

Gas Insulation

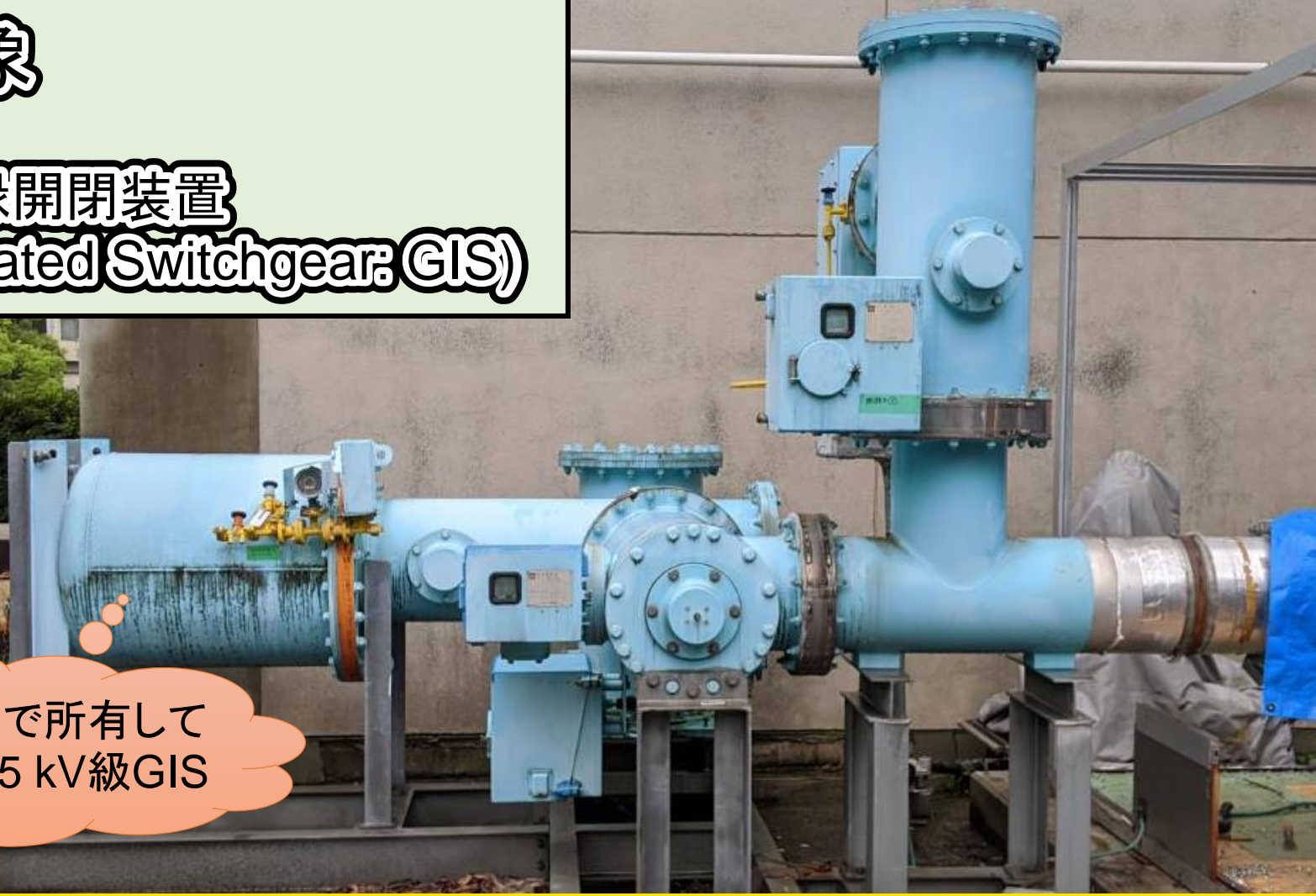
—ガス絶縁—

研究対象

○ ガス絶縁開閉装置 (Gas Insulated Switchgear: GIS)

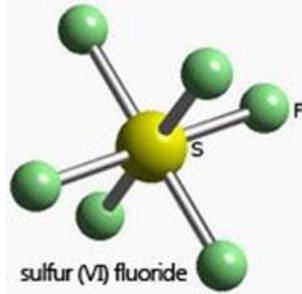
早川研で所有して
いる145 kV級GIS

ガス絶縁の研究では、ガス絶縁開閉装置(GIS)を研究対象としています。GISは電力系統においてスイッチのような役割を果たす機器で、雷が落ちても家が停電せずに済むのはGISのおかげです。GISは内部で放電しないように、中に絶縁ガスを封入しています。



絶縁ガス

SF₆ガス



- ・ 絶縁性能 👍
- ・ 化学的安定性 👍
- ・ コスト面 👍
- ・ 沸点 👍
- ・ 環境適合性 ❌

SF₆代替ガスの探求

自然由来ガス

- 例)
- 乾燥空気
 - N₂, O₂, CO₂
- ・ 絶縁性能 △
 - ・ 化学的安定性 👍
 - ・ コスト面 👍
 - ・ 沸点 👍
 - ・ 環境適合性 👍

新ガス

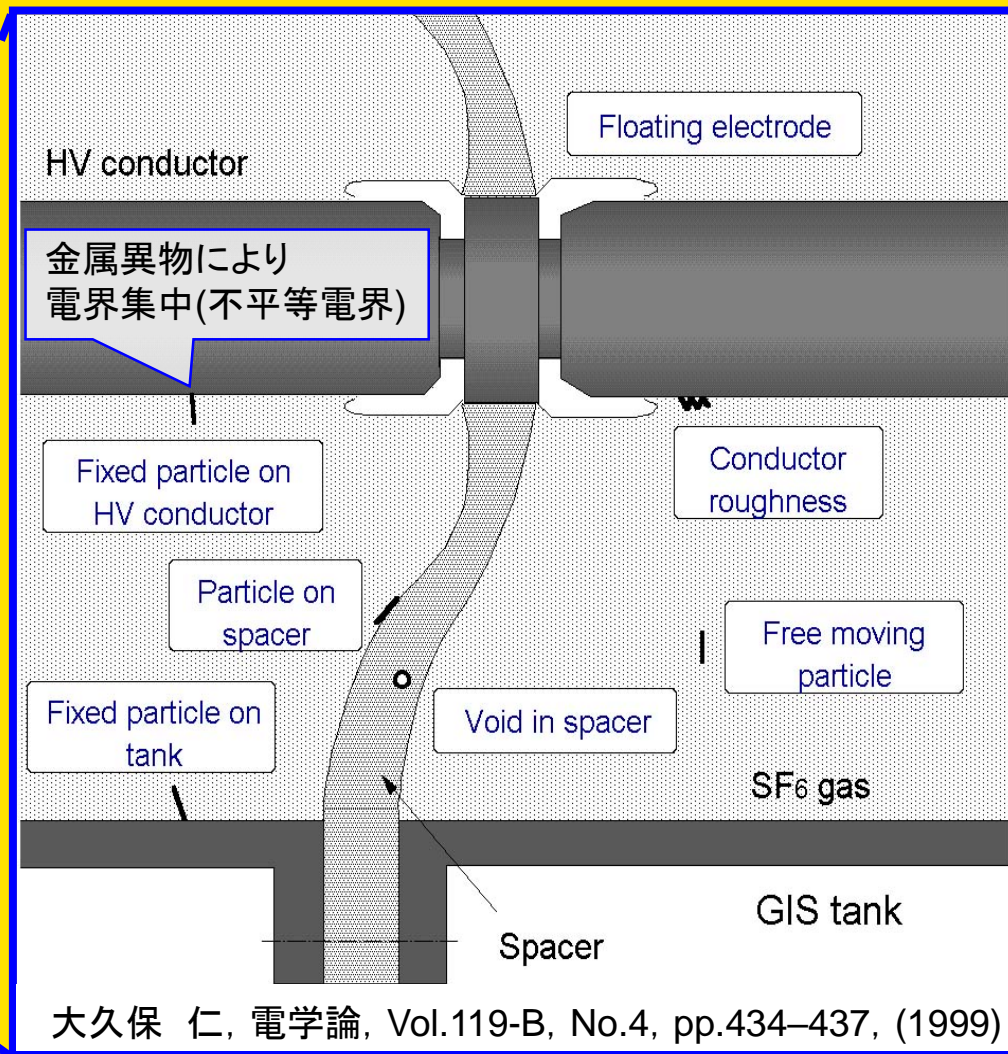
- 例)
- F-ニトリル
 - F-ケトン
 - CF₃I
- ・ 絶縁性能 👍
 - ・ 化学的安定性 △
 - ・ コスト面 △
 - ・ 沸点 △
 - ・ 環境適合性 👍

従来、絶縁ガスとして絶縁耐力が高く化学的に安定していることからSF₆が主に用いられてきました。しかし、SF₆はCO₂の25200倍の温室効果があり、排出規制の対象です。そのため、空気などの自然由来ガスや、F-ニトリルなどの新ガスがSF₆代替として探求されています。

GIS内部 の放電



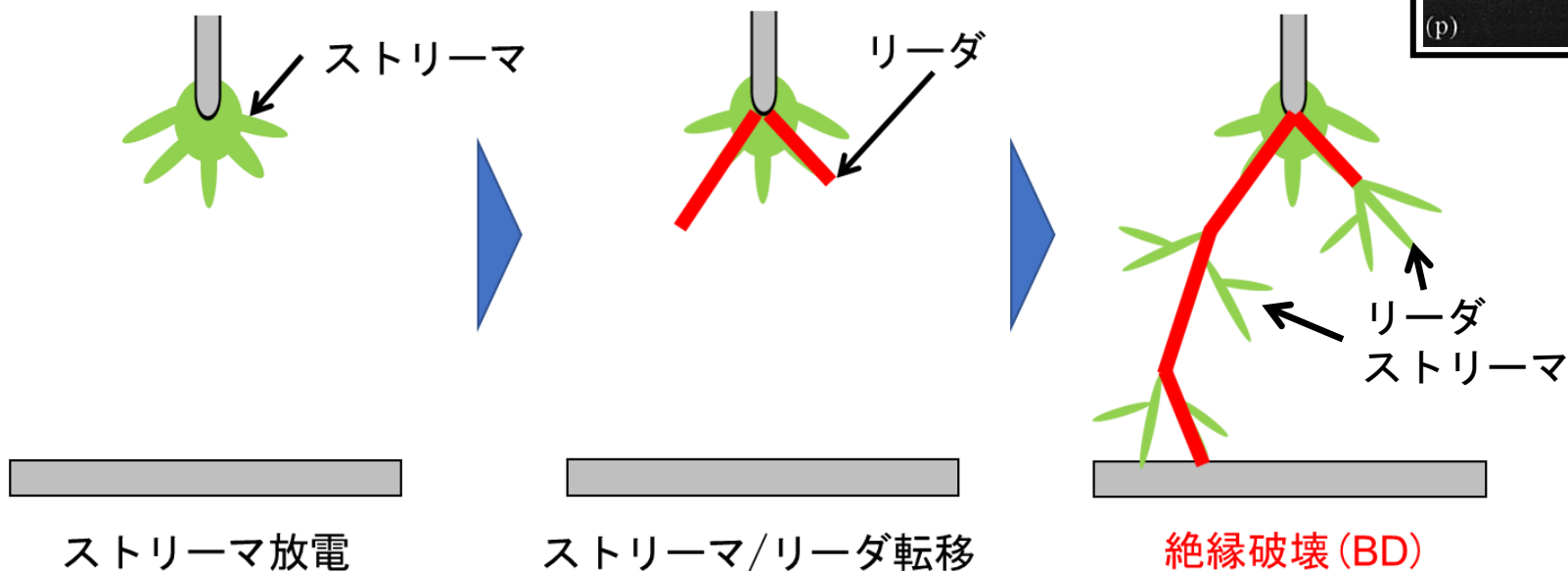
GIS内部



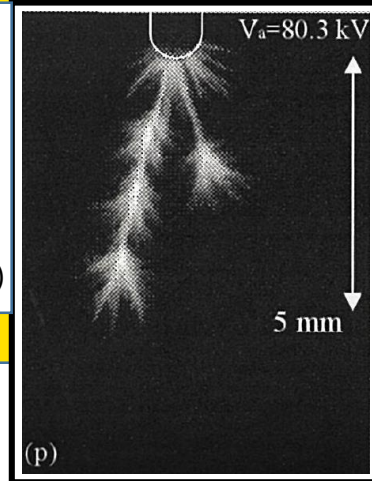
GIS内部では、金属異物による電界集中によって、部分放電(PD)が発生します。私たちはこのような局所的に電界が集中する、不平等電界下におけるガス放電の発生メカニズムを研究しています。次ページから不平等電界下における放電メカニズムを説明します。

SF₆などの電氣的負性が強いガス中の絶縁破壊

リーダ放電(Leader type breakdown)



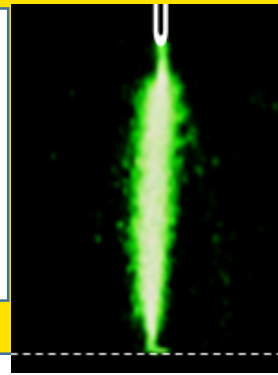
0.3 MPa
N₂90%/SF₆10%
混合ガス中の
リーダ放電
(正極性LI)



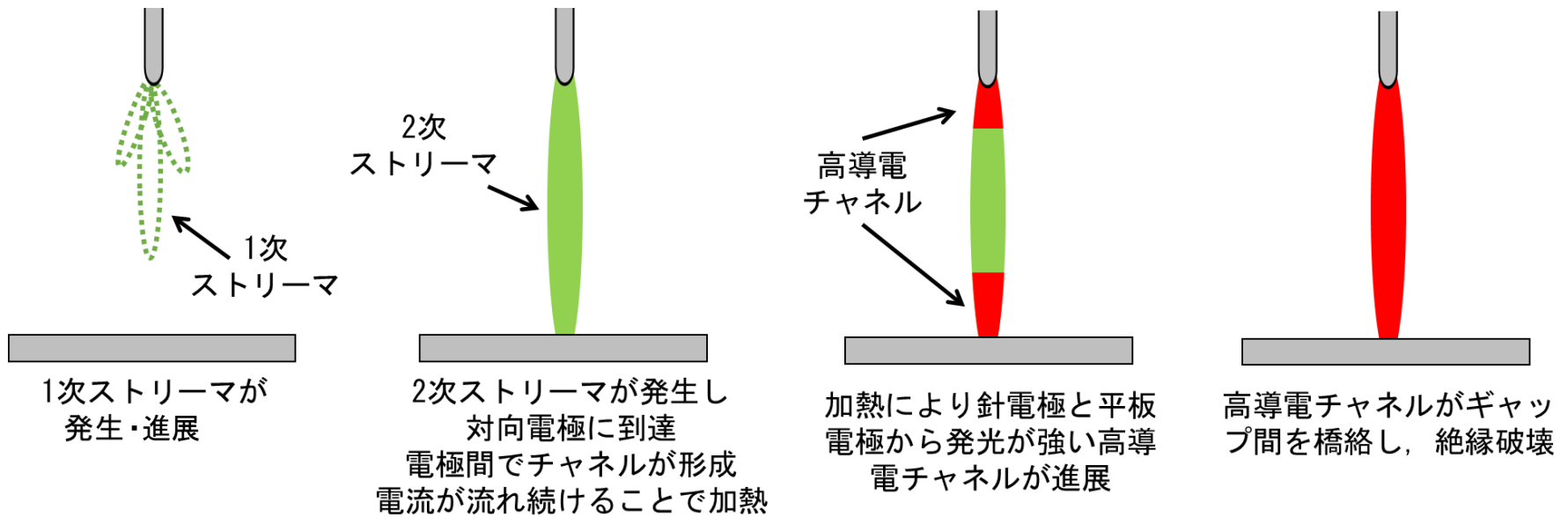
電氣的負性が強いガス中など、ストリーマ長がギャップ間よりも短い場合は、ストリーマがより導電率の高いリーダに転移します。リーダの先端からリーダストリーマという枝分かれした導電路が発生し、リーダストリーマが対向電極に到達することで絶縁破壊に至ります。

空気などの電氣的負性が弱いガス中の絶縁破壊

0.1 MPa
Dry Air
乾燥空气中の
チャネル加熱絶縁破壊
(正極性LI)

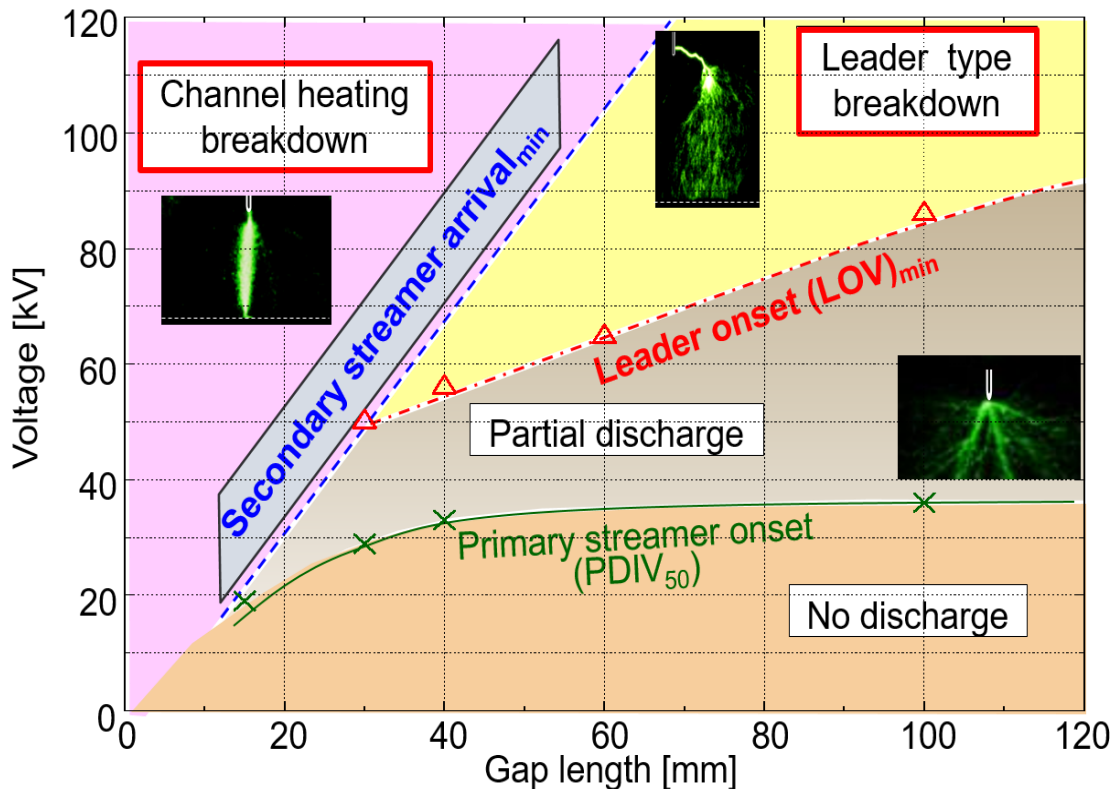


チャネル加熱絶縁破壊(Channel heating breakdown)



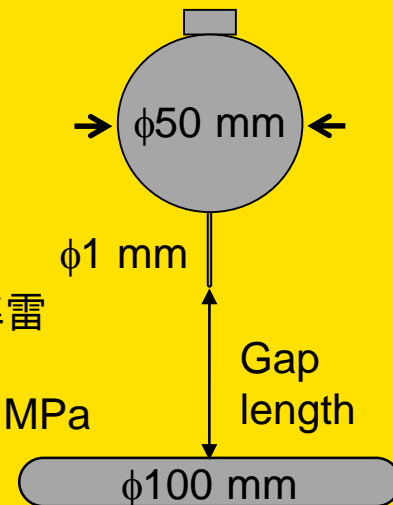
電氣的負性が弱いガス中など、ストリーマ長がギャップ間よりも長いときは、2次ストリーマによって電極間で放電チャネルを形成します。電流が流れ、チャネルが加熱され続けることで、高導電チャネルが電極から進展し、ギャップ間を橋絡することで絶縁破壊に至ります。

空气中放電メカニズムの類別



H. Kojima et al., IEEE TDEI, Vol. 23, No. 1, pp. 194-201, (2016)

正極性標準雷
インパルス
Dry Air 0.1 MPa



ギャップ長が短い場合

ストリーマが対向電極に到達する場合はチャンネル加熱絶縁破壊が発生

ギャップ長が長い場合

2次ストリーマがギャップ途中で停止し、再度発生したリーダ型チャンネルにより絶縁破壊

この図は空气中不平等電界下における放電メカニズムの類別です。ギャップ長が短い場合はチャンネル加熱絶縁破壊、長い場合はリーダ放電となり、放電メカニズムが変化しています。このように、私たちは不平等電界下における絶縁破壊現象について研究しています。

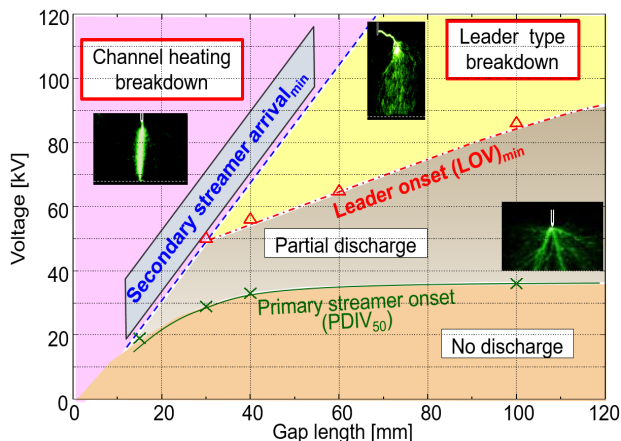
最近の研究

電氣的負性

弱

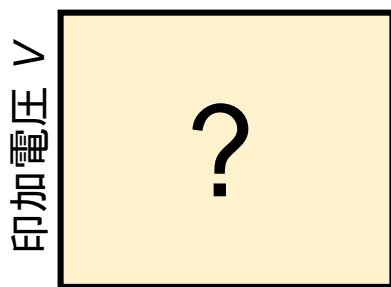
強

空気(Dry Air)



H. Kojima et al., IEEE TDEI, Vol. 23, No. 1, pp. 194-201, (2016)

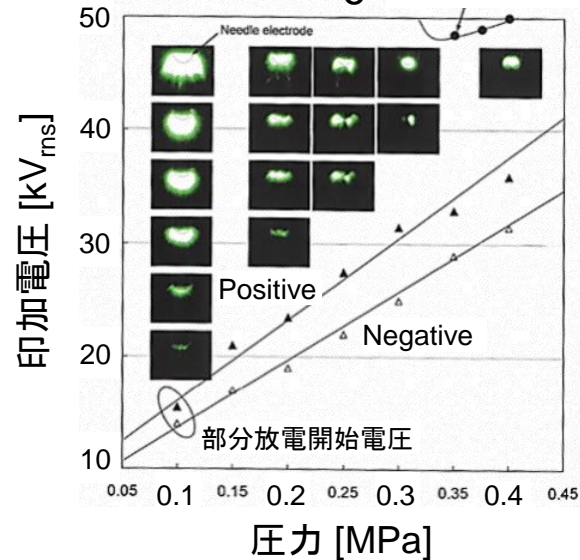
SF₆代替ガス (新ガスなど)



圧力P, ギャップl

物性値から予測

SF₆ 絶縁破壊電圧



吉田 昌展 他: 電気学会論文誌B, Vol. 117, No. 9, pp. 1288-1293, (1997)

これまでの研究で空気やSF₆の放電メカニズムが解明されてきました。現在、私たちは放電メカニズム・放電形態がどの物性値で決定されるか明らかにし、最終的には電氣的負性が中程度であるSF₆代替ガスの放電形態をその物性値から予測することを目指しています。