

そもそも送水基準板とは、

“火災現場に必要な流量を得るために、与えるべきポンプ圧を求める。”

という問題に対して、計算せずに素早くもとめるためのツールである。

しかし、“なんでこんなグラフになるの？”と疑問を持たれている方が多いので解説したい。

### 重要公式

- ・管摩擦損失の式： $F_1 = \lambda \frac{l V^2}{d 2g}$
- ・トリチェリの定理： $Q = cAV = c \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2gh} = c \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2P_n / \rho}$
- ・ポンプ圧とノズル圧（放水圧）の関係： $P_p = P_n + F_1$

以上の3式を連立して解けば良いが、その前に各重要公式についてまず簡単に説明する。

#### ・管摩擦損失の式

他にも実験公式があるが、自分が分かりやすいのでこれにした。

流体を扱う時にエネルギーベースに考えるので速度二乗項があるのと

損失が長さに比例し、直径に反比例するというのが特徴。

（厳密には摩擦は流体の単位体積当たりの、表面積（摩擦面積）に比例）

$\lambda$ は実験や便覧などから推定することができる。

#### ・トリチェリの定理

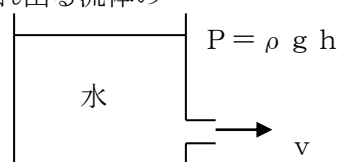
これはタンクに穴を開けた場合、その開口部から流れ出る流体の

速度は、単純にタンクの圧力だけに依存する。

という理論です。高校の物理で

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v = \sqrt{2gh}$$

というのがあったと思うが、その考え方と同じです。



#### ・ポンプ圧とノズル圧（放水圧）の関係

特別な公式でなく、これが送水基準板の最も基本です。

意味は

“必要なノズル圧と損失分を足したものがポンプ圧”

です。ここでポイントは

“式の中には直接的に流量が入っていない。”

ということです。

詳細は成書を参照されたい。

では、実際に求めてみたいと思う。

### STEP1.重要公式の変形

細かいパラメータが多すぎるので式を整理し、わかりやすくしたい。

#### ・管摩擦損失の式

ホースは基本的に 20m なので、メートル単位でなく本単位を適用し、一般的には消火にとって重要なのは“流速”でなく“流量”なので流速→流量変換をする。

$$F_1 = \lambda \frac{l V^2}{d 2g} \Rightarrow F_1 = k N Q^2 \quad k = 0.1 @ 65mm \text{ホース} \quad k = 0.35 @ 50mm \text{ホース}$$

#### ・トリチェリの定理

$$Q = c \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2 P_n / \rho} \Rightarrow Q = c' d^2 \sqrt{P_n} \quad c' = 0.002$$

結局  $Q^2 = c'^2 d^4 2 P_n$

### STEP2.3つの式を解く

$$\begin{cases} F_1 = k N Q^2 \\ Q^2 = c'^2 d^4 P_n \\ P_p = P_n + F_1 \end{cases}$$

Q: 流量 [トン/min]

N: ホース本数

c': 0.002 (係数)

d: ノズル直径 [mm]

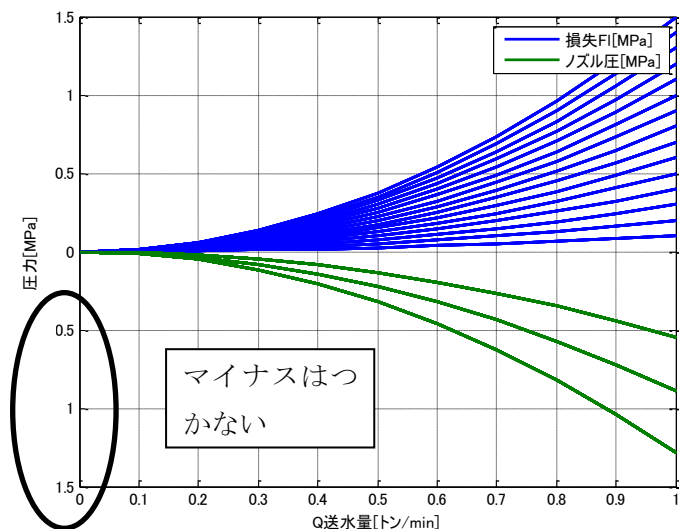
k: 0.1 @ 65mm ホース

ポンプ圧は  $P_p = \frac{Q^2 (k N c^2 d^4 + 1)}{c^2 d^4}$  [MPa]

となるが・・・

### STEP3.グラフを描く

実はSTEP2.でポンプ圧を求める式ができたが、これでは送水基準板は描けない。  
だから  $F_l$  と  $P_n$  を  $Q$  の関数の形にして、各特性を一つのグラフに描く。

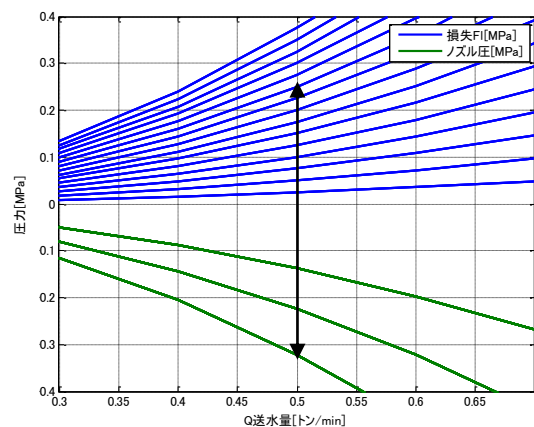


青色の損失曲線が一番下がホース 1 本の時、一番上がホース 15 本の時。  
  
消火栓の設置基準が市街地では半径 120メートルの円で包含できる様になっているため、ホースの経路を考えても 15 本以上延長することは少ないと考える。

ここでポイントはグラフを上下で半分に分け  $F_l$  と  $P_n$  のグラフをこの様に描く。  
上半分がホース本数毎に、下半分がノズル径毎に線を描く。

### STEP4.送水基準板の活用

そして、ポンプ圧を求めるには、例えば 0.5 トン/min が必要な時  
おかれた状況（例えばホースが 10 本でノズルが 21mm）の損失とノズル圧を足す。



この場合であれば損失が 0.26MPa でノズル圧が **0.32MPa** だから、  
ポンプ圧  $P_p$  は、およそ **0.6MPa** とすれば良い。  
なお本図は 65mm ホースの場合であり、50mm ホースの場合は別途求める必要がある。

またノズル圧で重要なのは人間が耐えることのできる筒先の反動力は 200N ほどと言われている。  
その計算式は別のページで紹介しているが、反動力を基準に考えると 21mm ノズルでは 0.3MPa、0.5 トン/min が Max である。

だから、使うときの目安として流量 0.5 トン/min、ノズル圧 0.3MPa を超えない範囲で横軸を決めて、  
その後ホース本数分の損失を加えてやればよい。

補足：ポンプより高所で放水する場合（例えば建物の3Fなど）の場合はポンプ圧の式に

背圧  $F_b$  を加えてやればよい。背圧とは  $10m=0.1MPa$  相当にした、高所まで水をくみ上げるためにホースにかかる負荷のことである。

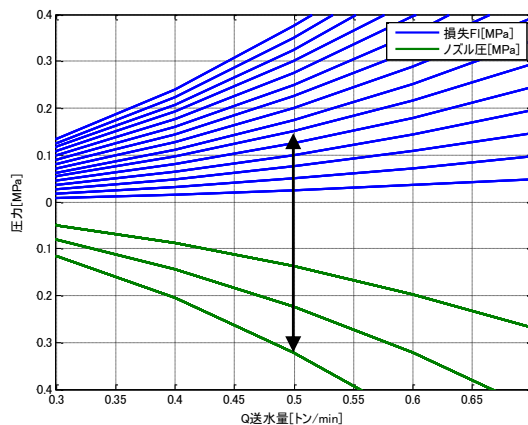
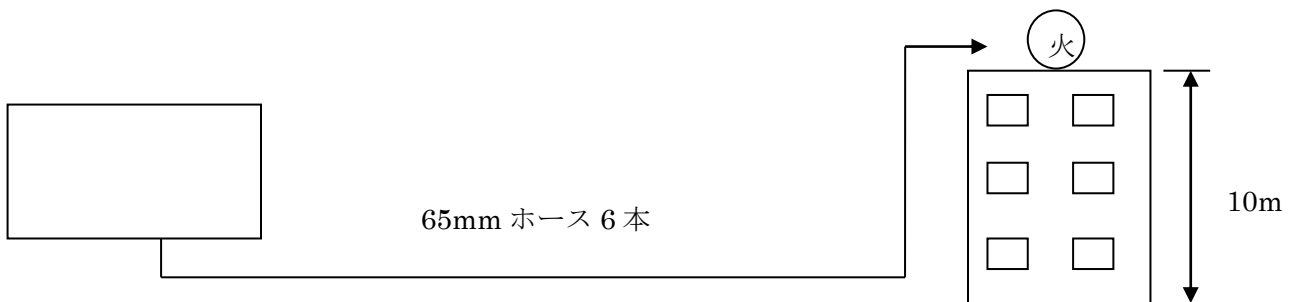
ちなみに  $10m=0.1MPa$  というのは水の物性による決まるものであり、MPa の代わりに水頭  $10m$  という言い方をしばしばすることがある。

$$P_p = P_n + F_l + F_b$$

以上で送水基準板の作図方法は終わりです。

応用：65mm ホース 6 本延長し、高さ 10m の位置で流量 0.5 トン/min で放水したい。

その時に必要なポンプ圧を求めよ



$$P_p = P_n + F_l + F_b = 0.32 + 0.15 + 0.1 = 0.57MPa$$

となります。  $P_p$  が  $1.3MPa$ ※以下であるからホース耐圧は問題ない、21mm ノズルでノズル圧約  $0.3MPa$  以下であるから筒先員の反動力も問題ない。

ということが言えます。

※消防用ホースは平成二十五年総務省令第二十二号消防用ホースの技術上の規格を定める省令で使用圧区分が  $0.7 \sim 2.0MPa$  の 5 区分に分けられています。また消防用ポンプも性能によってクラス分けされており最大で  $2.0MPa$  の吐出圧が得られる仕様もあります。