

気液界面ヘリウム
直流グロープラズマにおける
レーザー誘起OH($A^2\Sigma^+$)の
衝突クエンチング

北大工

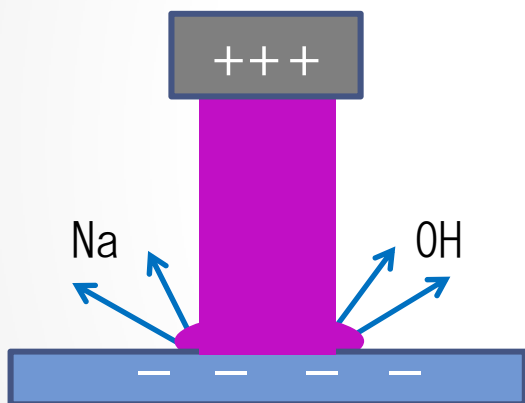
石亀 裕晃

西山 修輔、佐々木浩一

研究の背景

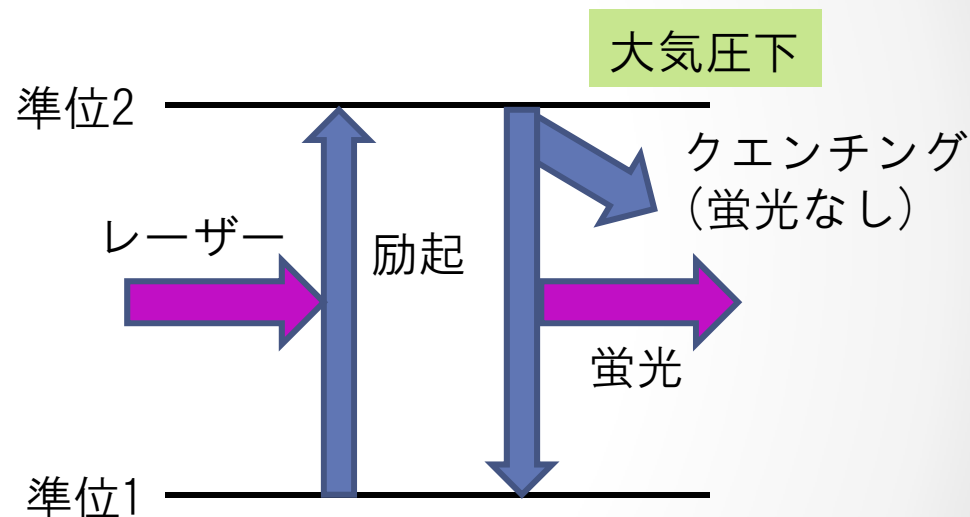
気液界面プラズマ現象の基礎過程の詳細は明らかになっていない

プラズマを水面に照射



OHの気相側における分布を調べることにより、気液界面プラズマ現象の基礎過程に関する知見を得る

LIF(レーザー誘起蛍光法)を用いてOHの密度分布を測定する



OHに関するクエンチング特性を考察する

研究の目的

OHラジカルのクエンチング特性を調べる

- ①クエンチングの影響を補正したLIF画像を作成する
- ②クエンチングの特性に基づいて、クエンチャーの推定を行う

衝突クエンチング

レーザーによって励起された粒子の密度 N の時間変化を表すレート方程式

$$\frac{dN_{OH}}{dt} = -k_q n_q N_{OH} - AN_{OH} = -\nu N_{OH}$$

↓ $\nu \gg A$ の時

$$\frac{dN_{OH}}{dt} = -k_q n_q N_{OH} = -\nu N_{OH}$$

↓ 方程式を解くと

$$N_{OH}(t) = N_{OH}(0) \exp(-\nu t)$$

ここで $I(t) \propto AN_{OH}(t)$ なので

$$\begin{aligned} S &= \int_0^{\infty} I(t) dt \\ &= \int_0^{\infty} \alpha AN_{OH}(0) \exp(-\nu t) dt = \frac{\alpha A}{\nu} N_{OH}(0) \end{aligned}$$

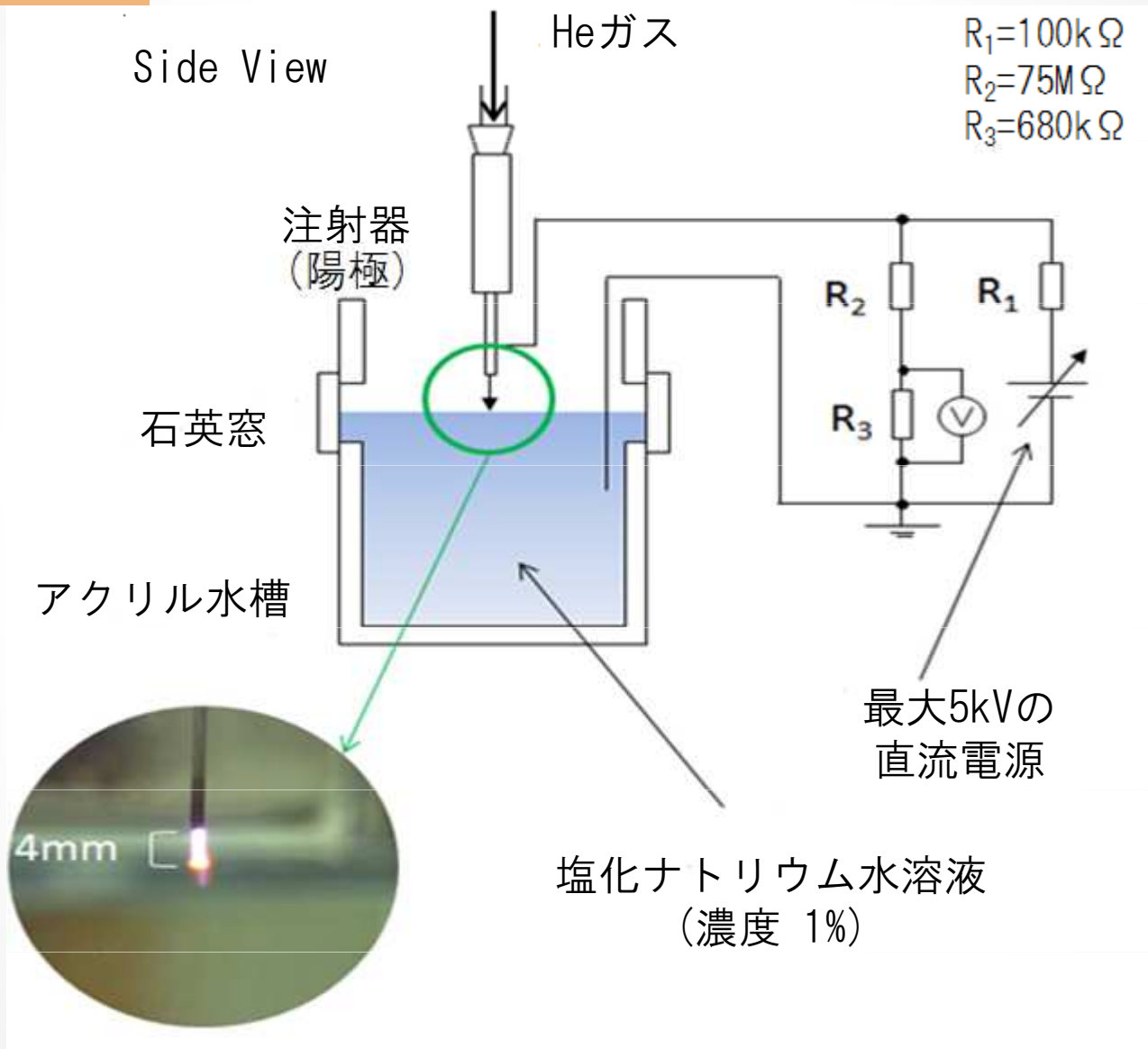
$$\alpha N_{OH}(0) = S_0$$

$$\therefore S_0 = \frac{\nu}{A} S$$

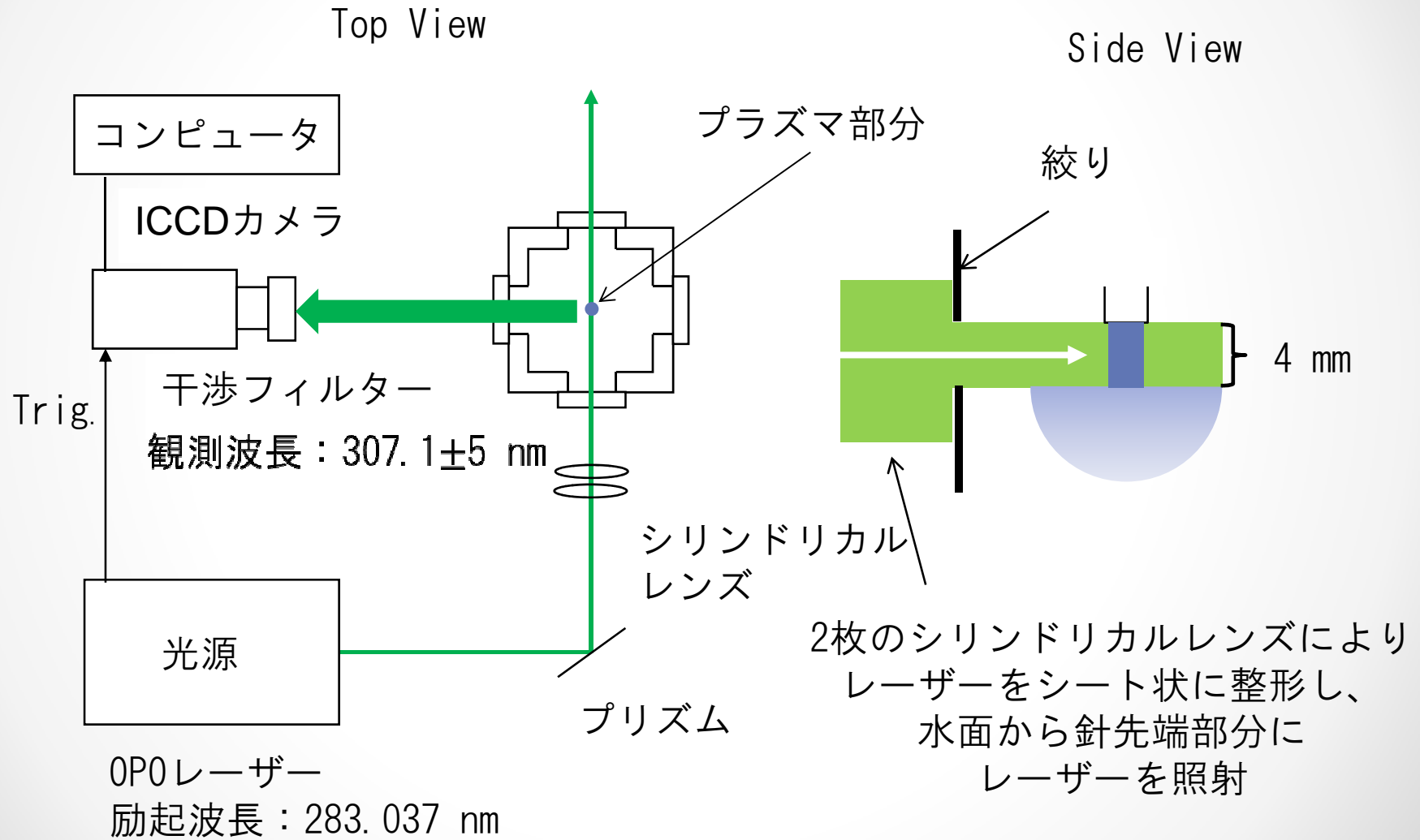
↓
画像の再生が可能

$k_q n_q = \nu$ よりクエンチャーの密度の推定

実験装置図

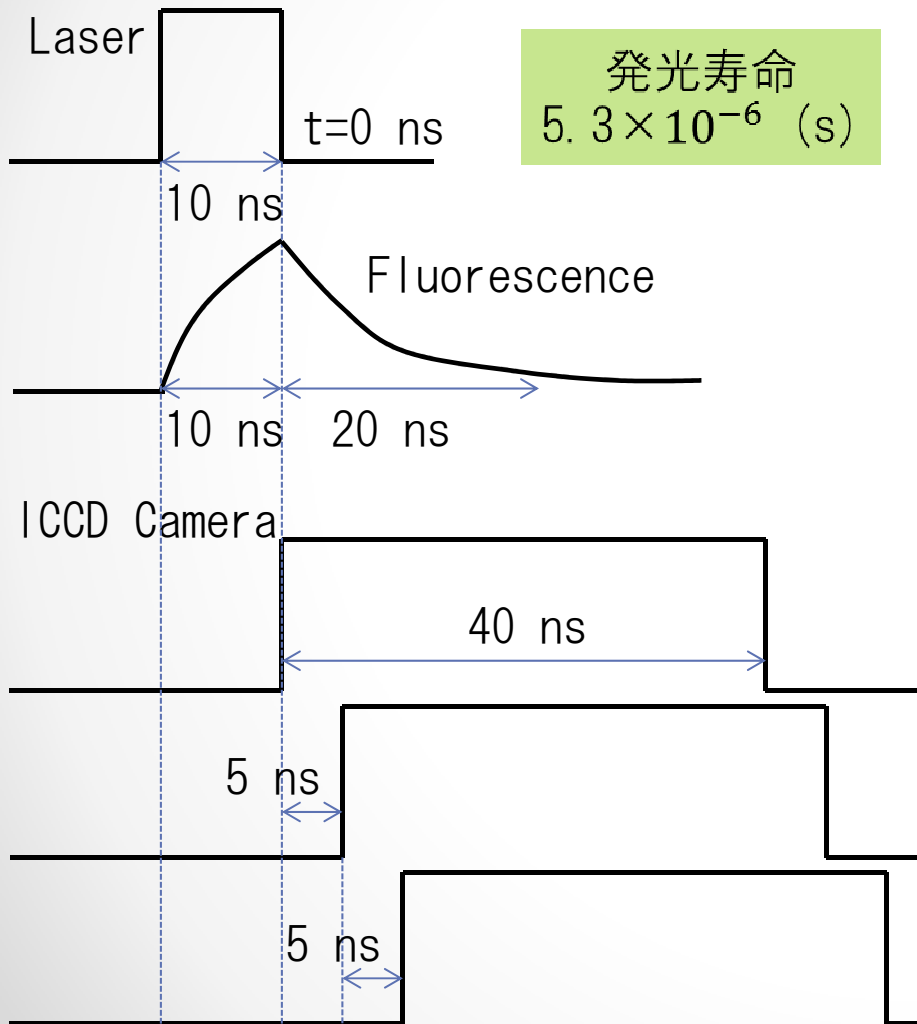


実験装置図



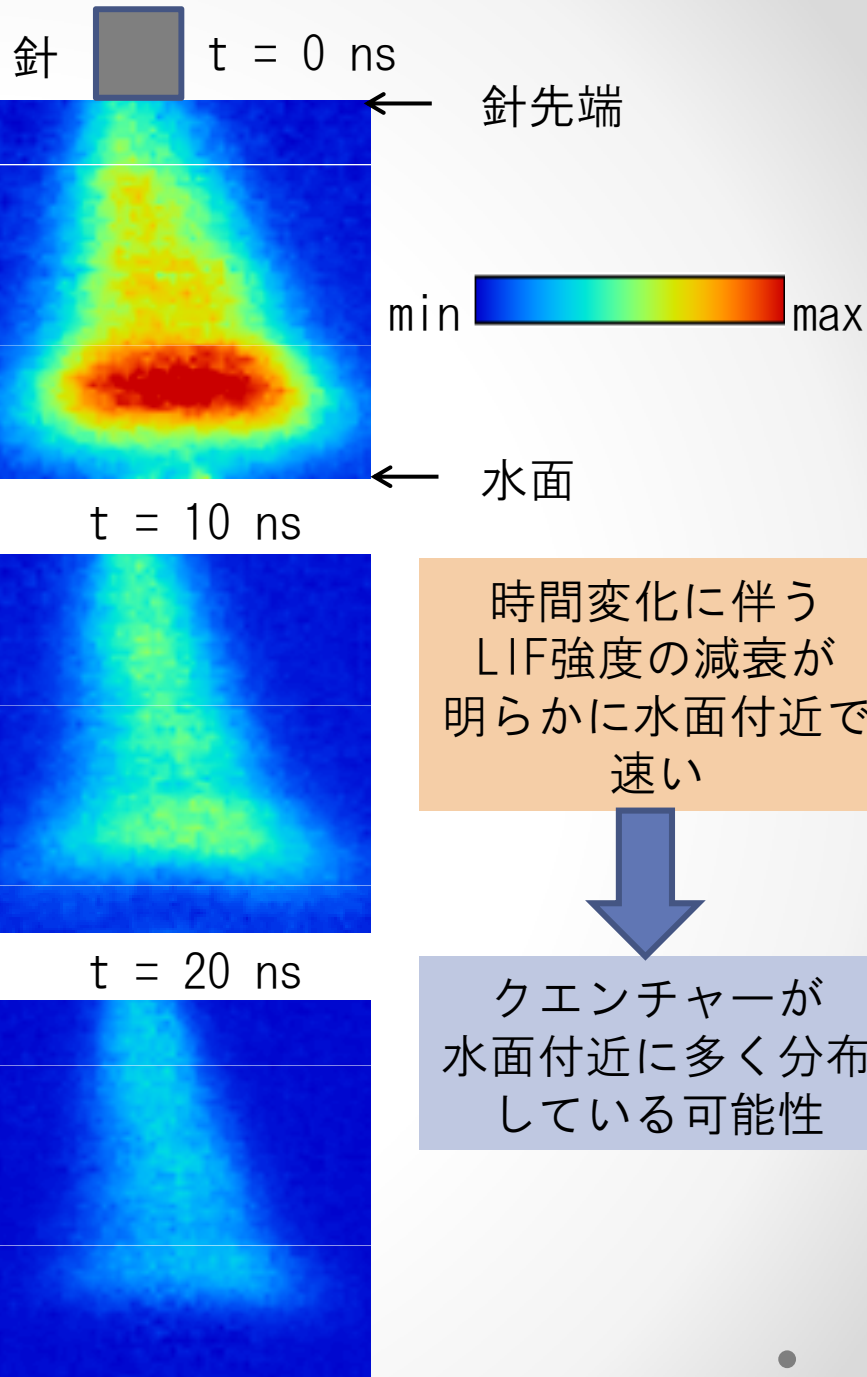
実験手順

Timing Chart

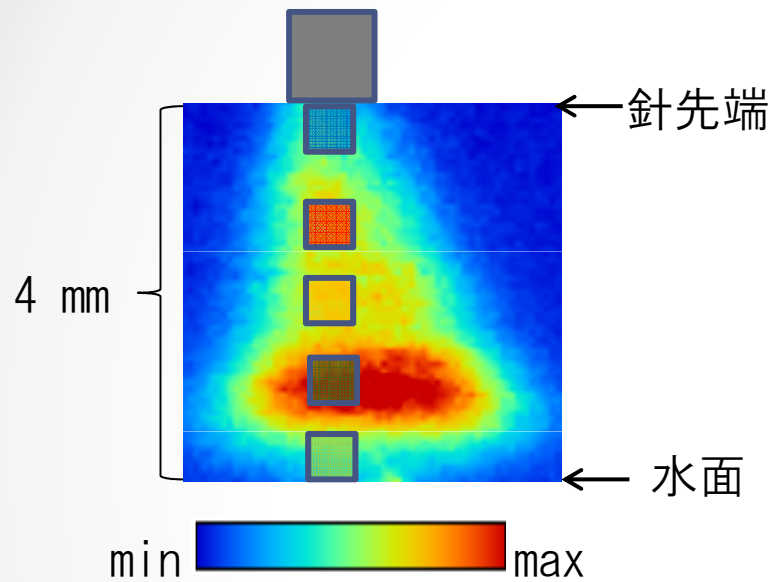


40mA, 0.95kV
He流量 : 210ccm

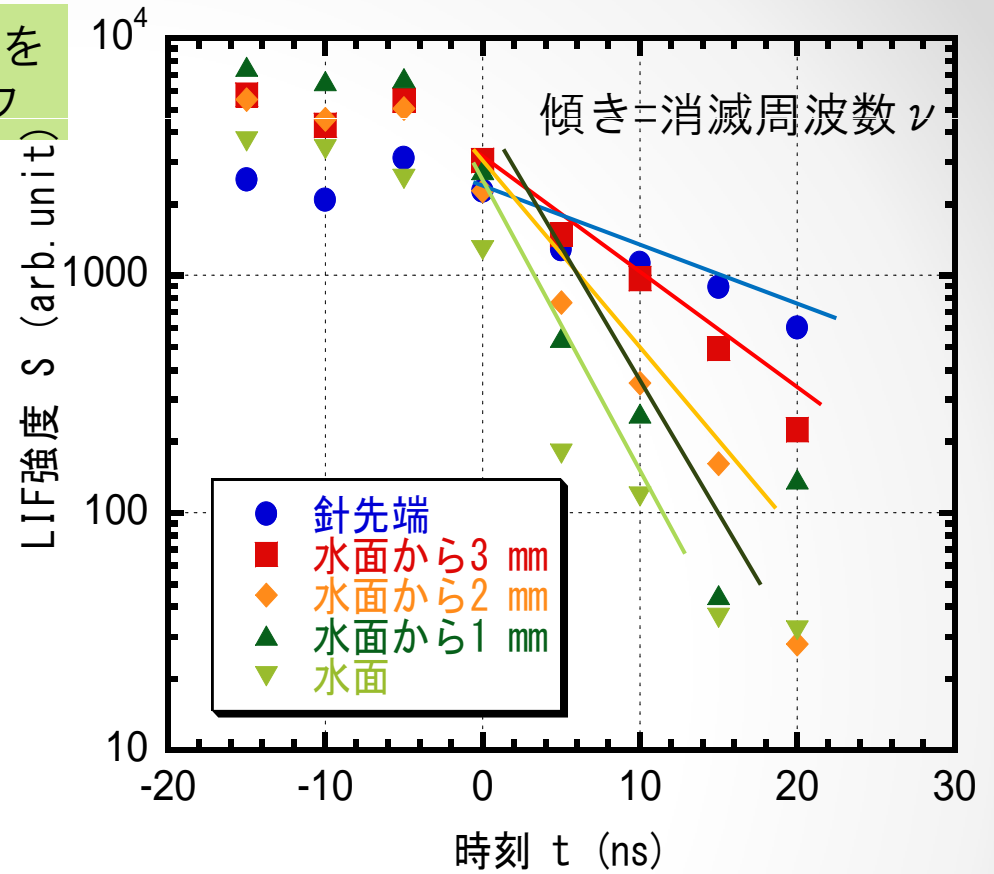
発光寿命
 5.3×10^{-6} (s)



実験結果



消滅周波数を表すグラフ

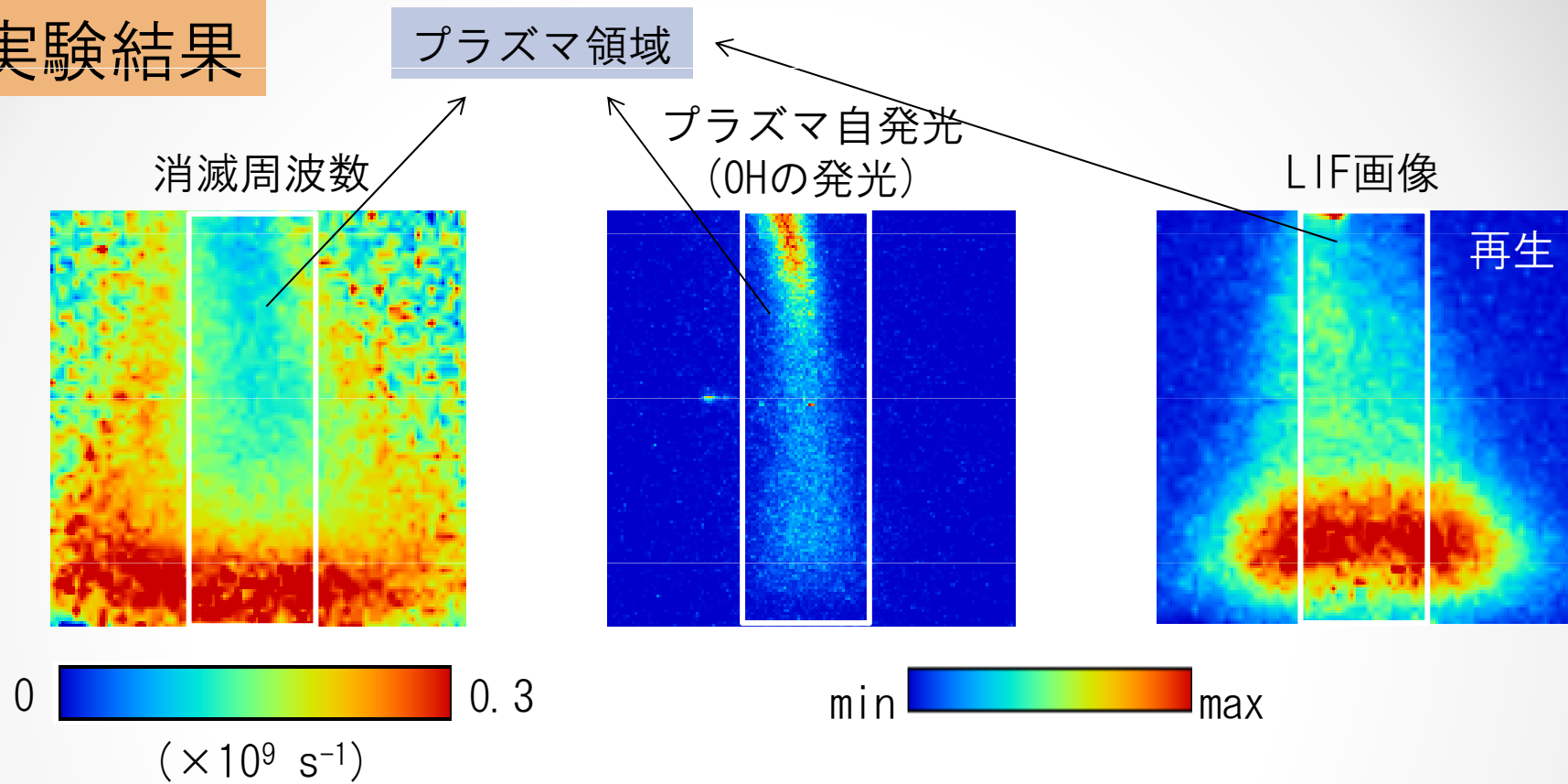


水面付近では直線の傾きが大きくなる

消滅周波数に空間分布が存在する可能性

クエンチング特性を考察

実験結果

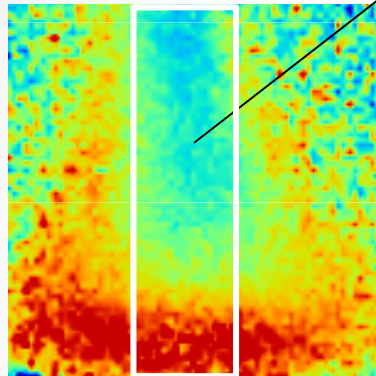


- ・ 消滅周波数は水面付近で大きい
- ・ プラズマが存在する領域では消滅周波数は小さい
- ・ 針付近でもプラズマ領域の周辺では消滅周波数が大きい

クエンチャーの推定

消滅周波数

プラズマ領域



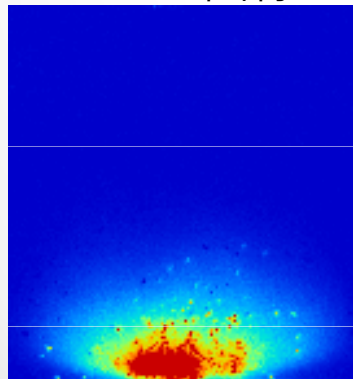
0 (×10⁹ s⁻¹) 0.3

- ・ 水面がクエンチャーの発生源である可能性
- ・ プラズマによりクエンチャーが消滅する可能性

考え得る主なクエンチャー

Na, Cl₂, Heガス, H₂O, 大気中のN₂, O₂ etc...

Na LIF画像

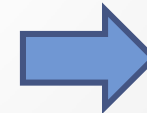


Na, He, 大気中のN₂, O₂

クエンチャーの分布から考えづらい

- ・ クエンチング特性
- ・ H₂OのOHに対するクエンチング係数が大きいことが知られている

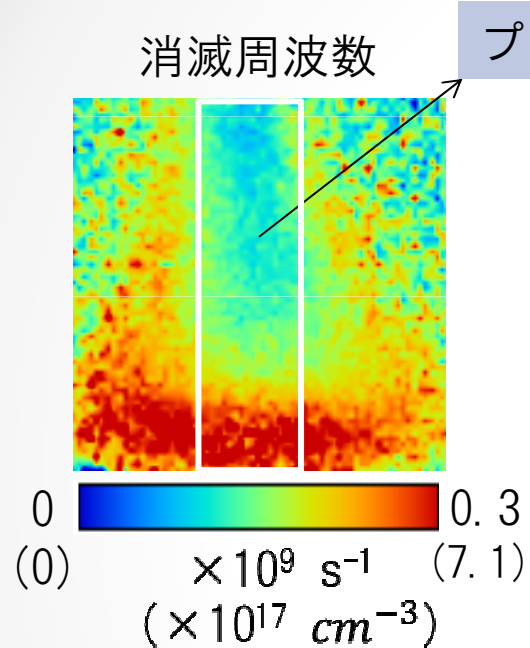
クエンチャー



H₂O

min max

クエンチャーの推定



プラズマ領域

クエンチャーが H_2O だとすると

$$k_q n_{\text{H}_2\text{O}} = \nu \text{ より}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{\nu}{k_q} \text{ が得られる}$$

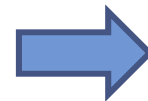
$k_q = 4.2 \times 10^{-10} (\text{cm}^3 \text{s}^{-1})$ を用いると

消滅周波数の空間密度分布
($0 < \nu < 0.3$)
($\times 10^9 \text{ s}^{-1}$)

H_2O の空間密度分布
($0 < n_{\text{H}_2\text{O}} < 7.1$)
($\times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$)

室内の H_2O 密度

実験室 : 室温22 °C、湿度66 %



H_2O 密度 : $4.3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$

針付近のプラズマ領域以外の H_2O の密度に非常に近い

H_2O の空間密度分布を示している可能性

まとめ

① ICCDカメラを用いてLIF測定を行い
消滅周波数の空間分布を求めた



- ・ クエンチャーは水面付近に多く分布
- ・ プラズマ領域ではクエンチャーの密度が小さい

クエンチャーの発生源が水面であり、プラズマ領域でクエンチャーが消滅する可能性

② 消滅周波数の分布を求め、
LIF画像のクエンチング補正を行った



補正前とは異なるOHの密度分布画像を得ることができた

高気圧下のLIF測定において、クエンチングの影響を考慮する必要性

③ クエンチャーの推定を行った



クエンチャーがOHの発生源となるH₂Oである可能性が高いことがわかった

クエンチャーの種類を推定することにより、その空間分布を知ることも可能となる