

先進技術の技術相談

・・・「受圧膜破損と封入液の漏洩問題」

《技術相談.com》——は、(株)技術開発総合研究所®の登録ドメインです》

《相談内容》

1つ確認事項があり、メールさせていただきました。

- (I) ダイアフラム部に、封入液は充填されていますか。
- (II) また、ダイアフラムが破損した場合、封入液がタンク内部に入る事は考えられますか。

回答の程、よろしく願いいたします。

【匿名希望 様】

《封入液の問題》

「計測対象の流体圧力」は、PFAあるいはPTFE樹脂製の受圧膜（隔膜(diaphragm)）を介して、その背後に充填された圧力媒体を介して、(イ)ブルドン管式圧力計や(ロ)電気式圧力センサーに伝えられます。

(株)技術開発総合研究所の「隔膜式圧力センサー」では、圧力媒体として、「シリコン油」を充填・使用しております。即ち、ご質問に対する【回答】は、『**ダイアフラム部に、封入液が充填されている**』と成ります。

PTFE あるいは PFA 製の「受圧膜」に負荷された計測圧力は、**「シリコン油」**を圧力媒体として、各種圧力センサーに伝えられます!!

《受圧膜破損の問題》

ご質問の通り、万一、「受圧膜」が破損した場合は、当然の事ながら、“液漏れ”を生じます。

但し、基本的な問題は、『**受圧膜破損**』が現実的に発生するか否かです。

例えば、「0 (ゼロ)」と「1」の間には、無限の数(かず)が有ります。「 10^{-20} 」は限りなくゼロに近いですが、決して、「0 (ゼロ)」では有りません。また、「純鉄」と呼ばれる材料が有ります。

「99, 99(%)純度」の鉄と「99, 999(%)純度」の鉄とでは、特性が異なると言われてます。

即ち、限りなく「0 (ゼロ)」に近く {=受圧膜破損・漏洩が少ないと同義} と、今回のご質問戴いた内容と同じく、あらゆる可能性は、決して、「0 (ゼロ)」では無いという事です。

このため、ここでは、現実的に発生するか否かは別として、あらゆる『**受圧膜破損**』原因を取り上げて見ますと、下記要素を列挙する事が出来ます。

- ① 人為的に、受圧膜部を、鋭い形状のもので、突いたりした場合
- ② “過大圧力”が負荷された場合
- ③ “受圧膜”が繰り返し変形疲労に負けた場合
- ④ “受圧膜材料”の劣化

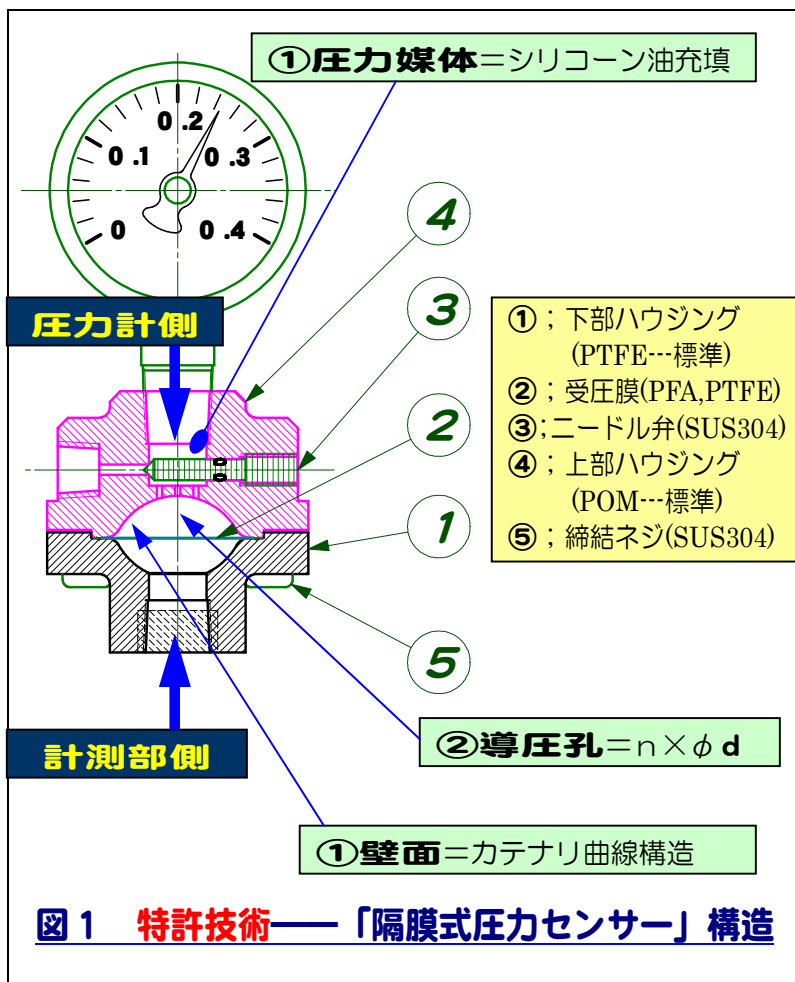


図1 特許技術——「隔膜式圧力センサー」構造

上記の中で『**①人為的原因**』による破損に対しては、現在は、「対応していない」ため、**図 1**における、『計測部側』から、受圧膜に“先端部の鋭い棒等を挿入する事”は、避けて下さい {=絶対に行なってはいけません}

→→→→→『**①人為的原因**』による破損は有り得ます。

上記の『**②“過大圧力”原因**』に関しては、2つの形態の破損が想定されます。

一つが、(イ)「圧力計側」→「計測部側」に至る破損です。しかし、現実的には、両者間の差圧は、如何なる時も、『計測部側圧力 ≥ 圧力計側圧力』の関係に有り、「計測部側」に受圧膜**破損する現象は有り得ません**。

→→→→→「圧力計側」→「計測部側」に至る受圧膜破損は、現実的には、有り得ません！！

もう一つの破損形態が、『計測部側圧力』が異常に高く成る場合です。然し、ブルドン管式圧力計が破壊されない限り、受圧膜前後に負荷される“差圧＝ゼロ”ですので、受圧膜には圧縮応力は負荷されますが、受圧膜破損に至る事は有りません。

問題は、計測部に過大圧力が負荷されて、終には、ブルドン管式圧力計が破損した {=ブルドン管が破れた} 場合です。この場合は、受圧膜には、計測部圧力が、そのまま、差圧として負荷される事に成ります。

しかし、その過大圧力の程度にも拠りますが、(株)技術開発総合研究所の「隔膜式圧力センサー」では、**特許技術**により、過大圧力が「≤ 10(MPa)」でも、『**破損しない——テフロン系受圧膜**』構造とする事も可能です。即ち、**①**上下のハウジング内壁形状を、受圧膜が最大変形したときの形状 (例えば、カテナリー曲線の形状) と略一致するよう形成されています。このため、丁度、コンクリート壁に、薄い膜を押し付けたように、如何なる過大な圧力で有っても、それを支持するコンクリート壁 {=圧力計側 (上部) ハウジング壁} が破壊されない限り、受圧膜破損を生じる事は有りません。

また、**②**各種の「圧力センサー」が装着される「上側ハウジング (圧力計側)」の、圧力連通部には、複数の細孔 { $\phi d \leq 2(\text{mm})$ [数値は特許請求範囲で、標準品は、 $7 - \phi d \leq 1.4(\text{mm})$] } が形成され、同内径流路の場合に比して、受圧膜に掛かる応力を「1/7」としています。

例えば、更に、**導圧孔**の穴径を「 $\phi 0.8(\text{mm})$ 」の複数で構成した場合、当該部分の受圧膜に掛かる力は、過大圧力 = $10(\text{MPa})$ の場合でも、「 $100(\text{kg}/\text{cm}^2) \times 0.8^2 \times \pi / 400 \div 0.50(\text{kg})$ 」と成ります。

(株)技術開発総合研究所の技術では、**図 2** に示す——『マルチチューブ・エレメント』を、当該上部ハウジング (圧力計側) の導圧孔用いる事により、上述の「過大圧力 = $10(\text{MPa})$ の場合」でも、一切の破損から、受圧膜を守る事が可能です。即ち、**過大圧力で受圧膜破損する事が無いように設計する事が可能**です。

〔註〕現状では、標準仕様の“ $0.4(\text{MPa})$ ”に対して、3倍程度の過大圧力でも問題ない設計としております。

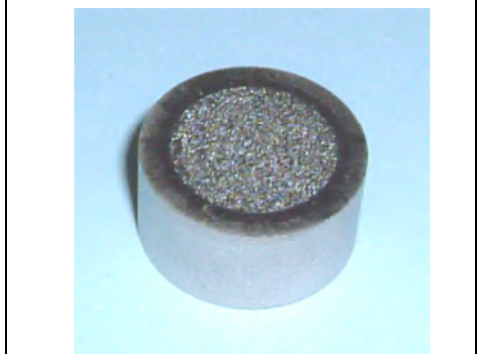
【ご質問者】は、「隔膜式圧力センサー」は、『**受圧膜 (隔膜) が破損すれば、圧力媒体も漏洩する**』との背景から、当該ご質問を提起されておられるものと推察されます。

しかし、「破損→漏洩」のメカニズムを考えた場合、装備されている——「ブルドン管式圧力計 (のブルドン管)」や「電気式圧力センサー (の受圧膜)」が破損した場合に、初めて、「隔膜式圧力センサー」の受圧膜に過大圧力が負荷される事に成り、当該受圧膜は、一種の“フェイル・セーフ [Fail safe]”システムと考える事が可能です。

然も、【ご質問者】が、貴社専用の——更に安全性を極限まで高めた——「隔膜式圧力センサー」をご希望される場合は、**図 2** に示す「 $\phi 0.35(\text{mm}) \times 276$ 細孔」から成るエレメントを構成する事により、単孔の「 $1/276$ 」の負荷荷重 {=100%破損しない受圧膜} の構成も提供可能です。



$\phi 0.1(\text{mm}) \sim \phi 0.4(\text{mm})$ の細孔を約800流路構成 = $\phi 2.8(\text{mm}) \sim \phi 11.3(\text{mm})$ の単孔と等価流路断面



現状技術で、 $\phi d \geq 50(\mu\text{m}) \times$ 流路本数 $n \leq 200,000$ が可能 = $\phi 22.4(\text{mm})$ の単孔と等価流路断面

図 2 マルチチューブ・エレメント

→→→→→「隔膜式圧力センサー」では、装備されている——ブルドン管式圧力計(ブルドン管)や電気式圧力センサー(受圧膜)破損が生じて、初めて、「隔膜式圧力センサー」の受圧膜に過大圧力が負荷されます。(株)技術開発総合研

究所の【**特許技術**】では、お客様がご希望されるのであれば、当該受圧膜に「 ≤ 10 (MPa)」の過大圧力が仮に負荷された場合でも、受圧膜破損を回避する事が可能です。即ち、ブルドン管式圧力計や電気式圧力センサーよりも、安全であるばかりか、それを超えて、更に安全性能を高める事も可能です。

過大圧力による「受圧膜破損」は、装備の「ブルドン管式圧力計」の破損が無い限り、現実的には、起こりません！！

『**③繰り返し変形疲労原因**』に関しては、(株)技術開発総合研究所の**特許技術**では、『**受圧膜**』には、日本古来の“紙風船”のように、予め、最大変形したときの形状（例えば、カタナリー曲線の形状）で形成されており、他社のような——弾性変形はしません。

丁度、布（風呂敷）や前述の“紙風船”のように、負荷される圧力に対応して、自由に状態を維持するため、塑性変形も生じません。即ち、理論上は、繰り返し疲労は起きませんので、これに起因する“受圧膜破損”を生じる確率は、ゼロに近いと言えます。

→→→→→理論上は、「繰り返し変形疲労」は起きませんので、
これに起因する「受圧膜破損」を生じる確率は、ゼロに近い！！

『**④受圧膜材質劣化原因**』に関してですが、受圧膜材料として [PTFE (ポリテトラフルオロエチレン Poly-tetra-fluoro-ethylene)] あるいは [PAE (テトラフルオロエチレン・パーフルオロアルキルビニルエーテル共重合体)] を使用しており、当該材料は、耐食性に極めて優れております。

このため、通常の腐食性流体の場合で、当該材料が劣化する事は有り得ません。
即ち、『**④**』による、受圧膜破損の問題は無いと考えます。

開発以来、約8年間、受圧膜破損の経験・報告はゼロです！！
総合的に判断すると、【受圧膜破損】の発生確率はゼロに近く、【充填液漏洩】も、有り得ないと言えます！！

《受圧膜シール》

今回の【ご質問者】の内容とは異なりますが、【**特許技術**】の特徴の一つに、Oリングを使用しない——「V形状シール」により、受圧膜をサンドイッチ構造で締結している事も大きな特徴です。

即ち、『 $\theta 1 \geq \theta 2$ 』の角度の、それぞれのV字凹凸で、受圧膜に食い込み締結させて、その上で、「**A**」及び「**B**」部を密着させて、Oリング溝のような“コンタミ発生部分”を排除させつつ、ハウジングの小型化にも貢献しています。

このシール方法では、Oリングのような、一種の“線のシール”ではなく、「**A**、**B**」両面及びV字部分での“面のシール”のため、受圧膜には均質な応力が負荷され、破損排除に貢献しています。

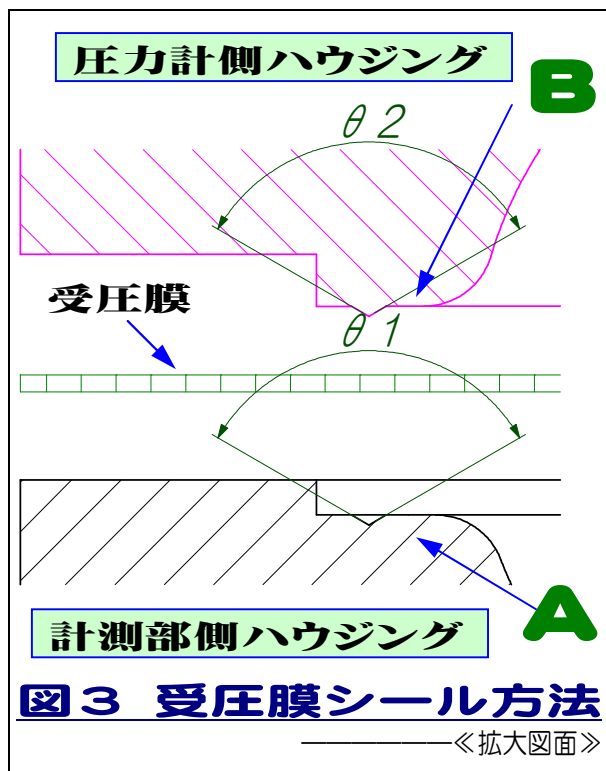
また、充填されている“圧力媒体”は、「**B**」側 {圧力計側ハウジング} のため、受圧膜上部での漏洩は、「計測部側」には影響を及ぼしません。

《その他》

(株)技術開発総合研究所の「隔膜式圧力センサー」の大きな特徴は、メンテナンスが容易な点です。すなわち、問題の「受圧膜」も含めて、「充填液」、「圧力センサー」を総て交換使用が可能です。

例えば、計測部に、『電気式圧力センサー』を使用されている場合は、納品後、10年間以上は、メンテナンス・フリーと言っても過言では有りません。

然し、『ブルドン管式圧力計』は、機械式の圧力計で、**図4**に示す如く、各種の形式が有り、殊に、「**①**」の一般的な形式では、脈動圧力計測等に使用していると、長期使用では、計測精度の劣化を生じ易い欠点を有します。



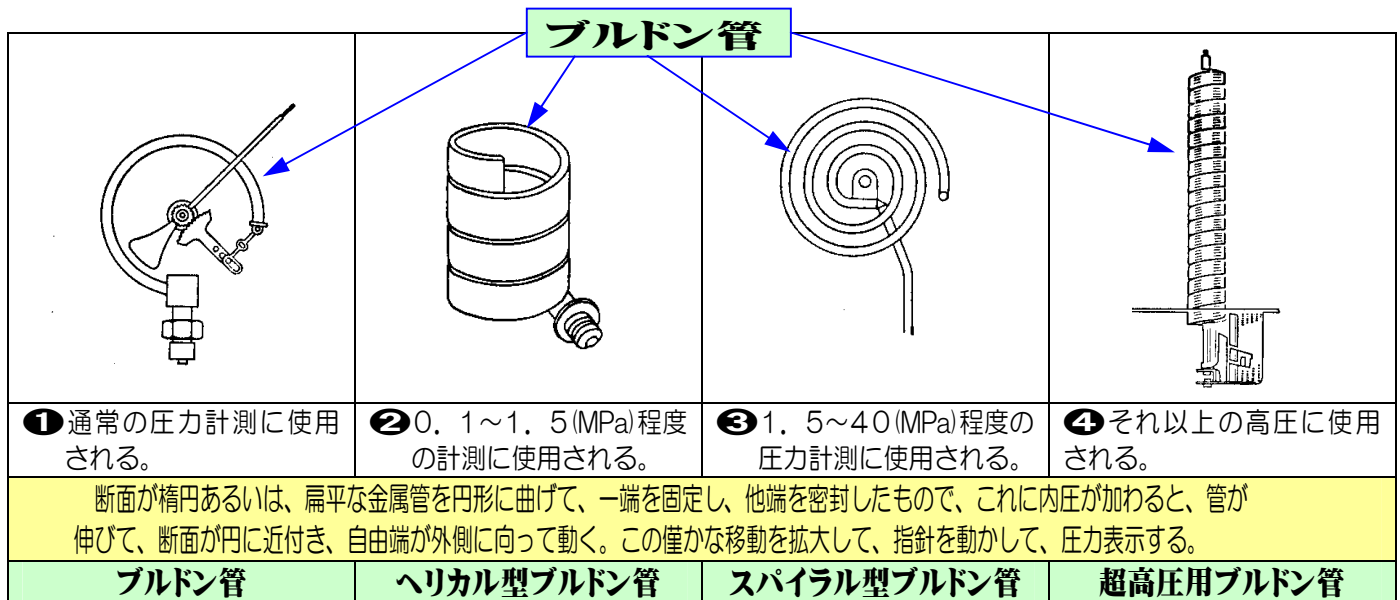


図4 **ブルドン管式圧力計の構造**

【引用文献；西川甚太（執筆委員）；「工業計測」—P. 34、（発行所）(財)電気学会、（発売元）(株)オーム社】

このため、「受圧膜破損と圧力媒体漏洩」を強く懸念される場合は、3年毎の定期検査等を実施する事も、一つの方法と考えます。

前述のように、『過大圧力によって、装着されている圧力センサー（ブルドン管式圧力計など）が破損して始めて、『受圧膜破損の恐れと充填液漏洩の懸念』が発生しますが、上記の定期的なメンテナンスの実施により、ご懸念されておられる「受圧膜破損やそれに付随するトラブル」を、**完全に排除する事が可能**≪三重のフェイル・セーフ≫です。

(株)技術開発総合研究所の「隔膜式圧力センサー」は、
①「ブルドン管式圧力計」交換、②「受圧膜」交換、③「充填液」交換
等のメンテナンスを介して、半永久的に、使用可能です!!

【文責；(株)技術開発総合研究所 本望 行雄】
 (2010年07月08日記述)
 ——≪技術開発総合研究所.com≫

【本望 行雄】の呟き(つぶやき)講座!!

数字の意味 (=あるいは、技術背景)を知らないままに、単純に、“**数値** (=精度、安全性・・・等)”のみを求められる場合があります。

文中でも記載したように、「0 (無)」と「1 (有)」の間には、無限の数字が有り、例え、受圧膜破損の確率が「0.0001 (信頼性=0.9999)」で有ったとしても、「1/10,000」の確率で、受圧膜破損を生じる可能性が残ります {「可能性が有る事」、「可能性が残る事」と「発生する事」は、同義では有りません}。

このためには、システム全体において、『**フェイル・セーフ [Fail safe]**』の考えで対応する事も、極めて重要です。そんな時に、偶々、下記のニュースに触れました。

すなわち、『**チンパンジーのDNA配列と現生人類との一致率が「98.8(%)」で有るのに対して、現生人類とネアンデルタール人のDNA配列は99.7(%)が一致している事が判明した。**』との事です。

数字のみで比較すれば、チンパンジーと現生人類の差は、僅かの「1.2(%)」でしか有りません。数字的あるいは生物学的に見ると、この差を大きいと考えるか、小さいと考えるのか、難しい問題ですが、(株)技術開発総合研究所の開発(**特許取得**)した——**気体流量校正原器**——

ソニック・ノズル(sonic-nozzle.com)の確定精度は、「 $\leq 1/15,000$ (誤差=±0.00007)」に相当します。

この数字(確定精度)は、果たして低いのでしょうか? 依然として、『誤差=ゼロ』では有りません!!

《ネアンデルタール人、現生人類と交配》—— [2010年7月15日 (National Geographic)]

研究チームのリーダーで、カリフォルニア大学サンタクルーズ校のエド・グリーン氏は、「ネアンデルタール人から、現生人類に向けて遺伝子流動があったことは十中八九間違いない」と話す。

研究チームは、中国、フランス、パプアニューギニア、アフリカ南部、アフリカ西部の5人のヒトゲノムと、ネアンデルタール人のドラフトゲノムとを比較した。

解析の結果、現生人類とネアンデルタール人のDNA配列は99.7%が一致していることが判明した。なおチンパンジーとは98.8%一致している。

では、ネアンデルタール人のDNAはどのようにして、アジアやメラネシアにたどり着いたのか?

研究チームによると、ネアンデルタール人と現生人類が異種交配した期間は、現生人類がアフリカを旅立った直後、さまざまな民族集団に分かれて世界中に散らばっていく直前だという。

最初の交配は約6万年前の中東地域で発生したと考えられる。アフリカに隣接しており、2つの種が一時期共存していた考古学的証拠も存在するという。

《**抜粋**》 [出典; <http://topics.jp.msn.com/life/article.aspx?articleid=337607>]