

# 戦略的創造研究推進事業 CREST

研究領域「ナノ科学を基盤とした革新的製造技術の創製」

研究課題「ソリューションプラズマ反応場の自律制御化とナノ合成・加工への応用」

## 研究終了報告書

研究期間 平成 18年 10月～平成 24年 3月

研究代表者:高井 治  
(名古屋大学工学研究科、教授)

## § 1 研究実施の概要

### (1) 実施概要

本研究の目的は、新しい反応場であるソリューションプラズマに関し、その基盤を確立するとともに、革新的な製造技術のシーズを示すことにある。この目的を達成するために、「【A】ソリューションプラズマ場形成」、「【B】ソリューションプラズマ計測」、「【C】ナノ微粒子合成・加工」、「【D】ナノ微粒子反応場計測」、「【E】ナノ微粒子合成装置・EPD ナノ微粒子パターンニング装置の実用化プロトタイプ開発」(【E1】金属-空気電池用正極材料の開発、【E2】セルロースの分解、【E3】有機・無機コンポジット材料合成、【E4】ナノ微粒子合成装置のプロトタイプ機の開発)について研究を実施した。【E】については、当初予定しえない成果創出にともない、ナノ製造分野へのソリューションプラズマ応用に向け、探索および選択と集中をはかり進めた。

名大グループでは、東京理科大グループとともに、ソリューションプラズマ反応場の分析として、コヒーレントアンチストークスラマン分光、時間分解顕微分光分析によるプラズマ診断を行い、ソリューションプラズマ中の電子温度・密度、反応過渡種の時間変化を明らかにした。発光分光分析の結果より、ソリューションプラズマが水中でのグロー放電であることを世界で初めて示した。また、計測技術の深化にともない、ソリューションプラズマ反応場では「溶媒分子によるかご効果」による断熱圧縮過程が重要であり、本反応場の特異性・新規性の要因となっていることを提案した。この結果は、ソリューションプラズマによる金ナノ粒子の結晶性が、化学還元法で作製した金ナノ粒子と比較し、多重双晶が極めて多い割合であることと合理的に結びつく。さらに、東北大グループでは、水中のプラズマに対するプローブ測定に世界で初めて成功し、水中での気泡形成から放電に至る過程において浮遊電位が特徴的な変化を示すことがわかった。この結果から、水中プラズマ中では、そのプラズマ中心では負の電位を有し、分子サイズの比較的大きなマイナスイオンが存在することが明らかとなった。つまり、OH<sup>-</sup>イオンや O<sub>2</sub><sup>-</sup>イオンなどが相当する。一方、気液界面に向け、プラス荷電粒子が増加する。一般的にプラス荷電粒子のモビリティが高いためと考えられる。水溶液中でのソリューションプラズマの場合は、H<sup>+</sup>イオンの移動が生じ、結果として、気液界面近傍での水素ラジカルの量も平衡論的な観点からも多くなることが理解できる。このことは、ソリューションプラズマの還元性が高い、あるいは、水素ラジカルが主反応種であることと一致する。また、正パルス時と負パルス時ではその特性が異なり、水中プラズマの電位構造及びそれに伴った荷電粒子の輸送特性が異なることを明らかにした。[A,B,C]

ソリューションプラズマの生成機構や特徴の明確化にともない、名大グループでは、かたちとサイズの制御の目標達成のため、究極に粒径が小さく、金属絶縁体遷移を示すナノ粒子(ここでは、ナノクラスターと呼ぶ)の大量合成をめざした。ここでは、グロー放電が実現していることを利用し、液中グロースパッタによる金属ナノクラスター大量合成プロセスを探索し、金属ナノクラスターの製造に成功した。プロジェクト発足当時には、本プロセスは予期しなかったが、ソリューションプラズマの本質の理解により、新たに生み出されたプロセスといえる。本プロセスでは、金または白金電極間で液中グロー放電を発生させることにより、粒径 1nm 程度のナノクラスターが分散した水溶液が作製できる。この金ナノクラスターは、金属絶縁体遷移した非金属性の金であり、粒子の直径に対し、電子状態、熱伝導といった諸物性が非線形的に変化する。金属の金では、触媒性能は低い、ナノクラスターでは触媒性も発現することが期待できる。電極の選択において、AuとPt電極の組み合わせからはAuPt合金ナノクラスターの存在も確認でき、合金ナノクラスターの簡便な製造方法に展開できることを示した。

実際に、合成したナノクラスター触媒は、市販の金属触媒より高い電極触媒活性を有することを電気化学的測定(サイクリックボルタグラム)を用いて明らかにした。さらに、カーボンブラック上に担持したナノクラスター触媒を陽極材料として金属空気電池システムを作製し、そのシステム性能を評価した。この結果、一度の充電により、1か月以上連続してLEDが点灯可能であることがわかった。充放電特性では、市販の陽極材料と比較して、充電電圧の低下と放電電圧の向上を同時に達成されている。[D,E]

また、当初計画では想定されていなかった新たな展開として、平成 21 年度から、ソリューションプラズマを用いた、セルロースの分解による低分子化の検証に着手した。MALDI-TOF

質量分析により、グルコースを主鎖とした分解物の存在を確認した。反応位置選択性が極めて高く、通常のラジカル反応のみでは解釈できない。プローブ測定で判明した、イオンシースの特異性が影響している。[F]

さらに、カーボンナノチューブ(CNT)をフィラーとする超軽量強化樹脂の作製の開発の一環として、ソリューションプラズマを用いた CNT の表面処理により、水溶液中に CNT が高濃度(10wt%以上)で分散した、水系 CNT ペーストを開発した。既報のプロセス(JP2010-24127)と比較して、10倍以上の高濃度分散化とプロセス時間の飛躍的な短縮化を同時に達成した(6h⇒10min)。熱可塑性樹脂中で CNT が高密度に均一分散したナノコンポジット材料を作製し、評価した結果、機械的強度・熱伝導性が大幅に向上することがわかった [G]。

上記、ナノ材料製造に向け、汎用的に使用できるソリューションプラズマ大容量化装置開発を進めた。単一の電源から複数の並列プラズマを形成可能とする、ナノ微粒子合成装置のプロトタイプ機の開発をおこなった。さらに、民間企業との共同研究により、本装置をベースとするラボ機を開発し、販売に至った[H]。

## (2) 顕著な成果

### 1. ナノ微粒子合成装置のプロトタイプ機の開発・販売

概要:ソリューションプラズマの大容量化をめざし、単一の電源から複数の並列プラズマを形成可能とする、ナノ微粒子合成装置のプロトタイプ機の開発をおこなった。さらに、民間企業との共同研究により、本装置をベースとするラボ機を開発し、販売に至った。

### 2. 電極を金属源とした金属ナノクラスターの大量合成プロセスの開発

概要:金または白金電極間で液中グロー放電を発生させることにより、粒径 1nm 程度の金属ナノクラスターが分散した水溶液の作製に成功した。

(X. Hu, S-P. Cho, O. Takai, N. Saito, Rapidly Synthesis and Structural Characterization of Well-defined Gold Clusters by Solution Plasma, *Crystal Growth and Design*, accepted.)

### 3. ラングミュアプローブによるソリューションプラズマ計測

概要:プローブ法によりソリューションプラズマを初めて計測し、その電位構造を明らかにした。

## § 2. 研究構想

### (1) 当初の研究構想

本研究の目的は、新しい反応場であるソリューションプラズマに関し、その基盤を確立するとともに、革新的な製造技術のシーズを示すことにある。この目的を達成するために、「【A】ソリューションプラズマ場形成」、「【B】ソリューションプラズマ計測」、「【C】ナノ微粒子合成・加工」、「【D】ナノ微粒子反応場計測」、「【E】ナノ微粒子合成装置・EPD ナノ微粒子パターンニング装置の実用化プロトタイプ開発」の研究を実施した。

### (2) 新たに追加・修正など変更した研究構想

①「【E】ナノ微粒子合成装置・EPD ナノ微粒子パターンニング装置の実用化プロトタイプ開発」の研究では、逐次研究構想の追加および修正を行い、【E1】金属・空気電池用正極材料の開発、【E2】セルロースの分解、【E3】有機・無機コンポジット材料合成、【E4】ナノ微粒子合成装置のプロトタイプ機の開発)に関する研究を実施した。【E】については、当初予定しえない成果創出にともない、ナノ製造分野へのソリューションプラズマ応用に向け、探索および選択と集中をはかり進めた。これらの研究構想における追加および修正を進めるにあたり、ソリューションプラズマ反応場では「溶媒分子によるかご効果」による断熱圧縮過程が重要であり、ソリューションプラズマによる金ナノ粒子の結晶性が、化学還元法で作製した金ナノ粒子と比較し、多重双晶が極めて多い点に大きくインスピレーションを得た。つまり、現象論的には、高速クエンチングがソリューションプラズマでは最も重要であり、反応開始から反応停止までの時間が極めて短い。このため、粒径が 10nm 前後の一般的なナノ粒子よりも、1nm 前後のナノクラスターの生成が制御性高く実現することが明らかとなった。本プロジェクトでは、かたちとサイズを制御する当初計画の中で、ナノ粒子からナノクラスターへ(より粒径を制御)の課題に研究構想の選択と集中をはかった。

②中間評価の結果を受け、当初目的を達成するために、適切な体制へ変更した。

### § 3 研究実施体制

#### (1)「高井」グループ

##### ① 研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
高井 治	名古屋大学	教授	H18.10～H.24.3
齋藤 永宏	名古屋大学	教授	H18.10～H.24.3
Bratescu Maria	名古屋大学	特任准教授	H18.10～H.24.3
御田村 紘志	名古屋大学 (就職のため離職)	研究員	H18.10～H20.12
近藤 絵理子	名古屋大学	技術補佐員	H19.2～H.24.3
Stepan Potocky	名古屋大学 (就職のため離職)	研究員	H19.4～H22.3
伊藤 恵子	名古屋大学(退職)	技術補佐員	H19.3～H20.3
金子 俊郎	東北大学	准教授	H19.3～H.24.3
Pavel Baroch	西ボヘミア大学	講師	H20.1～H.24.3
由井 宏治	東京理科大学	准教授	H20.4～H21.3
Panuphong Pootawang	名古屋大学 (韓国航空大に転出)	GCOE-RA	H20.4～H23.5
Miron Camelia	名古屋大学	RA	H20.4～H22.3
Gasidit Panomsuwan	名古屋大学	JST-RA	H21.4～H.24.3
稗田 純子	名古屋大学 (東北大学へ転出)	助教	H21.4～H23.3
白藤 立	名古屋大学 (共同研究者へ移行)	特任教授	H21.4～H.22.11
遠藤 洋史	名古屋大学 (東京理科大に転出)	特任助教	H20.12～H22.3
趙星彪	名古屋大学	特任准教授	H20.12～H.24.3
佐々 健介	名古屋大学	技術補佐員	H20.10～H.24.3
高橋 英昭	名古屋大学	技術補佐員	H20.5～H.24.3
李 京熙	名古屋大学	RA	H21.4～H22.3
石崎 貴裕	産業技術総合研究所 (名大より転出)	研究員	H22.4～H.24.3
寺島 千晶	名古屋大学	特任准教授	H22.10～H.24.3
田辺 郁	名古屋大学	研究員	H22.5～H.24.3
是津信行	名古屋大学	准教授	H23.4～H.24.3
上野智永	名古屋大学	助教	H23.4～H.24.3
羹 竣	名古屋大学	RA	H23.4～H.24.3

##### ② 研究項目

1. 電源開発
2. プラズマ反応場の形成
3. プラズマ場分光システムの構築
4. 上記分光データの計測および解析
5. Au 系ナノ微粒子合成
6. Cu,Pt,Fe 系ナノ微粒子合成

7. 有機無機コンポジット系への応用
8. セルロースの分解
9. EPD 微粒子パターンニング装置のプロトタイプ開発
10. ナノ微粒子合成装置のプロトタイプ機開発
11. ナノクラスター触媒

(2)「松田」グループ(平成 18 年 10 月～平成 22 年 3 月)

① 研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
松田 直樹	(独)産業技術総合研究所	グループリーダー	H18.10 ～ H22.3
二又 政之	(独)産業技術総合研究所 (埼玉大に転出)	主任研究員	H18.10 ～ H22.3
中島 達朗	(独)産業技術総合研究所	博士研究員	H18.10 ～ H22.3
中村 承平	(独)産業技術総合研究所 (松山大に転出)	博士研究員	H20.7 ～ H20.9
綾戸 勇輔	(独)産業技術総合研究所 (東京理科大に転出)	博士研究員	H20.7 ～ H22.3

② 研究項目

1. その場分析設備の整備
2. 金属ナノ粒子分析
3. 反応その場分析
4. 基板界面その場分析
5. 分光系の超高感度化

(3)「由井」グループ(平成 22 年 4 月～)

① 研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
由井 宏治	東京理科大学	准教授	H22.4 ～ H24.3

② 研究項目

1. その場分析設備の整備
2. 金属ナノ粒子分析
3. 反応その場分析
4. 基板界面その場分析
5. 分光系の超高感度化

(4)「白藤」グループ

① 研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
白藤 立	大阪市立大学	教授	H22.12 ～ H24.3

② 研究項目

1. プラズマ反応場の形成
2. ナノ微粒子合成装置のプロトタイプ機開発

## § 4 研究実施内容及び成果

### 4.1 ソリューションプラズマ場形成およびソリューションプラズマ計測

(名古屋大学 高井グループ)

#### (1)研究実施内容及び成果

#### 【ソリューションプラズマ反応場における溶液イオンの役割】

ソリューションプラズマ反応場の制御と解明のため、溶液中の反応で重要な役割を果たすと推測できる溶存酸素および溶質イオンのソリューションプラズマ反応場への影響について検討した。このことは、「ソリューションプラズマが還元場としてなぜ機能するのか？」ということと関係している。はじめに、溶液中に酸素あるいはアルゴンをバブリングし、溶存酸素濃度を制御した。次に、ソリューションプラズマを生成させ、発光分光分析を行った。この結果、溶存気体の存在により、プラズマ発光中心から発光分光により計測できる活性種の種類およびその量は変化しないことが明らかとなった。また、ソリューションプラズマにより溶液中に生成する過酸化水素の生成量についても顕著な違いは見られなかった。要約すれば、ソリューションプラズマ形成に対する溶存ガスや導入ガスの影響は小さいということになる。つまり、プラズマ生成に対しては、溶存気体に起因する気体ではなく、ジュール加熱により局所的に生成する  $\text{H}_2\text{O}$  のガス化が支配的な律速段階であることを示している。実際に、溶液の電気伝導率(イオン強度に関係)は、ジュール熱を増大させる効果があるため、絶縁破壊電圧やプラズマ安定性に大きく寄与する。また、後の実験により、ここでの  $\text{H}_2\text{O}$  のガス化反応は、まずは雲が形成するように液滴が形成し、続いてガス化する二段階過程であることが、由井グループにより明らかとされた。

さらに、溶液が窒素および酸素と接触する条件では、ソリューションプラズマの生成にともない pH が低下した。これは、プラズマ/液相界面での水素ラジカルと窒素および酸素の反応により、硝酸、亜硝酸が生成することに起因している。ここで、プラズマ中での窒素と酸素の反応でないことは、後の分光計測、プローブ計測から判明した。

一方、支持電解質である LiCl, NaCl, KCl 濃度を变化させてソリューションプラズマ反応場を形成すると、塩素イオン濃度の増加に伴い H ラジカルや OH ラジカルの発光分光における相対強度比が減少した。つまり、溶液中の塩素イオン濃度の増加により、プラズマ中の H ラジカルおよび OH ラジカル

は消失する(反応する)。これは、溶液の電気伝導率の上昇に伴い、イオン泳動による溶液エネルギー散逸が大きくなるためである。また、本実験では、溶液中アニオンに由来する発光スペクトルは、元素を変えた場合も観察されない、あるいは、微弱であった。一方、溶液中カチオンについては、発光分光により明瞭なスペクトルが観察できた。このことは、後に明らかとなったソリューションプラズマの浮遊電位がマイナスであることから、合理的な結果といえる。つまり、溶液中カチオンは、プラズマに向かって加速され、溶液中アニオンは溶液中に留まる。また、反応への寄与は、その単位質量あたりの電荷量にも依存し、一般的に大きいアニオンよりも小さいカチオンが反応に寄与することになる。このことは、ソリューションプラズマの反応場の制御の観点から、重要な知見を含んでいる。また、由井グループは、 $\text{H}_\beta$  ラインの時間分解分析から、ソリューションプラズマ中の電子密度の時間変化を世界ではじめてとらえることできた(図1)。

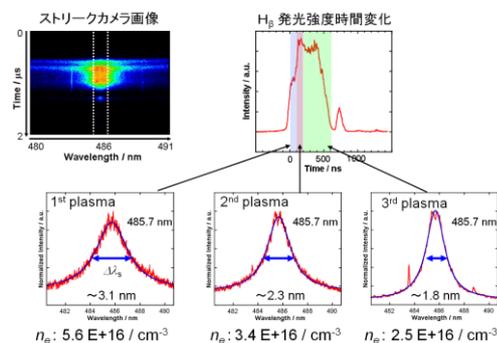


図1 ソリューションプラズマ中の電子密度の算定

### 【水素結合が及ぼすソリューションプラズマ形成への影響】

ソリューションプラズマにおける溶媒の影響を調べるため、水-エタノール系での発光分光分析を行った。エタノールを水に混入していくと、水素結合形成能が変化し、水の構造に影響を及ぼすことが知られている。発光分光分析、ソリューションプラズマ処理後の溶液に対するNMR測定、GCによる発生ガス種の評価を行った結果、エタノール10w%の際、極めて特異的な挙動を示すことが明らかとなった。この条件は、エタノールにより水素結合が変化し、水の密度に大きく影響がでる条件と一致している。つまり、ソリューションプラズマ形成においては気化過程が重要であり、水の構造変化によるイオン移動度の変化および水の安定化エネルギーの変化が「液滴形成」に大きな影響を及ぼしていることになる。

### 【ソリューションプラズマが形成する反応活性錯体の対称性】

p-ベンゾキノン<sup>1</sup>は、ラジカルとの反応により、5種類の共鳴、非共鳴分子構造をとる(図2)ことから、p-ベンゾキノン<sup>1</sup>を指標として、反応過程の追跡を行った。紫外・可視吸光分析により、p-ベンゾキノン<sup>1</sup>を添加した水において、プラズマ放電前は、ベンゾキノン(BQ)のピークのみが見られたが、放電後、溶液の色に顕著な変化が見られ、BQのピーク強度が減少し、非共鳴構造であるBQH<sub>2</sub>が生成していることが分かった。さらには、時間分解コヒーレントアンチストークスマン分光測定により、プラズマの反応素過程において、共鳴構造(BQ<sup>2-</sup>、BQ<sup>•-</sup>)をとり、最終的に、対称性が上昇し、BQH<sub>2</sub>となることが分かった。これらの結果より、水素引き抜き反応ではなく、水素付加反応が主要経路であり、反応活性錯体は、電場反転効果の影響が極めて大きく、共鳴構造をとることが明らかになった。

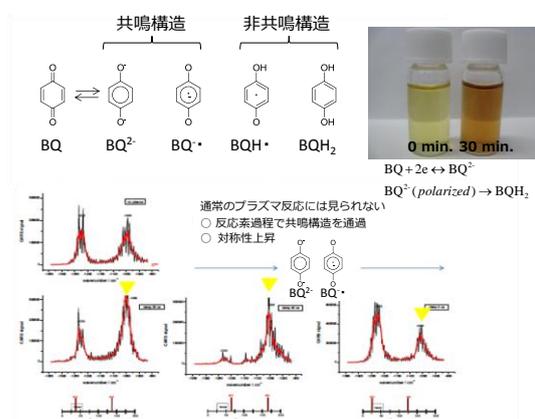


図2 ソリューションプラズマ反応場中でのベンゾキノン分子の構造変化

### 【グロー放電であるソリューションプラズマ】

ソリューションプラズマは、高い繰り返し周波数を有するバイポーラサブマイクロ秒パルス電源により形成されることを特徴としている。特に、ナノ秒での電圧の立ちあがり、ソリューションプラズマの特性を特徴づけている。そこで、ソリューションプラズマに対し、時間分解プラズマ発光分光分析を行った。この結果より、タングステン電極を用いた場合、電子温度は0.5eVから2.5eVまで振動していることが明らかとなった。また、そのタウンゼント第二係数は0.005であり、本研究のソリューションプラズマがグロー放電領域にあることを示した。また、電流電圧測定より、グロー放電領域では、投入エネルギーの増加に対して電圧が一定であった。これは、気相中の直流グロー放電と同様の傾向である。また、この電流電圧測定(大きな電流範囲)では、減圧中の直流放電時と同様に、絶縁破壊、グロー放電、異常グロー放電、アーク放電へと投入エネルギーの増加に伴い移行した。しかし、通常の直流グロー放電と比較し、グロー放電が安定に存在する領域(電流範囲)が狭いことも示した。つまり、絶縁破壊するため投入した過剰エネルギーが、アーク遷移をもたらすことになる。一方過剰エネルギーが小さい場合、絶縁破壊領域とグロー領域を交互に遷移し、コロナ・グロー遷移が頻繁に観察される不安定なプラズマとなる。従来の直流やパルス電源で、液中グローが形成でき得なかった理由は、この適切な時間に、適切なエネルギー量を投入で

きなかった点にある。本プロジェクトで開発した電源では、①グロー放電に必要な投入エネルギーを単一パルスで投入でき、②プラズマを維持するための高い繰返周波数を実現できたため、グロー放電形成が実現したことになる。溶液物性との関係もあるが、結果として、当初開発を進めた電源は、エネルギー投入形態の観点から、ソリューションプラズマの形成に極めて優れていたことになる。

### 【静電プローブ特性時間分解測定技術の開発】

東北大のグループでは、静電プローブ特性時間分解測定技術の開発をおこなった。実験装置図を図3に示す。直径0.5mmのガラス管内部に直径150 $\mu$ mのタングステンを挿入したラングミュアプローブを作製し、それを放電電極間に設置した。放電電極の直径は1mmであり、電極間距離は2mmである。放電電極への印加電圧を増加させることでプラズマを生成し、その時のプラズマ中の浮遊電位の時間発展を測定した。

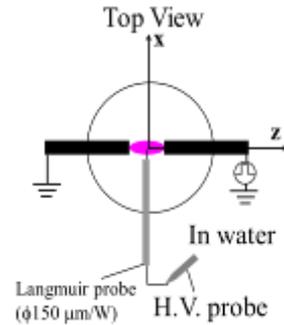


図3実験装置図

1mMの濃度のNaCl溶液の典型的な放電電圧 $V_D$ 、放電電流 $I_D$ 、浮遊電位 $\phi_f$ の時間発展の結果を図3に示す。

放電電圧は25 $\mu$ s周期で、正パルスと負パルスが交互に印加され、パルス幅は約1 $\mu$ sである。放電電圧が $\pm 1$ kV程度で放電電流が増加し、プラズマが生成されていることが分かる。このとき、プローブにより浮遊電位を測定したところ、放電電圧と類似した特性が観測されたが、負パルス放電においては、プラズマが生成されたときに浮遊電位が負方向に増加することが明らかになった。この現象を詳細に調べる目的で、図4左のハッチの部分拡大した特性を図4右に示す。この図において、点線は放電電圧がピークを有する時刻を示しているが、この時刻から浮遊電位が負方向に増加しており、プラズマが生成されることによって浮遊電位が変化していることが分かる。

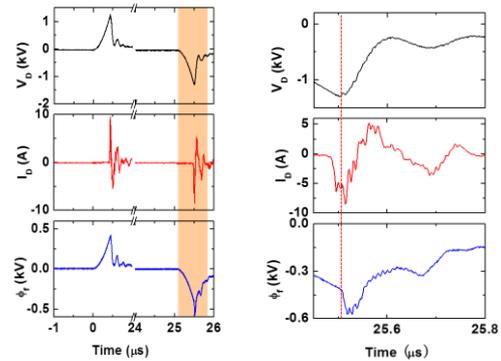


図4放電電圧  $V_D$ 、放電電流  $I_D$ 、浮遊電位  $\phi_f$ の時間発展。

一方、放電電流はプラズマが生成される時刻以前に負方向に増加するという、新たな現象が観測された。これは、プラズマ生成(放電)に至る直前に、温度上昇により気泡が発生し、その中で電荷を有する微小な液滴が形成され、それが電極間を移動することで電流が流れるためと考えている。または、電極近傍でのみプラズマが生成される「コロナモード」が最初に発生することで、放電電流は流れるが、プローブが位置する中心領域ではプラズマが存在しないために浮遊電位が変化しないことも原因と考えられる。

### 【液中プラズマの浮遊電位の空間分布計測：還元場として機能する理由】

比較のためプラズマが生成されない電位を印加した場合における液中浮遊電位の径方向分布を測定した。図5左が放電電圧(印加電位)および浮遊電位の時間発展を径方向の各位置で測定した結果であり、それを径方向分布としてプロットしたものが図5右である。なお、このとき浮遊電位は放電電圧で規格化してある。この結果より、液体

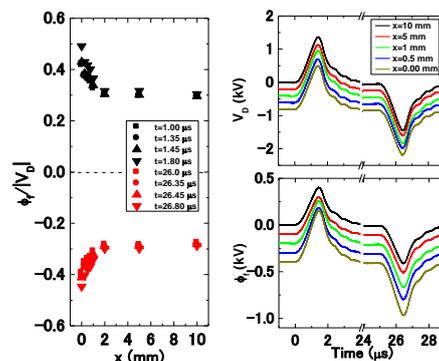


図5放電電圧  $V_D$ と浮遊電位 $\phi_f$ の径方向分布の時間発展(プラズマ生成無し)

の浮遊電位は径方向中心から外側に向かってその絶対値が減少していくことが分かった。また、どの時間帯においても、規格化した浮遊電位は同様の分布を示しており、液中の浮遊電位は印加した電位に比例して変化しているだけであることが分かった。

図6にプラズマの生成下における浮遊電位径方向分布の時間発展の結果を示す。径方向中心( $x=0$  mm)においては、図4に示した結果と同様に負パルス放電において、プラズマ生成時に浮遊電位が負方向に増加するピークが観測された。一方で、径方向外側( $x>0.5$ mm)においては、そのピークは観測されず、放電電圧と同様の傾向を示した。この結果から、プラズマは $|x|<0.5$  mm の領域で形成され、プラズマ中の浮遊電位は液中の浮遊電位よりも負方向に大きいことが明らかになった。

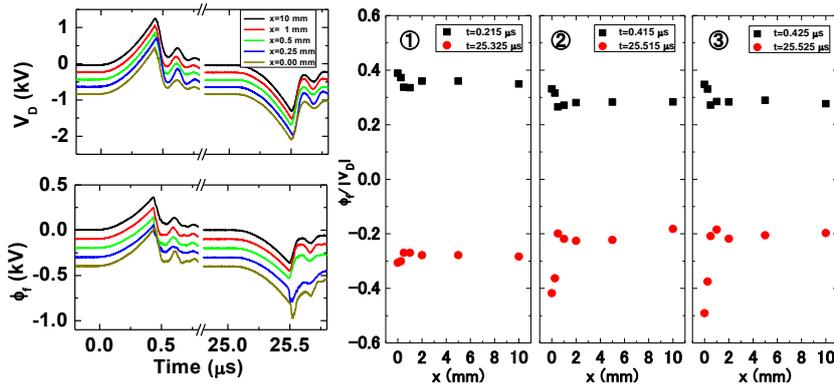


図6放電電圧  $V_D$  と浮遊電位  $\phi_f$  径方向分布の時間発展(プラズマ生成有り)

P プラズマ生成前と後の時刻において浮遊電位の径方向分布を測定した結果、プラズマ生成前(①)においては、径方向中心から外側に向かって電位が単調に増加しているのに対して、プラズマ生成後(②、③)は径方向外側に向けて電位が一度正方向に増加し、ピークを有してから負方向に増加することが分かった。さらに、プラズマが生成されていない場合(図5)と比較して、径方向中心では浮遊電位が負方向に大きく、径方向外側では正方向に大きいことが明らかとなった。

以上の結果から、液中プラズマ内では、水素正イオン( $H^+$ )と水酸基負イオン( $OH^-$ )もしくは酸素負イオン( $O_2^-$ )が生成され、質量の軽い水素正イオンが径方向外側に拡散しやすいため、正イオンを反射するような電気二重層が形成されていると結論づけられた。また、プラズマ生成直後においては、正イオンが輸送されやすい液体の電位は正方向に変化し、一方、プラズマ中には重い負イオンが取り残されるため、電位が負方向に変化していくと考えられる。従って、ソリューションプラズマ中では、発生した水素イオンが液体に輸送される。水素イオンの増加は、局所平衡論的観点からも、水素ラジカルの増加を意味する。つまり、このような電位構造が、ソリューションプラズマを結果として還元場とし機能させ、結果として、イオンの還元、ナノ粒子の形成につながることになる。

正パルス放電においては、浮遊電位の時間発展において負パルス放電時のようなピークは観測されなかった。しかし、浮遊電位の径方向分布をプラズマ生成無しの場合と比較すると、径方向中心領域での浮遊電位はプラズマが生成されることで負方向に変化しており、負パルス時と同様に、プラズマ中に負イオンが生成され、それによって浮遊電位が変化したと考えられる。

### 【金ナノ粒子形成過程:生成初期過程の検証より水素ラジカルで還元する証明】

ドデシル硫酸ナトリウム( $1.0 \times 10^{-2}$  mol)を保護剤として加えた 0.3mM 塩化金酸水溶液を用意した。印加電圧は 1600, 2400, 3200V とした。プラズマ発生条件はパルス幅を 2 $\mu$ s, パルス周波数を 15kHz とした。温度は 25 $^{\circ}$ C で一定に保った。各印加電圧において、放電時間に

対する塩化金酸イオン濃度の変化を図7に示す。放電を開始すると塩化金酸イオンの濃度は少しずつ減少し、その後増大した。この結果は、放電によって塩化金酸イオンの還元と金ナノ粒子の溶解が起こることを示している。電圧が高くなるほど、塩化金酸イオンの還元速度が速くなり、また金ナノ粒子の溶解速度も速くなる傾向にあった。

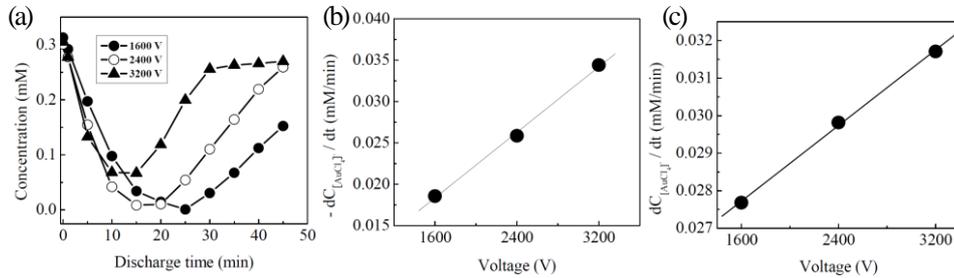


図7各印加電圧での放電時間に対する塩化金酸イオン濃度の変化. (a)塩化金酸イオンの濃度と放電時間の関係 (初期塩化金酸イオン濃度 0.3 mM), (b)印加電圧と塩化金酸イオンの還元速度の関係, (c) 印加電圧と金ナノ粒子の溶解速度の関係

ま

た、金ナノ粒子の表面プラズモン吸収による吸光度の変化から金ナノ粒子の量も放電時間とともに増加し、塩化金酸イオンの濃度が最も低くなるところで、最大の量となった。その後、吸光度は減少し金ナノ粒子の溶解が進んだ。これらのデータから、放電によって生成する

水素ラジカルや電子の濃度が印加電圧に応じて指数関数的に増加し、この水素ラジカル等の活性種の濃度がプラズマ中での反応性を決めることが示唆された。

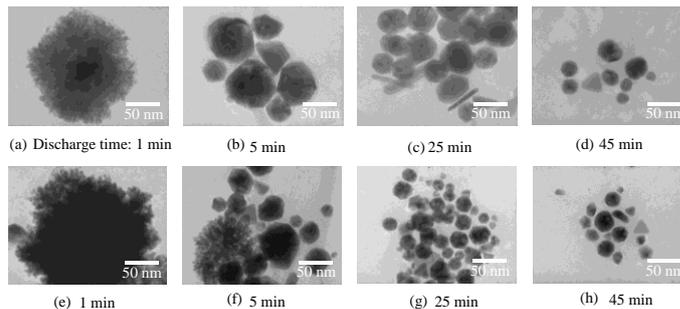


図8異なる電圧条件におけるナノ粒子の合成過程のTEM写真変化 ((a~d) 1600V, (e~h) 3200V)

各時間において生成したナノ粒子のTEM写真を図8に示す。放電時間が

約1分後の溶液中に約150nmのデンドライト型のナノ粒子が観察された。約5分後には約50nmの多結晶のナノ粒子が生成した。放電時間が20分以上になるとナノ粒子のサイズがわずかに減少した。45分後には約20nmの異方性の粒子が生成した。20分以上の粒子径の減少は、溶液中での(金イオン)/(塩素酸イオン)の比率の減少により、化学平衡論的に逆反応速度が大きくなったためである。つまり、生成した金イオンは、溶液に再溶出することにより、その粒径を小さくする。一方、前半の凝集過程では、ナノクラスターとも呼ぶべき粒径が小さな粒子が結晶核として形成することが明らかとなった。この過程において、凝集を阻止し、反応を停止させることにより、ナノクラスター形成が可能であることを、本実験データは提示している。

ソリューションプラズマ中でナノ粒子が

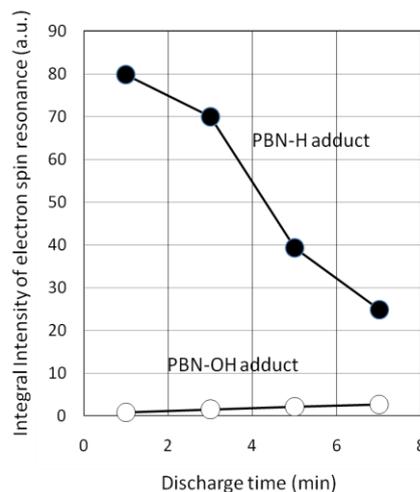


図9 ESRによるPBN-HとPBN-OHの分析

形成される過程での、反応活性種の同定を行なうために、*N*-tert-ブチル- $\alpha$ -フェニルニトロン(PBN)をスピントラップ剤として用いた。PBN は H や OH と反応して、PBN-H や PBN-OH をそれぞれ形成する。図9に金ナノ粒子合成の初期段階の PBN-H や PBN-OH 添加物の積分強度を示す。結果から PBN-H が主に観察され、H ラジカルがプラズマから溶液に供給されていることが分かる。さらに金ナノ粒子の形成が PBN 溶液中では起こらなかったことから、溶液中の H ラジカルが還元剤として寄与していることを明らかにした。

以上の結果から水溶液中での放電によって金ナノ粒子が合成されるプロセスを図10に示す。初期の段階では酸化金酸イオンは溶液中での放電と同時に還元されデンドライト状の構造の金ナノ粒子を形成する。このナノ粒子形成の初期段階においては、核生成反応が急速に進行し、1nm 以下のナノクラスターが形成する。放電を続けると金ナノ粒子が成長するが、溶液の pH が減少し始める。例えば、塩化金酸イオンの初期濃度が 0.3mM で放電電圧が 3200V の時、初期の pH が 3.1 から 2.7 に低下する。これは、プラズマにより発生した酸素ラジカルが溶存窒素と反応して硝酸を生成したことによる。pH が低下すると金ナノ粒子の溶解が進み、塩化金酸イオンの還元速度も減少しサイズが減少したと考えられる。したがって、金ナノ粒子の異方性はこの塩化金酸イオンの溶解あるいは溶解した塩化金酸イオンによるゆるやかな成長が選択的に起こることに由来する可能性が高い。

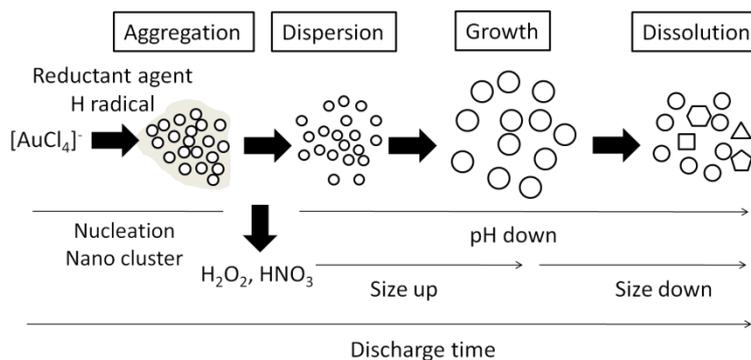


図10水溶液中の放電により形成される金ナノ粒子の合成メカニズム

ソリューションプラズマ反応場では「溶媒分子によるかご効果」による断熱圧縮過程が重要であり、ソリューションプラズマによる金ナノ粒子の結晶性が、化学還元法で作製した金ナノ粒子と比較し、多重双晶が極めて多い点に大きくインスピレーションを得た(図11)。つまり、現象論的には、高速クエンチングがソリューションプラズマでは最も重要であり、反応開始から反応停止までの時間が極めて短い。このため、粒径が 10nm 前後の一般的なナノ粒子よりも、1nm 前後のナノクラスターの生成が制御性高く実現することが期待できる。この点については、後述の「金属ナノクラスター」の項目で記述する。

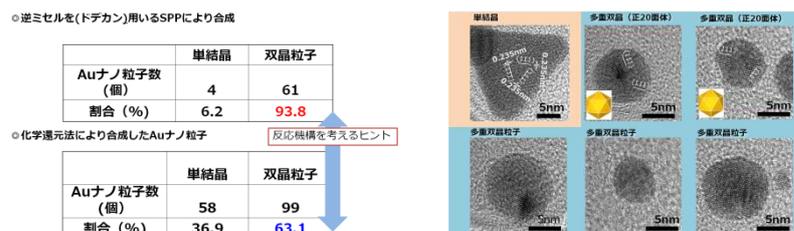


図 11 ソリューションプラズマで作製した金ナノ粒子の結晶学的評価

### 【銅、パラジウム、銀ナノ粒子の合成】

出発原料および保護剤濃度をパラメータとし、Cu、Pd、Ag ナノ粒子の合成プロセスの開発をめざして研究を行った。これらの異なる標準電極電位を有する金属イオンを用いることにより、ソリューションプラズマ中での還元反応が電気化学反応で見られる酸化還元序列と同様に行われているかを明らかにした。現在までの結果から、約 0.34V vs SHE よりも貴な標準電極電位を有する金属イオンの還元成功している。このことは、ソリューションプラズマ中の還元反応は電気化学反応で見られる酸化還元序列に準拠することを示している。

### 【金属ナノクラスターの溶液からの合成】

金属ナノ粒子は、1nm 以下になると、金属絶縁体遷移が電子状態の離散化に伴い生じる。本プロジェクトでは、このナノ粒子を、電子物性的不連続性を根拠として、ナノクラスターと定義する。金ナノクラスターは、電気的特性のみならず磁性を発現するなど、金属性の金とは、全く異なる物性を示す。このため、ナノクラスターについては、新規機構による新しい触媒性発現も期待できる。しかし、ナノクラスターを、大量に、かつ、迅速に合成する手法が確立されていない。また、触媒として使用する場合、担持体に担持させる必要があるが、担持体上で凝集および会合し、粒径が大きくなることが知られている。ナノクラスターを触媒目的で開発する場合、ナノクラスターが分散性良く担持体上に位置することは不可欠である。現在までに報告されているナノクラスター触媒系は、ほとんどの場合、金属性のナノ粒子を多く含む系となっており、その触媒性を十分に引き出しているとは言い難い。

そこで、保護剤の種類およびその濃度、溶液の温度パラメータとし、金ナノ粒子のサイズの減少を試みた。プロジェクトの発足時では、約 10nm 程度の粒径を、約 2nm 程度まで減少させることに成功した。ナノ粒子の形成過程では、①結晶核の形成過程および②結晶核の成長過程の逐次反応である。通常の化学還元法では、①および②の過程で、濃度より、温度が大きく影響する。(濃度項は反応次数のべき乗則で寄与するが、温度項は、指数関数的に寄与するため。)つまり、結晶成長を抑えるため、温度を下げれば、結晶核形成が減少し、その生成速度は極端に低下する。一方、結晶核形成を十分に生じさせるため、温度を上昇させると、反応停止剤等の添加をしたとしても、結晶核の成長はすぐには停止せず、反応緩和現象のように成長は進行する。つまり、化学還元法の場合、反応プロセスの主因子が熱であるため、ナノクラスターの迅速な合成には不向きとなる。ソリューションプラズマでは、溶液の温度を低下させることにより、②の結晶成長を停止させることができる。一方、①の結晶核は、溶液の温度に依存せずプラズマの条件に大きく依存し、生成する。つまり、ソリューションプラズマでは、反応過程①と②を独立して制御できるため、従来の化学還元法では困難な、ナノクラスターの合成が可能になる。

図12に、溶液を冷却する条件で、10mM SDS、1mMHAuCl<sub>4</sub> 水溶液から 4 分間の反応時間で生成した金ナノ粒子を示す。粒径 2nm 台のナノ粒子が合成していることが、TEM 写真からも明らかである。今後、1nm 程度の金ナノ粒子を合成するため、溶液の温度を過冷却点付近まで低下させ、合成実験を試みる。

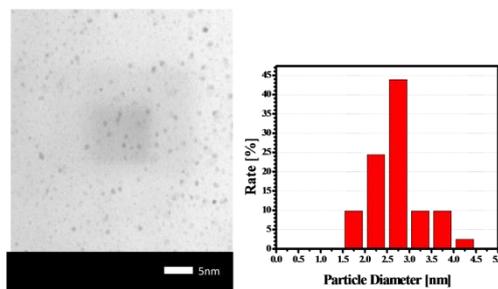


図12 ソリューションプラズマにより生成した金ナノ粒子およびナノクラスター

## 【金属ナノクラスターのスパッタによる合成】

研究の進捗に伴い、電極ターゲットとするソリューションプラズマにより、金属ナノクラスターを迅速に合成できることが明らかとなった。従来の液中アーク放電では、粒径が数 100 ナノ程度となり、ナノクラスターあるいはナノ粒子であっても、その合成は不向きであった。しかし、液中での安定したグロー放電において、タングステン等ではなく、スパッタされやすい電極を用いることにより、ナノクラスターが容易に作製できることが明らかとなった。プローブの浮遊電位計測から、水素イオンによるスパッタが考えられるため、物理スパッタではなく、化学スパッタにより、進行していると考えられる。このため、物理スパッタのように高速ではないが、生成粒子の分散性はより制御されることが期待できる。本手法は、当初予期しなかった結果である。金電極、白金電極間で液中グロー放電を発生させることで、粒径 1nm 程度の金ナノクラスターまたは白金ナノクラスター分散水溶液を作製することに成功した。(図 13)。液中アーク放電を用いた従来法による追試実験も実際に行ったが、金ナノ粒子の粒径は 100nm 程度であり、その分布は極めて広いものとなった。このことは、熱エネルギー分布の広がり大きいことに起因している。

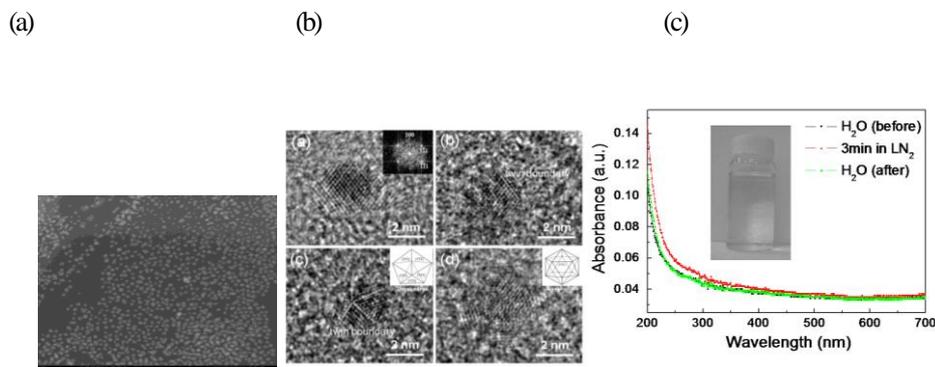


図13金ナノクラスターの(a) STEM 像 (b) HR-TEM 像 (c) 金ナノクラスター分散液の紫外可視吸収スペクトル 挿入図は、分散液の写真

金電極から合成した金ナノクラスター水溶液は無色透明であった。図13(c)に示す、金ナノクラスター水溶液の紫外可視吸収スペクトルからも明確なように、従来の金ナノ粒子に特有の、局在型表面プラズモン共鳴に由来した吸収ピークが観られなかった。この結果は、液中グロー放電スパッタ法により合成した金ナノクラスターは、金属絶縁体遷移した非金属性の金であることを示唆している。その他、金電極の代わりに、Pt 電極からは Pt ナノクラスター、Au と Pt の組み合わせによる異種金属電極からは Au/Pt 合金ナノクラスターがそれぞれ得られ、電極材料を選択するだけで、様々な物質からなるナノクラスターが合成可能である可能性を示した。

## 【ソリューションプラズマによる触媒電極系の開発】

ナノ粒子の適用先の一つとして、電池用触媒への応用を検討した。電池用触媒はカーボン等の多孔質で高い電気伝導性を示す材料に担持する必要がある。まず、ソリューションプラズマ処理することにより分散させたカーボンブラック水溶液中において、金及び白金を電極としたグロー放電スパッタ法によるナノ粒子担持カーボン触媒の合成を試みた。

Pt と Au 電極間の電極間距離を 0.6mm に設定し、8 時間放電を行った後、回収した粒子を TEM、XRD、EDS、ICP 等で解析した。平均粒径が 5.7nm のナノ粒子が母体であるカーボンブラック表面に高密度に吸着していることが分かった。電極がスパッタされるとともに、電極間距離が広がっていく。得られるクラスターの直径は電極間距離に依存すること

が実験的にわかっている。本実験では、放電を8時間おこなったことにより、0.6mm に設定した電極間距離が長くなった結果、直径が大きくなったと考えられる。

元素分析の結果、カーボン以外には Pt と Au のみが検出された。ナノ粒子の担持率は 31%と見積もられ、Pt と Au の組成比は 49 対 51 であった。粉末 XRD 測定からは、Pt, Au の他に、PtAu の合金の存在が確認できたが、量的には各単体より少ない。HR-TEM を用いてナノ粒子表面を観測したところ、保護材を用いず単分散合成をしているため、粒子表面が露出している(図14)。従来の化学還元法では、単分散性確保のため、保護材を使用するのが常套であるため、保護材に覆われた触媒粒子が作製されることになる。この保護材は、反応種に対し、立体障害性から触媒表面への付着係数を低下させ、結果として触媒特性を低下させる。また、電気的には、接触抵抗を増大させる。

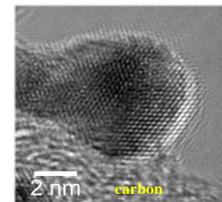


図14 ソリューションプラズマで合成したナノ粒子担持カーボンの HR-TEM 画像

この触媒系の評価として電気化学的計測を用いた。その結果を図 15 に示す。Pt 及び Au の原子酸化皮膜の還元による二つのピークが明瞭に観察できた。また、Pt については、 $-0.2V \sim 0V$  (vs. Ag/AgCl) に観察されるプロトンの吸脱着波が見られることからその存在が確認できた。Au の酸化皮膜還元波からその電気量を計算し、Au の電気化学的活性表面積を求めたところ、Pt, Au ナノ粒子単位重量あたり  $89m^2/g_{Pt, Au}$  であった。この結果は、近年、MIT のグループ (*J. Am. Chem. Soc.*, 2010, 132, 12170) が報告した  $15m^2/g_{Pt, Au}$  を遥かに凌駕してことがわかった。また、効率の観点においてもソリューションプラズマは優位性を示した。化学的還元法では、ナノ粒子の合成とカーボンへの担体を含めると 45 時間要する。一方本手法では、溶液中で 8 時間放電を行い、ろ過のみでナノ粒子触媒を回収することができる。

Pt, Au ナノ粒子担持カーボン触媒を電池に組み込み電池特性を評価した。電池の種類は、次世代の大容量電池として注目されているリチウム空気電池とし、負極であるリチウムに対し正極の空気極の材料に適用した。カーボンに触媒を担持することにより析出物の堆積による容量低下の抑制を図った。触媒を担持していないカーボンブラックのみで作製した電池の放電容量は  $1600mAh/g$  程度であった。一回の測定に 1 ヶ月要し、Pt, Au/CB 触媒の実験は現在、継続中となっている。

この電池は起電力が高いことも魅力の一つであり、図 16 に示す通り、LED (1.4V, 20mA) を高輝度で点灯させることに成功した。この電池は、カーボン材料を僅か 20mg で作製しているにもかかわらず 1 ヶ月以上にわたり点灯させることができ、高い容量をもつことを実証した。Pt, Au ナノ粒子の触媒効果がより際立ったのは、高い放電容量以上に、充電電圧を低く抑えられることであった。触媒添加により充電電圧が 1V ほど低くなり、3.3V にて充電可能となった。これは、C, Au そして Pt 各々の電極において、生成物が異なり、そのため生成物を充電操作によって還元させる電位に違いがあるためと考えている。

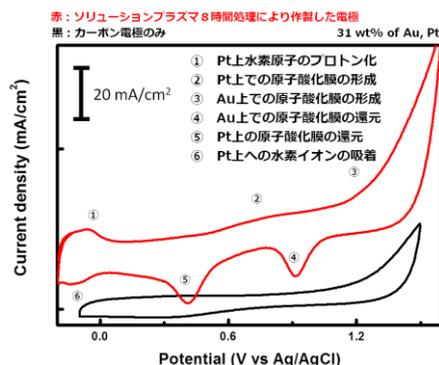


図15 0.5M 硫酸水溶液中でのサイクリックボルタモグラム(ソリューションプラズマで合成した Pt, Au/CB 電極と CB 電極)



図16 リチウム空気電池の発電によるLEDの点灯

### 【セルロースの分解】

当初計画では想定されていなかった新たな展開として、平成21年度から、ソリューションプラズマ反応場を用いたセルロースの分解による低分子化の検証に着手した。セルロースはグルコースのみからなる多糖類であり、分子間および分子内に強い水素結合を形成した結晶構造となっているため、水に溶けず分解が困難な高分子である。セルロースを分散させた水溶液中でソリューションプラズマを発生させ、処理液をろ過して可溶性成分と不溶性成分を回収した。それぞれにマトリックスとして2,5-ジヒドロキシ安息香酸を添加し、MALDI-TOF質量分析計にて同定を行った。結果を図17および図18に示す。固形物においては、 $m/z$ : 3500以下に162間隔のピークが出現した。これは、グルコース残基の分子量と一致しており、未処理の固形物には観察されないことから、ソリューションプラズマ処理によってセルロースがグルコース構造をもったまま低分子化したことを示していた。また、処理時間を長くしてもスペクトル強度に大きな変化が見られなかったことから、セルロース表面のみへの反応であること、そして、ソリューションプラズマは反応位置選択性が極めて

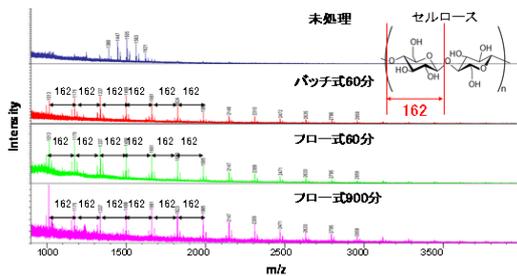


図17 不溶性成分 (固形物)のMALDI-TOF/MS スペクトル

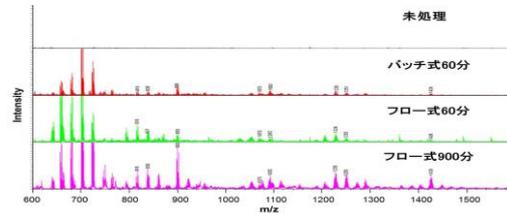


図18 可溶性成分のMALDI-TOF/MS スペクトル

高く、通常のラジカル反応では実現しない反応が起こっていることを具現化していた。

可溶性の分解物の中に含まれるグルコース量を測定した。選択的な酵素反応を用いてグルコース量を測定したところ、グルコースの存在を確認することはできなかった。これは、MALDI-TOF/MSの結果と併せると、ソリューションプラズマによって選択的に分解が行われているものの、グルコース類似化合物やグルコース過分解物が生成していると考えられる。

以上の結果から、ソリューションプラズマによるセルロースの分解は、結晶セルロースの表面から分解が進行し、低分子化したグルコース類似物が溶液側に溶け出し、セルロース表面は徐々に断片化していることが明らかとなった。そして、これらの反応は決して無秩序に行われるのではなく、規則性を持っており、ソリューションプラズマがただ単に有機物を分解するのではなく、特定のラジカルを主体とした反応機構を形成できることを裏付けていた。

### 【ソリューションプラズマによるカーボンナノファイバー分散液の作製】

カーボンナノチューブなどのカーボン材料はほとんどの溶媒に不溶であるために、酸処理などの表面処理によって溶媒への分散性の向上が図られてきた。しかし、従来の方法は濃硝酸や濃硫酸などの危険な試薬の使用や長時間の処理が必要であった。そこでソリューションプラズマを用いて低濃度の硝酸とアンモニア溶液中でカーボンナノチューブの表面修飾を行うことで、高濃度かつ極めて高い分散性を有した CNT 分散溶液を作製することに成功した。従来法が 98%濃硝酸を用いていたのに対して 0.5M の硝酸溶液で処理可能であり、反応時間も 6h から 30 分まで短縮が可能となった。また 5%以上の極めて高濃度の分散溶液を作製できた。

### 【大容量反応容器および化学工学的な問題の抽出と設計概念の創出】

実験室レベルの反応系を産業応用可能なサイズへ拡張する際、一般には、反応工学で取り扱うべき問題が生じる。つまり、流体力学、物質移動論的取り扱いが必要となる。また、ソリューションプラズマの場合、気泡の発生などによる反応系の揺籃が、反応制御を煩雑にする。

ソリューションプラズマ反応場は、電極間における局所的な反応空間である。通常、このような局所的な反応空間は半導体プロセスのような面処理プロセスでは欠点となるが、化学工学における流通式あるいはバッチ式反応形式においては、逆に利点となる。つまり、スケールアップにおいて、プラズマ形成点数と処理速度には比例関係が成立するためである。本プロジェクトでは、今後のナノ製造装置開発に向けたスケール則実証のため、反応場あたりに一つのユニットセルを構築して、これを多段で積み上げる方式で反応装置を開発し、金ナノ粒子の合成実験を行った。この結果、プラズマの点数に応じて、金ナノ粒子合成速度が比例することを実験的に示した。一方、ソリューションプラズマ反応場の大型化に向けて以下の課題も明らかとなった。プラグフローと浮力の方向が一致する場合、気泡の挙動を制御する必要がある。現在の反応容器自体は、分光計測等、他の目的に適合させるため、全体の流体設計を施していない。今後は、全体の気液二層流を考慮した反応容器設計を行う必要がある。

産業界へ本プロジェクトのナノ製造装置を展開していくため、8並列プラズマ生成用電源の開発およびナノ粒子製造装置を開発し、栗田製作所(株)より販売するに至っている。

([http://pekuris.co.jp/plasma\\_water4.html](http://pekuris.co.jp/plasma_water4.html))

### (2)研究成果の今後期待される効果

本研究の目的は、新しい反応場であるソリューションプラズマに関し、その基盤を確立するとともに、革新的な製造技術のシーズを示すことにあった。この目的を達成するために、ソリューションプラズマ場形成、ソリューションプラズマ計測、ナノ微粒子合成・加工、ナノ微粒子反応場計測、金属・空気電池用正極材料の開発、セルロースの分解、有機・無機コンポジット材料合成、ナノ微粒子合成装置のプロトタイプ機の開発についての研究をそれぞれ実施した。これらの研究を通して、独自に開発した高圧パルス電源や電極構造により、冷たい水の中で発生する冷たい非平衡プラズマを安定に作製することに、世界にさきがけて成功した。

本研究を通して、ソリューションプラズマ反応場の特異性・新規性を見出すことができた。また、その要因が「溶媒分子によるかご効果」、「溶媒分子による閉じ込め効果」が根幹にあることを明らかにすることができた。これにより、ソリューションプラズマ反応場の制御と他の方法では得られない材料開発が可能になった。その一例として、電極を金属源とした金属ナノクラスターの大量合成と、担持体への直接担持が挙げられる。金電極、白金電極間で液中グロー放電を発生させることで、粒径 1nm 程度の金ナノクラスターまたは白金ナノクラスター分散水溶液を作製することに成功した。また、異なる金属種を組み合わせた電極を用いることにより、合金化したナノクラスターを合成することに成功した。直径が 2nm 以下になると、その粒子の直径に対し、触媒活性や熱伝導といった諸物性の非線形性の発現が期待でき、今後の触媒開発におけるキーコンセプトである。特に、燃料電池や二次電池で用いられる

白金代替触媒の切り札として注目され、その開発は急務といえる。また、本手法で合成したナノクラスターは還元剤フリー、保護材フリーという他の合成手法では実現困難な、大きなアドバンテージがある。カーボンに担持したときもその接合界面には不純物が存在することがなく、三相界面における電子移動反応を阻害しない。日本のお家芸の一つでもある触媒科学分野の発展の下支えとして、大きく貢献できると強く信じている。本研究期間中に、民間との共同研究により、電極の消耗による電極間距離の自律制御、および、持ち運び可能なコンパクト型から大容量のクラスターが合成可能な連続処理装置のラボ機を開発し、販売までこぎつけ、実用化にむけた準備は整ったといえる。

#### 4.2 電圧・電流特性評価手法の開発

(産業技術総合研究所 松田グループ)

##### (1) 研究実施内容及び成果

###### 【プローブ計測のためのノイズキャンセリング回路の開発】

高周波パルス電源から発生するノイズレベルを低減させ極力遮断するため、回路を改良した。具体的にはコモンモードコイル等の種々のノイズフィルターを回路中に設置し被測定信号強度や経時変化は影響を極力避ける条件設定を行った。直径 1mm のタングステン電極を放電電極として用い、3mMNaClを含む水溶液中で 0.3mm の間隔を置いて対向させた。パルス発生時間を 2 $\mu$ s に設定して測定を行った時、パルス電圧の発生に伴い放電電極間の電圧が 1 $\mu$ s 程度に渡り直線的に増加するが、設定時間が終了する前に急激に減少した。これは放電電極間に存在する水溶液の物性やインピーダンスが大きく変化し電源の出力電圧が印加できなくなったためと考えられる。

ここで得られた放電電極間の電圧と電流の経時変化から電圧－電流特性を求めた。0 V、0A から、電圧と電流が直線的に増加しているのはパルス電圧印加直後に電圧と電流がともに増加しているためである。その後、電圧は急激に減少したが電流が増加しているため、1,200V 付近で電圧－電流曲線は鋭角的に折れている。その後、電圧は非常に小さな値になるとともに電流は増加し続けるため、電圧が 200V 付近まで減少した後、電圧はほぼ一定であるが電流だけ増加した。放電電極間の電圧は減少しているが電流は増加している領域があり、この実験条件では水溶液中でスパーク放電－グロー放電遷移が生じていることを示している。

#### 4.3 ソリューションプラズマ反応場のその場計測

(東京理科大学 由井グループ)

##### (1) 研究実施内容及び成果

###### 【顕微分光用放電光学セルの設計・開発と顕微分光システムの構築】

マイクロメートルオーダーの空間分解能で、ソリューションプラズマ反応場の物理・化学情報を得るため、分光計測のプラットフォームとして顕微鏡上を考えた。顕微鏡上での観測に要求されるのは、観測点と顕微対物レンズとの距離、すなわち作動距離をできるだけ最小化することにある。図19に作動距離を 10 mm を切るように設計した放電光学セルの概要と写真を示す。ソリューションプラズマを生成する電極間の点と、対物レンズの間は、熱遮断性と光透過性に優れた石英窓(厚さ 0.5 mm)で隔壁している。本石英窓は交換可能で、セル上部から挟み込む形で溶液が漏れないよう固定できるように工夫されている。本放電光学セルで最大 60 倍での顕微分光計測を可能とした。

独自に設計した放電光学セルを様々な角度から観測かつ操作が可能のように、上部が大きく解放された倒立型顕微鏡の上に設置した(図20(左))。次に対物レンズに効率的に集光されたソリューションプラズマ部からの光信号は、ビーム状の平行光にされ、様々な計測機器に送り込むことができるシステムを構築した(図20(右))。主な計測機器は、空間分

布計測の場合は CCD カメラ、時間分解分光計測の場合は、分光器とストリークカメラである。

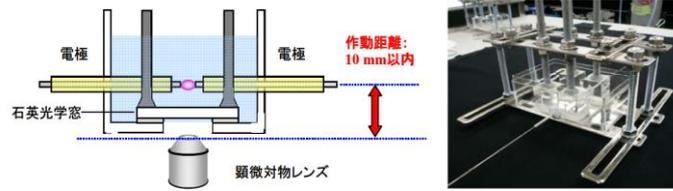


図19設計した放電光学セルの構造(左)と実物の写真(右)



図20 倒立型顕微鏡に設置した放電光学セル(左)と構築した時間分解顕微分光システム(右)

### 【ソリューションプラズマ生成時の顕微画像計測】

ソリューションプラズマは、溶液中にプラズマを生成するという特異的な反応場であるため、①プラズマを生成する際に溶液側が受ける外乱、②プラズマを生成後、プラズマや気泡の溶液中での動態の理解が欠かせない。これらは反応場の温度変化(加熱・冷却)、化学反応・材料合成時における物質輸送の効率に劇的に影響することが予想されるためである。

図21に電極間に電圧を印加開始してから放電までの様子を顕微画像で観測した結果を示す。電圧の上昇に伴い、電極間に蒸気状のストリームのようなものが現れ、それらが電極間の中央部で衝突するような状況を経て、放電に至る様子が観測される。

図22に蒸気状ストリームの顕微共焦点レーザーラマン分光によるスペクトルの結果と、温度を変えた(25℃(室温)、40℃、60℃、80℃)水のラマンスペクトルとの比較を示す。微視的な水素結合の発達の様子を示す OH 伸縮振動のピークに着目した。一般に水素結合が切断されるほど、低波数側のショルダーピークの強度が減少し、全体的に高波数側にピークがシフトする。蒸気状ストリームは 100℃に近い高波数シフトを示し、SP 生成直前に水溶液が蒸気化されつつあることが分かる。水溶液中に放電プラズマを形成する際、反応場の水は、まず蒸気化に近い状況まで水素結合が分断されることが判明した。

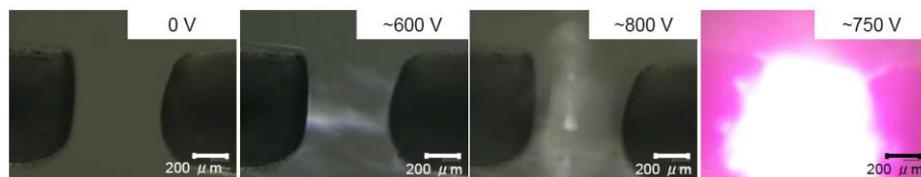


図21水溶液中における放電プラズマ生成の様子。図右上の数値は電極間印加電圧

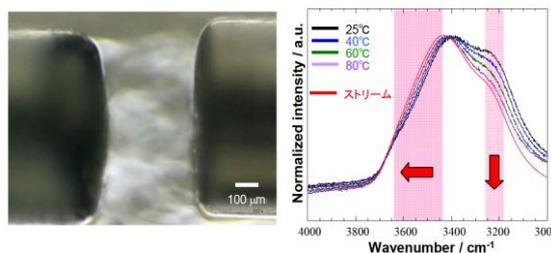


図22 蒸気状ストリームの拡大顕微鏡画像(左)と、顕微共焦点レーザーラマン分光計測結果(右)

### 【ソリューションプラズマ生成と気泡との時間的・空間的相関の解明】

先の研究で、放電開始直前に蒸気状の水がソリューションプラズマ反応場の形成に重要な役割を有することが示唆できた。そこで、さらに放電開始時を高時間分解で追跡するため、高速度カメラで放電開始の瞬間を撮影した。

図23に放電の瞬間ならびにその後のソリューションプラズマ反応場の動態を示す。まず、固体電極の表面で水溶液の気化が繰り返し起こる様子が観測される(図23(a))。これは固体電極と水溶液の界面が最も自由エネルギーが高い(エネルギー的に不安定)なため、気化が固体電極表面から起こるためと考えられる。この気泡が電極間を連絡すると(図23(b))、すみやかに気泡内で放電が起こり、ソリューションプラズマが生成する(図23(c))。この結果からソリューションプラズマは気泡をバッファーとしてさらに水溶液に囲まれることで急速に冷却される反応場を形成していることが予想される。

興味深い点は、重力や浮力などにより気泡が電極間を移動するとそれにつられてソリューションプラズマも位置を変えていくことである(図23中(c)と(d))。このことは気泡の動態のアクティブな制御により、反応場の移動、ないしは効率的な冷却などを制御できる可能性を示している。しばらく放電を続けていると、気泡の一部が分裂し、浮力に従って電極間をつなぐ気泡から離れて行った。我々の実験条件では、反応場を包む気泡の一部部分的な分裂は 9ms に1回程度の割合で周期的に起こった。しかしこの間も電極間をつなぐ気泡はつながったままで、ソリューションプラズマを安定に電極間に生成していた。

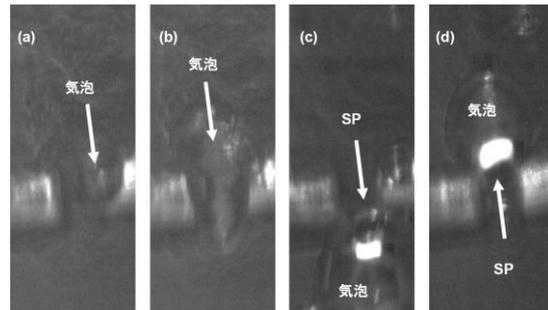


図23電極間における気泡の連結と、それに連動した生成ソリューションプラズマの高速連続撮影

### 【励起過渡種別の空間分布状況の計測】

次にソリューションプラズマ反応場内での励起過渡種の空間分布顕微画像を得る実験を行った。様々な化学反応・材料反応場が考えられるが、ここでは、銅を電極とした反応場を計測した。着目した励起過渡種と選定した理由は以下の通りである。

- (1) 水素ラジカル: 水溶液中でソリューションプラズマを形成した場合、水分子の分解により顕著に観測されるラジカル種。強力な還元作用を持ち、特に金属ナノ粒子生成時に重要な働きをする。
- (2) ヒドロキシラジカル: 同じく水溶液中でソリューションプラズマを形成した場合、水分子の分解により顕著に観測されるラジカル種。強力な酸化作用を持ち、難分解性の有害有機物の酸化分解反応など、環境浄化反応の際に重要な役割を果たす。
- (3) 電子: ソリューションプラズマ反応場の物理条件を決定する基本的な粒子。もともと軽くその運動エネルギーを他粒子との衝突で熱エネルギーに変換できるため、通常の反応容器などでは実現できないような高温の反応などを、瞬間的・局所的に実現するのに重要な働きをする。
- (4) 銅: 510-520nm に特徴的な明るい輝線が観測でき、温度見積もりなどに有効なため選定。今回は電極がスパッタされるような条件でプラズマを生成し、反応場に分散した銅原子からの発光線を用いて、反応場の見積もりを行った。

結果を図24に示す。水分子の分解により得られる水素ラジカルとヒドロキシラジカルは電極間にほぼ均一に分布する様子が明らかになった。一方、電子と銅原子は、電極間に不均一に分布し、特に電極表面から数 100  $\mu$  m 離れたところに衝突・再結合(反応)のポイントが局在する様子が判明した。プラズマ白色光から Wien の変位則から見積もられた電子温度と、銅の輝線から二線強度比法で見積もられた銅原子の温度は共に 7,000 K から 8,000 K

で両者はほぼ一致していた。このことは局所熱平衡の条件が達成されていることを示している。

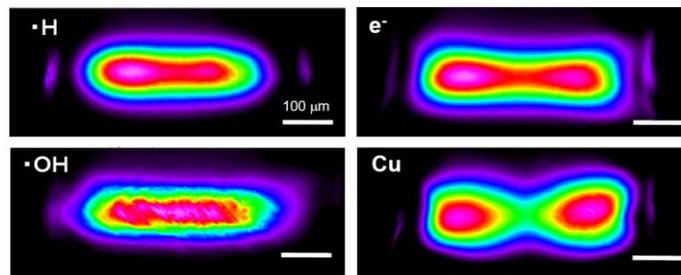


図24 電極間における気泡の連結と、それに連動して生成するソリューシオンプラズマの高速連続撮影

**【ソリューシオンプラズマ反応場のスペクトル計測とプラズマパラメータの見積もり】**

次に、同様の系でプラズマ反応場の基本的な物理パラメータである電子温度、電子密度の評価を行った。これにより、ソリューシオンプラズマが提供する反応場の物理的な特徴がより詳細に判明する。

電極の断面径が 1mm 程度ある場合、電極間を連結する気泡が激しく動くため、それにつられてソリューシオンプラズマも電極間を激しく運動する。この動態自体は、ソリューシオンプラズマの効率的な冷却などに役立っていると思われ、材料合成と回収の観点からは有利な事象であるが、プラズマ内での物理条件・化学条件の空間分布計測には不適である。そこで、電極径を数 100 μm まで電解研磨し、先鋭化させ、気泡とプラズマの空間位置をより安定化させ、電子温度、電子密度の空間分布を見積もった。

電子温度については電子のプラズマ再結合による温度算出であると、スペクトル幅がブロードであるため温度の分解精度がでないため、これと局所熱平衡に達している銅の二線強度比法から算出した。一方電子密度は、典型的な方法である水素のバルマー線の線幅から算出した。結果を図25に示す。

これらの結果、両電極より約 100 μm 離れた位置に、電子温度、電子密度の最大点が2極に局在化している様子が判明した。このとき、電子温度のスケールは 7,000 K から 8,000 K、電子密度のスケールは  $10^{16}$  個/cm<sup>3</sup> であり、これは自然界においては稲妻の生成するプラズマと同等の物理条件であることが判明した。

電子の衝突による加熱や、電子による還元反応を効率的に進行させるには、このポイントを利用すれば良い事、また電極間距離の制御により、反応場の空間設計ができる可能性が示された。

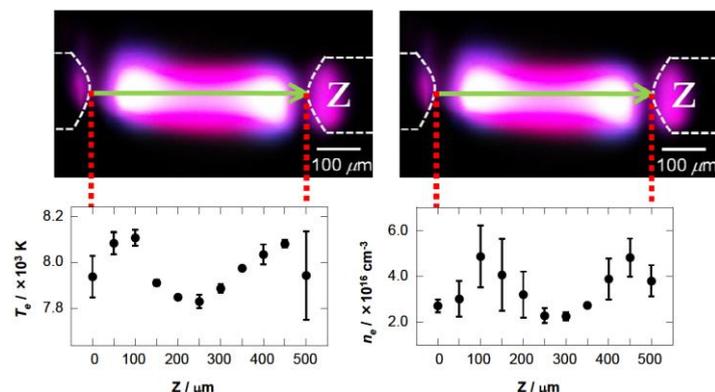


図25 ソリューシオンプラズマ反応場における電子温度( $T_e$ )と電子密度( $n_e$ )の見積もり

**【励起過渡種別の時間発展の計測と非線形振動現象の発見】**

電極間距離が、ソリューシオンプラズマ反応場の設計において一つの重要な鍵を握るといふ予測のもと、電極間距離を変えながら、水溶液中プラズマ生成に特有であり、それぞ

れ還元・酸化反応に重要な役割を果たす水素ラジカル、ヒドロキシラジカルの時間発展(寿命)を計測した。その結果を図26に示す。

その結果、電極間距離が数 100  $\mu\text{m}$  以下のときは、これらの過渡種は印加している電圧の時間プロファイルに一致して増減している。このことは、このような電極間距離の場合は、これらの発生量を、印加電圧の時間プロファイルの制御によりコントロールできることを示している。

一方、電極間距離(d)が増加するにつれ、特に 400  $\mu\text{m}$  以上になるとヒドロキシラジカルの放電初期に強い発光が観測されはじめ、かつその後の時間発展では、両者に振動的な非線形挙動が観測された。この原因の詳細は不明であるが、電極間距離が大きくなるにつれ、電極間における抵抗値が大きくなり、最初の放電が起こる際の電極間電位が高くなり、最初のプラズマは電極間距離が短いときに比べて高温であること、その結果発生した気泡の膨張・伸縮が、溶液中という強い閉じ込めと急速な冷却効果により、減衰振動的な時間発展を示すことが原因と考えている。溶液中に生成したプラズマ特有の現象として、基礎学術的にも興味深く、現在その機構を考察と応用を検討している。

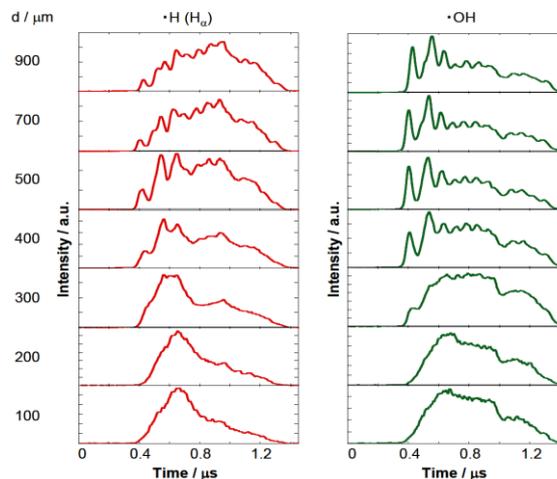


図26 ソリューションプラズマ反応場における水素ラジカル(左)と電子密度(右)

## (2)研究成果の今後期待される効果

「その場分析設備の整備」に関して、時間分解顕微分光装置の整備を進め、酸化反応等に重要な水酸基ラジカルを高感度に追跡できるようになった。より紫外域まで観測できる光学系の改良、共焦点光学系の最適化などにより、感度や空間分解能が飛躍的に向上した。その結果、発生ラジカル種の非線形振動現象が極めて再現性良く追跡できるようになった。さらに、高速度カメラを上記の開発した顕微鏡に接続し、ソリューションプラズマ生成時の状況のモニタリングができるようになった。その結果水蒸気のストリーム発生、気泡の電極間連絡、放電までのプロセスの詳細を実時間で計測することに成功した。これらの成果より、プラズマ/水溶液界面物性評価への応用のための土台となる、電荷移動型色素を用いた溶液の物性評価に取り組み、新しい極性・粘性手法を開拓した。「基板界面その場分析」については、大気中(吸着水)存在下で、高周波誘導結合型プラズマジェットを貴金属基板表面に吹き付ける実験を行い、特有の表面濡れ性の向上現象を見出した。大気中の水蒸気の関与したラジカル反応、表面修飾・改質反応として今後の発展が期待できる。「分光系の超高感度化」について、反応化学種を同定すべく、原子線発光だけでなく、分子振動分光(ラマン計測)に着手、現在、透過率低減や散乱などの問題を回避できる近赤外非線形ラマン顕微分光装置の開発に着手している。レーザートラップ装置を兼ね備えている点の特徴であり、非線形光学現象による、ナノ材料の高感度化分析への応用が期待できる。

## 4.4 ソリューションプラズマの産業応用 (大阪市立大学 白藤グループ)

### (1)研究実施内容及び成果

### 【ソリューションプラズマにおける気泡形成のモデル化】

本研究では、将来の装置設計に役立てるために、この二つの電極間でのジュール加熱による気泡発生を計算機によって模擬することを一つの目的とした。有限要素法を用いることにより、電極間の電界の計算、ならびに流れる電流によるジュール加熱による媒質の温度上昇の計算、そして、沸騰による気泡発生をレベルセット法によって模擬した。

すでに、実験的には気泡のサイズが印加電圧のパルス幅によって変わり、パルス幅の増加に伴って定常的に形成される気泡のサイズが大きくなる。1回の気泡発生の時間スケールと多数回のパルス印加を行う際の時間スケールが大きく異なるため、1回の気泡発生時のサイズについて、電

圧印加時間に対する変化を計算し、実験結果の傾向を模擬できるかどうかを検証した。その結果を図27に示す。同図より、概ね気泡のサイズの増加傾向を模擬できていることがわかり、今回適用したモデルが大きく現実から逸脱していないことがわかった。

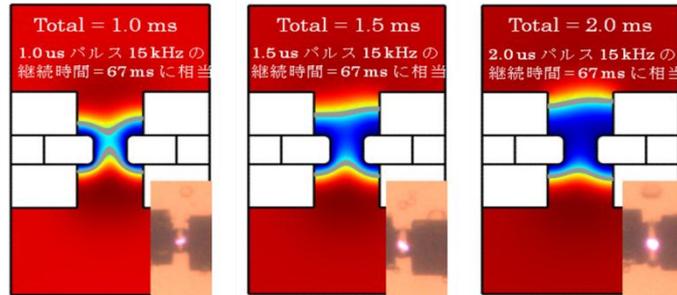


図27 計算で模擬された気泡サイズと実験結果との比較（電極直径 1mm, 電極間隔 1mm, 印加電圧 2kV）

### 【ソリューションプラズマ中の負ポテンシャルの理論的整合性】

プローブ実験の結果から、ソリューションプラズマ中の電位が負であることが示唆された。この結果は、還元性の $H^+$ と酸化性の $OH^-$ の両方が生成されるソリューションプラズマにおいて、何故、還元の方が優先的に生じるのか、即ち、実験的には、塩化金酸が還元されて金のナノ粒子ができるのか、を説明する重要な結果と言える。その理由を以下に述べる。

通常の正イオンと電子で成り立つプラズマの場合には、プラズマ電位は正となる。これは、軽い電子の方が先に界面に到達し、界面近傍に正のイオンが取り残された状態が形成されるからである。そのため、ポアソンの方程式を解けばわかるように、界面近傍では、バルクプラズマが正電位となるような電位勾配が発生することになる。一方、プラズマの主たる荷電粒子が、 $H^+$ と $OH^-$ である場合には、軽い粒子は負電荷ではなく、正電荷の $H^+$ となる。そのため、 $H^+$ が先に界面に到達し、 $OH^-$ が界面近傍にとり残された状態となる。この状態でポアソンの方程式を解くと、バルクプラズマは負電位になってしまうのである。このように $H^+$ が界面に先に到達することが、還元性が支配的になる理由であると考えられる。

金子らによって、水を媒質とするソリューションプラズマのプラズマポテンシャルが負になっていることが示唆された。これは、プラズマを構成する主たる荷電粒子が、一般的なプラズマのように、電子と正イオンとなっているのではなく、負イオンと正イオンとなっていることを意味する。プラズマがこのようになる根源は、水自身の電子衝突に対する性質、即ち、水の電子衝突断面積がもつ特徴に起因する。

ここでは、水の性質が何故、負イオンプラズマを作りやすいかを水の電子衝突断面積を用いて説明し、計算によって、確かに負イオンプラズマを作りやすい環境にあることを検証

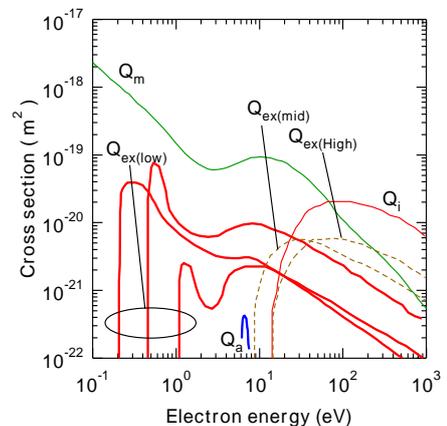


図 2 8 水の電子衝突断面積

する。

図28は、水の電子衝突断面積である。 $Q_m$ は運動量移行断面積(弾性衝突)、 $Q_i$ はイオン化断面積(正イオン生成、多くが解離性)、 $Q_{ex}$ は励起断面積(励起や解離)、 $Q_a$ は電子付着断面積(負イオン生成、多くが解離性)である。ここで、負イオンが生成される原因は、電子付着断面積 $Q_a$ があることである。しかし、電子付着が生じ易い電子のエネルギーは、10 eV以下となっており、イオン化し易い電子のエネルギー(10 eV以上)よりも小さい。そのため、電子の平均エネルギーが高いプラズマが形成されると、高エネルギー電子で生じるイオン化過程の方が勝ってしまうため、負イオンが生成されはするが、主たる荷電粒子は電子と正イオンとなる。従って、電子付着断面積のある分子であるからといって、即座に、負イオンと正イオンが主たる荷電粒子となる、と結論できるわけではない。

負イオンが電子よりも勝るためには、電子付着断面積付近のエネルギーの電子が多く、イオン化断面積が立ち上がるエネルギー領域の電子が少ない、という条件、即ち、低エネルギー電子が多い、ということが必要となる。

水分子の場合、電子衝突断面積の特徴から、以下のように低エネルギー電子が多くなることが説明される。水分子の特徴として、電子付着断面積が存在すること以外に、0.1 eVという低エネルギーから分布している大きな振動励起断面積( $Q_{ex(low)}$ で表されている)が存在することが挙げられる。プラズマ中の電子は、非弾性衝突の断面積の閾値まで加速された時点でその衝突過程を起こすと共に、自らはエネルギーを失う。このとき、断面積の閾値が極めて低いエネルギーにあると、プラズマ中の電子のエネルギーは極めて低いものとなるのである。この断面積の影響を具体的に計算によって示す。図29の実線は、図28に示された全ての電子衝突断面積を考慮して、ボルツマン解析によって電子のエネルギー分布を計算したものである。破線は、低エネルギーの振動励起断面積を考慮しなかった場合の計算結果である。計算に際しては、大気圧プラズマの典型的な換算電界値である  $E/N = 100 \text{ Td}$  を想定した。

同図より、低エネルギーの振動励起断面積がある場合には、それが無い場合と比較して、低エネルギーの電子が多く、高エネルギーの電子が少ない、ということがわかる。即ち、電子付着が起こりやすい電子エネルギー分布となっているといえるのである。以上の考察より、金子らによって見出された水媒質ソリューションプラズマの負のプラズマポテンシャル(即ち、負イオンプラズマ生成)の起源は、水分子が電子付着断面積を有すること、並びに、水の大きな振動励起断面積が極めて低いエネルギー帯域に存在していることである、ということが出来る。

## (2)研究成果の今後期待される効果

実際のプロセス設計では、電極の直径や電極表面の凹凸、誘電体の直径、電極間距離、液体導電率などが設計パラメータとなる。今回の気泡発生モデルの妥当性を明らかにしたことによって、新たなプロセス装置を開発する際に、試作によって検討する時間とコストを大幅に削減できると考えている。

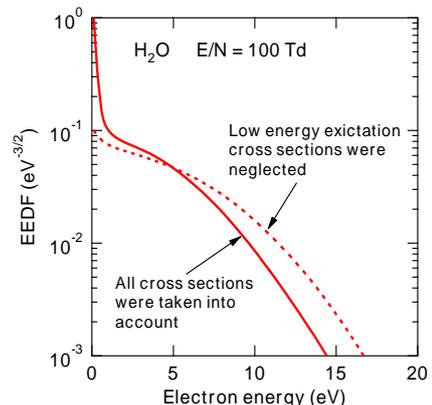


図29 断面積データから計算された  $E/N = 100 \text{ Td}$  の水蒸気プラズマ中の電子のエネルギー分布関数(実線は全ての断面積データを考慮したものであり、破線は、低エネルギーの断面積を考慮しなかったものに相当する)

## § 5 成果発表等

(1)原著論文発表(国内(和文)誌 3件、国際(欧文)誌 34件)

1. P. Baroch, T. Takeda, M. Oda, N. Saito, O. Takai, Degradation of bacteria using pulse plasma discharge in liquid Medium, *IEEE Transac. Dielectrics and Electrical Insulation*, 14-18, 482-485, (2006).
2. M. Futanata, Y. Maruyama, Electromagnetic and chemical interaction between Ag nanoparticles and adsorbed rhodamine molecules in surface enhanced Raman scattering, *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, Springer, Special Issue on Advanced Vibrational Spectroscopy 388, 89-102, (2007).
3. K. Baba, T. Kaneko, R. Hatakeyama, Ion Irradiation Effects on Ionic Liquids Interfaced with RF Discharge Plasmas, *Applied Physics Letters*, 90, 201501, (2007).
4. 齋藤 永宏, 稗田 純子, C. Miron, 高井 治, ソリューションプラズマ材料プロセッシング, 表面技術, 58 (12), 810, (2007).
5. 齋藤 永宏, 稗田 純子, C. Miron, 高井 治, ソリューションプラズマによるナノ微粒子合成と界面制御, 粉碎, 51, 30, (2008).
6. J. Hieda, N. Saito, O Takai, Reaction Dynamics for Gold Nanoparticles Synthesis in Solution Plasma, *Proceedings of Materials Research Society Symposium*, 105, HH03-39, (2008).
7. P. Baroch, N.Saito, O.Takai, Special type of plasma dielectric barrier discharge reactor for direct ozonization of water and degradation of organic pollution, *Journal of Physics D: Applied Physics*, 41, 085207, (2008).
8. J. Hieda, N. Saito, O Takai, Size-regulated Gold Nanoparticles Fabricated by a Discharge in Reverse Micelle Solutions, *Surface and Coatings Technology*, 202(22-23), 5343-5346, (2008).
9. J. Hieda, N. Saito, O Takai, Exotic shapes of gold nanoparticles synthesized using plasma in aqueous solution, *The Journal of Vacuum Science and Technology A*, 26(4), 854-856, (2008).
10. T. Takeda, J. S. Chang, T. Ishizaki, N. Saito, and O. Takai, Morphology of high-frequency electrohydraulic discharge for liquid-solution plasmas, *IEEE Trans. Plasma Sci.* **36** (4), 1158-1159 (2008).
11. P. Baroch, and N. Saito "Biopolar Pulsed Electrical Discharge in Liquid, *IEEE Trans. Plasma Sci.* **36** (4), 1156-1157 (2008).
12. O. Takai, Solution plasma processing (SPP), *Pure and Applied Chemistry*, **80**(9), 2003-2011 (2008).
13. P. Baroch, V. Anita, N. Saito, and O. Takai, Bipolar pulsed electrical discharge for decomposition of organic compounds in water, *J. Electrostat.* **66** (5-6), 294-299 (2008).
14. T. Kaneko, R. Hatakeyama, Biomolecule Encapsulated Carbon Nanotubes Using Nano Processing in Electrolyte Plasmas, *Transactions of the Materials Research Society of Japan*, **33**(3), 673-677 (2008).
15. Y. Ichino, K. Mitamura, N. Saito and O. Takai, Characterization of platinum catalyst supported on carbon nanoballs prepare by solution plasma processing, *J. Vac. Sci. Technol. A*, 27(4) 826-830, (2009).
16. N. Saito, J. Hieda and O. Takai, Synthesis process of gold nanoparticles in solution plasma, *Thin Solid Films*, 518(3)912-917, (2009).
17. Š. Potocký, N. Saito and O. Takai, Needle electrodes erosion in water plasma discharge, *Thin Solid Films*, 518(3)918-923, (2009).
18. J. Hieda, T. Shirahuji, Y. Noguchi, N. Saito, O. Takai, Solution Plasma Surface Modification for Nanocarbon-Composite Materials, *Journal of The Japan Institute of Metals*, **73** (12), 938-942 (2009).
19. T. Kaneko, K. Baba, and R. Hatakeyama, Liquid-Gas Interfacial Plasmas for Formation of Novel Nanobiomaterials, *Plasma Fusion Res.*, 4, 028-1-8 (2009).
20. T. Kaneko, K. Baba, and R. Hatakeyama, Gas-Liquid Interfacial Plasmas: Basic

- Properties and Applications to Nanomaterial Synthesis, *Plasma Phys. Control. Fusion*, **51**(12) 124011-1-8 (2009).
21. T. Kaneko, K. Baba, T. Harada, and R. Hatakeyama, Novel Gas-Liquid Interfacial Plasmas for Synthesis of Metal Nanoparticles, *Plasma Proc. Polym.*, **6**(11) 713-718 (2009).
  22. C. Miron, M.A. Bratescu, N. Saito, O. Takai, Time-resolved Optical Emission Spectroscopy in Water Electrical Discharges, *Plasma Chemistry and Plasma Processing*, **30** (5), 619-631 (2010).
  23. N. Pootawang, N. Saito, O. Takai, Solution plasma process for template removal in mesoporous silica synthesis, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **49**, 126202 (2010).
  24. N. Pootawang, N. Saito, O. Takai, Ag nanoparticles incorporation in mesoporous silica synthesized by solution plasma and their catalysis for oleic acid hydrogenation, *Materials Letters*, **65**, 1037-1040 (2011).
  25. N. Pootawang, N. Saito, O. Takai, Solution Plasma for Template Removal in Mesoporous Silica: pH and Discharge Time Varying Characteristics, *Thin Solid Films*, **519**(20), 7030-7035 (2011).
  26. T. Kaneko, Q. Chen, T. Harada, and R. Hatakeyama, "Structural and Reactive Kinetics in Gas-Liquid Interfacial Plasmas", *Plasma Sources Science and Technology*, **20**(3), 034014, (2011).
  27. C. Miron, M. A. Bratescu, N. Saito, and O. Takai: Optical diagnostics of bipolar electrical discharges in HCl, KCl, and KOH solutions, *J. Appl. Phys.*, **109**, 123301-1-123301-8 (2011)
  28. P. Baroch, S. Potocky, N. Saito: Generation of plasmas in water: utilization of a high-frequency, low-voltage bipolar pulse power supply with impedance control, *Plasma sources science & technology*, **20**, 034017 (2011).
  29. H. Yui, T. Tomai, M. Sawada, and K. Terashima, Generation of laser-induced plasma in supercritical water and vibrational spectroscopic study of accompanying stimulated Raman scattering, *Appl. Phys. Lett.* **99**, 091504 (2011).
  30. C. Miron, M. A. Bratescu, N. Saito, O. Takai: Effect of the electrode work function on the water plasma breakdown voltage, *Current Applied Physics*, **11**, S154-S158 (2011).
  31. M. A. Bratescu, N. Saito, O. Takai: Iron redox reactions in liquid plasma during iron oxide nanostructures synthesis, *Current Applied Physics*, **11**, S30-S34 (2011).
  32. S-P. Cho, M.A. Bratescu, N. Saito, O. Takai, Microstructural characterization of gold nanoparticles synthesized by solution plasma processing, *Nanotechnology*, **22**, 455701 (2011)..
  33. X. Hu, S-P. Cho, O. Takai, N. Saito, Rapidly Synthesis and Structural Characterization of Well-defined Gold Clusters by Solution Plasma, *Crystal Growth and Design*, **12**, 119-123 (2012).
  34. 山本泰望, 田辺郁, 高井治, 齋藤永宏, ソリューションプラズマによる花卉状シリカの合成, 表面技術, **62** (8), 413-415 (2011).
  35. I. Prasertsung, S. Damrongsakkul, C. Terashima, N. Saito, O. Takai, Preparation of low molecular weight chitosan using solution plasma, *Carbohydrate Polymers*, **87**, 2745 (2012).
  36. M. A. Bratescu, S.-P. Cho, O. Takai, N. Saito, Size-controlled gold nanoparticles synthesized in solution plasma, *Journal of Physical Chemistry C*, **115**, 24569-24576 (2011).
  37. Q. Chen, T. Kaneko, and R. Hatakeyama, Rapid Synthesis of Water-Soluble Gold Nanoparticles with Control of Size and Assembly Using Gas-Liquid Interfacial Discharge Plasma, *Chemical Physics Letters*, **521**, 113-117 (2012).

(2)その他の著作物(総説、書籍など)

1. Osamu Takai, Junko Hieda, Takahiro Ishizaki, Nagahiro Saito, “New Industrial Plasma Technology”, Chapter 17, Wiley-VCH.
2. 由井宏治、イノベーションに資する計測技術の最前線「プラズマと溶液の界面を利用した新しい計測技術を目指して」、日本化学会誌「化学と工業」2010年10月号、pp.798-799 (2010)
3. 白藤立, 齋藤永宏, 高井治、プラズマ滅菌・殺菌5 プラズマ滅菌に於けるプラズマ源の装置と特徴について、防菌防黴学会誌 38, pp. 679-685 (2010)
4. T. Kaneko and R. Hatakeyama, “Synthesis of Novel Nanoparticle - Nanocarbon Conjugates Using Plasma in Ionic Liquid”, 「Ionic Liquids: Theory, Properties, New Approaches」, edited by Alexander Kokorin, InTech, pp. 533-548,( 2011).
5. 上野智永、稗田純子、是津信行、齋藤永宏、大気圧プラズマの技術とプロセス開発「新しい材料合成反応場としてのソリューションプラズマ」、pp.212-219、シーエムシー出版.
6. T. Shirafuji, “Sterilization and Disinfection by Plasma: Sterilization Mechanisms, Biological and Medical Applications”, 3.2 Plasma Sources for Plasma Sterilization, pp.111-122, Nova Science Publishers (2011).
7. 金子俊郎, 畠山力三, プラズマナノバイオロニクス研究の最新動向, *Journal of Plasma and Fusion Research*, 87(10), pp.704-705 (2011).

(3)国際学会発表及び主要な国内学会発表

① 招待講演 (国内会議 23 件、国際会議 52 件)

1. 高井治(名大エコトピア)、ソリューションプラズマ・プロセッシングの開発と展望、第22回九州・山口プラズマ研究会、やすらぎ伊王島、長崎、平成18年11月18日
2. 松田直樹(産総研)、“スラブ光導波路分光法を用いた固液界面におけるタンパク質の吸着挙動と機能のその場測定”、第52回表面化学研究会、名古屋大学、平成19年1月27日
3. 松田直樹(産総研)、“スラブ光導波路分光法を用いた高感度計測 タンパク質の吸着過程と界面における機能のその場観察”、第40回応用物理学会講演スクール、青山学院大学、平成19年3月29日
4. O. Takai (名大エコトピア), Solution Plasma Processing (SPP), The 4th International Workshop on Advanced Plasma Processing and Diagnostics & Thin Film Technology for Electronic Materials, Green Hotel Sangane, Aichi, Japan, 平成18年12月2日
5. N. Matduda (産総研), *In Situ* Observation of Adsorption Process and Their Functions of Proteins on ITO Electrodes/electrolyte Interfaces by Slab Optical Waveguide Spectroscopy, 7th International Symposium on Biomimetic Materials Processing (BMMP-7), Nagoya University, 平成19年1月23日
6. O. Takai (名大エコトピア), Solution Plasma Processing, 5th International Symposium on Advanced Plasma Processes and Diagnostics & 1st International Symposium on Flexible Electronics Technology, 水原, 大韓民国, 平成19年4月7日
7. O. Takai (名大エコトピア), NanoTopological Particles Synthesized by Sub- $\mu$ -second Pulsed Solution Plasma Processing (SPP), The 20th Symposium on Plasma Science for Materials, 名古屋大学, 平成19年6月21日
8. O. Takai (名大エコトピア), Recent Progress and Future Directions of Plasma Processing for Bio-Medical Applications, The 10th Latin American Course on Plasma Processing of Materials, Buenos Aires, Argentina, 平成19年8月13日
9. O. Takai (名大エコトピア), Global Environmental Problems and Plasma Processing towards Green Sustainable Society (ECOTOPIA), The 10th Latin American Course on Plasma Processing of Materials, Buenos Aires, Argentina, 平成19年8月14日
10. O. Takai (名大エコトピア), Solution Plasma Processing (SPP), The 10th Latin

- American Course on Plasma Processing of Materials, Buenos Aires, Argentina, 平成 19 年 8 月 15 日
11. R. Hatakeyama (東北大院工), Electrical and Photoinduced Transport Properties of Atom and Molecule Encapsulated Carbon Nanotubes Created by Plasma Process, The 8th IEEE Conference on Nanotechnology, Arlington, Texas, USA, 平成 20 年 8 月 18-21 日
  12. O. Takai (名大エコトピア), Solution plasma processing (SPP), 18th International Symposium on Plasma Chemistry (ISPC18), 京都大学, 平成 19 年 8 月 31 日
  13. O. Takai (名大エコトピア), Solution Plasma Processing for Nanoparticles, ISGLP 2008, 東北大学, 日本, 平成 20 年 9 月 5 日
  14. T. Kaneko (東北大院工), Electrical and Photoinduced Transport Properties of Atom and Molecule Encapsulated Carbon Nanotubes Created by Plasma Process, International Congress on Plasma Physics 2008, Fukuoka, Japan, 平成 20 年 9 月 8 日
  15. 高井 治 (名大エコトピア), 新しい材料合成・加工の反応場としてのソリューションプラズマ 2008 年春季第 55 回応用物理学関係連合講演会, 日本大学理工学部, 平成 20 年 3 月 29 日
  16. O. Takai (名大エコトピア), Solution Plasma Processing for Nanoparticles, ISGLP 2008 東北大学, 日本, 平成 20 年 9 月 5 日
  17. N. Saito (名大院工) Formation Process of Gold Nanoparticles in Solution Plasma, Solution Plasma Processing for Nanomaterials, 名古屋大学, 日本, 平成 20 年 9 月 12 日
  18. O. Takai (名大エコトピア), Syntheses of Nanoparticles by Solution Plasma Processing (SPP), Japan-India Symposium on Advanced Materials (10<sup>th</sup> IUMRS International Conference on Advanced Materials (IUMRS-ICAM2007), Bangalore, India, 平成 19 年 10 月 8 日
  19. O. Takai (名大エコトピア), Surface Modification by Solution Plasma-induced Chemical Reactions, 9th Asia-Pacific Conference on Plasma Science and Technology, Huangshan city, China, 平成 20 年 10 月 9 日
  20. O. Takai (名大エコトピア), Solution Plasma Processing, Plasma Processing Science (Gordon research conference), South Hadley, USA, 平成 20 年 7 月 13 日
  21. O. Takai (名大エコトピア), Development of Solution Plasma Processing, IUMRS-ICA 2008, Nagoya, Japan, 平成 20 年 12 月 12 日
  22. 高井 治 (名大院工), Solution plasma processing for surface engineering, 2009 年度韓国表面工学会春季学術大会, 韓国, 平成 21 年 5 月 28 日
  23. R. Hatakeyama, T. Kaneko, and K. Baba (東北大院工), Production and Control of Novel Gas-Liquid Interfacial Discharge Plasmas, 4th International Congress on Cold Atmospheric Pressure Plasmas, Sources and Applications, Ghent, Belgium, 2009 年 6 月 23 日
  24. S. Potocky (名大院工), Needle Electrodes Erosion in Water Plasma Discharge, The 9th Korea-Japan Workshop, Kwangwoon University, Seoul, Korea, 平成 21 年 7 月 10 日
  25. R. Hatakeyama and T. Kaneko (東北大院工), A Novel Charged Medium Consisting of Gas-Liquid Interfacial Plasmas, International Symposium on Cutting Edge Plasma Physics, Trieste, Italy, 2009 年 8 月 27 日
  26. N. Saito (名大エコトピア), Advanced solution plasma processing, Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering (AEPSE 2009), Busan Korea, 平成 21 年 9 月 23 日
  27. R. Hatakeyama, T. Kaneko, T. Kato, and Y. F. Li (東北大院工), Synthesis and

- Functionalization of Carbon Nanotubes Using Plasma-Based Processes, 2nd International Conference on Advanced Plasma Technologies: 1st International Plasma Nanoscience Symposium, Piran, Slovenia, 2009年10月1日
28. 齋藤永宏(名大エコトピア), ソリューションプラズマによる新しい常温材料合成プロセス, 学会名: 粉体粉末冶金協会 平成21年度秋季大会(第104回講演大会), 名古屋国際会議場、日本, 平成21年10月28日
29. 高井 治(名大院工), ソリューションプラズマプロセッシングによるナノ粒子合成, 粉体粉末冶金協会 平成21年度秋季大会(第104回講演大会), 名古屋国際会議場、日本, 平成21年10月29日
30. 齋藤永宏(名大エコトピア), ソリューションプラズマ, 第50回 真空に関する連合講演会, 学習院創立百周年記念会館、日本, 平成21年11月4日
31. 齋藤永宏(名大エコトピア), ソリューションプラズマによるナノ粒子の合成, 第40回中部科学関係学協会支部連合秋季大会, 岐阜大学工学部、日本, 平成21年11月7日
32. J. Hieda (名大院工), N. Saito (名大エコトピア), O. Takai (名大院工), Solution Plasma Processing, Tsinghua Univ. - Nagoya Univ. - Toyota Motor Corp. Joint Symposium on Advanced Materials, Hainan University, China, 平成21年12月10日
33. 齋藤永宏(名大エコトピア), グリーンピークル研究開発拠点～ソリューションプラズマ材料プロセッシングを中心に～, 東桜会館(愛知県)、日本, 平成22年1月18日
34. 齋藤永宏(名大エコトピア), ソリューションプラズマ反応場と機能化ナノ粒子合成, 日本金属学会・日本鉄鋼協会東海支部学術討論会, 「次世代自動車の普及と地球温暖化対策を目指す最先端材料研究」—— 新進気鋭の材料研究者による学術討論会 ——, 名古屋大学、日本, 平成22年1月18日
35. O. Takai (名大院工), Development of Solution Plasma Processing, IWPL2010, Ehime University, Japan, 平成22年3月24日
36. 高井治(名大院工), 新しい材料合成・加工の反応場としてのソリューションプラズマ, 平成22年電気学会全国大会, 名古屋大学、日本, 平成22年3月17日
37. 齋藤永宏(名大エコトピア), ソリューションプラズマ利用したナノ粒子の合成と機能化, 学会名: 日本化学会第90春季年会, 大阪府近畿大学、日本, 平成22年3月26日
38. T. Kaneko, K. Baba, and R. Hatakeyama(東北大院工), Liquid Related Discharge and Electrolyte Plasmas for Creation of Bio-Nano Composite Materials, The 7th EU-Japan Joint Symposium on Plasma Processing, Liblice, Czech Republic, 2009年4月24日
39. R. Hatakeyama, T. Kaneko, and K. Baba(東北大院工), Production and Control of Novel Gas-Liquid Interfacial Discharge Plasmas, 4th International Congress on Cold Atmospheric Pressure Plasmas: Sources and Applications, Ghent, Belgium, 2009年6月23日
40. R. Hatakeyama, T. Kaneko, and K. Baba(東北大院工), Novel Gas-Liquid Interfacial Plasmas, Basic Properties and Applications to Nano-Bio Material Creation, 36th EPS Conference on Plasma Physics – 2009, Sofia, Bulgaria, 2009年7月2日
41. R. Hatakeyama and T. Kaneko(東北大院工), A Novel Charged Medium Consisting of Gas-Liquid Interfacial Plasmas, International Symposium on Cutting Edge Plasma Physics, Trieste, Italy, 2009年8月27日
42. R. Hatakeyama, T. Harada, Q. Chen, and T. Kaneko(東北大院工), Control of Novel Gas-Liquid Interfacial Plasmas for Nano-Bio Conjugates Creation, 19th International Toki Conference, 岐阜県土岐市, 日本, 2009年12月11日
43. 金子俊郎, 陳強, 原田高志, 畠山力三(東北大院工), 気液界面プラズマの生成と新規ナノ材料創製, 平成22年電気学会全国大会, 東京都, 千代田区, 日本, 2010年3月17日

44. R. Hatakeyama, T. Kaneko, Q. Chen, and T. Harada (東北大院工), Structural and Reaction Kinetics in Gas-Liquid Interfacial Plasmas, International Workshop on Plasmas with Liquids (IWPL2010), Matsuyama, Japan, 2010年3月23日
45. 白藤立(名大院工), 稗田純子(名大院工), 野口陽平(名大院工), 齋藤永宏(名大院工), 高井治(名大院工), 森田直祐(名大院工), 酒井道(名大院工), 橘邦英(名大院工), ソリューションプラズマ反応場における微細気泡の効果とナノ材料表面処理, 日本学術振興会プラズマ材料科学第153委員会第96回研究会, 弘済会館, 東京, 平成22年5月21日
46. T. Shirafuji, J. Hieda, Y. Noguchi, N. Saito and O. Takai (名大エコトピア), Solution Plasma Processing (SPP) of Materials, 2010年韓国表面工学会春季学術大会, Jeju University, Korea, 平成22年5月28日
47. 齋藤永宏 (名大エコトピア), Solution Plasma Processing for Nanomaterials – Cold Plasma in Water, The 24th Symposium on Plasma Physics and Technology, Czech Republic Prague・Czech Technical University, 平成22年6月16日
48. 齋藤永宏 (名大エコトピア), ソリューションプラズマ反応と材料合成, 第26回ソフト溶液プロセス研究会講演会, 神奈川県横浜市・東京工業大学すずかけ台キャンパス, 平成22年7月9日
49. 齋藤永宏 (名大エコトピア), 新しい反応場を用いた表面機能化プロセス～ソリューションプラズマから自己組織化まで～第51回CVD研究会「第21回夏季セミナー」, 開催場所: 滋賀県近江八幡市・休暇村近江八幡, 平成22年8月19日
50. T. Shirafuji(名大エコトピア), Y. Noguchi(名大院工), S.P. Cho(名大院工), J. Hieda(名大院工), N. Saito(名大院工), O. Takai(名大院工), Solution Plasma Processing ～ Cold Plasma in Water ～, China-Japan-Korea 2010 Strategic Seminar on New Materials (CJK-SSNM 2010), Pinnacle Hotel, Huhhot, China, 平成22年8月26日
51. 齋藤永宏 (名大エコトピア), ソリューションプラズマ反応場と材料合成, 第53回放射線化学討論会, 名古屋大学, 平成22年9月12日,
52. 由井宏治(東京理科大学), プラズマ/溶液界面の分光計測・分析化学の新展開 日本分析化学会第59年会, 東北大学, 平成22年9月15日
53. C. Terashima(名大院工), J. Hieda(名大院工), X. Hu(名大エコトピア), N. Saito(名大院工), O. Takai(名大院工), Nanoparticles synthesis through solution plasma processing, Visual-JW2010, ホテル阪急エキスポパーク, 平成22年11月11日
54. 白藤立(大阪市大院工), 特長的なレーザーによる非侵襲的低温プラズマ殺菌第31回日本レーザー医学会総会, ウィンク愛知, 名古屋, 平成22年11月13日
55. 白藤立(大阪市大院工), 特長的なレーザーによる非侵襲的低温プラズマ殺菌 第22回日本レーザー歯学会総会・学術大会, ウィンク愛知, 名古屋, 平成22年11月14日
56. M.A. Bratescu(名大エコトピア), N. Saito(名大院工), O. Takai(名大院工), Optical diagnostics of solution plasma for nanomaterials processing, The 40th Korean Vacuum Society's liquid plasma session, Phoenix Park Resort, Pyeong Chang, Korea, 平成23年2月9-11日
57. T. Kaneko, T. Okuno, T. Harada, and R. Hatakeyama(東北大院工), Periodic Nanoparticle Structure Formed by Controlled Gas-Liquid Interfacial Plasmas, 2nd International Workshop on Plasma Nano-Interfaces and Plasma Characterization, Cerklje, Slovenia, 2011年3月2日
58. O. Takai(名大院工), Solution Plasma and Its Applications, The 2nd Research Symposium on Petroleum, Petrochemicals, and Advanced Materials and The 17th PPC Symposium on Petroleum, Petrochemicals, and Polymers, Bangkok, Thailand, 2011年4月26日
59. T. Shirafuji(大阪市大院工), K. Asano(名大工), J. Hieda(名大院工), N. Saito(名大院工) and O. Takai(名大院工): On the possibility of micro-solution plasma for

- materials processing, The 11th International Symposium on Biomimetic Materials Processing, 名古屋大学, 名古屋, 2011年1月25日
60. O. Takai(名大院工), Interfaces in Solution Plasma Processing, 8th International workshop on interfaces at the boundary between natural and synthetic materials, Santiago de Compostela, Spain, 2011年6月26日
61. T. Kaneko and R. Hatakeyama(東北大院工), Synthesis of Novel Nano Particle - Carbon - Bio Composite Materials Using Gas-Liquid Interfacial Plasmas, International Conference on Process Intensification for Sustainable Chemical Industries, Beijing, China, 2011年6月28日
62. R. Hatakeyama, T. Kaneko, Q. Chen(東北大院工), Gas-Liquid Interfacial Plasmas and Nano-Bio Material Applications, The 3rd International Conference on Microelectronics and Plasma Technology, Dalian, China, 2011年7月5日
63. R. Hatakeyama, T. Kaneko, T. Kato, Y. F. Li, and Q. Chen(東北大院工), Nanobio Plasma Processes in Solid-Gas-Liquid Interfacial Layers, Northeastern Asia Symposium on Plasma Fusion 2011, Daejeon, Korea, 2011年9月25日~28日
64. O. Takai(名大院工), Solution Plasma, Physics, Chemistry and Applications, 20th International Symposium on Plasma Chemistry, Philadelphia, USA, 2011年7月25日
65. N. Saito(名大院工), Biomimetic Materials Processing ~ a cold plasma in cold solution ~, 12th International Conference in Asia (IUMRS-ICA 2011), Taipei, Taiwan, 2011年9月20日
66. M. A. Bratescu(名大エレクトロニクス), N. Saito(名大院工), O. Takai(名大院工), Solution Plasma Processing ~, The 8th Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering, Dalian, China, 2011年9月21日
67. N.Saito(名大院工), Nanostructure Materials and Surfaces by Plasma Processing, EUROCORR 2011, Stockholm, Sweden, 2011年10月20日.
68. N.Saito (名大院工), Nanostructured Materials and Surfaces by Plasma Processing, Nanostructured materials and Surfaces by Plasma Processing, ICAMN2011, 2011年10月23日.
69. T. Shirafuji(大阪市大院工): Three-dimensional integrated micro solution plasmas for nano materials processing, Topical Workshop on Green Plasma-Nano Technology - Green Energy and Flexible New Materials -, 2011, Jongro-gu, Korea, 2011年10月28日.
70. 金子俊郎, 畠山力三(東北大院工), ナノ・バイオ非平衡プラズマの気液界面における物理化学的挙動, Plasma Conference 2011, 石川県, 金沢市, 2011年11月22日~25日.
71. R. Hatakeyama, T. Kaneko, and T. Kato(東北大院工), Non-Equilibrium Plasmas Ranging from Physics to Nanobio Science, International Symposium for 25th Anniversary of H-mode Bifurcation Theory, Fukuoka, Japan, 2012年1月24日.
72. T. Shirafuji(大阪市大院工), K. Asano(名大工), J. Hieda(名大院工), N. Saito(名大院工) and O. Takai(名大院工): On the possibility of micro-solution plasma for materials processing, The 11th International Symposium on Biomimetic Materials Processing, 名古屋大学, 名古屋, 2011年1月25日.
73. 白藤 立(大阪市大院工), 気液二相が関与するプラズマプロセスの応用とその理解, 応用物理学会関西支部 2011年度第2回講演会「プラズマ技術の進化と新しい展開」, 大阪大学中之島センター 10階 佐治敬三メモリアルホール, 2012年1月27日.
74. T. Kaneko and R. Hatakeyama(東北大院工), Nanoparticle Morphology Control Using Extreme Gas-Liquid Interfacial Plasmas, Third International Symposium on Plasma Nanoscience, Johor, Malaysia and Singapore, 2012年2月27日~3月1日.
75. 寺島千晶、齋藤永宏、高井治(名大院工)、ソリューションプラズマによるナノ材料合成の進展、第21回日本MRS学術シンポジウム、2011年12月20日.

② 口頭発表 (国内会議 93 件、国際会議 49 件)

1. P. Baroch (名大エコトピア), T. Takeda (名大院工), M. Oda (名大院工), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Dehradation of Bacteria in Liquid Medium Using Speceal Type of Plasma Dielectric Barrier Discharge Reactor, 8th Asia – pacific conference on plasma science and technology and 19th Symposium on Plasma Science for Materials, Chairns, Australia, 平成 18 年 7 月 3 日
2. 武田知之(名大院工)、Baroch. P. (名大エコトピア)、齋藤永宏(名大院工)、井上泰志(名大エコトピア)、高井治(名大エコトピア)、水中プラズマを用いた大腸菌および黄色ブドウ球菌の処理、2006 年秋季第 67 回応用物理学学会学術講演会、立命館大学平成 18 年 8 月 29 日
3. T. Takeda (名大院工), P. Baroch (名大エコトピア), N. Saito (名大院工), Y. Inoue (名大エコトピア), O. Takai (名大エコトピア), Effect of discharge mode in water on sterilization process, The 4th International Workshop on Advanced Plasma Processing and Diagnostics & Thin Film Technology for Electronic Materials, Green Hotel Sangane, Aichi, Japan, 平成 18 年 12 月 2 日
4. M. Oda (名大院工), P. Baroch (名大エコトピア), N. Saito (名大院工), Y. Inoue (名大エコトピア), T. Yonezawa (東大院工), O. Takai (名大エコトピア), Synthesis of gold nanoparticles using solution plasma processing (SPP), The 4th international workshop on advanced plasma processing and diagnostics & thin film technology for electronic materials, Green Hotel Sangane, Aichi, Japan, 平成 18 年 12 月 1 日
5. 小田将智(名大院工)、石崎貴裕(名大院工)、齋藤永宏(名大院工)、高井治(名大エコトピア)、ソリューションプラズマ反応場を用いた金ナノコロイドの合成とその機構の解明、平成 18 年度表面技術若手研究者・技術者研究交流発表会、名古屋市工業研究所、平成 18 年 12 月 19 日
6. 石崎貴裕(名大院工)、齋藤永宏(名大院工)、高井治(名大エコトピア)、ソリューションプラズマ反応場の創製と応用、東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究会、東北大学、平成 19 年 2 月 22 日
7. 入江和徳(名大院工)、石崎貴裕(名大院工)、齋藤永宏(名大院工)、高井治(名大エコトピア)、ソリューションプラズマによる窒化プロセスの探索、表面技術協会 第 115 回講演大会、芝浦工業大学、平成 19 年 3 月 7 日
8. 西垣拓(名大院工)、石崎貴裕(名大院工)、齋藤永宏(名大院工)、高井治(名大エコトピア)、液中プラズマによる白金ナノ微粒子の作製、応用物理学学会 2007 年春季第 54 回学術講演会、青山学院大学、平成 19 年 3 月 27 日
9. 馬場 和彦(東北大院工)、金子 俊郎(東北大院工)、畠山 力三(東北大院工)、イオン液体-プラズマ界面系における電位構造とプラズマイオン照射、2008 年春季第 55 回応用物理学関係連合講演会、日本大学理工学部、平成 19 年 3 月 28 日
10. 武田知之(名大院工)、Baroch. P (名大エコトピア)、石崎貴裕(名大院工)、齋藤永宏(名大院工)、太田美智男(名大医)、高井治(名大エコトピア)、Ar バブル支援による純水中でのプラズマ生成と滅菌処理への応用、応用物理学学会 2007 年春季第 54 回学術講演会、青山学院大学、平成 19 年 3 月 29 日
11. 畠山 力三(東北大院工)、馬場 和彦(東北大院工)、金子 俊郎(東北大院工)、気相-液相界面プラズマの生成と応用、2008 年春季第 55 回応用物理学関係連合講演会、日本大学理工学部、平成 19 年 3 月 29 日
12. J. Hieda (名大院工), M. Oda (名大院工), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Preparation of gold nanoparticles by discharge in aqueous and non-aqueous solutions, 5th International Symposium on Advanced Plasma Processes and Diagonostics & 1st International Symposium on Flexible Electronics Technology, 水原, 大韓民国, 平成 19 年 4 月 7 日
13. 松田 直樹 (産総研), スラブ光導波路分光法を用いた固液界面における紫外-可視域の吸収スペクトルのその場測定, 有機分子・バイオナノエレクトロニクス分科会研究会, 山形県 上山市市民会館, 平成 19 年 6 月 30 日

14. N. Matsuda (産総研), In-Situ Observation of Interfacial Phenomena by Using Optical Waveguide Spectroscopy, International Workshop on Advanced Technology and Science, 東京 科学技術館, 平成 19 年 8 月 2 日
15. Y. Hirotsu(東北大院工), T. Kaneko (東北大院工), K. Ueda (東北大院工), K. Baba (東北大院工), Y. F. Li (東北大院工), R. Hatakeyama (東北大院工), Ionic Liquid Irradiation toward Single-Walled Carbon Nanotubes in Micro Electrolyte Plasma, 電気関係学会東北支部連合大会 (International Session), 秋田県立大学, 平成 19 年 8 月 24 日
16. J. Hieda (名大院工), M. Oda (名大院工), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Reaction kinetics for synthesis of gold nanoparticles in solution plasma field, 18th International Symposium on Plasma Chemistry (ISPC18), 京都大学, 平成 19 年 8 月 31 日
17. C. Miron (名大院工), M. A. Bratescu (名大エコトピア), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Diagnostic of water plasma by time resolved optical spectroscopy, 18th International Symposium on Plasma Chemistry (ISPC18), 京都大学, 平成 19 年 8 月 31 日
18. 馬場 和彦(東北大院工), 金子 俊郎(東北大院工), 畠山 力三(東北大院工), 気相-液相界面プラズマ関与のイオン液体中電位測定を試み, 第 68 回秋季応用物理学学会学術講演会, 北海道工業大学, 平成 19 年 9 月 4 日
19. 入江 和徳 (名大院工), 石崎 貴裕 (名大院工), 齋藤 永宏 (名大院工), 高井 治 (名大エコトピア), 窒化反応のためのソリューションプラズマの設計と診断, 表面技術協会 第 116 回講演大会, 長崎大学, 平成 19 年 9 月 18 日
20. 入江 和徳 (名大院工), 石崎 貴裕 (名大院工), 齋藤 永宏 (名大院工), 高井 治 (名大エコトピア), ソリューションプラズマによる窒化プロセスの探索, 資源・素材 2007, 名古屋大学, 平成 19 年 9 月 25 日
21. 中村 泰啓 (名大院工), 石崎 貴裕 (名大院工), 齋藤 永宏 (名大院工), 高井 治 (名大エコトピア), ソリューションプラズマによる異形金ナノ微粒子合成プロセスの開拓, 資源・素材 2007, 名古屋大学, 平成 19 年 9 月 25 日
22. N. Matsuda (産総研), Y. Ayato (産総研), M. Matsui (産総研), In-Situ UV-vis Absorption Spectroscopy of Solid / Liquid Interfaces by Using Slab Optical Waveguide Spectroscopy, AEPSE2007, 長崎 海の見えるホテル, 平成 19 年 9 月 28 日
23. R. Hatakeyama (東北大院工), K. Baba (東北大院工), T. Kaneko (東北大院工), Generation and Properties of Plasmas in Contact with Ionic Liquids, 60th Annual Gaseous Electronics Conference, Virginia, USA, 平成 19 年 10 月 2 日
24. 伊藤 経之 (名大院工), M. A. Bratescu (名大エコトピア), 石崎 貴裕 (名大院工), 齋藤 永宏 (名大院工), 高井 治 (名大エコトピア), 液中プラズマを用いた白金担持カーボンナノボールの合成, 第 21 回「ナノテク部会」研究会, 長野千曲市, 平成 19 年 11 月 17 日
25. 中村 泰啓 (名大院工), M. A. Bratescu (名大エコトピア), 石崎 貴裕 (名大院工), 齋藤 永宏 (名大院工), 高井 治 (名大エコトピア), ソリューションプラズマによる異形金ナノ微粒子の合成, 第 21 回「ナノテク部会」研究会, 長野千曲市, 平成 19 年 11 月 18 日
26. S. Potocky (名大エコトピア), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Solution Plasma Discharge for Water Treatment, International Symposium on Ecotopia Science (ISET) 名古屋大学, 平成 19 年 11 月 25 日
27. S. Potocky (名大エコトピア), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Chemical Analysis of Solution Plasma by Gas Chromatography and ICP-MS, 第 18 回日本 MRS 学術シンポジウム, 日本大学理工学部, 平成 19 年 12 月 7 日
28. A. Neculai (名大エコトピア), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Preparation of copper nanoparticles by electrode etching in water discharge, 第 18 回日本 MRS 学術シンポジウム, 日本大学理工学部, 平成 19 年 12 月 7 日

29. 稗田 純子 (名大院工), 高井 治 (名大エコトピア), ソリューションプラズマの生成とナノ合成および表面改質への応用, 第 66 回表面技術アカデミック研究討論会, 日本工業大学, 平成 19 年 12 月 10 日
30. 稗田 純子 (名大院工), 石崎 貴裕 (名大院工), 齋藤 永宏 (名大院工) 高井 治 (名大エコトピア), ソリューションプラズマを用いたナノ粒子・異種イオン分散溶液からの金ナノマテリアルの合成, 表面技術協会 第 117 回講演大会, 日本大学 津田沼キャンパス, 平成 20 年 3 月 12 日
31. 李 京熙 (名大院工), 齋藤 永宏 (名大院工), 高井 治 (名大エコトピア), ソリューションプラズマによる FePt 微粒子の合成とその評価, 表面技術協会 第 117 回講演大会, 日本大学 津田沼キャンパス, 平成 20 年 3 月 12 日
32. 畠山 力三 (東北大院工), 馬場 和彦 (東北大院工), 金子 俊郎 (東北大院工), 気相-液相界面プラズマの生成と応用, 2008 年春季第 55 回応用物理学関係連合講演会, 日本大学理工学部, 平成 20 年 3 月 29 日
33. 稗田 純子 (名大院工), 石崎 貴裕 (名大院工), 齋藤 永宏 (名大院工), 高井 治 (名大エコトピア), 逆ミセル溶液中で生成したソリューションプラズマの発光分光および電流・電圧測定, 2008 年春季第 55 回応用物理学関係連合講演会, 日本大学理工学部, 平成 20 年 3 月 29 日
34. N. Apetroaei (名大エコトピア), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Synthesis and Characterization of Copper-based Nanoparticles using Liquid Discharge and Cu electrode, IUMRS-ICEM 2008, Hilton Sydney, Australia, 平成 20 年 7 月 29 日
35. 稗田純子(名大院工)、齋藤永宏(名大院工)、高井 治(名大エコトピア), ソリューションプラズマを用いた合成における金ナノ粒子溶解現象への pH の影響, 第 118 回講演大会 (主催: 表面技術協会), 近畿大学、日本, 平成 20 年 9 月 1 日
36. 御田村 紘志(名大エコトピア)、齋藤永宏(名大院工)、高井 治(名大エコトピア), 有機化合物を用いたソリューションプラズマ反応解析, 第 118 回講演大会 (主催: 表面技術協会), 近畿大学、日本, 平成 20 年 9 月 1 日
37. 市野善道(名大院工)、御田村紘志(名大エコトピア)、齋藤永宏(名大院工)、高井 治(名大エコトピア), 白金ナノ粒子の粒径制御による Pt/CNB の触媒活性の向上, 第 69 回応用物理学学会学術講演会, 中部大学、日本, 平成 20 年 9 月 2 日
38. 御田村 紘志(名大エコトピア)、齋藤永宏(名大院工)、高井 治(名大エコトピア), ソリューションプラズマ有機合成プロセスの開発, 第 69 回応用物理学学会学術講演会, 中部大学、日本, 平成 20 年 9 月 2 日
39. 馬場和彦(東北大院工), 金子俊郎(東北大院工), 畠山力三(東北大院工), イオン液体を用いた安定な気相-液相界面プラズマ反応場の創出とその応用, 第 69 回応用物理学学会学術講演会, 中部大学、日本, 発表日:平成 20 年 9 月 2 日
40. 発表者:稗田純子 (名大院工)、御田村紘志(名大エコトピア)、齋藤永宏(名大院工)、高井 治(名大エコトピア), 金ナノ粒子分散液系ソリューションプラズマによる金ナノ粒子の粒径変化, 日本金属学会 2008 年秋期 (第 143 回) 大会, 熊本大学、日本, 平成 20 年 9 月 24 日
41. T. Kaneko(東北大院工), K. Baba(東北大院工), R. Hatakeyama(東北大院工), Gas-Liquid Interfacial Plasmas for Creating Novel Nano-Structured Materials, 9th Asia-Pacific Conference on Plasma Science and Technology and 21st Symposium on Plasma Science for Materials, Huangshan, China, 平成 20 年 10 月 8 日~10 月 11 日
42. N. Matsuda, T. Nakajima, Measurement of Potential-current relation with respect to the electrode arrangement in solution plasma”, 9th Asia-Pacific Conference on Plasma Science and Technology (APCPST) and 21st Symposium on Plasma Science for Materials (SPSM), 2008 年 10 月 10 日 (中華人民共和国黄山市、黄山国際ホテル)
43. 馬場和彦(東北大院工), 金子俊郎(東北大院工), 畠山力三(東北大院工), 気相-液相界面放電プラズマにおける反応プロセス制御, 電気学会プラズマ研究会, 東北大学平成 20 年 11 月 1 日

44. S. Potocky (名大エコトピア), Decoloration of organic dyes by bipolar pulsed electrical discharge in aqueous solution, AVS 55<sup>th</sup> International Symposium, Boston, USA, 平成 20 年 11 月 15 日
45. N. Matsuda (産業技術総合研究所), In situ observation of solid/liquid interfaces by slab optical waveguide spectroscopy, IUMRS-ICA2008, 名古屋国際会議場、名古屋市、日本, 平成 20 年 12 月 12 日
46. N. Fujikawa (名大院工), N. Saito (名大エコトピア), O. Takai (名大院工), Primary Physical Factor of Solution Plasma reaction field, 22nd Symposium on Plasma Science for Materials (SPSM-22 第 22 回プラズマ材料科学シンポジウム), Tokyo, Japan, 平成 21 年 6 月 15 日
47. 藤川理大 (名大院工)、齋藤永宏 (名大エコトピア)、高井 治 (名大院工), 液中プラズマ反応場に及ぼすイオン濃度の影響, 2009 年秋季第 70 回応用物理学会学術講演会, 富山大学、日本, 平成 21 年 9 月 10 日
48. 田中秀和 (名大院工)、齋藤永宏 (名大エコトピア)、高井 治 (名大院工)、ソリューションプラズマ形成におけるナノ・マイクロバブルの影響, 2009 年秋季第 70 回応用物理学会学術講演会、富山大学、日本、平成 21 年 9 月 10 日
49. 稗田純子 (名大院工)、齋藤永宏 (名大エコトピア)、高井 治 (名大院工), ソリューションプラズマによる Pd ナノ粒子の合成, 第 120 回講演大会 (表面技術協会), 幕張メッセ、千葉、日本, 平成 21 年 9 月 17 日
50. 鈴木和也 (名大院工)、趙星彪 (名大院工)、齋藤永宏 (名大エコトピア)、高井 治 (名大院工), 液中プラズマによる Zr 系化合物ナノ粒子の合成, 第 120 回講演大会 (表面技術協会), 幕張メッセ、千葉、日本, 平成 21 年 9 月 17 日
51. 山本泰望 (名大院工)、高井治 (名大院工)、齋藤永宏 (名大エコトピア), ソリューションによる酸化物系材料合成経路の探索, 第 120 回講演大会 (表面技術協会), 幕張メッセ、千葉、日本, 平成 21 年 9 月 17 日
52. 野口陽平 (名大院工)、白藤立 (名大院工)、齋藤永宏 (名大エコトピア)、高井治 (名大院工), ソリューションプラズマを用いたナノファイバーの表面改質によるポリアミド 6/ナノファイバー複合材料の機械的特性の向上, 第 120 回講演大会 (表面技術協会), 幕張メッセ、千葉、日本, 平成 21 年 9 月 17 日
53. 中村泰啓 (名大院工)、稗田純子 (名大院工)、齋藤永宏 (名大エコトピア)、高井 治 (名大院工), 液中プラズマを用いた金ナノロッド合成における保護剤濃度の影響, 第 40 回中部科学関係学協会支部連合秋季大会, 岐阜大学工学部、日本, 平成 21 年 11 月 7 日
54. 発表者: 稗田純子 (名大院工)、齋藤永宏 (名大エコトピア)、高井 治 (名大院工), 液中プラズマを用いた Pd ナノ粒子合成における pH の影響, 第 40 回中部科学関係学協会支部連合秋季大会, 岐阜大学工学部、日本, 平成 21 年 11 月 7 日
55. K. Suzuki (名大院工), T. Shirafuji (名大院工), S-P Cho (名大院工), N. Saito (名大エコトピア), O. Takai (名大院工), Synthesis of Zr-containing Compound Nano-particles Using Solution Plasmas, 2009 MRS Fall Meeting, Boston, USA, 平成 21 年 11 月 30 日
56. M. A. Bratescu (名大エコトピア), N. Saito (名大エコトピア), O. Takai (名大院工), Nano-Materials Processing in Solution Plasma, 9th Academic Symposium of MRS-Japan 2009, Yokohama, Japan, 平成 21 年 12 月 7 日
57. T. Harada, K. Baba, T. Kaneko, and R. Hatakeyama (東北大院工), Synthesis of Metal Nanoparticles Using Ion Irradiation in a Plasma-Ionic Liquid, 22nd Symposium on Plasma Science for Materials (SPSM-22 第 22 回プラズマ材料科学シンポジウム), Tokyo, Japan, 2009 年 6 月 15 日
58. 金子俊郎, 畠山力三 (東北大院工), 液体電極放電プラズマの特性と応用, 電気学会研究会 プラズマ研究会, 東京都千代田区, 日本, 2009 年 6 月 15 日
59. T. Harada, K. Baba, T. Kaneko, and R. Hatakeyama (東北大院工), Effects of Ion

Irradiation in a Plasma-Ionic Liquid Interfacial Region on Synthesis of Metal Nanoparticles, 電気関係学会東北支部連合大会, 宮城県仙台市, 日本, 2009年8月21日

60. Q. Chen, T. Kaneko, and R. Hatakeyama (東北大院工), Properties and Application of Gas-Liquid Interfacial Pulse Discharge Plasmas, The 10th Asia Pacific Conference on Plasma Science and Technology and the 23rd Symposium on Plasma Science for Materials, Jeju island, Korea, 平成22年7月4日
61. 陳強, 金子俊郎, 畠山力三(東北大院工), 気相-液相界面放電におけるイオン液体の効果, 平成21年秋季第70回応用物理学会学術講演会, 富山県富山市, 日本, 2009年9月8日
62. Q. Chen, T. Kaneko, R. Hatakeyama(東北大院工), Synthesis of Nanoparticles Using Gas-Liquid Interfacial Plasmas, The 2nd Student Organizing International Mini-Conference on Information Electronics Systems, 宮城県仙台市, 日本, 2009年9月27日
63. T. Harada, K. Baba, T. Kaneko, and R. Hatakeyama(東北大院工), Properties of Ion Irradiation to Plasma-Ionic Liquid Interface Relating to Metals Nanoparticle Synthesis, 62nd Annual Gaseous Electronics Conference, Saratoga Springs, New York, USA, 2009年10月23日
64. T. Kaneko, T. Harada, Q. Chen, and R. Hatakeyama(東北大院工), Potential Structure Formation in the Gas-Liquid Interfacial Plasmas, 51st Annual Meeting of the Division of Plasma Physics, Atlanta, Georgia, USA, 2009年11月4日
65. 山本泰望(名大院工)、稗田純子(名大院工)、齋藤永宏(名大エコピア)、高井治(名大院工)、ソリューションプラズマによるシリコン酸化物粒子の合成, (社)表面技術協会 第121回講演大会, 東京、日本, 平成22年3月16日
66. 田中秀和(名大院工)、齋藤永宏(名大エコピア)、高井 治(名大院工)、ソリューションプラズマ反応場の分光学的解析, 2010年春季第57回応用物理学関係連合講演会, 神奈川、日本, 平成22年3月17日
67. 稗田純子(名大院工)、藤川理大(名大院工)、齋藤永宏、高井 治(名大院工)、ソリューションプラズマ形成における安定化因子, 2010年春季第57回応用物理学関係連合講演会, 神奈川、日本, 平成22年3月18日
68. 趙星彪(名大院工)、稗田純子(名大院工)、齋藤永宏(名大エコピア)、高井治(名大院工)、ソリューションプラズマによる逆ミセル系溶液中からの金ナノ粒子の合成と分散特性, 表面技術協会第122回講演大会, 東北大学 川内キャンパス, 平成22年9月6日
69. 津田典明(名大院工)、稗田純子(名大院工)、高井治(名大院工)、齋藤永宏(名大エコピア)、ソリューションプラズマによる化学修飾グラフェンシートの合成と評価, 表面技術協会第122回講演, 東北大学川内キャンパス, 平成22年9月6日
70. 山本泰望(名大院工)、稗田純子(名大院工)、齋藤永宏(名大エコピア)、高井治(名大院工)、ソリューションプラズマによるシリカゾル中での金ナノ粒子の合成, 表面技術協会第122回講演, 東北大学川内キャンパス, 平成22年9月6日
71. 藤本大地(名大院工)、稗田純子(名大院工)、Maria-Antoaneta Bratescu(名大エコピア)、高井治(名大院工)、齋藤永宏、ソリューションプラズマ中での金ナノ粒子合成過程の分析, 2010年秋季 第71回応用物理学会学術講演会, 長崎大学文教キャンパス, 平成22年9月14日
72. 趙星彪(名大院工)、稗田純子(名大院工)、齋藤永広(名大エコピア)、高井治(名大院工)、逆ミセルを用いたソリューションプラズマにより合成した Au ナノ粒子の分散特性および構造特性の評価, 2010年秋季 第71回応用物理学会学術講演会, 長崎大学文教キャンパス, 平成22年9月14日
73. 田中秀和(名大院工)、稗田純子(名大院工)、白藤 立(名大院工)、趙星彪(名大院工)、齋藤永宏(名大エコピア)、高井治(名大院工)、ソリューションプラズマを用いた金ナノ微粒子の粒径制御, 2010年秋季 第71回応用物理学会学術講演会, 長崎大学, 平成22年9月

14日

- 74.原田 高志, 金子 俊郎, 畠山 力三(東北大院工), プラズマイオン液体界面制御による金ナノ粒子層間挿入カーボンナノチューブの高効率合成, 平成 22 年秋季第 71 回応用物理学会学術講演会, 長崎県, 長崎市, 日本, 平成 22 年 9 月 14 日
75. 陳 強, 金子 俊郎, 畠山 力三(東北大院工), 気相-液相界面放電プラズマにおける可溶性金ナノ粒子の合成, 平成 22 年秋季第 71 回応用物理学会学術講演会, 長崎県, 長崎市, 日本, 平成 22 年 9 月 14 日
76. 野口陽平(名大院工), 稗田純子(名大院工), 白藤立(名大院工), 高井 治(名大院工), 齋藤永宏(名大エコピア), ソリューションプラズマを用いた多層カーボンナノチューブの表面改質とフィルター特性, 2010 年秋季 第 71 回応用物理学会学術講演会, 長崎大学 文教キャンパス, 平成 22 年 9 月 16 日
77. T. Kaneko, T. Harada, and R. Hatakeyama (東北大院工), Formation of Highly-Ordered Nanoparticle Structure Using Controlled Gas-Liquid Interfacial Plasma, 63rd Gaseous Electron Conference & 7th International Conference on Reactive Plasmas, Paris, France, 2010 年 10 月 4 日
78. T. Shirafuji(大阪市大院工), Integrated-micro-solution plasma in porous dielectric electrodes and its application to water treatment, 7th International Conference on Reactive Plasmas, 28th Symposium on Plasma Processing, 63rd Gaseous Electronics Conference, Paris, France, 平成 22 年 10 月 8 日
79. T. Shirafuji(大阪市大院工), Solution plasma processing of carbon nano-fillers in ammonia aqueous solution for preparation of polymer nano-composite materials, American Vacuum Society 57th International Symposium & Exhibition, Albuquerque, New Mexico, USA, 平成 22 年 10 月 22 日
80. T. Kaneko, T. Harada, Q. Chen, and R. Hatakeyama(東北大院工), Synthesis of Nanoparticles Conjugated with Carbon Nanotubes Using Gas-Liquid Interfacial Plasmas, IEEE TENCON 2010, Fukuoka, Japan, 平成 22 年 11 月 22 日
81. Sung-Pyo Cho, J. Hieda, N. Saito(名大エコピア), O. Takai, Studies of Structural and Dispersal Characteristics of characteristics of Au nanoparticles synthesized by Solution Plasma Process, The 1st Korea-Japan Symposium on Surface Technology, Songdo Park Hotel, Incheon, Korea, 平成 22 年 11 月 26 日
82. M.A. Bratescu(名大エコピア), N. Saito(名大エコピア), O. Takai, UV-Attenuated total reflectance spectroscopy: a powerful tool for interfacial processes analysis, The 1st Korea-Japan Symposium on Surface Technology, Songdo Park Hotel, Incheon, Korea, 平成 22 年 11 月 26 日
83. 藤本大地(名大院工), 稗田純子(名大院工), マリア ブラテスク(名大エコピア), 高井治(名大院工), 齋藤永宏(名大エコピア), ソリューションプラズマによる金ナノ粒子合成における水のかご効果の分析, 第 58 回応用物理学関係連合講演会, 神奈川工科大学, 平成 23 年 3 月 24 日(開催中止)
84. 岩井雄二郎(名大院工), 寺島千晶(名大院工), 趙星彪(名大院工), 齋藤永宏(名大エコピア), 高井治(名大院工), ソリューションプラズマによる Au ナノ粒子担持カーボンの合成とリチウム空気電池への応用, 第 58 回応用物理学関係連合講演会, 神奈川工科大学, 平成 23 年 3 月 27 日(開催中止)
85. 趙星彪(名大院工), 稗田純子(名大院工), 齋藤永宏(名大エコピア), 高井治(名大院工), ソリューションプラズマにより合成した Au ナノ粒子の HRTEM 評価, 第 58 回応用物理学関係連合講演会, 神奈川工科大学, 平成 23 年 3 月 27 日(開催中止)
86. 白藤立(大阪市立大), 浅野敬祐(名大院工), 稗田純子(名大院工), 齋藤永宏(名大エコピア), 高井治(名大院工), 集積化マイクロソリューションプラズマの生成, 第 58 回応用物理学関係連合講演会, 神奈川工科大学, 平成 23 年 3 月 24 日(開催中止)
87. 大野一佳(名大院工), 野口陽平(名大院工), 青木淑恵(名大院工), 白藤立(名大院工), 稗田純子(名大院工), 高井治(名大院工), 齋藤永宏, ソリューションプラズマを用いた多層

- カーボンナノチューブのニトロ化処理とアミノ化処理プロセス, 第 58 回応用物理学関係連合講演会, 神奈川工科大学, 平成 23 年 3 月 24 日(開催中止)
- 88.原田 高志, 金子 俊郎, 畠山力三(東北大院工), プラズマ照射時間変化によるカーボンナノチューブ表面での金ナノ粒子修飾密度及び間隔制御, 第 58 回応用物理学関係連合講演会, 東京都, 八王子市, 2011 年 3 月 24 日
- 89.陳 強, 金子 俊郎, 畠山力三(東北大院工), 気液界面放電プラズマを用いた水溶性金ナノ粒子の粒径制御合成, 第 58 回応用物理学関係連合講演会, 東京都, 八王子市, 2011 年 3 月 24 日
- 90.寺島千晶(名大院工), 岩井雄二郎(名大院工), 趙星彪(名大院工), 齋藤永宏(名大エコピア), 高井治(名大院工), ソリューションプラズマにより合成した金ナノ粒子の電気化学特性, 電気化学会第 78 回大会, 横浜国立大学, 平成 23 年 3 月 29 日(開催中止)
91. 由井宏治, 加藤久弥, 草間裕太, 染谷悠(東京理科大), プラズマ/溶液界面の顕微分光分析:(1)プラズマ/溶液界面顕微分光システムの構築と放電プラズマ生成前駆現象の観測, 第 71 回分析化学討論会, 島根大学, 平成 23 年 5 月 16 日
92. 草間裕太, 染谷悠, 加藤久弥, 由井宏治(東京理科大), プラズマ/溶液界面の顕微分光分析:(2)空間分解分光による励起過渡種とプラズマパラメータの空間分布評価, 第 71 回分析化学討論会, 島根大学, 平成 23 年 5 月 16 日
93. 染谷悠, 加藤久弥, 草間裕太, 由井宏治(東京理科大), プラズマ/溶液界面の顕微分光分析:(3)時間分解分光による励起過渡種の時間発展とプラズマ形成初期過程の考察, 第 71 回分析化学討論会, 島根大学, 平成 23 年 5 月 16 日
- 94.M.A. Bratescu(名大エコピア), O. Takai(名大院工), N. Saito(名大院工), Influence of solution plasma characteristics on the synthesized Au nanoparticles Joint Conference of 5th International Conference on Science and Technology for Advanced Ceramics(STAC5) and 2<sup>nd</sup> International Conference on Advanced Materials Development and Integration of Novel Structured Metallic and Inorganic Materials(AMDI2), Yokohama, Japan, 2011 年 6 月 22 日
95. T. Shirafuji(大阪市大院工), J. Hieda(名大院工), N. Saito(名大院工) and O. Takai(名大院工): Application of Integrated Micro Solution Plasma to Decomposition of Organic Substances in Water, The 20th International Symposium on Plasma Chemistry, Philadelphia (U.S.A.), 2011 年 6 月 27 日
96. T. Shirafuji(大阪市大院工), J. Hieda(名大院工), N. Saito(名大院工), O. Takai(名大院工): Effects of solution plasmas on the structure of MWNTs, The 24th Symposium on Plasma Science for Materials, 大阪大学(吹田市), 2011 年 7 月 20 日
97. Tatsuru Shirafuji(大阪市立大院工), Junko Hieda(名大院工), Nagahiro Saito(名大院工), Osamu Takai(名大院工), Application of Integrated Micro Solution Plasma to Decomposition of Organic Substances in Water, 20th International Symposium on Plasma Chemistry, Philadelphia, USA, 2011 年 7 月 27 日
98. J-S Chang(名大院工), O.L. Helena Li(名大エコピア), Kuniko Urashima(名大エコピア), Junko Hieda(名大院工), Osamu Takai(名大院工), Nagahiro Saito(名大院工), Discharge Characteristics of Packed Bed HF Bipolar Liquid Solution Plasmas and Their Applications, 20th International Symposium on Plasma Chemistry, Philadelphia, USA, 2011 年 7 月 28 日
- 99.S-Pyo Cho(名大院工), Junko Hieda(名大院工), Nagahiro Saito(名大院工), Osamu Takai(名大院工), Studies of Structural Characteristics of Metal Nanoparticles Fabricated by a Glow Discharge in Aqueous, 20th International Symposium on Plasma Chemistry, Philadelphia, USA, 2011 年 7 月 28 日
100. 白藤立(大阪市大院工), 高橋憲司(金沢大学院工), 後藤哲男((株)ホワイトネット): Er:YAG レーザーによる非侵襲的低温プラズマ殺菌の可能性, 電気学会プラズマ研究会, 大阪工業大学(大阪市), 2011 年 8 月 7 日

101. T. Shirafuji(大阪市大院工), N. Saito, O. Takai(名大院工): On the effects of bubble-size-fluctuation in the plasma in liquid, 第 72 回応用物理学会学術講演会, 山形大学(山形市), 2011 年 8 月 30 日
102. 趙星彪(名大院工)、齋藤永宏(名大院工)、高井治(名大院工), ソリューションプラズマにより合成した Au, Ag ナノ子の構造特徴, 第 72 回応用物理学会学術講演会, 山形大学, 2011 年 8 月 29 日
103. 定末佳祐(名大院工)、是津信行(名大院工)、上野智永(名大院工)、高井治(名大院工)、齋藤永宏(名大院工), ソリューションプラズマプロセスにより作製した Pt ナノ粒子担持グラフェン, 第 72 回応用物理学会学術講演会, 山形大学, 2011 年 8 月 29 日
104. 白藤立(大阪市立大院工)、齋藤永宏(名大院工)、高井治(名大院工), 液中気泡内プラズマにおける気泡サイズ揺らぎの影響, 第 72 回応用物理学会学術講演会, 山形大学, 2011 年 8 月 30 日
105. 秋山慎太郎(名大院工)、寺島千晶(名大院工)、齋藤永宏(名大院工)、高井治(名大院工), 酸素還元活性発現を目指した金属フリー窒素ドーブカーボンの合成, 第 72 回応用物理学会学術講演会, 山形大学, 2011 年 8 月 31 日
106. 荻和慎平(名大院工)、寺島千晶(名大院工)、齋藤永宏(名大院工)、高井治(名大院工), PECVD 法によるポリマー上への透明 DLC 膜の低温合成, 第 72 回応用物理学会学術講演会, 山形大学, 2011 年 9 月 2 日
107. 寺島千晶(名大院工)、永田章(名大院工)、岩井雄二郎(名大院工)、齋藤永宏(名大院工)、高井治(名大院工), ソリューションプラズマ処理した酸化チタン電極の電気化学特性, 2011 年電気化学秋季大会, 朱鷺メッセ(新潟市), 2011 年 9 月 10 日
108. 岩井雄二郎(名大院工)、寺島千晶(名大院工)、趙星彪(名大院工)、齋藤永宏(名大院工)、高井治(名大院工), ソリューションプラズマにより合成した金ナノ粒子担持カーボンの電極特性とリチウム空気電池への応用, 2011 年電気化学秋季大会, 朱鷺メッセ(新潟市), 2011 年 9 月 10 日
109. 定末佳祐(名大院工)、是津信行(名大院工)、上野智永(名大院工)、齋藤永宏(名大院工), ソリューションプラズマプロセスを用いた Pt ナノ粒子担持グラフェンの作製, 表面技術協会第 124 回講演大会, 名古屋大学(名古屋市), 2011 年 9 月 21 日
110. カン ジュン(名大院工)、上野智永(名大院工)、是津信行(名大院工)、高井治(名大院工)、齋藤永宏(名大院工), ソリューションプラズマを利用した金属空気電極用ナノカーボン物質の合成, 表面技術協会第 124 回講演大会, 名古屋大学(名古屋市), 2011 年 9 月 21 日
111. 発表者: カン ジュン(名大院工)、上野智永(名大院工)、是津信行(名大院工)、高井治(名大院工)、齋藤永宏(名大院工), ソリューションプラズマを利用した金属空気電極用ナノカーボン物質の合成, 表面技術協会第 124 回講演大会, 名古屋大学(名古屋市), 2011 年 9 月 21 日
112. 津田典明(名大院工)、趙星彪(名大院工)、上野智永(名大院工)、是津信行(名大院工)、齋藤永宏(名大院工), ソリューションプラズマによるグラフェンシートの化学修飾, 表面技術協会第 124 回講演大会, 名古屋大学(名古屋市), 2011 年 9 月 21 日
113. 趙星彪(名大院工)、齋藤永宏(名大院工)、高井治(名大院工), ソリューションプラズマを用いた Pd ナノ粒子の合成と分散特性, 表面技術協会第 124 回講演大会, 名古屋大学(名古屋市), 2011 年 9 月 21 日
114. 胡秀蘭(名大院工)、高井治(名大院工)、齋藤永宏(名大院工), ソリューションプラズマ法より燃料電池用触媒の合成とその評価, 表面技術協会第 124 回講演大会, 名古屋大学(名古屋市), 2011 年 9 月 21 日
115. Li Oi Lun(名大エコトピア)、齋藤永宏(名大院工)、高井治(名大院工), Disinfection and Decomposition of Chemical Compounds by Solution Plasma, 表面技術協会第 124 回講演大会, 名古屋大学(名古屋市), 2011 年 9 月 21 日
116. 許容康(名大院工)、上野智永(名大院工)、是津信行(名大院工)、齋藤永宏(名大院工), ソリューションプラズマを用いた金ナノ流体の合成での電圧効果, 表面技術協会第 124 回講演大会, 名古屋大学(名古屋市), 2011 年 9 月 21 日

117. 上野智永(名大院工)、野口陽平(名大院工)、是津信行(名大院工)、高井治(名大院工)、齋藤永宏(名大院工)、ソリューションプラズマを用いたカーボン材料の表面修飾と分散性の向上, 表面技術協会第 124 回講演大会, 名古屋大学(名古屋市), 2011 年 9 月 22 日
118. 山本泰望(名大院工)、上野智永(名大院工)、是津信行(名大院工)、齋藤永宏(名大院工)、高井治(名大院工)、ソリューションプラズマによるシリカ合成及びその析出形態に及ぼす pH の影響, 表面技術協会第 124 回講演大会, 名古屋大学(名古屋市), 2011 年 9 月 22 日
119. 岩井雄二郎(名大院工)、寺島千晶(名大院工)、趙星彪(名大院工)、齋藤永宏(名大院工)、高井治(名大院工)、ソリューションプラズマにより合成したナノ粒子触媒によるリチウム空気電池の劣化防止, 第 58 回材料と環境討論会, 名古屋大学(名古屋市), 2011 年 9 月 22 日
120. O.L. Li(名大エコピア), N. Saito(名大院工), O. Takai(名大院工), Application of Solution Plasma in Food Processing, 第 58 回材料と環境討論会, 名古屋大学(名古屋市), 2011 年 9 月 29 日
121. 津田典明(名大院工)、上野智永(名大院工)、是津信行(名大院工)、齋藤永宏(名大院工)、ソリューションプラズマ法によるグラフェンの化学修飾, 第 58 回材料と環境討論会, 名古屋大学(名古屋市), 2011 年 9 月 30 日
122. M.A. Bratescu(名大院工), O. Takai(名大院工), N. Saito(名大院工), Mechanism of Au Nanoparticles Formation in Solution Plasma, AVS 58th International Symposium & Exhibition, Tennessee, USA, 2011 年 10 月 31 日
123. M. A. Bratescu(名大エコ), O. Takai(名大院工), N. Saito(名大院工), Effect of Surrounding Chemistry on the Size of Gold Nanoparticles Synthesized in Solution Plasma, 15th International Conference on Thin Films, Kyoto, Japan, 2011 年 11 月 8 日
124. X. Hu(名大エコ), O. Takai(名大院工), N. Saito(名大院工), Synthesis of Gold Nanoparticles by Solution Plasma Sputtering in Various Solvents, 15th International Conference on Thin Films, Kyoto, Japan, 2011 年 11 月 8 日
125. Q. Chen, T. Kaneko, and R. Hatakeyama(東北大院工), Simple Synthesis of Water-Soluble Gold Nanoparticles by Gas-Liquid Interfacial Discharge Plasma, 15th International Conference on Thin Films, 京都テルサ(京都市), 2011 年 11 月 8 日~11 日
126. 金子俊郎, 畠山力三(東北大院工), 気液界面強磁化プラズマによる金ナノ粒子の構造制御合成, Plasma Conference 2011 (プラズマ・核融合学会第 28 回年会/応用物理学会第 29 回プラズマプロセッシング研究会/日本物理学会(領域 2)2011 年秋季大会), 石川県立音楽堂(金沢市), 2011 年 11 月 22 日~25 日
127. 谷田優也(名大院工)、上野智永、是津信行、齋藤永宏、ソリューションプラズマを用いたメソポーラスシリカ細孔内での銀ナノクラスター合成, 平成 23 年度表面技術若手研究者・技術者研究交流発表会, 名古屋, 2011 年 11 月 28 日.
128. M. A. Bratescu(名大エコ), N. Saito(名大院工), O. Takai(名大院工), Effect of Surrounding Chemistry on the Size of Gold Nanoparticles Synthesized in Solution Plasma, International Symposium on EcoTopia Science'11, Nagoya, Japan, 2011 年 12 月 10 日.
129. O.L.Li, N. Saito, O. Takai, New Approach of Energy Crisis: Cellulose as a Potential Energy Resource, International Symposium on EcoTopia Science'11, Nagoya, Japan, 2011 年 12 月 10 日.
130. X. Hu, O. Takai, N. Saito, Fabrication of Nobel Metal Nanoparticles by Solution Plasma Processing, Nagoya Univ.-Tsinghua Univ.-Toyota Motor Corp.-Hokkaido Univ.-Univ. Electron. Sci. Tech. China Joint Symposium, Chengdu, China, 2011 年 12 月 22 日.
131. C. Terashima, A. Nagata, Y. Iwai, N. Saito, O. Takai, Solution Plasma Treatment of TiO<sub>2</sub> Nanoparticles, Nagoya Univ.-Tsinghua Univ.-Toyota Motor Corp.-Hokkaido Univ.-Univ. Electron. Sci. Tech. China Joint Symposium, Chengdu, China, 2011 年

12月23日.

132. O. Takai, Progress in Biomimetic Materials Processing, Twelfth International Symposium on Biomimetic Materials Processing (BMMP-12), Nagoya, Japan, 2012年1月24日.
133. T. Shirafuji(大阪市大院工), N. Saito(名大院工) and O. Takai(名大院工): 3D integrated micro solution plasmas ~ Effects of electrical conductivity of liquid medium ~, The 5th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science, フロイデ犬山観光センター(犬山市), 2012年3月10日
134. 胡秀蘭, 高井治, 齋藤永宏、溶液中プラズマスパッタ法によりナノ材料の合成及び評価、表面技術協会第125回講演大会、2012年3月14日
135. T. Shirafuji, N. Saito, O. Takai: Synthesis of gold nano particles using 3D integrated micro solution plasmas, 第59回応用物理学関係連合講演会, 早稲田大学(東京都), 2012年3月16日
136. 趙星彪, 齋藤永宏, 高井治, ソリューションプラズマにより合成したPdナノ粒子の構造研究、2012年春季第59回応用物理学関係連合講演会, 早稲田大学(東京都), 2012年3月16日
137. 李靄倫, 齋藤永宏, 高井治、Conversion of Biomass to Ethanol by Solution Plasma、2012年春季第59回応用物理学関係連合講演会、2012年3月17日
138. M. Bratescu, 上野智永, 是津信行, 高井治, 齋藤永宏, Analysis of Organic Pollutant Degradation in Pulsed Plasma by Coherent Anti-stokes Raman Spectroscopy, 2012年春季第59回応用物理学関係連合講演会、2012年3月18日
139. 上野智永, 谷田優也, 是津信行, 齋藤永宏、ソリューションプラズマによるシリカ細孔内における銀ナノ粒子の合成、2012年春季第59回応用物理学関係連合講演会, 早稲田大学(東京都), 2012年3月16日
140. 金子俊郎, 高橋祥平, 畠山力三(東大院工), 気液相プラズマナノ界面における構造制御金ナノ粒子の合成, 第59回応用物理学関係連合講演会, 早稲田大学(東京都, 新宿区), 2012年3月15日~18日
141. 陳強, 金子俊郎, 畠山力三(東大院工), 液中プラズマによる金ナノ粒子-DNA複合物質修飾二層カーボンナノチューブの形成, 第59回応用物理学関係連合講演会, 早稲田大学(東京都, 新宿区), 2012年3月15日~18日
142. 谷田優也, 上野智永, 是津信行, 齋藤永宏、ソリューションプラズマによるメソポーラスシリカ細孔内の機能化とAgナノクラスター合成、日本金属学会2012年春季大会, 横浜国立大学(神奈川県), 2012年3月28日

③ ポスター発表 (国内会議 34件、国際会議 158件)

1. 小田将智(名大院工)、P. Baroch(名大エコピア)、齋藤永宏(名大院工)、井上泰志(名大エコピア)、米沢徹(東大院工)、高井治(名大エコピア)、液中プラズマ反応場を利用した金ナノ粒子の生成とその機構の解明、2006年秋季第67回応用物理学学会学術講演会、立命館大学、平成18年8月30日
2. 小田将智(名大院工)、P. Baroch(名大エコピア)、齋藤永宏(名大院工)、井上泰志(名大エコピア)、米沢徹(東大院工)、高井治(名大エコピア)、液中プラズマ反応場を利用した金ナノコロイドの合成、日本金属学会2006秋期講演大会、新潟大学、平成18年9月16日
3. 武田知之(名大院工)、P. Baroch(名大エコピア)、齋藤永宏(名大院工)、井上泰志(名大エコピア)、高井治(名大エコピア)、水中プラズマを用いた大腸菌の殺菌処理、第16回学生による材料フォーラム、平成18年11月30日
4. 西垣拓(名大院工)、石崎貴裕(名大院工)、齋藤永宏(名大院工)、高井治(名大エコピア)、ソリューションプラズマによるPtナノコロイドの合成、表面技術協会第115回講演大会、芝浦工業大学、平成19年3月7日

5. 西垣拓(名大院工)、石崎貴裕(名大院工)、齋藤永宏(名大院工)、高井治(名大エコトピア)、液中プラズマによるPt ナノコロイドの合成、日本金属学会 2007 年(第 140 回)大会、千葉工業大学、平成19 年 3 月 27 日
6. 丸山芳弘(産総研)、二又政之(産総研)、単一分子感度ラマンに現れる発光のオリジン、日本化学会第87春季年会、関西大学、平成 19 年 3 月 27 日
7. M. Oda(名大院工), P. Baroch(名大エコトピア), N. Saito(名大院工), Y. Inoue(名大エコトピア), O. Takai(名大エコトピア), The Study on Mechanism of Gold Particles Synthesis using Plasma Discharge in Aqueous Solution, International Union of Materials Research Societies-International Conference in Asia-2006, Hotel Shilla, Jeju, Korea, 平成 18 年 9 月 11 日
8. T. Takeda(名大院工), P. Baroch(名大エコトピア), N. Saito(名大院工), Y. Inoue(名大エコトピア), O. Takai(名大エコトピア), Sterilization of Escherichia coli using pulse plasma discharge in aqueous solution, The 17th Symposium of The Materials Research Society of Japan, Nihon University, 平成 18 年 12 月 10 日
9. T. Takeda(名大院工), P. Baroch(西ポヘミア大), T. Ishizaki(名大院工), N. Saito(名大院工), M. Ohta(名大医), O. Takai(名大エコトピア), Plasma generation in purified water by Ar bubble support and application to sterilization processing, 5th International Symposium on Advanced Plasma Processes and Diagnostics & 1st International Symposium on Flexible Electronics Technology, 水原, 大韓民国, 平成 19 年 4 月 7 日
10. T. Takeda(名大院工), P. Baroch(西ポヘミア大), T. Ishizaki(名大院工), N. Saito(名大院工), M. Ohta(名大医), O. Takai(名大エコトピア), Sterilization treatment of bacteria by discharge in an aqueous solution and elucidation of the mechanism, ISPC18 (18th International Symposium on Plasma Chemistry, 京都大学, 平成 19 年 8 月 27 日
11. T. Nishigaki(名大院工), T. Ishizaki(名大院工), N. Saito(名大院工), O. Takai(名大エコトピア), Synthesis of Platinum Nanoparticles by Solution Plasma Processing, The Doyama Symposium on Advanced Materials, 東京大学, 平成 19 年 9 月 6 日
12. Y. Nakamura(名大院工), T. Ishizaki(名大院工), N. Saito(名大院工), O. Takai(名大エコトピア), Synthesis of gold nanoparticles by discharge in aqueous solution, The Doyama Symposium on Advanced Materials, 東京大学, 平成 19 年 9 月 6 日
13. J. Hieda(名大院工), M. Oda(名大院工), N. Saito(名大院工), O. Takai(名大エコトピア), Size Control of Gold Nanoparticles fabricated with discharge in reverse micelle solutions, AEPSE2007, 長崎 海の見えるホテル, 平成 19 年 9 月 25 日
14. C. Miron(名大院工), M. A. Bratescu(名大エコトピア), 石崎 貴裕(名大院工), 齋藤永宏(名大院工), 高井 治(名大エコトピア), Diagnostic of plasma in aqueous systems by time-resolved optical spectroscopy, AEPSE2007, 長崎 海の見えるホテル, 平成 19 年 9 月 27 日
15. 武田 知之(名大院工), P. Baroch(西ポヘミア大), 石崎 貴裕(名古屋大学大学院 工学研究科), 齋藤 永宏(名古屋大学大学院 工学研究科), 太田 美智男(名古屋大学 医学部), 高井 治(名大エコトピア), Sterilization mechanism of bacteria by a pulsed discharge in water, AEPSE2007, 長崎 海の見えるホテル, 平成 19 年 9 月 29 日
16. T. Nishigaki(名大院工), T. Ishizaki(名大院工), N. Saito(名大院工), O. Takai(名大エコトピア), Size Distribution Factor of Platinum Nanoparticles Synthesized by Plasma in Aqueous Solution, AVS 54th International Symposium & Exhibition, Washington, USA, 平成 19 年 10 月 16 日
17. C. Miron(名大院工), M.A. Bratescu(名大エコトピア), T. Ishizaki(名大院工), N. Saito(名大院工), O. Takai(名大エコトピア), Diagnostic of Plasma Generated in Water by Time-Resolved Optical Spectroscopy, AVS 54th International Symposium &

- Exhibition, Washington, USA, 平成 19 年 10 月 16 日
18. K. Baba (東北大院工), T. Kaneko (東北大院工), R. Hatakeyama (東北大院工), Generation of Microplasmas on Ionic Liquids, 4th International Workshop on Microplasmas, 台南, 台湾, 平成 19 年 10 月 28 日
  19. K. Uchida (東北大院工), T. Okada (東北大院工), T. Kaneko (東北大院工), K. Baba (東北大院工), R. Hatakeyama (東北大院工), Synthesis of Magnetic Metal Encapsulated Carbon Nanotubes using Arc Discharge Micro Plasmas in Liquid, 4th International Workshop on Microplasmas, 台南, 台湾, 平成 19 年 10 月 28 日
  20. Y. Hirotsu (東北大院工), T. Okada (東北大院工), K. Baba (東北大院工), K. Uchida (東北大院工), T. Kaneko (東北大院工), R. Hatakeyama (東北大院工), Formation of Ionic Liquids Encapsulated Single-Walled Carbon Nanotubes, 4th International Workshop on Microplasmas, 台南, 台湾, 平成 19 年 10 月 28 日
  21. J. Hieda (名大院工), M. Oda (名大院工), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Exotic Shapes of Gold Nanoparticles Synthesized with Plasma in an Aqueous Solution, AVS 54th International Symposium & Exhibition, Washington, USA, 平成 19 年 10 月 16 日
  22. A. Neculai (名大エコトピア), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Time Resolve Electrical Characteristics of Discharge in Liquids, International Symposium on Ecotopia Science (ISET), 名古屋大学, 平成 19 年 11 月 25 日
  23. J. Hieda (名大院工), T. Ishizaki (名大院工), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Reaction Dynamics for Gold Nanoparticles Synthesis in Solution Plasma, Material Research Society (MRS), Boston, USA, 平成 19 年 11 月 26 日
  24. D. B. Allred (名大 VBL), M.A. Bratescu (名大エコトピア), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Initial Mechanisms of Nanomaterial Formation in a Solution Plasma, 第 18 回日本 MRS 学術シンポジウム, 日本大学理工学部, 平成 19 年 12 月 8 日
  25. K. Uchida (東北大院工), K. Baba (東北大院工), T. Kaneko (東北大院工), R. Hatakeyama (東北大院工), 溶液中アーク放電プラズマを利用したシリコンナノ粒子の合成 第 18 回日本 MRS 学術シンポジウム, 日本大学理工学部, 平成 19 年 12 月 8 日
  26. A. Neculai (名大エコトピア), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Synthesis of Cu-based Nanofluid Using Electrode Erosion in a Liquid Discharge, Eighth International Symposium on Biomimetic Materials Processing (BMMP-8), 名古屋大学, 平成 20 年 1 月 22 日
  27. J. Hieda (名大院工), T. Ishizaki (名大院工), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Formation Chemistry of Gold Nanoparticles Prepared in Solution Plasma, Eighth International Symposium on Biomimetic Materials Processing (BMMP-8), 名古屋大学, 平成 20 年 1 月 23 日
  28. D. B. Allred (名大 VBL), M.A. Bratescu (名大エコトピア), M. Sarikaya (ワシントン大), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Nanomaterial Formation in a Solution Plasma and Biocompatibility, Eighth International Symposium on Biomimetic Materials Processing (BMMP-8), 名古屋大学, 平成 20 年 1 月 23 日
  29. K. Baba (東北大院工), T. Kaneko (東北大院工), R. Hatakeyama (東北大院工), Effects of Various Plasma Ions Irradiation on the Ionic Liquid Electrode, 25th Symposium on Plasma Processing, 山口県教育会館, 平成 19 年 1 月 23 日
  30. S. Potocky (名大エコトピア), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Decoloration of Organic Dye by Solution Plasma Process, Eighth International Symposium on Biomimetic Materials Processing (BMMP-8), 名古屋大学, 平成 20 年 1 月 23 日
  31. 中村 泰啓 (名大院工), 石崎 貴裕 (名大院工), 齋藤 永宏 (名大院工), 高井 治 (名大エコトピア), ソリューションプラズマによる金ナノ微粒子の形状制御プロセスの開拓, 表面技術協会 第 117 回講演大会, 日本大学 津田沼キャンパス, 平成 20 年 3 月 12 日

32. 藤川 理大 (名大工), M.A. Bratescu (名大エコトピア), 石崎 貴裕 (名大院工), 齋藤 永宏 (名大院工), 高井 治 (名大エコトピア), ソリューションプラズマに及ぼす溶存酸素の影響, 表面技術協会 第 117 回講演大会, 日本大学 津田沼キャンパス, 平成 20 年 3 月 12 日
33. 市野 善道 (名大工), M. A. Bratescu (名大エコトピア), 石崎 貴裕 (名大院工), 齋藤 永宏 (名大院工), 高井 治 (名大エコトピア), ソリューションプラズマによる Pt/CNB の作製と触媒活性評価, 表面技術協会 第 117 回講演大会, 日本大学 津田沼キャンパス, 平成 20 年 3 月 12 日
34. S. Potocky (名大エコトピア), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Electrode Erosion in Water Plasma Discharge, Interfinish 2008, 釜山、韓国, 平成 20 年 6 月 17 日
35. J. Hieda (名大院工), T. Ishizaki (産総研), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Etching Effect of Solution Plasma on Gold Nanoparticles, Interfinish 2008, 釜山、韓国, 平成 20 年 6 月 17 日
36. C. Miron (名大院工), M.A. Bratescu (名大エコトピア), T. Ishizaki (産総研), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Diagnosis of an Electrical Discharge Generated Between Electrodes with Different Electron Emission Ability in Ultrapure Water, Interfinish 2008, 釜山、韓国, 平成 20 年 6 月 17 日
37. K.H. Lee (名大院工), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Synthesis of Face-Centered Tetragonal FePt Nanoparticles by Solution Plasma, Interfinish 2008, 釜山、韓国, 平成 20 年 6 月 17 日
38. Y. Nakamura (名大院工), T. Ishizaki (産総研), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Synthesis of Shape-Controlled Gold Nanoparticles using Discharge in Aqueous Solution, Interfinish 2008, 釜山、韓国, 平成 20 年 6 月 17 日
39. K. Mitamura (名大エコトピア), T. Mori (名大院工), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Analysis and Diagnosis of Reactions on the Interface between Plasma and Solution, Interfinish 2008, 釜山、韓国, 平成 20 年 6 月 17 日
40. J. Hieda (名大院工), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Solution-plasma Reforming of Gold Nanoparticles, Plasma Processing Science (Gordon research conference), South Hadley, USA, 平成 20 年 7 月 14 日
41. C. Miron (名大院工), M.A. Bratescu, (名大エコトピア), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), The wide band gap semiconductor electrodes influence on the time evolution of the reactive species generated in pulsed electrical discharges in lipids, Plasma Processing Science (Gordon research conference), South Hadley, USA, 平成 20 年 7 月 16 日
42. K. Mitamura (名大エコトピア), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Analysis of Reactions in Solution Plasma, Plasma Processing Science (Gordon research conference), South Hadley, USA, 平成 20 年 7 月 16 日
43. K.H. Lee (名大院工), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Synthesis of FePt Nanoparticles by Solution Plasma in Aqueous Solution, ECOSS-25  
開催場所: University of Liverpool, England, 平成 20 年 7 月 30 日
44. Y. Nakamura (名大院工), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Fabrication of shape-controlled nanoparticles using ionic surfactant in solution plasma, The 3rd International School of Advanced Plasma Technology, Villa Monastero, Italy, 平成 20 年 7 月 30 日
45. M. Kawaguchi (名大院工), M. A. Bratescu (名大エコトピア), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Synthesis Mechanism of Gold Nanoparticles by Solution Plasma, The 3rd International School of Advanced Plasma Technology, Villa Monastero, Italy, 平成 20 年 7 月 30 日
46. S. Potocky (名大エコトピア), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Electrode Erosion and Nanoparticles Reduction in Solution Plasma Process, IUMRS-ICEM 2008, Hilton Sydney, Australia, 平成 20 年 7 月 31 日
47. 藤川理大 (名大院工), 御田村紘志 (名大エコトピア), 齋藤永宏 (名大院工), 高井 治 (名大エコトピア), アルカリ性金属イオンと液中プラズマの相互関係, 学会名: 第 69 回応用物理学会学術講演会, 中部大学、日本, 平成 20 年 9 月 4 日

48. 森 貴昭 (名大院工)、御田村紘志(名大エコトピア)、齋藤永宏(名大院工)、高井 治(名大エコトピア), 低級アルコール・水系中でのソリューションプラズマ反応の解析, 第69回応用物理学会学術講演会, 中部大学、日本, 平成20年9月4日
49. K. Mitamura (名大エコトピア), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Chemical Reaction of Carboxyl Acids in Solution Plasma, ISGLP 2008, 東北大学、日本, 平成20年9月6日
50. S. Potocky (名大エコトピア), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Water Plasma Discharge Studied by Optical Emission Spectroscopy, ISGLP 2008, 東北大学、日本, 平成20年9月6日
51. N. Apetroaei (名大エコトピア), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Synthesis and Characterization of Copper-based Nanoparticles Via Solution Plasma, ISGLP 2008, 東北大学、日本, 平成20年9月6日
52. N. Fujikawa (名大院工), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Interpretation of Gold Nanoparticles Synthesis in Solution Plasma with Quantitative Underpinning, ISGLP 2008, 東北大学、日本, 平成20年9月6日
53. T. Mori (名大院工), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Protection Ability of Surfactant for Copper Nanoparticles in Solution Plasma, ISGLP 2008, 東北大学、日本, 平成20年9月6日
54. K. Baba (東北大院工), T. Kaneko (東北大院工), R. Hatakeyama (東北大院工), Ionic Liquid Interfaced Discharge Plasma Controlling Interfacial Electric Field for Nanomaterial Creation, ISGLP 2008, 東北大学、日本, 平成20年9月6日
55. Y. Hirotsu (東北大院工), T. Kaneko (東北大院工), R. Hatakeyama (東北大院工), Electrolyte Plasmas Creating Single-Walled Carbon Nanotubes Decorated with Ionic Liquids, ISGLP 2008, 東北大学、日本, 平成20年9月6日
56. K. Baba (東北大院工), T. Kaneko (東北大院工), R. Hatakeyama (東北大院工), Gas-Liquid Interfacial Discharge Using Ionic Liquids at Low Gas Pressure, ICPP 2008, Fukuoka, Japan, 平成20年9月8日
57. M. Yabuno (東北大院工), T. Kaneko (東北大院工), R. Hatakeyama (東北大院工), Effects of Gas Ion Density on Formation of Gas-Atom Encapsulated Silicon Fullerenes, ICPP 2008, Fukuoka, Japan, 平成20年9月8日
58. J. Hieda (名大院工), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Formation Process of Gold Nanoparticles in Solution Plasma, Materials Science and Nanotechnology for the 21th Century, 名古屋大学、日本, 平成20年9月11日
59. 李 京熙 (名大院工), 齋藤永宏(名大院工), 高井 治(名大エコトピア), ソリューションプラズマによるFePtナノ微粒子の合成とそのメカニズム考察, 日本金属学会2008年秋期(第143回)大会, 熊本大学、日本, 平成20年9月23日
60. 御田村 紘志(名大エコトピア), 齋藤永宏(名大院工), 高井 治(名大エコトピア), ソリューションプラズマを用いた有機化学変換法の開発, 第57回高分子討論会, 開催場所: 大阪市立大学、日本, 平成20年9月26日
61. S. Potocky (名大エコトピア), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Erosion on needle electrodes in water plasma discharge, 9th Asia-Pacific Conference on Plasma Science and Technology, Huangshan city, China, 平成20年10月8日
62. K. Mitamura (名大エコトピア), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Fabrication of Polymer-grafted Carbon Nanoparticles by Solution Plasma, 9th Asia-Pacific Conference on Plasma Science and Technology, Huangshan city, China, 平成20年10月9日
63. N. Apetroaei (名大エコトピア), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Synthesis and Characterization of Copper-based Nanoparticles via Liquid Glow Discharge, 9th Asia-Pacific Conference on Plasma Science and Technology, Huangshan city, China, 平成20年10月9日
64. N. Fujikawa (名大院工), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Ion transfer effect between liquid and plasma phase in solution plasma on synthesis of gold nanoparticles, 9th Asia-Pacific Conference on Plasma Science and Technology, Huangshan city, China, 平成20年10月9日
65. T. Mori (名大院工), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Copper

- nanoparticles with protective functionalized-polymer synthesized by short-pulsed discharge in aqueous solution, 9th Asia-Pacific Conference on Plasma Science and Technology, Huangshan city, China,平成 20 年 10 月 9 日
66. C. Miron (名大エコトピア),M.A. Bratescu (名大エコトピア), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア),The Effect of Low Emissivity Electrodes on the Reactive Species Generation in the Pulsed Electrical Discharges in Ultrapure Water, 9th Asia-Pacific Conference on Plasma Science and Technology, Huangshan city, China,平成 20 年 10 月 9 日
67. C. Miron(名大エコトピア), M.A. Bratescu(名大エコトピア), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Excited Species by Shorter-Pulsed Electrical Discharges in Aqueous Solutions, Effect of Electrodes with Low Work Function, AVS 55th International Symposium and Exhibition, Boston, USA,平成 20 年 10 月 23 日
68. Y. Ichino(名大院工),K. Mitamura (名大エコトピア), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア),Characterization of Platinum Catalyst Supported on Carbon Nanoballs Prepared by Solution Plasma Processing, AVS 55th International Symposium and Exhibition, Boston, USA,平成 20 年 10 月 23 日
69. N. Fujikawa(名大院工),N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア),Effect of Dissolved gases and Ions onto Solution Plasma Fields, AVS 55th International Symposium and Exhibition, Boston, USA,平成 20 年 10 月 23 日
70. T. Mori(名大院工),N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア),Organic Compounds Synthesized by Short-Pulsed Discharge in Aqueous Solution, AVS 55th International Symposium and Exhibition, Boston, USA,平成 20 年 10 月 23 日
71. N. Apetroaei(名大エコトピア), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア),Effect of Water Pulsed Plasma on Electrode Surface, AVS 55th International Symposium and Exhibition, Boston, USA,平成 20 年 10 月 23 日
72. S. Potocky(名大エコトピア),N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア),Decoloration of Organic Dyes by Bipolar Pulsed Electrical Discharge in Aqueous Solution, AVS 55th International Symposium and Exhibition, Boston, USA,平成 20 年 10 月 23 日
73. N. Saito (名大院工),Y. Nakamura(名大院工), O. Takai (名大エコトピア),Multi-shaped Nanogold Prepared by Non-thermal Plasma in Aqueous Solution and the Biocompatibility, MRS fall meeting 2008, Boston, USA,平成 20 年 12 月 1 日
74. K.H. Lee (名大院工), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア),Solution-Plasma Synthesis of FePt Nanoparticles Supported onto CNTs, MRS fall meeting 2008, Boston, USA,平成 20 年 12 月 2 日
75. K. Mitamura (名大エコトピア), Y. Ichino (名大院工), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Surface Modification of Nanoparticles Induced by Solution Plasma, MRS fall meeting 2008, Boston, USA,平成 20 年 12 月 3 日
76. P. Pootawang(名大院工), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア),A Novel Method for Organic Template Removal Using by Solution Plasma Process for Single Crystal Mesoporous Silica Synthesis, The 1st Korea-Japan Joint Forum on Sol-Gel Science and Technology, KAIST, Korea,平成 20 年 12 月 5 日
77. K. Mitamura (名大エコトピア), Y. Ichino(名大院工), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Surface Modification of Carbon Nanoball by Using Solution Plasma, IUMRS-ICA 2008, Nagoya, Japan,平成 20 年 12 月 9 日
- 78.N. Apetroaei (名大エコトピア),N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア),Synthesis and Characterization of Copper Nanoparticles Using Solution Glow Discharge, IUMRS-ICA 2008, Nagoya, Japan,平成 20 年 12 月 11 日
79. Y. Ichino (名大院工), K. Mitamura(名大エコトピア), N. Saito(名大院工), O. Takai (名大エコトピア),Controlling Particle Size of Carbon Nanoballs by Adjustment of Gas Mass Flow, IUMRS-ICA 2008, Nagoya, Japan,平成 20 年 12 月 11 日
80. N. Fujikawa (名大院工), N. Saito (名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Effect of Ion Concentration on Plasma State in Liquid, IUMRS-ICA 2008, Nagoya, Japan,平成 20 年 12 月 12 日
81. C. Miron (名大院工), M. A. Bratescu(名大エコトピア),O. Takai (名大エコトピア),

- Optical Diagnostic of the Reactive Species Generated in the After Glow Regions of Electrical Pulsed Discharges in Ultrapure Water, IUMRS-ICA 2008, Nagoya, Japan, 平成 20 年 12 月 12 日
82. P. Pootawang (名大エコトピア), N. Saito(名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Novel Method for Organic Template Removal Assisted by Solution Plasma Process in Single Crystal Mesoporous Silica Synthesis, IUMRS-ICA 2008, Nagoya, Japan, 発表日:平成 20 年 12 月 12 日
83. J. Hieda(名大院工), N. Saito(名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Characteristics of Solution Plasma Generated in Reverse Micelle Solutions, IUMRS-ICA 2008, Nagoya, Japan, 平成 20 年 12 月 12 日
84. T. Mori (名大院工), N. Saito(名大院工), O. Takai (名大エコトピア), Analysis of Protected Copper Nanoparticles Synthesized by Solution Plasma, IUMRS-ICA 2008, Nagoya, Japan, 平成 20 年 12 月 12 日
85. A. Higuchi (名大院工), N. Saito (名大エコトピア), O. Takai (名大院工), XAFS Analysis of Gold Nanoparticle Synthesized in Solution Plasma, International Symposium on Plasma Chemistry19 (ISPC-19) Pre-Symposium, kyoto, Japan, 平成 21 年 5 月 30 日
86. P. Pootawang(名大院工), N. Saito(名大エコトピア), O. Takai(名大院工), Time and pH Dependence in Template Removal from Single Crystal Mesoporous Silica using Solution Plasma Process, International Symposium on Plasma Chemistry19 (ISPC-19) Pre-Symposium, kyoto, Japan, 平成 21 年 5 月 30 日
87. Y. Noguchi(名大院工), T. Shirafuji(名大院工), N. Saito(名大エコトピア), O. Takai (名大院工), Preparation and Characterization of Nanocomposite Materials containing Nanofillers Modified by Solution Plasma, 22nd Symposium on Plasma Science for Materials (SPSM-22 第 22 回プラズマ材料科学シンポジウム), Tokyo, Japan, 平成 21 年 6 月 15 日
88. J. Hieda(名大院工), H. Tanaka(名大院工), N. Saito(名大エコトピア), O. Takai(名大院工), Effect of Nano-Bubbles on Generation of Solution Plasma, 22nd Symposium on Plasma Science for Materials (SPSM-22 第 22 回プラズマ材料科学シンポジウム), Tokyo, Japan, 平成 21 年 6 月 15 日
89. P. Pootawang (名大院工), N. Saito (名大エコトピア), O. Takai (名大院工), Time-varying Characteristic in Template Removal from Single Crystal Mesoporous Silica by Solution Plasma, International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT 2009), International Union of Materials Research Societies-International Conference in Asia 2009 (IUMRS-ICA 2009), Suntec Singapore International Convention & Exhibition Centre, Singapore, 平成 21 年 6 月 30 日
90. A. Higuchi(名大院工), J. Hieda(名大院工), M.A. Bratescu(名大院工), C. Numak(徳島大), O. Takai(名大院工), N. Saito(名大エコトピア), XAFS Analysis of Gold Nanoparticle Synthesized by Solution Plasma Process, The 9th Korea-Japan Workshop, Kwangwoon University, Seoul, Korea, 平成 21 年 7 月 10 日
91. P. Pootawang(名大院工), N. Saito(名大エコトピア), O. Takai(名大院工), Organic Template Removal of Single Crystal Mesoporous Silica using Solution Plasma Process, International Symposium on Plasma Chemistry19(ISPC19), Bochum, Germany, 平成 21 年 7 月 28 日
92. C. Miron(名大院工), M. Bratescu(名大院工), N. Saito(名大エコトピア), O. Takai(名大院工), Spectroscopic investigations of chemical reactions in liquids plasma, International Symposium on Plasma Chemistry19(ISPC19), Bochum, Germany, 平成 21 年 7 月 28 日
93. Y. Ichino(名大院工), K. Mitamura(名大院工), N. Saito(名大エコトピア), O. Takai (名大院工), Solution plasma synthesis and catalytic property of platinum nanoparticles supported on carbon nanoballs, International Symposium on Plasma

- Chemistry19(ISPC19), Bochum, Germany, 平成 21 年 7 月 28 日
94. J. Hieda(名大院工), K. Mitamura(名大院工), N. Saito(名大エコトピア), O Takai(名大院工), Solution plasma fabrication of Au/Pt bimetallic nanoparticles, International Symposium on Plasma Chemistry19(ISPC19), Bochum, Germany, 平成 21 年 7 月 28 日
95. M. Bratescu(名大院工), K. Mitamura(名大院工), N. Saito, O Takai(名大院工), Kinetics analysis of iron ion reduction in liquid plasma, International Symposium on Plasma Chemistry19(ISPC19), Bochum, Germany,平成 21 年 7 月 28 日
96. S. Potocky(名大院工), K. Mitamura(名大院工), N. Saito(名大エコトピア), O Takai(名大院工),Oxidizing potential of liquid plasma discharge - OH radical in plasma and liquid solution, International Symposium on Plasma Chemistry19(ISPC19), Bochum, Germany, 平成 21 年 7 月 28 日
97. 中村泰啓(名大院工)、稗田純子(名大院工)、齋藤永宏(名大エコトピア)、高井 治(名大院工)、液中プラズマプロセスによる異方性金ナノ粒子の合成, 2009 年秋季秋期(第 145 回)大会 (日本金属学会), 京都大学、日本, 平成 21 年 9 月 15 日
98. P. Pootawang(名大院工), N. Saito(名大エコトピア), O. Takai(名大院工), Processing of Mesoporous Silica by Solution Plasma and Polyacrylic Acid Functionalization, 2009 MRS Fall Meeting, Boston, USA, 平成 21 年 12 月 1 日
99. Y. Nakamura(名大院工), J. Hieda(名大院工), M. A. Bratescu(名大院工), N. Saito, O. Takai(名大院工), Surfactant Influence on Nanoparticles Morphology Synthesized by Solution Plasma, 2009 MRS Fall Meeting, Boston, USA, 平成 21 年 12 月 1 日
100. J. Hieda(名大院工), N. Saito(名大エコトピア), O. Takai(名大院工), Reduction Rate of Pd Nanoparticles Synthesis Process in Solution Plasma, 2009 MRS Fall Meeting, 平成 21 年 12 月 1 日,Boston, USA
101. Y. Noguchi(名大院工), T. Shirafuji(名大院工), N. Saito(名大エコトピア), O. Takai(名大院工), Solution Plasma Processing of Nano Carbon Materials for Polymeric Composites Formation, 9th Academic Symposium of MRS-Japan 2009, Yokohama, Japan, 平成 21 年 12 月 9 日
102. T. Yamamoto(名大院工), J. Hieda(名大院工), N. Saito(名大エコトピア), O. Takai(名大院工), Synthesis of Silicon Oxides by Solution Plasma Reaction Field, Tenth International Symposium on Biomimetic Materials Processing (BMMP-10), Nagoya, Japan, 平成 22 年 1 月 26 日
103. C. Miron(名大院工), M. A. Bratescu(名大院工), N. Saito(名大エコトピア), O. Takai(名大院工)Time-resolved Optical Spectroscopy in KOH Solution Electrical Discharges, Tenth International Symposium on Biomimetic Materials Processing (BMMP-10), Nagoya, Japan, 平成 22 年 1 月 26 日
- 104.野口陽平(名大院工)、白藤 立(名大院工)、趙 星彪(名大院工)、齋藤永宏(名大エコトピア)、高井 治(名大院工)、ソリューションプラズマを用いたカーボンナノチューブの表面改質, 第27回プラズマプロセッシング研究会, 横浜、日本, 平成 22 年 2 月 2 日
105. 野口陽平(名大院工)、白藤立(名大院工)、齋藤永宏(名大エコトピア)、高井治(名大院工)、ソリューションプラズマを用いた MWNT の表面改質とポリアミド 6/MWNT 複合材料への応用, (社)表面技術協会 第 121 回講演大会, 東京、日本, 平成 22 年 3 月 15 日
106. H. Tanaka(名大院工), J. Hieda(名大院工), N. Saito(名大エコトピア), O. Takai(名大院工), Effects of micro bubbles on solution plasma generation, IWPL2010 -International Workshop on Plasmas with Liquids-, 愛媛県松山、日本, 平成 22 年 3 月 23 日
107. Y. Someya(東理大), H. Kato(東理大), Y. Kusama(東理大), H. Yui(東理大), Spectroscopic Study of Plasma in Aqueous Solution:(1) Time-Resolved Emission

Spectroscopy of Active Species, Time-Resolved Emission Spectroscopy of Active Species, 2nd International Symposium on Advanced Plasma Science and its Application for Nitrides and Nanomaterials (ISPlasma2010), 愛知県名城大学、日本、発表日:平成 22 年 3 月 8 日

108. Y. Kusama(東理大), H. Kato(東理大), Y. Someya(東理大), H. Yui(東理大), Spectroscopic Study of Plasma in Aqueous Solution: (2) Optical Emission Spectroscopy with High Spatial Resolution, Time-Resolved Emission Spectroscopy of Active Species, 2nd International Symposium on Advanced Plasma Science and its Application for Nitrides and Nanomaterials (ISPlasma2010), 愛知県名城大学、日本、平成 22 年 3 月 8 日

109. 染谷悠(東理大), 加藤久弥(東理大), 草間裕太(東理大), 由井宏治(東理大), ソリューションプラズマの分光研究:(1)活性種の時間分解発光分光分析, 日本化学会第 90 春季年会, 大阪府近畿大学、日本、平成 22 年 3 月 26 日

110. 草間裕太(東理大), 染谷悠(東理大), 加藤久弥(東理大), 由井宏治(東理大), ソリューションプラズマの分光研究:(2)顕微分光法による活性種の空間分布計測, 日本化学会第 90 春季年会, 大阪府近畿大学、日本、平成 22 年 3 月 26 日

111. Y. Noguchi(名大院工), T. Shirafuji(名大院工), N. Saito(名大エコトピア) and O. Takai(名大院工), Solution Plasma Processing of Nano Carbon Materials and Its Effects on Their Self-Organized Dispersion in Plastic Materials, International Conference on Electronics Packaging (ICEP2010), Sapporo convention center, Hokkaido, Japan, 平成 22 年 5 月 13 日

112. J. Hieda(名大院工), J.S. Chang(名大院工), N. Saito(名大エコトピア), and O. Takai(名大院工), Morphology of HF Bipolar Liquid Solution Plasmas: Effect of Liquid Conductivity and Electrode Gap Distances, 10th Asia-Pacific Conference on Plasma Science and Technology (APCPST) and 23th, Symposium on Plasma Science for Materials (SPSM), Lotte Hotel Jeju, Korea, 平成 22 年 7 月 5 日

113. T. Shirafuji(名大院工), K. Asano(名大院工), J. Hieda(名大院工), N. Saito(名大エコトピア), O. Takai(名大院工), Decomposition of Organic Materials using Dielectric Barrier Discharges with Porous Dielectric Electrodes, 10th Asia-Pacific Conference on Plasma Science and Technology (APCPST) and 23th Symposium on Plasma Science for Materials (SPSM), Lotte Hotel Jeju, Korea, 平成 22 年 7 月 5 日

114. M.A.Bratescu(名大エコトピア), N. Saito(名大エコトピア), O. Takai, Iron redox reactions in liquid plasma during Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanostructures synthesis, 10th Asia-Pacific Conference on Plasma Science and Technology (APCPST) and 23th Symposium on Plasma Science for Materials (SPSM), Lotte Hotel Jeju, Korea, 発表日:平成 22 年 7 月 6 日

115. 発表者:野口陽平(名大院工), 白藤立(名大院工), 高井 治(名大院工), 齋藤永宏(名大エコトピア), ナノカーボン材料のソリューションプラズマ処理とプラスチック複合材料への効果, 平成 22 年度資源・素材関係学協会合同秋季大会, 九州大学伊都キャンパス 総合学習プラザ, 福岡, 平成 22 年 9 月 13 日

116. 藤本大地(名大院工), 稗田純子(名大院工), Maria-Antoaneta Bratescu(名大エコトピア), 高井治(名大院工), 齋藤永宏(名大エコトピア), コヒーレント・アンチストークス・ラマン分光法を用いたソリューションプラズマ中での金ナノ粒子合成過程の分析, 平成 22 年度資源・素材関係学協会合同秋季大会, 九州大学伊都キャンパス 総合学習プラザ, 福岡, 平成 22 年 9 月 13 日

117. 野口陽平(名大院工), 稗田純子(名大院工), 白藤立(名大院工), 高井治(名大院工), 齋藤永宏(名大エコトピア), ソリューションプラズマを用いた多層カーボンナノチューブの表面改質とフィルター特性, 2010 年秋季 第 71 回応用物理学会学術講演会, 長崎大学 文教キャンパス, 平成 22 年 9 月 16 日

118. 田中秀和(名大院工), 稗田純子(名大院工), 白藤立(名大院工), 趙星彪(名大院工),

- 齋藤永宏(名大エコトピア), 高井治(名大院工), タイトル:ソリューションプラズマプロセスによる金クラスターの合成, 学会名:日本金属学会 2010 年秋期(第 147 回)大会, 北海道大学, 平成 22 年 9 月 25 日
119. S-P Cho(名大院工), J. Hieda(名大院工), N. Saito(名大エコトピア), O. Takai(名大院工), Structural characteristics of Au nanoparticles synthesized by Solution Plasma Process, International Union of Materials Research Societies, Qingdao International Convention Center, Qingdao, China, 平成 22 年 9 月 26 日
120. N. Tsuda(名大院工), J. Hieda(名大院工), S-P. Cho(名大院工), N. Saito(名大院工), O. Takai(名大院工), Organic modification of graphene sheet by Solution Plasma, International Union of Materials Research Societies, Qingdao International Convention Center, Qingdao, China, 平成 22 年 9 月 26 日,
121. M.A. Bratescu(名大エコトピア), N. Saito(名大エコトピア), O. Takai(名大院工), In-situ Monitoring of Organic Pollutants Degradation in Pulsed Plasma by Coherent anti-Stokes Raman Spectroscopy, AVS57th International Symposium & Exhibition, Albuquerque Convention, U.S, 平成 22 年 10 月 19 日
122. N. Tsuda(名大院工), N. Saito(名大エコトピア), J. Hieda(名大院工), O. Takai(名大院工), S. Cho(名大院工), Aminocaproic Graphene Sheet Synthesized by Solution Plasma, AVS57th International Symposium & Exhibition, Albuquerque Convention, U.S, 平成 22 年 10 月 19 日
123. Y. Noguchi(名大院工), T. Shirafuji(名大院工), O. Takai(名大院工), N. Saito(名大エコトピア), Fabrication and Characterization of Nano-carbon Material Reinforced Plastic by Solution Plasma Processing, Asia Pacific Interfinish 2010, The BIOPOLIS, Singapore, 平成 22 年 10 月 20 日
124. 津田典明、齋藤永宏(名大エコトピア), 稗田純子, 高井治, 趙星彪, Organic Modification of Graphene by SPP, 第 20 回日本 MRS 学術シンポジウム, 横浜市開港記念会館, 他, 平成 22 年 12 月 22 日
125. N. Tsuda, J. Hieda, S-P. Cho, O. Takai, N. Saito(名大エコトピア), Organic functional group modification of graphene by solution plasma, The 12th International Symposium on Eco-Materials Processing and Design, The Empress Hotel Chiang Mai, Chiang Mai, Thailand, 平成 23 年 1 月 9 日
126. D. Fujimoto, J. Hieda, M.A. Bratescu(名大エコトピア), O. Takai, N. Saito(名大エコトピア), Spectroscopic prove of a water cage effect on the synthesis of gold nanoparticles by solution plasma, The 12th International Symposium on Eco-Materials Processing and Design, The Empress Hotel Chiang Mai, Chiang Mai, Thailand, 平成 23 年 1 月 9 日
127. M.A. Bratescu(名大エコトピア), N. Saito(名大エコトピア), O. Takai, Degradation of organic pollutants in solution plasma: a spectroscopic analysis of the decomposition mechanism, The 12th International Symposium on Eco-Materials Processing and Design, The Empress Hotel Chiang Mai, Chiang Mai, Thailand, 平成 23 年 1 月 9 日
128. P. Pootawang, N. Saito(名大エコトピア), O. Takai, Amino Functionalization on SBA-15 Mesoporous Silica by Solution Plasma as the Active Site for Au Nanoparticles Growth, The 12th International Symposium on Eco-Materials Processing and Design, The Empress Hotel Chiang Mai, Chiang Mai, Thailand, 平成 23 年 1 月 9 日
129. H. Tanaka, J. Hieda, N. Takai, O. Takai, Surface Modification of Mesoporous Silica by Solution Plasma Treatment, The 12th International Symposium on Eco-Materials Processing and Design, The Empress Hotel Chiang Mai, Chiang Mai, Thailand, 平成 23 年 1 月 9 日
130. J. Hieda, N. Takai, O. Takai, Fabrication of Au/Pt bimetallic nanoparticles by solution plasma, The 12th International Symposium on Eco-Materials Processing and Design, The Empress Hotel Chiang Mai, Chiang Mai, Thailand, 平成 23 年 1 月 9 日

131. M. A. Bratescu, J. Hieda, N. Saito(名大エコトピア), O. Takai, Contribution of Speciation of Aqueous  $\text{HAuCl}_4$  Solution on Gold Nanoparticles Synthesis in Solution Plasma, 11th International Symposium on Biomimetic Materials Processing(BMMP-11), Noyori Conference Hall, Nagoya University, Nagoya, Japan, 平成 23 年 1 月 25 日
132. T. Yamamoto, J. Hieda, N. Saito(名大エコトピア), O. Takai, Synthesis of Silica Composite Materials Using Solution Plasma, 11th International Symposium on Biomimetic Materials Processing, (BMMP-11), Noyori Conference Hall, Nagoya University, Nagoya, Japan, 平成 23 年 1 月 25 日
133. Y. Noguchi, T. Shirafuji, O. Takai, N. Saito(名大エコトピア), Surface Modification of Nano-carbon Materials by Solution Plasma Processing, 11th International Symposium on Biomimetic Materials Processing (BMMP-11), Noyori Conference Hall, Nagoya University, Nagoya, Japan, 平成 23 年 1 月 26 日
134. X.L. Hu (名大エコトピア), J. Hieda, O. Takai, N. Saito (名大エコトピア), Controllable Synthesis of Spherical Metal Particles Using a Solution Plasma Process, 11th International Symposium on Biomimetic Materials Processing, (BMMP-11), Noyori Conference Hall, Nagoya University, Nagoya, Japan, 平成 23 年 1 月 26 日
135. X. Hu, J. Hieda(名大院工), O. Takai(名大院工), N. Saito(名大エコトピア), A Novel Method for the Synthesis of Sphericaal Metal Particles by a Solution Plasma Process, 3<sup>rd</sup> International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials (ISPlasma2011), Nagoya Institute of Technology, Nagoya, Japan,平成 23 年 3 月 8 日
136. S.-P. Cho(名大院工), J. Hieda(名大院工), N. Saito(名大エコトピア), O. Takai(名大院工), Structural Characteristics of Au Nanoparticles Synthesized by Solution Plasma Process, 3<sup>rd</sup> International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials (ISPlasma2011), Nagoya Institute of Technology, Nagoya, Japan, 平成 23 年 3 月 9 日
137. M.A. Bratescu(名大エコトピア), N. Saito(名大院工), O. Takai(名大院工), Contribution of Speciatin of Aquaeous  $\text{HAuCl}_4$  during Nanoparticles Synthesis in Solution Plasma, 3<sup>rd</sup> International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials (ISPlasma2011), Nagoya Institute of Technology, Nagoya, Japan, 平成 23 年 3 月 9 日
138. X. Hu(名大エコトピア), J. Hieda(名大院工), O. Takai(名大院工), N. Saito(名大院工), A Novel Method for the Synthesis of Sphericaal Metal Particles by a Solution Plasma Process, 3<sup>rd</sup> International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials (ISPlasma2011), Nagoya Institute of Technology, Nagoya, Japan,平成 23 年 3 月 7 日
139. 胡 秀蘭(名大エコトピア)、稗田純子(名大院工)、齋藤永宏(名大エコトピア), ソリューションプラズマ方法による金属ナノ粒子の制御, 第1回6大学6研究所連携プロジェクト公開討論会, 平成 23 年 3 月 10 日
140. T. Shirafuji(大阪市大院工), K. Asano(名大工), J. Hieda(名大院工), N. Saito(名大院工) and O. Takai(名大院工): Numerical investigation of bubble formation in solution plasma processing, The 4th International Conference on Plasma-Nano Technology and Science, 高山市民文化会館(高山市), 2011 年 3 月 11 日
141. 津田典明(名大院工), 趙星彪(名大院工), 稗田純子(名大院工), 寺島千晶(名大院工), 高井治(名大院工), 齋藤永宏(名大院工), ソリューションプラズマによるグラフェンの化学修飾, 表面技術協会第 123 回講演大会, 関東学院大学金沢八景キャンパス (開催中止), 平成 23 年 3 月 17 日
142. 津田典明(名大院工), 趙星彪(名大院工), 稗田純子(名大院工), 寺島千晶(名大院工), 高井治(名大院工), 齋藤永宏, ソリューションプラズマによるグラフェンの化学修飾, 表面技術協会第 123 回講演大会, 関東学院大学金沢八景キャンパス (開催中止),平成 23 年 3 月 17 日

143. 藤本大地(名大院工), 稗田純子(名大院工), M.A. Bratescu, 高井治(名大院工), 齋藤永宏(名大院工), ソリューションプラズマによる金ナノ粒子合成過程の反応モデル解析, 表面技術協会第123回講演大会, 関東学院大学金沢八景キャンパス(開催中止), 平成23年3月17日
144. 岩井雄二郎(名大院工), 寺島千晶(名大院工), 齋藤永宏(名大院工), 高井治(名大院工), 液中プラズマによる Au ナノ粒子担持カーボン合成とリチウム空気電池電極への応用, 表面技術協会第123回講演大会, 関東学院大学金沢八景キャンパス(開催中止), 平成23年3月17日
145. 染谷悠, 草間裕太, 由井宏治, 液中放電プラズマの時間分解分光分析, 東京コンファレンス2010, 幕張メッセ国際会議場, 平成22年9月2日
146. Y. Kusama, Y. Someya, and H. Yui, Measurement of Active Species at Plasma/Liquid Interfaces by Emission Microspectroscopy, International Conference on Nanoscopic Colloid and Surface Science (NCSS2010), International Conference Hall, Makuhari Messe, 平成22年9月21日
147. Y. Kusama, Y. Someya, and H. Yui, Measurement of Transient Active Species at Plasma/Liquid Interfaces by Time-resolved Emission Microspectroscopy, 5th TUS International Collaboration Workshop, Hotel Metropolitan Edmont, Tokyo, 平成22年12月7日
148. H. Yui, Y. Kusama, H. Kato, and Y. Someya, Spectrochemistry at Plasma/Liquid Interfaces (1): Construction of a Confocal, Microscope Equipped with a Custom-made Discharge Cell, 2010 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem2010), Honolulu, Hawaii, USA, 平成22年12月17日
149. Y. Kusama, H. Kato, Y. Someya, and H. Yui, Spectrochemistry at Plasma/Liquid Interfaces (2): Spatial Distribution of Electron, Density and Electron Temperature, 2010 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem2010), Honolulu, Hawaii, USA, 平成22年12月17日
150. Y. Someya, H. Kato, Y. Kusama, and H. Yui, Spectrochemistry at Plasma/Liquid Interfaces (3): Time-Evolution of H and OH Radicals, 2010 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem2010), Honolulu, Hawaii, USA, 平成22年12月17日
151. T. Shirafuji(名大院工), Amination of multi-walled carbon nanotubes using solution plasma processing for preparation of polymer / carbon nanotube composite materials, Diamond 2010, Budapest, Hungary, 平成22年9月6日
152. T. Shirafuji(大阪市大院工): Generation of plasmas in porous materials with a gas-liquid mixed phase medium, Plasma Conference 2011, 石川県立音楽堂(金沢市), 2011年11月22日
153. T. Shirafuji (大阪市大院工) FTIR study of methylene blue plasma degradation products through plasma treatment on water, IEEE TENCON2010, Fukuoka Congress Center, Fukuoka, Japan, 平成22年11月22日
154. X. Hu(名大院工), O. Takai(名大院工), N. Saito(名大院工), Rapidly Synthesis and Structural Characterization of Well-Defined Gold Clusters by Solution Plasma Sputtering, Joint Conference of 5th International Conference on Science and Technology for Advanced Ceramics(STAC5) and 2nd International Conference on Advanced Materials Development and Integration of Novel Structured Metallic and Inorganic Materials(AMDI2), Yokohama, Japan, 2011年6月22日
155. M. A. Bratescu(名大エコトピア), J. Hieda(名大院工), N. Saito(名大院工), O. Takai(名大院工), Contribution of Speciation of Aqueous  $\text{HAuCl}_4$  Solution on Gold Nanoparticles Synthesis in Solution Plasma, 20th International Symposium on Plasma Chemistry, Philadelphia, USA, 2011年7月25日
156. Y. Iwai(名大院工), C. Terashima(名大院工), S-P. Cho(名大院工), N. Saito(名大院工), O. Takai(名大院工), Solution Plasma Synthesis of Gold Nanoparticle

Modified Carbon and Application for Lithium-Air Battery, Dalian, China, The 8th Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering, 2011 年 9 月 21 日

157. 田辺郁(名大院工)、カン ジュン(名大院工)、山本泰望(名大院工)、上野智永(名大院工)、是津信行(名大院工)、齋藤永宏(名大院工)、高井治(名大院工)、アミノ基を高密度に導入したナノカーボン材料の表面特性, 平成 23 年度資源・素材関係学協会合同秋季大会, 大阪府立大学 中百舌鳥キャンパス内学術交流会館, 2011 年 9 月 26 日
158. 藤本大地(名大院工)、上野智永(名大院工)、是津信行(名大院工)、高井治(名大院工)、齋藤永宏(名大院工), ソリューションプラズマ場における金ナノクラスター合成のための水のかご効果の分析, 平成 23 年度資源・素材関係学協会合同秋季大会, 大阪府立大学 中百舌鳥キャンパス内学術交流会館, 2011 年 9 月 26 日
159. 姜俊(名大院工)、齋藤永宏(名大院工)、高井治(名大院工), ソリューションプラズマによるナノカーボン物質の合成, 平成 23 年度資源・素材関係学協会合同秋季大会, 大阪府立大学 中百舌鳥キャンパス内学術交流会館, 2011 年 9 月 26 日
160. K. Sadasue, N. Zettsu, T. Ueno, O. Takai, N. Saito (名大院工), Soluthion Plasma Assisted Surface Decoration of Chemically Converted Graphene Sheet with Various Metallica Nanoparticles, AVS 58th International Symposium & Exhibition, Tennessee, USA, 2011 年 11 月 1 日
161. Y. Iwai, C. Terashima, S.P. Cho, N. Saito, O. Takai (名大院工), 15th International Conference on Thin Films, Kyoto, Japan, 2011 年 11 月 8 日.
162. N. Tsuda, T. Ueno, S.P.Cho, N. Zettsu, O. Takai, N. Saito (名大院工), Solution Plasma-assisted Surface Functionalization of Grapheme Sheets for Enhancement of the Solubility in Water, Kyoto, Japan, 2011 年 11 月 8 日
163. O.L.Li, J.S. Chang, J. Hieda, N. Saito, O. Takai (名大院工), Discharge Characteristics of Packed Bed HF Bipolar Liquid Solution Plasmas, 15th International Conference on Thin Films, Kyoto, Japan, 2011 年 11 月 9 日
164. J. Kang, O. Takai, N. Saito, Solution Plasma-based Synthesis of Spherical Carbon Nanostructures Having Large Pore Volume for Air Cathode of Li/air Battery, 15th International Conference on Thin Films, Kyoto, Japan, 2011 年 11 月 9 日
165. S. P. Cho, M. A. Bratescu, N. Saito, O. Takai (名大院工), Microstructure Study of Metal Nanoparticles Fabricated by Solution Plasma Processing, 15th International Conference on Thin Films, Kyoto, Japan, 2011 年 11 月 9 日
166. Y. Tanida, N. Zettsu, T. Ueno, N. Saito (名大院工), High-dense Decoration of Mesoporous Silica Inner Walls with Ag Nanoclusters through a Modified Solution Plasma Processing, 15th International Conference on Thin Films, 2011 年 11 月 8 日
167. K. Sadasue, N. Zettsu, T. Ueno, N. Saito (名大院工), Single-Nano-sized Pt Cluster Supported on Graphene Nanosheets Synthesized by Solution Plasma, Kyoto, Japan, 2011 年 11 月 10 日
168. Y. K. Heo, T. Ueno, N. Zettsu, N. Saito (名大院工), Synthesis and Characterization of Gold Nanoparticles Through Solution Plasma Process, 15th International Conference on Thin Films, Kyoto, Japan, 2011 年 11 月 8 日
169. X. Hu, O. Takai, N. Saito (名大院工), A Novel Solution Plasma Sputtering Technique for Well-defined Metal Nanoparticles, 2nd ISNPEDADM-2011, Noumea, New Caledonia, 2011 年 11 月 15 日
170. J. Kang, N. Saito, O. Takai (名大院工), Synthesis of Carbon Nanomaterials for Air Cathode of Li/air Battery by Solution Plasma, 2011 MRS Fall Meeting & Exhibit, Boston, MA, 2011 年 11 月 28 日
171. 岩井雄二郎、寺島千晶、趙星彪、齋藤永宏、高井治、ソリューションプラズマにより合成した金・白金ナノ粒子担持カーボンの合成とリチウム空気電池への応用、第 21 回学生による材料フォーラム、2011 年 12 月 1 日

172. D. Fujimoto, M. A. Bratescu, T. Ueno, N. Zettsu, O. Takai, N. Saito (名大院工), Spectrophotometrical Analysis of Solution Plasma by Coherent Anti-Stokes Raman Spectroscopy, International Symposium on EcoTopia Science'11, Nagoya, Japan 2011年12月10日
173. K. Jun, T. Ueno, N. Zettsu, O. Takai, N. Saito (名大院工), One-step synthesis of nanocarbon-supported metal nanoparticle catalysts by modified solution plasma processing, International Symposium on EcoTopia Science'11, Nagoya, Japan, 2011年12月10日
174. X. Hu, O. Takai, N. Saito, Novel Fabrication of Platinum Nanoparticles by Solution Plasma Sputtering, International Symposium on EcoTopia Science'11, Nagoya, Japan, 2011年12月10日
175. Y. Iwai, C. Terashima, S. Cho, Nagahiro Saito, Osamu Takai (名大院工), Solution Plasma Synthesis of Gold-platinum Nanoparticles Modified carbon and Application for Lithium-air battery, International Symposium on EcoTopia Science'11, Nagoya, Japan 2011年12月10日.
176. Y.K. Heo, T. Ueno, N. Zettsu, N. Saito, Effects of the Applied Voltage on the Synthesis of Gold Nanoparticles for Nanofluid by Solution Plasma, International Symposium on EcoTopia Science'11, Nagoya, Japan, 2011年12月10日
177. Y. Tanida, T. Ueno, N. Zettsu, N. Saito (名大院工), High-dense Decoration of Mesoporous Silica with Ag Nanoclusters by Solution Plasma, International Symposium on EcoTopia Science'11, Nagoya, Japan, 2011年12月10日
178. 岩井雄二郎、寺島千晶、趙星彪、齋藤永宏、高井治(名大院工)、ソリューションプラズマによる白金-金ナノ粒子の合成とリチウム空気電池への応用、第21回日本MRS学術シンポジウム、2011年12月20日
179. オイルンヘレナリ、齋藤永宏、高井治 (名大院工)、Conversion of the World's Most Abundant Biomass: Cellulose to Energy、第21回日本MRS学術シンポジウム、2011年12月19日
180. T. Shirafuji(大阪市大院工): Solution plasmas in bio-inspired cellular structure -3D integration of micro solution plasmas-, The 12th International Symposium on Biomimetic Materials Processing, 名古屋大学(名古屋市), 2012年1月24日
181. Y. K. Heo, T. Ueno, N. Zettsu, N. Saito (名大院工), Thermal Stability of Au-nanofluid Synthesized by Solution Plasma Process, Twelfth International Symposium on Biomimetic Materials Processing (BMMP-12), Nagoya, Japan, 2012年1月24日
182. S.-P. Cho, M. A. Bratescu, N. Saito, O. Takai (名大院工), FCC Metal Nanoparticles Fabricated by Solution Plasma Processing, Twelfth International Symposium on Biomimetic Materials Processing (BMMP-12), Nagoya, Japan, 2012年1月24日
183. Y. Iwai, C. Terashima, S.-P. Cho, N. Saito, O. Takai (名大院工), Solution Plasma Synthesized Pt-Au Nanoparticles on Carbon and their Application for Lithium-air Battery, Twelfth International Symposium on Biomimetic Materials Processing (BMMP-12), 2012年1月24日
184. M. A. Bratescu, S.-P. Cho, T. Ueno, N. Zettsu, O. Takai, N. Saito (名大院工), Size-controlled Gold Nanoparticles Synthesized in Solution Plasma, Twelfth International Symposium on Biomimetic Materials Processing (BMMP-12), Nagoya, Japan, 2012年1月24日
185. P. Pootawang, N. Saito, O. Takai, S.-Y. Lee (名大院工), Thermal Conductivity Enhancement of Colloidal Copper Nanofluid Synthesized via Solution Plasma, Twelfth International Symposium on Biomimetic Materials Processing (BMMP-12), Nagoya, Japan, 2012年1月26日

186. T. Shirafuji (大阪府大院工): 3D-integrated micro solution plasma using a gas-liquid mixed phase medium, The 4th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials, 中部大学(春日井市), 2012年3月5日
187. C. Terashima, Y. Takahashi, T. Shirafuji, N. Saito, O. Takai (名大院工), Fabrication of Superhydrophobic Surface at a Local Area using Atmospheric Pressure Plasma Jet, 4th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials (ISPlasma2012), Nagoya, Japan 2012年3月15日
188. X. Hu, O. Takai, N. Saito (名大院工), Synthesis of Noble Metal Nanoparticles by Plasma Sputtering in Solutions, 4th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials (ISPlasma2012), Nagoya, Japan, 2012年3月5日
189. J. Kang, T. Ueno, N. Zettsu, O. Takai, N. Saito (名大院工), Defined Pore Structures by Solution Plasma Process in Aromatic Hydrocarbon Solvent, 4th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials (ISPlasma2012), Nagoya, Japan, 2012年3月5日
190. T. Ueno, T. Yamamoto, J. Kang, F. Tanabe, N. Zettsu, N. Saito (名大院工), Surface Modification of Multi Wall Carbon Nanotube by Solution Plasma, 4th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials (ISPlasma2012), Nagoya, Japan, 2012年3月5日
191. M. Bratescu, S. Cho, O. Takai, N. Saito (名大院工), Role of Active Species from Solution Plasma in Controlling Nanoparticles Size, 4th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials (ISPlasma2012), Nagoya, Japan, 2012年3月6日
192. S. Cho, M. Bratescu, N. Saito, O. Takai (名大院工), Structural Characteristics of Metal Nanoparticles Synthesized by a Glow Discharge in Aqueous, Nagoya, Japan, 4th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials (ISPlasma2012), 2012年3月6日

#### (4)知財出願

##### ①国内出願 (11件)

1. 水中プラズマ滅菌方法及び水中プラズマ滅菌装置、高井治、齋藤永宏、石崎貴裕、長伸朗、田中和士、中部電力株式会社、出願日:2007年3月27日、出願番号:2008-84342.
2. ソリューションプラズマ放電装置、中島達朗、松田直樹、独立行政法人産業技術総合研究所、出願日:2008年6月27日、出願番号:2008-169374.
3. プラズマ診断装置およびソリューションプラズマ放電装置、中島達朗、松田直樹、独立行政法人産業技術総合研究所、出願日:2010年2月17日、出願番号:2010-32484.
4. ソリューションプラズマ放電装置、中島達朗、松田直樹、独立行政法人産業技術総合研究所、出願日:2010年2月17日、出願番号:2010-32496.
5. 金属酸化物微粒子の製造方法、中島達朗、松田直樹、松尾 明、独立行政法人産業技術総合研究所、出願日:2010年3月23日、出願番号:2010-066611.
6. 金属微粒子の製造方法、中島達朗、松田直樹、独立行政法人産業技術総合研究所、出願日:2010年10月21日、出願番号:2010-238568.
7. カーボン材料に金属微粒子が担持された金属微粒子担持体の製造方法、中島達朗、松田直樹、城石英伸、独立行政法人産業技術総合研究所、出願日:2010年11月18日、出願番号:2010-259820.
8. 液中連続プラズマ生成のための電源装置、高井 治、齋藤 永宏、白藤 立、稗田 純子、

西村 芳実、菱田 茂二、柿谷 真一、国立大学法人名古屋大学、株式会社栗田製作所、  
出願日:2010年7月9日、出願番号:2010-157116.

9. 粉体可溶化方法及び粉体可溶化装置、高井治、齋藤永宏、稗田純子、寺島千晶、西村芳実、菱田茂二、陶山光宏、国立大学法人名古屋大学、株式会社栗田製作所、出願日:2010年11月5日、出願番号:2010-249018.
10. ナノ粒子、ナノ粒子生成方法及びナノ粒子生成装置、高井治、齋藤永宏、稗田純子、寺島千晶、西村芳実、菱田茂二、陶山光宏、国立大学法人名古屋大学、株式会社栗田製作所、出願日:2011年2月15日、出願番号:2011-030065.
11. 修飾カーボンナノファイバーの製造方法、国立大学法人名古屋大学、齋藤永宏、是津信行、上野智永、国立大学法人名古屋大学、出願日 2011年1月18日、出願番号2012-7848.

②海外出願 (0件)

③その他の知的財産権  
なし

(5)受賞・報道等

①受賞

(1) 賞名:表面技術協会第13回学術奨励講演賞

受賞日:平成19年3月8日

受賞内容:ソリューションプラズマによるPtナノコロイドの合成

受賞者:西垣拓(名大院工)、石崎貴裕(名大工)、齋藤永宏(名大工)、高井治(名大エコトピア)

(2)賞名:平成18年度日本化学会東海支部長賞

受賞日:平成19年3月23日

受賞内容:ソリューションプラズマ反応場を用いた金ナノコロイド合成とその機構の解明

受賞者:小田将智(名大院工)

(3) 賞名:Best Student Poster Presentation Award

受賞日:平成19年4月7日

受賞内容:Preparation of gold nanoparticles by discharge in aqueous and non-aqueous solutions

受賞者:稗田純子(名大院工)

(4) 賞名:5th International Symposium on Advanced Plasma Processes and Diagnostics & 1st International Symposium on Flexible Electronics Technology, Best Student Poster Presentation Award

受賞日:平成19年4月7日

受賞内容:Preparation of gold nanoparticles by discharge in aqueous and non-aqueous solutions

受賞者:稗田純子(名大院工)、齋藤永宏(名大院工)、高井治(名大エコトピア)

(5) 賞名:Award for Achievement by National Commission on Atomic Energy of Argentina

受賞日:平成19年8月16日

受賞内容:Contribution for the ten-year Latin American Course on Plasma Processing of Materials organized by Japan International Cooperation Agency and National Commission on Atomic Energy of Argentina

受賞者:高井治(名大エコトピア)

- (6) 賞名: 17th Iketani Conference The Doyama Symposium on Advanced Material, Doyama Awards  
受賞日: 平成 19 年 9 月 7 日  
受賞内容: Synthesis of Platinum Nanoparticles by Solution Plasma Processing  
受賞者: 西垣 拓 (名大院工), 石崎 貴裕 (名大院工), 齋藤 永宏 (名大院工), 高井 治 (名大エコトピア)
- (7) 賞名: 表面技術協会第 14 回学術奨励講演賞  
受賞日: 平成 20 年 3 月 13 日  
受賞内容: ソリューションプラズマに及ぼす溶存酸素の影響  
受賞者: 藤川 理大 (名大工), M. A. Bratescu (名大エコトピア), 齋藤 永宏 (名大院工), 高井 治 (名大エコトピア)
- (8) 賞名: IUMRS-ICA2008 奨励賞  
受賞日: 2008 年 12 月 13 日  
受賞内容: Effect of Ion Concentration on Plasma State in Liquid  
受賞者: Norihiro Fujikawa, Nagahiro Saito, Osamu Takai
- (9) 賞名: 第 3 回 (2009 年度) 応用物理学会フェロー表彰  
受賞日: 平成 21 年 9 月 8 日  
受賞内容: 機能性薄膜の創製と応用に関する研究  
受賞者: 高井 治
- (10) 賞名: 日本金属学会 2009 年秋期大会 優秀ポスターセッション  
受賞日: 平成 21 年 9 月 15 日  
受賞内容: 液中プラズマプロセスによる異方性金ナノ粒子の合成  
受賞者: 中村泰啓、稗田純子、齋藤永宏、高井 治
- (11) 賞名: 社団法人 表面技術協会・第 121 回講演大会第 16 回学術奨励講演賞  
受賞日: 平成 22 年 3 月 15 日  
受賞内容: ソリューションプラズマを用いた MWNT の表面改質とポリアミド 6/MWNT 複合材料への応用  
受賞者: 野口陽平、白藤立、齋藤永宏、高井 治
- (12) 賞名: ASIA-PACIFIC INTERFINISH 2010 3rd Prize Poster Winner  
受賞日: 2010 年 10 月 22 日  
受賞内容: Fabrication and Characterization of Nano-carbon Material Reinforced Plastic by Solution Plasma Processing  
受賞者: 野口陽平
- (13) 賞名: 韓国表面工学会 功績賞  
受賞日: 2010 年 11 月 25 日  
受賞内容: 「学会の発展への顕著な貢献」  
受賞者: 高井治
- (14) 賞名: 科学技術への顕著な貢献 2010 (ナイスステップな研究者)  
受賞年月日: 2010 年 12 月 17 日  
受賞内容: 「バイオミメティクス研究を材料に応用し、環境負荷低減に貢献」  
受賞者: 高井治

- (15) 賞名: 12th International Symposium on Eco-material Processing and Design  
(ISEPD2011) Prize Poster Winner  
受賞日: 2011年1月8日  
受賞内容: Spectroscopic Investigation of Bound Water in Mesoporous Silica  
受賞者: Yoshie Aoki, Junko Hieda, Osamu Takai and Nagahiro Saito
- (16) 賞名: インテリジェント・コスモス学術振興財団 インテリジェント・コスモス奨励賞  
受賞日: 2010年5月17日  
受賞内容: 液相プラズマを用いた先進DNAエレクトロニクスデバイスの創製  
受賞者: 金子俊郎
- (17) 賞名: 第28回(2010年春季)応用物理学会 講演奨励賞  
受賞日: 2010年9月14日  
受賞内容: プラズマ-イオン液体界面における金ナノ粒子層間挿入カーボンナノチューブの  
形成  
受賞者: 原田高志, 金子俊郎, 畠山力三
- (18) 賞名: 資源・素材 2011 若手ポスター賞  
受賞日: 2010年9月27日  
受賞内容: シリカナノ細孔内水の分光学的調査  
受賞者: 青木淑恵、ブラテスクマリアアントアネッタ、上野智永、是津信行、  
齋藤永宏
- (19) 賞名: 15th International Conference on Thin Films, Award for Encouragement of  
Research in Thin Films  
受賞日: 2011年11月11日  
受賞内容: Solution plasma-based synthesis of spherical carbon nanostructures  
having large pore volume for air cathode of Li/air battery  
受賞者: J. Kang, O. Takai, N. Saito
- (20) 賞名: 15th International Conference on Thin Films, Award for Encouragement of  
Research in Thin Films  
受賞日: 2011年11月11日  
受賞内容: Synthesis and Characterization of Gold Nanoparticles through Solution  
Plasma Process  
受賞者: Y. K. Heo, T. Ueno, N. Zettsu, N. Saito
- (21) 賞名: 15th International Conference on Thin Films, Award for Encouragement of  
Research in Thin Films  
受賞日: 2011年11月11日  
受賞内容: Microstructure Study of Metal Nanoparticles Fabricated by Solution  
Plasma Processing  
受賞者: S. P. Cho, M. A. Bratescu, N. Saito, O. Takai
- (22) 賞名: 名古屋大学若手女性研究者サイエンスフォーラム総長賞  
受賞日: 2011年11月26日  
受賞内容: 十億分の一の世界に捕えられた見えない水を見る～水のナノ科学が示す、新しい  
材料開発への指針～  
受賞者: 青木淑恵
- (23) 賞名: 平成23年度表面技術若手研究者・技術者研究交流発表会若手奨励賞

受賞日:2011年11月28日  
受賞内容:PECVD法によるポリカーボネートへの透明・硬質炭素膜の作製  
受賞者:荻和慎平、寺島千晶、齋藤永宏、高井治

(24)賞名:平成22年度高温学会 Best Reviewer 賞

受賞日:2011年5月30日  
受賞内容:大気中電解質プラズマを用いた新機能性ナノバイオ物質創製  
受賞者:金子俊郎、李永峰、畠山力三

(25)賞名:Award for Encouragement of Research in Thin Films  
「The 15th International Conference on Thin Films」

受賞日:2011年11月11日  
受賞内容:Simple Synthesis of Water-Soluble Gold Nanoparticles by Gas-Liquid  
Interfacial Discharge Plasma  
受賞者:Q. Chen, T. Kaneko, and R. Hatakeyama

(26)賞名:平成23年度プラズマ・核融合学会賞 第19回論文賞

受賞日:2011年11月22日  
受賞内容:Nano-Bio Fusion Science Opened and Created with Plasmas  
受賞者:畠山力三、金子俊郎

② マスコミ(新聞・TV等)報道

(1) 日刊工業新聞, 水中プラズマによるナノ粒子合成, 平成23年1月11日

③ その他

(6)成果展開事例

①実用化に向けての展開

- ・ 成果として出てきた特願 2010-157116, 2010-249018, 2011-030065 について、民間企業に向けて実施権許諾を行った
- ・ 平成 22 年度戦略的基盤技術高度化支援事業に採択され、現在実施中「カーボンナノコンポジットによる軽量化・高強度複合成形材料量産化技術・装置の開発」(H22-24)

②社会還元的な展開活動

- ・ 得られた成果、ソリューションプラズマについて、イノベーションジャパン 2010 に出展した。
- ・ 得られた成果、ソリューションプラズマについて、イノベーションジャパン 2011 に出展した。
- ・ 得られた成果、ソリューションプラズマについて、Surtech 2008 に出展した
- ・ 得られた成果、ソリューションプラズマについて、Surtech 2009 に出展した。
- ・ 得られた成果、ソリューションプラズマについて、Surtech 2010 に出展した。
- ・ 得られた成果、ソリューションプラズマについて、Surtech 2011 に出展した。
- ・ 得られた成果、ソリューションプラズマについて、名大テクノフェア 2010 に出展した。
- ・ 得られた成果、ソリューションプラズマについて、名大テクノフェア 2011 に出展した。
- ・ 得られた成果、ソリューションプラズマについて、「エコトピア科学」ー持続可能社会の実現に向けた戦略ーに出展した。
- ・ 韓国の航空大学に対し、得られた成果ソリューションプラズマ発生装置を提供した。

- ・ タイのチェラロンコ大学に対し、得られた成果ソリューションプラズマ発生装置を提供した。
- ・ スーパーサイエンスハイスクール事業の一環として、愛知県立とよきた向陽高校の学生に対して、本事業で得られた成果、ソリューションプラズマを用いたカーボンブラック担持体白金ナノ粒子触媒をもちいた燃料電池の作製に関する実験セミナーをおこなった（2010.8月）。
- ・ スーパーサイエンスハイスクール事業の一環として、愛知県立豊田北高校の学生に対して、本事業で得られた成果、ソリューションプラズマを用いたカーボンブラック担持体白金ナノ粒子触媒をもちいた燃料電池の作製に関する実験セミナーをおこなった（2011.8月）。

## § 6 研究期間中の主なワークショップ、シンポジウム、アウトリーチ等の活動

年月日	名称	場所	参加人数	概要
2007/1/22	CREST “ソリューションプラズマ”第1回研究会	名古屋大学	30人	液中プラズマを利用したナノ材料合成に関する研究会を行った。
2008/3/25	CREST成果報告会	物材研(並木)	9人	研究成果報告
2008/8/2	ひらめきときめきサイエンス	名古屋大学	12人	小学生向けに研究室の研究を活かした授業
2009/08/08	ひらめきときめきサイエンス	名古屋大学	6人	小学生向けに研究室の研究を活かした授業
2010/8/6	ひらめきときめきサイエンス	名古屋大学	18人	小学生向けに研究室の研究を活かした授業
2011/8/5	ひらめきときめきサイエンス	名古屋大学	14人	小学生向けに研究室の研究を活かした授業
2008/7/29～8/1	スーパーサイエンスハイスクール(SSH)	名古屋大学	5人	向陽高校
2009/8/5～8/7	スーパーサイエンスハイスクール(SSH)	名古屋大学	6人	向陽高校
2010/8/18～20	スーパーサイエンスハイスクール(SSH)	名古屋大学	5人	向陽高校
2011/8/2～8/4	スーパーサイエンスハイスクール(SSH)	名古屋大学	8人	向陽高校
2009/12/17	とよたビジネスフェア2009	スカイホール豊田	2000人	ソリューションプラズマ等の技術について講演
2011/7/13～7/15	「エコトピア科学」ー持続可能性社会の実現に向けた戦略	名古屋大学	60人	ソリューションプラズマ等の技術について講演
2011/9/2	テクノフェア名大2011	名古屋大学	200人	基調講演
2012/1/10	第1回次世代自動車公開シンポジウム	名古屋大学	150人	ソリューションプラズマ技術で合成される材料の次世代自動車への可能性を講演
2012/3/21	第3次世代自動車公開シンポジウム	名古屋大学	100人	ソリューションプラズマ技術で合成される材料の次世代自動車への可能性を講演

2012/3/5	名古屋大学・産業技術総合研究所 連携・協力協定 記念講演会	名古屋通信会館	50 人	ソリューションプラズマ等の技術について講演
2008/8/6	オープンラボ	名古屋大学	20 人	研究室の紹介
2009/8/4	オープンラボ	名古屋大学	30 人	研究室の紹介
2011/7/11	次世代自動車クラスター形成に向けた「GV(グリーンビークル)戦略マップ・ロードマップ」～次世代自動車地域産学官フォーラム・技術開発セミナー	名古屋大学	280 人	次世代自動車に関するロードマップに関して講演会を行い、その後パネルディスカッション
2009/9/4	テクノフェア名大 2009	名古屋大学	1000 人	ソリューションプラズマに関する展示を行った
2009/9/16-18	Surtech2009	表面技術協会	2000 人	ソリューションプラズマ技術の展示
2010/2/17-19	NanoTech2010	東京ビッグサイト	50000 人	ソリューションプラズマ技術の展示
2010/8/18～20	SURTECH2010	東京国際展示場	20000 人	ソリューションプラズマ技術の展示
2011/7/13～7/15	Surtech2011	東京ビッグサイト	5000 人	ソリューションプラズマに関して展示
2011/9/21～22	イノベーション・ジャパン 2011	東京国際フォーラム	28300 人	ソリューションプラズマに関する展示
2011/12/16	第 4 回名古屋大学医学・バイオ系知財フェア	名古屋大学	100 人	ソリューションプラズマに関する展示
2012/2/15～2/17	第 11 回国際ナノテクノロジー総合典・技術会議	名古屋大学	100 人	ソリューションプラズマに関する展示

## § 7 結び

本プロジェクトでは、「ソリューションプラズマ反応場の自律制御化とナノ合成・加工への応用」という、申請者らが独自に開発して、世界で初めて実現し水中でのグロー放電を軸に新規反応場の基盤を確立をめざした。プロジェクト期間前半は、ソリューションプラズマの基礎の解明に注力し、プラズマの物性および反応性の理解に努めた。プロジェクト後半は、基礎の解明に関する探究をさらに深めるとともに、ソリューションプラズマによって初めて実現する革新的な製造技術プロセスの探索を行った。本チームは、領域統括の強いリーダーシップのもと、ソリューションプラズマの発生機構やプラズマの基礎パラメータの取得といった、学理や基礎物性を基軸とした応用研究に徹する戦略をとり、プラズマ材料科学分野を進展させる重要で意義ある成果をあげ、国内外にその存在感を示すことができた。

ソリューションプラズマの特徴は以下の通りである。

- ① ソリューションプラズマには、明確に電位構造が存在し、イオンシースが反応に対して重要な役割を果たしている。また、その浮遊電位は負であり、プラズマ中心は負イオン、気液界面は、正イオンが、その電位構造を構築している。
- ② 分光計測および電流電圧測定の結果、ソリューションプラズマはグロー放電であることを示した。
- ③ ソリューションプラズマ／溶液界面では、①の結果に基づき、 $H^+$ イオンが重要な分子種であることが合理的結論として導けた。つまり、 $H^+$ イオンの存在は、平衡論的観点からも、 $H$  ラジカルの存在を導き出す。
- ④ ソリューションプラズマは、空間的に勾配(温度、電位、分子種)をもった反応場である(①、③より)。溶液とプラズマの反応が、主として還元反応のみ進行する原因としては、気液界面に存在する  $H$  ラジカルにある。 $OH$  ラジカルは、主としてプラズマ中心に留まる(①および③より)。
- ⑤ ソリューションプラズマにより、ナノカーボン材料とナノクラスターの同時合成が可能となった。この複合した材料系の同時製造は、電池電極系での従前とあったナノクラスターの大量合成と分散性、ナノクラスターとナノカーボン材料界面制御といった課題を一気に解決する製造技術である。一方、プロセス的には、ナノクラスターの大量合成は、最も重要である反応空間である気液界面に向け、「急激な温度勾配」と「水素ラジカルの供給」が実現する反応場であったからこそ、金属ナノクラスターの大量合成が実現する。一方、同様の条件は、芳香族からの水素引き抜き反応を誘発し、ラジカル重合によりグラフェンを有するナノカーボン材料も効率よく合成できる。

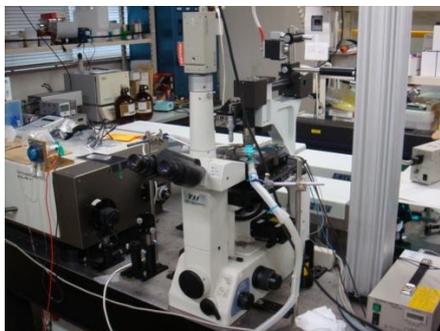
ソリューションプラズマの生成機構や特徴の明確化にともない、ソリューションプラズマに関わる革新的な製造技術のシーズとして、電極を金属源とした金属ナノクラスターの大量合成プロセスの開発に至った。金または白金電極間で液中グロー放電を発生させることにより、粒径  $1\text{nm}$  程度のナノクラスターが分散した水溶液の作製に成功した。金電極から合成した金ナノクラスターは、金属－絶縁体遷移した非金属性の金である。粒子の粒径に対し、触媒活性や熱伝導といった諸物性の非線形性の発現が期待できるこれからの材料系である。

本チームは、東北大学、東京理科大学、大阪市立大学、産業総合技術研究所九州センターに所属する4名の分担者全員をそろえたチーム内ミーティングを、主に名古屋大学にておこない、頻りに情報交換と討論、ブレインストーミングを繰り返しおこなった。これが、プロジェクト全体の方向性を定める上で決定的な役割をはたすとともに、メンバー間のチームワークを醸成した。また、チーム内でカバーできない問題については、民間企業を含む、外部との共同研究を積極的におこなうことで、多彩な成果を上げることができた。研究期間内に、ソリューションプラズマ発生用電源の販売に至ったのも、本チーム内で立ち上げてきた技術やアイデアがあればこそであったといえる。

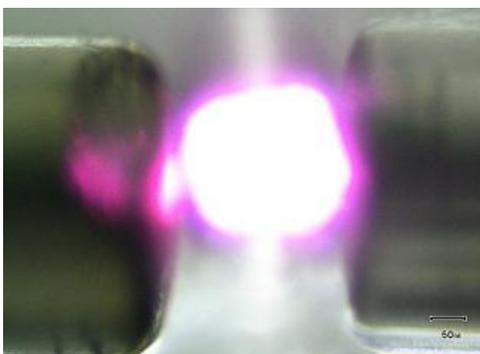
本プロジェクトを通して熟成してきた、ソリューションプラズマ技術から、次の新たな研究シーズがいくつか出てきており、現在はそれらを中心とした新プロジェクトが既に動き出し始めているが、本 CREST の成果は、これらの新しい動き(ナノ製造装置開発)の基盤となると確信している。



8チャンネルタンデム式リアクター



時間分解 CARS システム



水溶液中に発生する  
ソリューションプラズマ反応場



$\mu\text{m}$  空間分解・ns 時間分解分光診断システム