

大気圧低温プラズマでフグ毒の分解に成功

—食品無毒化や細菌・ウイルス汚染の除去に威力—

【概 要】

東京工業大学大学院総合理工学研究科の沖野晃俊准教授と神戸大学大学院医学研究科の東健教授は、大気圧低温プラズマを用いてフグ毒として知られるテトロドトキシンの分解に成功した。窒素ガスで生成した大気圧低温プラズマをテトロドトキシニンに対して 10 分間照射することで、濃度が 1/100 になることを確認した。

大気圧低温プラズマによって高い活性力を持つラジカル（活性粒子）などの粒子を生成し、安定な化学構造を持つ毒素であるテトロドトキシンを室温で分解処理したもので、テトロドトキシニン以外の毒素も分解できると見込まれる。大腸菌、黄色ブドウ球菌、カビなどの殺菌効果も確認されているため、今後は食品や農産物の無毒化、細菌・ウイルス汚染の除去、食品容器や医療機器の殺菌処理、化学テロ対策などへの展開が期待される。

この成果は 4 月 1 日に刊行される日本毒性学会の「トキシコロジカル サイエンス誌 (The Journal of Toxicological Sciences)」に掲載される。

(1) 本成果の意義

テトロドトキシンはフグの毒として有名であり、高い毒性を持ち、ヒトの経口摂取の場合、1~2 mg 程度で死に至る。塩基性または強酸性の環境下で分解されるが、拮抗薬や特異療法などによる解毒法が見つかっておらず、また、熱に安定で 300℃以上に熱しても分解されないという非常に安定な毒素である。このテトロドトキシニンが室温程度のプラズマによって分解できたことから、他の毒素も分解できることが見込まれるため、食品や飲料の無毒化や細菌・ウイルス汚染の除去等に用いることが期待される。

(2) 本技術の内容

現在、大気圧プラズマは半導体プロセッシングや有害ガスや有害物質の分解、元素分析など、幅広い産業分野で研究されている。大気圧プラズマは真空容器や排気設備が不要であるため、様々な対象に高密度のプラズマを連続的に照射することができる。従来の低気圧プラズマに比べて高密度な活性種を発生できるため、各種産業からの期待が高まっている。

特に、大気圧非平衡プラズマは室温～100℃程度の低温でありながら高い活性力を持つ活性種を生成できるため、例えば細菌やウイルスなどに対して殺傷効果を及ぼすこと、物質の表面を分子レベルでクリーニングすること、表面の酸化膜を瞬時に還元することなどが報告されている。

さらに、放電損傷を生じず、手で触ることができるプラズマも生成可能なため、生体表面や食品の殺菌への応用も研究されている。高分子材料の表面処理や殺菌のプロセスでは、プラズマ生成時に生じるラジカルなどの活性種が分子の結合を切断する。

沖野准教授らは、図1に示したようなプラズマ源を用いた。このプラズマ源は、アルゴン、ヘリウム、酸素、窒素、空気、二酸化炭素など様々なガス種で安定に大気圧プラズマを生成することができる。プラズマ中で発生する活性種の種類や量はプラズマのガス種に依存するため、様々なガスのプラズマをテトロドトキシシンに照射した。

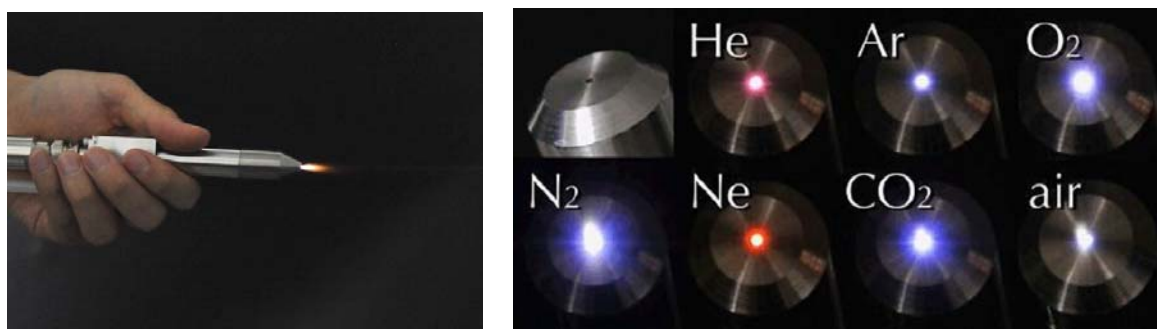


図1 マルチガスプラズマ装置

テトロドトキシシンの濃度は液体クロマトグラフ質量分析装置で測定した。各ガス種のプラズマ照射後のテトロドトキシシンの信号強度を、照射前の信号強度を100として図2に示す。空気プラズマの照射では信号の減少は確認できなかったが、窒素と酸素のプラズマの照射で、信号強度の大幅な減少が確認できた。これはプラズマによって酸化力の高いOHラジカルや一重項酸素が生成され、それらがテトロドトキシシンの分解に寄与したものと考えられる。

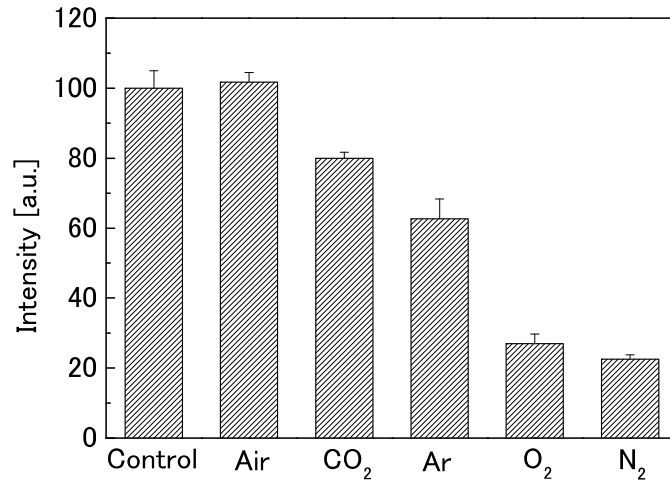


図2. 各ガス種のプラズマ照射によるテトロドトキシンのスペクトル強度

次に酸素及び窒素プラズマの照射時間によるテトロドトキシンの濃度の推移を調査した。その結果、図3のように10分間の窒素プラズマ照射で、テトロドトキシンの濃度が1/100に減少することを確認した。図4に窒素プラズマの各照射時間における質量スペクトルを示す。各ガス種のプラズマ照射によってテトロドトキシンの質量数以外の中間生成物も観測されたが、これらの信号も照射時間とともに減少した。

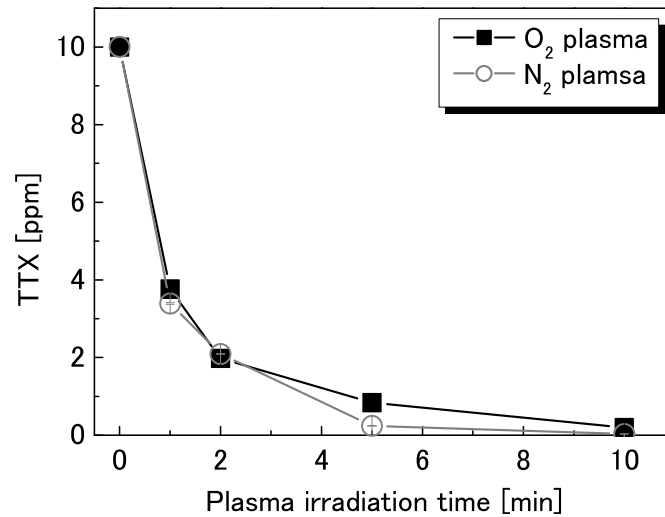


図3. 酸素及び窒素プラズマの照射時間におけるテトロドトキシンの濃度

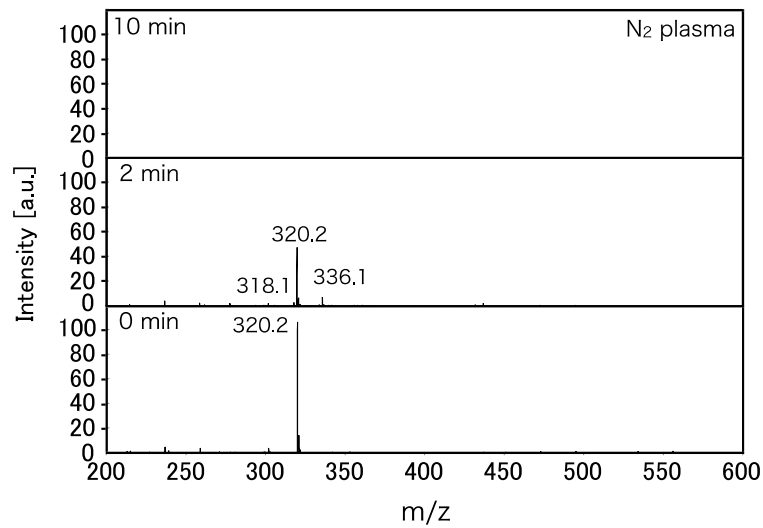


図4. 窒素プラズマの各照射時間におけるテトロドトキシンの質量スペクトル

(3) 今後の展望

今回、非常に安定な構造を持つテトロドトキシンを窒素および酸素のプラズマ照射で分解できたことから、他の有毒物質の分解も期待できる。さらに、同じプラズマの照射で大腸菌、黄色ブドウ球菌、カビ等の殺菌効果も確認されているため、今後は食品や農産物無毒化や細菌・ウイルス汚染の除去、食品容器や医療機器等の殺菌処理、化学テロ対策などへの展開が期待される。

【論文情報】

論文題目 Decomposition of tetrodotoxin using multi-gas plasma jet

著者名 T. Takamatsu et al.

掲載誌 The Journal of Toxicological Sciences, Vol. 39, No. 2 (2014)
(2014年4月1日出版予定)

DOI: 10.2131/jts.39.281

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jts/39/2/39_281/_article

【問い合わせ先】

東京工業大学大学院総合理工学研究科創造エネルギー専攻・准教授 沖野晃俊

E-mail: aokino@es.titech.ac.jp TEL・FAX: 045-924-5688