

【整番】 E E-01-TM-002	オリフィスのキャビテーションによる騒音レベル	
分類：環境(騒音)／種別：技術メモ	作成年月：H19.9／改訂：Ver0.1 (H19.9)	作成者：N.Miyamoto

第1回訂正：補足

全4枚

0. オリフィスは絞り要素であるため、絞られた弁と同様に騒音が高くなるが、キャビテーションがでると更に騒音が高くなる。キャビテーション状態でどの程度に騒音がでるかはサイジングの上でも防音措置の観点からも手の抜けない話であるから、下記の文献を用いてこの課題を検討してみる。

「オリフィスに発生するキャビテーションと騒音」小松ほか(エハラ時報 No.119)

なお、検討対象は、”水流れに用いる単孔オリフィス”に限る。

1. このエハラ文献の実験によれば、任意のキャビテーション状態における騒音レベルは次のようになっている。

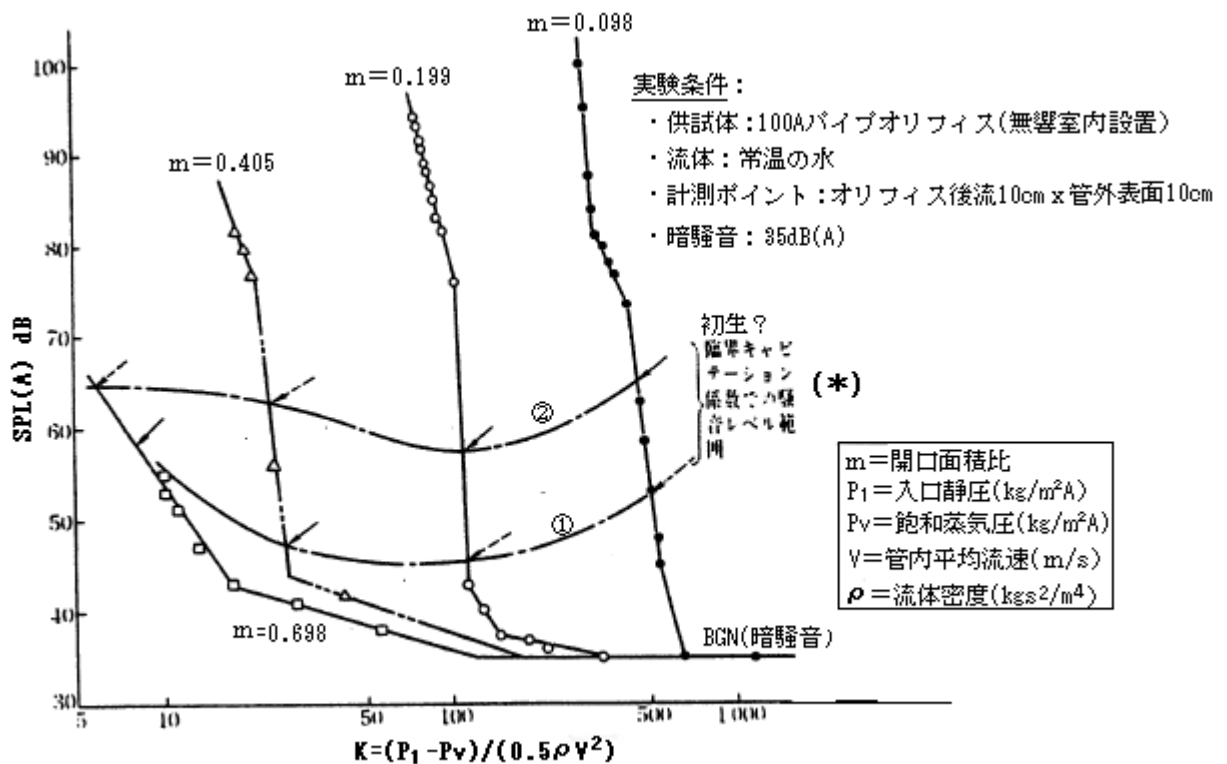


図6 開口比異なる円筒オリフィスの K と $SPL(A)$ の関係

試験条件では暗騒音が介在するが、影響は少ないので運用上の補正はいらないと思われる。また通常の管外表面 1m での計測に対して、10cm の至近距離で計測されているが、高々 1dB の差異に過ぎないので、同様に補正は不要と思われる。

試験では開口面積比 0.098～0.698 の範囲で4つのケースが計測されていて、データとしてそれなりの密度がある。十分、設計用途として使用できる。

図中の①②のラインは初生キャビの予想発生点を繋いだものである。①は沼知らのキャビ予測式、②は藤原らのキャビ予測式によっている(予測式は煩雑なので割愛)。しかしグラフを見る限り、初生キャビ発生時の SPL は 45～65dB と意外に小さい。

通常、設計では限界キャビレベルを上限にしているのですが、ここでは図 6 をベースにして、限界キャビ状態、さらに初生損傷状態でどの程度の SPL になるか検討してみる。

2. 【FE-15-RP-003 制限オリフィスのキャビテーションの有無判定】では、

$$\sigma = (P_h - P_v) / (0.5 \rho U_h^2) > 2.5 \rightarrow \text{No problem (常時使用\&マイルドの場合)}$$

$$4.0 \rightarrow \text{No problem (常時使用\&シビアの場合)}$$

$$1.8 \rightarrow \text{No problem (短期使用の場合)}$$

ここではキャビテーション(係数) σ はエハラ文献にあわせ k_d と表示する。 σ 即ち k_d の定義は $k_d = (P_h - P_v) / (0.5 \rho V_h^2)$ で、キャビ係数 K とは異なっているので念為。

図 6 のキャビ係数 K は、 $P_1 + 0.5 \rho V^2 = P_h + 0.5 \rho V_h^2$ として、

$$K = (P_1 - P_v) / (0.5 \rho V^2) = (P_h + 0.5 \rho V_h^2 - 0.5 \rho V^2 - P_v) / (0.5 \rho V^2)$$

$V = m V_0$ の関係があるので、 $V_0 \rightarrow V_h?$

$$K = (1/m^2)(P_h - P_v) / (0.5 \rho V_h^2) + (1 - m^2) / m^2 = (k_d + 1 - m^2) / m^2 \text{ -----(a)}$$

ここで、 P_h =孔通過時の静圧(フランジタップ圧力)、 P_v =飽和蒸気圧、 V_h =孔通過流速、 m =開口面積比、 ρ =密度

さて上記のキャビテーション判定の $k_d=2.5$ 、 4.0 は、限界キャビ数としているが、実際は安全をみて初生キャビ数を限界キャビ数に繰り上げたものである。

初生キャビの上限を 2.5、下限を 4.0 として(a)式を用いて K 値を計算し、ライン①②と比較すると

開口比 m	初生キャビレベル上限		初生キャビレベル下限	
	$k_d=2.5$	ライン②交点	$k_d=4$	ライン①交点
0.098	363.4	450	518	505
0.199	87.4	105	125	115
0.405	20.3	24	29.5	26
0.698	6.2	6	9.3	8.5

初生キャビレベル $k_d=4$ のときの K 値は、図 6 のライン①と各上昇曲線の交点の値に近いが、初生キャビレベル $k_d=2.5$ のときの K 値は開口比 m が小さくなると合わない。

3. 前述の【FE-15-RP-003】では、限界キャビレベルの k_d 値は初生キャビレベルの 85%程度、また初生損傷キャビレベルの k_d 値は初生キャビレベルの 38%程度である。

ここでは、安全を考え、

限界キャビレベル→ライン②即ち上限の 85%になるようにセットする。

設定手順は、例えば $m=0.098$ の場合、

- ・ライン②交点の $K=450$ に相当する k_d を求める。 $k_d = 0.098^2 \times (450 + 1) - 1 = 3.33$

- ・これに 0.85 を乗じて限界キャビの k_d 値を求める。 $k_d = 0.85 \times 3.33 = 2.83$

- ・これより限界キャビの K 値を求める。 $K = (2.83 + 1 - 0.098^2) / 0.098^2 = 399$

また初生損傷キャビについては、ライン②が厳しすぎるのでライン①を採りその 38%でセットする。

設定方法は上記に同じ。

以上の結果を、プロットすると図 1 のようになる。ライン③、④が追加になる。限界キャビレベルでは

Min.65dB 程度から Max.82dB(A)程度である。ラインの湾曲からみて、

- ・ 中間クラスの開口比(孔径柱)の場合が騒音がアップする。
- ・ 開口比(孔径小)が小さくなるほど騒音が低下する。

これは、孔径が小さいとキャビ泡が管壁から遠のくためか？ 制限オリフィスは $m=0.1$ 以下になることが多いので、限界キャビ状態でだいたい 75dB ぐらいと考えてよさそうである。ただ、

限界キャビをオーバーし初生損傷キャビに近づいていくと、急勾配で上昇して 100dB をオーバーする恐れがある注意を要する。

【もっといろんなデータを精査する必要があるが一応、以上をもって暫定的な結論にしておきたい。】

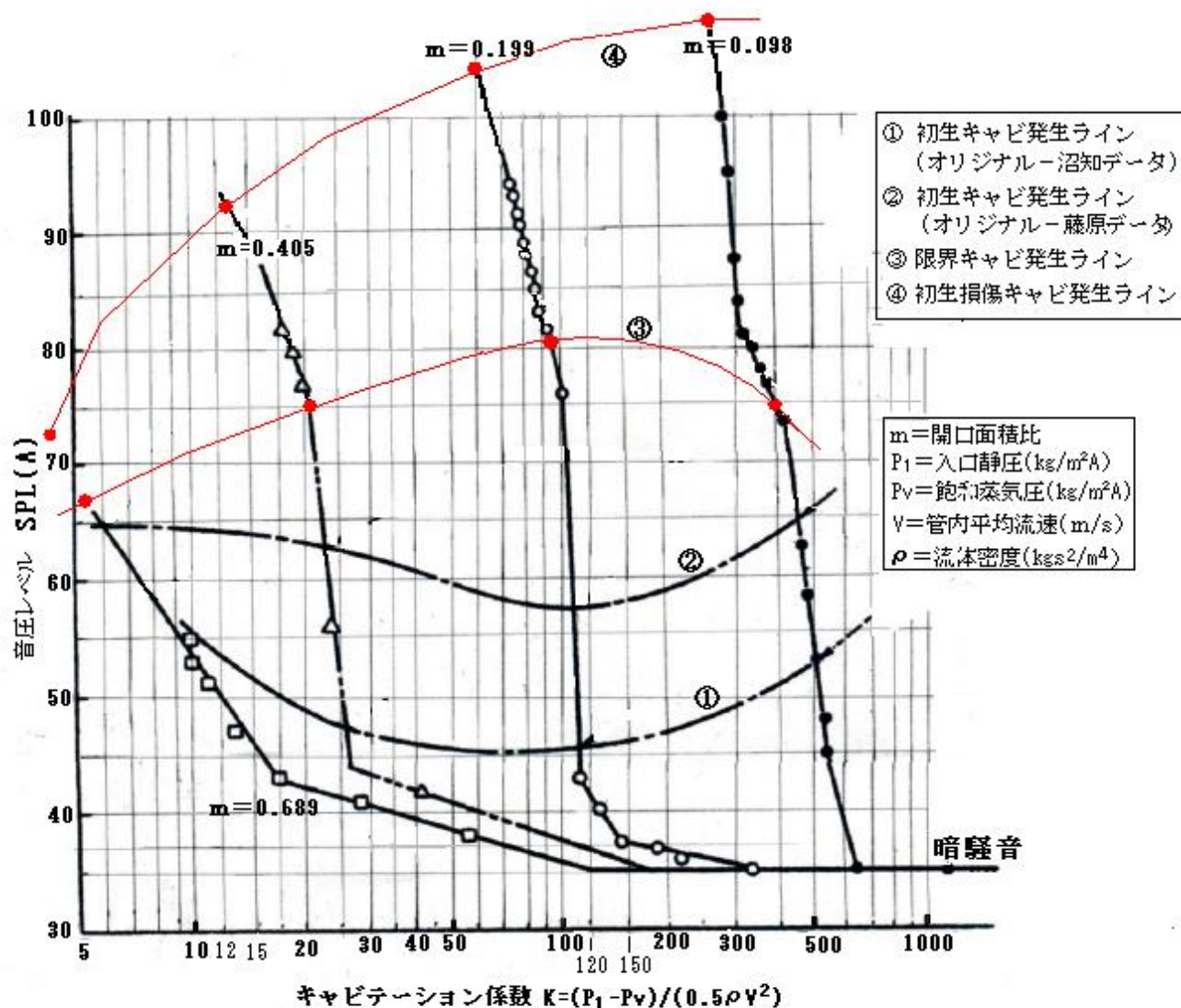


図1 キャビテーションレベルと発生騒音の関係

4. 以上、単孔オリフィスについて議論した。多孔オリフィスの場合、どうなるか？ エハラ文献には図8として、単孔オリフィスと3つの多孔オリフィスのデータが併記されている。大きくみれば、それ程の差異はないようだが、同じK値に対しては多孔オリフィスの方がSPLが大きくなる。これは孔噴流が管壁に近づくためかと思われる。しかし孔数が多いと殆ど単孔オリフィスと同程度になっている。

もう少しデータを集めないと確実なことは言えないが、多孔オリフィスによる騒音抑制は気体流れでは成立しても、水(液体)流れでは？ではないかと思える。この件、調査を継続する。

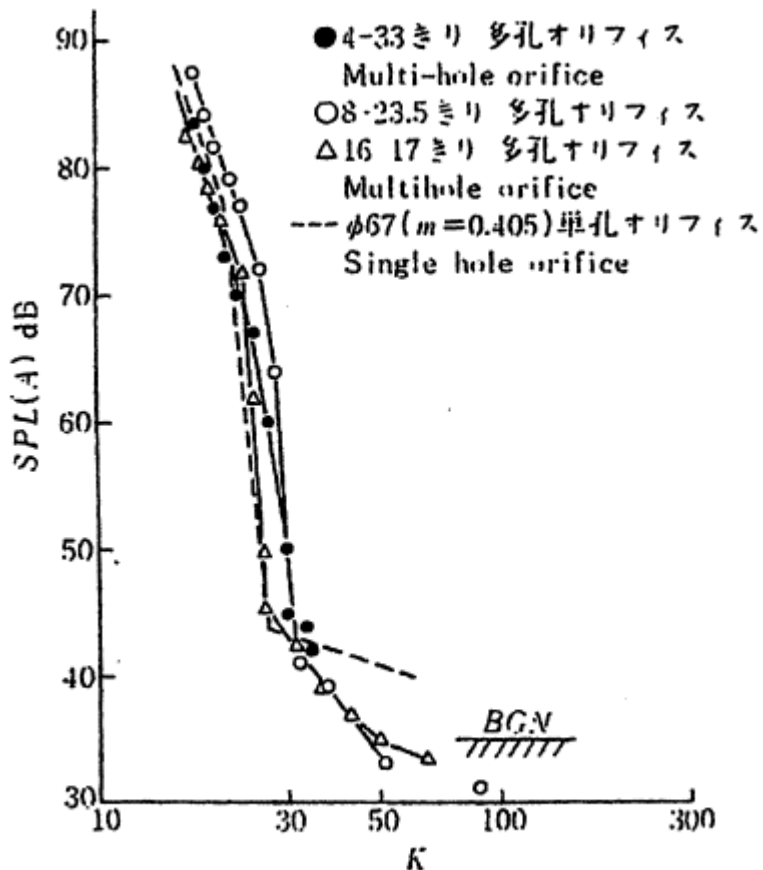


図8 多孔オリフィスのKとSPLの関係

以上