

平成28年度熊谷記念真空科学論文賞，真空技術賞，真空進歩賞， 真空会誌賞の審査経過と受賞候補業績紹介

表彰審査会 議長 藤田大介

日本真空学会では，真空科学・技術およびその関連分野の発展に寄与した顕著な業績に対し，毎年，熊谷記念真空科学論文賞，真空技術賞，真空進歩賞，真空会誌賞の表彰を行っています．本年度も会誌 Journal of the Vacuum Society of Japan の4号で受賞候補業績（候補者）の公募を行い，会員の皆様より推薦をいただきました．

表彰審査会では9名の委員が推薦された業績の審査にあたりました．慎重に審議を重ねた結果，審査会は下記の業績を受賞候補として推薦することとし，理事会において承認され，各賞の表彰が決定されました．

なお，授賞式と受賞記念講演は，2016年真空・表面科学合同講演会（第57回真空に関する連合講演会）（名古屋国際会議場）において行われる予定です．

受賞業績，受賞者と推薦理由

第41回 真空技術賞

受賞者：筒井慎吾，二木敬一（株式会社 島津製作所）

業績：Direct Simulation Monte Carlo 法のターボ分子ポンプへの適用

〔製品紹介〕

1. 筒井慎吾，二木敬一：Direct Simulation Monte Carlo 法のターボ分子ポンプへの適用，J. Vac. Soc. Jpn. 58巻7号（2015）253-256.



筒井慎吾



二木敬一

推薦理由：

ターボ分子ポンプは，機械式真空ポンプの一種で，高速回転する金属製のタービン翼（動翼）と静止している金属製のタービン翼（静翼）を交互に多段に組み合わせた構造を持つ．動翼を数万 rpm で高速回転することにより，分子流領域で高い排気速度と大きな圧縮率，低い到達圧力を実現できること，磁気浮上型では完全オイルフリー，取り付け方向の自由度が大きいという特長も持つことから広く使われている．特に1990年代の後半以降は，高排気速度化，大流量排気時の低圧化が進み，半導体素子・ディスプレイ等の製造に大きく貢献してきた．

ターボ分子ポンプの構造の最適化は，従来，分子流領域での性能の向上を重視して，分子の衝突を無視したモンテカルロシミュレーションに基づいて行われてきた．しかしながら，近年は分子流と粘性流の中間の領域（中間流領域）において高い排気性能が望まれるようになってきた．受賞者らは，分子同士の衝突も考慮した Direct Simulation Monte Carlo 法 (DSMC 法) を用いた排気シミュレーション技術を開発し，ターボ分子ポンプの吸気口圧力の解析に適用して，遷移流の領域において±10%の精度で解析可能であることを示した．さらに DSMC 法を用いてタービン翼の長さや翼角度を最適化することで，従来のターボ分子ポンプの排気速度を維持しながら，吸気口圧力を15%程度低圧化し，高さ寸法を67 mm 縮減した TMP-X3405 型ターボ分子ポンプを開発した．また，本ターボ分子ポンプには温度調整機能も有しているため，エッチング等で発生する反応生成物を軽減し，連続稼働時間を延ばすこともできる．

以上のように受賞者らは，分子同士の衝突も考慮した Direct Simulation Monte Carlo 法 (DSMC 法) をターボ分子ポンプ

に適用して、吸気口圧力を低圧化し、高さ寸法を縮減したターボ分子ポンプの市販を実現した。本成果は、成膜・エッチングプロセスの低圧化、装置のコンパクト化、連続稼働時間の延長に貢献することから、真空技術分野への貢献は極めて大きい。よって、本件を第41回真空技術賞候補として推薦する。

受賞者略歴：

筒井慎吾（つつい しんご）

2000年3月 岡山大学大学院工学研究科機械工学専攻 修了

2000年4月 株式会社島津製作所 入社 現在に至る

二木敬一（ふたぎ けいいち）

1989年3月 金沢大学理学部物理学科 卒業

1989年3月 株式会社島津製作所 入社 現在に至る

第25回 真空進歩賞

受賞者：本村大成（国立研究開発法人産業技術総合研究所）

業績：コンパクト反応性イオンエッチング炉の開発

[研究論文]

1. Taisei Motomura, Kazunori Takahashi, Yuji Kasashima, Fumihiko Uesugi, and Akira Ando: Effect of External Magnetic Field on Compact Inductively-coupled Reactive Ion Etching Reactor, J. Vac. Soc. Jpn., 58巻10号 (2015) 392-396.
2. Taisei Motomura, Kazunori Takahashi, Yuji Kasajima, Kazuya Kikunaga, Fumihiko Uesugi, and Akira Ando: Evaluation of SF₆ Reactive Ion Etching Performance with a Permanent Magnet Located behind the Substrate based on a Simple Design Concept, J. Vac. Soc. Jpn., 59巻1号 (2016) 11-15.



本村大成

推薦理由：

微小電気機械素子システム（Microelectromechanical System, MEMS）などの作製では、必ずしも大口径シリコンウエハの加工を必要としないため、コンパクトな反応性プラズマ装置の実現により、装置および開発コストの大幅な減少が期待できる。しかしながら、一般的な反応性プラズマ装置では、大口径の拡散槽を用いることにより、装置内壁表面でのエネルギー損失とイオン化部体積の比率を低減して高密度プラズマを発生させるため、特に反応性エッチング装置では小型化が困難であった。受賞者は、SF₆をエッチングガスに用いて、内径僅か36 mmのガラス管の外部から印加したソレノイド磁場強度を、フッ素ラジカルの発光強度をモニターすることにより最適化し、さらにパルス化した高周波を用いることにより温度上昇を抑えて、500 W という比較的小さな高周波パワーで0.3 μm・min⁻¹以上のシリコンエッチング速度を実現した（T. Motomura 他：JVSJ 58 (2015) 392）。さらに、永久磁石を基板ステージに内蔵して基板近傍の磁場発散を抑える工夫により、約6.0 μm・min⁻¹のエッチング速度を実現しただけでなく、反応炉のコンダクタンスと排気速度より反応ガスの滞留時間ひいてはフッ素ラジカルの濃度を見積もり、エッチング速度を定量的に評価した（T. Motomura 他：JVSJ 59 (2016) 11）など、単なる実験結果にとどまらず真空工学的な考察を加えた点も高く評価される。今後、MEMSなどの実際のプロセスに応用するには、エッチング速度や均一性のさらなる向上が必要であるが、今回開発したプロトタイプの反応炉にはまだ多くの最適化の余地があり、受賞者により示された開発の道筋が有効であると考えられる。

以上のように、極めてコンパクトでありながら10 μm・min⁻¹に迫る高い能力をもつエッチング炉を開発した受賞者の業績は、真空に関する科学技術の進歩に寄与するところ大であり、若手新進研究者として、日本真空学会ならびに真空科学技術の発展に対して大いなる貢献が期待できる。このような観点から、第25回真空進歩賞として本村大成氏を推薦する。

受賞者略歴：

本村大成（もとむら たいせい）

2005年 久留米工業高等専門学校 制御情報工学科 卒業

2007年 久留米工業高等専門学校 専攻科 機械・電気システム工学専攻 卒業

2009年 九州大学大学院 総合理工学府 先端エネルギー理工学専攻 修士課程 修了

2010年 独立行政法人日本学術振興会 特別研究員（DC2）

2012年 九州大学大学院 総合理工学府 先端エネルギー理工学専攻 博士後期課程 修了 博士（工学）

2012年 独立行政法人産業技術総合研究所 入所

現在 同九州センター エレクトロニクス・製造領域 製造技術研究部門 センサシステム技術研究グループ 研究員

第5回 真空会誌賞

受賞者：吉田 肇（国立研究開発法人産業技術総合研究所）

業績：測定学から見た真空計測の基礎

[講座]

(1) 真空計測で用いられる計測用語, J. Vac. Soc. Jpn. 58巻3号 (2015) 117-121.

(2) 真空計測で用いられる計測用語 (つづき), J. Vac. Soc. Jpn. 58巻4号 (2015) 155-161.

(3) 真空計の校正結果と不確かさ評価の例*, J. Vac. Soc. Jpn. 58巻6号 (2015) 227-237.

(4) 真空計の長期安定性, J. Vac. Soc. Jpn. 58巻7号 (2015) 265-271.

* 新井健太, 飯泉英昭, 梶川宏明, 小島桃子との共著



吉田 肇

推薦理由：

「圧力（真空度）を測る」, これは真空を扱っている者にとって基礎の基礎となる技術である。そして測定された圧力は、真空装置・実験装置の最も重要な情報である。実験等で得られた結果の信頼性は、測定された圧力の正確さに大きく依存する。メーカーから購入した校正された測定器を使って測れば済むじゃないか、というのは大間違いである。測定器の指示値から真の圧力値を導き、結果を第三者に正確に伝えるには、測定器に関する正しい知識、決められた枠組みに沿った測定、そして、測定結果に含まれる確かさ（不確かさ）についての綿密な評価などが必要なのである。今回受賞対象となった吉田肇氏による掲載記事は、まさにこの点を読者に納得させるにこの上ない優れた教材となっている。

吉田肇氏による、58巻3号から7号までの「講座 測定学から見た真空計測の基礎」, 計4回の掲載記事では、圧力測定・圧力校正の基本となる技術的情報、そして測定値の評価方法がしっかりと凝縮されて述べられている。全体として3部構成となっており、(1)と(2)では、まず、真空計測で用いられる用語が系統的に、非常に分かりやすくまとめられている。不確かさの原因となる読み値のふらつきの種類や、普段なにげなく使用している「再現性」や「精度」と言った言葉の意味について、改めて認識を深めることができる。特に(2)では真空計の指示値の意味や確かさ（あるいは不確かさ）を理解する上で、ぜひとも知っておきたい用語の詳しい説明が述べてあり、「校正」という作業の意味、必要性、重要性も指摘されていて、真空に携わる者には必読である。(3)では「不確かさ」の評価方法について具体例に沿って説明されていて、一般読者にはやや難しい数式もでてくるが、なぜこのような式を使うのか、必要なのか、丁寧に説明されている。一方、評価そのものが単純な計算手順になることに対するの危惧も提示され、最後に述べられている「(決められた枠組みで) 絶対値の評価をしたとして、それが受け入れられるのか、またはどのような利益を生むのかは、真空計測・真空技術携わる我々の理解、鑑識眼のある解析、そして誠実さにかかっている」という一文は筆者のこれまでの経験を踏まえた重みのある言葉である。(4)では「校正」において重要な情報となる「長期安定性」について豊富なデータを示し、主な真空計ごとの特長について詳しい解説がなされている。

このように、吉田肇氏の「講座 測定学からの見た真空計測の基礎」は、真空計測に関して、「得られた結果の確かさ（あるいは不確かさ）をいかに評価し、その信頼性を高めるか」、という観点から、具体例を交えて分かりやすく丁寧に解説され

ている。また、読者となる真空技術者や研究者にとって有用な情報も数多く含まれており、真空会誌賞にふさわしい内容となっている。よって、第5回真空会誌賞として推薦する。

受賞者略歴：

吉田 肇（よしだ はじめ）

2004年3月 北海道大学大学院工学研究科博士後期課程量子エネルギー工学専攻修了

2004年4月 日本原子力研究所 博士研究員

2005年4月 独立行政法人産業技術総合研究所 計測標準研究部門 力学計測科 圧力真空標準研究室 研究員

2012年10月 同 主任研究員

2015年4月 （組織名変更）国立研究開発法人産業技術総合研究所 工学計測標準研究部門 圧力真空標準研究グループ
主任研究員

平成28年度 表彰審査会 審査員

議長：藤田大介（物質・材料研究機構）

審査員：井上泰志（千葉工業大学），橘内浩之（㈱日立ハイテクノロジーズ），末次祐介（高エネルギー加速器研究機構），
田沼繁夫（物質・材料研究機構），中野武雄（成蹊大学），野中秀彦（産業技術総合研究所），長谷川修司（東京大
学），間瀬一彦（高エネルギー加速器研究機構）