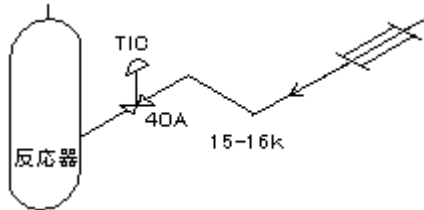


【整番】 EE-01-QA-001	【標題】 ケージタイプ調節弁の局所騒音
分類：環境(騒音)／種別：Q&A	作成年月：H18.10／改訂：Ver0.0 (H18.11) 作成者：N.Miyamoto

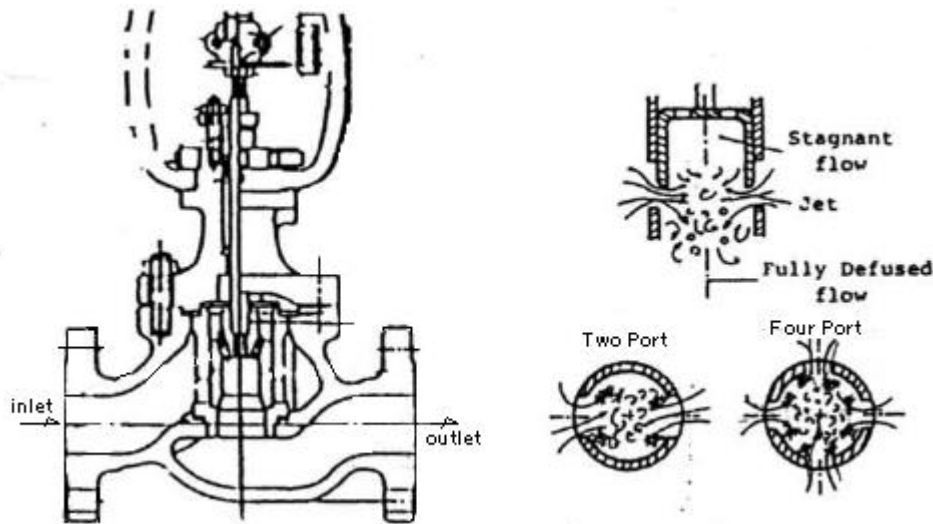
Q： 下図のような冷凍設備の蒸気系統につけた温度調節弁(ケージ弁)を 35%ぐらいまで絞ったとき異常音(ピー)がでる。クレームにはなっていないが、客先から説明を求められている。



A： ケージ形調節弁には、場合によって突出した異常音ができるようである。以下、調査結果を記す。

1. ケージタイプは弁トリムにケージを設け、それに複数のポート(噴孔)を向かい合わせで配置しポートから噴き出した内向き噴流を衝突させてそのエネルギーを散逸させるもので、本来、弁騒音の低減に効果がある。市場ではポート数を増やして多孔ケージとし低騒音弁と称して販売されている。

本調節弁では使用上、減圧比が低いので 2 ポート(?)とポート数は少ない。



2. ケージタイプ調節弁の異常音については文献(1)の中で報告されている。その文献に示される実験結果および検討結果を用いて、本ケースの現象を説明してみる。

タイプの弁では条件によって時間的に間欠的な音圧変動が出ることもあり、例えば図 7 では圧力比 3 程度で変動のピークがみられる。この図は 4 ポートのもので、比較的マイルドであるが、2, 3 ポートではもっと低い圧力比でもっと高いピークがでて、局所的に 5~10dB 程度アップする。多分、このようなピークが本ケースのピー音に該当するのではないかと？

この現象のパラメータとしては、入口/出口圧力比、弁開度およびポート数が増えられる。実験結果によれば、

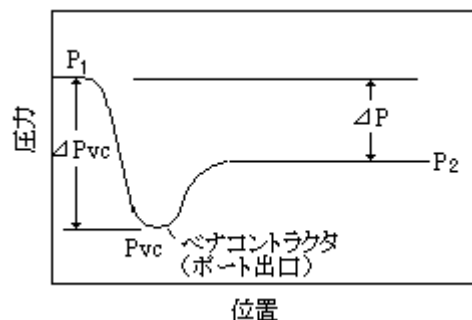
- ① 入口/出口圧力比( $P_1/P_2$ )が高く、チョーク域にはいると発生する。

- ② 開度が低いときに発生し、開度が大きくなると発生しない。
- ③ ポート数が 2～4 個のときに発生、ポート数が多くなると発生しない。

これらは、いずれもポート通過時の流れ(噴流)の消長に強く関係している。①の場合、流れはチョークしているためポート通過流れは音速ないし超音速噴流になっている。②の場合、開度が大きいと噴流の形が現れないが開度が低いときは明確に現れる。③の場合、ポートが少ないほど噴流が太く長くなる。つまり、[噴流の強さ / 噴流の形状 / 噴流の長さ]が着目点になる。これらは、結局“**噴流 vs プラグ空間の気柱振動**”に帰結する。即ち**プラグ(ケージ)内空間の定在波が高速噴流の揺らぎに共鳴して振動を増幅したもの**と思われる。この場合、振動は 2kHz を越える高周波数になり騒音の形をとる。

( 文献には明記されないが、噴流の揺らぎは音速/超音速噴流における**不足膨張**あるいは**衝撃波**によって派生すると思われる。また、噴流の長さや強さによってプラグ空間の定在波の波長が変わってその周波数が変化するような気がする。 )

音圧変動の発生は局所的/限定的である(\*1)。実験結果に基づく音圧変動の発生領域の例を図 12 に示す。この図によれば、2 ポートの場合、圧力比( $P_1/P_2$ )が 1.6 程度を超えると音圧変動を起こす可能性がある。本ケース、計画では  $P_1=15\sim 16 \text{ kg/cm}^2\text{A}$ 、 $P_2=14 \text{ kg/cm}^2\text{A}$  であるが、異音発生時に果たしてどうであったかは明確でない。推定ながら  $P_1$  が  $16 \text{ kg/cm}^2\text{A}$ 、 $P_2$  が  $11 \text{ kg/cm}^2\text{A}$  程度ではなかったかと思われる。このとき  $P_1/P_2=16/11=1.45$  であるから、1.6 に多少足りず、音圧変動の発生は微妙である。そこで、ポート出口のベナコントラクタで、チョーク条件に達していないか調べてみる。



ケージ弁の場合、30～40%開度では( $\Delta P/\Delta P_{vc}$ )は 0.65 程度なので、ベナコントラクタ圧  $P_{vc}$  は

$$P_{vc} = P_1 - \Delta P_{vc} = P_1 - \Delta P / 0.65 = 16 - (16 - 11) / 0.65 = 8.3$$

従って  $P_1/P_{vc} = 16/8.3 = 1.93$

チョークは、 $(P_1/P_{vc}) > \{2/(\gamma + 1)\}^{-\gamma/(\gamma - 1)} = (2/2.35)^{-3.86} = 1.86$  (as 比熱比  $\gamma = 1.35$ ) の時におきるのでこの場合、チョーク条件を満たしポート出口で音速に達している。即ち前述の①に合致しているため、音圧変動を起こした可能性がある。

3. 上記は、文献(1)に準じて議論しているが、かならずしも確定できていない。たとえば、弁のプラグ内空間の定在波との共鳴ではなく、弁から反応器までの短管内の気柱と共鳴した可能性もある。いずれにしても、反応器も含む運転観察 / 発生音の観察 / 振動と騒音の計測 / 前後圧力の計測 / 当該弁の特性データ収集など、手続きを踏んだメカニズム追求がベターであろう。

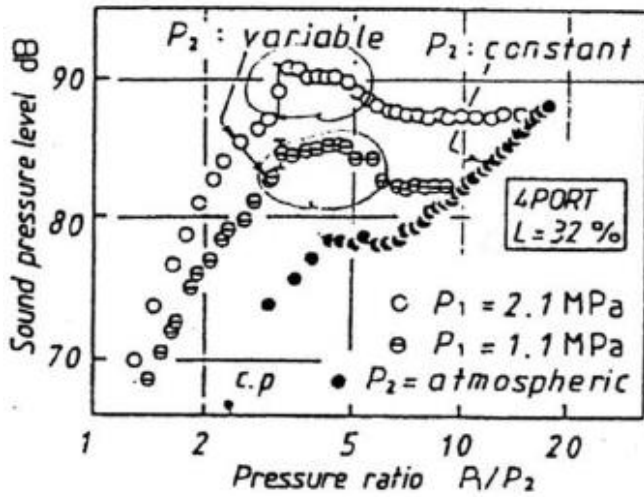


図7 ケージ形弁の発生騒音

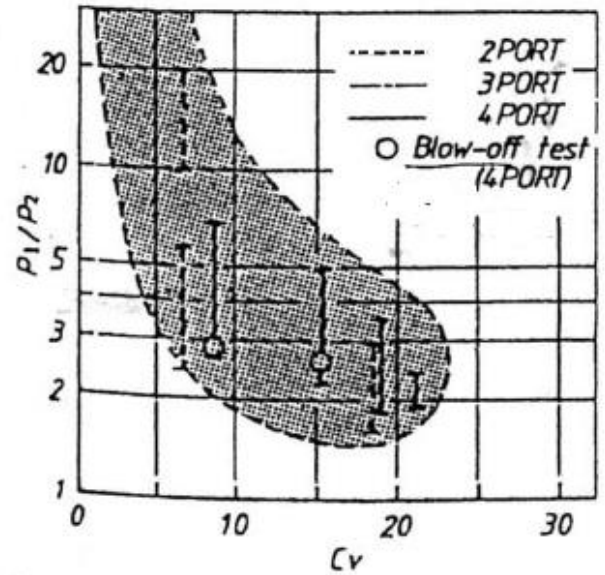


図12 音圧変動の生じる圧力比・弁開度領域

(※ 1) 文献ではゲージ弁騒音について、次のように分別している。

プラグ内空間との共鳴 → 局所限定的な音圧変動(ピーク騒音)

下流配管内の空間との共鳴 → 通常の弁騒音

引用文献)

- (1) 「高圧ガス体の減圧制御にともなう騒音・振動の発生機構(第1報 実機ケージ形弁の騒音・振動特性)」奥津、倉持ほか [JSME B編 Vol.50 No.457(S59.9)]