

【はじめに】

- 電気製品のカタログなどで防水性能などを示すものとしてIPコードが記されています
ここでいうIPコードとは防水や防塵に関する規格 JIS C 0920:2003 電気機械器具の外郭による保護等級(IPコード)のことです。内容はIEC 60529:2001と同等です。
- IPコードで表される防塵・防水性能は定量的なものではありません。又、水の浸入も有害な影響を生じる量がないこと、言い換えると有害な影響を与えなければ水の浸入も許されます。よって、エア漏れ量及び穴径とIPコード間には全ての製品で通用する相関はとれません。その為に、個々の製品にて実際のNGワークで実験を行い漏れ量及び穴径を確認する必要があります。
- 本資料では、IPX7、IPX8の試験条件における水の浸入について簡単な説明を行います。又、ステンレスの薄板で行った水漏れとエア漏れの実験結果を示し、エアリークテストを行なう際の参考資料とします。

【IPコードとは】

- IPコードとは、規定されている保護等級やそれに付随する付加的事項をコード化したものです。「IP」で始まる4文字から6文字で記載されます。例えば「IP68」と記載されている場合、最初の数字「6」は第1特性数字と呼ばれ、外来固形物、いわゆる「防塵」についてのに対する保護等級を示します。次の数字「8」は第2特性数字と呼ばれ、水に対する保護等級を示しています。また、どちらかの保護等級を省略する場合は「X」を記載します。但し、「省略される = 無保護」ではないところに注意する必要があります。
- 水に対する耐性レベルについては、IPX0からIPX8までの9段階があります。IPX0は水に対する保護がない状態を表します。0～7まではそれぞれが規格によって試験方法が規定されていますが、IPX8は「IPX7より厳しい試験条件」という規定があるだけで試験条件は存在しないため、IPX8は実際にはメーカーの独自規格となります。
- IPX0からIPX6までは、何らかの内部浸水が発生する可能性があるが必ず浸水するという訳でもなく、逆にIPX7やIPX8であっても規格としての防水性能を示すだけで、突発不良や劣化、操作不良など事故の発生を排除するものではありません。
- 数字が大きき場合は、それより小さい数字で示される性能を含んでいます。2桁目の「7」および「8」は注意が必要となります。といたしますのは、「7」は一時的な、また「8」は継続的な水没がそれぞれ可能な保護等級ですが、噴流等に対する保護性能があることを意味してはいいからです。したがって、噴流と水没状態の両方に耐える保護等級を有する機器の場合には、たとえば「IP66/IP67」のように表記されます。
- 各特性数字における試験方法などについては、3ページ目に記します。

【水の浸入とは...水が穴を通るために】

液体が穴を通り浸入することを考えるための重要な要素として、ぬれ性、毛細管現象、粘度の3つがあります。特にぬれ性はその値の違いによって同一の穴径でも水が通ったり、通らなかつたりします。毛細管現象は管路の径と長さに関係します。液体の粘度は、液体が流体として移動する場合の抵抗ということが出来ます。そのため液体の粘度が低いほど漏れ量は大きくなり、粘度が高いほど小さくなります。水の場合は右表に示すように温度により多少変化しますが、ほぼ一定と捉えておいて問題はありません。

水の温度と粘度の関係

温度	粘度 mPa・s
20	1.002
25	0.890
30	0.797
35	0.719

ぬれ性

液体と固体が接するとき、接触角が90度以下のときにぬれるといえます。

液体を固体表面に滴下すると、液体は自らの持つ「表面張力」で丸くなりますが、液体又は固体の種類や状態(液体の表面張力と固体の限界表面張力)によりその状態は異なります。ここで液体と固体の2者間でなす角度のことを接触角といえます。

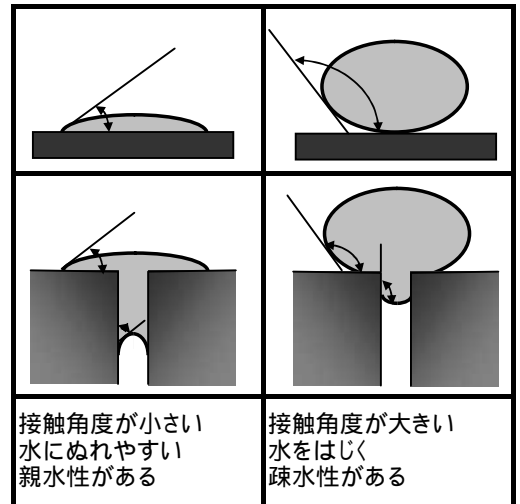
「ぬれやすい」接触角の角度は、一般論として、明確な定義はありません。目安として10°以下は非常にぬれやすいと呼びます。

ここで、接触角の違いにより液体が固体に浸入する状態を図示します。

接触角は液量によっても影響を受けます。例えば、水/ステンレス系では右表の結果が得られた例があります。

液量	接触角
1.7 μL	83°
0.8 μL	90°

極小領域における液量域(数十pL～数百pL)での接触角は蒸発・揮発の影響も大きく、μLオーダーの液量域での接触角とは大きく異なる場合があるので注意が必要となります。



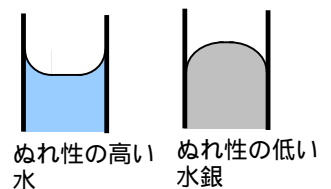
接触角度が小さい
水にぬれやすい
親水性がある

接触角度が大きい
水をはじく
疎水性がある

毛細管現象

毛細管現象とは、細い管状物体の内側の液体が管の中を上昇(場合によっては下降)する現象です。表面張力・壁面のぬれやすさ・液体の密度によって液体上昇の高さが決まります。主な特徴として、以下のことがあげられます。

- 壁面のぬれやすさとの兼ね合いで管内の液面は水平ではなく、傾きをもっています。例えば、ガラス管では水の場合毛細管の液面は上昇しますが、ぬれ性の低い(ガラスによってはじかれる)水銀の場合は毛細管の液面は下降します。
- 上記の力と持ち上げた液体の重さが釣りあうまで液面は上昇します。液体の重さは密度×体積(管断面積×高さ)で求められますが、細い管の場合はこの管断面積が微小となります。このため液面の上昇する高さは非常に大きいものとなります。

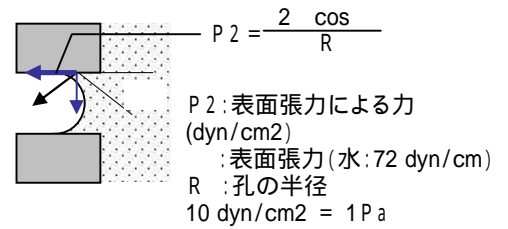


ぬれ性の高い
水

ぬれ性の低い
水銀

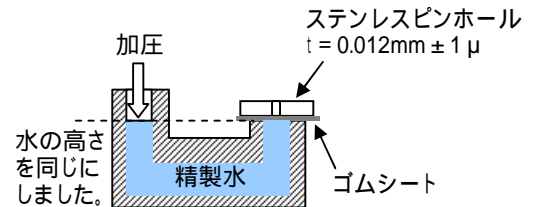
3. 表面張力によって液面は縮まろうとする方向に力が加わっている。
4. 壁面付近の傾きをもった液面が縮まろうとすることによって結果的に水面を持ち上げる。つまり、液体の上昇する力は壁面付近の表面張力の垂直成分に等しくなります。

* もれ通路(孔の半径: R)に水が浸入した(毛細管現象などで)場合は、右図のように表面張力: γ は接触角: θ により通路の漏れ方向にかかるベクトル分だけになるので、表面張力による力は右式ようになります。

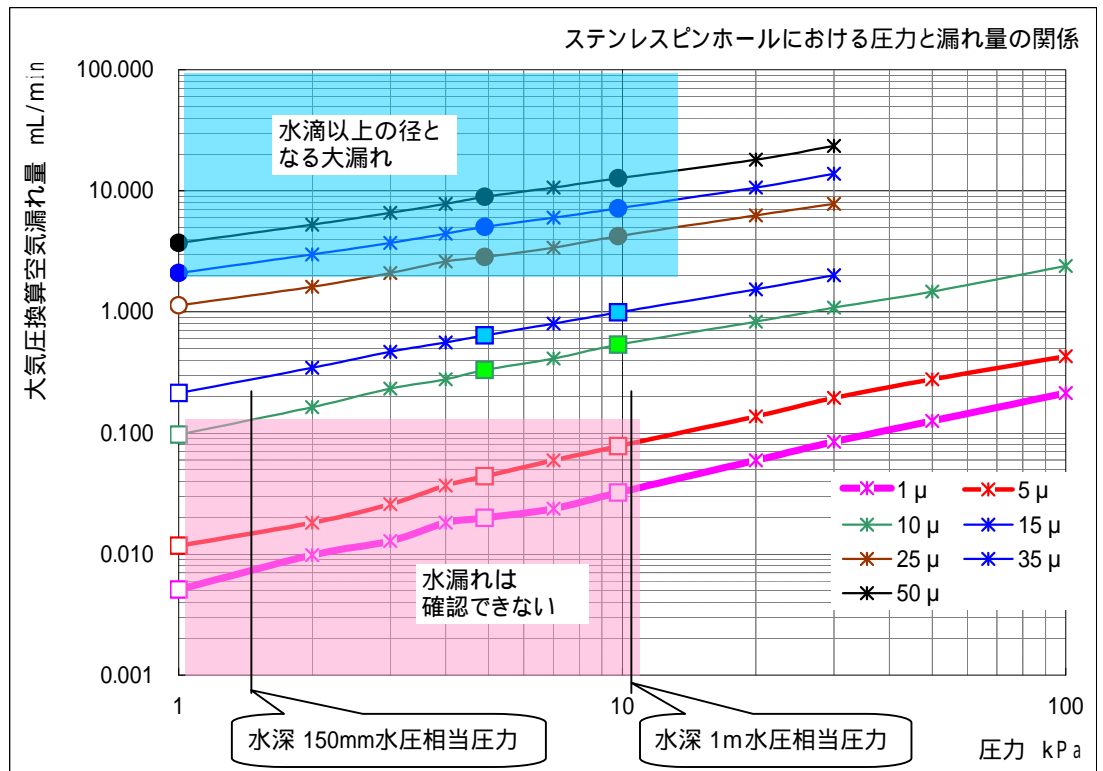


【水が穴を通る参考データ】

ステンレスのピンホールに一定の圧力を加えた際に、ピンホールからの水漏れの有無を目視にて確認しました。又、同じステンレスのピンホールに一定の圧力を加えた際のピンホールからの空気漏れ量を測定しました。これらの実験結果から求めた圧力と漏れ量の関係のグラフを以下に示します。



1kPa, 4.9kPa, 9.8kPaの各圧力時に水漏れの状態を確認しました。白抜きポイントでは1時間観測して水漏れを確認できなかったものです。薄い色で塗られているポイントは計測できる程度(0.01mL/min以下)の水漏れが確認されました。塗りつぶされているポイントは計測不可能な大漏れの水漏れが確認されました。



ここにおいて、1P × 7 の水中への浸漬に対する保護における試験は水深 1m 又は 150mm となっています。これに相当する水圧は水深 1m において 111.458kPa abs = 10.1kPaG、水深 150mm において 102.854kPa abs = 1.5kPaG となります。グラフから、水深 1m においては材質がステンレスで、厚さが 0.012mm の場合は 5 μ 以下の穴、大気圧換算空気漏れ量では 0.08 mL/min 以下では水の浸入は確認できないものと推測されます。同様に水深 150mm においてはステンレスで、厚さが 0.012mm の場合は 5 ~ 10 μ 以下の穴、大気圧換算空気漏れ量では 0.1 mL/min 以下では水の浸入は確認できないものと推測されます。

実験ではステンレスを使用していますので接触角が 80 ~ 90 ° ととても大きく、厚さも 0.012mm と薄いものですが、実際のワークは、実験とは材質と厚さが異なります。

前述したように、同じ接触角を持つ材質でも肉厚が厚い場合は同様の孔径、大気圧換算空気漏れ量でも水は浸入しないと思われる。しかしながら、接触角が小さい場合はとてもぬれやすいので肉厚が厚い場合でも同様の孔径、大気圧換算空気漏れ量でも水は浸入すると思われる。

接触角は材質よりも、その表面状態の粗さにより大きく変わります。実際には被検物に少量の水 droplet を付着させて、ステンレスと接触角の差を確認して、実験データを参考資料として検討材料のひとつとしてご使用下さい。

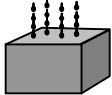
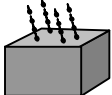
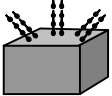
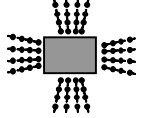
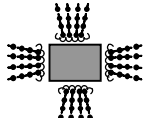
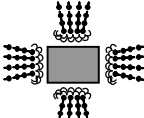
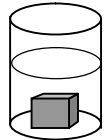
【IPコードの概要】

I P

第一特性数字(固形物の侵入)

数字	製品外部からの近接及び外来固形物の侵入に対する保護等級
0	無保護
1	直径50mm以上の大きさの外来固形物に対し保護されている。大人の握りこぶしが危険な箇所へ接近しないように保護されている。
2	直径12.5mm以上の大きさの外来固形物に対して保護されている。大人の指での危険な箇所への接近に対して保護されている。
3	直径2.5mm以上の大きさの外来固形物に対して保護されている。工具での危険な箇所への接近に対して保護されている。
4	直径1.0mm以上の大きさの外来固形物に対して保護されている。針金での危険な箇所への接近に対して保護されている。
5	防塵試験用粉塵(直径75 μm)が入ったとしても所定の動作及び安全性を損なわないように保護されている。
6	耐塵試験用粉塵(直径75 μm)が入らないように保護されている。

第二特性数字(防水)

数字	製品外部からの有害な影響を伴う水の浸入に対する保護等級	ある試験機関でのテスト方法	試験状態
0	特に保護なし 水の浸入に対して特に保護はされていない。	試験なし	
1	水の滴下に対する保護 鉛直から落ちてくる滴下する水によって有害な影響を受けない。	滴水試験装置にて鉛直滴下を10分間散水する。	
2	水の滴下に対する保護 鉛直から15°以内からの滴下する水によって有害な影響を受けない。	器具の上方200mmの位置から3mm/minの水滴を落下させる。製品を15°傾けて設置し、各位置2.5分間の4位置を10分間行う	
3	散水に対する保護 鉛直から60°以内からの散水によって有害な影響を受けない。	鉛直方向から両側に60°までの角度で10分間散水する。	
4	水の飛沫に対する保護 いかなる方向からの水の飛沫によっても有害な影響を受けない。	あらゆる方向から10分間散水する。	
5	噴流水に対する保護 いかなる方向からの水の直接噴流によっても有害な影響を受けない。	鉛直方向から両側に60°までの角度で外部表面積1m ² 当たり1分間、のべ少なくとも5分間噴流水: 12.5l/minを散水する。	
6	爆噴流に対する保護 いかなる方向からの水の強い直接噴流によっても水が浸入しない。	あらゆる方向から外部面積1m ² 当たり1分間、のべ少なくとも5分間以上、暴噴流水: 100l/minを散水する。	
7	水中への浸漬に対する保護 規定の圧力、時間で水中に没しても水が浸入しない。	被試験品の高さが850mm以下の場合には水深1mのタンクに、被試験品の高さが850mmを超える場合には被試験品の上端から水面までの高さを最低150mm以上あけて30分間水没させる。	
8	水没に対する保護 常時水中に没して使用できる。等級7より厳しい条件下で継続的に水中に沈めたとき有害な影響を生じる量の水の侵入がないこと。	メーカーと機器の使用者間の取り決めによる。	