

■ IPX7・IPX8 に相当するエアリークテスト

●定量的な検査を行うために

・空気漏れと水漏れ

空気漏れ量と水漏れ量には図 1.のような関係があります。

水漏れ量は、空気漏れ量に換算可能です。IPX7,IPX8 に相当する水漏れ許容量に対応した、エアリークテストを行うことで、空気漏れ量(数値)による品質管理が可能となり、より確実に防水不良品の流出を防ぎます。

・「有害な影響を生じない」水漏れ量

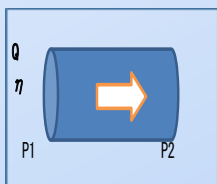
IPX7, 8 は「有害な影響を生じる量の水の浸入があつてはならない。」と規定されています。有害な影響を生じない水漏れ量(許容量)を決める必要がある。この数値を定めることでエアリークテストでの防水検査が可能になります。

以下に、2 種類の漏れ穴のモデル(オリフィス・直管)を想定し、水漏れの許容量を仮に 0.09mL/30 分とした時の空気換算量の求め方を紹介します。

【直管モデル】

ハーゲンポアズイユの法則より、

$$Q_a/Q_w=(\eta_w/\eta_a)\times(P_1+P_2)/(2\times P_2)$$



粘性係数 $\eta_w=1.00\times 10^{-3}\text{Pa sec}$ 20°C

$\eta_a=1.81\times 10^{-5}\text{Pa sec}$ 20°C

上圧力 P1 $1.11\times 10^5\text{Pa abs}$ (絶対圧基準)

下圧力 P2 $1.01\times 10^5\text{Pa abs}$ 平均圧力 $1.06\times 10^5\text{Pa abs}$

$Q_a/Q_w=58.0$

許容限度の水の漏れ量 Q_w を、仮に 0.09mL/30 分

($Q_w=5\times 10^{-11}\text{m}^3/\text{s}$)とした時、

空気の体積流量 $Q_a=2.9\times 10^{-9}\text{m}^3/\text{s}$ となる。

エアリーク量としては平均圧力を乗じて、

$3.1\times 10^{-4}\text{Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$ ($\Delta P=9.8\text{kPa}$) である。

【オリフィスモデル】

オリフィスの流量式(JIS8762-2)より

$$Q_a/Q_w=\varepsilon\times\sqrt{\rho_w/\rho_a}$$

(ε :膨張補正係数)

P1 上圧力 $1.11\times 10^5\text{Pa abs}$

P2 下圧力 $1.01\times 10^5\text{Pa abs}$ 平均圧力 $1.06\times 10^5\text{Pa abs}$

水密度 $\rho_w=997\text{kg}/\text{m}^3$ 25°C

空気密度 $\rho_a=1.25\text{kg}/\text{m}^3$ 25°C

として、 $Q_a/Q_w=\varepsilon\times 28.3=28.3$

(P1, P2 が近い場合とし $\varepsilon\approx 1\cdots\text{JISZ8762-2}$)

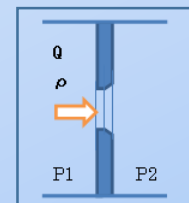
許容限度の水の漏れ量 Q_w を、仮に 0.09mL/30 分とした時、

$Q_w=5\times 10^{-11}\text{m}^3/\text{s}$ から、

空気の体積流量 $Q_a=1.4\times 10^{-9}\text{m}^3/\text{s}$ となる。

エアリーク量としては平均圧力を乗じて、

$1.5\times 10^{-4}\text{Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$ ($\Delta P=9.8\text{kPa}$) である。



※ここで使われている理論式については、P2、3「参考資料」をご参照下さい。

・IPX7 相当の検査を行う場合を想定した、エアリークテストでの測定値

オリフィスモデルは、直管モデルに比べ、空気漏れ・水漏れが発生しやすい条件であるため、オリフィスモデルの空気漏れ量と水漏れ量の比率 $Q_a/Q_w=28$ を適用し、空気漏れ量と水漏れ量の関係を下図に例示する。

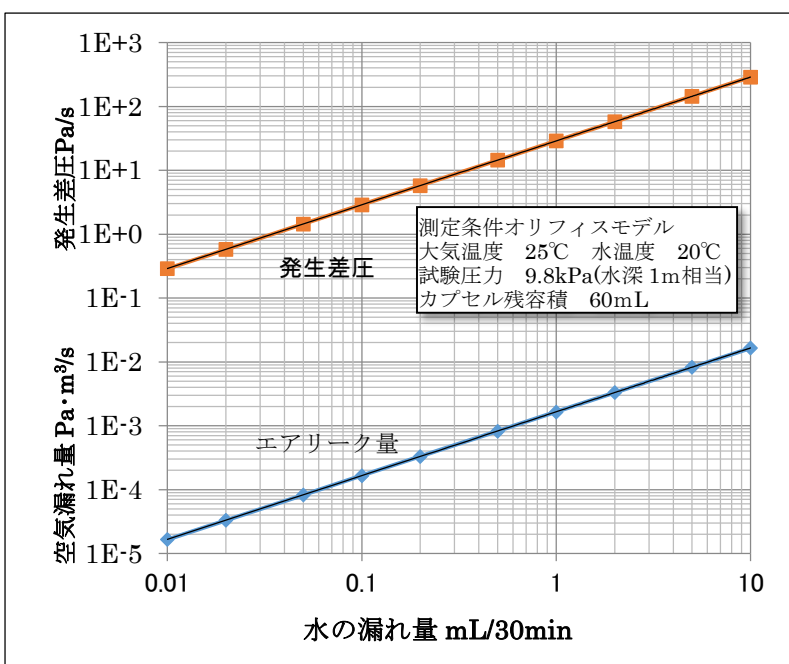


図 1. 空気漏れ量と水漏れ量の関係

■ 参考資料

P3.直管モデル、オリフィスモデルにて使用されている理論式を以下に記載

FUKUDA Technical Manual P.5~7 より抜粋

(粘性流) 気体、液体のリーク

リークとは、小さな孔などを通してエア、水、油等の流体が通過する現象であり、そのリーク量はその孔の両側の圧力差に関係があり、また孔自身の流体の通りやすさ、即ちコンダクタンスに関係する。

リーク量を Q、圧力差を $P_1 - P_2$ 、コンダクタンスを C とすると

$$Q = C(P_1 - P_2) \quad \dots \dots \dots (1.1)$$

となる。

リークを問題とする時、この流体の流れやすさ C は、リーク孔の形状、長さ等様々な要因を持つため、1 つの計算式で表すことが困難である。従って、通常用いられる計算式により説明を行う。

リーク量の理論式 ※P.3「直管モデル」の理論式

非常に狭い間隔を通して流体が流れる時に用いられる代表的な理論式に、ハーゲンポアズイユの法則がある。この法則によれば、流れの状態が粘性流(層流)の範囲内のリークで、孔の直径に比して孔の長さが十分長いものとした時、次の様になる。エア等の圧縮性流体について出口側圧力(大気圧)に換算した体積流量 Q_a は

$$Q_a = \frac{\pi R^4 (P_1^2 - P_2^2)}{16 \eta_a \ell P_2} \quad \dots \dots \dots (1.2)$$

但し、 P_1 が負圧の場合は大気圧状態でのリーク量で示すので、式(1.2)中の分母の P_2 は P_1 となる。

水、油等の非圧縮性流体での体積流量 Q_w は

$$Q_w = \frac{\pi R^4 (P_1 - P_2)}{8 \eta_w \ell} \quad \dots \dots \dots (1.3)$$

- 但し、
- Q_a : 圧力 P_2 での圧縮性気体の体積流量(ml/sec)
 - Q_w : 非圧縮性流体(ml/sec)
 - P_1 : 一次側(試験圧)圧力(負圧の場合は大気圧) (Pa abs)
 - P_2 : 二次側(試験圧)圧力(負圧の場合は試験圧) (Pa abs)
 - R : 管路の半径(cm) η_a : 圧縮気体の粘性係数(Pa・sec)
 - ℓ : 管路の長さ(cm) η_w : 非圧縮気体の粘性係数(Pa・sec)

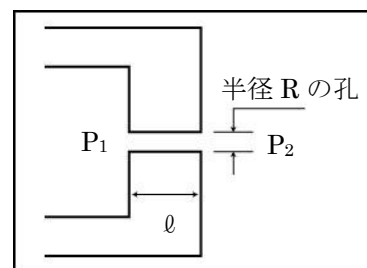


図 1.2 リークの理論式

同一の被検物において、気体と液体の差、圧力差等による体積流量の関係は式(1.1)(1.2)より表 1.3 になる。

表 1.3 気体、液体の圧力、粘性に対するリーク量の関係

	条件	関係式
気体	同一気体でテスト圧に対するリーク量の比	$\frac{Q_{ax}}{Q_{ay}} = \frac{P_{1x}^2 - P_{2x}^2}{P_{1y}^2 - P_{2y}^2}$
	異種気体でテスト圧一定に対するリーク量の比	$\frac{Q_{ax}}{Q_{ay}} = \frac{\eta_{ay}}{\eta_{ax}}$
	異種気体でテスト圧に対するリーク量の比	$\frac{Q_{ax}}{Q_{ay}} = \frac{\eta_{ay}}{\eta_{ax}} \times \frac{P_{1x}^2 - P_{2x}^2}{P_{1y}^2 - P_{2y}^2}$
液体	同一液体でテスト圧に対するリーク量の比	$\frac{Q_{wx}}{Q_{wy}} = \frac{P_{1x} - P_{2x}}{P_{1y} - P_{2y}}$
	異種液体でテスト圧一定に対するリーク量の比	$\frac{Q_{wx}}{Q_{wy}} = \frac{\eta_{wy}}{\eta_{wx}}$
	異種液体でテスト圧に対するリーク量の比	$\frac{Q_{wx}}{Q_{wy}} = \frac{\eta_{wy}}{\eta_{wx}} \times \frac{P_{1x} - P_{2x}}{P_{1y} - P_{2y}}$
気体 液体	気体と液体でテスト圧に対するリーク量	$\frac{Q_{ax}}{Q_{wy}} = \frac{\eta_{wy}}{2 \eta_{ax}} \times \frac{P_{1x}^2 - P_{2x}^2}{P_{2x}(P_{1y} - P_{2y})}$
	気体と液体でテスト圧一定に対するリーク量の比	$\frac{Q_{ax}}{Q_{wy}} = \frac{\eta_{wy}}{2 \eta_{ax}} \times \frac{P_1 + P_2}{P_2}$

粘度 (粘性係数・粘性率) η

粘度は、流体を取扱う際重量な要素となり、使用される単位も各分野により異なる。各単位は次に示す通りである。

$$1\text{Pa}\cdot\text{sec}=1\text{N}\cdot\text{sec}\cdot\text{m}^{-2}=1.02\times 10^{-5}\text{kgf}\cdot\text{sec}\cdot\text{cm}^{-2}=10\text{P}$$

P:Poise ポアズ

N:ニュートン

kgf・sec・cm⁻²:工学単位

(重量キログラム秒毎平方センチメートル)

Pa:パスカル

また、流体を動粘度 γ で表している場合は

$$\gamma = \eta / \rho$$

となる。但し、 ρ は流体の密度である。

表 1.4 気体、液体の粘性の一例

流体	条件	粘度
空気	0°C	$1.71 \times 10^{-5} \text{Pa}\cdot\text{sec}$
	20°C	$1.81 \times 10^{-5} \text{Pa}\cdot\text{sec}$
	50°C	$1.95 \times 10^{-5} \text{Pa}\cdot\text{sec}$
	70°C	$2.04 \times 10^{-5} \text{Pa}\cdot\text{sec}$
水	0°C	$1.79 \times 10^{-3} \text{Pa}\cdot\text{sec}$
	20°C	$1.00 \times 10^{-3} \text{Pa}\cdot\text{sec}$
	50°C	$0.55 \times 10^{-3} \text{Pa}\cdot\text{sec}$
	70°C	$0.40 \times 10^{-3} \text{Pa}\cdot\text{sec}$
ブレーキオイル	20°C	$2.6 \times 10^{-2} \text{Pa}\cdot\text{sec}$
	50°C	$1.0 \times 10^{-2} \text{Pa}\cdot\text{sec}$
	70°C	$0.7 \times 10^{-2} \text{Pa}\cdot\text{sec}$
ガソリン	20°C	$6.0 \times 10^{-4} \text{Pa}\cdot\text{sec}$

流体の粘性係数の一例として、空気、水、ブレーキオイル、ガソリンは表 1.4 に示す。

P.3「オリフィスモデル」の流量式・・・参考書「流体の力学」西海孝夫(日刊工業新聞社)p 65

$$Q = \varepsilon \times \alpha \times A \times (2 \times (P1 - P2) / \rho)^{1/2}$$

Q: 気体の体積流量
 ε : 膨張補正係数
 α : 流量係数
A: オリフィス孔の面積
P1: 上流圧力(絶対圧)
P2: 下流圧力(絶対圧)
 ρ : 気体密度