

# 7

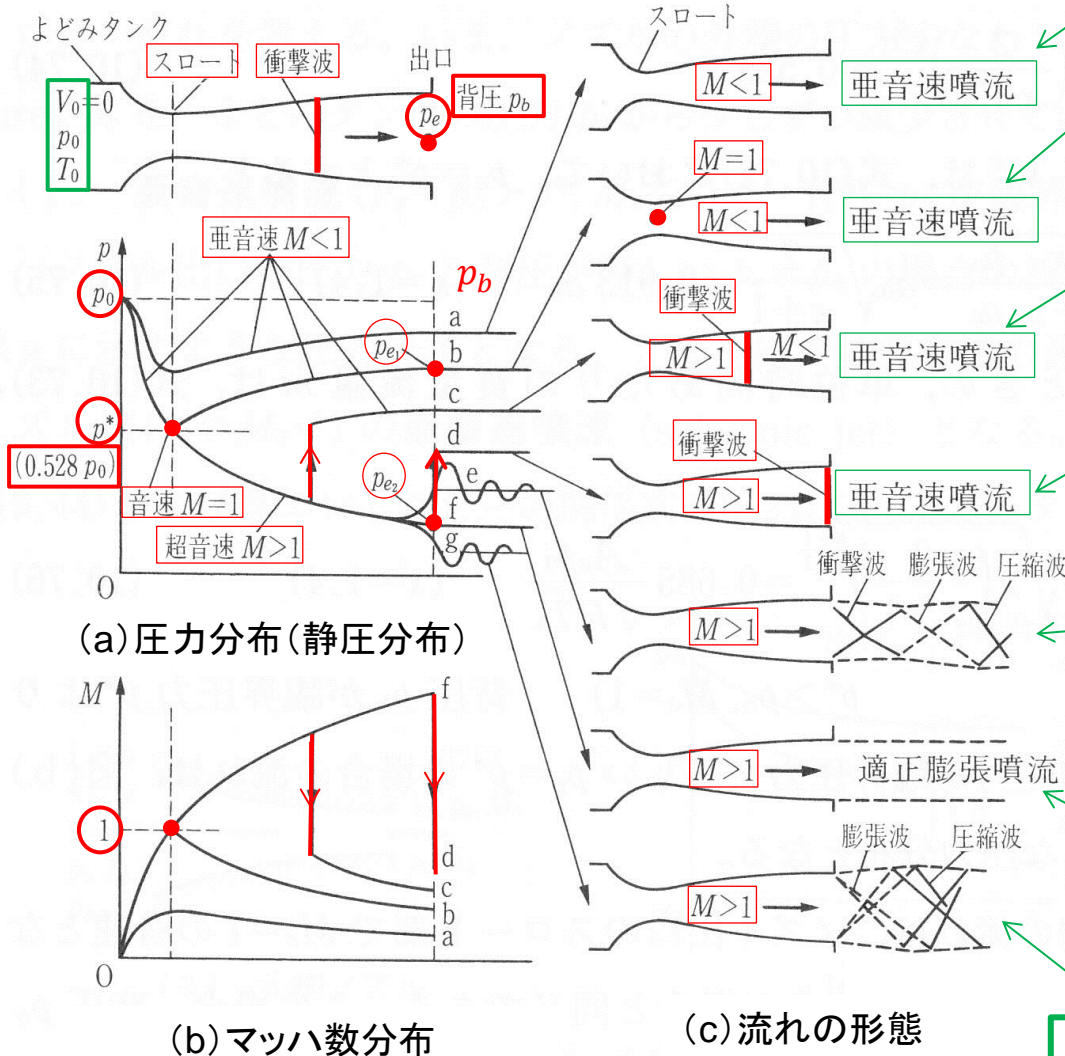
## 9.11 ラバルノズル内の流れと超音速噴流の形態 ＜超音速噴流の3つの形態＞

金属粉末製造 アトマイズ法に適用  
過膨張噴流  
適正膨張噴流  
不足膨張噴流

# 9.11 ラバルノズル内の流れと超音速噴流の形態

$$a = \sqrt{\frac{dp}{d\rho}} = \sqrt{\kappa \frac{p}{\rho}} = \sqrt{\kappa RT}$$

## <ラバルノズル内の流れ>



背圧を少しずつ下げていく。

$p_b < p_0$  → 背圧がよどみ圧とあまり変わらなければ、ノズル内の流れは亜音速流である。

さらに背圧を下げると、 $\frac{p^*}{p_0} = 0.528$  (スロートで臨界状態)。  
**スロート部で、 $M = 1$ の音速に達する!**  
 その後下流では、亜音速流に戻っていく。

圧力がさらに低くなると、スロートを過ぎた流れは、超音速となる。ノズル広がり部で**垂直衝撃波**が生じて、亜音速流となり、**圧力は不連続的に増大**する。

ノズル出口部で、垂直衝撃波が生じ、圧力は、不連続的に増大する。

**過膨張噴流。  $p_e < p_b$**

ノズル出口の圧力が背圧よりも低くなると、流れはノズル内で背圧以下まで膨張、すなわち過膨張する流れとなる。斜め衝撃波が生じる。  
 ⇒ **過膨張噴流** となる

**適正膨張噴流  $p_e = p_b$**

出口圧力が背圧と等しくなると適正膨張する。衝撃波は生じない。⇒ **適正膨張噴流** となる。

**不足膨張噴流。  $p_e > p_b$**

出口圧力が背圧よりも高くなると、ノズル内の圧力は、背圧まで膨張することはできない。不足膨張という。  
 ⇒ **不足膨張噴流** となる。

$$M = \frac{V}{a}$$

図9.15 ラバルノズル内の流れ