

# 電子線ラジオグラフィによる液体窒素のオゾン爆発の観察

荒木太郎<sup>A)</sup>、谷口良一<sup>A)</sup>、堀史説<sup>A)</sup>、大嶋隆一郎<sup>A)</sup>

<sup>A)</sup>大阪府立大学先端科学研究所

〒599-8570 堺市学園町 1-2

## 概要

電子線形加速器を用いて、高速の過渡現象が観測可能な電子線パルスラジオグラフィ装置を開発した。今回、具体的な観測対象として、低温照射実験で問題となる液体窒素中のオゾン爆発の観測を行い、その爆発の瞬間を捉えることに成功した。

## 1. 電子線パルスラジオグラフィ

高速の動きを対象とする放射線撮像を行う場合、ストロボ撮像という技術がしばしば用いられる。我々のグループは検出効率や時間分解能に高い性能を示す電子線を利用しラジオグラフィの開発を行っている。今回、電子線でも観測可能な高速現象として液体窒素中でのオゾン爆発現象を選び、その観測を行った。

開発した電子線イメージング装置の概略を図1に示す。電子線形加速器から出力される電子線パルスは最大で4  $\mu$  sec の時間幅を持っている。そのため、この電子線パルスが試料を透過する間のみの撮像となり、画像はストロボ撮像と同じ原理で  $\mu$  sec オーダーの速い反応でも静止した撮像が可能となる。

### 1.1 静止画像の分解能評価

試作した電子線ラジオグラフィ装置がどの程度の空間分解能を持つかを調べた。厚さ25mmの亚克力板に1mm ~ 6mm、深さ1mm ~ 6mmの各々1.5cm間隔に計36個の穴をあけ、これを標準試料とした。得られた画像を図2に示す。この図はビームエネルギー6MeV、ビーム電流3  $\mu$  A、周波数15Hzでの256フレーム積分画像である。この図を解析した結果、直径2mm、深さ2mmの穴が識別限界であった。

### 1.2 動画像の評価

動体に対する電子線画像の速度分解能について検討した。内幅25mmの亚克力製の水槽に水を張り、底からポンプにより気泡を送ることで、動体(気泡)がビデオカメラによる光学画像とラジオグラフィによる透過画像ではどのように違うかを比較した。その結果を図3に示す。電子線画像の条件としてはビームエネルギー5MeV、ビーム電流1  $\mu$  A、周波数15Hz、1フレーム画像である。また、光学画像も1フレーム画像(1/30秒露光)であり、照射条件は同一である。光学画像では気泡は図の中心部から一筋の白い線として見えている。しかし各々の気泡を識別すること

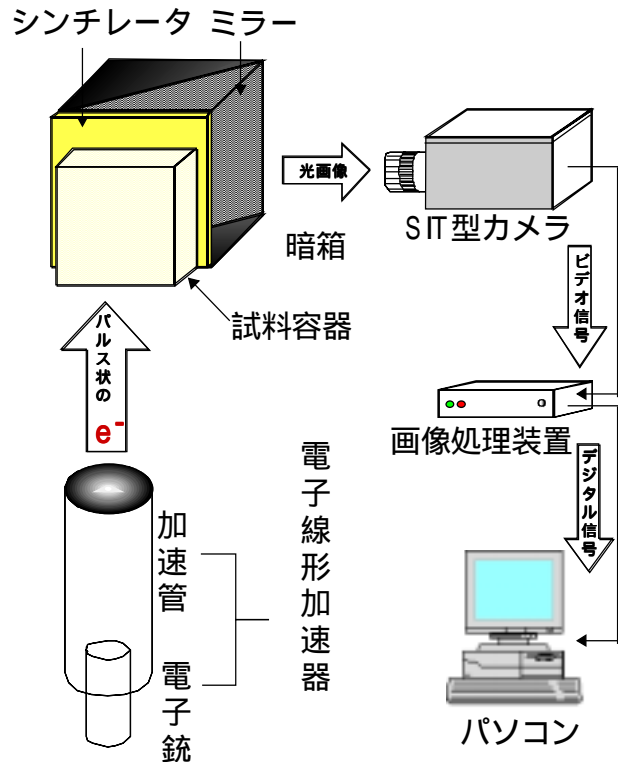


図1 電子線イメージング実験体系図

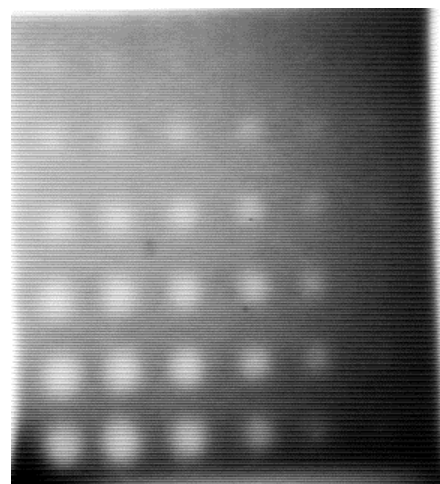


図2 亚克力板標準試料の電子線透過画像  
右端から直径1mm ~ 6mmまで、上端から深さ1mm ~ 6mmまでの合計36種類の穴をあけた厚さ25mmの亚克力板の透過画像。

はできない。これに対して、電子線画像では各々の気泡が識別できることが分かる。これは普通のビデオ

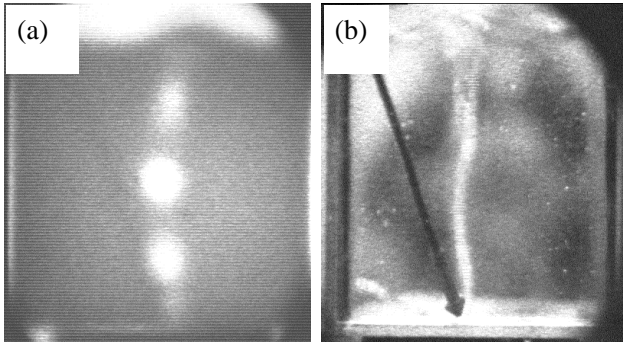


図3 水中の気泡 (a)電子線画像 (b)光学画像

カメラではシャッタースピードにして1/30秒であるのに対して、電子ビームが4 $\mu$ secのパルス幅をもつことにより透過像において4 $\mu$ secの時間幅のストロボ撮像が可能であったことによる。この時間幅をシャッタースピードに換算すると25万分の1秒という高速シャッターである。それゆえ高速で動く物体が撮像可能となる。事実、この気泡の速度は約0.33m/sであり、電子線画像にとっては、静止画のようなものであると考えてよい。しかし、電子線は物質中で散乱を繰り返すため、入射電子(1次電子)と散乱した電子(2次電子)の区別がつかない。そのため物質透過後の電子は平行性が悪く、気泡も実物よりもわずかに大きく見えている。

## 2. 液体窒素中の爆発

液体窒素照射容器として銅製容器とパイレックス製デュアールを用いて電子線照射実験を行った。照射容器には液体窒素が絶えず満たすように外部に液体窒素補給用容器を用意し、補給しながら照射を行った。観察体系としては容器内部の様子を電子線ラジオグ

ラフィにより撮像し、照射中の外観を光学 CCD カメラにより撮像し記録した。

図4には液体窒素照射中にパイレックス製デュアールが液体窒素爆発を起こした瞬間の電子線ラジオグラフィ装置による電子線画像と光学 CCD カメラによる光学画像を示す。これらの画像は爆発の直前、瞬間、直後と1/30secのスケールで表したものである。爆発時の照射条件は、ビームエネルギー6MeV、ビーム電流2 $\mu$ Aで照射開始から約6分後に爆発した。得られた電子線画像より爆発時のボイドの膨張速度を水平方向と垂直方向に分けて算出したところ、水平方向については時間経過とともに減衰していくが、垂直方向については2つのピークが存在する結果が得られた。このことから、今回の爆発が1回きり単発の爆発ではなく、複雑な経過を含むものと考えられる。

また、銅製容器においてもビーム電流を変えることによりそれまでは観察されなかった発泡現象を捉えることに成功した。そして、非照射中に照射容器の保温容器として用いていた発泡スチロールの1部において発火現象が何度か見受けられた。この発火は照射容器からオゾンを含む液体窒素が漏れ、オゾンの分解反応が促進し、分解反応が起こるときに発生する発熱により発泡スチロールが発火したと考えられる。

## 3. 参考文献

[1] 武久正昭、吉田健三 他、JAERI-M 6363、1976

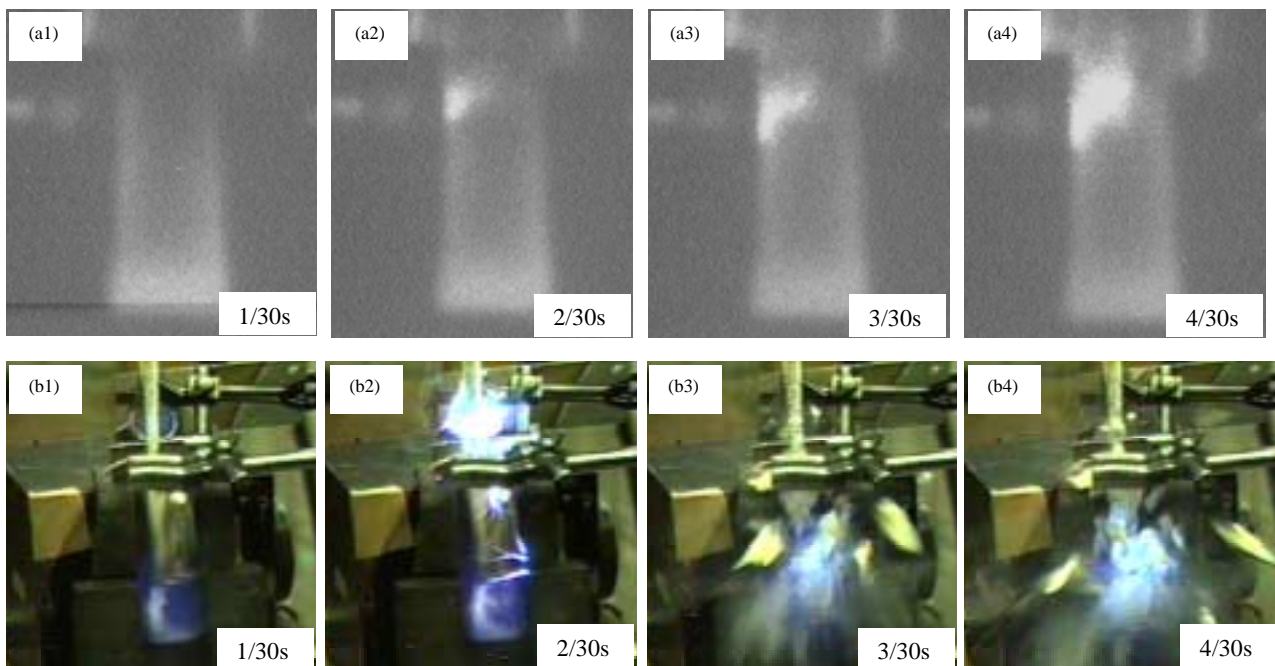


図4 パイレックス製デュアールの液体窒素爆発する瞬間 (a1)-(a4)電子線画像、(b1)-(b4)光学画像