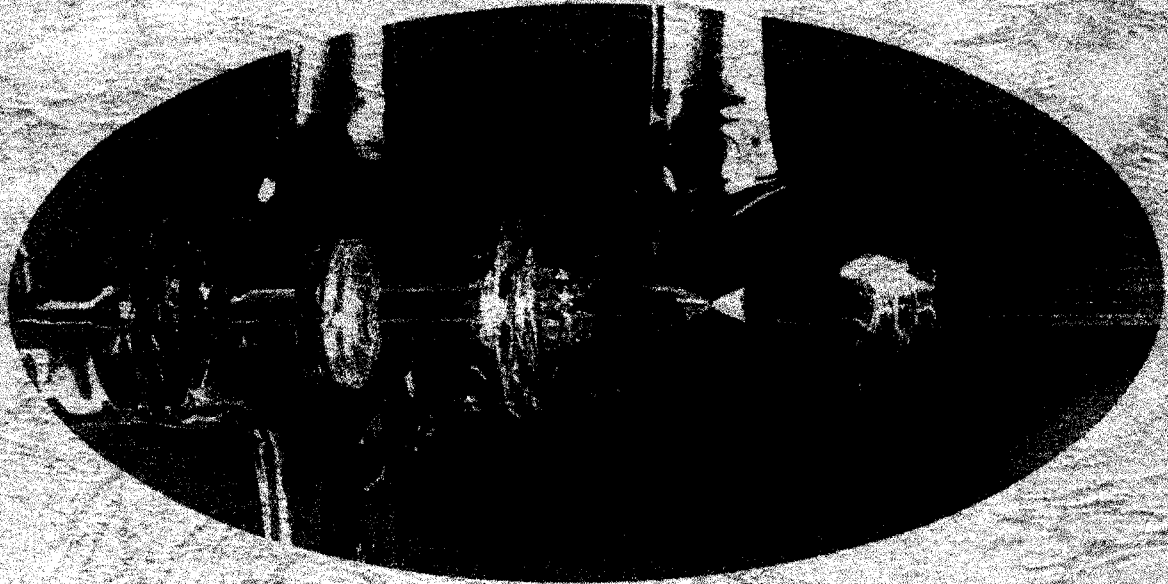


— 21世紀に向けて—
ガラス工作技術シンポジウム

報告
1998



大阪大学産業科学研究所
技術室

目 次

【ユーザーズレポート】

物理化学の研究とガラス工作	1
大阪府立大学先端科学研究所 教授 藤田 慎一	

【技術報告】

効率化を目指した純水及び超純水製造装置の開発	3
広島大学理学部 尾崎 卓美	
ESR 用液体窒素デュワーの試作	7
東北大学反応化学研究所 山田 弘	
ガラス管及び球の許容内圧を求める図表	11
名古屋工業技術研究所 榊原 俊作	
北大理学部ガラス工作室の紹介	15
北海道大学理学部 三浦 富夫	
EPR 測定試料管ホルダーの製作	17
東北大学反応化学研究所 工藤 友美	
ガラスフランジを使用した装置	20
名古屋大学理学部 野田 敏昭	
理化学ガラス工作技術の映像化の研究	22
東北大学理学部 星 英一	
昇華法—変換用石英ボートの製作	30
静岡大学電子工学研究所 百瀬 与志美	

【技術討論】

一定の深さを保ったくぼみ付スライドガラスの製作	35
東北大学理学部 扇 充	
ガラス円盤への穴あけ加工	38
広島大学理学部 新谷 博志	

ガラス技術者の将来について

【発表】

定削による北海道大学ガラス技術者の推移と現状	41
北海道大学電子科学研究所 黒田 紀夫	

ガラス管及び球の許容内圧を求める図表

名古屋工業技術研究所 榊原俊作

1. はじめに

ガラス装置については、その内部を真空にして、断熱機能を持たせたり、加圧して反応の制御を行うなど、大気圧との差圧がかかる場合がある。この様な時に、使用されているガラスがどの程度の応力を受けているかを知り、破壊に至るまでの安全性を見積もる事は重要なことである。これまでその観点から、肉厚の高圧反応装置ガラスについて圧力破壊実験が繰り返され、多くのデータが得られている。ある一連の耐圧試験のデータを見れば、内圧として30気圧から130気圧に及ぶものもある。

内圧を受けるガラスの形状を円筒、あるいは球に限定し、かつ薄肉である事を条件とすれば、材料力学のよく知られた公式を利用して、もっと低い圧力領域において、簡便に普遍的な許容内圧を求めることができる。ここでその公式を基に計算図表を作成した。広い範囲の寸法において発生する応力を知り、許容内圧を求めることができることを示す。

2-1. 内圧を受ける円筒の強度計算

圧力容器の形状で最も簡単なものは、円筒あるいは球である。幸いな事によく使われるガラスの形状は円筒、球であることが多い。もしこれ以外の形状が圧力容器として使われた場合、加圧に伴う圧縮、せん断、曲げ、ねじり、座屈、など様々な応力、ひずみ等を考慮しなければならない。

さらに形状を、薄肉の円筒あるいは球と考えたとき、発生する応力は引っ張り応力のみと考えることで問題を簡略化して解くことができる。ここで薄肉とは肉厚が内径の1/10以内とする。

2-2. 内圧を受ける厚肉円筒の強度計算

円筒の任意の点にかかる応力を考え、これらを3方向の応力に考える。それぞれ半径方向 σ_r 、円周方向 σ_t 、軸方向 σ_z 、に分ければ、次のように表される。

$$\sigma_r = -\frac{P_1}{k^2-1} \left\{ \left(\frac{r_2}{r} \right)^2 - 1 \right\} \text{ kg/cm}^2 \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\sigma_t = \frac{P_1}{k^2-1} \left\{ \left(\frac{r_2}{r} \right)^2 + 1 \right\} \text{ kg/cm}^2 \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$\sigma_z = \frac{P_1}{k^2-1} \text{ kg/cm}^2 \quad \dots\dots\dots(3)$$

ここに r_1 = 内半径 cm、 r_2 = 外半径 cm、 r = 任意の点における半径 cm、
 σ_r = 半径方向の応力 kg/cm²、 σ_t = 円周方向の応力 kg/cm²、
 σ_z = 軸方向の応力 kg/cm²、 P_1 = 内圧 kg/cm²、 $k = r_2/r_1 > 1$
 である。

これらの公式の導出と理解には、より詳しい解説が必要であるが、それらは引用文献あるいは、一般的な材料力学の解説書の紹介にとどめる。

2-3. 内圧を受ける薄肉円筒の強度計算

薄肉管については、より簡単な公式の適用が可能である。
 非常に薄い管の場合 $r_1 \approx r \approx r_2$ とみなせば、

円周方向の応力 (2)式は
$$\sigma_t = \frac{r_1}{t} P_1 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots(2-2)$$

軸方向の応力 (1)式は
$$\sigma_z = \frac{r_1}{2t} P_1 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots(1-2)$$

半径方向の応力 (3)式は
$$\sigma_r = 0 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots(3-2)$$

と簡単になる。

これらのことから主要な3方向の応力はそれぞれ、2 : 1 : 0の大きさに得られることが明らかになる。実際に破壊に結び付くのは管を縦に引き裂く円周方向応力で、この応力(2-2)式を計算図表に適用する。(1-2)式は球の場合の最大応力計算に適用できる。

3. おわりに

計算図表として示したものは純粋に張力だけが加わる場合の管を想定している。球の場合で同様に最大応力値について適用すれば、管の場合の2倍の許容圧力を見積もることができる。

この計算図表は次の場合には適用することはできない。

- (1) 曲げ、締め付け、拘束などにより別の応力が加わる場合。
- (2) 温度差あるいは強化処理による内部応力のあるもの。
- (3) 張力強度を低下させる傷のあるもの。
- (4) 圧力変化速度の早い場合。

内圧の加わったガラスの破壊時には鋭利なガラスが高速で飛散するため非常に危険であるために許容圧力は保証圧力ではなく参考値に止めたい。別に十分な安全対策を考慮することは当然である。

4. 計算図表の使い方

適用するガラス管の肉厚と内径とを結ぶ直線を引く。中央目盛りと交わる点が許容内圧である。

例. 内径 20 mm 肉厚 1 mm のガラス管の許容内圧を求める。

引かれた直線の交点は 10 kg/cm²となる。したがって許容内圧は 10 kg/cm²である。

実際の標準肉厚ガラス管において、薄肉管の適用をうけるのは外径 12 mm程度以上の管である。それ以下の管は厚肉管となる。

参考文献

- (1)高圧ガス保安協会編 高圧ガス技術(乙種製造保安責任社用) p168~172
- (2)E. L. WHEELER SCIENTIFIC GLASSBLOWING p23
- (3)飯田武夫 ガラス細工法－基礎と実際－ p103~107
- (4)Howard M. Nutt, Fusion, Feb., 1958
- (5)理工学社 機械設計製図便覧 第4版では4-11~12

薄肉ガラス管の許容内圧数表 (計算図表の狭い範囲において同じである。)

($P = 2 \sigma t / D$ において、 $\sigma = 100 \text{ kg/cm}^2$ で計算)

内径 mm \ 肉厚 mm	1	2	3	5	7	10	15	20	25	30	40	50
0.5	100.0	50.0	33.0	20.0	14.3	10.0	6.7	5.0	4.0	3.3	2.5	2.0
1.0		100.0	66.7	40.0	28.6	20.0	13.3	10.0	8.0	6.7	5.0	4.0
1.5			100.0	60.0	42.9	30.0	20.0	15.0	12.0	10.0	7.5	6.0
2.0				80.0	57.1	40.0	26.7	20.0	16.0	13.3	10.0	8.0
2.5				100.0	71.4	50.0	33.3	25.0	20.0	16.7	12.5	10.0
3.0					85.7	60.0	40.0	30.0	24.0	20.0	15.5	12.0
3.5					100.0	70.0	46.7	35.0	23.0	23.3	17.5	14.0
4.0						80.0	53.3	40.0	32.0	26.7	20.0	16.0
4.5						90.0	60.0	45.0	36.0	30.0	22.5	18.0
5.0							66.7	50.0	40.0	33.3	25.0	20.0

薄肉ガラス管の許容内圧を求める図表

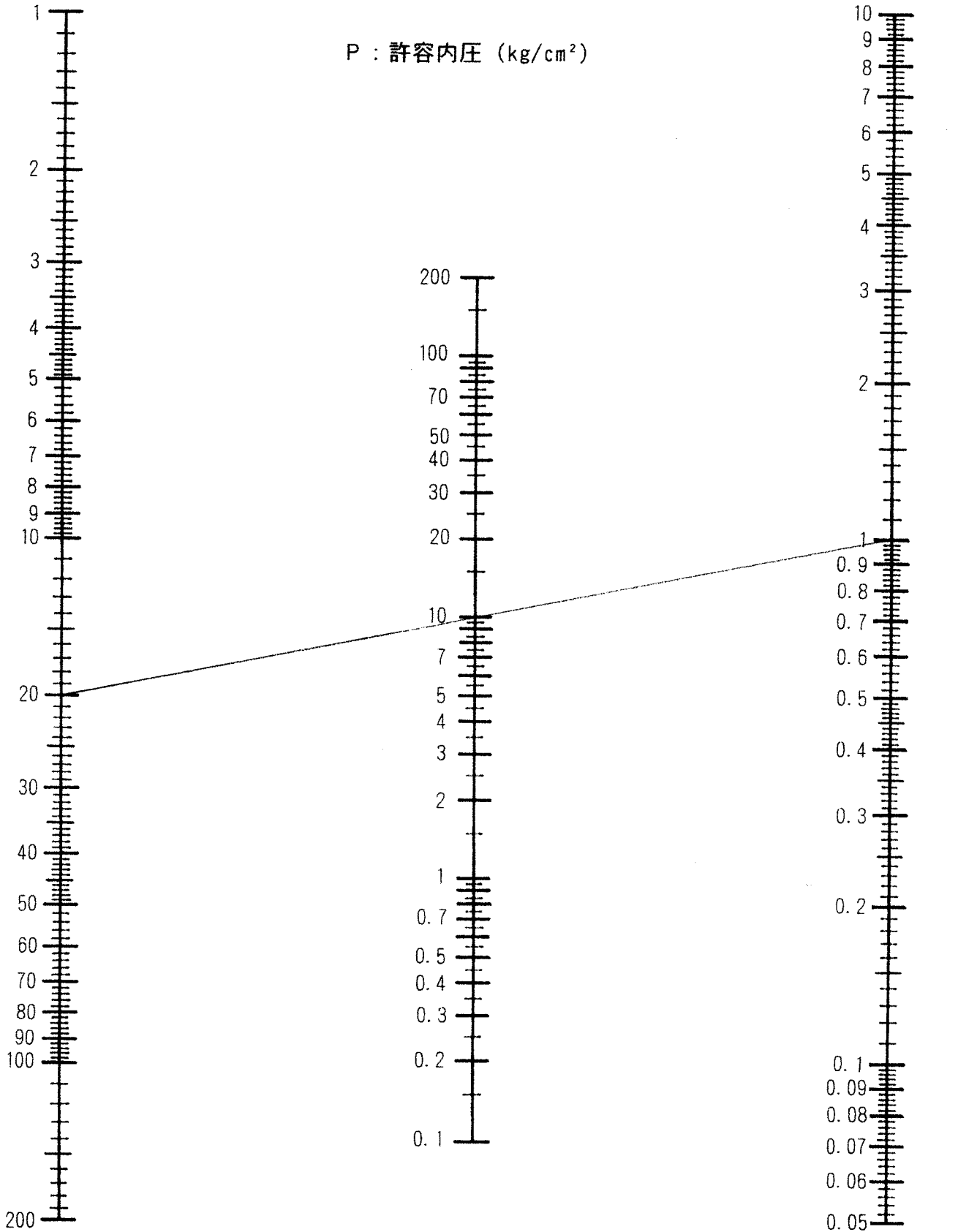
$$P = 2 \sigma t / D$$

σ : 設計応力 100kg/cm²

D : 内径 (mm)

t : 肉厚 (mm)

P : 許容内圧 (kg/cm²)



☆運営スタッフ☆

発起人

山口 春夫	大阪大学 産業科学研究所	元技術室長
川野 忠士	大阪府立大学 先端科学研究所	ガラス工作室
尾崎 卓美	広島大学 理学部	特殊加工技術開発室
野田 敏昭	名古屋大学 理学部	技術部
野村 憲司	神戸大学 工学部	技術長

実行委員長

松川 博昭	大阪大学 産業科学研究所	技術室
-------	--------------	-----

実行委員

渡辺 一功	大阪府立大学 工学部	生産技術センター
片山 昌造	大阪大学 工作センター	ガラス工作室
山口 周宏	大阪大学 工作センター	ガラス工作室
坂口 明	大阪大学 工作センター	ガラス工作室
中島 誠二	大阪大学 工学部	工作センター
奥田 良行	大阪大学 産業科学研究所	技術室
山田 等	大阪大学 産業科学研究所	技術室
角一 道明	大阪大学 産業科学研究所	技術室
山本 保	大阪大学 産業科学研究所	技術室
石橋 武	大阪大学 産業科学研究所	技術室
谷畑 公昭	大阪大学 産業科学研究所	技術室
馬場久美子	大阪大学 産業科学研究所	技術室
福田 房子	大阪大学 産業科学研究所	技術室
田中 高紀	大阪大学 産業科学研究所	技術室
小川 紀之	大阪大学 産業科学研究所	技術室
大西 政義	大阪大学 産業科学研究所	技術室

— 21世紀に向けて —

ガラス工作技術シンポジウム報告

1999年3月発行

大阪大学産業科学研究所技術室

〒567-0047

大阪府茨木市美穂ヶ丘8-1

TEL & FAX 06-6879-8397