

戦略的創造研究推進事業  
ナノテクノロジー分野別バーチャルラボ

研究領域「エネルギーの高度利用に向けたナノ構造材料・システムの創製」  
研究課題「高次規則配列複合構造体を用いたエネルギー変換デバイスの創製」

研究終了報告書

研究期間 平成14年11月～平成20年3月

研究代表者：金村聖志  
(首都大学東京大学院  
都市環境科学研究科、教授)

## 1 研究実施の概要

### 【研究構想】

リチウム二次電池、燃料電池、キャパシタに代表される電気化学エネルギー変換デバイスをより高度に集積化されたデバイスとして使用するには、それらの全固体化が必要であり、そのための要素材料の開発が必須である。電解液を用いたリチウム二次電池、燃料電池、キャパシタでは、実際に電極反応が生じる界面が液の流動性のために自己形成的に創出されるが、全固体系の場合、電解質も固体であり、電気化学反応が生じる反応界面は自然には生成されず、ほとんどの場合「点」接触となり、十分な反応界面が得られない。このことが、全固体型電気化学エネルギー変換デバイスの実用性を低下させている。この問題を解決し、電気化学エネルギー変換デバイスの新たなる時代を築いていくには、何らかの新規材料創製・構築手法が求められる。そこで、本研究においては、ナノ領域からマイクロ領域に及び材料の構造、形状、物性に関する制御を行うことで反応界面の増大を図り、固体内部のイオンと電子の流れを高次規則構造複合体により制御・構築することで、リチウム二次電池、燃料電池あるいはキャパシタのエネルギー変換効率、耐久性、安全性、エネルギー密度、出力密度、電池設計の自由度を向上させることを目標とした。電気化学エネルギー変換デバイスを全固体系で創製することで、新しい市場を開拓し未来社会への貢献を目指し研究を推進した。

### 【研究の実施と研究成果】

電気化学エネルギー変換デバイス（リチウム二次電池、燃料電池、キャパシタ）を全固体化する上で、解決すべき課題となるのは電極と電解質からなる反応界面である。電極、電解質ともに固体であるため、この固体/固体界面をいかに設計・制御するかが重要である。本研究では、このような制御を具現化させる方法としてテンプレート法（鋳型法）を用いた。テンプレート技術を用いて、高規則配列したナノおよびマイクロサイズの孔を有する材料を創製し、さらにその多孔体内部に異なる（必要とされる）機能を有する物質を充填・複合化することにより電気化学反応界面の増大を図った。また、多孔体内部に充填する材料の開発、および充填プロセスについて検討を行い、全固体系の電気化学エネルギー変換デバイス作製に必要とされる要素技術を確認してきた。

上記の材料設計概念に基づき、セラミックス系材料、ポリマー系材料、金属系材料、炭素系材料について電気化学エネルギー変換デバイスへの応用を目標として研究開発を行った。その結果、ナノおよびマイクロのレベルで構造制御された新規材料の開発に成功した。また、これらの多孔材料と充填材料を複合化することにより、全固体型リチウム二次電池の電極システム、キャパシタ電極システム、燃料電池用の電解質膜の作製を行い、興味深い結果を得た。本研究で開発された高次規則配列多孔体および複合構造体は、既存の電極や電解質膜の性能を凌駕する特性を有するため、既存のリチウム二次電池、燃料電池、キャパシタ、ソフトアクチュエータなどのデバイスの開発に応用することも行った。いくつかのデバイスに関しては実用化を目指した取り組みを開始している。以下に5年間の具体的な研究成果について述べる。

### “三次元規則配列多孔性固体電解質を用いた全固体リチウム二次電池の開発”（金村グループ）

リチウムイオン伝導性セラミックス（固体電解質）の三次元多孔体を作製し、この多孔性電解質内部に電極活物質（正極あるいは負極材料）を充填することにより、三次元規則配列複合構造を有する全固体リチウム二次電池の開発を行った。テンプレート法（鋳型法）を用いてリチウムイオン伝導性固体電解質（ $\text{Li}_{0.35}\text{La}_{0.55}\text{TiO}_3$ ）の三次元規則配列多孔体を作製する方法を確立した。得られた多孔性固体電解質の $\text{Li}^+$ イオン伝導率は室温で $1 \times 10^{-4} \text{ S cm}^{-1}$ 以上であり、実用電池用電解質として利用可能であることが分かった。この三次元多孔性固体電解質中に電極活物質（正極： $\text{LiCoO}_2$ または $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ 、負極材料： $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ ）をゾル-

ゲル法あるいは溶媒置換法により充填し、三次元規則配列複合構造体を作製した。得られた複合電極がリチウム電池用電極として機能することを明らかにした。電極の作製プロセスは目標とした数値をすべて満足するものであり、セラミックス電解質とセラミックスの活物質を三次元で規則的に配合する手法を確立したと言える。

$\text{LiMn}_2\text{O}_4$  と  $\text{Li}_{0.35}\text{La}_{0.55}\text{TiO}_3$  からなる全固体複合電極と金属リチウムを、ドライポリマー電解質を用いて接合することにより“全固体型リチウム二次電池”を作製し、充放電試験を行ったところ  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  の重量あたりで  $85 \text{ mA h g}^{-1}$  の放電容量を得ることができた。今後、電極の三次元化を行うことで電池出力の改善が期待され、小型の全固体型リチウム電池の実現を視野に入れることができた。この結果を基に、全セラミックス電池に関する実用化研究を企業との共同研究の形で開始することができた。本電池系の開発は、現在問題となっている電池の安全性に大きく資するものであり社会に与えたインパクトは大きい。

### “焼結式多孔性電極の作製とポリマー電解質を用いた全固体型リチウム二次電池の開発” (金村グループ)

リチウム二次電池用負極材料  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  の  $0.3 \mu\text{m}$  程度の微小球状粒子および正極材料  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  の  $3 \mu\text{m}$  程度の球状粒子の合成法を確立した。これらの  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  球状粒子および  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  球状粒子を金属基板上に堆積させ、熱処理を施すことにより電子伝導パスを形成させ、焼結式多孔性電極を作製した。焼結式多孔性電極の内部にポリマー電解質（可塑剤を含まないドライポリマー）を充填することによりイオン伝導パスを形成し、全固体型複合電極を作製した。これらの複合電極の電気化学特性の評価したところ、室温で作動可能であり、 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  負極はポリマー電解質中で充放電容量  $140 \text{ mA h g}^{-1}$  を示し、理論容量の 80% 程度を達成した。また、多孔性  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  正極は  $110 \text{ mA h g}^{-1}$  を示し、理論容量の 75% 程度を達成した。このように、全固体電池の特性を向上させるためには、電子伝導パスとイオン伝導パスをマイクロレベルで制御することが重要であることを、本研究を通じて明らかにすることができた。

これらの成果を基に、ポリマー電解質を用いた全固体型リチウム電池に関して、企業と共同で実用化研究を実施し、事業化に向けた研究開発に移行しつつある。

### “リチウム二次電池用リチウムイオン伝導性イオン液体、イオンゲルの開発” (渡邊グループ)

新規高分子電解質としてイオンゲル電解質を開発した。イオンゲル電解質はイオン液体と高分子を複合化することにより固体化された新規材料である。イオンゲルの電解質としての特性や性能の向上にはイオン液体の基礎研究が必要であり、新規リチウムイオン液体の研究開発を行い、室温で液体のリチウム塩(すなわちリチウムイオン液体)を創製することに成功した。このリチウムイオン液体は高い電気化学的安定性に加えて自己解離性を有し、リチウムを用いた二次電池の電解質として機能することを確認した。さらに、リチウムイオン液体中でエーテル系マクロモノマーをラジカル重合することにより、固体薄膜化することに成功した。このリチウムイオンゲルは、イオン液体そのものよりも高い、室温で  $10^{-4} \text{ S cm}^{-1}$  程度のイオン伝導性を与えることを見出した。

また、グライム -  $\text{LiTFSI}$  等比錯体が、高温においても揮発しにくいイオン液体的な挙動を示すことを見出した。これはグライム中のエーテル配位子がすべてリチウムイオンに配位し、溶融錯体中のカチオンはすべてこの配位を受けた状態で存在することを明らかにした。グライム -  $\text{LiTFSI}$  等比錯体を電解質として用いてリチウム電池を構成した場合に良好な充放電特性を示すことを確認した。

これらの研究によりイオン液体のリチウム電池における重要性を社会に向け発信することができた。その結果、多くの研究者によりイオン液体に関する研究が行われるようになった。

### “ リチウム二次電池用多孔性合金負極の開発 ”

合金材料を負極とした Li イオン二次電池は、現行の炭素材料と比較して理論容量が高いものの、充放電時の体積変化が激しいことから実用化に至っていない。本研究では、リチウム二次電池負極材料として新たに Ni-Sn 合金を提案し、従来材料の炭素 ( $372 \text{ mAh g}^{-1}$ ) を上回る  $560 \text{ mAh g}^{-1}$  の容量を有することを示すとともに、Sn 材料の欠点である充放電に伴う電極破壊を Ni との合金化により抑制できることを示した。

また、Ni-Sn や Sn に三次元規則配列マクロポーラス構造 (金村グループ) やメソポーラス構造 (門間グループ) を導入することにより、多孔構造が充放電に伴う合金の体積変化を緩和するのに有効であることを見出した。さらに、ナノインプリントと電解エッチングの手法を用いることにより、高密度高規則ナノポーラス構造を有するシリコンをリチウム二次電池の負極材料として開発した (益田グループ)。その結果、50 サイクルの充放電実施後も細孔配列が維持され、高い理論容量をもつシリコン負極の実用上の障壁である構造の崩壊と、崩壊に伴う容量の低下が抑えられることがわかった。以上より、電極材料の多孔構造を最適化することにより合金系負極の長寿命化が可能になると考えられる。本研究は、ナノおよびマイクロレベルでの構造化が一体化したものであり、材料創製の指針となる一例である。

### “ 三次元規則配列複合構造を有する燃料電池用プロトン伝導性コンポジット膜の作製 ” (金村グループ)

燃料電池の特性及び安定性の向上を目的として、三次元的に規則配列した孔を有するシリカ及びポリイミドの多孔質膜を作製し、その孔内にプロトン伝導性の電解質を充填したコンポジット膜について検討した。多孔質膜により機械的強度と化学的安定性が付与されるため、作製されたコンポジット膜は導入する電解質にかかわらず優れた形態安定性を示す。本研究では特にダイレクトメタノール形燃料電池 (DMFC) の特性向上を目的に、メタノール透過性を抑えた電解質膜の開発を行った。三次元的に規則配列した孔を有するシリカ多孔質膜の孔内にプロトン伝導性のポリマー電解質を導入したコンポジット膜について検討を進め、充填状態を制御することで、Nafion®膜程度のプロトン伝導性 ( $2.3 \times 10^{-2} \text{ S cm}^{-1}$ ) を有し、且つメタノール透過性が 1/200 以下のコンポジット膜の開発に成功した。プロトン伝導性とメタノール透過性から求められる膜性能は Nafion®膜の 137 倍となり、DMFC 用電解質膜として十分な性能を有する電解質膜を開発した。得られたコンポジット電解質上に触媒層を形成して DMFC 発電試験を行い、発電が可能であることを実証した。現時点では、出力密度が  $25 \text{ mW cm}^{-2}$  程度であり十分とはいえないが、触媒層形成技術を向上させることで、発電特性が大幅に改善されることが今後期待される。

### “ 燃料電池用プロトン伝導性イオン液体、イオンゲルの開発 ” (渡邊グループ、金村グループ)

超強プロトン酸である HTFSI と種々の有機アミンとを混合することで、プロトン酸 - 塩基中和反応によりイオン液体が形成されることを確認した。ここで、アミン過剰の濃度域においてプロトン化されたアミンや TFSI アニオンの拡散 (Vehicle Mechanism) のみならず、アミン分子間での迅速なプロトン交換 (Grotthuss Mechanism) も発現することから、100 以上の温度域で  $10^{-2} \sim 10^{-1} \text{ S cm}^{-1}$  のプロトン伝導性を示すことを明らかにした。本系は白金電極上での水素と酸素の酸化あるいは還元に対して活性を有しており、無加湿中温領域で  $\text{H}_2/\text{O}_2$  燃料電池としての発電特性を示すことを世界で初めて見出した。さらに、プロトン伝導性イオン液体を多孔性ポリフッ化ビニリデン膜や  $\text{SiO}_2$  多孔体に含浸させた固体薄膜は、無加湿 130 °C で燃料電池として作動可能であることを実証した。

### “ メソポーラス金属電極の開発とマイクロ DMFC への適用 ” (門間グループ)

電気化学的エネルギー変換デバイス用新規電極材として、大きな反応場面積と集電構造を併せ持つメソポーラス金属電極の合成手法を開発した。本検討では、従来にない極めて

高い規則性を持つメソ構造金属体を実現した。また、金属種を変えることによるさまざまな金属由来の特徴ある表面・界面をもつ高い電極材料の開発を可能とした。さらに、合成されたメソポーラス金属構造・形状の基礎的評価より、金属ナノ粒子成長メカニズムに関する知見を得た。

新たな構造を有する平面構造型マイクロ DMFC のシリコン基板への形成プロセスを、MEMS 技術を応用することにより開発し、DMFC 作動を確認した。さらにメソポーラス構造を微小チャンネル内触媒 Pt および Pt-Ru に導入した。この成果は今後  $\mu$ -TAS やマイクロセンサ等への応用も期待できる。

#### “ AI 電解コンデンサ用電極箔のトンネルピット制御と高容量化の達成 ”(益田グループ)

重要なエネルギーデバイスのひとつである AI 電解コンデンサの電気容量の増大を目的とし、AI 規則配列多孔体の作製手法に関し検討を行った。AI 電解コンデンサ用電極箔は、容量の増大を目的としてエッチングによる面積拡大処理が施されるが、最大の面積拡大効果を実現するためには、等間隔でトンネル状ピットを形成することが必要とされる。本研究では、規則配列した開孔を有するマスクを AI 箔表面に設置し、マスク開孔位置でのみ選択的にピッチングを開始させることで、理想的なピット配列の形成を試みた。その結果、ポリクロロプレンの薄膜をマスクとし、高濃度の塩酸水溶液中で電解エッチングを行うことにより、エッチング開始位置の制御が可能となり、2 ミクロン周期の高規則ピット配列を得ることができた。更に、電解エッチングに先立ち微量の Cu を表面に析出することにより、マスク開口部で発生したピットが均一に深さ方向に成長することが見出された。現在のところ、得られる面積の課題が残されているものの、理想容量を達成する幾何学形状を有する AI トンネルピット配列の形成が可能となった。

#### “ 逆オパール構造を有する多孔性カーボンの開発とキャパシタへの応用 ”(渡邊グループ)

シリカコロイド結晶を鋳型として用いることにより、逆オパール構造を有する多孔性カーボンの作製に成功した。この逆オパール炭素にリチウムイオンの可逆的な吸蔵が可能であることを明らかにした。有機電解液中で充放電試験を行った結果、逆オパール炭素は市販ハードカーボン電極に比べて、倍以上の容量 ( $> 1000 \text{ mA h g}^{-1}$ ) を示すことが明らかになり、しかもその容量は逆オパール炭素の表面積に対して比例することを見出した。これは逆オパール炭素内部へリチウムイオンが吸蔵することに加え、炭素表面にリチウムイオンが吸着したことを示唆しており、この効果がより支配的であるものと考えられる。このように、逆オパール炭素はリチウムイオンキャパシタの負極材料として有望であることを明らかにした。

また、逆オパール炭素とイオンゲルと複合化して電気二重層キャパシタ材料として評価を行った結果、従来の有機電解液を用いた場合よりもキャパシタ容量が増大することが明らかとなり、今後のさらに大きな展開が期待される。

#### “ 低電圧大気下駆動型イオンゲルアクチュエータに関する研究 ”(渡邊グループ)

イオン液体を相溶した高分子であるイオンゲルを用いて、大気下で  $\pm 1.5 \text{ V}$  という従来にない低電圧で駆動可能な、電気エネルギーを力学エネルギーに変換するアクチュエータを実現した。このアクチュエータは高分子中に相溶しているイオン性液体が揮発しないため大気下でも乾燥せず、安定に  $\pm 1.5 \text{ V}$  という低電圧で駆動できる。これらの特徴はアクチュエータとして極めて大きなメリットとなる。また、イオン液体を構成するイオンのサイズに関わらず、全て陽極方向に変位する現象を見出した。これは、炭素電極 / 電解質界面に形成される電気二重層容量が常にカチオン分極の場合の方が大きいことに起因していると考えられる。

#### 【研究成果の意義】

5 年間の研究を通じて、本研究課題の基本的な考え方である電気化学エネルギー変換材料の

ナノ構造制御とナノ複合化の重要性を実践的に示すことができた。本研究により、セラミックス系材料、ポリマー系材料、金属系材料、炭素系材料など様々な材料の高次規則配列多孔体作製技術を確立することができた。本研究で確立した様々な多孔材料の作製プロセスは電池分野に限らず広く応用が可能な技術であり、今後の展開が期待される。

また、規則配列多孔体の内部に異なる（必要とされる）機能を有する物質を充填・複合化することにより、様々な高次規則配列複合構造体を作製した。多孔体に充填する物質として、セラミックス微小粒子やポリマー電解質、イオン液体、イオンゲルなどの新規材料を開発し、これらの材料の物性について基礎研究も推進した。その結果、科学的にも重要な成果をいくつか残すことができたものと考えている。

さらに、本研究で開発された高次規則配列複合構造体を用いて、全固体型リチウム二次電池、燃料電池、キャパシタ、ソフトアクチュエータなどの電気化学エネルギー変換デバイスの開発を行い、原理の検証を行った。これにより、これまでには考えられなかった新規電気化学デバイスの構築が可能となりつつある。研究成果の発表については、金村チーム全体で5年間で発表論文（査読つき）125報、特許出願10件であり、電池、燃料電池、キャパシタの各分野で存在感を十分に示すことができた。また、本研究を通じて、電気化学エネルギー変換材料のナノ・マイクロ構造制御の重要性を明確に示した点で社会的な意義は大きいものと考えられる。

## 2 研究構想及び実施体制

### (1) 研究構想

#### 【研究開始時に設定した目標】

燃料電池、リチウム電池、キャパシタに代表される電気化学エネルギー変換デバイスをより高度に集積化して使用するには、それらの全固体化が必要であり、そのための要素材料の開発が必須である。電解液を用いた燃料電池、リチウム電池、キャパシタでは、実際に電極反応が生じる界面が液の流動性のために自動的に形成されるが、全固体系の場合、電解質も固体であり、電気化学反応が生じる反応界面は自動的に生成されず、ほとんどの場合「点」接触となり、十分な反応界面が得られない。このことが、全固体型の電気化学エネルギー変換デバイスの実用性を低下させている。この問題を解決し、電気化学エネルギー変換デバイスの新たな時代を築いていくには、何らかの新規材料創製・構築手法が求められる。そこで、本研究においては、ナノ領域からマイクロ領域に及ぶ材料の構造、形状、物性に関する制御を行うことで、反応界面の増大を目指して研究を行い、リチウム電池、燃料電池あるいはキャパシタのエネルギー変換効率、耐久性、安全性、エネルギー密度、出力密度、電池設計の自由度を向上させることを目標とした。電気化学エネルギー変換デバイス(リチウム二次電池、燃料電池、キャパシタ)を全固体系で創製することで、新しい市場を開拓し未来社会への貢献を目指し研究を推進した。

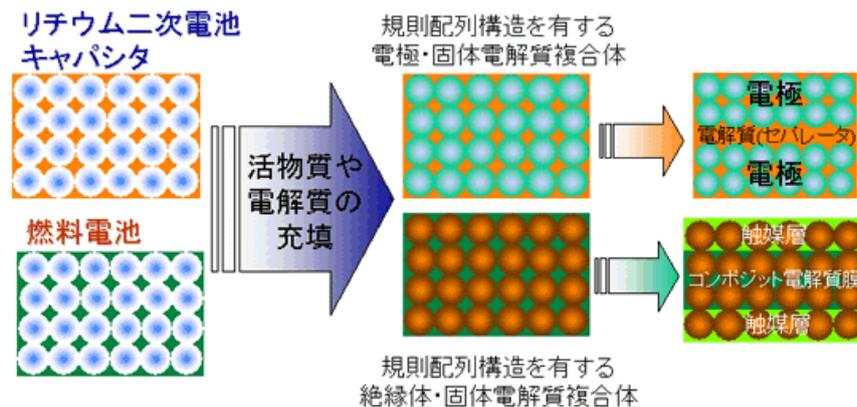


図1 研究開発の構想図

このような制御を現実させる方法としてテンプレート法（鋳型法）を用いた研究を行う計画を立案した。テンプレート技術を用いて、高規則配列したナノおよびマイクロサイズの孔を有する材料を創製し、さらにその孔に異なる性質を有する物質を充填し、規則配列構造によりコンポジット化された複合体を作製した。もちろん本研究のターゲットは燃料電池、リチウム電池、キャパシタに代表される電気化学反応を用いたエネルギー変換デバイスであるので、用いる二つの材料の一方は固体電解質であり、もう一方は活物質（電気化学反応により実際に酸化・還元を行う物質）である。このようなプロセスを開発することにより、電気化学反応に必要な不可欠な電極/電解質界面を全固体型で構築するための基本技術（要素技術）の開発を行った。すなわち、イオンの流れと電子の流れを、高次規則構造複合体を用いて制御・構築し、これまでに成し遂げることのできなかった全固体電気化学デバイス用三次元マトリクス創製を目指した。

テンプレート技術としては、ポリスチレンあるいはシリカなどの単分散（粒径の均一な）球状粒子を最密充填状態で並べた規則構造体を利用した多孔体技術に関する研究を実施した。また、アルミニウムの陽極酸化により得られる二次元の規則配列多孔体を利用する技術についても検討を行った。マトリクスとなる二次元と三次元多孔体の開発とともに、重要となるのが多孔体の孔に充填する物質である。本研究では、高分子、セラミックスな

どの固体材料を孔に装填するが、そのための高分子溶液、ゾル、コロイド分散溶液などの合成と、孔に充填するための最適化を行った。このような研究を遂行することで、リチウム二次電池、キャパシタ、燃料電池の電極/電解質界面に対する新規設計概念の創出を目指した。また、この設計概念を現実的なデバイスに応用することも念頭に置いて研究を進めてきた。

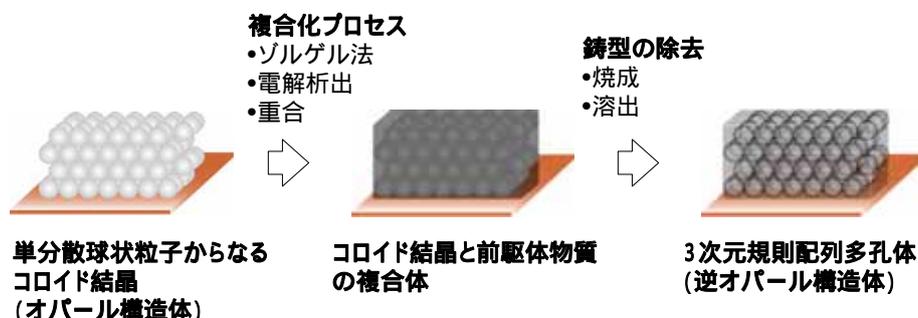


図2 コロイド結晶鑄型法による3次元規則配列多孔体の作製プロセス

#### 【5年間の研究計画の概要】

多孔体の作製とその多孔体への物質の充填という単純なプロセスを用いて、電極活物質と固体電解質の界面を三次元化し、これまで全固体型電気化学エネルギー変換デバイスにおいて問題となっていた「点」接触による反応界面を「面」接触の反応界面とすることにより全固体型電気化学エネルギー変換デバイスを構築するために下記の項目について5年間の研究計画を立案し、実施した。

#### 研究項目：

二次元および三次元多孔体の作製

多孔体に装填するモノマー、ゾル、ゲルあるいはコロイド（全く新しい概念により作製されたイオンゲルおよび無機固体電解質、正極、負極用セラミックス）の開発

規則配列複合構造体を用いたキャパシタ、リチウム二次電池、燃料電池作製のためのアセンブル技術の開発

#### 具体的な内容：

研究項目 においては、多孔体の大面積化、高強度化、高フレキシビリティ化などの因子を制御しうる高次規則配列多孔体形成技術の確立を行った。ここでは、単分散球状粒子の規則配列構造を利用した鑄型法を用い多孔体を調製する方法とマスクを用いたアルミニウムの電気化学トンネルエッチング技法を用いた多孔体調製法について検討を行った。

研究項目 においては、多孔体中に装填するモノマー、ゾル、ゲルあるいはコロイド粒子の化学的および物理化学的物性、構造体の隙間あるいは構造体中の孔への挿入方法と反応（重合反応、ゲル化反応、粒子の融着）について検討した。セラミックス系装填剤としてポリビニルピロリドン(PVP)を用いた新規ゾルを中心に研究した。また、燃料電池用新規電解質としてプロトン伝導性高分子やイオン性液体について研究した。

研究項目 においては、研究項目 あるいは研究項目 によって得られた技術を用いてリチウム二次電池、キャパシタ、燃料電池用多孔体の創製と実際のデバイス化用アセンブル技術について検討した。イオン伝導性/混合導電性複合体電極、イオン伝導性/電子伝導性複合電極、絶縁性/イオン伝導性コンポジット電解質などの高次規則配列複合構造体の作製を行うとともに、これらを一体化し実際のデバイスとする技術について検討した。この際、固体材料間の接合が大きな問題であり、界面形成剤（接着剤）の開発についても

検討を行った。

研究対象となる具体的な電気化学エネルギー変換システム：セラミックスとゲルを基本材料として、上記の ~ までの研究に取り組み、全固体電気化学エネルギー変換デバイスの構築を目標とした。

電極の種類	高次規則配列多孔体マトリクス	マトリクス内に装填する材料
リチウム二次電池の正極あるいは負極	リチウムイオン伝導性無機系固体電解質あるいはゲルおよびイオンゲル電解質	正極活物質 負極活物質
燃料電池用電極	絶縁性セラミックスあるいは高分子	プロトン伝導性無機系固体電解質あるいはゲルおよびイオンゲル電解質
キャパシタ用電極	Al 規則配列トンネル構造体	イオン伝導性無機系固体電解質あるいはゲルおよびイオンゲル電解質

#### 研究の主なスケジュール

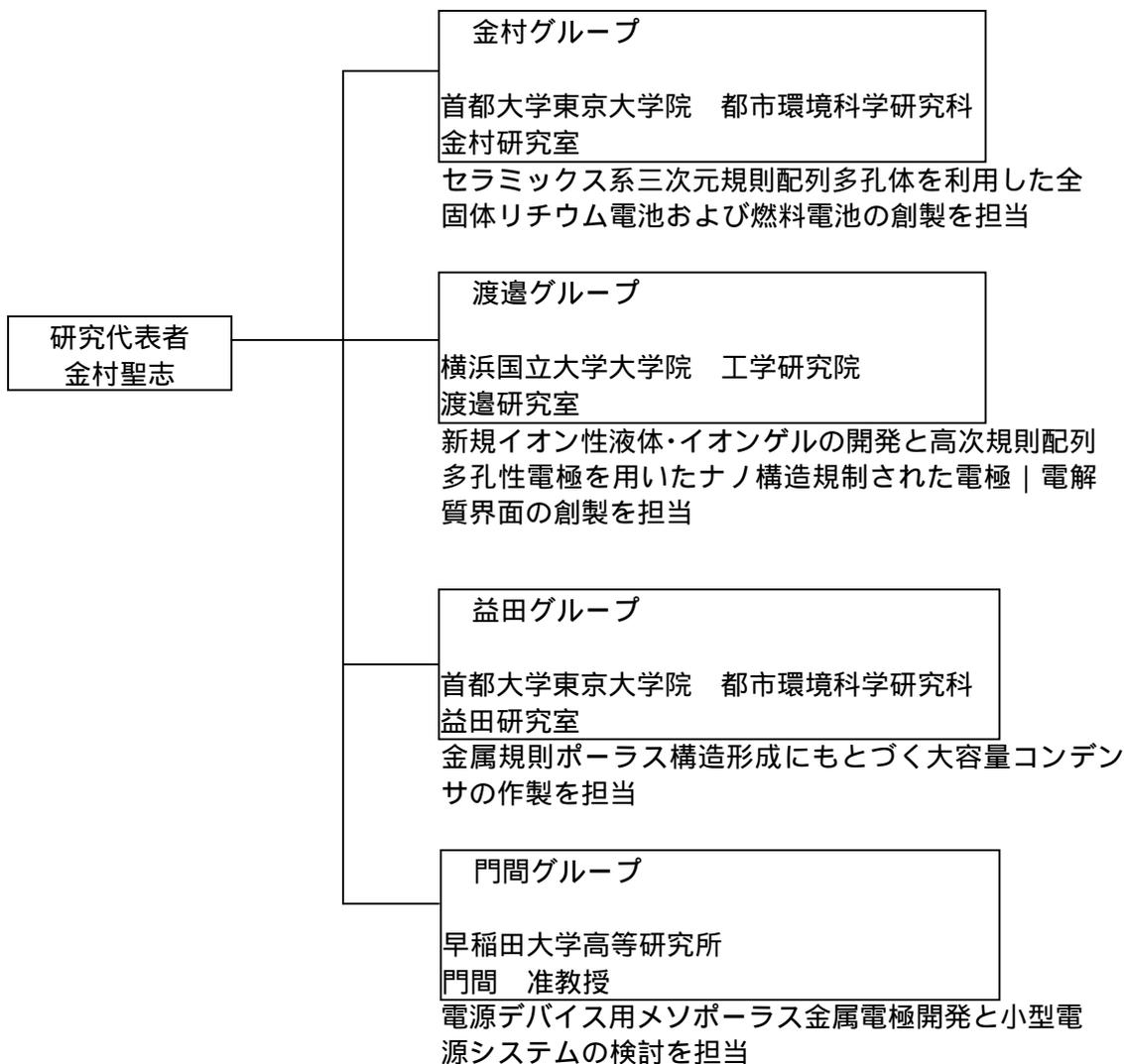
項目	平成 14 年度(5ヶ月)	平成 15 年度	平成 16 年度	平成 17 年度	平成 18 年度	平成 19 年度(7ヶ月)
設備の整備	←→					
多孔体の作製技術向上	←→					
充填剤の調製と評価	←→					
電極作製			←→			
電極特性の評価			←→			
電池作製技術の開発				←→		
電池特性の評価					←→	
まとめ						←→

#### 【研究の展開により新しく生まれた目標】

研究方針に特に変更はなかったが、当初計画では想定していなかった新たな展開が各研究グループでいくつか見られ、以下の項目についても研究を遂行した。

- [1] 3次元規則配列多孔構造を有する Ni-Sn リチウム二次電池用合金負極の開発
- [2] 逆オパール構造を有する炭素材料の開発とキャパシタへの応用
- [3] 高規則性ナノポーラス Si 電極の作製と Li 二次電池高容量負極への応用
- [4] ゼル - ゲル法を用いたマイクロリチウム二次電池の開発
- [5] 陽極酸化ポーラスアルミナを出発構造とした二次元規則配列構造を有するポーラスポリマー膜の作製と燃料電池用電解質支持体への応用
- [6] 超小型燃料電池 ( $\mu$ -DMFC) の作製と高性能化
- [7] 低電圧大気下駆動型イオンゲルアクチュエータに関する研究

(2)実施体制



### 3 研究実施内容及び成果

#### 3.1 セラミックス系三次元規則配列多孔体を利用した全固体リチウム電池および燃料電池の創製（首都大学東京 金村グループ）

##### (1) 研究実施内容及び成果

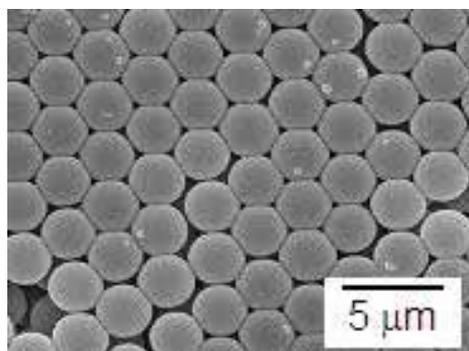
金村グループでは、三次元規則配列複合構造を利用することにより、全固体リチウム電池や燃料電池などの電気化学エネルギー変換デバイスをターゲットとして研究を進めた。三次元規則配列複合構造を具現化する方法として、テンプレート法（鋳型法）を用いた研究を行った。テンプレート技術を用いて、高規則配列したナノおよびマイクロサイズの孔を有する材料を創製し、さらにその孔に異なる性質を有する物質を充填し、規則配列構造によりコンポジット化された複合体を作製した。もちろん本研究のターゲットはリチウム電池、燃料電池、キャパシタに代表される電気化学エネルギー変換デバイスであるので、用いる二つの材料の一方は固体電解質であり、もう一方は活物質（電気化学反応により実際に酸化・還元を行う物質）である。このような複合化プロセスを開発することにより、電気化学反応に必要な電極/電解質界面を全固体型で構築するための基本技術（要素技術）を確立し、全固体リチウム電池および燃料電池などの電気化学デバイスの試作およびその性能評価までを実施した。概ね当初計画していたとおりのスケジュールで研究が進展したと考えている。具体的には以下の項目について研究を実施した。

- [1] 三次元規則配列多孔構造を有するリチウムイオン伝導性酸化物の作製技術の開発
- [2] リチウムイオン伝導性三次元多孔膜内部への電極活物質の充填技術の確立
- [3] 三次元規則配列複合全固体電極を用いた全固体型リチウム二次電池の作製
- [4] リチウム二次電池電極活物質の球状粒子の合成とこれを用いた焼結式多孔性電極の作製とポリマー電解質の複合化による全固体リチウム二次電池の作製
- [5] ポリマー電解質を用いた全固体リチウム電池の実用化研究
- [6] ゾル-ゲル法を用いたマイクロリチウム二次電池の開発
- [7] 三次元マクロポーラス合金電極の開発とリチウム二次電池負極への応用
- [8] 二重階層構造を有する三次元ポーラス炭素の開発とリチウム二次電池負極への応用
- [9] 三次元規則配列複合構造を有する燃料電池用プロトン伝導性コンポジット膜の作製

##### 【実施方法・実施内容・成果】

[1] 三次元規則配列多孔構造を有するリチウムイオン伝導性酸化物の作製技術の開発  
リチウムイオン伝導性セラミックス（固体電解質）の三次元多孔体を作製し、この多孔性電解質内部にセラミックスである電極活物質（正極あるいは負極材料）を充填することにより、三次元規則配列複合構造を有する全固体リチウム二次電池の実現を目的とした。その実現のためには、多孔体の創製技術、充填剤の調製およびその装填技術の開発を行うことが必要である。また、得られた電極と固体電解質薄膜を用い、全固体型リチウム二次電池を作製し、その特性を評価することが必要となる。

三次元規則配列複合構造を具現化する方法としてテンプレート法（鋳型法）を用いた研究を行った。単分散ポリスチレン（PS）粒子から構成されるコロイド結晶を作製し（[図3](#)）これを鋳型として用いることによりリチウムイオン伝導性材料（ $\text{Li}_{0.35}\text{La}_{0.55}\text{TiO}_3$  または  $\text{Li}_{1.5}\text{Al}_{0.5}\text{Ti}_{1.5}(\text{PO}_4)_3$ ）の三次元規則配列多孔体を作製する方法を確立した。コロイド結晶のPS粒子間に  $\text{Li}_{0.35}\text{La}_{0.55}\text{TiO}_3$  または



**図3** 単分散ポリスチレン粒子から構成されたコロイド結晶の電子顕微鏡写真

$\text{Li}_{1.5}\text{Al}_{0.5}\text{Ti}_{1.5}(\text{PO}_4)_3$  の前駆体であるゾルを充填し、これをゲル化させた後、PS 粒子を取り除き、900 ~ 1000 の高温で焼成することによりことによりリチウムイオン伝導性材料の 3 次元規則配列多孔体を得ることができる。

図 4 に実際に作製された三次元規則配列多孔構造を有するリチウムイオン伝導性固体電解質  $\text{Li}_{0.35}\text{La}_{0.55}\text{TiO}_3$  の電子顕微鏡写真を示す。鑄型を反映した球状の孔が三次元的に配列した多孔体を得ることができた。このように作製された三次元規則配列多孔体では球状の孔同士が連結されて、三次元的なマトリックスを形成しており、高い空隙率(74%)を有している。この多孔体の壁面は固体電解質  $\text{Li}_{0.35}\text{La}_{0.55}\text{TiO}_3$  であるので、3 次元的な  $\text{Li}^+$  イオン伝導経路が形成されていることが分かる。同様の手法を用いることにより、 $\text{Li}_{1.5}\text{Al}_{0.5}\text{Ti}_{1.5}(\text{PO}_4)_3$  の三次元規則配列多孔体の作製にも成功している。これらの多孔性固体電解質の  $\text{Li}^+$  イオン伝導率を交流インピーダンス法にて評価したところ、いずれの材料も室温で  $1 \times 10^{-4} \text{ S cm}^{-1}$  以上の値を示し、実用電池用電解質として利用可能であることが示唆された。

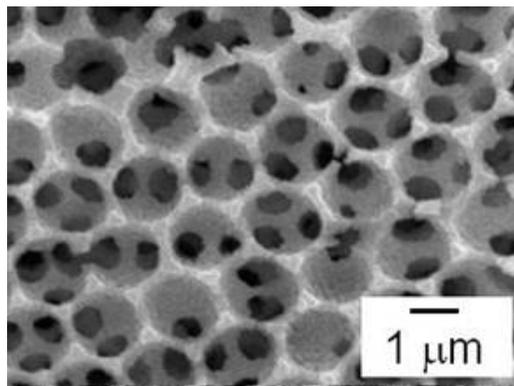


図 4 三次元規則配列多孔構造を有するリチウムイオン伝導性固体電解質  $\text{Li}_{0.35}\text{La}_{0.55}\text{TiO}_3$  の電子顕微鏡写真

## [2] リチウムイオン伝導性三次元多孔膜内部への電極活物質の充填技術の確立

三次元規則配列多孔構造を有するリチウムイオン伝導性酸化物 ( $\text{Li}_{0.35}\text{La}_{0.55}\text{TiO}_3$ ) の作製技術を確立したので、この三次元多孔性固体電解質中に電極活物質 (正極:  $\text{LiCoO}_2$ 、 $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  および負極材料:  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ ) を充填して三次元規則配列複合構造を作製する方法について検討した。三次元多孔性固体電解質中に電極活物質 (正極:  $\text{LiCoO}_2$ 、 $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  および負極材料:  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ ) の前駆体をゾル - ゲル法あるいは溶媒置換法により充填し、三次元規則配列複合構造を作製した。図 5 に  $\text{Li}_{0.35}\text{La}_{0.55}\text{TiO}_3$  と  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  の複合体の電子顕微鏡写真を示す。 $\text{Li}_{0.35}\text{La}_{0.55}\text{TiO}_3$  の孔の内部に  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  が充填されている様子が分かる。同様にして  $\text{Li}_{0.35}\text{La}_{0.55}\text{TiO}_3$  と正極材料  $\text{LiCoO}_2$  および負極材料  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  の複合化にも成功した。また、X 線回折測定の結果から、 $\text{Li}_{0.35}\text{La}_{0.55}\text{TiO}_3$  の孔の内部に充填された  $\text{LiCoO}_2$ 、 $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  および  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  はいずれも結晶化されていた。多孔性固体電解質の孔内部への正極材料  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  の充填率を計算したところ、90%となった。電池のエネルギー密度は正極活物質の単位重量あたりの放電容量と正極活物質の充填率によって決定される。本研究で開発した全固体型複合電極では、現行のリチウム二次電池用電極よりも大きな単位体積あたりの放電容量が達成されている。電極の作製プロセスは目標とした数値をすべて満足するものであり、セラミックス電解質とセラミックス活物質を三次元で規則的に配合する手法を確立したと言える。

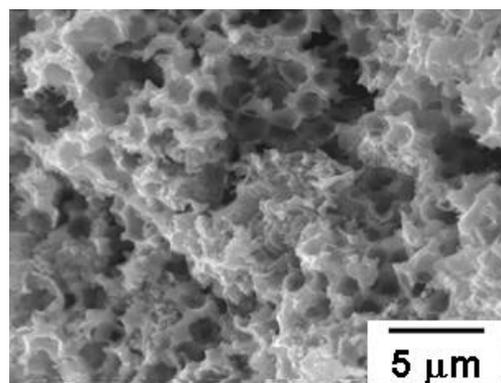


図 5  $\text{Li}_{0.35}\text{La}_{0.55}\text{TiO}_3$  と  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  からなる全固体複合正極の電子顕微鏡写真。

## [3] 三次元規則配列複合全固体電極を用いた全固体型リチウム二次電池の作製

多孔性固体電解質  $\text{Li}_{0.35}\text{La}_{0.55}\text{TiO}_3$  に電極活物質 (正極あるいは負極材料) を充填することにより全固体型電極を作製し、作製された電極が電気化学的に活性であることを確認した

ので、これらを用いて全固体型電池の作製を検討した。本研究では、ポリマー電解質（可塑剤を含まないドライポリマー）を用いて正極と負極の接合を行った。ポリマー電解質には室温で高い  $\text{Li}^+$  イオン伝導性 ( $10^{-4} \text{ S cm}^{-1}$  程度) を示すポリエチレンオキシドとポリスチレンの共重合体を用いた。  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  と  $\text{Li}_{0.35}\text{La}_{0.55}\text{TiO}_3$  からなる全固体複合電極と金属リチウムをドライポリマー電解質を用いて接合することにより図 6 の模式図に示すような Li / ポリマー電解質層 / 正極複合体から構成される“全固体型リチウム二次電池”を作製し、充放電試験を行った。この全固体型リチウム二次電池の充放電曲線を図 7 に示す。  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  の重量あたりで  $85 \text{ mA h g}^{-1}$  の放電容量を示した。電池としての出力特性には問題があるものの、原理の検証を行うことができたものと考えている。

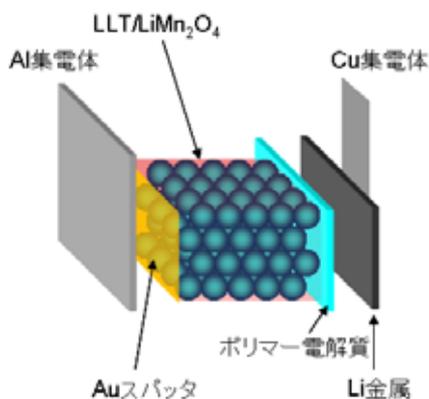


図 6 Li / ポリマー電解質層 / 正極複合体から構成される全固体型リチウム二次電池の模式図

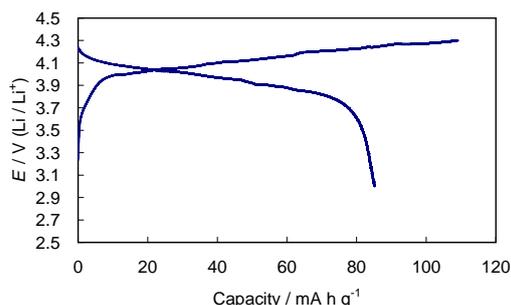


図 7 Li / ポリマー電解質層 / 正極複合体 ( $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  と  $\text{Li}_{0.35}\text{La}_{0.55}\text{TiO}_3$ ) からなる全固体電池の充放電曲線 (電流密度  $25 \mu\text{A cm}^{-2}$  にて測定)。

[4] リチウム二次電池電極活物質の球状粒子の合成とこれを用いた焼結式多孔性電極の作製とポリマー電解質の複合化による全固体リチウム二次電池の作製

エマルジョン中でゾル - ゲル法を行うことにより、図 8 に示すようなリチウム電池用負極材料  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  の  $0.3 \mu\text{m}$  程度の微小球状粒子の作製方法を確立した。また、均一核生成法により合成した球状  $\text{MnCO}_3$  を前駆体として、リチウム電池用正極材料  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  の球状粒子の合成法について検討を行い、比較的均一な粒径 ( $3 \mu\text{m}$  程度) を有する  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  球状粒子の合成に成功した。これらの  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  球状粒子および  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  球状粒子を金属基板上に堆積させ、熱処理を施すことにより焼結式多孔性電極を作製した。熱処理により粒子同士を焼結させることで電極内部に電子伝導パスが形成されており、電解液中では良好な電気化学特性を示すことを確認している。このようにして作製した多孔性電極の空隙率を見積もったところ、  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  焼結電極では 50%、  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  焼結電極では 74% となり、比較的高い空隙率を有していた。これは粒子が最密充填されていないこと、粒子内部に空隙が存在することなどに起因していると考えられる。

上記のようにして作製した焼結式多孔性電極の内部にポリマー電解質（可塑剤を含まないドライポリマー）を充填することにより全固体型複合電極を作製した。ポリマー電解質には日本曹達(株)製の室温で高いイオン伝導性 ( $10^{-4} \text{ S cm}^{-1}$  程度) を示すポリエチレンオキシドとポリスチレンの共重合体を用いた。ポリマー電解質と複合化された焼結式多孔性電極の電子顕微鏡写真を図 9 に示す。球状粒子間にポリマー電解質が十分に充填され、多孔性電極内部に良好なイオン伝導パスが形成されていることがわかる。これらの複合電極の電気化学特性の評価を行ったところ、図 10 に示すように室温で作動可能であった。この多孔性  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  負極はポリマー電解質中で充放電容量  $140 \text{ mA h g}^{-1}$  を示し、理論容量の 80% 程度を達成している。また、多孔性  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  正極は  $110 \text{ mA h g}^{-1}$  を示し、理論容量の 75% 程度を達成している。このように、焼結式電極とポリマー電解質を用いて電子伝導パスとイオ

ン伝導パスをマイクロレベルで制御することで全固体電池を実現できることを実証した。しかしながら、今回作製した焼結式電極の空隙率は比較的高く、電池を作製した場合のエネルギー密度は十分とは言えない。今後、球状粒子の合成方法を最適化することにより単分散粒子を合成し、単分散球状粒子を用いて粒子が細密充填されたオパール構造を有する焼結式電極を作製できればエネルギー密度の向上が期待できる。

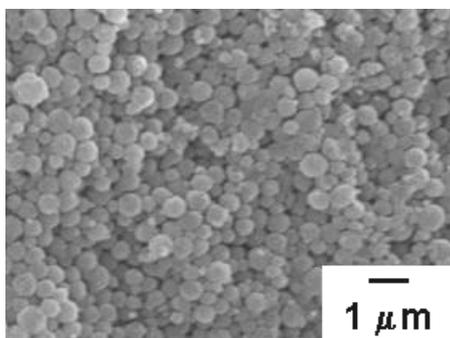


図 8 エマルジョンゾル-ゲル法により合成されたリチウム電池用負極材料  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  の微小球状粒子

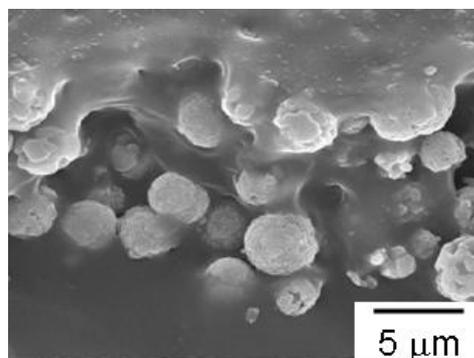


図 9 ポリマー電解質と複合化された  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  焼結式多孔性正極の電子顕微鏡写真

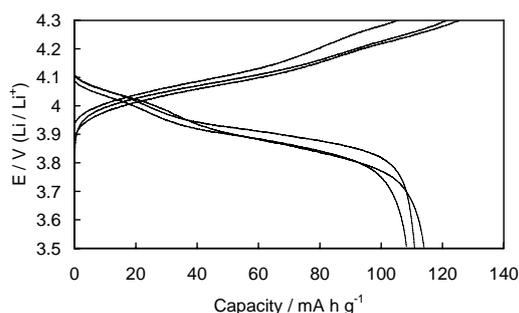
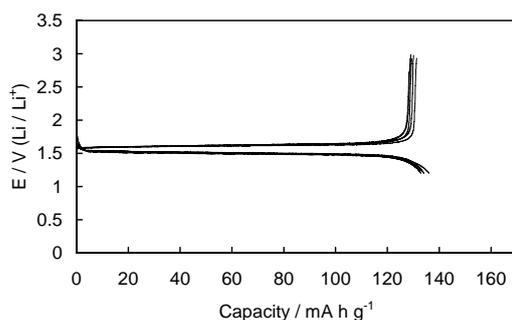


図 10  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  (左) と  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  (右) の焼結式多孔性電極のポリマー電解質中における充放電曲線 (充放電測定はいずれも  $0.1 \text{ C}$  レートで行った)

#### [5] ポリマー電解質を用いた全固体リチウム電池の実用化研究

上記のように、焼結式多孔性電極とポリマー電解質を複合化することにより全固体リチウム二次電池の室温作動を実現した。これらの成果を基に、ポリマー電解質を用いた全固体型リチウム電池に関して、企業と共同で実用化研究を実施し、事業化に向けた研究開発に移行しつつある。

また、正極活物質に  $\text{LiFePO}_4$  微粒子を用いることにより、全固体リチウム二次電池の開発を首都大学東京にて精力的に行った。 $\text{LiFePO}_4$  は作動電位が  $3.5 \text{ V vs. Li/Li}^+$  と従来の正極材料と比較して低いことから、ポリマー電解質の劣化が起こりにくく、長期信頼性の高い全固体リチウム二次電池を開発できる可能性が高い。しかしながら  $\text{LiFePO}_4$  は絶縁性材料であることから、電気化学的に高活性な正極活物質として用いるためには微粒子化が必要であった。本研究では水熱合成法により図 11 に示すような  $\text{LiFePO}_4$  の微結晶の合成に成功し、正極活物質として用いた。水熱法により合成された  $\text{LiFePO}_4$  とポリマー電解質を用いて全固体型リチウム電池を構成し評価を行ったところ図 12 に示すように室温で  $160 \text{ mA h g}^{-1}$  の充放電容量を示し、理論容量 ( $170 \text{ mA h g}^{-1}$ ) の 95% を達成した。今後、 $\text{LiFePO}_4$  を正極活物質として用いた全固体リチウム二次電池の実用化研究を進める。

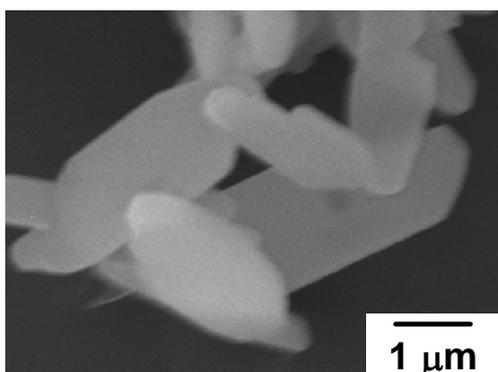


図 11 水熱法により合成された  $\text{LiFePO}_4$  微粒子の電子顕微鏡写真

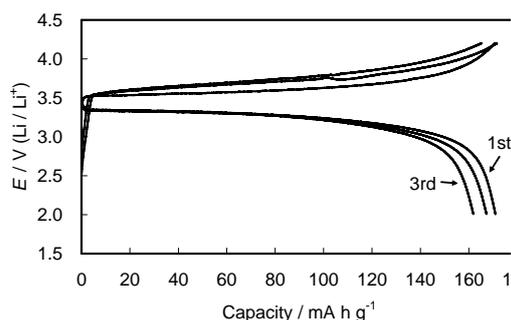


図 12  $\text{LiFePO}_4$  正極とポリマー電解質を用いて作製した全固体型リチウム電池の充放電曲線 (0.1C レート)。

#### [6] ゼル - ゲル法を用いたマイクロリチウム二次電池の開発

ゼル - ゲル法を用いたリチウム電池用電極活物質の合成の研究を進展させ、マイクロリチウム二次電池を開発した。電池活物質の前駆体であるゾルをガラスキャピラリー先端から滴下することで電極活物質のマイクロパターンを基板上に形成する方法を開発した。この手法を用いて、ガラス基板上に作製された金マイクロアレイ電極上に電池活物質 (正極:  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ 、負極:  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ ) のマイクロパターンを形成してマイクロ電池作製し、作動に成功した (図 13)。電解質にポリマー電解質を用いることにより、マイクロ電池の全固体化も実現している。全固体型マイクロ電池は将来的にはマイクロデバイスの電源や小型コンデンサの代替として期待ができる。また、本研究の成果を基に、正極、負極、電解質が3次元的に複合化された“3D電池”の実現を目指し、3D電池の作製技術について複数の企業と共同研究を開始しており、今後の展開が大いに期待できる。

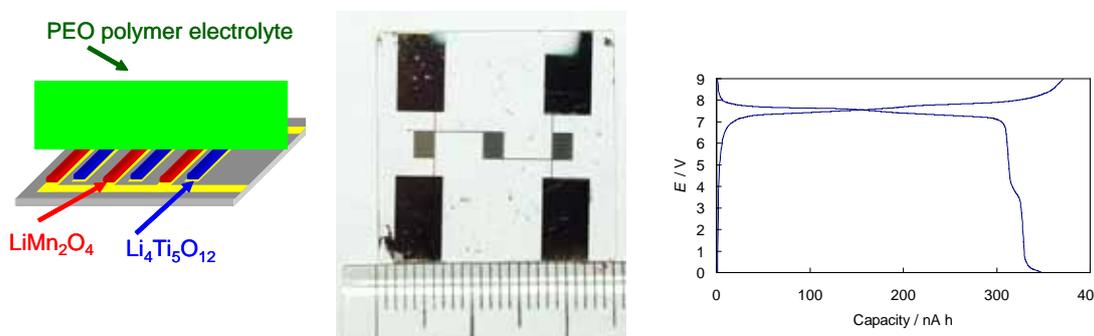


図 13 (a) マイクロリチウム二次電池の模式図、(b) ガラス基板上に作製されたマイクロリチウム二次電池の写真 (3セル直列)、(c) 充放電曲線。

#### [7] 三次元マクロポーラス合金電極の開発とリチウム二次電池負極への応用

現在実用化されているリチウム二次電池の負極材料は、リチウムイオンを可逆的に挿入脱離することが出来る黒鉛である。黒鉛負極は充放電の可逆性に優れ、最近では理論容量  $372 \text{ mA h g}^{-1}$  (層間化合物  $\text{LiC}_6$  に相当) に近い値が実現されている。今後、リチウム二次電池の高エネルギー密度化のためには充放電容量の大きい負極材料の開発が必要である。Sn はリチウムの挿入・脱離 (合金化・脱合金化) が可能であり、黒鉛をしのぐ高い理論容量 ( $990 \text{ mA h g}^{-1}$ ) を有しているため、新規負極材料の候補として注目を集めている。しかし Sn 電極はリチウムとの合金化に伴い体積が膨張し集電体から剥離してしまうため、可逆性が損なわれてしまうことが知られている。早稲田大学の門間グループにおいて Ni-Sn 合金が  $600 \text{ mA h g}^{-1}$  程度の大きな充放電容量を示す高容量負極となることが見出されている。金村

グループではコロイド結晶鑄型法を用いることにより、逆オパール構造を有する多孔性 Ni-Sn 合金の作製法を確立した。ポリスチレン(PS)の単分散球状粒子を Cu 平板上に堆積させ鑄型を作製し、これに Ni-Sn をめっきした後、PS をトルエンで溶出させることにより取り除くことで図 14a に示すように Ni-Sn の逆オパール構造体が得られる。

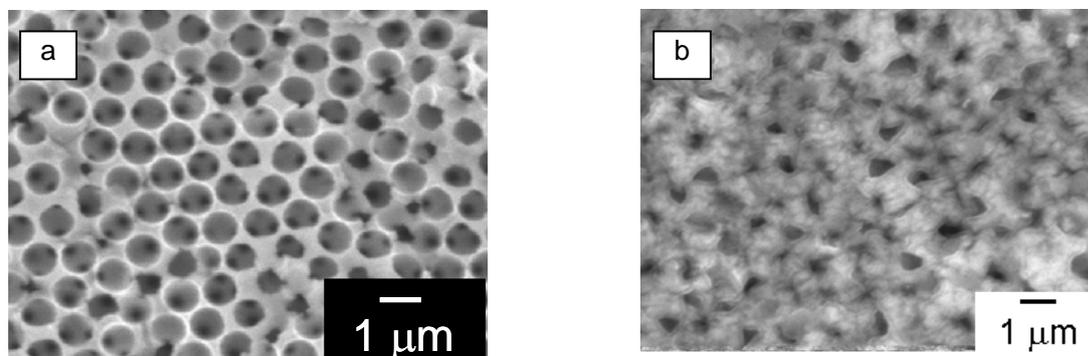


図 14 逆オパール構造を有する Ni-Sn 合金負極の電子顕微鏡写真。(a) 充電前、(b) 充電後の電極表面。

このようにして作製した Ni-Sn 合金多孔体を有機電解液中でリチウム二次電池用負極として充放電試験を行ったところ、 $400 \text{ mA h g}^{-1}$  程度の充放電容量を示した(図 15)。また、図 14b に充電後(リチウムと合金を形成している状態)の電極の電子顕微鏡写真を示す。リチウムと Ni-Sn が合金を形成して体積が膨張しているが、多孔体の壁厚が増し、孔径が小さくなることで多孔体として合金化に伴う応力を緩和していることが分かる。しかし、放電を行った(脱合金化に伴い体積収縮が起きた)後の電子顕微鏡観察では電極に割れが見られ、完全には応力緩和を行えていないことがわかった。しかしながら、充放電を繰り返した場合でも電極は多孔体構造を保持しており、3次元規則配列構造が合金負極の充放電可逆性の向上に有効であることが分かった。今後、合金組成の最適化、多孔体の空隙率の最適化により、多孔性合金負極の大幅な性能向上が期待できる。

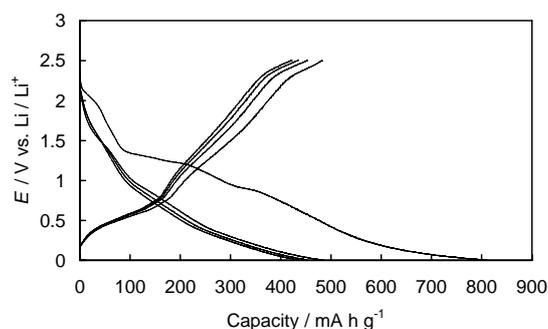


図 15 逆オパール構造を有する Ni-Sn 合金負極の充放電曲線。

#### [8] 二重階層構造を有する三次元ポーラス炭素の開発とリチウム二次電池負極への応用

コロイド結晶鑄型法を用いることにより、マクロポーラス構造(細孔径:  $100 \sim 1000 \text{ nm}$ )にメソ孔(細孔径:  $2 \sim 50 \text{ nm}$ )を導入した特異な細孔構造を有するポーラス炭素の開発に成功した(図 16)。この手法を用いることにより炭素材料のメソ孔( $2 \sim 50 \text{ nm}$ )およびマクロ孔( $50 \text{ nm}$  以上)の細孔サイズや三次元構造を自在にコントロールすることが可能である。これまでの研究で、BET 比表面積が  $1450 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ 、メソ孔サイズ  $5 \text{ nm}$  のカーボンの作製に成功した。このポーラスカーボンをリチウム二次電池用負極材料として評価した結果、 $1000 \text{ mA h g}^{-1}$  の充放電容量を示すことがわかった(図 17)。初期不可逆容量が大きいため実用には課題が多いが、高速充放電が可能なりチウムイオンキャパシタの負極材料として有望であると考えられる。

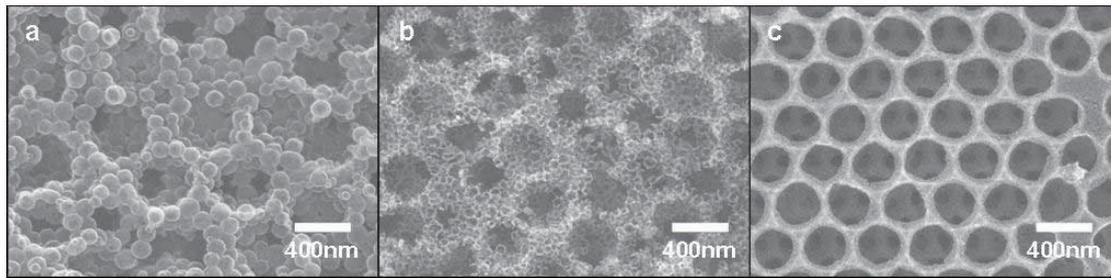


図 16 コロイド結晶鑄型法により作製された 3 次元規則配列構造を有するポーラス炭素の電子顕微鏡写真。いずれのポーラス炭素もマクロ孔（孔径：400 nm）とそれ以下の小さな孔から構成されている。(a) 細孔径：100 nm、(b) 細孔径：50 nm、(c) 細孔径：10 nm

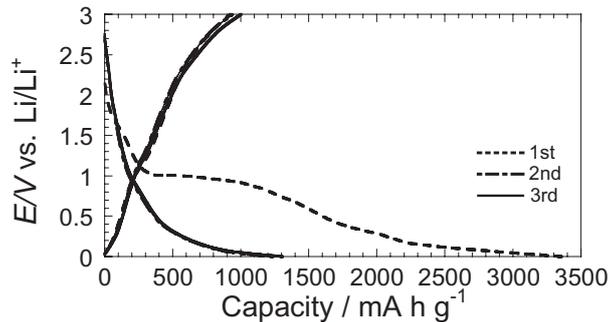


図 17 3 次元規則配列構造を有するポーラス炭素の充放電試験結果( 充放電の電流は 37.2 mA g<sup>-1</sup> )

[9] 三次元規則配列複合構造を有する燃料電池用プロトン伝導性コンポジット膜の作製  
電気自動車や家庭用コジェネレーションシステムの実現に向けた固体高分子形燃料電池

(polymer electrolyte fuel cell, PEFC) の開発が世界的に行われている。PEFC は CO<sub>2</sub> を削減し、エネルギーを効率的に利用するための重要な技術である。PEFC の電解質膜には、従来から検討されている Nafion<sup>®</sup> 等のフッ素系高分子に加え、より安価で環境負荷の小さな炭化水素系高分子の使用が検討されている。しかし、これらの高分子電解質膜はいずれも温度や湿度の変化によって膨潤収縮し、それに伴って特性が変化するという問題を抱えている。特に携帯機器用電源として開発が進められているダイレクトメタノール形燃料電池 (Direct methanol fuel cell, DMFC) では、燃料として液体のメタノールを供給するため、電解質膜の膨潤収縮がより顕著となり、メタノールが酸素極側へ透過するクロスオーバーという現象が起こる。この現象は燃料の利用率を下げ、電極反応の過電圧を大きくするため、電池性能の大幅な低下を招く。燃料電池の特性を向上し安定に作動させるためには、膜の形態安定性を高めることが必要である。

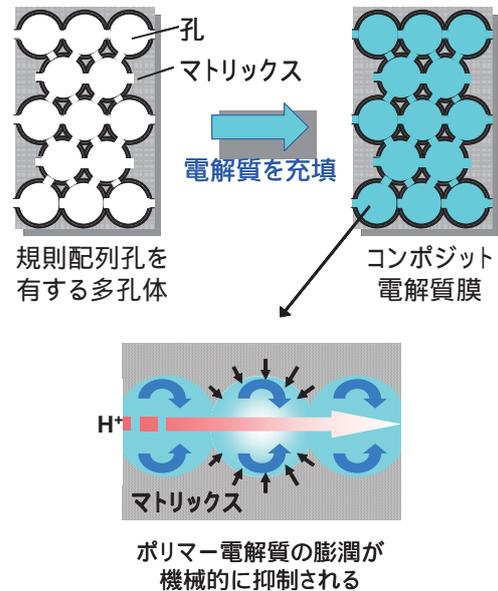


図 18 三次元規則配列多孔体をマトリックスとして用いた燃料電池用コンポジット電解質膜。



図 19 減圧濾過法を用いた三次元規則配列シリカ多孔体の作製。

本研究では三次元的にナノ・マイクロ構造が制御された電解質膜を創製し、問題の解決に努めた。すなわち、機械的強度の高いシリカ(無機材料)やポリイミド(有機材料)で三次元的に規則配列した孔を有する多孔体を形成し、プロトン伝導性電解質とコンポジット化する方法を提案した(図 18)。マトリックスによる電解質の膨潤収縮の抑制と規則配列孔による均一なプロトン伝導パスの創成をコンセプトとし、形態安定性(低メタノール透過性)とプロトン伝導性に優れた電解質膜の開発を行った。

通常、三次元規則配列多孔体はポリスチレンなどの粒子が規則配列した鋳型を形成し、その空隙にゾルなどの前駆体物質を充填後、熱処理を行って鋳型粒子を除去することで作製されている。フォトニック結晶として光学分野で活発な研究が進められているが、この方法で得られる多孔体は強度が弱くサイズも数ミリ角程度で、電解質のマトリックス材料として用いることが困難であった。そこで本研究では、コンポジット膜へ応用できる強度とサイズを有する多孔体の作製技術の開発を最初に検討した。様々な最適化を経て図 19 に示す手法がコンポジット膜用の多孔体の作製に適していることを見出した。ポリスチレン単分散球状粒子とコロイダルシリカの混合懸濁液を吸引濾過することでメンブランフィルター上にポリスチレン/シリカ複合体を堆積させ、それを熱焼成することでシリカ多孔体を得た。その際に減圧濾過と荷重をかけながら焼成する点が重要な要素であることを明らかにした。図 20 に示すよ

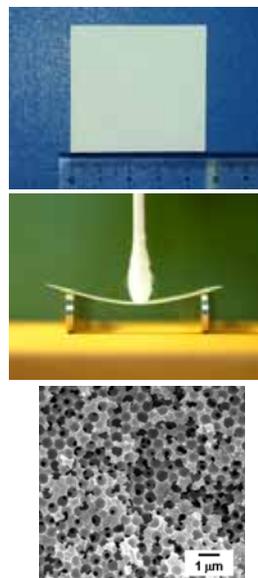


図 20 作製した三次元規則配列シリカ多孔体の外観、及び断面走査型電子顕微鏡像。

うに数 cm 以上の大きさで且つ高い機械的強度を有するシリカ多孔体を得ることに成功した。さらに、鋳型となるポリスチレンの粒径を変えることでマクロ孔のサイズ制御が可能なることを実証した。また、本技術を有機材料へ応用し、エンジニアリングプラスチックの一種であるポリイミドの多孔体を得ることに成功した。本多孔体は機械的強度に加え柔軟性を兼ね備えている。図 21 に孔径を変えて作製したポリイミド多孔体を示す。マクロ孔のサイズを変えることでマクロ孔同士を繋ぐ連通孔のサイズも比例して小さくなるのが分かり、マトリックスの構造をサブマイクロオーダーで精密に制御することに成功した。

多孔体への電解質の充填方法としてモノマーを充填し孔内部で重合を行うモノマー充填法、ポリマー溶液を充填し溶媒を除去するポリマー充填法の二種類の手法を検討した。モノマー充填法を用いた場合、多孔体への電解質の充填率はほぼ 100%となるが、モノマーを用いる必要があるため材料がある程度限定される。一方、ポリマー充填法では様々な電解質の充填が可能である。しかしながら、充填率は 50%程度とモノマー充填法に比較して小さな値となる。本研究では 2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸 (AMPS)とスルホン化ポリエーテルエーテルスルホン(SPEES)を充填用電解質としてそれぞれ用いた。これらの電解質は安価で環境負荷が小さくプロトン伝導性に優れたものの非常に膨潤しやすく単体で使用することが難しい。このような電解質材料であっても多孔体とコンポジット化することで膨潤収縮のない形態安定性に優れた電解質膜として使用できることを明らかにした。特に機械的強度の高いシリカを基材とした場合、コンポジット膜は完全な自立膜となるため、支持体であるセパレーターが不要となり、燃料電池の小型軽量化へ大きく貢献できる可能性が示唆された。

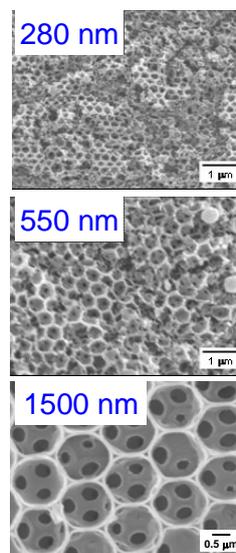


図 21 孔径を制御して作製したポリイミド多孔体の断面走査型電子顕微鏡像。

各コンポジット膜の特性を表 1 に示す。AMPS あるいは SPEES を充填して作製したコンポジット膜はいずれも Nafion<sup>®</sup>膜以下のメタノール透過性を有し、且つ高いプロトン伝導性を示した。また、SPEES の充填量を変えても殆どプロトン伝導性が変化しないことを見出した。本結果はシリカ界面がコンポジット膜中のプロトン伝導に大きく寄与することを示唆している。我々はこの知見に基づき、図 22 に示す相分離構造を多孔体の孔内部に形成し、コンポジット膜の特性向上を試みた。ポリマー充填法とモノマー充填法を併用し、シリカとの界面にプロトン伝導を担う相、孔の中核部分にメタノール透過を抑制する相を形成した。その結果、比較的高いプロトン伝導性を維持し、メタノール透過性がさらに二桁抑制された非常に特性の高いコンポジット膜を得ることに成功した(表 2)。電解質膜の特性を比較する指標としてプロトン伝導性をメタノール透過性で除算した値が用いられるが、本相分離型コンポジット膜の性能は Nafion<sup>®</sup>膜の約 140 倍となり、本研究で提案した電解質膜の三次元的なナノ・マイクロ構造の制御が非常に効果的であることを立証するに至った。ポリマーの架橋や無機フィラーの添加といった従来の手法で検討されているものに比べ、躍進的な進歩を達成した。

表 1 各コンポジット膜の特性。

	プロトン伝導性 $\sigma$ at 30°C (S cm <sup>-1</sup> )	メタノール透過性 $P_M$ (10M) at 30°C (10 <sup>-6</sup> cm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> )	膜性能 $= \sigma P_M^{-1}$ (10 <sup>4</sup> S cm <sup>-3</sup> s)
Nafion	0.04	3.3	1.2
PAMPS composite	0.074	1.0	7.4
SPEES composite (14 %)	0.060	2.3	2.6
SPEES composite (28 %)	0.061	1.9	3.2
SPEES composite (46 %)	0.065	1.3	5

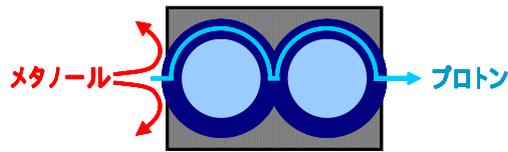


図 22 ポリマー充填法とモノマー充填法の併用による相分離電解質構造の創成。

表 2 相分離構造を有するコンポジット膜の特性。

	$\sigma$ at 30°C (S cm <sup>-1</sup> )	$P_M$ (10M) at 30°C (10 <sup>-6</sup> cm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> )	$\Phi = \sigma P_M^{-1}$ (10 <sup>4</sup> S cm <sup>-3</sup> s)
PAMPS-SPEES silica composite	$7.3 \times 10^{-2}$	$3.2 \times 10^{-1}$	22.8
PS-SPEES silica composite	$2.3 \times 10^{-2}$	$1.4 \times 10^{-2}$	164.3

コンポジット膜のプロトン伝導性をさらに向上させる方法として、シリカ多孔体の表面へのスルホン酸基の導入について検討を行った。3-メルカプトプロピルトリメトキシシランを用い、シリカ表面にメルカプト基を導入し、それを酸化することでスルホン酸基とした(図 23)。シリカ表面のスルホン酸基密度は 1 nm<sup>2</sup> 当たり約 1.6 個となり、シリカ多孔体の表面積を用いて計算されるスルホン酸基修飾の効果は、10<sup>-5</sup> オーダーのプロトン伝導性の向上である。しかしながら、AMPS を充填したコンポジット膜において 10<sup>-2</sup> オーダーの非常に大きなプロトン伝導性の向上が確認された。この挙動をより詳細に調べるため、充填電解質中の AMPS のモル比率を変えてスルホン酸基修飾による伝導性の向上を調べたところ、図 24 に示すように AMPS 比率 30 mol% を境目に伝導性が向上することを見出した。本結果はシリカ表面へ導入したスルホン酸基と充填電解質間における新規プロトン伝導パスの形成を示唆しており、その形成にはある一定量のスルホン酸基密度が必要なことを示している。孔サイズを小さくすること、すなわちシリカ多孔体の表面積を増やすことで表面スルホン化による伝導性の向上はより顕著となり、実際、両者間で相関関係が成立することが分かった。コンポジット膜の設計を行う上で、基材界面の制御が非常に重要であることを示す結果であり、その基礎的制御手法を確立することに成功した。

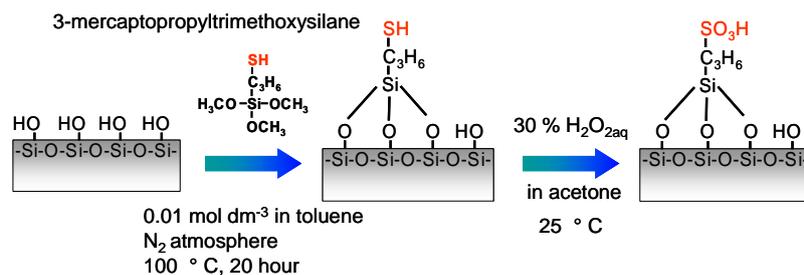


図 23 シリカ多孔体表面へのスルホン酸基の導入。

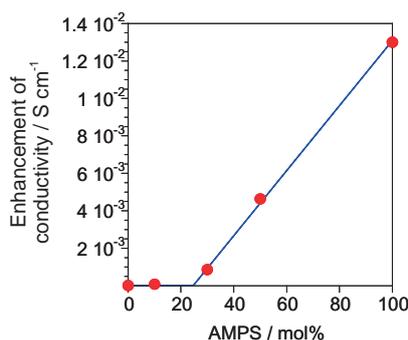


図24 表面スルホン化によるプロトン伝導性の向上と充填電解質中のAMPSモル比率(スルホン酸基密度)の関係。

### 【成果の位置づけや類似研究との比較】

三次元規則配列構造を有する多孔材料に関しては、これまでに全世界で多くの研究がなされてきた。電池分野でも規則配列多孔構造を有する材料に関して研究がいくつかなされているが、リチウム二次電池の固体電解質となる  $\text{Li}_{0.35}\text{La}_{0.55}\text{TiO}_3$  や  $\text{Li}_{1.5}\text{Al}_{0.5}\text{Ti}_{1.5}(\text{PO}_4)\text{O}_3$  の三次元規則配列多孔体に作製に成功したのは金村グループが最初である。規則配列多孔構造内部に異なる物質を充填・複合化し、この規則配列複合構造体により全固体型エネルギー変換デバイスを構築しようとする試みは本研究が初めてであり、きわめて挑戦的な研究内容であったと考える。以下にデバイスごとに研究成果の位置づけや類似研究との比較について述べる。

#### セラミックス固体電解質を用いた全固体リチウム二次電池

セラミックス系の全固体型リチウム二次電池はこれまでも開発されているが、そのほとんどが薄膜型電池(電極、電解質ともに薄膜状)であり、このような電池では出力特性が低く、用途が限られていた。金村グループでは、酸化物  $\text{Li}_{0.35}\text{La}_{0.55}\text{TiO}_3$  を固体電解質として用い、電極を三次元規則配列複合構造体にするにより、全固体電池の高容量化を目指した。 $\text{Li}_{0.35}\text{La}_{0.55}\text{TiO}_3$  と正極材料  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  からなる複合正極と金属  $\text{Li}$  負極の接合にドライポリマー電解質を用いることにより全固体型リチウム二次電池を作製し、評価を行った結果、現行の市販の電解液を用いたリチウム二次電池以上のエネルギー密度の達成を見通すことができた。出力には問題があるが、全固体型電池として作動させることが可能であったことから、原理の検証を行うことができたものと考えている。

#### ポリマー電解質を用いた全固体リチウム二次電池

電池活物質の球状粒子集合体に熱処理を施すことにより電子伝導パスを形成させ、焼結式多孔性電極を作製する方法を確立した。焼結式多孔性電極の内部にポリマー電解質(可塑剤を含まないドライポリマー)を充填することによりイオン伝導パスを形成し、全固体型複合電極を作製した。これらの複合電極の電気化学特性の評価したところ、 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  負極はポリマー電解質中で充放電容量  $140 \text{ mA h g}^{-1}$  を示し、理論容量の80%程度を達成した。また、多孔性  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  正極は  $110 \text{ mA h g}^{-1}$  を示し、理論容量の75%程度を達成している。このように、全固体電池の特性を向上させるためには、電子伝導パスとイオン伝導パスをマイクロレベルで制御することが重要であることを本研究を通じて明らかにすることができた。

これまで、ドライポリマーを用いた全固体リチウム二次電池の室温作動は困難であるとされていたが、高いイオン伝導性を有する新規ポリマー電解質の使用と、電極とポリマーの複合化を上手に行うことで室温作動可能な全固体リチウム二次電池を実現できることを実証した。

#### 燃料電池用コンポジット電解質電解質

金村グループでは、ナフィオンよりも安価で安定性に優れたコンポジット電解質膜の研

究開発を行っている。これまでも無機・有機コンポジット電解質に関する研究は多くの報告例があるが、逆オパール型マトリックス材料（シリカまたはポリイミド）とポリマー電解質との複合化により電解質膜に寸法安定性と自立性を付与し、高いプロトン伝導性と機械強度を両立した点で画期的といえる。また、このコンポジット膜はメタノール透過性が極めて低く、直接メタノール形燃料電池での使用が特に有望であり、すでに数社と共同研究を始めている。

## (2)研究成果の今後期待される効果

金村グループにおいては、三次元規則配列複合構造を有する全固体リチウム二次電池の創製を目指して研究を進めてきた。コロイド結晶鑄型法を用いることにより、三次元規則配列多孔構造を有するセラミックス固体電解質および電池活物質の合成を行った。本研究課題の基本的な考え方であるナノ構造の制御とエネルギー変換材料との関連を実践的に示すことができた。また、これによりこれまでは考えられなかった新規電気化学デバイスの構築が可能となりつつある。ナノ化学とエネルギー変換の関係、ナノ構造制御の重要性を明確に示しつつある点で社会的な意義は大きいものと考えている。

本研究により、今後、電極の三次元化を行うことにより電池の出力を改善することで小型の全固体型リチウム電池の実現を視野に入れることができた。この結果を基に、全セラミックス電池に関する実用化研究を企業との共同研究の形で開始することができた。本電池系の開発は、現在問題となっている電池の安全性に大きく資するものであり社会に与えたインパクトは大きい。セラミックス固体電解質を用いた電池は究極の電池の姿であり、我々が提案している全固体リチウム二次電池については、全ての電池メーカーが関心を寄せており、5～10年後の新しい電池の設計指針を提示できたものと考えている。また、ポリマー電解質を用いた全固体型リチウム二次電池に関しては、企業と共同で実用化研究を実施し、近い将来に実用化されることが大いに期待される。

燃料電池に関する研究についても、我々が提案しているプロトン伝導性コンポジット電解質膜に関していくつかのメーカーが興味を示しており、既に数社と共同研究を開始している。複合化する材料の構造を三次元的に制御することで、特性の制御や新たな機能性の付与が可能なることを立証した。本研究で開発した多孔体作製技術は様々な材料へ容易に応用可能であり、既に固体酸化物形燃料電池の電極や無機メンブレンリアクターの開発へ向けて応用を進めている。また、シート成形技術との融合による多孔体の大量生産へ向けた技術開発も開始しており、燃料電池用部材へはもちろんのこと、光学材料や触媒など様々な分野への展開が期待されている。

### 3.2 「新規イオン性液体・イオンゲルの開発と高次規則配列多孔性電極を用いたナノ構造規制された電極 | 電解質界面の創製」(横浜国立大学 渡邊グループ)

#### (1)研究実施内容及び成果

本研究の基礎となるイオン液体およびイオンゲル中のイオンダイナミクスの理解を図ると同時に、イオン液体およびイオンゲルにプロトン伝導性およびリチウムイオン伝導性を付与方法論を構築し、無加湿中温作動型燃料電池およびリチウム系二次電池の電解質材料への展開を行った。また、イオン液体およびイオンゲルの高いイオン活量を活かした電気化学デバイスとして電気二重層キャパシタと高分子アクチュエータへの適用を図った。さらに、上記電気化学デバイスの電極材料として適用可能な炭素材料に注目し、逆オパール型炭素材料の創製を行った。

#### [1] 典型的イオン液体およびイオンゲル中のイオンダイナミクス

イオン拡散係数とNernst-Einsteinの関係から得られるモル導電率と電気化学的な導電率測定から得られるモル導電率の比を導入することにより、イオン液体中ではおよそ 50 ~ 80 % のイオンが電気伝導に寄与しており、その割合はカチオンのアクセプター性(ルイス酸性)およびアニオンのドナー性(ルイス塩基性)、さらにイオン間の分子間力に支配されることを明らかにした。一方で、イオンゲル中ではイオン液体単独よりもキャリアイオン密度が高くなる組成比が存在することを見出した。このようなイオン液体およびイオンゲル中の高いイオン濃度は、三次元規則構造体形成時の電極反応に極めて有利に働くことが予想された。

#### [2] イオン液体およびイオンゲルの機能化 プロトン伝導性イオン液体

超強プロトン酸である HTFSI(図 25)と種々の有機アミンとを混合することで、プロトン酸 - 塩基中和反応によりイオン液体が形成されることを確認した。プロトンの伝導機構は、プロトンが分子間で交換される Grotthuss 機構と、プロトン化された物質が移動する Vehicle 機構の 2 種類が広く知られている(図 26)。

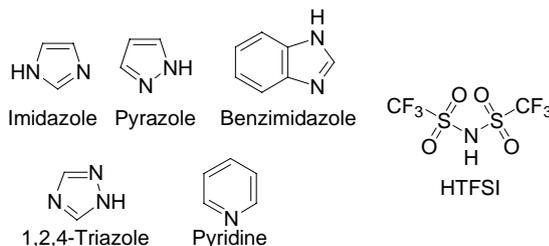


図 25 プロトン伝導性イオン液体の構造例

ここで、アミン過剰の濃度域においてプロトン化されたアミンや TFSI アニオンの拡散(Vehicle Mechanism)のみならず、アミン分子間での迅速なプロトン交換(Grotthuss Mechanism)も発現することから、100 °C 以上の温度域で  $10^{-2}$ - $10^{-1}$  Scm<sup>-1</sup> のプロトン伝導性を示すことを明らかにした。本系は白金電極上で水素と酸素の酸化還元活性を有しており、無加湿中温領域で H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> 燃料電池としての発電特性を示すことを世界で初めて見出した。さ

#### Grotthuss mechanism (Proton hopping)



#### Vehicle mechanism (Matrix transport)



図 26 プロトン伝導機構の模式図。Grotthuss (プロトンホッピング) 機構と Vehicle (物質輸送) 機構。

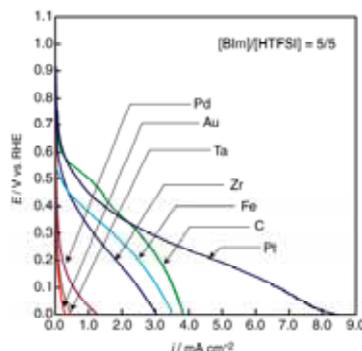


図 27 種々の電極材料をカソードに用いた際のプロトン伝導性イオン液体(Benzimidazole / HTFSI = 1:1) の燃料電池発電特性

らに、プロトン伝導性イオン液体を多孔性ポリフッ化ビニリデン膜や SiO<sub>2</sub> 多孔体に含浸させた固体薄膜は、無加湿 130 °C で燃料電池として動作可能であった。さらに図 27 に示すように、プロトン伝導性イオン液体は白金以外の安価なカソードを用いても燃料電池発電が可能であった。特に炭素電極でも比較的高い電流密度が得られたことは、逆オパール型炭素を用いることで燃料電池電解質/電極複合体を創製できると期待される。

### [3] リチウムイオン液体

リチウムイオンは小さく静電力が強く働くため、一般にリチウム塩の融点は非常に高い。我々は図 28 のようなアニオン骨格に電子吸引性基を有するイオン液体を創製した。電子吸引性置換基をアニオンに導入することで、融点を劇的に低下させることに成功したことから、アニオンの設計方針が正しいことを示すことが出来た。しかし、このリチウムイオン液体は熔融状態でも殆ど自己解離せず、リチウムイオン電池に応用するには制限があった。そこでさらなる融点の低下、自己解離性の増大を目指すべく、図 29 に示すようにアニオン骨格中に電子吸引基と共にリチウムイオン配位性を持つエーテル構造を導入することにより、室温で液体のリチウム塩(すなわちリチウムイオン液体)を創製することに成功した。このリチウムイオン液体は高い電気化学的安定性に加えて自己解離性を有し、LiCoO<sub>2</sub> や LiFePO<sub>4</sub> を正極活物質、負極に金属リチウムを用いた二次電池の電解質として機能することを確認した(図 30)。特にリチウムイオン液体は揮発性が無いこと、また LiFePO<sub>4</sub> は現在市販されているリチウムイオン二次電池に用いられている LiCoO<sub>2</sub> に比べて格段に毒性や価格が低いことから、安価で安全性が高いリチウム系二次電池の設計指針が確立できたといえる。さらに、リチウムイオン液体中でエーテル系マクロモノマーをラジカル重合することにより、固体薄膜化することに成功した。このリチウムイオンゲルは、イオン液体そのものよりも高い、室温で 10<sup>-4</sup> S cm<sup>-1</sup> 程度のイオン伝導性を与えることを見出した。

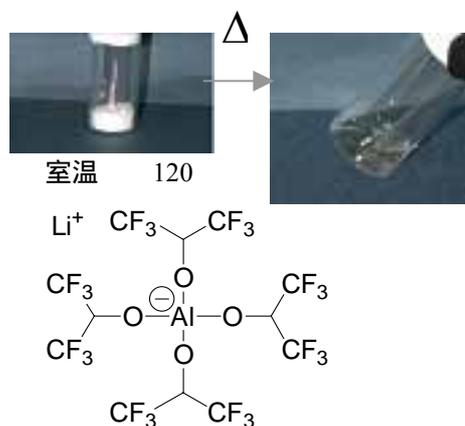


図 28 アニオンに電子吸引性置換基を有するイオン液体の概観と構造

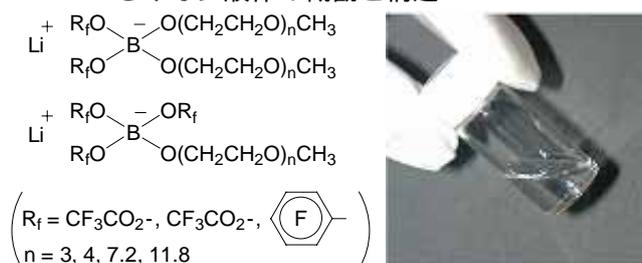


図 29 リチウムイオン液体の構造と外観

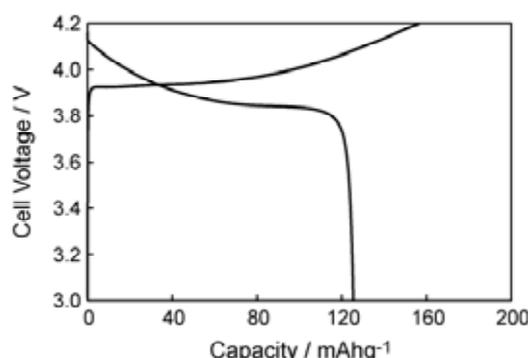


図 30 金属リチウム/リチウムイオン液体/LiCoO<sub>2</sub> 複合正極セルの放電特性

### [4] リチウム塩とグライム類が形成するリチウム伝導性溶融錯体

我々は図 31 のようなグライム類 (G3, G4) と LiTFSI 等比錯体が室温において液体状態であり、高温においても揮発しにくいイオン液体的な挙動を示すことを見出した。これはグライム中のエーテル配位子がすべてリチウムイオンに配位し、溶融錯体中のカチオンはすべてこの配位を受けた状態で存在することを磁場勾配 NMR 法からも明らかにした。燃焼実験の結果、グライム単体では引火するのに対し、グライム - LiTFSI 等比錯体は引火しない

ため、新規不燃性電解質溶液として有用であることが示された。

リチウムイオン液体はリチウムイオン活量が大きいのが、イオン導電率が低いことが問題であったが、このグライム - LiTFSI 溶融錯体はリチウムイオン活量が高いまま、イオン導電率も高いことが特徴である。

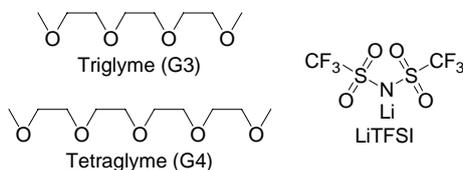


図 31 グライム類と LiTFSI の構造

#### [5] 逆オパール構造を有する多孔質炭素材料とキャパシタ、リチウム二次電池への応用

最密充填型コロイド結晶を鋳型に用いて、その空隙中でフルフリルアルコールの重合、炭素化、および鋳型の除去をすることにより、規則的な連通孔を有する炭素材料の合成に成功した(図 32)。この逆オパール型炭素は鋳型のシリカ微粒子のサイズ低下につれて比表面積が大きくなり、また鋳型を反映したマクロ孔以外に特にメソ孔の発達を確認された。

様々な非水系電解液を用いた電気二重層充放電測定から、逆オパール型炭素の孔径が小さくなるにつれて高い充放電容量を与えることを確認した(図 33)。また  $\text{LiPF}_6$  を用いたエチレンカーボネート + ジメチルカーボネート (EC + DMC) 混合溶液系を用いた際には、逆オパール型炭素へのリチウムイオンの吸蔵・放出に由来する容量のみならず、電気二重層の充放電容量が全容量に対して大きく寄与することが見出された。ここから、リチウムイオン電池と電気二重層キャパシタの双方の長所を併せ持つデバイス(ハイブリッドキャパシタ)として機能する可能性が示唆された。

また、真の放電特性を明きからにするために低速で定電流定電圧充電を行い(0.3C)、放電速度を変えて逆オパール炭素の放電容量測定を行った。その結果、逆オパール炭素は市販ハードカーボン電極に比べて、倍以上の容量 ( $> 1000 \text{ mAhg}^{-1}$ ) を示すことが明らかになり(図 34) しかもその容量は逆オパール炭素の表面積に対して比例することを見出した。これは逆オパール炭素内部へリチウムイオンが吸蔵することに加え、炭素表面にリチウムイオンが吸着したことを示唆しており、この効果がより支配的であるものと考えられる。

グライム - LiTFSI 等比錯体を電解質に、逆オパール炭素を電極として用い、充放電測定を行ったところ、約  $300 \text{ mAh g}^{-1}$  の放電容量が得られた。これは一般的な有機溶媒を用いた系より小さい値であったが、イオン液体的挙動を示す液体を電解質として用いた系でも、リチウムイオンの充放電が可能であることを明らかにした。すなわち難揮発液体を電解質に用いているため、リチウム二次電池に応用する際、安全性の向上が期待される。

さらに、逆オパール型炭素の孔内に白金を電析させたところ傾斜的白金修飾が可能となった。プロトン伝導性イオン液体は白金(炭素)電極で水素酸化・酸素還元活性があることから、合成された白金担持逆オパール型炭素の無加湿燃料電池用触媒担持電極としての有用性が示された。

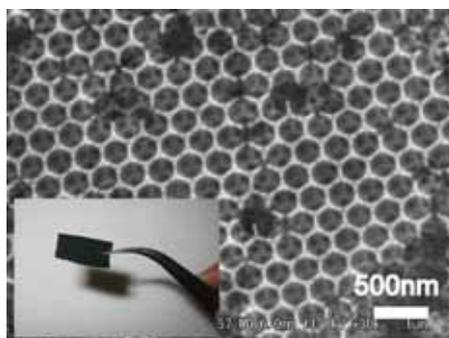


図 32 シリカコロイド結晶を鋳型に用いて合成された逆オパール型炭素の外観と SEM 写真

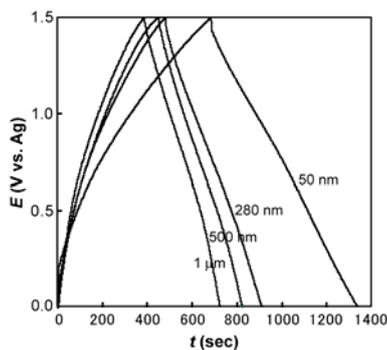


図 33 逆オパール型炭素材料の定電流充放電測定の結果 (TFABF<sub>4</sub>/PC 系、電流密度:200 mA/g)

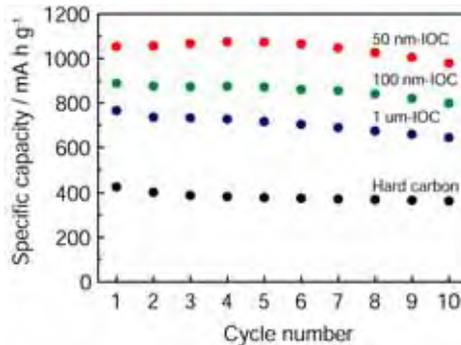


図 34 逆オパール炭素を用いた放電容量のサイクル特性 (0.3 C)

#### [6] 逆オパール型炭素/イオンゲル複合体の創製

一般に、活性炭中でのビニルモノマーのラジカル重合は難しいことが知られているが、我々は逆オパール型炭素の空隙内をイオン液体、ビニルモノマー、架橋剤および開始剤の混合溶液で満たし、その場でラジカル重合することによりイオンゲル/逆オパール型炭素複合体を合成することに成功した(図 35 左)。ここで、図 35 右に示すように、逆オパール型炭素/イオンゲル複合体の電気二重層容量はイオン液体を用いた際と同程度かそれ以上の値を示したことは興味深い結果である。イオン液体はそれ単独で高いイオン活量を有するが、イオンゲルの構成成分の大部分はイオン液体が占めている。すなわち逆オパール型炭素/イオンゲル複合体の高い電気二重層容量は、イオンゲルの持つ高いイオン濃度が反映された結果と推測される。

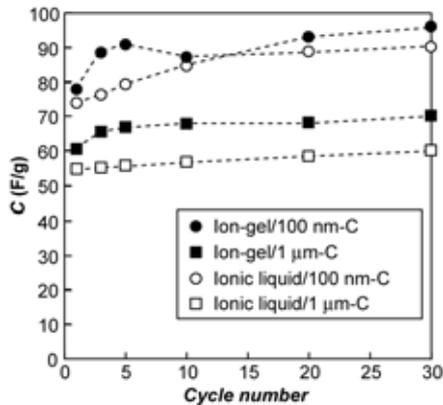
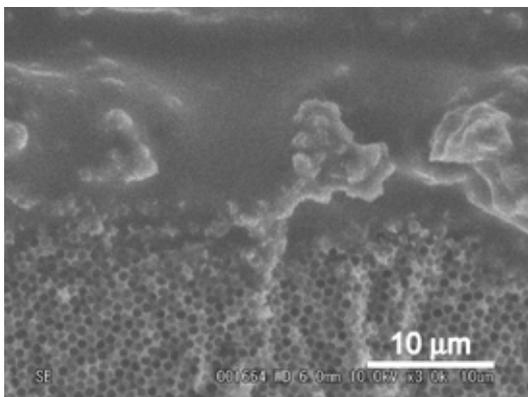


図 35 (左)逆オパール型炭素/イオンゲル複合体の SEM 写真、および(右)逆オパール型炭素/イオンゲル複合体とイオン液体を電解質として用いた際における電気二重層容量のサイクル特性依存性

#### [7] イオンゲルアクチュエータ

現在、低電圧かつ大気下で作動可能なアクチュエータの出現が期待されている。ここで、イオンゲルを電解質に用いた電気二重層キャパシタに貯まる電気エネルギーの一部を変形に利用することを着想し、図 36 のようにイオンゲルに金箔、活性炭、カーボンナノチューブやナノファイバー、逆オパール型炭素などを電極とする素子を作製して電圧を印加することで、ソフトアクチュエータとして機能することを見出した。特にこのイオンゲル中で高分子と相溶化しているイオン液体は揮発しないために大気下でも安定であり、かつ ±1.5V という低電圧で駆動できる点(図 37)は、アクチュエータとして極めて大きなメリットとなる。変位メカニズムを探るために、電極の炭素材料やイオンゲルを構成するイオン液体構造を変化

させ、変位挙動を測定した。炭素電極の電子伝導性の増加や電極表面積を増大させることで、高い周波数応答特性や最大で数 mm 程度の変位が得られることが明らかとなった。また、電解質であるイオン液体の構造を変化させた結果、イオン伝導度が高いイオン液体を含むイオンゲルアクチュエータが大きな変位を示した。イオン液体を構成するイオンのサイズに関わらず、全て図 38 のように陽極方向に変位する現象を見出した。これに対応して、電極/電解質界面に形成される電気二重層容量が常にカチオン分極の方が大きいことが明らかにした。アクチュエータ駆動のドライビングフォースは、この電気二重層容量の違いに起因する陽極側と陰極側の界面の状態（濡れ性、表面張力など）の相違によるものと考えられた。

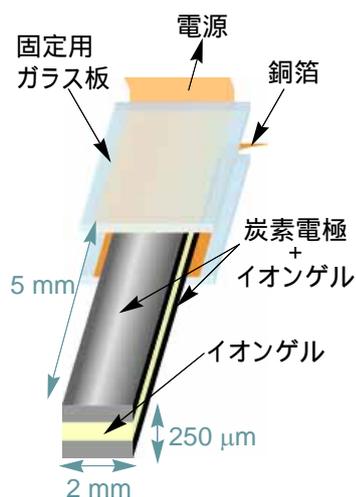


図 36 イオンゲルアクチュエータの構造

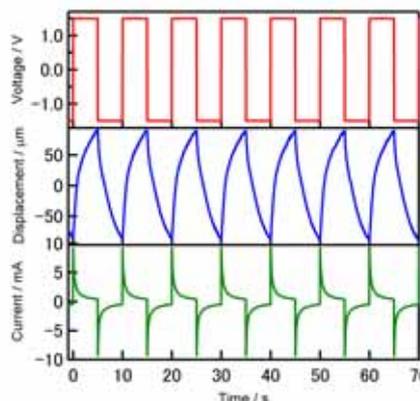


図 37 イオンゲルアクチュエータの電圧印加に対する電流および変位応答（電極：金箔）

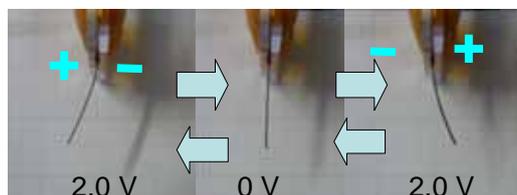


図 38 イオンゲルアクチュエータの変位の様子（電極：活性炭）

## (2)研究成果の今後期待される効果

イオン液体およびイオンゲルのイオンダイナミクスが明らかとなったことから、機能性イオン液体およびイオンゲル創製への大きな足がかりとなったものと考えられる。イオン液体やイオンゲルにリチウムイオン伝導性およびプロトン伝導性を付与することにより、リチウム二次電池および無加湿燃料電池の電解質として機能することが示され、より安全なリチウムイオン二次電池用電解質、燃料電池用電解質への応用が見込まれる。最近のこれらデバイスの電解質に関する検討はイオン液体が主流に成りつつあることから、既に科学技術や社会への波及効果があったものと考えられる。さらに、グライム - LiTFSI 溶融錯体は容易に作成できる上に、これまでに検討されてきたイオン液体に比べ高性能であることから、多くの研究が推進されるものと確信している。

また、逆オパール型炭素のリチウム二次電池、電気二重層キャパシタおよび燃料電池の電極材料としての有効性が実証され、かつイオンゲル/逆オパール型炭素複合体の創製に成功した。このように、「イオンゲル中へのナノ構造の構築とエネルギーの高度利用原理の確立」への基盤が固まったと言え、安全でかつ高性能を兼ね備える各種デバイスへの応用が見込まれる。

### 3.3 金属規則ポーラス構造形成にもとづく大容量コンデンサの作製(首都大学東京 益田グループ)

#### (1)研究実施内容及び成果

##### [1] AI 電解コンデンサ用電極箔のトンネルピット制御と高容量化の達成

AI 電解コンデンサ用電極箔は、静電容量を増大させるために電解エッチングによる面積拡大処理が施される。この際、効率的な面積拡大処理を実現するためには、電解エッチングにより AI 箔に形成されるトンネル状ピットの形成位置を制御し、理想的には、等間隔でトンネルピットを配置することが必要とされる。しかし、トンネルピットの規則配列の形成は、国内、国外共にこれまで実現されていない。現状では、AI に微量の不純物を添加して箔を形成し、これを電解エッチングすることで、箔表面の不純物偏析点でピittingを生じさせる方法が工業的に行われている。この手法では、高精度にピット形成位置を制御することが原理的に困難であり、理想的な幾何学構造との間に大きな乖離がある(図 39)。

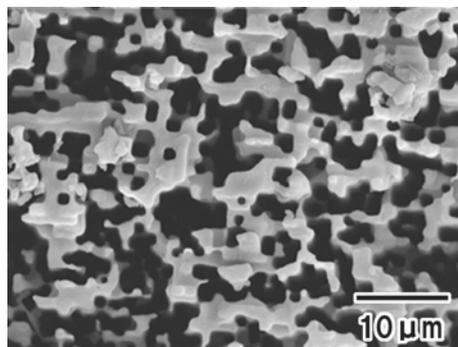


図 39 工業的に生産されている AI 箔のピット配列の例

本研究では、AI 表面のピット形成位置の高度な制御による電解コンデンサ用 AI 電極箔の作製手法の開発と高容量化を目的とし、規則配列した開孔を有するマスクを AI 箔の表面に設置し、マスク開孔部でトンネルピットを成長させる手法について検討を行った。

はじめに、ミクロンスケールの直行細孔配列を有するガラスキャピラリープレート(直径 6.0 μm、間隔 7.5 μm、厚さ 1 mm)を AI 箔の表面に固定し、細孔内に電解液の塩酸を浸透させてエッチングを行った。その結果、AI 表面のピitting位置がキャピラリープレートの細孔部に限定され、キャピラリープレートの細孔配列に対応したピット配列を形成することができた(図 40)。

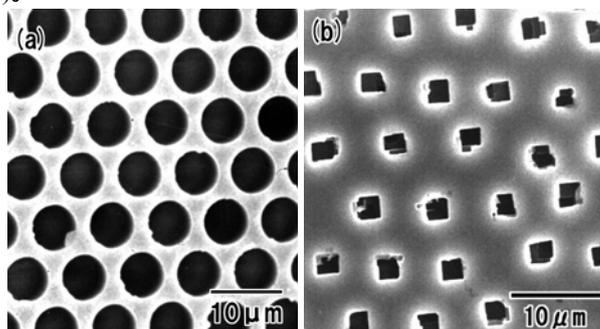


図 40 ガラスキャピラリーをマスクとした AI ピット配列の制御：(a)キャピラリーマスク、(b)ピット配列の SEM 像

ガラスキャピラリープレートは機械的、化学的に安定なマスクであるものの、細孔のアスペクト比が高いことから電解液を浸透させる操作が必要であり、また表面に圧延筋を有する AI 箔との間に空隙が生じやすかったため、広範囲にわたる高規則ピット配列の形成が困難であった。そこで、マスクの形成方法を改良し、ポリマーの薄膜状マスクを用いる方法について検討を進めた。細孔配列を有するポリマーマスクの作製は、表面に細孔配列を有するスタンプの表面でポリマー薄膜を形成後、AI 箔に転写する方法を用いた。この手法は、一般的な固体表面のマスクング手法であるフォトリソグラフィと比較し、露光装置等の設備が不要であり、簡便なプロセスで、安価なマスク材を使用できるという利点を有する。細孔配列を有するスタンプの作製は、規則突起配列を有する金属モールドをあらか

じめ形成し、この形状をスタンプ材となるポリジメチルシロキサン(PDMS)で転写することにより行った。図 41 に、本研究で使用した PDMS スタンプの SEM 像を示す。直径約 1.5  $\mu\text{m}$  の円筒状細孔が 5.0  $\mu\text{m}$  間隔で高規則配列したスタンプを得ることができた。図 42 に、一般的なゴムの材料であるポリクロロプレンの溶液をスタンプの表面にコートし、乾燥後スタンプ表面を Al 箔に接触させてマスクの転写を行った結果を示す。マスクの細孔径は約 2.2  $\mu\text{m}$  であり、スタンプと比較して細孔径が若干広がったものの、円形細孔が高規則配列した薄膜マスクを Al 箔の表面に形成することが可能であった。これは、ミクロンレベルの微細構造を有するスタンプの表面でポリクロロプレンを乾燥させ、固体薄膜とした状態で Al 箔に転写したためにマスクの形状が維持された事に加え、ポリクロロプレんと Al 間の接着力が、ポリクロロプレんと PDMS 間の接着力に対して非常に高かったためである。また、スタンプ表面のポリクロロプレん薄膜が Al 箔に転写されたのに対し、スタンプの細孔内に形成されたポリクロロプレんは Al 箔と接触しなかったため、スタンプの表面構造に対応した細孔配列のマスクが Al 箔に形成された。また、PDMS スタンプは、マスク転写後にアルコールで洗浄することにより、繰り返し使用する事が可能であった。図 43 はマスクングフィルムを AFM 観察した結果であるが、Al 箔とマスク間の段差から、マスクの厚さは約 200 nm であることがわかった。

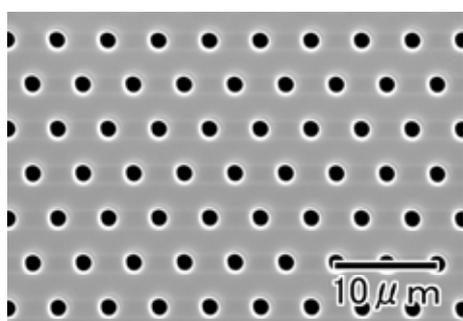


図 41 ポリマーマスク形成用スタンプの SEM 像

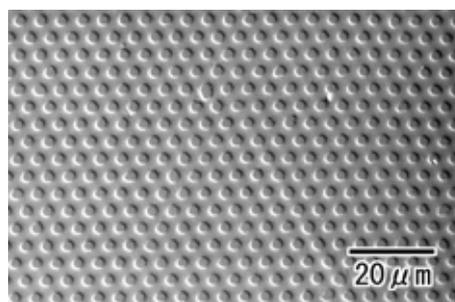


図 42 Al 箔に形成したポリマーマスクの SEM 像

図 44 に、30 、11M の塩酸水溶液中で電解エッチングを行った結果を示す。マスクの各細孔部でピッチングが生じ、均一に異方性エッチングが進行した結果、サイズの揃った四角開口を有するピットの高規則配列を得ることができた(図 44a)。このような高密度高規則ピット配列を形成するためには、高濃度の塩酸水溶液を電解液に使用することが必須であった。これは、Al 箔表面でのピッチングを高密度で発生させるために、Al に対する化学的腐食作用の向上が必要であったためと考えられる。図 44b はピット配列の拡大像であるが、マスクの開口部以外では Al のピッチングが完全に抑えられていることがわかった。また、四角ピットの角の部分でマスクの薄膜が観察されることから、エッチング後もマスクが Al 箔の表面に密着していることがわかった。電解エッチングのマスクとしてポリクロロプレンを適用したのは本研究が初め

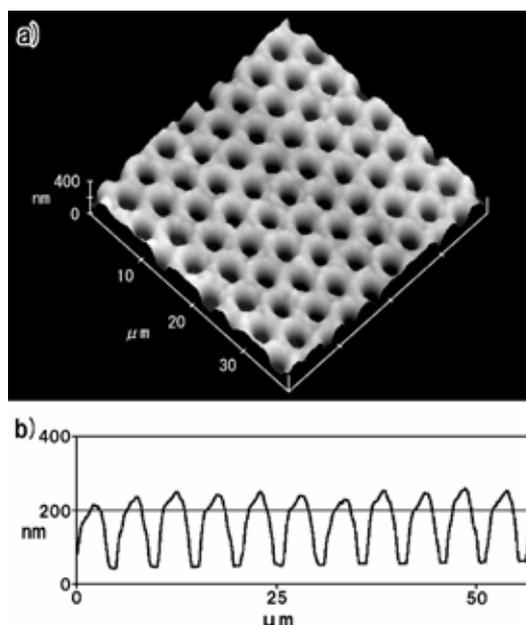


図 43 Al 箔表面に形成したマスクングフィルムの AFM 像：(a)3 次元像、(b)断面プロファイル

てであるが、ポリクロロブレン薄膜は Al 箔と強く接着する事に加え、高濃度塩酸中での電解エッチングに対して十分な化学的耐久性、電氣的絶縁性を保持することが確認された。

現状の電解コンデンサの最大駆動電圧領域である、500 V に対応した電極箔で理想容量を達成するためには、2  $\mu\text{m}$  間隔で Al 箔にピット配列を形成することが必要となる。図 45 は 2  $\mu\text{m}$  周期の細孔配列を有するマスクを Al 箔に形成して電解エッチングを行った結果であるが、マスクの細孔配列を忠実に再現した高規則ピット配列を形成することが可能であった。しかし、エッチングの進行に従いピットが横方向に成長し、トンネル状ピットの配列を得ることができなかった。高密度高規則トンネルピット配列の形成条件について詳細に検討を進めた中で、マスクを形成後、微量の Cu を試料表面に析出することによりピットが深さ方向に成長する事を見出した。図 46 は、ピット配列の形成における Cu 微量析出の効果を確認した結果であるが、Cu を蒸着しない場合(図 46a)は数 10  $\mu\text{m}$  の粗大なピットが成長するのに対し、Cu を蒸着することにより(図 46b)、マスクの開口配列に対応した 5  $\mu\text{m}$  周期でピットがトンネル成長することを明確に示している。図 47 に、5  $\mu\text{m}$  周期の細孔配列を有するポリクロロブレンマスクを Al 箔の表面に形成し、Cu を約 10 nm 蒸着後、7M、55 の塩酸水溶液中で電解エッチングを行った結果を示す。個々のマスク開口部で発生したピットが均一な速度で深さ方向に成長し、30 秒のエッチング後はピットの深さが約 30  $\mu\text{m}$  に達することがわかった。Al 箔の表面に析出した微量の Cu がトンネルピットの高密度均一成長をもたらすメカニズムは明らかにできていないが、電解エッチング初期にマスク開口部の Al を活性化し、更に、トンネルピットの成長に必要とされる、ピット先端での塩化物イオンの濃縮に寄与しているものと考えられる。図 48 は 500 V 級のコンデンサに対応する 2  $\mu\text{m}$  周期で検討を行った結果であるが、深さ約 15  $\mu\text{m}$  の高規則トンネルピット配列を得ることが可能であった。2  $\mu\text{m}$  周期のトンネルピット配列は現在、形成可能な面積の課題が残されているものの、本研究により、理想容量を達成する幾何学形状を有する Al トンネルピット配列の形成が可能となった。

スタンプを用いて Al 箔の表面にマスクを転写する手法は簡便ではあるものの、連続的な生産への適用では、Al 箔の表面形状の制限やスタンプの劣化などが懸念される。そこで、Al 表面にマスクを形成する新規手法として、インクジェットプリンティングの適用を試みた。この手法は、Al 箔に着弾するインク以外は Al 箔に接触するものが無いことから、Al 箔の表面形状の自由度が高く、また連続的なマスクの形成、任意のパターン形成に優れるという特徴が挙げられる。

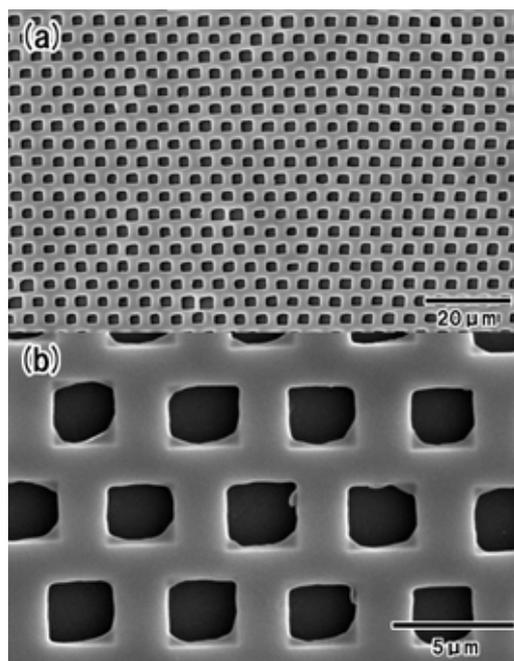


図 44 マスキングプロセスにより形成された 5  $\mu\text{m}$  周期高規則ピット配列：(a)低倍、(b)高倍 SEM 像

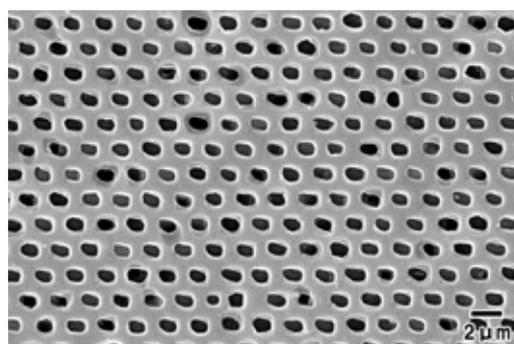


図 45 2  $\mu\text{m}$  周期高規則ピット配列の SEM 像

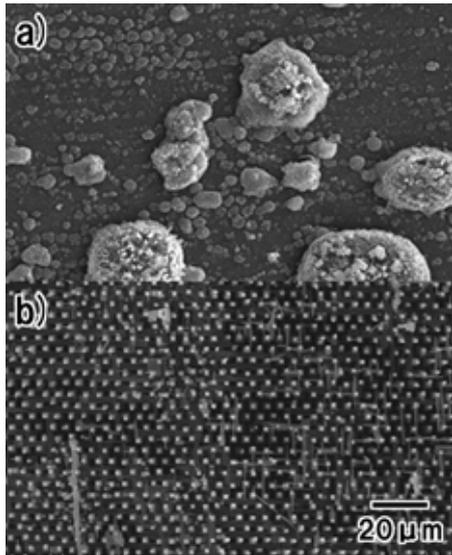


図 46 トンネルピット配列の形成における Cu 析出の効果：(a)Cu 無し、(b)Cu 10nm 蒸着（レプリカの SEM 像）

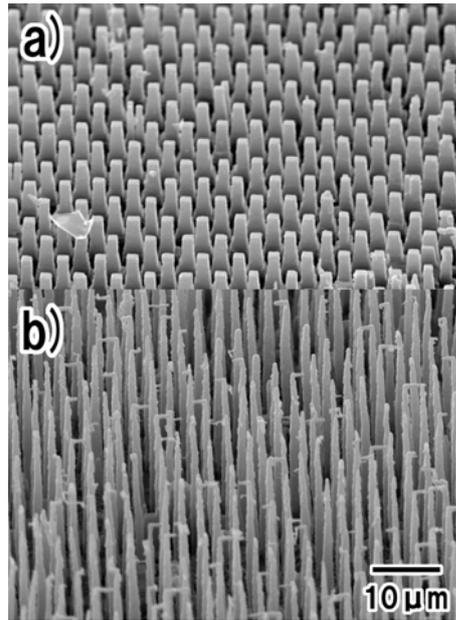


図 47 トンネルピット配列の成長：(a)エッチング時間 5 秒、(b)30 秒（レプリカの SEM 像）

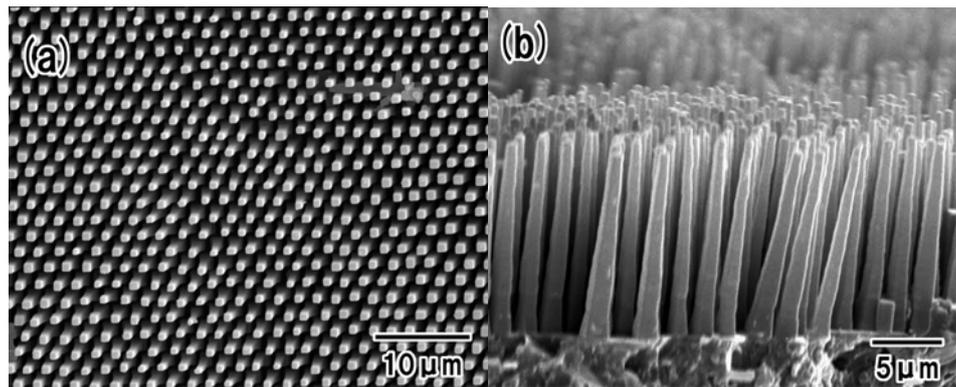


図 48 2 μm 周期高規則トンネルピット配列の SEM 像(レプリカ像)：(a)表面、(b)破断面

図 49 に、市販の油性インクジェット印字装置を用いた Al 箔表面のピットのパターンニング結果を示す。図 49a は Al 箔に形成したインクドットの配列であるが、直径約 400 μm のドットが規則配列していることがわかる。図 49b は、インクドットをマスクとして Al 箔の表面にバリアー型酸化皮膜を形成し、インクを溶解した後に電解エッチングを行った結果であるが、インクドットに対応した領域でピットの形成が確認された。この結果は、インクジェットプリンティングによって形成されるパターンはドットの配列であるものの、ドット以外の領域に酸化物マスクを電気化学的に形成することで、酸化物マスクの開口部、すなわちインクドットに対応した領域でエッチングを選択的に進行できることを示している。図 50 に、高精細インクジェットプリンティング装置を用いて 10 μm 間隔のドット配列を形成し、ピット配列の制御を行った結果を示す。市販の印字装置で形成したドット径約 400 μm に対し、直径約 5 μm の微細なインクドットの規則配列を形成することができた(図 50a)。図 50b は、この表面にバリアー層を形成し、インクドットを溶解除去後、Cu を表面に微量析出させて電解エッチングを行った結果であるが、マスクの開口に対応したトンネルピットの形成を行うことができた。更に微細化を進めたところ、限られた領域ではあるが、図 51 に示すように 5 μm 周期のインクドット配列と、ドット配列に対応したトンネル

ピット配列の形成も確認された。現状ではプリントの安定性から広域でトンネルピット配列を得ることは困難であるが、今後のインクジェットプリンタの発展により、広域化及び実用領域となる周期でのトンネルピット配列の形成が可能になるものと考えられる。

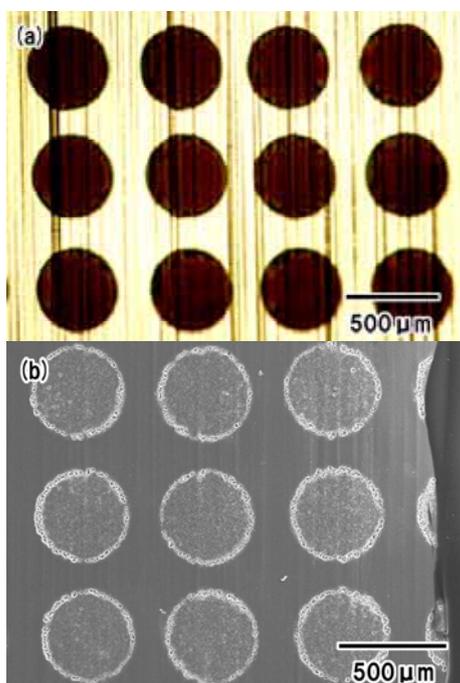


図 49 インクジェットプリンティングによるエッチング領域の制御：(a)インクドット配列、(b)エッチング後のAl箔

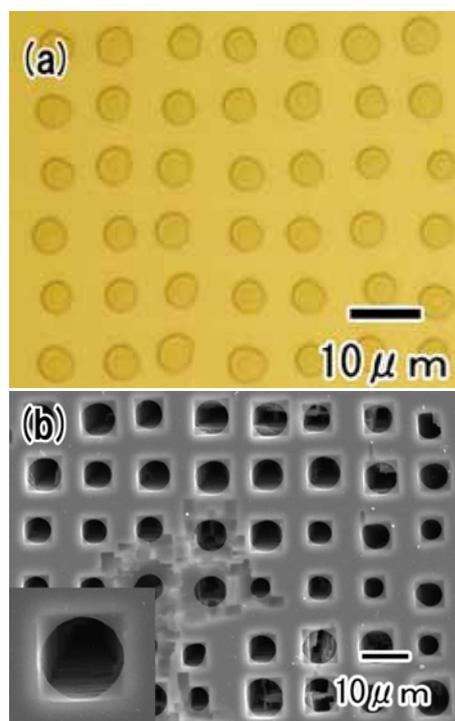


図 50 高精細インクジェットプリンティングによるピット配列の制御：(a)インクドット配列、(b)トンネルピット配列

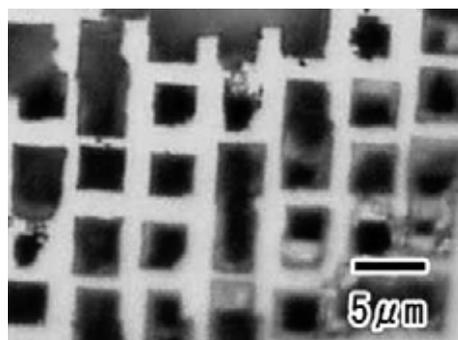


図 51 高精細インクジェットプリンティングにもとづき形成された 5 μm 周期のトンネルピット配列

## [2] 規則配列ポーラス Si の作製とリチウム二次電池負極への応用

シリコンを負極としたリチウムイオン二次電池の理論容量は  $4200 \text{ mAhg}^{-1}$  であり、現行の炭素材料の理論容量  $372 \text{ mAhg}^{-1}$  と比較して飛躍的に高い特性を有するものの、充放電時の体積変化に起因する性能の不安定性から実用化には至っていない。しかし、ナノスケールで空隙が高度に制御された多孔質構造とすることにより、充放電時の体積変化を緩和し、良好な充放電サイクル特性を示すことが期待される。本研究では、リチウムイオン二次電池の高エネルギー密度化を目的とし、単結晶 Si へのナノインプリントと電解エッチングに

よってナノスケールの規則細孔配列を有するポーラス Si を形成し、リチウムイオン二次電池としての特性の評価を行った。

直径約 40 nm、高さ約 30 nm の突起が 200 nm の間隔で三角格子状に規則配列した SiC 製のモールドを用いたナノインプリントにより、Si(100)の表面に 200 nm 周期の窪みの規則配列を形成した。これを HF 水溶液中で電解エッチングし、Si 表面の窪み配列に対応した高規則ナノポーラス Si を作製した。裏面に Al を蒸着し、表面以外を樹脂で被覆した後、0.5M LiClO<sub>4</sub> の EC、DEC 電解液中でサイクリックボルタンメトリー測定を行った。測定後の試料を、高分解能 SEM で観察した。

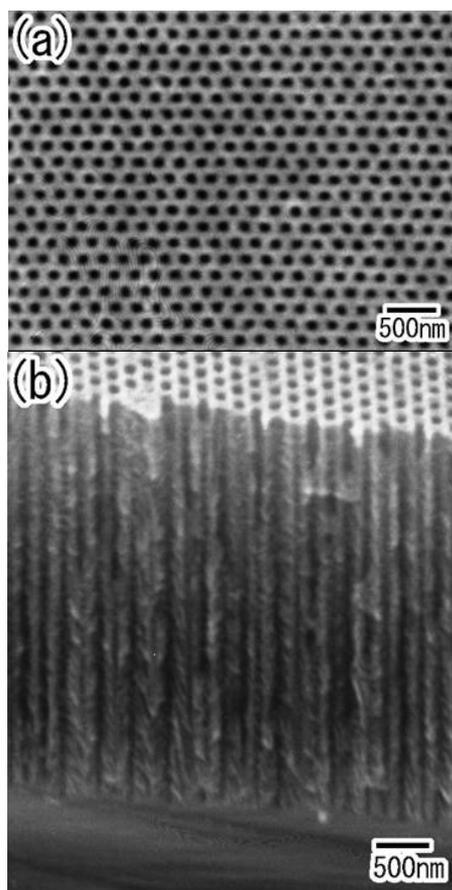


図 52 Si へのナノインプリントにもとづき得られたナノポーラス Si の SEM 像：(a)表面、(b)破断面。

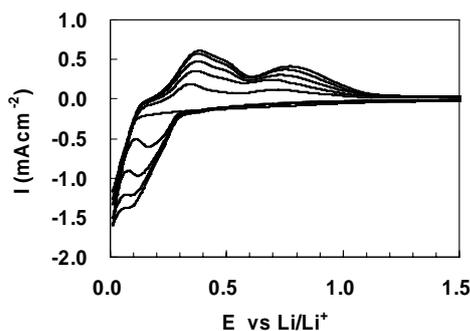


図 53 高規則ナノポーラス Si のサイクリックボルタモグラム(5 サイクル実施)

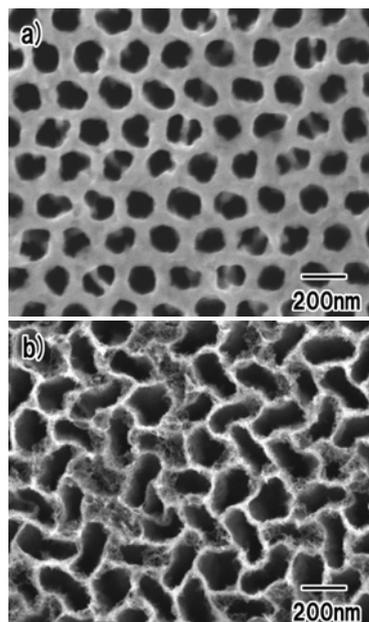


図 54 サイクリックボルタンメトリー実施後のナノポーラス Si の表面 SEM 像：(a)5 サイクル実施後、(b)50 サイクル実施後。

図 52 に、Si へのナノインプリントによって得られた高規則ナノポーラス Si の例を示す。表面 SEM 像(図 52a)から、Si 表面に形成された窪みの位置に対応し、高度に規則化したナノスケールの二次元細孔配列が得られた。また、破断面の観察(図 52b)より、表面で形成された細孔が、表面に対して垂直に均一に成長することがわかった。このときの細孔径は約 150 nm、細孔深さは約 6 μm である。図 53 に、細孔周期 200 nm の高規則ナノポーラスシリコンのサイクリックボルタモグラムを示す。図 53 は 5 サイクルの測定を行ったものである

が、サイクル数の増加に伴い、充放電の電気量が次第に増加する結果となった。また、50 サイクル実施したところ、更に電気量が増大した。図 54 に、5 サイクル、50 サイクルのポルタンメトリー実施後のナノポーラス Si 電極の SEM 像を示す。5 サイクル後では高規則細孔配列が観察されたのに対し(図 54a)、50 サイクル実施後は細孔が大きく歪み、長円形状となった(図 54b)。しかし、200 nm 周期の細孔の間隔はほぼ維持されていたことから、多数回の充放電サイクルを実施しても、高密度細孔配列の基本骨格は維持されることが示唆された。

### [3] ポーラスアルミナにもとづく DMFC の作製

燃料電池の高性能化をはかる上で、ナノスケールで構造が制御された材料の開発が重要な課題とされる。本研究では、自己組織化的に高アスペクト比ナノポーラス構造を形成する陽極酸化ポーラスアルミナにもとづく DMFC 用固体電解質マトリクスの形成に関して検討を行った。

図 55 に、ナノインプリントプロセスにより 500 nm 周期の理想細孔配列を有する陽極酸化ポーラスアルミナを形成した後、細孔を両端で貫通させたメンブレンの SEM 像を示す。1cm 四方にわたり、細孔径約 250 nm、膜厚約 30  $\mu\text{m}$  の高規則細孔配列を有するポーラスアルミナメンブレンを得ることができた。この細孔にナフィオンの溶液を浸透させ、固体電解質の充填を行った結果を図 56 に示す。部分的に空隙が観察されるものの、ナフィオンが細孔内に充填されていることが確認され、固体電解質との複合化が可能であることがわかった。これを用いて発電特性を測定したところ、ポロシティで標準化した場合にナフィオン膜とほぼ同等の電圧-電流特性を示すことが確認された。続いて、ポーラスアルミナを鋳型とし、化学的に安定なテフロンのスルーホールメンブレンの作製を行った。得られたポーラステフロン SEM 像を図 57 に示す。鋳型に充填するテフロン溶液の濃度を最適化することにより、出発材料として用いたポーラスアルミナの細孔構造に対応した高密度規則細孔配列を有するテフロンを形成することができた。

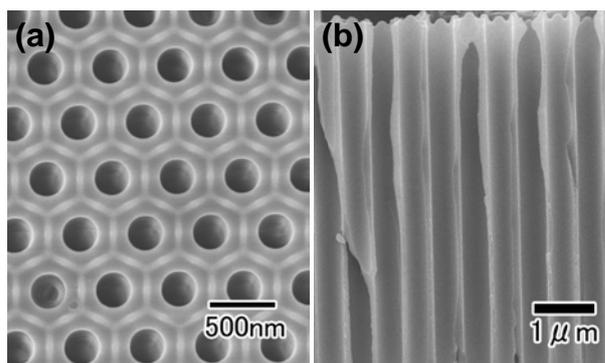


図 55 高規則配列陽極酸化ポーラスアルミナの SEM 像：(a)表面、(b)破断面。

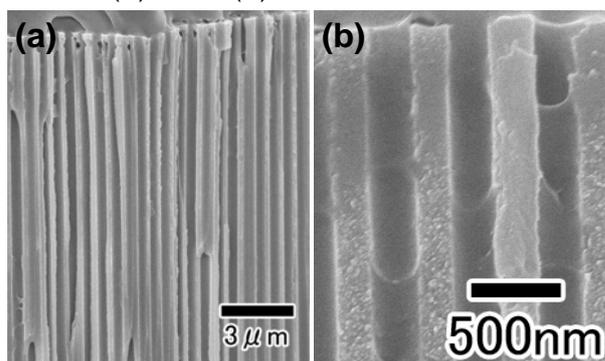


図 56 細孔内へのナフィオンの充填による固体電解質コンポジットの形成

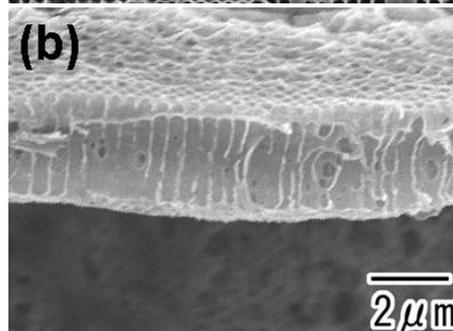
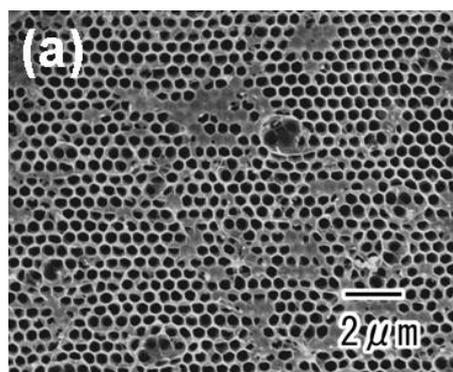


図 57 ポーラスアルミナを鋳型として作製したテフロンスルーホールメンブレンの SEM 像：(a)表面、(b)破断面

## (2)研究成果の今後期待される効果

本研究によれば、従来の手法では限界に近づきつつある Al 電解コンデンサの拡面効率を理論的に予想される最大効率近くまで向上させることが可能になるものと期待される。これらの成果は、市場で需要が増大している高出力タイプの電解コンデンサの飛躍的な高性能化につながり、電気を動力源とする移動媒体等において、重量低減、省エネルギー面での寄与も大きいものと期待される。

本研究の手法により作製されるナノポーラスシリコンは、細孔周期をナノインプリントで使用するモールドの突起間隔で、細孔サイズと細孔深さを電解エッチング条件により制御可能であることから、体積変化の緩和効果の最も高い 3 次元構造について詳細に検討することが可能である。高規則ナノポーラス Si のリチウムイオン充放電特性についてより詳細な検討を進めることで、現行の炭素電極の容量を大きく超える電池の開発が期待される。

ナノスケールの細孔内に保持された固体電解質は、メタノール燃料による膨潤が抑制され、長時間にわたり安定した発電特性を示すことが期待される。また、固体電解質のマトリクス化により薄膜化が可能となり、内部抵抗の減少などの発電特性の向上が期待される。

### 3.4 電源デバイス用メソポーラス金属電極開発と小型電源システムの検討 (早稲田大学 門間グループ)

#### (1)研究実施内容及び成果

##### [1] メソポーラス金属電極の合成法の開発とデバイスへの搭載プロセスの開発

高比表面積・メソ領域の規則的細孔等の特徴を持つメソポーラス材料は、無機酸化物を中心に活発に研究され、その特異な反応場を利用した触媒材料・吸着材料等への応用が試みられている。一方、メソポーラス金属は高い電子電導性や金属固有の反応性・触媒能が期待され、電気化学反応系や、触媒反応系での幅広い応用展開が考えられる。我々は蓄発電デバイスへの応用を考え、高規則性メソポーラス金属の開発を行った。

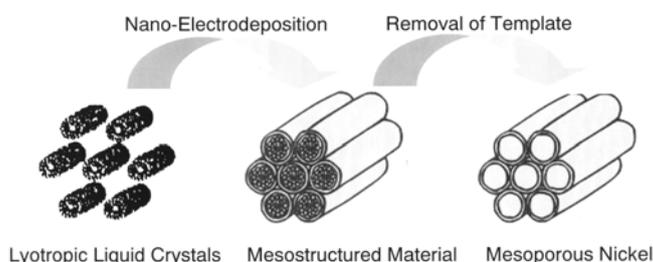


図 58 鋳型を含む溶液相中からの金属の無電解析出を利用したメソポーラス金属の合成方法

鋳型を含む溶液相中から金属の無電解析出を行うスキームを図 58 に示す。まず、非イオン性界面活性剤を高濃度に溶解した水溶液で形成されるリोटロピック液晶相を用い、水相に  $\text{Ni}^{2+}$  イオンと電子供給源となる還元剤を溶解した系によりメソ孔が規則性配列したメソポーラス Ni の合成に成功した。金属析出過程に着目し、析出反応がメソ構造の秩序性に与える影響を検討した結果、還元剤の酸化反応が、その反応に対する触媒能を持った金属表面で進行することが重要であり、水相中への金属核生成と、金属表面での触媒的酸化反応の 2 反応が重要であることが示された。金属核発生用還元剤、触媒能を持つ金属、触媒的に酸化反応する還元剤の 3 種を適切に組み合わせた手法により、メソ孔が広い範囲で高く規則配列したメソポーラス金属が合成されることを明らかにした。

無電解めっき法によるメソポーラス金属合成手法開発にて得られた知見を応用し、接触めっき法、電気めっき法による他の金属種を用いたメソポーラス金属電極の合成を検討した。Pt, PtRu, Sn をはじめとする各種組成のメソポーラス合金、金属電極の作成を可能とした。これらの検討から、高濃度の界面活性剤によって形成されるリोटロピック液晶(LLC)を、直接鋳型とした合成法に着目してきており、金属析出反応を制御することで、LLC 液晶の構造を反映した高規則性のメソ構造体を合成できることを示した。

これらの電気めっきに代表される手法は、集電体の上に直接メソポーラス金属を合成可能であることから、メソポーラス金属合成と、デバイスへの直接搭載が一括して行うことができる利点を有する。更なるメソポーラス金属材料のデバイスへの適用を目的として、様々なタイプのデバイスへの直接組み込み手法として必要となる、微細凹凸部位へのメソポーラス金属の合成法について検討した。リソグラフィによって作製したマイクロチャンネル流路内にメソポーラス金属の析出を行うための LLC 溶液の埋め込みについて、揮発性有機溶媒にて希釈した前駆溶液をマイクロチャンネル内

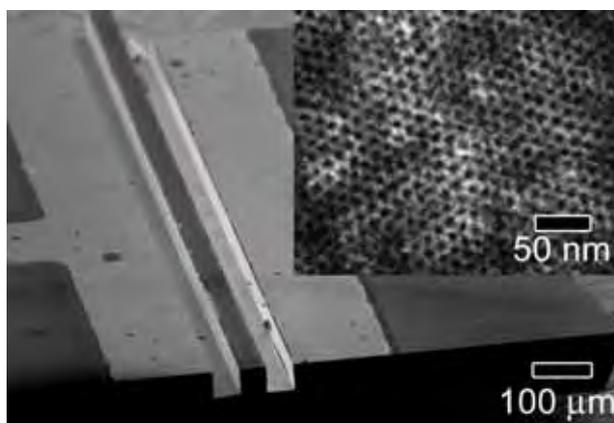
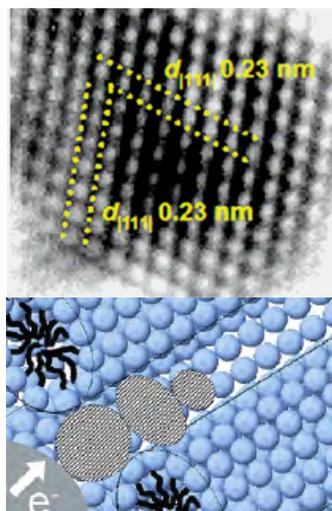


図 59 2D-hexagonal 構造を有するメソポーラス白金の HR-SEM 像

部に充填させ、溶媒の揮発後とともに液晶構造を形成させ、その後電析法により白金の析出を行うことで、白金メソ構造体の形成が可能であることを見出した。FE-SEM 観察から、マイクロチャンネルの底部と側部において、全体にわたり白金が均一に析出していることが観察された。さらに、析出した白金を HR-SEM で観察することで、LLC 液晶の構造に由来する規則的な 2D-hexagonal 構造が生成していることが確認できた (図 59)。



また、析出したメソポーラス金属の詳細な TEM 解析を行い、メソ孔配列や表面積などの基礎的評価から、詳細な結晶構造解析へと研究を展開し、その成果を元に、メソポーラス金属析出時の析出過程の推察を行った。メソ孔の壁を形成する金属は、それ自体がナノ微粒子上の構造をしており、その微粒子が一列に集合してメソ孔を形成していることが高分解能 TEM 解析より明らかとなった (図 60)。さらに集合した微粒子の結晶方位がそろっていることから、金属微粒子はある一定の大きさまで成長した後に、その表面の水相と接触しているところから、元の微粒子の結晶方位を履歴した新たな核が形成され、次の微粒子へと成長していくものと考えられる。

図 60 メソポーラス Ni の高分解能 TEM 解析と結晶成長モデル

[2] 超小型新構造 DMFC の作製と発電

従来の燃料電池構造を小型化するのではなく、MEMS 技術を応用し、小型化に有利で新たな構造を持つ小型直接メタノール形燃料電池 (DMFC) を設計した。設計の基本的概念として、従来の DMFC においては燃料極と酸素極がプロトン伝導高分子電解質を介して対向している構造が多く提案されているが、小型燃料電池を効率よく多数一括形成するプロセスを検討し、図に示す新たなアクティブタイプ DMFC 構造を提案した (図 61)。

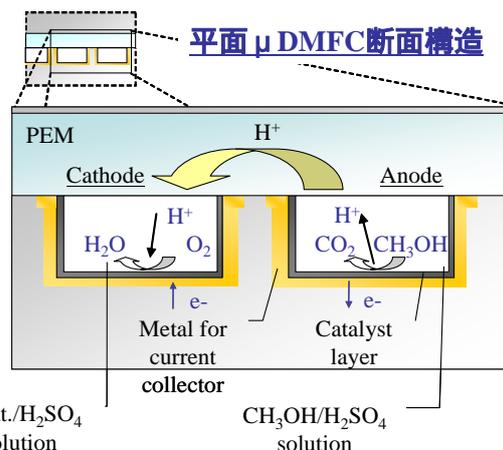


図 61 新規平面型 DMFC の構造

触媒を付与した電極が形成された流路が同一基板上に平行に配置され、その上にプロトン伝導性高分子膜を配置した構造を持つ。図この構造を形成するためのプロセス設計を行い、実際に電気化学デバイスを試作した。

シリコンウェファァー上に作製された平面構造超小型 DMFC を図 62 に示す。得られたデバイスに燃料であるエタノール水、酸素飽和させた電解液をそれぞれの流路に圧送したところ、燃料電池として作動する事が

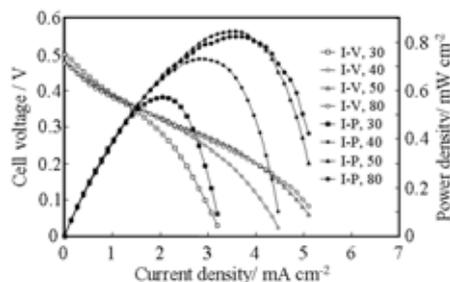
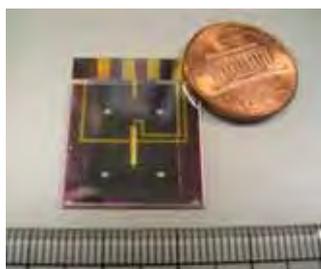


図 62 Si ウェファァー上に形成された超小型 DMFC とその発電特性

確認された。

また、本超小型平面構造 DMFC にメソポーラス構造を導入した Pt および PtRu 触媒を、開発された微細構造基板上へのメソポーラス金属析出プロセスを用いて搭載した。メソポーラス触媒を用いることで、電極マクロ構造を平滑な表面とすることが可能となり、発電に影響を及ぼさずに燃料・酸化剤の流れを乱さない形状にすることが可能であることが示された。

### [3] リチウムイオン二次電池負極用 Sn 系合金材料の開発

次世代の高容量リチウムイオン二次電池用負極として、従来の材料である炭素材料を凌駕する新たな負極（理論最大容量 372mAh/g）の開発を行った。まず、リチウムとは合金化しない Ni を添加することで、負極金属中のミクロ構造の制御を試みた。われわれが見出した高容量リチウムイオン二次電池用 Ni<sub>38</sub>Sn<sub>62</sub> 合金負極は、500 mAh/g を超える可逆充放電容量を示し、図 63 に示すように、数～10 サイクル程度の充放電の繰り返ししか行うことのできない Sn 金属負極と比較して100 サイクル程度、高い充放電容量を維持したままサイ

クル可能であることを示した。その特性を引き出しているミクロ相状態を詳細に検討すべく、充放電状態が異なる負極の微小部電子線回折による観察を行い充放電前には合金薄膜の高い結晶性が確認されたが、薄膜へのリチウムの挿入脱離を繰り返すことにより原子配列の規則性が損なわれ、薄膜中のナノ微結晶ではアモルファス化が進行し始めていることが示唆された。相分離状態を視覚的に明らかにすることはできなかったが、上記の検討より Ni-Sn

合金とリチウムとの合金化により生成すると考えられる Ni リッチ相と Li-Sn リッチ相が明確に分離している状態ではないことが示唆された。インピーダンス測定により、合金中での Li<sup>+</sup>イオンの拡散係数が  $8 \times 10^{-10} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$  程度であることが示された。

加えて、合金化と対比させ、ミクロ空隙構造の導入による Sn 系負極の高性能化の検討を行った。電極をリチウムイオン二次電池負極として設計する際、多孔質にして単位重量あたりの表面積を増大させることは反応面積の増大および Li の固体内拡散距離の減少、さらには電極体積の膨張収縮に対して、同構造の導入による電極の安定化が期待される。一方、我々はナノオーダーの孔を有する各種金属電極の直接形成手法を開発してきた。本検討では Sn 系多孔質薄膜の作製を試みリチウムイオン二次電池負極としての電気化学的特性について検討した。

合成されたメソ孔を有する Sn 合金負極のリチウムイオン二次電池としての充放電試験結果より作製された試料は 1V 以下において Sn と Li の反応と考えられるプラトーが観察され、Li と可逆的に反応することが示唆された。ま

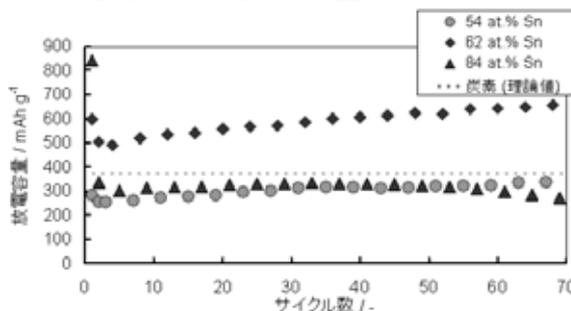


図 63 新規 NiSn 合金のリチウムイオン二次電池負極充放電サイクル特性

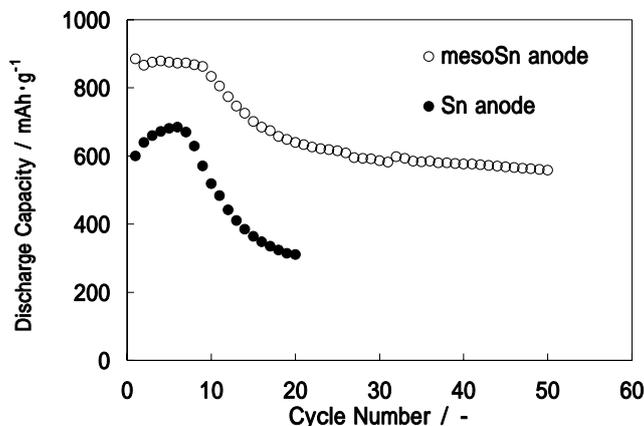


図 64 メソポーラス Sn の充放電サイクル特性

た、1V以上の電位で観察された大きな不可逆容量は、電極の大きな表面積による電解液分解に起因するものと考えられる。試料の初期容量は約  $600 \text{ mA h g}^{-1}$  であり、サイクルに伴う顕著な容量劣化は観察されなかった。クーロン効率は60%程度であり、電解液の分解が継続して起きているものと考えられる。Sn系材料に予想される充放電に伴う顕著な体積変化が構造に与える影響を検証するため1サイクル充放電後におけるTEM像を確認した

ところ、乱雑な数ナノオーダーのポラス構造が保持されていることが確認されており、本薄膜が体積膨張・収縮に対する耐性を有することが示唆された。このメソポラスSn負極のサイクル特性を図64に示すが、メソポラス構造を持たないSnと比較して大きな充放電容量を維持しつつサイクル寿命が延長されていることがわかる。また図65に作動電流密度を変化させたときの容量を示すが、メソポラス構造の導入により大きな電流密度(Cレート)においても、容量劣化がさほど見られないことが示された。これは、メソ孔の導入により、反応界面の面積が大きく増大したことに起因すると考えられる。

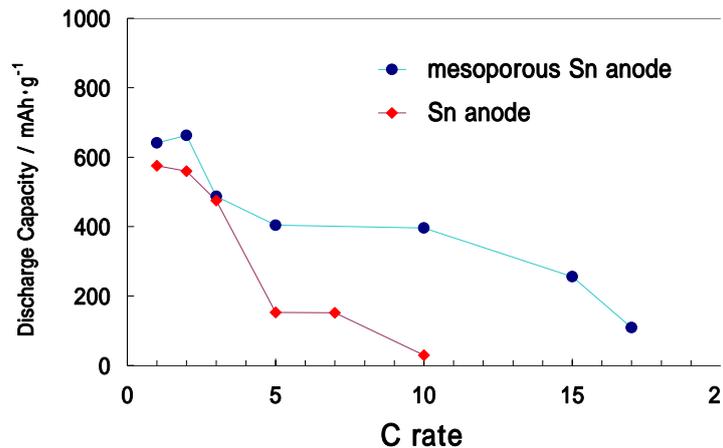


図 65 メソポラス構造の導入によるSn負極の耐高Cレート化

## (2) 研究成果の今後期待される効果

本研究ではエネルギー変換デバイス用電極へのメソポラス構造の導入により、大きな体積変化をもつリチウム挿入・脱離材料が可逆性高く二次電池負極材料として作動することが示された。また、メソポラス金属の特徴である大きな比表面積に起因すると考えられる、大電流での作動特性の向上が認められた。このことから、リチウムイオン二次電池の更なる高容量化・高出力化が期待される。また、MEMS技術による新規DMFCの提案は、マイクロ電源として期待できるとともに、その要素プロセスは $\mu$ -TASや電気化学マイクロリアクター等への応用も期待される。

本研究成果の一つのメソポラス金属電極の形成プロセスの開発は、燃料電池、リチウムイオン二次電池の今後の高性能化につながるばかりでなく、センサやマイクロ電解セルなど、広く電気化学デバイス用電極として期待される成果である。

#### 4 研究参加者

金村グループ（セラミックス系三次元規則配列多孔体を利用した全固体リチウム電池および燃料電池の創製）

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
金村 聖志	首都大学東京 大学院都市環境科学研究科	教授	研究計画立案および研究総括	平成 14 年 11 月～ 平成 20 年 3 月
獨古 薫	首都大学東京 大学院都市環境科学研究科	助教	ポリマー系リチウム二次電池の作製と評価	平成 16 年 4 月～ 平成 20 年 3 月
棟方 裕一	首都大学東京 大学院都市環境科学研究科	CREST 研究員	燃料電池の作製と発電特性評価	平成 16 年 4 月～ 平成 20 年 3 月
中野 広幸	首都大学東京 大学院都市環境科学研究科	CREST 研究員	セラミックス系リチウム二次電池の作製と評価	平成 18 年 7 月～ 平成 20 年 3 月
禹 相昱	首都大学東京 大学院都市環境科学研究科	博士課程 学生 D 3	電池活物質粒子の作製と評価	平成 17 年 4 月～ 平成 20 年 3 月
笹島 慶二	首都大学東京 大学院都市環境科学研究科	博士課程 学生 D2 研究補助員	新規イオン導電性物質の合成と評価	平成 16 年 4 月～ 平成 20 年 3 月
山本 大	首都大学東京 大学院都市環境科学研究科	博士課程 学生 D1 研究補助員	ポリイミド三次元規則配列多孔体の作製	平成 17 年 4 月～ 平成 20 年 3 月
小泉 翔平	首都大学東京 大学院都市環境科学研究科	修士課程 学生 M2	正極用充填材の作製と評価	平成 17 年 4 月～ 平成 20 年 3 月
木下 高志	首都大学東京 大学院都市環境科学研究科	修士課程 学生 M2	Sn-Ni 合金三次元規則配列多孔体の作製	平成 18 年 4 月～ 平成 20 年 3 月
奥田 さやか	首都大学東京 大学院都市環境科学研究科	修士課程 学生 M2	試料の分析評価 (FTIR 及び SEM)	平成 18 年 4 月～ 平成 20 年 3 月
落合 祥	首都大学東京 大学院都市環境科学研究科	修士課程 学生 M2	燃料電池用電極触媒層の評価	平成 18 年 4 月～ 平成 20 年 3 月
田中 慶一郎	首都大学東京 大学院都市環境科学研究科	修士課程 学生 M2	ポリマー電池の作製と評価	平成 18 年 4 月～ 平成 20 年 3 月

大谷 将司	首都大学東京 大学院都市環 境科学研究科	修士課程 学生M1	燃料電池の作製と発電 特性評価	平成19年4月～ 平成20年3月
丸山 剛	首都大学東京 大学院都市環 境科学研究科	修士課程 学生M1	負極用充填材の作製と 評価	平成19年4月～ 平成20年3月
鈴木 雄志	首都大学東京 大学院都市環 境科学研究科	修士課程 学生M1	全固体型リチウム二次 電池の作製と評価	平成19年4月～ 平成20年3月
中田 奈都子	首都大学東京 大学院都市環 境科学研究科	修士課程 学生M1	電池活物質粒子の電気 化学特性評価	平成19年4月～ 平成20年3月
峰 良行	首都大学東京 大学院都市環 境科学研究科	修士課程 学生M1	電極表面の分析評価 (FTIR 及び SEM)	平成19年4月～ 平成20年3月
木島 正人	首都大学東京 大学院都市環 境科学研究科	修士課程 学生M1	規則配列多孔電極の作 製	平成19年4月～ 平成20年3月
小谷 実穂	首都大学東京 大学院都市環 境科学研究科	研究補助 員	研究データの収集・解析	平成15年4月～ 平成20年3月
斎 千秋	首都大学東京 大学院都市環 境科学研究科	研究チー ム事務員	会計・庶務	平成14年11月～ 平成20年3月
須田 聖一	東京都立大学 大学院工学研 究科	助手	Li <sup>+</sup> イオン伝導性ゾル の作製と評価	平成14年11月～ 平成15年6月
濱上 寿一	首都大学東京 大学院都市環 境科学研究科	助手	三次元規則配列多孔体 の作製と評価	平成14年11月～ 平成18年3月
武井 孝	首都大学東京 大学院都市環 境科学研究科	助教授	球状粒子の表面修飾	平成16年4月～ 平成18年3月
盧 榮鎬	東京都立大学 大学院工学研 究科	CREST 研 究員	正極用充填材の作製と 評価	平成14年11月～ 平成15年12月
三井 俊典	東京都立大学 大学院工学研 究科	修士修了	三次元規則配列複合構 造体の作製と電池特性 評価	平成14年11月～ 平成16年3月
長谷川 和弘	東京都立大学 大学院工学研 究科	修士修了	シリカ三次元規則配列 多孔体の作製	平成14年11月～ 平成16年3月
芥川 奈緒	東京都立大学 大学院工学研 究科	修士修了	Li <sup>+</sup> イオン伝導性三次 元規則配列多孔体の作 製	平成15年4月～ 平成17年3月
伴 明彦	東京都立大学	修士修了	Sn-Ni 合金三次元規則	平成15年4月～

	大学院工学研究科		配列多孔体の作製	平成 17 年 3 月
松下 忠史	東京都立大学大学院工学研究科	修士修了	シリカ三次元規則配列多孔体の作製	平成 15 年 4 月 ~ 平成 17 年 3 月
千葉 裕人	東京都立大学大学院工学研究科	修士修了	シリカ三次元規則配列多孔体の化学修飾	平成 15 年 4 月 ~ 平成 17 年 3 月
白石 圭祐	東京都立大学大学院工学研究科	修士修了	三次元規則配列多孔体の孔サイズの最適化	平成 16 年 4 月 ~ 平成 17 年 3 月
瀬藤 伸治	東京都立大学大学院工学研究科	修士修了	三次元規則配列複合構造体の作製	平成 16 年 4 月 ~ 平成 17 年 3 月
高木 洋二	東京都立大学大学院工学研究科	修士修了	酸化物粒子の表面修飾	平成 16 年 4 月 ~ 平成 17 年 3 月
小出 太一	東京都立大学大学院工学研究科	修士修了	球状粒子の作製	平成 16 年 4 月 ~ 平成 18 年 3 月
菅谷 純一	東京都立大学大学院工学研究科	修士修了	試料の分析評価(マン分光法、FTIR)	平成 16 年 4 月 ~ 平成 18 年 3 月
千葉 毅	東京都立大学大学院工学研究科	修士修了	電池活物質粒子の作製と評価	平成 16 年 4 月 ~ 平成 18 年 3 月
保科 圭吾	東京都立大学大学院工学研究科	修士修了	活物質/電解質界面反応評価	平成 16 年 4 月 ~ 平成 18 年 3 月
埜渡 夕有子	東京都立大学大学院工学研究科	修士修了	シリカ三次元規則配列多孔体の作製	平成 16 年 4 月 ~ 平成 18 年 3 月
石田 智彦	首都大学東京大学院工学研究科	修士修了	燃料電池用電極触媒層の作製	平成 17 年 4 月 ~ 平成 19 年 3 月
一色 康博	首都大学東京大学院工学研究科	修士修了	Li <sup>+</sup> イオン伝導性三次元規則配列多孔体の作製	平成 17 年 4 月 ~ 平成 19 年 3 月
宇田津 満	首都大学東京大学院工学研究科	修士修了	燃料電池用電極触媒層の評価	平成 17 年 4 月 ~ 平成 19 年 3 月
于 秀超	首都大学東京大学院工学研究科	修士修了	正極用充填材の作製と評価	平成 17 年 4 月 ~ 平成 19 年 3 月
千葉 裕	首都大学東京大学院工学研究科	修士修了	試料の分析評価(FTIR 及び SEM)	平成 17 年 4 月 ~ 平成 19 年 3 月

渡邊グループ（新規イオン性液体・イオンゲルの開発と高次規則配列多孔性電極を用いたナノ構造規制された電極 | 電解質界面の創製）

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
渡邊 正義	横浜国立大学 大学院工学研 院	教授	研究計画立案・研究統 括	平成 14 年 11 月～ 平成 20 年 3 月
小久保 尚	横浜国立大学 大学院工学研 院	特別研究 教員	リチウムイオン伝導性 イオン液体の合成	平成 16 年 9 月～ 平成 20 年 3 月
上野 和英	横浜国立大学 大学院工学研 院	D2	コロイド結晶の作製と その応用	平成 17 年 4 月～ 平成 20 年 3 月
一色 祐介	横浜国立大学 大学院工学研 院	M2	逆オパール炭素電極の 作製と電気化学的評価	平成 18 年 4 月～ 平成 20 年 3 月
大石 新	横浜国立大学 大学院工学研 院	M2	プロトン伝導性イオン 液体を用いた燃料電池 システムの構築	平成 18 年 4 月～ 平成 20 年 3 月
数永 友一	横浜国立大学 大学院工学研 院	M2	リチウムイオン伝導性 イオン液体とイオンゲ ル	平成 18 年 4 月～ 平成 20 年 3 月
加藤 優一	横浜国立大学 大学院工学研 院	M2	イオンゲルとナノ炭素 材料を用いたアクチュ エータ	平成 18 年 4 月～ 平成 20 年 3 月
坂本 潤治	横浜国立大学 大学院工学研 院	M2	コロイド結晶の作製と その応用	平成 18 年 4 月～ 平成 20 年 3 月
塩手 雅利	横浜国立大学 大学院工学研 院	M2	プロトン伝導性イオン 液体を用いた燃料電池 システムの構築	平成 18 年 6 月～ 平成 20 年 3 月
津田 遼平	横浜国立大学 大学院工学研 院	M2	ナノ架橋構造を有する イオンゲルの合成	平成 19 年 4 月～ 平成 20 年 3 月
七島 偉之	横浜国立大学 大学院工学研 院	M2	ナノ架橋構造を有する イオンゲルの合成	平成 19 年 4 月～ 平成 20 年 3 月
稲葉 彩	横浜国立大学 大学院工学研 院	M1	コロイド結晶の作製と その応用	平成 19 年 4 月～ 平成 20 年 3 月
今泉 暁	横浜国立大学 大学院工学研 院	M1	イオンゲルとナノ炭素 材料を用いたアクチュ エータの開発	平成 18 年 6 月～ 平成 20 年 3 月

小川 篤	横浜国立大学 大学院工学研 院	M1	プロトン伝導性イオン 液体を用いた燃料電池 システムの開発	平成 18 年 6 月 ~ 平成 20 年 3 月
沖村 有紀子	横浜国立大学 大学院工学研 院	M1	イオンゲルを用いた燃 料電池システムの開発	平成 18 年 6 月 ~ 平成 20 年 3 月
田村 咲季	横浜国立大学 大学院工学研 院	M1	ナノ架橋構造を有する イオンゲルの合成	平成 19 年 4 月 ~ 平成 20 年 3 月
中村 恵	横浜国立大学 大学院工学研 院	M1	逆オパール炭素電極の 作製と電気化学的評価	平成 18 年 6 月 ~ 平成 20 年 3 月
望月 まゆ	横浜国立大学 大学院工学研 院	M1	イオン液体と炭素電極 の濡れ性の評価	平成 19 年 4 月 ~ 平成 20 年 3 月
竹岡 敬和	横浜国立大学 大学院工学研 院	助手	最密充填コロイド結晶 の生成機構と構造	平成 14 年 11 月 ~ 平成 16 年 3 月
M. K. Rahman	横浜国立大学 大学院工学研 院	博士修了	新規強酸型プロトン伝 導膜	平成 14 年 11 月 ~ 平成 16 年 3 月
M.A.B.H.Susan	横浜国立大学 大学院工学研 院	学振外国 人特別研 究員	プロトン伝導性イオン 性液体とイオンゲル	平成 14 年 11 月 ~ 平成 16 年 3 月
菖蒲川 仁	横浜国立大学 大学院工学研 院	修士修了	リチウムイオン伝導性 イオン性液体とイオン ゲル	平成 16 年 4 月 ~ 平成 17 年 3 月
南條 さやか	横浜国立大学 大学院工学研 院	修士修了	イオンゲルを用いたア クチュエータ	平成 16 年 4 月 ~ 平成 17 年 3 月
徳田 浩之	横浜国立大学 大学院工学研 院	CREST 研 究員	リチウムイオン伝導性 イオン性液体とイオン ゲル	平成 14 年 11 月 ~ 平成 18 年 3 月
川野 竜司	横浜国立大学 大学院工学研 院	博士研究 員	イオン液体を用いた新 規電気化学系の検討	平成 17 年 4 月 ~ 平成 18 年 3 月
田畑 誠一郎	横浜国立大学 大学院工学研 院	博士修了	最密充填コロイド結晶 を鋳型に用いた電極/ イオンゲル界面の構築	平成 14 年 11 月 ~ 平成 18 年 3 月
黄 善貞	横浜国立大学 大学院工学研 院	博士修了	プロトン伝導性イオン 性液体と燃料電池シス テム	平成 17 年 4 月 ~ 平成 18 年 3 月
石橋 伸章	横浜国立大学 大学院工学研 院	修士修了	プロトン伝導性イオン 性液体と燃料電池シス テム	平成 17 年 4 月 ~ 平成 18 年 3 月

齋藤 陽介	横浜国立大学 大学院工学研 院	修士修了	逆オパール型炭素電極 の作製と電気化学的評 価	平成 16 年 4 月 ~ 平成 18 年 3 月
本田 崇	横浜国立大学 大学院工学研 院	修士修了	イオンゲルとナノ炭素 材料を用いたアクチュ エータ	平成 17 年 4 月 ~ 平成 18 年 3 月
松岡 秀幸	横浜国立大学 大学院工学研 院	修士修了	プロトン伝導性イオン 性液体と燃料電池シス テム	平成 17 年 4 月 ~ 平成 18 年 3 月
今林 慎一郎	横浜国立大学 大学院工学研 院	助教授	最密充填コロイド結晶 の生成機構と構造	平成 16 年 4 月 ~ 平成 19 年 3 月
上木 岳士	横浜国立大学 大学院工学研 院	博士修了	コロイド結晶の作製と その応用	平成 16 年 4 月 ~ 平成 19 年 3 月
片伯部 貫	横浜国立大学 大学院工学研 院	博士修了	イオン液体を用いた新 規電気化学系の検討	平成 16 年 4 月 ~ 平成 19 年 3 月
中本 博文	横浜国立大学 大学院工学研 院	博士修了	プロトン伝導性イオン 性液体と燃料電池	平成 16 年 4 月 ~ 平成 19 年 3 月
関 志朗	横浜国立大学 大学院工学研 院	博士修了	新規リチウム二次電池 用材料作製と評価	平成 15 年 4 月 ~ 平成 16 年 3 月 平成 17 年 4 月 ~ 平成 18 年 9 月
伊藤 直紀	横浜国立大学 大学院工学研 院	修士修了	コロイド結晶の作製と その応用	平成 17 年 4 月 ~ 平成 19 年 3 月
下澤 博信	横浜国立大学 大学院工学研 院	修士修了	イオン液体を用いた新 規電気化学系の検討	平成 17 年 4 月 ~ 平成 19 年 3 月
高松 安史	横浜国立大学 大学院工学研 院	修士修了	プロトン伝導性イオン 性液体と燃料電池シス テム	平成 17 年 4 月 ~ 平成 19 年 3 月
渡辺 雅人	横浜国立大学 大学院工学研 院	修士修了	リチウムイオン伝導性 イオン液体とイオンゲ ル	平成 17 年 4 月 ~ 平成 19 年 3 月
Christophe Chauvin	横浜国立大学 大学院工学研 院	ポスドク 科研費に よる研究 支援者	逆オパール型炭素電極 の作製	平成 18 年 6 月 ~ 平成 19 年 3 月

益田グループ（金属規則ポーラス構造形成にもとづく大容量コンデンサの作製）

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
益田 秀樹	首都大学東京 大学院都市環境科学研究科	教授	研究計画立案および研究総括	平成 14 年 11 月～ 平成 20 年 3 月
西尾 和之	首都大学東京 大学院都市環境科学研究科	准教授	規則細孔配列材料の開発および評価	平成 14 年 11 月～ 平成 20 年 3 月
福島 達郎	首都大学東京 大学院都市環境科学研究科	D1 研究補助員	規則細孔配列材料の作製および評価	平成 19 年 4 月～ 平成 20 年 3 月 (平成 16 年 4 月～ 平成 18 年 3 月)
武田 彬史	首都大学東京 大学院都市環境科学研究科	M1	規則細孔配列材料の作製および評価	平成 18 年 7 月～ 平成 20 年 3 月
井伊 久美子	首都大学東京 大学院都市環境科学研究科	研究補助員	研究データの収集・解析	平成 18 年 1 月～ 平成 20 年 1 月
富田 康子	首都大学東京 大学院都市環境科学研究科	修士修了	燃料電池用ナノポーラス材料の作製	平成 17 年 4 月～ 平成 19 年 3 月
村上 弘明	首都大学東京 大学院都市環境科学研究科	修士修了	規則細孔配列シリコン電極の作製および評価	平成 17 年 11 月～ 平成 19 年 3 月
熊谷 奈緒子	首都大学東京 大学院都市環境科学研究科	M2	規則細孔配列ポリマー膜の作製および評価	平成 17 年 11 月～ 平成 18 年 10 月
吉野 隆子	首都大学東京 大学院都市環境科学研究科	助手	規則細孔配列電極の開発	平成 14 年 11 月～ 平成 17 年 3 月
苫米地 泰之	首都大学東京 大学院都市環境科学研究科	修士修了	規則細孔配列電極の開発	平成 15 年 4 月～ 平成 16 年 3 月

門間グループ（電源デバイス用メソポーラス金属電極開発と小型電源システムの検討）

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
門間 聰之	早稲田大学高等研究所	客員准教授	研究計画立案および研究総括、蓄・発電デバイスの設計	平成 14 年 11 月～ 平成 20 年 3 月
奈良 洋希	早稲田大学大学院	D3	リチウム電池材料開発・評価	平成 16 年 4 月～ 平成 20 年 3 月

富中 悟史	早稲田大学大学院	D2	燃料電池形成・評価	平成 16 年 4 月～ 平成 20 年 3 月
金 ジャンディ	早稲田大学大学院	D2	燃料電池電極作製	平成 18 年 4 月～ 平成 20 年 3 月
秋山 直久	早稲田大学大学院	M2	燃料電池電解質開発	平成 18 年 4 月～ 平成 20 年 3 月
瀬畑 隆佑	早稲田大学大学院	M2	メソポーラス金属電極評価	平成 18 年 4 月～ 平成 20 年 3 月
高田 一昭	早稲田大学大学院	M2	リチウムイオン電池負極合成	平成 18 年 4 月～ 平成 20 年 3 月
福原 佳樹	早稲田大学大学院	M2	メソポーラス金属合成	平成 18 年 4 月～ 平成 20 年 3 月
巽 智香	早稲田大学大学院	M2	電解質評価	平成 18 年 4 月～ 平成 20 年 3 月
太田 壮祐	早稲田大学大学院	M1	微小燃料電池作製	平成 19 年 4 月～ 平成 20 年 3 月
後藤 和也	早稲田大学大学院	M1	複合電解質作製	平成 19 年 4 月～ 平成 20 年 3 月
山上 慎平	早稲田大学大学院	M1	リチウムイオン電池評価	平成 19 年 4 月～ 平成 20 年 3 月
朴 鍾殷	早稲田大学大学院	客員講師	小型燃料電池及びキャパシタ用電極材料の開発	平成 16 年 11 月～ 平成 18 年 10 月
清水 貴弘	早稲田大学大学院	助手	発電デバイス用材料合成	平成 14 年 11 月～ 平成 19 年 3 月
向坊 仁美	早稲田大学大学院	学振研究員	蓄電電極材料開発	平成 15 年 7 月～ 平成 19 年 3 月
岩崎 真奈	早稲田大学大学院	修士修了	発電素子の電気化学解析	平成 16 年 4 月～ 平成 19 年 3 月
小幡 裕之	早稲田大学大学院	修士修了	マイクロ発電デバイス特性解析	平成 17 年 4 月～ 平成 19 年 3 月
三枝 香織	早稲田大学大学院	修士修了	新規複合キャパシタ電極の開発	平成 17 年 4 月～ 平成 19 年 3 月
木藤 広樹	早稲田大学大学院	修士修了	マイクロ発電素子用触媒電極の改良	平成 17 年 4 月～ 平成 18 年 3 月
滝 佐和子	早稲田大学大学院	修士修了	新規電極の開拓	平成 17 年 4 月～ 平成 18 年 3 月
本川 慎二	早稲田大学大学院	博士修了	発電デバイス設計	平成 16 年 4 月～ 平成 17 年 3 月
角 友秀	早稲田大学大学院	修士修了	蓄エネルギー素子用高表面積負極材料の開発	平成 16 年 4 月～ 平成 17 年 3 月
千原 望	早稲田大学大学院	修士修了	高性能擬似 EDLC 用酸化物電極の開発	平成 16 年 4 月～ 平成 17 年 3 月

## 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
Bruno Scrosati (Universita "La Sapienza", Full Professor)	2004年セラミックス協会特別講演及び情報交換	東京都立大学と北陸先端科学技術大学院大学	平成16年9月13日～20日
Yang-Kook Sun (漢陽大学校化学工学科・副教授)	新規正極材料に関する情報交換	東京都立大学	平成17年1月18日～21日
Yang Shao-Horn (マサチューセッツ工科大学、Assistant Professor)	新規正極材料に関する情報交換	東京都立大学	平成17年1月30日～2月4日
Jai Prakash (イリノイ工科大学、教授)	リチウムイオン電池の安全性試験に関する打ち合わせ リチウムイオン電池のモデリングに関する研究打ち合わせ 燃料電池を含めた電気化学一般 イリノイ工科大学・豊田中央研究所・首都大学東京の共同研究に関する打ち合わせ	首都大学東京 早稲田大学 横浜国立大学 豊田中央研究所 大阪大学 京都大学	平成17年12月16日～30日
Dominique Guyomard (ナント大学、教授)	日仏合同セミナー講演及びリチウム二次電池正極材料に関する情報交換	河口湖 首都大学東京 横浜国立大学 早稲田大学 九州大学	平成18年9月2～9月16日
Michel Rosso (エコールポリテック大学、教授)	日仏合同セミナー講演及びリチウム二次電池負極材料に関する情報交換	河口湖 首都大学東京 横浜国立大学 早稲田大学	平成18年9月3～9月13日

## 6 成果発表等

### (1)原著論文発表 (国内誌 7 件、国際誌 118 件)

#### 国内誌 7 件

1. 盧 榮鎬、金村 聖志, “マイクロリチウム電池のための PVP ゾル・ゲル法を用いた  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  薄膜の作製”, *表面科学*, **24**, pp. 423-428 (2003).
2. 本川 慎二、小幡 裕之、Mohamed Mohamedi, 門間 聰之、庄子 習一、逢坂 哲彌, “ $\mu$ -DMFC 用マイクロチャンネル電極作製条件の考察”, *Electrochemistry*, Vol. **73**, pp. 352-355 (2005).
3. 金村 聖志、伴 明彦、獨古 薫, “規則的多孔構造を有する合金系負極に関する基礎的検討”, *電池技術*, 第 **17** 巻, pp. 98-109, (2005).
4. 徳田浩之、田畑誠一郎、関 志朗、渡邊正義, “高いリチウムイオン伝導性と迅速な界面電子移動反応の実現に向けた高分子固体電解質設計”, *高分子論文集*, Vol. **63**, No.1, pp. 1-10 (2006).
5. 川野竜司、徳田浩之、片伯部 貫、中本博文、小久保 尚、今林慎一郎、渡邊正義, “イオン液体およびイオンゲル中の特異的電荷輸送とその材料科学的な重要性”, *高分子論文集*, Vol. **63**, No.1, pp. 31-40 (2006).
6. 清水 貴弘、モハメディ モハメド、門間 聰之、逢坂 哲彌, “パッシブ型 DMFC の発電性能における電解質膜厚の影響”, *Electrochemistry*, Vol. **74**, pp. 326-331 (2006).
7. 一色 康博、獨古 薫、金村 聖志, “ゾルゲル法による  $\text{Li}_{1.5}\text{Al}_{0.5}\text{Ti}_{1.5}(\text{PO}_4)_3$  粉体の合成と規則配列多孔膜の作製”, *粉体および粉末冶金*, Vol. **53**, 856-859 (2006).

#### 国際誌 118 件

1. Hideki Masuda, Toshiki Tajima, and Kazuyuki Nishio, “Site Control of Tunnel Etching of Al for Electrolytic Capacitors Using Pretexturing by Mold”, *Chemistry Letters*, pp. 1150-1151 (2002).
2. Y. H. Rho, K. Kanamura, and T. Umegaki, “ $\text{LiCoO}_2$  and  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  Thin-Film Electrodes for Rechargeable Lithium Batteries”, *Journal of The Electrochemical Society*, Vol. **150**, pp. A107-A111 (2003).
3. K. Kanamura, H. Morikawa and T. Umegaki, “Observation of Interface Between Pt Electrode and Nafion Membrane”, *Journal of The Electrochemical Society*, Vol. **150**(2), pp. A193-A198 (2003).
4. Y. H. Rho and K. Kanamura, “Fabrication of thin film electrodes for all solid state rechargeable lithium batteries”, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, Vol. **559**, pp. 69-75 (2003).
5. S. Suda, T. Yoshida, K. Kanamura and T. Umegaki, “Formation mechanism of amorphous  $\text{Na}_2\text{O-SiO}_2$  spheres prepared by sol-gel and ion-exchange method”, *Journal of Non-Crystalline Solids*, Vol. **321**, pp. 3-9 (2003).
6. Y. H. Rho and K. Kanamura, “Investigation of Lithium Ion Diffusion Behavior in a  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  Thin Film Electrode by in situ UV-Visible Measurements”, *Key Engineering Materials*, Vol. **248**, pp. 155-160 (2003).
7. Md. Abu Bin Hasan Susan, Migyung. Yoo, Humihiro Nakamoto, and Masayoshi Watanabe, “A novel Bronsted Acid-Base System as Anhydrous Proton Conductors for Fuel Cell Electrolytes”, *Chemistry Letters*, pp. 836-837 (2003).
8. Akihiro Noda, Md. Abu Bin Hasan Susan, Kenji Kudo, Sigenori Mitsushima, Kikuko Hayamizu, and Masayoshi Watanabe, “Bronsted Acid-Base Ionic Liquids as Proton Conducting Non-Aqueous Electrolytes”, *The Journal of Physical Chemistry B*, Vol. **107**, pp. 4024-4033 (2003).
9. Md. A. B. H. Susan, Akihiro Noda, Shigenori Mitsushima and Masayoshi Watanabe, “Bronsted acid-base ionic liquids and their use as new materials for anhydrous proton conductors”, *Chemical Communications*, pp. 938-939 (2003).

10. Toshiyuki Momma, Hiroaki Ito, Hiroki Nara, Hitomi Mukaibo, Stefano Passerini, Tetsuya Osaka, "Characteristics of Interpenetrated Polymer Network System made of Polyethylene Oxide-LiBF<sub>4</sub> Complex and Polystyrene as Electrolyte for Lithium Secondary Battery", *Electrochemistry*, Vol. **71**(12), pp. 1182-1186 (2003).
11. T. Osaka, S. Nakade, M. Rajamäki, T. Momma, "Influence of capacity fading on commercial lithium-ion battery impedance", *Journal of Power Sources*, Vol. **119-121**, pp. 929-933 (2003).
12. Hitomi Mukaibo, Atsuhito Yoshizawa, Toshiyuki Momma, Tetsuya Osaka, "Particle size and performance of SnS<sub>2</sub> anodes for rechargeable lithium batteries", *Journal of Power Sources*, Vol. **119-121**, pp. 60-63 (2003).
13. Hitomi Mukaibo, Tomohide Sumi, Tokihiko Yokoshima, Toshiyuki Momma, and Tetsuya Osaka, "Electrodeposited Sn-Ni Alloy Film as a High Capacity Anode Material for Lithium Ion Secondary Battery", *Electrochemical and Solid-State Letters*, Vol. **6**, pp. A218-A220, (2003).
14. Young Ho Rho and Kiyoshi Kanamura, "Preparation of Li<sub>4/3</sub>Ti<sub>5/3</sub>O<sub>4</sub> Thin Film Electrodes by a PVP Sol-Gel Coating Method and Its Electrochemical Properties", *Journal of The Electrochemical Society*, Vol. **151**(1), pp. A106-A110 (2004).
15. Y. H. Rho and K. Kanamura, "Li<sup>+</sup> Ion Diffusion in LiCoO<sub>2</sub> Thin Film Prepared by Poly(vinylpyrrolidone) Sol-Gel Method", *Journal of The Electrochemical Society*, Vol. **151**(9), pp. A1406-A1411 (2004).
16. Jun-ichi Hamagami, Kazuhiro Hasegawa, and Kiyoshi Kanamura, "Assembly of Monodisperse Silica Spheres by Micro-Electrophoretic Deposition Process", *Key Engineering Materials*, Vol. **269**, pp. 169-172 (2004).
17. Y. H. Rho and K. Kanamura, "Li<sup>+</sup> Ion Diffusion in Li<sub>4</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>12</sub> Thin Film Electrode Prepared by PVP Sol-Gel Method", *Journal of Solid State Chemistry*, Vol. **177**(6), pp. 2094-2100 (2004).
18. Y. H. Rho and K. Kanamura, "Interfacial Control Between Electrode and Electrolyte for the Fabrication of All Solid-State Rechargeable Lithium Battery with LiTi<sub>2</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>-AlPO<sub>4</sub> (LTP)", *Key Engineering Materials*, Vol. **269**, pp. 143-146 (2004).
19. H. Morikawa, N. Tsuihiji, T. Mitsui, and K. Kanamura, "Preparation of Membrane Electrode Assembly for Fuel Cell by Using Electrophoretic Deposition Process", *Journal of The Electrochemical Society*, Vol. **151**, pp. A1733-A1737 (2004).
20. Kiyoshi Kanamura, Jun-ichi Hamagami, "Innovation of novel function material processing technique by using electrophoretic deposition process", *Solid State Ionics*, Vol. **172**, pp. 303-308 (2004).
21. Keisuke SHIRAISHI, Young Ho RHO and Kiyoshi KANAMURA, "Synthesis of LiFePO<sub>4</sub> cathode active material for Rechargeable Lithium Batteries by Hydrothermal Reaction", *Journal of the Ceramic Society of Japan, Supplement*, Vol. **112-1** (PacRim5 Special Issue), pp. S58-S62, (2004).
22. H. Shoubukawa, H. Tokuda, S. Tabata, M. Watanabe, "Preparation and Transport Properties of Novel Lithium Ionic Liquids", *Electrochimica Acta*, Vol. **50**, 304-308 (2004).
23. S. Seki, S. Tabata, S. Matsui, M. Watanabe, "Effect of Binder Polymer Structures Used in Composite Cathodes on Interfacial Charge Transfer Processes in Lithium Polymer Batteries", *Electrochimica Acta*, Vol. **50**, pp. 379-383 (2004).
24. Md. Khalilur Rahman, Gentaro Aiba, Md. Abu Bin Hasan Susan, and Masayoshi Watanabe, "Proton Exchange Membranes Based on Sulfonamides for Fuel Cell Application", *Electrochimica Acta*, Vol. **50**, pp. 633-638 (2004).
25. Md. Khalilur Rahman, Gentaro Aiba, Md. Abu Bin Hasan Susan, Yuko Sasaya, Ken-ichiro Ohta, and Masayoshi Watanabe, "Synthesis, Characterization, and Copolymerization of a Series of Novel Acid Monomers Based on Sulfonamides for Proton Conducting Membranes", *Macromolecules*, Vol. **37**, pp. 5572-5577 (2004).
26. Hiroyuki Tokuda, Sei-ichiro Tabata, Md. Abu Bin Hasan Susan, Kikuko Hayamizu, and Masayoshi Watanabe, "Design of Polymer Electrolytes Based on a Lithium Salt of a Weakly Coordinating Anion to Realize High Ionic Conductivity with Fast Charge-Transfer Reaction", *The Journal of Physical Chemistry B*, Vol. **108**, pp. 11995-12002 (2004).

27. Hiroyuki Tokuda, Kikuko Hayamizu, Kunikazu Ishii, Md. Abu Bin Hasan Susan, and Masayoshi Watanabe, "Physicochemical Properties and Structures of Room Temperature Ionic Liquids. 1. Variation of Anionic Species", *The Journal of Physical Chemistry B*, Vol. **108**, pp. 16593-16600 (2004).
28. Seiichiro Tabata, Takuro Hirakimoto, Hiroyuki Tokuda, Md. Abu Bin Hasan Susan, and Masayoshi Watanabe, "Effects of Novel Boric Acid Esters on Ion Transport Properties of Lithium Salts in Nonaqueous Electrolytes Solutions and Polymer Electrolytes", *The Journal of Physical Chemistry B*, Vol. **108**, pp. 19518-19526 (2004).
29. Takahiro Shimizu, Mohamedi Mohamed, Toshiyuki Momma, Tetsuya Osaka, "The Development of A Passive Direct Methanol Fuel Cell Stack for Portable Applications", *Electrochemistry*, Vol. **72**, pp. 637-640 (2004).
30. Yusuke Yamauchi, Tokihiko Yokoshima, Hitomi Mukaibo, Masato Tezuka, Tetsuro Shigeno, Toshiyuki Momma, Tetsuya Osaka and Kazuyuki Kuroda, "Highly Ordered Mesoporous Ni Particles Prepared by Electroless Deposition from Lyotropic Liquid Crystals", *Chemistry Letters*, Vol. **33**(5), pp. 542-543 (2004).
31. Yusuke Yamauchi, Yokoshima Tokihiko, Toshiyuki Momma, Tetsuya Osaka and Kazuyuki Kuroda, "Platinum Thin Film with a Highly Ordered Mesostructure by Contact Plating", *Chemistry Letters*, Vol. **33**, pp. 1576-1577 (2004).
32. Yusuke Yamauchi, Tokihiko Yokoshima, Toshiyuki Momma, Tetsuya Osaka, and Kazuyuki Kuroda, "Fabrication of Magnetic Mesostructured Nickel-Cobalt Alloys from Lyotropic Liquid Crystalline Media by Electroless Deposition", *Journal of Materials Chemistry*, Vol. **14**, pp. 2935-2940 (2004).
33. Takahiro Shimizu, Toshiyuki Momma, Mohamed Mohamedi, Tetsuya Osaka, Srinivasan Sarangapani, "Design and fabrication of pumpless small direct methanol fuel cells for portable applications", *Journal of Power Sources*, Vol. **137**, pp. 277-283 (2004).
34. Shinji Motokawa, Mohamed Mohamedi, Toshiyuki Momma, Shuichi Shoji, Tetsuya Osaka, "MEMS-based design and fabrication of a new concept micro direct methanol fuel cell  $\mu$ -DMFC", *Electrochemistry Communications*, Vol. **6**, pp. 562-565 (2004).
35. S. Passerini, M. Lisi, T. Momma, H. Ito, T. Shimizu, and T. Osaka, "Gelified Co-continuous Polymer Blend System as Polymer Electrolyte for Li Batteries", *Journal of The Electrochemical Society*, Vol. **151**, pp. A578-A582 (2004).
36. Kaoru Dokko, Tadashi Matsushita, and Kiyoshi Kanamura, "Studies on Electrochemical Oxidation of Propylene Carbonate Electrolyte on  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  Thin Film Electrode", *Electrochemistry*, Vol. **73**(1), pp. 54-59 (2005).
37. Kiyoshi Kanamura, Kaoru Dokko, and Takahiro Kaizawa, "Synthesis of Spinel  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  by a Hydrothermal Process in Supercritical Water with Heat-Treatment", *Journal of The Electrochemical Society*, Vol. **152**(2), pp. A391-A395 (2005).
38. Kaoru Dokko, Jun-ichi Sugaya, Hirokazu Munakata, and Kiyoshi Kanamura, "Micro-patterning of  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  Electrode Using Sol-Gel Process for Lithium Micro-batteries", *Chemistry Letters*, Vol. **34**(7), pp. 984-985 (2005).
39. Takeshi Niitani, Mikiya Shimada, Kiyoshi Kawamura, Kaoru Dokko, Young-Ho Rho, and Kiyoshi Kanamura, "Synthesis of  $\text{Li}^+$  Ion Conductive PEO-PSt Block Copolymer Electrolyte with Microphase Separation Structure", *Electrochemical and Solid-State Letters*, Vol. **8**(8), pp. A385-A388 (2005).
40. H. Munakata, D. Yamamoto, K. Kanamura, "Properties of composite proton-conducting membranes prepared from three-dimensionally ordered macroporous polyimide matrix and polyelectrolyte", *Chemical Communications*, pp. 3986-3988 (2005).
41. Kiyoshi Kanamura, Toshinori Mitsui, Hirokazu Munakata, "Preparation of Composite Membrane between Uniform Porous Silica Matrix and Injected Proton Conductive Gel Polymer", *Chemistry of Materials*, Vol. **17**(19), pp. 4845-4851 (2005).
42. Kaoru Dokko, Keigo Hoshina, Kiyoshi Kanamura, "Preparation of  $\text{TiO}_2$  Thin-Film Electrode on  $\text{Li}_{1-x}\text{Al}_x\text{Ti}_{2-x}(\text{PO}_4)_3$  Solid Electrolyte", *Phosphorus Research Bulletin*, Vol. **19**, pp. 130-135 (2005).
43. Kiyoshi Kanamura, Keisuke Shiraishi, Kaoru Dokko, "Hydrothermal Synthesis of  $\text{LiFePO}_4$  for Rechargeable Lithium Batteries", *Phosphorus Research Bulletin*, Vol. **19**, pp. 152-157

- (2005).
44. Keigo Hoshina, Kaoru Dokko, and Kiyoshi Kanamura, "Investigation on Electrochemical Interface between  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  and  $\text{Li}_{1+x}\text{Al}_x\text{Ti}_{2-x}(\text{PO}_4)_3$  NASICON-Type Solid Electrolyte", *Journal of The Electrochemical Society*, Vol. **152**(11), pp. A2138-A2142 (2005).
  45. Kiyoshi Kanamura, Nao Akutagawa and Kaoru Dokko, "Three dimensionally ordered composite solid materials for all solid-state rechargeable lithium batteries", *Journal of Power Sources*, Vol. **146**, pp. 86-89 (2005).
  46. Tadashi Matsushita, Kaoru Dokko and Kiyoshi Kanamura, "In situ FT-IR measurement for electrochemical oxidation of electrolyte with ethylene carbonate and diethyl carbonate on cathode active material used in rechargeable lithium batteries", *Journal of Power Sources*, Vol. **146**, pp. 360-364 (2005).
  47. Keisuke Shiraishi, Kaoru Dokko and Kiyoshi Kanamura, "Formation of impurities on phospho-olivine  $\text{LiFePO}_4$  during hydrothermal synthesis", *Journal of Power Sources*, Vol. **146**, pp. 555-558 (2005).
  48. Shiro Seki, Md. Abu Bin Hasan Susan, Taketo Kaneko, Hiroyuki Tokuda, Akihiro Noda, and Masayoshi Watanabe, "Distinct Difference in Ionic Transport Behavior in Polymer Electrolytes Depending on the Matrix Polymers and Incorporated Salts", *The Journal of Physical Chemistry B*, Vol. **109**, pp. 3886-3892 (2005).
  49. Hiroyuki Tokuda, Kikuko Hayamizu, Kunikazu Ishii, Md. Abu Bin Hasan Susan, and Masayoshi Watanabe, "Physicochemical Properties and Structures of Room Temperature Ionic Liquids. 2. Variation of Alkyl Chain Length in Imidazolium Cation", *The Journal of Physical Chemistry B*, Vol. **109**, pp. 6103-6110 (2005).
  50. Md. Abu Bin Hasan Susan, Taketo Kaneko, Akihiro Noda, and Masayoshi Watanabe, "Ion Gels Prepared by in Situ Radical Polymerization of Vinyl Monomers in an Ionic Liquid and Their Characterization as Polymer Electrolytes", *Journal of the American Chemical Society*, Vol. **127**, pp. 4976-4983 (2005).
  51. Hitoshi Shobukawa, Hiroyuki Tokuda, Md. Abu Bin Hasan Susan, and Masayoshi Watanabe, "Ion Transport Properties of Lithium Ionic Liquids and Their Ion Gels", *Electrochimica Acta*, Vol. **50**, pp. 3872-3877 (2005).
  52. Hideyuki Matsuoka, Humihiro Nakamoto, Md. Abu Bin Hasan Susan, and Masayoshi Watanabe, "Bronsted Acid-Base and -Polybase Complexes as Electrolytes for Fuel Cells Under Non-humidifying Conditions", *Electrochimica Acta*, Vol. **50**, pp. 4015-4021 (2005).
  53. Hiroyuki Tokuda, Seung-Jo Baek, and Masayoshi Watanabe, "Room-Temperature Ionic Liquid-Organic Solvent Mixtures: Conductivity and Ionic Association", *Electrochemistry*, Vol. **73**, pp. 620-622 (2005).
  54. Seiji Tsuzuki, Hiroyuki Tokuda, Kikuko Hayamizu, and Masayoshi Watanabe, "Magnitude and Directionality of Interaction in Ion Pairs of Ionic Liquids: Relationship with Ionic Conductivity", *The Journal of Physical Chemistry B*, Vol. **109**, 16474-16481 (2005).
  55. Toru Katakabe, Taketo Kaneko, Masayoshi Watanabe, Takanori Fukushima, and Takuzo Aida, "Electric Double-Layer Capacitors Using "Bucky Gels" Consisting of an Ionic Liquid and Carbon Nanotubes", *Journal of The Electrochemical Society*, Vol. **152**, pp. A1913-1916 (2005).
  56. Kazuyuki Nishio, Kenji Yasui, Futoshi Matsumoto, Kenji Kanezawa, and Hideki Masuda, "Direct Nanoimprinting of Si Single Crystals Using SiC Molds for Ordered Anodic Tunnel Etching", *Advanced Materials*, Vol. **17**(10), pp. 1293-1295 (2005).
  57. Takashi Yanagishita, Kazuyuki Nishio, and Hideki Masuda, "Fabrication of Metal Nanohole Arrays with High Aspect Ratios Using Two-step Replication of Anodic Porous Alumina", *Advanced Materials*, Vol. **17**(18), pp. 2241-2243 (2005).
  58. H. Mukaibo, T. Momma, M. Mohamedi, T. Osaka, "Structural and Morphological Modifications of a Nanosized 62 Atom Percent Sn-Ni Thin Film Anode during Reaction with Lithium", *Journal of The Electrochemical Society*, Vol. **152**(3), pp. A560-A565 (2005).
  59. Yusuke Yamauchi, Toshiyuki Momma, Tokihiko Yokoshima, Kazuyuki Kuroda and Tetsuya Osaka, "Highly ordered mesostructured Ni particles prepared from lyotropic liquid crystals by electroless deposition: the effect of reducing agents on the ordering of mesostructure", *Journal of Materials Chemistry*, Vol. **15**(20), pp. 1987-1994 (2005).

60. Shinji Motokawa, Mohamed Mohamedi, Toshiyuki Momma, Shuichi Shoji, Tetsuya Osaka, "A Micro Direct Methanol Fuel Cell Using Platinum and Platinum Ruthenium Electroplated Microchannel Electrodes", *Electrochemistry*, Vol. **73**, pp. 346-351 (2005).
61. Y. Yamauchi, S. Sadasivan Nair, T. Yokoshima, T. Momma, T. Osaka and K. Kuroda, "Synthesis and Characterization of Mesostructured Alloys with Controlled Compositions", *Studies in Surface Science and Catalysis*, Vol. **156**, pp. 457-464 (2005).
62. Yusuke Yamauchi, Tokihiko Yokoshima, Toshiyuki Momma, Tetsuya Osaka, and Kazuyuki Kuroda, "Direct Physical Casting of the Mesostructure in Lyotropic Liquid Crystalline Media by Electroless Deposition: Confirmation by TEM", *Electrochemical and Solid-State Letters*, Vol. **8**(10), pp. C141-144 (2005).
63. H. Mukaibo, T. Momma and T. Osaka, "Changes of electro-deposited Sn–Ni alloy thin film for lithium ion battery anodes during charge discharge cycling", *Journal of Power Sources*, Vol. **146**, pp. 457-463 (2005).
64. Kenji Yasui, Hideki Masuda, Yasuhisa Sakamoto, and Kazuyuki Nishio, "Preparation of Anodic Porous Alumina Mask with Ideally Arranged Holes on InP Single Crystals", *Chemistry Letters*, Vol. **34** (3), pp. 342-343 (2005).
65. Kenji Yasui, Kazuyuki Nishio, and Hideki Masuda, "Fabrication of Nanocomposites by Filling Nanoholes in Highly Ordered Anodic Porous Alumina by Vacuum Deposition of Metal", *Japanese Journal of Applied Physics*, Vol. **44** (37), pp. L1181-L1183 (2005).
66. Yusuke Yamauchi, Toshiyuki Momma, Minekazu Fuziwara, Sivakumar Sadasivan Nair, Tetsu Ohsuna, Osamu Terasaki, Tetsuya Osaka, and Kazuyuki Kuroda, "Unique Microstructure of Mesoporous Pt (HI-Pt) Prepared via Direct Physical Casting in Lyotropic Liquid Crystalline Media", *Chemistry of Materials*, Vol. **17**, pp. 6342-6348 (2005).
67. Yusuke Yamauchi, Toshiyuki Momma, Hiroki Kitoh, Tetsuya Osaka, Kazuyuki Kuroda, "Fabrication of mesoporous Pt inside micrometer channels via "solvent-evaporation-mediated direct physical casting", *Electrochemistry Communications*, Vol. **7**, pp. 1364–1370, (2005).
68. Kaoru Dokko, Jun-ichi Sugaya, Hirokazu Munakata and Kiyoshi Kanamura, "Preparation of micro-dot electrodes of LiCoO<sub>2</sub> and Li<sub>4</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>12</sub> for lithium micro-batteries", *Electrochimica Acta*, Vol. **51**, pp. 966-971 (2005).
69. Kaoru Dokko, Nao Akutagawa, Yasuhiro Issiki, Keigo Hoshina, Kiyoshi Kanamura, "Preparation of three dimensionally ordered macroporous Li<sub>0.35</sub>La<sub>0.55</sub>TiO<sub>3</sub> by colloidal crystal templating process", *Solid State Ionics*, Vol. **176**, pp. 2345-2348 (2005).
70. Hirokazu Munakata, Hiroto Chiba, Kiyoshi Kanamura, "Enhancement on Proton Conductivity of Inorganic-Organic Composite Electrolyte Membrane by Addition of Sulfonic Acid Group", *Solid State Ionics*, Vol. **176**, pp. 2445-2450 (2005).
71. Kaoru Dokko, Keisuke Shiraishi, Kiyoshi Kanamura, "Identification of Surface Impurities on LiFePO<sub>4</sub> Particles Prepared by Hydrothermal Process", *Journal of The Electrochemical Society*, Vol. **152**, pp. A2199-A2202 (2005).
72. Tadashi Matsushita, Kaoru Dokko, Kiyoshi Kanamura, "Comparison of Electrochemical Behavior of LiCoO<sub>2</sub> Thin Films Prepared by Sol-Gel and Sputtering Processes", *Journal of The Electrochemical Society*, Vol. **152**, pp. A2229-A2237 (2005).
73. Hiroyuki Tokuda, Kunikazu Ishii, Md. Abu Bin Hasan Susan, Seiji Tsuzuki, Kikuko Hayamizu, and Masayoshi Watanabe, "Physicochemical Properties and Structures of Room Temperature Ionic Liquids. 3. Variation of Cationic Structures", *The Journal of Physical Chemistry B*, Vol. **110**, pp. 2833-2839 (2006).
74. Kiyoshi Kanamura, Wataru Hoshikawa, " Electrochemical reaction of 5V cathode LiNi<sub>0.4</sub>Mn<sub>1.6</sub>O<sub>4</sub>", *Solid State Ionics*, Vol. **177**, pp. 113-119 (2006).
75. Jun-ichi Hamagami, Kazuhiro Hasegawa and Kiyoshi Kanamura, "3D Particle Assembly in Micro-Scale by Using Electrophoretic Micro-Fabrication Technique", *Key Engineering Materials*, Vol. **314**, pp. 7-12 (2006).
76. Jun-ichi Hamagami, Kazuhiro Hasegawa and Kiyoshi Kanamura, "Micropatterning of Monodisperse Spherical Particles by Electrophoretic Deposition Process Using Interdigitated Microarray Electrode", *Key Engineering Materials*, Vol. **301**, pp. 243-246 (2006).

77. Yasuhiro Issiki, Kaoru Dokko, Jun-ichi Hamagami, Takashi Takei, Kiyoshi Kanamura, "Preparation of Lithium Ion Conductive  $\text{Li}_{4.2}\text{Al}_{0.2}\text{Si}_{0.8}\text{O}_4$  Thin Films Using Sol-Gel Process", *Key Engineering Materials*, Vol. **301**, pp. 91-94 (2006).
78. Hirokazu Munakata, Hiroto Chiba, Kaoru Dokko, Jun-ichi Hamagami, Takashi Takei, Kiyoshi Kanamura, "Enhancement on Proton Conductivity of Three-Dimensionally Ordered Macroporous Silica Membrane by Surface Sulfonation", *Key Engineering Materials*, Vol. **301**, pp. 143-146 (2006).
79. Kiyoshi Kanamura, Takeshi Chiba, Kaoru Dokko, "Preparation of  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  spherical particles for rechargeable lithium batteries", *Journal of the European Ceramic Society*, Vol. **26**, pp. 577-581 (2006).
80. Tetsuya Osaka, Toshiyuki Momma, and Satoshi Tominaka, "New Proposal of Evaluation Method for DMFC Catalyst Layers by Means of Electrochemical Impedance Spectroscopy", *Chemistry Letters*, Vol. **35**, No.1, pp. 10-11 (2006).
81. Kaoru Dokko, Shohei Koizumi, and Kiyoshi Kanamura, "Electrochemical Reactivity of  $\text{LiFePO}_4$  Prepared by Hydrothermal Method", *Chemistry Letters*, Vol. **35**, No.3, pp. 338-339 (2006).
82. Young Ho Rho, Kaoru Dokko, Kiyoshi Kanamura, " $\text{Li}^+$  ion diffusion in  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  thin film prepared by PVP sol-gel method", *Journal of Power Sources*, Vol. **157**, pp. 471-476, (2006).
83. Young Ho Rho, Kiyoshi Kanamura, "Fabrication of all solid-state rechargeable lithium battery and its electrochemical properties", *Journal of Power Sources*, Vol. **158**, pp. 1436-1441 (2006).
84. Jun-ichi Hamagami, Kazuhiro Hasegawa, and Kiyoshi Kanamura, "Micropattern of Colloidal Crystal by Using Electrophoretic Deposition Process with Three-Electrode System", *Key Engineering Materials*, Vol. **320**, pp. 171-174 (2006).
85. Sang-Wook Woo, Kaoru Dokko, and Kiyoshi Kanamura, "Preparation of Three Dimensionally Ordered Macroporous  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  Electrode", *Key Engineering Materials*, Vol. **320**, pp. 263-266 (2006).
86. Sang-Wook Woo, Kaoru Dokko, Keiji Sasajima, Takashi Takei and Kiyoshi Kanamura, "Three-dimensionally ordered macroporous carbons having walls composed of hollow mesosized spheres", *Chemical Communications*, pp. 4099-4101 (2006).
87. Yusuke Yamauchi, Sivakumar Sadasivan Nair, Toshiyuki Momma, Tetsu Ohsuna, Tetsuya Osaka, and Kazuyuki Kuroda, "Synthesis and Characterization of Mesoporous Pt-Ni Alloy (HI-Pt/Ni) Particles Prepared from Lyotropic Liquid Crystalline Media", *Journal Materials Chemistry*, Vol. **16**, pp. 2229 - 2234 (2006).
88. Yusuke Yamauchi, Hiroki Kitoh, Toshiyuki Momma, Tetsuya Osaka and Kazuyuki Kuroda, "Development of microfabrication process of mesoporous Pt via Solvent-Evaporation-Mediated Direct Physical Casting: Selective deposition into sloped microchannels", *Science and Technology of Advanced Materials*, Vol. **7**, pp. 438-445 (2006).
89. Masanori Ishizuka, Hiroaki Houjou, Shinji Motokawa, Jun Mizuno, Toshiyuki Momma, Tetsuya Osaka and Shuichi Shoji, "Metallization on Three Dimensions Microstructures Using Photoresist Spray Coating for Microdirect Methanol Fuel Cell", *Japanese Journal of Applied Physics*, Vol. **45**, No. 10A, pp. 7944-7948 (2006).
90. Kazuyuki Nishio, Tatsuro Fukushima, and Hideki Masuda, "Control of Pitting Site on Al for Electrolytic Capacitors Using Patterned Masking Film", *Electrochemical Solid-State Letters*, Vol. **9**, pp. B39-B41 (2006).
91. Kazuyuki Nishio, Kenji Kanezawa, and Hideki Masuda, "Control of Anisotropic Tunnel Etching of Al by Indentation", *Chemistry Letters*, Vol. **35**, pp. 1096-1097 (2006).
92. Hiroyuki Tokuda, Seiji Tsuzuki, Md. Abu Bin Hasan Susan, Kikuko Hayamizu, and Masayoshi Watanabe, "How Ionic Are Room-Temperature Ionic Liquids? An Indicator of the Physicochemical Properties", *The Journal of Physical Chemistry B*, Vol. **110**, pp. 19593-19600 (2006).
93. H. Mukaibo, T. Momma, Y. Shacham-Diamand, T. Osaka, and M. Kodairad, "In Situ Stress Transition Observations of Electrodeposited Sn-Based Anode Materials for Lithium-Ion Secondary Batteries", *Electrochemical and Solid-State Letters*, Vol. **10**, No. 3, pp. A70-A73,

- (2007).
94. Hirokazu Munakata, Yuko Nowatari, Tomohiko Ishida, and Kiyoshi Kanamura, "Fabrication of Catalyst Layers on Inorganic-Organic Composite Membranes by Electrophoretic Deposition", *Electrochemistry*, Vol. **75**, No. 2, pp. 115-118 (2007).
  95. Nobuyoshi NAKAGAWA, Yosuke SUZUKI, Takashi WATANABE, Takashi TAKEI, and Kiyoshi KANAMURA, "Preparation of Pt-Ru Nanoparticles with a Uniform Size Distribution on a Mesoporous Carbon and their Activity towards Methanol Electro-oxidation", *Electrochemistry*, Vol. **75**, No. 2, pp. 172-174, (2007).
  96. Kaoru Dokko, Shohei Koizumi, Keisuke Sharaishi, Kiyoshi Kanamura, "Electrochemical properties of LiFePO<sub>4</sub> prepared via hydrothermal route", *Journal of Power Sources*, Vol. **165**, pp. 656-659 (2007).
  97. H. Nakamoto, A. Noda, K. Hayamizu, S. Hayashi, H. Hamaguchi, M. Watanabe, "Proton Conducting Properties of Brønsted Acid-Base Ionic Liquids Consisting of Bis(trifluoromethane sulfonyl)imide and Benzimidazole for Fuel Cell Electrolytes", *The Journal of Physical Chemistry C*, Vol. **111**, pp. 1541-1548 (2007).
  98. Kaoru Dokko, Jun-ichi Sugaya, Hiroyuki Nakano, Tomoyuki Yasukawa, Tomokazu Matsue, Kiyoshi Kanamura, "Sol-gel fabrication of lithium-ion microarray battery", *Electrochemistry Communications*, Vol. **9**, pp. 857-862 (2007).
  99. Hiroyuki Nakano, Kaoru Dokko, Jun-ichi Sugaya, Tomoyuki Yasukawa, Tomokazu Matsue, Kiyoshi Kanamura, "All-Solid-State Micro Lithium-Ion Batteries Fabricated by Using Dry Polymer Electrolyte with Micro-phase Separation Structure", *Electrochemistry Communications*, Vol. **9**, pp. 2013-2017 (2007).
  100. Sang-Wook Woo, Kaoru Dokko, Hiroyuki Nakano, Kiyoshi Kanamura, "Bimodal Porous Carbon as a Negative Electrode Material for Li-Ion Capacitors", *Electrochemistry*, Vol. **75**, pp. 635-640 (2007).
  101. Hirokazu Munakata, Sho Ochiai, Kiyoshi Kanamura, "Pore size effect on improvement of surface proton conductivity for three-dimensionally ordered macroporous silica composite membrane", *Journal of The Electrochemical Society*, Vol. **154** (8), pp. B871-B875 (2007).
  102. Sang-Wook Woo, Hiroyuki Nakano, Kaoru Dokko, Kiyoshi Kanamura, "Preparation of Three Dimensionally Ordered Macroporous LiCoO<sub>2</sub> Cathode for Lithium Batteries", *Key Engineering Materials*, Vol. **350**, pp. 195-198 (2007).
  103. Kazuyuki Nishio, Tatsuro Fukushima, Akifumi Takeda, and Hideki Masuda, "Fabrication of Site-Controlled Tunnel Pits with High Aspect Ratios by Electrochemical Etching of Al Using Masking Film", *Electrochemical and Solid-State Letters*, Vol. **10**, pp. C60-C62 (2007).
  104. H. Nakamoto, M. Watanabe, "Brønsted Acid-Base Ionic Liquids for Fuel Cell Electrolytes", *Chemical Communications*, pp. 2539-2541 (2007).
  105. Jong-Eun Park, Toshiyuki Momma, Tetsuya Osaka, "Spectroelectrochemical phenomena on surface plasmon resonance of Au nanoparticles immobilized on transparent electrode", *Electrochimica Acta*, Vol. **52**, pp. 5914-5923 (2007).
  106. Satoshi Tominaka, Naohisa Akiyama, Toshiyuki Momma, and Tetsuya Osaka, "An Impedance Analysis on Properties of DMFC Catalyst Layers Based on Primary and Secondary Pores", *Journal of The Electrochemical Society*, Vol. **154**, pp. B902-B909 (2007).
  107. Sang-Wook Woo, Kaoru Dokko, Kiyoshi Kanamura, "Preparation and characterization of three dimensionally ordered macroporous Li<sub>4</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>12</sub> anode for lithium batteries", *Electrochimica Acta*, Vol. **53**, pp. 79-82 (2007).
  108. Kaoru Dokko, Keigo Hoshina, Hiroyuki Nakano, Kiyoshi Kanamura, "Preparation of LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub> thin-film electrode on Li<sub>1+x</sub>Al<sub>x</sub>Ti<sub>2-x</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> NASICON-type solid electrolyte", *Journal of Power Sources*, Vol. **174**, pp. 1100-1103 (2007).
  109. Kaoru Dokko, Shohei Koizumi, Hiroyuki Nakano and Kiyoshi Kanamura, "Particle morphology, crystal orientation, and electrochemical reactivity of LiFePO<sub>4</sub> synthesized by the hydrothermal method at 443 K", *Journal of Materials Chemistry*, Vol. **17**, pp. 4803 - 4810 (2007).
  110. Hirokazu Munakata, Sho Ochiai, and Kiyoshi Kanamura, "Pore Size Effect on Improvement of Surface Proton Conductivity for Three-Dimensionally Ordered Macroporous Silica Composite Membrane", *Journal of The Electrochemical Society*, Vol. **154**, pp. B871-B875

- (2007).
111. Hirokazu Munakata, Tomohiko Ishida, and Kiyoshi Kanamura, "Electrophoretic Deposition for Nanostructural Design of Catalyst Layers on Nafion Membrane", *Journal of The Electrochemical Society*, Vol. **154**, pp. B1368-B1372 (2007).
  112. Keiji Sasajima, Hirokazu Munakata, and Kiyoshi Kanamura, "Properties of Composite Membrane Consisting of 3DOM Silica Matrix Filled with Sulfonated Poly(1,4-phenylene ether ether sulfone) at Various Ratios", *Journal of The Electrochemical Society*, Vol. **155**, pp. B143-B147 (2008).
  113. Dai Yamamoto, Hirokazu Munakata, and Kiyoshi Kanamura, "Synthesis and Characterization of Composite Membrane with Three-Dimensionally Ordered Macroporous Polyimide Matrix for DMFC", *Journal of The Electrochemical Society*, Vol. **155**, pp. B303-B308 (2008).
  114. Seiichiro Tabata, Yusuke Isshiki, and Masayoshi Watanabe, "Inverse Opal Carbons Derived from a Polymer Precursor as Electrode Materials for Electric Double-Layer Capacitors", *Journal of The Electrochemical Society*, Vol. **155**, pp. K42-K49 (2008).
  115. Hiroki Nara, Yoshiki Fukuhara, Azusa Takai, Masaki Komatsu, Hitomi Mukaibo, Yusuke Yamauchi, Toshiyuki Momma, Kazuyuki Kuroda and Tetsuya Osaka, "Cycle and Rate Properties of Mesoporous Tin Anode for Lithium Ion Secondary Batteries", *Chemistry Letters*, Vol. **37**, pp.142-143 (2008).
  116. Kiyoshi Kanamura, Shohei Koizumi, Kaoru Dokko, "Hydrothermal Synthesis of  $\text{LiFePO}_4$  as a Cathode Material for Lithium Batteries", *Journal of Materials Science*, in press.
  117. Hiroyuki Nakano, Kaoru Dokko, Masanori Hara, Yasuhiro Isshiki, and Kiyoshi Kanamura, "Three-dimensionally ordered composite electrode between  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  and  $\text{Li}_{1.5}\text{Al}_{0.5}\text{Ti}_{1.5}(\text{PO}_4)_3$ ", *Ionics*, in press.
  118. Hirokazu Munakata, Dai Yamamoto, and Kiyoshi Kanamura, "Three-dimensionally ordered macroporous polyimide composite membrane with controlled pore size for direct methanol fuel cells", *Journal of Power Sources*, in press.

(2)その他の著作物 (総説、書籍など)

1. 【総説】Kiyoshi Kanamura and Soshi Shiraiishi, "Surface film modification by using HF additives for rechargeable lithium metal batteries", *Research Signpost*, 37/661(2), pp. 108-147 (2003).
2. 【執筆分担】金村 聖志, "最新燃料電池部材～その最先端技術と信頼性評価～ 第5章 燃料電池用電極触媒の調整と問題点およびその対応策 第1節 電極触媒の観察・設計と作成", 技術情報協会, pp.131-140 (2003)
3. 【執筆分担】金村 聖志, "ポリマーバッテリーの最新技術 第1章 ポリマーバッテリーの現状と今後の進展、第3章 ポリマー正極材料 1導電性高分子、第4章 ポリマー電解質 1ポリマー電解質の応用と実用化", シー・エム・シー出版, pp.1-8, pp.47-55, pp.98-107, (2003)
4. 【執筆分担】金村 聖志, "目的を達成するためのゾル - ゲル法における構造制御ノウハウ集 [48]リチウム二次電池用電極膜", 技術情報協会, pp.314-322, (2003)
5. 【総説】金村 聖志, "ダイレクトメタノール電池の現状と今後の展開", 粉碎47号, pp.65-72 (2003)
6. 【執筆分担】渡邊正義, 松本一, 栄部比夏里, "電子とイオンの機能化学シリーズ 3 次世代型リチウム二次電池、イオン性液体とその固体電解質化", 田村英雄監修, エヌ・ティー・エス, pp.258-275(2003).
7. 【執筆分担】渡邊正義, "イオン性液体、第3章、第6章、第7章"大野弘幸 監修, シーエムシー, pp.65-79, pp.172-178, pp.246-252 (2003).
8. 【執筆分担】渡邊正義, 徳田浩之, "イオン伝導性高分子の現状と新しい研究展開、第9章 第1節 ナノ・IT時代の分子機能材料と素子開発"吉野勝美 監修, エヌ・ティー・エス, pp.304-318 (2004).

9. 【執筆分担】徳田浩之、渡邊正義“ポリマーバッテリーの最新技術”、第4章 ポリマー電解質、4-2 ポリエーテル系固体電解質”、金村聖志 監修、シーエムシー、pp.108-126(2003)
10. 【執筆分担】田畑誠一郎、河野通之、渡邊正義、“ポリマーバッテリーの最新技術”、第4章 ポリマー電解質、4-3 高分子ゲル電解質”、金村聖志 監修、シーエムシー、pp.127-139. (2003)
11. 【総説】渡邊正義、“イオン性液体のイオン輸送と機能化”、溶融塩および高温化学、46、38-50 (2003).
12. 【総説】渡邊正義、“無加湿中温作動型燃料電池用電解質としてのプロトン伝導性イオン性液体の可能性”、マテリアルインテグレーション、16(5)、33-39 (2003).
13. 【執筆分担】金村 聖志、“エレクトロニクス用カーボン技術大全集 第3章第5節 PEFC 用燃料極・空気極における触媒材料と触媒担体の選定と発電特性への影響”、技術情報協会、pp. 235-242, (2004)
14. 【総説】金村 聖志、“電気エネルギー変換のための新材料・新システムの創製”、鉱山11月号(2004)、p31-40、2004/11/25
15. 【総説】金村 聖志、“全固体型リチウム電池用新電極システム”、ケミカルエンジニアリング、Vol.49 No.12 pp.19 - pp.26 (2004)、2004/12/1
16. 【執筆分担】渡邊正義、“イオン性液体の機能創製と応用、第1講 イオン性液体とは - その構造と電気化学的機能化 - ”、エヌ・ティー・エス、pp.1-25 (2004).
17. 【総説】川野竜司、渡邊正義、“イオン液体中の特異的電荷輸送”、化学工業、Vol. 55、pp. 852-859 (2004).
18. 【総説】金村 聖志、“外部場を利用した新しいマテリアルプロセッシング”、セラミックス、Vol. 40(3)、pp.144-149 (2005).
19. 【総説】金村 聖志、伴 明彦、獨古 薫、“規則的多孔構造を有する合金系負極に関する基礎的検討”、電池技術委員会資料、2005/6/2
20. 【執筆分担】Kiyoshi Kanamura, “Electrolytes for lithium batteries”, Fluorinated Materials for Energy Conversion, Chapter 11, ELSEVIER, pp. 253-266 (2005).
21. 【執筆分担】M.A.B.H. Susan, A. Noda, M. Watanabe, “Brønsted Acid-Base Ionic Liquids as Fuel Cell Electrolytes under Non-Humidifying Conditions”, ACS Volume Series 902, Ionic Liquids IIIB: Progress, Challenges, and Opportunities, Edited by Robin D. Rogers and Kenneth R. Seddon, ACS, Washington DC, pp.199-215 (2005).
22. 【執筆分担】M.A.B.H. Susan, A. Noda, M. Watanabe, “Ion Gels Prepared by In Situ Radical Polymerization of Vinyl Monomers in Room Temperature Ionic Liquids as Novel Highly Conductive Polymer Electrolytes”, ACS Symposium Series Book: Ionic Liquids in Polymer Systems, Edited by Christopher S. Brazel and Robin D. Rogers, ACS, Washington DC, pp.119-132 (2005).
23. 【執筆分担】M.A.B.H. Susan, A. Noda, M. Watanabe, “Diffusion in Ionic Liquids and Correlation with Ionic Transport Behavior”, Electrochemical Aspects of Ionic Liquids, Edited by H. Ohno, John Wiley & Sons, New York, pp. 55-74 (2005).
24. 【執筆分担】M.A.B.H. Susan, A. Noda, M. Watanabe, “Diffusion in Ionic Liquids and Correlation with Ionic Transport Behavior”, Electrochemical Aspects of Ionic Liquids, Edited by H. Ohno, John Wiley & Sons, New York, pp. 55-74 (2005).
25. 【執筆分担】金村 聖志, “6.7 薄膜リチウムイオン電池” 「電池革新が拓く次世代電源」エヌ・ティー・エス, pp541-556(2006).
26. 【執筆分担】濱上 寿一、金村 聖志, “第27章 電気泳動法を用いたマイクロパターニング技術”, 「超微細パターニング技術 - 次世代のナノ・マイクロパターニングプロセス - 」サイエンス&テクノロジー、189-203 (2006).
27. 【執筆分担】金村 聖志, 「ユビキタスエネルギーの最新技術」, “5.リチウム金属負極の開発状況と課題”、シー・エム・シー出版、pp. 46-54, (2006).
28. 【総説】徳田浩之、渡邊正義、“不思議なイオン液体”、パリテイ、Vol. 21(4)、pp. 42-43 (2006).
29. 【解説】関 志朗、川野竜司、渡邊正義、「イオン液体とクリーンエネルギー変換・貯蔵」、化

- 学と工業 Vol. 59, pp. 760-763 (2006).
30. 【総説】金村 聖志, “ナノサイズ粒子を用いた電気化学的機能を有する多孔体の作製と応用”, *粉砕* No.50 記念号, pp. 20-26 (2006).
  31. 【執筆分担】金村聖志, “III 電気エネルギーの未来 1 電気をつくる・ためる”, 「ナノテクとエネルギー (独立行政法人 科学技術振興機構 編)」, pp. 62-64 (2006).
  32. 【執筆分担】金村聖志, “III 電気エネルギーの未来 3 新しいコンセプトで電池をつくる”, 「ナノテクとエネルギー (独立行政法人 科学技術振興機構 編)」, pp. 82-97 (2006).
  33. 【執筆分担】金村 聖志, 「環境対応型セラミックスの技術と応用」, “第 6 章 電気泳動プロセス”, シー・エム・シー出版, pp. 88-101 (2007).
  34. 【総説】金村 聖志, “低メタノール透過性燃料電池用電解質膜”, *機能材料*, Vol. 27, No.4, pp. 74-82 (2007).
  35. 【プロシーディング】 H. Munakata, D. Yamamoto, K. Dokko, J. Hamagami, T. Takei, and K. Kanamura, “Preparation of Composite Membrane with Three-Dimensionally Ordered Polyimide Matrix and Proton Conductive Gel Polymer”, *Proton Conducting Membrane Fuel Cells IV, The Electrochemical Society Proceedings*, PV 2004-21, pp. 252-258 (2004).
  36. 【プロシーディング】 H. Munakata, H. Chiba, K. Dokko, J. Hamagami, T. Takei, and K. Kanamura, “Improvement of Surface Proton Conductivity for Three-Dimensionally Ordered Ordered Macroporous Membrane”, *Proton Conducting Membrane Fuel Cells IV, The Electrochemical Society Proceedings*, PV 2004-21, pp. 287-294 (2004).
  37. 【プロシーディング】 Kiyoshi Kanamura, Hirokazu Munakata, and Sho Ochiai, “Pore Size Effect on Improvement of Surface Proton Conductivity for Three-Dimensionally Ordered Macroporous Silica Membrane”, *ECS Transactions*, Vol. 1(6), pp. 161-167 (2006).
  38. 【執筆分担】金村 聖志, “第 1 章 総論 各種電池の高性能および部材の要求特性と開発動向”, 「[PEFC・DMFC・SOFC・リチウムイオン二次電池・電気二重層キャパシタ] 電池部材の高性能化と信頼性の向上 (監修 金村 聖志)」, 技術情報協会, pp. 3-14 (2007).
  39. 【執筆分担】金村 聖志, “第 2 章第 3 節 薄膜電池”, “第 2 章第 6 節 三次元電池”, 「全固体二次電池の開発 - 高性能化と製造技術 - (監修 金村 聖志)」, サイエンス & テクノロジー, pp. 83-91, pp. 113-123 (2007).
  40. 【執筆分担】獨古 薫, 金村 聖志, “第 5 章第 4 節 薄膜電池ゾル - ゲル法による全固体リチウム電池用電極の作製”, 「全固体二次電池の開発 - 高性能化と製造技術 - (監修 金村 聖志)」, サイエンス & テクノロジー社, pp. 331-340 (2007).
  41. 【解説】金村聖志, 獨古 薫, 棟方裕一, “リン酸化合物の電気化学的エネルギー変換デバイスへの展開”, *Phosphorus Letter*, No. 59, pp. 9-19 (2007).
  42. 【執筆分担】渡邊正義, “第 3 章第 2 節 高分子イオニクス材料の伝導メカニズムと分子設計”, 「全固体二次電池の開発 - 高性能化と製造技術 - (監修 金村 聖志)」, サイエンス & テクノロジー社, pp. 153-165 (2007).

(3)学会発表(国際学会発表及び主要な国内学会発表)

招待講演 (国内会議 38 件、国際会議 23 件)

国内会議 38 件

1. 金村 聖志(首都大学東京), “三次元規則配列多孔体を用いた全固体型リチウム電池用電極の作製”, 第 32 回固体イオニクス研究会「先端イオニクス材料の固体電気化学」, 平成 15 年 7 月 7 日
2. 金村 聖志(首都大学東京), “三次元規則配列多孔体を用いた全固体型リチウム電池用電極の作製”, マテリアルズ・テラリング研究会, 平成 15 年 8 月 2 日
3. 渡邊 正義, 金子 健人, 片伯部 貫, 福島 孝典, 相田 卓三(横浜国立大学), “イオン性液体およびイオンゲルの特性と電気二重層キャパシタへの応用”, 電気化学会キャパシタ技術委員会 平成 16 年度第 1 回研究会, 平成 16 年 1 月 23 日
4. 金村 聖志(首都大学東京), “電池用三次元規則配列多孔質体”, 第 50 回新電池構想部

- 会講演会(新東京国際フォーラム、東京)、平成 16 年 4 月 26 日
5. 金村 聖志(首都大学東京)、“リチウム電池用活物質のナノミクロ構造制御”、日本セラミックス協会原料部会講演会「ナノ粒子研究の進歩と産業創出(企業化)への期待」、平成 16 年 8 月 27 日
  6. 金村 聖志(首都大学東京)、“ゾル・ゲル法を用いた全固体リチウム電池用三次元複合体の作製”、日本ゾル・ゲル学会(早稲田大学・新宿)、平成 17 年 8 月 4 日
  7. 金村聖志(首都大学東京)、“液中からの触媒粒子堆積による電極・膜接合体の作製”、第 96 回触媒討論会(熊本大学黒髪キャンパス)、平成 17 年 9 月 23 日。
  8. 金村 聖志(首都大学東京)、“ゾル・ゲル法を用いたリチウム二次電池用電極の作製”、第 18 回秋季シンポジウム(大阪府立大学中百舌鳥キャンパス)、平成 17 年 9 月 27 日。
  9. 金村 聖志、棟方 裕一、獨古 薫(首都大学東京)、“燃料電池とリチウムイオン電池のための材料化学・電気化学 - 電池用三次元規則配列多孔体 - ”、資源変換・再生研究センターシンポジウム『エネルギー貯蔵と利用の物質科学』平成 17 年 11 月 30 日
  10. 金村 聖志(首都大学東京)、“薄膜、微粒子成長、微細加工技術と電池”、電池セミナー『最先端電池技術 - 2006』平成 18 年 1 月 20 日。
  11. H. Masuda (首都大学東京)、“Fabrication of Functional Optical Devices Based on Highly Ordered Anodic Porous Alumina”、第 4 回ナノフォトニクスシンポジウム、埼玉、平成 17 年 10 月 27 日。
  12. 西尾和之(首都大学東京)、“転写プロセスによる微細規則構造の作製と応用”、表面科学と界面制御に関する若手研究者のシンポジウム(北海道)、平成 18 年 1 月 10 日。
  13. 金村 聖志(首都大学東京)、“三次元規則配列多孔性中空炭素のキャパシタ特性”、電気化学会キャパシタ技術委員会、平成 18 年度第 3 回研究会(東京農工大学)平成 18 年 6 月 28 日
  14. 金村 聖志(首都大学東京)、“3 次元電池作成プロセスの基礎とその応用”、日本テクノセンターセミナー「脚光を浴びている 3 次元電池・ナノ電極材料の基礎とその応用および最近のトピックス」(日本テクノセンター、東京)、平成 18 年 4 月 11 日
  15. 金村 聖志(首都大学東京)、“ナノサイズ粒子を用いた電気化学的機能を有する多孔体の作製と応用”、第 40 回粉体工学に関する講演討論会(ホテルラフォーレ東京)、平成 18 年 8 月 29 日
  16. 渡邊正義(横浜国立大学)“高分子が係わる電子移動反応に関する研究” 電気化学会第 73 回大会(首都大学東京、南大沢キャンパス)平成 18 年 4 月 1 日。(学術賞受賞講演)
  17. 渡邊正義、片伯部 貫(横浜国立大学)“イオン液体を電解質とする色素増感太陽電池—不揮発性から配向性へ—” 日本液晶学会、分子配向エレクトロニクス研究フォーラム講演会(東陽テクニカ、東京)平成 18 年 4 月 14 日。(依頼講演)
  18. 渡邊正義(横浜国立大学)、“機能性高分子イオニクス材料の設計と創成” 第 55 回高分子学会年次大会(名古屋国際会議場)平成 18 年 5 月 25 日。(学会賞受賞講演)
  19. 渡邊正義(横浜国立大学)“イオン液体の性質とイオンゲルを用いた低電圧大気下駆動アクチュエータの特性” 東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻土井正男研究室講演会、平成 18 年 6 月 29 日。(依頼講演)
  20. 渡邊正義(横浜国立大学)、“電場応答性高分子イオニクス材料—構造色エレクトロクロミズムとアクチュエーター—” 高分子同友会勉強会(高分子学会会議室)平成 18 年 7 月 25 日。(依頼講演)
  21. 渡邊正義(横浜国立大学)、“イオン液体とは何か—基礎と機能化研究をされていて思うこと—” 熊本大学工学部 COE 講演会(熊本大学、黒髪キャンパス)平成 18 年 7 月 27 日。(招待講演)
  22. 渡邊正義(横浜国立大学)、“イオン液体およびイオンゲルを用いた機能の創り込みの化学” 分子工学研究会(新横浜国際ホテル)平成 18 年 8 月 25 日。(依頼講演)
  23. 渡邊正義(横浜国立大学)、“新たな科学創生が期待されるイオン液体とは—液体科学の革命といわれるイオン液体の研究動向と実用化の期待—” 横浜実装コンソーシアム講演

- 会(横浜国立大学共同研究推進センターセミナー室)平成 18 年 9 月 28 日。(依頼講演)
24. 渡邊正義(横浜国立大学)、“イオン液体の色素増感太陽電池への適用—不揮発性から配向性へ—”(独)日本学術振興会 情報科学用有機材料第 142 委員会 A 部会 第 102 回研究会(東京理科大学森戸記念館)平成 18 年 10 月 2 日。(依頼講演)
  25. 金村聖志(首都大学東京)、“電気泳動法を用いた燃料電池MEAの作製”, 技術情報協会セミナー「燃料電池用電解質膜の劣化メカニズムと水の状態解析および水管理」(五反田ゆうぼうと)平成 18 年 10 月 23 日。(招待講演)
  26. 西尾和之, 益田秀樹(首都大学東京)、“エネルギーデバイスへの応用を目的とした 2 次元高規則性多孔質材料の作製”化学電池材料研究会第 19 回講演会, 平成 18 年 11 月 30 日, 東京
  27. 金村 聖志(首都大学東京)、“高次規則配列複合体を用いたエネルギー変換デバイス”「マイクロセラミックプロセスを駆使したエネルギー変換デバイスの新展開」ニューセラミックス懇話会第 174 回研究会, 平成 18 年 12 月 1 日。(招待講演)
  28. 金村 聖志(首都大学東京)、“高性能化電解質膜”最先端電池技術 2007 電気化学セミナー1, (タワーホール船堀), 平成 19 年 1 月 25 日。(依頼講演)
  29. 金村 聖志(首都大学東京)、“ナノサイエンスとリチウムイオン電池”, 日本化学会第 87 春季年会(関西大学千里山キャンパス), 平成 19 年 3 月 25 日。(依頼講演)
  30. 金村 聖志(首都大学東京)、“規則構造化セラミックスの作製と電気化学エネルギー変換デバイスへの応用”, 日本化学会第 87 春季年会(関西大学千里山キャンパス), 平成 19 年 3 月 26 日。(依頼講演)
  31. 西尾和之(首都大学東京)、“電解コンデンサ用 Al 箔へのトンネルピット高規則配列の形成”第 115 回表面技術協会講演大会, 平成 19 年 3 月 9 日, 東京(依頼講演)
  32. 獨古 薫(首都大学東京)、“マイクロ電極法によるリチウムインターカレーション材料の電気化学的研究”, 電気化学会第 74 回大会(東京理科大学理工学部・野田キャンパス), 平成 19 年 3 月 29 日。(受賞講演)
  33. 獨古 薫, 中野 広幸, 金村 聖志, 天池 正登, 新谷 武士, 河村 潔(首都大学東京)、“新規高分子電解質の開発と全固体リチウムイオン電池への展開”, 第 56 回高分子学会年次大会(国立京都国際会館, 京都), 平成 19 年 5 月 31 日
  34. 金村 聖志(首都大学東京)、“リチウムイオン二次電池の最新技術トレンド”、各種車載用電池の最新トレンド技術と応用展開(東京, 御茶ノ水), 技術情報協会セミナー、平成 19 年 8 月 7 日
  35. 渡邊正義(横浜国立大学)“イオン液体と高分子のコラボレーション” 高分子学会関東支部茨城地区講演会(株式会社クラレつくば研究所)平成 19 年 6 月 28 日。(依頼講演)
  36. 渡邊正義(横浜国立大学)“イオン液体を溶媒とする新しい高分子ゲル” 高分子夏期大学(洞爺湖万世閣)平成 19 年 7 月 19 日。(依頼講演)
  37. 渡邊正義, 数永友一, 関志朗(横浜国立大学)“溶融 Glyme-LiTFSI 錯体のリチウムイオン液体としての特性” 2007 年電気化学会秋季大会(東京工業大学, 大岡山キャンパス)平成 19 年 9 月 19 日。
  38. 渡邊正義(横浜国立大学)“イオン液体およびイオンゲルを用いたエネルギー貯蔵・変換系の構築” 第 1 回(2007)日本化学会関東支部大会(首都大学東京, 南大沢キャンパス)平成 19 年 9 月 27 日。

#### 国際会議 23 件

1. Hideki Masuda(首都大学東京)、“Site Control of Tunnel Etching in Al for Electrolytic Capacitors”, 2003 International Conference on Advanced Capacitors Kyoto Park Hotel, Kyoto, Japan, 平成 15 年 5 月 29 日
2. Masayoshi Watanabe(横浜国立大学)、“Ionic Liquids and Ion Gels -A New Class of Liquids and Polymer Gels-”, ISSP International Workshop Gel Sympo 2003, 平成 15 年 11 月 18 日
3. Kiyoshi Kanamura, Keisuke Shiraiishi, Kaoru Dokko(首都大学東京)、“SURFACE STATE

- CONTROL OF  $\text{LiFePO}_4$  CATHODE PREPARED BY HYDROTHERMAL PROCESS”, 5th France-Japan Joint Seminar on Lithium Batteries (Batz-sur-Mer, France), 平成 16 年 9 月 27 日
4. Kiyoshi Kanamura, Takeshi Chiba, Kaoru Dokko (首都大学東京), “Preparation of  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  Spherical Particles for All Solid-State Rechargeable Lithium Batteries”, International Symposium on Inorganic and Environmental Materials 2004 (ISIEM2004), 平成 16 年 10 月 19 日
  5. Kiyoshi Kanamura (首都大学東京) “All Solid-State Thin Film Battery Prepared by Sol-Gel Process”, German-Japanese Meeting of Electrochemists, 平成 16 年 12 月 1 日
  6. Masayoshi Watanabe, “Ion Gels Prepared by In Situ Radical Polymerization of Vinyl Monomers in Ionic Liquids and Their Use as Electrolytes for New Electrochemical Actuators”, The 5th Asian Conference on Electrochemistry (ACEC 2005) (Shanghai Normal University, Shanghai, China), 平成 17 年 5 月 12 日.
  7. Kiyoshi Kanamura (首都大学東京), “High Performance Membrane-Electrode Assembly Prepared by Using Electrophoretic Deposition Process”, 2nd International Conference on Electrophoretic Deposition: Fundamentals and Applications, 平成 17 年 5 月 30 日
  8. Kiyoshi Kanamura (首都大学東京), “Advanced Material Chemistry for Solid State Rechargeable Lithium Ion Battery and New polymer Electrolyte Fuel”, 207th Meeting of The Electrochemical Society (Quebec City), 平成 17 年 5 月 17 日.
  9. H. Masuda (首都大学東京), “Functional Nanodevices Based on Highly Ordered Anodic Porous Alumina”, The 56th Annual Meeting of International Society of Electrochemistry, (Korea), 平成 17 年 9 月 28 日.
  10. Kiyoshi Kanamura, Jun-ichi Sugaya, and Kaoru Dokko, “Fabrication of Micro Rechargeable Lithium Battery System by Using Micro-Array Electrode”, The Ernest B. Yeager Frontiers in Electrochemical Science and Electrochemical Technology (Squire Valleevue Farm Hunting Valley, OH) 平成 17 年 10 月 12 日.
  11. Masayoshi Watanabe, Taketo Kaneko, Sayaka Nanjo (横浜国立大学), “Ion Gels Prepared by In-situ Radical Polymerization of Vinyl Monomers in Ionic Liquids and Their Characterization as New Polymer Electrolytes”, The 2005 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM 2005) (Honolulu, Hawaii, U. S. A.), 平成 17 年 12 月 18 日.
  12. Kiyoshi Kanamura (首都大学東京), “Three Dimensionally Ordered Electrodes for LIB Application” German-Italian-Japanese Meeting of Electrochemists (Munich, Germany), 平成 18 年 9 月 29 日.
  13. Kiyoshi Kanamura, Mitsuru Udatsu, Dai Yamamoto, Hirokazu Munakata (首都大学東京), “Infrared spectroelectrochemical study of Pt electrode in ionic liquids for fuel cells”, 5th International Conference on ELECTROCATALYSIS, September 10-14, 2006, Kotor, Montenegro.
  14. M. Watanabe, Y. Takeoka, K. Ueno, J. Sakamoto, (横浜国立大学), “Nano-structured Polymeric Materials Prepared by Using Colloidal Crystal Templates”, The 11th International Symposium on Colloidal and Molecular Electro-Optics, (Uji, Kyoto, Japan), 平成 18 年 5 月 23 日.
  15. Masayoshi Watanabe (横浜国立大学), “New Electrochemical Actuators Based on Polymer Gels Containing Ionic Liquids” Hokkaido University-AIST collaborative conference (Akihabara, Tokyo), 平成 18 年 5 月 30 日.
  16. M. Watanabe, H. Tokuda, (横浜国立大学), “How Ionic are Ionic Liquids? An Indicator of the Physicochemical Properties”, 232nd ACS National Meeting & Exposition, (San Francisco, USA), 平成 18 年 9 月 10 日.
  17. Kiyoshi Kanamura, Hirokazu Munakata, Kaoru Dokko (首都大学東京), “Materials with 3DOM structure for Environmentally Benine Electrochemical Energy Conversion System”, Gratama Workshop 2006 (Awaji Yumebutai International Conference Center, Japan), 平成

- 18年10月20日.
18. Kaoru Dokko, Nao Akutagawa, Yasuhiro Isshiki, and Kiyoshi Kanamura (首都大学東京), "Three Dimensionally Ordered Composite Electrodes for Rechargeable Lithium Ion Batteries", 2nd International Symposium on Functional Materials, (Hangzhou, P.R. China), 平成19年5月16日.
  19. K. Kanamura, S. W. Woo, H. Nakano and K. Dokko (首都大学東京), "Preparation of 3-D Ordered Macroporous Carbon Having Walls Consisting of Mesosized Hollow Spheres for Electrochemical Capacitors", International Conference on Materials for Advanced Technologies2007 (ICMAT2007)(Singapore), 平成19年7月3日.
  20. Kiyoshi Kanamura, Masashi Otani, Hirokazu Munakata (首都大学東京), "3DOM Ni-YSZ Electrode for Intermediate Temperature Solid Oxide Fuel Cells", The First China-Japan Workshop on Solid Oxide Fuel Cells", 平成19年7月7日.
  21. Kiyoshi Kanamura (首都大学東京), "3-Dimensionally Ordered Composite Electrodes for all Solid State Batteries", 11th Euroconference on Science and Technology of Ionics (Batz-sur-Mer, FRANCE), 平成19年9月10日.
  22. M. Watanabe, (横浜国立大学) "Brønsted Acid-Base Ionic Liquids and Ionic Melts for Fuel Cell Electrolytes", 3rd International Conference on Polymer Batteries and Fuel Cells, (Rome, Italy), 平成19年6月14日.
  23. M. Watanabe, (横浜国立大学) "How Ionic Are Room Temperature Ionic Liquids? Ionicity: An Indicator of the Physicochemical Properties" 2nd International Congress on Ionic Liquids (COIL-2) (Yokohama, Japan), 平成19年8月6日. (Plenary Lecture)

口頭発表 (国内会議 329件、国際会議 79件)

国内会議口頭発表 329件

1. 山内 悠輔、向坊 仁美、手塚 正人、滋野 哲郎、横島 時彦、門間 聰之、逢坂 哲彌、黒田一幸、"リオトロピック液晶相を用いた無電解析出法によるメソポーラスニッケルの合成"、日本化学会第83回春季年会、平成15年3月18日
2. 芥川 奈緒、金村 聖志、"全固体型リチウム二次電池用規則配列多孔質  $\text{Li}_{0.35}\text{La}_{0.55}\text{TiO}_3$  電解質の作製"、電気化学会第70回大会、平成15年4月3日
3. 芥川 奈緒、金村聖志、"全固体型リチウム二次電池用三次元規則配列多孔性固体電解質膜の作製"、第5回化学電池材料研究会ミーティング、平成15年6月17日
4. 盧 榮鎬、金村聖志、"Fabrication of rechargeable lithium batteries with sol-gel method"、第5回化学電池材料研究会ミーティング、平成15年6月17日
5. 芥川 奈緒、盧 榮鎬、金村 聖志、"ポリイミドを用いた全固体型リチウム電池用3次元規則配列多孔性  $\text{Li}_{0.35}\text{La}_{0.55}\text{TiO}_3$  固体電解質膜の作製"、2003年電気化学秋季大会、平成15年9月12日
6. 芥川 奈緒、盧 榮鎬、金村 聖志、"全固体型リチウム電池用3次元規則配列多孔性  $\text{Li}_{0.35}\text{La}_{0.55}\text{TiO}_3$  固体電解質膜の作製とその評価"、2003年電気化学秋季大会、平成15年9月12日
7. 盧 榮鎬、金村 聖志、"シリカ球状粒子を用いた全固体型リチウム電池用3次元規則配列多孔性無機質固体電解質膜の作製"、2003年電気化学秋季大会、平成15年9月12日
8. 千葉 毅、盧 榮鎬、金村 聖志、"非晶質球状粒子から作製した  $\text{Li-TiO}_2$  球状セラミックスの評価"第44回電池討論会、平成15年11月5日
9. Young-Ho Rho, Kiyoshi Kanamura, "Fabrication of All Solid-State Rechargeable Lithium Battery with a Sol-Gel Method"、第44回電池討論会、平成15年11月5日
10. 芥川 奈緒、盧榮鎬、金村 聖志、"全固体型リチウム電池用規則配列複合体の作製と評価"、第44回電池討論会、平成15年11月6日
11. 盧 榮鎬、芥川 奈緒、金村 聖志、"シリカ球状粒子を鋳型として用いたリチウムイオン導

- 電性三次元規則配列多孔質膜の作製”第 44 回電池討論会、平成 15 年 11 月 6 日
12. 芥川 奈緒、盧 榮鎬、金村 聖志、“規則配列多孔質  $\text{Li}_{0.35}\text{La}_{0.55}\text{TiO}_3$  固体電解質膜のイオン導電性に関する研究”、固体イオニクス討論会、平成 15 年 11 月 26 日
  13. 片伯部 貫、渡邊 正義、福島 孝典、相田 卓三、“カーボンナノチューブとイオン性液体からなるゲルを用いた電気二重層キャパシタ”、2003 年電気化学秋季大会、平成 15 年 9 月 11 日
  14. 関 志朗、田畑 誠一郎、松井 尚平、渡邊 正義、“リチウムポリマー二次電池における界面電子移動反応の支配因子”、第 52 回高分子討論会、平成 15 年 9 月 24 日
  15. 西尾和之、苫米地泰之、林里奈、益田秀樹“パターンニングプロセスによる(100)配向アルミニウムのピット配列制御”、電気化学会第 70 回大会、平成 15 年 4 月 2 日
  16. 苫米地 泰之、西尾 和之、益田 秀樹、“インプリンティングによる Al 電極箔のトンネルピット形成機構の検討”、2003 年電気化学会秋季大会、平成 15 年 9 月 12 日
  17. 門間 聰之、山内 悠輔、向坊 仁美、手塚 正人、滋野 哲郎、横島 時彦、黒田 一幸、逢坂 哲彌、“メソポーラス構造を有する無電解ニッケルめっきの開発”、電気化学会第 70 回大会、平成 15 年 4 月 3 日
  18. 千原 望、亀井 聡、Mohamed Mohamed、門間 聰之、逢坂 哲彌、“炭素材料を酸化マンガンで被覆した電気化学キャパシタ用電極材料の評価”、2003 年電気化学秋季大会、平成 15 年 9 月 11 日
  19. 角 友秀、向坊 仁美、横島 時彦、Mohamed Mohamed、門間 聰之、逢坂 哲彌、“化学的還元法により作製した Ni-Sn 合金粉末の Li イオン二次電池負極特性”、2003 年電気化学秋季大会、平成 15 年 9 月 11 日
  20. 清水 貴弘、本川 慎二、門間 聰之、逢坂 哲彌、“携帯電話用 1 W 級ポンプレス DMFC スタック”、第 44 回電池討論会、平成 15 年 11 月 6 日
  21. 向坊 仁美、和田 安正、横島 時彦、Mohamed Mohamed、門間 聰之、逢坂 哲彌、“リチウムイオン二次電池用 Sn-Ni 合金負極の充放電特性”、第 44 回電池討論会、平成 15 年 11 月 4 日
  22. 本川 慎二、木藤 広樹、石束 真典、藤本 栄一、Mohamed Mohamed、門間 聰之、庄子 習一、逢坂 哲彌、“MEMS 技術を利用した新規構造を有する  $\mu\text{DMFC}$  の作製”、第 44 回電池討論会、平成 15 年 11 月 4 日
  23. 芥川 奈緒、盧 榮鎬、金村 聖志、“全固体型リチウム電池用三次元規則配列複合電極 (LLT /  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ ) の作製とその特性評価”、電気化学会第 71 回大会 (横浜)、平成 16 年 3 月 24 日
  24. 千葉 毅、盧 榮鎬、金村 聖志、“イオン交換-ゲル化法を用いたリチウム二次電池用負極材料の構築”、電気化学会第 71 回大会 (横浜)、平成 16 年 3 月 24 日
  25. 千葉 毅、盧 榮鎬、濱上 寿一、金村 聖志、“Li-TiO<sub>2</sub> 球状セラミックスの作製と電気化学特性評価”、セラミックス協会 2004 年年会 (神奈川)、平成 16 年 3 月 24 日
  26. 芥川 奈緒、盧 榮鎬、金村 聖志、“規則配列多孔質電解質を用いた全固体型リチウム電池用複合電極の作製”、日本化学会第 84 回春季年会 (兵庫)、平成 16 年 3 月 27 日
  27. 田畑 誠一郎、渡邊 正義、“シリカコロイド結晶を鋳型に用いた多孔質炭素材料の作製とその特性”、電気化学会第 71 回大会 (横浜)、平成 16 年 3 月 24 日
  28. 福島 達郎、西尾 和之、益田 秀樹、“スタンププロセスによる Al 箔ピッティング開始点の制御”、表面技術協会第 109 回講演大会 (八王子)、平成 16 年 3 月 17 日
  29. 福島 達郎、西尾 和之、益田 秀樹、“スタンププロセスによるアルミニウムのピット配列の制御”、電気化学会第 71 回大会 (横浜)、平成 16 年 3 月 26 日
  30. 木藤 広樹、本川 慎二、石束 真典、Mohamed Mohamed、門間 聰之、庄子 習一、逢坂 哲彌、“MEMS 技術により作製した  $\mu\text{DMFC}$  の特性評価”、電気化学会第 71 回大会、平成 16 年 3 月 24 日
  31. 横島 時彦、山内 悠輔、向坊 仁美、手塚 正人、門間 聰之、黒田 一幸、逢坂 哲彌、“無電解析出法を用いたメソポーラス金属の創製(1)-還元剤種のメソ構造に与える影響-”、

- 日本化学会第84春季年会、平成 16 年 3 月 27 日
32. 齋藤 陽介、田畑 誠一郎、渡邊 正義、“逆オパール構造を有する導電性ポリマーの新規創製法の検討とその特性”、第53回高分子学会年次大会(神戸国際会議場、兵庫)、平成 16 年 5 月 25 日
  33. 田畑 誠一郎、渡邊 正義、“高分子前駆体から誘導される逆オパール構造を有する炭素材料の作製とその特性”、第53回高分子学会年次大会(神戸国際会議場、兵庫)、平成 16 年 5 月 25 日
  34. 白石 圭祐、濱上 寿一、金村 聖志、“水熱法により合成したリン酸鉄リチウムの表面層とその電気化学特性の関係”、無機マテリアル学会第 108 回学術講演会(工学院大学、東京)、平成 16 年 6 月 3 日
  35. 白石 圭祐、獨古 薫、棟方 裕一、金村 聖志、“水熱合成法により作製したオリビン型  $\text{LiFePO}_4$  の合成と電気化学特性評価”、第 6 回化学電池材料研究会ミーティング(日本化学会会館、東京)、平成 16 年 5 月 14 日
  36. 千葉 裕人、金村 聖志、“スルホン酸基を導入した無機・有機コンポジット電解質膜のプロトン伝導性の評価”、第 6 回化学電池材料研究会ミーティング(日本化学会会館、東京)、平成 16 年 5 月 14 日
  37. 菅谷 純一、金村 聖志、“印刷技術を用いたマイクロリチウム二次電池用ドット型  $\text{LiCoO}_2$  正極材料の作製と電気化学特性”、第 6 回化学電池材料研究会ミーティング(日本化学会会館、東京)、平成 16 年 5 月 14 日
  38. 千葉 毅、獨古 薫、棟方 裕一、金村 聖志、“ゾル-ゲル法を用いたリチウム二次電池用負極材料の作製”、第 6 回化学電池材料研究会ミーティング(日本化学会会館、東京)、平成 16 年 5 月 14 日
  39. 松下 忠史、獨古 薫、棟方 裕一、金村 聖志、“In situ FTIR 測定を用いたリチウム二次電池用 EC+DEC 系電解液の分解挙動の観察”、第 6 回化学電池材料研究会ミーティング(日本化学会会館、東京)、平成 16 年 5 月 14 日
  40. 芥川 奈緒、獨古 薫、棟方 裕一、金村 聖志、“規則配列多孔質構造を用いた全固体型リチウム電池用新規電極システム”、第 6 回化学電池材料研究会ミーティング(日本化学会会館、東京)、平成 16 年 5 月 14 日
  41. 保科 圭吾、棟方 裕一、獨古 薫、濱上 寿一、武井 孝、金村 聖志、“全固体型リチウム二次電池用薄膜電極の作製と評価”、日本セラミックス協会第 20 回関東支部研究発表会(埼玉)、平成 16 年 7 月 15 日
  42. 千葉 毅、棟方 裕一、獨古 薫、濱上 寿一、武井 孝、金村 聖志、“リチウム二次電池負極材料用単分散球状  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  粒子の合成とその集積化”、日本セラミックス協会第 20 回関東支部研究発表会(埼玉)、平成 16 年 7 月 15 日
  43. 千葉 裕人、棟方 裕一、獨古 薫、濱上 寿一、武井 孝、金村 聖志、“シリカ多孔質膜のスルホン化による無機・有機コンポジット電解質膜のプロトン伝導性の向上”、日本セラミックス協会第 20 回関東支部研究発表会(埼玉)、平成 16 年 7 月 15 日
  44. 菅谷 純一、棟方 裕一、獨古 薫、濱上 寿一、武井 孝、金村 聖志、“マイクロ造形法を用いたリチウム二次電池用マイクロ電極の作製と評価”、日本セラミックス協会第 20 回関東支部研究発表会(埼玉)、平成 16 年 7 月 15 日
  45. 芥川 奈緒、獨古 薫、棟方 裕一、濱上 寿一、武井 孝、金村 聖志、“コロイド結晶テンプレート法による多孔性リチウムイオン伝導体の作製”、第 57 回コロイドおよび界面化学討論会(山口)、平成 16 年 9 月 10 日
  46. 保科 圭吾、獨古 薫、棟方 裕一、濱上 寿一、武井 孝、金村 聖志、“PVP-ゾルゲル法による  $\text{Li-Ni-Mn-O}$  系薄膜正極材料の作製”、日本セラミックス協会第 17 回秋季シンポジウム(石川)、平成 16 年 9 月 17 日
  47. 千葉裕人、棟方裕一、獨古 薫、濱上 寿一、武井 孝、金村 聖志、“表面スルホン化による多孔体シリカ・ゲルコンポジット電解質膜のプロトン伝導性の向上とその最適化”、日本セラミックス協会第 17 回秋季シンポジウム(石川)、平成 16 年 9 月 17 日

48. 千葉 毅, 獨古 薫, 棟方裕一, 濱上寿一, 武井 孝, 金村 聖志, “ $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  球状粒子を用いたリチウム二次電池用電極の作製と電気化学特性”, 日本セラミック協会第 17 回秋季シンポジウム (石川), 平成 16 年 9 月 17 日
49. 石田智彦, 棟方裕一, 獨古 薫, 濱上寿一, 武井 孝, 金村 聖志, “電気泳動法による固体高分子型燃料電池用電極・膜接合体の作製と評価”, 日本セラミック協会第 17 回秋季シンポジウム(石川), 平成 16 年 9 月 17 日
50. 菅谷 純一, 獨古 薫, 棟方裕一, 濱上寿一, 武井 孝, 金村 聖志, “印刷技術を用いたマイクロリチウム二次電池用  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  電極の作製とその電気化学特性”, 日本セラミック協会第 17 回秋季シンポジウム (石川), 平成 16 年 9 月 17 日
51. 芥川 奈緒, 獨古 薫, 棟方 裕一, 濱上 寿一, 武井 孝, 金村 聖志, “規則配列多孔質リチウムイオン導電性セラミックスの作製”, 日本セラミック協会第 17 回秋季シンポジウム (石川), 平成 16 年 9 月 17 日
52. 濱上 寿一, 金村 聖志, “マイクロ電気泳動プロセスを用いた単分散球状粒子の集積化技術”, 日本セラミック協会第 17 回秋季シンポジウム (石川), 平成 16 年 9 月 17 日
53. 山本 大, 棟方 裕一, 獨古 薫, 濱上 寿一, 武井 孝, 金村 聖志, “三次元規則配列ポリイミド多孔体・プロトン伝導性ポリマーのコンポジット膜の作製と評価”, 日本セラミック協会第 17 回秋季シンポジウム (石川), 平成 16 年 9 月 17 日
54. 高木 洋二, 平木 史子, 武井 孝, 金村 聖志, 近沢 正敏, “多孔質シリカガラスに担持した酸化チタンの可視光吸収化”, 日本セラミック協会第 17 回秋季シンポジウム (石川), 平成 16 年 9 月 17 日
55. 田畑 誠一郎, 渡邊 正義, “高分子前駆体を用いた逆オパール型多孔質炭素電極の作製と電気二重層容量特性”, 第 53 回高分子討論会 (北海道大学 高等教育機能開発総合センター), 平成 16 年 9 月 15 日
56. 菖蒲川 仁, 徳田 浩之, 渡邊 正義, “リチウムイオン性液体の合成とイオン伝導機構およびこれを用いたイオンゲル系固体電解質の検討”, 第 53 回高分子討論会 (北海道大学 高等教育機能開発総合センター), 平成 16 年 9 月 15 日
57. 齋藤 陽介, 田畑 誠一郎, 渡邊 正義, “コロイド結晶を鋳型に用いた導電性ポリマーの新規創製法の検討とその特性”, 第 53 回高分子討論会 (北海道大学 高等教育機能開発総合センター), 平成 16 年 9 月 15 日
58. 向坊 仁美, 門間 聰之, 逢坂 哲彌, “リチウムイオン二次電池用 Sn 系負極材料の開発”, 日本セラミック協会第 17 回秋季シンポジウム (石川), 平成 16 年 9 月 17 日
59. 渡邊 正義, 田畑 誠一郎, “コロイド結晶を鋳型に合成した逆オパール構造を有する炭素材料の電極特性”, 日本セラミックス協会第 17 回秋季シンポジウム (北陸先端科学技術大学院大学), 平成 16 年 9 月 11 日
60. 益田 秀樹, 福島 達郎, 西尾 和之, “マスキングフィルムの形成による電解キャパシタ用 Al 箔のピット配列の制御”, 日本セラミックス協会第 17 回秋季シンポジウム (石川), 平成 16 年 9 月 17 日
61. 福島 達郎, 西尾 和之, 益田 秀樹, “電解コンデンサ用 Al 箔のピット開始点制御”, 表面技術協会第 110 回講演大会 (宮城), 平成 16 年 9 月 13 日
62. 濱上 寿一, 長谷川 和弘, 金村 聖志, “微小くし型電極を用いた電気泳動法による単分散粒子のマイクロパターンニング”, 第 24 回電子材料研究討論会 (東工大大岡山キャンパス (目黒区)), 平成 16 年 10 月 22 日
63. 千葉 毅, 獨古 薫, 金村 聖志, “エマルジョン法による  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  球状粒子の合成とそのオパール構造体の作製”, 無機マテリアル学会第 109 回学術講演会 (仙台), 平成 16 年 11 月 12 日
64. 菅谷 純一, 獨古 薫, 棟方 裕一, 濱上 寿一, 武井 孝, 金村 聖志, “ゾル・ゲル法を用いたパターン電極の作製とリチウム電池への応用”, 第 45 回電池討論会 (国立京都国際会館), 平成 16 年 11 月 27 日
65. 千葉 毅, 棟方 裕一, 獨古 薫, 濱上 寿一, 武井 孝, 金村 聖志, “ $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  球状粒子を

- 用いた多孔電極の作製とその評価”、第45回電池討論会(国立京都国際会館)、平成16年11月28日
66. 白石 圭祐, 獨古 薫, 棟方 裕一, 濱上 寿一, 武井 孝, 金村 聖志, “表面構造制御された  $\text{LiFePO}_4$  の電気化学特性”、第45回電池討論会(国立京都国際会館)、平成16年11月28日
  67. 芥川 奈緒, 獨古 薫, 棟方 裕一, 濱上 寿一, 武井 孝, 金村 聖志, “3DOM 構造を有する全固体型リチウム電池用新規複合電極の作製”、第45回電池討論会(国立京都国際会館)、平成16年11月29日
  68. 保科 圭吾, 獨古 薫, 棟方 裕一, 濱上 寿一, 武井 孝, 金村 聖志, “セラミックス固体電解質上への  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  薄膜電極の作製と評価”、第45回電池討論会(国立京都国際会館)、平成16年11月28日
  69. 埜渡 夕有子, 棟方 裕一, 獨古 薫, 濱上 寿一, 武井 孝, 金村 聖志, “電気泳動法を用いた三次元規則配列シリカ多孔質膜・触媒層接合体の作製”、第45回電池討論会(国立京都国際会館)、平成16年11月27日
  70. 棟方 裕一, 笹島 慶二, 獨古 薫, 濱上 寿一, 武井 孝, 金村 聖志, “ポリエーテルエーテルスルホン・三次元規則配列多孔質シリカからなるコンポジット膜の作製と評価”、第45回電池討論会(国立京都国際会館)、平成16年11月27日
  71. 石田智彦, 棟方裕一, 獨古薫, 濱上寿一, 武井孝, 金村聖志, “電気泳動法を用いた電極触媒層の設計と評価”、第45回電池討論会(国立京都国際会館)、平成16年11月28日
  72. 松下 忠史, 獨古 薫, 棟方 裕一, 濱上 寿一, 武井 孝, 金村 聖志, “リチウム二次電池用電解液の正極表面上における酸化分解挙動の In situ FTIR 測定”、第45回電池討論会(国立京都国際会館)、平成16年11月29日
  73. 伴 明彦, 獨古 薫, 棟方 裕一, 濱上 寿一, 武井 孝, 金村 聖志, “リチウム二次電池合金負極用の新規 3DOM 集電体の作成”、第45回電池討論会(国立京都国際会館)、平成16年11月27日
  74. 千葉 裕人, 棟方 裕一, 獨古 薫, 濱上 寿一, 武井 孝, 金村 聖志, “スルホン酸基導入による無機・有機コンポジット電解質膜のプロトン伝導性の向上”、第30回固体イオニクス討論会(京都)、平成16年12月1日
  75. 棟方 裕一, 笹島 慶二, 獨古 薫, 濱上 寿一, 武井 孝, 金村 聖志, “シリカ・スルホン化ポリエーテルエーテルスルホン自立型コンポジット電解質膜の作製と評価”、第30回固体イオニクス討論会(京都)、平成16年12月1日
  76. 獨古 薫, 芥川奈緒, 金村聖志, “3DOM構造を有する  $\text{Li}_{0.35}\text{La}_{0.55}\text{TiO}_3$  の作製と  $\text{Li}^+$ 伝導性の評価”、第30回固体イオニクス討論会(京都)、平成16年12月1日
  77. 菅谷 純一, 獨古 薫, 棟方 裕一, 濱上 寿一, 武井 孝, 金村 聖志, “リチウム電池用マイクロパターン電極の作製とその電気化学特性”、第43回セラミックス基礎科学討論会(千葉)、平成17年1月20日
  78. 埜渡 夕有子, 棟方 裕一, 獨古 薫, 濱上 寿一, 武井 孝, 金村 聖志, “電気泳動法を用いたシリカ多孔体コンポジット膜への触媒層の作製”、第43回セラミックス基礎科学討論会(千葉)、平成17年1月21日
  79. 保科 圭吾, 獨古 薫, 棟方 裕一, 濱上 寿一, 武井 孝, 金村 聖志, “セラミックス固体電解質上へのリチウム二次電池用 Mn 系正極薄膜の作製”、第43回セラミックス基礎科学討論会(千葉)、平成17年1月20日
  80. 金村 聖志, 芥川 奈緒, 獨古 薫, 棟方 裕一, 濱上 寿一, 武井 孝, “3DOM構造を利用したリチウム電池用電極の作製”、日本セラミック協会2005年年会(岡山)、平成17年3月24日
  81. 獨古 薫, 千葉 毅, 棟方 裕一, 濱上 寿一, 武井 孝, 金村 聖志, “球状  $\text{MnCO}_3$  からの  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  の調製”、日本セラミック協会2005年年会(岡山)、平成17年3月24日
  82. 濱上寿一, 菅谷純一, 獨古薫, 棟方裕一, 武井孝, 金村聖志, “電気泳動法を用いたマイクロリチウム電池の作製”、日本セラミック協会2005年年会(岡山)、平成17年3月24日

83. 埜渡 夕有子、棟方 裕一、獨古 薫、濱上 寿一、武井 孝、金村 聖志、“電気泳動を用いたシリカ多孔体・ゲルコンポジット膜への触媒層の形成と評価”、日本セラミック協会2005年年会(岡山)、平成 17 年 3 月 24 日
84. 獨古 薫、保科 圭吾、金村聖志、“ゾルゲル法による薄膜型全固体リチウム二次電池の作製”、日本化学会第85春季年会(横浜)、平成 17 年 3 月 27 日
85. 棟方 裕一、山本 大、獨古 薫、濱上 寿一、武井 孝、金村 聖志、“ポリイミド多孔質膜の作製と燃料電池への応用”、日本化学会第85春季年会(横浜)、平成 17 年 3 月 28 日
86. 田畑 誠一郎、渡邊 正義、“シリカコロイド結晶を鋳型に用いた逆オパール型難黒鉛化炭素材料の作製とその電極特性”、第45回電池討論会(国立京都国際会館)、平成 16 年 11 月 27 日
87. 中本 博文、渡邊 正義、“燃料電池用電解質としてのプロトン性イオン性液体と新規電極触媒の探索”、第45回電池討論会(国立京都国際会館)、平成 16 年 11 月 29 日
88. 菅蒲川 仁、徳田 浩之、渡邊 正義、“リチウムイオン性液体の合成とイオン伝導機構およびこれを用いた固体電解質の検討”、第45回電池討論会(国立京都国際会館)、平成 16 年 11 月 28 日
89. 福島 達郎、西尾 和之、益田 秀樹、“インクジェットプリンティングによる Al 箔のエッチング開始点制御( )”、表面技術協会第 111 回講演大会(千葉工業大学)、平成 17 年 3 月 16 日
90. 角 友秀、門間 聰之、向坊 仁美、逢坂 哲彌、“リチウムイオン二次電池用 Sn-Ni 合金負極の微粒子作製の検討”、第 45 回電池討論会、平成 16 年 11 月 27 日
91. 千原 望、三枝 香織、Soo-Gil Park、門間 聰之、逢坂 哲彌、“マンガン酸化物と炭素材料の複合による電気化学キャパシタ電極の作製”、第 45 回電池討論会、平成 16 年 11 月 28 日
92. 山内 悠輔、木藤 広樹、本川 慎二、門間 聰之、逢坂 哲彌、黒田 一幸、“マイクロチャンネルへのメソポーラス金属の形成”、日本化学会第85春季年会(横浜)、平成 17 年 3 月 26 日
93. 金村 聖志、千葉 裕、松下 忠史、獨古 薫、“リチウム二次電池用 Si 負極における SEI 形成過程の解析”、電気化学会第72回大会(熊本大学工学部)、平成 17 年 4 月 1 日
94. 獨古 薫、芥川 奈緒、一色 康博、金村 聖志、“3 次元規則配列構造を有するリチウム伝導性固体電解質・電極複合体の作製”、電気化学会第72回大会(熊本大学工学部)、平成 17 年 4 月 1 日
95. 武井 孝、高木 洋二、金村 聖志、“シリカ表面に担持した酸化チタンの可視光吸収化と光触媒能”、電気化学会第72回大会(熊本大学工学部)、平成 17 年 4 月 1 日
96. 笹島 慶二、棟方 裕一、獨古 薫、濱上 寿一、武井 孝、金村 聖志、“スルホン化ポリエーテルエーテルスルホンを導入したシリカ自立型コンポジット膜の特性評価”、電気化学会第72回大会(熊本大学工学部)、平成 17 年 4 月 3 日
97. 山本 大、棟方裕一、獨古 薫、濱上寿一、武井 孝、金村 聖志、“三次元規則配列ポリイミド多孔体を用いた DMFC 用コンポジット膜の作製”、電気化学会第72回大会(熊本大学工学部)、平成 17 年 4 月 3 日
98. 棟方 裕一、千葉 裕人、獨古 薫、濱上 寿一、武井 孝、金村 聖志、“スルホン化三次元多孔質シリカを用いたコンポジット膜の作製と評価”、電気化学会第72回大会(熊本大学工学部)、平成 17 年 4 月 3 日
99. 武井 孝、小出 太一、瀬藤 伸治、高木 洋二、金村 聖志、星野 希宣、三觜 幸平、田上 直樹、田辺 克幸、“炭酸カルシウムを鋳型としたナノシリカ中空粒子の表面評価”、第 110 回学術講演会(工学院大学・新宿)、平成 17 年 6 月 2 日
100. 埜渡 夕有子、棟方 裕一、獨古 薫、濱上 寿一、武井 孝、金村 聖志、“電気泳動法によるセラミックス・有機系コンポジット電解質膜上への触媒層の形成”、第 7 回化学電池材料ミーティング(日本化学会会館)、平成 17 年 6 月 13 日
101. 笹島 慶二、棟方 裕一、獨古 薫、濱上 寿一、武井 孝、金村 聖志、“シリカ多孔体を基

- 材とした燃料電池用自立型電解質膜の作製”, 第 7 回化学電池材料ミーティング(日本化学学会会館), 平成 17 年 6 月 13 日
102. 菅谷 純一、獨古 薫、棟方 裕一、濱上 寿一、武井 孝、金村 聖志, “くし型マイクロアレイ電池の作製とその電気化学測定”, 第 7 回化学電池材料ミーティング(日本化学学会会館), 平成 17 年 6 月 13 日
  103. 保科 圭吾、獨古 薫、棟方 裕一、濱上 寿一、武井 孝、金村 聖志, “LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 薄膜 / セラミックス固体電解質界面の解析”, 第 7 回化学電池材料ミーティング(日本化学学会会館), 平成 17 年 6 月 14 日
  104. 千葉 毅、獨古 薫、棟方 裕一、濱上 寿一、武井 孝、金村 聖志, “リチウム二次電池用 LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 球状粒子の作製と電極化”, 第 7 回化学電池材料ミーティング(日本化学学会会館), 平成 17 年 6 月 14 日
  105. 于 秀超、保科 圭吾、獨古 薫、金村 聖志, “ゾルゲル法による LiCo<sub>1-2x</sub>Mn<sub>x</sub>Ni<sub>x</sub>O<sub>2</sub> 薄膜の作製”, 電気化学秋季大会(千葉大学工学部)平成 17 年 9 月 8 日
  106. 禹 相昱、獨古 薫、金村 聖志, “コロイド結晶テンプレート法による多孔性 Li<sub>4</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>12</sub> 電極の作製”, 電気化学秋季大会(千葉大学工学部)平成 17 年 9 月 8 日
  107. 千葉 裕、獨古 薫、棟方 裕一、濱上 寿一、武井 孝、金村 聖志, “有機電解液中における Si 負極の表面皮膜の解析と安定性”, 電気化学秋季大会(千葉大学工学部)平成 17 年 9 月 9 日
  108. 山本 大、棟方 裕一、獨古 薫、濱上 寿一、武井 孝、金村 聖志, “コロイド結晶テンプレート法を用いたポリイミド多孔質膜の作製と燃料電池への応用”, 電気化学秋季大会(千葉大学工学部)平成 17 年 9 月 9 日
  109. 石田 智彦、棟方 裕一、金村 聖志, “電気泳動法を用いた固体高分子形燃料電池用膜・電極接合体の作製および解析”, 電気化学秋季大会(千葉大学工学部)平成 17 年 9 月 9 日
  110. 宇田津 満、棟方 裕一、金村 聖志, “AFM および SPoM を用いた Nafion 膜の動的挙動の観察”, 電気化学秋季大会(千葉大学工学部)平成 17 年 9 月 9 日
  111. 金村 聖志、石田 智彦、棟方 裕一, “電気泳動プロセスによる膜・電極接合体の構造設計”, 化学工学会第 37 回秋季大会(岡山)、平成 17 年 9 月 17 日
  112. 棟方 裕一、山本 大、金村 聖志, “三次元規則配列孔を有するポリイミド膜の作製と燃料電池への応用”, 第 54 回高分子討論会(山形大学 小白川キャンパス)、平成 17 年 9 月 20 日.
  113. 獨古 薫、金村 聖志、新谷 武士、天池 正登、河村 潔, “マイクロ相分離構造を有するポリマー電解質を用いた全固体リチウム二次電池の作製”, 第 54 回高分子討論会(山形大学 小白川キャンパス)、平成 17 年 9 月 21 日.
  114. 田畑 誠一郎、渡邊 正義, “コロイド結晶を用いて作製した逆オパール型難黒鉛化炭素材料の電極特性”, 電気化学会第 72 回大会(熊本大学工学部)、平成 17 年 4 月 1 日.
  115. 田畑 誠一郎、渡邊 正義, “逆オパール型難黒鉛化炭素電極の電気化学特性”, 電気化学会第 72 回大会(熊本大学工学部)、平成 17 年 4 月 3 日.
  116. 本田 崇、南條 さやか、田畑 誠一郎、渡邊 正義, “イオン液体をゲル化させたイオンゲルを用いた大気下作動アクチュエータの特性に及ぼす電極炭素材料の影響”, 電気化学会第 72 回大会(熊本大学工学部)、平成 17 年 4 月 1 日.
  117. 李 炫周、菖蒲川 仁、渡辺 雅人、徳田 浩之、渡邊 正義, “新規リチウムイオン液体の合成及びイオン伝導特性”, 電気化学会第 72 回大会(熊本大学工学部)、平成 17 年 4 月 1 日.
  118. 福島達郎、西尾和之、益田秀樹, “スタンププロセスによる Al 箔のトンネルピット配列の形成”, 電気化学会第 72 回大会(熊本大学工学部)、平成 17 年 4 月 2 日
  119. 富田康子、西尾和之、益田秀樹, “ポーラスアルミナを鋳型とするポーラステフロン作製の固体電解質コンポジットの形成”, 電気化学会第 72 回大会(熊本大学工学部)、平成 17 年 4 月 3 日

120. 徳田 浩之、李 炫周、渡邊 正義, “高いイオン伝導性と迅速な電極 / 電解質界面電子移動反応の実現に向けた高分子固体電解質デザイン”, 第 7 回化学電池材料ミーティング (日本化学会会館), 平成 17 年 6 月 14 日.
121. 徳田 浩之、Hyunjoo Lee、渡邊 正義, “高いイオン伝導性と迅速な電極 / 電解質界面電子移動反応の実現に向けた高分子固体電解質デザイン”, 第 54 回高分子討論会 (山形大学 小白川キャンパス) 平成 17 年 9 月 21 日.
122. 徳田 浩之、Seung-Jo Baek、渡邊 正義, “イオン液体の構造 - 物性相関と有機電解液への展開”, 第 54 回高分子討論会 (山形大学 小白川キャンパス) 平成 17 年 9 月 21 日.
123. 上木 岳士、徳田 浩之、渡邊 正義, “イオン液体を溶媒に用いた温度応答性ゲルの創製”, 第 54 回高分子討論会 (山形大学 小白川キャンパス) 平成 17 年 9 月 21 日.
124. 本田 崇、南條 さやか、田畑 誠一郎、小久保 尚、渡邊 正義, “イオン液体をゲル化させたイオンゲルを用いた大気下作動アクチュエータの特性に及ぼす炭素電極作製法の検討”, 第 54 回高分子討論会 (山形大学 小白川キャンパス) 平成 17 年 9 月 22 日.
125. 徳田 浩之、Seung-Jo Baek、渡邊 正義, “イオン液体の構造 - 物性相関と有機電解液への展開”, 電気化学秋季大会 (千葉大学工学部) 平成 17 年 9 月 9 日.
126. 本田 崇、南條 さやか、田畑 誠一郎、小久保 尚、渡邊 正義, “イオン液体をゲル化させたイオンゲルを用いた大気下作動アクチュエータの特性に及ぼす炭素電極作製法の検討”, 電気化学秋季大会 (千葉大学工学部) 平成 17 年 9 月 9 日.
127. 杉本 渉、大内 一範、横島 克典、本川 慎二、門間 聰之、逢坂 哲彌、高須 芳雄, “電気泳動法による RuO<sub>2</sub> ナノシートの製膜とマイクロ電気化学キャパシタへの展開”, 電気化学会第 72 回大会 (熊本大学工学部), 平成 17 年 4 月 1 日.
128. 奈良 洋希、上田 学、門間 聰之、逢坂 哲彌, “ジブロックポリマーゲル電解質のリチウム二次電池への適用”, 電気化学会第 72 回大会 (熊本大学工学部), 平成 17 年 4 月 1 日.
129. 富中 悟史、清水 貴弘、門間 聰之、古川 修弘、逢坂 哲彌, “単電極 / 電解質膜接合体による DMFC 用触媒層の電気化学的評価法の検討”, 電気化学会第 72 回大会 (熊本大学工学部), 平成 17 年 4 月 1 日.
130. 富中 悟史、清水 貴弘、門間 聰之、古川 修弘、逢坂 哲彌, “電解重合法による高分子電解質の DMFC 用触媒層中細孔部への付与”, 電気化学会第 72 回大会 (熊本大学工学部), 平成 17 年 4 月 1 日.
131. 小幡 裕之、本川 慎二、石束 真典、門間 聰之、庄子 習一、逢坂 哲彌, “マイクロチャンネル内へのメソポーラス金属の作製と評価”, 電気化学会第 72 回大会 (熊本大学工学部), 平成 17 年 4 月 2 日.
132. 小幡 裕之、本川 慎二、石束 真典、門間 聰之、庄子 習一、逢坂 哲彌, “種々のパラメータがマイクロチャンネル(micro)DMFC の発電特性に及ぼす影響”, 電気化学会第 72 回大会 (熊本大学工学部), 平成 17 年 4 月 2 日.
133. 朴 鍾殷、門間 聰之、逢坂 哲彌, “in-situ 紫外可視吸収スペクトル測定法による金属ナノ粒子の電気化学的安定性評価”, 電気化学秋季大会 (千葉大学工学部) 平成 17 年 9 月 8 日.
134. 小幡 裕之、朴 鍾殷、富中 悟史、門間 聰之、古川 修弘、逢坂 哲彌, “新規平面型  $\mu$ DMFC の酸化剤溶液の検討”, 電気化学秋季大会 (千葉大学工学部) 平成 17 年 9 月 8 日.
135. 濱上 寿一、一色 康博、獨古 薫、武井 孝、金村 聖志, “3DOM セラミックスを利用した全固体型リチウム電池用複合電極の作製”, 第 18 回秋季シンポジウム (大阪府立大学中百舌鳥キャンパス), 平成 17 年 9 月 27 日.
136. 濱上 寿一、千葉 毅、獨古 薫、棟方 裕一、武井 孝、金村 聖志, “球状 LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 粒子を用いたリチウム二次電池用電極の作製と評価”, 第 18 回秋季シンポジウム (大阪府立大学中百舌鳥キャンパス), 平成 17 年 9 月 27 日.
137. 濱上 寿一、埜渡 夕有子、棟方 裕一、武井 孝、金村 聖志, “電気泳動法による無機有機コンポジット電解質膜への触媒層の形成と評価”, 第 18 回秋季シンポジウム (大阪府立

- 大学中百舌鳥キャンパス), 平成 17 年 9 月 27 日.
138. 山内悠輔, 木藤広樹, 門間聰之, 逢坂哲彌, 黒田一幸, “微細メソポーラス Pt 電極の形成と評価”, 第 18 回秋季シンポジウム(大阪府立大学中百舌鳥キャンパス), 平成 17 年 9 月 29 日.
  139. 濱上寿一, 金村聖志, “マイクロ電気泳動法を用いたフォトニック材料の創製”, 第 18 回秋季シンポジウム(大阪府立大学中百舌鳥キャンパス), 平成 17 年 9 月 28 日.
  140. 濱上 寿一, 笹島 慶二, 棟方 裕一, 武井 孝, 金村 聖志, “シリカ多孔体を用いた燃料電池用自立型電解質膜の作製”, 第 18 回秋季シンポジウム(大阪府立大学中百舌鳥キャンパス), 平成 17 年 9 月 28 日.
  141. 棟方 裕一, 落合 祥, 濱上 寿一, 武井 孝, 金村 聖志, “スルホン化三次元規則配列シリカ多孔体のプロトン伝導性に及ぼす孔サイズの効果”, 第 18 回秋季シンポジウム(大阪府立大学中百舌鳥キャンパス), 平成 17 年 9 月 28 日.
  142. 徳田 浩之, 李炫周, 菖蒲川仁, 渡辺雅人, 渡邊正義, “リチウム塩デザインによる電解質の機能化”, 第 46 回電池討論会(名古屋国際会議場), 平成 17 年 11 月 16 日.
  143. 齋藤陽介, 田畑誠一郎, 渡邊正義, “逆オパール構造を有する炭素材料の作製とその電気化学特性”, 第 46 回電池討論会(名古屋国際会議場), 平成 17 年 11 月 16 日.
  144. 徳田浩之, 渡邊正義, “イオン液体の構造と物理化学現象”, 第 37 回溶融塩化学討論会(慶應義塾大学 日吉キャンパス), 平成 17 年 11 月 24 日.
  145. 山本 大, 棟方 裕一, 金村 聖志, “DMFC 用ポリイミド - AMPS 系コンポジット電解質膜の評価”, 第 46 回電池討論会(名古屋国際会議場), 平成 17 年 11 月 16 日.
  146. 小出太一, 笹島慶二, 棟方裕一, 武井 孝, 金村聖志, “カネマイトをフィラーとした Nafion®コンポジット電解質膜の作製”, 第 46 回電池討論会(名古屋国際会議場), 平成 17 年 11 月 16 日.
  147. 埜渡 夕有子, 棟方 裕一, 金村 聖志, “電気泳動法による無機有機コンポジット膜、電極接合体作製の最適化”, 第 46 回電池討論会(名古屋国際会議場), 平成 17 年 11 月 16 日.
  148. 石田 智彦, 棟方 裕一, 金村 聖志, “電気泳動を用いた PEFC 用 MEA 作製法の最適化と高出力化”, 第 46 回電池討論会(名古屋国際会議場), 平成 17 年 11 月 17 日.
  149. 宇田津満, 棟方裕一, 金村聖志, “イオン液体中における燃料電池用電極触媒の評価”, 第 46 回電池討論会(名古屋国際会議場), 平成 17 年 11 月 17 日.
  150. 保科圭吾, 獨古 薫, 棟方裕一, 濱上寿一, 武井孝, 金村聖志, “固体電解質  $\text{Li}_{1+x}\text{Al}_x\text{Ti}_{2-x}(\text{PO}_4)_3$  を用いた薄膜型全固体リチウム二次電池の作製”, 第 46 回電池討論会(名古屋国際会議場), 平成 17 年 11 月 17 日.
  151. 菅谷 純一, 獨古 薫, 棟方 裕一, 安川 智之, 末永 智一, 金村 聖志, “ゾルゲル法によるマイクロアレイ電池の作製”, 第 46 回電池討論会(名古屋国際会議場), 平成 17 年 11 月 17 日.
  152. 千葉 毅, 獨古 薫, 棟方 裕一, 濱上 寿一, 武井 孝, 金村 聖志, “球状  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  粒子を用いた多孔電極の作製と評価”, 第 46 回電池討論会(名古屋国際会議場), 平成 17 年 11 月 18 日.
  153. 千葉 裕, 獨古 薫, 金村 聖志, “Si 負極における表面皮膜 SEI の安定性”, 第 46 回電池討論会(名古屋国際会議場), 平成 17 年 11 月 17 日.
  154. 禹 相昱, 獨古 薫, 武井 孝, 金村 聖志, “コロイド結晶鑄型法による規則配列多孔質カーボンの合成とリチウム電池負極特性”, 第 46 回電池討論会(名古屋国際会議場), 平成 17 年 11 月 17 日.
  155. 一色 康博, 獨古 薫, 棟方 裕一, 濱上 寿一, 武井 孝, 金村 聖志, “多孔性固体電解質  $\text{Li}_{1+x}\text{Al}_x\text{Ti}_{2-x}(\text{PO}_4)_3$  の合成”, 第 46 回電池討論会(名古屋国際会議場), 平成 17 年 11 月 17 日.
  156. 小泉 翔平, 白石 圭祐, 獨古 薫, 金村 聖志, “ $\text{LiFePO}_4$  の水熱合成条件の検討とリチウム電池正極特性”, 第 46 回電池討論会(名古屋国際会議場), 平成 17 年 11 月 17 日.
  157. 落合 祥, 棟方裕一, 金村聖志, “シリカ多孔体を用いた燃料電池用コンポジット膜の表面

- 修飾と孔径変化に伴うプロトン伝導性の向上”, 第 46 回電池討論会(名古屋国際会議場), 平成 17 年 11 月 16 日.
158. 向坊仁美, 福原佳樹, 門間聰之, 逢坂哲彌, 小平宗男, “高分子ゲル電解質被覆による Sn<sub>62</sub>Ni<sub>38</sub> 合金負極の負極特性向上の検討”, 第 46 回電池討論会(名古屋国際会議場), 平成 17 年 11 月 17 日.
159. 冨中悟史, 秋山直久, 門間聰之, 逢坂哲彌, “DMFC 用触媒層中高分子電解質の交流インピーダンス法による解析”, 第 46 回電池討論会(名古屋国際会議場), 平成 17 年 11 月 18 日.
160. 笹島 慶二, 棟方 裕一, 獨古 薫, 濱上 寿一, 武井 孝, 金村 聖志, “シリカ多孔体基材を用いた燃料電池用自立型電解質膜の作製”, 第 31 回固体イオニクス討論会(新潟), 平成 17 年 11 月 29 日.
161. 棟方 裕一, 落合 祥, 笹島 慶二, 金村 聖志, “三次元規則孔を有するシリカ多孔体を用いた燃料電池用電解質の開発”, 第 44 回セラミックス基礎科学討論会(高知市文化プラザかるぼーと), 平成 18 年 1 月 19 日.
162. 武井 孝, 小出 太一, 笹島 慶二, 棟方 裕一, 金村 聖志, “カネマイト由来のシリカナノシートの作製とナノハイブリットへの応用” 第 44 回セラミックス基礎科学討論会(高知市文化プラザかるぼーと), 平成 18 年 1 月 19 日.
163. 濱上 寿一, 菅谷 純一, 獨古 薫, 棟方 裕一, 武井 孝, 金村 聖志, “電気泳動法によるマイクロリチウム電池用電極の作製”, 第 44 回セラミックス基礎科学討論会(高知市文化プラザかるぼーと), 平成 18 年 1 月 20 日.
164. 獨古 薫, 菅谷 純一, 安川 智之, 末永 智一, 金村 聖志, “ゾルゲル法によるマイクロリチウム二次電池の作製” 第 44 回セラミックス基礎科学討論会(高知市文化プラザかるぼーと), 平成 18 年 1 月 20 日.
165. 福島達郎, 西尾和之, 益田秀樹, “アルミニウム電解コンデンサ用 Al 箔のトンネルピット配列の制御”, 表面技術協会第 113 回講演大会(東洋大学 埼玉), 平成 18 年 3 月 17 日.
166. 高松安史, 徳田浩之, 渡邊正義, “イオン液体の有機溶媒中における塩解離挙動”, 日本化学会第 86 春季年会(日本大学理工学部 船橋キャンパス), 平成 18 年 3 月 27 日.
167. 本田 崇, 加藤優一, 小久保 尚, 渡邊正義, “イオン液体をゲル化したイオンゲルを用いた大気下駆動アクチュエータ材料の開発”, 日本化学会第 86 春季年会(日本大学理工学部 船橋キャンパス), 平成 18 年 3 月 27 日.
168. 獨古 薫, 菅谷 純一, 棟方 裕一, 金村 聖志, “ゾルゲル法を用いたマイクロリチウム電池の試作”, 日本化学会第 86 春季年会(日本大学理工学部 船橋キャンパス), 平成 18 年 3 月 28 日.
169. 笹島 慶二, 棟方 裕一, 獨古 薫, 濱上 寿一, 武井 孝, 金村 聖志, “シリカ多孔体内に充填された電解質の特性評価”, 日本セラミックス協会 2006 年年会(東京大学駒場キャンパス), 平成 18 年 3 月 14 日.
170. 一色 康博, 獨古 薫, 棟方 裕一, 濱上 寿一, 武井 孝, 金村 聖志, “規則配列多孔体を用いた全固体型リチウム二次電池製法の検討”, 日本セラミックス協会 2006 年年会(東京大学駒場キャンパス), 平成 18 年 3 月 15 日.
171. 濱上 寿一, 菅谷 純一, 獨古 薫, 金村 聖志, “3 電極式電気泳動法を用いたマイクロリチウム電池用電極の作製”, 日本セラミックス協会 2006 年年会(東京大学駒場キャンパス), 平成 18 年 3 月 15 日.
172. 武井 孝, 田仲 真理子, 棟方 裕一, 金村 聖志, “シリカ / PMMA ナノコンポジットから得られるシリカ多孔体の表面改質”, 日本セラミックス協会 2006 年年会(東京大学駒場キャンパス), 平成 18 年 3 月 16 日.
173. 山内悠輔, Sivakumar Sadasivan Nair, 門間聰之, 大砂哲, 逢坂哲彌, 黒田一幸, “リオトロピック液晶相からのメソポーラス Pt-Ni 合金の合成と構造”, 日本セラミックス協会 2006 年年会(東京大学駒場キャンパス), 平成 18 年 3 月 15 日.
174. 高松安史, 徳田浩之, 渡邊正義, “イオン液体 / 有機溶媒混合系のイオン状態とキャパシタ

- 特性に及ぼす影響”, 電気化学会第 73 回大会(首都大学東京・南大沢キャンパス), 平成 18 年 4 月 1 日.
175. 一色裕介、田畑誠一郎、渡邊正義, “逆オパール炭素とイオンゲルを用いたナノ構造制御された新規電極 | 固体電解質界面の電気二重層特性”, 電気化学会第 73 回大会(首都大学東京・南大沢キャンパス), 平成 18 年 4 月 1 日.
176. 加藤優一、本田 崇、小久保尚、渡邊正義, “イオンゲルを用いた大気下駆動アクチュエータの特性に及ぼすイオン液体構造の影響”, 電気化学会第 73 回大会(首都大学東京・南大沢キャンパス), 平成 18 年 4 月 1 日.
177. 渡辺雅人、徳田浩之、関 志朗、李 炫周、渡邊正義, “リチウムイオン液体の特性とリチウム二次電池への展開” 電気化学会第 73 回大会(首都大学東京・南大沢キャンパス), 平成 18 年 4 月 3 日.
178. 数永友一、関 志朗、徳田浩之、渡邊正義, “グライム類とリチウム塩からなる溶融錯体 - 熱物性、イオン伝導性と界面電子移動反応 - ”, 電気化学会第 73 回大会(首都大学東京・南大沢キャンパス), 平成 18 年 4 月 3 日.
179. 千葉 裕, 獨古 薫, 金村聖志“Si 負極/有機電解液界面反応と表面皮膜の解析” 電気化学会第 73 回大会(首都大学東京・南大沢キャンパス), 平成 18 年 4 月 1 日.
180. 金村聖志, 保科圭吾, 獨古 薫, “ポリマー電解質を用いた薄膜型リチウム二次電池の試作”, 電気化学会第 73 回大会(首都大学東京・南大沢キャンパス), 平成 18 年 4 月 1 日.
181. 菅谷純一, 獨古 薫, 棟方裕一, 安川智之, 末永智一, 金村聖志, “微小リチウムポリマー電池の作製とその電気化学特性”, 電気化学会第 73 回大会(首都大学東京・南大沢キャンパス), 平成 18 年 4 月 1 日.
182. 一色康博, 獨古 薫, 金村聖志, “多孔性固体電解質  $\text{Li}_{1+x}\text{Al}_x\text{Ti}_{2-x}(\text{PO}_4)_3$  を用いた全固体型リチウム二次電池用電極の作製”, 電気化学会第 73 回大会(首都大学東京・南大沢キャンパス), 平成 18 年 4 月 1 日.
183. 小泉翔平, 獨古 薫, 金村聖志, “リチウム電池正極材料  $\text{LiFePO}_4$  の水熱合成条件の検討” 電気化学会第 73 回大会(首都大学東京・南大沢キャンパス)平成 18 年 4 月 3 日.
184. 于 秀超, 保科圭吾, 獨古 薫, 金村聖志, “RF スパッタリング法を用いた  $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$  薄膜の作製”, 電気化学会第 73 回大会(首都大学東京・南大沢キャンパス), 平成 18 年 4 月 3 日.
185. 千葉 毅, 獨古 薫, 金村聖志, “球状  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  粒子とポリマー電解質を用いたリチウム二次電池用複合電極の作製と評価”, 電気化学会第 73 回大会(首都大学東京・南大沢キャンパス), 平成 18 年 4 月 3 日.
186. 山本 大, 棟方裕一, 金村聖志, “多孔質ポリイミドを基材とするコンポジット電解質膜の作製”, 電気化学会第 73 回大会(首都大学東京・南大沢キャンパス), 平成 18 年 4 月 3 日.
187. 武井 孝, 小出太一, 棟方裕一, 金村聖志, “シリカナノシートを導入したコンポジット電解質膜の作製”, 電気化学会第 73 回大会(首都大学東京・南大沢キャンパス), 平成 18 年 4 月 3 日.
188. 武井孝, 田仲真理子, 棟方裕一, 金村聖志, “シリカ/PMMA ナノコンポジットから得られるシリカ多孔体の燃料電池用電解質膜への応用”, 電気化学会第 73 回大会(首都大学東京・南大沢キャンパス), 平成 18 年 4 月 3 日.
189. 笹島慶二, 棟方裕一, 金村聖志, “種々の電解質を導入した自立型無機・有機コンポジット膜の作製と評価”, 電気化学会第 73 回大会(首都大学東京・南大沢キャンパス), 平成 18 年 4 月 3 日.
190. 落合 祥, 棟方裕一, 金村聖志, “スルホン酸基を導入したシリカ多孔質膜の燃料電池への応用と評価”, 電気化学会第 73 回大会(首都大学東京・南大沢キャンパス), 平成 18 年 4 月 3 日.
191. 宇田津満, 棟方裕一, 山本 大, 石田智彦, 金村聖志, “FT-IR 測定によるイオン液体中での燃料電池用電極触媒の評価”, 電気化学会第 73 回大会(首都大学東京・南大沢キャンパス), 平成 18 年 4 月 3 日.

192. 石田智彦, 棟方裕一, 金村聖志, “電気泳動法による固体高分子形燃料電池用電極の構造設計” 電気化学会第 73 回大会(首都大学東京・南大沢キャンパス), 平成 18 年 4 月 3 日.
193. 棟方裕一, 埜渡夕有子, 金村聖志, “無機・有機コンポジット電解質膜上への電極触媒層の形成と最適化”, 電気化学会第 73 回大会(首都大学東京・南大沢キャンパス), 平成 18 年 4 月 3 日.
194. 禹 相昱, 獨古 薫, 武井 孝, 金村 聖志, “規則配列多孔質カーボンの作製とリチウム二次電池負極への応用” 電気化学会第 73 回大会(首都大学東京・南大沢キャンパス), 平成 18 年 4 月 2 日.
195. 尾本 正志, 杉本 涉, 横島 克典, 朴 鍾殷, 門間 聰之, 逢坂 哲彌, 高須 芳雄, “RuO<sub>2</sub> ナノシート薄膜電極を用いるマイクロ電気化学キャパシタの Nafion 膜厚依存性”, 電気化学会第 73 回大会(首都大学東京・南大沢キャンパス), 平成 18 年 4 月 1 日.
196. 三枝 香織, 門間 聰之, 清水 貴弘, 奈良 洋希, 逢坂 哲彌, “小型電子機器用燃料電池・キャパシタハイブリッドシステムの作動シミュレーション”, 電気化学会第 73 回大会(首都大学東京・南大沢キャンパス), 平成 18 年 4 月 1 日.
197. 山内 悠輔, 阿部 雅子, 門間 聰之, 逢坂 哲彌, 黒田 一幸, “メソポーラス Pt 薄膜への周期的ホール形成”, 電気化学会第 73 回大会(首都大学東京・南大沢キャンパス), 平成 18 年 4 月 2 日.
198. 門間 聰之, 山内 悠輔, 逢坂 哲彌, 黒田 一幸, “発泡 Ni へのメソポーラス Pt の直接組み込み”, 電気化学会第 73 回大会(首都大学東京・南大沢キャンパス), 平成 18 年 4 月 2 日.
199. 一色 康博, 獨古 薫, 金村 聖志, “ゾルゲル法による Li<sub>1.5</sub>Al<sub>0.5</sub>Ti<sub>1.5</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> 粉体の合成と規則配列多孔膜の作製” 粉体粉末冶金協会平成 18 年度春季大会(第 97 回講演大会)(早稲田, 東京), 平成 18 年 5 月 22 日.
200. 笹島 慶二, 棟方 裕一, 金村 聖志, “三次元規則配列シリカ多孔体を用いた自立型電解質の作製と評価” 第 17 回成形加工学会年次大会(東京), 平成 18 年 5 月 25 日.
201. 山本 大, 棟方 裕一, 金村 聖志, “規則細孔を持つポリイミド膜の作製と燃料電池への応用” 第 17 回成形加工学会年次大会(東京), 平成 18 年 5 月 25 日.
202. 武井 孝, 田仲 真理子, 棟方 裕一, 金村 聖志, “シリカ/PMMA ナノコンポジットから作製した多孔質シリカ膜と燃料電池用電解質膜への応用”, 第 112 回学術講演会(上智大学, 東京), 平成 18 年 6 月 8 日.
203. 金村 聖志, 菅谷 純一, 獨古 薫, 棟方 裕一, “パターン電極を用いたマイクロ電池の作製”, 無機マテリアル学会第 112 回学術講演会(上智大学, 東京), 平成 18 年 6 月 8 日.
204. 于 秀超, 獨古 薫, 金村 聖志, “LiNi<sub>1/3</sub>Co<sub>1/3</sub>Mn<sub>1/3</sub>O<sub>2</sub> 薄膜の作製とその電気化学特性”, 第 8 回化学電池材料研究会ミーティング(日本化学会会館・神田), 平成 18 年 6 月 12 日.
205. 小泉 翔平, 獨古 薫, 金村 聖志, “高活性 LiFePO<sub>4</sub> の水熱法を用いた合成-合成条件の最適化-”, 第 8 回化学電池材料研究会ミーティング(日本化学会会館・神田), 平成 18 年 6 月 12 日.
206. 宇田津 満, 山本 大, 棟方裕一, 金村 聖志, “内部反射 FT-IR 測定を用いたイオン液体-白金電極界面挙動の解析”, 第 8 回化学電池材料研究会ミーティング(日本化学会会館・神田), 平成 18 年 6 月 13 日.
207. 石田 智彦, 棟方 裕一, 金村 聖志, “電気泳動堆積法により作製した PEFC 膜・電極接合体の特性”, 第 8 回化学電池材料研究会ミーティング(日本化学会会館・神田), 平成 18 年 6 月 13 日.
208. 渡辺 雅人, 徳田浩之, 菖蒲川 仁, 関 志朗, 李 炫周, 渡邊 正義, “リチウム塩デザインによる電解質の機能化-リチウムイオン液体の創製とその電池特性” 第 8 回化学電池材料研究会ミーティング(日本化学会会館・神田), 平成 18 年 6 月 13 日.
209. 石田 智彦, 棟方 裕一, 金村 聖志, “電気泳動法による固体高分子形燃料電池用電極の微細構造設計”, 第 22 回日本セラミックス協会関東支部研究発表会(ホテル清風園, 長

- 野), 平成 18 年 7 月 20 日.
210. 禹 相昱, 獨古 薫, 金村 聖志, “コロイド結晶鑄型法による多孔質  $\text{LiCoO}_2$  の合成とリチウム電池正極特性”, 第 22 回日本セラミックス協会関東支部研究発表会(ホテル清風園、長野), 平成 18 年 7 月 20 日.
  211. 武井 孝, 田仲 真理子, 棟方 裕一, 金村 聖志, “シリカ/PMMA ナノコンポジットを利用した多孔質シリカ膜 の作製とその応用”, 第 59 回コロイドおよび界面化学討論会(北海道大学), 平成 18 年 9 月 13 日.
  212. 奥田さやか, 獨古 薫, 金村聖志, “テンプレート法を用いた 3DOM-Ni 集電体の作製”, 2006 年電気化学秋季大会(同志社大学、京都), 平成 18 年 9 月 14 日.
  213. 木下高志, 獨古 薫, 金村聖志, “3DOM Sn-Ni 合金の作製とリチウム二次電池負極特性”, 2006 年電気化学秋季大会(同志社大学、京都), 平成 18 年 9 月 15 日.
  214. 宇田津満, 山本 大, 棟方裕一, 金村聖志, “その場 FT-IR 測定を用いたイオン液体-白金電極界面における酸素還元反応の解析”, 2006 年電気化学秋季大会(同志社大学、京都), 平成 18 年 9 月 15 日.
  215. 山本 大, 棟方裕一, 金村聖志, “コンポジット電解質膜用細孔構造制御型ポリイミド多孔体の作製と評価”, 2006 年電気化学秋季大会(同志社大学、京都), 平成 18 年 9 月 15 日.
  216. 朴 鐘殷, 門間 聰之, 逢坂 哲彌, “パラジウムベース非白金ナノ粒子修飾電極を用いた酸素の電気化学的還元反応”, 2006 年電気化学秋季大会(同志社大学、京都), 平成 18 年 9 月 14 日.
  217. 秋山 直久, 富中 悟史, 門間 聰之, 逢坂 哲彌, Croce Fausto, Scrosati Bruno, “硫酸化ジルコニア電解質を用いた DMFC 触媒層の可能性” 2006 年電気化学秋季大会(同志社大学、京都), 平成 18 年 9 月 14 日.
  218. 岩崎真奈, 富中悟史, 門間聰之, 逢坂哲彌, “膜電極接合体におけるアノード, カソード性能の分離評価手法の開発”, 2006 年電気化学秋季大会(同志社大学、京都), 平成 18 年 9 月 15 日.
  219. 落合 祥, 棟方 裕一, 金村 聖志“多孔質シリカを用いたコンポジット電解質膜のプロトン伝導性に及ぼす界面効果” 日本セラミックス協会第 19 回秋季シンポジウム (山梨大学甲府キャンパス、山梨), 平成 18 年 9 月 19 日.
  220. 一色 康博, 獨古 薫, 金村 聖志“多孔質構造を利用した全固体型リチウム二次電池用複合電極の作製と評価” 日本セラミックス協会第 19 回秋季シンポジウム (山梨大学甲府キャンパス、山梨), 平成 18 年 9 月 19 日.
  221. 笹島 慶二, 棟方 裕一, 金村 聖志“多孔質シリカマトリクスを用いた燃料電池用電解質膜への形態安定性の付与” 日本セラミックス協会第 19 回秋季シンポジウム (山梨大学甲府キャンパス、山梨), 平成 18 年 9 月 19 日.
  222. 于 秀超, 獨古 薫, 金村 聖志, “ゾルゲル法による  $\text{LiNi}_x\text{Co}_{1-2x}\text{Mn}_x\text{O}_2$  の作製と評価” 日本セラミックス協会第 19 回秋季シンポジウム (山梨大学甲府キャンパス、山梨), 平成 18 年 9 月 19 日.
  223. 棟方 裕一, 落合 祥, 金村 聖志, “スルホン化三次元規則配列シリカ多孔体を用いたコンポジット膜のプロトン伝導性 ” 第 55 回 高分子討論会(富山), 平成 18 年 9 月 20 日.
  224. 金村 聖志, 千葉 毅, 田中 慶一郎, 中野 広幸, 獨古 薫“PEO 系高分子電解質を用いた全固体リチウム電池の作製” 第 55 回 高分子討論会(富山), 平成 18 年 9 月 22 日.
  225. 加藤 優一, 本田 崇, 小久保 尚, 渡邊 正義“イオンゲルを用いた大気下駆動アクチュエータの応答特性” 第 55 回 高分子討論会(富山), 平成 18 年 9 月 21 日.
  226. 一色 裕介, 田畑 誠一郎, 渡邊正義“コロイド結晶鑄型法により作製した逆オパール炭素電極を用いたエネルギー貯蔵と変換” 第 55 回 高分子討論会(富山), 平成 18 年 9 月 22 日.
  227. 獨古 薫, 一色 康博, 金村 聖志“三次元規則配列多孔体を用いた全固体型リチウム電池用電極の作製” セラミックス総合研究会(岐阜、飛騨地域地場産業振興センター)、平成 18 年 10 月 6 日.

228. 笹島 慶二・棟方 裕一・金村 聖志“3DOM シリカコンポジット電解質膜のプロトン伝導性” 第 25 回エレクトロセラミックス研究討論会(東工大、東京)、平成 18 年 10 月 27 日.
229. 禹 相昱・中野 広幸・獨古 薫・金村 聖志“3 次元規則配列多孔構造を有する LiCoO<sub>2</sub> 正極の作製” 第 25 回エレクトロセラミックス研究討論会(東工大、東京)、平成 18 年 10 月 27 日.
230. 金村 聖志、小泉 翔平、獨古 薫“リチウム二次電池正極材料 LiFePO<sub>4</sub> の水熱合成における前駆体溶液の pH の検討” 第 16 回無機リン化学討論会(ホテルグランドパレス徳島)、平成 18 年 11 月 7 日.
231. 西尾和之、武田彬史、益田秀樹“マスキングフィルムを用いた高規則性 Al トンネルピット配列の形成” 第 26 回表面科学講演大会(大阪大学コンベンションセンター)、平成 18 年 11 月 7 日.
232. 武井 孝・斉田泰人・金村聖志“多孔質シリカガラスに担持した可視光吸収型酸化チタンの構造と光触媒能” 無機マテリアル学会第 113 回学術講演会(名古屋大学)、平成 18 年 11 月 9 日.
233. 石田智彦、棟方裕一、金村聖志“電気泳動堆積法により構造制御した DMFC 用膜・電極接合体の作製” 第 47 回電池討論会(江戸川区総合区民ホール)、平成 18 年 11 月 20 日.
234. 獨古 薫、千葉 裕、金村聖志“ZrO<sub>2</sub> 被覆 LiCoO<sub>2</sub> 正極上での電解液の酸化分解” 第 47 回電池討論会(江戸川区総合区民ホール)、平成 18 年 11 月 20 日.
235. 松井雅樹、千葉 裕、獨古 薫、金村聖志“偏光変調赤外分光法による二次電池用電解液の酸化分解挙動のその場測定” 第 47 回電池討論会(江戸川区総合区民ホール)、平成 18 年 11 月 20 日.
236. 田中慶一郎、中野広幸、獨古 薫、金村聖志“マイクロ層分離構造を有するポリマー電解質を用いたリチウム二次電池の作製” 第 47 回電池討論会(江戸川区総合区民ホール)、平成 18 年 11 月 20 日.
237. 富中悟史、小幡裕之、門間聰之、逢坂哲彌“μDMFC 用触媒としての電析 Pd-Co 合金の作製と評価” 第 47 回電池討論会(江戸川区総合区民ホール)、平成 18 年 11 月 20 日.
238. 福原佳樹、向坊仁美、山内悠輔、門間聰之、黒田一幸、逢坂哲彌“リオトロピック液晶相を用いたリチウムイオン二次電池用電析 Sn 系負極材料の作製” 第 47 回電池討論会(江戸川区総合区民ホール)、平成 18 年 11 月 21 日.
239. 山本 大、棟方裕一、金村聖志“細孔制御型ポリイミド多孔体を用いたコンポジット電解質膜中のメタノール透過挙動” 第 47 回電池討論会(江戸川区総合区民ホール)、平成 18 年 11 月 21 日.
240. 笹島慶二、棟方裕一、金村聖志“3DOM シリカコンポジット膜における電解質の充填状態と電解質膜特性” 第 47 回電池討論会(江戸川区総合区民ホール)、平成 18 年 11 月 21 日.
241. 禹 相昱、獨古 薫、金村聖志“規則配列多孔質カーボンの作製と電気二重層キャパシタへの応用” 第 47 回電池討論会(江戸川区総合区民ホール)、平成 18 年 11 月 21 日.
242. 渡辺雅人、一色裕介、数永友一、田畑誠一郎、渡邊正義“逆オパール炭素電極のリチウムイオン吸蔵・放出挙動およびリチウムイオンキャパシタ特性” 第 47 回電池討論会(江戸川区総合区民ホール)、平成 18 年 11 月 21 日.
243. 一色裕介、田畑誠一郎、渡邊正義“逆オパール炭素電極とイオン液体およびイオンゲルを用いた電気二重層キャパシタ特性” 第 47 回電池討論会(江戸川区総合区民ホール)、平成 18 年 11 月 21 日.
244. 落合 祥、棟方裕一、金村聖志“プロトン伝導性に及ぼすシリカ多孔体-充填ゲル電解質界面の相互作用” 第 47 回電池討論会(江戸川区総合区民ホール)、平成 18 年 11 月 21 日.
245. 小平宗男、佐々木元、向坊仁美、門間聰之、逢坂哲彌“リチウムイオン二次電池の充放電にともなう負極集電銅箔の変形挙動” 第 47 回電池討論会(江戸川区総合区民ホール)、平成 18 年 11 月 21 日.

246. 宇田津満、棟方裕一、金村聖志“イオン液体中における酸素還元反応の解析と水の影響” 第 47 回電池討論会(江戸川区総合区民ホール)、平成 18 年 11 月 21 日.
247. 高松安史、徳田浩之、渡邊正義“イオン液体 - フッ素系溶媒混合溶液のイオン状態の解析と EDLC 用電解質としての特性” 第 47 回電池討論会(江戸川区総合区民ホール)、平成 18 年 11 月 21 日.
248. 門間聰之、三枝香織、清水貴弘、向坊仁美、奈良洋希、逢坂哲彌“DMFC - キャパシタハイブリッドシステムの作動シミュレーションのための DMFC 電解質内での物質移動による電圧損失の計算” 第 47 回電池討論会(江戸川区総合区民ホール)、平成 18 年 11 月 21 日.
249. 獨古薫、一色康博、金村聖志“多孔性リチウムイオン導電性セラミックスを利用した複合電極の作製” 第 32 回固体イオニクス討論会(九州大学医学部百年講堂)、平成 18 年 11 月 28 日.
250. 獨古薫、田中慶一郎、鈴木雄志、中野広幸、金村聖志“ゾルゲル法による  $\text{LiCoO}_2$  微粒子の合成と全固体リチウム二次電池への応用” 第 45 回セラミックス基礎科学討論会(仙台国際センター)、平成 19 年 1 月 22 日.
251. 棟方裕一、大谷将司、落合祥、笹島慶二、金村聖志“三次元規則配列多孔構造の燃料電池用電解質膜への応用” 第 45 回セラミックス基礎科学討論会(仙台国際センター)、平成 19 年 1 月 22 日.
252. 渡辺 雅人、徳田 浩之、関 史朗、数永 友一、渡邊 正義“リチウムイオン伝導性イオン液体の創製とその電池特性” 日本化学会第 87 春季年会(関西大学千里山キャンパス)、平成 19 年 3 月 28 日.
253. 中村 恵、一色 裕介、田畑 誠一郎、渡邊 正義“逆オパール炭素の基礎的な電気化学特性” 日本化学会第 87 春季年会 (関西大学千里山キャンパス)平成 19 年 3 月 28 日、平成 19 年 3 月 28 日.
254. 奈良洋希、門間聰之、逢坂哲彌“リチウム二次電池用ジブロックポリマーゲル電解質の膜特性改良および評価”日本化学会第 87 春季年会(関西大学千里山キャンパス)、平成 19 年 3 月 26 日.
255. 小泉 翔平、獨古 薫、中野 広幸、金村 聖志“ $\text{LiFePO}_4$  水熱合成の最適条件の検討と正極特性” 電気化学会第 74 回大会(東京理科大学理工学部)、平成 19 年 3 月 29 日.
256. 菅野 裕士、丸山 剛、獨古 薫、金村 聖志 “エマルジョン - クエン酸法による  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  粒子の合成と電気化学特性”電気化学会第 74 回大会(東京理科大学理工学部)、平成 19 年 3 月 29 日.
257. 木下 高志、獨古 薫、中野 広幸、金村 聖志、“リチウムイオン電池用三次元規則配列多孔性 Sn-Ni 合金の特性評価”、電気化学会第 74 回大会(東京理科大学理工学部)平成 19 年 3 月 29 日.
258. 西尾 和之、武田 彬史、福島 達郎、益田 秀樹、“高アスペクト比規則チャンネル配列を有する Al 膜の作製と光透過特性”、電気化学会第 74 回大会(東京理科大学理工学部)平成 19 年 3 月 29 日.
259. 西尾和之、福島達郎、武田彬史、益田秀樹、“インクジェットプリンティングによる Al 箔のピット配列制御”、電気化学会第 74 回大会(東京理科大学理工学部)平成 19 年 3 月 29 日.
260. 于 秀超、獨古 薫、中野 広幸、金村 聖志、“ $\text{Li}(\text{Ni},\text{Co},\text{Mn})\text{O}_2$  薄膜電極の作製と電気化学特性の評価”電気化学会第 74 回大会(東京理科大学理工学部)平成 19 年 3 月 30 日.
261. 丸山 剛、獨古 薫、中野 広幸、金村 聖志、“エマルジョン法による  $\text{LiCoO}_2$  微粒子の合成およびリチウム二次電池正極特性”、電気化学会第 74 回大会(東京理科大学理工学部)平成 19 年 3 月 30 日.
262. 千葉 裕、獨古 薫、中野 広幸、金村 聖志、“ $\text{ZrO}_2$  被覆  $\text{LiCoO}_2$  電極上に生成する SEI の安定性”電気化学会第 74 回大会(東京理科大学理工学部)平成 19 年 3 月 31 日.
263. 一色 裕介、田畑 誠一郎、渡邊 正義、“逆オパール炭素電極を用いたリチウムイオンの

- 充放電特性”電気化学会第 74 回大会(東京理科大学理工学部)平成 19 年 3 月 31 日.
264. 中村 恵、一色 裕介、田畑 誠一郎、渡邊 正義, “逆オパール構造を有する多孔炭素電極の構造および特徴”電気化学会第 74 回大会(東京理科大学理工学部)平成 19 年 3 月 31 日.
265. 山本 大, 棟方 裕一, 金村 聖志, “細孔構造制御による 3DOM ポリイミドコンポジット膜の物質透過選択性の向上”, 電気化学会第 74 回大会(東京理科大学理工学部), 平成 19 年 3 月 31 日.
266. 笹島 慶二, 棟方 裕一, 金村 聖志, “3DOM シリカ-SPEES-PAMPS 三元系コンポジット膜の作製と評価”, 電気化学会第 74 回大会(東京理科大学理工学部), 平成 19 年 3 月 31 日.
267. 落合 祥, 棟方 裕一, 金村 聖志“表面修飾 3DOM シリカコンポジット膜のプロトン伝導性に及ぼす修飾基効果”, 電気化学会第 74 回大会(東京理科大学理工学部), 平成 19 年 3 月 31 日.
268. 棟方 裕一, 石田 智彦, 金村 聖志, “電気泳動堆積法による DMFC 用膜・電極接合体のナノ・マイクロ構造制御”, 電気化学会第 74 回大会(東京理科大学理工学部), 平成 19 年 3 月 31 日.
269. 太田 壮祐, 富中 悟史, 小幡 裕之, 門間 聰之, 逢坂 哲彌, “平面型  $\mu$ -DMFC カソードへの電析 PdCo 黒触媒の作製と評価”, 電気化学会第 74 回大会(東京理科大学理工学部), 平成 19 年 3 月 31 日.
270. 棟方 裕一, 宇田津 満, 金村 聖志, “内部反射 FT-IR 測定を用いたイオン液体中における酸素還元反応の基礎的解析”, 電気化学会第 74 回大会(東京理科大学理工学部), 平成 19 年 3 月 31 日.
271. 奥田 さやか, 一色 康博, 中野 広幸, 獨古 薫, 金村 聖志, “全固体リチウム二次電池用  $\text{Li}_{0.35}\text{La}_{0.55}\text{TiO}_3$  三次元規則配列多孔構造を有するイオン伝導性複合層の作製”, 電気化学会第 74 回大会(東京理科大学理工学部), 平成 19 年 3 月 31 日.
272. 鈴木 雄志, 中野 広幸, 獨古 薫, 金村 聖志, “ゾルゲル法による遷移金属酸化物微粒子の合成とリチウム二次電池への応用”, 電気化学会第 74 回大会(東京理科大学理工学部), 平成 19 年 3 月 31 日.
273. 一色 康博, 中野 広幸, 獨古 薫, 金村 聖志, “三次元規則配列セラミックス固体電解質を用いた全固体リチウム二次電池の作製”, 電気化学会第 74 回大会(東京理科大学理工学部), 平成 19 年 3 月 31 日.
274. 禹 相昱, 獨古 薫, 中野 広幸, 金村 聖志, “バイモーダル多孔性カーボン・ポリアニリン複合電極の電気化学キャパシターへの応用”, 電気化学会第 74 回大会(東京理科大学理工学部), 平成 19 年 3 月 31 日.
275. 太田 壮祐, 富中 悟史, 小幡 裕之, 門間 聰之, 逢坂 哲彌, “平面型  $\mu$ DMFC カソードへの電析 PdCo 黒触媒の作製と評価”, 電気化学会第 74 回大会(東京理科大学理工学部), 平成 19 年 3 月 31 日.
276. 田中 慶一郎, 中野 広幸, 獨古 薫, 金村 聖志, “常温作動可能な全固体型リチウムポリマー二次電池の作製及び高性能化”, 電気化学会第 74 回大会(東京理科大学理工学部), 平成 19 年 3 月 31 日.
277. 一色 裕介、田畑 誠一郎、渡邊 正義, “逆オパール炭素電極におけるリチウムイオンの充放電特性”, 第 56 回高分子学会年次大会(国立京都国際会館、京都), 平成 19 年 5 月 31 日
278. 加藤 優一, 本田 崇, 小久保 尚, 渡邊 正義, “イオンゲルを用いた大気下駆動アクチュエータの高性能化”, 第 56 回高分子学会年次大会(国立京都国際会館、京都), 平成 19 年 5 月 31 日
279. 金村 聖志、大谷 将司、棟方 裕一, “三次元規則配列多孔構造を有する SOFC 用 Ni-YSZ 電極の作製と評価”, 無機マテリアル学会第 114 回学術講演会(日本大学理工学部、東京)、平成 19 年 6 月 8 日

280. 小泉翔平、獨古薫、中野広幸、金村聖志, “結晶配向制御された  $\text{LiFePO}_4$  の電気化学特性評価”, 第 9 回 化学電池材料研究会ミーティング(日本化学会会館、東京), 平成 19 年 6 月 11 日
281. 木下高志、獨古薫、中野広幸、金村聖志, “三次元規則配列 Sn-Ni 合金電極の作製とリチウムイオン二次電池用負極特性”, 第 9 回 化学電池材料研究会ミーティング(日本化学会会館、東京), 平成 19 年 6 月 11 日
282. 奥田さやか、一色康博、獨古薫、中野広幸、金村聖志, “全固体型リチウム二次電池用固体電解質  $\text{Li}_{0.35}\text{La}_{0.55}\text{TiO}_3$  の作製”, 第 9 回 化学電池材料研究会ミーティング(日本化学会会館、東京), 平成 19 年 6 月 11 日
283. 田中慶一郎、獨古薫、中野広幸、金村聖志, “PEO 系ポリマー電解質を用いたリチウムポリマー二次電池の作製および解析”, 第 9 回 化学電池材料研究会ミーティング(日本化学会会館、東京), 平成 19 年 6 月 12 日
284. 落合 祥、棟方裕一、金村聖志, “表面修飾シリカ多孔質膜を用いたコンポジット電解質膜の作製”, 第 9 回 化学電池材料研究会ミーティング(日本化学会会館、東京), 平成 19 年 6 月 12 日
285. 奥田さやか、中野広幸、獨古薫、金村聖志, “三次元規則配列構造を有する固体電解質の作製及び全固体型リチウムイオン二次電池への応用”, 第 23 回日本セラミックス協会関東支部研究発表会(ネオオリエンタルリゾートハケ岳高原), 平成 19 年 8 月 30 日
286. 大谷将司、棟方裕一、金村聖志, “SOFC の低温作動に向けた三次元規則配列多孔性電極の作製”, 第 23 回日本セラミックス協会関東支部研究発表会(ネオオリエンタルリゾートハケ岳高原), 平成 19 年 8 月 31 日
287. 金村聖志、落合 祥、棟方裕一, “シリカ多孔体表面へのプロトン性官能基の導入と燃料電池への応用”, 第 23 回日本セラミックス協会関東支部研究発表会(ネオオリエンタルリゾートハケ岳高原), 平成 19 年 8 月 31 日
288. 落合 祥、棟方裕一、金村聖志, “表面官能基を有するシリカ多孔体からなるコンポジット電解質膜のプロトン伝導性”, 第 20 日本セラミックス協会回秋季シンポジウム(名古屋工業大学), 平成 19 年 9 月 12 日
289. 鈴木 雄志、中野 広幸、獨古 薫、金村 聖志, “遊星型ボールミルを用いた遷移金属酸化物微粒子の調製と電気化学特性”, 日本セラミックス協会第 20 回秋季シンポジウム(名古屋工業大学), 平成 19 年 9 月 12 日
290. 笹島 慶二、棟方 裕一、金村 聖志, “三次元規則配列多孔体の作製と燃料電池用電解質膜としての応用”, 日本セラミックス協会第 20 回秋季シンポジウム(名古屋工業大学), 平成 19 年 9 月 12 日
291. 禹 相昱、獨古 薫、中野 広幸、金村 聖志, “バイモーダル多孔構造を有する多孔質カーボンの作製と電気化学キャパシタへの応用”, 日本セラミックス協会第 20 回秋季シンポジウム(名古屋工業大学), 平成 19 年 9 月 12 日
292. 大森 優、棟方 裕一、金村 聖志, “電気泳動堆積法を用いた DMFC 用膜・電極接合体の作製”, 日本セラミックス協会第 20 回秋季シンポジウム(名古屋工業大学), 平成 19 年 9 月 13 日
293. 大谷将司、棟方裕一、金村聖志, “NiO-YSZ サーマット三次元規則配列多孔体の作製と評価”, 日本セラミックス協会第 20 回秋季シンポジウム(名古屋工業大学), 平成 19 年 9 月 13 日
294. 奥田さやか、中野広幸、原正則、獨古薫、金村聖志, “三次元規則配列構造を有するリチウム二次電池用電極の作製”, 日本セラミックス協会第 20 回秋季シンポジウム(名古屋工業大学), 平成 19 年 9 月 13 日
295. 丹内 秀典、小泉 翔平、獨古 薫、中野 広幸、金村 聖志, “オリビン型  $\text{LiFePO}_4$  の水熱合成条件の最適化および電気化学特性評価”, 2007 年電気化学秋季大会(東京工業大学), 平成 19 年 9 月 19 日
296. 丹内 秀典、木下 高志、西川 慶、獨古 薫、金村 聖志, “リチウムイオン二次電池用多孔

- 性 Sn-Ni 合金負極の作製および特性評価”, 2007 年電気化学秋季大会(東京工業大学) 平成 19 年 9 月 19 日
297. 中田 奈都子, 獨古 薫, 金村 聖志, “グラファイト単粒子電極のレート特性”, 2007 年電気化学秋季大会(東京工業大学), 平成 19 年 9 月 19 日
298. 中野 広幸, Woo, sang-wook, 獨古 薫, 金村 聖志, “バイモーダル多孔構造を有するポラスカーボンと導電性高分子の複合化及び電気化学キャパシタへの応用”, 2007 年電気化学秋季大会(東京工業大学), 平成 19 年 9 月 19 日
299. 瀬畑隆佑, 富中悟史, 山内悠輔, 門間聰之, 黒田一幸, 逢坂哲彌, “メソポーラス金属の DMFC 用触媒としての電気化学特性評価”, 2007 年電気化学秋季大会(東京工業大学), 平成 19 年 9 月 19 日
300. 福原佳樹, 奈良洋希, 向坊仁美, 山内悠輔, 門間聰之, 黒田一幸, 逢坂哲彌, “リチウムイオン二次電池用電析 Sn 負極へのメソポーラス構造の導入とその充放電特性”, 2007 年電気化学秋季大会(東京工業大学), 平成 19 年 9 月 19 日
301. 福島達郎, 武田彬史, 西尾和之, 益田秀樹, “アルミニウム電解コンデンサ用 Al 箔のトンネルピット配列の制御”, 2007 年電気化学秋季大会(東京工業大学), 平成 19 年 9 月 19 日
302. 峰 良行, 千葉 裕, 獨古 薫, 金村 聖志, “遷移金属酸化物コンポジット電極表面反応の in situ FT-IR 法による解析”, 2007 年電気化学秋季大会(東京工業大学), 平成 19 年 9 月 20 日
303. 原正則, 千葉裕, 干秀超, 獨古薫, 中野広幸, 金村聖志, “ $\text{LiNi}_x\text{Co}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_2$  薄膜電極上における非水電解質中での表面反応の in-situ 赤外分光測定”, 2007 年電気化学秋季大会(東京工業大学), 平成 19 年 9 月 20 日
304. 中野 広幸, 田中 慶一郎, 小泉 翔平, 獨古 薫, 金村 聖志, “スター型構造を有する PEO 系固体電解質を用いた全固体型リチウムイオン二次電池の作製”, 2007 年電気化学秋季大会(東京工業大学), 平成 19 年 9 月 20 日
305. 原正則, 奥田さやか, 一色康博, 中野広幸, 獨古薫, 金村聖志, “全固体型リチウム二次電池用三次元規則配列セラミックス電解質 - 電極材複合電極の作製”, 2007 年電気化学秋季大会(東京工業大学), 平成 19 年 9 月 20 日
306. 山本 大, 棟方 裕一, 金村 聖志, “多孔体細孔制御による複合電解質膜のメタノール透過抑制と DMFC 出力特性へ与える影響”, 2007 年電気化学秋季大会(東京工業大学) 平成 19 年 9 月 20 日
307. 金村聖志, 山本 大, 棟方 裕一, “有機規則配列多孔体の孔径変化による物質透過選択性の付与”, 第 56 回高分子討論会(名古屋工業大学), 平成 19 年 9 月 19 日
308. 丹内秀典, 小泉翔平, 獨古薫, 中野広幸, 金村聖志, “オリビン型  $\text{LiFePO}_4$  の水熱合成条件の最適化と電気化学特性評価”, 第 48 回電池討論会(福岡), 平成 19 年 11 月 14 日
309. 棟方裕一, 大森優, 金村聖志, “電気泳動堆積法を応用した DMFC 用アノード触媒層の構造制御と最適化”, 第 48 回電池討論会(福岡), 平成 19 年 11 月 15 日
310. 棟方裕一, 笹島慶二, 金村聖志, “3DOM シリカマトリックスを用いた DMFC 用相分離ポリマー構造の創製”, 第 48 回電池討論会(福岡), 平成 19 年 11 月 15 日.
311. 原正則, 千葉裕, 干秀超, 獨古薫, 中野広幸, 金村聖志, “in-situ 赤外分光法を用いた非水電解質中における  $\text{LiNi}_x\text{Co}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_2$  薄膜電極の表面反応”, 第 48 回電池討論会(福岡), 平成 19 年 11 月 13 日.
312. 原正則, 奥田さやか, 一色康博, 中野広幸, 獨古薫, 金村聖志, “全固体型リチウム二次電池用固体電解質 電極材複合電極の作製”, 第 48 回電池討論会(福岡), 平成 19 年 11 月 15 日.
313. 中野広幸, 田中慶一郎, 小泉翔平, 獨古薫, 西川慶, 金村聖志, “スター型構造を有する PEO 系電解質を用いた全固体型リチウムイオン電池の常温特性”, 第 48 回電池討論会(福岡), 平成 19 年 11 月 15 日.
314. 木島正人, 獨古薫, 金村聖志, “三次元規則配列多孔体(3DOM)構造を有する鉛蓄電池用

- 正極材料の作製と評価”, 第 48 回電池討論会(福岡), 平成 19 年 11 月 13 日.
315. 棟方裕一、落合祥、金村聖志, “3DOM シリカコンポジット膜の界面プロトン伝導に及ぼす表面修飾効果の解明”, 第 48 回電池討論会(福岡), 平成 19 年 11 月 14 日.
  316. 一色裕介、田畑誠一郎、渡邊正義, “逆オパール炭素電極を負極に用いたリチウムイオンの充放電特性に関する検討”, 第 48 回電池討論会(福岡), 平成 19 年 11 月 14 日.
  317. 金ジャンディ、河野知樹、門間聰之、逢坂哲彌, “超音波法による Pd 系触媒担持カーボンの作製”, 第 48 回電池討論会(福岡), 平成 19 年 11 月 15 日.
  318. 富中悟史、太田壮祐、門間聰之、逢坂哲彌, “平面型構造を有する超小型パッシブ DMFC の提案と作製”, 第 48 回電池討論会(福岡), 平成 19 年 11 月 15 日.
  319. 秋山直久、富中悟史、門間聰之、逢坂哲彌、F. Croce、B. Scrosati, “硫酸化ジルコニアの DMFC 触媒層中電解質としての検討”, 第 48 回電池討論会(福岡), 平成 19 年 11 月 15 日.
  320. 巽智香、奈良洋希、門間聰之、逢坂哲彌、岩城仁, “TFSI アニオン系イオン液体を添加した有機電解液中のリチウム金属負極特性に与える酸素溶存の効果”, 第 48 回電池討論会(福岡), 平成 19 年 11 月 13 日.
  321. 高田一昭、奈良洋希、門間聰之、逢坂哲彌, “表面酸化物制御によるリチウム二次電池用 NiSn 合金粉末負極の改良”, 第 48 回電池討論会(福岡), 平成 19 年 11 月 14 日.
  322. 棟方裕一、笹島慶二、金村聖志, “多孔体構造を鋳型とした相分離型ポリマー構造の創製と燃料電池への応用”, 第 33 回固体イオニクス討論会(名古屋), 平成 19 年 12 月 6 日.
  323. 奥田さやか、帰山敦史、獨古 薫、梶原浩一、金村聖志, “セラミックス固体電解質を用いた全固体型リチウム二次電池の作製”, 第 33 回固体イオニクス討論会(名古屋), 平成 19 年 12 月 6 日.
  324. 大谷 将司、棟方 裕、金村 聖志, “表面修飾による三次元規則配列多孔燃料極支持型 SOFC の特性向上”, 日本セラミックス協会 2008 年年会(長岡技術科学大学), 平成 20 年 3 月 20 日.
  325. 落合 祥、棟方 裕一、金村 聖志, “界面プロトン伝導パスの創製による 3DOM シリカコンポジット電解質膜の高性能化”, 日本セラミックス協会 2008 年年会(長岡技術科学大学), 平成 20 年 3 月 20 日.
  326. 大森 優、棟方 裕一、金村 聖志, “電気泳動堆積法を用いた DMFC 用触媒層のナノ構造設計と評価”, 電気化学会第 75 回大会 (山梨大学), 平成 20 年 3 月 31 日.
  327. 田下 敬光、棟方 裕一、金村 聖志, “内部反射 FT-IR を用いたプロトン性イオン液体における酸素還元反応の解析”, 電気化学会第 75 回大会 (山梨大学), 平成 20 年 3 月 30 日.
  328. 笹島 慶二、棟方 裕一、金村 聖志, “スルホン酸基含量の異なる電解質を含む 3DOM シリカコンポジット膜の特性”, 電気化学会第 75 回大会 (山梨大学), 平成 20 年 3 月 31 日.
  329. 山本 大、笹島 慶二、棟方 裕一、金村 聖志, “DMFC 用ポリイミド-プロトン伝導性高分子コンポジット膜の作製と評価”, 電気化学会第 75 回大会 (山梨大学), 平成 20 年 3 月 31 日.

#### 国際会議口頭発表 79 件

1. Young Ho Rho and Kiyoshi Kanamura, “Fabrication of All Solid State Rechargeable Lithium Batteries with a Sol-Gel Method”, The Electrochemical Society, 203rd Meeting – Paris, France (アメリカ電気化学会第 203 回会議), 平成 15 年 4 月 30 日
2. Young Ho Rho and Kiyoshi Kanamura, “Preparation of  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  Thin Film on Inorganic Solid Electrolyte for All Solid-State Rechargeable Lithium batteries”, 1st International Conference on Polymer Batteries and Fuel Cells, 平成 15 年 6 月 6 日
3. Tadashi Matsushita, Young Ho Rho, and Kiyoshi Kanamura, “In situ FTIR Measurement for Electrochemical Oxidation of Electrolyte on  $\text{LiCoO}_2$  Cathode Active Material Used in Rechargeable Lithium Batteries”, 204th Meeting of The Electrochemical Society, 平成 15 年 10 月 13 日

4. Nao Akutagawa, Young Ho Rho, and Kiyoshi Kanamura, "New Electrode System by using Three Dimensionally Orderd Macroporous Li Ion Conductor", 204th Meeting of The Electrochemical Society, 平成 15 年 10 月 14 日
5. Toshinori Mitsui and Kisyohi Kanamura, "Proton Conductive Composite Membrane Consisting of Three Dimensionally Ordered Porous Silica and Gel Electrolyte", The 4th International Conference on Application of Conducting Polymers (ICCP-4), 平成 16 年 2 月 20 日
6. Satoshi Kamei, Toshiyuki Momma and Tetsuya Osaka, "Gel electrolyte systems for Electric Double Layer Capacitor", 1st International Conference on Polymer Batteries and Fuel Cells, 平成 15 年 6 月 2 日
7. Toshiyuki Momma, Takahiro Shimizu and Tetsuya Osaka, "Polyaniline/Nafion Composite Membrane for Electrolytes of DMFC", 1st International Conference on Polymer Batteries and Fuel Cells, 平成 15 年 6 月 5 日
8. Takahiro Shimizu, Toshiyuki Momma and Tetsuya Osaka, "Performance of Polyaniline/Nafion Composite Membrane for Electrolytes of DMFC", 204th Meeting of The Electrochemical Society, 平成 15 年 10 月 13 日
9. T. Yokoshima, Y. Yamauchi, H. Mukaibo, M. Tezuka, T. Momma, K. Kuroda, and T. Osaka, "Formation of Mesoporous Nickel Particles with Highly Ordered Porous-nanostructure by Electroless Deposition", 204th Meeting of The Electrochemical Society, 平成 15 年 10 月 14 日
10. T. Momma, H. Mukaibo, T. Sumi, T. Yokoshima, T. Osaka, "Characteristics of Electro-Deposited Sn-Ni Alloy as Lithium Ion Secondary Battery Anode", 204th Meeting of The Electrochemical Society, 平成 15 年 10 月 13 日
11. S. Motokawa, T. Momma, T. Osaka, "MEMS-Based Design and Fabrication of New Concept Micro-DMFC", The 5th Korea-Japan Joint Seminar on Advanced Batteries, 平成 15 年 9 月 25 日
12. T. Osaka H. Mukaibo, T. Momma, "New Anodes for Advanced Li Battery", The 5th Korea-Japan Joint Seminar on Advanced Batteries, 平成 15 年 9 月 25 日
13. Toshiyuki Momma, Tetsuya Osaka, "Design of Macro-structure of Gel Electrolyte for Energy Storage Devices", 4th International Conference on Application of Conducting Polymers, 平成 16 年 2 月 18 日
14. Tetsuya Osaka, Shinji Motokawa Takahiro Shimizu, Toshiyuki Momma, "New Approach of Small DMFC", 4th International Conference on Application of Conducting Polymers, 平成 16 年 2 月 18 日
15. Keisuke Shiraishi, Kiyoshi Kanamura, "Electrochemical Evaluation of Phospho-olivine  $\text{LiFePO}_4$  Synthesized by Hydrothermal Reaction", 205th Meeting of The Electrochemical Society (San Antonio, Texas), 平成 16 年 5 月 10 日
16. Nao Akutagawa, Young Ho Rho, and Kiyoshi Kanamura, "Preparation of Composite Electrode with Three Dimensionally Ordered Structure for All Solid-state Rechargeable Lithium Battery", 205th Meeting of The Electrochemical Society (San Antonio, Texas), 平成 16 年 5 月 11 日
17. Nao Akutagawa and Kiyoshi Kanamura, "Three Dimensionally Ordered Composite Solid Materials for All Solid-State Rechargeable Lithium Batteries", International Meeting on Lithium Batteries (Nara, Japan), 平成 16 年 7 月 1 日
18. Nao Akutagawa, Kaoru Dokko, Hirokazu Munakata, Jun-ichi Hamagami, Takashi Takei, Kiyoshi Kanamura, "Preparation of Macroporous Li-Ion Conductor Using Colloidal Crystal Templating Method", 206th Meeting of The Electrochemical Society (ホノルル), 平成 16 年 10 月 3 日 ~ 8 日
19. Hiroto Chiba, Hirokazu Munakata, Kaoru Dokko, Jun-ichi Hamagami, Takashi Takei, Kiyoshi Kanamura, "Improvement of Surface Proton Conductivity for Three-Dimensionally Ordered Macroporous Silica Membrane", 206th Meeting of The Electrochemical Society (ホノルル), 平成 16 年 10 月 3 日 ~ 8 日

20. Dai Yamamoto, Hirokazu Munakata, Kaoru Dokko, Jun-ichi Hamagami, Takashi Takei, Kiyoshi Kanamura, "Preparation of Composite Membrane with Three-Dimensionally Ordered Polyimide Matrix and Proton Conductive Gel Polymer", 206th Meeting of The Electrochemical Society(ホノルル), 平成 16 年 10 月 3 日 ~ 8 日
21. Hitoshi Shobukawa, Hiroyuki Tokuda, and Masayoshi Watanabe, "Ion Transport Properties of Lithium Ionic Liquids and Ion Gels", The 9th International Symposium on Polymer Electrolytes (ISPE9) (Mrongovia Hotel, Mragowo, Poland), 平成 16 年 8 月 22 日
22. Kazuyuki, Nishio, Hideki Masuda, "Fabrication of Ideally Ordered Metal Hole-Array Membranes Based on Anodic Porous Alumina and Their Optical Properties", 2004 Materials Research Society Fall Meeting, 平成 16 年 12 月 1 日
23. Toshiyuki Momma and Tetsuya Osaka, "Polymer Gel Electrolyte in Li ion Secondary Battery", International Meeting on Lithium Batteries(Nara, Japan), 平成 16 年 7 月 1 日
24. Toshiyuki Momma, Takuya Nakanishi, Yusuke Yamauchi, Kazuyuki Kuroda and Tetsuya Osaka, "Nano-scale Control of Magnetic Materials by Means of Soft Chemistry", 206th Meeting of The Electrochemical Society(ホノルル), 平成 16 年 10 月 3 日 ~ 8 日
25. T. Shimizu, T. Momma, M. Mohamedi, T. Osaka and S. Sarangapani, "Development of Stand-Alone Portable Direct Methanol Fuel Cell System", 206th Meeting of The Electrochemical Society(ホノルル), 平成 16 年 10 月 3 日 ~ 8 日
26. Kaoru Dokko, Keigo Hoshina, Kiyoshi Kanamura, "Preparation of Thin Film Electrodes for Lithium Micro Battery", 207th Meeting of The Electrochemical Society (Quebec City), 平成 17 年 5 月 17 日.
27. Dai Yamamoto, Hirokazu Munakata, Kaoru Dokko, Jun-ichi Hamagami, Takashi Takei, Kiyoshi Kanamura, "Three-Dimensionally Ordered Polyimide Matrix for Polymer Electrolyte Membrane Fuel cells", 207th Meeting of The Electrochemical Society (Quebec City), 平成 17 年 5 月 17 日.
28. Seiichiro Tabata, Masayoshi Watanabe, "Preparation of Inverse Opal Carbon Materials and Characterization of Their Electrochemical Properties", The 5th Asian Conference on Electrochemistry (ACEC 2005) (Shanghai Normal University, Shanghai, China), 平成 17 年 5 月 12 日.
29. Toshiyuki Momma, Hiroki Nara, Stefano Passerini, and Tetsuya Osaka, "Gel electrolyte having micro phase separation structure for lithium secondary batteries", Second International Conference on Polymer Batteries and Fuel Cells (Riviera Hotel Las Vegas, Nevada, USA), 平成 17 年 6 月 14 日.
30. Jong-Eun Park, Hiroyuki Obata, Toshiyuki Momma, and Tetsuya Osaka, "TRIAL OF MICRO DMFC FOR POWER SOURCES OF PORTABLE ELECTRONICS", The 56th Annual Meeting of International Society of Electrochemistry (ISE 2005) (Busan Exhibition & Conention Center, Korea), 平成 17 年 9 月 27 日.
31. Hiroki Nara, Toshiyuki Momma, Tetsuya Osaka, "Application of diblockpolymer gel electrolyte having micro phase separation structure to lithium secondary batteries", The 56th Annual Meeting of International Society of Electrochemistry (ISE 2005) (Busan Exhibition & Conention Center, Korea), 平成 17 年 9 月 27 日.
32. Kiyoshi Kanamura, Keisuke Shiraishi, and Kaoru Dokko, "Hydrothermal Synthesis of  $\text{LiFePO}_4$  for Rechargeable Lithium Batteries", 5th International Symposium on Inorganic Phosphate Materials '05(Kasugai, Aichi), 平成 17 年 9 月 7 日.
33. Kiyoshi Kanamura, Sang-Wook Woo, and Kaoru Dokko, "Preparation and characterization of three dimensionally ordered macroporous  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  anode for lithium batteries" EPTM2005 (International Symposium on Electrochemical Processing of Tailored Material), Kyoto, 平成 17 年 10 月 5 日.
34. Keigo Hoshina, Kaoru Dokko, and Kiyoshi Kanamura, "Preparation of Thin Film All Solid State Rechargeable Lithium Batteries" The 208th Meeting of the Electrochemical Society (LA, USA), 平成 17 年 10 月 21 日.
35. Hirokazu Munakata, Sho Ochiai, Kiyoshi Kanamura, "Pore Size Effect on Improvement of Surface Proton Conductivity for Three-Dimensionally Ordered Macroporous Silica

- Membrane” The 208th Meeting of the Electrochemical Society (LA, USA), 平成 17 年 10 月 18 日.
36. Kiyoshi Kanamura, Nao Akutagawa, Yasuhiro Issiki, Keigo Hoshina, Kaoru Dokko, “Three Dimensionally Ordered Composite of  $\text{LiCoO}_2$  and Solid Electrolyte” The 208th Meeting of the Electrochemical Society (LA, USA), 平成 17 年 10 月 16 日.
  37. Jun-ichi Sugaya, Kaoru Dokko and Kiyoshi Kanamura, “Fabrication of Lithium Micro-array Battery by Sol-Gel Process” The 208th Meeting of the Electrochemical Society (LA, USA), 平成 17 年 10 月 19 日.
  38. Kazuyuki Nishio, Tatsuro Fukushima, and Hideki Masuda, “Control of Pitting Sites on Al for Electrolytic Capacitors” The 208th Meeting of the Electrochemical Society (LA, USA), 平成 17 年 10 月 18 日.
  39. Hiroyuki Tokuda, Seiji Tsuzuki, Md. Abu Bin Hasan Susan, Kikuko Hayamizu, Masayoshi Watanabe, “Ionicity of Room Temperature Ionic Liquids: Parameters Controlling Physicochemical Properties” The 2005 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM 2005) (Honolulu, Hawaii, U.S.A.), 平成 17 年 12 月 15 日.
  40. Hiroyuki Tokuda, Hyunjoo Lee, Hitoshi Shobukawa, Masato Watanabe, Masayoshi Watanabe, “Lithium Ion Conducting Ionic Liquids as Electrolytes for Lithium Rechargeable Batteries” The 231st ACS National Meeting & Exposition (Atlanta, GA, U.S.A.) 平成 18 年 3 月 29 日.
  41. Wataru Sugimoto, Kazunori Ohuchi, Katsunori Yokoshima, Jong-Eun Park, Toshiyuki Momma, Tetsuya Osaka, Yoshio Takasu, “Ruthenic Acid Nanosheet Electrodes and Micro-Supercapacitors Prepared by Electrophoretic Deposition” The 208th Meeting of the Electrochemical Society (LA, USA) 平成 17 年 10 月 18 日.
  42. T. Momma, Y. Yamauchi, H. Kitoh, K. Kuroda, and T. Osaka, “Mesoporous Metal Formation in Microfabricated Channels” The 208th Meeting of the Electrochemical Society (LA, USA) 平成 17 年 10 月 16 日.
  43. Kazuyuki Kuroda, Yusuke Yamauchi, Tetsu Ohsuna, Osamu Terasaki, Hiroki Kitoh, Shinji Motokawa, Toshiyuki Momma, and Tetsuya Osaka, “Preparation of Mesoporous Metals toward Nanostructured Catalysts”, PacificChem 2005 (Honolulu, USA) 平成 17 年 12 月 17 日.
  44. Kaoru Dokko, Shohei Koizumi, and Kiyoshi Kanamura, “Discharge and Charge Performance of  $\text{LiFePO}_4$  without Surface Impurity” IBA-HBC 2006, (Waikoloa, Hawaii, USA) 9-12 January 2006.
  45. T. Honda, H. Kokubo, M. Watanabe “Materials for Polymer-Ion-Gel-Actuator Containing Ionic Liquids”, The 1st International Symposium on Next-Generation Actuators Leading Breakthroughs (Makuhari, Japan), 平成 18 年 4 月 21 日.
  46. Kiyoshi Kanamura, Takeshi Chiba, and Kaoru Dokko, “Preparation of  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  Micro Sphere for Rechargeable Lithium batteries”, 209th ECS Meeting (Denver, Colorado), 平成 18 年 5 月 7 日.
  47. Dai Yamamoto, Hirokazu Munakata, Kiyoshi Kanamura, “Evaluation of Composite Membrane with Three-Dimensionally Ordered Polyimide Matrix and AMPS Gel Polymer for Direct Methanol Fuel Cell”, 209th ECS Meeting (Denver, Colorado), 平成 18 年 5 月 9 日.
  48. T. Momma, Y. Yamauchi, T. Osaka, and K. Kuroda, “Electrochemical Formation of Mesoporous Metal Materials”, MAM-06 (Waseda, Tokyo, Japan), 平成 18 年 5 月 28 日.
  49. Satoshi Tominaka, Hiroyuki Obata, Toshiyuki Momma, Jong-Eun Park and Tetsuya Osaka, “Hydrogen Peroxide as Oxidant for micro Direct Methanol Fuel Cell”, 6th International Symposium on Electrochemical Micro and Nano System Technology (Gustav-Stresemann Institut, Bonn), 平成 18 年 8 月 24 日.
  50. Satoshi Tominaka, Naohisa Akiyama, Toshiyuki Momma, Tetsuya Osaka “Electrochemical Impedance Spectroscopy Analysis for Catalyst Layers of DMFC Anode”, ISE (Edinburgh, UK), 平成 18 年 8 月 31 日.
  51. H. Kanno, K. Dokko, and K. Kanamura, “Preparation and Characterization of Porous

- $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  consist of spherical mono-dispersed particles”, 6th Japan-France Joint Seminar on Lithium Ion Batteries (Fit Resort Club, Kawaguchiko, Yamanashi, JAPAN), 平成 18 年 9 月 4 日.
52. Masayoshi Watanabe, Masato Watanabe, Yuichi Kazue, Hiroyuki Tokuda, Shiro Seki, Hyunjoo Lee, “DESIGN OF  $\text{Li}^+$ -CONDUCTING IONIC LIQUIDS FOR LITHIUM BATTERIES”, 6th Japan-France Joint Seminar on Lithium Ion Batteries (Fit Resort Club, Kawaguchiko, Yamanashi, JAPAN), 平成 18 年 9 月 4 日.
  53. K. Kanamura, Y. Chiba, and K. Dokko, “Stability of Solid Electrolyte Interface on Silicon Anode of Rechargeable Lithium Battery”, ICCCI 2006 (Kurashiki, Japan ), 平成 18 年 9 月 8 日.
  54. Masato Watanabe, Hiroyuki Tokuda, Hitoshi Shobukawa, Shiro Seki, Hyunjoo Lee, Masayoshi Watanabe, “Ion-Conduction Mechanism of Polymer Electrolytes Based on Lithium Ionic Liquids”, 10th International Symposium on Polymer Electrolytes (ISPE2006, Brazil), 平成 18 年 10 月 16 日.
  55. Yuichi Kato, Takashi Honda, Hisashi Kokubo, Masayoshi Watanabe, “The Performance of EAP Actuators Using Ion-Gel Electrolytes”, 10th International Symposium on Polymer Electrolytes (ISPE2006, Brazil) 平成 18 年 10 月 16 日.
  56. Masahiro Harada, Kazuyuki Nishio and Hideki Masuda, “Functional Biosensor Using Nanodisk Electrode Array Prepared by Ideally Ordered Anodic Porous Alumina”, The 210th Meeting of the Electrochemical Society (ECS)(Cancun, Mexico) 平成 18 年 10 月 31 日.
  57. Hideki Masuda, Hiroaki Murakami, and Kazuyuki Nishio, “Site Control in Anodic Etching of Semiconductor Single Crystals by Direct Nanoimprinting Using SiC Molds”, The 210th Meeting of the Electrochemical Society (ECS)(Cancun, Mexico) 平成 18 年 10 月 31 日.
  58. Masayoshi Watanabe, Masato Watanabe, Yuichi Kazue, Hiroyuki Tokuda, Shiro Seki, Hyunjoo Lee, “Preparation, Characterization, and Transport Properties of  $\text{Li}^+$  -Conducting Ionic Liquids”, The 210th Meeting of the Electrochemical Society (ECS)(Cancun, Mexico) 平成 18 年 11 月 1 日.
  59. Sang-Wook Woo , Kaoru Dokko and, Kiyoshi Kanamura, “Preparation of Porous Carbon with Bimodal Porous Structure and as a Electrode material for Electric Double-Layer Capacitor”, The 210th Meeting of the Electrochemical Society (ECS)(Cancun, Mexico) 平成 18 年 11 月 1 日.
  60. Kaoru Dokko, Shohei Koizumi, Kiyoshi Kanamura, ”Effects of pH of Precursor Solution on Particle Morphology and Electrochemical Properties of Hydrothermally Synthesized  $\text{LiFePO}_4$ ”, The 210th Meeting of the Electrochemical Society (ECS)(Cancun, Mexico) 平成 18 年 11 月 1 日.
  61. Keiji Sasajima, Hirokazu Munakata, and Kiyoshi Kanamura, ”Preparation of Self-Standing Composite Electrolyte Membrane by Use of Three-Dimensionally Ordered Macroporous Silica Matrix”, The 210th Meeting of the Electrochemical Society (ECS)(Cancun, Mexico) 平成 18 年 10 月 29 日.
  62. Hirokazu Munakata, Tomohiko Ishida, and Kiyoshi Kanamura, “Preparation of Nano-Structured Catalyst Layers on Nafion® Membrane by Electrophoretic Deposition”, The 210th Meeting of the Electrochemical Society (ECS)(Cancun, Mexico) 平成 18 年 11 月 1 日.
  63. Hiroyuki Nakano, Kaoru Dokko, Jun-ichi Sugaya, Tomoyuki Yasukawa, Tomokazu Matsue, Kiyoshi Kanamura, “Fabrication of Micro-Array of Lithium-Ion Batteries Using a Sol-Gel Method Combined with a Micro-Injection Technique”, The 210th Meeting of the Electrochemical Society (ECS)(Cancun, Mexico) 平成 18 年 10 月 30 日.
  64. T. Momma, K. Saigusa, T. Shimizu, T. Osaka, “Numerical Simulation of DMFC-Capacitor Hybrid Power Supply”, The 210th Meeting of the Electrochemical Society (ECS)(Cancun, Mexico) 平成 18 年 10 月 31 日.
  65. Hirokazu MUNAKATA , “Proton Conductive 3D Composite Materials for Direct Methanol Fuel Cell”, First Asian Conference on Electrochemical Power Sources, 平成 18 年 11 月 17

- 日.
66. Masaki Matsui, Yutaka Chiba, Kaoru Dokko, and Kiyoshi Kanamura, "In situ Polarization Modulation FTIR Study on Electrochemical Oxidation of Non-aqueous Electrolyte Used in Rechargeable Lithium Battery", 211th ECS Meeting (Chicago, Illinois), 平成 19 年 5 月 7 日
  67. K. Kanamura, T. Ishida and H. Munakata, "Structural Control of Catalyst Electrodes for Direct Methanol Fuel Cells by Using Electrophoretic Deposition Process", 211th ECS Meeting (Chicago, Illinois ), 平成 19 年 5 月 8 日
  68. K. Kanamura, Y. Chiba and K. Dokko, "SEI Formation on ZrO<sub>2</sub>-Coated LiCoO<sub>2</sub> Thin-film Electrode", 211th ECS Meeting (Chicago, Illinois), 平成 19 年 5 月 8 日
  69. K. Kanamura, K. Tanaka, S. Koizumi, H. Nakano and K. Dokko, "Fabrication of all solid-state lithium battery operated around room temperature using PEO based polymer electrolyte", 211th ECS Meeting (Chicago, Illinois), 平成 19 年 5 月 8 日
  70. Kaoru Dokko, Sang-Wook Woo, Hiroyuki Nakano, Kiyoshi Kanamura, "Preparation of Bimodal Porous Carbon for Electrochemical Capacitors", 2007 International Conference on Advanced Capacitors (Palulu Plaza Kyoto, JAPAN), 平成 19 年 5 月 29 日
  71. K. Kanamura, D. Yamamoto, H. Munakata, "Three-dimensionally ordered macroporous polyimide composite membrane with controlled pore size for direct methanol fuel cells", Polymer Batteries-Fuel Cells, PBFC-2007(Rome, Italy), 平成 19 年 6 月 13 日
  72. Hiroyuki Nakano, Kaoru Dokko, Kiyoshi Kanamura, Sang-Wook Woo, "Bimodal Porous Carbon for Hybrid Capacitors", 58th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry (The Banff Centre, Banff, Canada), 平成 19 年 9 月 12 日
  73. H. Nakano, K. Dokko, S. Okuda, Y. Isshiki and K. Kanamura, "Fabrication of All Solid State Lithium Ion Battery Using Solid Electrolyte with 3 Dimensionally Ordered Macroporous Structure", 212th Electrochemical Society (ECS) Meeting (Wahington DC), 平成 19 年 10 月 9 日.
  74. K. Kanamura, S. Woo, K. Dokko and H. Nakano, "Composite Material for Electrochemical Capacitors Consisting of Porous Carbon with Bimodal Pore Structures and Polyaniline", 212th Electrochemical Society (ECS) Meeting (Wahington DC), 平成 19 年 10 月 11 日.
  75. H. Munakata, K. Sasajima and K. Kanamura, "3DOM Silica Composite Membrane Including a Binary Polymer Electrolyte for DMFC", 212th Electrochemical Society (ECS) Meeting (Wahington DC), 平成 19 年 10 月 9 日.
  76. Md. Abu Bin Hasan Susan, Masayoshi Watanabe, "Tuning Brønsted Acid-Base Ionic Liquids for Fuel Cell Electrolytes", 2nd International Congress on Ionic Liquids (COIL-2) (Yokohama, Japan), 平成 19 年 8 月 7 日.
  77. Masayoshi Watanabe, Hirofumi Nakamoto, Masatoshi Shiote, Astushi Ogawa, "Brønsted Acid-Base Ionic Liquids for Fuel Cell Electrolytes under Non-Humidifying and Meso-Thermal Conditions", 212th Electrochemical Society (ECS) Meeting (Wahington DC), 平成 19 年 10 月 10 日.
  78. Megumi Nakamura, Yusuke Isshiki, Seiichiro Tabata, Masayoshi Watanabe, "Structures and Characterization of Opal Carbons and the Properties as Electrode Materials", 212th Electrochemical Society (ECS) Meeting (Wahington DC), 平成 19 年 10 月 10 日.
  79. Hisashi Kokubo, Yuichi Kato, Takashi Honda, Masayoshi Watanabe, "Performance of Ion-Gel Actuator Containing Ionic Liquids", IUPAC 3rd International Symposium on Novel Materials and Synthesis & 17th International Symposium on Fine Chemistry and Functional Polymers (NMS-III & FCFP-XVII) (Shanghai, China), 平成 19 年 10 月 20 日.

ポスター発表 (国内会議 15 件、国際会議 26 件)

国内会議ポスター発表 15 件

1. 一色 康博、獨古 薫、濱上 寿一、武井 孝、金村 聖志, "ゾルゲル法による固体電解質 Li<sub>4.2</sub>Al<sub>0.2</sub>Si<sub>0.8</sub>O<sub>4</sub> 薄膜の作製", 第 24 回電子材料研究討論会(東工大大岡山キャンパス(目

- 黒区)),平成 16 年 10 月 22 日
2. 棟方 裕一、千葉 裕人、濱上 寿一、武井 孝、金村 聖志、“表面スルホン化処理による三次元規則配列多孔体質シリカ膜への新規プロトン伝道パスの付与”、第 24 回電子材料研究討論会(東工大大岡山キャンパス(目黒区)),平成 16 年 10 月 21 日
  3. 田畑 誠一郎、渡邊 正義、“逆オパール型炭素材料を用いた電極/電解質界面のナノ構造制御”、電気化学会第 72 回大会(熊本大学工学部),平成 17 年 4 月 2 日.
  4. 田畑 誠一郎、渡邊 正義、“高分子前駆体を用いた逆オパール型難黒鉛化炭素材料の作成と電極/電解質界面のナノ構造制御”、第 54 回高分子学会年次大会(パシフィコ横浜)、平成 17 年 5 月 26 日
  5. 本田崇、南條さやか、田畑誠一郎、渡邊正義“イオン液体をゲル化させたイオンゲルを用いた大気下作動アクチュエータの特性に及ぼす電極炭素材料の影響”、第 54 回高分子学会年次大会(パシフィコ横浜)、平成 17 年 5 月 27 日
  6. 福島達郎、西尾和之、益田秀樹、電解コンデンサ用 Al 箔のトンネルピット配列制御,第 22 回 ARS コンファレンス,青森,平成 17 年 11 月 2 日
  7. 奥田さやか、獨古 薫、金村聖志、“ニッケル水素二次電池用三次元規則配列 Ni 多孔体の作製”、電気化学会第 73 回大会(首都大学東京・南大沢キャンパス),平成 18 年 4 月 1 日.
  8. 木下高志、獨古 薫、金村聖志、“ポリスチレンビーズを鋳型とするリチウム二次電池用合金負極の作製”、電気化学会第 73 回大会(首都大学東京・南大沢キャンパス),平成 18 年 4 月 1 日.
  9. 木藤 広樹、山内 悠輔、瀬畑 隆佑、門間 聰之、黒田 一幸、逢坂 哲彌、“メソポーラス金属触媒を形成した  $\mu$ DMFC の発電特性”、電気化学会第 73 回大会(首都大学東京・南大沢キャンパス),平成 18 年 4 月 2 日.
  10. 禹 相昱・中野 広幸・獨古 薫・金村 聖志、“3 次元規則配列多孔構造を有する  $\text{LiCoO}_2$  正極の作製”、第 25 回エレクトロセラミックス研究討論会(東京工業大、東京),平成 18 年 10 月 27 日.
  11. 笹島 慶二・棟方 裕一・金村 聖志、“3DOM シリカコンポジット電解質膜のプロトン伝導性”、第 25 回エレクトロセラミックス研究討論会(東京工業大、東京),平成 18 年 10 月 27 日.
  12. 中田奈都子、獨古 薫、中野広幸、金村聖志、“カーボン単粒子電極のリチウムインターカレーション挙動”、電気化学会第 74 回大会(東京理科大学理工学部)平成 19 年 3 月 29 日.
  13. 峰 良行、千葉 裕、獨古 薫、中野広幸、金村聖志、“リチウム二次電池用コンポジット電極・電解液界面のその場赤外吸収法による観察”電気化学会第 74 回大会(東京理科大学理工学部)平成 19 年 3 月 29 日.
  14. 金ジャンディ、清水貴弘、門間聰之、逢坂哲彌、“陰イオン交換膜を用いたパッシブ直接メタノール型燃料電池の触媒層の作製”、電気化学会第 74 回大会(東京理科大学理工学部)平成 19 年 3 月 29 日.
  15. 丸山 剛、中野 広幸、獨古 薫、金村 聖志、“マイクロエマルジョン法による  $\text{LiCoO}_2$  微粒子の合成と電気化学評価”、日本セラミックス協会第 20 回秋季シンポジウム(名古屋工業大学),平成 19 年 9 月 13 日

#### 国際会議ポスター発表 26 件

1. Nao Akutagawa and Kiyoshi Kanamura, “New Electrode System with Three Dimensionally Ordered Structure using  $\text{Li}^+$  Ion Conductor”, International Meeting on Lithium Batteries (Nara, Japan), 平成 16 年 7 月 1 日
2. Tadashi Matsushita, Kiyoshi Kanamura, “In situ FTIR Measurement for Electrochemical Oxidation of Electrolyte with ethylene carbonate and diethyl carbonate on Cathode Active Material Used in Rechargeable Lithium Batteries.”, International Meeting on Lithium Batteries(Nara, Japan), 平成 16 年 6 月 29 日
3. Keisuke Shiraishi and Kiyoshi Kanamura, “Formation of Impurities on Phospho-olivine

- LiFePO<sub>4</sub> during Hydrothermal Synthesis”, International Meeting on Lithium Batteries (Nara, Japan), 平成 16 年 7 月 1 日
4. H. Mukaibo, T. Sumi, T. Yokoshima, T. Momma, and T. Osaka, “Structural and morphological differences in the cycled Electro-Deposited Sn-Ni Alloy Lithium Ion Battery Anodes with different composition”, International Meeting on Lithium Batteries (Nara, Japan), 平成 16 年 7 月 1 日
  5. Seiichiro Tabata, Masayoshi Watanabe, “Synthesis of Three-Dimensionally Macroporous Hard Carbon Derived from a Polymer Resin Precursor and Their Characterization as Electrode Materials” International Meeting on Lithium Batteries (Nara, Japan), 平成 16 年 7 月 1 日
  6. Hitoshi Shobukawa, Hiroyuki Tokuda, Masayoshi Watanabe, “Ion Transport Properties of Lithium Ionic Liquids and Ion Gels”, International Meeting on Lithium Batteries (Nara, Japan), 平成 16 年 7 月 1 日
  7. Jun-ichi Sugaya, Kaoru Dokko, Hirokazu Munakata, Jun-ichi Hamagami, Takashi Takei, and Kiyoshi Kanamura, “PREPARATION OF MICRO-DOTS OF LiCoO<sub>2</sub> AND Li<sub>4</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>12</sub> ON FLAT SUBSTRATES FOR MICRO LITHIUM BATTERIES”, 5th International Symposium on ELECTROCHEMICAL MICRO & NANOSYSTEM TECHNOLOGIES (早稲田), 平成 16 年 9 月 29 日 ~ 10 月 1 日
  8. Shinji Motokawa, Hiroki Kitoh, Masanori Ishizuka, Mohamed Mohamedi, Toshiyuki Momma, Shuichi Shoji, Tetsuya Osaka, “MEMS-based new concept micro direct methanol fuel cell”, 5th International Symposium on ELECTROCHEMICAL MICRO & NANOSYSTEM TECHNOLOGIES (早稲田), 平成 16 年 9 月 29 日 ~ 10 月 1 日
  9. Takeshi Chiba, Hirokazu Munakata, Kaoru Dokko, Junichi Hamagami, Takashi Takei, and Kiyoshi Kanamura, “Preparation of Binder-free Porous Electrode of Li<sub>4</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>12</sub> for All Solid-state Rechargeable Lithium Battery”, 206th Meeting of The Electrochemical Society (ホノルル), 平成 16 年 10 月 3 日 ~ 8 日
  10. Jun-ichi Sugaya, Hirokazu Munakata, Kaoru Dokko, Jun-ichi Hamagami, Takashi Takei, and Kiyoshi Kanamura, “Preparation of Micro-Dot Electrodes of LiCoO<sub>2</sub> and Li<sub>4</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>12</sub> for Micro Rechargeable Lithium Batteries”, 206th Meeting of The Electrochemical Society (ホノルル), 平成 16 年 10 月 3 日 ~ 8 日
  11. Keigo Hoshina, Kaoru Dokko, Hirokazu Munakata, Junichi Hamagami, Takashi Takei and Kiyoshi Kanamura, “Fabrication of Thin Film Electrodes of Li-Ni-Mn-O Using PVP Sol-Gel Coating Method”, 206th Meeting of The Electrochemical Society (ホノルル), 平成 16 年 10 月 3 日 ~ 8 日
  12. Hiroki Nara, Manabu Ueda, Toshiyuki Momma, and Tetsuya Osaka, “Preparation of gel electrolyte using self-assembling diblockpolymer for lithium secondary battery”, 206th Meeting of The Electrochemical Society (ホノルル), 平成 16 年 10 月 3 日 ~ 8 日
  13. Jun-ichi Hamagami, Kazuhiro Hasegawa and Kiyoshi Kanamura, “Micro-Electrophoretic Assembly of Monodispersed Colloidal Microspheres”, International Symposium on Inorganic and Environmental Materials 2004 (ISIEM2004), 平成 16 年 10 月 20 日
  14. Seiichiro Tabata, Masayoshi Watanabe “Synthesis of Inverse Opal Carbon Materials and Characterization of Their Electrochemical Properties”, 3rd International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT 2005) & 9th International Conference on Advanced Materials (ICAM 2005) (Suntec Singapore International Convention and Exhibition Centre, Singapore), 平成 17 年 7 月 3 日.
  15. Kaoru DOKKO, Keigo HOSHINA, and Kiyoshi KANAMURA “Preparation of TiO<sub>2</sub> Thin Film Electrode on Li<sub>1+x</sub>Al<sub>x</sub>Ti<sub>2-x</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> Solid Electrolyte”, 5th International Symposium on Inorganic Phosphate Materials '05 (Kasugai, Aichi), 平成 17 年 9 月 7 日.
  16. Seiichiro Tabata, Yosuke Saito, Masayoshi Watanabe “Electrochemical Properties of Inverse Opal Carbon”, The 56th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry (ISE 2005) (Busan Exhibition & Convention Center, Korea), 平成 17 年 9 月 25 日.
  17. Kaoru Dokko, Keisuke Shiraishi, Shohei Koizumi, and Kiyoshi Kanamura, “Hydrothermal

- Synthesis of  $\text{LiFePO}_4$  under Inert Atmosphere” The 208th Meeting of the Electrochemical Society (LA, USA), 平成 17 年 10 月 18 日.
18. Hiroyuki Tokuda, Masayoshi Watanabe, “Ionicity of Room Temperature Ionic Liquids: A Parameter Controlling Physicochemical Properties”, The 231th ACS National Meeting & Exposition (Atlanta, GA, U. S. A.), 平成 18 年 3 月 26 日.
  19. K. Kanamura, S. Koizumi, K. Dokko, “Hydrothermal Synthesis of  $\text{LiFePO}_4$  as a Cathode Material for Lithium Batteries” ISHR&ICSTR2006 (SENDAI, JAPAN), 平成 18 年 8 月 6 日.
  20. Kaoru Dokko, Keigo Hoshina, Kiyoshi Kanamura, “Preparation of  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  Thin-film Electrode on  $\text{Li}_{1+x}\text{Al}_x\text{Ti}_{2-x}(\text{PO}_4)_3$  NASICON-Type Solid Electrolyte”, International Meeting on Lithium Batteries 2006 (Biarritz, France), 平成 18 年 6 月 18-23 日.
  21. H. Mukaibo, T. Momma, Y. Shacham-Diamand, T. Osaka, “In-situ Stress Transition Measurement of Ni-Sn Alloy during its Reaction with Li”, International Meeting on Lithium Batteries 2006 (Biarritz, France), 平成 18 年 6 月 18-23 日.
  22. Yuichi Kato, Takashi Honda, Hisashi Kokubo, Masayoshi Watanabe, “Effect of ionic liquid structures on the performance of EAP actuators using ion-gel electrolytes” Hokkaido University-AIST collaborative conference (Akihabara, Tokyo), 平成 18 年 5 月 31 日.
  23. K. Kanamura, M. Otani, H. Munakata, “PREPARATION OF 3DOM Ni-YSZ ANODE FOR INTERMEDIATE TEMPERATURE SOLID OXIDE FUEL CELLS”, 16th International Conference on Solid State Ionics (Shanghai Worldfield Convention Hotel, Shanghai, China), 平成 19 年 7 月 3 日
  24. Yusuke Isshiki, Seiichiro Tabata, and Masayoshi Watanabe, “Charge and Discharge Behavior of Lithium Ions for Inverse Opal Carbon Electrodes”, 58th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry (The Banff Centre, Banff, Canada), 平成 19 年 9 月 9 日.
  25. Yusuke Isshiki, Seiichiro Tabata, Masayoshi Watanabe, “Preparation and Electrochemical Properties of Inverse Opal Carbons Infiltrated with an Ionic Liquid”, 2nd International Congress on Ionic Liquids (COIL-2) (Pacifico Yokohama, Japan) 平成 19 年 8 月 9 日.
  26. Yuichi Kato, Hisashi Kokubo, Masayoshi Watanabe, “Response of EAP actuators using ion-gel electrolytes”, 2nd International Congress on Ionic Liquids (COIL-2) (Pacifico Yokohama, Japan) 平成 19 年 8 月 9 日.

#### (4)特許出願

##### 国内出願 (10 件)

1. 発明の名称:メソポーラス金属及びその製造方法 (特開 2004-263242)  
 発明者:黒田一幸, 逢坂哲彌, 門間聰之, 横島時彦, 滋野哲郎  
 出願人:早稲田大学, 科学技術振興事業団  
 出願日:平成 15 年 2 月 28 日 (公開日:2004.9.24)  
 出願番号:2003 - 54382
2. 発明の名称:カーボンナノチューブを用いる電気二重層キャパシタ用材料 (特開 2005-79505)  
 発明者:福島孝典, 相田卓三, 渡邊正義  
 出願人:科学技術振興事業団  
 出願日:平成 15 年 9 月 3 日 (公開日:2005.3.24)  
 出願番号:2003 - 311270
3. 発明の名称:燃料電池及びその製造方法 (特開 2005-197188)  
 発明者:逢坂哲彌, 庄子習一, 門間聰之, 本川慎二  
 出願人:早稲田大学, 北辰工業, 東京応化工業

出願日:平成16年1月9日(公開日:2005.7.21)  
出願番号:2004-4736  
基本特許(MEMS技術を用いたマイクロ燃料電池)

4. 発明の名称:多孔質炭素材料(特開2005-262324)  
発明者:渡邊正義,田畑誠一郎  
出願人:(株)横浜TLO  
出願日:平成16年3月16日  
出願番号:2004-73698  
基本特許(三次元規則配列多孔質炭素材料の製法)
5. 発明の名称:多孔性導電性ポリマー(特開2005-320396)  
発明者:渡邊正義,斎藤陽介,田畑誠一郎  
出願人:横浜国立大学  
出願日:平成16年5月7日  
出願番号:2004-138106
6. 発明の名称:箔およびその製造方法(特開2006-124805)  
発明者:益田秀樹,西尾和之,福島達朗  
出願人:独立行政法人 科学技術振興事業機構  
出願日:平成16年10月29日  
出願番号:2004-317216  
基本特許(キャパシタ用多孔性アルミ電極、トンネルピット配列)
7. 発明の名称:金属製の多孔質負極及びそれを用いたリチウム二次電池(特開2006-260886)  
発明者:金村聖志,獨古薫,伴明彦  
出願人:独立行政法人 科学技術振興事業機構  
出願日:平成17年3月16日  
出願番号:2005-74936
8. 発明の名称:多孔質固体電極及びそれを用いた全固体リチウム二次電池(特開2006-260887)  
発明者:金村聖志,獨古薫,芥川奈緒  
出願人:独立行政法人 科学技術振興事業機構  
出願日:平成17年3月16日  
出願番号:2005-74937  
基本特許(全セラミックス固体電池)
9. 発明の名称:電気化学キャパシタ(特開2006-286803)  
発明者:渡邊正義,田畑誠一郎,相田平  
出願人:横浜国立大学,ダイハツ工業(株)  
出願日:平成17年3月31日  
出願番号:2005-102778
10. 発明の名称:プロトン伝導性コンポジット型電解質膜及びその製造方法  
発明者:金村聖志,棟方裕一,笹島慶二,竹川寿弘,大井亮  
出願人:首都大学東京,日産自動車  
出願日:平成18年11月17日  
出願番号:2006-311293

海外出願 (0 件)  
該当なし

(5)受賞等  
受賞

1. 受賞： Young Scientist Award (The 8th IUMRS International Conference on Advanced Materials (IUMRS-ICAM2003))  
受賞者： 横浜国立大学 徳田浩之  
理由： Ion Transport Properties and Structures of Room-Temperature Ionic Liquids  
受賞日：平成 15 年 10 月 12 日
2. 受賞： 進歩賞 (富士裾野 21 世紀フォーラム)  
受賞者： 横浜国立大学 田畑誠一郎  
理由： コロイド結晶テンプレート法を用いた逆オパール構造を持つ炭素材料とその機能  
受賞日：平成 17 年 1 月 21 日
3. 受賞： Research Award (The Electrochemical Society (ECS), Energy Technology Division)  
受賞者： 首都大学東京 金村聖志  
理由： Advanced Materials Chemistry for Solid-State Rechargeable Lithium-Ion Battery and New Polymer Electrolyte Fuel Cell  
受賞日：平成 17 年 5 月 18 日
4. 受賞： 電気化学会学術賞  
受賞者： 横浜国立大学 渡邊正義  
理由： 高分子電気化学に関する研究  
受賞日：平成 18 年 4 月 2 日.
5. 受賞： 平成 17 年度高分子学会賞  
受賞者： 横浜国立大学 渡邊正義  
理由： 機能性高分子イオニクス材料の設計と創成  
受賞日：平成 18 年 5 月 25 日
6. 受賞： 電気化学会 電池技術委員会賞  
受賞者： 横浜国立大学 徳田浩之  
理由： リチウム塩のデザインによる電解質の機能化  
受賞日：平成 18 年 11 月 21 日.  
(注：徳田氏は現在、三菱化学に在籍しているが、徳田氏が CREST 研究員として横浜国立大学で行った研究内容に対して電池技術委員会賞が授与された。)
7. 受賞： 電気化学会 進歩賞・佐野賞  
受賞者： 首都大学東京 獨古 薫  
理由： マイクロ電極法によるリチウムインターカレーション材料の電気化学的研究  
受賞日：平成 19 年 3 月 30 日.
8. 受賞： Electrochemistry Communications Award 2007  
受賞者： 早稲田大学 門間聰之  
理由： Electrochemistry Communications 誌に掲載された門間氏の論文“MEMS-based design and fabrication of a new concept micro direct methanol fuel cell ( $\mu$ -DMFC)”, *Electrochemistry Communications*, Vol. 6, pp. 562-565 (2004) が Electrochemistry Communications 誌に 2004 年に掲載された全論文中で引用回数

が第一位であった。  
受賞日：平成 19 年 7 月

#### 新聞報道

1. 掲 載： Chemical & Engineering News “Ionic Liquids for Fuel Cell Electrolytes”  
発表者：横浜国立大学 渡邊正義  
掲載日：平成 15 年 4 月 21 日
2. 掲 載：日刊工業新聞「全固体型リチウム電池用電解質・電極複合体を提案」  
発表者：東京都立大学 金村聖志  
掲載日：平成 15 年 5 月 2 日
3. 掲 載：日経産業新聞「人工筋肉 1.5 ボルトで作動」  
発表者：横浜国立大学 渡邊正義  
掲載日：平成 16 年 5 月 25 日
4. 掲 載：化学工業日報「高分子アクチュエータ・大気下で駆動可能」  
発表者：横浜国立大学 渡邊正義  
掲載日：平成 16 年 5 月 31 日
5. 掲 載：日経産業新聞「微小粒子を精密配列、都立大、電池などに利用」  
発表者：東京都立大学 金村聖志  
掲載日：平成 16 年 11 月 11 日
6. 掲 載：日経産業新聞「燃料電池の出力向上」  
発表者：首都大学東京 金村 聖志, 棟方 裕一  
掲載日：平成 18 年 7 月 28 日
7. 掲 載：日経産業新聞「リチウム電池向け電解質 セラミックスで開発」  
発表者：首都大学東京 金村 聖志  
掲載日：平成 18 年 8 月 22 日
8. 取材協力：日本経済新聞「ソニー、ブランドに打撃 ソニー「パソコン側も影響」見解に開き」  
発表者：首都大学東京 金村 聖志  
掲載日：平成 18 年 8 月 26 日
9. 掲 載：日本経済新聞「リチウム電池素早く充放電」  
発表者：首都大学東京 金村 聖志  
掲載日：平成 18 年 9 月 1 日
10. 掲 載：日経産業新聞「蓄電装置容量 1.5 倍 横国大が新技術電極に小さな穴」  
発表者：横浜国立大学 渡邊 正義  
掲載日：平成 18 年 12 月 1 日
11. 取材協力：毎日新聞「発熱・発火 信頼揺らぐ」  
発表者：首都大学東京 金村 聖志  
掲載日：平成 18 年 12 月 20 日
12. 掲 載：化学工業日報「電気泳動法を用いて電極触媒層を構築」  
発表者：首都大学東京 金村 聖志  
掲載日：平成 19 年 9 月 11 日

#### その他

1. テレビ放映：NHK サイエンス ZERO  
発表者：首都大学東京 金村聖志  
取材対応日：平成 19 年 9 月 7 日

放映日:平成 19 年 10 月 13 日

## 7 研究期間中の主な活動(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
H15.10.29	チーム内打ち合わせ	横浜国立大学	30名	金村チーム内で CREST 研究の進捗報告会を行った。CREST 研究に参加している大学院生を中心に研究発表が行われた。
H16.4.17	チーム内打ち合わせ	早稲田大学	50名	金村チーム内で CREST 研究の進捗報告会を行った。CREST 研究に参加している大学院生を中心に研究発表が行われた。
H16.7.23	チーム内打ち合わせ	首都大学東京	50名	金村チーム内で CREST 研究の進捗報告会を行った。CREST 研究に参加している大学院生を中心に研究発表が行われた。
H16.9.17-19	日本セラミックス協会第17回秋季シンポジウム	北陸先端科学技術大学院大学	30名	セッション「高度エネルギー変換材料の進展」で金村チームの研究報告を行った。
H17.8.11	オンサイトミーティング首都大学東京	首都大学東京	90名	CREST 藤嶋領域の研究の進捗状況報告
H18.6.10	チーム内ミーティング	首都大学東京	50名	金村チーム内で CREST 研究の進捗報告会を行った。CREST 研究に参加している大学院生を中心に16件の研究発表が行われた。
H18.9.3-5	第6回リチウムイオン電池に関する日仏合同セミナー	山梨県河口湖町(フィットリゾートクラブ)	48名	金村聖志教授がセミナーの代表世話人をつとめた。リチウム二次電池に関連する研究を行っている日本とフランスの研究者が研究発表(40件)を行い、交流を深めた。
H19.6.23	チーム内ミーティング	首都大学東京	50名	金村チーム内で CREST 研究の進捗報告会を行った。CREST 研究に参加している博士研究員を中心に11件の研究発表が行われた。

## 8 研究成果の展開

### (1)他の研究事業への展開

#### 1. 横浜国立大学 渡邊正義

文部科学省科学研究費補助金 特定領域研究 「ブレークスルーを生み出す次世代アクチュエータ研究」の公募研究で研究課題「イオン液体を包括させた高分子アクチュエータ材料の開発」(平成 17 年度～18 年度)が採択された。CREST 研究で開発したイオンゲルを用いてソフトアクチュエータを開発し、この研究を発展させた。

#### 2. 横浜国立大学 小久保 尚

文部科学省科学研究費補助金 特定領域研究 「ブレークスルーを生み出す次世代アクチュエータ研究」の公募研究で研究課題「高分子のゲル化挙動を利用したイオンゲルアクチュエータ材料の創製」(平成 19 年度～20 年度)が採択された。CREST 研究で開発したイオンゲルを用いてソフトアクチュエータを開発し、この研究をさらに発展させている。

#### 3. 首都大学東京 金村聖志

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発 / 次世代技術開発」の公募において、首都大学東京の金村聖志教授が研究代表者となる研究課題「構造規制型新規金属負極の研究開発」(研究期間：平成 19 年度から平成 21 年度)が採択された。CREST 研究で 3 次元規則配列多孔構造を有する合金電極の作製方法を確立したが、この技術を用いて次世代自動車用高性能リチウム二次電池の負極材料の研究開発を行う。

#### 4. 横浜国立大学 渡邊正義

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 「次世代蓄電システム実用化戦略的技術開発 / 次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発 (次世代技術開発)」の公募において、横浜国立大学の渡邊正義 教授が研究代表者となる研究課題「リチウムイオン液体を用いた安全性と高性能を兼ね備える蓄電システム構築」(平成 19 年度～平成 21 年度)が採択された。CREST 研究でリチウムイオン液体に関して基礎研究を行ったが、この研究成果を基に次世代自動車用に安全性に優れたリチウム二次電池に関して研究開発を行う。

#### 5. 首都大学東京 獨古 薫

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 「平成 19 年度産業技術研究助成事業」の公募において、首都大学東京の獨古 薫 助教が研究代表者となる研究課題「多重階層ポーラスカーボンを用いた高容量電気化学キャパシタの開発」(研究期間：平成 19 年度から平成 21 年度)が採択された。CREST 研究で 3 次元規則配列多孔構造を有する炭素材料を開発したが、この炭素材料を電気化学キャパシタ用電極材料として用いることにより、高容量なハイブリッドキャパシタの開発を行う。

### (2)実用化に向けた展開

ポリマー電解質を用いた全固体型リチウム電池に関して、首都大学東京の金村グループと企業との共同で実用化研究を実施し、事業化に向けた研究開発に移行しつつある。セラミックス固体電解質を用いた全固体リチウム電池に関する研究では、電極の三次元化を行うことにより電池の出力を改善することで小型の全固体型リチウム電池の実現を視野に入れることができた。この結果を基に、全セラミックス電池に関する実用化研究を首都大学東京の金村グループと企業との共同研究の形で開始することができた。無機固体電解質を用いた全固体型リチウム二次電池の開発に関して日本ガイシと首都大学東京が共同研究を実施している。

横浜国立大学と日産自動車株式会社は 2006 年 2 月包括提携を締結した。エネルギー変換材料に関しては基礎研究の成果が迅速に応用展開できる体制が整った。また、イオンゲルを用いたアクチュエータに関しては、企業が実用化に興味を示し、現在実用化を目指した

プロジェクト提案を行っている。

## 9 他チーム、他領域との活動とその効果

### (1) 領域内の活動とその効果

金村チームと山木チームとは研究領域が近く、お互いに良い刺激になり研究進捗が加速された。山木チームの山木準一教授と首都大学東京でリチウム二次電池正極材料のナノ粒子の研究開発状況、さらには、電池作動時のシミュレーションについて議論を行った。これがきっかけとなって、首都大学東京においても電池充放電の数値シミュレーションに関して検討を開始した。

### (2) 領域横断的活動とその効果

門間グループは「環境保全のためのナノ構造制御触媒と新材料の創製(御園生領域)」の黒田チームと共同し連日の頻繁な打ち合わせと協調体制により、メソポーラス合金の合成手法の開拓を極めて短期間で行い、合成されたメソポーラス金属の構造評価も合同して行った。

また、金村チームの主要構成メンバーが平成19年10月1日に九州大学筑紫キャンパスで開催された領域横断会議に参加し、九州大学の山木チーム(藤嶋領域)、持田チーム(御園生領域)と情報交換を行った。特に、高性能リチウム二次電池の材料開発について有意義な意見交換ができた。

## 10 研究成果の今後の貢献について

### (1) 科学技術の進歩が期待される成果

#### [金村グループ]

金村グループでは、リチウムイオン伝導性セラミックス(固体電解質)の三次元多孔体を作製し、この多孔性電解質内部に電極活物質(正極あるいは負極材料)を充填することにより、三次元規則配列複合構造を有する全固体リチウム二次電池に関する研究開発を行った。テンプレート法を用いてリチウムイオン伝導性セラミックスを作製し、この三次元多孔体中に電極活物質をゾル-ゲル法あるいは溶媒置換法により充填し、三次元規則配列複合構造体を作製した。得られた複合電極がリチウム電池用電極として機能することを明らかにした。本研究で、セラミックス材料同士をナノレベルで3次元的に規則正しく配合する手法を確立したと言える。このようなセラミックス材料同士のナノレベルでの複合構造の形成に関してはこれまでほとんど研究例がなかったが、本研究をさらに発展させることにより、この方法が全固体デバイスを作製する上で重要な技術になり得る。

また、金村グループでは、シリカ多孔体と高分子電解質を三次元規則配列複合構造化することによりダイレクトメタノール燃料電池用新規プロトン伝導性固体電解質膜の作製を行い、メタノール透過が既存膜の200分の1以下の膜開発に成功した。これは、マイクロサイズからナノサイズへの連続的な材料設計を実際に行った結果であり、新しい材料創製の戦略を提案するものであり、非常に興味深い。また、スルホン化したシリカ多孔体を用いたコンジット膜が、導入したスルホン酸基量に比べて二桁以上大きな伝導性の向上することを見出した。これは、シリカと電解質の界面に新規なプロトン伝導パスが形成されたことを示唆している。つまり、界面近傍のナノ領域を制御する技術であり材料化学の立場から非常に興味深い成果である。この界面伝導パスは低温あるいは中温無加湿といった環境下でのプロトン伝導の切り札となる可能性があり、今後さらなる研究展開が期待できる。

本研究グループで行った三次元規則配列多孔体や複合構造体に関する研究、特にセラミックス材料に関する研究は、これまでは困難とされていた三次元的空間においてセラミックス造形が可能であることを示したもので、いろいろな研究に波及効果を及ぼした。新しい材料化学の基礎あるいはブレークスルーとなる技術の提案が今回のプロジェクト研究を

通じて行うことができた。このことは、最近の国際会議での招待講演依頼やマスコミからの取材状況からも明らかである。

#### [渡邊グループ]

リチウムイオンは小さく静電力が強く働くため、一般にリチウム塩の融点は非常に高い。渡邊グループではアニオン骨格中に電子吸引基と共にリチウムイオン配位性を持つエーテル構造を導入することにより、室温で液体のリチウム塩(すなわちリチウムイオン液体)を創製することに成功した。これは CREST 期間内におけるイオン液体およびイオンゲル中のイオンダイナミクスに関する基礎研究とアニオン設計の方法論の蓄積により実現できた成果である。

また、渡邊グループでは、超強プロトン酸である HTFSI と種々の有機アミンとを混合することで、プロトン酸 - 塩基中和反応によりイオン液体が形成されることを確認した。ここで、アミン過剰の濃度域においてプロトン化されたアミンや TFSI アニオンの拡散(Vehicle Mechanism)のみならず、アミン分子間での迅速なプロトン交換(Grotthuss Mechanism)も発現することを明らかにした。本系は白金電極上での水素と酸素の酸化あるいは還元に対して活性を有しており、無加湿中温領域(100~130°C)で H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> 燃料電池としての発電特性を示すことを世界で初めて見出した。

#### [益田グループ]

半導体単結晶の電解エッチングによるトンネル状ピットの高規則配列の形成例は、ポーラス Si に代表されるように数多くあるが、金属材料では益田グループによる Al 箔への高規則配列トンネルピットの作製が初めてである。益田グループでは、マスクを形成した Al 箔の表面に Cu を微量析出させることにより、電解エッチング時にトンネルピットの深さ方向の成長が促進されることが見出した。Cu がトンネルピットの高密度均一成長をもたらすメカニズムは明らかではないが、今後更なる研究展開が期待できる。

#### [門間グループ]

門間グループでは、電気化学的エネルギー変換デバイス用新規電極材として、大きな反応場面積と集電構造を併せ持つメソポーラス金属電極の合成手法を開発した。本検討では、従来にない極めて高い規則性を持つメソ構造金属体を実現した。また、金属種を変えることによるさまざまな金属由来の特徴ある表面・界面をもつ高い電極材料の開発を可能とした。さらに、合成されたメソポーラス金属構造・形状の基礎的評価より、金属ナノ粒子成長メカニズムに関する知見を得ることができた。

### (2)社会・経済の発展が期待される成果

本プロジェクトでは、電気化学エネルギー変換デバイス(リチウム二次電池、燃料電池、キャパシタ)を全固体系で創製することで、新しい市場を開拓し未来社会への貢献を目指し研究を推進した。本プロジェクトの研究成果としては、全固体電池を搭載した電気自動車あるいは携帯電話に代表される携帯機器の実用化、さらにはこれまでに電池が使用されなかった分野での電池使用による市場拡大などが期待される。

セラミックス固体電解質を用いた全固体型リチウム二次電池に関しては、今後、電極の三次元化を行うことにより電池の出力を改善することで小型の全固体型リチウム電池の実現を視野に入れることができた。この結果を基に、全セラミックス電池に関する実用化研究を企業との共同研究の形で開始することができた。さらに、ポリマー電解質を用いた全固体型リチウム二次電池に関しては、企業と共同で実用化研究を実施し、事業化に向けた研究開発に移行しつつある。本プロジェクトで研究開発を行ってきた固体電池は、現在社会問題となっている電池の安全性に大きく資するものであり社会に与えたインパクトは大きい。

また、本研究で開発した三次元規則配列複合構造を有する燃料電池用プロトン伝導性コンポジット膜はダイレクトメタノール形燃料電池（DMFC）用の電解質膜として Nafion<sup>®</sup>膜の 137 倍の膜性能を有している。このコンポジット膜を用いることにより、DMFC の飛躍的な出力向上が期待できる。

本プロジェクトで基礎的研究を行ってきたイオン液体やイオンゲルは蒸気圧が非常に低く、不燃性であることから安全性に優れるリチウム二次電池電解質として非常に有望である。これらの研究によりイオン液体のリチウム二次電池における重要性を社会に向け発信することができた。その結果、多くの研究者によりイオン液体に関する研究が行われるようになったことは意義深い。

重要なエネルギーデバイスのひとつである AI 電解コンデンサ用の電極箔の開発に関しては 2 ミクロン周期の高規則ピット配列を得ることに成功し、理想容量を達成する幾何学形状を有する AI トンネルピット配列の形成が可能となった。この成果は AI 電解コンデンサの高容量化・高出力化に資する成果である。

また、本プロジェクトで開発したチップ状のマイクロ DMFC やマイクロリチウム二次電池は今後  $\mu$ -TAS やマイクロセンサ等への応用も期待でき、新たな複合マイクロデバイスの登場を予感させる。

本プロジェクトの派生技術であるが、イオンゲルを用いたソフトアクチュエータは大気圧で  $\pm 1.5V$  という低電圧で駆動できることから、将来的に人工筋肉などへの応用も期待でき、今後の更なる展開が期待できる。

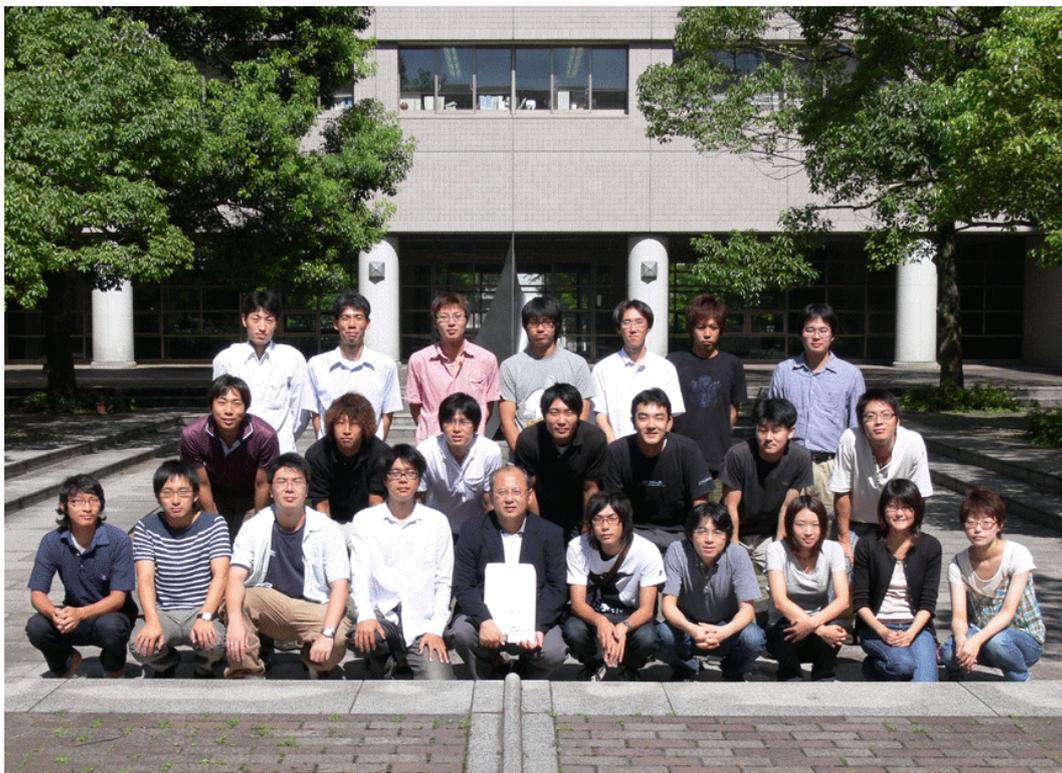
## 11 結び

5 年間の研究を通じて、本研究課題の基本的な考え方である電気化学エネルギー変換材料のナノ構造制御とナノ複合化の重要性を実践的に示すことができた。本研究により、セラミックス系材料、ポリマー系材料、金属系材料、炭素系材料など様々な材料の高次規則配列多孔体作製技術を確立することができた。本研究で確立した様々な多孔材料の作製プロセスは電池分野に限らず広く応用が可能な技術であり、今後の展開が期待される。

また、規則配列多孔体の内部に異なる（必要とされる）機能を有する物質を充填・複合化することにより、様々な高次規則配列複合構造体を作製した。多孔体に充填する物質として、セラミックス微小粒子やポリマー電解質、イオン液体、イオンゲルなどの新規材料を開発し、これらの材料の物性について基礎研究も推進した。その結果、科学的にも重要な成果をいくつか残すことができたものと考えている。

さらに、本研究で開発された高次規則配列複合構造体を用いて、全固体型リチウム二次電池、燃料電池、キャパシタ、ソフトアクチュエータなどの電気化学エネルギー変換デバイスの開発を行い、原理の検証を行った。これにより、これまでには考えられなかった新規電気化学デバイスの構築が可能となりつつある。研究成果の発表については、金村チーム全体で 5 年間で発表論文（査読つき）125 報、特許出願 10 件であり、電池、燃料電池、キャパシタの各分野で存在感を十分に示すことができた。また、本研究を通じて、電気化学エネルギー変換材料のナノ・マイクロ構造制御の重要性を明確に示した点で社会的な意義は大きいものとする。

CREST 金村チーム研究参加者 写真集



『首都大学東京 金村グループ』



『横浜国立大学 渡邊グループ』



『首都大学東京 益田グループ』



『早稲田大学 門間グループ』