

## 第4章 水理計算

## 第4章 水理計算

(設計水量)

第20条 設計水量は、給水器具の種類別吐水量とその同時使用率を考えた水量又は建物種類別水量を考慮して決定するものとする。

[解説]

- 1 給水器具の口径決定は、種類別吐水量を考慮して行う。給水器具の種類別吐水量とこれに対応する口径は表1のとおりとする。ただし、表1の用途にないものや使用水量が表1と異なる場合は、給水器具の説明書等を参考に吐水量を算出することができる。

表1 種類別吐水量とこれに対応する給水器具の口径

用途	使用水量( $\ell/\text{min}$ )	対応する給水器具の口径(mm)	
台所流し	12 ~ 40	13 ~ 20	
洗濯流し	12 ~ 40	13 ~ 20	
洗面器	8 ~ 15	13	
浴槽(和式)	20 ~ 40	13 ~ 20	
浴槽(洋式)	30 ~ 60	20 ~ 25	
シャワー	8 ~ 15	13	
小便器(洗浄タンク)	12 ~ 20	13	1回(4~6秒間)の 吐水量 2~3 $\ell$
〃(洗浄弁)	15 ~ 30	13	
大便器(洗浄タンク)	12 ~ 20	13	1回(8~12秒間)の 吐水量 13.5~16.5 $\ell$
〃(洗浄弁)	70 ~ 130	25	
手洗器	5 ~ 10	13	
消火栓(小型)	130 ~ 260	40 ~ 50	
散水栓	15 ~ 40	13 ~ 20	
洗車	35 ~ 65	20 ~ 25	業務用

### 2 口径別給水栓標準使用水量

給水栓の口径別による標準使用水量は、次表に掲げるところによる。

表2 口径別給水栓標準使用水量

給水栓の口径(mm)	13	20	25
標準使用水量( $\ell/\text{min}$ )	17	40	65

### 3 同時使用率を考慮した水量

給水栓の種類と口径が決まれば、1栓当たりの使用水量を給水栓の数に乗じて加算したものが設計水量になるのであるが、複数の給水栓を有する給水装置には、常に全部の給水栓が同時に使用されるわけではないので、同時使用率を考慮した給水栓数を用いるのが一般的であって、その値は表3を標準とする。

ただし、学校や駅の手洗所のように、同時使用率の極めて高い場合には、手洗器、小便器、大便器等その用途ごとに表3を適用して合算する。

表3 同時使用率を考慮した給水器具数

総給水器具数（個）	同時使用率を考慮した給水器具数（個）
1	1
2～4	2
5～10	3
11～15	4
16～20	5
21～30	6

### 4 一日最大使用水量

一日最大使用水量は、建物種別単位給水量、使用時間、人員等（表4）を参考にするとともに、当該施設の規模と内容、給水区域における他の使用実態などを十分に考慮して設定する。

一日最大使用水量の算定には、次の方法がある。

(1) 使用人員から算出する場合

1人1日当り使用水量（表4）×使用人員

(2) 使用人員が把握できない場合

単位床面積当り使用水量（表4）×延床面積

(3) その他

使用実績等による積算

表4は、参考資料として掲載したもので、この表にない業態等については、使用実態及び類似した業態等の使用水量実績等を調査して算出する必要がある。

また、実績資料が無い場合でも、例えば用途別及び使用給水用具ごとに使用水量を積み上げて算出する方法もある。

表4 一日最大使用水量

〈参 考〉 空気調和・衛生工学便覧 第14版

建物種類	単位給水量 (1日当り)	使用時間 [h/日]	注記	有効面積※1当 りの人員など	備考
戸建て住宅	200~400ℓ/人	10	居住者1人当り	0.16人/㎡	
集合住宅	200~350ℓ/人	15	居住者1人当り	0.16人/㎡	
独身寮※2	400~600ℓ/人	10	居住者1人当り	1人/戸	
官公庁・事務所	60~100ℓ/人	9	在勤者1人当り	0.2人/㎡	男子500ℓ/人、女子1000ℓ/人、社員食堂・テナント等は別途加算
工場	60~100ℓ/人	操業時間 +1	在勤者1人当り	座作業0.3人/㎡ 立作業0.1人/㎡	男子500ℓ/人、女子1000ℓ/人、社員食堂・シャワー等は別途加算
総合病院	1,500~3,500ℓ/床 30~60ℓ/㎡	16	延べ面積1㎡当り		設備内容等により詳細に検討する
ホテル全体	500~6,000ℓ/床	12			同上
ホテル客室部	350~450ℓ/床	12			客室部のみ
保養所	500~800ℓ/人	10			
喫茶店	20~35ℓ/客 55~130ℓ/店舗㎡	10		店舗面積には 厨房面積を含む	厨房で使用される水量のみ便所洗浄水などは別途加算
飲食店	55~130ℓ/客 110~530ℓ/店舗㎡	10		同上	同上(定性的には軽食・そば・和食・洋食・中華の順に多い)
社員食堂	25~50ℓ/食 80~140ℓ/食堂㎡	10		同上	同上
給食センター	20~30ℓ/食	10			同上
デパート スーパーマーケット	15~30ℓ/㎡	10	延べ面積1㎡当り		従業員分・空調用水を含む
小・中・普通 高等学校	70~100ℓ/人	9	(生徒+職員) 1人当り		教師・職員分を含む。プール用水(40~100ℓ/人)は別途加算
大学講義棟	2~4ℓ/㎡	9	延べ面積1㎡当り		実験・研究用水は別途加算
劇場・映画館	25~40ℓ/㎡ 0.2~0.3ℓ/人	14	延べ面積1㎡当り 入場者1人当り		従業員分・空調用水を含む
ターミナル駅 普通駅	10ℓ/千人 3ℓ/千人	16	乗降客 1,000人当り		列車給水・洗車用水は別途加算 従業員分・多少のテナント分を含む
寺院・教会	10ℓ/人	2	参会者1人当り		常住者・常勤者分は別途加算
図書館	25ℓ/人	6	閲覧者1人当り	0.4人/㎡	常勤者分は別途加算

※1 有効面積は、居室の面積で算出する。

※2 独身寮は、各部屋にキッチンや浴室がある場合を指す。キッチン、浴室等が共同の場合は、1部屋あたり200ℓ、食堂は社員食堂の値、浴室は浴槽体積及び水の入替回数等を考慮すること。

※3 表4の他、用途別業態別標準使用水量表(日本水道協会水道施設設計指針・解説)を参考にすることができる。

(水理計算)

第21条 水理計算にあたっては、設計水圧、使用水量、管路延長、給水栓数及び取付け位置その他の設計条件に基づき、総損失水頭、管口径を算出する。

2 損失水頭の計算にあたっては、配水管の計画最小動水圧は0.167MPa (17mAq) とする。

[解説]

## 1 基礎水理

### (1) 基礎知識

配水管路の途中の分岐や末端の仕切弁を閉じて管内の水の流れを静止させたとき、この管路の任意点にガラス管を立てたと考えると、この水位は配水地の水位または配水ポンプの揚程に等しい高さになる。すなわち管路の各点ではガラス管の水柱重量に等しい水圧を受けるが、これを静水圧といいMPa (mAq) で表わす。

$$P = w \cdot h$$
$$h = P / w$$

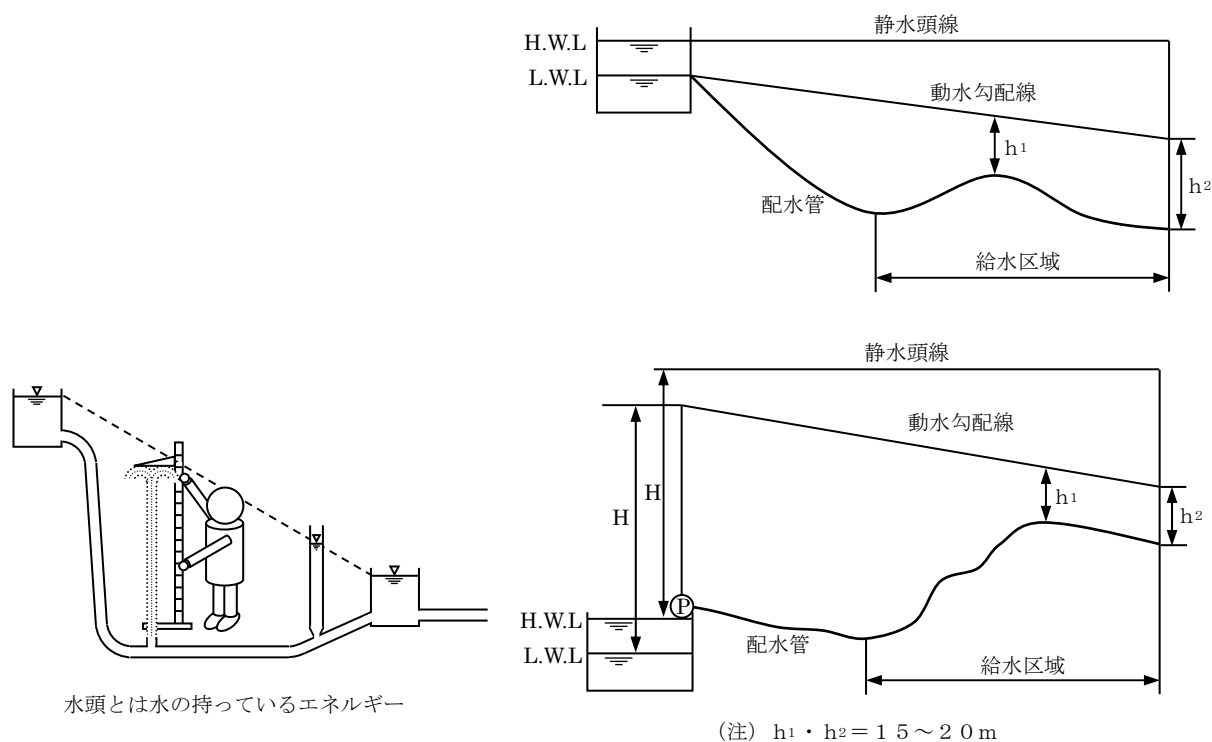
ここに

P : 水圧	(MPa) (mAq)
h : 水柱の高さ	(cm)
w : 水の単位重量	(0.001kg/cm <sup>3</sup> )

このhは水圧Pを生ずるに必要な水柱の高さを表し水頭と呼んでいる。水頭は水圧と異なるが長さの単位で水圧が表現できるのでよく用いられ、0.098MPa (10mAq) の水圧は10mに相当する。このように、水が持つエネルギーを高さの単位で表現したものを「水頭」(Headヘッド) という。

いまこの管路の仕切弁を開いて水を流すとガラス管の水位は低下する。これは水が流れるときは流速を出し、また摩擦その他の抵抗に打ちかって流れるため、各種エネルギー損失に相当する水頭が失われるからで、これらの水頭を損失水頭という。そして水が流れるときの管路の各点は、低下したガラス管水柱に相当するだけの水圧を受けるが、これを動水圧と呼んでいる。またこれらの動水頭を結んだ線が動水勾配線であって、水が流れるのに必要な水頭(損失水頭)とその距離(管長)との比を動水勾配という。配水管などの圧力管路は必ずこの動水勾配線以下に布設しておかなければならない。また、仕切弁を閉じて管内の水の流れを急に停止させると、その上流側の水は急に速度が減少するため水圧が上昇する。これを水撃作用といい、水撃圧の大きさは仕切弁を閉止する時間や管路の延長・管種によって変化する。水撃作用はしばしば管破損の原因となる。

図1 動水勾配図



(2) 給水管路の動水勾配

動水勾配とは、水が流れるために必要な水頭とその距離との比をいう。すなわち、管水路の2点間における水頭の差を距離で除したものである。(損失水頭とその距離との比を動水勾配という。)

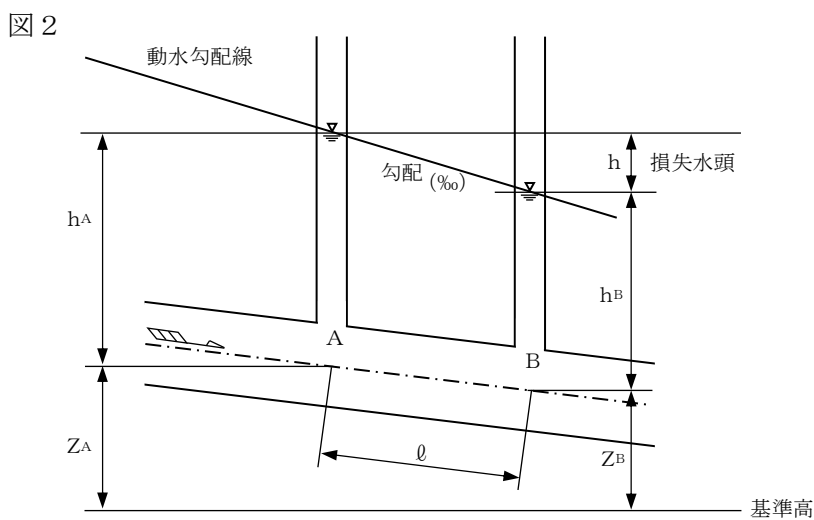


図2において、管水路に水が流れている状態を考える。今、この管に小孔をあけ、ガラス管を立てると、ガラス管内には水圧に応じて水が上昇してくる。この各点におけるガラス管内の水圧を連ねた線を動水勾配線という。

図の2点A、Bにおける基準高よりの高さを、 $Z_A$ 、 $Z_B$ 、ガラス管内の水位を、 $h_A$ 、 $h_B$ 、A B間の距離を $l$ とすると、 $h = (h_A + Z_A) - (h_B + Z_B)$ とすれば、動水勾配Iは、次

式で表わされる。

$$\text{動水勾配 (I)} = \frac{\text{損失水頭 (h)}}{\text{距離 (l)}} \times 1000\%$$

動水勾配は水頭に比例し、距離に反比例する。したがって、水頭が大きく、距離が小さいほど大きく、水頭が小さく距離が大きいほど小さい。動水勾配は通常‰千分率（パーミリと呼ぶ。1‰=0.001）単位で表現される。又、hは、A B間に生じた損失水頭を示しており、管長に比例する。

（例）

- ① 管延長 10mの装置に水を流したとき、損失水頭 3mであった、動水勾配は、

$$\text{動水勾配} = \frac{3\text{m}}{10\text{m}} \times 1,000 = 300(\%)$$

- ② 管延長 30mの装置を動水勾配 200(‰)で水が流れたとき、その間の損失水頭は、

$$\text{損失水頭} = \frac{200}{1,000} \times 30 = 6(\text{m})$$

表 5 動水勾配標準値

口径 (mm)	動水勾配(‰)	口径 (mm)	動水勾配(‰)
13	400 以内	40	70 以内
20	200 "	50	50 "
25	150 "	75	30 "
30	110 "	100	20 "

## 2 水理計算

### (1) 管径決定の基準

給水管の管径は、配水管の計画最小動水圧時において、設計水量を十分に供給できるもので、かつ経済性も考慮した合理的な大きさにすることが必要である。管径は、給水栓の立上り高さ及び余裕水頭に全損失水頭（設計水量に対する管の流入、流出口における損失水頭、摩擦による損失水頭、水道メータ、水栓類、管継手類による損失水頭、その他管の湾曲、分岐及び断面変化による損失水頭の合計）を加えたものが、配水管の計画最小動水圧 0.167MPaの水頭以下になるよう計算により定める。

ただし、上記の損失水頭のうち、主なものは、管の摩擦損失水頭、メータ給水器具類、及び管継手等による損失水頭であって、その他のものは、計算上省略してもさしつかえないが、その場合 10%の余裕を見込むこと。

なお、湯沸器などのように最低作動圧を必要とする器具がある場合は、器具の取付け部に

において最低必要圧力分の水頭を確保すること。また先止め式湯沸器で給湯管路が長い場合は、給湯水栓やシャワーなどにおいて所要水量を確保できるよう設計すること。

さらに、給水管内の流速は、過大にならないよう  $2\text{m}/\text{sec}$  以下とすること。

① 給水管の摩擦損失水頭

硬質塩化ビニル管、ポリエチレン管、硬質塩化ビニルライニング鋼管等の口径が  $50\text{mm}$  以下の給水管の摩擦損失水頭の計算は、ウエストン公式により、また、口径  $75\text{mm}$  以上の給水管については、ヘーゼン・ウィリアムズ公式を用いて行う。

② 水栓類、メータ及び管継手による損失水頭

給水装置における損失水頭のうち、水栓類、メータ及び管継手類による損失水頭の実験値は、図5及び図6のとおりである。なお、これらの図に示していない器具類の損失水頭は、製造会社の資料等を参考にして決めることが必要である。

③ 水栓類、メータ等による損失水頭の直管換算表

直管換算表とは、水栓類、メータ等による損失水頭を、これと同口径の直管何メートル分の損失水頭に相当するかを直管の長さで表したものをいい、各種器具の標準水量に対応する直管換算表をあらかじめ計算しておけば、これらの損失水頭は管の摩擦損失水頭を求める式から計算できる。算定換算したものは表8のとおりである。

(2) 管径計算の方法

給水管の管径計算は、あらかじめ給水装置を仮定し、所要水量に対する全損失水頭が、配水管の有効水頭以下になるよう次の方式で行う。

① 損失水頭の算出

ア 仮定装置の使用状況を想定（同時使用水栓の想定）したうえで、管径を仮定し、各区分間流量を設定する。なお、同時使用する給水器具は使用頻度の高いもの（台所、洗面所等）を含めるとともに、需要者の意見等も参考にして想定する。

イ 給水装置末端から水理計算を行う。

ウ 各区分間の損失水頭を計算する。

エ 立上り高さ及び立下り高さを損失水頭として見込む。

② 管径の決定

全損失水頭と、配水管の有効水頭の関係が成立するとき（有効水頭  $>$  全損失水頭）の仮定管径が採用される。

ア 全損失水頭が配水管の有効水頭に対し過大となるときは、仮定管径を1段上位として再計算を行う。

イ 全損失水頭が配水管の有効水頭に対し過少となるときは、仮定管径を1段下位として再計算を行う。



図3 動水勾配線

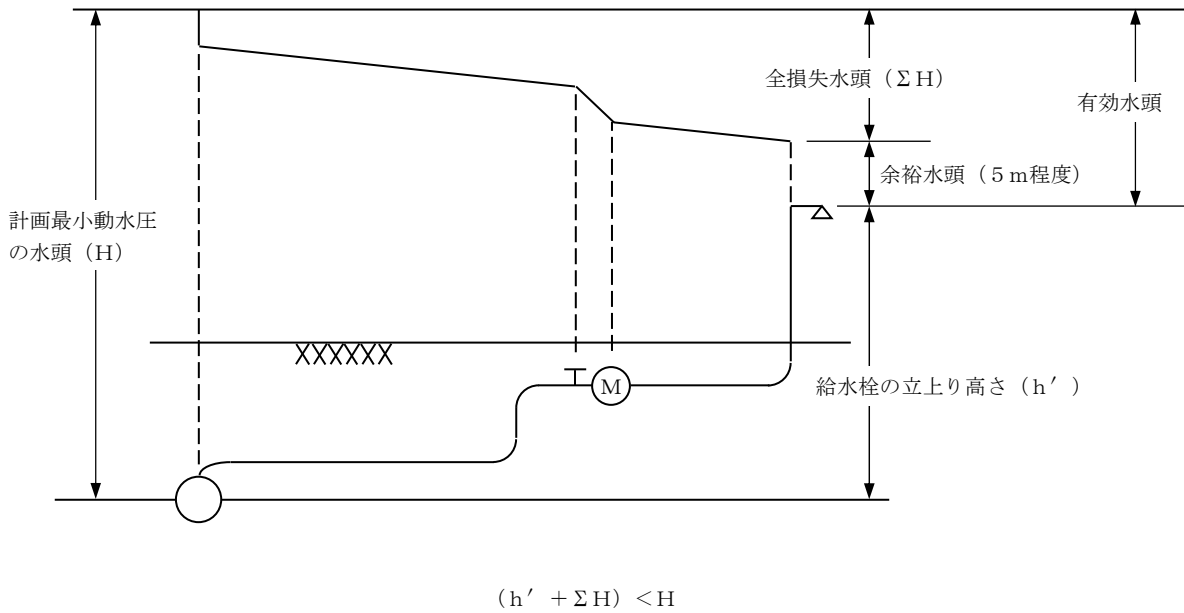


表6 <参 考>

器 具 名	最低必要圧力 (MPa)	
大便器洗浄弁	0.0686 {0.7}	
大便器洗浄弁 (低圧用)	0.0392 {0.4}	
温水洗浄式便座	0.0490 {0.5}	
シャワー	0.0686 {0.7}	
ガス瞬間湯沸器	4～5号	0.0392 {0.4}
	7～16号	0.0490 {0.5}
	22～30号	0.0785 {0.8}

<資 料>最小動水圧

配水管の計画最小動水圧については、平成23年4月愛知中部水道企業団第1次水道施設整備計画により0.167MPaとしている

(3) 損失水頭の計算

給水管の損失水頭の計算にあたっては、次に掲げるところによる。

① 損失水頭の種類

管路の流量計算には、次のような各種損失水頭を考慮することになる。

- ア 管の内壁との摩擦によって生じる損失。
- イ 管の入口に流入するとき生じる損失。
- ウ 管の曲りによって生じる損失。
- エ 止水栓等の障害物によって生じる損失。

オ 管径が変化することによって生じる損失。

カ 管の出口から流出するときに生じる損失。

一般にこれらの損失は  $h = f \cdot \frac{V^2}{2g}$  で表され、 $f$  を損失係数と呼び、各損失に対

して実験により求められている。

## ② 摩擦損失水頭

次の事項によって各々その程度が異なる。

ア 管の長さ  $L$  に正比例する。(管延長が長くなると管の摩擦損失水頭は大きくなる。)

イ 管の内面粗雑度に正比例する。

ウ 管内流水速度 ( $V$ ) の自乗に正比例する。(流量が大きくなると管の摩擦損失水頭は大きくなる。)

エ 管の直径 ( $d$ ) に反比例する。(管口径が大きくなると管の摩擦損失水頭は小さくなる。)

オ 管内流水の有する圧力に関係がない。

1) 口径 50mm 以下の管の摩擦損失水頭の計算は、次のウエストン公式による。

(通常の計算に当たっては、ウエストン式流量図を用いて計算してもよい。)

ウエストン公式

$$h = \left( 0.0126 + \frac{0.01739 - 0.1087 d}{\sqrt{V}} \right) \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot V$$

ただし  $h$  = 摩擦損失水頭 (m)

$L$  = 管の長さ (m)

$d$  = 管の内径 (m)

$g$  = 重力の加速度  $\approx 9.8 \text{ m/sec}$

$V$  = 流速 (m/sec)

$Q$  = 流量 ( $\text{m}^3/\text{sec}$ )

[参 考] 上記公式  $Q = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot V$  より  $d$  を求めると

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}} \quad \text{となり、口径の推定に便利である。}$$

<例> 1時間当の使用量  $1.5 \text{ m}^3$  に対応する給水管口径を求める。

$V = 1.5 \text{ m/sec}$  として

$$d = \sqrt{\frac{4 \times \frac{1.5}{3,600}}{\pi \cdot 1.5}} \approx 0.019 \text{ m}$$

ゆえに給水管口径は 20mm と推定できる。

2) 口径 75mm 以上の管の摩擦損失水頭の計算は、次のヘーゼン・ウィリアムズ公式による。通常の計算にあたっては、ヘーゼン・ウィリアムズ公式図表（図 4）を用いて計算してもよい。

$$I = h / L = 10.666 \cdot C^{-1.85} \cdot d^{-4.87} \cdot Q^{1.85}$$

$$V = 0.35464 \cdot C \cdot d^{0.63} \cdot I^{0.54}$$

$$Q = 0.27853 \cdot C \cdot d^{2.63} \cdot I^{0.54}$$

$$d = 1.6258 \cdot C^{-0.38} \cdot Q^{0.38} \cdot I^{-0.205}$$

$I = h / L$  : 動水勾配

C : 流速係数

V : 平均流速 (m/sec)

d : 管内径 (m)

Q : 流量 (m<sup>3</sup>/sec)

L : 管長 (m)

h : 摩擦損失水頭 (m)

表 7 ヘーゼン・ウィリアムズ公式の C の値

管 種	管路における C の 値	備 考
モルタルライニング 鋳 鉄 管 塗 覆 装 鋼 管 石 綿 セ メ ン ト 管 硬 質 塩 化 ビ ニ ル 管	110 110 110 110	屈曲損失等を別途に計算するとき、直線部 C の 値を 130 にすることができる。

「水道施設設計指針・解説」によれば、管路における C 値は、おおむね上表の通りである。C 値は新管で C = 130 とされているが異形管部・弁類部・流出流入部等の損失水頭を考え C = 110 が一般に用いられており水理計算をするにあたりこの値 C = 110 を使用する。

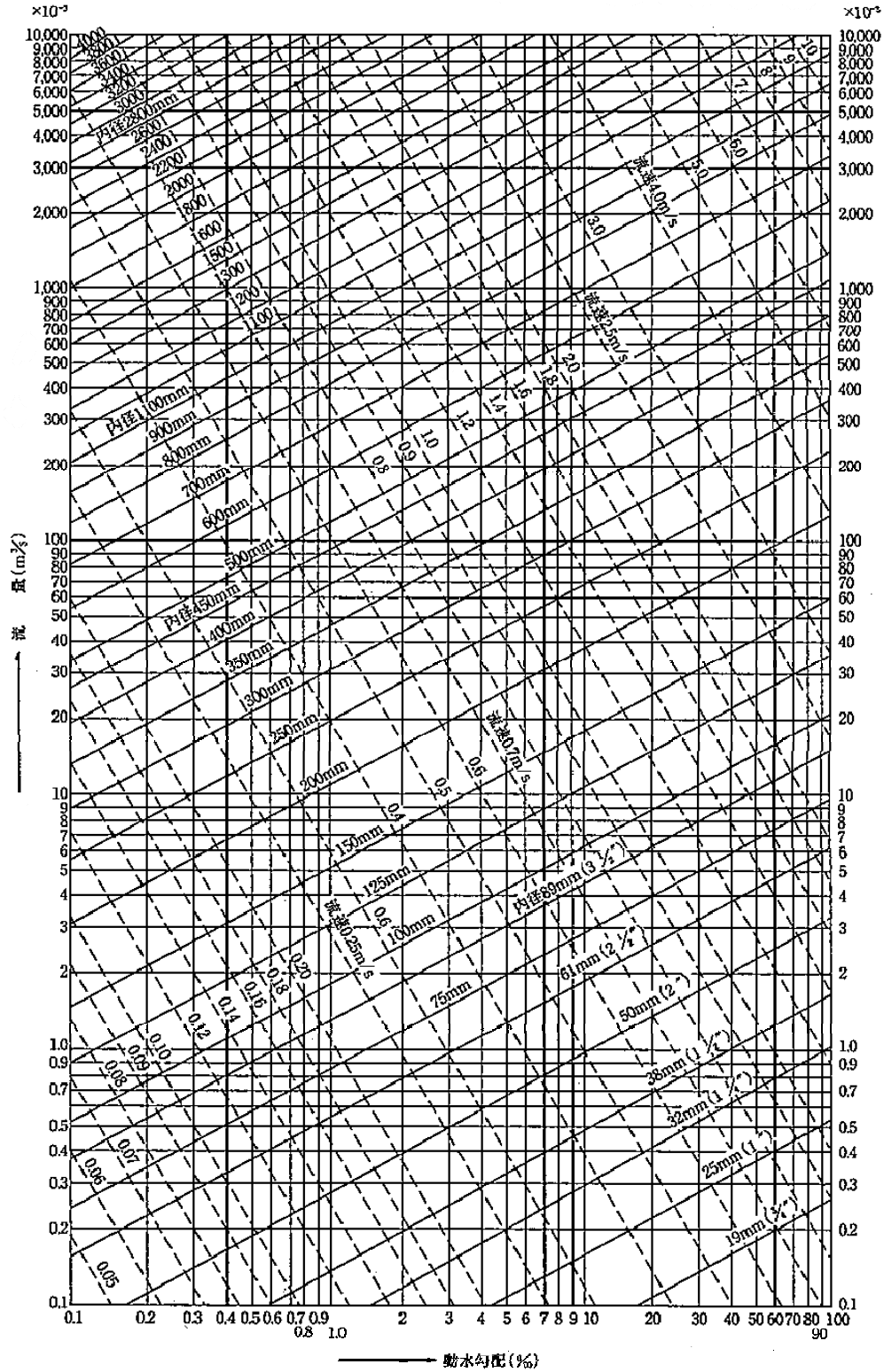
図4 ヘーゼン・ウィリアムズ公式流量図

ヘーゼン・ウィリアムズ公式 (管径 75mm 以上)

$$h = 10.666 \times C^{-1.85} \times d^{-4.87} \times Q^{1.85} \times L$$

ここに、h : 管の摩擦損失水頭 (m)、Q : 流量 (m<sup>3</sup>/s)、L : 管長 (m)、d : 管の実内径 (m)、C : 流速係数

(C = 110 の場合)



③ 水栓類、メータ及び管継手による損失水頭

水栓類、メータ及び管継手による流量と損失水頭の管径（実験値）を例示すれば、図5及び図6のとおりである。

<参考> 日本水道協会水道施設指針・解説より

図5 水栓類の損失水頭例

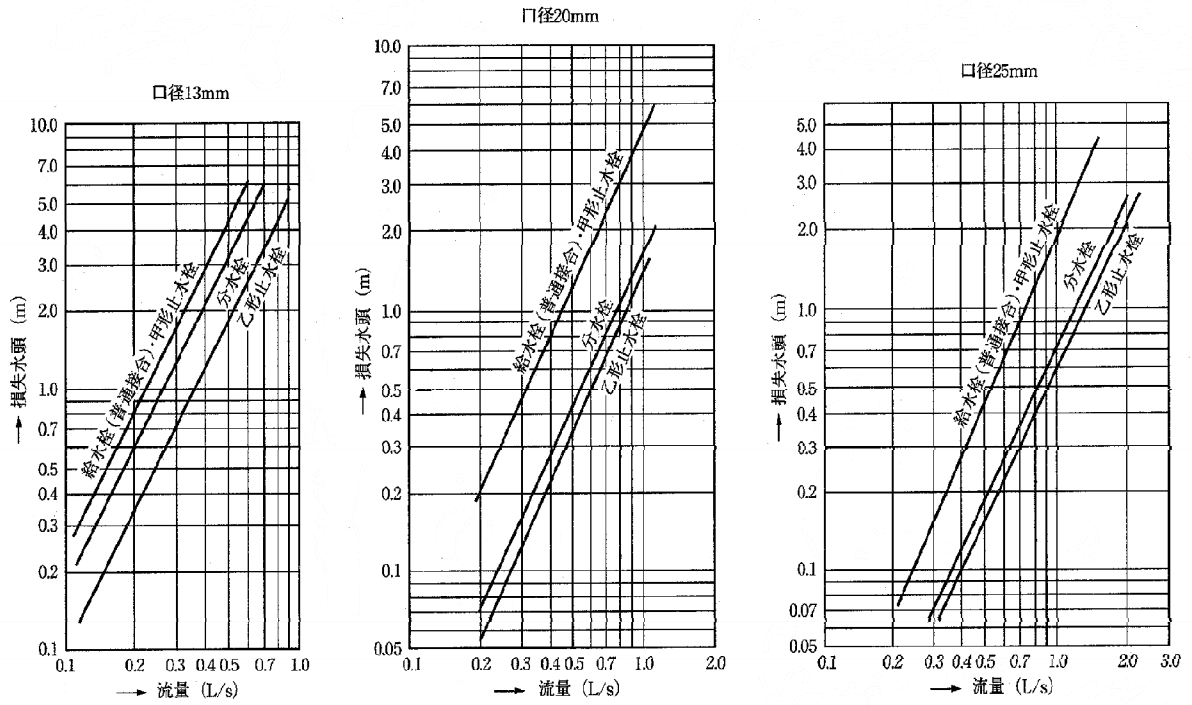
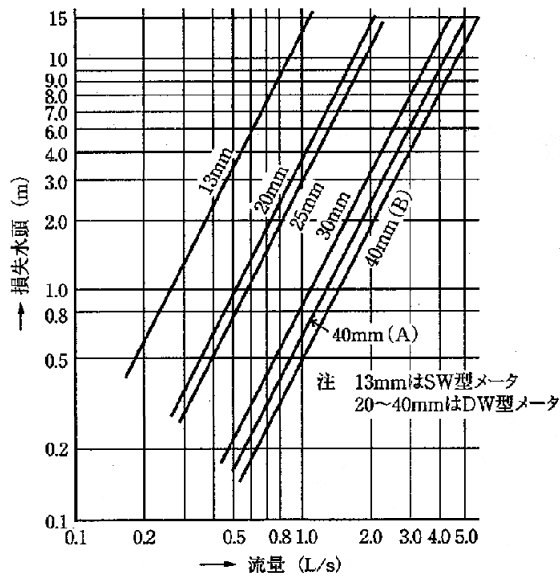


図6 メータの損失水頭例



④ 水栓類、メータ等による損失水頭の直管換算表

水栓類、メータ、管継手等による損失水頭と同口径の直管の摩擦損失水頭を比べ、器具類の損失水頭と、損失水頭が等しくなる直管の長さを器具等の直管換算表という。

損失水頭の算定にあたっては、管路の摩擦損失水頭のほかに、管の断面積変化、弁栓類、メータ等の障害物の損失水頭を次に掲げる取付け器具その他の換算表（直管換算表）を使用してもよい。

次の表は、それぞれの器具の損失水頭を直管延長に換算したものである。

表8 <参考>器具類損失水頭の直管換算表

(単位m)

種 別 \ 口 径 m/m	13	20	25	30	40	50
サドル分水栓	1.5	2.0	3.0	3.8	5.2	6.7
開閉防止型ボール式止水栓	0.4	0.8	1.0	—	—	—
丸ハンドル用止水栓	3.0	5.1	8.4	—	—	—
ボール式逆止弁	4.9	16.0	18.4	12.1	16.1	25.1
メー タ	3.0~4.0	8.0~11.0	12.0~15.0	19.0~24.0	20.0~26.0	25.0~35.0
水 栓	3.0	8.0	8.0	—	—	—
エ ル ボ	0.55	0.84	1.05	1.27	1.73	2.22
チ ー ズ 分 流	0.66	1.01	1.27	1.53	2.07	2.68
チ ー ズ 直 流	0.19	0.30	0.36	0.45	0.60	0.78
異 径 接 合	0.5~1.0	0.5~1.0	0.5~1.0	1.0	1.0	1.0

この表は、それぞれの器具の損失水頭を直管延長に換算したものである。

— 表の見方 — 口径20mmのサドル分水栓の損失水頭は口径20mmの直管2m分の損失水頭に等しい。

- ※ φ13mm 160/分
- φ20mm 380/分
- φ25mm 600/分

(4) 口径の等値換算

水理計算で異なった口径を同一の口径に換算する場合は、次の表を用いる。

表9 直管延長と管径との等値換算表（ウエストーン公式）

口径 mm \ 口径 mm	13	20	25	30	40	50
13	1					
20	7	1				
25	19	3	1			
30	43	6	2	1		
40	156	22	8	4	1	
50	431	62	23	10	3	1

流量 $Q = 120/\text{min}$ の時の値である。

— 表の見方 — 口径13mmと口径20mmの管で同量の水を流す場合、口径13mmの管は口径20mmの管の7倍分の延長に生じる損失水頭と等しい。

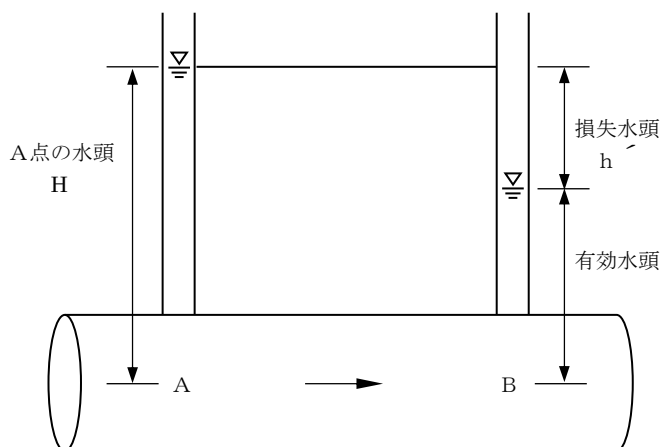
(5) 有効水頭

配水管の水頭 $H$ から、給水栓の配水管中心高よりの立上り高さ $h'$ を差引いたものを有効水頭という。

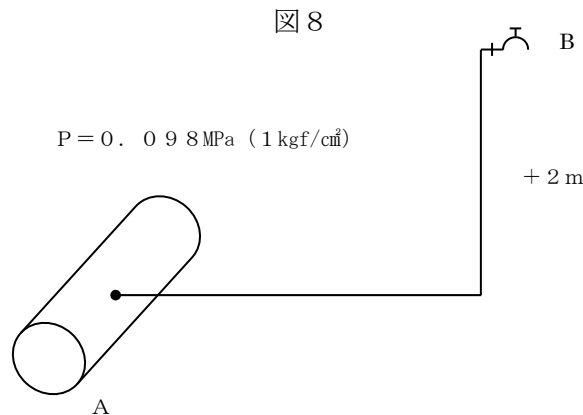
(例)

図7において、A点の水頭のうち、B点から水を流すのに利用できる水頭のことをA、B間の有効水頭という。

図7



(例) 図8の給水装置の有効水頭を求める。(余裕水頭を考慮せず計算した場合)



A点の水頭は水圧 0.098MPa なので 10m である。B点の水頭はその位置が 0m であるが A点の位置（高さ）を基準とすると、立上り高さ分の 2m である。したがって、この給水装置の有効水頭は、

$$\begin{aligned} \text{有効水頭} &= 10\text{m} - 2\text{m} \\ &= 8\text{m} \end{aligned}$$

(6) 配水補助管の損失水頭

配水補助管の設計で末端までの配水管の損失水頭は同時使用率を考慮し配水管の幹線各区间での流量を求め配水管の末端での損失水頭が 10m 以上としないようにする。

(7) 設計水圧

① 設計水圧

配水管の計画最小動水圧は 0.167MPa として設計をする。

② 給水管口径の選定

給水管口径は、分岐する配水管の最小動水圧（最低水圧）のときにおいても、その設計水量を供給しうる大きさであり、かつ、使用水量に対し著しく過大でないこと。

ア 給水管口径は、口径 20mm 以上を原則とする。

イ 給水栓において、最小動水圧 0.049MPa (5mAq) を確保すること。

ウ 種類別吐水量（表 1）及び同時使用率（表 3）を考慮すること。

③ 配水管口径

配水管口径は、口径 50mm 以上を原則とする。

(8) 水理計算を実施する前の必要事項

① 管口径	d	[ mm ]
② 管延長	L	[ m ]
③ 設計水量	Q	[ ℓ/min ]
④ 配水管最小動水圧	P	[ MPa ]



- ⑤ 水 頭 [ m ]
- ⑥ 有効水頭  $H_o$  [ m ]
- ⑦ 動水勾配  $I$  (単位は千分率で表す) [ ‰ ]

したがって  $I = \frac{H_o}{L} \times 1,000$

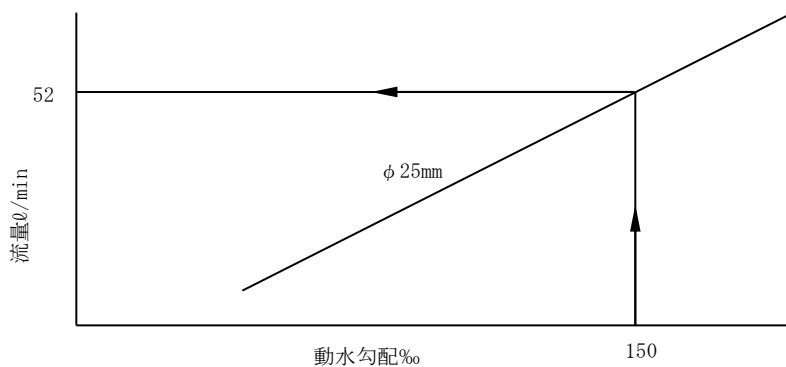
- ⑧ 損失水頭  $h$  [ m ]
- ⑨ 設計水圧

配水管の最小動水圧が 0.167MPa 以上の場合でも、水理計算を実施するときは 0.167MPa (水頭 17m) で計算する。

(9) ウェストン公式流量図の見方

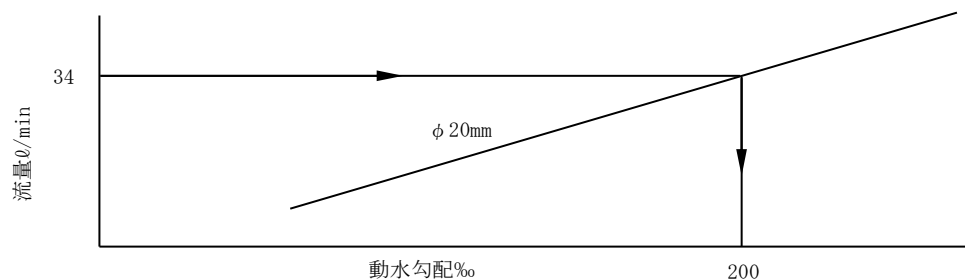
① 流量を求める場合

動水勾配 150‰で管口径 25mm の流量は、流量図の勾配 150‰のところから垂直に上へのぼし、口径 25mm の線と交わった点を左へ移動してつき当って点で流量を読む、この場合の流量は 52ℓ/min となる。



② 動水勾配を求める場合

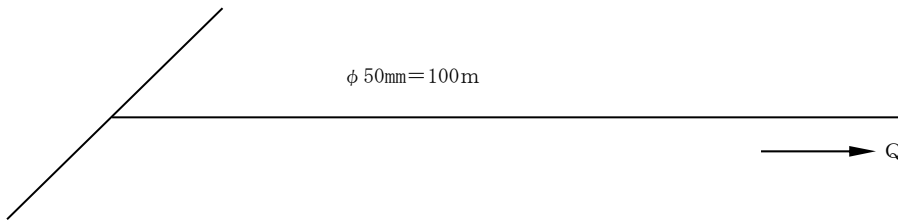
流量 34ℓ/min、管口径 20mm の動水勾配は、流量図の流量 34ℓ/min のところから右へのぼし、口径 20mm の線と交わった点を下におろしてつき当った点で動水勾配を読む、この場合の動水勾配は 200‰となる。



(10) 計 算

① 計算例

次の損失水頭を求める。

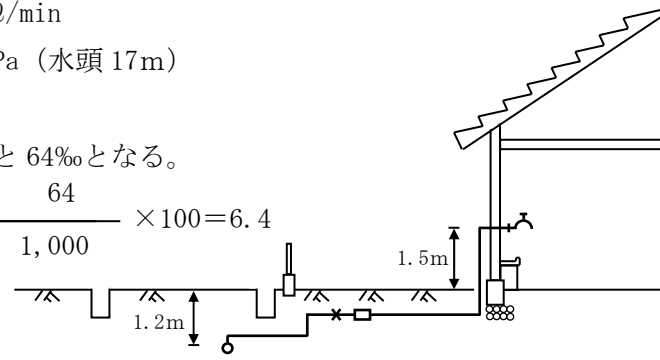


管口径 (d)        50mm  
 延長 (L)        100m  
 流量 (Q)        200ℓ/min  
 設計水圧        0.167MPa (水頭 17m)  
 地盤高は水平

動水勾配 I を流量図より求めると 64‰となる。

損失水頭  $h = I \times L$  より  $h = \frac{64}{1,000} \times 100 = 6.4$

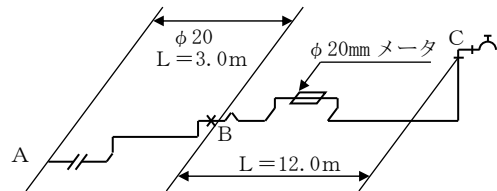
故に損失水頭  $h$  は 6.4m となる。



② 計算例

次の流量を求める。

給水栓            13mm        1個  
 配水管土被り    1.2m  
 給水栓高さ      1.5m  
 (地上より)



ア 設計水圧

0.167MPa (水頭 17m)

イ 給水管の延長と器具等の直管換算及び等値換算

A-B間

給水管	20mm	L = 3.0m
分水サドル	100×20	L = 2.0m
開閉防止型ボール式止水栓	20	L = 0.1m
計		5.1m

B-C間

給水管	20mm	L = 12.0m
エルボ	20×90°	L = 5.88 (7個×0.84m/個)

異径接合	20×13	L = 1.0m
メータ	20	L = 11.0m
ボール型逆止弁	20	L = 10.6m
甲止水栓	20	L = 8.0m
給水栓	13	L = 21.0m
		(3.0m×7) (等値換算係数)
計		69.48m

A-C間の換算表

$$L = (5.1\text{m} + 69.48\text{m}) \times 1.1 \text{ (継手類・換算総延長の10\%を考慮)}$$

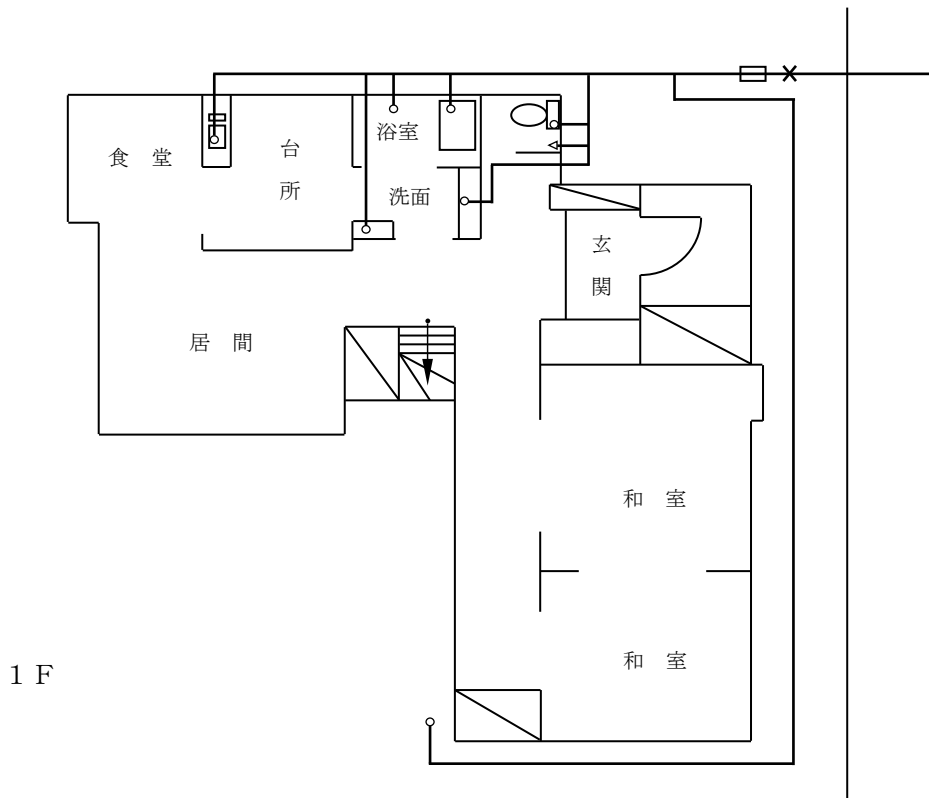
$$= 82.0 \div 82\text{m}$$

ウ 動水勾配

$$\text{有効水頭 } H_o = 20.0\text{m} - (1.2\text{m} + 1.5\text{m}) = 17.3\text{m}$$

$$\text{動水勾配} = \frac{H_o}{L} \times 1,000$$

$$= \frac{17.3}{86} \times 1,000 \div 201\text{‰}$$



エ 流量

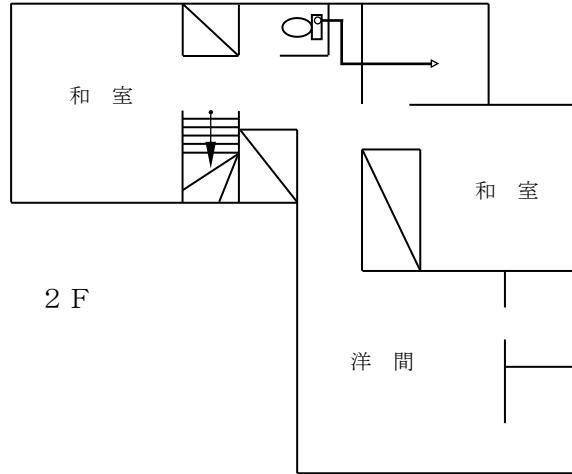
流量Qはウエストン公式流量図により求めると 340/min となる。

③ 計算例

次の給水管口径を求めよ。

給水栓の末端最小動水圧 0.049MPa

配水管の土被り 1.2m

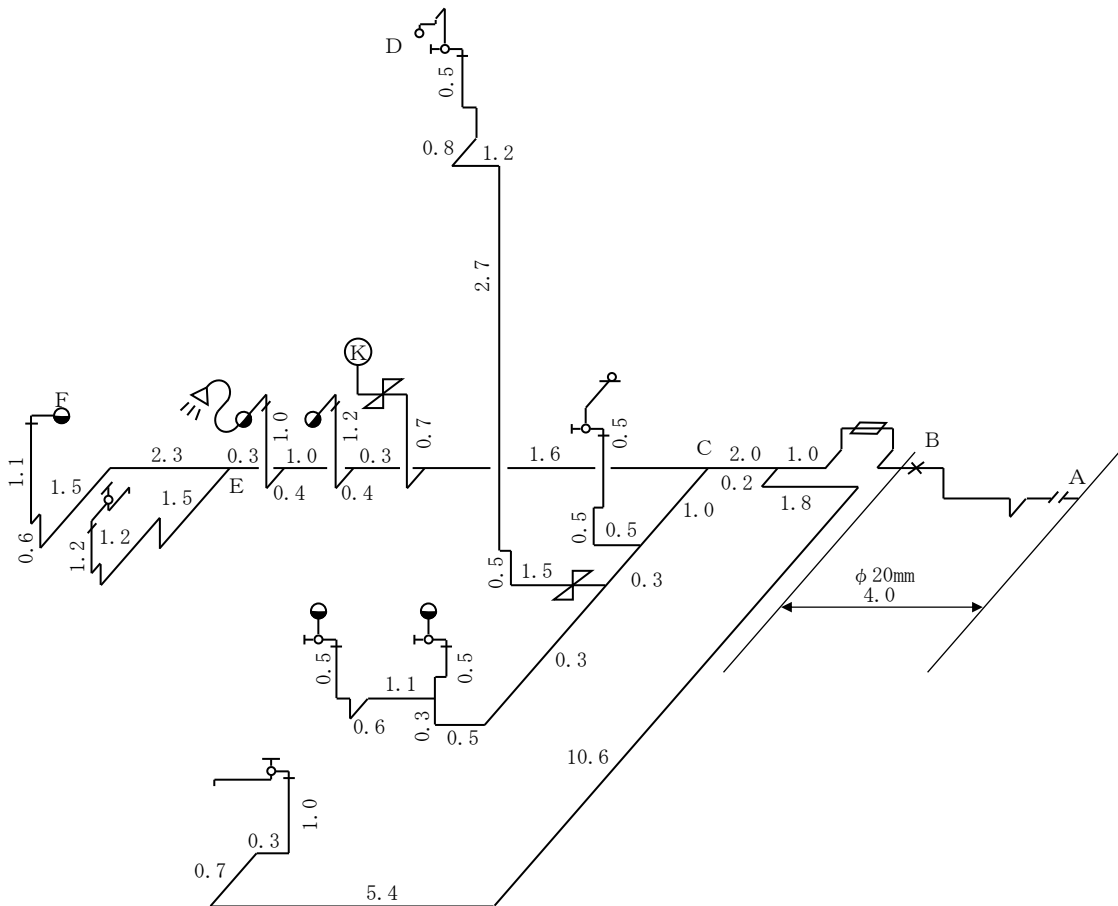


給水栓D点の高さ（地上より） 3.4m

給水栓F点の高さ（地上より） 1.4m

給水栓 13mm 10個

同時使用の給水栓 3個（台所、便所、洗濯）



ア 設計水圧 0.167MPa (水頭 17m)

イ 設計水量及び給水栓の同時使用率

取 付 器 具	口径	同時使用の有無	設計水量
自 在 水 栓 ( 庭 )	13mm	—	
ロータンク ( 1 階便所)	〃	—	
ロータンク ( 2 階便所)	〃	使 用	12 ℓ/min
混 合 水 栓 ( 手 洗 用 )	〃	—	
混 合 水 栓 ( 洗 面 用 )	〃	—	
ふ ろ が ま	〃	—	
混 合 水 栓 ( 浴 場 用 )	〃	—	
ハンドシャワー付混合水栓	〃	—	
自 在 水 栓 ( 洗 濯 用 )	〃	使 用	12 ℓ/min
混 合 水 栓 ( 台 所 用 )	〃	使 用	12 ℓ/min
計 10 個	〃	3 個	36 ℓ/min

ウ 給水管口径の仮定

A - B間の口径 20mm B - D間の口径 20mm

C - F間の口径 20mm

エ 配水管の延長と器具等の直接換算及び等値換算

A - B間

給水管	20mm	L = 4.0m
分水サドル	100×20	L = 2.0m
開閉防止型ボール式止水栓	20	L = 0.1m
計		6.1m

B - C間

給水管	20mm	L = 3.0m
チーゾ	20×20	L = 0.3m
甲止水栓	20	L = 8.0m
ボール型逆止弁	20	L = 10.6m
メータ	20	L = 11.0m
計		32.9m

C-D間

給水管	20mm	L=8.5m
エルボ	20×90°	L=6.72m (8個×0.84m/個)
チーゾ	20×20	L=2.02m (2個×1.01m/個)
チーゾ	20×20	L=0.30m
甲止水栓	20mm	L=8.0m
異径接合	20×13	L=1.0m
給水栓	13mm	L=21.0m
		(3m×7 等値換算係数)
計		47.54m

C-E間

給水管	20mm	L=3.2m
チーゾ	20×20	L=1.20m (4個×0.30m/個)
計		4.40m

E-F間

給水管	20mm	L=5.5m
エルボ	20×90°	L=3.36m (4個×0.84m/個)
チーゾ	20×20	L=0.30m
異径接合	20×13	L=1.0m
給水栓	13mm	L=21.0m
		(3m×7 等値換算係数)
計		31.16m

オ 損失水頭

A-B間

Q=360/min をウエストン公式流量図より動水勾配を求めると 220‰となる。

$$h = I \times L \text{ より } h = \frac{220}{1,000} \times 6.1 \div 1.34\text{m}$$

故に損失水頭 h は 1.34m となる。

B-C間

Q=360/min をウエストン公式流量図より動水勾配を求めると 220‰となる。

$$h = I \times L \text{ より } h = \frac{220}{1,000} \times 32.9 \div 7.24\text{m}$$

C-D間

Q=120/min をウエストン公式流量図より動水勾配を求めると 33%となる。

$$h = I \times L \text{ より } h = \frac{33}{1,000} \times 47.54 \approx 1.57\text{m}$$

故に損失水頭hは1.57mとなる。

C-E間

Q=240/min をウエストン公式流量図より動水勾配を求めると 108%となる。

$$h = I \times L \text{ より } h = \frac{108}{1,000} \times 4.40 \approx 0.48\text{m}$$

故に損失水頭hは0.48mとなる。

E-F間

Q=120/min をウエストン公式流量図より動水勾配を求めると 33%となる。

$$h = I \times L \text{ より } h = \frac{33}{1,000} \times 31.16 \approx 1.03\text{m}$$

故に損失水頭hは1.03mとなる。

損失水頭を表で示すと次のようになる。

A-D間

区 間	口径	延 長	流 量	動水勾配	損失水頭
A-B	20mm	6.10m	360/min	220%	1.34m
B-C	20mm	32.90m	360/min	220%	7.24m
C-D	20mm	47.54m	120/min	33%	1.57m
計		86.54m			10.15m

A-F間

区 間	口径	延 長	流 量	動水勾配	損失水頭
A-B	20mm	6.10m	360/min	220%	1.34m
B-C	20mm	32.90m	360/min	220%	7.24m
C-E	20mm	4.40m	240/min	108%	0.48m
E-F	20mm	31.16m	120/min	33%	1.03m
計		74.56m			10.09m

カ 最小動水圧

A-D間

$$\text{有効水頭 } H_o = 20.0\text{m} - (1.2\text{m} + 3.4\text{m} + 10.15\text{m}) = 5.25\text{m}$$

A-F間

$$\text{有効水頭 } H_o = 20.0\text{m} - (1.2\text{m} + 1.4\text{m} + 10.09\text{m}) = 7.31\text{m}$$

∴ 最小動水圧は、

$$\text{A-D間 } 0.0515\text{MPa}/\text{cm}^2 > 0.049\text{MPa}$$

$$\text{A-F間 } 0.0717\text{MPa}/\text{cm}^2 > 0.049\text{MPa}$$

となる。

故に管口径A-B間、B-D間及びB-F間は20mmとなる。

(11) 管径均等表

主管より支分できる枝管数等を知るには、給水装置の実状に適応した方法によって計算すべきであるが、次の略式計算式及び管径均等表を用いることができる。

$$N = \left( \frac{D}{d} \right)^{\frac{5}{2}}$$

N : 枝管の数 (均等管数)

D : 主管の直径

d : 枝管の直径

表 10 管口径均等表

枝管(φ <sub>g</sub> ) 主管(φ <sub>g</sub> )	13	20	25	30	40	50	65	75	100	150
13	1.00									
20	2.89	1.00								
25	5.10	1.74	1.00							
30	8.02	2.72	1.57	1.00						
40	15.59	5.65	3.23	2.05	1.00					
50	29.00	9.80	5.65	2.58	1.75	1.00				
65	55.90	19.03	10.96	6.90	3.36	1.92	1.00			
75	79.97	27.23	15.59	9.88	4.80	2.75	1.43	1.00		
100	164.50	55.90	32.00	20.28	7.89	5.65	2.94	2.05	1.00	
150	452.00	154.00	88.18	56.16	27.27	15.58	8.09	5.65	2.75	1.00

例) 25ミリの主管は13ミリの枝管(又は水栓)5.1本分の水量を流す。即ち、25ミリ管1本分と、13ミリ管5.1本分とは流量において等しいことを示している。

(注) 管長、水圧及び摩擦係数が同一で計算したものである。また、これは分岐の一応の目安であり、配水管の距離、地盤高、動水圧等の実状に応じて給水管の口径を決定するものとする。



表 11 動水勾配に対する流速・流量表

管 径 (mm)	動水勾配 (%)	流 速 (m/sec)	流 量	
			ℓ/sec	m <sup>3</sup> /h
13	400	2.074	0.2753	0.9911
20	200	1.8109	0.5689	2.0480
25	150	1.7629	0.8654	3.1154
30	110	1.6562	1.1701	4.2124
40	70	1.5412	1.9367	6.9721
50	50	1.4779	2.9018	10.4465
75	30	1.3573	5.9961	21.5861
100	20	1.307	10.2653	36.9551

(メータ口径及び給水管口径の選定)

第22条 メータの口径選定は使用水量及び使用形態を考慮して決定し、給水方式ごとの選定基準は次のとおりとする。

(1) 直結給水

使用水量は、時間最大使用水量及び月間使用水量を基準にして定める。

(2) 貯水槽給水

使用水量は、日最大使用水量及び月間使用水量を基準にして定める。

2 使用計画水量が多いものについては、受水槽等を考慮し、協議のうえ企業長が定める。

3 給水管口径は、メータ口径と同口径とする。ただし、企業長が認めたときはこの限りでない。

[解説]

1 メータは、口径や器種によってそれぞれ正確に計量できる流量範囲があり、メータを通過する流量が能力を超えて使用した場合、劣化を早め異常をきたすことになる。

このため選定にあたっては使用計画及び使用形態を考慮のうえ、その所要水量を十分に供給できる大きさとし、かつ、著しく過大であってはならない。

## 2 水道メータ型式別適正使用流量表

型式 及び口径 (mm)	適正使用 流量範囲 (m <sup>3</sup> /h)	一時的使用の許容流量 (m <sup>3</sup> /h)		一日当たりの使用量 (m <sup>3</sup> /d)			月間使用量 (m <sup>3</sup> /月)
		一時間/日以 内使用の場合	10分/日 以内の場合	一日使用時間 の合計が5時 間のとき	一日使用時間 の合計が10時 間のとき	一日24時間使 用のとき	
接線流羽根車							
13	0.1～1.0	1.5	2.5	4.5	7	12	100
20	0.2～1.6	2.5	4	7	12	20	170
25	0.23～2.5	4	6.3	11	18	30	260
30	0.4～4.0	6	10	18	30	50	420
たて型ウォルトマン							
40	0.4～6.5	9	16	28	44	80	700
50	1.25～17	30	50	87	140	250	2,600
75	2.5～27.5	47	78	138	218	390	4,100
電磁式							
100	0.8～160	160	200	800	1,600	3,360	100,800
150	2～400	400	500	2,000	4,000	7,800	234,000
200	3.15～630	630	787.5	3,150	6,300	13,680	410,000

### 3 一般住宅等の場合のメータ口径選定

#### (1) メータ口径と給水栓数

メータ口径	φ 13 mmの水栓数
φ 13 mm	1 ～ 6 個
φ 20 mm	7 ～ 10 個
φ 25 mm	11 個以上

(注 1) 口径 13 mmの水栓数は、台所、洗濯、洗面、浴槽、トイレ、散水を標準とする。

(注 2) 単世帯の場合、散水及びトイレは2か所以上あっても各々1つとして数える。ただし、2世帯住宅の場合は、1世帯ずつで数えた合計を水栓数とする。この場合の2世帯住宅とは、原則として1建物に台所、浴槽及びトイレが世帯ずつ設置されたものをいう。また、トイレ内の手洗専用水栓については数えない。なお、水栓数がメータ口径内の数を超えた場合であっても、1つ上位の口径までの範囲なら申請者が苦情を申し立てない旨の誓約書を提出した場合は、認めるものとする。

#### (2) 給水器具口径が大きい場合の換算表（同時使用率を考慮）

水 栓	φ 13 mmの水栓の換算
φ 13 mmの水栓	1 個
φ 20 mmの水栓	5.5 個
φ 25 mmの水栓	11 個
大便フラッシュバルブ	16 個

(注) 大便フラッシュバルブを取付ける場合は、次のとおりとする。

- ・メータ口径及び屋内配管は口径 25 mm以上
- ・管網を形成している場合は口径 50 mm以上、非管網の場合は口径 75 mm以上の本管より分岐
- ・器具取付位置の水圧が 0.245MPa 以上

### 4 メータ口径別の日最大使用水量は次のとおりとする。

#### (1) 24 時／日使用の場合(直圧分)

口 径	日最大使用水量 $m^3$ ／日	口 径	日最大使用水量 $m^3$ ／日
φ 13 mm	12 $m^3$ ／日	φ 40 mm	80 $m^3$ ／日
φ 20 mm	20 $m^3$ ／日	φ 50 mm	250 $m^3$ ／日
φ 25 mm	30 $m^3$ ／日	φ 75 mm	390 $m^3$ ／日
φ 30 mm	50 $m^3$ ／日	φ 100 mm	3,360 $m^3$ ／日

- (2) 集合住宅等水槽給水の場合 <一般住宅＝適正使用流量×使用時間(15h)>  
 <単身住宅＝適正使用流量×使用時間(10h)>

口 径	日最大使用水量m <sup>3</sup> /日		口 径	日最大使用水量m <sup>3</sup> /日	
	一般住宅	単身住宅		一般住宅	単身住宅
φ 13 mm	15 m <sup>3</sup> /日	10 m <sup>3</sup> /日	φ 40 mm	97.5 m <sup>3</sup> /日	65 m <sup>3</sup> /日
φ 20 mm	24 m <sup>3</sup> /日	16 m <sup>3</sup> /日	φ 50 mm	255 m <sup>3</sup> /日	170 m <sup>3</sup> /日
φ 25 mm	37.5 m <sup>3</sup> /日	25 m <sup>3</sup> /日	φ 75 mm	412.5 m <sup>3</sup> /日	275 m <sup>3</sup> /日
φ 30 mm	60 m <sup>3</sup> /日	40 m <sup>3</sup> /日	φ 100 mm	2,400 m <sup>3</sup> /日	1,600 m <sup>3</sup> /日

- (3) メータ口径の変更に関する特例

水圧等の関係から水量が十分得られないと判断されるときは、選定したメータ口径から 1 口径上の口径に変更することができる。(例 水量計算ではφ13mmのメータとなるが、水圧不足の懸念等によりφ20mmのメータを設置する。)

## 5 集合住宅等の給水管口径別使用戸数

- (1) 直圧給水により給水する場合 (メータ口径φ13mmかつ2階建以下の建物に限る。)

一般住宅

給水管口径	使用戸数	給水管口径	使用戸数
φ 13 mm	1 戸	φ 40 mm	10～19 戸
φ 20 mm		φ 50 mm	20～34 戸
φ 25 mm	2～5 戸	φ 75 mm	35～100 戸
φ 30 mm	6～9 戸	φ 100 mm	101～195 戸

単身者用

給水管口径	使用戸数	給水管口径	使用戸数
φ 13 mm	1 戸	φ 40 mm	13～26 戸
φ 20 mm		φ 50 mm	27～47 戸
φ 25 mm	2～7 戸	φ 75 mm	48～140 戸
φ 30 mm	8～12 戸	φ 100 mm	141 戸～273 戸

※ 各戸メータφ20mmを設置する場合は、中高層建物直結給水実施要綱を参照する。

※ 一般住宅と単身者用が混在する集合住宅等は、一般住宅の戸数に1.4をかけた戸数と単身者用の戸数を足したものを単身者用の表に当てはめて算出する。

- (2) 給水管口径の変更に関する特例

水圧等の関係から水量が十分得られないと判断されるときは、給水管口径をメータ口径から 1 口径上に変更することができる。

ただし、4(3)の特例によって 1 口径上のメータを設置する場合は、給水管口径はメータ口径と同口径までとする。

(3) 貯水槽給水により給水する場合

一般住宅用

給水管口径	使用戸数	給水管口径	使用戸数
φ 13 mm	～10 戸	φ 40 mm	41～61 戸
φ 20 mm	11～20 戸	φ 50 mm	62～191 戸
φ 25 mm	21、22 戸	φ 75 mm	192～382 戸
φ 30 mm	23～40 戸	φ 100 mm	383～611 戸

単身者用（各々に台所・洗面・浴槽・等が設置される場合）

給水管口径	使用戸数	給水管口径	使用戸数
φ 13 mm	～17 戸	φ 40 mm	69～103 戸
φ 20 mm	18～34 戸	φ 50 mm	104～322 戸
φ 25 mm	35～38 戸	φ 75 mm	323～645 戸
φ 30 mm	39～68 戸	φ 100 mm	646～1,032 戸