

針電極コロナ放電プラズマを用いたイオナイザー(除電器) に係わるイオン発生メカニズム

正極性コロナによる正イオン生成・・・ H_3O^+ が最終イオン となる。
負極性コロナによる負イオン生成・・・ HO^- , NO_2^- , NO_3^- , HNO_3^- , CO_3^- , CO_4^-

令和3年9月5日

APT代表

村田正義

針電極コロナ放電プラズマとは？

針対平板電極あるいは針対針電極の高電圧を印加すると、コロナ放電が発生する。

コロナ放電空間はコロナ光の発生する局所的な高電界の“グロー(プラズマ)領域”と、発光の見られない低電界の“ドリフト領域”の2つの領域に分けられる。

プラズマ(グロー)領域・・・電界： $E \approx 10^8 \text{ Vm}^{-1}$

ドリフト領域・・・電界： $E \leq 10^7 \text{ Vm}^{-1}$

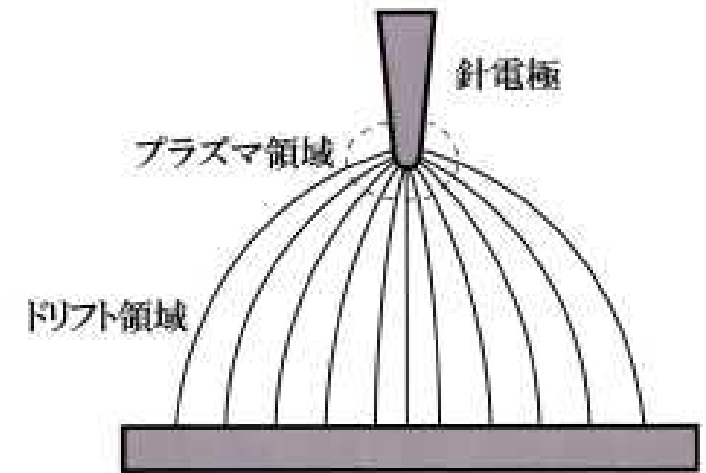


図13 針対平板電極間のコロナ放電

(出典)Web上に公開されている画像情報

(出典) 関本 奏子、高山 光男、大気中コロナ放電によるイオンの生成と発展の研究、Earozeru Kenkyu , 26(3), 203 – 213(2011)、横浜市立大学大学院生命ナノシステム科学専攻

針電極コロナ放電プラズマとは？

グロー領域

気体の電離が激しく起こり、その結果、**多くの電子や正負イオンが生成するため電荷密度は非常に高い。**また同時に、励起分子・原子も多く生成する。

発光は、生成した電子や正負イオンの再結合、あるいは励起した分子・原子が基底状態に戻る際に放出されるエネルギーに因る。

ドリフト領域

電離はほとんど起こらず、グロー領域で生成した荷電粒子が移動する空間である。プラズマ化学反応は伴う。

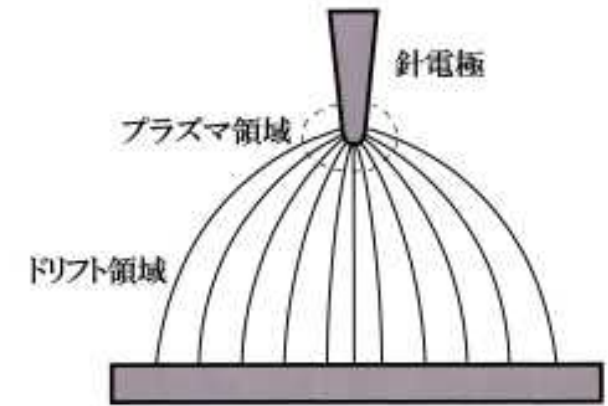


図13 針対平板電極間のコロナ放電

(出典) 関本 奏子、高山 光男、大気中コロナ放電によるイオンの生成と発展の研究、Earozeru Kenkyu, 26(3), 203 – 213(2011)、横浜市立大学大学院生命ナノシステム科学専攻

放電内の正負イオン生成のメカニズム？

例えば、大気主成分である N_2 や O_2 を電離するためには、それらのイオン化エネルギー ($\text{IE}(\text{N}_2)=14.5 \text{ eV}$, $\text{IE}(\text{O}_2)=13.6 \text{ eV}$) から

$3.7 \times 10^7 \text{ Vm}^{-1}$ 以上の高電界が必要であり、

これを満たす領域(グロー領域)は、ニードル最先端表面近傍に限られる。即ち、コロナ放電ではきわめて局所でのみ電離が起こる。

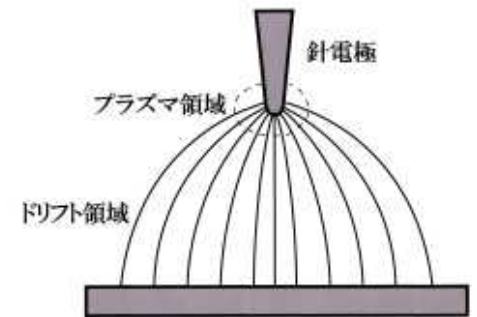


図13 針対平板電極間のコロナ放電

一次イオンから最終イオンに至るまでの一連のイオン分子反応を

“イオン発展(ion evolution)”という。

イオン発展は、発展場に発生する一次イオンと放電副生成物の量に依存する。その際、一次イオンと副生成物の生成量は、各位置の電界強度によって決まる電子の運動エネルギーに依存している。

(出典) 関本 奏子、高山 光男、大気中コロナ放電によるイオンの生成と発展の研究、Earozeru Kenkyu, 26(3), 203 – 213(2011)、横浜市立大学大学院生命ナノシステム科学専攻

放電内の正負イオン生成のメカニズム？

大気中コロナ放電におけるイオンの生成と発展

電気力線上で起こるイオン発展および種々の最終イオンの生成量は、電気力線の起点のニードル位置の電界強度 $E(u_1, v_0)$ によって決まる電子の運動エネルギー $KE(E(u_1, v_0))$ に支配されている。

【正極性コロナによる正イオン生成】

正極性コロナの場合、放電条件に依らず H_3O^+ が最終イオンとなる。

H_3O^+ は、グロー領域での電離によって生成する $N_2^{+ \cdot}$ と $O_2^{+ \cdot}$ を一次イオンとし、おもに H_2O が関与する発展過程を経て生成する。

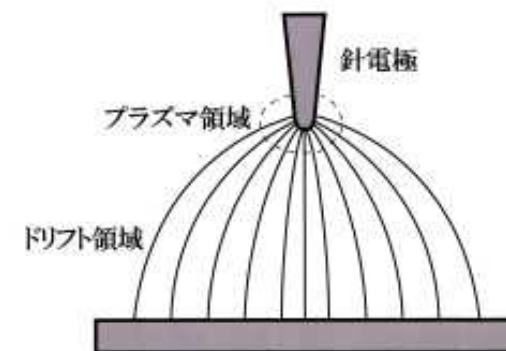


図13 針対平板電極間のコロナ放電

(出典) 関本 奏子、高山 光男、大気中コロナ放電によるイオンの生成と発展の研究、Earozeru Kenkyu, 26(3), 203 – 213(2011)、横浜市立大学大学院生命ナノシステム科学専攻

放電内の正負イオン生成のメカニズム？

【負極性コロナによる負イオン生成】

ここでは、コロナ放電の過去の研究でも観測されている典型的なイオン種、 HO^- 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、 HNO_3^- 、 CO_3^- 、 CO_4^- の生成と発展に絞って説明する。

オリフィスに対するニードル角度がゼロの場合、オリフィスに到達する主な最終イオン種は NO_x^- と CO_x^- となる。

長寿命イオン NO_x^- と CO_x^- は、ニードル最先端付近から発生する電気力線上で生成する。

ニードル角度を $\pi/2$ および $\pi/4$ に傾けると、電圧に依らず HO^- がおもな最終イオンとして検出される。

一方、どの角度においても、電圧が高くなるにつれて HO^- の量は減少し NO_x^- と CO_x^- は増加するものの、おもに生成する最終イオン種は変化しない。

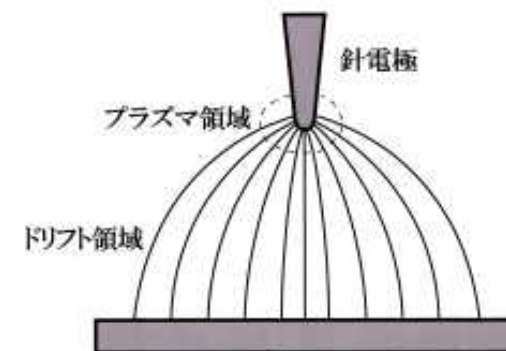


図13 針対平板電極間のコロナ放電

(出典) 関本 奏子、高山 光男、大気中コロナ放電によるイオンの生成と発展の研究、Eerozoru Kenkyu, 26(3), 203 – 213(2011)、横浜市立大学大学院生命ナノシステム科学専攻