宇理須恒雄, STM/STS による  $\text{M}@C_{82}$  ( $\text{M}=\text{Ce}, \text{Dy}$ ) の構造と電子状態の観察, 日本物理学会 第 58 回年次大会、東北大学 (2003 年 3 月 28-31 日).
  248. 春山祐介, 柴田佳奈, 細川知子, 力石好恵, 高林康裕, 久保園芳博, 金属内包フラーレン固体・薄膜の XAFS および分光研究, 日本物理学会 第 58 回年次大会, 東北大学 (2003 年 3 月 28-31 日).
  249. 小林慎一郎, 森聡, 飯田覚, 竹延大志, 岩佐義宏, 高真空中におけるフラーレン薄膜の作製と電界効果特性, 応用物理学会、神奈川大学 (2003 年 3 月 27 日).
  250. 大橋弘孝, 熊代良太郎, 谷垣勝己, Nikos Tagmatarchis, 加藤治人, 篠原久典, 赤坂健, 加藤健一, 青柳忍, 木村滋, 高田昌樹, フラーレンおよび関連物質の薄膜構造と FET 特性, 第 50 回応用物理学関係連合講演会, 神奈川大学 (2003 年 3 月 27-30 日).
  251. 菅原孝宜, 久保園芳博, 藤原明比古, 様々なフラーレン薄膜 FET の開発, 第 24 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、岡崎 (2003 年 1 月 10 日).
  252. 熊代良太郎, 大橋弘孝, 谷垣勝己, Nikos Tagmatarchis, 加藤治人, 篠原久典, 赤坂健, 電界効果トランジスタ構造によるフラーレンおよび関連物質の特性, The 24nd Fullerene Nanotubes General Symp., 岡崎 (2003 年 1 月 10 日).
  253. 谷垣勝己, 大橋弘孝, 熊代良太郎, 加藤健一, 青柳忍, 木村滋, 高田昌樹, 種々の基板上のフラーレンおよび関連物質の構造, The 24nd Fullerene Nanotubes General Symp., 岡崎 (2003 年 1 月 10 日).
  254. 竹延大志, 高野琢, 岩佐義宏, 白石誠司, 阿多誠文, 有機分子によるカーボンナノチューブへのキャリアドーピング, 第 24 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、岡崎コンファレンスセンター (2003 年 1 月 9 日).
  255. 岩佐義宏, 高野琢, Dam Hieu Chi, 山中昭二, 大石泰生, 綿貫徹, 正方晶  $\text{C}_{60}$  ポリマーの 30GPa にいたる高压効果, 第 24 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、岡崎コンファレンスセンター (2003 年 1 月 9 日).
  256. 高野琢, 竹延大志, 岩佐義宏, 白石誠司, 阿多誠文, 有機分子/SWNT 化合物, 第 24 回フ

ラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 岡崎コンファレンスセンター (2003年1月8日).

257. 白石誠司、竹延大志、阿多 誠文, Recent progress in hydrogen adsorption in single-walled carbon nanotubes, 第24回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、岡崎コンファレンスセンター (2003年1月8日).

#### <2002年>

258. 高野琢, 竹延大志, 岩佐義宏, 単層カーボンナノチューブ(SWNT)への有機分子を用いた電荷ドーピング, 第1回日本金属学会東北支部大会, 東北大学金属材料研究所 (2002年11月14日).
259. 竹延大志, 森聡, 飯田覚, J.W.B. Boss, 山崎和良, 岩佐義宏, 有機薄膜の電界効果特性, 日本物理学会 2002年秋季大会、中部大学 (2002年9月8日).
260. 伊藤崇芳, 竹延大志, 岩佐義宏, 三谷忠興, ヨウ素及びビリビジウムをドーピングしたペンタセンの構造とラマン散乱, 日本物理学会 2002年秋季大会、中部大学 (2002年9月7日).
261. 谷垣勝己, A.S. Denning, I.D. Watts, S.M. Moussa, P. Durand, M.J. Rosseinsky, 最密充填  $C_{70}^{3-}$  相---合成、構造、電子物性, 日本物理学会 2002年秋季年会, 中部大学, 愛知 (2002年9月6-9日).
262. 北島正樹, 小林賢介, 谷垣勝己, 池本夕佳, 中野岳人, 小林啓介, 鎌倉望, 伊藤孝寛,  $Ba_8Mn_2Ge_{44}$  の軟 X 線光電子分光による解析, 日本物理学会 2002年秋季年会, 中部大学, 愛知 (2002年9月6-9日).
263. 平井俊成, 竹内淳治, 早瀬祐介, 谷垣勝己, 希土類元素をドーピングした  $C_{60}$  超伝導相, 日本物理学会 2002年秋季年会, 中部大学, 愛知 (2002年9月6-9日).
264. 松田和之, 坂本浩一, 真庭豊, 福岡宏, 山中昭司, シリコンクラスレート化合物  $Ba_8Ge_xSi_{46-x}$  の NMR, 日本物理学会 2002年秋季大会、中部大学 (2002年9月6-9日).
265. 吉良弘, 松田和之, 真庭豊, 南沢俊文, 風間重雄, 増淵伸一, アルカリ金属を吸蔵した zeolite の着色現象, 日本物理学会 2002年秋季大会、中部大学 (2002年9月6-9日).
266. 藤秀樹, 世良正文, 真庭豊, 山中昭司,  $Li(THF)HfNCl$  超伝導体の超伝導特性, 日本物理学会 2002年秋季大会、中部大学 (2002年9月6-9日).
267. 阿部真利, 吉良弘, 藤原竜児, 松田和之, 真庭豊, 片浦弘道, 鈴木信三, 阿知波洋次, 水を吸着した単層ナノチューブの X 線回折, 日本物理学会 2002年秋季大会, 中部大学 (2002年9月6-9日).
268. 宇高彰子, 阿部真利, 吉良弘, 真庭豊, 片浦弘道, 鈴木信三, 阿知波洋次, アルカリ金属をドーピングしたカーボンナノチューブの X 線回折, 日本物理学会 2002年秋季大会、中部大学 (2002年9月6-9日).
269. 細川知子, 藤木聡, 柴田佳奈, 久保園芳博, 藤原明比古, 金属内包フラーレンの輸送特性, 日本物理学会 2002年秋季大会、中部大学 (2002年9月6-9日).
270. 力石好恵, 柴田佳奈, 細川知子, 高林康裕, 久保園芳博, 金属ドーピング金属内包フラーレン複合体の構造, 日本物理学会 2002年秋季大会、中部大学 (2002年9月6-9日).
271. 菅原孝宜, 柴田佳奈, 藤木聡, 久保園芳博, 藤原明比古, フラーレンをベースにした種々の FET 構造の作製とその動作特性, 日本物理学会 2002年秋季大会, 中部大学 (2002年9月6-9日).
272. 柴田佳奈, 菅原孝宜, 細川知子, 藤木聡, 久保園芳博, 藤原明比古, 金属内包フラーレン

- 薄膜 FET の作製と基本特性, 日本物理学会 2002 年秋季大会、中部大学 (2002 年 9 月 6-9 日).
273. 谷垣勝己, Close-packed  $C_{70}^{3-}$  Phases: Synthesis, Structure and Electronic Properties, 第 23 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 松島 (2002 年 7 月 18 日).
274. H. Ando, S. Iida, Y. Taguchi, Y. Iwasa, Electrical Conductivity of  $La@C_{82}$  Films, 第 23 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 松島 (2002 年 7 月 18 日).
275. M. Shiraishi, T. Takenobu, M. Ata, H. Kataura, Hydrogen storage in single-walled carbon nanotubes and peapods, 第 23 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 松島 (2002 年 7 月 17 日).
276. 真庭豊, 阿部真利, 片浦弘道, 藤原明比古, 藤原竜児, 吉良弘, 鈴木信三, 阿知波洋次, 西堀英治, 高田昌樹, 坂田誠, 壽榮松宏仁, SWNT 内のフラーレン 1 次元結晶の構造と相転移, 第 23 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 松島 (2002 年 7 月 17 日).
277. 柴田佳奈, 菅原孝宜, 藤木聡, 久保園芳博, 藤原明比古, フラーレン薄膜を用いた FET 構造の作製と評価, 第 23 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 松島 (2002 年 7 月 18 日).
278. 高林康裕, 久保園芳博, 柴田佳奈,  $Dy@C_{82}$  異性体 II および金属ドーブ  $Dy@C_{82}$  の構造, 第 23 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 松島 (2002 年 7 月 19 日).
279. T. Takenobu, D. H. Chi, S. Margadonna, K. Prassides, Y. Iwasa, Synthesis, Structure, and Magnetic Properties of the Eu Doped Fullerene Ferromagnets, 金属材料研究所第 103 回講演会、東北大学金属材料研究所 (2002 年 5 月 23 日).
280. D. H. Chi, 岩佐義宏, 三谷忠興, 高田昌樹, 西堀英治, 坂田誠, X 線構造解析による  $Ba_6C_{60}$  の電子構造研究, 日本物理学会第 57 回年次大会, 立命館大学 (2002 年 3 月 27 日).
281. 森川雅則, 真庭豊, 藤秀樹, 岩佐義宏, 伊藤崇芳, 竹延大志, K. Prassides,  $MgB_{2-x}C_x$  の NMR による研究, 日本物理学会第 57 回年次大会, 立命館大学 (2002 年 3 月 27 日).
282. 谷垣勝己, 平井俊成, 竹内淳治, 希土類金属をドーブした  $C_{60}$  の構造と電子物性、日本物理学会 2002 春季年会、立命館大学、京都 (2002 年 3 月 24-27 日).
283. 北島正樹、広沢一郎、谷垣勝己、Si および Ge クラスレートの XAFS による価数の検討、日本物理学会 2002 春季年会、立命館大学、京都 (2002 年 3 月 24-27 日).
284. 広沢一郎、北島正樹、梶原康一、谷垣勝己、XAFS による  $Ba_8Mn_2Ge_{44}$  の研究、日本物理学会 2002 春季年会、立命館大学、京都 (2002 年 3 月 24-27 日).
285. 菅原孝宜, 春山祐介, 細川知子, 柴田佳奈, 力石好恵, 高林康裕, 久保園芳博, 柏野節夫, 金属内包  $C_{60}$  の結晶構造, 日本物理学会 2002 春季年会、立命館大学、京都 (2002 年 3 月 24-27 日).
286. 高林康裕, 久保園芳博, 柴田佳奈, 細川知子, 春山祐介, 力石好恵, 菅原孝宜, 柏野節夫,  $Dy@C_{82}$  異性体 I と II の結晶構造, 日本物理学会 2002 春季年会、立命館大学、京都 (2002 年 3 月 24-27 日).
287. 柴田佳奈, 高林康裕, 菅原孝宜, 藤木聡, 春山祐介, 細川知子, 力石好恵, 久保園芳博, 柏野節夫, 藤原明比古,  $Dy@C_{60}$  及び  $Dy@C_{82}$  の輸送特性, 日本物理学会 2002 春季年会、立命館大学、京都 (2002 年 3 月 24-27 日).
288. 力石好恵, 久保園芳博, 小林本忠, 藤木聡, 柴田佳奈, 柏野節夫, Ca ドーブ  $C_{60}$  の超伝導特性の圧力効果, 日本物理学会 2002 春季年会, 立命館大学, 京都 (2002 年 3 月 24-27 日).
289. K. Uehara, Dam Hieu Chi, T. Ito, T. Takenobu, Y. Iwasa, T. Mitani, K. Ishii, H. Suematsu, M.

- Takata, E. Nishibori, M. Sakata, Structural study of rare-earth metals doped C<sub>60</sub>, 第 22 回フラーレン総合シンポジウム、岡崎コンファレンスセンター (2002 年 1 月 9 日).
290. 竹内淳治、平井俊成、谷垣勝己, 希土類元素・C<sub>60</sub> 化合物の構造と電子物性, 第 22 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 岡崎コンファレンスセンター (2002 年 1 月 9-11 日).
291. 北島正樹、広沢一郎、谷垣勝己, Si および Ge クラスレートの XAFS による価数の検討、The 22nd Fullerene General Symp., 岡崎コンファレンスセンター (2002 年 1 月 9-11 日).
292. 梶原康一、北島正樹、谷垣勝己、吉野治一、村田恵三, クラスレート化合物の電気抵抗の磁場依存性, 第 22 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 岡崎コンファレンスセンター (2002 年 1 月 9-11 日).
293. 北島正樹、小林賢介、谷垣勝己、池本夕佳、中野岳仁、小林啓介、鎌倉望、伊藤孝寛、Soft X-ray Photoelectron Spectroscopy of Germanium Clathrates, 第 22 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 岡崎コンファレンスセンター (2002 年 1 月 9-11 日).

### 【国際会議】

#### <2006 年>

1. “Comparative Study on Field-Effect and Electrochemical Transistors of P3HT and SWNT”, 下谷秀和, The International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals, Trinity College, ダブリン, アイルランド (2006 年 7 月 2-7 日).
2. “Control of Carrier Density by the Solution Method in Carbon Nanotube Transistors”, 竹延大志, The International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals, Trinity College, ダブリン, アイルランド (2006 年 7 月 2-7 日).
3. “Towards Controlled Magnetism in Electron-Doped Metal-Phthalocyanine Materials”, M. F. Craciun, S. Rogge, M.-J. L. den Boer, S. Margadonna, K. Prassides, Y. Iwasa, A. F. Morpurgo, The International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals, Trinity College, ダブリン, アイルランド (2006 年 7 月 6 日).
4. “Solution-Processed Thin Film Transistors using Random-Network Carbon Nanotubes”, M. Shiraishi, S. Nakamura, T. Fukao, M. Ohishi, T. Takenobu, Y. Iwasa, H. Kataura, The International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals, Trinity College, ダブリン, アイルランド (2006 年 7 月 6 日).
5. “High-Performance Ambipolar Transistors And Schottky Diodes Based On Rubrene Single Crystals”, 竹延大志, The International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals, Trinity College, ダブリン, アイルランド (2006 年 7 月 2-7 日).
6. Superconductivity Appearing from C<sub>60</sub> and Graphitic Carbon Doped with Rare-earth Metals M. Akada, R. Kumashiro, K. Tanigaki, The International Symposium on Anomalous Quantum Materials 2006 and The 5-th Asia-Pacific Workshop (June, 2006).
7. Superconductivity in the Clathrate Compounds with Rattling Motion T. Rachi, R. Kumashiro, K. Tanigaki, The International Symposium on Anomalous Quantum Materials 2006 and The 5-th Asia-Pacific Workshop (June, 2006)
8. “Experimental Analysis on Gate Capacitance in SWNT Electrochemical Transistor”, H. Shimotani, 2006 MRS Spring Meeting, Moscone West convention center, San Francisco, USA (Apr. 20, 2006).
9. “Doping Characteristics of Network Single-walled Carbon Nanotube Transistors by Molecule Encapsulation”, M. Shiraishi, S. Nakamura, T. Fukao, M. Ohishi, T. Takenobu, Y. Iwasa, 2006 MRS Spring Meeting, Moscone West convention center, San Francisco, USA (Apr. 20, 2006).
10. “Control of carrier density by the solution method in carbon nanotube transistors”, T. Takenobu, International Meeting on the Chemistry of Nanotubes : Science and Application”, ChemOnTubes, Arcachon, France (April 2-5, 2006).

### <2005 年>

11. “Superconductivity in  $C_{60}$  and Graphite Doped with Yb and Sm”, K. Tanigaki, International Workshop on Superconductivity in Diamond and Related Materials, Tsukuba, Japan (December, 2005)
12. “Modification of Self-Assembled Monolayers on Electrodes of Organic Thin-Film Transistors”, N. Hiroshiba, R. Kumashiro, K. Tanigaki, H. Ishii, S. Takaishi, M. Yamashita, 2005 MRS Fall Meeting, Boston, MA, USA (November – December, 2005).
13. “Properties of Chemically Modified Carbon Nanotubes”, R. Kumashiro, H. Ohashi, M. Yamashita, T. Akasaka, Y. Maeda, S. Takaishi, S. Maruyama, T. Izumida, R. Hatakeyama, K. Tanigaki, 2005 MRS Fall Meeting, Boston, MA, USA (November – December, 2005).
14. “Electric transport of iodine doped  $C_{60}$  nanowhiskers”, R. Kumashiro, K. Tanigaki, T. Fujiki, K. Miyazawa, 13th International Symposium on Intercalation Compounds, Clermont-Ferrand, France (June, 2005).
15. Y. Iwasa, “Tuning charge carrier properties in organic transistors by self-assembled monolayers” UCSD Materials Science Seminar, University of California at San Diego, San Diego (April 4, 2005).
16. T. Takenobu, Y. Murayama, M. Shiraishi, Y. Iwasa, Carbon nanotubes under electric field: Stark effect and carrier accumulation, XIXth International Winterschool Euroconference on Electronic Properties of Novel Materials, Kirchberg/Tirol, Austria (March 17, 2005).
17. T. Kanbara, Y. Iwasa, K. Tsukagoshi, Y. Aoyagi, Gate-induced crossover from unconventional metals to fermi liquid in multiwalled carbon nanotubes, XIXth International Winterschool Euroconference on Electronic Properties of Novel Materials, Kirchberg/Tirol, Austria, (March 15, 2005).
18. Y. Iwasa, “Carrier transport and dynamics in carbon nanotubes” CNNC Seminar on carbon nanotubes, Suwon Korea (February 22, 2005).

### <2004 年>

19. Y. Iwasa, S. Kobayashi, T. Takenobu, T. Nishikawa, T. Mitani, T. Shimoda, Tuning carrier density in organic thin film transistors with self-assembled monolayers, ICSM The International Conference on Synthetic Metals (ICSM) 2004, Wollongong, New South Wales, Australia (June 26-July 3, 2004).
20. T. Takenobu, T. Takano, M. Shiraishi, M. Ata, Y. Iwasa, Structure and transport properties of doping controlled carbon nanotube by encapsulation of organic molecules, The International Conference on Synthetic Metals (ICSM) 2004, Wollongong, New South Wales, Australia, (June 26-July 3, 2004).
21. S. Kobayashi, T. Nishikawa, T. Takenobu, T. Mitani, T. Shimoda, Y. Iwasa, Control of Transport by Self-Assembled-Monolayers in Organic Thin-Film Transistors, the 2004 Electronic Materials Conference, South Bend, USA (June 23-25, 2004).

### <2003 年>

22. Characteristics of  $(C_{59}N)_2$  Thin-Film Field Effect Transistors, R. Kumashiro, H. Ohashi, K. Tanigaki, N. Tagmatarchis, H. Kato, H. Shinohara, T. Akasaka, K. Kato, S. Aoyagi, S. Kimura, M. Takata, The 8th IUMRS International Conference on Advanced Materials, Yokohama, Japan (Oct. 8-13, 2003)
23. Structure and Physical Properties of Fullerenes Based on Field Effect Transistor, H. Ohashi, R. Kumashiro, K. Tanigaki, K. Kato, S. Aoyagi, S. Kimura, M. Takata, The 8<sup>th</sup> IUMRS International Conference on Advanced Materials (Oct. 8-13, 2003, Yokohama, Japan)
24. Structural analysis of intercalation compounds of pentacene, T. Ito, T. Mitani, T. Takenobu, Y. Iwasa, 12th International Symposium on Intercalation Compounds, Poland (June 1-5, 2003).



25. STM and STS Study of Endohedral Metallofullerenes Adsorbed on Si(111)-(7x7) Surfaces, S. Fujiki, T. Hosokawa, T. Kanbara, A. Fujiwara, Y. Nonogaki, T. Urisu, *203rd Meeting of The Electrochemical Society*, Paris, France (April 27-May 2, 2003).
26. Structure and Physical Properties of Organic Semiconductors Based on Field Effect Transistor, K. Tanigaki, R. Kumashiro, H. Ohashi, K. Kato, S. Aoyagi, S. Kimura, M. Takata, *Electrochemical Society Meeting*, Paris, France (Apr. 28- May. 2, 2003).
27. Recent progress in hydrogen adsorption in SWNT, M. Shiraishi, T. Takenobu, M. Ata, H. Kataura, *XVIIth International Winterschool Euroconference on Electronic Properties of Novel Materials*, Austria (March 11, 2003).
28. A. Fujiwara, Y. Matsuoka, N. Ogawa, K. Miyano, H. Kataura, Y. Maniwa, S. Suzuki, Y. Achiba, Temperature dependence of photoconductivity of SWNTs, *XVIIth International Winterschool on Electronic Properties of Novel Materials*, Kirchberg, Austria (March, 2003).

### <2002 年>

29. A. Fujiwara, R. Iijima, H. Suematsu, H. Kataura, Y. Maniwa, S. Suzuki, Y. Achiba, Nano-Scale Evaluation of Carbon-Nanotube Circuits by Conductive AFM, *JAIST International Symposium on Nano Technology 2002*, Ishikawa, Japan (September 2002)
30. Extraordinarily high reduction states of fullerenes produced by intercalation, T. Ito, T. Takenobu, Y. Iwasa, T. Mitani, *International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals 2002 (ICSM2002)*, 上海(中国) (2002 年 7 月 1 日).
31. Hydrogen storage at moderated temperature in SWNT bundles and peapods, T. Takenobu, M. Shiraishi, A. Yamada, M. Ata, H. Kataura, Y. Iwasa, *International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals 2002(ICSM2002)*, 上海(中国) (2002 年 7 月 1 日).
32. Dielectric and magnetic properties of metallofullerene La@C<sub>82</sub> solid, Y. Iwasa, C.J. Nuttall, *International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals 2002(ICSM2002)*, 上海(中国) (2002 年 7 月 1 日).
33. A. Oguri, H. Yahata, K. Soga, K. Kimura, M. Terauchi, A. Fujiwara, Physical Properties and Superconductivity in Li- and Mg-doped  $\alpha$ - and  $\beta$ -rhombohedral Boron, *14th International Symposium on Boron, Borides and Related Compounds*, St. Petersburg, Russia (9-14 June, 2002)
34. Mott-Hubbard Transition and Orbital Degeneracy in C<sub>60</sub> Fullerides, Y. Iwasa, *Texas Center for Superconductivity*, University of Houston, TX, USA (May 17, 2002).
35. Katsumi Tanigaki, Junji Takeuchi, Toshinari Hirai, Structure of Rare-earth Fullerides, *Electrochemical Society*, Pennsylvania, U.S.A. (May12- 17, 2002).
36. K. Tanigaki, R. Kumashiro, H. Ohashi, K. Kato, S. Aoyagi, S. Kimura, M. Takata, Structure and Physical Properties of Organic Semiconductors Based on Field Effect Transistor, *Electrochem. Soc. Meeting*, Paris, France (April 28-May2, 2003).
37. Katsumi Tanigaki, Shoji Yamanaka, Kohei Itho, Isotope Effect of Superconducting Ba8Si46, *APS March Meeting*, Indiana Polis, U.S.A. (March 18-22, 2002).
38. An experimental probe of bonding nature in rare earth metal doped fullerenes, Dam Hieu Chi, M. Shiraishi, T. Takenobu, M. Ata, H. Kataura, Recent progress in hydrogen adsorption in SWNT, *XVIIth International Winterschool Euroconference on Electronic Properties of Novel Materials*, Austria (March 11, 2003).
39. Y. Iwasa, T. Mitani, M. Takata, E. Nishibori, Sakata, *XVIth International Winterschool Euroconference on Electronic Properties of Novel Materials*, Austria (March, 2002).

③ポスター発表 (国内会議 92 件、国際会議 45 件)

【国内会議】

## <2006年>

1. カーボンナノチューブジャンクションにおける電界効果の直接観察, 藤原明比古, 佐藤亮太, 兒玉賢洋, 仕幸英治, JST 領域横断ワークショップ, 長野 (2006年10月11日).
2. アルコール CCVD 法によるカーボンナノチューブ成長の合成条件依存性, 井波暢人, モハメド モハマド アンブリ, 仕幸英治, 藤原明比古, JST 領域横断ワークショップ, カーボンナノチューブ成長の合成条件依存性, 長野 (2006年10月11日).
3. 「ナノクラスターの配列・配向制御による新しいデバイスと量子状態の創出」, 下谷秀和, ナノテクノロジー分野別バーチャルラボ成果報告会, 東京国際フォーラム (2006年7月15日).
4. 単層カーボンナノチューブに吸着した水の NMR, 松田和之, 日比寿栄, 門脇広明, 真庭豊, 片浦弘道, 第 31 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 三重県・三重県総合文化センター(津市) (2006年7月13日) .
5. 単層カーボンナノチューブに内包されたカロテノイド色素の補助集光作用, 柳和宏, イアコボブスキ コンタンチン, カザウイ サイ, 南信次, 宮田耕充, 真庭豊, 片浦弘道, 第 31 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 三重県・三重県総合文化センター(津市) (2006年7月13日) .
6. アルコール CCVD 法によるカーボンナノチューブ成長の合成条件依存性, 井波暢人, 仕幸英治, 藤原明比古, 第 31 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 三重 (2006年7月12日).
7. 「カーボンナノチューブの遠赤外吸収とそのチューブ長依存性」, 鈴木宏貴, 第 31 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 三重県総合センター, 三重 (2006年7月12-14日).
8. 「フラーレン FET の高性能化と集積回路への展開」, 長野高之, 久保園芳博, 越智謙次, 第 31 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 三重県総合文化センター (2006年7月13日).
9. 「STM 探針からの電子/正孔注入による C<sub>60</sub> ポリマーリング形成のメカニズム」, 野内亮, 太田洋平, 久保園芳博, 第 31 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 三重県総合文化センター (2006年7月13日) .
10. 「高分子電解質を用いたルブレ単結晶の電気化学トランジスタ」, 下谷秀和, 第 111 回東北大学金属材料研究所講演会, 東北大学金属材料研究所, 仙台 (2006年5月25-26日).
11. 「有機単結晶トランジスタの極性制御」, 竹延大志, 第 111 回東北大学金属材料研究所講演会, 東北大学金属材料研究所, 仙台 (2006年5月25-26日).
12. 「電気二重層ゲート FET によるルブレ単結晶表面のキャリア数制御」, 下谷秀和, 物性研究所短期研究会「有機物質のナノ電子物性」, 東京大学物性研究所, 柏 (2006年4月24-26日).
13. 「有機単結晶トランジスタ」, 竹延大志, 物性研究所短期研究会「有機物質のナノ電子物性」, 東京大学物性研究所, 柏 (2006年4月24-26日).
14. 高機能フラーレン電界効果トランジスターデバイスの作製とパフォーマンス制御, 長野高之, 越智謙次, 草井悠, 大田敏雄, 今井久美子, 藤原明比古, 久保園芳博, フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 名城大学 (2006年1月9日).
15. 溶液プロセスによるフラロデンドロン電界効果トランジスタの作製とその電子的特性,

草井悠, 長野高之, 今井久美子, 久保園芳博, 酒向祐輝, 高口豊, 藤原明比古, フラ  
ーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 名城大学 (2006年1月9日).

16. 溶液プロセスで作製した  $C_{60}$ -Pd ポリマー薄膜トランジスタの特性, 松岡亨卓、ケルマン  
カーン、民谷栄一、藤原明比古, 第 30 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム,  
名城大学 (2006年1月9日).
17. THz~可視領域に亘る偏光分光を用いたカーボンナノチューブの形状効果をもたらす  
光学特性の発見、秋間新真, J.L. Musfeldt, 松井広志, 豊田直樹, 下田英雄, O. Zhou, 白石  
誠司, 岩佐義宏、第 30 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 名城大学 (2006  
年1月8日).
18. 「高次フラーレンとその関連化合物の電子特性」, 杉山博行, 長野高之, 今井久美子,  
草井悠, 藤原明比古, 竹延大志, 岩佐義宏, 久保園芳博, 第 30 回フラーレン・ナノチ  
ューブ総合シンポジウム, 名城大学 (2006年1月7日).
19. “シリル基修飾したカーボンナノチューブの FET 特性”, 熊代良太郎, 大橋弘孝, 赤坂健,  
前田優, 泉田健, 畠山力三, 谷垣勝己, 第 30 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジ  
ウム (2006年1月).
20. “自己組織化単分子膜による有機 FET 電極表面修飾”, 廣芝伸哉, 石井久夫, 熊代良太郎,  
谷垣勝己, 第 30 回記念フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム (2006年1月).

#### <2005年>

21. 竹延大志、高橋哲生、岩佐義宏、竹谷純一、有機単結晶両極性トランジスタ、第 110  
回東北大学金属材料研究所講演会、東北大学金属材料研究所 (2005年11月14日).
22. 喜寅淳, 田口康二郎, 岩佐義宏, Li ドープ  $ZrNCl$  系における低ドープ試料の合成と超伝  
導, 第 110 回東北大学金属材料研究所講演会, 東北大学金属材料研究所(2005年11月14  
日).
23. 秋間新真、J.L. Musfeldt、岩佐義宏、カーボンナノチューブの遠赤外分光、第 110 回東  
北大学金属材料研究所講演会、東北大学金属材料研究所(2005年11月14日).
24. 下谷秀和, 菅原孝宜, 岩佐義宏, "Field-Effect and Electrochemical Transistors of MWNT, SWNT and  
Conducting Polymers", 2nd Materials Science for Young Scientists, 岩沼屋, 宮城県仙台市 (2005年8  
月1日).
25. 菅原孝宜、高橋哲生、竹延大志、岩佐義宏、塚越一仁、青柳克信、片浦弘道、液相プ  
ロセスによる SWNT デバイスへの P 型ドーピング、第 29 回フラーレン・ナノチューブ  
総合シンポジウム、京都大学 (2005年7月26日).
26.  $Pr@C_{82}$  の  $PrL_{III}$  吸収端における高分解能共鳴 X 線非弾性散乱, 杉山博行, 山岡仁志, 久  
保園芳博, 野内亮, 増成宏介, Aurel Mihai Vlaicu, 大橋浩史, 板倉周介, 伊藤嘉昭, 第  
29 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 京都大学 (2005年7月26日).
27.  $C_{60}$  電界効果トランジスタの輸送特性におけるサイズ・温度依存性, 松岡亨卓, 仕幸英  
治, 藤原明比古, 第 29 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 京都大学 (2005  
年7月26日).
28. アルコール CCVD 法により合成されたカーボンナノチューブの形態, 井波暢人、仕幸  
英治、藤原明比古, 第 29 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 京都大学  
(2005年7月26日).
29. CNT-FET の輸送特性の温度依存性, 佐藤亮太、仕幸英治、高橋哲生、竹延大志、岩佐  
義宏、白石誠司、藤原明比古, 第 29 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 京  
都大学 (2005年7月26日).

30. 電界効果蒸発による C<sub>60</sub> 最密充填構造へのナノスケールパターンニング, 増成宏介, 藤木聡, 野内亮, 久保園芳博, 第 29 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 京都大学 (2005 年 7 月 25 日).
31. “Transport Properties of Fullerene Nanowhisker and Related Materials”, T. Fujiki, R. Kumashiro, T. Akasaka, Y. Gao, Y. Murata, K. Komatsu, K. Kato, K. Osaka, M. Takata, J. Minato, K. Miyazawa, K. Tanigaki, 第 29 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 京都大学 (2005 年 7 月 25-27 日).
294. 過酸化水素を使った金属カーボンナノチューブの濃縮, 宮田耕充, 片浦弘道, 真庭豊, 第 29 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 京都大学百周年時計台記念館 (2005 年 7 月 25-27 日).
32. “Influence of Rotational Order and Disorder of C<sub>60</sub> fullerides on Physical Properties”, Takao Yamamoto, Misaho Akada, Katsumi Tanigaki, 第 29 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 京都大学 (2005 年 7 月 25-27 日).
33. 三宅利明, 田口康二郎, 岩佐義宏, Mn フタロシアニンにおいて Li ドーピングによって誘起されたスピン状態の変化, 第 109 回東北大学金属材料研究所講演会, 東北大学金属材料研究所 (2005 年 5 月 26 日).
34. 秋間新真, 竹延大志, J.L. Musfeldt, 下田英雄, O. Zhou, 岩佐義宏, カーボンナノチューブの遠赤外分光, 第 109 回東北大学金属材料研究所講演会, 東北大学金属材料研究所 (2005 年 5 月 26 日).
35. 下谷秀和, 菅原孝宜, 岩佐義宏, 単層カーボンナノチューブの電気化学トランジスタ, 第 109 回東北大学金属材料研究所講演会, 東北大学金属材料研究所 (2005 年 5 月 26 日).
36. 松岡亨卓, 井波 暢人, 仕幸 英治, 藤原 明比古, サブミクロンチャンネル C<sub>60</sub> 薄膜トランジスタの輸送特性, 第 28 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 名城大学 (2005 年 1 月 8 日).
37. 桑原英治, 春山祐介, 長野高之, 久保園芳博, 高誘電性絶縁膜を用いたフラーレン FET の作製とその評価, 第 28 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 名古屋 (2005 年 1 月 8 日).
38. 長野高之, 桑原英治, 久保園芳博, ポリイミド絶縁膜を用いた C<sub>60</sub> 電界効果トランジスタの作製, 第 28 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 名古屋 (2005 年 1 月 8 日).
39. 草井悠, 柏野陽子, 渡辺理恵, 高林康裕, 桑原英治, 杉山博行, 増成宏介, 長野高之, 力石好恵, 藤木聡, 久保園芳博, 溝呂木直美, 永瀬茂, 岡田晋, 金属ドーブ高次フラーレンと金属内包高次フラーレンの構造と特性, 第 28 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 名古屋 (2005 年 1 月 8 日).
40. Y. Murayama, T. Takenobu, M. Shiraishi, Y. Iwasa, Stark effect in single walled carbon nanotubes, 第 28 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 名城大学 (2005 年 1 月 7 日).
41. M. Shiraishi, S. Suwaraj, T. Takenobu, Y. Iwasa, M. Ata, W. Unger, Spectroscopic characterization of carrier doped single-walled carbon nanotubes by organic molecule encapsulation, 第 28 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 名城大学 (2005 年 1 月 7 日).
42. N. Akima, J.L. Musfeldt, Y. Iwasa, Far-infrared spectroscopy of doped carbon nanotubes, 第 28 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 名城大学 (2005 年 1 月 7 日).

43. H. Shimotani, T. Kanbara, Y. Iwasa, K. Tsukagoshi, H. Kataura、Field-effect and electrochemical transistors of MWNT, SWNT and conducting polymers、第28回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、名城大学 (2005年1月7日).
44. 熊代良太郎、谷垣勝己、藤城太樹、高云燕、村田靖次郎、小松紘一、赤坂健、宮澤薫一、ヨウ素ドーピングした  $C_{60}$  ダイマー～ $C_{60}$  ウィスカーの伝導特性、第28回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、名古屋 (2005年1月).

#### <2004年>

45. N. Akima, Y. Murayama, T. Takahashi, T. Takenobu, M. Shiraishi, Y. Iwasa、Precise carrier doping in SWNT films with organic molecules、第27回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、東京大学武田ホール (2004年7月30日).
46. H. Shimotani, T. Takenobu, Y. Iwasa, A. Taninaka, H. Shinohara、Raman and Theoretical study of potassium doped  $La_2@C_{80}$ 、第27回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、東京大学武田ホール (2004年7月30日).
47. Y. Murayama, T. Takenobu, M. Shiraishi, Y. Iwasa、Optical properties of field-effect doped SWNT thin film、第27回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、東京大学武田ホール (2004年7月28日).
48. T. Kanbara, Y. Iwasa, T. Iwasa, K. Tsukagoshi, Y. Aoyagi、Disappearance of temperature dependent conductance of MWNT by carrier injection、第27回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、東京大学武田ホール (2004年7月28日).
49. 廣芝伸哉、熊代良太郎、赤坂健、木村滋、加藤健一、高田昌樹、谷垣勝己、 $La@C_{82}$  による金端子修飾が  $C_{60}$  薄膜電界効果トランジスタの物性に与える影響、第27回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、東京 (2004年7月).
50. 桑原英治、久保園芳博、長野高之、 $C_{60}$  とペンタセンのヘテロ構造を持つアンバイポーラー電界効果トランジスタの作製とその特性、第27回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、東京大学 (2004年7月28日).
51. 力石好恵、高林康裕、久保園芳博、北川宏、竹延大志、岩佐義宏、 $R_xC_{84}$  の構造と電子特性、第27回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、東京大学 (2004年7月28日).
52. 藤木聡、増成宏介、久保園芳博、 $M@C_{82}$  (M: Ce, Pr and Dy) および  $C_{82}$  に関する STM/STS 研究、第27回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、東京大学 (2004年7月29日).
53. 熊代良太郎、谷垣勝己、藤城太樹、宮澤薫一、ドーピングした  $C_{60}$  ナノウィスカーの伝導特性、第27回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム (2004年7月、東京).
54. 赤田美佐保、平井俊成、谷垣勝己、 $La-C_{60}$  物質の構造と物性、第26回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、岡崎 (2004年1月).
55. 廣芝伸哉、熊代良太郎、赤坂健、谷垣勝己、フラーレン FET における物性、第26回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、岡崎 (2004年1月).
56. 細川知子、久保園芳博、藤原明比古、フラーレン薄膜の電子的物性とデバイス応用、第26回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、岡崎 (2004年1月8日).
57. T. Kanbara, H. Shimotani, Y. Iwasa、ジアミン処理によるカーボンナノチューブの連結、第26回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、岡崎コンファレンスセンター (2004年1月8日).
58. 高林康裕、春山祐介、力石好恵、久保園芳博、北川宏、二価金属内包フラーレン  $Eu@C_{82}$

の構造と物性, 第 26 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム 岡崎国立共同研究機構, 愛知県岡崎市 (2004 年 1 月 8 日).

59. 西川尚男, 三谷忠興, 下田達也, 小川智, 吉本則之, 森聡, 小林慎一郎, 竹延大志, 岩佐義宏, 自己組織化単分子膜の作製と炭素化合物デバイスの機能制御, 第 26 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 岡崎コンファレンスセンター (2004 年 1 月 8 日).
60. 春山祐介, 柴田佳奈, 細川知子, 久保園芳博, 強誘電性絶縁膜および高分子絶縁膜を用いたフラーレン FET デバイスの作製と動作特性, 第 26 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム 岡崎国立共同研究機構, 愛知県岡崎市 (2004 年 1 月 8 日).
61. 藤木聡, 久保園芳博, 宇理須恒雄, STM/STS を用いた  $M@C_{82}(M=Ce, Dy)$  の電子状態観察, 第 26 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム 岡崎国立共同研究機構, 愛知県岡崎市 (2004 年 1 月 8 日)
62. 村山祐司, 竹延大志, 岩佐義宏, 白石誠司, 阿多誠文, 単層カーボンナノチューブ薄膜トランジスタの製作と評価, 第 26 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 岡崎コンファレンスセンター (2004 年 1 月 8 日).
63. 力石好恵, 柴田佳奈, 藤木聡, 細川知子, 高林康裕, 久保園芳博,  $C_{82}(C_2)$  および  $Ce@C_{82}(C_{2v}, C_s)$  の結晶構造, 第 26 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム 岡崎国立共同研究機構, 愛知県岡崎市 (2004 年 1 月 8 日).
64. 柴田佳奈, 久保園芳博, 力石好恵, 高次フラーレン薄膜を用いた FET の基本特性, 第 26 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム 岡崎国立共同研究機構, 愛知県岡崎市 (2004 年 1 月 8 日).
65. 宇高彰子, 小笠原俊介, 阿部真利, 吉良弘, 松田和之, 片浦弘道, 鈴木信三, 阿知波洋次, 真庭豊, 酸素をドーピングしたカーボンナノチューブの X 線回折 II, 第 26 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 岡崎コンファレンスセンター (2004 年 1 月 7 日).

#### <2003 年>

66. 宇高彰子, 阿部真利, 吉良弘, 神島謙二, 松田和之, 真庭豊, 片浦弘道, 鈴木信三, 阿知波洋次, 酸素をドーピングしたカーボンナノチューブの X 線回折, 第 25 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 淡路夢舞台国際会議場 (2003 年 7 月 24 日).
67. 下谷秀和, 伊藤崇芳, 谷中淳, 篠原久典,  $La_2@C_{80}$  のラマン分光測定と振動解析, 第 25 回フラーレン・ナノチューブ記念シンポジウム, 淡路夢舞台国際会議場 (2003 年 7 月 23 日).
68. S. Mori, S. Iida, H. Shimotani, S. Kobayashi, T. Takenobu, Y. Kubozono, A. Fujiwara, A. Taninaka, H. Shinohara, Y. Iwasa, 金属内包フラーレン TFT の特性と物性評価, 第 25 回フラーレン・ナノチューブ記念シンポジウム, 淡路夢舞台国際会議場 (2003 年 7 月 23 日).
69. 藤木聡, 久保園芳博, 藤原明比古, 宇理須恒雄,  $Si(111)-(7 \times 7)$  上の金属内包フラーレンの STM/STS 観察, 第 25 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 淡路夢舞台 (2003 年 7 月 23 日).
70. 細川知子, 柴田佳奈, 力石好恵, 久保園芳博, 藤原明比古, 金属内包フラーレンの電子的特性とデバイスへの応用, 第 25 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, 淡路夢舞台 (2003 年 7 月 23 日).
71. 吉川晋矢, 北島正樹, 小林賢介, 谷垣勝己, 池本夕佳, 中野岳仁, 鎌倉望, 伊藤孝寛, 小林啓介, クラスレート誘導体の電子状態, 第 25 回フラーレン・ナノチューブ記念シンポジウム, 淡路 (2003 年 7 月 23-25 日).



72. 松岡亨卓、藤原明比古、小川直毅、宮野健次郎、片浦弘道、真庭豊、鈴木信三、阿知波洋次、光伝導から見た半導体カーボンナノチューブの伝導特性、第 25 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、淡路夢舞台 (2003 年 7 月 23-25 日).
73. 山本貴生、谷垣勝己、早瀬祐介、平井俊成、 $C_{60}$  伝導体における回転運動の電気伝導に対する影響、第 25 回フラーレン・ナノチューブ記念シンポジウム、淡路 (2003 年 7 月 23-25 日).
74. 小林賢介、北島正樹、谷垣勝己、郭方准、福岡宏、山中昭司、シリコンクラスレート化合物  $Ba_{24}Si_{100}$  の光電子分光測定、第 25 回フラーレン・ナノチューブ記念シンポジウム、淡路 (2003 年 7 月 23-25 日).
75. 藤原明比古、フラーレン・ナノチューブなどナノメーター人工物質の探索と物性、文部科学省ナノテクノロジー総合支援プロジェクト、第 1 回ナノテクノロジー総合シンポジウム、東京ファッションタウン (2003 年 2 月).
76. 高林康裕、力石好恵、久保園芳博、二価金属を内包した  $M@C_{82}$  の構造および輸送特性、第 24 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、岡崎 (2003 年 1 月 10 日).
77. 飯田覚、高野琢、安藤弘朗、田口康二郎、岩佐義宏、久保園芳博、金属内包フラーレン薄膜の作製と誘電・輸送特性、第 24 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、岡崎コンファレンスセンター (2003 年 1 月 9 日).
78. 小林賢介、北島正樹、谷垣勝己、中野岳仁、池本夕佳、小林啓介、 $Ba_{24}Ge_{100}$  第 3 種クラスレート物質の電子状態、The 24th Fullerene Nanotubes General Symp., 岡崎 (2003 年 1 月 9 日).
79. 細川知子、春山祐介、久保園芳博、藤原明比古、金属内包フラーレンの電子的特性、第 24 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、岡崎 (2003 年 1 月 9 日).
80. 力石好恵、久保園芳博、北川宏、藤原明比古、 $Ce@C_{82}$  の固体・薄膜物性、第 24 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、岡崎 (2003 年 1 月 9 日).
81. 柴田佳奈、久保園芳博、藤原明比古、金属内包フラーレン薄膜 FET の基本特性、第 24 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、岡崎 (2003 年 1 月 9 日).
82. 阿部真利、片浦弘道、鈴木信三、阿知波洋次、吉良弘、宇高彰子、神島謙二、松田和之、真庭豊、SWNT への水の吸蔵：同位体効果、第 24 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、岡崎 (2003 年 1 月 8 日).
83. 宇高彰子、片浦弘道、阿部真利、鈴木信三、阿知波洋次、吉良弘、神島謙二、松田和之、真庭豊、SWNT へのインターカレーション過程の研究：カリウム、第 24 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、岡崎 (2003 年 1 月 8 日).
84. 藤木聡、久保園芳博、細川知子、菅原孝宜、藤原明比古、宇理須恒雄、 $Si(111)-(7\times 7)$  上に吸着した  $M@C_{82}$  ( $M=Ce, Dy$ ) の STM/STS 観察、第 24 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、岡崎 (2003 年 1 月).

#### <2002 年>

85. D. H. Chi, T. Takenobu, Y. Iwasa, T. Mitani, K. Kato, M. Takata, E. Nishibori, M. Sakata, Electronic structure of  $M_6C_{60}$  via X-ray analysis, 第 23 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、松島 (2002 年 7 月 18 日).
86. 細川知子、春山祐介、高林康裕、久保園芳博、藤原明比古、 $M@C_{60}$  ( $M$ :アルカリ土類金属およびランタノイド金属原子)の輸送特性、第 23 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、松島 (2002 年 7 月 18 日).

87. 菅原孝宜、春山祐介、細川知子、久保園芳博, Dy@C<sub>60</sub> の決勝構造の圧力・温度変化, 第 23 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、松島 (2002 年 7 月 19 日).
88. 力石好恵、久保園芳博、小林本忠、藤原明比古, Ca<sub>x</sub>C<sub>60</sub> の超伝導特性, 第 23 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、松島 (2002 年 7 月 18 日).
89. 藤木聡、久保園芳博、菅原孝宜、藤原明比古、高林康裕、柴田佳奈、細川知子、宇理須恒雄, 金属内包フラーレンの STM/STS 観察, 第 23 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、松島 (2002 年 7 月 18 日).
90. 阿部真利, 真庭豊, 片浦弘道, 吉良弘, 藤原竜児, 藤原明比古, 鈴木信三, 阿知波洋次, 加藤健一, 高田昌樹, 坂田誠, 水を内包した SWNT の X 線構造解析, 第 23 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、松島 (2002 年 7 月 17 日).
91. 平井俊成、竹内淳治、谷垣勝己、Yb および Sm をドーピングした C<sub>60</sub> の物性, 第 22 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、岡崎コンファレンスセンター (2002 年 1 月 9 日).
92. 早瀬祐介, 竹内淳治, 谷垣勝己, B. Gorgia, 「t<sub>1u</sub> バンド関連 C<sub>60</sub> 伝導体の価数変化」, 第 22 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、岡崎 (2002 年 1 月 9 日).

#### 【国際会議】

##### <2006 年>

1. “Realization of High Carrier Density using Electrolyte Gate Transistor”, 浅沼春彦, KINKEN Workshop on Organic Field Effect Transistor, 東北大学金属材料研究所, 仙台 (2006 年 10 月 20-21 日)
2. “Ambipolar Light-Emitting Transistors Based on Organic Single Crystals”, 高橋哲生, KINKEN Workshop on Organic Field Effect Transistor, 東北大学金属材料研究所, 仙台 (2006 年 10 月 20-21 日).
3. "Ambipolar Carrier Injection, Accumulation and Light-Emission in Organic Single-Crystal Transistors", 竹延大志, KINKEN Workshop on Organic Field Effect Transistor, 東北大学金属材料研究所, 仙台 (2006 年 10 月 20-21 日).
4. “Carrier Injection of Single-Crystal Organic Field-Effect Transistors with the Different Device Configurations”, 松岡亭卓, KINKEN Workshop on Organic Field Effect Transistor, 東北大学金属材料研究所, 仙台 (2006 年 10 月 20-21 日).
5. A. Fujiwara, R. Sato, Y. Kodama, E. Shikoh, Operation Mechanism of Carbon-nanotube Thin-Film-Transistor, KINKEN Workshop on Organic Field Effect Transistors, Sendai, Japan (Oct. 20, 2006).
6. “Far-Infrared Absorption Peak in Single-Walled Carbon Nanotubes and Its Correlation with Tube Lengths”, 鈴木宏貴, The 3rd Japan-Korea Symposium on Carbon Nanotube, Gyeongju TEMP Hotel, 慶州, 韓国 (2006 年 10 月 14-17 日).
7. Synthesis-Condition Dependence of Carbon Nanotubes Growth by Alcohol CCVD Method, N. Inami, M. A. Mohamed, E. Shikoh, A. Fujiwara, JAIST Int. Symposium on Nano Technology 2006, Ishikawa, Japan (Sep. 15, 2006).
8. Field-Effect Modulation of Contact Resistance between Carbon Nanotubes, R. Sato, Y. Kodama, E. Shikoh, H. Kataura, A. Fujiwara, JAIST Int. Symposium on Nano Technology 2006, Ishikawa, Japan (Sep. 15, 2006).
9. Fabrication and Evaluation of C<sub>60</sub> Field-Effect-Transistors (FETs) with Nanometer-Scale Channel, K. Uno, E. Shikoh, A. Fujiwara, JAIST Int. Symposium on Nano Technology

2006, Ishikawa, Japan (Sep. 15, 2006).

10. Fabrication of Organic Light-Emitting Devices with More Qualitative Tunnel Barrier for Efficient Spin Injection, T. Kawai, E. Shikoh, A. Fujiwara, Y. Ando, T. Miyazaki, JAIST Int. Symposium on Nano Technology 2006, Ishikawa, Japan (Sep. 15, 2006).
11. Fabrication and device characteristics of  $C_{60}$  thin film field effect transistor with electrodes of various work function values, N. Takahashi, E. Shikoh, A. Fujiwara, JAIST Int. Symposium on Nano Technology 2006, Ishikawa, Japan (Sep. 15, 2006).
12. Fabrication of  $C_{60}$  Field-Effect Transistor with Embedded Electrodes, A. Maeda, E. Shikoh, A. Fujiwara, JAIST Int. Symposium on Nano Technology 2006, Ishikawa, Japan (Sep. 15, 2006).
13. Effect of Ar/H<sub>2</sub> Pretreatment at SWNTs Growth by Alcohol CCVD Method, M. A. Mohamed, N. Imai, E. Shikoh, A. Fujiwara, JAIST Int. Symposium on Nano Technology 2006, Ishikawa, Japan (Sep. 15, 2006).
14. Spin-injection into organic light-emitting diodes with a ferromagnetic cathode and the effects on luminescence properties of devices, E. Shikoh, T. Kawai, A. Fujiwara, Y. Ando, T. Miyazaki, The 17th Int. Conference on Magnetism, Kyoto, Japan (August 22, 2006).
15. "One-dimensional magnetism and doping effects in metal-phthalocyanine systems", 田口康二郎, International Conference on Magnetism, 京都国際会館, 京都 (Aug. 20-25, 2006).
16. Spin-Injection into Organic Light-Emitting Devices and the Observation of Luminescence Properties, E. Shikoh, T. Kawai, A. Fujiwara, Y. Ando, T. Miyazaki, 19th Int. Colloquium on Magnetic Films and Surfaces, Sendai, Japan (August 17, 2006).
17. "Absorption spectra from THz to visible region in highly oriented single-walled carbon nanotubes", N. Akima, The International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals, Trinity College, ダブリン, アイルランド (2006年7月6日).
18. "Ambipolar organic field-effect transistors using rubrene single crystals", 高橋哲生, The International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals, Trinity College, ダブリン, アイルランド (2006年7月2-7日).
19. "Polarity Control in Organic Single-crystal Field-effect Transistors", 竹延大志, 2006 MRS SPRING MEETING, Moscone West convention center, San Francisco, USA (Apr. 20, 2006).
20. "Hall Effect of Organic Single-crystal Field-effect Transistors", J. Takeya, K. Tsukagoshi, K. Yamada, Y. Aoyagi, T. Takenobu, Y. Iwasa, 2006 MRS SPRING MEETING, Moscone West convention center, San Francisco, USA (Apr. 20, 2006).
21. "Copper Phthalocyanine Single-crystal Field-effect Transistors Stable Above 100 °C", K. Yamada, J. Takeya, K. Shigeto, K. Tsukagoshi, Y. Aoyagi, Y. Iwasa, 2006 MRS SPRING MEETING, Moscone West convention center, San Francisco, USA (Apr. 20, 2006).
22. Fabrication of Field-Effect Transistor Devices with Fullerene Related Materials, T. Nagano, K. Ochi, H. Kusai, H. Sugiyama, K. Imai, Y. Kubozono, A. Fujiwara, XXth International Winterschool (Euroconference on electronic properties of Novel materials, Kirchberg(Tirol) Austria (9 Mar., 2006).
23. Polymer Ring Formation by Electron/Hole Injection from an STM Tip into a  $C_{60}$  close-Packed Layer, R. Nouchi, K. Masunari, T. Ohta, Y. Kubozono, Y. Iwasa, XXth International Winterschool (Euroconference on electronic properties of Novel materials, Kirchberg(Tirol) Austria (9 Mar., 2006).

#### <2005 年>

24. "NMR study of gas-hydrate inside carbon nanotubes", K. Matsuda, T. Hibi, H. Kadowaki, Y. Maniwa, H. Kataura, S. Suzuki, Y. Achiba, The 2005 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2005), Honolulu, Hawaii, USA (Dec. 15-20, 2005).

25. "Superconductivity and Non-superconductivity in Heavily Doped Si<sub>46</sub> and Si<sub>136</sub> Network Compounds", Takeshi Rachi, Misaho Akada, Nobuya Hiroshiba, Ryotaro Kumashiro, Johannes Winter, Hans Kuzmany, Katsumi Tanigaki, International Workshop on Superconductivity in Diamond and Related Materials, Tsukuba, Japan (December, 2005).
26. "Electric Transport Properties of Doped C<sub>60</sub> Nanowhiskers", R. Kumashiro, K. Tanigaki, H. Ohashi, T. Fujiki, Y. Gao, Y. Murata, K. Komatsu, T. Akasaka, K. Miyazawa, The 2005 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, Honolulu, Hawaii, USA (Dec., 2005).
27. "Structure and Properties of La-C<sub>60</sub> fullerides", M. Akada, T. Hirai, J. Takeuchi, K. Tanigaki, The 2005 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, Honolulu, Hawaii, USA (Dec., 2005).
28. "Self-assembled monolayers modification on electrodes of organic thin-film transistors", N. Hiroshiba, R. Kumashiro, K. Tanigaki, H. Ishii, The 2005 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, Honolulu, Hawaii, USA (December, 2005).
29. N. Akima, H. Shimoda, O. Zou, Y. Iwasa, Polarized Far-infrared Spectroscopy of Single-Wall Carbon Nanotubes, 2nd Korea- Japan Symposium on Carbon Nanotube, Matsushima/Miyagi/Japan (28 November 2005).
30. H. Shimotani, T. Kanbara, T. Tsukagoshi, Y. Aoyagi, H. Kataura, Y. Iwasa, Quantum capacitance in electrochemical transistor of carbon nanotubes, 2nd Korea- Japan Symposium on Carbon Nanotube, Matsushima/Miyagi/Japan (27 November 2005).
31. T. Takenobu, T. Takahashi, T. Kanbara, K. Tsukagoshi, Y. Aoyagi, Y. Iwasa, High-performance transparent flexible transistors using carbon nanotube films, 2nd Korea- Japan Symposium on Carbon Nanotube, Matsushima/Miyagi/Japan, (27 November 2005).
32. T. Takenobu, T. Takahashi, T. Kanbara, K. Tsukagoshi, Y. Aoyagi, Y. Iwasa, High-performance transparent flexible transistors using carbon nanotube films, International Symposium on Surface Science and Nanotechnology (ISSS-4), Omiya, Saitama, Japan (16 Nov., 2005).
33. "Properties of Chemically Modified Carbon Nanotubes", Hirotaka Ohashi, Ryotaro Kumashiro, Masahiro Yamashita, Shinya Takaishi, Takeshi Akasaka, Yutaka Maeda, Takeshi Izumida, Rikizo Hatakeyama, Katsumi Tanigaki, The 2<sup>nd</sup> Korea-Japan Symposium on Carbon Nanotubes, Matsushima, Miyagi, Japan (November, 2005).
34. Y. Taguchi, Spin chirality and anomalous Hall effect in a pyrochlore molybdate, International workshop on spins and quantum transport, IFCAM, IMR, Tohoku university (Sendai) (October 14th, 2005).
35. Characterization of the resistances in C<sub>60</sub> field-effect transistors, Y. Matsuoka, E. Shikoh, A. Fujiwara, JAIST Int. Symposium on Nano Technology 2005, Ishikawa, Japan (Sep. 15, 2005).
36. Morphology of Carbon Nanotubes Synthesized by Alcohol CCVD Method, N. Inami, E. Shikoh, A. Fujiwara, JAIST Int. Symposium on Nano Technology 2005, Ishikawa, Japan (Sep. 15, 2005).
37. Temperature dependence of transport properties of CNT-FET, R. Sato, E. Shikoh, T. Takahashi, T. Takenobu, Y. Iwasa, M. Shiraishi, A. Fujiwara, JAIST Int. Symposium on Nano Technology 2005, Ishikawa, Japan (Sep. 15, 2005).
38. Fabrication and transport properties of field-effect-transistor with endohedral metallofullerene Gd@C<sub>82</sub>, M. Kawanoue, Y. Matsuoka, E. Shikoh, Y. Kubozono, A. Fujiwara, JAIST Int. Symposium on Nano Technology 2005, Ishikawa, Japan (Sep. 15, 2005).
39. Fabrication and Transport Properties of Carbon Nanotubes Field-Effect Transistor, Y. Kodama, R. Sato, E. Shikoh, A. Fujiwara, JAIST Int. Symposium on Nano Technology 2005, Ishikawa, Japan (Sep. 15, 2005).
40. Taishi Takenobu, Yuji Murayama, Masashi Shiraishi, Yoshihiro Iwasa, Carbon Nanotubes under

Electric Field: Stark Effect and Carrier Accumulation、1<sup>st</sup> Workshop On NanoTube Optics and Nanoapectroscopy (WONTON 2005)、Telluride/Colorado/USA (19 July 2005).

41. “Specific Heat Capacity and Magnetic Susceptibility of Superconducting Ba<sub>24</sub>Si<sub>100</sub>”, T. Rachi, K. Tanigaki, K. Kobayashi, H. Yoshino, K. Murata, H. Fukuoka, S. Yamanaka, H. Shimotani, T. Takenobu, Y. Iwasa, T. Sasaki, N. Kobayashi, Y. Miyazaki, K. Saito, 13th International Symposium on Intercalation Compounds, Clermont-Ferrand, France (June, 2005).

#### <2004 年>

42. Y. Matsuoka, N. Inami, E. Shikoh, A. Fujiwara, Transport properties of C<sub>60</sub> thin film FETs with several-hundreds-nanometers channel, JAIST Int. Symposium on Nano Technology 2004, Ishikawa, Japan (Sep. 9, 2004).
43. Y. Matsumoto, R. Sato, N. Inami, E. Shikoh, A. Fujiwara, Fabrication and Transport Properties of Field Effect Transistor with Carbon Nanotubes, JAIST Int. Symposium on Nano Technology 2004, Ishikawa, Japan (Sep. 9, 2004).
44. K. Miyazawa, N. Inami, M. Koyano, S. Katayama, E. Shikoh, A. Fujiwara, Direct synthesis of single walled carbon nanotubes on silicon substrates, JAIST Int. Symposium on Nano Technology 2004, Ishikawa, Japan (Sep. 9, 2004).

#### <2003 年>

45. Fabrication of Field Effect Transistor with Carbon Nano Clusters, A. Fujiwara, K. Minematsu, Y. Maida, *JAIST International Symposium on Nano Technology 2003*, Ishikawa, Japan (Sep., 2003).

#### (4) 特許出願

##### ① 国内出願 (24 件)

#### <2006 年>

1. 【発明の名称】磁性抗がん剤 【発明者】江口春樹、石川義弘、良知健、谷垣勝己 【出願番号】特願 2006-\*\*\*\*
2. 【発明の名称】電界効果半導体素子およびその作製方法 【発明者】白石誠司、大石恵、久保園芳博 【出願日】2006 年 9 月 14 日【出願番号】特願 2006-248495
3. 【発明の名称】金属内包フラーレン伝導材料及びその製造方法 【発明者】赤坂 健、若原孝次、土屋敬広、谷垣勝己、熊代良太郎、前田優 【出願番号】特願 2006-078938
4. 【発明の名称】ガス凝縮体の生成保持方法、ガス凝縮体の生成保持用煤、及びガス凝縮体の生成保持用煤の製造方法 【発明者】真庭豊、松田和之、小笠原俊介、片浦弘道 【出願人】公立大学法人首都大学東京、独立行政法人産業技術総合研究所 【出願日】2006 年 3 月 8 日 【出願番号】特願 2006-062752

#### <2005 年>

5. 【発明の名称】ガス透過性の制御方法、及びガス透過性の制御装置 【発明者】真庭豊、松田和之、鷹子貴之、坪根徳明、片浦弘道 【出願人】公立大学法人首都大学東京、独立行政法人産業技術総合研究所 【出願日】2005 年 11 月 30 日 【出願番号】特願 2005-346031
6. 【発明の名称】有機半導体装置の閾値電圧の制御方法 【発明者】小川智、小林慎一郎、岩佐義宏、西川尚男 【出願人】セイコーエプソン株式会社 【出願日】2005 年 9 月 9 日【出願番号】特願 2005-262674
7. 【発明の名称】有機半導体装置の閾値電圧の制御方法 【発明者】小林慎一郎、岩佐義宏、西川尚男【出願人】セイコーエプソン株式会社 【出願日】2005 年 9 月 9 日 【出願番号】特願 2005-262600

8. 【発明の名称】有機半導体装置の閾値電圧の制御方法【発明者】西川尚男、小林慎一郎、田口康二郎【出願人】セイコーエプソン株式会社【出願日】2005年9月8日【出願番号】特願 2005-261323
9. 【発明の名称】半導体素子の製造方法および半導体装置【発明者】西川尚男、小川智、吉本則之、小林慎一郎、岩佐義宏【出願人】セイコーエプソン株式会社【出願日】2005年3月29日【出願番号】特願 2005-94437
10. 【発明の名称】半導体素子の製造方法、半導体素子および半導体装置【発明者】西川尚男、小川智、吉本則之、小林慎一郎、岩佐義宏【出願人】セイコーエプソン株式会社【出願日】2005年3月29日【出願番号】特願 2005-94436
11. 【発明の名称】ガスハイドレード生成用炭素片、炭素片、炭素片の製造方法、ガスハイドレード生成用炭素片の使用法、炭素片の使用法、ガスセンサ、圧力センサ、及び分子ふるい【発明者】真庭豊、片浦弘道、松田和之、小笠原俊介、鈴木信三、阿知波洋次【出願人】独立行政法人産業技術総合研究所【出願日】2005年1月21日【出願番号】特願 2005-13567
12. 【発明の名称】ガスハイドレード生成用煤、煤、煤の製造方法、ガスハイドレード生成用煤の使用法、煤の使用法、ガスセンサ、圧力センサ、及び分子ふるい【発明者】真庭豊、片浦弘道、松田和之、小笠原俊介、鈴木信三、阿知波洋次【出願人】独立行政法人産業技術総合研究所【出願日】2005年1月21日【出願番号】特願 2005-13557
13. 【発明の名称】有機シラン単分子膜の製造方法、薄膜パターンの形成方法、及び有機半導体装置【発明者】西川尚男、吉本則之、小川智、岩佐義宏、小林慎一郎、竹延大志【出願人】セイコーエプソン株式会社【出願日】2005年1月11日【出願番号】特願 2005-3796

#### <2004年>

14. 【発明の名称】フラーレンを分子スケールで除去/移動する方法および分子スケールのパターン記録方法【発明者】久保園芳博、藤木聡、杉山 博行、増成 宏介【出願人】国立大学法人 岡山大学【出願日】2004年12月27日
15. 【発明の名称】ナノジェット噴出方法、及びナノジェット機構【発明者】真庭豊、片浦弘道【出願人】科学技術振興機構・産業技術総合研究所【出願日】2004年6月30日【出願番号】特願 2004-193634
16. 【発明の名称】アイスナノチューブの作製方法、アイスナノチューブ及びアイスナノチューブの使用法【発明者】真庭豊、片浦弘道【出願人】科学技術振興機構・産業技術総合研究所【出願日】2004年6月30日【出願番号】特願 2004-193518
17. 【発明の名称】有機半導体膜および有機半導体装置【発明者】西川尚男、岩佐義宏、小林慎一郎、竹延大志【出願人】セイコーエプソン株式会社【出願日】2004年3月22日【出願番号】2004-82912
18. 【発明の名称】有機半導体単結晶を用いた電界効果デバイスおよびその製造方法【発明者】竹谷純一、西川尚男、竹延大志、小林慎一郎、岩佐義宏【出願人】電力中央研究所・セイコーエプソン株式会社【出願日】2004年3月22日【出願番号】2004-82834

#### <2003年>

19. 【発明の名称】薄膜トランジスタ【発明者】竹延大志、岩佐義宏【出願人】独立行政法人科学技術振興機構【出願日】2003年11月17日【出願番号】2003-386114
20. 【発明の名称】カーボンナノチューブ複合体を用いた薄膜トランジスター【発明者】岩佐義宏、竹延大志【出願人】科学技術振興機構【出願日】2003年11月17日



21. 【発明の名称】La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> フラワーレン・酸素結合薄膜及びそれを用いた電界効果トランジスタ【発明者】小林慎一郎, 岩佐義宏, 篠原久典【出願人】独立行政法人科学技術振興機構【出願日】2003年9月17日【出願番号】2003-325271
22. 【発明の名称】フラワーレン薄膜及びそれを用いた電界効果トランジスタ【発明者】岩佐義宏, 小林慎一郎, 篠原久典【出願人】科学技術振興機構【出願日】2003年9月17日
23. 【発明の名称】有機薄膜トランジスタ及びその製造方法【発明者】西川尚男, 下田達也, 岩佐義宏, 竹延大志, 小林慎一郎, 三谷忠興【出願人】セイコーエプソン株式会社【出願日】2003年7月7日【出願番号】2003-193110
24. 【発明の名称】ナノデバイス材料及びそれを用いたナノデバイス【発明者】岩佐義宏, 竹延大志【出願人】科学技術振興機構【出願日】2003年4月8日【出願番号】2003-103643

□ 海外出願 (5件)

<2005年>

1. 【発明の名称】フラワーレンを分子スケールで除去/移動する方法および分子スケールのパターン記録方法【発明者】久保園芳博(他3名)【出願日】2005年12月27日【出願番号】PCT/JP2005/023923 (PCT 国際出願中).

<2004年>

2. 【発明の名称】Organic semiconductor film and organic semiconductor device【発明者】Nishikawa Takao; Iwasa Yoshihiro; Kobayashi Shin-Ichiro; Takenobu Taishi【出願日】2004年3月22日【出願番号】JP20040082912 (PCT 国際出願中).
3. 【発明の名称】field effect device using organic semiconductor single crystal, and method for manufacturing the same【発明者】Takeya Junichi; Nishikawa Hisao; Takenobu Hiroshi; Kobayashi Shinichiro; Iwasa Yoshihiro【出願人】Central Res. Inst. Elect.; Seiko EPSON corp【出願日】2004年3月22日【出願番号】JP20040082834 (PCT 国際出願中).

<2003年>

4. 【発明の名称】Thin Film Transistor【発明者】Takenobu Taishi; Iwasa Yoshihiro【出願人】Japan Science & Tech. Agency【出願日】2003年11月17日【出願番号】JP20030386114 (PCT 国際出願中).
5. 【発明の名称】Organic thin film transistor and fabricating method thereof for controlling threshold voltage by providing threshold voltage control layer between gate insulating layer and organic semiconductor layer【発明者】Iwasa Yoshihiro; Kobayashi Shinichiro; Mitani Tadaoki; Nishikawa Takao; Shimoda Tatsuya; Takenobu Taishi【出願人】Seiko EPSON corp【出願日】2003年7月7日【出願番号】JP20030193110 (PCT 国際出願中).

(5) 受賞等

① 受賞 (7件)

1. 応用物理学会 講演奨励賞「有機分子を用いたナノチューブFETのキャリア密度制御」:竹延大志 (2006年3月22日).
2. 本多記念会 原田研究奨励賞「機能性ナノカーボン・分子複合材料の創製」:竹延大志

(2004年7月12日).

3. 第18回日本IBM科学賞(物理分野)「ナノカーボン材料の開拓と物性機能の研究」: 岩佐義宏(2004年11月24日).
4. The Daiwa Anglo-Japanese Foundation, Daiwa Adrian Prize「Nano-Carbon Materials Science」: 岩佐義宏、竹延大志(2004年11月25日).
5. 平成16年度クロマトグラフィー科学会奨励賞 クロマトグラフィー科学会,「キャピラリー電気泳動法による水溶液内平衡反応解析と高機能分離分析」: 高柳 俊夫(2004年11月).
6. 金属研究助成会 第12回金属材料科学助成賞: 岩佐義宏(2002年10月31日).
7. 本多記念会 本多記念研究奨励賞: 田口康二郎(2003年5月9日).

## ② 新聞報道 (30件)

### <2004年>

1. 読売新聞, 他8紙: カーボンナノチューブ 室温27度で氷ができる! (2004年12月21日).
2. 日刊工業新聞: 日本IBM科学賞決定 岩佐東北大学教授ら5人(2004年12月21日).
3. 朝日新聞, 他3紙: 自己組織化単分子膜による有機FETの機能向上
4. Materials Today 誌, JST基礎研究最前線など: 自己組織化単分子膜による有機FETの機能向上 解説、紹介記事(2004年4月5日).
5. 日刊工業新聞: ナノテクノロジー デバイス応用進むCNT(2004年1月30日).

### <2003年>

6. 日刊工業新聞, 日経ナノテクノロジー: シリコンクラスレートの超伝導機構を解明(2003年9月15日).
7. 毎日新聞, 他9紙: ナノチューブと有機分子の複合新素材を開発(2003年9月8-19日).

### <2002年>

8. 朝日新聞, 日刊工業新聞: アイスナノチューブの発見について(2002年9月23日).

## ③ その他 (11件)

### <2005年>

1. EExpress(イー・イクスプレス): 東北大学 フレキシブル透明CNTトランジスタを開発 フレキシブル性、透明性も良好で有機トランジスタを追撃 分散液中のメタルリッチCNTを完全に除去できれば特性も向上(2005年12月1日号).
2. 日経ナノビジネス: STMでC<sub>60</sub>1個を自在に操作する技術を開発(2005年9月14日)
3. 日経ナノテクノロジー PDFplus:「アイスナノチューブ」の驚き(2005年2月14日)
4. 日経ナノテクノロジー PDFplus: 電中研, 東北大が開発した有機/無機電界効果トランジスタ, 広範な応用に期待(2005年2月14日)
5. NIKKEI MICRODEVICE: ノズル径1nmの“インクジェット”カーボンナノチューブで原理を実証, p5(2005年2月)

### <2003 年>

- 6 日経エレクトロニクス オンライン:有機分子を内包させてカーボン・ナノチューブの電気伝導性を制御する技術, ソニーなどが開発 (2005 年 9 月 9 日).

### <2002 年>

- 7 TV 放映:フジテレビ「とくダネ」(2002 年 9 月 23 日朝)
- 8 ニュートン(株ニュートンプレス):「ナノテク・フロンティア」連載 取材協力 (2005 年 5 月号～8 月号)
- 8.1 「ナノ空間では、水は氷にならない」(5 月号)
  - 8.2 「1ナノの氷のチューブの観測に成功」(6 月号)
  - 8.3 「微小空間では室温で氷ができる」(7 月号)
  - 8.4 「微小空間に閉じ込められた水」(8 月号)

### (6)その他特記事項

なし

G. 7 研究期間中の主な活動

(1)ワークショップ・シンポジウム等

年月日	名称	場所	参加人数	概要
2006年 10月20-21日	金研ワークショップ	東北大 金研	60	チームの成果報告と外部との交流。(国際会議)
2006年8月30 日-9月1日	第8回フラーレン若手の会	石川県 能美市	32	フラーレン研究の次代を担う若手研究者間の研究交流
2006年 8月8日	チーム内ミーティング	東北大 金研	8	終了に向けた意見交換
2005年 12月30日	チーム内ミーティング	東北大 金研	8	領域会議の結果報告と最終方針に関する意見交換
2005年 11月7-8日	分子研研究会 金属内包フラーレンの新展開—基礎と応用	自然科学 研究機構 分子科学 研究所	60	金属内包フラーレンを中心にフラーレンの物理・化学ならびにデバイス応用を議論した。(国際会議)
2005年 8月24日	チーム内ミーティング(統括参加)	東北大 金研	15	統括への報告
2005年 4月15日	チーム内ミーティング	東北大 金研	10	最新データ提供と方針に関する意見交換
2005年 1月9日	チーム内ミーティング	愛知県 南知多町	5	最新データ提供と方針に関する意見交換
2004年 8月3-5日	公開チームミーティング	宮城県 鳴子町	20	チームの成果報告と外部との交流
2004年 1月7日	チーム内ミーティング	岡崎市 分子研	5	最新データ提供と意見交換
2003年 11月15日	チーム内ミーティング(統括参加)	東北大 金研	13	統括への報告
2003年 11月13-14日	金研ワークショップ	東北大 金研	60	チームの成果報告と外部との交流。(国際会議)
2003年 9月24日	チーム内ミーティング	岡山県 岡山市	10	最新データ提供と意見交換
2003年 7月26-27日	チーム内ミーティング	神戸市 六甲荘	13	最新データ提供と意見交換
2002年 3月27日	チーム内ミーティング(技術参事参加)	東北大 金研	13	最新データ提供と意見交換
2002年 12月21日	チーム内ミーティング	東北大 金研	10	最新データ提供と意見交換
2002年 7月31日	チーム内ミーティング(統括参加)	東北大 金研	13	統括への報告
2002年 7月20日	チーム内ミーティング	東北大 金研	10	最新データ提供と意見交換
2002年 5月9日	チーム内ミーティング	東北大 金研	10	最新データ提供と意見交換
2002年 1月11日	チーム内ミーティング	岡崎市 分子研	8	最新データ提供と意見交換

## 8 結び

本プロジェクトは、「ナノクラスターの配列・配向制御」という非常に広いコンセプトを、平面上とナノ空間に適用することで、有機FETとカーボンナノチューブの機能化を図り、デバイス・材料物理の基盤を構築するという構想のもとに行われた。本チームは、梶村統括の指導により基礎物性に徹する戦略をとり、2つの分野を進展させる重要で意義ある成果をあげ、国内外にその存在感を示すことができた。

まず、有機FETについて言えば、本プロジェクトが行われた2001–2006年は、有機FETの物理的理解が急激に進展した時期に当たり、本チームはその流れをリードする重要な役割を担うことができた。本プロジェクトが開始された2001年当時には、分野の新参者であった本チームが、このプロジェクトを遂行できたことが、かえって当該分野の発展に大きく貢献できた理由であろうと考えている。

一方、ナノチューブの分野における2001–2006年は光物性と材料科学が大きく進展した時期に当たるとみなされる。2001年当時は、ナノチューブ内に内包される分子としては、ほとんどフラーレンしか知られていなかったが、われわれの成果によって、気体分子や有機分子など様々な分子が導入できることが明らかになった。このコンセプトはさらに広がりつつある。このような材料の基礎とそのデバイス応用という意味で、ナノチューブ分野への貢献においても重要な役割を担えたと考えている。

本チームは、全国に散らばる5名の分担者全員をそろえたチーム内ミーティングを、主に東北大金研にて、計16回行い、非常に頻繁に情報交換と討論・ブレインストーミングを繰り返した。これが、プロジェクト全体の方向性を選択する上で決定的な役割を果たすとともに、スペクトルの広いメンバー間のチームワークを醸成した。また、チーム内でカバーできない研究は、外部との共同研究も奨励し、多彩な成果を数多くあげることができた。それも、本チーム内で立ち上げてきた技術やアイデアがあればこそである。このような形で、レベルが高く、タイムリーな研究を行うことができたとして自己評価している。

とはいえ、本プロジェクトの成果は非常に未熟であり、まだ3段とびのホップの状態にある。その理由は、主に分野自体が未熟なせいであるが、チームも本研究分野に参入してから5年経ったばかりである。これから、本格的な研究の発展に向けて個々のメンバーが動き出したところである。新プロジェクトをすでに動かし始めたもの、虎視眈々と次の展開を画策しているもの様々であるが、本CRESTの成果が、これら新しい動きの基盤になることは疑いない。



2004年8月公開チームミーティング(鳴子)