

## ホウケイ酸ガラス管の内圧破壊(IV)

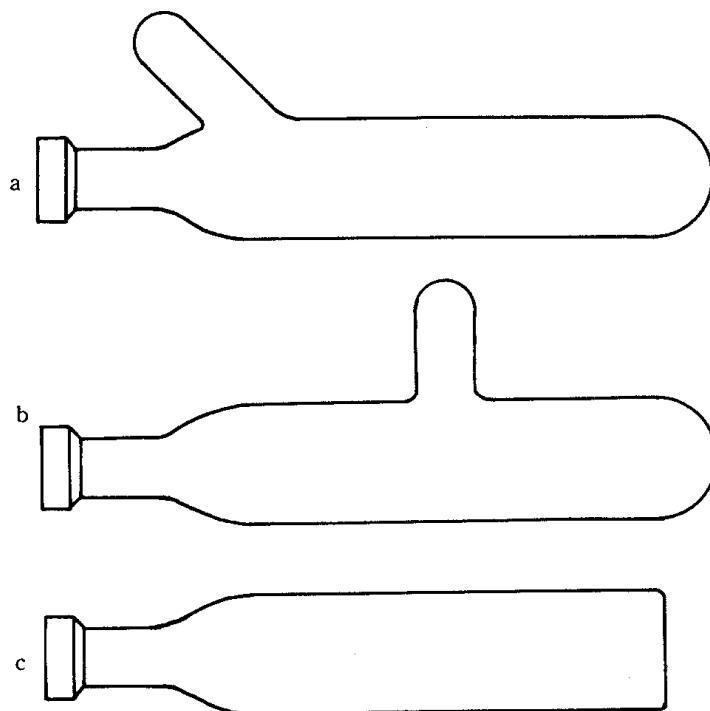
熊野ひろみ 東海林正一

## Bursting Test of Borosilicate Glass Tubes (IV)

Hiromi KUMANO and Syoichi TOKAIRIN

液体アンモニア、液体亜硫酸等の反応、貯蔵用容器としてガラス製耐圧容器が用いられている。<sup>1,2)</sup>それは、ガラス容器が化学的に安定であり、内部での反応等を観察することができるためである。反応等の実験の操作上、ガラス製耐圧容器に枝管を付けたり、底を平らにする必要が生じることがある。ガラス製耐圧容器の内圧による破壊についてはすでに報告<sup>3,4,5)</sup>したが、それらは枝管等の付かない単純な形のものについてである。そこで、枝管の付いたガラス製耐圧容器と底の平らなものの内圧によって容器の外表面に生じるひずみと破壊時の圧力を測定した。

試料はホウケイ酸ガラス管(IWAKI #7740)を用いて製作した。試料とした耐圧容器の形を図1に示す。図1・aは肩に枝管を付けたもので、液体アンモニア等の反応、貯蔵等の容器として用いられる。図1・bは中央に枝管を付けたもので、電解装置等に用いられる。図1・cは底を平らにしたもので、スタ



主管外径	15 mm	20~40 mm
枝管外径	12 mm	15 mm

図1 試料とした耐圧容器

ラーによる攪拌を行なうのに用いられる。試料は560°Cの電気炉で20分間加熱した後徐冷してひずみを取ったものである。

ガラス製耐圧容器に内圧をかけたときに容器外表面に生ずるひずみは次のようにして測定した。ガラス製耐圧容器の外表面にひずみゲージを貼りつける。容器に内圧を加えると容器表面がひずみ、表面に貼り付けたひずみゲージの電気抵抗が変化する。その変化を静ひずみ計(共和電業社製, SDB-400B)を用いて測定した。多点の測定を同時に行なう場合は、一定の内圧に保持し、スイッチボックス(共和電業社製, SS-12R)を用いて測定点の切換えを行なった。

ガラス製耐圧容器への加圧はねじ式手動油圧ポンプで行なった。昇圧速度は毎分  $10 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$  とした。破壊時の事故防止のためにガラス製耐圧容器の中に水を入れ、プラスチック製円筒の中に入れた。圧力は圧力天秤で検定したブルドン圧力計で測定した。

枝管を付けたガラス製耐圧容器の内圧による破壊圧のワイブルプロットを図2に示す。図2・aおよびbから分かるように主管が細く外径内径比の大きいものは枝管を付けることにより内圧による破壊圧が大きく下がる。図2・eに示すように、主管が太いものはその変化がほとんど認められない。図2・dに

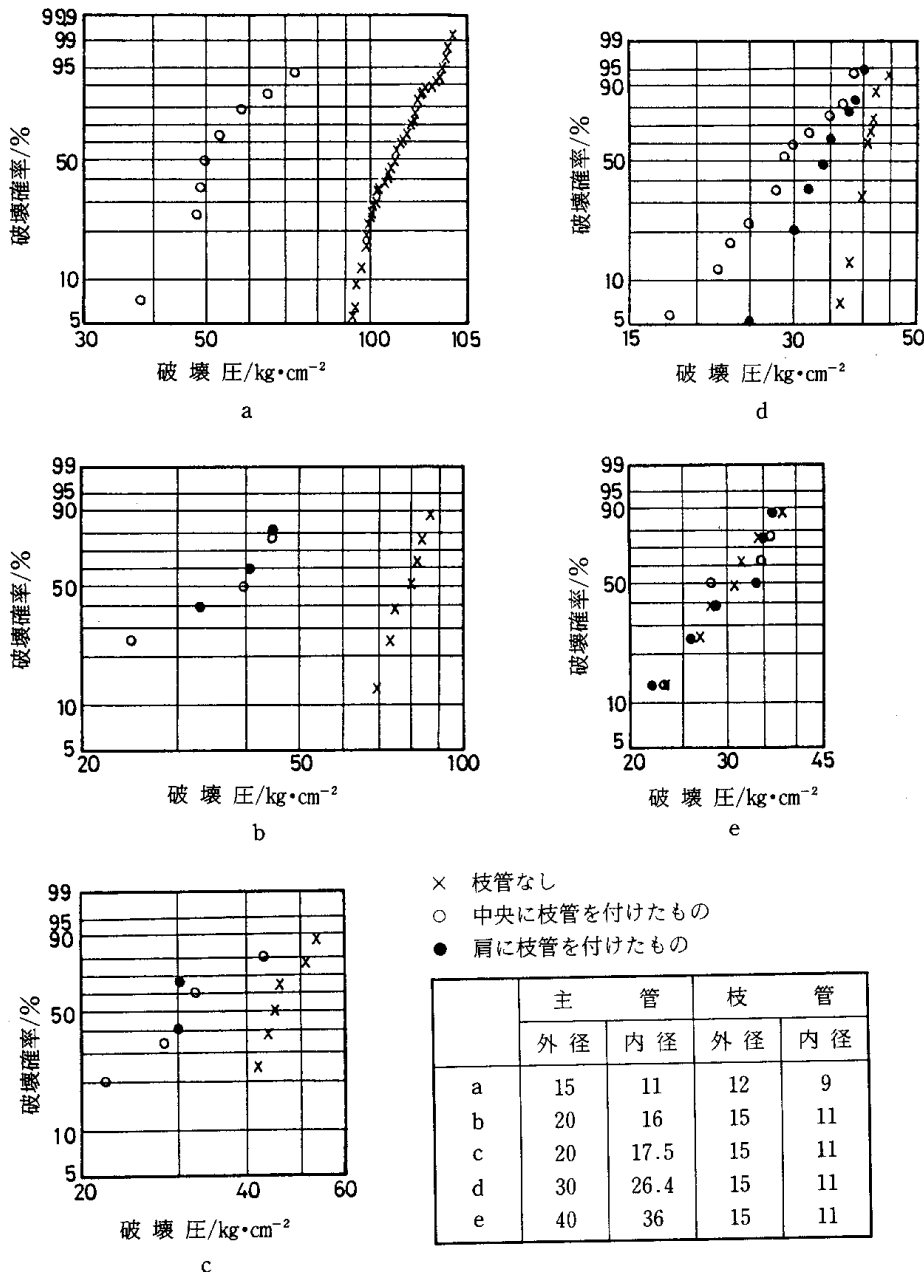


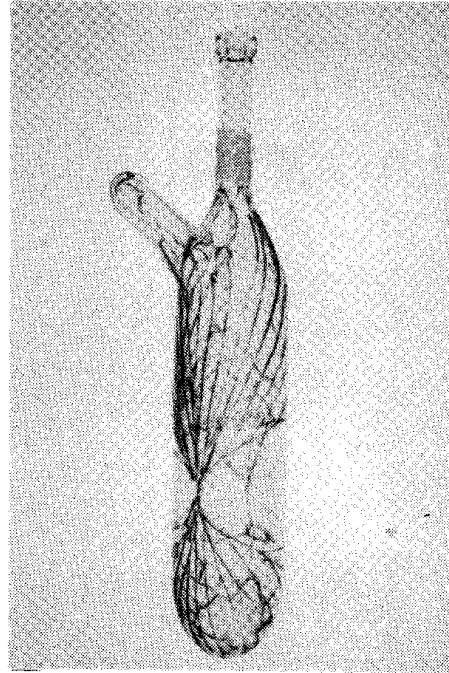
図2 枝管付ガラス製耐圧容器のワイブルプロット

示した外径 30 mm, 内径 26.4 mm のものでは枝管を中央に付けたものの方が肩に付けたものよりも内圧による破壊圧が低い. 図 2・b および c に示したように外径 20 mm のものでは枝管取り付け位置が違っても内圧による破壊圧の差は認められない. これは, 主管と枝管の太さの差があまりないためと思われる.

主管の外径が 40 mm で中央に枝管を付けたものの破壊の例を図 3 に, 肩に付けたものの破壊の例を図 4 に示す. 図 3, 図 4 に見られるように破壊が枝管取り付け部から起こるものと主管から起こるものとが



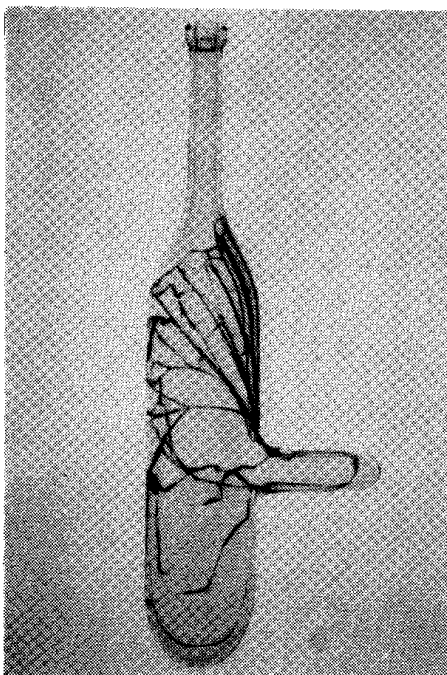
a 破壊圧  $35 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$



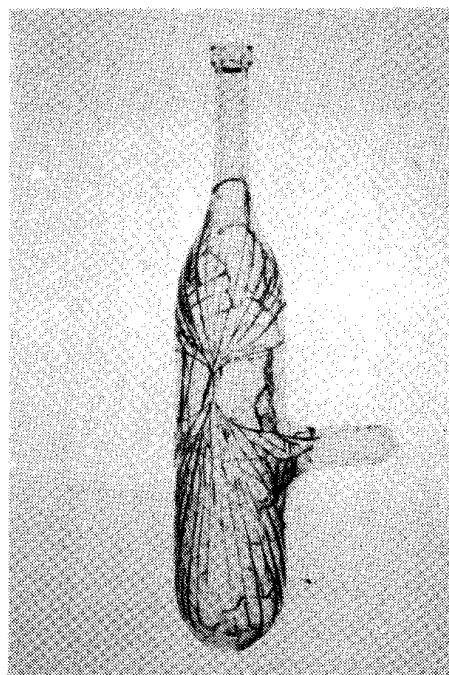
b 破壊圧  $35 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$

主管: 外径 40 mm, 内径 36 mm 枝管: 外径 15 mm, 内径 11 mm

図 3 肩に枝管を付けた耐圧容器の内圧による破壊



a 破壊圧  $28 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$



b 破壊圧  $35 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$

主管: 外径 40 mm 内径 36 mm 枝管: 外径 15 mm 内径 11 mm

図 4 中央に枝管を付けた耐圧容器の内圧による破壊

ある。枝管取り付け部から破壊されるものの割合を表1に示す。表1から分かるように、主管の外径が

表1 枝管取り付け部からの破壊の割合

主 管			主管と枝管の 外 径 比	破壊の割合%	
外径 mm	内径 mm	外径内径比		枝管取り付け位置	
				肩	中 央
15	11	1.36	1.25		100
20	16	1.25	1.33	100	100
20	17.5	1.14	1.33	100	100
30	26.4	1.14	2.0	48	100
40	36	1.11	2.66	38	63

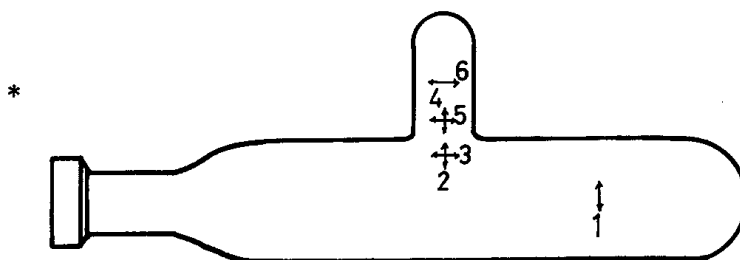
枝管外径：15 mm  
：12 mm(主管外径が15 mmのもの)

20 mm以下のものでは枝管取り付け部から破壊されるものの割合が100%であり、主管の外径が大きくなるほどその割合が少なくなる。枝管取り付け部から破壊されるものの割合は主管の外径内径比よりも主管と枝管の太さの比に関係するものと思われる。また、枝管取り付け位置も取り付け部から破壊されるものの割合に関係し、中央に付けたものの方が肩に付けたものよりその割合が多い。

枝管を付けたガラス製耐圧容器に20 kg・cm<sup>-2</sup>の内圧をかけたときに容器外表面に生じるひずみを表2および表3に示す。枝管のない耐圧容器では容器の円周方向のひずみが最大となる。枝管を付けたものでは、表2および表3に示したように、枝管取り付け部でのひずみが主管の円周方向のひずみより大きい。枝管の軸方向のひずみはマイナスで、枝管が軸方向の圧縮応力を受けていることを示している。枝管取り付け部でのひずみの主管でのひずみに対する比は主管が細くなるほど大きくなる。これは主管が細くなるほど枝管取り付け部から破壊されるものが多くなることと一致している。また、枝管取り付け位置が肩のものの方が中央のものよりも取り付け部でのひずみが小さい。これは枝管を肩に付けたものの方が内圧による破壊圧が高く、枝管取り付け部から破壊されるものの割合が小さいことと同じ傾向を示している。

表2 内圧により耐圧容器外表面の受けるひずみ 内圧20 kg・cm<sup>-2</sup>

主 管		ひずみを測定した場所および方向*					
外径 mm	内径 mm	1	2	3	4	5	6
20	16	68	69	160	-62	245	15
30	26.4	204	216	257	-148	248	31
40	36	270	380	303	-359	130	

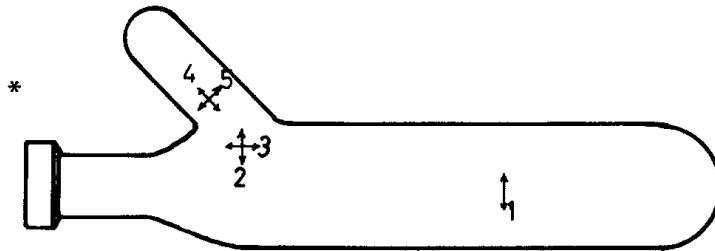


1は主管の円周方向のひずみ。2, 3は各々枝管取り付け部での主管の円周および軸方向のひずみ。4, 5は各々枝管取り付け部での枝管の軸および円周方向のひずみ。6は枝管中央での円周方向のひずみ。

枝管：外径 15 mm, 内径 11 mm

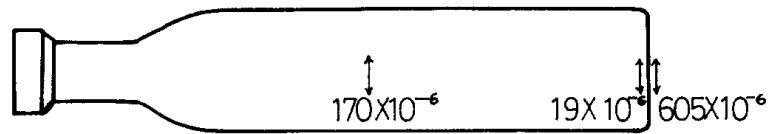
表3 内圧により耐圧容器外表面の受けるひずみ 内圧  $20 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$

主管		ひずみを測定した場所および方向*				
外径 mm	内径 mm	1	2	3	4	5
20	16	75	100	88	-55	20
30	26.4	195	213	125	-50	202



\* 1は主管の円周方向のひずみ。2, 3は各々枝管取り付け部での主管の円周および軸方向のひずみ。4, 5は各々枝管取り付け部での枝管の軸および円周方向のひずみ。  
 枝管：外径15 mm, 内径11 mm

底を平らにしたもの(外径40 mm, 内径36 mm)の内圧 $15 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ でのひずみを図5に示す。底の中央での半径方向のひずみが最大であり、円筒部の底に近い所では円周方向に圧縮されている。破壊は底から起こる。内圧による破壊圧の平均は $26 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ であり、枝管のないものの $33 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ 、枝管を付けたものの $32 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ よりも低い。これは底を平らにしたもののひずみが枝管を付けたもののひずみよりも大きいことによる。



外径：40 mm, 内径：36 mm  
 内圧： $15 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$

図5 底の平らな容器のひずみ

枝管を付けることにより、ガラス製耐圧容器の内圧による破壊圧は低下する。その下がり方は主管の外径内径比、主管と枝管の太さの比、枝管の取り付け位置に関する。また、ガラス製耐圧容器に内圧をかけたときの外表面のひずみを測定することにより、破壊圧の起こる位置および内圧による破壊を大まかに予想することができる。

- 1) 天笠, 山口, 東北大学非水研報告, 2, 1 (1952)
- 2) 天笠, 山口, 同上, 2, 179 (1952)
- 3) 熊野, 東海林, 松村, 熊谷, 同上, 27, 83 (1977)
- 4) 熊野, 東海林, 松村, 同上, 33, 1 (1983)
- 5) 熊野, 東海林, 松村, 同上, 34, 1 (1984)