

## プラズマ表面処理に関する国際会議における 研究動向

西 本 明 生\*

### Current Research Trends in International Conferences on Plasma Surface Engineering

Akio NISHIMOTO



\* 関西大学 化学生命工学部化学・物質工学科  
教授, 博士(工学) (Department of Chem-  
istry and Materials Engineering, Faculty of  
Chemistry, Materials and Bioengineering,  
Kansai University)

住 所: 〒564-8680 大阪府吹田市山手町3丁  
目3番35号 (3-3-35 Yamate-cho Suita-city  
Osaka 564-8680)

連絡方法: Tel 06-6368-1121

E-mail akionisi@kansai-u.ac.jp

#### 1. はじめに

本稿では2014年9月にドイツのガルミッシュ・パルテンキルヒェンで開催された第14回プラズマ表面処理国際会議(PSE 2014)および2015年9月に韓国の済州島で開催された第10回アジア-ヨーロッパプラズマ表面処理国際会議(AEPSE 2015)における発表内容から、プラズマ表面処理に関する最近の研究動向について報告する。

#### 2. 第14回プラズマ表面処理国際会議 (PSE 2014)

2014年9月11日から15日の5日間にわたりドイツのガルミッシュ・パルテンキルヒェンにおいて開催された。PSE国際会議は、1988年にドイツの真空、表面、金属学会などからなる合同委員会の主催で初回が開催され、1990年からはプラズマおよびイオン表面処理のヨーロッパ共同委員会(EJC/PISE)の主催となり、開催場所をガルミッシュ・パルテンキルヒェンの国際会議場に定めて、2年毎に開催されてきた(写真1)。本協会誌の読者もPSE国際会議に参加された方はいると思う。次回の第15回PSE国際会議(PSE 2016)は2016年9月12日~16日に同所で開催されることが決まっている<sup>(1)</sup>。この会議は毎回9月中旬に開催されているが、会議終了の数日後にはミュンヘンにてオクトーバーフェストが開催されるので、出張の日程を調整すればこちらにも参加できる人もおられるのではないかと思う。

ガルミッシュ・パルテンキルヒェンはミュンヘンから南へ約100kmのオーストリアとの国境に位置するバイエルン地方のリゾート地である。街並みからはドイツ最高峰のツークシュピッツェ(標高2962m)を間近に望むことができる絶好のロケーションである(写真2)。この会議は「表面処理におけるプラズマ・イオンビーム技術の基礎と応用」を目的としている。このため、基礎研究のみでなく、応用研究の成果にも重点が置かれていることもあり、大学や研究機関からの参加者に加えて、ヨーロッパを中心とする企業からの参加



写真1 ガルミッシュ・パルテンキルヒェン国際会議場



写真2 街からツークシュピッツェを望む

表1 第14回PSE国際会議 (PSE 2014) の発表参加国のリスト

地域	国名
ヨーロッパ	ドイツ, チェコ, フランス, イギリス, スウェーデン, ロシア, スイス, ベルギー, スペイン, オーストリア, ポルトガル, イタリア, オランダ, アイルランド, ルクセンブルク, ギリシャ, リヒテンシュタイン, デンマーク, ポーランド, フィンランド, スロバキア, ラトビア, ウクライナ, ルーマニア, スロベニア, アイスランド, ノルウェー
アジア	日本, 韓国, 台湾, 中国, イラン, カザフスタン, イスラエル, インド
北米	アメリカ, カナダ
南米	ブラジル, アルゼンチン
アフリカ	アルジェリア, ナイジェリア
大洋州	オーストラリア

者も多いことが特徴となっている。今回は42カ国から650名以上の参加があった。そのうち東アジア圏からの参加は事前登録で日本から24名、韓国から7名、台湾から5名および中国から4名であった。表1に発表参加国リストを示す。また、会期中に催される企業展示も毎回大いに充実しており、各種電源を扱う企業から処理装置、表面分析装置、試験評価装置メーカー、コンサルティング会社も含めて80のブースが出展していて、前回より20ブース増えており盛況であった。しかし、日本関係の企業からの出展は3社のみと少なかった。

講演に関して、表2に基調講演の講演者と題目のリストを示す。一般講演は期間中26のオーラルセッションと4ポスターセッションが行われた。セッション名は、「シミュレーション・モデリング」、「薄膜の評価」、「プラズマ処理・洗浄」、「光学膜」、「大気圧プラズマCVD」、「ナノ膜」、「高出力インパルスマグネトロンスパッタリング (HiPIMS)」、「ナノ複合膜・ナノ構造」、「プラズマCVD (PECVD)」、「マグネトロンスパッタリング I」、「マグネトロンスパッタリング II」、

「電磁コーティング」、「PVD」、「炭素系薄膜」、「プラズマ・イオン源技術」、「保護皮膜」、「抗菌応用と滅菌」、「トライボロジーコーティング」、「工業的プラズマの特性」、「材料表面の生体機能」、「機械的性質」、「粉体とプラズマ」、「プラズマ拡散処理」、「高分子のプラズマ処理と重合」、「プラズマ電解酸化」および「構造と組成」であった。発表件数はPlenaryでの招待講演が9件(表2)、26件のKeynote Lecture (セッション内招待講演)を含む口頭発表が183件、さらにポスター発表が395件であった。内容としてはプラズマを用いた処理ということもあり、TiO<sub>2</sub>、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>、SiC<sub>x</sub>N<sub>y</sub>H<sub>z</sub>、SiO<sub>x</sub>C<sub>y</sub>H<sub>z</sub>、TiAlN、CrAlN、ZnO、DLC、金属ドープDLC、Cu-Cr-O、Al-Cr-O、TiN、CrN、Cr、Agなどのコーティングに関する発表が複数なされていた。また、HiPIMS、ナノコンポジット、DLC、ポリマーへのプラズマ処理に関する発表が目立った印象がある。

筆者に関連するプラズマ拡散処理関連の発表(口頭およびポスター含む)は、今回の第14回の会議においても、各種ステンレス鋼の低温窒化・浸炭で形成されるS相に関する発表が多くあり、関心の高さがうかがえた。その他にはプラズマ拡散処理技術の現状、種々のオーステナイト系合金の低温プラズマ窒素拡散処理によって得られる拡張相、オーステナイト系ステンレス鋼およびCoCr合金に形成される拡張オーステナイト相の微小角入射X線回折(GIXRD)解析、窒化したCoCrの拡張相の観察、メスbauer分光およびX線回折による窒化した316Lオーステナイト系ステンレス鋼の構造、プラズマ窒化した304Lおよび316Lオーステナイト系ステンレス鋼の塩水中での耐食性、オーステナイト系ステンレス鋼の電気化学的不働態に及ぼすプラズマ窒化の影響、プラズマ窒化したオーステナイト系ステンレス鋼の電気化学的特性、パルスプラズマ窒化したAISI4340(SCM440)鋼の耐食性、アクティブスクリーンプラズマ窒化におけるスクリーンからの表面堆積物の影響、オーステナイト系およびPHマルテンサイト系ステンレス鋼のアクティブスクリーンプラズマ窒化、CH<sub>4</sub>添加アクティブスクリーンプラズマ窒化における活性種の役割、オーステナイト系ステンレス鋼の機械的特性に及ぼすアクティブスクリーンプラズマ窒化の影

表2 第14回PSE国際会議 (PSE 2014) における基調講演のリスト

国籍	講演者	講演題目
ドイツ	Thomas Hammer	大気圧非熱プラズマの産業的応用
フランス	Thierry Belmonte	1 Pa ~ 1×10 <sup>9</sup> Paのプラズマによるナノ物質の合成
オランダ	Erwin Kessels	プラズマ支援原子層堆積 (PLD) ~表面処理および薄膜成長におけるまたとない機会
ドイツ	Wolhard Moeller	プラズマプロセスにおけるイオンと表面との相互作用
日本	Masaru Hori	プラズマプロセス科学技術における最新プラズマ診断 ~ガス相から表面反応までのプラズマプロセスの理解
イギリス	Lose L. Endrino	高熱の取り扱い~多層膜から自己集積まで
ドイツ	Klaus-Dieter Weltmann	医学におけるプラズマ~表面改質から直接治療使用まで
ポルトガル	Elvira Fortunato	汎用/旧材料の革新: 金属酸化物とセルロース
チェコ	Petr Lukes	酸性溶液中における電解放電によって生じるプラズマ-液相相互作用

響、医療用 ASTM-F138 (SUS316LVM) ステンレス鋼のプラズマ窒化、航空宇宙部品適用に向けたオーステナイト系ステンレス鋼のプラズマ浸漬イオン注入法、AISI420 マルテナサイト系ステンレス鋼への低温プラズマ浸炭、パルスプラズマ窒化処理した鋼の表面ナノ構造、DC プラズマ窒化および軟窒化におけるプラズマ化学、プラズマ N-クエンチによる鋼の表面改質、 $\gamma$ -TiAl 合金へのプラズマクロム浸炭、Al 合金のプラズマ窒化における分光によるプラズマ診断、レーザー照射プラズマ窒化による Ti の表面改質などであった。

なお、プロシーディングスの論文は、これまでの会議では査読の後に *Surface and Coatings Technology*<sup>(2)(3)</sup> や *Plasma Processes and Polymers*<sup>(4)(5)</sup> の特別号に掲載されていたが、前回の 13 回のシンポジウムから希望者のみ上記の雑誌に通常のプロセスを経て投稿する形に変更されている。

### 3. 第 10 回アジア-ヨーロッパプラズマ表面処理国際会議 (AEPSE 2015)

2015 年 9 月 20 日から 24 日の期間で韓国・済州島のラマダプラザホテル済州において開催された (写真 3)。AEPSE 国際会議は、上述した PSE 国際会議の中間年に東アジア圏の国が持ち回りで 1997 年のソウルを皮切りに開催されている。日本でも 2007 年に長崎で開催されている。前回の第 9 回からは韓国の済州島で開催されており、次回の第 11 回 AEPSE 国際会議は 2017 年に韓国の済州島で開催される予定である。

AEPSE 2015 国際会議の議長は名古屋大学の堀 勝 教授であった。27 カ国から 400 名以上の参加があった。表 3 に基調講演の講演者と題目のリストを示す。一般講演は期間中 16 のセッションで行われた。各セッションの主テーマは以下に示す。「薄膜および処理の産業技術と応用」、「薄膜および処理のプラズマ拡散と熱プラズマ」、「薄膜および処理のデジタルエレクトロニクス」、「先進プラズマ物理学」、「機能性プラズマ表面処理・PECVD」、「プラズマ診断とプラズマ化学」、「大気圧高圧プラズマ」、「液中プラズマ」、「マグネトロンスパッタリング・HiPIMS」、「薄膜のモデリングとシミュレーション」、「トライボコーティングと保護コーティング」、「プラズマ医療とバイオテクノロジー」、「ナノ材料とデバイス」、「電気化学的応用のためのポーラス材料」、「グリーンエネルギーと環境にやさしい薄膜と処理」、「薄膜形成のためのバッファ層と界面」。



写真 3 AEPSE 2015 の会場の垂れ幕

また、期間中ワークショップも行われ、「グリーンテクノロジーのための革新的プラズマ処理」、「移動体のための先進の産業技術」、「生命科学のための先進のプラズマ科学技術」および「エネルギー・環境のための新しいプラズマと処理」の 4 セッションが開催された。

基調講演の件数は 7 件 (表 3)、ワークショップ、オーラル、ポスターの発表件数はそれぞれ 23、167、243 件であり、前回より大幅に増えていた。発表件数は、国別で東アジア圏で地元韓国から 158 件、中国から 53 件、日本 111 件、台湾 10 件、インド 6 件、タイ 5 件であり、日本からの発表件数が前回よりも 70 件以上増えていた。他にはドイツ 19 件、ベルギー 8 件、フランス 5 件、チェコ 5 件のように、東アジア圏以外のヨーロッパ諸国を中心として多くの国からの参加者の発表があった。

発表内容全般では、前回の会議と異なる点として、透明導電膜、センサー、半導体、光・電子デバイス、ナノデバイス、光学多層膜、金属膜などへの応用に向けた成膜に関する発表が多くみられ、発表件数の増加にもつながっていると思われる。薄膜の種類としては、ZnO、TiO<sub>2</sub>、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、DLC、アモルファス半導体の IGZO (In, Ga, Zn の酸化物) および透明導電膜の ITO (Sn ドープ In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) が複数件発表されていた。また、各種ナノコンポジットに関する発表もなされていた。

筆者の関連するプラズマ拡散処理に関する発表も多くされ

表 3 第 10 回 AEPSE 国際会議 (AEPSE 2015) における基調講演のリスト

国籍	講演者	講演題目
日本	Toyonobu Yoshida	プラズマ材料界面
韓国	Seongjun Park	電子デバイスへのグラフェンと 2D 材料
ドイツ	Ralf Bandorf	先進皮膜への高密度プラズマ
日本	Takeshi Bessho	自動車産業における表面仕上げ技術
英国	Bert Elingboe	次世代製造需要に適合するプラズマ源設計への挑戦
米国	Alexander Fridman	プラズマ医療：がん治療に向けた革新的手法
韓国	Wonho Choe	食品産業へのプラズマ技術の実用化の見通し

ていた。以下に発表題目を示す。プラズマ拡散処理の現状、低温プラズマ窒化したマルテンサイト系析出硬化型ステンレス鋼の表面形態に及ぼす  $\text{CH}_4$  量の影響、低温プラズマ軟窒化した析出硬化型ステンレス鋼の表面形態に及ぼす処理パラメータの影響、プラズマ軟窒化した 316L オーステナイト系ステンレス鋼の S 相形成に及ぼすパルス条件の影響、オーステナイト系ステンレス鋼界面接触抵抗に及ぼすプラズマ窒化の影響、アクティブスクリーンプラズマ窒化処理したオーステナイト系ステンレス鋼の機械的性質、アクティブスクリーンプラズマ窒化の窒化層形成に及ぼす表面堆積物の影響、マルテンサイト系ステンレス鋼へのプラズマによるニオブ合金化、Fe-Al-Mn 合金のプラズマ窒化、42CrMo4 合金鋼の機械的性質に及ぼすプラズマ窒化の影響、ダブルグロープラズマ表面改質による Fe-Al-Cr 合金層のトライボロジー特性、低温プラズマ窒化したインコネル 800 合金の表面層、低温プラズマ窒化したインコネル 800 合金の表面形態に及ぼす  $\text{CH}_4$  量の影響、低温プラズマ窒化したハステロイの表面形態に及ぼす処理パラメータの影響、Al-Mg 系 Al 合金のプラズマ窒化、大気圧プラズマジェットからの拡散による Ti 表面上への TiN 形成、Ti-6Al-4V 合金のプラズマ表面改

質におけるトライボロジー特性、 $\text{Ti}_2\text{AlNb}$  合金のダブルグロープラズマによるアルミナイジング、 $\gamma\text{-TiAl}$  合金へのプラズマ表面改質による Zr-Y コーティング、 $\gamma\text{-TiAl}$  合金へのダブルグロープラズマによる NiCoCrAlY コーティング。

なお、プロシーディングスは査読のプロセスを経た後、*Surface and Coatings Technology* の特別号として出版される予定である。これまでに出版された特別号を文献欄に記載しておく<sup>(6)~(9)</sup>。

(2016 年 5 月 12 日受理)

#### 参 考 文 献

- (1) URL : <http://www.pse-conferences.net/pse2016.html>
- (2) *Surf. Coat. Technol.* **200**, Iss.1-4 (2005).
- (3) *Surf. Coat. Technol.* **205**, Iss.S2 (2011).
- (4) *Plasma Process Polym.* **4**, Iss.S1 (2007).
- (5) *Plasma Process Polym.* **6**, Iss.S1 (2009).
- (6) *Surf. Coat. Technol.* **202**, Iss.22-23 (2008).
- (7) *Surf. Coat. Technol.* **205**, Iss.S1 (2010).
- (8) *Surf. Coat. Technol.* **222**, Iss.S1 (2013).
- (9) *Surf. Coat. Technol.* **259**, Part A (2014).

