

## 05 破 裂 に つ い て

キセノンランプのバルブは石英ガラスでできています。キセノンランプの破裂現象を理解するためにはまず、ガラスの破壊メカニズムをについて簡単に知っておく必要があります。石英ガラスの理論強度は、その組成であるSi-O(シリコン-酸素)の化学結合力と結合のネットワーク(網目構造)の密度から数十GPaといわれています。しかしながら実際の強度はそれよりもはるかに低い50MPa程度です。この差はガラスの表面や内部にある無数のきずが原因といわれています。表面や内部にきずがある物質に外部から力が加わると、そのきずの先端に力が集中し、より大きな応力が先端部に発生します(応力集中)。さらにガラス内部にある弾性ひずみエネルギーがガラスの強度を上回った場合、きず(クラック)が大きくなります。石英ガラスのような材料では、きず(クラック)が拡大しやすく理論強度より実際の破壊強度は低くなります。

### □ バルブの黒化

ランプは点灯時間が進むと電極に使用されているタングステンが蒸発し、バルブ内面に付着します(黒化)。黒化している部分にアークからの光が当たるとその部分の温度が上昇し熱ひずみが発生し蓄積しバルブへの負荷が増えることとなります。(図1.)



図1 鋭敏色法で観察された歪の写真。応力部分の屈折率が変わるため色が異なって見えます。

### □ バルブの結晶化(失透)

石英ガラスは高温になると、構造的に安定なクリストバライトと呼ばれる構造に相転移します(結晶化)。クリストバライトは冷えると収縮しガラス部分との間でクラックが発生します。さらにクラックが無数に発生することでバルブは白濁(失透)して見えます。また、その結晶化していないガラス部分にも進展するためガラスの強度は低下します。なお、結晶化の進行速度はバルブ表面の不純物や回りの状況に左右されます。不純物についてはナトリウムなどのアルカリ金属イオンやカルシウムなどのアルカリ土類金属イオンが付着すると結晶化開始温度が低下します。また、水蒸気・水分はガラスの粘度を下げます。粘度が下がるとガラス中の不純物が移動しやすくなり結晶化が促進されるためできるだけ避ける必要があります。

なお、キセノンランプの点灯時の圧力は高いもので6~7MPa程度であり、通常の状態ではガラス強度の観点から破裂することはありません。

不純物は汗やちりなどに含まれているため、バルブに付着した場合アルコールなどを浸した清潔な布でふき取ってください。ただし、界面活性剤はアルカリ性のものが多いため、洗浄が不十分な場合結晶化の原因となりますので避けてください。