

そのピクセル数をカウントする。その火炎のピクセル数から面積を求め、火炎を球形（画像では円形）とみなしてその半径を求め、単位時間あたりの半径の変化量を火炎伝ば速度とした。画像の輝度値から火炎の温度や発生するエネルギーを求めることは困難であるので、火炎面の伝ばする速度のみを考慮した。

圧力と火炎伝ば速度の時間履歴を比較すると、圧力波形に対応した火炎の伝ば速度の値が見られる。圧力波形からもわかるように、A では衝撃波が発生していると思われるが、火炎伝ば速度も非常に大きな値となっており、瞬間的には400 m/sec を超える値を記録している。おおまかな計算ではあるが、このように発生する圧力と、そのときの火炎伝ば速度には密接な関係があることがわかる。ただし、高速度ビデオカメラの起動には、 $\pm 0.1$  msec 程度の誤差があるため、画像から求めた火炎伝ば速度の時間履歴と、圧力信号の時間履歴の時間軸には、多少のずれが存在しているが、圧力と火炎伝ば速度の対応を見る上では大きな影響はない。

### 3.3.3 メタン-空気混合気の爆発実験

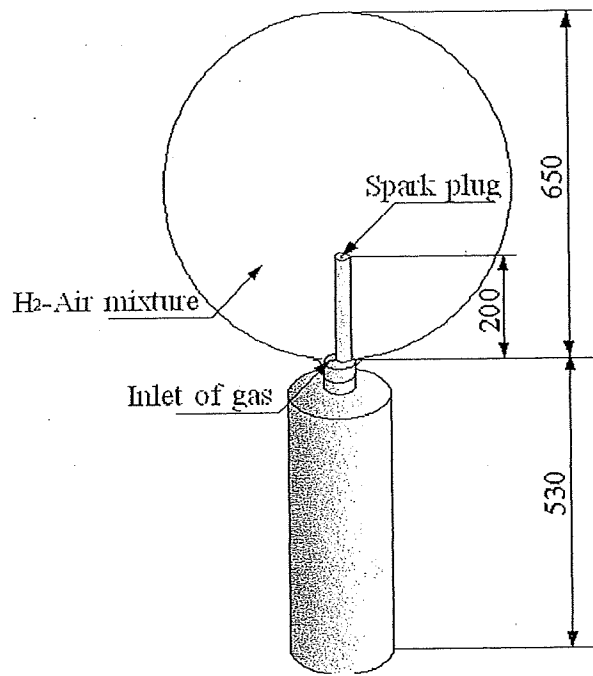
小型実験のときと同様、一般的な気体燃料に対する水素の特異性が、爆発挙動にどのような影響を及ぼすかを調べるために、メタンを用いた同様の実験を行った。実験条件としては、混合気量が水素の場合と同じ150 L、点火位置は中心より下方125 mmとした。ここで充填量から算出すると、爆発の際に発生するエネルギーは共に $\phi = 1.0$ の条件で比較すると、水素の場合479 kJ、メタンは510 kJとほぼ同じレベルであるので、 $\phi = 1.0$ の条件で比較する。

図3-16は当量比 $\phi = 1.0$ で割らずに点火したときの高速度時系列画像と、そのときの圧力履歴を示したものである。 $\phi = 1.0$ の条件ではメタン-空気の層流燃焼速度は約0.3m/secと水素-空気の1.8m/secの約六分の一と小さいため、当然、火炎の伝ばも遅く、破膜までに長い時間がかかっている。また発生するピーク圧力も $\phi = 1.0$ の水素の場合と比較すると小さい（点火位置から1.5 mの距離では、水素の場合1.75 kPa、1.94 kPaに対し、メタンでは0.86 kPa）。インパルスと比較すると、水素の場合15.62 Pa·sec、16.44 Pa·secに対し、メタンでは9.50 Pa·secと小さくなっているが、ピーク圧力ほどの差はない。また参考程度のデータではあるが、

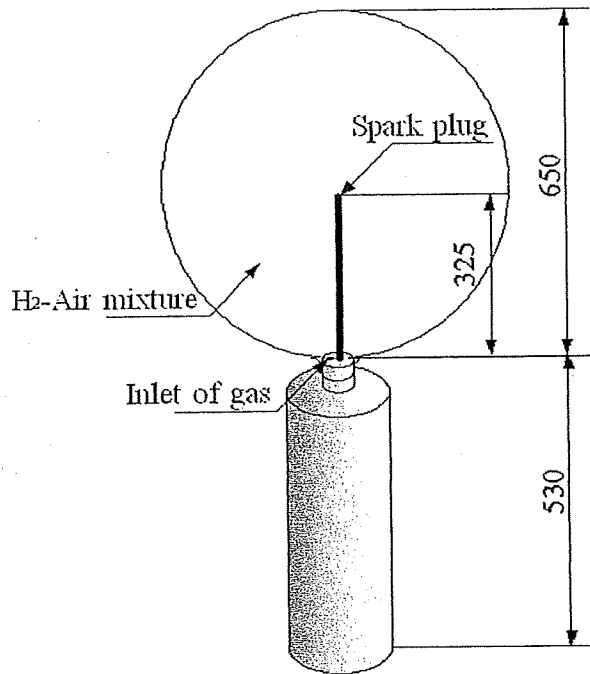
ピーク音圧レベルも水素の  $L_{p(\text{Max})} = 119.3 \text{ dB}$ ,  $119.6 \text{ dB}$  に対し、メタンでは  $109.2 \text{ dB}$  とかなり小さくなっている。

ピーク音圧レベルおよびピーク圧力が水素に比べて小さいものとなるのは、火炎の伝ば速度によるものと考えられるが、発生するエネルギーがほぼ同じで、メタンのほうが多少大きいぐらいであるにもかかわらず、インパルス値も小さくなっている。これは、火炎の伝ば速度が小さいために、火炎が風船に達するまでの時間が長く、水素の場合と比較すると、風船がより大きく膨張し、その際に奪われるエネルギーが大きかったため、また、今回用いた圧力変換器の検出限界以下の圧力が発生している期間があり、その分小さくなった、などの原因が考えられる。

比較のため、破膜後に点火する方法でも実験を試みた。だが、まず  $\phi = 1.0$  の条件で行ったが、周囲の空気の巻き込みにより薄くなったため点火せず、続いて  $\phi = 1.5$  でも実験を行ったが同じく点火しなかった。この実験からも水素の燃料としての特異性がわかる。メタン-空気混合気の可燃範囲はモル濃度で  $5.3 \sim 15\%$  であり、 $\phi = 1.0$  (モル濃度で  $9.5\%$ ) の条件でも周囲の空気と混合して薄くなると即座に可燃範囲外となり、今回の実験のように点火しない。一方、水素-空気混合気の可燃範囲はモル濃度では  $4 \sim 75\%$  (当量比では  $\phi = 0.1 \sim 7.0$  以上) と非常に広く、周囲の空気と混合して多少薄くなっても容易に点火する。今回の実験では、破膜後に点火する方法で、 $\phi = 0.5 \sim 4.0$  (モル濃度で  $17.4 \sim 62.7\%$ ) の条件で点火しており、最小着火エネルギーが小さい ( $\phi = 1.0$  で  $0.02 \text{ mJ}$  と一般的な炭化水素燃料の十分の一以下) ことと併せて、非常に点火しやすく、危険な気体燃料であるといえる。



(a) 中心より下方 125 mm の位置で点火



(b) 中心点火

図 3-1 爆発試験装置

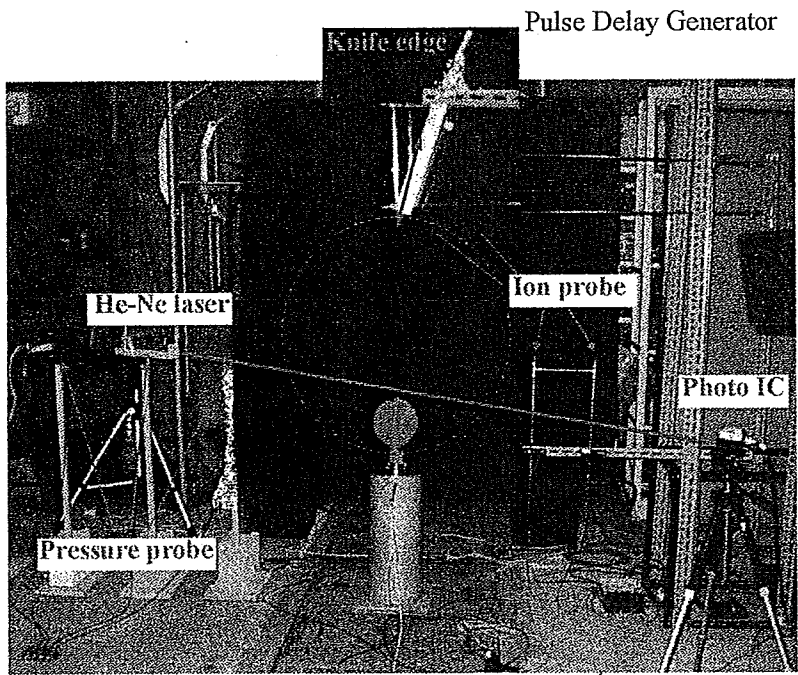
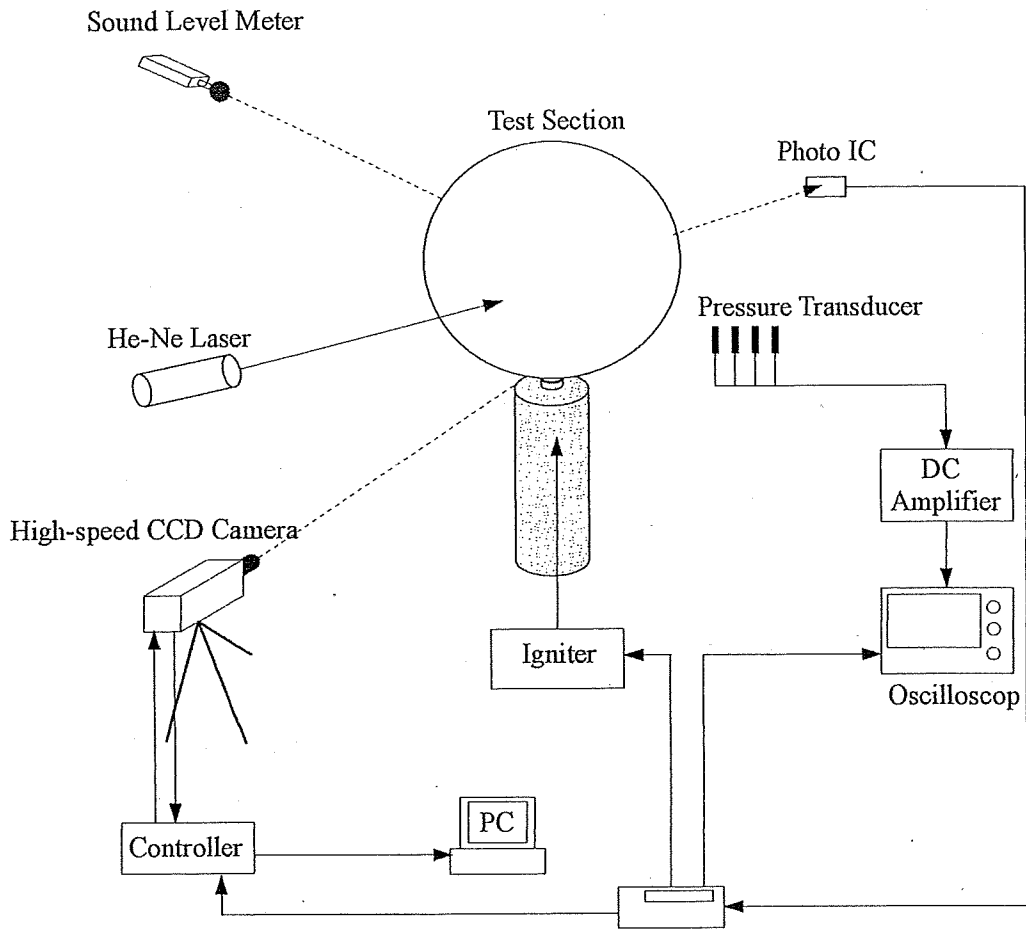
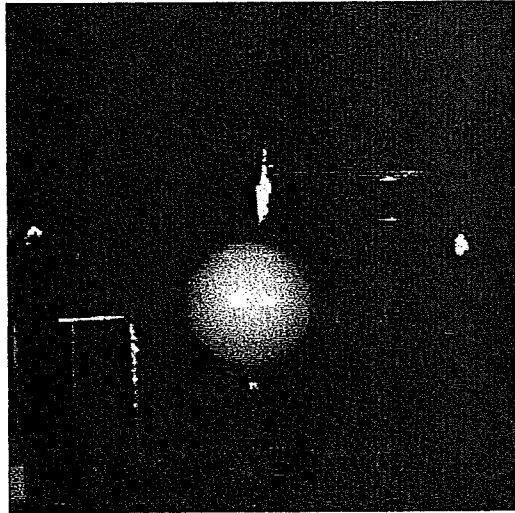
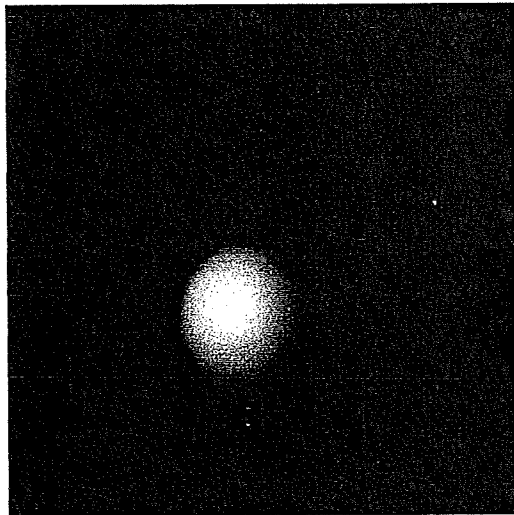


图 3-2 实验装置概略



(a) 中心より下方 125 mm で点火の場合

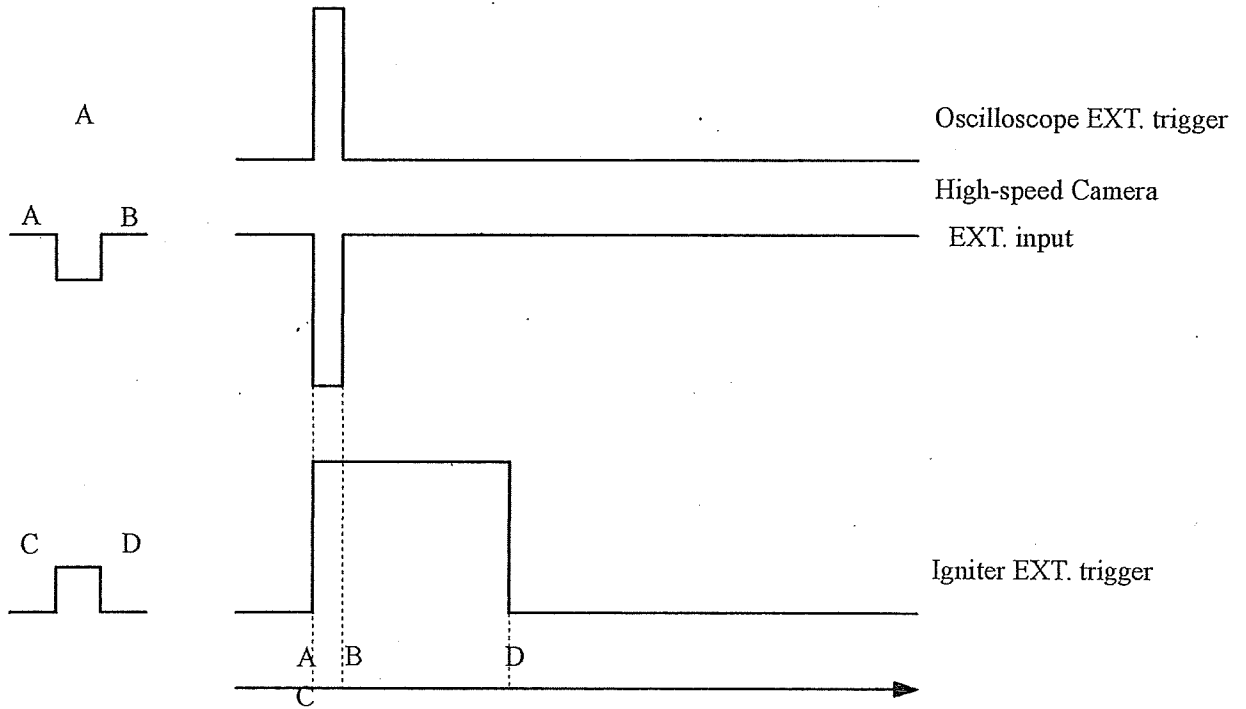


(b) 中心点火の場合

図 3-3 高速度 CCD カメラの視点

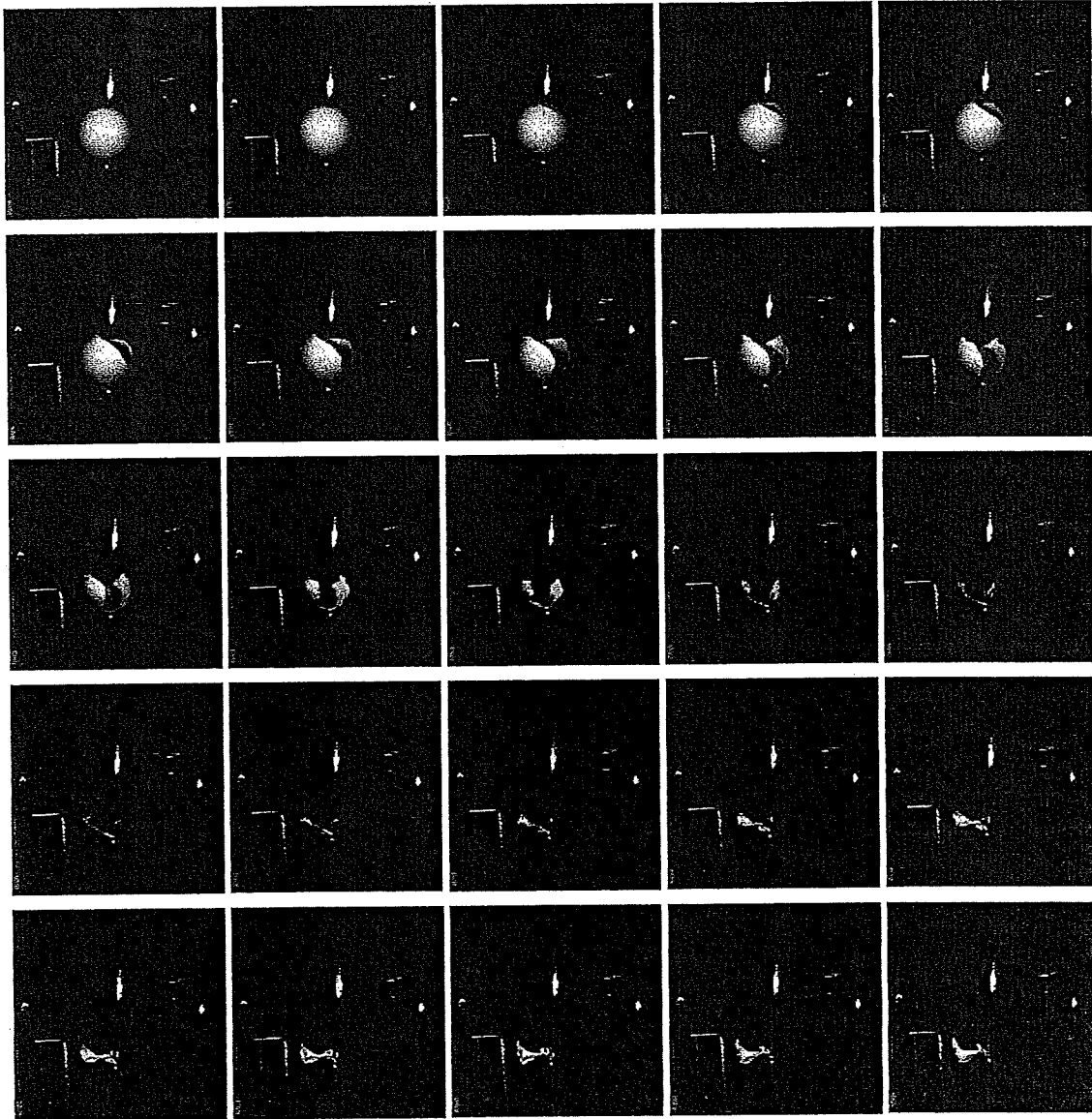
$$A = T_0 \quad B = A + 10 \text{ msec}$$

$$C = T_0 \quad D = C + 50 \text{ msec}$$



- A : Oscilloscope Start
- A : High-speed camera Start
- A : Spark

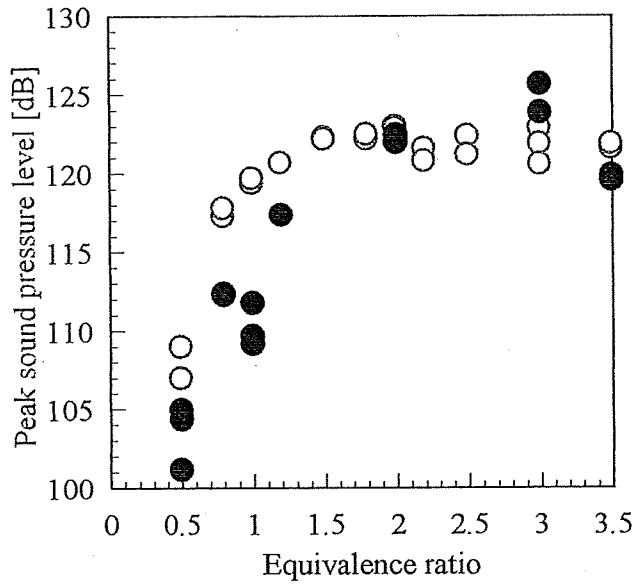
图 3-4 TTL 信号线



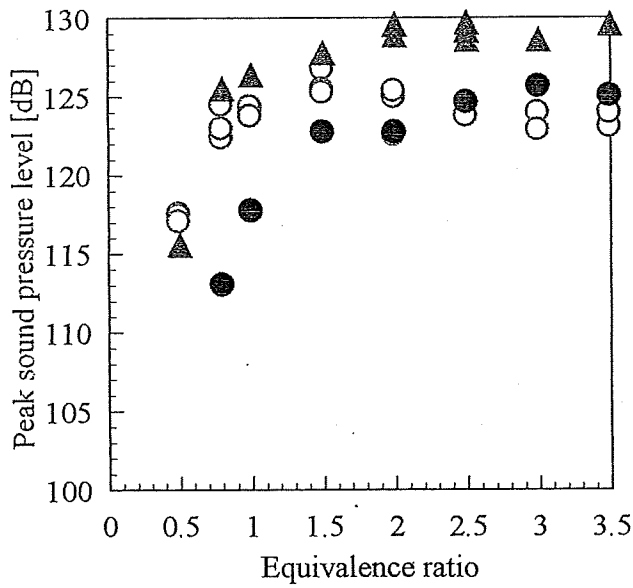
画像間隔 0.889 msec

図 3-5 風船の破裂

○ 割らずに点火      ● 破膜後に点火      ▲ ナイフエッジ固定



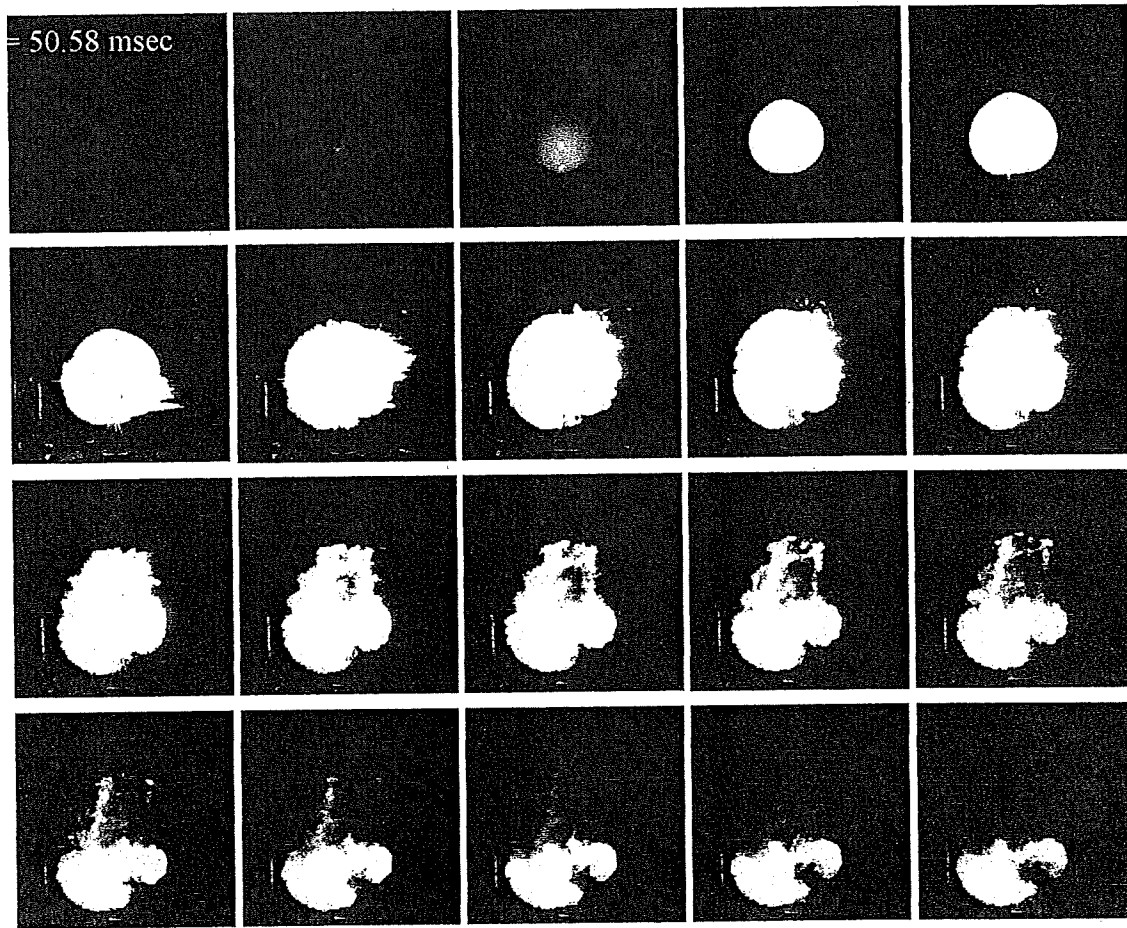
(a) 中心より下方125 mmの位置で点火



(b) 中心点火

図 3-6 ピーク音圧レベル





画像間隔 3.56 msec

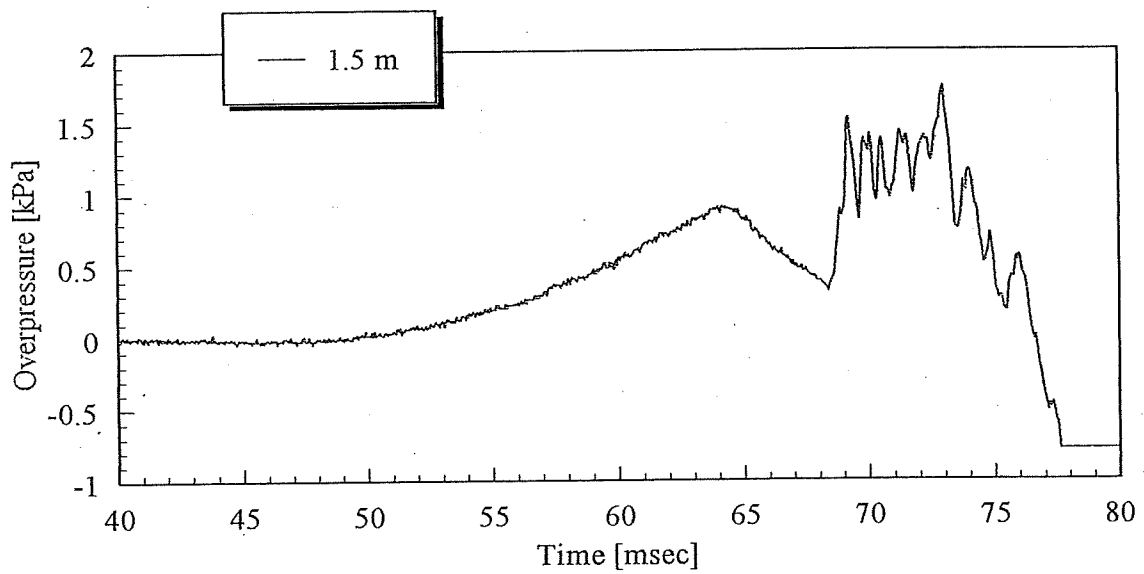
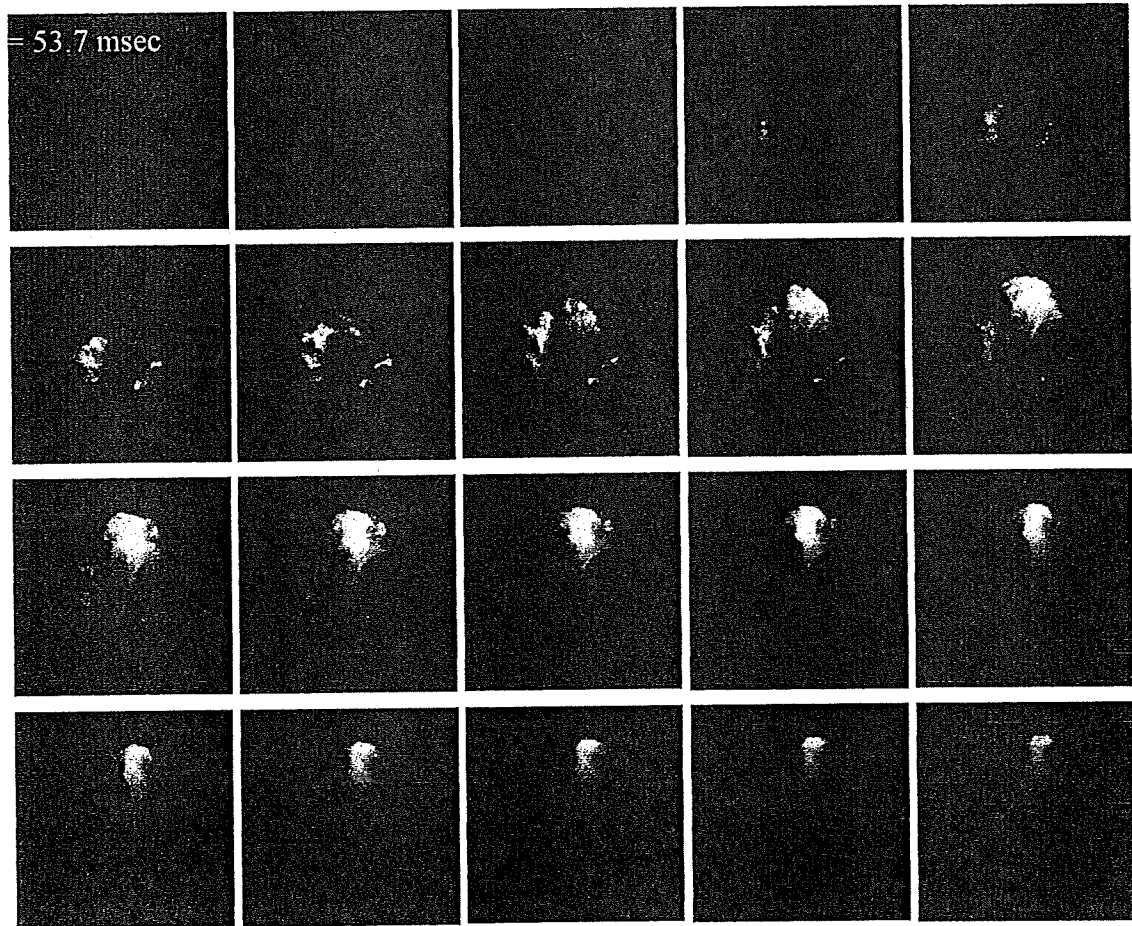


図 3-7(a) 水素-空気の爆燃 ( $\phi=1.0$ , 中心より下方 125 mm, 割らずに点火)



アセチレン添加, UP GAIN, 画像間隔 3.56 msec

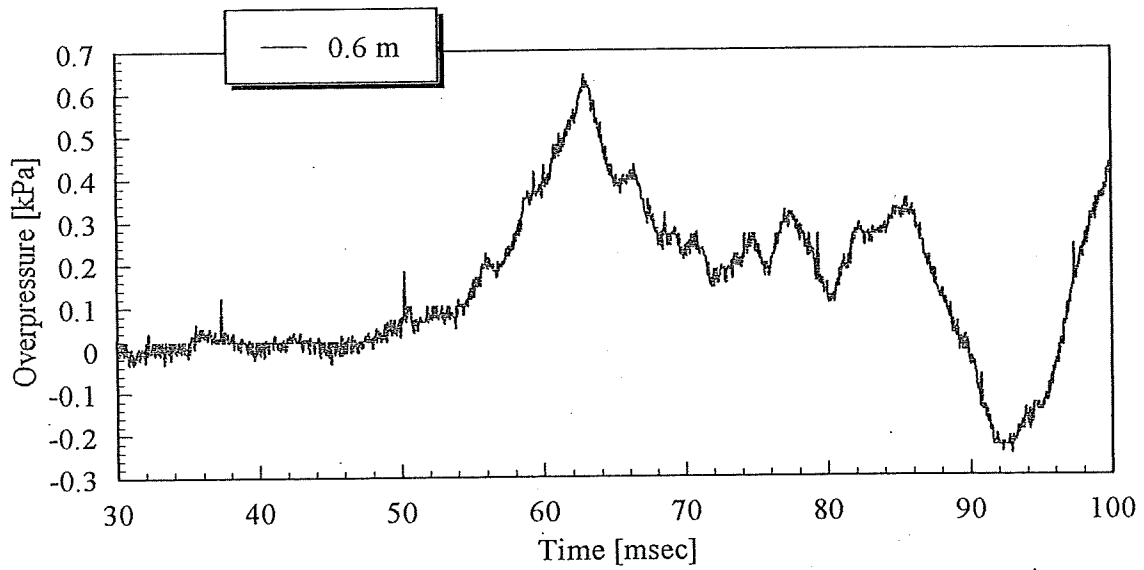
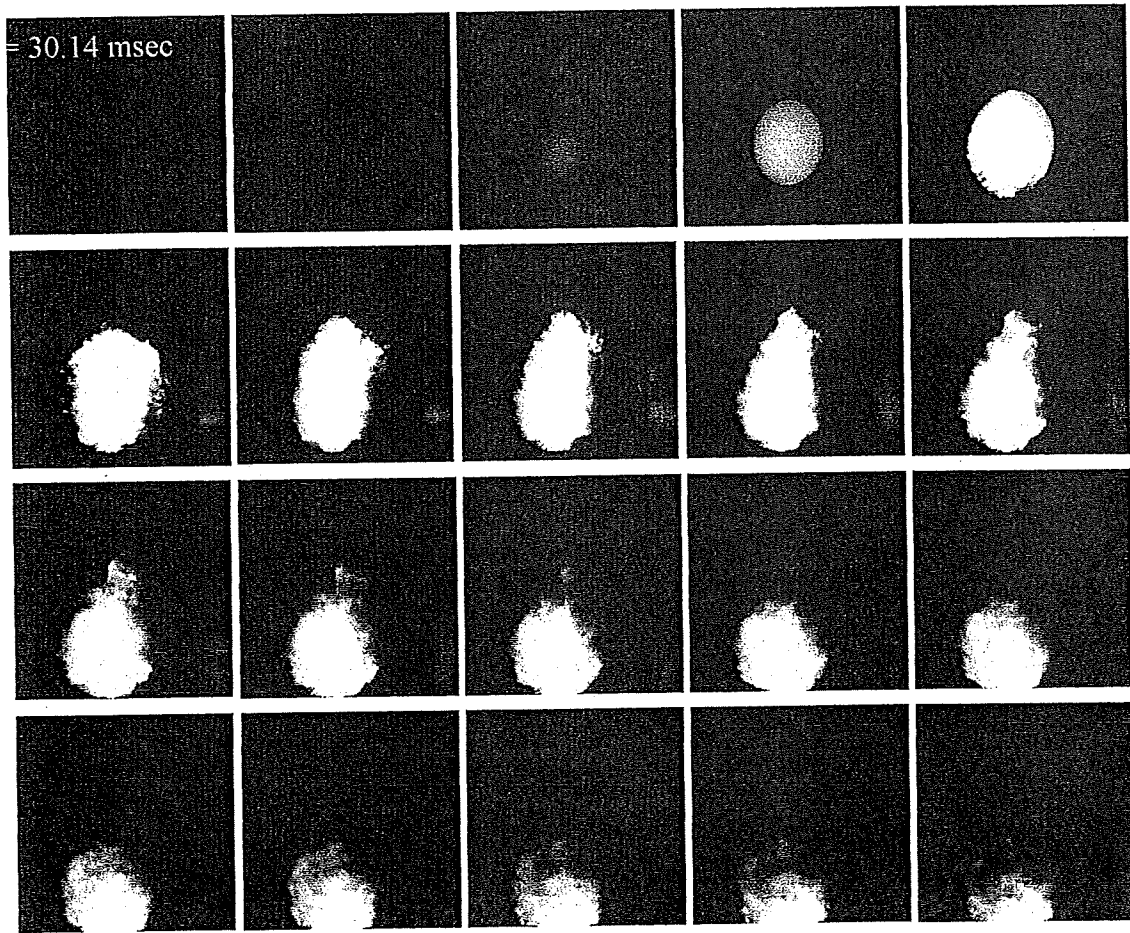


図 3-7(b) 水素-空気の爆燃 ( $\phi=1.0$ , 中心より下方 125 mm, 破膜後に点火)



画像間隔 3.56 msec

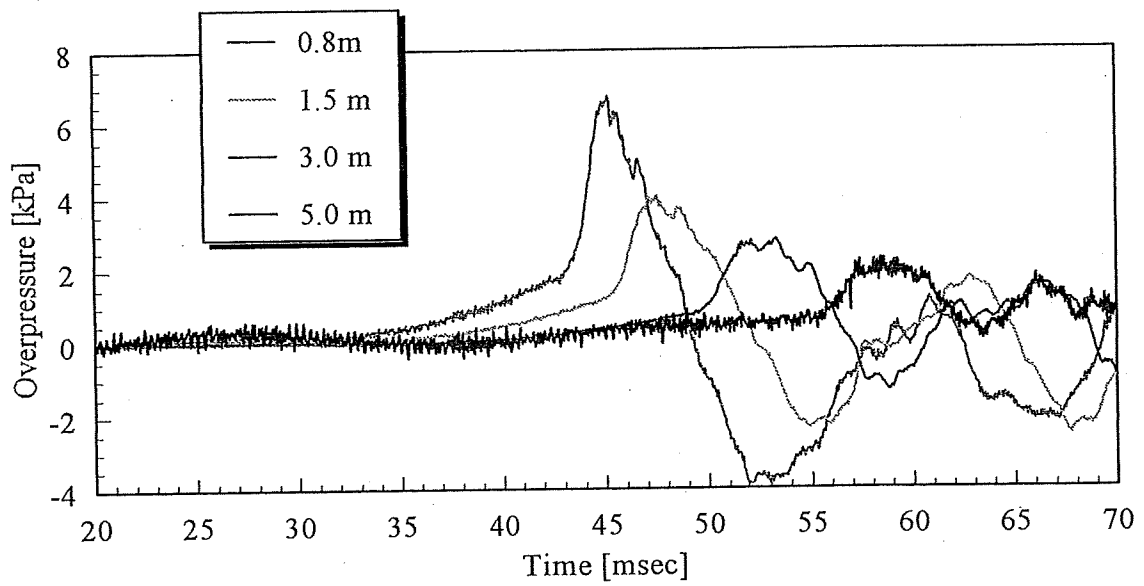
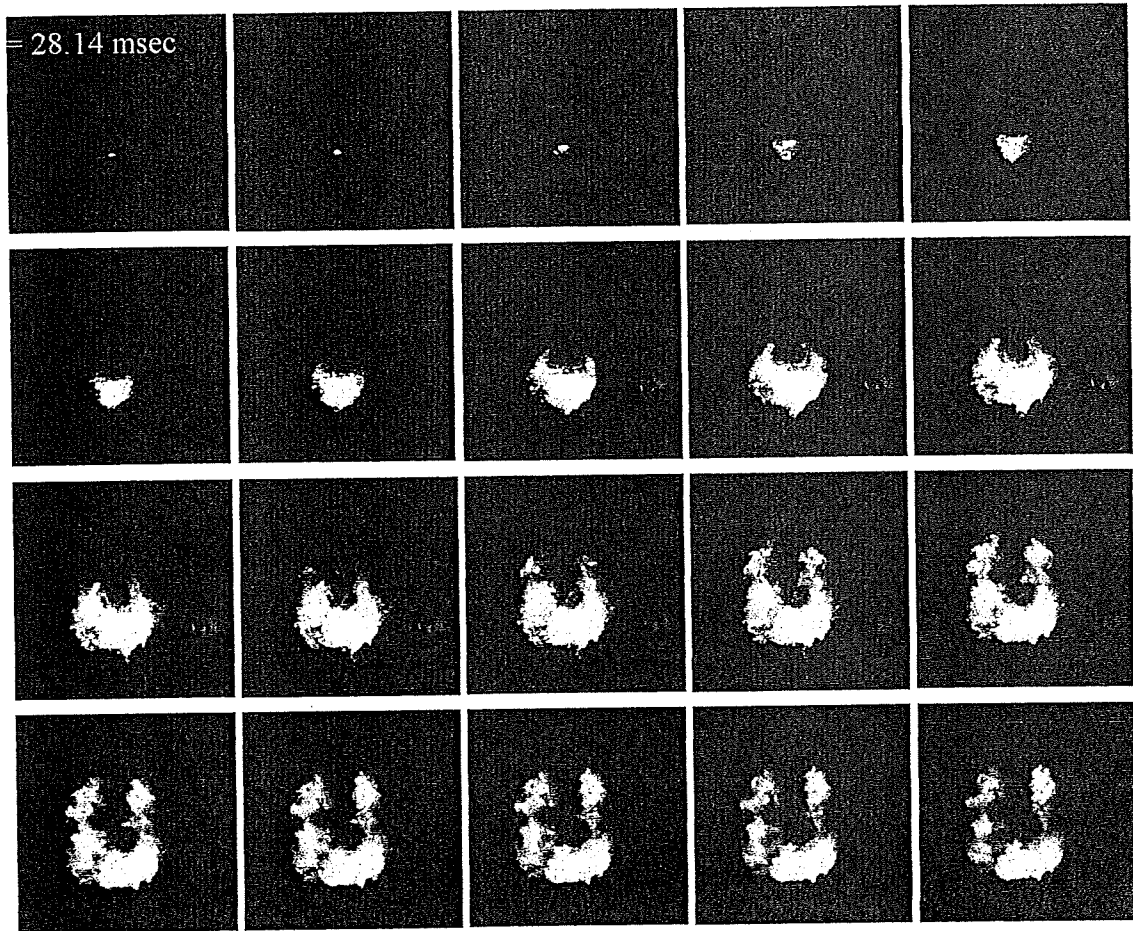


図 3-7(c) 水素-空気の爆燃 ( $\phi=1.0$ , 中心, 割らずに点火)



画像間隔 1.78 msec

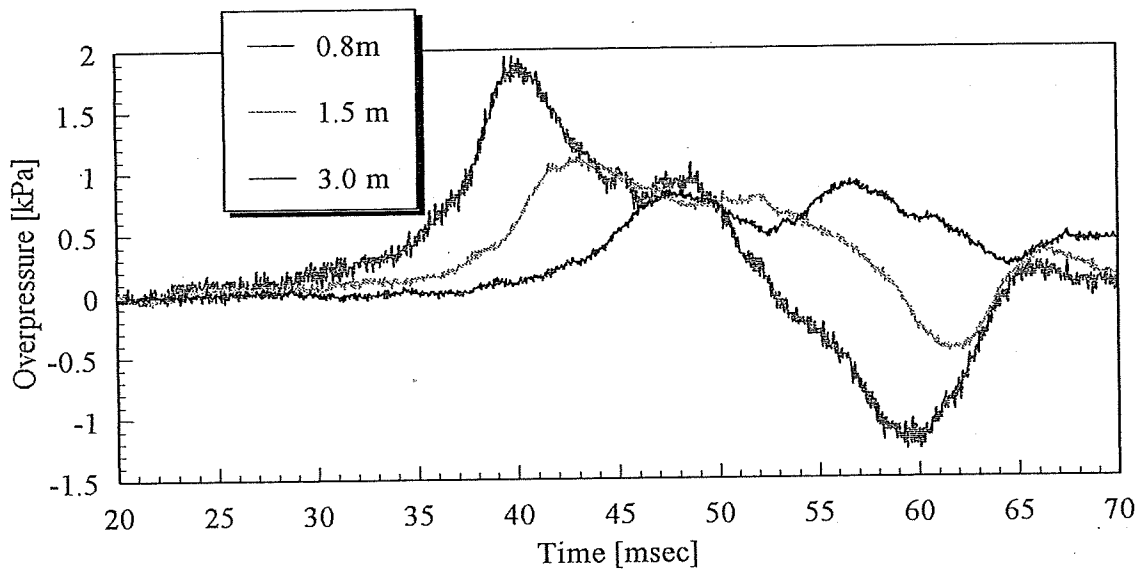
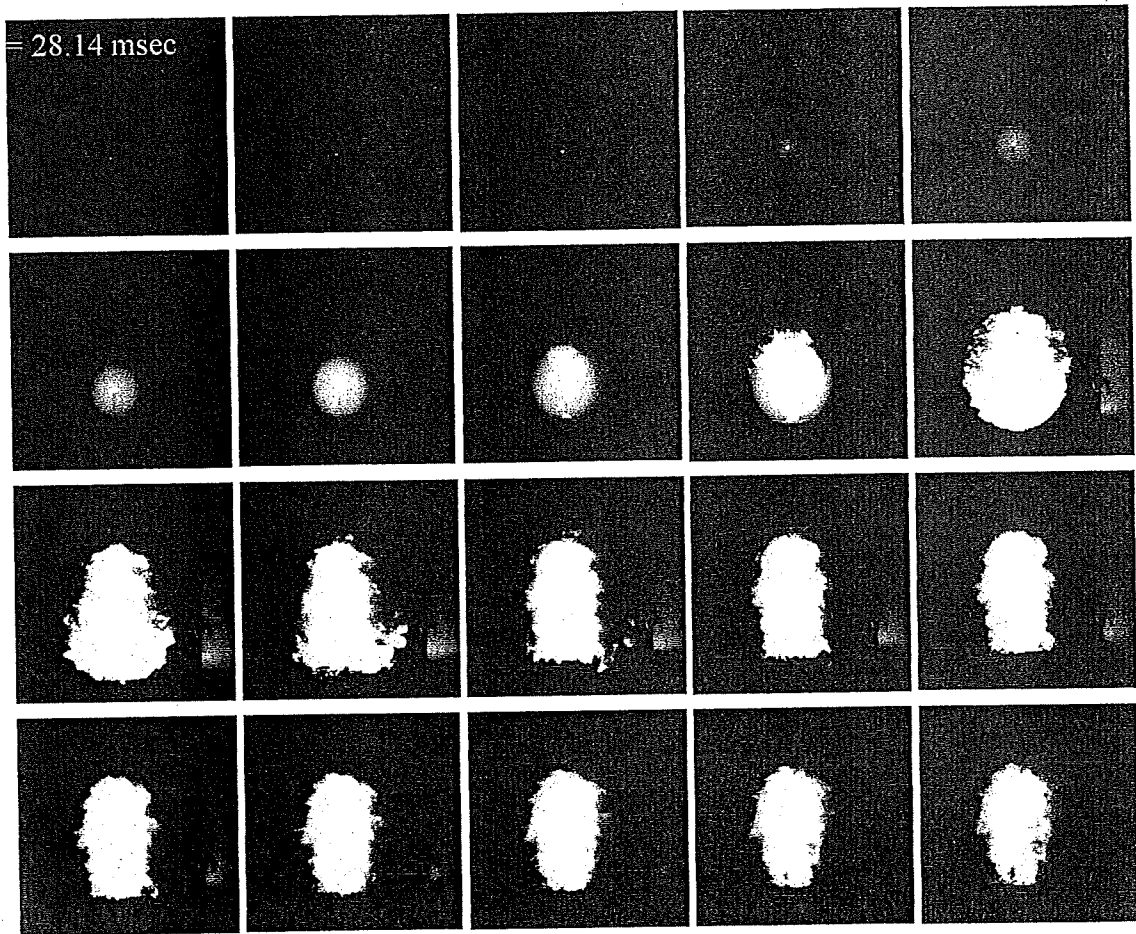


図 3-7(d) 水素-空気の爆燃 ( $\phi=1.0$ , 中面積心, 破膜後に点火)



画像間隔 1.78 msec

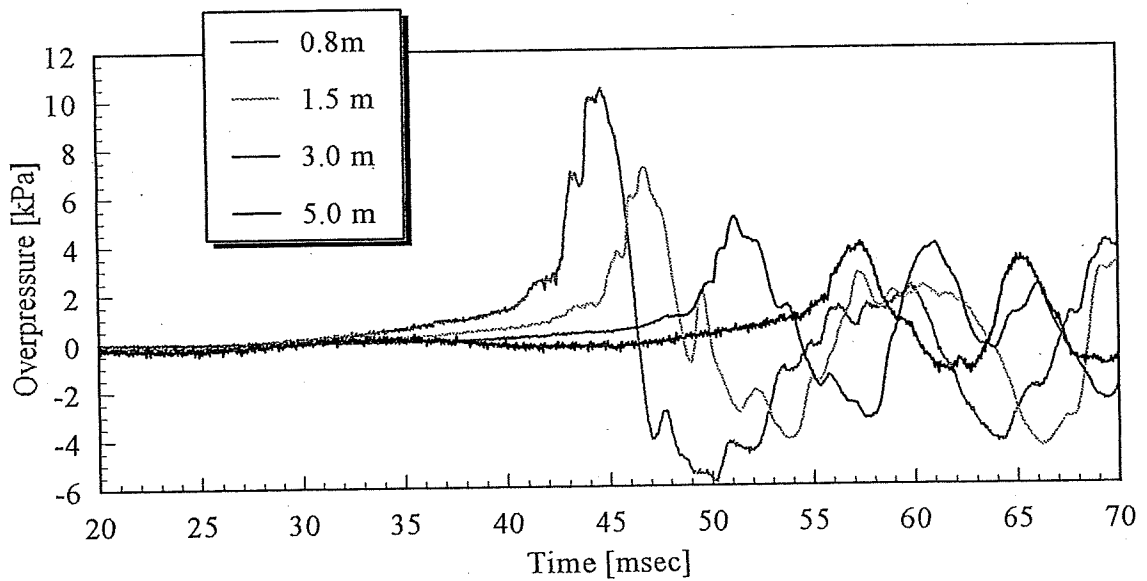
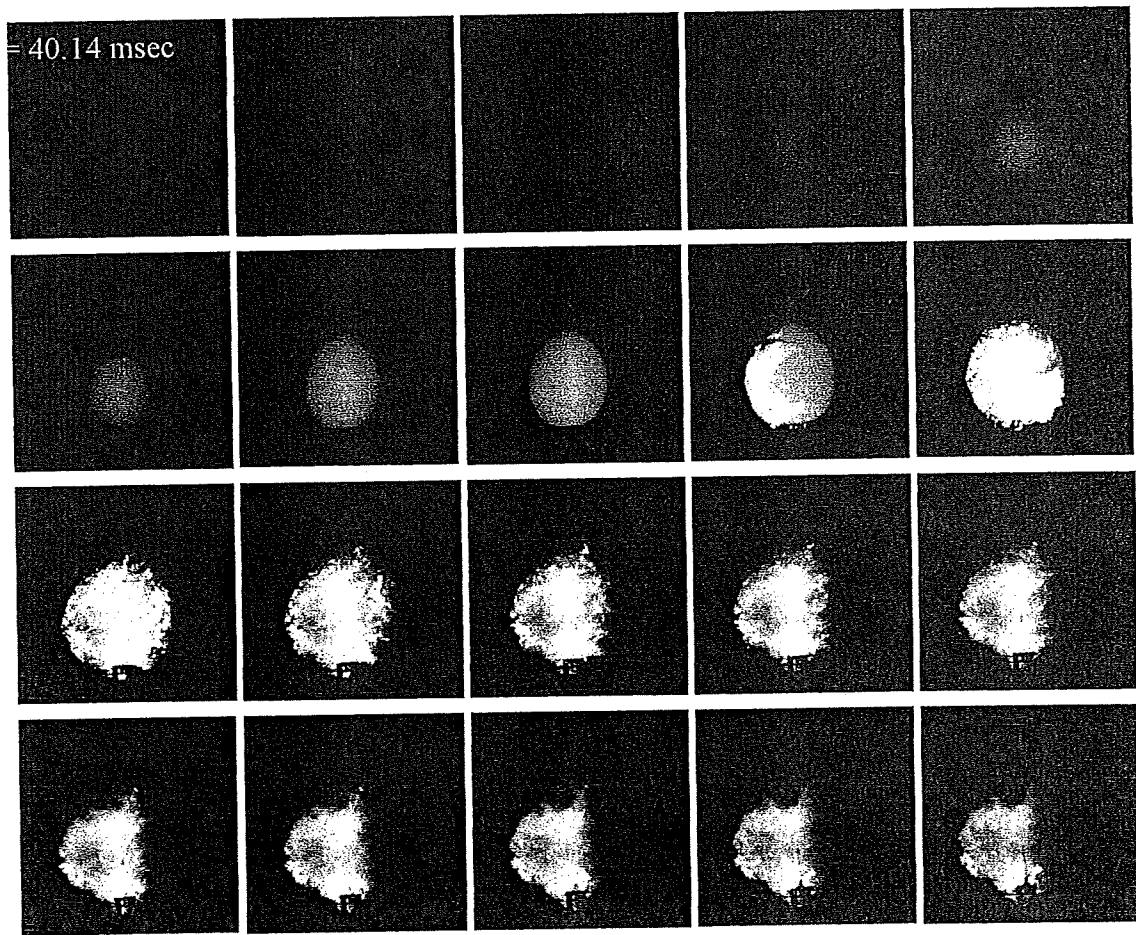


図 3-7(e) 水素-空気の爆燃 ( $\phi=1.0$ , 中心, ナイフエッジを固定して点火)



画像間隔 1.78 msec

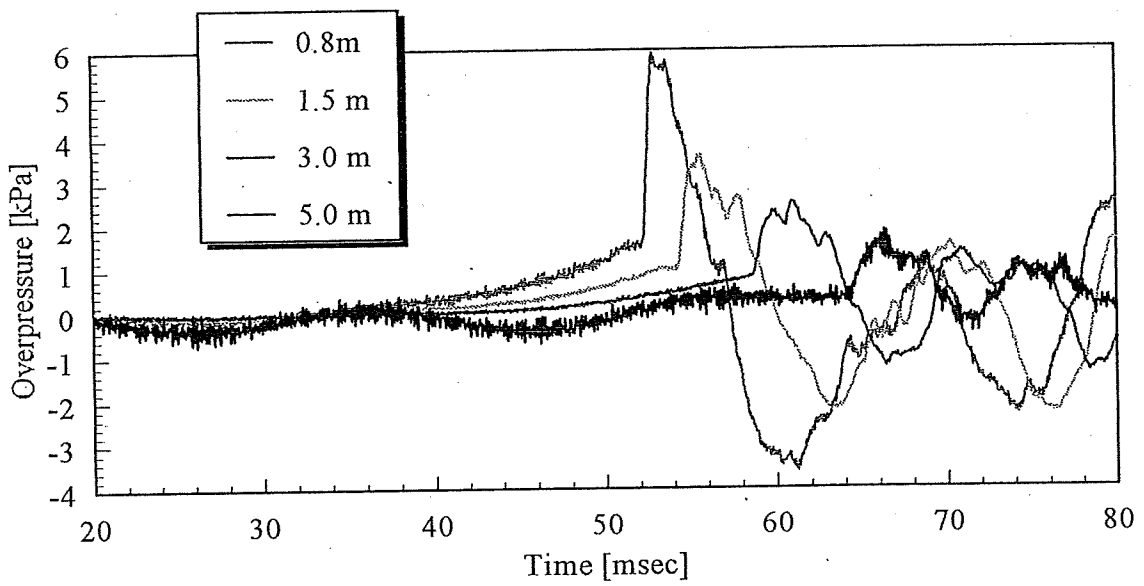
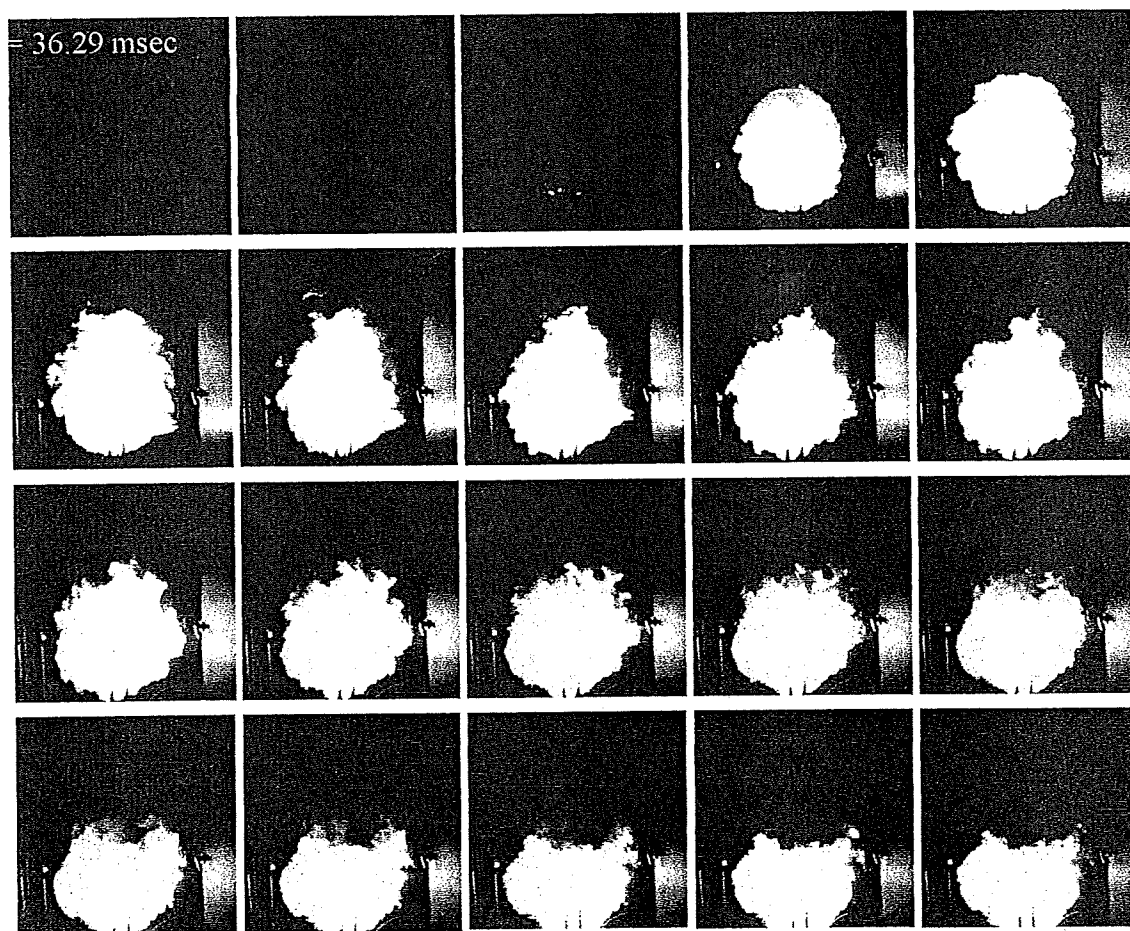


図 3-7(f) 水素-空気の爆燃 ( $\phi=0.8$ , 中心, 割らずに点火)



画像間隔 3.56 msec

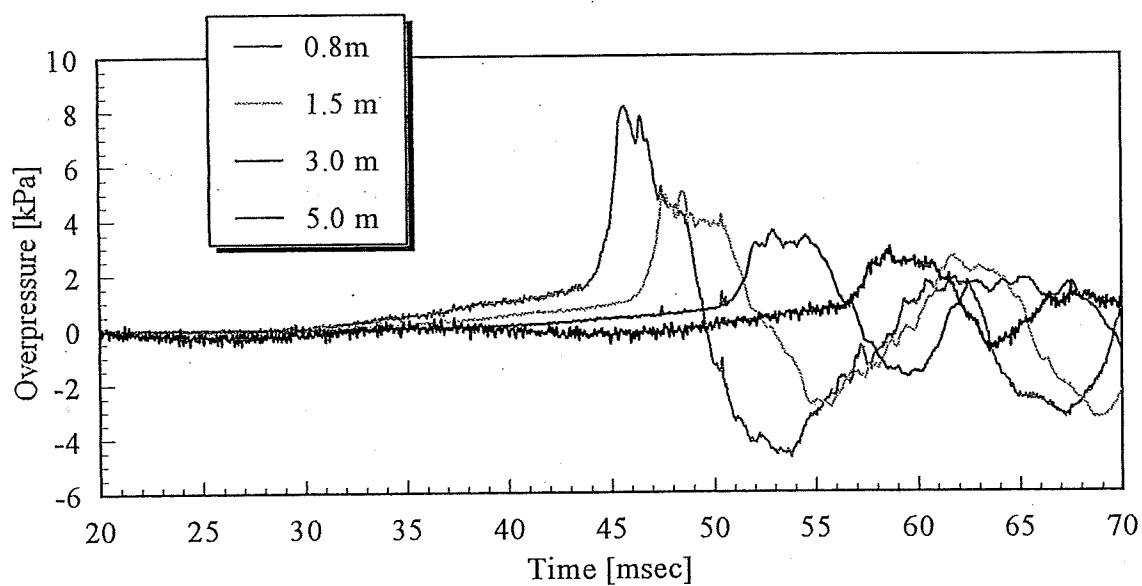
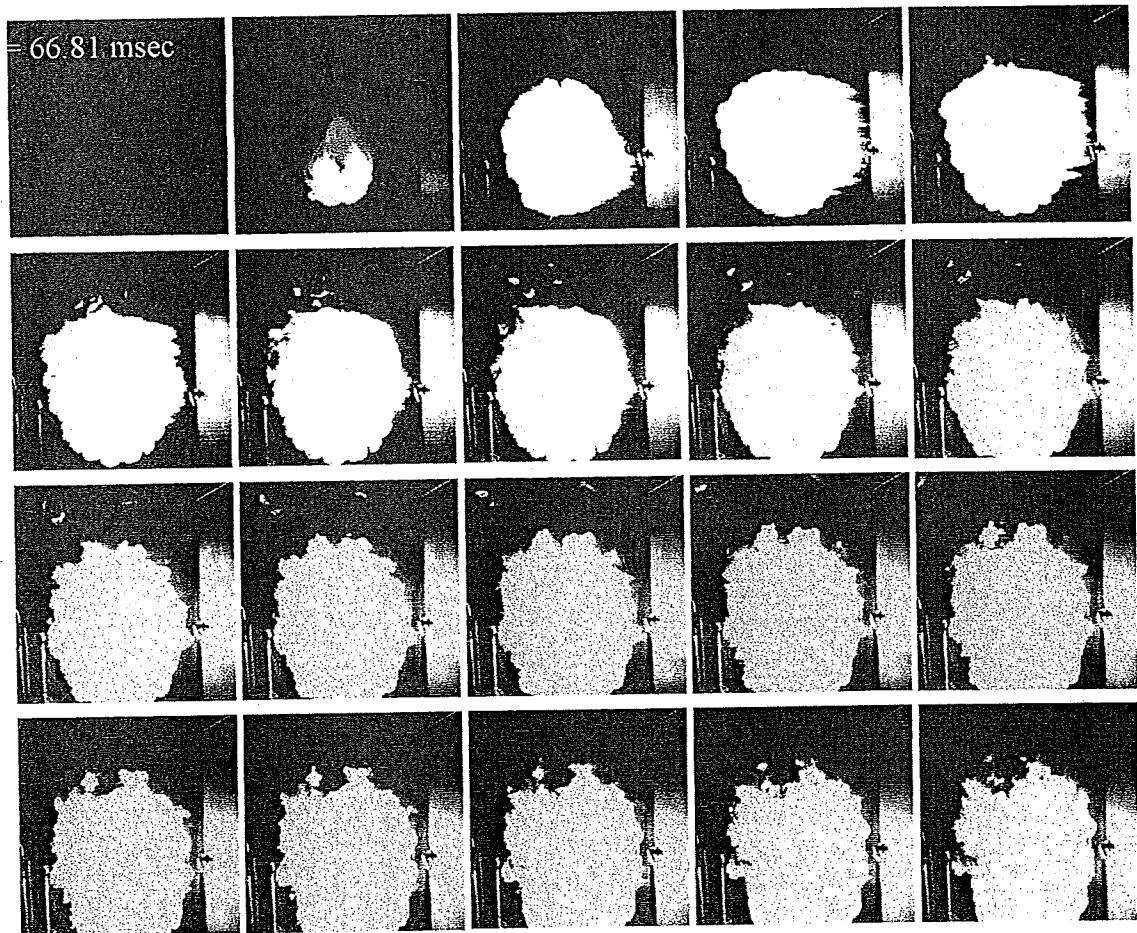


図 3-7(g) 水素-空気の爆燃 ( $\phi=2.0$ , 中心, 割らずに点火)



画像間隔 3.56 msec

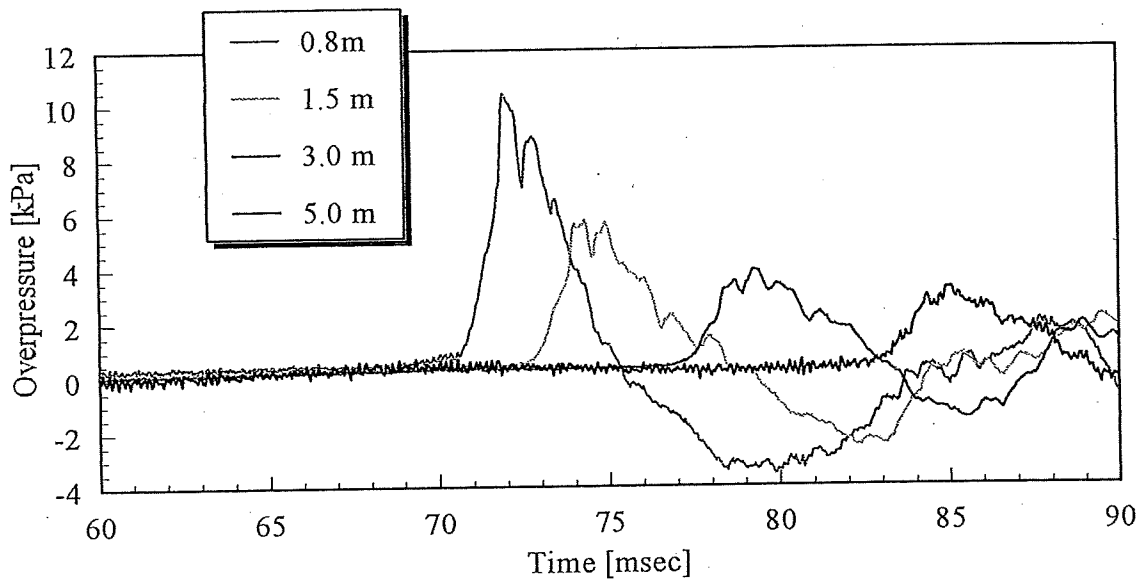
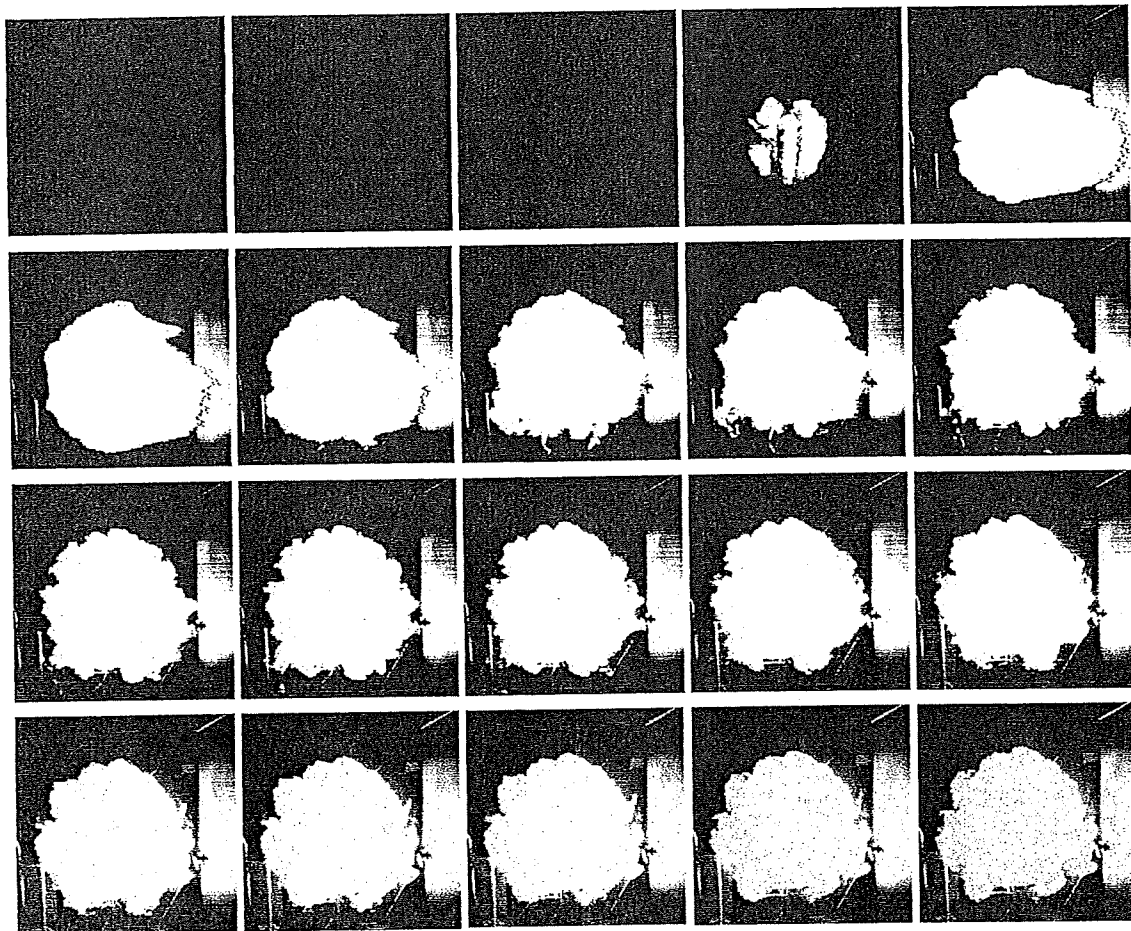


図 3-7(h) 水素-空気の爆燃 ( $\phi=3.5$ , 中心, 割らずに点火)





画像間隔 1.78 msec

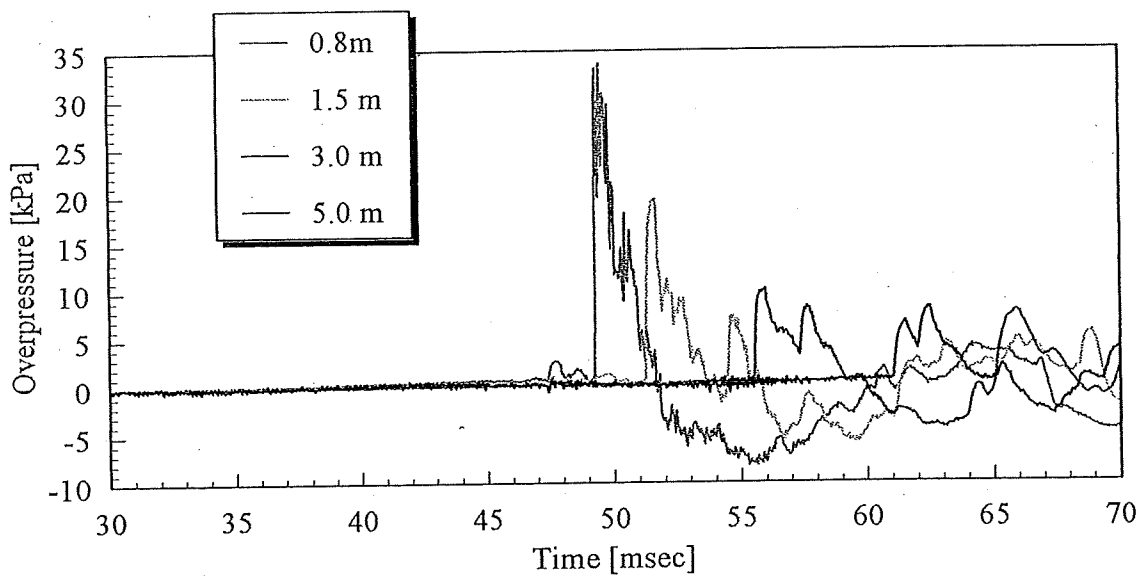
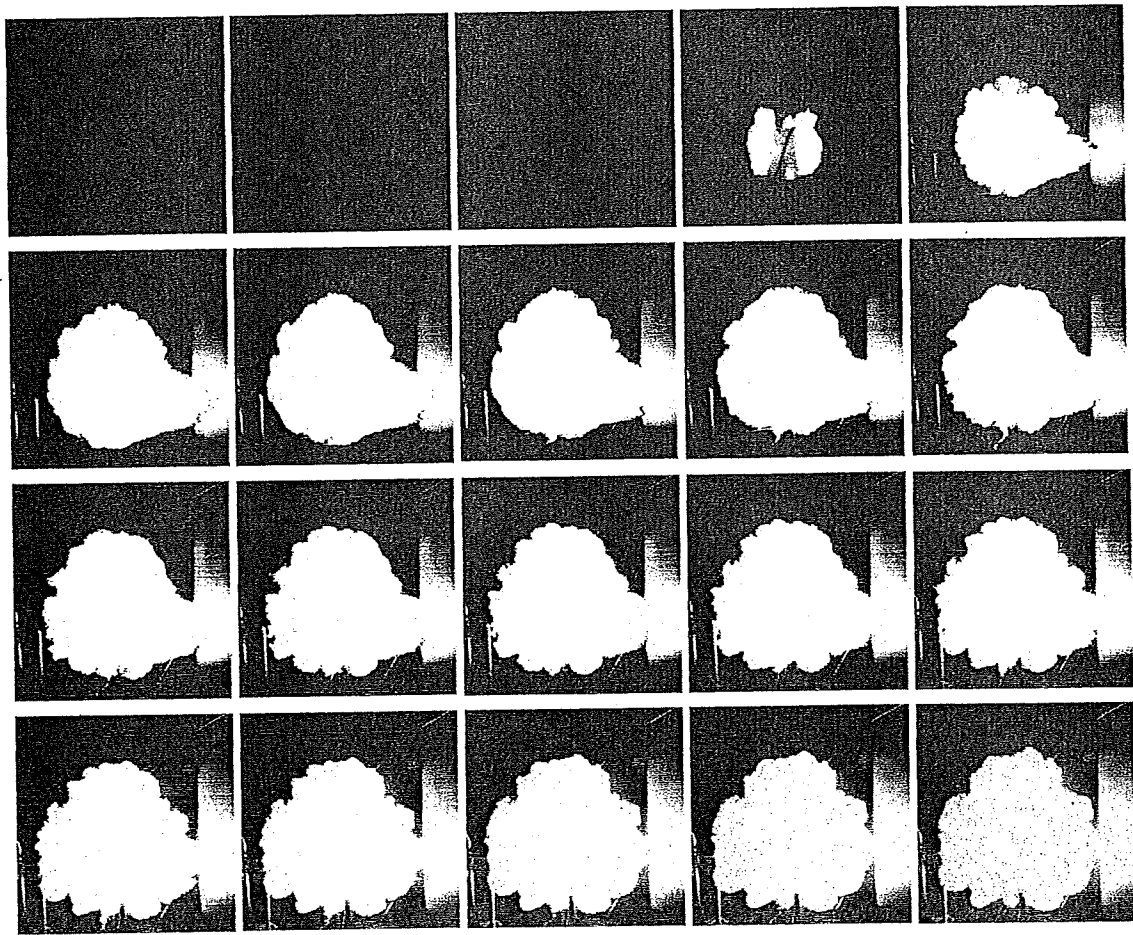


図 3-7(i) 水素-空気爆燃の実験 ( $\phi = 2.5$ , 中心, ナイフエッジ固定)



画像間隔 1.78 msec

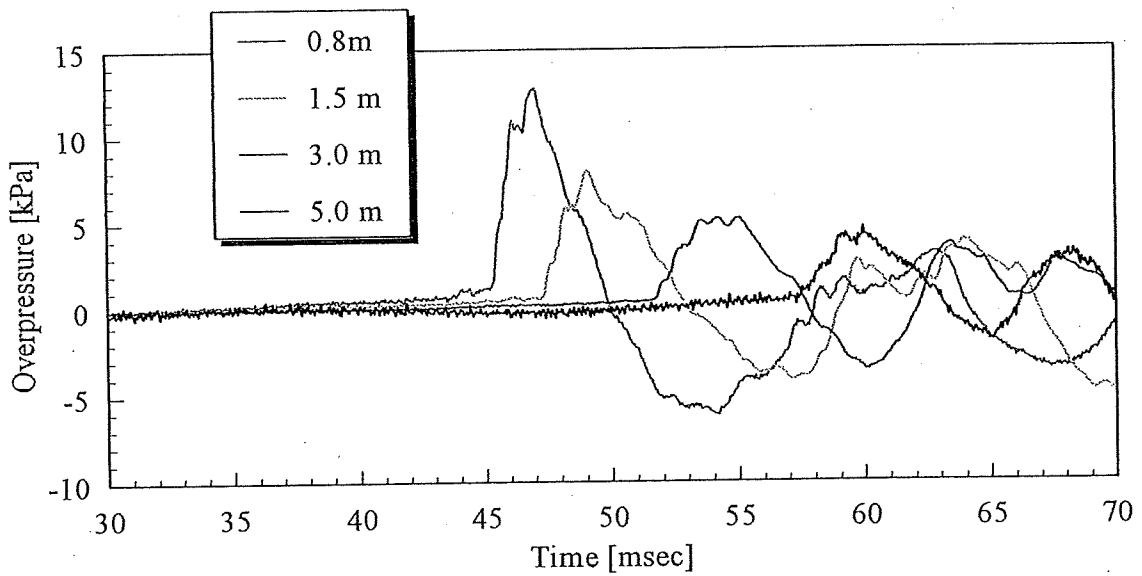


図 3-7(j) 水素-空気の爆燃 ( $\phi = 2.5$ , 中心, ナイフエッジ固定)

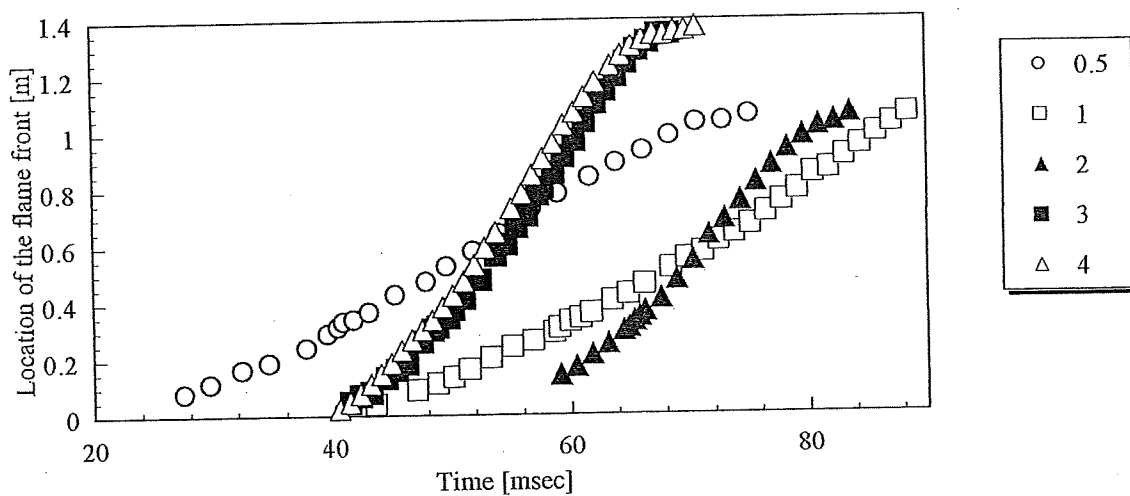


図 3-8 各時刻における火炎面の位置

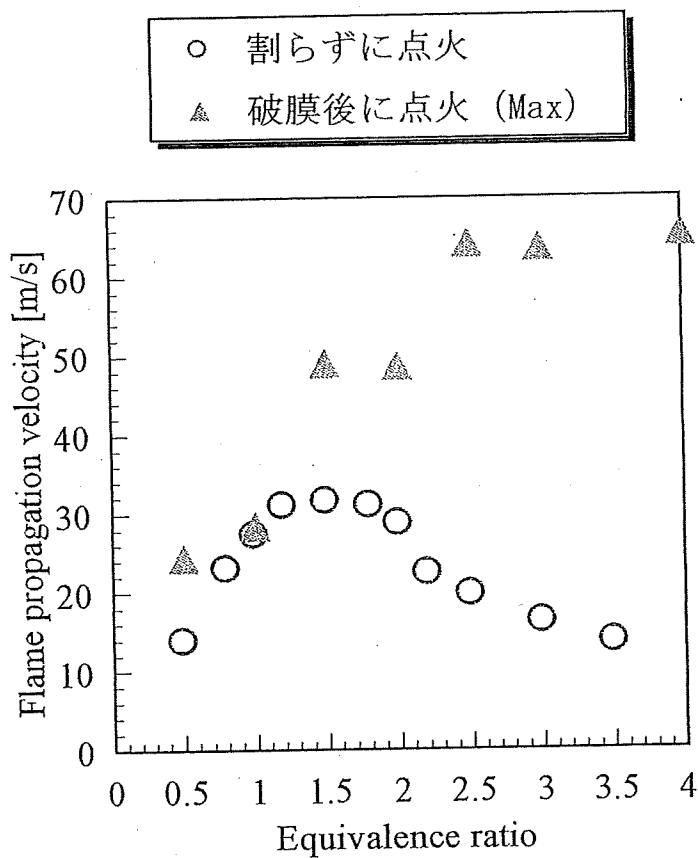
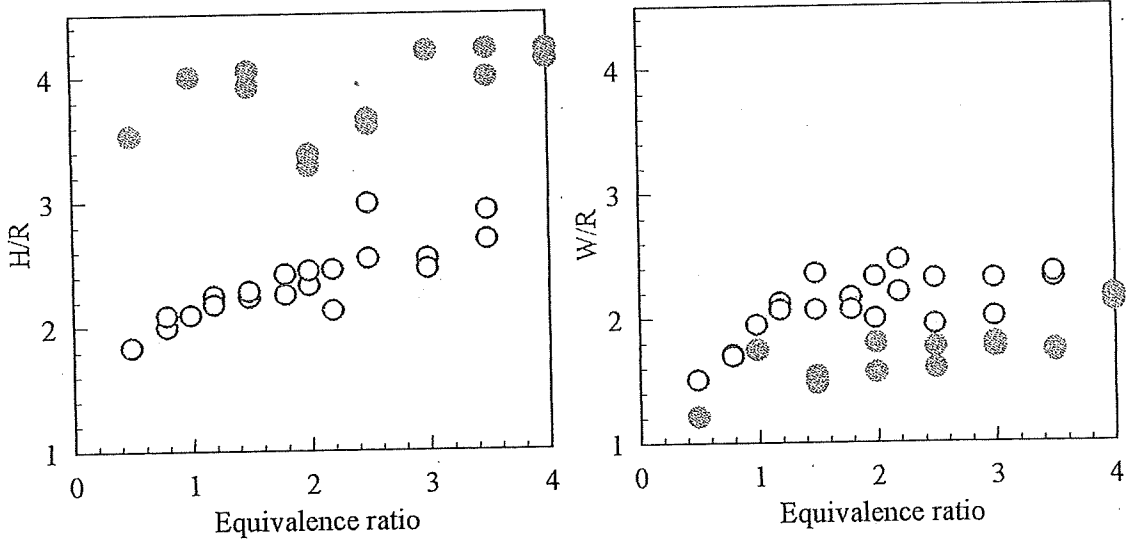
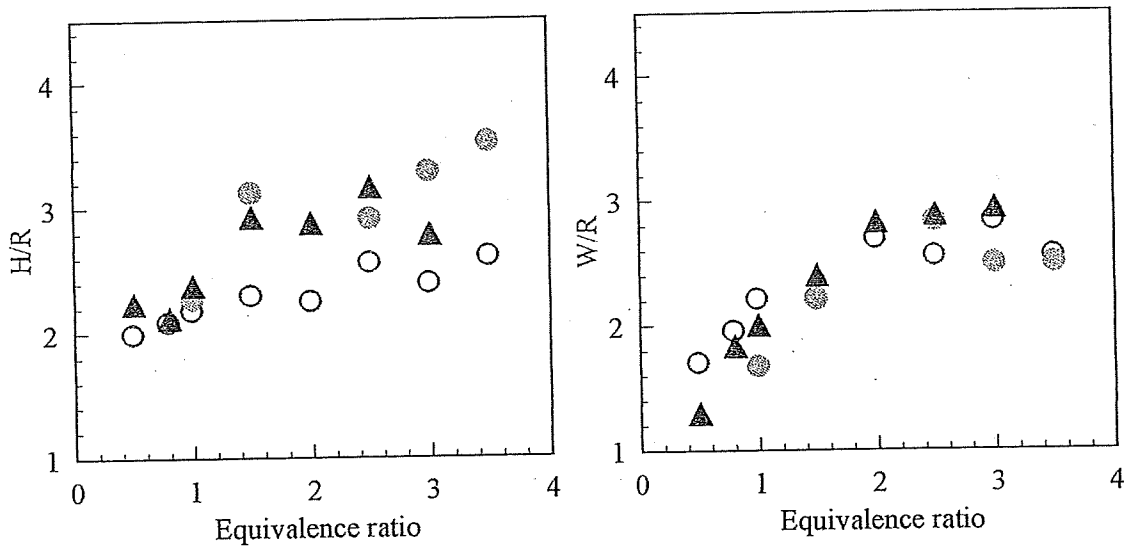


図 3-9 火炎伝ば速度

○ 割らずに点火      ● 破膜後に点火      ▲ ナイフエッジ固定



(a) 中心より125 mm下方で点火



(b) 中心点火

図 3-10 延焼領域