



講座 プロセスプラズマにおけるプラズマ計測の基礎

5. おわりに

5. Conclusion

赤塚 洋

AKATSUKA Hiroshi

東京工業大学

(原稿受付：2018年12月18日)

ここまで数章に渡り、プロセスプラズマの計測に関する解説記事が特集された。プローブ計測、発光分光計測、吸収分光計測のいずれもが、プロセスプラズマに限らず、プラズマ計測に共通の計測法であることは繰り返す必要もなからう。ただし、いわゆる核融合や天体プラズマの計測研究とは異なり、予算的に小規模な研究室であっても、実行可能な計測法であってほしいというのが、プロセスプラズマ計測の研究者の願いであろうと思われる。いずれの記事も、それぞれの計測の基礎となる物理学から解説が始まり、さらにその実用的な応用例にいたるまで記述があることからわかりただけのように、現場での実用的計測に適切な方法論を開拓する研究開発である一方、基礎現象としてもまだまだ解明されねばならないことが残り、特に対象とするプラズマや励起種によって必要となる原子分子データも変化することがわかりただけであろう。

プローブ計測でも、プローブ表面での化学反応の影響を含めた解析が必要となるうえ、気圧が上昇するとシースが無衝突とは言いがたいことから、改めてシースの複雑な物理学を構築し直さねばならないような、いわば泥沼に嵌まり込む危険性もあることを覚悟せねばならない。

発光分光・吸収分光にしても、分子励起状態の関与が普通であるから、振動回転を含めた励起状態の理解が当然必要で、したがって分子分光学に対する理解が当然必要である。すなわち「物理学」ばかりでなく、「化学」に分類される分野の知識がどうしても必要となる。放電条件を変えると、思いもよらぬラジカルが突然主要な役割を演じることがあり、そのような新奇なラジカル種のデータが、生成消滅のカイネティクスまで含めて必要となることもある。物理学はもちろん、プラズマ中の気相反応や、基板表面反応の「化学」を専門とされる方々の参加が、「プロセスプラズマ計測」研究には必要不可欠であり、今後も引き続きご支援くださりたい。この段落は発光分光計測を念頭においてのことであるが、それにかぎらず、プロセスプラズマ計測分野は、原子分子データの蓄積を要するものなのである。

そこで、原子分子データベースの構築が重要な課題とな

り、また構築されたデータベースの活用、さらにはアップデートが重要となる。原子分子データベースの特集記事を作成するのは本講座の趣旨ではないが、筆者も以前[1]で紹介した文献[2]の最終章である第17章には、プラズマ研究者向けの原子分子のデータベースがまとめて紹介されている。是非ご参照されたい。詳細は[2]に譲るが、国連の国際原子力機関 (IAEA) や米国標準技術研究所 (NIST)、わが国でも核融合科学研究所 (NIFS) などを中心に、様々なデータベースが構築されている。NIST では、炭化水素の化学反応に関しても Chemical Kinetic Data Base なるチャプターがあり、相当の充実度であると考えられる。ラジカル反応を中心とするものであるが、IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) から、大気化学のための反応速度データベースが提供されている[3]。これら機関の WEB ページを是非ともご訪問くださりたい。

プロセスプラズマ研究界も、「断面積データや原子分子データを測定・計算する方々は、物理学会領域1の所属=遠い存在である」などと、ゆめゆめ思っては、ならない。相互交流するチャネルを確保し、プロセスプラズマ界でホットトピックとなっているラジカル種・励起種について情報交換を行い、「次は是非このような分子種やラジカル反応について…」というような希望を、データベースの一層の充実のためにも (迷惑がられるかもしれないが) 出し続けていかねばならない。相互に研究成果を高め合っていくような、交流の機会が必要であると考えられる。単にイベントを増やすためではなく、原子分子の基礎データ研究をされる方々と、プロセスプラズマの研究者が、今後も相互に情報交換等のための「合同研究会」を続けていくことが望まれていると考えられる。

いわゆる「プラズマ物理学」の研究をめざしてきた方々には、「プラズマ計測学」には、どこか馴染みにくい雰囲気からあったのではないだろうか？ 物理学分野で多くの業績を上げてこられた方の多いプラズマ・核融合学会において、無機・有機を問わず化学に精通し、量子化学を基本とする分子構造と素反応の研究者の方々との連携により、こうした方法論を蓄積していく必要性は、今も昔も

変わらないと考えられる。

最後に、プラズマ計測関連の人材問題について一言述べたい。プラズマ計測はプラズマ工学の基盤的技術とされているためか、近時、「プラズマ計測」そのものを研究対象とする研究者人口が減少しているような感がある。是非とも、プラズマ「物理学」はもちろんのこと、その基盤的な「計測学」にも、上記のようなシースの物理学や原子分子の化学という学際的な分野で、新たな展開があることをご理解の上、若い世代の研究者の方々におかれては、プラ

ズマ計測に参画くださり、新たな展望を見出していただくことを、心より希望するところである。

参考文献

- [1] 赤塚 洋：日本物理学会誌 67, 131 (2012).
- [2] 浜口智志 他：プラズマ・核融合学会 編：プラズマ原子分子過程 ハンドブック (大阪大学出版会, 2011).
- [3] <http://iupac.pole-ether.fr/> (2018/11/26確認済)



あか つか ひろし
赤 塚 洋

東京工業大学科学技術創成研究院先端原子力研究所准教授。1987年京都大学大学院工学研究科修士課程修了。1995年東京工業大学大学院から博士（工学）を取得。主に低温プラズマの発光分光計測，低温プラズマの原子分子過程の研究を行っている。最近，眼科医に勧められたサプリメントを半年以上服用し続けた結果，黄斑変性の症状がかなり改善し，ありがたく思っている。