



# QVF<sup>®</sup> SUPRA LINE

## 1. 技術資料

## ほうけい酸ガラスからなるQVFプロセスプラント

QVFプロセスプラントは、高い耐食性、耐熱性、低い熱膨張率というほうけい酸ガラス(Borosilicate Glass 3.3)の優れた特性を活かし、様々な化学工業分野で使われている化学装置です。ヨーロッパでは、ほうけい酸ガラスはEU圧力容器指令(Pressure Equipment Directive)により圧力容器の構成材料として認められています。

### ほうけい酸ガラスの特性

ほうけい酸ガラスは耐食性や耐熱性の他、他の化学プラント構成材質には見られない以下の様な特長を持っています。

- 平滑かつ非多孔質である
- 触媒作用がない
- 生体に無害である
- 無味無臭である
- 不燃性である
- 透明である(流体の状態が見える)
- 化学的に安定している

### ほうけい酸ガラスの耐食性

ほうけい酸ガラスは水にはもちろんのこと、金属塩の水溶液、有機化合物、塩素や臭素などのハロゲン、各種の酸といった多くの化合物に対して耐食性を示し、一般に「耐食材料」とされる材質の中でも特に優れた耐食性を持っています。

一部、耐食性を示さない化合物としてフッ酸、濃リン酸、高温の苛性ソーダなどがあります。苛性ソーダについては後述の通り、常温であれば問題なく使用できます。

[表1.1] Borosilicate Glass 3.3の組成

SiO <sub>2</sub>	80.6wt%
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.5wt%
Na <sub>2</sub> O	4.2wt%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.2wt%
その他	0.5wt%

[表1.2] Borosilicate Glass 3.3の物性

線膨張係数 $\alpha$	3.3×10 <sup>-6</sup> /K (20~300℃平均)
熱伝導度 $\lambda$	1.2W/m·K (20~200℃平均)
比熱C <sub>p</sub>	0.8kJ/kg·K (20~100℃平均) 0.9kJ/kg·K (20~200℃平均)
密度 $\rho$	2230kg/m <sup>3</sup> (20℃)

[表1.3] Borosilicate Glass 3.3の耐食試験

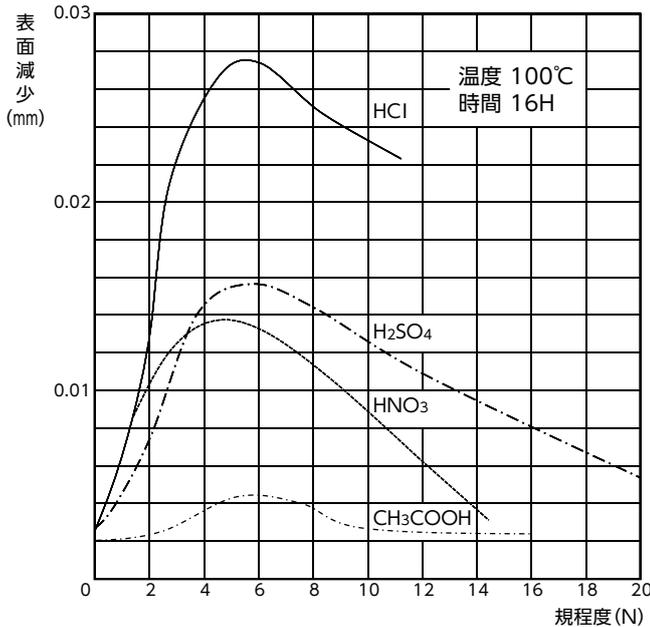
ISO719	ガラス粒の加水分解性試験(98℃)	クラス HGB 1
ISO720	ガラス粒の加水分解性試験(121℃)	クラス HGA 1
ISO1776	耐酸性試験	Na <sub>2</sub> O沈殿量<100mg/dm <sup>2</sup>
ISO695	耐アルカリ性試験	クラス A2

## ほうけい酸ガラスの耐酸性

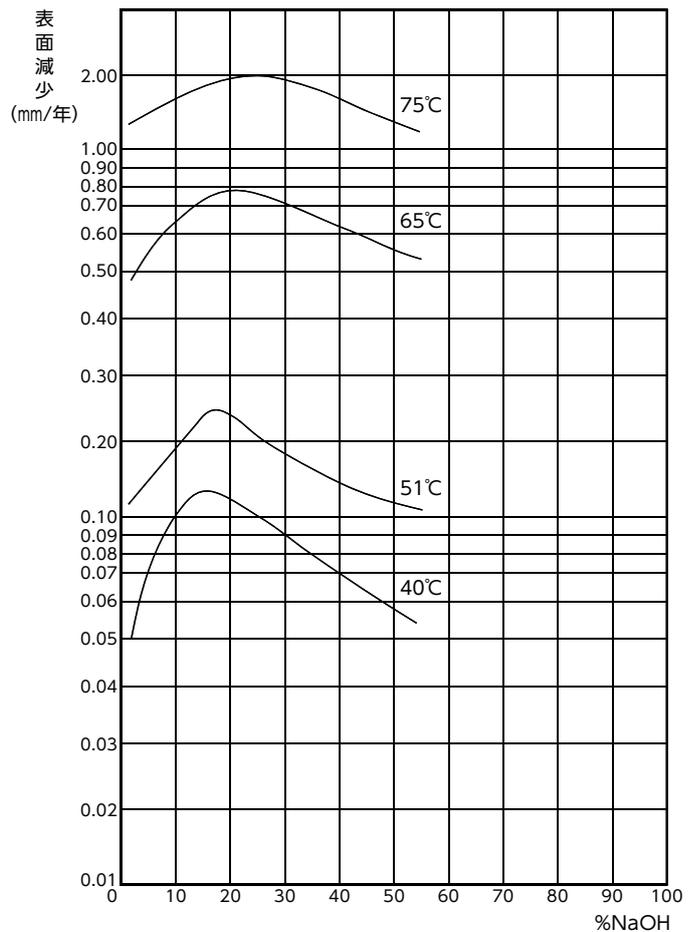
図1.1は代表的な酸に対するほうけい酸ガラスの耐食性を表し、横軸は酸の規定度、縦軸はガラス表面の減肉深さを示します。どの酸に対しても概ね4~7規定で最大の減肉が見られ、それ以上の規定度では腐食量が減少するのが分かります。1mmの減肉にも多大な年月を要する材料である点が、ほうけい酸ガラスが耐酸材料とされる所以です。

## ほうけい酸ガラスの耐アルカリ性

図1.2は苛性ソーダに対するほうけい酸ガラスの耐食性を表し、横軸は苛性ソーダの濃度、縦軸は減肉速度を示します。濃度20~30wt%程度までは濃度とともに腐食速度は増大し、それ以上の濃度では横ばいか、濃度とともに減少する傾向が見られます。また温度とともに減肉速度は大きくなりますが、40℃以下であれば深刻な腐食減肉には至らないことがわかります。



【図1.1】ほうけい酸ガラスの耐酸性



【図1.2】ほうけい酸ガラスの耐アルカリ性

## 設備の設置環境

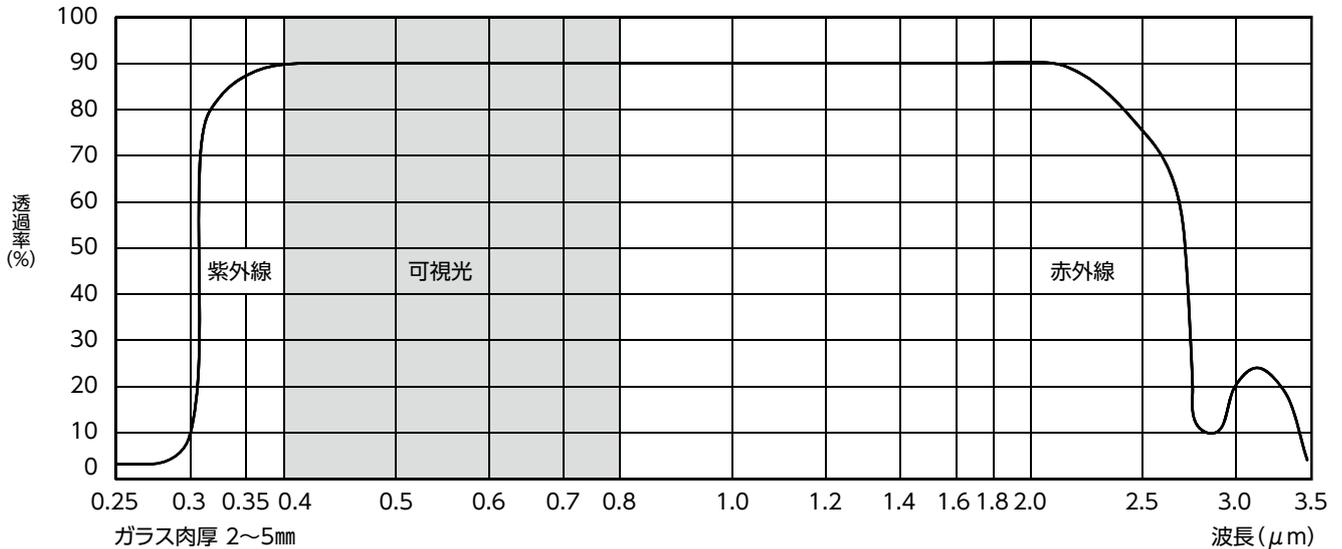
ガラスプラントは腐食性雰囲気中で使用されることが多く、ステンレス部品の応力腐食割れが発生する場合があります。定期的な点検と必要に応じて部品交換を行うことをお奨めします。

その様な腐食性雰囲気での使用の為、樹脂フランジからなる「Pシリーズ」というラインナップもありますので、ご相談ください。

## ほうけい酸ガラスの光学特性

ほうけい酸ガラスが無色透明なのは可視光域の光の透過性が高い為です。試薬保管などで茶色に着色されたほうけい酸ガラスが感光性の化合物用に使われることがありますが、それは500nm以下の波長の光をカットする為です。

ガラスプラントで感光性物質を取扱う場合は後述する「セクランコート」を推奨します。これにより、380nm以下の紫外線をカットすることが可能です。



[図1.3]ほうけい酸ガラスの光学特性

## ほうけい酸ガラスの機械的特性

表1.4に示される機械特性はEN1595\*で規定されている数値で、研磨や火加工などの表面仕上げを考慮した上で決められた数値です。許容引張応力、許容曲げ応力、許容圧縮応力の設計値として用いられます。

\*EN1595: "Pressure Equipment Made from Borosilicate Glass 3.3-General rules for Design, Manufacture and Testing"

[表1.4] Borosilicate Glass 3.3の設計応力

引張・曲げ応力	7N/mm <sup>2</sup>
圧縮応力	100N/mm <sup>2</sup>
弾性係数 (ヤング率)	64kN/mm <sup>2</sup> (GPa)
ポワソン比	0.2

## ガラスプラントの許容運転温度

ほうけい酸ガラスはガラス転移点 (約525℃) まで一定の機械的強度を持ち、疲労の少ない弾性材料と見なすことができます。多くのコンポーネントは熱衝撃が発生しない限りにおいて、許容運転温度の上限を200℃としております。0℃以下で低温になるほど、ほうけい酸ガラスの引張応力は上昇する方向であり、-80℃を下限として安全に使用できます。使用温度は、むしろガスケットやインターナルとして使用されるPTFE材料の耐熱性によって制約を受けます。

コンポーネントの内外で急激な温度変化を生じさせる運転操作は、過大な熱応力の発生につながりますので避ける必要があります。急激な温度変化の上限を120℃とするのが熱衝撃による破損を防ぐ目安です。

## ガラスプラントの許容運転圧力

全てのガラスコンポーネントは特に指示が無い限り真空下で使用可能です。

許容運転圧力の上限は、円筒形コンポーネントであれば主要口径ごと、球形コンポーネントであれば呼称容量（あるいは外径）ごとに設定されています。熱交換器やジャケットベッセルなど、形状によってはより低い許容運転圧力を設定しているものもありますので、該当するセクションを参照下さい。

なお安全の為、ガラスプラントが気体で加圧される使用は避け、その様な運転条件が生じうる場合は、圧力逃がし弁、飛散防止柵、インターロック、またはそれらを組合せて適切な安全措置を講じて下さい。

[表1.5] 円筒形ガラスコンポーネントの口径別許容運転圧力

DN (呼び径)	15 25 40 50	80	100 150	200 300 450 600 800 1000
許容運転圧力 (MPaG)	0.4	0.3	0.2	0.1

[表1.6] 球形ガラスコンポーネントの呼称容量（外径）別許容運転圧力

呼称容量 (L)	5	10	20	50	100	200	500
外径 (mm)	223	280	350	490	610	750	1005
許容運転圧力 (MPaG)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.08	0.06	0.03

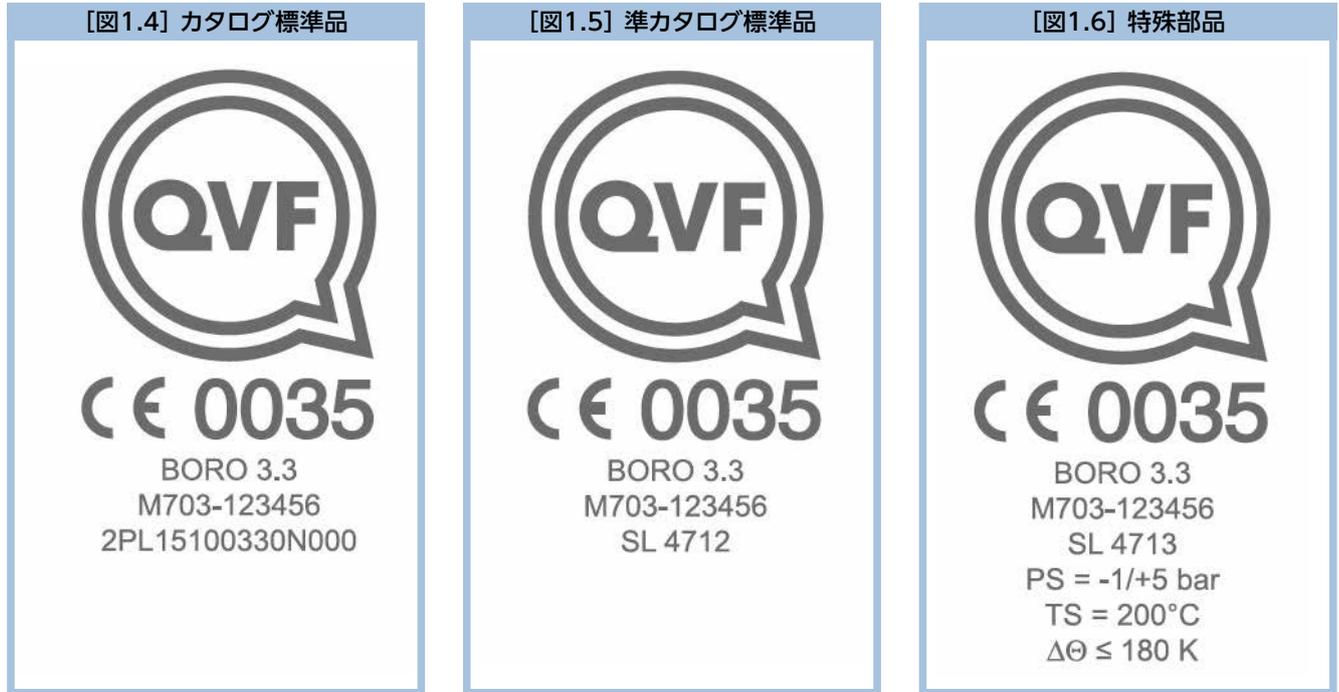
## コンポーネントの設計

ガラス製コンポーネントに生じる熱応力は、外気温20℃、内温200℃と想定し、適切な境膜伝熱係数によって内外表面温度を計算した上で求めています。強度計算はEN1595及びドイツの压力容器指規制AD2000に基づいて行われています。

## コンポーネントへのマーキング

ガラス製コンポーネントへのマーキングはEU圧力容器指令97/23/ECと前記EN1595に基づいています。マーキングには、トレーサビリティを取る為の情報、特殊な許容使用条件など、品質保証上必要な追加情報も含まれており、圧力容器指令の順守をモニタリングする当局により承認されています。なお、DN15、DN25についてはCEマークがついておりません (97/23/EC, article 3, paragraph 3による)。

CEマークの例を図1.4~1.6に示します。



※カタログ標準品との違いが小さく、  
使用条件がカタログと同じもの

※カタログ標準品との差が大きく、  
使用条件がカタログと異なるもの

CEマークからは以下の情報が得られます。

[表1.7] CEマークの表示項目

表示	内容
QVFロゴ	独De Dietrich Process Systems社ガラスプラントの商標
BORO 3.3	Borosilicate Glass 3.3 (ほうけい酸ガラス)
CE 0035	認証機関による認証番号
M	製造場所 M=独Mainz
7	EN1595による強度パラメータ
03	カタログ発行番号 (本カタログ 03)
123456	シリアルナンバー
2PL151..	DDPS社製品コード
SL4713	製作図面番号
PS=-1/+5 bar	許容圧力範囲 (カタログ値と異なる場合)
TS=200°C	許容温度範囲 (カタログ値と異なる場合)
△Θ≤180K	許容温度差

## ガラスコンポーネントの端部

コンポーネントは温度や圧力に耐えるだけでなく、端部にはガスケットに十分な面圧を与える強度が必要です。接続部では他の滑らかな表面と違って部分的に流れが乱される為、端部の形状はプロセスにも影響を与えます。DN300まではショルダーフランジを持つフラット、ボール/ソケットの接続システムを採用しました。シール表面はファイヤポリッシュ仕上げとし、フラットとソケットの端面にはガスケットのセンター出しを容易にするグルーブ(溝)を設けました。

コンポーネント端部の形状はプロセスに応じて使い分けられます。フラット端部の場合は、GMP対応の新型ガスケットを標準としたことで従来より液溜まりを低減でき、食品や製薬プラントにお奨めできます。わずかな角度であればフレキシブルガスケット(第9章「接続部品」参照)やPTFEベローズを用いて調整できますし、特に日本国内では耐震上の観点からPTFEベローズによって機器のノズルや接続配管にフレキシビリティを持たせ、機器ごとに振動を独立させることにより、ノズルや配管にかかる応力を緩和する設計にて設備のご提案をしております。ボール/ソケット端部による接続は、フレキシブルガスケット等なしでも口径により最大3°の角度まで標準ガスケットで接続でき、フレキシブルガスケットやPTFEベローズなどを使いたくない場合に有効です。

フラット/フラット端部の接続の場合、ボール/ソケット端部の接続の場合とも、同じ接続部品(フランジ、インサート、ガスケット)を用いることができます。ベッセルやカラムのノズルはフラット端部を標準としておりますが、ボール端部やソケット端部にしたい場合はアダプター部品を使用します。(第2章「配管」)

なお、DN450以上の機器の端面はファイヤポリッシュでなく、従来通りスリ仕上げとなっておりますが、ご要望によりファイヤポリッシュ仕上げにすることも可能です。



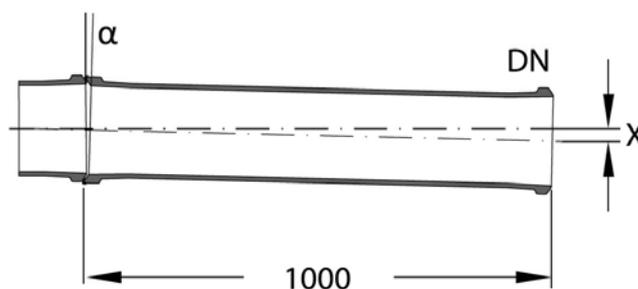
## ボール/ソケット接続時の最大角度

液溜まりをなくす為に水平配管を設置する場合など、フランジ接続部を所定の力で締付ける前に、各コンポーネントを所定の勾配となるよう調整して下さい。

表1.8にボール/ソケット接続時の最大許容角度を示します。

[表1.8] ボール/ソケット接続時の最大角度

DN (呼び径)	X (mm)	$\alpha$ (最大角度) (°)
15	87	5
25	52	3
40	52	3
50	52	3
80	52	3
100	34	2
150	26	1.5
200	17	1
300	17	1

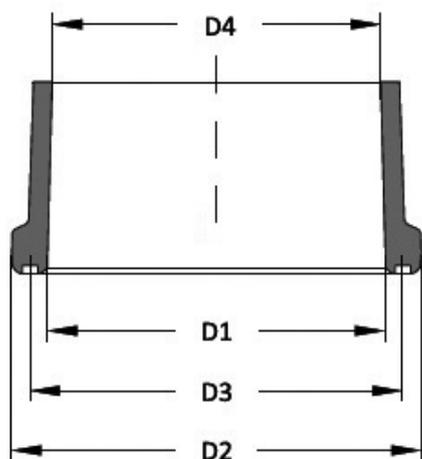


## ガラスコンポーネントの端部寸法

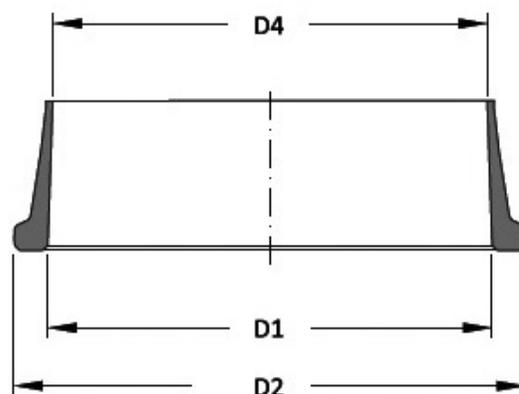
[表1.9] 端部寸法

DN (呼び径)	D1 (mm)	D2 (mm)	D3 (mm)	D4 (mm)	R
15	15	30	23	14.1 - 15.9	18
25	24	44	34	22.75 - 25.25	25
40	37	62	50	35.2 - 38.8	40
50	50	76	62	48 - 52	50
80	76	109	92	74.5 - 79.5	80
100	101	130	118	97.7 - 104.3	100
150	153	184	170.5	147 - 155	150
200	203	233	220	196 - 206	200
300	300	338	321	294 - 307	300
450	457	528	—	444 - 456	—
600	614	686.5	—	592 - 599	—
800	838 - 816	920	—	799 - 805	—
1000	1052 - 988	1093	—	976 - 983	—

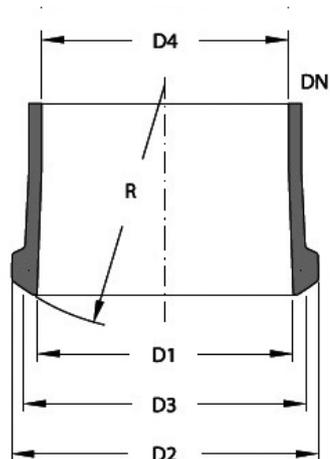
フラット端部 (DN15~ DN300)



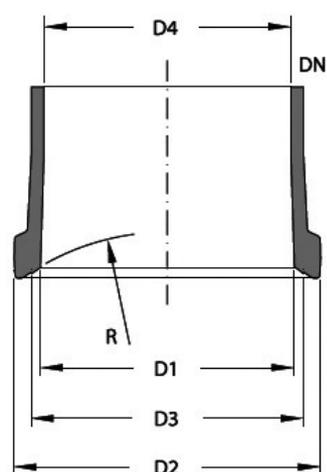
フラット端部 (DN450~ DN1000)



ボール端部 (DN15~ DN300)



ソケット端部 (DN15~ DN300)



## GMPに準拠した設備の設計

GMPガイドラインに準拠する設備においては、液溜まりを最小にすることや、容易かつ効果的な洗浄を可能とするなど、コンポーネントの選定・設計・配置について特別な配慮が必要となります。

## 機械的損傷からの保護

ほうけい酸ガラスのコンポーネントはセクトランコートを実施することにより、引っかき傷や打撃などからガラス表面を保護し、亀裂が入った場合でも亀裂の拡大や破片の飛散を防止する効果があります。但し、コーティング自体が許容使用圧力を上昇させるものではありませんのでご注意ください。

作業エリアや通路近くにガラスプラントを設置する場合、保護金網によって設備への機械的損傷を防ぐのも有効です。

## セクトランコーティング

セクトランは透明なポリウレタンベースの外表面コーティングです。優れた耐薬品性、耐候性を示し、生体にも無害で、加熱しても悪臭や有毒ガスを発生することがありません。

セクトランコートしたコンポーネントは、保温しない限り内温で160℃まで問題なく使用できます。それ以上の温度になると黄色がかった変色をきたすことがありますが、ガラス保護の機能や透明度が著しく低下するわけではありません。

## 爆発性雰囲気でのガラスプラントの使用

付帯する電気機器が防爆仕様を満たす限り、爆発性雰囲気下においてガラスプラントを使用することに対する規制は特にありませんが、電気機器や機械的摩擦を生じる部品については所定の規格に準拠し、認証を受けた製品を使用する必要があります。

尚、静電気拡散性を持つセクトランコートも防爆エリアで使用することができます。

非導電性流体により静電気が発生しうる場合はTRBS2153規制に従う必要があります。設定エリアと流体グループにより、金属部品にはアースを取る必要があります。静電気拡散性を持つPTFE部品の使用が必要となる場合があります。

DN300までのフランジ接続部に使用する新しいコンプレッションスプリングは、ボルトを外すことなくアース線を取付けることができ、アース線の接続が容易になりました。

## リスク分析及び残留リスク

本カタログに記載のコンポーネントについては97/23/EC指令に基づくリスクアセスメントが行われ、対応策を独DDPS社がまとめております。リスクを排除し、不適切な使用による不具合の発生を防ぐ為（97/23/EC指令 Appendix I, Section1-3）、以下に記載の点にご留意ください。

- ほうけい酸ガラスはほとんど全ての化合物に対して耐食性を示しますが、アルカリやフッ酸、濃リン酸に対しては腐食を呈します。もし減肉が懸念される環境下でご使用になる場合は、定期的な肉厚測定を行うことを推奨いたします。
- 分解の恐れがあるなど、化学的に不安定な化合物に対してガラスプラントをご使用になる場合、異常な温度上昇や圧力上昇、腐食物質の発生の有無等による不具合が発生しないか、事前に十分ご検討下さい。
- 本カタログに記載の許容運転条件を遵守頂くとともに、さらに必要に応じて圧力逃し弁、破裂板、オーバーフロー、過昇温防止など、適切な安全措施をご検討下さい。
- 許容運転圧力は、リークテストや満水テストなどを含め、いかなる場合でも遵守下さい。
- ガラスプラントの許容運転温度は200℃であり、いかなる場合も遵守下さい。電気加熱や発熱反応がおこる場合には必ず適切な温度管理システムを導入下さい。
- 運転中のガラスプラントに、消火用スプリンクラー水、洗浄水など、冷水がかかると熱衝撃の温度差上限値である120℃を超えることがあります。ガラスプラントをスプリンクラーから離して設置する、高温時に冷水洗浄しない運転要領にするなど、適切な防止措置を講じて下さい。
- 機器のノズルに過負荷や振動がかかると破損の恐れがあります。ノズルや配管にはストレスをかけない様、適切な箇所にPTFEベローズをお使い下さい。
- ガラスプラントは通常パイプ架台にアセンブリされ、それだけでも人や物が近づきにくく、事故を防ぐ一定の効果があります。架台から突き出たコンポーネントには適切な保護策を採り、特に表面温度が60℃を超える様な箇所には適切な火傷防止措置 (Personal Protection) を施して下さい。架台に保護金網を設置するのも有効です。
- 熱交換器において伝熱管が破損した場合、プロセス流体とサービス流体とが混じることとなります。混合や反応に伴ってガラスプラントの許容運転条件を超える温度上昇、圧力上昇が懸念される環境下でのご使用は避けて下さい。

## 接続用部品

QVF接続用部品は、高品質で信頼性の高いシステムです。深絞り加工のステンレスを使用することにより、軽量で強靱なフランジに仕上がっています。

## コンプレッションスプリング

コンプレッションスプリングは、ボルトの締付応力を適正な水準に維持するために使用します。

DN300までの口径については、独自のコンプレッションスプリングを使用することにより、一本のアース線でアースを取ることが可能となります。

DN450以上の口径または口径に関わらずハロゲン及び塩酸雰囲気となる場所で使用する可能性が考えられる場合は、**コイルスプリングを使用します。**

これらスプリングを規定値の長さになるまでボルトを締め付けることにより、適切にガラス端部同士を接続することが可能です。DN450以上の口径のプラントに関しては、最初に普段使用する条件で試運転後、スプリングが規定長さであるかどうかを確認してください。

## ガラスプラントのコーティング

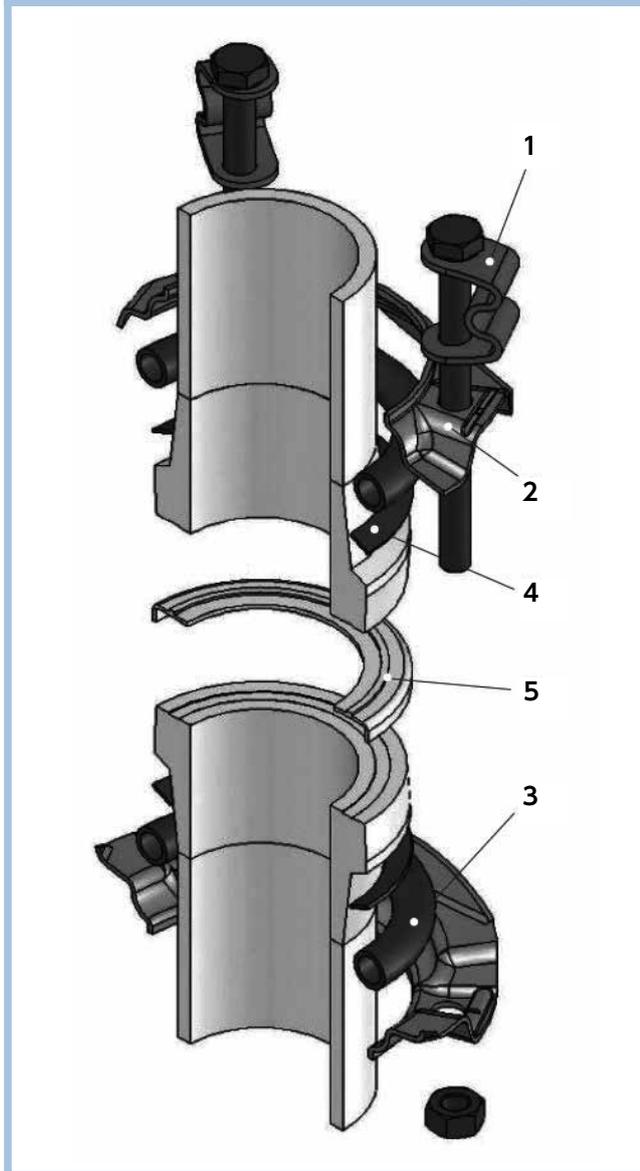
セクランコートを施したコンポーネントに、通常の接続部品やインサートを使用することは可能ですが、シリコーンシムはセクランコートを施した製品に使用することはできません。

## ガラス以外の材質への接続について

通常のガラス製品同士のカップリングに加えて、グラスライニング配管、SUS配管、PVC配管で施工されているラインにも接続することが可能です。他材質をガラスプラントに接続する際には、適切な接続部品、ガスケットを使用し、適正な締付トルクで接続する必要があります。

## フランジ接続概略図

[図1.8] DN15～DN300までのフランジ接続の概略



## 1. コンプレッションスプリング

材質：ステンレス鋼 1.4310  
(SUS301相当)

## 2. フランジ

材質：・ステンレス鋼 1.4301  
(SUS304相当)  
・フェノール樹脂

## 3. インサート

材質：・ステンレス鋼 1.4310  
(SUS301相当)  
・フェノール樹脂

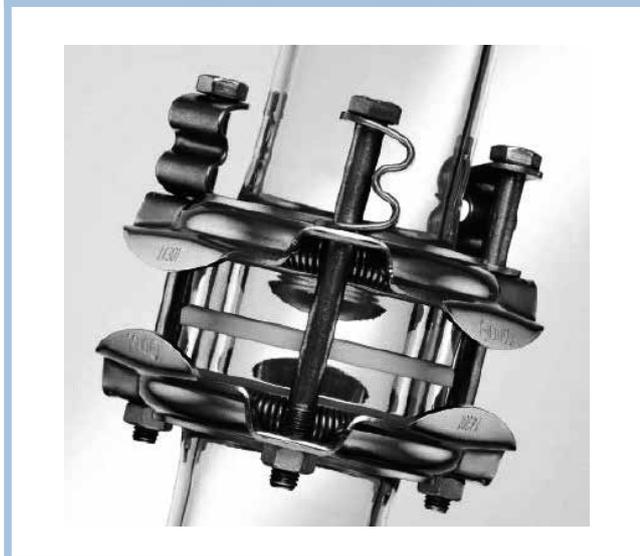
## 4. インサート(シリコンシム)

(インサートとガラス端部間のクッション材)  
材質：シリコン

## 5. PTFEガスケット

材質：PTFE

[図1.9] フランジ接続外観



## 従来規格との互換性

SUPRA LINEは、複数ある従来規格 (WPR規格、KF規格)と接続できるように設計されており、現在ご使用されている設備の改造、更新を容易に実施できるよう配慮されています。

SUPRA LINEのPTFEガスケットは、接続部に液溜まりを生じさせず (フラット端面採用時)、GMP要求を満たしています。

## SUPRA LINEとWPR規格との互換性

SUPRA LINEのフランジをWPR規格品に使用の際は、DN15～ DN150の場合、専用のWPRインサートを使用します。(図1.10)

DN200以上の場合、SUPRA LINEの接続部品を使用し接続することが可能です。(図1.11)

また、SUPRA LINEとWPR規格ではボルトPCDが同じである為、WPR規格の端部とSUPRA LINEとの接続が可能です。(図1.12、図1.13)

## SUPRA LINEとKF規格との互換性

DN15～ DN300のKF規格品には、SUPRA LINEの接続部品を使用頂けます。(図1.14、図1.15)

DN200とDN300のみ、SUPRA LINEとKF規格のボルトPCDが同じため、KF規格端部にKF規格の接続部品を使用し、SUPRA LINEと接続することができます。(図1.16)

DN15～ DN150については、KF規格とPCDが同じ「Pシリーズ」の接続部品を使用する、もしくはSUPRA LINEの接続部品に交換することで、保有設備のメンテナンス、増設、更新をして頂けます。

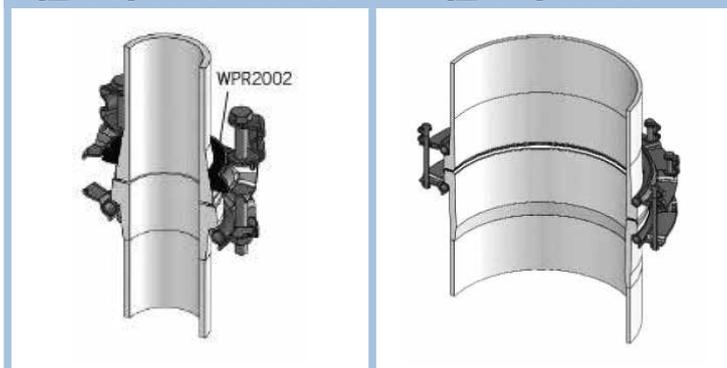
## その他規格との互換性

上記以外の規格との接続については、調整が必要となりますので弊社までお問い合わせください。

SUPRA LINEとWPRとの接続 (SUPRA LINE接続部品を使用する場合)

[図1.10] DN15～ DN150

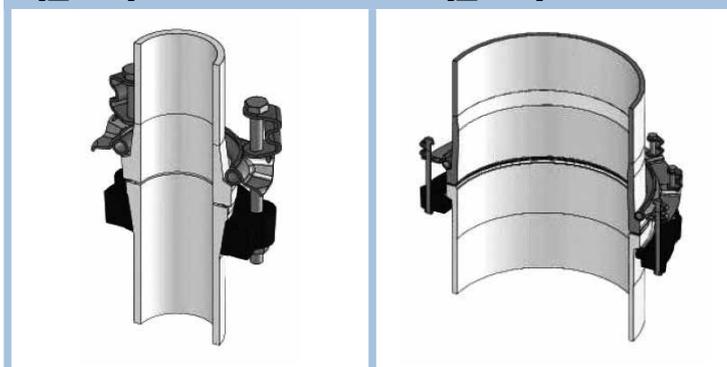
[図1.11] DN200～



SUPRA LINEとWPRとの接続 (WPR端部側にWPR接続部品を使用する場合)

[図1.12] DN15～ DN150

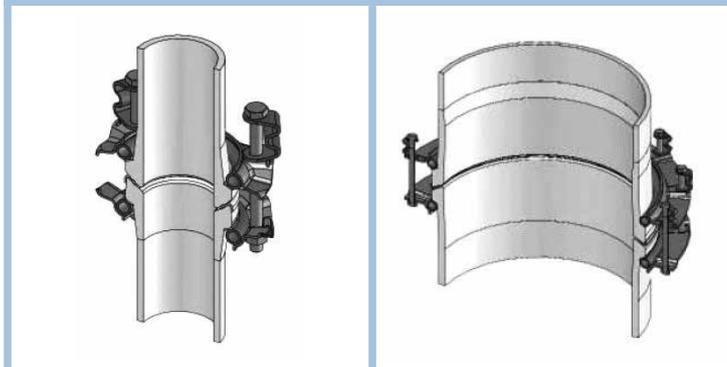
[図1.13] DN200～



SUPRA LINEとKFとの接続 (SUPRA LINE接続部品を使用する場合)

[図1.14] DN15～ DN150

[図1.15] DN200～



SUPRA LINEとKFとの接続 (DN200、DN300)

[図1.16] KF端部側にKF接続部品を使用

[図1.17] SUPRA LINE接続部品を使用

