

【techno-news】——No.TN-103291

テフロン製「隔膜式圧力センサー」の特許を取得!!!

市販の「各種圧力センサー（ブルドン管式圧力計、電気式圧力センサー）」で、(Ⅰ) 酸やアルカリ性の腐食性流体、(Ⅱ) 金属イオン混入を嫌う流体や超純水等、(Ⅲ) 低温あるいは高温流体・・・等々の圧力センサー計測を可能とする↓↓↓↓↓

「隔膜式圧力センサー」の特許を取得!

2010年03月05日に、**図 1** に示す構造の、『**隔膜式圧力センサ**〔特願 2008-11116〕——出願人：(株) 技術開発総合研究所、(有) アルトアソシエイツ〔代表取締役社長 高橋 芳昭〕〔〒949-5221 新潟県長岡市小国町武石201〕、等〕に関する技術が、**特許認定**〔特許第 4468996号〕されました。

当該技術の大きな特徴は、(Ⅰ) 市販の圧力センサー〔ブルドン管式圧力計、電気式圧力計等〕を、それ単独では計測不可能な——

- ・ **腐蝕性流体**〔酸・アルカリ性流体〕
- ・ **純粋流体**〔純水・金属イオンを嫌う流体〕
- ・ **可燃流体**〔燃焼・爆発流体〕
- ・ **高温流体**〔 $\leq 0(^{\circ}\text{C}) \sim \geq 50(^{\circ}\text{C})$ 流体〕

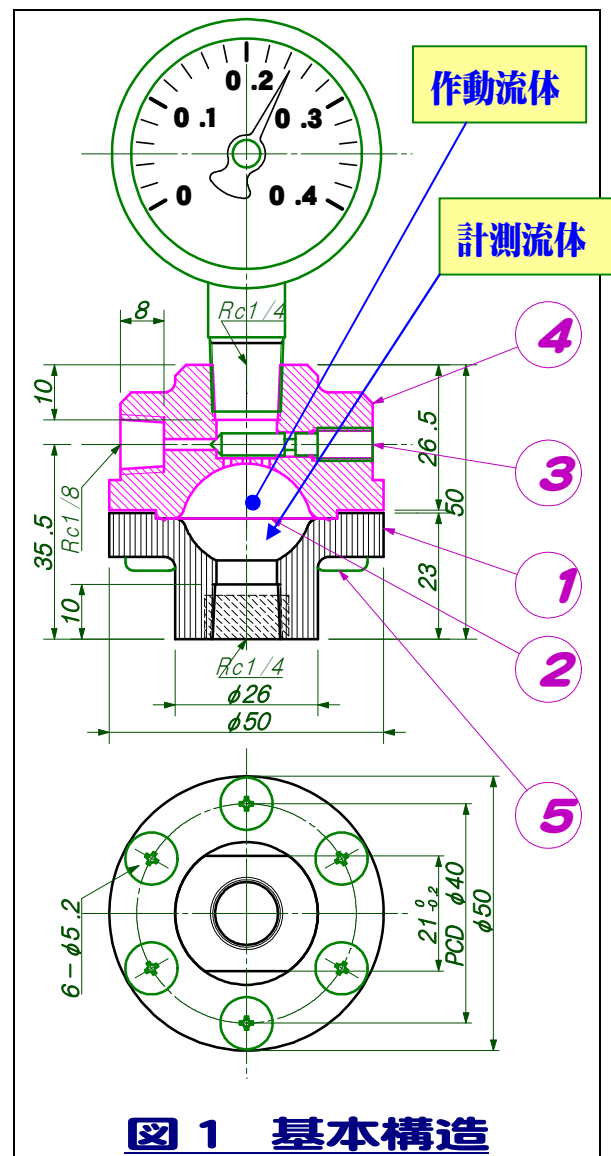
等に、適用可能とする事です。(Ⅱ) すなわち、“測定対象流体”をテフロン系樹脂等の耐食性の「受圧膜」で隔離して、その背面には“圧力伝達用の作動流体”を配置して、計測流体が、圧力センサーに直接負荷される事を防いでおります。

大きな特徴は、当該受圧膜に、**世界初の“ $\leq 0.2(\text{mm})$ の超薄テフロン製ダイヤフラム”**を使用して、**高精度・高応答の脈動圧力計測を可能**としています。

「特許技術」の特徴!!

開発した「特許技術」の特徴は、

(Ⅰ) **図 1** に示す「①下部ハウジング」と「④上部ハウジング」の構成材質の硬さが異なる事です。即ち、例えば、「①下部ハウジング」材料がPTFEあるいはPFA等の硬度の低い樹脂材料の場合、「④上部ハウジング」にそれよりも硬度の高い材料を使用している事です。そして、それぞれの接合面に、凸状の合わせ面を構成し、「①」と「④」との接合面で、硬い「④」が柔らかい「①」に食込むようにして嵌め合い、(イ) Oーリング無しでの完全無漏洩のシールを構成して、(ロ) 部品点数の削減と価格低減、並びに、(ハ) 外径寸法の小型化を実現した点にあります。



(II) また、前述のように、「③受圧膜」には、「**板厚 \leq 0.2 (mm)**」のPFAやPTFE等の耐食性樹脂材料を使用しています。それを可能としている技術が、「④上部ハウジング」の最大変形構造を“**カテナリー曲線**”としている点です。この形状は、受圧膜の変形エネルギーが少なく、応力も均衡しているため、薄い受圧膜でも破損し難い特徴を有しています。そして、受圧膜に最大負荷が加わった状態でも、膜破損しないように、「④上部ハウジング」に装着の『ブルドン管式圧力計等の各種圧力センサー』に接続する流路には、複数個の細孔 { $=\phi d$ } が設けられており、過大圧力 ΔP が負荷されても、「 $F = \pi d^2 \cdot \Delta P / 4$ 」における応力“F”が小さいため、受圧膜は破損しません。

(III) 「③受圧膜」が「**板厚 \leq 0.2 (mm)**」と薄い事に加えて、日本古来の“紙風船”のように、予め、最大変形状態の「④上部ハウジング」のカテナリー曲線状に変形させているため、“ゴム風船”のような『変形するための応力』が不要です。この結果、(イ) 質量が軽い事による、優れた“応答性能”と、(ロ) 受圧膜変形のための誤差がゼロの特性の結果、極めて優れた計測精度を有します。

(IV) 「④上部ハウジング」内に、圧力伝達媒体を充填するに際して、規定の圧力媒体を真空充填後、「③ニードル弁」により流路を閉じて、内部に“空気混入”しない構造としました。更に、漏洩等を避けるために、当該流路をプラグで塞ぐ際に、(イ) 空気の再混入、(ロ) プラグ装着時の圧力負荷 {=プラグを挿し込む際に、プラグ底部の圧力が掛かる} を生じない構造としました。この結果、「隔膜式圧力センサー」の組立が容易且つ確実に実施されます。

(V) (イ) 計測流体が『**液体**』の場合は、PFAやPTFE等のテフロン系樹脂でも問題が有りませんが、「PFAやPTFE等のテフロン系樹脂」は“ポーラス(微細な孔の開いた)状”のため、圧力が負荷されると気体が通過する欠点があります。このため、**特許技術**では、(ロ) 2枚のテフロン系樹脂の間に、延性(展性)に優れた“金、銀、銅、白金”等の金属や、気体透過性に劣る {=気体が透過し難い} “ポリアミドやポリイミド”等の耐食性樹脂材料で、サンドウィッチ構造で構成して、気体圧力計測にも対応可能な技術と成っています。但し、当該技術の適用に関しては、今後、『GEセンシング・ジャパン(株)』様と共同開発を行なう予定です。

(VI) 特許技術としての【請求項】では有りませんが、**図3**の例は、(イ)「計測部位」が振動等している場合の計測例で、(ロ) 計測部位の流体温度が高い場合や、圧力監視場所が計測部位と離れている場合の計測例で、このように、計測場所と隔離する事が可能です。

図4の例は、提供可能な『隔膜式圧力センサー』の構成例です。**図4 [A]**は、「**熱や振動**」対応のための構成例で、殊に、「**振動**」対応に適しています。「**隔離部分**」を樹脂配管は勿論の事、冷却効果を大とするため、SUS配管等の選択も可能ですが、“**蒸気**”には適用不可です。

但し、客先で、隔離部分の距離を自由に構成可能なため簡便な特徴を有します。また、計測流体を冷却しますの



図2 特許証

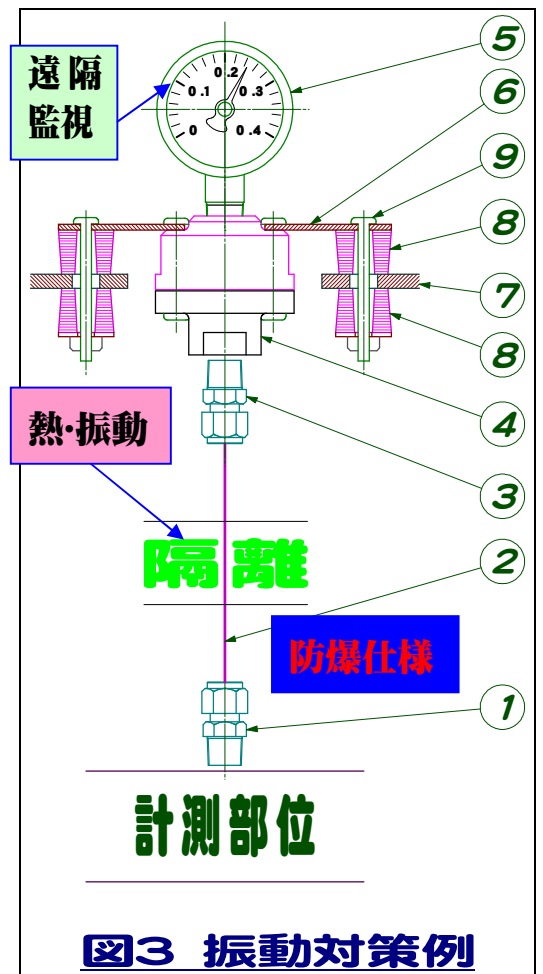


図3 振動対策例


で、この点でも注意が必要です。なお、では、ブルドン管式圧力計使用されていますが、電気式圧力センサー等、各種の圧力センサーを適用可能です。

図4〔B〕は、「**熱**や**振動**」対応のための構成例で、「隔膜式圧力・ハウジング」部は、計測流体温度と同等に加温されるため、「計測流体」の冷却効果が小さい{=計測流体への影響が小さい}特徴を有します。但し、「**隔離部分**」を冷却効果の大きい“SUS材料”の配管で構成すると共に、冷却フィンを装備させる事により大きな冷却効果を働かせる事が可能なため、「隔膜式圧力・ハウジング」の限界温度まで対応させる事が可能です。


「**振動**」に対しては、「隔膜式圧力・ハウジング」部に充填されている“圧力伝達媒体”が振動影響を受けるため、強い振動には、不向きです。「**隔離部分**」には、“圧力伝達媒体”が充填されているため、基本的には応答遅れは有りませんが、予め、接続距離を決めて、装置を構成する必要があります。なお、では、ブルドン管式圧力計使用されていますが、電気式圧力センサー等、各種の圧力センサーを適用可能です。

図4〔C〕は、計測部位と圧力監視場所が離れている場合の例で、「**隔離部分**」は“電気配線”で構成され、最長で**100(m)**程度、間隔を空ける事が可能です。

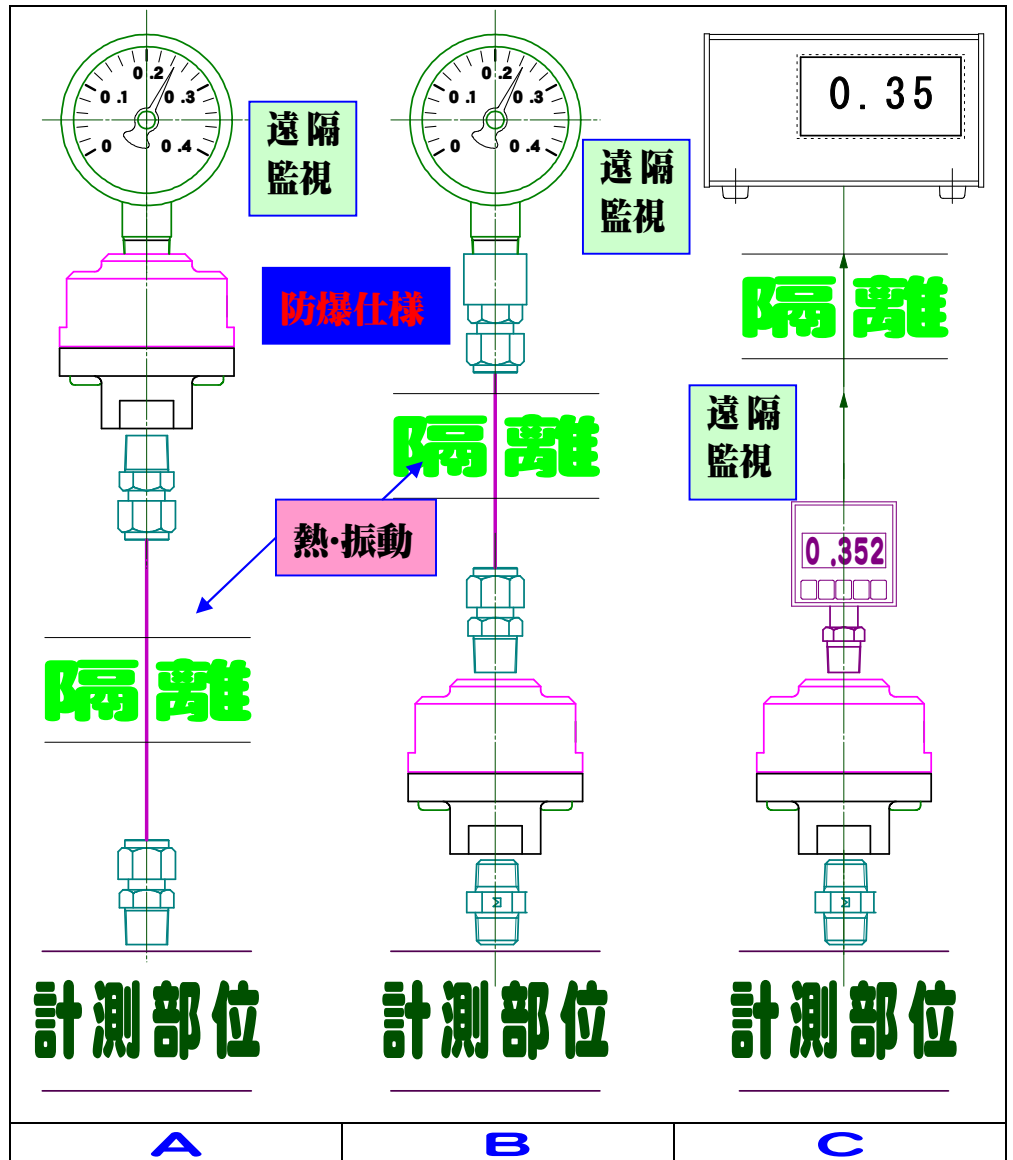


図4 「隔膜式圧力センサー」の使用例

「各種流体」の計測と今後

「隔膜式圧力センサー」の構成材料により、適用可能な計測条件は異なりますが、当面は、「PFA、PTFE」樹脂に適用可能な『**液体圧力計測**』に限定して、**直販事業部**〔staff@techno-direct.com〕を中心に、販売店を公募して展開をして参りたいと考えております。

次いで、助成金公募等により、エジソンの興したGE（ゼネラル・エレクトリック）のセンシング事業部門である『**GEセンシング・ジャパン（株）**』様と共同にて、『**気体圧力計測**』可能な「隔膜式圧力センサー」を開発・整備して、同社と相談の上、共同展開したいと考えております。「気体圧力計測」を実現する適用技術に関しては確立しており、量産技術のための設備投資が基本と成ります。**表1**に、「各種——隔膜式圧力センサー」の形式一覧<〔**註**〕**気体計測の場合は、受圧膜からの漏洩に注意**>を示します。

表 1 各種形式の隔膜式圧力センサー

形 式 ／形式表示	特 徴		
	項 目	内 容	
ブルドン管式圧力計 (横型) : SDP-#. #BS (上型) : SDP-#. #BU 	計測圧力範囲	0~0.5 (MPa) / 0~-0.1 (MPa)	
	許容計測圧力範囲	0~0.5 (MPa) / -0.1~0.5 (MPa)	
	測定計測流体	テフロンを損傷しない流体	
	表示部外径	φ50 (mm)	
	計測精度／等級《註-1》	±2.5 (%)FS / 2.5級	
	使用温度範囲	-40~60 (°C)	
	温度による誤差	20 (°C)を基準に、±0.4 (%)FS / 10 (°C)	
	ブルドン管材質	SUS316	
	レンズ材質	ACRYLIC樹脂	
	電池式デジタル圧力計 / SDP-#. #ED 	計測圧力範囲	0~0.5 (MPa) / -0.1~0.5 (MPa)
許容計測圧力範囲		0~0.5 (MPa) / -0.1~0.5 (MPa)	
測定計測流体		テフロンを損傷しない流体	
表示部外径		φ50 (mm)	
表示方式		3桁LCDデジタル表示	
表示周期		0.5, 2.0, 10 (sec) 選択	
電源		リチウム電池 CR2032-1個	
連続使用時間		約2500時間 / 表示周期0.5 (sec)	
使用温度範囲		-10~50 (°C) {凍結なきこと}	
使用湿度範囲		35~85 (%)RH {結露なきこと}	
保存温度範囲		-20~60 (°C)	
上下限デジタル圧力計 / SDP-#. #EL  { 防爆仕様 } { 低温仕様 } { 高温仕様 }		計測圧力範囲	0~1 (MPa) / 0.1~1 (MPa)
	許容計測圧力範囲	0~0.5 (MPa) / -0.1~0.5 (MPa)	
	測定計測流体	テフロンを損傷しない流体	
	表示精度	±1 (%)FS + 1 digit.	
	温度特性	±0.1 (%)FS / (°C)	
	コ ン パ レ ー タ	出力	NPNオープンコレクター2出力
		応答性	2.5 (msec) 以下
		出力容量	30 (VDC) 80 (mA) 以下
		ヒステリシス・モード	可変
		ウィンド・モード	1 (%)FS
	ア ナ ロ グ	出力動作表示灯	赤色LED (ON時点灯)
		出力 (オプション)	1~5 (V) DC
		出力精度	±3 (%)FS
		応答性	1 (msec) 以下
電源／消費電流	12~24 (V) DC / 300 (mA) 以下		
使用温度範囲	-10~50 (°C) {凍結なきこと}		
使用湿度範囲	35~85 (%)RH {結露なきこと}		
保存温度範囲	-20~60 (°C)		
ケーブル長	2 (m) {標準}		

《註-1》φ60 (mm)仕様の場合は、「計測精度／等級」は、「1.5 (%)FS / 1.5級」と成ります。

なお、「**受圧膜に関わる『計測精度』**」に関しては、前述のように、開発した《**隔膜式圧力センサー**》の計測精度は、極めて優れており、その計測の誤差は、ほぼ、「**ゼロ**」と言えます。

「**図 1**」は、横軸に、電子式圧力センサーを、開発した「隔膜圧力センサー・ハウジング」に装着した場合の計測値 P_m (MPa)を、また、縦軸に「使用した「電子式圧力センサー」そのもの」の計測値 P_s (MPa)を示したものです。これより明らかなごとく、両者の関係は、

$$P_s = 1.0007P_m + 0.0002$$

の関係に有り、受圧膜の剛性による比例常数変化は「**0.07%**」、シフト誤差は「**0.02%**」で、ほぼ無視できる事が明らかです。しかも、両者の相関係数は「 $R^2 = 1$ 」で、スパン・ドリフトも“ゼロ”で有る事を示しています。

一方、「**圧力媒体に関わる『計測精度』**」に関しては、(Ⅰ)ブルドン管式圧力計の場合は問題が有りません{=誤差影響無し}が、(Ⅱ)高精度電気式圧力センサーの場合は、①圧力センサー位置が垂直**上部**に配置されている時は、圧力媒体が重力影響で減圧側に働くため、「**負圧**」影響を与えます。逆に、②圧力センサー位置が垂直**下部**に配置されている時は、圧力媒体が重力影響で加圧側に働くため、「**加圧**」影響を与えます。このため、③「隔膜式圧力センサー」の取付姿勢としては、水平方向が妥当ですが、何れにしろ、“無圧状態”で、『デジタル表示計』の表示値を、“**強制ゼロ**”させて計測すれば問題は有りません。“**温度に関わる『計測精度』**”に関しては、(Ⅰ)標準仕様として、「常温±20(°C)」の範囲では、温度影響しません。(Ⅱ)片側仕様の場合は、①「[基準温度] +40(°C)」、②「[基準温度] -40(°C)」の範囲で、温度影響しません。

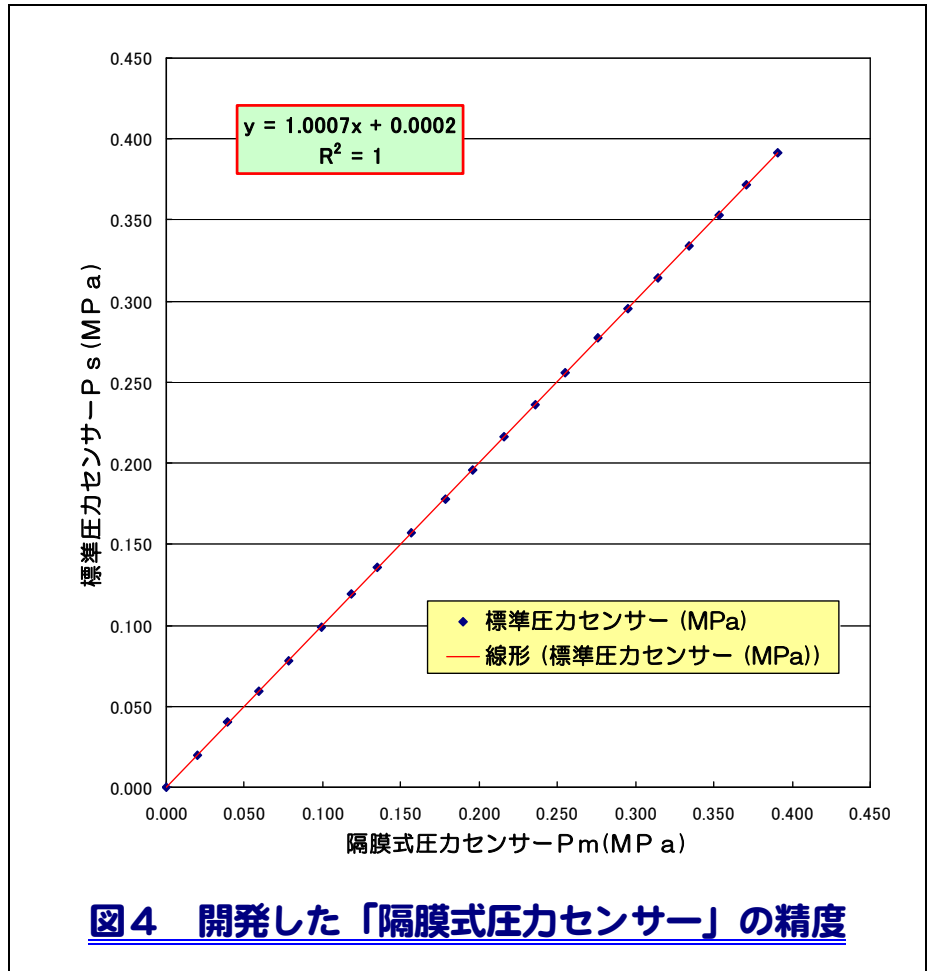


図 4 開発した「隔膜式圧力センサー」の精度

「隔膜式圧力センサー」に関する【**詳細**】は、カタログをご参照下さい。

- (1) ホームページでのダウン・ロード→→→→→ [http://www.advanced-techno-future.com]
- (2) カタログ請求先→→→→→→→→→→ [staff@techno-direct.com]

【記述責任者】 **本望 行雄** — 「y-hommoh@techno-news.com」

【研究・開発・販売】 **(株) 技術開発総合研究所®**

{〒305-0042 茨城県つくば市下広岡725番地の29} 【TEL.(029)857-6010, FAX.(029)857-8357】

E-mail ; staff@techno-direct.com [y-hommoh@advanced-sensors.com]

【Main E-mail ; y-hommoh@advanced-techno-future.com】

《製造》 **(有)イワセ** 【〒959-0214 新潟県燕市吉田法花堂165-2】

【TEL.(0256)92-3750, FAX.(0256)92-2859, E-mail ; iwase@echigo.ne.jp】

《**参考資料**》——『**カタナリー曲線 (Catenary-curve)**』

カタナリー曲線 (Catenary-curve) は、懸垂曲線または懸垂線とも呼称され、ロープや電線などの両端を持って垂らした時にできる曲線の事を言う。

“カタナリー”の名は、ホイヘンスによるもので、ラテン語で、「チェーン」を意味する“catena”に由来する。カタナリー曲線を表す式を最初に得たのは、「ヨハン・ベルヌーイ」や「ライプニッツ」等で、1691年の事である。

「懸垂線」の意味から、それは唯一つの頂点を持ち、頂点における法線を軸として線対称であるものと仮定する事に成る。その上で、曲線は一様な質量密度を持ち、それに伴って、曲線自身の自重が各点の張力を決定するものとして、微分方程式をつくり、その解曲線としてカタナリーの数学モデルを定式化する事ができる。

二つの支持物に張られた“電線のたるみ(弛度)等を表わす曲線”でもある。また力学的に安定している {=エネルギーが小さい} ため、建築、橋梁においてもカタナリー・アーチとして使用されている。

また、“カタナリー”は、電車の給電線そのものを指す場合も有る。電力線などを敷設する場合、使用する電線の長さは、電線の自重による弛みを考慮し、実際の径間よりも長い電線を用意する必要がある。この時、双曲線関数等を用いる。また、このような状態として、他にも、蜘蛛の巣の糸はカタナリーを形成している。

→→→→【**詳細**】は、例えば、「ja.wikipedia.org/wiki/」や「www.fair-sky.net/wada/souden/catenary.html」を参照の事。

《**参考資料**》——『**延性 (ductility)、展性 (Malleability)**』

延性 (展性) とは、1次元の材料の**塑性**変形能を表します。延性に富む材料は、引っ張られても塑性変形をしながら、**応力**を緩和して破壊し難いという性質があります。ゴムは延性に富んだ材料の一つです。

金属で言うと、軟鋼、アルミ合金、銅合金が延性に富んだ材料です。ただ、これらの材料も常温以上では、延性の挙動を示しますが、常温以下のある温度(材料によって異なります)に成ると、**脆性**の挙動を示します。延性の指標には、引張試験の伸びや絞り、曲げ試験の曲げなどがあります。

また、2次元の材料の塑性変形能を展性といいます。延性に富む材料が必ずしも展性に富むとは限らないという事に注意が必要です。

なお、一般に、展性に富む金属としては、金、銀、スズ、アルミニウムが、延性に富む金属としては、金、銀、銅、白金が知られています。

[引用；www.mterm-pro.com/machine-yougo/material-another/ensei.html]

→→→→【**詳細**】は、例えば、「www.mterm-pro.com/machine-yougo/.../ensei.html」、「ja.wikipedia.org/wiki/」、を参照の事。